Конспект по книге: "Python. К вершинам мастерства."

Сравнение перечисляемых типов

Критерий сравнения	**typle**	**list**	**set**
Нотация	a = (1, 2, 3)	b = [1, 2, 3]	c = {1, 2, 3}
Название	Кортеж	Список	Множество
Хэшируем	+	-	-
Упорядоченность	Всегда упорядоченный список объектов	Всегда упорядоченный список объектов	До 3.6 словари `dict` и множества `set` не сохраняли порядок, но начиная с 3.7 **офицально упорядочены**
Дубликаты	Может содержать дубликаты	Может содержать дубликаты	Не содержит дубликатов
Индексация	+	+	-
Размер	Фиксированны	Динамический	Динамический

Критерий сравнения	**typle**	**list**	**set**
Подходит для	Последовательность не планируется изменять; Если нужно поочередно перебирать неизменную последовательность элементов; Нужна последовательность элементов для ее назначения в качестве ключа словаря. Поскольку списки — это изменяемый тип данных, их нельзя применять в качестве ключей словаря; Важна скорость выполнения операций с последовательностью : из-за отсутствия возможности изменения, кортежи работают куда быстрее списков;	Последовательность планируется изменять; Планируется добавлять новые элементы или удалять старые	Базовая структура типа данных “множество” — это хеш-таблица (Hash Table). Поэтому множества очень быстро справляются с проверкой элементов на вхождение, например содержится ли объект `x` в последовательности `a_set`. Идея заключается в том, что поиск элемента в хэш-таблице — это операция `O(1)`, то есть операция с постоянным временем выполнения.

По сути, если не нужно хранить дубликаты, то множество будет лучшим выбором, чем список.

Выводы

“Преждевременная оптимизация — корень всех зол”.

Итак, самое главное, что вам стоит запомнить по поводу списков, кортежей и множеств:

- Если необходимо хранить дубликаты, то выбирайте список или кортеж.
- Если НЕ планируется изменять последовательность после ее создания, то выбирайте кортеж, а не список.
- Если НЕ нужно хранить дубликаты, то воспользуйтесь множеством, так как они значительно быстрее определяют наличие объекта в последовательности.

В конечном итоге, по большей части не стоит слишком сильно задумываться о том, какого же типа данных последовательностью воспользоваться.

Глава 5. *Словари и множества*

Все словари наследуют класс **collections.abc.Mapping**. Ключи должны быть хэшируемые. Включать метод *hash*() и *eq*() Объект называется хэшируемым, если он обладает хэш-значением, которое не изменяется на протяжении всей жизни объекта и допускает сравнение с другими объектами.

Способы инициализации словаря

```
a = dict(one=1, two=2, three=3)
b = {'one': 1, 'two': 2, 'three': 3}
c = dict(zip(['one','two','three'],[1,2,3]))
d = dict([('two', 2), ('one', 1), ('three', 3)])
e = dict({'two': 2, 'one': 1, 'three': 3})
a == b == c == d == e
True
```

Тексты и байты.

Всё что нужно знать о байтах: главное это то, что существует 2 основных типа отображения двоичных последовательностей: изменяемы тип bytes, появившийся в py3 и не изменяемы тип bytearray. Каждый элемент bytes или bytearray - целое число от 0 до 255

Полноправные функции

Семь видов вызываемых объектов

Оператор () можно применять не только к функциям, определённым пользователями. Что бы понять является ли объект вызываемым, воспользуейтесь функцией:

```
callable()
```

Table 1. Вызываемые элементы Python

Функция	Описание
Пользовательские функции	Создаются при помощи выражения `def` или `lambda`-выражения
Встроенные функции	Функции написанные на C (в случае CPython), например `len` или `time.strftime`
Методы	Функции определённые в теле класса

Функция	Описание
Встроенные методы	Метода написанные на C, например dict.get
Классы	При вызове класса выполняется свой метод `new`, что бы создать экземпляр, затем вызывает метод `init` для его инициализации и, наконец, возвращает экземпляр вызывающей программе
Экземпляры классов	Если в классе определен метод `call`, то его экземпляры можно вызвать, как функции
Генераторные функции	Функции или методы, в которых используется ключевое слово `yield`. При вызове генераторная функция возвращает объект-генератор

Учитывая разнообразие вызываемых типов в Python, самый безопасный способ узнать, является ли объект вызываемым, - воспользоваться встроенной функцией callable()

Пользовательские вызываемые типы

Пример создания класса с реализованным методом `__call__`

```
import random


class BingoCage:
    """
    Экземпляр этого класса строится из любого иттерируемого объекта и
    хранит внутри себя список элементов в случайном порядке. При вызове
    экземпляра из списка удаляется один элемент.
    """

    def __init__(self, items=None):
        """
        Метод __init__ принимает произвольный иттерируемый объект;
        Создание локальной копии предотвращает изменение списка, переданного
        в качестве аргумента.
        """
        self._items = list(items)
        random.shuffle(self._items)  # Метод shuffle гарантированно работает, т.к.
self._items объект тип list.

    def pick(self):
        """
        Основной метод.
        """
        try:
            return self._items.pop()
        except IndexError:
            # Возбудить исключение со специальным сообщением, если список self._items
пустой.
            raise LookupError('pick from empty BingoCage')

    def __call__(self):
        """
        Позволяет писать просто bingo() вместо bingo.pick()
        :return:
        """
        return self.pick()
```

Демонстрация BingoCage

```
>>> from source.bingocall import BingoCage
>>> bingo = BingoCage(range(3))
>>> bingo.pick()
2
>>> bingo()
1
>>> callable(bingo)
True
```

Объект `bingo` можно вызвать как функцию, и встроенная функция `callable(…)` распознает его как вызываемый объект

Пример классного разбора именованых и не именовых аргументов функции

```
def tag(name, *content, cls=None, **attrs):
    """
    Функция tag генерирует HTML; чисто именованый аргумент cls
    для передачи аттрибута "class". Это обходное решение необходимо,
    т.к. в Python class - Зарезервированное слово.
    """
    print(name)
    if cls is not None:
        attrs['class'] = cls
    if attrs:
        attr_str = ''.join(' %s="%s"' % (attr, value) for attr, value in sorted(attrs
.items()))
    else:
        attr_str = ''
    if content:
        return '\n'.join('<%s%s>%s</%s>' % (name, attr_str, c, name) for c in content)
    else:
        return '<%s%s />' % (name, attr_str)
```

Получение информации о параметрах

- У объекта-функции есть аттрибут `defaults`, в котором хранится кортеж со значениями по умолчанию позиционных и именованных параметров.
- Значения чисто именованных аргументов находятся в `kwdefaults`
- Сами имена параметров находятся в атрибуте `code`, который содержится ссылку на объект `code` с множеством своих собственных параметров

```
>>> from source.tag import tag
>>> tag.__code__.co_varnames
('name', 'cls', 'content', 'attrs')
>>> tag.__code__.co_argcount
1
```

inspect.signature

Метод `inspect.signature` возвращает объект inspect.Signature, у которого есть аттрибут `parameters`, позволяющий прочитать упорядоченное отображение имен на объекы типа `inspect.Parameter`. У каждого объекта `Parameter` есть набор аттрибутов, например: `name`, `default` и `kind`. Специально значение `inspect._empty` обозначающий параметры, не имеющие значения по-умолчанию.

```
>>> from inspect import signature
>>> sig = signature(help)
>>> sig
<Signature (*args, **kwds)>
>>> str(sig)
'(*args, **kwds)'
>>> for name, param in sig.parameters.items(): print(param.kind, ':', name, '=',
param.default)
...
VAR_POSITIONAL : args = <class 'inspect._empty'>
VAR_KEYWORD : kwds = <class 'inspect._empty'>
>>> sig = signature(open)
>>> for name, param in sig.parameters.items(): print(param.kind, ':', name, '=',
param.default)
...
POSITIONAL_OR_KEYWORD : file = <class 'inspect._empty'>
POSITIONAL_OR_KEYWORD : mode = r
POSITIONAL_OR_KEYWORD : buffering = -1
POSITIONAL_OR_KEYWORD : encoding = None
POSITIONAL_OR_KEYWORD : errors = None
POSITIONAL_OR_KEYWORD : newline = None
POSITIONAL_OR_KEYWORD : closefd = True
POSITIONAL_OR_KEYWORD : opener = None
```

У объекта `inspect.Signature` имеется метод `bind`, который принимает любое количество атрибутов и связывает их с параметрами, указанных в сигнатуре, следуя обычным правилам сопоставления фактических аргументов с формальными параметрами.

