

程序设计基础

张建章

阿里巴巴商学院

杭州师范大学

2022-09



目录 |

- 1 课程考核说明**
- 2 关于课程**
- 3 计算思维**
- 4 如何学好程序设计**
- 5 配置本机环境**
- 6 jupyter-lab 常见问题与解答**
- 7 Python 下载与安装**
- 8 两种代码执行方式**
- 9 基本数据类型: 整数**
- 10 基本数据类型: 浮点数**
- 11 基本数据类型: 复数**
- 12 基本数据类型: 字符串**
- 13 基本数据类型: 布尔值**
- 14 基本数据类型: 空值**
- 15 变量**

目录 II

- 16 操作符
- 17 语句和表达式
- 18 函数
- 19 简单输入与输出
- 20 模块
- 21 简单条件判断语句
- 22 简单循环语句
- 23 写程序注意事项
- 24 Python 常见的内置数据类型
- 25 列表
- 26 列表的基本操作
- 27 常用的操作列表的内置函数
- 28 常用的列表方法
- 29 内置函数与列表方法的区别
- 30 多维列表

目录 III

- 31 元组
- 32 元组封装与序列拆封
- 33 元组与列表的比较
- 34 字符串操作
- 35 字符串格式化
- 36 字符串格式化的功能性
- 37 字符串格式化的装饰性
- 38 字符串常用方法
- 39 常用的处理字符串的内置函数
- 40 转义字符
- 41 集合
- 42 集合的基本操作
- 43 字典
- 44 字典的基本操作
- 45 字典的内置方法

目录 IV

- 46 深复制和浅复制
- 47 Python 中的自助函数
- 48 三种基本控制结构
- 49 选择结构
- 50 循环
- 51 break,continue,pass, 嵌套
- 52 循环结构与 else 子句搭配
- 53 课堂实训
- 54 课后练习
- 55 定义函数
- 56 变量的作用域
- 57 函数的参数
- 58 函数实例
- 59 递归函数
- 60 匿名函数

目录 V

- 61 生成器
- 62 map、reduce、filter 函数
- 63 模块与包的定义
- 64 包管理
- 65 模块与包的使用
- 66 异常类型
- 67 异常处理
- 68 断言
- 69 open 函数
- 70 文件内容读取
- 71 文件内容写入
- 72 文件内移动游标
- 73 文件读写实例
- 74 文件读写工具包

根据教学大纲要求，本课程的考核办法为：

$$\begin{aligned}\text{总成绩} = & \text{期末成绩} \times 50\% + \text{日常作业} \times 30\% \\ & + \text{日常考勤} \times 10\% + \text{课堂表现} \times 10\%\end{aligned}$$

其中，期末考试采用上机考试形式。

课程名称：《程序设计基础》

课程目标：

- ① 掌握 Python 编程语言；
- ② 培养“计算思维”；
- ③ 通过程序设计高效解决实际问题。

授课方式：上机实验为主，主要基于 Jupyter-lab 交互式编程教学

作业提交：坚果云在线提交 Jupyter Notebook 文件 (后缀为.ipynb)

经管专业为什么要学 **Python**——赋能：

2. 关于课程



数据分析

一生18日省钱 同心
优惠券 品牌 推广保障 nike
全民 破局 在线 京东 社交 淘小铺 零售
改变 扫码 淘宝 人生 广告 购车 邀请
团队 电商 用户 疫情平台 大佬 流量 战疫 模式 19日
打造 服务 集团 行业 收益 拼多多
案例 注册 PG 行业 邀请码 餐饮
项目 收入 消费 不一样
商家 通用 20年 互联网 时代 会员
威马 商家 20年 互联网 时代 会员
通用 20年 互联网 时代 会员
过后 销售 生活 网络 电商 会员
天猫 钉钉 佣金 阿里巴巴 阿里云大讲堂机会 安心 营销
下单 场景 下半场 零售商 客户 消费者 行各行业 员工 奇瑞 方官 小店
下半场 零售商 客户 消费者 直播 体验 弹个车 汽车 武汉 加油 提车

舆情分析



可视化



量化投资

计算思维 (computational thinking): 计算机科学家在用计算机解决问题时特有的思维方式和解决方法。

- 基本原则: 既充分利用计算机的计算和存储能力, 又不超出计算机的能力范围。
- 不同阶段: 问题表示-算法设计-编程技术-可计算性与算法复杂性。
- 生活实例: 菜谱中的“勾芡”类似模块化, 厨师同时做多个菜类似并发, 书包中的书类似缓冲存储。

拓展阅读: 如何理解计算思维

计算机与计算机语言

计算机是一种能够按照事先存储的程序 (可编程性), 自动、高速地对数据进行输入、处理、输出和存储的系统 (功能性)。

计算机语言

- 用于人与计算机之间通讯的语言;
- 一套用以编写计算机程序的数字、字符和语法规则;
- 是计算机程序的实现方式;
- 计算机语言比自然语言更为简单、精确和严谨。

编译和解释

源代码是采用某种编程语言编写的计算机程序，人类可读，如 C、Java、Python 等。

目标代码是计算机可直接执行的代码，人类不可读，如 `class` 文件。

编译指编译器将代码一次性转换成目标代码的过程。

解释指解释器将源代码逐条转换成目标代码并逐条运行的过程。



编译



解释

静态语言和脚本语言

静态语言

- 使用编译执行的编程语言，如 Java；
- 一次性生成目标代码，优化充分，执行效率高。

脚本语言

- 使用解释执行的编程语言，如 Python、Ruby；
- 简化了“开发、部署、测试和调试”的周期过程。

计算机编程的基本原则

- 精确无歧义；
- 建立在由机器执行的计算过程的能力和限制之上；
- 了解计算机的能力，并充分利用；
- 计算机只能按照给定的指令一步步做，无跳跃（机械执行）；
- 按照计算机的特点去思考。

计算机编程的基本方法

- ① 输入 (Input): 文件, 网络, 交互, 控制台;
- ② 处理 (Processing): 将输入数据进行计算并产生输出结果的过程;
- ③ 输出 (Output): 通过控制台, 图形, 文件, 网络等输出结果。



计算实例：体质指数

$$\text{体质指数 (Body Mass Index, BMI)} = \frac{\text{体重 (kg)}}{\text{身高 (m)}^2}$$

计算机：

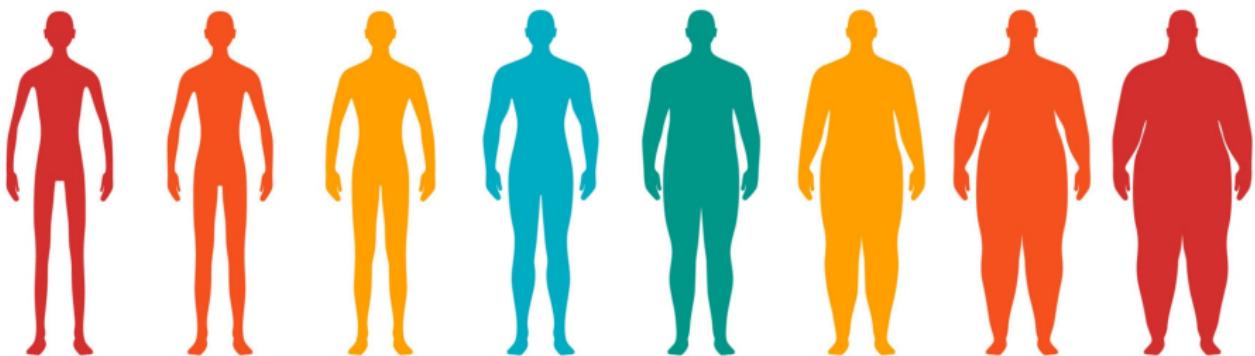
- ① 获取身高、体重数据；
- ② 按照上述公式计算；
- ③ 输出体质指数。

用户：

- ① 输入身高、体重数据；
- ② 查看计算结果，对照量表；

BMI 对照表

BODY MASS INDEX (kg/m²)



< 16	16 - 17	17 - 18.5	18.5 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	> 40	
Severe Thinness	Moderate Thinness	Mild Thinness	Normal		Overweight	Obese Class I	Obese Class II	Obese Class III

为什么选择 Python

- 可移植性强

开源本质，Python 已经被移植在许多平台；

- 庞大的标准库与丰富的第三方生态库 (**PyPI, Github**)

编程语言生态链的顶级位置；

包含网站 Web、搜索引擎、云计算、大数据、人工智能、科学计算；

- 简洁高效

代码量小，开发调试效率高。



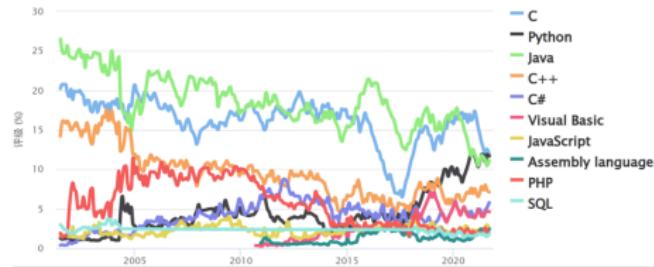
Python 语言的流行度很高

Language Ranking: IEEE Spectrum

Rank	Language	Type	Score
1	Python	🌐💻⚙️	100.0
2	Java	🌐💻⚙️	95.4
3	C	💻⚙️	94.7
4	C++	💻⚙️	92.4
5	JavaScript	🌐	88.1
6	C#	🌐💻⚙️	82.4

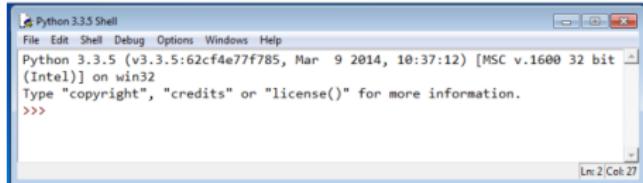
2021 年度 IEEE Spectrum 编程语言排行榜

Source: www.tiobe.com



Top 10 编程语言走势图

让 Python 编程更高效的工具



A screenshot of the Python 3.3.5 Shell window. The menu bar includes File, Edit, Shell, Debug, Options, Windows, Help. The status bar shows "Python 3.3.5 (v3.3.5:62cf4e77f785, Mar 9 2014, 10:37:12) [MSC v.1600 32 bit (Intel)] on win32". The command line shows "Type "copyright", "credits" or "license()" for more information." and a prompt "=>".

原生 Python 和 IDE



能跑的车架子



集成开发环境



跑车

为了学 Python 我需要什么样的电脑



没有必要购买高端电脑，如外星人



市面上普通的电脑即可用于本课程学习

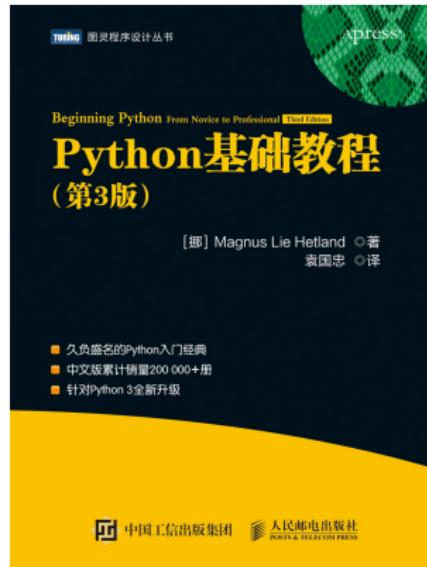
学习资源



《程序设计基础》课程网站

课程讨论区 

课堂和课后互动



参照课本勤奋练习



善于搜索互联网

Windows 安装 Anaconda



在线视频

Jupyter-lab 基本用法



[在线视频, 文字说明 \(For Windows\)](#); [在线视频, 文字说明 \(For Mac\)](#)

用 Python 计算 BMI

```
Height = float(input("请输入身高(m): "))
Weight = float(input("请输入体重(kg): "))

BMI = round(Weight/Height**2, 2)

if BMI>=23.9:
    print("BMI指数为", BMI, "体质偏重")
elif BMI<=18.5:
    print("BMI指数为", BMI, "体质偏轻")
else:
    print("BMI指数为", BMI, "正常")
```

(1) jupyter-lab 启动后无法成功运行

- ① 在使用 jupyter-lab 的过程中，确保 cmd 黑框框处于打开状态；
- ② 如果 cmd 黑框框显示 **Bad File Descriptor** 错误，类似下图

```
To access the notebook, open this file in a browser:  
    file:///C:/Users/%E5%B8%85%E5%B8%85%E9%A3%9E%E7%8C%AA/AppData/Roaming/jupyter/lab/notebook/index.html  
Or copy and paste one of these URLs:  
    http://localhost:8888/?token=47cf2aaa44780278c4e644e8c277c5088e44a5cca0  
    or http://127.0.0.1:8888/?token=47cf2aaa44780278c4e644e8c277c5088e44a5cca0  
[I 18:56:16.832 NotebookApp] 302 GET / (::1) 0.000000ms  
[W 18:56:44.320 NotebookApp] 404 GET /nbextensions/widgets/notebook/js/extensio  
00ms referer=http://localhost:8888/notebooks/TPPractise/Untitled.ipynb  
Bad file descriptor (C:\projects\libzmq\src\epoll.cpp:100)  
Bad file descriptor (C:\projects\libzmq\src\epoll.cpp:100)
```

解决办法：关闭当前 cmd 黑框框，重新打开 cmd 黑框框，在确保网络连通的情况下，依次执行如下两条命令 `pip uninstall pyzmq`；
`pip install pyzmq==19.0.2 --user`，两条命令成功运行后（运行时没有出现 Error 信息），重新启动 jupyter-lab 即可。

(2) jupyter-lab 的浏览器界面需要输入 token

请复制你 cmd 黑框框中的 http 开头的网址 (两个网址中的任意一个, 类似下图) 到浏览器打开。

```
To access the notebook, open this file in a browser:  
file:///C:/Users/Administrator/AppData/Roaming/jupyter/runtime/nbserver-58048-open.html  
Or copy and paste one of these URLs:  
http://localhost:8888/?token=adda914e1a9f67dc96d78601ae42e1dae7cb10efa3bc06b3  
or http://127.0.0.1:8888/?token=adda914e1a9f67dc96d78601ae42e1dae7cb10efa3bc06b3  
[W 23:49:14.572 LabApp] Could not determine jupyterlab build status without nodejs  
[I 23:49:16.360 LabApp] Kernel started: bde3aa9e-ea4a-4fa0-a89c-e46129c63b26
```

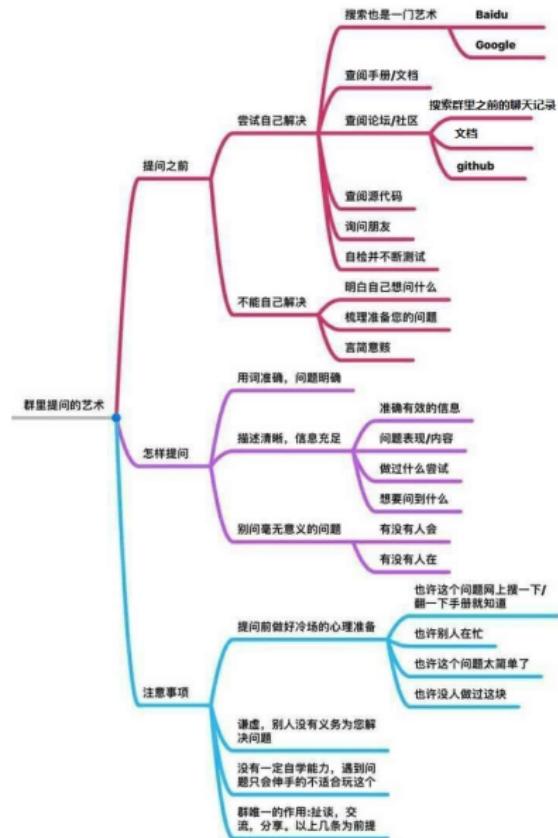
(3) 运行 BMI_calculation 代码时, 输入身高体重后无法继续计算

确保在输入身高体重信息后, 按 Enter 键确认, 因为 input 函数在接受键盘输入后, 需要用户确认输入, 以继续程序运行。

(4) 明明在 jupyter-lab 里写了代码, 却在本机上找不到

请在启动 jupyter-lab 后, 进入到桌面 Desktop, 然后新建 Notebook, 重命名为有意义的英文名字, 再写代码, 写代码过程中, 一定要多按保存键; 把课程相关的代码文件下载到桌面, 然后打开运行。

(5) 问问题的艺术



安装 Python 3.X 并启动: 本课程安装的 Anaconda 3.X 已内含 Python 3.X, 启动 Jupyter-lab 即启动 Python;



Python 采用编译/解释混合方式: 先编译成字节码, 再解释执行。

8. 两种代码执行方式

交互式

```
[1]: # 计算BMI指数
[2]: Height = float(input("请输入身高(m): "))
请输入身高(m): 1.75
[3]: Weight = float(input("请输入体重(kg): "))
请输入体重(kg): 62
[4]: BMI = round(Weight/Height**2, 2)
[5]: if BMI>=23.9:
    print("BMI指数为", BMI, "体质偏重")
elif BMI<=18.5:
    print("BMI指数为", BMI, "体质偏轻")
else:
    print("BMI指数为", BMI, "正常")
BMI指数为 20.24 正常
```

脚本式

```
zjz@dell: ~
(base) zjz@dell:~$ python BMI_calculation.py
请输入身高(m): 1.75
请输入体重(kg): 62
BMI指数为 20.24 正常
(base) zjz@dell:~$ |
```

Python 支持多种进制类型

二进制 (Binary, 0 ~ 1), 以 `0b` 或者 `0B` 为前缀;

八进制 (Octal, 0 ~ 7), 以 `0o` 或者 `0O` 为前缀;

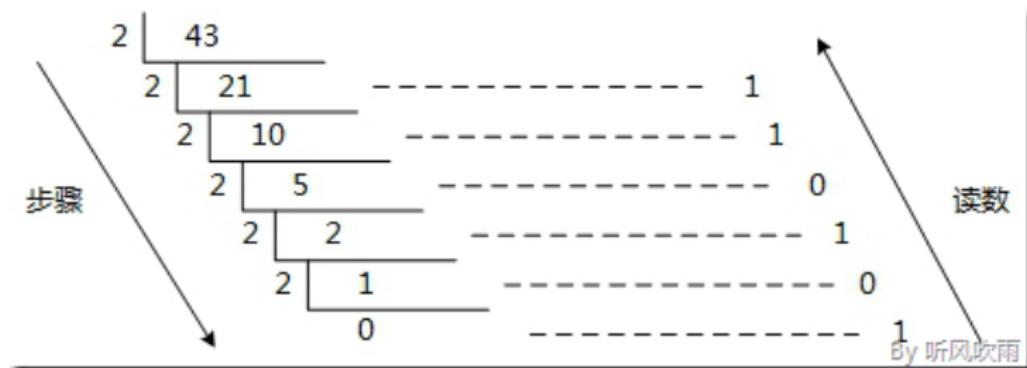
十进制 (Decimal, 0 ~ 9), Python 默认使用的进制, 不需要输入前缀;

