程序设计基本元素

Slides adapted from Berkeley CS61a, Online textbook: http://composingprograms.com/

有了理论就够了吗？

- 我们有了编程的理论基石，所以我们就可以顺利地编出想要的程序了吗？
  - 手搓图灵机？ `0000001100001001010010101010100101000000000`
  - 还是手搓λ公式？ $\lambda x.\lambda y.\lambda z.\lambda m.\lambda n.\lambda p.\lambda q.(\ldots)(\ldots)(\ldots)(\ldots)$

我们关心的 vs 实际的

$$x \div y$$

vs

$(q_5, 1, R, q_0)$	$(q_0, 1, R, q_0)$	$(q_0, 0, L, q_1)$	$(q_1, 1, b, q_2)$	$(q_2, 0, L, q_3)$
$(q_3, 1, R, q_4)$	$(q_4, 0, R, q_4)$	$(q_4, 1, b, q_5)$	$(q_5, 0, R, q_6)$	$(q_6, 1, L, q_1)$
$(q_1, 0, L, q_1)$	$(q_3, 0, R, q_7)$	$(q_7, 0, R, q_7)$	$(q_7, 1, b, q_8)$	$(q_8, 0, R, q_9)$
$(q_9, 1, b, q_8)$	$(q_9, 0, L, q_h)$	$(q_6, 0, L, q_h)$		

我们关心的 vs 实际的

n--

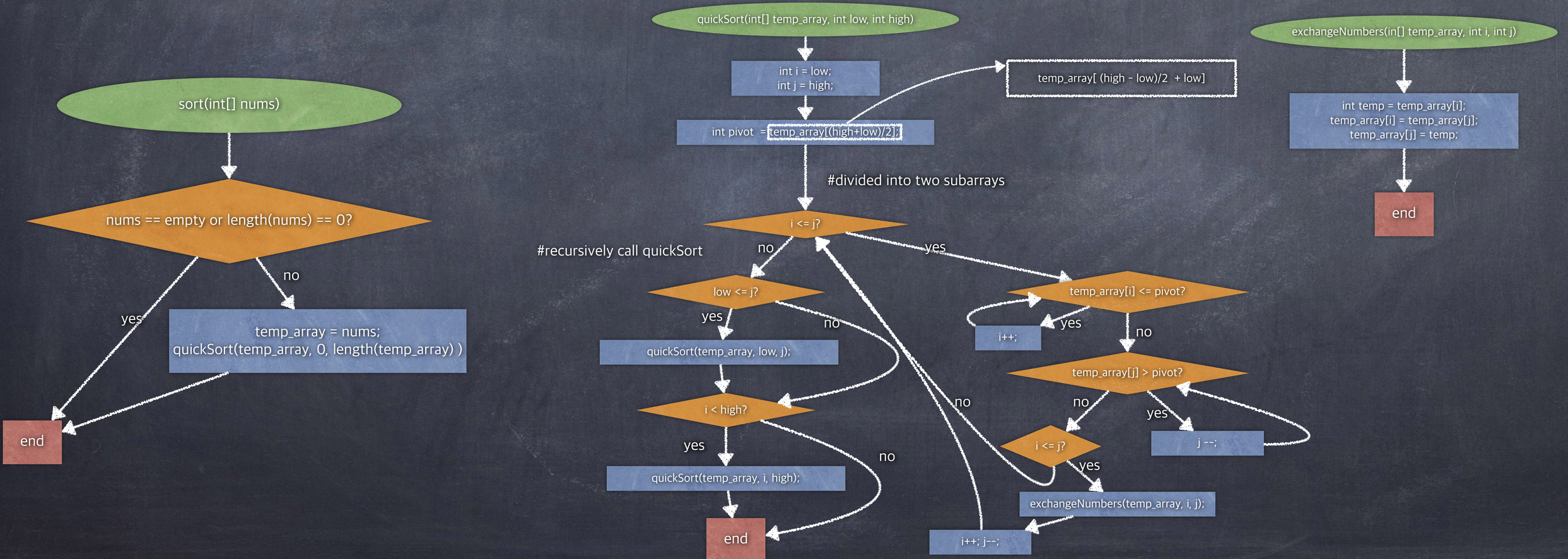
vs

$$\left(\lambda n\,.\,\lambda f\,.\,\lambda x\,.\,n\ (\lambda g\,.\,\lambda h\,.\,h\ (g\ f))(\lambda u\,.\,x)(\lambda u\,.\,u)\right)(\lambda f\,.\,\lambda x\,.\,f^{n}\ x)$$