Каркас может использовать эту возможность для проверки аттрибутов до фактического вызова функции.

Связывание сигнатуры функции `tag` со словарём аргументов

```
>>> import inspect
>>> from source.tag import tag
>>> sig = inspect.signature(tag)
>>> my_tag = {
... 'name'  : 'img',
... 'title' : 'Sunset Boulevard',
... 'src'   : 'sunset.jpg',
... 'cls'   : 'framed'
... }
>>> bounds_args = sig.bind(**my_tag)
>>> bounds_args
<BoundArguments (name='img', cls='framed', attrs={'title': 'Sunset Boulevard', 'src':
'sunset.jpg'})>
>>> for name, value in bounds_args.arguments.items(): print(name, '=', value)
...
name = img
cls = framed
attrs = {'title': 'Sunset Boulevard', 'src': 'sunset.jpg'}
>>> del my_tag['name']
>>> bounds_args = sig.bind(**my_tag)
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#16>", line 1, in <module>
    bounds_args = sig.bind(**my_tag)
  File "C:\Users\User\AppData\Local\Programs\Python\Python38-32\lib\inspect.py", line
3025, in bind
    return self._bind(args, kwargs)
  File "C:\Users\User\AppData\Local\Programs\Python\Python38-32\lib\inspect.py", line
2940, in _bind
    raise TypeError(msg) from None
TypeError: missing a required argument: 'name'
>>>
```

На этом примере видно, как модель данных Python - посредством модуля inspect - раскрывает механизм, которым пользуется сам интерпретатор дя связывания аргументов с формальными параметрами при вызове функии.

Аннотация функций

Аннотированная функция clip

```
def clip(text: str, max_len: 'int > 0' = 80) -> str:  # Аннотированное объявление
функции
    """
    Return text clipped at the last space before or after max_len

    :param text:
        Переменная с текстом
    :param max_len:
        Максимальная длина возвращаемой строки
    :return:
        Возращает строку обрезаную до последнего пробела или до максимальной длины.
    """
    end = None
    if len(text) > max_len:
        space_before = text.rfind(' ', 0, max_len)
        if space_before >= 0:
            end = space_before
        else:
            space_after = text.rfind(' ', max_len)
            if space_after >= 0:
                end = space_after
    if end is None:  # No spaces were found
        end = len(text)
    return text[:end].rstrip()
```

- У любого аргумента в объявлении функции может быть выражение аннотации, которому предшествует `:`.
- Если у аргумента есть значение по-умолчанию, то аннотация располагается между именем и знаком `=`.
- Что-бы аннотировать возвращаемое значение, поместите `->` и вслед за ним выражение между знаком `)` и двоеточием в конце объявления функции.
- Аннотации никак не обрабатываются. Они просто сохраняются в аттрибуте функции `__annotations__` тип `dict`

```
>>> from source.clip_annot import clip
>>> clip.__annotations__
{'text': <class 'str'>, 'max_len': 'int > 0', 'return': <class 'str'>}
```

Пакеты для функционального программирования

Модуль `operator`

Модуль `operator` включает в себя функции для выборки элементов из последовательностей и чтения атрибутов объектов: `itemgetter` и `attrgetter` строят специализированные функции

для выполнения этих действий.

Результат применения `itemgetter` для сортировки списка кортежей

```
from operator import itemgetter

metro_data = [
    ('Tokyo', 'JP', 36.933, (35, 139)),
    ('Delhi NCR', 'IN', 21.935, (28, 77)),
    ('Mexico City', 'MX', 20.142, (19, -99)),
    ('New York-Newark', 'US', 20.104, (40, -74)),
    ('Sao Paulo', 'BR', 19.649, (-23, -46)),
]

for city in sorted(metro_data, key=itemgetter(1)):
    print(city)
```

```
py .\metro_data.py
('Sao Paulo', 'BR', 19.649, (-23, -46))
('Delhi NCR', 'IN', 21.935, (28, 77))
('Tokyo', 'JP', 36.933, (35, 139))
('Mexico City', 'MX', 20.142, (19, -99))
('New York-Newark', 'US', 20.104, (40, -74))
```

Фиксация аргументов с помощью `functools.partial`

В модуле `functools` собраны некоторые функции высшего порядка. Из них наиболее широко известна функция `reduce`. Помимо неё, особенно полезна функция `partial` и её вариация `partialmethod`.

- `functools.partial` — функция высшего порядка. Позволяет применять функцию "частично". Получив на вход некоторую функцию, `partial` создает новый вызываемый объект, в котором некоторые аргументы исходной функции фиксированы. Функция `partial` принимает в первом аргументе вызываемый объект, а за ним - произвольное число позиционных и именованных аргументов, подлежащих связыванию.

Построение вспомогательной функции нормализации Unicode-строк с помощью partial

```
>>> import functools
>>> import unicodedata
>>> nfc = functools.partial(unicodedata.normalize, 'NFC')
>>> s1 = 'café'
>>> s2 = 'cafe\u0301'
>>> nfc(s1) == nfc(s2)
True
>>> s1 == s2
False
```

- `functools.partialmethod` — делает тоже самое, что и `partial`, но предназначена для работы с методами.

Спецификации и статьи по пройденному материалу:

1. PEP 3102 — Keyword-Only Arguments
2. PEP 3107 — Function Annotations
3. PEP 362 — Function Signature Object
4. Functional Programming HOWTO

Глава 6. *Реализация паттернов проектирования с помощью полноправных функций.*

Практический пример: переработка паттерна Стратегия.

> *В книге "Паттерны проектирования" паттерн* **Стратегия** *описывается следующим образом:*
>
> Определить семейство алгоритмов, инкапсулировать каждый из них и сделать их взаимозаменяемыми. Стратегия позволяет заменять алгоритмы независимо от использующих его клиентов.

Наглядный пример применения паттерна Стратегия к коммерческой задаче — вычисление скидок на заказы в соответствии с характеристиками заказчика или результатами анализа заказанных позиций. Рассмотрим интернет-магазин со следующими правилами формирования скидок:

- Заказчику, имеющему не менее 1000 баллов лояльности, предоставляется глобальная скидка `5%` на весь заказ;
- На позиции, заказанные в количестве не менее 20 штук, предоставляется скидка `10%`
- На заказы, содержащие не мене 10 различных позиций, предоставляется глобальная скидка `7%`

Для простоты предложим, что к каждому заказчику может быть применена только одна скидка.

