LECTURE 4 · HANDOUT

Conditions, Loops and Functions

Every slide from the lecture, with what was said over it. The slides are rendered natively — the text is selectable, searchable, and prints cleanly.

Slide 1 · Conditions, Loops and Functions

> 前三讲你写的程序都是一条直线：第一行、第二行、第三行，跑完结束。这样的程序做不了什么——它对输入毫无反应，每次运行都干同样的事。
>
> 这一讲加两样东西：分岔和重复。加完之后，你手里就是一门图灵完备语言的全部控制结构了。

从前有座山

从前有座山，山上有座庙，庙里有个老和尚，

老和尚在给小和尚讲故事，故事讲的是——

从前有座山，山上有座庙，庙里有个老和尚，

老和尚在给小和尚讲故事，故事讲的是……

要让程序说一百遍这句话，你现在的办法是复制粘贴一百次。

2

Slide 2 · 从前有座山

> 这个故事之所以讲不完，是因为它把自己套在了自己里面。
>
> 换成程序的说法：怎么让一段代码重复执行？
>
> 以你现在会的东西，唯一的办法是把那行 print 复制一百遍。一百遍还能忍，一万遍呢？要重复的次数得等程序跑起来才知道呢？
>
> 这一讲的后半段解决这个问题。前半段先解决另一个更基本的问题：怎么让程序**根据情况走不同的路**。

Predict: how far apart are these two outputs?

A

```
for s in [50, 70, 90]:
    if s >= 60:
        print(s, "pass")
print("done")
```

B

```
for s in [50, 70, 90]:
    if s >= 60:
        print(s, "pass")
    print("done")
```

两段只差四个空格。 先在心里定一个答案。

Slide 3 · Predict: how far apart are these two outputs?

> 两段代码逐字符对比，唯一的区别是最后一行前面多了四个空格。
>
> 请先自己判断：它们的输出差多少？有没有一段会报错？
>
> 这一讲的最后一段专门讲缩进。现在先把答案收上来。

随堂小测 · 第 1 轮

扫码作答 —— 这一轮一题

1 上一页那两段，输出差多少？

这一题现在不公布答案。讲到缩进那一节再回来。

https://taohuang.info/cs1602/zh/quiz/4

4

Slide 4 · 随堂小测 · 第 1 轮

> 开课先收一道题，不公布。等讲完缩进，再把这一轮的分布放出来对照。
>
> 缩进是 Python 最省事的设计，也是它最容易出低级错误的地方。
>
> 现在把答案收上来，但不公布。这一讲的最后一段讲缩进，讲完再回到这里，把开课时的分布放出来。
>
> 提示一句：**两段都不报错。** 这正是它麻烦的地方。

RECAP · LECTURE 3

Where we left off

- A variable is **a name pointing at a value**, not a box. `id()` gives the address, `is` asks whether two names point at the same thing
- **`input()` always returns a string** — convert it yourself
- Format output with an **f-string**
- A function is a name, parameters, a return value. **Defining is not running**
- **`print` is for people, `return` is for the program. Inside a function, always `return`**
- And **the question L3 closed on**: what does `grade(95)` print?

最后两条今天一直要用：**今天的分支和循环，绝大多数写在函数里。**那道题的答案在这一段末尾。

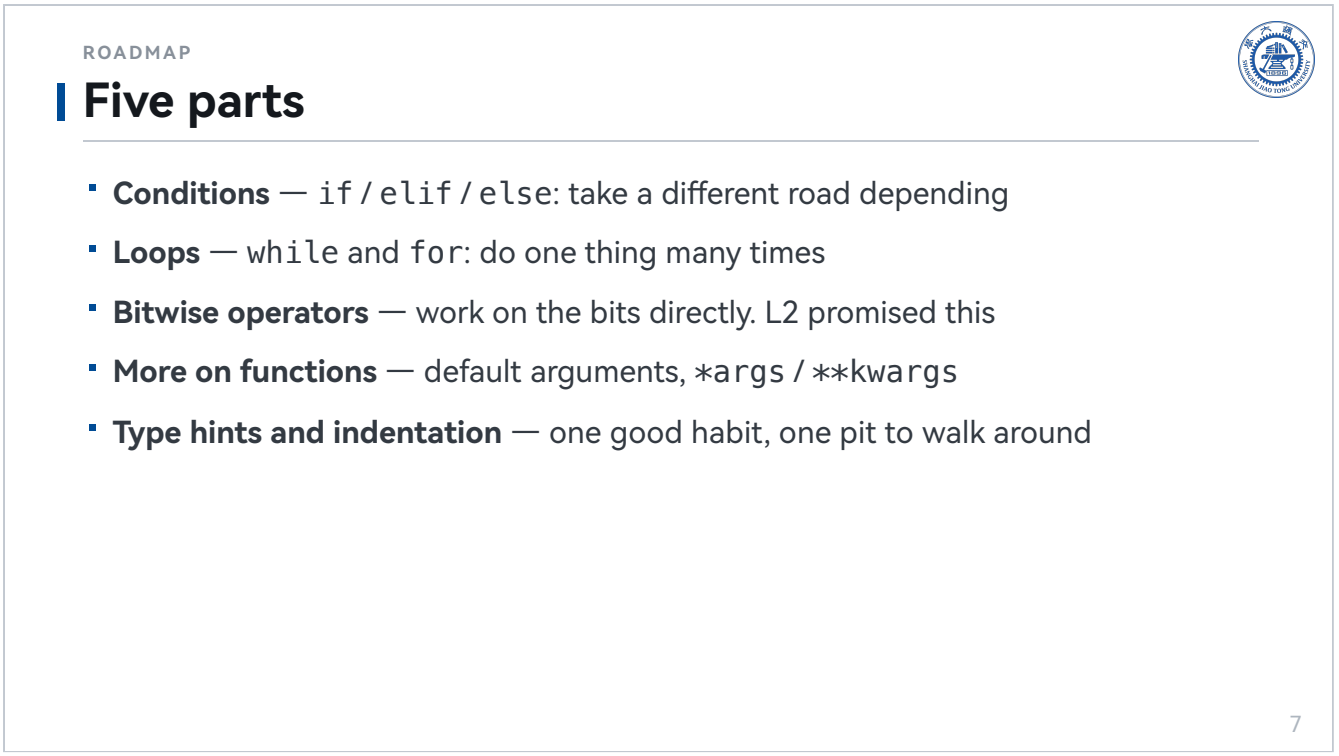
5

Slide 5 · Where we left off

> 上一讲的五段：变量、字符串、类型转换与输入、格式化输出、函数。
>
> 和今天关系最大的是最后两条。今天讲的条件和循环，在真实的程序里几乎总是写在函数体内——所以「定义不等于运行」和「函数内部一律 return」这两条今天会一直用着。
>
> 特别是 return，今天讲到嵌套循环时会看到它的一个新用途：break 只能跳一层，而 return 一次跳出所有层。
>
> 第一条的内存模型今天用得不多，但第 5 讲讲列表时是核心。