现实问题是复杂的

考虑如下场景

给定一个整数序列，我们让其按照大小进行排序



考虑如下场景

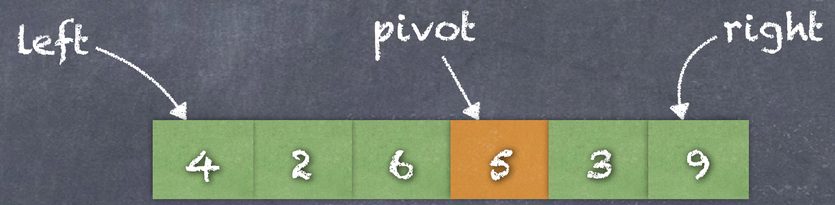
步骤1：挑选一个pivot

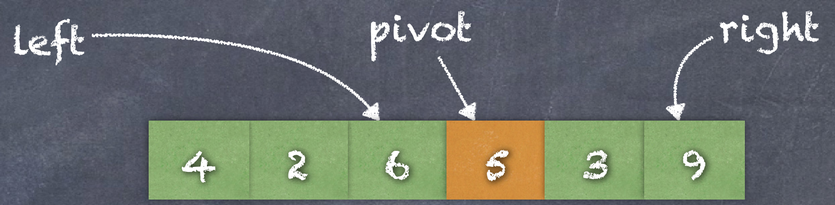
步骤2：移动指针直到找到一个大于pivot的值

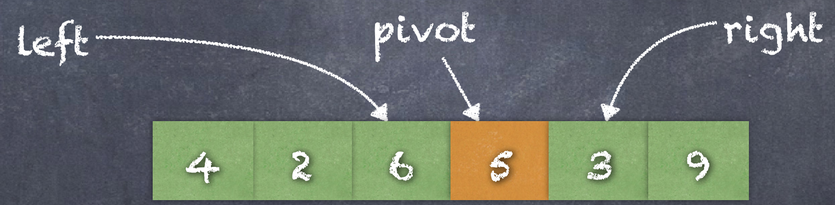
步骤3：移动指针直到找到一个小于pivot的值

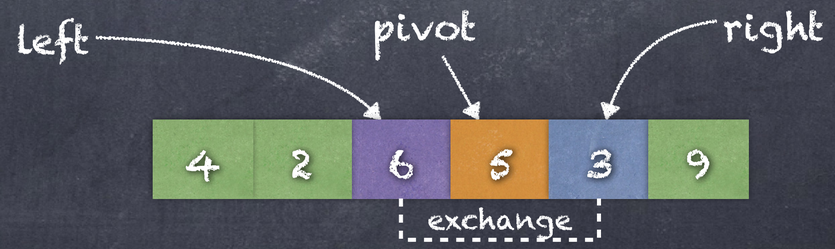
步骤4：交换这两个指针的值

步骤5：重复上述过程，直至两个指针相遇或者交叉









注意力是有限的

- 如果把精力都用在处理图灵机这样繁琐的步骤，那么更高层面的复杂事物将无法构建。
- 此外，大量底层的繁琐步骤实际是重复的，我们应该避免这种重复。（Don't Repeat Yourself原则，即DRY）

复杂带来的额外问题

- 易错性！
- 人是会犯错误的，代码写的越多，错误的可能性就越高。
- 而如果我们在一些重复性的事情上犯了错误，那这个错误是"价值"不高的。
  - 因为如果我们可以避免重复，那我们完全可以避免此类错误！

