



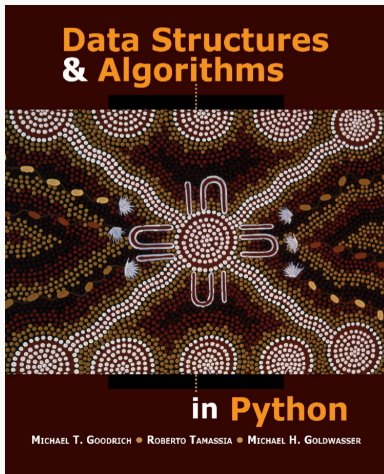
武汉大学
WUHAN UNIVERSITY

数据结构与算法

Python 基础

张晓平

武汉大学数学与统计学院



课件及作业见网址: xpzhang.me

目录

1. Python 基础
2. 字符串与编码
3. 列表 (list) 与元组 (tuple)
4. 字典 (dict) 和集合 (set)
5. 条件判断
6. 循环
7. 函数
8. Python 高级特性
9. 函数式编程

Python 基础

Python 基础

数据类型

计算机程序可以处理各种数值，也可以处理文本、图形、音频、视频、网页等各种各样的数据。不同的数据，需要定义不同的数据类型。

在 Python 中，能直接处理的数据类型有：

- 整型
- 浮点型
- 字符串
- 布尔值
- 空值

Python 可以处理任意大小的整数，包括负整数，在程序中的表示方法和数学上的写法一模一样，如：

```
1, 100, -8080, 0, ...
```

因计算机使用二进制，故有时使用十六进制表示整数比较方便，十六进制用前缀0x和0-9，a-f表示，如：

```
0xff00, 0xa432bf
```


浮点数

浮点数可表示为

1.24, 3.14, -9.80, ...

而对于很大或很小的浮点数, 就必须用科学计数法表示, 如

1.23e9, 1.2e-6, ...

整数和浮点数在计算机内部存储的方式是不同的, 整数运算永远是精确的, 而浮点数运算则可能会有四舍五入的误差。

字符串是以单引号'或双引号"括起来的任意文本，如

```
'abc' , "xyz" , ...
```

请注意，'或"本身只是一种表示方式，不是字符串的一部分，因此，字符串'abc'只有a，b，c这3个字符。

如果'本身也是一个字符，那就可以用"括起来，比如"I'm OK"包含的字符是I，'，m，空格，O，K这6个字符。

问题

如果字符串内部既包含'又包含"怎么办？

可用转义字符\来标识，如'I\'m \"OK\"!'表示的字符串内容为

```
I 'm  "OK" !
```

字符串

转义字符\可以转义很多字符，比如

- \n表示换行
- \t表示制表符
- \\表示字符'\'

```
print("I\' ok.")  
print("I\'m learning\nPython.")  
print('\\\\n\\')
```

字符串

转义字符\可以转义很多字符，比如

- \n表示换行
- \t表示制表符
- \\表示字符'\'

```
print("I\' ok.")  
print("I\'m learning\nPython.")  
print('\\\\n\\')
```

```
I' ok.  
I'm learning  
Python.  
\  
\
```

若字符串里面有很多字符需要转义，就需要加很多\。为了简化，Python 允许使用`r''`表示''内部的字符串默认不转义。

```
print('\\\\n\\')  
print(r'\\\\n\\')
```

字符串

若字符串里面有很多字符需要转义，就需要加很多\。为了简化，Python 允许使用`r''`表示''内部的字符串默认不转义。

```
print('\\\\n\\\\')  
print(r'\\\\n\\\\')
```

```
\  
\  
\\n\\
```

字符串

若字符串内部有很多换行，用\n写在一行不好阅读。为了简化，Python 允许使用'''...'''格式表示多行内容。

```
print(''line1  
line2  
line3''')  
print(r'''hello,\nworld''')
```


字符串

若字符串内部有很多换行，用\n写在一行不好阅读。为了简化，Python 允许使用'''...'''格式表示多行内容。

```
print(''line1  
line2  
line3''')  
print(r'''hello,\n  
world''')
```

```
line1  
line2  
line3  
hello,\n  
world
```

布尔值

在 Python 中，可直接用True和False表示布尔值，也可通过布尔运算计算出来：

```
print(True)
print(False)
print(3 > 2)
print(3 > 5)
```

```
True
False
True
False
```

布尔值

布尔值可用`and`，`or`，`not`运算

```
print(True and True)
print(True and False)
print(False and False)
print(5 > 3 and 1 > 3)
```

```
True
False
False
False
```

```
print(True or True)
print(True or False)
print(False or False)
print(5 > 3 or 1 > 3)
```

```
True
True
False
True
```

```
print(not True)
print(not False)
print(not 1 > 2)
```

```
False
True
True
```

布尔值

布尔值经常用在条件判断中，比如：

```
age = int(input('Enter your age: '))  
if age >= 18:  
    print('adult')  
else:  
    print('teenager')
```

布尔值

布尔值经常用在条件判断中，比如：

```
age = int(input('Enter your age: '))  
if age >= 18:  
    print('adult')  
else:  
    print('teenager')
```

```
Enter your age: 14  
teenager  
Enter your age: 24  
adult
```

空值是 Python 中一个特殊的值，用None表示。None不能理解为0，因为0是有意义的，而None是一个特殊的空值。

Python 基础

变量

变量

变量在程序中用一个变量名表示，变量名必须是字母、数字和下划线的组合，且不能以数字开头。如

```
n = 1
```

变量n是一个整数

```
a = 1.0
```

变量a是一个浮点数

```
str = 'Hello world!'
```

变量str是一个字符串

```
answer = True
```

变量answer是一个布尔值

变量

在 Python 中，等号=为赋值运算符，可以把任意数据类型的对象赋值给变量，同一变量也可重复赋值，并且可以是不同类型的对象。如

```
a = 123
print(a, type(a))
a = 3.14
print(a, type(a))
a = 'ABC'
print(a, type(a))
a = 5 > 3 or 2 < 1
print(a, type(a))
```

```
123 <class 'int'>
3.14 <class 'float'>
ABC <class 'str'>
True <class 'bool'>
```

这种变量本身类型不固定的语言称之为**动态语言**，与之对应的是静态语言。

变量

静态语言在定义变量时必须指定变量类型，如果赋值的时候类型不匹配，就会报错。例如 C 语言是静态语言，

```
int a = 123;    // a is an integer type variable  
a = "ABC";      // error: cannot assign string to  
a
```

和静态语言相比，动态语言更灵活。

请理解变量在计算机内存中的表示。如

```
a = 'ABC'
```

Python 解释器干了两件事情：

- 在内存中创建了一个'ABC'的字符串
- 在内存中创建了一个名为a的变量，并将它指向'ABC'

可以把一个变量a赋值给另一个变量b，这个操作实际上是把变量b指向a所指向的数据，如

```
a = 'ABC'
b = a
a = 'XYZ'
print(b)
```

变量

可以把一个变量a赋值给另一个变量b，这个操作实际上是把变量b指向a所指向的数据，如

```
a = 'ABC'
b = a
a = 'XYZ'
print(b)
```

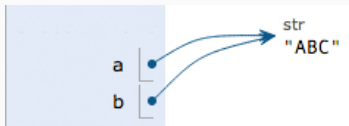
```
ABC
```

变量

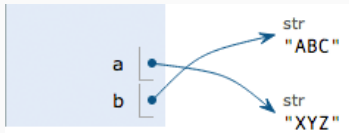
- 执行 `a = 'ABC'`，解释器创建了字符串 `'ABC'` 和变量 `a`，并把 `a` 指向 `'ABC'`。



- 执行 `b = a`，解释器创建了变量 `b`，并把 `b` 指向 `a` 指向的字符串 `'ABC'`。



- 执行 `a = 'XYZ'`，解释器创建了字符串 `'XYZ'`，并把 `a` 的指向改为 `'ABC'`，但 `b` 并没有改变。



Python 基础

常量

在 Python 中，通常用全部大写的变量名表示常量：

```
PI = 3.1415926
```

但事实上PI仍然是一个变量，Python 根本没有任何机制保证 PI 不会被改变。所以，用全部大写的变量名表示常量只是一个习惯上的用法，如果你一定要改变变量 PI 的值，也没人能拦住你。

Python 基础

关于除法

在 Python 中，有两种除法，一种除法是/:

```
print(10/3)          3.3333333333333335
```

/除法计算结果是浮点数，即使是两个整数恰好整除，结果也是浮点数:

```
print(9/3)           3.0
```

还有一种除法是//，称为**地板除**，两个整数的除法仍然是整数

```
print(9//3)
```

3

```
print(10//3)
```

3

整数的地板除//永远是整数，即使除不尽，实际上//除法只取结果的整数部分。

Python 还提供一个余数运算，来计算两个整数相除的余数：

```
print(10 % 3)
```

```
1
```

字符串与编码

字符串是一种数据类型，但它存在一个**编码问题**，因为计算机只能处理数字，若要处理文本，就必须先把文本转换为数字。

一般来说计算机采用 8 个 bit 作为一个 byte，故一个 byte 能表示的最大整数为 $2^8 - 1 = 255$ 。若要表示更大的整数，就必须用更多的字节。如两个字节能表示的最大整数是 $2^{16} - 1 = 65535$ ，4 个字节能表示的最大整数是 $2^{32} - 1 = 4294967295$ 。

因计算机是美国人发明的，故最早只有 127 个字符被编码到计算机里，即字母 (大小写)、数字和一些符号，被称为 ASCII 编码。如 'A' 的编码是 65，'z' 的编码是 122。