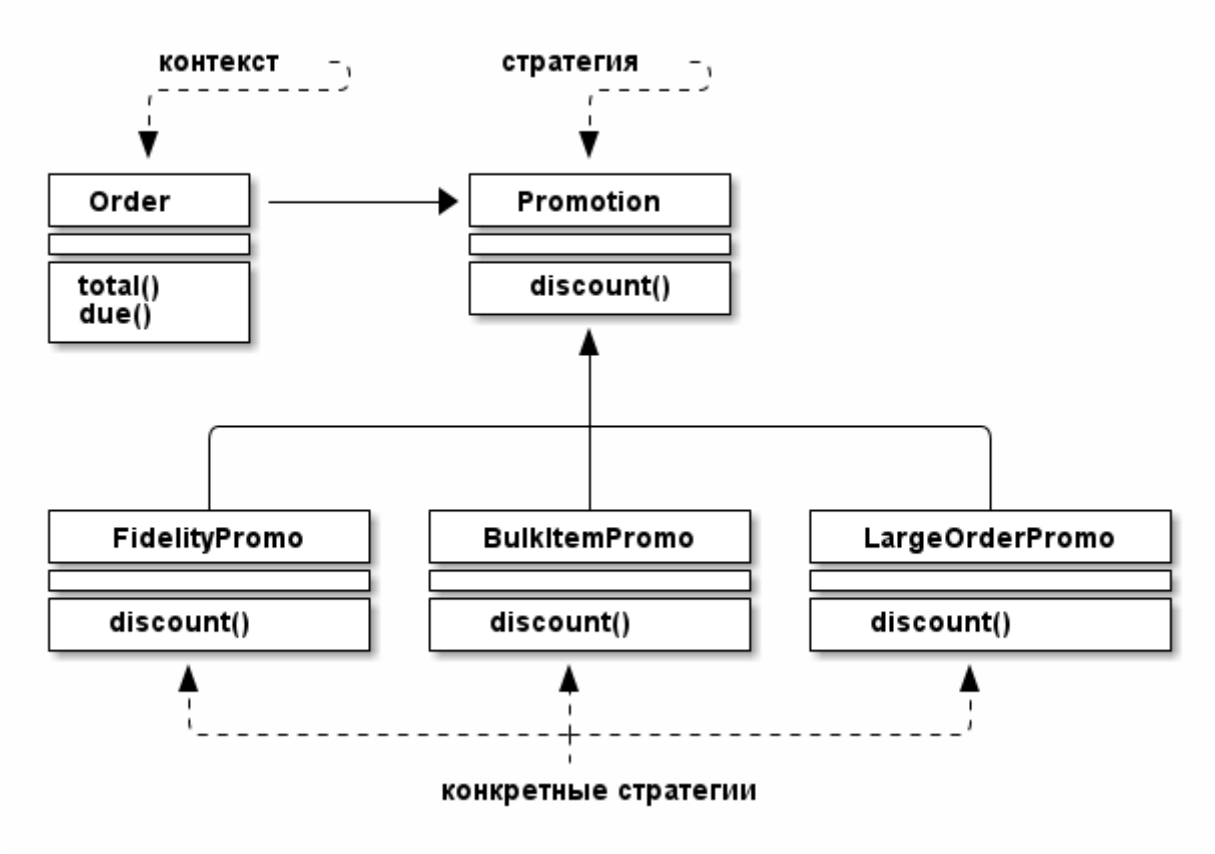


Figure 1. UML-диаграмма классов для обработки заказов

Контекст

Представляет службу, делегируя часть вычислений взаимозаменяемым компонентам, реализующих различные алгоритмы. В примере Интернет-магазина контекстом является класс `Order`, который конфигурируется для применения поощрительной скидки по одному из нескольких алгоритмов.

Стратегия

Интерфейс, общий для всех компонентов, реализующих различные алгоритмы. В нашем примере эту роль играет абстрактный класс `Promotion`.

Конкретные стратегии

Один из конкретных подклассов Стратегии. В нашем примере реализованы три конкретные стратегии: `FidelityPromo`, `BulkItemPromo`, `LargeOrderPromo`.

В нашем примере система, перед тем как создать объект заказ, должна каким-то образом определит стратегию предоставления скидки и передать ее конструктору класса `Order`. Вопрос о выборе стратегии не является предметом данного паттерна.

Реализация класса `Order` с помощью взаимозаменяемых стратегий

```
from abc import ABC, abstractmethod
from collections import namedtuple

Customer = namedtuple('Customer', 'name fidelity')
```

```
class LineItem:

    def __init__(self, product, quantity, price):
        self.product = product
        self.quantity = quantity
        self.price = price

    def total(self):
        return self.price * self.quantity


class Order:
    """
    Контекст
    """
    def __init__(self, customer, cart, promotion=None):
        self.customer = customer
        self.cart = list(cart)
        self.promotion = promotion

    def total(self):
        if not hasattr(self, '__total'):
            self.__total = sum(item.total() for item in self.cart)
        return self.__total

    def due(self):
        if self.promotion is None:
            discount = 0
        else:
            discount = self.promotion.discount(self)
        return self.total() - discount

    def __repr__(self):
        return f'<Order total: {self.total():.2f} due: {self.due():.2f}>'


class Promotion(ABC):
    """
    Стратегия: абстрактный базовый класс
    """
    @abstractmethod
    def discount(self, order):
        """
        Вернуть скидку в виде положительной суммы в долларах
        :param order:
        :return:
        """
```

```
class FidelityPromo(Promotion):
    """
    5%-я скидка для заказчиков, имеющих не менее 1000 баллов лояльности
    """
    def discount(self, order):
        return order.total() * .05 if order.customer.fidelity >= 1000 else 0


class BulkItemPromo(Promotion):
    """
    10%-я скидка для каждой позиции LineItem, в которой заказано не мене 20 единиц
    """
    def discount(self, order):
        discount = 0
        for item in order.cart:
            if item.quantity >= 20:
                discount += item.total() * .1
        return discount


class LargeOrderPromo(Promotion):
    """
    7%-я скидка для заказов, включающих не менее 10 различных позици
    """
    def discount(self, order):
        distinct_items = {item.product for item in order.cart}
        if len(distinct_items) >= 10:
            return order.total() * .07
        return 0
```

Пример работает без нареканий, но ту же функциональность можно реализовать в Python гораздо короче, воспользовавшись функциями как объектами.

Функционально-ориентированная стратегия.

Каждая конкретная стратегия в примере — это класс с одним методом `discount`. Сильно напоминают функции. В следующем примере код переработан — конкретные классы заменены функциями, а абстрактный класс `Promo` исключен

Класс `Order`, в котором реализован в виде функций

```
from collections import namedtuple

Customer = namedtuple('Customer', 'name fidelity')


class LineItem:

    def __init__(self, product, quantity, price):
        self.product = product                      # Наименование
```

```
        self.quantity = quantity                    # Количество
        self.price = price                          # Цена

    def total(self):
        return self.price * self.quantity           # Общая стоимость позиции


class Order:                                        # Контекст

    def __init__(self, customer, cart, promotion=None):
        self.customer = customer
        self.cart = cart
        self.promotion = promotion

    def total(self):
        if not hasattr(self, '__total'):
            self.__total = sum(item.total() for item in self.cart)
        return self.__total

    def due(self):
        if self.promotion is None:
            discount = 0
        else:
            discount = self.promotion.discount(self)
        return self.total() - discount

    def __repr__(self):
        return f'<Order total: {self.total():.2f} due: {self.due():.2f}>'


def fidelity_promo(order):
    """
    5%-я скидка для заказчиков, имеющих не менее 1000 баллов лояльности
    """
    return order.total() * .05 if order.customer.fidelity >= 1000 else 0


def bulk_item_promo(order):
    """
    10%-я скидка для каждой позиции LineItem, в которой заказано не мене 20 единиц
    """
    discount = 0
    for item in order.cart:
        if item.quantity >= 20:
            discount += item.total() * .1
    return discount


def large_order_promo(order):
    """
    7%-я скидка для заказов, включающих не менее 10 различных позици
```

```
    """
    distinct_items = {item.product for item in order.cart}
    if len(distinct_items) >= 10:
        return order.total() * .07
    return 0
```

Выбор наилучшей стратегии: простой подход

Реализация функции выбора наилучшая стратегии

```
from source.strategy_3 import fidelity_promo, bulk_item_promo, large_order_promo
promos = [fidelity_promo, bulk_item_promo, large_order_promo]
# promos - список стратегий реализованный в виде функций


def best_promo(order):
    """
    :param order: список покупок
    :return: максимально возможную скидку из params
    """
    return max(promo(order) for promo in promos)
```

Фишка в том что бы воспринимать функцию как объект, который можно передавать в виде параметра.

В данном коде возможна тонка ошибка. При написании новой стратегии, возможно забыть добавить её в список `promos`.

Поиск стратегии в модуле

`globals()` - возвращает словарь, представляющий текущую таблицу глобальных символов. Это всегда словарь текущего модуля.