复杂带来的额外问题

- 易错性！

注：在一些不良的编程范式下（比如乱用GOTO语句），正确率会更小

- Dijkstra 在《Structured Programming》里说到，如果一个程序的一个子模块的正确性是P，那么整个程序的正确性是P^n。

- 因此，程序规模越大，越容易出错，而不停的重复只会加大错误率。

Edsger Wybe Dijkstra

可维护性问题

- 大量冗余的底层代码是难以维护的！
  - 想象一下修改所有用到减法的地方，使得其支持负数。。。。。

如何构建复杂系统？

如何使得所构建的复杂的系统尽量正确？

如何优化已有代码？

我们缺乏了两方面

- 对数据的高效表示
- 对过程的合理抽象

让我们开始学习更好地编程

程序设计的基本元素

- 现代编程语言一般为我们提供下面三种机制：
  - 基本表达式
  - 组合的方式
  - 抽象的方法

表达式（Expression）

- 一个表达式就是为了表达计算并求值（evaluate）。

$18 + 45$

$f(x)$

$\frac{6}{23}$

$\binom{45}{18}$

$\sqrt{23234578}$

2^{100}

$\sin \pi$

$\sum_{i=1}^{100} i$

$\lim_{x \to \infty} \frac{1}{x}$

$7 \mod 2$

$|-1253|$

$\log_2 1024$

下面我们将以Python作为我们的首个教学语言

其使用者众多，具有成熟的应用生态，简洁，可读性强，并支持多种编程风格

Python中的表达式

- 基本表达式

数字 2

字符串 “Hello!”

名字 add

- 运算表达式

```
1+2
15//3
```

- 调用表达式

```
max(max(2,3), 5*min(-1, 4))
```

Python中的表达式

- 所有的表达式都可以用函数调用的形式表达

Demo

一个表达式的解析

运算符和操作数本身也是表达式

值（Values）

- "值"是可以被程序操作的"实体"，
  - 在程序语言中，值必须是"不可变"的实体，其是"evlaute"的终点！
- 某个"类型"的一个成员就是一个值，因此类型其实就是某些值的集合以及在此之上的可行操作！

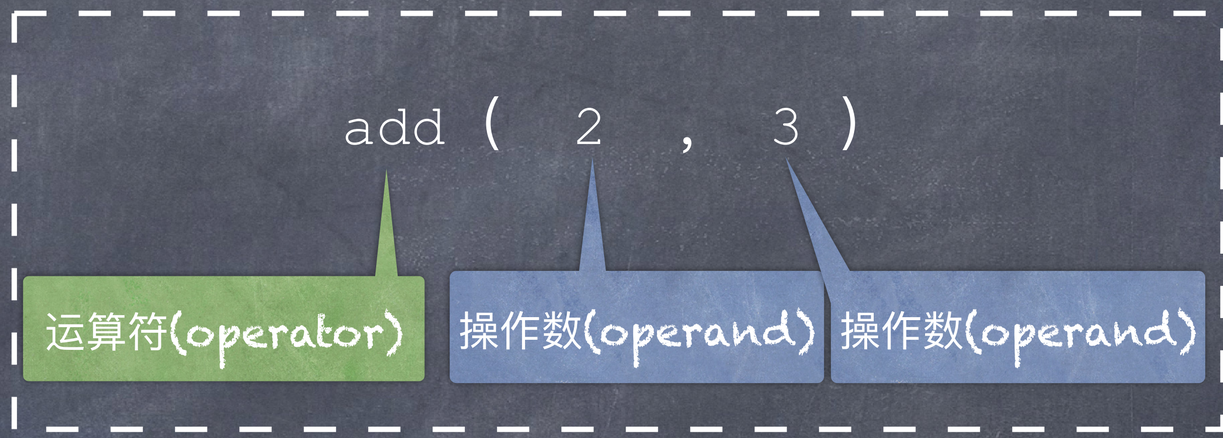
整数(Integers)： 2　44　-3

字符串(Strings)： “Hello!”　“软件工程”

浮点数(Floats)： 3.14　4.5　-2.0

布尔数(Booleans)： True False

表达式求值



- 1. 求值 （ Evaluate ）
  - 对运算符子表达式求值（是什么运算）
  - 对每个操作数子表达式求值（具体值）
- 2. 作用（ Apply ）
  - 将运算符的值应用在操作数的值上 （即将函数作用在具体参数值上）

求值

```
add (add (6,  mul(4, 6)), mul(3, 5))
```

人类求值

我们喜欢由里向外求值

```
add (add (6,  mul(4, 6)), mul(3, 5))
add (add (6,      24    ), mul(3, 5))
add (add (6,      24    ), mul(3, 5))
add (     30            , mul(3, 5))
add (     30            , mul(3, 5))
add (     30            ,    15    )
add (     30            ,    15    )
          45
```