因计算机是美国人发明的，故最早只有 127 个字符被编码到计算机里，即字母 (大小写)、数字和一些符号，被称为 ASCII 编码。如 'A' 的编码是 65，'z' 的编码是 122。

若要处理中文，一个字节显然不够，至少需要两个字节，并且不能与 ASCII 码冲突，所以我们国家制定了 GB2312 编码，用于汉字的编码。

因计算机是美国人发明的，故最早只有 127 个字符被编码到计算机里，即字母（大小写）、数字和一些符号，被称为 ASCII 编码。如 'A' 的编码是 65，'z' 的编码是 122。

若要处理中文，一个字节显然不够，至少需要两个字节，并且不能与 ASCII 码冲突，所以我们国家制定了 GB2312 编码，用于汉字的编码。

而全世界有上百种语言，就存在不同的编码，如日文的编码为 Shift_JIS，韩文编码为 Euc-kr 等等。各国各有各的标准，冲突不可避免，结果就是在多语言混合的文本中，显示出来就会出现乱码。

因计算机是美国人发明的，故最早只有 127 个字符被编码到计算机里，即字母（大小写）、数字和一些符号，被称为 ASCII 编码。如 'A' 的编码是 65，'z' 的编码是 122。

若要处理中文，一个字节显然不够，至少需要两个字节，并且不能与 ASCII 码冲突，所以我们国家制定了 GB2312 编码，用于汉字的编码。

而全世界有上百种语言，就存在不同的编码，如日文的编码为 Shift_JIS，韩文编码为 Euc-kr 等等。各国各有各的标准，冲突不可避免，结果就是在多语言混合的文本中，显示出来就会出现乱码。

因此，Unicode 应运而生，它把所有语言都统一到一套编码里，乱码问题就解决了。

Unicode 标准也在不断发展，一般用两个字节表示一个字符，现代操作系统和大多数编程语言都直接支持 Unicode。

现在，捋一捋 ASCII 编码和 Unicode 编码的区别：ASCII 编码是 1 个字节，而 Unicode 编码通常是 2 个字节。如

- 'A' 用 ASCII 编码是十进制的65，二进制的01000001
- '0' 用 ASCII 编码是十进制的48，二进制的00110000。注意字符'0'和整数0的不同
- '中'已经超出了 ASCII 码的范围，用 Unicode 编码是十进制的20013，二进制的01001110 00101101

可以猜测，如果把 ASCII 编码的'A'用 Unicode 编码，只需要在前面补0就可以，因此，'A'的 Unicode 编码是00000000 01000001。

新的问题又出现了：如果统一成 Unicode 编码，乱码问题从此消失了。但是，如果你写的文本基本上全部是英文的话，用 Unicode 编码比 ASCII 编码需要多一倍的存储空间，在存储和传输上就十分不划算。

新的问题又出现了：如果统一成 Unicode 编码，乱码问题从此消失了。但是，如果你写的文本基本上全部是英文的话，用 Unicode 编码比 ASCII 编码需要多一倍的存储空间，在存储和传输上就十分不划算。

本着节约的精神，又出现了把 Unicode 编码转化为“**可变长编码**”的 UTF-8 编码。

UTF-8 编码

UTF-8 编码把一个 Unicode 字符根据不同的数字大小编码成 1-6 个字节，常用的英文字母被编码成 1 个字节，**汉字通常是 3 个字节**，只有很生僻的字符才会被编码成 4-6 个字节。

如果你要传输的文本包含大量英文字符，用 UTF-8 编码就能节省空间：

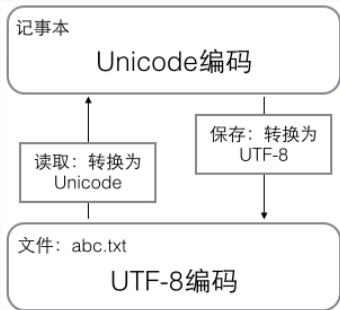
字符	ASCII	Unicode	UTF-8
'A'	01000001	00000000 01000001	01000001
'中'		01001110 00101101	11100100 10111000 10101101

从上面的表格还可以发现，UTF-8 编码有一个额外的好处，就是 ASCII 编码实际上可以被看成是 UTF-8 编码的一部分。所以，大量只支持 ASCII 编码的历史遗留软件可以在 UTF-8 编码下继续工作。

字符串与编码

搞清楚了 ASCII、Unicode 和 UTF-8 的关系，便可总结一下字符编码工作方式：

- 在计算机内存中，统一使用 Unicode 编码；当需要保存到硬盘或者需要传输时，就转换为 UTF-8 编码。
- 用记事本编辑时，从文件中读取的 UTF-8 字符被转换为 Unicode 字符到内存里，编辑完成后，保存时再把 Unicode 转换为 UTF-8 保存到文件：



字符串与编码

Python 字符串

Python 字符串

在 Python 3 中，字符串采用 Unicode 编码，也就是说 Python 字符串支持多语言，如

```
print('包含中文的 string')
```

包含中文的 string

Python 字符串

对于单个字符的编码，Python 提供了 `ord()` 函数获取字符的整数表示，`chr()` 函数把编码转换为对应的字符：

```
print(ord('A'))  
print(ord('中'))  
print(chr(66))  
print(chr(25991))
```

```
65  
20013  
B  
文
```

Python 字符串

对于单个字符的编码，Python 提供了 `ord()` 函数获取字符的整数表示，`chr()` 函数把编码转换为对应的字符：

```
print(ord('A'))  
print(ord('中'))  
print(chr(66))  
print(chr(25991))
```

```
65  
20013  
B  
文
```

如果知道字符的整数编码，还可以用十六进制这么写：

```
print('\u4e2d\u6587')
```

```
中文
```

Python 常见的几种字符串

- r 字符串
- b 字符串
- f 字符串

b 字符串

Python 字符串在内存中采用 Unicode 编码表示，一个字符对应若干个字节。若要在网络上传输，或者保存到磁盘上，就需要把 str 变为以字节为单位的 bytes。

Python 对 bytes 类型的数据用带 b 前缀的单引号或双引号表示：

```
x = b'ABC'
```

要注意区分 'ABC' 和 b'ABC'，前者是 str，后者虽然内容显示得和前者一样，但 bytes 的每个字符都只占用一个字节。

```
print(type('ABC'))  
print(type(b'ABC'))
```

```
<class 'str'>  
<class 'bytes'>
```

b 字符串

以 Unicode 表示的 str 通过 encode() 方法可以编码为指定的 bytes，例如：

```
>>> 'ABC'.encode('utf-8')
b'ABC'
>>> 'ABC'.encode('ascii')
b'ABC'
>>> '中文'.encode('utf-8')
b'\xe4\xb8\xad\xe6\x96\x87'
>>> '中文'.encode('ascii')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
UnicodeEncodeError: 'ascii' codec can't encode characters in
position 0-1: ordinal not in range(128)
```

将纯英文的 str 编码为 bytes，既可用 UTF-8 也可用 ASCII，内容是一样的。含有中文的 str 只能用 UTF-8 编码为 bytes，而无法用 ASCII 编码，因为中文编码的范围超过了 ASCII 编码的范围，Python 会报错。

b 字符串

反过来，如果我们从网络或磁盘上读取了字节流，那么读到的数据就是 bytes。要把 bytes 变为 str，就需要用 decode() 方法：

```
>>> b'ABC'.decode('ascii')
'ABC'
>>> b'\xe4\xb8\xad\xe6\x96\x87'.decode('utf-8')
'中文'
```

b 字符串

如果 bytes 中包含无法解码的字节，decode()方法会报错：

```
>>> b'\xe4\xb8\xad\xff'.decode('utf-8')
Traceback (most recent call last):
...
UnicodeDecodeError: 'utf-8' codec can't decode
byte 0xff in position 3: invalid start byte
```

如果 bytes 中只有一小部分无效的字节，可以传入errors='ignore'忽略错误的字节：

```
>>> b'\xe4\xb8\xad\xff'.decode('utf-8', errors='
ignore')
' 中 '
```


b 字符串

计算 str 包含多少个字符，可用`len()`函数：

```
>>> len('ABC')
3
>>> len('中文')
2
```

而对于 bytes，`len()`函数将计算其字节数：

```
>>> len(b'ABC')
3
>>> len('中文'.encode('utf-8'))
6
```

由此可见，1 个中文字符经过 UTF-8 编码后通常会占用 3 个字节，而 1 个英文字符只占用 1 个字节。

b 字符串

操作字符串时，经常会遇到 str 和 bytes 转换。为避免乱码问题，应始终坚持使用 UTF-8 编码对 str 和 bytes 进行转换。

- Python 源代码也是一个文本文件，若其中包含中文，在保存时请务必指定其为 UTF-8 编码。
- 当 Python 解释器读取源码时，为了让它按 UTF-8 编码读取，通常在文件开头处写上这两行：

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-
```

- 第一行是为了告诉 Linux/OS X 系统，这是一个 Python 可执行程序，Windows 系统会忽略这个注释；
- 第二行是为了告诉 Python 解释器，按照 UTF-8 编码读取源码。否则，源码中写的中文在输出时可能会有乱码。

字符串与编码

字符串的格式化

%-formatting

这是 Python 格式化的 OG(original generation), 伴随着 python 语言的诞生。

其使用方式类似于 C 语言, 使用占位符来格式化字符串。如

```
print('Hello, %s!' % 'world')  
name = 'Ming'  
age = 23  
print('Hello, %s. You are %s.' % (name, age))
```

%-formatting

这是 Python 格式化的 OG(original generation), 伴随着 python 语言的诞生。

其使用方式类似于 C 语言, 使用占位符来格式化字符串。如