Список promos строится путем перебора глобального пространства имен

```
promos = [globals()[name] for name in globals() if name.endswith('_promo') and name !=
'best_promo']
"""
promos - перебираем все имена в словаре,
возвращенном функцией global(), оставляем
только те что с суффикосом _promo и не best_promo
"""


def best_promo(order):
    """
    :param order: список покупок
    :return: максимально возможную скидку из params
    """
    return max(promo(order) for promo in promos)
```

Паттерн Команда

Цель **Команды** - разорвать связь между объектом, инициировавшим операцию (Инициатором) и объектом, который её реализует (Получатель).

В примере Инициаторы - это пункты меню в графическом редакторе, а Получателем - редактируемый документ или само приложении.

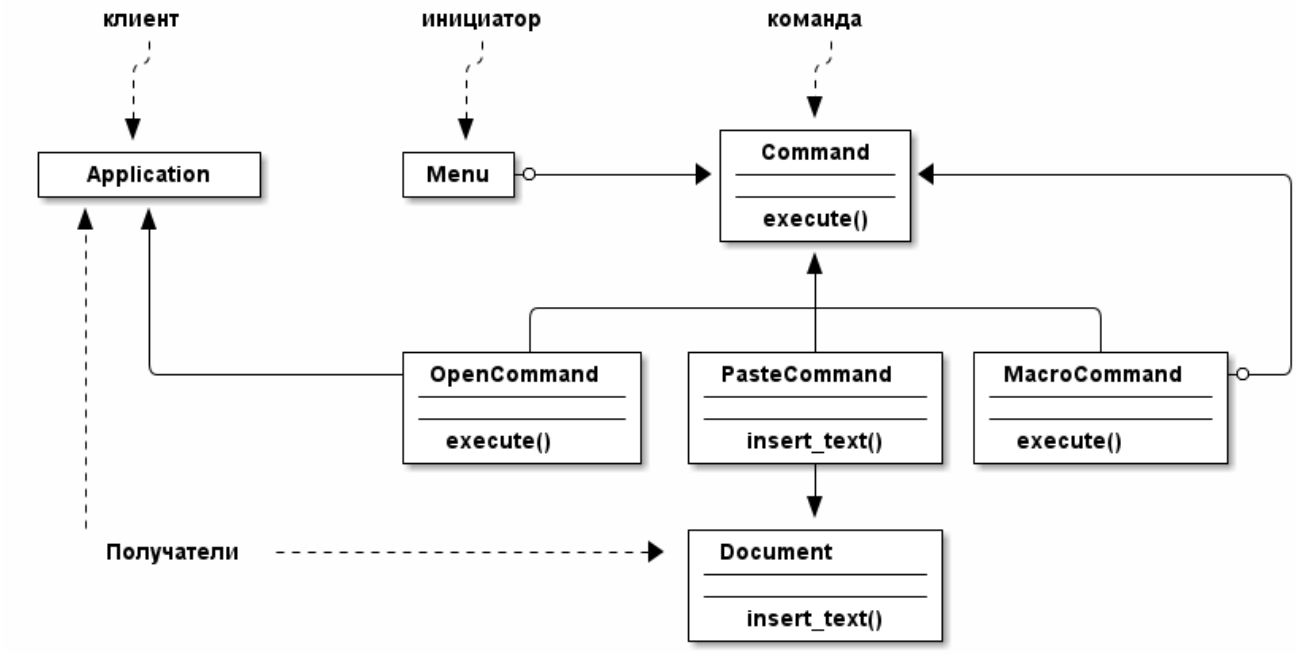


Figure 2. UML-диаграмма классов для управляемого меню текстового редактора, реализованного с помощью паттерна Команда. У каждой команды может быть свой получатель: объект, выполняющий действие. Для команды `PasteCommand` получателем является `Document`, а для `OpenCommand`- приложение.

Идея в том, что бы между инициатором и исполнителем поместить объект `Command`, который реализует интерфейс с одним методом `execute()`, вызывающим какой-то метод Получателя для выполнения желаемой операции. Таким образом, Инициатор ничего не знает об интерфейсе Получателя, так что, написав подкласс `Command`, можно адаптировать различные получатели. Инициатор конфигурируется конкретной командой и вызывает ее метод `execute`.

Класс `MacroCommand`, который может содержать последовательность команд; его метод `execute()` вызывает одноименные методы каждой хранимой команды.

Вместо передачи объекта `Command`, мы можем передать обычную функцию. Реализовать можно через специальный метод `__call__`.

Тогда `MacroCommand` будут вызываемыми объектами, содержащими список функций для последующего вызова.

```
class MacroCommand:
    """
    Команда, выполняющая список команд
    """
    def __init__(self, commands):
        self.commands = list(commands)

    def __call__(self, *args, **kwargs):
        for command in self.commands:
            command()
```

Ссылочки и дополнительные материалы

- Паттерны поректирования в динамических языках.

```
#!./venv/Scripts/python.exe
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Паттерн СТРАТЕГИЯ определяет семейство алгоритмов, инкапсулирует
каждый из них и обеспечивает их взаимозаменяемость. Он позволяет
модифицировать алгоритмы независимо от их использования на сторо-
не клиента.
"""
COLLEAGUES = ('Павел Клименко', 'Павел Румянцев', 'Николай Ластовский',
              'Кирилл Кулешов', 'Сергей Мирук', 'Алёна Ларина')


class Layout:
    """
    Этот класс поддерживает только один алгоритм: табуляция. Функция,
    реализующая этот алгоритм, ожидает получить счетчик строк и после-
    довательность элементов, а возвращает результат в виде таблицы.
    """
    def __init__(self, tabulator):
        self.tabulate = tabulator

    def tabulate(self, rows, items):
        return self.tabulator(rows, items)


def main():
    """
    В этой функции создаются 2 объекта Layout, параметризованные
    различными функциями-табуляторами. Для каждого формата печатается
    таблица с 2,3,4,5 строками
    :return:
    """
    htmlLayout = Layout(html_tabulator)
    for rows in range(2, 6):
        print(htmlLayout.tabulate(rows, COLLEAGUES))
    textLayout = Layout(text_tabulator)
    for rows in range(2, 6):
        print(textLayout.tabulate(rows, COLLEAGUES))
```

Глава 7. *Декораторы и функции замыкания*

Декоратор - это вызываемый объект, принимающий в качестве аргумента другую функцию.

Главное, что нужно знать о декораторах:

- Тот факт, что они властны заменить декорируемую функцию другой;

- Выполняется сразу после загрузки модуля;

Паттерн Стратегия, дополненный декоратором

Список `promos` *заполняется декоратором* `promotion`

```
from collections import namedtuple

Customer = namedtuple('Customer', 'name fidelity')


class LineItem:

    def __init__(self, product, quantity, price):
        self.product = product                      # Наименование
        self.quantity = quantity                    # Количество
        self.price = price                          # Цена

    def total(self):
        return self.price * self.quantity           # Общая стоимость позиции


class Order:                                        # Контекст

    def __init__(self, customer, cart, promotion=None):
        self.customer = customer
        self.cart = cart
        self.promotion = promotion

    def total(self):
        if not hasattr(self, '__total'):
            self.__total = sum(item.total() for item in self.cart)
        return self.__total

    def due(self):
        if self.promotion is None:
            discount = 0
        else:
            discount = self.promotion.discount(self)
        return self.total() - discount

    def __repr__(self):
        return f'<Order total: {self.total():.2f} due: {self.due():.2f}>'


promos = []


def promotion(promo_func):
    promos.append(promo_func)
```

```
    return promo_func


@promotion
def fidelity(order):
    """
    5%-я скидка для заказчиков, имеющих не менее 1000 баллов лояльности
    """
    return order.total() * .05 if order.customer.fidelity >= 1000 else 0


@promotion
def bulk_item(order):
    """
    10%-я скидка для каждой позиции LineItem, в которой заказано не мене 20 единиц
    """
    discount = 0
    for item in order.cart:
        if item.quantity >= 20:
            discount += item.total() * .1
    return discount


@promotion
def large_order(order):
    """
    7%-я скидка для заказов, включающих не менее 10 различных позици
    """
    distinct_items = {item.product for item in order.cart}
    if len(distinct_items) >= 10:
        return order.total() * .07
    return 0


def best_promo(order):
    """
    Выбрать максимально возможную скидку
    """
    return max(promo(order) for promo in promos)
```

По сравнению с другими решениями, у этого есть несколько преимуществ:

- Функции, реализующие стратегии вычисления скидки могут избавиться от суффикса `_promo`
- Декоратор `@promotion` явно описывает назначение декорируемой функции и без труда позволяет временно отменить предоставление ссылки: достаточно закомментировать декоратор
- Стратегии скидки можно определить в других модулях.