十六进制 (Hexadecimal, 0 ~ 9, A ~ F), 以 `0x` 或者 `0X` 为前缀。

Python 3.7.X+ 可以表示任意大小整数

十进制到其他进制 (n) 的转换

除 n 取余法: 即每次将整数部分除以 n , 余数为该位权上的数, 而商继续除以 n , 余数又为上一个位权上的数, 这个步骤一直持续下去, 直到商为 0 为止, 最后读数时候, 从最后一个余数读起, 一直到最前面的一个余数。下图为十进制数 43 转化为二进制数 101011 的计算示例。

图 1: $(43)D = (101011)B$

其他进制到十进制的转换

以二进制为例: 二进制数从低位到高位(从右往左)计算, 第**0**位的权值是2的0次方, 第**1**位的权值是2的1次方, 第**2**位的权值是2的2次方, 依次递增下去, 把最后的结果相加的值就是十进制的值了。八进制、十六进制转十进制的方法与二进制转十进制类似。

二进制数 101011 转换为十进制数, 如下:

$$\begin{aligned}101011 &\rightarrow 1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^5 \\&= 1 + 2 + 0 + 8 + 0 + 32 \\&= 43\end{aligned}$$

Python 中的进制转换函数

通过内置函数 `bin`, `oct`, `hex` 实现 10 进制转换为其他进制:

```
bin(43) # 0b101011  
oct(796) # 0o1434  
hex(796) # 0x31c
```

通过内置函数 `int` 实现其他进制转十进制:

```
int('101011',2) # 43  
int('53', 8) # 43  
int('2B', 16) # 43
```

普通和科学计数法 (用 E 或 e 表示底数 10)

```
0.1233333445 # 0.1233333445  
1E-3 # 0.001
```

存在不定尾数，有些浮点数无法精确表达

```
0.1 + 0.2 # 0.3000000000000004  
0.6 + 1.2 # 1.7999999999999998
```

形如 $z = a + bi$ (a, b 均为实数) 的数称为复数。其中, a 称为实部, b 称为虚部, i 称为虚数单位。

- 实数可以被认为是虚部为零的复数, 实数 a 等价于复数 $a + 0i$;
- 实部为零且虚部不为零的复数也被称作纯虚数, 如, $2i$;
- 实部不为零且虚部也不为零的复数也被称作非纯虚数, 如 $3 + 2i$ 。

Python 中表示复数要注意: ① 用字母 j 来表示虚数单位 i ; ② 虚部为 1 时, 1 不可以省略。

```
3+2j # (3+2j)
1 + 1j # (1+1j)
```

字符串在解释器中通常高亮显示:

```
'Great Company, 好公司, gute Firma, 良い会社, Хорошая компания, شركة جيدة'
```

```
'Great Company, 好公司, gute Firma, 良い会社, Хорошая компания, شركة جيدة'
```

Python 中使用字符串需注意:

- 字符串写在引号 (单引号、双引号、三引号) 内;
- 字符串可以是空的 (一对引号中什么字符也没有);
- 字符中包含引号, 使用转义字符或者字符串边界使用的引号与字符串中的引号不是同一类型 (如, 双引号中可以直接输入单引号作为字符串的一部分)。

布尔值有两个: `True` (1, 真), `False` (0, 假), 布尔值可以直接参与运算 `True` 相当于 1, `False` 相当于 0。

```
True == 1 # True
```

```
True - 3 # -2
```

```
False + True # 1
```

```
1 + true - false # Error, 必须首字母大写
```

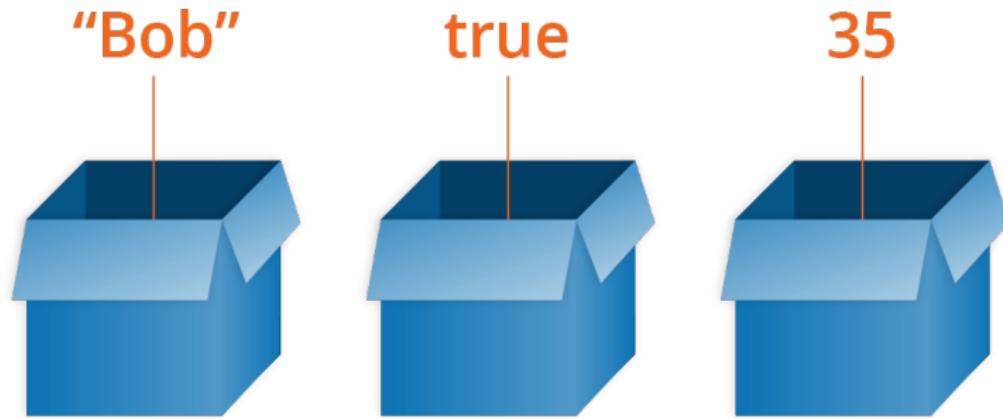
14. 基本数据类型: 空值

空值用 `None` 表示，不能直接参与运算。

```
None + 3 # Error
```

```
False == None # False
```

变量的创建



一个数据在计算机内需要一个对应的内存空间，每个内存空间存在一个地址，通过地址程序可以访问内存中的数据，变量名和变量的地址进行关联，从而可以通过变量名来访问数据。

`school_name = '阿巴商'`，`school_name` 是变量名，`阿巴商` 是变量值。

变量的命名规则

- 只能由字母，数字和下划线组成；
- 不能以数字开头；
- 不能与 `python` 关键字重复 (想想封建时代百姓取名要避讳)；
- 大小写敏感；
- 必须要有意义 (你自己的名字有意义，变量名也要有意义哦)。

Python 关键字



```
# Python program that prints the complete list of keywords

import keyword
print(keyword.kwlist)

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

运算操作符

Operator	Meaning	Example
+	Addition	$4 + 7 \longrightarrow 11$
-	Subtraction	$12 - 5 \longrightarrow 7$
*	Multiplication	$6 * 6 \longrightarrow 36$
/	Division	$30 / 5 \longrightarrow 6$
%	Modulus	$10 \% 4 \longrightarrow 2$
//	Quotient	$18 // 5 \longrightarrow 3$
**	Exponent	$3 ** 5 \longrightarrow 243$

比较操作符

Operators	Meaning	Example	Result
<	Less than	$5 < 2$	False
>	Greater than	$5 > 2$	True
\leq	Less than or equal to	$5 \leq 2$	False
\geq	Greater than or equal to	$5 \geq 2$	True
$=$	Equal to	$5 == 2$	False
\neq	Not equal to	$5 != 2$	True

逻辑操作符

Operator	Meaning	Example	Result
and	Logical and	$(5 < 2) \text{ and } (5 > 3)$	False
or	Logical or	$(5 < 2) \text{ or } (5 > 3)$	True
not	Logical not	not $(5 < 2)$	True

身份和成员关系运算符

身份运算符 `is`：如果 `is` 两边的变量指向相同的数据对象（内存地址）则返回 `True`，否则返回 `False`，可以使用函数 `id` 判断某个变量指向的数据对象所在的内存地址。

成员关系运算符 `in`：如果变量或值存在序列中，则返回 `True`，否则返回 `False`。

等于运算符 `==`：如果两边的变量或数值相等，则返回 `True`，否则返回 `False`。

前两个运算符均可以与 `not` 结合使用，表示否定，`is not`，`not in`。

`is` 与 `==` 的区别：双胞胎两个人长得一模一样 (`==`)，但他 (她) 俩不是同一个人呀 (`is`)。

运算符优先级

Precedence	Operator Sign	Operator Name
Highest	$**$	Exponentiation
	$+X, -X, \sim X$	Unary positive, unary negative, bitwise negation
	$*, /, //, \%$	Multiplication, division, floor, division, modulus
	$+, -$	Addition, subtraction
	$<<, >>$	Left-shift, right-shift
	$\&$	Bitwise AND
	\wedge	Bitwise XOR
	$ $	Bitwise OR
	$==, !=, <, \leq, >, \geq, \text{is}, \text{is not}$	Comparison, Identity
	not	Boolean NOT
	and	Boolean AND
Lowest	or	Boolean OR

语句

- 表达某事
- 结果是一个 python 执行动作
- 如, 赋值语句 `x = 1`

表达式

- 做某事
- 结果是一个值
- 如, 逻辑表达式 `x != 1`

注意: ① 交互解释器 (如 jupyter-lab, Python Shell) 会把所有表达式的值输出; ② 语句改变了事物, 但没有返回值, 也不会有输出 (上面的赋值语句改变了变量 `x` 的值, 执行后没有输出, 上面的逻辑表达式输出一个布尔值)。

算术表达式和赋值语句

算术表达式：包含各种算数运算符的计算表达式。

赋值语句：给变量赋值的语句。

```
# 算术表达式
```

```
2 + 3 * 5 ** 2 % 4 # (2 + ((3 * (5 ** 2)) % 4))
```

```
# 使用等号进行赋值
```

```
x = 5
```

```
# 使用增强的赋值语句进行赋值
```

```
x += 5 # 等价于x = x + 5
```

常用的增强的赋值运算符由运算操作符和等号组合而成(两个符号中间啥也没有哦),如`+=`,`/=`,`%=`等,`x %= 5`等价于`x = x % 5`。

函数：只有在被调用时才会执行的一个代码块，可以将数据以参数形式传递给函数，函数也可以返回数据作为结果，也可以啥也不返回。

函数调用是一种表达式，如 `print("Hello Kitty")` 就是在调用 Python 的内置函数 `print`，传递的参数为字符串 `"Hello Kitty"`

```
# 定义一个函数
def print_fan_name(fan_name):
    print("Hello Everybody, I am {0}, a fan of Jay Chou
          → (周杰伦)!".format(fan_name))
# 调用函数
fan_name = 'zjzhang'
print_fan_name(fan_name)
```

常用内置函数

- `bool` 表示转成布尔值；
- `complex` 表示转成复数，包含类似 '`1+2j`' 的字符串；
- `float`, `int` 分别表示转成浮点数或整数；
- `str` 表示转成字符串；
- `chr` 表示 ASCII 值或 Unicode 值转字符；
- `ord` 表示字符转 ASCII 值或者 Unicode 值；
- 点我查阅全部内置函数

ASCII (American Standard Code for Information Interchange, 美国信息交换标准代码) 是基于拉丁字母的一套电脑编码系统。它主要用于显示现代英语，而其扩展版本延伸美国标准信息交换码则可以部分支持其他西欧语言 ([更多信息点我查看](#))。Unicode 它整理、编码了世界上大部分的文字系统，使得电脑可以用更为简单的方式来呈现和处理文字。

Python 中最常用的输入和输出函数分别为 `input` 和 `print`。

`input` 函数接收任意键盘输入作为参数，并将其转化为字符串，注意，键盘输入后要记得回车确认。

`print` 函数接收任意对象作为参数，并将其打印输出在屏幕，其 `end` 参数是可选的，只接收字符串值，表示打印结束标志符。

```
# 无论你键盘输入任何内容, input函数都会将其转换为字符串,
```

```
→ 然后赋值给变量x
```

```
x = input('你输入点东西呗: ')
```

```
print('你瞅啥') # 你瞅啥
```

```
print('瞅你咋地', end = '!!!!') # 瞅你咋地!!!!
```

Python 中一个模块对应一个 **.py** 文件，导入模块的语句为 **import** 模块名，亦可以访问模块中的变量或者函数，语句为 **from** 模块名 **import** 函数名/变量名

```
import math

# 访问模块中的变量-方式1
math.pi # 3.141592653589793

# 访问模块中的函数-方式1
math.sin(0.5*math.pi) # 1.0

from math import pi, sin

# 访问模块中的变量-方式2
pi # 3.141592653589793

# 访问模块中的函数-方式2
sin(0.5*math.pi) # 1.0
```

下面尝试用 **sympy** 包中的模块求解高数中的微积分计算题，下面代码分别计算函数 e^{x^2} 的导数、极限 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x}$ 、积分 $\int_0^\infty e^{-x} dx$ 、双重积分 $\int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty e^{-x^2-y^2} dx dy$ 。

```
# 导入sympy包中的全部模块
from sympy import *

# 定义变量
x, y = symbols("x y")

diff(cos(x), x) # 求导数

limit(1/x, x, 0) # 求极限

integrate(exp(-x), (x, 0, oo)) # 求积分

integrate(exp(-x**2 - y**2), (x, -oo, oo), (y, -oo, oo)) # 求积分
```

不要使用 **sympy** 包代替手算做数学习题!!!

根据条件是否成立决定执行哪种操作，如下：

```
score = float(input('你的成绩是: '))
# 判断成绩是否及格
if score >= 60 and score <= 100:
    print('及格')
else:
    print('不及格')
```

一定要记得写条件判断语句中的冒号，并且要保证代码对齐，即不同层级的代码要对齐（虽然 jupyter-lab 会帮你自动对齐）。

for 循环

for 循环可以遍历序列中的每一个元素，并对元素进行操作，如下：

```
for letter in 'Python':      # 第一个实例
    print("当前字母: %s" % letter)

fruits = ['banana', 'apple', 'mango']
for fruit in fruits:          # 第二个实例
    print ('当前水果: %s' % fruit)

print ("Good bye!")
```

一定要记得写循环语句中的**冒号**，并且要保证代码对齐，即不同层级的代码要对齐(虽然 jupyter-lab 会帮你自动对齐)。

while 循环

while 后面的条件为真时，执行循环体内的语句，格式如下：

```
a = 1
while a < 10:
    print(a)
    a += 2
```

点我查看上述循环执行过程动图

一定要记得写循环语句中的冒号，并且要保证代码对齐，即不同层级的代码要对齐（虽然 jupyter-lab 会帮你自动对齐）。

唯手熟尔

- 避免拼错标志符，如变量名，函数，语句等
- 避免使用中文符号，如引号，逗号，括号等
- 左边一个引号和右边的引号一定有对应的匹配（括号也一样）
- 注意书写格式（冒号，缩进，对齐）

序列: 列表 (可变), 元组 (不可变), 字符串 (不可变), 序列中的内容是有顺序的, 其正向和反向查找索引如下图所示:

The diagram illustrates a sequence of characters in a grid, demonstrating both forward and backward indexing. The characters are arranged in a 4x12 grid:

G	E	E	K	S	F	O	R	G	E	E	K	S
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1

A green rounded rectangle surrounds the grid, and the letters 'OG' are located at the bottom right corner of the rectangle.

图 2: 序列的正向索引和反向索引

集合: 无重复元素;

字典: 存放具有映射关系的数据;

列表 (list): 一对 `[]` 中包含由 `,` 分割的一系列元素，一个列表中可以包含任意多个 ($>=0$) 任意类型的数据，每一个数据称为一个元素。

创建列表的两种常用方式：

① 最简单方法是将列表元素放在一对方括号 `[]` 内，各元素之间以逗号分隔，并用 `=` 将一个列表赋值给某个变量。如，`list1 = [1,3,5]`；

② 使用内置的 `list` 函数创建列表，如 `list2 = list('Python')`，`list2` 的内容就是列表 `['P', 'y', 't', 'h', 'o', 'n']`。

注意： Python 允许同一个列表中各元素的数据类型不相同，可以是整数、字符串等基本类型，也可以是列表、集合及其他类型的对象，如 `list3 = ['python', True, 99, ['good', 'boy']]`。

列表访问

可以通过索引访问列表 (长度为 n) 中的元素，索引分为正向索引 (范围为: $0 \sim n - 1$) 和反向索引 (范围为: $-1 \sim -n$)，如下图所示：

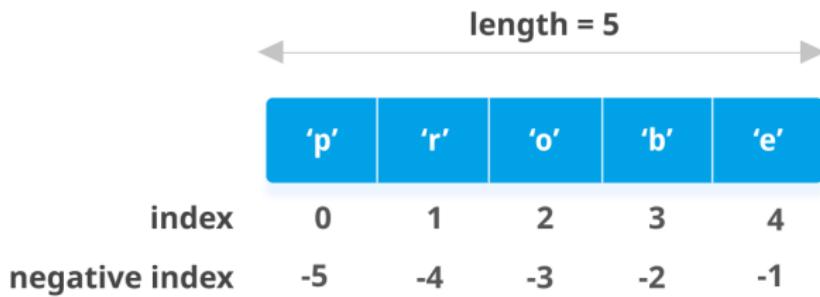


图 3: 列表的正向索引和反向索引

`list[index]` 可以像变量一样使用，进行读取 (读取列表中索引 $index$ 对应的元素值) 或写入 (更改列表中索引 $index$ 对应的元素值)，所以它也被称为下标变量。

成员判断和切片

使用 `in` 和 `not in` 运算符可以判断一个元素是否在列表中。

列表切片：使用语法 `list[start:end]` 返回列表 `list` 的一个片段，其结果是 `list` 中索引 `start` 到 `end-1` 对应的元素所构成的一个新列表。

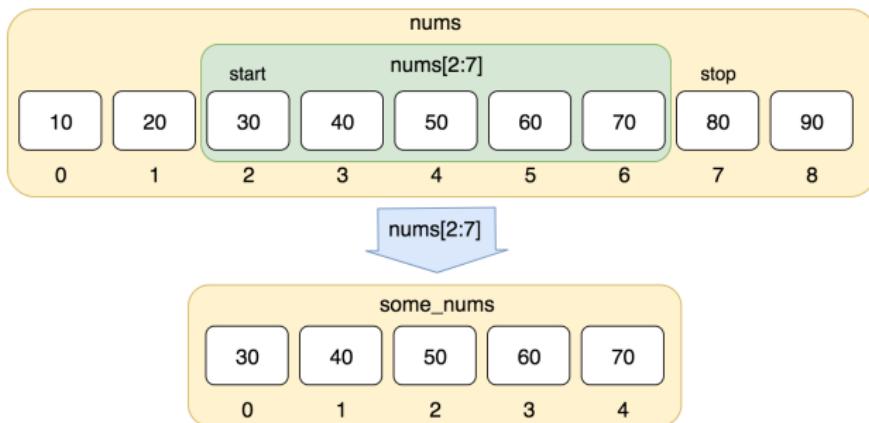


图 4: 列表的切片操作

26. 列表的基本操作

在切片操作中，起始下标 `start` 和结束下标 `end` 可以省略：① 如省略 `start`，则起始下标默认为 0，即从列表第一个元素开始截取；② 如省略 `end`，则结束下标默认为列表长度 n ，即截取到列表最后一个元素。下图中第三个参数 `-2` 表示切片步长，步长为正，要求从左往右切列表，步长为负，要求从右往左切列表。`list[::-1]` 可以实现列表快速翻转。

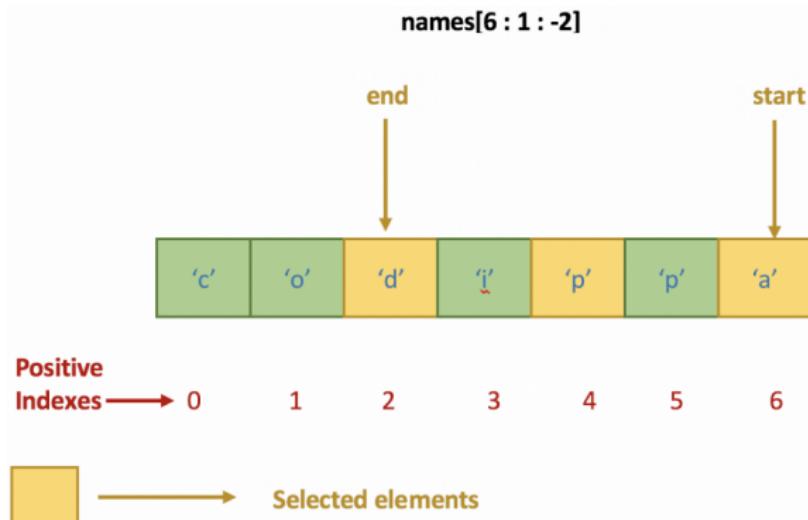


图 5: 带步长的列表的切片操作

修改列表元素值

可以通过**列表元素访问**和**切片操作**修改列表单个元素的值和同时修改多个元素的值，如下：

