

НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ
НА >>> **PYTHON**[®]

4-Е ИЗДАНИЕ



ТОНИ ГЭДДИС

bhv[®]

STARTING OUT WITH
PYTHON®

FOURTH EDITION

STARTING OUT WITH PYTHON®

FOURTH EDITION

Tony Gaddis

Haywood Community College



Pearson

330 Hudson Street, New York, NY 10013

ТОНИ ГЭДДИС

НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ

НА >>>

PYTHON®

4-Е ИЗДАНИЕ

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2019

УДК 004.438 Python

ББК 32.973.26-018.1

Г98

Гэддис Т.

Г98 Начинаем программировать на Python. — 4-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 768 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-4002-5

Изложены принципы программирования, с помощью которых читатель приобретет навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже не имея опыта программирования. Дано краткое введение в компьютеры и программирование. Рассмотрен ввод, обработка и вывод данных, управляющие структуры и булева логика, структуры с повторением, функции, файлы и исключения, списки и кортежи, строковые данные, словари и множества, классы и ООП, наследование, рекурсия, программирование интерфейса, функциональное программирование и др.

Для облегчения понимания сути алгоритмов широко использованы блок-схемы, псевдокод и другие инструменты. Приведено большое количество сжатых и практических примеров программ. В каждой главе предложены тематические задачи с пошаговым анализом их решения.

*Для начинающих программистов,
старших школьников и студентов первых курсов*

УДК 004.438 Python

ББК 32.973.26-018.1

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	Евгений Рыбаков
Зав. редакцией	Екатерина Капалыгина
Компьютерная верстка	Ольги Сергиенко
Оформление обложки	Марины Дамбиевой

Authorized translation from the English language edition, entitled STARTING OUT WITH PYTHON, 4th Edition;
ISBN: 978-0-13-444432-1: by GADDIS, TONY; published by Pearson Education, Inc. Copyright © 2018 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. RUSSIAN language edition published by LLC "BHV". Copyright © 2018.

Авторизованный перевод с английского на русский язык произведения STARTING OUT WITH PYTHON, 4th Edition;
ISBN: 978-0-13-444432-1; GADDIS TONY, опубликованного Pearson Education, Inc. Copyright © 2018 by Pearson Education, Inc.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена или передана в любой форме или любыми средствами, будь то электронными или механическими, включая фотокопирование, запись или иное использование любой информационно-поисковой системы без разрешения Pearson Education, Inc. Русский перевод опубликован ООО "БХВ".

Подписано в печать 28.09.18.

Формат 84×108¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 80,64.

Тираж 1500 экз. Заказ № 7475.

"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО "Принт-М", 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-0-13-444432-1 (англ.)
ISBN 978-5-9775-4002-5 (рус.)

© 2018 by Pearson Education, Inc.
© Перевод на русский язык, оформление.
ООО "БХВ-Петербург", ООО "БХВ", 2019

Краткое оглавление

Оглавление	XI
Предисловие	1
Прежде всего управляющие структуры и только потом классы	1
Краткий обзор глав	1
Организация учебного материала	4
Структурные элементы и условные обозначения книги	5
Дополнительные материалы	6
Электронный архив	7
Об авторе	7
Комментарий переводчика.....	7
Глава 1. Введение в компьютеры и программирование	13
1.1 Введение	13
1.2 Аппаратное и программное обеспечение.....	14
1.3 Как компьютеры хранят данные	20
1.4 Как программа работает.....	24
1.5 Использование языка Python	32
Вопросы для повторения.....	36
Задачи.....	40
Глава 2. Ввод, обработка и вывод.....	43
2.1 Проектирование программы.....	43
2.2 Ввод, обработка и вывод.....	48
2.3 Вывод данных на экран при помощи функции <i>print</i>	48
2.4 Комментарии.....	51
2.5 Переменные	52
2.6 Чтение входных данных с клавиатуры	62
2.7 Выполнение расчетов.....	66
2.8 Подробнее о выводе данных.....	79
2.9 Именованные константы.....	87
2.10 Введение в черепашью графику.....	88
Вопросы для повторения.....	114
Задачи по программированию	119
Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика	125
3.1 Инструкция <i>if</i>	125
3.2 Инструкция <i>if-else</i>	133
3.3 Сравнение строковых значений	137

3.4 Вложенные структуры принятия решения и инструкция <i>if-elif-else</i>	141
3.5 Логические операторы	149
3.6 Булевые переменные	156
3.7 Черепашья графика: определение состояния черепахи.....	157
Вопросы для повторения.....	165
Задачи по программированию	169
Глава 4. Структуры с повторением.....	177
4.1 Введение в структуры повторения.....	177
4.2 Цикл <i>while</i> : цикл с условием повторения.....	178
4.3 Цикл <i>for</i> : цикл со счетчиком повторений	185
4.4 Вычисление нарастающего итога	196
4.5 Сигнальные метки	200
4.6 Циклы валидации входных данных	202
4.7 Вложенные циклы	207
4.8 Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров	214
Вопросы для повторения.....	217
Задачи по программированию	220
Глава 5. Функции.....	225
5.1 Введение в функции	225
5.2 Определение и вызов функции без возврата значения	228
5.3 Проектирование программы с использованием функций.....	233
5.4 Локальные переменные.....	239
5.5 Передача аргументов в функцию	241
5.6 Глобальные переменные и глобальные константы.....	251
5.7 Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел.....	255
5.8 Написание функций с возвратом значения	265
5.9 Математический модуль <i>math</i>	277
5.10 Хранение функций в модулях	280
5.11 Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций	284
Вопросы для повторения.....	291
Задачи по программированию	296
Глава 6. Файлы и исключения.....	303
6.1 Введение в файловый ввод и вывод	303
6.2 Применение циклов для обработки файлов.....	320
6.3 Обработка записей	327
6.4 Исключения	340
Вопросы для повторения.....	353
Задачи по программированию	357
Глава 7. Списки и кортежи	361
7.1 Последовательности	361
7.2 Введение в списки	361
7.3 Нарезка списка	369
7.4 Поиск значений в списках при помощи инструкции <i>in</i>	372
7.5 Списковые методы и полезные встроенные функции	373
7.6 Копирование списков	381
7.7 Обработка списков	382

7.8	Двумерные списки	395
7.9	Кортежи	399
7.10	Построение графиков с данными списков при помощи пакета <i>matplotlib</i>	401
	Вопросы для повторения	418
	Задачи по программированию	421
	Глава 8. Подробнее о строковых данных	427
8.1	Базовые строковые операции	427
8.2	Нарезка строковых значений	434
8.3	Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными	439
	Вопросы для повторения	451
	Задачи по программированию	454
	Глава 9. Словари и множества	459
9.1	Словари	459
9.2	Множества	483
9.3	Сериализация объектов	496
	Вопросы для повторения	502
	Задачи по программированию	507
	Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование	513
10.1	Процедурное и объектно-ориентированное программирование	513
10.2	Классы	516
10.3	Работа с экземплярами	534
10.4	Приемы конструирования классов	556
	Вопросы для повторения	567
	Задачи по программированию	571
	Глава 11. Наследование	575
11.1	Введение в наследование	575
11.2	Полиморфизм	589
	Вопросы для повторения	596
	Задачи по программированию	598
	Глава 12. Рекурсия	601
12.1	Введение в рекурсию	601
12.2	Решение задач на основе рекурсии	604
12.3	Примеры алгоритмов на основе рекурсии	607
	Вопросы для повторения	615
	Задачи по программированию	618
	Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса	619
13.1	Графические интерфейсы пользователя	619
13.2	Использование модуля <i>tkinter</i>	621
13.3	Вывод текста при помощи элемента интерфейса <i>Label</i>	624
13.4	Упорядочение элементов интерфейса при помощи рамок <i>Frame</i>	628
13.5	Элементы интерфейса <i>Button</i> и информационные диалоговые окна	630
13.6	Получение входных данных при помощи элемента интерфейса <i>Entry</i>	634
13.7	Применение элементов <i>Label</i> в качестве полей вывода	637
13.8	Радиокнопки и флаговые кнопки	644
13.9	Рисование фигур при помощи элемента интерфейса <i>Canvas</i>	651

Вопросы для повторения.....	671
Задачи по программированию	675
Глава 14. Основы функционального программирования	681
14.1 Принципы функционального программирования.....	681
14.2 Оператор <i>lambda</i> , функции <i>map</i> , <i>filter</i> , <i>reduce</i> и другие	682
14.3 Включение в последовательность.....	687
14.4 Замыкание.....	689
14.5 Функциональное ядро программы на основе конвейера.....	691
Приложение 1. Установка языка Python	699
Скачивание языка Python	699
Установка Python 3.x в Windows	699
Приложение 2. Введение в среду IDLE	701
Запуск среды IDLE и использование оболочки Python	701
Написание программы Python в редакторе IDLE	703
Цветная разметка	704
Автоматическое выделение отступом	704
Сохранение программы.....	705
Выполнение программы.....	705
Другие ресурсы	706
Приложение 3. Набор символов ASCII	707
Приложение 4. Предопределенные именованные цвета	709
Приложение 5. Подробнее об инструкции <i>import</i>	715
Импортирование конкретной функции или класса	715
Импорт с подстановочным символом.....	716
Использование псевдонимов	716
Приложение 6. Установка модулей при помощи менеджера пакетов <i>pip</i>	719
Приложение 7. Ответы на вопросы в Контрольных точках.....	721
Глава 1	721
Глава 2	722
Глава 3	724
Глава 4	725
Глава 5	727
Глава 6	729
Глава 7	730
Глава 8	732
Глава 9	733
Глава 10	735
Глава 11	736
Глава 12	736
Глава 13	736
Предметный указатель	739

Оглавление

Краткое оглавление	VII
Предисловие	1
Прежде всего управляющие структуры и только потом классы	1
Краткий обзор глав	1
Организация учебного материала	4
Структурные элементы и условные обозначения книги	5
Дополнительные материалы	6
Онлайновые учебные ресурсы	6
Ресурсы для преподавателя	6
Электронный архив	7
Об авторе	7
Комментарий переводчика.....	7
Представление чисел.....	7
Базовый набор сторонних библиотек	8
Порядок установки библиотек	9
Установка библиотек Python из whl-файлов.....	9
Установка и настройка инструментальной среды Spyder	10
Блокноты Jupyter.....	10
Глава 1. Введение в компьютеры и программирование	13
1.1 Введение	13
1.2 Аппаратное и программное обеспечение.....	14
Аппаратное обеспечение.....	14
Центральный процессор.....	15
Основная память	17
Вторичные устройства хранения	17
Устройства ввода	18
Устройства вывода	18
Программное обеспечение.....	18
Системное программное обеспечение	18
Прикладное программное обеспечение.....	19
1.3 Как компьютеры хранят данные	20
Хранение чисел	21
Хранение символов	22
Хранение чисел повышенной сложности	23
Другие типы данных	23

1.4	Как программа работает	24
	От машинного языка к языку ассемблера	27
	Высокоуровневые языки.....	28
	Ключевые слова, операторы и синтаксис: краткий обзор	29
	Компиляторы и интерпретаторы.....	30
1.5	Использование языка Python	32
	Установка языка Python	32
	Интерпретатор языка Python	32
	Интерактивный режим	33
	Написание программ Python и их выполнение в сценарном режиме	34
	Среда программирования IDLE	35
	Вопросы для повторения	36
	Множественный выбор.....	36
	Истина или ложь.....	40
	Короткий ответ	40
	Задачи	40
	Глава 2. Ввод, обработка и вывод	43
2.1	Проектирование программы.....	43
	Цикл проектирования программы	43
	Подробнее о процессе проектирования	44
	Понять задачу, которую программа должна выполнить.....	44
	Определить шаги, необходимые для выполнения задачи.....	45
	Псевдокод.....	46
	Блок-схемы.....	46
2.2	Ввод, обработка и вывод.....	48
2.3	Вывод данных на экран при помощи функции <i>print</i>	48
	Строковые данные и строковые литералы	49
2.4	Комментарии	51
2.5	Переменные	52
	Создание переменных инструкцией присваивания	53
	Правила именования переменных	55
	Вывод многочисленных значений при помощи функции <i>print</i>	57
	Повторное присваивание значений переменным	58
	Числовые типы данных и числовые литералы	58
	Хранение строковых данных с типом <i>str</i>	60
	Повторное присвоение переменной значения другого типа	60
2.6	Чтение входных данных с клавиатуры	62
	Чтение чисел при помощи функции <i>input</i>	63
2.7	Выполнение расчетов.....	66
	* <i>В центре внимания*</i> Вычисление процентов	68
	Деление с плавающей точкой и целочисленное деление.....	69
	Приоритет операторов	70
	Группирование при помощи круглых скобок.....	71
	* <i>В центре внимания*</i> Вычисление среднего арифметического значения	71
	Оператор возведения в степень.....	73
	Оператор остатка от деления.....	73
	Преобразование математических формул в программные инструкции	74
	* <i>В центре внимания*</i> Преобразование математической формулы в программную инструкцию	75

Смешанные выражения и преобразование типов данных	77
Разбиение длинных инструкций на несколько строк.....	78
2.8 Подробнее о выводе данных	79
Подавление концевого символа новой строки в функции <i>print</i>	79
Задание символа-разделителя значений.....	80
Экранированные символы	80
Вывод многочисленных значений при помощи оператора +	81
Форматирование чисел	82
Форматирование в экспоненциальной записи	83
Вставка запятой в качестве разделителя	84
Определение минимальной ширины поля	84
Форматирование числа с плавающей точкой в виде процента	86
Форматирование целых чисел.....	86
2.9 Именованные константы	87
2.10 Введение в черепашью графику.....	88
Рисование отрезков прямой при помощи черепахи	89
Поворот черепахи.....	91
Установка углового направления черепахи в заданный угол.....	94
Получение текущего углового направления черепахи	94
Поднятие и опускание пера	95
Рисование кругов и точек	96
Изменение размера пера	97
Изменение цвета рисунка	97
Изменение цвета фона	98
Возвращение экрана в исходное состояние	98
Установление размера графического окна.....	98
Перемещение черепахи в заданную позицию.....	99
Получение текущей позиции черепахи	100
Управление скоростью анимации черепахи	101
Сокрытие черепахи	101
Вывод текста в графическое окно.....	101
Заполнение геометрических фигур.....	103
Применение команды <i>turtle.done()</i> для сохранения графического окна открытым	105
В центре внимания Программа "Созвездие Ориона"	105
Вопросы для повторения	114
Множественный выбор	114
Истина или ложь.....	117
Короткий ответ	118
Алгоритмический тренажер	118
Задачи по программированию	119
Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика.....	125
3.1 Инструкция <i>if</i>	125
Булевые выражения и операторы сравнения	127
Операторы \geq и \leq	129
Оператор \equiv	129
Оператор \neq	130
Собираем все вместе	130
В центре внимания Применение инструкции <i>if</i>	131

3.2	Инструкция <i>if-else</i>	133
	Выделение отступом в инструкции <i>if-else</i>	135
	* <i>В центре внимания*</i> Применение инструкции <i>if-else</i>	135
3.3	Сравнение строковых значений	137
	Другие способы сравнения строковых значений	138
3.4	Вложенные структуры принятия решения и инструкция <i>if-elif-else</i>	141
	Проверка серии условий	145
	* <i>В центре внимания*</i> Многочисленные вложенные структуры принятия решения	145
	Инструкция <i>if-elif-else</i>	147
3.5	Логические операторы	149
	Оператор <i>and</i>	150
	Оператор <i>or</i>	150
	Вычисление по укороченной схеме	151
	Оператор <i>not</i>	151
	Пересмотренная программа одобрения на получение ссуды	152
	Еще одна программа об одобрении ссуды	153
	Проверка числовых диапазонов при помощи логических операторов	154
3.6	Булевые переменные.....	156
3.7	Черепашья графика: определение состояния черепахи	157
	Определение позиции черепахи	157
	Определение углового направления черепахи.....	157
	Определение положения пера над холстом	157
	Определение видимости черепахи.....	158
	Определение текущего цвета	158
	Определение размера пера.....	159
	Определение скорости анимации черепахи	159
	* <i>В центре внимания*</i> Игра "Порази цель"	160
	Вопросы для повторения	165
	Множественный выбор	165
	Истина или ложь	167
	Короткий ответ	167
	Алгоритмический тренажер	168
	Задачи по программированию	169
	Глава 4. Структуры с повторением	177
4.1	Введение в структуры повторения.....	177
	Циклы с условием повторения и со счетчиком повторений.....	178
4.2	Цикл <i>while</i> : цикл с условием повторения.....	178
	Цикл <i>while</i> как цикл с предусловием	181
	* <i>В центре внимания*</i> Проектирование программы с циклом <i>while</i>	183
	Бесконечные циклы	184
4.3	Цикл <i>for</i> : цикл со счетчиком повторений.....	185
	Применение функции <i>range</i> с циклом <i>for</i>	188
	Использование целевой переменной в цикле	189
	* <i>В центре внимания*</i> Проектирование цикла со счетчиком повторений на основе инструкции <i>for</i>	192
	Пользовательский контроль итераций цикла.....	193
	Порождение итерируемой последовательности в диапазоне от максимального до минимального значений.....	195

4.4	Вычисление нарастающего итога	196
	Расширенные операторы присваивания	198
4.5	Сигнальные метки	200
	В центре внимания Применение сигнальной метки	200
4.6	Циклы валидации входных данных	202
	В центре внимания Написание цикла валидации входных данных	204
4.7	Вложенные циклы	207
	В центре внимания Применение вложенных циклов для печати комбинаций символов	210
4.8	Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров	214
	Вопросы для повторения	217
	Множественный выбор	217
	Истина или ложь	219
	Короткий ответ	219
	Алгоритмический тренажер	220
	Задачи по программированию	220
	Глава 5. Функции	225
5.1	Введение в функции	225
	Преимущества модуляризации программы на основе функций	226
	Функции без возврата значения и с возвратом значения	227
5.2	Определение и вызов функции без возврата значения	228
	Определение и вызов функции	228
	Вызов функции	229
	Выделение отступом в Python	232
5.3	Проектирование программы с использованием функций	233
	Составление блок-схемы программы с использованием функций	234
	Нисходящая разработка алгоритма	234
	Иерархические схемы	235
	В центре внимания Определение и вызов функций	236
	Приостановка исполнения до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter>	238
5.4	Локальные переменные	239
	Область действия и локальные переменные	240
5.5	Передача аргументов в функцию	241
	Область действия параметрической переменной	243
	В центре внимания Передача аргумента в функцию	243
	Передача многочисленных аргументов	245
	Внесение изменений в параметры	247
	Именованные аргументы	248
	Смешивание именованных и позиционных аргументов	250
5.6	Глобальные переменные и глобальные константы	251
	Глобальные константы	252
	В центре внимания Применение глобальных констант	253
5.7	Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел	255
	Функции стандартной библиотеки и инструкция <i>import</i>	255
	Генерирование случайных чисел	256
	Эксперименты с использованием случайных чисел в интерактивном режиме	260
	В центре внимания Применение случайных чисел	260
	В центре внимания Применение случайных чисел для представления других значений	262
	Функции <i>randrange</i> , <i>random</i> и <i>uniform</i>	263
	Начальные значения случайного числа	264

5.8	Написание функций с возвратом значения	265
	Использование инструкции <i>return</i> по максимуму	267
	Как использовать функции с возвратом значения?	268
	Использование таблиц "ввод-обработка-вывод"	270
	* <i>В центре внимания*</i> Модуляризация функций	270
	Возвращение строковых значений.....	274
	Возвращение булевых значений	274
	Использование булевых функций в программном коде валидации входных данных	275
	Возвращение многочисленных значений.....	276
5.9	Математический модуль <i>math</i>	277
	Значения <i>math.pi</i> и <i>math.e</i>	279
5.10	Хранение функций в модулях	280
	Программы, управляемые из меню.....	284
5.11	Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций.....	284
	Хранение собственных графических функций в модуле	289
	Вопросы для повторения	291
	Множественный выбор	291
	Истина или ложь.....	294
	Короткий ответ	294
	Алгоритмический тренажер	295
	Задачи по программированию.....	296
Глава 6. Файлы и исключения		303
6.1	Введение в файловый ввод и вывод	303
	Типы файлов	305
	Методы доступа к файлам	305
	Имена файлов и файловые объекты.....	305
	Открытие файла.....	306
	Указание места расположения файла	307
	Запись данных в файл	308
	Чтение данных из файла	310
	Конкатенация символа новой строки в строковое значение	313
	Чтение строкового значения и удаление из него символа новой строки	314
	Дозапись данных в существующий файл	315
	Запись и чтение числовых данных.....	316
6.2	Применение циклов для обработки файлов	320
	Чтение файла в цикле и обнаружение конца файла	321
	Применение цикла <i>for</i> для чтения строк	323
	* <i>В центре внимания*</i> Работа с файлами	324
6.3	Обработка записей	327
	* <i>В центре внимания*</i> Добавление и вывод записей на экран	331
	* <i>В центре внимания*</i> Поиск записи	333
	* <i>В центре внимания*</i> Изменение записей	334
	* <i>В центре внимания*</i> Удаление записей.....	337
6.4	Исключения	340
	Обработка многочисленных исключений	346
	Использование одного выражения <i>except</i> для отлавливания всех исключений	348
	Вывод заданного по умолчанию сообщения об ошибке при возникновении исключения	349
	Выражение <i>else</i>	350

Выражение <i>finally</i>	352
Что если исключение не обработано?	352
Вопросы для повторения	353
Множественный выбор	353
Истина или ложь	355
Короткий ответ	356
Алгоритмический тренажер	356
Задачи по программированию	357
Глава 7. Списки и кортежи	361
7.1 Последовательности	361
7.2 Введение в списки	361
Оператор повторения	363
Последовательный обход списка в цикле <i>for</i>	364
Индексация	364
Функция <i>len</i>	365
Списки — это мутирующие последовательности	365
Конкатенация списков	367
7.3 Нарезка списка	369
7.4 Поиск значений в списках при помощи инструкции <i>in</i>	372
7.5 Списковые методы и полезные встроенные функции	373
Метод <i>append()</i>	374
Метод <i>index()</i>	376
Метод <i>insert()</i>	377
Метод <i>sort()</i>	378
Метод <i>remove()</i>	378
Метод <i>reverse()</i>	379
Инструкция <i>del</i>	379
Функции <i>min</i> и <i>max</i>	380
7.6 Копирование списков	381
7.7 Обработка списков	382
В центре внимания Применение элементов списка в математическом выражении	382
Суммирование значений в списке	384
Усреднение значений в списке	385
Передача списка в функцию в качестве аргумента	386
Возвращение списка из функции	386
В центре внимания Обработка списка	388
Работа со списками и файлами	391
7.8 Двумерные списки	395
7.9 Кортежи	399
В чем их смысл?	400
Преобразование между списками и кортежами	400
7.10 Построение графиков с данными списков при помощи пакета <i>matplotlib</i>	401
Импорт модуля <i>pyplot</i>	402
Построение линейного графика	402
Добавление заголовка, меток осей и сетки	404
Индивидуализация настроек осей <i>x</i> и <i>y</i>	405
Вывод маркеров в точках данных	408
Построение столбчатой диаграммы	410

Индивидуальная настройка ширины столбика.....	412
Изменение цвета столбиков.....	413
Добавление заголовка, меток осей и индивидуальная настройка подписей меток делений	413
Построение круговой диаграммы	415
Вывод меток долей и заголовка диаграммы	416
Изменение цвета долей	417
Вопросы для повторения	418
Множественный выбор	418
Истина или ложь.....	420
Короткий ответ	420
Алгоритмический тренажер	421
Задачи по программированию.....	421
Глава 8. Подробнее о строковых данных.....	427
8.1 Базовые строковые операции	427
Доступ к отдельным символам в строковом значении	427
Обход строкового значения в цикле <i>for</i>	428
Индексация	430
Исключения <i>IndexError</i>	431
Функция <i>len</i>	431
Конкатенация строковых данных	432
Строковые данные — это немуттирующие последовательности	433
8.2 Нарезка строковых значений.....	434
В центре внимания Извлечение символов из строкового значения	436
8.3 Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными	439
Проверка строковых значений при помощи <i>in</i> и <i>not in</i>	439
Строковые методы.....	439
Методы проверки строковых значений	440
Методы модификации	442
Поиск и замена.....	443
В центре внимания Анализ символов в пароле	445
Оператор повторения	448
Разбиение строкового значения	449
Вопросы для повторения	451
Множественный выбор	451
Истина или ложь.....	453
Короткий ответ	453
Алгоритмический тренажер	454
Задачи по программированию.....	454
Глава 9. Словари и множества	459
9.1 Словари	459
Создание словаря.....	460
Получение значения из словаря	460
Применение операторов <i>in</i> и <i>not in</i> для проверки на наличие значения в словаре.....	461
Добавление элементов в существующий словарь	462
Удаление элементов	463
Получение количества элементов в словаре.....	464
Смешивание типов данных в словаре.....	464

Создание пустого словаря	466
Применение цикла <i>for</i> для последовательного обхода словаря	466
Несколько словарных методов	467
Метод <i>clear()</i>	467
Метод <i>get()</i>	468
Метод <i>items()</i>	468
Метод <i>keys()</i>	469
Метод <i>pop()</i>	470
Метод <i>popitem()</i>	471
Метод <i>values()</i>	472
В центре внимания Применение словаря для имитации карточной колоды	472
В центре внимания Хранение имен и дней рождения в словаре	475
9.2 Множества	483
Создание множества	483
Получение количества элементов в множестве	484
Добавление и удаление элементов	484
Применение цикла <i>for</i> для последовательного обхода множества	486
Применение операторов <i>in</i> и <i>not in</i> для проверки на принадлежность значения множеству	487
Объединение множеств	488
Пересечение множеств	488
Разность множеств	489
Симметрическая разность множеств	490
Подмножества и надмножества	490
В центре внимания Операции над множествами	492
9.3 Сериализация объектов	496
Вопросы для повторения	502
Множественный выбор	502
Истина или ложь	504
Короткий ответ	505
Алгоритмический тренажер	506
Задачи по программированию	507
Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование.....	513
10.1 Процедурное и объектно-ориентированное программирование	513
Возможность многократного использования объекта	514
Пример объекта из повседневной жизни	515
10.2 Классы	516
Определения классов	518
Скрытие атрибутов	523
Хранение классов в модулях	526
Класс <i>BankAccount</i>	528
Метод <i>__str__()</i>	531
10.3 Работа с экземплярами	534
В центре внимания Создание класса <i>CellPhone</i>	536
Методы-получатели и методы-модификаторы	538
В центре внимания Хранение объектов в списке	539
Передача объектов в качестве аргументов	542
В центре внимания Консервация собственных объектов	543
В центре внимания Хранение объектов в словаре	546

10.4 Приемы конструирования классов	556
Унифицированный язык моделирования	556
Идентификация классов в задаче	557
Составление описания предметной области задачи	557
Идентификация всех именных групп	558
Уточнение списка именных групп	559
Идентификация обязанностей класса	562
Класс <i>Customer</i>	563
Класс <i>Car</i>	564
Класс <i>ServiceQuote</i>	566
Это только начало	567
Вопросы для повторения	567
Множественный выбор	567
Истина или ложь	569
Короткий ответ	570
Алгоритмический тренажер	570
Задачи по программированию	571
Глава 11. Наследование.....	575
11.1 Введение в наследование	575
Обобщение и конкретизация	575
Наследование и отношение "род — вид"	575
Наследование в диаграммах UML	584
В центре внимания Применение наследования	585
11.2 Полиморфизм.....	589
Функция <i>isinstance</i>	592
Вопросы для повторения	596
Множественный выбор	596
Истина или ложь	597
Короткий ответ	597
Алгоритмический тренажер	597
Задачи по программированию	598
Глава 12. Рекурсия	601
12.1 Введение в рекурсию	601
12.2 Решение задач на основе рекурсии	604
Применение рекурсии для вычисления факториала числа	604
Прямая и косвенная рекурсия	607
12.3 Примеры алгоритмов на основе рекурсии	607
Последовательность Фибоначчи	608
Нахождение наибольшего общего делителя	610
Ханойские башни	611
Рекурсия против циклов	614
Вопросы для повторения	615
Множественный выбор	615
Истина или ложь	616
Короткий ответ	617
Алгоритмический тренажер	617
Задачи по программированию	618

Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса	619
13.1 Графические интерфейсы пользователя.....	619
Программы с GUI событийно-управляемы.....	620
13.2 Использование модуля <i>tkinter</i>	621
13.3 Вывод текста при помощи элемента интерфейса <i>Label</i>	624
13.4 Упорядочение элементов интерфейса при помощи рамок <i>Frame</i>	628
13.5 Элементы интерфейса <i>Button</i> и информационные диалоговые окна.....	630
Создание кнопки выхода из программы	632
13.6 Получение входных данных при помощи элемента интерфейса <i>Entry</i>	634
13.7 Применение элементов <i>Label</i> в качестве полей вывода.....	637
В центре внимания Создание программы с GUI	640
13.8 Радиокнопки и флаговые кнопки	644
Радиокнопки	644
Использование функций обратного вызова с радиокнопками	647
Флаговые кнопки.....	648
13.9 Рисование фигур при помощи элемента интерфейса <i>Canvas</i>	651
Экранная система координат элемента интерфейса <i>Canvas</i>	651
Рисование прямых: метод <i>create_line()</i>	653
Рисование прямоугольников: метод <i>create_rectangle()</i>	655
Рисование овалов: метод <i>create_oval()</i>	657
Рисование дуг: метод <i>create_arc()</i>	659
Рисование многоугольников: метод <i>create_polygon()</i>	664
Рисование текста: метод <i>create_text()</i>	666
Настройка шрифта.....	669
Вопросы для повторения	671
Множественный выбор	671
Истина или ложь.....	674
Короткий ответ	674
Алгоритмический тренажер	674
Задачи по программированию.....	675
Глава 14. Основы функционального программирования.....	681
14.1 Принципы функционального программирования	681
14.2 Оператор <i>lambda</i> , функции <i>map</i> , <i>filter</i> , <i>reduce</i> и другие	682
Оператор <i>lambda</i>	682
Функция <i>map</i>	683
Функция <i>filter</i>	684
Функция <i>reduce</i>	685
Функция <i>zip</i>	686
Функция <i>enumerate</i>	687
14.3 Включение в последовательность.....	687
14.4 Замыкание	689
14.5 Функциональное ядро программы на основе конвейера	691
В центре внимания Функциональная реализация вычисления факториала числа	693
В центре внимания Функциональная реализация вычисления последовательности Фибоначчи	696
В центре внимания Функциональная реализация суммирования диапазона значений последовательности	698

Приложение 1. Установка языка Python	699
Скачивание языка Python	699
Установка Python 3.x в Windows	699
Приложение 2. Введение в среду IDLE.....	701
Запуск среды IDLE и использование оболочки Python	701
Написание программы Python в редакторе IDLE	703
Цветная разметка	704
Автоматическое выделение отступом	704
Сохранение программы.....	705
Выполнение программы	705
Другие ресурсы	706
Приложение 3. Набор символов ASCII	707
Приложение 4. Предопределенные именованные цвета.....	709
Приложение 5. Подробнее об инструкции <i>import</i>	715
Импортирование конкретной функции или класса	715
Импорт с подстановочным символом.....	716
Использование псевдонимов	716
Приложение 6. Установка модулей при помощи менеджера пакетов <i>pip</i>	719
Приложение 7. Ответы на вопросы в Контрольных точках	721
Глава 1	721
Глава 2	722
Глава 3	724
Глава 4	725
Глава 5	727
Глава 6	729
Глава 7	730
Глава 8	732
Глава 9	733
Глава 10	735
Глава 11	736
Глава 12	736
Глава 13	736
Предметный указатель.....	739

Предисловие

Добро пожаловать в четвертое издание книги "Все начинается с Python". В книге изложены принципы программирования, с помощью которых вы приобретете навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже если у вас нет опыта программирования. На доступных для понимания примерах, псевдокоде, блок-схемах и других инструментах вы научитесь разрабатывать алгоритмы и реализовывать их в программах. Книга идеально подходит для вводного курса по программированию или курса логики и разработки программного обеспечения на основе языка Python.

Отличительным признаком издания является его ясное, дружественное и легкое для понимания изложение материала. Помимо этого, оно располагает большим количеством сжатых и практических примеров программ. Программы, в свою очередь, содержат краткие примеры, посвященные конкретным темам программирования, а также более развернутые примеры, направленные на решение задачи. В каждой главе предложено одно или несколько тематических исследований, которые обеспечивают пошаговый анализ конкретной задачи и демонстрируют обучаемому ее решение.

Прежде всего управляющие структуры и только потом классы

Python — это полностью объектно-ориентированный язык программирования, однако, чтобы начать программировать на Python, обучаемому не обязательно разбираться в понятиях. Книга сначала знакомит с основными принципами хранения данных, консольного и файлового ввода-вывода, управляющими структурами, функциями, последовательностями и списками, а также объектами, которые создаются из классов стандартной библиотеки. Затем обучаемый учится программировать классы, изучает темы наследования и полиморфизма и учится писать рекурсивные функции. И наконец, он учится разрабатывать простые событийно-управляемые приложения с графическим пользовательским интерфейсом (graphical user interface, GUI).

Краткий обзор глав

Глава 1. Введение в компьютеры и программирование

Глава начинается с объяснения в очень конкретной и легкой для понимания форме принципов работы компьютеров, способов хранения и обработки данных, а также причин написания программ на высокогоуровневых языках. В ней предлагается введение в язык Python, интерактивный и сценарный режимы работы и среду разработки IDLE.

Глава 2. Ввод, обработка и вывод

Глава знакомит с циклом разработки программ, переменными, типами данных и простыми программами, которые пишутся как последовательности структур. Обучаемый учится писать простые программы, способные считывать данные с клавиатуры, выполнять математические операции и выводить результаты на экран. Кроме того, он знакомится с такими инструментами разработки программ, как псевдокод и блок-схемы. В этой главе также представлен дополнительный материал о библиотеке черепашьей графики.

Глава 3. Структуры принятия решения и булева логика

В данной главе обучаемый знакомится с операторами сравнения и булевыми выражениями и учится управлять потоком выполнения программы при помощи управляющих структур. Рассматриваются инструкции `if`, `if-else` и `if-elif-else`, обсуждаются вложенные управляющие структуры и логические операторы. Данная глава также включает дополнительный материал, посвященный черепашьей графике с обсуждением приемов применения управляющих структур для проверки состояния черепахи.

Глава 4. Структуры с повторением

В главе демонстрируются способы создания структур повторения на основе циклов `while` и `for`. Рассматриваются счетчики, накопители, нарастающие итоги и сигнальные метки, а также приемы написания циклов проверки допустимости вводимых данных. Глава содержит дополнительный материал, посвященный применению циклов для рисования узоров с использованием библиотеки черепашьей графики.

Глава 5. Функции

В данной главе обучаемый сначала учится писать и вызывать функции без возврата значения — так называемые пустые функции. Показаны преимущества использования функций в плане модуляризации программ, и обсуждается нисходящий подход к их разработке. Затем обучаемый учится передавать в функции аргументы. Рассматриваются общие библиотечные функции, в частности, функции генерации случайных чисел. Научившись вызывать библиотечные функции и использовать возвращаемые ими значения, обучаемый учится писать и вызывать собственные функции и применять модули для упорядочения функций. В качестве дополнительного материала обсуждаются темы модуляризации программного кода с инструкциями черепашьей графики на основе функций.

Глава 6. Файлы и исключения

Глава знакомит с последовательным файловым вводом и выводом. Читатель учится считывать и записывать большие наборы данных и хранить данные в виде полей и записей. Глава заканчивается рассмотрением темы исключений и знакомит с приемами написания программного кода для обработки исключений.

Глава 7. Списки и кортежи

В данной главе вводится понятие последовательности в языке Python и рассматривается применение двух часто встречающихся последовательностей Python: списков и кортежей. Обучаемый учится применять списки для массивоподобных операций, таких как хранение объектов в списке, последовательный обход списка, поиск значений в списке и вычисление суммы и среднего арифметического значения в списке. В этой главе обсуждается тема на-

резки списка и многие другие списковые методы. Рассматриваются одно- и двумерные списки. Представлен анализ пакета `matplotlib` и приемов его применения для построения диаграмм и графиков из списков.

Глава 8. Подробнее о строковых данных

В данной главе читатель учится обрабатывать строковые данные в развернутом виде. Обсуждаются нарезка строковых данных и алгоритмы, которые выполняют последовательный перебор отдельных символов в строковом значении. Глава также знакомит с несколькими встроенными функциями и строковыми методами обработки символов и текста.

Глава 9. Словари и множества

Данная глава знакомит с такими структурами данных, как словарь и множество. Читатель учится хранить данные в словарях в виде пар "ключ-значение", отыскивать значения, изменять существующие значения, добавлять новые пары "ключ-значение" и удалять такие пары. Объясняется, как хранить значения в множествах в виде уникальных элементов и выполнять широко применяемые операции над множествами, такие как объединение, пересечение, разность и симметрическая разность. Данная глава заканчивается обсуждением темы сериализации объектов и знакомит читателя с Python-модулем `pickle` для консервации данных.

Глава 10. Классы и объектно-ориентированное программирование

В данной главе сравниваются методы процедурного и объектно-ориентированного программирования. В ней раскрываются фундаментальные понятия классов и объектов. Обсуждается тема атрибутов, методов, инкапсуляции и сокрытия данных, а также рассматриваются функции инициализации `__init__` (аналогичные конструкторам), методы-получатели и методы-модификаторы. Читатель учится моделировать классы при помощи унифицированного языка моделирования (UML) и идентифицировать классы в конкретной задаче.

Глава 11. Наследование

В данной главе изучение классов продолжится, и на этот раз темами изучения станут понятия наследования и полиморфизма. Будут затронуты темы надклассов, подклассов, роли функции `__init__` в наследовании, а также темы переопределения методов и полиморфизма.

Глава 12. Рекурсия

В данной главе рассматриваются рекурсия и ее применение в решении задач. Будет представлена визуальная трассировка рекурсивных вызовов и рассмотрены рекурсивные приложения. Здесь показаны рекурсивные алгоритмы для ряда задач, таких как нахождение факториалов, нахождение наибольшего общего знаменателя, суммирование диапазона значений в списке и классический пример головоломки "Ханойские башни".

Глава 13. Программирование графического пользовательского интерфейса

В данной главе рассматриваются основные аспекты разработки приложения с графическим интерфейсом пользователя (GUI) на языке Python с применением модуля `tkinter`. Обсуждаются фундаментальные элементы визуального интерфейса, такие как метки, кнопки, поля ввода данных, переключатели, флаговые кнопки и диалоговые окна. Обучаемый также узнает, как в приложении с GUI работают события и как для обработки событий писать функции

обратного вызова. В главе обсуждаются элемент интерфейса Canvas и приемы его использования для рисования линий, прямоугольников, овалов, дуг, многоугольников и текста.

Глава 14. Основы функционального программирования

Эта глава добавлена в русское издание настоящей книги. В ней дается краткое изложение материала о встроенных функциях и расширенных возможностях языка Python по работе с последовательностями. На основе простых примеров рассматриваются возможности применения в Python парадигмы функционального программирования.

Приложение 1. Установка языка Python

В приложении даются разъяснения по поводу скачивания и установки интерпретатора Python 3.

Приложение 2. Введение в среду IDLE

Приводится обзор интегрированной среды разработки IDLE, которая поставляется вместе с Python.

Приложение 3. Набор символов ASCII

В качестве справочного материала приводится набор символов ASCII.

Приложение 4. Предопределенные именованные цвета

Представлен перечень предопределенных названий цветов, которые могут использоваться вместе с библиотекой черепашьей графики, пакетами matplotlib и tkinter.

Приложение 5. Подробнее об инструкции import

Рассматриваются различные способы применения инструкции импорта import. Например, эту инструкцию можно использовать для импортирования модуля, класса, функции либо присвоения модулю псевдонима.

Приложение 6. Установка модулей при помощи менеджера пакетов pip

Обсуждаются способы применения менеджера пакетов pip для установки сторонних модулей из каталога пакетов Python, или PyPI.

Приложение 7. Ответы на вопросы в Контрольных точках

Представлены ответы на вопросы из разделов "Контрольная точка", которые встречаются в конце почти каждого раздела книги.

Организация учебного материала

Представленный в книге тренировочный материал учит программировать в пошаговом режиме. Каждая глава освещает перечисленные ранее в кратком обзоре темы и наращивает знание по мере продвижения от темы к теме. Главы учебника можно изучать в существующей последовательности. Вместе с тем имеется определенная гибкость относительно порядка следования учебного материала. На рис. 1 показана зависимость между главами.

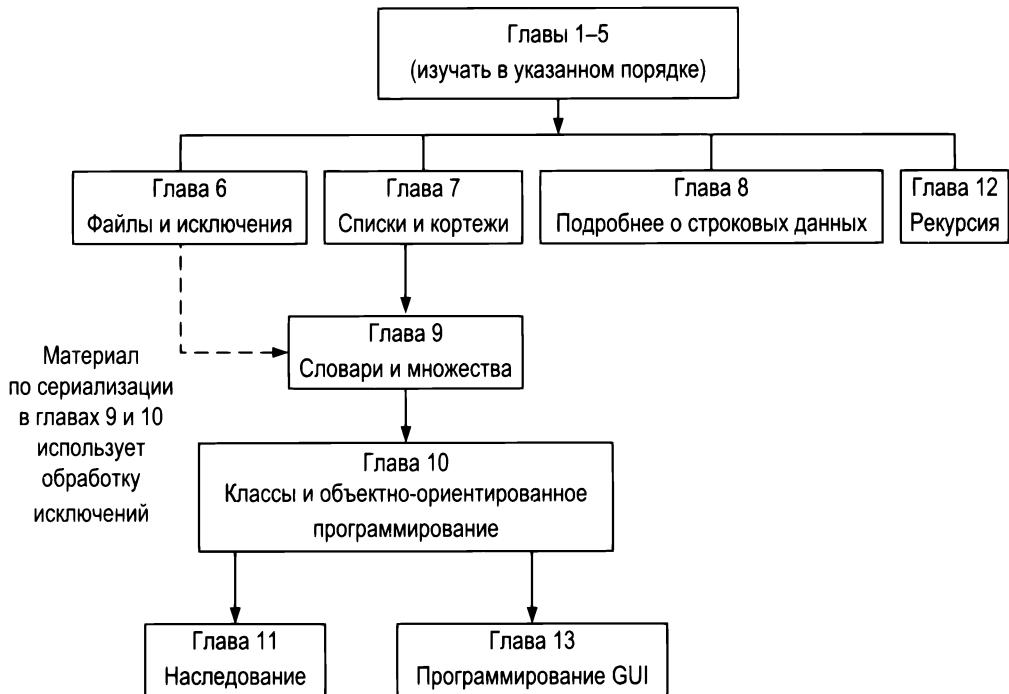


Рис. 1. Зависимости между главами

Структурные элементы и условные обозначения книги

Ключевые положения	Все главные разделы книги начинаются с объяснения принципов и понятий.
Объяснения	Данное объяснение в сжатом виде обобщает главную мысль раздела.
Примеры программ	Главы содержат многочисленные примеры законченных программ и фрагменты кода — все они предназначены для демонстрации текущей темы.
 Тематическое исследование "В центре внимания"	Каждая глава содержит одно или несколько тематических исследований под рубрикой "В центре внимания", в которых обучаемому предоставляется подробный пошаговый анализ и демонстрация решения задач.
 Видеозаписи	Онлайновые видеоматериалы, разработанные специально для настоящей книги, доступны для просмотра на www.pearsonhighered.com/cs-resources ¹ . Соответствующие значки появляются на протяжении всего учебника, напоминая обучаемому о видеоматериалах по конкретным темам.

¹ Видеоматериалы доступны после регистрации пользователя по указанному адресу. В раскрывающемся списке **Browse by Author** надо выбрать **Gaddis**, а затем на появившейся веб-странице найти издание **Starting Out with Python, 4th Edition** и щелкнуть по его обложке. На странице издания следует найти горизонтальное меню, щелкнуть по пункту **Resources** и таким образом получить доступ к ресурсам книги: презентациям, программному коду и др. — Прим. ред.

**Примечания**

Примечания представляют собой короткие объяснения интересных или нередко недопонимаемых вопросов, относящихся к рассматриваемой теме.

**Советы**

Советы предоставляют обучаемому консультации относительно оптимальных подходов к решению различных задач по программированию.

**Предупреждения**

Предупреждения предостерегают обучаемого относительно приемов или методов программирования, которые могут привести к неправильному функционированию программ либо потере данных.

**Контрольная точка**

Контрольные точки представляют собой перечень промежуточных вопросов, размещенных в конце разделов книги. Они предназначены для быстрой проверки знаний после изучения новой темы.

**Вопросы
для повторения**

Каждая глава содержит глубокий и разнообразный перечень вопросов и упражнений для повторения пройденного материала. Здесь представлены: тест с множественным выбором, тест с определением истинного или ложного утверждения, алгоритмический тренажер и вопросы, требующие короткого ответа.

**Задачи по програм-
мированию**

Каждая глава предлагает широкий круг задач по программированию, предназначенных для закрепления знаний, полученных при изучении текущей темы.

Дополнительные материалы**Онлайновые учебные ресурсы**

Специально для этой книги издателем предоставлено большое количество учебных ресурсов. В частности, на www.pearsonhighered.com/cs-resources можно найти следующие материалы:

- ◆ исходный код для каждого приводимого в книге примера программы;
- ◆ доступ к сопроводительным видеоматериалам.

Ресурсы для преподавателя

Приведенные ниже дополнительные материалы доступны только квалифицированным преподавателям:

- ◆ ответы на все вопросы в разделах "Вопросы для повторения";
- ◆ решения к упражнениям;
- ◆ слайды презентаций PowerPoint для каждой главы;
- ◆ тестовый банк.

По поводу получения информации о доступе к вышенназванным ресурсам посетите Образовательный преподавательский ресурсный центр Pearson (www.pearsonhighered.com/irc) или свяжитесь со своим местным представителем Образовательного центра Pearson.

Электронный архив

По ссылке <ftp://ftp.bhv.ru/9785977540025.zip> можно скачать электронный архив с рассмотренными проектами и исходными кодами примеров, ответами на вопросы для повторения, а также решениями задач по программированию. Эта ссылка доступна также со страницы книги на сайте www.bhv.ru.

Об авторе

Тони Гэддис — ведущий автор серии книг "Начинаем программировать..." (Starting Out With). У него почти двадцатилетний опыт преподавания курсов информатики в колледже округа Хейвуд, шт. Северная Каролина. Его преподавательские заслуги общепризнаны: ему присвоено звание "Преподаватель года" колледжем Северной Каролины, он удостаивался премии "Педагогическое мастерство", вручаемой Национальным институтом кадрового и организационного развития. В серии "Начинаем программировать..." издаются книги, посвященные языкам программирования C++, Java™, Microsoft® Visual Basic®, Microsoft® C#®, Python®, Alice, среде визуальной разработки android-приложений App Inventor, а также программированию логики и дизайна. Все они были опубликованы в издательстве Pearson. Дополнительную информацию можно найти на сайте www.pearsonhighered.com/gaddisbooks.

Комментарий переводчика

Весь материал книги протестирован в среде Windows 10. При тестировании исходного кода за основу взят Python версии 3.6.4 и дополнен материалом по функциональному программированию (см. главу 14).

Прилагаемый к книге адаптированный и скорректированный исходный код примеров следует разместить в подпапке домашней папки пользователя (/home/python_projects или C:\Users\[ИМЯ_ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ]\python_projects).

Представление чисел

Для представления десятичных чисел в данной книге в качестве разделителя используется точка.

Для форматирования чисел в локальное для России представление (когда в качестве разделителя разрядов используется запятая) в Python имеется встроенная библиотека `locale`, которая позволяет настраивать форму представления чисел и соответствующим образом их форматировать. В общем случае для форматирования чисел следует начинать программу с приведенных ниже строк кода:

```
import locale          # импортировать библиотеку по работе с локальями
loc = locale.getlocale()      # запомнить текущую локаль
locale.setlocale(locale.LC_ALL, "Russian_Russia.1251") # изменить локаль
```

В последней строке задается форма написания чисел, принятая в России. Далее можно разместить собственный программный код, к примеру:

```
salary = 50000.0        # зарплата в рублях
print('Ваша ежемесячная зарплата составляет ',
      locale.format('%.2f', salary, grouping=True), sep='')
```

А в конце программы нужно вернуть локаль:

```
locale.setlocale(locale.LC_ALL, loc) # вернуть локаль
```

Если выполнить этот фрагмент кода, то получится результат, в котором представление чисел будет соответствовать принятому у нас стандарту, т. е. с разделением групп разрядов пробелом и использованием в качестве десятичного разделителя запятой:

```
Ваша ежемесячная зарплата составляет 50 000,00
```

Базовый набор сторонних библиотек

Хотя в книге установка и применение сторонних библиотек не рассматриваются, тем не менее, ниже приведена информация о базовом наборе инструментов, необходимых для дальнейшей работы. Эта информация ни к чему не обязывает, но избавит от затруднений и послужит прекрасной отправной точкой для всех, кто интересуется программированием на Python.

В обычных условиях библиотеки Python можно скачать и установить из каталога библиотек Python PyPi (<https://pypi.python.org/>). Следует учесть, что для работы некоторых библиотек, в частности SciPy и Scikit-learn, в ОС Windows требуется установленная библиотека NumPy+MKL. Библиотека NumPy+MKL "привязана" к библиотеке Intel® Math Kernel Library и содержит необходимые динамические библиотеки (dll-файлы) в каталоге numpy.core. Библиотеку NumPy+MKL следует скачать из репозитория whl-файлов (<http://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/>) и установить при помощи менеджера пакетов pip как whl (соответствующая процедура установки пакетов в формате WHL описана далее). Например, для 64-разрядной операционной системы Windows и среды Python 3.6 команда будет такой:

```
pip install numpy-1.13.4+mkl-cp36-cp36m-win_amd64.whl
```

Основополагающими являются следующие библиотеки:

- ◆ NumPy — основополагающая библиотека, необходимая для научных вычислений на Python;
- ◆ Matplotlib — библиотека для работы с двумерными графиками;
- ◆ Pandas — инструмент для анализа структурных данных и временных рядов. Требует наличия numpy и некоторых других;
- ◆ Scikit-learn — интегратор классических алгоритмов машинного обучения. Требует наличия numpy+mkl;
- ◆ Scikit-image — коллекция алгоритмов для обработки изображений. Требует наличия numpy+mkl;
- ◆ SciPy — библиотека, используемая в математике, естественных науках и инженерном деле; требует наличия numpy+mkl;
- ◆ Jupyter — интерактивная онлайновая вычислительная среда;
- ◆ PyQt5 — библиотека инструментов для программирования графического интерфейса пользователя, требуется для работы инструментальной среды программирования Spyder;
- ◆ Spyder — инструментальная среда программирования на Python.

Порядок установки библиотек

Для того чтобы работать с более свежими версиями библиотек и держать процесс установки под своим контролем, далее предлагается список команд установки библиотек. В случае нескольких библиотек может потребоваться установка из файлов whl, которые можно взять из репозитория whl-файлов (<http://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/>).

```
pip3 install --upgrade pip  
pip3 install numpy
```

Либо как whl-файл: pip3 install numpy-1.13.4+mkl-cp36-cp36m-win_amd64.whl

```
pip3 install pandas  
pip3 install scipy
```

Либо как whl-файл: pip3 install scipy-0.19.0-cp36-cp36m-win_amd64.whl

```
pip3 install Scikit-learn
```

Либо как whl-файл: pip3 install scikit_learn-0.18.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl

```
pip install scikit-image
```

Либо как whl-файл: pip install scikit_image-0.13.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl

```
pip3 install matplotlib  
pip install jupyter  
pip install pyqt5  
pip install spyder
```

ПРИМЕЧАНИЕ

В зависимости от базовой ОС, версий языка Python и версий программных библиотек устанавливаемые вами версии whl-файлов могут отличаться от приведенных выше, где показаны последние на январь 2018 г. версии для 64-разрядной ОС Windows и Python версии 3.6.4.

Установка библиотек Python из whl-файлов

Библиотеки для Python можно разрабатывать не только на чистом Python. Довольно часто библиотеки программируют на С (динамические библиотеки), и для них пишут обертку Python, либо библиотеку пишут на Python, но для оптимизации узких мест часть кода — на С. Такие библиотеки получаются очень быстрыми, однако библиотеки с вкраплениями кода на С программисту на Python тяжелее установить ввиду отсутствия соответствующих знаний либо необходимых компонентов и настроек в рабочей среде (в особенности в Windows). Для решения описанных проблем разработан специальный формат (файлы с расширением whl) для распространения библиотек, который содержит заранее скомпилированную версию библиотеки со всеми ее зависимостями. Формат WHL поддерживается всеми основными платформами (Mac OS X, Linux, Windows).

Установка производится с помощью менеджера библиотек pip. В отличие от обычной установки командой `pip install <имя_библиотеки>` вместо имени библиотеки указывается полное имя whl-файла (то есть путь к файлу и собственно имя файла):

```
pip install <путь_к_whl-файлу>
```

Например,

```
pip install C:\temp\scipy-0.19.0-cp36-cp36m-win_amd64.whl
```

Откройте окно командной строки и при помощи команды `cd` перейдите в каталог, где размещен ваш whl-файл. В этом случае путь указывать не понадобится. Например,

```
pip install scipy-0.19.0-cp36-cp36m-win_amd64.whl
```

При выборе библиотеки важно, чтобы разрядность устанавливаемой библиотеки и разрядность интерпретатора совпадали. Пользователи Windows могут брать whl-файлы на веб-странице <http://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/> Кристофа Голька из Лаборатории динамики флуоресценции Калифорнийского университета в г. Ирвайн. Библиотеки там постоянно обновляются, и в архиве содержатся все, какие только могут понадобиться.

Установка и настройка инструментальной среды Spyder

Spyder (Scientific PYthon Development EnviRonment) — это инструментальная среда для научных вычислений для языка Python для Windows, Mac OS X и Linux. Это простая, легковесная и бесплатная интерактивная среда разработки на Python, которая предлагает функционал, аналогичный среде разработки на MATLAB, включая готовые к использованию элементы интерфейса PyQt5 и PySide: редактор исходного кода, редактор массивов данных NumPy, редактор словарей, а также консоли Python и IPython и многое другое.

Для того чтобы установить среду Spyder в Ubuntu Linux, используя официальный менеджер библиотек, нужна всего одна команда:

```
sudo apt-get install spyder
```

Установка с использованием менеджера библиотек `pip` выполняется так:

```
sudo apt-get install python-qt5 python-sphinx  
sudo pip install spyder
```

Обновление:

```
sudo pip install -U spyder
```

Установка среды Spyder в Fedora 27:

```
dnf install python-spyder
```

Установка среды Spyder в Windows:

```
pip install spyder
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Среда Spyder требует обязательной установки библиотеки PyQt5 (`pip install pyqt5`).

Блокноты Jupyter

Среди файлов с исходным кодом Python можно найти файлы с расширением `html` и `ipynb`. Последние — это файлы блокнотов интерактивной среды программирования Jupyter (<http://jupyter.org/>). Блокноты Jupyter позволяют иметь в одном месте исходный код, результаты выполнения исходного кода, графики данных и документацию, которая поддерживает синтаксис упрощенной разметки Markdown и мощный синтаксис LaTeX.

Интерактивная среда программирования Jupyter — это зонтичный проект, который наряду с Python предназначен для выполнения в обычном веб-браузере небольших программ

и фрагментов программного кода на других языках программирования, в том числе Julia, R и многих других (уже более 40 языков).

Интерактивная среда программирования Jupyter устанавливается, как обычно, при помощи менеджера пакетов pip:

```
pip install jupyter
```

Для того чтобы запустить интерактивную среду Jupyter, нужно в командной оболочке или окне терминала набрать и выполнить команду:

```
jupyter notebook
```

Локальный сервер интерактивной среды Jupyter запустится в браузере, заданном по умолчанию (как правило, по адресу <http://localhost:8888/>). После этого нужный блокнот Jupyter можно просто выбрать из меню Jupyter.

Файлы HTML представляют собой простые копии блокнотов Jupyter для просмотра в веб-браузере.

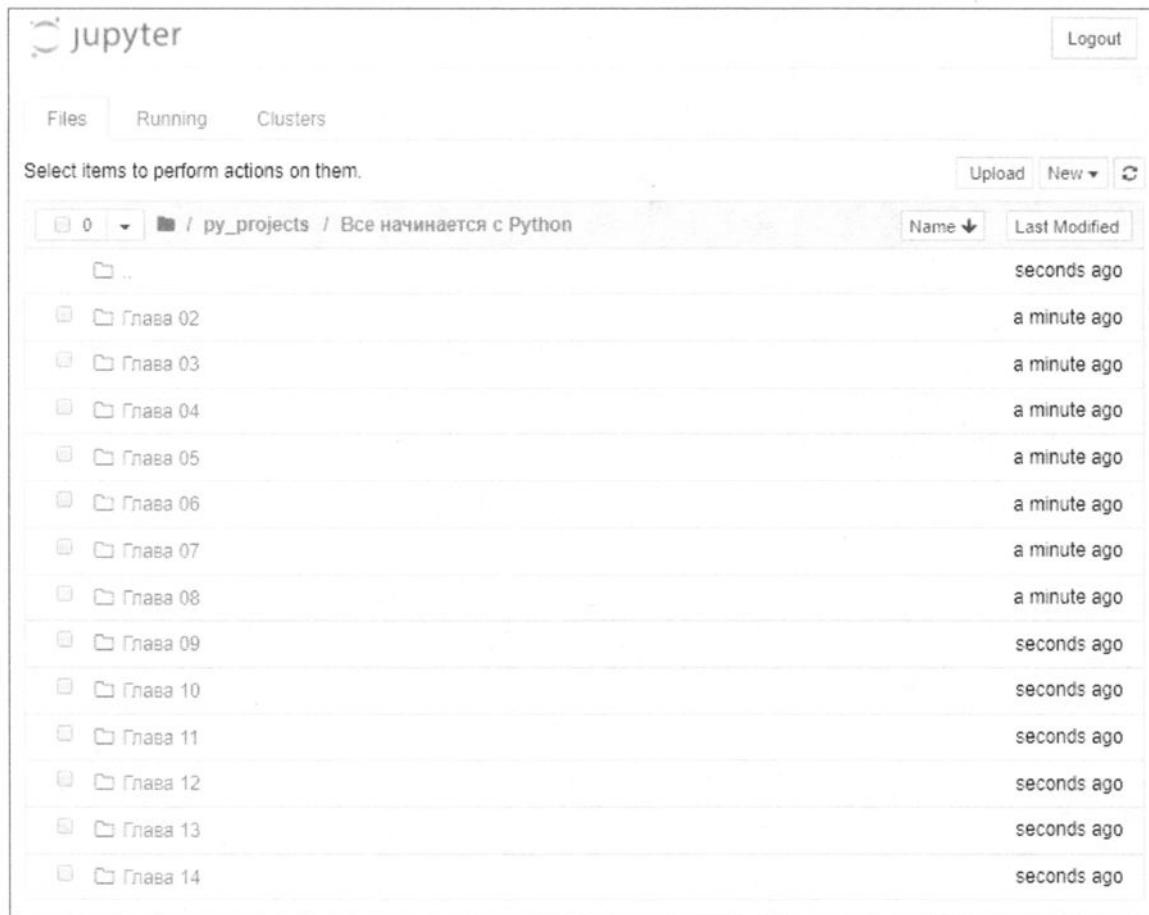


Рис. 2. Рабочее окно Jupyter в браузере

1.1

Введение

Давайте подумаем, каким образом люди используют компьютеры. В учебных заведениях компьютеры нужны для составления докладов и написания сочинений, поиска статей, пересылке электронных писем и участия в онлайновых учебных занятиях. На работе люди используют компьютеры, чтобы анализировать данные, составлять презентации, проводить деловые транзакции, общаться с клиентами и коллегами, управлять машинами на заводах и др. Дома компьютеры используются для оплаты счетов, покупки в онлайновых магазинах, общения с друзьями и семьей и, конечно же, для развлечений. Не забывайте также, что мобильные телефоны, планшеты, смартфоны, автомобильные системы навигации и множество других устройств — это тоже компьютеры. В повседневной жизни разнообразие применений компьютеров почти безгранично.

Компьютеры умеют выполнять такой широкий круг задач, потому что они программируемы. Из этого следует, что компьютеры приспособлены выполнять не одну задачу, а любую задачу, которую их программы предписывают им выполнить. *Программа* — это набор инструкций, которые компьютер исполняет с целью решения задачи. Например, на рис. 1.1 представлены снимки экранов с двумя популярными программами — Microsoft Word и PowerPoint.

Программы принято называть *программным обеспечением* (ПО). Программное обеспечение имеет для компьютера решающее значение, потому что оно управляет всем, что делает компьютер. Все ПО, которое мы используем, чтобы сделать наши компьютеры полезными, создается людьми — программистами, или разработчиками программного обеспечения. *Программист*, или *разработчик программного обеспечения*, — это человек с профессиональной подготовкой и квалификацией, необходимыми для проектирования, создания и тестирования компьютерных программ. Наверняка вы знаете, что результаты работы программистов используются в бизнесе, медицине, правительственный учреждениях, правоохранительных органах, сельском хозяйстве, научных кругах, развлекательных заведениях и многих других сферах человеческой деятельности.

С помощью этой книги вы знакомитесь с фундаментальными понятиями и принципами программирования на языке Python. Язык Python идеально подходит для новичков, потому что он легок в освоении, и программы пишутся на нем очень быстро. К тому же Python — это мощный язык, который популярен среди профессиональных разработчиков программного обеспечения. Не раз сообщалось, что Python используется в Google, NASA, YouTube, на Нью-Йоркской фондовой бирже, различными компаниями, специализирующимися на разработке игр, и многими другими организациями.

Прежде чем приступить к исследованию принципов программирования, необходимо понять несколько основных идей относительно компьютеров и принципов их работы. Эта глава за-

ложит прочный фундамент знаний, на который можно будет постоянно опираться по ходу изучения информатики. Сначала мы обсудим физические компоненты, из которых компьютеры обычно состоят. Затем мы рассмотрим способы хранения компьютерами данных и выполнения ими программ. И наконец, будет предложено краткое введение в программное обеспечение, которое будет использоваться для написания программ на Python.

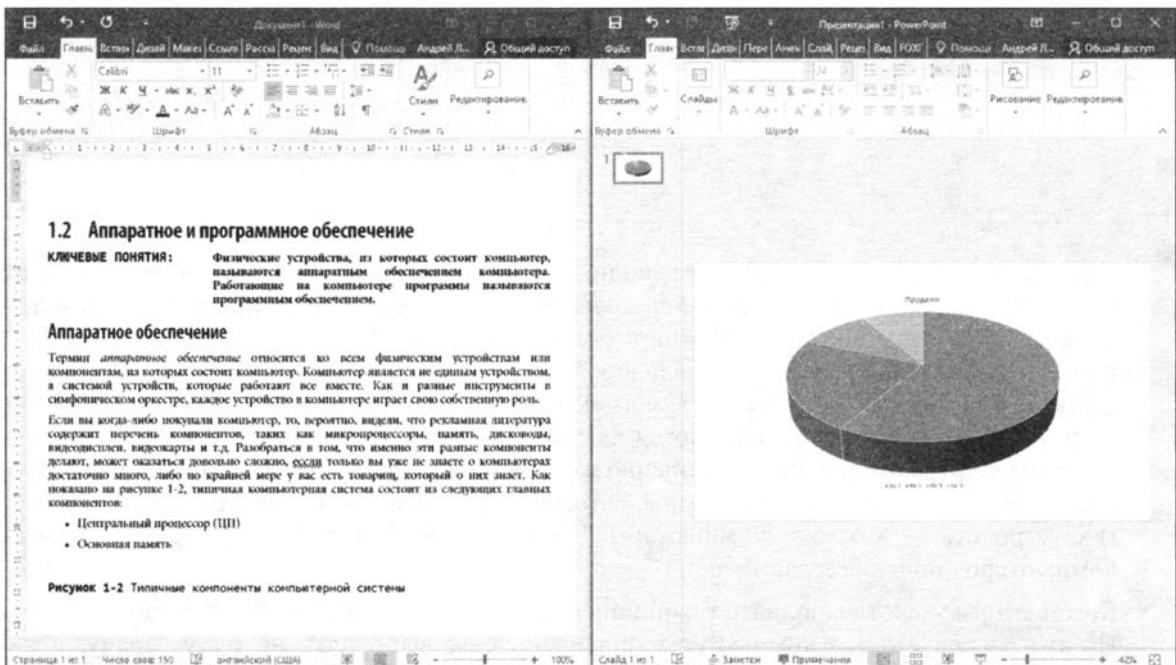


РИС. 1.1. Программы для обработки текстов (слева) и редактирования изображений (справа)

1.2

Аппаратное и программное обеспечение

Ключевые положения

Физические устройства, из которых состоит компьютер, называются аппаратным обеспечением компьютера. Работающие на компьютере программы называются программным обеспечением.

Аппаратное обеспечение

Термин "*аппаратное обеспечение*" (hardware) относится ко всем физическим устройствам или *компонентам*, из которых состоит компьютер. Компьютер представляет собой не единое устройство, а систему устройств, которые работают во взаимодействии друг с другом. Как и разнообразные инструменты в симфоническом оркестре, каждое устройство в компьютере играет собственную роль.

Если вы когда-либо покупали компьютер, то, вероятно, видели, что рекламная литература содержит перечень компонентов, таких как микропроцессоры, память, дисководы, видеодисплеи, видеокарты и т. д. Довольно сложно разобраться в том, что именно делают эти разнообразные компоненты, если только вы уже не знаете о компьютерах достаточно много

либо у вас нет товарища, который о них что-то знает. Как показано на рис. 1.2, типичная компьютерная система состоит из следующих главных компонентов:

- ◆ центрального процессора (ЦП);
- ◆ основной памяти;
- ◆ вторичных устройств хранения данных;
- ◆ устройств ввода;
- ◆ устройств вывода.

Давайте взглянем на каждый из этих компонентов поближе.

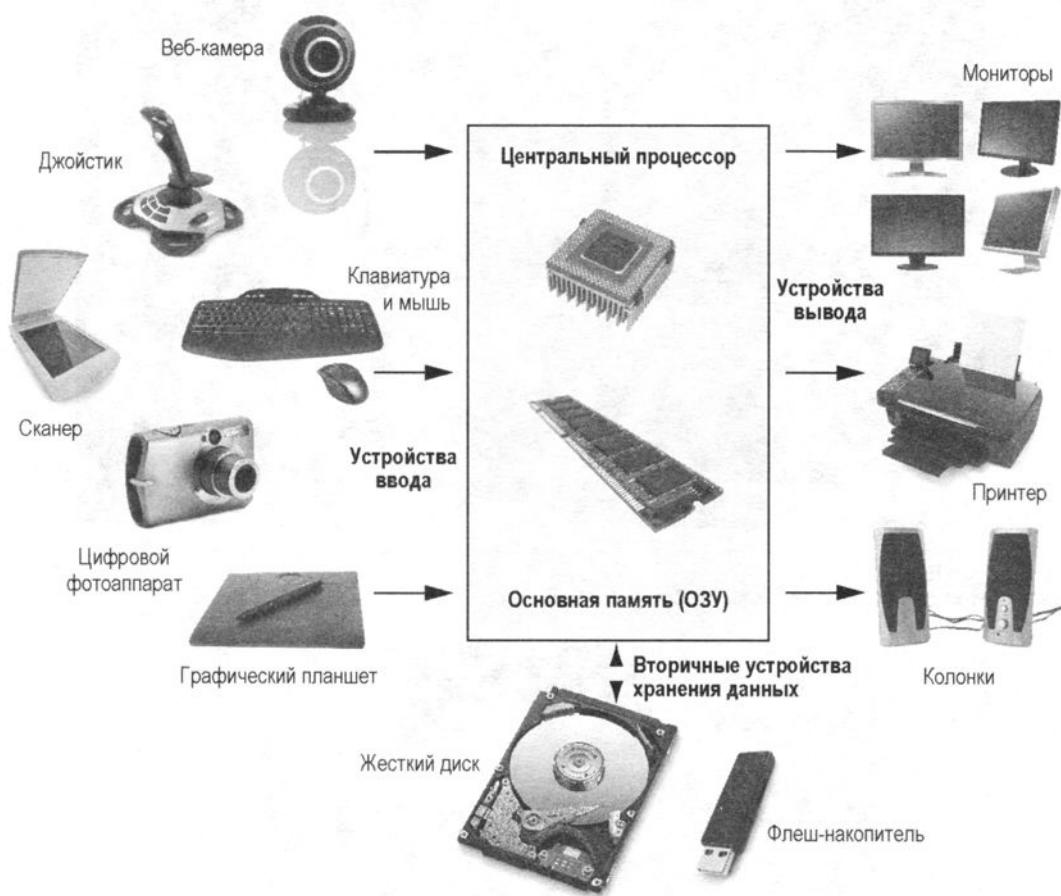


РИС. 1.2. Типичные компоненты компьютерной системы

Центральный процессор

Когда компьютер занят задачами, которые программа поручает ему выполнить, мы говорим, что компьютер *выполняет*, или *исполняет*, программу. *Центральный процессор* (ЦП) является той частью компьютера, которая фактически исполняет программы. Это самый важный компонент в компьютере, потому что без него компьютер не сможет выполнять программы.

В самых ранних компьютерах ЦП представлял собой огромные устройства, состоящие из электрических и механических компонентов, таких как вакуумные лампы и переключатели.

На фотографии рис. 1.3 две женщины работают с историческим компьютером ENIAC. ENIAC, который многими считается первой в мире программируемой электронно-вычислительной машиной, был создан в 1945 г. с целью вычисления орудийных баллистических таблиц для армии США¹. Эта машина, которая первоначально представляла один большой ЦП, имела высоту 2,5 м, ширину 30,5 м и весила 30 т.

В наше время ЦП представляют собой миниатюрные кристаллы интегральной микросхемы, которые называются *микропроцессорами*. На рис. 1.4 представлена фотография техническо-

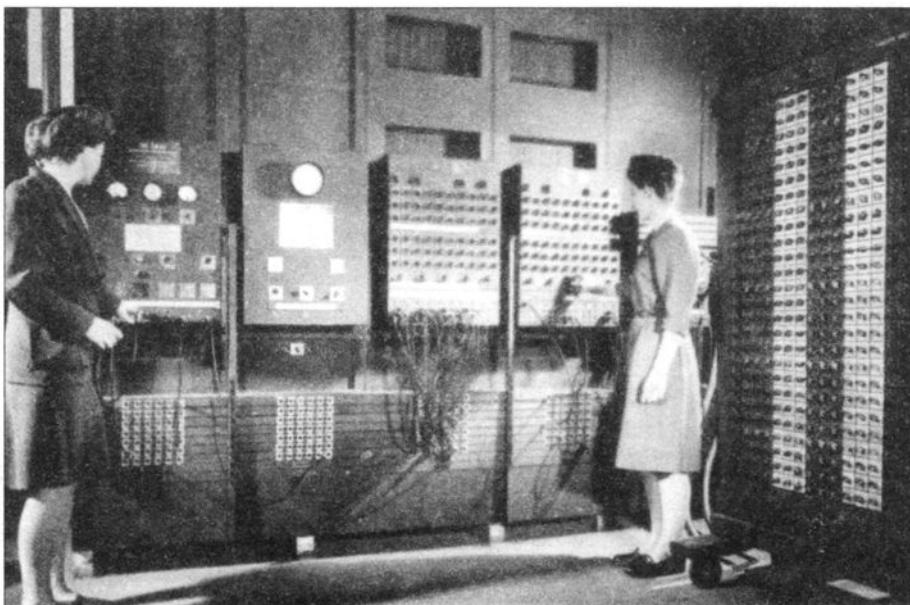


РИС. 1.3. Компьютер ENIAC
(с разрешения фотофонда U.S. Army Historic Computer Images)

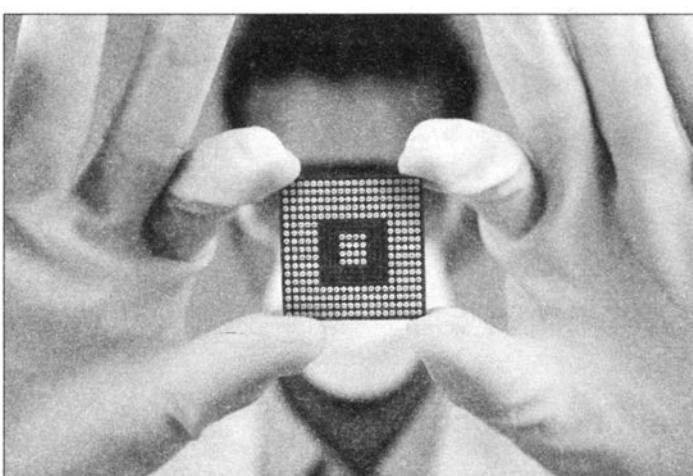


РИС. 1.4. Техник-лаборант держит современный процессор

¹ Первый советский компьютер, МЭСМ, был создан несколько позже под руководством С. А. Лебедева. Соответствующие работы начались только с осени 1948 г. и в конце 1951 г. МЭСМ прошел испытания и был принят в эксплуатацию Комиссией АН СССР во главе с академиком Келдышем. — Прим. пер.

го специалиста лаборатории, который держит в руках современный микропроцессор. Помимо того, что они намного меньше старых электромеханических ЦП в ранних компьютерах, микропроцессоры к тому же гораздо мощнее.

Основная память

Основную память можно представить, как рабочую область компьютера. Это то место, где компьютер хранит программу, пока та выполняется, и данные, с которыми программа работает. Например, предположим, вы используете программу обработки текста, чтобы написать работу для одного из своих учебных занятий. Пока вы это делаете, программа обработки текста и ваше сочинение хранятся в основной памяти.

Основную память принято называть *оперативным запоминающим устройством* (ОЗУ), или запоминающим устройством с произвольным доступом (ЗУПД), или просто *оперативной памятью*. Называется она так, потому что ЦП способен получать немедленный доступ к данным, хранящимся в любой произвольной единице хранения в ОЗУ. Как правило, ОЗУ является *энергозависимым* типом памяти, которая используется только для временного хранения, пока программа работает. Когда компьютер выключают, содержимое ОЗУ стирается. В вашем компьютере ОЗУ размещен в кристаллах интегральной микросхемы, подобных тем, которые показаны на рис. 1.5.

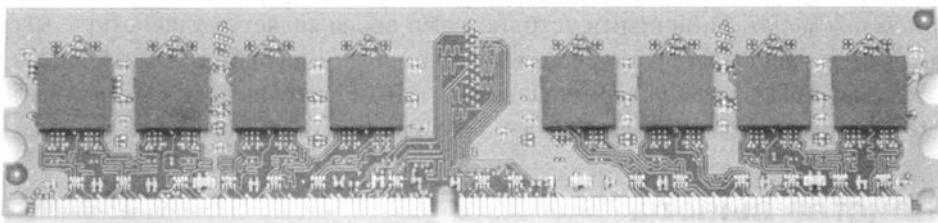


РИС. 1.5. Кристаллы интегральной микросхемы памяти

Вторичные устройства хранения

Вторичное устройство хранения — это тип памяти, который может хранить данные в течение долгих промежутков времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание. В обычных условиях программы хранятся во вторичной памяти и загружаются в основную память по мере необходимости. Важные данные, такие как документы текстового редактора, данные платежных ведомостей и складских запасов, тоже хранятся во вторичной памяти.

Наиболее распространенным типом вторичного устройства хранения является *жесткий диск*. Традиционный жесткий диск сохраняет данные путем их магнитной записи на вращающийся круговой диск. Все большую популярность приобретают *твердотельные диски*, которые сохраняют данные в твердотельной памяти. Твердотельный диск не имеет подвижных частей и работает быстрее, чем традиционный диск. В большинстве компьютеров обязательно имеется какое-то вторичное устройство хранения, традиционный диск или твердотельный диск, смонтированное внутри своего корпуса. Имеются также вторичные устройства хранения, которые присоединяются к одному из коммуникационных портов компьютера. Вторичные устройства хранения используются для создания резервных копий важных данных либо для перемещения данных на другой компьютер.

Для копирования данных и их перемещения на другие компьютеры помимо вторичных устройств хранения были созданы разнообразные типы устройств. Возьмем, к примеру, *USB-диски*. Эти небольшие устройства подсоединяются к порту USB (универсальной последовательной шине) компьютера и определяются в системе как внешний жесткий диск. Правда, эти диски на самом деле не содержат дисковых пластин. Они хранят данные в памяти особого типа — во *флеш-памяти*. USB-диски, именуемые также *картами памяти* и *флеш-накопителями*, имеют небольшую стоимость, надежны и достаточно маленькие, чтобы носить их в кармане одежды.

Оптические устройства, такие как CD (компакт-диск) и DVD (цифровой универсальный диск), тоже широко используются для хранения данных. На оптическом диске данные записываются не магнитным способом, а кодируются как серия углублений на поверхности диска. С целью обнаружения этих углублений и, следовательно, чтения закодированных данных в CD- и DVD-приводах используется лазерный луч. Оптические диски содержат большие объемы данных, и по этой причине, записываемые CD- и DVD-приводы широко используются для создания резервных копий данных.

Устройства ввода

Вводом называются любые данные, которые компьютер собирает от людей и от различных устройств. Компонент, который собирает данные и отправляет их в компьютер, называется *устройством ввода*. Типичными устройствами ввода является клавиатура, мышь, сенсорный экран, сканер, микрофон и цифровая фотокамера. Дисководы и оптические диски можно тоже рассматривать, как устройства ввода, потому что из них извлекаются программы и данные, которые затем загружаются в оперативную память компьютера.

Устройства вывода

Выводом являются любые данные, которые компьютер производит для людей или для различных устройств. Это может быть торговый отчет, список имен или графическое изображение. Данные отправляются в *устройство вывода*, которое их форматирует и предъявляет. Типичными устройствами вывода являются видеодисплеи и принтеры. Дисководы можно тоже рассматривать, как устройства вывода, потому что компьютерная система отправляет на них данные с целью их сохранения.

Программное обеспечение

Для функционирования компьютера нужно программное обеспечение. Все, что компьютер делает с момента нажатия на кнопку включения питания и до момента выключения компьютерной системы, находится под контролем программного обеспечения. Имеются две общие категории программного обеспечения: системное программное обеспечение и прикладное программное обеспечение. Большинство компьютерных программ четко вписывается в одну из этих двух категорий. Давайте взглянем на каждую из них поближе.

Системное программное обеспечение

Программы, которые контролируют и управляют основными операциями компьютера, обычно называются *системным программным обеспечением*. К системному ПО, как правило, относятся следующие типы программ.

Операционная система (ОС) — фундаментальный набор программ на компьютере. Она управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера и всеми подключенными к компьютеру устройствами, позволяет сохранять данные и их получать из устройств хранения, обеспечивает выполнение других программ. Популярные операционные системы для ноутбуков и настольных компьютеров включают Windows, Mac OS X и Linux. Популярные операционные системы для мобильных устройств — Android и iOS.

Обслуживающая программа, или *утилита*, выполняет специализированную задачу, которая расширяет работу компьютера или гарантирует сохранность данных. Примерами обслуживающих, или сервисных, программ являются вирусные сканеры, программы сжатия файлов и программы резервного копирования данных.

Инструменты разработки программного обеспечения — это программы, которые программисты используют для создания, изменения и тестирования программного обеспечения. Ассемблеры, компиляторы и интерпретаторы являются примерами программ, которые попадают в эту категорию.

Прикладное программное обеспечение

Программы, которые делают компьютер полезным для повседневных задач, называются *прикладным программным обеспечением*. На выполнение этих программ на своих компьютерах люди по обыкновению тратят большую часть своего времени. На рис. 1.1 был представлен снимок экрана с двумя популярными приложениями: программой обработки текста Microsoft Word и программой для презентаций PowerPoint. В качестве других примеров прикладного ПО можно назвать программы для работы с электронными таблицами, почтовыми программами, веб-браузерами и компьютерными играми.



Контрольная точка

- 1.1. Что такое программа?
- 1.2. Что такое аппаратное обеспечение?
- 1.3. Перечислите пять главных компонентов компьютерной системы.
- 1.4. Какая часть компьютера исполняет программы фактически?
- 1.5. Какая часть компьютера служит рабочей областью для хранения программы и ее данных, пока программа работает?
- 1.6. Какая часть компьютера содержит данные в течение долгого времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание?
- 1.7. Какая часть компьютера собирает данные от людей и от различных устройств?
- 1.8. Какая часть компьютера форматирует и предоставляет данные людям и подключенным к нему устройствам?
- 1.9. Какой фундаментальный набор программ управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера?
- 1.10. Как называется программа, которая выполняет специализированную задачу, в частности, такие программы, как вирусный сканер, программа сжатия файлов или программа резервного копирования данных?
- 1.11. К какой категории программного обеспечения принадлежат программы обработки текста, программы по работе с электронными таблицами, почтовые программы, веб-браузеры и компьютерные игры?

1.3

Как компьютеры хранят данные

Ключевые положения

Все хранящиеся в компьютере данные преобразуются в последовательности, состоящие из нулей и единиц.

Память компьютера разделена на единицы хранения, которые называются *байтами*. Одного байта памяти достаточно только для того, чтобы разместить одну букву алфавита или небольшое число. Для того чтобы делать что-то более содержательное, компьютер должен иметь очень много байтов. Большинство компьютеров сегодня имеет миллионы или даже миллиарды байтов оперативной памяти.

Каждый байт разделен на восемь меньших единиц хранения, которые называются *битами*, или *разрядами*. Термин "бит" происходит от англ. *binary digit* и переводится как *двоичная цифра*. Программисты обычно рассматривают биты, как крошечные переключатели, которые могут находиться в одном из двух положений: включено или выключено. Однако на самом деле биты не являются «переключателями», по крайней мере не в стандартном смысле. В большинстве компьютерных систем биты — это крошечные электрические компоненты, которые могут содержать либо положительный, либо отрицательный заряд. Программисты рассматривают положительный заряд, как переключатель в положении «Включено», и отрицательный заряд, как переключатель в положении «Выключено». На рис. 1.6 показано, как программист может рассматривать байт памяти: как коллекцию переключателей, каждый из которых установлен в положение «Вкл» либо «Выкл».

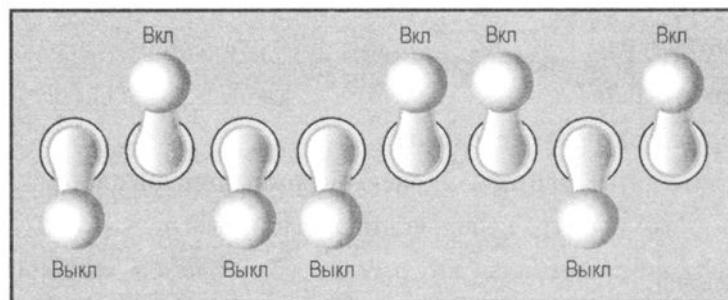


РИС. 1.6. Рассматривайте байт как восемь переключателей

Когда порция данных сохраняется в байте, компьютер размещает восемь битов в двухпозиционной комбинации «включено-выключено», которая представляет данные. Например, на рис. 1.7, слева показано, как в байте будет размещено число 77, а справа — латинская буква А. Далее мы объясним, каким образом эти комбинации определяются.

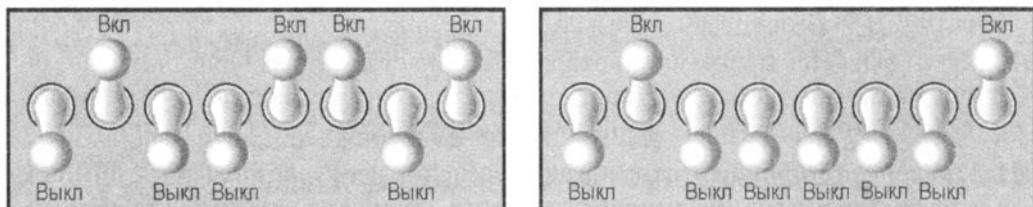


РИС. 1.7. Комбинации двоичных разрядов для числа 77 (слева) и латинской буквы А (справа)

Хранение чисел

Бит используется для представления чисел в весьма ограниченной форме. В зависимости от того, "включен" он или "выключен", бит может представлять одно из двух разных значений. В компьютерных системах выключенный бит представляет число 0, а включенный — число 1. Это идеально соответствует *двоичной системе исчисления*, в которой все числовые значения записываются как последовательности нулей и единиц. Вот пример числа, которое записано в двоичной системе исчисления:

10011101

Позиция каждой цифры в двоичном числе соответствует определенному значению. Как показано на рис. 1.8, начиная с самой правой цифры и двигаясь влево, значения позиций равняются 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 и т. д. На рис. 1.9 показана та же схема, но здесь позиции вычислены. Начиная с самой правой цифры и двигаясь влево, значения позиций равняются 1, 2, 4, 8 и т. д.

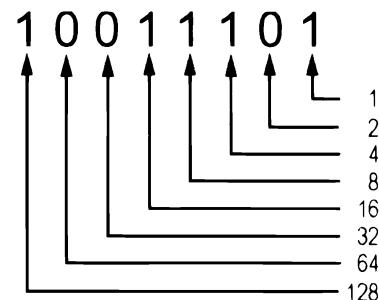
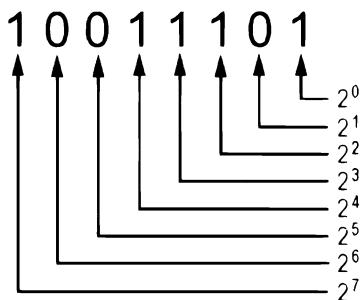
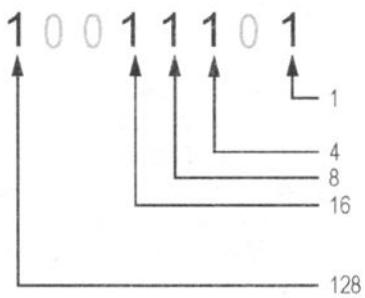


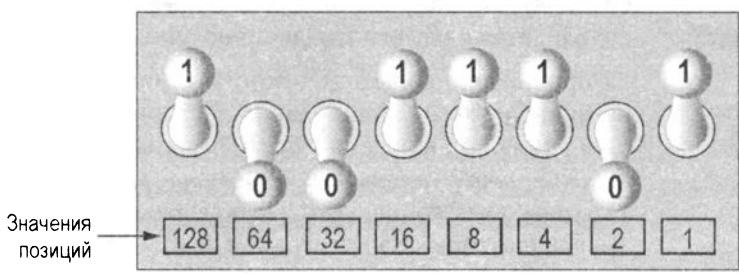
РИС. 1.8. Значения двоичных разрядов как степени 2

РИС. 1.9. Значения двоичных разрядов

Для того чтобы определить значение двоичного числа, нужно просто сложить позиционные значения всех единиц. Например, в двоичном числе 10011101 позиционные значения единиц равняются 1, 4, 8, 16 и 128 (рис. 1.10). Сумма всех этих позиционных значений равняется 157. Значит, двоичное число 10011101 равняется 157 в десятичной системе исчисления.



$$1 + 4 + 8 + 16 + 128 = 157$$



$$128 + 16 + 8 + 4 + 1 = 157$$

РИС. 1.10. Определение значения 10011101

РИС. 1.11. Комбинация двоичных разрядов для числа 157

На рис. 1.11 показано, как можно изобразить хранение числа 157 в байте оперативной памяти. Каждая 1 представлена битом в положении «Вкл», а каждый 0 — битом в положении «Выкл».

Когда всем битам в байте назначены нули (т. е. они выключены), значение байта равняется 0. Когда всем битам в байте назначены единицы (т. е. они включены), байт содержит самое

большое значение, которое в нем может быть размещено. Самое большое значение, которое может быть размещено в байте, равняется $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 = 255$. Этот предел является следствием того, что в байте всего восемь бит.

А если нужно сохранить число, которое больше 255? Ответ прост: использовать еще один байт. Например, мы расположили два байта вместе. В итоге получаем 16 бит. Позиционные значения этих 16 бит будут $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ и т. д. до 2^{15} . Максимальное значение, которое можно разместить в двух байтах, равно 65 535 (рис. 1.12). Если же нужно сохранить еще большее число, то для этого потребуется больше байтов.

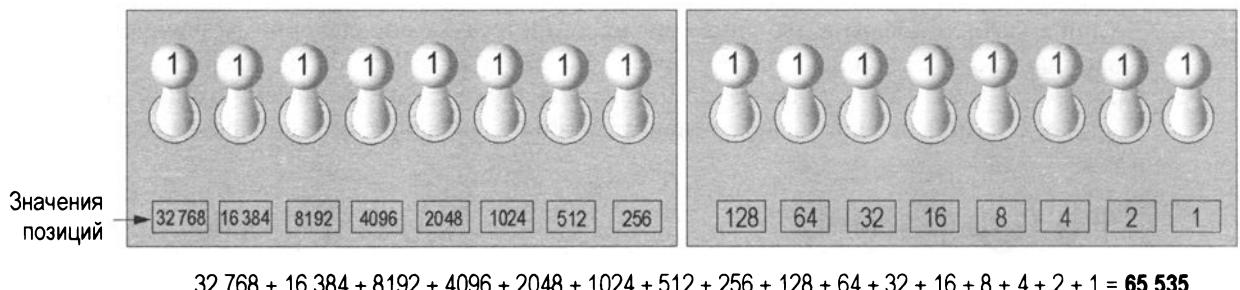


РИС. 1.12. Для большого числа использованы два байта



СОВЕТ

Если вы чувствуете, что этот материал дается с трудом, расслабьтесь! Программируя, вам не придется заниматься преобразованием чисел в двоичную форму. Знание о том, как этот процесс происходит в компьютере, поможет вам в ходе обучения, и в долгосрочной перспективе это знание сделает из вас хорошего программиста.

Хранение символов

Любая порция данных в оперативной памяти компьютера должна храниться как двоичное число. Это относится и к символам, таким как буквы и знаки препинания. Когда символ сохраняется в памяти, он сначала преобразуется в цифровой код. И затем этот цифровой код сохраняется в памяти как двоичное число.

За прошедшие годы для представления символов в памяти компьютера были разработаны различные схемы кодирования. Исторически самой важной из этих схем кодирования является схема кодирования ASCII (American Standard Code for Information Interchange — американский стандартный код обмена информацией). ASCII представляет собой набор из 128 цифровых кодов, которые обозначают английские буквы, различные знаки препинания и другие символы. Например, код ASCII для прописной английской буквы A (латинской) равняется 65. Когда на компьютерной клавиатуре вы набираете букву A в верхнем регистре, в памяти сохраняется число 65 (как двоичное число, разумеется). Это показано на рис. 1.13.

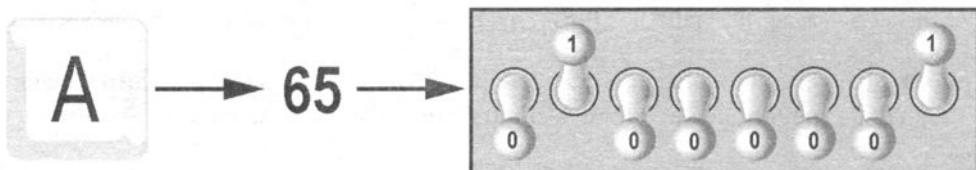


РИС. 1.13. Буква А хранится в памяти как число 65



ПРИМЕЧАНИЕ

Аббревиатура ASCII произносится «аски».

На случай, если вам любопытно, код ASCII для английской В в верхнем регистре равняется 66, для С в верхнем регистре — 67 и т. д. В *приложении 3* приведены все коды ASCII и символы, которые ими представлены.

Набор символов ASCII был разработан в начале 1960-х годов и в конечном счете принят почти всеми производителями компьютеров. Однако схема кодирования ASCII имеет ограничения, потому что она определяет коды только для 128 символов. Для того чтобы это исправить, в начале 1990-х годов был разработан набор символов Юникода (Unicode). Это широкая схема кодирования, совместимая с ASCII, которая может также представлять символы многих языков мира. Сегодня Юникод быстро становится стандартным набором символов, используемых в компьютерной индустрии.

Хранение чисел повышенной сложности

Итак, вы познакомились с числами и их хранением в памяти. Во время чтения вы, возможно, подумали, что двоичная система исчисления может использоваться для представления только целых чисел, начиная с 0. Представить отрицательные и вещественные числа (такие как 3.14159) при помощи рассмотренного нами простого двоичного метода нумерации невозможно.

Однако компьютеры способны хранить в памяти и отрицательные, и вещественные числа, но для этого помимо двоичной системы исчисления в них используются специальные схемы кодирования. Отрицательные числа кодируются с использованием метода, который называется *дополнением до двух*, а вещественные числа кодируются в форме записи с *плавающей точкой*¹. От вас не требуется знать, как эти схемы кодирования работают, за исключением того, что они используются для преобразования отрицательных и вещественных чисел в двоичный формат.

Другие типы данных

Компьютеры принято называть цифровыми устройствами. Термин *«цифровой»* применяется для описания всего, что использует двоичные числа. *Цифровые данные* — это данные, которые хранятся в двоичном формате, *цифровое устройство* — любое устройство, которое работает с двоичными данными. Мы уже рассмотрели приемы хранения чисел и символов в двоичном формате, но компьютеры также работают со многими другими типами цифровых данных.

Например, возьмем снимки, которые вы делаете своей цифровой фотокамерой. Эти изображения состоят из крошечных точек цвета, которые называются пикселями. (Термин «пиксель» образован от слов *picture element* — элемент изображения.) Каждый пиксель в изображении преобразуется в числовой код, который представляет цвет пикселя (рис. 1.14). Числовой код хранится в оперативной памяти как двоичное число.

¹ Числа с плавающей точкой (или запятой) — это общепринятый способ представления чисел, имеющих десятичный разделитель. В англоязычных странах в качестве десятичного разделителя используется точка (.), в большинстве остальных — запятая (,). — Прим. пер.

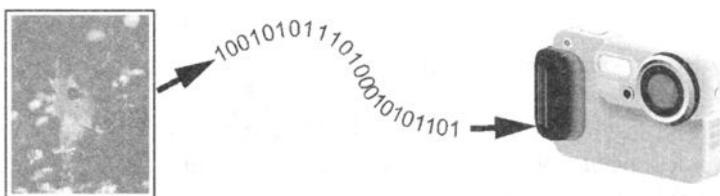


РИС. 1.14. Цифровое изображение, хранимое в двоичном формате

Музыка, которую вы воспроизводите на своем проигрывателе CD, iPod или MP3-плеере, тоже является цифровой. Цифровая песня разбивается на небольшие порции, которые называются *выборками*, или *семплами*¹. Каждая выборка конвертируется в двоичное число, которое может быть сохранено в памяти. Чем больше выборок, на которые песня подразделяется, тем ее качество звучания становится ближе к оригиналу музыкальной композиции при ее воспроизведении. Песня с качеством звучания CD подразделяется более чем на 44 000 выборок в секунду!



Контрольная точка

- 1.12. Какого объема памяти достаточно для хранения буквы алфавита или небольшого числа?
- 1.13. Как называется крошечный "переключатель", который может быть установлен в положение "включено" или "выключено"?
- 1.14. В какой системе исчисления все числовые значения записываются как последовательности нулей и единиц?
- 1.15. Какова задача схемы кодирования ASCII?
- 1.16. Какая схема кодирования является достаточно широкой, чтобы включать символы многих языков мира?
- 1.17. Что означают термины "цифровые данные" и "цифровое устройство"?

1.4

Как программа работает

Ключевые положения

ЦП компьютера может понимать только те инструкции, которые написаны на машинном языке. Поскольку людям очень сложно писать какие-либо программы на машинном языке, были придуманы другие языки программирования.

Ранее мы установили, что ЦП является самым важным компонентом в компьютере, потому что это та его часть, которая выполняет программы. Иногда ЦП называют "мозгом" компьютера и даже используют эпитет "умный" (smart). Хотя эти метафоры встречаются очень часто, следует понимать, что ЦП не является мозгом, и его нельзя назвать умным. ЦП — это

¹ Здесь речь идет о частоте дискретизации сигнала, т. е. количестве замеров величины сигнала, осуществляемых в одну секунду. Дискретизация сигнала также называется частотой выборки или частотой семплирования. — Прим. пер.

электронное устройство, которое предназначено для выполнения конкретных вещей. В частности, ЦП предназначен для выполнения таких операций, как:

- ◆ чтение порции данных из оперативной памяти;
- ◆ сложение двух чисел;
- ◆ вычитание одного числа из другого;
- ◆ умножение двух чисел;
- ◆ деление одного числа на другое число;
- ◆ перемещение порции данных из одной ячейки оперативной памяти в другую;
- ◆ определение, равно ли одно значение другому значению.

Как видно из этого списка, ЦП выполняет простые операции с порциями данных. Однако ЦП ничего не делает самостоятельно. Ему нужно сообщить, что именно надо сделать, и это является целью программы. Программа — это не более чем список инструкций, которые заставляют ЦП выполнять операции.

Каждая инструкция в программе — это команда, которая поручает ЦП выполнить конкретную операцию. Вот пример инструкции, которая может появиться в программе:

10110000

Для нас это всего лишь вереница нулей и единиц. Для ЦП она является инструкцией с указанием выполнить какую-то операцию¹ и записывается в виде нулей и единиц, потому что ЦП понимают только те инструкции, которые написаны на *машинном языке*, а инструкции машинного языка всегда имеют двоичную структуру.

Инструкция на машинном языке существует для каждой операции, которую ЦП способен выполнить. Весь перечень инструкций, которые ЦП может исполнять, называется *набором инструкций* ЦП.



ПРИМЕЧАНИЕ

Сегодня имеется несколько микропроцессорных компаний, которые изготавливают центральные процессоры. Самые известные — Intel, AMD и Motorola. Если вы внимательно посмотрите на свой компьютер, то сможете найти наклейку с логотипом его микропроцессора.

Каждый бренд микропроцессора имеет собственную уникальную систему инструкций, которая, как правило, понятна микропроцессорам только того же бренда. Например, микропроцессоры Intel понимают одинаковые инструкции, но они не понимают инструкции для микропроцессоров Motorola.

Ранее показанная инструкция на машинном языке является примером всего одной инструкции. Однако, для того чтобы компьютер делал что-то содержательное, ему требуется гораздо больше инструкций. Поскольку операции, которые ЦП умеет выполнять, являются элементарными, содержательная задача может быть выполнена, только если ЦП выполняет много операций. Например, если вы хотите, чтобы ваш компьютер вычислил сумму процентного дохода, которую вы получите на своем сберегательном счете в этом году, то ЦП должен будет исполнить большое количество инструкций в надлежащей последовательности. Вполне обычной является ситуация, когда программы содержат тысячи или даже миллионы инструкций на машинном языке.

¹ Приведенный пример является фактической командой для микропроцессора Intel. Она поручает микропроцессору переместить значение в ЦП.

Программы обычно хранятся на вторичном устройстве хранения, таком как жесткий диск. Когда вы устанавливаете, или, говоря техническим языком, инсталлируете программу на компьютер, она, как правило, копируется на диск компьютера с диска CD-ROM или скачивается с веб-сайта.

Хотя программа размещается на вторичном устройстве хранения, таком как жесткий диск, тем не менее при каждом ее исполнении центральным процессором она должна копироваться в основную память, или ОЗУ. Например, предположим, что на диске вашего компьютера имеется программа обработки текста. Для ее исполнения вы делаете двойной щелчок мышью по значку программы. Это приводит к тому, что программа копируется с диска в основную память. Затем ЦП компьютера исполняет копию программы, которая находится в основной памяти (рис. 1.15).



РИС. 1.15. Программа копируется в основную память и затем исполняется

Когда ЦП исполняет инструкции в программе, он участвует в процессе, который называется циклом выборки-декодирования-исполнения. Этот цикл состоит из трех шагов и повторяется для каждой инструкции в программе. Эти шаги следующие:

- Выборка.** Программа представляет собой длинную последовательность инструкций на машинном языке. Первый шаг цикла состоит в выборке, или чтении, следующей инструкции из памяти и ее доставки в ЦП.

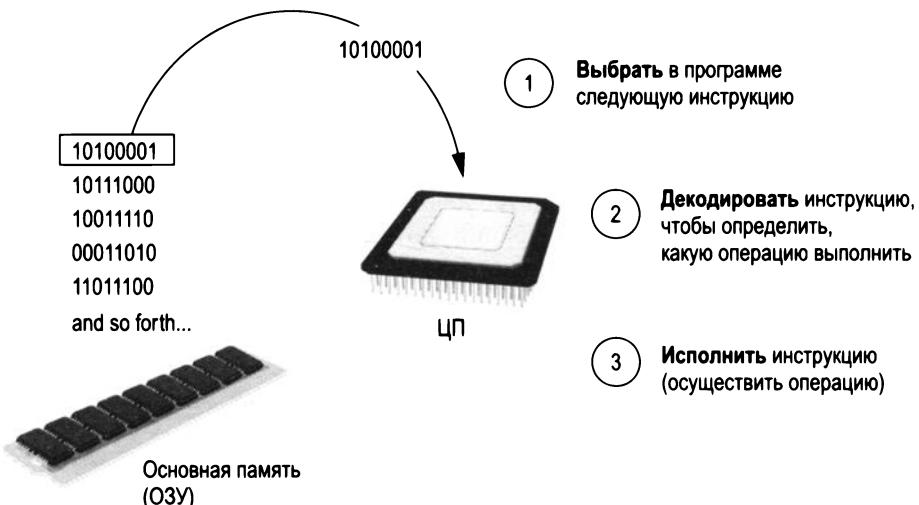


РИС. 1.16. Цикл выборки-декодирования-исполнения

2. **Декодирование.** Инструкция на машинном языке представляет собой двоичное число, обозначающее команду, которая даст указание ЦП выполнить операцию. На этом шаге ЦП декодирует инструкцию, которая только что была выбрана из оперативной памяти, чтобы определить, какую операцию он должен выполнить.
3. **Исполнение.** Последний шаг в цикле состоит в исполнении, или осуществлении, операции.

На рис. 1.16 проиллюстрированы эти шаги.

От машинного языка к языку ассемблера

Компьютеры могут исполнять только те программы, которые написаны на машинном языке. Как упоминалось ранее, программа может иметь тысячи или даже миллионы двоичных инструкций и написание такой программы было бы очень утомительной и трудоемкой работой. Программировать на машинном языке будет тоже очень трудно, потому что если разместить 0 или 1 в неправильном месте, то это вызовет ошибку.

Хотя ЦП компьютера понимает только машинный язык, люди практически неспособны писать программы на нем. По этой причине с первых дней вычислительных систем¹ в качестве альтернативы машинному языку был создан **язык ассемблера** (от англ. *assembly* — сборка, монтаж, компоновка). Вместо двоичных чисел, которые соответствуют инструкциям, в языке ассемблера применяются короткие слова, которые называются **мнемониками**, или мнемокодами. Например, на языке ассемблера мнемоника add, как правило, означает сложить числа, mul — умножить числа, mov — переместить значение в ячейку оперативной памяти. Когда для написания программы программист использует язык ассемблера, вместо двоичных чисел он имеет возможность писать короткие мнемоники.

ПРИМЕЧАНИЕ

Существует много разных версий языка ассемблера. Ранее было упомянуто, что каждый бренд ЦП имеет собственную систему инструкций машинного языка. Как правило, каждый бренд ЦП также имеет свой язык ассемблера.

Вместе с тем программы на языке ассемблера ЦП выполнять не может. ЦП понимает только машинный язык, поэтому для перевода программы, написанной на языке ассемблера, в программу на машинном языке применяется специальная программа, которая называется **ассемблером**. Этот процесс показан на рис. 1.17. Программа на машинном языке, которая создается ассемблером, затем может быть исполнена центральным процессором.

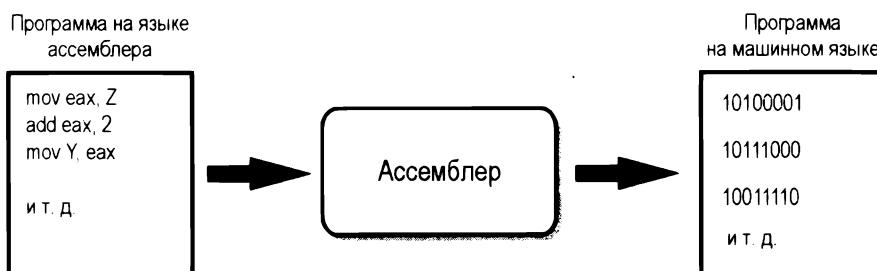


РИС. 1.17. Ассемблер переводит программу на языке ассемблера в программу на машинном языке

¹ Самый первый язык ассемблера, по всей видимости, был разработан в 1940-х годах в Кембриджском университете с целью его применения на историческом компьютере под названием EDSAC.

Высокоуровневые языки

Хотя язык ассемблера делает ненужным написание двоичных инструкций на машинном языке, он имеет свои сложности. Язык ассемблера прежде всего является непосредственной заменой машинного языка и подобно машинному языку он обязывает вас к тому, чтобы вы хорошо разбирались в ЦП. Язык ассемблера также требует, чтобы вы писали большое количество инструкций даже для самой простой программы. Поскольку язык ассемблера по своей природе непосредственно связан с машинным языком, он называется *низкоуровневым языком*.

В 1950-х годах появилось новое поколение языков программирования, которые называются *высокоуровневыми языками*. Высокоуровневый язык позволяет создавать мощные и сложные программы, не требуя знаний особенностей работы ЦП, и написания большого количества низкоуровневых инструкций. Кроме того, в большинстве высокоуровневых языков используются легко понимаемые слова. Например, если бы программист использовал COBOL (который был одним из ранних высокоуровневых языков, созданных в 1950-х годах), то, к примеру, для отображения на мониторе сообщения "Привет, мир!", он написал бы следующую инструкцию:

```
DISPLAY "Привет, мир!"
```

Python — это современный, высокоуровневый язык программирования, который мы будем использовать в этой книге. В Python сообщение "Привет, мир!" выводится на экран при помощи такой инструкции:

```
print('Привет, мир!')
```

Выполнение того же самого на языке ассемблера потребовало бы нескольких инструкций и глубокого знания того, как ЦП взаимодействует с компьютерным устройством вывода. Как видно из этого примера, высокоуровневые языки позволяют программистам сосредотачиваться на задачах, которые они хотят выполнять при помощи своих программ, а не деталях того, как ЦП будет исполнять эти программы.

Начиная с 1950-х годов были созданы тысячи высокоуровневых языков. В табл. 1.1 перечислены некоторые из наиболее известных языков.

Таблица 1.1. Языки программирования

Язык	Описание
Ada	Был создан в 1970-х годах прежде всего для приложений, использовавшихся Министерством обороны США. Язык назван в честь графини Ады Лавлейс, влиятельной исторической фигуры в области вычислительных систем
BASIC	Универсальная система символьического кодирования для начинающих (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) является языком общего назначения, который был первоначально разработан в начале 1960-х годов, как достаточно простой в изучении начинающими программистами. Сегодня существует множество разных версий языка BASIC
FORTRAN	Транслятор формул (FORmula TRANslator) был первым высокоуровневым языком программирования. Он был разработан в 1950-х годах для выполнения сложных математических вычислений
COBOL	Универсальный язык для коммерческих задач (Common Business-Oriented Language) был создан в 1950-х гг. для бизнес-приложений

Таблица 1.1 (окончание)

Язык	Описание
Pascal	Был создан в 1970 г. и первоначально был предназначен для обучения программированию. Этот язык был назван в честь математика, физика и философа Блеза Паскаля
C и C++	C и C++ (произносится как "си плюс плюс") являются мощными языками общего назначения, разработанными в компании Bell Laboratories. Язык C был создан в 1972 г., язык C++ был выпущен в 1983 г.
C#	C# произносится "си шарп". Этот язык был создан компанией Microsoft примерно в 2000 г. для разработки приложений на основе платформы Microsoft .NET
Java	Был создан компанией Sun Microsystems в начале 1990-х годов. Он используется для разработки программ, которые работают на одиночном компьютере либо через Интернет с веб-сервера
JavaScript	Был создан в 1990-х годах и используется на веб-страницах. Несмотря на его название JavaScript, с Java никак не связан
Python	Используемый в этой книге язык Python является языком общего назначения, который был создан в начале 1990-х годов. Он стал популярным в коммерческих и научных приложениях
Ruby	Ruby является языком общего назначения, который был создан в 1990-х годах. Он становится все более популярным языком для создания программ, которые работают на веб-серверах
Visual Basic	Широко известный как VB, является языком программирования Microsoft и средой разработки программного обеспечения, позволяет программистам быстро создавать Windows-ориентированные приложения. VB был создан в начале 1990-х годов

Ключевые слова, операторы и синтаксис: краткий обзор

Каждый высокоуровневый язык имеет свой набор предопределенных слов, которые программист должен использовать для написания программы. Слова, которые составляют высокоуровневый язык программирования, называются **ключевыми**, или **зарезервированными, словами**. Каждое ключевое слово имеет определенное значение и не может использоваться ни для какой другой цели. В табл. 1.2 перечислены все ключевые слова языка Python.

Таблица 1.2. Ключевые (зарезервированные) слова языка Python

and	def	finally	in	or	while
as	del	for	is	pass	with
assert	elif	from	lambda	raise	yield
break	else	global	None	return	
class	except	if	nonlocal	True	
continue	False	import	not	try	

В дополнение к ключевым словам языки программирования имеют **операторы**, которые выполняют различные операции с данными. Например, все языки программирования имеют математические операторы, которые выполняют арифметические вычисления. В Python,

а также большинстве других языков знак `+` является оператором, который складывает два числа. Вот пример сложения 12 и 75:

`12 + 75`

В языке Python имеется большое количество других операторов, о многих из них вы узнаете по ходу чтения книги.

Помимо ключевых слов и операторов, каждый язык также имеет свой *синтаксис*, т. е. набор правил, которые необходимо строго соблюдать при написании программы. Синтаксические правила предписывают то, как в программе должны использоваться ключевые слова, операторы и различные знаки препинания. При изучении языка программирования знание синтаксических правил этого конкретного языка является обязательным.

Отдельные команды, которые используются для написания программы на высокуюровневом языке программирования, называются *инструкциями*¹. Инструкция языка программирования может состоять из ключевых слов, операторов, знаков препинания и других допустимых элементов языка программирования, расположенных в надлежащей последовательности с целью выполнения операции.

Компиляторы и интерпретаторы

Поскольку ЦП понимает инструкции только на машинном языке, программы, написанные на высокуюровневом языке, должны быть переведены, или транслированы, на машинный язык. В зависимости от языка, на котором была написана программа, программист для выполнения трансляции использует компилятор либо интерпретатор.

Компилятор — это программа, которая транслирует программу на высокуюровневом языке в отдельную программу на машинном языке. Программа на машинном языке затем может быть выполнена в любое время, когда она потребуется (рис. 1.18). Обратите внимание, что компиляция и выполнение — это два разных процесса.

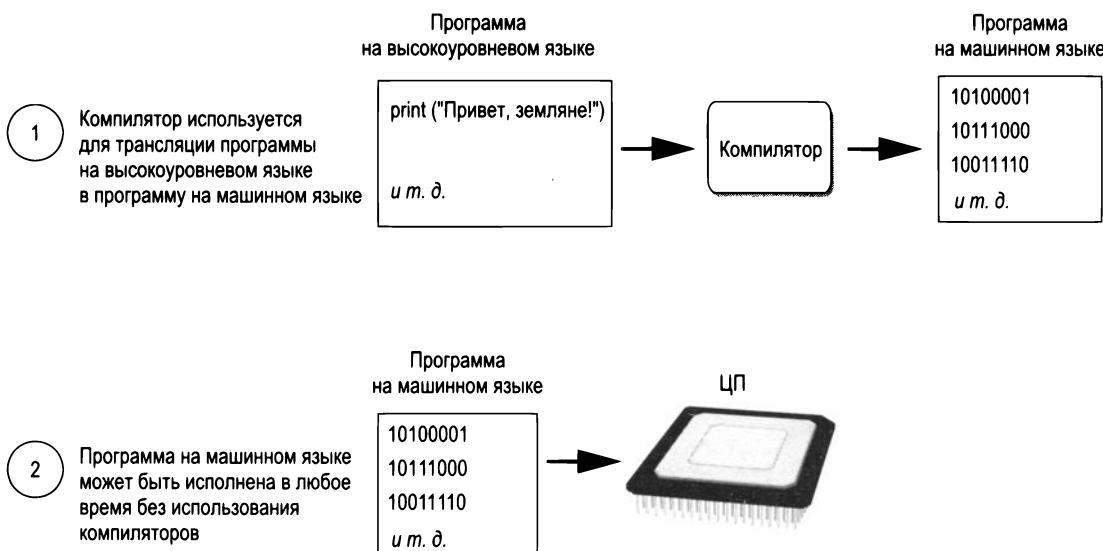


РИС. 1.18. Компилирование высокуюровневой программы и ее исполнение

¹ Характерно, что до середины 1980-х годов англ. термин *statement* переводился как *утверждение* или *высказывание* языка программирования, что более соответствует понятию языка. — Прим. пер.

В языке Python используется *интерпретатор*. Это программа, которая одновременно транслирует и исполняет инструкции в программе, написанной на высокоуровневом языке. По мере того, как интерпретатор читает каждую отдельную инструкцию в программе, он ее преобразовывает в инструкции на машинном языке и затем немедленно их исполняет. Этот процесс повторяется для каждой инструкции в программе (рис. 1.19). Поскольку интерпретаторы объединяют процессы трансляции и исполнения, как правило, отдельные программы на машинном языке ими не создаются.

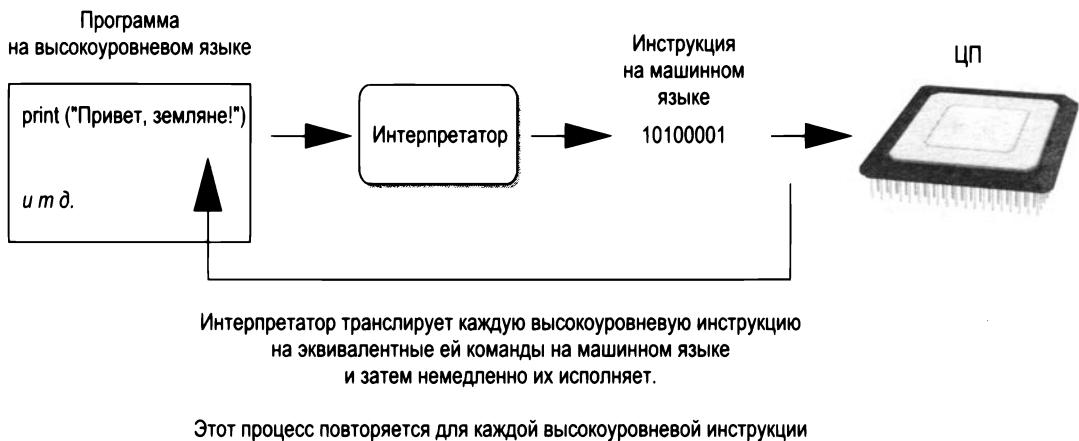


РИС. 1.19. Исполнение высокоуровневой программы интерпретатором

Инструкции, которые программист пишет на высокоуровневом языке, называются *исходным кодом*, программным кодом или просто *кодом*. Как правило, программист набирает код программы в текстовом редакторе, затем сохраняет его в файле на диске компьютера. Далее программист использует компилятор для трансляции кода в программу на машинном языке либо интерпретатор для трансляции и исполнения кода. Однако, если программный код содержит синтаксическую ошибку, он не может быть транслирован. *Синтаксическая ошибка* — это неточность в программе, такая как ключевое слово с опечаткой, недостающий знак препинания или неправильно использованный оператор. Когда это происходит, компилятор или интерпретатор выводит на экран сообщение об ошибке, говорящее, что программа содержит синтаксическую ошибку. Программист исправляет ошибку, затем пробует транслировать программу еще раз.



ПРИМЕЧАНИЕ

В естественных языках тоже есть синтаксические правила. Вспомните, как на уроках русского языка в школе вы проходили правила расстановки запятых, использования кавычек, написания с заглавной буквы и т. д. Во всех этих случаях вы изучали синтаксис русского языка.

Несмотря на то что люди в своей устной и письменной речи нередко нарушают синтаксические правила своего родного языка, обычно собеседники понимают, что имеется в виду. К сожалению, компиляторы и интерпретаторы такой способностью не обладают. Если в программе появляется всего одна-единственная синтаксическая ошибка, то программа не сможет быть откомпилирована или исполнена. Когда интерпретатор встречает синтаксическую ошибку, он прекращает выполнение программы.



Контрольная точка

- 1.18. ЦП понимает инструкции, которые написаны только на одном языке. Как называется этот язык?
- 1.19. Как называется тип памяти, в которую программа должна копироваться при каждом ее исполнении центральным процессором?
- 1.20. Как называется процесс, в котором участвует ЦП, когда он исполняет инструкции в программе?
- 1.21. Что такое язык ассемблера?
- 1.22. Какой язык программирования позволяет создавать мощные и сложные программы, не разбираясь в том, как работает ЦП?
- 1.23. Каждый язык имеет набор правил, который должен строго соблюдаться во время написания программы. Как называется этот набор правил?
- 1.24. Как называется программа, которая транслирует программу, написанную на высокоуровневом языке, в отдельную программу на машинном языке?
- 1.25. Как называется программа, которая одновременно транслирует и исполняет инструкции программы на высокоуровневом языке?
- 1.26. Причинами какого типа ошибок обычно является ключевое слово с опечаткой, недостающий знак препинания или неправильно использованный оператор?

1.5

Использование языка Python

Ключевые положения

Интерпретатор Python исполняет программы Python, которые хранятся в файлах, либо оперативно исполняет инструкции Python, которые набираются на клавиатуре в интерактивном режиме. Python поставляется вместе с программой под названием IDLE, которая упрощает процесс написания, исполнения и тестирования программ.

Установка языка Python

Прежде чем вы сможете испытать любую программу, приведенную в этой книге, либо написать какие-нибудь собственные программы, вам нужно убедиться, что на компьютере установлен язык Python, и он должным образом сконфигурирован. Если вы работаете в компьютерном классе, то это уже, по-видимому, было сделано. Если же вы используете свой компьютер, то, чтобы скачать и установить Python, вам следует соблюсти указания из *приложения 1*.

Интерпретатор языка Python

Ранее вы узнали, что Python — это интерпретируемый язык. Во время установки языка Python на компьютер одним из устанавливаемых элементов является интерпретатор языка Python. *Интерпретатор языка Python* — это программа, которая может читать инструкции программы на Python и их выполнять. (Иногда мы будем называть интерпретатор языка Python просто интерпретатором.)

Интерпретатор может использоваться в двух режимах: интерактивном и сценарном. В *интерактивном режиме* интерпретатор ожидает от вас, что вы наберете инструкцию Python на клавиатуре. После этого интерпретатор ее исполняет и ожидает от вас набора следующей инструкции. В *сценарном режиме* интерпретатор читает содержимое файла, который содержит инструкции Python. Такой файл называется *программой Python*, или *сценарием Python*. Интерпретатор исполняет каждую инструкцию в программе Python по ходу чтения файла.

Интерактивный режим

Когда в вашей операционной системе язык Python установлен и настроен, интерпретатор запускается в интерактивном режиме, если перейти в командную оболочку операционной системы и набрать команду:

```
python
```

Если вы используете Windows, то можно, например, набрать в поле поиска Windows слово *python*. Среди результатов поиска вы увидите программу под названием Python 3.6 или что-то в этом роде (3.6 — это версия Python, которая была установлена). Щелкнув по этому элементу, вы запустите интерпретатор Python в интерактивном режиме.



ПРИМЕЧАНИЕ

Когда интерпретатор Python работает в интерактивном режиме, его нередко называют *оболочкой Python*.

Когда интерпретатор Python начнет работу в интерактивном режиме, вы увидите, что в консольном окне будет выведено что-то вроде:

```
Python 3.6.4 (v3.6.4:d48ebeb, Dec 19 2017, 06:54:40)
[MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
```

Вы увидите сочетание символов `>>>`. Это подсказка о том, что интерпретатор ожидает от вас набора инструкций Python. Давайте его испытаем. Самое простое, что можно сделать в Python, — это вывести на экран сообщение. Например, приведенная ниже инструкция напечатает на экране сообщение "Программировать на Python — это круто!":

```
print('Программировать на Python - это круто!')
```

Эту инструкцию можно представить как команду, которую вы отправляете в интерпретатор Python. Если набрать эту инструкцию в точности, как показано, то на экране будет напечатано сообщение «Программировать на Python — это круто!». Вот пример того, как эта инструкция набирается напротив подсказки интерпретатора:

```
>>> print('Программировать на Python - это круто!') [Enter]
```

После набора инструкции нажмите клавишу <Enter>, и интерпретатор Python выполнит инструкцию, как показано ниже:

```
>>> print('Программировать на Python - это круто!') [Enter]
```

Программировать на Python - круто!

```
>>>
```

После вывода сообщения снова появляется подсказка `>>>`, которая говорит о том, что интерпретатор ожидает от вас набора следующей инструкции.

Давайте взглянем на еще один пример. В приведенном ниже примере сеанса мы ввели две инструкции:

```
>>> print('Быть или не быть?') Enter
Быть или не быть?
>>> print('Вот в чем вопрос.') Enter
Вот в чем вопрос.
```

```
>>>
```

Если в интерактивном режиме набрать инструкцию неправильно, то интерпретатор выведет на экран сообщение об ошибке. Это делает интерактивный режим очень полезным во время изучения языка Python. По мере изучения новых компонентов языка их можно испытывать в интерактивном режиме и получать непосредственную обратную связь от интерпретатора.

Для того чтобы выйти из интерпретатора Python в интерактивном режиме на компьютере под управлением Windows, нажмите комбинацию клавиш **<Ctrl>+<Z>** (нажимайте обе клавиши одновременно) и вслед за этим **<Enter>**. В Mac OS X, Linux или на компьютере под управлением UNIX нажмите **<Ctrl>+<D>**.



ПРИМЕЧАНИЕ

В главе 2 мы рассмотрим показанные ранее инструкции подробнее. Если вы хотите их испытать прямо сейчас в интерактивном режиме, то убедитесь, что набираете их на клавиатуре в точности, как показано.

Написание программ Python и их выполнение в сценарном режиме

Интерактивный режим полезен для тестирования программного кода. Вместе с тем инструкции, которые вы вводите в интерактивном режиме, не сохраняются в качестве программы. Они просто исполняются, и их результаты отображаются на экране. Если вы хотите сохранить перечень инструкций Python в качестве программы, то эти инструкции следует сохранить в файле. Затем, чтобы исполнить эту программу, интерпретатор Python следует запустить в сценарном режиме.

Например, предположим, что вы хотите написать программу Python, которая выводит на экран приведенные далее три строки текста:

Мигнуть
Моргнуть
Кивнуть.

Для написания программы следует создать файл в простом текстовом редакторе, таком как Блокнот (который установлен на всех компьютерах с Windows), содержащий следующие инструкции:

```
print('Мигнуть ')
print('Моргнуть ')
print('Кивнуть.')
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Для создания программы Python можно использовать текстовой процессор, но вы должны убедиться, что сохраняете программу как файл с обычным текстом. В противном случае интерпретатор Python не сможет прочитать его содержимое.

При сохранении программы Python ей следует дать имя с расширением `py`, которое идентифицирует ее как программу Python. Например, приведенную выше программу можно сохранить под именем `test.py`. Для того чтобы выполнить программу, следует перейти в каталог, в котором сохранен файл, и в командной оболочке операционной системы набрать команду:

```
python test.py
```

Эта команда запустит интерпретатор Python в сценарном режиме, в результате чего он исполнит инструкции в файле `test.py`. Когда программа закончит исполняться, интерпретатор Python прекратит свою работу.

Среда программирования IDLE



Видеозапись "Применение интерактивного режима в среде IDLE" (Using Interactive Mode in IDLE)

В предыдущих разделах рассматривался способ запуска интерпретатора Python в интерактивном либо сценарном режимах в командной оболочке операционной системы. Как вариант, можно использовать интегрированную среду разработки, т. е. отдельную программу, которая предлагает все инструменты, необходимые для написания, исполнения и тестирования программы.

Последние версии Python содержат программу под названием IDLE¹, которая устанавливается автоматически во время установки языка Python. При запуске среды IDLE появляется окно, показанное на рис. 1.20. Обратите внимание, что в окне IDLE имеется подсказка `>>>`, говорящая о том, что интерпретатор работает в интерактивном режиме. Напротив этой подсказки можно набирать инструкции Python и видеть их исполнение в окне IDLE.

Среда IDLE также имеет встроенный текстовый редактор с функциональными возможностями, специально предназначенными для того, чтобы помогать вам писать свои программы на Python. Например, редактор IDLE "расцвечивает" код таким образом, что ключевые слова и другие части программы размечаются на экране своим специальным цветом. Это упрощает чтение программ. В редакторе IDLE можно писать программы, сохранять на диск и выполнять их. В *приложении 2* предоставлено краткое введение в среду IDLE, которое проведет вас по всему процессу создания, сохранения и исполнения программы на языке Python.

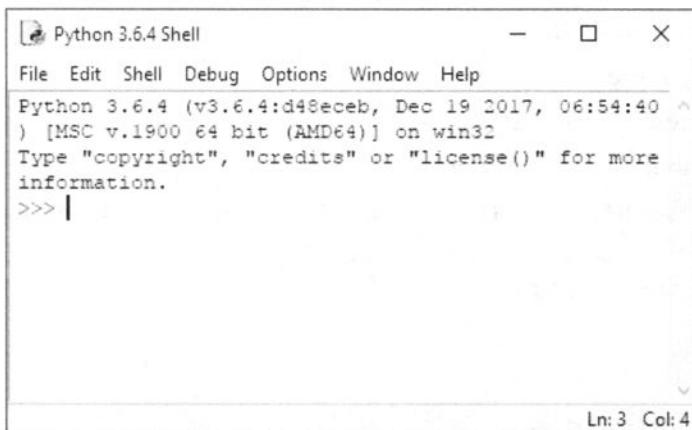


РИС. 1.20. Окно интегрированной среды разработки

¹ Integrated Development Environment — интегрированная среда разработки.



ПРИМЕЧАНИЕ

Помимо среды IDLE, которая устанавливается вместе с Python, существует несколько других интегрированных сред разработки на Python. Ваш преподаватель определит, какую из них использовать на занятиях¹.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ — это набор инструкций, которые компьютер исполняет, чтобы решить задачу.
 - а) компилятор;
 - б) программа;
 - в) интерпретатор;
 - г) язык программирования.
2. Физические устройства, из которых компьютер состоит, называются _____.
 - а) аппаратным обеспечением;
 - б) программным обеспечением;
 - в) операционной системой;
 - г) инструментами.
3. Компонент компьютера, который исполняет программы, называется _____.
 - а) ОЗУ;
 - б) вторичным устройством хранения;
 - в) основной памятью;
 - г) центральным процессором, или ЦП.
4. Сегодня центральные процессоры представляют собой небольшие кристаллы интегральной микросхемы, которые называются _____.
 - а) процессорами ENIAC;
 - б) микропроцессорами;
 - в) микросхемами памяти;
 - г) операционными системами.
5. Компьютер хранит программу во время ее исполнения, а также данные, с которыми программа работает, в _____.
 - а) вспомогательной памяти;
 - б) ЦП;
 - в) основной памяти;
 - г) микропроцессоре.

¹ В комментариях переводчика описаны две альтернативных среды программирования для создания и выполнения программ Python — среда программирования Spyder и интерактивная среда программирования Jupyter. — Прим. пер.

6. Энергозависимый тип памяти, который используется только для временного хранения инструкций и данных во время работы программы, называется _____.
а) ОЗУ;
б) вторичным устройством хранения;
в) дисководом;
г) USB-диском.
7. Тип памяти, который может хранить данные в течение долгого времени, даже когда к компьютеру не подведено электропитание, называется _____.
а) ОЗУ;
б) основной памятью;
в) вторичным устройством хранения;
г) устройством хранения данных ЦП.
8. Компонент, который собирает данные от людей и различных устройств и отправляет их в компьютер, называется _____.
а) устройством вывода;
б) устройством ввода;
в) вторичным устройством хранения;
г) основной памятью.
9. Видеодисплей является _____.
а) устройством вывода;
б) устройством ввода;
в) вторичным устройством хранения;
г) основной памятью.
10. _____ достаточно только для того, чтобы хранить одну букву алфавита или небольшое число.
а) байта;
б) бита;
в) переключателя;
г) транзистора.
11. Байт состоит из восьми _____.
а) центральных процессоров;
б) инструкций;
в) переменных;
г) битов.
12. В _____ системе исчисления все числовые значения записываются как последовательности нулей и единиц.
а) шестнадцатеричной;
б) двоичной;

- в) восьмеричной;
г) десятичной.
13. Бит в положении "включено" представляет значение _____.
а) 1;
б) -1;
в) 0;
г) "нет".
14. Набор из 128 числовых кодов, которые обозначают английские буквы, различные знаки препинания и другие символы, представлен _____.
а) двоичной системой исчисления;
б) таблицей ASCII;
в) Юникодом;
г) процессором ENIAC.
15. Широкая схема кодирования, которая может представлять символы многих языков мира, называется _____.
а) двоичной системой исчисления;
б) таблицей ASCII;
в) Юникодом;
г) процессором ENIAC.
16. Отрицательные числа кодируются при помощи _____.
а) метода дополнения до двух;
б) метода представления в формате с плавающей точкой;
в) таблицы ASCII;
г) Юникода.
17. вещественные числа кодируются при помощи _____.
а) метода дополнения до двух;
б) метода представления в формате с плавающей точкой;
в) таблицы ASCII;
г) Юникода.
18. Крошечные цветные точки, из которых состоят цифровые изображения, называются _____.
а) битами;
б) байтами;
в) цветными пакетами;
г) пикселями.
19. Если бы вам пришлось обратиться к программе на машинном языке, то вы бы увидели _____.
а) исходный код Python;
б) поток двоичных чисел;

- в) английские слова;
г) микросхемы.
20. На этапе _____ в цикле "выборка-декодирование-исполнение" ЦП определяет, какую операцию он должен выполнить.
а) выборки;
б) декодирования;
в) исполнения;
г) деконструирования.
21. Компьютеры могут исполнять только те программы, которые написаны на _____.
а) Java;
б) языке ассемблера;
в) машинном языке;
г) Python.
22. _____ транслирует программу на языке ассемблера в программу на машинном языке.
а) ассемблер;
б) компилятор;
в) транслятор;
г) интерпретатор.
23. Слова, которые составляют высокоуровневый язык программирования, называются _____.
а) двоичными инструкциями;
б) мнемониками;
в) командами;
г) ключевыми словами.
24. Правила, которые должны соблюдаться при написании программы, называются _____.
а) синтаксическими правилами;
б) правилами расстановки знаков препинания;
в) правилами написания ключевых слов;
г) правилами применения операторов.
25. _____ транслирует программу, написанную на высокоуровневом языке, в отдельную программу на машинном языке.
а) ассемблер;
б) компилятор;
в) транслятор;
г) сервисная программа.

Истина или ложь

1. Сегодня ЦП представляют собой огромные устройства, изготовленные из электрических и механических компонентов, таких как вакуумные лампы и переключатели.
2. Основная память также называется оперативной памятью, или ОЗУ.
3. Любая порция данных, которая хранится в памяти компьютера, должна храниться в виде двоичного числа.
4. Изображения, аналогичные создаваемым вашей цифровой камерой, нельзя сохранить как двоичное число.
5. Машинный язык — это единственный язык, который ЦП понимает.
6. Язык ассемблера считается высокуюровневым языком.
7. Интерпретатор — это программа, которая транслирует и исполняет инструкции в программе на высокуюровневом языке.
8. Синтаксическая ошибка не препятствует тому, чтобы программа была скомпилирована и исполнена.
9. Windows, Linux, Android, iOS и Mac OS X — все они являются примерами прикладного программного обеспечения.
10. Программы обработки текста, программы по работе с электронными таблицами, почтовые программы, веб-браузеры и игры — все они являются примерами обслуживающих программ.

Короткий ответ

1. Почему ЦП является самым важным компонентом в компьютере?
2. Какое двоичное число представляет включенный бит? Какое двоичное число представляет выключенный бит?
3. Как называется устройство, которое работает с двоичными данными?
4. Как называются слова, которые составляют высокуюровневый язык программирования?
5. Как называются короткие слова, которые используются в языке ассемблера?
6. Какова разница между компилятором и интерпретатором?
7. Какой тип программного обеспечения управляет внутренними операциями аппаратного обеспечения компьютера?

Задачи

1. Для того чтобы убедиться, что вы научились взаимодействовать с интерпретатором Python, попробуйте выполнить на своем компьютере приведенные ниже шаги.
 - Запустите интерпретатор Python в интерактивном режиме.
 - Напротив подсказки >>> наберите следующую инструкцию, затем нажмите клавиш <Enter>:

```
print('Проверка интерпретатора Python.') [Enter]
```

- После нажатия клавиши <Enter> интерпретатор исполнит инструкцию. Если вы ввели все правильно, то ваш сеанс должен выглядеть так:

```
>>> print('Проверка интерпретатора Python.') Enter
Проверка интерпретатора Python.
```
- Если вы увидите сообщение об ошибке, введите инструкцию снова и убедитесь, что вы ее набираете в точности, как показано.
- Выдите из интерпретатора Python. (В Windows нажмите клавиши <Ctrl>+<Z>, а затем <Enter>. В других операционных системах нажмите клавиши <Ctrl>+<D>.)

2. Для того чтобы убедиться, что вы научились взаимодействовать с интегрированной средой разработки IDLE, попробуйте выполнить на своем компьютере приведенные ниже шаги.



Видеозапись "Выполнение упражнения 2" (Performing Exercise 2)

- Запустите среду IDLE: в Windows наберите слово *IDLE* в поле поиска. Щелкните на элементе *IDLE (IDLE Python 3.6)*, который будет выведен в отчете о результатах поиска.
- При запуске среды IDLE она должна появиться в окне, похожем на то, которое было представлено на рис. 1.20. Напротив подсказки >>> введите приведенную ниже инструкцию, затем нажмите клавишу <Enter>:

```
print('Проверка IDLE.') Enter
```

- После нажатия клавиши <Enter> интерпретатор Python исполнит инструкцию. Если все набрано правильно, то ваш сеанс должен выглядеть так:

```
>>> print('Проверка среды IDLE.') Enter
Проверка среды IDLE'.
>>>
```

- Если вы видите сообщение об ошибке, то введите инструкцию снова и убедитесь, что набираете ее в точности, как показано.
- Выдите из IDLE, выбрав в меню **File** (Файл) команду **Exit** (Выход) (или нажав клавиши <Ctrl>+<Q>).

3. Примените ваши знания о двоичной системе исчисления, чтобы преобразовать следующие ниже десятичные числа в двоичные:

11
65
100
255

4. Примените ваши знания о двоичной системе исчисления, чтобы преобразовать следующие ниже двоичные числа в десятичные:

1101
1000
101011

5. По таблице ASCII из *приложения 3* определите коды каждой буквы какого-нибудь английского имени.
6. Проведите исследование истории языка программирования Python при помощи Интернета и ответьте на следующие вопросы:
 - Кто является создателем языка Python?
 - Когда Python был создан?
 - В сообществе разработчиков на Python создателя языка Python принято называть BDFL. Что означает эта аббревиатура?

2.1

Проектирование программы

Ключевые положения

Прежде чем приступать к написанию программы, ее необходимо спроектировать. Во время процесса проектирования программисты применяют специальные инструменты, такие как псевдокод и блок-схемы, для создания модели программы.

Цикл проектирования программы

В главе 1 вы узнали, что для создания программ разработчики используют преимущественно высокоуровневые языки, такие как Python. Однако создание программы отнюдь не ограничивается написанием кода. Процесс создания правильно работающей программы, как правило, подразумевает пять фаз, показанных на рис. 2.1. Весь этот процесс называется *циклом разработки программы*.



РИС. 2.1. Цикл разработки программы

Рассмотрим каждый этап данного цикла подробнее.

1. **Спроектировать программу.** Все профессиональные программисты вам скажут, что до того, как рабочий код программы будет написан, программа должна быть тщательно спроектирована. Когда программисты начинают новый проект, они никогда не бросаются к написанию кода с места в карьер. Они начинают с того, что создают проект программы. Существует несколько способов проектирования программы, и позже в этом разделе мы рассмотрим некоторые методы, которые можно применять для разработки программ Python.
2. **Написать код.** После создания проекта программы разработчик начинает записывать код на высокуюуровневом языке, в частности на Python. Из главы 1 известно, что каждый язык имеет свои синтаксические правила, которые должны соблюдаться при написании программы. Эти правила языка диктуют, каким образом использовать такие элементы, как ключевые слова, операторы и знаки препинания. Синтаксическая ошибка происходит в случае, если программист нарушает какое-либо из этих правил.

3. **Исправить синтаксические ошибки.** Если программа содержит синтаксическую ошибку или даже простую неточность, такую как ключевое слово с опечаткой, то компилятор или интерпретатор выведет на экран сообщение об ошибке с ее описанием. Практически любой программный код содержит синтаксические ошибки, когда он написан впервые, поэтому, как правило, программист будет тратить некоторое время на их исправление. После того как все синтаксические ошибки и простые неточности набора исходного кода исправлены, программа может быть скомпилирована и транслирована в программу на машинном языке (либо, в зависимости от используемого языка, исполнена интерпретатором).
4. **Протестировать программу.** Когда программный код находится в исполнимой форме, его тестируют с целью определения каких-либо логических ошибок. *Логическая ошибка* — это неточность, которая не мешает выполнению программы, но приводит к тому, что программа выдает неправильные результаты. (Математические неточности являются типичными причинами логических ошибок.)
5. **Исправить логические ошибки.** Если программа приводит к неправильным результатам, программист выполняет *отладку* кода — отыскивает в программе логические ошибки и исправляет их. Иногда во время этого процесса программист обнаруживает, что оригинальный проект программы должен быть изменен. Тогда разработка программы вновь начинается и продолжается до тех пор, пока все ошибки не будут обнаружены и устраниены.

Подробнее о процессе проектирования

Процесс проектирования программы, возможно, является самой важной частью цикла. Проект программы можно представить, как фундамент. Если возвести дом на плохо поставленном фундаменте, то в конечном счете можно оказаться в ситуации, когда придется потратить уйму времени и усилий, чтобы его укрепить! Так и с программой: если она спроектирована плохо, то вам придется проделать большую работу, чтобы ее исправить.

Процесс проектирования программы можно обобщить так:

1. Понять задачу, которую программа должна выполнить.
2. Определить шаги, которые должны быть проделаны для выполнения задачи.

Давайте взглянем на каждый из этих шагов поближе.

Понять задачу, которую программа должна выполнить

Прежде всего крайне важно понять, что именно программа должна делать. Как правило, профессиональный программист достигает этого понимания, работая непосредственно с клиентом — заказчиком проекта. Мы используем термин "*клиент*" для обозначения человека, группы или организации, которые поручают вам написать программу. Это может быть клиент в традиционном значении слова, т. е. кто-то, кто платит вам деньги за написание программы. Но им также может быть ваш руководитель или начальник отдела в вашей компании. Независимо от того, кем он является, клиент будет опираться на вашу программу при выполнении важной задачи.

Для того чтобы понять предназначение программы, программист обычно берет у заказчика интервью: клиент описывает задачу, которую программа должна выполнять, а программист задает вопросы, чтобы раскрыть как можно больше подробностей о задаче. Обычно требует-

ся еще одно интервью, потому что во время первой встречи клиенты редко упоминают все, что они хотят, и у программистов часто возникают дополнительные вопросы.

Программист изучает информацию, которая была собрана от клиента во время обоих интервью, и создает список различных технических требований к программному обеспечению. *Техническое требование к программному обеспечению* — это просто отдельное задание, которое необходимо выполнить для удовлетворения потребностей клиента. Как только клиент соглашается, что список технических требований полон, программист может перейти к следующей фазе.

СОВЕТ

 Если вы примете решение стать профессиональным разработчиком ПО, то вашим клиентом будет любой, кто поручает вам писать программы в рамках вашей работы. Однако, коль скоро вы пока что еще являетесь учащимся, вашим клиентом является ваш преподаватель! Можно утверждать практически со стопроцентной гарантией, что на каждом занятии по программированию, которое вы будете посещать, ваш преподаватель будет ставить перед вами задачи. Для того чтобы ваша академическая успеваемость была на высоте, первым делом убедитесь, что вы понимаете технические требования своего преподавателя к этим задачам, и старайтесь писать свои программы в соответствии с ними.

Определить шаги, необходимые для выполнения задачи

После того как вы разобрались в задаче, которую программа будет выполнять, вам нужно разбить задачу на серию шагов. Например, предположим, что кто-то вас просит объяснить, как вскипятить воду. Эту задачу можно разбить на серию шагов следующим образом:

1. Налить нужный объем воды в чайник.
2. Поставить чайник на плиту.
3. Включить плиту.
4. Следить за водой, пока вода не начнет бурлить. Когда она забурлит, вода будет вскипячена.

Это пример *алгоритма*, т. е. набора четко сформулированных логических шагов, которые должны быть проделаны для выполнения задачи. Обратите внимание, что в этом алгоритме шаги последовательно упорядочены. Шаг 1 должен быть выполнен перед шагом 2 и т. д. Если человек выполняет эти шаги в точности, как они описаны, и в правильном порядке, то он сможет успешно вскипятить воду.

Программист разбивает задачу, которую программа должна выполнить, схожим образом. Он создает алгоритм с перечислением всех логических шагов, которые должны быть выполнены. Например, предположим, вам поручили написать программу, которая рассчитывает и показывает заработную плату до налоговых и прочих удержаний для сотрудника с почасовой ставкой оплаты труда. Вот шаги, которые вы бы проделали:

1. Получить количество отработанных часов.
2. Получить почасовую ставку оплаты труда.
3. Умножить число отработанных часов на почасовую ставку оплаты труда.
4. Показать результат вычисления, выполненного на шаге 3.

Разумеется, этот алгоритм совсем не готов к тому, чтобы его можно было исполнить на компьютере. Шаги, перечисленные в этом списке, сначала должны быть переведены в про-

граммный код. Для достижения этой цели программисты широко применяют два инструмента: псевдокод и блок-схемы. Давайте взглянем на каждый из них более развернуто.

Псевдокод

Поскольку неточности, т. е. слова с опечатками и пропущенные знаки препинания, могут вызывать синтаксические ошибки, программисты должны быть внимательны к таким мелким деталям при написании кода. По этой причине, прежде чем написать программу в рабочем коде языка программирования, в частности на Python, программисты считают полезным написать программу в псевдокоде (т. е. с пропуском несущественных подробностей).

Слово "псевдо" означает "фикция, подделка", поэтому псевдокод — это фиктивный код. Это неформальный язык, который не имеет каких-либо синтаксических правил и не предназначен для компиляции или исполнения. Вместо этого для создания моделей, или макетов, программ разработчики используют псевдокод. Поскольку при написании псевдокода программистам не приходится беспокоиться о синтаксических ошибках, они могут спокойно сосредоточить все свое внимание на проектировании программы. После того как на основе псевдокода создан отвечающий требованиям проект, псевдокод может быть переведен непосредственно в рабочий код. Вот пример того, как можно написать псевдокод для программы вычисления зарплаты, которую мы рассмотрели ранее:

Ввести отработанные часы.

Ввести почасовую ставку оплаты труда.

Рассчитать заработную плату до удержаний, как произведение отработанных часов и ставки оплаты труда.

Показать заработную плату.

Каждая инструкция в псевдокоде представляет операцию, которая может быть выполнена на языке Python. Например, Python может прочитать входные данные, набираемые на клавиатуре, выполнить математические расчеты и показать сообщения на экране.

Блок-схемы

Блок-схемы являются еще одним инструментом, который программисты используют для проектирования программ. *Блок-схема* — это диаграмма, которая графически изображает шаги, имеющие место в программе. Блок-схема для программы расчета заработной платы представлена на рис. 2.2.

Обратите внимание, что в блок-схеме имеется три типа символов: овалы, параллелограммы и прямоугольники. Каждый из этих символов представляет шаг в программе, как описано далее.

- ◆ Овалы, которые появляются вверху и внизу блок-схемы, называются *терминальными символами*. Терминальный символ *Начало* отмечает начальную точку программы, терминальный символ *Конец* — ее конечную точку.
- ◆ Параллелограммы используются в качестве *входных и выходных символов*. Они обозначают шаги, в которых программа считывает данные на входе (т. е. входные данные) или показывает итоговые данные на выходе (т. е. выходные данные).
- ◆ Прямоугольники используются в качестве *обрабатывающих символов*. Они обозначают шаги, в которых программа выполняет некую обработку данных, такую как математическое вычисление.



РИС. 2.2. Блок-схема программы расчета заработной платы

Символы соединены стрелками, которые представляют "поток" вычислений программы. Для того чтобы пройти символы в надлежащем порядке, нужно начать с терминального символа *Начало* и следовать вдоль стрелок, пока не будет достигнут терминальный символ *Конец*.



Контрольная точка

- 2.1. Кто является клиентом программиста?
- 2.2. Что такое техническое требование к программному обеспечению?
- 2.3. Что такое алгоритм?
- 2.4. Что такое псевдокод?
- 2.5. Что такое блок-схема?
- 2.6. Что означают приведенные ниже символы блок-схемы?
 - Овал.
 - Параллелограмм.
 - Прямоугольник.

2.2

Ввод, обработка и вывод

Ключевые положения

Входные данные — это данные, которые программа получает на входе. При получении данных программа обычно их обрабатывает путем выполнения над ними некой операции. Выходные данные, или итоговый результат операции, выводятся из программы.

Компьютерные программы, как правило, выполняют приведенный ниже трехшаговый процесс:

1. Получить входные данные (ввести данные).
2. Выполнить некую обработку входных данных.
3. Выдать выходные данные (вывести данные).

Входные данные — это любые данные, которые программа получает во время своего выполнения. Одной из типичных форм входных данных являются данные, вводимые с клавиатуры. После того как входные данные получены, обычно они подвергаются некой обработке, такой как математическое вычисление. Итоговые результаты этой обработки отправляются из программы в качестве выходных данных.

На рис. 2.3 показаны шаги в программе расчета заработной платы, которую мы рассмотрели ранее. Количество отработанных часов и почасовая ставка оплаты труда передаются в качестве входных данных. Программа обрабатывает эти данные путем умножения отработанных часов на почасовую ставку оплаты труда. Результаты расчетов выводятся в качестве выходных данных.

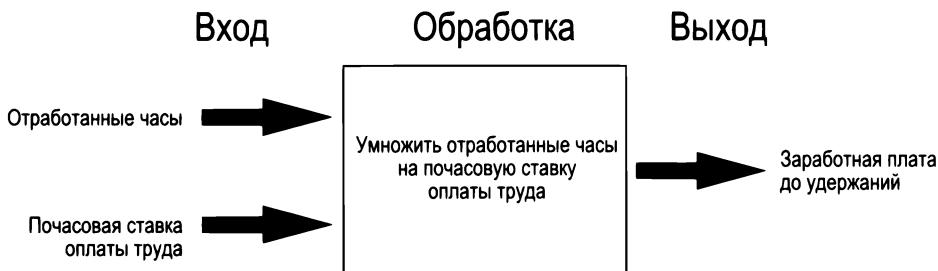


РИС. 2.3. Ввод, обработка и вывод программы расчета заработной платы

В этой главе мы обсудим основные способы, которыми вы можете вводить, обрабатывать и выводить данные с использованием языка Python.

2.3

Вывод данных на экран при помощи функции *print*

Ключевые положения

Функция *print* используется для вывода на экран выходных данных в программе Python.



Видеозапись "Функция print" (The *print* Function)

Функция — это фрагмент заранее написанного кода, который выполняет некую операцию. Python имеет многочисленные встроенные функции, которые выполняют различные операции.

ции. Возможно, самой фундаментальной встроенной функцией является функция печати `print`, которая показывает выходные данные на экране. Вот пример инструкции, которая исполняет функцию `print`:

```
print('Привет, мир!')
```

Если набрать эту инструкцию и нажать клавишу <Enter> в интерактивном режиме, то на экран будет выведено сообщение "Привет, мир!". Вот пример, который показывает, как это делается:

```
>>> print('Привет, мир!')   
Привет, мир!  
>>>
```

Когда программисты исполняют функцию, они говорят, что *вызывают* функцию. При вызове функции `print` набирается слово `print`, а затем пара круглых скобок. Внутри круглых скобок набирается *аргумент*, т. е. данные, которые требуется вывести на экран. В предыдущем примере аргументом является '`Привет, мир!`'. Отметим, что во время исполнения этой инструкции символы кавычек не выводятся. Символы кавычек просто задают начало и конец текста, который вы хотите показать.

Предположим, что ваш преподаватель поручает вам написать программу, которая выводит на мониторе имя и адрес. В программе 2.1 представлен код с итоговым результатом, который она произведет при ее выполнении. (В книге номера строк, которые появляются в распечатке программы, не являются частью программы. Номера строк используются в ходе изложения, чтобы ссылаться на части программы.)

Программа 2.1 (output.py)

```
1 print('Кейт Остен')  
2 print('123 Фул Серкл Драйв')  
3 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899')
```

Вывод программы

```
Кейт Остен  
123 Фул Серкл Драйв  
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

Важно понять, что инструкции в этой программе исполняются в том порядке, в котором они появляются в программе сверху вниз. При выполнении этой программы исполнится первая инструкция, вслед за ней вторая инструкция и затем третья.

Строковые данные и строковые литералы

Программы почти всегда работают с данными какого-то типа. Например, программа 2.1 использует три приведенные порции данных:

```
'Кейт Остен'  
'123 Фул Серкл Драйв'  
'Эшвиль, Северная Каролина 28899'
```

Эти порции данных представляют собой цепочки символов. В терминах программирования цепочка символов, которая используется в качестве данных, называется *символьной последо-*

довательностью, или строковым значением, или просто строкой. Когда символьная последовательность появляется в рабочем коде программы, она называется *строковым литералом*. В программном коде Python строковые литералы должны быть заключены в знаки кавычек. Как отмечалось ранее, знаки кавычек просто отмечают, где строковые данные начинаются и заканчиваются.

В Python можно заключать строковые литералы в одинарные кавычки ('') либо двойные кавычки ('"'). Строковые литералы в программе 2.1 заключены в одинарные кавычки, но этот программный код можно написать так же, как показано в программе 2.2.

Программа 2.2 (double_quotes.py)

```
1 print("Кейт Остен")
2 print("123 Фул Серкл Драйв")
3 print("Эшвиль, Северная Каролина 28899")
```

Вывод программы

```
Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899
```

Если требуется, чтобы строковый литерал содержал одинарную кавычку (апостроф), то можно заключить строковый литерал в двойные кавычки. Например, программа 2.3 распечатывает две строки, которые содержат апострофы.

Программа 2.3 (apostrophe.py)

```
1 print("Из всех рассказов О'Генри")
2 print("мне больше нравится 'Вождь краснокожих'.")
```

Вывод программы

```
Из всех рассказов О'Генри
мне больше нравится 'Вождь краснокожих'.
```

Аналогичным образом строковый литерал, в котором внутри содержатся двойные кавычки, можно заключить в одинарные кавычки (программа 2.4).

Программа 2.4 (display_quote.py)

```
1 print('Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".')
```

Вывод программы

```
Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".
```

Python позволяет заключать строковые литералы в тройные кавычки (""" либо '''). Строки, которые заключены в тройные кавычки, внутри могут содержать одинарные и двойные кавычки.

```
print("""Вместо рассказов О'Генри сегодня займусь "Гамлетом".""")
```

Эта инструкция напечатает

```
Вместо рассказов О'Генри сегодня займусь "Гамлетом".
```

Тройные кавычки используются для заключения многострочных строковых данных, для которых одинарные и двойные кавычки не могут применяться. Вот пример:

```
print("""Один  
Два  
Три""")
```

Эта инструкция напечатает:

```
Один  
Два  
Три
```



Контрольная точка

- 2.7. Напишите инструкцию, которая показывает ваше имя.
- 2.8. Напишите инструкцию, которая показывает приведенный ниже текст:
Python – лучше всех!
- 2.9. Напишите инструкцию, которая показывает приведенный ниже текст:
Кошка сказала "мяу".

2.4

Комментарии

Ключевые положения

Комментарии — это описательные пояснения, которые документируют строки программы или ее разделы. Комментарии являются частью программы, но интерпретатор Python их игнорирует. Они предназначены для людей, которые, возможно, будут читать исходный код.

Комментарии — это короткие примечания, которые размещаются в разных частях программы и объясняют, как эти части программы работают. Несмотря на то, что комментарии являются критически важной частью программы, интерпретатор Python их игнорирует. Комментарии адресованы любому человеку, который будет читать программный код, и не предназначены для компьютера.

В Python комментарий начинается с символа решетки #. Когда интерпретатор Python видит символ #, он игнорирует все, что находится между этим символом и концом строки кода. Например, взгляните на программу 2.5. Строки кода 1 и 2 — комментарии, которые объясняют цель программы.

Программа 2.5 (comment1.py)

```
1 # Эта программа показывает  
2 # ФИО и адрес человека.  
3 print('Кейт Остен')  
4 print('123 Фул Серкл Драйв')  
5 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899')
```

Вывод программы

Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899

В своем коде программисты чаще всего используют концевые комментарии. *Концевой комментарий* — это комментарий, который появляется в конце строки кода. Он обычно объясняет инструкцию, которая расположена в этой строке. В программе 2.6 приведен пример, в котором каждая строка кода заканчивается комментарием, кратко объясняющим, что эта строка кода делает.

Программа 2.6 (`comment2.py`)

```
1 print('Кейт Остен')          # Показать полное имя.  
2 print('123 Фул Серкл Драйв') # Показать адрес проживания.  
3 print('Эшвиль, Северная Каролина 28899') # Показать город и индекс.
```

Вывод программы

Кейт Остен
123 Фул Серкл Драйв
Эшвиль, Северная Каролина 28899

Как начинающий программист, вы, возможно, будете противиться идее щедро наполнять ваши программы комментариями. В конце концов, может показаться более продуктивным писать лишь программный код, который делает что-то фактически! Между тем, крайне важно тратить дополнительное время на написание комментариев. Они почти наверняка сэкономят время вам и другим в будущем, когда потребуется видоизменить или отладить программу. Большие и сложные программы практически невозможно прочитать и понять, если они должным образом не были задокументированы.

2.5**Переменные****Ключевые положения**

Переменная — это имя, которое представляет значение, хранящееся в оперативной памяти компьютера.

Программы обычно хранят данные в оперативной памяти компьютера и выполняют операции с этими данными. Например, рассмотрим типичный опыт совершения покупок в онлайн-магазине: вы просматриваете веб-сайт и добавляете в корзину товары, которые хотите приобрести. По мере того как вы добавляете товары, данные об этих товарах сохраняются в памяти. Затем, когда вы нажимаете кнопку оформления заказа, выполняющаяся на компьютере веб-сайта программа вычисляет стоимость всех товаров, которые находятся в вашей корзине, с учетом стоимости доставки и итоговой суммы всех сборов. При выполнении этих расчетов программа сохраняет полученные результаты в памяти компьютера.

Для того чтобы обращаться к данным, которые хранятся в памяти, и управлять ими, программы используют переменные. Переменная — это имя, которое представляет значение в памяти компьютера. Например, в программе, вычисляющей налог с продаж на приобре-

таемые товары, для представления этого значения в памяти может использоваться имя переменной `tax` (налог). Тогда как в программе, которая вычисляет расстояние между двумя городами, для представления этого значения в памяти может использоваться имя переменной `distance` (расстояние). Когда переменная представляет значение в памяти компьютера, мы говорим, что переменная *ссылается* на это значение.

Создание переменных инструкцией присваивания

Инструкция присваивания используется для создания переменной, которая будет ссылаться на порцию данных. Вот пример инструкции присваивания:

```
age = 25
```

После исполнения этой инструкции будет создана переменная с именем `age` (возраст), и она будет ссылаться на значение 25. Этот принцип показан на рис. 2.4: здесь число 25 следует рассматривать как значение, которое хранится где-то в оперативной памяти компьютера. Стрелка, которая направлена от имени `age` в сторону значения 25, говорит, что имя `age` ссылается на это значение.

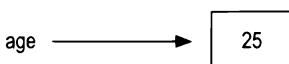


РИС. 2.4. Переменная `age` ссылается на значение 25

Инструкция присваивания записывается в приведенном ниже общем формате:

переменная = выражение

Знак "равно" (=) называется *оператором присваивания*. В данном формате *переменная* — это имя переменной, а *выражение* — значение либо любая порция программного кода, которая в результате дает значение. После исполнения инструкции присваивания переменная, заданная слева от оператора `=`, будет ссылаться на значение, заданное справа от оператора `=`.

Для того чтобы поэкспериментировать с переменными, можно набрать инструкции присваивания в интерактивном режиме, как показано ниже:

```
>>> width = 10 [Enter]
>>> length = 5 [Enter]
>>>
```

Первая инструкция создает переменную с именем `width` (ширина) и присваивает ей значение 10. Вторая инструкция создает переменную с именем `length` (длина) и присваивает ей значение 5. Далее, как показано ниже, можно применить функцию `print` для отображения значений, на которые эти переменные ссылаются:

```
>>> print(width) [Enter]
10
>>> print(length) [Enter]
5
>>>
```

Во время передачи в функцию `print` переменной в качестве аргумента не следует заключать имя переменной в кавычки. Для того чтобы продемонстрировать причину, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> print('width') [Enter]
width
>>> print(width) [Enter]
10
>>>
```

В первой инструкции в качестве аргумента функции `print` передано `'width'`, и функция распечатала строковый литерал `width`. Во второй инструкции в качестве аргумента функции `print` передано `width` (без кавычек), и функция показала значение, на которое ссылается переменная `width`.

В инструкции присваивания переменная, получающая присваиваемое значение, должна стоять с левой стороны от оператора `=`. Как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе, если единица языка с левой стороны от оператора `=` не является переменной, то произойдет ошибка¹:

```
>>> 25 = age [Enter]
SyntaxError: can't assign to literal
>>>
```

В программе 2.7 демонстрируется переменная. Стока 2 создает переменную с именем `room` (комната) и присваивает ей значение 503. Инструкции в строках 3 и 4 выводят сообщение. Обратите внимание, что строка 4 выводит значение, на которое ссылается переменная `room`.

Программа 2.7 (variable_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует переменную.
2 room = 503
3 print('Я нахожусь в комнате номер')
4 print(room)
```

Вывод программы

```
Я нахожусь в комнате номер
503
```

В программе 2.8 приведен пример кода, в котором используются две переменные. Стока 2 создает переменную с именем `top_speed` (предельная скорость), присваивая ей значение 160. Стока 3 создает переменную с именем `distance` (расстояние), присваивая ее значение 300 (рис. 2.5).

Программа 2.8 (variable_demo2.py)

```
1 # Создать две переменные: top_speed и distance.
2 top_speed = 160
3 distance = 300
4
```

¹ В примере выводится системное сообщение об ошибке, которое переводится как *синтаксическая ошибка: нельзя присвоить значение литералу.* — Прим. пер.

```

5 # Показать значения, на которые ссылаются переменные.
6 print('Предельная скорость составляет')
7 print(top_speed)
8 print('Пройденное расстояние составляет')
9 print(distance)

```

Вывод программы

```

Предельная скорость составляет
160
Пройденное расстояние составляет
300

```

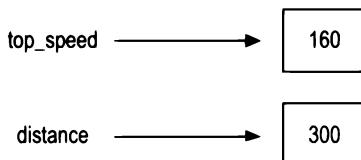


РИС. 2.5. Две переменные



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Переменную нельзя использовать, пока ей не будет присвоено значение. Если попытаться выполнить операцию с переменной, например напечатать ее, до того, как ей будет присвоено значение, то произойдет ошибка.

Иногда ошибка может быть вызвана простой опечаткой при наборе. Одним из таких примеров является имя переменной с опечаткой:

```

temperature = 74.5 # Создать переменную
print(tempereture) # Ошибка! Имя переменной с опечаткой

```

В этом фрагменте кода переменная `temperature` (температура) создается инструкцией присваивания. Однако в инструкции `print` имя переменной написано по-другому, что вызовет ошибку. Еще одним примером является неоднообразное использование прописных и строчных букв в имени переменной. Вот пример:

```

temperature = 74.5 # Создать переменную
print(Temperature) # Ошибка! Не единообразное применение регистра

```

В этом примере переменная `temperature` (все буквы в нижнем регистре) создается инструкцией присваивания. В инструкции `print` имя `Temperature` написано с буквой Т в верхнем регистре. Это вызовет ошибку, потому что в Python имена переменных чувствительны к регистру символов (регистроочувствительны).

Правила именования переменных

Хотя разрешается придумывать переменным свои имена, необходимо соблюдать правила.

- ◆ В качестве имени переменной нельзя использовать одно из ключевых слов Python (см. табл. 1.2 с перечнем ключевых слов).
- ◆ Имя переменной не может содержать пробелы.

- ◆ Первый символ должен быть одной из букв от а до z, от A до Z либо символом подчеркивания¹ (_).
- ◆ После первого символа можно использовать буквы от а до z или от A до Z, цифры от 0 до 9 либо символы подчеркивания.
- ◆ Символы верхнего и нижнего регистров различаются. Это означает, что имя переменной ItemsOrdered (ЗаказаноТоваров) не является тем же, что и itemsordered (заказанотоваров).

В дополнение к соблюдению этих правил также всегда следует выбирать имена переменных, которые дают представление о том, для чего они используются. Например, переменная для температуры может иметь имя temperature, а переменную для скорости автомобиля можно назвать speed. У вас может возникнуть желание давать переменным имена, типа x и b2, но такие имена не дают ключ к пониманию того, для чего переменная предназначена.

Поскольку имя переменной должно отражать ее назначение, программисты часто оказываются в ситуации, когда им приходится создавать имена из нескольких слов. Например, посмотрите на приведенные ниже имена переменных:

```
grosspay
payrate
hotdogssoldtoday
```

К сожалению, эти имена с трудом удается прочесть, потому что слова в них не отделены. Поскольку в именах переменных нельзя использовать пробелы, нужно найти другой способ отделять слова в многословном имени переменной и делать его более удобочитаемым для человеческого глаза.

Один из способов — использовать символ подчеркивания вместо пробела. Например, приведенные ниже имена переменных читаются проще, чем показанные ранее:

```
gross_pay
pay_rate
hot_dogs_sold_today
```

Этот стиль именования переменных популярен среди программистов на Python и является стилем, который мы будем использовать в этой книге. Правда, есть и другие стили, такие как *горбатыйСтиль* написания имен переменных. Имена переменных в горбатом стиле записываются так:

- ◆ имя переменной начинается с букв в нижнем регистре;
- ◆ первый символ второго и последующих слов записывается в верхнем регистре.

Например, приведенные ниже имена переменных написаны в горбатом стиле:

```
grossPay
payRate
hotDogsSoldToday
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Этот стиль именования переменных называется горбатым, потому что буквы верхнего регистра в имени напоминают горбы верблюда.

¹ Имена, или идентификаторы, переменных и собственных функций могут иметь кириллические буквы. Так, допустимыми будут имя переменной ширина или вычислить_площадь. — Прим. пер.

В табл. 2.1 перечислено несколько примеров имен переменных и показано, какие из них допустимы в Python и какие нет.

Таблица 2.1. Примеры имен переменных

Имя переменной	Допустимое или недопустимое
units_per_day	Допустимое
dayOfWeek	Допустимое
3dGraph	Недопустимое. Имена переменных не могут начинаться с цифры
June1997	Допустимое
Mixture#3	Недопустимое. В именах переменных могут использоваться только буквы, цифры или символы подчеркивания

Вывод многочисленных значений при помощи функции *print*

Если вы обратитесь к программе 2.7, то увидите, что в строках кода 3 и 4 мы использовали приведенные две инструкции:

```
print('Я нахожусь в комнате номер')
print(room)
```

Мы вызывали функцию `print` дважды, потому что нам нужно было вывести две порции данных. Стока 3 выводит строковый литерал '`Я нахожусь в комнате номер`', строка 4 выводит значение, на которое ссылается переменная `room`.

Однако эту программу можно упростить, потому что Python позволяет выводить многочисленные значения одним вызовом функции `print`. Мы просто должны отделить значения запятыми, как показано в программе 2.9.

Программа 2.9 (variable_demo3.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует переменную.
2 room = 503
3 print('Я нахожусь в комнате номер', room)
```

Вывод программы

```
Я нахожусь в комнате номер 503
```

В строке 3 мы передали в функцию `print` два аргумента: первый аргумент — это строковый литерал '`Я нахожусь в комнате номер`', второй аргумент — переменная `room`. Во время исполнения функция `print` вывела значения этих аргументов в том порядке, в каком мы их передали функции. Обратите внимание, что функция `print` автоматически напечатала пробел, разделяющий значения. Когда в функцию `print` передаются многочисленные аргументы, при их выводе они автоматически отделяются пробелом.

Повторное присваивание значений переменным

Переменные называются так потому, что во время работы программы они могут ссылаться на разные значения. Когда переменной присваивается значение, она будет ссылаться на это значение до тех пор, пока ей не будет присвоено другое значение. Например, в программе 2.10 инструкция в строке 3 создает переменную с именем `roubles` и присваивает ей значение 12.75 (верхняя часть рис. 2.6). Затем инструкция в строке 8 присваивает переменной `roubles` другое значение — 990.95. В нижней части рис. 2.6 показано, как это изменяет переменную `roubles`. Старое значение 12.75 по-прежнему находится в памяти компьютера, но оно больше не может использоваться, потому что на него переменная не ссылается. Когда переменная больше не ссылается на значение в памяти, интерпретатор Python автоматически ее удаляет из памяти посредством процедуры, которая называется *сборщиком мусора*.

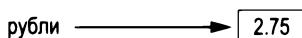
Программа 2.10 (variable_demo4.py)

```
1 # Эта программа показывает повторное присвоение значения переменной.
2 # Присвоить значение переменной roubles.
3 roubles = 12.75
4 print('У меня на счете', roubles, 'рублей.')
5
6 # Повторно присвоить значение переменной roubles,
7 # чтобы она ссылалась на другое значение.
8 roubles = 990.95
9 print('А теперь там', roubles, 'рублей!')
```

Вывод программы

```
У меня на счете 12.75 рублей.
А теперь там 990.95 рублей!
```

Остаток рублей после исполнения строки 3



Остаток рублей после исполнения строки 8

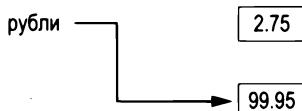


РИС. 2.6. Повторное присвоение значения переменной в программе 2.10

Числовые типы данных и числовые литералы

В главе 1 мы рассмотрели, каким образом компьютеры хранят данные в оперативной памяти (см. разд. 1.3). Из этого обсуждения вы, возможно, помните, что для хранения вещественных чисел (чисел с дробной частью) компьютеры используют прием, который отличается от хранения целых чисел. Мало того, что этот тип чисел хранится в памяти по-другому, но и аналогичные операции с ними тоже выполняются иначе.

Поскольку разные типы чисел хранятся и обрабатываются по-разному, в Python используются *типы данных* с целью классификации значений в оперативной памяти. Когда в оперативной памяти хранится целое число, оно классифицируется как `int`, а когда в памяти хранится вещественное число, оно классифицируется как `float`.

Давайте посмотрим, как Python определяет у числа тип данных. В нескольких приведенных ранее программах числовые данные записаны внутри программного кода. Например, в приведенной ниже инструкции (см. программу 2.9) записано число 503:

```
room = 503
```

Эта инструкция приводит к тому, что значение 503 сохраняется в оперативной памяти, и переменная `room` начинает ссылаться на это значение. В приведенной ниже инструкции (из программы 2.10) записано число 12.75:

```
roubles = 12.75
```

Эта инструкция приводит к тому, что значение 12.75 сохраняется в оперативной памяти, и переменная `roubles` начинает ссылаться на это значение. Число, которое записано в коде программы, называется *числовым литералом*.

Когда интерпретатор Python считывает числовой литерал в коде программы, он определяет его тип данных согласно следующим правилам:

- ◆ числовой литерал, который записан в виде целого числа *без десятичной точки*, имеет целочисленный тип `int`, например 7, 124 и -9;
- ◆ числовой литерал, который записан *с десятичной точкой*, имеет вещественный тип `float`, например 1.5, 3.14159 и 5.0.

Так, в приведенной далее инструкции значение 503 сохраняется в памяти как `int`:

```
room = 503
```

А другая инструкция приводит к тому, что значение 12.75 сохраняется в памяти как `float`:

```
roubles = 12.75
```

Когда значение сохраняется в оперативной памяти, очень важно понимать, о значении какого типа данных идет речь. Скоро вы увидите, что некоторые операции ведут себя по-разному в зависимости от типа участвующих данных, и некоторые операции могут выполняться со значениями только того или иного типа данных.

В качестве эксперимента, чтобы определить тип данных конкретного значения в интерактивном режиме, можно воспользоваться встроенной функцией `type`. Взгляните на приведенный ниже сеанс:

```
>>> type(1) [Enter]
<class 'int'>
>>>
```

В этом примере в функцию `type` в качестве аргумента передано значение 1. Сообщение, выводимое на следующей строке, `<class 'int'>`, указывает на то, что это значение имеет целочисленный тип `int`. Вот еще один пример:

```
>>> type(1.0) [Enter]
<class 'float'>
>>>
```

В этом примере в функцию `type` в качестве аргумента передано значение 1.0. Сообщение, выводимое на следующей строке, `<class 'float'>`, указывает на то, что это значение имеет вещественный тип `float`.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В числовых литералах запрещено использовать обозначения денежных единиц, пробелов или запятых. Например, приведенная ниже инструкция вызовет ошибку:

```
value = $4,567.99 # Ошибка!
```

Эта инструкция должна быть написана вот так:

```
value = 4567.99 # Правильно
```

Хранение строковых данных с типом `str`

В дополнение к целочисленным типам данных `int` и вещественным типам данных `float` Python имеет тип данных `str`, который используется для хранения в оперативной памяти строковых данных. В программе 2.11 показано, как строковые данные присваиваются переменным.

Программа 2.11 (string_variable.py)

```
1 # Создать переменные, которые ссылаются на два строковых значения.
2 first_name = 'Кэтрин'
3 last_name = 'Марино'
4
5 # Показать значения, на которые эти переменные ссылаются.
6 print(first_name, last_name)
```

Вывод программы

Кэтрин Марино

Повторное присвоение переменной значения другого типа

Следует учитывать, что в Python переменная — это просто имя, которое ссылается на порцию данных в оперативной памяти. Этот механизм упрощает вам, программисту, хранение и получение данных. Интерпретатор Python отслеживает создаваемые вами имена переменных и порции данных, на которые эти имена переменных ссылаются. Всякий раз, когда необходимо получить одну из этих порций данных, просто используется имя переменной, которое на эту порцию ссылается.

Переменная в Python может ссылаться на значения любого типа. После того как переменной присвоено значение одного типа, ей можно заново присвоить значение другого типа. Взглядите на приведенный ниже интерактивный сеанс. (Для удобства добавлены номера строк программного кода.)

```
1 >>> x = 99 [Enter]
2 >>> print(x) [Enter]
3 99
4 >>> x = 'Отведите меня к своему шефу' [Enter]
```

```

5 >>> print(x) Enter
6 Отведите меня к своему шефу.
7 >>>

```

Инструкция в строке 1 создает переменную с именем `x` и присваивает ей значение 99 с типом `int`. На рис. 2.7 показано, как переменная ссылается на значение 99 в оперативной памяти. Инструкция в строке 2 вызывает функцию `print`, передавая ей переменную `x` в качестве аргумента. Результат функции `print` выводится в строке 3. Затем инструкция в строке 4 присваивает строковое значение переменной `x`. После того как эта инструкция исполнится, переменная `x` больше не будет ссылаться на тип `int`, а будет ссылаться на строковое значение 'Отведите меня к своему шефу' (рис. 2.8). Стока 5 снова вызывает функцию `print`, передавая переменную `x` в качестве аргумента. Стока 6 показывает результат функции `print`.



РИС. 2.7. Переменная `x` ссылается на целое число



РИС. 2.8. Переменная `x` ссылается на строковое значение



Контрольная точка

2.10. Что такое переменная?

2.11. Какие из приведенных ниже имен переменных недопустимы в Python и почему?

```

99bottles
july2009
theSalesFigureForFiscalYear
r&d
grade_report

```

2.12. Являются ли имена переменных `Sales` и `sales` одинаковыми? Почему?

2.13. Допустима ли приведенная ниже инструкция присваивания? Если она недопустима, то почему?

```
72 = amount
```

2.14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```

val = 99
print('Значение равняется', 'val')

```

2.15. Взгляните на приведенные ниже инструкции присваивания:

```

value1 = 99
value2 = 45.9
value3 = 7.0
value4 = 7
value5 = 'abc'

```

Какой тип данных Python будут иметь эти значения, когда на них будут ссылаться переменные после исполнения указанных инструкций?

2.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
my_value = 99  
my_value = 0  
print(my_value)
```

2.6

Чтение входных данных с клавиатуры

Ключевые положения

Программы обычно должны уметь считывать входные данные, набираемые пользователем на клавиатуре. Для этих целей мы будем использовать функции Python.



Видеозапись "Чтение входных данных с клавиатуры" (*Reading Input from the Keyboard*)

Большинство программ, которые вы будете писать, должны прочитать входные данные и затем выполнить с ними операцию. В этом разделе мы обсудим элементарную операцию ввода: чтение данных, набранных на клавиатуре. Когда программа считывает данные с клавиатуры, она обычно сохраняет эти данные в переменной, чтобы потом программа могла эти данные использовать.

Для чтения данных, вводимых с клавиатуры, мы будем использовать встроенную функцию Python `input`. Функция `input` читает порцию данных, которая была введена с клавиатуры, и возвращает эту порцию данных в качестве строкового значения назад в программу. Функцию `input` обычно применяют в инструкции присваивания, которая соответствует приведенному ниже общему формату:

```
переменная = input(подсказка)
```

В данном формате `подсказка` — это строковый литерал, который выводится на экран. Его предназначение — дать пользователю указание ввести значение. А `переменная` — это имя переменной, которая ссылается на данные, введенные на клавиатуре. Вот пример инструкции, которая применяет функцию `input` для чтения данных с клавиатуры:

```
name = input('Как Вас зовут? ')
```

Во время исполнения этой инструкции происходит следующее:

1. Стока 'Как Вас зовут? ' выводится на экран.
2. Программа приостанавливает работу и ждет, когда пользователь введет что-нибудь с клавиатуры и нажмет клавишу <Enter>.
3. Когда клавиша <Enter> нажата, набранные данные возвращаются в качестве строкового значения и присваиваются переменной `name`.

В качестве демонстрации взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> name = input('Как Вас зовут? ') Enter  
Как Вас зовут? Холли Enter  
>>> print(name) Enter  
Холли  
>>>
```

Когда была введена первая инструкция, интерпретатор вывел на экран подсказку 'Как Вас зовут? ' и приостановил работу в ожидании, когда пользователь введет немного данных. Пользователь ввел Холли и нажал клавишу <Enter>. В результате строковое значение 'Холли' было присвоено переменной name. Когда была введена вторая инструкция, интерпретатор показал значение, на которое ссылается переменная name.

В программе 2.12 представлен законченный код, который использует функцию `input` для чтения двух строковых значений с клавиатуры.

Программа 2.12 (string_input.py)

```
1 # Получить имя пользователя.  
2 first_name = input('Введите свое имя: ')  
3  
4 # Получить фамилию пользователя.  
5 last_name = input('Введите свою фамилию: ')  
6  
7 # Напечатать пользователю приветствие.  
8 print('Привет,', first_name, last_name)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Винни   
Введите свою фамилию: Пух   
Привет, Винни Пух
```

Взгляните поближе на строковый литерал в строке 2, который мы использовали в качестве подсказки:

'Введите свое имя: '

Обратите внимание, что в нем последний символ внутри кавычек является пробелом. То же самое относится и к приведенному ниже строковому литералу, используемому в качестве подсказки в строке 5:

'Введите свою фамилию: '

Мы помещаем пробел в конец каждого строкового значения, потому что функция `input` не выводит пробел автоматически после подсказки. Когда пользователь начинает набирать символы, они появляются на экране сразу после подсказки. Добавление в конец подсказки символа пробела позволяет визуально отделять подсказку на экране от вводимых пользователем данных.

Чтение чисел при помощи функции `input`

Функция `input` всегда возвращает введенные пользователем данные как строковые, даже если пользователь вводит числовые данные. Например, предположим, что вы вызываете функцию `input`, набираете число 72 и нажимаете клавишу <Enter>. Возвращенное из функции `input` значение будет строковым, '72'. Это может создать проблему, если вы захотите использовать это значение в математической операции. Математические операции могут выполняться только с числовыми значениями, а не строковыми.

К счастью, в Python имеются встроенные функции, которые используются для преобразования, или конвертации, строкового типа в числовой. В табл. 2.2 приведены две таких функции.

Таблица 2.2. Функции преобразования данных

Функция	Описание
<code>int(значение)</code>	В функцию передается аргумент, и она возвращает значение аргумента, преобразованное в целочисленный тип <code>int</code>
<code>float(значение)</code>	В функцию передается аргумент, и она возвращает значение аргумента, преобразованное в вещественный тип <code>float</code>

Предположим, что вы пишете программу расчета заработной платы и хотите получить количество часов, которое пользователь отработал. Взгляните на приведенный ниже фрагмент программного кода:

```
string_value = input('Сколько часов Вы отработали? ')
hours = int(string_value)
```

Первая инструкция получает от пользователя количество часов и присваивает его значение строковой переменной `string_value`. Вторая инструкция вызывает функцию `int()`, передавая `string_value` в качестве аргумента. Значение, на которое ссылается `string_value`, преобразуется в целочисленное `int` и присваивается переменной `hours`.

Этот пример иллюстрирует прием работы с функцией `int()`, однако он не эффективен, потому что создает две переменные: одну для хранения строкового значения, которое возвращается из функции `input()`, и другую для хранения целочисленного значения, которое возвращается из функции `int()`. Приведенный ниже фрагмент кода показывает более оптимальный подход. Здесь одна-единственная инструкция делает всю работу, которую ранее делали две приведенные выше инструкции, и она создает всего одну переменную:

```
hours = int(input('Сколько часов Вы проработали? '))
```

Эта инструкция использует вызов *вложенной функции*. Значение, которое возвращается из функции `input`, передается в качестве аргумента в функцию `int()`. Вот как это работает:

1. Она вызывает функцию `input()`, чтобы получить значение, вводимое с клавиатуры.
2. Значение, возвращаемое из функции `input()` (т. е. строковое), передается в качестве аргумента в функцию `int()`.
3. Целочисленное значение `int`, возвращаемое из функции `int()`, присваивается переменной `hours`.

После исполнения этой инструкции переменной `hours` будет присвоено введенное с клавиатуры значение, преобразованное в целочисленное `int`.

Давайте взглянем на еще один пример. Предположим, что вы хотите получить от пользователя почасовую ставку оплаты труда. Приведенная ниже инструкция предлагает пользователю ввести это значение с клавиатуры, преобразует это значение в вещественное `float` и присваивает его переменной `pay_rate`:

```
pay_rate = float(input('Какая у вас почасовая ставка оплаты труда? '))
```

Вот как это работает:

1. Она вызывает функцию `input()`, чтобы получить значение, вводимое с клавиатуры.
2. Значение, возвращаемое из функции `input()` (т. е. строковое), передается в качестве аргумента в функцию `float()`.
3. Вещественное значение `float`, возвращаемое из функции `float()`, присваивается переменной `pay_rate`.

После исполнения этой инструкции переменной `pay_rate` будет присвоено введенное с клавиатуры значение, преобразованное в вещественное `float`.

В программе 2.13 представлен законченный код, в котором используется функция `input()` для чтения значений строкового `str`, целочисленного `int` и вещественного `float` типов в качестве вводимых с клавиатуры данных.

Программа 2.13 (input.py)

```

1 # Получить имя, возраст и доход пользователя.
2 name = input('Как Вас зовут? ')
3 age = int(input('Сколько Вам лет? '))
4 income = float(input('Какой у Вас доход? '))
5
6 # Вывод данных на экран.
7 print('Вот данные, которые Вы ввели:')
8 print('Имя:', name)
9 print('Возраст:', age)
10 print('Доход:', income)

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Как Вас зовут?? Крис Enter
Сколько Вам лет? 25 Enter
Какой у Вас доход? 75000.0 Enter
Вот данные, которые Вы ввели:
Имя: Крис
Возраст: 25
Доход: 75000.0

```

Давайте взглянем на этот программный код поближе.

- ◆ Стока 2 предлагает пользователю ввести свое имя. Введенное значение присваивается в качестве строкового значения переменной `name`.
- ◆ Стока 3 предлагает пользователю ввести свой возраст. Введенное значение конвертируется в целочисленное `int` и присваивается переменной `age`.
- ◆ Стока 4 предлагает пользователю ввести свой доход. Введенное значение конвертируется в вещественное `float` и присваивается переменной `income`.
- ◆ Строки 7–10 показывают введенные пользователем значения.

Функции `int()` и `float()` срабатывают, только если преобразуемое значение представляет собой допустимое числовое значение. Если аргумент не может быть преобразован в указанный тип данных, то происходит ошибка, которая называется исключением. Исключение —

это неожиданная ошибка, происходящая во время выполнения программы, которая заставляет программу остановиться, если ошибка должным образом не обрабатывается. Например, взгляните на приведенный ниже сеанс интерактивного режима¹:

```
>>> age = int(input('Сколько Вам лет? '))
Сколько Вам лет? xyz
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#81>", line 1, in <module>
    age = int(input('Сколько Вам лет? '))
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'xyz'
>>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

В этом разделе мы говорили о пользователе. Пользователь — это любой гипотетический человек, который использует программу и предоставляет для нее входные данные. Такой пользователь иногда называется *конечным пользователем*.



Контрольная точка

- 2.17. Вам нужно, чтобы пользователь программы ввел фамилию клиента. Напишите инструкцию, которая предлагает пользователю ввести эти данные и присваивает их переменной.
- 2.18. Вам нужно, чтобы пользователь программы ввел объем продаж за неделю. Напишите инструкцию, которая предлагает пользователю ввести эти данные и присваивает их переменной.



2.7 Выполнение расчетов

Ключевые положения

Python имеет многочисленные операторы, которые используются для выполнения математических расчетов.

Большинство реально существующих алгоритмов требует, чтобы выполнялись расчеты. Инструментами программиста для расчетов являются *математические операторы*. В табл. 2.3 перечислены математические операторы, которые имеются в языке Python.

Приведенные в табл. 2.3 операторы программисты используют для создания математических выражений. *Математическое выражение* выполняет расчет и выдает значение. Вот пример простого математического выражения:

`12 + 2`

Значения справа и слева от оператора `+` называются *операндами*. Оператор `+` складывает эти значения между собой. Если набрать это выражение в интерактивном режиме, то можно увидеть, что оно выдаст значение 14:

¹ В этом сеансе показан отчет об обратной трассировке, где самый недавний вызов в отчете приводится последним и указывает на ошибку: *ValueError: недопустимый литерал для функции int() с основанием 10: 'xyz'*. Ошибка *ValueError*, т. е. ошибка значения, сообщает, что функция получает аргумент правильного типа, но который имеет неподходящее значение. — Прим. пер.