Правила видимости переменных

Видимость локальных переменных определяется при компилировании байт-кода и если одноименная переменная определена в теле функции, то она будет считаться локальной.

Замыкания

Замыкание вступает в игру только при наличии вложенной функции.

Замыкание — это функция с расширенной областью видимости, которая охватывает все не глобальные переменные, имеющие ссылки в теле функции, хотя они в нем не определены.

Эту идею довольно трудно переварить, поэтому пример.

Рассмотрим функцию `avg`, которая вычисляет среднее продолжающегося ряда чисел, например, среднюю цену закрытия биржевого товара за всю историю торгов. Каждый день ряд пополняется новой ценой, а при вычислении среднего учитываются все прежние цены.

Если начать с чистого листа, то функция `avg` можно было бы использовать следующим образом:

```
>>> avg(10)
10.0
>>> avg(11)
10.5
>>> avg(12)
11.0
```

Вопрос на подумать

Откуда берется `avg` и где она хранит предыдущие значения?

Реализация Average основанная на классах.

average_oo.py: класс для вычисления накопительного среднего значения

```
class Averager:

    def __init__(self):
        self.series = []

    def __call__(self, new_value):
        self.series.append(new_value)
        total = sum(self.series)
        return total/len(self.series)
```

Класс `Averager` *создает вызываемые объекты*

```
>>> from source.average_oo import Averager
>>> avg = Averager()
>>> avg(10)
10.0
>>> avg(11)
10.5
>>> avg(12)
11.0
```

Результат тестирования

```
>>> import doctest
>>> doctest.testfile('./source/doctest/avg_oo.txt')
TestResults(failed=0, attempted=5)
```

Функциональная реализация с использованием функции высшего порядка `make_averager`

```
def make_averager():
    """
    При обращении к make_averager возвращается объект-функция averager.
    При каждом вызове averager добавляет переданный аргумент в конец
    списка series и вычисляет текущее среднее.
    :return:
    """
    series = []

    def averager(new_value):
        series.append(new_value)
        total = sum(series)
        return total/len(series)

    return averager
```

Обратите внимание на сходство обоих примеров: мы обращаемся к `Averager` и к `make_averager` что бы получить вызываемый объект `avg`, который обновляет временной ряд и вычисляет среднее значение.

Совершенно ясно, где хранит историю объектов `avg` класса `Averager`: в аттрибуте экземпляра `self.series`. Но где находится `series` функции `avg` из второго примера?

Внутри `averager` переменная `series` является *свободной*. Этот технический термин обозначает, что переменная не связана в локальной области видимости.

Python хранит имена локальных и свободных переменных в аттрибуте `__code__`, который представляет собой откомпилированное тело функции.

Инспекция функции, созданной функцией `make_averager`

```
>>> from source.average import make_averager
>>> avg = make_averager()
>>> avg.__code__.co_varnames
('new_value', 'total')
>>> avg.__code__.co_freevars
('series',)
```

Привязка переменной `series` хранится в аттрибуте `__closure__` возвращенной функцией `avg`.

Каждому элементу `avg.__closure__` соответствует имя в `avg.__code__.co_freevars`. Эти элементы называются *ячейками(cells)*, и у каждого из них есть атрибут `cell_contents`, где можно найти само значение.

Инспекция функции, созданной функцией `make_averager` *(продолжение)*

```
>>> avg.__closure__
(<cell at 0x040DC358: list object at 0x039FA368>,)
>>> avg.__closure__[0].cell_contents
[10, 11, 12]
```

Резюмируем:

Замыкание — это функция, которая запоминает привязку свободных переменных, существовавшие на момент определения функции. Так что их можно использовать впоследствии при вызове функции, когда область видимости, в которой она была определена уже не существует.

Единственная ситуация, когда функции может понадобиться доступ к внешней не глобальной переменной,- это когда она вложена в другую функцию.

Объявление `nonlocal`

Приведенная ранее реализация `make_averager` не эффективна. Мы храним в переменной все значения и каждый раз вычисляем их сумму при каждом вызове `averager`. Лучше было бы хранить предыдущую сумму и количество элементов, тогда зная два числа мы можем вычислить среднее.

В Pyton 3 было добавлено nonlocal

nonlocal позволяет пометить переменную как свободную, даже если ей присваивается значение внутри функции. В таком случае изменяется привязка, хранящаяся в замыкании.

Правильная реализация идеи

```
def make_averager():
    count = 0
    total = 0

    def averager(new_value):
        nonlocal total, count
        count += 1
        total += new_value
        return total/count

    return averager
```

Реализация простого декоратора

Простой декоратор для вывода времени выполнения функции

```
import functools
import time


def clock(func):
    """
        Декоратор functools.wraps копирует аргументы
        декорируемой функции.
    """
    @functools.wraps(func)
    def clocked(*args, **kwargs):
        t0 = time.perf_counter()
        result = func(*args, **kwargs)
        elapsed = time.perf_counter() - t0
        name = func.__name__
        arg_list = []
        if args:
            arg_list.append(', '.join(repr(arg) for arg in args))
        if kwargs:
            pairs = [f'{k}={w}' for k, w in sorted(kwargs.items())]
            arg_list.append(', '.join(pairs))
        arg_string = ', '.join(arg_list)
        print(f'[{elapsed:0.8f}] {name}({arg_string} -> {result})')     # [0.00000120]
factorial(1 -> 1)
        return result
    return clocked
```

Использование декоратора clock

```
# clock_decorator_demo.py
import time
from clock_decorator import clock


@clock
def snooze(seconds):
    time.sleep(seconds)


@clock
def factorial(n):
    return 1 if n < 2 else n*factorial(n-1)


if __name__ == '__main__':
    print('*' * 40, 'Calling snooze(.123)')
    snooze(.123)
    print('*' * 40, 'Calling factorial(5)')
    print('5! =', factorial(5))
```

Результат выполнения

```
PS C:\Users\User\PycharmProjects\Python. Design patterns and other\source> py
.\clock_decorator_demo.py
**************************************** Calling snooze(.123)
[0.13673660] snooze(0.123 -> None)
**************************************** Calling factorial(5)
[0.00000120] factorial(1 -> 1)
[0.00017130] factorial(2 -> 2)
[0.00031230] factorial(3 -> 6)
[0.00047800] factorial(4 -> 24)
[0.00066200] factorial(5 -> 120)
5! = 120
```

Декораторы в стандартной библиотеке

Два самых любопытных декоратора в стандартной библиотеке - `lru_cache` и совсем новый `singledispatch` *(Python >= 3.4)*, оба определены в `functools`.

Кэширование с помощью `functools.lru_cache`

Декоратор `functools.lru_cache` очень полезен на практике

Он реализует "запоминание" (memorization): прием оптимизации, смысл которого заключается в запоминании дорогостоящих вычислений, позволяет избежать повторных вычислений с теми же аргументами, что и раньше.