```
x = [1,2,3,4,5,6]
```

```
# 通过索引访问列表元素，修改单个元素值  
x[2] = 100 # [1,2,100,4,5,6]
```

```
# 通过列表切片，同时修改多个元素值  
x[-1:-3] = [200, 300] # [1, 2, 100, 4, 300, 200]
```

因为列表切片的结果是一个**列表**，所以上面切片赋值操作中等号右侧的内容一定是一个列表。

通过切片扩展、删减和复制列表

```
x = [1, 'a', 'b', 'c', 5, 6]

# 扩展列表
x[1:1] = [7, 8, 9] # [1, 7, 8, 9, 'a', 'b', 'c', 5, 6]

# 删减列表
x[1:4] = [] # [1, 'a', 'b', 'c', 5, 6]

# 复制列表-浅复制
y = x[:] # [1, 'a', 'b', 'c', 5, 6]

# 引用赋值-(不推荐使用)
z = x # [1, 'a', 'b', 'c', 5, 6]

# 判断三个变量的值以及指向的内存空间是否相同
x == y == z # True
x is y # False
x is z # True
```

列表的拼接和复制

Python 中，使用 `+` 号拼接两个列表，并返回一个新列表，使用 `*` 复制一个列表若干次，返回一个新列表，如下：

```
x = [1, 2, 3]
```

```
y = x*3 # [1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]
```

```
x[0] = 0 # 复制返回的是新列表，故y中的元素保持不变
```

```
z = x*2 + y # [0, 2, 3, 0, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]
```

```
# 复制和拼接都是返回新列表，故z中的元素保持不变
```

```
x[0] = 111
```

```
y[0] = 222
```

列表的比较

使用关系运算符 `<, >, ==, <=, >=, !=` 对比较两个列表，规则为：

- ① 比较两个列表的第 0 个元素，如果两个元素相同，则继续比较下面两个元素；
- ② 如果两个元素不同，则返回两个元素的比较结果；
- ③ 一直重复这个过程直到有不同的元素或比较完所有的元素为止（长的列表大于短的列表，如下面的 `x < z`）。

```
x = [1, 2, 3, 4, 5]
y = [1, 2, 3, 100]
z = [1, 2 ,3 ,4 ,5, 6]
x < y # True
x < z # True
xstr = ['阿', 'z']
ystr = ['a', '里']
xstr > ystr # True
```

列表推导式

列表推导式是一个生成新列表的简洁方法。一个列表推导式由方括号括起来，方括号内包含跟着一个 **for** 子句的表达式，之后可以接 0 到多个 **for** 或 **if** 子句。列表推导式可以产生一个由表达式求值结果作为元素的新列表。

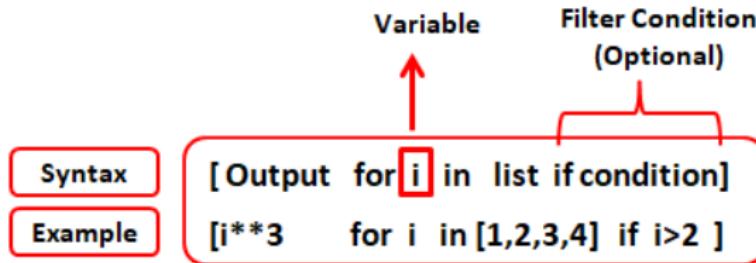


图 6: 列表推导式

- `all(iterable)` , 全部元素为 True, 返回 True;
- `any(iterable)` , 有一个元素为 True, 返回 True;
- `list(s)` , 将可迭代对象 s 变为列表;
- `len(s)` , 计算列表的长度;
- `max(iterable)` , 返回列表中最大的元素;
- `min(iterable)` , 返回列表中最小的元素;
- `sorted(iterable[, cmp[, key[, reverse]]])` , 对列表进行排序;
- `sum(iterable[, start])` , 对列表进行求和;
- `reversed(iterable)` , 翻转列表。

上述内置函数不仅可以用于操作列表, 还可用于操作其他可迭代对象, 使用 `help` 函数可查看其详细用法, 如 `help(all)`。

- `list.append(x)` , 在列表末尾增加一个元素 x;
- `list.extend(L)` , 在列表末尾再拼接一个列表 L;
- `list.insert(i, x)` , 在索引为 i 的位置插入一个元素 x;
- `list.remove(x)` , 从列表中移除元素 x;
- `list.pop(i)` , 删除索引 i 对应的元素;
- `list.index(x)` , 返回元素 x 对应的索引值;
- `list.count(x)` , 计数元素 x 在列表中出现的次数;
- `list.sort(key=None, reverse=False)` , 对列表进行排序;
- `list.reverse()` , 将列表翻转。

上述常用的列表方法只能用于操作列表，使用 `help` 函数可查看其详细用法，如 `help(list.append)`，`help(list)` 查看列表的全部方法。

- 基本用法：操作列表的内置函数的用法为 `function_name(list)`，
列表方法的用法为 `list.method_name(parameters)`；
- 结果：操作列表的内置函数不改变列表的内容，如 `reversed(list)` 其
返回结果是一个新的列表，而列表 `list` 不发生变化，列表方法会直
接改变表列表的内容，如 `list.reverse()` 执行后，列表 `list` 中的
元素将会翻转，并不会返回一个新列表。

注意：当元素 `x` 在列表 `list` 中多次出现时，`list.remove(x)` 只能
移除第一个 `x`(索引最小的那个 `x`)，`list.index(x)` 只能返回第一个 `x`
的索引值 (`x` 对应的最小索引值)。

30. 多维列表

多维列表：列表中嵌套列表，比较常用的是二维列表（矩阵）和三维列表（张量）。数值（矩阵、张量）运算中通常使用科学计算包 `numpy` 中的 `array` 数据类型来表示多维数值列表。

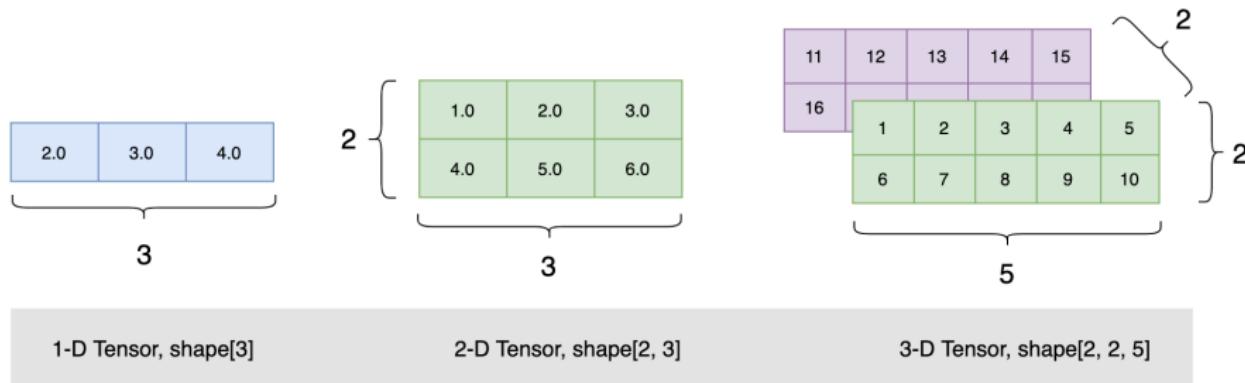


图 7：多维数值列表（张量）

访问多维列表中的元素：① 使用多重 `for` 循环遍历每个元素，② 使用多级索引访问某个元素，`tensor3[1][1][3]` 可访问上图最右侧三维列表中的元素 19。

- 多维列表本质也是一个列表，可通过 `type` 函数可查看其数据类型，其包含的元素也是列表；
- 前述的操作列表的内置函数和列表的方法也适用于多维列表；
- 多维列表可以表示数学上的张量，也可以表示其他数据，如二维表（数据库表，简单 Excel 表格），其每一个维度值是灵活的，如下例：

```
# 下面的多维列表表示了下图中矩阵的左上角
```

```
left_top = [[1, 2, 3], [4, 5], [7]]
```

1	2	3
4	5	6
7	8	9

元组 (**tuple**): 一对 () 中包含由 , 分割的一系列元素，一个元组中可以包含任意多个 (>=0) 任意类型的数据，每一个数据称为一个元素，元组中的元素不可变。

创建元组的两种常用方式:

① 最简单方法是将元组元素放在一对圆括号 () 内，各元素之间以逗号分隔，并用 = 将一个元组赋值给某个变量。如， `tuple1 = (1,3,5);`

② 使用内置的 **tuple** 函数创建元组，

如 `tuple2 = tuple('Python')`， `tuple2` 的内容就是元组 ('P', 'y', 't', 'h', 'o', 'n')。

注意: Python 允许同一个元组中各元素的数据类型不相同，可以是整数、字符串等基本类型，也可以是列表、集合及其他类型的对象，如 `tuple3 = ('python', True, 99, ['good', 'boy'])`。

正确理解元组中的数据元素不可变

① 元组一旦创建，其长度不可变，不能删减、增加元素，不能重新赋值元素；

② **不能重新赋值元素：**元组中的元素是不可变数据类型时，该元素不可变（重新赋值），如 1-Introduction.pdf 中介绍过的 basic 数据类型（整数、浮点数、字符串、布尔值、空值）；如果元素是可变数据类型，则可以改变该元素的值，但是不可以改变该元素的数据类型（重新赋值），具体看下面示例：

```
tuple4 = (1, 2, [1, 2, 3])
```

```
tuple4[2].append(4) # (1, 2, [1, 2, 3, 4])
```

```
# Error: 'tuple' object does not support item assignment
tuple4[2] = True
```

```
# Error: 'tuple' object does not support item assignment
tuple4[0] = 'good'
```

元组相关操作

可以使用 `tuple` 函数将列表、字符串等转换为元组；元组也是序列，一些用于列表的基本操作也可以用在元组上，如索引访问、成员判断、切片等。

```
# 使用tuple函数将列表转换为一个元组
list_1 = [1, 'Lisa', True, 6.6]
tuple_2 = tuple(list_1)

# 使用tuple函数将字符串转换为一个元组
string_1 = '阿里巴巴商学院'
tuple_3 = tuple(string_1)

# 判断元素是否在元组中
'巴' in tuple_3
# 使用索引访问元组中的元素
tuple_3[0]
# 对元组进行切片
tuple_3[1:3]
```

元组封装：将多个值自动封装到一个元组中；

序列拆封：将一个封装起来的序列自动拆分为若干个基本数据。

为多个变量同时赋值：结合了元组封装和序列拆封操作。

a, b, c, d = 4, 'Tony', True, 6.6 等价

于 my_tuple = 4, 'Tony', True, 6.6 和 a, b, c, d = my_tuple

```
# 元组封装
```

```
tuple_4 = 4, 'Tony', True, 6.6 # (4, 'Tony', True, 6.6)
```

```
# 元组拆封
```

```
a, b, c, d = tuple_4
```

```
# 列表拆封
```

```
list_2 = [8, 'Dan', False, 8.8]
```

```
a, b, c, d = list_2
```

相同点：均为序列数据类型，除元素修改操作外，其他操作，如索引访问、计数、切片等，两者用法相同；

不同点：元组属于不可变序列，一旦创建，便不允许进行元素的增加、删除和重新赋值，因此，元组没有 `append`、`extend`、`insert` 方法；列表是可变序列，可以对其中元素进行增删改操作；

应用场景不同：元组的访问和处理速度比列表更快。因此，如果所定义的序列内容不会进行修改，最好使用元组而不是列表。另外，使用元组也可以使元素在实现上无法被修改，从而使代码更加安全。

标准的序列操作同样适用于字符串：

- 索引，切片
- 乘法，加法
- 成员资格判断
- 求长度，最大值，最小值

```
str1 = '喜欢看你紧紧皱眉 叫我胆小鬼'  
str1[-3:] # 胆小鬼  
'皱眉' in str1 # True  
len(str1), max(str1), min(str1) # (14, '鬼', ' ')  
'鲁班' + '大师' # 鲁班大师  
'娜可' + '露'*2 # 娜可露露
```

字符串不可变，因此单独赋值或切片赋值是不合法的。

什么是字符串格式化

字符串格式化本质上就是一个字符串模板，用于高效（模板的功能性）、美观（模板的装饰性）地生成可打印的字符串。

高效：在字符串格式化语句中，公共的、不变的部分只书写一次，可变的部分使用字符串格式化方法进行动态填充，例如下面使用字符串格式化打印青蛙跳水儿歌，可变部分是与青蛙数量相关的数量值，其他部分不变。

```
# num取值从1-9
for num in range(1,10):
    str_tmp = '{}只青蛙{}张嘴, {}只眼睛{}条腿, '.format(num, num,
    ↳ 2*num, 4*num) + '扑通~'*num + '{}声跳下水'.format(num)
    print(str_tmp)
```

输出结果见下页，27-28页上的例子都是在展示字符串格式化高效（模板的功能性）的方面，第28页打印歌手的字符串格式化的一种应用场景是“为音乐颁奖典礼制作介绍获奖者信息的台词”

什么是字符串格式化 (续)

1只青蛙1张嘴，2只眼睛4条腿，扑通~1声跳下水

2只青蛙2张嘴，4只眼睛8条腿，扑通~扑通~2声跳下水

3只青蛙3张嘴，6只眼睛12条腿，扑通~扑通~扑通~3声跳下水

4只青蛙4张嘴，8只眼睛16条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~4声跳下水

5只青蛙5张嘴，10只眼睛20条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~5声跳下水

6只青蛙6张嘴，12只眼睛24条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~6声跳下水

7只青蛙7张嘴，14只眼睛28条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~7声跳下水

8只青蛙8张嘴，16只眼睛32条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~8声跳下水

9只青蛙9张嘴，18只眼睛36条腿，扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~扑通~9声跳下水

图 8: 使用字符串格式化高效打印青蛙跳水儿歌

什么是字符串格式化 (续)

美观: 字符串格式化使用一系列格式说明符指定所填充内容的显示格式, 例如, 下面的例子就用字符串格式化整齐美观地(模板的装饰性)打印出一批商品的价格表。

```
width = int(input('Please enter width: '))
price_width = 10
item_width = width - price_width
header_fmt = '{{:{}}}{{{:>{}}}}'.format(item_width, price_width)
fmt = '{{:{}}}{{{:>{}}.2f}}'.format(item_width, price_width)
print('=' * width)
print(header_fmt.format('Item', 'Price'))
print('-' * width)
print(fmt.format('Apples', 0.4))
print(fmt.format('Pears', 0.5))
print(fmt.format('Cantaloupes', 1.92))
print(fmt.format('Dried Apricots (16 oz.)', 8))
print(fmt.format('Prunes (4 lbs.)', 12))
print('=' * width) # 50
```

什么是字符串格式化 (续)

```
Please enter width: 50
=====
Item                Price
-----
Apples              0.40
Pears               0.50
Cantaloupes         1.92
Dried Apricots (16 oz.) 8.00
Prunes (4 lbs.)    12.00
=====
```

图 9: 使用字符串格式化整齐美观地打印出价格表

总结: 字符串格式化的语法包括两部分: ① 占位符 (% 或 {}), 指定在哪里填充内容, 不可省略; ② 格式说明符, 指定填充内容的显示格式, 可以省略。如果只使用字符串格式化的功能性, 可以不写格式符, 只使用占位符即可, 如果也使用字符串格式化的装饰性, 那就需要根据需求指定格式说明符。

字符串格式化: 用元组内的元素按照预设格式替代字符串中的内容。

两种方式: 使用 `%`; 使用 `format` 方法。

```
num = 3
str2 = '%s只青蛙%s张嘴, %s只眼睛%s条腿, ' %(num, num, 2*num, 4*num)
→ + '扑通~'*num + '%s声跳下水' %(num)
print(str2)
num = 5
str3 = '{}只青蛙{}张嘴, {}只眼睛{}条腿, '.format(num, num, 2*num,
→ 4*num) + '扑通~'*num + '{}声跳下水'.format(num)
print(str3)
```

`%` 为占位符, 标记了需要插入值的位置。格式符号 `s` 表示插入的值会被格式化为字符串, 如果不是字符串会自动转换为字符串(如, 上例中插入的 `num` 为整数)。

`format` 方法可以按照从左到右的顺序依次将元组中的值插入到占位符 `{}` 所在的位置。

Python2.6 开始，新增的字符串格式化方法 `format`，增强了字符串格式化功能。

```
# 1. 按照索引进行替换(推荐)
singer_template = "歌手{3}, {0}年出生于{1}, 代表作有《{2}》等。"
print(singer_template.format(1978, '新加坡', '胆小鬼', '孙燕姿'))

# 2. 按照字段名进行替换(推荐)
singer_template = "歌手{name}, {birth_year}年出生于{nation},
→ 代表作有《{masterpiece}》等。"
print(singer_template.format(birth_year = 1963, nation =
→ '中国天津市', masterpiece = '好汉歌', name = '刘欢'))

# 3. 字段名和索引可以混用, 元组中位置参数(索引)在前,
→ 关键字参数(字段名)在后
singer_template = "歌手{name}, {0}年出生于{nation}, 代表作有《{1}》
→ 等。"
print(singer_template.format(1991, '光年之外', nation =
→ '中国上海市', name = '邓紫棋'))
```

`format` 方法中的占位符 `{}` 的完整形式为 `{字段名或索引: 字段格式}`，冒号前后的内容均可省略，若都省略，则将元组中的内容以字符串格式进行显示。

```
# /表示填充字符，如果不指定默认就是空格填充;
# ^表示居中显示
# +表示在正数前面加正号，负数前面加负号
# 10表示宽度为10
# .2f表示保留两位小数
str4 = "{:/^+10.2f}"
str4.format(3.1415926) # //+3.14///
```

37. 字符串格式化的装饰性

标准格式说明符如下， [] 表示其中的参数是可选的：