```
>>> 12 + 2 
```

```
14
```

```
>>>
```

Таблица 2.3. Математические операторы Python

Символ	Операция	Описание
+	Сложение	Складывает два числа
-	Вычитание	Вычитает одно число из другого
*	Умножение	Умножает одно число на другое
/	Деление	Делит одно число на другое и выдает результат в качестве числа с плавающей точкой
//	Целочисленное деление	Делит одно число на другое и выдает результат в качестве целого числа
%	Остаток от деления	Делит одно число на другое и выдает остаток от деления
**	Возведение в степень	Возводит число в степень

Переменные тоже могут использоваться в математическом выражении. Например, предположим, что имеются две переменные с именами `hours` (часы) и `pay_rate` (ставка оплаты труда). Приведенное ниже математическое выражение использует оператор `*` для умножения значения, на которое ссылается переменная `hours`, на значение, на которое ссылается переменная `pay_rate`:

```
hours * pay_rate
```

Когда для вычисления значения используется математическое выражение, обычно мы хотим сохранить его результат в оперативной памяти, чтобы им снова можно было воспользоваться в программе. Это делается при помощи инструкции присваивания (программа 2.14).

Программа 2.14 (simple_math.py)

```

1 # Присвоить значение переменной salary.
2 salary = 25000.0
3
4 # Присвоить значение переменной bonus.
5 bonus = 12000.0
6
7 # Рассчитать заработную плату до удержаний, сложив salary
8 # и bonus. Присвоить результат переменной pay.
9 pay = salary + bonus
10
11 # Вывести переменную pay.
12 print('Ваша заработная плата составляет', pay)

```

Вывод программы

```
Ваша заработная плата составляет 37000.0
```

Строка 2 присваивает значение 25 000.0 переменной `salary`, строка 5 присваивает значение 12 000.0 переменной `bonus`. Стока 9 присваивает результат выражения `salary + bonus` переменной `pay`. Как видно из вывода программы, переменная `pay` содержит значение 37 000.0.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Вычисление процентов

Если вы пишете программу, которая работает с процентами, то прежде, чем выполнять любые математические расчеты с процентами, необходимо убедиться, что десятичная точка процентного значения находится в правильной позиции. Это в особенности верно в случае, когда пользователь вводит процентное значение в качестве входных данных. Большинство пользователей вводит число 50, имея в виду 50%, 20, имея в виду 20%, и т. д. Перед выполнением любых вычислений с таким процентным значением необходимо его разделить на 100, чтобы преобразовать в доли числа.

Давайте пошагово разберем процесс написания программы, которая вычисляет процентное значение. Предположим, что розничное предприятие планирует организовать распродажу, где цены всех товаров будут снижены на 20%. Нам поручили написать программу для вычисления отпускной цены товара после вычета скидки. Вот алгоритм:

1. Получить исходную цену товара.
2. Вычислить 20% от исходной цены. Это сумма скидки.
3. Вычесть скидку из исходной цены. Это отпускная цена.
4. Вывести на экран отпускную цену.

На шаге 1 мы получаем исходную цену товара. Мы предложим пользователю ввести эти данные на клавиатуре. В нашей программе для этого мы применим приведенную ниже инструкцию. Обратите внимание, что вводимое пользователем значение будет сохранено в переменной с именем `original_price` (первоначальная цена).

```
original_price = float(input("Введите исходную цену товара: "))
```

На шаге 2 мы вычисляем сумму скидки. Для этого мы умножаем исходную цену на 20%. Приведенная ниже инструкция выполняет это вычисление и присваивает полученный результат переменной `discount`:

```
discount = original_price * 0.2
```

На шаге 3 мы вычитаем скидку из исходной цены. Приведенная ниже инструкция выполняет это вычисление и сохраняет полученный результат в переменной `sale_price`:

```
sale_price = original_price - discount
```

Наконец, на шаге 4 для вывода на экран отпускной цены мы воспользуемся приведенной ниже инструкцией:

```
print('Отпускная цена составляет', sale_price)
```

В программе 2.15 представлен весь код с примером вывода.

Программа 2.15 (sale_price.py)

```
1 # Эта программа получает исходную цену товара
2 # и вычисляет его отпускную цену с 20%-й скидкой.
3
4 # Получить исходную цену товара.
5 original_price = float(input("Введите исходную цену товара: "))
6
7 # Вычислить сумму скидки.
8 discount = original_price * 0.2
9
10 # Вычислить отпускную цену.
11 sale_price = original_price - discount
12
13 # Показать отпускную цену.
14 print('Отпускная цена составляет', sale_price)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите исходную цену товара: **100.00**

Отпускная цена составляет 80.0

Деление с плавающей точкой и целочисленное деление

Стоит отметить, что Python имеет два разных оператора деления (см. табл. 2.3). Оператор `/` выполняет деление с плавающей точкой, оператор `//` осуществляет целочисленное деление. Оба оператора делят одно число на другое. Разница между ними состоит в том, что оператор `/` выдает результат в качестве значения с плавающей точкой, а оператор `//` — результат в качестве целочисленного значения. Давайте воспользуемся интерпретатором в интерактивном режиме, чтобы продемонстрировать работу этих операторов:

```
>>> 5 / 2 
2.5
>>>
```

В этом сеансе мы применили оператор `/` для деления числа 5 на 2. Как и ожидалось, результатом будет 2.5. Теперь давайте применим оператор `//` для выполнения целочисленного деления:

```
>>> 5 // 2 
2
>>>
```

Как видно, результат равняется 2. Оператор `//` работает следующим образом:

- ◆ когда результат положительный, он *усекается*, т. е. его дробная часть отбрасывается;
- ◆ когда результат отрицательный, он *округляется вверх* до ближайшего целого числа.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу оператора `//`, когда результат отрицательный:

```
>>> -5 // 2 
-3
>>>
```

Приоритет операторов

В Python можно писать операторы, в которых используются сложные математические выражения с участием нескольких операторов. Приведенная ниже инструкция присваивает переменной `answer` сумму из значения 17, значения переменной `x`, значения 21 и значения переменной `y`:

```
answer = 17 + x + 21 + y
```

Правда, некоторые выражения не настолько прямолинейные. Рассмотрим приведенную ниже инструкцию:

```
outcome = 12.0 + 6.0 / 3.0
```

Какое значение будет присвоено переменной `outcome`? Число 6.0 может использоваться в качестве операнда для оператора сложения либо для оператора деления. Результирующей переменной `outcome` может быть присвоено 6.0 либо 14.0 в зависимости от того, когда происходит деление. К счастью, ответ можно предсказать, потому что Python соблюдает тот же порядок следования операций, которые вы изучали на уроках математики.

Прежде всего сначала выполняются операции, которые заключены в круглые скобки. Затем, когда два оператора используют operand совместно, сначала применяется оператор с более высоким приоритетом. Ниже приведен приоритет математических операторов от самого высокого до самого низкого:

1. Возвведение в степень: `**`.
2. Умножение, деление и остаток от деления: `*` `/` `//` `%`.
3. Сложение и вычитание: `+` `-`.

Отметим, что операторы умножения (`*`), деления с плавающей точкой (`/`), целочисленного деления (`//`) и остатка от деления (`%`) имеют одинаковый приоритет. Операторы сложения (`+`) и вычитания (`-`) тоже имеют одинаковый приоритет. Когда два оператора с одинаковым приоритетом используют operand совместно, они выполняются слева направо.

Теперь вернемся к предыдущему математическому выражению:

```
outcome = 12.0 + 6.0 / 3.0
```

Значение, которое будет присвоено переменной `outcome`, составит 14.0, потому что оператор деления имеет более высокий приоритет, чем оператор сложения. В результате деление выполняется перед сложением. Это выражение можно изобразить схематически, как показано на рис. 2.9.

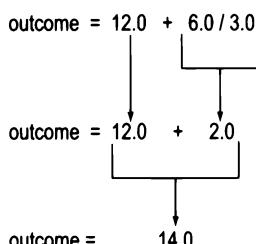


РИС. 2.9. Приоритет операторов

В табл. 2.4 показаны некоторые другие примеры выражений вместе со своими значениями.

Таблица 2.4. Некоторые выражения

Выражение	Значение
$5 + 2 * 4$	13
$10 / 2 - 3$	2.0
$8 + 12 * 2 - 4$	28
$6 - 3 * 2 + 7 - 1$	6



ПРИМЕЧАНИЕ

Из правила вычисления слева направо есть исключение. Когда два оператора возведения в степень $**$ используют операнд совместно, операторы выполняются справа налево. Например, выражение $2 ** 3 ** 4$ вычисляется как $2 ** (3 ** 4)$.

Группирование при помощи круглых скобок

Части математического выражения можно группировать при помощи круглых скобок, чтобы заставить некоторые операции выполнятся перед другими. В приведенной ниже инструкции переменные *a* и *b* складываются, и их сумма делится на 4:

```
result = (a + b) / 4
```

Без круглых скобок переменная *b* будет поделена на 4, и результат прибавлен к переменной *a*. В табл. 2.5 показаны еще несколько выражений и их значений.

Таблица 2.5. Еще несколько выражений и их значений

Выражение	Значение
$(5 + 2) * 4$	28
$10 / (5 - 3)$	5.0
$8 + 12 * (6 - 2)$	56
$(6 - 3) * (2 + 7) / 3$	9.0

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Вычисление среднего арифметического значения

Среднее арифметическое группы значений вычисляется очень просто: надо сложить все значения и разделить полученную сумму на количество значений. Хотя оно вычисляется достаточно прямолинейно, при написании программы, которая вычисляет среднее арифметическое значение, очень легко допустить ошибку. Например, предположим, что каждая переменная *a*, *b* и *c* содержит числовое значение, и мы хотим вычислить среднее арифметическое



этих значений. Если быть неосмотрительными, то для выполнения этого вычисления можно написать инструкцию, к примеру, содержания:

```
average = a + b + c / 3.0
```

Заметили, где в этой инструкции ошибка? Во время ее исполнения первым будет выполнено деление. Значение в *c* будет разделено на 3, затем полученный результат будет прибавлен к *a + b*. Это неправильный способ вычисления среднего значения. Для того чтобы исправить эту ошибку, вокруг выражения *a + b + c* следует поместить круглые скобки:

```
average = (a + b + c) / 3.0
```

Давайте разберем шаг за шагом процесс написания программы, которая вычисляет среднее значение. Предположим, что на занятиях по информатике вы получили три оценки и хотите написать программу, которая выведет средний балл из полученных оценок. Вот алгоритм:

1. Получить первую оценку.
2. Получить вторую оценку.
3. Получить третью оценку.
4. Вычислить средний балл, сложив эти три оценки и разделив сумму на 3.
5. Показать средний балл.

В шагах 1, 2 и 3 мы предложим пользователю ввести эти три оценки. Мы сохраним их в переменных *test1*, *test2* и *test3*. В шаге 4 мы вычислим средний балл из этих трех оценок. Для того чтобы вычислить и сохранить результат в переменной *average*, воспользуемся приведенной ниже инструкцией:

```
average = (test1 + test2 + test3) / 3.0
```

Наконец, в шаге 5 мы покажем среднюю оценку. В программе 2.16 представлен код.

Программа 2.16 (test_score_average.py)

```
1 # Получить три оценки и присвоить их переменным
2 # test1, test2 и test3.
3 test1 = float(input('Введите первую оценку: '))
4 test2 = float(input('Введите вторую оценку: '))
5 test3 = float(input('Введите третью оценку: '))
6
7 # Вычислить средний балл из трех оценок
8 # и присвоить результат переменной average.
9 average = (test1 + test2 + test3) / 3.0
10
11 # Показать переменную average.
12 print('Средний балл составляет', average)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите первую оценку: 5 Enter
Введите вторую оценку: 3 Enter
Введите третью оценку: 4 Enter
Средний балл составляет 4.0
```

Оператор возвведения в степень

В дополнение к элементарным математическим операторам сложения, вычитания, умножения и деления Python предоставляет оператор возвведения в степень (**). Например, приведенная инструкция возводит переменную `length` в степень 2 и присваивает результат переменной `area`:

```
area = length**2
```

Представленный ниже сеанс с интерактивным интерпретатором показывает значения выражений 4^{**2} , 5^{**3} и 2^{**10} :

```
>>> 4**2 [Enter]
16
>>> 5**3 [Enter]
125
>>> 2**10 [Enter]
1024
>>>
```

Оператор остатка от деления

В Python символ % является оператором остатка от деления. (Он также называется *оператором деления по модулю*.) Оператор остатка выполняет деление, но вместо того, чтобы вернуть частное, он возвращает остаток. Приведенная ниже инструкция присваивает 2 переменной `leftover` (остаток).

```
leftover = 17 % 3
```

Эта инструкция присваивает 2 переменной `leftover`, потому что 17 деленное на 3 равно 5 с остатком 2. В определенных ситуациях оператор остатка от деления оказывается очень полезен. Он широко используется в вычислениях, которые преобразовывают показания времени или расстояния, обнаруживают четные или нечетные числа и выполняют другие специализированные операции. Например, программа 2.17 получает от пользователя количество секунд и преобразует это количество секунд в часы, минуты и секунды: 11 730 секунд в 3 часа 15 минут 30 секунд.

Программа 2.17 (time_converter.py)

```
1 # Получить от пользователя количество секунд.
2 total_seconds = float(input('Введите количество секунд: '))
3
4 # Получить количество часов.
5 hours = total_seconds // 3600
6
7 # Получить количество оставшихся минут.
8 minutes = (total_seconds // 60) % 60
9
10 # Получить количество оставшихся секунд.
11 seconds = total_seconds % 60
12
```

```

13 # Показать результаты.
14 print('Вот время в часах, минутах и секундах:')
15 print('Часы:', hours)
16 print('Минуты:', minutes)
17 print('Секунды:', seconds)

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите количество секунд: **11730**

Вот время в часах, минутах и секундах:

Часы: 3.0

Минуты: 15.0

Секунды: 30.0

Давайте взглянем на этот программный код поближе.

- ◆ Стока 2 получает от пользователя количество секунд, приводит это значение к типу `float` и присваивает его переменной `total_seconds`.
- ◆ Стока 5 вычисляет количество часов в заданном количестве секунд. В одном часе 3600 секунд, следовательно, эта инструкция делит `total_seconds` на 3600. Обратите внимание, что мы использовали оператор целочисленного деления (`//`). Это вызвано тем, что мы хотим получить количество часов без дробной части.
- ◆ Стока 8 вычисляет количество оставшихся минут. Инструкция сначала использует оператор `//` для деления `total_seconds` на 60. Это дает нам общее количество минут. Затем она использует оператор `%`, чтобы разделить общее количество минут на 60 и получить остаток от деления. Результатом является количество оставшихся минут.
- ◆ Стока 11 вычисляет число оставшихся секунд. В одной минуте 60 секунд, следовательно, эта инструкция использует оператор `%`, чтобы разделить `total_seconds` на 60 и получить остаток от деления. Результатом является количество оставшихся секунд.
- ◆ Строки 14–17 показывают количество часов, минут и секунд.

Преобразование математических формул в программные инструкции

Из уроков алгебры вы, вероятно, помните, что выражение $2xy$ понимается как произведение 2 на x и на y . В математике оператор умножения не всегда используется. С другой стороны, Python, а также другие языки программирования, требует наличия оператора для любой математической операции. В табл. 2.6 показаны некоторые алгебраические выражения, которые выполняют умножение, и эквивалентные им программные выражения.

Таблица 2.6. Алгебраические выражения

Алгебраическое выражение	Выполняемая операция	Программное выражение
$6B$	Произведение 6 на B	$6 * B$
$3 \cdot 12$	Произведение 3 на 12	$3 * 12$
$4xy$	Произведение 4 на x на y	$4 * x * y$

Во время преобразования некоторых алгебраических выражений в программные выражения нередко приходится вставлять круглые скобки, которые отсутствуют в алгебраическом выражении. Например, взгляните на формулу:

$$x = \frac{a + b}{c}.$$

Для того чтобы преобразовать ее в программную инструкцию, выражение $a + b$ нужно заключить в круглые скобки:

$x = (a + b) / c$

В табл. 2.7 приведены дополнительные алгебраические выражения и их эквиваленты на Python.

Таблица 2.7. Алгебраические и программные выражения

Алгебраическое выражение	Инструкция на Python
$y = 3 \frac{x}{2}$	$y = 3 * x / 2$
$z = 3bc + 4$	$z = 3 * b * c + 4$
$a = \frac{x+2}{b-1}$	$a = (x + 2) / (b - 1)$

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Преобразование математической формулы в программную инструкцию

Предположим, что вы хотите внести определенную сумму денег на сберегательный счет и оставить ее там для начисления процентного дохода в течение следующих 10 лет. В конце 10-летнего срока вы хотели бы иметь на счету 10 000 руб. Сколько денег необходимо внести сегодня, чтобы это реализовать в будущем? Для того чтобы это узнать, можно воспользоваться формулой:

$$P = \frac{1}{(1+r)^n},$$

где P — это текущая стоимость или сумма, которую необходимо внести сегодня; F — это будущее значение, которое вы хотите иметь на счету (в данном случае F составляет 10 000 руб.); r — это годовая процентная ставка; n — это количество лет, в течение которых вы планируете оставить деньги на счету.

Целесообразно для выполнения этих расчетов написать компьютерную программу, потому что тогда можно поэкспериментировать с разными значениями переменных. Вот алгоритм, который можем применить:

1. Получить желаемое будущее значение.
2. Получить годовую процентную ставку.

3. Получить количество лет, в течение которых деньги будут лежать на счету.
4. Рассчитать сумму, которая должна быть внесена на счет.
5. Показать результат расчетов, полученный в шаге 4.

В шагах 1–3 мы предложим пользователю ввести указанные значения. Мы присвоим желаемое будущее значение переменной с именем `future_value` (будущее значение), годовую процентную ставку — переменной с именем `rate` и количество лет — переменной с именем `years`.

В шаге 4 мы вычислим текущую стоимость, которая представляет собой сумму денег, которую мы должны будем внести. Мы преобразуем ранее показанную формулу в приведенную ниже инструкцию. Эта инструкция хранит результат расчетов в переменной `present_value` (текущая стоимость).

```
present_value = future_value / (1.0 + rate)**years
```

На шаге 5 мы покажем значение в переменной `present_value`. Программа 2.18 демонстрирует этот алгоритм.

Программа 2.18 (future_value.py)

```
1 # Получить требуемое будущее значение.
2 future_value = float(input('Введите требуемое будущее значение: '))
3
4 # Получить годовую процентную ставку.
5 rate = float(input('Введите годовую процентную ставку: '))
6
7 # Получить количество лет роста стоимости денег.
8 years = int(input('Введите количество лет роста стоимости денег: '))
9
10 # Рассчитать сумму, необходимую для внесения на счет.
11 present_value = future_value / (1.0 + rate)**years
12
13 # Показать сумму, необходимую для внесения на счет.
14 print('Вам потребуется внести сумму:', present_value)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите требуемое будущее значение: 10000.0 Enter
Введите годовую процентную ставку: 0.05 Enter
Введите количество лет роста стоимости денег: 10 Enter
Вам потребуется внести сумму: 6139.13253541
```



ПРИМЕЧАНИЕ

В отличие от итогового результата, показанного для этой программы, суммы в долларах, рублях и в любой другой валюте обычно округляются до двух десятичных разрядов. Позже в этой главе вы научитесь форматировать числа с округлением до конкретного количества десятичных разрядов.

Смешанные выражения и преобразование типов данных

Когда выполняется математическая операция с двумя операндами, тип данных результата будет зависеть от типа данных операндов. При вычислении математических выражений Python следует руководствоваться указанными ниже правилами.

- ◆ Когда операция выполняется с двумя целочисленными значениями `int`, результатом будет `int`.
- ◆ Когда операция выполняется с двумя вещественными значениями `float`, результатом будет `float`.
- ◆ Когда операция выполняется с `int` и `float`, целочисленное значение `int` будет временно преобразовано в вещественное `float`, и результатом операции будет `float`. (Выражение, в котором используются операнды разных типов данных, называется *смешанным выражением*.)

Первые две ситуации довольно прямолинейны: операции с `int` производят `int` и операции с `float` производят `float`. Давайте посмотрим на пример третьей ситуации, в которой задействовано смешанное выражение:

```
my_number = 5 * 2.0
```

Когда эта инструкция выполнится, значение 5 будет приведено к типу `float` (5.0) и затем умножено на 2.0. Результат, 10.0, будет присвоен переменной `my_number`.

Преобразование `int` в `float`, которая имеет место в приведенной выше инструкции, происходит неявно. Если нужно выполнить преобразование явным образом, то можно применить функцию `int()` либо `float()`. Например, как показано в приведенном ниже фрагменте кода, можно применить функцию `int()` для преобразования значения с плавающей точкой в целое число:

```
fvalue = 2.6
ivalue = int(fvalue)
```

Первая инструкция присваивает значение 2.6 переменной `fvalue`. Вторая инструкция передает `fvalue` в качестве аргумента в функцию `int()`. Функция `int()` возвращает значение 2, которое присваивается переменной `ivalue`. После исполнения этого фрагмента кода переменной `fvalue` по-прежнему будет присвоено значение 2.6, а переменной `ivalue` будет присвоено значение 2.

Как продемонстрировано в предыдущем примере, функция `int()` преобразует аргумент с плавающей точкой в целое число путем его усечения. Это означает, что отбрасывается дробная часть числа. Вот пример, в котором используется отрицательное число:

```
fvalue = -2.9
ivalue = int(fvalue)
```

Во второй инструкции из функции `int()` возвращается значение -2. После исполнения этого фрагмента кода переменная `fvalue` будет ссылаться на значение -2.9, а переменная `ivalue` — на значение -2.

Функцию `float()` можно применить для явного преобразования `int` в `float`:

```
ivalue = 2
fvalue = float(ivalue)
```

После исполнения этого фрагмента кода переменная `ivalue` будет ссылаться на целочисленное значение 2, переменная `fvalue` будет ссылаться на значение с плавающей точкой 2.0.

Разбиение длинных инструкций на несколько строк

Большинство программных инструкций пишут на одной строке. Однако если программная инструкция слишком длинная, то вы не сможете ее увидеть целиком в своем окне редактора, не используя горизонтальную прокрутку. Кроме того, если при распечатке программного кода на бумаге одна из инструкций окажется слишком длинной, чтобы уместиться на одной строке, то она продолжится на следующей строке и тем самым сделает ваш код неудобочитаемым.

При помощи *символа продолжения строки*, в качестве которого используется обратная косая черта (\), Python позволяет разбивать инструкцию на несколько строк. Для этого просто нужно ввести символ обратной косой черты в точке, где следует прервать инструкцию, и затем нажать клавишу <Enter>.

Вот инструкция с математическими расчетами, которая была разбита, чтобы уместиться на двух строках:

```
result = var1 * 2 + var2 * 3 + \
         var3 * 4 + var4 * 5
```

Символ продолжения строки, который появляется в конце первой строки кода, говорит интерпретатору, что инструкция продолжится на следующей строке.

Python позволяет разбивать на несколько строк любую часть инструкции, которая заключена в круглые скобки, не используя для этого символ продолжения строки. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
print("Продажи в понедельник составили", monday,
      "во вторник они составили", tuesday,
      "и в среду они составили", wednesday)
```

Приведенный ниже фрагмент кода показывает еще один пример:

```
total = (value1 + value2 +
          value3 + value4 +
          value5 + value6)
```



Контрольная точка

2.19. Заполните значение каждого выражения в столбце "Значение" в приведенной ниже таблице.

Выражение	Значение
$6 + 3 * 5$	
$12 / 2 - 4$	
$9 + 14 * 2 - 6$	
$(6 + 2) * 3$	
$14 / (11 - 4)$	
$9 + 12 * (8 - 3)$	

2.20. Какое значение будет присвоено переменной `result` после того, как исполнится приведенная ниже инструкция?

```
result = 9 // 2
```

2.21. Какое значение будет присвоено переменной `result` после того, как исполнится приведенная ниже инструкция?

```
result = 9 % 2
```

2.8

Подробнее о выводе данных

До сих пор мы обсуждали лишь элементарные способы вывода данных. В конечном счете вы захотите осуществлять более тщательный контроль того, как данные появляются на экране. В этом разделе вы познакомитесь с функцией Python `print` подробнее и увидите различные приемы форматирования выходных данных.

Подавление концевого символа новой строки в функции `print`

Функция `print` обычно показывает одну строку вывода. Например, приведенные ниже три инструкции произведут три строки вывода:

```
print('Один')
print('Два')
print('Три')
```

Каждая показанная выше инструкция выводит строковое значение и затем печатает *символ новой строки*. Сам символ новой строки вы не увидите, но когда он выводится на экран, это приводит к тому, что данные выводятся со следующей строки. (Символ новой строки можно представить как специальную команду, которая побуждает компьютер переводить позицию печати на новую строку.)

Если потребуется, чтобы функция `print` не начинала новую строку, когда она заканчивает выводить на экран свои выходные данные, то в эту функцию можно передать специальный аргумент `end=' '`:

```
print('Один', end=' ')
print('Два', end=' ')
print('Три')
```

Обратите внимание, что в первых двух инструкциях в функцию `print` передается аргумент `end=' '`. Он говорит о том, что вместо символа новой строки функция `print` должна в конце своих выводимых данных напечатать пробел. Вот результат исполнения этих инструкций:

Один Два Три

Иногда, возможно, потребуется, чтобы функция `print` в конце своих выводимых данных ничего не печатала, даже пробел. В этом случае в функцию `print` можно передать аргумент `end=''`:

```
print('Один', end='')
print('Два', end='')
print('Три')
```

Отметим, что в аргументе `end=''` между кавычками нет пробела. Он указывает на то, что в конце выводимых данных функции `print` ничего печатать не нужно. Вот результат исполнения этих инструкций:

```
ОдинДваТри
```

Задание символа-разделителя значений

Когда в функцию `print` передаются многочисленные аргументы, они автоматически отделяются пробелом при их выводе. Вот пример в интерактивном режиме:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три') 
```

```
Один Два Три
```

```
>>>
```

Если потребуется, чтобы между значениями печатался пробел, то в функцию `print` можно передать аргумент `sep=' '`:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep=' ') 
```

```
ОдинДваТри
```

```
>>>
```

Этот специальный аргумент также можно применить, чтобы определить иной символ кроме пробела, который будет отделять несколько значений:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep='*') 
```

```
Один*Два*Три
```

```
>>>
```

Обратите внимание, что в этом примере в функцию `print` передан аргумент `sep='*'.` Он указывает на то, что выводимые значения должны быть отделены символом *. Вот еще один пример:

```
>>> print('Один', 'Два', 'Три', sep='~~~') 
```

```
Один~~~Два~~~Три
```

```
>>>
```

Экранированные символы

Экранированный символ — это специальный символ в строковом литерале, которому предшествует обратная косая черта (\). Во время печати строкового литерала, который содержит экранированные символы, они рассматриваются как специальные команды, которые встроены в строковый литерал.

Например, `\n` — это экранированный символ новой строки. При его печати он на экран не выводится. Вместо этого он переводит позицию печати на следующую строку. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
print('Один\nДва\nТри')
```

Во время выполнения этой инструкции она выводит

```
Один
```

```
Два
```

```
Три
```

Python распознает несколько экранированных символов, некоторые из них перечислены в табл. 2.8.

Таблица 2.8. Некоторые экранированные символы Python

Экранированный символ	Результат
\n	Переводит позицию печати на следующую строку
\t	Переводит позицию печати на следующую горизонтальную позицию табуляции
'	Печатает одинарную кавычку
"	Печатает двойную кавычку
\\	Печатает обратную косую черту

Экранированный символ \t продвигает позицию печати к следующей горизонтальной позиции табуляции. (Позиция табуляции обычно появляется после каждого восьмого символа.) Вот пример:

```
print('Пн\tВт\tСр')
print('Чт\tПт\tСб')
```

Первая инструкция печатает Пн и переносит позицию печати к следующей позиции табуляции, потом печатает Вт и переносит позицию печати к следующей позиции табуляции, затем печатает Ср. Результат будет выглядеть так:

Пн	Вт	Ср
Чт	Пт	Сб

Экранированные символы \' и \" применяются для отображения кавычек. Приведенные ниже инструкции являются наглядным примером:

```
print("Домашнее задание на завтра - прочитать \"Гамлета\".")
print('Дочитаю рассказ О'Генри и возьмусь за домашку.')
```

Эти инструкции покажут следующее:

Домашнее задание на завтра - прочитать "Гамлета".
Дочитаю рассказ О'Генри и возьмусь за домашку.

Как показано в приведенном ниже примере, экранированный символ \\ используется для вывода обратной косой черты:

```
print('Путь C:\\temp\\data.')
```

Эта инструкция покажет:

Путь C:\\temp\\data.'

Вывод многочисленных значений при помощи оператора +

Ранее в этой главе вы видели, что оператор + применяется для сложения двух чисел. Однако, когда оператор + используется с двумя строковыми литералами, он выполняет их конкатенацию (или сцепление). Это означает, что он добавляет один литерал к другому. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
print('Это ' + 'один строковый литерал.')
```

Эта инструкция напечатает

Это один строковый литерал.

Конкатенация строковых значений может быть полезна с целью разбиения строкового литерала, в результате чего длинный вызов функции `print` может простираться на несколько строк текста. Вот пример:

```
print('Введите объем ' +
      'продаж за каждый день и ' +
      'нажмите Enter.')
```

Эта инструкция выведет следующее:

Введите объем продаж за каждый день и нажмите Enter.

Форматирование чисел

Иногда бывают ситуации, когда числа, в особенности числа с плавающей точкой, выводятся на экран не так, как хотелось бы. Когда число с плавающей точкой выводится функцией `print`, оно может появиться, имея до 12 значащих разрядов. Это показано в выводе программы 2.19.

Программа 2.19 (no_formatting.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как число
2 # с плавающей точкой выводится без форматирования.
3 amount_due = 5000.0
4 monthly_payment = amount_due / 12.0
5 print('Ежемесячный платеж составляет', monthly_payment)
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.6666666666667
```

Поскольку эта программа выводит денежную сумму, было бы неплохо увидеть ее, округленной до двух десятичных знаков после точки. К счастью, Python предоставляет способ сделать именно это, и даже больше, при помощи встроенной функции `format`.

При вызове встроенной функции `format` в эту функцию передаются два аргумента: числовое значение и спецификатор формата. *Спецификатор формата* — это строковый литерал, который содержит специальные символы, определяющие то, как числовое значение должно быть отформатировано. Давайте посмотрим на пример:

```
format(12345.6789, '.2f')
```

Первый аргумент, число 12345.6789 с плавающей точкой, — это число, которое мы хотим отформатировать. Второй аргумент, строковый литерал `'.2f'`, — это спецификатор формата. Вот значение его содержимого:

- ◆ .2 задает точность. Эта часть спецификатора говорит о том, что мы хотим округлить число до двух десятичных знаков;
- ◆ f задает, что тип форматируемого нами числа является числом с плавающей точкой.

Функция `format` возвращает строковое значение, содержащее отформатированное число. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима демонстрирует использование функции `format` вместе с функцией `print` для вывода отформатированного числа:

```
>>> print(format(12345.6789, '.2f')) [Enter]
12345.68
>>>
```

Обратите внимание, что число округлено до двух десятичных знаков. Приведенный ниже пример показывает то же самое число, округленное до одного десятичного знака:

```
>>> print(format(12345.6789, '.1f')) [Enter]
12345.7
>>>
```

Вот еще один пример:

```
>>> print('Число равно', format(1.234567, '.2f')) [Enter]
Число равно 1.23
>>> *
```

В программе 2.20 показано, как можно видоизменить программу 2.19, чтобы она форматировала свой вывод при помощи этого метода.

Программа 2.20 (formatting.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как может быть
2 # отформатировано число с плавающей точкой.
3 amount_due = 5000.0
4 monthly_payment = amount_due / 12
5 print('Ежемесячный платеж составляет',
6       format(monthly_payment, '.2f'))
```

Вывод программы

```
Ежемесячный платеж составляет 416.67
```

Форматирование в экспоненциальной записи

Если вы предпочитаете отображать числа с плавающей точкой в экспоненциальной записи¹, то вместо буквы `f` можно использовать букву `e` или букву `E`. Вот пара примеров:

```
>>> print(format(12345.6789, 'e')) [Enter]
1.234568e+04
>>> print(format(12345.6789, '.2e')) [Enter]
1.23e+04
>>>
```

¹ В тексте компьютерных программ экспоненциальную запись записывают в виде `MEr`, где `M` — это мантисса, `E` — экспонента, означающая "...умножить на 10 в степени...", и `r` — порядок. Например, $1.602176565E-19 = 1.602176565 \cdot 10^{-19}$. — Прим. пер.

Первая инструкция просто форматирует число в экспоненциальной записи. Число выводится с буквой e, которая обозначает экспоненту. (Если в спецификаторе формата вы используете заглавную букву E, то результат будет содержать заглавную Е, которая обозначает экспоненту.) Вторая инструкция дополнительно задает точность до двух десятичных знаков.

Вставка запятой в качестве разделителя

Если требуется отформатировать число с разделителями в виде запятой, то в спецификатор формата можно вставить запятую:

```
>>> print(format(12345.6789, ',.2f')) [Enter]
12,345.68
>>>
```

Вот пример, который форматирует еще более крупное число:

```
>>> print(format(123456789.456, ',.2f')) [Enter]
123,456,789.46
>>>
```

Обратите внимание, что в спецификаторе формата запятая записывается до (слева от) указателя точности. Ниже приводится пример, который задает разделитель в виде запятой, но не задает точность:

```
>>> print(format(12345.6789, ',f')) [Enter]
12,345.678900
>>>
```

В программе 2.21 показано применение разделителя в виде запятой и точности до двух десятичных знаков для форматирования крупных чисел в виде сумм в валюте.

Программа 2.21 (dollar_display.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как число с плавающей точкой
2 # может быть отформатировано в качестве валюты.
3 monthly_pay = 30000.0
4 annual_pay = monthly_pay * 12
5 print('Ваша годовая заработная плата составляет $',
6       format(annual_pay, ',.2f'),
7       sep='')
```

Вывод программы

```
Ваш годовой платеж составляет $360,000.00
```

Отметим, что в строке 7 в функцию print был передан аргумент sep=''. Как уже упоминалось ранее, он говорит о том, что между выводимыми значениями не должно быть пробела. Если этот аргумент не передавать, то после знака \$ будет напечатан пробел.

Определение минимальной ширины поля

Спецификатор формата может также содержать минимальную ширину поля, т. е. минимальное количество пробелов, которые следует использовать для вывода значения. В приведенном ниже примере печатается число в поле шириной 12 пробелов:

```
>>> print('Число равняется', format(12345.6789, '12.,2f')) Enter  
Число равняется 12,345.68  
>>>
```

В этом примере значение 12 в спецификаторе формата указывает на то, что число должно быть выведено в поле шириной как минимум 12 пробелов. В нашем случае выводимое число короче, чем поле, в котором оно выводится. В числе 12,345.68 используется всего 9 пробелов на экране, но оно выводится в поле шириной 12 пробелов. В подобном случае число выравнивается по правому краю поля. Если значение слишком большое, чтобы уместиться в указанную ширину поля, то поле автоматически увеличивается, чтобы это значение уместилось.

Обратите внимание, что в предыдущем примере указатель ширины поля записан до (слева от) запятой. Ниже приводится пример, в котором задаются ширина поля и точность, но запятые не используются:

```
>>> print('Число равно', format(12345.6789, '12.2f')) Enter  
Число равно 12345.68  
>>>
```

Ширина поля в спецификаторе формата широко используется, когда нужно напечатать числа, выровненные в столбцах. Например, взгляните на программу 2.22. Все переменные выводятся в полях шириной семь пробелов.

Программа 2.22 (columns.py)

```
1 # Эта программа выводит приведенные ниже  
2 # числа с плавающей точкой в столбце,  
3 # в котором десятичные знаки выровнены.  
4 num1 = 127.899  
5 num2 = 3465.148  
6 num3 = 3.776  
7 num4 = 264.821  
8 num5 = 88.081  
9 num6 = 799.999  
10  
11 # Вывести каждое число в поле шириной 7 пробелов  
12 # с 2 десятичными знаками.  
13 print(format(num1, '7.2f'))  
14 print(format(num2, '7.2f'))  
15 print(format(num3, '7.2f'))  
16 print(format(num4, '7.2f'))  
17 print(format(num5, '7.2f'))  
18 print(format(num6, '7.2f'))
```

Вывод программы

```
127.90  
3465.15  
 3.78  
264.82  
 88.08  
800.00
```

Форматирование числа с плавающей точкой в виде процента

Вместо использования символа `f` в качестве указателя типа можно воспользоваться символом `%` для форматирования числа с плавающей точкой в виде процента. Символ `%` приводит к умножению числа на 100 и выводу числа со знаком `%` после него. Ниже приведен пример:

```
>>> print(format(0.5, '%')) [Enter]
50.000000%
>>>
```

Вот пример, в котором точность задана нулем:

```
>>> print(format(0.5, '.0%')) [Enter]
50%
>>>
```

Форматирование целых чисел

Все предыдущие примеры демонстрировали способы форматирования числа с плавающей точкой. Функция `format` также применяется для форматирования целых чисел. При написании спецификатора формата, который будет использован для форматирования целого числа, необходимо учитывать два отличия:

- ◆ в качестве указателя типа используется символ `d`;
- ◆ точность не указывается.

Взглянем на несколько примеров в интерактивном интерпретаторе. В приведенном ниже сеансе число 123456 печатается без специального форматирования:

```
>>> print(format(123456, 'd')) [Enter]
123456
>>>
```

А здесь число 123456 печатается с разделителем в виде запятой:

```
>>> print(format(123456, ',d')) [Enter]
123,456
>>>
```

В приведенном ниже сеансе число 123456 печатается в поле шириной 10 пробелов:

```
>>> print(format(123456, '10d')) [Enter]
      123456
>>>
```

А здесь число 123456 печатается с разделителем в виде запятой в поле шириной 10 пробелов:

```
>>> print(format(123456, '10,d')) [Enter]
      123,456
>>>
```



Контрольная точка

- 2.22. Как убрать концевой символ новой строки в функции `print`?
- 2.23. Как изменить символ, автоматически выводимый между несколькими значениями, которые передаются в функцию `print`?
- 2.24. В чем смысл экранированного символа '`\n`'?
- 2.25. Что делает оператор `+`, когда он используется с двумя строковыми литералами?
- 2.26. Что выводит инструкция `print(format(65.4321, '.2f'))`?
- 2.27. Что выводит инструкция `print(format(987654.129, ',.2f'))`?

2.9

Именованные константы

Ключевые положения

Именованная константа — это имя, представляющее значение, которое не изменяется во время выполнения программы.

На мгновение предположим, что вы — программист и работаете на банк. Вы обновляете существующую программу, которая вычисляет данные, имеющие отношение к кредитам, и видите приведенную ниже строку кода:

```
amount = balance * 0.069
```

Поскольку эту программу написал кто-то другой, вы не уверены, что именно означает число 0.069. Выглядит, как процентная ставка, но может быть числом, которое используется для вычисления какого-то сбора. Назначение числа 0.069 невозможно определить, просто прочитав эту строку кода. Этот наглядный пример демонстрирует волшебное число. *Волшебное число* — это значение, которое появляется в программном коде без объяснения его смысла.

Волшебные числа могут создавать проблемы по ряду причин. Во-первых, как проиллюстрировано в нашем примере, читающий программный код специалист может испытывать трудности при определении назначения числа. Во-вторых, если волшебное число используется в программе в нескольких местах, то в случае возникновения необходимости поменять это число во всех местах его появления могут потребоваться невероятные усилия. В-третьих, всякий раз, когда вы набираете это волшебное число в программном коде, вы рискуете сделать опечатку. Например, предположим, что вы намереваетесь набрать 0.069, но вы случайно набираете .0069. Эта опечатка вызовет математические ошибки, которые бывает сложно отыскать.

Эти проблемы могут быть решены при помощи именованных констант, которые заменяют волшебные числа. *Именованная константа* — это имя, представляющее значение, которое не изменяется во время выполнения программы. Вот пример объявления именованной константы в программном коде:

```
INTEREST_RATE = 0.069
```

Эта инструкция создает именованную константу `INTEREST_RATE`, которой присваивается значение 0.069. Обратите внимание, что именованная константа пишется буквами в верхнем регистре. В большинстве языков программирования такое написание является общеприня-

той практикой, потому что это делает именованные константы легко отличимыми от регулярных переменных.

Одно из преимуществ использования именованных констант состоит в том, что они делают программы более самоочевидными. Приведенная ниже инструкция:

```
amount = balance * 0.069
```

может быть изменена и читаться как

```
amount = balance * INTEREST_RATE
```

Новый программист прочтет вторую инструкцию и поймет, что тут происходит. Совершенно очевидно, что здесь остаток суммы умножается на процентную ставку.

Еще одно преимущество от использования именованных констант состоит в том, что они позволяют легко вносить большие изменения в программный код. Скажем, процентная ставка появляется в десятке разных инструкций по всей программе. Когда ставка изменяется, инициализирующее значение в объявлении именованной константы будет единственным местом, которое нужно изменить. Если ставка повышается до 7.2%, то объявление может быть заменено на:

```
INTEREST_RATE = 0.072
```

После этого новое значение 0.072 будет применено к каждой инструкции, которая использует константу `INTEREST_RATE`.

Еще одно преимущество от применения именованных констант состоит в том, что они помогают избегать опечаток, которые часто случаются при использовании волшебных чисел. Например, если в математической инструкции вместо 0.069 случайно набрать .0069, то программа вычислит неправильное значение. Однако если при наборе имени `INTEREST_RATE` вы сделаете опечатку, то интерпретатор Python выведет сообщение с указанием, что такое имя не определено.



Контрольная точка

2.28. Каковы три преимущества от использования именованных констант?

2.29. Напишите инструкцию Python, которая задает именованную константу для 10-процентной скидки.

2.10

Введение в черепашью графику

Ключевые положения

Черепашья графика, или графика с относительными командами, — это интересный и очень простой способ изучения элементарных принципов программирования. Система черепашьей графики языка Python имитирует "черепаху", которая повинуется командам рисования простых графических изображений.

В конце 1960-х годов преподаватель Массачусетского технологического института (MIT) Сеймур Пейперт начал использовать роботизированную "черепаху" для обучения программированию. Черепаха была связана с компьютером, на котором обучаемый мог вводить команды, побуждающие черепаху перемещаться. У черепахи также имелось перо, которое

можно было поднимать и опускать, и поэтому ее можно было кладь на лист бумаги и программировать рисование изображений. Python имеет систему *черепашьей графики*, которая имитирует эту роботизированную черепаху. Данная система выводит на экран небольшой курсор (черепаху). Для того чтобы перемещать черепаху по экрану, рисуя линии и геометрические фигуры, можно использовать инструкции Python.



Видеозапись "Введение в черепашью графику" (Introduction to Turtle Graphics)

Первый шаг в использовании системы черепашьей графики Python состоит в написании приведенной ниже инструкции:

```
import turtle
```

Система черепашьей графики не встроена в интерпретатор Python и хранится в файле как *модуль* `turtle`. Поэтому инструкция `import turtle` загружает данный модуль в память, чтобы интерпретатор Python мог его использовать.

При написании программы Python, в которой используется черепашья графика, в начале программы следует написать инструкцию импорта `import`. Если есть желание поэкспериментировать с черепашьей графикой в интерактивном режиме, то эту инструкцию можно набрать прямо в оболочке Python:

```
>>> import turtle  
>>>
```

Рисование отрезков прямой при помощи черепахи

Черепаха языка Python первоначально расположена в центре графического окна, которое служит ее холстом. Для того чтобы отобразить черепаху в ее окне, в интерактивном режиме можно ввести команду `turtle.showturtle()`. Ниже приводится демонстрационный сеанс, который импортирует модуль черепахи и затем показывает черепаху:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.showturtle()
```

В результате появляется графическое окно (рис. 2.10). Черепаха совсем не похожа на черепаху в собственном смысле этого слова. Напротив, она скорее выглядит, как указатель стрелки (►). Это очень важно, потому что он указывает в ту сторону, куда черепаха обращена в настоящее время. Если дать черепахе команду переместиться вперед, то она переместится в том направлении, куда указывает наконечник стрелки. Давайте попробуем. Для перемещения черепахи вперед на *n* пикселов применяется команда `turtle.forward(n)`. (Просто наберите желаемое число пикселов вместо *n*.) Например, команда `turtle.forward(200)` переместит черепаху вперед на 200 пикселов. Ниже приводится пример полного сеанса в оболочке Python:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(200)  
>>>
```

На рис. 2.11 представлен результат этого интерактивного сеанса. По ходу перемещения черепахи была начертена линия.

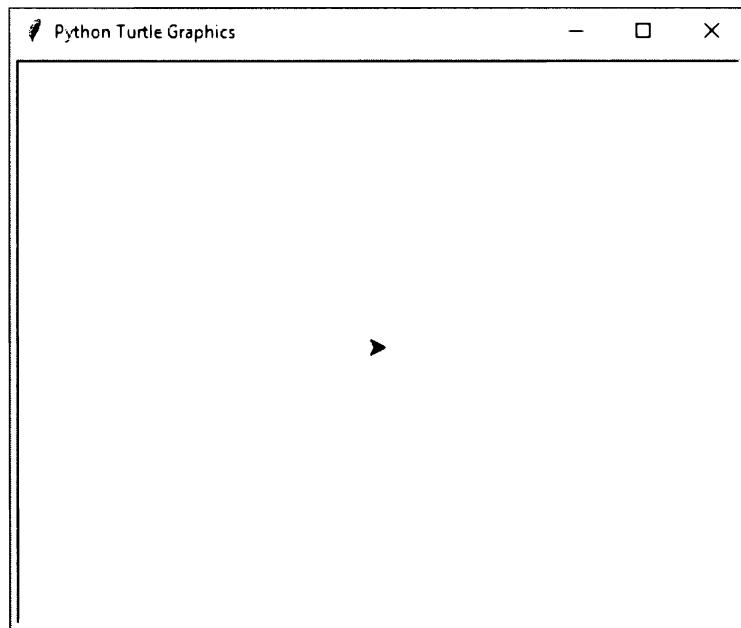


РИС. 2.10. Графическое окно черепахи

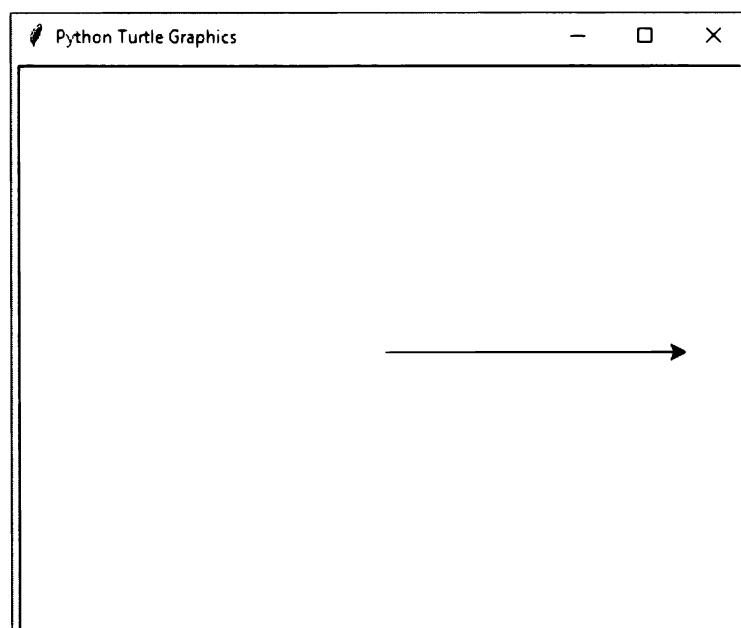


РИС. 2.11. Черепаха перемещена вперед на 200 пикселов

Поворот черепахи

Когда черепаха появляется в начале сеанса, она по умолчанию направлена на восток (т. е. вправо, или под углом 0°) — рис. 2.12.

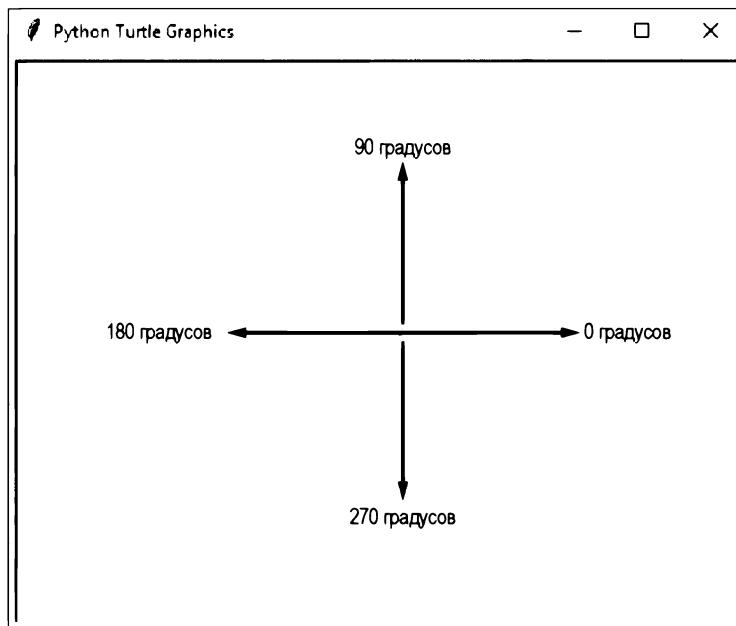


РИС. 2.12. Угловые направления черепахи

При помощи команд `turtle.right(угол)` либо `turtle.left(угол)` можно повернуть черепаху, чтобы она была обращена в другую сторону. Команда `turtle.right(угол)` поворачивает черепаху вправо на количество градусов, заданных аргументом `угол`, команда `turtle.left(угол)` поворачивает черепаху влево на количество градусов, заданных аргументом `угол`. Ниже приведен демонстрационный сеанс, в котором применяется команда `turtle.right(угол)`:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(200)  
>>> turtle.right(90)  
>>> turtle.forward(200)  
>>>
```

Этот сеанс сначала перемещает черепаху на 200 пикселов вперед. Далее он поворачивает черепаху на 90° вправо (черепаха будет смотреть вниз). Затем он перемещает черепаху на 200 пикселов вперед. Результат сеанса показан на рис. 2.13.

Далее приведен демонстрационный сеанс, в котором использована команда `turtle.left(угол)`:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(100)  
>>> turtle.left(120)  
>>> turtle.forward(150)  
>>>
```

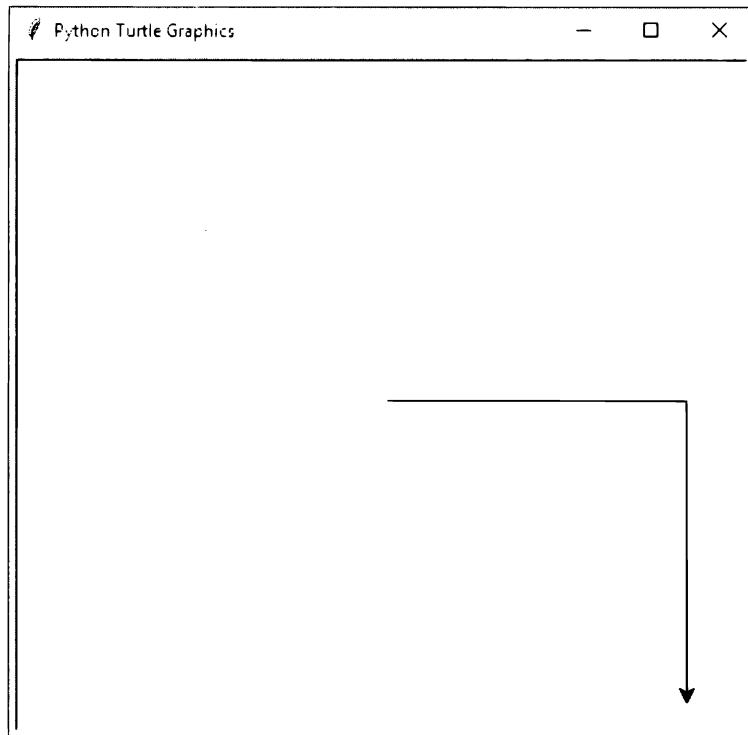


РИС. 2.13. Черепаха поворачивается вправо

Этот сеанс сначала перемещает черепаху на 100 пикселов вперед. Затем он поворачивает черепаху на 120° влево (черепаха будет смотреть на северо-запад). И далее он перемещает черепаху на 150 пикселов вперед. Результат сеанса показан на рис. 2.14.

Следует иметь в виду, что команды `turtle.right` и `turtle.left` поворачивают черепаху под указанным углом. Например, текущее угловое направление черепахи составляет 90° (строго на север). Если ввести команду `turtle.left(20)`, то черепаха будет повернута влево на 20° .

Это означает, что угловое направление черепахи составит 110° . В качестве еще одного примера взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.left(45)  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.left(45)  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.left(45)  
>>> turtle.forward(50)  
>>>
```

На рис. 2.15 показан результат сеанса. В начале этого сеанса направление черепахи составляет 0° . В строке 3 черепаха поворачивается на 45° влево. В пятой строке черепаха снова поворачивается влево на дополнительные 45° . В седьмой строке черепаха еще раз поворачивается на 45° влево. После всех этих поворотов на 45° угловое направление черепахи наконец составит 135° .

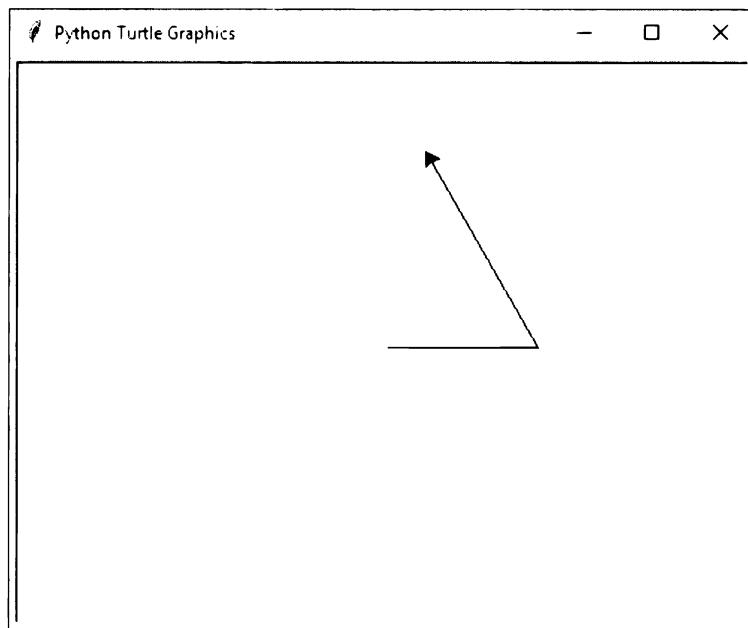


РИС. 2.14. Черепаха поворачивается влево

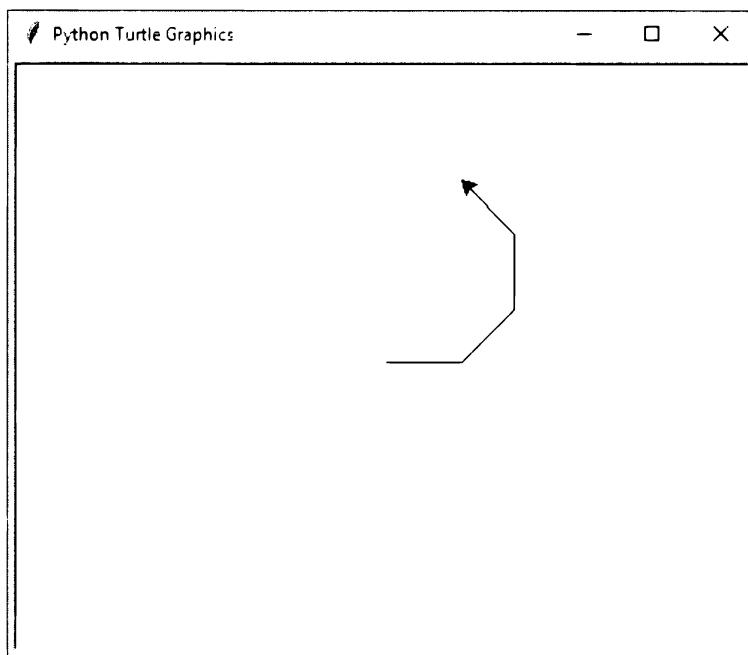


РИС. 2.15. Многократное поворачивание черепахи на 45°

Установка углового направления черепахи в заданный угол

Команда `turtle.setheading(угол)` применяется для установки углового направления черепахи в заданный угол. В качестве аргумента `угол` надо просто указать желаемый угол. Вот пример:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.setheading(90)  
>>> turtle.forward(100)  
>>> turtle.setheading(180)  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.setheading(270)  
>>> turtle.forward(100)  
>>>
```

Как обычно, первоначальное угловое направление черепахи составляет 0° . В третьей строке направление черепахи установлено в 90° . Затем в пятой строке направление черепахи установлено в 180° . Потом в седьмой строке направление черепахи установлено в 270° . Результат сеанса показан на рис. 2.16.

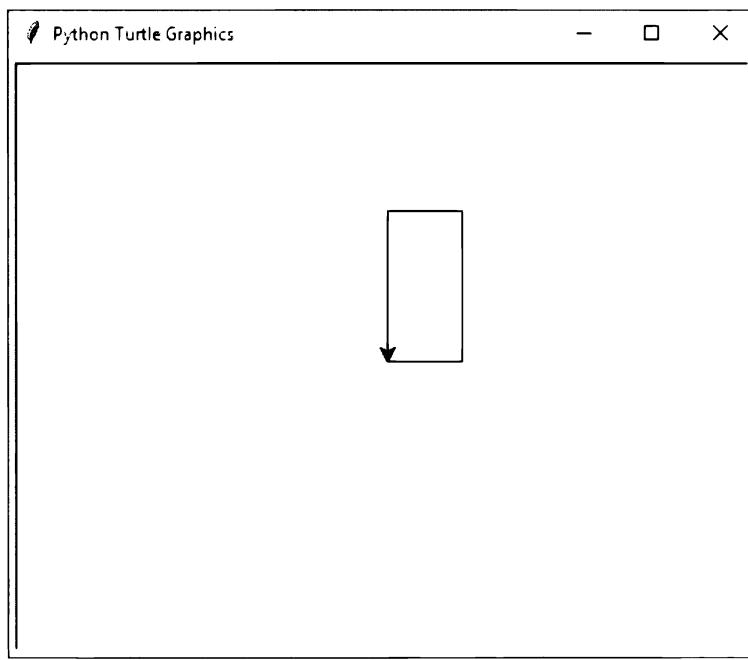


РИС. 2.16. Установка углового направления черепахи

Получение текущего углового направления черепахи

В интерактивном сеансе можно применить команду `turtle.heading()`, чтобы вывести на экран текущее угловое направление черепахи. Пример:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.heading()  
0.0  
>>> turtle.setheading(180)  
>>> turtle.heading()  
180.0  
>>>
```

Поднятие и опускание пера

Исходная роботизированная черепаха лежала на большом листе бумаги и имела перо, которое можно было поднимать и опускать. Когда перо опускалось, оно вступало в контакт с бумагой и чертило линию во время перемещения черепахи. Когда перо поднималось, оно не касалось бумаги, и поэтому черепаха могла перемещаться без начертания линии.

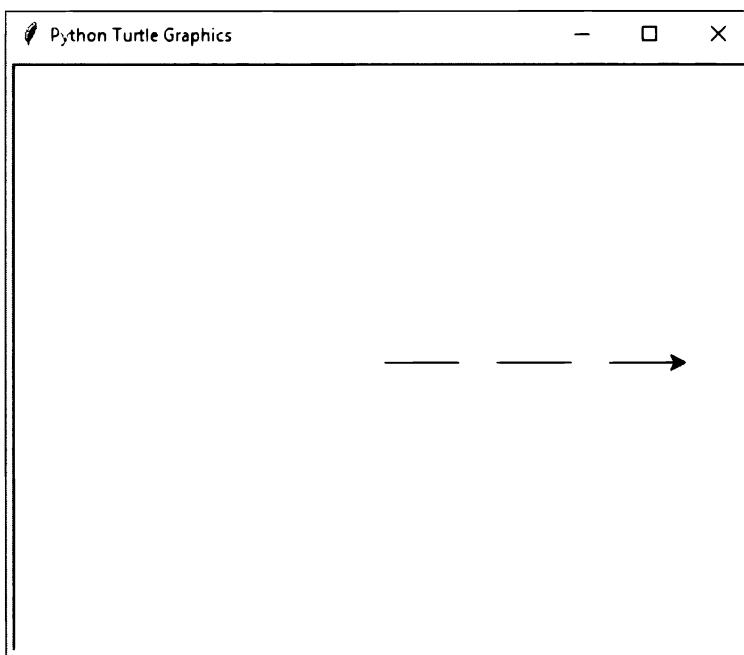


РИС. 2.17. Поднятие и опускание пера

В Python команда `turtle.penup()` применяется для поднятия пера, а команда `turtle.pendown()` — для опускания пера. Когда перо поднято, черепаха будет перемещаться без начертания линии. Когда перо опущено, черепаха оставляет линию во время ее перемещения. (По умолчанию перо опущено.) Приведенный ниже сеанс показывает пример. Результат сеанса представлен на рис. 2.17.

```
>>> import turtle  
>>> turtle.forward(50)  
>>> turtle.penup()  
>>> turtle.forward(25)  
>>> turtle.pendown()  
>>> turtle.forward(50)
```

```
>>> turtle.penup()
>>> turtle.forward(25)
>>> turtle.pendown()
>>> turtle.forward(50)
>>>
```

Рисование кругов и точек

Для того чтобы черепаха нарисовала круг, можно применить команду `turtle.circle(радиус)`, и она начертит круг с радиусом в пикселях, заданным аргументом `радиус`. Например, команда `turtle.circle(100)` побуждает черепаху нарисовать круг с радиусом 100 пикселов. Приведенный ниже интерактивный сеанс выводит результат, показанный на рис. 2.18:

```
>>> import turtle
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

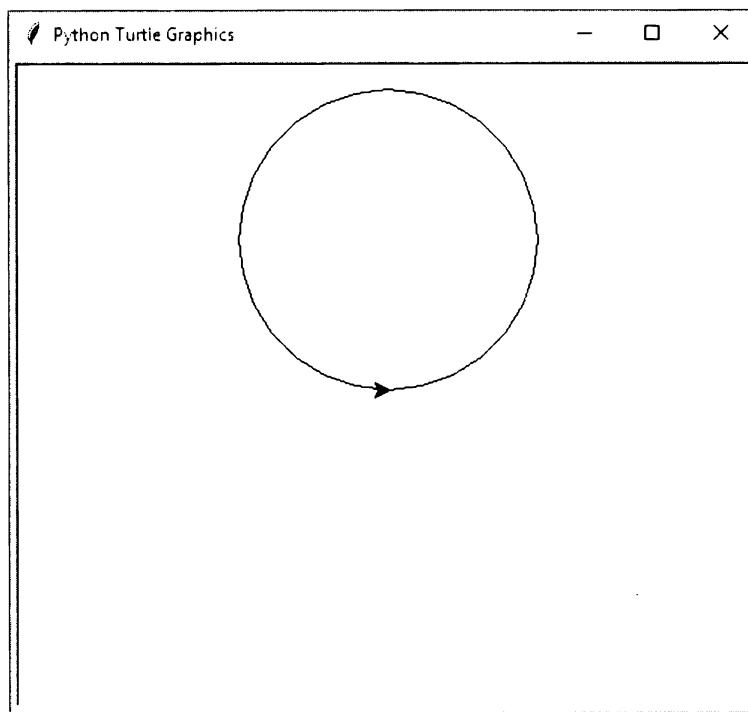


РИС. 2.18. Круг

Команда `turtle.dot()` применяется, чтобы заставить черепаху начертить простую точку. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс производит результат, который показан на рис. 2.19:

```
>>> import turtle
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
```

```
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
>>> turtle.dot()
>>> turtle.forward(50)
>>>
```

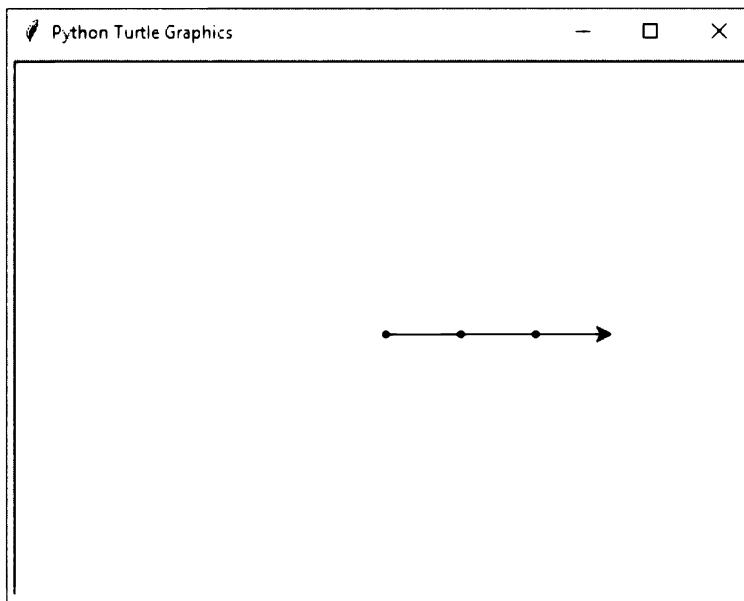


РИС. 2.19. Рисование точек

Изменение размера пера

Для изменения ширины пера черепахи в пикселях можно применить команду `turtle.pensize(ширина)`. Аргумент `ширина` — это целое число, которое задает ширину пера. Например, следующий ниже интерактивный сеанс назначает ширине пера 5 пикселов и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.pencolor('red')
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Изменение цвета рисунка

Для изменения цвета рисунка черепахи можно применить команду `turtle.pencolor(цвет)`. Аргумент `цвет` — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс меняет цвет рисунка на красный и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.pencolor('red')
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

С командой `turtle.pencolor` можно использовать многочисленные предопределенные названия цветов, и в *приложении 4* приведен их полный перечень. Вот некоторые из наиболее широко используемых названий цветов: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'¹.

Изменение цвета фона

Для изменения фонового цвета графического окна черепахи можно применить команду `turtle.bgcolor(цвет)`. Аргумент `цвет` — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс меняет цвет фона на серый, цвет рисунка на красный и затем рисует круг:

```
>>> import turtle
>>> turtle.bgcolor('gray')
>>> turtle.pencolor('red')
>>> turtle.circle(100)
>>>
```

Как было упомянуто ранее, существуют многочисленные предопределенные названия цветов, и в *приложении 4* приведен их полный перечень.

Возвращение экрана в исходное состояние

Для возвращения графического окна черепахи в исходное состояние существуют три команды: `turtle.reset()`, `turtle.clear()` и `turtle.clearscreen()`.

- ◆ Команда `turtle.reset()` стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне, задает черный цвет рисунка и возвращает черепаху в ее исходное положение в центре экрана. Эта команда не переустанавливает цвет фона графического окна.
- ◆ Команда `turtle.clear()` просто стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне. Она не меняет положение черепахи, цвет рисунка или цвет фона графического окна.
- ◆ Команда `turtle.clearscreen()` стирает все рисунки, которые в настоящее время видны в графическом окне, переустанавливает цвет рисунка в черный, переустанавливает цвет фона графического окна в белый и возвращает черепаху в ее исходное положение в центре графического окна.

Установление размера графического окна

Для установления размера графического окна можно применить команду `turtle.setup(ширина, высота)`. Аргументы `ширина` и `высота` — это ширина и высота в пикселях. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс создает графическое окно шириной 640 и высотой 480 пикселов:

```
>>> import turtle
>>> turtle.setup(640, 480)
>>>
```

¹ Красный, зеленый, синий, желтый и голубой. — Прим. пер.

Перемещение черепахи в заданную позицию

Декартова система координат используется для идентификации позиции каждого пикселя в графическом окне черепахи (на рис. 2.20). Каждый пиксель имеет координаты X и Y . Координата X идентифицирует горизонтальную позицию пикселя, координата Y — его вертикальную позицию. Важно понимать следующее:

- ◆ пиксель в центре графического окна находится в позиции $(0, 0)$, т. е. его координата X равняется 0, координата Y равняется 0;
- ◆ значения координат X увеличиваются при перемещении в правую сторону и уменьшаются при перемещении в левую сторону окна;
- ◆ значения координат Y увеличиваются при перемещении вверх и уменьшаются при перемещении вниз окна;
- ◆ пиксели, расположенные справа от центральной точки, имеют положительные координаты X , а расположенные слева от центральной точки — отрицательные координаты X ;
- ◆ пиксели, расположенные выше центральной точки, имеют положительные координаты Y , а расположенные ниже центральной точки — отрицательные координаты Y .

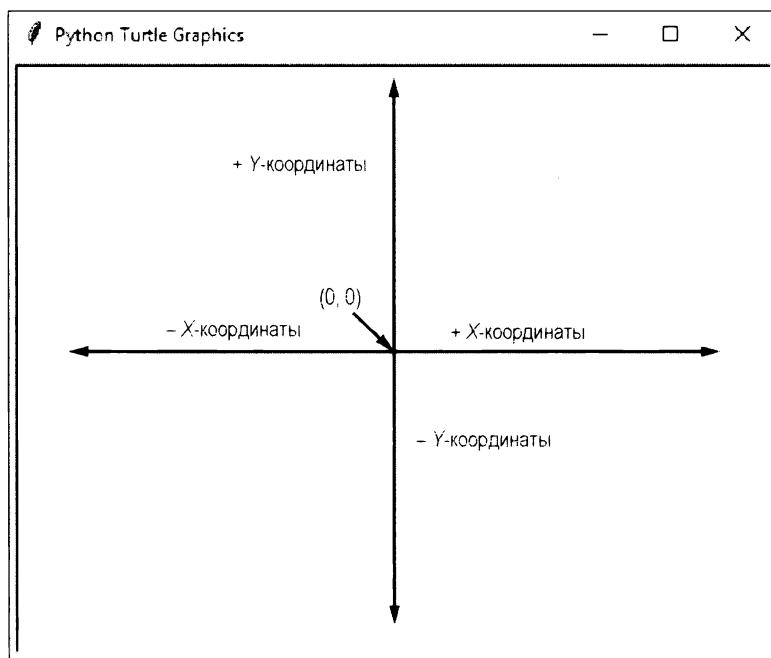


РИС. 2.20. Декартова система координат

Для перемещения черепахи из ее текущего положения в конкретную позицию в графическом окне применяется команда `turtle.goto(x, y)`. Аргументы x и y — это координаты позиции, в которую черепаха будет перемещена. Если перо черепахи опущено вниз, то по ходу перемещения черепахи будет начерчена линия. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс чертит линии, показанные на рис. 2.21:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.goto(0, 100)
```

```
>>> turtle.goto(-100, 0)
>>> turtle.goto(0, 0)
>>>
```

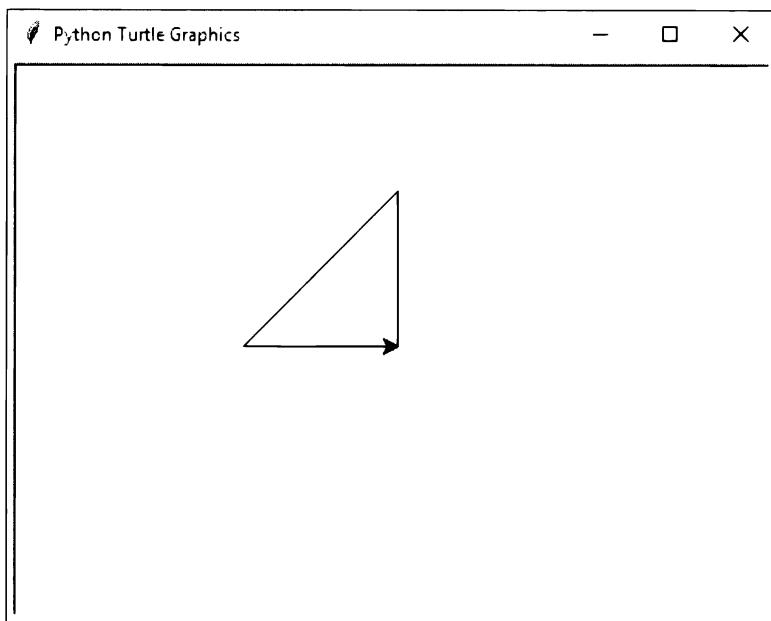


РИС. 2.21. Перемещение черепахи

Получение текущей позиции черепахи

Для отображения текущей позиции черепахи в интерактивном сеансе применяется команда `turtle.pos()`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.goto(100, 150)
>>> turtle.pos()
(100.00, 150.00)
>>>
```

Для отображения координаты *X* черепахи служит команда `turtle.xcor()`, а для отображения координаты *Y* черепахи — команда `turtle.ycor()`:

```
>>> import turtle
>>> turtle.goto(100, 150)
>>> turtle.xcor()
100
>>> turtle.ycor()
150
>>>
```

Управление скоростью анимации черепахи

Для изменения скорости, с которой черепаха перемещается, можно применить команду `turtle.speed(скорость)`. Аргумент *скорость* — это число в диапазоне от 0 до 10. Если указать 0, то черепаха будет делать все свои перемещения мгновенно (анимация отключена). Например, приведенный ниже интерактивный сеанс отключает анимацию черепахи и затем рисует круг. В результате круг будет нарисован немедленно:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.speed(0)  
>>> turtle.circle(100)  
>>>
```

Если указать значение скорости в диапазоне 1–10, то 1 будет самой медленной скоростью, 10 — самой большой скоростью. Приведенный ниже интерактивный сеанс устанавливает скорость анимации в 1 (в самую медленную скорость) и затем рисует круг:

```
>>> import turtle  
>>> turtle.speed(1)  
>>> turtle.circle(100)  
>>>
```

При помощи команды `turtle.speed()` можно получить текущую скорость анимации (аргумент *скорость* не указывается):

```
>>> import turtle  
>>> turtle.speed()  
3  
>>>
```

Скрытие черепахи

Если не нужно, чтобы черепаха отображалась на экране, то для этого применяется команда `turtle.hideturtle()`, которая ее прячет. Эта команда не изменяет то, как рисуется графическое изображение, она просто скрывает значок черепахи. Когда потребуется снова вывести черепаху на экран, применяется команда `turtle.showturtle()`.

Вывод текста в графическое окно

Для вывода текста в графическое окно применяется команда `turtle.write(текст)`. Аргумент *текст* — это строковый литерал, который требуется вывести на экран. После вывода левый нижний угол первого символа будет расположен в точке с координатами *X* и *Y* черепахи. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует. Результат сеанса показан на рис. 2.22.

```
>>> import turtle  
>>> turtle.write('Привет, мир!')  
>>>
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс показывает еще один пример, в котором черепаха перемещается в соответствующие позиции для вывода текста. Результат сеанса представлен на рис. 2.23.

```
>>> import turtle  
>>> turtle.setup(400, 300)  
>>> turtle.penup()  
>>> turtle.hideturtle()  
>>> turtle.goto(-120, 120)  
>>> turtle.write("Слева вверху")  
>>> turtle.goto(70, -120)  
>>> turtle.write("Справа внизу")  
>>>
```

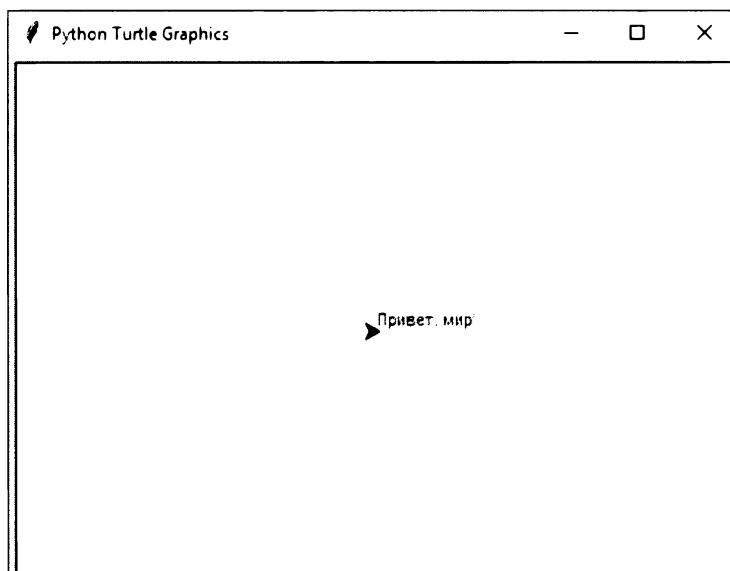


РИС. 2.22. Текст выведен в графическом окне

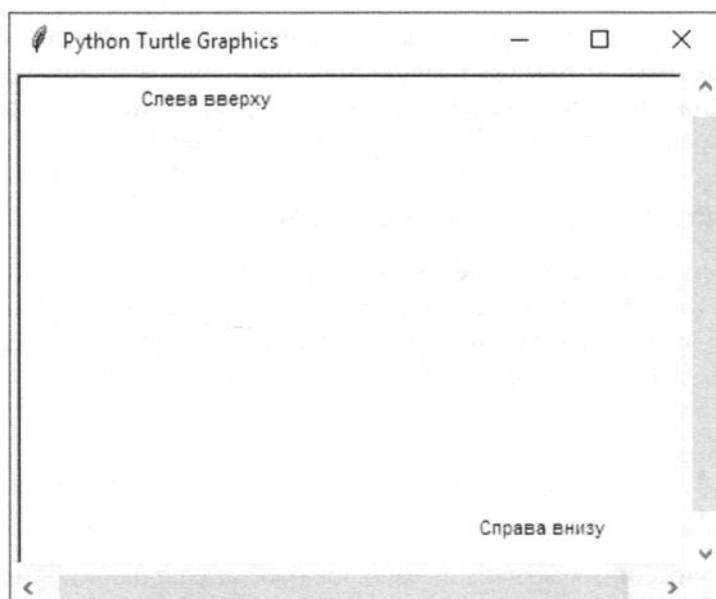


РИС. 2.23. Текст выведен в графическом окне в указанных позициях

Заполнение геометрических фигур

Для заполнения геометрической фигуры цветом используется команда `turtle.begin_fill()`, причем она применяется до начертания фигуры, и затем после того, как фигура была начерчена, используется команда `turtle.end_fill()`. Во время исполнения команды `turtle.end_fill()` геометрическая фигура будет заполнена текущим цветом заливки. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует.

```
>>> import turtle  
>>> turtle.hideturtle()  
>>> turtle.begin_fill()  
>>> turtle.circle(100)  
>>> turtle.end_fill()  
>>>
```

После выполнения кода круг будет заполнен черным цветом, являющимся цветом по умолчанию. Цвет заливки можно изменить при помощи команды `turtle.fillcolor(цвет)`. Аргумент `цвет` — это название цвета в виде строкового литерала. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс изменяет цвет рисунка на красный и затем рисует круг (рис. 2.24):

```
>>> import turtle  
>>> turtle.hideturtle()  
>>> turtle.fillcolor('red')  
>>> turtle.begin_fill()  
>>> turtle.circle(100)  
>>> turtle.end_fill()  
>>>
```

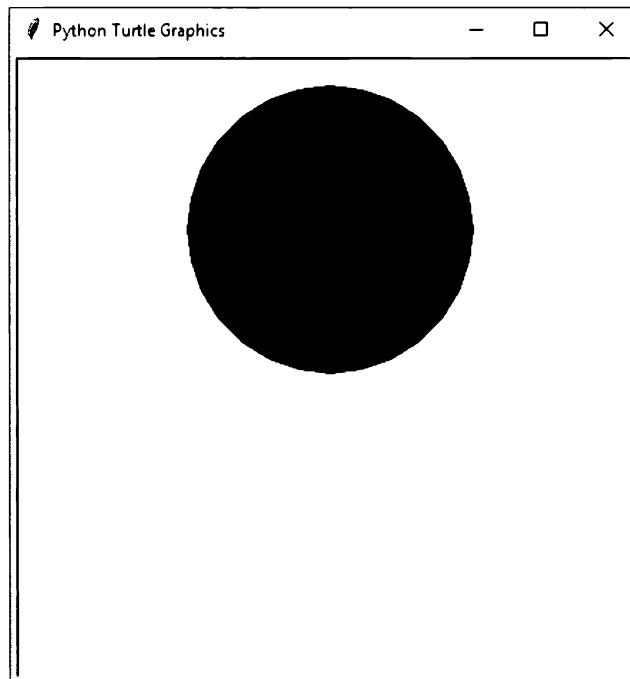


РИС. 2.24. Заполненный круг

С командой `turtle.fillcolor()` можно использовать многочисленные предопределенные названия цветов. В *приложении 4* приведен их полный перечень. Вот некоторые из наиболее широко используемых названий цветов: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'.

Посмотрите, как чертится квадрат, заполненный синим цветом. Результат сеанса показан на рис. 2.25.

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.fillcolor('blue')
>>> turtle.begin_fill()
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.left(90)
>>> turtle.forward(100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

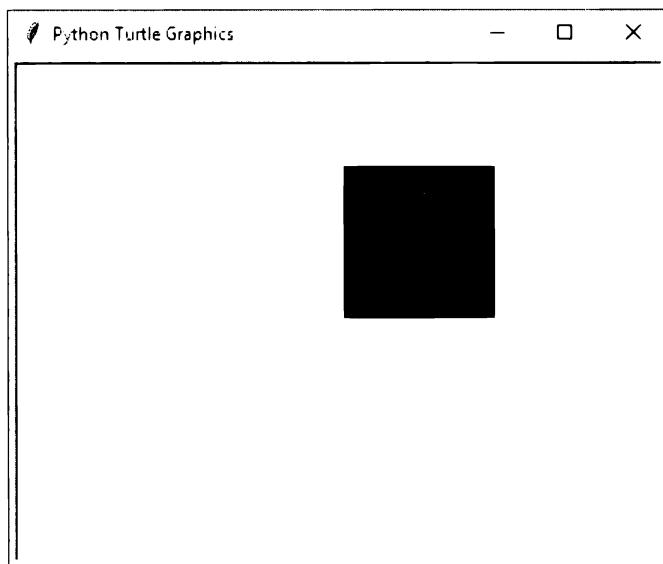


РИС. 2.25. Заполненный квадрат

Если закрасить незамкнутую фигуру, то она будет заполнена, как будто был начертен отрезок, соединяющий начальную точку с конечной точкой. Например, приведенный ниже интерактивный сеанс чертит два отрезка прямой. Первый из (0, 0) в (120, 120), второй из (120, 120) в (200, -100). Во время выполнения команды `turtle.end_fill()` фигура заполняется, как будто имелся отрезок из (0, 0) в (200, -120). На рис. 2.26 показан результат сеанса.

```
>>> import turtle
>>> turtle.hideturtle()
>>> turtle.begin_fill()
```

```
>>> turtle.goto(120, 120)
>>> turtle.goto(200, -100)
>>> turtle.end_fill()
>>>
```

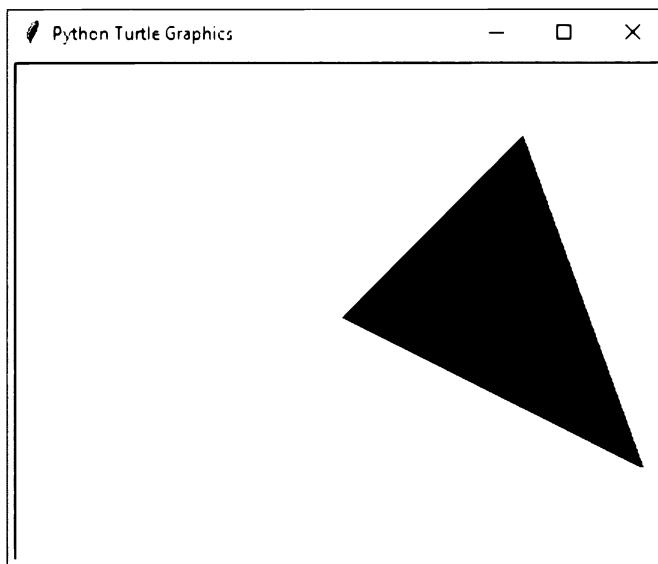


РИС. 2.26. Заполненная фигура

Применение команды *turtle.done()* для сохранения графического окна открытым

Если выполнить программу Python с черепашьей графикой не из среды IDLE (например, в командной оболочке), то вы заметите, что графическое окно исчезает, как только программа заканчивается. Для предотвращения закрытия окна после завершения программы нужно в самый конец программ с черепашьей графикой добавлять инструкцию `turtle.done()`. Она заставит графическое окно оставаться открытым. В результате появляется возможность увидеть его содержимое после того, как программа закончит выполняться. Для того чтобы закрыть окно, нужно в окне просто нажать на стандартной кнопке **Закрыть**.

Если же выполнять свои программы из IDLE, то инструкция `turtle.done()` в программах не требуется.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Программа "Созвездие Ориона"

Орион — одно из самых известных созвездий на ночном небе. Схема на рис. 2.27 показывает приблизительные положения нескольких звезд в данном созвездии. Самые верхние звезды — это плечи Ориона, ряд из трех звезд в середине — пояс Ориона, две нижние звезды — колени Ориона. На рис. 2.28 показаны названия всех этих звезд, а на рис. 2.29 — линии, которые, как правило, используются для соединения звезд.



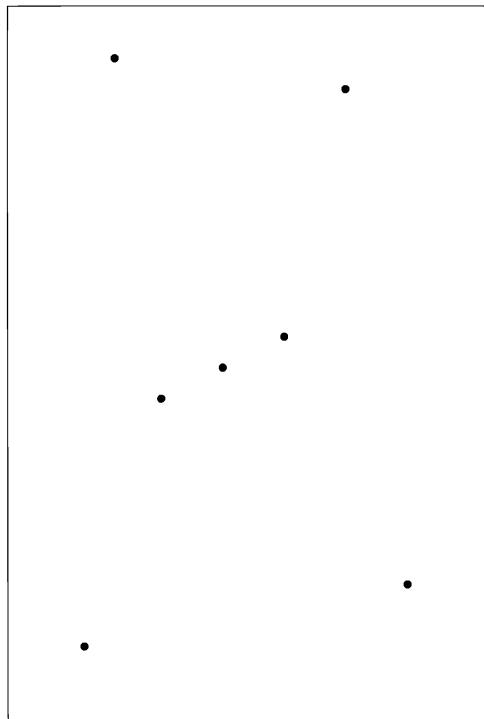


РИС. 2.27. Звезды в созвездии Ориона

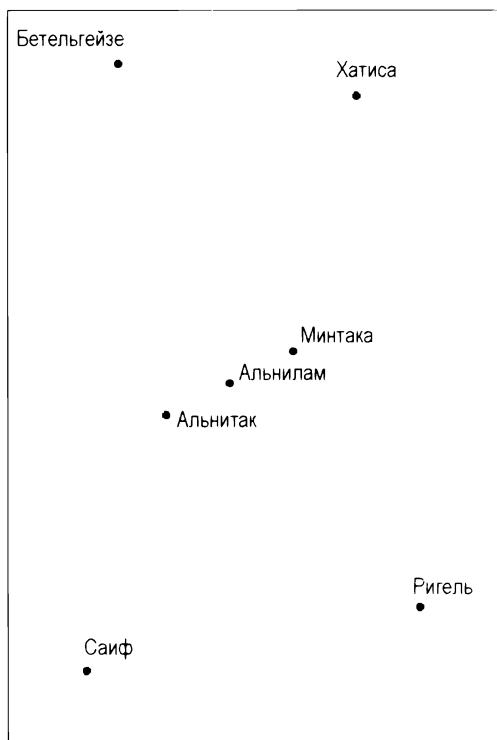


РИС. 2.28. Названия звезд

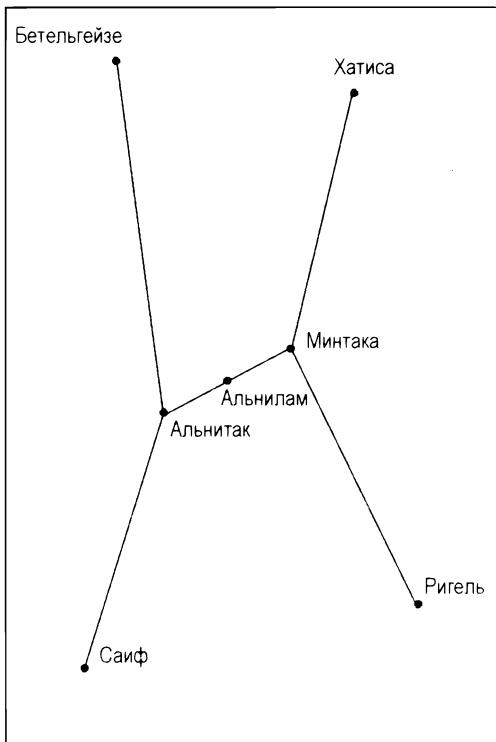


РИС. 2.29. Линии созвездия

В этом разделе мы разработаем программу, которая рисует звезды, их названия и линии созвездия в том виде, как они показаны на рис. 2.29. Будем использовать графическое окно шириной 500 и высотой 600 пикселов. Программа будет ставить точки, которые будут представлять звезды. Мы воспользуемся миллиметровой бумагой (рис. 2.30), чтобы сделать набросок позиций точек и определить их координаты.

В нашей программе мы много раз будем использовать координаты, которые были идентифицированы на рис. 2.30. Отслеживать правильные значения координат каждой звезды может оказаться сложным и утомительным делом. Для того чтобы все максимально упростить, создадим именованные константы, которые будут представлять координаты каждой звезды:

```
LEFT_SHOULDER_X = -70
LEFT_SHOULDER_Y = 200
RIGHT_SHOULDER_X = 80
RIGHT_SHOULDER_Y = 180
LEFT_BELTSTAR_X = -40
LEFT_BELTSTAR_Y = -20
MIDDLE_BELTSTAR_X = 0
MIDDLE_BELTSTAR_Y = 0
RIGHT_BELTSTAR_X = 40
RIGHT_BELTSTAR_Y = 20
LEFT_KNEE_X = -90
LEFT_KNEE_Y = -180
RIGHT_KNEE_X = 120
RIGHT_KNEE_Y = -140
```

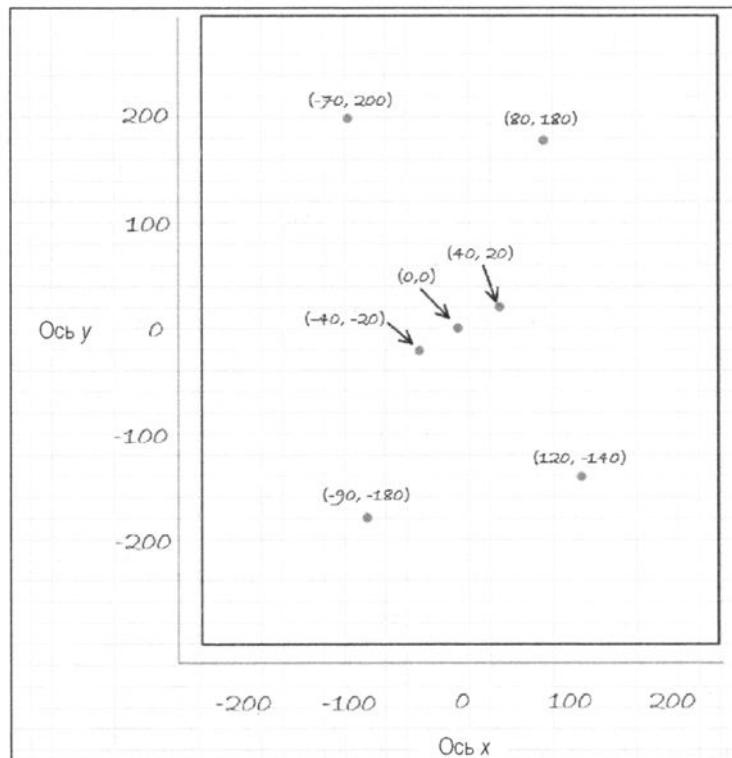


РИС. 2.30. Эскиз созвездия Ориона

Теперь, когда мы идентифицировали координаты звезд и создали именованные константы для их представления, можно написать псевдокод для первой части программы, которая выводит звезды:

Задать размер графического окна шириной 500 пикселов и высотой 600 пикселов

```
# Левое плечо
Нанести точку в (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
# Правое плечо
Нанести точку в (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
# Крайняя левая звезда в пояссе
Нанести точку в (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
# Средняя звезда в пояссе
Нанести точку в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Крайняя правая звезда в пояссе
Нанести точку в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Левое колено
Нанести точку в (LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
# Правое колено
Нанести точку в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)
```

Далее мы выведем название каждой звезды (рис. 2.31). Псевдокод для отображения их названий следует ниже.

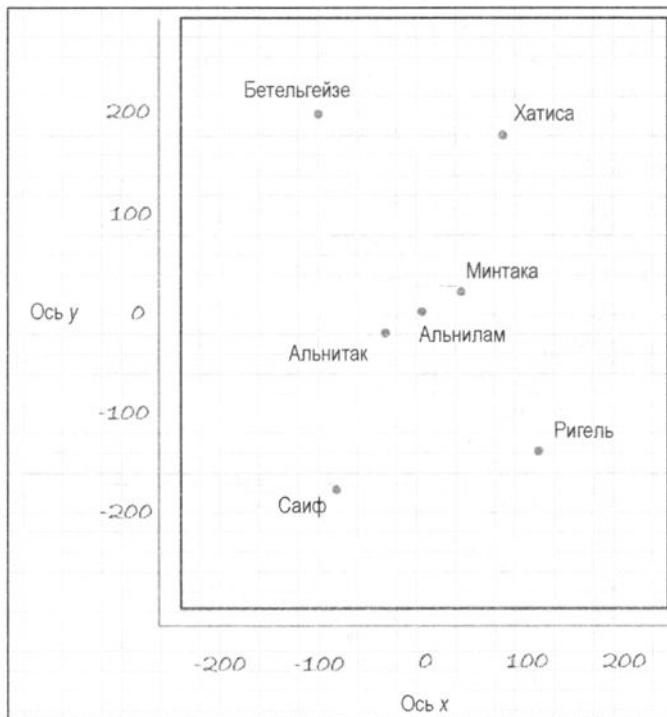


РИС. 2.31. Эскиз Ориона с названиями звезд

```

# Левое плечо
Вывести текст "Бетельгейзе" в (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
# Правое плечо
Вывести текст "Хатиса" в (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
# Крайняя левая звезда в поясе
Вывести текст "Альнитак" в (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
# Средняя звезда в поясе
Вывести текст "Альнилам" в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Крайняя правая звезда в поясе
Вывести текст "Минтака" в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Левое колено
Вывести текст "Саиф" в (LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
# Правое колено
Вывести текст "Ригель" в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)

```

Затем прочертим линии, которые соединяют звезды (рис. 2.32). Псевдокод для нанесения этих линий следует ниже.

```

# Из левого плеча в левую звезду пояса
Нанести линию из (LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y) в
(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
# Из правого плеча в правую звезду пояса
Нанести линию из (RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y) в
(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)

```

```

# Из левой звезды пояса в среднюю звезду пояса
Нанести линию из (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
в (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
# Из средней звезды пояса в правую звезду пояса
Нанести линию из (MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
в (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
# Из левой звезды пояса в левое колено
Нанести линию из (LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
в (LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
# Из правой звезды пояса в правое колено
Нанести линию из (RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
в (RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)

```

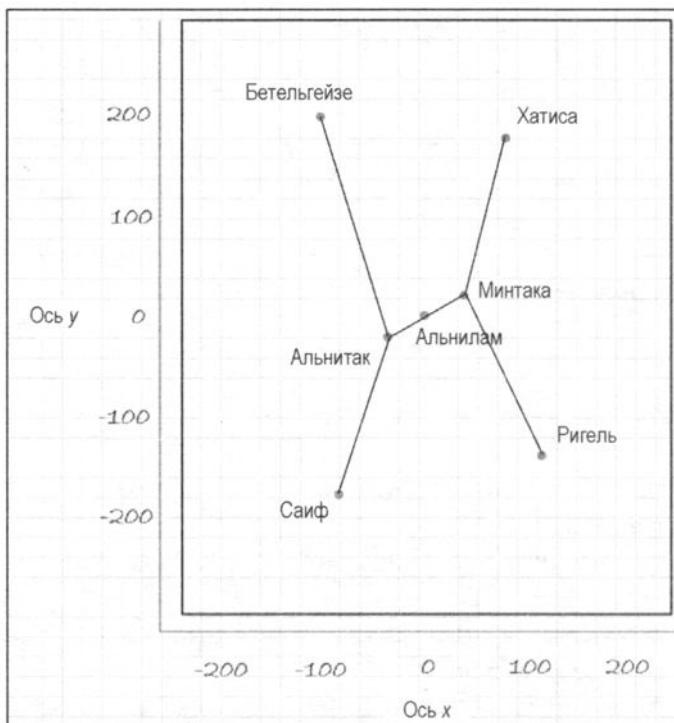


РИС. 2.32. Эскиз Ориона с названиями звезд и линиями созвездия

Теперь, когда мы знаем логические шаги, которые программа должна выполнить, мы готовы к созданию кода. В программе 2.23 приведен код целиком. Когда программа работает, она сначала выводит звезды, потом названия звезд и затем линии созвездия. На рис. 2.33 представлен результат работы программы.

Программа 2.23 (orion.py)

```

1 # Эта программа наносит звезды созвездия Ориона,
2 # названия звезд и линии созвездия.
3 import turtle
4

```

```
5 # Задать размер окна.  
6 turtle.setup(500, 600)  
7  
8 # Установить черепаху.  
9 turtle.penup()  
10 turtle.hideturtle()  
11  
12 # Создать именованные константы для звездных координат.  
13 LEFT_SHOULDER_X = -70  
14 LEFT_SHOULDER_Y = 200  
15  
16 RIGHT_SHOULDER_X = 80  
17 RIGHT_SHOULDER_Y = 180  
18  
19 LEFT_BELTSTAR_X = -40  
20 LEFT_BELTSTAR_Y = -20  
21  
22 MIDDLE_BELTSTAR_X = 0  
23 MIDDLE_BELTSTAR_Y = 0  
24  
25 RIGHT_BELTSTAR_X = 40  
26 RIGHT_BELTSTAR_Y = 20  
27  
28 LEFT_KNEE_X = -90  
29 LEFT_KNEE_Y = -180  
30  
31 RIGHT_KNEE_X = 120  
32 RIGHT_KNEE_Y = -140  
33  
34 # Нанести звезды.  
35 turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y) # Левое плечо  
36 turtle.dot()  
37 turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y) # Правое плечо  
38 turtle.dot()  
39 turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y) # Левая звезда в поясе  
40 turtle.dot()  
41 turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y) # Средняя звезда  
42 turtle.dot()  
43 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y) # Правая звезда  
44 turtle.dot()  
45 turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y) # Левое колено  
46 turtle.dot()  
47 turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y) # Правое колено  
48 turtle.dot()  
49
```

```
50 # Вывести названия звезд.
51 turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y) # Левое плечо
52 turtle.write('Бетельгейзе')
53 turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y) # Правое плечо
54 turtle.write('Хатиса')
55 turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y) # Левая звезда в пояссе
56 turtle.write('Альнитак')
57 turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y) # Средняя звезда
58 turtle.write('Альнилам')
59 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y) # Правая звезда
60 turtle.write('Минтака')
61 turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y) # Левое колено
62 turtle.write('Саиф')
63 turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y) # Правое колено
64 turtle.write('Ригель')
65
66 # Нанести линию из левого плеча в левую звезду поясса
67 turtle.goto(LEFT_SHOULDER_X, LEFT_SHOULDER_Y)
68 turtle.pendown()
69 turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
70 turtle.penup()
71
72 # Нанести линию из правого плеча в правую звезду поясса
73 turtle.goto(RIGHT_SHOULDER_X, RIGHT_SHOULDER_Y)
74 turtle.pendown()
75 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
76 turtle.penup()
77
78 # Нанести линию из левой звезды поясса в среднюю звезду поясса
79 turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
80 turtle.pendown()
81 turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
82 turtle.penup()
83
84 # Нанести линию из средней звезды поясса в правую звезду поясса
85 turtle.goto(MIDDLE_BELTSTAR_X, MIDDLE_BELTSTAR_Y)
86 turtle.pendown()
87 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
88 turtle.penup()
89
90 # Нанести линию из левой звезды поясса в левое колено
91 turtle.goto(LEFT_BELTSTAR_X, LEFT_BELTSTAR_Y)
92 turtle.pendown()
93 turtle.goto(LEFT_KNEE_X, LEFT_KNEE_Y)
94 turtle.penup()
95
```

```
96 # Нанести линию из правой звезды пояса в правое колено
97 turtle.goto(RIGHT_BELTSTAR_X, RIGHT_BELTSTAR_Y)
98 turtle.pendown()
99 turtle.goto(RIGHT_KNEE_X, RIGHT_KNEE_Y)
100
101 # Оставить окно открытым. (В среде IDLE не требуется.)
102 turtle.done()
```

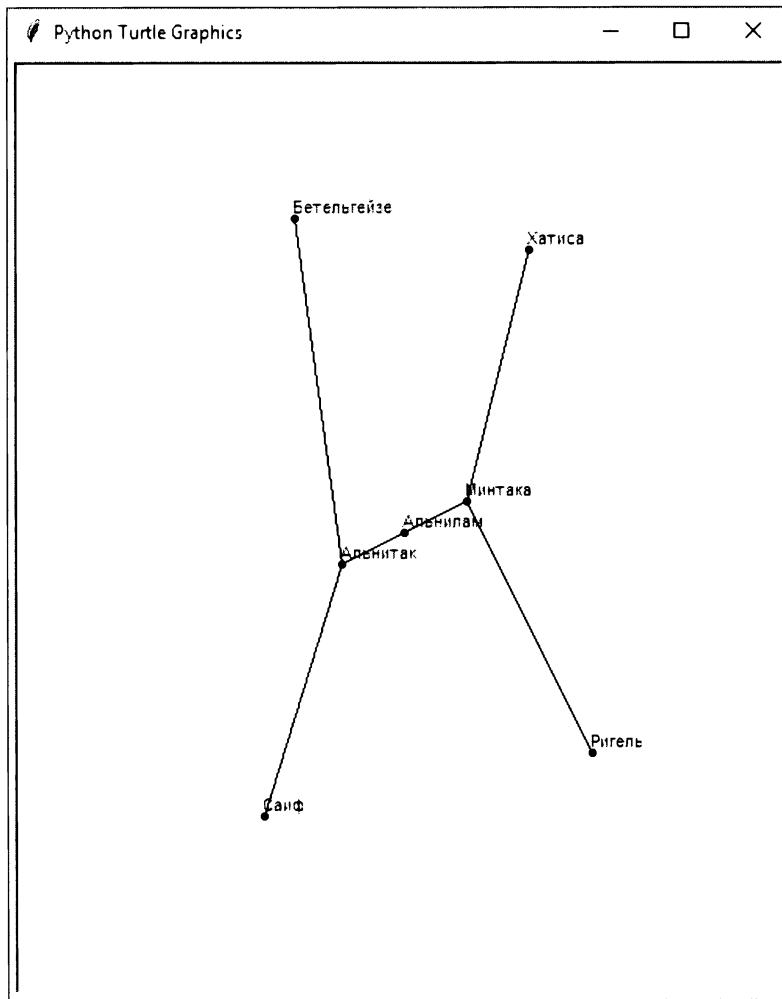


РИС. 2.33. Результат выполнения программы orion.py



Контрольная точка

2.30. Каково угловое направление черепахи по умолчанию, когда она появляется в самом начале?

2.31. Как переместить черепаху вперед?

- 2.32. Как повернуть черепаху вправо на 45° ?
- 2.33. Как переместить черепаху в новую позицию без нанесения линии?
- 2.34. Какую команду применить, чтобы показать текущее направление черепахи?
- 2.35. Какую команду применить, чтобы начертить круг с радиусом 100 пикселов?
- 2.36. Какую команду применить, чтобы поменять размер пера черепахи на 8 пикселов?
- 2.37. Какую команду применить, чтобы поменять цвет рисунка на синий?
- 2.38. Какую команду применить, чтобы поменять цвет фона графического окна черепахи на черный?
- 2.39. Какую команду применить, чтобы задать размер графического окна черепахи шириной 500 пикселов и высотой 200 пикселов?
- 2.40. Какую команду применить, чтобы переместить черепаху в позицию (100, 50)?
- 2.41. Какую команду применить, чтобы вывести координаты текущей позиции черепахи?
- 2.42. Какая из приведенных команд ускорит анимацию — `turtle.speed(1)` или `turtle.speed(10)`?
- 2.43. Какую команду применить, чтобы отключить анимацию черепахи?
- 2.44. Опишите, как начертить фигуру, заполненную цветом.
- 2.45. Как вывести текст в графическое окно черепахи?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ ошибка не мешает выполнению программы, но приводит к тому, что программа производит неправильные результаты.
 - а) синтаксическая;
 - б) аппаратная;
 - в) логическая;
 - г) фатальная.
2. _____ — это отдельная функция, которую программа должна выполнять для удовлетворения потребностей клиента.
 - а) задача;
 - б) техническое требование;
 - в) предварительное условие;
 - г) предикат.
3. _____ — это набор четко сформулированных логических шагов, которые должны быть предприняты для выполнения задачи.
 - а) логарифм;
 - б) план действий;
 - в) логическая схема;
 - г) алгоритм.

4. Неформальный язык, у которого нет синтаксических правил и который не предназначен для компиляции или исполнения, называется _____.
а) ненастоящим кодом;
б) псевдокодом;
в) языком Python;
г) блок-схемой.
5. _____ — это диаграмма, графически изображающая шаги, которые имеют место в программе.
а) блок-схема;
б) пошаговый план;
в) кодовый график;
г) график программы.
6. _____ — это последовательность символов.
а) обобщенная последовательность символов;
б) коллекция символов;
в) строковое значение;
г) блок текста;
д) кодовый график;
е) график программы.
7. _____ — это имя, которое ссылается на значение в памяти компьютера.
а) переменная;
б) регистр;
в) страница ОЗУ;
г) байт.
8. _____ — это любой гипотетический человек, который использует программу и предоставляет для нее входные данные.
а) разработчик;
б) пользователь;
в) подопытный кролик;
г) испытуемый.
9. Строковый литерал в Python должен быть заключен в _____.
а) круглые скобки;
б) одинарные кавычки;
в) двойные кавычки;
г) одинарные или двойные кавычки.
10. Короткие примечания в разных частях программы, объясняющие, как эти части программы работают, называются _____.
а) комментариями;
б) справочником;

- в) учебным руководством;
г) внешней документацией.
11. _____ приводит к тому, что переменная начинает ссылаться на значение в оперативной памяти компьютера.
- а) объявление переменной;
б) инструкция присваивания;
в) математическое выражение;
г) строковый литерал.
12. Этот символ отмечает начало комментария в Python.
- а) &;
б) *;
в) **;
г) #.
13. Какая из приведенных ниже инструкций вызовет ошибку?
- а) x = 17;
б) 17 = x;
в) x = 99999;
г) x = '17'.
14. В выражении $12 + 7$ значения справа и слева от символа + называются _____.
а) операндами;
б) операторами;
в) аргументами;
г) математическими выражениями.
15. Этот оператор выполняет целочисленное деление.
- а) //;
б) %;
в) **;
г) /.
16. Это оператор, который возводит число в степень.
- а) %;
б) *;
в) **;
г) /.
17. Этот оператор выполняет деление, но вместо того, чтобы вернуть частное, он возвращает остаток.
- а) %;
б) *;

- в) `**;`
г) `/.`
18. Предположим, что в программе есть следующая инструкция: `price = 99.0`. На какой тип значения будет ссылаться переменная `price` после выполнения этой инструкции?
- а) `int`;
б) `float`;
в) `currency`;
г) `str`.
19. Какую встроенную функцию можно применить для считывания данных, введенных на клавиатуре?
- а) `input()`;
б) `get_input()`;
в) `read_input()`;
г) `keyboard()`.
20. Какую встроенную функцию можно применить для конвертации целочисленного значения в вещественное?
- а) `int_to_float()`;
б) `float()`;
в) `convert()`;
г) `int()`.
21. Волшебное число — это _____.
- а) число, которое математически не определено;
б) значение, которое появляется в программном коде без объяснения его смысла;
в) число, которое невозможно разделить на 1;
г) число, которое приводит к сбою компьютера.
22. _____ — это имя, представляющее значение, которое не меняется во время исполнения программы.
- а) именованный литерал;
б) именованная константа;
в) сигнатура с переменным количеством аргументов;
г) ключевой термин.

Истина или ложь

1. Программисты должны следить за тем, чтобы не делать синтаксические ошибки при написании программ на псевдокоде.
2. В математическом выражении умножение и деление происходят перед сложением и вычитанием.
3. В именах переменных могут иметься пробелы.

4. В Python первый символ имени переменной не может быть числом.
5. Если напечатать переменную, которой не было присвоено значение, то будет выведено число 0.

Короткий ответ

1. Что профессиональный программист обычно делает в первую очередь, чтобы получить представление о задаче?
2. Что такое псевдокод?
3. Какие три шага обычно выполняются компьютерными программами?
4. Какой тип данных будет у итогового результата, если математическое выражение прибавляет вещественное число к целочисленному?
5. Какова разница между делением с плавающей точкой и целочисленным делением?
6. Что такое волшебное число? Почему волшебные числа представляют проблему?
7. Допустим, что в программе используется именованная постоянная PI для представления значения 3.14159. Программа применяет эту именованную константу в нескольких инструкциях. В чем преимущество от использования именованной константы вместо фактического значения 3.14159 в каждой инструкции?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите фрагмент кода на Python, который предлагает пользователю ввести свой рост и присваивает введенное пользователем значение переменной с именем height.
2. Напишите фрагмент кода Python, который предлагает пользователю ввести свой любимый цвет и присваивает введенное пользователем значение переменной с именем color.
3. Напишите инструкции присваивания, которые выполняют приведенные ниже операции с переменными a, b и c:
 - а) прибавляет 2 к a и присваивает результат b;
 - б) умножает b на 4 и присваивает результат a;
 - в) делит a на 3.14 и присваивает результат b;
 - г) вычитает 8 из b и присваивает результат a.
4. Допустим, что переменные w, x, y и z являются целочисленными и что $w = 5$, $x = 4$, $y = 8$ и $z = 2$. Какое значение будет сохранено в результате после того, как все приведенные ниже инструкции будут исполнены?
 - а) `result = x + y;`
 - б) `result = z * 2;`
 - в) `result = y / x;`
 - г) `result = y - z;`
 - д) `result = w // z.`
5. Напишите инструкцию Python, которая присваивает сумму 10 и 14 переменной total.

6. Напишите инструкцию Python, которая вычитает переменную `down_payment` (предоплата) из переменной `total` (итоговая сумма) и присваивает результат переменной `due` (к оплате).
7. Напишите инструкцию Python, которая умножает переменную `subtotal` (нарастающий итог) на 0.15 и присваивает результат переменной `total`.
8. Что будет показано в результате исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
a = 5  
b = 2  
c = 3  
result = a + b * c  
print(result)
```

9. Что будет показано в результате исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
num = 99  
num = 5  
print(num)
```

10. Допустим, что переменная `sales` ссылается на вещественное значение. Напишите инструкцию, которая показывает значение, округленное до двух десятичных знаков после точки.

11. Допустим, что была исполнена приведенная ниже инструкция:

```
number = 1234567.456
```

Напишите инструкцию Python, показывающую значение, на которое ссылается переменная `number`, отформатированное как:

1,234,567.5

12. Что покажет приведенная ниже инструкция?

```
print('Джордж', 'Джон', 'Пол', 'Ринго', sep='@')
```

13. Напишите инструкцию черепашьей графики, которая чертит круг с радиусом 75 пикселов.
14. Напишите инструкции черепашьей графики, чтобы нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов и заполненный синим цветом.
15. Напишите инструкции черепашьей графики, чтобы нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов и круг в центре квадрата. Радиус круга должен составить 80 пикселов. Круг должен быть заполнен красным цветом. (Квадрат не должен быть заполнен цветом.)

Задачи по программированию

1. **Персональные данные.** Напишите программу, которая выводит приведенную ниже информацию:
 - ваше имя;
 - ваш адрес проживания, с городом, областью и почтовым индексом;

- ваш номер телефона;
- вашу специализацию в учебном заведении.

2. Прогноз продаж.



Видеозапись "Задача прогнозирования продаж" (The Sales Prediction Problem)

В компании было подсчитано, что ее ежегодная прибыль, как правило, составляет 23% от общего объема продаж. Напишите программу, которая просит пользователя ввести плановую сумму общего объема продаж и затем показывает прибыль, которая будет получена от этой суммы.

Подсказка: для представления 23% используйте значение 0.23.

3. **Расчет площади земельного участка.** Один акр земли эквивалентен квадратным метрам. Напишите программу, которая просит пользователя ввести общее количество квадратных метров участка земли и вычисляет количество акров в этом участке.

Подсказка: разделите введенное количество на 4047, чтобы получить количество акров.

4. **Общий объем продаж.** Покупатель приобретает в магазине пять товаров. Напишите программу, которая запрашивает цену каждого товара и затем выводит накопленную стоимость приобретаемых товаров, сумму налога с продаж и итоговую сумму. Допустим, что налог с продаж составляет 7%.

5. **Пройденное расстояние.** Допустим, что несчастные случаи или задержки отсутствуют, тогда расстояние, проходимое автомобилем по автостраде, можно вычислить на основе формулы:

$$\text{расстояние} = \text{скорость} \times \text{время}.$$

Автомобиль движется со скоростью 70 км/ч. Напишите программу, которая показывает:

- расстояние, которое автомобиль пройдет за 6 часов;
- расстояние, которое автомобиль пройдет за 10 часов;
- расстояние, которое автомобиль пройдет за 15 часов.

6. **Налог с продаж.** Напишите программу, которая попросит пользователя ввести величину покупки. Затем программа должна вычислить федеральный и региональный налог с продаж. Допустим, что федеральный налог с продаж составляет 5%, а региональный — 2.5%. Программа должна показать сумму покупки, федеральный налог с продаж, региональный налог с продаж, общий налог с продаж и общую сумму продажи (т. е. сумму покупки и общего налога с продаж).

Подсказка: для представления 2.5% используйте значение 0.025, для представления 5% — 0.05.

7. **Расход бензина в расчете на километры пройденного пути.** Расход бензина в расчете на километры пройденного автомобилем пути можно вычислить на основе формулы:

$$\text{расход} = \text{пройденные километры} / \text{расход бензина в литрах}.$$

Напишите программу, которая запрашивает у пользователя число пройденных километров и расход бензина в литрах. Она должна рассчитать расход бензина автомобилем и показать результат.

8. **Чаевые, налог и общая сумма.** Напишите программу, которая вычисляет общую стоимость еды в ресторане. Программа должна попросить пользователя ввести стоимость

еды, вычислить размер 18-процентных чаевых и 7-процентного налога с продаж и показать все стоимости и итоговую сумму.

9. **Преобразователь температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта.** Напишите программу, которая преобразует показания температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта на основе формулы:

$$F = \frac{9}{5}C + 32 .$$

Программа должна попросить пользователя ввести температуру по шкале Цельсия и показать температуру, преобразованную в шкалу Фаренгейта.

10. **Регулятор ингредиентов.** Рецепт булочек предусматривает ингредиенты:

- 1.5 стакана сахара;
- 1 стакан масла;
- 2.75 стакана муки.

С таким количеством ингредиентов этот рецепт позволяет приготовить 48 булочек. Напишите программу, которая запрашивает у пользователя, сколько булочек он хочет приготовить, и затем показывает число стаканов каждого ингредиента, необходимого для заданного количества булочек.

11. **Процент учащихся обоего пола.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя количество учащихся мужского и женского пола, зарегистрированных в учебной группе. Программа должна показать процент учащихся мужского и женского пола.

Подсказка: предположим, что в учебной группе 8 юношей и 12 девушек, т. е. всего 20 учащихся. Процент юношей можно рассчитать, как $8/20 = 0.4$, или 40%. Процент девушек: $12/20 = 0.6$, или 60%.

12. **Программа расчета купли-продажи акций.** В прошлом месяце Джо приобрел немного акций некой ИТ-компании. Вот детали этой покупки:

- число приобретенных акций было 2000;
- при покупке акций Джо заплатил 40.00 долларов за акцию;
- Джо заплатил своему биржевому брокеру комиссию, которая составила 3% от суммы, уплаченной за акции.

Две недели спустя Джо продал акции. Вот детали продажи:

- количество проданных акций составило 2000;
- он продал акции за 42.75 долларов за акцию;
- он заплатил своему биржевому брокеру комиссию, которая составила 3% от суммы, полученной за акции.

Напишите программу, которая показывает приведенную ниже информацию:

- сумму денег, уплаченную за акции;
- сумму комиссии, уплаченную брокеру при покупке акций;
- сумму, за которую Джо продал акции;
- сумму комиссии, уплаченную брокеру при продаже акций.

- сумму денег, которая у Джо осталось, когда он продал акции и заплатил своему брокеру (оба раза). Если эта сумма — положительная, то Джо получил прибыль. Если же она — отрицательная, то Джо понес убытки.
- 13. Выращивание винограда.** Владелец виноградника высаживает несколько новых гряд винограда, и ему нужно знать, сколько виноградных лоз следует посадить на каждой гряде. Измерив длину будущей гряды, он определил, что для расчета количества виноградных лоз, которые поместятся на гряду вместе с концевыми опорами, которые должны быть установлены в конце каждой гряды, он может применить приведенную ниже формулу:

$$V = \frac{R - 2E}{S},$$

где V — количество виноградных лоз, которые поместятся на гряде; R — длина гряды в метрах; E — размер пространства в метрах, занимаемых концевыми опорами; S — размер пространства между виноградными лозами в метрах.

Напишите программу, которая для владельца виноградника выполняет расчеты. Данная программа должна попросить пользователя ввести:

- длину гряды в метрах;
- объем пространства, занимаемого концевой опорой в метрах;
- объем пространства между виноградными лозами в метрах.

После того как входные данные будут введены, программа должна рассчитать и показать количество виноградных лоз, которые поместятся на гряде.

- 14. Сложный процент.** Когда банк начисляет процентный доход по сложной ставке на остаток счета, он начисляет процентный доход не только на основную сумму, которая была внесена на депозитный счет, но и на процентный доход, который накапливался в течение долгого времени. Предположим, что вы хотите внести немного денег на сберегательный счет и заработать доход по сложной ставке в течение определенного количества лет. Ниже приведена формула для вычисления остатка счета после конкретного количества лет:

$$A = P \left(1 + \frac{r}{n} \right)^t,$$

где A — сумма денег на счете после конкретного количества лет; P — основная сумма, которая была внесена на счет в начале; r — годовая процентная ставка; n — частота начисления процентного дохода в год; t — конкретное количество лет.

Напишите программу, которая выполняет для вас расчеты. Программа должна попросить пользователя ввести:

- основную сумму, внесенную на сберегательный счет в самом начале;
- годовую процентную ставку, начисляемую на остаток счета;
- частоту начисления процентного дохода в год (например, если проценты начисляются ежемесячно, то ввести 12; если процентный доход начисляется ежеквартально, то ввести 4);
- количество лет, в течение которых сберегательный счет будет зарабатывать процентный доход.

После того как входные данные будут введены, программа должна рассчитать и показать сумму денег, которая будет на счету после заданного количества лет.



ПРИМЕЧАНИЕ

Пользователь должен ввести процентную ставку в виде процента. Например, 2% будут вводиться как 2, а не как .02. Программа должна сама разделить введенное число на 100, чтобы переместить десятичную точку в правильную позицию.

15. **Рисунки черепашьей графики.** Примените библиотеку черепашьей графики для написания программ, которые воспроизводят все эскизы, показанные на рис. 2.34.

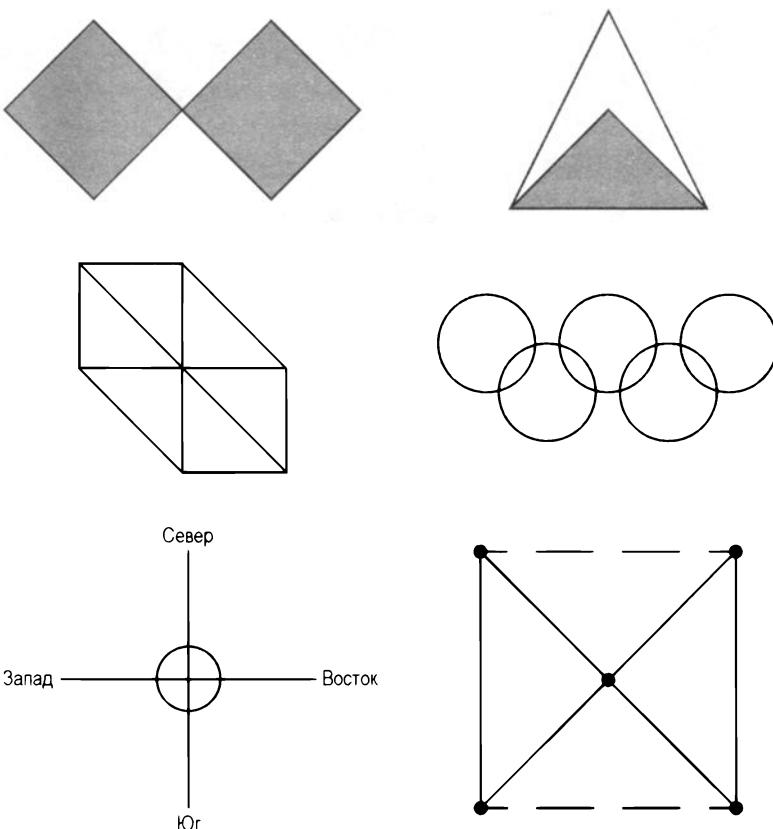


РИС. 2.34. Эскизы

3.1

Инструкция *if***Ключевые положения**

Инструкция *if* применяется для создания управляющей структуры, которая позволяет иметь в программе более одного пути исполнения. Инструкция *if* исполняет одну или несколько инструкций, только когда булево выражение является истинным.



Видеозапись "Инструкция if" (The if Statement)

Управляющая структура — это логическая схема, управляющая порядком, в котором исполняется набор инструкций. До сих пор мы использовали только самый простой тип управляющей структуры: последовательную структуру, т. е. структуру с последовательным исполнением. Последовательная структура представляет собой набор инструкций, которые исполняются в том порядке, в котором они появляются. Например, приведенный ниже фрагмент кода имеет последовательную структуру, потому что инструкции исполняются сверху вниз:

```
name = input('Как Вас зовут? ')
age = int(input('Сколько Вам лет? '))
print('Вот данные, которые Вы ввели:')
print('Имя:', name)
print('Возраст:', age)
```

Хотя в программировании последовательная структура находит активное применение, она не способна справляться с любым типом задач, т. к. некоторые задачи просто не могут быть решены путем поочередного выполнения набора упорядоченных шагов. Рассмотрим программу расчета заработной платы, которая определяет, работал ли сотрудник сверхурочно. Если сотрудник работал более 40 ч, то ему выплачиваются сверхурочные за все часы свыше 40. В противном случае начисление сверхурочных должно быть пропущено. Такого рода программы требуют другого типа управляющих структур: тех, которые могут выполнять набор инструкций только при определенных обстоятельствах. Этого можно добиться при помощи управляющей структуры принятия решения. (Структуры принятия решения также называются структурами с выбором.)

В простейшей структуре принятия решения определенное действие выполняется, только если существует определенное условие. Если условия нет, то действие не выполняется. Блок-схема на рис. 3.1 показывает, каким образом можно схематически изобразить логику принятия повседневного решения в виде управляющей структуры принятия решения. Ромбовидный символ обозначает логическое условие со значениями истина/ложь. Если условие

истинное, то мы следуем по пути, который приводит к исполнению действия. Если условие ложное, то мы следуем по пути, который это действие пропускает.

В блок-схеме ромбовидный символ обозначает некоторое условие, которое должно быть проверено. В данном случае мы определяем, является ли условие **На улице холодно** истинным или ложным. Если это условие истинное, то выполняется действие **Надеть куртку**. Если условие ложное, то действие пропускается. Действие *исполняется по условию*, потому что оно выполняется только в том случае, если определенное условие истинное.

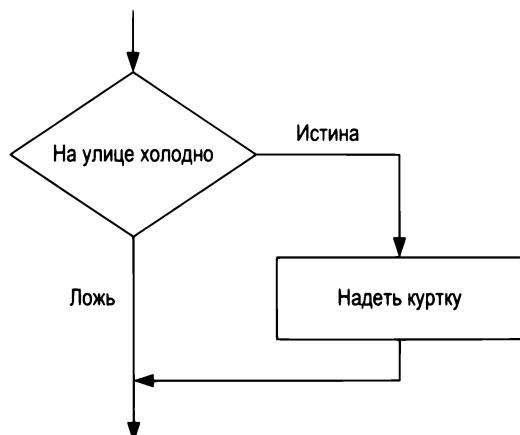


РИС. 3.1. Простая структура принятия решения



РИС. 3.2. Структура принятия решения, которая исполняет три действия при условии, что на улице холодно

Программисты называют показанный на рис. 3.1 тип структуры *структурой принятия решения с единственным вариантом*. Это связано с тем, что она предоставляет всего один вариант пути исполнения. Если условие в ромбовидном символе истинное, то мы принимаем этот вариант пути. В противном случае мы выходим из этой структуры. На рис. 3.2 представлен более детализированный пример, в котором выполняются три действия, только когда на улице холодно. Это по-прежнему структура принятия решения с единственным вариантом, потому что имеется всего один вариант пути исполнения.

В Python для написания структуры принятия решения с единственным вариантом используется инструкция `if`. Вот общий формат инструкции `if`:

```

if условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
  
```

Для простоты мы будем называть первую строку *условным выражением*, или *выражением if*. Условное выражение начинается со слова `if`, за которым следует *условие*, т. е.

выражение, которое будет вычислено, как истина либо ложь. После условия стоит двоеточие. Со следующей строки начинается блок инструкций. *Блок* — это просто набор инструкций, которые составляют одну группу. Обратите внимание, что в приведенном выше общем формате все инструкции блока выделены отступом. Такое оформление кода обязательно, потому что интерпретатор Python использует отступы для определения начала и конца блока.

Во время исполнения инструкции `if` осуществляется проверка условия. Если условие истинное, то исполняются инструкции, которые появляются в блоке после условного выражения. Если условие ложное, то инструкции в этом блоке пропускаются.

Булевые выражения и операторы сравнения

Как упоминалось ранее, инструкция `if` осуществляет проверку выражения, чтобы определить, является ли оно истинным или ложным. Выражения, которые проверяются инструкцией `if`, называются *булевыми выражениями* в честь английского математика Джорджа Буля. В 1800-х годах Буль изобрел математическую систему, в которой абстрактные понятия истинности и ложности могли использоваться в вычислениях.

Как правило, булево выражение, которое проверяется инструкцией `if`, формируется *оператором сравнения* (реляционным оператором). Оператор сравнения определяет, существует ли между двумя значениями определенное отношение. Например, оператор больше (`>`) определяет, является ли одно значение больше другого. Оператор равно (`==`) — равны ли два значения друг другу. В табл. 3.1 перечислены имеющиеся в Python операторы сравнения.

Таблица 3.1. Операторы сравнения

Оператор	Значение
<code>></code>	Больше
<code><</code>	Меньше
<code>>=</code>	Больше или равно
<code><=</code>	Меньше или равно
<code>==</code>	Равно
<code>!=</code>	Не равно

Ниже приведен пример выражения, в котором для сравнения двух переменных, `length` и `width`, применен оператор больше (`>`):

```
length > width
```

Это выражение определяет, является ли значение, на которое ссылается переменная `length`, больше значения, на которое ссылается переменная `width`. Если `length` больше `width`, то значение выражения является истинным. В противном случае значение выражения является ложным.

В приведенном ниже выражении, чтобы определить, является ли переменная `length` меньше переменной `width`, применяется оператор меньше (`<`):

```
length < width
```

В табл. 3.2 представлены примеры нескольких булевых выражений, которые сравнивают переменные x и y .

Таблица 3.2. Булевые выражения с использованием операторов сравнения

Выражение	Значение
$x > y$	x больше y ?
$x < y$	x меньше y ?
$x \geq y$	x больше или равно y ?
$x \leq y$	x меньше или равно y ?
$x == y$	x равно y ?
$x != y$	x не равно y ?

Для того чтобы поэкспериментировать с этими операторами, можно воспользоваться интерпретатором Python в интерактивном режиме. Если напротив подсказки `>>>` набрать булево выражение, то интерпретатор это выражение вычислит и покажет его значение как `True` (Истина) или `False` (Ложь). Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс. (Для удобства добавлены номера строк.)

```

1 >>> x = 1 [Enter]
2 >>> y = 0 [Enter]
3 >>> x > y [Enter]
4 True
5 >>> y > x [Enter]
6 False
7 >>>

```

Инструкция в строке 1 присваивает значение 1 переменной x . Инструкция в строке 2 присваивает значение 0 переменной y . В строке 3 мы набираем булево выражение $x > y$. Значение выражения (`True`) выводится в строке 4. Затем в строке 5 мы набираем булево выражение $y > x$. Значение выражения (`False`) выводится в строке 6.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор `<`:

```

1 >>> x = 1 [Enter]
2 >>> y = 0 [Enter]
3 >>> y < x [Enter]
4 True
5 >>> x < y [Enter]
6 False
7 >>>

```

Инструкция в строке 1 присваивает значение 1 переменной x . Инструкция в строке 2 присваивает значение 0 переменной y . В строке 3 мы набираем булево выражение $y < x$. Значение выражения (`True`) выводится в строке 4. Затем в строке 5 мы набираем булево выражение $x < y$. Значение выражения (`False`) выводится в строке 6.

Операторы \geq и \leq

Два следующих оператора, \geq и \leq , выполняют проверку более одного отношения. Оператор \geq определяет, является ли operand с левой стороны больше или равняется operandу с правой стороны. Оператор \leq определяет, является ли operand с левой стороны меньше или равняется operandу с правой стороны.

Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```

1 >>> x = 1 [Enter]
2 >>> y = 0 [Enter]
3 >>> z = 1 [Enter]
4 >>> x >= y [Enter]
5 True
6 >>> x >= z [Enter]
7 True
8 >>> x <= z [Enter]
9 True
10 >>> x <= y [Enter]
11 False
12 >>>

```

В строках 1–3 мы присваиваем значения переменным x , y и z . В строке 4 мы вводим булево выражение $x \geq y$, которое является истинным (True). В строке 6 мы вводим булево выражение $x \geq z$, которое является истинным (True). В строке 8 мы вводим булево выражение $x \leq z$, которое является истинным (True). В строке 10 мы вводим булево выражение $x \leq y$, которое является ложным (False).

Оператор $==$

Оператор $==$ определяет, равняется ли operand с левой стороны operandу с правой стороны. Если значения, на которые ссылаются оба operandы, одинаковые, то выражение является истинным. Допустим, что a равно 4, тогда выражение $a == 4$ является истинным, а выражение $a == 2$ является ложным.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор $==$:

```

1 >>> x = 1 [Enter]
2 >>> y = 0 [Enter]
3 >>> z = 1 [Enter]
4 >>> x == y [Enter]
5 False
6 >>> x == z [Enter]
7 True
8 >>>

```

ПРИМЕЧАНИЕ

Оператор равенства состоит из двух последовательных символов $=$. Не путайте этот оператор с оператором присваивания, который состоит из одного символа $=$.

Оператор !=

Оператор `!=` является оператором неравенства. Он определяет, не равняется ли операнд с левой стороны операнду с правой стороны, т. е. противоположен оператору `==`. Допустим, что `a` равно 4, `b` равно 6 и `c` равно 4, тогда оба выражения, `a != b` и `b != c`, являются истинными, потому что `a` не равно `b` и `b` не равно `c`. Однако `a != c` является ложным, потому что `a` равно `c`.

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует оператор `!=`:

```
1 >>> x = 1 [Enter]
2 >>> y = 0 [Enter]
3 >>> z = 1 [Enter]
4 >>> x != y [Enter]
5 True
6 >>> x != z [Enter]
7 False
8 >>>
```

Собираем все вместе

Давайте взглянем на приведенную ниже инструкцию `if`:

```
if sales > 50000:
    bonus = 500.0
```

Эта инструкция применяет оператор `>`, чтобы определить, является ли `sales` (продажи) больше 50 000. Если выражение `sales > 50000` является истинным, то переменной `bonus` присваивается значение 500.0. Однако если это выражение является ложным, то инструкция присваивания пропускается. На рис. 3.3 представлена блок-схема для этого фрагмента кода.

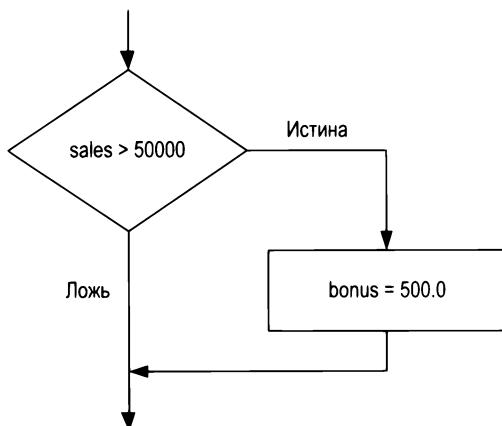


РИС. 3.3. Пример структуры принятия решения с одной инструкцией

Приведенный ниже пример исполняет блок с тремя инструкциями по условию. На рис. 3.4 приведена блок-схема для этого фрагмента кода.

```
if sales > 50000:
    bonus = 500.0
    commission_rate = 0.12
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```

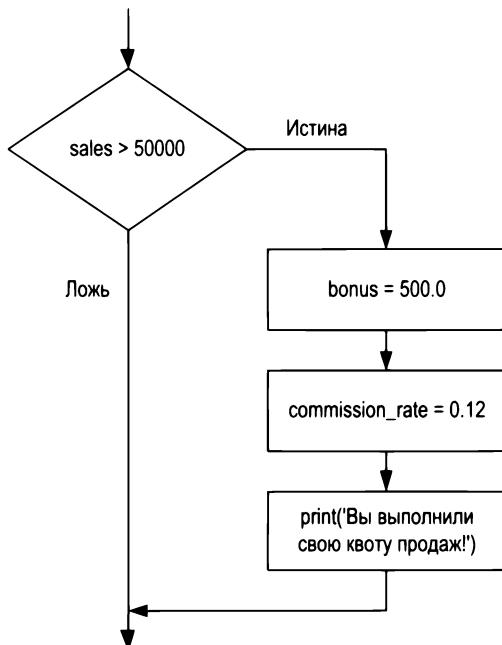


РИС. 3.4. Пример структуры принятия решения с тремя инструкциями

В приведенном ниже фрагменте кода используется оператор `==`, чтобы определить, являются ли два значения равными. Выражение `balance == 0` будет истинным, если переменной `balance` будет присвоено значение 0. В противном случае выражение будет ложным.

```
if balance == 0:
    # Появляющиеся здесь инструкции будут выполнены,
    # только если переменная balance равна 0.
```

В приведенном ниже фрагменте кода используется оператор `!=`, чтобы определить, являются ли два значения *не* равными. Выражение `choice != 5` будет истинным, если переменная `choice` не ссылается на значение 5. В противном случае выражение будет ложным.

```
if choice != 5:
    # Появляющиеся здесь инструкции будут выполнены,
    # только если переменная choice не равна 5.
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение инструкции `if`

Кэтрин преподает естественно-научный предмет, и ее студенты обязаны выполнить три контрольные работы. Она хочет написать программу, которую ее студенты могут использовать для расчета своего среднего балла. Она также хочет, чтобы программа с энтузиазмом поздравила студента, если его средний балл больше 95. Вот соответствующий алгоритм в псевдокоде:

Получить оценку за первую контрольную работу.

Получить оценку за вторую контрольную работу.

Получить оценку за третью контрольную работу.

Рассчитать средний балл.

Показать средний балл.

Если средний балл больше 95:

Поздравить пользователя

В программе 3.1 приведен соответствующий код.

Программа 3.1 (test_average.py)

```

1 # Эта программа получает три оценки за контрольные работы
2 # и показывает их средний балл. Она поздравляет пользователя,
3 # если средний балл высокий.
4
5 # Именованная константа HIGH_SCORE содержит значение, которое
6 # считается высоким баллом.
7 HIGH_SCORE = 95
8
9 # Получить три оценки за контрольные работы.
10 test1 = int(input('Введите оценку 1: '))
11 test2 = int(input('Введите оценку 2: '))
12 test3 = int(input('Введите оценку 3: '))
13
14 # Рассчитать средний балл.
15 average = (test1 + test2 + test3) / 3
16
17 # Напечатать средний балл.
18 print('Средний балл составляет:', average)
19
20 # Если средний балл высокий, то
21 # поздравить пользователя.
22 if average >= HIGH_SCORE:
23     print('Поздравляем!')
24     print('Отличный средний балл!')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите оценку 1: 82 
Введите оценку 2: 76 
Введите оценку 3: 91 
Средний балл составляет: 83.0
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

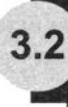
```

Введите оценку 1: 93 
Введите оценку 2: 99 
Введите оценку 3: 96 
Средний балл составляет: 96.0
Поздравляем!
Отличный средний балл!
```



Контрольная точка

- 3.1. Что такое управляющая структура?
- 3.2. Что такое структура принятия решения?
- 3.3. Что такое структура принятия решения с единственным вариантом исполнения?
- 3.4. Что такое булево выражение?
- 3.5. Какие типы отношений между значениями можно проверить при помощи операторов сравнения (реляционных операторов)?
- 3.6. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 0 переменной `x`, если переменная `y` равна 20.
- 3.7. Напишите, инструкцию `if`, которая присваивает значение 0.2 переменной `commissionRate` (ставка комиссионного вознаграждения), если переменная `sales` (продажи) больше или равна 10 000.



3.2 Инструкция `if-else`

Ключевые положения

Инструкция `if-else` выполняет один блок инструкций, если ее условие является истинным, либо другой блок, если ее условие является ложным.



[Видеозапись "Инструкция if-else" \(The if-else Statement\)](#)

Предыдущий раздел познакомил со структурой принятия решения с единственным вариантом (инструкцией `if`), в которой имеется всего один вариант пути исполнения. Теперь мы рассмотрим *структуру принятия решения с двумя альтернативными вариантами*, в которой имеется два возможных пути исполнения — один путь принимается, если условие является истинным, и другой путь принимается, если условие является ложным. На рис. 3.5 представлена блок-схема для структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами.

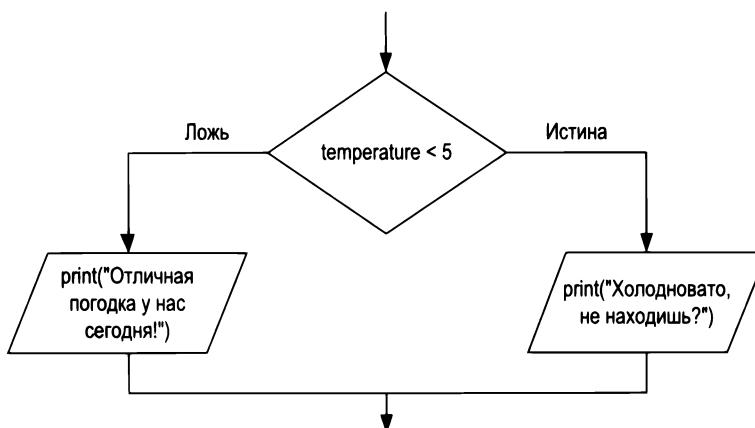


РИС. 3.5. Структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами

В приведенной блок-схеме структура принятия решения выполняет проверку выражения `temperature < 5`. Если это условие является истинным, то исполняется инструкция `print("Холодновато, не находишь?")`. Если условие является ложным, то исполняется инструкция `print("Отличная погодка у нас сегодня!")`.

В программном коде мы записываем структуру принятия решения с двумя альтернативными вариантами, как инструкцию `if-else`. Вот общий формат инструкции `if-else`:

```
if условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
else:
    инструкция
    инструкция
    ...

```

Когда эта инструкция исполняется, осуществляется проверка *условия*. Если оно истинное, то исполняется блок инструкций с отступом, расположенный после условного выражения, затем поток управления программы перескакивает к инструкции, которая следует за инструкцией `if-else`. Если условие ложное, то исполняется блок инструкций с отступом, расположенный после выражения `else`, затем поток управления программы перескакивает к инструкции, которая следует за инструкцией `if-else`. Это действие описано на рис. 3.6.

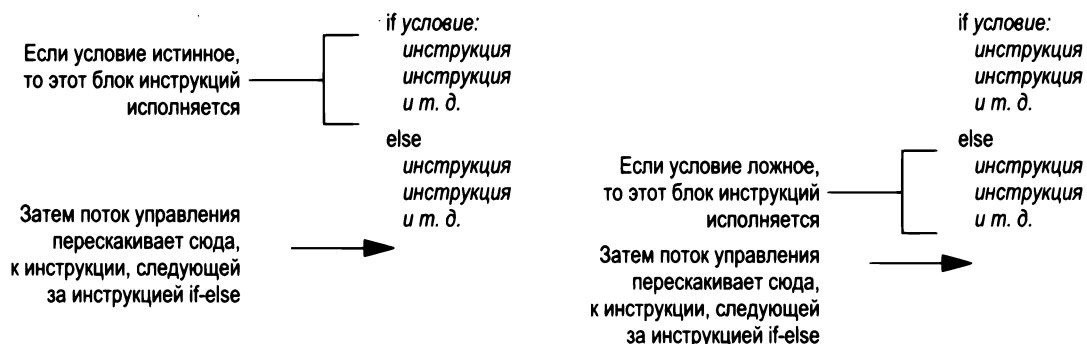


РИС. 3.6. Исполнение по условию в инструкции `if-else`

Приведенный ниже фрагмент кода показывает пример инструкции `if-else`. Этот фрагмент соответствует блок-схеме на рис. 3.5.

```
if temperature < 5:
    print("Холодновато, не находишь?")
else:
    print("Отличная погодка у нас сегодня!")
```

Выделение отступом в инструкции if-else

Когда вы пишете инструкцию `if-else`, при выделении отступами следует руководствоваться следующими принципами:

- ◆ убедитесь, что выражение `if` и выражение `else` выровнены относительно друг друга;
- ◆ выражение `if` и выражение `else` сопровождаются блоком инструкций. Убедитесь, что инструкции в блоках расположены с одинаковым отступом.

Это показано на рис. 3.7.

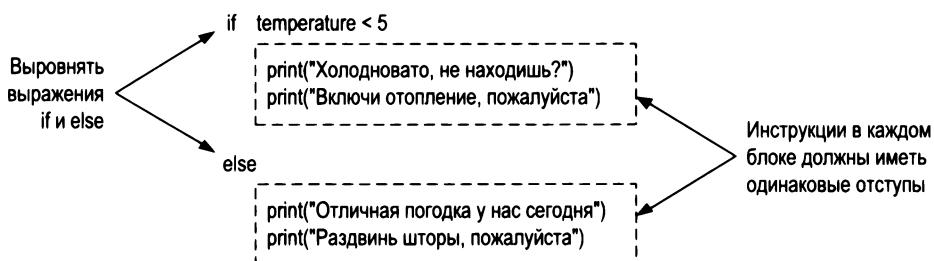


РИС. 3.7. Выделение отступом в инструкции `if-else`

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение инструкции `if-else`

Крис владеет авторемонтным предприятием и имеет в подчинении несколько сотрудников. Если сотрудники работают больше 40 часов в неделю, то он им платит в 1.5 раза больше их регулярной почасовой оплаты труда в течение всех часов свыше 40. Он попросил вас разработать простенькую программу расчета заработной платы, которая вычисляет заработную плату до удержаний, включая надбавку за сверхурочную работу. Вы разрабатываете приведенный ниже алгоритм:

Получить количество отработанных часов.

Получить почасовую ставку оплаты труда.

Если сотрудник работал более 40 часов:

Рассчитать и показать зарплату до удержаний со сверхурочными.

Иначе:

Рассчитать и показать зарплату до удержаний в обычном порядке.

Соответствующий программный код приведен в программе 3.2. Обратите внимание на две переменные, которые создаются в строках 3 и 4. Именованной константе `BASE_HOURS` присваивается значение 40, т. е. количество часов, которые сотрудник может работать в неделю без надбавки за сверхурочную работу. Именованной константе `OT_MULTIPLIER` присваивается значение 1.5, т. е. мультипликатор ставки оплаты труда за сверхурочную работу. Она означает, что почасовая ставка оплаты труда сотрудника умножается 1.5 для всех сверхурочных часов.

Программа 3.2 (auto_repair_payroll.py)

```

1 # Именованные константы представляют базовые часы
2 # и мультипликатор сверхурочного времени.
3 BASE_HOURS = 40      # Базовые часы в неделю.
4 OT_MULTIPLIER = 1.5  # Мультипликатор сверхурочного времени.
5
6 # Получить отработанные часы и почасовую ставку оплаты труда.
7 hours = float(input('Введите количество отработанных часов: '))
8 pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку оплаты труда: '))
9
10 # Рассчитать и показать заработную плату до удержаний.
11 if hours > BASE_HOURS:
12     # Рассчитать заработную плату до удержаний без сверхурочных.
13     # Сначала получить количество отработанных сверхурочных часов.
14     overtime_hours = hours - BASE_HOURS
15
16     # Рассчитать оплату за работу в сверхурочное время.
17     overtime_pay = overtime_hours * pay_rate * OT_MULTIPLIER
18
19     # Рассчитать заработную плату до удержаний.
20     gross_pay = BASE_HOURS * pay_rate + overtime_pay
21 else:
22     # Рассчитать заработную плату до удержаний без сверхурочных.
23     gross_pay = hours * pay_rate
24
25 # Показать заработную плату до удержаний.
26 print('Заработка платы до удержаний составляет: $',
      format(gross_pay, ',.2f'), sep='')

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите количество отработанных часов: **40**
 Введите почасовую ставку оплаты труда: **20**
 Заработка платы до удержаний составляет: \$800.00.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите количество отработанных часов: **50**
 Введите почасовую ставку оплаты труда: **20**
 Заработка платы до удержаний составляет: \$1,100.00.

**Контрольная точка**

- 3.8. Как работает структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами?
- 3.9. Какую инструкцию следует применить в Python для написания структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами?
- 3.10. При каких обстоятельствах срабатывают инструкции, которые появляются после выражения `else` при написании инструкции `if-else`?

3.3

Сравнение строковых значений

Ключевые положения

Python предоставляет возможность сравнивать строковые значения. Это позволяет создавать структуры принятия решения, которые выполняют их проверку.

В предыдущих примерах вы увидели, как в структуре принятия решения могут сравниваться числа. В Python можно сравнивать и строковые значения. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
name1 = 'Mary'
name2 = 'Mark'
if name1 == name2:
    print('Имена одинаковые.')
else:
    print('Имена НЕ одинаковые.')
```

Оператор `==` сравнивает имена `name1` и `name2`, чтобы определить, являются ли они равными. Поскольку строки 'Mary' и 'Mark' не равны, выражение `else` выведет сообщение 'Имена НЕ одинаковые.'.

Давайте взглянем на еще один пример. Допустим, что переменная `month` ссылается на строковое значение. Приведенный ниже фрагмент кода использует оператор `!=`, чтобы определить, не равно ли значение, на которое ссылается переменная `month`, слову 'Январь':

```
if month != 'Январь':
    print('Сейчас не время праздновать Татьянин день!')
```

В программе 3.3 представлен законченный код, демонстрирующий, как могут сравниваться два строковых значения. Здесь пользователю предлагается ввести пароль, затем программа пытается определить, равно ли введенное строковое значение слову 'prospero'.

Программа 3.3**(password.py)**

```
1 # Эта программа сравнивает два строковых значения.
2 # Получить от пользователя пароль.
3 password = input('Введите пароль: ')
4
5 # Определить, был ли введен правильный
6 # пароль.
7 if password == 'prospero':
8     print('Пароль принят.')
9 else:
10    print('Извините, этот пароль неверный.')
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите пароль: **ferdinand**

Извините, этот пароль неверный.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите пароль: **prospero**

Пароль принят.

Операции сравнения строковых значений имеют одну особенность — они чувствительны к регистру. Например, строковые значения 'суббота' и 'Суббота' не равны, потому что в первом значении буква "с" написана в нижнем регистре, а во втором значении — в верхнем регистре. Приведенный ниже пример сеанса с программой 3.3 показывает, что происходит, когда в качестве пароля пользователь вводит слово **Prospero** (буква Р в верхнем регистре).

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите пароль: **Prospero**
Извините, этот пароль неверный.



СОВЕТ

В главе 8 вы узнаете, как манипулировать строковыми значениями для выполнения нечувствительных к регистру сравнений.

Другие способы сравнения строковых значений

Помимо выяснения, являются ли строковые значения равными или не равными друг другу, можно также определить, является ли одно строковое значение больше или меньше другого строкового значения. Это полезно, потому что программистам очень часто приходится проектировать программы, которые сортируют строковые значения в каком-то определенном порядке.

Из главы 1 известно, что в действительности в оперативной памяти хранятся не символы, такие как А, В, С и т. д. Вместо этого там хранятся числовые коды, которые представляют эти символы. В главе 1 упоминалось, что ASCII — это широко используемая схема кодирования символов (стандартный американский код обмена информацией). Вы найдете набор кодов ASCII в *приложении 3*, однако здесь приведено несколько фактов об этой схеме кодирования:

- ◆ символы верхнего регистра А–З представлены числами в интервале от 65 до 90;
- ◆ символы нижнего регистра а–з представлены числами в интервале от 97 до 122;
- ◆ когда цифры 0–9 хранятся в памяти как символы, они представлены числами в интервале от 48 до 57 (например, строковое значение 'abc123' будет храниться в оперативной памяти в виде кодов 97, 98, 99, 49, 50 и 51);
- ◆ пробел представлен числом 32.

Наряду с введением набора числовых кодов, которые представляют символы в оперативной памяти, схема кодирования ASCII также предусматривает упорядоченность символов. Символ "А" идет перед символом "В", который идет перед символом "С" и т. д.

Когда программа сравнивает символы, она фактически сравнивает коды символов. Например, взгляните на приведенную ниже инструкцию `if`:

```
if 'a' < 'b':
    print('Буква а меньше буквы b.')
```

Этот фрагмент кода определяет, является ли код ASCII для символа 'а' меньше кода ASCII для символа 'b'. Выражение '`a`' < '`b`' будет истинным, потому что код для символа 'а'

меньше кода для символа 'b'. И если бы этот фрагмент кода был частью рабочей программы, то он бы вывел сообщение 'Буква а меньше буквы b.'.

Давайте посмотрим, каким образом обычно происходит сравнение строковых значений, состоящих из более одного символа. Предположим, что программа использует строковые значения 'Mary' и 'Mark' следующим образом:

```
name1 = 'Mary'  
name2 = 'Mark'
```

На рис. 3.8 показано, как отдельные символы в строковых значениях 'Mary' и 'Mark' фактически будут храниться в памяти на основе кодов ASCII.

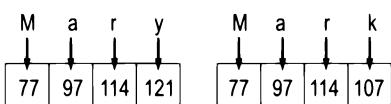


РИС. 3.8. Символьные коды для строковых значений 'Mary' и 'Mark'

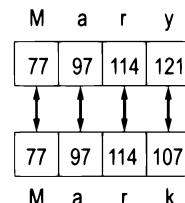


РИС. 3.9. Сравнение каждого символа в строке

Когда для сравнения этих строковых значений применяются реляционные операторы, они сравниваются посимвольно. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
name1 = 'Mary'  
name2 = 'Mark'  
if name1 > name2:  
    print('Строка Mary больше строки Mark')  
else:  
    print('Строка Mary не больше строки Mark')
```

Оператор `>` сравнивает каждый символ в строках 'Mary' и 'Mark', начиная с первых, или крайних левых, символов. Это показано на рис. 3.9.

Вот как происходит процесс сравнения:

1. Символ 'M' в 'Mary' сравнивается с символом 'M' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
2. Символ 'a' в 'Mary' сравнивается с символом 'a' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
3. Символ 'r' в 'Mary' сравнивается с символом 'r' в 'Mark'. Поскольку они одинаковые, выполняется переход к сравнению следующих символов.
4. Символ 'y' в 'Mary' сравнивается с символом 'k' в 'Mark'. Поскольку они не одинаковые, два строковых значения не равны. Символ 'y' имеет более высокий код ASCII (121), чем символ 'k' (107), поэтому определяется, что строка 'Mary' больше строки 'Mark'.

Если одно из сравниемых строковых значений короче другого, то сравниваются только соответствующие символы. Если соответствующие символы идентичны, то более короткое значение считается меньше более длинного значения. Так, при сравнении строковых значений 'High' и 'Hi' строка 'Hi' будет считаться меньше строки 'High', потому что она короче.

Программа 3.4 является простой демонстрацией того, как два строковых значения могут сравниваться оператором <. Пользователю предлагается ввести два имени, и программа выводит их в алфавитном порядке.

Программа 3.4 (sort_names.py)

```

1 # Эта программа сравнивает строковые значения оператором <.
2 # Получить от пользователя два имени.
3 name1 = input('Введите фамилию и имя: ')
4 name2 = input('Введите еще одну фамилию и имя: ')
5
6 # Показать имена в алфавитном порядке.
7 print('Вот имена, ранжированные по алфавиту:')
8
9 if name1 < name2:
10    print(name1)
11    print(name2)
12 else:
13    print(name2)
14    print(name1)

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите фамилию и имя: Коста, Джоанна 
Введите еще одну фамилию и имя: Джоунс, Ричард 
Вот имена, ранжированные по алфавиту:
Джоунс, Ричард
Коста, Джоанна

```



Контрольная точка

3.11. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```

if 'z' < 'a':
    print('z меньше а.')
else:
    print('z не меньше а.')

```

3.12. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```

s1 = 'Нью-Йорк'
s2 = 'Бостон'
if s1 > s2:
    print(s2)
    print(s1)
else:
    print(s1)
    print(s2)

```

3.4

Вложенные структуры принятия решения и инструкция *if-elif-else*

Ключевые положения

Для проверки более одного условия структура принятия решения может быть вложена внутрь другой структуры принятия решения.

В разд. 3.1 мы упомянули, что управляющая структура определяет порядок, в котором исполняется набор инструкций. Программы обычно разрабатывают, как комбинации разных управляющих структур. Например, на рис. 3.10 показана блок-схема, которая объединяет структуру принятия решения с двумя последовательными структурами.

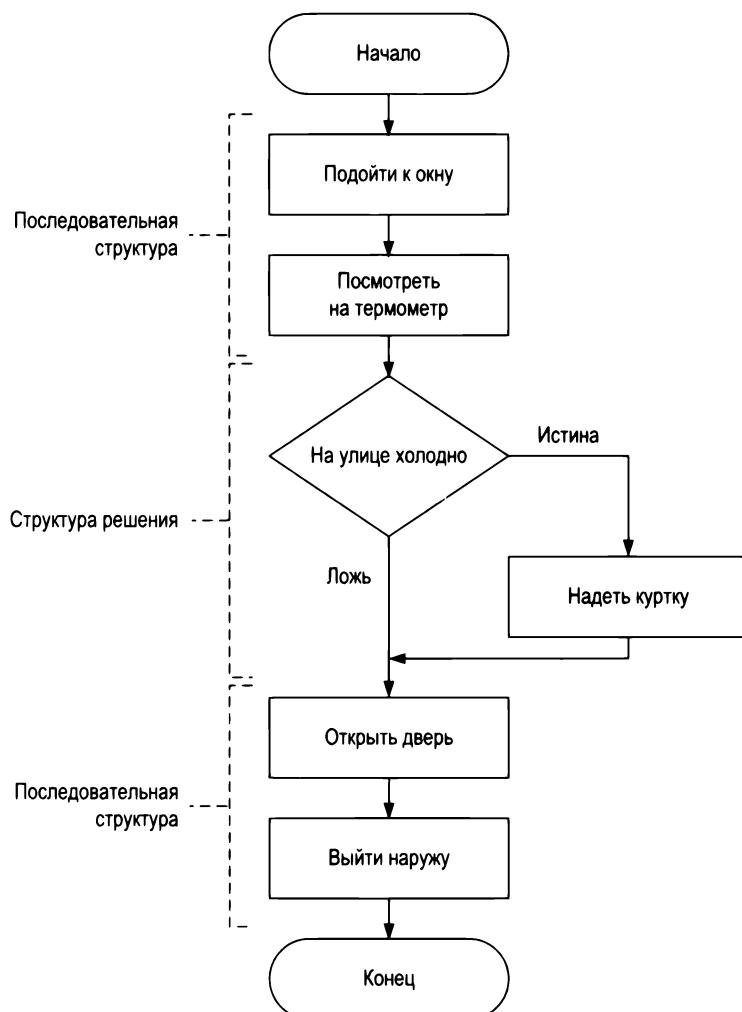


РИС. 3.10. Объединение последовательных структур со структурой принятия решения

Блок-схема начинается с последовательной структуры. Допустим, что в вашем окне есть наружный термометр. Первым шагом будет Подойти к окну, следующим шагом — Посмотреть на термометр. Затем появляется структура принятия решения, которая проверяет условие на

улице холодно. Если это правда, то выполняется действие Надеть куртку. Затем появляется еще одна последовательная структура. Выполняется шаг Открыть дверь, за которым следует шаг Выйти наружу.

Довольно часто структуры должны быть вложены внутрь других структур. Например, взгляните на частичную блок-схему, приведенную на рис. 3.11. Она показывает структуру принятия решения, внутри которой вложена последовательная структура. Структура принятия решения проверяет условие На улице холодно. Если это условие является истинным, то выполняются шаги в последовательной структуре.

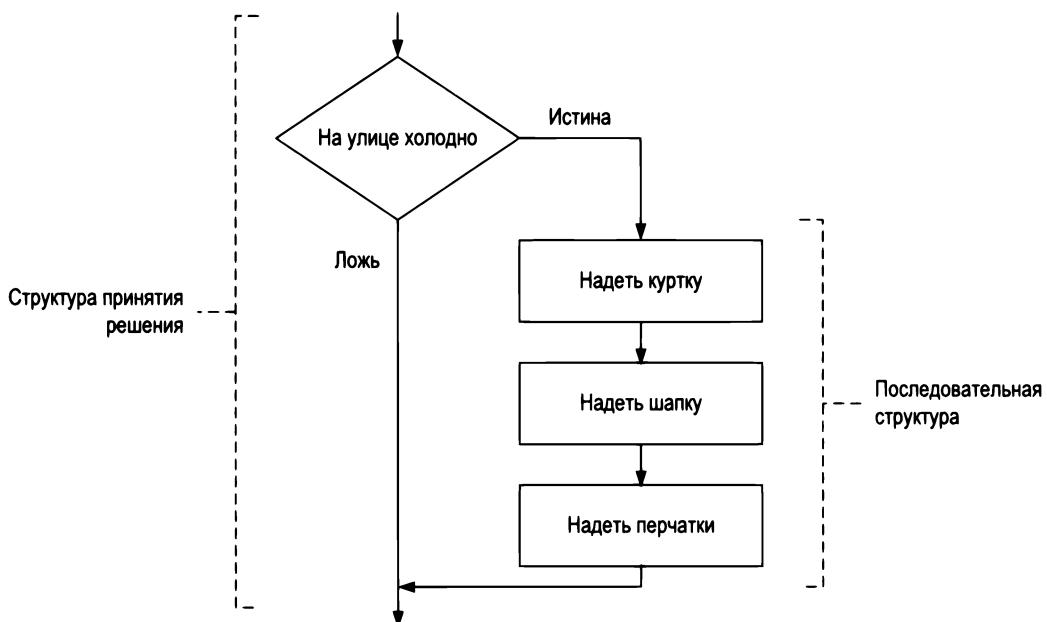


РИС. 3.11. Последовательная структура вложена в структуру принятия решения

Можно вкладывать структуры принятия решения в другие структуры принятия решения. В программах, которые должны проверять более одного условия, это типично. Например, рассмотрим программу, которая определяет, имеет ли клиент банка право на ссуду. Для того чтобы получить одобрение на получение ссуды, должны выполниться два условия: во-первых, клиент должен зарабатывать не меньше 30 000 долларов в год, и во-вторых, клиент должен иметь работу в течение не менее двух лет. На рис. 3.12 представлена блок-схема алгоритма, который может использоваться в такой программе. Допустим, что переменной `salary` (зарплата) присвоен годовой оклад клиента, а переменной `years_on_job` (рабочий стаж) — количество лет, в течение которых клиент отработал на своей текущей работе.

Проследив поток выполнения, мы увидим, что сначала проверяется условие `salary >= 30000`. Если это условие является ложным, то выполнять дальнейшие проверки не нужно; мы знаем, что клиент не имеет право на ссуду. Однако если условие является истинным, то мы должны проверить второе условие. Это делается при помощи вложенной структуры принятия решения, которая проверяет условие `years_on_job >= 2`. Если это условие является истинным, то клиент получает одобрение на ссуду. Если это условие является ложным, то клиент не проходит квалификацию. В программе 3.5 представлен соответствующий код.

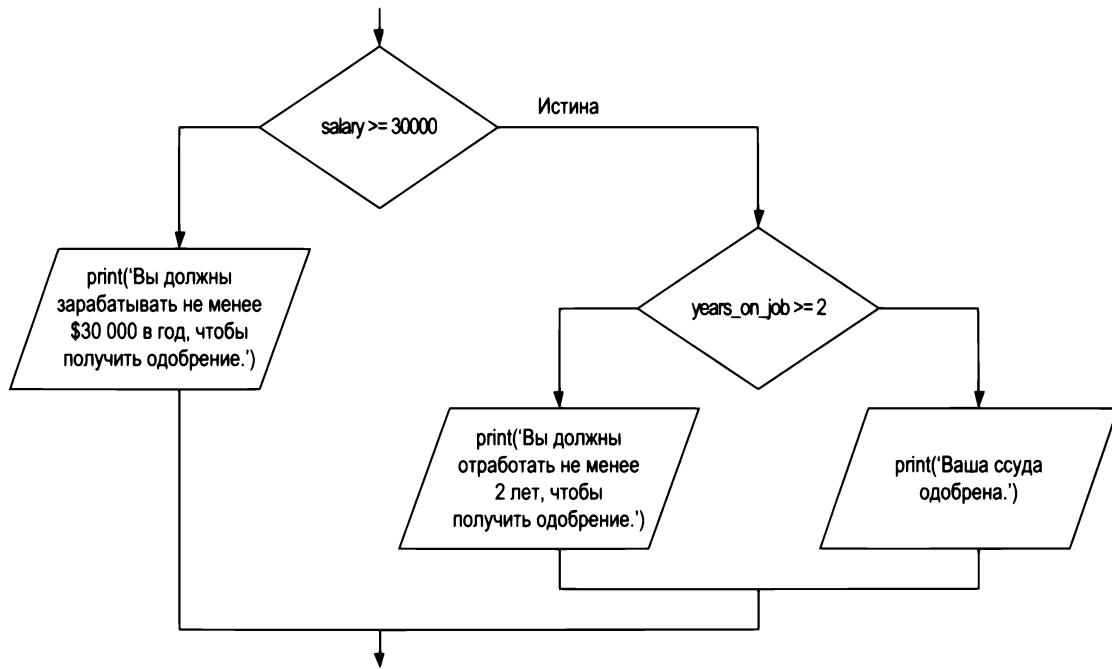


РИС. 3.12. Вложенная структура принятия решения

Программа 3.5 (loan_qualifier.py)

```

1 # Эта программа определяет, удовлетворяет ли
2 # клиент требованиям банка на получение ссуды.
3
4 MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимая годовая зарплата.
5 MIN_YEARS = 2          # Минимально допустимый стаж
6                      # на текущем месте работы.
7 # Получить размер годовой заработной платы клиента.
8 salary = float(input('Введите свой годовой оклад: '))
9
10 # Получить количество лет на текущем месте работы.
11 years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
12                      'рабочего стажа: '))
13
14 # Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
15 if salary >= MIN_SALARY:
16     if years_on_job >= MIN_YEARS:
17         print('Ваша ссуда одобрена.')
18     else:
19         print('Вы должны отработать',
20               'не менее', MIN_YEARS,
21               'лет, чтобы получить одобрение.')
22 else:
23     print('Вы должны зарабатывать не менее $',
24           format(MIN_SALARY, ',.2f'),
25           'в год, чтобы получить одобрение.', sep=' ')
  
```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свой годовой оклад: **35000** Введите количество лет рабочего стажа: **1**

Вы должны отработать не менее 2 лет, чтобы получить одобрение.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свой годовой оклад: **25000** Введите количество лет рабочего стажа: **5**

Вы должны зарабатывать не менее \$30,000.00 в год, чтобы получить одобрение.

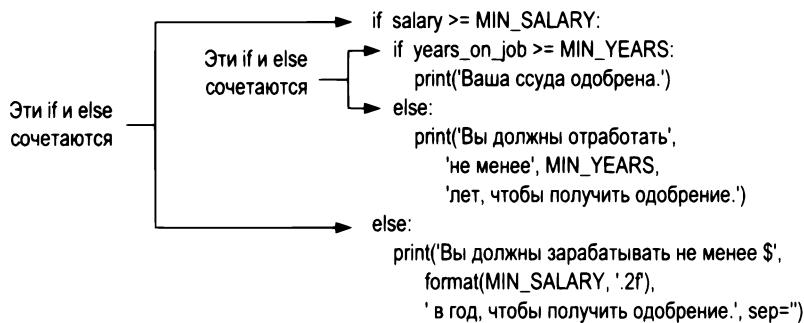
Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свой годовой оклад: **35000** Введите количество лет рабочего стажа: **5**

Ваша ссуда одобрена.

Взгляните на инструкцию `if-else`, которая начинается в строке 15. Она проверяет условие `salary >= MIN_SALARY`. Если это условие является истинным, то исполняется инструкция `if-else`, которая начинается в строке 16. В противном случае программа переходит к выражению `else` в строке 22 и исполняет инструкцию в строках 23–25.

При этом во вложенной структуре принятия решения очень важно использовать надлежащий отступ, который не только требуется для интерпретатора Python, но и позволяет любому читателю вашего программного кода видеть, какие действия выполняются каждой частью структуры. При написании вложенных инструкций `if` соблюдайте приведенные ниже правила:

- ◆ убедитесь, что каждое выражение `else` выровнено по соответствующему ему выражению `if` (рис. 3.13);

РИС. 3.13. Выравнивание выражений `if` и `else`

- ◆ убедитесь, что инструкции в каждом блоке выделены отступом единообразным образом. Затененные части рис. 3.14 показывают вложенные блоки в структуре принятия решения. Обратите внимание, что в каждом блоке все инструкции имеют одинаковый отступ.

```

if salary >= MIN_SALARY:
    if years_on_job >= MIN_YEARS:
        print('Ваша ссуда одобрена.')
    else:
        print('Вы должны отработать',
              'не менее', MIN_YEARS,
              'лет, чтобы получить одобрение.')
else:
    print('Вы должны зарабатывать не менее $',
          format(MIN_SALARY, ',.2f'),
          'в год, чтобы получить одобрение.', sep=' ')

```

РИС. 3.14. Вложенные блоки

Проверка серии условий

В предыдущем примере вы увидели, каким образом в программе для проверки более одного условия применяются вложенные структуры принятия решения. Нередки случаи, когда в программе имеется серия условий, подлежащих проверке, и затем действие выполняется в зависимости от того, какое из этих условий является истинным. Один из способов этого добиться состоит в том, чтобы иметь структуру принятия решения, в которую вложено несколько других структур принятия решения. Например, взгляните на программу, представленную в следующей рубрике *"В центре внимания"*.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Многочисленные вложенные структуры принятия решения

Доктор Суарес преподает уроки литературы и для всех своих контрольных работ использует приведенную ниже пятиуровневую градацию оценок.

Оценка	Уровень
90 и выше	A
80–89	B
70–79	C
60–69	D
Ниже 60	F

Он попросил написать программу, которая позволит студенту вводить оценку и затем будет показывать его уровень знаний. Вот алгоритм, который вы будете использовать:

1. Попросить пользователя ввести оценку за контрольную работу.
2. Определить уровень знаний следующим образом:

Если оценка больше или равна 90, то уровень знаний – A.

Иначе если оценка больше или равна 80, то уровень знаний – B.

Иначе если оценка больше или равна 70, то уровень знаний – C.

Иначе если оценка больше или равна 60, то уровень знаний – D.

Иначе уровень знаний – F.

Вы решаете, что процесс определения уровня знаний потребует нескольких вложенных структур принятия решения (рис. 3.15). В программе 3.6 представлен соответствующий код. Фрагмент кода с вложенными структурами принятия решения находится в строках 14–26.

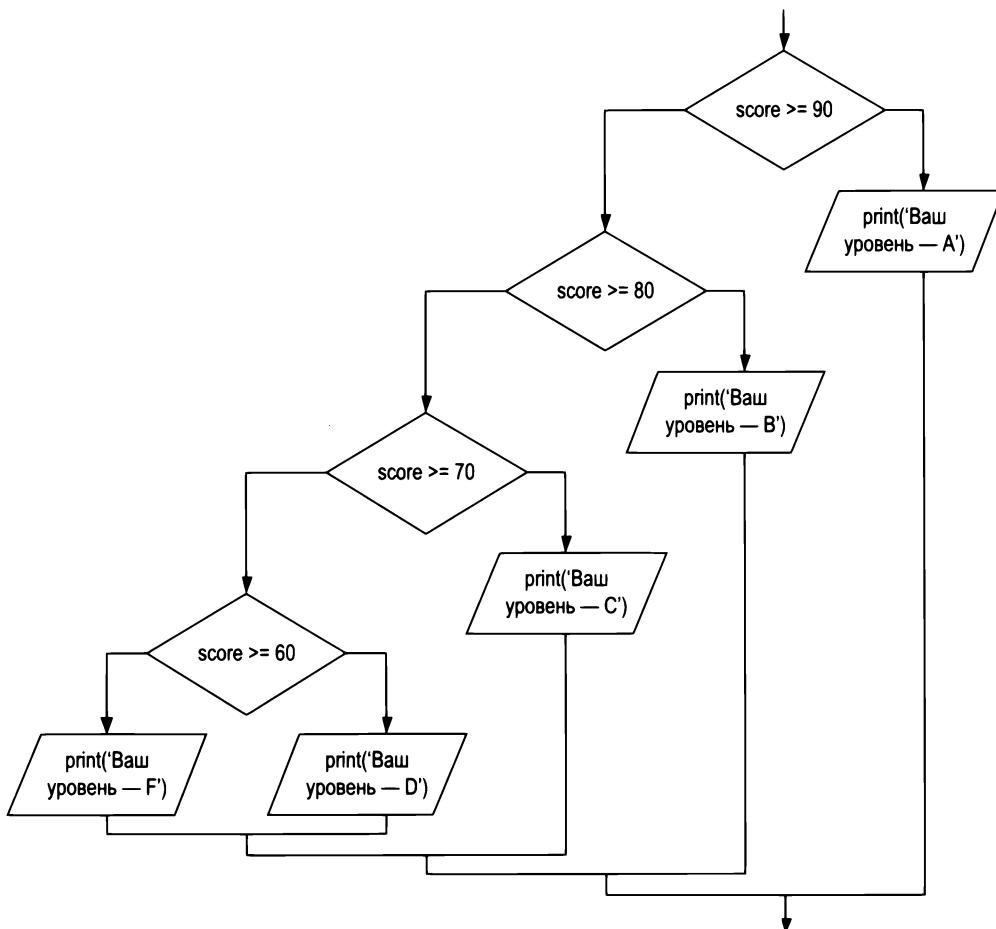


РИС. 3.15. Вложенная структура принятия решения для определения уровня знаний

Программа 3.6 (grader.py)

```

1 # Эта программа получает от пользователя числовую оценку
2 # и показывает буквенный уровень знаний согласно этой оценке.
3
4 # Именованные константы, представляющие пороги уровней.
5 A_SCORE = 90
6 B_SCORE = 80
7 C_SCORE = 70
8 D_SCORE = 60
9
  
```

```

10 # Получить от пользователя оценку за контрольную работу.
11 score = int(input('Введите свою оценку: '))
12
13 # Определить буквенный уровень.
14 if score >= A_SCORE:
15     print('Ваш уровень - А.')
16 else:
17     if score >= B_SCORE:
18         print('Ваш уровень - В.')
19     else:
20         if score >= C_SCORE:
21             print('Ваш уровень - С.')
22         else:
23             if score >= D_SCORE:
24                 print('Ваш уровень - D.')
25             else:
26                 print('Ваш уровень - F.')

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свою оценку: **78**

Ваш уровень – С.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свою оценку: **84**

Ваш уровень – В.

Инструкция if-elif-else

Хотя приведенный в программе 3.6 пример является простым, логика вложенной структуры принятия решения довольно сложная. Python предоставляет специальный вариант структуры принятия решения, именуемый инструкцией *if-elif-else*, которая упрощает написание логической конструкции такого типа. Вот общий формат инструкции *if-elif-else*:

```

if условие_1:
    инструкция
    инструкция
    ...
elif условие_2:
    инструкция
    инструкция
    ...

```

Вставить столько выражений *elif*, сколько нужно:

```

else:
    инструкция
    инструкция
    ...

```

При исполнении этой инструкции проверяется `условие_1`. Если оно является истинным, то исполняется блок инструкций, который следует сразу после него, вплоть до выражения `elif`. Остальная часть структуры игнорируется. Однако если `условие_1` является ложным, то программа пересекается непосредственно к следующему выражению `elif` и проверяет `условие_2`. Если оно истинное, то исполняется блок инструкций, который следует сразу после него, вплоть до следующего выражения `elif`. И остальная часть структуры тогда игнорируется. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдено условие, которое является истинным, либо пока больше не останется выражений `elif`. Если ни одно условие не является истинным, то исполняется блок инструкций после выражения `else`.

Приведенный ниже фрагмент является примером инструкции `if-elif-else`. Этот фрагмент кода работает так же, как вложенная структура принятия решения в строках 14–26 программы 3.6.

```
if score >= A_SCORE:
    print('Ваш уровень - А.')
elif score >= B_SCORE:
    print('Ваш уровень - В.')
elif score >= C_SCORE:
    print('Ваш уровень - С.')
elif score >= D_SCORE:
    print('Ваш уровень - Д.')
else:
    print('Ваш уровень - Е.')
```

Обратите внимание на выравнивание и выделение отступом, которые применены в инструкции `if-elif-else`: выражения `if`, `elif` и `else` выровнены, и исполняемые по условию блоки выделены отступом.

Инструкция `if-elif-else` не является обязательной, потому что ее логика может быть запрограммирована вложенными инструкциями `if-else`. Однако длинная серия вложенных инструкций `if-else` имеет два характерных недостатка при выполнении отладки программного кода.

- ◆ Программный код может стать сложным и трудным для восприятия.
- ◆ Из-за необходимого выделения отступом продолжительная серия вложенных инструкций `if-else` может стать слишком длинной, чтобы целиком уместиться на экране монитора без горизонтальной прокрутки. Длинные инструкции имеют тенденцию "переходить" на новую строку при распечатке на бумаге, что еще больше затрудняет чтение программного кода.

Логика инструкции `if-elif-else` обычно прослеживается легче, чем длинная серия вложенных инструкций `if-else`. И поскольку в инструкции `if-elif-else` все выражения выровнены, длина строк в данной инструкции, как правило, короче.



Контрольная точка

3.13. Преобразуйте приведенный ниже фрагмент кода в инструкцию `if-elif-else`:

```
if number == 1:
    print('Один')
```

```

else:
    if number == 2:
        print('Два')
    else:
        if number == 3:
            print('Три')
        else:
            print('Неизвестное')

```

3.5**Логические операторы****Ключевые положения**

Логический оператор `and` и логический оператор `or` позволяют соединять многочисленные булевые выражения для создания составного выражения. Логический оператор `not` изменяет значение булева выражения на противоположное.

Python предоставляет ряд операторов, именуемых *логическими операторами*, которые можно использовать для создания составных булевых выражений. В табл. 3.3 перечислены эти операторы.

Таблица 3.3. Логические операторы

Оператор	Значение
<code>and</code>	Оператор соединяет два булева выражения в одно составное выражение. Для того чтобы составное выражение было истинным, оба подвыражения должны быть истинными
<code>or</code>	Оператор соединяет два булева выражения в одно составное выражение. Для того чтобы составное выражение было истинным, одно либо оба подвыражения должны быть истинными. Достаточно, чтобы только одно из подвыражений было истинным, и не имеет значения какое из них
<code>not</code>	Оператор является унарным оператором, т. е. он работает только с одним операндом. Операнд должен быть булевым выражением. Оператор <code>not</code> инвертирует истинность своего операнда. Если он применен к выражению, которое является истинным, то этот оператор возвращает ложь. Если он применен к выражению, которое является ложным, то этот оператор возвращает истину

В табл. 3.4 представлены примеры нескольких составных булевых выражений, в которых использованы логические операторы.

Таблица 3.4. Составные булевые выражения с использованием логических операторов

Выражение	Значение
<code>x > y and a < b</code>	<code>x</code> больше <code>y</code> И <code>a</code> меньше <code>b</code> ?
<code>x == y or x == z</code>	<code>x</code> равно <code>y</code> ИЛИ <code>x</code> равно <code>z</code> ?
<code>not (x > y)</code>	Выражение <code>x > y</code> НЕ истинное?

Оператор *and*

Оператор *and* принимает два булевых выражения в качестве operandов и создает составное булево выражение, которое является истинным, только когда оба подвыражения являются истинными. Приведенный ниже фрагмент кода является примером инструкции *if*, в которой применен оператор *and*:

```
if temperature < 0 and minutes > 100:
    print('Температура находится в опасной зоне.')
```

В этой инструкции два булевых выражения `temperature < 0` и `minutes > 100` объединены в составное выражение. Функция `print` будет вызвана, только если `temperature` меньше 0 и `minutes` больше 100. Если любое булево подвыражение является ложным, то составное выражение является ложным, и сообщение не выводится.

В табл. 3.5 представлена таблица истинности для оператора *and*. В ней перечислены выражения, соединенные оператором *and*, показаны все возможные комбинации истинности и ложности и приведены результирующие значения выражений.

Таблица 3.5. Таблица истинности для оператора *and*

Выражение	Значение выражения
Истина <i>and</i> ложь	Ложь
Ложь <i>and</i> истина	Ложь
Ложь <i>and</i> ложь	Ложь
Истина <i>and</i> истина	Истина

Как показывает таблица, для того чтобы оператор вернул истинное значение, должны быть истинными *оба выражения* в операторе *and*.

Оператор *or*

Оператор *or* принимает два булевых выражения в качестве operandов и создает составное булево выражение, которое является истинным, когда любое из подвыражений является истинным. Приведенный ниже фрагмент кода является примером инструкции *if*, в которой применен оператор *or*:

```
if temperature < 0 or temperature > 40:
    print('Температура экстремальная.')
```

Функция `print` будет вызвана, только если `temperature` меньше 0 или `temperature` больше 40. Если любое булево подвыражение является истинным, то составное выражение является истинным. В табл. 3.6 приведена таблица истинности для оператора *or*.

Для того чтобы выражение *or* было истинным, требуется, чтобы *хотя бы один operand* оператора *or* был истинным. При этом не имеет значения, истинным или ложным будет второй operand.

Таблица 3.6. Таблица истинности для оператора or

Выражение	Значение выражения
Истина or ложь	Истина
Ложь or истина	Истина
Ложь or ложь	Ложь
Истина or истина	Истина

Вычисление по укороченной схеме

Оба оператора, `and` и `or`, *вычисляются по укороченной схеме*. Вот как это работает с оператором `and`. Если выражение слева от оператора `and` ложное, то выражение справа от него не проверяется. Поскольку составное выражение является ложным, если является ложным всего одно подвыражение, то проверка оставшегося выражения будет пустой тратой процессорного времени. Поэтому, когда оператор `and` обнаруживает, что выражение слева от него является ложным, он следует по укороченной схеме и выражение справа от него не вычисляет.

Вот как работает вычисление по укороченной схеме с оператором `or`. Если выражение слева от оператора `or` является истинным, то выражение справа от него не проверяется. Поскольку требуется, чтобы всего одно выражение было истинным, проверка оставшегося выражения будет пустой тратой процессорного времени.

Оператор `not`

Оператор `not` — это унарный оператор, который в качестве своего операнда принимает булево выражение и инвертирует его логическое значение. Другими словами, если выражение является истинным, то оператор `not` возвращает ложь, и если выражение является ложным, то оператор `not` возвращает истину. Приведенный ниже фрагмент кода представляет собой инструкцию `if`, в которой применен оператор `not`:

```
if not(temperature > 5):
    print('Это ниже максимальной температуры.')
```

Сначала проверяется выражение `(temperature > 5)`, в результате чего получается значение истина либо ложь. Затем к этому значению применяется оператор `not`. Если выражение `(temperature > 5)` является истинным, то оператор `not` возвращает ложь. Если выражение `(temperature > 5)` является ложным, то оператор `not` возвращает истину. Приведенный выше программный код эквивалентен вопросу: "Действительно температура не больше 5?"



ПРИМЕЧАНИЕ

В этом примере мы поместили круглые скобки вокруг выражения `temperature > 5` для того, чтобы было четко видно, что мы применяем оператор `not` к значению выражения `temperature > 5`, а не только к переменной `temperature`.

В табл. 3.7 приведена таблица истинности для оператора `not`.

Таблица 3.7. Таблица истинности для оператора not

Выражение	Значение выражения
not истина	Ложь
not ложь	Истина

Пересмотренная программа одобрения на получение ссуды

В некоторых ситуациях оператор `and` может применяться для упрощения вложенных структур принятия решения. Например, вспомните, что программа 3.5 одобрения на получение ссуды применяет приведенные ниже вложенные инструкции `if-else`:

```
if salary >= MIN_SALARY:
    if years_on_job >= MIN_YEARS:
        print('Ваша ссуда одобрена.')
    else:
        print('Вы должны отработать',
              'не менее', MIN_YEARS,
              'лет, чтобы получить одобрение.')
else:
    print('Вы должны зарабатывать не менее $',
          format(MIN_SALARY, ',.2f'),
          'в год, чтобы получить одобрение.', sep='')
```

Задача этой структуры принятия решения заключается в том, чтобы определить, составляет ли годовой оклад человека не менее 30 000 долларов и отработал ли он на своем текущем месте работы не менее двух лет. В программе 3.7 представлен способ выполнения подобной задачи при помощи более простого кода.

Программа 3.7 (loan_qualifier2.py)

```
1 # Эта программа определяет, удовлетворяет ли
2 # клиент требованиям банка на получение ссуды.
3
4 MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимая годовая зарплата.
5 MIN_YEARS = 2      # Минимально допустимый стаж на текущем месте работы.
6
7 # Получить размер годовой заработной платы клиента.
8 salary = float(input('Введите свой годовой оклад: '))
9
10 # Получить количество лет на текущем месте работы.
11 years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
12                      'рабочего стажа: '))
13
14 # Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
15 if salary >= MIN_SALARY and years_on_job >= MIN_YEARS:
16     print('Ваша ссуда одобрена.')
```

```

17 else:
18     print('Ваша ссуда не одобрена.')

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **35000**

Введите количество лет рабочего стажа: **1**

Ваша ссуда не одобрена.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **25000**

Введите количество лет рабочего стажа: **5**

Ваша ссуда не одобрена.

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **35000**

Введите количество лет рабочего стажа: **5**

Ваша ссуда одобрена.

Инструкция `if-else` в строках 15–18 проверяет составное выражение `salary >= MIN_SALARY and years_on_job >= MIN_YEARS`. Если оба подвыражения являются истинными, то составное выражение будет истинным, и выводится сообщение "Ваша ссуда одобрена". Если любое из подвыражений является ложным, то составное выражение будет ложным, и выводится сообщение "Ваша ссуда не одобрена".