Пример использования кэширования

```
import functools
from contextlib import redirect_stdout
from clock_decorator import clock


#@functools.lru_cache()
@clock
def fibonacci(n):
    if n < 2:
        return n
    return fibonacci(n-2) + fibonacci(n-1)


if __name__ == '__main__':
    with open('./doctest/fibo_demo_out.txt', 'a') as f:
        with redirect_stdout(f):
            print(fibonacci(10))
```

На примере функция уже декорирована. Для сравнения, вот выводы декорированной и не декорированной функции `fibonacci`:

Вывод скрипта без использования `lru_cache`. Очевидны лишние вычисления.

```
[0.00000050] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000040] fibonacci(1 -> 1)
[0.00003930] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000870] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001650] fibonacci(3 -> 2)
[0.00006430] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000720] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001430] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
```

```
[0.00000240] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00001180] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001890] fibonacci(3 -> 2)
[0.00003320] fibonacci(4 -> 3)
[0.00005450] fibonacci(5 -> 5)
[0.00012600] fibonacci(6 -> 8)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000730] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001410] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001380] fibonacci(3 -> 2)
[0.00002810] fibonacci(4 -> 3)
[0.00004980] fibonacci(5 -> 5)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001460] fibonacci(3 -> 2)
[0.00002830] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000720] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001410] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000740] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000050] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000810] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001680] fibonacci(3 -> 2)
[0.00003080] fibonacci(4 -> 3)
[0.00005170] fibonacci(5 -> 5)
[0.00008660] fibonacci(6 -> 8)
[0.00014380] fibonacci(7 -> 13)
[0.00027750] fibonacci(8 -> 21)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
```

```
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001400] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000890] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001620] fibonacci(3 -> 2)
[0.00003080] fibonacci(4 -> 3)
[0.00005150] fibonacci(5 -> 5)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000720] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00002470] fibonacci(2 -> 1)
[0.00003160] fibonacci(3 -> 2)
[0.00004530] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001380] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00001540] fibonacci(2 -> 1)
[0.00002220] fibonacci(3 -> 2)
[0.00003610] fibonacci(4 -> 3)
[0.00005660] fibonacci(5 -> 5)
[0.00010850] fibonacci(6 -> 8)
[0.00016680] fibonacci(7 -> 13)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000730] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001430] fibonacci(3 -> 2)
[0.00002820] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
```

```
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001410] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001390] fibonacci(3 -> 2)
[0.00002730] fibonacci(4 -> 3)
[0.00004810] fibonacci(5 -> 5)
[0.00008580] fibonacci(6 -> 8)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000830] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001530] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000730] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001580] fibonacci(3 -> 2)
[0.00003140] fibonacci(4 -> 3)
[0.00005330] fibonacci(5 -> 5)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000710] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000030] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000700] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001440] fibonacci(3 -> 2)
[0.00002800] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000730] fibonacci(2 -> 1)
[0.00001400] fibonacci(3 -> 2)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000930] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00000030] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000020] fibonacci(1 -> 1)
[0.00003070] fibonacci(2 -> 1)
[0.00003770] fibonacci(3 -> 2)
[0.00005370] fibonacci(4 -> 3)
```

```
[0.00007440] fibonacci(5 -> 5)
[0.00010920] fibonacci(6 -> 8)
[0.00016910] fibonacci(7 -> 13)
[0.00026170] fibonacci(8 -> 21)
[0.00043520] fibonacci(9 -> 34)
[0.00072080] fibonacci(10 -> 55)
55
```

Вывод скрипта с `lru_cache`.

```
[0.00000140] fibonacci(0 -> 0)
[0.00000040] fibonacci(1 -> 1)
[0.00005920] fibonacci(2 -> 1)
[0.00000070] fibonacci(3 -> 2)
[0.00007080] fibonacci(4 -> 3)
[0.00000060] fibonacci(5 -> 5)
[0.00008260] fibonacci(6 -> 8)
[0.00000060] fibonacci(7 -> 13)
[0.00009310] fibonacci(8 -> 21)
[0.00000070] fibonacci(9 -> 34)
[0.00010440] fibonacci(10 -> 55)
55
```

`lru_cache` необходимо вызывать как функцию со скобками. `functools.lru_cache()`. Причина в том, что декоратор принимает конфигурационные параметры.

Полная сигнатура

`functools.lru_cache(max_size=128, typed=False)`

- `maxsize` — сколько результатов хранить (*для достижения результата maxsize* = n^2).
- `type` - если стоит True, то результаты разных типов будут храниться порознь.

Одиночная диспетчеризация и обобщенные функции

`functools.singledispatch` - (Python >= 3.4) позволяет каждому модулю вносить свой вклад в общее решение, так, что пользователь может легко добавить специализированную функцию, даже не имея возможности изменить класс.

Обычная функция, декорированная `singledispatch` становится *обобщенной функцией*: группой функций, выполняющих одну и ту же логическую операцию по-разному в зависимости от типа первого аргумента.

Декоратор `functools.singledispatch` создает функцию `htmlize.register` для объединения нескольких функций в одну обобщенную.

```
from collections import abc
import html
import numbers
from functools import singledispatch


@singledispatch             # Помечает базовую функцию, которая обрабатывает obj
def htmlize(obj):
    content = html.escape(repr(obj))
    return f'<pre>{content}</pre>'


@htmlize.register(str)      # Каждая специальная функция снабжается декоратором
def _(text):                # Имена функций не существенны
    content = html.escape(text).replace('\n', '<br>\n')
    return f'<pre>{content}</pre>'


@htmlize.regiter(numbers.Integral)
def _(n):
    return f'<pre>{n} (0x{0:x})</pre>'


@htmlize.register(tuple)
@htmlize.register(abc.MutableSequence)
def _(seq):
    inner = '</li>\n<li>'.join(htmlize(item) for item in seq)
    return f'<ul>\n<li>{inner}</li>\n<li>'
```

Замечательное свойство данного декоратора в том, что специализированные функции можно зарегистрировать в любом месте системы, в любом модуле. Если в последствии, вы добавите модуль, содержащий новый пользовательский тип, то без труда сможете новую специализированную функцию для обработки данного типа.

Возможности этого декоратора шире, подробнее можно почитать тут:

- PEP-0443 Single-dispatch generic function

Композиция декораторов

Когда два декоратора `@d1` и `@d2` применяются к одной и той же функции `f` в указанном порядке, получается то же самое, что и в результате композиции `f=d1(d2(f))`

Параметризованные декораторы

Для реализации параметризованного декоратора, необходимо создать *фабрику декораторов*. Т.е. создать функцию, которая возвращает декоратор.

Ссылочки

- A Python module for decorators, wrappers and monkey patching.
- pip install decorator
- Python Decorator Library
- PEP 443 — Single-dispatch generic functions
- PEP 3104 — Access to Names in Outer Scopes

Ссылки на объекты

Для правильного понимания присваивания в Python всегда сначала читайте правую часть, ту, где объект создается или извлекается. Уже после этого переменная в левой части связывается с объектом — как приклеенная к нему этикетка.

Поскольку переменные — это просто этикетки, ничего не мешает наклеить на объект несколько этикеток. В этом случае образуются *синонимы*.

Выбор между `==` и `is`

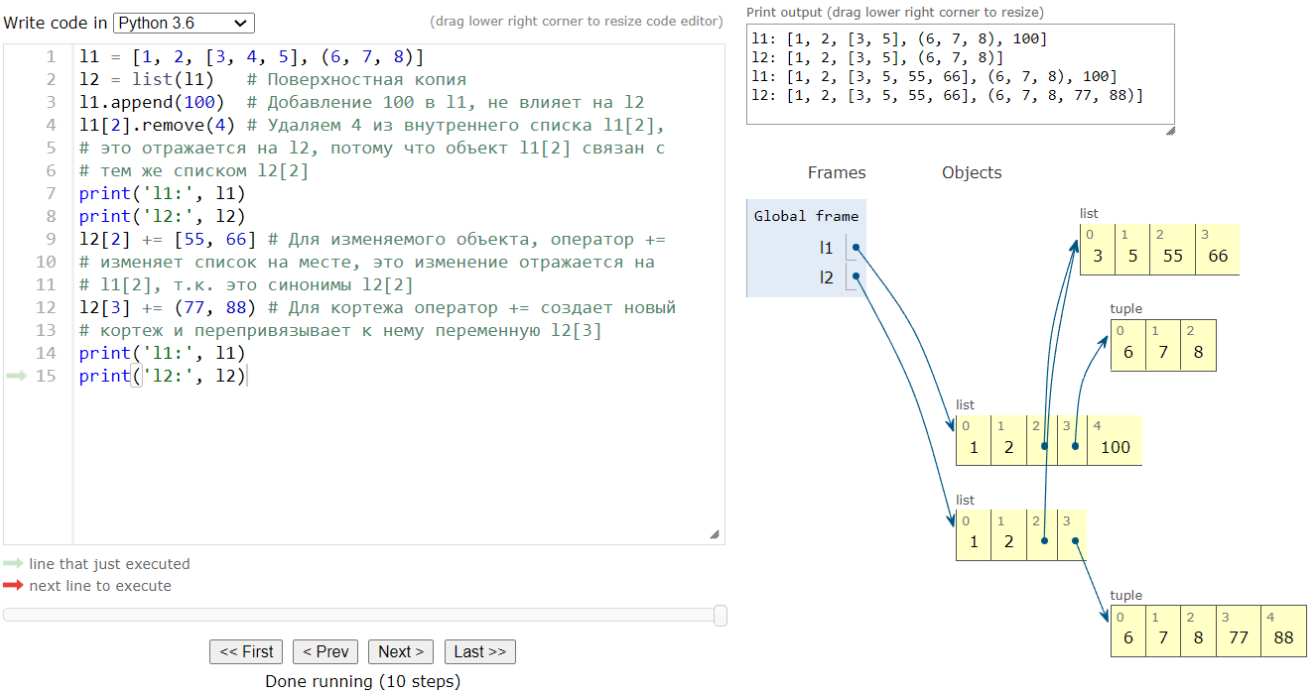
Оператор `==` сравнивает значение объектов (хранящихся в нем данных), а оператор `is` — их `id`.