```
print('Hello, %s!' % 'world')  
name = 'Ming'  
age = 23  
print('Hello, %s. You are %s.' % (name, age))
```

```
Hello, world!  
Hello, Ming. You are 23.
```

表 1: 常用占位符

占位符	替换内容
%d	整数
%f	浮点数
%s	字符串
%x	十六进制整数

请写出以下代码的运行结果

```
print('%3d-%03d' % (22, 11))  
print('%.3f %8.3e' % (3.1415926, 4000.21))
```

%-formatting

如果使用多个参数和更长的字符串，%-formatting 将变得不太好用。

```
first = 'Ming'
last = 'Li'
age = 23
profession = 'student'
affiliation = 'WHU'
print('Hello, %s %s. You are %s. You are a %s.
You are a member of %s.' % (first, last, age,
profession, affiliation))
```


%-formatting

如果使用多个参数和更长的字符串，%-formatting 将变得不太好用。

```
first = 'Ming'
last = 'Li'
age = 23
profession = 'student'
affiliation = 'WHU'
print('Hello, %s %s. You are %s. You are a %s.
You are a member of %s.' % (first, last, age,
profession, affiliation))
```

```
Hello, Ming Li. You are 23. You are a student.
You are a member of WHU.
```

不建议使用%格式，因为它过于冗长。

`str.format()`

该格式是在 Python 2.6 中引入的。`str.format()`是对%-formatting的改进，它使用正常的函数调用语法，可通过对要转换为字符串的对象的`__format__()`方法进行扩展。

使用`str.format()`，替换字段用大括号标记：

```
name = 'Ming'
age = 23
print('Hello, {}. You are {}'.format(name, age))
```

```
Hello, Ming. You are 23.
```

通过引用其索引来以任何顺序引用变量：

```
name = 'Ming'  
age = 23  
print('Hello, {1}. You are {0}.'.format(age,  
name))
```

```
Hello, Ming. You are 23.
```

str.format()

如果插入变量名称，则会获得额外的能够传递对象的权限，然后在大括号之间引用参数和方法：

```
person = {'name': 'Ming', 'age': 23}
print('Hello, {name}. You are {age}.'.format(
    name=person['name'], age=person['age']))
```

```
Hello, Ming. You are 23.
```

`str.format()`

也可以使用 `**` 来用字典来完成这个巧妙的技巧：

```
person = {'name': 'Ming', 'age': 23}
print('Hello, {name}. You are {age}.'.format(**
person))
```

```
Hello, Ming. You are 23.
```

使用`str.format()`的代码比使用`%-formatting`的代码更易读，但当处理多个参数和更长的字符串时，`str.format()`仍然可能非常冗长。

f 字符串

f 字符串从 Python 3.6 开始加入标准库，也被称为“格式化字符串文字”。与其他格式化方式相比，它们不仅更易读，更简洁，不易出错，而且速度更快！

```
name = 'Ming'
age = 23
print(f'Hello, {name}. You are {age}.')
print(F'Hello, {name}. You are {age}.')
```

```
Hello, Ming. You are 23.
Hello, Ming. You are 23.
```

f 字符串是在运行时进行渲染的，因此可以将任何有效的 Python 表达式放入其中。

f 字符串

- 可做简单的计算

```
print(f'{2 * 37}')
```

```
74
```

- 可调用函数

```
name = 'Ming'  
print(f'{name.lower()} is funny.')
```

```
ming is funny.
```

f 字符串

- 可以使用带有 f 字符串的类创建对象。

```
class Student:
    def __init__(self, first, last, age):
        self.first = first
        self.last = last
        self.age = age

    def __str__(self):
        return f'{self.first} {self.last} is {self.age}.'
        ,

    def __repr__(self):
        return f'{self.first} {self.last} is {self.age}.'
        Surprise!'

std = Student('Ming', 'Li', 23)
print(f'{std}')
print(f'{std!r}')
```

```
Ming Li is 23.
```

```
Ming Li is 23. Surprise!
```


f 字符串

- 多行 f 字符串

```
name = 'Ming'
profession = 'student'
affiliation = 'WHU'
msg1 = (f"Hi {name}. "
        f"You are a {profession}. "
        f"You were in {affiliation}.")
msg2 = (f"Hi {name}. "
        "You are a {profession}. "
        "You were in {affiliation}.")
msg3 = f"""
Hi {name}.
You are a {profession}.
You were in {affiliation}.
"""
print(msg1)
print(msg2)
print(msg3)
```

f 字符串

```
Hi Ming. You are a student. You were in WHU.
```

```
Hi Ming. You are a {profession}. You were in {affiliation}.
```

```
Hi Ming.
```

```
You are a student.
```

```
You were in WHU.
```

列表 (list) 与元组 (tuple)

列表 (list) 与元组 (tuple)

列表

列表

列表是 Python 内置的一种数据类型，它是一种有序的集合，可以随时添加和删除其中的元素。

例

列出所有课程，可用一个列表表示

```
courses = ['math', 'phys', 'chem']  
print(courses)
```

列表

列表是 Python 内置的一种数据类型，它是一种有序的集合，可以随时添加和删除其中的元素。

例

列出所有课程，可用一个列表表示

```
courses = ['math', 'phys', 'chem']  
print(courses)
```

```
['math', 'phys', 'chem']
```

列表

- 用`len()`函数获取列表中元素的个数

```
print(len(courses))
```

```
3
```

- 用索引来访问列表中每一个位置的元素，记住索引从 0 开始：

```
print(courses[0])  
print(courses[1])  
print(courses[2])  
# print(courses[3])
```

列表

- 用`len()`函数获取列表中元素的个数

```
print(len(courses))
```

```
3
```

- 用索引来访问列表中每一个位置的元素，记住索引从 0 开始：

```
print(courses[0])
print(courses[1])
print(courses[2])
# print(courses[3])
```

```
math
phys
chem
```

```
Traceback (most recent call last):
  File "list.py", line 5, in <module>
    print(courses[3])
IndexError: list index out of range
```

当索引超出范围时，Python 会报一个 `IndexError` 错误，故要确保索引不要越界，记住最后一个元素的索引是 `len(classmates)-1`。

列表

- 如果要取最后一个元素，除了计算索引位置外，还可以用 `-1` 做索引，直接获取最后一个元素，用 `-2` 做索引直接获取倒数第 2 个元素，以此类推：

```
print(courses[-1])  
print(courses[-2])  
print(courses[-3])  
# print(courses[-4])
```

列表

- 如果要取最后一个元素，除了计算索引位置外，还可以用 `-1` 做索引，直接获取最后一个元素，用 `-2` 做索引直接获取倒数第 2 个元素，以此类推：

```
print(courses[-1])
print(courses[-2])
print(courses[-3])
# print(courses[-4])
```

```
chem
phys
math
```

```
Traceback (most recent call last):
  File "list.py", line 5, in <module>
    print(courses[-4])
IndexError: list index out of range
```

列表

- 向列表末尾追加元素，用append()方法：

```
courses.append('biology')  
print(courses)
```

```
['math', 'phys', 'chem', 'biology']
```

- 把元素插入到指定的位置，用insert()方法：

```
courses.insert(1, 'history')  
print(courses)
```

```
['math', 'history', 'phys', 'chem', 'biology']
```

列表

- 删除列表末尾的元素，用pop()方法：

```
courses.pop()  
print(courses)
```

```
['math', 'history', 'phys', 'chem']
```

- 删除指定位置的元素，用pop(i)方法，其中i为索引位置：

```
courses.pop(1)  
print(courses)
```

```
['math', 'phys', 'chem']
```

- 把某个元素替换成别的元素，可以直接赋值给对应的索引位置：

```
courses[1] = 'chinese'  
print(courses)
```

```
['math', 'chinese', 'chem']
```

注

1. 列表中元素的数据类型可以不同，如

```
list1 = ['Apple', 123, 3.14, True]
```

2. 列表中元素也可以是另一个列表，如

```
list2 = ['python', 'java', ['c', 'c++', 'c#'], 'matlab']  
print(len(list2))
```

3. 列表也可以为空，即空列表，如

```
print(len(list3))
```

列表 (list) 与元组 (tuple)

元组 (tuple)

元组 (tuple)

元组也是 Python 内置的一种数据类型，也是一种有序的集合。tuple 和 list 非常类似，但 tuple 一旦初始化就不能修改。比如同样是列出课程名：

```
courses = ('math', 'phys', 'chem')
```

此时 `courses` 是一个 tuple，

- 它不能改变，没有 `append()`，`insert()` 这样的方法。
- 其他获取元素的方法和 list 是一样的，你可以正常地使用 `courses[0]`，`courses[-1]`，但不能赋值成另外的元素。

元组 (tuple)

- 不可变的 tuple 有什么意义？因为 tuple 不可变，所以代码更安全。
如果可能，能用 tuple 代替 list 就尽量用 tuple。
- tuple 的定义

```
tuple1 = (1, 2)
tuple2 = 1, 2
tuple3 = ()
tuple4 = (1, )
```

元组 (tuple)

注意

定义只有一个元素的 tuple，不能这样做

```
t = (1)
```

这样定义的不是 tuple，而是数1！这是因为括号()既可以表示 tuple，又可以表示数学公式中的小括号，这就产生了歧义。

因此，Python 规定，这种情况下，按小括号进行计算，计算结果自然是 1。于是，为消除歧义，定义只有一个元素的 tuple 时必须加上一个逗号，：