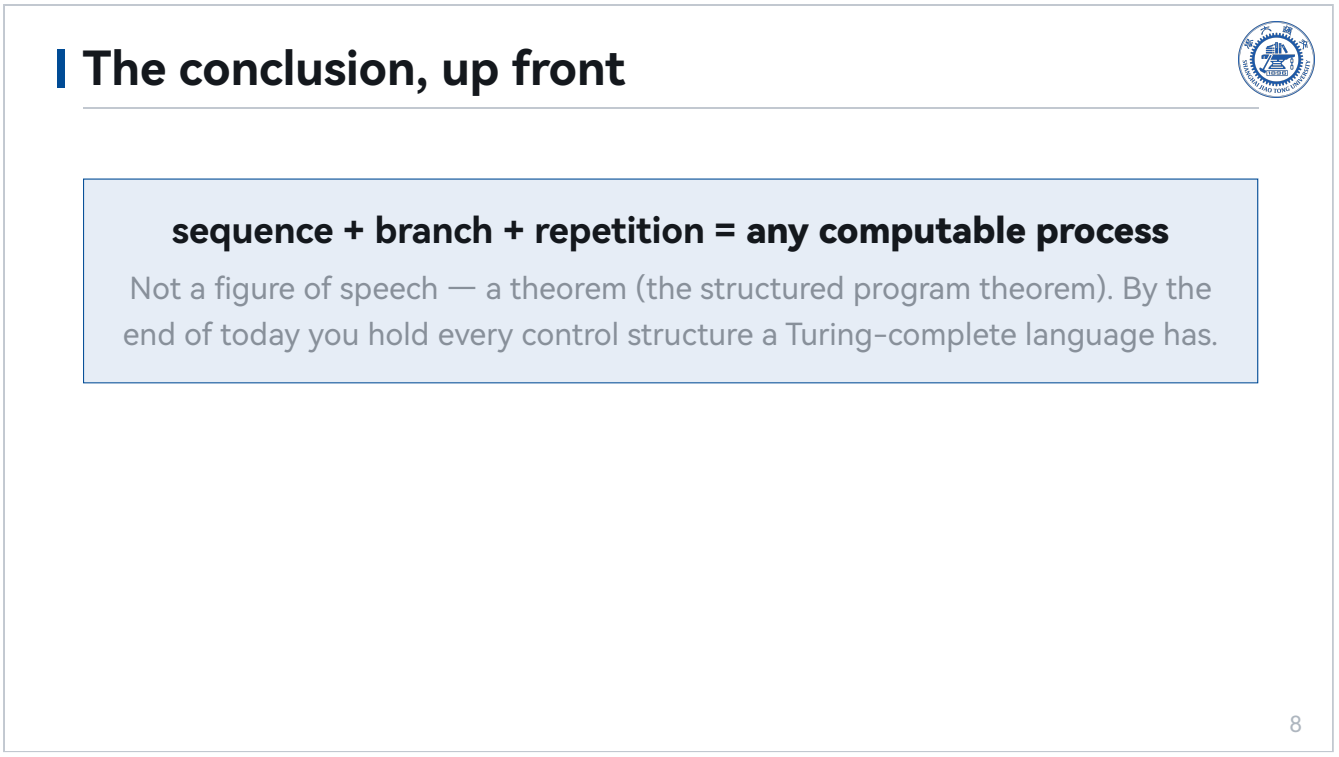
OVERVIEW

Today



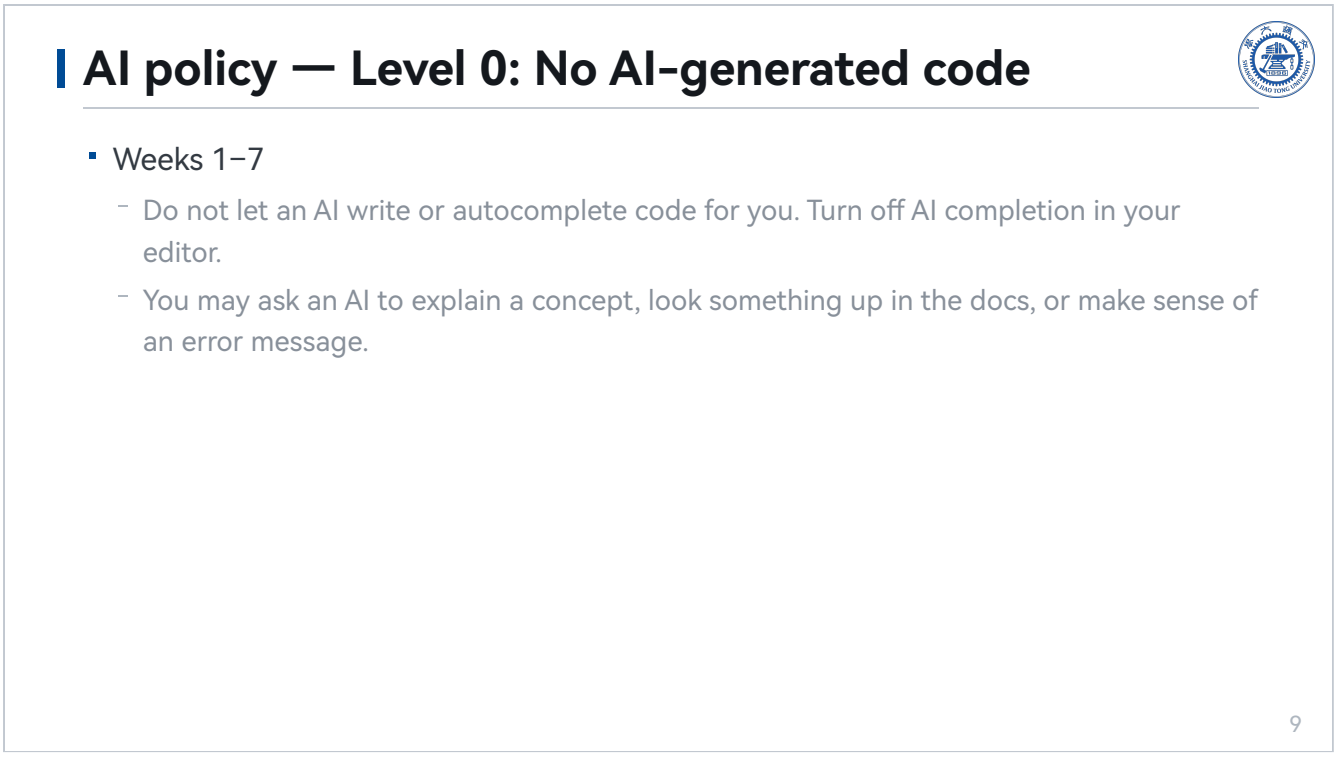
Slide 7 · Five parts

> 五段。前两段是这一讲的主体，也是整门课后面所有内容的地基——第 5 讲之后的每一段代码里都会有循环。
>
> 第三段的位运算是第 2 讲那句「一切都是 bit」的兑现，内容不多，但优先级那个坑必须讲。
>
> 第四段接上第 3 讲的函数。第五段的类型提示是一个从这一讲开始要养成的习惯，讲义和参考解答从今天起都会带类型标注。



Slide 8 · The conclusion, up front

> 这句话值得单独放一页。
>
> 你到今天为止只学了「顺序」这一样。加上这一讲的分岔和重复，三样凑齐——而这三样已经足以表达任何可计算的过程。
>
> 这是结构化程序定理的结论，1966 年由 Böhm 和 Jacopini 证明。它的意思是：后面你会学到的函数、递归、类、模块，没有一样在**能算什么**这个层面上扩展了这门语言的能力，它们扩展的是**你能把多复杂的程序写清楚**。
>
> 换句话说，这一讲之后，剩下的全是关于「怎么把话说明白」。



Slide 9 · AI policy — Level 0: No AI-generated code

> 第 1 到 7 周执行 AI 政策的第 0 级：不允许 AI 生成或补全代码，请关闭编辑器里的补全功能。
>
> 可以用 AI 解释概念、查文档、读报错，但不能让它替你写代码。
>
> 这一讲尤其如此。循环是需要在脑子里模拟执行的东西——变量每一轮变成什么、什么时候退出。这种能力只能靠自己写、自己跑错、自己盯着改出来。让 AI 补一个循环，你什么也不会得到。

Conditions

A boolean expression evaluates to True or False

comparison

```
1  print(3 > 2)
2  print(3 == 2)
3  print("abc" != "abd")
4  print(3 >= 3)
```

output

```
True
False
True
True
```

第 2 讲讲过这些。**它们是条件语句唯一认识的东西。**

Slide 11 · A boolean expression evaluates to True or False

> 六个比较运算符：大于、小于、大于等于、小于等于、等于、不等于。结果一律是 True 或 False。
>
> 第 2 讲讲过它们，也讲过 = 是赋值、== 才是比较。这个区分在这一讲会变得更要紧，因为 if 后面写错一个等号，报错信息不一定指得清楚。
>
> 字符串也能比较，按第 3 讲讲的字典序。