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Наблюдательный читатель поймет, что программа 3.7 аналогична программе 3.5, но не эквивалентна ей. Если пользователь не проходит проверку, то программа 3.7 выводит лишь одно сообщение "Ваша ссуда не одобрена", тогда как программа 3.5 выводит два возможных сообщения с объяснением, почему пользователю отказано в ссуде.

Еще одна программа об одобрении ссуды

Предположим, что банк теряет клиентов в пользу конкурирующего банка, который не настолько строг в отношении того, кому он выдает деньги в ссуду. В ответ наш банк решает изменить свои требования к получению ссуды. Теперь клиентов следует проверять всего по одному предыдущему условию, а не обоим. В программе 3.8 показан новый код для одобрения ссуды. В составном выражении, которое проверяется инструкцией `if-else` в строке 15, теперь применен оператор `or`.

Программа 3.8 (loan_qualifier3.py)

```

1 # Эта программа определяет, удовлетворяет ли
2 # клиент требованиям банка на получение ссуды.
3
4 MIN_SALARY = 30000.0 # Минимально допустимая годовая зарплата
5 MIN_YEARS = 2        # Минимально допустимый стаж на текущем месте работы.
6

```

```

7 # Получить размер годовой заработной платы клиента.
8 salary = float(input('Введите свой годовой оклад: '))
9
10 # Получить количество лет на текущем месте работы.
11 years_on_job = int(input('Введите количество лет' +
12                         'рабочего стажа: '))
13
14 # Определить, удовлетворяет ли клиент требованиям.
15 if salary >= MIN_SALARY or years_on_job >= MIN_YEARS:
16     print('Ваша ссуда одобрена.')
17 else:
18     print('Ваша ссуда не одобрена.')

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **35000** Введите количество лет рабочего стажа: **1**
Ваша ссуда одобрена.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **25000** Введите количество лет рабочего стажа: **5**
Ваша ссуда одобрена.

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой годовой оклад: **12000** Введите количество лет рабочего стажа: **1**
Ваша ссуда одобрена.

Проверка числовых диапазонов при помощи логических операторов

Нередко требуется разработать алгоритм, который определяет, лежит ли числовое значение в заданном диапазоне значений либо за его пределами. При определении, находится ли число внутри диапазона, лучше всего применять оператор `and`. Например, приведенная ниже инструкция `if` проверяет значение `x`, чтобы определить, находится ли оно в диапазоне от 20 до 40:

```

if x >= 20 and x <= 40:
    print('Значение лежит в допустимом диапазоне.')

```

Составное булево выражение, проверяемое этой инструкцией, будет истинным, только когда `x` будет больше или равно 20 и меньше или равно 40. Для того чтобы это составное выражение было истинным, значение `x` должно быть в диапазоне от 20 до 40.

При определении, находится ли число вне диапазона, лучше применять оператор `or`. Приведенная ниже инструкция определяет, лежит ли переменная `x` вне диапазона от 20 до 40:

```

if x < 20 or x > 40:
    print('Значение лежит за пределами допустимого диапазона.')

```

Во время проверки диапазона чисел очень важно не перепутать логику логических операторов. Например, составное булево выражение в приведенном ниже фрагменте кода никогда не будет давать истинное значение:

```
# Ошибка!
if x < 20 and x > 40:
    print('Значение лежит за пределами допустимого диапазона.')
```

Совершенно очевидно, что x не может одновременно быть меньше 20 и больше 40.



Контрольная точка

3.14. Что такое составное булево выражение?

3.15. Приведенная ниже таблица истинности показывает разные комбинации истинности и ложности значений, соединенных логическим оператором. Заполните таблицу, обведя "И" или "Л", чтобы показать, является ли результатом такой комбинации истина или ложь.

Логическое выражение	Результат (обвести И или Л)	
Истина and ложь	И	Л
Истина and истина	И	Л
Ложь and истина	И	Л
Ложь and ложь	И	Л
Истина or ложь	И	Л
Истина or истина	И	Л
Ложь or истина	И	Л
Ложь or ложь	И	Л
not истина	И	Л
not ложь	И	Л

3.16. Допустим, что даны переменные $a = 2$, $b = 4$ и $c = 6$. Обведите "И" и "Л" для каждого приведенного ниже условия, чтобы показать, является ли значение истинным или ложным.

$a == 4 \text{ or } b > 2$	И	Л
$6 \leq c \text{ and } a > 3$	И	Л
$1 != b \text{ and } c != 3$	И	Л
$a \geq -1 \text{ or } a \leq b$	И	Л
$\text{not } (a > 2)$	И	Л

3.17. Объясните, каким образом работает вычисление по укороченной схеме с операторами `and` и `or`.

- 3.18.** Напишите инструкцию `if`, которая выводит сообщение "Допустимое число", если значение, на которое ссылается `speed`, лежит в диапазоне от 0 до 200.
- 3.19.** Напишите инструкцию `if`, которая выводит сообщение "Число не является допустимым", если значение, на которое ссылается `speed`, лежит вне диапазона от 0 до 200.

3.6

Булевые переменные

Ключевые положения

Булева, или логическая, переменная может ссылаться на одно из двух значений: `True` (Истина) или `False` (Ложь). Булевые переменные обычно применяются в качестве флагов, которые указывают на наличие каких-то конкретных условий.

До сих пор в этой книге мы работали с целочисленными (`int`), вещественными (`float`) и строковыми (`str`) переменными. Помимо этих типов данных Python также обеспечивает тип данных `bool`. Он позволяет создавать переменные, которые могут ссылаться на одно из двух возможных значений: `True` или `False`. Вот пара примеров того, как мы присваиваем значения переменной с типом `bool`:

```
hungry = True
sleepy = False
```

Булевые переменные обычно применяются в качестве флагов. *Флаг* — это переменная, которая сигнализирует о возникновении в программе некоего условия. Когда флаговая переменная получает значение `False`, она указывает на то, что условия не существует. Когда флаговая переменная получает значение `True`, она означает, что условие возникло.

Предположим, что у продавца есть квота в размере 50 000 долларов. Допустим, что переменная `sales` обозначает сумму, на которую продавец реализовал товаров. Приведенный ниже фрагмент кода определяет, была ли квота выполнена:

```
if sales >= 50000.0:
    sales_quota_met = True
else:
    sales_quota_met = False
```

В результате исполнения этого фрагмента кода переменная `sales_quota_met` (квота продаж выполнена) может использоваться в качестве флага, чтобы показывать, была ли достигнута квота продаж. Позже в программе мы могли бы проверить этот флаг следующим образом:

```
if sales_quota_met:
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```

Этот фрагмент кода показывает сообщение 'Вы выполнили свою квоту продаж!', в случае если булева переменная `sales_quota_met` равняется `True`. Обратите внимание, что нам не требуется применять оператор `==`, чтобы явным образом выполнить сравнение переменной `sales_quota_met` со значением `True`. Этот программный код эквивалентен следующему:

```
if sales_quota_met == True:
    print('Вы выполнили свою квоту продаж!')
```



Контрольная точка

- 3.20. Какие значения можно присваивать переменной с типом `bool`?
- 3.21. Что такое флаговая переменная?



3.7 Черепашья графика: определение состояния черепахи

Ключевые положения

Библиотека черепашьей графики предоставляет многочисленные функции, которые можно использовать в структурах принятия решения для определения состояния черепахи и выполнения действия по условию.

Функции библиотеки черепашьей графики можно применять для получения разнообразных сведений о текущем состоянии черепахи. В этом разделе мы рассмотрим функции, которые определяют позицию черепахи, угловое направление черепахи, положение пера над холстом, текущий цвет рисунка и т. д.

Определение позиции черепахи

Из главы 2 известно, что функции `turtle.xcor()` и `turtle.ycor()` применяются для получения текущих координат X и Y черепахи. Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли координата X больше 249 или координата Y больше 349. Если это так, то черепаха перемещается в позицию (0, 0):

```
if turtle.xcor() > 249 or turtle.ycor() > 349:  
    turtle.goto(0, 0)
```

Определение углового направления черепахи

Функция `turtle.heading()` возвращает угловое направление черепахи. По умолчанию направление возвращается в градусах. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.heading()  
0.0  
>>>
```

Приведенный далее фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, направлена ли черепаха под углом между 90 и 270 градусами. Если это так, то направление черепахи устанавливается в 180°:

```
if turtle.heading() >= 90 and turtle.heading() <= 270:  
    turtle.setheading(180)
```

Определение положения пера над холстом

Функция `turtle.isdown()` возвращает `True`, если перо черепахи опущено, либо `False` в противном случае. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.isdown()  
True  
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, опущено ли перо черепахи. Если перо опущено, то этот фрагмент кода его поднимает:

```
if turtle.isdown():
    turtle.penup()
```

Для того чтобы определить, поднято ли перо, применяется оператор `not` вместе с функцией `turtle.isdown()`. Приведенный ниже фрагмент кода это демонстрирует:

```
if not(turtle.isdown()):
    turtle.pendown()
```

Определение видимости черепахи

Функция `turtle.isvisible()` возвращает `True`, если черепаха видима, либо `False` в противном случае. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.isvisible()
True
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, видима ли черепаха. Если черепаха видима, то этот фрагмент кода ее прячет:

```
if turtle.isvisible():
    turtle.hideturtle()
```

Определение текущего цвета

При выполнении функции `turtle.pencolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий цвет пера в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.pencolor()
'black'
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет пера красным. Если цвет красный, то этот фрагмент кода его меняет на синий:

```
if turtle.pencolor() == 'red':
    turtle.pencolor('blue')
```

При выполнении функции `turtle.fillcolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий цвет заливки в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.fillcolor()
'black'
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет заливки синим. Если цвет заливки синий, то этот фрагмент кода его меняет на белый:

```
if turtle.fillcolor() == 'blue':  
    turtle.fillcolor('white')
```

При выполнении функции `turtle.bgcolor()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий фоновый цвет графического окна черепахи в качестве строкового значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.bgcolor()  
'white'  
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий цвет фона белым. Если цвет фона белый, то этот фрагмент кода меняет его на серый:

```
f turtle.bgcolor() == 'white':  
    turtle.fillcolor('gray')
```

Определение размера пера

При выполнении функции `turtle.pensize()` без передачи ей аргумента она возвращает текущий размер пера. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.pensize()  
1  
>>>
```

Приведенный ниже фрагмент кода использует инструкцию `if` для определения, является ли текущий размер пера меньше 3. Если размер пера меньше 3, то этот фрагмент кода меняет его на 3:

```
if turtle.pensize() < 3:  
    turtle.pensize(3)
```

Определение скорости анимации черепахи

При выполнении функции `turtle.speed()` без передачи ей аргумента она возвращает скорость текущей анимации черепахи. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> turtle.speed()  
3  
>>>
```

Из главы 2 известно, что скорость анимации черепахи представляет собой значение в диапазоне от 0 до 10. Если скорость равна 0, то анимация отключена, и черепаха выполняет все свои перемещения мгновенно. Если скорость находится в диапазоне от 1 до 10, то 1 представляет самую медленную скорость, а 10 — самую быструю скорость.

Приведенный ниже фрагмент кода определяет, является ли скорость черепахи больше 0. Если это так, то ее скорость устанавливается в 0:

```
if turtle.speed() > 0:  
    turtle.speed(0)
```

Приведенный ниже фрагмент кода показывает еще один пример. В нем применена инструкция `if-elif-else` для определения скорости черепахи и затем задания цвета пера. Если скорость равна 0, то цвет пера устанавливается в красный. В противном случае, если скорость больше 5, цвет пера устанавливается в синий. Иначе цвет пера устанавливается в зеленый:

```
if turtle.speed() == 0:  
    turtle.pencolor('red')  
elif turtle.speed() > 5:  
    turtle.pencolor('blue')  
else:  
    turtle.pencolor('green')
```

Создано в Python 3.6.0 | Python Data Science Toolkit 0.18.2 | IPython 6.2.1 | Jupyter Notebook 5.7.0 |

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Игра "Порази цель"

В этом разделе мы обратимся к программе Python, в которой черепашья графика используется, чтобы можно было сыграть в простую игру. Когда программа запускается, она выводит графический экран (рис. 3.16). Небольшой квадрат, который нарисован в правой верхней области окна, является целью. Нужно запустить черепаху как снаряд, чтобы она попала по

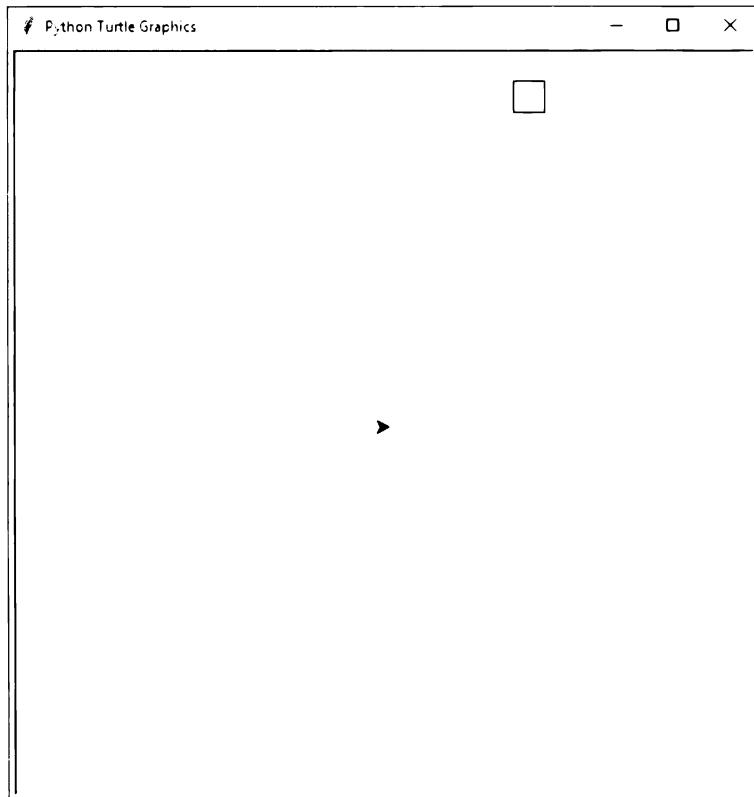


РИС. 3.16. Игра "Порази цель"

намеченной цели. Это делается путем ввода в окне оболочки угла и величины силы. Затем программа устанавливает угловое направление черепахи в заданный угол и применяет заданную величину силы в простой формуле расчета расстояния, на которое черепаха переместится. Чем больше величина силы, тем дальше черепаха переместится. Если черепаха останавливается в квадрате, значит она попала в цель.

Например, на рис. 3.17 показан сеанс с программой, в которой мы ввели 45 в качестве угла и 8 в качестве величины силы. Видно, что снаряд (черепаха) прошел мимо цели. На рис. 3.18 мы запустили программу снова и ввели 67 в качестве угла и 9.8 в качестве величины силы. Эти значения заставили снаряд достигнуть намеченной цели. В программе 3.9 представлен соответствующий код.

The screenshot shows two windows side-by-side. The left window is the Python 3.6.1 Shell, displaying the following text:

```

Python 3.6.1 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.1 (v3.6.1:69c0db5, Mar 21 2017, 18:41:36) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.

>>>
RESTART: C:\Users\labor\py_projects\Starting Out with Python 4ed\глава 3\hit_the_target.py
Введите угол снаряда: 45
Введите пусковую силу (1-10): 8
Вы промахнулись.

>>> |
```

The right window is Python Turtle Graphics, showing a square target at the top-left and a line segment representing the projectile's path that ends outside the square.

РИС. 3.17. Непопадание по цели

The screenshot shows two windows side-by-side. The left window is the Python 3.6.1 Shell, displaying the following text:

```

Python 3.6.1 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.1 (v3.6.1:69c0db5, Mar 21 2017, 18:41:36) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.

>>>
RESTART: C:\Users\labor\py_projects\Starting Out with Python 4ed\глава 3\hit_the_target.py
Введите угол снаряда: 45
Введите пусковую силу (1-10): 8
Вы промахнулись.

>>>
RESTART: C:\Users\labor\py_projects\Starting Out with Python 4ed\глава 3\hit_the_target.py
Введите угол снаряда: 67
Введите пусковую силу (1-10): 9.8
Цель поражена!

>>> |
```

The right window is Python Turtle Graphics, showing a square target with an arrow pointing to its center, indicating a hit.

РИС. 3.18. Попадание по цели

Программа 3.9 (hit_the_target.py)

```
1 # Игра "Порази цель"
2 import turtle
3
4 # Именованные константы
5 SCREEN_WIDTH = 600      # Ширина экрана.
6 SCREEN_HEIGHT = 600      # Высота экрана.
7 TARGET_LLEFT_X = 100     # Левая нижняя координата X цели.
8 TARGET_LLEFT_Y = 250     # Левая нижняя координата Y цели.
9 TARGET_WIDTH = 25        # Ширина цели.
10 FORCE_FACTOR = 30       # Фактор произвольной силы.
11 PROJECTILE_SPEED = 1    # Скорость анимации снаряда.
12 NORTH = 90              # Угол северного направления.
13 SOUTH = 270             # Угол южного направления.
14 EAST = 0                # Угол восточного направления.
15 WEST = 180              # Угол западного направления.
16
17 # Настроить окно.
18 turtle.setup(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT)
19
20 # Нарисовать цель.
21 turtle.hideturtle()
22 turtle.speed(0)
23 turtle.penup()
24 turtle.goto(TARGET_LLEFT_X, TARGET_LLEFT_Y)
25 turtle.pendown()
26 turtle.setheading(EAST)
27 turtle.forward(TARGET_WIDTH)
28 turtle.setheading(NORTH)
29 turtle.forward(TARGET_WIDTH)
30 turtle.setheading(WEST)
31 turtle.forward(TARGET_WIDTH)
32 turtle.setheading(SOUTH)
33 turtle.forward(TARGET_WIDTH)
34 turtle.penup()
35
36 # Центрировать черепаху.
37 turtle.goto(0, 0)
38 turtle.setheading(EAST)
39 turtle.showturtle()
40 turtle.speed(PROJECTILE_SPEED)
41
42 # Получить угол и силу от пользователя.
43 angle = float(input("Введите угол снаряда: "))
44 force = float(input("Введите пусковую силу (1-10): "))
45
```

```
46 # Рассчитать расстояние.  
47 distance = force * FORCE_FACTOR  
48  
49 # Задать направление.  
50 turtle.setheading(angle)  
51  
52 # Запустить снаряд.  
53 turtle.pendown()  
54 turtle.forward(distance)  
55  
56 # Снаряд поразил цель?  
57 if (turtle.xcor() >= TARGET_LLEFT_X and  
58     turtle.xcor() <= (TARGET_LLEFT_X + TARGET_WIDTH) and  
59     turtle.ycor() >= TARGET_LLEFT_Y and  
60     turtle.ycor() <= (TARGET_LLEFT_Y + TARGET_WIDTH)):  
61     print('Цель поражена!')  
62 else:  
63     print('Вы промахнулись.')
```

Давайте рассмотрим программный код. Строки 5–15 определяют приведенные ниже именованные константы.

- ◆ Строки 5 и 6 задают константы SCREEN_WIDTH и SCREEN_HEIGHT. Мы применим их в строке 14 для установки размера графического окна шириной 600 и высотой 600 пикселов.
- ◆ Строки 7 и 8 задают константы TARGET_LLEFT_X и TARGET_LLEFT_Y. Это произвольные значения, используемые в качестве позиции (X, Y) левого нижнего угла цели.
- ◆ Стока 9 задает константу TARGET_WIDTH, т. е. ширину (и высоту) цели.
- ◆ Стока 10 задает константу FORCE_FACTOR, которая представляет собой произвольное число, используемое в формуле для расчета расстояния, которое снаряд проходит при его запуске.
- ◆ Стока 11 задает константу PROJECTILE_SPEED, которую мы будем использовать в качестве скорости анимации черепахи при запуске снаряда.
- ◆ Строки 12–15 задают константы NORTH, SOUTH, EAST и WEST, которые мы применим в качестве углов для севера, юга, востока и запада, когда мы рисуем цель.

Строки 21–34 рисуют прямоугольную цель.

- ◆ Стока 21 прячет черепаху, потому что мы не должны ее видеть, пока цель не нарисована.
- ◆ Стока 22 назначает скорость анимации черепахи, равной 0, и тем самым отключает анимацию черепахи. Это делается с тем, чтобы прямоугольная цель появилась немедленно.
- ◆ Стока 23 поднимает перо черепахи вверх с тем, чтобы черепаха не чертила линию, когда мы ее перемещаем из ее позиции по умолчанию (в центре окна) в точку, где мы начнем рисовать цель.
- ◆ Стока 24 перемещает черепаху в позицию левого нижнего угла цели.

- ◆ Стока 25 опускает перо черепахи вниз с тем, чтобы черепаха рисовала, когда мы ее перемещаем.
- ◆ Стока 26 назначает угловое направление черепахи, равным 0 градусам, поворачивая ее на восток.
- ◆ Стока 27 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя нижний край цели.
- ◆ Стока 28 назначает угловое направление черепахи, равным 90° , поворачивая ее на север.
- ◆ Стока 29 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя правый край цели.
- ◆ Стока 30 назначает угловое направление черепахи, равным 180° , поворачивая ее на запад.
- ◆ Стока 31 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя верхний край цели.
- ◆ Стока 32 назначает угловое направление черепахи, равным 270° , поворачивая ее на юг.
- ◆ Стока 33 перемещает черепаху вперед на 25 пикселов, рисуя левый край цели.
- ◆ Стока 34 поднимает перо черепахи вверх с тем, чтобы она не чертила линию, когда мы перемещаем черепаху назад в центр окна.

Строки 37–40 перемещают черепаху назад в центр окна.

- ◆ Стока 37 перемещает черепаху в позицию (0, 0).
- ◆ Стока 38 назначает угловое направление черепахи, равным 0 градусам, поворачивая ее на восток.
- ◆ Стока 39 показывает черепаху.
- ◆ Стока 40 назначает скорость анимации черепахи, равной 1, т. е. достаточно медленную, чтобы можно было увидеть, как снаряд перемещается при его запуске.

Строки 43 и 44 получают от пользователя угол и пусковую силу.

- ◆ Стока 43 предлагает пользователю ввести угол снаряда. Вводимое значение преобразуется в тип `float` и присваивается переменной `angle`.
- ◆ Стока 44 предлагает пользователю ввести пусковую силу в диапазоне 1–10. Вводимое значение преобразуется в тип `float` и присваивается переменной `force`. Числовая величина силы будет применена в строке 47 для расчета расстояния, которое снаряд пройдет. Чем больше величина силы, тем дальше снаряд переместится.

Строка 47 вычисляет расстояние, на которое черепаха переместится и присваивает это значение переменной `distance`. Расстояние вычисляется путем умножения введенной пользователем величины силы на константу `FORCE_FACTOR`, которая равняется 30. В качестве значения константы мы выбрали 30, потому что расстояние от черепахи до края окна составляет 300 пикселов (или чуть больше в зависимости от углового направления черепахи). Если в качестве величины силы пользователь введет 10, то черепаха переместится к краю экрана.

Строка 50 устанавливает угловое направление черепахи в то значение угла, которое пользователь ввел в строке 43.

Строки 53 и 54 запускают черепаху.

- ◆ Стока 53 опускает перо черепахи с тем, чтобы она чертила линию при ее перемещении.
- ◆ Стока 54 перемещает черепаху вперед на расстояние, которое было вычислено в строке 54.

Последнее, что следует сделать, — это определить, достигла ли черепаха намеченной цели. Если черепаха внутри цели, то все следующее ниже будет истинным:

- ◆ координата X черепахи будет больше или равна TARGET_LLEFT_X;
- ◆ координата X черепахи будет меньше или равна TARGET_LLEFT_X + TARGET_WIDTH;
- ◆ координата Y черепахи будет больше или равна TARGET_LLEFT_Y;
- ◆ координата Y черепахи будет меньше или равна TARGET_LLEFT_Y + TARGET_WIDTH.

Инструкция `if-else` в строках 57–63 определяет, являются ли все эти условия истинными. Если они истинные, то в строке 61 выводится сообщение 'Цель поражена!'. В противном случае в строке 63 выводится сообщение 'Вы промахнулись.'.



Контрольная точка

- 3.22. Как получить координаты X и Y черепахи?
- 3.23. Как определить, поднято ли перо?
- 3.24. Как получить текущее угловое направление черепахи?
- 3.25. Как определить, видима черепаха или нет?
- 3.26. Как определить цвет пера черепахи? Как определить текущий цвет заливки? Как определить текущий фоновый цвет графического окна черепахи?
- 3.27. Как определить текущий размер пера?
- 3.28. Как определить текущую скорость анимации черепахи?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Какая структура может выполнять набор инструкций только при определенных обстоятельствах?
 - а) последовательная структура;
 - б) подробная структура;
 - в) структура принятия решения;
 - г) булева структура.
2. Какая структура обеспечивает единственный вариант пути исполнения?
 - а) последовательная структура;
 - б) структура принятия решения с единственным вариантом;
 - в) структура с однопутным вариантом;
 - г) структура принятия решения с одиночным исполнением.
3. Какое выражение имеет значение True либо False?
 - а) бинарное выражение;
 - б) выражение принятия решения;

- в) безусловное выражение;
г) булево выражение.
4. Символы $>$, $<$ и $=$ являются _____ операторами.
- а) реляционными;
б) логическими;
в) условными;
г) трехкомпонентными.
5. Какая структура проверяет условие и затем принимается один путь, если условие истинное, либо другой путь, если условие ложное?
- а) инструкция `if`;
б) структура принятия решения с единственным вариантом;
в) структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами;
г) последовательная.
6. Инструкция _____ используется для написания структуры принятия решения с единственным вариантом.
- а) перехода по условию;
б) `if`;
в) `if-else`;
г) вызова по условию.
7. Инструкция _____ используется для написания структуры принятия решения с двумя альтернативными вариантами.
- а) перехода по условию;
б) `if`;
в) `if-else`;
г) вызова по условию.
8. `and`, `or` и `not` — это _____ операторы.
- а) реляционные;
б) логические;
в) условные;
г) трехкомпонентные.
9. Составное булево выражение, созданное при помощи оператора _____, является истинным, только если оба его подвыражения являются истинными.
- а) `and`;
б) `or`;
в) `not`;
г) `both`.

10. Составное булево выражение, созданное при помощи оператора _____, является истинным, если одно из его подвыражений является истинным.
- and;
 - or;
 - not;
 - either.
11. Оператор _____ принимает булево выражение в качестве своего операнда и инвертирует его логическое значение.
- and;
 - or;
 - not;
 - either.
12. _____ — это булева переменная, которая сигнализирует, когда в программе возникает некое условие.
- флаг;
 - сигнал;
 - метка;
 - гудок.

Истина или ложь

- Любая программа может быть написана лишь при помощи последовательных структур.
- Программа может быть составлена только из одного типа управляющих структур. Объединять структуры нельзя.
- Структура принятия решения с единственным вариантом проверяет условие и затем принимает один путь, если это условие является истинным, либо другой путь, если это условие является ложным.
- Структура принятия решения может быть вложена внутрь другой структуры принятия решения.
- Составное булево выражение, созданное при помощи оператора and, является истинным, только когда оба его подвыражения являются истинными.

Короткий ответ

- Объясните, что имеется в виду под термином "исполнимый по условию".
- Вам нужно проверить условие. Если оно является истинным, то выполнить один набор инструкций. Если же оно является ложным, то выполнить другой набор инструкций. Какую структуру вы будете использовать?
- Кратко опишите, как работает оператор and.
- Кратко опишите, как работает оператор or.

5. Какой логический оператор лучше всего использовать при определении, находится ли число внутри диапазона?
6. Что такое флаг и как он работает?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 20 переменной `y` и значение 40 переменной `z`, если переменная `x` больше 100.
2. Напишите инструкцию `if`, которая присваивает значение 0 переменной `b` и значение 1 переменной `c`, если переменная `a` меньше 10.
3. Напишите инструкцию `if-else`, которая присваивает значение 0 переменной `b`, если переменная `a` меньше 10. В противном случае она должна присвоить переменной `b` значение 99.
4. Приведенный ниже фрагмент кода содержит несколько вложенных инструкций `if-else`. К сожалению, они были написаны без надлежащего выравнивания и выделения отступом. Перепишите этот фрагмент и примените соответствующие правила выравнивания и выделения отступом.

```
if score >= A_score:
    print('Ваш уровень - A.')
else:
    if score >= B_score:
        print('Ваш уровень - B.')
    else:
        if score >= C_score:
            print('Ваш уровень - C.')
        else:
            if score >= D_score:
                print('Ваш уровень - D.')
            else:
                print('Ваш уровень - F.)
```

5. Напишите вложенные структуры принятия решения, которые выполняют следующее: если `amount1` больше 10 и `amount2` меньше 100, то показать большее значение из двух переменных `amount1` и `amount2`.
6. Напишите инструкцию `if-else`, которая выводит сообщение 'Скорость нормальная', если переменная `speed` находится в диапазоне от 24 до 56. Если значение переменной `speed` лежит вне этого диапазона, то показать 'Скорость аварийная'.
7. Напишите инструкцию `if-else`, которая определяет, находится ли переменная `points` вне диапазона от 9 до 51. Если значение переменной лежит вне этого диапазона, то она должна вывести сообщение 'Недопустимые точки'. В противном случае она должна показать сообщение 'Допустимые точки'.
8. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, находится ли угловое направление черепахи в диапазоне от 0 до 45° (включая 0 и 45). Если это так, то поднимите перо черепахи.
9. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, является ли цвет пера черепахи красным или синим. Если это так, то установите размер пера 5 пикселов.

10. Напишите инструкцию `if`, которая применяет библиотеку черепашьей графики, чтобы определить, находится ли черепаха в прямоугольнике. Левый верхний угол прямоугольника находится в позиции (100, 100), а его правый нижний угол — в позиции (200, 200). Если черепаха в прямоугольнике, то спрячьте черепаху.

Задачи по программированию

- День недели.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя число в диапазоне от 1 до 7. Эта программа должна показать соответствующий день недели, где 1 — понедельник, 2 — вторник, 3 — среда, 4 — четверг, 5 — пятница, 6 — суббота и 7 — воскресенье. Программа должна вывести сообщение об ошибке, если пользователь вводит номер, который находится вне диапазона от 1 до 7.
- Площади прямоугольников.** Площадь прямоугольника — это произведение его длины на его ширину. Напишите программу, которая запрашивает длину и ширину двух прямоугольников. Программа должна выводить пользователю сообщение о том, площадь какого-то прямоугольника больше, либо сообщать, что они одинаковы.
- Классификатор возраста.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести возраст человека. Программа должна определить, к какой категории этот человек принадлежит: младенец, ребенок, подросток или взрослый, и вывести соответствующее сообщение. Ниже приведены возрастные рекомендации:
 - если возраст 1 год или меньше, то он или она — младенец;
 - если возраст старше 1 года, но моложе 13 лет, то он или она — ребенок;
 - если возраст не менее 13 лет, но моложе 20 лет, то он или она — подросток;
 - если возраст более 20 лет, то он или она — взрослый.
- Римские цифры.** Напишите программу, которая предлагает пользователю ввести число в диапазоне от 1 до 10. Программа должна показать для этого числа римскую цифру. Если число находится вне диапазона 1–10, то программа должна вывести сообщение об ошибке. В табл. 3.8 приведены римские цифры для чисел от 1 до 10.

Таблица 3.8. Римские цифры

Число	Римская цифра
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII
9	IX
10	X

- 5. Масса и вес.** Ученые измеряют массу физического тела в килограммах и вес в ньютонах. Если известна величина массы тела в килограммах, то при помощи приведенной ниже формулы можно рассчитать вес в ньютонах:

$$\text{вес} = \text{масса} \times 9,8.$$

Напишите программу, которая просит пользователя ввести массу тела и затем вычисляет его вес. Если вес тела больше 500 Н (ニュтонов), то вывести сообщение, говорящее о том, что тело слишком тяжелое. Если вес тела меньше 100 Н, то показать сообщение, что оно слишком легкое.

- 6. Волшебные даты.** Дата 10 июня 1960 года является особенной, потому что если ее записать в приведенном ниже формате, то произведение дня и месяца равняется году:

10.06.60

Разработайте программу, которая просит пользователя ввести месяц (в числовой форме), день и двузначный год. Затем программа должна определить, равняется ли произведение дня и месяца году. Если это так, то она должна вывести сообщение, говорящее, что введенная дата является волшебной. В противном случае она должна вывести сообщение, что дата не является волшебной.

- 7. Цветовой микшер.** Красный, синий и желтый называются основными цветами, потому что их нельзя получить путем смешения других цветов. При смешивании двух основных цветов получается вторичный цвет:

- если смешать красный и синий, то получится фиолетовый;
- если смешать красный и желтый, то получится оранжевый;
- если смешать синий и желтый, то получится зеленый.

Разработайте программу, которая предлагает пользователю ввести названия двух основных цветов для смешивания. Если пользователь вводит что-нибудь помимо названий "красный", "синий" или "желтый", то программа должна вывести сообщение об ошибке. В противном случае программа должна вывести название вторичного цвета, который получится в результате.

- 8. Калькулятор сосисок для пикника.** Допустим, что сосиски упакованы в пакеты по 10 штук, а булочки — в пакеты по 8 штук. Напишите программу, которая вычисляет количество упаковок с сосисками и количество упаковок с булочками, необходимых для пикника с минимальными остатками. Программа должна запросить у пользователя количество участников пикника и количество хот-догов, которые будут предложены каждому участнику. Программа должна показать приведенные ниже подробности:

- минимально необходимое количество упаковок с сосисками;
- минимально необходимое количество упаковок с булочками;
- количество оставшихся сосисок;
- количество оставшихся булочек.

- 9. Цвета колеса рулетки.** На колесе рулетки карманы пронумерованы от 0 до 36. Ниже приведены цвета карманов:

- карман 0 — зеленый;
- для карманов с 1 по 10 карманы с нечетным номером имеют красный цвет, карманы с четным номером — черный;

- для карманов с 11 по 18 карманы с нечетным номером имеют черный цвет, карманы с четным номером — красный;
- для карманов с 19 по 28 карманы с нечетным номером имеют красный цвет, карманы с четным номером — черный;
- для карманов с 29 по 36 карманы с нечетным номером имеют черный цвет, карманы с четным номером — красный.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести номер кармана и показывает, является ли этот карман зеленым, красным или черным. Программа должна вывести сообщение об ошибке, если пользователь вводит число, которое лежит вне диапазона от 0 до 36.

10. Игра в подсчитывание монет. Создайте игру, которая просит пользователя ввести необходимое количество монет, чтобы получился ровно один рубль. Программа должна предложить пользователю ввести количество монет достоинством 5, 10 и 50 копеек. Если итоговое значение введенных монет равно одному рублю, то программа должна поздравить пользователя с выигрышем. В противном случае программа должна вывести сообщение, говорящее о том, была ли введенная сумма больше или меньше одного рубля. Подумайте о варианте игры, где вместо рубля используется доллар и разменные монеты: пенс, пятицентовик, десятицентовик и четвертак.

11. Очки книжного клуба. Прозорливая книготорговая фирма владеет книжным клубом, который присуждает своим клиентам очки, основываясь на количестве книг, приобретенных ими ежемесячно. Очки присуждаются следующим образом:

- если клиент приобретает 0 книг, то зарабатывает 0 очков;
- если клиент приобретает 2 книги, то зарабатывает 5 очков;
- если клиент приобретает 4 книги, то зарабатывает 15 очков;
- если клиент приобретает 6 книг, то зарабатывает 30 очков;
- если клиент приобретает 8 книг или больше, то зарабатывает 60 очков.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество книг, приобретенных им в этом месяце, и затем выводит присужденное количество очков.

12. Реализация программного обеспечения. Компания-разработчик программного обеспечения продает программный пакет, который реализуется в рознице за 99 долларов. Скидки за количество предоставляются в соответствии с табл. 3.9.

Таблица 3.9. Скидки

Количество, штук	Скидка, %
10–19	10
20–49	20
50–99	30
100 или больше	40

Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество приобретенных пакетов. Программа должна затем показать сумму скидки (если таковая имеется) и общую сумму покупки после вычета скидки.

13. **Стоимость доставки.** Грузовая компания срочной доставки взимает плату согласно ставкам, приведенным в табл. 3.10.

Таблица 3.10. Ставки по доставке грузов

Масса пакета, г	Ставка за 100 г, рублей
200 или меньше	150
Свыше 200, но не более 600	300
Свыше 600, но не более 1000	400
Свыше 1000	475

Напишите программу, которая просит пользователя ввести массу пакета и показывает плату за доставку.

14. **Индекс массы тела.** Напишите программу, которая вычисляет и показывает индекс массы тела (ИМТ) человека. ИМТ часто используется для определения, весит ли человек больше или меньше нормы для своего. ИМТ человека рассчитывают по формуле:

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{масса}}{\text{рост}},$$

где масса измеряется в килограммах, а рост — в метрах. Программа должна попросить пользователя ввести массу и рост и затем показать ИМТ пользователя. Программа также должна вывести сообщение, указывающее, имеет ли человек оптимальную, недостаточную или избыточную массу. Масса человека считается оптимальной, если его ИМТ находится между 18.5 и 25. Если ИМТ меньше 18.5, то считается, что человек весит ниже нормы. Если значение ИМТ больше 25, то считается, что человек весит больше нормы.

15. **Калькулятор времени.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести количество секунд и работает следующим образом.

- В минуте 60 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 60, то программа должна преобразовать число секунд в минуты и секунды.
- В часе 3 600 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 3 600, то программа должна преобразовать число секунд в часы, минуты и секунды.
- В дне 86 400 секунд. Если число введенных пользователем секунд больше или равно 86 400, то программа должна преобразовать число секунд в дни, часы, минуты и секунды.

16. **Дни в феврале.** Февраль обычно имеет 28 дней. Но в *високосный год* в феврале 29 дней.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести год. Затем она должна показать количество дней в феврале в этом году. Для определения високосных лет используйте следующие критерии.

- Определить, делится ли год на 100. Если да, то этот год високосный тогда и только тогда, если он также делится на 400. Например, 2000 является високосным годом, а 2100 нет.
- Если год не делится на 100, то этот год високосный тогда и только тогда, если он делится на 4. Например, 2008 является високосным годом, но 2009 нет.

Вот пример выполнения этой программы:

Введите год: **2008**

В 2008 году в феврале 29 дней.

17. **Диагностическое дерево проверки качества Wi-Fi.** На рис. 3.19 приведена упрощенная блок-схема поиска причины плохого Wi-Fi-соединения. Используйте ее для создания программы, которая проведет пользователя по шагам исправления плохого Wi-Fi-соединения. Вот пример вывода программы:

Перезагрузите компьютер и попробуйте подключиться.

Вы исправили проблему? **нет**

Перезагрузите маршрутизатор и попробуйте подключиться.

Вы исправили проблему? **да**

Обратите внимание, что программа завершается, как только решение проблемы найдено.
Вот еще один пример вывода программы:

Перезагрузите компьютер и попробуйте подключиться.

Вы исправили проблему? **нет**

Перезагрузите маршрутизатор и попробуйте подключиться.

Вы исправили проблему? **нет**

Убедитесь, что кабели между маршрутизатором и модемом прочно подсоединенны.

Вы исправили проблему? **нет**

Переместите маршрутизатор на новое место.

Вы исправили проблему? **нет**

Возьмите новый маршрутизатор.

18. **Селектор ресторанов.** На вашу встречу выпускников собирается прибыть группа ваших друзей, и вы хотите их повести в местный ресторан на ужин. Вы не уверены, что ваши друзья придерживаются диетических ограничений, но ваши варианты выбора ресторана будут такими.

Изысканные гамбургеры от Джо — вегетарианская: нет, веганская (строгая вегетарианская): нет, безглютеновая: нет.

Центральная пиццерия — вегетарианская: да, веганская: нет, безглютеновая: да.

Кафе за углом — вегетарианская: да, веганская: да, безглютеновая: да.

Блюда от итальянской мамы — вегетарианская: да, веганская: нет, безглютеновая: нет.

Кухня шеф-повара — вегетарианская: да, веганская: да, безглютеновая: да.

Напишите программу, которая запрашивает, есть ли в группе вегетарианцы, веганцы либо приверженцы безглютеновой диеты, после чего она выводит только те рестораны, в которые можно повести группу друзей. Вот пример вывода программы:

Будет ли на ужине вегетарианец? **да**

Будет ли на ужине веганец? **нет**

Будет ли на ужине приверженец безглютеновой диеты? **да**

Вот ваши варианты ресторанов:

Центральная пиццерия

Кафе за углом

Кухня шеф-повара

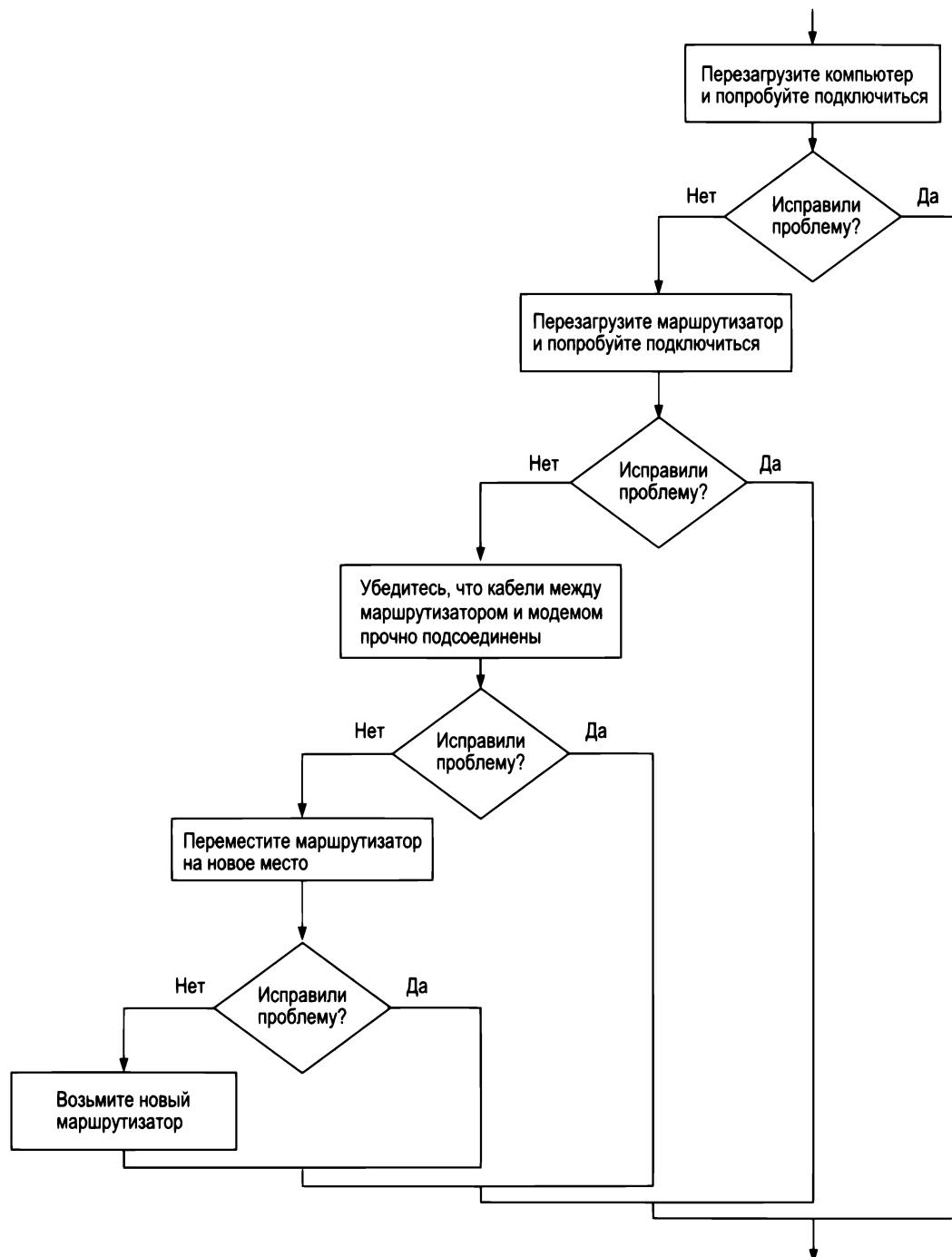


РИС. 3.19. Исправление плохого Wi-Fi-соединения

Вот еще один пример вывода программы:

Будет ли на ужине вегетарианец? **да**

Будет ли на ужине веганец? **да**

Будет ли на ужине приверженец безглютеновой диеты? **да**

Вот ваши варианты ресторанов:

Кафе за углом

Кухня шеф-повара

19. **Черепашья графика: модификация игры "Порази цель".** Усовершенствуйте код из файла `hit_the_target.py`, который вы увидели в программе 3.9, так, чтобы при непопадании снаряда по цели программа показывала пользователю подсказки в отношении того, нужно ли увеличить или уменьшить угол и/или величину силы. Например, программа должна показывать такие сообщения, как 'Попробуйте угол побольше' и 'Примените силу поменьше'.

4.1

Введение в структуры повторения

Ключевые положения

Структура с повторением исполняет инструкции или набор инструкций многократно.

Программистам в большинстве случаев приходится писать код, который выполняет одну и ту же задачу снова и снова. Предположим, что вас попросили написать программу, которая вычисляет 10-процентные торговые комиссионные для нескольких продавцов. Один из подходов, который предоставляет неплохое решение, состоит в том, чтобы написать программный код, вычисляющий комиссионные для одного продавца, и затем повторить этот программный код для каждого продавца. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
# Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))

# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')

# Получить продажи еще одного продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))

# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')

# Получить продажи еще одного продавца и его ставку комиссионных.
sales = float(input('Введите объем продаж: '))
comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))
```

```
# Рассчитать комиссионное вознаграждение.
commission = sales * comm_rate

# Показать комиссионное вознаграждение.
print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
      format(commission, '.2f'), sep='')
```

И этот код повторяется снова и снова...

Как видите, этот программный код представляет собой одну длинную последовательную структуру, содержащую много повторяющихся фрагментов. У этого подхода имеется несколько недостатков:

- ◆ повторяющийся код увеличивает программу;
- ◆ написание длинной последовательности инструкций может быть трудоемким;
- ◆ если часть повторяющегося программного кода нужно исправить или изменить, то исправление или изменение должны быть повторены много раз.

Вместо неоднократного написания *одинаковой* последовательности инструкций более оптимальный способ неоднократно выполнить операцию состоит в том, чтобы *написать* программный код операции *всего один раз* и затем поместить этот код в структуру, которая предписывает компьютеру повторять его столько раз, сколько нужно. Это делается при помощи *структур с повторением*, которая более широко известна как *цикл*.

Циклы с условием повторения и со счетчиком повторений

В этой главе мы обратимся к двум популярным циклам: циклам с условием повторения и циклам со счетчиком повторений. *Цикл с условием повторений* использует логическое условие со значениями истина/ложь, которое управляет количеством повторов цикла. *Цикл со счетчиком повторений* повторяется заданное количество раз. Для написания цикла с условием повторения в Python используется инструкция `while`, для написания цикла со счетчиком повторений — инструкция `for`. В этой главе мы покажем, как писать оба вида циклов.



Контрольная точка

- 4.1. Что такое структура с повторением?
- 4.2. Что такое цикл с условием повторения?
- 4.3. Что такое цикл со счетчиком повторений?



4.2 Цикл `while`: цикл с условием повторения

Ключевые положения

Цикл с условием повторения исполняет инструкции или набор инструкций повторно до тех пор, пока условие является истинным. В Python для написания цикла с условием повторения применяется инструкция `while`.



Видеозапись "Цикл `while`" (*The while Loop*)

Цикл `while` ("пока") получил свое название из-за характера своей работы: он выполняет некую задачу до тех пор, пока условие является истинным. Данный цикл имеет две части:

условие, которое проверяется на истинность либо ложность, и **инструкцию** или **набор инструкций**, которые повторяются до тех пор, пока условие является истинным. На рис. 4.1 представлена логическая схема цикла `while`.

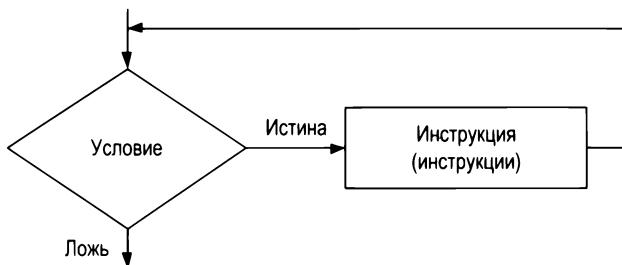


РИС. 4.1. Логическая схема цикла `while`

Ромбовидный символ представляет проверяемое условие. Обратите внимание, что происходит, если условие является истинным: исполняется одна или несколько инструкций, и выполнение программы перетекает назад к точке чуть выше ромба. Условие проверяется снова, и если оно истинное, то процесс повторяется. Если условие является ложным, то программа выходит из цикла. В блок-схеме цикл всегда идентифицируется по соединительной линии, которая возвращается в предыдущую часть блок-схемы.

Вот общий формат цикла с условием повторения в Python:

```

while условие:
    инструкция
    инструкция
    ...
  
```

Для простоты мы будем называть первую строку *выражением while*. Оно начинается со слова `while`, после которого идет булево *условие*, вычисляемое как истина либо как ложь. После *условия* идет двоеточие. Начиная со следующей строки расположен блок инструкций. (Из главы 3 известно, что все инструкции в блоке должны быть единообразно выделены отступом. Такое выделение отступом необходимо потому, что интерпретатор Python его использует для определения начала и конца блока.)

При исполнении цикла `while` проверяется *условие*. Если *условие* является истинным, то исполняются инструкции, которые расположены в блоке после выражения `while`, и цикл начинается с начала. Если *условие* является ложным, то программа выходит из цикла. В программе 4.1 показано, как цикл `while` может быть применен для написания программы расчета комиссионного вознаграждения, которая была представлена в начале этой главы.

Программа 4.1 (commission.py)

```

1 # Эта программа вычисляет торговые комиссионные.
2
3 # Создать переменную для управления циклом.
4 keep_going = 'д'
5
6 # Вычислить серию комиссионных вознаграждений.
7 while keep_going == 'д':
  
```

```

8   # Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.
9   sales = float(input('Введите объем продаж: '))
10  comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))
11
12  # Рассчитать комиссионное вознаграждение.
13  commission = sales * comm_rate
14
15  # Показать комиссионное вознаграждение.
16  print('Комиссионное вознаграждение составляет $',
17      format(commission, '.2f'), sep='')
18
19  # Убедиться, что пользователь хочет выполнить еще одно.
20  keep_going = input('Хотите вычислить еще одно ' +
21      '(Введите д, если да): ')

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите объем продаж: 10000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.10 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $1,000.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): д Enter
Введите объем продаж: 20000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.15 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $3,000.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): д Enter
Введите объем продаж: 12000.00 Enter
Введите ставку комиссионных: 0.10 Enter
Комиссионное вознаграждение составляет $1,200.00
Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да): н Enter

```

В строке 4 мы применяем инструкцию присваивания для создания переменной с именем `keep_going` (продолжать). Отметим, что переменной присваивается значение '`д`'. Это инициализирующее значение имеет большую важность, и через мгновение вы увидите почему.

Строка 7 — это начало цикла `while`:

```
while keep_going == 'д':
```

Обратите внимание на проверяемое условие: `keep_going == 'д'`. Цикл проверяет это условие, и если оно истинное, то исполняются инструкции в строках 8–21. Затем цикл начинается заново в строке 7. Он проверяет выражение `keep_going == 'д'`, и если оно истинное, то инструкции в строках 8–21 исполняются снова. Этот цикл повторяется, пока выражение `keep_going == 'д'` будет проверено в строке 7 и не обнаружится, что оно ложное. Когда это происходит, программа выходит из цикла. Это проиллюстрировано на рис. 4.2.

Для того чтобы этот цикл прекратил выполняться, что-то должно произойти внутри цикла, что сделает выражение `keep_going == 'д'` ложным. Инструкция в строках 20–21 этим и занимается. Эта инструкция выводит подсказку 'Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да)'. Значение, которое считывается с клавиатуры, присваивается переменной `keep_going`. Если пользователь вводит букву `д` (и она должна быть в нижнем регистре), то,

когда цикл начинается снова, выражение `keep_going == 'д'` будет истинным. А значит, инструкции в теле цикла исполняются еще раз. Но если пользователь введет что-то иное, чем буква `д` в нижнем регистре, то, когда цикл начинается снова, выражение будет ложным, и программа выйдет из цикла.

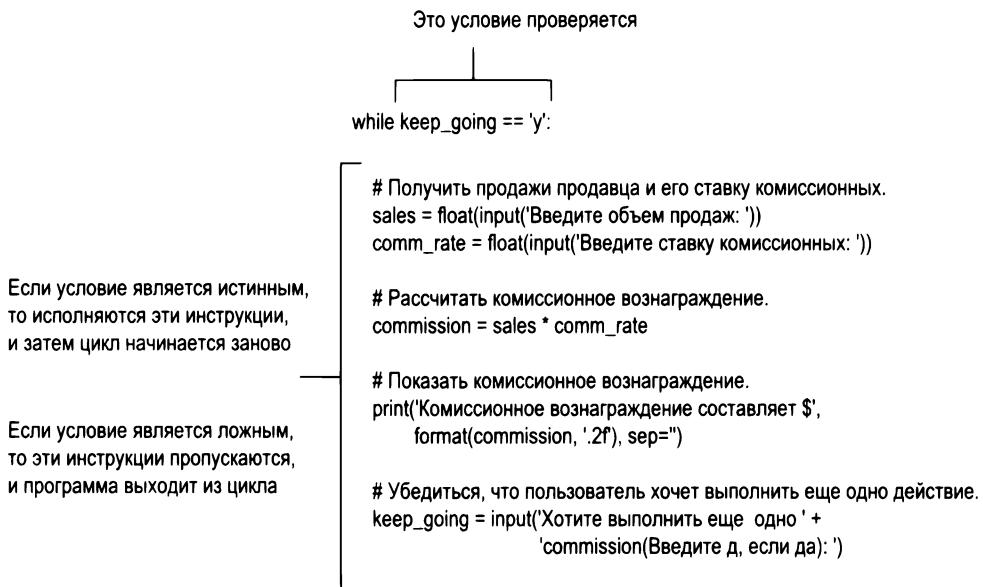


РИС. 4.2. Цикл `while`

Теперь, когда вы исследовали программный код, взгляните на результат демонстрационного выполнения программы. Сначала пользователь ввел `10 000.00` в качестве продаж и `0.10` в качестве ставки комиссионных. Затем программа показала комиссионное вознаграждение для этой суммы, которое составляет `$1000.00`. Далее пользователю выводится подсказка '`Хотите вычислить еще одно (Введите д, если да)`'. Пользователь ввел `д`, и цикл начался заново. В демонстрационном выполнении пользователь прошел этот процесс три раза. Каждое отдельное исполнение тела цикла называется *итерацией*. В демонстрационном выполнении цикл сделал три итерации.

На рис. 4.3 представлена блок-схема программы. Здесь имеется структура с повторением, т. е. цикл `while`. Проверяется условие `keep_going == 'д'`, и если оно истинное, то исполняется серия инструкций, и поток выполнения возвращается к точке чуть выше проверки условия.

Цикл `while` как цикл с предусловием

Цикл `while` также называется *циклом с предусловием*, а именно он проверяет свое условие до того, как сделает *итерацию*. Поскольку проверка осуществляется в начале цикла, обычно нужно выполнить несколько шагов перед началом цикла, чтобы гарантировать, что цикл выполнится как минимум однажды. Например, цикл в программе 4.1 начинается вот так:

```
while keep_going == 'д':
```

Данный цикл выполнит итерацию, только если выражение `keep_going == 'д'` является истинным. Это означает, что переменная `keep_going` должна существовать, и она должна

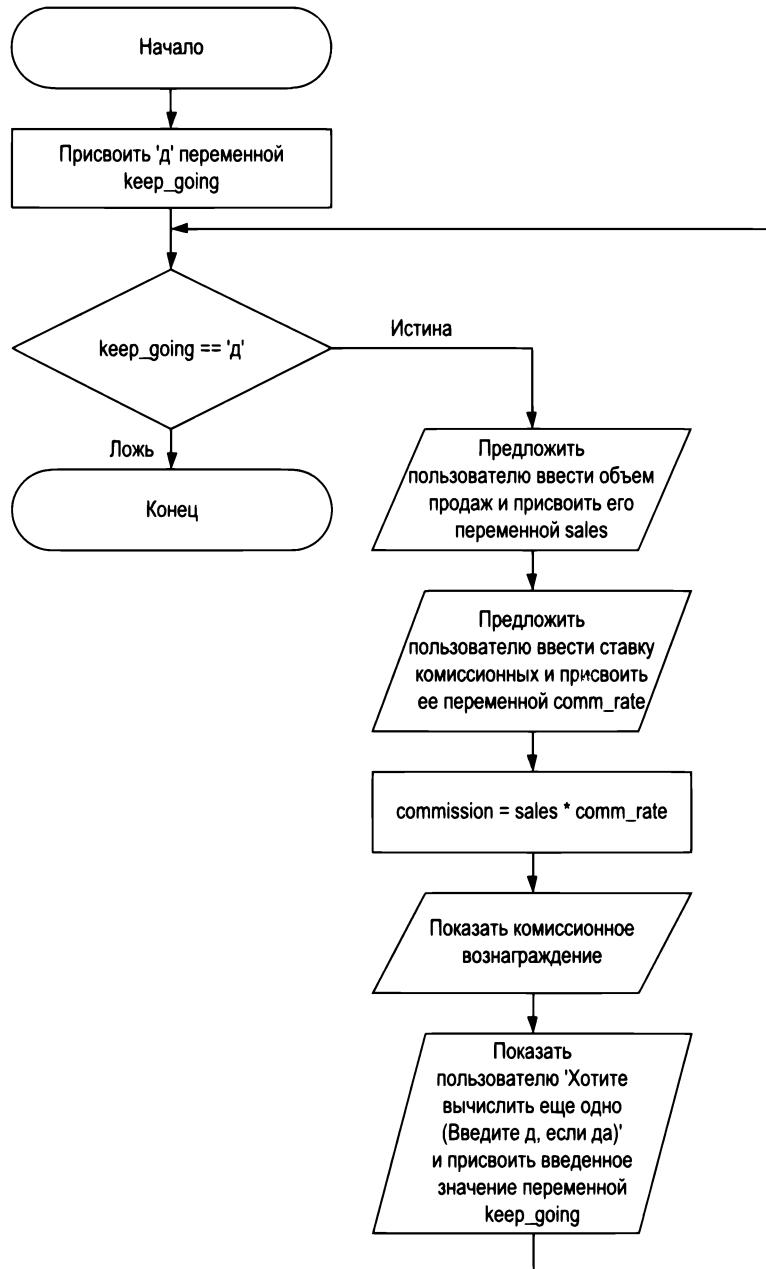


РИС. 4.3. Блок-схема программы 4.1

ссылаться на значение 'д'. Для того чтобы выражение гарантированно было истинным при первом исполнении цикла, в строке 4 мы присвоили переменной `keep_going` значение 'д':

`keep_going = 'д'`

Выполняя этот шаг, мы знаем, что условие `keep_going == 'д'` будет истинным при первом исполнении цикла. В этом заключается важная особенность цикла `while`: он никогда не исполнится, если его условие с самого начала будет ложным. В некоторых программах это именно то, что нужно.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Проектирование программы с циклом *while*

Проект, который в настоящее время осуществляется в компании "Химическая аналитика", требует, чтобы вещество в баке непрерывно поддерживалось в нагретом состоянии. Лаборант должен проверять температуру вещества каждые 15 мин. Если температура вещества не превышает 102,5 °C, то лаборант ничего не делает. Однако если температура больше 102,5 °C, то он должен убавить нагрев с помощью термостата, подождать 5 мин и проверить температуру снова. Лаборант повторяет эти шаги до тех пор, пока температура не превысит 102,5 °C. Директор по разработке попросил вас написать программу, которая будет помогать лаборанту проходить этот процесс.

Вот алгоритм:

1. Получить температуру вещества.
2. Повторять приведенные ниже шаги до тех пор, пока температура больше 102,5 °C:
 - a) сообщить лаборанту убавить нагрев, подождать 5 мин и проверить температуру снова;
 - b) получить температуру вещества.
3. После завершения цикла сообщить лаборанту, что температура приемлема, и проверить ее снова через 15 мин.

Изучив этот алгоритм, вы понимаете, что шаги 2а и 2б не будут выполняться, если проверяемое условие (температура больше 102,5 °C) является ложным с самого начала. В этой ситуации цикл *while* сработает хорошо, потому что он не выполнится ни разу, если его условие будет ложным. В программе 4.2 представлен соответствующий код.

Программа 4.2 (temperature.py)

```
1 # Эта программа помогает лаборанту в процессе
2 # контроля температуры вещества.
3
4 # Именованная константа, которая представляет максимальную
5 # температуру.
6 MAX_TEMP = 102.5
7
8 # Получить температуру вещества.
9 temperature = float(
10         input("Введите температуру вещества в градусах Цельсия: "))
11 # Пока есть необходимость, инструктировать пользователя
12 # в корректировке нагрева.
13 while temperature > MAX_TEMP:
14     print('Температура слишком высокая.')
15     print('Убавьте нагрев и подождите')
16     print('5 минут. Затем снимите показание температуры')
17     print('снова и введите полученное значение.')
18     temperature = float(input('Введите новое показание температуры: '))
19
```

```

20 # Напомнить пользователю проконтролировать температуру снова
21 # через 15 минут.
22 print('Температура приемлемая.')
23 print('Проверьте ее снова через 15 минут.')

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите температуру вещества в градусах Цельсия: **104.7**

Температура слишком высокая.

Убавьте нагрев и подождите

5 минут. Затем снимите показание температуры
снова и введите полученное значение.

Введите новое показание температуры: **103.2**

Температура слишком высокая.

Убавьте нагрев и подождите

5 минут. Затем снимите показание температуры
снова и введите полученное значение.

Введите новое показание температуры: **102.1**

Температура приемлемая.

Проверьте ее снова через 15 минут.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите температуру вещества в градусах Цельсия: **102.1**

Температура приемлемая.

Проверьте ее снова через 15 минут.

Бесконечные циклы

Всегда, кроме редких случаев, циклы должны содержать возможность завершиться. То есть в цикле что-то должно сделать проверяемое условие ложным. Цикл в программе 4.1 завершается, когда выражение `keep_going == 'д'` является ложным. Если цикл не имеет возможности завершиться, то он называется **бесконечным циклом**. Бесконечный цикл продолжает повторяться до тех пор, пока программа не будет прервана. Бесконечные циклы обычно появляются, когда программист забывает написать программный код внутри цикла, который делает проверяемое условия ложным. В большинстве случаев вам следует избегать применения бесконечных циклов.

Программа 4.3 демонстрирует бесконечный цикл. Это видоизмененная версия программы расчета комиссионного вознаграждения (см. программу 4.1). В этой версии мы удалили код, который изменяет переменную `keep_going` в теле цикла. Во время каждой проверки выражения `keep_going == 'д'` в строке 6 переменная `keep_going` будет ссылаться на строковое значение '`д`'. И как следствие, цикл не имеет никакой возможности остановиться. (Единственный способ остановить эту программу состоит в нажатии комбинации клавиш `<Ctrl>+<C>` для ее прерывания.)

Программа 4.3 (infinite.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует бесконечный цикл.  
2 # Создать переменную, которая будет управлять циклом.  
3 keep_going = 'д'  
4  
5 # Предупреждение! Бесконечный цикл!  
6 while keep_going == 'д':  
7     # Получить продажи продавца и его ставку комиссионных.  
8     sales = float(input('Введите объем продаж: '))  
9     comm_rate = float(input('Введите ставку комиссионных: '))  
10  
11    # Рассчитать комиссионное вознаграждение.  
12    commission = sales * comm_rate  
13  
14    # Показать комиссионное вознаграждение.  
15    print('Комиссионное вознаграждение составляет $',  
16          format(commission, '.2f'), sep='')
```

**Контрольная точка**

- 4.4. Что такое итерация цикла?
- 4.5. Когда цикл `while` проверяет свое условие: до или после того, как он выполнит итерацию?
- 4.6. Сколько раз сообщение 'Привет, мир!' будет напечатано в приведенном ниже фрагменте кода?

```
count = 10  
while count < 1:  
    print('Привет, мир!')
```

- 4.7. Что такое бесконечный цикл?

4.3**Цикл `for`: цикл со счетчиком повторений****Ключевые положения**

Цикл со счетчиком повторений повторяется заданное количество раз. В Python для написания цикла со счетчиком повторений применяется инструкция `for`.



Видеозапись "Цикл `for`" (The `for` Loop)

Как упомянуто в начале этой главы, цикл со счетчиком повторений повторяется заданное количество раз. Циклы со счетчиком повторений находят широкое применение в программах. Предположим, что предприятие открыто шесть дней в неделю, и вы собираетесь написать программу для вычисления общего объема продаж за неделю. Вам понадобится цикл, который повторяется ровно шесть раз, т. е. делает шесть итераций. При каждом выполнении итерации он будет предлагать пользователю ввести продажи за один день.

Для написания цикла со счетчиком повторений применяется инструкция `for`. В Python инструкция `for` предназначена для работы с последовательностью значений данных. Когда эта инструкция исполняется, она повторно выполняется для каждого значения последовательности. Вот ее общий формат:

```
for переменная in [значение1, значение2, ...]:
    инструкция
    инструкция
    ...
    
```

Мы будем обозначать первую строку, как *выражение for*. В выражении `for` *переменная* — это имя переменной. Внутри скобок находится последовательность разделенных запятыми значений. (В Python последовательность разделенных запятыми значений данных, заключенная в скобки, называется *списком*. В главе 7 вы узнаете о списках подробнее.) Начиная со второй строки, располагается блок инструкций, который исполняется во время каждой итерации цикла.

Инструкция `for` исполняется следующим образом: *переменной* присваивается первое значение в списке, и затем исполняются инструкции, которые расположены в блоке. Затем *переменной* присваивается следующее значение в списке, и инструкции в блоке исполняются снова. Этот процесс продолжается до тех пор, пока *переменной* не будет присвоено последнее значение в списке. В программе 4.4 приведен простой пример, в котором цикл `for` применяется для вывода чисел от 1 до 5.

Программа 4.4 (simple_loop1.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список чисел.
3
4 print('Я покажу числа от 1 до 5.')
5 for num in [1, 2, 3, 4, 5]:
6     print(num)
```

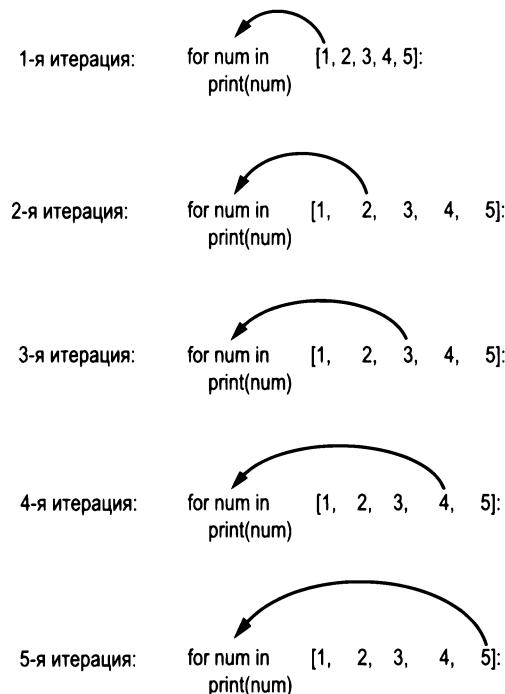
Вывод программы

Я покажу числа от 1 до 5.

1
2
3
4
5

Во время первой итерации цикла `for` переменной `num` присваивается значение 1, и затем исполняется инструкция в строке 6 (печатывающая значение 1). Во время следующей итерации цикла переменной `num` присваивается значение 2, и исполняется инструкция в строке 6 (печатывающая значение 2). Как показано на рис. 4.4, этот процесс продолжается до тех пор, пока переменной `num` не присваивается последнее значение в списке. Поскольку в списке всего пять значений, цикл сделает пять итераций.

Программисты Python обычно называют переменную, которая используется в выражении `for`, *целевой переменной*, потому что она является целью присвоения в начале каждой итерации цикла.

**РИС. 4.4.** Цикл `for`

Значения, которые появляются в списке, не обязательно представлять собой серию расположенных подряд чисел. Например, в программе 4.5 применяется цикл `for` для вывода списка нечетных чисел. В списке всего пять чисел, и поэтому цикл повторяется пять раз, т. е. делает пять итераций.

Программа 4.5 (simple_loop2.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список чисел.
3
4 print('Я покажу нечетные числа от 1 до 9.')
5 for num in [1, 3, 5, 7, 9]:
6     print(num)

```

Вывод программы

Я покажу нечетные числа от 1 до 9.

1
3
5
7
9

В программе 4.6 приведен еще один пример. Здесь цикл `for` выполняет последовательный обход списка строковых значений. Обратите внимание, что список (в строке 4) содержит три строковых значения: 'Мигнуть', 'Моргнуть' и 'Кивнуть'. В результате цикл сделает три итерации.

Программа 4.6 (simple_loop3.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует простой цикл for,
2 # который использует список строковых значений.
3
4 for name in ['Мигнуть', 'Моргнуть', 'Кивнуть']:
5     print(name)

```

Вывод программы

```

Мигнуть
Моргнуть
Кивнуть

```

Применение функции `range` с циклом `for`

Python предоставляет встроенную функцию `range` (диапазон), которая упрощает процесс написания цикла со счетчиком повторений. Функция `range` создает тип объекта, который называется итерируемым, т. е. пригодным для итеративной обработки в цикле. *Итерируемый* объект аналогичен списку. Он содержит последовательность значений, которые можно по порядку обойти на основе чего-то наподобие цикла. Вот пример для цикла, который применяет функцию `range`:

```

for num in range(5):
    print(num)

```

Обратите внимание, что вместо использования списка значений мы вызываем функцию `range`, передавая 5 в качестве аргумента. В этой инструкции функция `range` порождает итерируемую последовательность целых чисел в диапазоне от 0 до (но не включая) 5. Этот фрагмент кода работает так же, как и приведенный ниже:

```

for num in [0, 1, 2, 3, 4]:
    print(num)

```

Как видно из примера, список содержит пять чисел, и поэтому этот цикл выполнит пять итераций. В программе 4.7 применяется функция `range` с циклом `for` для пятикратного вывода сообщения "Привет, мир!".

Программа 4.7 (simple_loop4.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует применение
2 # функции range с циклом for.
3
4 # Напечатать сообщение пять раз.
5 for x in range(5):
6     print('Привет, мир!')

```

Вывод программы

```

Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!

```

Если передать функции `range` один аргумент, как продемонстрировано в программе 4.7, то этот аргумент используется в качестве конечного предела последовательности чисел. Если передать функции `range` два аргумента, то первый аргумент используется в качестве начального значения последовательности, второй аргумент — в качестве ее конечного предела. Вот пример:

```
for num in range(1, 5):
    print(num)
```

Этот фрагмент кода выведет следующее:

```
1
2
3
4
```

По умолчанию функция `range` создает последовательность чисел, которая увеличивается на 1 для каждого последующего числа в списке. Если передать функции `range` третий аргумент, то этот аргумент используется в качестве *величины шага*. Вместо увеличения на 1, каждое последующее число в последовательности увеличится на величину шага. Вот пример:

```
for num in range(1, 10, 2):
    print(num)
```

В этой инструкции `for` в функцию `range` передано три аргумента:

- ◆ первый аргумент (1) — это начальное значение последовательности;
- ◆ второй аргумент (10) — это конечный предел списка. Иными словами, последним числом последовательности будет 9;
- ◆ третий аргумент (2) — это величина шага. Иными словами, 2 будет добавляться к каждому последующему числу последовательности.

Этот фрагмент кода выведет следующее:

```
1
3
5
7
9
```

Использование целевой переменной в цикле

В цикле `for` целевая переменная предназначена для того, чтобы ссылаться на каждое значение последовательности значений в ходе выполнения итераций цикла. Во многих ситуациях целесообразно использовать целевую переменную в расчетах или другой задаче внутри тела цикла. Предположим, что вам нужно написать программу, которая выводит числа от 1 до 10 и соответствующие квадраты чисел (табл. 4.1).

Этого можно добиться, написав цикл `for`, который выполняет последовательный обход значений от 1 до 10. Во время первой итерации целевой переменной будет присвоено значение 1, во время второй итерации ей будет присвоено значение 2 и т. д. Поскольку во время выполнения цикла целевая переменная будет ссылаться на значения от 1 до 10, ее можно использовать в расчетах внутри цикла. В программе 4.8 показано, как это делается.

Таблица 4.1. Квадраты чисел

Число	Квадрат числа
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

Программа 4.8 (squares.py)

```

1 # Эта программа использует цикл для вывода
2 # таблицы с числами от 1 до 10
3 # и их квадратами.
4
5 # Напечатать заголовки таблицы.
6 print('Число\tКвадрат числа')
7 print('-----')
8
9 # Напечатать числа от 1 до 10
10 # и их квадраты.
11 for number in range(1, 11):
12     square = number**2
13     print(number, '\t', square)

```

Вывод программы

Число	Квадрат числа
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

Прежде всего взгляните на строку 6, которая выводит заголовки таблицы:

```
print('Число\tКвадрат числа')
```

Обратите внимание на экранированную последовательность `\t` между словами "Число" и "Квадрат числа" внутри строкового литерала. Из главы 2 известно, что экранированная последовательность `\t` подобна нажатию клавиши `<Tab>`; она перемещает курсор вывода к следующей позиции табуляции. Это приводит к появлению пространства, которое вы видите в примере выходных данных между словами "Число" и "Квадрат числа".

Цикл `for`, который начинается в строке 11, применяет функцию `range` для создания последовательности, содержащей числа от 1 до 10. Во время первой итерации переменная `number` ссылается на 1, во время второй итерации `number` ссылается на 2 и т. д., вплоть до 10. В этом цикле инструкция в строке 12 возводит `number` в степень 2 (из главы 2 известно, что `**` — это оператор возвведения в степень) и присваивает результат переменной `square`. Инструкция в строке 13 печатает значение, на которое ссылается `number`, переходит к следующей позиции табуляции и затем печатает значение, на которое ссылается `square`. (Переход к позиции табуляции при помощи экранированной последовательности `\t` приводит к выравниванию чисел в двух столбцах в итоговом результате.)

На рис. 4.5 показано, как могла бы выглядеть блок-схема этой программы.

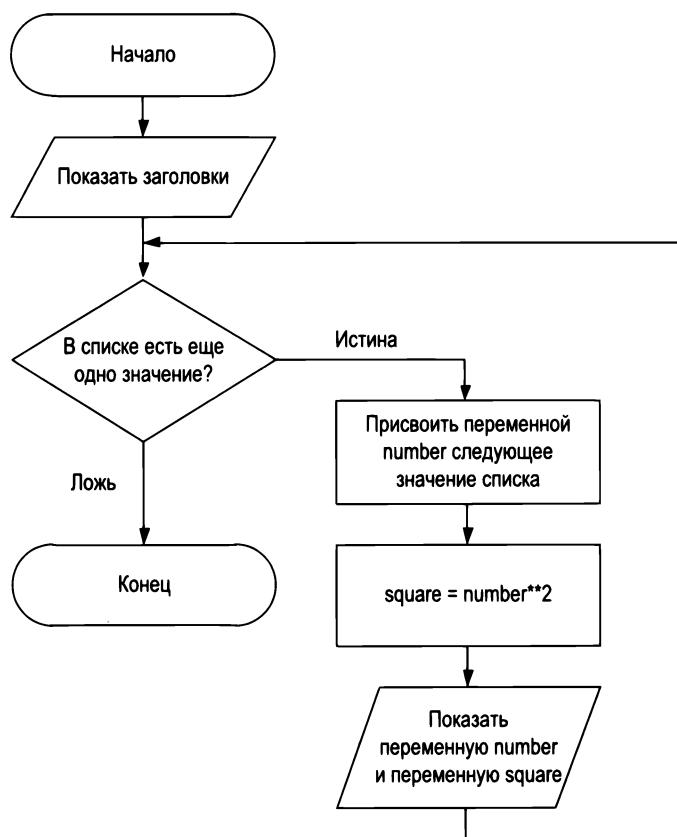


РИС. 4.5. Блок-схема программы 4.8



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Проектирование цикла со счетчиком повторений на основе инструкции `for`

Ваша подруга Аманда только что получила в наследство европейский спортивный автомобиль от своего дяди. Аманда живет в США и боится, что будет оштрафована за превышение скорости, потому что спидометр автомобиля показывает скорость в километрах в час. Она попросила вас написать программу, которая выводит таблицу скоростей, где эти значения преобразованы в мили в час. Формула для преобразования КРН (kilometers per hour) в МРН (miles per hour):

$$\text{MPH} = \text{KPH} \times 0.6214.$$

В данной формуле MPH — это скорость в милях в час, KPH — скорость в километрах в час.

Таблица, которую ваша программа выводит, должна показать скорости от 60 до 130 км/ч с приращением 10 км вместе с их значениями, преобразованными в мили в час. Таблица должна выглядеть примерно так:

KPH	MPH
60	37.3
70	43.5
80	49.7
...	...
130	80.8

Поразмыслив по поводу этой таблицы скоростей, вы решаете написать цикл `for`. Список значений, последовательный обход которых должен выполнять цикл, будет содержать скорости в километрах в час. В цикле вы вызовете функцию `range` вот так:

```
range(60, 131, 10)
```

Первым значением в последовательности будет 60. Обратите внимание, что третий аргумент задает 10 в качестве величины шага. Это означает, что числами в списке будут 60, 70, 80 и т. д. Второй аргумент задает 131 в качестве конечного предела последовательности и поэтому последним числом последовательности будет 130.

Внутри цикла вы примените целевую переменную для расчета скорости в милях в час. В программе 4.9 показан соответствующий код.

Программа 4.9 (speed_converter.py)

```
1 # Эта программа преобразует скорости от 60
2 # до 130 км/ч (с приращениями в 10 км)
3 # в mph.
4
5 START_SPEED = 60                      # Начальная скорость.
6 END_SPEED = 131                      # Конечная скорость.
```

```
7 INCREMENT = 10          # Приращение скорости.
8 CONVERSION_FACTOR = 0.6214 # Коэффициент пересчета.
9
10 # Напечатать заголовки таблицы.
11 print('KPH\tMPH')
12 print('-----')
13
14 # Напечатать скорости.
15 for kph in range(START_SPEED, END_SPEED, INCREMENT):
16     mph = kph * CONVERSION_FACTOR
17     print(kph, '\t', format(mph, '.1f'))
```

Вывод программы

KPH	MPH
60	37.3
70	43.5
80	49.7
90	55.9
100	62.1
110	68.4
120	74.6
130	80.8

Пользовательский контроль итераций цикла

Во многих случаях программист знает точное число итераций, которые цикл должен выполнить. Вспомните программу 4.8, которая выводит таблицу с числами от 1 до 10 и их квадраты. Когда программный код был написан, программист знал, что цикл должен был выполнить последовательный перебор значений от 1 до 10.

Иногда программисту нужно предоставить пользователю возможность управлять количеством итераций цикла. Например, предположим, вы захотите, чтобы программа 4.8 была универсальнее, позволив пользователю определять максимальное значение, выводимое циклом на экран. В программе 4.10 представлено, как этого можно добиться.

Программа 4.10 (user_squares1.py)

```
1 # Эта программа использует цикл для вывода
2 # таблицы чисел и их квадратов.
3
4 # Получить конечный предел.
5 print('Эта программа выводит список чисел')
6 print('(начиная с 1) и их квадраты.')
7 end = int(input('Насколько далеко мне заходить? '))
8
9 # Напечатать заголовки таблицы.
10 print()
```

```

11 print('Число\tКвадрат числа')
12 print('-----')
13
14 # Напечатать числа и их квадраты.
15 for number in range(1, end + 1):
16     square = number**2
17     print(number, '\t', square)

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Эта программа выводит список чисел
(начиная с 1) и их квадраты.
Насколько далеко мне заходить? **5**

Число	Квадрат числа
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25

Эта программа просит пользователя ввести значение, которое используется в качестве конечного предела списка. Это значение присваивается переменной `end` в строке 7. Затем выражение `end + 1` используется в строке 15 в качестве второго аргумента функции `range`. (Мы должны прибавить единицу к переменной `end`, потому что иначе последовательность приблизится к введенному пользователем значению, но его не включит.)

В программе 4.11 приведен пример, который разрешает пользователю определять начальное значение и конечный предел последовательности.

Программа 4.11 (user_squares2.py)

```

1 # Эта программа использует цикл для вывода
2 # таблицы чисел и их квадратов.
3
4 # Получить начальное значение.
5 print('Эта программа выводит список чисел')
6 print('и их квадратов.')
7 start = int(input('Введите начальное число: '))
8
9 # Получить конечный предел.
10 end = int(input('Насколько далеко мне заходить? '))
11
12 # Напечатать заголовки таблицы.
13 print()
14 print('Число\tКвадрат числа')
15 print('-----')
16

```

```
17 # Напечатать числа и их квадраты.  
18 for number in range(start, end + 1):  
19     square = number**2  
20     print(number, '\t', square)
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Эта программа выводит список чисел и их квадратов.

Введите начальное число: **5**

Насколько далеко мне заходить? **10**

Число	Квадрат числа
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100

Порождение итерируемой последовательности в диапазоне от максимального до минимального значений

В примерах, которые вы видели до сих пор, функция `range` применялась для создания последовательности с числами, которые проходят от минимального до максимального значения. Как альтернативный вариант, функцию `range` можно применить для создания последовательностей чисел, которые проходят в обратном порядке от максимального до минимального значения. Вот пример:

```
range(10, 0, -1)
```

В этом вызове функции начальное значение равняется 10, конечный предел последовательности равняется 0, а величина шага равняется -1 . Это выражение создаст приведенную ниже последовательность:

```
10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1
```

Вот пример для цикла, который распечатывает числа от 5 до 1:

```
for num in range(5, 0, -1):  
    print(num)
```



Контрольная точка

4.8. Перепишите приведенный ниже фрагмент кода, чтобы вместо использования списка он вызывал функцию `range`:

```
[0, 1, 2, 3, 4, 5]:  
for x in [0, 1, 2, 3, 4, 5]:  
    print('Обожаю эту программу!')
```

4.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(6):
    print(number)
```

4.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(2, 6):
    print(number)
```

4.11. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(0, 501, 100):
    print(number)
```

4.12. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
for number in range(10, 5, -1):
    print(number)
```

4.4

Вычисление нарастающего итога

Ключевые положения

Наращающий итог — это сумма чисел, которая накапливается с каждой итерацией цикла. Переменная, которая используется для хранения нарастающего итога, называется накопителем.

Многие задачи программирования требуют вычисления суммы числового ряда. Предположим, что вы пишете программу, которая вычисляет общий объем продаж предприятия за неделю. На входе программа считывает продажи за каждый день и вычисляет сумму этих чисел.

Программы, которые вычисляют сумму числового ряда, обычно используют два элемента:

- ◆ цикл, читающий каждое число в ряду;
- ◆ переменную, накапливающую сумму чисел по мере их чтения.

Переменная, которая используется для накапливания суммы чисел, называется *накопителем*, или аккумулятором. Часто говорят, что цикл содержит наращающий итог, потому что он накапливает сумму по мере чтения каждого числа в ряду. На рис. 4.6 показана стандартная логическая схема цикла, который вычисляет наращающий итог.

Когда цикл заканчивается, накопитель будет содержать сумму чисел, которые были считаны циклом. Обратите внимание, что первый шаг в блок-схеме состоит в присвоении накапливающей переменной значения 0. Это крайне важный шаг. Всякий раз, когда цикл читает число, он прибавляет его к накопителю. Если накопитель начинается с любого значения кроме 0, то он будет содержать неправильную сумму чисел, когда цикл завершится.

Рассмотрим пример, в котором вычисляется наращающий итог. Программа 4.12 позволяет пользователю ввести пять чисел и выводит сумму введенных чисел.

Программа 4.12 (sum_numbers.py)

```
1 # Эта программа вычисляет сумму серии
2 # чисел, вводимых пользователем.
3
```

```

4 MAX = 5 # Максимальное число.
5
6 # Инициализировать накапливающую переменную.
7 total = 0.0
8
9 # Объяснить, что мы делаем.
10 print('Эта программа вычисляет сумму из')
11 print(MAX, 'чисел, которые вы введете.')
12
13 # Получить числа и накопить их.
14 for counter in range(MAX):
15     number = int(input('Введите число: '))
16     total = total + number
17
18 # Показать сумму чисел.
19 print('Сумма составляет', total)

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Эта программа вычисляет сумму из 5 чисел, которые вы введете.

Введите число: 1 Enter

Введите число: 2 Enter

Введите число: 3 Enter

Введите число: 4 Enter

Введите число: 5 Enter

Сумма составляет 15.0

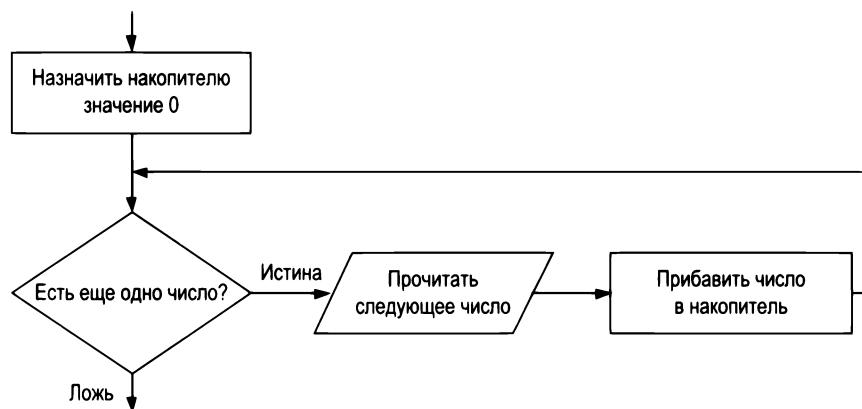


РИС. 4.6. Логическая схема вычисления нарастающего итога

Переменная `total`, создаваемая инструкцией присваивания в строке 7, является накопителем. Обратите внимание, что она инициализирована значением 0.0. Цикл `for` в строках 14–16 занимается получением чисел от пользователя и вычислением их суммы. Стока 15 предлагает пользователю ввести число и затем присваивает его переменной `number`. Следующая далее инструкция в строке 16 прибавляет это число к `total`:

```
total = total + number
```

После того как эта инструкция исполнится, значение, на которое ссылается переменная `number`, будет прибавлено к значению переменной `total`. Очень важно разобраться в том, как эта инструкция работает. Сначала интерпретатор получает значение выражения на правой стороне от оператора `=`, т. е. `total + number`. Затем оператором `=` это значение присваивается переменной `total`. В результате исполнения этой инструкции значение переменной `number` прибавляется к переменной `total`. Когда цикл завершается, переменная `total` будет содержать сумму всех чисел, которые были к ней прибавлены. Это значение показано в строке 19.

Расширенные операторы присваивания

Довольно часто программы имеют инструкции присваивания, в которых переменная на левой стороне от оператора `=` также появляется на правой от него стороне. Вот пример:

```
x = x + 1
```

На правой стороне оператора присваивания 1 прибавляется к переменной `x`. Полученный результат затем присваивается переменной `x`, заменяя значение, на которое ранее ссылалась переменная `x`. В сущности, эта инструкция добавляет 1 к `x`. Еще один пример такого типа инструкций вы видели в программе 4.13:

```
total = total + number
```

Эта инструкция присваивает значение выражения `total + number` переменной `total`. Как упоминалось ранее, в результате исполнения этой инструкции `number` прибавляется к значению `total`. Вот еще один пример:

```
balance = balance - withdrawal
```

Эта инструкция присваивает значение выражения `balance - withdrawal` переменной `balance`. В результате исполнения этой инструкции `withdrawal` (снято со счета) вычтено из `balance` (остаток).

В табл. 4.2 представлены другие примеры инструкций, написанных таким образом.

Таблица 4.2. Различные инструкции присваивания (в каждой инструкции `x = 6`)

Инструкция	Что она делает	Значение <code>x</code> после инструкции
<code>x = x + 4</code>	Прибавляет 4 к <code>x</code>	10
<code>x = x - 3</code>	Вычитает 3 из <code>x</code>	3
<code>x = x * 10</code>	Умножает <code>x</code> на 10	60
<code>x = x / 2</code>	Делит <code>x</code> на 2	3
<code>x = x % 4</code>	Присваивает <code>x</code> остаток от <code>x/4</code>	2

Эти типы операций находят широкое применение в программировании. Для удобства Python предлагает особую группу операторов, специально предназначенных для таких задач. В табл. 4.3 перечислены *расширенные операторы присваивания*.

Как видите, расширенные операторы присваивания не требуют, чтобы программист дважды набирал имя переменной. Приведенную ниже инструкцию:

```
total = total + number
```

можно переписать как

```
total += number
```

Точно так же инструкцию

```
balance = balance - withdrawal
```

можно переписать как

```
balance -= withdrawal
```

Таблица 4.3. Расширенные операторы присваивания

Оператор	Пример использования	Эквивалент
<code>+=</code>	<code>x += 5</code>	<code>x = x + 5</code>
<code>-=</code>	<code>y -= 2</code>	<code>y = y - 2</code>
<code>*=</code>	<code>z *= 10</code>	<code>z = z * 10</code>
<code>/=</code>	<code>a /= b</code>	<code>a = a / b</code>
<code>%=</code>	<code>c %= 3</code>	<code>c = c % 3</code>



Контрольная точка

4.13. Что такое накопитель (аккумуляторная переменная)?

4.14. Следует ли инициализировать накопитель конкретным значением? Почему или почему нет?

4.15. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
total = 0
for count in range(1, 6):
    total = total + count
print(total)
```

4.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
number1 = 10
number2 = 5
number1 = number1 + number2
print(number1)
print(number2)
```

4.17. Перепишите приведенные ниже инструкции с использованием расширенных операторов присваивания:

- а) `quantity = quantity + 1;`
- б) `days_left = days_left - 5;`
- в) `price = price * 10;`
- г) `price = price / 2.`

4.5**Сигнальные метки****Ключевые положения**

Сигнальная метка — это специальное значение, которое отмечает конец последовательности значений.

Рассмотрим следующий сценарий: вы разрабатываете программу, которая будет использовать цикл для обработки длинной последовательности значений. Вы еще не знаете количество значений, которые будут в последовательности. При каждом выполнении программы количество значений последовательности может быть разным. Какой вариант цикла подойдет лучше всего? Вот несколько приемов, которые вы уже видели в этой главе, вместе с недостатками их применения при обработке длинного списка значений.

- ◆ Просто спрашивать пользователя в конце каждой итерации цикла, есть ли еще одно обрабатываемое значение. Однако если последовательность значений будет длинной, то вывод этого вопроса в конце каждой итерации цикла может сделать программу громоздкой для пользователя.
- ◆ Спрашивать пользователя в начале программы, сколько в последовательности имеется значений. Правда, это также может причинить пользователю неудобства. Если последовательность очень длинная, и пользователь не знает количество значений, которые она содержит, то это потребует от него вести их учет.

При обработке длинной последовательности значений при помощи цикла, вероятно, более оптимальный прием состоит в использовании сигнальной метки. *Сигнальная метка* — это специальное значение, которое отмечает конец последовательности значений. Когда программа читает значение сигнальной метки, она знает, что достигла конца последовательности, и поэтому цикл завершается.

Например, врачу требуется программа, которая вычисляет среднюю массу всех его пациентов. Такая программа могла бы работать следующим образом: цикл предлагает пользователю ввести массу пациента либо 0, если данных больше нет. Когда программа считывает 0 в качестве массы, она интерпретирует это как сигнал, что весовых данных больше нет. Цикл завершается, и программа выводит среднюю массу.

Значение сигнальной метки должно быть характерным настолько, что оно не будет ошибочно принято за регулярное значение последовательности. В приведенном ранее примере врач (либо его помощник) вводит 0, что говорит о завершении последовательности весовых данных. Поскольку масса пациента не может равняться 0, такое значение хорошо подойдет для использования в качестве сигнальной метки.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ**Применение сигнальной метки**

Налоговая служба муниципального округа исчисляет ежегодные налоги на имущество с использованием приведенной ниже формулы:

$$\text{налог на имущество} = \text{стоимость имущества} \times 0.0065.$$

Каждый день сотрудник налоговой службы получает список имущественных объектов и должен исчислять налог для каждого объекта в списке. Вас попросили разработать программу, которую сотрудник может использовать для выполнения этих расчетов.

В интервью с налоговым сотрудником вы узнаете, что каждому имущественному объекту присваивается номер лота, и все номера лотов равны или больше 1. Вы решаете написать цикл, который использует в качестве значения сигнальной метки число 0. Во время каждой итерации цикла программа будет предлагать сотруднику ввести номер лота либо 0 для завершения. Соответствующий код показан в программе 4.13.

Программа 4.13 (property_tax.py)

```
1 # Эта программа показывает налоги на имущество.  
2  
3 TAX_FACTOR = 0.0065 # Представляет налоговый коэффициент.  
4  
5 # Получить номер первого лота.  
6 print('Введите номер имущественного лота')  
7 print('либо 0, чтобы завершить работу.')  
8 lot = int(input('Номер лота: '))  
9  
10 # Продолжить обработку, пока пользователь  
11 # не введет номер лота 0.  
12 while lot != 0:  
13     # Получить стоимость имущества.  
14     value = float(input('Введите стоимость имущества: '))  
15  
16     # Исчислить налог на имущество.  
17     tax = value * TAX_FACTOR  
18  
19     # Показать налог.  
20     print('Налог на имущество: ${}'.format(tax, '.2f'), sep='')  
21  
22     # Получить следующий номер лота.  
23     print('Введите следующий номер либо')  
24     print('введите 0, чтобы завершить работу.')  
25     lot = int(input('Номер лота: '))
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите номер имущественного лота  
либо 0, чтобы завершить работу.  
Номер лота: 100 Enter  
Введите стоимость имущества: 100000 Enter  
Налог на имущество: $650.00  
Введите следующий номер либо  
введите 0, чтобы завершить работу.  
Номер лота: 200 Enter  
Введите стоимость имущества: 5000 Enter  
Налог на имущество: $32.50  
Введите следующий номер либо  
введите 0, чтобы завершить работу.  
Номер лота: 0 Enter
```



Контрольная точка

4.18. Что такое сигнальная метка?

4.19. Почему следует позаботиться о выборе для сигнальной метки характерного значения?



4.6 Циклы валидации входных данных

Ключевые положения

Валидация входных данных — это процесс обследования данных, введенных в программу, с целью убедиться в их допустимости, прежде чем они будут использованы в вычислениях. Валидация входных данных обычно выполняется при помощи цикла, который повторяется до тех пор, пока входная переменная ссылается на плохие данные.

Одно из самых известных высказываний среди программистов звучит так: "Мусор заложишь, мусор получишь". Это высказывание, иногда сокращаемое до GIGO (garbage in, garbage out), обозначает тот факт, что компьютеры не способны видеть разницы между хорошими и плохими данными. Если на входе в программу пользователь предоставит плохие данные, то программа эти плохие данные обработает и в результате произведет плохие данные на выходе. Например, взгляните на расчет заработной платы в программе 4.14 и обратите внимание, что происходит в демонстрационном выполнении программы, когда на входе пользователь предоставляет плохие данные.

Программа 4.14 (gross_pay.py)

```

1 # Эта программа показывает заработную плату до удержаний.
2 # Получить количество отработанных часов.
3 hours = int(input('Введите часы, отработанные на этой неделе: '))
4
5 # Получить почасовую ставку.
6 pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку: '))
7
8 # Рассчитать заработную плату до удержаний.
9 gross_pay = hours * pay_rate
10
11 # Показать заработную плату до удержаний.
12 print('Заработка платы до удержаний составляет: $',
13     format(gross_pay, '.2f'), sep='')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите часы, отработанные на этой неделе: **400**

Введите почасовую ставку: **20**

Заработка платы до удержаний составляет: **\$8000.00**

Вы заметили, что на входе были предоставлены плохие данные? Человек, которому вручат чек на получения зарплаты, будет приятно удивлен, потому что в демонстрационном выполнении программы сотрудник бухгалтерии в качестве количества отработанных часов ввел 400. Сотрудник, вероятно, имел в виду 40, потому что в неделе не может быть 400 часов.

Тем не менее компьютер об этом факте не знает, и программа обработала плохие данные так, как если бы они были хорошими. Можете ли вы представить другие типы входных данных, которые могут быть переданы в эту программу и в результате приведут к плохим выходным результатам? Один такой пример — это отрицательное число, введенное для отработанных часов; еще один — недопустимая почасовая ставка оплаты труда.

Иногда из новостных сообщений мы узнаем истории о компьютерных ошибках, которые по недоразумению в итоге взимают с людей тысячи долларов за незначительные покупки или возмещают им большие суммы по уплате налогов, на получение которых они не имеют право. Однако эти "компьютерные ошибки" редко являются результатом работы компьютера; они чаще всего вызваны плохими данными, которые были считаны в программу на входе.

В программе целостность данных на выходе хороша лишь настолько, насколько хороша целостность ее данных на входе. По этой причине вам следует разрабатывать программы таким образом, чтобы на вход никогда не допускались плохие данные. Данные, поступающие на вход программы, должны быть тщательно обследованы, прежде чем они будут обработаны. Если входные данные недопустимы, то программа должна их отбросить и предложить пользователю ввести правильные данные. Этот процесс называется *валидацией входных данных*.

На рис. 4.7 показан стандартный метод валидации входного значения. В этом методе входное значение считывается, затем выполняется цикл. Если входное значение неправильное, то цикл исполняет свой блок инструкций. Цикл выводит сообщение об ошибке, чтобы пользователь знал, что входное значение было недопустимым, и затем он считывает новое входное значение. Цикл повторяется до тех пор, пока входное значение будет неправильным.

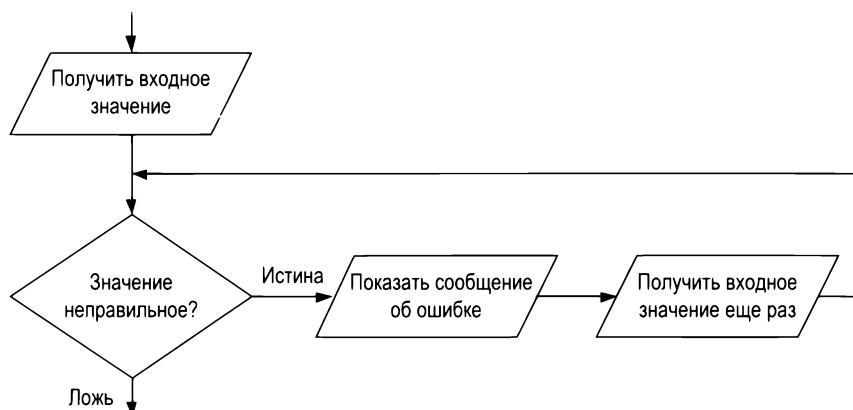


РИС. 4.7. Логическая схема с циклом валидации входных данных

Обратите внимание, что блок-схема на рис. 4.7 читает данные в двух местах: сначала сразу перед циклом и затем внутри цикла. Первая входная операция — непосредственно перед циклом — называется *первичным чтением*, и ее задача состоит в том, чтобы получить первое входное значение, которое будет проверено циклом валидации. Если это значение будет недопустимым, то цикл будет выполнять последующие входные операции.

Давайте рассмотрим пример. Предположим, что вы разрабатываете программу, которая считывает оценку за контрольную работу, и вы хотите убедиться, что пользователь не вводит значение меньше 0. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как можно применить цикл валидации входных данных для отклонения любого входного значения меньше 0.

```
# Получить оценку за контрольную работу.
score = int(input('Введите оценку за контрольную работу: '))
# Убедиться, что она не меньше 0.
while score < 0:
    print('ОШИБКА: оценка не может быть отрицательной.')
    score = int(input('Введите правильную оценку: '))
```

Этот фрагмент кода сначала предлагает пользователю ввести оценку за контрольную работу (это первичное чтение), затем выполняется цикл while. Вспомните, что цикл while является циклом с предусловием, т. е. он проверяет выражение `score < 0` перед выполнением итерации. Если пользователь ввел допустимую оценку за тест, то это выражение будет ложным, и цикл итерацию не выполнит. Однако если оценка за тест будет недопустимой, то выражение будет истинным, и исполнится блок инструкций цикла. Цикл выводит сообщение об ошибке и предлагает пользователю ввести правильную оценку за контрольную работу. Цикл продолжит повторяться до тех пор, пока пользователь не введет допустимую оценку за контрольную работу.



ПРИМЕЧАНИЕ

Цикл валидации входных данных иногда называется ловушкой ошибок или обработчиком ошибок.

Этот фрагмент кода отклоняет только отрицательные оценки. Что, если также требуется отклонять любые оценки за контрольную работу выше 5? Цикл валидации входных данных можно видоизменить так, чтобы в нем использовалось составное булево выражение, как показано ниже.

```
# Получить оценку за тест.
score = int(input('Введите оценку за контрольную работу: '))
# Убедиться, что она не меньше 0 или больше 5.
while score < 0 or score > 5:
    print('ОШИБКА: оценка не может быть отрицательной.')
    print('или выше 5.')
    score = int(input('Введите правильную оценку: '))
```

В этом фрагменте кода цикл определяет, является ли оценка меньше 0 или больше 5. Если любое из них истинное, то выводится сообщение об ошибке, и пользователю предлагается ввести правильную оценку.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Написание цикла валидации входных данных

Саманта владеет предприятием, которое занимается импортом, и она вычисляет розничные цены своих товаров при помощи приведенной ниже формулы:

$$\text{розничная цена} = \text{оптовая стоимость} \times 2.5.$$

Для вычисления розничных цен она в настоящее время использует код, который представлен в программе 4.15.

Программа 4.15 (retail_no_validation.py)

```
1 # Эта программа вычисляет розничные цены.  
2  
3 MARK_UP = 2.5    # Процент надбавки.  
4 another = 'д'    # Переменная управления циклом.  
5  
6 # Обработать один или несколько товаров.  
7 while another == 'д' or another == 'Д':  
8     # Получить оптовую стоимость товара.  
9     wholesale = float(input("Введите оптовую стоимость " +  
10                           "товара: "))  
11  
12     # Вычислить розничную цену.  
13     retail = wholesale * MARK_UP  
14  
15     # Показать розничную цену.  
16     print('Розничная цена: ${}', format(retail, '.2f'), sep='')  
17  
18  
19     # Повторить?  
20     another = input('Есть еще один товар? ' +  
21                     '(Введите д, если да): ')
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите оптовую стоимость товара: 10   
Розничная цена: $25.00  
Есть еще один товар? (Введите д, если да): д   
Введите оптовую стоимость товара: 15   
Розничная цена: $37.50  
Есть еще один товар? (Введите д, если да): д   
Введите оптовую стоимость товара: 12.5   
Розничная цена: $31.25  
Есть еще один товар? (Введите д, если да): и 
```

Тем не менее во время использования программы Саманта столкнулось с проблемой. Некоторые продаваемые ею товары имеют оптовую стоимость 50 центов, которые она вводит в программу как 0.50. Поскольку клавиша 0 расположена рядом с клавишей знака "минус", она иногда случайно вводит отрицательное число. Она попросила вас видоизменить программу так, чтобы та не давала ей вводить отрицательное число для оптовой стоимости.

Вы решаете добавить в программу цикл валидации входных данных, который отклоняет любые отрицательные числа, которые вводятся в переменную `wholesale`. Программа 4.16 иллюстрирует пересмотренный код с новым программным кодом валидации входных данных, показанным в строках 13–16.

Программа 4.16 (retail_with_validation.py)

```

1 # Эта программа вычисляет розничные цены.
2
3 MARK_UP = 2.5 # Процент надбавки.
4 another = 'д' # Переменная управления циклом.
5
6 # Обработать один или несколько товаров.
7 while another == 'д' or another == 'Д':
8     # Получить оптовую стоимость товара.
9     wholesale = float(input("Введите оптовую стоимость " +
10                           "товара: "))
11
12     # Проверить допустимость оптовой стоимости.
13     while wholesale < 0:
14         print('ОШИБКА: стоимость не может быть отрицательной.')
15         wholesale = float(input('Введите правильную ' +
16                           'оптовую стоимость: '))
17
18     # Вычислить розничную цену.
19     retail = wholesale * MARK_UP
20
21     # Показать розничную цену.
22     print('Розничная цена: ${}'.format(retail, '.2f'), sep='')
23
24
25     # Повторить?
26     another = input('Есть еще один товар? ' +
27                      '(Введите д, если да): ')

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите оптовую стоимость товара: - .50
ОШИБКА: стоимость не может быть отрицательной.
Введите правильную оптовую стоимость: 0 .50
Розничная цена: $1.25
Есть еще один товар? (Введите д, если да): н

```

**Контрольная точка**

- 4.20.** Что означает фраза "мусор заложишь, мусор получишь"?
- 4.21.** Дайте общее описание процесса валидации входных данных.
- 4.22.** Опишите обычно предпринимаемые шаги, когда для проверки допустимости данных используется цикл валидации входных данных.
- 4.23.** Что такое первичное чтение? Какова его задача?
- 4.24.** Сколько итераций выполнит цикл валидации входных данных, если входное значение, которое прочитано первичным чтением, допустимо?

4.7

Вложенные циклы

Ключевые положения

Цикл, который расположен внутри еще одного цикла, называется вложенным циклом.

Вложенный цикл — это цикл, который расположен в еще одном цикле. Часы являются хорошим примером того, как работает вложенный цикл. Секундная, минутная и часовая стрелки вращаются вокруг циферблата. Часовая стрелка смещается всего на 1 шаг (час) для каждого 60 шагов или 1 оборота минутной стрелки. И секундная стрелка должна сделать 60 шагов (1 оборот) для 1 шага минутной стрелки. Это означает, что для каждого полного оборота часовой стрелки (12 шагов), минутная стрелка делает 720 шагов. Вот цикл, который частично моделирует электронные часы. Он показывает секунды от 0 до 59:

```
for seconds in range(60):
    print(seconds)
```

Можно добавить переменную `minutes` и вложить цикл выше внутрь еще одного цикла, который повторяется 60 минут:

```
for minutes in range(60):
    for seconds in range(60):
        print(minutes, ':', seconds)
```

Для того чтобы сделать модель часов законченной, можно добавить еще одну переменную для подсчета часов:

```
for hours in range(24):
    for minutes in range(60):
        for seconds in range(60):
            print(hours, ':', minutes, ':', seconds)
```

Вывод этого фрагмента кода будет таким:

```
0:0:0
0:0:1
0:0:2
```

(Программа подсчитает все секунды в 24 часах.)

23:59:59

Самый внутренний цикл сделает 60 итераций для каждой итерации среднего цикла. Средний цикл сделает 60 итераций для каждой итерации самого внешнего цикла. Когда самый внешний цикл сделает 24 итерации, средний цикл сделает 1440 итераций, и самый внутренний цикл сделает 86 400 итераций! На рис. 4.8 представлена блок-схема законченной программы имитационной модели часов, которая была показана ранее.

Пример имитационной модели часов подводит нас к нескольким моментам, имеющим отношение к вложенным циклам:

- ◆ внутренний цикл выполняет все свои итерации для каждой отдельной итерации внешнего цикла;
- ◆ внутренние циклы завершают свои итерации быстрее, чем внешние циклы;
- ◆ для того чтобы получить общее количество итераций вложенного цикла, надо перемножить количество итераций всех циклов.

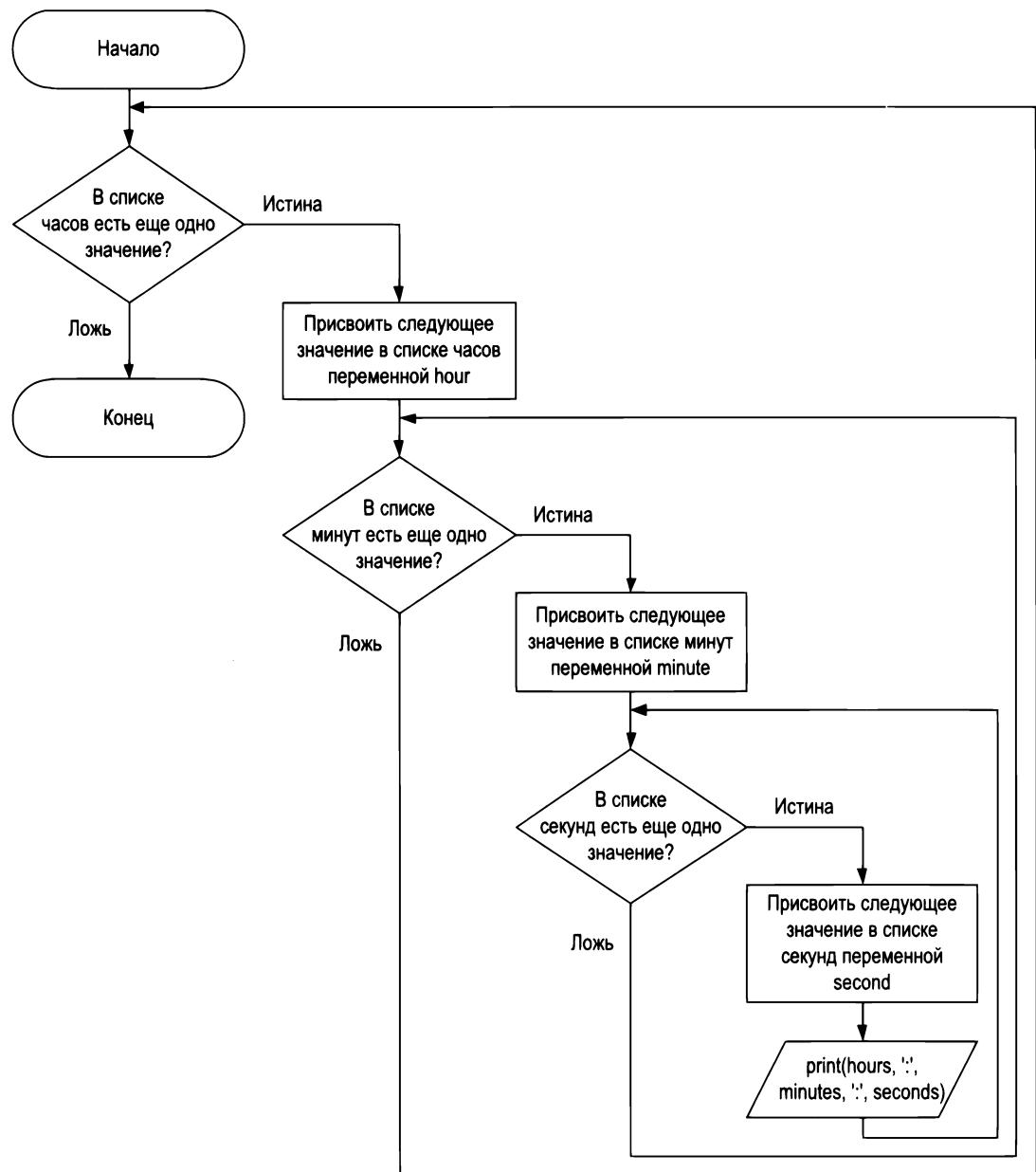


РИС. 4.8. Блок-схема имитационной модели часов

В программе 4.17 приведен еще один пример. Эта программа может использоваться учителем для получения среднего балла каждого студента. Инструкция в строке 5 запрашивает у пользователя количество студентов, а инструкция в строке 8 — количество оценок в расчете на студента. Цикл `for`, который начинается в строке 11, повторяется один раз для каждого студента. Вложенный внутренний цикл в строках 17–21 повторяется один раз для каждой оценки.

Программа 4.17 (test_score_averages.py)

```
1 # Эта программа усредняет оценки. Она запрашивает количество
2 # студентов и количество оценок в расчете на студента.
3
4 # Получить количество студентов.
5 num_students = int(input('Сколько у вас студентов? '))
6
7 # Получить количество оценок в расчете на студента.
8 num_test_scores = int(input('Сколько оценок в расчете на студента? '))
9
10 # Определить средний балл каждого студента.
11 for student in range(num_students):
12     # Инициализировать накопитель оценок.
13     total = 0.0
14     # Получить оценки за лабораторные работы.
15     print('Номер студента', student + 1)
16     print('-----')
17     for test_num in range(num_test_scores):
18         print('Номер лабораторной работы', test_num + 1, end='')
19         score = float(input(': '))
20         # Прибавить оценку в накопитель.
21         total += score
22
23     # Рассчитать средний балл этого студента.
24     average = total / num_test_scores
25
26     # Показать средний балл.
27     print('Средний балл студента номер', student + 1,
28           'составляет:', average)
29 print()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Сколько у вас студентов? **3**

Сколько оценок в расчете на студента? **3**

Номер студента 1

Номер лабораторной работы 1: **4**

Номер лабораторной работы 2: **4**

Номер лабораторной работы 3: **5**

Средний балл студента номер 1 составляет: 4.3

Номер студента 2

Номер лабораторной работы 1: **3**

Номер лабораторной работы 2: **4**

Номер лабораторной работы 3: **5**

Средний балл студента номер 2 составляет: 4.0

```
Номер студента 3
```

```
Номер лабораторной работы 1: 5 Enter
```

```
Номер лабораторной работы 2: 5 Enter
```

```
Номер лабораторной работы 3: 4 Enter
```

```
Средний балл студента номер 3 составляет: 4.6
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение вложенных циклов для печати комбинаций символов

Один интересный способ узнать о вложенных циклах состоит в их использовании для вывода на экран комбинаций символов. Давайте взглянем на один простой пример. Предположим, что мы хотим напечатать на экране звездочки в приведенной ниже прямоугольной комбинации:

```
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
```

Если представить эту комбинацию как строки и столбцы, то вы увидите, что у нее восемь строк, и в каждой строке шесть столбцов. Приведенный ниже фрагмент кода можно использовать для вывода одной строки звездочек:

```
for col in range(6):
    print('*', end='')
```

Если исполнить этот фрагмент кода в программе или в интерактивном режиме, то он произведет приведенный ниже результат:

```
*****
```

Для того чтобы завершить всю комбинацию, нам нужно исполнить этот цикл восемь раз. Мы можем поместить этот цикл в еще один цикл, который делает восемь итераций, как показано ниже:

```
1 for row in range(8):
2     for col in range(6):
3         print('*', end='')
4     print()
```

Внешний цикл делает восемь итераций. Во время каждой итерации этого цикла внутренний цикл делает 6 итераций. (Обратите внимание, что в строке 4 после того, как все строки были напечатаны, мы вызываем функцию `print()`. Мы должны это сделать, чтобы в конце каждой строки продвинуть экранный курсор на следующую строку. Без этой инструкции все звездочки будут напечатаны на экране в виде одной длинной строки.)

Легко можно написать программу, которая предлагает пользователю ввести количество строк и столбцов, как показано в программе 4.18.

Программа 4.18 (`rectangular_pattern.py`)

```
1 # Эта программа выводит прямоугольную комбинацию
2 # звездочек.
3 rows = int(input('Сколько строк? '))
4 cols = int(input('Сколько столбцов? '))
5
6 for r in range(rows):
7     for c in range(cols):
8         print('*', end='')
9     print()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько строк? 5 
Сколько столбцов? 10 
*****
*****
*****
*****
*****
```

Давайте рассмотрим еще один пример. Предположим, что вы хотите напечатать звездочки в комбинации, которая похожа на приведенный ниже треугольник:

```

*
**
***
****
*****
******
*****
```

И снова представьте эту комбинацию звездочек, как сочетание строк и столбцов. В этой комбинации всего восемь строк. В первой строке один столбец. Во второй строке — два столбца. В третьей строке — три. И так продолжается до восьмой строки, в которой восемь столбцов. В программе 4.19 представлен соответствующий код, который производит эту комбинацию.

Программа 4.19 (`triangle_pattern.py`)

```
1 # Эта программа выводит треугольную комбинацию.
2 BASE_SIZE = 8
3
4 for r in range(BASE_SIZE):
5     for c in range(r + 1):
```

```

6     print('*', end=' ')
7     print()

```

Вывод программы

```

*
**
***
****
*****
*****
*****
*****
```

Сначала давайте взглянем на внешний цикл. В строке 4 выражение `range(BASE_SIZE)` создает итерируемый объект, содержащий приведенную ниже последовательность целых чисел:

```
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
```

Как результат, во время выполнения внешнего цикла переменной `r` присваиваются значения от 0 до 7. Выражение `range` во внутреннем цикле в строке 5 записано как `range(r + 1)`. Внутренний цикл выполняется следующим образом.

- ◆ Во время первой итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 0. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать одну итерацию, напечатав одну звездочку.
- ◆ Во время второй итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 1. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать две итерации, напечатав две звездочки.
- ◆ Во время третьей итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 2. Выражение `range(r + 1)` побуждает внутренний цикл сделать три итерации, напечатав три звездочки и т. д.

Давайте взглянем на еще один пример. Предположим, что вы хотите вывести приведенную ниже ступенчатую комбинацию:

```

#
#
#
#
#
#
```

В этой комбинации шесть строк. В целом можно описать каждую строку как ряд пробелов, после которых следует символ `#`. Вот построчное описание:

- | | |
|-------------------|--|
| Первая строка: | 0 пробелов, после которых идет символ <code>#</code> . |
| Вторая строка: | 1 пробел, после которых идет символ <code>#</code> . |
| Третья строка: | 2 пробела, после которых идет символ <code>#</code> . |
| Четвертая строка: | 3 пробела, после которых идет символ <code>#</code> . |

Пятая строка: 4 пробела, после которых идет символ #.

Шестая строка: 5 пробелов, после которых идет символ #.

Для того чтобы вывести эту комбинацию, можно написать код с парой вложенных циклов, которые работают следующим образом.

◆ Внешний цикл делает шесть итераций. Каждая итерация будет делать следующее:

- внутренний цикл поочередно выведет правильное количество пробелов;
- затем будет выведен символ #.

В программе 4.20 представлен соответствующий код Python.

Программа 4.20 (stair_step_pattern.py)

```
1 # Эта программа выводит ступенчатую комбинацию.
2 NUM_STEPS = 6
3
4 for r in range(NUM_STEPS) :
5     for c in range(r):
6         print(' ', end='')
7     print('#')
```

Вывод программы

```
#  
#  
#  
#  
#  
#
```

В строке 4 выражение `range(NUM_STEPS)` создает итерируемый объект, содержащий приведенную ниже последовательность целых чисел:

0, 1, 2, 3, 4, 5

Как результат, внешний цикл делает 6 итераций. Во время выполнения внешнего цикла переменной `r` присваиваются значения от 0 до 5. Внутренний цикл выполняется следующим образом.

- ◆ Во время первой итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 0. Цикл имеет вид `for c in range(0) :` и повторяется ноль раз, поэтому внутренний цикл не выполняется.
- ◆ Во время второй итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 1. Цикл имеет вид `for c in range(1) :` и повторяется один раз, поэтому внутренний цикл делает одну итерацию, печатая один пробел.
- ◆ Во время третьей итерации внешнего цикла переменной `r` присваивается значение 2. Цикл имеет вид `for c in range(2) :` и повторяется два раза, поэтому внутренний цикл делает две итерации, печатая два пробела и т. д.

4.8

Черепашья графика: применение циклов для рисования узоров

Ключевые положения

Циклы можно применять для рисования графических изображений, которые различаются по сложности от простых фигур до изощренных узоров.

Циклы с черепахой применяются для рисования как простых фигур, так и довольно сложных узоров. Например, приведенный ниже цикл `for` делает четыре итерации, чтобы нарисовать квадрат шириной 100 пикселов:

```
for x in range(4):
    turtle.forward(100)
    turtle.right(90)
```

А здесь цикл `for` делает восемь итераций, чтобы нарисовать восьмиугольник, который показан на рис. 4.9:

```
for x in range(8):
    turtle.forward(100)
    turtle.right(45)
```

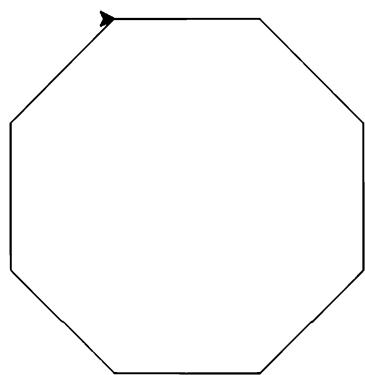


РИС. 4.9. Восьмиугольник

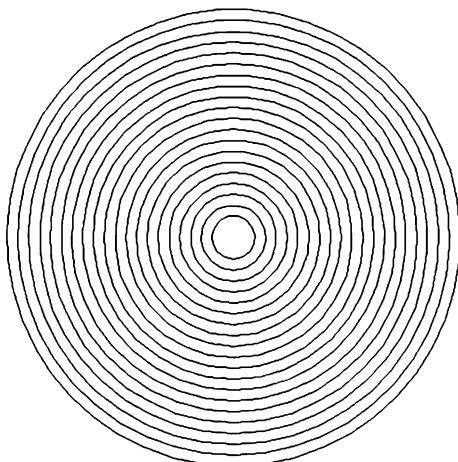


РИС. 4.10. Концентрические круги

В программе 4.21 приведен пример, в котором применяется цикл для рисования концентрических кругов¹. Вывод этой программы показан на рис. 4.10.

Программа 4.21 (concentric_circles.py)

```
1 # Концентрические круги.
2 import turtle
3
4 # Именованные константы.
5 NUM_CIRCLES = 20
```

¹ Концентрические круги — это круги с общим центром. — Прим. ред.

```
6 STARTING_RADIUS = 20
7 OFFSET = 10
8 ANIMATION_SPEED = 0
9
10 # Настроить черепаху.
11 turtle.speed(ANIMATION_SPEED)
12 turtle.hideturtle()
13
14 # Задать радиус первого круга.
15 radius = STARTING_RADIUS
16
17 # Нарисовать круги.
18 for count in range(NUM_CIRCLES):
19     # Нарисовать круг.
20     turtle.circle(radius)
21
22     # Получить координаты следующего круга.
23     x = turtle.xcor()
24     y = turtle.ycor() - OFFSET
25
26     # Вычислить радиус следующего круга.
27     radius = radius + OFFSET
28
29     # Позиция черепахи для следующего круга.
30     turtle.penup()
31     turtle.goto(x, y)
32     turtle.pendown()
```

Используя черепаху для неоднократного начертания простой фигуры, наклоняя ее под слегка отличающимся углом всякий раз, когда она рисует фигуру, можно создать целый ряд интересных узоров. Например, узор на рис. 4.11 был создан путем нанесения 36 кругов при

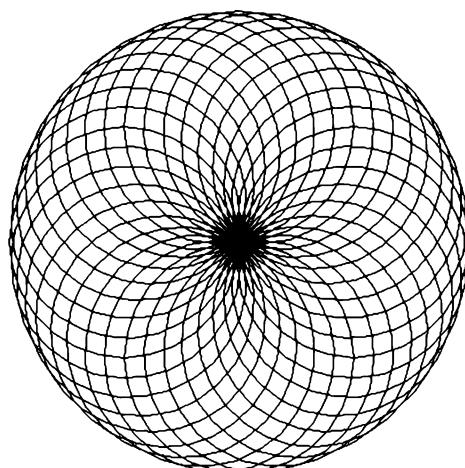


РИС. 4.11. Узор, созданный с использованием кругов

помощи цикла. После начертания круга черепаха наклоняется влево на 10°. В программе 4.22 приведен соответствующий код, который создал этот узор.

Программа 4.22 (spiral_circles.py)

```

1 # Эта программа рисует узор, используя повторяющиеся круги.
2 import turtle
3
4 # Именованные константы.
5 NUM_CIRCLES = 36      # Количество рисуемых кругов.
6 RADIUS = 100          # Радиус каждого круга.
7 ANGLE = 10             # Угол поворота.
8 ANIMATION_SPEED = 0   # Скорость анимации.
9
10 # Задать скорость анимации.
11 turtle.speed(ANIMATION_SPEED)
12
13 # Нарисовать 36 кругов, наклоняя черепаху на
14 # 10 градусов после того, как каждый круг был нарисован.
15 for x in range(NUM_CIRCLES):
16     turtle.circle(RADIUS)
17     turtle.left(ANGLE)

```

Программа 4.23 демонстрирует еще один пример. Она рисует последовательность 36 прямых линий для создания узора, который показан на рис. 4.12.

Программа 4.23 (spiral_lines.py)

```

1 # Эта программа рисует узор, используя повторяющиеся линии.
2 import turtle
3
4 # Именованные константы
5 START_X = -200        # Стартовая координата X.
6 START_Y = 0            # Стартовая координата Y.
7 NUM_LINES = 36         # Количество рисуемых линий.
8 LINE_LENGTH = 400      # Длина каждой линии.
9 ANGLE = 170            # Угол поворота.
10 ANIMATION_SPEED = 0   # Скорость анимации.
11
12 # Переместить черепаху в начальную позицию.
13 turtle.hideturtle()
14 turtle.penup()
15 turtle.goto(START_X, START_Y)
16 turtle.pendown()
17
18 # Задать скорость анимации.
19 turtle.speed(ANIMATION_SPEED)
20

```

```
21 # Нарисовать 36 кругов, наклоняя черепаху на
22 # 170 градусов после того, как каждая линия была нарисована.
23 for x in range(NUM_LINES):
24     turtle.forward(LINE_LENGTH)
25     turtle.left(ANGLE)
```

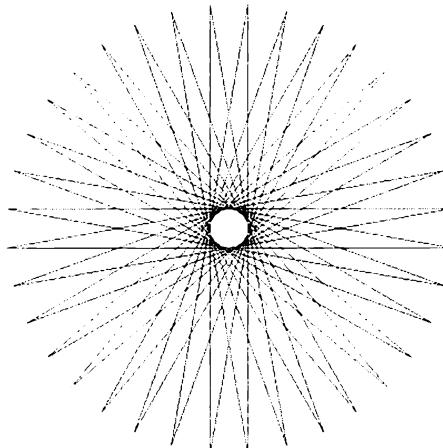


РИС. 4.12. Узор, созданный программой 4.23

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Цикл с _____ использует логическое условие со значениями истина/ложь для управления количеством раз, которые он повторяется.
 - а) булевым выражением;
 - б) условием повторения;
 - в) принятием решения;
 - г) счетчиком повторений.
2. Цикл с _____ повторяется заданное количество раз.
 - а) булевым выражением;
 - б) условием повторения;
 - в) принятием решения;
 - г) счетчиком повторений.
3. Каждое повторение цикла называется _____.
 - а) циклом;
 - б) полным оборотом;
 - в) орбитой;
 - г) итерацией.

4. Цикл `while` — это вид цикла _____.
а) с предусловием;
б) без условия;
в) с предварительной оценкой;
г) с постусловием.
5. _____ цикл не имеет возможности завершиться и повторяется до тех пор, пока программа не будет прервана.
а) неопределенный;
б) не завершающийся;
в) бесконечный;
г) вечный.
6. Оператор `-=` является примером оператора _____.
а) сравнения;
б) расширенного присваивания;
в) составного присваивания;
г) обратного присваивания.
7. _____ переменная содержит нарастающий итог.
а) сигнальная;
б) суммарная;
в) итоговая;
г) накапливающая.
8. _____ — это специальное значение, которое сигнализирует, когда в списке больше не осталось значений. Оно не должно быть ошибочно принято за значение из списка.
а) сигнальная метка;
б) флаг;
в) сигнал;
г) накопитель.
9. Аббревиатура `GIGO` обозначает _____.
а) отличное значение на входе, отличное значение на выходе;
б) мусор заложишь, мусор получишь;
в) ГИГАгерцовую производительность;
г) ГИГАбайтную операцию.
10. Целостность данных на выходе хороша лишь настолько, насколько хороша целостность ее _____.
а) компилятора;
б) языка программирования;
в) данных на входе;
г) отладчика.

11. Входная операция, которая выполняется непосредственно перед циклом валидации данных, называется _____.
 - а) предвалидационным чтением;
 - б) изначальным чтением;
 - в) инициализационным чтением;
 - г) первичным чтением.
12. Циклы валидации данных также называются _____.
 - а) ловушками ошибок;
 - б) циклами Судного дня;
 - в) циклами предотвращения ошибок;
 - г) защитными циклами.

Истина или ложь

1. Цикл с условием повторения всегда повторяется заданное количество раз.
2. Цикл `while` — это цикл с предусловием.
3. Следующее утверждение вычитает 1 из x: $x = x - 1$.
4. Накапливающие переменные не нужно инициализировать.
5. Во вложенном цикле внутренний цикл выполняет все свои итерации для каждой итерации внешнего цикла.
6. Для того чтобы вычислить общее количество итераций вложенного цикла, следует сложить число итераций всех циклов.
7. Процесс валидации входного значения работает следующим образом: когда пользователь программы вводит недопустимое значение, программа должна спросить: "Вы уверены, что хотели ввести именно это?". Если пользователь отвечает "да", то программа должна принять данные.

Короткий ответ

1. Что такое цикл с условием повторения?
2. Что такое цикл со счетчиком повторений?
3. Что такое бесконечный цикл? Напишите программный код для бесконечного цикла.
4. Почему соответствующая инициализация накапливающих переменных имеет критически важное значение?
5. В чем преимущество применения сигнальной метки?
6. Почему значение, применяемое в качестве сигнальной метки, следует тщательно отбирать?
7. Что означает выражение "мусор заложишь, мусор получишь"?
8. Дайте общее описание процесса валидации входных данных.

Алгоритмический тренажер

- Напишите цикл `while`, который позволяет пользователю ввести число. Число должно быть умножено на 10, и результат присвоен переменной с именем `product`. Цикл должен повторяться до тех пор, пока `product` меньше 100.
- Напишите цикл `while`, который просит пользователя ввести два числа. Числа должны быть сложены, и показана сумма. Цикл должен запрашивать у пользователя, желает ли он выполнить операцию еще раз. Если да, то цикл должен повторяться, в противном случае он должен завершиться.
- Напишите цикл `for`, который выводит приведенный ниже ряд чисел:

$$0, 10, 20, 30, 40, 50, \dots, 1000$$
- Напишите цикл, который просит пользователя ввести число. Цикл должен выполнить 10 итераций и вести учет нарастающего итога введенных чисел.
- Напишите цикл, который вычисляет сумму приведенного ниже числового ряда:

$$\frac{1}{30} + \frac{2}{29} + \frac{3}{28} + \dots + \frac{30}{1}$$

- Перепишите приведенные ниже инструкции с использованием операторов расширенного присваивания.
 - $x = x + 1;$
 - $x = x * 2;$
 - $x = x / 10;$
 - $x = x - 100.$
- Напишите серию вложенных циклов, которые выводят 10 строк символов `#`. В каждой строке должно быть 15 символов `#`.
- Напишите программный код, который предлагает пользователю ввести положительное ненулевое число и выполняет проверку допустимости входного значения.
- Напишите программный код, который предлагает пользователю ввести число в диапазоне от 1 до 100 и проверяет допустимость введенного значения.

Задачи по программированию

- Сборщик ошибок.** Сборщик ошибок собирает ошибки каждый день в течение пяти дней. Напишите программу, которая ведет учет нарастающего итога ошибок, собранных в течение пяти дней. Цикл должен запрашивать количество ошибок, собираемых в течение каждого дня, и когда цикл завершается, программа должна вывести общее количество собранных ошибок.



Видеозапись "Сборщик ошибок" (The Bug Collector Problem)

- Сожженные калории.** Бег на беговой дорожке позволяет сжигать 4,2 калорий в минуту. Напишите программу, которая применяет цикл для вывода количества калорий, сожженных после 10, 15, 20, 25 и 30 минут бега.
- Анализ бюджета.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести сумму, выделенную им на один месяц. Затем цикл должен предложить пользователю ввести суммы отдельных статей его расходов за месяц и подсчитать их нарастающим итогом. По

завершению цикла программа должна вывести сэкономленную или перерасходованную сумму.

4. **Пройденное расстояние.** Пройденное транспортным средством расстояние можно вычислить следующим образом:

$$\text{расстояние} = \text{скорость} \times \text{время}.$$

Например, если поезд движется со скоростью 90 км/ч в течение трех часов, то пройденное расстояние составит 270 км. Напишите программу, которая запрашивает у пользователя скорость транспортного средства (в км/ч) и количество часов, которое оно двигалось. Затем она должна применить цикл для вывода расстояния, пройденного транспортным средством для каждого часа этого периода времени. Вот пример требуемого результата:

Какая скорость транспортного средства в км/ч? 40

Сколько часов оно двигалось? 3

Час	Пройденное расстояние
-----	-----------------------

1	40
2	80
3	120

5. **Средняя толщина дождевых осадков.** Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для сбора данных и вычисления средней толщины дождевых осадков за ряд лет. Программа должна сначала запросить количество лет. Внешний цикл будет выполнять одну итерацию для каждого года. Внутренний цикл будет делать двенадцать итераций, одну для каждого месяца. Каждая итерация внутреннего цикла запрашивает у пользователя миллиметры дождевых осадков в течение этого месяца. После всех итераций программа должна вывести количество месяцев, общее количество миллиметров дождевых осадков и среднюю толщину дождевых осадков в месяц в течение всего периода.
6. **Таблица соответствия между градусами Цельсия и градусами Фаренгейта.** Напишите программу, которая выводит таблицу температур по шкале Цельсия от 0 до 20 и их эквиваленты по Фаренгейту. Формула преобразования температуры из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта:

$$F = \frac{9}{5}C + 32,$$

где F — это температура по шкале Фаренгейта; C — температура по шкале Цельсия. Для вывода этой таблицы ваша программа должна применить цикл.

7. **Мелкая монета для зарплаты.** Напишите программу, которая вычисляет сумму денег, которую человек заработает в течение периода времени, если в первый день его зарплата составит одну копейку, во второй день две копейки и каждый последующий день будет удваиваться. Программа должна запросить у пользователя количество дней, вывести таблицу, показывающую зарплату за каждый день, и затем показать заработанную плату до налоговых и прочих удержаний в конце периода. Итоговый результат должен быть выведен в рублях, а не в количестве копеек.
8. **Сумма чисел.** Напишите программу с циклом, которая просит пользователя ввести ряд положительных чисел. Пользователь должен ввести отрицательное число в качестве сигнала конца числового ряда. После того как все положительные числа будут введены, программа должна вывести их сумму.

9. **Уровень океана.** Допустим, что уровень океана в настоящее время повышается примерно на 1,6 мм в год. С учетом этого создайте приложение, которое выводит количество миллиметров, на которые океан будет подниматься каждый год в течение следующих 25 лет.
10. **Рост платы за обучение.** В заданном университете обучение студента-очника составляет 45 000 рублей в семестр. Было объявлено, что плата за обучение будет повышаться на 3% каждый год в течение следующих 5 лет. Напишите программу с циклом, который выводит плановую сумму за обучение в семестр в течение следующих 5 лет.
11. **Потеря массы.** Если умеренно активный человек будет сокращать свое потребление в калориях на 500 калорий в день, то, как правило, он может похудеть примерно на 1,5 кг в месяц. Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести его исходную массу и затем создает и выводит таблицу, показывающую, каким будет его ожидающаяся масса в конце каждого месяца в течение следующих 6 месяцев, если он останется на этой диете.
12. **Вычисление факториала числа.** В математике запись в форме $n!$ обозначает факториал неотрицательного целого числа n . Факториал n — это произведение всех неотрицательных целых чисел от 1 до n . Например,

$$7! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 = 5040$$

и

$$4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24.$$

Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести неотрицательное целое число и затем применяет цикл для вычисления факториала этого числа и показывает факториал.

13. **Популяция.** Напишите программу, которая предсказывает приблизительный размер популяции организмов. Приложение должно использовать текстовые поля, чтобы дать пользователю ввести стартовое количество организмов, среднесуточное увеличение популяции (как процент) и количество дней, которые организмам будет дано на размножение. Например, допустим, что пользователь вводит приведенные ниже значения:

- стартовое количество: 2;
- среднесуточное увеличение: 30%;
- количество дней для размножения: 10.

Программа должна вывести показанную ниже таблицу данных:

День	Популяция
1	2
2	2,6
3	3,38
4	4,394
5	5,7122
6	7,42586
7	9,653619
8	12,5497
9	16,31462
10	21,209

14. Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для рисования этого узора:

```
*****  
*****  
****  
***  
**  
*
```

15. Напишите программу, которая применяет вложенные циклы для рисования этого узора:

```
##  
# #  
# #  
# #  
# #  
# #  
# #
```

16. **Черепашья графика: повторение квадратов.** В этой главе вы увидели пример цикла, который рисует квадрат. Напишите программу черепашьей графики, которая применяет вложенные циклы для рисования 100 квадратов, чтобы создать узор, показанный на рис. 4.13.

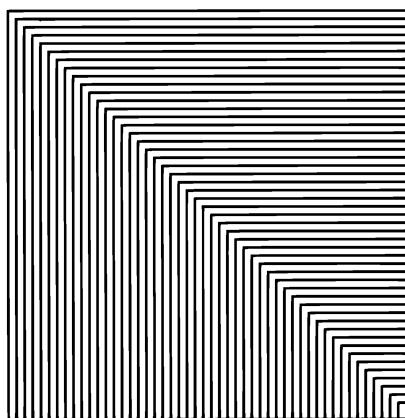


РИС. 4.13. Повторяющиеся квадраты

17. **Черепашья графика: звездочный узор.** Примените цикл с библиотекой черепашьей графики, чтобы нарисовать узор, показанный на рис. 4.14.

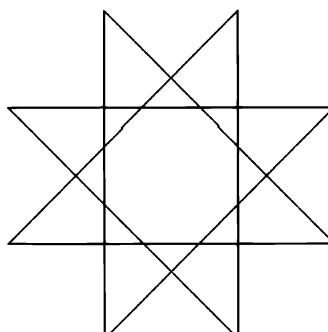


РИС. 4.14. Звездочный узор

18. **Черепашья графика: гипнотический узор.** Примените цикл с библиотекой черепашьей графики, чтобы нарисовать узор, показанный на рис. 4.15.

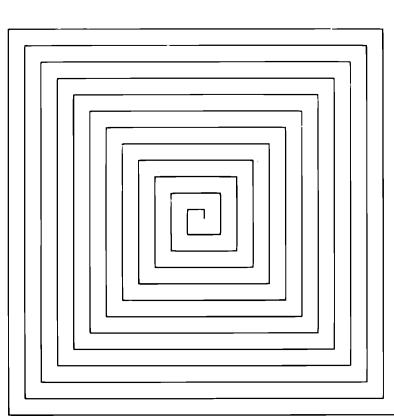


РИС. 4.15. Гипнотический узор

19. **Черепашья графика: знак STOP.** В этой главе вы увидели пример цикла, который рисует восемьмиугольник. Напишите программу, которая применяет цикл для рисования восемьмиугольника со словом STOP, нарисованным в его центре. Знак STOP должен быть центрирован в графическом окне (рис. 4.16).

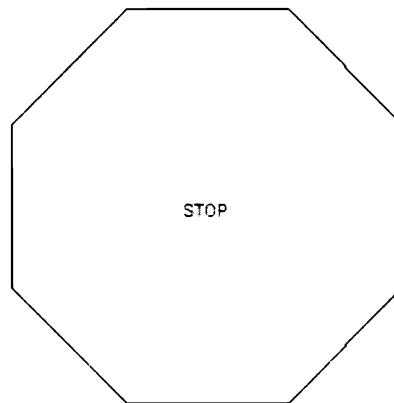


РИС. 4.16. Знак STOP

5.1

Введение в функции

Ключевые положения

Функция — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения определенной задачи.

В главе 2 мы описали простой алгоритм вычисления заработной платы сотрудника. В нем число отработанных часов умножается на почасовую ставку оплаты труда. Между тем, более реалистический алгоритм расчета заработной платы делал бы намного больше, чем этот. В реальном приложении полная задача расчета заработной платы сотрудника состояла бы из нескольких подзадач, в частности:

- ◆ получение почасовой ставки оплаты труда сотрудника;
- ◆ получение числа отработанных часов;
- ◆ расчет заработной платы сотрудника до удержаний;
- ◆ расчет оплаты сверхурочных часов;
- ◆ расчет налоговых и прочих удержаний;
- ◆ расчет чистой заработной платы;
- ◆ печать ведомости на получение заработной платы.

Большинство программ выполняет задачи, которые настолько крупные, что их приходится разбивать на несколько подзадач. Поэтому программисты обычно подразделяют свои программы на небольшие приемлемые порции, которые называются функциями. *Функция* — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения конкретной задачи. Вместо того чтобы писать большую программу как одну длинную последовательность инструкций, программист создает несколько небольших функций, каждая из которых выполняет определенную часть задачи. Эти небольшие функции затем могут быть исполнены в нужном порядке для выполнения общей задачи.

Такой подход иногда называется методом "разделяй и властвуй", потому что большая задача подразделяется на несколько меньших задач, которые легко выполнить. На рис. 5.1 иллюстрируется эта идея путем сравнения двух программ: в одной из них для выполнения задачи используется длинная сложная последовательность инструкций, в другой задача подразделяется на меньшие по объему задачи, каждая из которых выполняется отдельной функцией.

При использовании в программе функций каждая подзадача обычно выносится в собственную функцию. Например, реальная программа расчета заработной платы могла бы иметь такие функции:

- ◆ функцию получения почасовой ставки оплаты труда сотрудника;
 - ◆ функцию получения количества часов;
 - ◆ функцию расчета заработной платы сотрудника до удержаний;
 - ◆ функцию расчета оплаты сверхурочных часов;
 - ◆ функцию расчета налоговых и прочих удержаний;
 - ◆ функцию расчета чистой заработной платы;
 - ◆ функцию печати ведомости на получение заработной платы.

Программа, которую пишут так, что каждая подзадача помещается в свою функцию, называется *модуляризованной программой*.

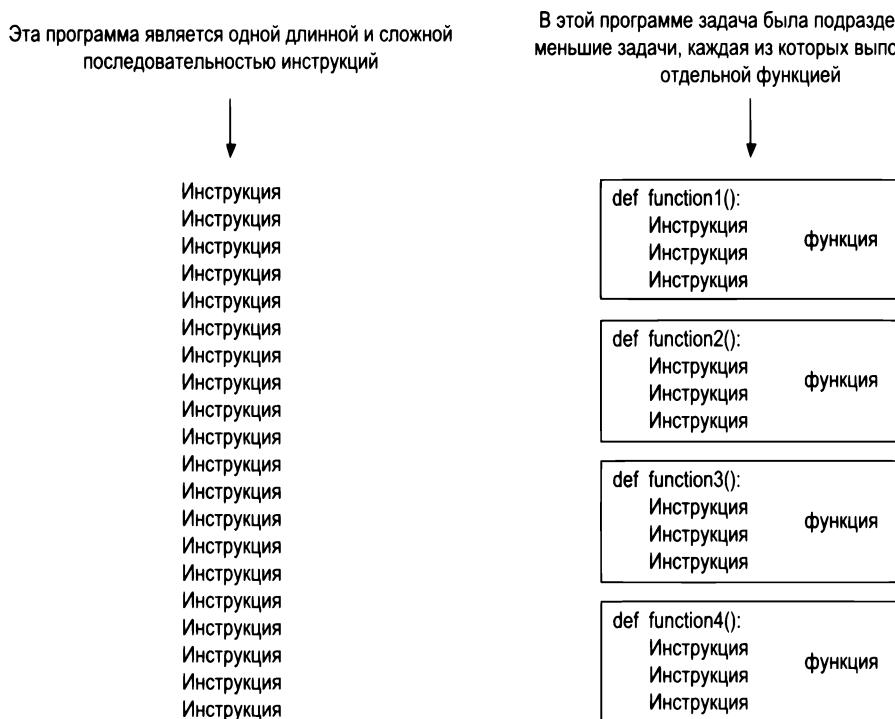


РИС. 5.1. Использование функций для разбиения задачи по методу "разделяй и властвуй"

Преимущества модуляризации программы на основе функций

В результате разбиения программы на функции она получает следующие преимущества.

- ◆ **Более простой код.** Когда код программы разбит на функции, он проще и легче для понимания. Несколько небольших функций намного легче читать, чем одну длинную последовательность инструкций.
 - ◆ **Повторное использование кода.** Функции также уменьшают дублирование программного кода в программе. Если определенная операция в программе выполняется в нескольких местах, то для выполнения этой операции можно один раз написать функцию и

затем ее выполнять в любое время, когда она понадобится. Это преимущество функций называется *повторным использованием кода*.

- ◆ **Более простое тестирование.** Когда каждая задача в программе содержится в собственной функции, процессы тестирования и отладки становятся проще. Программисты могут индивидуально протестировать каждую функцию в программе и определить, выполняет ли она свою задачу правильно. Это упрощает процесс изолирования и исправления ошибок.
- ◆ **Более быстрая разработка.** Предположим, что программист или команда программистов разрабатывают многочисленные программы. Они обнаруживают, что каждая программа выполняет несколько общих задач, таких как выяснение имени пользователя и пароля, вывод текущего времени и т. д. Многократно писать программный код для всех этих задач не имеет никакого смысла. Вместо этого для часто встречающихся задач пишут функции, и эти функции могут быть включены в состав любой программы, которая в них нуждается.
- ◆ **Упрощение командной работы.** Функции также упрощают программистам работу в командах. Когда программа разрабатывается как набор функций, каждая из которых выполняет отдельную задачу, в этом случае разным программистам может быть поручено написание различных функций.

Функции без возврата значения и с возвратом значения

В этой главе вы научитесь писать два типа функций: функции без возврата значения, или пустые функции (`void function`), и функции с возвратом значения. Когда вызывается *функция без возврата значения*, она просто исполняет содержащиеся в ней инструкции и затем завершается. Когда вызывается *функция с возвратом значения*, она исполняет содержащиеся в ней инструкции и возвращает значение в ту инструкцию, которая ее вызвала. Функция `input` является примером функции с возвратом значения. При вызове функции `input` она получает данные, которые пользователь вводит на клавиатуре, и возвращает эти данные в качестве строкового значения. Функции `int()` и `float()` — тоже примеры функций с возвратом значения. Вы передаете аргумент функции `int()`, и она возвращает значение этого аргумента, преобразованное в целое число. Аналогичным образом вы передаете аргумент функции `float()`, и она возвращает значение этого аргумента, преобразованное в число с плавающей точкой.

Функция без возврата значения — это первый тип функции, которую вы научитесь писать.



Контрольная точка

- 5.1. Что такое функция?
- 5.2. Что означает фраза "разделяй и властвуй"?
- 5.3. Каким образом функции помогают повторно использовать программный код?
- 5.4. Каким образом функции ускоряют разработку многочисленных программ?
- 5.5. Каким образом функции упрощают разработку программ командами программистов?

5.2

Определение и вызов функции без возврата значения

Ключевые положения

Программный код функции называется определением функции. Для исполнения функции пишется инструкция, которая ее вызывает.

Прежде чем мы рассмотрим процесс создания и применения функций, следует упомянуть несколько вещей об именах функций. Имена функциям назначаются точно так же, как назначаются имена используемым в программе переменным. Имя функции должно быть достаточно описательным, чтобы любой читающий ваш код мог обоснованно догадаться, что именно функция делает.

Python требует, чтобы вы соблюдали такие же правила, которые вы соблюдаете при именовании переменных:

- ◆ в качестве имени функции нельзя использовать одно из ключевых слов Python (см. табл. 1.2 со списком ключевых слов);
- ◆ имя функции не может содержать пробелы;
- ◆ первый символ должен быть одной из букв от а до z, от А до Z либо символом подчеркивания (_);
- ◆ после первого символа можно использовать буквы от а до z или от А до Z, цифры от 0 до 9 либо символы подчеркивания;
- ◆ символы в верхнем и нижнем регистрах различаются.

Поскольку функции выполняют действия, большинство программистов предпочитает в именах функций использовать глаголы. Например, функцию, которая вычисляет заработную плату до удержаний, можно было бы назвать calculate_gross_pay (рассчитать заработную плату до удержаний). Любому читающему программный код такое имя становится очевидным, что функция что-то вычисляет. И что же она вычисляет? Разумеется, заработную плату до налоговых и прочих удержаний. Другими примерами хороших имен функций будут get_hours (получить часы), get_pay_rate (получить ставку оплаты труда), calculate_overtime (рассчитать сверхурочные), print_check (напечатать чек) и т. д. Каждое приведенное выше имя функции дает описание того, что функция делает.

Определение и вызов функции



Видеозапись "Определение и вызов функции" (Defining and Calling a Function)

Для того чтобы создать функцию, пишут ее определение. Вот общий формат определения функции в Python:

```
def имя_функции():
    инструкция
    инструкция
    ...
```

Первая строка называется *заголовком функции*. Он отмечает начало определения функции. Заголовок функции начинается с ключевого слова `def`, после которого идет *имя_функции*, затем круглые скобки и потом двоеточие.

Начиная со следующей строки идет набор инструкций, который называется блоком. Блок — это просто набор инструкций, которые составляют одно целое. Эти инструкции исполняются всякий раз, когда функция вызывается. Обратите внимание, что в приведенном выше общем формате все инструкции в блоке выделены отступом для того, чтобы интерпретатор Python использовал их для определения начала и конца блока.

Давайте обратимся к примеру функции. Следует иметь в виду, что это не полная программа. Мы покажем полный текст программы чуть позже.

```
def message():
    print('Я - Артур, ')
    print('король британцев.')
```

Этот фрагмент кода определяет функцию с именем `message`. Она содержит блок с двумя инструкциями. Исполнение функции приведет к исполнению этих инструкций.

Вызов функции

Определение функции говорит о том, что именно функция делает, но оно не исполняет функцию. Для того чтобы функцию выполнить, ее необходимо *вызвать*. Вот как вызывается функция `message`:

```
message()
```

Когда функция вызвана, интерпретатор перескакивает к этой функции и исполняет инструкции в ее блоке. Затем, когда достигнут конец блока, интерпретатор перескакивает назад к той части программы, которая вызвала эту функцию, и программа возобновляет исполнение в этой точке. Когда это происходит, мы говорим, что функция *вернулась*. Для того чтобы полностью продемонстрировать, как работает вызов функции, мы обратимся к программе 5.1.

Программа 5.1 (function_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует функцию.
2 # Сначала мы определяем функцию с именем message.
3 def message():
4     print('Я - Артур, ')
5     print('король британцев.')
6
7 # Вызвать функцию message.
8 message()
```

Вывод программы

```
Я - Артур,
король британцев.
```

Давайте разберем эту программу шаг за шагом и исследуем, что происходит, когда она работает. Сначала интерпретатор игнорирует комментарии, которые появляются в строках 1 и 2. Затем он читает инструкцию `def` в строке 3. Она приводит к тому, что в оперативной памяти создается функция под названием `message` с блоком инструкций в строках 4 и 5. (Напомним, что определение функции создает функцию, но оно не исполняет ее.) Далее интер-

претатор встречает комментарий в строке 7, который игнорируется. Затем он исполняет инструкцию в строке 8, которая представляет собой вызов функции. Эта инструкция приводит к исполнению функции `message`, которая печатает две строки выходных значений. На рис. 5.2 проиллюстрированы части этой программы.

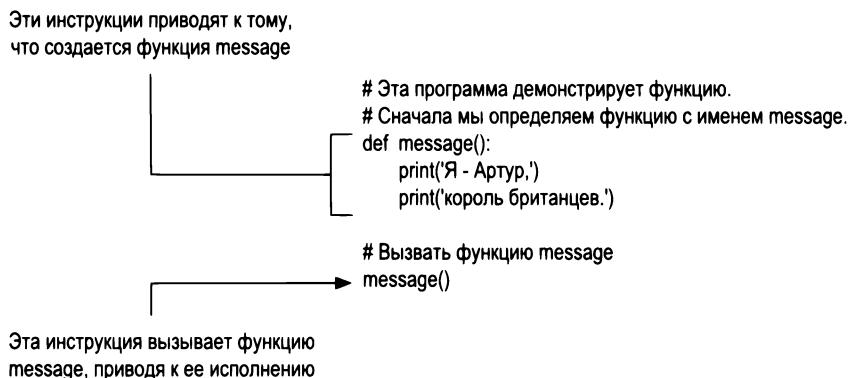


РИС. 5.2. Определение и вызов функции

Программа 5.1 имеет всего одну функцию, однако в коде можно определять много функций. Нередко программа имеет главную функцию `main`, которая вызывается, когда программа запускается. Функция `main` по мере надобности вызывает другие функции. Часто говорится, что функция `main` содержит *стержневую логику* программы, т. е. общую логику программы. В программе 5.2 приведен пример кода с двумя функциями: `main` и `message`.

Программа 5.2 (two_functions.py)

```

1 # Эта программа имеет две функции.
2 # Сначала мы определяем главную функцию.
3 def main():
4     print('У меня для вас известие.')
5     message()
6     print('До свидания!')
7
8 # Затем мы определяем функцию message.
9 def message():
10    print('Я - Артур,')
11    print('король британцев.')
12
13 # Вызвать главную функцию
14 main()

```

Вывод программы

```

У меня для вас известие.
Я - Артур,
король британцев.
До свидания!

```

Определение функции `main` расположено в строках 3–6, а определение функции `message` — в строках 9–11. Как показано на рис. 5.3, инструкция в строке 14 вызывает главную функцию `main`.

Интерпретатор перескакивает к функции `main` и начинает выполнять инструкции в ее блоке

```
# Эта программа имеет две функции.  
# Сначала мы определяем главную функцию.  
def main():  
    print('У меня для вас известие')  
    message()  
    print('До свидания!')  
  
# Затем мы определяем функцию message.  
def message():  
    print('Я - Артур')  
    print('король британцев.')  
  
# Вызывать главную функцию  
main()
```

РИС. 5.3. Вызов главной функции

В функции `main` первая инструкция в строке 4 вызывает функцию `print`. Она показывает строковое значение 'У меня для вас известие.'. Затем инструкция в строке 5 вызывает функцию `message`, и интерпретатор перепрыгивает к функции `message` (рис. 5.4). После того как инструкции в функции `message` выполнены, интерпретатор возвращается в функцию `main` и возобновляет работу инструкцией, которая следует сразу за вызовом функции. Это инструкция, которая показывает строковое значение 'до свидания!' (рис. 5.5). Как показано на рис. 5.6, это конец функции `main`, поэтому функция возвращается. Инструкций для исполнения больше не осталось, и поэтому программа заканчивается.



ПРИМЕЧАНИЕ

Когда программа вызывает функцию, программисты обычно говорят, что *поток управления* программы передается в эту функцию. Это просто означает, что функция берет исполнение программы под свой контроль.

Интерпретатор перескакивает к функции `message` и начинает выполнять инструкции в его блоке

```
# Эта программа имеет две функции.  
# Сначала мы определяем главную функцию.  
def main():  
    print('У меня для вас известие.')  
    message()  
    print('До свидания!')  
  
# Затем мы определяем функцию message.  
def message():  
    print('Я - Артур.')  
    print('король британцев.')  
  
# Вызывать главную функцию.  
main()
```

РИС. 5.4. Вызов функции `message`

```

# Эта программа имеет две функции.
# Сначала мы определяем главную функцию.
def main():
    print('У меня для вас известие.')
    message()
    print('До свидания!')

# Затем мы определяем функцию message.
def message():
    print('Я - Артур,')
    print('король британцев.')

# Вызвать главную функцию.
main()

```

Когда функция message заканчивается, интерпретатор перескакивает назад к той части программы, которая ее вызвала, и возобновляет исполнение с этой точки

РИС. 5.5. Функция message возвращается

```

# Эта программа имеет две функции.
# Сначала мы определяем главную функцию.
def main():
    print('У меня для вас известие.')
    message()
    print('До свидания!')

# Затем мы определяем функцию message.
def message():
    print('Я - Артур,')
    print('король британцев.')

# Вызвать главную функцию.
main()

```

Когда функция main заканчивается, интерпретатор перескакивает назад к той части программы, которая ее вызвала. Инструкций больше не осталось, и поэтому программа заканчивается

РИС. 5.6. Функция main возвращается

Выделение отступом в Python

В Python каждая строка в блоке должна быть выделена отступом. Последняя выделенная отступом строка после заголовка функции является последней строкой в блоке функции (рис. 5.7).

Последняя выделенная отступом строка — это последняя строка в блоке

```

def greeting():
    print('Доброе утро!')
    print('Сегодня мы будем изучать функции.')

```

Эти инструкции не находятся в блоке

```

print('Я вызову функцию приветствия.')
greeting()

```

РИС. 5.7. Все инструкции в блоке выделены отступом

Когда строки выделяются отступом, следует убедиться, что каждая строка начинается с одинакового количества пробелов. В противном случае произойдет ошибка. Например, приведенное ниже определение функции вызовет ошибку, потому что все строки выделены разным количеством пробелов:

```
def my_function():
    print('А теперь')
print('что-то совершенно')
    print('другое.')
```

В редакторе существует два способа выделить строку отступом: во-первых, нажатием клавиши <Tab> в начале строки либо, во-вторых, при помощи клавиши <Пробел> для вставки пробелов в начале строки. При выделении строк отступом в блоке можно использовать либо табуляцию, либо пробелы, но не оба способа одновременно. В противном случае это может запутать интерпретатор Python и вызвать ошибку.

Среда IDLE, а также большинство других редакторов Python автоматически выделяют строки блока отступом. При наборе двоеточия в конце заголовка функции все строки, набираемые позже, будут автоматически выделяться отступом. Для того чтобы выйти из автоматического выделения отступом, следует после набора последней строки блока нажать клавишу <Backspace>.



СОВЕТ

Для выделения строк блока отступом программисты Python обычно используют четыре пробела. Вы можете использовать любое количество пробелов по вашему выбору, коль скоро все строки в блоке расположены с соразмерным отступом.



ПРИМЕЧАНИЕ

Пустые строки, которые появляются в блоке, игнорируются.



Контрольная точка

- 5.6. Из каких двух частей состоит определение функции?
- 5.7. Что означает фраза "вызвать функцию"?
- 5.8. Что происходит, когда во время исполнения функции достигнут конец ее блока инструкций?
- 5.9. Почему необходимо выделять отступом инструкции в блоке?

5.3

Проектирование программы с использованием функций

Ключевые положения

Для разбиения алгоритма на функции программисты обычно пользуются приемом, который называется нисходящей разработкой алгоритма.

Составление блок-схемы программы с использованием функций

В главе 2 мы представили блок-схемы как инструмент разработки программ. В блок-схеме вызов функции изображается прямоугольником, у которого с каждой стороны имеются вертикальные полосы (рис. 5.8). Имя вызываемой функции пишут на прямоугольнике. Приведенный на рис. 5.8 пример показывает, как представить в блок-схеме вызов функции `message()`.



РИС. 5.8. Символ блок-схемы для вызова функции

Программисты, как правило, составляют отдельную блок-схему для каждой функции в программе. Например, на рис. 5.9 показано, как будут изображены функции `main` и `message` в программе 5.2. При составлении блок-схемы функции начальный терминальный символ обычно показывает имя функции, а конечный терминальный символ обычно содержит слово Возврат.

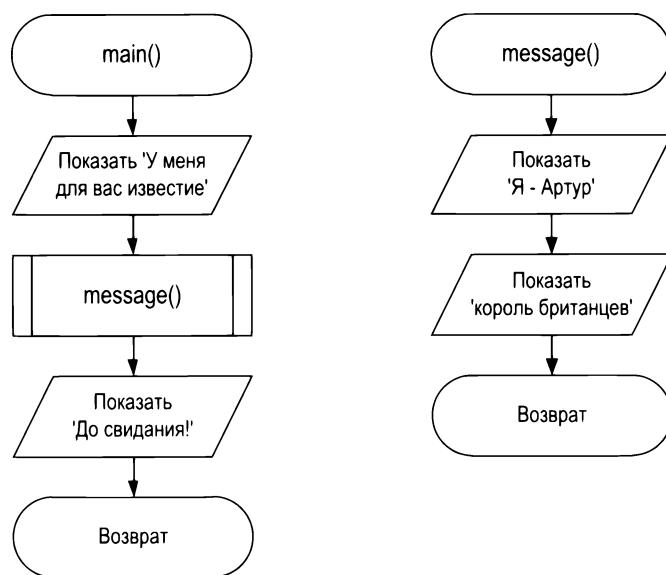


РИС. 5.9. Блок-схема программы 5.2

Нисходящая разработка алгоритма

Мы рассмотрели и продемонстрировали работу функций. Вы увидели, как при вызове функции поток управления программы передается в функцию и затем при завершении функции возвращается в ту часть программы, которая вызвала функцию. В этих механических аспектах функций очень хорошо разобраться.

Не меньшее значение, чем понимание того, как работают функции, имеет понимание того, как разрабатывать программу, которая использует функции. Программисты чаще всего применяют метод под названием *нисходящей разработки*, который позволяет разбивать алгоритм на функции. Процесс нисходящей разработки алгоритма выполняется следующим образом:

1. Полная задача, которую должна выполнить программа, разбивается на серию подзадач.
2. Каждая подзадача исследуется с целью установления, можно ли ее разложить дальше на другие подзадачи. Этот шаг повторяется до тех пор, пока больше ни одной подзадачи невозможно идентифицировать.
3. После того как все подзадачи были идентифицированы, их пишут в программном коде.

Этот процесс называется *нисходящей разработкой*, потому что программист начинает с того, что обращается к самому верхнему уровню выполняемых задач и затем разбивает эти задачи на подзадачи более низкого уровня.

Иерархические схемы

Блок-схемы являются хорошими инструментами графического изображения потока логики внутри функций, но они не обеспечивают визуального представления связей между функциями. Для этой цели программисты чаще всего используют иерархические схемы. *Иерархическая схема*, которая также называется *структурной схемой*, показывает каждую функцию в программе в виде прямоугольников. Прямоугольники соединены таким образом, что они иллюстрируют функции, вызываемые каждой функцией. На рис. 5.10 представлен пример иерархической схемы гипотетической программы расчета заработной платы.

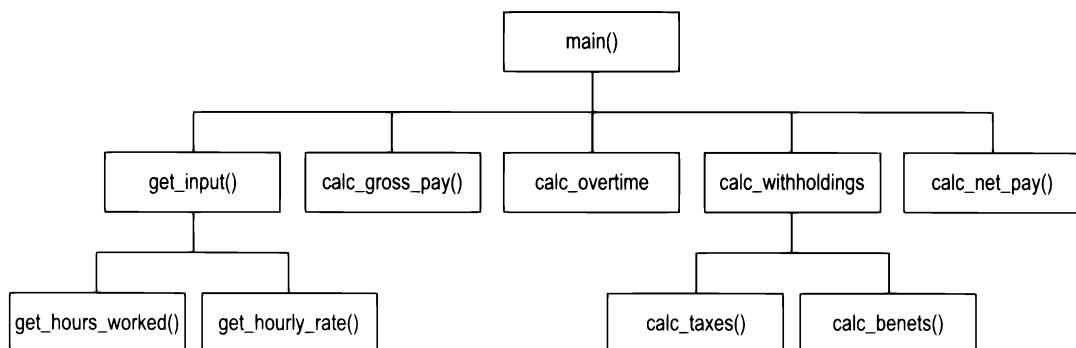


РИС. 5.10. Иерархическая схема

Приведенная на рис. 5.10 схема показывает функцию `main` как самую верхнюю функцию в иерархии. Функция `main` вызывает пять других функций: `get_input` (получить входные данные), `calc_gross_pay` (рассчитать заработную плату до удержаний), `calc_overtime` (рассчитать сверхурочные), `calc_withholdings` (рассчитать удержания) и `calc_net_pay` (расчитать зарплату на руки). Функция `get_input` вызывает две дополнительные функции: `get_hours_worked` (получить отработанные часы) и `get_hourly_rate` (получить ставку оплаты труда). Функция `calc_withholdings` тоже вызывает две функции: `calc_taxes` (рассчитать налоги) и `calc_benefits` (рассчитать пособия).

Обратите внимание, что иерархическая схема не показывает шаги, которые предпринимаются внутри функций, и поэтому не заменяет блок-схему или псевдокод.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Определение и вызов функций

Компания "Профессиональный техсервис" предлагает услуги по техобслуживанию и ремонту бытовой техники. Владелец компании хочет предоставить каждому техническому специалисту компании небольшой карманный компьютер, который показывает пошаговые инструкции для многих выполняемых ремонтных работ. Для того чтобы увидеть, как это могло бы работать, владелец попросил вас разработать программу, которая выводит приведенные ниже инструкции по разборке сушилки белья фирмы Астте:

Шаг 1: отключить сушилку и отодвинуть ее от стены.

Шаг 2: удалить шесть винтов с задней стороны сушилки.

Шаг 3: удалить заднюю панель сушилки.

Шаг 4: вынуть верхний блок сушилки.

Во время вашего интервью с владельцем вы решаете, что программа должна показывать шаги по очереди. Вы решаете, что после того, как выведены все шаги, пользователю будет предложено нажать клавишу <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг. Вот алгоритм в псевдокоде:

Показать стартовое сообщение с объяснением, что программа делает.

Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть шаг 1.

Показать инструкции для шага 1.

Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.

Показать инструкции для шага 2.

Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.

Показать инструкции для шага 3.

Попросить пользователя нажать <Enter>, чтобы увидеть следующий шаг.

Показать инструкции для шага 4.

Этот алгоритм перечисляет задачи верхнего уровня, которые программа должна выполнить; они становятся основой главной функции программы. На рис. 5.11 показана структура программы на иерархической схеме.

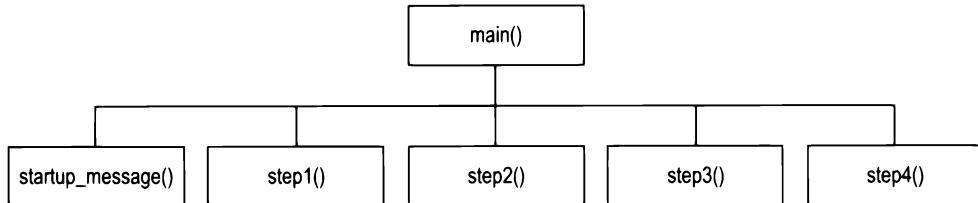


РИС. 5.11. Иерархическая схема программы

Как видно из иерархической схемы, главная функция `main` вызовет несколько других функций. Вот краткое описание этих функций:

- ◆ `startup_message` — функция выводит стартовое сообщение, которое говорит техническому специалисту, что именно делает программа;
- ◆ `step1` — функция выводит инструкции для шага 1;

- ◆ step2 — функция выводит инструкции для шага 2;
- ◆ step3 — функция выводит инструкции для шага 3;
- ◆ step4 — функция выводит инструкции для шага 4.

Между вызовами этих функций функция main будет подсказывать пользователю нажимать клавишу, чтобы увидеть следующий шаг инструкций. В программе 5.3 приведен соответствующий код.

Программа 5.3 (acme_dryer.py)

```
1 # Эта программа показывает пошаговые инструкции
2 # для разборки бельевой сушилки фирмы Асме.
3 # Главная функция выполняет основную логику программы.
4 def main():
5     # Показать стартовое сообщение.
6     startup_message()
7     input('Нажать Enter, чтобы увидеть шаг 1.')
8     # Показать шаг 1.
9     step1()
10    input('Нажать Enter, чтобы увидеть шаг 2.')
11    # Показать шаг 2.
12    step2()
13    input('Нажать Enter, чтобы увидеть шаг 3.')
14    # Показать шаг 3.
15    step3()
16    input('Нажать Enter, чтобы увидеть шаг 4.')
17    # Показать шаг 4.
18    step4()
19
20 # Функция startup_message показывает
21 # первоначальное сообщение программы на экране.
22 def startup_message():
23     print('Эта программа дает рекомендации')
24     print('по разборке бельевой сушилки фирмы АСМЕ.')
25     print('Данный процесс состоит из 4 шагов.')
26     print()
27
28 # Функция step1 показывает инструкции
29 # для шага 1.
30 def step1():
31     print('Шаг 1: отключить сушилку и')
32     print('отодвинуть ее от стены.')
33     print()
34
35 # Функция step2 показывает инструкции
36 # для шага 2.
37 def step2():
38     print('Шаг 2: удалить шесть винтов')
```

```
39     print('с задней стороны сушилки.')
40     print()
41
42 # Функция step3 показывает инструкции
43 # для шага 3.
44 def step3():
45     print('Шаг 3: удалить заднюю панель')
46     print('сушилки.')
47     print()
48
49 # Функция step4 показывает инструкции
50 # для шага 4.
51 def step4():
52     print('Шаг 4: вынуть верхний блок')
53     print('сушилки.')
54
55 # Вызвать главную функцию, чтобы начать программу.
56 main()
```

Вывод программы

Эта программа дает рекомендации по разборке бельевой сушилки фирмы ACME. Данный процесс состоит из 4 шагов.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.

Шаг 1: отключить сушилку и отодвинуть ее от стены.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 2.

Шаг 2: удалить шесть винтов с задней стороны сушилки.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 3.

Шаг 3: удалить заднюю панель сушилки.

Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 4.

Шаг 4: вынуть верхний блок сушилки.

Приостановка исполнения до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter>

Иногда требуется приостановить работу программы, чтобы пользователь мог прочесть информацию, которая была выведена на экран. Когда пользователь будет готов к тому, чтобы программа продолжила исполнение, он нажимает клавишу <Enter>, и программа возобнов-

ляет работу. Для того чтобы программа приостановила работу до нажатия клавиши <Enter>, в Python можно применять функцию `input`. Стока 7 в программе 5.3 является таким примером:

```
input('Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.')
```

Эта инструкция выводит подсказку 'Нажмите Enter, чтобы увидеть шаг 1.' и приостанавливает работу до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу <Enter>. Программа использует этот прием повторно в строках 10, 13 и 16.

5.4

Локальные переменные

Ключевые положения

Локальная переменная создается внутри функции. Инструкции, которые находятся за пределами функции, к ней доступа не имеют. Разные функции могут иметь локальные переменные с одинаковыми именами, потому что функции не видят локальные переменные друг друга.

Всякий раз, когда переменной внутри функции присваивается значение, в результате создается *локальная переменная*. Она принадлежит функции, в которой создается, и к такой переменной могут получать доступ только инструкции в этой функции. (Термин "локальный" указывает на то обстоятельство, что переменная может использоваться лишь локально внутри функции, в которой она создается.)

Если инструкция в одной функции попытается обратиться к локальной переменной, которая принадлежит другой функции, то произойдет ошибка. Например, взгляните на программу 5.4.

Программа 5.4 (bad_local.py)

```
1 # Определение главной функции.
2 def main():
3     get_name()
4     print('Привет,', name) # Это вызовет ошибку!
5
6 # Определение функции get_name.
7 def get_name():
8     name = input('Введите свое имя: ')
9
10 # Вызвать главную функцию.
11 main()
```

В этой программе есть две функции: `main` и `get_name`. В строке 8 переменной `name` присваивается значение, которое вводится пользователем. Эта инструкция находится в функции `get_name`, поэтому переменная `name` является для этой функции локальной. Это означает, что к переменной `name` не могут обращаться инструкции, находящиеся за пределами функции `get_name`.

Функция `main` вызывает функцию `get_name` в строке 3. Затем инструкция в строке 4 пытается обратиться к переменной `name`. Это приводит к ошибке, потому что переменная `name`

локальна для функции `get_name`, и инструкции в функции `main` получить к ней доступ не могут.

Область действия и локальные переменные

Область действия переменной — это часть программы, в которой можно обращаться к переменной. Переменная видима только инструкциям в области действия переменной. Областью действия переменной является функция, в которой переменная создается. Как было продемонстрировано в программе 5.4, никакая инструкция за пределами функции не может обращаться к такой переменной.

К локальной переменной не может обращаться программный код, который появляется внутри функции в точке до того, как переменная была создана. Например, взгляните на приведенную ниже функцию. Она вызовет ошибку, потому что функция `print` пытается обратиться к переменной `val`, но эта инструкция появляется до того, как переменная `val` была создана. Если переместить инструкцию присваивания в строку перед инструкцией `print`, то ошибка будет исправлена.

```
def bad_function():
    print('Значение равно', val) # Это вызовет ошибку!
    val = 99
```

Поскольку локальные переменные функции скрыты от других функций, другие функции могут иметь собственные локальные переменные с одинаковым именем. Например, взгляните на программу 5.5. Помимо функции `main` эта программа имеет две другие функции: `texas` и `california`. В каждой из этих двух функций есть локальная переменная с именем `birds`.

Программа 5.5 (birds.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует две функции, которые
2 # имеют локальные переменные с одинаковыми именами.
3
4 def main():
5     # Вызвать функцию texas.
6     texas()
7     # Вызвать функцию california.
8     california()
9
10 # Определение функции texas. Она создает
11 # локальную переменную с именем birds.
12 def texas():
13     birds = 5000
14     print('В Техасе обитает', birds, 'птиц.')
15
16 # Определение функции california. Она тоже
17 # создает локальную переменную с именем birds.
18 def california():
19     birds = 8000
```

```

20     print('В Калифорнии обитает', birds, 'птиц.')
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()

```

Вывод программы

```

В Техасе обитает 5000 птиц.
В Калифорнии обитает 8000 птиц.

```

Несмотря на то что в этой программе есть две отдельные переменные с именами `birds`, только одна из них видима одновременно, потому что они находятся в разных функциях. Это проиллюстрировано на рис. 5.12. Когда выполняется функция `texas`, видима та переменная `birds`, которая создается в строке 13. Когда выполняется функция `california`, видима та переменная `birds`, которая создается в строке 19.

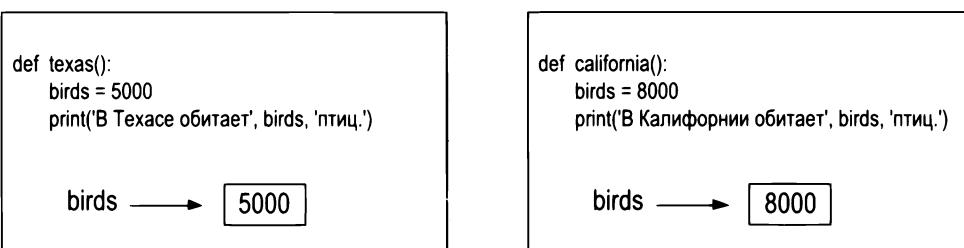


РИС. 5.12. В каждой функции есть собственная переменная `birds`



Контрольная точка

- 5.10. Что такое локальная переменная? Каким образом ограничивается доступ к локальной переменной?
- 5.11. Что такое область действия переменной?
- 5.12. Разрешается ли, чтобы локальная переменная в одной функции имела одинаковое имя, что и у локальной переменной в другой функции?

5.5

Передача аргументов в функцию

Ключевые положения

Аргумент — это любая порция данных, которая передается в функцию, когда функция вызывается. Параметр — это переменная, которая получает аргумент, переданный в функцию.



Видеозапись "Передача аргументов в функцию" (Passing Arguments to a Function)

Иногда полезно не только вызвать функцию, но и отправить одну или более порций данных в функцию. Порции данных, которые отправляются в функцию, называются *аргументами*. Функция может использовать свои аргументы в вычислениях или других операциях.

Если требуется, чтобы функция получала аргументы, когда она вызывается, то необходимо оборудовать эту функцию одной или несколькими параметрическими переменными. *Параметрическая переменная*, часто именуемая просто *параметром*, — это специальная переменная, которой присваивается значение аргумента, когда функция вызывается. Вот пример функции с параметрической переменной:

```
def show_double(number):
    result = number * 2
    print(result)
```

Эта функция имеет имя `show_double`. Ее цель состоит в том, чтобы принять число `number` в качестве аргумента и показать удвоенное значение этого числа. Взгляните на заголовок функции и обратите внимание на слово `number`, которые появляются внутри круглых скобок. Это имя параметрической переменной. Ей будет присвоено значение аргумента, когда функция будет вызвана. Программа 5.6 демонстрирует эту функцию в законченной программе.

Программа 5.6 (pass_arg.py)

```
1 # Это программа демонстрирует аргумент,
2 # передаваемый в функцию.
3
4 def main():
5     value = 5
6     show_double(value)
7
8 # Функция show_double принимает аргумент
9 # и показывает его удвоенное значение.
10 def show_double(number):
11     result = number * 2
12     print(result)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()
```

Вывод программы

```
10
```

Когда эта программа выполняется, в строке 15 вызывается функция `main`. В функции `main` строка 5 создает локальную переменную с именем `value`, присваивая ей значение 5. Затем приведенная ниже инструкция в строке 6 вызывает функцию `show_double`:

```
show_double(value)
```

Обратите внимание, что `value` появляется в круглых скобках. Это означает, что `value` передается в функцию `show_double` в качестве аргумента (рис. 5.13). Во время исполнения этой инструкции будет вызвана функция `show_double`, и параметру `number` будет присвоено то же самое значение, что и в переменной `value`. Это показано на рис. 5.14.

Давайте разберем функцию `show_double` шаг за шагом. Одновременно с этим следует учесть, что параметрической переменной `number` будет присвоено значение, которое было передано ей в качестве аргумента. В программе это число равняется 5.

```
def main():
    value = 5
    show_double(value)

def show_double(number):
    result = number * 2
    print(result)
```

```
def main():
    value = 5
    show_double(value)

def show_double(number):
    result = number * 2
    print(result)
```

РИС. 5.13. Переменная `value` передана в качестве аргумента

РИС. 5.14. Переменная `value` и параметр `number` ссылаются на одно и то же значение

Строка 11 присваивает локальной переменной с именем `result` значение выражения `number*2`. Поскольку `number` ссылается на значение 5, эта инструкция присваивает результатирующей переменной `result` значение 10. Страна 12 показывает переменную `result`.

Приведенная ниже инструкция показывает, как функция `show_double` вызывается с числовым литералом, переданным в качестве аргумента:

```
show_double(50)
```

Эта инструкция исполняет функцию `show_double`, присваивая 50 параметру `number`. Функция `show_double` напечатает 100.

Область действия параметрической переменной

Ранее в этой главе вы узнали, что областью действия переменной является часть программы, в которой можно обращаться к этой переменной. Переменная видима только инструкциям в области действия переменной. Областью действия параметрической переменной является функция, в которой этот параметр используется. К параметрической переменной могут получать доступ все инструкции внутри функции, и ни одна инструкция за пределами этой функции к ней доступ получить не может.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Передача аргумента в функцию

Ваш друг Майлз управляет кейтеринговой компанией. Некоторые ингредиенты, которые необходимы для его рецептов, измеряются в чашках. Однако когда он приходит в продуктовый магазин, чтобы приобрести эти ингредиенты, они реализуются только в жидких унциях. Он попросил вас написать простую программу, которая преобразует количество, выраженное в чашках, в количество в жидких унциях.

Вы разрабатываете приведенный ниже алгоритм:

Вывести вводный экран, который объясняет, что программа делает.

Получить количество чашек.

Преобразовать количество чашек в жидкие унции и показать результат.

Этот алгоритм перечисляет выполняемые программой задачи верхнего уровня, которые становятся основой главной функции программы. На рис. 5.15 показана структура этой программы на иерархической схеме.

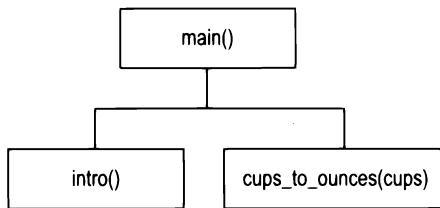


РИС. 5.15. Иерархическая схема программы

Как показано на иерархической схеме, функция `main` вызывает две других функции.

Вот краткое описание этих функций:

- ◆ `intro` — функция будет выводить сообщение на экран с объяснением того, что программа делает;
- ◆ `cups_to_ounces` — функция будет принимать в качестве аргумента количество чашек, вычислять и показывать эквивалентное количество жидких унций.

Функция `main` также попросит пользователя ввести количество чашек. Это значение будет передано в функцию `cups_to_ounces`. Соответствующий код показан в программе 5.7.

Программа 5.7 (cups_to_ounces.py)

```

1 # Эта программа конвертирует количество чашек в жидкие унции.
2
3 def main():
4     # Показать вводное окно.
5     intro()
6     # Получить количество чашек.
7     cups_needed = int(input('Введите количество чашек: '))
8     # Конвертировать количество чашек в унции.
9     cups_to_ounces(cups_needed)
10
11 # Функция intro показывает вводное окно.
12 def intro():
13     print('Эта программа конвертирует замеры')
14     print('в чашках в жидкие унции. Для')
15     print('справки приводим формулу:')
16     print(' 1 чашка = 8 жидких унций')
17     print()
18
19 # Функция cups_to_ounces принимает количество чашек
20 # и показывает эквивалентное количество унций.
21 def cups_to_ounces(cups):
22     ounces = cups * 8
23     print('Это конвертируется в', ounces, 'унции(й).')
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()
  
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Эта программа конвертирует замеры
в чашках в жидкие унции. Для
справки приводим формулу:
1 чашка = 8 жидких унций

Введите количество чашек: **4**

Это конвертируется в 32 унции(й).

Передача многочисленных аргументов

Часто имеет смысл писать функции, которые могут принимать многочисленные аргументы. В программа 5.8 показана функция `show_sum`, которая принимает два аргумента, складывает их и показывает сумму.

Программа 5.8 (`multiple_args.py`)

```

1 # Эта программа демонстрирует функцию, которая принимает
2 # два аргумента.
3
4 def main():
5     print('Сумма чисел 12 и 45 равняется')
6     show_sum(12, 45)
7
8 # Функция show_sum принимает два аргумента
9 # и показывает их сумму.
10 def show_sum(num1, num2):
11     result = num1 + num2
12     print(result)
13
14 # Вызывать главную функцию.
15 main()

```

Вывод программы

Сумма чисел 12 и 45 равняется

57

Обратите внимание на присутствие внутри круглых скобок в заголовке функции `show_sum` двух параметрических переменных с именами `num1` и `num2`. Это то, что часто называется *списком параметров*. Также обратите внимание, что имена переменных отделены запятой.

Инструкция в строке 6 вызывает функцию `show_sum` и передает два аргумента: 12 и 45. Эти аргументы передаются в соответствующие параметрические переменные функции *по позиции*. Другими словами, первый аргумент передается первой параметрической переменной, второй аргумент — второй параметрической переменной. Поэтому инструкция присваивает 12 параметру `num1` и 45 параметру `num2` (рис. 5.16).

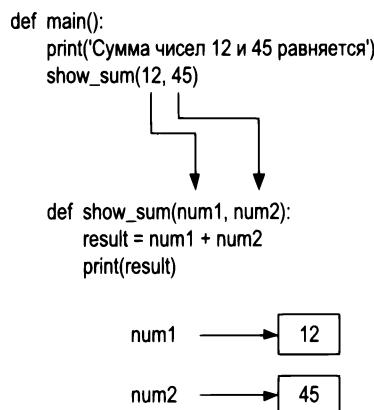


РИС. 5.16. Два аргумента переданы в два параметра

Предположим, что нам пришлось инвертировать порядок, в котором аргументы перечислены в вызове функции так:

`show_sum(45, 12)`

Это приведет к тому, что параметру `num1` будет передано 45, параметру `num2` передано 12. Приведенный ниже фрагмент кода показывает еще один пример. На этот раз в качестве аргументов мы передаем переменные.

```

value1 = 2
value2 = 3
show_sum(value1, value2)
  
```

Во время исполнения функции `show_sum` в результате выполнения этого программного кода параметру `num1` будет присвоено значение 2, параметру `num2` — значение 3.

В программе 5.9 приведен еще один пример. В качестве аргументов функции эта программа передает два строковых значения.

Программа 5.9 (string_args.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует передачу в функцию двух
2 # строковых аргументов.
3
4 def main():
5     first_name = input('Введите свое имя: ')
6     last_name = input('Введите свою фамилию: ')
7     print('Ваше имя в обратном порядке')
8     reverse_name(first_name, last_name)
9
10 def reverse_name(first, last):
11     print(last, first)
12
13 # Вызывать главную функцию.
14 main()
  
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите свое имя: Мэт 
Введите свою фамилию: Хойл 
Ваше имя в обратном порядке
Хойл Мэт
```

Внесение изменений в параметры

Когда аргумент передается в функцию Python, параметрическая переменная функции будет ссылаться на значение этого аргумента. Однако любые изменения, которые вносятся в параметрическую переменную, не будут влиять на аргумент. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на программу 5.10.