```
tuple4 = (1, )
```

元组 (tuple)

例

” 可变的 “tuple

```
t = ('a', 'b', ['A', 'B'])
```

```
print(t)
```

```
t[2][0] = 'X'
```

```
t[2][1] = 'Y'
```

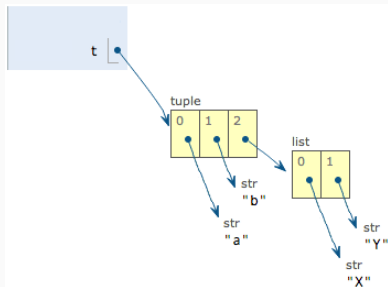
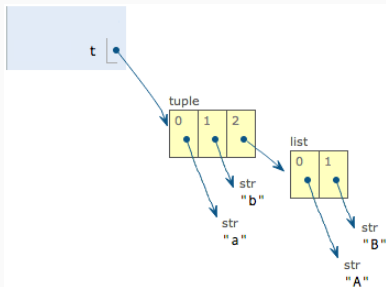
```
print(t)
```

```
('a', 'b', ['A', 'B'])
```

```
('a', 'b', ['X', 'Y'])
```

此时，元组t包含三个元素，分别是a，b和一个列表。

元组 (tuple)



表面上看，tuple 的元素确实变了，但其实变的不是 tuple 的元素，而是 list 的元素。tuple 一开始指向的 list 并没有改成别的 list，所以，tuple 所谓的“不变”是说，tuple 的每个元素，指向永远不变。即指向 'a'，就不能改成指向 'b'，指向一个 list，就不能改成指向其他对象，但指向的这个 list 本身是可变的！

字典 (dict) 和集合 (set)

字典 (dict) 和集合 (set)

字典

Python 内置了字典 (dict) 的支持, 在其他语言中也称为 map, 使用键-值对 (key-value pair) 存储, 具有极快的查找速度。

例

根据课程名查找相应的成绩。

- 如果用 list 实现, 需要两个 list:

```
courses = ['math', 'phys', 'chem']  
scores = [95, 90, 85]
```

给定一课程名, 要查找相应的成绩, 须先在 `courses` 中找到对应的索引位置, 再从 `scores` 中取出相应的成绩。显然, list 越长, 耗时越多。

- 如果用 dict 实现，只需要一个“名字” - “成绩”的对照表，**直接根据名字查找成绩，无论这个表有多大，查找速度都不会变慢。**

```
info = {'math': 95, 'phys': 90, 'chem': 85}  
print(info['math'])
```

```
95
```


1. 把数据放入 dict 的方法，除了初始化时指定外，还可以通过 key 放入：

```
info['chinese'] = 88  
print(info['chinese'])
```

```
88
```

2. 由于一个 key 只能对应一个 value，所以，多次对一个 key 放入 value，后面的值会把前面的值冲掉：

```
info['chinese'] = 94  
print(info['chinese'])
```

```
94
```

3 如果 key 不存在，dict 就会报错：

```
# print(info['history'])
```

```
Traceback (most recent call last):  
  File "dict1.py", line 10, in <module>  
    print(d['history'])  
KeyError: 'history'
```

4 要避免 key 不存在的错误，有两种办法：

- 通过 `in` 判断 key 是否存在

```
print('history' in info)
```

```
False
```

- 通过 dict 提供的 `get()` 方法，如果 key 不存在，可以返回 `None`，或自己指定的 value：

```
print(info.get('history'))  
print(info.get('history', -1))
```

```
None
```

```
-1
```

- 5 要删除一个 key，用`pop(key)`方法，对应的 value 也会从 dict 中删除：

```
info.pop('chem')  
print(info)
```

```
{'math': 95, 'phys': 90, 'chinese': 94}
```

- 5 请务必注意：dict 内部存放的顺序和 key 放入的顺序没有关系，也就是 dict 是无序的。

注

和 list 相比，dict 有以下几个特点：

- 查找和插入的速度极快，不会随着 key 的增加而变慢；
- 需要占用大量的内存，内存浪费多。

而 list 相反：

- 查找和插入的时间随着元素的增加而增加；
- 占用空间小，浪费内存很少。

dict 常用于需要高速查找的地方，在 Python 代码中几乎无处不在。正确使用 dict 非常重要，**需要牢记的第一条就是 dict 的 key 必须是不可变对象**。这是因为 dict 根据 key 来计算 value 的存储位置，如果每次计算相同的 key 得出的结果不同，那 dict 内部就完全混乱了。这个通过 key 计算位置的算法称为**哈希算法（Hash）**。

要保证 hash 的正确性，作为 key 的对象就不能变。在 Python 中，字符串、整数等都是不可变的，因此，可以放心地作为 key。而 list 是可变的，就不能作为 key：

```
d = {}  
print(d)  
  
key = [1, 2, 3]  
d[key] = 'a list'
```

```
{}  
Traceback (most recent call last):  
  File "dict2.py", line 5, in <module>  
    d[key] = 'a list'  
TypeError: unhashable type: 'list'
```

字典 (dict) 和集合 (set)

集合 (set)

集合 (set)

set 和 dict 类似，也是一组 key 的集合，但不存储 value。由于 key 不能重复，所以，在 set 中，没有重复的 key。

1. 创建一个 set，

- 用花括号：

```
s1 = {1, 2, 3}
print(type(s1))
print(s1)
```

```
<class 'set'>
{1, 2, 3}
```

- 提供一个 list 作为输入集合：

```
s2 = set([1, 2, 3])
print(type(s2))
print(s2)
```

```
<class 'set'>
{1, 2, 3}
```

集合 (set)

2 重复元素在 set 中自动被过滤:

```
s3 = {1, 1, 2, 2, 3, 3}  
print(s3)
```

```
{1, 2, 3}
```

3 通过add(key)方法可以添加元素到 set 中, 可以重复添加, 但不会有效果:

```
s3.add(4)  
print(s3)  
s3.add(4)  
print(s3)
```

```
{1, 2, 3, 4}  
{1, 2, 3, 4}
```

集合 (set)

4 通过`remove(key)`方法可以删除元素：

```
s3.remove(4)
print(s3)
```

```
{1, 2, 3}
```

5 `set` 可以看成数学意义上的无序和无重复元素的集合，因此，两个 `set` 可以做数学意义上的交集、并集等操作：

```
s1 = {1, 2, 3}
s2 = set([2, 3, 4])
print(s1 & s2)
print(s1 | s2)
```

```
{2, 3}
```

```
{1, 2, 3, 4}
```

集合 (set)

注

set 和 dict 的唯一区别仅在于没有存储对应的 value，但是，set 的原理和 dict 一样，所以，同样不可以放入可变对象，因为无法判断两个可变对象是否相等，也就无法保证 set 内部“不会有重复元素”。

字典 (dict) 和集合 (set)

再议不可变对象

再议不可变对象

str 是不变对象，而 list 是可变对象。

- 对可变对象 list 进行操作，其内部的内容会发生变化，如

```
a = ['c', 'b', 'a']  
print(a)  
a.sort()  
print(a)
```

```
['c', 'b', 'a']  
['a', 'b', 'c']
```

再议不可变对象

str 是不变对象，而 list 是可变对象。

- 对可变对象 list 进行操作，其内部的内容会发生变化，如

```
a = ['c', 'b', 'a']  
print(a)  
a.sort()  
print(a)
```

```
['c', 'b', 'a']  
['a', 'b', 'c']
```

- 对不可变对象 str 进行操作？

```
a = 'abc'  
print(a.replace('a', 'A'))  
print(a)
```

```
Abc  
abc
```

再议不可变对象

请牢记，a是变量，'abc'才是字符串对象！我们经常说，对象a的内容是'abc'，但其实是指，a本身是一个变量，它指向的对象的内容才是'abc'。

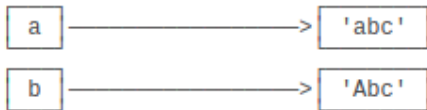


再议不可变对象

请牢记，`a`是变量，`'abc'`才是字符串对象！我们经常说，对象`a`的内容是`'abc'`，但其实是指，`a`本身是一个变量，它指向的对象的内容才是`'abc'`。



当调用`a.replace('a', 'A')`时，实际上调用方法`replace`是作用在字符串对象`'abc'`上的，而这个方法虽然名字叫`replace`，但却没有改变字符串`'abc'`的内容。相反，`replace`方法创建了一个新字符串`'Abc'`并返回，如果我们用变量`b`指向该新字符串，就容易理解了，变量`a`仍指向原有的字符串`'abc'`，但变量`b`却指向新字符串`'Abc'`了。



条件判断

条件判断

`if` 语句

语法

```
if condition:  
    statements
```

例:

```
age = 20  
if age >= 18:  
    print(f'your age is {age}')
```

```
    print('adult')
```

```
your age is 20  
adult
```

注

据 Python 的缩进原则，如果 if 语句判断是 True，就把缩进的两行 print 语句执行了，否则，什么也不做。

条件判断

`if ... else ...` 语句

if ... else ... 语句

语法

```
if condition:  
    statements1  
else:  
    statements2
```

if ... else ... 语句

例:

```
age = 12
if age >= 18:
    print(f'your age is {age}')
    print('adult')
else:
    print(f'your age is {age}')
    print('teenager')
```

```
your age is 12
teenager
```


条件判断

`if ... elif ... else ...` 语句

if ... elif ... else ... 语句

语法

```
if condition1:  
    statements1  
elif condition2:  
    statements2  
elif condition3:  
    statements3  
else:  
    statements4
```

if ... elif ... else ... 语句

例:

```
age = 12
if age >= 18:
    print('adult')
elif age >= 6:
    print('teenager')
else:
    print('kid')
```

```
teenager
```

if ... elif ... else ... 语句

注

- if 语句执行有个特点，它是从上往下判断，如果在某个判断上是True，把该判断对应的语句执行后，就忽略掉剩下的elif和else.