The order of and / or / not

precedence

```
print(True or False and False)
print((True or False) and False)
```

output

```
True
False
```

`not` 最紧，然后 `and`，最后 `or`。**不确定就加括号。**

Slide 12 · The order of and / or / not

第一行里 and 先算：False and False 得 False，然后 True or False 得 True。

第二行加了括号，顺序反过来：True or False 得 True，再 True and False 得 False。

两行只差一对括号，结果相反。

和算术优先级一样，这里的建议永远成立：不确定就加括号。`a or b and c` 读者要停顿一下，`a or (b and c)` 一眼就明白。加括号不花钱。

Chained comparison: write it as you would in math

one thing Python gets right

```
x = 5

print(1 < x < 10)          # same as 1 < x and x < 10
print(0 <= x <= 100)
```

output

```
True
True
```

C 和 Java 里 `1 < x < 10` **不报错，但毫无意义** —— 它先算 `1 < x` 得 `True`，再拿 `True` 和 `10` 比。

13

Slide 13 · Chained comparison: write it as you would in math

> Python 允许把比较串起来，写法和数学一样，含义也和数学一样。
>
> 这是 Python 相对 C、Java 的一个实实在在的优点。那些语言里 1 < x < 10 是合法的，但它先算 1 < x 得到一个布尔值，再把这个布尔值和 10 比较——结果毫无意义，而且不报错。
>
> 还有一个细节：链式比较里的中间值**只求值一次**。`1 < f(x) < 10` 只调用一次 f，展开写成 and 的形式就调用两次了。函数开销大的时候，这个差别是实打实的。

if / elif / else

a multi-way branch

```python
score = 85

if score >= 90:
    print("excellent")
elif score >= 80:
    print("good")
elif score >= 60:
    print("pass")
else:
    print("fail")
```

output

```
good
```

Top to bottom: the first true branch runs, the rest are skipped.

14

Slide 14 · if / elif / else

> 三件事要注意：条件后面的冒号不能少；分支体要缩进四个空格；从上往下第一个为真的分支被执行，其余全部跳过。
>
> 最后一条最重要，它解释了为什么第二个分支可以写成 score >= 80，而不必写成 80 <= score < 90——能走到那一行，就说明 score >= 90 已经是假的了。
>
> 这不只是少打几个字。条件写重复了，两处的边界就可能对不上，而这种错误极难发现。

Get the order backwards and everything collapses

错

```
if score >= 60:
    print("pass")
elif score >= 90:
    print("excellent")

# a 95 is graded "pass"
```

对

```
if score >= 90:
    print("excellent")
elif score >= 60:
    print("pass")

# strictest condition first
```

左边这段**不报错**，只是九十分以上的人全被判成了及格。

上一讲那道题：`grade(95)` 打印 pass。 多路分支从最严格的写起。

15

Slide 15 · Get the order backwards and everything collapses

先把上一讲结尾那道题结掉：grade(95) 打印的是「及格」，不是「优秀」。

95 分先满足了 score >= 60，于是走进第一个分支返回「及格」，后面的 elif 根本不会被检查。

这是「第一个为真的分支被执行」这条规则的直接后果，也是初学阶段最常见的逻辑错误之一。它不报错，只有在你拿一个九十分的例子去试的时候才会暴露。

可操作的做法：写多路分支时，**先把所有分支的条件按严格程度排个序**，从最严格的写起。分数、等级、税率这类问题都适用。

The classic exercise: leap years

early return

```python
def is_leap(year):
    if year % 400 == 0:
        return True
    if year % 100 == 0:
        return False
    return year % 4 == 0

for y in [1900, 2000, 2024, 2026]:
    print(y, is_leap(y))
```

output

```
1900 False
2000 True
2024 True
2026 False
```

The rule: divisible by 4 is a leap year, unless divisible by 100 — unless also divisible by 400.

16

Slide 16 · The classic exercise: leap years

> 闰年规则有三层，正好用来练多路分支。
>
> 这里的写法是**从最特殊的条件开始，一路 return 出去**：先看能不能被 400 整除，能就直接返回 True，函数结束；再看 100，再看 4。
>
> 这叫早返回。它的好处是每一层判断完就走人，读的人不需要在脑子里同时维护多个未决的分支。
>
> 1900 年不是闰年，2000 年是——这两个正好是规则里最特殊的两种情况，测试的时候要专门挑它们。

The same logic, written two other ways

NESTED — works, but tiring to read

```
def leap(y):
    if y % 4 == 0:
        if y % 100 == 0:
            if y % 400 == 0:
                return True
            else:
                return False
        else:
            return True
    else:
        return False
```

ONE EXPRESSION — harder to read

```
def leap(y):
    return (y % 4 == 0
            and (y % 100 != 0
                 or y % 400 == 0))
```

三种写法结果完全一样。**早返回那种最好读 —— 这是选它的唯一理由。**

17

Slide 17 · The same logic, written two other ways

左边是嵌套写法。四层缩进，读的人要一直记着自己在哪一层，而且 else 分支离对应的 if 很远。

右边是一行写完。短，但要把三个条件的逻辑关系在脑子里同时拼出来，改起来也容易出错。

三种写法计算结果完全相同，机器不在乎你写哪种。选早返回那种的理由只有一个：人读得最省力。

一条经验：**嵌套超过两层，通常意味着可以重构。**先看看能不能改成早返回。

The conditional expression: two short outcomes

A if cond else B

```
1  score = 75
2  result = "pass" if score >= 60 else "fail"
3  print(result)
```

output

```
pass
```

别嵌套它。 写到 `a if p else (b if q else c)` 就该换成 if-elif-else 了。

18

Slide 18 · The conditional expression: two short outcomes

> 格式是「值1 if 条件 else 值2」。条件为真取前一个值，否则取后一个。
>
> 注意它是一个**表达式**，会算出一个值，所以可以直接赋给变量、写进 f-string、当作函数的参数。这是它和 if 语句的区别。
>
> 适用范围很窄：只有两种情况，而且两个值都很短。一旦想嵌套，就说明该换成正经的 if-elif-else 了。

match-case: instead of a long elif chain

Python 3.10 and later

```python
def http_message(code):
    match code:
        case 200:
            return "OK"
        case 301 | 302:      # | means "or"
            return "Redirect"
        case 404:
            return "Not Found"
        case _:              # _ is the wildcard
            return "Unknown"

for c in [200, 302, 404, 418]:
    print(c, http_message(c))
```

output

```
200 OK
302 Redirect
404 Not Found
418 Unknown
```

| means **or**; _ is the wildcard, the equivalent of `else`.

Slide 19 · match-case: instead of a long elif chain

> match-case 是 Python 3.10 引入的语法，用来替代一长串 elif。
>
> 写法上比 elif 整齐：要比的那个值只写一次，各个分支平铺在下面。
>
> | 把多个值合成一个分支。_ 是通配符，放在最后接住所有没匹配上的情况，作用相当于 else。
>
> 但它真正强于 elif 的地方不在这里，在下一页。

It matches structure, and binds as it goes

pattern matching

```
def describe(point):
    match point:
        case (0, 0):
            return "the origin"
        case (0, y):
            return f"on y axis: {y}"
        case (x, y):
            return f"point ({x}, {y})"
        case _:
            return "not a point"

for p in [(0, 0), (0, 5), (2, 7), "hello"]:
    print(p, "->", describe(p))
```

output

```
(0, 0) -> the origin
(0, 5) -> on y axis: 5
(2, 7) -> point (2, 7)
hello -> not a point
```

`case (0, y)` does two things at once: it **checks** that the first is 0 and **binds** the second to `y`.

