

# 第五讲 - Python 函数

张建章

阿里巴巴商学院

杭州师范大学

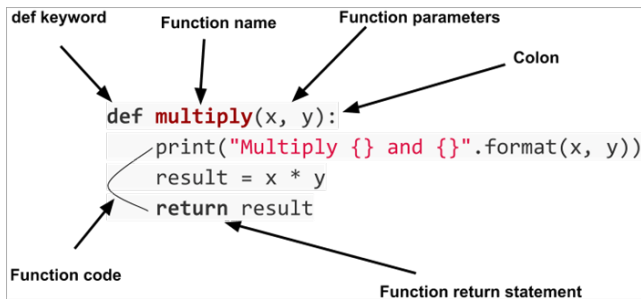
2023-09



- 1 定义函数
- 2 变量的作用域
- 3 函数的参数
- 4 函数实例
- 5 匿名函数
- 6 map、reduce、filter 函数
- 7 递归函数
- 8 生成器

# 1. 定义函数

**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():  
    # 屏幕打印输出不同颜色的字符串，内容为HZNU  
    for i in range(91,96):  
        print("\033["+str(i)+"m"+"HZNU"+" \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
# 对于没有返回值的函数，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，即使函数不需要指定参数。

**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，如定义多个重名函数，调用时执行最后一个定义的函数。

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”的传参规则
```

```
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', encoding = 'utf-8') 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):
    # 公元年份为4的倍数但非100的倍数；公元年份为400的倍数
    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
```

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)]
```

`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
```

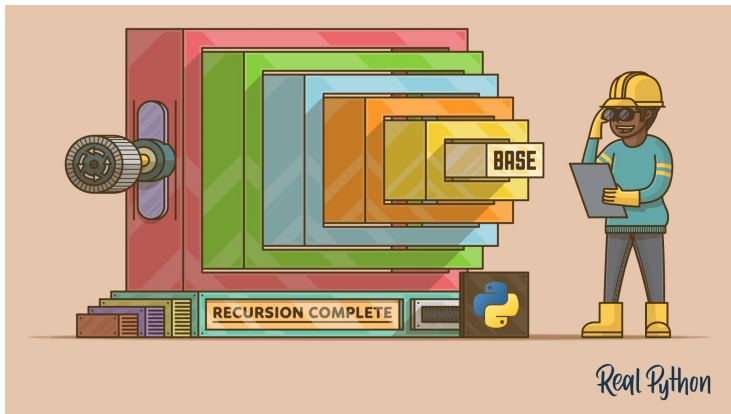
```
word_list = ['python', '^_^', 'time.', '3D']  
l = filter(lambda item:item.isalpha(), word_list)  
type(l) # filter  
list(l) # ['python']
```

```
# 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']
```

**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，需要仔细考虑基础情况；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)。

## 课堂练习答案

1. 请定义函数，使用循环结构计算  $n$  的阶乘。

```
def fact(n):  
    result = 1  
    for i in range(1,n+1):  
        result *= i  
    return result
```

## 课堂练习答案

2. 请定义函数，使用循环结构计算第  $n$  个斐波那契数。

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

## 课堂练习答案

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。

```
def fibo_list_loop(n):  
    if n == 0:  
        return [0]  
    elif n == 1:  
        return [0, 1]  
    else:  
        a = 0  
        b = 1  
        l = [0, 1]  
        for i in range(n-1):  
            c = a + b  
            a, b = b, c  
            l.append(c)  
        return l
```

## 课堂练习答案

4. 请定义函数，找出长度为  $n$  的梵文长短音组合。

```
def virahanka1(n):  
    # 第一种基本情况  
    if n == 0:  
        return [""]  
    # 第二种基本情况  
    elif n == 1:  
        return ["S"]  
    else:  
        s = ["S" + prosody for prosody in virahanka1(n-1)]  
        l = ["L" + prosody for prosody in virahanka1(n-2)]  
    return s + l
```

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](#)。

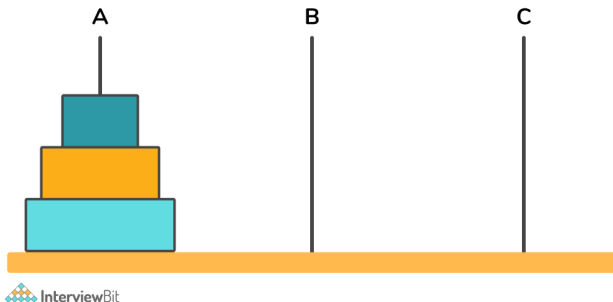


图 1: 3 个盘子的汉诺塔游戏

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。

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)  
fibonacci_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 fibonacci_g  
fibonacci_g = fibonacci_generator(5)  
  
next(fibonacci_g) # 0  
next(fibonacci_g) # 1  
list(fibonacci_g) # [1, 2, 3]  
list(fibonacci_g) # []
```

THE END