Программа 5.10 (change_me.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, что происходит, когда вы
2 # изменяете значение параметра.
3
4 def main():
5     value = 99
6     print('Значение равно', value)
7     change_me(value)
8     print('После возвращения в функцию main значение равно', value)
9
10 def change_me(arg):
11     print('Я изменяю значение.')
12     arg = 0
13     print('Теперь значение равно', arg)
14
15 # Вызвать главную функцию.
16 main()
```

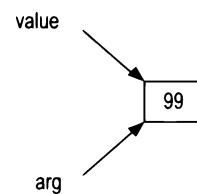
Вывод программы

```
Значение равно 99
Я изменяю значение.
Теперь значение равно 0
После возвращения в функцию main значение равно 99
```

В строке 5 функция `main` создает локальную переменную с именем `value`, присваивая ей значение 99. Инструкция в строке 6 показывает 'Значение равно 99'. Затем в строке 7 переменная `value` передается в качестве аргумента в функцию `change_me`. Это означает, что в функции `change_me` параметр `arg` будет тоже ссылаться на значение 99. Это показано на рис. 5.17.

Внутри функции `change_me` в строке 12 параметру `arg` присваивается значение 0. Это повторное присваивание изменяет `arg`, но оно не влияет на переменную `value` в функции `main`.

```
def main():
    value = 99
    print('Значение равняется', value)
    change_me(value)
    print('Вернувшись в функцию main, значение равняется', value)
```



```
def change_me(arg):
    print('Я изменяю значение.')
    arg = 0
    print('Теперь значение равняется', arg)
```

РИС. 5.17. Переменная `value` передается в функцию `change_me`

Как показано на рис. 5.18, эти две переменные теперь ссылаются в оперативной памяти на разные значения. Инструкция в строке 13 показывает 'Теперь значение равно 0', и функция заканчивается.

Поток управления программы теперь возвращается в функцию `main`. Следующая исполняемая инструкция находится в строке 8. Эта инструкция показывает 'После возвращения в функцию `main` значение равно 99'. Это доказывает, что хотя в функции `change_me` параметрическая переменная `arg` была изменена, аргумент (переменная `value` в функции `main`) не изменился.

```
def main():
    value = 99
    print('Значение равняется', value)
    change_me(value)
    print('Вернувшись в функцию main, значение равняется', value)

def change_me(arg):
    print('Я изменяю значение.')
    arg = 0
    print('Теперь значение равняется', arg)
```

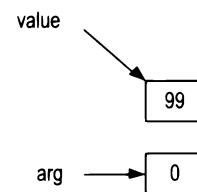


РИС. 5.18. Переменная `value` передается в функцию `change_me`. Переменная `arg` изменена

Используемая в Python форма передачи аргументов, в которой функция не может изменять значение переданного ей аргумента, обычно называется *передачей по значению*. Эта форма показывает, как одна функция может связываться с другой функцией. Между тем, канал связи работает только в одном направлении: вызывающая функция может связываться с вызванной функцией, но вызванная функция не может использовать аргумент для связи с вызывающей функцией. Позже в этой главе вы узнаете, как написать функцию, которая может связываться с частью программы, которая ее вызвала, путем возврата значения.

Именованные аргументы

Программы 5.8 и 5.9 демонстрируют, как аргументы передаются в параметрические переменные функции по позиции. Большинство языков программирования таким путем сопоставляют аргументы и параметры функции. В дополнение к этой стандартной форме переда-

чи параметров язык Python позволяет писать аргумент в приведенном ниже формате, чтобы указывать, какой параметрической переменной аргумент должен быть передан:

```
имя_параметра = значение
```

В таком формате *имя_параметра* — это имя параметрической переменной, а *значение* — значение, передаваемое в этот параметр. Аргумент, написанный в соответствии с этой синтаксической конструкцией, называется *именованным аргументом*.

Программа 5.11 демонстрирует именованные аргументы. Здесь используется функция с именем *show_interest*, которая показывает сумму простого процентного дохода, накопленного банковским счетом в течение ряда периодов. Функция принимает аргументы *principal* (основная сумма на счете), *rate* (процентная ставка за период) и *periods* (количество периодов). Когда функция вызывается в строке 7, аргументы передаются как именованные аргументы.

Программа 5.11 (keyword_args.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует именованные аргументы.  
2  
3 def main():  
4     # Показать сумму простого процентного дохода, используя  
5     # 0.01 как процентной ставки за период, 10 как количество  
6     # периодов и $10 000 как основную сумму на счете.  
7     show_interest(rate=0.01, periods=10, principal=10000.0)  
8  
9 # Функция show_interest показывает сумму простого процентного  
10 # дохода для заданной основной суммы, процентной ставки  
11 # за период и количество периодов.  
12  
13 def show_interest(principal, rate, periods):  
14     interest = principal * rate * periods  
15     print('Простой процентный доход составит $',  
16           format(interest, '.2f'),  
17           sep='')  
18  
19 # Вызвать главную функцию.  
20 main()
```

Вывод программы

```
Простой процентный доход составит $1000.00
```

Обратите внимание, что в строке 7 порядок следования именованных аргументов не совпадает с порядком следования параметров в заголовке функции в строке 13. Поскольку именованный аргумент определяет, в какой параметр этот аргумент должен быть передан, его позиция в вызове функции не имеет значения.

В программе 5.12 приведен еще один пример. Это видоизмененная версия программы *string_args* (см. программу 5.9). Эта версия использует именованные аргументы для вызова функции *reverse_name* (переставить имя и фамилию).

Программа 5.12 (keyword_string_args.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует передачу в функцию двух
2 # строковых значений в качестве именованных аргументов.
3
4 def main():
5     first_name = input('Введите свое имя: ')
6     last_name = input('Введите свою фамилию: ')
7     print('Ваше имя в обратном порядке')
8     reverse_name(last=last_name, first=first_name)
9
10 def reverse_name(first, last):
11     print(last, first)
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свое имя: **Мэт**

Введите свою фамилию: **Хойл**

Ваше имя в обратном порядке

Хойл Мэт

Смешивание именованных и позиционных аргументов

В вызове функции имеется возможность смешивать позиционные и именованные аргументы, но при этом позиционные аргументы должны стоять первыми, после которых идут именованные аргументы. В противном случае произойдет ошибка. Вот пример того, как можно было бы вызвать функцию `show_interest` в программе 5.10 с помощью позиционных и именованных аргументов:

```
show_interest(10000.0, rate=0.01, periods=10)
```

В этой инструкции первый аргумент, 10 000.0, передается в параметр `principal` по его позиции. Второй и третий аргументы передаются в качестве именованных аргументов. Однако приведенный ниже вызов функции вызовет ошибку, потому что неименованный аргумент следует за именованным:

```
# Это вызовет ОШИБКУ!
show_interest(1000.0, rate=0.01, 10)
```

**Контрольная точка**

- 5.13.** Как называются порции данных, которые передаются в вызываемую функцию?
- 5.14.** Как называются переменные, которые получают порции данных в вызванной функции?
- 5.15.** Что такое область действия параметрической переменной?
- 5.16.** Влияет ли изменение параметра на аргумент, который был передан в параметр?

5.17. Приведенные ниже инструкции вызывают функцию с именем `show_data`. Какая инструкция передает позиционные аргументы и какая именованные аргументы:

- a) `show_data(name='Кэтрин', age=25);`
- б) `show_data('Кэтрин', 25)?`

5.6

Глобальные переменные и глобальные константы

Ключевые положения

Глобальная переменная доступна для всех функций в программном файле.

Вы узнали, что во время создания переменной при помощи инструкции присваивания внутри функции эта переменная является локальной для этой функции. Следовательно, к ней могут обращаться только инструкции внутри функции, которая ее создала. Когда переменная создается инструкцией присваивания, написанной за пределами всех функций в программном файле, эта переменная является *глобальной переменной*. К глобальной переменной может обращаться любая инструкция в программном файле, включая инструкции в любой функции. Например, взгляните на программу 5.13.

Программа 5.13 (global1.py)

```

1 # Создать глобальную переменную.
2 my_value = 10
3
4 # Функция show_value печатает
5 # значение глобальной переменной.
6 def show_value():
7     print(my_value)
8
9 # Вызвать функцию show_value.
10 show_value()

```

Вывод программы

```
10
```

Инструкция присваивания в строке 2 создает переменную с именем `my_value`. Поскольку эта инструкция находится за пределами любой функции, она является глобальной. Во время исполнения функции `show_value` инструкция в строке 7 напечатает значение, на которое ссылается переменная `my_value`.

Если нужно, чтобы инструкция внутри функции присваивала значение глобальной переменной, то требуется дополнительный шаг. В этом случае, как показано в программе 5.14, глобальная переменная должна быть объявлена внутри функции.

Программа 5.14 (global2.py)

```

1 # Создать глобальную переменную.
2 number = 0
3

```

```

4 def main():
5     global number
6     number = int(input('Введите число: '))
7     show_number()
8
9 def show_number():
10    print('Вы ввели число', number)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите число: **55**

Вы ввели число 55

Инструкция присваивания в строке 2 создает глобальную переменную с именем `number`. Обратите внимание, что внутри функции `main` строка 5 использует ключевое слово `global`, чтобы объявить переменную `number`. Эта инструкция сообщает интерпретатору, что функция `main` намеревается присвоить значение глобальной переменной `number`. Это как раз то, что происходит в строке 6. Введенное пользователем значение присваивается переменной `number`.

Большинство программистов соглашаются, что следует ограничить использование глобальных переменных либо не использовать их вообще. Причины следующие.

- ◆ Глобальные переменные затрудняют отладку программы. Значение глобальной переменной может быть изменено любой инструкцией в программном файле. Если обнаружится, что в глобальной переменной хранится неверное значение, то придется отыскать все инструкции, которые к ней обращаются, чтобы определить, откуда поступает плохое значение. В программе с тысячами строк программного кода такая работа может быть сопряжена с большими трудностями.
- ◆ Функции, которые используют глобальные переменные, обычно зависят от этих переменных. Если возникнет необходимость применить такую функцию в другой программе, то скорее всего придется эту функцию перепроектировать, чтобы она не опиралась на глобальную переменную.
- ◆ Глобальные переменные затрудняют понимание программы. Глобальная переменная может быть модифицирована любой инструкцией в программе. Если возникнет необходимость разобраться в какой-то части программы, которая использует глобальную переменную, то придется узнать обо всех других частях программы, которые обращаются к этой глобальной переменной.

В большинстве случаев следует создавать переменные локально и передавать их в качестве аргументов в функции, которым нужно к ним обратиться.

Глобальные константы

Хотя вам следует стараться избегать использования глобальных переменных, в программе допускается применение глобальных констант. *Глобальная константа* — это глобальное имя, ссылающееся на значение, которое нельзя изменить. Поскольку значение глобальной

константы не может быть изменено во время исполнения программы, вам не приходится беспокоиться о многих потенциальных опасностях, которые обычно связаны с использованием глобальных переменных.

Несмотря на то, что язык Python не позволяет создавать настоящие глобальные константы, их можно имитировать при помощи глобальных переменных. Если глобальная переменная не объявляется с использованием ключевого слова `global` внутри функции, то присвоенное ей значение невозможно изменить внутри этой функции. В рубрике *"В центре внимания"* продемонстрировано, как глобальные переменные могут применяться в Python для имитирования глобальных констант.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение глобальных констант

Мэрилин работает на "Интегрированные системы", компанию-разработчика программного обеспечения, которая имеет хорошую репутацию за превосходные дополнительные пособия своим сотрудникам. Одним из таких пособий является ежеквартальная премия, которая выплачивается всем сотрудникам. Еще одним пособием является пенсионная программа для каждого сотрудника. Компания вносит 5% от заработной платы и премий каждого сотрудника на их пенсионный счет. Мэрилин планирует написать программу, которая вычисляет взнос компании на пенсионный счет сотрудника за год. Она хочет, чтобы программа по отдельности показывала сумму взноса исходя из заработной платы и сумму взноса исходя из премий сотрудника. Вот алгоритм этой программы:

Получить ежегодную заработную плату сотрудника до удержаний.

Получить сумму выплаченных сотрудникому премий.

Рассчитать и показать взнос исходя из зарплаты.

Рассчитать и показать взнос исходя из премий.

Соответствующий код приведен в программе 5.15.

Программа 5.15 (retirement.py)

```
1 # Используем глобальную константу
2 # Ставка взноса компании.
3 CONTRIBUTION_RATE = 0.05
4
5 def main():
6     gross_pay = float(input('Введите заработную плату: '))
7     bonus = float(input('Введите сумму премий: '))
8     show_pay_contrib(gross_pay)
9     show_bonus_contrib(bonus)
10
11 # Функция show_pay_contrib принимает заработную
12 # плату в качестве аргумента и показывает взнос
13 # в пенсионные накопления исходя из этого размера оплаты.
14 def show_pay_contrib(gross):
15     contrib = gross * CONTRIBUTION_RATE
```

```

16     print('Взнос исходя из заработной платы: $',
17         format(contrib, '.2f'),
18         sep='')
19
20 # Функция show_bonus_contrib принимает сумму премий
21 # в качестве аргумента и показывает взнос
22 # в пенсионное накопление исходя из этой суммы оплаты.
23 def show_bonus_contrib(bonus):
24     contrib = bonus * CONTRIBUTION_RATE
25     print('Взнос исходя из суммы премий: $',
26         format(contrib, '.2f'),
27         sep='')
28
29 # Вызвать главную функцию.
30 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите заработную плату: 80000 Enter
Введите сумму премий: 20000 Enter
Взнос исходя из заработной платы: $4000.00
Взнос исходя из суммы премий: $1000.00

```

Прежде всего, обратите внимание на глобальное объявление в строке 3:

`CONTRIBUTION_RATE = 0.05`

`CONTRIBUTION_RATE` будет использоваться в качестве глобальной константы и представлять процентную долю зарплаты сотрудника, которую компания вносит на пенсионный счет. Написание имени константы прописными буквами является общепринятой практикой. Это служит напоминанием о том, что значение, на которое ссылается это имя, в программе не должно изменяться.

Константа `CONTRIBUTION_RATE` используется в расчетах в строке 15 (в функции `show_pay_contrib`) и еще раз в строке 24 (в функции `show_bonus_contrib`).

Мэрилин решила применить эту глобальную константу, чтобы представить 5-процентную ставку взноса по двум причинам:

- ◆ это облегчает чтение программы: когда смотришь на расчеты в строках 15 и 24, становится очевидным, что происходит;
- ◆ временами ставка взноса изменяется: когда это произойдет в следующий раз, не составит труда обновить программу, изменив инструкцию присваивания в строке 3.



Контрольная точка

- 5.18. Какова область действия глобальной переменной?
- 5.19. Приведите одну серьезную причину, почему в программе не следует использовать глобальные переменные.
- 5.20. Что такое глобальная константа? Допускается ли применение в программе глобальных констант?

5.7

Введение в функции с возвратом значения: генерирование случайных чисел

Ключевые положения

Функция с возвратом значения — это функция, которая возвращает значение обратно в ту часть программы, которая ее вызвала. Python, а также большинство других языков программирования, предоставляет библиотеку заранее написанных функций, которые выполняют часто требующиеся задачи. Эти библиотеки, как правило, содержат функцию, которая генерирует случайные числа.

Вы уже узнали о функциях без возврата значения. Функция без возврата значения — это группа инструкций, которая присутствует в программе с целью выполнения определенной задачи. Когда нужно, чтобы функция выполнила свою задачу, эта функция вызывается. В результате внутри функции исполняются инструкции. Когда функция завершается, поток управления программы возвращается к инструкции, которая располагается сразу после вызова функции.

Функция с возвратом значения — это особый тип функций. Она похожа на функцию без возврата значения следующим образом:

- ◆ это группа инструкций, которая выполняет определенную задачу;
- ◆ когда нужно выполнить функцию, ее вызывают.

Однако когда функция с возвратом значения завершается, она возвращает значение назад в ту часть программы, которая ее вызвала. Возвращаемое из функции значение используется как любое другое значение: оно может быть присвоено переменной, выведено на экран, использовано в математическом выражении (если оно является числом) и т. д.

Функции стандартной библиотеки и инструкция *import*

Python, а также большинство языков программирования поставляются вместе со *стандартной библиотекой* функций, которые были уже написаны за вас. Эти функции, так называемые *библиотечные функции*, упрощают работу программиста, потому что с их помощью решаются многие задачи. На самом деле, вы уже применяли несколько библиотечных функций Python. Вот некоторые из них: `print`, `input` и `range`. В Python имеется множество других библиотечных функций. Хотя в этой книге мы не сможем охватить их все, тем не менее, мы обсудим библиотечные функции, которые выполняют фундаментальные операции.

Некоторые библиотечные функции Python встроены в интерпретатор Python. Если требуется применить в программе одну из таких встроенных функций, нужно просто вызвать эту функцию. Это относится, например, к функциям `print`, `input`, `range` и другим, с которыми вы уже познакомились. Однако многие функции стандартной библиотеки хранятся в файлах, которые называются *модулями*. Эти модули копируются на ваш компьютер при установке языка Python и помогают систематизировать функции стандартной библиотеки. Например, все функции для выполнения математических операций хранятся вместе в одном модуле, функции для работы с файлами — в другом модуле и т. д.

Для того чтобы вызвать функцию, которая хранится в модуле, нужно вверху программы написать инструкцию импорта `import`. Она сообщает интерпретатору имя модуля, который содержит функцию. Например, один из стандартных модулей Python называется `math`. В нем

содержатся различные математические функции, которые работают с числами с плавающей точкой. Если требуется применить в программе какую-либо функцию из модуля `math`, необходимо вверху программы написать инструкцию импорта:

```
import math
```

Эта инструкция приводит к загрузке интерпретатором содержимого математического модуля `math` в оперативную память и в результате все функции модуля `math` становятся доступными в программе.

Поскольку внутреннее устройство библиотечных функций невидимо, многие программисты их рассматривают как *черные ящики*. Термин "черный ящик" используется для описания любого механизма, который принимает нечто на входе, выполняет с полученным на входе некоторую работу (которую невозможно наблюдать) и производит результат на выходе (рис. 5.19).



РИС. 5.19. Библиотечная функция в виде черного ящика

Далее мы продемонстрируем работу функций с возвратом значения, сперва обратившись к функциям стандартной библиотеки, которые генерируют случайные числа, и некоторым интересным программам, которые можно написать на их основе. Затем вы научитесь писать собственные функции с возвратом значения и создавать свои модули. Последний раздел этой главы возвращается к теме библиотечных функций и обращается к некоторым другим полезным функциям стандартной библиотеки Python.

Генерирование случайных чисел

Случайные числа широко используются в большом количестве различных задач программирования. Далее перечислено всего несколько таких примеров.

- ◆ Случайные числа обычно используются в играх. Например, компьютерным играм, которые позволяют игроку подбрасывать игральный кубик, нужны случайные числа для представления значений кубика. Программы, которые раскрывают игральные карты, вынимаемые из перетасованной колоды, используют случайные числа для представления достоинства карт.
- ◆ Случайные числа широко применяются в программах имитационного моделирования. В некоторых симуляциях компьютер должен случайным образом решить, как будет вести себя человек, животное, насекомое или другое живое существо. Нередко конструируются формулы, в которых случайное число используется для определения различных действий и событий, происходящих в программе.
- ◆ Случайные числа распространены в статистических программах, которые должны случайным образом отбирать данные для анализа.
- ◆ Случайные числа обычно используются в компьютерной безопасности для шифрования уязвимых данных.

Python предлагает несколько библиотечных функций для работы со случайными числами. Эти функции хранятся в модуле `random` в стандартной библиотеке. Для того чтобы приме-

нить любую из этих функций, сначала вверху программы нужно написать вот эту инструкцию импорта:

```
import random
```

Данная инструкция приводит к загрузке интерпретатором содержимого модуля `random` в оперативную память. В результате все функции модуля `random` становятся доступными в вашей программе¹.

Первая функция генерации случайного числа, которую мы обсудим, называется `randint`. Поскольку функция `randint` находится в модуле `random`, для обращения к ней в нашей программе потребуется применить специальную форму записи через точку. В форме записи через точку именем функции будет `random.randint`. С левой стороны от точки (.) расположено имя модуля, с правой стороны — имя функции.

Вот пример вызова функции `randint`:

```
number = random.randint(1, 100)
```

Часть инструкции, которая представлена выражением `random.randint(1, 100)`, является вызовом функции `randint`. Обратите внимание на два аргумента, которые расположены в круглых скобках: 1 и 100. Они поручают функции выдать случайное целое число в диапазоне от 1 до 100 (оба значения включены в диапазон). На рис. 5.20 проиллюстрирована эта часть инструкции.

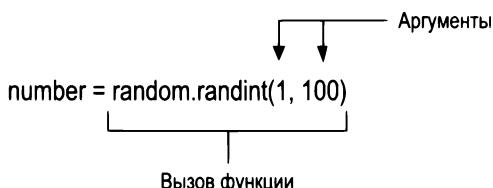


РИС. 5.20. Инструкция, которая вызывает функцию `randint`

Обратите внимание, что вызов к функции `randint` появляется на правой стороне от оператора `=`. Когда функция будет вызвана, она сгенерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и затем вернет его. Возвращенное число будет присвоено переменной `number` (рис. 5.21).

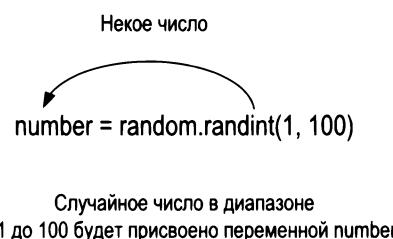


РИС. 5.21. Функция `randint` возвращает значение

¹ В Python имеется несколько способов написания инструкции `import`, и каждый вариант работает немного по-другому. Многие программисты Python соглашаются, что предпочтительным способом импортирования модуля является тот, который представлен в этой книге.

В программе 5.16 представлен законченный код, в котором применяется функция `randint`. Инструкция в строке 2 генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 10 и присваивает его переменной `number`. (Вывод программы показывает, что было сгенерировано число 7, но это значение случайное. Если бы это была действующая программа, то она могла бы показать любое число от 1 до 10.)

Программа 5.16 (random_numbers.py)

```

1 # Эта программа показывает случайное число
2 # из диапазона от 1 до 10.
3 import random
4
5 def main():
6     # Получить случайное число.
7     number = random.randint(1, 10)
8     # Показать число.
9     print('Число равняется', number)
10
11 # Вызвать главную функцию.
12 main()

```

Вывод программы

Число равняется 7

В программе 5.17 показан еще один пример. Здесь используется цикл `for`, выполняющий пять итераций. Внутри цикла инструкция в строке 8 вызывает функцию `randint` для генерации случайного числа из диапазона от 1 до 100.

Программа 5.17 (random_numbers2.py)

```

1 # Эта программа показывает пять случайных
2 # чисел из диапазона от 1 до 100.
3 import random
4
5 def main():
6     for count in range(5):
7         # Получить случайное число.
8         number = random.randint(1, 100)
9         # Показать число.
10        print(number)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()

```

Вывод программы

89
7
16
41
12

Программы 5.16 и 5.17 вызывают функцию `randint` и присваивают возвращаемое ею значение переменной `number`. Если требуется просто показать случайное число, то нет необходимости присваивать случайное число переменной. Можно отправить значение, возвращаемое из функции модуля `random`, непосредственно в функцию `print`:

```
print(random.randint(1, 10))
```

Во время исполнения этой инструкции вызывается функция `randint`. Данная функция генерирует случайное число из диапазона от 1 до 10, которое возвращается и отправляется в функцию `print`. В результате случайное число будет выведено на экран (рис. 5.22).

Некое число



```
print(random.randint(1, 100))
```

Будет показано случайное
число в диапазоне от 1 до 10

РИС. 5.22. Вывод случайного числа на экран

Программа 5.18 демонстрирует, каким образом можно упростить программу 5.17. Здесь тоже выводятся пять случайных чисел, но они не сохраняются в переменной. В строке 7 возвращаемое из функции `randint` значение отправляется непосредственно в функцию `print`.

Программа 5.18 (random_numbers3.py)

```
1 # Эта программа показывает пять случайных
2 # чисел из диапазона от 1 до 100.
3 import random
4
5 def main():
6     for count in range(5):
7         print(random.randint(1, 100))
8
9 # Вызвать главную функцию.
10 main()
```

Вывод программы

```
89
7
16
41
12
```

Эксперименты с использованием случайных чисел в интерактивном режиме

Для того чтобы почувствовать, как функция `randint` работает с разными аргументами, можно с ней поэкспериментировать в интерактивном режиме. Взгляните на приведенный интерактивный сеанс, который демонстрирует, как это делается. (Для удобства добавлены номера строк.)

```

1 >>> import random [Enter]
2 >>> random.randint(1, 10) [Enter]
3 5
4 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
5 98
6 >>> random.randint(100, 200) [Enter]
7 181
8 >>>

```

Давайте взглянем на каждую строку в интерактивном сеансе поближе.

- ◆ Инструкция в строке 1 импортирует модуль `random`. (В интерактивном режиме необходимо также написать соответствующие инструкции `import`.)
- ◆ Инструкция в строке 2 вызывает функцию `randint`, передавая ей 1 и 10 в качестве аргументов. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 1 до 10, которое выводится в строке 3.
- ◆ Инструкция в строке 4 вызывает функцию `randint`, передавая ей в качестве аргументов 1 и 100. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 1 до 100, которое выводится в строке 5.
- ◆ Инструкция в строке 6 вызывает функцию `randint`, передавая ей в качестве аргументов 100 и 200. В результате функция возвращает случайное число в диапазоне от 100 до 200, которое выводится в строке 7.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение случайных чисел

Доктор Кимура преподает вводный курс статистики и попросил вас написать программу, которую он мог бы использовать на занятиях для имитации бросания игральных кубиков. Программа должна случайным образом генерировать два числа в диапазоне от 1 до 6 и показывать их. В интервью с доктором Кимура вы выясняете, что он хотел бы использовать программу для имитации нескольких поочередных бросаний кубика. Вот псевдокод программы:

До тех пор, пока пользователь хочет бросить кубики:

Показать случайное число в диапазоне от 1 до 6

Показать еще одно случайное число в диапазоне от 1 до 6

Спросить пользователя, хочет ли он бросить кубики еще раз

Вы пишете цикл `while`, который имитирует один бросок кубиков и затем спрашивает пользователя, следует ли сделать еще один бросок. Этот цикл повторяется до тех пор, пока пользователь отвечает "да", набирая букву "д". В программе 5.19 приведен соответствующий код.

Программа 5.19 (dice.py)

```
1 # Эта программа "бросает" кубики.  
2 import random  
3  
4 # Константы для минимального и максимального случайных чисел  
5 MIN = 1  
6 MAX = 6  
7  
8 def main():  
9     # Создать переменную, которая управляет циклом.  
10    again = 'д'  
11  
12    # Имитировать бросание кубиков.  
13    while again == 'д' or again == 'Д':  
14        print('Бросаем кубики...')  
15        print('Значения граней: ')  
16        print(random.randint(MIN, MAX))  
17        print(random.randint(MIN, MAX))  
18  
19    # Сделать еще одинбросок кубиков?  
20    again = input('Бросить кубики еще раз? (д = да): ')  
21  
22 # Вызвать главную функцию.  
23 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Бросаем кубики...  
Значения граней:  
3  
1  
Бросить кубики еще раз? (д = да): д   
Бросаем кубики...  
Значения граней:  
1  
1  
Бросить кубики еще раз? (д = да): д   
Бросаем кубики...  
Значения граней:  
5  
6  
Бросить кубики еще раз? (д = да): н 
```

Функция `randint` возвращает целочисленное значение, поэтому ее вызов можно записать везде, где используется целое число. Вы уже видели примеры, где возвращаемое из функции значение присваивается переменной или отправляется в функцию `print`. Для того чтобы

более наглядно проиллюстрировать этот момент, вот инструкция, которая применяет функцию `randint` в математическом выражении:

```
x = random.randint(1, 10) * 2
```

В этой инструкции генерируется случайное число в диапазоне от 1 до 10 и затем умножается на 2. Результатом является случайное четное число от 2 до 20, которое присваивается переменной `x`. Как продемонстрировано в следующей далее рубрике "*В центре внимания*",озвращаемое из этой функции значение можно также проверить при помощи инструкции `if`.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Применение случайных чисел для представления других значений

Доктор Кимура был так доволен симулятором бросания кубиков, который вы ему написали, что попросил вас разработать еще одну программу. Он хотел бы иметь симулятор десятикратного поочередного подбрасывания монеты. Всякий раз, когда программа имитирует подбрасывание монеты, она должна случайным образом показывать "орла" или "решку".

Вы решаете, что сможете сымитировать бросание монеты путем генерации случайного числа в диапазоне от 1 до 2. Вы напишете инструкцию `if`, которая показывает "орла", если случайное число равняется 1, или "решку" в противном случае. Соответствующий код приведен в программе 5.20.

Программа 5.20 (coin_toss.py)

```

1 # Эта программа имитирует 10 бросков монеты.
2 import random
3
4 # Константы.
5 HEADS = 1      # Орел.
6 TAILS = 2      # Решка.
7 TOSSES = 10    # Количество бросков.
8
9 def main():
10    for toss in range(TOSSES):
11        # Имитировать бросание монеты.
12        if random.randint(HEADS, TAILS) == HEADS:
13            print('Орел')
14        else:
15            print('Решка')
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

Вывод программы

```

Решка
Решка

```

```
Орел  
Орел  
Решка  
Орел  
Решка  
Орел  
Решка  
Орел
```

Функции *randrange*, *random* и *uniform*

Модуль `random` стандартной библиотеки содержит многочисленные функции для работы со случайными числами. Помимо функции `randint`, возможно, окажутся полезными функции `randrange`, `random` и `uniform`. (Для того чтобы применить любую из этих функций, необходимо вверху программы написать инструкцию `import random`.)

Если вы помните, как применять функцию `range` (которую мы рассмотрели в главе 4), то почувствуете себя непринужденно с функцией `randrange`. Функция `randrange` принимает такие же аргументы, что и функция `range`. Различие состоит в том, что функция `randrange` не возвращает список значений. Вместо этого она возвращает случайно отобранное значение из последовательности значений. Например, приведенная ниже инструкция присваивает переменной `number` случайное число в диапазоне от 0 до 9:

```
number = random.randrange(10)
```

Аргумент 10 задает конечный предел последовательности значений. Функция возвратит случайно отобранное число из последовательности значений от 0 до конечного предела, но исключая сам предел. Приведенная ниже инструкция задает начальное значение и конечный предел последовательности:

```
number = random.randrange(5, 10)
```

Во время исполнения этой инструкции случайное число в диапазоне от 5 до 9 будет присвоено переменной `number`. Приведенная ниже инструкция задает начальное значение, конечный предел и величину шага:

```
number = random.randrange(0, 101, 10)
```

В этой инструкции функция `randrange` возвращает случайно отобранное значение из приведенной ниже последовательности чисел:

```
[0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100]
```

Функции `randint` и `randrange` возвращают целое число. А вот функция `random` возвращает случайное число с плавающей точкой. В функцию `random` никаких аргументов не передается. Во время ее вызова она возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0 (но исключая 1.0). Вот пример:

```
number = random.random()
```

Функция `uniform` тоже возвращает случайное число с плавающей точкой, но при этом она позволяет задавать диапазон значений, из которого следует отбирать значения. Вот пример:

```
number = random.uniform(1.0, 10.0)
```

В этой инструкции функция `uniform` возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 1.0 до 10.0 и присваивает его переменной `number`.

Начальные значения случайного числа

Числа, которые генерируются функциями модуля `random`, не являются подлинно случайными. Несмотря на то что мы обычно называем их случайными числами, они являются *псевдослучайными* числами, которые вычисляются на основе формулы. Формула, которая генерирует случайные числа, должна быть инициализирована *начальным значением*. Оно используется в вычислении, которое возвращает следующее случайное число в ряду. Когда модуль `random` импортируется, он получает системное время из внутреннего генератора тактовых импульсов компьютера и использует его как начальное значение. Системное время является целым числом, которое представляет текущую дату и время вплоть до одной сотой секунды.

Если бы всегда использовалось одно и то же начальное значение, то функции генерации случайных чисел всегда бы возвращали один и тот же ряд псевдослучайных чисел. Поскольку системное время меняется каждую сотую долю секунды, можно без опасений утверждать, что всякий раз, когда импортируется модуль `random`, будет сгенерирована отличающаяся последовательность случайных чисел. Вместе с тем, могут иметься некоторые приложения, в которых потребуется всегда генерировать одну и ту же последовательность случайных чисел. При необходимости для этого можно вызвать функцию `random.seed`, задав начальное значение. Вот пример:

```
random.seed(10)
```

В этом примере в качестве начального значения задано 10. Если при каждом выполнении программы она вызывает функцию `random.seed`, передавая одинаковое значение в качестве аргумента, то она всегда будет порождать одинаковую последовательность псевдослучайных чисел. Взгляните на приведенные ниже интерактивные сеансы. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> import random [Enter]
2 >>> random.seed(10) [Enter]
3 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
4 58
5 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
6 43
7 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
8 58
9 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
10 21
11 >>>
```

В строке 1 мы импортируем модуль `random`. В строке 2 мы вызываем функцию `random.seed`, передав 10 в качестве начального значения. В строках 3, 5, 7 и 9 мы вызываем функцию `random.randint`, чтобы получить псевдослучайные числа в диапазоне от 1 до 100. Как видите, функция выдала числа 58, 43, 58 и 21. Если запустить новый интерактивный сеанс и повторить эти инструкции, то мы получим ту же самую последовательность псевдослучайных чисел, как показано ниже:

```
1 >>> import random [Enter]
2 >>> random.seed(10) [Enter]
```

```
3 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
4 58
5 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
6 43
7 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
8 58
9 >>> random.randint(1, 100) [Enter]
10 21
11 >>>
```



Контрольная точка

5.21. Чем отличается функция с возвратом значения от функций без возврата значения?

5.22. Что такое библиотечная функция?

5.23. Почему библиотечные функции похожи на "черные ящики"?

5.24. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
x = random.randint(1, 100)
```

5.25. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.randint(1, 20))
```

5.26. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.random(10, 20))
```

5.27. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.random())
```

5.28. Что делает приведенная ниже инструкция?

```
print(random.uniform(0.1, 0.5))
```

5.29. Для чего импортированный модуль `random` при генерации случайных чисел использует начальное значение?

5.30. Что произойдет, если для генерации случайных чисел всегда использовать одинаковое начальное значение?



5.8 Написание функций с возвратом значения

Ключевые положения

Функция с возвратом значения имеет инструкцию `return`, которая возвращает значение в ту часть программы, которая ее вызвала.



Видеозапись "Написание функций с возвратом значений" (Writing a Value-Returning Function)

Функцию с возвратом значения пишут точно так же, как и функцию без возврата значения, но с одним исключением: функция с возвратом значения должна иметь инструкцию `return`. Вот общий формат определения функции с возвратом значения в Python:

```
def имя_функции():
    инструкция
    инструкция
    ...
    return выражение
```

Одной из инструкций в функции должна быть инструкция `return`, которая принимает приведенную ниже форму:

```
return выражение
```

Значение `выражения`, которое следует за ключевым словом `return`, будет отправлено в ту часть программы, которая вызвала функцию. Это может быть любое значение, переменная либо выражение, которые имеют значение (к примеру, математическое выражение).

Вот простой пример функции с возвратом значения:

```
def sum(num1, num2):
    result = num1 + num2
    return result
```

На рис. 5.23 показаны различные части функции.

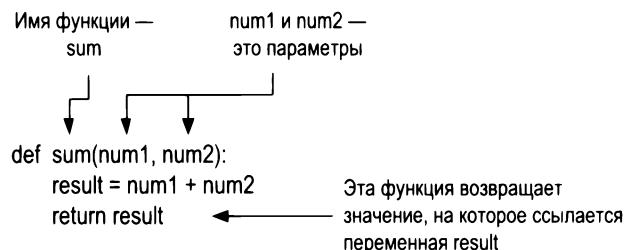


РИС. 5.23. Составные части функции

Задача этой функции состоит в том, чтобы принять два целочисленных значения в качестве аргументов и вернуть их сумму. Рассмотрим ее работу. Первая инструкция в блоке функции присваивает значение `num1 + num2` переменной `result`. Затем исполняется инструкция `return`, которая приводит к завершению исполнения функции и отправляет значение, на которое ссылается переменная `result`, назад в ту часть программы, которая вызвала эту функцию. Программа 5.21 демонстрирует эту функцию.

Программа 5.21 (total_ages.py)

```
1 # Эта программа использует возвращаемое значение функции.
2
3 def main():
4     # Получить возраст пользователя.
5     first_age = int(input('Введите свой возраст: '))
6
7     # Получить возраст лучшего друга пользователя.
8     second_age = int(input("Введите возраст своего лучшего друга: "))
9
```

```

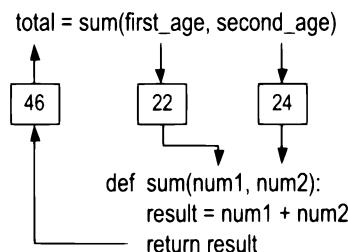
10     # Получить сумму обоих возрастов.
11    total = sum(first_age, second_age)
12
13    # Показать общий возраст.
14    print('Вместе вам', total, 'лет.')
15
16 # Функция sum принимает два числовых аргумента
17 # и возвращает сумму этих аргументов.
18 def sum(num1, num2):
19     result = num1 + num2
20     return result
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите свой возраст: **22** Введите возраст своего лучшего друга: **24**

Вместе вам 46 лет.

В функции `main` программа получает от пользователя два значения и сохраняет их в переменных `first_age` и `second_age`. Инструкция в строке 11 вызывает функцию `sum`, передавая `first_age` и `second_age` в качестве аргументов. Значение, которое возвращается из функции `sum`, присваивается переменной `total`. В данном случае функция вернет 46. На рис. 5.24 показано, как аргументы передаются в функцию и как значение возвращается назад из функции.

РИС. 5.24. Аргументы передаются в функцию `sum`, а затем возвращается значение**Использование инструкции `return` по максимуму**

Взгляните еще раз на функцию `sum`, представленную в программе 5.21:

```

def sum(num1, num2):
    result = num1 + num2
    return result

```

Обратите внимание, что внутри этой функции происходят две вещи: во-первых, переменной `result` присваивается значение выражения `num1 + num2`, и во-вторых, значение переменной `result` возвращается. Хотя эта функция хорошо справляется с поставленной перед ней зада-

чей, ее можно упростить. Поскольку инструкция `return` возвращает значение выражения, переменную `result` можно устраниć и переписать функцию так:

```
def sum(num1, num2):
    return num1 + num2
```

Эта версия функции не сохраняет значение `num1 + num2` в переменной. Вместо этого она сразу возвращает значение выражения с помощью инструкции `return`. Эта версия функции делает то же самое, что и предыдущая версия, но только за один шаг.

Как использовать функции с возвратом значения?

Функции с возвратом значения предоставляют многие из тех же преимуществ, что имеются у функций без возврата значения: они упрощают программный код, уменьшают дублирование кода, улучшают ваши возможности по тестированию кода, увеличивают скорость разработки и способствуют совместной работе в команде.

Поскольку функции с возвратом значения возвращают значение, они могут быть полезными. Например, можно использовать такую функцию для запроса у пользователя входных данных, и затем она может вернуть введенное пользователем значение. Предположим, что вас попросили разработать программу, которая вычисляет отпускную цену товара в розничной торговле. Для того чтобы это сделать, программе потребуется получить от пользователя обычную цену товара. Вот функция, которую можно было бы определить для этой цели:

```
def get_regular_price():
    price = float(input("Введите обычную цену товара: "))
    return price
```

Затем в другом месте программы эту функцию можно вызвать:

```
# Получить обычную цену товара.
reg_price = get_regular_price()
```

Во время исполнения этой инструкции вызывается функция `get_regular_price`, которая получает значение от пользователя и возвращает его. Это значение затем присваивается переменной `reg_price`.

Такие функции можно применять для упрощения сложных математических выражений. Например, вычисление отпускной цены товара на первый взгляд выглядит простой задачей: вычисляется скидка, которая затем вычитается из обычной цены. Однако, как показано в приведенном далее примере, инструкция, выполняющая эти расчеты в программе, не такая прямолинейная. (Допустим, что `DISCOUNT_PERCENTAGE` — это глобальная константа, которая определена в программе, и она задает процент скидки.)

```
sale_price = reg_price - (reg_price * DISCOUNT_PERCENTAGE)
```

С первого взгляда видно, что эту инструкцию трудно понять, потому что она выполняет очень много шагов: она вычисляет сумму скидки, вычитает ее значение из обычной цены `reg_price` и присваивает результат переменной `sale_price`. Данную инструкцию можно упростить, вычленив часть математического выражения и поместив ее в функцию. Вот функция с именем `discount`, которая принимает в качестве аргумента цену товара и возвращает сумму скидки:

```
def discount(price):
    return price * DISCOUNT_PERCENTAGE
```

Затем эту функцию можно вызывать в своих расчетах:

```
sale_price = reg_price - discount(reg_price)
```

Эта инструкция читается легче, чем показанная ранее, и становится понятнее, что из обычной цены вычитается скидка. В программе 5.22 показан законченный код вычисления отпускной цены с использованием функций, которые были только что описаны.

Программа 5.22 (sale_price.py)

```
1 # Эта программа вычисляет отпускную цену
2 # розничного товара.
3
4 # DISCOUNT_PERCENTAGE используется в качестве
5 # глобальной константы для процента скидки.
6 DISCOUNT_PERCENTAGE = 0.20
7
8 # Главная функция.
9 def main():
10     # Получить обычную цену товара.
11     reg_price = get_regular_price()
12
13     # Рассчитать отпускную цену.
14     sale_price = reg_price - discount(reg_price)
15
16     # Показать отпускную цену.
17     print('Отпускная цена составляет $',
18          format(sale_price, '.2f'), sep='')
19
20 # Функция get_regular_price предлагает пользователю
21 # ввести обычную цену товара и возвращает
22 # это значение.
23 def get_regular_price():
24     price = float(input("Введите обычную цену товара: "))
25     return price
26
27 # Функция discount принимает цену товара в качестве
28 # аргумента и возвращает сумму скидки,
29 # указанную в DISCOUNT_PERCENTAGE.
30 def discount(price):
31     return price * DISCOUNT_PERCENTAGE
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите обычную цену товара: **100**

Отпускная цена составляет \$80.00

Использование таблиц "ввод-обработка-вывод"

Таблица "ввод-обработка-вывод" является простым, но эффективным инструментом, который программисты иногда используют для разработки и документирования функций. Такая таблица описывает ввод, обработку и вывод функции. Эти элементы обычно размещаются в столбцах: столбец "Ввод" описывает данные, которые передаются в функцию в качестве аргументов; столбец "Обработка" показывает описание процесса, который функция выполняет; столбец "Вывод" описывает данные, которые возвращаются из функции. Например, на рис. 5.25 показана такая таблица для функций `get_regular_price` и `discount`, которые вы видели в программе 5.22.

Для функции <code>get_regular_price</code>			Для функции <code>discount</code>		
Ввод	Обработка	Вывод	Ввод	Обработка	Вывод
Отсутствует	Предлагает пользователю ввести розничную цену товара	Розничная цена товара	Розничная цена товара	Вычисляет товарную скидку путем умножения розничной цены на глобальную константу	Товарную скидку

РИС. 5.25. Таблицы "ввод-обработка-вывод" для функций `get_regular_price` и `discount`

Обратите внимание, что таблицы "ввод-обработка-вывод" дают лишь краткие описания входных данных, процесса обработки и выходных данных функции и не показывают конкретные шаги, предпринимаемые в функции. Во многих случаях, однако, таблицы "ввод-обработка-вывод" содержат достаточный объем информации и поэтому могут использоваться вместо блок-схем. Решение об использовании таблицы "ввод-обработка-вывод", блок-схемы либо обоих инструментов часто оставляется на личное усмотрение программиста.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Модуляризация функций

Хал владеет предприятием под названием "Делай свою музыку", которая продает гитары, барабаны, банджи, синтезаторы и другие музыкальные инструменты. Сотрудники отдела продаж работают строго на комиссионном вознаграждении. В конце месяца комиссионные каждого продавца вычисляются согласно табл. 5.1.

Таблица 5.1. Ставки комиссионного вознаграждения

Продажи в этом месяце, долларов	Ставка комиссионных, %
Меньше 10 000	10
10 000–14 999	12
15 000–17 999	14
18 000–21 999	16
22 000 или больше	18

Например, продавец с месячными продажами в размере 16 000 долларов заработает 14-процентные комиссионные (2240 долларов). Другой продавец с месячными продажами 18 000 долларов заработает 16-процентные комиссионные (2880 долларов). Человек с продажами в 30 000 долларов заработает 18-процентные комиссионные (5400 долларов).

Поскольку персонал получает выплату один раз в месяц, Хал позволяет каждому сотруднику брать до 2000 долларов в месяц авансом. Когда комиссионные с продаж рассчитаны, авансовая выплата каждому сотруднику вычитается из его комиссионных. Если комиссионные какого-либо продавца оказываются меньше суммы авансовой выплаты, то он должен возместить Халу разницу. Для вычисления месячной выплаты продавцу Хал использует формулу:

$$\text{выплата} = \text{продажи} \times \text{ставка комиссионных} - \text{выплата авансом}.$$

Хал попросил вас написать программу, которая делает эти расчеты за него. Приведенный ниже общий алгоритм дает краткое описание шагов, которые должна делать программа.

Получить месячные продажи продавца.

Получить сумму авансовой выплаты.

Применить сумму месячных продаж для определения ставки комиссионных.

Рассчитать выплату продавцу с использованием ранее показанной формулы. Если сумма отрицательная, то указать, что продавец должен возместить компании разницу.

В программе 5.23 представлен соответствующий код, который написан с использованием нескольких функций. Вместо представления сразу всей программы, давайте сначала исследуем главную функцию `main` и затем каждую функцию в отдельности.

Программа 5.23 (commission_rate.py). Главная функция

```
1 # Эта программа вычисляет выплату продавцу
2 # в компании 'Делай свою музыку'.
3 def main():
4     # Получить сумму продаж.
5     sales = get_sales()
6
7     # Получить сумму авансовой оплаты.
8     advanced_pay = get_advanced_pay()
9
10    # Определить ставку комиссионных.
11    comm_rate = determine_comm_rate(sales)
12
13    # Рассчитать оплату.
14    pay = sales * comm_rate - advanced_pay
15
16    # Показать сумму выплаты.
17    print('Выплата составляет $', format(pay, '.2f'), sep='')
18
19    # Определить, является ли выплата отрицательной.
20    if pay < 0:
21        print('Продавец должен возместить разницу')
22        print('компании.')
```

Строка 5 вызывает функцию `get_sales`, которая получает от пользователя сумму продаж и возвращает это значение. Возвращенное из функции значение присваивается переменной `sales`. Стока 8 вызывает функцию `get_advanced_pay`, которая получает от пользователя сумму авансовой выплаты и возвращает это значение. Возвращенное из функции значение присваивается переменной `advanced_pay`.

Строка 11 вызывает функцию `determine_comm_rate`, передавая `sales` в качестве аргумента. Эта функция возвращает ставку комиссионных для суммы продаж. Это значение присваивается переменной `comm_rate`. Стока 14 вычисляет сумму выплаты, а затем строка 17 показывает эту сумму. Инструкция `if` в строках 20–22 определяет, является ли выплата отрицательной, и если это так, то выводит сообщение, указывающее, что продавец должен возместить компании разницу. Следующим идет определение функции `get_sales`.

Программа 5.23 (продолжение). Функция `get_sales`

```
24 # Функция get_sales получает от пользователя
25 # месячные продажи продавца и возвращает это значение.
26 def get_sales():
27     # Получить сумму месячных продаж.
28     monthly_sales = float(input('Введите сумму месячных продаж: '))
29
30     # Вернуть введенную сумму.
31     return monthly_sales
32
```

Задача функции `get_sales` состоит в том, чтобы предложить пользователю ввести сумму продаж продавца и вернуть эту сумму. Стока 28 предлагает пользователю ввести сумму продаж и сохраняет введенное пользователем значение в переменной для месячных продаж `monthly_sales`. Стока 31 возвращает эту сумму в переменную `monthly_sales`. Далее идет определение функции `get_advanced_pay`.

Программа 5.23 (продолжение). Функция `get_advanced_pay`

```
33 # Функция get_advanced_pay получает сумму
34 # авансовой выплаты конкретному продавцу
35 # и возвращает эту сумму.
36 def get_advanced_pay():
37     # Получить сумму авансовой выплаты.
38     print('Введите сумму авансовой выплаты либо')
39     print('введите 0, если такой выплаты не было.')
40     advanced = float(input('Авансовая выплата: '))
41
42     # Вернуть введенную сумму.
43     return advanced
44
```

Задача функции `get_advanced_pay` состоит в том, чтобы предложить пользователю ввести сумму авансовой выплаты продавцу и вернуть эту сумму. Строки 38 и 39 просят пользователя ввести сумму авансовой выплаты (либо 0, если такая выплата не была предоставлена). Стока 40 получает введенное пользователем значение и сохраняет его в переменной `advanced`. Стока 43 возвращает сумму в переменную для авансового платежа `advanced`. Определение функции `determine_comm_rate` идет следующим.

Программа 5.23 (окончание). Функция `determine_comm_rate`

```
45 # Функция determine_comm_rate принимает сумму продаж
46 # в качестве аргумента и возвращает подходящую
47 # ставку комиссионных.
48 def determine_comm_rate(sales):
49     # Определить ставку комиссионных.
50     if sales < 10000.00:
51         rate = 0.10
52     elif sales >= 10000 and sales <= 14999.99:
53         rate = 0.12
54     elif sales >= 15000 and sales <= 17999.99:
55         rate = 0.14
56     elif sales >= 18000 and sales <= 21999.99:
57         rate = 0.16
58     else:
59         rate = 0.18
60
61     # Вернуть ставку комиссионных.
62     return rate
```

Функция `determine_comm_rate` принимает сумму продаж в качестве аргумента и возвращает соответствующую этой сумме продаж ставку комиссионных. Инструкция `if-elif-else` в строках 50–59 проверяет параметр `sales` и присваивает правильное значение локальной переменной `rate`. Стока 62 возвращает значение локальной переменной `rate`.

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 14650
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
Авансовая выплата: 1000
Выплата составляет $758.00
```

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 9000
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
Авансовая выплата: 0
Выплата составляет $900.00
```

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите сумму месячных продаж: 12000
Введите сумму авансовой выплаты либо
введите 0, если такой выплаты не было.
Авансовая выплата: 2000
Выплата составляет $-560.00
Продавец должен возместить разницу
компании.
```

Возвращение строковых значений

До сих пор вы видели примеры функций, которые возвращали только числовые значения. Помимо этого имеется возможность писать функции, которые возвращают строковые значения. Например, приведенная ниже функция предлагает пользователю ввести свое имя и затем возвращает введенное пользователем строковое значение:

```
def get_name():
    # Получить имя пользователя.
    name = input('Введите свое имя: ')
    # Вернуть имя.
    return name
```

Возвращение булевых значений

Python позволяет писать *булевы функции*, которые возвращают либо истину (`True`), либо ложь (`False`). Булеву функцию можно применять для проверки условия и затем возвращения значения `True` либо `False`, которые будут сигнализировать о наличии либо отсутствии условия. Булевые функции широко применяются для упрощения сложных условий, которые проверяются в структурах принятия решения и структурах с повторением.

Например, предположим, что вы разрабатываете программу, которая будет просить пользователя ввести число и затем будет определять, является ли это число четным или нечетным. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как это можно определить:

```
number = int(input('Введите число: '))
if (number % 2) == 0:
    print('Это число четное.')
else:
    print('Это число нечетное.)
```

Рассмотрим булево выражение, которое проверяется приведенной ниже инструкцией `if-else`:

```
(number % 2) == 0
```

Это выражение использует оператор `%`, который был представлен в главе 2. Он называется оператором остатка. Он делит два числа и возвращает остаток от деления. Так, в этом фрагмента кода если остаток от деления числа `number` на 2 равняется 0, то следует показать сообщение о том, что число четное, в противном случае показать сообщение, что число нечетное.

Поскольку деление четного числа на 2 всегда будет давать в остатке 0, эта логика будет работать. Этот фрагмент кода будет легче понять, если его переписать так, чтобы при четном числе показывать сообщение, что оно четное, и в противном случае показать сообщение, что оно нечетное. Как оказалось, это можно сделать при помощи булевой функции. В данном примере можно написать булеву функцию `is_even`, которая принимает число в качестве аргумента и возвращает `True`, если число четное, либо `False` в противном случае. Ниже приведен программный код для такой функции:

```
def is_even(number):
    # Определить, является ли число четным. Если это так,
    # то присвоить переменной status значение True.
    # В противном случае присвоить ей значение False.
    if (number % 2) == 0:
        status = True
    else:
        status = False
    # Вернуть значение переменной status.
    return status
```

Затем можно переписать инструкцию `if-else`, чтобы она для определения четности переменной `number` вызывала функцию `is_even`:

```
number = int(input('Ввести число: '))
if is_even(number):
    print('Это число четное.')
else:
    print('Это число нечетное.)
```

Эту логику не только легче понять, но и теперь есть функция, которую можно вызывать в программе всякий раз, когда необходимо проверить четность числа¹.

Использование булевых функций в программном коде валидации входных данных

Булевые функции можно также использовать для упрощения сложного кода валидации входных данных. Предположим, что вы пишете программу, предлагающую пользователю ввести номер модели изделия, которая должна принимать только значения 100, 200 и 300. Вы можете разработать алгоритм ввода данных следующим образом:

```
# Получить номер модели.
model = int(input('Введите номер модели: '))
# Проверить допустимость номера модели.
while model != 100 and model != 200 and model != 300:
    print('Допустимыми номерами моделей являются 100, 200 и 300.')
    model = int(input('Введите допустимый номер модели: '))
```

¹ Создание функций, реализующих такую простую логику, не всегда является оптимальным решением задачи, так как это увеличивает размер кода и затрачивает время на вызов функции и возврат обратно результата, что может оказаться на производительности программы. — Прим. ред.

Цикл валидации использует длинное составное булево выражение, который будет повторяться до тех пор, пока `model` не равняется 100 и `model` не равняется 200, и `model` не равняется 300. Это логическое построение будет работать. Вместе с тем цикл валидации можно упростить, написав булеву функцию проверки переменной `model` и вызывая эту функцию в цикле. Например, предположим, что вы передаете переменную `model` в функцию `is_invalid`, которую напишете. Функция возвращает `True`, если модель недопустима, либо `False` в противном случае. Тогда цикл валидации можно переписать следующим образом:

```
# Проверить допустимость номера модели.
while is_invalid(model):
    print('Допустимыми номерами моделей являются 100, 200 и 300.')
    model = int(input('Введите допустимый номер модели: '))
```

После этого изменения цикл становится легче читать. Теперь вполне очевидно, что цикл повторяется до тех пор, пока номер модели недопустим. Приведенный ниже фрагмент кода показывает, как можно было бы написать функцию `is_invalid`. Она принимает номер модели в качестве аргумента, и если аргумент не равен 100, и аргумент не равен 200, и аргумент не равен 300, то эта функция возвращает `True`, говоря, что он недопустимый. В противном случае функция возвращает `False`.

```
def is_invalid(mod_num):
    if mod_num != 100 and mod_num != 200 and mod_num != 300:
        status = True
    else:
        status = False
    return status
```

Возвращение многочисленных значений

Примеры функций с возвратом значения, которые мы до сих пор рассматривали, возвращают единственное значение. Однако в Python вы не ограничены возвратом всего одного значения. Как показано в приведенном ниже общем формате, после инструкции `return` можно определять многочисленные выражения, разделенные запятыми:

```
return выражение1, выражение2, ...
```

В качестве примера взгляните на приведенное ниже определение функции с именем `get_name`. Эта функция предлагает пользователю ввести свое имя и фамилию. Эти данные сохраняются в двух локальных переменных: `first` и `last`. Инструкция `return` возвращает обе переменные.

```
def get_name():
    # Получить имя и фамилию пользователя.
    first = input('Введите свое имя: ')
    last = input('Введите свою фамилию: ')
    # Вернуть оба значения.
    return first, last
```

Во время вызова этой функции в инструкции присваивания на левой стороне от оператора `=` следует использовать две переменные. Вот пример:

```
first_name, last_name = get_name()
```

Значения, указанные в инструкции `return`, присваиваются переменным в том порядке, в каком они появляются, с левой стороны от оператора `=`. После исполнения этой инструкции значение переменной `first` будет присвоено переменной `first_name`, а значение переменной `last` — переменной `last_name`. Количество переменных с левой стороны от оператора `=` должно совпадать с количеством значений, возвращаемых функцией. В противном случае произойдет ошибка.



Контрольная точка

5.31. Какова задача инструкции `return` в функции?

5.32. Взгляните на приведенное ниже определение функции:

```
def do_something(number):  
    return number * 2
```

а) Как называется функция?

б) Что функция делает?

в) Что покажет приведенная ниже инструкция с учетом данного определения функции?

```
print(do_something(10))
```

5.33. Что такое булева функция?

5.9

Математический модуль `math`

Ключевые положения

Математический модуль `math` стандартной библиотеки Python содержит многочисленные функции для использования в математических расчетах.

Математический модуль `math` стандартной библиотеки Python содержит многочисленные функции, которые широко применяются для выполнения математических операций. В табл. 5.2 приведен ряд функций из модуля `math`. Эти функции, как правило, в качестве аргументов принимают одно или несколько значений, выполняют математическую операцию с использованием этих аргументов и возвращают результат. (Все перечисленные в табл. 5.2 функции возвращают вещественное значение `float`, за исключением функций `ceil` и `floor`, которые возвращают целочисленные значения `int`.) Например, одна из функций называется `sqrt`. Она принимает аргумент и возвращает квадратный корень из аргумента. Вот пример ее использования:

```
result = math.sqrt(16)
```

Эта инструкция вызывает функцию `sqrt`, передавая 16 в качестве аргумента. Данная функция возвращает квадратный корень из 16, который затем присваивается результирующей переменной `result`. Программа 5.24 демонстрирует функцию `sqrt`. Обратите внимание на инструкцию `import math` в строке 2. Ее следует писать в любой программе, которая использует модуль `math`.

Таблица 5.2. Функции из модуля math

Функция модуля math	Описание
acos(x)	Возвращает арккосинус числа x в радианах
asin(x)	Возвращает арксинус числа x в радианах
atan(x)	Возвращает арктангенс числа x в радианах
ceil(x)	Возвращает самое малое целое, которое больше или равно x
cos(x)	Возвращает косинус числа x в радианах
degrees(x)	Допустим, что x — это угол в радианах, тогда данная функция возвращает угол, преобразованный в градусы
exp(x)	Возвращает e^x
floor(x)	Возвращает самое большое целое число, которое меньше или равно x
hypot(x, y)	Возвращает длину гипотенузы, которая проходит из (0, 0) в (x, y)
log(x)	Возвращает натуральный логарифм числа x
log10(x)	Возвращает логарифм по основанию 10 числа x
radians(x)	Допустим, что x — это угол в градусах, тогда данная функция возвращает угол, преобразованный в радианы
sin(x)	Возвращает синус x в радианах
sqrt(x)	Возвращает квадратный корень из x
tan(x)	Возвращает тангенс x в радианах

Программа 5.24 (square_root.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует функцию sqrt.
2 import math
3
4 def main():
5     # Получить число.
6     number = float(input('Введите число: '))
7
8     # Получить квадратный корень числа.
9     square_root = math.sqrt(number)
10
11    # Показать квадратный корень.
12    print('Квадратный корень из', number, 'составляет', square_root)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите число: **25**

Квадратный корень из 25.0 составляет 5.0

В программе 5.25 показан еще один пример, который использует математический модуль `math`. Здесь применяется функция `hypot` для вычисления длины гипотенузы прямоугольного треугольника.

Программа 5.25 (hypotenuse.py)

```

1 # Эта программа вычисляет длину гипотенузы
2 # прямоугольного треугольника.
3 import math
4
5 def main():
6     # Получить длину двух сторон треугольника.
7     a = float(input('Введите длину стороны А: '))
8     b = float(input('Введите длину стороны В: '))
9
10    # Вычислить длину гипотенузы.
11    c = math.hypot(a, b)
12
13    # Показать длину гипотенузы.
14    print('Длина гипотенузы составляет', c)
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Ведите длину стороны А: 5.0 
Ведите длину стороны В: 12.0 
Длина гипотенузы составляет 13.0

```

Значения `math.pi` и `math.e`

Математический модуль `math` также определяет две переменные, `pi` и `e`, которым присвоены математические значения констант π (3.14159265) и e (2.71828). Эти переменные можно применять в уравнениях, которые требуют их значений. Например, приведенная ниже инструкция, вычисляющая площадь круга, использует `pi`. (Обратите внимание, что для обращения к данной переменной применяется форма записи через точку.)

```
area = math.pi * radius**2
```



Контрольная точка

- 5.34.** Какую инструкцию `import` необходимо написать в программе, в которой используется математический модуль `math`?
- 5.35.** Напишите инструкцию, которая применяет функцию модуля `math` для получения квадратного корня из 100 и присваивает его значение переменной.
- 5.36.** Напишите инструкцию, которая применяет функцию модуля `math` для преобразования 45° в радианы и присваивает значение переменной.

5.10 Хранение функций в модулях

Ключевые положения

Модуль — это файл, который содержит программный код Python. Большие программы проще отлаживать и поддерживать, когда они подразделены на модули.

По мере того как ваши программы становятся все больше и сложнее, потребность в упорядочении программного кода возрастает. Вы уже узнали, что большая и сложная программа должна быть разделена на функции, каждая из которых выполняет определенную задачу. По мере того как вы пишете в программе все больше и больше функций, вам следует рассмотреть возможность упорядочения функций путем их сохранения в модулях.

Модуль — это всего лишь файл, который содержит программный код Python. Когда вы разбиваете программу на модули, каждый модуль должен содержать функции, которые выполняют взаимосвязанные задачи. Предположим, что вы разрабатываете систему бухгалтерского учета. Вы будете хранить все функции дебиторской задолженности в отдельном модуле, все функции кредиторской задолженности в их собственном модуле и все функции расчета заработной платы в другом модуле. Этот подход, именуемый *модуляризацией*, облегчает понимание, тестирование и поддержание программы.

Модули также позволяют повторно использовать одинаковый программный код в более чем одной программе. Если вы написали набор функций, которые требуются в нескольких разных программах, то можно поместить эти функции в модуль, а затем импортировать модуль в любую программу, в которой требуется вызов одной из таких функций.

Рассмотрим простой пример. Предположим, что ваш преподаватель попросил вас написать программу, которая вычисляет:

- ◆ площадь круга;
- ◆ длину окружности;
- ◆ площадь прямоугольника;
- ◆ периметр прямоугольника.

Очевидно, что в этой программе требуются две категории вычислений: связанные с кругами и с прямоугольниками. Вы могли бы написать все функции, связанные с кругом, в одном модуле и функции, связанные с прямоугольником, в другом. В программе 5.26 представлен модуль `circle`. Он содержит два определения функций: `area` (возвращает площадь круга) и `circumference` (возвращает длину окружности).

Программа 5.26 (circle.py)

```

1 # Модуль circle содержит функции, которые выполняют
2 # вычисления, связанные с кругами.
3 import math
4
5 # Функция area принимает радиус круга в качестве
6 # аргумента и возвращает площадь круга.
7 def area(radius):
8     return math.pi * radius**2
9

```

```
10 # Функция circumference принимает радиус круга
11 # и возвращает длину окружности.
12 def circumference(radius):
13     return 2 * math.pi * radius
```

В программе 5.27 представлен модуль `rectangle`. Он содержит два определения функций: `area` (возвращает площадь прямоугольника) и `perimeter` (возвращает периметр прямоугольника).

Программа 5.27 (rectangle.py)

```
1 # Модуль rectangle содержит функции, которые выполняют
2 # вычисления, связанные с прямоугольниками.
3
4 # Функция area принимает ширину и длину прямоугольника
5 # в качестве аргументов и возвращает площадь прямоугольника.
6 def area(width, length):
7     return width * length
8
9 # Функция perimeter принимает ширину и длину прямоугольника
10 # в качестве аргументов и возвращает периметр
11 # прямоугольника.
12 def perimeter(width, length):
13     return 2 * (width + length)
```

Обратите внимание, что оба этих файла содержат лишь *определения функций* и не содержат программный код, который эти функции вызывает. Это будет сделано программой или программами, которые будут эти модули импортировать.

Прежде чем продолжить, следует сделать замечание об именах модулей:

- ◆ имя файла модуля должно заканчиваться на `.py`, иначе его не получится импортировать в другие программы;
- ◆ имя модуля не должно совпадать с ключевым словом Python. Например, если дать модулю имя `for`, то произойдет ошибка.

Для того чтобы применить эти модули в программе, их импортируют при помощи инструкции `import`. Например, вот как надо импортировать модуль `circle`:

```
import circle
```

Когда интерпретатор Python прочитает эту инструкцию, он будет искать файл `circle.py` в той же папке, что и программа, которая пытается его импортировать. Если он этот файл найдет, то загрузит его в оперативную память. Если не найдет, то произойдет ошибка¹.

¹ В действительности интерпретатор Python устроен так, что, когда он не находит модуль в папке программы, он производит поиск в других предопределенных местах операционной системы. Если вы решите узнать о расширенных функциональных возможностях Python, то можете выяснить, как задавать места, в которых интерпретатор осуществляет поиск модулей.

После импортирования модуля можно вызывать его функции. Допустим, что `radius` — это переменная, которой присвоен радиус круга, тогда вызов функций `area` и `circumference` будет следующим:

```
my_area = circle.area(radius)
my_circum = circle.circumference(radius)
```

В программе 5.28 показан законченный код, в котором используются эти модули.

Программа 5.28 (geometry.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю выбирать различные
2 # геометрические вычисления из меню.
3 # Программа импортирует модули circle и rectangle.
4 import circle
5 import rectangle
6
7 # Константы для элементов меню.
8 AREA_CIRCLE_CHOICE = 1
9 CIRCUMFERENCE_CHOICE = 2
10 AREA_RECTANGLE_CHOICE = 3
11 PERIMETER_RECTANGLE_CHOICE = 4
12 QUIT_CHOICE = 5
13
14 # Главная функция.
15 def main():
16     # Переменная choice управляет циклом
17     # и содержит вариант выбора пользователя.
18     choice = 0
19
20     while choice != QUIT_CHOICE:
21         # Показать меню.
22         display_menu()
23
24         # Получить вариант выбора пользователя.
25         choice = int(input('Выберите вариант: '))
26
27         # Выполнить выбранное действие.
28         if choice == AREA_CIRCLE_CHOICE:
29             radius = float(input("Введите радиус круга: "))
30             print('Площадь равна', circle.area(radius))
31         elif choice == CIRCUMFERENCE_CHOICE:
32             radius = float(input("Введите радиус круга: "))
33             print('Длина окружности равна',
34                   circle.circumference(radius))
35         elif choice == AREA_RECTANGLE_CHOICE:
36             width = float(input("Введите ширину прямоугольника: "))
37             length = float(input("Введите длину прямоугольника: "))
38             print('Площадь равна', rectangle.area(width, length))
```

```
39     elif choice == PERIMETER_RECTANGLE_CHOICE:
40         width = float(input("Введите ширину прямоугольника: "))
41         length = float(input("Введите длину прямоугольника: "))
42         print('Периметр равен',
43               rectangle.perimeter(width, length))
44     elif choice == QUIT_CHOICE:
45         print('Выходим из программы... ')
46     else:
47         print('Ошибка: недопустимый выбор.')
48
49 # Функция display_menu показывает меню.
50 def display_menu():
51     print(' МЕНЮ')
52     print('1. Площадь круга')
53     print('2. Длина окружности')
54     print('3. Площадь прямоугольника')
55     print('4. Периметр прямоугольника')
56     print('5. Выход')
57
58 # Вызвать главную функцию.
59 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Выберите вариант: **1**
Введите радиус круга: **10**
Площадь равна 314.1592653589793

МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход
Выберите вариант: **2**
Введите радиус круга: **10**
Длина окружности равна 62.83185307179586

МЕНЮ
1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход

Выберите вариант: 3

Введите ширину прямоугольника: 5

Введите длину прямоугольника: 10

Площадь равна 50.0

МЕНЮ

1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход

Выберите вариант: 4

Введите ширину прямоугольника: 5

Введите длину прямоугольника: 10

Периметр равен 30.0

МЕНЮ

1. Площадь круга
2. Длина окружности
3. Площадь прямоугольника
4. Периметр прямоугольника
5. Выход

Введите вариант: 5

Выходим из программы...

Программы, управляемые из меню

В программе 5.28 продемонстрирован код, управляемый из меню. Управляемая из меню программа выводит на экран список операций и позволяет пользователю выбрать операцию, которую требуется выполнить. Выводимый на экран список операций называется *меню*. Во время выполнения программы 5.28 пользователь вводит 1 для вычисления площади круга, 2 для вычисления длины окружности и т. д.

После того как пользователь набирает пункт меню, программа использует структуру принятия решения, чтобы определить, какой пункт меню пользователь выбрал. В программе 5.28 для выполнения нужного пользователю действия применяется инструкция *if-elif-else* (в строках 28–47). Весь процесс вывода меню, получения выбранного пользователем пункта и выполнения выбранного пункта повторяется циклом *while* (который начинается в строке 20). Цикл повторяется до тех пор, пока пользователь не выберет в меню пункт 5 (выход).

5.11

Черепашья графика: модуляризация кода при помощи функций

Ключевые положения

Часто используемые операции черепашьей графики могут храниться в функциях и затем вызываться всякий раз, когда возникает такая необходимость.

Использование черепахи для рисования фигуры обычно требует нескольких шагов. Предположим, что вы хотите нарисовать квадрат со стороной 100 пикселов, заполненный синим цветом. Вот шаги, которые вы предпримите:

```

turtle.fillcolor('blue')
turtle.begin_fill()
for count in range(4):
    turtle.forward(100)
    turtle.left(90)
    turtle.end_fill()

```

Написание этих шести строк кода, похоже, не составит большого труда, но что, если нам нужно нарисовать много синих квадратов в разных позициях на экране? Совсем неожиданно для себя мы обнаружим, что многократно пишем похожие строки программного кода. Этую программу можно упростить (и сэкономить много времени), написав функцию, которая рисует квадрат в заданной позиции, и затем вызывая эту функцию всякий раз, когда она требуется.

В программе 5.29 демонстрируется такая функция. Функция `square` определена в строках 14–23 и имеет следующие параметры:

- ◆ `x` и `y` — координаты X , Y левого нижнего угла квадрата;
- ◆ `width` — ширина сторон квадрата в пикселях;
- ◆ `color` — название цвета заливки в виде строкового значения.

В функции `main` функция `square` вызывается три раза.

- ◆ В строке 5 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (100, 0). Квадрат имеет ширину 50 пикселов и заполнен красным цветом.
- ◆ В строке 6 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (-150, -100). Квадрат имеет ширину 200 пикселов и заполнен синим цветом.
- ◆ В строке 7 чертится квадрат, его левый нижний угол располагается в позиции (-200, 150). Квадрат имеет ширину 75 пикселов и заполнен зеленым цветом.

На рис. 5.26 показан результат работы программы.

Программа 5.29 (draw_squares.py)

```

1 import turtle
2
3 def main():
4     turtle.hideturtle()
5     square(100, 0, 50, 'red')
6     square(-150, -100, 200, 'blue')
7     square(-200, 150, 75, 'green')
8
9 # Функция square рисует квадрат.
10 # Параметры x и y - это координаты левого нижнего угла.
11 # Параметр width - это ширина стороны квадрата.
12 # Параметр color - это цвет заливки в виде строки.
13
14 def square(x, y, width, color):
15     turtle.penup()           # Поднять перо.
16     turtle.goto(x, y)        # Переместить в указанное место.

```

```

17     turtle.fillcolor(color)    # Задать цвет заливки.
18     turtle.pendown()          # Опустить перо.
19     turtle.begin_fill()        # Начать заливку.
20     for count in range(4):    # Нарисовать квадрат.
21         turtle.forward(width)
22         turtle.left(90)
23     turtle.end_fill()          # Завершить заливку.
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()

```

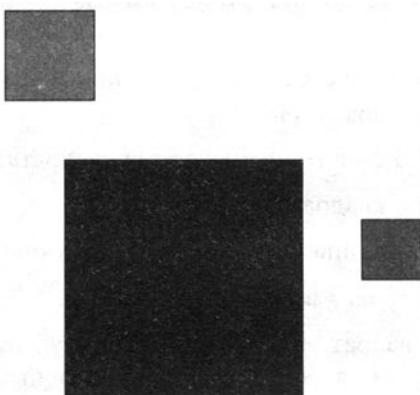


РИС. 5.26. Вывод программы 5.29

В программе 5.30 представлен еще один пример, в котором функция применяется с целью модуляризации кода рисования круга. Функция `circle` определена в строках 14–21 и имеет следующие параметры:

- ◆ `x` и `y` — координаты X , Y центральной точки круга;
- ◆ `radius` — радиус круга в пикселях;
- ◆ `color` — название цвета заливки в виде строкового значения.

В функции `main` мы вызываем функцию `circle` три раза.

- ◆ В строке 5 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции $(0, 0)$. Радиус круга составляет 100 пикселов, круг заполнен красным цветом.
- ◆ В строке 6 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции $(-150, -75)$. Радиус круга равен 50 пикселам, круг заполнен синим цветом.
- ◆ В строке 7 чертится круг, его центральная точка располагается в позиции $(-200, 150)$. Радиус круга равен 75 пикселам, круг заполнен зеленым цветом.

На рис. 5.27 показан результат работы программы.

Программа 5.30 (draw_circles.py)

```

1 import turtle
2
3 def main():
4     turtle.hideturtle()

```

```

5     circle(0, 0, 100, 'red')
6     circle(-150, -75, 50, 'blue')
7     circle(-200, 150, 75, 'green')
8
9 # Функция circle рисует круг.
10 # Параметры x и y — это координаты центральной точки.
11 # Параметр radius — это радиус круга.
12 # Параметр color — это цвет заливки в виде строки.
13
14 def circle(x, y, radius, color):
15     turtle.penup()           # Поднять перо.
16     turtle.goto(x, y - radius) # Спозиционировать черепаху.
17     turtle.fillcolor(color)   # Задать цвет заливки.
18     turtle.pendown()         # Опустить перо.
19     turtle.begin_fill()      # Начать заливку.
20     turtle.circle(radius)    # Нарисовать круг.
21     turtle.end_fill()        # Завершить заливку.
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()

```

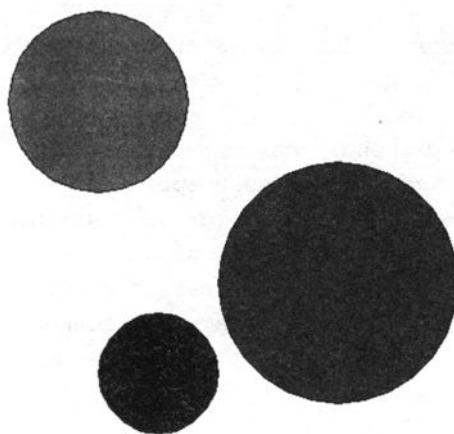


РИС. 5.27. Вывод программы 5.30

В программе 5.31 функция применяется с целью модуляризации кода рисования отрезка прямой. Функция `line` определена в строках 20–25 и имеет следующие параметры:

- ◆ `startX` и `startY` — координаты X , Y начальной точки отрезка;
- ◆ `endX` и `endY` — координаты X , Y конечной точки отрезка;
- ◆ `color` — название цвета отрезка в виде строкового значения.

В функции `main` функция `line` вызывается трижды для рисования треугольника.

- ◆ В строке 13 чертится отрезок от верхней точки треугольника (0, 100) в ее левую отмеченную точку (-100, -100). Цвет отрезка — красный.

- ◆ В строке 14 чертится отрезок от верхней точки треугольника (0, 100) в ее правую отмеченную точку (100, 100). Цвет отрезка — синий.
- ◆ В строке 15 чертится отрезок от левой отмеченной точки треугольника (-100, -100) в ее правую отмеченную точку (100, 100). Цвет отрезка — зеленый.

На рис. 5.28 показан результат работы программы.

Программа 5.31 (draw_lines.py)

```

1 import turtle
2
3 # Именованные константы для точек треугольника .
4 TOP_X = 0
5 TOP_Y = 100
6 BASE_LEFT_X = -100
7 BASE_LEFT_Y = -100
8 BASE_RIGHT_X = 100
9 BASE_RIGHT_Y = -100
10
11 def main():
12     turtle.hideturtle()
13     line(TOP_X, TOP_Y, BASE_LEFT_X, BASE_LEFT_Y, 'red')
14     line(TOP_X, TOP_Y, BASE_RIGHT_X, BASE_RIGHT_Y, 'blue')
15     line(BASE_LEFT_X, BASE_LEFT_Y, BASE_RIGHT_X, BASE_RIGHT_Y, 'green')
16
17 # Функция line рисует отрезок от (startX, startY) до (endX, endY) .
18 # Параметр color - это цвет отрезка.
19
20 def line(startX, startY, endX, endY, color):
21     turtle.penup()           # Поднять перо.
22     turtle.goto(startX, startY) # Переместить в начальную точку.
23     turtle.pendown()         # Опустить перо.
24     turtle.pencolor(color)   # Задать цвет заливки.
25     turtle.goto(endX, endY)  # Нарисовать треугольник.
26
27 # Вызвать главную функцию.
28 main()

```

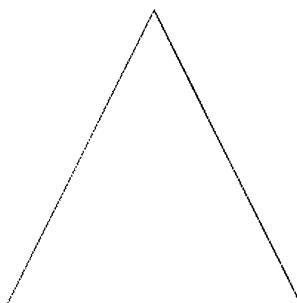


РИС. 5.28. Вывод программы 5.31

Хранение собственных графических функций в модуле

По мере написания все большего количества функций черепашьей графики, следует рассмотреть возможность их хранения в модуле. Потом этот модуль можно импортировать в любую программу, в которой потребуется их применить. Например, в программе 5.32 имеется модуль `my_graphics.py`, который содержит представленные ранее функции `square`, `circle` и `line`. Программа 5.33 демонстрирует импортирование данного модуля и вызовы функций, которые он содержит. На рис. 5.29 показан вывод программы.

Программа 5.32 (my_graphics.py)

```
1 # Функции черепашьей графики.
2 import turtle
3
4 # Функция square рисует квадрат.
5 # Параметры x и y - это координаты левого нижнего угла.
6 # Параметр width - это ширина стороны квадрата.
7 # Параметр color - это цвет заливки в виде строки.
8
9 def square(x, y, width, color):
10    turtle.penup()           # Поднять перо.
11    turtle.goto(x, y)        # Переместить в указанное место.
12    turtle.fillcolor(color)  # Задать цвет заливки.
13    turtle.pendown()         # Опустить перо.
14    turtle.begin_fill()      # Начать заливку.
15    for count in range(4):   # Нарисовать квадрат.
16        turtle.forward(width)
17        turtle.left(90)
18    turtle.end_fill()        # Завершить заливку.
19
20 # Функция circle рисует круг.
21 # Параметры x и y - это координаты центральной точки.
22 # Параметр radius - это радиус круга.
23 # Параметр color - это цвет заливки в виде строки.
24
25 def circle(x, y, radius, color):
26    turtle.penup()           # Поднять перо.
27    turtle.goto(x, y - radius) # Спозиционировать черепаху.
28    turtle.fillcolor(color)  # Задать цвет заливки.
29    turtle.pendown()         # Опустить перо.
30    turtle.begin_fill()      # Начать заливку.
31    turtle.circle(radius)    # Нарисовать круг.
32    turtle.end_fill()        # Завершить заливку.
33
34 # Функция line рисует линию от (startX, startY) до (endX, endY).
35 # Параметр color - это цвет линии.
36
```

```

37 def line(startX, startY, endX, endY, color):
38     turtle.penup()                      # Поднять перо.
39     turtle.goto(startX, startY)        # Переместить в начальную точку.
40     turtle.pendown()                   # Опустить перо.
41     turtle.pencolor(color)           # Задать цвет заливки.
42     turtle.goto(endX, endY)          # Нарисовать треугольник.

```

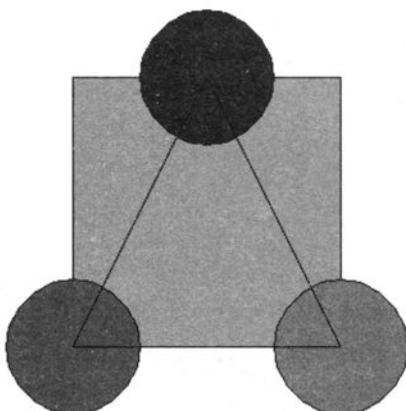


РИС. 5.29. Вывод программы 5.33

Программа 5.33 (graphics_mod_demo.py)

```

1 import turtle
2 import my_graphics
3
4 # Именованные константы.
5 X1 = 0
6 Y1 = 100
7 X2 = -100
8 Y2 = -100
9 X3 = 100
10 Y3 = -100
11 RADIUS = 50
12
13 def main():
14     turtle.hideturtle()
15
16     # Нарисовать квадрат.
17     my_graphics.square(X2, Y2, (X3 - X2), 'gray')
18
19     # Нарисовать несколько кругов.
20     my_graphics.circle(X1, Y1, RADIUS, 'blue')
21     my_graphics.circle(X2, Y2, RADIUS, 'red')
22     my_graphics.circle(X3, Y3, RADIUS, 'green')
23

```

```
24     # Нарисовать несколько линий.  
25     my_graphics.line(X1, Y1, X2, Y2, 'black')  
26     my_graphics.line(X1, Y1, X3, Y3, 'black')  
27     my_graphics.line(X2, Y2, X3, Y3, 'black')  
28  
29 main()
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Группа инструкций, которые существуют в программе с целью выполнения определенной задачи, называется _____.
 - а) блоком;
 - б) параметром;
 - в) функцией;
 - г) выражением.
2. Метод проектирования, который уменьшает дублирование кода внутри программы и обеспечивает преимущество за счет использования функций, называется _____.
 - а) повторным использованием кода;
 - б) методом "разделяй и властвуй";
 - в) отладкой;
 - г) упрощением работы в команде.
3. Первая строка определения функции называется _____.
 - а) телом;
 - б) введением;
 - в) инициализацией;
 - г) заголовком.
4. Для того чтобы исполнить функцию, ее _____.
 - а) определяют;
 - б) вызывают;
 - в) импортируют;
 - г) экспортируют.
5. Метод проектирования, который программисты используют для разбиения алгоритма на функции, называется _____.
 - а) нисходящей разработкой;
 - б) упрощением программного кода;
 - в) рефакторизацией (перестройкой) программного кода;
 - г) иерархическим разбиением на подзадачи.

6. _____ — это диаграмма, которая дает визуальное представление связей между функциями в программе.
- блок-схема;
 - схема функциональных связей;
 - символьная схема;
 - иерархическая схема.
7. _____ — это переменная, которая создается внутри функции.
- глобальная переменная;
 - локальная переменная;
 - скрытая переменная;
 - ничего из вышеперечисленного; вы не можете создавать переменную внутри функции.
8. _____ — это часть программы, в которой можно получать доступ к переменной.
- область объявлений;
 - область видимости;
 - область действия;
 - режим.
9. _____ — это порция данных, которая отправляется в функцию.
- аргумент;
 - параметр;
 - заголовок;
 - пакет.
10. _____ — это особая переменная, которая получает порцию данных, когда функция вызывается.
- аргумент;
 - параметр;
 - заголовок;
 - пакет.
11. Переменная, которая видима любой функции в программном файле, называется _____.
- локальной переменной;
 - универсальной переменной;
 - программной переменной;
 - глобальной переменной.
12. По мере возможности вам следует избегать использования в программе _____ переменных.
- локальных;
 - глобальных;
 - ссылочных;
 - параметрических.

13. _____ — это заранее написанная функция, которая встроена в язык программирования.
- а) стандартная функция;
 - б) библиотечная функция;
 - в) пользовательская функция;
 - г) функция кафетерия.
14. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное целое число внутри заданного диапазона значений.
- а) random;
 - б) randint;
 - в) random_integer;
 - г) uniform.
15. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0 (но исключая 1.0).
- а) random;
 - б) randint;
 - в) random_integer;
 - г) uniform.
16. Данная функция стандартной библиотеки возвращает случайное число с плавающей точкой внутри заданного диапазона значений.
- а) random;
 - б) randint;
 - в) random_integer;
 - г) uniform.
17. Данная инструкция приводит к завершению функции и отправляет значение в ту часть программы, которая вызвала функцию.
- а) end;
 - б) send;
 - в) exit;
 - г) return.
18. Данный инструмент проектирования описывает входные данные, обработку и выходные данные функции.
- а) иерархическая схема;
 - б) таблица "ввод-обработка-вывод";
 - в) дейтаграммная схема;
 - г) схема обработки данных.

19. Данный тип функций возвращает True либо False.
 - а) двоичный;
 - б) "истина/ложь";
 - в) булева;
 - г) логическая.
20. Данная функция находится в математическом модуле math.
 - а) derivative;
 - б) factor;
 - в) sqrt;
 - г) differentiate.

Истина или ложь

1. Фраза "разделяй и властвуй" означает, что все программисты в команде должны быть разделены и работать в изоляции.
2. Функции упрощают работу программистов в командах.
3. Имена функций должны быть максимально короткими.
4. Вызов функции и определение функции означают одно и то же.
5. Блок-схема показывает иерархические связи между функциями в программе.
6. Иерархическая схема не показывает шаги, которые делаются в функции.
7. Инструкция в одной функции может обращаться к локальной переменной в другой функции.
8. В Python нельзя писать функции, которые принимают многочисленные аргументы.
9. В Python можно указывать, в какой параметр функции должен быть передан аргумент.
10. В вызове функции одновременно не могут быть именованные и неименованные аргументы.
11. Некоторые библиотечные функции встроены в интерпретатор Python.
12. Для того чтобы использовать функции модуля random, в программе не требуется наличие инструкции import.
13. Сложные математические выражения иногда можно упрощать путем вычисления части выражения и ее помещения в функцию.
14. Функция в Python может возвращать более одного значения.
15. Таблицы "ввод-обработка-вывод" предоставляют лишь краткие описания входных данных, обработки и выходных данных функции и не показывают конкретные шаги, предпринимаемые в функции.

Короткий ответ

1. Каким образом функции помогают повторно использовать код в программе?
2. Назовите и опишите две части определения функции.

3. Что происходит при исполнении функции, когда достигается конец блока функции?
4. Что такое локальная переменная? Какие инструкции могут обращаться к локальной переменной?
5. Какова область видимости локальной переменной?
6. Почему глобальные переменные затрудняют отладку программы?
7. Предположим, что вы хотите выбрать случайное число из приведенной ниже последовательности:
0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Какую библиотечную функцию вы бы применили?
8. Какую инструкцию вы должны иметь в функции с возвратом значения?
9. Какие три элемента перечислены в таблице "ввод-обработка-вывод"?
10. Что такое булева функция?
11. В чем преимущества от разбиения большой программы на модули?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите функцию с именем `times_ten`. Эта функция должна принимать аргумент и показывать результат произведения аргумента на 10.

2. Исследуйте приведенный ниже заголовок функции, затем напишите инструкцию, которая вызывает эту функцию, передавая 12 в качестве аргумента.

```
def show_value(quantity):
```

3. Взгляните на приведенный ниже заголовок функции:

```
def my_function(a, b, c):
```

Теперь взгляните на приведенный ниже вызов функции `my_function`:

```
my_function(3, 2, 1)
```

Какое значение будет присвоено `a`, когда этот вызов исполнится? Какое значение будет присвоено `b`? Какое значение будет присвоено `c`?

4. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():  
    x = 1  
    y = 3.4  
    print(x, y)  
    change_us(x, y)  
    print(x, y)  
  
def change_us(a, b):  
    a = 0  
    b = 0  
    print(a, b)  
  
main()
```

5. Взгляните на приведенное ниже определение функции `my_func`:

```
def my_function(a, b, c):
    d = (a + c) / b
    print(d)
```

- Напишите инструкцию, которая вызывает эту функцию и применяет именованные аргументы для передачи 2 в `a`, 4 в `b` и 6 в `c`.
 - Какое значение будет показано, когда исполнится вызов функции?
6. Напишите инструкцию, которая генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и присваивает его переменной с именем `rand`.
7. Приведенная ниже инструкция вызывает функцию `half`, возвращающую значение, которое вдвое меньше аргумента. (Допустим, что переменная `number` ссылается на вещественное значение с типом `float`.) Напишите код для этой функции.

```
result = half(number)
```

8. Программа содержит приведенное ниже определение функции:

```
def cube(num):
    return num * num * num
```

Напишите инструкцию, которая передает значение 4 в эту функцию и присваивает возвращаемое ею значение переменной `result`.

9. Напишите функцию `times_ten`, которая принимает `number` в качестве аргумента. Когда функция вызывается, она должна возвращать значение ее аргумента, умноженное на 10.
10. Напишите функцию `get_first_name`, которая просит пользователя ввести свое имя и его возвращает.

Задачи по программированию

1. **Конвертер километров.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести расстояние в километрах и затем это расстояние преобразует в мили. Формула преобразования:

$$\text{мили} = \text{километры} \times 0.6214.$$



Видеозапись "Конвертер километров" (*The Kilometer Converter Problem*)

2. **Модернизация программы расчета налога с продаж.** В задаче 6 по программированию из главы 2 рассматривалась программа расчета налога с продаж. Требовалось написать программу, которая вычисляет и показывает региональный и федеральный налоги с продаж, взимаемые при покупке. Если эта программа уже вами написана, модернизируйте ее так, чтобы подзадачи были помещены в функции. Если вы ее еще не написали, то напишите с использованием функций.
3. **Какова стоимость страховки?** Многие финансовые эксперты рекомендуют собственникам недвижимого имущества страховать свои дома или здания как минимум на 80% суммы замещения строения. Напишите программу, которая просит пользователя ввести стоимость строения и затем показывает минимальную страховую сумму, на которую он должен застраховать недвижимое имущество.

4. **Расходы на автомобиль.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести месячные расходы на следующие нужды, связанные с его автомобилем: платеж по кредиту, страховка, бензин, машинное масло, шины и техобслуживание. Затем программа должна показать общую месячную стоимость и общую годовую стоимость этих расходов.
5. **Налог на недвижимое имущество.** Муниципальный округ собирает налоги на недвижимое имущество на основе оценочной стоимости имущества, составляющей 60% его фактической стоимости. Например, если акр земли оценен в 10 000 долларов, то его оценочная стоимость составит 6000 долларов. В этом случае налог на имущество составит 72 цента за каждые 100 долларов оценочной стоимости. Налог на акр, оцененный в 6000 долларов, составит 43,20 доллара. Напишите программу, которая запрашивает фактическую стоимость недвижимого имущества и показывает оценочную стоимость и налог на имущество.
6. **Калории за счет жиров и углеводов.** Диетолог работает в спортивном клубе и дает рекомендации клиентам в отношении диеты. В рамках своих рекомендаций он запрашивает у клиентов количество граммов жиров и углеводов, которые они употребили за день. Затем на основе приведенной ниже формулы он вычисляет количество калорий, которые получаются в результате употребления жиров:
$$\text{калории от жиров} = \text{грамммы жиров} \times 9.$$

Затем на основе еще одной формулы он вычисляет количество калорий, которые получаются в результате употребления углеводов:

$$\text{калории от углеводов} = \text{грамммы углеводов} \times 4.$$

Диетолог просит вас написать программу, которая выполнит эти расчеты.

7. **Сидячие места на стадионе.** На стадионе имеется три категории сидячих мест. Места класса А стоят 20 долларов, места класса В — 15 долларов и места класса С — 10 долларов. Напишите программу, которая запрашивает, сколько билетов каждого класса было продано, и затем выводит сумму дохода, полученного за счет продажи билетов.
8. **Оценщик малярных работ.** Малярная компания установила, что на каждые 10 квадратных метров поверхности стены требуется 5 литров краски и 8 часов работы. Компания взимает за работу 2000 руб. в час. Напишите программу, которая просит пользователя ввести площадь поверхности окрашиваемой стены и цену 5-литровой емкости краски. Программа должна показать следующие данные:
 - количество требующихся емкостей краски;
 - количество требующихся рабочих часов;
 - стоимость краски;
 - стоимость работы;
 - общая стоимость малярных работ.
9. **Месячный налог с продаж.** Розничная компания должна зарегистрировать отчет о месячном налоге с продаж с указанием общего налога с продаж за месяц и взимаемых сумм муниципального и федерального налогов с продаж. Федеральный налог с продаж составляет 5%, муниципальный налог с продаж — 2,5%. Напишите программу, которая просит пользователя ввести общий объем продаж за месяц. Из этого значения приложение должно рассчитать и показать:

- сумму муниципального налога с продаж;
 - сумму федерального налога с продаж;
 - общий налог с продаж (муниципальный плюс федеральный).
10. **Футы в дюймы.** Один фут равняется 12 дюймам. Напишите функцию `feet_to_inches`, которая в качестве аргумента принимает количество футов и возвращает количество дюймов в этом количестве футов. Примените эту функцию в программе, которая предлагает пользователю ввести количество футов и затем показывает количество дюймов в этом количестве футов.



Видеозапись "Футы в дюймы" (The Feet to Inches Problem)

11. **Математический тест.** Напишите программу, которая позволяет проводить простые математические тесты. Она должна показать два случайных числа, которые должны быть просуммированы вот так:

$$\begin{array}{r} 247 \\ + 129 \\ \hline \end{array}$$

12. Эта программа должна давать обучаемому возможность вводить ответ. Если ответ правильный, то должно быть показано поздравительное сообщение. Если ответ неправильный, то должно быть показано сообщение с правильным ответом.
13. **Максимальное из двух значений.** Напишите функцию `max`, которая в качестве аргументов принимает два целочисленных значения и возвращает значение, которое является большим из двух. Например, если в качестве аргументов переданы 7 и 12, то функция должна вернуть 12. Примените функцию в программе, которая предлагает пользователю ввести два целочисленных значения. Программа должна показать большее значение из двух.
14. **Высота падения.** При падении тела под действием силы тяжести для определения расстояния, которое тело пролетит за определенное время, применяется формула:

$$d = 1/2gt^2,$$

где d — расстояние, м; $g = 9.8$, м/с²; t — время падения тела, с.

Напишите функцию `falling_distance`, которая в качестве аргумента принимает время падения тела (в секундах). Функция должна вернуть расстояние в метрах, которое тело пролетело во время этого промежутка времени. Напишите программу, которая вызывает эту функцию в цикле, передает значения от 1 до 10 в качестве аргументов и показывает возвращаемое значение.

15. **Кинетическая энергия.** Из физики известно, что движущееся тело имеет кинетическую энергию. Приведенная ниже формула может использоваться для определения кинетической энергии движущегося тела:

$$K_E = 1/2mv^2,$$

где K_E — это кинетическая энергия; m — масса тела, кг; v — скорость тела, м/с.

Напишите функцию `kinetic_energy`, которая в качестве аргументов принимает массу тела (в килограммах) и его скорость (в метрах в секунду). Данная функция должна вернуть величину кинетической энергии этого тела. Напишите программу, которая просит пользователя ввести значения массы и скорости, а затем вызывает функцию `kinetic_energy`, чтобы получить кинетическую энергию тела.

16. Средний балл и его уровень. Напишите программу, которая просит пользователя ввести пять экзаменационных оценок. Программа должна показать буквенный уровень оценки для каждой оценки и средний балл. Напишите в программе приведенные ниже функции:

- `calc_average` — функция должна принимать в качестве аргументов пять оценок и возвращать средний балл;
- `determine_grade` — функция должна принимать в качестве аргумента оценку и возвращать буквенный уровень оценки, опираясь на приведенную в табл. 5.3 классификации.

Таблица 5.3. Шкала классификации

Оценка	Уровень
90 и выше	A
80-89	B
70-79	C
60-69	D
Ниже 60	F

17. Счетчик четных/нечетных чисел. В этой главе вы увидели пример написания алгоритма, который определяет четность или нечетность числа. Напишите программу, которая генерирует 100 случайных чисел и подсчитывает количество четных и нечетных случайных чисел.

18. Простые числа. Простое число — это число, которое делится без остатка на само себя и 1. Например, число 5 является простым, потому что оно делится без остатка только на 1 и 5. Однако число 6 не является простым, потому что оно делится без остатка на 1, 2, 3 и 6.

Напишите булеву функцию `is_prime`, которая в качестве аргумента принимает целое число и возвращает истину, если аргумент является простым числом, либо ложь в противном случае. Примените функцию в программе, которая предлагает пользователю ввести число и затем выводит сообщение с указанием, является ли это число простым.



СОВЕТ

Напомним, что оператор `%` делит одно число на другое и возвращает остаток от деления. В выражении `num1 % num2` оператор `%` вернет 0, если `num1` делится без остатка на `num2`.

19. Список простых чисел. Это упражнение предполагает, что вы уже написали функцию `is_prime` в задаче 17. Напишите еще одну программу, которая показывает все простые числа от 1 до 100. Программа должна иметь цикл, который вызывает функцию `is_prime`.

20. Будущая стоимость. Предположим, что на вашем сберегательном счете есть определенная сумма денег, и счет приносит составной ежемесячный процентный доход. Вы хотите вычислить сумму, которую будете иметь после определенного количества месяцев. Формула приведена ниже:

$$F = P \times (1 + i)^2,$$

где F — будущая сумма на счете после указанного периода времени; P — текущая сумма на счете; i — ежемесячная процентная ставка; t — количество месяцев.

Напишите программу, которая предлагает пользователю ввести текущую сумму на счете, ежемесячную процентную ставку и количество месяцев, в течение которых деньги будут находиться на счете. Программа должна передать эти значения в функцию, которая возвращает будущую сумму на счете после заданного количества месяцев. Программа должна показать будущую сумму на счете.

- 21. Игра в угадывание случайного числа.** Напишите программу, которая генерирует случайное число в диапазоне от 1 до 100 и просит пользователя угадать это число. Если догадка пользователя больше случайного числа, то программа должна вывести сообщение "Слишком много, попробуйте еще раз". Если догадка меньше случайного числа, то программа должна вывести сообщение "Слишком мало, попробуйте еще раз". Если пользователь число угадывает, то приложение должно поздравить пользователя и сгенерировать новое случайное число, чтобы возобновить игру.

Необязательное улучшение: улучшите игру, чтобы она вела подсчет догадок, которые делает пользователь. Когда пользователь угадывает случайное число правильно, программа должна показать количество догадок.

- 22. Игра "Камень, ножницы, бумага".** Напишите программу, которая дает пользователю возможность поиграть с компьютером в игру "Камень, ножницы, бумага". Программа должна работать следующим образом:

1. Когда программа запускается, генерируется случайное число в диапазоне от 1 до 3. Если число равняется 1, то компьютер выбрал камень. Если число равняется 2, то компьютер выбрал ножницы. Если число равняется 3, то компьютер выбрал бумагу.
(Пока не показывайте выбор компьютера.)
2. Пользователь вводит на клавиатуре выбранный вариант "камень", "ножницы" или "бумага".
3. Выбор компьютера выводится на экран.
4. Победитель выбирается согласно следующим правилам:
 - если один игрок выбирает камень, а другой игрок выбирает ножницы, то побеждает камень (камень разбивает ножницы);
 - если один игрок выбирает ножницы, а другой игрок выбирает бумагу, то побеждают ножницы (ножницы режут бумагу);
 - если один игрок выбирает бумагу, а другой игрок выбирает камень, то побеждает бумага (бумага заворачивает камень);
 - если оба игрока делают одинаковый выбор, то для определения победителя нужно сыграть повторный раунд.

- 23. Черепашья графика: функция рисования треугольника.** Напишите функцию `triangle`, которая использует библиотеку черепашьей графики для рисования треугольника (рис. 5.30). Функция должна принимать в качестве аргументов координаты X и Y сторон треугольника и цвет, которым треугольник должен быть заполнен. Продемонстрируйте эту функцию в программе.
- 24. Черепашья графика: модульный снеговик.** Напишите программу, которая использует черепашью графику для изображения снеговика (рис. 5.31). Помимо главной функции программа также должна иметь приведенные ниже функции:

- drawBase — функция должна нарисовать основу снеговика, т. е. большой снежный ком внизу;
- drawMidSection — функция должна нарисовать средний снежный ком;
- drawArms — функция должна нарисовать руки снеговика;
- drawHead — функция должна нарисовать голову снеговика, глаза, рот и другие черты лица по вашему усмотрению;
- drawHat — эта функция должна нарисовать шляпу снеговика.

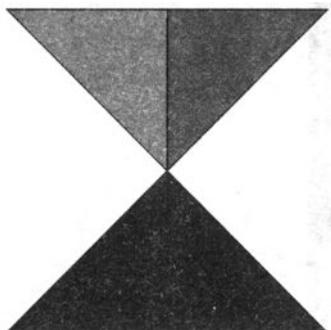


РИС. 5.30. Треугольники

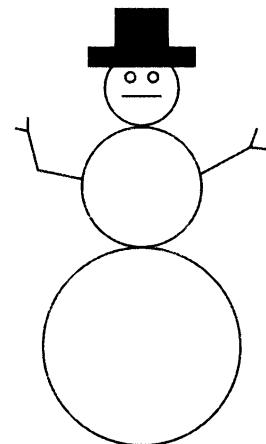


РИС. 5.31. Снеговик

25. **Черепашья графика: прямоугольный узор.** В программе напишите функцию `drawPattern`, которая использует библиотеку черепашьей графики, чтобы нарисовать прямоугольный узор (рис. 5.32). Функция `drawPattern` должна принимать два аргумента: один из них задает ширину узора, другой — его высоту. (Пример, приведенный на рис. 5.32, показывает, как узор будет выглядеть, когда ширина и высота одинаковые.) Когда программа выполняется, она должна запросить у пользователя ширину и высоту узора и затем передать эти значения в качестве аргументов в функцию `drawPattern`.
26. **Черепашья графика: шахматная доска.** Напишите программу с использованием черепашьей графики, в которой применяется представленная в этой главе функция `square` вместе с циклом (или циклами) для создания показанного на рис. 5.33 шахматного узора.

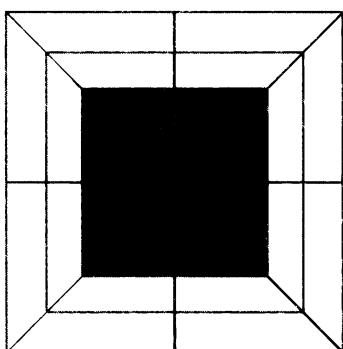


РИС. 5.32. Прямоугольный узор

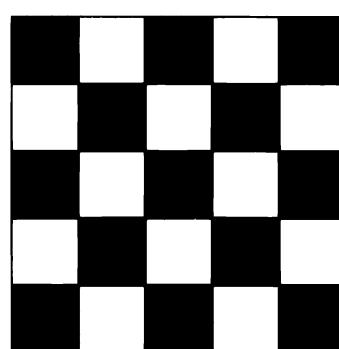


РИС. 5.33. Шахматный узор

27. **Черепашья графика: городской силуэт.** Напишите программу с черепашьей графикой, которая рисует городской силуэт (рис. 5.34). Конечная задача программы состоит в том, чтобы нарисовать контуры нескольких городских зданий на фоне ночного неба. Подразделите программу на модули, написав функции, которые выполняют приведенные ниже задачи:

- рисование контуров зданий;
- рисование нескольких окон в зданиях;
- использование случайно разбросанных звезд в виде точек (убедитесь, что звезды появляются на небе, а не на зданиях).

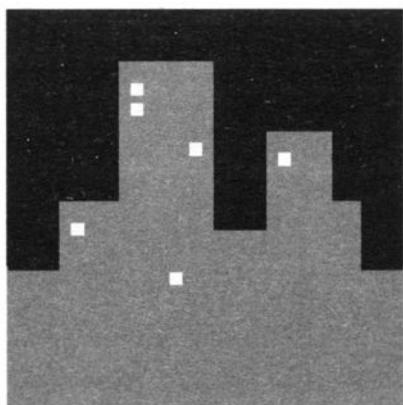


РИС. 5.34. Городской силуэт

6.1

Введение в файловый ввод и вывод

Ключевые положения

Когда программе нужно сохранить данные для дальнейшего использования, она пишет эти данные в файл. Позднее они могут быть считаны из файла.

Программы, которые вы писали до сих пор, требуют, чтобы пользователь повторно вносил данные при каждом запуске программы, потому что хранящиеся в ОЗУ данные (к которым обращаются переменные) исчезают, как только программа заканчивает свою работу. Если нужно, чтобы программа между ее выполнениями удерживала данные, в ней должна быть предусмотрена возможность их записи. Данные записываются в файл, который обычно хранится на диске компьютера. Сохраненные в файле данные обычно остаются в нем после завершения работы программы и их можно извлечь и использовать в дальнейшем.

Большинство коммерческих пакетов программного обеспечения, используемых ежедневно, хранят данные в файлах.

- ◆ **Текстовые процессоры.** Программы обработки текста служат для написания писем, списков, отчетов и других документов. Документы сохраняются в файлах, чтобы их можно было редактировать и распечатывать.
- ◆ **Графические редакторы.** Программы редактирования изображений используются для создания графиков и редактирования изображений, в частности тех, которые вы снимаете цифровой камерой. Создаваемые или редактируемые графическим редактором изображения сохраняются в файлах.
- ◆ **Электронные таблицы.** Программы обработки электронных таблиц применяются для работы с числовыми данными. Числа и математические формулы могут вставляться в ячейки электронной таблицы. Затем электронная таблица может быть сохранена в файле для дальнейшего использования.
- ◆ **Игры.** Многие компьютерные игры содержат данные в файлах. Например, некоторые игры хранят в файле список имен игроков с их очками. Эти игры, как правило, показывают имена игроков в порядке возрастания количества их очков с наибольшего до наименьшего. Некоторые игры также позволяют сохранять в файле текущее состояние игры, чтобы можно было выйти из игры и потом продолжить игру без необходимости начинать с начала.
- ◆ **Веб-браузеры.** Иногда при посещении веб-страницы браузер хранит на компьютере небольшой файл, так называемый файл *cookie*. Cookie-файлы, как правило, содержат информацию о сеансе просмотра, такую как содержимое корзины с покупками.

Программы, которые используются в ежедневных деловых операциях, в значительной мере опираются на файлы. Программы начисления заработной платы содержат данные о сотрудниках, складские программы содержат данные об изделиях компании, системы бухгалтерского учета — данные о финансовых операциях компании и т. д. — все они хранят свои данные в файлах.

Программисты обычно называют процесс сохранения данных в файле как "запись данных" в файл. Когда часть данных пишется в файл, она копируется из переменной, находящейся в ОЗУ, в файл (рис. 6.1). Термин "файл вывода" используется для описания файла, в который данные сохраняются. Он имеет такое название, потому что программа помещает в него выходные данные.

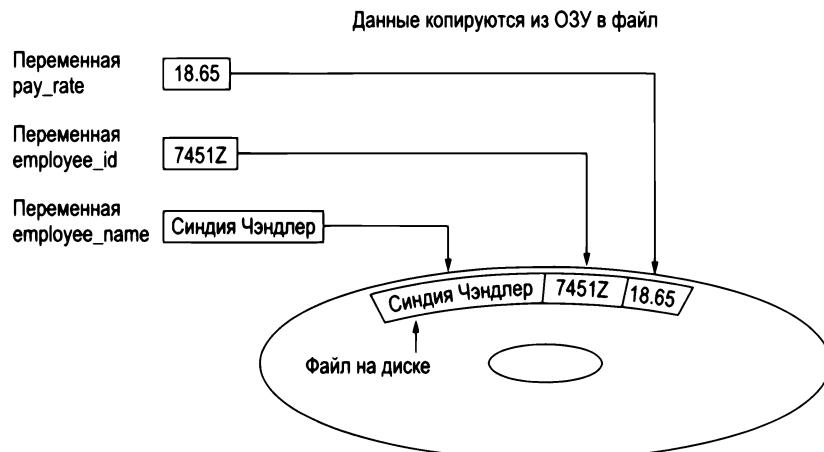


РИС. 6.1. Запись данных в файл

Процесс извлечения данных из файла называется *чтением данных из файла*. Когда порция данных считывается из файла, она копируется из файла в ОЗУ, где на нее ссылается переменная (рис. 6.2). Термин "файл ввода" используется для описания файла, из которого данныечитываются. Он называется так, потому что программа извлекает входные данные из этого файла.

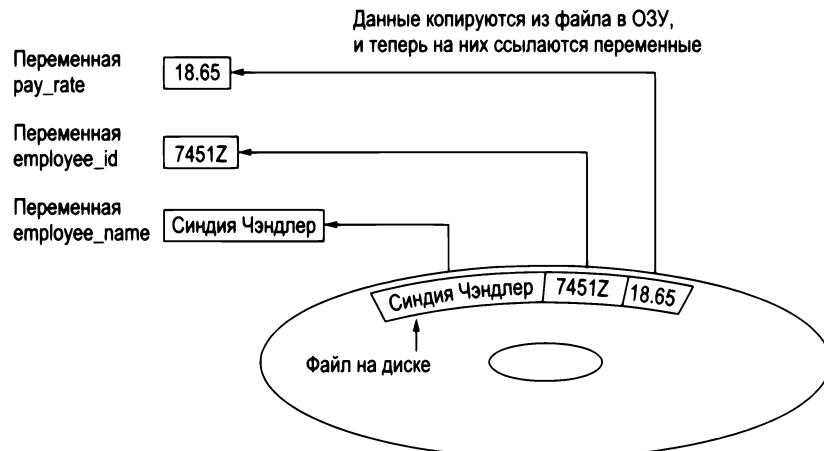


РИС. 6.2. Чтение данных из файла

В этой главе рассматриваются приемы записи данных в файлы и чтения данных из файлов. Когда в программе используется файл, всегда требуется выполнить три шага.

1. **Открыть файл.** В процессе открытия файла создается связь между файлом и программой. Открытие файла вывода обычно создает файл на диске и позволяет программе записать в него данные. Открытие файла ввода позволяет программе прочитать данные из файла.
2. **Обработать файл.** На этом шаге данные либо записываются в файл (если это файл вывода), либочитываются из файла (если это файл ввода).
3. **Закрыть файл.** Когда программа закончила использовать файл, его нужно закрыть. Эта операция разрывает связь файла с программой.

Типы файлов

Существует два типа файлов: текстовые и двоичные. *Текстовый файл* содержит данные, которые были закодированы в виде текста при помощи такой схемы кодирования, как ASCII или Юникод. Даже если файл содержит числа, эти числа в файле хранятся как набор символов. В результате файл можно открыть и просмотреть в текстовом редакторе, таком как Блокнот. *Двоичный файл* содержит данные, которые не были преобразованы в текст. Данные, которые помещены в двоичный файл, предназначены только для чтения программой, и значит, такой файл невозможно просмотреть в текстовом редакторе.

Несмотря на то, что Python позволяет работать и с текстовыми, и с двоичными файлами, в этой книге мы будем работать только с текстовыми файлами, чтобы вы смогли использовать текстовый редактор для исследования файлов, создаваемых вашими программами.

Методы доступа к файлам

Большинство языков программирования обеспечивает два разных способа получения доступа к данным, хранящимся в файле: последовательный доступ и прямой доступ. Во время работы с *файлом с последовательным доступом* происходит последовательное обращение к данным, начиная с самого начала файла и до его конца. Если требуется прочитать порцию данных, которая размещена в конце файла, то придется прочитать все данные, которые идут перед ней, — перескочить непосредственно к нужным данным не получится.

Во время работы с *файлом с прямым доступом* (который также называется *файлом с произвольным доступом*) можно непосредственно перескочить к любой порции данных в файле, не читая данные, которые идут перед ней. Это подобно тому, как работает проигрыватель компакт-дисков или MP3-плеер. Можно прыгнуть перескочить к любой песне, которую нужно послушать.

В этой книге мы будем использовать файлы с последовательным доступом.

Имена файлов и файловые объекты

Большинство пользователей компьютеров привыкли к тому, что файлы определяются по их имени. Например, когда вы создаете документ текстовым процессором и сохраняете документ в файле, то вы должны указать имя файла. Когда для исследования содержимого диска вы используете такой инструмент, как Проводник Windows, вы видите список имен файлов. На рис. 6.3 показано, как в Windows могут выглядеть значки файлов с именами Записки.txt, Кот.jpg и Резюме.docx.



РИС. 6.3. Три файла

Каждая операционная система имеет собственные правила именования файлов. Многие системы поддерживают использование *расширений файлов*, т. е. коротких последовательностей символов, которые расположены в конце имени файла и предваряются точкой. Например, файлы, изображенные на рис. 6.13, имеют расширения jpg, txt и docx. Расширение обычно говорит о типе данных, хранящихся в файле. Например, расширение jpg сообщает о том, что файл содержит графическое изображение, сжатое согласно стандарту изображения JPEG. Расширение txt — о том, что файл содержит текст. Расширение docx (а также расширение doc) — что файл содержит документ Microsoft Word.

Для того чтобы программа работала с файлом, находящимся на диске компьютера, она должна создать в оперативной памяти файловый объект. *Файловый объект* — это программный объект, который связан с определенным файлом и предоставляет программе методы для работы с этим файлом. В программе на файловый объект ссылается переменная. Она используется для осуществления любых операций, которые выполняются с файлом (рис. 6.4).

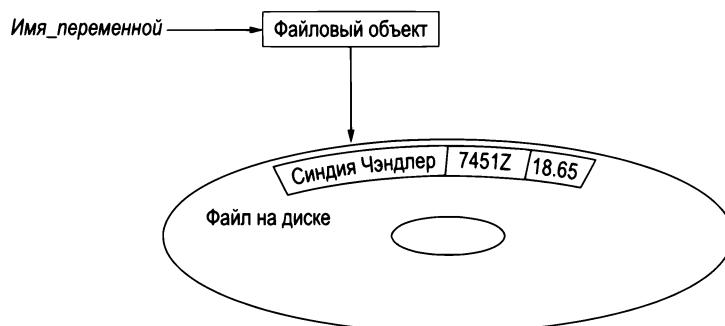


РИС. 6.4. Имя переменной ссылается на файловый объект, связанный с файлом

Открытие файла

В Python функция open применяется для открытия файла. Она создает файловый объект и связывает его с файлом на диске. Вот общий формат применения функции open:

```
файловая_переменная = open(имя_файла, режим)
```

Здесь *файловая_переменная* — это имя переменной, которая ссылается на файловый объект; *имя_файла* — это строковый литерал, задающий имя файла; *режим* — это строковый литерал, задающий режим доступа (чтение, запись и т. д.), в котором файл будет открыт.

В табл. 6.1 представлены три строковых литерала, которые можно использовать для задания режима доступа. (Существуют и другие, более сложные, режимы доступа. Мы будем использовать режимы из табл. 6.1.)

Таблица 6.1. Некоторые режимы доступа к файлам в Python

Режим	Описание
'r'	Открыть файл только для чтения. Файл не может быть изменен, в него нельзя записать
'w'	Открыть файл для записи. Если файл уже существует, то стереть его содержимое. Если файл не существует, то создать его
'a'	Открыть файл, в который будет выполнена запись. Все записываемые в файл данные будут добавлены в его конец. Если файл не существует, то создать его

Например, предположим, что файл `customers.txt` содержит данные о клиентах, и мы хотим его открыть для чтения. Вот пример вызова функции `open`:

```
customer_file = open('customers.txt', 'r')
```

После исполнения этой инструкции будет открыт файл `customers.txt` и переменная `customer_file` будет ссылаться на файловый объект, который можно использовать для чтения данных из файла.

Предположим, что мы хотим создать файл с именем `sales.txt` и записать в него данные. Вот пример вызова функции `open`:

```
sales_file = open('sales.txt', 'w')
```

После исполнения этой инструкции будет создан файл `sales.txt` и переменная `sales_file` будет ссылаться на файловый объект, который можно использовать для записи данных в файл.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Напомним, что при использовании режима '`w`' на диске создается файл. Если при открытии файла с указанным именем он уже существует, то содержимое существующего файла будет удалено.

Указание места расположения файла

Когда в функцию `open` передается имя файла, которое в качестве аргумента не содержит путь, интерпретатор Python исходит из предположения, что место расположения файла такое же, что и у программы. Например, предположим, что программа расположена на компьютере Windows в папке `C:\Users\Documents\Python`. Если программа выполняется, и она исполняет инструкцию:

```
test_file = open('test.txt', 'w')
```

то файл `test.txt` создается в той же папке. Если требуется открыть файл в другом месте расположения, то можно указать путь и имя файла в аргументе, который передается в функцию `open`. Если указать путь в строковом литерале (в особенности на компьютере Windows), следует снабдить строковый литерал префиксом в виде буквы `r`. Вот пример:

```
test_file = open(r'C:\Users\temp\test.txt', 'w')
```

Эта инструкция создает файл `test.txt` в папке `C:\Users\temp`. Префикс `r` указывает на то, что строковый литерал является *неформатированным*. В результате этого интерпретатор Python

рассматривает символы обратной косой черты как обычные символы. Без префикса `r` интерпретатор предположит, что символы обратной косой черты являются частью экранированных последовательностей, и произойдет ошибка.

Запись данных в файл

До сих пор в этой книге вы работали с несколькими библиотечными функциями Python и даже писали свои функции. Теперь мы представим вам другой тип функций, которые называются методами. *Метод* — это функция, которая принадлежит объекту и выполняет некоторую операцию с использованием этого объекта. После открытия файла для выполнения операций с файлом используются методы файлового объекта.

Например, файловые объекты имеют метод `write()`, который применяется для записи данных в файл. Вот общий формат вызова метода `write()`:

```
файловая_переменная.write(строковое_значение)
```

В данном формате `файловая_переменная` — это переменная, которая ссылается на файловый объект, `строковое_значение` — символьная последовательность, которая будет записана в файл. Файл должен быть открыт для записи (с использованием режима '`w`' или '`a`'), либо произойдет ошибка.

Давайте допустим, что `customer_file` ссылается на файловый объект, и файл открыт для записи в режиме '`w`'. Вот пример записи в файл строкового значения 'Чарльз Пейс':

```
customer_file.write('Чарльз Пейс')
```

Приведенный ниже фрагмент кода показывает еще один пример:

```
name = 'Чарльз Пейс'  
customer_file.write(name)
```

Вторая инструкция пишет в файл, связанный с переменной `customer_file`, значение, на которое ссылается переменная `name`. В данном случае она запишет в файл строковое значение 'Чарльз Пейс'. (Эти примеры показывают, как в файл пишется строковое значение, но таким же образом можно писать и числовые значения.)

После того как программа закончила работать с файлом, она должна закрыть его. Это действие разрывает связь программы с файлом. В некоторых системах невыполнение операции закрытия файла вывода может вызвать потерю данных. Это происходит потому, что данные, которые пишутся в файл, сначала пишутся в *буфер*, т. е. небольшую "область временного хранения" в оперативной памяти. Когда буфер полон, система пишет содержимое буфера в файл. Этот прием увеличивает производительность системы потому, что запись данных в оперативную память быстрее их записи на диск. Процесс закрытия файла вывода записывает любые несохраненные данные, которые остаются в буфере, в файл.

В Python для закрытия файла применяется метод `close()` файлового объекта. Например, приведенная ниже инструкция закрывает файл, который связан с `customer_file`:

```
customer_file.close()
```

В программе 6.1 приведен законченный код на Python, который открывает файл вывода, пишет в него данные и затем его закрывает.

Программа 6.1 (file_write.py)

```

1 # Эта программа пишет три строки данных
2 # в файл.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     outfile = open('philosophers.txt', 'w')
6
7     # Записать имена трех философов
8     # в файл.
9     outfile.write('Джон Локк\n')
10    outfile.write('Дэвид Хьюм\n')
11    outfile.write('Эдмунд Берк\n')
12
13    # Закрыть файл.
14    outfile.close()
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()

```

Строка 5 открывает файл `philosophers.txt`, используя режим `'w'`. (Она создает файл и открывает его для записи.) Она также создает в оперативной памяти файловый объект и присваивает этот объект переменной `outfile`.

Инструкции в строках 9–11 пишут в файл три строковых литерала: строка 9 пишет строковый литерал `'Джон Локк\n'`, строка 10 — `'Дэвид Хьюм\n'`, строка 11 — `'Эдмунд Берк\n'`. Страна 14 закрывает файл. После того как эта программа выполнится, в файл `philosophers.txt` будут записаны три значения (рис. 6.5).

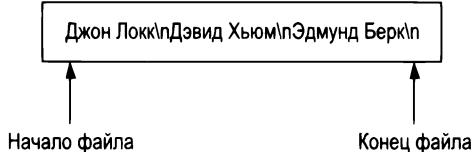


РИС. 6.5. Содержимое файла `philosophers.txt`

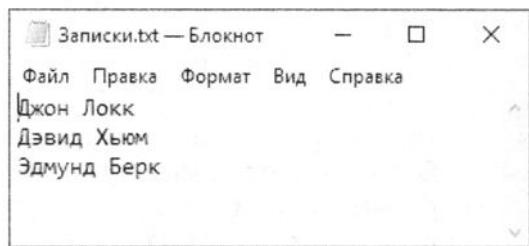


РИС. 6.6. Содержимое файла `philosophers.txt` в Блокноте

Обратите внимание, что все записанные в файл строковые значения оканчиваются символом `\n`, который является экранированной последовательностью новой строки. Символ `\n` не только отделяет находящиеся в файле значения, но и приводит к тому, что каждый из них появляется на отдельной строке во время просмотра данных в текстовом редакторе. Например, на рис. 6.6 показан файл `philosophers.txt` в том виде, как он выглядит в Блокноте.

Чтение данных из файла

Если файл был открыт для чтения (с помощью режима 'r'), то для чтения всего его содержимого в оперативную память применяют метод файлового объекта `read()`. При вызове метода `read()` он возвращает содержимое файла в качестве строкового значения. Например, в программе 6.2 показано применение метода `read()` для чтения содержимого файла `philosophers.txt`, который мы создали ранее.

Программа 6.2 (file_read.py)

```

1 # Эта программа читает и показывает содержимое
2 # файла philosophers.txt.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
6
7     # Прочитать содержимое файла.
8     file_contents = infile.read()
9
10    # Закрыть файл.
11    infile.close()
12
13    # Напечатать данные, считанные
14    # в оперативную память.
15    print(file_contents)
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

Вывод программы

```

Джон Локк
Дэвид Хьюм
Эдмунд Берк

```

Инструкция в строке 5 открывает файл `philosophers.txt` для чтения, используя режим 'r'. Она также создает файловый объект и присваивает этот объект переменной `infile`. Стока 8 вызывает метод `infile.read()`, чтобы прочитать содержимое файла, которое считывается в оперативную память в качестве строкового значения и присваивается переменной `file_contents` (рис. 6.7). Затем инструкция в строке 15 печатает строковое значение, на которую ссылается эта переменная.

Содержимое_файла → Джон Локк\nДэвид Хьюм\nЭдмунд Берк\n

РИС. 6.7. Переменная `file_contents` ссылается на строковое значение, прочитанное из файла

Несмотря на то что метод `read()` позволяет одной инструкцией легко прочитать все содержимое файла, многим программам требуется читать и обрабатывать хранящиеся в файле значения поочередно. Например, предположим, что файл содержит ряд сумм продаж, и вам

нужно написать программу, вычисляющую итоговую сумму продаж в файле. Программа будет читать каждую сумму продаж из файла и добавлять его в накопительную переменную.

В Python для чтения строкового значения из файла применяется метод `readline()`. (Строка файла представляет собой символьную последовательность, завершающуюся символом `\n`.) Этот метод возвращает строку файла как символьную последовательность, включая `\n`. В программе 6.3 показано применение метода `readline()` для построчного чтения содержимого файла `philosophers.txt`.

Программа 6.3 (line_read.py)

```
1 # Эта программа построчно читает
2 # содержимое файла philosophers.txt.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
6
7     # Прочитать три строки файла.
8     line1 = infile.readline()
9     line2 = infile.readline()
10    line3 = infile.readline()
11
12    # Закрыть файл.
13    infile.close()
14
15    # Напечатать данные, прочитанные
16    # в оперативную память.
17    print(line1)
18    print(line2)
19    print(line3)
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 main()
```

Вывод программы

Джон Локк

Дэвид Хьюм

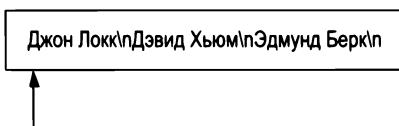
Эдмунд Берк

Прежде чем исследовать этот программный код, обратите внимание, что после каждой строки в выводе программы печатается пустая строка. Это вызвано тем, что каждое прочитанное из файла значение завершается символом новой строки (`\n`). Позже вы узнаете, как удалять этот символ.

Инструкция в строке 5 открывает файл `philosophers.txt` для чтения, используя режим `'r'`. Она также создает файловый объект и присваивает этот объект переменной `infile`. Когда файл открыт для чтения, для этого файла внутренне поддерживается специальное значение,

которое называется *позицией считывания*. Она отмечает положение следующего значения, которое будет прочитано из файла. Первоначально позиция считывания находится в начале файла. После того как инструкция в строке 5 исполнится, позиция считывания для файла `philosophers.txt` будет находиться в месте, указанном на рис. 6.8.

Инструкция в строке 8 вызывает метод `infile.readline()` для чтения первой строки файла. Возвращенная символьная последовательность присваивается переменной `line1`. После исполнения этой инструкции переменной `line1` присваивается строковое значение '`Джон Локк\nДэвид Хьюм\nЭдмунд Берк\n`', а позиция считывания файла будет перенесена на следующую строку (рис. 6.9).



Позиция считывания

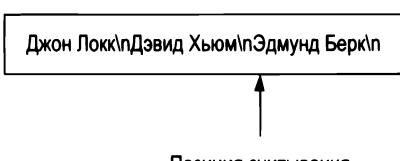
РИС. 6.8. Первоначальная позиция считывания



Позиция считывания

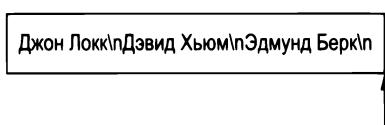
РИС. 6.9. Позиция считывания переместилась на следующую строку

Затем инструкция в строке 9 читает следующую строку файла и присваивает ее переменной `line2`. После исполнения этой инструкции переменная `line2` будет ссылаться на строковое значение '`Дэвид Хьюм\n`'. Позиция считывания файла будет перенесена на следующую строку файла (рис. 6.10).



Позиция считывания

РИС. 6.10. Позиция считывания переместилась на следующую строку



Позиция считывания

РИС. 6.11. Позиция считывания переместилась в конец файла

Затем инструкция в строке 10 читает следующую строку файла и присваивает ее переменной `line3`. После исполнения этой инструкции переменная `line3` будет ссылаться на строковое значение '`Эдмунд Берк\n`', а позиция считывания будет перенесена в конец файла (рис. 6.11). На рис. 6.12 показаны переменные `line1`, `line2` и `line3` и строковые значения, на которые они ссылаются после того, как эти инструкции были исполнены.



РИС. 6.12. Строковые значения, на которые ссылаются переменные `line1`, `line2` и `line3`



ПРИМЕЧАНИЕ

Если последняя строка в файле не будет заканчиваться на \n, то метод readline() вернет символную последовательность без \n.

Конкатенация символа новой строки в строковое значение

Программа 6.1 записала три строковых литерала в файл, и каждый строковый литерал завершался экранированной последовательностью \n. В большинстве случаев записанные в файл значения данных являются не строковыми литералами, а значениями в оперативной памяти, на которые ссылаются переменные. Это будет в случае программы, которая предлагає пользователю ввести данные и затем записывает эти данные в файл.

Когда программа записывает введенные пользователем данные в файл, обычно перед их записью необходимо в данные добавить, или конкатенировать, экранированную последовательность \n. В результате каждая порция данных записывается в отдельной строке файла. В программе 6.4 показано, как это делается.

Программа 6.4

(write_names.py)

```
1 # Эта программа получает от пользователя три имени
2 # и пишет их в файл.
3
4 def main():
5     # Получить три имени.
6     print('Введите имена трех друзей.')
7     name1 = input('Друг # 1: ')
8     name2 = input('Друг # 2: ')
9     name3 = input('Друг # 3: ')
10
11    # Открыть файл с именем friends.txt.
12    myfile = open('friends.txt', 'w')
13
14    # Записать имена в файл.
15    myfile.write(name1 + '\n')
16    myfile.write(name2 + '\n')
17    myfile.write(name3 + '\n')
18
19    # Закрыть файл.
20    myfile.close()
21    print('Имена были записаны в friends.txt.')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите имена трех друзей.

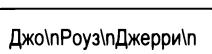
Друг # 1: **Джо**

Друг # 2: **Роуз**

Друг # 3: **Джерри**

Имена были записаны в friends.txt.

Строки 7–9 предлагают пользователю ввести три имени, и эти имена присваиваются переменным `name1`, `name2` и `name3`. Стока 12 открывает файл `friends.txt` для записи. Затем строки 15–17 записывают введенные пользователем имена с добавлением символа '`\n`'. В результате при записи каждого имени в файл в конец каждого имени будет добавлена экранированная последовательность `\n`. На рис. 6.13 показано содержимое файла с введенными пользователем именами в демонстрационном выполнении программы.



```
Джо\nРоуз\nДжерри\nп
```

РИС. 6.13. Файл `friends.txt`

Чтение строкового значения и удаление из него символа новой строки

Иногда возникают сложности из-за символа `\n`, который появляется в конце строковых значений, возвращаемых из метода `readline()`. Например, как вы, наверное, заметили, в демонстрационном выполнении программы 6.3 после каждой строки вывода печатается пустая строка. Это связано с тем, что все строковые значения, которые печатаются в строках 17–19, завершаются экранированным символом `\n`. Во время печати строковых значений символ `\n` вызывает появление дополнительной пустой строки.

Символ `\n` отделяет сохраненные в файле значения друг от друга. Однако в ряде случаев возникает необходимость удалить `\n` из строкового значения после того, как оно прочитано из файла. В Python каждое значение со строковым типом имеет метод `rstrip()`, который удаляет, или "отсекает", определенные символы с конца строкового значения. (Имя метода `rstrip()` говорит о том, что он отсекает символы с правой стороны строкового значения.) Приведенный ниже фрагмент кода показывает пример использования метода `rstrip()`.

```
name = 'Джоанна Менчестер\n'
name = name.rstrip('\n')
```

Первая инструкция присваивает строковый литерал 'Джоанна Менчестер\n' переменной `name`. (Обратите внимание, строковое значение завершается экранированным символом `\n`.) Вторая инструкция вызывает метод `name.rstrip('\n')`. Этот метод возвращает копию строкового значения `name` без замыкающего `\n`. Это строковое значение присваивается обратно переменной `name`. В результате замыкающий `\n` удаляется из строкового значения `name`.

В программе 6.5 представлен еще один пример кода, который читает и выводит на экран содержимое файла `philosophers.txt`. Здесь применяется метод `rstrip()` для удаления символа `\n` из прочитанных из файла строковых значений перед тем, как они будут выведены на экран. В результате этого дополнительные пустые строки в выводе не появляются.

Программа 6.5 (strip_newline.py)

```
1 # Эта программа читает содержимое файла
2 # philosophers.txt построчно.
3 def main():
4     # Открыть файл с именем philosophers.txt.
5     infile = open('philosophers.txt', 'r')
6
```

```
7 # Прочитать три строки из файла.
8 infile = infile.readline()
9 line2 = infile.readline()
10 line3 = infile.readline()
11
12 # Удалить \n из каждого строкового значения.
13 line1 = line1.rstrip('\n')
14 line2 = line2.rstrip('\n')
15 line3 = line3.rstrip('\n')
16
17 # Закрыть файл.
18 infile.close()
19
20 # Напечатать полученные
21 # значения.
22 print(line1)
23 print(line2)
24 print(line3)
25
26 # Вызвать главный метод.
27 main()
```

Вывод программы

Джон Локк

Дэвид Хьюм

Эдмунд Берк

Дозапись данных в существующий файл

Когда для открытия файла вывода используется режим 'w', и файл с указанным именем уже на диске существует, имеющийся файл будет удален, и будет создан новый пустой файл с тем же именем. Иногда есть необходимость оставить существующий файл и добавить в его текущее содержимое новые данные. В этом случае новые данные дописываются в конец данных, которые уже имеются в файле.

В Python режим 'a' используется для открытия файла вывода в *режиме дозаписи*, то есть:

- ◆ если файл уже существует, то он не будет стерт; если файл не существует, то он будет создан;
- ◆ когда данные пишутся в файл, они будут дописываться в конец текущего содержимого файла.

Например, допустим, что файл friends.txt содержит приведенные ниже имена, при этом каждое имя расположено на отдельной строке:

Джо

Роуз

Джерри

Приведенный ниже фрагмент кода открывает файл и дописывает дополнительные данные в его существующее содержимое.

```
myfile = open('friends.txt', 'a')
myfile.write('Мэт\n')
myfile.write('Крис\n')
myfile.write('Сьюзи\n')
myfile.close()
```

После выполнения этой программы файл friends.txt будет содержать приведенные ниже данные:

```
Джо
Роуз
Джерри
Мэт
Крис
Сьюзи
```

Запись и чтение числовых данных

Строковые значения могут записываться в файл непосредственно методом `write()`, однако числа перед их записью должны быть преобразованы в строковый тип. Python имеет встроенную функцию `str`, которая преобразует значение в строковый тип. Например, переменной `num` присвоено значение `99`, тогда выражение `str(num)` вернет строковое значение `'99'`.

В программе 6.6 приведен пример использования функции `str` для преобразования числового значения в строковое и записи получившегося строкового значения в файл.

Программа 6.6 (write_numbers.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует конвертацию
2 # числовых значений в строковые перед их
3 # записью в текстовый файл.
4
5 def main():
6     # Открыть файл для записи.
7     outfile = open('numbers.txt', 'w')
8
9     # Получить от пользователя три числа.
10    num1 = int(input('Введите число: '))
11    num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
12    num3 = int(input('Введите еще одно число: '))
13
14    # Записать эти числа в файл.
15    outfile.write(str(num1) + '\n')
16    outfile.write(str(num2) + '\n')
17    outfile.write(str(num3) + '\n')
18
```

```

19     # Закрыть файл.
20     outfile.close()
21     print('Данные записаны в numbers.txt')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите число: **22**

Введите еще одно число: **14**

Введите еще одно число: **-99**

Данные записаны в numbers.txt

Инструкция в строке 7 открывает файл numbers.txt для записи. Затем инструкции в строках 10–12 предлагают пользователю ввести три числа, которые присваиваются переменным num1, num2 и num3.

Взгляните на инструкцию в строке 15, выполняющую запись в файл значения, на которое ссылается num1:

```
outfile.write(str(num1) + '\n')
```

Выражение str(num1) + '\n' преобразует значение, на которое ссылается num1, в строковое и добавляет экранированную последовательность \n в это строковое значение. В демонстрационном выполнении программы в качестве первого числа пользователь ввел 22, и, следовательно, это выражение производит строковое значение '22\n'. В результате значение '22\n' записывается в файл.

Строки 16 и 17 выполняют аналогичные операции, записывая в файл значения, на которые ссылаются num2 и num3. После исполнения этих инструкций показанные на рис. 6.14 значения будут записаны в файл. На рис. 6.15 показан файл, открытый в Блокноте.

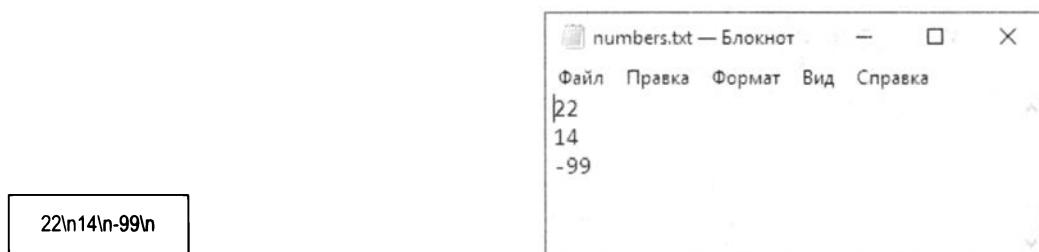


РИС. 6.14. Содержимое файла numbers.txt

РИС. 6.15. Файл numbers.txt, открытый в Блокноте

При чтении чисел из текстового файла они всегда читаются как строковые значения. Предположим, что программа использует приведенный ниже фрагмент кода для чтения первой строки из файла numbers.txt, созданного программой 6.6:

```

1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 value = infile.readline()
3 infile.close()

```

Инструкция в строке 2 применяет метод `readline()` для чтения строки из файла. После исполнения этой инструкции переменная `value` будет ссылаться на строковое значение '`22\n`'. Это может вызвать затруднения, если мы намереваемся выполнить с переменной `value` математическую операцию, потому что математические операции со строковыми значениями не работают. Значит, необходимо преобразовать строковый тип в числовой.

Из главы 2 известно, что Python предлагает встроенную функцию `int()`, которая конвертирует значение со строковым типом в целочисленный, и встроенную функцию `float()`, которая преобразует значение со строковым типом в вещественный. Например, ранее приведенный фрагмент кода можно видоизменить следующим образом:

```
1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 string_input = infile.readline()
3 value = int(string_input)
4 infile.close()
```

Инструкция в строке 2 читает строку из файла и присваивает ее переменной `string_input`. В результате `string_input` будет ссылаться на строку '`22\n`'. Затем инструкция в строке 3 применяет функцию `int()` для преобразования `string_input` в целое число и присваивает полученный результат переменной `value`. После исполнения этой инструкции переменная `value` будет ссылаться на целое число `22`. (Функции `int()` и `float()` игнорируют любое количество символов `\n` в конце строкового значения, которое передается в качестве аргумента.)

Приведенный выше фрагмент кода демонстрирует шаги, связанные с чтением строкового значения из файла методом `readline()` и преобразования этого значения в целое число функцией `int()`. Этот фрагмент кода можно упростить. Более оптимальный способ состоит в том, чтобы прочитать строковое значение из файла и конвертировать его в одной инструкции:

```
1 infile = open('numbers.txt', 'r')
2 value = int(infile.readline())
3 infile.close()
```

Обратите внимание, что в строке 2 вызов метода `readline()` применяется в качестве аргумента функции `int()`. Вот как этот фрагмент кода работает: сначала вызывается метод `readline()`, и он возвращает строковое значение. Это значение передается в функцию `int()`, которая преобразует его в целое число. Полученный результат присваивается переменной `value`.

В программе 6.7 показан более полный пример. Содержимое файла `numbers.txt` считывается, преобразуется в целые числа и суммируется.

Программа 6.7 (read_numbers.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует, как прочитанные из файла
2 # числа конвертируются из строкового представления
3 # перед тем, как они используются в математической операции.
4
5 def main():
6     # Открыть файл для чтения.
7     infile = open('numbers.txt', 'r')
8
```

```
9 # Прочитать три числа из файла.  
10 num1 = int(infile.readline())  
11 num2 = int(infile.readline())  
12 num3 = int(infile.readline())  
13  
14 # Закрыть файл.  
15 infile.close()  
16  
17 # Сложить три числа.  
18 total = num1 + num2 + num3  
19  
20 # Показать числа и их сумму.  
21 print('Числа:', num1, num2, num3)  
22 print('Их сумма:', total)  
23  
24 # Вызвать главную функцию.  
25 main()
```

Вывод программы

Числа: 22 14 -99

Их сумма: -63



Контрольная точка

- 6.1.** Что такое файл вывода?
- 6.2.** Что такое файл ввода?
- 6.3.** Какие три шага программа должна сделать, когда она использует файл?
- 6.4.** Какие бывают два типа файлов? Каково различие между этими двумя типами файлов?
- 6.5.** Какие бывают два типа доступа к файлу? Каково различие между ними?
- 6.6.** С какими двумя именами, связанными с файлами, необходимо работать в своем программном коде при написании программы, которая выполняет файловую операцию?
- 6.7.** Что происходит с уже существующим файлом при попытке его открыть как файл вывода (используя режим 'w')?
- 6.8.** Какова задача открытия файла?
- 6.9.** Какова задача закрытия файла?
- 6.10.** Что такое позиция считывания файла? Где первоначально находится позиция считывания при открытии файла ввода?
- 6.11.** В каком режиме открывается файл, если требуется записать в него данные, но при этом требуется оставить существующее содержимое файла нетронутым? В какую часть файла данные записываются при этом?

6.2

Применение циклов для обработки файлов

Ключевые положения

Файлы обычно содержат большие объемы данных, и в программах, как правило, применяется цикл, в котором обрабатываются данные, хранящиеся в файле.



Видеозапись "Применение циклов для обработки файлов" (Using Loops to Process Files)

В некоторых программах используются файлы для хранения лишь незначительных объемов данных. Вместе с тем файлы, как правило, предназначены для хранения больших коллекций данных. Когда в программе используется файл для записи или чтения большого объема данных, то, как правило, задействуется цикл. Например, взгляните на программу 6.8. Она получает от пользователя суммы продаж за несколько дней и записывает эти суммы в файл sales.txt. Пользователь задает количество дней, за которые ему нужно ввести данные о продажах. В демонстрационном выполнении программы пользователь вводит суммы продаж за пять дней. На рис. 6.16 представлено содержимое файла sales.txt с данными, введенными пользователем во время демонстрационного выполнения.

Программа 6.8 (write_sales.py)

```

1 # Эта программа предлагает пользователю ввести суммы
2 # продаж и записывает эти суммы в файл sales.txt.
3
4 def main():
5     # Получить количество дней.
6     num_days = int(input('За какое количество дней ' +
7                         'Вы располагаете продажами? '))
8
9     # Открыть новый файл с именем sales.txt.
10    sales_file = open('sales.txt', 'w')
11
12    # Получить суммы продаж за каждый день
13    # и записать их в файл.
14    for count in range(1, num_days + 1):
15        # Получить продажи за день.
16        sales = float(input('Введите продажи за день № ' +
17                          str(count) + ': '))
18
19        # Записать сумму продаж в файл.
20        sales_file.write(str(sales) + '\n')
21
22    # Закрыть файл.
23    sales_file.close()
24    print('Данные записаны в sales.txt.')
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 main()

```

```
Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)
За какое количество дней Вы располагаете продажами? 5 Enter
Введите продажи за день № 1: 1000 Enter
Введите продажи за день № 2: 2000 Enter
Введите продажи за день № 3: 3000 Enter
Введите продажи за день № 4: 4000 Enter
Введите продажи за день № 5: 5000 Enter
Данные записаны в sales.txt.
```

1000.0\n2000.0\n3000.0\n4000.0\n5000.0\n

РИС. 6.16. Содержимое файла sales.txt

Чтение файла в цикле и обнаружение конца файла

Довольно часто программа должна читать содержимое файла, не зная количества хранящихся в файле значений. Например, файл sales.txt, который был создан программой 6.8, может иметь любое количество хранящихся в нем значений, потому что программа запрашивает у пользователя количество дней, за которые у него имеются сведения о суммах продаж. Если пользователь в качестве количества дней вводит 5, то программа получает 5 сумм продаж и записывает их в файл. Если пользователь в качестве количества дней вводит 100, то программа получает 100 сумм продаж и записывает их в файл.

Это создает проблему, в случае если требуется написать программу, которая обрабатывает все значения в файле, сколько бы их ни было. Например, предположим, что требуется написать программу, которая читает все суммы в файле sales.txt и вычисляет их итоговый объем. Для того чтобы прочитать значения в файле, можно применить цикл, но при этом требуется способ узнать, когда будет достигнут конец файла.

В Python метод `readline()` возвращает пустое строковое значение (''), когда он пытается прочитать за пределами конца файла. Это позволяет написать цикл `while`, который определяет, когда был достигнут конец файла. Вот обобщенный алгоритм в псевдокоде:

Открыть файл.

Применить `readline`, чтобы прочитать первую строку файла.

До тех пор, пока возвращаемое из `readline` значение не является пустым:

Обработать значение, которое только что было прочитано из файла.

Применить `readline`, чтобы читать следующую строку файла.

Закрыть файл.



ПРИМЕЧАНИЕ

В представленном алгоритме метод `readline()` вызывается до входа в цикл `while`. Задача этого вызова метода состоит в том, чтобы получить первую строку файла для проверки ее циклом. Эта начальная операция чтения, которая называется *первичным чтением*.

На рис. 6.17 показан этот алгоритм в блок-схеме.

Программа 6.9 демонстрирует соответствующую реализацию в коде. Здесь читаются и выводятся на экран все значения из файла sales.txt.

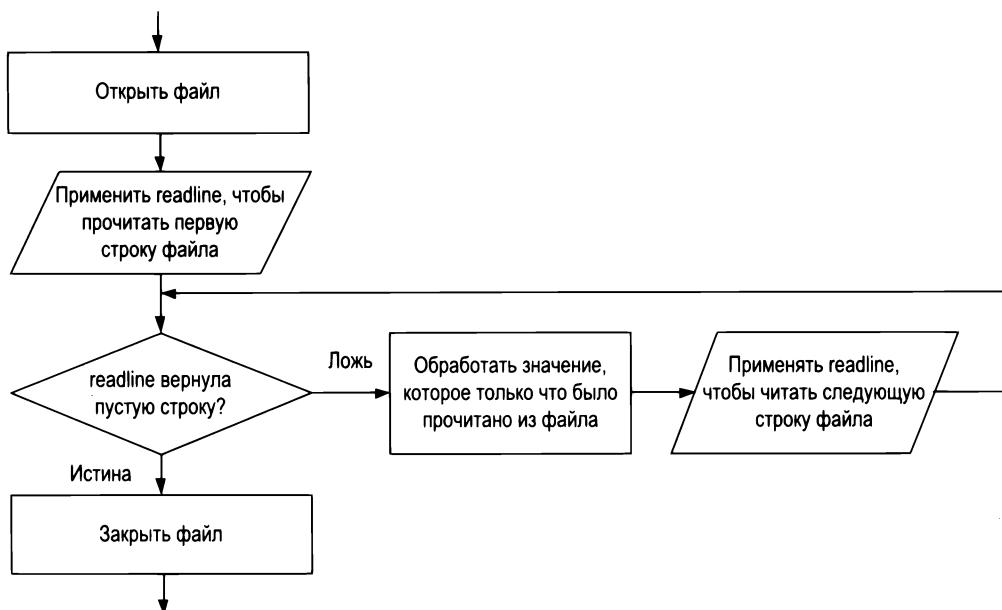


РИС. 6.17. Общая логическая схема обнаружения конца файла

Программа 6.9 (read_sales.py)

```

1 # Эта программа читает все значения из
2 # файла sales.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл sales.txt для чтения.
6     sales_file = open('sales.txt', 'r')
7
8     # Прочитать первую строку из файла, но
9     # пока не конвертировать в число. Сначала нужно
10    # выполнить проверку на пустое строковое значение.
11    line = sales_file.readline()
12
13    # Продолжать обработку до тех пор, пока из readline
14    # не будет возвращена пустая строка.
15    while line != '':
16        # Конвертировать строку в число с плавающей точкой.
17        amount = float(line)
18
19        # Отформатировать и показать сумму.
20        print(format(amount, '.2f'))
21
22        # Прочитать следующую строку.
23        line = sales_file.readline()
24
  
```

```
25     # Закрыть файл.  
26     sales_file.close()  
27  
28 # Вызвать главную функцию.  
29 main()
```

Вывод программы

```
1000.00  
2000.00  
3000.00  
4000.00  
5000.00
```

Применение цикла *for* для чтения строк

В предыдущем примере вы увидели, что метод `readline()` возвращает пустое строковое значение, когда достигнут конец файла. Большинство языков программирования предоставляют аналогичный метод обнаружения конца файла. Если вы планируете изучать другие языки программирования, помимо Python, важно знать, как создавать такой тип логической конструкции.

Кроме того, язык Python позволяет писать цикл `for`, автоматически читающий строки в файле без проверки какого-либо особого условия, которое сигнализирует о конце файла. Этот цикл не требует операции первичного чтения и автоматически останавливается, когда достигнут конец файла. Когда требуется просто последовательно прочитать все строки файла, этот подход проще и изящнее, чем написание цикла `while`, который явным образом выполняет проверку условия конца файла. Вот общий формат такого цикла:

```
for переменная in файловый_объект:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...
```

В данном формате `переменная` — это имя переменной, `файловый_объект` — это переменная, которая ссылается на файловый объект. Данный цикл будет выполнять одну итерацию для каждой строки в файле. Во время первой итерации цикла переменная будет ссылаться на первую строку в файле (как на символьную последовательность), во время второй итерации она будет ссылаться на вторую строку и т. д. В программе 6.10 продемонстрирована работа этого цикла. Здесь читаются и показываются все значения из файла `sales.txt`.

Программа 6.10 (read_sales2.py)

```
1 # Эта программа применяет цикл for для чтения  
2 # всех значений из файла sales.txt.  
3  
4 def main():  
5     # Открыть файл sales.txt для чтения.  
6     sales_file = open('sales.txt', 'r')  
7
```

```

8     # Прочитать все строки из файла.
9     for line in sales_file:
10         # Конвертировать строку в число с плавающей точкой.
11         amount = float(line)
12         # Отформатировать и показать сумму.
13         print(format(amount, '.2f'))
14
15     # Закрыть файл.
16     sales_file.close()
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 main()

```

Вывод программы

```

1000.00
2000.00
3000.00
4000.00
5000.00

```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Работа с файлами

Кевин является внештатным видеопродюсером, который изготавливает телевизионную рекламу для местных предприятий. Когда он делает рекламный ролик, то обычно снимает несколько коротких видеоклипов, которые он позже собирает воедино для заключительного рекламного ролика. Он попросил вас написать приведенные ниже две программы.

1. Программу, которая позволяет ему вводить длительность каждого видеоклипа в проекте (в секундах). Продолжительность клипа сохраняется в файле.
2. Программу, которая читает содержимое файла, показывает длительность клипа и общую длительность всех сегментов.

Вот общий алгоритм первой программы в псевдокоде:

Получить количество видеоклипов в проекте.

Открыть файл вывода.

Для каждого видеоклипа в проекте:

Получить длительность видео.

Записать длительность в файл.

Закрыть файл.

В программе 6.11 представлен соответствующий код первой программы.

Программа 6.11 (save_running_times.py)

```

1 # Эта программа сохраняет последовательность, состоящую из
2 # длительностей видеоклипов, в файле video_times.txt.
3
4 def main():
5     # Получить количество видеоклипов в проекте.
6     num_videos = int(input('Сколько видеоклипов в проекте? '))
7
8     # Открыть файл для записи длительностей видеоклипов.
9     video_file = open('video_times.txt', 'w')
10
11    # Получить длительность каждого видеоклипа
12    # и записать его в файл.
13    print('Введите длительность каждого видеоклипа.')
14    for count in range(1, num_videos + 1):
15        run_time = float(input('Видеоклип № ' + str(count) + ': '))
16        video_file.write(str(run_time) + '\n')
17
18    # Закрыть файл.
19    video_file.close()
20    print('Времена сохранены в video_times.txt.')
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Сколько видеоклипов в проекте? **6** Enter
 Введите длительность каждого видеоклипа.
 Видеоклип № 1: **24.5** Enter
 Видеоклип № 2: **12.2** Enter
 Видеоклип № 3: **14.6** Enter
 Видеоклип № 4: **20.4** Enter
 Видеоклип № 5: **22.2** Enter
 Видеоклип № 6: **19.3** Enter
 Времена сохранены в video_times.txt.

Вот общий алгоритм второй программы:

Инициализировать накапливающую переменную total значением 0.

Инициализировать переменную-счетчик count значением 0.

Открыть файл ввода.

Для каждой строки в файле:

Конвертировать строку в число с плавающей точкой. (Это длительность видеоклипа.)

Прибавить его в переменную-счетчик. (Она ведет учет количества видеоклипов.)

Показать длительность этого видеоклипа.

Прибавить длительность в накапливающую переменную.

Закрыть файл.

Показать содержимое накопителя с общей длительностью.

В программе 6.12 показан соответствующий код второй программы.

Программа 6.12 (read_running_times.py)

```
1 # Эта программа читает значения из файла
2 # video_times.txt и вычисляет их сумму.
3
4 def main():
5     # Открыть файл video_times.txt для чтения.
6     video_file = open('video_times.txt', 'r')
7
8     # Инициализировать накопитель значением 0.0.
9     total = 0.0
10
11    # Инициализировать переменную для подсчета видеоклипов.
12    count = 0
13
14    print('Длительности всех видеоклипов:')
15
16    # Получить значения из файла и просуммировать их.
17    for line in video_file:
18        # Преобразовать строку в число с плавающей точкой.
19        run_time = float(line)
20
21        # Прибавить 1 к переменной count.
22        count += 1
23
24        # Показать длительность.
25        print('Видеокlip № ', count, ': ', run_time, sep='')
26
27        # Прибавить длительность к total.
28        total += run_time
29
30    # Закрыть файл.
31    video_file.close()
32
33    # Показать итоговую длительность.
34    print('Общая длительность составляет', total, 'секунд.')
35
36 # Вызвать главную функцию.
37 main()
```

Вывод программы

Длительности всех видеоклипов:

Видеокlip № 1: 24.5

Видеокlip № 2: 12.2

Видеоклип № 3: 14.6

Видеоклип № 4: 20.4

Видеоклип № 5: 22.2

Видеоклип № 6: 19.3

Общая длительность составляет 113.2 секунд.



Контрольная точка

- 6.12. Напишите короткую программу, которая применяет цикл `for` для записи в файл чисел от 1 до 10.
- 6.13. Что означает ситуация, когда метод `readline()` возвращает пустое строковое значение?
- 6.14. Допустим, что существует файл `data.txt`, который содержит несколько строк текста. Напишите короткую программу с использованием цикла `while`, который показывает все строки в файле.
- 6.15. Пересмотрите программу, которую вы написали выше, применив вместо цикла `while` цикл `for`.



6.3 Обработка записей

Ключевые положения

Сохраненные в файле данные часто организованы в виде записей. Запись — это полный набор данных об объекте, а поле — это отдельная порция данных в записи.

Когда данные пишутся в файл, они часто организованы в виде записей и полей. Запись — это полный набор данных, который описывает один объект данных, поле — это отдельная порция данных в записи. Предположим, что мы хотим сохранить данные о сотрудниках в файле. Файл будет содержать запись по каждому сотруднику. Каждая запись будет набором полей, таких как имя, идентификационный номер и отдел (рис. 6.18).

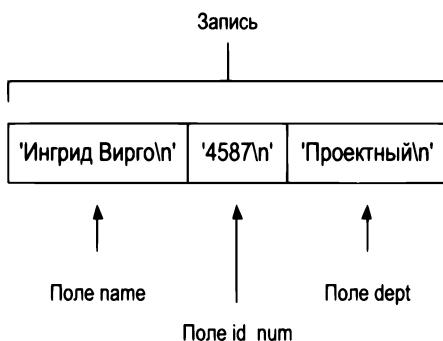


РИС. 6.18. Поля в записи

Всякий раз, когда запись размещается в файле с последовательным доступом, одно за другим заполняются поля, составляющие запись. Например, на рис. 6.19 показан файл, который содержит три записи о сотрудниках. Каждая запись состоит из имени сотрудника, идентификационного номера и отдела.

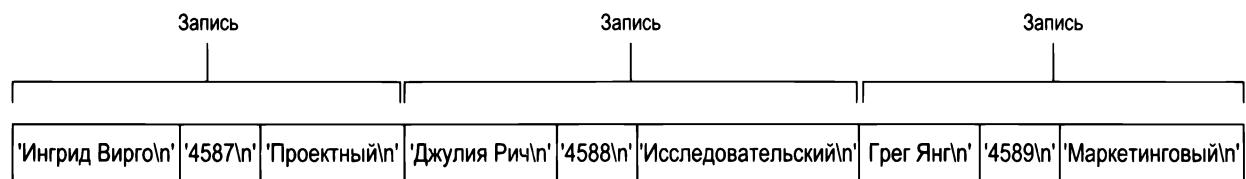


РИС. 6.19. Записи в файле

В программе 6.13 приведен простой пример размещения в файле записей о сотрудниках.

Программа 6.13 (save_emp_records.py)

```

1 # Эта программа получает от пользователя данные о сотрудниках
2 # и сохраняет их в виде записей в файле employee.txt.
3
4 def main():
5     # Получить количество записей о сотрудниках для создания.
6     num_emps = int(input('Сколько записей о сотрудниках ' +
7                         'Вы хотите создать? '))
8
9     # Открыть файл для записи.
10    emp_file = open('employees.txt', 'w')
11
12    # Получить данные каждого сотрудника
13    # и записать их в файл.
14    for count in range(1, num_emps + 1):
15        # Получить данные о сотруднике.
16        print('Введите данные о сотруднике № ', count, sep='')
17        name = input('Имя: ')
18        id_num = input('Идентификационный номер: ')
19        dept = input('Отдел: ')
20
21        # Записать в файл данные как запись.
22        emp_file.write(name + '\n')
23        emp_file.write(id_num + '\n')
24        emp_file.write(dept + '\n')
25
26        # Показать пустую строку.
27        print()
28
29    # Закрыть файл.
30    emp_file.close()
31    print('Записи о сотрудниках сохранены в employees.txt.')
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Сколько записей о сотрудниках Вы хотите создать? **3**

Введите данные о сотруднике № 1

Имя: **Ингрид Вирго**

Идентификационный номер: **4587**

Отдел: **проектный**

Введите данные о сотруднике № 2

Имя: **Джулия Рич**

Идентификационный номер: **4588**

Отдел: **исследовательский**

Введите данные о сотруднике № 3

Имя: **Грег Янг**

Идентификационный номер: **4589**

Отдел: **маркетинговый**

Записи о сотрудниках сохранены в employees.txt.

Инструкция в строках 6 и 7 предлагает пользователю ввести количество записей о сотрудниках, которые он желает создать. В цикле в строках 17–19 программа получает имя сотрудника, его идентификационный номер и отдел. Эти три значения, которые вместе составляют запись о сотруднике, пишутся в файл в строках 22–24. Цикл выполняет одну итерацию для каждой записи о сотруднике.

Во время чтения записи из файла с последовательным доступом поочередно читаются данные всех полей до тех пор, пока не будет прочитана полная запись. Программа 6.14 демонстрирует, каким образом читаются записи о сотрудниках из файла employee.txt.

Программа 6.14 (read_emp_records.py)

```
1 # Эта программа показывает записи, которые
2 # находятся в файле employees.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл employees.txt.
6     emp_file = open('employees.txt', 'r')
7
8     # Прочитать первую строку в файле, т. е.
9     # поле с именем сотрудника первой записи.
10    name = emp_file.readline()
11
12    # Если поле прочитано, то продолжить обработку.
13    while name != '':
14        # Прочитать поле с идентификационным номером.
15        id_num = emp_file.readline()
16
```

```
17     # Прочитать поле с названием отдела.  
18     dept = emp_file.readline()  
19  
20     # Удалить символы новой строки из полей.  
21     name = name.rstrip('\n')  
22     id_num = id_num.rstrip('\n')  
23     dept = dept.rstrip('\n')  
24  
25     # Показать запись.  
26     print('Имя:', name)  
27     print('ИД:', id_num)  
28     print('Отдел:', dept)  
29     print()  
30  
31     # Прочитать поле с именем следующей записи.  
32     name = emp_file.readline()  
33  
34     # Закрыть файл.  
35     emp_file.close()  
36  
37 # Вызвать главную функцию.  
38 main()
```

Вывод программы

Имя: Ингрид Вирго

ИД: 4587

Отдел: проектный

Имя: Джулия Рич

ИД: 4588

Отдел: исследовательский

Имя: Грег Янг

ИД: 4589

Отдел: маркетинговый

Эта программа открывает файл в строке 6, затем в строке 10 считывает первое поле первой записи. Это будет именем первого сотрудника. Цикл `while` в строке 13 проверяет значение, чтобы определить, является ли оно пустым строковым значением. Если нет, то цикл повторяется. Внутри цикла программа читает второе и третье поля записи (идентификационный номер и отдел сотрудника) и выводит их на экран. Затем в строке 32 читается первое поле следующей записи (имя следующего сотрудника). Цикл выполняется с начала, и этот процесс продолжается до тех пор, пока больше не останется записей для чтения.

Программы, которые хранят записи в файле, как правило, требуется больше возможностей, чем просто запись и чтение записей. Далее в рубрике *"В центре внимания"* мы исследуем алгоритмы добавления записей в файл, поиска в файле определенных записей, изменения и удаления записи.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Добавление и вывод записей на экран

Компания "Полночный кофе" — это небольшое предприятие, которое со всего мира импортирует необработанные зерна кофе и обжаривает их для изготовления широкого ассортимента изысканных сортов кофе. Джуллия, владелец компании, попросила вас написать ряд программ, предназначенных для управления ее складскими запасами. Поговорив с нею, вы решили, что понадобится файл для хранения записей с данными о ее складских запасах. Каждая запись должна иметь два поля, которые будут содержать приведенные ниже данные:

- ◆ описание — строковое значение, содержащее название бренда кофе;
- ◆ количество этого бренда кофе среди ее складских запасов в фунтах в виде числа с плавающей точкой.

Ваше первое задание состоит в том, чтобы написать программу, которая может использоваться для добавления записей в файл. В программе 6.15 приведен соответствующий код. Обратите внимание, что файл вывода открывается в режиме дозаписи. При каждом выполнении программы новые записи будут добавляться в существующее содержимое файла.

Программа 6.15 (add_coffee_record.py)

```
1 # Эта программа добавляет записи о запасах кофе
2 # в файл coffee.txt.
3
4 def main():
5     # Создать переменную для управления циклом.
6     another = 'д'
7
8     # Открыть файл coffee.txt file в режиме дозаписи.
9     coffee_file = open('coffee.txt', 'a')
10
11    # Добавить записи в файл.
12    while another == 'д' or another == 'Д':
13        # Получить данные с записью о кофе.
14        print('Введите следующие данные о кофе:')
15        descr = input('Описание: ')
16        qty = int(input('Количество (в фунтах): '))
17
18        # Добавить данные в файл.
19        coffee_file.write(descr + '\n')
20        coffee_file.write(str(qty) + '\n')
21
22        # Определить, желает ли пользователь добавить
23        # в файл еще одну запись.
24        print('Желаете ли Вы добавить еще одну запись?')
25        another = input('Д = да, все остальное = нет: ')
```

```

27     # Закрыть файл.
28     coffee_file.close()
29     print('Данные добавлены в coffee.txt.')
30
31 # Вызвать главную функцию.
32 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите следующие данные о кофе:

Описание: **Бразильский кофе темной обжарки**

Количество (в фунтах): **18**

Желаете ли Вы добавить еще одну запись?

Д = да, все остальное = нет: **Д**

Введите следующие данные о кофе:

Описание: **Суматранский кофе средней обжарки**

Количество (в фунтах): **25**

Желаете ли Вы добавить еще одну запись?

Д = да, все остальное = нет: **Н**

Данные добавлены в coffee.txt.

Ваше следующее задание состоит в написании программы, которая показывает все записи в файле складских запасов. В программе 6.16 приведен соответствующий код.

Программа 6.16 (show_coffee_records.py)

```

1 # Эта программа показывает записи
2 # из файла coffee.txt.
3
4 def main():
5     # Открыть файл coffee.txt.
6     coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
7
8     # Прочитать поле с описанием первой записи.
9     descr = coffee_file.readline()
10
11    # Прочитать остаток файла.
12    while descr != '':
13        # Прочитать поле с количеством.
14        qty = float(coffee_file.readline())
15
16        # Удалить \n из описания.
17        descr = descr.rstrip('\n')
18
19        # Показать запись.
20        print('Описание:', descr)
21        print('Количество:', qty)
22

```

```
23     # Прочитать следующее описание.
24     descr = coffee_file.readline()
25
26     # Закрыть файл.
27     coffee_file.close()
28
29 # Вызвать главную функцию.
30 main()
```

Вывод программы

```
Описание: Бразильский кофе темной обжарки
Количество: 18.0
Описание: Суматранский кофе средней обжарки
Количество: 25.0
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Поиск записи

Джулия протестировала первые две программы, которые вы для нее написали. У нее теперь есть несколько записей, сохраненных в файле coffee.txt, и она попросила вас написать еще одну программу, которую она может использовать для поиска записей. Она хочет иметь возможность вводить описание и видеть список всех записей, соответствующих этому описанию. В программе 6.17 показан соответствующий код.

Программа 6.17 (search_coffee_records.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю производить поиск
2 # в файле coffee.txt записей, которые соответствуют
3 # описанию.
4
5 def main():
6     # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
7     found = False
8
9     # Получить искомое значение.
10    search = input('Введите искомое описание: ')
11
12    # Открыть файл coffee.txt.
13    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
14
15    # Прочитать поле с описанием кофе первой записи.
16    descr = coffee_file.readline()
17
```

```

18     # Прочитать остаток файла.
19     while descr != '':
20         # Прочитать поле с количеством.
21         qty = float(coffee_file.readline())
22
23         # Удалить \n из описания.
24         descr = descr.rstrip('\n')
25
26         # Определить, соответствует ли эта запись
27         # поисковому значению.
28         if descr == search:
29             # Показать запись.
30             print('Описание:', descr)
31             print('Количество:', qty)
32             print()
33             # Назначить флагу found значение True.
34             found = True
35
36         # Прочитать следующее описание.
37         descr = coffee_file.readline()
38
39     # Закрыть файл.
40     coffee_file.close()
41
42     # Если поисковое значение в файле не найдено,
43     # то показать сообщение.
44     if not found:
45         print('Это значение в файле не найдено.')
46
47 # Вызвать главную функцию.
48 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите искомое описание: **Суматранский кофе средней обжарки**

Описание: Суматранский кофе средней обжарки

Количество: 25.0

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите искомое описание: **Мексиканский Алтура**

Это значение в файле не найдено.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ**Изменение записей**

Джулия очень довольна написанными вами программами. Ваше следующее задание состоит в том, чтобы написать программу, которую она сможет применять для изменения поля с количеством кофе в существующей записи. Это позволит ей обновлять записи по мере того,



как кофе реализуется, или складские запасы пополняются за счет поступления кофе существующего бренда.

Для того чтобы изменить запись в последовательном файле, необходимо создать второй временный файл. Все записи исходного файла копируются во временный файл, но, когда вы добираетесь до записи, которая должна быть изменена, старое содержимое записи во временный файл не сохраняется. Вместо этого во временный файл записываются новые измененные значения записи. Затем из исходного файла во временный файл копируются все остальные записи.

Временный файл занимает место исходного файла. Исходный файл удаляется и временный файл переименовывается, получая имя, которое имел исходный файл на диске компьютера. Вот общий алгоритм вашей программы.

Открыть исходный файл для ввода и создать временный файл для вывода.

Получить описание изменяемой записи и новое значение количества.

Прочитать из исходного файла первое поле с описанием.

До тех пор, пока поле с описанием не пустое:

Прочитать поле с количеством.

Если поле с описанием этой записи соответствует введенному описанию:

Записать во временный файл новые данные.

Иначе:

Записать во временный файл существующую запись.

Прочитать следующее поле с описанием.

Закрыть исходный файл и временный файл.

Удалить исходный файл.

Переименовать временный файл, дав ему имя исходного файла.

Обратите внимание, что в конце алгоритма удаляется исходный файл и затем переименовывается временный файл. Модуль `os` стандартной библиотеки Python предоставляет функцию `remove`, которая удаляет файл на диске. В качестве аргумента этой функции просто передается имя файла. Вот пример ее использования для удаления файла `coffee.txt`:

```
remove('coffee.txt')
```

Модуль `os` также предоставляет функцию `rename`, которая переименовывает файл. Вот пример ее использования для переименования файла `temp.txt` в `coffee.txt`:

```
rename('temp.txt', 'coffee.txt')
```

В программе 6.18 представлен соответствующий код.

Программа 6.18 (modify_coffee_records.py)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю изменять количество
2 # в записи файла coffee.txt.
3
4 import os # Этот модуль нужен для функций remove и rename.
5
6 def main():
7     # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
8     found = False
9
```

```
10    # Получить искомое значение и новое количество.
11    search = input('Введите искомое описание: ')
12    new_qty = int(input('Введите новое количество: '))
13
14    # Открыть исходный файл coffee.txt.
15    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
16
17    # Открыть временный файл.
18    temp_file = open('temp.txt', 'w')
19
20    # Прочитать поле с описанием первой записи.
21    descr = coffee_file.readline()
22
23    # Прочитать остаток файла.
24    while descr != '':
25        # Прочитать поле с количеством.
26        qty = float(coffee_file.readline())
27
28        # Удалить \n из описания.
29        descr = descr.rstrip('\n')
30
31        # Записать во временный файл либо эту запись,
32        # либо новую запись, если эта запись
33        # подлежит изменению.
34        if descr == search:
35            # Записать во временный файл измененную запись.
36            temp_file.write(descr + '\n')
37            temp_file.write(str(new_qty) + '\n')
38
39        # Назначить флагу found значение True.
40        found = True
41    else:
42        # Записать исходную запись во временный файл.
43        temp_file.write(descr + '\n')
44        temp_file.write(str(qty) + '\n')
45
46    # Прочитать следующее описание.
47    descr = coffee_file.readline()
48
49    # Закрыть файл с данными о кофе и временный файл.
50    coffee_file.close()
51    temp_file.close()
52
53    # Удалить исходный файл coffee.txt.
54    os.remove('coffee.txt')
55
```

```
56     # Переименовать временный файл.  
57     os.rename('temp.txt', 'coffee.txt')  
58  
59     # Если искомое значение в файле не найдено,  
60     # то показать сообщение.  
61     if found:  
62         print('Файл обновлен.')  
63     else:  
64         print('Это значение в файле не найдено.')  
65  
66 # Вызвать главную функцию.  
67 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите искомое описание: **Бразильский кофе темной обжарки**

Введите новое количество: **10**

Файл обновлен.



ПРИМЕЧАНИЕ

Во время работы с файлом с последовательным доступом приходится копировать весь файл всякий раз, когда изменяется одно значение в нем. Как можно предположить, этот подход неэффективен, в особенности если файл является крупным. Существуют другие, более продвинутые методы, в частности для работы с файлами с прямым доступом, которые намного эффективнее. В настоящей книге эти продвинутые методы не рассматриваются, но вы сможете познакомиться с ними самостоятельно.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Удаление записей

Ваше последнее задание состоит в том, чтобы написать программу, которую Джуллия будет применять для удаления записей из файла coffee.txt. Подобно процессу изменения записи, процесс ее удаления из файла с последовательным доступом требует создания второго, временного файла. Все записи исходного файла копируются во временный файл, за исключением записи, которая должна быть удалена. Затем временный файл занимает место исходного файла. Исходный файл удаляется, а временный файл переименовывается, получая имя, которое исходный файл имел на диске компьютера. Вот общий алгоритм вашей программы.

Открыть исходный файл для ввода и создать временный файл для вывода.

Получить описание удаляемой записи.

Прочитать поле с описанием первой записи в исходном файле.

До тех пор пока описание не пустое:

Прочитать поле с количеством.

Если поле с описанием этой записи не совпадает с введенным описанием:

Записать эту запись во временный файл.

Прочитать следующее поле с описанием.

Закрыть исходный файл и временный файл.

Удалить исходный файл.

Переименовать временный файл, дав ему имя исходного файла.

В программе 6.19 приведен соответствующий код.

Программа 6.19 (`delete_coffee_record.py`)

```
1 # Эта программа позволяет пользователю удалить
2 # запись из файла coffee.txt.
3
4 import os # Этот модуль нужен для функций remove и rename.
5
6 def main():
7     # Создать булеву переменную для использования ее в качестве флага.
8     found = False
9
10    # Получить бренд кофе, который нужно удалить.
11    search = input('Какой бренд желаете удалить? ')
12
13    # Открыть исходный файл coffee.txt.
14    coffee_file = open('coffee.txt', 'r')
15
16    # Открыть временный файл.
17    temp_file = open('temp.txt', 'w')
18
19    # Прочитать поле с описанием первой записи.
20    descr = coffee_file.readline()
21
22    # Прочитать остаток файла.
23    while descr != '':
24        # Прочитать поле с количеством.
25        qty = float(coffee_file.readline())
26
27        # Удалить \n из описания.
28        descr = descr.rstrip('\n')
29
30        # Если эта запись не предназначена для удаления,
31        # то записать ее во временный файл.
32        if descr != search:
33            # Записать исходную запись во временный файл.
34            temp_file.write(descr + '\n')
35            temp_file.write(str(qty) + '\n')
36        else:
37            # Назначить флагу found значение True.
38            found = True
39
```

```
40     # Прочитать следующее описание.
41     descr = coffee_file.readline()
42
43     # Закрыть файл с данными о кофе и временный файл.
44     coffee_file.close()
45     temp_file.close()
46
47     # Удалить исходный файл coffee.txt.
48     os.remove('coffee.txt')
49
50     # Переименовать временный файл.
51     os.rename('temp.txt', 'coffee.txt')
52
53     # Если искомое значение в файле не найдено,
54     # то показать сообщение.
55     if found:
56         print('Файл обновлен.')
57     else:
58         print('Это значение в файле не найдено.')
59
60 # Вызвать главную функцию.
61 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Какой бренд желаете удалить? **Бразильский кофе темной обжарки** Файл обновлен.



ПРИМЕЧАНИЕ

Во время работы с файлом с последовательным доступом приходится копировать весь файл всякий раз, когда удаляется одно значение из файла. Как уже упоминалось ранее, этот подход незэффективен, в особенности если файл является крупным. Существуют другие, более продвинутые методы, в частности для работы с файлами с прямым доступом, которые намного эффективнее. В настоящей книге эти методы не рассматриваются, но вы сможете познакомиться с ними самостоятельно.



Контрольная точка

6.16. Что такое запись? Что такое поле?

6.17. Опишите, как используется временный файл в программе, которая изменяет запись в файле с последовательным доступом.

6.18. Опишите, как используется временный файл в программе, которая удаляет запись из файла с последовательным доступом.

6.4**Исключения****Ключевые положения**

Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы, приводящая к ее внезапному останову. Для корректной обработки исключений используется инструкция `try/except`.

Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы. В большинстве случаев исключение приводит к внезапному останову программы. Например, взгляните на программу 6.20. Она получает от пользователя два числа и делит первое число на второе. Однако в демонстрационном выполнении программы произошло исключение, потому что в качестве второго числа пользователь ввел 0. (Деление на 0 вызывает исключение, потому что оно математически невозможно.)

Программа 6.20 (division.py)

```

1 # Эта программа делит одно число на другое.
2
3 def main():
4     # Получить два числа.
5     num1 = int(input('Введите число: '))
6     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
7
8     # Разделить num1 на num2 и показать результат.
9     result = num1 / num2
10    print(num1, 'деленное на', num2, 'равняется', result)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Введите число: 10 Enter
Введите еще одно число: 0 Enter
Traceback (most recent call last):
  File "division.py", line 16, in <module>
    main()
  File "division.py", line 12, in main
    result = num1 / num2
ZeroDivisionError: division by zero

```

Длинное сообщение об ошибке, показанное в демонстрационном выполнении, называется отчетом об *обратной трассировке*. Обратная трассировка предоставляет информацию относительно одного или нескольких номеров строк, которые вызвали исключение. (Когда исключение происходит, программисты говорят, что исключение было *вызвано*, или "поднято".) Последняя строка сообщения об ошибке показывает название вызванного исключения (`ZeroDivisionError` — ошибка деления на ноль) и краткое описание ошибки, которая привела к вызову исключения (`division by zero`, т. е. деление на ноль).

Возникновение многих исключений можно предотвратить, тщательно продумывая свою программу. Например, программа 6.21 показывает, как деление на 0 может быть предотвращено простой инструкцией `if`. Вместо того чтобы допустить возникновение исключения, программа проверяет значение переменной `num2` и показывает сообщение об ошибке, если ее значение равно 0. Это пример корректного предотвращения исключения.

Программа 6.21 (division2.py)

```

1 # Эта программа делит одно число на другое.
2
3 def main():
4     # Получить два числа.
5     num1 = int(input('Введите число: '))
6     num2 = int(input('Введите еще одно число: '))
7
8     # Если переменная num2 не равна 0, то разделить
9     # num1 на num2 и показать результат.
10    if num2 != 0:
11        result = num1 / num2
12        print(num1, 'деленное', num2, 'равняется', result)
13    else:
14        print('Нельзя делить на ноль.')
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Ведите число: 10 Enter
Ведите еще одно число: 0 Enter
Нельзя делить на ноль.

```

Однако некоторых исключений невозможно избежать независимо от того, насколько тщательно написана программа. Например, взгляните на программу 6.22. В ней вычисляется заработка плата до удержаний: пользователю предлагается ввести количество отработанных часов и почасовую ставку оплаты труда. Затем вычисляется заработка платы пользователя с помощью умножения этих чисел и вывода ее величины на экран.

Программа 6.22 (gross_pay1.py)

```

1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.
2
3 def main():
4     # Получить количество отработанных часов.
5     hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
6
7     # Получить почасовую ставку оплаты труда.
8     pay_rate = float(input('Введите свою почасовую ставку: '))
9

```

```

10     # Вычислить заработную плату до удержаний.
11     gross_pay = hours * pay_rate
12
13     # Показать заработную плату.
14     print('Зарплата: $', format(gross_pay, '.2f'), sep='')
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Сколько часов вы отработали? сорок Enter
Traceback (most recent call last):
  File "gross_payl.py", line 20, in <module>
    main()
  File "gross_payl.py", line 8, in main
    hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'сорок'

```

Взгляните на демонстрационное выполнение программы. Исключение произошло, потому что во время запроса программой количества отработанных часов пользователь ввел строковое значение 'сорок' вместо числа 40. Поскольку строковое значение 'сорок' невозможно преобразовать в целое число, функция `int()` вызвала исключение в строке 5, и программа остановилась. Посмотрите внимательно на последнюю строку сообщения обратной трассировки, и вы увидите, что именем исключения является `ValueError` (ошибка значения) и его описание: `invalid literal for int() with base 10: 'сорок'` (недопустимый литерал для функции `int()` с основанием 10: 'сорок').

Язык Python, как и большинство современных языков программирования, позволяет писать программный код, который откликается на вызванные исключения и препятствует внезапному аварийному останову программы. Такой программный код называется *обработчиком исключений* и пишется при помощи инструкции `try/except`. Существует несколько способов написания инструкции `try/except`, но приведенный ниже общий формат показывает самый простой ее вариант:

```

try:
    инструкция
    инструкция
    ...
except ИмяИсключения:
    инструкция
    инструкция
    ...

```

В начале данной инструкции стоит ключевое слово `try`, сопровождаемое двоеточием. Затем идет блок кода, который мы будем называть *группой try*. Она состоит из одной или нескольких инструкций, которые потенциально могут вызвать исключение.

После группы `try` идет *выражение except*. Оно начинается с ключевого слова `except`, за которым необязательно может следовать имя исключения с двоеточием. Начиная со

следующей строки, располагается блок инструкций, который мы будем именовать *обрабочиком*.

Во время исполнения инструкции `try/except` начинают исполняться инструкции в группе `try`. Ниже описывается, что происходит далее.

- ◆ Если инструкция в группе `try` вызывает исключение, которое задано в выражении `except ИмяИсключения`, то выполняется обработчик, который расположен сразу после выражения `except`. Затем программа возобновляет выполнение инструкцией, которая идет сразу после инструкции `try/except`.
- ◆ Если инструкция в группе `try` вызывает исключение, которое *не* задано в выражении `except ИмяИсключения`, то программа остановится и выведет сообщение об ошибке в отчете об обратной трассировке.
- ◆ Если инструкции в группе `try` выполняются, не вызывая исключений, то любые выражения `except` и обработчики в данной инструкции пропускаются, и программа возобновляет выполнение инструкцией, которая идет сразу после инструкции `try/except`.

В программе 6.23 показано, как пишется инструкция `try/except` с целью корректного отклика на исключение `ValueError`.

Программа 6.23 (gross_pay2.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.  
2  
3 def main():  
4     try:  
5         # Получить количество отработанных часов.  
6         hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))  
7  
8         # Получить почасовую ставку оплаты труда.  
9         pay_rate = float(input('Введите свою почасовую ставку: '))  
10  
11        # Вычислить заработную плату до удержаний.  
12        gross_pay = hours * pay_rate  
13  
14        # Показать заработную плату.  
15        print('Зарплата: ${}', format(gross_pay, '.2f'), sep='')  
16    except ValueError:  
17        print('ОШИБКА: Отработанные часы и почасовая ставка оплаты')  
18        print('должны быть допустимыми числами.')  
19  
20    # Вызвать главную функцию.  
21 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Сколько часов вы отработали? **сорок**

ОШИБКА: Отработанные часы и почасовая ставка оплаты
должны быть допустимыми числами.

Давайте рассмотрим, что произошло в демонстрационном выполнении программы. Инструкция в строке 6 предлагает пользователю ввести количество отработанных часов, и пользователь вводит строковое значение 'сорок'. Поскольку строковое значение 'сорок' не преобразуется в целое число, функция `int()` вызывает исключение `ValueError`. В результате программа немедленно перескакивает из группы `try` к выражению `except ValueError` в строке 16 и начинает исполнять блок обработчика, который начинается в строке 17 (рис. 6.20).

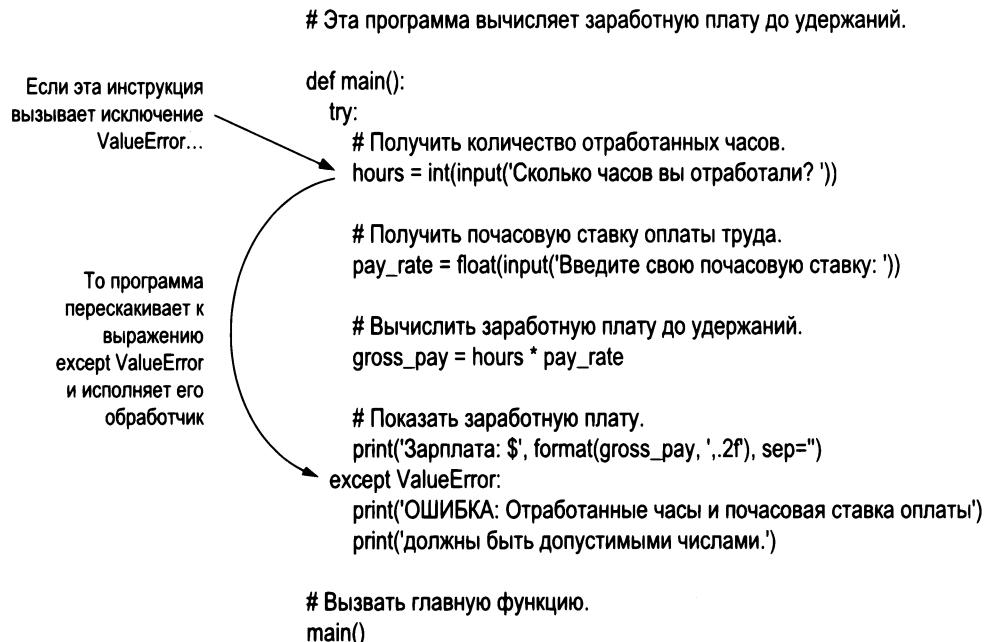


РИС. 6.20. Обработка исключения

Давайте взглянем на еще один пример в программе 6.24. Эта программа не использует обработку исключений; она получает от пользователя имя файла и затем показывает содержимое файла. Программа работает при условии, если пользователь вводит имя существующего файла. Однако исключение будет вызвано, если указанного пользователем файла нет. Именно это и произошло в демонстрационном выполнении программы.