20

Slide 20 · It matches structure, and binds as it goes

> 这一页是 match 和 if 的本质区别。
>
> `case (0, y)` 不只是在比较。它同时做两件事：检查这个值是不是一个两元素的结构、第一个元素是不是 0；如果是，就把第二个元素绑定到变量 y 上，分支体里可以直接用。
>
> 用 if 写同样的逻辑，要先判断类型、再判断长度、再取下标、再赋值，四步。
>
> 圆括号那个写法叫元组，第 6 讲讲。这里知道它是「两个值凑一对」就够了。
>
> 提醒一句：**别过度使用。** 只是比较几个数值时 if-elif 更直白。这门课不考复杂的模式匹配，看得懂基本用法就够了。

Loops

while: keep going while the condition holds

three moving parts

```
1  n = 1
2  while n <= 5:
3      print(n, end=" ")
4      n += 1
5  print()
```

output

```
1 2 3 4 5
```

初始化 `n = 1`　**条件** `n <= 5`　**更新** `n += 1` —— 缺一个就出事。

22

Slide 22 · while: keep going while the condition holds

> while 后面跟一个条件，条件为真就执行一遍循环体，然后回到条件重新判断，直到条件为假才往下走。
>
> 三个要素缺一不可：循环变量要先初始化；条件要能变成假；循环体里必须有能改变条件的语句。
>
> 这里用了第 3 讲讲的 end 参数，让五个数打在一行里。最后那个空的 print() 是为了补一个换行。

Forget the update and it never stops

这一页没有输出面板 —— 这段代码永远不会停，真去跑会把这份课件的构建挂住。

this page does not run

```
n = 1
while n <= 5:
    print(n)
    # forgot n += 1
    # n stays 1, the condition stays true
```

在自己电脑上不小心跑了死循环，按 **Ctrl+C** 中断。

23

Slide 23 · Forget the update and it never stops

> 漏掉更新语句，条件就永远为真，程序会一直打印下去。
>
> 这一页是这份课件里唯一没有输出面板的代码页。其余每一页的输出都是构建时真跑出来的，而这一段跑不完。
>
> 死循环不报错，程序看起来在正常工作，只是永远不结束。在自己电脑上遇到了，按 Ctrl+C 中断。
>
> 下一页开始讲 for。**能用 for 就用 for**，很大一部分原因就是 for 不会漏掉更新。

for: walk through a collection

one item at a time

```
1  for ch in "Python":
2      print(ch, end=" ")
3  print()
4
5  for x in [10, 20, 30]:
6      print(x, end=" ")
7  print()
```

output

```
P y t h o n
10 20 30
```

Anything you can **take items out of one by one** can follow `in`.

24

Slide 24 · for: walk through a collection

> for 的意思是「把后面那个东西里的元素逐个取出来，每取一个执行一遍循环体」。
>
> 字符串是可以逐个取出的——取出来的是一个个字符。方括号括起来的那个叫列表，第 5 讲专门讲。
>
> in 后面还可以跟元组、字典、集合，以及很多别的东西。它们背后的共同机制叫可迭代对象，第 13 讲会讲。
>
> 注意 for 不需要你写初始化和更新，取完自动结束。这就是它比 while 安全的原因。

range(): when you need to go round n times

range

```
print(list(range(5)))          # 0 to 4
print(list(range(2, 8)))       # 2 to 7
print(list(range(0, 10, 3)))   # step 3
print(list(range(10, 0, -2)))  # backwards
```

output

```
[0, 1, 2, 3, 4]
[2, 3, 4, 5, 6, 7]
[0, 3, 6, 9]
[10, 8, 6, 4, 2]
```

`range(a, b)` **含头不含尾** —— 和第 3 讲的切片同一个约定。

Slide 25 · range(): when you need to go round n times

> range 生成一串整数。一个参数是从 0 到 n-1，两个参数是从 a 到 b-1，三个参数多一个步长。
>
> 含头不含尾，和切片是同一个约定。所以 range(5) 有 5 个数，range(a, b) 有 b-a 个数——**长度正好等于两个端点之差**。
>
> 步长可以是负数，倒着走。
>
> 注意每一行都套了一个 list()。原因在下一页。

range is not a list

why wrap it in list()

```
1  print(range(5))
2  print(list(range(5)))
3
4  total = 0
5  for i in range(1, 101):
6      total += i
7  print("1 to 100 =", total)
```

output

```
range(0, 5)
[0, 1, 2, 3, 4]
1 to 100 = 5050
```

`range(1000000)` uses almost no memory — it **does not build** a million numbers; it computes the next one when asked.

26

Slide 26 · range is not a list

直接打印 range(5)，得到的是 range(0, 5) 而不是那五个数。因为 range 并不真的把数存下来，它只记住起点、终点和步长，需要下一个的时候现算。

所以 range(1000000) 几乎不占内存，而一个一百万个数的列表要占几十兆。这个机制叫惰性求值，背后的东西叫生成器，第 13 讲讲。

想看到里面的内容，就用 list() 把它展开——这只是为了打印，实际写循环时不需要，直接 for i in range(...) 就好。

下面三行是 range 最常见的用法：从 1 加到 100。高斯当年心算出来的那个数，这里三行代码。

for or while

USE for

```
you know how many times

you have a collection to walk

most of the time


the count is fixed, so you
cannot forget the update,
and cannot loop forever
```

USE while

```
you do not know how many

you loop until something holds

reading input until it is valid
iterating toward a precision

you own the init, the
condition and the update
```

能用 for 就用 for。

27

Slide 27 · for or while

判断标准只有一条：**开始循环之前，你知不知道要循环多少次。**

知道就用 for。遍历一个集合也属于这一类——集合有多少个元素是确定的。

不知道就用 while。典型场景是读用户输入直到输入合法，或者迭代逼近某个精度——什么时候够了，得算出来才知道。

实践中大多数循环是 for。优先用 for 的理由是它把初始化和更新交给了语言，你少了两个可能出错的地方。

Where while belongs: the 3n+1 problem

the Collatz conjecture

```python
def collatz_steps(n):
    steps = 0
    while n != 1:
        if n % 2 == 0:
            n = n // 2
        else:
            n = 3 * n + 1
        steps += 1
    return steps

for start in [6, 7, 27]:
    k = collatz_steps(start)
    print(f"from {start}: {k} steps to 1")
```

output

```
from 6: 8 steps to 1
from 7: 16 steps to 1
from 27: 111 steps to 1
```

至今没人能证明它对所有正整数都会回到 1。

Slide 28 · Where while belongs: the 3n+1 problem

规则很简单：偶数除以 2，奇数乘 3 加 1，一直做下去。

这里必须用 while，因为要走几步事先算不出来——这正是 while 存在的理由。

从 27 出发要走 111 步，中间会冲到 9232 再掉下来。从 6 和 7 出发只要几步。规律看不出来。

这个问题叫考拉兹猜想，1937 年提出，至今没有证明。陶哲轩 2019 年证明了「几乎所有」正整数都会回到 1，但完整的证明还没有。

一个九行的程序，背后是一个未解的数学问题。

break and continue

break: leave the whole loop now

```
for i in range(2, 50):
    if 100 % i == 0:
        print("first divisor:", i)
        break
```

output

```
first divisor: 2
```

continue: skip the rest of this round

```
for i in range(1, 11):
    if i % 3 == 0:
        continue
    print(i, end=" ")
```

output

```
1 2 4 5 7 8 10
```

break 结束**整个循环** · continue 只结束**这一轮**

Slide 29 · break and continue

> 左边找 100 的第一个大于 1 的因数。找到就打印并 break，循环立刻结束，后面的数一个都不看。
>
> 右边打印 1 到 10 里不能被 3 整除的数。遇到 3 的倍数就 continue，跳过本轮剩下的 print，直接进入下一轮。
>
> 两个都很常用。判断标准：**这一轮不要了，用 continue；整个循环都不要了，用 break。**

In nested loops, break leaves only one level

错

```
for i in range(3):
    for j in range(3):
        if j == 1:
            break   # inner only
    # the outer loop goes on
```

对

```
def find(...):
    for i in range(3):
        for j in range(3):
            if ...:
                return i, j
    # return leaves every level
```

To leave two levels at once, the usual move is to **pull the logic into a function and `return`** — a return ends the whole function, however deep you are.