```
age = 20
if age >= 6:
    print('teenager')
elif age >= 18:
    print('adult')
else:
    print('kid')
```

if ... elif ... else ... 语句

注

- if语句执行有个特点，它是从上往下判断，如果在某个判断上是True，把该判断对应的语句执行后，就忽略掉剩下的elif和else.

```
age = 20
if age >= 6:
    print('teenager')
elif age >= 18:
    print('adult')
else:
    print('kid')
```

- if判断条件可以简写，如

```
if x:
    print('True')
```

条件判断

关于input

关于input

```
age = input('Enter your age: ')
if age >= 18:
    print('adult')
elif age >= 6:
    print('teenager')
else:
    print('kid')
```

如果输入20，则会报错：

```
Enter your age: 20
Traceback (most recent call last):
  File "input.py", line 2, in <module>
    if age >= 18:
TypeError: '>=' not supported between instances of 'str' and 'int'
```

这是因为input()返回的数据类型是str，str不能直接和int比较，必须先把str转换成int。

关于input

```
age = int(input('Enter your age: '))  
if age >= 18:  
    print('adult')  
elif age >= 6:  
    print('teenager')  
else:  
    print('kid')
```

```
Enter your age: 20  
adult
```


循环

Python 循环有两种:

- `for ... in` 循环
- `while` 循环

循环

for ... in 循环

for ... in 循环

for ... in 循环可依次把 list 或 tuple 中的每个元素迭代出来。

例:

```
animals = ['dog', 'cat', 'monkey', 'pig']
```

```
for animial in animals:
```

```
    print(animial)
```

```
print()
```

```
for i, animial in enumerate(animals):
```

```
    print(i, animial)
```

```
dog
```

```
cat
```

```
monkey
```

```
pig
```

```
0 dog
```

```
1 cat
```

for ... in 循环

例:

计算 1-100 的整数之和。

```
sum = 0
for x in range(101):
    sum += x
print(sum)
```

5050

循环

`while` 循环

while循环

例:

计算 1000 以内所有奇数之和。

```
sum = 0
n = 99
while n > 0:
    sum += n
    n -= 2
print(sum)
```

2500

循环

break

break

在循环中，可使用break语句可以提前退出循环。

例:

```
print('=====')
print('a. apple    b. banana')
print('o. orange   q. quit')
print('=====')

while True:
    letter = input('Enter a, b, o and q: ')
    if letter == 'a':
        print('apple')
    elif letter == 'b':
        print('banana')
    elif letter == 'o':
        print('orange')
    elif letter == 'q':
        break
print("Exit!")
```

```
=====
a. apple    b. banana
o. orange   q. quit
=====
Enter a, b, o and q: a
apple
Enter a, b, o and q: b
banana
Enter a, b, o and q: o
orange
Enter a, b, o and q: q
Exit!
```

循环

`continue`

可用`continue`语句退出当前循环，直接进入下一个循环。

例:

计算 100 以内的所有奇数之和。

```
sum = 0
for i in range(100):
    if i % 2 == 0:
        continue
    sum += i
print(sum)
```

2500

函数

函数

内置函数

内置函数

Python 内置了很多有用的函数，我们可以直接调用。

例:

```
# abs
print(abs(1000))
print(abs(-20))
print(abs(12.34))
# print(abs('a'))

print(max(1, 2))
print(max(2, 3, -1, 5))
print(max([1, 2]))
print(max((2, 3, -1, 5)))
```

```
1000
20
12.34
2
5
2
5
```

内置函数

Python 内置的常用函数还包括数据类型转换函数：

例：

<code>print(int('123'))</code>	123
<code>print(int(12.34))</code>	12
<code>print(float('12.34'))</code>	12.34
<code>print(str(1.23))</code>	1.23
<code>print(str(100))</code>	100
<code>print(bool(1))</code>	True
<code>print(bool(''))</code>	False

例:

```
print(hex(255))  
print(hex(1000))  
print(oct(255))  
print(oct(1000))  
print(bin(255))  
print(bin(1000))
```

```
0xff  
0x3e8  
0o377  
0o1750  
0b11111111  
0b1111101000
```

注

函数名其实就是指一个函数对象的引用，完全可以把函数名赋给一个变量，相当于给这个函数起了一个“别名”：

```
a = abs  
print(a(-1))
```

```
1
```

函数

函数的定义

函数的定义

在 Python 中，定义一个函数要使用`def`语句，依次写出函数名、括号、括号中的参数和冒号`:`，然后，在缩进块中编写函数体，函数的返回值用`return`语句返回。

函数的定义

在 Python 中，定义一个函数要使用`def`语句，依次写出函数名、括号、括号中的参数和冒号`:`，然后，在缩进块中编写函数体，函数的返回值用`return`语句返回。

例:

自定义一个求绝对值的函数`my_abs()`:

```
def my_abs(x):  
    if x >= 0:  
        return x  
    else:  
        return -x  
  
if __name__ == '__main__':  
    print(my_abs(-1))
```

函数的定义

例:

若`my_abs()`定义在`my_functions.py`文件中,可使用`from my_functions import my_abs`来导入`my_abs()`。

注意`my_functions`是文件名, 不含`.py`扩展名。

```
from my_functions import my_abs
print(my_abs(-20))
```

20

函数的定义

如果想定义一个什么事也不做的空函数，可以用`pass`语句：

```
def empty():  
    pass
```

函数的定义

如果想定义一个什么事也不做的空函数，可以用`pass`语句：

```
def empty():  
    pass
```

`pass`语句什么都不做，那有什么用？

函数的定义

如果想定义一个什么事也不做的空函数，可以用`pass`语句：

```
def empty():  
    pass
```

`pass`语句什么都不做，那有什么用？实际上`pass`可用作占位符，比如现在还没想好函数的具体实现，就可先放一个`pass`，让代码能运行起来。

函数的定义

如果想定义一个什么事也不做的空函数，可以用`pass`语句：

```
def empty():  
    pass
```

`pass`语句什么都不做，那有什么用？实际上`pass`可用作占位符，比如现在还没想好函数的具体实现，就可先放一个`pass`，让代码能运行起来。

`pass`还可以用在其他语句里，比如：

```
if age >= 18:  
    pass
```

缺少了`pass`，代码运行就会有语法错误。

函数的定义

调用函数时,

- 若参数个数不对, Python 解释器会自动检查, 并抛出TypeError:

```
>>> my_abs(1, 2)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: my_abs() takes 1 positional argument
but 2 were given
```

- 若参数类型不对, Python 解释器则无法检查。

函数的定义

试试my_abs和内置函数abs的差别：

```
>>> my_abs('A')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 2, in my_abs
TypeError: unorderable types: str() >= int()
>>> abs('A')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: bad operand type for abs(): 'str'
```

当传入了不恰当的参数时，内置函数abs会检查出参数错误，而自定义的my_abs没有参数检查，会导致if语句出错，出错信息和abs不一样。所以，这个函数定义不够完善。

函数的定义

以下来修改`my_abs`的定义，以对参数类型做检查，只允许参数为整数和浮点数类型。数据类型检查可以用内置函数`isinstance()`实现：

```
def my_abs(x):
    if not isinstance(x, (int, float)):
        raise TypeError('bad operand type')
    if x >= 0:
        return x
    else:
        return -x

if __name__ == '__main__':
    print(my_abs(-1))
    print(my_abs('A'))
```

函数的定义

以下来修改`my_abs`的定义，以对参数类型做检查，只允许参数为整数和浮点数类型。数据类型检查可以用内置函数`isinstance()`实现：

```
def my_abs(x):  
    if not isinstance(x, (int, float)):  
        raise TypeError('bad operand type')  
    if x >= 0:  
        return x  
    else:  
        return -x  
  
if __name__ == '__main__':  
    print(my_abs(-1))  
    print(my_abs('A'))
```

```
1  
Traceback (most recent call last):  
  File "src/slide01/code/my_abs1.py", line 11, in <module>  
    print(my_abs('A'))  
  File "src/slide01/code/my_abs1.py", line 3, in my_abs  
    raise TypeError('bad operand type')  
TypeError: bad operand type
```

返回多个值

Python 函数允许返回多个值。

例:

给定平面空间中的一个点 (x,y) ，设定位移和角度将其移动，计算新坐标：

```
import math

def move(x, y, step, angle=0):
    nx = x + step * math.cos(angle)
    ny = y - step * math.sin(angle)
    return nx, ny

if __name__ == '__main__':
    x, y = 100, 100
    step = 60
    angle = math.pi / 6
    x_new, y_new = move(x, y, step, angle)
    print(f"{x_new:.3f}, {y_new:.3f}")
```

151.962, 70.000

注

- `import math` 语句表示导入 `math` 包，并允许后续代码引用 `math` 包里的 `sin`、`cos` 等函数。
- 事实上，函数返回多个值其实就是返回一个 `tuple`，这涉及到 `tuple` 的解压缩。

函数

函数的参数

Python 的函数定义非常简单，但灵活度却非常大。除了正常定义的**必选参数**外，还可以使用**默认参数**、**可变参数**和**关键字参数**，使得函数定义出来的接口，不但能处理复杂的参数，还可以简化调用者的代码。

位置参数

例:

计算 x^2 .

```
def power(x):  
    return x * x  
  
print(power(5))  
print(power(15))
```

25

225

位置参数

例:

计算 x^2 .