Программа 6.24 (display_file.py)

```

1 # Эта программа показывает содержимое
2 # файла.
3
4 def main():
5     # Получить имя файла.
6     filename = input('Введите имя файла: ')
7
8     # Открыть файл.
9     infile = open(filename, 'r')
10

```

```
11     # Прочитать содержимое файла.
12     contents = infile.read()
13
14     # Показать содержимое файла.
15     print(contents)
16
17     # Закрыть файл.
18     infile.close()
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите имя файла: плохой_файл.txt 
Traceback (most recent call last):
  File "display_file.py", line 24, in <module>
    main()
  File "display_file.py", line 12, in main
    infile = open(filename, 'r')
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'плохой_файл.txt'
```

Инструкция в строке 9 вызвала исключение при вызове функции `open`. Обратите внимание на сообщение об ошибке в отчете об обратной трассировке: именем произошедшего исключения является `IOError` (ошибка ввода-вывода). Это исключение вызывается, когда не срабатывает файловый ввод-вывод. В отчете об обратной трассировке видно, что причиной ошибки стало `No such file or directory: 'плохой_файл.txt'` (нет такого файла или каталога: 'плохой_файл.txt').

В программе 6.25 показано, как при помощи инструкции `try/except`, которая корректно откликается на исключение `IOError`, можно изменить программу 6.24. Допустим, что в демонстрационном выполнении `плохой_файл.txt` не существует.

Программа 6.25 (display_file2.py)

```
1 # Эта программа показывает содержимое
2 # файла.
3
4 def main():
5     # Получить имя файла.
6     filename = input('Введите имя файла: ')
7
8     try:
9         # Открыть файл.
10        infile = open(filename, 'r')
11
12        # Прочитать содержимое файла.
13        contents = infile.read()
14
```

```

15     # Показать содержимое файла.
16     print(contents)
17
18     # Закрыть файл.
19     infile.close()
20 except IOError:
21     print('Произошла ошибка при попытке прочитать')
22     print('файл', filename)
23
24 # Вызвать главную функцию.
25 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите имя файла: **плохой_файл.txt**

Произошла ошибка при попытке прочитать
файл **плохой_файл.txt**

Итак, во время исполнения строки пользователь ввел значение `плохой_файл.txt`, которое было присвоено переменной `filename`. Внутри группы `try` строка 10 пытается открыть файл `плохой_файл.txt`. Поскольку этот файл не существует, инструкция вызывает исключение `IOError`. Когда это происходит, программа выходит из группы `try`, пропуская строки 11–19. Поскольку выражение `except` в строке 20 задает исключение `IOError`, программа перескакивает к обработчику, который начинается в строке 21.

Обработка многочисленных исключений

Во многих случаях программный код внутри группы `try` способен вызывать более одного типа исключений. Тогда необходимо написать выражение `except` для каждого типа исключения, которое вы хотите обработать. Например, программа 6.26 читает содержимое файла с именем `sales_data.txt`. Каждая строка в файле содержит объем продаж в течение одного месяца, и файл имеет несколько строк. Вот содержимое файла:

```

24987.62
26978.97
32589.45
31978.47
22781.76
29871.44

```

Программа 6.26 читает все числа из файла и добавляет их в накапливающую переменную.

Программа 6.26 (sales_report1.py)

```

1 # Эта программа показывает итоговый объем
2 # продаж из файла sales_data.txt.
3
4 def main():
5     # Инициализировать накопитель.
6     total = 0.0
7

```

```
8     try:
9         # Открыть файл sales_data.txt.
10        infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
12        # Прочитать значения из файла
13        # и накопить их в переменной.
14        for line in infile:
15            amount = float(line)
16            total += amount
17
18        # Закрыть файл.
19        infile.close()
20
21        # Распечатать итог.
22        print(format(total, '.2f'))
23
24    except IOError:
25        print('Произошла ошибка при попытке прочитать файл.')
26
27    except ValueError:
28        print('В файле найдены нечисловые данные.')
29
30    except:
31        print('Произошла ошибка.')
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 main()
```

Группа `try` содержит программный код, который может вызывать разные типы исключений.

- ◆ Инструкция в строке 10 может вызвать исключение `IOError`, если файл `sales_data.txt` не существует.
- ◆ Цикл `for` в строке 14 может также вызвать это исключение, если он натолкнется на проблему при чтении данных из файла.
- ◆ Функция `float()` в строке 15 может вызвать исключение `ValueError`, если переменная `line` ссылается на строковое значение, которое невозможно конвертировать в число с плавающей точкой (последовательность букв, например).

Обратите внимание, что инструкция `try/except` имеет три выражения `except`:

- ◆ выражение `except` в строке 24 задает исключение `IOError`; его обработчик в строке 25 исполнится, если будет вызвано исключение `IOError`;
- ◆ выражение `except` в строке 27 задает исключение `ValueError`; его обработчик в строке 28 исполнится, если будет вызвано исключение `ValueError`;
- ◆ выражение `except` в строке 30 не задает какое-то определенное исключение; его обработчик в строке 31 исполнится, если будет вызвано исключение, которое не обрабатывается другими выражениями `except`.

Если внутри группы `try` происходит исключение, то интерпретатор Python сверху донизу исследует каждое выражение `except` в инструкции `try/except`. Когда он находит выражение `except`, которое задает тот тип, который совпадает с типом произошедшего исключения, он отвечается к этому выражению `except`. Если ни одно выражение `except` не задает тот тип, который совпадает с исключением, то интерпретатор отвечается к выражению `except` в строке 30.

Использование одного выражения `except` для отлавливания всех исключений

Предыдущий пример продемонстрировал, каким образом многочисленные типы исключений могут индивидуально обрабатываться в инструкции `try/except`. Иногда может возникнуть необходимость написать инструкцию `try/except`, которая просто отлавливает любое исключение, вызванное внутри группы `try`, независимо от типа исключения, и откликается одинаковым образом. Этого можно добиться, если в инструкции `try/except` написать одно выражение `except`, которое не задает конкретный тип исключения. В программе 6.27 показан соответствующий пример.

Программа 6.27 (sales_report2.py)

```
1 # Эта программа показывает итоговую сумму
2 # продаж из файла sales_data.txt.
3
4 def main():
5     # Инициализировать накопитель.
6     total = 0.0
7
8     try:
9         # Открыть файл sales_data.txt.
10        infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
12        # Прочитать значения из файла
13        # и накопить их в переменной.
14        for line in infile:
15            amount = float(line)
16            total += amount
17
18        # Закрыть файл.
19        infile.close()
20
21        # Напечатать итоговую сумму.
22        print(format(total, '.2f'))
23    except:
24        print('Произошла ошибка.')
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 main()
```

Обратите внимание, что инструкция `try/except` в этой программе имеет всего одно выражение `except` в строке 23. Выражение `except` не задает тип исключения, и поэтому любое исключение, которое происходит внутри группы `try` (строки 9–22) вызывает переход программы к строке 23 и исполнение инструкции в строке 24.

Вывод заданного по умолчанию сообщения об ошибке при возникновении исключения

Когда исключение вызвано, в оперативной памяти создается *объект-исключение*. Он обычно содержит заданное по умолчанию сообщение об ошибке, имеющее отношение к исключению. (Фактически это такое же сообщение об ошибке, которое вы видите на экране в конце отчета об обратной трассировке, когда исключение остается необработанным.) При написании выражения `except` можно присвоить объект-исключение переменной:

```
except ValueError as err:
```

Данное выражение `except` отлавливает исключения `ValueError`. Выражение, которое появляется после выражения `except`, указывает, что мы присваиваем объект-исключение переменной `err`. (В имени `err` нет ничего особенного. Это просто имя, которое мы выбрали для примеров. Можно использовать любое имя по своему выбору.) После этого в обработчике исключений можно передать переменную `err` в функцию `print` для вывода заданного по умолчанию сообщения об ошибке, которое Python предусматривает для этого типа ошибки. В программе 6.28 показан пример, как это сделать.

Программа 6.28 (gross_pay3.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату до удержаний.  
2  
3 def main():  
4     try:  
5         # Получить количество отработанных часов.  
6         hours = int(input('Сколько часов вы отработали? '))  
7  
8         # Получить почасовую ставку оплаты труда.  
9         pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку: '))  
10  
11         # Вычислить заработную плату.  
12         gross_pay = hours * pay_rate  
13  
14         # Показать заработную плату.  
15         print('Зарплата: ${}, format(gross_pay, '.2f'), sep='')  
16     except ValueError as err:  
17         print(err)  
18  
19 # Вызвать главную функцию.  
20 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Сколько часов вы отработали? сорок   
invalid literal for int() with base 10: 'сорок'
```

Когда внутри группы `try` происходит исключение `ValueError` (строки 5–15), программа отвечается к выражению `except` в строке 16. Выражение `ValueError as err` в строке 16 присваивает переменной `err` созданный объект-исключение. Инструкция в строке 17 передает переменную `err` в функцию `print`, которая выводит заданное по умолчанию сообщение об ошибке для этого исключения.

Если для отлавливания всех исключений, которые вызываются в выражении `except`, требуется иметь всего одно выражение `except`, то можно определить `Exception` как тип. В программе 6.29 показан пример.

Программа 6.29 (sales_report3.py)

```

1 # Эта программа показывает итоговую сумму
2 # продаж из файла sales_data.txt.
3
4 def main():
5     # Инициализировать накопитель.
6     total = 0.0
7
8     try:
9         # Открыть файл sales_data.txt.
10        infile = open('sales_data.txt', 'r')
11
12        # Прочитать значения из файла
13        # и накопить их в переменной.
14        for line in infile:
15            amount = float(line)
16            total += amount
17
18        # Закрыть файл.
19        infile.close()
20
21        # Напечатать итоговую сумму.
22        print(format(total, '.2f'))
23    except Exception as err:
24        print(err)
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 main()
```

Выражение `else`

Инструкция `try/except` может иметь необязательное выражение `else`, которое появляется после всех выражений `except`. Вот общий формат инструкции `try/except с выражением else`:

```

try:
    инструкция
    инструкция
    ...

```

```
except ИмяИсключения:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...  
else:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...
```

Блок инструкций после выражения `else` называется *группой else*. Инструкции в группе `else` исполняются после инструкций в группе `try`, только в случае если ни одно исключение не было вызвано. Если исключение вызвано, то группа `else` пропускается. В программе 6.30 показан пример.

Программа 6.30 (sales_report4.py)

```
1 # Эта программа показывает итоговую сумму  
2 # продаж из файла sales_data.txt.  
3  
4 def main():  
5     # Инициализировать накопитель.  
6     total = 0.0  
7  
8     try:  
9         # Открыть файл sales_data.txt.  
10        infile = open('sales_data.txt', 'r')  
11  
12        # Прочитать значения из файла  
13        # и накопить их в переменной.  
14        for line in infile:  
15            amount = float(line)  
16            total += amount  
17  
18        # Закрыть файл.  
19        infile.close()  
20    except Exception as err:  
21        print(err)  
22    else:  
23        # Напечатать итоговую сумму.  
24        print(format(total, '.2f'))  
25  
26 # Вызвать главную функцию.  
27 main()
```

В программе 6.30 инструкция в строке 24 исполняется, только в случае если инструкции в группе `try` (строки 9–19) исполняются, не вызывая исключение.

Выражение *finally*

Инструкция `try/except` может иметь необязательное выражение `finally`, которое должно появляться после всех выражений `except`. Вот общий формат инструкции `try/except` с выражением `finally`:

```
try:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...  
except ИмяИсключения:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...  
finally:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...
```

Блок инструкций, который появляется после выражения `finally`, называется *группой finally*. Инструкции в группе `finally` всегда исполняются после инструкций в группе `try` и после того, как любые обработчики исключений исполнились. Инструкции в группе `finally` исполняются независимо от того, произошло исключение или нет. Цель группы `finally` состоит в том, чтобы выполнять операции очистки, такие как закрытие файлов или других ресурсов. Любой программный код, который написан в группе `finally`, будет всегда исполняться, даже если группа `try` вызовет исключение.

Что если исключение не обработано?

Необработанное исключение приведет к останову программы. Существуют две возможные ситуации, когда вызванное исключение остается необработанным. Первая заключается в том, что инструкция `try/except` не содержит выражения `except`, задающие исключение правильного типа. Вторая возможная ситуация происходит, когда исключения вызываются за пределами группы `try`. В любом случае исключение приводит к останову программы.

В этом разделе вы увидели примеры программ, которые могут вызывать исключения `ZeroDivisionError`, `IOError` и `ValueError`. В программе Python может произойти целый ряд других типов исключений. Во время разработки инструкций `try/except` узнать об исключениях, которые вам придется обрабатывать, можно, обратившись к документации Python. Она дает подробную информацию о каждом возможном исключении и типах ошибок, которые могут заставить их произойти.

Еще один способ узнать об исключениях, которые могут произойти в программе, заключается в экспериментировании. К примеру, можно запустить программу и преднамеренно выполнить действия, которые вызовут ошибки. Наблюдая за выводимыми в отчете об обратной трассировке сообщениями об ошибках, можно увидеть имена вызванных исключений. И тогда можно написать выражения `except` для обработки этих исключений.



Контрольная точка

- 6.19. Дайте краткое объяснение, что такое исключение.
- 6.20. Что происходит, если вызвано исключение, и программа его не обрабатывает инструкцией `try/except`?
- 6.21. Какое исключение программа вызывает, когда она пытается открыть несуществующий файл?
- 6.22. Какое исключение программа вызывает, когда она применяет функцию `float()` для конвертации нечислового строкового значения в число?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Файл, в который записываются данные, называется _____.
 - а) файлом ввода;
 - б) файлом вывода;
 - в) файлом с последовательным доступом;
 - г) двоичным файлом.
2. Файл, из которого данныечитываются, называется _____.
 - а) файлом ввода;
 - б) файлом вывода;
 - в) файлом с последовательным доступом;
 - г) двоичным файлом.
3. Прежде чем файл может использоваться программой, он должен быть _____.
 - а) отформатирован;
 - б) зашифрован;
 - в) закрыт;
 - г) открыт.
4. Когда программа закончила использовать файл, она должна _____.
 - а) стереть файл;
 - б) открыть файл;
 - в) закрыть файл;
 - г) зашифровать файл.
5. Содержимое файла этого типа может быть просмотрено в текстовом редакторе, таком как Блокнот.
 - а) текстовый файл;
 - б) двоичный файл;
 - в) файл на русском языке;
 - г) удобочитаемый файл.

6. Файл этого типа содержит не преобразованные в текст данные.
 - а) текстовый файл;
 - б) двоичный файл;
 - в) файл Юникода;
 - г) символьный файл.
7. Во время работы с файлом этого типа вы получаете доступ к его данным постепенно с самого начала файла и до самого конца файла.
 - а) файл с упорядоченным доступом;
 - б) файл с двоичным доступом;
 - в) файл с прямым доступом;
 - г) файл с последовательным доступом.
8. Во время работы с файлом этого типа можно перескакивать непосредственно к любой порции данных в файле, не читая данные, которые находятся перед ней.
 - а) файл с упорядоченным доступом;
 - б) файл с двоичным доступом;
 - в) файл с прямым доступом;
 - г) файл с последовательным доступом.
9. Это небольшая "область временного хранения" в оперативной памяти, куда многие системы пишут данные перед тем, как их записать в файл.
 - а) буфер;
 - б) переменная;
 - в) виртуальный файл;
 - г) временный файл.
10. _____ отмечает место расположения следующего значения, которое будет прочитано из файла.
 - а) входная позиция;
 - б) разделитель;
 - в) указатель;
 - г) позиция считывания.
11. Когда файл открывается в этом режиме, данные будут записаны в конец существующего содержимого файла.
 - а) режим вывода;
 - б) режим дозаписи;
 - в) режим резервного копирования;
 - г) режим только для чтения.
12. _____ — это одиночная порция данных внутри записи.
 - а) поле;
 - б) переменная;

- в) разделитель;
г) подзапись.
13. Когда генерируется исключение, говорят, что оно было _____.
а) создано;
б) вызвано;
в) поймано;
г) ликвидировано.
14. _____ — это раздел кода, который корректно откликается на исключения.
а) генератор исключений;
б) манипулятор исключениями;
в) обработчик исключений;
г) монитор исключений.
15. Эта инструкция пишется для того, чтобы откликаться на исключения.
а) run/handle;
б) try/except;
в) try/handle;
г) attempt/except.

Истина или ложь

1. Во время работы с файлом с последовательным доступом можно прыгнуть к любой порции данных в файле, не считывая данные, которые расположены перед ней.
2. Во время открытия уже существующего на диске файла с использованием режима 'w' содержимое существующего файла будет стерто.
3. Процесс открытия файла необходим только с файлами ввода. Файлы вывода автоматически открываются, когда данные в них записываются.
4. При открытии файла ввода его позиция считывания первоначально устанавливается в первое значение в файле.
5. При открытии уже существующего файла в режиме дозаписи текущее содержимое файла стирается.
6. Если исключение программно не обрабатывается, то оно игнорируется интерпретатором Python, и программа продолжает выполняться.
7. В инструкции try/except может иметься более одного выражения except.
8. Группа else в инструкции try/except исполняется, только если инструкция в группе try вызывает исключение.
9. Группа finally в инструкции try/except исполняется, только если инструкциями в группе try не вызвано ни одного исключения.

Короткий ответ

1. Опишите три шага, которые должны быть сделаны, когда в программе используется файл.
2. Почему программа должна закрыть файл, когда она закончила его использовать?
3. Что такое позиция считывания файла? Где она находится при открытии файла для чтения?
4. Что происходит с существующим содержимым файла, если существующий файл открывается в режиме дозаписи?
5. Что происходит, если файл не существует и программа пытается его открыть в режиме дозаписи?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите программу, которая открывает файл вывода `my_name.txt`, пишет в него ваше имя и затем его закрывает.
2. Напишите программу, которая открывает файл `my_name.txt`, созданный программой в задаче 1, читает ваше имя из файла, выводит имя на экран и затем закрывает файл.
3. Напишите программу, которая делает следующее: открывает выходной файл с именем `number_list.txt`, применяет цикл для записи в файл чисел с 1 по 100, а затем закрывает файл.
4. Напишите программу, которая делает следующее: открывает файл `number_list.txt`, созданный программой, которую вы написали в задаче 3, читает все числа из файла, выводит их на экран и затем закрывает файл.
5. Измените программу, которую вы написали в задаче 4 таким образом, чтобы она суммировала все прочитанные из файла числа и выводила на экран их сумму.
6. Напишите программу, которая открывает файл вывода `number_list.txt`, но не стирает содержимое файла, если он уже существует.
7. На диске существует файл `students.txt`. Он содержит несколько записей, и каждая запись имеет два поля: имя студента и оценку студента за итоговый экзамен. Напишите программу, которая удаляет запись с именем студента "Джон Перц".
8. На диске существует файл `students.txt`. Он содержит несколько записей, и каждая запись имеет два поля: имя студента и оценку студента за итоговый экзамен. Напишите программу, которая меняет оценку Джуллии Милан на 100.
9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
try:  
    x = float('abc123')  
    print('Конвертация завершена.')  
except IOError:  
    print('Этот программный код вызвал ошибку IOError.')  
except ValueError:  
    print('Этот программный код вызвал ошибку ValueError.')  
print('Конец.')
```

10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
try:  
    x = float('abc123')  
    print(x)  
except IOError:  
    print('Этот программный код вызвал ошибку IOError.')  
except ZeroDivisionError:  
    print('Этот программный код вызвал ошибку ZeroDivisionError.')  
except:  
    print('Произошла ошибка.')  
print('Конец.')
```

Задачи по программированию

1. **Вывод файла на экран.** Допустим, что файл numbers.txt содержит ряд целых чисел и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая выводит на экран все числа в файле.



Видеозапись "Вывод файла на экран" (File Display)

2. **Вывод на экран верхней части файла.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя имя файла. Программа должна вывести на экран только первые пять строк содержимого файла. Если в файле меньше пяти строк, то она должна вывести на экран все содержимое файла.
3. **Номера строк.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя имя файла. Программа должна вывести на экран содержимое файла, при этом каждая строка должна предваряться ее номером и двоеточием. Нумерация строк должна начинаться с 1.
4. **Счетчик значений.** Допустим, что файл с серией имен (в виде строковых значений) называется names.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая показывает количество хранящихся в файле имен. (*Подсказка:* откройте файл и прочитайте каждую хранящуюся в нем строку. Примените переменную для подсчета количества прочитанных из файла значений.)
5. **Сумма чисел.** Допустим, что файл с рядом целых чисел называется numbers.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая читает все хранящиеся в файле числа и вычисляет их сумму.
6. **Среднее арифметическое чисел.** Допустим, что файл с рядом целых чисел называется numbers.txt и существует на диске компьютера. Напишите программу, которая вычисляет среднее арифметическое всех хранящихся в файле чисел.
7. **Программа записи файла со случайными числами.** Напишите программу, которая пишет в файл ряд случайных чисел. Каждое случайное число должно быть в диапазоне от 1 до 500. Приложение должно предоставлять пользователю возможность назначать количество случайных чисел, которые будут содержаться в файле.
8. **Программа чтения файлов со случайными числами.** Выполнив предыдущее задание (программу записи файла со случайными числами), напишите еще одну программу, которая читает случайные числа из файла, выводит их на экран и затем показывает приведенные ниже данные:

- сумму чисел;
 - количество случайных чисел, прочитанных из файла.
9. **Обработка исключений.** Измените программу, которую вы написали для задания 6 таким образом, чтобы она обрабатывала приведенные ниже исключения:
- она должна обрабатывать любые исключения `IOError`, которые вызываются, когда файл открыт, и данные из него считаются;
 - она должна обрабатывать любые исключения `ValueError`, которые вызываются, когда прочитанные из файла значения конвертируются в числовой тип.
10. **Очки в игре в гольф.** Любительский гольф-клуб проводит турниры каждые выходные. Президент клуба попросил вас написать две программы:
- программу, которая читает имя каждого игрока и его счет в игре, вводимые с клавиатуры, и затем сохраняет их в виде записей в файле `golf.txt` (каждая запись будет иметь поле для имени игрока и поле для счета игрока);
 - программу, которая читает записи из файла `golf.txt` и выводит их на экран.
11. **Генератор персональной веб-страницы.** Напишите программу, которая запрашивает у пользователя его имя и просит пользователя ввести предложение, которое его описывает. Вот пример экрана программы:
- Введите свое имя: **Джулия Тейлор**
- Опишите себя: **Моя специализация - информатика, я являюсь членом джаз-клуба и надеюсь стать разработчиком мобильных приложений после того, как получу высшее образование.**
- После того как пользователь ввел требуемые входные данные, программа должна создать файл HTML и записать в него полученные входные данные для создания простой веб-страницы. Вот пример содержимого файла HTML с использованием ранее показанных входных данных:
- ```
<html>
<head>
</head>
<body>
<center>
<h1>Джулия Тейлор</h1>
</center>
<hr />
Моя специализация - информатика, я являюсь членом джаз-клуба
и надеюсь стать разработчиком мобильных приложений после того,
как получу высшее образование.
<hr />
</body>
</html>
```
12. **Среднее количество шагов.** Браслет для занятий спортом — это носимое устройство, которое отслеживает вашу физическую активность, количество сожженных калорий,

сердечный ритм, модели сна и т. д. Одним из самых распространенных видов физической активности, который отслеживает большинство таких устройств, является количество шагов, которые вы делаете каждый день.

Среди исходного кода *главы 6*, а также в подпапке "Решений задач по программированию" соответствующей главы, вы найдете файл steps.txt. Файл steps.txt содержит количество шагов, которые человек делал каждый день в течение года. В файле имеется 365 строк, и каждая строка содержит количество шагов, сделанных в течение дня. (Первая строка — это число шагов, сделанных 1-го января, вторая строка — число шагов, сделанных 2 января и т. д.) Напишите программу, которая читает файл и затем выводит среднее количество шагов, сделанных в течение каждого месяца. (Данные были записаны в год, который не был високосным, и поэтому февраль имеет 28 дней.)



## 7.1

## Последовательности

**Ключевые положения**

Последовательность — это объект, содержащий многочисленные значения, которые следуют одно за другим. Над последовательностью можно выполнять операции для проверки значений и управления хранящимися в ней значениями.

Последовательность — это объект в виде индексируемой коллекции<sup>1</sup>, который содержит многочисленные значения данных. Хранящиеся в последовательности значения следуют одно за другим. Python предоставляет разнообразные способы выполнения операций над значениями последовательностей.

В Python имеется несколько разных типов объектов-последовательностей. В этой главе мы рассмотрим два фундаментальных типа: списки и кортежи. Списки и кортежи — это последовательности, которые могут содержать разные типы данных. Отличие списков от кортежей простое: список является мутирующей последовательностью (т. е. программа может изменять его содержимое), а кортеж — немутирующей последовательностью (т. е. после его создания его содержимое изменить невозможно). Мы рассмотрим ряд операций, которые можно выполнять над этими последовательностями, включая способы получения доступа и управления их содержимым.

## 7.2

## Введение в списки

**Ключевые положения**

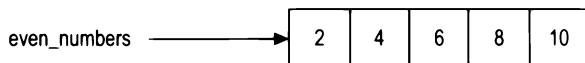
Список — это объект, который содержит многочисленные элементы данных. Списки являются мутирующими последовательностями, т. е. их содержимое может изменяться во время выполнения программы. Списки являются динамическими структурами данных, т. е. элементы в них могут добавляться или удаляться из них. Для работы со списками в программе можно применять индексацию, нарезку и другие разнообразные методы.

Список — это объект, который содержит многочисленные элементы данных. Каждая хранящаяся в списке порция данных называется *элементом*. Ниже приведена инструкция, которая создает список целых чисел:

```
even_numbers = [2, 4, 6, 8, 10]
```

<sup>1</sup> Об индексации см. далее в этой главе. — Прим. ред.

Значения, заключенные в скобки и отделенные запятыми, являются элементами списка. После исполнения приведенной выше инструкции переменная `even_numbers` будет ссылаться на список (рис. 7.1).



**РИС. 7.1.** Список целых чисел

Вот еще один пример:

```
names = ['Молли', 'Стивен', 'Уилл', 'Алиция', 'Адриана']
```

Эта инструкция создает список из пяти строковых значений. После ее исполнения переменная `names` будет ссылаться на список (рис. 7.2).



**РИС. 7.2.** Список строковых значений

Список может содержать значения разных типов:

```
info = ['Алиция', 27, 1550.87]
```

Эта инструкция создает список, содержащий строковое значение, целое число и число с плавающей точкой. После исполнения инструкции переменная `info` будет ссылаться на список (рис. 7.3).



**РИС. 7.3.** Список с разными типами значений

Для вывода всего списка можно применить функцию `print`:

```
numbers = [5, 10, 15, 20]
print(numbers)
```

Здесь функция `print` выводит на экран элементы списка, которые выглядят так:

```
[5, 10, 15, 20]
```

Python также имеет встроенную функцию `list()`, которая может преобразовывать некоторые типы объектов в списки. Например, из главы 4 известно, что функция `range` возвращает итерируемый объект, содержащий серию значений, которые можно последовательно обойти в цикле. Для преобразования в список итерируемого объекта функции `range` можно, в частности, применить приведенную ниже инструкцию:

```
numbers = list(range(5))
```

Во время исполнения этой инструкции происходит следующее:

1. Вызывается функция `range`, в которую в качестве аргумента передается число 5. Эта функция возвращает итерируемый объект, содержащий значения 0, 1, 2, 3, 4.

2. Итерируемый объект передается в качестве аргумента в функцию `list()`. Функция `list()` возвращает список `[0, 1, 2, 3, 4]`.
3. Список `[0, 1, 2, 3, 4]` присваивается переменной `numbers`.

Вот еще один пример:

```
numbers = list(range(1, 10, 2))
```

Из главы 4 известно, что при передаче в функцию `range` трех аргументов первым аргументом является начальное значение, вторым аргументом — конечный предел, третьим аргументом — величина шага. Эта инструкция присвоит переменной `numbers` список `[1, 3, 5, 7, 9]`.

## Оператор повторения

В главе 2 вы узнали, что символ `*` перемножает два числа. Однако когда операнд слева от символа `*` является последовательностью (в частности, списком), а operand справа — целым числом, он становится *оператором повторения*. Оператор повторения делает многочисленные копии списка и все их объединяет. Вот общий формат операции:

`список * n`

В данном формате `список` — это обрабатываемый список, `n` — число создаваемых копий. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> numbers = [0] * 5 [Enter]
2 >>> print(numbers) [Enter]
3 [0, 0, 0, 0, 0]
4 >>>
```

Рассмотрим каждую инструкцию.

- ◆ В строке 1 выражение `[0] * 5` делает пять копий списка `[0]` и объединяет их в список. Получившийся список присваивается переменной `numbers`.
- ◆ В строке 2 переменная `numbers` передается функции `print`. Результат функции выводится в строке 3.

Вот еще одна демонстрация интерактивного режима:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3] * 3 [Enter]
2 >>> print(numbers) [Enter]
3 [1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]
4 >>>
```

### ПРИМЕЧАНИЕ

Большинство языков программирования позволяет создавать последовательные структуры, имеющие *массивами*, которые аналогичны спискам, но намного более ограничены в своих возможностях. В Python нельзя создать традиционные массивы, потому что списки служат той же цели и предоставляют гораздо больше встроенных возможностей<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Возможность создания традиционных массивов реализуется при помощи модуля `array` стандартной библиотеки или сторонних библиотек Python, таких как `numpy`. — Прим. пер.

## Последовательный обход списка в цикле `for`

В разд. 8.1 мы рассмотрим методы доступа к отдельным символам в строковом значении. Многие аналогичные методы программирования применимы и к спискам. Например, последовательный обход списка можно выполнить в цикле `for`:

```
numbers = [99, 100, 101, 102]
for n in numbers:
 print(n)
```

Если исполнить этот фрагмент кода, то он напечатает:

```
99
100
101
102
```

## Индексация

Еще один способ доступа к отдельным элементам в списке реализован посредством *индексации*. Каждый элемент в списке имеет индекс, который определяет его позицию в списке. Индексация начинается с 0, поэтому индекс первого элемента равняется 0, индекс второго элемента равняется 1 и т. д. Индекс последнего элемента в списке на 1 меньше числа элементов в списке.

Например, приведенная ниже инструкция создает список с четырьмя элементами:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
```

Индексами элементов в этом списке будут 0, 1, 2 и 3. Напечатать элементы списка можно при помощи инструкции:

```
print(my_list[0], my_list[1], my_list[2], my_list[3])
```

Приведенный ниже цикл тоже напечатает элементы списка:

```
index = 0
while index < 4:
 print(my_list[index])
 index += 1
```

Для идентификации позиций элементов относительно конца списка можно также использовать отрицательные индексы. Для того чтобы определить позицию элемента, интерпретатор Python прибавляет отрицательные индексы к длине списка. Индекс `-1` идентифицирует последний элемент списка, `-2` — предпоследний элемент и т. д. Например:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
print(my_list[-1], my_list[-2], my_list[-3], my_list[-4])
```

В этом примере функция `print` покажет:

```
40 30 20 10
```

При использовании недопустимого индекса списка будет вызвано исключение `IndexError` (ошибка индексации). Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
Этот фрагмент кода вызовет исключение IndexError.
my_list = [10, 20, 30, 40]
```

```
index = 0
while index < 5:
 print(my_list[index])
 index += 1
```

Когда этот цикл начнет последнюю итерацию, переменной `index` будет присвоено значение 4, которое является недопустимым индексом списка. В результате инструкция, которая вызывает функцию `print`, вызовет исключение `IndexError`.

## Функция `len`

Python имеет встроенную функцию `len`, которая возвращает длину последовательности, в частности, списка. Вот пример:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
size = len(my_list)
```

Первая инструкция присваивает переменной `my_list` список `[10, 20, 30, 40]`. Вторая инструкция вызывает функцию `len`, передавая переменную `my_list` в качестве аргумента.

Эта функция возвращает значение 4, т. е. количество элементов в списке, которое присваивается переменной `size`.

Функция `len` может применяться для предотвращения исключения `IndexError` во время последовательного обхода списка в цикле. Вот пример:

```
my_list = [10, 20, 30, 40]
index = 0
while index < len(my_list):
 print(my_list[index])
 index += 1
```

## Списки — это мутирующие последовательности

Списки в Python являются *мутирующими последовательностями*, т. е. их элементы могут изменяться. Следовательно, выражение в форме `список[индекс]` может появляться слева от оператора присваивания. Например:

```
1 numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
2 print(numbers)
3 numbers[0] = 99
4 print(numbers)
```

Инструкция в строке 2 покажет

```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Инструкция в строке 3 присваивает 99 элементу `numbers[0]`. Она изменяет первое значение в списке на 99. Инструкция в строке 4 покажет

```
[99, 2, 3, 4, 5]
```

Когда для присвоения значения элементу списка применяется выражение индексации, следует использовать допустимый индекс существующего элемента, в противном случае произойдет исключение `IndexError`. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5] # Создать список с 5 элементами.
numbers[5] = 99 # Это вызовет исключение!
```

Список чисел, который создается в первой инструкции, имеет пять элементов с индексами от 0 до 4. Вторая инструкция вызовет исключение `IndexError`, потому что список чисел не содержит элемент с индексом 5.

Если требуется применить выражения индексации для заполнения списка значениями, то сначала необходимо создать список:

```
1 # Создать список с 5 элементами.
2 numbers = [0] * 5
3
4 # Заполнить список значением 99.
5 index = 0
6 while index < len(numbers):
7 numbers[index] = 99
8 index += 1
```

Инструкция в строке 2 создает список с пятью элементами, при этом каждому элементу присваивается значение 0. Затем цикл в строках 6–8 перебирает элементы списка, присваивая каждому значение 99.

В программе 7.1 приведен пример присвоения элементам списка вводимых пользователем значений. Пользователю нужно ввести суммы продаж, которые будут присвоены списку.

### Программа 7.1 (sales\_list.py)

```
1 # Константа NUM_DAYS содержит количество дней,
2 # за которые мы соберем данные продаж.
3 NUM_DAYS = 5
4
5 def main():
6 # Создать список, который будет содержать
7 # продажи за каждый день.
8 sales = [0] * NUM_DAYS
9
10 # Создать переменную, которая будет содержать индекс.
11 index = 0
12
13 print('Введите продажи за каждый день.')
14
15 # Получить продажи за каждый день.
16 while index < NUM_DAYS:
17 print('День №', index + 1, ': ', sep='', end='')
18 sales[index] = float(input())
19 index += 1
20
21 # Показать введенные значения.
22 print('Вот значения, которые были введены:')
```

```
23 for value in sales:
24 print(value)
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 main()
```

#### Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите продажи за каждый день.

День № 1: **1000**   
День № 2: **2000**   
День № 3: **3000**   
День № 4: **4000**   
День № 5: **5000**

Вот значения, которые были введены:

1000.0  
2000.0  
3000.0  
4000.0  
5000.0

Инструкция в строке 3 создает переменную `NUM_DAYS`, которая используется в качестве константы количества дней. Инструкция в строке 8 создает список с пятью элементами, каждому элементу которого присваивается значение 0. Стока 11 создает переменную с именем `index` и присваивает ей значение 0.

Цикл в строках 16–19 делает 5 итераций. Во время первой итерации переменная `index` ссылается на значение 0, и поэтому инструкция в строке 18 присваивает введенное пользователем значение элементу `sales[0]`. Во время второй итерации цикла `index` ссылается на значение 1, и поэтому инструкция в строке 18 присваивает введенное пользователем значение элементу `sales[1]`. Это продолжается до тех пор, пока входные значения не будут присвоены всем элементам в списке.

## Конкатенация списков

Конкатенировать означает соединить две части воедино. Для конкатенации двух списков используется оператор `+`. Вот пример:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [5, 6, 7, 8]
list3 = list1 + list2
```

После исполнения этого фрагмента кода списки `list1` и `list2` останутся неизменными, а `list3` будет ссылаться на такой список:

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

Приведенный ниже сеанс интерактивного режима также демонстрирует конкатенацию списков:

```
>>> girl_names = ['Джоанна', 'Карен', 'Лори']
>>> boy_names = ['Крис', 'Джерри', 'Уилл']
```

```
>>> all_names = girl_names + boy_names [Enter]
>>> print(all_names) [Enter]
['Джоанна', 'Карен', 'Лори', 'Крис', 'Джерри', 'Уилл']
```

Для того чтобы соединить два списка, можно воспользоваться расширенным оператором присваивания `+=`. Вот пример:

```
list1 = [1, 2, 3, 4]
list2 = [5, 6, 7, 8]
list1 += list2
```

Последняя инструкция присоединяет список `list2` к списку `list1`. После исполнения этого фрагмента кода `list2` останется неизменным, но `list1` будет ссылаться на список:

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

Приведенный ниже сеанс интерактивного режима также демонстрирует оператор `+=`, применяемый для конкатенации списка:

```
>>> girl_names = ['Джоанна', 'Карен', 'Лори'] [Enter]
>>> girl_names += ['Дженни', 'Келли'] [Enter]
>>> print(girl_names) [Enter]
['Джоанна', 'Карен', 'Лори', 'Дженни', 'Келли']
>>>
```



### ПРИМЕЧАНИЕ

Следует иметь в виду, что конкатенировать списки можно только с другими списками. Если попытаться присоединить к списку что-то, что списком не является, то будет вызвано исключение.



### Контрольная точка

**7.1.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
numbers[2] = 99
print(numbers)
```

**7.2.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = list(range(3))
print(numbers)
```

**7.3.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [10] * 5
print(numbers)
```

**7.4.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = list(range(1, 10, 2))
for n in numbers:
 print(n)
```

**7.5.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
print(numbers[-2])
```

7.6. Как найти количество элементов в списке?

7.7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers1 = [1, 2, 3]
numbers2 = [10, 20, 30]
numbers3 = numbers1 + numbers2
print(numbers1)
print(numbers2)
print(numbers3)
```

7.8. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers1 = [1, 2, 3]
numbers2 = [10, 20, 30]
numbers2 += numbers1
print(numbers1)
print(numbers2)
```

### 7.3

## Нарезка списка

### Ключевые положения

Выражение среза извлекает диапазон элементов из последовательности.

Ранее было показано, каким образом индексация позволяет извлекать конкретный элемент из последовательности. Иногда возникает необходимость извлечь из последовательности более одного элемента. В Python можно составлять выражения, которые извлекают части последовательности, которые называются срезами.



Видеозапись "Нарезка списков" (List Slicing)

Срез — это диапазон элементов, которые извлекаются из последовательности. Для того чтобы получить срез списка, пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

имя\_списка[начало : конец]

В данном формате начало — это индекс первого элемента в срезе, конец — индекс, отмечающий конец среза. Это выражение возвращает список, содержащий копию элементов с начала до конца (но не включая последний). Например, предположим, что мы создаем приведенный ниже список:

```
days = ['понедельник', 'вторник', 'среда', 'четверг',
 'пятница', 'суббота', 'воскресенье']
```

Приведенная ниже инструкция применяет выражение среза для получения элементов, начиная с индекса 2 вплоть до, но не включая, 5:

```
mid_days = days[2:5]
```

После исполнения этой инструкции переменная mid\_days будет ссылаться на приведенный ниже список:

```
['Среда', 'Четверг', 'Пятница']
```

Можно ненадолго воспользоваться интерпретатором в интерактивном режиме, чтобы посмотреть, как работает взятие среза. Например, взгляните на приведенный ниже сеанс. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[1:3]) Enter
5 [2, 3]
6 >>>
```

Вот краткое описание каждой строки.

- ◆ В строке 1 мы создали список [1, 2, 3, 4, 5] и присвоили его переменной `numbers`.
- ◆ В строке 2 мы передали `numbers` в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` вывела список в строке 3.
- ◆ В строке 4 мы отправили срез `numbers[1:3]` в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` вывела срез в строке 5.

Если в выражении среза опустить индекс `начало`, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима демонстрирует пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[:3]) Enter
5 [1, 2, 3]
6 >>>
```

Обратите внимание, что строка 4 отправляет срез `numbers[:3]` в функцию `print` в качестве аргумента. Поскольку начальное значение индекса было опущено, срез содержит элементы, начиная с индекса 0 и заканчивая индексом 3.

Если в выражении среза опустить индекс `конец`, то Python будет использовать длину списка в качестве индекса конца. Вот пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
4 >>> print(numbers[2:]) Enter
5 [3, 4, 5]
6 >>>
```

Обратите внимание, что строка 4 отправляет срез `numbers[2:]` в функцию `print` в качестве аргумента. Поскольку конечный индекс был опущен, срез содержит элементы, начиная с индекса 2 и заканчивая концом списка.

Если в выражении среза опустить сразу оба индекса `начала` и `конца`, то получится копия всего списка. Пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5] Enter
2 >>> print(numbers) Enter
3 [1, 2, 3, 4, 5]
```

```
4 >>> print(numbers[:]) [Enter]
5 [1, 2, 3, 4, 5]
6 >>>
```

Примеры взятия среза, которые мы видели до сих пор, получают срезы элементов, расположенных подряд друг за другом. Выражения среза также могут иметь величину шага. Шаг позволяет пропускать элементы в списке. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима показывает пример выражения среза с величиной шага:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] [Enter]
2 >>> print(numbers) [Enter]
3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
4 >>> print(numbers[1:8:2]) [Enter]
5 [2, 4, 6, 8]
6 >>>
```

В выражении среза в строке 4 третье число внутри скобок является величиной шага. Примененная в этом примере величина шага 2 приводит к тому, что срез содержит каждый второй элемент из заданного диапазона в списке.

В качестве индексов в выражениях среза также можно использовать отрицательные числа, чтобы ссылаться на позиции относительно конца списка. Python прибавляет отрицательный индекс к длине списка, чтобы ссылаться на позицию по этому индексу. Приведенный ниже сеанс интерактивного режима показывает пример:

```
1 >>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] [Enter]
2 >>> print(numbers) [Enter]
3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
4 >>> print(numbers[-5:]) [Enter]
5 [6, 7, 8, 9, 10]
6 >>>
```

## ПРИМЕЧАНИЕ

Недопустимые индексы в выражении среза исключений не вызывают. Например:

- если индекс *конца* задает позицию за пределами конца списка, то Python вместо него будет использовать длину списка;
- если индекс *начала* задает позицию до начала списка, Python вместо него будет использовать 0;
- если индекс *начала* будет больше индекса *конца*, то выражение среза вернет пустой список.

## Контрольная точка

7.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[1:3]
print(my_list)
```

7.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[1:]
print(my_list)
```

**7.11.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[:1]
print(my_list)
```

**7.12.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[:]
print(my_list)
```

**7.13.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
my_list = numbers[-3:]
print(my_list)
```

## 7.4

## Поиск значений в списках при помощи инструкции *in*

### Ключевые положения

Поиск значения в списке выполняется при помощи оператора *in*.

В Python оператор *in* применяется для определения, содержится ли значение в списке. Вот общий формат выражения с оператором *in* для поиска значения в списке:

*значение in список*

В данном формате *значение* — это искомое значение, *список* — список, в котором выполняется поиск. Это выражение возвращает истину, если значение в списке найдено, и ложь в противном случае. В программе 7.2 приведен пример.

### Программа 7.2 (in\_list.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует оператор in
2 # применительно к списку.
3
4 def main():
5 # Создать список номеров изделий.
6 prod_nums = ['V475', 'F987', 'Q143', 'R688']
7
8 # Получить искомый номер изделия.
9 search = input('Введите номер изделия: ')
10
11 # Определить, что номер изделия имеется в списке.
12 if search in prod_nums:
13 print(search, 'найден в списке.')
14 else:
15 print(search, 'не найден в списке.')
16
```

```
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()
```

#### Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите номер изделия: **Q143**

Q143 найден в списке.

#### Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите номер изделия: **B000**

B000 не найден в списке.

В строке 9 программа получает от пользователя номер изделия и присваивает его переменной `search`. Инструкция `if` в строке 12 определяет, находится ли значение `search` в списке `prod_nums`.

Для того чтобы определить, *не* находится ли значение в списке, можно применить оператор `not in`. Вот пример соответствующего фрагмента кода:

```
if search not in prod_nums:
 print(search, 'не найден в списке.')
else:
 print(search, 'найден в списке.')
```



### Контрольная точка

**7.14.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
names = ['Джим', 'Джилл', 'Джон', 'Джасмин']
if 'Джасмин' not in names:
 print('Не могу найти Джасмин.')
else:
 print("Семья Джасмин:")
 print(names)
```

7.5

## Списковые методы и полезные встроенные функции

### Ключевые положения

Списки имеют многочисленные методы, которые позволяют работать с содержащимися в них значениями. Python также предлагает несколько встроенных функций, которые широко используются для работы со списками.

Списки имеют многочисленные методы, которые позволяют добавлять, удалять, переупорядочивать значения и т. д. Мы обратимся к нескольким таким методам<sup>1</sup> (табл. 7.1).

<sup>1</sup> В этой книге мы не охватим все списковые методы. Описание всех методов списка см. в документации Python на сайте [www.python.org](http://www.python.org).

Таблица 7.1. Списковые методы

Метод	Описание
append (значение)	Добавляет значение в конец списка
index (значение)	Возвращает индекс первого элемента, значение которого равняется значению. Если значение в списке не найдено, то вызывается исключение ValueError
insert (индекс, значение)	Вставляет значение в заданную индексную позицию в списке. Когда значение вставляется в список, список расширяется в размере, чтобы разместить новое значение. Значение, которое ранее находилось в заданной индексной позиции, и все элементы после него сдвигаются на одну позицию к концу списка. Если указан недопустимый индекс, то исключение не происходит. Если задан индекс за пределами конца списка, то значение будет добавлено в конец списка. Если применен отрицательный индекс, который указывает на недопустимую позицию, то значение будет вставлено в начало списка
sort ()	Сортирует значения в списке, в результате чего они появляются в возрастающем порядке (начиная с наименьшего значения до наибольшего)
remove (значение)	Удаляет из списка первое появление значения. Если значение в списке не найдено, то вызывается исключение ValueError
reverse ()	Инвертирует порядок следования значений в списке, т. е. меняет его на противоположное

## Метод append()

Метод append() обычно применяется для добавления значений в список. Значение, которое передается в качестве аргумента, добавляется в конец существующих элементов списка. В программе 7.3 приведен соответствующий пример.

### Программа 7.3 (list\_append.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует применение метода append
2 # для добавления значений в список.
3
4 def main():
5 # Сначала создать пустой список.
6 name_list = []
7
8 # Создать переменную для управления циклом.
9 again = 'д'
10
11 # Добавить в список несколько имен.
12 while again == 'д':
13 # Получить от пользователя имя.
14 name = input('Введите имя: ')
15

```

```
16 # Добавить имя в конец списка.
17 name_list.append(name)
18
19 # Добавить еще одно?
20 print('Желаете добавить еще одно имя?')
21 again = input('д = да, все остальное = нет: ')
22 print()
23
24 # Показать введенные имена.
25 print('Вот имена, которые были введены.')
26
27 for name in name_list:
28 print(name)
29
30 # Вызвать главную функцию.
31 main()
```

**Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)**

Введите имя: **Кэтрин**

Желаете добавить еще одно имя?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите имя: **Крис**

Желаете добавить еще одно имя?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите имя: **Кенни**

Желаете добавить еще одно имя?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите имя: **Рене**

Желаете добавить еще одно имя?

д = да, все остальное = нет: **н**

Вот имена, которые были введены.

Кэтрин

Крис

Кенни

Рене

Обратите внимание на инструкцию в строке 6:

```
name_list = []
```

Эта инструкция создает пустой список (список без элементов) и присваивает его переменной `name_list`. Внутри цикла метод `append()` вызывается для создания списка. Во время первого вызова метода переданный в него аргумент станет элементом 0. Во время второго вызова метода переданный в него аргумент станет элементом 1. Это продолжается до тех пор, пока пользователь не выйдет из цикла.

## Метод *index()*

Ранее вы познакомились с тем, как оператор `in` можно применять для определения, находится ли значение в списке. Иногда необходимо знать не только, что значение находится в списке, но и где оно расположено. Метод `index()` используется как раз для таких случаев. В метод `index()` передается аргумент, и он возвращает индекс первого элемента в списке, который содержит это значение аргумента. Если значение в списке не найдено, то метод вызывает исключение `ValueError`. Программа 7.4 демонстрирует метод `index()`.

**Программа 7.4** (index\_list.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует, как получить
2 # индексную позицию значения в списке и затем
3 # заменить это значение новым.
4
5 def main():
6 # Создать список с несколькими значениями.
7 food = ['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']
8
9 # Показать список.
10 print('Вот значения списка продуктов питания:')
11 print(food)
12
13 # Получить значение, подлежащее изменению.
14 item = input('Какое значение следует изменить? ')
15
16 try:
17 # Получить индексную позицию значения в списке.
18 item_index = food.index(item)
19
20 # Получить значение, на которое следует заменить.
21 new_item = input('Введите новое значение: ')
22
23 # Заменить старое значение новым.
24 food[item_index] = new_item
25
26 # Показать список.
27 print('Вот пересмотренный список:')
28 print(food)
29 except ValueError:
30 print('Это значение в списке не найдено.')
31
32 # Вызвать главную функцию.
33 main()

```

**Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)**

Вот значения списка продуктов питания:

[**'Пицца'**, '**Бургеры**', '**Чипсы**']

```
Какое значение следует изменить? Бургеры Enter
Введите новое значение: Соленые огурцы Enter
Вот пересмотренный список:
['Пицца', 'Соленые огурцы', 'Чипсы']
```

Элементы списка `food` выводятся в строке 11, в строке 14 пользователю предлагается выбрать значение, подлежащее изменению. Стока 18 вызывает метод `index()` для получения индекса значения. Стока 21 получает от пользователя новое значение, а строка 24 присваивает его элементу, содержащему старое значение.

## Метод `insert()`

Метод `insert()` позволяет вставлять значение в список в заданной позиции. В метод `insert()` передается два аргумента: индекс, задающий место вставки значения, и значение, которое требуется вставить. В программе 7.5 показан пример.

### Программа 7.5 (insert\_list.py)

```
1 # Это программа демонстрирует метод insert.
2
3 def main():
4 # Создать список с несколькими именами.
5 names = ['Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
6
7 # Показать список.
8 print('Список перед вставкой:')
9 print(names)
10
11 # Вставить новое имя в элемент 0.
12 names.insert(0, 'Джо')
13
14 # Показать список еще раз.
15 print('Список после вставки:')
16 print(names)
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 main()
```

### Вывод программы

```
Список перед вставкой:
['Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
Список после вставки:
['Джо', 'Джеймс', 'Кэтрин', 'Билл']
```

## Метод `sort()`

Метод `sort()` перестраивает элементы списка таким образом, что их значения появляются в возрастающем порядке (от самого малого значения до самого большого). Вот соответствующий пример:

```
my_list = [9, 1, 0, 2, 8, 6, 7, 4, 5, 3]
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.sort()
print('Отсортированный порядок:', my_list)
```

Во время исполнения этого фрагмента кода он покажет следующее:

```
Первоначальный порядок: [9, 1, 0, 2, 8, 6, 7, 4, 5, 3]
Отсортированный порядок: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
```

Вот еще один пример:

```
my_list = ['бета', 'альфа', 'дельта', 'гамма']
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.sort()
print('Отсортированный порядок:', my_list)
```

Во время исполнения этого фрагмента кода он покажет следующее:

```
Первоначальный порядок: ['бета', 'альфа', 'дельта', 'гамма']
Отсортированный порядок: ['альфа', 'бета', 'гамма', 'дельта']
```

## Метод `remove()`

Метод `remove()` удаляет значение из списка. Методу в качестве аргумента передается значение, и первый элемент, который содержит это значение, удаляется. Метод уменьшает размер списка на один элемент. Все элементы после удаленного элемента смещаются на одну позицию к началу списка. Если элемент в списке не найден, то вызывается исключение `ValueError`. Программа 7.6 демонстрирует этот метод.

### Программа 7.6 (remove\_item.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует применение метода
2 # remove для удаления значения из списка.
3
4 def main():
5 # Создать список с несколькими значениями.
6 food = ['Пицца', 'Бургеры', 'Чипсы']
7
8 # Показать список.
9 print('Вот значения списка продуктов питания:')
10 print(food)
11
12 # Получить значения, подлежащее удалению.
13 item = input('Какое значение следует удалить? ')
14
```

```
15 try:
16 # Удалить значение.
17 food.remove(item)
18
19 # Показать список.
20 print('Вот пересмотренный список: ')
21 print(food)
22
23 except ValueError:
24 print('Это значение в списке не найдено.')
25
26 # Вызвать главную функцию.
27 main()
```

#### Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Вот значения списка продуктов питания:

[**'Пицца'**, '**Бургеры**', '**Чипсы**']

Какое значение следует удалить? **Бургеры**

Вот пересмотренный список:

[**'Пицца'**, '**Чипсы**']

## Метод *reverse()*

Метод *reverse()* просто инвертирует порядок следования значений в списке. Вот пример:

```
my_list = [1, 2, 3, 4, 5]
print('Первоначальный порядок:', my_list)
my_list.reverse()
print('Инвертированный порядок:', my_list)
```

Этот фрагмент кода покажет следующее:

Первоначальный порядок: [1, 2, 3, 4, 5]

Инвертированный порядок: [5, 4, 3, 2, 1]

## Инструкция *del*

Метод *remove()*, который вы видели ранее, удаляет заданное значение из списка, если это значение находится в списке. Некоторые ситуации могут потребовать удалить элемент из заданной индексной позиции, независимо от значения, которое хранится в этой индексной позиции. Это может быть выполнено при помощи инструкции *del*. Вот пример использования инструкции *del*:

```
my_list = [1, 2, 3, 4, 5]
print('Перед удалением:', my_list)
del my_list[2]
print('После удаления:', my_list)
```

Этот фрагмент кода выведет на экран следующее:

Перед удалением: [1, 2, 3, 4, 5]

После удаления: [1, 2, 4, 5]

## Функции *min* и *max*

Python имеет две встроенные функции, *min* и *max*, которые работают с последовательностями. Функция *min* принимает в качестве аргумента последовательность, в частности список, и возвращает элемент, который имеет минимальное значение в последовательности. Вот пример:

```
my_list = [5, 4, 3, 2, 50, 40, 30]
print('Минимальное значение равняется', min(my_list))
```

Этот фрагмент кода выведет следующее:

Минимальное значение равняется 2

Функция *max* принимает в качестве аргумента последовательность, в частности список, и возвращает элемент, который имеет максимальное значение в последовательности. Вот пример:

```
my_list = [5, 4, 3, 2, 50, 40, 30]
print('Максимальное значение равняется', max(my_list))
```

Этот фрагмент кода выведет на экран следующее:

Максимальное значение равняется 50



## Контрольная точка

**7.15.** В чем разница между вызовом спискового метода *remove()* и применением инструкции *del* для удаления элемента?

**7.16.** Как найти минимальное и максимальное значения в списке?

**7.17.** Допустим, что в программе появляется следующая инструкция:

```
names = []
```

Какую из приведенных ниже инструкций следует применить для добавления в список в индексную позицию 0 строкового значения 'Вэнди'? Почему вы выбрали именно эту инструкцию вместо другой?

- а) names[0] = 'Вэнди';
- б) names.append('Вэнди').

**7.18.** Опишите приведенные ниже списковые методы:

- а) *index()*;
- б) *insert()*;
- в) *sort()*;
- г) *reverse()*.

## 7.6

## Копирование списков

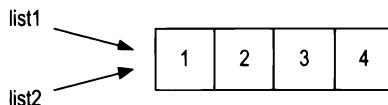
### Ключевые положения

Для создания копии списка необходимо скопировать элементы списка.

Вспомните, что в Python в результате присваивания одной переменной другой переменной обе переменных ссылаются на один и тот же объект в оперативной памяти. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
Создать список.
list1 = [1, 2, 3, 4]
Присвоить список переменной list2.
list2 = list1
```

После исполнения этого фрагмента кода обе переменные `list1` и `list2` будут ссылаться на один и тот же список в оперативной памяти (рис. 7.4).



**РИС. 7.4.** Переменные `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список

Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
1 >>> list1 = [1, 2, 3, 4] [Enter]
2 >>> list2 = list1 [Enter]
3 >>> print(list1) [Enter]
4 [1, 2, 3, 4]
5 >>> print(list2) [Enter]
6 [1, 2, 3, 4]
7 >>> list1[0] = 99 [Enter]
8 >>> print(list1) [Enter]
9 [99, 2, 3, 4]
10 >>> print(list2) [Enter]
11 [99, 2, 3, 4]
12 >>>
```

Рассмотрим каждую строку.

- ◆ В строке 1 мы создаем список целых чисел и присваиваем этот список переменной `list1`.
- ◆ В строке 2 мы присваиваем переменную `list1` переменной `list2`. После этого `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список в оперативной памяти.
- ◆ В строке 3 мы печатаем список, на который ссылается `list1`. Результат функции `print` выводится в строке 4.
- ◆ В строке 5 мы печатаем список, на который ссылается `list2`. Результат функции `print` выводится в строке 6. Обратите внимание, что он совпадает с выводом, показанным в строке 4.
- ◆ В строке 7 мы меняем значение `list1[0]` на 99.

- ◆ В строке 8 мы печатаем список, на который ссылается переменная `list1`. Результат функции `print` выводится в строке 9. Обратите внимание, что первый элемент теперь равняется 99.
- ◆ В строке 10 мы печатаем список, на который ссылается переменная `list2`. Результат функции `print` выводится в строке 11. Обратите внимание, что первый элемент тоже равняется 99.

В этом интерактивном сеансе переменные `list1` и `list2` ссылаются на один и тот же список в оперативной памяти.

Предположим, что вы хотите сделать копию списка, чтобы переменные `list1` и `list2` ссылались на два отдельных, но идентичных списка. Один из способов это сделать предполагает применение цикла, который копирует каждый элемент списка. Вот пример:

```
Создать список со значениями.
list1 = [1, 2, 3, 4]
Создать пустой список.
list2 = []
Скопировать элементы списка list1 в list2.
for item in list1:
 list2.append(item)
```

После исполнения этого фрагмента кода `list1` и `list2` будут ссыльаться на два отдельных, но идентичных списка. Более простой и более изящный способ выполнить ту же самую задачу состоит в том, чтобы применить оператор конкатенации, как показано ниже:

```
Создать список со значениями.
list1 = [1, 2, 3, 4]
Создать копию списка list1.
list2 = [] + list1
```

Последняя инструкция в этом фрагменте кода присоединяет к пустому списку список `list1` и присваивает получившийся список переменной `list2`. В результате `list1` и `list2` будут ссыльаться на два отдельных, но идентичных списка.

## 7.7

## Обработка списков

На данный момент вы изучили большое разнообразие методов работы со списками. Теперь рассмотрим ряд способов, которыми программы могут обрабатывать данные, хранящиеся в списке. Далее в рубрике *"В центре внимания"* показано, как элементы списка можно использовать в вычислениях.

### В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

#### Применение элементов списка в математическом выражении

Меган владеет небольшим кафе, и у нее работают шесть сотрудников в качестве барменов и официантов. У всех сотрудников одинаковая почасовая ставка оплаты труда. Меган попросила вас разработать программу, которая позволит ей вводить количество часов, отра-



ботанных каждым сотрудником, и затем будет показывать суммы заработной платы всех сотрудников до удержаний. Вы решаете, что программа должна выполнять следующие шаги:

- ◆ для каждого сотрудника получить количество отработанных часов и сохранить его в элементе списка;
- ◆ для каждого элемента списка использовать сохраненное в элементе значение для вычисления общей заработной платы сотрудника до удержаний. Показать сумму заработной платы.

В программе 7.7 приведен соответствующий код.

### Программа 7.7 (barista\_pay.py)

```
1 # Эта программа вычисляет заработную плату
2 # для каждого сотрудника Меган.
3
4 # NUM_EMPLOYEES применяется как константа
5 # для размера списка.
6 NUM_EMPLOYEES = 6
7
8 def main():
9 # Создать список, который будет содержать отработанные часы.
10 hours = [0] * NUM_EMPLOYEES
11
12 # Получить часы, отработанные каждым сотрудником.
13 for index in range(NUM_EMPLOYEES):
14 print('Введите количество отработанных часов сотрудником ',
15 index + 1, ': ', sep='', end='')
16 hours[index] = float(input())
17
18 # Получить почасовую ставку оплаты.
19 pay_rate = float(input('Введите почасовую ставку оплаты: '))
20
21 # Показать заработную плату каждого сотрудника.
22 for index in range(NUM_EMPLOYEES):
23 gross_pay = hours[index] * pay_rate
24 print('Зарплата сотрудника ', index + 1, ': $',
25 format(gross_pay, '.2f'), sep=' ')
26
27 # Вызвать главную функцию.
28 main()
```

### Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```
Введите количество отработанных часов сотрудником 1: 10
Введите количество отработанных часов сотрудником 2: 20
Введите количество отработанных часов сотрудником 3: 15
Введите количество отработанных часов сотрудником 4: 40
```

```

Введите количество отработанных часов сотрудником 5: 20
Введите количество отработанных часов сотрудником 6: 18
Введите почасовую ставку оплаты: 12.75
Зарплата сотрудника 1: $127.50
Зарплата сотрудника 2: $255.00
Зарплата сотрудника 3: $191.25
Зарплата сотрудника 4: $510.00
Зарплата сотрудника 5: $255.00
Зарплата сотрудника 6: $229.50

```



## ПРИМЕЧАНИЕ

Предположим, что предприятие Меган расширяется, и она нанимает двух дополнительных сотрудников. Для этого потребуется, чтобы вы изменили программу так, чтобы она обрабатывала восемь сотрудников вместо шести. Поскольку для размера списка вы использовали константу, эта задача сводится к простой модификации — вы просто изменяете инструкцию в строке 6, которая теперь читается:

```
NUM_EMPLOYEES = 8
```

Поскольку константа NUM\_EMPLOYEES в строке 10 используется для создания списка, размер списка `hours` автоматически будет равняться восьми. Кроме того, поскольку для управления итерациями цикла в строках 13 и 22 вы использовали константу NUM\_EMPLOYEES, циклы автоматически будут делать восемь итераций, одну для каждого сотрудника.

Представьте, насколько труднее будет эта модификация, если для определения размера списка не использовать константу. В программе придется изменить каждую отдельную инструкцию, которая относится к размеру списка. Мало того, что это потребует гораздо большего объема работы, но и к тому же откроет возможность для проникновения ошибок. Если пропустить какую-либо из инструкций, которые относятся к размеру списка, то произойдет ошибка.

## Суммирование значений в списке

Допустим, что список содержит числовые значения, тогда для вычисления суммы этих значений применяется цикл с накапливающей переменной. Цикл последовательно обходит список, добавляя значение каждого элемента в накопитель. Программа 7.8 демонстрирует соответствующий алгоритм со списком `numbers`.

### Программа 7.8 (total\_list.py)

```

1 # Эта программа вычисляет сумму значений
2 # в списке.
3
4 def main():
5 # Создать список.
6 numbers = [2, 4, 6, 8, 10]
7
8 # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
9 total = 0
10

```

```
11 # Вычислить сумму значений элементов списка.
12 for value in numbers:
13 total += value
14
15 # Показать сумму значений элементов списка.
16 print('Сумма элементов составляет', total)
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 main()
```

#### Вывод программы

Сумма элементов составляет 30

## Усреднение значений в списке

Первый шаг в вычислении среднего арифметического значения в списке состоит в получении суммы значений. В предыдущем разделе вы увидели, как это делается в цикле. Второй шаг заключается в том, чтобы разделить полученную сумму на количество элементов в списке. Программа 7.9 демонстрирует соответствующий алгоритм.

#### Программа 7.9 (average\_list.py)

```
1 # Эта программа вычисляет среднее арифметическое
2 # значение в списке значений.
3
4 def main():
5 # Создать список.
6 scores = [2.5, 7.3, 6.5, 4.0, 5.2]
7
8 # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
9 total = 0.0
10
11 # Вычислить сумму значений в списке.
12 for value in scores:
13 total += value
14
15 # Вычислить среднее арифметическое элементов.
16 average = total / len(scores)
17
18 # Показать среднее значение в списке значений.
19 print('Среднее значение элементов составляет', average)
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 main()
```

#### Вывод программы

Среднее значение элементов составляет 5.1

## Передача списка в функцию в качестве аргумента

Из главы 5 известно, что по мере того как программа становится все больше и сложнее, ее следует разбивать на функции, каждая из которых выполняет определенную подзадачу. Это делает программу более доступной для понимания и сопровождения.

Список можно легко передавать в функцию в качестве аргумента. Это дает возможность объединить много операций, которые выполняются над списком, в одной функции. Когда необходимо вызвать эту функцию, список можно передать в качестве аргумента.

В программе 7.10 показан пример соответствующего кода, в котором применена такая функция. В этой программе функция принимает список в качестве аргумента и возвращает сумму значений элементов списка.

### Программа 7.10 (total\_function.py)

```
1 # Эта программа применяет функцию для вычисления
2 # суммы значений в списке.
3
4 def main():
5 # Создать список.
6 numbers = [2, 4, 6, 8, 10]
7
8 # Показать сумму значений элементов списка.
9 print('Сумма составляет', get_total(numbers))
10
11 # Функция get_total принимает список в качестве
12 # аргумента и возвращает сумму значений
13 # в списке.
14 def get_total(value_list):
15 # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
16 total = 0
17
18 # Вычислить сумму значений элементов списка.
19 for num in value_list:
20 total += num
21
22 # Вернуть сумму.
23 return total
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()
```

### Вывод программы

```
Сумма составляет 30
```

## Возвращение списка из функции

Функция может возвращать ссылку на список. Это дает возможность написать функцию, которая создает список, добавляет в него элементы и затем возвращает ссылку на этот список, чтобы другие части программы могли с ним работать. Код в программе 7.11 демонстри-

рует такой пример. Здесь используется функция `get_values`, которая получает от пользователя ряд значений, сохраняет их в списке и затем возвращает ссылку на этот список.

### Программа 7.11 (return\_list.py)

```
1 # Эта программа применяет функцию для создания списка.
2 # Указанная функция возвращает ссылку на список.
3
4 def main():
5 # Получить список с хранящимися в нем значениями.
6 numbers = get_values()
7
8 # Показать значения в списке.
9 print('Числа в списке:')
10 print(numbers)
11
12 # Функция get_values получает от пользователя
13 # ряд чисел и сохраняет их в списке.
14 # Эта функция возвращает ссылку на список.
15 def get_values():
16 # Создать пустой список.
17 values = []
18
19 # Создать переменную для управления циклом.
20 again = 'д'
21
22 # Получить значения от пользователя
23 # и добавить их в список.
24 while again == 'д':
25 # Получить число и добавить его в список.
26 num = int(input('Введите число: '))
27 values.append(num)
28
29 # Желаете проделать это еще раз?
30 print('Желаете добавить еще одно число?')
31 again = input('д = да, все остальное = нет: ')
32 print()
33
34 # Вернуть список.
35 return values
36
37 # Вызвать главную функцию.
38 main()
```

### Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите число: **1**

Желаете добавить еще одно число?

**д** = да, все остальное = нет: **д**

Введите число: **2**

Желаете добавить еще одно число?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите число: **3**

Желаете добавить еще одно число?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите число: **4**

Желаете добавить еще одно число?

д = да, все остальное = нет: **д**

Введите число: **5**

Желаете добавить еще одно число?

д = да, все остальное = нет: **н**

Числа в списке:

[1, 2, 3, 4, 5]



## В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

### Обработка списка

Доктор Лаклэр в течение семестра проводит серию лабораторных работ по химии. В конце семестра перед тем, как усреднить оценки за лабораторные работы, она отбрасывает самую низкую оценку каждого студента. Она попросила вас разработать программу, которая на входе читает оценки студента и вычисляет среднюю оценку, отбрасывая самую низкую. Вот алгоритм, который вам следует разработать:

*Получить оценки студента.*

*Вычислить сумму оценок.*

*Найти минимальную оценку.*

*Вычесть минимальную оценку из суммы оценок. Это дает скорректированную сумму.*

*Разделить скорректированную сумму на количество оценок минус 1. Это средняя оценка.*

*Показать среднюю оценку.*

В программе 7.12 приведен соответствующий код, который разделен на три функции. Вместо того чтобы приводить всю программу сразу, сначала разберем главную функцию, а затем каждую дополнительную функцию в отдельности.

#### Программа 7.12. (drop\_lowest\_score.py) Главная функция

```
1 # Эта программа получает серию оценок за лабораторные
2 # работы и вычисляет среднюю оценку,
3 # отбрасывая самую низкую.
4
```

```
5 def main():
6 # Получить от пользователя оценки.
7 scores = get_scores()
8
9 # Получить сумму оценок.
10 total = get_total(scores)
11
12 # Получить самую низкую оценку.
13 lowest = min(scores)
14
15 # Вычесть самую низкую оценку из суммы.
16 total -= lowest
17
18 # Вычислить среднее значение. Обратите внимание, что
19 # мы делим на количество оценок минус 1, потому что
20 # самая низкая оценка была отброшена.
21 average = total / (len(scores) - 1)
22
23 # Показать среднее значение.
24 print('Средняя оценка с учетом отброшенной',
25 'самой низкой оценкой составляет:', average)
26
```

Строка 7 вызывает функцию `get_scores`, которая получает от пользователя оценки за лабораторные работы и возвращает ссылку на список с этими оценками. Список присваивается переменной `scores`.

Строка 10 вызывает функцию `get_total`, передавая список оценок в качестве аргумента. Эта функция возвращает сумму значений в списке, которая присваивается переменной `total`.

Строка 13 вызывает встроенную функцию `min`, передавая список оценок `scores` в качестве аргумента. Эта функция возвращает минимальное значение в списке, которое присваивается переменной `lowest`.

Строка 16 вычитает самую низкую оценку из переменной `total`. Затем строка 21 вычисляет среднее арифметическое значение путем деления суммы на `len(scores)-1`. (Программа делит на `len(scores)-1`, потому что самая низкая экзаменационная оценка была отброшена.)

Строки 24 и 25 показывают среднюю оценку.

Далее следует функция `get_scores`.

#### Программа 7.12 (продолжение). Функция `get_scores`

```
27 # Функция get_scores получает от пользователя
28 # серию оценок и сохраняет их в списке.
29 # Указанная функция возвращает ссылку на список.
30 def get_scores():
31 # Создать пустой список.
32 test_scores = []
33
```

```

34 # Создать переменную для управления циклом.
35 again = 'д'
36
37 # Получить от пользователя оценки и добавить их
38 # в список.
39 while again == 'д':
40 # Получить оценку и добавить ее в список.
41 value = float(input('Введите оценку: '))
42 test_scores.append(value)
43
44 # Желаете проделать это еще раз?
45 print('Желаете добавить еще одну оценку?')
46 again = input('д = да, все остальное = нет: ')
47 print()
48
49 # Вернуть список.
50 return test_scores
51

```

Функция `get_scores` предлагает пользователю ввести серию оценок за лабораторные работы. По мере ввода каждой оценки она добавляется в список. Список возвращается в строке 50. Далее следует функция `get_total`.

#### **Программа 7.12** (окончание). Функция `get_total`

```

52 # Функция get_total принимает список в качестве
53 # аргумента и возвращает сумму значений
54 # в списке.
55 def get_total(value_list):
56 # Создать переменную для применения в качестве накопителя.
57 total = 0.0
58
59 # Вычислить сумму значений элементов списка.
60 for num in value_list:
61 total += num
62
63 # Вернуть сумму.
64 return total
65
66 # Вызвать главную функцию.
67 main()

```

Эта функция принимает список в качестве аргумента. Для вычисления суммы значений в списке она применяет накопитель и цикл. Стока 64 возвращает сумму.

**Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)**

Ведите оценку: **92**

Желаете добавить еще одну оценку?

д = да, все остальное = нет: **д**

Ведите оценку: **67**

Желаете добавить еще одну оценку?

д = да, все остальное = нет: **д**

Ведите оценку: **75**

Желаете добавить еще одну оценку?

д = да, все остальное = нет: **д**

Ведите оценку: **88**

Желаете добавить еще одну оценку?

д = да, все остальное = нет: **и**

Средняя оценка с учетом отброшенной самой низкой оценки: 85.0 .

## Работа со списками и файлами

Некоторые задачи могут потребовать сохранения содержимого списка в файле с тем, чтобы данные можно было использовать позднее. Аналогичным образом, некоторые ситуации могут потребовать чтения данных из файла в список. Например, предположим, что у вас есть файл, содержащий ряд значений, которые расположены в произвольном порядке, и вы хотите отсортировать эти значения. Один из приемов сортировки значений в файле состоит в том, чтобы прочитать их в список, вызвать метод сортировки списка `sort` и затем записать значения в списке назад в файл.

Процедура сохранения содержимого списка в файл является достаточно прямолинейной. На самом деле, файловые объекты Python имеют метод `writelines()`, который записывает весь список в файл. Однако недостаток этого метода состоит в том, что он автоматически не помещает в конец каждого элемента символ новой строки ('`\n`'). В результате каждый элемент записывается в одну длинную строку в файле. Программа 7.13 демонстрирует этот метод.

**Программа 7.13 (writelines.py)**

```
1 # Эта программа применяет метод writelines для сохранения
2 # списка строковых значений в файл.
3
4 def main():
5 # Создать список строковых значений.
6 cities = ['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']
7
8 # Открыть файл для записи.
9 outfile = open('cities.txt', 'w')
10
```

```

11 # Записать список в файл.
12 outfile.writelines(cities)
13
14 # Закрыть файл.
15 outfile.close()
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

После исполнения этой программы файл cities.txt будет содержать следующую строку<sup>1</sup>:

Нью-ЙоркБостонАтлантаДаллас

Альтернативный подход состоит в использовании цикла `for` для последовательного обхода списка и записи каждого элемента вместе с завершающим символом новой строки. В программе 7.14 приведен пример.

**Программа 7.14** (`write_list.py`)

```

1 # Эта программа сохраняет список строковых значений в файл.
2
3 def main():
4 # Создать список строковых значений.
5 cities = ['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']
6
7 # Открыть файл для записи.
8 outfile = open('cities.txt', 'w')
9
10 # Записать список в файл.
11 for item in cities:
12 outfile.write(item + '\n')
13
14 # Закрыть файл.
15 outfile.close()
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

После исполнения этой программы файл cities.txt будет содержать приведенные ниже строки:

Нью-Йорк  
Бостон  
Атланта  
Даллас

---

<sup>1</sup> В некоторых версиях Windows полученная строка может отображаться некорректно (как Кью ...оркСостонј тланта/даллас). Один из приемов, который позволяет решить эту проблему, состоит в размещении в самом верху программы следующей инструкции:

`#-*- coding: cp1251 -*-`

с указанием кириллической кодировки. — *Прим. пер.*

Файловые объекты в Python имеют метод `readlines()`, который возвращает содержимое файла как список строковых значений. Каждая строка в файле будет значением в списке. Каждое значение в списке будет включать завершающий символ новой строки, который во многих случаях вы захотите удалить. В программе 7.15 представлен пример. Инструкция в строке 8 считывает содержимое файла в список, а цикл в строках 15–17 выполняет последовательный обход списка, удаляя из каждого элемента символ '\n'.

**Программа 7.15** (read\_list.py)

```
1 # Эта программа считывает содержимое файла в список.
2
3 def main():
4 # Открыть файл для чтения.
5 infile = open('cities.txt', 'r')
6
7 # Прочитать содержимое файла в список.
8 cities = infile.readlines()
9
10 # Закрыть файл.
11 infile.close()
12
13 # Удалить из каждого элемента символ \n.
14 index = 0
15 while index < len(cities):
16 cities[index] = cities[index].rstrip('\n')
17 index += 1
18
19 # Напечатать содержимое списка.
20 print(cities)
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()
```

**Вывод программы**

```
['Нью-Йорк', 'Бостон', 'Атланта', 'Даллас']
```

Программа 7.16 приводит еще один пример записи списка в файл. В этом примере записывается список чисел. Обратите внимание, что в строке 12 каждое значение при помощи функции `str` преобразуется в строковый тип, и затем в него добавляется символ '\n'.

**Программа 7.16** (write\_number\_list.py)

```
1 # Эта программа сохраняет список чисел в файл.
2
3 def main():
4 # Создать список чисел.
5 numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
6
```

```

7 # Открыть файл для записи.
8 outfile = open('numberlist.txt', 'w')
9
10 # Записать список в файл.
11 for item in numbers:
12 outfile.write(str(item) + '\n')
13
14 # Закрыть файл.
15 outfile.close()
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

Когда из файлачитываются в список числа, они должны быть конвертированы из строкового типа в числовой. В программе 7.17 приведен соответствующий пример.

### Программа 7.17 (read\_number\_list.py)

```

1 # Эта программа считывает числа из файла в список.
2
3 def main():
4 # Открыть файл для чтения.
5 infile = open('numberlist.txt', 'r')
6
7 # Прочитать содержимое файла в список.
8 numbers = infile.readlines()
9
10 # Закрыть файл.
11 infile.close()
12
13 # Конвертировать каждый элемент в тип int.
14 index = 0
15 while index < len(numbers):
16 numbers[index] = int(numbers[index])
17 index += 1
18
19 # Напечатать содержимое списка.
20 print(numbers)
21
22 # Вызвать главную функцию.
23 main()

```

### Вывод программы

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
-----------------------

## 7.8

# Двумерные списки

## Ключевые положения

Двумерный список — это список, который в качестве своих элементов содержит другие списки.

Элементы списка могут быть практически тем угодно, включая другие списки. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс:

```
1 >>> students = [['Джо', 'Ким'], ['Сэм', 'Сью'], ['Келли', 'Крис']] Enter
2 >>> print(students) Enter
3 [[['Джо', 'Ким'], ['Сэм', 'Сью'], ['Келли', 'Крис']]]
4 >>> print(students[0]) Enter
5 ['Джо', 'Ким']
6 >>> print(students[1]) Enter
7 ['Сэм', 'Сью']
8 >>> print(students[2]) Enter
9 ['Келли', 'Крис']
10 >>>
```

Давайте взглянем на каждую строку поближе.

- ◆ Стока 1 создает список и присваивает его переменной `students`. Список имеет три элемента, и каждый элемент тоже является списком. Элементом `students[0]` является  
[['Джо', 'Ким']]  
Элементом `students[1]` является  
[['Сэм', 'Сью']]  
Элементом `students[2]` является  
[['Келли', 'Крис']]
- ◆ Стока 2 распечатывает весь список `students`. Результат функции `print` выводится в строке 3.
- ◆ Стока 4 распечатывает элемент `students[0]`. Результат функции `print` выводится в строке 5.
- ◆ Стока 6 распечатывает элемент `students[1]`. Результат функции `print` выводится в строке 7.
- ◆ Стока 8 распечатывает элемент `students[2]`. Результат функции `print` выводится в строке 9.

Списки списков также называются *вложенными списками*, или *двумерными списками*. Общепринято представлять двумерный список в виде строк и столбцов элементов. Так, на рис. 7.5 показан двумерный список, который был создан в предыдущем интерактивном сеансе, с тремя строками и двумя столбцами. Обратите внимание, что строки нумеруются 0, 1 и 2, а столбцы — 0 и 1. В этом списке в общей сложности шесть элементов.

Двумерные списки полезны для работы с множественными наборами данных. Например, предположим, что вы пишете для преподавателя программу усреднения оценок. У преподавателя учатся три студента, и каждый студент в течение семестра сдает три экзамена. Один

	Столбец 0	Столбец 1
Строка 0	Джо	Ким
Строка 1	Сэм	Сью
Строка 2	Келли	Крис

РИС. 7.5. Двумерный список

подход может состоять в создании трех отдельных списков, один для каждого студента. Каждый из этих списков будет иметь три элемента, один для каждой экзаменационной оценки. Однако такой подход будет громоздким, потому что вам придется отдельно обрабатывать каждый список. Лучший подход состоит в том, чтобы применить двумерный список с тремя строками (один для каждого студента) и тремя столбцами (один для каждой экзаменационной оценки), как показано на рис. 7.6.

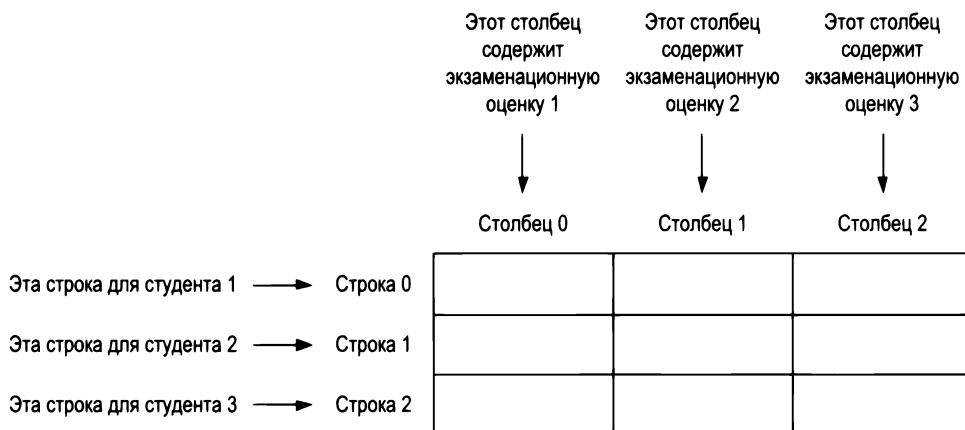


РИС. 7.6. Двумерный список с тремя строками и тремя столбцами

Во время обработки данных в двумерном списке вам нужны два индекса: один для строк и один для столбцов. Например, предположим, что при помощи приведенной ниже инструкции мы создаем двумерный список:

```
scores = [[0, 0, 0],
 [0, 0, 0],
 [0, 0, 0]]
```

Доступ к элементам в строке 0 можно получить следующим образом:

```
scores[0][0]
scores[0][1]
scores[0][2]
```

Доступ к элементам в строке 1 можно получить следующим образом:

```
scores[1][0]
scores[1][1]
scores[1][2]
```

Доступ к элементам в строке 2 можно получить следующим образом:

```
scores[2][0]
scores[2][1]
scores[2][2]
```

На рис. 7.7 представлен двумерный список с индексами, показанными для каждого элемента.

	Столбец 0	Столбец 1	Столбец 2
Строка 0	scores[0][0]	scores[0][1]	scores[0][2]
Строка 1	scores[1][0]	scores[1][1]	scores[1][2]
Строка 2	scores[2][0]	scores[2][1]	scores[2][2]

РИС. 7.7. Индексы для каждого элемента списка оценок scores

Программы, которые обрабатывают двумерные списки, как правило, делают это при помощи вложенных циклов. Давайте рассмотрим пример. Программа 7.18 создает двумерный список и присваивает каждому его элементу случайные числа.

### Программа 7.18 (random\_numbers.py)

```
1 # Эта программа присваивает случайные числа
2 # двумерному списку.
3 import random
4
5 # Константы для строк и столбцов
6 ROWS = 3
7 COLS = 4
8
9 def main():
10 # Создать двумерный список.
11 values = [[0, 0, 0, 0],
12 [0, 0, 0, 0],
13 [0, 0, 0, 0]]
14
15 # Заполнить список случайными числами.
16 for r in range(ROWS):
17 for c in range(COLS):
18 values[r][c] = random.randint(1, 100)
19
20 # Показать случайные числа.
21 print(values)
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()
```

**Вывод программы**

```
[[4, 17, 34, 24], [46, 21, 54, 10], [54, 92, 20, 100]]
```

Рассмотрим программу подробнее.

- ◆ Строки 6 и 7 создают глобальные константы для количества строк и столбцов.
- ◆ Строки 11–13 создают двумерный список и присваивают его переменной `values`. Этот список можно представить, как таблицу с тремя строками и четырьмя столбцами. Каждому элементу присваивается значение 0.
- ◆ Строки 16–18 являются набором вложенных циклов `for`. Внешний цикл делает одну итерацию для каждой строки и присваивает переменной `r` значения от 0 до 2. Внутренний цикл делает одну итерацию для каждого столбца и присваивает переменной `c` значения от 0 до 3. Инструкция в строке 18 исполняется один раз для каждого элемента списка, присваивая ему случайное целое число в диапазоне от 1 до 100.
- ◆ Стока 21 показывает содержимое списка.

Обратите внимание, что инструкция в строке 21 передает в функцию `print` в качестве аргумента список значений; в результате весь список выводится на экран. Допустим, что нам не нравится то, как функция `print` выводит список, заключая его в скобки и то же самое делая с каждым вложенным списком. Например, предположим, что мы хотим показать каждый элемент списка на отдельной строке вот так:

```
4
17
34
24
46
```

и т. д. Для того чтобы этого добиться, можно написать набор вложенных циклов, в частности:

```
for r in range(ROWS):
 for c in range(COLS):
 print(values[r][c])
```

**Контрольная точка**

**7.19.** Взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс, в котором создается двумерный список. Сколько строк и столбцов находится в списке?

```
numbers = [[1, 2], [10, 20], [100, 200], [1000, 2000]]
```

**7.20.** Напишите инструкцию, которая создает двумерный список с тремя строками и четырьмя столбцами. Каждому элементу нужно присвоить значение 0.

**7.21.** Напишите набор вложенных циклов, которые выводят на экран содержимое списка чисел, приведенного в задании 7.19.

## 7.9

## Кортежи

### Ключевые положения

Кортеж — это немуттирующая последовательность; под этим подразумевается, что его содержимое невозможно изменить.

Кортеж — это последовательность, которая очень напоминает список. Главная разница между кортежами и списками состоит в том, что кортежи являются немуттирующими последовательностями. Это означает, что после того как кортеж создан, его невозможно изменить. Как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе, во время создания кортежа его элементы заключаются в круглые скобки:

```
>>> my_tuple = (1, 2, 3, 4, 5) [Enter]
>>> print(my_tuple) [Enter]
(1, 2, 3, 4, 5)
>>>
```

Первая инструкция создает кортеж, содержащий элементы 1, 2, 3, 4 и 5, и присваивает его переменной `my_tuple`. Вторая инструкция отправляет `my_tuple` в качестве аргумента в функцию `print`, которая показывает его элементы. Приведенный ниже сеанс демонстрирует применение цикла `for` для выполнения последовательного перебора элементов кортежа:

```
>>> names = ('Холли', 'Уоррен', 'Эшли') [Enter]
>>> for n in names: [Enter]
 print(n) [Enter] [Enter]
Холли
Уоррен
Эшли
>>>
```

Подобно спискам кортежи поддерживают индексацию, как показано в приведенном ниже сеансе:

```
>>> names = ('Холли', 'Уоррен', 'Эшли') [Enter]
>>> for i in range(len(names)): [Enter]
 print(names[i]) [Enter] [Enter]
Холли
Уоррен
Эшли
>>>
```

По сути дела, кортежи поддерживают все те же самые операции, что и списки, за исключением тех, которые изменяют содержимое списка. Кортежи поддерживают следующие операции:

- ◆ доступ к элементу по индексу (только для получения значений элементов);
- ◆ методы, в частности `index()`;
- ◆ встроенные функции, в частности `len`, `min` и `max`;
- ◆ выражения среза;
- ◆ оператор `in`;
- ◆ операторы `+` и `*`.

Кортежи не поддерживают такие методы, как `append()`, `remove()`, `insert()`, `reverse()` и `sort()`.



### ПРИМЕЧАНИЕ

Если необходимо создать кортеж всего с одним элементом, то после значения элемента следует написать замыкающую запятую:

```
my_tuple = (1,) # Создает кортеж всего с одним элементом.
```

Если запятая будет пропущена, то кортеж создан не будет. Например, приведенная инструкция просто присваивает переменной `value` целочисленное значение 1:

```
value = (1) # Создает целочисленное значение.
```

## В чем их смысл?

Если единственным различием между списками и кортежами является их способность изменять свои значения, т. е. мутабильность, то вы можете задаться вопросом: зачем нужны кортежи? Одной из причин, почему существуют кортежи, является производительность. Обработка кортежа выполняется быстрее, чем обработка списка, и поэтому кортежи — это хороший вариант, когда обрабатывается большой объем данных, и эти данные не будут изменяться. Еще одна причина состоит в том, что кортежи безопасны. Поскольку содержимое кортежа изменять нельзя, в нем можно хранить данные, оставаясь в уверенности, что они не будут (случайно или каким-либо иным образом) изменены в программе.

Кроме того, в Python существуют определенные операции, которые требуют применения кортежа. По мере освоения языка Python, вы будете чаще сталкиваться с кортежами.

## Преобразование между списками и кортежами

Встроенная функция `list()` может применяться для преобразования кортежа в список, а встроенная функция `tuple()` — для преобразования списка в кортеж. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> number_tuple = (1, 2, 3) [Enter]
2 >>> number_list = list(number_tuple) [Enter]
3 >>> print(number_list) [Enter]
4 [1, 2, 3]
5 >>> str_list = ['один', 'два', 'три'] [Enter]
6 >>> str_tuple = tuple(str_list) [Enter]
7 >>> print(str_tuple) [Enter]
8 ('один', 'два', 'три')
9 >>>
```

Вот краткое описание инструкций.

- ◆ Стока 1 создает кортеж и присваивает его переменной `number_tuple`.
- ◆ Стока 2 передает `number_tuple` в функцию `list()`. Эта функция возвращает список, содержащий те же значения, что и в `number_tuple`, и присваивает его переменной `number_list`.

- ◆ Стока 3 передает список `number_list` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.
- ◆ Стока 5 создает список строковых значений и присваивает его переменной `str_list`.
- ◆ Стока 6 передает список `str_list` в функцию `tuple()`. Эта функция возвращает кортеж, содержащий те же значения, что и в `str_list`, и присваивает его переменной `str_tuple`.
- ◆ Стока 7 передает кортеж `str_tuple` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 8.



### Контрольная точка

- 7.22. В чем главное различие между списком и кортежем?
- 7.23. Приведите причины существования кортежей.
- 7.24. Допустим, что переменная `my_list` ссылается на список. Напишите инструкцию, которая преобразует его в кортеж.
- 7.25. Допустим, что переменная `my_tuple` ссылается на кортеж. Напишите инструкцию, которая преобразует его в список.



## 7.10 Построение графиков с данными списков при помощи пакета *matplotlib*

Пакет `matplotlib` — это библиотека, предназначенная для построения двумерных диаграмм и графиков. Она не является частью стандартной библиотеки Python, и поэтому этот пакет необходимо установить отдельно после того, как в операционной системе установлен Python. Для того чтобы установить пакет `matplotlib` в системе Windows, откройте окно командной оболочки и введите команду:

```
pip install matplotlib
```

В операционной системе Mac OS X или Linux откройте окно терминала и введите приведенную ниже команду:

```
sudo pip3 install matplotlib
```



### СОВЕТ

Для получения более подробной информации о пакетах и менеджере пакетов `pip` обратитесь к приложению 6.

После ввода этой команды менеджер пакетов `pip` начнет загружать и устанавливать пакет. Когда этот процесс будет завершен, можно проверить правильность установки пакета, запустив среду IDLE и введя команду:

```
>>> import matplotlib
```

Если сообщение об ошибке не появится, то можно считать, что пакет был успешно установлен.

## Импорт модуля `pyplot`

Пакет `matplotlib` содержит модуль `pyplot`, который необходимо импортировать для создания всех графиков, которые мы продемонстрируем в этой главе. Имеется несколько разных методов импортирования данного модуля. Возможно, самый прямолинейный метод таков:

```
import matplotlib.pyplot
```

В модуле `pyplot` есть несколько функций, которые вызываются для построения и отображения графиков. Когда используется эта форма инструкции `import`, каждый вызов функции придется снабжать префиксом `matplotlib.pyplot`. Например, есть функция под названием `plot`, которая вызывается для создания линейных графиков, и функцию `plot` вызывать придется вот так:

```
matplotlib.pyplot.plot(аргументы...)
```

Необходимость набирать `matplotlib.pyplot` перед именем каждой функции может стать утомительной, поэтому для импорта модуля мы будем применять немного другого подход. Мы будем использовать инструкцию `import`, которая создает для модуля `matplotlib.pyplot` псевдоним:

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Эта инструкция импортирует модуль `matplotlib.pyplot` и создает для модуля псевдоним с именем `plt`, который позволяет использовать префикс `plt` для вызова любой функции в модуле `matplotlib.pyplot`. Например, функцию `plot` можно вызвать вот так:

```
plt.plot(аргументы...)
```



### СОВЕТ

Для получения дополнительной информации об инструкции `import` обратитесь к [приложению 5](#).

## Построение линейного графика

Функция `plot` используется для создания линейного графика, который соединяет серию точек данных отрезками прямой. Линейный график имеет горизонтальную ось  $x$  и вертикальную ось  $y$ . Каждая точка данных на графике имеет координаты  $(X, Y)$ .

Для того чтобы создать линейный график, сначала необходимо создать два списка: один с координатами  $X$  каждой точки данных и другой с координатами  $Y$  каждой точки данных. Например, предположим у нас есть пять точек данных, расположенных в приведенных ниже координатах:

```
(0, 0)
(1, 3)
(2, 1)
(3, 5)
(4, 2)
```

Мы создаем два списка, которые будут содержать эти координаты:

```
x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
```

Затем вызываем функцию `plot` для построения графика, передавая списки в качестве аргументов. Вот пример:

```
plt.plot(x_coords, y_coords)
```

Функция `plot` создает линейный график в оперативной памяти, но его на экран не выводит. Для того чтобы показать график, нужно вызвать функцию `show`:

```
plt.show()
```

В программе 7.19 приведен законченный пример. Во время выполнения программы откроется графическое окно, которое показано на рис. 7.8.

**Программа 7.19** (line\_graph1.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6 x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7 y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9 # Построить линейный график.
10 plt.plot(x_coords, y_coords)
11
12 # Показать линейный график.
13 plt.show()
14
15 # Вызвать главную функцию.
16 main()
```

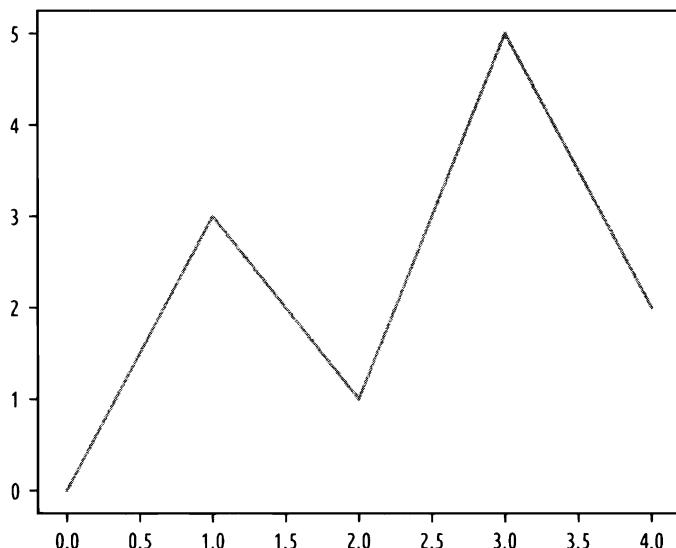


РИС. 7.8. Вывод программы 7.19

## Добавление заголовка, меток осей и сетки

При помощи функции `title` можно добавлять в график заголовок. Эта функция просто вызывается со строковым литералом, который требуется отобразить в качестве заголовка. Заголовок будет выведен чуть выше графика. Кроме того, при помощи функций `ylabel` и `xlabel` можно также добавить описательные метки на оси  $x$  и  $y$ . Эти функции вызываются со строковым литералом, который требуется отобразить вдоль осей. В график можно добавить сетку, вызвав для этого функцию `grid` и передав `True` в качестве аргумента. В программе 7.20 приведен пример, график представлен на рис. 7.9.

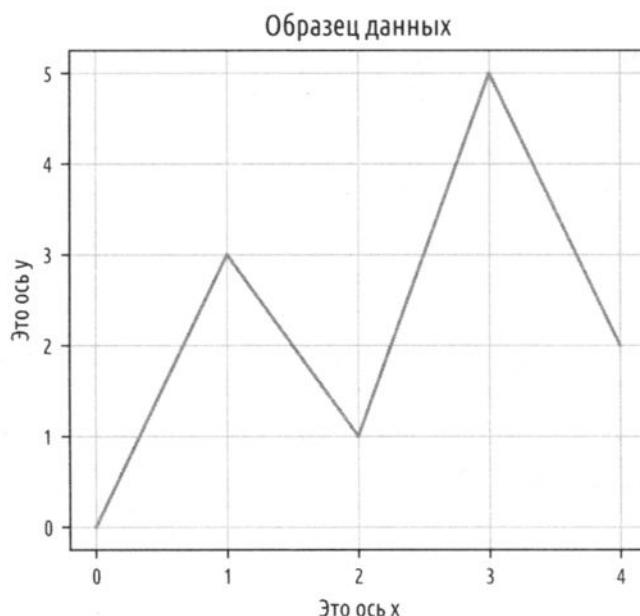


РИС. 7.9. Вывод программы 7.20

### Программа 7.20 (line\_graph2.py)

```

1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6 x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7 y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9 # Построить линейный график.
10 plt.plot(x_coords, y_coords)
11
12 # Добавить заголовок.
13 plt.title('Образец данных')
14

```

```
15 # Добавить на оси описательные метки.
16 plt.xlabel('Это ось x')
17 plt.ylabel('Это ось у')
18
19 # Добавить сетку.
20 plt.grid(True)
21
22 # Показать линейный график.
23 plt.show()
24
25 # Вызвать главную функцию.
26 main()
```

## Индивидуализация настроек осей $x$ и $y$

По умолчанию ось  $x$  начинается в самой нижней координате  $X$  в вашем наборе точек данных и заканчивается в самой верхней координате  $X$  набора точек данных. Например, обратите внимание, что в программе 7.20 самая нижняя координата  $X$  равняется 0, а самая верхняя координата  $X$  равняется 4. Теперь взгляните на вывод программы на рис. 7.9 и обратите внимание, что ось  $x$  начинается в 0 и заканчивается в 4.

Ось  $y$  по умолчанию сконфигурирована таким же образом. Она начинается в самой нижней координате  $Y$  в вашем наборе точек данных и заканчивается в самой верхней координате  $Y$  набора точек данных. Еще раз взгляните на программу 7.20 и обратите внимание, что самая нижняя координата  $Y$  равняется 0, а самая верхняя координата  $Y$  равняется 5. В выводе программы ось  $y$  начинается в 0 и заканчивается в 5.

Нижние и верхние границы осей  $x$  и  $y$  можно изменить, вызвав функции `ylim` и `xlim`. Вот пример вызова функции `xlim` с использованием именованных аргументов для установки нижней и верхней границ оси  $x$ :

```
plt.xlim(xmin=1, xmax=100)
```

Эта инструкция конфигурирует ось  $x$  так, чтобы она начиналась в значении 1 и заканчивалась в значении 100. Вот пример вызова функции `ylim` с использованием именованных аргументов для установки нижней и верхней границ оси  $y$ :

```
plt.ylim(ymin=10, ymax=50)
```

Эта инструкция конфигурирует ось  $y$  так, чтобы она начиналась в значении 10 и заканчивалась в значении 50. В программе 7.21 представлен законченный пример. В строке 20 ось  $x$  сконфигурирована так, чтобы она начиналась в  $-1$  и заканчивалась в 10. В строке 21 ось  $y$  сконфигурирована так, чтобы она начиналась в  $-1$  и заканчивалась в 6. Вывод программы показан на рис. 7.10.

### Программа 7.21 (line\_graph3.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
```

```

4 def main():
5 # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6 x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7 y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9 # Построить линейный график.
10 plt.plot(x_coords, y_coords)
11
12 # Добавить заголовок.
13 plt.title('Образец данных')
14
15 # Добавить на оси описательные метки.
16 plt.xlabel('Это ось x')
17 plt.ylabel('Это ось y')
18
19 # Задать границы осей.
20 plt.xlim(xmin=-1, xmax=10)
21 plt.ylim(ymin=-1, ymax=6)
22
23 # Добавить сетку.
24 plt.grid(True)
25
26 # Показать линейный график.
27 plt.show()
28
29 # Вызвать главную функцию.
30 main()

```

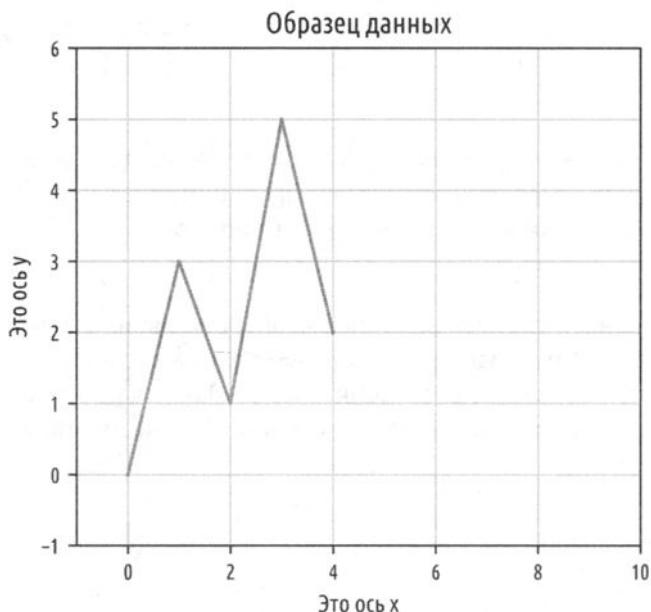


РИС. 7.10. Вывод программы 7.21

Каждую подпись метки деления можно индивидуально настроить при помощи функций `yticks` и `xticks`. Эти функции в качестве аргументов принимают два списка. Первый аргумент — это список позиций меток, а второй аргумент — список подписей для вывода в указанных позициях. Вот пример с использованием функции `xticks`:

```
plt.xticks([0, 1, 2], ['Бейсбол', 'Баскетбол', 'Футбол'])
```

В этом примере подпись 'Бейсбол' будет выведена в метке деления 0, 'Баскетбол' — в метке 1 и 'Футбол' — в метке 2. Вот пример с использованием функции `yticks`:

```
plt.yticks([0, 1, 2, 3], ['Ноль', 'Четверть', 'Половина', 'Три четверти'])
```

В этом примере подпись 'Ноль' будет выведена в метке деления 0, 'Четверть' — в метке 1, 'Половина' — в метке 2 и 'Три четверти' — в метке 3.

В программе 7.22 приведен законченный пример. В выводе программы подписи меток делений на оси `x` показывают годы, а подписи меток на оси `y` — объем продаж в миллионах долларов. Инструкция в строках 20 и 21 вызывает функцию `xticks` для настройки оси `x` следующим образом:

- ◆ подпись '2016' будет выведена в метке 0;
- ◆ подпись '2017' будет выведена в метке 1;
- ◆ подпись '2018' будет выведена в метке 2;
- ◆ подпись '2019' будет выведена в метке 3;
- ◆ подпись '2020' будет выведена в метке 4.

Затем инструкция в строках 22 и 23 вызывает функцию `yticks` для настройки оси `y` следующим образом:

- ◆ '\$0m' будет выведена в метке 0;
- ◆ '\$1m' будет выведена в метке 1;
- ◆ '\$2m' будет выведена в метке 2;
- ◆ '\$3m' будет выведена в метке 3;
- ◆ '\$4m' будет выведена в метке 4;
- ◆ '\$5m' будет выведена в метке 5.

Вывод программы показан на рис. 7.11.

### Программа 7.22 (line\_graph4.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6 x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7 y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9 # Построить линейный график.
10 plt.plot(x_coords, y_coords)
11
```

```

12 # Добавить заголовок.
13 plt.title('Продажи с разбивкой по годам')
14
15 # Добавить на оси описательные метки.
16 plt.xlabel('Год')
17 plt.ylabel('Объем продаж')
18
19 # Настроить метки делений.
20 plt.xticks([0, 1, 2, 3, 4],
21 ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
22 plt.yticks([0, 1, 2, 3, 4, 5],
23 ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])
24
25 # Добавить сетку.
26 plt.grid(True)
27
28 # Показать линейный график.
29 plt.show()
30
31 # Вызвать главную функцию.
32 main()

```

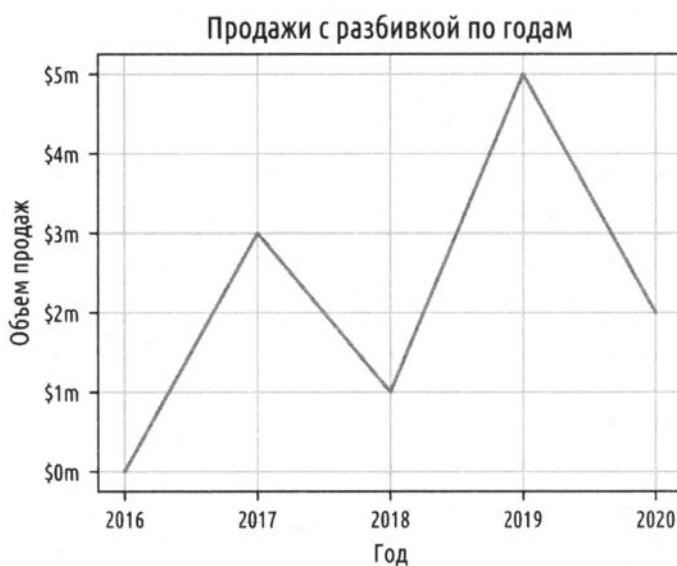


РИС. 7.11. Вывод программы 7.22

## Вывод маркеров в точках данных

В каждой точке данных на линейной диаграмме можно вывести круглую метку в качестве маркера, применяя функцию `plot` вместе с именованным аргументом `marker='o'`. В программе 7.23 приведен пример. Вывод программы показан на рис. 7.12.

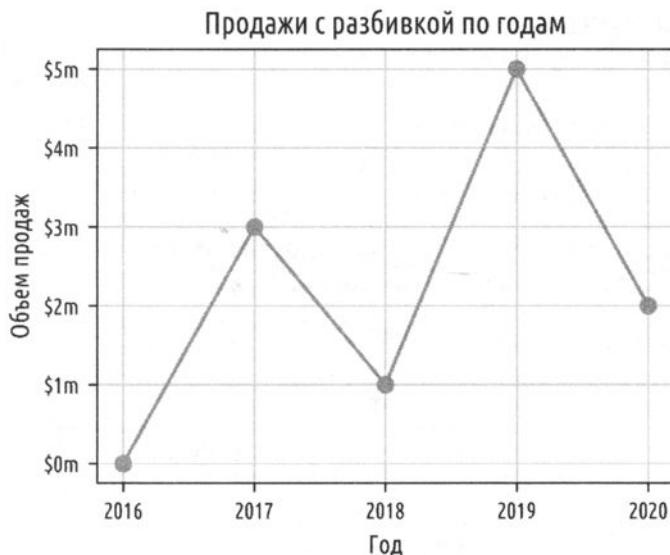


РИС. 7.12. Вывод программы 7.23

**Программа 7.23** (line\_graph5.py)

```
1 # Эта программа выводит простой линейный график.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать списки для координат X и Y каждой точки данных.
6 x_coords = [0, 1, 2, 3, 4]
7 y_coords = [0, 3, 1, 5, 2]
8
9 # Построить линейный график.
10 plt.plot(x_coords, y_coords, marker='o')
11
12 # Добавить заголовок.
13 plt.title('Продажи с разбивкой по годам')
14
15 # Добавить на оси описательные метки.
16 plt.xlabel('Год')
17 plt.ylabel('Объем продаж')
18
19 # Настроить метки делений.
20 plt.xticks([0, 1, 2, 3, 4],
21 ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
22 plt.yticks([0, 1, 2, 3, 4, 5],
23 ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])
24
25 # Добавить сетку.
26 plt.grid(True)
27
```

```

28 # Показать линейный график.
29 plt.show()
30
31 # Вызвать главную функцию.
32 main()

```

Помимо круглых меток можно выводить другие типы маркерных символов. В табл. 7.2 перечислены несколько общепринятых аргументов `marker=`.

**Таблица 7.2.** Некоторые символы маркеров

marker=Аргумент	Результат
<code>marker5='o'</code>	Показывает круглые точки
<code>marker5='s'</code>	Показывает квадраты
<code>marker5='*'</code>	Показывает звездочки
<code>marker5='D'</code>	Показывает ромбы
<code>marker5='^'</code>	Показывает восходящие треугольники
<code>marker5='v'</code>	Показывает нисходящие треугольники
<code>marker5='&gt;'</code>	Показывает левые треугольники
<code>marker5='&lt;'</code>	Показывает правые треугольники



### ПРИМЕЧАНИЕ

Если передать символ маркера в качестве позиционного аргумента (вместо передачи в качестве именованного аргумента), то функция `plot` начертит маркеры в точках данных, но не соединит их с отрезками линии. Вот пример:

```
plt.plot(x_coords, y_coords, 'o')
```

## Построение столбчатой диаграммы

Функция `bar` в модуле `matplotlib.pyplot` применяется для создания столбчатой диаграммы. Столбчатая диаграмма имеет горизонтальную ось *x*, вертикальную ось *y* и серию прямоугольных столбиков, которые, как правило, исходят из оси *x*. Каждый прямоугольный столбик представляет значение, а высота столбика пропорциональна этому значению.

Для того чтобы создать столбчатую диаграмму, сначала создаются два списка: один содержит координаты *X* левого края каждого прямоугольного столбика, а другой — высоту каждого столбика вдоль оси *y*. Программа 7.24 это демонстрирует. В строке 6 создается список `left_edges`, который содержит координаты *X* левого края каждого столбика. В строке 9 создается список `heights`, который содержит высоту каждого столбика. Глядя на оба этих списка, можно определить следующее:

- ◆ левый край первого столбика находится в 0 на оси *x*, и его высота равняется 100 вдоль оси *y*;
- ◆ левый край второго столбика находится в 10 на оси *x*, и его высота равняется 200 вдоль оси *y*;

- ◆ левый край третьего столбика находится в 20 на оси  $x$ , и его высота равняется 300 вдоль оси  $y$ ;
- ◆ левый край четвертого столбика находится в 30 на оси  $x$ , и его высота равняется 400 вдоль оси  $y$ ;
- ◆ левый край пятого столбика находится в 40 на оси  $x$ , и его высота равняется вдоль оси  $y$ .

Вывод программы показан на рис. 7.13.

**Программа 7.24** (bar\_chart1.py)

```
1 # Эта программа выводит простую столбчатую диаграмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать список с координатами X левого края каждого столбика
6 left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
7
8 # Создать список с высотами каждого столбика.
9 heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11 # Построить столбчатую диаграмму.
12 plt.bar(left_edges, heights)
13
14 # Показать столбчатую диаграмму.
15 plt.show()
16
17 # Показать столбчатую диаграмму.
18 main()
```

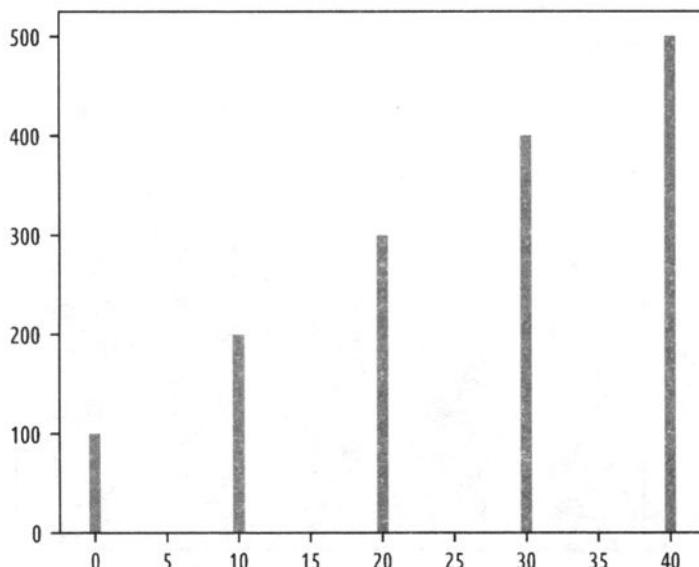


РИС. 7.13. Вывод программы 7.24

## Индивидуальная настройка ширины столбика

По умолчанию ширина каждого столбика на столбчатой диаграмме равняется 0.8 вдоль оси  $x$ . Ширину столбика можно изменить, передав в функцию `bar` третий аргумент. Программа 7.25 это демонстрирует, устанавливая ширину столбика равной 5. Вывод программы показан на рис. 7.14.

### Программа 7.25 (bar\_chart2.py)

```

1 # Эта программа выводит простую столбчатую диаграмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать список с координатами X левого края каждого столбика
6 left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
7
8 # Создать список с высотами каждого столбика.
9 heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11 # Создать переменную для ширины столбика.
12 bar_width = 5
13
14 # Построить столбчатую диаграмму.
15 plt.bar(left_edges, heights, bar_width)
16
17 # Показать столбчатую диаграмму.
18 plt.show()
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 main()
```

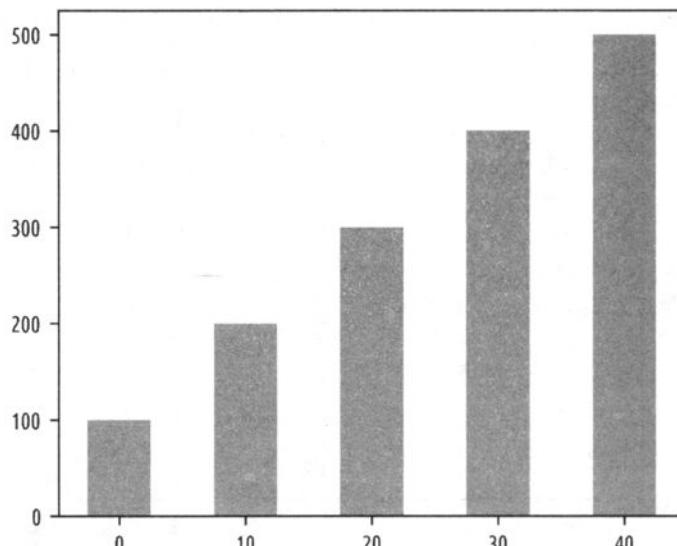


РИС. 7.14. Вывод программы 7.25

## Изменение цвета столбиков

Функция `bar` имеет параметр `color`, который можно использовать для изменения цвета столбиков на столбчатой диаграмме. Аргумент, который передается в этот параметр, является кортежем, содержащим серию цветовых кодов. В табл. 7.3 перечислены основные цветовые коды.

Таблица 7.3. Цветовые коды

Цветовой код	Соответствующий цвет	Цветовой код	Соответствующий цвет
'b'	Синий	'm'	Сиреневый
'g'	Зеленый	'y'	Желтый
'r'	Красный	'k'	Черный
'c'	Голубой	'w'	Белый

Приведенная ниже инструкция демонстрирует, как передавать кортеж цветовых кодов в качестве именованного аргумента:

```
plt.bar(left_edges, heights, color=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
```

После исполнения этой инструкции цвета столбиков на получившейся столбчатой диаграмме будут следующими:

- ◆ первая панель будет красной;
- ◆ вторая — зелено-синей;
- ◆ третья — синей;
- ◆ четвертая — сиреневой;
- ◆ пятая — черной.

## Добавление заголовка, меток осей и индивидуальная настройка подписей меток делений

Для того чтобы добавить заголовок и метки осей в столбчатую диаграмму, а также чтобы индивидуально настроить оси  $x$  и  $y$ , можно применить те же самые функции, которые были описаны в разделе, посвященном линейным графикам. Например, взгляните на программу 7.26. Стока 18 вызывает функцию `title` для добавления в диаграмму заголовка, строки 21 и 22 вызывают функции `xlabel` и `ylabel` для добавления меток на оси  $x$  и  $y$ . Строки 25 и 26 вызывают функцию `xticks` для отображения индивидуальных подписей меток делений вдоль оси  $x$ , строки 27 и 28 вызывают функцию `yticks` для отображения индивидуальных подписей меток вдоль оси  $y$ . Вывод программы показан на рис. 7.15.

### Программа 7.26 (bar\_chart3.py)

```
1 # Эта программа выводит диаграмму объема продаж.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать список с координатами X левого края каждого столбика.
6 left_edges = [0, 10, 20, 30, 40]
```

```

7
8 # Создать список с высотами каждого столбика.
9 heights = [100, 200, 300, 400, 500]
10
11 # Создать переменную для ширины столбика.
12 bar_width = 10
13
14 # Построить столбчатую диаграмму.
15 plt.bar(left_edges, heights, bar_width,
16 color=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
17
18 # Добавить заголовок.
19 plt.title('Продажи с разбивкой по годам')
20
21 # Добавить на оси описательные метки.
22 plt.xlabel('Год')
23 plt.ylabel('Объем продаж')
24
25 # Настроить метки делений.
26 plt.xticks([5, 15, 25, 35, 45],
27 ['2016', '2017', '2018', '2019', '2020'])
28 plt.yticks([0, 100, 200, 300, 400, 500],
29 ['$0m', '$1m', '$2m', '$3m', '$4m', '$5m'])
30
31 # Показать столбчатую диаграмму.
32 plt.show()
33
34 # Вызвать главную функцию.
35 main()

```

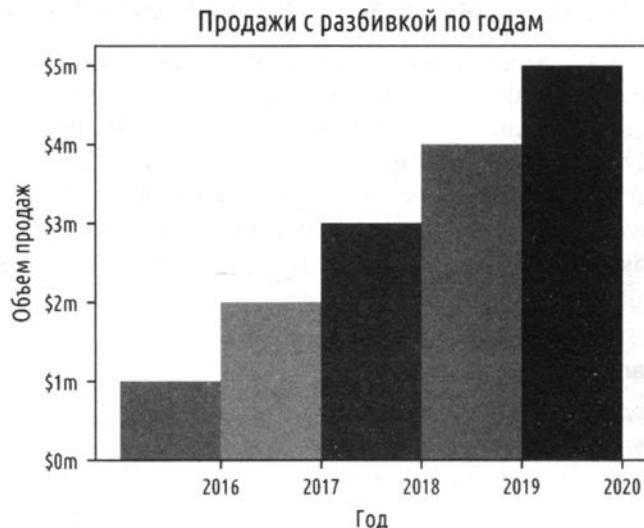


РИС. 7.15. Вывод программы 7.26

## Построение круговой диаграммы

Круговая диаграмма — это график, который показывает круг, поделенный на доли. Круг представляет целое, а секторы — процентное содержание целого. Для создания круговой диаграммы используется функция `pie` из модуля `matplotlib.pyplot`.

Когда вызывается функция `pie`, ей в качестве аргумента передается список значений. Функция `pie` вычисляет сумму значений в списке и затем использует эту сумму в качестве значения целого. Затем каждый элемент в списке станет сектором (долей) в круговой диаграмме. Размер сектора представляет значение этого элемента как процентное содержание целого.

В программе 7.27 приведен соответствующий пример. Стока 6 создает список, содержащий значения 10, 30, 40 и 20. Затем строка 9 передает этот список в качестве аргумента в функцию `pie`. Относительно результирующей круговой диаграммы можно сделать следующие наблюдения:

- ◆ сумма элементов списка равняется 200, поэтому целое значение круговой диаграммы будет равняться 200;
- ◆ в списке имеется четыре элемента, поэтому круговая диаграмма будет разделена на четыре доли;
- ◆ первая доля представляет значение 20, поэтому ее размер составит 10% от целого;
- ◆ вторая доля представляет значение 60, поэтому ее размер составит 30% от целого;
- ◆ третья доля представляет значение 80, поэтому ее размер составит 40% от целого;
- ◆ четвертая доля представляет значение 40, поэтому ее размер составит 20% от целого.

Вывод программы показан на рис. 7.16.

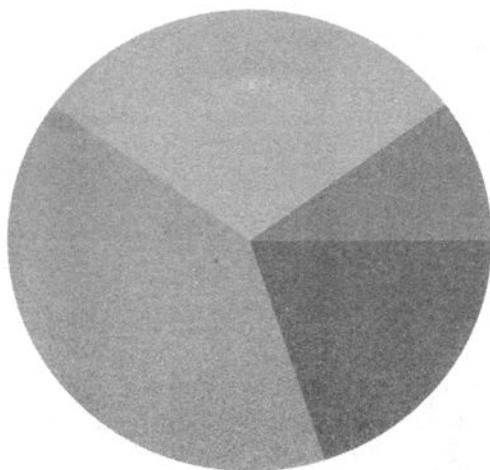


РИС. 7.16. Вывод программы 7.27

### Программа 7.27 (pie\_chart1.py)

```
1 # Эта программа выводит простую круговую диаграмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
```

```

4 def main():
5 # Создать список значений
6 values = [20, 60, 80, 40]
7
8 # Создать из этих значений круговую диаграмму.
9 plt.pie(values)
10
11 # Показать круговую диаграмму.
12 plt.show()
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()

```

## Вывод меток долей и заголовка диаграммы

Функция `pie` имеет параметр `labels`, который можно использовать для отображения меток долей на круговой диаграмме. Аргумент, который передается в этот параметр, является списком, содержащим нужные метки в качестве строковых литеров. В программе 7.28 показан пример. Стока 9 создает список с именем `slice_labels`. Затем в строке 12 в функцию `pie` передается именованный аргумент `labels=slice_labels`. В результате строки '1-й кв' будет выведена в виде метки первой доли, строка '2-й кв' — в виде метки второй доли и т. д. Стока 15 применяет функцию `title` для отображения заголовка 'Продажи с разбивкой по кварталам'. Вывод программы показан на рис. 7.17.

### Программа 7.28 (pie\_chart2.py)

```

1 # Эта программа выводит простую круговую диаграмму.
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def main():
5 # Создать список объемов продаж.
6 sales = [100, 400, 300, 600]
7
8 # Создать список меток долей.
9 slice_labels = ['1-й кв', '2-й кв', '3-й кв', '4-й кв']
10
11 # Создать из этих значений круговую диаграмму.
12 plt.pie(sales, labels=slice_labels)
13
14 # Добавить заголовок.
15 plt.title('Продажи с разбивкой по кварталам')
16
17 # Показать круговую диаграмму.
18 plt.show()
19
20 # Вызвать главную функцию.
21 main()

```



РИС. 7.17. Вывод программы 7.28

## Изменение цвета долей

Функция `pie` автоматически меняет цвет долей в следующем порядке: синий, зеленый, красный, голубой, сиреневый, желтый, черный и белый. Однако имеется возможность определить другой набор цветов, передав в параметр `colors` функции `pie` кортеж цветовых кодов в качестве аргумента. Цветовые коды основных цветов были перечислены в табл. 7.3. Приведенная ниже инструкция показывает пример передачи кортежа цветовых кодов в качестве именованного аргумента:

```
plt.pie(values, colors=('r', 'g', 'b', 'm', 'k'))
```

Когда эта инструкция исполнится, цвета долей в получившейся круговой диаграмме будут красным, зеленым, синим, сиреневым и черным.



## Контрольная точка

- 7.26. Какие два аргумента следует передать, чтобы создать график при помощи функции `plot`?
- 7.27. Какой вид графика строит функция `plot`?
- 7.28. Какие функции применяются для добавления в график меток на оси  $x$  и  $y$ ?
- 7.29. Как изменить в графике нижние и верхние границы осей  $x$  и  $y$ ?
- 7.30. Как выполнить в графике индивидуальную настройку меток делений вдоль осей  $x$  и  $y$ ?
- 7.31. Какие два аргумента следует передать, чтобы создать при помощи функции `bar` столбчатую диаграмму?
- 7.32. Допустим, что приведенная ниже инструкция вызывает функцию `bar` для построения столбчатой диаграммы с четырьмя столбиками. Какого цвета будут столбики?  

```
plt.bar(left_edges, heights, color=('r', 'b', 'r', 'b'))
```

7.33. Какой аргумент следует передать, чтобы при помощи функции `pie` создать круговую диаграмму?

## Вопросы для повторения

### Множественный выбор

1. Этот термин относится к отдельному значению в списке.
  - а) элемент;
  - б) ячейка;
  - в) гнездо;
  - г) слот.
2. Это число идентифицирует значение в списке.
  - а) элемент;
  - б) индекс;
  - в) закладка;
  - г) идентификатор.
3. Это первый индекс в списке.
  - а)  $-1$ ;
  - б) 1;
  - в) 0;
  - г) размер списка минус один.
4. Это последний индекс в списке.
  - а) 1;
  - б) 99;
  - в) 0;
  - г) размер списка минус один.
5. Если попытаться использовать индекс, который находится за пределами диапазона списка, то \_\_\_\_\_.
  - а) произойдет исключение `ValueError`;
  - б) произойдет исключение `IndexError`;
  - в) список будет стерт, и программа продолжит работу;
  - г) ничего не произойдет — недопустимый индекс будет проигнорирован.
6. Эта функция возвращает длину списка.
  - а) `length`;
  - б) `size`;
  - в) `len`;
  - г) `lengthof`.

7. Когда левый операнд оператора \* является списком, а его правый операнд — целым числом, оператор становится \_\_\_\_\_.  
а) оператором умножения;  
б) оператором повторения;  
в) оператором инициализации;  
г) ничем — этот оператор не поддерживает такие типы operandов.
8. Списковый метод \_\_\_\_\_ добавляет значение в конец существующего списка.  
а) add();  
б) add\_to();  
в) increase();  
г) append().
9. В результате применения \_\_\_\_\_ значение в заданной индексной позиции в списке удаляется.  
а) метода remove();  
б) метода delete();  
в) инструкции del;  
г) метода kill().
10. Допустим, что в программе появляется приведенная ниже инструкция:
- ```
mylist = []
```
- Какую инструкцию следует применить для добавления строкового значения 'лабрадор' в этот список в индексную позицию, равную 0?
- а) mylist[0] = 'лабрадор';
б) mylist.insert(0, 'лабрадор');
в) mylist.append ('лабрадор');
г) mylist.insert ('лабрадор', 0);
11. Если метод index() вызывается для определения местоположения значения в списке, и при этом значение не найдено, то _____.
а) вызывается исключение ValueError;
б) вызывается исключение InvalidIndex;
в) метод возвращает -1;
г) ничего не происходит; программа продолжает выполняться, начиная со следующей инструкции.
12. Встроенная функция _____ возвращает самое большое значение в списке.
а) highest;
б) max;
в) greatest;
г) best_of.

13. Метод файлового объекта _____ возвращает список с содержимым файла.
- а) `to_list();`
 - б) `getlist();`
 - в) `readline();`
 - г) `readlines().`
14. Какая из приведенных ниже инструкций создает кортеж?
- а) `values = [1, 2, 3, 4];`
 - б) `values = {1, 2, 3, 4};`
 - в) `values = (1);`
 - г) `values = (1,).`

Истина или ложь

1. Списки в Python — это мутирующие последовательности.
2. Кортежи в Python — это немутирующие последовательности.
3. Инструкция `del` удаляет элемент в заданной индексной позиции в списке.
4. Допустим, что переменная `list1` ссылается на список. После исполнения приведенной ниже инструкции `list1` и `list2` будут ссылаться на два идентичных, но отдельных списка, в оперативной памяти:
`list2 = list1`
5. Метод `writelines()` файлового объекта автоматически дописывает символ новой строки (`'\n'`) после записи в файл каждого значения в списке.
6. Оператор `+` можно использовать для конкатенации двух списков.
7. Список может быть элементом в другом списке.
8. Элемент может быть удален из кортежа путем вызова метода кортежа `remove()`.

Короткий ответ

1. Взгляните на приведенную ниже инструкцию:
`numbers = [10, 20, 30, 40, 50]`
 - а) Сколько в списке элементов?
 - б) Какой индекс первого элемента в списке?
 - в) Какой индекс последнего элемента в списке?
2. Взгляните на приведенную ниже инструкцию:
`numbers = [1, 2, 3]`
 - а) Какое значение хранится в `numbers[2]`?
 - б) Какое значение хранится в `numbers[0]`?
 - в) Какое значение хранится в `numbers[-1]`?

3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
values = [2, 4, 6, 8, 10]
print(values[1:3])
```

4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
print(numbers[5:])
```

5. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
print(numbers[-4:])
```

6. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
values = [2] * 5
print(values)
```

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает список с приведенными далее строковыми значениями: 'Эйнштейн', 'Ньютона', 'Коперник' и 'Кеплер'.

2. Допустим, что переменная `names` ссылается на список. Напишите цикл `for`, который выводит каждый элемент списка.

3. Допустим, что список `numbers1` имеет 100 элементов, а `numbers2` является пустым списком. Напишите код, который копирует значения из списка `numbers1` в список `numbers2`.

4. Составьте блок-схему, которая демонстрирует общую логику суммирования значений в списке.

5. Напишите функцию, которая принимает список в качестве аргумента (допустим, что список содержит целые числа) и возвращает сумму значений в списке.

6. Допустим, что переменная `names` ссылается на список строковых значений. Напишите программный код, который определяет, находится ли имя 'Руби' в списке `names`. Если это так, то выведите сообщение 'Привет, Руби!'. В противном случае выведите сообщение 'Руби отсутствует'.

7. Что напечатает приведенный ниже фрагмент кода?

```
list1 = [40, 50, 60]
list2 = [10, 20, 30]
list3 = list1 + list2
print(list3)
```

8. Напишите инструкцию, которая создает двумерный список с 5 строками и 3 столбцами. Затем напишите вложенные циклы, которые получают от пользователя целочисленное значение для каждого элемента в списке.

Задачи по программированию

1. **Общий объем продаж.** Разработайте программу, которая просит пользователя ввести продажи магазина за каждый день недели. Суммы должны быть сохранены в списке. Примените цикл, чтобы вычислить общий объем продаж за неделю и показать результат.

2. **Генератор лотерейных чисел.** Разработайте программу, которая генерирует семизначную комбинацию лотерейных чисел. Программа должна сгенерировать семь случайных чисел, каждое в диапазоне от 0 до 9, и присвоить каждое число элементу списка. (Случайные числа рассматривались в главе 5.) Затем напишите еще один цикл, который показывает содержимое списка.



Видеозапись "Задача о генераторе комбинации чисел лотереи"

(The Lottery Number Generator Problem)

3. **Статистика дождевых осадков.** Разработайте программу, которая позволяет пользователю занести в список общее количество дождевых осадков за каждый из 12 месяцев. Программа должна вычислить и показать суммарное количество дождевых осадков за год, среднее ежемесячное количество дождевых осадков и месяцы с самым высоким и самым низким количеством дождевых осадков.

4. **Программа анализа чисел.** Разработайте программу, которая просит пользователя ввести ряд из 20 чисел. Программа должна сохранить числа в списке и затем показать приведенные ниже данные:

- наименьшее число в списке;
- наибольшее число в списке;
- сумму чисел в списке;
- среднее арифметическое значение чисел в списке.

5. **Проверка допустимости номера расходного счета.** Среди исходного кода главы 7, а также в подпапке data "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл charge_accounts.txt. Этот файл содержит список допустимых номеров расходных счетов компаний. Каждый номер счета представляет собой семизначное число, в частности 5658845.

Напишите программу, которая считывает содержимое файла в список. Затем эта программа должна попросить пользователя ввести номер расходного счета. Программа должна определить, что номер является допустимым, путем его поиска в списке. Если число в списке имеется, то программа должна вывести сообщение, указывающее на то, что номер допустимый. Если числа в списке нет, то программа должна вывести сообщение, указывающее на то, что номер недопустимый.

6. **Больше числа *n*.** В программе напишите функцию, которая принимает два аргумента: список и число *n*. Допустим, что список содержит числа. Функция должна показать все числа в списке, которые больше *n*.

7. **Экзамен на получение водительских прав.** Местный отдел по выдаче удостоверений на право вождения автомобиля попросил вас создать приложение, которое оценивает письменную часть экзамена на получение водительских прав. Экзамен состоит из 20 вопросов с множественным выбором. Вот правильные ответы:

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. A | 6. B | 11. A | 16. C |
| 2. C | 7. C | 12. D | 17. B |
| 3. A | 8. A | 13. C | 18. B |
| 4. A | 9. C | 14. A | 19. D |
| 5. D | 10. B | 15. D | 20. A |

Ваша программа должна сохранить эти правильные ответы в списке. Программа должна прочитать из текстового файла ответы испытуемого на каждый из 20 вопросов и сохранить эти ответы в еще одном списке. (Создайте собственный текстовый файл для тестирования приложения или же воспользуйтесь файлом `student_solution.txt`, который можно найти в исходном коде *главы 7* или в подпапке `data` "Решений задач по программированию" соответствующей главы.) После того как ответы испытуемого были считаны из файла, программа должна вывести сообщение о том, прошел ли испытуемый экзамен или нет. (Для того чтобы сдать экзамен, испытуемый должен правильно ответить на 15 из 20 вопросов.) Затем программа должна вывести общее количество вопросов, ответы на которые были правильными, общее количество вопросов, ответы на которые были неправильными, и список, показывающий номера вопросов, ответы на которые были неправильными.

8. **Поиск имени.** Среди исходного кода *главы 7*, а также в подпапке `data` "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете приведенные ниже файлы:

- `GirlNames.txt` — файл содержит список 200 самых популярных имен, данных девочкам, родившимся в США между 2000 и 2009 годами;
- `BoyNames.txt` — файл содержит список 200 самых популярных имен, данных мальчикам, родившимся в США между 2000 и 2009 годами.

Напишите программу, которая считывает содержимое этих двух файлов в два отдельных списка. Пользователь должен иметь возможность ввести имя мальчика, имя девочки или оба имени, и приложение должно вывести сообщения о том, что введенные имена находятся среди самых популярных имен.

9. **Данные о населении.** Среди исходного кода *главы 7*, а также в подпапке `data` "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл `USPopulation.txt`. Этот файл содержит данные о среднегодовой численности населения США в тысячах с 1950 по 1990 годы. Первая строка в файле содержит численность населения в 1950 году, вторая строка — численность населения в 1951 году и т. д.

Напишите программу, которая считывает содержимое файла в список. Программа должна показать приведенные ниже данные:

- среднегодовое изменение численности населения в течение указанного периода времени;
- год с наибольшим увеличением численности населения в течение указанного периода времени;
- год с наименьшим увеличением численности населения в течение указанного периода времени.

10. **Чемпионы Мировой серии.** Среди исходного кода *главы 7*, а также в подпапке `data` "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл `WorldSeriesWinners.txt`. Этот файл содержит хронологический список команд-победителей Мировой серии по бейсболу с 1903 по 2009 годы. (Первая строка в файле является названием команды, которая победила в 1903 году, а последняя строка является названием команды, которая победила в 2009 году. Обратите внимание, что Мировая серия не проводилась в 1904 и 1994 годах.)

Напишите программу, которая позволяет пользователю ввести название команды и затем выводит количество лет, когда команда побеждала в Мировой серии в течение указанного периода времени с 1903 по 2009 годы.

**СОВЕТ**

Прочитайте содержимое файла `WorldSeriesWinners.txt` в список. Когда пользователь вводит название команды, программа должна выполнить обход списка, подсчитывая количество раз, когда первой становилась отобранныя команда.

- 11. Магический квадрат Lo Shu.** Магический квадрат Lo Shu представляет собой таблицу с 3 строками и 3 столбцами (рис. 7.18). Магический квадрат Lo Shu имеет приведенные ниже свойства:

- таблица содержит числа строго от 1 до 9;
- сумма каждой строки, каждого столбца и каждой диагонали в итоге составляет одно и то же число (рис. 7.19).

Магический квадрат можно сымитировать в программе при помощи двумерного списка. Напишите функцию, которая принимает двумерный список в качестве аргумента и определяет, не является ли список магическим квадратом Lo Shu. Протестируйте функцию в программе.

| | | |
|---|---|---|
| 4 | 9 | 2 |
| 3 | 5 | 7 |
| 8 | 1 | 6 |

РИС. 7.18. Магический квадрат Lo Shu

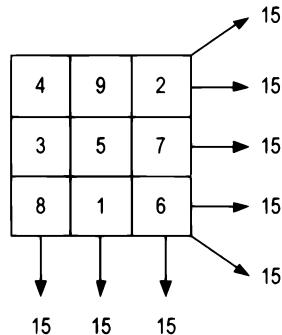


РИС. 7.19. Сумма строк, столбцов и диагоналей

- 12. Генерация простого числа.** Натуральное (целое положительное) число является простым, если оно не имеет делителей кроме 1 и самого себя. Натуральное (целое положительное) число является составным, если оно не является простым. Напишите программу, которая просит пользователя ввести целое число больше 1 и затем выводит все простые числа, которые меньше или равны введенному числу. Программа должна работать следующим образом:

- после того как пользователь ввел число, программа должна заполнить список всеми целыми числами начиная с 2 и до введенного значения;
- затем программа должна применить цикл, чтобы пройти по списку. Каждый элемент должен быть в цикле передан в функцию, которая определяет и сообщает, что элемент является простым числом.

- 13. Волшебный шар.** Напишите программу, которая моделирует волшебный шар, т. е. игрушку, предсказывающую будущее, которая дает случайный ответ на общий вопрос, требующий ответа "да" или "нет". Среди исходного кода главы 7, а также в подпапке `data` "Решений задач по программированию" соответствующей главы, вы найдете файл `8_ball_responses.txt`. Этот файл содержит 12 ответов, в частности: "Не думаю", "Да, конечно!", "Не уверен" и т. д. Программа должна прочитать ответы из файла в список. Она

должна предложить пользователю задать вопрос и затем показать один из ответов, отобранных из списка случайным образом. Программа должна продолжать работу до тех пор, пока пользователь не будет готов из нее выйти.

Содержимое файла 8_ball_responses.txt:

Да, разумеется!

Вне всяких сомнений, да!

Можно рассчитывать, что да.

Наверняка.

Спросите меня позже.

Не уверен.

Прямо сейчас не готов сказать.

Расскажу после отдыха.

Никаких шансов.

Не думаю, что будет так.

Вне всяких сомнений, нет!

Совершенно очевидно, что нет!

14. **Круговая диаграмма расходов.** Создайте текстовый файл, который содержит ваши расходы за прошлый месяц по приведенным ниже статьям:

- арендная плата;
- бензин;
- продукты питания;
- одежда;
- платежи по автомашине;
- прочие.

Напишите программу Python, которая считывает данные из файла и использует пакет `matplotlib` для построения круговой диаграммы, показывающей, как вы тратите свои деньги.

15. **График еженедельных цен на бензин за 1994 год.** Среди исходного кода главы 7, а также в подпапке data "Решений задач по программированию" соответствующей главы, вы найдете файл `1994_Weekly_Gas_Averages.txt`. Этот файл содержит среднюю цену бензина в течение каждой недели 1994 года. (В файле имеется 52 строки.) Используя пакет `matplotlib`, напишите программу Python, которая считывает содержимое файла и затем строит либо линейный график, либо столбчатую диаграмму. Не забудьте показать содержательные метки вдоль осей *x* и *y*, а также метки делений.

8.1**Базовые строковые операции****Ключевые положения**

Python обеспечивает несколько способов доступа к отдельным символам в строковом значении. Кроме того, имеется целый ряд методов, которые позволяют выполнять над ними операции.

Многие программы, которые вы до настоящего момента писали, работают со строковыми объектами лишь в ограниченной степени. Выполнявшиеся вами операции были связаны только с вводом и выводом. Например, вы считывали строковые значения с клавиатуры и из файлов в качестве входных данных и отправляли их на экран и в файлы в качестве выходных данных.

Существует целый ряд программ, которые не только читают строковые данные на входе и записывают их на выходе, но и выполняют над ними операции. Программы обработки текста, к примеру, управляют большими объемами текста, и, следовательно, всесторонне работают со строковыми данными. Почтовые программы и поисковые системы представляют собой еще один пример программ, которые выполняют операции над строковыми данными.

Python предлагает большое разнообразие инструментов и методов программирования, которые можно использовать для проверки и управления строковыми данными. В сущности, строковые данные представляют собой один из видов последовательности, и поэтому многие принципы, которые вы узнали о последовательностях в главе 7, применимы и к строковым данным. В этой главе мы рассмотрим многие из них.

Доступ к отдельным символам в строковом значении

Некоторые задачи программирования нуждаются в доступе к отдельным символам в строковом значении. Например, вы, вероятно, знакомы с веб-сайтами, которые требуют от вас создания пароля. Из соображений безопасности требуется, чтобы пароль имел по крайней мере одну прописную букву, по крайней мере одну строчную букву и по крайней мере одну цифру. Во время создания пароля программа проверяет каждый символ, чтобы пароль гарантированно соответствовал предъявляемым требованиям. (Позже в этой главе вы увидите пример такой программы.) В этом разделе мы рассмотрим два метода, которые в Python можно использовать для доступа к отдельным символам в строковом значении: применение цикла `for` и индексацию.

Обход строкового значения в цикле `for`

Один из самых простых способов получить доступ к отдельным символам в строковом значении состоит в применении цикла `for`. Вот общий формат:

```
for переменная in строковое_значение:
    инструкция
    инструкция
    ...
    ...
```

В данном формате `переменная` — это имя переменной, `строковое_значение` — строковый литерал либо переменная, которая ссылается на строковое значение. Во время каждой итерации цикла `переменная` будет ссылаться на копию символа в строковом значении, начиная с первого символа. Мы говорим, что цикл выполняет последовательный перебор символов в строковом значении. Вот пример:

```
name = 'Джулия'
for ch in name:
    print(ch)
```

Переменная `name` ссылается на строковый литерал с шестью символами, поэтому цикл сделает шесть итераций. Во время первой итерации цикла переменная `ch` будет ссылаться на 'Д', во время второй итерации — на 'ж' и т. д. (рис. 8.1). Когда программный код исполнится, он покажет следующее:

```
Д
ж
у
л
и
я
```



ПРИМЕЧАНИЕ

На рис. 8.1 показано, как переменная `ch` ссылается на копию символа из строкового значения по мере выполнения итераций цикла. Если в цикле поменять значение, на которое ссылается `ch`, то это не повлияет на строковый литерал, на который ссылается переменная `name`. Для того чтобы это продемонстрировать, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
1 name = 'Джулия'
2 for ch in name:
3     ch = 'X'
4 print(name)
```

Инструкция в строке 3 во время каждой итерации цикла повторно присваивает переменной `ch` другое значение. Эта операция не влияет на строковый литерал 'Джулия', на который ссылается переменная `name`, и не влияет на количество итераций цикла. Во время исполнения этого фрагмента кода инструкция в строке 4 напечатает:

Джулия

В программе 8.1 показан еще один пример. Эта программа просит пользователя ввести строковое значение. Затем она применяет цикл `for` для обхода строкового значения, подсчитывая количество появлений буквы Т (в верхнем или нижнем регистре).

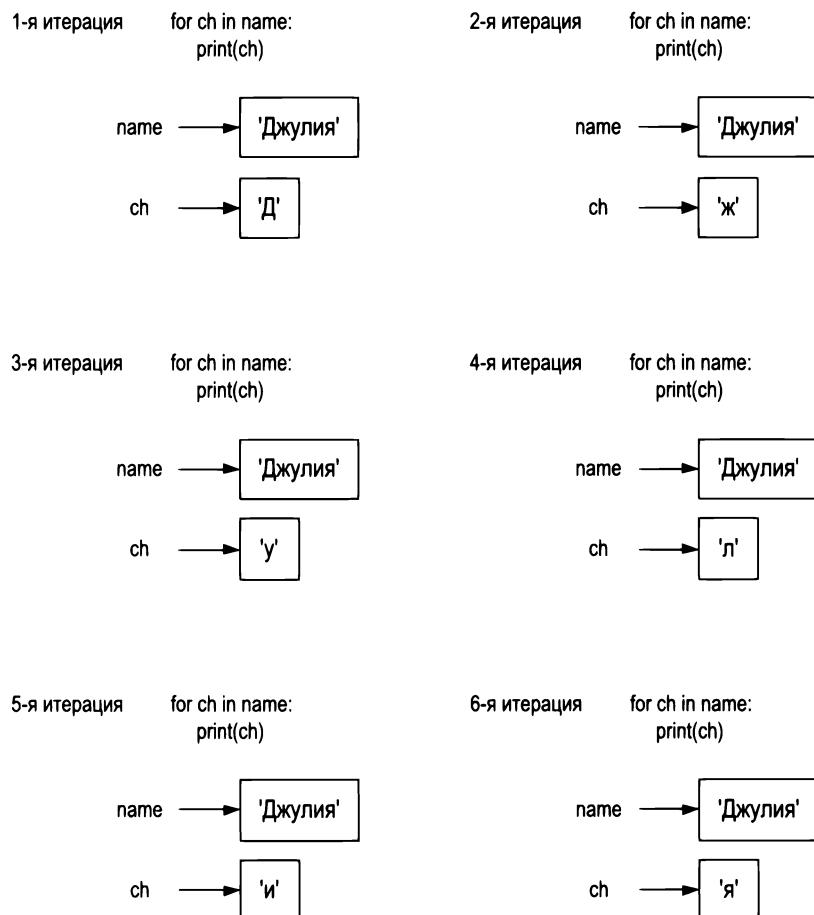


РИС. 8.1. Обход строкового литерала 'Джулия'

Программа 8.1 (count_Ts.py)

```

1 # Эта программа подсчитывает количество появлений
2 # буквы Т (в верхнем или нижнем регистре)
3 # в строковом значении.
4
5 def main():
6     # Создать переменную, в которой будет храниться количество.
7     # Переменная должна начинаться с 0.
8     count = 0
9
10    # Получить от пользователя строковое значение.
11    my_string = input('Введите предложение: ')
12
13    # Подсчитать буквы Т.
14    for ch in my_string:
15        if ch == 'T' or ch == 'т':
16            count += 1

```

```

17
18     # Напечатать результат.
19     print('Буква Т появляется', count, 'раз.')
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите предложение: **Кто не ходит, тот и не падает.**

Буква Т появляется 5 раз(а).

Индексация

Еще один способ получить доступ к отдельным символам в строковом значении реализуется при помощи *индекса*. Каждый символ в строковом значении имеет индекс, который задает его позицию. Индексация начинается с 0, поэтому индекс первого символа равняется 0, индекс второго символа равняется 1 и т. д. Индекс последнего символа в строковом значении равняется количеству символов в строковом значении минус 1. На рис. 8.2 показаны индексы для каждого символа в строковом литерале 'Ромашки белые'. Строковый литерал имеет 13 символов, поэтому индексы символов варьируются от 0 до 12.

Индекс можно использовать для получения копии отдельного символа в строковом значении:

```

my_string = 'Ромашки белые'
ch = my_string[6]

```

Выражение `my_string[6]` во второй инструкции возвращает копию символа из переменной `my_string` в индексной позиции 6. После исполнения этой инструкции переменная `ch` будет ссылаться, как показано на рис. 8.3.



РИС. 8.2. Индексы строкового значения

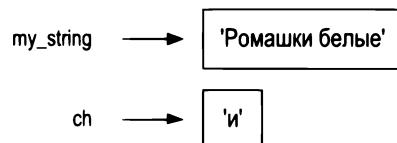


РИС. 8.3. Получение копии символа из строкового значения

Вот еще один пример:

```

my_string = 'Ромашки белые'
print(my_string[0], my_string[6], my_string[10])

```

Этот фрагмент кода напечатает следующее:

Р и л

В качестве индексов можно также использовать отрицательные числа. Это делается для идентификации позиций символа относительно конца строкового значения. Для определения позиции символа интерпретатор Python прибавляет отрицательные индексы к длине строкового значения. Индекс -1 идентифицирует последний символ в строковом значении,

–2 идентифицирует предпоследний символ и т. д. Приведенный ниже фрагмент кода показывает пример:

```
my_string = 'Ромашки белые'  
print(my_string[-1], my_string[-2], my_string[-13])
```

Этот фрагмент кода напечатает следующее:

```
е ы Р
```

Исключения *IndexError*

Исключение *IndexError* происходит при попытке применить индекс, который находится вне диапазона конкретного строкового значения. Например, строковый литерал 'Бостон' имеет 6 символов, поэтому его допустимые индексы находятся в пределах от 0 до 5. (Допустимые отрицательные индексы находятся между –1 и –6.) Вот пример кода, который демонстрирует исключение *IndexError*:

```
city = 'Бостон'  
print(city[6])
```

Данный тип ошибки, скорее всего, произойдет, когда цикл неправильно зайдет за пределы конца строкового литерала:

```
city = 'Бостон'  
index = 0  
while index < 7:  
    print(city[index])  
    index += 1
```

Во время последней итерации этого цикла переменной *index* будет присвоено значение 6, которое является недопустимым индексом для строкового литерала 'Бостон'. В результате функция *print* вызовет исключение *IndexError*.

Функция *len*

В главе 7 вы познакомились с функцией *len*, которая возвращает длину последовательности. Функция *len* также используется для получения длины строкового значения. Приведенный ниже фрагмент кода это демонстрирует:

```
city = 'Бостон'  
size = len(city)
```

Вторая инструкция вызывает функцию *len*, передавая переменную *city* в качестве аргумента. Функция возвращает 6, т. е. длину строкового литерала 'Бостон'. Это значение присваивается переменной *size*.

Функция *len* в особенности полезна для предотвращения ситуаций, когда циклы заходят за пределы конца строкового значения:

```
city = 'Бостон'  
index = 0  
while index < len(city):  
    print(city[index])  
    index += 1
```

Обратите внимание, что цикл повторяется до тех пор, пока индекс меньше длины строкового значения. Это вызвано тем, что индекс последнего символа в строковом значении всегда на 1 меньше его длины.

Конкатенация строковых данных

Распространенной операцией, выполняемой над строковыми данными, является их **конкатенация**, или присоединение одного строкового значения в конец другого. В предыдущих главах вы видели примеры, в которых используется оператор + для конкатенации строковых значений. Оператор + порождает строковое значение, которое является объединением двух других строковых значений, используемых в качестве его operandов. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> message = 'Привет, ' + 'мир!' [Enter]
2 >>> print(message) [Enter]
3 Привет, мир!
4 >>>
```

Строка 1 конкатенирует строковые значения 'Привет, ' и 'мир!', чтобы создать строковое значение 'Привет, мир!'. Полученный результат присваивается переменной message. Стока 2 печатает строковое значение, на которое ссылается переменная message. Вывод показан в строке 3.

Вот еще один интерактивный сеанс, который демонстрирует конкатенацию:

```
1 >>> first_name = 'Эмили' [Enter]
2 >>> last_name = 'Егер' [Enter]
3 >>> full_name = first_name + ' ' + last_name [Enter]
4 >>> print(full_name) [Enter]
5 Эмили Егер
6 >>>
```

Строка 1 присваивает переменной first_name строковый литерал 'Эмили'. Стока 2 присваивает переменной last_name строковый литерал 'Егер'. Стока 3 порождает строковое значение, которое является конкатнацией переменной first_name, потом пробела и затем переменной last_name. Получившееся строковое значение присваивается переменной full_name. Стока 4 печатает строковое значение, на которое ссылается переменная full_name. Вывод показан в строке 5.

Для выполнения конкатенации можно также использовать оператор +=. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> letters = 'абв' [Enter]
2 >>> letters += 'где' [Enter]
3 >>> print(letters) [Enter]
4 абвгде
5 >>>
```

Инструкция в строке 2 выполняет конкатенацию строковых литералов. Она работает так же, как

```
letters = letters + 'где'
```

После исполнения инструкции в строке 2 переменная `letters` будет ссылаться на строковое значение 'абвгде'. Вот еще один пример:

```
>>> name = 'Келли' [Enter]           # имя 'Келли'
>>> name += ' ' [Enter]             # имя 'Келли '
>>> name += 'Ивонна' [Enter]       # имя 'Келли Ивонна'
>>> name += ' ' [Enter]             # имя 'Келли Ивонна '
>>> name += 'Смит' [Enter]          # имя 'Келли Ивонна Смит'
>>> print(name) e
Келли Ивонна Смит
>>>
```

Следует иметь в виду, что операнд с левой стороны от оператора `+=` должен быть существующей переменной. Если указать несуществующую переменную, то будет вызвано исключение.

Строковые данные — это немуттирующие последовательности

В Python данные строкового типа являются немуттирующими последовательностями, т. е. после создания их нельзя изменить. Некоторые операции, такие как конкатенация, производят впечатление, что они видоизменяют строковые данные, но в действительности этого не происходит. Например, взгляните на программу 8.2.

Программа 8.2 (concatenate.py)

```
1 # Эта программа конкатенирует строковые значения.
2
3 def main():
4     name = 'Кармен'
5     print('Имя', name)
6     name = name + ' Браун'
7     print('Теперь имя', name)
8
9 # Вызвать главную функцию.
10 main()
```

Вывод программы

```
Имя Кармен
Теперь имя Кармен Браун
```

Как показано на рис. 8.4, инструкция в строке 4 присваивает переменной `name` строковый литерал 'Кармен'. Инструкция в строке 6 присоединяет к строковому литералу 'Кармен' строковый литерал 'Браун' и присваивает результат переменной `name` (рис. 8.5). Как видно из рисунка, исходное строковое значение 'Кармен' не изменилось. Вместо этого создается и присваивается переменной `name` новое строковое значение, содержащее 'Кармен Браун'. (Исходный строковый литерал 'Кармен' больше не используется, потому что ни одна переменная на него не ссылается. Интерпретатор Python в конечном счете удалит это неиспользуемое строковое значение из оперативной памяти.)

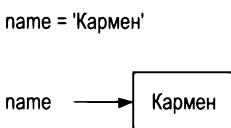


РИС. 8.4. Строковый литерал 'Кармен' присвоен переменной name

Поскольку строковые данные являются немуттирующими последовательностями, применять выражение в форме `строка[индекс]` с левой стороны оператора присваивания нельзя. Например, приведенный ниже фрагмент кода вызовет ошибку:

```

# Присвоить строковый литерал 'Билл' переменной friend.
friend = 'Билл'
# Можно ли поменять первый символ на 'У'?
friend[0] = 'У' # Нет, это вызовет ошибку!
  
```

Последняя инструкция в этом фрагменте кода вызовет исключение, потому что она пытается изменить первый символ в строковом литерале 'Билл'.



Контрольная точка

- 8.1. Допустим, что переменная name ссылается на строковое значение. Напишите цикл `for`, который напечатает каждый символ в строковом значении.
- 8.2. Каков индекс первого символа в строковом значении?
- 8.3. Каков индекс последнего символа в строковом значении, которое имеет 10 символов?
- 8.4. Что произойдет, если попытаться применить для доступа к символу в строковом значении недопустимый индекс?
- 8.5. Как найти длину строкового значения?
- 8.6. Что не так с приведенным ниже фрагментом кода?

```

animal = 'Тигр'
animal[0] = 'Л'
  
```

8.2

Нarezка строковых значений

Ключевые положения

Выражения среза используются для извлечения диапазона символов из строкового значения.

В главе 7 вы узнали, что срез является диапазоном элементов, извлекаемых из последовательности. При взятии среза из строкового значения в результате получается диапазон символов строкового значения. Срезы строковых значений также называются *подстроками*.

Для того чтобы получить срез строкового значения, пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

`строковое_значение[начало : конец]`

`name = name + 'Браун'`

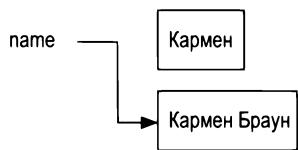


РИС. 8.5. Строковый литерал 'Кармен Браун' присвоен переменной name

В данном формате *начало* — это индекс первого символа в срезе, *конец* — индекс, отмечающий конец среза. Это выражение возвращает строковое значение, содержащее копию символов с *начала* до *конца* (но не включая последний). Например, предположим, что имеется фрагмент кода:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'  
middle_name = full_name[6:10]
```

Вторая инструкция присваивает переменной middle_name строковое значение 'Линн'.

Если в выражении среза опустить индекс *начала*, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'  
first_name = full_name[:5]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `first_name` строковое значение 'Петти'.

Если в выражении среза опустить индекс конца, то Python будет использовать длину строкового значения в качестве индекса конца. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'  
last_name = full_name[11:]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `last_name` строковое значение 'Смит'.

Что присвоит переменной my_string приведенный ниже фрагмент кода? Как вы думаете?

```
full_name = 'Петти Линн Смит'  
my_string = full_name[::]
```

Вторая инструкция присваивает переменной `my_string` весь строковый литерал 'Петти Линн Смит'. Эта инструкция эквивалентна:

```
my_string = full_name[0 : len(full_name)]
```

Примеры взятия срезов, которые мы видели до сих пор, демонстрируют получение срезов символов, расположенных подряд друг за другом. Выражения среза также могут иметь величину шага, который позволяет пропускать символы в строковом значении. Вот пример программного кода, в котором используется выражение среза с величиной шага:

```
letters = 'АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОРСТУФХЦШЩЫЭЮЯ'  
print(letters[0:32:2])
```

Третье число в скобках является величиной шага. Примененная в этом примере величина шага 2 приводит к тому, что срез содержит каждый второй символ из заданного диапазона в строковом значении. Этот фрагмент кода напечатает следующее:

АВЛЁЗИЙЛНПСУХЧШЫЭЯ

В качестве индексов в выражениях среза также можно использовать отрицательные числа, чтобы ссылаться на позиции относительно конца строкового значения. Вот пример:

```
full_name = 'Петти Линн Смит'  
last_name = full_name[-4:]
```

Вспомните, что Python прибавляет отрицательный индекс к длине строкового значения, чтобы ссылаться на позицию по этому индексу. Вторая инструкция в этом фрагменте кода присваивает переменной `last_name` строковое значение 'Смит'.



ПРИМЕЧАНИЕ

Недопустимые индексы в выражениях среза не вызывают исключение. Например:

- если индекс `конца` задает позицию за пределами конца строкового значения, то Python вместо него будет использовать длину строкового значения;
- если индекс `начала` задает позицию до начала строкового значения, то Python вместо него будет использовать 0;
- если индекс `начала` больше индекса `конца`, то выражение среза вернет пустое строковое значение.



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Извлечение символов из строкового значения

В университете каждому студенту присваивается регистрационное имя для входа в систему. Это имя используется студентом для регистрации в компьютерной системе кампуса. В рамках вашего сотрудничества с университетским подразделением по информационным технологиям вас попросили написать программный код, который генерирует для студентов системные имена для входа в систему. Вы будете использовать приведенный ниже алгоритм генерации имени для входа в систему:

1. Получить первые три буквы имени студента. (Если длина имени меньше трех букв, то использовать все имя.)
2. Получить первые три буквы фамилии студента. (Если длина фамилии меньше трех букв, то использовать всю фамилию.)
3. Получить последние три символа идентификационного номера студента. (Если длина идентификационного номера меньше трех символов, то использовать весь идентификационный номер.)
4. Конкатенировать три набора символов для генерации имени для входа в систему.

Например, если имя студента — Аманда Спенсер, ее идентификационный номер — ENG6721, то ее имя для входа в систему будет АмаСпe721. Вы решаете написать функцию `get_login_name`, которая в качестве аргументов принимает имя, фамилию и идентификационный номер студента и возвращает имя для входа в систему в виде строкового значения. Вы собираетесь сохранить эту функцию в модуле `login.py`. Этот модуль затем можно импортировать в любую программу Python, которая должна генерировать имя для входа в систему. В программе 8.3 показан соответствующий код модуля `login.py`.

Программа 8.3

(login.py)

```

1 # Функция get_login_name принимает имя, фамилию и
2 # идентификационный номер в качестве аргументов.
3 # Она возвращает имя для входа в систему.
4
5 def get_login_name(first, last, idnumber):
6     # Получить первые три буквы имени.
7     # Если длина имени меньше 3 букв, то
8     # срез вернет все имя целиком.
9     set1 = first[0 : 3]

```

```
10
11     # Получить первые три буквы фамилии.
12     # Если длина фамилии меньше 3 букв, то
13     # срез вернет всю фамилию целиком.
14     set2 = last[0 : 3]
15
16     # Получить последние три буквы фамилии идентификатора.
17     # Если длина идентификатора меньше 3 символов, то
18     # срез вернет весь идентификатор целиком.
19     set3 = idnumber[-3 :]
20
21     # Собрать воедино наборы символов.
22     login_name = set1 + set2 + set3
23
24     # Вернуть имя для входа в систему.
25     return login_name
```

Функция `get_login_name` принимает три строковых аргумента: имя, фамилию и идентификационный номер. Инструкция в строке 9 применяет выражение среза для получения первых трех символов строкового значения, на которое ссылается параметр `first`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set1`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `first`, меньше трех символов, то значение 3 будет недопустимым конечным индексом. Если это так, то Python будет использовать в качестве конечного индекса длину строкового значения, и выражение среза вернет все значение целиком.

Инструкция в строке 14 использует выражение среза для получения первых трех символов строкового значения, на которое ссылается параметр `last`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set2`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `last`, меньше трех символов, то будет возвращено все значение целиком.

Инструкция в строке 19 использует выражение среза для получения последних трех символов строкового значения, на которое ссылается параметр `idnumber`, и присваивает эти символы как строковое значение переменной `set3`. Если длина строкового значения, на которое ссылается параметр `idnumber`, меньше трех символов, то значение `-3` будет недопустимым начальным значением индекса. Если это так, то Python будет использовать 0 в качестве начального значения индекса.

Инструкция в строке 22 присваивает конкатенацию переменных `set1`, `set2` и `set3` переменной `login_name`. Эта переменная возвращается в строке 25. Программа 8.4 демонстрирует эту функцию.

Программа 8.4 (generate_login.py)

```
1 # Эта программа получает имя и фамилию пользователя
2 # и идентификационный номер студента. На основе этих данных
3 # она генерирует имя для входа в систему.
4
5 import login
6
```

```

7 def main():
8     # Получить имя, фамилию и ИД-номер пользователя.
9     first = input('Введите свое имя: ')
10    last = input('Введите свою фамилию: ')
11    idnumber = input('Введите свой номер студента: ')
12
13    # Получить имя для входа в систему.
14    print('Ваше имя для входа в систему:')
15    print(login.get_login_name(first, last, idnumber))
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свое имя: **Холли**

Введите свою фамилию: **Гэддис**

Введите свой номер студента: **CSC34899**

Ваше имя для входа в систему:

ХолГэд899

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свое имя: **Эл**

Введите свою фамилию: **Кусимано**

Введите свой номер студента: **BIO4497**

Ваше имя для входа в систему:

ЭлКус497



Контрольная точка

8.7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[2:5])
```

8.8. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[3:])
```

8.9. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[:3])
```

8.10. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'abcdefg'
print(mystring[:])
```

8.3

Проверка, поиск и манипуляция строковыми данными

Ключевые положения

Python предоставляет операторы и методы проверки и поиска внутри строковых данных, а также получения модифицированных копий строковых данных.

Проверка строковых значений при помощи *in* и *not in*

В Python оператор *in* используется с целью определения, содержится ли одно строковое значение в другом. Вот общий формат выражения с использованием оператора *in* с двумя строковыми значениями:

```
строковое_значение1 in строковое_значение2
```

строковое_значение1 и строковое_значение2 могут быть либо строковыми литералами, либо переменными, которые ссылаются на строковые значения. Это выражение возвращает истину, если строковое_значение1 найдено в строковом_значении2. Например, взгляните на фрагмент кода:

```
text = 'Восемьдесят семь лет назад'
if 'семь' in text:
    print('Строковое значение "семь" найдено.')
else:
    print('Строковое значение "семь" не найдено.')
```

Этот фрагмент кода определяет, содержит ли строковое значение 'Восемьдесят семь лет назад' подстроку 'семь'. Если выполнить этот фрагмент кода, то он покажет:

Строковое значение "семь" найдено.

Для проверки, что строковое значение не содержится в другом строковом значении, можно применить оператор *not in*. Вот пример:

```
names = 'Билл Джоанна Сьюзен Крис Хуан Кэти'
if 'Пьер' not in names:
    print('Пьер не найден.')
else:
    print('Пьер найден.')
```

Если выполнить этот фрагмент кода, то он покажет:

Пьер не найден.

Строковые методы

Из главы 6 известно, что метод — это функция, которая принадлежит объекту и выполняет некоторую операцию с использованием этого объекта. Объекты строкового типа в Python имеют многочисленные методы¹. В этом разделе мы рассмотрим несколько строковых методов для выполнения следующих типов операций:

¹ В этой книге мы не охватим все строковые методы. Описание всех строковых методов см. в документации Python на сайте www.python.org.

- ◆ проверка строковых значений;
- ◆ выполнение различных модификаций;
- ◆ поиск подстрок и замена последовательностей символов.

Вот общий формат вызова строкового метода:

строковая_переменная.метод(аргументы)

В данном формате *строковая_переменная* — это переменная, которая ссылается на строковое значение, *метод* — имя метода, который вызывается, *аргументы* — один или несколько передаваемых в метод аргументов. Давайте рассмотрим несколько примеров.

Методы проверки строковых значений

Строковые методы, перечисленные в табл. 8.1, проверяют строковое значение в отношении определенных свойств. Например, метод *isdigit()* возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры. В противном случае он возвращает ложь. Вот пример:

```
string1 = '1200'
if string1.isdigit():
    print(string1, 'содержит только цифры.')
else:
    print(string1, 'содержит символы, отличные от цифр.')
```

Этот фрагмент кода выведет на экран:

1200 содержит только цифры.

Вот еще один пример:

```
string2 = '123abc'
if string2.isdigit():
    print(string2, 'содержит только цифры.')
else:
    print(string2, 'содержит символы, отличные от цифр.')
```

Этот фрагмент кода выведет:

123abc содержит символы, отличные от цифр.

Таблица 8.1. Несколько методов проверки строкового значения

| Метод | Описание |
|------------------|--|
| <i>isalnum()</i> | Возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы алфавита или цифры и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь |
| <i>isalpha()</i> | Возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы алфавита и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь |
| <i>isdigit()</i> | Возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь |
| <i>islower()</i> | Возвращает истину, если все буквы алфавита в строковом значении находятся в нижнем регистре, и строковая последовательность содержит по крайней мере одну букву алфавита. В противном случае возвращает ложь |

Таблица 8.1 (окончание)

| Метод | Описание |
|------------|--|
| isspace () | Возвращает истину, если строковое значение содержит только пробельные символы и имеет по крайней мере один символ. В противном случае возвращает ложь. (Пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (\n) и символы табуляции (\t).) |
| isupper () | Возвращает истину, если все буквы алфавита в строковом значении находятся в верхнем регистре, и строковая последовательность содержит по крайней мере одну букву алфавита. В противном случае возвращает ложь |

Программа 8.5 демонстрирует несколько строковых методов проверки. Она просит пользователя ввести строковое значение и затем выводит различные сообщения в зависимости от возвращаемого методами значения.

Программа 8.5 (string_test.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует несколько строковых методов проверки.
2
3 def main():
4     # Получить от пользователя строковое значение.
5     user_string = input('Введите строковое значение: ')
6
7     print('Вот, что обнаружено в отношении введенного значения: ')
8
9     # Проанализировать строковое значение.
10    if user_string.isalnum():
11        print('Эта строка содержит буквы или цифры.')
12    if user_string.isdigit():
13        print('Эта строка содержит только цифры.')
14    if user_string.isalpha():
15        print('Эта строка содержит только буквы алфавита.')
16    if user_string.isspace():
17        print('Эта строка содержит только пробельные символы.')
18    if user_string.islower():
19        print('Все буквы в строке находятся в нижнем регистре.')
20    if user_string.isupper():
21        print('Все буквы в строке находятся в верхнем регистре.')
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите строковое значение: **абв**

Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:

Эта строка содержит буквы или цифры.

Эта строка содержит только буквы алфавита.

Все буквы в строке находятся в нижнем регистре.

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите строковое значение: **123**

Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:

Эта строка содержит буквы или цифры.

Эта строка содержит только цифры.

Вывод 3 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите строковое значение: **123**АБВ****

Вот, что обнаружено в отношении введенного значения:

Эта строка содержит буквы или цифры.

Все буквы в строке находятся в верхнем регистре.

Методы модификации

Несмотря на то что строковые данные являются немутирующими последовательностями, т. е. их нельзя изменить, они имеют много методов, которые возвращают их видоизмененные версии. В табл. 8.2 приводится несколько таких методов.

Таблица 8.2. Методы модификации строкового значения

| Метод | Описание |
|-----------------------------|---|
| <code>lower()</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в нижний регистр. Любой символ, который уже находится в нижнем регистре или не является буквой алфавита, остается без изменения |
| <code>lstrip()</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором все ведущие пробельные символы удалены. Ведущими пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (\n) и символы табуляции (\t), которые появляются в начале строкового значения |
| <code>lstrip(символ)</code> | Аргументом <i>символ</i> является строковое значение, содержащее символ. Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все экземпляры символа, появляющиеся в начале строкового значения |
| <code>rstrip()</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором все замыкающие пробельные символы удалены. Замыкающими пробельными символами являются пробелы, символы новой строки (\n) и символы табуляции (\t), которые появляются в конце строкового значения |
| <code>rstrip(символ)</code> | Аргументом <i>символ</i> является строковое значение, содержащее символ. Возвращает копию строковой последовательности, в которой удалены все экземпляры символа, появляющиеся в конце строкового значения |
| <code>strip()</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущие и замыкающие пробельные символы |
| <code>strip(символ)</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором удалены все экземпляры символа, появляющиеся в начале и конце строкового значения |
| <code>upper()</code> | Возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в верхний регистр. Любой символ, который уже находится в верхнем регистре или не является буквой алфавита, остается без изменения |

Например, метод `lower()` возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в нижний регистр. Вот пример:

```
letters = 'ЬЭЮЯ'  
print(letters, letters.lower())
```

Этот фрагмент кода напечатает

ЬЭЮЯ ѿюя

Метод `upper()` возвращает копию строкового значения, в котором все буквы преобразованы в верхний регистр. Вот пример:

```
letters = 'абвг'  
print(letters, letters.upper())
```

Этот фрагмент кода напечатает

абвг АБВГ

Методы `lower()` и `upper()` полезны для выполнения нечувствительных к регистру сравнений строк. Операции сравнения строковых значений регистрочувствительны, т. е. символы верхнего регистра и символы нижнего регистра различны. Например, в регистрочувствительном сравнении строковое значение 'абв' не считается равным значению 'АБВ' или значению 'Абв', потому что регистр символов отличается. Иногда удобнее выполнять *нечувствительное к регистру* сравнение, в котором регистр символов игнорируется. В таком случае строковое значение 'абв' считается таким же, что 'АБВ' и 'Абв'.

Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
again = 'д'  
while again.lower() == 'д':  
    print('Привет')  
    print('Желаете это увидеть еще раз?')  
    again = input('д = да, все остальное = нет: ')
```

Обратите внимание, что последняя инструкция в цикле просит пользователя ввести д, чтобы увидеть сообщение еще раз. Цикл повторяется до тех пор, пока выражение `again.lower() == 'д'` является истинным. Выражение будет истинным, если переменная `again` будет ссылаться на 'д' или 'Д'.

Как показано ниже, аналогичные результаты можно достигнуть, используя метод `upper()`:

```
again = 'д'  
while again.upper() == 'Д':  
    print('Привет')  
    print('Желаете это увидеть еще раз?')  
    again = input('д = да, все остальное = нет: ')
```

Поиск и замена

Программам очень часто требуется выполнять поиск подстрок, или строковых данных, которые появляются внутри других строковых данных. Например, предположим, что вы открыли документ в своем текстовом редакторе, и вам нужно отыскать слово, которое где-то в нем находится. Искомое вами слово является подстрокой, которая появляется внутри более крупной последовательности символов, т. е. документе.

В табл. 8.3 перечислены некоторые строковые методы Python, которые выполняют поиск подстрок, а также метод, который заменяет найденные подстроки другой подстрокой.

Таблица 8.3. Методы поиска и замены

| Метод | Описание |
|------------------------|---|
| endswith(подстрока) | Аргумент <i>подстрока</i> — это строковое значение. Метод возвращает истину, если строковое значение заканчивается подстрокой |
| find(подстрока) | Аргумент <i>подстрока</i> — это строковое значение. Метод возвращает наименьший индекс в строковом значении, где найдена подстрока. Если подстрока не найдена, то метод возвращает -1 |
| replace(старое, новое) | Аргументы <i>старое</i> и <i>новое</i> — это строковые значения. Метод возвращает копию строкового значения, в котором все экземпляры старых подстрок заменены новыми подстроками |
| startswith(подстрока) | Аргумент <i>подстрока</i> — это строковое значение. Метод возвращает истину, если строковое значение начинается с подстроки |

Метод `endswith()` определяет, заканчивается ли строковое значение заданной подстрокой. Вот пример:

```
filename = input('Введите имя файла: ')
if filename.endswith('.txt'):
    print('Это имя текстового файла.')
elif filename.endswith('.py'):
    print('Это имя исходного файла Python.')
elif filename.endswith('.doc'):
    print('Это имя документа текстового редактора.')
else:
    print('Неизвестный тип файла.')
```

Метод `startswith()` работает как метод `endswith()`, но определяет, начинается ли строковое значение с заданной подстроки.

Метод `find()` отыскивает заданную подстроку в строковом значении и возвращает наименьшую индексную позицию подстроки, если она найдена. Если подстрока не найдена, то метод возвращает -1 . Вот пример:

```
string = 'Восемьдесят семь лет назад'
position = string.find('семь')
if position != -1:
    print('Слово "семь" найдено в индексной позиции', position)
else:
    print('Слово "семь" не найдено.')
```

Этот фрагмент кода покажет

Слово "семь" найдено в индексной позиции 15

Метод `replace()` возвращает копию строкового значения, где каждое вхождение заданной подстроки было заменено другой подстрокой. Например, взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
string = 'Восемьдесят семь лет назад'
new_string = string.replace('лет', 'дней')
print(new_string)
```

Этот фрагмент кода покажет

Восемьдесят семь дней назад



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Анализ символов в пароле

В университете пароли для компьютерной системы кампуса должны удовлетворять приведенным ниже требованиям:

- ◆ пароль должен иметь как минимум семь символов;
- ◆ должен содержать как минимум одну букву в верхнем регистре;
- ◆ должен содержать как минимум одну букву в нижнем регистре;
- ◆ должен содержать как минимум одну цифру.

Во время создания студентом своего пароля допустимость пароля должна быть проверена, чтобы он гарантированно удовлетворял этим требованиям. Вас попросили написать программный код, который выполняет эту проверку. Вы решаете написать функцию `valid_password`, которая принимает пароль в качестве аргумента и возвращает истину либо ложь, чтобы указать, является ли он допустимым. Вот алгоритм функции в псевдокоде:

функция `valid_password`:

 Назначить переменной `correct_length` значение `false`.

 Назначить переменной `has_uppercase` значение `false`.

 Назначить переменной `has_lowercase` значение `false`.

 Назначить переменной `has_digit` значение `false`.

 Если пароль имеет длину семь символов или больше:

 Назначить переменной `correct_length` значение `true`

 для каждого символа в пароле:

 если этот символ является буквой в верхнем регистре:

 Назначить переменной `has_uppercase` значение `true`.

 если этот символ является буквой в нижнем регистре:

 Назначить переменной `has_lowercase` значение `true`.

 если этот символ является цифрой:

 Назначить переменной `has_digit` значение `true`.

 Если `correct_length` и `has_uppercase` и `has_lowercase` и `has_digit`:

 Назначить переменной `is_valid` значение `true`.

Иначе:

 Назначить переменной `is_valid` значение `false`.

Ранее (в предыдущей рубрике "В центре внимания") вы создали функцию `get_login_name` и сохранили ее в модуле `login`. Поскольку задача функции `valid_password` связана с задачей создания учетной записи студента, вы решаете разместить функцию `valid_password` в том же модуле `login`. В программе 8.6 приведен модуль входа в систему `login`, в который добавлена функция `valid_password`. Функция начинается в строке 34.

Программа 8.6 (login2.py)

```
1 # Функция get_login_name принимает имя, фамилию
2 # и идентификационный номер в качестве аргументов.
3 # Она возвращает имя для входа в систему.
4
5 def get_login_name(first, last, idnumber):
6     # Получить первые три буквы имени.
7     # Если длина имени меньше 3 букв, то
8     # срез вернет все имя целиком.
9     set1 = first[0 : 3]
10
11    # Получить первые три буквы фамилии.
12    # Если длина фамилии меньше 3 букв, то
13    # срез вернет всю фамилию целиком.
14    set2 = last[0 : 3]
15
16    # Получить последние три буквы фамилии идентификатора.
17    # Если длина идентификатора меньше 3 символов, то
18    # срез вернет весь идентификатор целиком.
19    set3 = idnumber[-3 :]
20
21    # Собрать воедино наборы символов.
22    login_name = set1 + set2 + set3
23
24    # Вернуть имя для входа в систему.
25    return login_name
26
27 # Функция valid_password принимает пароль в
28 # качестве аргумента и возвращает истину либо ложь,
29 # сообщая о его допустимости или недопустимости. Допустимый
30 # пароль должен состоять как минимум из 7 символов,
31 # иметь как минимум один символ в верхнем регистре,
32 # один символ в нижнем регистре и одну цифру.
33
34 def valid_password(password):
35     # Назначить булевым переменным значение False.
36     correct_length = False
37     has_uppercase = False
38     has_lowercase = False
39     has_digit = False
40
41     # Приступить к валидации.
42     # Начать с проверки длины пароля.
43     if len(password) >= 7:
44         correct_length = True
45
```

```
46     # Проанализировать каждый символ и установить
47     # соответствующий флаг, когда
48     # требуемый символ найден.
49     for ch in password:
50         if ch.isupper():
51             has_uppercase = True
52         if ch.islower():
53             has_lowercase = True
54         if ch.isdigit():
55             has_digit = True
56
57     # Определить, удовлетворены ли все требования.
58     # Если это так, то назначить is_valid значение True.
59     # В противном случае назначить is_valid значение False.
60     if correct_length and has_uppercase and \
61         has_lowercase and has_digit:
62         is_valid = True
63     else:
64         is_valid = False
65
66     # Вернуть переменную is_valid.
67     return is_valid
```

Программа 8.7 импортирует модуль входа в систему login и демонстрирует функцию valid_password.

Программа 8.7 (validate_password.py)

```
1 # Эта программа получает от пользователя пароль
2 # и проверяет его допустимость.
3
4 import login
5
6 def main():
7     # Получить от пользователя пароль.
8     password = input('Введите свой пароль: ')
9
10    # Проверить допустимость пароля.
11    while not login.valid_password(password):
12        print('Этот пароль недопустим.')
13        password = input('Введите свой пароль: ')
14
15    print('Это допустимый пароль.')
16
17 # Вызвать главную функцию.
18 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой пароль: **bozo**

Этот пароль недопустим.

Введите свой пароль: **kangaroo**

Этот пароль недопустим.

Введите свой пароль: **Tiger9**

Этот пароль недопустим.

Введите свой пароль: **Leopard9**

Это допустимый пароль.

Оператор повторения

В главе 7 вы узнали, как дублировать список при помощи оператора повторения (*). Оператор повторения работает и со строковыми значениями. Вот общий формат:

копируемое_строковое_значение * *n*

Оператор повторения создает строковое значение, которое содержит *n* повторных копий *копируемого_строкового_значения*. Вот пример:

```
my_string = 'w' * 5
```

После исполнения этой инструкции *my_string* будет ссылаться на строковое значение 'wwwww'. Вот еще один пример:

```
print('Привет' * 5)
```

Эта инструкция напечатает:

```
ПриветПриветПриветПриветПривет
```

Программа 8.8 демонстрирует оператор повторения.

Программа 8.8 (repetition_operator.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует оператор повторения.
2
3 def main():
4     # Напечатать девять строк, увеличивающихся по длине.
5     for count in range(1, 10):
6         print('Z' * count)
7
8     # Напечатать девять строк, уменьшающихся по длине.
9     for count in range(8, 0, -1):
10        print('Z' * count)
11
12 # Вызвать главную функцию.
13 main()
```

Вывод программы

```
Z  
ZZ  
ZZZ  
ZZZZ  
ZZZZZ  
ZZZZZZ  
ZZZZZZZ  
ZZZZZZZZ  
ZZZZZZZZZ  
ZZZZZZZZ  
ZZZZZZZ  
ZZZZZZ  
ZZZZ  
ZZZ  
ZZ  
Z
```

Разбиение строкового значения

Строковые значения в Python имеют метод `split()`, который возвращает список, содержащий слова в строковом значении. В программе 8.9 приведен пример.

Программа 8.9 (string_split.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует метод split.  
2  
3 def main():  
4     # Создать строковое значение с несколькими словами.  
5     my_string = 'Один два три четыре'  
6  
7     # Разбить строковое значение.  
8     word_list = my_string.split()  
9  
10    # Напечатать список слов.  
11    print(word_list)  
12  
13 # Вызвать главную функцию.  
14 main()
```

Вывод программы

```
['Один', 'два', 'три', 'четыре']
```

По умолчанию метод `split()` в качестве символов-разделителей использует пробелы (т. е. он возвращает список слов в строковом значении, которые отделены пробелами). Можно

задать другой разделитель, передав его в качестве аргумента в метод `split()`. Например, предположим, что строковый литерал содержит дату, как показано ниже:

```
date_string = '01/12/2018'
```

Если требуется извлечь день, месяц и год в качестве элементов списка, то можно вызвать метод `split()`, используя символ '/' в качестве символа-разделителя:

```
date_list = date_string.split('/')
```

После исполнения этой инструкции переменная `date_list` будет ссылаться на такой список:

```
['01', '12', '2018']
```

В программе 8.10 это продемонстрировано.

Программа 8.10 (split_date.py)

```
1 # Эта программа вызывает метод split, используя
2 # символ '/' в качестве разделителя.
3
4 def main():
5     # Создать строковое значение с датой.
6     date_string = '01/12/2018'
7
8     # Разбить дату.
9     date_list = date_string.split('/')
10
11    # Показать все части даты.
12    print('День:', date_list[0])
13    print('Месяц:', date_list[1])
14    print('Год:', date_list[2])
15
16 # Вызвать главную функцию.
17 main()
```

Вывод программы

```
День: 01
Месяц: 12
Год: 2018
```



Контрольная точка

- 8.11. Напишите фрагмент кода с использованием оператора `in`, который определяет, является ли 'd' подстрокой переменной `mystring`.
- 8.12. Допустим, что переменная `big` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая преобразует строковое значение, на которое она ссылается, в нижний регистр и присваивает преобразованный результат переменной `little`.
- 8.13. Напишите инструкцию, которая выводит сообщение "Цифра", если строковое значение, на которое ссылается переменная `ch`, содержит цифру. В противном случае эта инструкция должна показать сообщение "Цифр нет".

8.14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
ch = 'a'  
ch2 = ch.upper()  
print(ch, ch2)
```

8.15. Напишите цикл, который запрашивает у пользователя "Желаете повторить программу или выйти? (П/В)". Цикл должен повторяться до тех пор, пока пользователь не введет П или В (в верхнем или нижнем регистре).

8.16. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
var = '$'  
print(var.upper())
```

8.17. Напишите цикл, который подсчитывает количество символов в верхнем регистре, появляющихся в строковом значении, на которое ссылается переменная mystring.