这也是「嵌套循环不超过两层」那条规范的来历之一。

30

Slide 30 · In nested loops, break leaves only one level

> break 只对它所在的那一层循环有效。左边这段里，内层每次都在 j 等于 1 时跳出，但外层照样跑完三轮。
>
> 初学阶段经常有人以为 break 会跳出所有层，然后对着结果百思不得其解。
>
> 正确的做法在右边：把嵌套循环抽成一个函数，用 return 跳出。第 3 讲讲过 return 会立刻结束整个函数，不管它嵌在多深。
>
> 往年的课件里有一条编程规范：**for 嵌套不超过两层**，尤其是里面有 return 或 break 的时候。超过两层，第三层的逻辑就该抽成函数了。

Loops have an else too

for-else

```python
def find_divisor(n):
    for i in range(2, n):
        if n % i == 0:
            print(f"{n} is divisible by {i}")
            break
    else:
        print(f"{n} is prime")

find_divisor(15)
find_divisor(17)
```

output

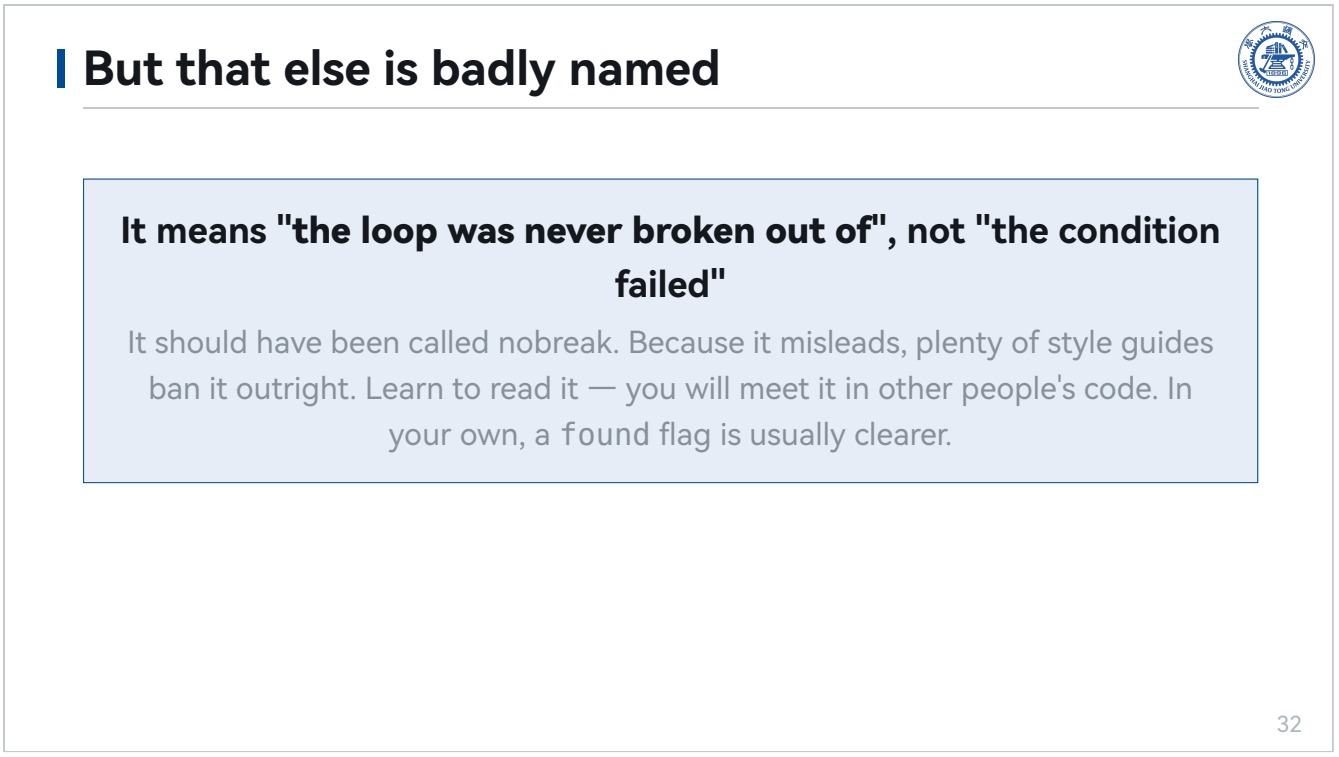
```
15 is divisible by 3
17 is prime
```

The `else` runs when the loop **finishes normally**; a `break` skips it.

31

Slide 31 · Loops have an else too

> 这是 Python 特有的语法，很多人写了几年也不知道。
>
> 规则只有一条：循环正常跑完，else 执行；被 break 打断，else 不执行。
>
> 这里 15 在 i 等于 3 时找到因数，break 出去，else 不执行；17 一直找到底也没找到因数，循环正常结束，else 执行，打印「是质数」。
>
> 它顶掉的是一个 flag 变量。不用 for-else 的写法要先设 found = False，找到就置 True 并 break，循环后再判断 flag。for-else 省掉了这个变量。



Slide 32 · But that else is badly named

> else 这个词在 if 语句里的意思是「条件不成立」，在循环里的意思完全不同，是「没被 break 打断」。同一个关键字两种含义，这是一个公认的设计失误。
>
> Python 之父 Guido 后来也说过，如果重来一次不会这么设计。社区里有人建议改叫 nobreak，但改关键字会破坏兼容性，所以一直没改。
>
> 这门课的要求是：**看得懂就行。** 读别人的代码会遇到它，读不懂会误判逻辑。但自己写的时候，多一个 found 变量换来读者不困惑，这笔交易是划算的。

PART 3 OF 5

Bitwise operators

ONE BIT AT A TIME

Six bitwise operators

- & **AND** 按位与 — 1 only where both bits are 1
- | **OR** 按位或 — 1 where either bit is 1
- ^ **XOR** 按位异或 — 1 where the two bits differ
- ~ **NOT** 按位取反 — every 0 becomes 1, every 1 becomes 0
- << **left shift** — shift left, pad with 0. One place left is ×2
- >> **right shift** — shift right. One place right is floor-÷2

They turn the integer into binary and work **bit by bit**.

34

Slide 34 · Six bitwise operators

> 第 2 讲说过一切都是 bit。位运算符就是直接操作这些 bit 的工具。
>
> 前四个是逻辑运算，逐位进行：与、或、异或、取反。异或的规则是「不同为 1」，它有一个有用的性质——一个数异或同一个数两次会变回自己，加密和交换变量都用得上。
>
> 后两个是移位。左移一位相当于乘 2，右移一位相当于整除 2，道理和十进制里小数点移位相当于乘除 10 一样。
>
> 这一段内容不多，但最后那个优先级的坑必须讲。

Work through it bit by bit

line the bits up

```
1  a, b = 0b1100, 0b1010     # 12 and 10
2
3  print(f"a     = {a:04b}")
4  print(f"b     = {b:04b}")
5  print(f"a & b = {a & b:04b}  = {a & b}")
6  print(f"a | b = {a | b:04b}  = {a | b}")
7  print(f"a ^ b = {a ^ b:04b}  = {a ^ b}")
```

output

```
a     = 1100
b     = 1010
a & b = 1000  = 8
a | b = 1110  = 14
a ^ b = 0110  = 6
```

这里用了第 3 讲的 `{值:04b}` —— **补零到 4 位**，位与位才对得齐。

35

Slide 35 · Work through it bit by bit

> 把 a 和 b 按二进制对齐打出来，逐列比对就能看清楚每个运算符做了什么。
>
> 与：只有第一列两个都是 1，所以结果是 1000。 或：有 1 就是 1，结果是 1010。 异或：不同才是 1，第二列和第四列不同，结果是 0110。
>
> 这一页的关键其实是格式说明 04b。不补零到同样的位数，位和位就对不齐，这种表就没法看。第 3 讲讲过这个写法，这里是它的第一个实际用途。

Shifting, and one trick worth keeping

n & 1 tests parity

```
1  n = 5
2  print(n, "<< 1 =", n << 1)     # times 2
3  print(n, ">> 1 =", n >> 1)     # floor-divide by 2
4
5  for k in [7, 8, 9, 10]:
6      print(k, "odd" if k & 1 else "even")
```

output

```
5 << 1 = 10
5 >> 1 = 2
7 odd
8 even
9 odd
10 even
```

`n & 1` takes the **lowest bit**: if it is 1, the number is odd.