```
def power(x):  
    return x * x  
  
print(power(5))  
print(power(15))
```

25

225

对于`power()`函数, `x`就是一个位置参数。调用它时, 必须传入有且仅有的一个参数`x`。

位置参数

如果要计算 x^3 怎么办？可以再定义一个 `power3()` 函数。但如果要计算 x^4, x^5, \dots 怎么办？我们不可能定义无限多个函数。

例：

计算 x^n 。

```
def power(x, n):  
    s = 1  
    while n > 0:  
        n -= 1  
        s *= x  
    return s  
  
print(power(5, 2))  
print(power(5, 3))
```

```
25  
125
```

修改后的 `power(x, n)` 函数有两个位置参数：`x` 和 `n`。调用函数时，传入的两个值按照位置顺序依次赋给参数 `x` 和 `n`。

新的`power(x, n)`函数定义没有问题，但旧的调用失败了，原因是我们增加了一个参数，导致旧代码因为缺少一个参数而无法正常使用：

```
>>> power(5)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: power() missing 1 required positional
argument: 'n'
```

调用`power()`时缺少了一个位置参数`n`。

默认参数

默认参数隆重出场！若经常计算 x^2 ，可将第二个参数 n 的默认值设为 2：

例：

计算 x^n 。

```
def power(x, n=2):  
    s = 1  
    while n > 0:  
        n -= 1  
        s *= x  
    return s  
  
print(power(5))  
print(power(5, 2))
```

25
25

- 调用 `power(5)` 时，相当于调用 `power(5, 2)`；
- 而对于 $n \geq 2$ 的情形，则必须明确传入第二个参数，如 `power(5, 3)`。

注

设置默认参数时，有几点要注意：

1. 位置参数在前，默认参数在后，否则 Python 解释器会报错；
2. 如何设置默认参数？当函数有多个参数时，把变化大的参数放前面，变化小的参数放后面。变化小的参数就可以作为默认参数。

默认参数

使用默认参数有什么好处？最大的好处是简化函数的调用。

例：

编写一个小学一年级新生注册的函数，需要传入name和gender两个参数：

```
def enroll(name, gender):  
    print(f"name: {name}")  
    print(f"gender: {gender}")  
  
enroll('Sarah', 'F')
```

```
name: Sarah  
gender: F
```

默认参数

如果要继续传入年龄、城市等信息怎么办？这样会使得调用函数的复杂度大大增加。可以把年龄和城市设为默认参数：

例：

```
def enroll(name, gender, age=6, city='Wuhan'):  
    print(f"name: {name}")  
    print(f"gender: {gender}")  
    print(f"age: {age}")  
    print(f"city: {city}")  
    print('')
```

```
enroll('Sarah', 'F')  
enroll('Bob', 'M', '7')  
enroll('Adam', 'F', city='Beijing')
```

```
name: Sarah, gender: F, age: 6, city: Wuhan  
name: Bob, gender: M, age: 7, city: Wuhan  
name: Adam, gender: F, age: 6, city: Beijing
```

- 大部分学生注册时不需要提供年龄和城市，只需要提供必须的两个参数；
- 只有与默认参数不符的学生才需要提供额外的信息。

由此可见，默认参数降低了函数调用的难度，而一旦需要更复杂的调用时，又可以传递更多的参数来实现。无论是简单调用还是复杂调用，函数只需要定义一个。

如果存在多个默认参数，则在调用时，

- 既可以按顺序提供默认参数，如`enroll('Bob', 'M', 7)`，除位置参数`name`和`gender`外，最后一个参数应用在参数`age`上，参数`city`仍使用默认值；
- 也可以不按顺序提供部分默认参数。此时，需把参数名写上。如`enroll('Adam', 'M', city='Beijing')`：参数`city`用传进去的值，其他默认参数仍使用默认值。

可变参数

在 Python 函数中，还可定义可变参数。顾名思义，可变参数就是传入参数的个数是可变的，可以是 1 个、2 个到任意个，还可以是 0 个。

可变参数

在 Python 函数中，还可定义可变参数。顾名思义，可变参数就是传入参数的个数是可变的，可以是 1 个、2 个到任意个，还可以是 0 个。

例：

给定一组数字 a, b, c, \dots ，计算 $a^2 + b^2 + c^2 + \dots$ 。要定义该函数，必须先确定输入的参数。由于参数个数不确定，可把 a, b, c, \dots 作为一个 list 或 tuple 传进来，即

```
def calc(numbers):  
    sum = 0  
    for n in numbers:  
        sum += n*n  
    return sum  
  
print(calc([1, 2, 3, 4]))  
print(calc((1, 3, 5, 7)))
```

30

84

此时，必须先组装出一个 list 或 tuple 才能调用。

可变参数

如果利用可变参数，调用方式可以简化：

例：

```
def calc(*numbers):  
    sum = 0  
    for n in numbers:  
        sum += n*n  
    return sum  
  
print(calc(1, 2, 3, 4))  
print(calc(1, 3, 5, 7))  
print(calc())
```

30
84
0

可变参数

如果利用可变参数，调用方式可以简化：

例：

```
def calc(*numbers):  
    sum = 0  
    for n in numbers:  
        sum += n*n  
    return sum  
  
print(calc(1, 2, 3, 4))  
print(calc(1, 3, 5, 7))  
print(calc())
```

30
84
0

与上例相比，**定义可变参数时仅需在参数前加上一个*号**。在函数内部，参数numbers接收到的是一个 tuple，故函数代码完全不变。但是，调用函数时，可传入任意个参数，包括 0 个参数。

可变参数

如果已经有一个 list 或者 tuple，要调用一个可变参数怎么办？可以这样做：

```
nums = [1, 2, 3]
print(calc(nums[0], nums[1], nums[2]))
```

不过这样做过于繁琐。

可变参数

如果已经有一个 list 或者 tuple，要调用一个可变参数怎么办？可以这样做：

```
nums = [1, 2, 3]
print(calc(nums[0], nums[1], nums[2]))
```

不过这样做过于繁琐。

事实上，Python 允许在 list 或 tuple 前加一个*号，把 list 或 tuple 中的元素变成可变参数传进去：

```
print(calc(*nums))
```

这种写法非常有用，且很常见。

关键字参数

- 可变参数允许你传入 0 个或任意个参数，这些可变参数在函数调用时自动组装为一个 tuple。
- 而关键字参数允许你传入 0 个或任意个含参数名的参数，**这些关键字参数在函数内部自动组装为一个 dict。**

关键字参数

- 可变参数允许你传入 0 个或任意个参数，这些可变参数在函数调用时自动组装为一个 tuple。
- 而关键字参数允许你传入 0 个或任意个含参数名的参数，**这些关键字参数在函数内部自动组装为一个 dict。**

```
def person(name, age, **kw):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, other: {kw}")  
  
person('Michael', 30)  
person('Bob', 35, city='Wuhan')  
person('Sarah', 22, gender='F', city='Beijing')
```

关键字参数

- 可变参数允许你传入 0 个或任意个参数，这些可变参数在函数调用时自动组装为一个 tuple。
- 而关键字参数允许你传入 0 个或任意个含参数名的参数，**这些关键字参数在函数内部自动组装为一个 dict。**

```
def person(name, age, **kw):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, other: {kw}")
```

```
person('Michael', 30)  
person('Bob', 35, city='Wuhan')  
person('Sarah', 22, gender='F', city='Beijing')
```

```
name: Michael, age: 30, other: {}  
name: Bob, age: 35, other: {'city': 'Wuhan'}  
name: Sarah, age: 22, other: {'gender': 'F', 'city': 'Beijing'}
```

关键字参数

函数`person()`除了必选参数`name`和`age`外，还接受关键字参数`kw`。调用该函数时，

- 可以只传入必选参数，如

```
person('Michael', 30)
```

- 也可传入任意个数的关键字参数，如

```
person('Bob', 35, city='Beijing')  
person('Adam', 45, gender='M', job='Engineer')
```

关键字参数有什么用？它可以扩展函数的功能。

- 在`person()`中，可保证接受参数`name`和`age`，但如果调用者愿意提供更多的参数，也能做到。
- 试想你要实现一个用户注册的功能，除了用户名和年龄是必填项外，其他都是可选项，利用关键字参数来定义这个函数就能满足注册的需求。

关键字参数

和可变参数类似，也可先组装出一个 dict，然后把该 dict 转换为关键字参数传进去：

```
extra = {'city': 'Beijing', 'job': 'Engineer'}  
person('Jack', 24, **extra)
```

```
name: Jack, age: 24, other: {'city': 'Beijing',  
'job': 'Engineer'}
```

`**extra`表示把`extra`这个 dict 的所有key-value用关键字参数传入到函数的`**kw`参数，`kw`将获得一个 dict。

注意`kw`获得的 dict 是`extra`的一份拷贝，对`kw`的改动不会影响到函数外的`extra`。

命名关键字参数

如果要限制关键字参数的名字，就可以用命名关键字参数。

命名关键字参数

如果要限制关键字参数的名字，就可以用命名关键字参数。

例：

如果只接收gender和city作为关键字参数，可以这么定义函数

```
def person(name, age, *, gender, city):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, gender: {gender},  
          city: {city}")
```

```
person('Sarah', 22, gender='F', city='Beijing')
```

```
name: Sarah, age: 22, gender: F, city: Beijing
```

命名关键字参数

如果要限制关键字参数的名字，就可以用命名关键字参数。

例：

如果只接收gender和city作为关键字参数，可以这么定义函数

```
def person(name, age, *, gender, city):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, gender: {gender},  
          city: {city}")
```