8.18. Допустим, что в программе имеется приведенная ниже инструкция:

```
days = 'Понедельник Вторник Среда'
```

Напишите инструкцию, которая разбивает строковое значение, создавая приведенный ниже список:

```
['Понедельник', 'Вторник', 'Среда']
```

8.19. Допустим, что в программе имеется приведенная ниже инструкция:

```
values = 'один$два$три$четыре'
```

Напишите инструкцию, которая разбивает строковое значение, создавая приведенный ниже список:

```
['один', 'два', 'три', 'четыре']
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Первым индексом в строковом значении является _____.

- а) -1;
- б) 1;
- в) 0;
- г) размер строкового значения минус один.

2. Последним индексом в строковом значении является _____.

- а) 1;
- б) 99;
- в) 0;
- г) размер строкового значения минус один.

3. Если попытаться использовать индекс, который находится за пределами диапазона строкового значения, то _____.
а) произойдет исключение `ValueError`;
б) произойдет исключение `IndexError`;
в) строковое значение будет стерто, и программа продолжит работу;
г) ничего не произойдет — недопустимый индекс будет проигнорирован.
4. Функция _____ возвращает длину строкового значения.
а) `length`;
б) `size`;
в) `len`;
г) `lengthof`.
5. Строковый метод _____ возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущими пробельные символы.
а) `lstrip()`;
б) `rstrip()`;
в) `remove()`;
г) `strip_leading()`.
6. Строковый метод _____ возвращает наименьшую индексную позицию в строковом значении, где найдена заданная подстрока.
а) `first_index_of()`;
б) `locate()`;
в) `find()`;
г) `index_of()`.
7. Инструкция _____ определяет, содержится ли одно строковое значение в другом.
а) `contains`;
б) `is_in`;
в) `==`;
г) `in`.
8. Строковый метод _____ возвращает истину, если строковое значение содержит только буквы и имеет по крайней мере один символ.
а) `isalpha()`;
б) `alpha()`;
в) `alphabetic()`;
г) `isletters()`.
9. Строковый метод _____ возвращает истину, если строковое значение содержит только цифры и имеет по крайней мере один символ.
а) `digit()`;
б) `isdigit()`;

- в) numeric();
г) isnumber().
10. Строковый метод _____ возвращает копию строкового значения, в котором удалены все ведущие и замыкающие пробельные символы.
- а) clean();
б) strip();
в) remove_whitespace();
г) rstrip().

Истина или ложь

- После создания строкового значения его нельзя изменить.
- Цикл for можно применять для перебора отдельных символов в строковом значении.
- Метод isupper() преобразует символы строкового значения в верхний регистр.
- Оператор повторения (*) работает со строковыми значениями и со списками.
- Когда вызывается метод split(), он разбивает строковое значение на две подстроки.

Короткий ответ

- Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystr = 'да'  
mystr += 'нет'  
mystr += 'да'  
print(mystr)
```

- Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystr = 'абв' * 3  
print(mystr)
```

- Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
mystring = 'абвгдееё'  
print(mystring[2:5])
```

- Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]  
print(numbers[4:6])
```

- Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
name = 'джо'  
print(name.lower())  
print(name.upper())  
print(name)
```

Алгоритмический тренажер

- Допустим, что переменная `choice` ссылается на строковое значение. Приведенная ниже инструкция `if` определяет, равна ли переменная `choice` значениям 'Д' или 'д':


```
if choice == 'Д' or choice == 'д':
```

 Перепишите эту инструкцию так, чтобы она делала всего одно сравнение и использовала оператор `or`. (Подсказка: примените метод `upper()` либо метод `lower()`.)
- Напишите цикл, который подсчитывает количество пробельных символов в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.
- Напишите цикл, который подсчитывает количество цифр в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.
- Напишите цикл, который подсчитывает количество символов в нижнем регистре в строковом значении, на которое ссылается `mystring`.
- Напишите функцию, которая принимает строковое значение в качестве аргумента и возвращает истину, если аргумент заканчивается подстрокой '.com'. В противном случае функция должна вернуть ложь.
- Напишите фрагмент кода, делающий копию строкового значения, в котором все вхождения буквы 'т' в нижнем регистре преобразованы в верхний регистр.
- Напишите функцию, которая принимает строковое значение в качестве аргумента и показывает строковое значение в обратном порядке.
- Допустим, что переменная `mystring` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая применяет выражение среза и показывает первые 3 символа в строковом значении.
- Допустим, что переменная `mystring` ссылается на строковое значение. Напишите инструкцию, которая применяет выражение среза и показывает последние 3 символа в строковом значении.
- Взгляните на приведенную ниже инструкцию:

```
mystring = 'пирожки>молоко>ст्रяпня>яблочный пирог>мороженое'
```

Напишите инструкцию, которая разбивает это строковое значение, создавая приведенный ниже список:

```
['пирожки', 'молоко', 'ст्रяпня', 'яблочный пирог', 'мороженое']
```

Задачи по программированию

- Инициалы.** Напишите программу, которая получает строковое значение, содержащее имя, отчество и фамилию человека и показывает инициалы. Например, если пользователь вводит Михаил Иванович Кузнецов, то программа должна вывести М.И.К.
- Сумма цифр в строке.** Напишите программу, которая просит пользователя ввести ряд однозначных чисел без разделителей. Программа должна вывести на экран сумму всех однозначных чисел в строковом значении. Например, если пользователь вводит 2514, то этот метод должен вернуть значение 12, которое является суммой 2, 5, 1 и 4.
- Принтер дат.** Напишите программу, которая считывает от пользователя строковое значение, содержащее дату в формате `дд/мм/гггг`. Она должна напечатать дату в формате 12 марта 2018 г.

4. **Конвертер азбуки Морзе.** Азбука Морзе представляет собой кодировку, где каждая буква алфавита, каждая цифра и различные знаки препинания представлены серией точек и тире. В табл. 8.4 и 8.5 показана часть этой азбуки.

Напишите программу, которая просит пользователя ввести строковое значение и затем преобразует это строковое значение в кодировку азбукой Морзе.

Таблица 8.4. Азбука Морзе (международная)

| Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код |
|--------------|--------|--------|--------|--------|------|--------|------|
| пробел | пробел | 6 | -.... | G | —. | Q | —.- |
| запятая | —..— | 7 | —... | H | | R | .—. |
| точка | .---. | 8 | ---.. | I | .. | S | ... |
| знак вопроса | ..--.. | 9 | -----. | J | .--- | T | - |
| 0 | ----- | A | .- | K | -.- | U | ..- |
| 1 | .---- | B | -... | L | .-.. | V | ...- |
| 2 | ..--- | C | -.-. | M | -- | W | .-- |
| 3 | ...-- | D | -.. | N | -. | X | -..- |
| 4 |- | E | . | O | --- | Y | -.- |
| 5 | | F | ..-. | P | .--. | Z | --.. |

Таблица 8.5. Азбука Морзе (русские буквы)

| Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код |
|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|
| А | .- | И | .. | Р | .-. | Ш | ----- |
| Б | -... | Й | .--- | С | ... | Щ | --.- |
| В | .-- | К | -.- | Т | - | Ъ | .---. |
| Г | --. | Л | .-.. | У | ..- | Ы | -.- |
| Д | -.. | М | -- | Ф | ..-. | Ь | -..- |
| Е, Ё | . | Н | -. | Х | | Э | ..-- |
| Ж | ...- | О | --- | Ц | -.-. | Ю | ..-- |
| З | --.. | П | .--. | Ч | ---. | Я | .--. |

5. **Алфавитный переводчик номера телефона.** Многие компании используют телефонные номера наподобие 555-GET-FOOD, чтобы клиентам было легче запоминать эти номера. На стандартном телефоне буквам алфавита поставлены в соответствие числа следующим образом:

A, B и C = 2

D, E и F = 3

G, H и I = 4

J, K и L = 5

M, N и O = 6

P, Q, R и S = 7

T, U и V = 8

W, X, Y и Z = 9

Напишите программу, которая просит пользователя ввести 10-символьный номер телефона в формате XXX-XXX-XXXX. Приложение должно показать номер телефона, в котором все буквенные символы в оригинале переведены в их числовой эквивалент. Например, если пользователь вводит 555-GET-FOOD, то приложение должно вывести 555-438-3663.

6. **Среднее количество слов.** Среди исходного кода главы 8, а также в подпапке data "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл text.txt. В нем в каждой строке хранится одно предложение. Напишите программу, которая читает содержимое файла и вычисляет среднее количество слов в расчете на предложение.
7. **Анализ символов.** Среди исходного кода главы 8, а также в подпапке data "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл text.txt. Напишите программу, которая читает содержимое файла и определяет:
 - количество букв в файле в верхнем регистре;
 - количество букв в файле в нижнем регистре;
 - количество цифр в файле;
 - количество пробельных символов в файле.
8. **Корректор предложений.** Напишите программу с функцией, принимающей в качестве аргумента строковое значение и возвращающей его копию, в котором первый символ каждого предложения написан в верхнем регистре. Например, если аргументом является "привет! меня зовут джо. а как твое имя?", то эта функция должна вернуть строковое значение 'Привет! Меня зовут Джо. А как твое имя?'. Программа должна предоставить пользователю возможность ввести строковое значение и затем передать его в функцию. Модифицированное строковое значение должно быть выведено на экран.
9. **Гласные и согласные.** Напишите программу с функцией, которая в качестве аргумента принимает строковое значение и возвращает количество содержащихся в нем гласных. Приложение должно иметь еще одну функцию, которая в качестве аргумента принимает строковое значение и возвращает количество содержащихся в нем согласных. Приложение должно предоставить пользователю возможность ввести строковое значение и показать содержащееся в нем количество гласных и согласных.



Видеозапись "Задача о гласных и согласных" (The Vowels and Consonants problem)

10. **Самый частотный символ.** Напишите программу, которая предоставляет пользователю возможность ввести строковое значение и выводит на экран символ, который появляется в нем наиболее часто.
11. **Разделитель слов.** Напишите программу, которая на входе принимает предложение, в котором все слова написаны без пробелов, но первая буква каждого слова находится в верхнем регистре. Преобразуйте предложение в строковое значение, в котором слова

отделены пробелами, и только первое слово начинается с буквы в верхнем регистре. Например, строковое значение "ОстановисьИПочувствуйЗапахРоз" будет преобразовано в "Остановись и почувствуй запах роз".

12. **Молодежный жаргон.** Напишите программу, которая на входе принимает предложение и преобразует каждое его слово в "молодежный жаргон". В одной из его версий во время преобразования слова в молодежный жаргон первая буква удаляется и ставится в конец слова. Затем в конец слова добавляется слог "ки". Вот пример.

Русский язык: ПРОСПАЛ ПОЧТИ ВСЮ НОЧЬ

Молодежный жаргон: РОСПАЛПКИ ОЧТИПКИ СЮВКИ ОЧЬНКИ

13. **Лотерея PowerBall.** Для того чтобы сыграть в лотерею PowerBall, покупают билет, в котором имеется пять чисел от 1 до 69 и число "PowerBall" в диапазоне от 1 до 26. (Эти числа можно выбрать самому либо дать билетному автомату их выбрать за вас случайным образом.) Затем в заданный день автомат случайным образом отбирает выигрышный ряд чисел. Если первые пять чисел совпадают с первыми пятью выигрышными числами в любом порядке, и ваше число PowerBall соответствует выигрышному числу PowerBall, то вы выигрываете джекпот, который составляет очень крупную сумму денег. Если ваши числа совпадают лишь с некоторыми выигрышными числами, то вы выигрываете меньшую сумму в зависимости от того, сколько выигрышных номеров совпало.

Среди исходного кода главы 8, а также в подпапке "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл с именем pbnumbers.txt, содержащий выигрышные номера PowerBall, которые были отобраны между 3 февраля 2010 и 11 мая 2016 (файл содержит 654 наборов выигрышных чисел). Рис. 8.6 показывает пример первых нескольких строк содержимого этого файла. Каждая строка в файле содержит набор из шести чисел, которые были выбраны в заданную дату. Числа отделены пробелом, и последнее число в каждой строке является числом PowerBall для этого дня. Например, первая строка в файле показывает числа за 3 февраля 2010, которые равнялись 17, 22, 36, 37, 52, и число PowerBall, равное 24.

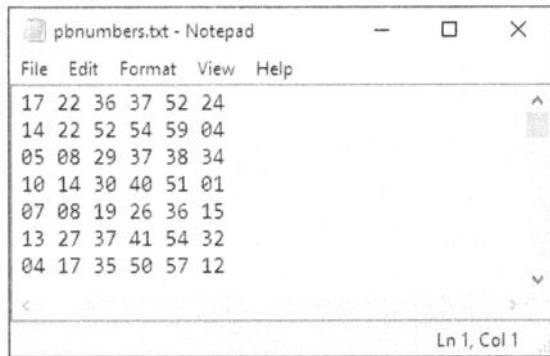


РИС. 8.6. Файл pbnumbers.txt

Напишите одну или несколько программ, которые работают с этим файлом и показывают:

- 10 наиболее распространенных чисел, упорядоченных по частоте;
- 10 наименее распространенных чисел, упорядоченных по частоте;

- 10 наиболее "созревших" чисел (чисел, которые не использовались долгое время), упорядоченных от наиболее созревших до наименее созревших;
 - частоту каждого числа от 1 до 69 и частоту каждого PowerBall числа от 1 до 26.
14. **Цены на бензин.** Среди исходного кода главы 8, а также в подпапке data "Решений задач по программированию" соответствующей главы, вы найдете файл GasPrices.txt. Этот файл содержит еженедельные средние цены за галлон бензина в США, начиная 5 апреля 1993 года и заканчивая 26 августа 2013 года. На рис. 8.7 показан пример первых нескольких строк данного файла.

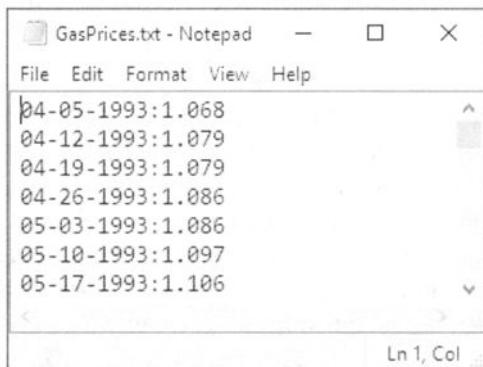


РИС. 8.7. Файл GasPrices.txt

Каждая строка в файле содержит среднюю цену за галлон бензина в указанный день и отформатирована следующим образом:

ММ-ДД-ГГГГ:Цена

где ММ — двухзначный месяц; ДД — двухзначный день; ГГГГ — четырехзначный год; Цена — это средняя цена галлона бензина в указанный день.

В рамках этого задания необходимо написать одну или несколько программ, которые считывают содержимое данного файла и выполняют приведенные ниже вычисления.

- **Средняя цена за год:** вычисляет среднюю цену бензина за год для каждого года в файле. (Данные файла начинаются апрелем 1993 и заканчиваются августом 2013. Используйте данные, предоставленные за период с 1993 по 2013 годы.)
- **Средняя цена за месяц:** вычисляет среднюю цену в каждом месяце в файле.
- **Наибольшая и наименьшая цены в году:** в течение каждого года в файле определяет дату и величину самой низкой и самой высокой цены.
- **Список цен, упорядоченный по возрастанию:** генерирует текстовый файл, в котором даты и цены отсортированы в возрастающем порядке.
- **Список цен, упорядоченный по увеличению:** генерирует текстовый файл, в котором даты и цены отсортированы в убывающем порядке.

Для выполнения всех этих вычислений можно написать одну программу или несколько разных программ, одну для каждого вычисления.

9.1

Словари

Ключевые положения

Словарь — это объект-контейнер, который хранит коллекцию данных. Каждый элемент в словаре имеет две части: *ключ* и *значение*. Ключ используется, чтобы установить местонахождение конкретного значения.



Видеозапись "Введение в словари" (Introduction to Dictionaries)

Когда вы слышите слово "словарь", то, вероятно, представляете толстую книгу, такую как "Большой толковый словарь", содержащую слова и их определения. Если вы хотите узнать значение конкретного слова, вы отыскиваете его в словаре и получаете его определение.

В Python *словарь* — это объект, который хранит коллекцию данных. Каждый хранящийся в словаре элемент имеет две части: *ключ* и *значение*. На практике элементы словаря обычно называются *парами ключ/значение*. Когда требуется получить из словаря конкретное значение, используется ключ, который связан с этим значением. Это подобно процессу поиска слова в "Большом толковом словаре", где слова являются ключами, а определения — значениями.

Например, предположим, что каждый сотрудник компании имеет идентификационный номер, и нам нужно написать программу, которая позволяет отыскивать имя сотрудника путем ввода идентификационного номера сотрудника. В этом случае можно создать словарь, в котором каждый элемент содержит идентификационный номер сотрудника в качестве ключа, и имя этого сотрудника в качестве значения. Если известен идентификационный номер сотрудника, то можно получить имя этого сотрудника.

Еще одним примером будет программа, которая позволяет вводить имя человека и предоставляет его телефонный номер. Программа могла бы использовать словарь, в котором каждый элемент содержит имя человека в качестве ключа и телефонный номер человека в качестве значения. Если известно имя человека, то можно получить его телефонный номер.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Пары *ключ/значение* часто называются *отображениями*, потому что каждому ключу поставлено в соответствие значение, т. е. каждый ключ как бы отображается на соответствующее ему значение.

Создание словаря

Словарь создается путем заключения его элементов в фигурные скобки ({}). Элемент состоит из ключа, затем двоеточия, после которого идет значение. Элементы словаря отделяются запятыми. Приведенная ниже инструкция приводит пример определения словаря:

```
phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222',
             'Джоанна': '555-3333'}
```

Эта инструкция создает словарь и присваивает его переменной phonebook (телефонная книга). Словарь содержит приведенные ниже три элемента.

- ◆ Первый элемент — 'Крис': '555-1111'. В этом элементе ключом является 'Крис', а значением — '555-1111'.
- ◆ Второй элемент — 'Кэти': '555-2222'. В этом элементе ключом является 'Кэти', а значением — '555-2222'.
- ◆ Третий элемент — 'Джоанна': '555-3333'. В этом элементе ключом является 'Джоанна', а значением — '555-3333'.

В этом примере ключами и значениями являются строковые объекты. Значения в словаре могут быть объектами любого типа, но ключи должны быть немуттирующими объектами. Например, ключами могут быть строковые значения, целые числа, значения с плавающей точкой или кортежи. Ключами не могут быть списки либо муттирующие объекты других типов.

Получение значения из словаря

Элементы в словаре не хранятся в каком-то конкретном порядке. Например, взгляните на приведенный ниже интерактивный сеанс, в котором создается словарь, и его элементы выводятся на экран:

```
>>> phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222',
                  'Джоанна': '555-3333'} 
>>> phonebook 
{'Джоанна': '555-3333', 'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'}
>>>
```

Обратите внимание, что порядок следования, в котором выводятся элементы, отличается от порядка, в котором они создавались. Этот пример показывает, что словари не являются последовательностями, как списки, кортежи и строковые значения. Как результат, невозможно использовать числовой индекс для получения значения по его позиции в словаре. Вместо этого для получения значения используется ключ.

Для того чтобы получить значение из словаря, просто пишут выражение в приведенном ниже общем формате:

имя_словаря[*ключ*]

В данном формате *имя_словаря* — это переменная, которая ссылается на словарь, *ключ* — это применяемый ключ. Если *ключ* в словаре существует, то выражение возвращает связанное с этим ключом значение. Если *ключ* не существует, то вызывается исключение `KeyError` (ошибка ключа). Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```

1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
   'Джоанна':'555-3333'} 
2 >>> phonebook['Крис'] 
3 '555-1111'
4 >>> phonebook['Джоанна'] 
5 '555-3333'
6 >>> phonebook['Кэти'] 
7 '555-2222'
8 >>> phonebook['Кэтрин'] 
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#5>", line 1, in <module>
    phonebook['Кэтрин']
KeyError: 'Кэтрин'
>>>

```

Рассмотрим этот сеанс подробнее.

- ◆ Стока 1 создает словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- ◆ В строке 2 выражение `phonebook['Крис']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом 'Крис'. Это значение показано в строке 3.
- ◆ В строке 4 выражение `phonebook['Джоанна']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом 'Джоанна'. Это значение показано в строке 5.
- ◆ В строке 6 выражение `phonebook['Кэти']` возвращает из словаря `phonebook` значение, которое связано с ключом 'Кэти'. Это значение показано в строке 7.
- ◆ В строке 8 вводится выражение `phonebook['Кэтрин']`. Ключ 'Кэтрин' в словаре `phonebook` отсутствует, и поэтому вызывается исключение `KeyError`.



ПРИМЕЧАНИЕ

Напомним, что операции сравнения строковых значений регистроустойчивы. Выражение `phonebook['кэти']` не обнаружит в словаре ключа 'Кэти'.

Применение операторов *in* и *not in* для проверки на наличие значения в словаре

Как продемонстрировано ранее, исключение `KeyError` вызывается при попытке получить из словаря значение с использованием несуществующего ключа. Для того чтобы предотвратить это исключение, можно применить оператор `in`, который определит наличие ключа перед попыткой его использовать для получения значения. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```

1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
   'Джоанна':'555-3333'} 
2 >>> if 'Крис' in phonebook: 
3     print(phonebook['Крис'])  
4
5 555-1111
6 >>>

```

Инструкция `if` в строке 2 определяет, имеется ли ключ 'Крис' в словаре `phonebook`. Если он имеется, то инструкция в строке 3 показывает значение, которое связано с этим ключом.

Как продемонстрировано в приведенном ниже сеансе, чтобы определить, не существует ли ключ, можно также применить оператор `not in`:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222'} 
2 >>> if 'Джоанна' not in phonebook: 
3 print('Джоанна не найдена.')  
4
5 Джоанна не найдена.
6 >>>
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Следует иметь в виду, что сравнения строковых значений при помощи операторов `in` и `not in` регистрозависимы.

Добавление элементов в существующий словарь

Словари являются мутирующими объектами. В словарь можно добавлять новые пары `ключ/значение`, используя для этого инструкцию присваивания в приведенном ниже общем формате:

`имя_словаря[ключ] = значение`

Здесь `имя_словаря` — это переменная, которая ссылается на словарь, `ключ` — это применяемый ключ. Если `ключ` уже в словаре существует, то присвоенное ему значение будет заменено `значением`. Если же `ключ` отсутствует, то он будет добавлен в словарь вместе со связанным с ним `значением`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222',
2     'Джоанна':'555-3333'} 
3 >>> phonebook['Джо'] = '555-0123' 
4 >>> phonebook['Крис'] = '555-4444' 
5 >>> phonebook 
6 { 'Крис': '555-4444', 'Джоанна': '555-3333', 'Джо': '555-0123',
    'Кэти': '555-2222'}
```

Рассмотрим этот сеанс.

- ◆ Стока 1 создает словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- ◆ Инструкция в строке 2 добавляет в словарь `phonebook` новую пару `ключ/значение`. Поскольку ключа 'Джо' в словаре нет, эта инструкция добавляет ключ 'Джо' вместе со связанным с ним значением '555-0123'.
- ◆ Инструкция в строке 3 изменяет значение, которое было связано с существующим ключом. Поскольку ключ 'Крис' в словаре `phonebook` уже существует, эта инструкция меняет связанное с ним значение на '555-4444'.
- ◆ Стока 4 выводит содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 5.



ПРИМЕЧАНИЕ

В словаре нельзя иметь повторяющиеся ключи. Если присвоить значение существующему ключу, то новое значение заменит существующее.

Удаление элементов

Существующую пару ключ/значение можно из словаря удалить при помощи инструкции `del`. Вот общий формат:

```
del имя_словаря[ключ]
```

В данном формате `имя_словаря` — это переменная, которая ссылается на словарь, `ключ` — это применяемый ключ. После исполнения этой инструкции `ключ` и связанное с ним значение будут из словаря удалены. Если `ключ` не существует, то будет вызвано исключение `KeyError`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222',
2   'Джоанна': '555-3333'} 
3 { 'Chris': '555-1111', 'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222' }
4 >>> del phonebook['Крис'] 
5 >>> phonebook 
6 { 'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222' }
7 >>> del phonebook['Крис'] 
8 Traceback (most recent call last):
9   File "<pyshell#5>", line 1, in <module>
10     del phonebook['Крис']
11 KeyError: 'Крис'
12 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- ◆ Стока 1 создает словарь, а строка 2 показывает его содержимое.
- ◆ Стока 4 удаляет элемент с ключом 'Крис', строка 5 показывает содержимое словаря. В строке 6 можно увидеть результат — этот элемент в словаре больше не существует.
- ◆ Стока 7 пытается снова удалить элемент с ключом 'Крис'. Поскольку этот элемент больше не существует, вызывается исключение `KeyError`.

Для того чтобы предотвратить вызов исключения `KeyError`, следует применить оператор `in`, который определит, имеется ли ключ в словаре, перед попыткой его удалить вместе со связанным с ним значением. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222',
2   'Джоанна': '555-3333'} 
3 >>> if 'Крис' in phonebook: 
4   del phonebook['Крис']  
5 >>> phonebook 
6 { 'Джоанна': '555-3333', 'Кэти': '555-2222' }
7 >>>
```

Получение количества элементов в словаре

Для того чтобы получить количество элементов в словаре, можно применить встроенную функцию `len`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = { 'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222' } [Enter]
2 >>> num_items = len(phonebook) [Enter]
3 >>> print(num_items) [Enter]
4 2
5 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- ◆ Стока 1 создает словарь с двумя элементами и присваивает его переменной `phonebook`.
- ◆ Стока 2 вызывает функцию `len`, передавая переменную `phonebook` в качестве аргумента. Эта функция возвращает значение 2, которое присваивается переменной `num_items`.
- ◆ Стока 3 передает переменную `num_items` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.

Смешивание типов данных в словаре

Как уже упоминалось ранее, ключи в словаре должны быть немуттирующими объектами, однако связанные с ними значения могут быть объектами любого типа. Например, как продемонстрировано в приведенном ниже интерактивном сеансе, значения могут быть списками. В этом сеансе мы создаем словарь, в котором ключами являются имена студентов, а значениями — списки экзаменационных оценок.

```
1 >>> test_scores = { 'Кейла' : [88, 92, 100], [Enter]
2           'Луис' : [95, 74, 81], [Enter]
3           'Софи' : [72, 88, 91], [Enter]
4           'Итен' : [70, 75, 78] } [Enter]
5 >>> test_scores [Enter]
6 {'Кейла': [88, 92, 100], 'Софи': [72, 88, 91], 'Итен': [70, 75, 78],
7 'Луис': [95, 74, 81]}
8 >>> test_scores['Софи'] [Enter]
9 [72, 88, 91]
10 >>> kayla_scores = test_scores['Кейла'] [Enter]
11 >>> print(kayla_scores) [Enter]
12 [88, 92, 100]
13 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс подробнее. Инструкция в строках 1–4 создает словарь и присваивает его переменной `test_scores` (экзаменационные оценки). Данный словарь содержит приведенные ниже четыре элемента.

- ◆ Первый элемент — 'Кейла':[88, 92, 100]. Здесь ключом является 'Кейла', значением — список [88, 92, 100].
- ◆ Второй элемент — 'Луис':[95, 74, 81]. Здесь ключом является 'Луис', значением — список [95, 74, 81].
- ◆ Третий элемент — 'Софи':[72, 88, 91]. Здесь ключом является 'Софи', значением — список [72, 88, 91].

- ◆ Четвертый элемент — 'Итен': [70, 75, 78]. Здесь ключом является 'Итен', значением — список [70, 75, 78].

Вот краткое описание остальной части данного сеанса.

- ◆ Стока 5 выводит содержимое словаря, как показано в строках 6–7.
- ◆ Стока 8 получает значение, которое связано с ключом 'Софи'. Это значение выводится в строке 9.
- ◆ Стока 10 получает значение, которое связано с ключом 'Кейла' и присваивает его переменной `kayla_scores`. После исполнения этой инструкции переменная `kayla_scores` ссылается на список [88, 92, 100].
- ◆ Стока 11 передает переменную `kayla_scores` в функцию `print`. Вывод этой функции показан в строке 12.

Значения, хранящиеся в одном словаре, могут иметь разные типы. Например, значение некоторого элемента может быть строковым объектом, значение другого элемента — списком, а значение еще одного элемента — целым числом. Ключи тоже могут иметь разные типы, но они должны оставаться немуттирующими. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует, каким образом разные типы могут быть перемешаны в словаре:

```
1 >>> mixed_up = {'абв':1, 999:'тада тада', (3, 6, 9):[3, 6, 9]} Enter
2 >>> mixed_up Enter
3 {(3, 6, 9): [3, 6, 9], 'абв': 1, 999: 'тада тада'}
4 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает словарь и присваивает его переменной `mixed_up` (смесь). Этот словарь содержит приведенные ниже элементы.

- ◆ Первый элемент — 'абв':1'. В этом элементе ключом является строковый литерал 'абв', значением — целое число 1.
- ◆ Второй элемент — 999:'тада тада'. В этом элементе ключом является целое число 999, значением — строковое значение 'тада тада'.
- ◆ Третий элемент — (3, 6, 9):[3, 6, 9]. В этом элементе ключом является кортеж (3, 6, 9), значением — список [3, 6, 9].

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует более практический пример. Он создает словарь, который содержит различные порции данных о сотруднике:

```
1 >>> employee = {'фирма':'Кевин Смит', 'ИД':12345, 'ставка':25.75} Enter
2 >>> employee Enter
3 {'ИД': 12345, 'ставка': 25.75, 'фирма': 'Кевин Смит'}
4 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает словарь и присваивает его переменной `employee`. Данный словарь содержит приведенные ниже элементы.

- ◆ Первый элемент — 'фирма':'Кевин Смит'. Здесь ключом является строковый литерал 'фирма', значением — строковое значение 'Кевин Смит'.
- ◆ Второй элемент — 'ИД':12345. В этом элементе ключом является строковый литерал 'ИД', значением — целое число 12345.
- ◆ Третий элемент — 'ставка':25.75. Здесь ключом является строковый литерал 'ставка', значением — число с плавающей точкой 25.75.

Создание пустого словаря

Иногда требуется создать пустой словарь и добавлять в него элементы по мере выполнения программы. Для создания пустого словаря используются пустые фигурные скобки:

```
1 >>> phonebook = {} [Enter]
2 >>> phonebook['Крис'] = '555-1111' [Enter]
3 >>> phonebook['Кэти'] = '555-2222' [Enter]
4 >>> phonebook['Джоанна'] = '555-3333' [Enter]
5 >>> phonebook [Enter]
6 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
7 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает пустой словарь и присваивает его переменной `phonebook`. Строки 2–4 добавляют пары ключ/значение в словарь, а инструкция в строке 5 выводит содержимое словаря.

Для создания пустого словаря также можно воспользоваться встроенным методом `dict()`:

```
phonebook = dict()
```

После исполнения этой инструкции переменная `phonebook` будет ссылаться на пустой словарь.

Применение цикла `for` для последовательного обхода словаря

Для перебора всех ключей словаря применяется цикл `for`:

```
for переменная in словарь:
    инструкция
    инструкция
    ...
    ...
```

В данном формате `переменная` — это имя переменной, `словарь` — имя словаря. Этот цикл выполняет одну итерацию для каждого элемента в словаре. Во время каждой итерации цикла `переменной` присваивается ключ. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', [Enter]
2                 'Кэти':'555-2222', [Enter]
3                 'Джоанна':'555-3333'} [Enter]
4 >>> for key in phonebook: [Enter]
5         print(key) [Enter] [Enter]
6
7
8 Крис
9 Кэти
10 Джоанна
11 >>> for key in phonebook: [Enter]
12         print(key, phonebook[key]) [Enter] [Enter]
13
14
```

```

15 Крис 555-1111
16 Кэти 555-2222
17 Джоанна 555-3333
18 >>>

```

Вот краткое описание инструкций в данном сеансе.

- ◆ Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- ◆ Строки 4–5 содержат цикл `for`, который выполняет одну итерацию для каждого элемента словаря `phonebook`. Во время каждой итерации цикла переменной `key` присваивается ключ. Стока 5 печатает значение переменной `key`. Строки 8–10 показывают результат работы цикла.
- ◆ Строки 11–12 содержат еще один цикл `for`, который делает одну итерацию для каждого элемента словаря `phonebook`, присваивая ключ переменной `key`. Стока 15 печатает переменную `key` и затем значение, которое связано с этим ключом. Строки 15–17 показывают результат работы цикла.

Несколько словарных методов

Объекты-словари имеют ряд методов. В этом разделе мы рассмотрим несколько наиболее полезных из них, которые приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Несколько словарных методов

| Метод | Описание |
|------------------------|---|
| <code>clear()</code> | Очищает содержимое словаря |
| <code>get()</code> | Получает значение, связанное с заданным ключом. Если ключ не найден, то этот метод не вызывает исключение. Вместо этого он возвращает значение по умолчанию |
| <code>items()</code> | Возвращает все ключи в словаре и связанные с ними значения в виде последовательности кортежей |
| <code>keys()</code> | Возвращает все ключи в словаре в виде последовательности кортежей |
| <code>pop()</code> | Возвращает из словаря значение, связанное с заданным ключом и удаляет эту пару ключ/значение. Если ключ не найден, то этот метод возвращает значение по умолчанию |
| <code>popitem()</code> | Возвращает произвольно выбранную из словаря пару ключ/значение в виде кортежа и удаляет эту пару ключ/значение из словаря |
| <code>values()</code> | Возвращает все значения из словаря в виде последовательности кортежей |

Метод `clear()`

Метод `clear()` удаляет все элементы в словаре, оставляя словарь пустым. Общий формат этого метода:

```
словарь.clear()
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу этого метода:

```

1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'} [Enter]
2 >>> phonebook [Enter]

```

```

3 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'}
4 >>> phonebook.clear() [Enter]
5 >>> phonebook [Enter]
6 {}
7 >>>

```

Обратите внимание, что после исполнения инструкции в строке 4 словарь phonebook больше элементов не содержит.

Метод `get()`

Для получения значения из словаря в качестве альтернативы оператору `[]` можно воспользоваться методом `get()`. Он не вызывает исключение, если заданный ключ не найден. Вот общий формат этого метода:

```
словарь.get(ключ, значение_по_умолчанию)
```

В данном формате `словарь` — это имя словаря, `ключ` — это искомый в словаре ключ, `значение_по_умолчанию` — значение, которое возвращается, если `ключ` не найден. Когда этот метод вызывается, он возвращает значение, которое связано с заданным ключом. Если заданный ключ в словаре не найден, то этот метод возвращает `значение_по_умолчанию`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу этого метода:

```

1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222'} [Enter]
2 >>> value = phonebook.get('Кэти', 'Запись не найдена') [Enter]
3 >>> print(value) [Enter]
4 555-2222
5 >>> value = phonebook.get('Энди', 'Запись не найдена') [Enter]
6 >>> print(value) [Enter]
7 Запись не найдена
8 >>>

```

Рассмотрим этот сеанс.

- ◆ Инструкция в строке 2 ищет в словаре phonebook ключ 'Кэти'. Этот ключ найден, поэтому возвращается связанное с ним значение, которое затем присваивается переменной `value`.
- ◆ Стока 3 передает переменную `value` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 4.
- ◆ Инструкция в строке 5 ищет в словаре phonebook ключ 'Энди'. Этот ключ не найден, поэтому переменной `value` присваивается строковый литерал 'Запись не найдена'.
- ◆ Стока 6 передает переменную `value` в функцию `print`. Результат функции выводится в строке 7.

Метод `items()`

Метод `items()` возвращает все ключи словаря и связанные с ними значения. Они возвращаются в виде последовательности особого типа, которая называется *словарным представлением*. Каждый элемент в словарном представлении является кортежем, и каждый кортеж содержит ключ и связанное с ним значение. Например, предположим, что мы создали приведенный ниже словарь:

```
phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.items()`, то он вернет приведенную ниже последовательность:

```
[('Крис', '555-1111'), ('Кэти', '555-2222'), ('Джоанна', '555-3333')]
```

Обратите внимание на следующие моменты:

- ◆ первым элементом в последовательности является кортеж ('Крис', '555-1111');
- ◆ вторым элементом в последовательности является кортеж ('Кэти', '555-2222');
- ◆ третьим элементом в последовательности является кортеж ('Джоанна', '555-3333').

Для того чтобы выполнить перебор кортежей в последовательности, можно применить цикл `for`. Вот пример:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
2                 'Кэти':'555-2222', Enter
3                 'Джоанна':'555-3333'} Enter
4 >>> for key, value in phonebook.items(): Enter
5         print(key, value) Enter Enter
6
7
8 Крис 555-1111
9 Кэти 555-2222
10 Джоанна 555-3333
11 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- ◆ Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- ◆ Цикл `for` в строках 4–5 вызывает метод `phonebook.items()`, который возвращает последовательность кортежей, содержащих пары ключ/значение словаря. Данный цикл выполняет одну итерацию для каждого кортежа в последовательности. Во время каждой итерации цикла значения кортежа присваиваются переменным `key` и `value`. Стока 5 печатает значение переменной `key` и затем значение переменной `value`. Строки 8–10 показывают результат работы цикла.

Метод `keys()`

Метод `keys()` возвращает все ключи словаря в виде словарного представления, т. е. особого типа последовательности. Каждый элемент в словарном представлении является ключом словаря. Например, предположим, что мы создали такой словарь:

```
phonebook = {'Крис':'555-1111', 'Кэти':'555-2222', 'Джоанна':'555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.keys()`, то он вернет приведенную ниже последовательность:

```
['Крис', 'Кэти', 'Джоанна']
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс показывает, каким образом можно применить цикл `for` для обхода последовательности, которая возвращается из метода `keys()`:

```
1 >>> phonebook = {'Крис':'555-1111', Enter
2                 'Кэти':'555-2222', Enter
3                 'Джоанна':'555-3333'} Enter
```

```

4 >>> for key in phonebook.keys(): Enter
5         print(key) Enter Enter
6
7
8 Крис
9 Кэти
10 Джоанна
11 >>>

```

Метод `pop()`

Метод `pop()` возвращает значение, связанное с заданным ключом, и удаляет эту пару ключ/значение из словаря. Если ключ не найден, то метод возвращает значение по умолчанию. Вот общий формат этого метода:

`словарь.pop(ключ, значение_по_умолчанию)`

В данном формате `словарь` — это имя словаря, `ключ` — это искомый в словаре ключ, `значение_по_умолчанию` — значение, которое возвращается, если ключ не найден. Когда этот метод вызывается, он возвращает значение, которое связано с заданным `ключом`, и удаляет эту пару `ключ/значение` из словаря. Если заданный `ключ` в словаре не найден, то метод возвращает `значение_по_умолчанию`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```

1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', Enter
2                 'Кэти': '555-2222', Enter
3                 'Джоанна': '555-3333') Enter
4 >>> phone_num = phonebook.pop('Крис', 'Запись не найдена') Enter
5 >>> phone_num Enter
6 '555-1111'
7 >>> phonebook Enter
8 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
9 >>> phone_num = phonebook.pop('Энди', 'Запись не найдена') Enter
10 >>> phone_num Enter
11 Запись не найдена
12 >>> phonebook Enter
13 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
14 >>>

```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- ◆ Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- ◆ Стока 4 вызывает метод `phonebook.pop()`, передавая '`Крис`' в качестве ключа поиска. Связанное с ключом '`Крис`' значение возвращается и присваивается переменной `phone_num`. Пара `ключ/значение`, содержащая ключ '`Крис`', удаляется из словаря.
- ◆ Стока 5 показывает значение, присвоенное переменной `phone_num`. Результат выводится в строке 6. Обратите внимание, что он представляет собой значение, которое было связано с ключом '`Крис`'.
- ◆ Стока 7 показывает содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 8. Обратите внимание, что пара `ключ/значение`, которая содержала ключ '`Крис`', больше в словаре не существует.

- ◆ Стока 9 вызывает метод `phonebook.pop()`, передавая 'Энди' в качестве ключа поиска. Данный ключ не найден, поэтому переменной `phone_num` присваивается строковый литерал 'Запись не найдена'.
- ◆ Стока 10 показывает значение, присвоенное переменной `phone_num`. Вывод показан в строке 11.
- ◆ Стока 12 показывает содержимое словаря `phonebook`. Результат показан в строке 13.

Метод `popitem()`

Метод `popitem()` возвращает произвольно выбранную пару ключ/значение и удаляет эту пару из словаря. Пара ключ/значение возвращается в виде кортежа. Вот общий формат этого метода:

```
словарь.popitem()
```

Для того чтобы присвоить возвращаемый ключ и значение отдельным переменным, инструкция присваивания применяется в приведенном ниже общем формате:

```
k, v = словарь.popitem()
```

Этот тип присваивания называется *кратным присваиванием*, потому что значения присваиваются сразу нескольким переменным. В приведенном выше общем формате `k` и `v` — это переменные. После исполнения этой инструкции переменной `k` присваивается произвольно выбранный из словаря ключ, а переменной `v` — значение, связанное с этим ключом. Пара ключ/значение удаляется из словаря.

Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', [Enter]
2                 'Кэти': '555-2222', [Enter]
3                 'Джоанна': '555-3333'} [Enter]
4 >>> phonebook [Enter]
5 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
6 >>> key, value = phonebook.popitem() [Enter]
7 >>> print(key, value) [Enter]
8 Крис 555-1111
9 >>> phonebook [Enter]
10 {'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
11 >>>
```

Вот краткое описание инструкций в этом сеансе.

- ◆ Строки 1–3 создают словарь с тремя элементами и присваивают его переменной `phonebook`.
- ◆ Стока 4 выводит содержимое словаря, которое показано в строке 5.
- ◆ Стока 6 вызывает метод `phonebook.popitem()`. Возвращаемые из этого метода ключ и значение присваиваются переменным `key` и `value`. Пара ключ/значение удаляется из словаря.
- ◆ Стока 7 выводит значения, присвоенные переменным `key` и `value`. Результат показан в строке 8.
- ◆ Стока 9 выводит содержимое словаря. Результат показан в строке 10. Обратите внимание, что в строке 6 возвращенная из метода `popitem()` пара ключ/значение была удалена.

Следует иметь в виду, что если метод `popitem()` вызывается с пустым словарем, то он вызывает исключение `KeyError`.

Метод `values()`

Метод `values()` возвращает все значения словаря (без своих ключей) в виде словарного представления, т. е. особого типа последовательности. Каждый элемент в словарном представлении является значением из словаря. Например, предположим, что мы создали приведенный ниже словарь:

```
phonebook = {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
```

Если вызвать метод `phonebook.values()`, то он вернет такую последовательность:

```
['555-1111', '555-2222', '555-3333']
```

Приведенный ниже интерактивный сеанс показывает, каким образом можно применить цикл `for` для обхода последовательности, которая возвращается из метода `values()`:

```
1 >>> phonebook = {'Крис': '555-1111', [Enter]
2                 'Кэти': '555-2222', [Enter]
3                 'Джоанна': '555-3333'} [Enter]
4 >>> for val in phonebook.values(): [Enter]
5         print(val) [Enter] [Enter]
6
7
8 555-1111
9 555-3333
10 555-2222
11 >>>
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение словаря для имитации карточной колоды

В некоторых играх, связанных с игральными картами, картам присваиваются числовые значения. Например в игре блек-джек картам даются числовые значения:

- ◆ числовым картам присваивается значение, которое на них напечатано. Например, двойка пик равняется 2, а пятерка бубей равняется 5;
- ◆ валетам, дамам и королям назначается значение 10;
- ◆ тузам назначается 1 либо 11 в зависимости от выбора игрока.

В этой рубрике мы рассмотрим программу, которая применяет словарь для имитирования стандартной колоды игральных карт, где картам присваиваются числовые значения, подобные тем, которые используются в игре блек-джек. (В этой программе мы присваиваем всем тузам значение 1.) В парах ключ/значение достоинство карты используется в качестве ключа, а числовое значение карты — в качестве значения. Например, пара ключ/значение для дамы червей будет такой:

```
'Дама червей': 10
```

А пара ключ/значение для восьмерки бубей будет такой:

```
'8 бубей': 8
```

Программа предлагает пользователю ввести количество карт, которые нужно раздать, и произвольным образом раздает на руки это количество карт из колоды. Затем выводятся достоинства разданных карт, а также сумма их достоинств. В программе 9.1 приведен соответствующий код. Программа разделена на три функции: `main` (главная), `create_deck` (создать колоду) и `deal_cards` (раздать карты). Вместо того чтобы представлять всю программу целиком, давайте сначала рассмотрим главную функцию `main`.

Программа 9.1 (card_dealer.py). Главная функция

```
1 # Эта программа применяет словарь в качестве колоды карт.
2
3 def main():
4     # Создать колоду карт.
5     deck = create_deck()
6
7     # Получить количество карт для раздачи.
8     num_cards = int(input('Сколько карт раздать? '))
9
10    # Раздать карты.
11    deal_cards(deck, num_cards)
12
```

Строка 5 вызывает функцию `create_deck`. Она создает словарь, содержащий пары ключ/значение для колоды карт, и возвращает ссылку на словарь. Ссылка присваивается переменной `deck` (колода).

Строка 8 предлагает пользователю ввести количество карт для раздачи. Введенное значение конвертируется в целочисленный тип `int` и присваивается переменной `num_cards`.

Строка 11 вызывает функцию `deal_cards`, передавая ей в качестве аргументов переменные `deck` и `num_cards`. Функция `deal_cards` раздает заданное количество карт из колоды.

Далее идет функция `create_deck`.

Программа 9.1 (продолжение). Функция create_deck

```
13 # Функция create_deck возвращает словарь,
14 # представляющий колоду карт.
15 def create_deck():
16     # Создать словарь, в котором каждая карта и ее значение
17     # хранятся в виде пар ключ/значение.
18     deck = {'Туз пик':1, '2 пик':2, '3 пик':3,
19             '4 пик':4, '5 пик':5, '6 пик':6,
20             '7 пик':7, '8 пик':8, '9 пик':9,
21             '10 пик':10, 'Валет пик':10,
22             'Дама пик':10, 'Король пик': 10,
23
```

```

24         'Туз червей':1, '2 червей':2, '3 червей':3,
25         '4 червей':4, '5 червей':5, '6 червей':6,
26         '7 червей':7, '8 червей':8, '9 червей':9,
27         '10 червей':10, 'Валет червей':10,
28         'Дама червей':10, 'Король червей': 10,
29
30         'Туз треф':1, '2 треф':2, '3 треф':3,
31         '4 треф':4, '5 треф':5, '6 треф':6,
32         '7 треф':7, '8 треф':8, '9 треф':9,
33         '10 треф':10, 'Валет треф':10,
34         'Дама треф':10, 'Король треф': 10,
35
36         'Туз бубей':1, '2 бубей':2, '3 бубей':3,
37         '4 бубей':4, '5 бубей':5, '6 бубей':6,
38         '7 бубей':7, '8 бубей':8, '9 бубей':9,
39         '10 бубей':10, 'Валет бубей':10,
40         'Дама бубей':10, 'Король бубей': 10}
41
42     # Вернуть колоду.
43     return deck
44

```

Программный код в строках 18–40 создает словарь с парами ключ/значение, представляющими карты стандартной игральной колоды. (Пустые строки 22, 29 и 35 вставлены, чтобы было легче читать программный код.)

Строка 43 возвращает ссылку на словарь.

Далее идет функция `deal_cards`.

Программа 9.1 (окончание). Функция `deal_cards`

```

45 # Функция deal_cards раздает заданное количество карт
46 # из колоды.
47
48 def deal_cards(deck, number):
49     # Инициализировать накопитель для количества карт на руках.
50     hand_value = 0
51
52     # Убедиться, что количество карт для раздачи
53     # не больше количества карт в колоде.
54     if number > len(deck):
55         number = len(deck)
56
57     # Раздать карты и накопить их значения.
58     for count in range(number):
59         card, value = deck.popitem()

```

```

60     print(card)
61     hand_value += value
62
63     # Показать величину карт на руках.
64     print('Величина карт на руках:', hand_value)
65
66 # Вызвать главную функцию.
67 main()

```

Функция `deal_cards` принимает два аргумента: количество карт для раздачи и колоду, из которой они раздаются. Стока 50 инициализирует накапливающую переменную `hand_value` (сумма достоинств карт на руках) значением 0. Инструкция `if` в строке 54 определяет, не превышает ли количество карт, подлежащих раздаче, количество карт в колоде. Если это так, то строка 55 задает количество раздаваемых карт равным количеству карт в колоде.

Цикл `for`, который начинается в строке 58, выполняет одну итерацию для каждой раздаваемой карты. Внутри цикла инструкция в строке 59 вызывает метод `popitem()`, который возвращает из словаря `deck` произвольную пару ключ/значение и удаляет эту пару из словаря¹. Ключ присваивается переменной `card`, а значение — переменной `value`. Стока 60 показывает достоинство карты, строка 61 прибавляет значение карты в накопитель `hand_value`.

После завершения цикла строка 64 показывает сумму достоинств комбинации карт на руках.

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Сколько карт раздать? 5

8 червей

5 бубей

5 червей

Дама треф

10 пик

Величина карт на руках: 38

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Хранение имен и дней рождения в словаре

В этой рубрике мы рассмотрим программу, которая хранит в словаре имена ваших друзей и дни их рождения. Каждая запись в словаре использует имя друга в качестве ключа, а его день рождения в качестве значения. Эту программу можно использовать для поиска дней рождения друзей по вводимому имени.



¹ Для произвольного отбора элементов без удаления их из словаря следует использовать метод `random()`. — Прим. ред.

Программа показывает меню, которое позволяет пользователю выбрать один из приведенных ниже вариантов действий:

1. Отыскать день рождения.
2. Добавить новый день рождения.
3. Изменить день рождения.
4. Удалить день рождения.
5. Выйти из программы.

Программа первоначально начинает работу с пустого словаря, поэтому вам нужно выбрать из меню пункт 2, чтобы добавить новую запись. Когда вы добавите несколько записей, можно выбрать пункт 1, чтобы отыскать день рождения определенного человека, пункт 3, чтобы изменить существующий день рождения в словаре, пункт 4, чтобы удалить день рождения из словаря, или пункт 5, чтобы выйти из программы.

В программе 9.2 приведен соответствующий код. Программа разделена на шесть функций: `main` (главная), `get_menu_choice` (получить пункт меню), `look_up` (отыскать), `add` (добавить), `change` (изменить) и `delete` (удалить). Вместо того чтобы приводить всю программу целиком, давайте сначала исследуем глобальные константы и главную функцию `main`.

Программа 9.2 (birthdays.py). Главная функция

```

1 # Эта программа применяет словарь для хранения
2 # имен и дней рождения друзей.
3
4 # Глобальные константы для пунктов меню
5 LOOK_UP = 1
6 ADD = 2
7 CHANGE = 3
8 DELETE = 4
9 QUIT = 5
10
11 # Главная функция.
12 def main():
13     # Создать пустой словарь.
14     birthdays = {}
15
16     # Инициализировать переменную для выбора пользователя.
17     choice = 0
18
19     while choice != QUIT:
20         # Получить выбранный пользователем пункт меню.
21         choice = get_menu_choice()
22
23         # Обработать выбранный вариант действий.
24         if choice == LOOK_UP:
25             look_up(birthdays)
26         elif choice == ADD:
27             add(birthdays)

```

```
28     elif choice == CHANGE:
29         change(birthdays)
30     elif choice == DELETE:
31         delete(birthdays)
32
```

Глобальные константы, объявленные в строках 5–9, используются для проверки выбранного пользователем пункта меню. В главной функции строка 14 создает пустой словарь, на который ссылается переменная `birthdays`. Стока 17 инициализирует переменную `choice` значением 0. Эта переменная содержит выбранный пользователем пункт меню.

Цикл `while`, который начинается в строке 19, повторяется до тех пор, пока пользователь не примет решение выйти из программы. Внутри цикла строка 21 вызывает функцию `get_menu_choice`. Функция `get_menu_choice` выводит меню и возвращает сделанный пользователем выбор. Возвращенное значение присваивается переменной `choice`.

Инструкция `if-elif` в строках 24–31 обрабатывает выбранный пользователем пункт меню. Если пользователь выбирает пункт 1, то строка 25 вызывает функцию `look_up`. Если пользователь выбирает пункт 2, то строка 27 вызывает функцию `add`. Если пользователь выбирает пункт 3, то строка 29 вызывает функцию `change`. Если пользователь выбирает пункт 4, то строка 31 вызывает функцию `delete`.

Далее идет функция `get_menu_choice`.

Программа 9.2 (продолжение). Функция `get_menu_choice`

```
33 # Функция get_menu_choice выводит меню и получает
34 # проверенный на допустимость выбранный пользователем пункт.
35 def get_menu_choice():
36     print()
37     print('Друзья и их дни рождения')
38     print('-----')
39     print('1. Найти день рождения')
40     print('2. Добавить новый день рождения')
41     print('3. Изменить день рождения')
42     print('4. Удалить день рождения')
43     print('5. Выйти из программы')
44     print()
45
46     # Получить выбранный пользователем пункт.
47     choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
48
49     # Проверить выбранный пункт на допустимость.
50     while choice < LOOK_UP or choice > QUIT:
51         choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
52
53     # Вернуть выбранный пользователем пункт.
54     return choice
55
```

Инструкции в строках 36–44 выводят на экран меню. Стока 47 предлагает пользователю ввести выбранный пункт. Введенное значение приводится к типу `int` и присваивается переменной `choice`. Цикл `while` в строках 50–51 проверяет введенное пользователем значение на допустимость и при необходимости предлагает пользователю ввести выбранный пункт повторно. Как только вводится допустимый пункт меню, он возвращается из функции в строке 54.

Далее идет функция `look_up`.

Программа 9.2 (продолжение). Функция `look_up`

```
56 # Функция look_up отыскивает имя
57 # в словаре birthdays.
58 def look_up(birthdays):
59     # Получить искомое имя.
60     name = input('Введите имя: ')
61
62     # Отыскать его в словаре.
63     print(birthdays.get(name, 'Не найдено.'))
64
```

Задача функции `look_up` состоит в том, чтобы позволить пользователю отыскать день рождения друга. В качестве аргумента она принимает словарь. Стока 60 предлагает пользователю ввести имя, строка 63 передает это имя в словарную функцию `get` в качестве аргумента. Если имя найдено, то возвращается связанное с ним значение (день рождения друга), которое затем выводится на экран. Если имя не найдено, то выводится строковый литерал 'Не найдено.'.

Далее идет функция `add`.

Программа 9.2 (продолжение). Функция `add`

```
65 # Функция add добавляет новую запись
66 # в словарь birthdays.
67 def add(birthdays):
68     # Получить имя и день рождения.
69     name = input('Введите имя: ')
70     bday = input('Введите день рождения: ')
71
72     # Если имя не существует, то его добавить.
73     if name not in birthdays:
74         birthdays[name] = bday
75     else:
76         print('Эта запись уже существует.')
77
```

Задача функции `add` состоит в том, чтобы позволить пользователю добавить в словарь новый день рождения. В качестве аргумента она принимает словарь. Строки 69 и 70 предлагают пользователю ввести имя и день рождения. Инструкция `if` в строке 73 определяет, есть ли

это имя в словаре. Если его нет, то строка 74 добавляет новое имя и день рождения в словарь. В противном случае в строке 76 печатается сообщение о том, что запись уже существует.

Далее идет функция `change`.

Программа 9.2 (продолжение). Функция `change`

```
78 # Функция change изменяет существующую
79 # запись в словаре birthdays.
80 def change(birthdays):
81     # Получить искомое имя.
82     name = input('Введите имя: ')
83
84     if name in birthdays:
85         # Получить новый день рождения.
86         bday = input('Введите новый день рождения: ')
87
88         # Обновить запись.
89         birthdays[name] = bday
90     else:
91         print('Это имя не найдено.')
92
```

Задача функции `change` состоит в том, чтобы позволить пользователю изменить существующий день рождения в словаре. В качестве аргумента она принимает словарь. Стока 82 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 84 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 86 получает новый день рождения, а строка 89 сохраняет этот день рождения в словаре. Если имени в словаре нет, то строка 91 печатает соответствующее сообщение.

Далее идет функция `delete`.

Программа 9.2 (окончание). Функция `delete`

```
93 # Функция delete удаляет запись из
94 # словаря birthdays.
95 def delete(birthdays):
96     # Получить искомое имя.
97     name = input('Введите имя: ')
98
99     # Если имя найдено, то удалить эту запись.
100    if name in birthdays:
101        del birthdays[name]
102    else:
103        print('Это имя не найдено.')
104
105 # Вызвать главную функцию.
106 main()
```

Задача функции `delete` состоит в том, чтобы позволить пользователю удалить существующий день рождения из словаря. В качестве аргумента она принимает словарь. Стока 97 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 100 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 101 его удаляет. Если имени в словаре нет, то строка 103 печатает соответствующее сообщение.

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **2**

Введите имя: **Кэмерон**

Введите день рождения: **10/12/1990**

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **2**

Введите имя: **Кэтрин**

Введите день рождения: **5/7/1989**

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **1**

Введите имя: **Кэмерон**

10/12/1990

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения

3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1

Введите имя: Кэтрин

5/7/1989

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 3

Введите имя: Кэтрин

Введите новый день рождения: 5/7/1988

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1

Введите имя: Кэтрин

5/7/1988

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения
4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 4

Введите имя: Кэмерон

Друзья и их дни рождения

1. Найти день рождения
2. Добавить новый день рождения
3. Изменить день рождения

4. Удалить день рождения
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 1

Введите имя: Кэмерон

Не найдено.

Друзья и их дни рождения

-
1. Найти день рождения
 2. Добавить новый день рождения
 3. Изменить день рождения
 4. Удалить день рождения
 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 5



Контрольная точка

- 9.1.** Элемент в словаре имеет две части. Как они называются?
- 9.2.** Какая часть элемента словаря должна быть немуттирующей?
- 9.3.** Предположим, что 'старт':1472 является элементом словаря. Что является ключом? И что является значением?
- 9.4.** Предположим, что создан словарь с именем employee. Что делает приведенная ниже инструкция?
`employee['id'] = 54321`
- 9.5.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?
`stuff = {1:'aaa', 2:'bbb', 3:'vvv'}
print(stuff[3])`
- 9.6.** Как определить, существует ли пара ключ/значение в словаре?
- 9.7.** Предположим, что существует словарь inventory. Что делает приведенная ниже инструкция?
`del inventory[654]`
- 9.8.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?
`stuff = {1:'aaa', 2:'bbb', 3:'vvv'}
print(len(stuff))`
- 9.9.** Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?
`stuff = {1:'aaa', 2:'bbb', 3:'vvv'}
for k in stuff:
 print(k)`
- 9.10.** В чем разница между словарными методами `pop()` и `popitem()`?

- 9.11. Что возвращает метод `items()`?
- 9.12. Что возвращает метод `keys()`?
- 9.13. Что возвращает метод `values()`?

9.2

Множества

Ключевые положения

Множество — это объект-контейнер уникальных значений, который работает как математическое множество.



Видеозапись "Введение в множества" (*Introduction to Sets*)

Множество — это объект, который хранит коллекцию данных таким же образом, что и математические множества. Вот несколько важных моментов, которые следует знать о множествах.

- ◆ Все элементы в множестве должны быть уникальными. Никакие два элемента не могут иметь одинаковое значение.
- ◆ Множества не упорядочены, т. е. элементы в множестве не хранятся в каком-то определенном порядке.
- ◆ Хранящиеся в множестве элементы могут иметь разные типы данных.

Создание множества

Для того чтобы создать множество, необходимо вызвать встроенную функцию `set`. Вот пример создания пустого множества:

```
myset = set()
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на пустое множество. В функцию `set` можно также передать один аргумент. Передаваемый аргумент должен быть объектом, который содержит итерируемые элементы, такие как список, кортеж или строковое значение. Отдельные элементы объекта, передаваемого в качестве аргумента, становятся элементами множества. Вот пример:

```
myset = set(['a', 'б', 'в'])
```

В этом примере в функцию `set` в качестве аргумента передается список. После исполнения этой инструкции переменная `myset` ссылается на множество, содержащее элементы 'a', 'б' и 'в'.

Если в качестве аргумента в функцию `set` передать строковое значение, то каждый отдельный символ в строковом значении становится членом множества. Вот пример:

```
myset = set('абв')
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы 'a', 'б' и 'в'.

Множества не могут содержать повторяющиеся элементы. Если в функцию `set` передать аргумент, содержащий повторяющиеся элементы, то в множестве появится только один из этих повторяющихся элементов. Вот пример:

```
myset = set('ааабв')
```

Символ 'а' встречается в строковом значении многоократно, но в множестве он появится только один раз. После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы 'а', 'б' и 'в'.

А как быть, если нужно создать множество, в котором каждый элемент является строковым значением, содержащим более одного символа? Например, как создать множество с элементами 'один', 'два' и 'три'? Приведенный ниже фрагмент кода эту задачу не выполнит, потому что в функцию `set` можно передавать не более одного аргумента:

```
# Это ОШИБКА!
myset = set('один', 'два', 'три')
```

Приведенный ниже пример тоже не выполнит эту задачу:

```
# Это не делает того, что мы хотим.
myset = set('один два три')
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы ' ', 'а', 'в', 'д', 'и', 'н', 'о', 'р' и 'т'. Для того чтобы создать множество, которое нам требуется, необходимо в качестве аргумента в функцию `set` передать список, содержащий строковые значения 'один', 'два' и 'три'. Вот пример:

```
# А теперь это работает.
myset = set(['один', 'два', 'три'])
```

После исполнения этой инструкции переменная `myset` будет ссылаться на множество, содержащее элементы 'один', 'два' и 'три'.

Получение количества элементов в множестве

Как и со списками, кортежами и словарями, функция `len` используется для получения количества элементов в множестве. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) [Enter]
2 >>> len(myset) [Enter]
3 5
4 >>>
```

Добавление и удаление элементов

Множества являются мутирующими объектами, поэтому элементы можно в них добавлять и удалять из них. Для добавления элемента в множество используется метод `add()`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set() [Enter]
2 >>> myset.add(1) [Enter]
3 >>> myset.add(2) [Enter]
4 >>> myset.add(3) [Enter]
5 >>> myset [Enter]
6 {1, 2, 3}
7 >>> myset.add(2) [Enter]
8 >>> myset
9 {1, 2, 3}
```

Инструкция в строке 1 создает пустое множество и присваивает его переменной `myset`. Инструкции в строках 2–4 добавляют в множество значения 1, 2 и 3. Стока 5 показывает содержимое множества, которое выводится в строке 6.

Инструкция в строке 7 пытается добавить в множество значение 2. Однако значение 2 уже в множестве есть. Если попытаться методом `add()` добавить в множество повторяющийся элемент, то этот метод не вызовет исключение. Он просто не добавит элемент.

В множество можно добавить сразу всю группу элементов при помощи метода `update()`. При вызове метода `update()` в качестве аргумента передается объект, который содержит итерируемые элементы, такие как список, кортеж, строковое значение или другое множество. Отдельные элементы объекта, передаваемого в качестве аргумента, становятся элементами множества. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) [Enter]
2 >>> myset.update([4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> myset [Enter]
4 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
5 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3. Стока 2 добавляет значения 4, 5 и 6. Приведенный ниже сеанс показывает еще один пример:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3]) [Enter]
2 >>> set2 = set([8, 9, 10]) [Enter]
3 >>> set1.update(set2) [Enter]
4 >>> set1
5 {1, 2, 3, 8, 9, 10}
6 >>> set2 [Enter]
7 {8, 9, 10}
8 >>>
```

Строка 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3, и присваивает его переменной `set1`. Стока 2 создает множество, содержащее значения 8, 9 и 10, и присваивает его переменной `set2`. Стока 3 вызывает метод `set1.update()`, передавая `set2` в качестве аргумента. В результате элемент `set2` добавляется в `set1`. Обратите внимание, что `set2` остается без изменений. Приведенный ниже сеанс показывает еще один пример:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) [Enter]
2 >>> myset.update('abc') [Enter]
3 >>> myset [Enter]
4 {1, 2, 3, 'a', 'c', 'b'}
5 >>>
```

Инструкция в строке 1 создает множество, содержащее значения 1, 2 и 3. Стока 2 вызывает метод `myset.update()`, передавая строковое значение 'abc' в качестве аргумента. В результате каждый символ в этом строковом значении добавляется как элемент в `myset`.

Элемент из множества можно удалить либо методом `remove()`, либо методом `discard()`. Удаляемый элемент передается в качестве аргумента в один из этих методов, и этот элемент удаляется из множества. Единственная разница между этими двумя методами состоит в том, как они себя ведут, когда указанный элемент в множестве не найден. Метод `remove()` вызы-

вает исключение `KeyError`, а метод `discard()` исключение не вызывает. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```

1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) [Enter]
2 >>> myset [Enter]
3 {1, 2, 3, 4, 5}
4 >>> myset.remove(1) [Enter]
5 >>> myset [Enter]
6 {2, 3, 4, 5}
7 >>> myset.discard(5) [Enter]
8 >>> myset [Enter]
9 {2, 3, 4}
10 >>> myset.discard(99) [Enter]
11 >>> myset.remove(99) [Enter]
12 Traceback (most recent call last):
13   File "<pyshell#12>", line 1, in <module>
14     myset.remove(99)
15 KeyError: 99
16 >>>
```

Строка 1 создает множество с элементами 1, 2, 3, 4 и 5. Стока 2 показывает содержимое множества, которое выводится в строке 3. Стока 4 вызывает метод `remove()`, чтобы удалить из множества значение 1. Из результата, показанного в строке 6, видно, что значение 1 больше в множестве не существует. Стока 7 вызывает метод `discard()`, чтобы удалить из множества значение 5. Из результата, показанного в строке 9, видно, что значение 5 больше в множестве не существует. Стока 10 вызывает метод `discard()`, чтобы удалить из множества значение 99. Это значение в множестве не найдено, но метод `discard()` исключение не вызывает. Стока 11 вызывает метод `remove()`, чтобы удалить из множества значение 99. Поскольку это значение в множестве не существует, вызывается исключение `KeyError`, как показано в строках 12–15.

Все элементы множества можно удалить путем вызова метода `clear()`. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```

1 >>> myset = set([1, 2, 3, 4, 5]) [Enter]
2 >>> myset [Enter]
3 {1, 2, 3, 4, 5}
4 >>> myset.clear() [Enter]
5 >>> myset [Enter]
6 set()
7 >>>
```

Инструкция в строке 4 вызывает метод `clear()` для опустошения множества. Обратите внимание, что, когда в строке 6 выводится содержимое пустого множества, интерпретатор показывает `set()`.

Применение цикла `for` для последовательного обхода множества

Для последовательного перебора всех элементов в множестве цикл `for` используется в приведенном ниже общем формате:

```
for переменная in множество:  
    инструкция  
    инструкция  
    ...
```

В данном формате *переменная* — это имя переменной, *множество* — имя множества. Этот цикл делает одну итерацию для каждого элемента в множестве, во время которой *переменной* присваивается элемент. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот процесс:

```
1 >>> myset = set(['a', 'b', 'c']) [Enter]  
2 >>> for val in myset: [Enter]  
3         print(val) [Enter] [Enter]  
4  
5 a  
6 b  
7 c  
8 >>>
```

Строки 2–3 содержат цикл `for`, который выполняет одну итерацию для каждого элемента множества `myset`. Во время каждой итерации цикла элемент множества присваивается переменной. Стока 3 печатает значение этой переменной. Строки 5–7 показывают результат работы цикла.

Применение операторов *in* и *not in* для проверки на принадлежность значения множеству

Оператор `in` используется для определения, существует ли значение в множестве. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует работу данного оператора:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) [Enter]  
2 >>> if 1 in myset: [Enter]  
3         print('Значение 1 находится в множестве.') [Enter] [Enter]  
4  
5 Значение 1 находится в множестве.  
6 >>>
```

Инструкция `if` в строке 2 определяет, находится ли значение 1 в множестве `myset`. Если да, то инструкция в строке 3 показывает сообщение.

Как продемонстрировано в приведенном ниже сеансе, чтобы определить, что элемент в множестве не существует, используется оператор `not in`:

```
1 >>> myset = set([1, 2, 3]) [Enter]  
2 >>> if 99 not in myset: [Enter]  
3         print('Значение 99 не находится в множестве.') [Enter] [Enter]  
4  
5 Значение 99 не находится в множестве.  
6 >>>
```

Объединение множеств

Объединение двух множеств — это операция, в результате которой получается множество, содержащее все элементы обоих множеств. В Python для получения объединения двух множеств вызывается метод `union()`. Вот общий формат вызова:

```
множество1.union(множество2)
```

В данном формате `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы `множества1` и элементы `множества2`. Вот пример:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1.union(set2) [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
6 >>>
```

Инструкция в строке 3 вызывает метод `union()` объекта `set1`, передавая `set2` в качестве аргумента. Этот метод возвращает множество, в которое входят все элементы `set1` и элементы `set2` (разумеется, без повторов). Получившееся множество присваивается переменной `set3`.

Для объединения двух множеств можно также использовать оператор `|`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `|` с двумя множествами:

```
множество1 | множество2
```

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят элементы `множества1` и элементы `множества2`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1 | set2 [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2, 3, 4, 5, 6}
6 >>>
```

Пересечение множеств

Пересечение двух множеств — это операция над множествами, при которой в итоговое множество входят только те элементы, которые находятся в обоих множествах. В Python для получения пересечения двух множеств вызывается метод `intersection()`. Вот общий формат вызова:

```
множество1.intersection(множество2)
```

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в `множестве1` и в `множестве2`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1.intersection(set2) [Enter]
```

```
4 >>> set3 [Enter]
5 {3, 4}
6 >>>
```

Инструкция в строке 3 вызывает метод `intersection()` объекта `set1`, передавая `set2` в качестве аргумента. Этот метод возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в `set1` и в `set2`. Получившееся множество присваивается переменной `set3`.

Для нахождения пересечения двух множеств можно также использовать оператор `&`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `&` с двумя множествами:

`множество1 & множество2`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят элементы, находящиеся одновременно в `множестве1` и в `множестве2`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1 & set2 [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {3, 4}
6 >>>
```

Разность множеств

Разность `множества1` и `множества2` — это все элементы `множества1`, не входящие в `множество2`. В Python для получения разности двух множеств вызывается метод `difference()`. Вот общий формат вызова:

`множество1.difference(множество2)`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят все элементы `множества1`, не входящие в `множество2`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1.difference(set2) [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2}
6 >>>
```

Для нахождения разности двух множеств можно также использовать оператор `-`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `-` с двумя множествами:

`множество1 - множество2`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данное выражение возвращает множество, в которое входят все элементы `множества1`, не входящие в `множество2`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
```

```

3 >>> set3 = set1 - set2 [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2}
6 >>>

```

Симметрическая разность множеств

Симметрическая разность двух множеств — это множество, которое содержит элементы, не принадлежащие одновременно обоим исходным множествам. Иными словами, это элементы, которые входят в одно из множеств, но не входят в оба множества одновременно. В Python для получения симметрической разности двух множеств вызывается метод `symmetric_difference()`. Вот общий формат вызова:

`множество1.symmetric_difference(множество2)`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает множество, в которое входят элементы либо `множества1`, либо `множества2`, но не входят в оба множества одновременно. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот метод:

```

1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1.symmetric_difference(set2) [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2, 5, 6}
6 >>>

```

Для нахождения симметрической разности двух множеств можно также использовать оператор `^`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `^` с двумя множествами:

`множество1 ^ множество2`

В данном формате `множество1` и `множество2` — это множества. Это выражение возвращает множество, в которое входят элементы либо `множества1`, либо `множества2`, но не входят в оба множества одновременно. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эту операцию:

```

1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([3, 4, 5, 6]) [Enter]
3 >>> set3 = set1 ^ set2 [Enter]
4 >>> set3 [Enter]
5 {1, 2, 5, 6}
6 >>>

```

Подмножества и надмножества

Предположим, что имеется два множества, и одно из этих множеств содержит все элементы другого множества. Вот пример:

```

set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([2, 3])

```

В этом примере `set1` содержит все элементы `set2`. Это означает, что `set2` является *подмножеством* `set1`. Это также означает, что `set1` является *надмножеством* `set2`. В Python для

определения, является ли одно из множеств подмножеством другого, вызывается метод `issubset()`. Вот общий формат вызова:

`множество2.issubset(множество1)`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает `True`, если `множество2` является подмножеством `множество1`. В противном случае он возвращает `False`.

Для того чтобы определить, является ли одно из множеств надмножеством другого, вызывается метод `issuperset()`. Вот общий формат вызова:

`множество1.issuperset(множество2)`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данный метод возвращает `True`, если `множество1` является надмножеством `множество2`. В противном случае он возвращает `False`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эти методы:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([2, 3]) [Enter]
3 >>> set2.issubset(set1) [Enter]
4 True
5 >>> set1.issuperset(set2) [Enter]
6 True
7 >>>
```

Для определения, является ли одно из множеств подмножеством другого, также применяется оператор `<=`, и для определения, является ли одно из множеств надмножеством другого, используется оператор `>=`. Вот общий формат выражения с использованием оператора `<=` с двумя множествами:

`множество2 <= множество1`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данное выражение возвращает `True`, если `множество2` является подмножеством `множество1`. В противном случае оно возвращает `False`.

Вот общий формат выражения с использованием оператора `>=` с двумя множествами:

`множество1 >= множество2`

Здесь `множество1` и `множество2` — это множества. Данное выражение возвращает `True`, если `множество1` является надмножеством `множество2`. В противном случае оно возвращает `False`. Приведенный ниже интерактивный сеанс демонстрирует эти операции:

```
1 >>> set1 = set([1, 2, 3, 4]) [Enter]
2 >>> set2 = set([2, 3]) [Enter]
3 >>> set2 <= set1 [Enter]
4 True
5 >>> set1 >= set2 [Enter]
6 True
7 >>> set1 <= set2 [Enter]
8 False
```

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Операции над множествами

В этой рубрике вы рассмотрите программу 9.3, которая демонстрирует различные операции над множествами. Данная программа создает два множества: одно содержит имена студентов из бейсбольной команды, другое — имена студентов из баскетбольной команды. Затем программа выполняет приведенные ниже операции:

- ◆ находит пересечение множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в обеих спортивных командах;
- ◆ находит объединение множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в любой команде;
- ◆ находит разность бейсбольного и баскетбольного множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в бейсбол, но не играют в баскетбол;
- ◆ находит разность баскетбольного и бейсбольного (баскетбол – бейсбол) множеств, чтобы показать имена студентов, которые играют в баскетбол, но не играют в бейсбол;
- ◆ находит симметрическую разность баскетбольного и бейсбольного множеств, чтобы показать имена студентов, которые занимаются одним из этих видов спорта, но не обоими одновременно.

Программа 9.3 (sets.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует различные операции над множествами.
2 baseball = set(['Джоди', 'Кармен', 'Аида', 'Алиция'])
3 basketball = set(['Эва', 'Кармен', 'Алиция', 'Сара'])
4
5 # Показать членов бейсбольного множества.
6 print('Эти студенты состоят в бейсбольной команде:')
7 for name in baseball:
8     print(name)
9
10 # Показать членов баскетбольного множества.
11 print()
12 print('Эти студенты состоят в баскетбольной команде:')
13 for name in basketball:
14     print(name)
15
16 # Продемонстрировать пересечение.
17 print()
18 print('Эти студенты играют и в бейсбол, и в баскетбол:')
19 for name in baseball.intersection(basketball):
20     print(name)
21
22 # Продемонстрировать объединение.
23 print()
24 print('Эти студенты играют в одну или обе спортивные игры:')

```

```
25 for name in baseball.union(basketball):
26     print(name)
27
28 # Продемонстрировать разность между бейсболом и баскетболом.
29 print()
30 print('Эти студенты играют в бейсбол, но не в баскетбол:')
31 for name in baseball.difference(basketball):
32     print(name)
33
34 # Продемонстрировать разность между баскетболом и бейсболом.
35 print()
36 print('Эти студенты играют в баскетбол, но не в бейсбол:')
37 for name in basketball.difference(baseball):
38     print(name)
39
40 # Продемонстрировать симметрическую разность.
41 print()
42 print('Эти студенты играют в одну из спортивных игр, но не в обе:')
43 for name in baseball.symmetric_difference(basketball):
44     print(name)
```

Вывод программы

Эти студенты состоят в бейсбольной команде:

Аида
Кармен
Джоди
Алиция

Эти студенты состоят в баскетбольной команде:

Кармен
Эва
Алиция
Сара

Эти студенты играют и в бейсбол, и в баскетбол:

Кармен
Алиция

Эти студенты играют в одну или обе спортивные игры:

Алиция
Эва
Сара
Аида
Кармен
Джоди

Эти студенты играют в бейсбол, но не в баскетбол:

Аида

Джоди

Эти студенты играют в баскетбол, но не в бейсбол:

Эва

Сара

Эти студенты играют в одну из спортивных игр, но не в обе:

Эва

Сара

Аида

Джоди



Контрольная точка

9.14. Какими являются элементы множества: упорядоченными или неупорядоченными?

9.15. Позволяет ли множество хранить повторяющиеся элементы?

9.16. Как создать пустое множество?

9.17. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('Юпитер')
```

9.18. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(25)
```

9.19. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('ъъъ эээ ююю яяя')
```

9.20. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([1, 2, 2, 3, 4, 4, 4])
```

9.21. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(['ъъъ', 'эээ', 'ююю', 'яяя'])
```

9.22. Как определяется количество элементов в множестве?

9.23. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([10, 9, 8])
```

```
myset.update([1, 2, 3])
```

9.24. Какие элементы будут храниться в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([10, 9, 8])
myset.update('абв')
```

9.25. В чем разница между методами `discard()` и `remove()`?

9.26. Как определить, принадлежит ли определенный элемент множеству?

9.27. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([10, 20, 30])
set2 = set([100, 200, 300])
set3 = set1.union(set2)
```

9.28. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set1.intersection(set2)
```

9.29. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set1.difference(set2)
```

9.30. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([3, 4, 5, 6])
set3 = set2.difference(set1)
```

9.31. Какие элементы будут храниться в множестве `set3` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
set1 = set(['а', 'б', 'в'])
set2 = set(['б', 'в', 'г'])
set3 = set1.symmetric_difference(set2)
```

9.32. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
set1 = set([1, 2, 3, 4])
set2 = set([2, 3])
```

Какое множество является подмножеством другого?

Какое множество является надмножеством другого?

9.3

Сериализация объектов

Ключевые положения

Сериализация объекта — это процесс преобразования объекта в поток байтов, которые могут быть сохранены в файле для последующего извлечения. В Python сериализация объекта называется консервацией.

В главе 6 вы научились сохранять данные в текстовом файле. Иногда возникает необходимость сохранить в файл содержимое сложного объекта, такого как словарь или множество. Самый простой способ сохранить объект в файле состоит в сериализации объекта. Когда объект *сериализуется*, он преобразуется в поток байтов, которые могут быть легко сохранены в файле для последующего извлечения.

В Python процесс сериализации объекта называется *консервацией*. Стандартная библиотека Python предоставляет модуль `pickle` (маринад), который располагает различными функциями для сериализации, или консервации, объектов.

После того как модуль `pickle` импортирован, чтобы законсервировать объект, выполняются следующие шаги:

1. Открывается файл для двоичной записи.
2. Вызывается метод `dump()` модуля `pickle`, чтобы законсервировать объект и записать его в указанный файл.
3. После консервации всех объектов, которые требуется сохранить в файл, этот файл закрывается.

Рассмотрим эти шаги подробнее. Для того чтобы открыть файл для двоичной записи, в качестве режима доступа к файлу при вызове функции `open` используется строковый литерал '`wb`'. Например, приведенная ниже инструкция открывает файл с именем `mydata.dat` для двоичной записи:

```
outputfile = open('mydata.dat', 'wb')
```

После открытия файла для двоичной записи вызывается функция `dump` модуля `pickle`. Вот общий формат функции `dump`:

```
pickle.dump(объект, файл)
```

В данном формате *объект* — это переменная, которая ссылается на объект, подлежащий консервации, *файл* — это переменная, которая ссылается на файловый объект. После выполнения этой функции программный объект, на который ссылается *объект*, будет сериализован и записан в файл. (Можно законсервировать объект практически любого типа, в том числе списки, кортежи, словари, множества, строковые значения, целые числа и числа с плавающей точкой.)

В файл можно сохранить столько законсервированных объектов, сколько необходимо. По завершении работы вызывается метод `close()` файлового объекта для закрытия файла. Приведенный ниже интерактивный сеанс предоставляет простую демонстрацию консервации словаря:

```
1 >>> import pickle Enter
2 >>> phonebook = {'Крис' : '555-1111', Enter
3                 'Кэти' : '555-2222', Enter
4                 'Джоанна' : '555-3333'} Enter
```

```
5 >>> output_file = open('phonebook.dat', 'wb') [Enter]
6 >>> pickle.dump(phonebook, output_file) [Enter]
7 >>> output_file.close() [Enter]
8 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- ◆ Стока 1 импортирует модуль pickle.
- ◆ Строки 2–4 создают словарь, содержащий имена (в качестве ключей) и телефонные номера (в качестве значений).
- ◆ Стока 5 открывает файл с именем phonebook.dat для двоичной записи.
- ◆ Стока 6 вызывает функцию dump модуля pickle, чтобы сериализовать словарь phonebook и записать его в файл phonebook.dat.
- ◆ Стока 7 закрывает файл phonebook.dat.

В какой-то момент потребуется извлечь и расконсервировать объекты, которые были законсервированы ранее. Вот шаги, которые выполняются с этой целью:

1. Открывается файл для двоичного чтения.
2. Вызывается функция load модуля pickle, чтобы извлечь объект из файла и его расконсервировать.
3. После расконсервации из файла всех требующихся объектов этот файл закрывается.

Рассмотрим эти шаги подробнее. Для того чтобы открыть файл для двоичного чтения, при вызове функции open следует в качестве режима доступа к файлу использовать строковый литерал 'rb'. Например, приведенная ниже инструкция открывает файл с именем mydata.dat для двоичного чтения:

```
inputfile = open('mydata.dat', 'rb')
```

После открытия файла для двоичного чтения вызывается функция load модуля pickle. Вот общий формат инструкции, которая вызывает функцию load:

```
объект = pickle.load(файл)
```

В данном формате объект — это переменная, файл — переменная, которая ссылается на файловый объект. После исполнения этой функции переменная объект будет ссылаться на объект, который был извлечен из файла и расконсервирован.

Из файла можно расконсервировать столько объектов, сколько необходимо. (Если попытаться прочитать за пределами конца файла, то функция load вызовет исключение EOFError (ошибка конца файла).) По завершении работы вызывается метод close() файлового объекта, чтобы закрыть файл. Приведенный ниже интерактивный сеанс предоставляет простую демонстрацию расконсервации словаря phonebook, который был законсервирован в предыдущем сеансе:

```
1 >>> import pickle [Enter]
2 >>> input_file = open('phonebook.dat', 'rb') [Enter]
3 >>> pb = pickle.load(inputfile) [Enter]
4 >>> pb [Enter]
5 {'Крис': '555-1111', 'Кэти': '555-2222', 'Джоанна': '555-3333'}
6 >>> input_file.close() [Enter]
7 >>>
```

Рассмотрим этот сеанс.

- ◆ Стока 1 импортирует модуль pickle.
- ◆ Стока 2 открывает файл с именем phonebook.dat для двоичного чтения.
- ◆ Стока 3 вызывает функцию load модуля pickle, чтобы извлечь и расконсервировать объект из файла phonebook.dat. Полученный объект присваивается переменной pb.
- ◆ Стока 4 показывает словарь, на который ссылается переменная pb. Результат выводится в строке 5.
- ◆ Стока 6 закрывает файл phonebook.dat.

В программе 9.4 приведен пример кода, который демонстрирует консервацию объектов. Здесь предлагается пользователю ввести персональные данные (имя, возраст и массу) людей в том количестве, в каком он пожелает. Во время ввода информации о каждом отдельном человеке эта информация сохраняется в словаре, и затем словарь консервируется и сохраняется в файле info.dat. После завершения работы программы файл info.dat будет содержать законсервированный объект-словарь для каждого человека, информацию о котором пользователь ввел во время работы с программой.

Программа 9.4 (pickle_objects.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует консервацию объектов.
2 import pickle
3
4 # Главная функция.
5 def main():
6     again = 'д' # Для управления повторением цикла
7
8     # Открыть файл для двоичной записи.
9     output_file = open('info.dat', 'wb')
10
11    # Получать данные, пока пользователь не решит прекратить.
12    while again.lower() == 'д':
13        # Получить данные о человеке и сохранить их.
14        save_data(output_file)
15
16        # Пользователь желает ввести еще данные?
17        again = input('Желаете ввести еще данные? (д/н) : ')
18
19        # Закрыть файл.
20        output_file.close()
21
22 # Функция save_data получает данные о человеке,
23 # сохраняет их в словаре и затем консервирует
24 # словарь в указанном файле.
25 def save_data(file):
26     # Создать пустой словарь.
27     person = {}
```

```

29     # Получить данные о человеке и сохранить
30     # их в словаре.
31     person['имя'] = input('Имя: ')
32     person['возраст'] = int(input('Возраст: '))
33     person['масса'] = float(input('Масса: '))
34
35     # Законсервировать словарь.
36     pickle.dump(person, file)
37
38 # Вызвать главную функцию.
39 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Имя: Эндики 
Возраст: 25 
Вес: 122 
Желаете ввести еще данные? (д/н) : д 
Имя: Карл 
Возраст: 28 
Вес: 175 
Желаете ввести еще данные? (д/н) : н 

```

Давайте рассмотрим главную функцию.

- ◆ Переменная `again`, которая инициализирована в строке 6, используется для управления повторениями цикла.
- ◆ Стока 9 открывает файл `info.dat` для двоичной записи. Файловый объект присваивается переменной `output_file`.
- ◆ Цикл `while`, который начинается в строке 12, повторяется до тех пор, пока переменная `again` ссылается на 'д' или 'Д'.
- ◆ Внутри цикла строка 14 вызывает функцию `save_data`, передавая переменную `output_file` в качестве аргумента. Задача функции `save_data` состоит в том, чтобы получить данные о человеке и сохранить их в файле как законсервированный объект-словарь.
- ◆ Стока 17 предлагает пользователю ввести д или н, чтобы указать, желает ли он продолжить ввод данных. Введенное значение присваивается переменной `again`.
- ◆ Вне цикла строка 20 закрывает файл.

Теперь давайте взглянем на функцию `save_data`.

- ◆ Стока 27 создает пустой словарь, на который ссылается переменная `person`.
- ◆ Стока 31 предлагает пользователю ввести имя человека и сохраняет введенное значение в словаре `person`. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать пару ключ/значение, в которой в качестве ключа будет строковый литерал 'имя' и в качестве значения введенные пользователем данные об имени.
- ◆ Стока 32 предлагает пользователю ввести возраст человека и сохраняет введенное значение в словаре `person`. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать

пару ключ/значение, в которой в качестве ключа будет строковый литерал 'возраст' и в качестве значения введенные пользователем данные о возрасте.

- ◆ Стока 33 предлагает пользователю ввести вес человека и сохраняет введенное значение в словаре person. После исполнения этой инструкции словарь будет содержать пару ключ/значение, в которой в качестве ключа будет строковый литерал 'масса' и в качестве значения — введенные пользователем данные о массе.

- ◆ Стока 36 консервирует словарь person и записывает его в файл.

Программа 9.5 демонстрирует, как объект-словарь, который был законсервирован и сохранен в файле info.dat, можно извлечь и расконсервировать.

Программа 9.5 (unpickle_objects.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует расконсервацию объектов.
2 import pickle
3
4 # Главная функция.
5 def main():
6     end_of_file = False # Для обозначения конца файла.
7
8     # Открыть файл для двоичного чтения.
9     input_file = open('info.dat', 'rb')
10
11    # Прочитать файл до конца.
12    while not end_of_file:
13        try:
14            # Расконсервировать следующий объект.
15            person = pickle.load(input_file)
16
17            # Показать объект.
18            display_data(person)
19        except EOFError:
20            # Установить флаг, чтобы обозначить, что
21            # был достигнут конец файла.
22            end_of_file = True
23
24    # Закрыть файл.
25    input_file.close()
26
27 # Функция display_data показывает данные о человеке
28 # в словаре, который передан в качестве аргумента.
29 def display_data(person):
30     print('Имя:', person['имя'])
31     print('Возраст:', person['возраст'])
32     print('Масса:', person['масса'])
33     print()
34

```

```
35 # Вызвать главную функцию.  
36 main()
```

Вывод программы

Имя: Энджи
Возраст: 25
Масса: 122.0

Имя: Карл
Возраст: 28
Масса: 175.0

Рассмотрим основную функцию.

- ◆ Переменная `end_of_file`, которая инициализирована в строке 6, используется для указания, достигла ли программа конца файла `info.dat`. Обратите внимание, что переменная инициализирована булевым значением `False`.
- ◆ Стока 9 открывает файл `info.dat` для двоичного чтения. Файловый объект присваивается переменной `input_file`.
- ◆ Цикл `while`, который начинается в строке 12, повторяется до тех пор, пока переменная `end_of_file` равна `False`.
- ◆ Внутри цикла `while` инструкция `try/except` появляется в строках 13–22.
- ◆ В группе `try` строка 15 считывает объект из файла, расконсервирует его и присваивает его переменной `person`. Если достигнут конец файла, то эта инструкция вызывает исключение `EOFError` и программа перескакивает к выражению `except` в строке 19. В противном случае строка 18 вызывает функцию `display_data`, передавая переменную `person` в качестве аргумента.
- ◆ Когда происходит исключение `EOFError`, строка 22 присваивает переменной `end_of_file` значение `True`. В результате этого цикл `while` завершается.

Теперь рассмотрим функцию `display_data`.

- ◆ Когда эта функция вызывается, параметр `person` ссылается на словарь, который был передан в качестве аргумента.
- ◆ Стока 30 печатает значение, связанное с ключом 'имя' в словаре `person`.
- ◆ Стока 31 печатает значение, связанное с ключом 'возраст' в словаре `person`.
- ◆ Стока 32 печатает значение, связанное с ключом 'масса' в словаре `person`.
- ◆ Стока 33 печатает пустую строку.



Контрольная точка

- 9.33. Что такое сериализация объекта?
- 9.34. Какой режим доступа к файлу используется, когда файл открывается с целью сохранения в нем законсервированного объекта?
- 9.35. Какой режим доступа к файлу используется, когда файл открывается с целью извлечения из него законсервированного объекта?

- 9.36. Какой модуль следует импортировать, если требуется консервировать объекты?
- 9.37. Какая функция вызывается для консервации объекта?
- 9.38. Какая функция вызывается для извлечения и расконсервации объекта?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Оператор _____ используется для определения, имеется ли ключ в словаре.
 - а) &;
 - б) in;
 - в) ^;
 - г) ?.
2. Для удаления элемента из словаря используется _____.
 - а) метод remove();
 - б) метод erase();
 - в) метод delete();
 - г) инструкция del.
3. Функция _____ возвращает количество элементов в словаре.
 - а) size();
 - б) len();
 - в) elements();
 - г) count().
4. Для создания словаря используется _____.
 - а) {};
 - б) ();
 - в) [];
 - г) empty().
5. Метод _____ возвращает произвольно отобранные из словаря пары ключ/значение.
 - а) pop();
 - б) random();
 - в) popitem();
 - г) rand_pop().
6. Метод _____ возвращает значение, связанное с заданным ключом, и удаляет из словаря пару ключ/значение.
 - а) pop();
 - б) random();
 - в) popitem();
 - г) rand_pop().

7. Словарный метод _____ возвращает значение, связанное с заданным ключом. Если ключ не найден, то он возвращает значение по умолчанию.
- а) `pop()`;
 - б) `key()`;
 - в) `value()`;
 - г) `get()`.
8. Словарный метод _____ возвращает все ключи словаря и связанные с ними значения в виде последовательности кортежей.
- а) `keys_values()`;
 - б) `values()`;
 - в) `items()`;
 - г) `get()`.
9. Функция _____ возвращает количество элементов в множестве.
- а) `size()`;
 - б) `len()`;
 - в) `elements()`;
 - г) `count()`.
10. Метод _____ добавляет в множество один элемент.
- а) `append()`;
 - б) `add()`;
 - в) `update()`;
 - г) `merge()`.
11. Метод _____ добавляет в множество группу элементов.
- а) `append()`;
 - б) `add()`;
 - в) `update()`;
 - г) `merge()`.
12. Метод _____ удаляет элемент из множества, но не вызывает исключение, если элемент не найден.
- а) `remove()`;
 - б) `discard()`;
 - в) `delete()`;
 - г) `erase()`.
13. Метод _____ удаляет элемент из множества и вызывает исключение, если элемент не найден.
- а) `remove()`;
 - б) `discard()`;

- в) `delete()`;
- г) `erase()`.

14. Оператор _____ используется для объединения двух множеств.

- а) `|`;
- б) `&`;
- в) `-`;
- г) `^`.

15. Оператор _____ используется для разности двух множеств.

- а) `|`;
- б) `&`;
- в) `-`;
- г) `^`.

16. Оператор _____ используется для пересечения двух множеств.

- а) `|`;
- б) `&`;
- в) `-`;
- г) `^`.

17. Оператор _____ используется для симметрической разности двух множеств.

- а) `|`;
- б) `&`;
- в) `-`;
- г) `^`.

Истина или ложь

1. Ключи в словаре должны быть мутабельными объектами.
2. Словари не являются последовательностями.
3. Кортеж может быть ключом словаря.
4. Список может быть ключом словаря.
5. Словарный метод `popitem()` не генерирует исключение, если он вызывается с пустым словарем.
6. Приведенная ниже инструкция создает пустой словарь:
`mydict = {}`
7. Приведенная ниже инструкция создает пустое множество:
`myset = ()`
8. Множества хранят свои элементы в неупорядоченном виде.
9. В множестве можно хранить повторяющиеся элементы.
10. Метод `remove()` вызывает исключение, если заданный элемент в множестве не найден.

Короткий ответ

1. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct['вторник'])
```

2. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct.get('понедельник', 'Не найдено'))
```

3. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {'понедельник':1, 'вторник':2, 'среда':3}
print(dct.get('пятница', 'Не найдено'))
```

4. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
stuff = {'aaa' : 111, 'ббб' : 222, 'ввв' : 333}
print(stuff['ббб'])
```

5. Как удалить элемент из словаря?

6. Как определить количество элементов, которые хранятся в словаре?

7. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
dct = {1:[0, 1], 2:[2, 3], 3:[4, 5]}
print(dct[3])
```

8. Какие значения покажет приведенный ниже фрагмент кода? (Не беспокойтесь по поводу порядка следования, в котором они будут показаны.)

```
dct = {1:[0, 1], 2:[2, 3], 3:[4, 5]}
for k in dct:
    print(k)
```

9. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('Сатурн')
```

10. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(10)
```

11. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set('а бб ввв гггг')
```

12. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set([2, 4, 4, 6, 6, 6, 6])
```

13. Какие элементы будут размещены в множестве `myset` после исполнения приведенной ниже инструкции?

```
myset = set(['а', 'бб', 'ввв', 'гггг'])
```

14. Что покажет приведенный ниже фрагмент кода?

```
myset = set('1 2 3')
print(len(myset))
```

15. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set([10, 20, 30, 40])
set2 = set([40, 50, 60])
set3 = set1.union(set2)
```

16. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['о', 'п', 'с', 'в'])
set2 = set(['а', 'п', 'р', 'с'])
set3 = set1.intersection(set2)
```

17. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['г', 'д', 'е'])
set2 = set(['а', 'б', 'в', 'г', 'д'])
set3 = set1.difference(set2)
```

18. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set(['г', 'д', 'е'])
set2 = set(['а', 'б', 'в', 'г', 'д'])
set3 = set2.difference(set1)
```

19. Какие элементы будут членами множества `set3` после исполнения приведенного ниже фрагмента кода?

```
set1 = set([1, 2, 3])
set2 = set([2, 3, 4])
set3 = set1.symmetric_difference(set2)
```

20. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода:

```
set1 = set([100, 200, 300, 400, 500])
set2 = set([200, 400, 500])
```

Какое множество является подмножеством другого множества?

Какое множество является надмножеством другого множества?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает словарь, содержащий приведенные ниже пары ключ/значение:

```
'а' : 1
'б' : 2
'в' : 3
```

2. Напишите инструкцию, которая создает пустой словарь.

3. Предположим, что переменная `dct` ссылается на словарь. Напишите инструкцию `if`, которая определяет, существует ли в словаре ключ 'Джеймс'. Если да, то покажите значение, которое связано с этим ключом. Если ключа в словаре нет, то покажите соответствующее сообщение.
4. Предположим, что переменная `dct` ссылается на словарь. Напишите инструкцию `if`, которая определяет, существует ли в словаре ключ 'Джим'. Если да, то удалите ключ 'Джим' и связанное с ним значение.
5. Напишите фрагмент кода, который создает множество с приведенными далее целыми числами в качестве его членов: 10, 20, 30 и 40.
6. Допустим, что обе переменные `set1` и `set2` ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы из `set1` и `set2`, и присваивает получившееся множество переменной `set3`.
7. Допустим, что обе переменные `set1` и `set2` ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее только те элементы, которые одновременно находятся в `set1` и в `set2`, и присвойте получившееся множество переменной `set3`.
8. Допустим, что обе переменные `set1` и `set2` ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы `set1`, не входящие в `set2`, и присвойте получившееся множество переменной `set3`.
9. Допустим, что обе переменные `set1` и `set2` ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество, содержащее все элементы `set2`, не входящие в `set1`, и присвойте получившееся множество переменной `set3`.
10. Допустим, что обе переменные `set1` и `set2` ссылаются на множество. Напишите фрагмент кода, который создает еще одно множество с элементами, не принадлежащими одновременно `set1` и `set2`, и присвойте получившееся множество переменной `set3`.
11. Предположим, что переменная `dct` ссылается на словарь. Напишите фрагмент кода, который консервирует словарь и сохраняет его в файле `mydata.dat`.
12. Напишите фрагмент кода, который извлекает и расконсервирует словарь, законсервированный в задании 11.

Задачи по программированию

1. **Информация об учебных курсах.** Напишите программу, которая создает словарь, содержащий номера курсов и номера аудиторий, где проводятся курсы. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.2 пары ключ/значение.

Таблица 9.2

| Номер курса (ключ) | Номер аудитории (значение) |
|--------------------|----------------------------|
| CS101 | 3004 |
| CS102 | 4501 |
| CS103 | 6755 |
| CS104 | 1244 |
| CS105 | 1411 |

Программа должна также создать словарь, содержащий номера курсов и имена преподавателей, которые ведут каждый курс. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.3 пары ключ/значение.

Таблица 9.3

| Номер курса (ключ) | Преподаватель (значение) |
|--------------------|--------------------------|
| CS101 | Хайнс |
| CS102 | Альварадо |
| CS103 | Рич |
| NT110 | Берк |
| CM241 | Ли |

Программа должна также создать словарь, содержащий номера курсов и время проведения каждого курса. Словарь должен иметь приведенные в табл. 9.4 пары ключ/значение.

Таблица 9.4

| Номер курса (ключ) | Время (значение) |
|--------------------|------------------|
| CS101 | 8:00 |
| CS102 | 9:00 |
| CS103 | 10:00 |
| NT110 | 11:00 |
| CM241 | 13:00 |

Программа должна позволить пользователю ввести номер курса, а затем показать номер аудитории, имя преподавателя и время проведения курса.

2. **Викторина со столицами.** Напишите программу, которая создает словарь, содержащий в качестве ключей названия американских штатов и в качестве значений их столицы. (Список штатов и соответствующих им столиц можно найти в Интернете.) Затем программа должна провести викторину, случайным образом выводя название штата и предлагая ввести его столицу. Программа должна провести подсчет количества правильных и неправильных ответов. (Как вариант, вместо американских штатов программа может использовать названия стран и их столиц.)



Видеозапись "Задача о викторине со столицами" (The Capital Quiz Problem)

3. **Шифрование и дешифрование файлов.** Напишите программу, которая применяет словарь для присвоения "кодов" каждой букве алфавита. Например:

```
codes = { 'A': '%', 'a': '9', 'B': '@', 'б': '#' ... }
```

Здесь букве А присвоен символ %, букве а — число 9, букве Б — символ @ и т. д. Программа должна открыть заданный текстовый файл, прочитать его содержимое и применить словарь для записи зашифрованной версии содержимого файла во второй файл.

Каждый символ во втором файле должен содержать код для соответствующего символа из первого файла.

Напишите вторую программу, которая открывает зашифрованный файл и показывает его дешифрованное содержимое на экране.

4. **Уникальные слова.** Напишите программу, которая открывает заданный текстовый файл и затем показывает список всех уникальных слов в файле. (*Подсказка:* храните слова в качестве элементов множества.)
5. **Частотность слов.** Напишите программу, которая считывает содержимое текстового файла. Она должна создать словарь, в котором ключами являются отдельные слова в файле, и значениями — количество появлений каждого слова. Например, если слово 'это' появляется 128 раз, то словарь должен содержать элемент с ключом 'это' и значением 128. Программа должна либо показать частотность каждого слова, либо создать второй файл, содержащий список слов и их частотностей.
6. **Анализ файла.** Напишите программу, которая читает содержимое двух текстовых файлов и сравнивает их следующим образом:
 - показывает список всех уникальных слов, содержащихся в обоих файлах;
 - показывает список слов, входящих в оба файла;
 - показывает список слов из первого файла, не входящих во второй;
 - показывает список слов из второго файла, не входящих в первый;
 - показывает список слов, входящих либо в первый, либо во второй файл, но не входящих в оба файла одновременно.

Подсказка: для выполнения этого анализа используйте операции над множествами.

7. **Победители Мировой серии.** Среди исходного кода *главы 9*, а также в подпапке *data* "Решений задач по программированию" соответствующей главы вы найдете файл *WorldSeriesWinners.txt*. Этот файл содержит хронологический список команд-победителей Мировой серии по бейсболу с 1903 по 2009 годы. (Первая строка в файле является названием команды, которая победила в 1903 году, последняя строка — названием команды, которая победила в 2009 году. Обратите внимание, что Мировая серия не проводилась в 1904 и 1994 годах. В файле имеются указывающие на это пометки.)

Напишите программу, которая читает этот файл и создает словарь, в котором ключи — это названия команд, а связанные с ними значения — количество побед команды в Мировой серии. Программа должна также создать словарь, в котором ключи — это годы, а связанные с ними значения — названия команд, которые побеждали в том году.

Программа должна предложить пользователю ввести год в диапазоне между 1903 и 2009 годами и должна вывести название команды, которая выиграла Мировую серию в том году и количество побед команды в Мировой серии.

8. **Имена и адреса электронной почты.** Напишите программу, которая сохраняет имена и адреса электронной почты в словаре в виде пар ключ/значение. Программа должна вывести меню, которое позволяет пользователю отыскать адрес электронной почты человека, добавить новое имя и адрес электронной почты, изменить существующий адрес электронной почты и удалить существующее имя и адрес электронной почты. Программа должна законсервировать словарь и сохранить его в файле при выходе пользователя из программы. При каждом запуске программы она должна извлечь словарь из файла и его расконсервировать.

9. Имитация игры в блек-джек. Ранее в этой главе вы рассмотрели программу `card_dealer.py`, которая имитирует раздачу игральных карт из колоды на руки. Усовершенствуйте программу так, чтобы она имитировала упрощенную версию игры в блек-джек между двумя виртуальными игроками. Карты имеют приведенные ниже значения.

- Числовым картам присвоено значение, которое на них напечатано. Например, значение двойки пик равняется 2, значение пятерки бубей равняется 5.
- Валетам, дамам и королям присвоено значение 10.
- Тузам присвоено значение 1 или 11 в зависимости от выбора игрока.

Программа должна раздавать карты каждому игроку до тех пор, пока карты на руках у одного из игроков не превысят 21 очко. Когда это происходит, другой игрок становится победителем. (Может возникнуть ситуация, когда карты на руках у обоих игроков превысят 21 очко; в этом случае победителя нет.) Программа должна повторяться до тех пор, пока все карты не будут разданы.

Если игроку сдан туз, то программа должна определить значение этой карты согласно следующему правилу: туз равняется 11 очкам, если в результате добавления этой карты стоимость комбинации карт на руках у игрока не превысит 21 очко. В противном случае туз равняется 1 очку.

10. Словарный индекс. Напишите программу, которая читает содержимое текстового файла. Программа должна создать словарь, в котором пары ключ/значение описаны следующим образом:

- ключ — ключами являются отдельные слова в файле;
- значение — каждое значение является списком, который содержит номера строк в файле, где найдено слово (ключ).

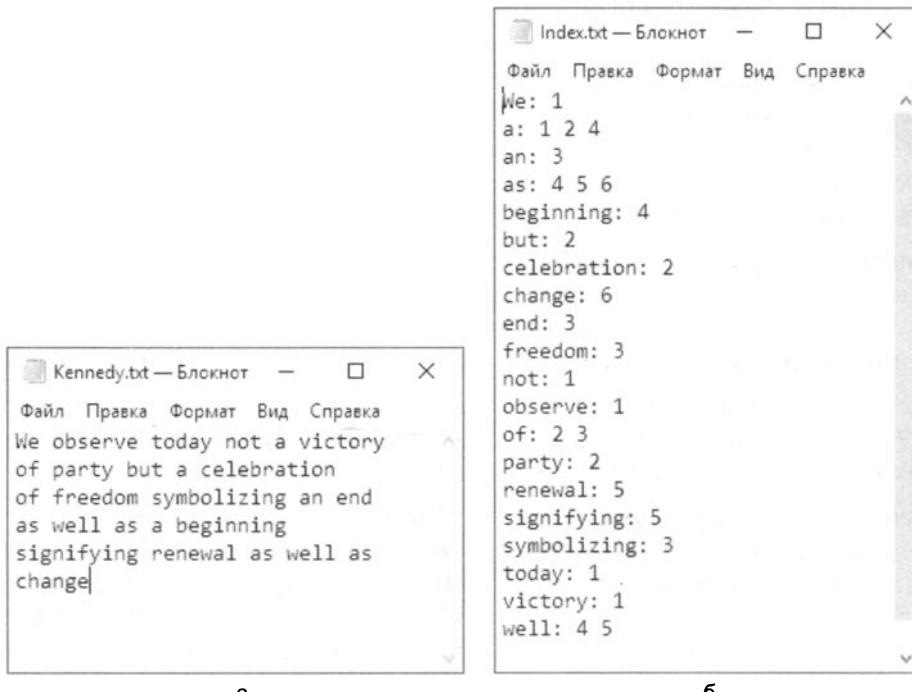


РИС. 9.1. Пример исходного (а) и индексного файлов (б)

Например, предположим, что слово "робот" найдено в строках 7, 18, 94 и 138. Словарь будет содержать элемент, в котором ключом будет строковое значение "робот", а значением — список, содержащий номера 7, 18, 94 и 138.

После создания словаря программа должна создать еще один текстовый файл, называемый словарным индексом, в котором приводится содержимое словаря. Словарный индекс должен содержать список слов в алфавитном порядке, хранящихся в словаре в качестве ключей, и номера строк, в которых эти слова встречаются в исходном файле. На рис. 9.1 показан пример исходного текстового файла (*Kennedy.txt*) и его индексного файла (*index.txt*).

10.1

Процедурное и объектно-ориентированное программирование

Ключевые положения

Процедурное программирование представляет собой методику написания программного обеспечения. Это практика программирования, в центре внимания которого находятся процедуры или действия, происходящие в программе. Основой объектно-ориентированного программирования служат объекты, которые создаются из абстрактных типов данных, объединяющих данные и функции.

В настоящее время применяются главным образом два метода программирования: процедурный и объектно-ориентированный. Первые языки программирования были процедурными, т. е. программа состояла из одной или нескольких процедур. *Процедура* может рассматриваться просто как функция, которая выполняет определенную задачу, такую как сбор вводимых пользователем данных, выполнение вычислений, чтение или запись файлов, вывод результатов и т. д. Программы, которые вы писали до сих пор, были по своей природе процедурными.

Как правило, процедуры оперируют элементами данных, которые существуют отдельно от процедур. В процедурной программе элементы данных обычно передаются из одной процедуры в другую. Как можно предположить, в центре процедурного программирования находится создание процедур, которые оперируют данными программы. По мере увеличения и усложнения программы разделение данных и программного кода, который оперирует данными, может привести к проблемам.

Например, предположим, что вы являетесь участником команды программистов, которая написала масштабную программу обработки базы данных клиентов. Эта программа первоначально разрабатывалась с использованием трех переменных, которые ссылаются на имя, адрес и телефонный номер клиента. Ваша работа состояла в том, чтобы разработать несколько функций, которые принимают эти три переменные в качестве аргументов и выполняют с ними операции. Созданный программный продукт успешно работал в течение некоторого времени, однако вашу команду попросили его обновить, внедрив несколько новых возможностей. Во время пересмотра версии ведущий программист вам сообщает, что имя, адрес и телефонный номер клиента больше не будут храниться в переменных. Вместо этого они будут храниться в списке. Это означает, что вам необходимо изменить все разработанные вами функции таким образом, чтобы они принимали список и работали с ним вместо этих трех переменных. Внесение таких масштабных модификаций не только предполагает большой объем работы, но и открывает возможность для внесения ошибок в программный код.

В отличие от процедурного программирования, в центре внимания которого находится создание процедур (функций), *объектно-ориентированное программирование (ООП)* сосредоточено на создании объектов. *Объект* — это программная сущность, которая содержит данные и процедуры. Находящиеся внутри объекта данные называются *атрибутами данных*. Это просто переменные, которые ссылаются на данные. Выполняемые объектом процедуры называются *методами*. Методы объекта — это функции, которые выполняют операции с атрибутами данных. В концептуальном плане объект представляет собой автономную единицу, которая состоит из атрибутов данных и методов, которые оперируют атрибутами данных (рис. 10.1).

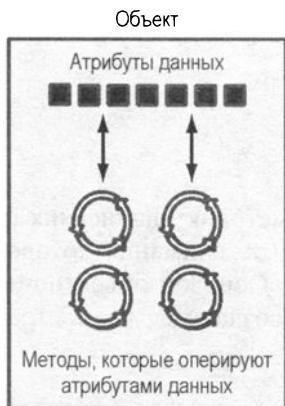


РИС. 10.1. Объект содержит атрибуты данных и методы

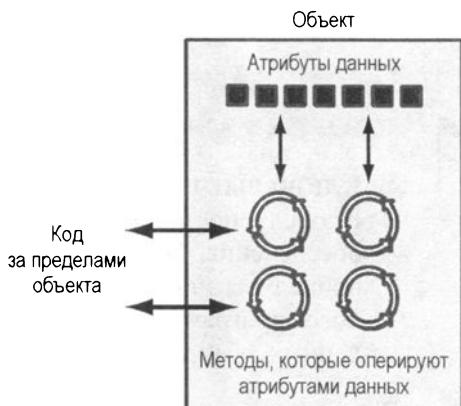


РИС. 10.2. Программный код за пределами объекта взаимодействует с методами объекта

ООП решает проблему разделения программного кода и данных посредством инкапсуляции и сокрытия данных. *Инкапсуляция* обозначает объединение данных и программного кода в одном объекте. *Скрытие данных* связано со способностью объекта скрывать свои атрибуты данных от программного кода, который находится за пределами объекта. Только методы объекта могут непосредственно получать доступ и вносить изменения в атрибуты данных объекта.

Объект, как правило, скрывает свои данные, но позволяет внешнему коду получать доступ к своим методам. Как показано на рис. 10.2, методы объекта предоставляют программным инструкциям за пределами объекта косвенный доступ к атрибутам данных объекта.

Когда атрибуты данных объекта скрыты от внешнего кода, и доступ к атрибутам данных ограничен методами объекта, атрибуты данных защищены от случайного повреждения. Кроме того, программному коду за пределами объекта не нужно знать о формате или внутренней структуре данных объекта. Программный код взаимодействует только с методами объекта. Когда программист меняет структуру внутренних атрибутов данных, он также меняет методы объекта, чтобы они могли должным образом оперировать данными. Однако приемы взаимодействия внешнего кода с методами не меняются.

Возможность многократного использования объекта

В дополнение к решению проблем разделения программного кода и данных, применение ООП также всецело поддерживалось трендом на многократное использование объектов. Объект не является автономной программой. Напротив, он используется программами,

которым нужны его услуги. Например, Шэрон является программистом, и она разработала ряд объектов для визуализации 3D-изображений. Она эрудит в математике и очень много знает о компьютерной графике, поэтому ее объекты запрограммированы, чтобы выполнять все необходимые математические операции с 3D-графикой и справляться с компьютерным видеооборудованием. Для Тома, который пишет программу по заказу архитектурной фирмы, требуется, чтобы его приложение выводило 3D-изображения зданий. Поскольку он работает в рамках жестких сроков и не обладает большим объемом знаний в области компьютерной графики, то может применить объекты Шэрон, чтобы выполнить 3D-визуализацию (за небольшую плату, разумеется!).

Пример объекта из повседневной жизни

Предположим, что ваш будильник — это на самом деле программный объект. Будь это так, то он имел бы приведенные ниже атрибуты данных:

- ◆ `current_second` (текущая секунда, значение в диапазоне 0–59);
- ◆ `current_minute` (текущая минута, значение в диапазоне 0–59);
- ◆ `current_hour` (текущий час, значение в диапазоне 1–12);
- ◆ `alarm_time` (время сигнала, допустимый час и минута);
- ◆ `alarm_is_set` (будильник включен, истина или ложь).

Этот пример четко показывает, что атрибуты данных — это всего-навсего значения, которые определяют *состояние*, в котором будильник находится в настоящее время. Вы, пользователь объекта "Будильник", не можете непосредственно манипулировать этими атрибутами данных, потому что они являются *приватными*, или частными. Для того чтобы изменить значение атрибута данных, необходимо применить один из методов объекта. Ниже приведено несколько методов объекта "Будильник":

- ◆ `set_time` (задать время);
- ◆ `set_alarm_time` (задать время сигнала);
- ◆ `set_alarm_on` (включить будильник);
- ◆ `set_alarm_off` (выключить будильник).

Каждый метод манипулирует одним или несколькими атрибутами данных. Например, метод `set_time()` позволяет устанавливать время будильника и активируется нажатием кнопки вверху часов. При помощи другой кнопки можно активировать метод `set_alarm_time()`.

Еще одна кнопка позволяет выполнять методы `set_alarm_on()` и `set_alarm_off()`. Обратите внимание, что все эти методы могут быть активированы вами, т. е. тем, кто находится за пределами будильника. Методы, к которым могут получать доступ объекты, находящиеся за пределами объекта, называются *открытыми*, или *публичными методами*.

Будильник также имеет закрытые, или *приватные, методы*, которые являются составной частью приватного, внутреннего устройства объекта. Внешние сущности (такие как вы, пользователь будильника) не имеют прямого доступа к приватным методам будильника. Объект предназначен выполнять эти методы автоматически и скрывать детали от вас. Ниже приведены приватные методы объекта "Будильник":

- ◆ `increment_current_second()` (прирастить текущую секунду);
- ◆ `increment_current_minute()` (прирастить текущую минуту);

- ◆ `increment_current_hour()` (прирастить текущий час);
- ◆ `sound_alarm()` (подать звуковой сигнал).

Метод `increment_current_second()` выполняется каждую секунду. Он изменяет значение атрибута данных `current_second`. Если при исполнении этого метода атрибут данных `current_second` равняется 59, то этот метод запрограммирован сбросить `current_second` в значение 0 и затем вызвать метод `increment_current_minute()`. Этот метод добавляет 1 к атрибуту данных `current_minute`, если он не равен 59. В противном случае он сбрасывает `current_minute` в значение 0 и вызывает метод `increment_current_hour()`. Метод `increment_current_minute()` сравнивает новое время с `alarm_time`. Если оба времени совпадают и при этом звонок включен, то исполняется метод `sound_alarm()`.



Контрольная точка

- 10.1. Что такое объект?
- 10.2. Что такое инкапсуляция?
- 10.3. Почему внутренние данные объекта обычно скрыты от внешнего программного кода?
- 10.4. Что такое публичные методы? Что такое приватные методы?

10.2 Классы

Ключевые положения

Класс — это программный код, который задает атрибуты данных и методы для объекта определенного типа.



[Видеозапись "Классы и объекты" \(Classes and Objects\)](#)

Теперь давайте обсудим, каким образом объекты создаются в программном коде. Прежде чем объект будет создан, он должен быть разработан программистом. Программист определяет атрибуты данных, необходимые методы и затем создает класс. *Класс* — это программный код, который задает атрибуты данных и методы объекта определенного типа. Представьте класс как "строительный проект", на основе которого будут возводиться объекты. Класс выполняет аналогичные задачи, что и проект дома. Сам проект не является домом, он является подробным описанием дома. Когда для возведения реального дома используется строительный проект, обычно говорят, что типовой дом (экземпляр дома) возводится согласно проекту. По желанию заказчика может быть построено несколько идентичных зданий на основе одного и того же проекта. Каждый возведенный дом является отдельным экземпляром дома, описанного в проекте. Эта идея проиллюстрирована на рис. 10.3.

Разницу между классом и объектом можно представить по-другому, если задуматься о различии между формой для печенья и печеньем. Форма для печенья не является печеньем, вместе с тем она дает описание печенья. Форма для печенья может использоваться для изготовления нескольких штук печенья (рис. 10.4). Представьте класс как форму для печенья, а также объекты, созданные на основе класса, как отдельные печенишки.

Итак, класс — это описание свойств объекта. Когда программа работает, она может использовать класс для создания в оперативной памяти такого количества объектов определенного типа, какое понадобится. Каждый объект, который создается на основе класса, называется *экземпляром* класса.

Проект, который описывает дом



Экземпляры домов, возведенных по проекту



РИС. 10.3. Проект и дома, возведенные по проекту



Формочка для печенья



Печенье

РИС. 10.4. Метафора формы для печенья

Например, Джессика является энтомологом (специалистом, изучающим насекомых), и она также любит писать компьютерные программы. Она разрабатывает программу для каталогизации различных типов насекомых. В рамках программы она создает класс `Insect` (Насекомое), который задает свойства, характерные для всех типов насекомых. Класс `Insect` представляет собой спецификацию, согласно которой создаются объекты. Далее она пишет программные инструкции, создающие объект под названием `housefly` (комнатная муха), который является экземпляром класса `Insect`. Объект `housefly` — это сущность, которая занимает место в оперативной памяти компьютера и там хранит данные о комнатной мухе. Этот объект имеет атрибуты данных и методы, заданные классом `Insect`. Затем она пишет программные инструкции, которые создают объект под названием `mosquito` (комар). Объект `mosquito` тоже является экземпляром класса `Insect`. Он занимает собственную область

в оперативной памяти и там хранит данные о комаре. И хотя объекты `housefly` и `mosquito` в оперативной памяти компьютера являются отдельными объектами, они оба были созданы на основе класса `Insect`. Другими словами, каждый из этих объектов имеет атрибуты данных и методы, описанные классом `Insect`. Это проиллюстрировано на рис. 10.5.

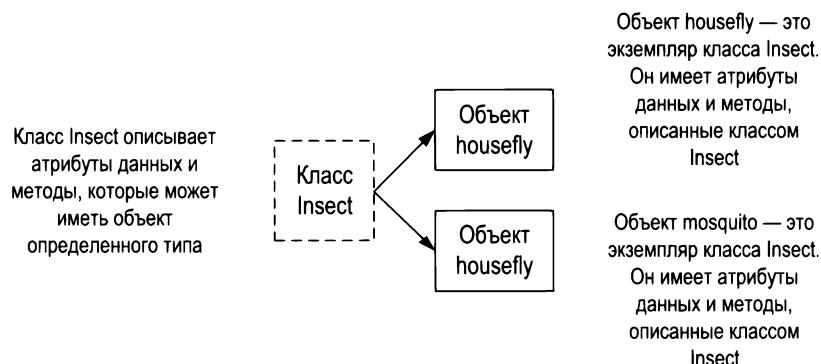


РИС. 10.5. Объекты `housefly` и `mosquito` являются экземплярами класса `Insect`

Определения классов

Для того чтобы создать класс, пишут *определение класса* — набор инструкций, которые задают *методы класса* и *атрибуты данных*. Давайте взглянем на простой пример. Предположим, что мы пишем программу для имитации бросания монеты. В программе мы должны неоднократно имитировать подбрасывание монеты и всякий раз определять, приземлилась ли она орлом либо решкой. Принимая объектно-ориентированный подход, мы напишем класс `Coin` (Монета), который может выполнять действия монеты.

В программе 10.1 представлено определение класса, пояснения которого будут даны далее, а сейчас обратите внимание, что эта программа не полная. Мы будем добавлять в нее код по мере продвижения.

Программа 10.1 (класс `Coin`, незаконченная программа)

```

1 import random
2
3 # Класс Coin имитирует монету, которую
4 # можно подбрасывать.
5
6 class Coin:
7
8     # Метод __init__ инициализирует
9     # атрибут данных sideup значением 'Орел'.
10
11    def __init__(self):
12        self.sideup = 'Орел'
13

```

```

14     # Метод toss генерирует случайное число
15     # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
16     # равно 0, то sideup получает значение 'Орел'.
17     # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.
18
19     def toss(self):
20         if random.randint(0, 1) == 0:
21             self.sideup = 'Орел'
22         else:
23             self.sideup = 'Решка'
24
25     # Метод get_sideup возвращает значение,
26     # на которое ссылается sideup.
27
28     def get_sideup(self):
29         return self.sideup

```

В строке 1 мы импортируем модуль `random`, т. к. для генерации случайного числа мы применяем функцию `randint`. Стока 6 является началом определения класса. Оно начинается с ключевого слова `class`, за которым идет имя класса, т. е. `Coin`, и потом двоеточие.

К именам классов применимы те же самые правила, которые применимы к именам переменных. Однако следует учесть, что мы начинаем имя класса, `Coin`, с заглавной буквой. Такое написание необязательно. Оно является широко распространенным среди программистов соглашением о наименовании классов. При чтении программного кода такое написание помогает легко отличать имена классов от имен переменных.

Класс `Coin` имеет три метода:

- ◆ метод `__init__()` появляется в строках 11–12;
- ◆ метод `toss()` (подбрасывать) — в строках 19–23;
- ◆ метод `get_sideup()` (получить обращенную вверх сторону монеты) — в строках 28–29.

Обратите внимание, что за исключением того, что эти определения методов появляются в классе, они похожи на любое другое определение функции в Python. Они начинаются со строки заголовка, после которой идет выделенный отступом блок инструкций.

Взглядите на заголовок каждого определения метода (строки 11, 19 и 28) и обратите внимание, что каждый метод имеет параметрическую переменную с именем `self`:

- ◆ строка 11: `def __init__(self):`
- ◆ строка 19: `def toss(self):`
- ◆ строка 28: `def get_sideup(self):`

Параметр `self`¹ требуется в каждом методе класса. Вспомните из предшествующего обсуждения ООП, что метод оперирует атрибутами данных конкретного объекта. Когда метод

¹ Присутствие этого параметра в методе обязательное. Вы не обязаны называть его `self`, однако строго рекомендуется действовать согласно общепринятой практике.

исполняется, он должен иметь возможность знать, атрибутами данных какого объекта он призван оперировать. Именно здесь на первый план выходит параметр `self`. Когда метод вызывается, Python делает так, что параметр `self` ссылается на конкретный объект, которым этот метод призван оперировать.

Давайте рассмотрим каждый из этих методов. Первый метод с именем `__init__()` определен в строках 11–12:

```
def __init__(self):
    self.sideup = 'Орел'
```

Большинство классов Python имеет специальный метод `__init__()`, который автоматически исполняется, когда экземпляр класса создается в оперативной памяти. Метод `__init__()` обычно называется *методом инициализации*, потому что он инициализирует атрибуты данных объекта. (Название метода состоит из двух символов подчеркивания, слова `init` и еще двух символов подчеркивания.)

Сразу после создания объекта в оперативной памяти исполняется метод `__init__()`, и параметру `self` автоматически присваивается объект, который был только что создан. Внутри этого метода исполняется инструкция в строке 12:

```
self.sideup = 'Орел'
```

Эта инструкция присваивает строковый литерал 'Орел' атрибуту данных `sideup`, принадлежащему только что созданному объекту. В результате работы метода `__init__()` каждый объект, который мы создаем на основе класса `Coin`, будет первоначально иметь атрибут `sideup` с заданным значением 'Орел'.



ПРИМЕЧАНИЕ

Метод `__init__()` обычно является первым методом в определении класса.

Метод `toss()` расположен в строках 19–23:

```
def toss(self):
    if random.randint(0, 1) == 0:
        self.sideup = 'Орел'
    else:
        self.sideup = 'Решка'
```

Этот метод тоже имеет необходимую параметрическую переменную `self`. При вызове метода `toss()` параметрическая переменная `self` автоматически будет ссылаться на объект, которым этот метод должен оперировать.

Метод `toss()` имитирует подбрасывание монеты. Когда он вызывается, инструкция `if` в строке 20 вызывает функцию `random.randint` для получения случайного целого числа в диапазоне от 0 до 1. Если число равняется 0, то инструкция в строке 21 присваивает атрибуту `self.sideup` значение 'Орел'. В противном случае инструкция в строке 23 присваивает атрибуту `self.sideup` значение 'Решка'.

Метод `get_sideup()` появляется в строках 28–29:

```
def get_sideup(self):
    return self.sideup
```

Как и ранее, этот метод имеет необходимую параметрическую переменную `self` и просто возвращает значение атрибута `self.sideup`. Данный метод вызывается в любое время, когда возникает необходимость узнать, какой стороной монета обращена вверх.

Для того чтобы продемонстрировать класс `Coin`, необходимо написать законченную программу, которая его использует для создания объекта. В программе 10.2 приведен такой пример. Определение класса `Coin` находится в строках 6–29, а главная функция расположена в строках 32–44.

Программа 10.2 (coin_demo1.py)

```
1 import random
2
3 # Класс Coin имитирует монету, которую
4 # можно подбрасывать.
5
6 class Coin:
7
8     # Метод __init__ инициализирует
9     # атрибут данных sideup значением 'Орел'.
10
11    def __init__(self):
12        self.sideup = 'Орел'
13
14    # Метод toss генерирует случайное число
15    # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
16    # равно 0, то sideup получает значение 'Орел'.
17    # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.
18
19    def toss(self):
20        if random.randint(0, 1) == 0:
21            self.sideup = 'Орел'
22        else:
23            self.sideup = 'Решка'
24
25    # Метод get_sideup возвращает значение,
26    # на которое ссылается sideup.
27
28    def get_sideup(self):
29        return self.sideup
30
31 # Главная функция.
32 def main():
33     # Создать объект на основе класса Coin.
34     my_coin = Coin()
```

```

36     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
37     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
38
39     # Подбросить монету.
40     print('Подбрасываю монету...')
41     my_coin.toss()
42
43     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
44     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
45
46 # Вызвать главную функцию.
47 main()

```

Вывод 1 программы

Эта сторона обращена вверх: Орел
 Подбрасываю монету...
 Эта сторона обращена вверх: Решка

Вывод 2 программы

Эта сторона обращена вверх: Орел
 Подбрасываю монету...
 Эта сторона обращена вверх: Орел

Вывод 3 программы

Эта сторона обращена вверх: Орел
 Подбрасываю монету...
 Эта сторона обращена вверх: Решка

Приглядитесь к инструкции в строке 34:

```
my_coin = Coin()
```

Выражение `Coin()`, которое расположено справа от оператора `=`, приводит к тому, что:

- ◆ в оперативной памяти создается объект на основе класса `Coin`;
- ◆ исполняется метод `__init__()` класса `Coin`, и параметру `self` автоматически назначается объект, который был только что создан. В результате атрибуту `sideup` этого объекта присваивается строковый литерал '`Орел`'.

На рис. 10.6 проиллюстрированы эти шаги.

После этого оператор `=` присваивает только что созданный объект `Coin` переменной `my_coin`. На рис. 10.7 показано, что после исполнения инструкции в строке 12 переменная `my_coin` будет ссылаться на объект `Coin`, а атрибуту `sideup` этого объекта присвоен строковый литерал '`Орел`'.

Следующая исполняемая инструкция находится в строке 37:

```
print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
```

Эта инструкция печатает сообщение об обращенной вверх стороне монеты. В данной инструкции расположено приведенное ниже выражение:

```
my_coin.get_sideup()
```

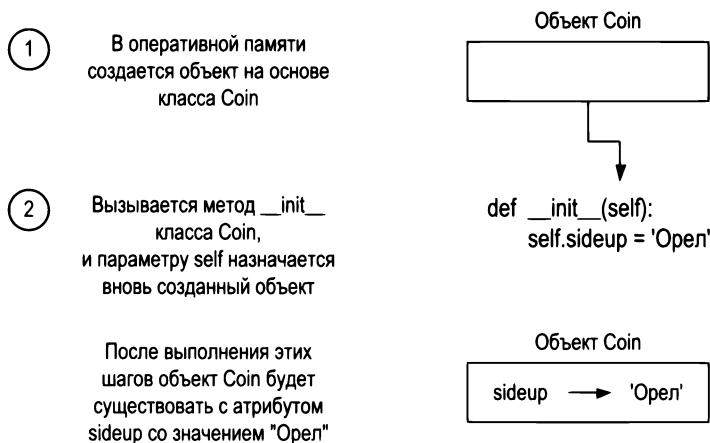


РИС. 10.6. Действия, вызванные выражением `Coin()`

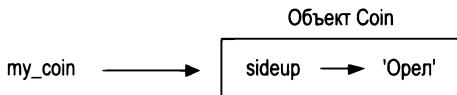


РИС. 10.7. Переменная `my_coin` ссылается на объект `Coin`

Это выражение для вызова метода `get_sideup()` использует объект, на который ссылается `my_coin`. После исполнения метода параметр `self` будет ссылаться на объект `my_coin`. В результате метод возвращает строковое значение 'Орел'.

Несмотря на то что метод `sideup()` имеет параметрическую переменную `self`, нам не нужно передавать в него аргумент. Когда этот метод вызывается, Python автоматически передает в первый параметр метода ссылку на вызывающий объект. В результате параметр `self` автоматически будет ссылаться на объект, которым этот метод должен оперировать.

Следующими исполняемыми строками являются строки 40 и 41:

```
print('Подбрасываю монету...')
my_coin.toss()
```

Инструкция в строке 41 использует объект, на который ссылается `my_coin`, для вызова метода `toss()`. После исполнения этого метода параметр `self` будет ссылаться на объект `my_coin`. Метод генерирует случайное число и использует это число для изменения значения атрибута `sideup` данного объекта.

Далее исполняется строка 44. Эта инструкция вызывает метод `my_coin.get_sideup()` для отображения обращенной вверх стороны монеты.

Сокрытие атрибутов

Ранее в этой главе мы упомянули, что атрибуты данных объекта должны быть приватными с тем, чтобы только методы объекта имели к ним непосредственный доступ. Такой подход защищает атрибуты данных от случайного повреждения. Однако в классе `Coin`, который был показан в предыдущем примере, атрибут `sideup` не является приватным. К нему могут получать непосредственный доступ инструкции, отсутствующие в методе класса `Coin`. Програм-

ма 10.3 демонстрирует соответствующий пример. Отметим, что строки 1–30 пропущены, чтобы сэкономить место. Эти строки содержат класс Coin, и они совпадают со строками 1–30 в программе 10.2.

Программа 10.3 (coin_demo2.py)

```

31 # Главная функция.
32 def main():
33     # Создать объект на основе класса Coin.
34     my_coin = Coin()
35
36     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
37     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
38
39     # Подбросить монету.
40     print('Подбрасываю монету...')
41     my_coin.toss()
42
43     # Но теперь я обману! В этом объекте
44     # я собираюсь напрямую поменять
45     # значение атрибута sideup на 'Орел'.
46     my_coin.sideup = 'Орел'
47
48     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
49     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
50
51 # Вызывать главную функцию.
52 main()

```

Вывод 1 программы

```

Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел

```

Вывод 2 программы

```

Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел

```

Вывод 3 программы

```

Эта сторона обращена вверх: Орел
Подбрасываю монету...
Эта сторона обращена вверх: Орел

```

Строка 34 создает в оперативной памяти объект Coin и присваивает его переменной my_coin. Инструкция в строке 37 показывает обращенную вверх сторону монеты, и затем строка 41 вызывает метод toss() объекта. Далее инструкция в строке 46 напрямую присваивает атрибуту sideup данного объекта строковый литерал 'Орел':

```
my_coin.sideup = 'Орел'
```

Независимо от исхода метода `toss()`, эта инструкция будет изменять значение атрибута `sideup` объекта `my_coin` на значение 'Орел'. Как видно из трех демонстрационных выполнений программы, монета всегда приземляется орлом вверх!

Если мы хотим сымитировать подбрасывание монеты по-настоящему, то надо сделать так, чтобы код за пределами класса не имел возможности менять результат метода `toss()`. Для того чтобы этого не происходило, следует сделать атрибут `sideup` приватным. В Python атрибут можно скрыть, если предварить его имя двумя символами подчеркивания. Если изменить имя атрибута `sideup` на `_sideup`, то программный код за пределами класса `Coin` не сможет получать к нему доступ. В программе 10.4 приведена новая версия класса `Coin` с этим внесенным изменением.

Программа 10.4 (coin_demo3.py)

```
1 import random
2
3 # Класс Coin имитирует монету, которую
4 # можно подбрасывать.
5
6 class Coin:
7
8     # Метод __init__ инициализирует
9     # атрибут данных __sideup значением 'Орел'.
10
11    def __init__(self):
12        self.__sideup = 'Орел'
13
14    # Метод toss генерирует случайное число
15    # в диапазоне от 0 до 1. Если это число
16    # равно 0, то __sideup получает значение 'Орел'.
17    # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.
18
19    def toss(self):
20        if random.randint(0, 1) == 0:
21            self.__sideup = 'Орел'
22        else:
23            self.__sideup = 'Решка'
24
25    # Метод get_sideup возвращает значение,
26    # на которое ссылается sideup.
27
28    def get_sideup(self):
29        return self.__sideup
30
31 # Главная функция.
32 def main():
33     # Создать объект на основе класса Coin.
34     my_coin = Coin()
```

```

36     # Показать обращенную вверх сторону монеты.
37     print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())
38
39     # Подбросить монету.
40     print('Собираюсь подбросить монету десять раз:')
41     for count in range(10):
42         my_coin.toss()
43         print(my_coin.get_sideup())
44
45 # Вызвать главную функцию.
46 main()

```

Вывод программы

```

Эта сторона обращена вверх: Орел
Собираюсь подбросить монету десять раз:
Орел
Орел
Решка
Орел
Орел
Орел
Решка
Решка
Решка
Решка

```

Хранение классов в модулях

Программы, которые вы до сих пор встречали в этой главе, содержат определение класса `Coin` в том же файле, что и программные инструкции, которые используют класс `Coin`. Этот подход хорошо работает с небольшими программами, содержащими всего один или два класса. Однако по мере привлечения программами все большего количества классов возрастаёт потребность в упорядочении этих классов.

Программисты обычно упорядочивают свои определения классов, размещая их в модулях. Затем модули можно импортировать в любые программы, которым требуется использовать содержащиеся в них классы. Например, предположим, что мы решаем сохранить класс `Coin` в модуле `coin`. В программе 10.5 приведено содержимое файла `coin.py`. Затем, когда нам нужно применить класс `Coin` в программе, мы импортируем модуль `coin`. Это продемонстрировано в программе 10.6.

Программа 10.5 (coin.py)

```

1 import random
2
3 # Класс Coin имитирует монету, которую
4 # можно подбрасывать (теперь это модуль, который хранится в файле).
5

```

```
6 class Coin:  
7  
8     # Метод __init__ инициализирует  
9     # атрибут данных __sideup значением 'Орел'.  
10  
11    def __init__(self):  
12        self.__sideup = 'Орел'  
13  
14    # Метод toss генерирует случайное число  
15    # в диапазоне от 0 до 1. Если это число  
16    # равно 0, то __sideup получает значение 'Орел'.  
17    # В противном случае sideup получает значение 'Решка'.  
18  
19    def toss(self):  
20        if random.randint(0, 1) == 0:  
21            self.__sideup = 'Орел'  
22        else:  
23            self.__sideup = 'Решка'  
24  
25    # Метод get_sideup возвращает значение,  
26    # на которое ссылается sideup.  
27  
28    def get_sideup(self):  
29        return self.__sideup
```

Программа 10.6 (coin_demo4.py)

```
1 # Эта программа импортирует модуль coin  
2 # и создает экземпляр класса Coin.  
3  
4 import coin  
5  
6 def main():  
7     # Создать объект на основе класса Coin.  
8     my_coin = coin.Coin()  
9  
10    # Показать обращенную вверх сторону монеты.  
11    print('Эта сторона обращена вверх:', my_coin.get_sideup())  
12  
13    # Подбросить монету.  
14    print('Собираюсь подбросить монету десять раз:')15    for count in range(10):  
16        my_coin.toss()  
17        print(my_coin.get_sideup())  
18  
19 # Вызвать главную функцию.  
20 main()
```

Вывод программы

```
Эта сторона обращена вверх: Орел  
Собираюсь подбросить монету десять раз:  
Решка  
Решка  
Орел  
Орел  
Решка  
Орел  
Решка  
Решка  
Орел  
Орел
```

Строка 4 импортирует модуль `coin`. Обратите внимание, что в строке 8 нам пришлось квалифицировать имя класса `Coin`, добавив в качестве префикса имя его модуля с точкой:

```
my_coin = coin.Coin()
```

Класс `BankAccount`

Давайте рассмотрим еще один пример. В программе 10.7 представлен класс `BankAccount` (Банковский счет), сохраненный в модуле `bankaccount`. Объекты, которые создаются на основе этого класса, имитируют банковские счета, позволяя иметь начальный остаток, вносить вклады, снимать суммы со счета и получать текущий остаток на счете.

Программа 10.7 (bankaccount.py)

```
1 # Класс BankAccount имитирует банковский счет.  
2  
3 class BankAccount:  
4  
5     # Метод __init__ принимает аргумент  
6     # с остатком на счете.  
7     # Он присваивается атрибуту __balance.  
8  
9     def __init__(self, bal):  
10         self.__balance = bal  
11  
12     # Метод deposit вносит  
13     # на счет вклад.  
14  
15     def deposit(self, amount):  
16         self.__balance += amount  
17  
18     # Метод withdraw снимает сумму  
19     # со счета.  
20
```

```
21     def withdraw(self, amount):
22         if self.__balance >= amount:
23             self.__balance -= amount
24         else:
25             print('Ошибка: недостаточно средств')
26
27     # Метод get_balance возвращает
28     # остаток средств на счете.
29
30     def get_balance(self):
31         return self.__balance
```

Обратите внимание, что метод `__init__()` имеет две параметрические переменные: `self` и `bal`. Параметр `bal` в качестве аргумента принимает начальный остаток на расчетном счете. В строке 10 сумма параметра `bal` присваивается атрибуту `__balance` объекта.

Метод `deposit()` расположен в строках 15–16. Он имеет две параметрические переменные: `self` и `amount`. При вызове этого метода вносимая на счет сумма передается в параметр `amount`, значение которого затем прибавляется к атрибуту `__balance` в строке 16.

Метод `withdraw()` расположен в строках 21–25. Он имеет две параметрические переменные: `self` и `amount`. При вызове этого метода снимаемая с банковского счета сумма передается в параметр `amount`. Инструкция `if`, которая начинается в строке 22, определяет, достаточно ли величина остатка для снятия средств с банковского счета. Если да, то сумма `amount` вычитается из остатка в строке 23. В противном случае строка 25 выводит сообщение 'Ошибка: недостаточно средств'.

Метод `get_balance()` расположен в строках 30–31. Он возвращает значение атрибута `__balance`.

Программа 10.8 демонстрирует применение этого класса.

Программа 10.8 (account_test.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует класс BankAccount.
2
3 import bankaccount
4
5 def main():
6     # Получить начальный остаток.
7     start_bal = float(input('Введите свой начальный остаток: '))
8
9     # Создать объект BankAccount.
10    savings = bankaccount.BankAccount(start_bal)
11
12    # Внести на счет зарплату пользователя.
13    pay = float(input('Сколько Вы получили на этой неделе? '))
14    print('Вношу эту сумму на Ваш счет.')
15    savings.deposit(pay)
16
```

```

17 # Показать остаток.
18 print('Ваш остаток на банковском счете составляет $',
19     format(savings.get_balance(), '.2f'),
20     sep=''))
21
22 # Получить сумму для снятия с банковского счета.
23 cash = float(input('Какую сумму Вы желаете снять со счета? '))
24 print('Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.')
25 savings.withdraw(cash)
26
27 # Показать остаток.
28 print('Ваш остаток на банковском счете составляет $',
29     format(savings.get_balance(), '.2f'),
30     sep=''))
31
32 # Вызвать главную функцию.
33 main()

```

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой начальный остаток: **1000**

Сколько Вы получили на этой неделе? **500**

Вношу эту сумму на Ваш счет.

Ваш остаток на банковском счете составляет \$1500.00

Какую сумму Вы желаете снять со счета? **1200**

Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.

Ваш остаток на банковском счете составляет \$300.00

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой начальный остаток: **1000**

Сколько Вы получили на этой неделе? **500**

Вношу эту сумму на Ваш счет.

Ваш остаток на банковском счете составляет \$1500.00

Какую сумму Вы желаете снять со счета? **2000**

Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.

Ошибка: недостаточно средств

Ваш остаток на банковском счете составляет \$1500.00

Строка 7 получает от пользователя начальный остаток счета и присваивает его переменной `start_bal`. Стока 10 создает экземпляр класса `BankAccount` и присваивает его переменной `savings` (сбережения):

```
savings = bankaccount.BankAccount(start_bal)
```

Обратите внимание, что переменная `start_bal` помещена в круглые скобки. В результате переменная `start_bal` передается в качестве аргумента в метод `__init__()`. В методе `__init__()` она будет передана в параметр `bal`.

Строка 13 получает сумму заработной платы пользователя и присваивает ее переменной `pay`. В строке 15 вызывается метод `savings.deposit()`, передавая ему переменную `pay` в качестве аргумента. В методе `deposit()` она будет передана в параметр `amount`.

Инструкция в строках 18–20 показывает остаток на банковском счете. Она выводит значение, возвращаемое из метода `savings.get_balance()`.

Строка 23 получает сумму, которую пользователь хочет снять, и присваивает ее переменной `cash` (наличные). В строке 25 вызывается метод `savings.withdraw()`, передавая переменную `cash` в качестве аргумента. В методе `withdraw()` она будет передана в параметр `amount`. Инструкция в строках 28–30 показывает конечный остаток на банковском счете.

Метод `__str__()`

Довольно часто возникает необходимость вывести сообщение, которое показывает состояние объекта. *Состояние* объекта — это просто значения атрибутов объекта в тот или иной конкретный момент. Например, вспомните, что класс `BankAccount` имеет один атрибут данных: `_balance`. В любой конкретный момент атрибут `_balance` объекта `BankAccount` будет ссылаться на какое-то значение. Значение атрибута `_balance` представляет состояние объекта в этот момент. Приведенный ниже фрагмент кода является примером вывода состояния объекта `BankAccount`:

```
account = bankaccount.BankAccount(1500.0)
print('Остаток составляет $', format(savings.get_balance(), '.2f'),
      sep='')
```

Первая инструкция создает объект `BankAccount`, передавая в метод `__init__()` значение 1500.0. После исполнения этой инструкции переменная `account` будет ссылаться на объект `BankAccount`. Вторая строка выводит строковое значение, показывающее значение атрибута `_balance` данного объекта. Результат работы этой инструкции будет выглядеть так:

Остаток составляет \$1500.00

Вывод на экран состояния объекта является широко распространенной задачей. Она настолько распространена, что многие программисты оснащают свои классы методом, который возвращает строковое значение, содержащее состояние объекта. В Python этому методу присвоено специальное имя `__str__`. В программе 10.9 представлен класс `BankAccount` с добавленным в него методом `__str__()`, который расположен в строках 36–37. Он возвращает строковое значение, сообщающее остаток на банковском счете.

Программа 10.9 (bankaccount2.py)

```
1 # Класс BankAccount имитирует банковский счет.
2
3 class BankAccount:
4
5     # Метод __init__ принимает аргумент
6     # с остатком на счете.
7     # Он присваивается атрибуту __balance.
8
9     def __init__(self, bal):
10         self.__balance = bal
11
12     # Метод deposit вносит
13     # на счет вклад.
14
```

```

15     def deposit(self, amount):
16         self.__balance += amount
17
18     # Метод withdraw снимает сумму
19     # со счета.
20
21     def withdraw(self, amount):
22         if self.__balance >= amount:
23             self.__balance -= amount
24         else:
25             print('Ошибка: недостаточно средств')
26
27     # Метод get_balance возвращает
28     # остаток средств на счете.
29
30     def get_balance(self):
31         return self.__balance
32
33     # Метод __str__ возвращает строковое
34     # значение, сообщающее о состоянии объекта.
35
36     def __str__(self):
37         return 'Остаток составляет $' + format(self.__balance, '.2f')

```

Метод `__str__()` вызывается не напрямую, а автоматически во время передачи объекта в качестве аргумента в функцию `print`. В программе 10.10 приведен соответствующий пример.

Программа 10.10 (account_test2.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует класс BankAccount
2 # с добавленным в него методом __str__.
3
4 import bankaccount2
5
6 def main():
7     # Получить начальный остаток.
8     start_bal = float(input('Введите свой начальный остаток: '))
9
10    # Создать объект BankAccount.
11    savings = bankaccount2.BankAccount(start_bal)
12
13    # Внести на счет зарплату пользователя.
14    pay = float(input('Сколько Вы получили на этой неделе? '))
15    print('Вношу эту сумму на Ваш счет.')
16    savings.deposit(pay)
17

```

```

18     # Показать остаток.
19     print(savings)
20
21     # Получить сумму для снятия с банковского счета.
22     cash = float(input('Какую сумму Вы желаете снять со счета? '))
23     print('Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.')
24     savings.withdraw(cash)
25
26     # Показать остаток.
27     print(savings)
28
29 # Вызвать главную функцию.
30 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите свой начальный остаток: **1000**

Сколько Вы получили на этой неделе? **500**

Вношу эту сумму на Ваш счет.

Остаток составляет \$1500.00

Какую сумму Вы желаете снять со счета? **1200**

Снимаю эту сумму с Вашего банковского счета.

Остаток составляет \$300.00

Имя объекта, `savings`, передается в функцию `print` в строках 19 и 27. В результате вызывается метод `__str__()` класса `BankAccount`. Затем выводится строковое значение, которое возвращается из метода `__str__()`.

Метод `__str__()` также вызывается автоматически, когда объект передается в качестве аргумента во встроенную функцию `str`. Вот пример:

```

account = bankaccount2.BankAccount(1500.0)
message = str(account)
print(message)

```

Во второй инструкции объект `account` передается в качестве аргумента в функцию `str`. В результате вызывается метод `__str__()` класса `BankAccount`. Возвращаемое строковое значение присваивается переменной `message` и затем в третьей строке выводится функцией `print`.

**Контрольная точка**

- 10.5.** Вы слышите, что кто-то высказывает следующий комментарий: "Проект — это дизайн дома. Плотник использует проект для возведения дома. Если плотник пожелает, он может построить несколько идентичных домов на основе одного и того же проекта". Представьте это, как метафору для классов и объектов. Этот проект представляет класс или же он представляет объект?
- 10.6.** В данной главе с целью описания классов и объектов мы используем метафору с формой и печеньем, которые изготавливаются при помощи формы. В этой метафоре объекты представлены формой или же печеньем?

- 10.7. Какова задача метода `__init__()`? И когда он исполняется?
- 10.8. Какова задача параметра `self` в методе?
- 10.9. Каким образом в классе Python атрибут скрывается от программного кода, находящегося за пределами класса?
- 10.10. Какова задача метода `__str__()`?
- 10.11. Каким образом происходит вызов метода `__str__()`?

10.3

Работа с экземплярами

Ключевые положения

Каждый экземпляр класса имеет собственный набор атрибутов данных.

При использовании методом параметра `self` для создания атрибута этот атрибут принадлежит конкретному объекту, на который ссылается параметр `self`. Мы называем такие атрибуты *атрибутами экземпляра*, потому что они принадлежат конкретному экземпляру класса.

В программе можно создавать многочисленные экземпляры одного и того же класса. И каждый экземпляр будет иметь собственный набор атрибутов. Например, взгляните на программу 10.11. В ней создаются три экземпляра класса `Coin`. Каждый экземпляр имеет собственный атрибут `_sideup`.

Программа 10.11 (coin_demo5.py)

```
1 # Эта программа импортирует имитационный модуль
2 # и создает три экземпляра класса Coin.
3
4 import coin
5
6 def main():
7     # Создать три объекта класса Coin.
8     coin1 = coin.Coin()
9     coin2 = coin.Coin()
10    coin3 = coin.Coin()
11
12    # Показать повернутую вверх сторону каждой монеты.
13    print('Вот три монеты, у которых эти стороны обращены вверх:')
14    print(coin1.get_sideup())
15    print(coin2.get_sideup())
16    print(coin3.get_sideup())
17    print()
18
19    # Подбросить монету.
20    print('Подбрасываю все три монеты...')
21    print()
22    coin1.toss()
```

```
23     coin2.toss()
24     coin3.toss()
25
26     # Показать повернутую вверх сторону каждой монеты.
27     print('Теперь обращены вверх вот эти стороны:')
28     print(coin1.get_sideup())
29     print(coin2.get_sideup())
30     print(coin3.get_sideup())
31     print()
32
33 # Вызвать главную функцию.
34 main()
```

Вывод программы

Вот три монеты, у которых эти стороны обращены вверх:

Орел

Орел

Орел

Подбрасываю все три монеты...

Теперь обращены вверх вот эти стороны:

Решка

Решка

Орел

В строках 8–10 приведенные ниже инструкции создают три объекта, каждый из которых является экземпляром класса Coin:

```
coin1 = coin.Coin()
coin2 = coin.Coin()
coin3 = coin.Coin()
```

На рис. 10.8 представлено, каким образом переменные coin1, coin2 и coin3 ссылаются на три объекта после исполнения этих инструкций. Обратите внимание, что каждый объект имеет свой атрибут __sideup. Строки 14–16 показывают значения, возвращаемые из метода get_sideup() каждого объекта.

Затем инструкции в строках 22–24 вызывают метод toss() каждого объекта:

```
coin1.toss()
coin2.toss()
coin3.toss()
```

На рис. 10.9 показано, каким образом эти инструкции изменили атрибут __sideup каждого объекта в демонстрационном выполнении программы.

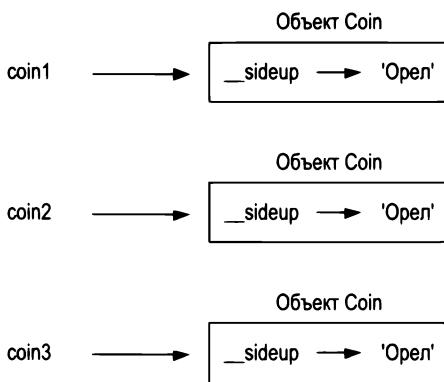


РИС. 10.8. Переменные `coin1`, `coin2` и `coin3` ссылаются на три объекта

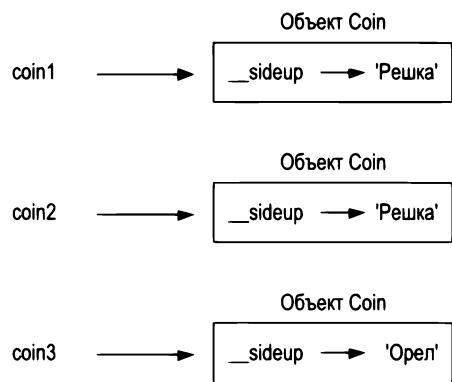


РИС. 10.9. Объекты после метода `toss()`

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Создание класса `CellPhone`

Компания "Беспроводные решения" продает сотовые телефоны и услуги беспроводной связи. Вы работаете программистом в ИТ-отделе компании, и ваша команда разрабатывает программу для учета сведений о всех сотовых телефонах, которые находятся на складе. Вам поручили разработать класс, который представляет сотовый телефон. Вот данные, которые должны храниться в качестве атрибутов класса:

- ◆ имя производителя телефона будет присвоено атрибуту `__manufact`;
- ◆ номер модели телефона будет присвоен атрибуту `__model`;
- ◆ розничная цена телефона будет присвоена атрибуту `__retail_price`.

Кроме того, этот класс будет иметь приведенные ниже методы:

- ◆ метод `__init__()` принимает аргументы для производителя, номера модели и розничной цены;
- ◆ метод `set_manufact()` принимает аргумент для производителя и в случае необходимости позволит изменять значение атрибута `__manufact` после создания объекта;
- ◆ метод `set_model()` принимает аргумент для модели и в случае необходимости позволяет изменять значение атрибута `__model` после создания объекта;
- ◆ метод `set_retail_price()` принимает аргумент для розничной цены и в случае необходимости позволяет изменять значение атрибута `retail_price` после создания объекта;
- ◆ метод `get_manufact()` возвращает название производителя телефона;
- ◆ метод `get_model()` возвращает номер модели телефона;
- ◆ метод `get_retail_price()` возвращает розничную цену телефона.

В программе 10.12 показано определение класса, который сохранен в модуле `cellphone`.



Программа 10.12 (cellphone.py)

```
1 # Класс CellPhone содержит данные о сотовом телефоне.
2
3 class CellPhone:
4
5     # Метод __init__ инициализирует атрибуты.
6
7     def __init__(self, manufact, model, price):
8         self.__manufact = manufact
9         self.__model = model
10        self.__retail_price = price
11
12    # Метод set_manufact принимает аргумент для
13    # производителя телефона.
14
15    def set_manufact(self, manufact):
16        self.__manufact = manufact
17
18    # Метод set_model принимает аргумент для
19    # номера модели телефона.
20
21    def set_model(self, model):
22        self.__model = model
23
24    # Метод set_retail_price принимает аргумент для
25    # розничной цены телефона.
26
27    def set_retail_price(self, price):
28        self.__retail_price = price
29
30    # Метод get_manufact возвращает
31    # производителя телефона.
32
33    def get_manufact(self):
34        return self.__manufact
35
36    # Метод get_model возвращает
37    # номер модели телефона.
38
39    def get_model(self):
40        return self.__model
41
42    # Метод get_retail_price возвращает
43    # розничную цену телефона.
44
45    def get_retail_price(self):
46        return self.__retail_price
```

Класс CellPhone будет импортирован в несколько программ, которые разрабатывает ваша команда. Для того чтобы протестировать класс, вы пишете программный код, приведенный в программе 10.13. Это простая программа предлагает пользователю ввести название производителя, номер модели и розничную цену телефона, создает экземпляр класса CellPhone и присваивает эти данные его атрибутам.

Программа 10.13 (cell_phone_test.py)

```

1 # Эта программа тестирует класс CellPhone.
2
3 import cellphone
4
5 def main():
6     # Получить данные о телефоне.
7     man = input('Введите производителя: ')
8     mod = input('Введите номер модели: ')
9     retail = float(input('Введите розничную цену: '))
10
11    # Создать экземпляр класса CellPhone.
12    phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)
13
14    # Показать введенные данные.
15    print('Вот введенные Вами данные:')
16    print('Производитель:', phone.get_manufact())
17    print('Номер модели:', phone.get_model())
18    print('Розничная цена: $',
19          format(phone.get_retail_price(), '.2f'), sep='')
20 # Вызвать главную функцию.
21 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

```

Ведите производителя: Acme Electronics Enter
Ведите номер модели: M1000 Enter
Ведите розничную цену: 199.99 Enter
Вот введенные Вами данные:
Производитель: Acme Electronics
Номер модели: M1000
Розничная цена: $199.99

```

Методы-получатели и методы-модификаторы

Как отмечалось ранее, на практике широко принято делать в классе все атрибуты данных приватными и предоставлять публичные методы для доступа к этим атрибутам и их изменения. Так гарантируется, что объект, владеющий этими атрибутами, будет держать под контролем все вносимые в них изменения.

Метод, который возвращает значение из атрибута класса и при этом его не изменяет, называется *методом-получателем*. Методы-получатели дают возможность программному коду, находящемуся за пределами класса, извлекать значения атрибутов безопасным образом, не подвергая эти атрибуты изменению программным кодом, находящимся вне метода. В классе `CellPhone`, который вы увидели в программе 10.12, методы `get_manufact()`, `get_model()` и `get_retail_price()` являются методами-получателями.

Метод, который сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-нибудь иным образом изменяет значение атрибута данных, называется *методом-модификатором*. Методы-модификаторы могут управлять тем, как атрибуты данных класса изменяются. Когда программный код, находящийся вне класса, должен изменить в объекте значение атрибута данных, он, как правило, вызывает модификатор и передает новое значение в качестве аргумента. Если это необходимо, то модификатор, прежде чем он присвоит значение атрибуту данных, может выполнить проверку этого значения. В программе 10.12 методы `set_manufact()`, `set_model()` и `set_retail_price()` являются методами-модификаторами.



ПРИМЕЧАНИЕ

Методы-модификаторы иногда называют *сеттерами* (setter), или устанавливающими методами, мутаторами, а методы-получатели — *геттерами* (getter), или методами чтения.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Хранение объектов в списке

Класс `CellPhone`, который вы создали в предыдущей рубрике "В центре внимания", будет использоваться во множестве программ. Многие из этих программ будут хранить объекты `CellPhone` в списках. Для того чтобы протестировать способность хранить объекты `CellPhone` в списке, вы пишете программный код в программе 10.14. Она получает от пользователя данные о пяти телефонах, создает пять объектов `CellPhone`, содержащих эти данные, и сохраняет эти объекты в списке. Затем она выполняет последовательный обход списка, показывая атрибуты каждого объекта.

Программа 10.14 (cell_phone_list.py)

```
1 # Эта программа создает пять объектов CellPhone
2 # и сохраняет их в списке.
3
4 import cellphone
5
6 def main():
7     # Получить список объектов CellPhone.
8     phones = make_list()
9
10    # Показать данные в списке.
11    print('Вот введенные Вами данные:')
12    display_list(phones)
13
```

```
14 # Функция make_list получает от пользователя данные
15 # о пяти телефонах, а затем возвращает список
16 # объектов CellPhone, содержащих эти данные.
17
18 def make_list():
19     # Создать пустой список.
20     phone_list = []
21
22     # Добавить пять объектов CellPhone в список.
23     print('Введите данные о пяти телефонах.')
24     for count in range(1, 6):
25         # Получить данные о телефоне.
26         print('Номер телефона ' + str(count) + ':')
27         man = input('Введите производителя: ')
28         mod = input('Введите номер модели: ')
29         retail = float(input('Введите розничную цену: '))
30         print()
31
32     # Создать новый объект CellPhone в памяти
33     # и присвоить его переменной phone.
34     phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)
35
36     # Добавить объект в список.
37     phone_list.append(phone)
38
39     # Вернуть список.
40     return phone_list
41
42 # Функция display_list принимает список с объектами
43 # CellPhone в качестве аргумента и показывает
44 # хранящиеся в каждом объекте данные.
45
46 def display_list(phone_list):
47     for item in phone_list:
48         print(item.get_manuf())
49         print(item.get_model())
50         print(item.get_retail_price())
51         print()
52
53 # Вызвать главную функцию.
54 main()
```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите данные о пяти телефонах.

Номер телефона 1:

Введите производителя: **Acme Electronics**

Введите номер модели: **M1000**

Введите розничную цену: **199.99**

Номер телефона 2:

Введите производителя: **Atlantic Communications**

Введите номер модели: **S2**

Введите розничную цену: **149.99**

Номер телефона 3:

Введите производителя: **Wavelength Electronics**

Введите номер модели: **N477**

Введите розничную цену: **249.99**

Номер телефона 4:

Введите производителя: **Edison Wireless**

Введите номер модели: **SLX88**

Введите розничную цену: **169.99**

Номер телефона 5:

Введите производителя: **Sonic Systems**

Введите номер модели: **X99**

Введите розничную цену: **299.99**

Вот введенные Вами данные:

Acme Electronics

M1000

199.99

Atlantic Communications

S2

149.99

Wavelength Electronics

N477

249.99

Edison Wireless

SLX88

169.99

Sonic Systems

X99

299.99

Функция `make_list` расположена в строках 18–40. В строке 20 создается пустой список `phone_list`. Цикл `for`, который начинается в строке 24, выполняет пять итераций. Во время каждой итерации цикл получает от пользователя данные о сотовом телефоне (строки 27–29),

создает экземпляр класса `CellPhone`, который инициализируется данными (строка 34), и добавляет этот объект в список `phone_list` (строка 37). Стока 40 возвращает список.

Функция `display_list` в строках 46–51 принимает список объектов `CellPhone` в качестве аргумента. Цикл `for`, который начинается в строке 47, выполняет перебор объектов в списке и показывает значения атрибутов каждого объекта.

Передача объектов в качестве аргументов

Когда вы разрабатываете приложения, которые работают с объектами, часто возникает необходимость написать функции и методы, принимающие объекты в качестве аргументов. Например, приведенный ниже фрагмент кода демонстрирует функцию `show_coin_status` (показать состояние монеты), которая принимает объект `Coin` в качестве аргумента:

```
def show_coin_status(coin_obj):  
    print('Эта сторона обращена вверх:', coin_obj.get_sideup())
```

Приведенный ниже пример программного кода показывает, каким образом можно создать объект `Coin` и затем передать его в качестве аргумента в функцию `show_coin_status`:

```
my_coin = coin.Coin()  
show_coin_status(my_coin)
```

Во время передачи объекта в качестве аргумента в параметрическую переменную передается ссылка на объект. В результате функция или метод, который получает объект в качестве аргумента, имеют доступ к фактическому объекту. Например, взгляните на приведенный ниже метод `flip()` (подбросить):

```
def flip(coin_obj):  
    coin_obj.toss()
```

Этот метод принимает объект `Coin` в качестве аргумента и вызывает метод `toss()` этого объекта. Программа 10.15 демонстрирует этот метод.

Программа 10.15 (coin_argument.py)

```
1 # Эта программа передает объект Coin  
2 # в качестве аргумента в функцию.  
3 import coin  
4  
5 # Главная функция  
6 def main():  
7     # Создать объект Coin.  
8     my_coin = coin.Coin()  
9  
10    # Эта инструкция покажет 'Орел'.  
11    print(my_coin.get_sideup())  
12  
13    # Передать объект в функцию flip.  
14    flip(my_coin)  
15
```

```
16     # Эта инструкция может показать 'Орел'  
17     # либо 'Решка'.  
18     print(my_coin.get_sideup())  
19  
20 # Функция flip подбрасывает монету.  
21 def flip(coin_obj):  
22     coin_obj.toss()  
23  
24 # Вызвать главную функцию.  
25 main()
```

Вывод 1 программы

Орел
Решка

Вывод 2 программы

Орел
Орел

Вывод 3 программы

Орел
Решка

Инструкция в строке 8 создает объект Coin, на который ссылается переменная my_coin. Стока 11 показывает значение атрибута __sideup объекта my_coin. Поскольку метод __init__() объекта назначил атрибуту __sideup значение 'Орел', мы знаем, что строка 11 покажет строковое значение 'Орел'. Стока 14 вызывает функцию flip, передавая объект my_coin в качестве аргумента. Внутри функции flip вызывается метод toss() объекта my_coin. Затем строка 18 снова показывает значение атрибута __sideup объекта my_coin. На этот раз мы не можем предсказать, будет ли показано значение 'Орел' или 'Решка', потому что был вызван метод toss() объекта my_coin.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Консервация собственных объектов

Из главы 9 известно, что модуль pickle предоставляет функции для сериализации объектов. Сериализация объекта означает его преобразование в поток байтов, которые могут быть сохранены в файле для последующего извлечения. Функция dump модуля pickle сериализует (консервирует) объект и записывает его в файл, а функция load извлекает объект из файла и его десериализует (расконсервирует).

В главе 9 вы встречали примеры, в которых консервировались и расконсервировались объекты-словари. Консервировать и расконсервировать можно также объекты собственных классов. В программе 10.16 представлен пример, который консервирует три объекта CellPhone и сохраняет их в файле. Программа 10.17 извлекает эти объекты из файла и расконсервирует их.

Программа 10.16 (pickle_cellphone.py)

```

1 # Эта программа консервирует объекты CellPhone.
2 import pickle
3 import cellphone
4
5 # Константа для имени файла.
6 FILENAME = 'cellphones.dat'
7
8 def main():
9     # Инициализировать переменную для управления циклом.
10    again = 'д'
11
12    # Открыть файл.
13    output_file = open(FILENAME, 'wb')
14
15    # Получить данные от пользователя.
16    while again.lower() == 'д':
17        # Получить данные о сотовом телефоне.
18        man = input('Введите производителя: ')
19        mod = input('Введите номер модели: ')
20        retail = float(input('Введите розничную цену: '))
21
22        # Создать объект CellPhone.
23        phone = cellphone.CellPhone(man, mod, retail)
24
25        # Законсервировать объект и записать его в файл.
26        pickle.dump(phone, output_file)
27
28        # Получить еще один элемент данных?
29        again = input('Введите еще один элемент данных? (д/н): ')
30
31    # Закрыть файл.
32    output_file.close()
33    print('Данные записаны в', FILENAME)
34
35 # Вызвать главную функцию.
36 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите производителя: **ACME Electronics**

Введите номер модели: **M1000**

Введите розничную цену: **199.99**

Введите еще один элемент данных? (д/н): **д**

Введите производителя: **Sonic Systems**

Введите номер модели: **X99**

Введите розничную цену: **299.99**

Введите еще один элемент данных? (д/н): **н**

Данные записаны в cellphones.dat

Программа 10.17 (`unpickle_cellphone.py`)

```
1 # Эта программа расконсервирует объекты CellPhone.
2 import pickle
3 import cellphone
4
5 # Константа для имени файла.
6 FILENAME = 'cellphones.dat'
7
8 def main():
9     end_of_file = False # Для обозначения конца файла
10
11    # Открыть файл.
12    input_file = open(FILENAME, 'rb')
13
14    # Прочитать до конца файла.
15    while not end_of_file:
16        try:
17            # Расконсервировать следующий объект.
18            phone = pickle.load(input_file)
19
20            # Показать данные о сотовом телефоне.
21            display_data(phone)
22        except EOFError:
23            # Установить флаг, чтобы обозначить, что
24            # был достигнут конец файла.
25            end_of_file = True
26
27    # Закрыть файл.
28    input_file.close()
29
30 # Функция display_data показывает данные
31 # из объекта CellPhone, переданного в качестве аргумента.
32 def display_data(phone):
33     print('Производитель:', phone.get_manufact())
34     print('Номер модели:', phone.get_model())
35     print('Розничная цена: $',
36           format(phone.get_retail_price(), ',.2f'),
37           sep=''))
38     print()
39
40 # Вызвать главную функцию.
41 main()
```

Вывод программы

Производитель: ACME Electronics

Номер модели: M1000

Розничная цена: \$199.99

Производитель: Sonic Systems

Номер модели: X99

Розничная цена: \$299.99

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Хранение объектов в словаре

Из главы 9 известно, что словари — это объекты, которые хранят элементы в качестве пар ключ/значение. Каждый элемент в словаре имеет ключ и значение. Если нужно получить из словаря конкретное значение, то это можно сделать, указав ключ. В главе 9 вы встречали примеры, которые сохраняли значения в словарях, в частности строковые значения, целые числа, числа с плавающей точкой, списки и кортежи. Словари также широко используются для хранения объектов, которые вы создаете на основе собственных классов.

Давайте рассмотрим пример. Предположим, что вы хотите создать программу, которая поддерживает контактную информацию, скажем, имена, телефонные номера и электронные адреса. Начать эту работу можно с написания класса, в частности класса Contact, приведенного в программе 10.18. Экземпляр класса Contact хранит следующие ниже данные:

- ◆ имя человека — в атрибуте `_name`;
- ◆ телефонный номер — в атрибуте `_phone`;
- ◆ электронный адрес — в атрибуте `_email`.

Этот класс имеет следующие методы:

- ◆ метод `__init__()` принимает аргументы для имени, телефонного номера и электронного адреса человека;
- ◆ метод `set_name()` устанавливает атрибут `_name`;
- ◆ метод `set_phone()` устанавливает атрибут `_phone`;
- ◆ метод `set_email()` устанавливает атрибут `_email`;
- ◆ метод `get_name()` возвращает атрибут `_name`;
- ◆ метод `get_phone()` возвращает атрибут `_phone`;
- ◆ метод `get_email()` возвращает атрибут `_email`;
- ◆ метод `__str__()` возвращает состояние объекта в виде строкового значения.

Программа 10.18 (contact.py)

```
1 # Класс Contact содержит контактную информацию.  
2  
3 class Contact:  
4     # Метод __init__ инициализирует атрибуты.  
5     def __init__(self, name, phone, email):  
6         self._name = name
```

```
7     self.__phone = phone
8     self.__email = email
9
10    # Метод set_name устанавливает атрибут name.
11    def set_name(self, name):
12        self.__name = name
13
14    # Метод set_phone устанавливает атрибут phone.
15    def set_phone(self, phone):
16        self.__phone = phone
17
18    # Метод set_email устанавливает атрибут email.
19    def set_email(self, email):
20        self.__email = email
21
22    # Метод get_name возвращает атрибут name.
23    def get_name(self):
24        return self.__name
25
26    # Метод get_phone возвращает атрибут phone.
27    def get_phone(self):
28        return self.__phone
29
30    # Метод get_email возвращает атрибут email.
31    def get_email(self):
32        return self.__email
33
34    # Метод __str__ возвращает состояние объекта
35    # в виде строкового значения.
36    def __str__(self):
37        return "Имя: " + self.__name + \
38               "\nТелефон: " + self.__phone + \
39               "\nЭлектронная почта: " + self.__email
```

Далее вы можете написать программу, которая сохраняет объекты Contact в словаре. Всякий раз, когда программа создает объект Contact с данными о конкретном человеке, этот объект будет сохраняться в качестве значения в словаре, используя имя этого человека как ключ. Затем в любое время, когда вам потребуется получить данные конкретного человека, вы воспользуетесь его именем в качестве ключа для извлечения объекта Contact из словаря.

Программа 10.19 показывает такой пример. Она выводит меню, которое позволяет пользователю выполнять любую из приведенных ниже операций:

- ◆ найти контактное лицо в словаре;
- ◆ добавить новое контактное лицо в словарь;
- ◆ изменить существующее контактное лицо в словаре;

- ◆ удалить контактное лицо из словаря;
- ◆ выйти из программы.

Кроме того, когда пользователь выходит из программы, она автоматически консервирует словарь и сохраняет его в файле. Во время запуска программы она автоматически извлекает и расконсервирует словарь из файла. (Из главы 10 известно, что в процессе консервации объекта он сохраняется в файле, а в процессе расконсервации объекта он извлекается из файла.) Если файл не существует, то программа начинает работу с пустого словаря.

Программа разделена на восемь функций: `main` (главную), `load_contacts` (загрузить контакты), `get_menu_choice` (получить пункт меню), `look_up` (найти), `add` (добавить), `change` (изменить), `delete` (удалить) и `save_contacts` (сохранить контакты). Вместо того чтобы приводить всю программу целиком, сперва исследуем начальную часть, которая включает инструкции `import`, глобальные константы и главную функцию `main`.

Программа 10.19 (contact_manager.py). Главная функция

```
1 # Эта программа управляет контактами.
2 import contact
3 import pickle
4
5 # Глобальные константы для пунктов меню.
6 LOOK_UP = 1
7 ADD = 2
8 CHANGE = 3
9 DELETE = 4
10 QUIT = 5
11
12 # Глобальная константа для имени файла.
13 FILENAME = 'contacts.dat'
14
15 # Главная функция.
16 def main():
17     # Загрузить существующий словарь контактов
18     # и присвоить его переменной mycontacts.
19     mycontacts = load_contacts()
20
21     # Инициализировать переменную для выбора пользователя.
22     choice = 0
23
24     # Обрабатывать варианты выбора пунктов меню до тех пор,
25     # пока пользователь не пожелает выйти из программы.
26     while choice != QUIT:
27         # Получить выбранный пользователем пункт меню.
28         choice = get_menu_choice()
29
30         # Обработать выбранный вариант действий.
31         if choice == LOOK_UP:
32             look_up(mycontacts)
```

```
33     elif choice == ADD:
34         add(mycontacts)
35     elif choice == CHANGE:
36         change(mycontacts)
37     elif choice == DELETE:
38         delete(mycontacts)
39
40 # Сохранить словарь mycontacts в файле.
41 save_contacts(mycontacts)
42
```

Строка 2 импортирует модуль `contact`, который содержит класс `Contact`. Стока 3 импортирует модуль `pickle`. Глобальные константы, которые инициализированы в строках 6–10, используются для проверки выбранного пользователем пункта меню. Константа `FILENAME`, инициализированная в строке 13, содержит имя файла, который будет содержать законсервированную копию словаря, т. е. `contacts.dat`.

В функции `main` строка 19 вызывает функцию `load_contacts`. Следует иметь в виду, что если программа уже выполнялась ранее и имена были добавлены в словарь, то эти имена были сохранены в файле `contacts.dat`. Функция `load_contacts` открывает файл, извлекает из него словарь и возвращает ссылку на словарь. Если программа еще не выполнялась, то файл `contacts.dat` не существует. В этом случае функция `load_contacts` создает пустой словарь и возвращает на него ссылку. Так, после исполнения инструкции в строке 19 переменная `mycontacts` ссылается на словарь. Если программа прежде уже выполнялась, то `mycontacts` ссылается на словарь, содержащий объекты `Contact`. Если программа выполняется впервые, то `mycontacts` ссылается на пустой словарь.

Строка 22 инициализирует переменную `choice` значением 0. Эта переменная будет содержать выбранный пользователем пункт меню.

Цикл `while`, который начинается в строке 26, повторяется до тех пор, пока пользователь не примет решение выйти из программы. Внутри цикла строка 28 вызывает функцию `get_menu_choice`. Функция `get_menu_choice` выводит приведенное ниже меню:

1. Найти контактное лицо
2. Добавить новое контактное лицо
3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Выбранный пользователем вариант возвращается из функции `get_menu_choice` и присваивается переменной `choice`.

Инструкция `if-elif` в строках 31–38 обрабатывает выбранный пользователем пункт меню. Если пользователь выбирает пункт 1, то строка 32 вызывает функцию `look_up`. Если пользователь выбирает пункт 2, то строка 34 вызывает функцию `add`. Если пользователь выбирает пункт 3, то строка 36 вызывает функцию `change`. Если пользователь выбирает пункт 4, то строка 38 вызывает функцию `delete`.

Когда пользователь выбирает из меню пункт 5, цикл `while` прекращает повторяться, и исполняется инструкция в строке 41. Эта инструкция вызывает функцию `save_contacts`, пере-

давая в качестве аргумента словарь mycontacts. Функция save_contacts сохраняет словарь mycontacts в файле contacts.dat.

Далее идет функция load_contacts.

Программа 10.19 (продолжение). Функция load_contacts

```

43 def load_contacts():
44     try:
45         # Открыть файл contacts.dat.
46         input_file = open(FILENAME, 'rb')
47
48         # Расконсервировать словарь.
49         contact_dct = pickle.load(input_file)
50
51         # Закрыть файл phone_inventory.dat.
52         input_file.close()
53     except IOError:
54         # Не получилось открыть файл, поэтому
55         # создать пустой словарь.
56         contact_dct = {}
57
58     # Вернуть словарь.
59     return contact_dct
60

```

Внутри группы try строка 46 пытается открыть файл contacts.dat. Если файл успешно открыт, то строка 49 загружает из него объект-словарь, расконсервирует его и присваивает его переменной contact_dct. Стока 52 закрывает файл.

Если файл contacts.dat не существует (это будет в случае, если программа выполняется впервые), то инструкция в строке 46 вызывает исключение IOError. Это приводит к тому, что программа перескакивает к выражению except в строке 53. Затем оператор в строке 56 создает пустой словарь и присваивает его переменной contact_dct.

Оператор в строке 59 возвращает переменную contact_dct.

Далее идет функция get_menu_choice.

Программа 10.19 (продолжение). Функция get_menu_choice

```

61 # Функция get_menu_choice выводит меню и получает
62 # проверенный на допустимость выбранный пользователем пункт.
63 def get_menu_choice():
64     print()
65     print('Меню')
66     print('-----')
67     print('1. Найти контактное лицо')
68     print('2. Добавить новое контактное лицо')
69     print('3. Изменить существующее контактное лицо')

```

```

70     print('4. Удалить контактное лицо')
71     print('5. Выйти из программы')
72     print()
73
74     # Получить выбранный пользователем пункт меню.
75     choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
76
77     # Проверить выбранный пункт на допустимость.
78     while choice < LOOK_UP or choice > QUIT:
79         choice = int(input('Введите выбранный пункт: '))
80
81     # Вернуть выбранный пользователем пункт.
82     return choice
83

```

Инструкции в строках 64–72 выводят на экран меню. Стока 75 предлагает пользователю ввести выбранный пункт. Введенное значение приводится к типу `int` и присваивается переменной `choice`. Цикл `while` в строках 78–79 проверяет введенное пользователем значение на допустимость и при необходимости предлагает пользователю ввести выбранный пункт повторно. Как только вводится допустимый пункт меню, этот пункт возвращается из функции в строке 82.

Далее идет функция `look_up`.

Программа 10.19 (продолжение). Функция `look_up`

```

84 # Функция look_up отыскивает элемент
85 # в заданном словаре.
86 def look_up(mycontacts):
87     # Получить искомое имя.
88     name = input('Введите имя: ')
89
90     # Отыскать его в словаре.
91     print(mycontacts.get(name, 'Это имя не найдено.'))
92

```

Задача функции `look_up` — позволить пользователю найти заданное контактное лицо. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Стока 88 предлагает пользователю ввести имя, и строка 91 передает это имя в словарную функцию `get` в качестве аргумента. В результате исполнения строки 91 произойдет одно из приведенных ниже действий.

- ◆ Если указанное имя в словаре найдено, то метод `get()` возвращает ссылку на объект `Contact`, который связан с этим именем. Затем объект `Contact` передается в качестве аргумента в функцию `print`. Функция `print` показывает строковое значение, которое возвращается из метода `__str__()` объекта `Contact`.
- ◆ Если указанное в качестве ключа имя в словаре не найдено, метод `get()` возвращает строковый литерал 'Это имя не найдено.', который выводится функцией `print`.

Далее идет функция add.

Программа 10.19 (продолжение). Функция add

```

93 # Функция add добавляет новую запись
94 # в указанный словарь.
95 def add(mycontacts):
96     # Получить контактную информацию.
97     name = input('Имя: ')
98     phone = input('Телефон: ')
99     email = input('Электронный адрес: ')
100
101    # Создать именованную запись с объектом Contact.
102    entry = contact.Contact(name, phone, email)
103
104    # Если имя в словаре не существует, то
105    # добавить его в качестве ключа со связанным с ним
106    # значением в виде объекта.
107    if name not in mycontacts:
108        mycontacts[name] = entry
109        print('Запись добавлена.')
110    else:
111        print('Это имя уже существует.')
112

```

Задача функции add состоит в том, чтобы позволить пользователю добавить в словарь новое контактное лицо. В качестве аргумента она принимает словарь mycontacts. Строки 97–99 предлагают пользователю ввести имя, телефонный номер и электронный адрес. Стока 102 создает новый объект Contact, инициализированный введенными пользователем данными.

Инструкция if в строке 107 определяет, есть ли это имя в словаре. Если его нет, то строка 108 добавляет вновь созданный объект Contact в словарь, а строка 109 печатает сообщение о том, что новые данные добавлены. В противном случае в строке 111 печатается сообщение о том, что запись уже существует.

Далее идет функция change.

Программа 10.19 (продолжение). Функция change

```

113 # Функция change изменяет существующую
114 # запись в указанном словаре.
115 def change(mycontacts):
116     # Получить искомое имя.
117     name = input('Введите имя: ')
118
119     if name in mycontacts:
120         # Получить новый телефонный номер.
121         phone = input('Введите новый телефонный номер: ')
122

```

```

123     # Получить новый электронный адрес.
124     email = input('Введите новый электронный адрес: ')
125
126     # Создать именованную запись с объектом Contact.
127     entry = contact.Contact(name, phone, email)
128
129     # Обновить запись.
130     mycontacts[name] = entry
131     print('Информация обновлена.')
132 else:
133     print('Это имя не найдено.')
134

```

Задача функции `change` — позволить пользователю изменить существующее контактное лицо в словаре. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Стока 117 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 119 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 121 получает новый телефонный номер, а строка 124 — новый электронный адрес. Стока 127 создает новый объект `Contact`, инициализированный существующим именем, новым телефонным номером и электронным адресом. Стока 130 сохраняет новый объект `Contact` в словаре, используя существующее имя в качестве ключа.

Если указанного имени в словаре нет, то строка 133 печатает соответствующее сообщение. Далее идет функция `delete`.

Программа 10.19 (продолжение). Функция `delete`

```

135 # Функция delete удаляет запись
136 # из указанного словаря.
137 def delete(mycontacts):
138     # Получить искомое имя.
139     name = input('Введите имя: ')
140
141     # Если имя найдено, то удалить запись.
142     if name in mycontacts:
143         del mycontacts[name]
144         print('Запись удалена.')
145     else:
146         print('Это имя не найдено.')
147

```

Задача функции `delete` — позволить пользователю удалить существующее контактное лицо из словаря. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Стока 139 получает от пользователя имя. Инструкция `if` в строке 142 определяет, есть ли имя в словаре. Если да, то строка 143 его удаляет, а строка 144 печатает сообщение о том, что запись была удалена. Если имени в словаре нет, то строка 146 печатает соответствующее сообщение.

Далее идет функция `save_contacts`.

Программа 10.19 (окончание). Функция `save_contacts`

```

148 # Функция save_contacts консервирует указанный
149 # объект и сохраняет его в файле контактов.
150 def save_contacts(mycontacts):
151     # Открыть файл для записи.
152     output_file = open(FILENAME, 'wb')
153
154     # Законсервировать словарь и сохранить его.
155     pickle.dump(mycontacts, output_file)
156
157     # Закрыть файл.
158     output_file.close()
159
160 # Вызвать главную функцию.
161 main()

```

Функция `save_contacts` вызывается непосредственно перед тем, как программа закончит выполняться. В качестве аргумента она принимает словарь `mycontacts`. Стока 152 открывает файл `contacts.dat` для записи. Стока 155 консервирует словарь `mycontacts` и сохраняет его в файле. Стока 158 закрывает файл.

Приведенный ниже результат показывает два сеанса работы с программой. Демонстрационный вывод показывает не все, что программа может делать, и тем не менее видно, как контактная информация сохраняется, когда программа заканчивает работу, и как она затем загружается, когда программа выполняется снова.

Вывод 1 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Меню

-
1. Найти контактное лицо
 2. Добавить новое контактное лицо
 3. Изменить существующее контактное лицо
 4. Удалить контактное лицо
 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **2**

Имя: **Мэт Гольдштейн**

Телефон: **617-555-1234**

Электронный адрес: **matt@fakecompany.com**

Запись добавлена.

Меню

-
1. Найти контактное лицо
 2. Добавить новое контактное лицо

3. Изменить существующее контактное лицо
4. Удалить контактное лицо
5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **2**

Имя: **Хорхе Руис**

Телефон: **919-555-1212**

Электронный адрес: **jorge@myschool.edu**

Запись добавлена.

Меню

-
1. Найти контактное лицо
 2. Добавить новое контактное лицо
 3. Изменить существующее контактное лицо
 4. Удалить контактное лицо
 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **5**

Вывод 2 программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Меню

-
1. Найти контактное лицо
 2. Добавить новое контактное лицо
 3. Изменить существующее контактное лицо
 4. Удалить контактное лицо
 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **1**

Введите имя: **Мэт Гольдштейн**

Имя: Мэт Гольдштейн

Телефон: 617-555-1234

Электронная почта: matt@fakecompany.com

Меню

-
1. Найти контактное лицо
 2. Добавить новое контактное лицо
 3. Изменить существующее контактное лицо
 4. Удалить контактное лицо
 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: **1**

Введите имя: **Хорхе Руис**

Имя: Хорхе Руис

Телефон: 919-555-1212

Электронная почта: jorge@myschool.edu

Меню

- 1. Найти контактное лицо
- 2. Добавить новое контактное лицо
- 3. Изменить существующее контактное лицо
- 4. Удалить контактное лицо
- 5. Выйти из программы

Введите выбранный пункт: 5



Контрольная точка

10.12. Что такое атрибут экземпляра?

10.13. Программа создает 10 экземпляров класса Coin. Сколько атрибутов __sideup существует в оперативной памяти?

10.14. Что такое метод-получатель? Что такое метод-модификатор?