```
[[fill]align][sign][#][0][width][grouping_option][.precision][type]
```



图 10: 类比游戏中的装备格理解标准格式说明符

- ① 游戏中装备格子有限，每个装备格子不一定非得买装备；格式说明符类型也有限（数数上面有几对中括号），每类格式说明符不一定被指定；
- ② 游戏中有出装顺序；标准格式说明符也有顺序呀（上面从左到右就是顺序）；
- ③ 游戏中可以一件装备也不出（没输出、不抗揍、跑得慢）；格式说明符也可以一个也不指定（没什么装饰性了）；
- ④ 游戏中不带惩戒不能买打野刀；格式说明符里不指定 `align`（对齐方式）就不能指定 `fill`（填充字符）。

37. 字符串格式化的装饰性

align (对齐方式)	作用
<	左对齐 (字符串默认对齐方式)
>	右对齐 (数值默认对齐方式)
=	填充时强制在正负号与数字之间进行填充，只支持对数字的填充
^	居中

图 11: align 参数

除非定义了最小字段宽度，否则字段宽度将始终与填充它的数据大小相同，因此在这种情况下对齐选项没有意义。

`fill` 定义用于将字段填充到最小宽度的字符。填充字符 (如果存在) 必须后跟对齐标志。

sign 参数仅对数字类型有效：

sign	作用
+	强制对数字使用正负号
-	仅对负数使用前导负号(默认)
空格	对正数使用一个' '作前导，负数仍以'-'为前导

图 12: sign 参数

如果存在 **#** 字符，则整数使用“替代形式”进行格式化。这意味着二进制、八进制和十六进制输出将分别以“0b”、“0o”和“0x”为前缀。

width 是定义最小字段宽度的十进制整数。如果未指定，则字段宽度将由内容决定。

如果 **width** 前面有一个零 **0** 字符，则启用零填充。这等效于对齐类型为“=”且填充字符为“0”。

`grouping_option` 用来对数字整数部分进行千分位分隔。

描述符	作用
,	使用,作为千位分隔符
-	使用_作为千位分隔符

图 13: `grouping_option` 参数

`.precision` 是一个十进制数，表示在浮点转换中小数点后应显示多少位。对于非数字类型，该字段指示最大字段大小 - 换句话说，从字段内容中将使用多少个字符。**整数不允许使用精度。**

`type` 决定了数据应该如何呈现，默认值为 `s`，以字符串格式显示。

对于 `type` 参数，可用的整数表示类型有：

- `b`，以二进制显示；
- `c`，显示数字对应的 `unicode` 字符；
- `d`，以十进制显示；
- `o`，以八进制显示；
- `x` 或 `X`，以十六进制显示。

对于 `type` 参数，可用的浮点数表示类型有：

- `e` 或 `E`，用科学计数法表示，使用 `E` 或 `e` 表示指数；
- `f` 或 `F`，用浮点数表示，对于 `nan(not a number)` 和 `inf(无穷大)` 用大 (小) 写表示；
- `g` 或 `G`，自动在科学计数法和浮点数表示中做出选择，指数 `E(e)` 大小写取决于 `G(g)`；
- `%`，对原数值乘以 100 后，加上 `%` 作后缀。

字符串格式化其他参考资料：[资料 1](#), [资料 2](#), [资料 3](#),

37. 字符串格式化的装饰性

```
str5 = "{:^10.5s}的成绩是{:<+10.2f}，班级排名第{:d}"  
str5.format("张三", 91.5, 5) # 张三 的成绩是+91.50 ,  
→ 班级排名第5  
str6 = "{num:+e}的二进制形式为{num:+#b}，八进制为{num:+#o},  
→ 十六进制为{num:+#X}"  
str6.format(num=456) # +4.560000e+02的二进制形式为+0b111001000,  
→ 八进制为+0o710, 十六进制为+0X1C8  
str7 = "{:5.3s}的年收入为{:5d}元，月平均{:5.2f}元"  
str7.format('zjzhang', 60023, 60023/12.0) # zjz  
→ 的年收入为60023元，月平均5001.92元  
str8 = "{:5.3s}的年收入为{:4d}元，月平均{:5.2f}元"  
str8.format('zjzhang', 60023, 60023/12.0) # zjz  
→ 的年收入为60023元，月平均5001.92元  
str8.format('Tomy', 67, 67/12.0) # Tom 的年收入为 67元，月平均  
→ 5.58元
```

- ① 字符串的精度是对字符串的直接切片 (看上例中的 str7);
- ② 浮点数精度存在四舍五入，首先保证小数部分，当长度超过宽度时，最初设置的宽度将不起作用 (看上例中的 str7); 整数不允许使用精度;
- ③ 默认对齐方式，字符串左对齐，数值右对齐 (看上例中的 str8)。

内部自转义: {{ 表示 {, }} 表示 }, %% 表示 %

f-string: 字符串格式化的最新方法, 在形式上以 *f* 或 *F* 修饰符引领的字符串 (*f'xxx'* 或 *F'xxx'*), 以大括号 {} 标明被替换的字段, 可在 {} 内调用变量、函数和表达式求值。

```
# {}你看, 我左边是什么
'{{}{}'.format(text = '你看, 我左边是什么')
# %是百分号
'%%%s'%(是百分号)
import math
radius = 3
# 有一个圆, 半径为3.00, 面积为28.27
f"有一个圆, 半径为{radius:.2f}, 面积为{math.pi*(radius**2):.2f}"

x = 80
# 角度值为80.00, 弧度值为1.39626, 其正弦值为0.98
F"角度值为{x:.2f}, 弧度值为{math.radians(x):.5f},
→ 其正弦值为{math.sin(math.radians(x)):.2f}"
```

38. 字符串常用方法

可以使用内置函数 `help` 查看字符串的全部方法，命令为 `help(str)`。

```
# find函数返回子串在字符串中第一次出现的索引位置, 没找到则返回-1
str9 = "My heart will go on and on"
str9[14:20] # 'go on'
str9.find('on', 14, 20) # 17, 即使指定查找范围,
→ 返回的索引值仍然是在整个字符串中的索引值
# index函数返回子串在字符串中第一次出现的索引位置,
→ 没找到则代码报错 substring not found
str9.index('on', 14, 20) # 17 即使指定查找范围,
→ 返回的索引值仍然是在整个字符串中的索引值
str9.index('on', 0, 8) # 没找到, 报错
# startswith, endswith分别用于判断字符串是否以特定字符为开头和结尾
str9.startswith('My') # True
str9.endswith('and',0,-3) # True
# count函数计算子串在字符串中出现的次数
"My heart will go on and on".count('n',-9) # 3, start和end可以省略
```

`startswith`, `endswith`, `find`, `index` 均可以用索引值指定查找的范围。`find` 找不到返回-1, `index` 找不到则报错。

38. 字符串常用方法

常见的 4 个空白字符有: \t , \r , \n , 空格。

```
# center函数令字符串居中，并指定宽度和填充字符
"回到最初我们来的地方".center(20, '~') #
→ ~~~~~回到最初我们来的地方~~~~~  

# split函数将字符串分割为列表，默认分隔符为空白字符
# join函数将字符串列表组合为字符串，默认连接符为空字符，
→ 空字符就是两个引号之间啥也没有，不是空格，也不是空白字符
str9.split(' ') # ['My', 'heart', 'will', 'go', 'on', 'and',
→ 'on']
'~'.join(str9.split(' ')) # My~heart~will~go~on~and~on  

# 再来看一个结合字符串格式化的例子
num_str = '1 2 \r 3\t4\n9'
num_list = num_str.split() # ['1', '2', '3', '4', '9']
'*'.join(num_list) # 1*2*3*4*9
print(f"{'*'.join(num_list)}的计算结果为: {1*2*3*4*9}") #
→ 1*2*3*4*9的计算结果为: 216  

# strip方法去除字符串开头和结尾的指定字符，默认去除空白字符
"let's goooooooo".strip('o') # let's g
" \tAlibaba\r \n".strip() # Alibaba
```

其他常用的字符串方法如下：

```
# lower和upper分别将字符串中的全部字符变为小写和大写
'My heart'.lower() # 'my heart'
'My heart'.upper() # 'MY HEART'
# replace将字符串中的特定字符替换为指定字符
my_str = 'so good'
my_str.replace('o', '~') # s~ g~~d, my_str内容不变
'goooooood'.replace('ooo', '') # good
# translate方法根据定义的转换表转换字符串的字符
# 1. 定义转换表
intab = "aeiou"
outtab = "12345"
trantab = str.maketrans(intab, outtab)
# 2. 使用转换表进行批量替换
str10 = "this is string example....wow!!!"
# th3s 3s str3ng 2x1mpl2....w4w!!!
print(str10.translate(trantab))
```

使用字符串的下列方法判断字符串是否满足特定的条件：isalnum、isalpha、isdecimal、isdigit、isidentifier、islower、isnumeric、isprintable、isspace、istitle、isupper，请自行敲代码学习这些方法。

string 模块包含了许多常用的字符集：

```
import string
string.digits # 0123456789
string.punctuation # 打印出所有英文标点符号
```

whitespace -- 包含所有 ASCII 空格的字符串
ascii_lowercase -- 包含所有 ASCII 小写字母的字符串
ascii_uppercase -- 包含所有 ASCII 大写字母的字符串
ascii_letters -- 包含所有 ASCII 字母的字符串
数字 -- 包含所有 ASCII 十进制数字的字符串
hexdigits -- 包含所有 ASCII 十六进制数字的字符串
octdigits -- 包含所有 ASCII 八进制数字的字符串
punctuation -- 包含所有 ASCII 标点字符的字符串
printable -- 包含所有被认为可打印的 ASCII 字符的字符串

图 14: string 模块中常用的字符集变量

Python 的内置函数 `str` 将对象转化为人类可读的字符串表示，
`repr` 将对象转化为 Python 解释器读取的字符串表示，两个函数返回的结果都是字符串 (`string`) 类型。

当字符串作为两者的参数时，`repr` 返回的结果会多一层引号。
`eval` 函数接受一个字符串作为参数，其作用是把字符串中的内容作为 Python 命令运行，并返回运行结果 (即，剥离引号 + 运行命令)。

```
s = '1*2*3*4'  
str(s) # '1*2*3*4'  
repr(s) # "'1*2*3*4'"  
eval(str(s)) # 24  
eval(repr(s)) # '1*2*3*4'
```

要在字符串中插入“非法字符”，需使用转义字符。非法字符的一个示例是字符串中的双引号被双引号括起来（看下面代码示例），其他常用的转义字符主要是空白字符（回车、换行、制表符）。在字符串的引号前面加上字符 `r` 可消除字符串中的转义（如存在）。

```
str1 = "\"是一个双引号"
print(str1)
print('Hello\nProgrammers')
print(r'Hello\nProgrammers')
print("\\"是一个双引号") # \"是一个双引号
```

转义字符	说明
\n	换行符，将光标位置移到下一行开头。
\r	回车符，将光标位置移到本行开头。
\t	水平制表符，也即 Tab 键，一般相当于四个空格。
\a	蜂鸣器响铃。注意不是喇叭发声，现在的计算机很多都不带蜂鸣器了，所以响铃不一定有效。
\b	退格（Backspace），将光标位置移到前一列。
\\\	反斜线
\'	单引号
\"	双引号
\	在字符串行尾的续行符，即一行未完，转到下一行继续写。

集合：一对 {} 中包含由 , 分割的一系列元素。

- 集合可以包含任意多个、无序的非重复元素；
- 集合中的元素可以是多种类型的，如字符串，整数，布尔值；
- 集合中的元素不可以是可变数据类型，如列表，字典；
- 可以使用 {} 定义集合，也可以使用 set 函数将字符串、元组、列表等序列转换为集合。

```
# 定义一个集合
set1 = {1, 2, (1,2), True}
# 使用set函数将字符串转换为字符集合
chr_set = set('zjzhang') # {'a', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
```

集合中的元素无序，故不能使用索引访问其中的元素，但可以使用 `for` 循环遍历其中的元素，亦可以使用成员判断操作符 `in` 判断某个元素是否在集合中。

Python 内置函数 `len` 可统计集合中的元素个数，`max` 可返回集合中的最大元素，`sum` 可求数值集合中所有元素的和。

```
chr_set = set('zjzhang') # {'a', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
for char in chr_set:
    print(char)

'o' not in chr_set # True
```

集合常用的方法有：

- `add`，添加一个元素到集合中；
- `remove`，移除集合中的一个指定元素，不存在该元素时报错；
- `discard`，移除集合中的一个指定元素，不存在该元素时不报错；
- `pop`，随机移除集合中一个元素；
- `clear`，清空集合中的全部元素；

这些方法的运行结果会改变集合的内容。

```
chr_set = set('zjzhang') # {'a', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
chr_set.add('c') # {'a', 'c', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
chr_set.remove('a') # {'c', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
chr_set.remove('q') # 报错, KeyError
chr_set.discard('a') # {'c', 'g', 'h', 'j', 'n', 'z'}
chr_set.discard('z') # {'c', 'g', 'h', 'j', 'n'}
chr_set.pop() # 随机删除一个元素并返回该元素
chr_set.clear() # set()
```

Python 提供了求交集、并集、差集和对称差集等集合运算：

- 使用 `s1.intersection(s2)` 或者 `s1&s2` 可以计算两个集合的交集；
- 使用 `s1.union(s2)` 或者 `s1|s2` 可以计算两个集合的并集；
- 使用 `s1.difference(s2)` 或者 `s1-s2` 可以计算两个集合的差集；
- 使用 `s1.symmetric_difference(s2)` 或者 `s1^s2` 可以计算两个集合的对称差集。

字典 (dict): 一对 {} 中包含由 , 分割的一系列无序键值对 (key-value pair)，一个字典中可以包含任意多个键值对，字典使用关键字 (key) 来访问、更新、删除值 (value)。

```
# 定义一个字典
dict1 = {115:'张三', 116:'李四', 119:'王五'}
# 通过key访问字典中的值
dict1[115] # 张三
# 通过key更新字典中的值
dict1[115] = '张七' # {115: '张七', 116: '李四', 119: '王五'}
# 通过key删除字典中的值
dict1.pop(115) # {116: '李四', 119: '王五'}
# 字典中的值不一定是唯一的
dict1[120] = '王五' # {116: '李四', 119: '王五', 120: '王五'}
# 字典中的关键字是唯一的
dict1[120] = '王四' # {116: '李四', 119: '王五', 120: '王四'}
```

注意：字典中的关键字 (key) 是唯一的 (unique)，值不一定是唯一的，即一个关键字只能对应一个值，但是同一个值可以对应多个关键字。

类似于之前的列表、元组、集合，字典也可以使用 Python 内置函数 `dict` 创建，其接收的参数形式如下：

`[(key1, value1), (key2, value2), ...]`。

定义字典时，重复的键只保留其中一个，并且，键只能是不可变对象，如，之前学习过的基本数据类型（数值、字符串等）。列表、集合是可变对象，不能作为字典的键，字典的值（value）可以是任意的数据类型。

```
# 使用Dict函数定义一个字典
dict2 = dict([(116, '李四'), (119, '王五'), (120, '赵六')])
# 使用zip函数将两个列表转化为dict函数接收的参数形式
dict(zip([116, 119, 120], ['李四', '王五', '赵六'])) # {116:
→ '李四', 119: '王五', 120: '赵六'}
# 重复的键只会保留一个
dict3 = {115:'张三', 115:'李四', 115:'王五'} # {115: '王五'}
# 字典的键只能是不可变对象
dict4 = {[1,2]: [1,2]} # Error
# 字典的值可以是任意类型
dict5 = {'list1':[1,2,3]}
```

字典的增、删、改、查操作通过关键字 (key) 进行，类似于通过索引 (index) 操纵列表。

```
# 创建一个空字典
happy_dict = {}
# 新增键值对
happy_dict[101] = '沈腾'
happy_dict.update({102: '马丽'})
happy_dict.update(dict(zip([103,104],['艾伦','常远'])))
happy_dict[105] = '宋小宝'
# 修改值
happy_dict[105] = '王宁'
# 查找值
happy_dict[102]
happy_dict.get(103)
# 删除键值对
happy_dict.pop(105)
del happy_dict[104]
```

字典推导式的基本形式同列表推导式，唯一不同的是表达式的格式，

key:value。

可以使用 **in** 或 **not in** 判断某个键 (key) 是否在字典中，可以使
用 **==** 判断两个字典中是否包含一样的键值对 (key-value pair)。

```
actor_list = ['沈腾', '马丽', '艾伦', '常远', '王宁']
start_id = 101
happy_dict = {start_id+idx:actor for idx,actor in
← enumerate(actor_list)}
# {101: '沈腾', 102: '马丽', 103: '艾伦', 104: '常远', 105:
← '王宁'}
```

判断键是否在字典中

```
'沈腾' in happy_dict # False
102 in happy_dict # True
```

判断两个字典的内容是否一样

```
{101:'沈腾', 102:'马丽'} == {102:'马丽', 101:'沈腾'} # True,
→ 字典是无序的
```

内置方法的用法为 变量名. 方法名

- `copy`，复制一份字典，不受原字典变化影响；
- `get`，根据键获取对应的值，根据键获取对应的值，键不存在，返回默认值；
- `setdefault`，根据键获取对应的值，键不存在，返回默认值，更新字典；
- `keys`，返回字典中的全部键；
- `values`，返回字典中的全部值；
- `items`，返回字典中的全部键值对；
- `pop`，删除字典中的指定键值对；
- `popitem`，以后进先出的顺序删除字典中的一个键值对；
- `update`，使用一个字典更新当前字典；
- `clear`，清空字典；

45. 字典的内置方法

```
happy_dict = {101: '沈腾', 102: '马丽', 103: '艾伦', 104: '常远',
→ 105: '王宁'}
new_happy_dict = happy_dict.copy()
happy_dict.get(101) # 沈腾
happy_dict[101] # 键不存在则Error, 存在则返回值
happy_dict.get(109, '不存在此键') # 键存在, 则返回对应的值,
→ 键不存在, 则返回第二个参数指定的值, 第二个参数默认值为None
happy_dict.setdefault(101) # 沈腾
happy_dict.setdefault(106, '魏翔') # 键存在, 则返回对应的值,
→ 键不存在, 则返回第二个参数指定的值, 第二个参数默认值为None,
→ 同时更新字典
# {101: '沈腾', 102: '马丽', 103: '艾伦', 104: '常远', 105:
→ '王宁', 106: '魏翔'}
happy_dict.keys() # dict_keys([101, 102, 103, 104, 105, 106])
happy_dict.values() # dict_values(['沈腾', '马丽', '艾伦',
→ '常远', '王宁', '魏翔'])
happy_dict.items() # dict_items([(101, '沈腾'), (102, '马丽'),
→ (103, '艾伦'), (104, '常远'), (105, '王宁'), (106, '魏翔')])
happy_dict.pop(106) # 返回106对应的值, 魏翔, key不存在, 则Error
happy_dict.popitem() # 返回被删除的键值对, (105, '王宁')
```

```
happy_dict.update({107: '杜晓宇', 108: '黄才伦'})  
happy_dict.update({108: '魏翔'}) # 更新108对应的值,  
→ 由'黄才伦'变为'魏翔'  
happy_dict.clear() # happy_dict变为一个空字典
```