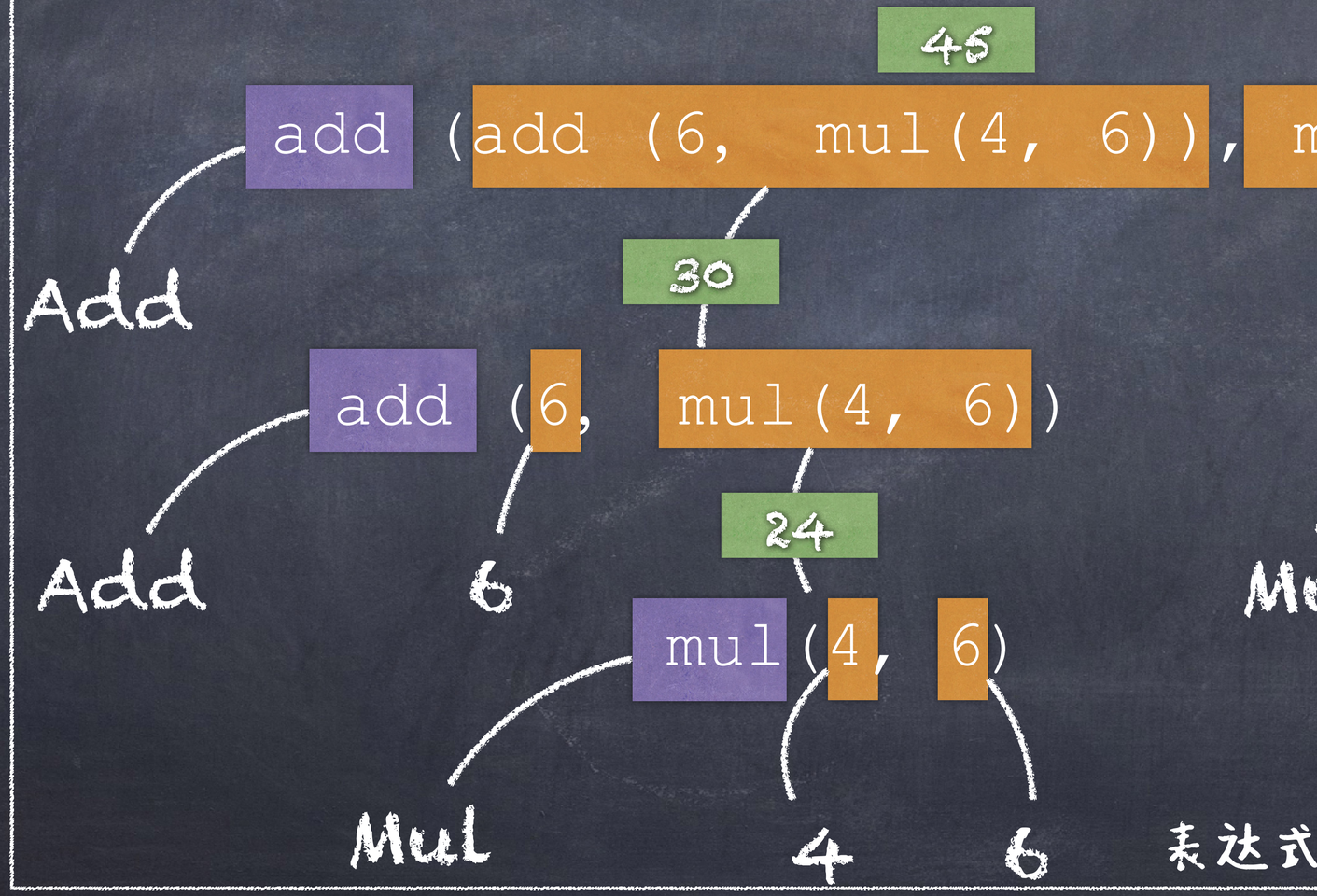
但python做不到

嵌套表达式

1 Evaluate operator

2 Evaluate operator

3 Apply



表达式树（expression tree）

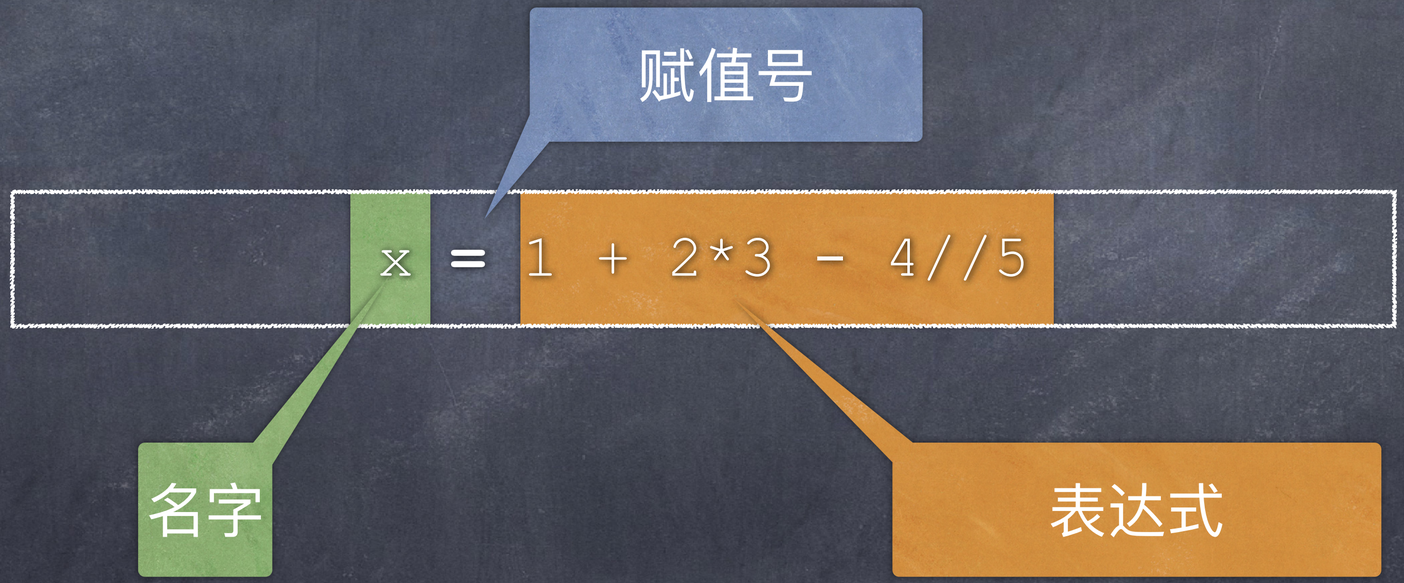
名字（Names）

- 值可以赋予一个名字，使得我们可以更加容易的索引到他们
- 一个名字只能和一个值绑定！

Demo