Slide 36 · Shifting, and one trick worth keeping

左移一位等于乘 2，右移一位等于整除 2。注意是整除——5 右移一位得 2 不是 2.5。

下面那个是位运算最常见的实用技巧：n & 1 把除了最低位以外全部清零，只留最低位。二进制里最低位是 1 就是奇数。

它和 n % 2 == 1 完全等价。理论上位运算更快，但在 Python 里差别小到测不出来。

可读性优先，平时用 % 就好。 讲它是因为你会在别人的代码里读到，尤其是从 C 移植过来的那些。

Bitwise precedence trips people at both ends

错

```
8 & 4 + 1
# not (8 & 4) + 1 = 1
# but 8 & 5 = 0

1 << 2 + 3
# not (1 << 2) + 3 = 7
# but 1 << 5 = 32
```

对

```
(8 & 4) + 1

(1 << 2) + 3

# always parenthesize
```

结合顺序是：`+ -` 和 `<< >>` **紧于** `& ^ |`，而 `& ^ |` 又紧于比较运算符。

别去背这张表。位运算和别的运算符放在一起，一律加括号。

37

Slide 37 · Bitwise precedence trips people at both ends

> 算术运算符比位运算符结合得更紧，这一点非常反直觉，因为在多数人的心理模型里位运算是「更底层」的，应该更紧。
>
> 8 & 4 + 1 里，加法先算，变成 8 & 5，结果是 0。如果你以为是 (8 & 4) + 1，你会期待 1。
>
> 往比较那头看反而符合直觉，n & 1 == 1 确实是先算与。但这一点和 C 语言相反——C 里比较优先级更高，同一行代码在两种语言里含义不同。从 C 移植代码时这是个真实的坑。
>
> 结论很简单：不要背优先级表，加括号。

More on functions

Default arguments: the caller may leave one out

default values

```
1  def greet(name, greeting="Hello"):
2      return f"{greeting}, {name}"
3
4  print(greet("Alice"))
5  print(greet("Alice", "Good morning"))
```

output

```
Hello, Alice
Good morning, Alice
```

Give a parameter a default and **the caller can omit it**.

39

Slide 39 · Default arguments: the caller may leave one out

> 在参数后面写等号和一个值，就给了它默认值。调用时不传这个参数，就用默认值；传了就用传的。
>
> 默认参数的价值在于：一个函数可以同时服务「大多数情况」和「需要定制的情况」，而调用方在大多数情况下不需要关心那些参数。
>
> 你已经用过默认参数了：第 3 讲的 print(..., sep=" ", end="\n")，那两个就是有默认值的参数。

Defaulted parameters must come last

wrong order

```
1  def bad(greeting="Hello", name):
2      return f"{greeting}, {name}"
```

traceback

```
File "example.py", line 1
    def bad(greeting="Hello", name):
                              ^^^^
SyntaxError: parameter without a default follows parameter with a default
```

报错是 **SyntaxError** —— 这是语法规定，连定义都通不过。

40

Slide 40 · Defaulted parameters must come last

> 有默认值的参数必须排在没默认值的后面，否则连函数定义这一步都过不去，直接语法错误。
>
> 原因想一下就明白：如果允许 def bad(greeting="你好", name)，那么调用 bad("张三") 时，那个 "张三" 该给谁？按位置它该给 greeting，可 name 又没有默认值不能空着。规则冲突，所以语言直接禁止这种写法。
>
> 这是这一讲里少数几个**在写的时候就报错**的错误之一，改起来很快。

Never default to a mutable object

错

```
def add_item(item, box=[]):
    box.append(item)
    return box

# that [] is created once,
# and every call shares it
```

对

```
def add_item(item, box=None):
    if box is None:
        box = []
    box.append(item)
    return box
```

A default is evaluated once, at definition time. The full story is in L14.

左边那个函数**第二次调用时会带着上一次的东西**。

41

Slide 41 · Never default to a mutable object

> 这是 Python 最有名的几个坑之一，几乎每个用 Python 超过一年的人都踩过一次。
>
> 问题出在「默认值什么时候创建」。那个空列表是在 def 这一行执行的时候创建的，也就是整个程序里只创建一次。之后每次调用不传 box，用的都是同一个列表——上一次 append 进去的东西还在里面。
>
> 正确写法是用 None 当默认值，进函数后再判断、再创建。这样每次调用都是一个新列表。
>
> 列表是第 5 讲的内容，完整解释在第 14 讲。现在记住这条结论就够了：**默认值只用不可变的东西**——数、字符串、None、布尔值。

Keyword arguments and positional ones

three ways to call it

```
1  def describe(name, age, city):
2      return f"{name}, {age}, from {city}"
3
4  print(describe("Alice", 18, "Shanghai"))
5  print(describe(name="Alice", age=18, city="Shanghai"))
6  print(describe("Alice", city="Shanghai", age=18))
```

output

```
Alice, 18, from Shanghai
Alice, 18, from Shanghai
Alice, 18, from Shanghai
```

混用时**位置参数必须在前**。

Slide 42 · Keyword arguments and positional ones

三种调用方式结果完全一样。第一种按位置，第二种全部按名字，第三种混用。

混用时位置参数必须写在前面。这条规则的道理是：Python 得先把按位置对应的那些认领完，剩下的才能按名字分配。如果位置参数夹在关键字参数中间，它该对应第几个就说不清了。

什么时候用哪种，有个经验：参数只有一两个、含义很明显时用位置；参数多、或者有几个类型相同容易搞混时用名字。

*args gathers the extra positional arguments into a tuple

when you do not know how many

```
1  def total(*numbers):
2      print("got:", numbers)
3      return sum(numbers)
4
5  print(total(1, 2, 3))
6  print(total(1, 2, 3, 4, 5))
7  print(total())
```

output

```
got: (1, 2, 3)
6
got: (1, 2, 3, 4, 5)
15
got: ()
0
```

One star collects every positional argument into a **tuple**. Zero of them is fine.

Slide 43 · *args gathers the extra positional arguments into a tuple

> 参数个数事先不确定的时候用它。一个星号加一个名字，调用时给多少个位置参数，都会被打包成一个元组交给它。
>
> 注意 type 打出来是 tuple，元组，第 6 讲讲。现在把它当成一个「不能改的列表」理解就够了。
>
> 一个也不传也可以，收到的是空元组，sum 得 0。
>
> 你已经用过接受任意多个参数的函数了：print、max、min 都是。

**kwargs gathers the keyword arguments into a dict

the order is fixed: plain -> *args -> **kwargs

```
1  def show(first, *rest, **opts):
2      print("first =", first)
3      print("rest  =", rest)
4      print("opts  =", opts)
5
6  show(1, 2, 3, mode="fast", retry=2)
```

output

```
first = 1
rest  = (2, 3)
opts  = {'mode': 'fast', 'retry': 2}
```

Two stars collect the keyword arguments into a **dict**. `args` and `kwargs` are only customary names — * and ** are the syntax.

44

Slide 44 · **kwargs gathers the keyword arguments into a dict

两个星号把所有没被认领的关键字参数收成一个字典，键是参数名，值是传进来的值。字典是第 6 讲的内容。

三种参数可以一起用，顺序是固定的：普通参数、然后 *args、最后 **kwargs。

这里 1 给了 first，2 和 3 被 rest 收走，两个关键字参数被 opts 收走。

args 和 kwargs 这两个名字没有语法意义，换成别的也能跑。但**请沿用它们**——所有人都这么写，换名字只会让读者多花时间确认你没有别的用意。

Python has no function overloading

the later def wins

```
def f(x):
    return x * 2
def f(x, y):
    return x + y
print(f(3))   # the one-argument f is gone
```

traceback

```
Traceback (most recent call last):
  File "example.py", line 5, in <module>
    print(f(3))   # the one-argument f is gone
          ~^^^
TypeError: f() missing 1 required positional argument: 'y'
```

同名函数，后定义的直接盖掉前面的，不管参数长得一样不一样。

45

Slide 45 · Python has no function overloading

> 这和 C++、Java 不同。那些语言里同名不同参数的函数可以共存，叫重载。Python 没有这个机制。
>
> 在 Python 里，def 本质上是一个赋值：把函数体绑到那个名字上。第二个 def f 就是把 f 重新绑到新函数上，原来那个没人引用了，就消失了。这和 x = 1 之后 x = 2 是一回事。
>
> 所以 f(3, 4) 正常，f(3) 报 TypeError，说少了一个参数。
>
> 想「根据参数个数做不同的事」，用默认参数或者 *args。
>
> 实践中的影响：**一个文件里不要有两个同名函数。**复制粘贴改一改的时候特别容易犯，而且不报错，只是有一个函数悄悄失效了。

Type hints and indentation

Annotate the parameters and the return value

Python 3.5 and later

```
1  def c_to_f(c: float) -> float:
2      return c * 9 / 5 + 32
3
4  print(c_to_f(37))
```

output

```
98.6
```

`c: float` says the argument should be a float; `-> float` says a float comes back.