```
# {}表示空字典  
d = {}  
type(d) # dict  
# 空集合是set()  
s = {1,2}  
type(s) # set  
s.clear()  
print(s) # set()  
type(s) # set
```

Python 中的赋值语句不复制对象，它们在目标 (变量) 和对象 (数据) 之间创建绑定。对于可变或包含可变项的对象 (如，列表，列表嵌套)，有时需要一个副本，以便可以更改一个副本而不更改原数据对象。

注意：浅复制和深复制之间的区别仅与复合对象有关，典型的复合对象有字典中包含列表，列表中包含列表，元组中包含列表作为元素。

```
# 创建一个列表嵌套对象
list1 = [['John', 21], ['Mary', 19]]
# 引用赋值
list2 = list1
# 深复制
import copy
list3 = copy.deepcopy(list1)
# 浅复制-切片操作
list4 = list2[:]
# 浅复制-列表推导式
list5 = [item for item in list1]
```

46. 深复制和浅复制

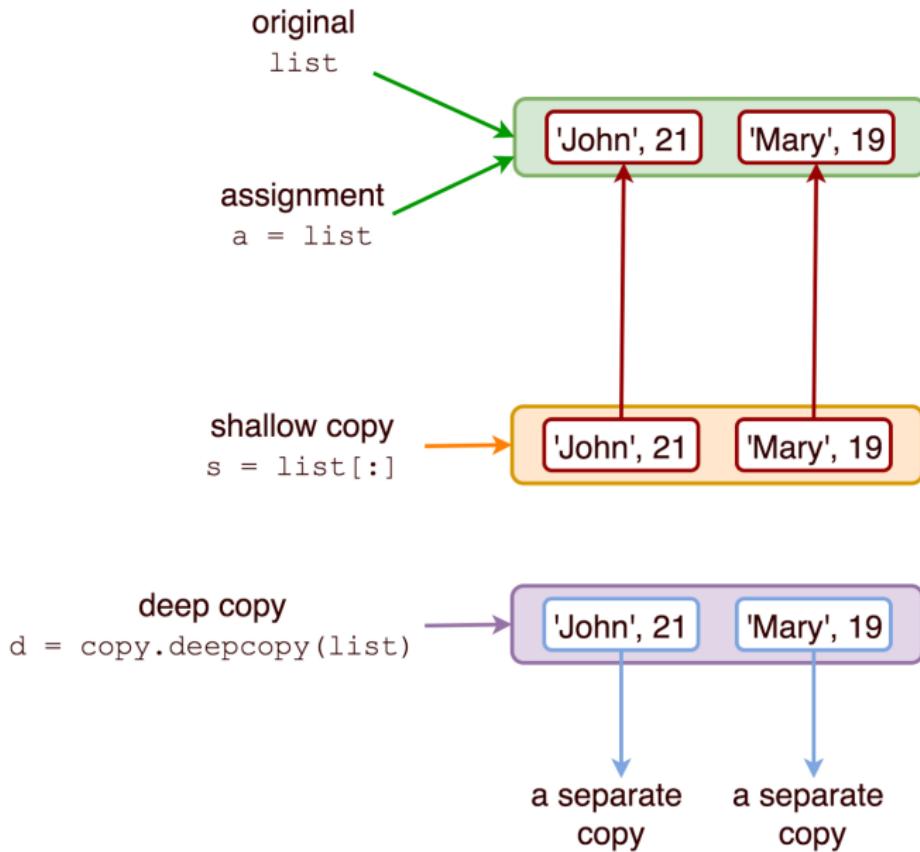


图 16: 赋值、深复制、浅复制示例

```

list1[0][0] = 'Tom' # [['Tom', 21], ['Mary', 19]]
print(list2) # [['Tom', 21], ['Mary', 19]]
print(list3) # [['John', 21], ['Mary', 19]]
print(list4) # [['Tom', 21], ['Mary', 19]]
print(list5) # [['Tom', 21], ['Mary', 19]]

list2 is list1 # True
list3 is list1 # False
list4 is list1 # False
list5 is list1 # False

```

如果一个字典中包含列表作为值，各种复制操作的结果与代码中的列表嵌套示例类似。请自行实验

对 `dict6 = {101:['Tom', 'Mary', 'Alan']}` 的各种复制操作并查看相应结果。

注意：字典的内置方法 `copy` 也是浅复制，`(1,2,[3,4])` 也是复合对象，不能作为集合的元素，不能作为字典的键 (key)。

使用 Python 的一些内置函数辅助了解相关模块和函数的用法：

- 使用内置函数 `dir` 可以快速查询各种内置数据类型的方法有哪些；
- 使用特殊变量 `__doc__` 可以快速查看各种方法的使用说明；
- 使用内置函数 `help` 查看函数或模块用途的详细说明；
- 使用内置函数 `type` 查看对象的数据类型；

- **顺序结构：**按照书写顺序依次解释执行；
- **选择结构：**按照判断条件选择其中一个分支执行；
- **循环结构：**满足指定条件时重复执行某些操作。

```
# 顺序结构，先接收键盘输入，再打印输出
age = float(input("Please input your age: "))
print("Your age is {}".format(age))
```

```
# 选择结构，年龄小于18，禁止购买香烟
if age < 18:
    print("Sorry, we can not sell cigarettes to you!")
else:
    print("Please input your ID number.")
```

```
# 循环结构，如身份证号不是18位数字，则重新输入
while True:
    id_num = input("ID: ")
    if id_num.isdigit() and len(id_num) == 18:
        print('正在与公安系统联网核验....., 请稍后')
        break
```

单选结构

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
if condition:
    statements1

other statements
```

当条件判断表达式 (condition) 返回结果为 `True` 时，执行语句块 1 (`statements1`)，否则 (`False`)，直接顺序往下运行与 `if` 对齐的后续代码，在上例中，如果 `condition` 计算结果返回 `False`，则直接执行后续代码 (`other statements`)。

注意：① 判断条件 (condition) 必须是一个能返回布尔值 (或等价于布尔值，如 `0,1,None`) 的表达式，如，比较运算和逻辑运算表达式；② 语句块 1 (`statements1`) 可以包含任意多行代码。

```
# 互换两个变量的值，按照从小到大的顺序输出两个值
a = float(input("Please input the first integer: "))
b = float(input("Please input the second integer: "))
print('Before exchange:', a, b)
if a > b: # 条件
    a, b = b, a # 语句块
print('After exchange:', a, b) # 单选结构外的语句

# 寻找180+的男孩子
height = input("Please input your height(cm): ")
if float(height) < 180:
    print("Sorry, you are a good boy, but you know ...")
print('我是单选结构外的后续代码块')
```

双选结构

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
if condition:
    statements1
else:
    statements2

other statements
```

当条件判断表达式 (condition) 返回结果为 `True` 时，执行语句块 1 (`statements1`)，否则 (`False`) 执行语句块 2 (`statements`)，最后再顺序执行后续的语句块 (`other statements`)。

注意：双选结构中 `statements1` 和 `statements2` 必须只有一个被运行。

```
# 根据身份证号判断性别，第15-17位数字组成的三位数如果是奇数则为男性
last_four = input("Please input the last four number of your ID:
→   ")
num = int(last_four[:-1])
if num % 2:
    print('Male')
else:
    print('Female')
```

上述条件 `num % 2` 返回 0 或者 1，等价于 `False` 或 `True`。

多选结构

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
if condition1:
    statements1
elif condition2:
    statements2
...
elif conditionN:
    statementsN
...
else:
    statements0

other statements
```

满足条件 1 (condition1) 执行语句块 1 (statements1)，满足条件 2 (condition2) 执行语句块 1 (statements2)，……，所有条件都不满足，执行语句块 0 (statements0)，执行完选择结构中的某一个语句块后，立刻离开选择结构，执行后续代码 (other statements)。

```
# 根据分数输出相应评语
score = float(input("Please input your final score:"))

if 90 <= score <= 100:
    print('Great!')
elif 80 <= score < 90:
    print('Good!')
elif 70 <= score < 80:
    print('You could be better!')
elif 60 <= score < 70:
    print('Dangerous!')
elif 0<= score < 60:
    print("It's a pity!")
else:
    print('The score is invalid!')
```

注意：使用多选结构时，要根据实际问题，全面考虑可能的条件判断，如，上例中，百分制下，合法的分数应该在 0 到 100 之间。

选择结构嵌套: 条件满足时 (`True`) 所执行的语句块 (`statements`) 也是一个选择结构。

```
amount = float(input("输入驾驶员每100ml血液酒精的含量(mg): "))
if amount < 20:
    print("驾驶员不构成酒驾")
else:
    if amount < 80:
        print("驾驶员已构成酒驾")
    else:
        print("驾驶员已构成醉驾")
```

应用海伦公式和余弦定理的例子

问题: 给定三条边的长度, 首先判断这三条边是否能够成一个三角形, 如果能, 计算三角形面积, 并判断其构成的是哪种类型的三角形(锐角、直角、钝角)。

海伦公式: $S = \sqrt{p(p - a)(p - b)(p - c)}$, 其中 $p = \frac{a+b+c}{2}$

余弦定理: $\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$

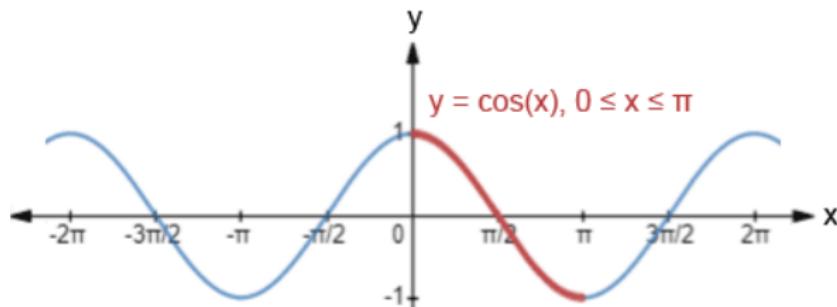


图 17: cosine 函数图像

应用海伦公式和余弦定理的例子 (续)

```
# 将三条边按照长度，从小到大排列
a = 3; b = 12; c = 10
a,b,c = sorted([a,b,c])
# 任意两边之和大于第三边 (a<b<c)，因此构成三角形
if (a + b) > c:
    # 下面用海伦公式用三边求三角形面积
    p = (a + b + c)/2
    area = float((p*(p-a)*(p-b)*(p-c))**0.5)
    print("The area of triangle is {:.2f}".format(area))
# 根据“同一个三角形内，长边对大角”，以及余弦定理，计算最大角的余弦值
cos_C = (a**2 + b**2 - c**2)/(2*a*b)
if cos_C == 0:
    print("Right triangle") # 直角
elif cos_C < 0:
    print("Obtuse triangle") # 钝角
else:
    print("Acute triangle") # 锐角
else:
    print("Invalid lengths")
```

课堂练习: 个人所得税计算

题目: 键盘接收年收入 (元为单位), 根据下图税率, 使用选择结构计算应缴所得额。

级数	全年应纳税所得额	税率 (%)
1	不超过 36000 元的	3
2	超过 36000 元至 144000 元的部分	10
3	超过 144000 元至 300000 元的部分	20
4	超过 300000 元至 420000 元的部分	25
5	超过 420000 元至 660000 元的部分	30
6	超过 660000 元至 960000 元的部分	35
7	超过 960000 元的部分	45

图 18: 个人所得税税率

选择结构总结

单选、双选结构都是多选结构的特殊形式，下面以多选结构为例，总结选择结构的要点：

- **顺序判断：**依次判断 `condition1`, `condition2`, ..., 是否满足，只要有一个 `condition` 满足，则不再进行后续判断，并且执行该 `condition` 对应的语句块 (`statements`)，如果都不满足执行 `else` 对应的语句块 (`statements0`)；
- **运行一次：**运行完 `condition` 对应的代码块 (`statements`) 后，立刻离开选择结构，继续执行后续代码块 (`other statements`)；
- **冒号、缩进、对齐：**一定记得写冒号，冒号下的代码要缩进，同一层级的代码要对齐。

while 循环

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
while condition:
    statements

other statements
```

当条件判断表达式 (condition) 返回结果为 `True` 时，执行语句块 (statements)，再次计算 `condition`，如果结果返回 `True`，则继续执行 `statements`，循环往复...，否则 (`False`)，跳出循环，顺序往下运行与 `while` 对齐的后续代码 (other statements)。

注意：① 判断条件 (condition) 必须是一个能返回布尔值 (或等价于布尔值，如 `0,1,None`) 的表达式，如，关系运算和逻辑运算表达式；② 语句块 (statements) 可以包含任意多行代码；③ 选择结构只计算一次 `condition`，`while` 循环计算多次 `condition`，每次运行完语句块 (statements) 就立刻再次判断 `condition` 是否满足。

```
# 笨办法求1+2+3+ ... +100的和
result = 0
number = 1
while number < 101:
    result += number
    number += 1 # number = number + 1
print(result)

# 输出小于10的奇数
a = 1
while a < 10:
    print(a)
    a += 2
print('我就是与while对齐的后续代码^_^')
```

注意：上述两例中，`while` 循环中的 statements 中都对 condition 中的变量进行了修改，才使得 condition 可以返回 `False`，程序跳出 `while` 循环，从而执行后续代码 (other statements)。

for 循环

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
for item in iterables:
    statements
```

通过遍历可迭代对象 (iterables) 中的元素 (item)，来控制语句块 (statements) 执行的次数。典型的可迭代对象有序列 (列表，元组，字符串)、集合、字典、range、zip、enumerate 等。

```
for char in '中华民族伟大复兴':
    print(char)
for char in list('中华民族伟大复兴'):
    print(char)
for char in tuple('中华民族伟大复兴'):
    print(char)
for char in set('中华民族伟大复兴'):
    print(char)
```

内置函数 range

`range` 和 `enumerate` 是两个经常与 `for` 循环搭配使用的内置函数，典型用法如下例：

```
# 打印出 1-9 范围内的数字
for i in range(1,10):
    print(i)
# 以 3 为步长打印出 1-9 范围内的数字
for i in range(1,10,3):
    print(i)
```

`range(start, end, step)` 返回一个 `range` 对象，使用内置函数 `list` 可将该 `range` 对象转化为列表，列表会包含从 `start` 到 `end-1` 之间的整数，步长为 `step`。此处的 `start`、`end` 和 `step` 与列表切片所使用的参数非常像，都是有头没有尾、带步长就跳、正负步长分别对应从左到右和从右到左，对应错误则结果为空。

内置函数 enumerate

```
for idx, num in enumerate(range(48, 59)):
    print(idx, num)
```

内置函数 `enumerate` 接收一个可迭代对象为参数，返回一个 `enumerate` 对象，通过 `list` 函数可将该对象转化为列表，列表中包含的元素均为形如 `(index, element)` 的二元组，`element` 表示可迭代对象中的一个元素，`index` 为该元素在可迭代对象中的索引 (`index` 本质上是从 0 开始的计数器，看下面例子)。

```
for idx, num in enumerate(set([1, 2, 3])):
    print(idx, num)
```

集合无序，上例中 `idx` 不表示索引，表示 `num` 是第几个被取出来的。

注意：在使用 `range` 和 `enumerate` 时，不是必须要在其外层套一个 `list` 函数，套 `list` 函数便于查看他们的内容。

课堂练习

题目 1：使用 `for` 循环遍历字典中的键值对。

```
# 题目1
actors = ['沈腾', '马丽', '艾伦']
actor_dict = dict([(101+idx, name) for idx, name in
→ enumerate(actors)])
for idx, name in actor_dict.items():
    print(idx, name)
```

题目 2：计算 1~1000 范围内 3 的倍数和 7 的倍数的数字之和。

题目 3：水仙花数是一个 3 位数，它的每个位上的数字的 3 次幂之和等于它本身（如： $1^3 + 5^3 + 3^3 = 153$ ），求所有水仙花数。

课堂练习-答案

```
# 题目2
sum = 0
for i in range(1, 1001):
    if i % 3 == 0:
        sum += i
    elif i % 7 == 0:
        sum += i
print(sum)
```

```
# 题目3
for i in range(100, 1000):
    sum = 0
    for j in str(i):
        sum += int(j)**3
    if sum == i:
        print(i)
```

`break`、`continue`、`pass`都是 Python 的保留关键字，用法如下：

- `break`：只能出现在循环结构 (`for` 循环, `while` 循环) 中的语句块 (`statements`) 中，程序一旦运行到 `break`，立刻跳出循环，继续执行后续语句 (`other statements`)；
- `continue`：只能出现在循环结构 (`for` 循环, `while` 循环) 中的语句块 (`statements`) 中，程序一旦运行到 `continue`，立刻结束本次循环，进入下次循环；
- `pass`：可以单独出现在任何一行，主要作用是保证代码格式的规范和完整性，程序一旦遇到 `pass`，什么操作也不执行。

注意：① 当 `break` 和 `continue` 出现在嵌套循环中时，只作用于它所在的那一层循环；② `break`、`continue`、`pass` 都是单独出现在某一行，同一行没有其他代码。

51. break,continue,pass, 嵌套

```
vowel = 'aeiou'

# 打印输出 br
for char in 'brown':
    if char in vowel:
        break
    print(char)

# 打印输出 brwn
for char in 'brown':
    if char in vowel:
        continue
    print(char)

# 打印输出 brwn
for char in 'brown':
    if char in vowel:
        pass
    else:
        print(char)
```

题目：对英文句子去做去元音化操作 (Disemvoweling)，即，将单词中非首尾元音字母去除，这是短信 (SMS) 语言的典型特征，阅读起来需要的认知努力很小。

```
vowel = 'aeiou'  
sent = 'The quick brown fox jumps over the lazy dog'  
word_list = []  
  
for word in sent.strip().split():  
    char_list = []  
    for idx,char in enumerate(word):  
        if char in vowel and idx not in [0, len(word) -1]:  
            pass  
        else:  
            char_list.append(char)  
    word_list.append(''.join(char_list))  
print(' '.join(word_list))  
# The qck brwn fx jmps ovr the lzy dg
```

52. 循环结构与 else 子句搭配

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
while condition:
    statements1
else:
    statements2
other statements
```

```
# 下面为伪代码，不可直接运行
for item in iterables:
    statements1
else:
    statements2
other statements
```

在循环未经 break 打断的情况下，整个循环完成时执行 else 子句下的语句块 (statements2)，再执行后续代码 (other statements)。

题目：找出 [2, 100] 中的素数。素数（质数），指在大于 1 的自然数中，除了 1 和该数自身外，无法被其他自然数整除的数。

```
for i in range(2, 101):
    for j in range(2, i):
        if i % j == 0:
            break
    else:
        print(i, ' 是素数')
```

题目：寻找整数 x 的最大因子（除 1 和自身外）。

```
x = int(input('Please input a integer bigger than 1: '))

for num in range(x-1,1,-1):
    if x % num == 0:
        print('The biggest factor is {}'.format(num))
        break
    else:
        print('{} is a prime number'.format(x))
```

题目：求两个数的最大公约数。

```
a = int(input("Please input the first number: "))
b = int(input("Please input the second number: "))
for i in range(min(a,b), 1, -1):
    if a%i == 0 and b%i == 0:
        print("{}和{}的最大公约数是{}".format(a,b,i))
        break
else:
    print("{}和{}是互素数".format(a,b))
```

题目：最多三次密码输入机会。