Относительная неизменность кортежей

Кортежи, как и большинство коллекций в Python, — списки, словари, множества и т.д. — хранят ссылки на объекты. Если элементы, на которые указывают ссылки, изменяемы, то их можно модифицировать, хотя сам кортеж останется неизменяемый.

По умолчанию копирование поверхностное

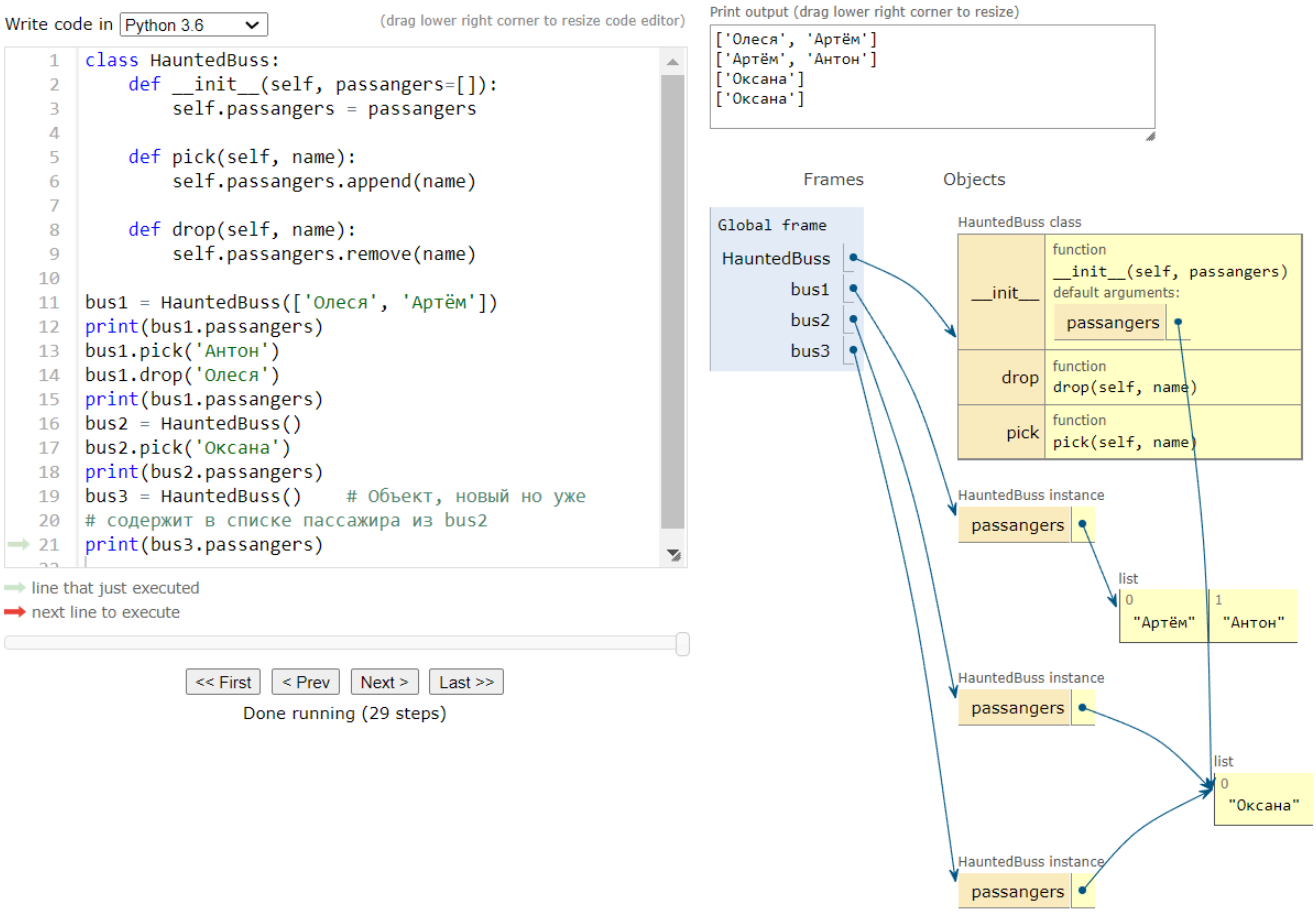
Создание поверхностной копии списка, содержащий другой список;



Теперь должно быть понятно, что создать поверхностную копию легко, но это не всегда то что нужно.

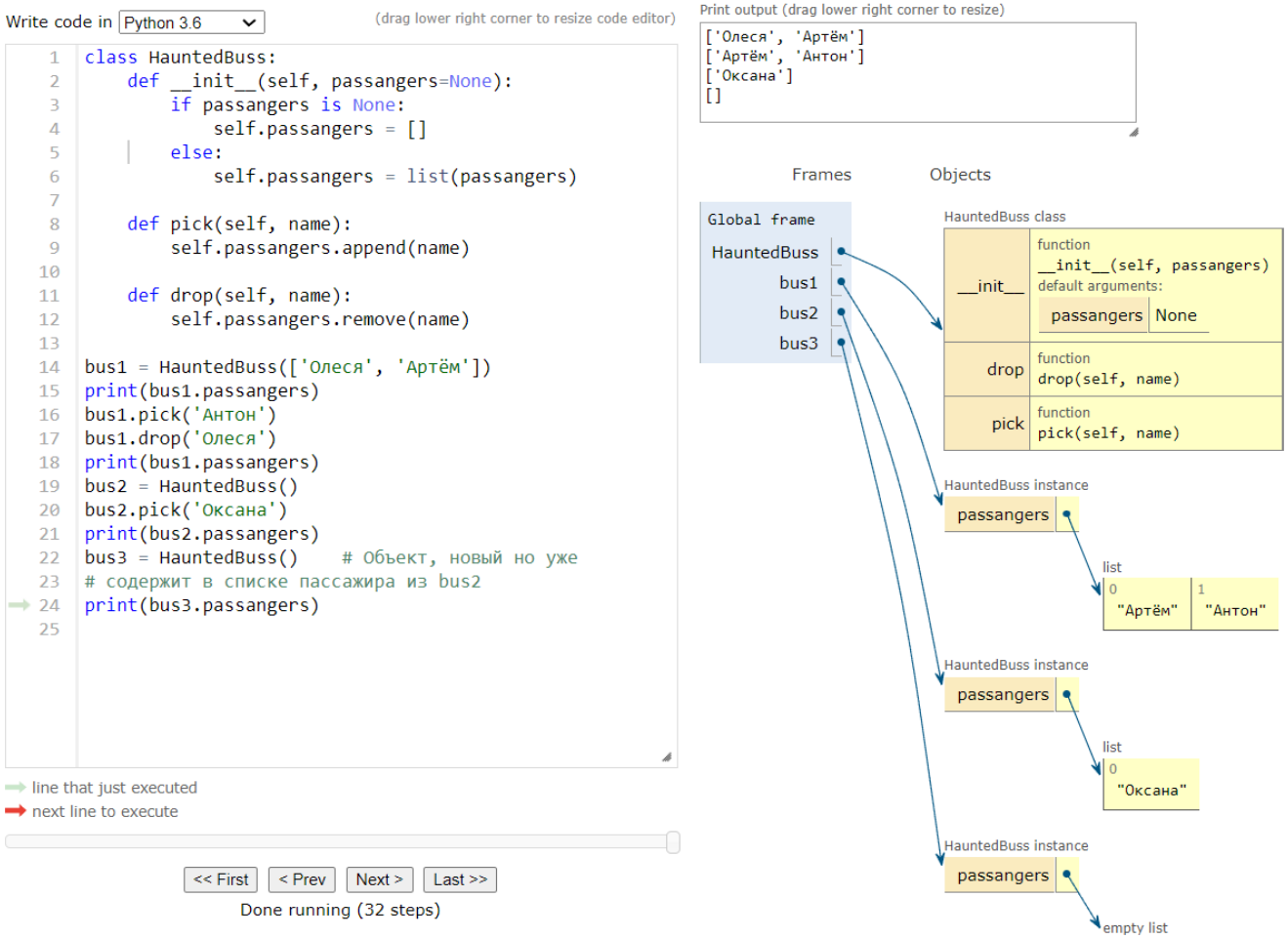
Для значений по умолчанию `def func(a=default):` необходимо устанавливать значение None, а не изменяемые пустые объекты типо `[]`. Это может привести к изменению объекта установленного по умолчанию и во вновь созданных объектах будут фантомные объекты.