Slide 47 · Annotate the parameters and the return value

> 冒号后面写参数的类型，箭头后面写返回值的类型。这个语法从 Python 3.5 开始有。
>
> 读法是：这个函数接受一个浮点数，返回一个浮点数。不需要读函数体就知道它的接口长什么样。
>
> 下一页有一个重要的限制。

Python does not enforce them

try passing a string

```python
def c_to_f(c: float) -> float:
    return c * 9 / 5 + 32
print(c_to_f("37"))
```

traceback

```
Traceback (most recent call last):
  File "example.py", line 3, in <module>
    print(c_to_f("37"))
          ~~~~~~^^^^^^
  File "example.py", line 2, in c_to_f
    return c * 9 / 5 + 32
           ~~~~~~^~~
TypeError: unsupported operand type(s) for /: 'str' and 'int'
```

标注不是检查。 类型传错照样跑，直到真正用到它的那一行才报错。

48

Slide 48 · Python does not enforce them

> 传一个字符串进去，Python 一声不吭地接受了，直到执行到乘法那一行才报错。
>
> 这一点必须说清楚：类型标注对 Python 解释器来说基本是注释，它不做任何检查。写了标注不等于类型安全。
>
> 报错信息是 can't multiply sequence by non-int of type 'float'——注意它说的是字符串乘法的问题，完全没提你标注了 float。
>
> 既然不强制，为什么还要写？下一页。

THREE REASONS

So why bother writing them

- **One: they are documentation that cannot go stale.**
  - A comment drifts away from the code. An annotation sits on the parameter
- **Two: your editor can use them.**
  - Completion gets sharper, and silly mistakes are underlined as you type
- **Three: they are the spec you hand an AI.**
  - Write the signature and the types first, let the AI fill the body — far more precise than a paragraph of prose

三条理由，**一条比一条重要**。

Slide 49 · So why bother writing them

第一条，文档不会过期。写在注释里的「这个参数是个整数」，改代码时很容易忘记同步，于是注释开始骗人。类型标注就在参数旁边，改参数时不可能看不见。

第二条，工具能用上它。VS Code 装了 Python 扩展之后，有标注的函数会有更准的补全，传错类型当场标红，不用等运行。

第三条第 15 讲会展开。现在建立一个意识：当你让 AI 写一个函数，最有效的做法不是描述一段话，而是先把签名和类型写出来让它填实现。下一页有例子。

Three lines beat a hundred words of prose

What goes in, what comes out, what it does — **all three lines say it**.

a spec an AI can read

```python
def merge_sorted(a: list[int], b: list[int]) -> list[int]:
    """Merge two sorted integer lists into one sorted list."""
    ...
```

从这一讲起，讲义里的函数示例和参考解答都会带类型标注。

50

Slide 50 · Three lines beat a hundred words of prose

> 这三行就是一份完整的规格：两个参数都是整数列表，返回值也是整数列表，那句文档说明了行为。
>
> 把这三行给 AI，它填出来的实现基本不会跑偏。换成一段自然语言描述——「写一个函数把两个排好序的列表合起来」——它就要猜：元素是什么类型？返回新列表还是改原来的？输入没排序怎么办？
>
> 三个点是 Python 的一个合法语句，表示「这里先空着」，常用在写好签名还没写实现的时候。
>
> 课程约定：**从这一讲开始，讲义和参考解答都会带类型标注。**你的作业不强制要求，但强烈建议养成习惯。

The shapes you will write most

four common signatures

```python
def f1(x: int) -> str:
    return str(x)

def f2(items: list[int]) -> int:
    return sum(items)

def f3(name: str, age: int = 18) -> str:  # default
    return f"{name} is {age}"

def f4(x: float) -> None:                 # no return
    print(x)

print(f1(42), f2([1, 2, 3]), f3("Ada"))
```

output

```
42 6 Ada is 18
```

没有返回值就标 -> None —— 呼应第 3 讲：**没有 return 的函数返回 None。**

51

Slide 51 · The shapes you will write most

> 四个例子覆盖了你现在会用到的绝大多数情况。
>
> f2 里的 list[int] 表示「元素是整数的列表」。方括号里写元素类型，这个写法在 dict、tuple 上也一样。
>
> f3 说明默认值和类型标注可以一起写，顺序是参数名、冒号、类型、等号、默认值。
>
> f4 标了 -> None。第 3 讲讲过，没有 return 的函数返回 None，所以它的返回类型就是 None。**不要因为「没有返回值」就不写**，写出来才说明你是有意为之，而不是忘了。

Back to the opening: four spaces apart

"done" outside the for

```
for s in [50, 70, 90]:
    if s >= 60:
        print(s, "pass")
print("done")
```

output

```
70 pass
90 pass
done
```

"done" inside the for

```
for s in [50, 70, 90]:
    if s >= 60:
        print(s, "pass")
    print("done")
```

output

```
done
70 pass
done
90 pass
done
```

两段都不报错。 一个打印一次，一个每轮都打印。

52

Slide 52 · Back to the opening: four spaces apart

这就是开场那道题。

左边的 print 顶格写在 for 外面，整个循环跑完才执行一次。右边缩进了四个空格，属于循环体，每一轮都执行，跑了三轮就打三遍。

注意右边输出的**顺序**：第一行就是「检查完毕」。因为 50 那一轮虽然不及格、不打印「及格」，但循环体里那句 print 照样执行。

关键在于**两段都不报错**。Python 认为两种缩进都是合法的程序，只是含义不同。你得自己看出来。

这是 Python 用缩进划分代码块所付出的代价：缩进错了，程序的含义就变了，而且往往不报错。

对应的习惯是：**写完循环，回头确认每一行的缩进层级是你要的那一层。**尤其是循环体最后几行。

Never mix tabs and spaces

错

```
def f():
    print(1)      # 4 spaces
    print(2)      # one tab

# TabError
```

对

```
def f():
    print(1)
    print(2)

# 4 spaces throughout
```

Tab 和四个空格在屏幕上可能一样宽，Python 却认为它们不同，会报 `TabError: inconsistent use of tabs and spaces in indentation`。