赋值语句（Assignment Statement）

- 在程序中，一种引入名字的方式就是利用赋值语句



- 注意：赋值并不求值，但是会影响程序

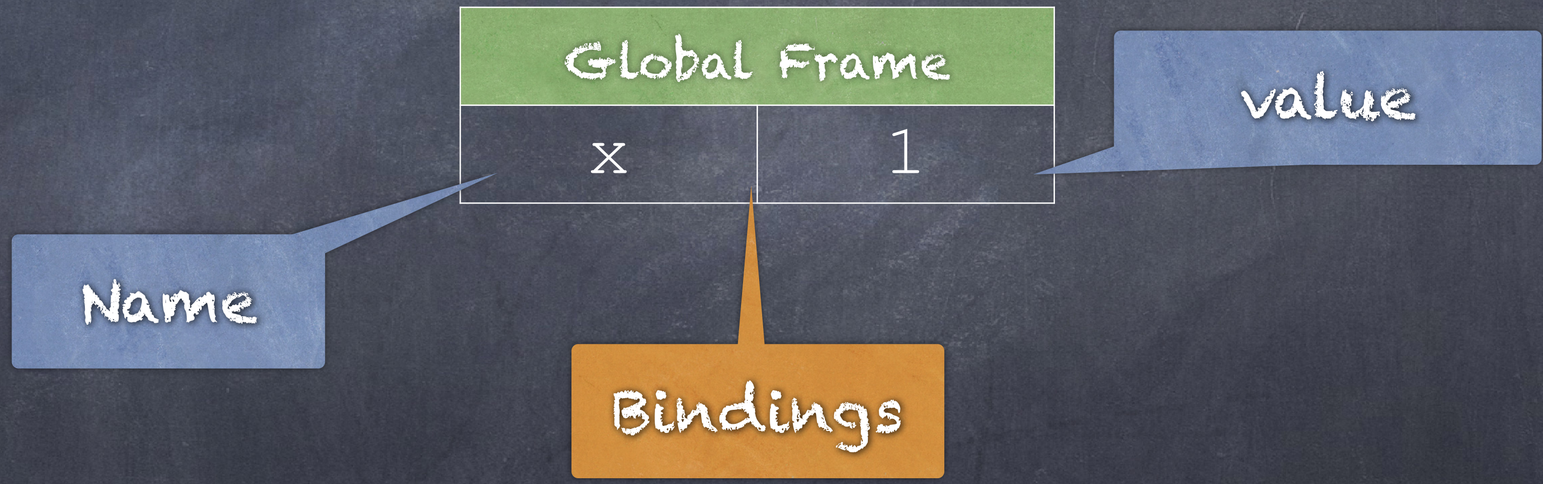
练习

```
>>> f = min
>>> f = max
>>> g, h = min, max
>>> max = g
>>> max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
???
```