```
PASSWORD="123456"
max_times = 3
flag = False
for i in range(3):
    pwd = input("Please input the password: ")
    if pwd == PASSWORD:
        flag = True
        break
    else:
        print("Come on baby, try again, {} times
              left.".format(max_times - i - 1))
if flag:
    print("Great, Baby!")
else:
    print("Sorry, Baby, See you tomorrow!")
```

题目：1-100 之间不是 7 的倍数的数字之和。

```
sum = 0
for i in range(1, 101):
    if i%7 == 0:
        continue
    else:
        sum += i
print(sum)
```

题目：思考下面代码的运行结果。

```
i = 0
sum = 0
while i < 5:
    i += 1
    if i == 3:
        continue
    sum += i
print(sum)
```

题目：输出字符串中的每个字符，h 除外。

```
for letter in 'Python':  
    if letter == 'h':  
        pass  
    else:  
        print('Current letter is {}'.format(letter))
```

题目：输出 100 之内的所有素数，每行 10 个依次输出。

```
tmp_list = []
for i in range(2, 100):
    for j in range(2, i):
        if i % j == 0:
            break
    else:
        tmp_list.append(str(i))
    if len(tmp_list) == 10:
        print(', '.join(tmp_list))
        tmp_list.clear()
```

题目：输出如下图所示的九九乘法表。

1x1=1									
1x2=2	2x2=4								
1x3=3	2x3=6	3x3=9							
1x4=4	2x4=8	3x4=12	4x4=16						
1x5=5	2x5=10	3x5=15	4x5=20	5x5=25					
1x6=6	2x6=12	3x6=18	4x6=24	5x6=30	6x6=36				
1x7=7	2x7=14	3x7=21	4x7=28	5x7=35	6x7=42	7x7=49			
1x8=8	2x8=16	3x8=24	4x8=32	5x8=40	6x8=48	7x8=56	8x8=64		
1x9=9	2x9=18	3x9=27	4x9=36	5x9=45	6x9=54	7x9=63	8x9=72	9x9=81	

```
for i in range(1, 10):
    for j in range(1, i+1):
        print('{}x{}={}{}'.format(j, i, i*j), end=' ')
    print()
```

53. 课堂实训

题目：使用 * 作为填充物打印输出如下图所示的高度为 10 的等腰三角形。

```
*  
***  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****
```

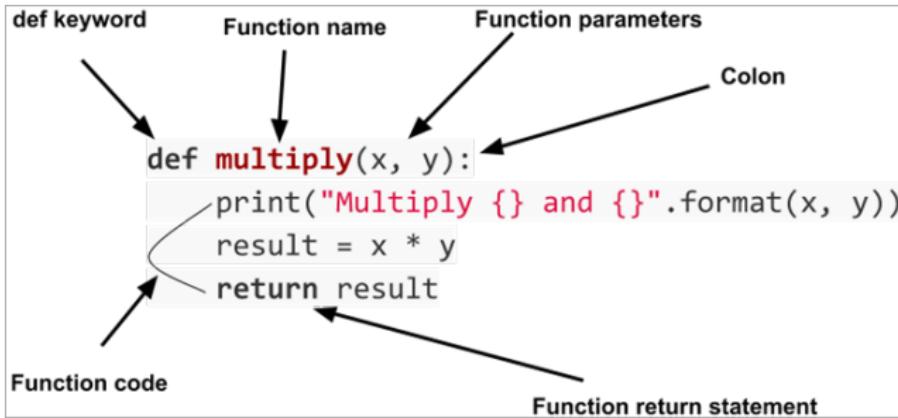
```
row = 10  
for i in range(row):  
    for _ in range(row - i - 1):  
        print(' ', end='')  
    for _ in range(2 * i + 1):  
        print('*', end='')  
    print()
```

题目：用蒙特卡罗法计算圆周率 π 的值。

题目：用微元法计算定积分 $\int_0^1 x^2$ 的值。

答案参见课程代码。

函数: 为实现一个操作或特定功能而集合在一起的语句集，避免代码复制带来的错误或漏洞，不仅可以实现代码的复用，还可以保证代码的一致性。



一个完整的函数由如上图所示的几部分组成：**def** 关键字 (def keyword)，函数名 (function name)，函数参数 (function parameters)，冒号 : (colon)，函数体 (function code)。函数体内 **return** 语句只执行一次，执行完成后，不再运行后续语句。

```
def multiply(x,y):  
    print("Multiply {} and {}".format(x, y))  
    result = x * y  
    return result
```

注意：函数体中的 `return` 语句不是必需的，如果不写，调用函数后返回 `None`，如果所定义的函数不需要参数，可以不写参数，但是括号必需写，看下面例子：

```
def color_print():  
    for i in range(91,96):  
        print("\033["+str(i)+"m"+zjzhang+"\033[0m")  
  
result = color_print()  
if result == None:  
    print('The call of Function color_print returns None')
```

函数调用

```
# 调用multiply函数，忽略返回值
multiply(3, 5)

# 调用multiply函数，并将函数的返回值复制给变量r
r = multiply(3, 5)

print(r) # 15

# 调用color_print函数，忽略返回值None
color_print()

# 调用color_print函数，将返回值赋值给变量r
# 对于没有参数的函数，这种调用方式没什么意义
r = color_print()
print(r)
```

注意：① 函数调用可以将返回值赋值给其他变量，也可以忽略返回值；② 函数调用必须写括号，无论是否需要写参数。

局部变量: 在函数体内定义的变量，只能在函数内部被访问。

全局变量: 在所有函数之外创建的变量，可以在程序的任意位置访问。

```
# 此处的x, y为全局变量
x, y = 3, 5

def myfunct():
    # 此处的x, y为局部变量
    x, y = 8, 9
    result = x * y

p = myfunct() # 函数调用
# 使用全局变量做计算并将计算结果赋值给全局变量z
z = x + y
print(z) # 8, 不是17
print(p) # None
```

由上例可见，局部变量和全局变量可以同名，但是在函数内部定义的局部变量不能在函数外访问。

形式参数与实际参数

```
# 定义函数
def multiply(x,y):
    print("Multiply {} and {}".format(x, y))
    result = x * y
    return result

# 调用函数
p, q = 8, 9
multiply(p, q)
```

在上例中，定义函数时写的参数 `x` 和 `y` 是形式参数（形参），调用函数时传递给函数的参数 `p` 和 `q`（或者说 8 和 9）叫做实际参数（实参）。

Python 的参数传递

```
# 定义函数
def multiply(x,y):
    print("Multiply {} and {}".format(x, y))
    result = x * y
    return result

# 调用函数

p, q = 8, 9
# 这是引用传递，引用了变量p和q的值8和9
multiply(p, q)
# 这是值传递
multiply(5, 6)
```

注意：引用传递的本质是将变量指向的数据对象传递到函数中，上例中，变量 p 和 q 指向的数据对象为整数 8 和 9。

```
# 定义函数
def my_double(my_obj):
    my_obj *= 2
    return my_obj

a = '000'
b = [1,2]
# 函数调用
my_double(a)
my_double(b)
print(a) # 000
print(b) # [1,2,1,2]
```

上面例子中，变量 `a` 和变量 `b` 分别指向不可变对象（字符串）和可变对象（列表），因此，在函数调用后，变量 `b` 的值发生了变化，变量 `a` 的值不变。所以，当进行引用传递时，要注意，如果变量指向的是可变对象，函数体的代码是可以改变变量值的。

默认参数

定义函数时，可以为参数指定默认值。

如果在调用函数时，未指定参数，则使用参数的默认值作为参数值运行函数；

如果参数不存在默认值，并且调用时也没指定参数值，则程序出错。

```
def my_power(base, exponent=2):  
    return base ** exponent  
  
print(my_power(3)) # 9  
print(my_power()) # Error
```

上例中定义的函数 `my_power`，包含两个参数 `base` 和 `exponent`，参数 `base` 没有默认值，在调用函数时必须为其指定值，参数 `exponent` 有默认值，为 2，调用函数时，如不指定其值，则使用 2 作为其值运行函数。

定义函数时，没有默认值的参数在前，具有默认值的参数在后，否则，程序出错 (SyntaxError)。

```
# Correct
def my_power(base, exponent=2):
    return base ** exponent

# Error
def my_power(exponent=2, base):
    return base ** exponent
```

Python 不支持函数重载。

函数重载 (方法重载): 是某些编程语言 (如 C++、C#、Java、Swift、Kotlin 等) 具有的一项特性，该特性允许创建多个具有不同实现的同名函数。对重载函数的调用会运行其适用于调用上下文的具体实现，即允许一个函数调用根据上下文执行不同的任务。

按位置传参和按关键字传参

按位置传参: 按照函数定义时的顺序进行参数传递。

按关键字传参: 按照 `name=value` 的格式进行参数传递。

```
# my_sum的三个参数均有默认值
def my_sum(a = 1, b = 2, c = 3):
    return a**0 + b**1 + c**2

# 按位置传参
my_sum(7, 8, 9)
# 按关键字传参
my_sum(c=7, a=8, b=9)
# 按位置传参和按关键字传参混合使用
my_sum(7, 8, c=9)

my_sum(7, b=8, 9) # Error
```

注意: 按位置传参和按关键字传参混合使用时, 位置参数在前, 关键字参数在后, 否则, 程序出错 (`SyntaxError`)。

```
# 按关键字传参，对有默认值的参数使用其默认值  
my_sum(a=9)
```

```
# 按位置传参，对有默认值的参数使用其默认值  
my_sum(7)
```

```
# 按位置传参和按关键字传参混合使用  
my_sum(7, c=8)
```

```
# 按位置和按关键字传参混合使用，并且引用传递和值传递混合使用  
x, y, z = 7, 8, 9  
my_sum(x, b=z, c=8)
```

```
# 按位置传参和按关键字传参混合使用，但是给参数a传递了多个值  
my_sum(7, a=8) # Error
```

可变参数

注意：在定义函数时，不固定参数的数量，调用时也可以使用不同个数的参数，可使用两种参数名来实现：`*args` 和 `**kwargs`，分别对应参数元组（按位置传参）和参数字典（按关键字传参）。

```
def hello_args(para1, *args):
    print("para1 : ", para1)
    print("type(args):", type(args))
    print("args : ", args)
    for idx,arg in enumerate(args):
        print("args{}:{}".format(idx+1), arg)

hello_args() # Error, 必须要为para1指定参数值, 因为它没有默认值
hello_args('hello') # 按位置传参, 没有为*args传参
hello_args('hello', 'this', 'is', 'mc.zhang') # 按位置传参
```

上例中，`*args` 用来定义个数不确定的参数元组，在函数体中可以通过 `for` 循环和索引访问参数元组，对于 `*args`，可以传递 0 或多个参数。

```
def hello_args(para1, *args):
    print("para1 :", para1)
    print("type(args):", type(args))
    print("args :", args)
    for idx,arg in enumerate(args):
        print("args{}:".format(idx+1), arg)

args_list = ['this', 'is', 'mc.zhang']
# 先序列(列表)解封, 再按位置传参
hello_args(*args_list)
# 先序列(列表)解封, 再按位置传参
hello_args('hello', *args_list)

# 先序列(列表)解封, 再混合使用按关键字传参和按位置传参, 不行
# 这样就违背了“位置参数在前, 关键字参数在后”的规则
hello_args(para1 = 'hello', *args_list) # Error
```

```
def hello_kwargs(para1, **kwargs):
    print("para1 : ", para1)
    print("type(kwargs) : ", type(kwargs))
    print("kwargs : ", kwargs)
    for key, value in kwargs.items():
        print("{0} = {1}".format(key, value))
```

`hello_kwargs()` # Error, 必须要为`para1`指定参数值, 因为它没有默认值

`hello_kwargs('hello')` # 按位置传参, 没有为`*kwargs`传参

按位置传参和按关键字传参混合

```
hello_kwargs("hello", kwarg_1='this', kwarg_2='is',
→ kwarg_3='mc.zhang')
```

上例中, `*kwargs` 用来定义个数不确定的参数字典, 在函数体中可以通过 `for` 循环和关键字 (`key`) 访问参数字典, 对于 `*kwargs`, 可以传递 0 或多个参数。

```
def hello_kwargs(para1, **kwargs):
    print("para1 : ", para1)
    print("type(kwargs): ", type(kwargs))
    print("kwargs:", kwargs)
    for key, value in kwargs.items():
        print("{0} = {1}".format(key, value))

kwargs_dict = {'kwarg_1': 'this', 'kwarg_2': 'is', 'kwarg_3':
    'mc.zhang'}
# 先字典解封，再按位置传参和按关键字传参混合
hello_kwargs("hello", **kwargs_dict)
# 按位置传参，Error，对于**kwargs，只能按关键字传参
hello_kwargs('hello', 'this', 'is', 'mc.zhang')
# 先字典解封，再按关键字传参
hello_kwargs(para1 = "hello", **kwargs_dict)
hello_kwargs(**kwargs_dict, para1 = "hello")
# Error，违背了“位置参数在前，关键字参数在后”的规则
hello_kwargs(**kwargs_dict, "hello")
```

可变参数实例

```
def adder(*num):# 求任意个数字之和
    sum = 0
    for n in num:
        sum = sum + n
    print("Sum:",sum)

adder(3,5)
adder(1,2,3,5,6)

def intro(**data):# 打印通讯录
    print("\nData type of argument:",type(data))
    for key, value in data.items():
        print("{} is {}".format(key,value))

intro(Firstname="Sita", Lastname="Sharma", Age=22,
      Phone=1234567890)
intro(Firstname="John", Lastname="Wood",
      Email="johnwood@nomail.com", Country="Wakanda", Age=25,
      Phone=9876543210)
```

```
def my_max(x,y):
    return x if x > y else y

l = [8,-8]
t = ('good', 'good.')
my_max(*l) # 8
my_max(*t) # 'good.'

def avg_grade(chinese = 80, math = 85):
    return (chinese + math)/2

grade_dict = {'chinese':88, 'math':99}
avg_grade(**grade_dict) # 93.5

def avg_grade_mul(chinese = 80, math = 85, **kwargs):
    return (chinese + math + sum(kwargs.values()))/(2+len(kwargs))

grade_dict = {'english':88,'history':90}
avg_grade_mul(**grade_dict) # 85.75
```

定义函数时不同类型参数的顺序

(位置参数, 默认值参数, 可变参数元组, 命名参数, 可变参数字典)

```
def my_func(a, b, c = 0, *args, d, **kwargs):
    print('a:      {}'.format(a),
          'b:      {}'.format(b),
          'c:      {}'.format(c),
          'args:   {}'.format(args),
          'd:      {}'.format(d),
          'kwargs: {}'.format(kwargs),
          sep='\n')

my_func('a', 'b', 88, *[-1, -2, -3], d='d',
→   **{'name': 'Tom', 'age': '18'})
```

本小节通过一系列函数实例展现函数的功能封装性。

题目：给定一个身份证号，验证其是否合法：① 总体校验；② 校验地区；③ 校验日期。

```
# 校验字符和长度
def verify_char_length(ids):
    if len(ids) != 18:
        return False
    if not ids[:-1].isdigit():
        return False
    if ids[-1] not in '0123456789X':
        return False
    return True
```

```
# 校验第18位是否正确
def verify_last_num(ids):
    ids_17 = ids[:-1]
    weights = [7, 9, 10, 5, 8, 4, 2, 1, 6, 3, 7, 9, 10, 5, 8, 4, 2]
    S = sum([int(num)*weight for num, weight in
             zip(list(ids_17), weights)])
    T = S % 11
    R = (12 - T) % 11
    if R == 10:
        last_num = 'X'
    else:
        last_num = R
    if ids[-1] == str(last_num):
        return True
    else:
        return False
```

```
# 校验前六位地区编码是否正确
def verify_area(ids):
    import _locale
    _locale._getdefaultlocale = (lambda *args: ['zh_CN', 'utf8'])
    with open('./area_dict.json') as f:
        area_dict = eval(f.read())
    if ids[:6] not in area_dict.keys():
        return False
    else:
        return True

# 校验闰年
def is_leap_year(year):
    if (year % 4 == 0 and year % 100 != 0) or (year % 400 == 0):
        return True
    else:
        return False
```

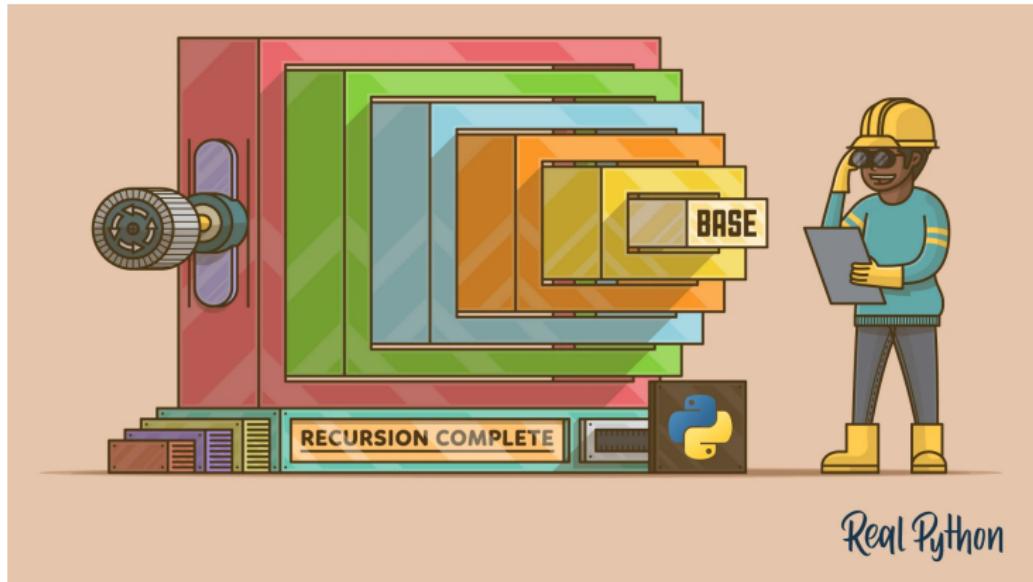
```
def verify_date(ids):
    year = int(ids[6:10])
    if year > 2022 or year < 1900:
        return False
    month = int(ids[10:12])
    if month > 12 or month < 1:
        return False
    day = int(ids[12:14])
    if month in [1,3,5,7,8,10,12]:
        if day > 31 or day < 1:
            return False
    elif month in [4,6,9,11]:
        if day > 30 or day < 1:
            return False
    else:
        if is_leap_year(year):
            if day > 29 or day < 1:
                return False
        else:
            if day > 28 or day < 1:
                return False
    return True
```

```
def verify_id(ids):
    if verify_char_length(ids):
        if all([verify_last_num(ids), verify_area(ids), verify_date(id)
               ↪ s])):
            print("VALID")
            return True
        else:
            print("INVALID")
            return False
    else:
        print("INVALID")
        return False