10.4

Приемы конструирования классов

Унифицированный язык моделирования

Во время разработки класса часто полезно нарисовать диаграмму UML (Unified Modeling Language — унифицированный язык моделирования). Это набор стандартных диаграмм для графического изображения объектно-ориентированных систем. На рис. 10.10 показан общий макет диаграммы UML для класса. Обратите внимание, что диаграмма представляет собой прямоугольник, который разделен на три секции. Верхняя секция — это то место, где пишется имя класса. Средняя секция содержит список атрибутов данных класса. Нижняя секция содержит список методов класса.

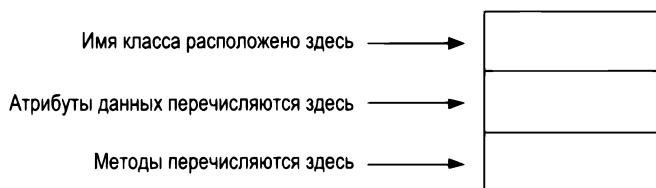


РИС. 10.10. Общий макет диаграммы UML для класса

Согласно общему макету на рис. 10.11 и 10.12 представлены диаграммы UML для классов Coin и CellPhone, которые вы встречали ранее в этой главе. Обратите внимание, что ни в одном из методов мы не показали параметр self, поскольку предполагается, что параметр self является обязательным.

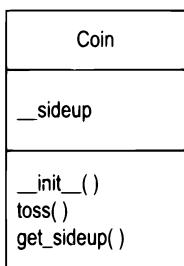


РИС. 10.11. Диаграмма UML для класса Coin

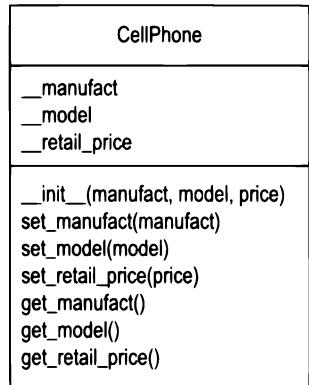


РИС. 10.12. Диаграмма UML для класса CellPhone

Идентификация классов в задаче

Во время разработки объектно-ориентированной программы одной из первых задач является идентификация классов, которые вам требуется создать. Как правило, ваша цель состоит в том, чтобы идентифицировать различные типы реальных объектов задачи и затем создать классы для этих типов объектов в своем приложении.

За прошедшие годы специалисты в области программного обеспечения разработали многочисленные методы идентификации классов в поставленной задаче. Один из простых и популярных методов связан с приведенными ниже шагами:

1. Получить письменное описание предметной области задачи.
2. Идентифицировать в описании все именные группы (включая существительные, местоимения и именные словосочетания). Каждая из них является потенциальным классом.
3. Уточнить полученный список, чтобы он включал только те классы, которые относятся к задаче.

Давайте взглянем на каждый из этих шагов поближе.

Составление описания предметной области задачи

Предметная область задачи — это набор объектов реального мира, участников и крупных событий, связанных с задачей. Если вы адекватным образом понимаете природу задачи, которую пытаетесь решить, то можете составить описание проблемной области задачи самостоятельно. Если же природа задачи до конца вам не ясна, то за вас это может сделать эксперт.

Предположим, что мы пишем программу, которую менеджер авторемонтной фирмы "Автоцех" будет использовать для подготовки справочных цен на услуги для своих клиентов. Вот описание, которое, возможно, составил эксперт или же лично сам владелец фирмы.

Авторемонтная фирма "Автоцех" проводит техническое обслуживание зарубежных легковых автомобилей и специализируется на обслуживании легковых автомобилей марок Mercedes, Porsche и BMW. Когда клиент доставляет легковой автомобиль в авторемонтный цех, менеджер получает имя, адрес и телефонный номер клиента. Затем менеджер определяет изготовителя, модель и год производства легкового автомобиля и выдает клиенту расценки на услуги. Расценки на услуги показывают предполагаемую стоимость

запасных частей, предполагаемую стоимость трудозатрат, налог с продаж и общую стоимость предполагаемых расходов.

Описание предметной области задачи должно включать любой из приведенных ниже пунктов:

- ◆ физические объекты, такие как автомобили, механизмы или изделия;
- ◆ любую роль, выполняемую человеком, такую как менеджер, сотрудник, клиент, учитель, студент и т. д.;
- ◆ результаты делового процесса, такие как заказ клиента или же в данном случае расценки на услуги;
- ◆ элементы, связанные с ведением учета, такие как история обслуживания клиента и зарплатные ведомости.

Идентификация всех именных групп

Следующий шаг состоит в идентификации всех именных групп. (Если описание содержит местоимения, то включить их тоже.) Вот еще один взгляд на предыдущее описание проблемной области задачи.

На этот раз именные группы выделены жирным шрифтом.

Авторемонтная фирма "Автоцех" проводит техническое обслуживание зарубежных легковых автомобилей и специализируется на обслуживании легковых автомобилей марок **Mercedes**, **Porsche** и **BMW**. Когда **клиент** доставляет легковой автомобиль в авторемонтный цех, менеджер получает **имя**, **адрес** и **телефонный номер** **клиента**. Затем менеджер определяет **изготовителя**, модель и год производства легкового автомобиля и выдает **клиенту** **расценки на услуги**. **Расценки на услуги** показывают **оценочную стоимость запчастей**, **оценочную стоимость трудозатрат**, **налог с продаж** и **общую оценочную стоимость расходов**.

Обратите внимание, что некоторые именные группы повторяются. Приведенный ниже список показывает все именные группы без повторов:

адрес
BMW
легковой автомобиль
легковые автомобили
клиент
оценочная стоимость трудозатрат
оценочная стоимость запчастей
зарубежные автомобили
авторемонтная фирма "Автоцех"
изготовитель
менеджер
Mercedes
модель
имя
Porsche
налог с продаж
расценки на услуги

цех
телефонный номер
общая оценочная стоимость расходов
год

Уточнение списка именных групп

Именные группы, которые появляются в описании задачи, — это всего лишь кандидаты на роль классов. Может оказаться, что конструировать классы для них всех не понадобится. Следующий шаг состоит в совершенствовании списка, чтобы оставить только те классы, которые необходимы для решения рассматриваемой задачи. Мы обратимся к общим причинам, почему именная группа может быть устранина из списка потенциальных классов.

1. Некоторые именные группы по существу означают одно и то же.

В этом примере приведенные ниже наборы именных групп относятся к одному и тому же:

- **легковой автомобиль, легковые автомобили и зарубежные легковые автомобили.**
Все они относятся к общему понятию "легковой автомобиль".
- **авторемонтная фирма "Автоцех" и цех.**

Оба обозначают авторемонтную фирму "Автоцех".

Можно остановиться на единственном классе для каждого из них. В этом примере мы по своему усмотрению удалим из списка **легковые автомобили и зарубежные легковые автомобили** и будем использовать понятие "легковой автомобиль". Аналогично мы вычеркнем из списка **авторемонтную фирму "Автоцех"** и будем использовать слово "цех". Получаем обновленный список потенциальных классов.

адрес
BMW
легковой автомобиль
легковые автомобили
клиент
оценочная стоимость трудозатрат
оценочная стоимость запчастей
зарубежные легковые автомобили
авторемонтная фирма "Автоцех"
изготовитель
менеджер
Mercedes
модель
имя
Porsche
налог с продаж
расценки на услуги
цех
телефонный номер
общая оценочная стоимость расходов
год

Поскольку понятия "легковой автомобиль", "легковые автомобили" и "зарубежные легковые автомобили" в этой задаче означают одно и то же, мы вычеркнули "легковые автомобили" и "зарубежные легковые автомобили". Кроме того, поскольку понятие „авторемонтная фирма "Автоцех"“ и "цех" подразумевают одно и то же, мы вычеркнули понятие „авторемонтная фирма "Автоцех"“.

2. Некоторые именные группы могут представлять элементы, которые не требуются для решения задачи.

Оперативный анализ описания задачи напоминает нам о том, что именно должно делать наше приложение: распечатывать расценки на услуги. В этом примере можно удалить из списка два ненужных класса.

- Можно вычеркнуть из списка "цех", потому что наше приложение должно касаться только расценок на отдельные услуги. Оно не должно работать с общефирменной информацией или определять таковую. Если бы описание задачи требовало от нас, чтобы мы поддерживали суммарный объем всех расценок на услуги, то было бы целесообразно иметь класс для цеха.
- Нам не потребуется класс для "менеджера", потому что постановка задачи не указывает на обработку какой-либо информации о менеджере. Если бы имелось несколько менеджеров цеха, и описание задачи требовало, чтобы мы вели учет, какой менеджер какую расценку на услуги составил, то было бы целесообразно иметь класс для менеджера.

Вот обновленный список потенциальных классов в данной точке.

| | |
|---|--|
| адрес | |
| BMW | |
| легковой автомобиль | |
| легковые автомобили | |
| клиент | |
| оценочная стоимость трудозатрат | |
| оценочная стоимость запчастей | |
| зарубежные легковые автомобили | |
| автосервисная фирма "Автоцех" | |
| изготовитель | |
| менеджер | |
| Mercedes | |
| модель | |
| имя | |
| Porsche | |
| налог с продаж | |
| расценки на услуги | |
| цех | |
| телефонный номер | |
| общая оценочная стоимость расходов | |
| год | |

Описание задачи не указывает на необходимость обработки какой-либо информации о цехе либо какой-либо информации о менеджере, поэтому мы их вычеркнули из списка.

3. Некоторые именные группы могут представлять не классы, а объекты.

Мы можем удалить **Mercedes**, **Porsche** и **BMW** как классы, потому что в этом примере все они представляют конкретные автомобили и могут считаться экземплярами класса "**легковой автомобиль**". В этой точке обновленный список потенциальных классов выглядит так.

адрес
BMW
легковой автомобиль
легковые автомобили
клиент
оценочная стоимость трудозатрат
оценочная стоимость запчастей
зарубежные легковые автомобили
автотехническая фирма "Автоцех"
изготовитель
менеджер
Mercedes
модель
имя
Porsche
налог с продаж
расценки на услуги
неч
телефонный номер
общая оценочная стоимость расходов
год

Мы вычернули **Mercedes**, **Porsche** и **BMW**, потому что все они являются экземплярами класса "легковой автомобиль". Это означает, что эти именные группы идентифицируют не классы, а объекты.



ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые объектно-ориентированные разработчики учитывают также, находится ли именная группа во множественном или единственном числе. Иногда именная группа во множественном числе будет указывать на класс, а в единственном числе — на объект.

4. Некоторые именные группы могут представлять простые значения, которые могут быть присвоены переменной, и не требуют класса.

Напомним, что класс содержит атрибуты данных и методы. Атрибуты данных — это связанные между собой элементы, которые хранятся в объекте класса и определяют состояние объекта. Методы — это действия или виды поведения, которые могут выполняться объектом класса. Если именная группа представляет вид элемента, который не имеет каких-то идентифицируемых атрибутов данных или методов, то его, по-видимому, можно из списка вычеркнуть. Для того чтобы определить, представляет ли именная группа элемент, который имеет атрибуты данных и методы, следует задать о ней следующие вопросы:

- Будет ли использоваться группа значений для представления состояния этого элемента?
- Существуют ли какие-либо очевидные действия, которые этот элемент должен выполнять?

Если ответы на оба этих вопроса отрицательные, то именная группа, скорее всего, представляет значение, которое может быть сохранено в простой переменной. Если применить этот тест к каждой именной группе, которая осталась в списке, то придет к заклю-

чению, что следующие из них, вероятно, не являются классами: **адрес, оценочная стоимость трудозатрат, оценочная стоимость запчастей, изготовитель, модель, имя, налог с продаж, телефонный номер, общая оценочная стоимость расходов и год**. Все они представляют простые символьные или числовые значения, которые могут быть сохранены в переменных. Вот обновленный список потенциальных классов:

адрес

BMW

легковой автомобиль

легковые автомобили

клиент

оценочная стоимость трудозатрат

оценочная стоимость запчастей

зарубежные легковые автомобили

автoreмонтная фирма "Автоцех"

изготоvитель

управляющий

Mercedes

модель

имя

Porsche

налог с продаж

расценки на услуги

цех

телефонный номер

общая оценочная стоимость расходов

Ford

Мы устранили **адрес, оценочная стоимость трудозатрат, оценочная стоимость запчастей, изготовитель, модель, имя, налог с продаж, телефонный номер, общая оценочная стоимость расходов и год** как классы, потому что они представляют простые значения, которые могут храниться в переменных.

Как видно из полученного списка, мы удалили все, кроме **легкового автомобиля, клиента и расценок на услуги**. Это означает, что в приложении будут нужны классы для представления легковых автомобилей, клиентов и расценок на услуги. Мы напишем класс **Car** (Легковой автомобиль), класс **Customer** (Клиент) и класс **ServiceQuote** (Расценки на услуги).

Идентификация обязанностей класса

После того как были идентифицированы классы, следующая задача состоит в том, чтобы идентифицировать обязанности каждого класса. **Обязанности** класса это:

- ◆ то, что класс обязан знать;
- ◆ действия, которые класс обязан выполнять.

Выяснив, что именно класс обязан знать, получаем атрибуты данных класса. Аналогичным образом, вычислив действия, которые класс обязан выполнять, получаем его методы.

Часто целесообразно задать следующие вопросы: "Что именно класс должен знать и что именно класс должен делать в контексте поставленной задачи?" В первую очередь за ответом следует обратиться к описанию предметной области задачи. Многое из того, что класс

должен знать и делать, будет там упомянуто. Однако некоторые обязанности класса непосредственно могут быть не указаны в предметной области задачи, поэтому нередко требуется дальнейшее рассмотрение. Давайте применим эту методологию к классам, которые мы ранее идентифицировали в нашей предметной области задачи.

Класс *Customer*

Что именно класс *Customer* должен знать в контексте нашей предметной области задачи? В описании непосредственно упоминаются приведенные ниже элементы, все из них являются атрибутами данных клиента:

- ◆ имя клиента;
- ◆ адрес клиента;
- ◆ телефонный номер клиента.

Все эти значения могут быть представлены как строковые и храниться в качестве атрибутов данных. Класс *Customer* потенциально может знать многие другие вещи. Одна из ошибок, которая может быть сделана в этот момент, состоит в идентификации слишком большого количества характеристик, которые объект обязан знать. В некоторых приложениях класс *Customer* может знать электронный адрес клиента. Данная конкретная предметная область не упоминает, что электронный адрес клиента используется для какой-либо цели, поэтому нам не следует его включать в обязанности класса.

Теперь давайте идентифицируем методы класса. Что именно класс *Customer* должен делать в контексте нашей предметной области задачи? Единственными очевидными действиями являются:

- ◆ инициализировать объект класса *Customer*;
- ◆ задать и вернуть имя клиента;
- ◆ задать и вернуть адрес клиента;
- ◆ задать и вернуть телефонный номер клиента.

Из этого списка мы видим, что класс *Customer* будет иметь метод `__init__()`, а также методы-модификаторы и методы-получатели атрибутов данных. На рис. 10.13 показана диаграмма UML для класса *Customer*. Программный код Python для этого класса приведен в программе 10.20.

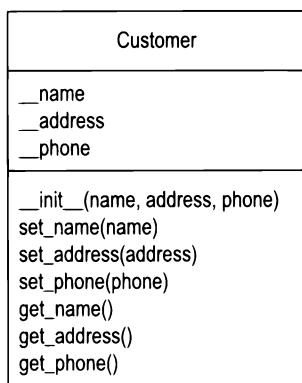


РИС. 10.13. Диаграмма UML для класса *Customer*

Программа 10.20 (customer.py)

```

1 # Класс Customer.
2 class Customer:
3     def __init__(self, name, address, phone):
4         self.__name = name
5         self.__address = address
6         self.__phone = phone
7
8     def set_name(self, name):
9         self.__name = name
10
11    def set_address(self, address):
12        self.__address = address
13
14    def set_phone(self, phone):
15        self.__phone = phone
16
17    def get_name(self):
18        return self.__name
19
20    def get_address(self):
21        return self.__address
22
23    def get_phone(self):
24        return self.__phone

```

Класс Car

Что именно класс *Car* должен знать в контексте нашей предметной области задачи? Приведенные ниже элементы являются атрибутами данных легкового автомобиля и упомянуты в предметной области задачи:

- ◆ изготавитель легкового автомобиля;
- ◆ модель легкового автомобиля;
- ◆ год изготовления легкового автомобиля.

Теперь идентифицируем методы класса. Что именно класс *Car* должен делать в контексте нашей предметной области задачи? И снова единственные очевидные действия представлены стандартным набором методов, которые мы найдем в большинстве классов (метод *__init__()*, методы-модификаторы и методы-получатели). В частности, следующие ниже действия:

- ◆ инициализировать объект класса *Car*;
- ◆ задать и получить изготавителя легкового автомобиля;
- ◆ задать и получить модель легкового автомобиля;
- ◆ задать и получить год изготовления легкового автомобиля.

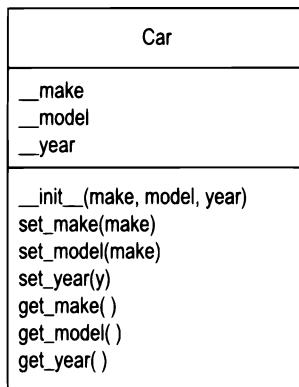


РИС. 10.14. Диаграмма UML для класса Car

На рис. 10.14 показана диаграмма UML для класса в этой точке. Код Python для класса приведен в программе 10.21.

Программа 10.21 (car.py)

```
1 # Класс Car.
2 class Car:
3     def __init__(self, make, model, year):
4         self.__make = make
5         self.__model = model
6         self.__year = year
7
8     def set_make(self, make):
9         self.__make = make
10
11    def set_model(self, model):
12        self.__model = model
13
14    def set_year(self, year):
15        self.__year = year
16
17    def get_make(self):
18        return self.__make
19
20    def get_model(self):
21        return self.__model
22
23    def get_year(self):
24        return self.__year
```

Класс *ServiceQuote*

Что именно класс *ServiceQuote* должен знать в контексте нашей предметной области задачи? Упоминаются следующие элементы:

- ◆ оценочная стоимость запчастей;
- ◆ оценочная стоимость трудозатрат;
- ◆ налог с продаж;
- ◆ общая оценочная стоимость расходов.

Для этого класса нам, в частности, потребуются следующие методы: метод `__init__()`, методы-модификаторы и методы-получатели атрибутов "Оценочная стоимость запчастей" и "Оценочная стоимость трудозатрат". Кроме того, для класса будут нужны методы, которые вычисляют и возвращают налог с продаж и общую оценочную стоимость расходов. На рис. 10.15 показана диаграмма UML для класса *ServiceQuote*. В программе 10.22 приведен пример класса в коде Python.

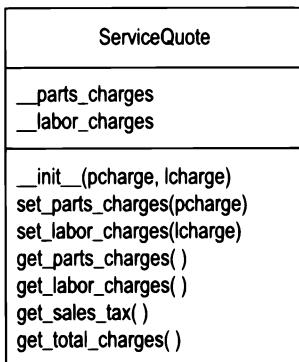


РИС. 10.15. Диаграмма UML для класса *ServiceQuote*

Программа 10.22 (servicequote.py)

```

1 # Константа для ставки налога с продаж.
2 TAX_RATE = 0.05
3
4 # Класс ServiceQuote.
5 class ServiceQuote:
6     def __init__(self, pcharge, lcharge):
7         self.__parts_charges = pcharge
8         self.__labor_charges = lcharge
9
10    def set_parts_charges(self, pcharge):
11        self.__parts_charges = pcharge
12
13    def set_labor_charges(self, lcharge):
14        self.__labor_charges = lcharge
15
  
```

```
16     def get_parts_charges(self):
17         return self.__parts_charges
18
19     def get_labor_charges(self):
20         return self.__labor_charges
21
22     def get_sales_tax(self):
23         return __parts_charges * TAX_RATE
24
25     def get_total_charges(self):
26         return __parts_charges + __labor_charges + \
27             (__parts_charges * TAX_RATE)
```

ЭТО ТОЛЬКО НАЧАЛО

Процесс, который мы обсудили в этом разделе, следует рассматривать всего лишь как отправную точку. Важно понимать, что разработка объектно-ориентированного приложения представляет собой итеративный процесс. Для того чтобы идентифицировать все классы, которые вам потребуются, и определять все их обязанности, может потребоваться сделать несколько попыток. По ходу развития процесса разработки вы получите более глубокое понимание задачи и, следовательно, увидите пути совершенствования проекта.



Контрольная точка

- 10.15. Типичная диаграмма UML для класса имеет три секции. Что размещается в этих трех секциях?
- 10.16. Что такое предметная область задачи?
- 10.17. Кто должен составлять описание предметной области задачи во время разработки объектно-ориентированного приложения?
- 10.18. Каким образом идентифицируются потенциальные классы в описании предметной области задачи?
- 10.19. Что такое обязанности класса?
- 10.20. Какие два вопроса следует задать, чтобы определить обязанности класса?
- 10.21. Всегда ли все действия класса будут упомянуты в описании предметной области задачи?

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Практика _____ программирования сконцентрирована на создании функций, отделенных от данных, с которыми они работают.
 - а) модульного;
 - б) процедурного;
 - в) функционального;
 - г) объектно-ориентированного.

2. Практика _____ программирования сконцентрирована на создании объектов.
- а) объектно-центрированного;
 - б) объектного;
 - в) процедурного;
 - г) объектно-ориентированного.
3. _____ — это компонент класса, который ссылается на данные.
- а) метод;
 - б) экземпляр;
 - в) атрибут данных;
 - г) модуль.
4. Объект — это _____.
- а) проект;
 - б) форма для печенья;
 - в) переменная;
 - г) экземпляр.
5. Поступая так, вы прячете атрибуты класса от программного кода, находящегося за пределами класса.
- а) избегая использования параметра `self` при создании атрибута;
 - б) начиная имя атрибута двумя символами подчеркивания;
 - в) начиная имя атрибута с `private_`;
 - г) начиная имя атрибута символом `@`.
6. Метод-_____ получает значение атрибута данных и при этом его не изменяет.
- а) извлекатель;
 - б) конструктор;
 - в) модификатор;
 - г) получатель.
7. Метод-_____ сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-либо образом изменяет его значение.
- а) видоизменитель;
 - б) конструктор;
 - в) модификатор;
 - г) получатель.
8. Метод _____ автоматически вызывается при создании объекта.
- а) `__init__()`;
 - б) `init()`;
 - в) `__str__()`;
 - г) `__object__()`.

9. Если класс имеет метод `__str__()`, какой из нижеперечисленных способов вызывает этот метод?
 - а) он вызывается подобно любому другому методу: `объект.__str__()`;
 - б) путем передачи экземпляра класса во встроенную функцию `str`;
 - в) этот метод автоматически вызывается при создании объекта;
 - г) путем передачи экземпляра класса во встроенную функцию `state`.
10. Набор стандартных диаграмм для графического изображения объектно-ориентированных систем обеспечивается за счет _____.
 - а) унифицированного языка моделирования;
 - б) блок-схем;
 - в) псевдокода;
 - г) системы иерархии объектов.
11. В одном из подходов к идентификации классов в задаче программист идентифицирует _____ в описании предметной области задачи.
 - а) глаголы;
 - б) прилагательные;
 - в) существительные;
 - г) именные группы.
12. В одном из подходов к идентификации атрибутов и методов данных класса программист идентифицирует _____ класса.
 - а) обязанности;
 - б) имя;
 - в) синонимы;
 - г) существительные.

Истина или ложь

1. Практика процедурного программирования сконцентрирована на создании объектов.
2. Возможность многократного использования объектов — важный фактор востребованности ООП.
3. В ООП общепринятой практикой является обеспечение доступности всех атрибутов данных класса для инструкций, находящихся за пределами класса.
4. Метод класса не должен иметь параметр `self`.
5. Имя атрибута, начинающееся двумя символами подчеркивания, помогает скрыть атрибут от программного кода, находящегося за пределами класса.
6. Метод `__str__()` невозможно вызвать напрямую.
7. Один из приемов найти классы, необходимые для объектно-ориентированной программы, состоит в том, чтобы идентифицировать все глаголы в описании предметной области задачи.

Короткий ответ

1. Что такое инкапсуляция?
2. Почему атрибуты данных объекта должны быть скрыты от программного кода, находящегося за пределами класса?
3. В чем разница между классом и экземпляром класса?
4. Приведенная ниже инструкция вызывает метод объекта. Как называется этот метод? Как называется переменная, которая ссылается на объект?

```
wallet.get_dollar()
```
5. На что ссылается параметр `self`, когда выполняется метод `__init__()`?
6. Каким образом в классе Python атрибут скрывается от программного кода, находящегося за пределами класса?
7. Как называется метод `__str__()`?

Алгоритмический тренажер

1. Предположим, что `my_car` — это имя переменной, которая ссылается на объект, и `go` — это имя метода. Напишите инструкцию, которая использует переменную `my_car` для вызова метода `go()`. (В метод `go()` аргументы не должны передаваться.)
2. Напишите определение класса с именем `Book`. Класс `Book` должен иметь атрибуты данных для заголовка книги, имени автора и имени издателя. Этот класс должен также иметь следующие методы:
 - метод `__init__()` для класса должен принимать аргумент для каждого атрибута данных;
 - методы-получатели и методы-модификаторы для каждого атрибута данных;
 - метод `__str__()`, который возвращает строковое значение, сообщающее о состоянии объекта.
3. Взгляните на приведенное ниже описание предметной области задачи.

Банк предлагает своим клиентам следующие типы счетов: сберегательные счета, текущие счета и счета с процентами по ставке денежного рынка. Клиентам разрешается вносить деньги на банковский счет (тем самым увеличивая остаток на своем счете), снимать деньги с банковского счета (тем самым уменьшая остаток на своем счете) и накапливать процентный доход на банковском счете. Каждый счет имеет процентную ставку.

Допустим, что вы пишете программу, которая вычисляет сумму процентного дохода, накопленного на банковском счете.

- Идентифицируйте потенциальные классы в данной предметной области.
- Уточните список, чтобы он включал только необходимый для этой задачи класс или классы.
- Идентифицируйте обязанности класса или классов.

Задачи по программированию

1. Класс Pet.



Видеозапись "Класс Pet" (The Pet class)

Напишите класс под названием `Pet` (Домашнее животное), который должен иметь приведенные ниже атрибуты данных:

- `__name` (для имени домашнего животного);
- `__animal_type` (для типа домашнего животного; например, это может быть 'собака', 'кот' и 'птица');
- `__age` (для возраста домашнего животного).

Класс `Pet` должен иметь метод `__init__()`, который создает эти атрибуты. Он также должен иметь приведенные ниже методы:

- метод `set_name()` присваивает значение полю `__name`;
- метод `set_animal_type()` присваивает значение полю `__animal_type`;
- метод `set_age()` присваивает значение полю `__age`;
- метод `get_name()` возвращает значение полю `__name`;
- метод `get_animal_type()` возвращает значение полю `__animal_type`;
- метод `get_age()` возвращает значение полю `__age`.

После написания данного класса напишите программу, которая создает объект класса и предлагает пользователю ввести имя, тип и возраст своего домашнего животного. Эти данные должны храниться в качестве атрибутов объекта. Примените методы-получатели, чтобы извлечь имя, тип и возраст домашнего животного и показать эти данные на экране.

2. Класс Car. Напишите класс под названием `Car` (Легковой автомобиль), который имеет приведенные ниже атрибуты данных:

- `__year_model` (для модели указанного года выпуска);
- `__make` (для фирмы-изготовителя автомобиля);
- `__speed` (для текущей скорости автомобиля).

Класс `Car` должен иметь метод `__init__()`, который в качестве аргументов принимает модель указанного года выпуска и фирму-изготовителя. Эти значения должны быть присвоены атрибутам данных `__year_model` и `__make` объекта. Он также должен присвоить 0 атрибуту данных `__speed`.

Этот класс также должен иметь методы:

- метод `accelerate()` (ускоряться) при каждом его вызове должен прибавлять 5 в атрибут данных `__speed`;
- метод `break()` (тормозить) при каждом его вызове должен вычитать 5 из атрибута данных `__speed`;
- метод `get_speed()` (получить скорость) должен возвращать текущую скорость.

Далее разработайте программу, которая создает объект `Car` и пятикратно вызывает метод `accelerate()`. После каждого вызова метода `accelerate()` она должна получать текущую

скорость автомобиля и выводить ее на экран. Затем она должна пятикратно вызывать метод `break()`. После каждого вызова метода `break()` она должна получать текущую скорость автомобиля и выводить ее на экран.

3. **Класс персональных данных `Information`.** Разработайте класс, который содержит следующие персональные данные: имя, адрес, возраст и телефонный номер. Напишите соответствующие методы-получатели и методы-модификаторы. Кроме того, напишите программу, которая создает три экземпляра класса. Один экземпляр должен содержать информацию о вас, а два других — информацию о ваших друзьях или членах семьи.
4. **Класс `Employee`.** Напишите класс под названием `Employee`, который в атрибутах содержит данные о сотруднике: имя, идентификационный номер, отдел и должность.

После написания данного класса напишите программу, которая создает три объекта `Employee` с приведенными в табл. 10.1 данными.

Таблица 10.1

| Имя | Идентификационный номер | Отдел | Должность |
|---------------|-------------------------|------------------|----------------|
| Сьюзан Мейерс | 47899 | Бухгалтерия | Вице-президент |
| Марк Джоунс | 39119 | ИТ | Программист |
| Джой Роджерс | 81774 | Производственный | Инженер |

Программа должна сохранить эти данные в трех объектах и затем вывести данные по каждому сотруднику на экран.

5. **Класс `RetailItem`.** Напишите класс под названием `RetailItem` (Розничная товарная единица), который содержит данные о товаре в розничном магазине. Этот класс должен хранить данные в атрибутах: описание товара, количество единиц на складе и цена. После написания этого класса напишите программу, которая создает три объекта `RetailItem` и сохраняет в них приведенные в табл. 10.2 данные.

Таблица 10.2

| | Описание | Количество на складе | Цена |
|-----------|---------------------|----------------------|-------|
| Товар № 1 | Пиджак | 12 | 59.95 |
| Товар № 2 | Дизайнерские джинсы | 40 | 34.95 |
| Товар № 3 | Рубашка | 20 | 24.95 |

6. **Расходы на лечение.** Напишите класс под названием `Patient` (Пациент), который имеет атрибуты для приведенных ниже данных:
 - имя, отчество и фамилия;
 - адрес, город, область и почтовый индекс;
 - телефонный номер;
 - имя и телефон контактного лица для экстренной связи.

Метод `__init__()` класса `Patient` должен принимать аргумент для каждого атрибута. Класс `Patient` также должен для каждого атрибута иметь методы-получатели и методы-модификаторы.

Затем напишите класс `Procedure`, который представляет пройденную пациентом медицинскую процедуру. Класс `Procedure` должен иметь атрибуты для приведенных ниже данных:

- название процедуры;
- дата процедуры;
- имя врача, который выполнял процедуру;
- стоимость процедуры.

Метод `__init__()` класса `Procedure` должен принимать аргумент для каждого атрибута.

Класс `Procedure` также должен для каждого атрибута иметь методы-получатели и методы-модификаторы. Далее напишите программу, которая создает экземпляр класса `Patient`, инициализированного демонстрационными данными. Затем создайте три экземпляра класса `Procedure`, инициализированные в табл. 10.3 данными.

Таблица 10.3

| Процедура № 1 | Процедура № 2 | Процедура № 3 |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Название процедуры:
врачебный осмотр | Название процедуры:
рентгеноскопия | Название процедуры:
анализ крови |
| Дата: сегодняшняя | Дата: сегодняшняя | Дата: сегодняшняя |
| Врач: Ирвин | Врач: Джемисон | Врач: Смит |
| Стоимость: 250.00 | Стоимость: 500.00 | Стоимость: 200.00 |

Программа должна вывести на экран информацию о пациенте, сведения обо всех трех процедурах и об общей стоимости всех трех процедур.

7. **Система управления персоналом.** Это упражнение предполагает создание класса `Employee` из задачи 4 по программированию. Создайте программу, которая сохраняет объекты `Employee` в словаре. Используйте идентификационный номер сотрудника в качестве ключа. Программа должна вывести меню, которое позволяет пользователю:

- найти сотрудника в словаре;
- добавить нового сотрудника в словарь;
- изменить имя, отдел и должность существующего сотрудника в словаре;
- удалить сотрудника из словаря;
- выйти из программы.

По завершении работы программа должна законсервировать словарь и сохранить его в файле. При каждом запуске программы она должна попытаться загрузить законсервированный словарь из файла. Если файл не существует, то программа должна начать работу с пустого словаря.

8. **Класс CashRegister.** Это упражнение предполагает создание класса `RetailItem` из задачи 5 по программированию. Создайте класс `CashRegister` (Кассовый аппарат), который может использоваться вместе с классом `RetailItem`. Класс `CashRegister` должен иметь внутренний список объектов `RetailItem`, а также приведенные ниже методы.

- Метод `purchase_item()` (приобрести товар) в качестве аргумента принимает объект `RetailItem`. При каждом вызове метода `purchase_item()` объект `RetailItem`, переданный в качестве аргумента, должен быть добавлен в список.
- Метод `get_total()` (получить сумму покупки) возвращает общую стоимость всех объектов `RetailItem`, хранящихся во внутреннем списке объекта `CashRegister`.
- Метод `show_items()` (показать товары) выводит данные об объектах `RetailItem`, хранящихся во внутреннем списке объекта `CashRegister`.
- Метод `clear()` (очистить) должен очистить внутренний список объекта `CashRegister`.

Продемонстрируйте класс `CashRegister` в программе, которая позволяет пользователю выбрать несколько товаров для покупки. Когда пользователь готов рассчитаться за покупку, программа должна вывести список всех товаров, которые он выбрал для покупки, а также их общую стоимость.

9. **Викторина.** В этой задаче по программированию следует создать простую викторину для двух игроков. Программа будет работать следующим образом.

- Начиная с игрока 1, каждый игрок по очереди отвечает на 5 вопросов викторины. (Должно быть в общей сложности 10 вопросов.) При выводе вопроса на экран также выводятся 4 возможных ответа. Только один из этих ответов является правильным, и если игрок выбирает правильный ответ, то он зарабатывает очко.
- После того как были выбраны ответы на все вопросы, программа показывает количество очков, заработанное каждым игроком, и объявляет игрока с наибольшим количеством очков победителем.

Для создания этой программы напишите класс `Question` (Вопрос), который будет содержать данные о вопросе викторины. Класс `Question` должен иметь атрибуты для приведенных ниже данных:

- вопрос викторины;
- возможный ответ 1;
- возможный ответ 2;
- возможный ответ 3;
- возможный ответ 4;
- номер правильного ответа (1, 2, 3 или 4).

Класс `Question` также должен иметь соответствующий метод `__init__()`, методы-получатели и методы-модификаторы.

Программа должна содержать список или словарь с 10 объектами `Question`, один для каждого вопроса викторины. Составьте для объектов собственные вопросы викторины по теме или темам по вашему выбору.

11.1

Введение в наследование

Ключевые положения

Наследование позволяет новому классу расширять существующий класс. Новый класс наследует члены расширяемого класса.

Обобщение и конкретизация

В реальном мире можно найти множество объектов, которые являются конкретизированными вариантами других более общих объектов. Например, термин "насекомое" описывает общий, родовой тип существ с различными свойствами. Поскольку кузнечики и шмели являются насекомыми, у них есть все родовые свойства насекомого. Кроме того, у них есть особые, свои свойства. Например, кузнечик умеет прыгать, а шмель жалить. Кузнечики и шмели являются конкретизированными вариантами насекомого (рис. 11.1).

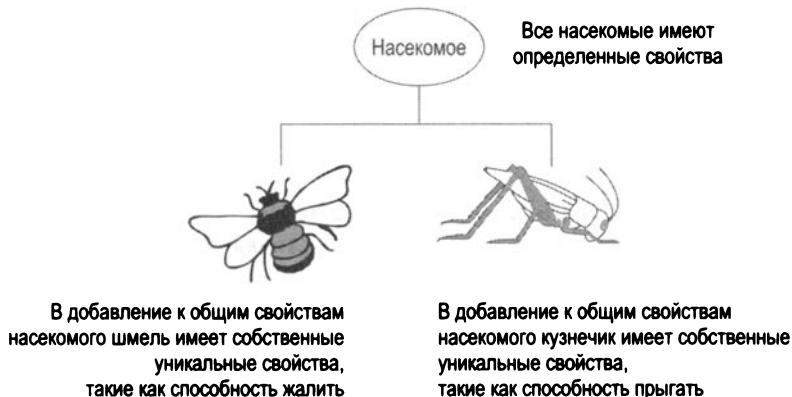


РИС. 11.1. Шмели и кузнечики являются конкретизированными вариантами насекомого

Наследование и отношение "род — вид"

Когда один объект является конкретизированным вариантом другого объекта, между ними существует отношение "род — вид", или отношение классификации. Например, кузнечик является видом насекомого. Вот несколько других примеров, отношения "род — вид":

- ◆ автомобиль — это вид автотранспортного средства;
- ◆ цветок — это вид растения;

- ◆ прямоугольник — это вид геометрической фигуры;
- ◆ футболист — это вид спортсмена.

Когда между объектами существует отношение "род — вид", это означает, что конкретизированный объект имеет все свойства родового объекта плюс дополнительные свойства, которые делают его особенным. В объектно-ориентированном программировании наследование используется для создания отношения "род — вид" среди классов. Оно позволяет расширять возможности класса путем создания другого класса, который является его конкретизированным вариантом.

Наследование связано с существованием надкласса и подкласса. *Надкласс* — это родовой класс, *подкласс* — это конкретизированный класс. Подкласс можно представить, как расширенный вариант надкласса. Подкласс наследует атрибуты и методы надкласса без необходимости переписывать его атрибуты и методы. Кроме того, в подкласс могут быть добавлены новые атрибуты и методы, и именно это делает его конкретизированным вариантом надкласса.



ПРИМЕЧАНИЕ

Надклассы также называются *базовыми классами*, а подклассы — *производными классами*. Обе версии терминов применимы. Для единообразия в этой книге используются термины "надкласс" и "подкласс".

Обратимся к примеру использования наследования. Предположим, что мы разрабатываем программу, которую автодилер может использовать для управления своими складскими запасами подержанных автомашин. Складские ресурсы автодилера включают три типа автомашин: легковые автомобили, пикапы и джипы. Независимо от типа автомобиля автодилер о каждом автомобиле поддерживает приведенные ниже данные:

- ◆ фирма-изготовитель;
- ◆ модель указанного года выпуска;
- ◆ пробег;
- ◆ цена.

Каждый вид автотранспортного средства, который содержится среди складских запасов, имеет эти общие свойства плюс свои специализированные свойства. Для легковых автомобилей автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: число дверей (2 или 4).

Для пикапов автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: тип привода (моноприводный, т. е. с приводом на два колеса, или полноприводный, т. е. с приводом на четыре колеса);

И для джипов автодилер поддерживает следующие дополнительные данные: пассажирская вместимость.

При разработке этой программы один из подходов состоит в написании трех классов:

- ◆ класса *Car* (Легковой автомобиль) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и количества дверей;
- ◆ класса *Truck* (Пикап) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и типа привода;
- ◆ класса *SUV* (Джип) с атрибутами данных для фирмы-изготовителя, модели указанного года выпуска, пробега, цены и пассажирской вместимостью.

Однако такой подход был бы неэффективным, потому что все три класса имеют большое количество общих атрибутов данных. В результате классы содержали бы много повторяющегося программного кода. И если позже обнаружится, что нужно добавить дополнительные общие атрибуты, то придется видоизменить все три класса.

Более оптимальный подход состоит в написании надкласса Automobile, который будет содержать все общие данные об автомобиле, и затем написать подклассы для каждого конкретного вида автомобиля. В программе 11.1 приведен код класса Automobile, который содержится в модуле vehicles (автомобили).

Программа 11.1 (vehicles.py, строки 1–44)

```
1 # Класс Automobile содержит общие данные
2 # об автомобиле на складе.
3
4 class Automobile:
5     # Метод __init__method принимает аргументы для
6     # фирмы-изготовителя, модели, пробега и цены.
7     # Он инициализирует атрибуты данных этими значениями.
8
9     def __init__(self, make, model, mileage, price):
10         self.__make = make
11         self.__model = model
12         self.__mileage = mileage
13         self.__price = price
14
15     # Следующие ниже методы являются методами-модификаторами
16     # атрибутов данных этого класса.
17
18     def set_make(self, make):
19         self.__make = make
20
21     def set_model(self, model):
22         self.__model = model
23
24     def set_mileage(self, mileage):
25         self.__mileage = mileage
26
27     def set_price(self, price):
28         self.__price = price
29
30     # Следующие ниже методы являются методами-получателями
31     # атрибутов данных этого класса.
32
33     def get_make(self):
34         return self.__make
35
```

```

36     def get_model(self):
37         return self.__model
38
39     def get_mileage(self):
40         return self.__mileage
41
42     def get_price(self):
43         return self.__price
44

```

Метод `__init__()` класса `Automobile` принимает аргументы для фирмы-изготовителя, модели, пробега и цены автотранспортного средства. Он использует эти значения для инициализации атрибутов данных:

- ◆ `__make` (изготовитель);
- ◆ `__model` (модель);
- ◆ `__mileage` (пробег);
- ◆ `__price` (цена).

(Из главы 10 известно, что атрибут данных становится скрытым, когда он начинается с двух символов подчеркивания.) Методы в строках 18–28 являются методами-модификаторами для каждого атрибута данных, а методы в строках 33–43 — методами-получателями.

Класс `Automobile` является заключенным классом, из которого можно создавать объекты. Если есть необходимость, можно написать программу, которая импортирует модуль `vehicles` и создает экземпляры класса `Automobile`. Однако класс `Automobile` содержит только общие данные об автомобиле. В нем нет ни одной конкретной порции данных, которые автодилер желает поддерживать о легковых автомобилях, пикапах и джипах. Для того чтобы включить данные об этих конкретных видах автомобилей, мы напишем подклассы, которые наследуют от класса `Automobile`. В программе 11.2 приведен соответствующий программный код для класса `Car`, который тоже находится в модуле `vehicles`.

Программа 11.2 (vehicles.py, строки 45–72)

```

45 # Класс Car представляет легковой автомобиль.
46 # Он является подклассом класса Automobile.
47
48 class Car(Automobile):
49     # Метод __init__ принимает аргументы для фирмы-изготовителя,
50     # модели, пробега, цены и количества дверей.
51
52     def __init__(self, make, model, mileage, price, doors):
53         # Вызвать метод __init__ надкласса и передать
54         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
55         # передаем self в качестве аргумента.
56         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
57

```

```
58     # Инициализировать атрибут __doors.  
59     self.__doors = doors  
60  
61     # Метод set_doors является методом-модификатором  
62     # атрибута __doors.  
63  
64     def set_doors(self, doors):  
65         self.__doors = doors  
66  
67     # Метод get_doors является методом-получателем  
68     # атрибута __doors.  
69  
70     def get_doors(self):  
71         return self.__doors  
72
```

Приглядитесь к инструкции объявления класса в строке 48:

```
class Car(Automobile):
```

Эта строка говорит о том, что мы определяем класс под названием `Car`, и он наследует от класса `Automobile`. Класс `Car` является подклассом, а класс `Automobile` — надклассом. Если нужно выразить связь между классом `Car` и классом `Automobile`, то можно сказать, что легковой автомобиль `Car` является видом родового автомобиля `Automobile`. Поскольку класс `Car` расширяет класс `Automobile`, он наследует все методы и атрибуты данных класса `Automobile`.

Взгляните на заголовок метода `__init__()` в строке 52:

```
def __init__(self, make, model, mileage, price, doors):
```

Обратите внимание, что в дополнение к требуемому параметру `self` у метода есть параметры `make`, `model`, `mileage`, `price` и `doors`. Это разумно, потому что объект `Car` будет иметь атрибуты данных для фирмы-изготовителя, модели, пробега, цены и количества дверей легкового автомобиля. Однако некоторые из этих атрибутов создаются классом `Automobile`, поэтому нам нужно вызвать метод `__init__()` класса `Automobile` и передать в него эти значения. Это происходит в строке 56:

```
Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
```

Эта инструкция вызывает метод `__init__()` класса `Automobile`. Обратите внимание, что инструкция передает переменную `self`, а также переменные `make`, `model`, `mileage` и `price` в качестве аргументов. Когда этот метод исполняется, он инициализирует атрибуты данных переменными `__make`, `__model`, `__mileage` и `__price`. Затем в строке 59 атрибут `__doors` инициализируется значением, переданным в параметр `doors`:

```
self.__doors = doors
```

Метод `set_doors()` в строках 64–65 является методом-модификатором атрибута `__doors`, а метод `get_doors()` в строках 70–71 — методом-получателем атрибута `__doors`. Прежде чем пойти дальше, рассмотрим класс `Car`, который приведен в программе 11.3.

Программа 11.3 (car_demo.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует класс Car.
2
3 import vehicles
4
5 def main():
6     # Создать объект на основе класса Car.
7     # Легковое авто: 2007 Audi с 12500 миль пробега,
8     # ценой $21500.00 и с 4 дверьми.
9     used_car = vehicles.Car('Audi', 2007, 12500, 21500.0, 4)
10
11    # Показать данные легкового авто.
12    print('Изготовитель:', used_car.get_make())
13    print('Модель:', used_car.get_model())
14    print('Пробег:', used_car.get_mileage())
15    print('Цена:', used_car.get_price())
16    print('Количество дверей:', used_car.get_doors())
17
18 # Вызвать главную функцию.
19 main()

```

Вывод программы

```

Изготовитель: Audi
Модель: 2007
Пробег: 12500
Цена: 21500.0
Количество дверей: 4

```

Строка 3 импортирует модуль vehicles, который содержит определения классов Automobile и Car. Стока 9 создает экземпляр класса Car, передавая 'Audi' в качестве названия фирмы-изготовителя легкового автомобиля, 2007 в качестве модели легкового автомобиля, 12500 в качестве пробега, 21500.0 в качестве цены легкового автомобиля и 4 в качестве количества дверей. Полученный объект присваивается переменной used_car (поддержанное авто).

Инструкции в строках 12–15 вызывают методы get_make(), get_model(), get_mileage() и get_price() этого объекта. Несмотря на то что класс Car не имеет ни одного из этих методов, он их наследует от класса Automobile. Стока 16 вызывает метод get_doors(), который определен в классе Car.

Теперь давайте рассмотрим класс Truck, который тоже наследует от класса Automobile. Программный код для класса Truck, который тоже находится в модуле vehicles, приведен в программе 11.4.

Программа 11.4 (vehicles.py). Строки 73–100

```

73 # Класс Truck представляет пикап.
74 # Он является подклассом класса Automobile.
75

```

```
76 class Truck(Automobile):
77     # Метод __init__ принимает аргументы для
78     # изготовителя, модели, пробега, цены и типа привода пикапа.
79
80     def __init__(self, make, model, mileage, price, drive_type):
81         # Вызывать метод __init__ надкласса и передать
82         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
83         # передаем self в качестве аргумента.
84         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
85
86         # Инициализировать атрибут __drive_type.
87         self.__drive_type = drive_type
88
89     # Метод set_drive_type является методом-модификатором
90     # атрибута __drive_type.
91
92     def set_drive_type(self, drive_type):
93         self.__drive = drive_type
94
95     # Метод get_drive_type является методом-получателем
96     # атрибута __drive_type.
97
98     def get_drive_type(self):
99         return self.__drive_type
100
```

Метод `__init__()` класса `Truck` начинается в строке 80. Он принимает аргументы для изготовителя, модели, пробега, цены и типа привода пикапа. Так же как класс `Car`, класс `Truck` вызывает метод `__init__()` класса `Automobile` (в строке 84), передавая название фирмы-изготовителя, модель, пробег и цену в качестве аргументов. Стока 87 создает атрибут `__drive_type`, инициализируя его значением параметра `drive_type`.

Метод `set_drive_type()` в строках 92–93 является методом-модификатором атрибута `__drive_type`, а метод `get_drive_type()` в строках 98–99 — методом-получателем этого атрибута.

Теперь рассмотрим класс `SUV`, который тоже наследует класс `Automobile`. Программный код для класса `SUV`, который тоже находится в модуле `vehicles`, представлен в программе 11.5.

Программа 11.5 (vehicles.py, строки 101–128)

```
101 # Класс SUV представляет джип.
102 # Он является подклассом класса Automobile.
103
104 class SUV(Automobile):
105     # Метод __init__ принимает аргументы для
106     # изготовителя, модели, пробега, цены
107     # и пассажирской вместимости.
108
```

```

109     def __init__(self, make, model, mileage, price, pass_cap):
110         # Вызвать метод __init__ надкласса и передать
111         # требуемые аргументы. Обратите внимание, что мы также
112         # передаем self в качестве аргумента.
113         Automobile.__init__(self, make, model, mileage, price)
114
115         # Инициализировать атрибут __pass_cap.
116         self.__pass_cap = pass_cap
117
118     # Метод set_pass_cap является методом-модификатором
119     # атрибута __pass_cap.
120
121     def set_pass_cap(self, pass_cap):
122         self.__pass_cap = pass_cap
123
124     # Метод get_pass_cap является методом-получателем
125     # атрибута __pass_cap.
126
127     def get_pass_cap(self):
128         return self.__pass_cap

```

Метод `__init__()` класса `SUV` начинается в строке 109. Он принимает аргументы для изгото-вителя, модели, пробега, цены и пассажирской вместимости. Так же как и классы `Car` и `Truck`, класс `SUV` вызывает метод `__init__()` класса `Automobile` (в строке 113), передавая название фирмы-изготовителя, модель, пробег и цену в качестве аргументов. Стока 116 создает атрибут `__pass_cap`, инициализируя его значением параметра `pass_cap`.

Метод `set_pass_cap()` в строках 121–122 является методом-модификатором атрибута `__pass_cap`, а метод `get_pass_cap()` в строках 127–128 — методом-получателем этого атрибута.

Программа 11.6 демонстрирует каждый из классов, которые мы обсудили до сих пор. Она создает объекты `Car`, `Truck` и `SUV`.

Программа 11.6 (car_truck_suv_demo.py)

```

1 # Эта программа создает объекты Car, Truck
2 # и SUV.
3
4 import vehicles
5
6 def main():
7     # Создать объект Car для подержанного авто 2001 BMW
8     # с 70000 милями пробега, ценой $15000,
9     # с 4 дверьми.
10    car = vehicles.Car('BMW', 2001, 70000, 15000.0, 4)
11

```

```
12 # Создать объект Truck для подержанного пикапа 2002
13 # Toyota с 40000 милями пробега, ценой
14 # $12000 и с 4-колесным приводом.
15 truck = vehicles.Truck('Toyota', 2002, 40000, 12000.0, '4WD')
16
17 # Создать объект SUV для подержанного 2000
18 # Volvo с 30000 милями пробега, ценой
19 # $18500 и вместимостью 5 человек.
20 suv = vehicles.SUV('Volvo', 2000, 30000, 18500.0, 5)
21
22 print('ПОДДЕРЖАННЫЕ АВТО НА СКЛАДЕ')
23 print('=====')
24
25 # Показать данные легкового авто.
26 print('Данный легковой автомобиль имеется на складе:')
27 print('Изготовитель:', car.get_make())
28 print('Модель:', car.get_model())
29 print('Пробег:', car.get_mileage())
30 print('Цена:', car.get_price())
31 print('Количество дверей:', car.get_doors())
32 print()
33
34 # Показать данные пикапа.
35 print('Данный пикап имеется на складе.')
36 print('Изготовитель:', truck.get_make())
37 print('Модель:', truck.get_model())
38 print('Пробег:', truck.get_mileage())
39 print('Цена:', truck.get_price())
40 print('Тип привода:', truck.get_drive_type())
41 print()
42
43 # Показать данные джипа.
44 print('Данный джип имеется на складе.')
45 print('Изготовитель:', suv.get_make())
46 print('Модель:', suv.get_model())
47 print('Пробег:', suv.get_mileage())
48 print('Цена:', suv.get_price())
49 print('Пассажирская вместимость:', suv.get_pass_cap())
50
51 # Вызвать главную функцию.
52 main()
```

Вывод программы

ПОДДЕРЖАННЫЕ АВТО НА СКЛАДЕ

=====

Данный легковой автомобиль имеется на складе:

Изготовитель: BMW

Модель: 2001

Пробег: 70000

Цена: 15000.0

Количество дверей: 4

Данный пикап имеется на складе.

Изготовитель: Toyota

Модель: 2002

Пробег: 40000

Цена: 12000.0

Тип привода: 4WD

Данный джип имеется на складе.

Изготовитель: Volvo

Модель: 2000

Пробег: 30000

Цена: 18500.0

Пассажирская вместимость: 5

Наследование в диаграммах UML

В диаграмме UML наследование обозначается путем нанесения линии с пустым указателем стрелки от подкласса к надклассу. (Указатель стрелки показывает на надкласс.) На рис. 11.2

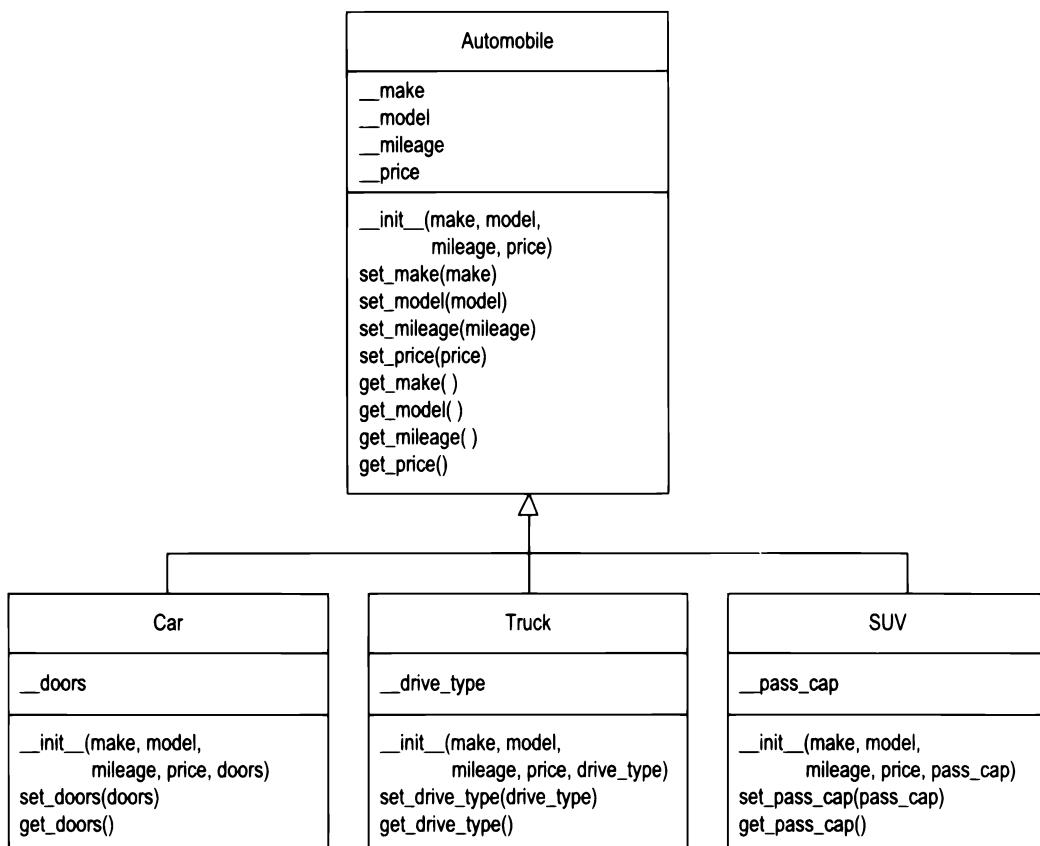


РИС. 11.2. Диаграмма UML с демонстрацией наследования

приведена диаграмма UML, указывающая на связь между классами Automobile, Car, Truck и SUV.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Применение наследования

Компания "Банковские финансовые системы" разрабатывает финансовое программное обеспечение для банков и кредитных союзов. Компания разрабатывает новую объектно-ориентированную систему, которая управляет клиентскими банковскими счетами. Одна из ваших задач состоит в том, чтобы разработать класс, который представляет сберегательный счет. Вот данные, которые должен содержать объект этого класса:

- ◆ номер счета;
- ◆ процентная ставка;
- ◆ остаток счета.

Вам также необходимо разработать класс, который представляет счет депозитного сертификата (CD, Certificate of Deposit). Вот данные, которые должен содержать объект этого класса:

- ◆ номер счета;
- ◆ процентная ставка;
- ◆ остаток счета;
- ◆ дата погашения счета.

Анализируя это техническое задание, вы понимаете, что счет депозитного сертификата (CD) является конкретизированным вариантом сберегательного счета. Класс, который представляет счет депозитного сертификата, будет содержать все те же данные, что и класс, который представляет сберегательный счет, плюс дополнительный атрибут для даты погашения. Вы решаете разработать класс `SavingsAccount` для представления сберегательного счета и подкласс `SavingsAccount` с именем `CD` для представления счета депозитного сертификата. Вы будете хранить оба этих класса в модуле `accounts` (счета). В программе 11.7 приведен код для класса `SavingsAccount`.

Программа 11.7 (accounts.py, строки 1–37)

```
1 # Класс SavingsAccount представляет
2 # сберегательный счет.
3
4 class SavingsAccount:
5
6     # Метод __init__ принимает аргументы для
7     # номера счета, процентной ставки и остатка.
8
9     def __init__(self, account_num, int_rate, bal):
10         self.__account_num = account_num
11         self.__interest_rate = int_rate
12         self.__balance = bal
13
```

```

14     # Следующие ниже методы являются методами-модификаторами
15     # атрибутов данных.
16
17     def set_account_num(self, account_num):
18         self.__account_num = account_num
19
20     def set_interest_rate(self, int_rate):
21         self.__interest_rate = int_rate
22
23     def set_balance(self, bal):
24         self.__balance = bal
25
26     # Следующие ниже методы являются методами-получателями
27     # атрибутов данных.
28
29     def get_account_num(self):
30         return self.__account_num
31
32     def get_interest_rate(self):
33         return self.__interest_rate
34
35     def get_balance(self):
36         return self.__balance
37

```

Метод `__init__()` этого класса размещается в строках 9–12. Он принимает аргументы для номера счета, процентной ставки и остатка. Эти аргументы используются для инициализации атрибутов данных с именами `__account_num`, `__interest_rate` и `__balance`.

Методы `set_account_num()` (задать номер счета), `set_interest_rate()` (задать процентную ставку) и `set_balance()` (задать остаток счета), расположенные в строках 17–24, являются методами-модификаторами атрибутов данных. Методы `get_account_num()` (получить номер счета), `get_interest_rate()` (получить процентную ставку) и `get_balance()` (получить остаток счета), расположенные в строках 29–36, являются методами-получателями.

Класс CD показан в следующей части программы 11.7.

Программа 11.7 (accounts.py, строки 38–65)

```

38 # Класс CD представляет счет
39 # депозитного сертификата (CD).
40 # Это подкласс класса SavingsAccount.
41
42 class CD(SavingsAccount):
43
44     # Метод __init__ принимает аргументы для
45     # номера счета, процентной ставки, остатка
46     # и даты погашения.
47

```

```
48     def __init__(self, account_num, int_rate, bal, mat_date):
49         # Вызвать метод __init__ надкласса.
50         SavingsAccount.__init__(self, account_num, int_rate, bal)
51
52         # Инициализировать атрибут __maturity_date.
53         self.__maturity_date = mat_date
54
55     # Метод set_maturity_date является методом-модификатором
56     # атрибута __maturity_date.
57
58     def set_maturity_date(self, mat_date):
59         self.__maturity_date = mat_date
60
61     # Метод get_maturity_date является методом-получателем
62     # атрибута __maturity_date.
63
64     def get_maturity_date(self):
65         return self.__maturity_date
```

Метод `__init__()` класса `CD` размещен в строках 48–53. Он принимает аргументы для номера счета, процентной ставки, остатка и даты погашения. Стока 50 вызывает метод `__init__()` класса `SavingsAccount`, передавая аргументы для номера счета, процентной ставки и остатка. После исполнения метода `__init__()` класса `SavingsAccount` будут созданы и инициализированы атрибуты `__account_num`, `__interest_rate` и `__balance`. Затем инструкция в строке 53 создает атрибут `__maturity_date`.

Метод `set_maturity_date()` (задать дату погашения) в строках 58–59 является методом-модификатором атрибута `__maturity_date`, а метод `get_maturity_date()` (получить дату погашения) в строках 64–65 — методом-получателем этого атрибута.

Для того чтобы протестировать эти классы, мы применим код из программы 11.8. Она создает экземпляр класса `SavingsAccount` для представления сберегательного счета и экземпляр класса `CD` для представления счета депозитного сертификата.

Программа 11.8 (account_demo.py)

```
1 # Эта программа создает экземпляр класса SavingsAccount
2 # и экземпляр класса CD.
3
4 import accounts
5
6 def main():
7     # Получить номер счета, процентную ставку,
8     # и остаток сберегательного счета.
9     print('Введите данные о сберегательном счете.')
10    acct_num = input('Номер счета: ')
11    int_rate = float(input('Процентная ставка: '))
12    balance = float(input('Остаток: '))
13
```

```

14     # Создать объект SavingsAccount.
15     savings = accounts.SavingsAccount(acct_num, int_rate,
16                                         balance)
17
18     # Получить номер счета, процентную ставку,
19     # остаток счета и дату погашения счета CD.
20     print('Введите данные о счете CD.')
21     acct_num = input('Номер счета: ')
22     int_rate = float(input('Процентная ставка: '))
23     balance = float(input('Остаток: '))
24     maturity = input('Дата погашения: ')
25
26     # Создать объект CD.
27     cd = accounts.CD(acct_num, int_rate, balance, maturity)
28
29     # Показать введенные данные.
30     print('Вот введенные Вами данные:')
31     print()
32     print('Сберегательный счет')
33     print('-----')
34     print('Номер счета:', savings.get_account_num())
35     print('Процентная ставка:', savings.get_interest_rate())
36     print('Остаток: $',
37           format(savings.get_balance(), '.2f'),
38           sep='')
39     print()
40     print('Счет депозитного сертификата (CD)')
41     print('-----')
42     print('Номер счета:', cd.get_account_num())
43     print('Процентная ставка:', cd.get_interest_rate())
44     print('Остаток: $',
45           format(cd.get_balance(), '.2f'),
46           sep='')
47     print('Дата погашения:', cd.get_maturity_date())
48
49 # Вызывать главную функцию.
50 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите данные о сберегательном счете.

Номер счета: **1234SA**

Процентная ставка: **3.5**

Остаток: **1000.00**

Введите данные о счете CD.

Номер счета: **2345CD**

Процентная ставка: **5.6**

Остаток: 2500.00

Дата погашения: 12/12/2019

Вот введенные Вами данные:

Сберегательный счет

Номер счета: 1234SA

Процентная ставка: 3.5

Остаток: \$1000.00

Счет депозитного сертификата (CD)

Номер счета: 2345CD

Процентная ставка: 5.6

Остаток: \$2500.00

Дата погашения: 12/12/2019



Контрольная точка

- 11.1. В этом разделе мы рассмотрели надклассы и подклассы. Какой из них является общим классом и какой конкретизированным классом?
- 11.2. Что значит, когда говорят, что между двумя объектами существует отношение классификации, т. е. отношение "род — вид"?
- 11.3. Что подкласс наследует от своего надкласса?
- 11.4. Взгляните на приведенный ниже фрагмент кода, который представляет собой первую строку определения класса. Как называется надкласс? Как называется подкласс (здесь используются классы "Канарейка" и "Птица")?

```
class Canary(Bird) :
```

11.2

Полиморфизм

Ключевые положения

Полиморфизм позволяет подклассам иметь методы с теми же именами, что и у методов в их надклассах. Это дает программе возможность вызывать правильный метод в зависимости от типа объекта, который используется для его вызова.

Термин "*полиморфизм*" относится к способности объекта принимать различные формы. Эта способность является мощным механизмом объектно-ориентированного программирования. В данном разделе мы рассмотрим два важнейших компонента полиморфного поведения.

- ◆ Возможность определять метод в надклассе и затем определять метод с тем же именем в подклассе. Когда метод подкласса имеет то же имя, что и у метода надкласса, часто говорят, что метод подкласса *переопределяет* метод надкласса.
- ◆ Возможность вызывать правильный вариант переопределенного метода в зависимости от типа объекта, который используется для его вызова. Если объект подкласса используется

для вызова переопределенного метода, то исполнится именно вариант метода подкласса. Если для вызова переопределенного метода используется объект надкласса, то исполнится именно вариант метода надкласса.

На самом деле, вы уже видели переопределение метода в работе. Все подклассы, исследованные нами в этой главе, имеют метод `__init__()`, который переопределяет метод `__init__()` надкласса. Когда создается экземпляр подкласса, автоматически вызывается метод `__init__()` именно этого подкласса.

Переопределение методов работает и для других методов класса. Возможно, лучший способ описать полиморфизм состоит в том, чтобы его продемонстрировать, поэтому рассмотрим простой пример. В программе 11.9 приведен код для класса `Mammal` (Млекопитающее), который находится в модуле `animals` (животные).

Программа 11.9 (animals.py, строки 1–22)

```

1 # Класс Mammal представляет род млекопитающих.
2
3 class Mammal:
4
5     # Метод __init__ принимает аргумент для
6     # вида млекопитающего.
7
8     def __init__(self, species):
9         self.__species = species
10
11    # Метод show_species выводит сообщение
12    # о виде млекопитающего.
13
14    def show_species(self):
15        print('Я -', self.__species)
16
17    # Метод make_sound издает характерный
18    # для всех млекопитающих звук.
19
20    def make_sound(self):
21        print('Грррррр')
22

```

Класс `Mammal` имеет три метода: `__init__()`, `show_species()` (Показать вид млекопитающего) и `make_sound()` (Издать звук). Вот пример кода, который создает экземпляр класса и вызывает эти методы:

```

import animals
mammal = animals.Mammal('обычное млекопитающее')
mammal.show_species()
mammal.make_sound()

```

Этот фрагмент кода покажет приведенный ниже результат:

Я – обычное млекопитающее

Гррррррр

Следующая часть программы 11.9 показывает класс Dog (Собака), который тоже находится в модуле animals и является подклассом класса Mammal.

Программа 11.9 (animals.py, строки 23–38)

```
23 # Класс Dog является подклассом класса Mammal.  
24  
25 class Dog(Mammal):  
26  
27     # Метод __init__ вызывает метод __init__  
28     # надкласса, передавая 'собака' в качестве вида.  
29  
30     def __init__(self):  
31         Mammal.__init__(self, 'собака')  
32  
33     # Метод make_sound переопределяет  
34     # метод make_sound надкласса.  
35  
36     def make_sound(self):  
37         print('Гав-гав!')  
38
```

Хотя класс Dog наследует методы `__init__()` и `make_sound()`, которые находятся в классе `Mammal`, эти методы не отвечают требованиям класса `Dog`. И поэтому класс `Dog` имеет собственные методы `__init__()` и `make_sound()`, выполняющие действия, которые более подходят для собаки. Мы говорим, что методы `__init__()` и `make_sound()` в классе `Dog` переопределяют методы `__init__()` и `make_sound()` в классе `Mammal`. Вот пример фрагмента кода, который создает экземпляр класса `Dog` и вызывает эти методы:

```
import animals  
dog = animals.Dog()  
dog.show_species()  
dog.make_sound()
```

Этот фрагмент кода покажет приведенный ниже результат:

Я – собака

Гав-гав!

Когда мы используем объект `Dog`, чтобы вызвать методы `show_species()` и `make_sound()`, исполняются именно те версии этих методов, которые находятся в классе `Dog`. А теперь взгляните на программу 11.10, демонстрирующую класс `Cat` (Кот), который тоже находится в модуле `animals` и является еще одним подклассом класса `Mammal`.

Программа 11.9 (animals.py, строки 39–53)

```

39 # Класс Cat является подклассом класса Mammal.
40
41 class Cat(Mammal):
42
43     # Метод __init__ вызывает метод __init__
44     # надкласса, передавая 'кот' в качестве вида.
45
46     def __init__(self):
47         Mammal.__init__(self, 'кот')
48
49     # Метод make_sound переопределяет
50     # метод make_sound надкласса.
51
52     def make_sound(self):
53         print('Мяу!')

```

Класс Cat тоже переопределяет методы `__init__()` и `make_sound()` класса Mammal. Вот пример фрагмента кода, который создает экземпляр класса Cat и вызывает эти методы:

```

import animals
cat = animals.Cat()
cat.show_species()
cat.make_sound()

```

Этот фрагмент кода покажет следующее:

```

Я - кот
Мяу!

```

Когда мы используем объект Cat, чтобы вызвать методы `show_species()` и `make_sound()`, исполняются именно те версии этих методов, которые находятся в классе Cat.

Функция *isinstance*

Полиморфизм обеспечивает большую гибкость при разработке программ. Например, взгляните на приведенную ниже функцию:

```

def show_mammal_info(creature):
    creature.show_species()
    creature.make_sound()

```

В эту функцию в качестве аргумента можно передать любой объект, и раз она имеет методы `show_species()` и `make_sound()`, то вызовет эти методы. В сущности, в эту функцию можно передать любой объект, который является "видом" млекопитающего Mammal (или подклассом Mammal). Программа 11.10 это демонстрирует.

Программа 11.10 (polymorphism_demo.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует полиморфизм.
2
3 import animals
4

```

```
5 def main():
6     # Создать объект Mammal, объект Dog
7     # и объект Cat.
8     mammal = animals.Mammal('обычное животное')
9     dog = animals.Dog()
10    cat = animals.Cat()
11
12    # Показать информацию о каждом животном.
13    print('Вот несколько животных и')
14    print('звуки, которые они издают.')
15    print('-----')
16    show_mammal_info(mammal)
17    print()
18    show_mammal_info(dog)
19    print()
20    show_mammal_info(cat)
21
22 # Функция show_mammal_info принимает объект
23 # в качестве аргумента и вызывает свои методы
24 # show_species и make_sound.
25
26 def show_mammal_info(creature):
27     creature.show_species()
28     creature.make_sound()
29
30 # Вызывать главную функцию.
31 main()
```

Вывод программы

Вот несколько животных и
звуки, которые они издают.

Я - обычное животное

Грррррр

Я - собака
Гав-гав!

Я - кот
Мяу!

Но что произойдет, если в эту функцию передать объект, который не является млекопитающим Mammal и не является подклассом Mammal? Например, что случится, когда будет выполниться программа 11.11?

Программа 11.11 (wrong_type.py)

```

1 def main():
2     # Передать символьное значение в функцию show_mammal_info
3     show_mammal_info('Я - последовательность символов')
4
5 # Функция show_mammal_info принимает объект
6 # в качестве аргумента и вызывает свои методы
7 # show_species и make_sound methods.
8
9 def show_mammal_info(creature):
10    creature.show_species()
11    creature.make_sound()
12
13 # Вызвать главную функцию.
14 main()

```

В строке 3 мы вызываем функцию `show_mammal_info` передавая строковое значение в качестве аргумента. Однако когда интерпретатор попытается исполнить строку 10, будет вызвано исключение `AttributeError` (Ошибка атрибута), потому что строковый тип не имеет метода под названием `show_species()`.

Наступление этого исключения можно предотвратить при помощи встроенной функции `isinstance`. Ее применяют с целью определения, является ли объект экземпляром конкретного класса или подклассом этого класса. Вот общий формат вызова этой функции:

`isinstance(объект, класс)`

В данном формате `объект` — это ссылка на объект, `класс` — это имя класса. Если объект, на который ссылается `объект`, является экземпляром `класса` или является экземпляром `подкласса`, то эта функция возвращает истину. В противном случае она возвращает ложь. В программе 11.12 показан способ ее применения в функции `show_mammal_info`.

Программа 11.12 (polymorphism_demo2.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует полиморфизм.
2
3 import animals
4
5 def main():
6     # Создать объект Mammal, объект Dog
7     # и объект Cat.
8     mammal = animals.Mammal('обычное животное')
9     dog = animals.Dog()
10    cat = animals.Cat()
11
12    # Показать информацию о каждом животном.
13    print('Вот несколько животных и')

```

```
14     print('звуки, которые они издают.')
15     print('-----')
16     show_mammal_info(mammal)
17     print()
18     show_mammal_info(dog)
19     print()
20     show_mammal_info(cat)
21     print()
22     show_mammal_info('Я - последовательность символов')
23
24 # Функция show_mammal_info принимает объект
25 # в качестве аргумента и вызывает свои методы
26 # show_species и make_sound.
27
28 def show_mammal_info(creature):
29     if isinstance(creature, animals.Mammal):
30         creature.show_species()
31         creature.make_sound()
32     else:
33         print('Это не млекопитающее!')
34
35 # Вызывать главную функцию.
36 main()
```

Вывод программы

Вот несколько животных и
звуки, которые они издают.

Я - обычное животное

Грррррр

Я - собака
Гав-гав!

Я - кот
Мяу!

Это не млекопитающее!

В строках 16, 18 и 20 мы вызываем функцию `show_mammal_info`, передавая ссылки на объект `Mammal`, объект `Dog` и объект `Cat`. Однако в строке 22 мы вызываем функцию и передаем в качестве аргумента строковое значение. В функции `show_mammal_info` инструкция `if` в строке 29 вызывает функцию `isinstance`, чтобы определить, является ли аргумент экземпляром `Mammal` (или его подклассом). Если нет, то выводится сообщение об ошибке.



Контрольная точка

11.5. Взгляните на приведенные ниже определения классов:

```
class Vegetable:
    def __init__(self, vegtype):
        self.__vegtype = vegtype
    def message(self):
        print("Я - овощ.")

class Potato(Vegetable):
    def __init__(self):
        Vegetable.__init__(self, 'картофель')
    def message(self):
        print("Я - картофель.")
```

Что покажут приведенные ниже инструкции с учетом этих определений классов?

```
v = Vegetable('овощной продукт')
p = Potato()
v.message()
p.message()
```

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. В отношении наследования _____ является родовым классом.
 - а) подкласс;
 - б) надкласс;
 - в) ведомый класс;
 - г) дочерний класс.
2. В отношении наследования _____ является конкретизированным, или видовым, классом.
 - а) надкласс;
 - б) ведущий класс;
 - в) подкласс;
 - г) родительский класс.
3. Предположим, что в программе используются два класса: Airplane (Самолет) и JumboJet (Аэробус). Какой из них, скорее всего, будет подклассом?
 - а) самолет;
 - б) аэробус;
 - в) оба;
 - г) ни один.

4. Этот механизм объектно-ориентированного программирования позволяет вызывать правильный вариант переопределенного метода, когда для его вызова используется экземпляр подкласса.
 - а) полиморфизм;
 - б) наследование;
 - в) обобщение;
 - г) конкретизация.
5. Один из приведенных ниже вариантов применяется для определения, является ли объект экземпляром класса.
 - а) оператор `in`;
 - б) функция `is_object_of`;
 - в) функция `isinstance`;
 - г) сообщения об ошибках, выводимые, когда программа аварийно завершается.

Истина или ложь

1. Полиморфизм позволяет писать методы в подклассе, которые имеют то же имя, что и у методов в надклассе.
2. Вызвать метод `__init__()` надкласса из метода `__init__()` подкласса невозможно.
3. Подкласс может иметь метод с тем же именем, что и у метода в надклассе.
4. Переопределять можно только метод `__init__()`.
5. Функция `isinstance` не применяется для определения, является ли объект экземпляром подкласса класса.

Короткий ответ

1. Что подкласс наследует от своего надкласса?
2. Взгляните на приведенное ниже определение класса. Как называется надкласс? Как называется подкласс (здесь используются классы "Тигр" и "Кошачие")?

```
class Tiger(Felis):
```
3. Что такое переопределенный метод?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите первую строку определения класса `Poodle` (Пудель). Этот класс должен расширять класс `Dog`.
2. Взгляните на приведенные ниже определения классов:

```
class Plant:  
    def __init__(self, plant_type):  
        self.__plant_type = plant_type  
    def message(self):  
        print("Я - планета.")
```

```
class Tree(Plant):
    def __init__(self):
        Plant.__init__(self, 'дерево')
    def message(self):
        print("Я - дерево.")
```

Что покажут приведенные ниже инструкции с учетом этих определений классов?

```
p = Plant('саженец')
t = Tree()
p.message()
t.message()
```

3. Взгляните на приведенное ниже определение:

```
class Beverage:
    def __init__(self, bev_name):
        self._bev_name = bev_name
```

Напишите программный код для класса с именем `Cola` (Кока-кола), который является подклассом класса `Beverage` (Напиток). Метод `__init__()` класса `Cola` должен вызывать метод `__init__()` класса `Beverage`, передавая строковое значение 'кока-кола' в качестве аргумента.

Задачи по программированию

1. Классы `Employee` и `ProductionWorker`. Напишите класс `Employee` (Сотрудник), который содержит атрибуты приведенных ниже данных:

- имя сотрудника;
- номер сотрудника.

Затем напишите класс `ProductionWorker` (Рабочий), который является подклассом класса `Employee`. Класс `ProductionWorker` должен содержать атрибуты приведенных ниже данных:

- номер смены (целое число, к примеру, 1, 2 или 3);
- ставка почасовой оплаты труда.

Рабочий день разделен на две смены: дневную и вечернюю. Атрибут смены будет содержать целочисленное значение, представляющее смену, в которую сотрудник работает. Дневная смена является сменой 1, вечерняя смена — сменой 2. Напишите соответствующие методы-получатели и методы-модификаторы для каждого класса.

После того как эти классы будут написаны, напишите программу, которая создает объект класса `ProductionWorker` и предлагает пользователю ввести данные по каждому атрибуту данных этого объекта. Сохраните данные в объекте и примените в этом объекте методы-получатели, чтобы получить эти данные и вывести их на экран.

2. Класс `ShiftSupervisor`. На некой фабрике начальник смены является штатным сотрудником, который руководит сменой. В дополнение к фиксированному окладу начальник смены получает годовую премию за выполнение его сменой производственного плана. Напишите класс `ShiftSupervisor` (Начальник смены), который является подклассом

класса Employee, созданного в задаче по программированию 1. Класс ShiftSupervisor должен содержать атрибут данных для годового оклада и атрибут данных для годовой производственной премии, которую заработал начальник смены. Продемонстрируйте класс, написав программу, которая применяет объект ShiftSupervisor.

3. Классы Person и Customer.



Видеозапись "Классы Person и Customer" (The Person and Customer Classes)

Напишите класс Person с атрибутами данных для имени, адреса и телефонного номера человека. Затем напишите класс Customer (Клиент), который является подклассом класса Person. Класс Customer должен иметь атрибут данных для номера клиента и атрибут булевых данных, указывающий, хочет ли клиент быть в списке рассылки или нет. Продемонстрируйте экземпляр класса Customer в простой программе.

12.1

Введение в рекурсию

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рекурсивная функция — это функция, которая вызывает саму себя.

Ранее вы встречались с экземплярами функций, которые вызывают другие функции. В частности, программе главная функция (`main`) вызывает функцию `A`, которая затем может вызывать функцию `B`. Однако бывают случаи, когда функция также вызывает саму себя. Такая функция называется *рекурсивной*. Взгляните на функцию `message`, которая приведена в программе 12.1.

Программа 12.1 (`endless_recursion.py`)

```
1 # Эта программа демонстрирует рекурсивную функцию.  
2  
3 def main():  
4     message()  
5  
6 def message():  
7     print('Это рекурсивная функция.')  
8     message()  
9  
10 # Вызвать главную функцию.  
11 main()
```

Вывод программы

Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.
Это рекурсивная функция.

... И этот результат будет повторяться бесконечно!

Функция `message` выводит на экран строковый литерал 'Это рекурсивная функция.' и затем вызывает саму себя. При каждом вызове функцией самой себя цикл повторяется. Вы заметили, в чем проблема с этой функцией? В ней не предусмотрен способ останова рекурсивных вызовов. Эта функция выглядит как бесконечный цикл, потому что отсутствует

программный код, который остановил бы ее бесконечные повторы. Если запустить эту программу, то для прерывания ее выполнения придется нажать комбинацию клавиш **<Ctrl>+<C>**.

Подобно циклу, рекурсивная функция должна иметь какой-то способ управлять количеством своих повторов. В программе 12.2 приведена видоизмененная версия функции `message`. В ней функция `message` получает аргумент, который задает количество раз, которые функция должна выводить сообщение.

Программа 12.2 (recursive.py)

```

1 # Эта программа имеет рекурсивную функцию.
2
3 def main():
4     # Передав аргумент 5 в функцию message,
5     # мы сообщаем ей, что нужно показать
6     # сообщение пять раз.
7     message(5)
8
9 def message(times):
10    if times > 0:
11        print('Это рекурсивная функция.')
12        message(times - 1)
13
14 # Вызвать главную функцию.
15 main()

```

Вывод программы

```

Это рекурсивная функция.

```

В строке 10 этой программы функция `message` содержит инструкцию `if`, которая управляет повторением. Сообщение 'Это рекурсивная функция.' будет выводиться до тех пор, пока параметр `times` больше нуля, при этом функция будет вызывать саму себя повторно, передавая уменьшенный аргумент.

В строке 7 главная функция вызывает функцию `message`, передав аргумент 5. Во время первого вызова функции инструкция `if` выводит сообщение, и затем функция вызывает саму себя, передав в качестве аргумента 4. На рис. 12.1 проиллюстрирован этот процесс.

Диаграмма на рис. 12.1 показывает два отдельных вызова функции `message`. Во время каждого вызова функции в оперативной памяти создается новый экземпляр параметра `times`. При первом вызове функции параметр `times` имеет значение 5. Когда функция себя вызывает, создается новый экземпляр параметра `times`, и в него передается значение 4. Этот цикл повторяется до тех пор, пока наконец в функцию в качестве аргумента не будет передан 0 (рис. 12.2).

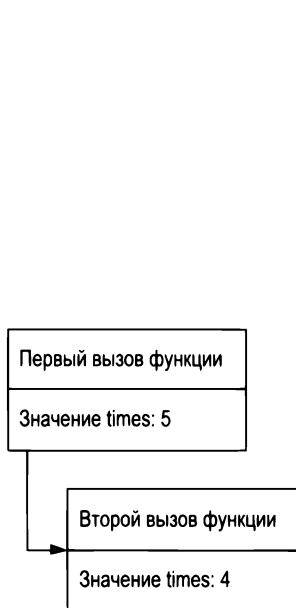


РИС. 12.1. Первые два вызова функции

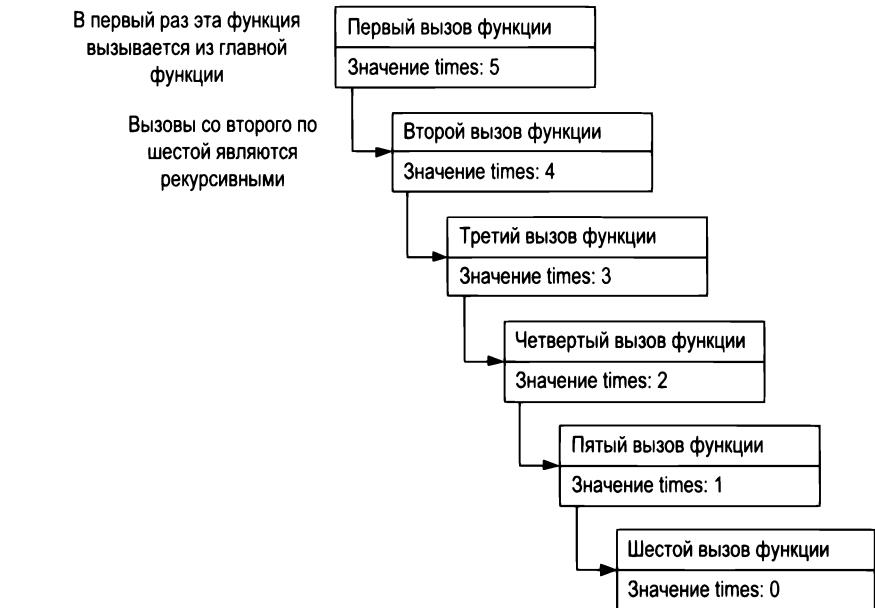


РИС. 12.2. Шесть вызовов функции message

Как видно из рисунка, функция вызывается шесть раз. В первый раз она вызывается из главной функции (`main`), а остальные пять раз она вызывает саму себя. Количество раз, которые функция вызывает саму себя, называется *глубиной рекурсии*. В этом примере глубина рекурсии равняется пяти. Когда функция достигает своего шестого вызова, параметр `times` равен 0. В этой точке условное выражение инструкции `if` становится ложным, и поэтому функция возвращается. Поток управления программы возвращается из шестого экземпляра функции в точку в пятом экземпляре непосредственно после вызова рекурсивной функции (рис. 12.3).

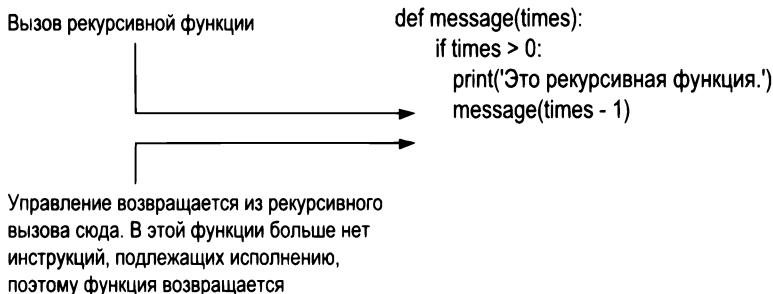


РИС. 12.3. Поток управления возвращается в точку после вызова рекурсивной функции

Поскольку больше нет инструкций, которые будут выполняться после вызова функции, пятый экземпляр функции возвращает поток управления программы назад в четвертый экземпляр. Это повторяется до тех пор, пока все экземпляры функции не вернутся.

12.2

Решение задач на основе рекурсии

Ключевые положения

Задача может быть решена на основе рекурсии, если ее разделить на уменьшенные задачи, которые по структуре идентичны общей задаче.

Пример кода, показанный в программе 12.2, демонстрирует механизм работы рекурсивной функции. Рекурсия может оказаться мощным инструментом для решения повторяющихся задач и обычно является предметом изучения на более старших курсах информатики. Возможно, вам пока еще не совсем ясно, каким образом рекурсия используется для решения задач.

Прежде всего обратите внимание, что рекурсия никогда не является непременным условием для решения задачи. Любая задача, которая может быть решена рекурсивно, также может быть решена на основе цикла. В действительности, рекурсивные алгоритмы обычно менее эффективны, чем итеративные алгоритмы. Это связано с тем, что процесс вызова функции требует выполнения компьютером нескольких действий. Эти действия включают выделение памяти под параметры и локальные переменные и для хранения адреса местоположения программы, куда поток управления возвращается после завершения функции. Такие действия, которые иногда называются *накладными расходами*, происходят при каждом вызове функции. Накладные расходы не требуются при использовании цикла.

Вместе с тем, некоторые повторяющиеся задачи легче решаются на основе рекурсии, чем на основе цикла. Там, где цикл приводит к более быстрому времени исполнения, программист быстрее разработает рекурсивный алгоритм. В целом рекурсивная функция работает следующим образом:

- ◆ если в настоящий момент задача может быть решена без рекурсии, то функция ее решает и возвращается;
- ◆ если в настоящий момент задача не может быть решена, то функция ее сводит к уменьшенной и при этом аналогичной задаче и вызывает саму себя для решения этой уменьшенной задачи.

Для того чтобы применить такой подход, во-первых, мы идентифицируем по крайней мере один случай, в котором задача может быть решена без рекурсии. Он называется *базовым случаем*. Во-вторых, мы определяем то, как задача будет решаться рекурсивно во всех остальных случаях. Это называется *рекурсивным случаем*. В рекурсивном случае мы все время должны сводить задачу к уменьшенному варианту исходной задачи. С каждым рекурсивным вызовом задача уменьшается. В результате будет достигнут базовый случай, и рекурсия прекратится.

Применение рекурсии для вычисления факториала числа

Для того чтобы исследовать применение рекурсивных функций, давайте возьмем пример из математики. В математике запись в форме $n!$ обозначает факториал числа n . Факториал неотрицательного числа определяется приведенными ниже правилами.

Если $n = 0$, то

$$n! = 1.$$

Если $n > 0$, то

$$n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n.$$

Заменим запись в форме $n!$ на $\text{factorial}(n)$, которая очень похожа на программный код, и перепишем эти правила следующим образом.

Если $n = 0$, то $\text{factorial}(n) = 1$.

Если $n > 0$, то $\text{factorial}(n) = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$.

Эти правила определяют, что при $n = 0$ его факториал равняется 1. Когда же $n > 0$, его факториал является произведением всех положительных целых чисел от 1 до n . Например, $\text{factorial}(6)$ вычисляется так: $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6$.

Во время разработки рекурсивного алгоритма для вычисления факториала любого числа сначала идентифицируется базовый случай, являющийся той частью вычисления, которую можно решить без рекурсии. Это как раз тот случай, где n равняется 0, как показано ниже.

Если $n = 0$, то $\text{factorial}(n) = 1$.

Это решение задачи, когда $n = 0$, но вот что делать, когда $n > 0$? А это именно тот рекурсивный случай, или часть задачи, для решения которой применяется рекурсия. Вот как это выражается формально.

Если $n > 0$, то $\text{factorial}(n) = n \times \text{factorial}(n - 1)$.

В этой формуле говорится о том, что если $n > 0$, то факториал n равняется произведению n на факториал $n - 1$. Обратите внимание, как рекурсивный вызов работает с уменьшенным вариантом задачи, $n - 1$. Таким образом, наше рекурсивное правило вычисления факториала числа может выглядеть так.

Если $n = 0$, то $\text{factorial}(n) = 1$.

Если $n > 0$, то $\text{factorial}(n) = n \times \text{factorial}(n - 1)$.

В программе 12.3 представлена реализация функции factorial .

Программа 12.3 (factorial.py)

```

1 # Эта программа применяет рекурсию
2 # для вычисления факториала числа.
3
4 def main():
5     # Получить от пользователя число.
6     number = int(input('Введите неотрицательное целое число: '))
7
8     # Получить факториал числа.
9     fact = factorial(number)
10
11    # Показать факториал.
12    print('Факториал числа', number, 'равняется', fact)
13
14 # Функция factorial применяет рекурсию, чтобы
15 # вычислить факториал своего аргумента, который,
16 # как предполагается, является неотрицательным.
17 def factorial(num):
18     if num == 0:
19         return 1

```

```

20     else:
21         return num * factorial(num - 1)
22
23 # Вызвать главную функцию.
24 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)Введите неотрицательное целое число: **4**

Факториал числа 4 равняется 24

В демонстрационном выполнении программы функция `factorial` вызывается с аргументом 4, который передается в параметр `num`. Поскольку `num` не равняется 0, выражение `else` инструкции `if` исполняет инструкцию:

```
return num * factorial(num - 1)
```

Хотя это и инструкция `return`, она не возвращается немедленно. Прежде чем возвращаемое значение будет определено, должно быть определено значение `factorial(num - 1)`. Функция `factorial` вызывается рекурсивно вплоть до пятого вызова, в котором будет обнулен параметр `num`. На рис. 12.4 проиллюстрированы значение `num` и возвращаемое значение во время каждого вызова функции.

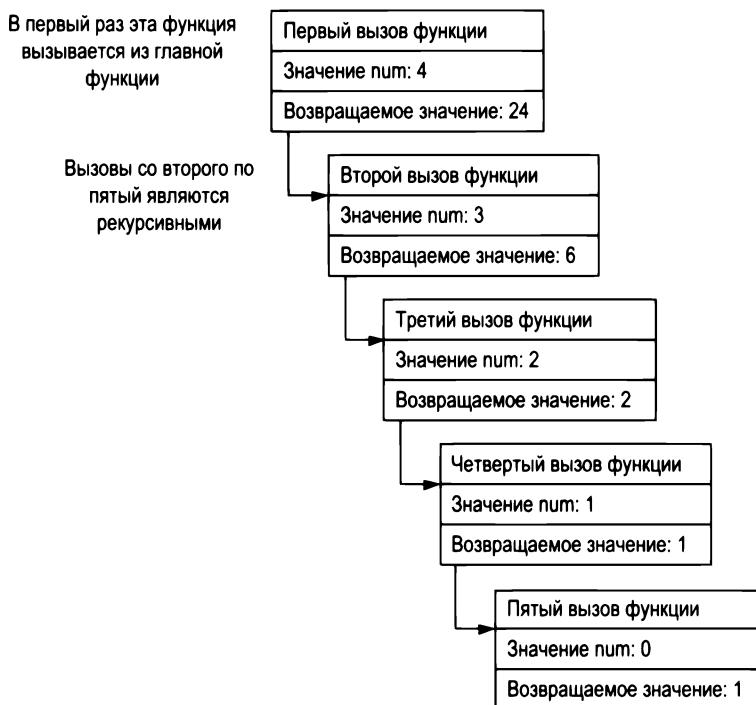


РИС. 12.4. Значение `num` и возвращаемое значение во время каждого вызова функции

Данный рисунок демонстрирует, почему рекурсивный алгоритм должен уменьшать задачу с каждым рекурсивным вызовом. В конечном счете рекурсия должна остановиться, чтобы решение было достигнуто.

Если каждый рекурсивный вызов работает с уменьшенным вариантом задачи, то работа рекурсивных вызовов сводится к базовому случаю. Базовый случай не требует рекурсии, и поэтому он останавливает цепочку рекурсивных вызовов.

Обычно задача уменьшается путем уменьшения значения одного или нескольких параметров с каждым рекурсивным вызовом. В нашей функции `factorial` значение параметра `num` приближается к 0 с каждым рекурсивным вызовом. Когда этот параметр достигает 0, данная функция возвращает значение, не делая больше рекурсивных вызовов.

Прямая и косвенная рекурсия

Примеры, которые мы рассматривали до сих пор, демонстрируют рекурсивные функции, или функции, которые вызывают сами себя непосредственно. Такой вызов называется *прямой рекурсией*. В программе можно также создавать *косвенную рекурсию*. Это происходит, когда функция A вызывает функцию B, которая в свою очередь вызывает функцию A. В рекурсии может участвовать даже несколько функций. Например, функция A может вызывать функцию B, которая вызывает функцию C, которая вызывает функцию A.



Контрольная точка

- 12.1. Что означает, когда говорят, что рекурсивный алгоритм имеет накладные расходы, которые превышают накладные расходы итеративного алгоритма?
- 12.2. Что такое базовый случай?
- 12.3. Что такое рекурсивный случай?
- 12.4. Что заставляет рекурсивный алгоритм прекратить вызывать самого себя?
- 12.5. Что такое прямая рекурсия? Что такое косвенная рекурсия?

12.3

Примеры алгоритмов на основе рекурсии

В этом разделе мы рассмотрим функцию `range_sum`, в которой рекурсия применяется для суммирования диапазона значений в списке. Функция принимает аргументы: список, содержащий диапазон значений, которые будут просуммированы; целое число, определяющее индексную позицию начального значения в диапазоне; целое число, определяющее индексную позицию конечного значения в диапазоне. Вот пример того, как функция могла бы использоваться:

```
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
my_sum = range_sum(numbers, 3, 7)
print(my_sum)
```

Вторая инструкция в этом фрагменте кода определяет, что функция `range_sum` должна вернуть сумму значений в списке чисел в индексах с 3 по 7. Возвращаемое значение, которое в этом случае будет равняться 30, присваивается переменной `my_sum`. Вот определение функции `range_sum`:

```
def range_sum(num_list, start, end):
    if start > end:
        return 0
```

```

else:
    return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)

```

Базовый случай этой функции наступает, когда параметр `start` больше параметра `end`. Если это условие является истинным, то функция возвращает значение 0. В противном случае функция исполняет инструкцию:

```
return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)
```

Эта инструкция возвращает сумму `num_list[start]` плюс значение, возвращаемое рекурсивным вызовом. Обратите внимание, что в рекурсивном вызове начальное значение в диапазоне равняется `start + 1`. Эта инструкция предписывает "вернуть значение первого элемента в диапазоне плюс сумму значений остальных элементов в диапазоне". Программа 12.4 демонстрирует данную функцию.

Программа 12.4 (range_sum.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует функцию range_sum.
2
3 def main():
4     # Создать список чисел.
5     numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
6
7     # Получить сумму значений в индексных
8     # позициях, начиная с 2 вплоть до 5.
9     my_sum = range_sum(numbers, 2, 5)
10
11    # Показать сумму.
12    print('Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется', my_sum)
13
14 # Функция range_sum возвращает сумму заданного
15 # диапазона значений в списке num_list. Параметр start
16 # задает индексную позицию начального значения.
17 # Параметр end задает индексную позицию конечного значения.
18 def range_sum(num_list, start, end):
19     if start > end:
20         return 0
21     else:
22         return num_list[start] + range_sum(num_list, start + 1, end)
23
24 # Вызывать главную функцию.
25 main()

```

Вывод программы

Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется 18

Последовательность Фибоначчи

Некоторые математические задачи призваны решаться рекурсивным образом. Один такой хорошо известный пример представлен вычислением чисел Фибоначчи. Числа Фибоначчи,

названные в честь средневекового итальянского математика Леонардо Фибоначчи (родившегося примерно в 1170 году), представлены приведенной ниже последовательностью:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ...

Обратите внимание, что после второго числа каждое последующее число последовательности будет суммой двух предыдущих чисел. Последовательность Фибоначчи может быть определена следующим образом.

Если $n = 0$, то $\text{Fib}(n) = 0$.

Если $n = 1$, то $\text{Fib}(n) = 1$.

Если $n > 1$, то $\text{Fib}(n) = \text{Fib}(n - 1) + \text{Fib}(n - 2)$.

Рекурсивная функция вычисления n -го числа в последовательности Фибоначчи приводится ниже:

```
def fib(n):
    if n == 0:
        return 0
    elif n == 1:
        return 1
    else:
        return fib(n - 1) + fib(n - 2)
```

Обратите внимание, что эта функция имеет два базовых случая: когда $n = 0$ и когда $n = 1$. В любом из них функция возвращает значение, не делая рекурсивного вызова. Программа 12.5 демонстрирует эту функцию, выводя первые 10 чисел в последовательности Фибоначчи.

Программа 12.5 (fibonacci.py)

```
1 # Эта программа применяет рекурсию для печати чисел
2 # последовательности Фибоначчи.
3
4 def main():
5     print('Первые 10 чисел')
6     print('последовательности Фибоначчи:')
7
8     for number in range(1, 11):
9         print(fib(number))
10
11 # Функция fib возвращает n-е число
12 # последовательности Фибоначчи.
13 def fib(n):
14     if n == 0:
15         return 0
16     elif n == 1:
17         return 1
18     else:
19         return fib(n - 1) + fib(n - 2)
20
```

```
21 # Вызвать главную функцию.
22 main()
```

Вывод программы

Первые 10 чисел последовательности Фибоначчи:

```
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
```

Нахождение наибольшего общего делителя

Нашим следующим примером рекурсии является вычисление наибольшего общего делителя двух чисел (НОД, или GCD — greatest common divisor). НОД двух положительных целочисленных x и y определяется следующим образом.

Если x можно разделить на y без остатка, то $\text{gcd}(x, y) = y$.

В противном случае $\text{gcd}(x, y) = \text{gcd}(y, \text{остаток от деления } x/y)$.

Это определение обозначает, что НОД чисел x и y равняется число y , если деление x/y не имеет остатка. Данное условие является базовым случаем. В противном случае ответом является НОД чисел y и остатка от x/y . В программе 12.6 приведен рекурсивный метод вычисления НОД.

Программа 12.6 (gcd.py)

```
1 # Эта программа применяет рекурсию для нахождения
2 # наибольшего общего делителя (НОД или GCD) двух чисел.
3
4 def main():
5     # Получить два числа.
6     num1 = int(input('Введите целое число: '))
7     num2 = int(input('Введите еще одно целое число: '))
8
9     # Показать НОД (GCD).
10    print('Наибольший общий делитель')
11    print('этих двух чисел равен', gcd(num1, num2))
12
13 # Функция gcd возвращает наибольший общий
14 # делитель двух чисел.
```

```

15 def gcd(x, y):
16     if x % y == 0:
17         return y
18     else:
19         return gcd(x, x % y)
20
21 # Вызвать главную функцию.
22 main()

```

Вывод программы (вводимые данные выделены жирным шрифтом)

Введите целое число: **49** Enter

Введите еще одно целое число: **28** Enter

Наибольший общий делитель

этих двух чисел равен 7

Ханойские башни

Ханойские башни — это математическая головоломка, которая в информатике часто используется для демонстрации мощи рекурсии. В этой головоломке используются три стержня и несколько колец с отверстиями в центре. Кольца нанизаны на один из стержней (рис. 12.5).

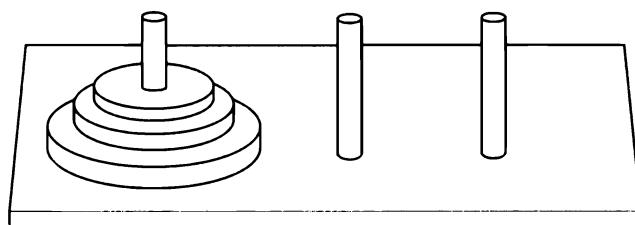


РИС. 12.5. Стержни и кольца в игре "Ханойские башни"

Обратите внимание, что кольца нанизаны на крайний левый стержень в порядке уменьшения их размера, т. е. самое большое кольцо находится внизу. Данная головоломка основывается на легенде, по которой у группы монахов в ханойском храме есть подобный набор стержней с 64 кольцами. Задача монахов состоит в перемещении колец из первого стержня на третий стержень. Средний стержень может использоваться в качестве временного хранения. Более того, при перемещении колец монахи должны соблюдать приведенные ниже правила:

- ◆ за один ход можно перемещать только одно кольцо;
- ◆ кольцо нельзя помещать поверх меньшего по размеру кольца;
- ◆ все кольца должны находиться на стержне за исключением случая, когда их перемещают.

Согласно легенде, когда монахи переместят все кольца с первого стержня на последний, наступит Конец света¹.

¹ На случай, если вы волнуетесь по поводу того, закончат ли монахи свою работу и не вызовут ли они тем самым Конец света, то можно расслабиться. Если монахи будут перемещать кольца со скоростью 1 кольцо в секунду, то им потребуется приблизительно 585 млрд лет, чтобы переместить все 64 кольца!

Цель этой головоломки — переместить все кольца с первого стержня на третий стержень, соблюдая те же самые правила, что и у монахов. Давайте рассмотрим несколько демонстрационных решений этой головоломки для разных количеств колец. Если имеется всего одно кольцо, то решение простое: переместить кольцо со стержня 1 на стержень 3. Если имеются два кольца, то решение требует трех перемещений:

- ◆ переместить кольцо 1 на стержень 2;
- ◆ переместить кольцо 2 на стержень 3;
- ◆ переместить кольцо 1 на стержень 3.

Обратите внимание, что этот подход использует стержень 2 в качестве временного хранилища. Сложность перемещений увеличивается вместе с увеличением количества колец. Для того чтобы переместить три кольца, требуется семь перемещений (рис. 12.6).

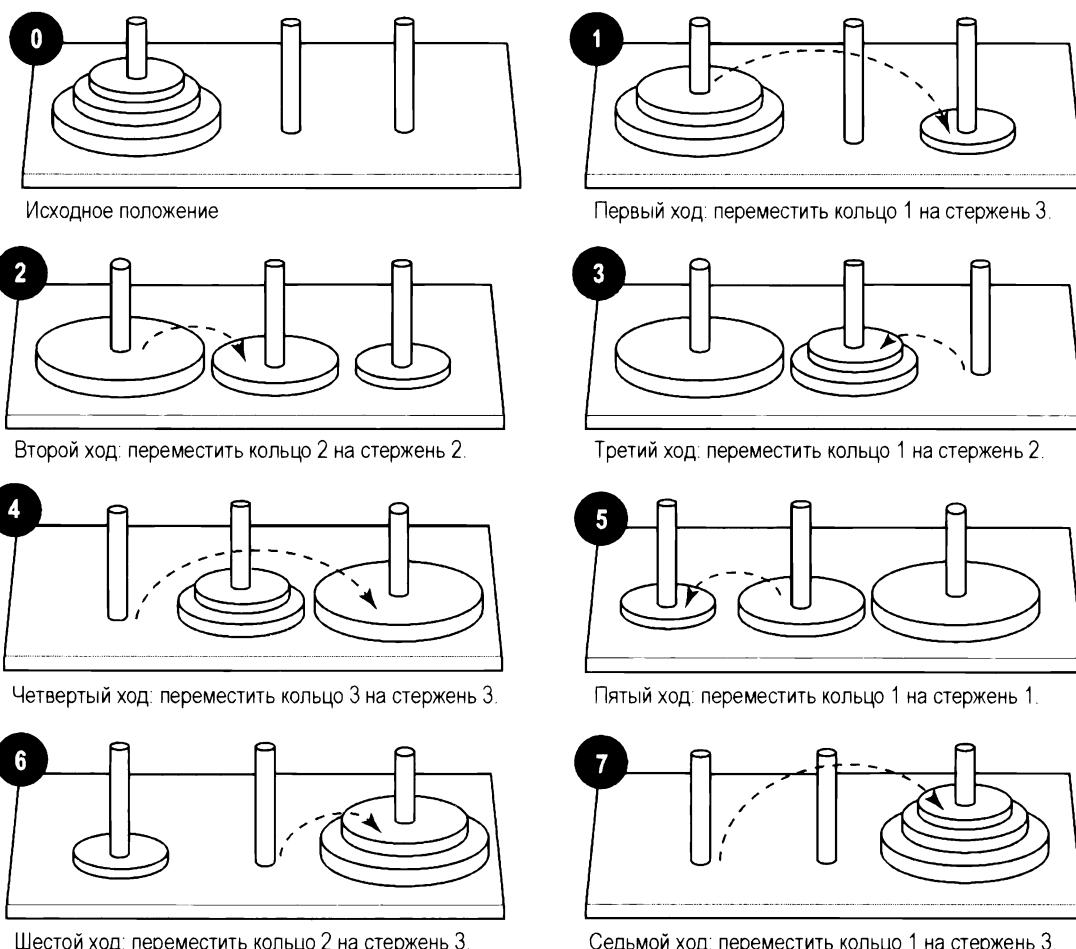


РИС. 12.6. Шаги перемещения трех колец

Приведенное ниже утверждение описывает общее решение задачи.

Переместить n колец со стержня 1 на стержень 3, используя стержень 2 в качестве временного стержня.

Представленное далее краткое резюме описывает рекурсивный алгоритм, который имитирует решение этой задачи. Обратите внимание, что в данном алгоритме для хранения номеров стержней используются переменные A, B и C.

Для того чтобы переместить n колец со стержня A на стержень C с использованием стержня B в качестве временного, необходимо сделать следующее.

Если $n > 0$:

Переместить $n - 1$ кольцо со стержня A на стержень B, используя стержень C в качестве временного стержня.

Переместить оставшееся кольцо со стержня A на стержень C.

Переместить $n - 1$ кольцо со стержня B на стержень C, используя стержень A в качестве временного стержня.

Базовый случай для этого алгоритма достигается, когда больше не останется колец, подлежащих перемещению. Приведенный ниже фрагмент кода показывает функцию, которая реализует этот алгоритм. Эта функция практически ничего не перемещает. Она лишь содержит инструкции с указанием всех ходов, которые нужно сделать, чтобы переместить кольца.

```
def move_discs(num, from_peg, to_peg, temp_peg):
    if num > 0:
        move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
        print('Move a disc from peg', from_peg, 'to peg', to_peg)
        move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
```

Данная функция принимает аргументы в следующие ниже параметры:

- ◆ num — количество перемещаемых колец;
- ◆ from_peg — стержень, с которого взять кольцо;
- ◆ to_peg — стержень, на который переложить кольцо;
- ◆ temp_peg — стержень, используемый в качестве временного.

Если num больше 0, то это означает, что есть кольца, которые следует переместить. Первый рекурсивный вызов будет таким:

```
move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
```

Эта инструкция содержит указание, что все кольца, кроме одного, нужно переместить со стержня from_peg на стержень temp_peg, используя стержень to_peg в качестве временного. Далее идет инструкция:

```
print('Переложить кольцо с', from_peg, 'на', to_peg)
```

Эта инструкция просто выводит сообщение о том, что кольцо должно быть перемещено со стержня from_peg на стержень to_peg. Далее идет еще один рекурсивный вызов, который исполняется следующим образом:

```
move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
```

Эта инструкция содержит указание, что все кольца, кроме одного, нужно переместить со стержня temp_peg на стержень to_peg, используя стержень from_peg в качестве временного. Программе 12.7 демонстрирует данную функцию, показывая решение головоломки о ханойских башнях.

Программа 12.7 (towers_of_hanoi.py)

```

1 # Эта программа имитирует головоломку 'Ханойские башни'.
2
3 def main():
4     # Задать несколько исходных значений.
5     num_discs = 3
6     from_peg = 1
7     to_peg = 3
8     temp_peg = 2
9
10    # Решить головоломку.
11    move_discs(num_discs, from_peg, to_peg, temp_peg)
12    print('Все кольца перемещены!')
13
14 # Функция moveDiscs показывает процесс перемещения
15 # колец в головоломке 'Ханойские башни'.
16 # Параметры функции:
17 # num: количество перемещаемых колец.
18 # from_peg: стержень, с которого взять кольцо.
19 # to_peg: стержень, на который переложить кольцо.
20 # temp_peg: временный стержень.
21 def move_discs(num, from_peg, to_peg, temp_peg):
22     if num > 0:
23         move_discs(num - 1, from_peg, temp_peg, to_peg)
24         print('Переложить кольцо с', from_peg, 'на', to_peg)
25         move_discs(num - 1, temp_peg, to_peg, from_peg)
26
27 # Вызвать главную функцию.
28 main()

```

Вывод программы

```

Переложить кольцо с 1 на 3
Переложить кольцо с 1 на 2
Переложить кольцо с 3 на 2
Переложить кольцо с 1 на 3
Переложить кольцо с 2 на 1
Переложить кольцо с 2 на 3
Переложить кольцо с 1 на 3
Все кольца перемещены!

```

Рекурсия против циклов

Любой алгоритм, который может быть запрограммирован на основе рекурсии, может быть запрограммирован на основе цикла. Оба этих подхода успешно выполняют повторения, но какой из них использовать лучше всего?

Есть несколько причин, почему не следует использовать рекурсию. Вызовы рекурсивной функции, разумеется, менее эффективны, чем циклы. При каждом вызове функции система

несет накладные расходы, которые не требуются для цикла. Во многих случаях решение на основе цикла более очевидное, чем рекурсивное. Практически подавляющая часть итерационных задач программирования лучше всего решается на основе циклов.

Вместе с тем некоторые задачи легче решаются на основе рекурсии, чем на основе цикла. Например, математическое определение формулы НОД хорошо укладывается в рекурсивный подход. Если для определенной задачи рекурсивное решение является очевидным, и рекурсивный алгоритм не сильно замедляет производительность системы, то рекурсия будет хорошим проектным решением. Однако если задача легче решается на основе цикла, то следует принять подход на основе цикла.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. Рекурсивная функция _____.
 - а) вызывает другую функцию;
 - б) аварийно останавливает программу;
 - в) вызывает саму себя;
 - г) может вызываться всего один раз.
2. Функция вызывается один раз из главной функции программы и затем вызывает саму себя четыре раза. В этом случае глубина рекурсии будет равна _____.
 - а) одному;
 - б) четырем;
 - в) пяти;
 - г) девятыи.
3. Часть задачи, которая может быть решена без рекурсии, называется _____. случаем.
 - а) базовым;
 - б) разрешимым;
 - в) известным;
 - г) итеративным.
4. Часть задачи, которая может быть решена с использованием рекурсии, называется _____. случаем.
 - а) базовым;
 - б) итеративным;
 - в) неизвестным;
 - г) рекурсивным.
5. Когда функция явным образом саму себя вызывает, это называется _____ рекурсией.
 - а) явной;
 - б) модальной;

- в) прямой;
г) косвенной.
6. Когда функция А вызывает функцию В, которая вызывает функцию А, она называется _____ рекурсией.
- а) имплицитной;
б) модальной;
в) прямой;
г) косвенной.
7. Любая задача, которая может быть решена на основе рекурсии, может также быть решена на основе _____.
а) структуры принятия решения;
б) цикла;
в) последовательной структуры;
г) выбирающей структуры.
8. Действия, такие как выделение оперативной памяти под параметры и локальные переменные, предпринимаемые компьютером при вызове функции, называются _____.
а) накладными расходами;
б) первоначальной настройкой;
в) очисткой;
г) синхронизацией.
9. Рекурсивный алгоритм в рекурсивном случае должен _____.
а) решить задачу без рекурсии;
б) свести задачу к уменьшенному варианту исходной задачи;
в) подтвердить, что произошла ошибка и прервать программу;
г) свести задачу к увеличенному варианту исходной задачи.
10. Рекурсивный алгоритм в базовом случае должен _____.
а) решить задачу без рекурсии;
б) свести задачу к уменьшенному варианту исходной задачи;
в) подтвердить, что произошла ошибка и прервать программу;
г) свести задачу к увеличенному варианту исходной задачи.

Истина или ложь

1. Алгоритм, в котором применяется цикл, обычно будет работать быстрее, чем эквивалентный рекурсивный алгоритм.
2. Некоторые задачи могут быть решены только на основе рекурсии.
3. Не во всех рекурсивных алгоритмах обязательно должен иметься базовый случай.
4. В базовом случае рекурсивный метод вызывает сам себя с уменьшенным вариантом исходной задачи.

Короткий ответ

1. Каким является базовый случай функции `message` из программы 12.2, представленной ранее в этой главе?
2. В этой главе правила вычисления факториала числа состояли в следующем.

Если $n = 0$, то $\text{factorial}(n) = 1$.

Если $n > 0$, то $\text{factorial}(n) = n \times \text{factorial}(n - 1)$.

Каким будет базовый случай, если вы разрабатываете функцию на основе этих правил?

Каким будет рекурсивный случай?

3. Всегда ли требуется рекурсия для решения задачи? Какой еще подход применяется для решения повторяющейся по своей природе задачи?
4. Почему при использовании рекурсии для решения задачи рекурсивная функция должна вызывать саму себя для решения уменьшенного варианта исходной задачи?
5. Каким образом рекурсивная функция уменьшает задачу?

Алгоритмический тренажер

1. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():
    num = 0
    show_me(num)
def show_me(arg):
    if arg < 10:
        show_me(arg + 1)
    else:
        print(arg)
main()
```

2. Что покажет приведенная ниже программа?

```
def main():
    num = 0
    show_me(num)
def show_me(arg):
    print(arg)
    if arg > 10:
        show_me(arg + 1)
main()
```

3. В приведенной ниже функции применен цикл. Перепишите ее как рекурсивную функцию, которая выполняет ту же самую операцию.

```
def traffic_sign(n):
    while n > 0:
        print('Не парковаться')
        n = n - 1
```

Задачи по программированию

- Рекурсивная печать.** Разработайте рекурсивную функцию, которая принимает целочисленный аргумент n и распечатывает числа от 1 до n .
- Рекурсивное умножение.**



Видеозапись "Задача о рекурсивном умножении"

Разработайте рекурсивную функцию, которая принимает два аргумента в параметры x и y . Данная функция должна вернуть значение произведения x на y . При этом умножение должно быть выполнено, как повторяющееся сложение, следующим образом:

$$7 \times 4 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4.$$

(Для того чтобы упростить функцию, исходите из того, что x и y будут всегда содержать положительные ненулевые целые числа.)

- Рекурсивные строки.** Напишите рекурсивную функцию, которая принимает целочисленный аргумент n . Данная функция должна вывести на экран n строк, состоящих из звездочек, при этом первая строка должна показать 1 звездочку, вторая строка — 2 звездочки и так до n -й строки, которая должна показать n звездочек.
- Максимальное значение в списке.** Разработайте функцию, которая принимает список в качестве аргумента и возвращает самое большое значение в списке. В данной функции для нахождения максимального значения должна использоваться рекурсия.
- Рекурсивная сумма списка.** Разработайте функцию, которая принимает список чисел в качестве аргумента. Она должна рекурсивно вычислить сумму всех чисел в списке и вернуть это значение.
- Сумма чисел.** Разработайте функцию, которая принимает целочисленный аргумент и возвращает сумму всех целых чисел от 1 до числа, переданного в качестве аргумента. Например, если в качестве аргумента передано 50, то данная функция вернет сумму чисел 1, 2, 3, 4, ..., 50. Для вычисления суммы примените рекурсию.
- Рекурсивный метод возведения в степень.** Разработайте функцию, в которой рекурсия применяется для возведения числа в степень. Данная функция должна принимать два аргумента: число, которое будет возведено в степень, и показатель степени. Исходите из того, что показатель степени является неотрицательным целым числом.
- Функция Аккермана.** Функция Аккермана является рекурсивным математическим алгоритмом, который используется для проверки, насколько успешно система оптимизирует свою производительность в случае рекурсии. Разработайте функцию `ackermann(m, n)`, которая решает функцию Аккермана. Примените в своей функции следующую логику:

Если $m = 0$, то вернуть $n + 1$.

Если $n = 0$, то вернуть `ackermann(m - 1, 1)`.

Иначе вернуть `ackermann(m - 1, ackermann(m, n - 1))`.

После того как вы разработаете свою функцию, протестируйте ее с использованием небольших значений для m и n .

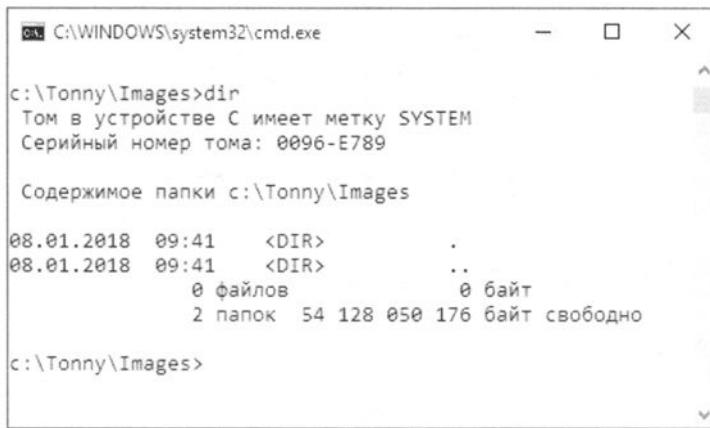
13.1

Графические интерфейсы пользователя

Ключевые положения

Графический интерфейс пользователя позволяет взаимодействовать с операционной системой и другими программами с помощью графических элементов, таких как значки, кнопки и диалоговые окна.

Интерфейс пользователя является частью компьютера, с которым пользователь взаимодействует. Аппаратная часть пользовательского интерфейса состоит из устройств, таких как клавиатура и видеодисплей. Программная часть пользовательского интерфейса отвечает за то, как операционная система компьютера принимает команды от пользователя. В течение многих лет единственным способом, благодаря которому пользователь мог взаимодействовать с операционной системой, являлся интерфейс командной строки (рис. 13.1). Интерфейс командной строки обычно выводит на экран подсказку, и пользователь набирает команду, которая затем исполняется.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
c:\Tonny\Images>dir
Том в устройстве C имеет метку SYSTEM
Серийный номер тома: 0096-E789

Содержимое папки c:\Tonny\Images

08.01.2018 09:41    <DIR>    .
08.01.2018 09:41    <DIR>    ..
          0 файлов        0 байт
          2 папок  54 128 050 176 байт свободно

c:\Tonny\Images>
```

РИС. 13.1. Интерфейс командной строки

Многие компьютерные пользователи, в особенности новички, считают, что интерфейсы командной строки сложно использовать. И причина тому — обилие команд, которые необходимо изучить, причем каждая команда имеет собственный синтаксис, во многом как у программной инструкции. Если команда набрана неправильно, то она работать не будет.

В 1980-х годах в коммерческих операционных системах вошел в употребление новый тип интерфейса, именуемый графическим интерфейсом пользователя. *Графический интерфейс*

пользователя (graphical user interface, GUI — на английском эта аббревиатура произносится как "гуи") позволяет пользователю взаимодействовать с операционной системой и другими программами через графические элементы на экране. GUI также популяризовали использование мыши как устройства ввода данных. Вместо того чтобы требовать от пользователя, чтобы он набирал команды на клавиатуре, GUI позволяют ему указывать на графические элементы и щелкать кнопкой мыши для их активации.

Значительная часть взаимодействия с GUI выполняется через диалоговые окна, т. е. небольшие окна, которые выводят информацию и позволяют пользователю выполнять действия. На рис. 13.2 показан пример диалогового окна в операционной системе Windows, которое позволяет пользователю вносить изменения в интернет-настройки системы. Вместо того чтобы набирать команды в соответствии с заданным синтаксисом, пользователь взаимодействует с графическими элементами — значками, кнопками и полосами прокрутки.

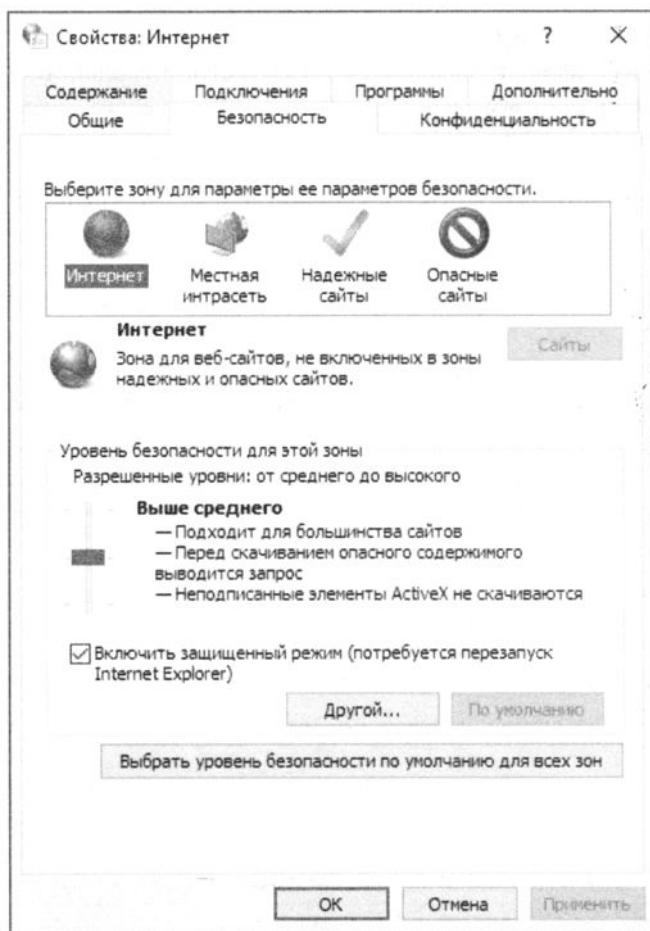


РИС. 13.2. Диалоговое окно

Программы с GUI событийно-управляемы

В текстоориентированной среде, такой как интерфейс командной строки, программы определяют порядок, в котором все происходит. Например, рассмотрим программу, которая вычисляет площадь прямоугольника. Сначала программа предлагает пользователю ввести

ширину прямоугольника. Пользователь вводит ее. Затем программа предлагает ввести длину прямоугольника. Пользователь вводит длину, после чего программа вычисляет площадь. У пользователя нет выбора, кроме как ввести данные в том порядке, в котором его просят.

Однако в среде GUI теперь уже пользователь определяет порядок, в котором все происходит. Например, на рис. 13.3 показано окно программы с GUI (написанной на Python), которая вычисляет площадь прямоугольника. Пользователь может ввести длину и ширину в любом порядке, в котором он пожелает. Если сделана ошибка, то пользователь может удалить данные, которые он ввел, и набрать их заново. Когда пользователь готов вычислить площадь, он нажимает кнопку **Вычислить площадь**, и программа выполняет это вычисление. Поскольку программы с GUI должны реагировать на действия пользователя, говорится, что они являются событийно-управляемыми. Действия пользователя приводят к возникновению событий, таких как щелчок кнопки, и программа должна реагировать на эти события.

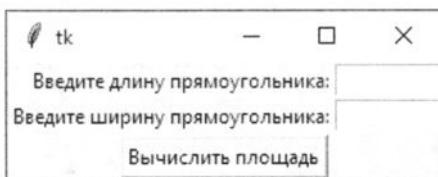


РИС. 13.3. Программа с GUI



Контрольная точка

- 13.1. Что такое пользовательский интерфейс?
- 13.2. Как работает интерфейс командной строки?
- 13.3. Что определяет порядок, в котором все происходит, когда пользователь выполняет программу в текстоориентированной среде, такой как командная строка?
- 13.4. Что такое событийно-управляемая программа?

13.2

Использование модуля *tkinter*

Ключевые положения

В Python для создания простых программ с GUI используется модуль *tkinter*.

В Python нет встроенного в язык функционала программирования GUI. Однако он поставляется с модулем *tkinter*, который позволяет создавать простые программы с GUI. Имя модуля "tkinter" является сокращением от "интерфейс с Tk". Такое название связано с тем, что модуль предоставляет программистам на языке Python возможность пользоваться библиотекой GUI под названием Tk. Библиотека Tk также используется во многих других языках программирования.



ПРИМЕЧАНИЕ

В Python имеется целый ряд библиотек GUI. И поскольку модуль *tkinter* поставляется вместе с Python, мы им воспользуемся только в этой главе¹.

¹ В исходный код главы 13 добавлена реализация приводимых в этой главе примеров с использованием стилизованного модуля *ttk*. — Прим. пер.

Программа с GUI выводит окно с различными графическими элементами интерфейса, или *виджетами*, с которыми пользователь может взаимодействовать или которые может просматривать. Модуль `tkinter` предоставляет 15 элементов интерфейса (табл. 13.1). В этой главе мы не сможем охватить все элементы интерфейса `tkinter`, однако продемонстрируем способы создания простых программ с GUI, которые собирают входные данные и выводят их на экран.

Таблица 13.1. Элементы интерфейса `tkinter`

| Элемент | Описание |
|-------------|--|
| Button | Кнопка, которая при нажатии вызывает наступление действия |
| Canvas | Прямоугольная область, которая используется для отображения графики |
| Checkbutton | Кнопка, которая может быть в положении "включено" либо "выключено" |
| Entry | Область, в которую пользователь может ввести одну строку входных данных с клавиатуры |
| Frame | Контейнер, который может содержать другой элемент интерфейса |
| Label | Область, которая выводит на экран одну строку текста или изображение |
| Listbox | Список, из которого пользователь может выбрать значение |
| Menu | Список пунктов меню, которые выводятся на экран, когда пользователь нажимает на элемент интерфейса Menubutton |
| Menubutton | Меню, которое выводится на экран и на которое пользователь может нажать мышью |
| Message | Выводит многочисленные строки текста |
| Radiobutton | Элемент интерфейса, который может быть либо выбран, либо не выбран. Элементы интерфейса Radiobutton обычно появляются в группах и позволяют пользователю выбирать один из нескольких вариантов |
| Scale | Элемент интерфейса, который позволяет пользователю выбирать значение путем перемещения ползунка вдоль шкалы |
| Scrollbar | Может использоваться с некоторыми другими типами элементов интерфейса для обеспечения возможности прокрутки |
| Text | Элемент интерфейса, который позволяет пользователю вводить многочисленные строки текстового ввода |
| Toplevel | Контейнер, аналогичный элементу интерфейса Frame, но в отличие от него выводимый на экран в собственном окне |

Самая простая программа с GUI, которую можно продемонстрировать, является программой, выводящей на экран пустое окно. В программе 13.1 показано, как это делается при помощи модуля `tkinter`. Во время запуска программы на экране появляется окно (рис. 13.4). Для выхода из программы просто щелкните на стандартной для Windows кнопке закрытия окна (x) в его правом верхнем углу.



ПРИМЕЧАНИЕ

Программы с использованием модуля `tkinter` не всегда работают надежно в среде IDLE, т. к. в IDLE тоже используется модуль `tkinter`. Вы всегда можете воспользоваться редактором IDLE для написания программ с GUI, но для достижения наилучших результатов их следует выполнять из командной строки операционной системы.

Программа 13.1 (empty_window1.py)

```
1 # Эта программа показывает пустое окно.  
2  
3 import tkinter  
4  
5 def main():  
6     # Создать элемент интерфейса главного окна.  
7     main_window = tkinter.Tk()  
8  
9     # Войти в главный цикл tkinter.  
10    tkinter.mainloop()  
11  
12 # Вызвать главную программу.  
13 main()
```

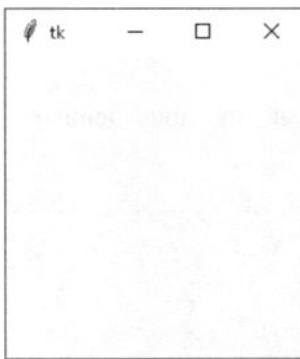


РИС. 13.4. Окно, выводимое на экран программой 13.1

Строка 3 импортирует модуль `tkinter`. В главной функции строка 7 создает экземпляр класса `Tk` модуля `tkinter` и присваивает его переменной `main_window`. Этот объект — корневой элемент интерфейса, который является главным окном в программе. Страна 10 вызывает функцию `mainloop` модуля `tkinter`. Она работает как бесконечный цикл до тех пор, пока главное окно не будет закрыто.

Большинство программистов при написании программ с GUI предпочитает принимать объектно-ориентированный подход. Вместо того чтобы писать функцию для создания экранных элементов программы, общепринятой практикой является написание класса с методом `__init__()`, который создает GUI. Когда создается экземпляр класса, на экране появляется GUI. Для того чтобы это продемонстрировать, в программе 13.2 приведена объектно-ориентированная версия нашей предыдущей программы, которая отображает на экране пустое окно (см. рис. 13.4).

Программа 13.2 (`empty_window2.py`)

```

1 # Эта программа показывает пустое окно.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать элемент интерфейса главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10    # Войти в главный цикл tkinter.
11    tkinter.mainloop()
12
13 # Создать экземпляр класса MyGUI.
14 my_gui = MyGUI()

```

Строки 5–11 являются определением класса `MyGUI`. Метод `__init__()` этого класса начинается в строке 6. Стока 8 создает корневой элемент интерфейса и присваивает его атрибуту класса `main_window`. Стока 11 выполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`. Инструкция в строке 14 создает экземпляр класса `MyGUI`. Это приводит к выполнению метода `__init__()` данного класса, который выводит на экран пустое окно.

**Контрольная точка**

- 13.5. Кратко опишите каждый из приведенных ниже элементов интерфейса модуля `tkinter`:
 - а) `Label`;
 - б) `Entry`;
 - в) `Button`;
 - г) `Frame`.
- 13.6. Как создать корневой элемент интерфейса?
- 13.7. Что делает функция `mainloop` модуля `tkinter`?

13.3**Вывод текста при помощи элемента интерфейса `Label`****Ключевые положения**

Элемент интерфейса `Label` используется для вывода в окне текста.



Видеозапись "Создание простого приложения с GUI" (Creating a Simple GUI application)

Элемент интерфейса `Label` используется для вывода в окне одной строки текста, или надписи. Для того чтобы создать элемент интерфейса `Label`, следует создать экземпляр класса `Label` модуля `tkinter`. Программа 13.3 создает окно, содержащее элемент интерфейса `Label`, который выводит на экран надпись "Привет, мир!" (рис. 13.5).

Программа 13.3 (hello_world.py)

```

1 # Эта программа показывает надпись с текстом.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать элемент интерфейса главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10    # Создать элемент интерфейса Label, содержащий
11    # надпись 'Привет, мир!'
12    self.label = tkinter.Label(self.main_window,
13                               text='Привет, мир!')
14
15    # Вызвать метод pack элемента интерфейса Label.
16    self.label.pack()
17
18    # Войти в главный цикл tkinter.
19    tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 my_gui = MyGUI()

```

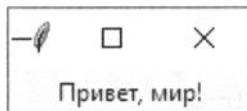


РИС. 13.5. Окно, выводимое на экран программой 13.3

Класс `MyGUI` в этой программе очень похож на тот, который вы видели ранее в программе 13.2. Метод `__init__()` создает GUI во время создания экземпляра класса. Стока 8 создает корневой элемент интерфейса и присваивает его `self.main_window`. Приведенная ниже инструкция расположена в строках 12 и 13:

```
self.label = tkinter.Label(self.main_window,
                           text='Привет, мир!')
```

Эта инструкция создает элемент интерфейса `Label` и присваивает его `self.label`. Первым аргументом внутри круглых скобок является `self.main_window`, т. е. ссылка на корневой элемент интерфейса. Этот аргумент указывает, что мы хотим, чтобы элемент интерфейса `Label` принадлежал корневому элементу интерфейса. Вторым аргументом является `text='Привет, мир!'`. Этот аргумент определяет текст, который мы хотим вывести на экран в надписи.

Инструкция в строке 16 вызывает метод `pack()` элемента интерфейса `Label`. Метод `pack()` определяет, где элемент интерфейса должен быть расположен, и делает видимым элемент

интерфейса, когда главное окно выводится на экран. (Метод `pack()` вызывается для каждого элемента интерфейса в окне.) Стока 19 вызывает метод `mainloop()` модуля `tkinter`, который выводит на экран главное окно программы, показанное на рис. 13.5.

Давайте рассмотрим еще один пример. Программа 13.4 выводит на экран окно с двумя элементами интерфейса `Label` (рис. 13.6).

Программа 13.4 (hello_world2.py)

```

1 # Эта программа показывает два элемента Label с текстом.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать элемент интерфейса главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10    # Создать два элемента интерфейса Label.
11    self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
12                               text='Привет, мир!')
13    self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
14                               text='Это моя программа с GUI.')
15
16    # Вызвать метод pack обоих элементов интерфейса Label.
17    self.label1.pack()
18    self.label2.pack()
19
20    # Войти в главный цикл tkinter.
21    tkinter.mainloop()
22
23 # Создать экземпляр класса MyGUI.
24 my_gui = MyGUI()

```

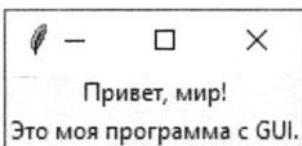


РИС. 13.6. Окно, выводимое на экран программой 13.4

Обратите внимание, что теперь выводятся два элемента интерфейса `Label`, размещенные один под другим. Этот порядок размещения можно изменить, указав аргумент для метода `pack()`, как показано в программе 13.5. Во время запуска программы она выводит окно (рис. 13.7).

Программа 13.5 (hello_world3.py)

```

1 # Эта программа использует аргумент side='left'
2 # в методе pack для изменения размещения элементов интерфейса.
3
4 import tkinter
5
6 class MyGUI:
7     def __init__(self):
8         # Создать элемент интерфейса главного окна.
9         self.main_window = tkinter.Tk()
10
11     # Создать два элемента интерфейса Label.
12     self.label1 = tkinter.Label(self.main_window,
13                               text='Привет, мир!')
14     self.label2 = tkinter.Label(self.main_window,
15                               text='Это моя программа с GUI.')
16
17     # Вызвать метод pack обоих элементов интерфейса Label.
18     self.label1.pack(side='left')
19     self.label2.pack(side='left')
20
21     # Войти в главный цикл tkinter.
22     tkinter.mainloop()
23
24 # Создать экземпляр класса MyGUI.
25 my_gui = MyGUI()

```

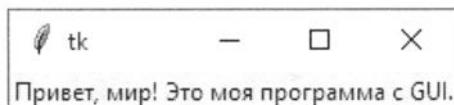


РИС. 13.7. Окно, выводимое на экран программой 13.5

В строках 18 и 19 вызывается метод `pack()` каждого элемента интерфейса `Label`, передающий аргумент `side='left'`. Этот аргумент определяет, что элемент интерфейса должен быть расположен в родительском элементе интерфейса максимально слева. Поскольку сначала в `main_window` был добавлен элемент интерфейса `label1`, он появится в крайней левой области окна. Затем был добавлен элемент интерфейса `label2`, поэтому он появляется рядом с элементом интерфейса `label1`. В результате надписи появятся рядом друг с другом. Допустимыми аргументами `side`, которые можно передавать в метод `pack()`, являются `side='top'`, `side='bottom'`, `side='left'` и `side='right'`.

**Контрольная точка**

- 13.8. Что делает метод `pack()` элемента интерфейса?
- 13.9. Как будут расположены элементы `Label` в их родительском элементе интерфейса, если создать два элемента `Label` и вызвать их методы `pack()` без аргументов?

13.10. Какой аргумент следует передать в метод `pack()` элемента интерфейса, чтобы он был расположен максимально слева в родительском элементе интерфейса?

13.4

Упорядочение элементов интерфейса при помощи рамок *Frame*

Ключевые положения

Элемент интерфейса `Frame` является контейнером, который может содержать другие элементы интерфейса. Рамки `Frame` применяются для упорядочения элементов интерфейса в окне.

Элемент интерфейса `Frame` является контейнером и может содержать другие элементы интерфейса. Рамки `Frame` полезны для упорядочения и размещения групп элементов интерфейса в окне. Например, можно разместить набор элементов интерфейса внутри одной рамки `Frame` и расположить их определенным способом, затем разместить набор элементов интерфейса в другую рамку `Frame` и расположить их по-другому. Программа 13.6 это демонстрирует. При ее запуске на экран выводится окно, как на рис. 13.8.

Программа 13.6 (frame_demo.py)

```
1 # Эта программа создает надписи в двух разных рамках.
2
3 import tkinter
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать элемент интерфейса главного окна.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10        # Создать две рамки: одну для верхней части
11        # окна и другую для нижней части.
12        self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
13        self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
14
15        # Создать три элемента интерфейса Label
16        # для верхней рамки.
17        self.label1 = tkinter.Label(self.top_frame,
18                                text='Мигнуть')
19        self.label2 = tkinter.Label(self.top_frame,
20                                text='Моргнуть')
21        self.label3 = tkinter.Label(self.top_frame,
22                                text='Кивнуть')
23
24        # Упаковать надписи, расположенные в верхней рамке.
25        # Применить аргумент side='top', чтобы их
26        # расположить один под другим.
```

```

27     self.label1.pack(side='top')
28     self.label2.pack(side='top')
29     self.label3.pack(side='top')
30
31     # Создать три элемента интерфейса Label
32     # для нижней рамки.
33     self.label4 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
34                               text='Мигнуть')
35     self.label5 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
36                               text='Моргнуть')
37     self.label6 = tkinter.Label(self.bottom_frame,
38                               text='Кивнуть')
39
40     # Упаковать надписи, расположенные в нижней рамке.
41     # Применить аргумент side='left', чтобы их
42     # расположить горизонтально слева рамки.
43     self.label4.pack(side='left')
44     self.label5.pack(side='left')
45     self.label6.pack(side='left')
46
47     # Да, и мы также должны упаковать рамки!
48     self.top_frame.pack()
49     self.bottom_frame.pack()
50
51     # Войти в главный цикл tkinter.
52     tkinter.mainloop()
53
54 # Создать экземпляр класса MyGUI.
55 my_gui = MyGUI()

```

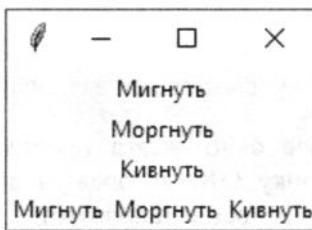


РИС. 13.8. Окно, выводимое на экран программой 13.6

Взглянем на строки 12 и 13 поближе:

```

self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)

```

Эти строки создают два объекта Frame. Аргумент self.main_window, который появляется внутри круглых скобок, добавляет рамки Frame в элемент интерфейса main_window.

Строки 17–22 создают три элемента интерфейса `Label`. Обратите внимание, что эти элементы интерфейса добавляются в элемент интерфейса `self.top_frame`. Затем строки 27–29 вызывают метод `pack()` каждого элемента интерфейса `Label`, передавая `side='top'` в качестве аргумента. Это приводит к тому, что три элемента интерфейса выводятся один под другим внутри рамки `Frame` (см. рис. 13.8).

Строки 33–38 создают еще три элемента интерфейса `Label`, которые добавляются в элемент интерфейса `self.bottom_frame`. Затем строки 43–45 вызывают метод `pack()` каждого элемента интерфейса `Label`, передавая `side='left'` в качестве аргумента. Это приводит к тому, что три элемента интерфейса появятся в рамке `Frame` в горизонтальном положении (рис. 13.9).

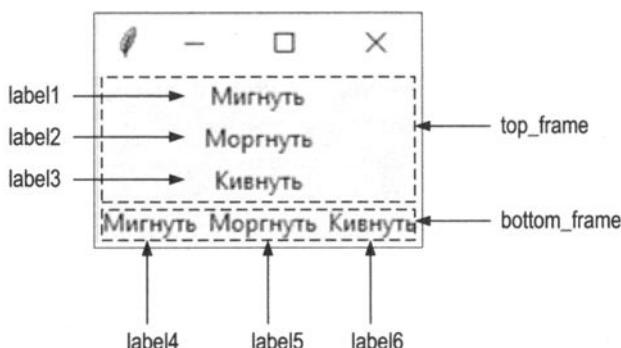


РИС. 13.9. Расположение элементов интерфейса

Строки 48 и 49 вызывают метод `pack()` элемента интерфейса `Frame`, который делает видимыми элементы интерфейса `Frame`. Стока 52 выполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

13.5

Элементы интерфейса `Button` и информационные диалоговые окна

Ключевые положения

Элемент интерфейса `Button` используется для создания в окне стандартной кнопки. Когда пользователь нажимает кнопку, вызывается заданная функция или метод.

Информационное диалоговое окно — это простое окно, оно выводит пользователю сообщение и содержит кнопку **OK**, которая закрывает диалоговое окно. Для вывода информационного диалогового окна используется функция `showinfo` модуля `tkinter.messagebox`.



Видеозапись "Реагирование на нажатие клавиш" (Responding to Button Clicks)

`Button` — это элемент интерфейса, который пользователь может нажать, чтобы вызвать выполнение действия. При создании элемента интерфейса `Button` можно определить текст, который должен появиться на поверхности кнопки, и имя функции обратного вызова. *Функция обратного вызова* — это функция или метод, который исполняется, когда пользователь нажимает кнопку.



ПРИМЕЧАНИЕ

Функция обратного вызова также называется *обработчиком события*, потому что она обрабатывает событие, которое происходит, когда пользователь нажимает кнопку.

Для того чтобы продемонстрировать работу этого элемента, мы рассмотрим программу 13.7. Она выводит на экран окно, показанное на рис. 13.10. Когда пользователь нажимает кнопку, программа выводит на экран отдельное информационное диалоговое окно (рис. 13.11). Для вывода информационного диалогового окна используется функция `showinfo`, которая находится в модуле `tkinter.messagebox`. (Для того чтобы использовать функцию `showinfo`, необходимо импортировать модуль `tkinter.messagebox`.) Вот общий формат вызова функции `showinfo`:

```
tkinter.messagebox.showinfo(заголовок, сообщение)
```

В данном формате заголовок — это строковый литерал, который выводится на экран в области заголовка диалогового окна, сообщение — это строковый литерал с информационным сообщением, которое выводится на экран в основной части диалогового окна.

Программа 13.7 (button_demo.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует элемент интерфейса Button.  
2 # Когда пользователь нажимает кнопку Button,  
3 # на экран выводится информационное диалоговое окно.  
4  
5 import tkinter  
6 import tkinter.messagebox  
7  
8 class MyGUI:  
9     def __init__(self):  
10         # Создать элемент интерфейса главного окна.  
11         self.main_window = tkinter.Tk()  
12  
13         # Создать элемент интерфейса Button widget.  
14         # На кнопке должен появиться текст 'Нажми меня!'.  
15         # Когда пользователь нажимает кнопку,  
16         # должен быть выполнен метод do_something.  
17         self.my_button = tkinter.Button(self.main_window,  
18                                         text='Нажми меня!',  
19                                         command=self.do_something)  
20  
21         # Упаковать элемент интерфейса Button.  
22         self.my_button.pack()  
23  
24         # Войти в главный цикл tkinter.  
25         tkinter.mainloop()  
26  
27         # Метод do_something является функцией обратного  
28         # вызова для элемента интерфейса Button.  
29
```

```

30     def do_something(self):
31         # Показать информационное диалоговое окно.
32         tkinter.messagebox.showinfo('Реакция',
33                                     'Благодарю, что нажали кнопку.')
34
35 # Создать экземпляр класса MyGUI.
36 my_gui = MyGUI()

```



РИС. 13.10. Главное окно, выводимое на экран программой 13.7

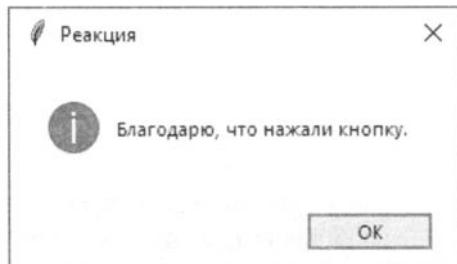


РИС. 13.11. Информационное диалоговое окно, выводимое на экран программой 13.7

Строка 5 импортирует модуль `tkinter`, а строка 6 — модуль `tkinter.messagebox`. Странка 11 создает корневой элемент интерфейса и присваивает его переменной `main_window`.

Инструкция в строках 17–19 создает элемент интерфейса `Button`. Первым аргументом внутри круглых скобок `self.main_window` является родительский элемент интерфейса. Аргумент `text='Нажми меня!'` определяет, что строковый литерал 'Нажми меня!' должен появиться на поверхности кнопки. Аргумент `command='self.do_something'` задает метод `do_something()` класса в качестве функции обратного вызова. Когда пользователь нажмет кнопку, исполнится метод `do_something()`.

Метод `do_something()` расположен в строках 30–33. Он просто вызывает функцию `tkinter.messagebox.showinfo` для вывода информационного окна, показанного на рис. 13.11. Для того чтобы закрыть это диалоговое окно, пользователь должен нажать кнопку **OK**.

Создание кнопки выхода из программы

Программы с GUI обычно имеют кнопку **Выйти** (или кнопку **Отмена**), которая закрывает программу, когда пользователь ее нажимает. Для того чтобы создать кнопку **Выйти** в программе Python, нужно просто создать элемент интерфейса `Button`, который в качестве функции обратного вызова вызывает метод `destroy()` корневого элемента интерфейса. Программа 13.8 демонстрирует, как это делается. Она представляет собой видоизмененную версию программы 13.7, в которую добавлен второй элемент `Button` (рис. 13.12).

Программа 13.8 (quit_button.py)

```

1 # Эта программа содержит кнопку 'Выйти', которая
2 # при ее нажатии вызывает метод destroy класса Tk.
3
4 import tkinter
5 import tkinter.messagebox
6

```

```
7 class MyGUI:
8     def __init__(self):
9         # Создать элемент интерфейса главного окна.
10        self.main_window = tkinter.Tk()
11
12        # Создать элемент интерфейса Button widget.
13        # На кнопке должен появиться текст 'Нажми меня!'.
14        # Когда пользователь нажимает кнопку,
15        # должен быть исполнен метод do_something.
16        self.my_button = tkinter.Button(self.main_window,
17                                         text='Нажми меня!',
18                                         command=self.do_something)
19
20        # Создать кнопку 'Выходи'. При нажатии этой кнопки вызывается
21        # метод destroy корневого элемента интерфейса (переменная
22        # main_window ссылается на корневой элемент, поэтому функцией
23        # обратного вызова является self.main_window.destroy.)
24        self.quit_button = tkinter.Button(self.main_window,
25                                         text='Выходи',
26                                         command=self.main_window.destroy)
27
28
29        # Упаковать элементы интерфейса Button.
30        self.my_button.pack()
31        self.quit_button.pack()
32
33        # Войти в главный цикл tkinter.
34        tkinter.mainloop()
35
36        # Метод do_something является функцией обратного
37        # вызова для элемента интерфейса Button.
38
39        def do_something(self):
40            # Показать информационное диалоговое окно.
41            tkinter.messagebox.showinfo('Реакция',
42                                         'Благодарю, что нажали кнопку.')
43
44 # Создать экземпляр класса MyGUI.
45 my_gui = MyGUI()
```



РИС. 13.12. Информационное диалоговое окно, выводимое на экран программой 13.8

Инструкция в строках 24–26 создает кнопку **Выйти**. Обратите внимание, что метод `self.main_window.destroy()` используется в качестве функции обратного вызова. Когда пользователь нажимает кнопку, вызывается этот метод, и программа завершает работу.

13.6

Получение входных данных при помощи элемента интерфейса *Entry*

Ключевые положения

Элемент интерфейса *Entry* — это прямоугольная область, в которую пользователь может вводить входные данные. Для извлечения данных, введенных в элемент интерфейса *Entry*, используется его метод `get()`.

Элемент интерфейса *Entry* — это прямоугольная область, в которую пользователь может вводить текст. Его используют для сбора входных данных в программе с GUI. Как правило, программа будет иметь в окне один или несколько элементов *Entry* вместе с кнопкой, которую пользователь нажимает для передачи данных, введенных в элементе *Entry*. Функция обратного вызова кнопки получает данные из элемента *Entry* окна и обрабатывает их.

Для извлечения данных, введенных пользователем в элемент интерфейса *Entry*, применяется его метод `get()`. Метод возвращает строковое значение, поэтому такое значение необходимо привести к надлежащему типу данных, если, к примеру, элемент интерфейса *Entry* используется для ввода чисел.

Для того чтобы продемонстрировать его работу, мы рассмотрим программу, которая предоставляет возможность пользователю вводить в элемент интерфейса *Entry* расстояние в километрах и затем нажимать кнопку, чтобы увидеть это расстояние, преобразованное в мили. Вот формула преобразования километров в мили:

$$\text{мили} = \text{километры} \times 0.6214.$$

На рис. 13.13 представлено окно, которое эта программа выводит на экран. Для того чтобы расположить элементы интерфейса в позициях, показанных на рисунке, мы разместим их в двух рамках (рис. 13.14). Выводящий подсказку элемент *Label* и элемент *Entry* будут расположены в верхней рамке `top_frame`, и их методы `pack()` будут вызываться с аргументом `side='left'`. В результате этого они появятся в рамке горизонтально. Кнопка **Преобразовать** и кнопка **Выйти** будут расположены в нижней рамке `bottom_frame`, и их методы `pack()` будут тоже вызываться с аргументом `side='left'`.

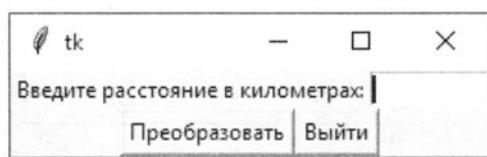


РИС. 13.13. Окно программы *kilo_converter*



РИС. 13.14. Окно, сформированное рамками *Frame*

В программе 13.9 приведен соответствующий код, а на рис. 13.15 показано, что происходит, когда пользователь вводит в элемент интерфейса *Entry* число 1000 и нажимает кнопку **Преобразовать**.

- Пользователь вводит в элемент Entry число 1000 и нажимает кнопку **Преобразовать**
 - В результате выводится это информационное диалоговое окно

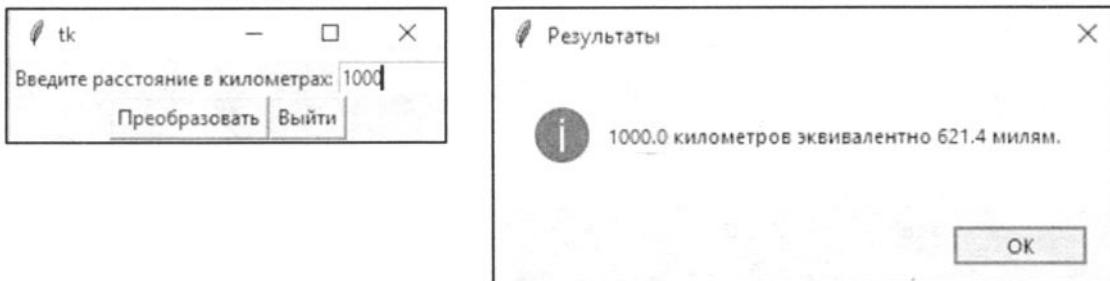


РИС. 13.15. Информационное диалоговое окно

Программа 13.9 (kilo_converter.py)

```
32         self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
33                                         text='Выйти',
34                                         command=self.main_window.destroy)
35         # Упаковать кнопки.
36         self.calc_button.pack(side='left')
37         self.quit_button.pack(side='left')
38
39         # Упаковать рамки.
40         self.top_frame.pack()
41         self.bottom_frame.pack()
42
43         # Войти в главный цикл tkinter.
44         tkinter.mainloop()
45
46 # Метод convert является функцией обратного вызова
47 # для кнопки 'Преобразовать'.
48
49 def convert(self):
50     # Получить значение, введенное пользователем
51     # в элемент интерфейса kilo_entry.
52     kilo = float(self.kilo_entry.get())
53
54     # Конвертировать километры в мили.
55     miles = kilo * 0.6214
56
57     # Показать результаты в информационном диалоговом окне.
58     tkinter.messagebox.showinfo('Результаты',
59                                 str(kilo) +
60                                 ' километров эквивалентно ' +
61                                 str(miles) + ' милям.')
62
63 # Создать экземпляр класса KiloConverterGUI.
64 kilo_conv = KiloConverterGUI()
```

Метод `convert()`, показанный в строках 49–60, является функцией обратного вызова кнопки **Преобразовать**. Инструкция в строке 52 вызывает метод `get()` элемента `kilo_entry`, чтобы извлечь данные, которые были введены в этот элемент интерфейса. Полученное значение приводится к вещественному типу `float` и затем присваивается переменной `kilo`. Вычисление в строке 55 выполняет преобразование, и полученный результат присваивается переменной `miles`. Затем инструкция в строках 58–61 выводит информационное диалоговое окно с сообщением, которое показывает преобразованное значение.

13.7

Применение элементов *Label* в качестве полей вывода

Ключевые положения

Когда объект *StringVar* связан с элементом интерфейса *Label*, элемент интерфейса *Label* выводит на экран любые данные, которые хранятся в объекте *StringVar*.

Ранее вы видели применение информационного диалогового окна для отображения выходных данных. Если вы не хотите показывать отдельное диалоговое окно для выходных данных своей программы, то для динамического отображения выходных данных имеется возможность использовать элемент интерфейса *Label* в главном окне программы. В этом случае в главном окне просто создаются пустые элементы *Label* и затем пишется программный код, который при нажатии кнопки выводит в этих элементах требуемые данные.

Модуль *tkinter* предоставляет класс *StringVar*, который может использоваться вместе с элементом интерфейса *Label* для вывода данных. Сначала нужно создать объект *StringVar*. Затем создать элемент интерфейса *Label* и связать его с объектом *StringVar*. С этого момента любое значение, которое потом сохраняется в объекте *StringVar*, будет автоматически выводиться на экран в элемент *Label*.

Программа 13.10 демонстрирует, как это делается. Она представляет собой видоизмененную версию программы *kilo_converter*, которую вы видели в программе 13.9. Вместо вывода информационного диалогового окна данная версия программы выводит количество миль в элемент *Label* в главном окне.

Программа 13.10 (kilo_converter2.py)

```
1 # Эта программа конвертирует расстояния в километрах
2 # в мили. Полученный результат выводится
3 # в элемент Label в главном окне.
4
5 import tkinter
6
7 class KiloConverterGUI:
8     def __init__(self):
9
10         # Создать главное окно.
11         self.main_window = tkinter.Tk()
12
13         # Создать три рамки, чтобы сгруппировать элементы интерфейса.
14         self.top_frame = tkinter.Frame()
15         self.mid_frame = tkinter.Frame()
16         self.bottom_frame = tkinter.Frame()
17
18         # Создать элементы интерфейса для верхней рамки.
19         self.prompt_label = tkinter.Label(self.top_frame,
20                                         text='Введите расстояние в километрах:')
21         self.kilo_entry = tkinter.Entry(self.top_frame,
22                                         width=10)
23
```

```
24     # Упаковать элементы верхней рамки.  
25     self.prompt_label.pack(side='left')  
26     self.kilo_entry.pack(side='left')  
27  
28     # Создать элементы интерфейса для средней рамки.  
29     self.descr_label = tkinter.Label(self.mid_frame,  
30                                     text='Преобразовано в мили: ')  
31  
32     # Объект StringVar нужен для того, чтобы его связать  
33     # с выходной надписью. Для сохранения последовательности  
34     # пробелов используется метод set данного объекта.  
35     self.value = tkinter.StringVar()  
36  
37     # Создать надпись Label и связать ее с объектом  
38     # StringVar. Любые значения, хранящиеся  
39     # в объекте StringVar, будут автоматически  
40     # выводиться в надписи Label.  
41     self.miles_label = tkinter.Label(self.mid_frame,  
42                                     textvariable=self.value)  
43  
44     # Создать элементы интерфейса для средней рамки.  
45     self.descr_label.pack(side='left')  
46     self.miles_label.pack(side='left')  
47  
48     # Создать элементы интерфейса Button для нижней рамки.  
49     self.calc_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,  
50                                         text='Преобразовать',  
51                                         command=self.convert)  
52     self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,  
53                                         text='Выйти',  
54                                         command=self.main_window.destroy)  
55  
56     # Упаковать кнопки.  
57     self.calc_button.pack(side='left')  
58     self.quit_button.pack(side='left')  
59  
60     # Упаковать рамки.  
61     self.top_frame.pack()  
62     self.mid_frame.pack()  
63     self.bottom_frame.pack()  
64  
65     # Войти в главный цикл tkinter.  
66     tkinter.mainloop()  
67  
68     # Метод convert является функцией обратного вызова  
69     # для кнопки 'Преобразовать'.  
70
```

```

71     def convert(self):
72         # Получить значение, введенное пользователем
73         # в элемент интерфейса kilo_entry.
74         kilo = float(self.kilo_entry.get())
75
76         # Конвертировать километры в мили.
77         miles = kilo * 0.6214
78
79         # Конвертировать мили в строковое значение
80         # и сохранить ее в объекте StringVar. В результате элемент
81         # интерфейса miles_label будет автоматически обновлен.
82         self.value.set(miles)
83
84 # Создать экземпляр класса KiloConverterGUI.
85 kilo_conv = KiloConverterGUI()

```

Во время запуска эта программа выводит окно, как на рис. 13.16. На рис. 13.17 показано, что происходит, когда пользователь вводит 1000 км и нажимает кнопку **Преобразовать**. Количество миль выводится в главном окне в надписи Label.

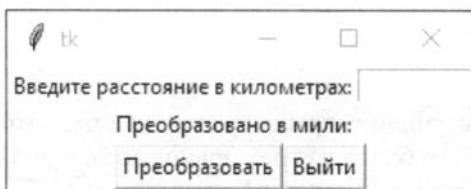


РИС. 13.16. Окно, выводимое на экран при запуске программы

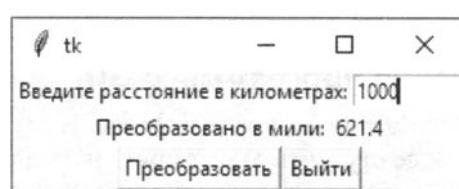


РИС. 13.17. Окно, показывающее результат преобразования 1000 км в мили

Давайте разберем этот программный код. Строки 13–16 создают три рамки: `top_frame`, `mid_frame` и `bottom_frame`. Строки 19–26 создают элементы интерфейса для верхней рамки и вызывают их метод `pack()`.

Строки 29–30 создают элемент интерфейса `Label` с текстом 'Преобразовано в мили:', который вы видите в главном окне на рис. 13.16. Затем строка 35 создает объект `StringVar` и присваивает его переменной `value`. Стока 41 создает элемент интерфейса `Label` с именем `miles_label`, который мы будем использовать для вывода количества миль. Отметим, что в строке 42 указан аргумент `textvariable=self.value`. Он создает связь между элементом интерфейса `Label` и объектом `StringVar`, на который ссылается переменная `value`. Любое значение, которое хранится в объекте `StringVar`, будет выведено на экран в этом элементе `Label`.

Строки 45 и 46 упаковывают два элемента интерфейса `Label`, которые находятся в рамке `mid_frame`. Строки 49–58 создают элементы интерфейса `Button` и их упаковывают. Строки 61–63 упаковывают объекты `Frame`. На рис. 13.18 показано, каким образом размещаются различные элементы интерфейса в трех рамках этого окна.

Метод `convert()` в строках 71–82 представляет собой функцию обратного вызова кнопки **Преобразовать**. Инструкция в строке 74 вызывает метод `get()` элемента интерфейса

kilo_entry, чтобы извлечь значение, которое было введено в этот элемент интерфейса. Это значение приводится к вещественному типу float и затем присваивается переменной kilo. Выражение в строке 77 выполняет преобразование и присваивает полученный результат переменной miles. Затем инструкция в строке 82 вызывает метод set() объекта StringVar, передавая miles в качестве аргумента. В результате значение, на которое ссылается переменная miles, сохраняется в объекте StringVar и одновременно выводится в элемент интерфейса miles_label.

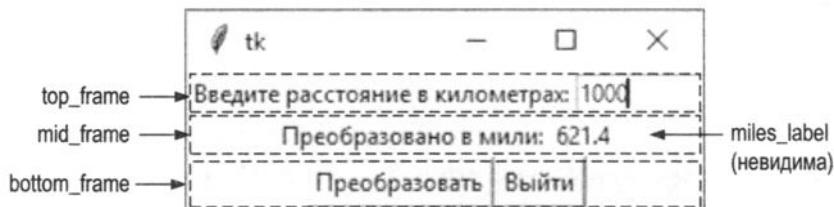


РИС. 13.18. Макет главного окна программы kilo_converter2

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Создание программы с GUI

Кэтрин — преподаватель. В главе 3 мы подробно изучили разработку программы, которую ее студенты могут применять для вычисления среднего балла из трех оценок за контрольные работы. Программа предлагает студенту ввести все оценки и затем показывает средний балл. Она попросила вас разработать программу с GUI, которая выполняет аналогичную работу. Она хотела бы, чтобы программа имела три элемента интерфейса Entry, в которые могут вводиться оценки, и кнопку, которая при ее нажатии выводит на экран средний балл.

Прежде чем начать писать программный код, будет полезно нарисовать эскиз окна программы (рис. 13.19). Эскиз также показывает тип каждого элемента интерфейса. (Изображенные на эскизе числа помогут при составлении списка всех элементов интерфейса.)

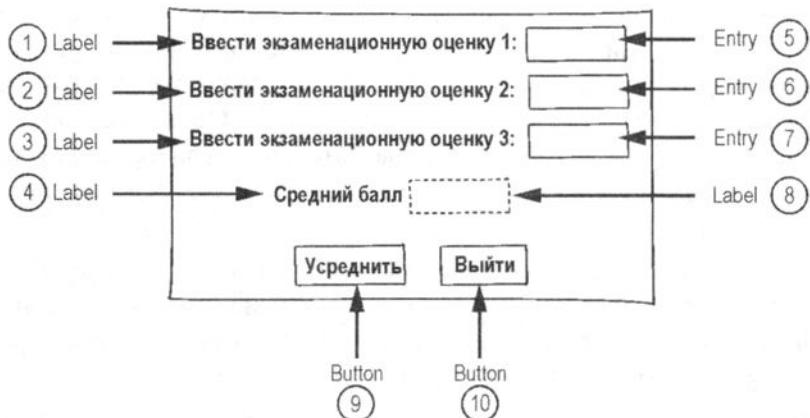


РИС. 13.19. Эскиз окна

Изучив этот эскиз, мы можем составить список элементов интерфейса, в которых нуждаемся (табл. 13.2). При составлении списка мы включим краткое описание каждого элемента интерфейса и имя, которое мы присвоим каждому элементу при его создании.

Таблица 13.2. Элементы интерфейса к задаче о среднем балле

| № элемента на рис. 13.19 | Тип элемента | Описание | Имя |
|--------------------------|--------------|---|--------------|
| 1 | Label | Предлагает пользователю ввести оценку 1 | test1_label |
| 2 | Label | Предлагает пользователю ввести оценку 2 | test2_label |
| 3 | Label | Предлагает пользователю ввести оценку 3 | test3_label |
| 4 | Label | Идентифицирует средний балл, который впоследствии будет выведен к этой надписи | result_label |
| 5 | Entry | Место, где пользователь вводит оценку 1 | test1_entry |
| 6 | Entry | Место, где пользователь вводит оценку 2 | test2_entry |
| 7 | Entry | Место, где пользователь вводит оценку 3 | test3_entry |
| 8 | Label | Программа покажет средний балл в этой надписи | avg_label |
| 9 | Button | При нажатии этой кнопки программа вычислит средний балл и покажет его в компоненте averageLabel | calc_button |
| 10 | Button | При нажатии этой кнопки программа завершит работу | quit_button |

Из эскиза видно, что в окне имеется пять строк элементов интерфейса. Для их размещения мы также создадим пять объектов Frame. На рис. 13.20 представлено расположение элементов интерфейса в пяти объектах Frame.

Программа 13.11 содержит соответствующий код, а на рис. 13.21 показано окно с введенными пользователем данными.

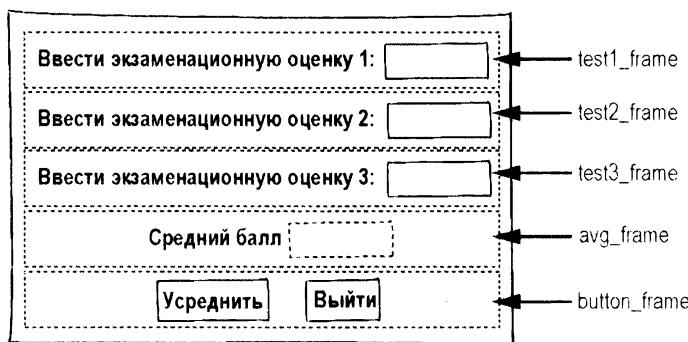


РИС. 13.20. Применение рамок Frame для упорядочения элементов интерфейса

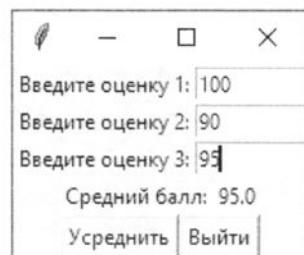


РИС. 13.21. Окно программы test_averages

Программа 13.11 (test_averages.py)

```
1 # Эта программа применяет GUI для получения трех
2 # оценок и вывода среднего балла.
3
4 import tkinter
5
6 class TestAvg:
7     def __init__(self):
8         # Создать главное окно.
9         self.main_window = tkinter.Tk()
10
11     # Создать пять рамок.
12     self.test1_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
13     self.test2_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
14     self.test3_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
15     self.avg_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
16     self.button_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
17
18     # Создать и упаковать элементы интерфейса для оценки 1.
19     self.test1_label = tkinter.Label(self.test1_frame,
20                                     text='Введите оценку 1:')
21     self.test1_entry = tkinter.Entry(self.test1_frame,
22                                     width=10)
23     self.test1_label.pack(side='left')
24     self.test1_entry.pack(side='left')
25
26     # Создать и упаковать элементы интерфейса для оценки 2.
27     self.test2_label = tkinter.Label(self.test2_frame,
28                                     text='Введите оценку 2:')
29     self.test2_entry = tkinter.Entry(self.test2_frame,
30                                     width=10)
31     self.test2_label.pack(side='left')
32     self.test2_entry.pack(side='left')
33
34     # Создать и упаковать элементы интерфейса для оценки 3.
35     self.test3_label = tkinter.Label(self.test3_frame,
36                                     text='Введите оценку 3:')
37     self.test3_entry = tkinter.Entry(self.test3_frame,
38                                     width=10)
39     self.test3_label.pack(side='left')
40     self.test3_entry.pack(side='left')
41
42     # Создать и упаковать элементы интерфейса для среднего балла.
43     self.result_label = tkinter.Label(self.avg_frame,
44                                     text='Средний балл:')
45     self.avg = tkinter.StringVar() # Для обновления avg_label
```

```
46     self.avg_label = tkinter.Label(self.avg_frame,
47                                     textvariable=self.avg)
48     self.result_label.pack(side='left')
49     self.avg_label.pack(side='left')
50
51     # Создать и упаковать элементы интерфейса Button.
52     self.calc_button = tkinter.Button(self.button_frame,
53                                      text='Усреднить',
54                                      command=self.calc_avg)
55     self.quit_button = tkinter.Button(self.button_frame,
56                                      text='Выход',
57                                      command=self.main_window.destroy)
58     self.calc_button.pack(side='left')
59     self.quit_button.pack(side='left')
60
61     # Упаковать рамки.
62     self.test1_frame.pack()
63     self.test2_frame.pack()
64     self.test3_frame.pack()
65     self.avg_frame.pack()
66     self.button_frame.pack()
67
68     # Запустить главный цикл.
69     tkinter.mainloop()
70
71     # Метод calc_avg является функцией обратного вызова
72     # для элемента интерфейса calc_button.
73
74     def calc_avg(self):
75         # Получить три оценки
76         # и сохранить их в переменных.
77         self.test1 = float(self.test1_entry.get())
78         self.test2 = float(self.test2_entry.get())
79         self.test3 = float(self.test3_entry.get())
80
81         # Вычислить средний балл.
82         self.average = (self.test1 + self.test2 +
83                         self.test3) / 3.0
84
85         # Обновить элемент интерфейса avg_label,
86         # сохранив значение self.average в объекте
87         # StringVar, на который ссылается avg.
88         self.avg.set(self.average)
89
90 # Создать экземпляр класса TestAvg.
91 test_avg = TestAvg()
```



Контрольная точка

- 13.11. Как извлечь данные из элемента интерфейса `Entry`?
- 13.12. Какой тип данных имеет значение, извлекаемое из элемента интерфейса `Entry`?
- 13.13. В каком модуле находится класс `StringVar`?
- 13.14. Что позволяет достичь установление связи объекта `StringVar` с элементом интерфейса `Label`?

13.8

Радиокнопки и флаговые кнопки

Ключевые положения

Радиокнопки обычно появляются в группах из двух или нескольких кнопок и позволяют пользователю выбирать один из нескольких возможных вариантов. Флаговые кнопки, которые могут появляться самостоятельно или в группах, обеспечивают выбор в формате да/нет или включено/выключено.

Радиокнопки

Радиокнопки, или просто *переключатели*, полезны, когда нужно, чтобы пользователь выбрал один из нескольких возможных вариантов. На рис. 13.22 показано окно, содержащее группу радиокнопок. Каждая радиокнопка имеет кружок и может иметь два состояния: быть выбранной или невыбранной. Когда радиокнопка выбрана, кружок заполнен, а когда радиокнопка не выбрана, он пустой.

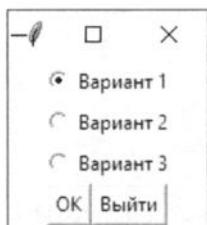


РИС. 13.22. Группа радиокнопок

Для того чтобы создать элементы интерфейса `RadioButton`, используется класс `RadioButton` модуля `tkinter`. Одновременно можно выбрать только один элемент интерфейса `RadioButton` в контейнере, в частности в рамке `Frame`. Нажатие на `RadioButton` его выбирает и автоматически снимает выбор любого другого элемента `RadioButton` в том же контейнере. Поскольку в контейнере одновременно можно выбрать только один элемент `RadioButton`, нередко их называют взаимоисключающими.



ПРИМЕЧАНИЕ

Название "радиокнопка" имеет отношение к старым автомобильным радиоприемникам, в которых имелись кнопки для выбора станций. В таких радиоприемниках за один раз можно было нажать всего одну кнопку. При нажатии на кнопку он автоматически выталкивал любую другую нажатую кнопку.

Модуль `tkinter` предоставляет класс `IntVar`, который используется вместе с элементами интерфейса `RadioButton`. При создании группы элементов `RadioButton` все они связываются с одним и тем же объектом `IntVar`. Помимо этого, каждому элементу интерфейса `RadioButton` необходимо присвоить уникальное целочисленное значение. Когда выбирается один из элементов `RadioButton`, он сохраняет свое уникальное целочисленное значение в объекте `IntVar`.

Программа 13.12 демонстрирует способ создания и применения элементов `RadioButton`. На рис. 13.23, а представлено окно, которое эта программа выводит на экран. Когда пользователь нажимает кнопку **OK**, появляется информационное диалоговое окно с пояснением, какой элемент `RadioButton` был выбран.

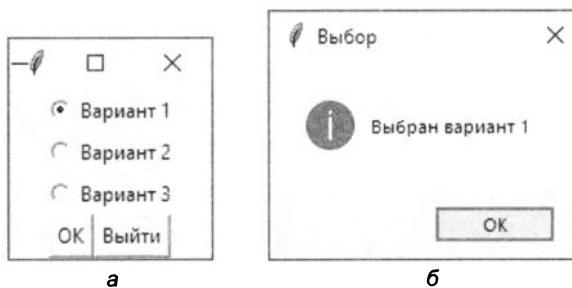


РИС. 13.23. Окно, выводимое на экран программой 13.12 (а), и информационное диалоговое окно, выводимое на экран при нажатии кнопки **OK** (б)

Программа 13.12 (radiobutton_demo.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует группу элементов RadioButton.
2 import tkinter
3 import tkinter.messagebox
4
5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10    # Создать две рамки: одну для элементов RadioButton
11    # и еще одну для обычных элементов Button.
12    self.top_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
13    self.bottom_frame = tkinter.Frame(self.main_window)
14
15    # Создать объект IntVar для использования
16    # с элементами RadioButton.
17    self.radio_var = tkinter.IntVar()
18
19    # Назначить объекту IntVar значение 1.
20    self.radio_var.set(1)
21

```

```
22     # Создать элементы Radiobutton в рамке top_frame.
23     self.rb1 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
24                                     text='Вариант 1',
25                                     variable=self.radio_var,
26                                     value=1)
27     self.rb2 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
28                                     text='Вариант 2',
29                                     variable=self.radio_var,
30                                     value=2)
31     self.rb3 = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
32                                     text='Вариант 3',
33                                     variable=self.radio_var,
34                                     value=3)
35
36     # Упаковать элементы Radiobutton.
37     self.rb1.pack()
38     self.rb2.pack()
39     self.rb3.pack()
40
41     # Создать кнопку 'OK' и кнопку 'Выйти'.
42     self.ok_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
43                                     text='OK',
44                                     command=self.show_choice)
45     self.quit_button = tkinter.Button(self.bottom_frame,
46                                     text='Выйти',
47                                     command=self.main_window.destroy)
48
49     # Упаковать элементы Button.
50     self.ok_button.pack(side='left')
51     self.quit_button.pack(side='left')
52
53     # Упаковать рамки.
54     self.top_frame.pack()
55     self.bottom_frame.pack()
56
57     # Запустить главный цикл.
58     tkinter.mainloop()
59
60     # Метод show_choice является функцией обратного вызова
61     # для кнопки OK.
62     def show_choice(self):
63         tkinter.messagebox.showinfo('Выбор', 'Выбран вариант ' +
64                                     str(self.radio_var.get()))
65
66 # Создать экземпляр класса MyGUI.
67 my_gui = MyGUI()
```

Строка 17 создает объект `IntVar` с именем `radio_var`. Стока 20 вызывает метод `set()` объекта `radio_var`, чтобы в этом объекте сохранить целочисленное значение 1. (Вы вскоре увидите, зачем это нужно.)

Строки 23–26 создают первый элемент `Radiobutton`. Аргумент `variable=self.radio_var` (в строке 25) связывает элемент `Radiobutton` с объектом `radio_var`. Аргумент `value=1` (в строке 26) присваивает этому элементу `Radiobutton` целое число 1. В результате всегда, когда этот элемент `Radiobutton` будет выбран, в объекте `radio_var` будет сохранено значение 1.

Строки 27–30 создают второй элемент `Radiobutton`. Обратите внимание, что этот элемент `Radiobutton` тоже связан с объектом `radio_var`. Аргумент `value=2` (в строке 30) присваивает этому элементу `Radiobutton` целое число 2. В результате всегда, когда этот элемент `Radiobutton` будет выбран, в объекте `radio_var` будет сохранено значение 2.

Строки 31–34 создают третий элемент `Radiobutton`. Этот элемент `Radiobutton` тоже связан с объектом `radio_var`. Аргумент `value=3` (в строке 34) присваивает этому элементу `Radiobutton` целое число 3. В результате всегда, когда этот элемент `Radiobutton` будет выбран, в объекте `radio_var` будет сохранено значение 3.

Метод `show_choice()` в строках 62–64 является функцией обратного вызова для кнопки **OK**. При выполнении этого метода он вызывает метод `get()` объекта `radio_var`, чтобы извлечь хранящееся в объекте значение. Это значение выводится на экран в информационном диалоговом окне (рис. 13.23, б).

Вы заметили, что при запуске программы первоначально выбран первый элемент `Radiobutton`? Это вызвано тем, что в строке 20 мы назначили объекту `radio_var` значение 1. Объект `radio_var` используется не только для определения, какой был выбран элемент `Radiobutton`. Он также нужен для предварительного выбора определенного элемента `Radiobutton`. Когда мы сохраняем значение определенного элемента `Radiobutton` в объекте `radio_var`, этот элемент `Radiobutton` становится выбранным.

Использование функций обратного вызова с радиокнопками

Прежде чем программа 13.12 определит, какой элемент `Radiobutton` был выбран, она ждет, когда пользователь нажмет кнопку **OK**. По своему усмотрению с элементами интерфейса `Radiobutton` также можно определять функцию обратного вызова. Вот пример:

```
self.rbl = tkinter.Radiobutton(self.top_frame,
                               text='Вариант 1',
                               variable=self.radio_var,
                               value=1,
                               command=self.my_method)
```

В этом фрагменте кода применен аргумент `command=self.my_method`, который сообщает, что метод `my_method()` является функцией обратного вызова. Метод `my_method()` будет выполнен сразу после того, как элемент `Radiobutton` будет выбран.

Флаговые кнопки

Флаговая кнопка, или флажок, представляет из себя небольшое поле с надписью напротив него. Окно, показанное на рис. 13.24, имеет три флаговые кнопки.

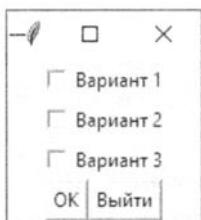


РИС. 13.24. Группа флаговых кнопок

Подобно радиокнопкам, флаговые кнопки могут иметь два состояния: быть выбранными либо невыбранными. При нажатии флаговой кнопки в соответствующем поле появляется маленькая галочка. Несмотря на то, что флаговые кнопки нередко выводятся в группах, они не используются для создания взаимоисключающих вариантов выбора. Вместо этого пользователю разрешается выбрать любые флаговые кнопки, которые показаны в группе.

Для создания элементов интерфейса `Checkbutton` нужен класс `Checkbutton` модуля `tkinter`. Как и с элементами `Radiobutton`, вместе с элементом интерфейса `Checkbutton` используется объект `IntVar`. Но в отличие от элемента `Radiobutton`, с каждым элементом `Checkbutton` связывается отдельный объект `IntVar`. При выборе элемента `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 1. При снятии галочки в поле элемента `Checkbutton` связанный с ним объект `IntVar` будет содержать значение 0.

Программа 13.13 демонстрирует способ создания и применения элементов `Checkbutton`. На рис. 13.25, а показано окно, которое программа выводит на экран. Когда пользователь нажимает кнопку **OK**, появляется информационное диалоговое окно, сообщающее, какой из элементов `Checkbutton` был выбран.

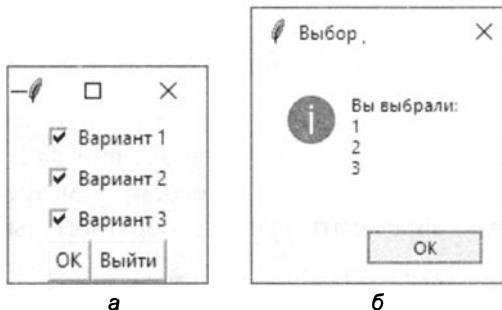


РИС. 13.25. Окно, выводимое программой 13.13 (а), и информационное диалоговое окно, появляющееся на экране при нажатии кнопки **OK** (б)

Программа 13.13 (checkbutton_demo.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует группу элементов Checkbutton.
2 import tkinter
3 import tkinter.messagebox
4

```



```
50     # Упаковать элементы Button.
51     self.ok_button.pack(side='left')
52     self.quit_button.pack(side='left')
53
54     # Упаковать рамки.
55     self.top_frame.pack()
56     self.bottom_frame.pack()
57
58     # Запустить главный цикл.
59     tkinter.mainloop()
60
61 # Метод show_choice является функцией обратного вызова
62 # для кнопки 'OK'.
63
64 def show_choice(self):
65     # Создать строковое значение с сообщением.
66     self.message = 'Вы выбрали:\n'
67
68     # Определить, какие элементы Checkbuttons были выбраны,
69     # и составить соответствующее сообщение.
70     if self.cb_var1.get() == 1:
71         self.message = self.message + '1\n'
72     if self.cb_var2.get() == 1:
73         self.message = self.message + '2\n'
74     if self.cb_var3.get() == 1:
75         self.message = self.message + '3\n'
76
77     # Вывести сообщение в информационном диалоговом окне.
78     tkinter.messagebox.showinfo('Выбор', self.message)
79
80 # Создать экземпляр класса MyGUI.
81 my_gui = MyGUI()
```



Контрольная точка

- 13.15.** Вы хотите, чтобы пользователь мог выбирать только одно значение из группы значений. Какой тип компонента вы будете использовать для этих значений, радиокнопки либо флаговые кнопки?
- 13.16.** Вы хотите, чтобы пользователь мог выбирать любое число значений из группы значений. Какой тип компонента вы будете использовать для этих значений, радиокнопки либо флаговые кнопки?
- 13.17.** Каким образом используется объект `IntVar` для определения, какой элемент `Radiobutton` был выбран в группе элементов `Radiobutton`?
- 13.18.** Каким образом используется объект `IntVar` для определения, был ли выбран элемент `Checkbutton`?

13.9

Рисование фигур при помощи элемента интерфейса *Canvas*

Ключевые положения

Элемент интерфейса *Canvas* предоставляет методы для рисования простых фигур, таких как линии, прямоугольники, овалы, многоугольники и т. д.

Элемент интерфейса *Canvas* (Холст) — это незаполненная прямоугольная область, которая позволяет рисовать на своей поверхности простые двумерные фигуры. В этом разделе мы рассмотрим методы *Canvas* для рисования отрезков прямой, прямоугольников, овалов, дуг, многоугольников и текста. Однако прежде чем заняться изучением методов рисования этих фигур, мы должны рассмотреть экранную систему координат. Экранная система координат элемента интерфейса *Canvas* используется для указания позиции графических объектов.

Экранная система координат элемента интерфейса *Canvas*

Изображения, выводимые на компьютерный экран, состоят из крошечных точек, которые называются *пикселями*. Экранная система координат используется для идентификации позиции каждого пикселя в окне приложения. Каждый пиксель имеет координаты *X* и *Y*. Координата *X* идентифицирует горизонтальную позицию пикселя, координата *Y* — ее вертикальную позицию. Координаты обычно пишутся в форме (*X*, *Y*).

В экранной системе координат элемента интерфейса *Canvas* координаты пикселя в левом верхнем углу экрана равняются (0, 0). Это означает, что обе его координаты *X* и *Y* равняются 0. Координата *X* увеличивается слева направо, а координата *Y* — сверху вниз. В окне шириной 640 и высотой 480 пикселов координаты пикселя в правом нижнем углу окна равняются (639, 479). В том же окне координаты пикселя в центре окна равняются (319, 239). На рис. 13.26 показаны координаты разных пикселов в окне.



ПРИМЕЧАНИЕ

Экранная система координат элемента *Canvas* отличается от декартовой системы координат, которая используется в библиотеке черепашьей графики. Вот эти отличия:

- в элементе *Canvas* точка (0, 0) находится в левом верхнем углу окна, в черепашьей графике точка (0, 0) находится в центре окна;
- в элементе *Canvas* координаты *Y* увеличиваются по мере перемещения вниз экрана, в черепашьей графике координаты *Y* уменьшаются по мере перемещения вниз экрана.

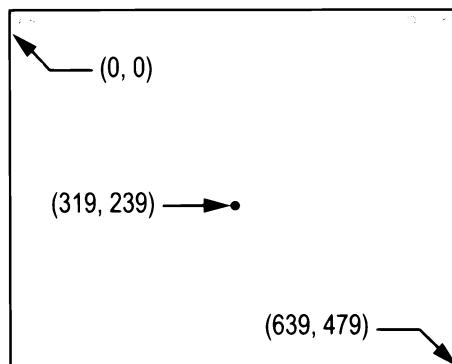


РИС. 13.26. Разные позиции пикселов в окне 640 на 480 пикселов

Элемент интерфейса `Canvas` имеет многочисленные методы для рисования графических фигур на поверхности этого элемента. Мы обсудим методы:

- ◆ `create_line();`
- ◆ `create_rectangle();`
- ◆ `create_oval();`
- ◆ `create_arc();`
- ◆ `create_polygon();`
- ◆ `create_text().`

Прежде чем обсудить детали этих методов, рассмотрим программу 13.14. В ней используется элемент интерфейса `Canvas` для нанесения прямых. На рис. 13.27 показано окно, которое программа выводит на экран.

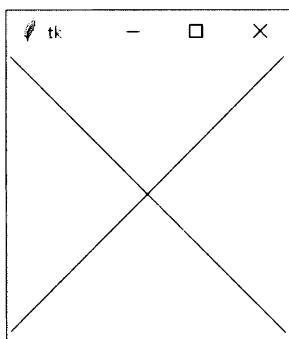


РИС. 13.27. Окно, выводимое на экран программой 13.24

Программа 13.14 (draw_line.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует элемент интерфейса Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать элемент интерфейса Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                                     width=200, height=200)
12        # Нарисовать две прямые.
13        self.canvas.create_line(0, 0, 199, 199)
14        self.canvas.create_line(199, 0, 0, 199)
15
16        # Упаковать холст.
17        self.canvas.pack()
18

```

```

19     # Запустить главный цикл.
20     tkinter.mainloop()
21
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.
23 my_gui = MyGUI()

```

Рассмотрим эту программу. Строки 10–11 создают элемент интерфейса `Canvas`. Первый аргумент внутри круглых скобок является ссылкой на `self.main_window`, т. е. родительский контейнер, в который мы добавляем этот элемент интерфейса. Аргументы `width=200` и `height=200` задают размер элемента `Canvas`.