```
person('Sarah', 22, gender='F', city='Beijing')
```

```
name: Sarah, age: 22, gender: F, city: Beijing
```

和关键字参数**kw不同，命名关键字参数需要一个特殊分隔符*，*后面的参数被视为命名关键字参数。

命名关键字参数

如果函数定义中已经有了一个可变参数，则后面可直接命名关键字参数，而不需要特殊分隔符*：

```
def person(name, age, *args, gender, city):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, args: {args}, gender:  
        {gender}, city: {city}")
```

```
person('Sarah', 22, 'Engineer', gender='F', city='Beijing')
```

```
name: Sarah, age: 22, args: ('Engineer',), gender: F, city:  
Beijing
```

命名关键字参数

命名关键字参数可以有缺省值，从而简化调用：

```
def person(name, age, *, gender='M', city):  
    print(f"name: {name}, age: {age}, gender: {gender}, city  
        : {city}")  
  
person('Sarah', 22, city='Beijing')
```

```
name: Sarah, age: 22, gender: M, city: Beijing
```

参数组合

在 Python 中定义函数，可以用必选参数、默认参数、可变参数、关键字参数和命名关键字参数，这 5 种参数都可以组合使用。

但请注意，参数定义的顺序必须是：**必选参数、默认参数、可变参数、命名关键字参数和关键字参数。**

例：

```
def f1(a, b, c=0, *args, **kw):  
    print(f'a = {a}, b = {b}, c = {c}, args: {args}, kw: {  
        kw}')
```



```
def f2(a, b, c=0, *, d, **kw):  
    print(f'a = {a}, b = {b}, c = {c}, d: {d}, kw: {kw}')
```

参数组合

函数调用时，Python 解释器自动按照参数位置和参数名把对应的参数传进去。

```
f1(1, 2)
f1(1, 2, c=3)
f1(1, 2, 3, 'a', 'b', x=99)
f1(1, 2, d=99, ext=None)
```

```
a = 1, b = 2, c = 0, args: (), kw: {}
a = 1, b = 2, c = 3, args: (), kw: {}
a = 1, b = 2, c = 3, args: ('a', 'b'), kw: {'x': 99}
a = 1, b = 2, c = 0, args: (), kw: {'d': 99, 'ext': None}
```

最神奇的是通过一个 tuple 和 dict，你也可以调用上述函数：

```
args = (1, 2, 3, 4)
kw = {'d': 99, 'x': '#'}
f1(*args, **kw)

args = (11, 22, 33)
kw = {'d': 44, 'x': '##'}
f2(*args, **kw)
```

注

因此，对于任意函数，都可以通过类似`func(*args, **kw)`的形式调用它，无论它的参数是如何定义的。

Python 高级特性

Python 高级特性

掌握了 Python 的数据类型、语句和函数，基本上就可以编写出很多有用的程序了。

例:

构造一个元素为1, 3, 5, 7, ..., 99的列表.

```
L = []  
n = 1  
while n <= 99:  
    L.append(n)  
    n += 2
```

```
L = [n for n in range(100) if n % 2 == 1]
```

但是，Python 代码不是越多越好，而是越少越好；不是越复杂越好，而是越简单越好。

基于这一思想，这一节来介绍一些 Python 中非常有用的高级特性，能一行代码实现的功能，绝不写五行。请始终牢记，**代码越少，开发效率越高**。

Python 高级特性

切片

取一个 list 或 tuple 的部分元素是非常常见的操作。

例:

给定一个 list

```
L = ['apple', 'banana', 'cherry', 'grape', 'peach']
```

如何取出其前三个元素？

切片

- 笨办法

```
r = [L[0], L[1], L[2]]  
print(r)
```

- 使用循环

```
r = []  
for i in range(3):  
    r.append(L[i])  
print(r)
```

- 使用切片 (slice)

```
r = L[0:3]
```

例:

给定一个 list

```
L = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g']
```

通过切片操作取出其中的部分元素。

切片

▪ 正向切片

```
print( L[1:3] )  
print( L[:3] )  
print( L[1:] )  
print( L[:] )
```

```
['b', 'c']  
['a', 'b', 'c']  
['b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g']  
['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g']
```

▪ 倒向切片

```
print( L[-4:-2] )  
print( L[-4:] )  
print( L[:-2] )  
print( L[1:-1] )
```

```
['d', 'e']  
['d', 'e', 'f', 'g']  
['a', 'b', 'c', 'd', 'e']  
['b', 'c', 'd', 'e', 'f']
```

▪ 跳跃切片

```
print( L[1:-1:2] )  
print( L[:-1:2] )  
print( L[:5] )
```

```
['b', 'd', 'f']  
['a', 'c', 'e']  
['a', 'f']
```


切片

- tuple 的切片

```
t = (0, 1, 2, 3, 4, 5)
print(t[:3])
print(('a', 'b', 'c', 'd')[1::2])
```

```
(0, 1, 2)
('b', 'd')
```

- str 的切片

```
print('abcdefgh'[:3])
print('abcdefgh'[::3])
```

```
abc
adg
```

在很多编程语言中，针对字符串提供了很多各种截取函数（例如，substring），其实目的就是对字符串切片。Python 没有针对字符串的截取函数，只需要切片一个操作就可以完成，非常简单。

Python 高级特性

迭代

迭代

如果给定一个 list 或 tuple，我们可以通过for循环来遍历这个 list 或 tuple，这种遍历称为迭代（Iteration）。

只要是可迭代对象，无论有无下标，都可以迭代。

例：

dict 没有下标，但它也可以迭代：

```
d = {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}
for key in d:
    print(key)
```

a
b
c

因为 dict 的存储不是顺序排列的，所以迭代出的结果顺序可能会不一样。

例:

因 str 也是可迭代对象，它也可用for循环进行迭代：

```
for ch in 'abcd':  
    print(ch)
```

a
b
c
d

当我们使用`for`循环时，只要作用于一个可迭代对象，`for`循环就可以正常运行，而我们不太关心该对象究竟是 `list` 还是其他数据类型。

可通过 collections 模块的 Iterable 类型判断：

```
from collections.abc import  
Iterable  
print( isinstance('abc', Iterable)  
      )  
print( isinstance([], Iterable) )  
print( isinstance((), Iterable) )  
print( isinstance({}, Iterable) )  
print( isinstance({1}, Iterable) )  
print( isinstance((x for x in  
range(10)), Iterable) )  
print( isinstance(123, Iterable) )
```

```
True  
True  
True  
True  
True  
False
```

Python 内置的 `enumerate()` 可以把一个 list 变成索引-元素对，这样就可以在 `for` 循环中同时迭代索引和元素本身：

```
for i, value in enumerate(['a', 'b', 'c']):  
    print(f"{i}: {value}")
```

```
0: a  
1: b  
2: c
```


迭代

```
for i, value in enumerate(('a', 'b', 'c')):  
    print(f"{i}: {value}")
```

```
0: a  
1: b  
2: c
```

迭代

```
for i, value in enumerate(('a', 'b', 'c')):  
    print(f"{i}: {value}")
```

```
0: a  
1: b  
2: c
```

```
for i, value in enumerate('abc'):  
    print(f"{i}: {value}")
```

```
0: a  
1: b  
2: c
```

`for` 循环同时引用两个变量，这在 Python 中非常常见，如

```
for x, y in [[1, 1], [2, 4], [3, 9]]:  
    print(f'{x}, {y}')
```

```
1, 1  
2, 4  
3, 9
```

Python 高级特性

列表生成式

列表生成式

列表生成式即 List Comprehensions, 是 Python 内置的非常简单却强大的可以用来创建 list 的生成式。

例:

要生成列表 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], 可用 `list(range(1, 11))`。但要生成 [1, 4, 9, ..., 100] 呢?

列表生成式

1. 用循环（过于繁琐）

```
L = []  
for x in range(1, 11):  
    L.append(x * x)  
print(L)
```

```
[1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100]
```

2. 列表生成式

```
L = [x * x for x in range(1, 11)]  
print(L)
```

```
[1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100]
```

列表生成式

写列表生成式时，`for`循环后还可以加上`if`判断。

例：

筛选出偶数的平方。

```
L = [x * x for x in range(1, 11) if x % 2 == 0]
print(L)
```

```
[4, 16, 36, 64, 100]
```

还可以使用两层循环来得到全排列（三层及以上的循环很少用到）

例:

```
L = [m + n for m in 'ABC' for n in 'XYZ']  
print(L)
```

```
['AX', 'AY', 'AZ', 'BX', 'BY', 'BZ', 'CX', 'CY',  
, 'CZ']
```


列表生成式的应用

例:

利用os模块列出当前目录下的所有文件和目录名

```
dirs = [d for d in os.listdir('.')]
print(dirs)
```

```
['slide01.out', 'slide01.log', 'src', 'tmp.out',
', 'slide01.aux', 'slide01.tex', 'asset', '
slide01.pdf', '.DS_Store', 'makefile']
```

例:

将一个 list 中的字符串变为小写

```
L = ['Hello', 'Wuhan', 'University']  
l = [s.lower() for s in L]  
print(l)
```

```
['hello', 'wuhan', 'university']
```

列表生成式的应用

例:

将字典{'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}转换为列表的形式['a=1', 'b=2', 'c=3']

```
d = {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}
l = [k + '=' + str(v) for k, v in d.items()]
print(l)
```

```
['a=1', 'b=2', 'c=3']
```

Python 高级特性

生成器

通过列表生成式，可以直接创建一个列表，而受到内存限制，列表容量肯定是有限的。假设创建了一个包含 100 万个元素的列表，而仅需访问前面几个元素，这不仅占用很大的存储空间，并且后面绝大多数元素占用的空间都白白浪费了。

所以，如果列表元素可以按照某种算法推算出来，那是否可以在循环的过程中不断推算出后续的元素呢？这样就不必创建完整的 list，从而节省大量的空间。在 Python 中，这种一边循环一边计算的机制，称为生成器：generator。

generator 的创建

- 把列表生成式的[]改为(), 即可创建一个 generator:

```
L = [x *x for x in range(3)]  
print(L)  
G = (x *x for x in range(3))  
print(G)
```

```
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]  
<generator object <genexpr> at 0x7fd6a02f26d8>
```

创建L和G的区别仅在于最外层的[]和(), L是一个 list, 而G是一个 generator。

generator 的创建

- 使用关键字yield. 例如, 生成斐波拉契数列可以这么做

```
def fib(n):  
    i, a, b = 0, 0, 1  
    while i < n:  
        yield b  
        a, b = b, a + b  
        i = i + 1  
f = fib(6)  
print(f)
```

```
<generator object fib at 0x7fc4e6b576d8>
```

如果一个函数中包含关键字yield, 则这个函数就不再是一个普通函数, 而是一个 generator.

generator 的使用

- 使用`next`.