# https://www.dute.org/fake-id-card-number
verify_id(ids = "110113198702121018") # VALID
verify_id(ids = "110113198703121018") # INVALID
```

递归函数: 在函数体内直接或间接调用自身的函数。

递归思想: 将一个大型的、复杂的问题层层转换为一个与原问题相似的小规模问题来求解，给出一个自然、直观、简单的解决方案。



递归函数的特点

- 使用选择结构将问题分成基础情况和可继续分解情况；
- 有一个或多个基础情况用来结束递归；
- 可继续分解情况通过调用函数自身（递归）被分解为规模更小、与原问题性质相同的子问题；
- 每次递归调用会不断接近基础情况，直到变成基础情况，终止递归。

```
# 求阶乘
def fact(n):
    # if双选结构
    if n == 0: # 只有一种基础情况
        return 1
    else:
        return n * fact(n-1) # 非基础情况递归调用自身
```

斐波那契数列由 0 和 1 开始，之后的斐波那契数就是由之前的两数相加而得出，前几个斐波那契数是：0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987。

```
def fibo(n):
    # 多选结构
    if n == 0: # 基础情况1
        return 0
    elif n == 1: # 基础情况2
        return 1
    else:
        return fibo(n-1) + fibo(n-2) # 非基础情况递归调用自身
```

注意：① 编写递归函数时，需要仔细考虑基本情况；② 一般的递归函数会占用大量的程序栈，尤其是当递归深度特别大的时候，有可能导致栈溢出；③ 当递归不能使全部的问题简化收敛到边界情况时，程序就会无限运行下去并且在程序栈溢出时导致运行时错误（递归函数写错了）；④ 掌握递归必须多练习，常应用。

课堂练习

1. 请定义函数，使用循环结构计算 n 的阶乘。
2. 请定义函数，使用循环结构计算第 n 个斐波那契数。
3. 请定义函数，使用循环结构输出包含前 n 个斐波那契数的列表。
4. 在梵文中，短音节 S 占一个长度单位，长音节 L 占两个长度单位，请定义函数，找出所有可能的长短音节组合方式，使得组合之后的结果长度为 n 。例如 $V_4 = \{LL, SSL, SLS, LSS, SSSS\}$ ， V_4 可进一步划分为两个子集合： $\{LL, LSS\}$ (将 L 与 $V_2 = \{L, SS\}$ 中的每个元素组合可得)， $\{SSL, SLS, SSSS\}$ (将 S 与 $V_3 = \{SL, LS, SSS\}$ 中的每个元素组合可得)。

59. 递归函数

汉诺塔游戏: 将柱子 A 上的 n 个盘子移动到柱子 C 上, 需遵守如下规则:

- ① 一次只能移动一个圆盘;
- ② 只能移动最顶部的圆盘;
- ③ 大圆盘必须在小圆盘下;

请思考所需次数最少的移动步骤。[点我在线试玩。](#)

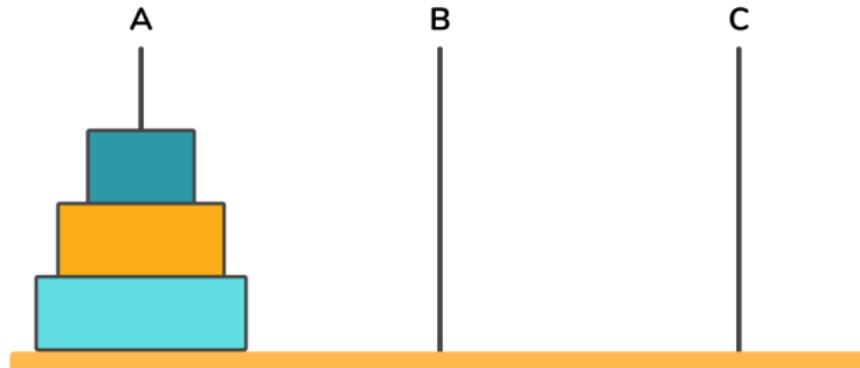


图 19: 3 个盘子的汉诺塔游戏

最小步数的基本思路类似于要把大象装冰箱拢共分三步 ($n \geq 2$):

- ① 把前 $n - 1$ 个盘子放到 B 柱 (把冰箱门打开);
- ② 把第 n 个盘子放到 C 柱 (把大象装冰箱);
- ③ 把前 $n - 1$ 个盘子从 B 柱放到 C 柱 (把冰箱门带上)。

```
def move(n, source, target):
    if n == 1:
        print('{}-->{}'.format(source, target)) # 基础情况
    else:
        move(n-1, 'A', 'B') # 把冰箱门打开
        move(1, 'A', 'C') # 把大象装冰箱
        move(n-1, 'B', 'C') # 把冰箱门带上
```

对于 n 个盘子，最少步数为 $2^n - 1 = 2 \times (2^{n-1} - 1) + 1$ ，
 $(2^{n-1} - 1)$ 对应上面的第一步和第三步，1 对应第二步。

匿名函数：使用 `lambda` 表达式创建，语法为

`lambda parameters:expression`

- ① 参数间用逗号隔开，允许参数有默认值，表达式为匿名函数的返回值，只能由一个表达式组成，不能有其他的复杂结构；
- ② 可将 `lambda` 表达式赋值给一个变量，此变量可作为函数使用；
- ③ 调用 `lambda` 表达式的语法与调用函数完全相同。

```
(lambda x, y:x**y)(2,3) # 直接调用定义的匿名函数, 8
# 使用条件表达式定义匿名函数
my_max = lambda x, y:x if x>y else y
# 定义匿名函数，并将其赋值给变量my_sub
my_sub = lambda x, y=10: x- y
# 调用匿名函数
my_sub(5) # -5
# 使用匿名函数指定sorted函数的排序依据
word_freq = [('my',18), ('go',5), ('can',29), ('exam',3)]
sorted(word_freq,key = lambda item:item[1], reverse=True)
# [('can', 29), ('my', 18), ('go', 5), ('exam', 3)]
```

生成器是创建可迭代对象的一种方式，其保存数据生成的方式（算法），有助于节省内存，创建生成器的常用方式有两种：

第一种：将列表推导式的边界符由中括号变为圆括号即可；

第二种：定义生成式函数，生成式函数与一般函数的主要区别在于，返回结果使用 `yield` 子句而非 `return` 语句。

```
import sys
g = (i**2 for i in range(1000))
l = [i**2 for i in range(1000)]
sys.getsizeof(g) # 在内存中占112个字节
sys.getsizeof(l) # 在内存中占8856个字节
```

生成器函数返回一个生成器对象，通常使用 `for` 循环依次获得生成器对象的每一个生成值，也可以通过其他内置函数将其转换为某种可迭代对象（如，列表，元组）。下面定义一个生成器函数，返回斐波那契数列的前 n 个值。

```
# 先看课堂练习题2的答案
def fibo_loop(n):
    if n == 0:
        return 0
    if n == 1:
        return 1
    else:
        a = 0
        b = 1
        for i in range(n-1):
            c = a + b
            a, b = b, c
    return c
```

将上页代码稍作改动即可得到生成前 n 个斐波那契数的生成器函数。

```
def fibo_generator(n):
    if n == 0:
        yield 0
    if n == 1:
        yield 1
    else:
        a = 0
        b = 1
        yield 0
        yield 1
    for i in range(n-1):
        c = a + b
        a, b = b, c
        yield c

for item in fibo_generator(3):
    print(item)
fibo_list = list(fibo_generator(3))
```

理解生成器的要点

- 使用 `next` 函数查看生成器的下一个生成值，生成器中的代码运行时，每次遇到 `yield` 子句时函数会暂停并保存当前所有的运行信息，返回 `yield` 子句的生成值，并在下一次执行 `next` 函数时从当前位置继续运行；
- 使用 `for` 循环查看生成器的每一个生成值，相当于多次使用 `next` 函数依次查看生成器的生成值，从第一个看到最后一个；
- 当返回最后一个生成值后，再执行 `next` 函数会报错，使用 `for` 循环遍历生成器的每一个生成值时，遍历完最后一个生成值后，结束循环，不会报错，所以，通常使用 `for` 循环遍历访问生成器的生成值；（看下一页例子）
- 生成器只能前进，不能回看，就是只能依次生成下一个值。（看下一页例子）

```
# 定义一个生成器，赋值给变量g，表达式i**2用于计算生成器每次返回的值
g = (i**2 for i in range(2))
next(g) # 0
next(g) # 1
# 根据定义，生成器g只能生成两个值，所以下述代码会报错
next(g) # Error

# 生成器g已经通过上面两次调用next函数，生成了所有值，
# 此时将其转化为列表，它没有新的元素可生成，所以返回空列表
list(g) # []

g = (i**2 for i in range(3))
# 使用for循环遍历生成器的每一个值
for item in g:
    print(g)

g = (i**2 for i in range(3))
next(g) # 0
list(g) # [1, 4]
list(g) # []
```

```
# 0, 1, 1, 2, 3
# 调用生成器函数，将返回的生成器赋值给变量fibog
fibog = fibo_generator(5)

next(fibog) # 0
next(fibog) # 1
list(fibog) # [1,2,3]
list(fibog) # []
```

`map`、`reduce`、`filter` 三个内置函数用于对序列数据进行批量处理，优点是可以使代码更简洁，通常用 `lambda` 表达式（匿名函数）来定义如何处理序列中的元素。

注意：可以使用 `for` 循环等价地实现这三个内置函数的功能。

`map` 使用提供的函数对指定序列做处理，返回对序列中每个元素的处理结果，用法为：

`map(function, iterable, ...)`

```
sent = 'The details of the ICCCT 2023 are as follows'
word_list = sent.split()
m = map(lambda item:len(item), word_list)
type(m) # map
list(m) # [3, 7, 2, 3, 5, 4, 3, 2, 7]
# 计算身份证号校验位的第一步，乘积和
weights = [7, 9, 10, 5, 8, 4, 2, 1, 6, 3, 7, 9, 10, 5, 8, 4, 2]
ids = '110113198702121018'
sum(map(lambda x,y:x*int(y),weights,ids)) # 169
```

reduce 使用提供的函数 (有两个参数) 对指定序列做处理，返回对序列中全部元素的处理结果，先用前两个元素调用函数，用返回结果与第三个元素继续调用函数，用返回结果与第四个元素继续调用函数，用法为：

```
reduce(function, iterable[, init])
```

```
from functools import reduce
reduce(lambda x,y:x*y, range(1,6)) # 5! = 120
reduce(lambda x,y:x*y, range(1,6), 2) # 2*5! = 240
reduce(lambda x,y:max(x,y),[8,3,2,9,10,4]) # 10
```

filter 使用提供的函数 (返回布尔值 True 或 False) 对指定序列的元素做判断，用序列中的每个元素调用函数，返回结果中只保留能使得函数返回 True 的元素，用法如下：

```
filter(function, iterable)
```

只保留由a-z组成的单词，基础版

```
word_list = ['python', '^_^', 'time.', '3D']
l = filter(lambda item:item.isalpha(), word_list)
type(l) # filter
list(l) # ['python']
```

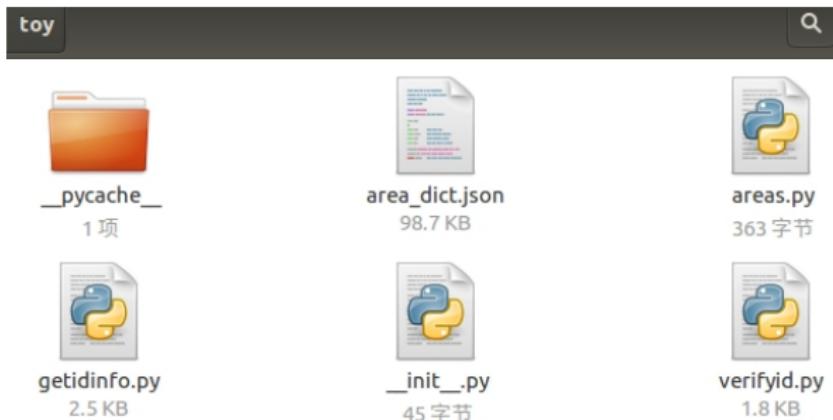
只保留由a-z组成的单词，完善版

```
word_list = ['python', '^_^', '我我', 'time.', '3D']
l = filter(lambda item:all([True if ord('a') <=
    ↳ ord(char.lower()) <= ord('z') else False for char in item]),
    ↳ word_list)
list(l) # ['python']
```

模块 (module): 把实现相关功能的代码放到一个 `py` 文件中，就是一个模块，其中可以包含类、函数、变量、可执行语句、导入其他模块等。

包 (package): 把多个功能模块放到同一个文件夹构成一个包。

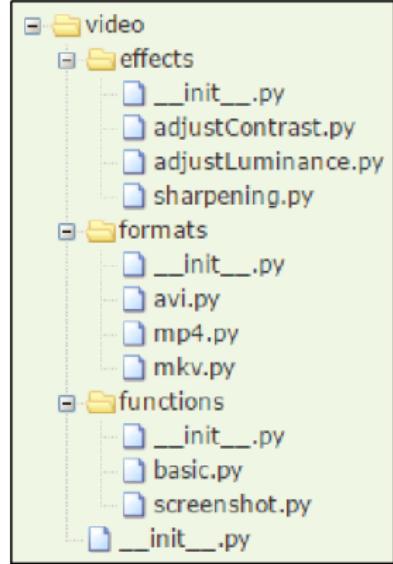
例如，把验证身份证号合法性的代码 (多个函数) 放到名为 `verifyid.py` 的文件中，把获取身份证号信息的代码 (多个函数) 放到名为 `getidinfo.py` 的文件中，就创建了两个名为 `verifyid` 和 `getidinfo` 的模块；把这两个模块 (两个 `py` 文件) 放到名为 `toy` 的文件夹中，就创建了一个名为 `toy` 的文件夹。如下图所示：



63. 模块与包的定义



模块与包的关系



包的结构 (包-子包-模块)

以 Anaconda 为例，Python 的内置（自带）的模块与包的存放路径为 `anaconda3\Lib\`，自己安装的第三方包的路径为 `anaconda3\Lib\site-packages`，也可自己编写包或模块。

使用 `pip` 进行包管理，可在 PyPI 和 GitHub 查找所需第三方包，常用命令（在命令行运行，如需要在 `jupyter` 中运行，则在命令前加上!）如下：

```
pip install <Package Name> # 安装包
pip install <Package Name>==<Version> # 安装包的特定版本
# 使用清华镜像源安装包，速度更快，默认使用国外的镜像，速度较慢
pip install <Package Name> -i
→ https://pypi.tuna.tsinghua.edu.cn/simple
pip show # 查看已安装的包信息
pip list # 列出已安装的所有包
pip list --outdated # 列出需要更新的包
pip install --upgrade <Package Name> # 升级包
pip uninstall <Package Name> # 卸载包
```

实操：使用清华镜像源安装中文分词包 `jieba`。

Python 导入包或模块 (及其中的内容) 有如下两种方式，其中 something 为“点式结构”，别名是可选的。

第一种: `import something [as alias]`

第二种: `from something import something [as alias]`

包是一种用“点式模块名”构造 Python 模块命名空间的方法，使用“点”连接包结构中各层级的内容 (看下面代码示例)。

```
# 导入包
import toy
# 访问包中的变量，包名 点 模块名 点 变量名
toy.areas.AREA_DICT
# 调用模块中的函数，模块名 点 函数名
toy.verifyid.verify_id('33028220020218410X') # VALID
# 将函数赋值给变量vi，这样调用函数时，就不用写长长的名字了
vi = verifyid.verify_id
vi('999') # INVALID
```

模块的常见属性有 `__doc__` 和 `__name__`，前者为 py 文件头部的注释，用于说明该模块实现的功能、用法等，后者为模块的名字。

```
# 导入包中的一个模块，目标明确，速度快
from toy import verifyid
# 导入包中的所有模块，速度慢
from toy import *
# 导入模块中的一个函数
from toy.verifyid import verify_id
verify_id('999') # INVALID
# 导入模块中的全部内容（所有函数、变量等）
from toy.verifyid import *
# 导入包并起一个别名
import toy as t
# 查看模块的说明文档
print(t.verifyid.__doc__) # check if a ID number is valid.
# 查看模块的名字
print(t.verifyid.__name__) # toy.verifyid
```

注意：上面以 `toy` 包为例的示例代码也适用于导入模块中的内容。

在自己编写包的时候，同一个包内，模块之间互相调用的方式有：

绝对引用： `from toy.areas import area_dict`

相对引用： `from .areas import area_dict`

在本课件配套的 `toy` 包中 `verifyid` 模块中使用了绝对引用方式，调用 `areas` 模块中的变量 `area_dict`，`getidinfo` 模块中使用了相对引用方式，调用 `areas` 模块中的变量 `area_dict`。

66. 异常类型

语法错误: 代码书写不符合 Python 语法, 如选择、循环结构不写冒号。

异常: 代码语法正确, 运行时出现错误, 如, 除 0 错误。

自定义异常: 为便于程序调试, Python 允许用户自定义异常, 并使用关键字 `raise` 主动抛出异常。

```
# SyntaxError, 循环结构不写冒号
for i in range(3)
    print(i)
# ZeroDivisionError, 除0错误
10 % 0
# 自定义异常
class CustomError(Exception):
    def __init__(self, message, status):
        super().__init__(message, status)
        self.message = message
        self.status = status

# 主动抛出自定义异常
raise CustomError('Connected Failed', 404)
```

66. 异常类型

`BaseException` 类是所有异常类的基类，其有四个子类，除 `Exception` 类外，其他三个均为系统级异常，`Exception` 类是所有内置异常类和用户自定义异常类的基类，Python 中异常的分类如下图：

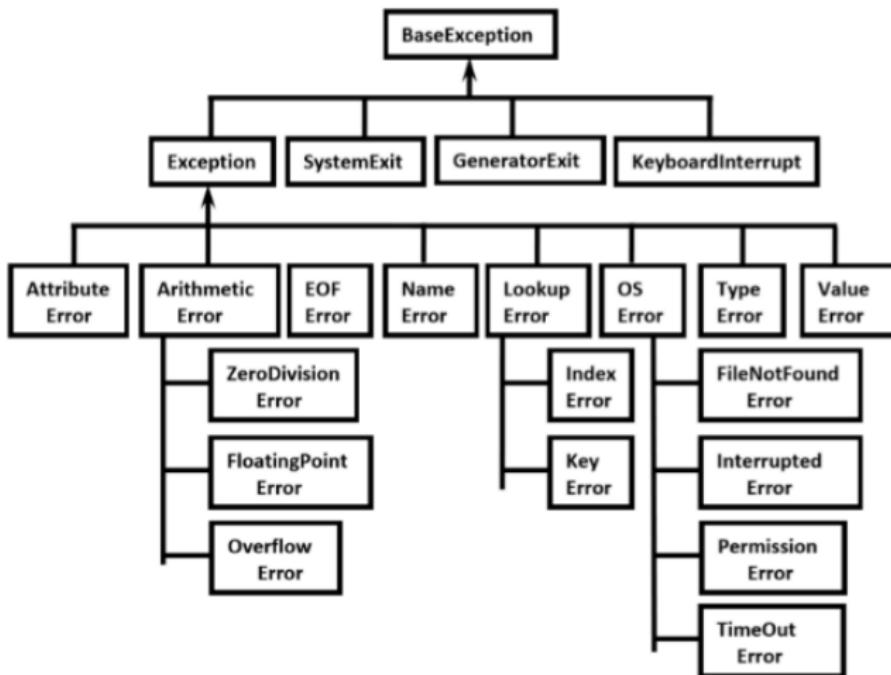


图 20: Python 异常分类

66. 异常类型

Table 1: 常见 Python 内置异常列表

异常名称	描述	异常名称	描述
Exception	普通错误的基类	AttributeError	对象没有这个属性
IOError	输入/输出操作失败	IndexError	序列中没有此索引
KeyError	映射中没有这个键	NameError	未声明/初始化对象
SyntaxError	Python语法错误	SystemError	一般解释器系统错误
ValueError	传入无效参数	ZeroDivisionError	除0异常
ImportError	导入模块异常	TypeError	类型异常
ReferenceError	引用不存在对象异常	AssertionError	assert语句触发的异常