VS Code 默认把 Tab 转成空格。**从网上抄代码最容易撞上这个。**

Slide 53 · Never mix tabs and spaces

这是一个纯粹的低级错误，但它值得单独讲一页，因为它在屏幕上看不出来——两种缩进渲染出来可能一模一样。

解决办法只有一条：统一用 4 个空格。VS Code 默认会把 Tab 键转成空格，自己敲一般不会出问题。

出问题的场景基本都是复制粘贴：从网页、PDF 或者别人的代码里复制一段过来，里面混着 Tab。遇到 TabError，把那几行整个删掉重新敲一遍最快。

另外，VS Code 可以打开「显示空白字符」，Tab 和空格就能看出区别了。

随堂小测 · 第 2 轮

扫码作答 —— 这一轮五题

1 score = 95 会打印什么　2 这段循环打印什么
3 6 & 3 + 1 的值　4 *rest 收到的是什么
5 回收开场那道题

今天五个落点各一题。一题一题放，答完一题公布一题。

https://taohuang.info/cs1602/zh/quiz/4

54

Slide 54 · 随堂小测 · 第 2 轮

第二轮小测，五道题，把今天几段各收一次。我一题一题地放，每题答完当场公布。

【第 1 题 · 下面这段代码，输入 95 会打印什么？】

考的是「第一个为真的分支被执行」这条规则，以及分支顺序写反的后果。

解这类题的方法是从上往下逐个分支代入，遇到第一个为真的就停，后面的一律不看。

如果这道题的正确率不高，回去把闰年那三种写法再读一遍。

【第 2 题 · 下面这段循环打印什么？】

考的是 break、continue 和循环 else 三者的配合。

解法是老老实实按轮次模拟：每一轮 i 是多少、走到哪一句、是跳过本轮还是跳出整个循环。循环的题不能靠猜，要在纸上走一遍。

这个「在纸上模拟执行」的习惯，后面讲递归时会更加重要。

【第 3 题 · 6 & 3 + 1 的值是多少？】

考的就是上一页那个优先级。加法比按位与结合得紧，所以先算 3 + 1 得 4，再算 6 & 4。

6 是二进制 110，4 是 100，按位与得 100，也就是 4。

如果按 (6 & 3) + 1 算，6 & 3 是 110 与 011 得 010 也就是 2，加 1 得 3。两个答案都在选项里。

【第 4 题 · `show(1, 2, mode="fast")` 里，`rest` 是什么？】

考的是三种参数怎么分配。规则是：先按位置把普通参数填满，剩下的位置参数进 *args，所有关键字参数进 **kwargs。

1 给 first，2 进 rest，mode 进 opts。所以 rest 是只有一个元素的元组。

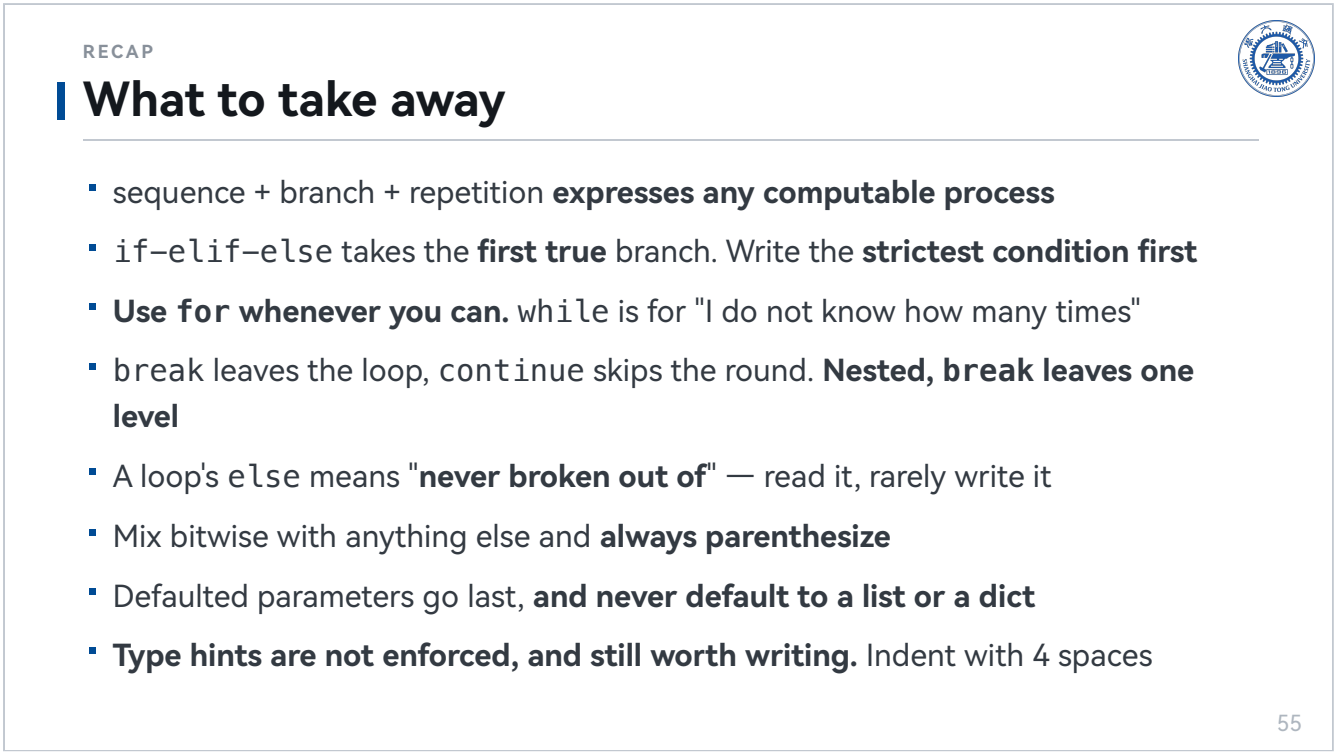
注意单元素元组的写法是 (2,) 带一个逗号，不带逗号的 (2) 只是加了括号的整数 2。第 6 讲会讲这个细节。

【第 5 题 · 回到开场那道题 —— 两段的输出差多少？】

回到开场那道题。先公布现在这一轮的结果，再把开课时那一轮放出来。

左边打印两行「及格」加一行「检查完毕」，共三行；右边打印两行「及格」和三行「检查完毕」，共五行。两段都不报错。

如果开课时有不少人认为其中一段会报错，现在没有了，这一段就讲到位了。



Slide 55 · What to take away

八条。第二条和第四条是这一讲最容易在实际写代码时出问题的，而且都不报错。

第三条会跟着你整个学期。从第 5 讲开始，几乎每一段代码里都会有 for。

第七条那个可变默认值的坑，第 5 讲讲完列表之后会更有体会，完整解释在第 14 讲。

第八条的类型提示从今天开始是课程约定，本周的实验要求所有函数都带类型标注。

LAB 4

Lab 4 — 七道题，条件与循环

- **4-1** `grade(score)` 成绩分级 —— **注意分支顺序**
- **4-2** `digit_sum(n)` 各位数字之和，**不许转成字符串**
- **4-3** `is_prime(n)` 判断质数
- **4-4** `collatz_steps(n)` 考拉兹步数：偶数除 2，奇数乘 3 加 1
- **4-5** `triangle(n)` 打印星号三角形，**末尾不要换行**
- **4-6** 猜数游戏 —— 写一个**程序**，不是函数
- **4-7** `hanoi_steps(n)` 汉诺塔最少步数 · **下周个人作业 1 的预热**

另有 **B 段**和 **C 段**（命令行，**期末要考**）。**从这次开始，所有函数都要求写类型提示。**

Slide 56 · Lab 4 — 七道题，条件与循环

A 段七道题。

4-1 考的是分支顺序：多路分支要从最严格的条件开始写，写反了前面那条会把后面的全吃掉，而且不报错。

4-2 不许转成字符串，就是逼你用今天讲的整除和取余把数位一位位剥出来。4-3 和 4-4 都是典型的循环题，4-4 那个式子还有个额外的好处：至今没人证明它对所有正整数都会停下来。

4-5 用到第 3 讲的格式说明，把宽度和对齐结合起来才排得整齐；注意末尾不要多一个换行，判题是按字符比的。

4-7 是下周个人作业 1 的预热——汉诺塔。这周只要求算出最少步数，先把规律找出来，下周再写完整的解。

从这次开始，所有函数都要求写类型提示，这是课程约定。

A 段之外还有 B 段和 C 段，三段同时开放。C 段是命令行基本功，期末要考。

交到「小作业 2」——它覆盖第 4 到 6 周，10 月 27 日截止。

Next time

You can repeat now. But the data is still scattered

L5: lists. Until today you handled one value at a time. With a list, a whole batch becomes one thing you can pass, compute with and store.

Slide 57 · Next time

> 这一讲的循环解决了「重复做一件事」，但每次处理的还是单个的值。
>
> 下一讲讲列表——把一批数据装在一起，当成一个东西来传递和处理。循环和列表是天生一对：循环负责逐个处理，列表负责装。
>
> 今天讲的 for 在下一讲会立刻变成主力。今天提到但没展开的元组、字典，第 6 讲讲。
>
> 另外，今天那个「默认值不要用可变对象」的坑，下一讲学完列表之后你就能真正理解它为什么危险了。