```
print(next(G))  
print(next(G))  
print(next(G))  
print(next(G))
```

```
0  
1  
4
```

```
Traceback (most recent call last):  
  File "src/slide01/code/generator.py", line 9,  
    in <module>  
        print(next(G))  
StopIteration
```

这种方式过于复杂，正确的使用方式是`for ... in`循环，因为generator 也是可迭代对象。

- 使用 `for ... in` 循环.

```
for i in fib(4):  
    print(i)
```

```
1  
1  
2  
3
```

注意，generator 和 function 的执行流程不一样。

- function 是顺序执行，遇到`return`语句或者最后一行语句就返回。
- 变成 generator 的 function，在每次调用`next()`时执行，遇到`yield`语句返回，再次执行时从上次返回的`yield`语句处继续执行。

Python 高级特性

可迭代对象 (Iterable) 与迭代器 (Iterator)

可以直接作用于 for 循环的数据类型有以下几种：

- 集合数据类型，如 list、tuple、dict、set、str 等；
- generator，包括生成器和带 yield 的 generator function。

这些可以直接作用于 for 循环的对象统称为可迭代对象 (Iterable)。可使用 `isinstance()` 来判断一个对象是否为 Iterable 对象。

generator 的使用

```
from collections.abc import Iterable
print( isinstance('abc', Iterable) )
print( isinstance([], Iterable) )
print( isinstance({}, Iterable) )
print( isinstance({1}, Iterable) )
print( isinstance((x for x in range(10)),
Iterable) )
print( isinstance(123, Iterable) )
```

```
True
True
True
True
True
True
False
```

generator 的使用

可使用`next()`函数调用并不断返回下一个值的对象称为迭代器(Iterator)，可使用`isinstance()`来判断一个对象是否为Iterator对象。

```
from collections.abc import Iterator
print(isinstance([], Iterator))
print(isinstance({}, Iterator))
print(isinstance('abc', Iterator))
print(isinstance((x for x in range(5)), Iterator))
```

```
False
False
False
True
```

生成器都是 Iterator 对象，但 list、dict、str 虽然是 Iterable 对象，却不是 Iterator。可使用 `iter()` 函数将 list、dict、str 等 Iterable 对象变成 Iterator。

```
print(isinstance(iter([]), Iterator))  
print(isinstance(iter('abc'), Iterator))
```

```
True
```

```
True
```

问题

为什么 list、dict、str 等数据类型不是 Iterator 呢？

问题

为什么 list、dict、str 等数据类型不是 Iterator 呢？

因为 Python 的 Iterator 对象表示的是一个数据流，它可以被 `next()` 函数调用并不断返回下一个数据，直到没有数据时抛出 `StopIteration` 错误。可以把这个数据流看做是一个有序序列，但不能提前知道其长度，只能不断通过 `next()` 函数来按需计算下一个数据。因此，Iterator 的计算是惰性的，只有在需要返回下一个数据时它才计算。Iterator 甚至可以是一个无限大的数据流，如全体自然数；而使用 list 则不可能存储无限个元素。

函数式编程

通过把大段代码拆成函数，通过一层一层的函数调用，就可以把复杂任务分解成简单的任务，这种分解可以称之为面向过程程序设计，而函数就是面向过程程序设计的基本单元。而函数式编程 (Functional Programming)，虽然也可以归结到面向过程程序设计，但其思想更接近数学计算。

函数式编程的一个特点是：允许把函数本身作为参数传入另一个函数，还允许返回一个函数！

函数式编程

高阶函数

高阶函数

- 变量可以指向函数

```
print(abs(-10))  
print(abs)  
x = abs(-10)  
print(x)  
f = abs  
print(f(-10))
```

```
10  
<built-in function abs>  
10  
10
```

注意,

1. 函数本身也是对象，可以赋值给变量，即变量可以指向函数。
2. 变量f指向了abs函数本身，故直接调用abs()和调用变量f()完全相同。

高阶函数

- 函数名也是变量

函数名是什么呢？函数名其实就是指向函数的变量！

对于`abs()`，完全可以把函数名`abs`看成变量，它指向一个可以计算绝对值的函数！如果把`abs`指向其他对象，会有什么情况发生？

```
print(abs)
abs = 10
print(abs(-10))
```

```
10
Traceback (most recent call last):
  File "src/slide01/code/hof.py", line 10, in <
    module>
      print(abs(-10))
TypeError: 'int' object is not callable
```

- 传入函数

既然变量可以指向函数，函数的参数能接收变量，那么一个函数就可以接收另一个函数作为参数，这种函数就称之为高阶函数。

```
def add(x, y, f):  
    return f(x) + f(y)  
x = -5  
y = 6  
print(add(x, y, abs))
```

11

map()

它接收两个参数，一个是函数，一个是 Iterable，map 将传入的函数依次作用到序列的每个元素，并把结果作为新的 Iterator 返回。

例:

将一个函数 $f(x) = x^2$ 作用到一个列表

```
def f(x):  
    return x * x  
L = [i+1 for i in range(9)]  
r = map(f, L)  
print(r)  
print(list(r))
```

```
<map object at 0x7fb0e83707b8>  
[1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
```


例:

把一个列表中的数字转为字符串

```
r = list(map(str, L))  
print(r)
```

```
['1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9']
```

reduce()

它把一个函数作用在一个序列 $[x_1, x_2, x_3, \dots]$ 上，该函数必须接收两个参数，`reduce()` 把结果继续和序列的下一个元素做累积计算，其效果为

```
reduce(f, [x1, x2, x3, x4]) = f(f(f(x1, x2),  
x3), x4)
```

例:

对一个序列求和

```
from functools import reduce
def add(x, y):
    return x + y
L = [1, 3, 5, 7, 9]
print(reduce(add, L))
```

25

例:

将序列[1, 3, 5, 7, 9]转换为整数13579

```
def f(x, y):  
    return x * 10 + y  
print(reduce(f, [1, 3, 5, 7, 9]))
```

13579

例:

将字符串 '13579' 转换为整数 13579

```
def f(x, y):  
    return x * 10 + y  
def char2num(ch):  
    digits = {'0': 0, '1': 1, '2': 2, '3': 3,  
              '4': 4,  
              '5': 5, '6': 6, '7': 7, '8': 8,  
              '9': 9}  
    return digits[ch]  
s = '13579'  
print(reduce(f, map(char2num, s)))
```

13579

filter()

用于过滤序列，它接收一个函数和一个序列，把传入的函数依次作用于每个元素，并根据返回值是True还是False决定保留还是丢弃该元素。

例:

在一个 list 中，删掉偶数，只保留奇数。

```
def is_odd(n):  
    return n % 2 == 1  
L = [1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 12]  
print(list(filter(is_odd, L)))
```

```
[1, 5, 9, 11]
```

例:

把一个序列中的空字符删除

```
def not_empty(s):  
    return s and s.strip()  
L = ['A', '', 'B', None, 'C', ' ']  
print(list(filter(not_empty, L)))
```

```
['A', 'B', 'C']
```

排序是编程中经常用到的算法。无论使用冒泡排序还是快速排序，排序的核心是比较两个元素的大小。若为数字，则可直接比较，但如果是字符串或者两个 dict 呢？直接比较数学上的大小是没有意义的，因此，比较的过程必须通过函数抽象出来。

Python 内置的 `sorted()` 函数可以直接对 list 进行排序。

```
L = [36, 5, -12, 9, -21]  
print(sorted(L))
```

```
[-21, -12, 5, 9, 36]
```

`sorted()` 函数也是一个高阶函数，它还可以接收一个 `key` 函数来实现自定义的排序。

例:

对一个列表按绝对值大小排序

```
L = [36, 5, -12, 9, -21]
print(sorted(L, key=abs))
```

```
[5, 9, -12, -21, 36]
```

例：
字符串排序

- 默认情形，按 ASCII 码的大小比较

```
L = ['bob', 'about', 'Zoo', 'Credit']  
print(sorted(L))
```

```
['Credit', 'Zoo', 'about', 'bob']
```

- 忽略大小写的排序

```
L = ['bob', 'about', 'Zoo', 'Credit']  
print(sorted(L, key=str.lower))
```

```
['about', 'bob', 'Credit', 'Zoo']
```

- 反向排序

```
L = ['bob', 'about', 'Zoo', 'Credit']  
print(sorted(L, key=str.lower, reverse=True))
```

```
['Zoo', 'Credit', 'bob', 'about']
```