Ошибка при назначении по умолчанию изменяемого объекта



При написании функции, принимающий изменяемый параметр, необходимо тщательно обдумывать, ожидает ли принимающая сторона, что аргумент может быть изменён.

Пример правильной реализации



Важное замечание. В объекте автобуса при инициализации создается копия списка. Это исключает ошибки связанной с изменением объекта переданного при инициализации.

```
class HauntedBuss:
    def __init__(self, passangers=None):
        if passangers is None:
            self.passangers = []
        else:
            self.passangers = list(passangers)
            # Если тут сделать просто self.passangers = passangers,
            # эти объекты будут синонимами.

    def pick(self, name):
        self.passangers.append(name)

    def drop(self, name):
        self.passangers.remove(name)
```

doctest для проверки корректного автобуса

```
>>> from source.buss import HauntedBuss
>>> bus1 = HauntedBuss(['Олеся', 'Артём'])
>>> bus1.passangers
['Олеся', 'Артём']
>>> bus1.pick('Антон')
>>> bus1.drop('Олеся')
>>> bus1.passangers
['Артём', 'Антон']
>>> bus2 = HauntedBuss()
>>> bus2.pick('Оксана')
>>> bus2.passangers
['Оксана']
>>> bus3 = HauntedBuss()
>>> bus3.passangers
[]
>>> footboal_team = ['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Антон', 'Лакки']
>>> bus4 = HauntedBuss(footboal_team)
>>> bus4.passangers
['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Антон', 'Лакки']
>>> bus4.drop('Антон')
>>> footboal_team
['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Антон', 'Лакки']
>>> bus4.passangers
['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Лакки']
```

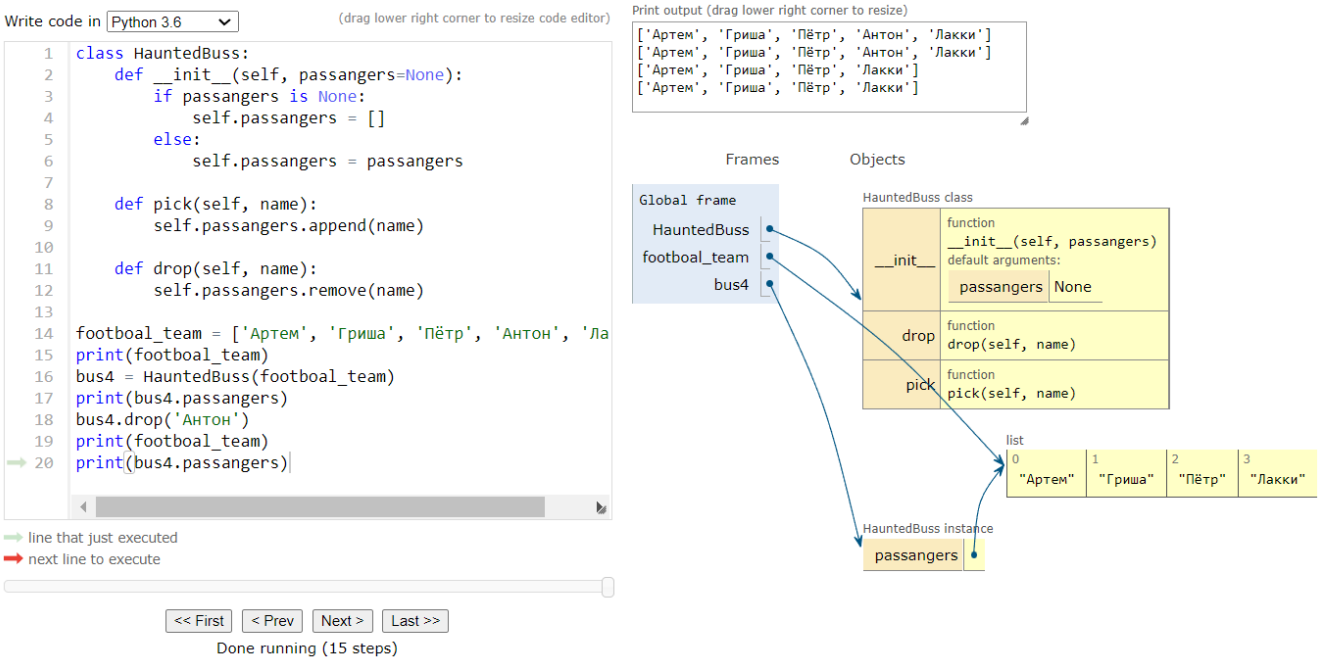
Если сделать вот так:

```
self.passangers = passangers
```

То футбольная команда потеряет одного игрока вместе с выходом из автобуса.

```
doctest.testfile('./source/doctest/buss_correct.txt')
**********************************************************************
File ".\source\doctest\buss_correct.txt", line 21, in buss_correct.txt
Failed example:
    footboal_team
Expected:
    ['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Антон', 'Лакки']
Got:
    ['Артем', 'Гриша', 'Пётр', 'Лакки']
**********************************************************************
1 items had failures:
   1 of  17 in buss_correct.txt
***Test Failed*** 1 failures.
TestResults(failed=1, attempted=17)
```

Визуализация потери игрока



Если метод специально не предназначен для изменения объекта, полученного в качестве аргумента, то стоит дважды подумать создавая синоним аргумента, просто присваивая его атрибуту экземпляра в своём классе. Если сомневаетесь, делайте копию. Клиенты обычно будут только рады.

del и сборка мусора

Предложение `del` удаляет имена, а не объекты. Это может привести к отсутствию ссылок и может быть удалён сборщиком мусора. Привязывание переменной к другому объекту так же может обнулить количество ссылок на объект, что так же приведёт к уничтожению.

Существует специальный метод `__del__`, но он не приводит к уничтожению экземпляра. И Вы не должны вызывать его вручную. Метод `__del__` вызывается интерпретатором **Python** непосредственно перед уничтожением объекта, давая ему возможность освободить внешние ресурсы.

Слабые ссылки

Наличие ссылок — вот что удерживает объект в памяти. Слабые ссылки на объект не увеличивают счётчик ссылок. Слабая ссылка не препятствует уничтожению объектов.

Слабые ссылки хороши для хранения хэш значений.

weakref - модуль для работы с множествами и слабыми ссылками.

`weakref.ref` создает слабую ссылку на объект.

Объекты в духе Python