```
4 + spam*3 # NameError: name 'spam' is not defined
'2' + 2 # TypeError: can only concatenate str (not "int") to str
import kkkkk # ModuleNotFoundError: No module named 'kkkkk'
d = {} ; d['abc'] # KeyError: 'abc'
l = [1, 2, 3] ; l[100] # IndexError: list index out of range
s = 'kkk' ; s.llower() # AttributeError: 'str' object has no
→   attribute 'llower'
```

使用 **try-except** 语句捕获并处理异常，格式如下：

```
# 下面是伪代码不要直接运行
try:
    statements # 从这些语句中捕获可能的异常
except [ (ErrorType1, ErrorType2, ...) ]:
    statements # 对捕获到的指定异常进行处理
```

```
l = list('Python')
try:
    for i in range(10):
        print(l[i], end = ',')
    print('循环顺利结束。')
except IndexError:
    print('\nERROR: 索引超出范围啦...')
```

try 下面的语句块执行过程中发生异常时，则跳过剩余部分，执行 **except** 子句，匹配遇到的异常类型，如匹配成功，则执行 **except** 子句下面的异常处理代码，然后离开 **try-except** 结构，否则程序报错。

`except` 子句可以有多个 (类似于多选结构里的多个条件), `try` 捕获到异常后, 依次匹配每个 `except` 子句后的异常类型, 一旦匹配成功, 就执行相应的异常处理代码, 然后离开 `try-except` 结构。

```
l = list('Python')
try:
    for i in range(10):
        print(l[i], end = ',')
    print('循环顺利结束。')
except NameError:
    print('\nERROR: 命名错误... ')
except IndexError:
    print('\nERROR: 索引超出范围啦... ')
    print(10/0)
```

注意: `except` 子句下面的异常处理代码在运行时也可能出现新的异常, 运行上例后, 在处理 `IndexError` 的过程中又引发了 `ZeroDivisionError`。

`except` 后面可以放置多个异常类型 (放在圆括号内, 以逗号分割), 表明若多个异常中至少发生一个, 则执行该部分异常处理代码, 若不放置任何异常类型, 则代表可匹配所有的异常类型。

```
l = list('Python')
try:
    for i in range(10):
        print(l[i], end = ',')
    print('循环顺利结束。')
except (NameError, IndexError):
    print('\nERROR: 命名错误或索引错误')

l = list('Python')
try:
    for i in range(10):
        print(l[i], end = ',')
    print('循环顺利结束。')
except:
    print('\nERROR: There is an error.')
```

67. 异常处理



图 21: 完整的 try-except 结构

try 和 except 必须成对出现，else 子句和 finally 子句是可选的。

下面是使用完整的 try-except 结构的一个示例，其中，except 子句中使用 as 关键字捕获该异常类的示例，便于查看具体异常信息。

```
i = 0
while i < 3:
    try:
        x_input = input("请输入一个数字: ")
        x_int = int(x_input)
        i = 3
    except ValueError as e:
        print("您输入的不是整数，请再次尝试输入！")
        print("具体错误信息如下: {}".format(e))
        i += 1
    if i == 3:
        print('三次机会已经用完，明天再试吧。')
    else:
        print("恭喜你，输入正确！")
finally:
    print("你的输入为: {}".format(x_input))
```

自定义异常

- Python 允许用户自定义异常，描述内置异常未涉及的异常情况，以便于程序调试；
- 通过定义一个继承 `Exception` 类的派生类来创建自定义异常；
- Python 不会自动抛出或处理任何自定义异常，需要使用 `raise` 语句在合理的场合手工触发异常；
- 在使用自定义异常时，经常需要在捕获异常的同时获取该异常的实例（如上页例子中的 `e`），以获取存储在异常实例中的数据，在 `except` 子句中使用 `as` 关键字加实例名即可。

通过下页实例来理解上面的知识点。

67. 异常处理

```
class MyEnnameError(Exception):
    def __init__(self, value):
        self.value = value
    def __str__(self):
        return str('''English name can only include alphabet letters
        → and space, your input is: {}'''.format(self.value))

import string
i = 3
while i > 0:
    try:
        ename = input("请输入你的英文名: ")
        if set(ename) - set(string.ascii_letters + ' '):
            raise MyEnnameError(ename)
        else:
            break
    except MyEnnameError as e:
        print(e)
        i -= 1
print("你还有{}次输入机会".format(i))
```

断言用于判断一个表达式是否满足，在表达式返回 `False` 时触发 `AssertionError` 异常，显示错误提示信息，语法如下：

```
assert expression [, arguments]
```

断言可以在条件不满足程序运行的情况下直接返回错误，而不必等待程序运行时出现错误，例如，我们的代码只能在满足特点条件的机器上运行时，可以先判断当前及其是否符合条件。

```
import sys
assert ('linux' in sys.platform), "该代码只能在 Linux 下执行"

assert 1==1 # 条件为True正常执行，没有指定错误提示信息
print('继续')

salary = -100
assert salary > 0, '工资只能为正数' # 指定了错误提示信息

salary = -100
if not salary > 0:
    raise AssertionError('工资只能为正数')
```

69. open 函数

本讲主要学习文本文件的打开和读写操作，暂不涉及操作其他类型的文件（如，图像、音视频）。使用内置函数 `open` 打开文本文件，其用法如下：

```
file_object = open(file_path, open_mode)
```

其中，参数 `file_path` 表示文件路径，没有默认值，必须提供；参数 `open_mode` 表示打开模式，默认值为 `rt` 表示文本只读模式。

```
f = open('./stopwords.txt') # 打开存储停用词表的文件
stopwords_str = f.read() # 读取文件中的全部内容
f.close() # 关闭文件
# 将文件中的内容stopwords_str先去掉一层引号，再作为Python语句运行
stopwords_list = eval(stopwords_str) # 将文件中的内容转化为列表

# with关键字和open配合使用可以避免手动关闭文件
with open('./stopwords.txt') as f:
    stopwords_str = f.read()
stopwords_list = eval(stopwords_str)
```

注意：推荐 `open` 函数和关键字 `with` 配合使用，避免手动关闭文件。

文件路径

绝对路径: 从根目录开始到文件的路径, 如:

/home/zjz/Desktop/stopwords.txt (linux)

C:\Users\zjz\Desktop\stopwords.txt (Windows)

相对路径: 从当前目录到文件的路径, 如:

./stopwords.txt (linux/Windows, 假定当前目录为桌面)

注意: 推荐使用相对路径, 提高代码的可移植性。如果四六级高频词作业我使用绝对路径, 每个同学拿到作业题干后都需要对绝对路径进行修改后才能运行, 这样的代码可移植性太差。

打开模式

打开模式参数包含三部分，格式如下：

r/w/a t/b [+]

第一部分为读写模式，有如下三种选择 (三选一)：

r: 只读 (only read)，是读写模式的默认值；

w: 只写，文件不存在则创建，文件存在，则清空已有内容，写入新内容；

a: 只追加写入，文件不存在则创建，文件存在，则在已有内容之后追加写入新内容。

第二部分为文件格式，有如下两种选择 (二选一)：

t: 文本格式，是文件格式的默认值；

b: 二进制格式，一般用于打开图片、视频等非文本文件。

第三部分的加号表示在原有基础上可读可写 (可选)

常用的打开模式参数有：rt, wt, at, t 是默认文件格式，可以省略，即，r, w, a。

```
# 读取stopwords.txt中保存的通用英语停用词
with open('./stopwords.txt') as f:
    stopwords_str = f.read()

# 新建领域停用词表，写入三个停用词
with open('./domain_stopwords.txt','w') as f:
    f.write('part\nquestions\nexam') # \n表示换行

# 在新建的领域停用词表中，追加写入两个停用词
with open('./domain_stopwords.txt','a') as f:
    f.write('\nminutes\ncollege') # \n表示换行
```

除上例中常用的三种打开模式参数外，我们看几个复杂例子（不常用）。`rb+` 表示以二进制格式打开一个文件，可读可写，若文件不存在不会创建，`wb+`，表示以二进制格式打开一个文件，可读可写，若文件不存在则创建一个。

使用 `open` 函数打开文件后，可用下面三个方法读取文件中的内容：

① `read`，它有一个可选非关键字参数 `size`，指定读取的内容长度，该参数默认值为-1，表示读取文件中的全部内容。

```
# 读取stopwords.txt中的前7个字符，空格和换行符都要计入
# ['i', '\n'
with open('./stopwords.txt') as f:
    stopwords_str = f.read(7) # f.read(size=7)是错误写法,
    ↳ 因为size是非关键字参数
```

```
# 读取stopwords.txt中的全部内容
with open('./stopwords.txt') as f:
    stopwords_str = f.read()
```

② `readline`，读取文件中一行的内容，包括换行符在内，它有一个可选非关键字参数 `size`，指定读取的内容长度，该参数默认值为-1，表示读取一整行内容。

```
# 读取一行内容, ['i', \n
with open('./stopwords.txt') as f:
    line = f.readline()

# 读取一行内容的前2个字符, [
with open('./stopwords.txt') as f:
    line = f.readline(2)

# 指定的长度超过一行的长度, 只返回一行内容, ['i', \n
with open('./stopwords.txt') as f:
    line = f.readline(20)
```

③ **readlines**，读取文件中的全部内容，返回一个字符串列表，文件中的每一行（包括换行符）是列表中的一个元素。

```
# ['part\n', 'question\n', 'exam\n', 'minutes\n', 'college']
with open('./domain_stopwords.txt') as f:
    lines = f.readlines()
```

```
# 使用for循环逐行读取内容（包括每行末尾的换行符）并处理
with open('./domain_stopwords.txt') as f:
    for line in f:
        print(len(line.strip()))
```

注意：`read` 和 `readline` 方法返回的是字符串，`readlines` 方法返回的是字符串列表。

使用 `open` 函数打开文件后，可用下面两个方法把字符串写入文件中：

- ① `write`，把字符串写入到文件中。

```
# 新建领域停用词表，写入三个停用词
content = 'part\nquestions\nexam'
with open('./domain_stopwords.txt','w') as f:
    f.write(content) # \n表示换行

# 在新建的领域停用词表中，追加写入两个停用词
with open('./domain_stopwords.txt','a') as f:
    f.write('\nminutes\ncollege') # \n表示换行
```

- ② `writelines`，将字符串列表写入文件，即，使用空字符作为连接符，将一个字符串列表拼接为一个字符串，再将字符串写入文件。

```
lines = ['part\n', 'question\n', 'exam']
with open('./domain_stopwords.txt', 'w') as f:
    f.writelines(lines)

with open('./domain_stopwords.txt', 'w') as f:
    f.write(''.join(lines))

lines = ['part', 'question', 'exam']
with open('./domain_stopwords.txt', 'w') as f:
    f.write('\n'.join(lines))
```

注意：没有 `writeline` 方法。

打开文件后可以使用 `tell` 方法查看游标位置，用 `seek` 方法移动游标 (`cursor`)，这两个方法的单位均为字节 (`byte`)，一个英文字符占一个字节，一个 UTF 编码的中文字符占 3 个字节。

`seek` 方法有两个非关键字参数，`offset` 指定移动的字节数，没有默认值，不能为负，`whence` 指定游标从哪个位置开始移动，默认值为 0，表示从文件头开始移动，另外两个可选值为 1 和 2，分别表示从当前位置和文件末尾开始移动。

```
lines = ['大学', 'exam', '英语考试']
with open('./domain_stopwords.txt', 'w', encoding = 'utf-8') as f:
    f.write('\n'.join(lines))

f = open('./domain_stopwords.txt', 'rb')
f.tell() # 0
f.seek(3) # 3
f.readline() # b'\xe5\xad\xa6\n'
type(b'\xe5\xad\xa6\n') # bytes
b'\xe5\xad\xa6\n'.decode('utf-8') # 学\n
```

```
f.tell() # 7
f.seek(3,1) # 10
f.readline() # m\n
f.tell() # 12
f.seek(2,2) # 26
f.seek(6,0) # 6
f.readline() # \n
f.seek(-3,1) # 3
f.readline().decode('UTF-8') # 学\n
```

下面查看文件对象f的一些属性

```
f.closed # False, 文件处于未关闭状态
f.encoding # utf-8, 文件编码方式为utf-8
f.mode # rb, 文件打开模式为二进制只读
f.name # ./domain_stopwords.txt, 文件路径
f.close() # 关闭文件, 一定要记得关闭文件
f.closed # True, 文件处于关闭状态
```

注意: 使用 `open` 函数打开文件, 文件读写操作完成后, 一定要记得关闭文件, 如果你怕忘记关闭, 推荐 `open` 函数和 `with` 关键字搭配使用。

内置函数 `print` 不仅能够在屏幕打印输出，还可以将内容写入到文件，如下示例：

```
lines = ['part', 'question', 'exam']
with open('./domain_stopwords.txt', 'w') as f:
    for line in lines:
        print(line, end='\n', file=f)

with open('./domain_stopwords.txt', 'r') as f:
    content = f.read() # part\nquestion\nexam\n
```

`print` 函数的 `end` 参数指定结尾字符，默认值为换行符 `\n`.

使用 `input` 函数接收键盘输入，并写入文件。

```
# 给出一个上联，使用input函数接收键盘输入下联，  
→ 并将上下联写入文件duilian.txt  
left_text = '南通州，北通州，南北通州通南北' # 东当铺，西当铺，  
→ 东西当铺当东西  
right_text = input('上联是: {}，请您赐下联: '.format(left_text))  
with open('./duilian.txt', 'w') as f:  
    print('我的上联是: {}'.format(left_text))  
    print(left_text, file = f)  
    print('您的下联是: {}'.format(right_text))  
    print(right_text, file = f)
```

思考：修改上述代码，使对联在文件中竖排显示。

文件 `grades.txt` 中保存的内容如下图所示，请你编程：

- ① 读取 `grades.txt` 文件中的内容；
- ② 解析读取的内容，计算每位同学的平均分；
- ③ 将计算结果写入 `average.txt` 文件中，第一列为姓名，第二列为平均分。

姓名	语文	数学
张三	88	64
李四	90	78
王五	65	45
赵六	43	66
冯七	62	56
刘八	90	42
阮九	68	36
陆十	86	46

[点我下载 `grades.txt` 文件 \(右键-另存为即可保存到本地\)。](#)

```
# 打开文件，读取内容
with open('./grades.txt') as f:
    lines = f.readlines()

# 解析内容，计算平均分
new_lines = ['姓名\t平均分']
for line in lines[1:]:
    l = line.strip().split()
    name = l[0]
    avg = sum(map(float,l[1:]))/len(l[1:])
    avg_str = str(avg)
    new_lines.append(name + '\t' + avg_str)

# 将结果写入文件
with open('./average.txt', 'w') as f:
    f.write('\n'.join(new_lines))
```

为便于各类文本文件读写，参照上一讲模块与包的内容，我自己编写了一个文件读写 package，可用于读写多种文本文件，如 txt, xlsx, csv 等，安装使用方法如下：

- ① 点我下载 utils.zip；
- ② 解压 utils.zip 得到 utils 文件夹，将该文件夹放置到 anaconda3\Lib\ 中；
- ③ 开始使用，示例如下

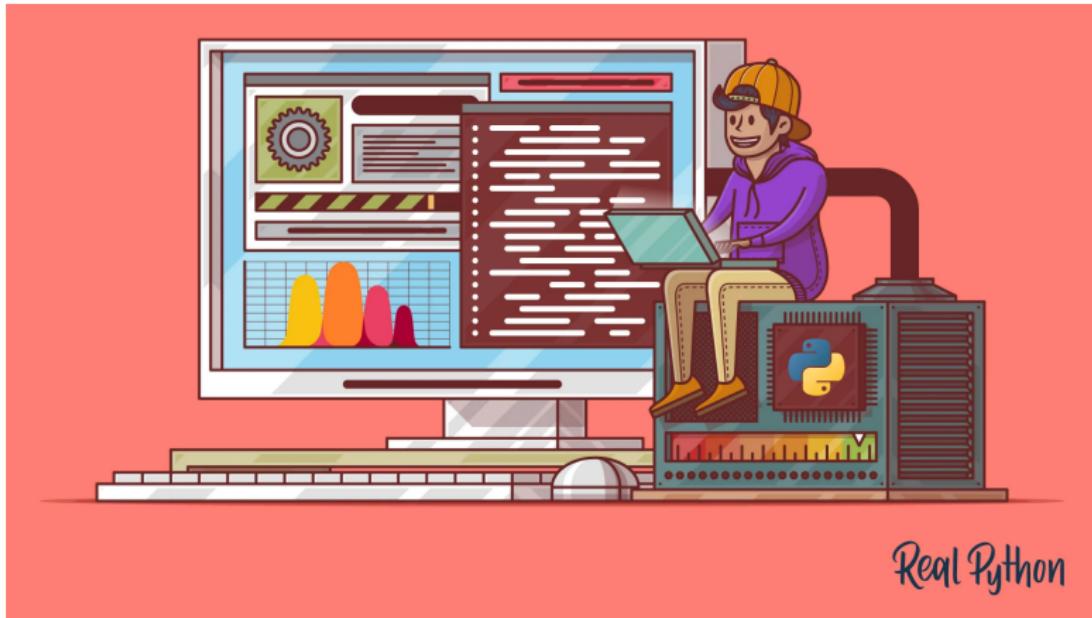
```
# 指定windows平台下Python运行时的默认编码类型为UTF-8
import _locale
_locale._getdefaultlocale = (lambda *args: ['zh_CN', 'utf8'])

from utils.fileUtils import *

lines1 = readExcelToList('./账面.xlsx')
len(lines1) # 查看行数是否与excel文件中的行数相符
lines1[:3] # 查看内容和格式是否与excel中的相符
help(readExcelToList) # 查看readExcelToList函数用法
```

写在课程最后的话

学习这门课程的目的是为了培养计算思维，为今后的学习、工作提供一种高效的工具。



这个任务能用 Python 更高效解决吗，如果能，应该如何分解问题，对于分解后的问题，通过查阅互联网寻找解决方法，整合解决方案。

THE END