Строка 13 вызывает метод `create_line()` элемента `Canvas`, чтобы начертить прямую линию. Первый и второй аргументы являются координатами (X , Y) исходной точки прямой, третий и четвертый аргументы — координатами (X , Y) конечной точки прямой. Таким образом, эта инструкция чертит на элементе `Canvas` прямую от (0, 0) до (199, 199).

Строка 14 тоже вызывает метод `create_line()` элемента `Canvas`, чтобы начертить вторую прямую. Эта инструкция чертит на элементе `Canvas` прямую от (199, 0) до (0, 199).

Строка 17 вызывает метод `pack()` элемента `Canvas`, который делает этот элемент видимым. Стока 20 исполняет функцию `mainloop` модуля `tkinter`.

Рисование прямых: метод `create_line()`

Метод `create_line()` чертит на холсте отрезки прямой между двумя или несколькими точками. Вот общий формат вызова этого метода для рисования отрезка прямой между двумя точками:

```
имя_холста.create_line(x1, y1, x2, y2, опции...)
```

Аргументы $x1$ и $y1$ — это координаты (X , Y) исходной точки прямой. Аргументы $x2$ и $y2$ — координаты (X , Y) конечной точки прямой. В приведенном выше общем формате в `опциях...` указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.3.

Вы видели примеры вызова метода `create_line()` в программе 13.14. Напомним, что строка 13 в этой программе чертит линию от (0, 0) до (199, 199):

```
self.canvas.create_line(0, 0, 199, 199)
```

В качестве аргументов можно передавать многочисленные наборы координат. Метод `create_line()` начертит отрезки прямой, соединяющие эти точки. Программа 13.15 демонстрирует, как это делается. Инструкция в строке 13 чертит отрезки, соединяющие точки (10, 10), (189, 10) (100, 189) и (10, 10). На рис. 13.28 представлено окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.15 (draw_multi_lines.py)

```

1 # Эта программа соединяет несколько точек отрезками прямой.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):

```

```

6      # Создать главное окно.
7      self.main_window = tkinter.Tk()
8
9      # Создать элемент интерфейса Canvas.
10     self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                               width=200, height=200)
12     # Начертить отрезки прямой, соединяющие несколько точек.
13     self.canvas.create_line(10, 10, 189, 10, 100, 189, 10, 10)
14
15     # Упаковать холст.
16     self.canvas.pack()
17
18     # Запустить главный цикл.
19     tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 my_gui = MyGUI()

```

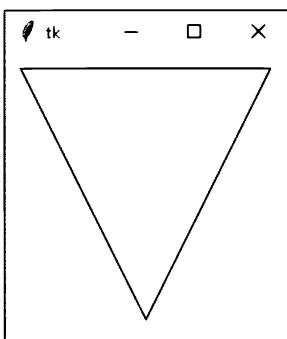


РИС. 13.28. Окно, выводимое программой 13.15

В качестве аргумента также можно передать список или кортеж, содержащий координаты. Например, в программе 13.15 можно было бы заменить строку 13 приведенным ниже фрагментом кода и получить те же самые результаты:

```

points = [10, 10, 189, 10, 100, 189, 10, 10]
self.canvas.create_line(points)

```

В метод `create_line()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.3 приводятся некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.3. Несколько необязательных аргументов для метода `create_line()`

| Аргумент | Описание |
|-----------------------------|---|
| <code>arrow=значение</code> | По умолчанию прямые линии не имеют стреловидных указателей, но этот аргумент наносит стрелку на один или оба конца. Добавьте <code>arrow=tk.FIRST</code> для нанесения указателя в начале прямой, <code>arrow=tk.LAST</code> для нанесения указателя в конце прямой или <code>arrow=tk.BOTH</code> для нанесения указателей в обоих концах прямой |

Таблица 13.3 (окончание)

| Аргумент | Описание |
|-----------------|---|
| dash=значение | Этот аргумент превращает прямую в пунктирную линию. Его значением является кортеж из целых чисел, который задает шаблон. Первое целое число задает количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент dash=(5, 2) нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пикселя и будет повторяться до тех пор, пока не будет достигнут конец отрезка прямой |
| fill=значение | Задает цвет прямой в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Наиболее часто используемые из них: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент fill, то цвет прямой по умолчанию будет черным.) |
| smooth=значение | По умолчанию аргумент smooth равен False, в результате чего данный метод чертит прямые отрезки, соединяющие указанные точки. Если задать smooth=True, то будут нанесены изогнутые сплайны |
| width=значение | Задает ширину отрезка в пикселях. Например, аргумент width=5 нанесет отрезок шириной 5 пикселов. По умолчанию отрезки прямой имеют ширину 1 пикセル |

Рисование прямоугольников: метод `create_rectangle()`

Метод `create_rectangle()` чертит на холсте прямоугольник. Вот общий формат вызова этого метода:

имя холста.create rectangle(x1, y1, x2, y2, опции...)

Аргументы $x1$ и $y1$ — это координаты (X , Y) левого верхнего угла прямоугольника. Параметры $x2$ и $y2$ — координаты (X , Y) правого нижнего угла прямоугольника. В приведенном выше общем формате в [опциях...](#) указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.4.

Программа 13.16 демонстрирует метод `create_rectangle()` в строке 13. Левый верхний угол прямоугольника находится в координате (20, 20), его правый нижний угол — в координате (180, 180). На рис. 13.29 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.16 (draw_square.py)

```

12     # Нарисовать прямоугольник.
13     self.canvas.create_rectangle(20, 20, 180, 180)
14
15     # Упаковать холст.
16     self.canvas.pack()
17
18     # Запустить главный цикл.
19     tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 my_gui = MyGUI()

```

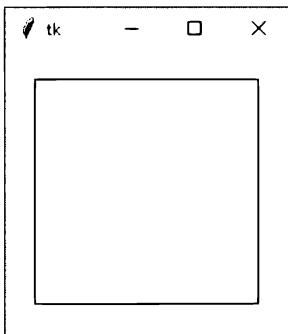


РИС. 13.29. Окно, выводимое на экран программой 13.16

В метод `create_rectangle()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.4 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.4. Несколько необязательных аргументов для метода `create_rectangle()`

| Аргумент | Описание |
|-------------------------------|---|
| <code>dash=значение</code> | Этот аргумент делает контур прямоугольника пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число задает количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент <code>dash=(5, 2)</code> нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пикселя и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется |
| <code>fill=значение</code> | Задает цвет, которым прямоугольник может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>fill</code> , то прямоугольник останется незаполненным.) |
| <code>outline=значение</code> | Задает цвет контура прямоугольника в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>outline</code> , то цвет контура прямоугольника по умолчанию будет черным.) |

Таблица 13.4 (окончание)

| Аргумент | Описание |
|----------------|--|
| width=значение | Задает ширину контура прямоугольника в пикселях. Например, аргумент width=5 нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура прямоугольника имеет ширину 1 пикселя |

Например, если изменить строку 13 в программе 13.16 следующим образом:

```
self.canvas.create_rectangle(20, 20, 180, 180, dash=(5, 2), width=3)
```

то программа начертит прямоугольник с пунктирным контуром и шириной линии 3 пикселя. Вывод программы в этом случае показан на рис. 13.30.

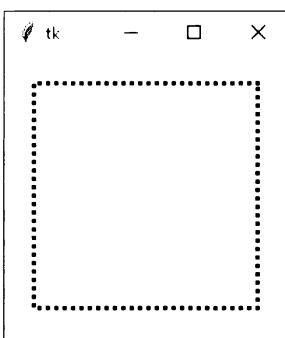


РИС. 13.30. Пунктирный контур с шириной линии 3 пикселя

Рисование овалов: метод `create_oval()`

Метод `create_oval()` чертит овал, или эллипс. Вот общий формат вызова этого метода:

```
имя_холста.create_oval(x1, y1, x2, y2, опции...)
```

Данный метод чертит овал, который строго укладывается в ограничивающий прямоугольник, заданный координатами, переданными в качестве аргументов. Координаты (x_1, y_1) — это координаты левого верхнего угла прямоугольника, (x_2, y_2) — координаты правого нижнего угла прямоугольника (рис. 13.31). В приведенном выше общем формате в `опциях...` указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.5.

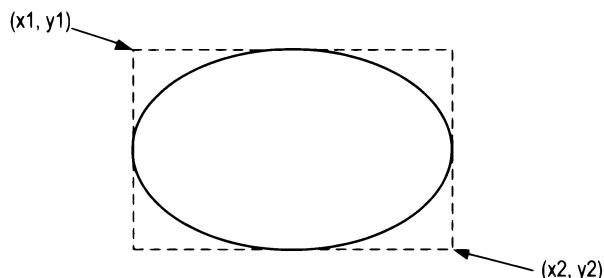


РИС. 13.31. Овал, ограничивающий четырехугольник

Программа 13.17 демонстрирует метод `create_oval()` в строках 13 и 14. Первый овал, который чертится в строке 13, задан прямоугольником со своим левым верхним углом в координате (20, 20) и своим правым нижним углом в координате (70, 70). Второй овал, который чертится в строке 14, задан прямоугольником со своим левым верхним углом в координате (100, 100) и своим правым нижним углом в координате (180, 130). На рис. 13.32 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.17 (`draw_ovals.py`)

```
1 # Эта программа чертит два овала на элементе Canvas.  
2 import tkinter  
3  
4 class MyGUI:  
5     def __init__(self):  
6         # Создать главное окно.  
7         self.main_window = tkinter.Tk()  
8  
9         # Создать элемент интерфейса Canvas.  
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,  
11                                      width=200, height=200)  
12        # Нарисовать два овала.  
13        self.canvas.create_oval(20, 20, 70, 70)  
14        self.canvas.create_oval(100, 100, 180, 130)  
15  
16        # Упаковать холст.  
17        self.canvas.pack()  
18  
19        # Запустить главный цикл.  
20        tkinter.mainloop()  
21  
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.  
23 my_gui = MyGUI()
```

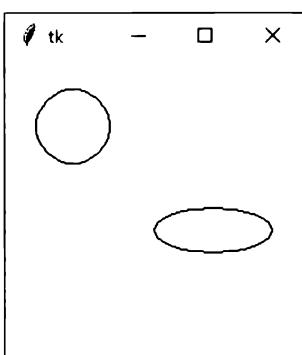


РИС. 13.32. Окно, выводимое на экран программой 13.17

В метод `create_oval()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.5 приведены некоторые наиболее часто используемые.

Таблица 13.5. Несколько необязательных аргументов для метода `create_oval()`

| Аргумент | Описание |
|-------------------------------|---|
| <code>dash=значение</code> | Этот аргумент делает контур овала пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число задает количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент <code>dash=(5, 2)</code> нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пикселя и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется |
| <code>fill=значение</code> | Задает цвет, которым овал может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>fill</code> , то овал останется незаполненным.) |
| <code>outline=значение</code> | Задает цвет контура овала в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>outline</code> , то цвет контура овала по умолчанию будет черным.) |
| <code>width=значение</code> | Задает ширину контура овала в пикселях. Например, аргумент <code>width=5</code> нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура овала имеет ширину 1 пикселя |



СОВЕТ

Для того чтобы нарисовать круг, следует вызвать метод `create_oval()` и сделать все стороны ограничивающего прямоугольника равной длины.

Рисование дуг: метод `create_arc()`

Метод `create_arc()` чертит дугу. Вот общий формат вызова этого метода:

`имя_холста.create_arc(x1, y1, x2, y2, start=угол, extent=ширина, опции...)`

Данный метод чертит дугу, которая является частью овала. Овал строго укладывается в ограничивающий прямоугольник, который задан координатами, переданными в качестве аргументов. Координаты (x_1, y_1) — это координаты левого верхнего угла прямоугольника, а координаты (x_2, y_2) — координаты правого нижнего угла прямоугольника. Аргумент `start=угол` задает исходный угол, аргумент `extent=ширина` задает в виде угла протяженность дуги против часовой стрелки. Например, аргумент `start=90` определяет, что дуга начинается в 90° , аргумент `extent=45` определяет, что дуга должна идти против часовой стрелки на 45° (рис. 13.33).

В приведенном выше общем формате в `опциях...` указываются несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.6.

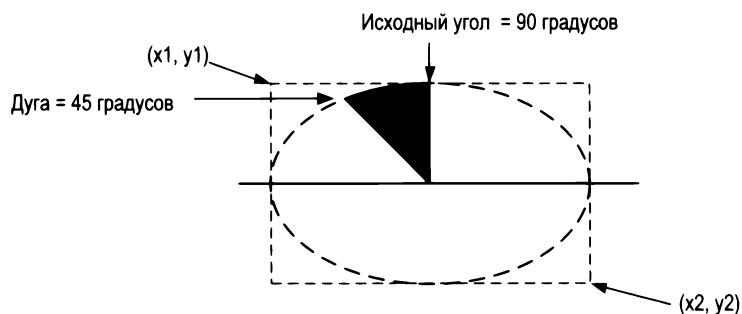


РИС. 13.33. Свойства дуги

Программа 13.18 демонстрирует метод `create_arc()`. Дуга, нарисованная в строке 13, задается прямоугольником со своим левым верхним углом в координате (10, 10) и своим правым нижним углом в координате (190, 190). Дуга начинается в 45° и простирается на 30° . На рис. 13.34 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

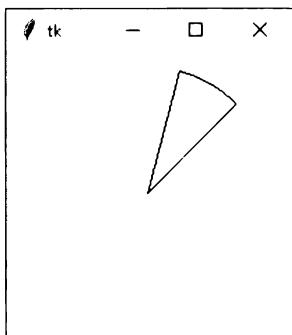


РИС. 13.34. Окно, выводимое на экран программой 13.18

Программа 13.18 (draw_arc.py)

```

1 # Эта программа чертит дугу на элементе Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать элемент интерфейса Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                                     width=200, height=200)
12        # Нарисовать дугу.
13        self.canvas.create_arc(10, 10, 190, 190, start=45, extent=30)
14
15        # Упаковать холст.
16        self.canvas.pack()
17

```

```

18     # Запустить главный цикл.
19     tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 my_gui = MyGUI()

```

В метод `create_arc()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.6 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.6. Несколько необязательных аргументов для метода `create_arc()`

| Аргумент | Описание |
|-------------------------------|--|
| <code>dash=значение</code> | Этот аргумент делает контур дуги пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число задает количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент <code>dash=(5, 2)</code> нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пикселя и будет повторяться до тех пор, пока контур не закончится |
| <code>fill=значение</code> | Задает цвет, которым дуга может быть заполнена. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>fill</code> , то овал останется незаполненным.) |
| <code>outline=значение</code> | Задает цвет контура дуги в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>outline</code> , то цвет контура дуги по умолчанию будет черным.) |
| <code>style=значение</code> | Задает стиль дуги. Аргумент <code>style</code> может иметь одно из трех значений: <code>tkinter.PIESLICE</code> , <code>tkinter.ARC</code> или <code>tkinter.CHORD</code> (см. табл. 13.7) |
| <code>width=значение</code> | Задает ширину контура дуги в пикселях. Например, аргумент <code>width=5</code> нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура дуги имеет ширину 1 пикселя |

Один из трех стилей (табл. 13.7) рисуемой дуги задается аргументом `style=значение`. (По умолчанию используется тип `tkinter.PIESLICE` (сектор круга).) На рис. 13.35 показаны примеры каждого типа дуги.

Таблица 13.7. Типы дуг

| Аргумент <code>style</code> | Описание |
|-------------------------------------|---|
| <code>style=tkinter.PIESLICE</code> | Этот тип дуги задан по умолчанию. Из обеих конечных точек до центральной точки дуги проводятся отрезки. В результате дуга будет сформирована как сектор круга |
| <code>style=tkinter.ARC</code> | Отрезки, соединяющие конечные точки, отсутствуют. Изображается только дуга |
| <code>style=tkinter.CHORD</code> | Из одной конечной точки дуги в другую ее конечную точку проводится отрезок прямой (хорда) |



tkinter.PIESLICE



tkinter.ARC



tkinter.CHORD

РИС. 13.35. Типы дуг

В программе 13.19 приведен соответствующий пример, в котором дуги используются для построения круговой диаграммы. Вывод программы показан на рис. 13.36.

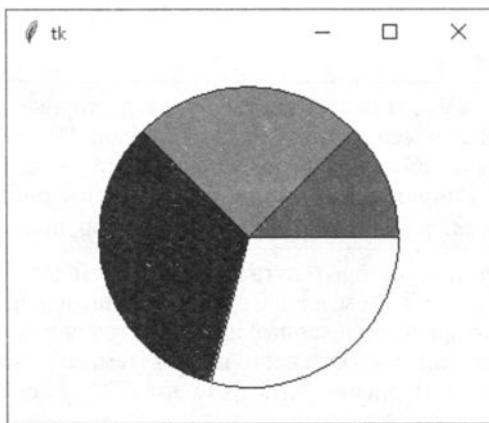


РИС. 13.36. Окно, выводимое на экран программой 13.19

Программа 13.19 (draw_piechart.py)

```

1 # Эта программа чертит круговую диаграмму на элементе Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         self.__CANVAS_WIDTH = 320      # Ширина холста
7         self.__CANVAS_HEIGHT = 240     # Высота холста
8         self.__X1 = 60      # Левая верхняя координата X прямоугольника
9         self.__Y1 = 20      # Левая верхняя координата Y прямоугольника
10        self.__X2 = 260     # Нижняя правая координата X прямоугольника
11        self.__Y2 = 220     # Нижняя правая координата Y прямоугольника
12        self.__PIE1_START = 0      # Исходный угол сектора 1
13        self.__PIE1_WIDTH = 45     # Протяженность сектора 1
14        self.__PIE2_START = 45     # Исходный угол сектора 2
15        self.__PIE2_WIDTH = 90     # Протяженность сектора 2
16        self.__PIE3_START = 135    # Исходный угол сектора 3
17        self.__PIE3_WIDTH = 120    # Протяженность сектора 3
18        self.__PIE4_START = 255    # Исходный угол сектора 4
19        self.__PIE4_WIDTH = 105    # Протяженность сектора 4
20

```

```
21     # Создать главное окно.  
22     self.main_window = tkinter.Tk()  
23  
24     # Создать элемент интерфейса Canvas.  
25     self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,  
26                                 width=self.__CANVAS_WIDTH,  
27                                 height=self.__CANVAS_HEIGHT)  
28  
29     # Начертить сектор 1.  
30     self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,  
31                           self.__Y2, start=self.__PIE1_START,  
32                           extent=self.__PIE1_WIDTH,  
33                           fill='red')  
34  
35     # Начертить сектор 2.  
36     self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,  
37                           self.__Y2, start=self.__PIE2_START,  
38                           extent=self.__PIE2_WIDTH,  
39                           fill='green')  
40  
41     # Начертить сектор 3.  
42     self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,  
43                           self.__Y2, start=self.__PIE3_START,  
44                           extent=self.__PIE3_WIDTH,  
45                           fill='black')  
46  
47     # Начертить сектор 4.  
48     self.canvas.create_arc(self.__X1, self.__Y1, self.__X2,  
49                           self.__Y2, start=self.__PIE4_START,  
50                           extent=self.__PIE4_WIDTH,  
51                           fill='yellow')  
52  
53     # Упаковать холст.  
54     self.canvas.pack()  
55  
56     # Запустить главный цикл.  
57     tkinter.mainloop()  
58  
59 # Создать экземпляр класса MyGUI.  
60 my_gui = MyGUI()
```

Рассмотрим метод `__init__()` класса `MyGUI` в программе 13.19.

- ◆ Строки 6 и 7 задают атрибуты ширины и высоты элемента интерфейса `Canvas`.
- ◆ Строки 8–11 задают атрибуты координат левого верхнего и правого нижнего углов ограничивающего прямоугольника, которые каждая дуга делит между собой.

- ◆ Строки 12–19 задают атрибуты каждого исходного угла и протяженности сектора круга.
- ◆ Стока 22 создает главное окно, а строки 25–27 — элемент интерфейса Canvas.
- ◆ Строки 30–33 создают первый сектор круга, назначая ему красный цвет заливки.
- ◆ Строки 36–39 создают второй сектор круга, назначая ему зеленый цвет.
- ◆ Строки 42–45 создают третий сектор круга, назначая ему черный цвет заливки.
- ◆ Строки 48–51 создают четвертый сектор круга, назначая ему желтый цвет заливки.
- ◆ Стока 54 упаковывает элемент Canvas, делая видимым его содержимое, и строка 57 запускает функцию mainloop модуля tkinter.

Рисование многоугольников: метод *create_polygon()*

Метод *create_polygon()* чертит замкнутый многоугольник на элементе Canvas. Многоугольник строится из многочисленных соединенных отрезков. Точка, где два отрезка соединяются, называется *вершиной*. Вот общий формат вызова метода рисования многоугольника:
 имя_холста.create_polygon(*x1*, *y1*, *x2*, *y2*, *опции...*)

Аргументы *x1* и *y1* — это координаты (*X*, *Y*) первой вершины, *x2* и *y2* — координаты (*X*, *Y*) второй вершины и т. д. Данный метод автоматически замыкает многоугольник, проведя отрезок из последней вершины в первую вершину. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.8.

Программа 13.20 демонстрирует метод *create_polygon()*. Инструкция в строках 13 и 14 чертит многоугольник с восемью вершинами. Первая вершина находится в координате (60, 20), вторая вершина — в координате (100, 20) и т. д. (рис. 13.37). На рис. 13.38 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

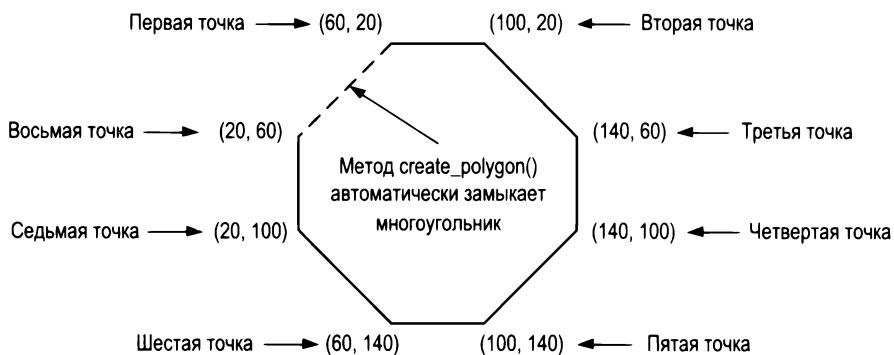


РИС. 13.37. Точки каждой вершины в многоугольнике

Программа 13.20 (draw_polygon.py)

```

1 # Эта программа чертит многоугольник на элементе Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):

```

```

6      # Создать главное окно.
7      self.main_window = tkinter.Tk()
8
9      # Создать элемент интерфейса Canvas.
10     self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                               width=160, height=160)
12     # Нарисовать многоугольник.
13     self.canvas.create_polygon(60, 20, 100, 20, 140, 60, 140,
14                               100, 100, 140, 60, 140, 20, 100,
15                               20, 60)
16     # Упаковать холст.
17     self.canvas.pack()
18
19     # Запустить главный цикл.
20     tkinter.mainloop()
21
22 # Создать экземпляр класса MyGUI.
23 my_gui = MyGUI()

```

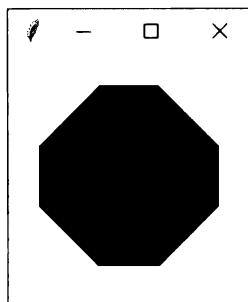


РИС. 13.38. Окно, выводимое на экран программой 13.20

В метод `create_polygon()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.8 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.8. Некоторые необязательные аргументы для метода `create_polygon()`

| Аргумент | Описание |
|----------------------------|--|
| <code>dash=значение</code> | Этот аргумент делает контур многоугольника пунктирным. Его значением является кортеж из целых чисел, которые задают шаблон. Первое целое число задает количество рисуемых пикселов, второе целое число — количество пропускаемых пикселов и т. д. Например, аргумент <code>dash=(5, 2)</code> нарисует 5 пикселов, пропустит 2 пикселя и будет повторяться до тех пор, пока контур не замкнется |
| <code>fill=значение</code> | Задает цвет, которым многоугольник может быть заполнен. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>fill</code> , то многоугольник будет заполнен черным цветом.) |

Таблица 13.8 (окончание)

| Аргумент | Описание |
|------------------|--|
| outline=значение | Задает цвет контура многоугольника в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приводится их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент outline, то цвет контура дуги по умолчанию будет черным.) |
| smooth=значение | По умолчанию аргумент smooth равен False, в результате чего данный метод чертит прямые отрезки, соединяющие указанные точки. Если задать smooth=True, то будут нанесены изогнутые сплайны |
| width=значение | Задает ширину контура многоугольника в пикселях. Например, аргумент width=5 нанесет линию контура шириной 5 пикселов. По умолчанию линия контура многоугольника имеет ширину 1 пикселя |

Рисование текста: метод `create_text()`

Для нанесения текста на элементе интерфейса Canvas используется метод `create_text()`. Вот общий формат вызова этого метода:

```
имя_холста.create_text(x, y, text=текст, опции...)
```

Аргументы *x* и *y* — это координаты (*X*, *Y*) точки вставки текста, аргумент `text=текст` задает наносимый текст. По умолчанию текст центрируется горизонтально и вертикально вокруг точки вставки. В приведенном выше общем формате в *опциях...* указывается несколько необязательных именованных аргументов, которые можно передавать в этот метод. Некоторые из них мы рассмотрим в табл. 13.9.

Программа 13.21 демонстрирует метод `create_text()`. Инструкция в строке 13 выводит текст 'Привет, мир!' в центре окна в координатах (100, 100). На рис. 13.39 показано это окно.

Программа 13.21 (draw_text.py)

```

1 # Эта программа наносит текст на элемент Canvas.
2 import tkinter
3
4 class MyGUI:
5     def __init__(self):
6         # Создать главное окно.
7         self.main_window = tkinter.Tk()
8
9         # Создать элемент интерфейса Canvas.
10        self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window,
11                                     width=200, height=200)
12        # Показать текст в центре окна.
13        self.canvas.create_text(100, 100, text='Привет, мир!')
14

```

```

15     # Упаковать холст.
16     self.canvas.pack()
17
18     # Запустить главный цикл.
19     tkinter.mainloop()
20
21 # Создать экземпляр класса MyGUI.
22 my_gui = MyGUI()

```

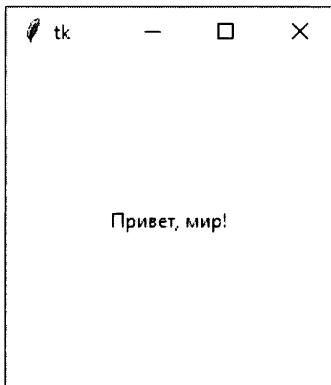


РИС. 13.39. Окно, выводимое на экран программой 13.21

В метод `create_text()` можно передавать несколько необязательных именованных аргументов. В табл. 13.9 приведены некоторые наиболее часто используемые из них.

Таблица 13.9. Несколько необязательных аргументов для метода `create_text()`

| Аргумент | Описание |
|-------------------------------|---|
| <code>anchor=значение</code> | Этот аргумент задает расположение текста относительно его точки вставки. По умолчанию аргумент привязки <code>anchor</code> равен <code>tkinter.CENTER</code> , центрируя текст вертикально и горизонтально вокруг точки вставки. Можно задать любое из нескольких значений, перечисленных в табл. 13.10 |
| <code>fill=значение</code> | Задает цвет, которым текст может быть нарисован. Значением этого аргумента является имя цвета в виде строкового значения. Можно использовать самые разные предопределенные имена цветов, и в <i>приложении 4</i> приведен их полный список. Вот наиболее часто используемые: 'red', 'green', 'blue', 'yellow' и 'cyan'. (Если опустить аргумент <code>fill</code> , то текст будет заполнен черным цветом.) |
| <code>font=значение</code> | Для того чтобы изменить стандартный шрифт, следует создать объект <code>tkinter.font.Font</code> и передать его как значение аргумента <code>font</code> (применение шрифтов см. в следующем разделе) |
| <code>justify=значение</code> | Если выводится несколько строк текста, то этот аргумент задает выравнивание строк. Он может принимать значения: <code>tk.LEFT</code> , <code>tk.CENTER</code> или <code>tk.RIGHT</code> . По умолчанию используется значение <code>tk.LEFT</code> |

Текст позиционируется относительно своей точки вставки девятью разными способами. Для изменения позиционирования текста используется аргумент `anchor=значение`. Разные значения данного аргумента перечислены в табл. 13.10. По умолчанию используется значение `tkinter.CENTER`.

Таблица 13.10. Значения привязки

| Аргумент <code>anchor</code> | Описание |
|------------------------------------|---|
| <code>anchor=tkinter.CENTER</code> | Позиционирует текст, центрированным вертикально и горизонтально вокруг точки вставки. Этот вариант позиционирования используется по умолчанию |
| <code>anchor=tkinter.NW</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в левом верхнем углу текста (на северо-западе) |
| <code>anchor=tkinter.N</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки центрируется вдоль верхнего края текста (на севере) |
| <code>anchor=tkinter.NE</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в правом верхнем углу текста (на северо-востоке) |
| <code>anchor=tkinter.W</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится с левого края текста в середине (на западе) |
| <code>anchor=tkinter.E</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится с правого края текста в середине (на востоке) |
| <code>anchor=tkinter.SW</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в левом нижнем углу текста (на юго-западе) |
| <code>anchor=tkinter.S</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки центрируется вдоль нижнего края текста (на юге) |
| <code>anchor=tkinter.SE</code> | Позиционирует текст таким образом, что точка вставки находится в правом нижнем углу текста (на юго-востоке) |

На рис. 13.40 показаны различные позиции привязки. В каждой строке текста имеется точка, которая представляет позицию точки вставки.

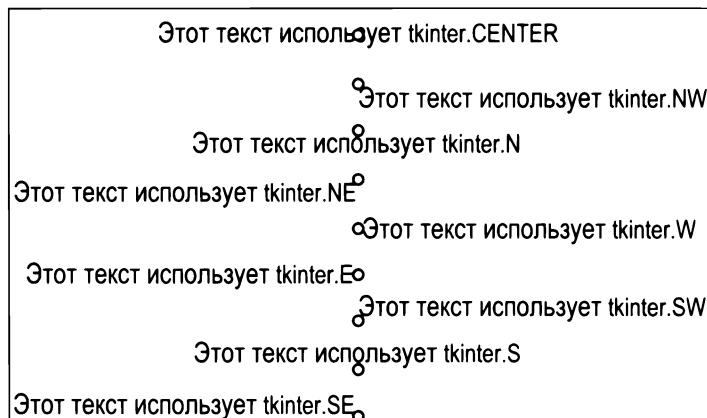


РИС. 13.40. Результаты различных значений привязки

Настройка шрифта

Используемый в методе `create_text()` шрифт задается путем создания объекта `Font` и его передачи в качестве аргумента `font=`. Класс `Font` находится в модуле `tkinter.font`, поэтому в программу необходимо включить приведенную ниже инструкцию `import`:

```
import tkinter.font
```

Вот пример создания объекта `Font`, который задает шрифт `Helvetica` размером 12 пунктов:

```
myfont = tkinter.font.Font(family='Helvetica', size='12')
```

При конструировании объекта `Font` можно передавать значения для любого из именованных аргументов, приведенных в табл. 13.11.

Таблица 13.11. Именованные аргументы для класса `Font`

| Аргумент | Описание |
|----------------------------------|--|
| <code>family=значение</code> | Этот аргумент является строковым значением, которым задается имя семейства шрифтов, в частности ' <code>Arial</code> ', ' <code>Courier</code> ', ' <code>Helvetica</code> ', ' <code>Times New Roman</code> ' и т. д. |
| <code>size=значение</code> | Этот аргумент является целым числом, которым задается размер шрифта в точках |
| <code>weight=значение</code> | Этот аргумент задает толщину шрифта. Допустимыми строковыми значениями являются ' <code>bold</code> ' и ' <code>normal</code> ' |
| <code>slant=значение</code> | Этот аргумент задает наклон шрифта. Для того чтобы шрифт выглядел наклонным, следует задать значение ' <code>italic</code> '. Для того чтобы шрифт выглядел прямым, следует указать значение ' <code>roman</code> ' |
| <code>underline=значение</code> | Для того чтобы текст выглядел подчеркнутым, следует задать значение 1. В противном случае следует указать значение 0 |
| <code>overstrike=значение</code> | Для того чтобы текст выглядел перечеркнутым, следует задать значение 1. В противном случае следует указать значение 0 |

Доступные имена семейств шрифтов разнятся в зависимости от используемой операционной системы. Для того чтобы получить список установленных вами семейств шрифтов, в оболочке Python следует ввести приведенные ниже инструкции:

```
>>> import tkinter
>>> import tkinter.font
>>> tkinter.Tk()
<tkinter.Tk object .>
>>> tkinter.font.families()
```

В программе 13.22 приведен пример вывода текста жирным шрифтом `Helvetica` размером 18 пунктов. На рис. 13.41 показано окно, которое данная программа выводит на экран.

Программа 13.22 (font_demo.py)

```
1 # Эта программа наносит текст на элемент Canvas.
2 import tkinter
3 import tkinter.font
4
```

```

5 class MyGUI:
6     def __init__(self):
7         # Создать главное окно.
8         self.main_window = tkinter.Tk()
9
10    # Создать элемент интерфейса Canvas.
11    self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200,
12                                height=200)
13    # Создать объект Font.
14    myfont = tkinter.font.Font(family='Helvetica', size=18,
15                               weight='bold')
16    # Показать немного текста.
17    self.canvas.create_text(100, 100, text='Привет, мир!', font=myfont)
18
19    # Упаковать холст.
20    self.canvas.pack()
21
22    # Запустить главный цикл.
23    tkinter.mainloop()
24
25 # Создать экземпляр класса MyGUI.
26 my_gui = MyGUI()

```

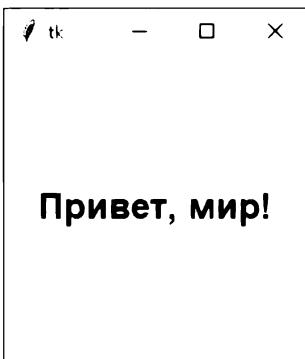


РИС. 13.41. Окно, выводимое на экран программой 13.22



Контрольная точка

- 13.19. Каковы координаты пикселя в левом верхнем углу окна в экранной системе координат элемента интерфейса Canvas?
- 13.20. Каковы координаты пикселя в правом нижнем углу, если пользоваться экранной системой координат элемента интерфейса Canvas с окном шириной 640 и высотой 480 пикселов?
- 13.21. Чем отличается экранная система координат элемента интерфейса Canvas от декартовой системы координат, используемой в библиотеке черепашьей графики?

- 13.22. Какие методы элемента интерфейса Canvas следует использовать для начертания каждого из приведенных ниже типов фигур?
- а) круг;
 - б) квадрат;
 - в) прямоугольник;
 - г) замкнутая шестиугранная фигура;
 - д) эллипс;
 - е) дуга.

Вопросы для повторения

Множественный выбор

1. _____ является частью компьютера, с которой взаимодействует пользователь.
 - а) центральный процессор;
 - б) пользовательский интерфейс;
 - в) система управления;
 - г) система интерактивности.
2. Прежде чем GUI стали популярными, чаще всего использовался _____.
 - а) интерфейс командной строки;
 - б) интерфейс удаленного терминала;
 - в) сенсорный интерфейс;
 - г) событийно-управляемый интерфейс.
3. _____ — это небольшое окно, которое выводит на экран информацию и позволяет пользователю выполнять действия.
 - а) меню;
 - б) окно подтверждения;
 - в) стартовый экран;
 - г) диалоговое окно.
4. Эти типы программ являются событийно-управляемыми.
 - а) консольная программа;
 - б) текстоориентированная программа;
 - в) программа с GUI;
 - г) процедурная программа.
5. Элемент, который появляется в графическом интерфейсе пользователя программы, называется _____.
 - а) гаджетом;
 - б) элементом интерфейса;

- в) инструментом;
- г) объектом, свернутым в значок на рабочем столе.
6. Этот модуль используется в Python для создания программ с GUI.
- а) GUI;
- б) PythonGui;
- в) tkinter;
- г) tgui.
7. Этот элемент интерфейса представляет собой область, в которой выводится одна строка текста.
- а) Label;
- б) Entry;
- в) TextLine;
- г) Canvas.
8. Этот элемент интерфейса представляет собой область, в которой пользователь может ввести одну строку, набираемую с клавиатуры.
- а) Label;
- б) Entry;
- в) TextLine;
- г) Input.
9. Этот элемент интерфейса представляет собой контейнер, который может содержать другие элементы интерфейса.
- а) Grouper;
- б) Composer;
- в) Fence;
- г) Frame.
10. Этот метод размещает элемент интерфейса в своей соответствующей позиции и делает его видимым при выводе главного окна на экран.
- а) pack();
- б) arrange();
- в) position();
- г) show().
11. _____ является функцией или методом, который вызывается, когда происходит определенное событие.
- а) функция обратного вызова;
- б) автоматическая функция;
- в) функция запуска;
- г) исключение.

12. Функция `showinfo` находится в модуле _____.

- а) `tkinter`;
- б) `tkinfo`;
- в) `sys`;
- г) `tkinter.messagebox`.

13. Этот метод следует вызывать для закрытия программы с GUI.

- а) метод `destroy()` корневого элемента интерфейса;
- б) метод `cancel()` любого элемента интерфейса;
- в) функция `sys.shutdown`;
- г) метод `Tk.shutdown()`.

14. Метод _____ следует вызывать для извлечения данных из элемента интерфейса `Entry`.

- а) `gata_entry()`;
- б) `data()`;
- в) `get()`;
- г) `retrieve()`.

15. Объект этого типа может быть привязан к элементу интерфейса `Label`, и любые данные, хранящиеся в этом объекте, будут выводиться в элементе `Label`.

- а) `StringVar`;
- б) `LabelVar`;
- в) `LabelValue`;
- г) `DisplayVar`.

16. Если в контейнере имеется группа таких элементов, то только один из них может быть выбран в любой момент времени.

- а) `Checkbutton`;
- б) `Radiobutton`;
- в) `Mutualbutton`;
- г) `Button`.

17. Элемент интерфейса _____ предоставляет методы для рисования простых двумерных фигур.

- а) `Shape`;
- б) `Draw`;
- в) `Palette`;
- г) `Canvas`.

Истина или ложь

1. Язык Python имеет встроенные ключевые слова для создания программ с GUI.
2. Каждый элемент интерфейса имеет метод `quit()`, который можно вызывать с целью закрытия программы.
3. Данные, извлекаемые из элемента интерфейса `Entry`, всегда имеют тип `int`.
4. Среди всех элементов интерфейса `Radiobutton`, находящихся в том же самом контейнере, автоматически создается взаимоисключающая связь.
5. Среди всех элементов интерфейса `Checkbutton`, находящихся в том же самом контейнере, автоматически создается взаимоисключающая связь.

Короткий ответ

1. Что определяет порядок, в котором все происходит, когда программа выполняется в текстоориентированной среде, такой как интерфейс командной строки?
2. Что делает метод `pack()` элемента интерфейса?
3. Что делает функция `mainloop` модуля `tkinter`?
4. Каким образом будут расположены элементы интерфейса в их родительском элементе интерфейса, если создать эти два элемента и вызвать их методы `pack()` без аргументов?
5. Каким образом указать, что элемент интерфейса должен быть расположен в максимальной левой позиции в своем родительском элементе интерфейса?
6. Как извлечь данные из элемента интерфейса `Entry`?
7. Каким образом используется объект `StringVar` для обновления содержимого элемента интерфейса `Label`?
8. Каким образом используется объект `IntVar` для определения, какой элемент `Radiobutton` был выбран в группе элементов `Radiobutton`?
9. Каким образом используется объект `IntVar` для определения, был ли выбран элемент `Checkbutton` или нет?

Алгоритмический тренажер

1. Напишите инструкцию, которая создает элемент интерфейса `Label`. Его родительским элементом должен быть элемент `self.main_window`, и он должен содержать текст '`Программировать – это круто!`'.
2. Допустим, что `self.label1` и `self.label2` ссылаются на два элемента интерфейса `Label`. Напишите фрагмент кода, который упаковывает эти два элемента таким образом, чтобы они были расположены в своем родительском элементе интерфейса максимально слева.
3. Напишите инструкцию, которая создает элемент интерфейса `Frame`. Его родительским элементом должен быть элемент `self.main_window`.
4. Напишите инструкцию, которая выводит на экран информационное диалоговое окно с заголовком "Программа приостановлена" и сообщением "Нажмите OK, когда будете готовы продолжить".

5. Напишите инструкцию, которая создает элемент интерфейса `Button`. Его родительским элементом должен быть `self.button_frame`, его текст должен содержать строковый литерал 'Вычислить', и его функцией обратного вызова должен быть метод `self.calculate()`.
6. Напишите инструкцию, которая создает элемент интерфейса `Button`, закрывающий программу при его нажатии. Его родительским элементом должен быть элемент `self.button_frame`, и он должен содержать текст 'Выйти'.
7. Допустим, что переменная `data_entry` ссылается на элемент интерфейса `Entry`. Напишите инструкцию, которая извлекает значение из этого элемента, приводит его к типу `int` и присваивает его переменной с именем `var`.
8. Допустим, что в программе приведенная ниже инструкция создает элемент интерфейса `Canvas` и присваивает его переменной `self.canvas`:

```
self.canvas = tkinter.Canvas(self.main_window, width=200, height=200)
```

Напишите инструкции, которые делают следующее:

- чертят синюю прямую из левого верхнего угла элемента `Canvas` в его правый нижний угол, прямая должна быть шириной 3 пикселя;
- чертят прямоугольник с красным контуром и черным заполнением, углы прямоугольника должны располагаться на холсте в приведенных ниже позициях:
 - левый верхний: (50, 50);
 - правый верхний: (100, 50);
 - левый нижний: (50, 100);
 - правый нижний: (100, 100);
- чертят зеленый круг, центральная точка круга должна быть в координатах (100, 100), а ее радиус должен равняться 50;
- чертят заполненную синим цветом дугу, заданную ограничивающим прямоугольником, чей левый верхний угол находится в координатах (20, 20), правый нижний угол — в координатах (180, 180). Дуга должна начинаться в 0° и простираться на 90° .

Задачи по программированию

1. **ФИО и адрес.** Напишите программу с GUI, которая при нажатии кнопки выводит на экран ваше полное имя и адрес. При запуске программы ее окно должно выглядеть так, как на эскизе с левой стороны рис. 13.42. Когда пользователь нажимает кнопку **Показать инфо**, программа должна вывести на экран ваше имя и адрес, как показано на эскизе справа.



Видеозапись "Задача с ФИО и адресом" (The Name and Address Problem)

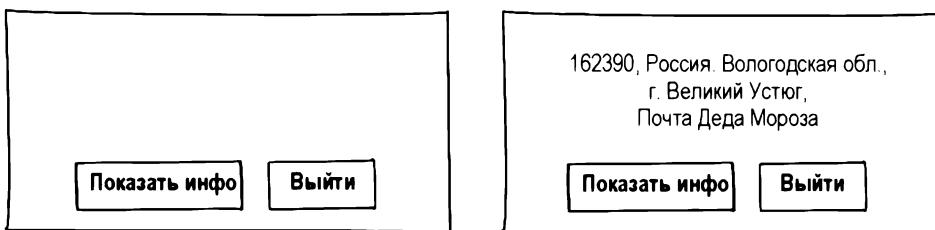


РИС. 13.42. Программа "ФИО и адрес"

2. **Переводчик с латинского.** Взгляните на приведенный в табл. 13.12 список латинских слов и их значений.

Таблица 13.12

| Латинский | Русский |
|-----------|-------------|
| sinister | Левый |
| dexter | Правый |
| medium | Центральный |

Напишите программу с GUI, которая переводит латинские слова на русский язык. Окно должно иметь три кнопки, по одной для каждого латинского слова (рис. 13.43). Когда пользователь нажимает кнопку, программа должна выводить на экран русский перевод в элемент интерфейса Label.



РИС. 13.43. Окно программы-переводчика

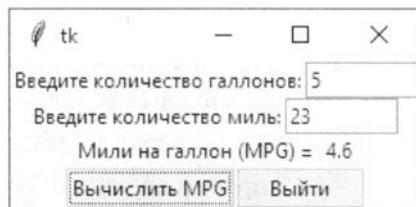


РИС. 13.44. Окно программы-калькулятора экономичности автомобиля

3. **Калькулятор миль на галлон бензина.** Напишите программу с GUI, которая вычисляет экономичность автомобиля. Окно программы должно содержать элементы интерфейса Entry, которые позволяют пользователю вводить объем бензина в галлонах, заправленного в автомобиль, и количество миль, которые он может пройти с полным баком (рис. 13.44). При нажатии кнопки Вычислить MPG программа должна вывести на экран количество миль, которые автомобиль может пройти в расчете на галлон бензина. Для вычисления показателя количества миль на галлон примените приведенную ниже формулу:

$$\text{Показатель миль на галлоны} = \frac{\text{мили}}{\text{галлоны}}.$$

4. **Из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта.** Напишите программу с GUI, которая преобразует показания температуры по шкале Цельсия в температуру по шкале Фаренгейта. Пользователь должен иметь возможность вводить температуру по шкале Цельсия, нажимать кнопку и затем получать эквивалентную температуру по шкале Фаренгейта (рис. 13.45). Для выполнения этого преобразования примените приведенную ниже формулу:

$$F = \frac{9}{5}C + 32,$$

где F — это температура по Фаренгейту; C — температура по шкале Цельсия.

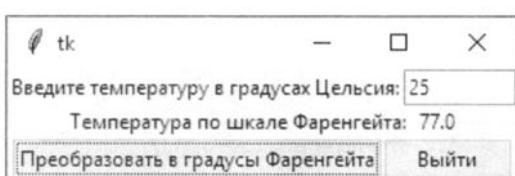


РИС. 13.45. Окно программы-калькулятора температур

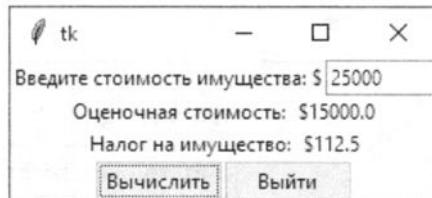
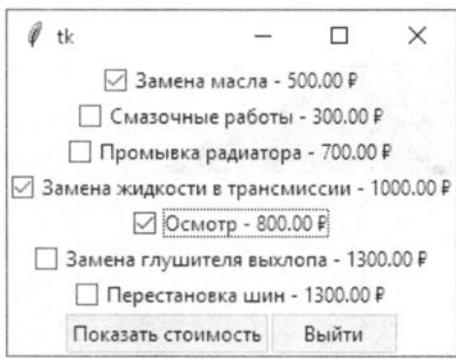


РИС. 13.46. Окно программы-калькулятора стоимости недвижимости и налога на нее

5. **Налог на недвижимость.** Территориальный округ собирает налоги на недвижимое имущество, опираясь на оценочную стоимость имущества, которая составляет 60% фактической стоимости недвижимого имущества. Если акр земли оценивается в \$10 000, то его оценочная стоимость составляет \$6000. Налог на имущество в таком случае составит \$0.75 для каждого \$100 оценочной стоимости. Налог на акр, оцененный в \$6000, составит \$45.00. Напишите программу с GUI, которая выводит на экран оценочную стоимость и налог на недвижимое имущество при вводе пользователем фактической стоимости недвижимого имущества (рис. 13.46).
6. **Автремонтная фирма "Автоцех".** Автремонтная фирма "Автоцех" предлагает услуги по регламентному техобслуживанию:

- замена масла — 500.00 руб.;
- смазочные работы — 300.00 руб.;
- промывка радиатора — 700.00 руб.;
- замена жидкости в трансмиссии — 1000.00 руб.;
- осмотр — 800.00 руб.;
- замена глушителя выхлопа — 1300.00 руб.;
- перестановка шин — 1300.00 руб.

Напишите программу с GUI с использованием флаговых кнопок, которые позволяют пользователю выбирать любые из этих видов услуг. При нажатии пользователем кнопки должна быть выведена общая стоимость услуг (рис. 13.47).



а



б

РИС. 13.47. Окно программы выбора услуг (а) и расчета общей стоимости (б)

7. **Междугородные звонки.** Провайдер международных звонков взимает плату за телефонные вызовы в соответствии с приведенными в табл. 13.13 тарифами.

Таблица 13.13

| Категория тарифа | Тариф в минуту, руб. |
|---------------------------------------|----------------------|
| Дневное время (с 6:00 до 17:59) | 10 |
| Вечернее время (с 18:00 до 23:59) | 12 |
| Непиковый период (с полуночи до 5:59) | 5 |

Напишите приложение с GUI, которое позволяет пользователю выбирать категорию уровня (из набора радиокнопок) и вводить в элемент интерфейса Entry продолжительность вызова в минутах. Информационное диалоговое окно должно выводить на экран стоимость вызова (рис. 13.48).

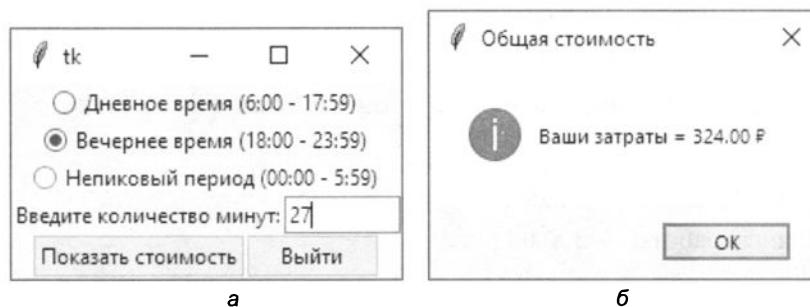


РИС. 13.48. Программа-тарификатор

8. **Рисунок старого дома.** Примените элемент интерфейса Canvas, с которым вы познакомились в этой главе, чтобы нарисовать дом. Рисунок дома должен содержать по меньшей мере два окна и дверь. Можно добавить и другие объекты, такие как небо, солнце и даже облака (рис. 13.49).

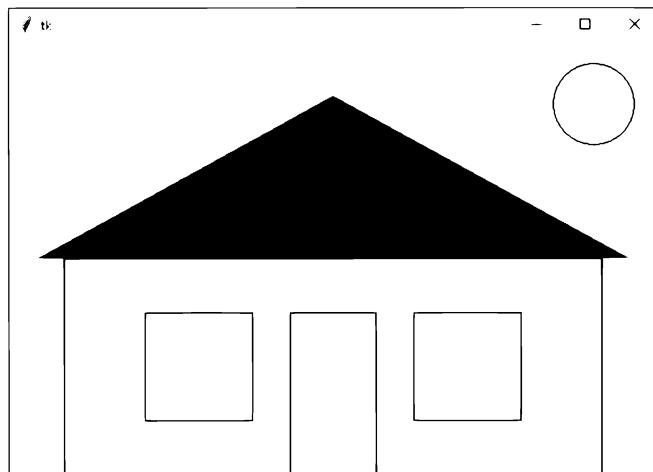


РИС. 13.49. Нарисованный программой дом

- 9. Возраст дерева.** Подсчет годичных колец дерева дает довольно точное представление о возрасте дерева. Каждое годичное кольцо образуется за один год. Примените элемент интерфейса `Canvas`, чтобы показать на рисунке, как могли бы выглядеть годичные кольца 5-летнего дерева. Затем, используя метод `create_text()`, пронумеруйте каждое годичное кольцо, начиная с центра и далее продолжая наружу, указывая возраст в годах, связанный с этим кольцом (рис. 13.50).

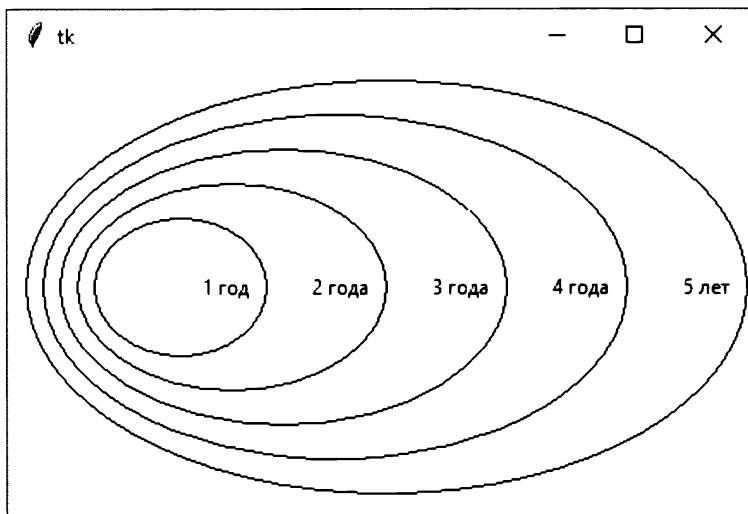


РИС. 13.50. Подсчет годичных колец дерева

- 10. Голливудская звезда.** Создайте собственную звезду на Аллее славы в Голливуде. Напишите программу, которая выводит на экран звезду, похожую на приведенную на рис. 13.51, с вашим именем в середине.
- 11. Контур транспортного средства.** Используя геометрические фигуры, создавать которые вы научились в этой главе, начертите контур транспортного средства по своему выбору (автомобиль, грузовик, самолет и т. д.) — рис. 13.52.



РИС. 13.51. Голливудская звезда

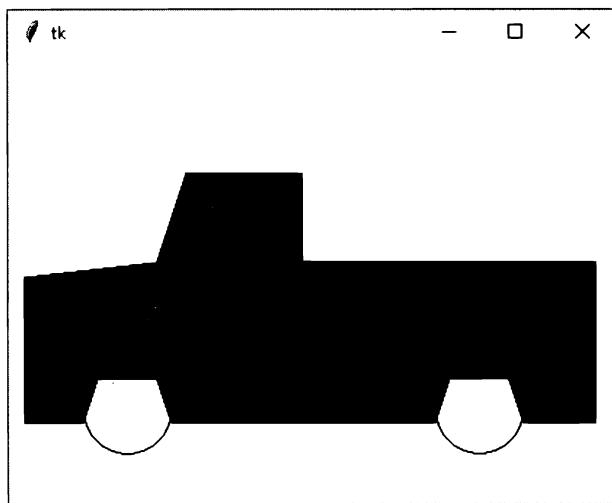


РИС. 13.52. Контур транспортного средства

12. **Солнечная система.** Примените элемент интерфейса Canvas для создания рисунка всех планет Солнечной системы. Сначала нарисуйте Солнце, затем остальные планеты в соответствии с расстоянием от него (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и карликовую планету Плутон). Возле каждой планеты разместите надпись, используя метод `create_text()` (рис. 13.53).

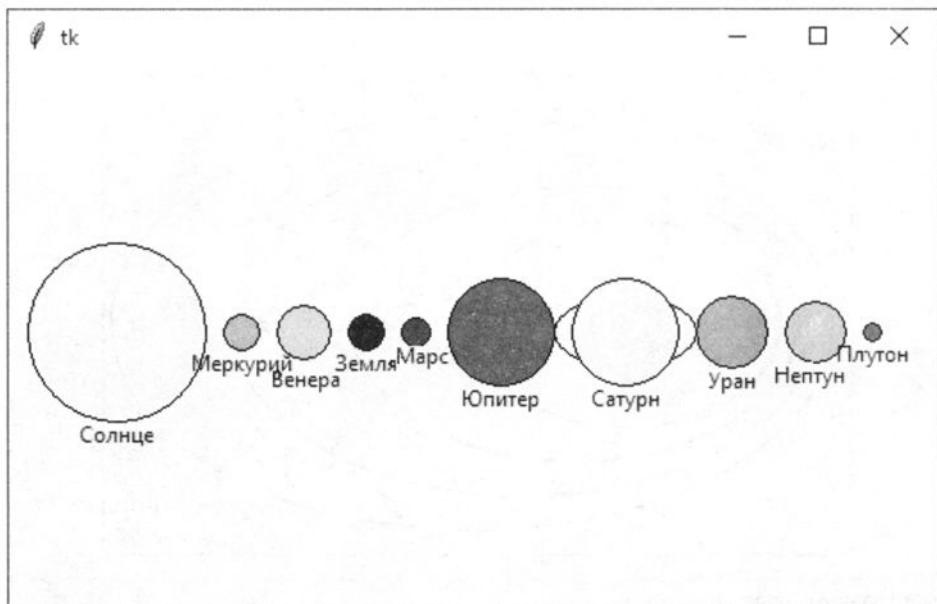


РИС. 13.53. Рисунок Солнечной системы

14.1

Принципы функционального программирования

Ключевые положения

Функциональное программирование представляет собой методику написания программного обеспечения, в центре внимания которой находятся функции. Функции могут присваиваться переменным, передаваться в другие функции и порождать новые функции. Python имеет богатый и мощный арсенал инструментов, которые облегчают разработку функционально-ориентированных программ.

В последние годы почти все известные процедурные и объектно-ориентированные языки программирования стали поддерживать средства функционального программирования (ФП). И язык Python не исключение.

Когда говорят о ФП, прежде всего имеют в виду следующее:

- ◆ функции — это объекты первого класса, т. е. все, что можно делать с "данными", можно делать и с функциями (вроде передачи функции другой функции в качестве аргумента);
- ◆ использование рекурсии в качестве основной структуры контроля потока управления. В некоторых языках не существует иной конструкции цикла, кроме рекурсии;
- ◆ акцент на обработке последовательностей. Списки с рекурсивным обходом подсписков часто используются в качестве замены циклов;
- ◆ "чистые" функциональные языки избегают побочных эффектов. Это исключает почти повсеместно распространенный в императивных языках подход, при котором одной и той же переменной последовательно присваиваются различные значения для отслеживания состояния программы;
- ◆ ФП не одобряет или совершенно запрещает инструкции, используя вместо этого вычисление выражений (т. е. функций с аргументами). В предельном случае, одна программа есть одно выражение (плюс дополнительные определения);
- ◆ ФП акцентируется на том, что должно быть вычислено, а не как;
- ◆ большая часть ФП использует функции "более высокого порядка" (функции, оперирующие функциями, оперирующими функциями).

Функциональное программирование представляет собой методику написания программного обеспечения, в центре внимания которой находятся функции. В парадигме ФП объектами первого класса являются функции. Они обрабатываются таким же образом, что и любой другой примитивный тип данных, такой как строковый и числовой. Функции могут получать другие функции в виде аргументов и на выходе возвращать новые функции. Функции,

имеющие такие признаки, называются *функциями более высокого порядка* из-за их высокой выразительной мощи. И вам непременно следует воспользоваться их чудесной выразительностью.

Программистам чаще приходится работать с последовательностями значений, такими как списки и кортежи, или же контейнерами, такими как словари и множества. Как правило, в файлах хранятся большие объемы текстовых или числовых данных, которые затем загружаются в программу в соответствующие структуры данных и обрабатываются. Python имеет богатый и мощный арсенал инструментов, которые облегчают их обработку в функциональном стиле.

Далее будут представлены несколько таких встроенных функций.

14.2

Оператор *lambda*, функции *map*, *filter*, *reduce* и другие

Прежде чем продолжить, следует познакомиться с еще одним ключевым словом языка Python. Он позволяет определять еще один тип функций.

Оператор *lambda*

Помимо стандартного определения функции, которое состоит из заголовка функции с ключевым словом `def` и блока инструкций, в Python имеется возможность создавать короткие односрочные функции с использованием оператора `lambda`, которые называются *лямбда-функциями*. Вот общий формат определения лямбда-функции:

```
lambda список_аргументов: выражение
```

В данном формате `список_аргументов` — это список аргументов, отделенных запятой, `выражение` — значение либо любая порция программного кода, которая в результате дает значение. Например, следующие два определения функций эквивалентны:

```
def standard_function(x, y):  
    return x + y  
  
и  
  
lambda x, y: x + y
```

Но в отличие от стандартной функции, после определения лямбда-функции ее можно сразу же применить, к примеру, в интерактивном режиме:

```
>>> (lambda x, y: x+y)(5, 7)  
12
```

Либо, что более интересно, присвоить ее переменной, передать в другую функцию, вернуть из функции, разместить в качестве элемента последовательности или применить в программе, как обычную функцию. Приведенный ниже интерактивный сеанс это отчасти демонстрирует. (Для удобства добавлены номера строк.)

```
1 >>> lambda_function = lambda x, y: x + y  
2 >>> lambda_function(5,7)  
3 12
```

```
4 >>> func = lambda_function
5 >>> func(3,4)
6 7
7 >>> dic = {'функция1': lambda_function}
8 >>> dic['функция1'](7,8)
9 15
```

Здесь в строке 1 определяется лямбда-функция и присваивается переменной, которая теперь ссылается на лямбда-функцию. В строке 2 она применяется с двумя аргументами. В строке 4 ссылка на эту функцию присваивается еще одной переменной, и затем, пользуясь этой переменной, данная функция вызывается еще раз. В строке 7 создается словарь, в котором в качестве значения задана ссылка на эту функцию, и затем, обратившись к этому значению по ключу, эта функция применяется в третий раз.

Нередко во время написания программы появляется необходимость преобразовать некую последовательность в другую. Для этих целей в Python имеется встроенная функция `map`.

Функция `map`

При написании программы очень часто возникает задача, которая состоит в том, чтобы применить специальную функцию для всех элементов в последовательности. В функциональном программировании она называется отображением (от англ. *map*).

Встроенная в Python функция `map` — это функция более высокого порядка, которая предназначена для выполнения именно такой задачи. Она позволяет обрабатывать одну или несколько последовательностей с использованием заданной функции. Вот общий формат функции `map`:

```
map(функция, последовательности)
```

В данном формате `функция` — это ссылка на стандартную функцию либо лямбда-функция, `последовательности` — это одна или несколько отделенных запятыми итерируемых последовательностей, т. е. списки, кортежи, диапазоны или строковые данные.

```
1 >>> seq = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
2 >>> seq2 = (5, 6, 7, 8, 9, 0, 3, 2, 1)
3 >>> result = map(lambda_function, seq, seq2)
4 >>> result
5 <map object at 0x000002897F7C5B38>
6 >>> list(result)
7 [6, 8, 10, 12, 14, 6, 10, 10, 10]
```

В приведенном выше интерактивном сеансе в строках 1 и 2 двум переменным, `seq` и `seq2`, присваиваются две итерируемые последовательности. В строке 3 переменной `result` присваивается результат применения функции `map`, в которую в качестве аргументов были переданы ранее определенная лямбда-функция и две последовательности. Обратите внимание, что функция `map` возвращает объект-последовательность `map`, о чем говорит строка 5. Особенность объекта-последовательности `map` состоит в том, что он может предоставлять свои элементы, только когда они требуются, используя *ленивые вычисления*. Ленивые вычисления — это стратегия вычисления, согласно которой вычисления следует откладывать до тех пор, пока не понадобится их результат. Программистам часто приходится обрабатывать последовательности, состоящие из десятков тысяч и даже миллионов элементов. Хранить их

в оперативной памяти, когда в определенный момент нужен всего один элемент, не имеет никакого смысла. Ленивые вычисления позволяют генерировать ленивые последовательности, которые при обращении к ним предоставляют следующий элемент последовательности. Для того чтобы показать ленивую последовательность, в данном случае результат работы примера, необходимо эту последовательность "вычислить". В строке 6 объект `map` вычисляется во время преобразования в список.

Функция `filter`

Функции более высокого порядка часто используются для фильтрации данных. Языки ФП предлагают универсальную функцию `filter`, получающую набор элементов для фильтрации, и фильтрующую функцию, которая определяет, нужно ли исключить конкретный элемент из последовательности или нет. Встроенная в Python функция `filter` выполняет именно такую задачу. В результирующем списке будут только те значения, для которых значение функции для элемента последовательности истинно. Вот общий формат функции `filter`:

```
filter(предикативная_функция, последовательность)
```

В данном формате `предикативная_функция` — это ссылка на стандартную функцию либо лямбда-функция, которая возвращает истину либо ложь, `последовательность` — это итерируемая последовательность, т. е. список, кортеж, диапазон или строковые данные.

Например, в главе 5 была описана функция `is_even` для определения четности числа. Приведем ее еще раз в сжатом виде:

```
is_even = lambda x: x % 2 == 0
```

Для того чтобы отфильтровать все числа последовательности и оставить только четные, применим функцию `filter`:

```
>>> seq = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
>>> filtered = filter(is_even, seq)
>>> list(filtered)
[2, 4, 6, 8]
```

Приведенный выше фрагмент кода можно переписать по-другому, поместив лямбда-функцию в качестве первого аргумента:

```
>>> filtered = filter(lambda x: x % 2 == 0, seq)
>>> list(filtered)
[2, 4, 6, 8]
```

И снова в обоих случаях функция `filter` возвращает ленивый объект-последовательность, который нужно вычислить, чтобы увидеть результат. В иной ситуации в программе можетиться процесс, который потребляет по одному элементу за один раз. В этом случае в него можно подавать по одному элементу, вызывая встроенную функцию `next`.

```
>>> next(filter)
2
>>> next(filter)
4
...
...
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Для предотвращения выхода за пределы ленивой последовательности необходимо отслеживать возникновение ошибки `StopIteration`. Например,

```
seq = sequence
try:
    total = next(seq)
except StopIteration:
    return
```

Функция `reduce`

Когда требуется обработать список значений таким образом, чтобы свести процесс к единственному результату, используется функция `reduce`. Функция `reduce` находится в модуле `functools` стандартной библиотеки. Чтобы показать, как она работает, приведем ее целиком.

```
def reduce(fn, seq, initializer=None):
    it = iter(seq)
    value = next(it) if initializer is None else initializer
    for element in it:
        value = fn(value, element)
    return value
```

Вот общий формат функции `reduce`:

```
reduce(функция, последовательность, инициализатор)
```

В данном формате функция — это ссылка на редуцирующую функцию, ею может быть стандартная функция либо лямбда-функция, последовательность — это итерируемая последовательность, т. е. список, кортеж, диапазон или строковые данные, инициализатор — это параметрическая переменная, которая получает начальное значение для накопителя. Начальным значением может быть значение любого примитивного типа данных либо мутирующий объект — список, кортеж и т. д. Начальное значение инициирует накапливающую переменную, которая до своего возвращения будет обновляться редуцирующей функцией по каждому элементу в списке.

Переданная при вызове функция вызывается в цикле для каждого элемента последовательности. Например, функция `reduce` может применяться для суммирования числовых значений в списке. Скажем, вот так:

```
>>> seq = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
>>> get_sum = lambda a, b: a + b
>>> summed_numbers = reduce(get_sum, seq)
>>> summed_numbers
45
```

Вот еще один пример. Если `sentences` — это список предложений, и требуется подсчитать общее количество слов в этих предложениях, то можно написать, как показано в приведенном ниже интерактивном сеансе:

```
>>> sentences = ["Варкалось.",
>>> ...           "Хливкие шорьки пырялись по наве, и",
>>> ...           "хрюкотали зелюки, как мюмзики в мове."]

```

```
>>> wsum = lambda acc, sentence: acc + len(sentence.split())
>>> number_of_words = reduce(wsum, sentences, 0)
>>> number_of_words
13
```

В лямбда-функции, на которую ссылается переменная `wsum`, строковый метод `split()` разбивает предложение на список слов, функция `len` подсчитывает количество элементов в получившемся списке и прибавляет его в накапливающую переменную.

В чем преимущества функций более высокого порядка?

- ◆ Они нередко состоят из одной строки.
- ◆ Все важные компоненты итерации — объект-последовательность, операция и возвращаемое значение — находятся в одном месте.
- ◆ Программный код в обычном цикле может повлиять на переменные, определенные перед ним или следующие после него. По определению функции более высокого порядка не имеют побочных эффектов.
- ◆ Они представляют собой элементарные операции. Глядя на цикл `for`, нужно построчно отслеживать его логику. При этом в качестве опоры для создания своего понимания программного кода приходится отталкиваться от нескольких структурных закономерностей. Напротив, функции более высокого порядка одновременно являются строительными блоками, которые могут быть интегрированы в сложные алгоритмы, и элементами, которые читатель кода может мгновенно понять и резюмировать в уме. "Этот код преобразует каждый элемент в новую последовательность. Этот отбрасывает некоторые элементы. А этот объединяет оставшиеся элементы в результат".
- ◆ Они имеют большое количество похожих функций, которые предоставляют возможности, служащие дополнением к их основному поведению. Например, `any`, `all` или собственные их версии.

Приведем еще пару полезных функций.

Функция `zip`

Встроенная функция `zip` объединяет отдельные элементы из каждой последовательности в кортежи, т. е. она возвращает итерируемую последовательность, состоящую из кортежей. Вот общий формат функции `zip`:

```
zip(последовательность, последовательность, ...)
```

В данном формате `последовательность` — это итерируемая последовательность, т. е. список, кортеж, диапазон или строковые данные. Функция `zip` возвращает ленивый объект-последовательность, который нужно вычислить, чтобы увидеть результат. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> x = 'абв'
>>> y = 'эюя'
>>> zipped = zip(x, y)
>>> list(zipped)
[('а', 'э'), ('б', 'ю'), ('в', 'я')]
```

В сочетании с оператором `*` эта функция используется для распаковки объединенной последовательности (в виде пар, троек и т. д.) в отдельные кортежи. Приведенный ниже интерактивный сеанс это демонстрирует:

```
>>> x2, y2 = zip(*zip(x, y))
>>> x2
('а', 'б', 'в')
>>> y2
('э', 'ю', 'я')
>>> x == ''.join(x2) and y == ''.join(y2)
True
```

Функция `enumerate`

Встроенная функция `enumerate` возвращает индекс элемента и сам элемент последовательности в качестве кортежа. Вот общий формат функции `enumerate`:

```
enumerate(последовательность)
```

В данном формате `последовательность` — это итерируемая последовательность, т. е. список, кортеж, диапазон или строковые данные. Функция `enumerate` возвращает ленивый объект-последовательность, который нужно вычислить, чтобы увидеть результат.

Например, в приведенном ниже интерактивном сеансе показано применение этой функции к списку букв. В результате ее выполнения будет получена ленивая последовательность со списком кортежей, где каждый кортеж представляет собой индекс и значение буквы.

```
1 >>> lazy = enumerate(['а', 'б', 'в'])
2 >>> list(lazy)
3 [(0, 'а'), (1, 'б'), (2, 'в')]
```

В строке 2 применена функция `list`, которая преобразует ленивую последовательность в список. Функция `enumerate` также позволяет применять заданную функцию к каждому элементу последовательности с учетом индекса:

```
1 >>> convert = lambda tup: tup[1].upper() + str(tup[0])
2 >>> lazy = map(convert, enumerate(['а', 'б', 'в']))
3 >>> list(lazy)
4 ['А0', 'Б1', 'В2']
```

Функция `convert` в строке 1 переводит строковое значение второго элемента кортежа в верхний регистр и присоединяет к нему преобразованное в строковый тип значение первого элемента. Здесь `tup` — это кортеж, в котором `tup[0]` — это индекс элемента, `tup[1]` — строковое значение элемента.

14.3

Включение в последовательность

Операции отображения и фильтрации встречаются так часто, что во многих языках программирования предлагаются способы написания этих выражений в более простых формах. Например, в языке Python возвести список чисел в квадрат можно следующим образом:

```
squared_numbers = [x*x for x in numbers]
```

Python поддерживает концепцию под названием "включение в последовательность" (от англ. *comprehension*, в информатике эта операция также называется генератором последовательности или описанием последовательности), которая суть изящный способ преобразования

одной последовательности в другую. Во время этого процесса элементы могут быть условно включены и преобразованы заданной функцией. Вот один из вариантов общего формата включения в список, или *спискового включения*:

[выражение for переменная in список if выражение2]

В данном общем формате *выражение* — это выражение или функция с участием переменной, которые возвращают значение, *переменная* — это элемент последовательности, *список* — это обрабатываемый список, и *выражение2* — это логическое выражение или предикативная функция с участием переменной. Для того чтобы все стало понятно, приведем простой пример возвведения списка в квадрат без условия:

```
>>> numbers = [1, 2, 3, 4, 5]
>>> squared_numbers = [x*x for x in numbers]
>>> squared_numbers
[1, 4, 9, 16, 25]
```

Приведенное выше списковое включение эквивалентно следующему фрагменту программного кода:

```
>>> squared_numbers = []
>>> for x in numbers:
>>>     squared_numbers.append(x*x)
>>> squared_numbers
[1, 4, 9, 16, 25]
```

Такая форма записи называется *синтаксическим сахаром*, т. е. добавленная синтаксическая конструкция, позволяющая записывать выражения в более простых и кратких формах. Полезное свойство конструкций включения в последовательность состоит еще и в том, что они легко читаются на обычном языке, благодаря чему программный код становится чрезвычайно понятным.

В конструкции включения в последовательность используется математическая запись построения последовательности. Такая запись в теории множеств и логике называется определением интенсионала множества и описывает множество путем определения условия, которое должно выполняться для всех его членов. В сущности, в терминах этих областей науки, выполняя данную операцию в Python, мы "описываем интенсионал" соответственно списку, словарю, множеству и итерируемой последовательности. В табл. 14.1 приведены примеры.

Таблица 14.1. Формы описания интенсионала

| Выражение | Описание |
|---------------------------|---|
| [x*x for x in numbers] | Описание списка |
| {x:x*x for x in numbers} | Описание словаря |
| {x*x for x in numbers} | Описание множества |
| set(x*x for x in numbers) | |
| (x*x for x in numbers) | Описание последовательности. Такая форма записи создает генератор последовательности. Генератор — это объект, который можно последовательно обойти (обычно при помощи инструкции <code>for</code>), но чьи значения предоставляются только тогда, когда они требуются, с помощью ленивого вычисления |

Отметим, что приведенные в таблице выражения (за исключением описания словаря) отличаются только ограничивающими символами: квадратные скобки применяются для описания списка, фигурные скобки — для описания словаря или множества и круглые скобки — для описания итерируемой последовательности.

Таким образом, примеры из разделов о функциях `map` и `filter` легко можно переписать с использованием включения в последовательность. Например, в строке 3 приведенного ниже интерактивного сеанса вместо функции `map` применено списковое включение:

```
1 >>> seq = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
2 >>> seq2 = (5, 6, 7, 8, 9, 0, 3, 2, 1)
3 >>> result = [x + y for x, y in zip(seq, seq2)]
4 >>> result
5 [6, 8, 10, 12, 14, 6, 10, 10, 10]
```

Обратите внимание на квадратные скобки в определении — они сигнализируют, что в результате этой операции будет создан список. Также стоит обратить внимание, что при использовании в данной конструкции нескольких последовательностей применяется встроенная функция `zip`, которая в данном случае объединяет соответствующие элементы каждой последовательности в двухэлементные кортежи. (Если бы последовательностей было три, то они объединялись бы в кортежи из трех элементов и т. д.)

Списковое включение применено и в приведенном ниже примере вместо функции `filter`:

```
>>> result = [x for x in seq if is_even(x)]
>>> result
[2, 4, 6, 8]
```

Квадратные скобки в определении сигнализируют, что в результате этой операции будет создан список. Какой способ обработки последовательностей применять — с использованием функций более высокого порядка или включений, зачастую является предметом личных предпочтений.

14.4

Замыкание

Функции более высокого порядка не только получают функции на входе, но и могут порождать новые функции на выходе. Кроме того, они в состоянии запоминать значения из своего лексического контекста, даже когда поток управления программы больше не находится в этом контексте. Это называется *лексическим замыканием*, или просто *замыканием*. Функция, имеющая замыкание, может "запоминать" и получать доступ к среде вложенных в нее значений.

Используя замыкания, можно разделить исполнение функции со многими аргументами на большее количество шагов. Эта операция называется *каррингом*. *Карринг* (или каррирование, currying) — это преобразование функции многих аргументов в функцию, берущую свои аргументы по одному. Например, предположим, ваш программный код имеет приведенную ниже стандартную функцию `adder`:

```
def adder(n, m):
    return n + m
```

Для того чтобы сделать ее каррированной, она должна быть переписана следующим образом:

```
def adder(n):
    def fn(m):
        return n + m
    return fn
```

Это же самое можно выразить при помощи лямбда-функций:

```
adder = lambda n: lambda m: n + m
```

Обратите внимание, что в последнем примере используются две вложенные лямбда-функции, каждая из которых принимает всего один аргумент. В такой записи функция `adder` теперь может быть вызвана всего с одним аргументом. Выражение `adder(3)` возвращает не число, а новую, *каррированную функцию*. Во время вызова функции `adder` со значением 3 в качестве первого аргумента ссылка на значение 3 запоминается в каррированной функции. А дальше происходит следующее:

```
>>> sum_three = adder(3)
>>> sum_three
<function __main__.<lambda>.<locals>.<lambda>>
>>> sum_three(1)
4
```

В приведенном выше примере каррированная функция `adder(3)` присваивается переменной `sum_three`, которая теперь на нее ссылается. Если вызвать функцию `sum_three`, передав ей второй аргумент, то она вернет результат сложения двух аргументов 3 и 1.

Замыкания также используются для генерирования набора связанных функций по шаблону. Использование шаблона функции помогает делать программный код более читаемым и избегать дублирования. Давайте посмотрим на приведенный ниже пример:

```
def power_generator(base):
    return lambda x: pow(x, base)
```

Функция `power_generator` может применяться для генерации разных функций, которые вычисляют степень:

```
>>> square = power_generator(2)  # функция возведения в квадрат
>>> square(2)
4
>>> cube = power_generator(3)    # функция возведения в куб
>>> cube(2)
8
```

Отметим, что функции `square` и `cube` сохраняют значение переменной `base`. Эта переменная существовала только в среде `power_generator`, несмотря на то, что эти возвращенные функции абсолютно независимы от функции `power_generator`. Напомним еще раз: замыкание — это функция, которая имеет доступ к некоторым переменным за пределами собственной среды.

Замыкания могут также использоваться для управления внутренним состоянием функции. Давайте предположим, что требуется функция, которая накапливает сумму всех чисел, кото-

рые ей предоставляются. Один из способов это сделать состоит в использовании глобальной переменной:

```
COUNT = 0
def count_add(x):
    global COUNT
    COUNT += x
    return COUNT
```

Как мы убедились, применения глобальных переменных следует избегать, потому что они загрязняют пространство имен программы. Более чистый подход состоит в использовании замыкания, чтобы включить ссылку на накапливающую переменную:

```
def make_adder():
    n = 0
    def fn(x):
        nonlocal n
        n += x
        return n
    return fn
```

Такой подход позволяет создавать несколько счетчиков без применения глобальных переменных. Обратите внимание, что в этом примере использовано ключевое слово `nonlocal`, которое объявляет, что переменная `n` не является локальной для вложенной функции `fn`. В приведенном ниже интерактивном сеансе показано, как это работает:

```
>>> my_adder = make_adder()
>>> print(my_adder(5))      # напечатает 5
>>> print(my_adder(2))      # напечатает 7 (5 + 2)
>>> print(my_adder(3))      # напечатает 10 (5 + 2 + 3)
5
7
10
```

Некоторые языки программирования строго функциональны; весь код эквивалентен чистым математическим функциям. Эти языки заходят настолько далеко, что являются вневременными, причем порядок операторов в программном коде не вмешивается в поведение кода. В этих языках все присвоенные переменным значения могут изменяться, т. е. мутировать. Программисты называют это *однократным присваиванием*. Поскольку состояние программы отсутствует, то и нет момента времени, когда переменная может измениться. Вычисления в строгой функциональной парадигме просто сводятся к вычислению функций и сопоставлению с шаблоном.

14.5

Функциональное ядро программы на основе конвейера

Функциональный стиль программирования очень близок к тому, как размышляет человек во время решения задачи. "Пусть дано x . Для того чтобы решить задачу, необходимо выполнить с этими данными серию преобразований. Сначала применить к ним функцию f и получить результирующие данные x' . Затем применить к новым данным другую функцию, $f2$, и получить новые результирующие данные x'' и т. д."

Как оказалось, такой образ мыслей отлично укладывается в то, что называется *конвейером обработки данных*. Конвейер обработки данных состоит из связанных между собой узлов, т. е. функций. Узел характеризуется набором входных и выходных каналов, по которым могут передаваться объекты. Узел ожидает появления определенного набора объектов на своем входном канале, после чего проводит вычисления и порождает объект (объекты) на своем выходном канале, которые передаются в следующий узел в конвейере.

В функциональных языках конвейеры находят широкое применение, и для их реализации даже существуют специальные синтаксические конструкции. Вот как выглядит конвейер в языке F#:

```
2
|> ( fun x -> x + 5)
|> ( fun x -> x * x)
|> ( fun x -> x.ToString() )
```

Здесь входные данные, в нашем случае число 2, последовательно обрабатываются серией лямбда-функций. Аналогичный конвейер можно реализовать на языке Python, но для этого нужно написать специальную функцию, и, разумеется, это будет функция более высокого порядка:

```
# Конвейер обработки данных

def pipe(data, *fseq):
    for fn in fseq:
        data = fn(data)
    return data
```

Приведенный ниже пример демонстрирует работу конвейера:

```
pipe(2,
      lambda x: x + 5,
      lambda x: x * x,
      lambda x: str(x))
```

Число 2 проходит серию преобразований, и в результате будет получено строковое значение '49'. По сравнению с функцией `reduce`, в которой переданная в качестве аргумента единственная редуцирующая функция по очереди применяется к последовательности данных, в функции `pipe`, наоборот, последовательность функций применяется к обновляемым данным.

Функция `pipe` получает два аргумента: входные данные `data` и последовательность функций `fseq`. Во время первой итерации цикла `for` данные передаются в первую функцию из последовательности. Эта функция обрабатывает данные и возвращает результат, замещая переменную `data` новыми данными. Затем эти новые данные отправляются во вторую функцию и т. д. до тех пор, пока не будут выполнены все функции последовательности. По завершению своей работы функция `pipe` возвращает итоговые данные. Это и есть конвейер обработки данных.

ПРИМЕЧАНИЕ

В приведенном выше примере функции `pipe` использован оператор *упаковки* `*`. В зависимости от контекста оператор `*` служит для упаковки получаемых нескольких аргументов в одну параметрическую переменную либо распаковки списка передаваемых в функцию аргументов.



Когда он используется в параметре функции, как в приведенном выше примере, он служит для упаковки всех аргументов в одну параметрическую переменную. Например,

```
def my_sum(*args): # Упаковка в список
    return sum(args)
```

```
my_sum(1, 2, 3, 4, 5)
```

Когда он используется при вызове функции, он служит для разложения передаваемого списка на отдельные аргументы. Например,

```
def fun(a, b, c, d):
    print(a, b, c, d)

my_list = [1, 2, 3, 4]
fun(*my_list) # Разложение на четыре аргумента
```

В следующих рубриках *"В центре внимания"* будут рассмотрены примеры использования конвейера обработки данных на основе функциональной парадигмы программирования.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Функциональная реализация вычисления факториала числа

В главе 12, посвященной рекурсии, была приведена рекурсивная реализация алгоритма нахождения факториала числа. В приведенном далее примере показана нерекурсивная версия алгоритма вычисления факториала (`factorial`) и его рекурсивная версия на основе более эффективной хвостовой рекурсии (`factorial_rec`). Детали реализации обеих функций в данном случае не важны. Они приводятся в качестве примеров, на которых будет продемонстрирована работа конвейера обработки данных. Результат выполнения программы показан ниже.

Программа 14.1 (factorial_functional.py)

```
1 # Эта программа демонстрирует
2 # функциональную версию функции factorial из главы 12
3
4 def main():
5     # Конвейер (ядро с нерекурсивным алгоритмом факториала)
6     pipe(int(input('Введите неотрицательное целое число: ')),
7          lambda n: (n, reduce(lambda x, y: x * y, range(1, n + 1))),
8          lambda tup:
9              print(f'Факториал числа {tup[0]} равняется {tup[1]}'))
```



```
# Вызвать главную функцию
main()
```

Вывод программы

Введите неотрицательное целое число: 4 (Enter)

Факториал числа 4 равняется 24

В строке 8 лямбда-функция в последнем узле конвейера получает кортеж, состоящий из введенного пользователем числа и полученного результата.

В приведенную ниже расширенную версию программы вычисления факториала добавлена валидация входных данных, и алгоритмы выделены в отдельные функции. Чуть позже будет дано пояснение.

Программа 14.2 (factorial_functional2.py)

```

1 # Эта программа демонстрирует
2 # функциональную версию функции factorial из главы 12
3
4 def get_int(msg=''):
5     return int(input(msg))
6
7 def main():
8     # Алгоритм 1. Рекурсивная версия с хвостовой рекурсией
9     def factorial_rec(n):
10         fn = lambda n, acc=1: acc if n == 0 else fn(n - 1, acc * n)
11         return n, fn(n)
12
13     # Алгоритм 2. Нерекурсивная версия
14     def factorial(n):
15         return n, reduce(lambda x, y: x * y, range(1, n + 1))
16
17     # Ввод данных
18     def indata():
19         def validate(n): # Валидация входных данных
20             if not isinstance(n, int):
21                 raise TypeError("Число должно быть целым.")
22             if not n >= 0:
23                 raise ValueError("Число должно быть >= 0.")
24             return n
25         msg = 'Введите неотрицательное целое число: '
26         return pipe(get_int(msg), validate)
27
28     # Вывод данных
29     def outdata():
30         def fn(data):
31             n, fact = data
32             print(f'Факториал числа {n} равняется {fact}')
33         return fn
34
35     # Конвейер (функциональное ядро)
36     pipe(indata(),      # вход: -        выход: int
37          factorial,    # вход: int      выход: кортеж
38          outdata())     # вход: кортеж  выход: -
39

```

```
40 # Вызвать главную функцию
41 main()
```

Вывод программы

Введите неотрицательное целое число: 4 (Enter)

Факториал числа 4 равняется 24

Функциональным ядром программы 14.2 являются строки 36–38:

```
pipe(indata(),
      factorial,
      outdata())
```

Они представлены конвейером из трех узлов, т. е. функциями `indata`, `factorial` и `outdata`. Функция `indata` занимается получением данных от пользователя, которые затем передаются по конвейеру дальше. Функция `factorial` является собственно обрабатывающим алгоритмом, в данном случае нерекурсивной функцией вычисления факториала, которая получает данные, их обрабатывает и передает по конвейеру дальше. И функция `outdata` получает данные и показывает их пользователю. Обратите внимание, что функция `indata` имеет собственный конвейер, который состоит из получения данных от пользователя и их валидации.

Следует отметить два важных момента. Во-первых, передаваемые от узла к узлу данные должны соответствовать какому-то определенному протоколу. Во-вторых, количество узлов может быть любым.

Такая организация программного кода:

- ◆ позволяет менять узлы конвейера на другие с целью тестирования различных и более эффективных реализаций алгоритмов. Например, вместо нерекурсивной функции `factorial` можно поместить рекурсивную функцию `factorial_rec`.

```
pipe(indata(), factorial_rec, outdata())
```

- ◆ облегчает проведение отладки программы, позволяя на каждом стыке вставлять отладочный код с целью проверки промежуточных результатов и тестирования производительности отдельных узлов.

Например, рассмотрим вторую возможность — отладку. В этом случае можно написать вспомогательную функцию `check`:

```
def check(data):
    print(data)
    return data
```

И затем ее вставить в конвейер, чтобы проверить результаты работы отдельных узлов конвейера:

```
pipe(indata(), check, factorial, check, outdata())
```

Если выполнить программу в таком варианте, то будут получены следующие результаты.

Вывод программы

Введите неотрицательное целое число: 4 (Enter)

4

(4, 24)

Факториал числа 4 равняется 24

Как видно из результатов, на вход в функцию `factorial` поступает введенное пользователем значение 4, а на выходе из нее возвращается кортеж с исходным числом и полученным результатом (4, 24). Этот результат показывает, что программа работает, как и ожидалось. Альтернативно вместо проверочной функции можно написать функцию-таймер, которая могла бы хронометрировать отдельные узлы конвейера.



Время выполнения программы: 0.0000000000000002

ПРИМЕЧАНИЕ

В приведенном выше примере в функции `outdata` применен форматированный строковый литерал `f-string`. Python версии 3.6 вводит функционал форматированных строковых литералов, которые предваряются буквой "f". Синтаксис форматирования аналогичен методу форматирования строковых данных методом `str.format()`. Строковое значение содержит одно или несколько полей для замены, встроенных в строковый литерал. Поля, которые нужно заменить, окружены фигурными скобками {}. Фигурные скобки и "код" внутри будут заменены отформатированным значением одного из аргументов. Все остальное, что не содержится в фигурных скобках, будет напечатано без каких-либо изменений. Поля для замены представляют собой выражения, которые вычисляются во время выполнения, а затем форматируются с использованием протокола метода `format()`. Это проще всего понять на конкретном примере:

```
>>> price = 11.23
>>> f"Цена в евро: {price}"
Цена в евро: 9.77
```

Приведем еще пару примеров с аналогичной организацией программного кода на основе функционального ядра в виде конвейера.

В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ



Функциональная реализация вычисления последовательности Фибоначчи

Программа 14.3 (fibonacci_functional.py)

```
# Эта программа демонстрирует
# функциональную версию функции fibonacci из главы 12

def main():
    # Алгоритм
    def fibonacci(n, x=0, y=1):
        # Функция fib возвращает n-е число последовательности.
        fib = lambda n, x=0, y=1: x if n <= 0 else fib(n - 1, y, x + y)
        # Функция reduce собирает результаты в список acc
        acc = []
        reduce(lambda _, y: acc.append(fib(y)), range(n + 1))
        return n, acc
```

```
# Валидация входных данных
def validate(n):
    if not isinstance(n, int):
        raise TypeError("Число должно быть целым.")
    if not n >= 0:
        raise ValueError("Число должно быть нулем или положительным.")
    if n > 10:
        raise ValueError("Число должно быть не больше 10.")
    return n

# Ввод данных
def indata():
    msg = 'Введите неотрицательное целое число не больше 10: '
    return pipe(get_int(msg), validate)

# Вывод данных
def outdata():
    def fn(data):
        n, seq = data
        msg = f'Первые {n} чисел последовательности Фибоначчи: '
        print(msg)
        [print(el) for el in seq]
    return fn

# Конвейер (функциональное ядро)
pipe(indata(), fibonacci, outdata())

# Вызвать главную функцию.
main()
```

Вывод программы

Введите неотрицательное целое число не больше 10: **10** (Enter)

Первые 10 чисел последовательности Фибоначчи:

```
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
```



В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

Функциональная реализация суммирования диапазона значений последовательности

Программа 14.4 (range_sum_functional.py)

```
# Эта программа демонстрирует
# функциональную версию функции range_sum из главы 12

def main():
    # Алгоритм
    def range_sum(data):
        seq, params = data
        fn = lambda start, end: 0 if start > end \
                               else seq[start] + fn(start + 1, end)
        return fn(*params)

    # Ввод данных
    def indata():
        seq = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
        params = (2,5)    # params - это параметры start, end
        return seq, params

    # Вывод данных
    def outdata():
        def f(data):
            msg = 'Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется '
            print(msg, format(data), sep=' ')
        return f

    # Конвейер (функциональное ядро)
    pipe(indata(), range_sum, outdata())

    # Вызвать главную функцию.
main()
```

Вывод программы

Сумма значений со 2 по 5 позицию равняется 18

Приведенный в настоящей главе материал имеет ознакомительный характер и предназначен для того, чтобы продемонстрировать возможности функциональной парадигмы программирования на Python с целью дальнейших самостоятельных исследований и побудить начинающих программистов заняться языком Python углубленно. Вопросы для повторения в настоящей главе отсутствуют, а некоторые расширенные возможности языка Python, такие как мемоизация, ленивые вычисления, генераторы, сопоставление с шаблоном, мультиметоды и прочие темы, не рассмотрены. Основная задача этой главы — познакомить с возможностями Python по работе с функциями, которыми можно манипулировать точно так же, как и любыми другими объектами: присваивать переменным, передавать в качестве аргументов в другие функции, возвращать из функций и включать в последовательности в качестве их элементов.

Скачивание языка Python

Для того чтобы выполнить приведенные в этой книге программы, вам потребуется установить Python 3.0 или более позднюю версию. Вы можете скачать последнюю версию Python по адресу www.python.org/downloads. В этом приложении рассматривается процесс установки Python в операционной системе Windows. Python также доступен для Mac OS X, Linux и некоторых других платформ. Ссылки на скачивание версий Python, предназначенных для этих операционных систем, приводятся на сайте для скачивания Python по адресу www.python.org/downloads.



СОВЕТ

Следует иметь в виду, что существует два семейства языка Python, которые вы можете скачать: Python 3.x и Python 2.x. Программы в этой книге работают только с семейством Python 3.x.

Установка Python 3.x в Windows

Когда вы посетите сайт для скачивания Python по адресу www.python.org/downloads, вам необходимо скачать последнюю из имеющихся версий Python 3.x. На рис. П1.1 показано, как выглядела веб-страница сайта, с которой можно скачать Python, в момент написания этого приложения. Как видно из рисунка, последней версией в это время был Python 3.6.4.

После того как вы скачали установщик Python, следует его запустить. На рис. П1.2 представлен установщик Python 3.6.4. Настоятельно рекомендуем поставить флажки напротив обеих опций внизу экрана: **Install launcher for all users** (Установить средство запуска для всех пользователей) и **Add Python 3.x to PATH** (Добавить Python 3.x в системный путь). Сделав это, щелкните по ссылке **Install Now** (Установить сейчас).

Появится сообщение "Do you want to allow this app to make changes to your device?" (Хотите разрешить этому приложению внести изменения в ваше устройство?) Нажмите кнопку Да, чтобы продолжить установку. Когда процесс установки завершится, вы увидите сообщение "Installation was successful." (Установка завершилась успешно). Нажмите на кнопке закрытия окна для выхода из установщика.

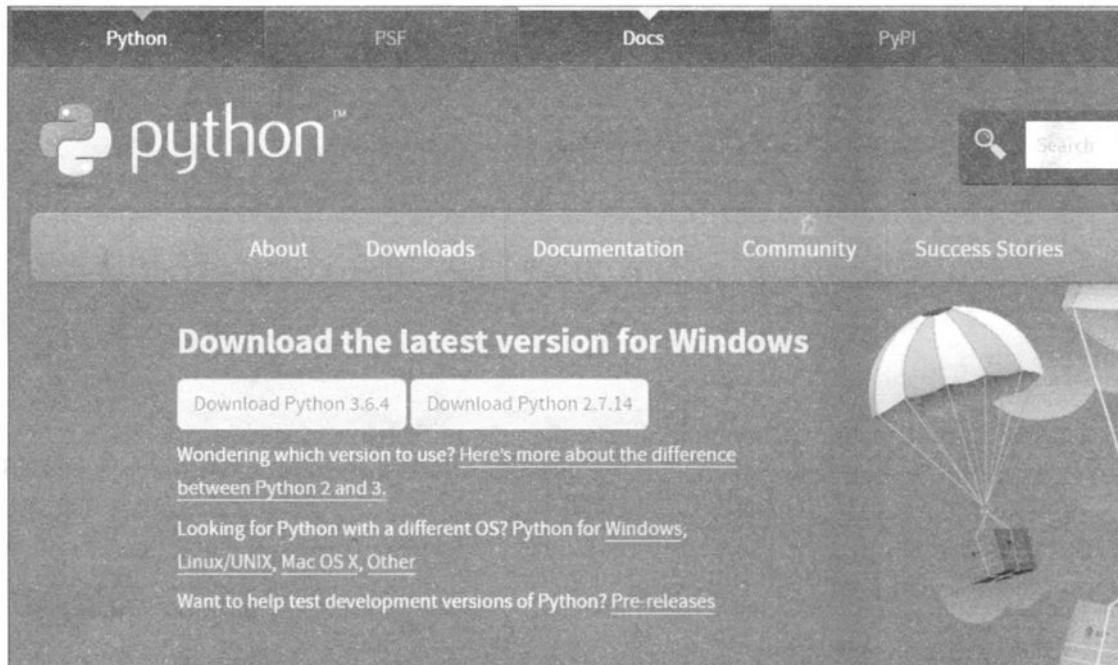


РИС. П1.1. Скачайте последнюю версию языка Python



РИС. П1.2. Установщик Python



Видеозапись "Введение в среду IDLE" (*Introduction to IDLE*)

IDLE (Integrated Development Environment) — это интегрированная среда разработки, которая сочетает в одной программе несколько инструментов разработки, в том числе:

- ◆ оболочку Python, работающую в интерактивном режиме. Можно набирать инструкции Python напротив подсказки оболочки и сразу же их выполнять. Кроме того, можно выполнять законченные программы Python;
- ◆ текстовый редактор, который выделяет цветом ключевые слова Python и другие части программ;
- ◆ модуль проверки, который проверяет программу Python на наличие синтаксических ошибок без выполнения программы;
- ◆ средства поиска, которые позволяют находить текст в одном или нескольких файлах;
- ◆ инструменты форматирования текста, которые помогают поддерживать в программе Python единообразные уровни отступов;
- ◆ отладчик, который позволяет выполнять программу Python в пошаговом режиме и следить за изменением значений переменных по ходу исполнения каждой инструкции;
- ◆ несколько других продвинутых инструментов для разработчиков.

Среда IDLE поставляется в комплекте с Python. Во время установки интерпретатора Python среда IDLE устанавливается автоматически. В этом приложении предоставлено краткое введение в среду IDLE и описание основных шагов создания, сохранения и выполнения программы Python.

Запуск среды IDLE и использование оболочки Python

После того как Python был установлен в вашей операционной системе, в списке программ меню **Пуск** операционной системы появится группа программ Python. Один из элементов в группе программ будет озаглавлен **IDLE (Python 3.x 64(32)-bit)**. Для запуска IDLE щелкните по этому элементу, и вы увидите окно оболочки Python 3.x Shell (рис. П2.1). Внутри этого окна интерпретатор Python выполняется в интерактивном режиме. Вверху окна расположена строка меню, которая предоставляет доступ ко всем инструментам IDLE.

Подсказка `>>>` говорит о том, что интерпретатор ожидает от вас ввода инструкции Python. Когда вы набираете инструкцию напротив подсказки `>>>` и нажимаете клавишу `<Enter>`, эта инструкция немедленно исполняется. Например, на рис. П2.2 показано окно оболочки Python после того, как были введены и исполнены три инструкции.

Когда вы набираете начало многострочной инструкции, в частности инструкцию `if` или цикл, каждая последующая строка автоматически располагается с отступом. Нажатие

The screenshot shows the Python 3.6.4 Shell window. The title bar reads "Python 3.6.4 Shell". The menu bar includes File, Edit, Shell, Debug, Options, Window, and Help. The main window displays the Python version information: "Python 3.6.4 (v3.6.4:d48eceb, Dec 19 2017, 06:54:40) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32". Below this, it says "Type 'copyright', 'credits' or 'license()' for more information." A single-line command prompt ">>> |" is visible at the bottom. In the bottom right corner, there is a status bar with "Ln: 3 Col: 4".

РИС. П2.1. Окно оболочки IDLE

The screenshot shows the Python 3.6.4 Shell window. The title bar reads "Python 3.6.4 Shell". The menu bar includes File, Edit, Shell, Debug, Options, Window, and Help. The main window displays the Python version information: "Python 3.6.4 (v3.6.4:d48eceb, Dec 19 2017, 06:54:40) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32". Below this, it says "Type 'copyright', 'credits' or 'license()' for more information.". Several lines of code are entered in the shell:

```

>>> name = 'Долли'
>>> favorite_food = 'спагетти'
>>> print('Меня зовут', name, ', и я обожаю', favorite_food)
Меня зовут Долли , и я обожаю спагетти
>>> |

```

In the bottom right corner, there is a status bar with "Ln: 7 Col: 4".

РИС. П2.2. Инструкции, исполненные интерпретатором Python

The screenshot shows the Python 3.6.4 Shell window. The title bar reads "Python 3.6.4 Shell". The menu bar includes File, Edit, Shell, Debug, Options, Window, and Help. The main window displays the Python version information: "Python 3.6.4 (v3.6.4:d48eceb, Dec 19 2017, 06:54:40) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32". Below this, it says "Type 'copyright', 'credits' or 'license()' for more information.". A multi-line for loop is entered in the shell:

```

>>> for x in range(10):
    print(x, end=' ')

```

The output of the loop, "0123456789", is displayed below the loop definition. In the bottom right corner, there is a status bar with "Ln: 8 Col: 4".

РИС. П2.3. Многострочная инструкция, исполненная интерпретатором Python

клавиши <Enter> на пустой строке обозначает конец многострочной инструкции и приводит к ее исполнению интерпретатором. На рис. П2.3 представлено окно оболочки Python после того, как цикл `for` был введен и выполнен.

Написание программы Python в редакторе IDLE

Для того чтобы написать новую программу Python в среде IDLE, следует открыть новое окно редактирования. Для этого в меню **File** (Файл) нужно выбрать команду **New File** (Новый файл) — рис. П2.4. (Как вариант, можно нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<N>.) Будет открыто окно редактирования текста (рис. П2.5).



РИС. П2.4. Меню File

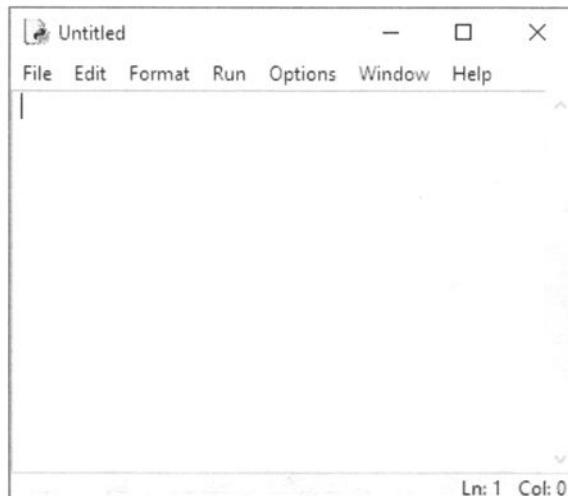


РИС. П2.5. Окно текстового редактора

Для того чтобы открыть уже существующую программу, в меню **File** (Файл) выберите команду **Open** (Открыть). Перейдите в место расположения файла, выберите этот файл, и он будет открыт в окне редактора.

Цветная разметка

Программный код, вводимый в окне редактора, а также в окне оболочки Python, выделяется цветом следующим образом:

- ◆ ключевые слова Python выводятся в оранжевом цвете;
- ◆ комментарии — в красном цвете;
- ◆ строковые литералы — в зеленом цвете;
- ◆ определенные в программе имена, такие как имена функций и классов, — в синем цвете;
- ◆ встроенные функции — в фиолетовом цвете.



СОВЕТ

Вы можете изменить настройки выделения цветом в среде IDLE, выбрав в меню **Options** (Параметры) команду **Configure IDLE** (Сконфигурировать среду IDLE). В появившемся диалоговом окне перейдите на вкладку **Highlights** (Выделение цветом) и задайте цвета для каждого элемента программы Python.

Автоматическое выделение отступом

Редактор IDLE имеет функциональные возможности, которые помогают поддерживать в своих программах Python единообразное выделение отступами. Пожалуй, самой полезной из этих функциональных возможностей является автоматическое выделение отступом. Когда вы набираете строку, которая заканчивается двоеточием, в частности выражение `if`, первую строку цикла или заголовок функции и затем нажимаете клавишу `<Enter>`, редактор автоматически выделяет отступом строки, которые вы набираете потом. Например, предположим, что вы набираете фрагмент кода (рис. П2.6). После того как вы нажмете клавишу `<Enter>`

```

Untitled - Python 3.8.5 (tags/v3.8.5:580fbb0, Jul 29 2020, 15:53:45)
[PyQt5: 500x375]
File Edit Format Run Options Window Help
# Эта программа демонстрирует применение
# функции range вместе с циклом for
def main():
    # Намечатать сообщение пять раз
    for x in range(5):
        print('Привет, мир!')

    # Вызвать главную функцию
main()
Ln: 11 Col: 0

```

РИС. П2.6. Строки, которые вызывают автоматическое добавление отступов

в конце строки, помеченной ①, редактор автоматически расположит с отступом строки, которые вы будете набирать потом. Далее, после того как вы нажмете клавишу <Enter> в конце строки, помеченной ②, редактор снова добавит отступ. Нажатие клавиши <Backspace> в начале выделенной отступом строки отменяет один уровень выделения отступом.

По умолчанию в среде IDLE для каждого уровня выделения отступом в качестве отступа используются четыре пробела. Количество пробелов можно изменить, выбрав в меню **Options** команду **Configure IDLE**. Перейдите на вкладку **Fonts/Tabs** (Шрифты/Отступы) появившегося диалогового окна, и вы увидите панель ползунка, который позволяет изменить количество пробелов, используемых в качестве ширины отступа. Однако поскольку в Python четыре пробела являются стандартной шириной отступа, рекомендуется все же оставить текущую настройку.

Сохранение программы

В окне редактора можно сохранить текущую программу путем выбора соответствующей команды из меню **File**:

- ◆ **Save** (Сохранить);
- ◆ **Save As** (Сохранить как);
- ◆ **Save Copy As** (Сохранить копию как).

Команды **Save** и **Save As** работают так же, как и в любом приложении Windows. Команда **Save Copy As** работает как **Save As**, но оставляет исходную программу в окне редактора.

Выполнение программы

После того как программа набрана в редакторе, ее можно выполнить, нажав клавишу <F5> или выбрав в меню **Run** (Выполнить) команду **Run Module** (Выполнить модуль) — рис. П2.7. Если после последнего внесения изменения в исходный код программа не была сохранена, появится диалоговое окно (рис. П2.8). Нажмите кнопку **OK**, чтобы сохранить программу. Во время выполнения программы вы увидите, что ее результаты будут выведены в окно оболочки Python IDLE (рис. П2.9).

```
# Эта программа: Python Shell
# Функция range
def main():
    # Намечатать сообщение пять раз
    for x in range(5):
        print('Привет, мир!')
    # Вызвать главную функцию
main()
```

РИС. П2.7. Меню Run окна редактора

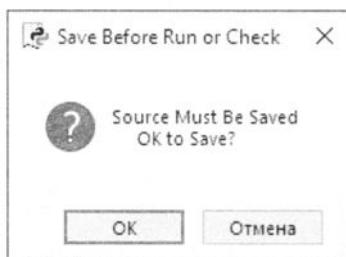


РИС. П2.8. Диалоговое окно подтверждения сохранения



Python 3.6.4 Shell

File Edit Shell Debug Options Window Help

```
Python 3.6.4 (v3.6.4:d48eceb, Dec 19 2017, 06:54:40) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
=====
RESTART: C:/Python36/testtt.py =====
=====
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
Привет, мир!
>>> |
```

Ln: 10 Col: 4

РИС. П2.9. Результаты в окне оболочки Python

При выполнении программы, содержащей синтаксическую ошибку, вы увидите диалоговое окно (рис. П2.10). После нажатия на кнопке **OK** редактор выделит цветом местоположение ошибки в программном коде. Если вы захотите проверить синтаксис программы, не пытаясь ее выполнить, то в меню **Run** (Выполнить) выберите команду **Check Module** (Проверить модуль). В результате при обнаружении любой синтаксической ошибки будет выведено соответствующее сообщение.

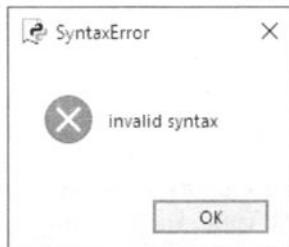


РИС. П2.10. Диалоговое окно с сообщением о синтаксической ошибке

Другие ресурсы

В этом приложении был предоставлен лишь краткий обзор применения среды IDLE для создания, хранения и выполнения программ. Среда IDLE предлагает множество других расширенных функциональных возможностей. Для того чтобы узнать о них, обратитесь к официальной документации IDLE по адресу www.python.org/idle.

В табл. П3.1 перечислен набор символов ASCII (стандартный американский код обмена информацией), который совпадает с первыми 127 кодами символов Юникода. Эта группа кодов называется *латинским подмножеством Юникода*. Столбцы "Код" показывают коды символов, столбцы "Символ" — соответствующие символы. Например, код 65 представляет английскую букву А. Обратите внимание, что коды от 0 до 31 и код 127 представляют управляющие символы, которые не отображаются на экране и при печати на принтере.

Таблица П3.1

| Код | Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код | Символ | Код | Символ |
|-----|--------|-----|----------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 0 | NUL | 26 | SUB | 52 | 4 | 78 | N | 104 | h |
| 1 | SOH | 27 | ESC | 53 | 5 | 79 | O | 105 | i |
| 2 | STX | 28 | FS | 54 | 6 | 80 | P | 106 | j |
| 3 | ETX | 29 | GS | 55 | 7 | 81 | Q | 107 | k |
| 4 | EOT | 30 | RS | 56 | 8 | 82 | R | 108 | l |
| 5 | ENQ | 31 | US | 57 | 9 | 83 | S | 109 | m |
| 6 | ACK | 32 | (Пробел) | 58 | : | 84 | T | 110 | n |
| 7 | BEL | 33 | ! | 59 | ; | 85 | U | 111 | o |
| 8 | BS | 34 | " | 60 | < | 86 | V | 112 | p |
| 9 | HT | 35 | # | 61 | = | 87 | W | 113 | q |
| 10 | LF | 36 | \$ | 62 | > | 88 | X | 114 | г |
| 11 | VT | 37 | % | 63 | ? | 89 | Y | 115 | с |
| 12 | FF | 38 | & | 64 | @ | 90 | Z | 116 | т |
| 13 | CR | 39 | ' | 65 | А | 91 | [| 117 | у |
| 14 | SO | 40 | (| 66 | Б | 92 | \ | 118 | в |
| 15 | SI | 41 |) | 67 | С | 93 |] | 119 | w |
| 16 | DLE | 42 | * | 68 | Д | 94 | ^ | 120 | х |
| 17 | DC1 | 43 | + | 69 | Е | 95 | - | 121 | у |
| 18 | DC2 | 44 | , | 70 | Ғ | 96 | ' | 122 | з |
| 19 | DC3 | 45 | - | 71 | Г | 97 | а | 123 | { |
| 20 | DC4 | 46 | . | 72 | Ҳ | 98 | б | 124 | |
| 21 | NAK | 47 | / | 73 | Ӣ | 99 | с | 125 | } |
| 22 | SYN | 48 | 0 | 74 | Ҷ | 100 | д | 126 | ~ |
| 23 | ETB | 49 | 1 | 75 | Ҹ | 101 | е | 127 | DEL |
| 24 | CAN | 50 | 2 | 76 | Ҿ | 102 | ф | | |
| 25 | EM | 51 | 3 | 77 | ҿ | 103 | г | | |

Предопределенные именованные цвета

В табл. П4.1 перечислены предопределенные названия цветов, которые могут использоваться с библиотекой черепашьей графики, пакетами `matplotlib` и `tkinter`.

Таблица П4.1

| | | |
|---------------------|---------------------|--------------------------|
| 'snow' | 'ghost white' | 'white smoke' |
| 'gainsboro' | 'floral white' | 'old lace' |
| 'linen' | 'antique white' | 'papaya whip' |
| 'blanched almond' | 'bisque' | 'peach puff' |
| 'navajo white' | 'lemon chiffon' | 'mint cream' |
| 'azure' | 'alice blue' | 'lavender' |
| 'lavender blush' | 'misty rose' | 'dark slate gray' |
| 'dim gray' | 'slate gray' | 'light slate gray' |
| 'gray' | 'light grey' | 'midnight blue' |
| 'navy' | 'cornflower blue' | 'dark slate blue' |
| 'slate blue' | 'medium slate blue' | 'light slate blue' |
| 'medium blue' | 'royal blue' | 'blue' |
| 'dodger blue' | 'deep sky blue' | 'sky blue' |
| 'light sky blue' | 'steel blue' | 'light steel blue' |
| 'light blue' | 'powder blue' | 'pale turquoise' |
| 'dark turquoise' | 'medium turquoise' | 'turquoise' |
| 'cyan' | 'light cyan' | 'cadet blue' |
| 'medium aquamarine' | 'aquamarine' | 'dark green' |
| 'dark olive green' | 'dark sea green' | 'sea green' |
| 'medium sea green' | 'light sea green' | 'pale green' |
| 'spring green' | 'lawn green' | 'medium spring green' |
| 'green yellow' | 'lime green' | 'yellow green' |
| 'forest green' | 'olive drab' | 'dark khaki' |
| 'khaki' | 'pale goldenrod' | 'light goldenrod yellow' |
| 'light yellow' | 'yellow' | 'gold' |

Таблица П4.1 (продолжение)

| | | |
|-------------------|------------------|---------------------|
| 'light goldenrod' | 'goldenrod' | 'dark goldenrod' |
| 'rosy brown' | 'indian red' | 'saddle brown' |
| 'sandy brown' | 'dark salmon' | 'salmon' |
| 'light salmon' | 'orange' | 'dark orange' |
| 'coral' | 'light coral' | 'tomato' |
| 'orange red' | 'red' | 'hot pink' |
| 'deep pink' | 'pink' | 'light pink' |
| 'pale violet red' | 'maroon' | 'medium violet red' |
| 'violet red' | 'medium orchid' | 'dark orchid' |
| 'dark violet' | 'blue violet' | 'purple' |
| 'medium purple' | 'thistle' | 'snow2' |
| 'snow3' | 'snow4' | 'seashell12' |
| 'seashell3' | 'seashell4' | 'AntiqueWhite1' |
| 'AntiqueWhite2' | 'AntiqueWhite3' | 'AntiqueWhite4' |
| 'bisque2' | 'bisque3' | 'bisque4' |
| 'PeachPuff2' | 'PeachPuff3' | 'PeachPuff4' |
| 'NavajoWhite2' | 'NavajoWhite3' | 'NavajoWhite4' |
| 'LemonChiffon2' | 'LemonChiffon3' | 'LemonChiffon4' |
| 'cornsilk2' | 'cornsilk3' | 'cornsilk4' |
| 'ivory2' | 'ivory3' | 'ivory4' |
| 'honeydew2' | 'honeydew3' | 'honeydew4' |
| 'LavenderBlush2' | 'LavenderBlush3' | 'LavenderBlush4' |
| 'MistyRose2' | 'MistyRose3' | 'MistyRose4' |
| 'azure2' | 'azure3' | 'azure4' |
| 'SlateBlue1' | 'SlateBlue2' | 'SlateBlue3' |
| 'SlateBlue4' | 'RoyalBlue1' | 'RoyalBlue2' |
| 'RoyalBlue3' | 'RoyalBlue4' | 'blue2' |
| 'blue4' | 'DodgerBlue2' | 'DodgerBlue3' |
| 'DodgerBlue4' | 'SteelBlue1' | 'SteelBlue2' |
| 'SteelBlue3' | 'SteelBlue4' | 'DeepSkyBlue2' |
| 'DeepSkyBlue3' | 'DeepSkyBlue4' | 'SkyBlue1' |
| 'SkyBlue2' | 'SkyBlue3' | 'SkyBlue4' |
| 'LightSkyBlue1' | 'LightSkyBlue2' | 'LightSkyBlue3' |
| 'LightSkyBlue4' | 'SlateGray1' | 'SlateGray2' |
| 'SlateGray3' | 'SlateGray4' | 'LightSteelBlue1' |

Таблица П4.1 (продолжение)

| | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 'LightSteelBlue2' | 'LightSteelBlue3' | 'LightSteelBlue4' |
| 'LightBlue1' | 'LightBlue2' | 'LightBlue3' |
| 'LightBlue4' | 'LightCyan2' | 'LightCyan3' |
| 'LightCyan4' | 'PaleTurquoise1' | 'PaleTurquoise2' |
| 'PaleTurquoise3' | 'PaleTurquoise4' | 'CadetBlue1' |
| 'CadetBlue2' | 'CadetBlue3' | 'CadetBlue4' |
| 'turquoise1' | 'turquoise2' | 'turquoise3' |
| 'turquoise4' | 'cyan2' | 'cyan3' |
| 'cyan4' | 'DarkSlateGray1' | 'DarkSlateGray2' |
| 'DarkSlateGray3' | 'DarkSlateGray4' | 'aquamarine2' |
| 'aquamarine4' | 'DarkSeaGreen1' | 'DarkSeaGreen2' |
| 'DarkSeaGreen3' | 'DarkSeaGreen4' | 'SeaGreen1' |
| 'SeaGreen2' | 'SeaGreen3' | 'PaleGreen1' |
| 'PaleGreen2' | 'PaleGreen3' | 'PaleGreen4' |
| 'SpringGreen2' | 'SpringGreen3' | 'SpringGreen4' |
| 'green2' | 'green3' | 'green4' |
| 'chartreuse2' | 'chartreuse3' | 'chartreuse4' |
| 'OliveDrab1' | 'OliveDrab2' | 'OliveDrab4' |
| 'DarkOliveGreen1' | 'DarkOliveGreen2' | 'DarkOliveGreen3' |
| 'DarkOliveGreen4' | 'khaki1' | 'khaki2' |
| 'khaki3' | 'khaki4' | 'LightGoldenrod1' |
| 'LightGoldenrod2' | 'LightGoldenrod3' | 'LightGoldenrod4' |
| 'LightYellow2' | 'LightYellow3' | 'LightYellow4' |
| 'yellow2' | 'yellow3' | 'yellow4' |
| 'gold2' | 'gold3' | 'gold4' |
| 'goldenrod1' | 'goldenrod2' | 'goldenrod3' |
| 'goldenrod4' | 'DarkGoldenrod1' | 'DarkGoldenrod2' |
| 'DarkGoldenrod3' | 'DarkGoldenrod4' | 'RosyBrown1' |
| 'RosyBrown2' | 'RosyBrown3' | 'RosyBrown4' |
| 'IndianRed1' | 'IndianRed2' | 'IndianRed3' |
| 'IndianRed4' | 'sienna1' | 'sienna2' |
| 'sienna3' | 'sienna4' | 'burlywood1' |
| 'burlywood2' | 'burlywood3' | 'burlywood4' |
| 'wheat1' | 'wheat2' | 'wheat3' |
| 'wheat4' | 'tan1' | 'tan2' |

Таблица П4.1 (продолжение)

| | | |
|------------------|------------------|------------------|
| 'tan4' | 'chocolate1' | 'chocolate2' |
| 'chocolate3' | 'firebrick1' | 'firebrick2' |
| 'firebrick3' | 'firebrick4' | 'brown1' |
| 'brown2' | 'brown3' | 'brown4' |
| 'salmon1' | 'salmon2' | 'salmon3' |
| 'salmon4' | 'LightSalmon2' | 'LightSalmon3' |
| 'LightSalmon4' | 'orange2' | 'orange3' |
| 'orange4' | 'DarkOrange1' | 'DarkOrange2' |
| 'DarkOrange3' | 'DarkOrange4' | 'corall' |
| 'coral2' | 'coral3' | 'coral4' |
| 'tomato2' | 'tomato3' | 'tomato4' |
| 'OrangeRed2' | 'OrangeRed3' | 'OrangeRed4' |
| 'red2' | 'red3' | 'red4' |
| 'DeepPink2' | 'DeepPink3' | 'DeepPink4' |
| 'HotPink1' | 'HotPink2' | 'HotPink3' |
| 'HotPink4' | 'pink1' | 'pink2' |
| 'pink3' | 'pink4' | 'LightPink1' |
| 'LightPink2' | 'LightPink3' | 'LightPink4' |
| 'PaleVioletRed1' | 'PaleVioletRed2' | 'PaleVioletRed3' |
| 'PaleVioletRed4' | 'maroon1' | 'maroon2' |
| 'maroon3' | 'maroon4' | 'VioletRed1' |
| 'VioletRed2' | 'VioletRed3' | 'VioletRed4' |
| 'magenta2' | 'magenta3' | 'magenta4' |
| 'orchid1' | 'orchid2' | 'orchid3' |
| 'orchid4' | 'plum1' | 'plum2' |
| 'plum3' | 'plum4' | 'MediumOrchid1' |
| 'MediumOrchid2' | 'MediumOrchid3' | 'MediumOrchid4' |
| 'DarkOrchid1' | 'DarkOrchid2' | 'DarkOrchid3' |
| 'DarkOrchid4' | 'purple1' | 'purple2' |
| 'purple3' | 'purple4' | 'MediumPurple1' |
| 'MediumPurple2' | 'MediumPurple3' | 'MediumPurple4' |
| 'thistle1' | 'thistle2' | 'thistle3' |
| 'thistle4' | 'gray1' | 'gray2' |
| 'gray3' | 'gray4' | 'gray5' |
| 'gray6' | 'gray7' | 'gray8' |

Таблица П4.1 (окончание)

| | | |
|----------|----------|----------|
| 'gray9' | 'gray10' | 'gray11' |
| 'gray12' | 'gray13' | 'gray14' |
| 'gray15' | 'gray16' | 'gray17' |
| 'gray18' | 'gray19' | 'gray20' |
| 'gray21' | 'gray22' | 'gray23' |
| 'gray24' | 'gray25' | 'gray26' |
| 'gray27' | 'gray28' | 'gray29' |
| 'gray30' | 'gray31' | 'gray32' |
| 'gray33' | 'gray34' | 'gray35' |
| 'gray36' | 'gray37' | 'gray38' |
| 'gray39' | 'gray40' | 'gray42' |
| 'gray43' | 'gray44' | 'gray45' |
| 'gray46' | 'gray47' | 'gray48' |
| 'gray49' | 'gray50' | 'gray51' |
| 'gray52' | 'gray53' | 'gray54' |
| 'gray55' | 'gray56' | 'gray57' |
| 'gray58' | 'gray59' | 'gray60' |
| 'gray61' | 'gray62' | 'gray63' |
| 'gray64' | 'gray65' | 'gray66' |
| 'gray67' | 'gray68' | 'gray69' |
| 'gray70' | 'gray71' | 'gray72' |
| 'gray73' | 'gray74' | 'gray75' |
| 'gray76' | 'gray77' | 'gray78' |
| 'gray79' | 'gray80' | 'gray81' |
| 'gray82' | 'gray83' | 'gray84' |
| 'gray85' | 'gray86' | 'gray87' |
| 'gray88' | 'gray89' | 'gray90' |
| 'gray91' | 'gray92' | 'gray93' |
| 'gray94' | 'gray95' | 'gray97' |
| 'gray98' | 'gray99' | |

Модуль — это файл с исходным кодом на языке Python, который содержит функции и/или классы. Многие функции в стандартной библиотеке Python хранятся в модулях. Например, математический модуль `math` содержит различные математические функции, а модуль `random` — функции для работы со случайными числами.

Для того чтобы применять функции и/или классы, которые хранятся в модуле, нужно импортировать модуль. Для этого вверху своей программы следует поместить инструкцию `import`. Вот пример инструкции `import`, которая импортирует модуль `math`:

```
import math
```

Эта инструкция приводит к тому, что интерпретатор Python загрузит содержимое модуля `math` в оперативную память, делая функции и/или классы, которые хранятся в модуле `math`, доступными программе. Для того чтобы использовать любой элемент, который находится в модуле, следует использовать *полностью определенное имя* элемента. Это означает, что перед именем элемента надо поставить имя модуля и затем точку. Например, модуль `math` содержит функцию с именем `sqrt`, которая возвращает квадратный корень числа. Для того чтобы вызвать функцию `sqrt`, следует написать имя `math.sqrt`. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует этот пример:

```
>>> import math  
>>> x = math.sqrt(25)  
>>> print(x)  
5.0  
>>>
```

Импортowanie конкретной функции или класса

Ранее показанная форма инструкции `import` загружает все содержимое модуля в оперативную память. Иногда требуется импортировать из модуля только конкретную функцию или класс. В подобном случае можно воспользоваться ключевым словом `from` вместе с инструкцией `import`:

```
from math import sqrt
```

Эта инструкция приводит к импортированию из модуля `math` только функции `sqrt`. Такой подход также позволяет вызывать функцию `sqrt`, не ставя имя модуля перед именем функции. Вот пример:

```
>>> from math import sqrt  
>>> x = sqrt(25)  
>>> print(x)  
5.0  
>>>
```

При использовании этой формы инструкции *import* можно указать имена нескольких элементов, разделенных запятыми. Например, инструкция *import* в следующем ниже интерактивном сеансе импортирует из модуля *math* только функции *sqrt* и *radians*:

```
>>> from math import sqrt, radians
>>> x = sqrt(25)
>>> a = radians(180)
>>> print(x)
5.0
>>> print(a)
3.141592653589793
>>>
```

Импорт с подстановочным символом

Инструкция *import* с подстановочным символом загружает все содержимое модуля. Вот пример:

```
from math import *
```

Разница между этой инструкцией и инструкцией *import math* состоит в том, что инструкция *import* с подстановочным символом не требует использования в модуле полностью определенных имен элементов. Например, вот интерактивный сеанс, который демонстрирует применение инструкции *import* с подстановочным символом:

```
>>> from math import *
>>> x = sqrt(25)
>>> a = radians(180)
>>>
```

А вот интерактивный сеанс, который использует обычную инструкцию *import*:

```
>>> import math
>>> x = math.sqrt(25)
>>> a = math.radians(180)
>>>
```

Как правило, следует избегать использования инструкции *import* с подстановочным символом, потому что она может привести к конфликту имен во время импортирования нескольких модулей. Конфликт имен происходит, когда программа импортирует два модуля, которые имеют функции или классы с одинаковыми именами. Конфликт имен не возникает при использовании полностью определенных имен функций и/или классов модуля.

Использование псевдонимов

Ключевое слово *as* может использоваться для присвоения модулю *псевдонима* во время его импортирования. Вот пример:

```
import math as mt
```

Эта инструкция загружает в оперативную память модуль *math*, присваивая этому модулю псевдоним *mt*. Для того чтобы использовать любой элемент, который находится в модуле, перед именем элемента следует поставить псевдоним и после него точку. Например, для

вызыва функции `sqrt` следует использовать имя `mt.sqrt`. Следующий ниже интерактивный сеанс демонстрирует пример:

```
>>> import math as mt
>>> x = mt.sqrt(25)
>>> a = mt.radians(180)
>>> print(x)
5.0
>>> print(a)
3.141592653589793
>>>
```

Псевдоним также можно присвоить определенной функции или классу во время их импортирования. Следующая ниже инструкция импортирует функцию `sqrt` из модуля `math` и присваивает этой функции псевдоним `square_root`:

```
from math import sqrt as square_root
```

После применения этой инструкции `import` для вызова функции `sqrt` будет использоваться имя `square_root`. Следующий интерактивный сеанс показывает пример:

```
>>> from math import sqrt as square_root
>>> x = square_root(25)
>>> print(x)
5.0
>>>
```

В приведенном далее интерактивном сеансе мы импортируем из модуля `import` две функции, давая каждой из них псевдоним. Функция `sqrt` импортируется как `square_root`, а функция `tan` — как `tangent`:

```
>>> from math import sqrt as square_root, tan as tangent
>>> x = square_root(25)
>>> y = tangent(45)
>>> print(x)
5.0
>>> print(y)
1.6197751905438615
```


Установка модулей при помощи менеджера пакетов *pip*

Стандартная библиотека Python предоставляет классы и функции, которые ваши программы могут использовать для выполнения базовых операций, а также многих продвинутых задач. Вместе с тем существуют операции, которые стандартная библиотека выполнить не сможет. Когда нужно сделать нечто, выходящее за рамки стандартной библиотеки, то существуют два варианта выбора: написать программный код самому или использовать программный код, который уже кем-то был создан.

К счастью, существуют тысячи модулей Python, написанных независимыми программистами, предлагающие возможности, которые отсутствуют в стандартной библиотеке Python. Они называются *сторонними модулями*. Огромная коллекция сторонних модулей существует на веб-сайте pypi.python.org, так называемом *каталоге пакетов Python*, или PyPI (Python Package Index).

Имеющиеся в PyPI модули организованы в пакеты. *Пакет* — это просто коллекция из одного или нескольких связанных между собой модулей. Самый простой способ скачать и установить любой пакет предполагает использование менеджера пакетов *pip*. Менеджер пакетов *pip* является составной частью стандартной установки Python, начиная с Python 3.4. Для того чтобы установить необходимый пакет в операционной системе Windows менеджером пакетов *pip*, следует открыть окно командной оболочки и ввести команду в следующем формате:

```
pip install имя_пакета
```

где *имя_пакета* — это имя пакета, который вы хотите скачать и установить. Если вы работаете в среде операционной системы Mac OS X или Linux, вместо команды *pip* следует использовать команду *pip3*. Помимо этого, чтобы исполнить команду *pip3* в операционной системе Mac OS X или Linux, потребуются полномочия суперпользователя, поэтому придется снабдить эту команду префиксом в виде команды *sudo*:

```
sudo pip3 install имя_пакета
```

После ввода команды менеджер пакетов *pip* начнет скачивать и устанавливать пакет. В зависимости от размера пакета выполнение всего процесса установки может занять несколько минут. Когда этот процесс будет завершен, удостоверьтесь, что пакет был правильно установлен, как правило, можно, запустив среду IDLE и введя команду

```
>>> import имя_пакета
```

где *имя_пакета* — это имя пакета, который вы установили. Если вы не видите сообщение об ошибке, то можете считать, что пакет был успешно установлен.

В главе 7 вы изучите популярный сторонний пакет под названием *matplotlib*. Он используется для построения диаграмм и графиков.

Ответы на вопросы в Контрольных точках

Глава 1

- 1.1. Программа — это набор инструкций, который компьютер выполняет, чтобы решить задачу.
- 1.2. Аппаратное обеспечение — это все физические устройства, или компоненты, из которых состоит компьютер.
- 1.3. Центральный процессор (ЦП), оперативная память, внешние устройства хранения, устройства ввода и устройства вывода.
- 1.4. ЦП.
- 1.5. Основная память.
- 1.6. Вторичная память.
- 1.7. Устройство ввода.
- 1.8. Устройство вывода.
- 1.9. Операционная система.
- 1.10. Вспомогательная программа.
- 1.11. К прикладному программному обеспечению.
- 1.12. Достаточно одного байта.
- 1.13. Бит, или разряд.
- 1.14. В двоичной системе исчисления.
- 1.15. Схема кодирования ASCII использует набор из 128 числовых кодов для представления английских букв, различных знаков препинания и других символов. Эти числовые коды нужны для хранения символов в памяти компьютера. (Аббревиатура ASCII означает стандартный американский код обмена информацией.)
- 1.16. Юникод.
- 1.17. Цифровые данные — это данные, которые хранятся в двоичном файле, цифровое устройство — это любое устройство, которое работает с двоичными данными.
- 1.18. Этот язык называется машинным языком.
- 1.19. Этот тип памяти называется основной памятью, или ОЗУ.
- 1.20. Этот процесс называется циклом выборки-декодирования-исполнения.

- 1.21. Это альтернатива машинному языку. Вместо двоичных чисел ассемблер использует в качестве инструкций короткие слова, которые называются мнемокодами.
- 1.22. Высокоуровневый язык.
- 1.23. Этот набор правил называется синтаксическими правилами.
- 1.24. Компилятор.
- 1.25. Интерпретатор.
- 1.26. Они являются причинами синтаксической ошибки.

Глава 2

- 2.1. Любой человек, группа или организация, которые поручают написать программу.
- 2.2. Отдельная функция, которую программа должна выполнить для удовлетворения потребностей клиента.
- 2.3. Набор четко сформулированных логических шагов, которые должны быть проделаны для выполнения задачи.
- 2.4. Неформальный язык, который не имеет каких-либо синтаксических правил и не предназначен для компиляции или исполнения. Программисты используют псевдокод для создания моделей или "макетов" программ.
- 2.5. Диаграмма, которая графически изображает шаги, имеющие место в программе.
- 2.6. Овалы — это терминальные символы. Параллограммы — это входные либо выходные символы. Прямоугольники — это обрабатывающие символы.
- 2.7. `print('Джимми Смит')`
- 2.8. `print("Python - лучше всех!")`
- 2.9. `print('Кошка сказала "мяу".')`
- 2.10. Имя, которое ссылается на значение в оперативной памяти компьютера.
- 2.11. Имя `99bottles` недопустимо, потому что оно начинается с цифры. Имя `r&d` недопустимо, т. к. использовать символ & не разрешается.
- 2.12. Не являются, потому что имена переменных регистроувязчивы.
- 2.13. Недопустима, потому что переменная, которая получает присваивание (в данном случае `amount`), должна находиться с левой стороны от оператора `=`.
- 2.14. Значение равняется `val`
- 2.15. Переменная `value1` будет ссылаться на целочисленный тип `int`. Переменная `value2` будет ссылаться на вещественный тип `float`. Переменная `value3` будет ссылаться на вещественный тип `float`. Переменная `value4` будет ссылаться на целочисленный тип `int`. Переменная `value5` будет ссылаться на строковый тип `str` (`string`).
- 2.16. 0.
- 2.17. `last_name = input("Введите фамилию клиента: ")`
- 2.18. `sales = float(input('Введите объем продаж за неделю: '))`

2.19. Вот заполненная таблица:

| Выражение | Значение |
|--------------------|----------|
| $6 + 3 * 5$ | 21 |
| $12 / 2 - 4$ | 2 |
| $9 + 14 * 2 - 6$ | 31 |
| $(6 + 2) * 3$ | 24 |
| $14 / (11 - 4)$ | 2 |
| $9 + 12 * (8 - 3)$ | 69 |

2.20. 4.

2.21. 1.

2.22. Если требуется, чтобы функция `print` не начинала новую строку вывода по завершении вывода данных, то следует передать в эту функцию специальный аргумент `end = ' '`.

2.23. Можно передать в функцию `print` аргумент `sep=`, указав нужный символ.

2.24. Это экранированный символ новой строки, т. е. перевода на новую строку.

2.25. Это оператор конкатенации строковых литералов, который соединяет два строковых значения воедино.

2.26. 65.43

2.27. 987,654.13

2.28. Именованные константы:

- делают программы более самоочевидными;
- позволяют легко вносить большие изменения в программный код;
- помогают избежать опечаток, которые часто случаются при использовании волшебных чисел.

2.29. `DISCOUNT_PERCENTAGE = 0.1`

2.30. 0 градусов.

2.31. При помощи команды `turtle.forward()`.

2.32. При помощи команды `turtle.right(45)`.

2.33. Сначала надо применить команду `turtle.penup()`, чтобы поднять перо.

2.34. `turtle.heading()`

2.35. `turtle.circle(100)`

2.36. `turtle.pensize(8)`

2.37. `turtle.pencolor('blue')`

2.38. `turtle.bgcolor('black')`

2.39. `turtle.setup(500, 200)`

2.40. `turtle.goto(100, 50)`

- 2.41.** turtle.pos()
2.42. turtle.speed(10)

2.43. turtle.speed(0)

2.44. Для того чтобы заполнить фигуру цветом, перед рисованием фигуры следует применить команду `turtle.begin_fill()`. А после того как фигура нарисована, применить команду `turtle.end_fill()`. Во время исполнения команды `turtle.end_fill()` фигура будет заполнена текущим цветом заливки.

2.45. При помощи команды `turtle.write()`.

Глава 3

3.1. Это логическая схема, которая управляет порядком, в котором исполняется набор инструкций.

3.2. Это структура программы, которая может выполнить ряд инструкций только при определенных обстоятельствах.

3.3. Структура решения, которая обеспечивает единственный вариант пути исполнения. Если проверяемое условие является истинным, то программа принимает этот вариант пути.

3.4. Выражение, которое в результате его вычисления может иметь только одно из двух значений: истина либо ложь.

3.5. Можно определить, является ли одно значение больше другого, меньше его, больше или равно ему, меньше или равно ему, равно или не равно ему.

3.6. `if y == 20:
 x = 0`

3.7. `if sales >= 10000:
 commissionRate = 0.2`

3.8. Структура принятия решения с двумя альтернативными вариантами имеет два возможных пути исполнения; один путь принимается, если условие является истинным, а другой путь принимается, если условие является ложным.

3.9. Инструкцию `if-else`.

3.10. Когда условие является ложным.

3.11. `z` не меньше `a`.

3.12. Бостон
Нью-Йорк

3.13. `if number == 1:
 print('Один')
elif number == 2:
 print('Два')
elif number == 3:
 print('Три')
else:
 print('Неизвестное')`

3.14. Это выражение, которое создается при помощи логического оператора для объединения двух булевых подвыражений.

3.15. Л

И

Л

Л

И

И

И

Л

Л

И

3.16. И

Л

И

И

И

3.17. Оператор `and`: если выражение слева от оператора `and` ложное, то выражение справа от него не проверяется. Оператор `or`: если выражение слева от оператора `or` является истинным, то выражение справа от него не проверяется.

3.18. `if speed >= 0 and speed <= 200:`

`print('Допустимое число')`

3.19. `if speed < 0 or speed > 200:`

`print('Число не является допустимым')`

3.20. Истина (`True`) или ложь (`False`).

3.21. Переменная, которая сигнализирует, когда в программе возникает некое условие.

3.22. Необходимо применить функции `turtle.xcor()` и `turtle.ycor()`.

3.23. Необходимо применить оператор `not` с функцией `turtle.isdown()`, как здесь:

`if not turtle.isdown():`

инструкция

3.24. Необходимо применить функцию `turtle.heading()`.

3.25. Необходимо применить функцию `turtle.isVisible()`.

3.26. Для определения цвета пера применяется функция `turtle.pencolor()`. Для определения текущего цвета заливки — функция `turtle.fillcolor()`. Для определения текущего фонового цвета графического окна черепахи — функция `turtle.bgcolor()`.

3.27. Необходимо применить функцию `turtle.pensize()`.

3.28. Необходимо применить функцию `turtle.speed()`.

Глава 4

4.1. Это структура, которая приводит к неоднократному исполнению набора инструкций.

4.2. Это цикл, который использует логическое условие со значениями истина/ложь для управления количеством повторений.

- 4.3.** Это цикл, который повторяется заданное количество раз.
- 4.4.** Каждое отдельное исполнение инструкций в теле цикла.
- 4.5.** До.
- 4.6.** Нисколько. Условие `count < 1` будет ложным с самого начала.
- 4.7.** Цикл, который не имеет возможности завершиться и продолжается до тех пор, пока программа не будет прервана.
- 4.8.**
- ```
for x in range(6):
 print('Обожаю эту программу!')
```
- 4.9.** 0  
1  
2  
3  
4  
5
- 4.10.** 2  
3  
4  
5
- 4.11.** 0  
100  
200  
300  
400  
500
- 4.12.** 10  
9  
8  
7  
6
- 4.13.** Переменная, которая используется для накапливания суммы ряда чисел.
- 4.14.** Да, он должен быть инициализирован значением 0. Это вызвано тем, что значения добавляются в него в цикле. Если накопитель не начнется со значения 0, то он не будет содержать правильную сумму добавленных чисел, когда цикл завершится.
- 4.15.** 15.
- 4.16.** 15  
5
- 4.17.** а) `quantity += 1;` б) `days_left -= 5;` в) `price *= 10;` г) `price /= 2.`
- 4.18.** Сигнальная метка — это специальное значение, которое отмечает конец списка значений.
- 4.19.** Значение сигнальной метки должно быть характерным настолько, что оно не будет ошибочно принято за регулярное значение списка.

- 4.20. Она означает, что если на входе в программу предоставлены плохие данные (мусор), то программа произведет плохие данные (мусор) на выходе.
- 4.21. Когда программе предоставляются входные данные, они должны быть обследованы прежде, чем будут обработаны. Если входные данные недопустимые, то их следует отбросить, а пользователю предложить ввести правильные данные.
- 4.22. Считываются входные данные, затем исполняется цикл с предусловием. Если входные данные недопустимые, то исполняется тело цикла. В теле цикла выводится сообщение об ошибке, чтобы дать пользователю понять, что входные данные были недопустимыми, и затем входные данныечитываются снова. Этот цикл повторяется до тех пор, пока входные данные не будут допустимыми.
- 4.23. Это входная операция, которая происходит непосредственно перед циклом валидации входного значения. Его задача состоит в том, чтобы получить первое входное значение.
- 4.24. Нисколько.

## Глава 5

- 5.1. Функция — это группа инструкций, которая существует внутри программы с целью выполнения конкретной задачи.
- 5.2. Большая задача подразделяется на несколько меньших задач, которые легко выполнить.
- 5.3. Если конкретная операция выполняется в программе в нескольких местах, то для выполнения этой операции можно один раз написать функцию, и затем ее вызывать в любое время, когда она понадобится.
- 5.4. Функции могут быть написаны для выполнения распространенных задач, которые требуются разными программами. Такие функции затем могут быть включены в состав любой программы, которая в них нуждается.
- 5.5. Когда программа разрабатывается как набор функций, каждая из которых выполняет отдельную задачу, в этом случае разным программистам может быть поручено написание разных функций.
- 5.6. Определение функции имеет две части: заголовок функции и блок инструкций. Заголовок отмечает начальную точку функции, а блок является списком инструкций, составляющих одно целое.
- 5.7. Вызвать функцию означает исполнить эту функцию.
- 5.8. Когда достигнут конец функции, управление возвращается назад к той части программы, которая вызвала эту функцию, и программа возобновляет исполнение с этой точки.
- 5.9. Потому что интерпретатор Python использует выделение отступом для определения мест, где блок инструкций начинается и завершается.
- 5.10. Локальная переменная — это переменная, которая объявляется внутри функции. Она принадлежит функции, в которой была объявлена, и к такой переменной могут получать доступ только инструкции в этой функции.
- 5.11. Это часть программы, в которой можно обращаться к переменной.

- 5.12. Да, разрешается.
- 5.13. Они называются аргументами.
- 5.14. Они называются параметрами.
- 5.15. Область действия параметрической переменной — это вся функция, в которой объявлен параметр.
- 5.16. Нет, не влияет.
- 5.17. а) передает именованные аргументы; б) передает позиционные аргументы.
- 5.18. Вся программа.
- 5.19. Вот три причины.
- Глобальные переменные затрудняют отладку программы. Значение глобальной переменной может изменить любая инструкция в программном файле. Если вы обнаружите, что в глобальной переменной хранится неверное значение, то придется отыскать все инструкции, которые к ней обращаются, чтобы определить, откуда поступает плохое значение. В программе с тысячами строк программного кода такая работа может быть сопряжена с большими трудностями.
  - Функции, которые используют глобальные переменные, обычно зависят от этих переменных. Если вы захотите применить такую функцию в другой программе, то скорее всего вам придется эту функцию перепроектировать, чтобы она не опиралась на глобальную переменную.
  - Глобальные переменные затрудняют понимание программы. Их можно модифицировать любой инструкцией в программе. Если вы собираетесь разобраться в какой-то части программы, которая использует глобальную переменную, то вам придется узнать обо всех других частях программы, которые обращаются к этой глобальной переменной.
- 5.20. Глобальная константа — это имя, которое доступно в программе любой функции. Глобальные константы разрешается использовать. Поскольку во время исполнения программы их значение не может быть изменено, не придется беспокоиться о том, что ее значение поменяется.
- 5.21. Разница между ними состоит в том, что функция с возвратом значения возвращает значение в инструкцию, которая ее вызвала. Простая функция значение не возвращает.
- 5.22. Заранее написанная функция, которая выполняет некую широко используемую задачу.
- 5.23. Термин "черный ящик" используется для описания любого механизма, который принимает нечто на входе, выполняет с полученным на входе некоторую работу (которую невозможно наблюдать) и производит результат на выходе.
- 5.24. Она присваивает случайное целое число в диапазоне от 1 до 100 переменной `x`.
- 5.25. Она печатает случайное целое число в диапазоне от 1 до 20.
- 5.26. Она печатает случайное целое число в диапазоне от 10 до 19.
- 5.27. Она печатает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.0 до 1.0, но не включая 1.0.
- 5.28. Она печатает случайное число с плавающей точкой в диапазоне от 0.1 до 0.5.
- 5.29. Она применяет системное время из внутреннего генератора тактовых импульсов компьютера.

- 5.30. Если для генерации случайных чисел всегда использовать одинаковое начальное значение, то функции генерации случайных чисел всегда будут генерировать одинаковые ряды псевдослучайных чисел.
- 5.31. Она возвращает значение в ту часть программы, которая вызвала функцию.
- 5.32. а) `do_something`; б) она возвращает удвоенное значение переданного в нее аргумента; в) 20.
- 5.33. Это функция, которая возвращает истину (`True`) либо ложь (`False`).
- 5.34. `import math`
- 5.35. `square_root = math.sqrt(100)`
- 5.36. `angle = math.radians(45)`

## Глава 6

- 6.1. Это файл, в который программа записывает данные. Он называется файлом вывода, потому что программа отправляет в него выходные данные.
- 6.2. Это файл, из которого программа считывает данные. Он называется файлом ввода, потому что программа получает из него входные данные.
- 6.3. 1) открыть файл; 2) обработать файл; 3) закрыть файл.
- 6.4. Текстовый и двоичный файл. Текстовый файл содержит данные, которые были закодированы в виде текста при помощи такой схемы кодирования, как ASCII. При этом, даже если файл содержит числа, эти числа в файле хранятся как набор символов. В результате файл можно открыть и просмотреть в текстовом редакторе, таком как Блокнот. Двоичный файл содержит данные, которые не были преобразованы в текст. Вследствие этого содержимое двоичного файла невозможно просмотреть в текстовом редакторе.
- 6.5. Последовательный доступ и прямой доступ. Когда вы работаете с файлом с последовательным доступом, вы обращаетесь к данным с самого начала файла и до конца файла. Когда вы работаете с файлом с прямым доступом (который также называется файлом с произвольным доступом), вы можете непосредственно перескочить к любой порции данных в файле, не читая данные, которые идут перед ней.
- 6.6. Имя файла на диске и имя переменной, которая ссылается на файловый объект.
- 6.7. Содержимое файла стирается.
- 6.8. В результате открытия файла создается связь между файлом и программой, а также ассоциативная связь между файлом и файловым объектом.
- 6.9. В результате закрытия файла связь между программой и файлом разрывается.
- 6.10. Позиция считывания файла отмечает позицию следующего элемента, который будет прочитан из файла. Когда файл ввода открыт, его позиция считывания первоначально устанавливается на первом элементе в файле.
- 6.11. Файл открывается в режиме дозаписи. Когда данные записываются в файл в этом режиме, они записываются в конец существующего файла.
- 6.12. `outfile = open('numbers.txt', 'w')`  
`for num in range(1, 11):`  
    `outfile.write(str(num) + '\n')`  
`outfile.close()`

- 6.13.** Метод `readline()` возвращает пустое строковое значение (''), когда он попытается прочитать за пределами конца файла.
- ```
6.14. infile = open('numbers.txt', 'r')
line = infile.readline()
while line != '':
    print(line)
    line = infile.readline()
infile.close()
```
- 6.15.** infile = open('data.txt', 'r')
for line in infile:
 print(line)
infile.close()
- 6.16.** Запись — это полный набор данных, который описывает один элемент, поле — отдельная порция данных в записи.
- 6.17.** Все записи исходного файла копируются во временный файл, но когда вы добираетесь до записи, которая должна быть изменена, старое содержимое записи во временный файл не записывается. Вместо этого во временный файл записываются новые измениенные значения записи. Затем из исходного файла во временный файл копируются все остальные записи.
- 6.18.** Все записи исходного файла копируются во временный файл, за исключением записи, которая должна быть удалена. Затем временный файл занимает место исходного файла. Исходный файл удаляется, а временный файл переименовывается, получая имя, которое исходный файл имел на диске компьютера.
- 6.19.** Исключение — это ошибка, которая происходит во время работы программы. В большинстве случаев исключение заставляет программу внезапно остановиться.
- 6.20.** Программа останавливается.
- 6.21.** IOError.
- 6.22.** ValueError.

Глава 7

- 7.1.** [1, 2, 99, 4, 5]
- 7.2.** [0, 1, 2]
- 7.3.** [10, 10, 10, 10, 10]
- 7.4.**
- ```
1
3
5
7
9
```
- 7.5.** 4
- 7.6.** Следует применить встроенную функцию `len`.

**7.7.** [1, 2, 3]  
[10, 20, 30]  
[1, 2, 3, 10, 20, 30]

**7.8.** [1, 2, 3]  
[10, 20, 30, 1, 2, 3]

**7.9.** [2, 3]

**7.10.** [2, 3]

**7.11.** [1]

**7.12.** [1, 2, 3, 4, 5]

**7.13.** [3, 4, 5]

**7.14.** Семья Джасмин:

['Джим', 'Джилл', 'Джон', 'Джасмин']

**7.15.** Метод `remove()` отыскивает и удаляет элемент, содержащий определенное значение.  
Инструкция `del` удаляет элемент в заданной индексной позиции.

**7.16.** Для этого следует применить встроенные функции `min` и `max`.

**7.17.** Нужно применить инструкцию `names.append('Вэнди')`. Это вызвано тем, что элемент 0 не существует. Если попытаться применить инструкцию `names[0] = 'Вэнди'`, то произойдет ошибка.

**7.18.** а) метод `index()` отыскивает значение в списке и возвращает индекс первого элемента, содержащего это значение; б) метод `insert()` вставляет значение в список в заданной индексной позиции; в) метод `sort()` сортирует значения в списке, в результате чего они появляются в возрастающем порядке; г) метод `reverse()` инвертирует порядок следования значений в списке.

**7.19.** Этот список содержит 4 строки и 2 столбца.

**7.20.** `mylist = [[0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0],  
[0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0]]`

**7.21.** `for r in range(4):  
 for c in range(2):  
 print(numbers[r][c])`

**7.22.** Главное различие между кортежами и списками состоит в том, что кортежи являются немутирующими последовательностями, т. е. после создания кортежа он не может быть изменен.

**7.23.** Вот три причины.

- Обработка кортежа выполняется быстрее, чем обработка списка, и поэтому кортежи являются хорошим вариантом, когда обрабатывается большой объем данных, и эти данные не будут изменяться.
- Кортежи безопасны. Поскольку содержимое кортежа изменять нельзя, в нем можно хранить данные, оставаясь в уверенности, что они не будут (случайно или каким-либо иным образом) изменены в программе.
- В Python существуют определенные операции, которые требуют применения кортежа.

**7.24.** `my_tuple = tuple(my_list)`

**7.25.** `my_list = list(my_tuple)`

**7.26.** Два списка: один с координатами  $X$  точек данных и другой с координатами  $Y$  точек данных.

**7.27.** Она строит линейный график.

**7.28.** Применяются функции `xlabel` и `ylabel`.

**7.29.** Нужно вызвать функции `xlim` и `ylim`, передав значения для именованных аргументов `xmin`, `xmax`, `ymin` и `ymax`.

**7.30.** Нужно вызвать функции `xticks` и `yticks`. Следует передать в эти функции два аргумента. Первый аргумент — это список позиций меток делений, а второй аргумент — список подписей в указанных позициях.

**7.31.** Два списка: один с координатами  $X$  левого края каждого столбика и еще один с высотами каждого столбика вдоль оси  $y$ .

**7.32.** Столбики будут красным, синим, красным и синим.

**7.33.** Следует в качестве аргумента передать список значений. Функция `pie` вычислит сумму значений в списке и затем будет использовать ее в качестве значения целого. Далее каждый элемент в списке станет сектором в круговой диаграмме. Размер сектора представляет значение этого элемента как процентное содержание целого.

## Глава 8

**8.1.** `for letter in name:  
 print(letter)`

**8.2.** 0.

**8.3.** 9.

**8.4.** Исключение `IndexError` произойдет, если попытаться использовать индекс, который выходит за пределы диапазона определенного строкового значения.

**8.5.** Следует применить встроенную функцию `len`.

**8.6.** Вторая инструкция пытается присвоить значение отдельному символу в строковом значении. Однако строковые данные являются немутирующими последовательностями, поэтому выражение `animal[0]` недопустимо с левой стороны от оператора присваивания.

**8.7.** cde

**8.8.** defg

**8.9.** abc

**8.10.** abcdefg

**8.11.** `if 'd' in mystring:  
 print('Да, она там.')`

**8.12.** little = big.upper()

**8.13.** if ch.isdigit():  
 print('Цифра')  
else:  
 print('Цифр нет')

**8.14.** а А

**8.15.** again = input('Желаете повторить ' +  
 'программу или выйти? (П/В) ')  
while again.upper() != 'П' and again.upper() != 'В':  
 again = input('Желаете повторить ' +  
 'программу или выйти? (П/В) ')

**8.16.** \$

**8.17.** for letter in mystring:  
 if letter.isupper():  
 count += 1

**8.18.** my\_list = days.split()

**8.19.** my\_list = values.split('\$')

## Глава 9

**9.1.** Ключ и значение.

**9.2.** Ключ.

**9.3.** Строковый литерал 'старт' является ключом, целое число 1472 — значением.

**9.4.** Она сохраняет пару ключ/значение 'id':54321 в словаре employee.

**9.5.** ввв

**9.6.** Для того чтобы проверить наличие конкретного ключа, используется оператор in.

**9.7.** Она удаляет элемент с ключом 654.

**9.8.** 3

**9.9.** 1

2

3

**9.10.** Метод pop() принимает ключ в качестве аргумента, возвращает значение, которое связано с этим ключом, и удаляет эту пару ключ/значение из словаря. Метод popitem() возвращает произвольно отобранный пару ключ/значение в качестве кортежа и удаляет эту пару ключ/значение из словаря.

**9.11.** Он возвращает все ключи и связанные с ними значения в словаре в качестве последовательности кортежей.

**9.12.** Он возвращает все ключи в словаре в виде последовательности кортежей.

**9.13.** Он возвращает все значение в словаре в виде последовательности кортежей.

**9.14.** Неупорядоченными.

**9.15.** Нет.

**9.16.** Нужно вызвать встроенную функцию `set`.

**9.17.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
'ю', 'е', 'и', 'п', 'р' и 'т'.

**9.18.** Множество будет содержать один элемент: 25.

**9.19.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
' ', 'ъ', 'э', 'ю' и 'я'.

**9.20.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
1, 2, 3 и 4.

**9.21.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
'ъъъ', 'эээ', 'юю' и 'яяя'.

**9.22.** Следует передать множество в качестве аргумента в функцию `len`.

**9.23.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
10, 9, 8, 1, 2 и 3.

**9.24.** Множество будет содержать следующие элементы (в произвольном порядке):  
10, 8, 9, 'а', 'б' и 'в'.

**9.25.** Если заданный элемент, подлежащий удалению, не находится в множестве, то метод `remove()` вызывает исключение `KeyError`, а метод `discard()` исключения не вызывает.

**9.26.** Для того чтобы проверить наличие элемента, используется оператор `in`.

**9.27.** {10, 20, 30, 100, 200, 300}.

**9.28.** {3, 4}.

**9.29.** {1, 2}.

**9.30.** {5, 6}.

**9.31.** {'а', 'г'}.

**9.32.** Множество `set2` является подмножеством множества `set1`, а множество `set1` — надмножеством множества `set2`.

**9.33.** Это процесс преобразования объекта в поток байтов, которые можно сохранить в файле для последующего извлечения.

**9.34.** 'wb'.

**9.35.** 'rb'.

**9.36.** Модуль `pickle`.

**9.37.** `pickle.dump`.

**9.38.** `pickle.load`.

## Глава 10

- 10.1. Объект — это программная сущность, которая содержит данные и процедуры.
- 10.2. Инкапсуляция — объединение данных и программного кода в одном объекте.
- 10.3. Когда внутренние данные объекта скрыты от внешнего кода и доступ к этим данным ограничен методами объекта, эти данные защищены от случайного повреждения. Помимо этого, программному коду за пределами объекта не требуется знать о формате и внутренней структуре данных объекта.
- 10.4. Доступ к публичным методам может быть получен сущностями, находящимися за пределами объекта. Доступ к приватным методам закрыт для сущностей, находящихся за пределами объекта. Они предназначены для внутренних целей.
- 10.5. Метафора со строительным проектом представляет класс.
- 10.6. Объекты — это печенье.
- 10.7. Его задача состоит в инициализации атрибутов данных в объекте. Он исполняется сразу после создания объекта.
- 10.8. Во время выполнения метода он должен знать, атрибутами данных какого объекта он призван оперировать. Именно здесь на первый план выходит параметр `self`. Во время вызова метода Python делает так, что параметр `self` ссылается на конкретный объект, которым этот метод призван оперировать.
- 10.9. Предварив имя атрибута двумя символами подчеркивания.
- 10.10. Он возвращает строковое представление объекта.
- 10.11. Путем передачи объекта во встроенный метод `str()`.
- 10.12. Атрибут, который принадлежит определенному экземпляру класса.
- 10.13. 10.
- 10.14. Метод, который возвращает значение из атрибута класса, и при этом его не изменяет, называется методом-получателем. Метод, который сохраняет значение в атрибуте данных либо каким-либо иным образом изменяет значение атрибута данных, называется методом-модификатором.
- 10.15. Верхняя секция — это место для записи имени класса. Средняя секция содержит список полей класса. Нижняя секция — список методов класса.
- 10.16. Письменное описание объектов реального мира, участников и крупных событий, связанных с задачей.
- 10.17. Если вы адекватным образом понимаете природу задачи, которую пытаетесь решить, то вы можете составить описание проблемной области задачи самостоятельно. Если же вы не полностью понимаете природу задачи, то за вас это может сделать эксперт.
- 10.18. Сначала нужно идентифицировать именные группы (существительные, местоимения и именные словосочетания) в описании предметной области задачи. Затем уточнить полученный список, устранив повторы, элементы, в которых вы не нуждаетесь при решении задачи, элементы, представляющие объекты вместо классов, и элементы, представляющие простые значения, которые могут быть сохранены в переменных.
- 10.19. Сведения, которые класс обязан знать, и действия, которые класс обязан выполнять.

- 10.20. Что именно класс должен знать и что именно класс должен делать в контексте поставленной задачи?
- 10.21. Нет, не всегда.

## Глава 11

- 11.1. Надкласс является общим, или родовым, классом, а подкласс — конкретизированным, или видовым, классом.
- 11.2. Когда один объект является конкретизированным вариантом другого объекта, между ними существует отношение классификации, или отношение "род — вид". Конкретизированный объект является "видом" общего, или родового, объекта.
- 11.3. Он наследует атрибуты всего надкласса.
- 11.4. Птица является надклассом, а канарейка — подклассом.
- 11.5. Я — овощ.  
Я — картофель.

## Глава 12

- 12.1. Рекурсивный алгоритм требует многократных вызовов метода. Каждый вызов метода требует выполнения нескольких действий. Эти действия включают выделение памяти под параметры и локальные переменные и для хранения адреса местоположения программы, куда поток управления возвращается после завершения метода. Все эти действия называются накладными расходами. В итеративном алгоритме, в котором используется цикл, такие накладные расходы не требуются.
- 12.2. Случай, в котором задача может быть решена без рекурсии.
- 12.3. Случай, в котором задача решается с использованием рекурсии.
- 12.4. Ситуация, когда он достигает базового случая.
- 12.5. В прямой рекурсии рекурсивный метод вызывает сам себя. В косвенной рекурсии метод А вызывает метод В, который вызывает метод А.

## Глава 13

- 13.1. Компонент компьютера и его операционной системы, с которым пользователь взаимодействует.
- 13.2. Интерфейс командной строки, как правило, выводит подсказку или приглашение, а пользователь набирает команду, которая затем исполняется.
- 13.3. Программа.
- 13.4. Программа, которая реагирует на происходящие события, такие как нажатие пользователем кнопки.
- 13.5. а) Label — область, в которой показывается одна строка текста или изображение;  
б) Entry — область, в которой пользователь может набирать на клавиатуре одну строку входных данных; в) Button — кнопка, которая вызывает наступление действия при ее нажатии; г) Frame — контейнер, который может содержать другие элементы интерфейса.

- 13.6. Создается экземпляр класса Tk модуля tkinter.
- 13.7. Данная функция выполняется как бесконечный цикл до тех пор, пока не будет закрыто главное окно.
- 13.8. Метод pack() размещает элементы интерфейса в соответствующих позициях и делает их видимыми при выводе главного окна на экран.
- 13.9. Они будут расположены один под другим.
- 13.10. side='left'.
- 13.11. Для извлечения данных, которые пользователь ввел в элемент интерфейса Entry, используется метод get() этого элемента.
- 13.12. Это строковое значение (т. е. с типом str).
- 13.13. tkinter.
- 13.14. Любое значение, которое хранится в объекте StringVar, будет автоматически показано в элементе Label.
- 13.15. Для таких значений используются радиокнопки.
- 13.16. Для таких значений используются флаговые кнопки.
- 13.17. При создании группы элементов Radiobutton их следует связать с тем же самым объектом IntVar. При этом каждому элементу Radiobutton присваивается уникальное целочисленное значение. При выборе одного из элементов Radiobutton он сохраняет свое уникальное целочисленное значение в объекте IntVar.
- 13.18. С каждый элементом Checkbutton следует связать отдельный объект IntVar. При выборе элемента Checkbutton связанный с ним объект IntVar будет содержать значение 1. При снятии галочки с элемента Checkbutton связанный с ним объект IntVar будет содержать значение 0.
- 13.19. (0, 0).
- 13.20. (479, 639).
- 13.21. В элементе Canvas точка (0, 0) расположена в левом верхнем углу окна. В черепашьей графике точка (0, 0) расположена в центре окна. Кроме того, в элементе Canvas координаты Y увеличиваются по мере перемещения вниз экрана. В черепашьей графике координаты Y уменьшаются по мере перемещения вниз экрана.
- 13.22. а) create\_oval; б) create\_rectangle; в) create\_rectangle; г) create\_polygon;  
д) create\_oval; е) create\_arc.



# Предметный указатель

## #

#, символ 51

## >

>>>, подсказка 33

## A

Ada 28  
ASCII 22

## B

BASIC 28

## C

C# 29  
C 29  
C++ 29  
CD-приводы 18  
COBOL, язык программирования 28

## D

DVD-приводы 18

## E

ENIAC, компьютер 16

## F

FORTRAN 28

## J

Java 29  
JavaScript 29

## P

Pascal 29  
pip 719  
Python 29

## R

Ruby 29

## U

Unified Modeling Language (UML) 556

## V

Visual Basic 29

**А**

- Аккумулятор 196
- Алгоритм 45
- Аппаратное обеспечение 14
- Аргумент 49, 241
  - ◊ именованный 249
  - ◊ передача
    - по значению 248
    - по позиции 245
- Ассемблер 27
- Атрибут:
  - ◊ данных 514
    - приватный 515, 523
    - скрытый 514
  - ◊ экземпляра 534

**Б**

- Байт 20
- Библиотека функций 255
- Бит 20
- Блок 229
- ◊ инструкций 127
- Блок-схема 46
- Буфер 308

**В**

- Валидация ValueError 342–344, 347
- Ввод 18
- Выборка 24
- Вывод 18
- Выражение:
  - ◊ finally 352
  - ◊ булево 127
    - составное 149
  - ◊ математическое 66
  - ◊ смешанное 77
- Вычисления ленивые 683

**Г**

- График 402
- ◊ заголовок 404
- ◊ маркировка точек 408
- ◊ настройка координат 405
- Графика черепашья 88, 157, 214, 284

**Д**

- Данные:
  - ◊ атрибут 514
    - приватный 515, 523
    - скрытый 514

- ◊ входные 48
- ◊ дозапись в файл 315
- ◊ запись в файл 308
- ◊ сокрытие 514
- ◊ цифровые 23
- ◊ числовые чтение и запись в файл 316
- ◊ чтение из файла 304, 310

## Диаграмма:

- ◊ круговая 415
  - заголовок 416
  - метка 416
  - цвет 417
- ◊ столбчатая 410
  - заголовок 413
  - метки осей 413
  - настройка ширины столбика 412
  - цвет 413

## Диск:

- ◊ USB 18
- ◊ жесткий 17

**З**

- Замыкание 689
- Запись 327
  - ◊ добавление в файл 331
  - ◊ изменение 334
  - ◊ поиск в файле 333

**И**

- Индекс 430
  - ◊ в строковом значении 430
  - ◊ отрицательный 430
- Индексация 364, 399, 430
- Инкапсуляция 514
- Инструкция:
  - ◊ del 379
  - ◊ if 126
  - ◊ if-elif-else 147
  - ◊ if-else 134
    - вложенная 152
  - ◊ import 263
  - ◊ return 265
  - ◊ try/except 350
    - исполнение 343
- Интегрированная среда разработки (IDLE):
  - ◊ окно оболочки Python 703
- Интерпретатор 31
- Интерфейс пользователя 619
  - ◊ графический 620
- Иключение 65, 340
  - ◊ EOFError 497
  - ◊ IndexError 364, 431

- ◊ IOError 345–347, 352
- ◊ KeyError 461, 463, 486
- ◊ ValueError 343, 347, 349, 352, 378
- ◊ ZeroDivisionError 352
- ◊ необработанное 352
- Итерация 181

**K**

- Карринг 689
- Карта памяти 18
- Класс 516
  - ◊ базовый 576
  - ◊ идентификация 557
    - обязанностей 562
  - ◊ определение 518
  - ◊ производный 576
  - ◊ экземпляр 516
- Ключ 459
  - ◊ тип данных 460
- Кнопка флаговая 648
- Код:
  - ◊ исходный 31
  - ◊ повторное использование 227
- Комментарий 51
- ◊ концевой 52
- Компилятор 30
- Конвейер обработки данных 692
- Конец файла 321
- Конкатенация 432
  - ◊ списков 367
- Консервация 496
- Константа:
  - ◊ глобальная 252
  - ◊ именованная 87
- Кортеж 399
  - ◊ индексация 399
  - ◊ преобразование в список 400

**Л**

- Литерал:
  - ◊ неформатированный 307
  - ◊ числовой 59
- Ловушка ошибок 204
- Лямбда-функциями 682

**M**

- Массив 363
- Метка сигнальная 200
- Метод 308, 514
  - ◊ \_\_init\_\_() 520, 578, 582
  - ◊ \_\_str\_\_() 531
- ◊ add() 484
- ◊ append 374
- ◊ clear() 467
- ◊ close() 496
- ◊ create\_arc() 659
- ◊ create\_line() 653
- ◊ create\_oval() 657
- ◊ create\_polygon() 664
- ◊ create\_rectangle() 655
- ◊ create\_text() 666
- ◊ dict() 466
- ◊ difference() 489
- ◊ discard() 486
- ◊ endswith() 444
- ◊ find() 444
- ◊ get() 468, 551, 634, 636
- ◊ index() 376
- ◊ insert() 377
- ◊ intersection() 488
- ◊ isalnum() 440
- ◊ isalpha() 440
- ◊ isdigit() 440
- ◊ islower() 440
- ◊ isspace() 441
- ◊ issubset() 491
- ◊ issuperset() 491
- ◊ isupper(), 441
- ◊ items() 468
- ◊ keys() 469
- ◊ lower() 442, 443
- ◊ lstrip() 442
- ◊ pack() 625
- ◊ pop() 470
- ◊ popitem() 471
- ◊ read() 310
- ◊ readline() 321, 323
- ◊ readlines() 393
- ◊ remove() 378
- ◊ remove() 485
- ◊ replace() 444
- ◊ reverse() 379
- ◊ rstrip() 314
- ◊ rstrip() 442
- ◊ set() 640
- ◊ sort() 378
- ◊ split() 449
- ◊ startswith 444
- ◊ strip() 442
- ◊ symmetric\_difference() 490
- ◊ union() 488
- ◊ update() 485
- ◊ upper() 442, 443
- ◊ values() 472

- Метод (*prod.*)
    - ◊ write 308
    - ◊ writelines 391
    - ◊ геттер 539
    - ◊ инициализации 520
    - ◊ переопределение 589
    - ◊ получатель 539
    - ◊ приватный 515
    - ◊ публичный 515
    - ◊ сеттер 539
  - Микропроцессор 16
  - Мнемоника 27
  - Множества, разность 489
  - Множество 483
    - ◊ добавление элемента 484
    - ◊ количество элементов 484
    - ◊ объединение 488
    - ◊ перебор элементов 486
    - ◊ пересечение 488
    - ◊ проверка существования значения 487
    - ◊ разность симметрическая 490
    - ◊ создание 483
    - ◊ удаление элемента 485
  - Модуль 255, 280, 715
    - ◊ math 277
    - ◊ pickle 496, 543
    - ◊ pyplot 402
    - ◊ random 256, 263
    - ◊ tkinter 621
    - ◊ сторонний 719
  - Модуляризация 280
  - Мусор 202
- Н**
- Надкласс 576
  - Надмножество 490
  - Наибольший общий делитель 610
  - Накопитель 196
  - Наследование 576
- О**
- Обработчик:
    - ◊ исключений 342
    - ◊ ошибок 204
  - Объект 514
    - ◊ файловый 306
    - ◊ хранение в словаре 546
  - Объект-исключение 349
  - Операнд 66
  - Оператор:
    - ◊ != 130
    - ◊ & 489
    - ◊ \* 448
  - ◊ / 69
  - ◊ // 69
  - ◊ ^ 490
  - ◊ | 488
  - ◊ += 432
  - ◊ <= 129, 491
  - ◊ == 129
  - ◊ >= 129, 491
  - ◊ and 150
  - ◊ in 372
  - ◊ not 151
  - ◊ or 150
  - ◊ возведения в степень 73
  - ◊ логический 149
  - ◊ математический 66
  - ◊ остаток от деления 73
  - ◊ повторения 363
  - ◊ приоритет 70
  - ◊ присваивания 53
  - ◊ сравнения 127
- Операционная система 19
- Отношение "род — вид" 575
- Отображение 459
- Ошибка:
  - ◊ логическая 44
  - ◊ синтаксическая 31
- П**
- Пакет matplotlib 401
  - Память оперативная 17
  - Пара ключ/значение 459
    - ◊ как отображения ключа на значение 459
  - Параметр 242
  - Переключатель 644
  - Переменная 52
    - ◊ глобальная 251
    - ◊ локальная 239
    - ◊ область действия 240
    - ◊ параметрическая 242
    - ◊ правила именования 55
    - ◊ целевая 186
  - Пиксель 23
  - Подкласс 576
  - Подмножество 490
  - Подстрока 434
    - ◊ поиск 443
  - Позиция считывания 312
  - Поле 327
  - Полиморфизм 589
  - Пользователь конечный 66
  - Последовательность 361
    - ◊ мутирующая 365
    - ◊ Фибоначчи 609

Предметная область задачи 557

Представление словарное 468

Присваивание 53

◊ кратное 471

◊ однократное 691

Проверка входных данных 203

Программа 13

◊ модуляризованная 226

◊ обслуживающая 19

◊ разработки 19

Программирование:

◊ объектно-ориентированное 513, 514

◊ процедурное 513

Программист 13

Программное обеспечение 13

◊ прикладное 19

◊ системное 18

◊ технические требования 45

Проектирование программы, разбиение задачи 45

Процедура 513

Псевдоним 716

## P

Радиокнопка 644

Разработка нисходящая 235

Разряд 20

Расконсервация 497

Расходы накладные 604

Расширение файла 306

Режим интерактивный 49

Рекурсия:

◊ глубина 603

◊ косвенная 607

◊ накладные расходы 604

◊ наибольший общий делитель 610

◊ последовательность Фибоначчи 608

◊ прямая 607

◊ случай:

▫ базовый 604

▫ рекурсивный 604

◊ суммирование списка 607

◊ факториал 604

Рисование:

◊ дуги 659

◊ многоугольника 664

◊ оvals (эллипса) 657

◊ прямой 653

◊ прямоугольника 655

◊ текста 666

## C

Сахар синтаксический 688

Сериализация 496

Символ:

◊ новой строки 79

◊ пробельный 441

◊ продолжения строки 78

◊ разделитель значений 80

◊ экранированный 80

Синтаксис 30

Система

◊ исчисления двоичная 21

◊ координат экранная 651

Словарь 459

◊ добавление значения 462

◊ количество элементов 464

◊ перебор ключей 466

◊ получение:

▫ значения 460, 470, 472

▫ ключа 468, 469

▫ пары ключ/значение 471

▫ элемента 468

◊ проверка ключа 461

◊ смешанные типы данных 464

◊ создание 460

▫ пустого 466

◊ удаление:

▫ значения 463

▫ элементов 467

Слово ключевое 29

Состояние объекта 531

Спецификатор формата 82

Список 186, 361

◊ вложенный 395

◊ возвращение ссылки из функции 386

◊ вставка значения 377

◊ вывод на экран 362

◊ двумерный 395

◊ добавление значения 374

◊ значение:

▫ максимальное 380

▫ минимальное 380

◊ инвертирование порядка элементов 379

◊ конкатенация 367

◊ копирование 382

◊ обход в цикле for 364

◊ параметров 245

◊ передача в функцию 386

◊ поиск:

▫ значения 372

▫ позиции элемента 376

◊ преобразование в кортеж 400

◊ разные типы данных 362

**Список (прод.)**

- ◊ сортировка 378
- ◊ сохранение в файл 391
- ◊ строковых значений 362
- ◊ сумма значений 384
- ◊ суммирование элементов 607
- ◊ удаление элемента 378
  - по позиции 379
- ◊ усреднение значений 385
- ◊ целых чисел 362
- ◊ чтение из файла 393

Сравнение строковых выражений 138

Среднее арифметическое 71

Срез 369

- ◊ строки 434

Стиль горбатый 56

**Строка:**

- ◊ длина 431
- ◊ конкатенация 432
- ◊ разбиение 449
- ◊ символы:
  - в верхнем регистре 443
  - в нижнем регистре 443
- ◊ сравнение нерегистрочувствительное 443
- ◊ срез 434

**Структура:**

- ◊ принятия решения:
    - с двумя альтернативными вариантами 133
    - с единственным вариантом 126
  - ◊ управляющая 125
- Схема:**
- ◊ вычислений укороченная 151
  - ◊ иерархическая 235
  - ◊ структурная 235

**T**

Таблица "ввод-обработка-вывод" 270

Тип данных 59

- ◊ строковый 60

Трассировка обратная 340

**Y****Устройство:**

- ◊ ввода 18
- ◊ вывода 18
- ◊ хранения, вторичное 17
- ◊ цифровое 23

Утилита 19

**Ф****Файл:**

- ◊ cookie 303
- ◊ ввода 304
- ◊ вывода 304
- ◊ двоичный 305
- ◊ закрытие 496
- ◊ открытие 306, 497
- ◊ с последовательным доступом 305
- ◊ с произвольным доступом 305
- ◊ с прямым доступом 305
- ◊ текстовый 305

Факториал 604

Флаг 156

Флажок 648

Флеш-накопитель 18

Форматирование чисел 82

- ◊ вещественных 86
- ◊ целых 86

Функция 48, 225

- ◊ bar 410, 413
- ◊ dump 543
- ◊ enumerate 687
- ◊ filter 684
- ◊ float 64
- ◊ format 82
- ◊ int 64
- ◊ isinstance 594
- ◊ len 365, 431, 464, 484
- ◊ list 362, 400
- ◊ map 683
- ◊ max 380
- ◊ min 380
- ◊ open 306, 497
- ◊ pie 415
- ◊ plot 402
- ◊ print 28, 57
- ◊ randint 257
- ◊ random 263
- ◊ random.seed 264
- ◊ xrange 263
- ◊ range 188
- ◊ reduce 685
- ◊ str 316
- ◊ title 404
- ◊ tuple 400

- ◊ turtle.heading 157
- ◊ turtle.isdown 157
- ◊ turtle.isvisible 158
- ◊ turtle.pencolor 158
- ◊ turtle.pensize 159
- ◊ turtle.speed 159

- ◊ turtle.xcor 157
- ◊ turtle.ycor 157
- ◊ uniform 263
- ◊ xlim 405
- ◊ ylim 405
- ◊ zip 686
- ◊ без возврата значения 227
- ◊ библиотечная 255
- ◊ булева 274
- ◊ вложенная 64
- ◊ вызов 229
- ◊ каррированная 690
- ◊ обратного вызова 630
- ◊ рекурсивная 601
  - остановка 602
- ◊ с возвратом значения 255

**X**

Ханойские башни 611

**Ц**

- Центральный процессор 15
  - Цикл:
    - ◊ for:
      - обход списка 364
      - обход строкового значения 428
      - чтение данных из файла 323
    - ◊ while 178
  - ◊ бесконечный 184
  - ◊ вложенный 207
  - ◊ разработки программы 43
  - ◊ с условием 178
  - ◊ со счетчиком 178
- Цифра двоичная 20

**Ч**

- Черный ящик 256
- Число:
  - ◊ волшебное 87
  - ◊ псевдослучайное 264
  - ◊ случайное 256
- Чтение первичное 203, 321

**Ш**

- Шаг, величина 189
- Шрифт 669

**Э**

- Экземпляр класса 516
- Элемент интерфейса:
  - ◊ Button 622, 630
  - ◊ Canvas 622, 651
  - ◊ Checkbutton 622, 648
  - ◊ Entry 622, 634
  - ◊ Frame 622, 628
  - ◊ Label 622, 624
  - ◊ Listbox 622
  - ◊ Menu 622
  - ◊ Menubutton 622
  - ◊ Message 622
  - ◊ Radiobutton 622, 644
  - ◊ Scale 622
  - ◊ Scrollbar 622
  - ◊ Text 622
  - ◊ Toplevel 622
- Элемент списка 361

**Ю**

- Юникод 23
- ◊ латинское подмножество 707

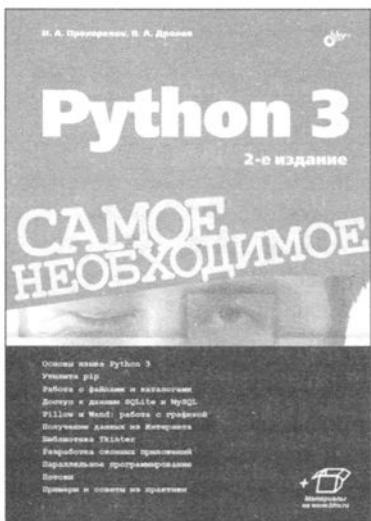
**Я**

- Язык:
  - ◊ высокоуровневый 28
  - ◊ машинный 25

Python 3. Самое необходимое,  
2-е изд.

Отдел оптовых поставок:  
e-mail: opt@bhv.spb.su

Быстро и легко осваиваем Python — самый стильный язык программирования



- Основы языка Python 3
- Утилита pip
- Работа с файлами и каталогами
- Доступ к данным SQLite и MySQL
- Pillow и Wand: работа с графикой
- Получение данных из Интернета
- Библиотека Tkinter
- Разработка оконных приложений
- Параллельное программирование
- Потоки
- Примеры и советы из практики

В книге описан базовый синтаксис языка Python 3: типы данных, операторы, условия, циклы, регулярные выражения, встроенные функции, объектно-ориентированное программирование, обработка исключений, часто используемые модули стандартной библиотеки и установка дополнительных модулей с помощью утилиты pip. Даны основы SQLite, описан интерфейс доступа к базам данных SQLite и MySQL, рассказано об использовании ODBC для доступа к данным. Рассмотрена работа с изображениями с помощью библиотек Pillow и Wand, получение данных из Интернета, разработка оконных приложений с помощью библиотеки Tkinter, параллельное программирование и работа с архивными файлами различных форматов. Книга содержит более двухсот практических примеров, помогающих начать программировать на языке Python самостоятельно. Весь материал тщательно подобран, хорошо структурирован и компактно изложен, что позволяет использовать книгу как удобный справочник.

**Прохоренок Николай Анатольевич**, профессиональный программист, имеющий большой практический опыт создания и продвижения динамических сайтов с использованием HTML, JavaScript, PHP, Perl и MySQL. Автор книг «HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера», «Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений», «Основы Java», «OpenCV и Java. Обработка изображений и компьютерное зрение» и др.

**Дронов Владимир Александрович**, профессиональный программист, писатель и журналист, работает с компьютерами с 1987 года. Автор более 20 популярных компьютерных книг, в том числе «HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера», «Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений», «Laravel. Быстрая разработка современных динамических Web-сайтов на PHP, MySQL, HTML и CSS», «Angular 4. Быстрая разработка сверхдинамических Web-сайтов на TypeScript и PHP» и книг по продуктам Adobe Flash и Adobe Dreamweaver различных версий. Его статьи публикуются в журналах «Мир ПК» и «ИнтерФейс» (Израиль) и интернет-порталах «IZ City» и «TheVista.ru».

# НАЧИНАЕМ ПРОГРАММИРОВАТЬ НА >>> PYTHON®

## 4-Е ИЗДАНИЕ

В книге изложены принципы программирования, с помощью которых вы приобретете навыки алгоритмического решения задач на языке Python, даже если у вас нет опыта программирования. Для облегчения понимания сути алгоритмов широко использованы блок-схемы, псевдокод и другие инструменты. Приведено большое количество сжатых и практических примеров программ. В каждой главе предложены тематические задачи с пошаговым анализом их решения.

Отличительной особенностью издания является его ясное, дружественное и легкое для понимания изложение материала.

Книга идеально подходит для вводного курса по программированию и разработке программного обеспечения на языке Python.

- Краткое введение в компьютеры и программирование
- Ввод, обработка и вывод данных
- Управляющие структуры и булева логика
- Структуры с повторением и функции
- Файлы и исключения
- Списки и кортежи
- Строковые данные, словари и множества
- Классы и объектно-ориентированное программирование
- Наследование и рекурсия
- Функциональное программирование

**Тони Гэддис** — ведущий автор всемирно известной серии книг «Начинаем программировать...» (Starting Out With) с двадцатилетним опытом преподавания курсов информатики в колледже округа Хейвуд, шт. Северная Каролина, удостоен звания «Преподаватель года», лауреат премии «Педагогическое мастерство».

ISBN 978-5-9775-4002-5



9 785977 540025

191036, Санкт-Петербург,  
Гончарная ул., 20  
Тел.: (812) 717-10-50,  
339-54-17, 339-54-28  
E-mail: mail@bhv.ru  
Internet: www.bhv.ru

bhv®