赋值

- 名字是在一个环境（Environment）中被一个值所绑定

```
1  x = 1
2  y = 2
3  x = y*2
```



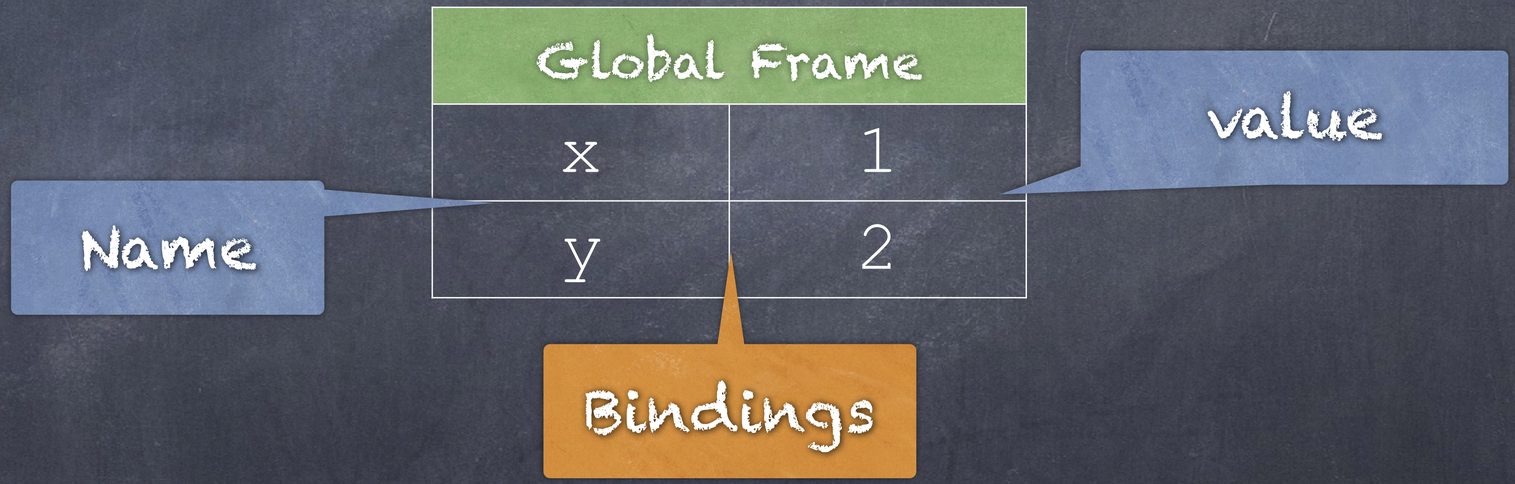
- 执行一个赋值语句：
  1. 对"="号后面的表达式求值
  2. 在当前环境中将该值绑定"="号左边的名字

https://pythontutor.com/

赋值

- 名字是在一个环境（Environment）中被一个值所绑定

```
1   x = 1
2   y = 2
3   x = y*2
```

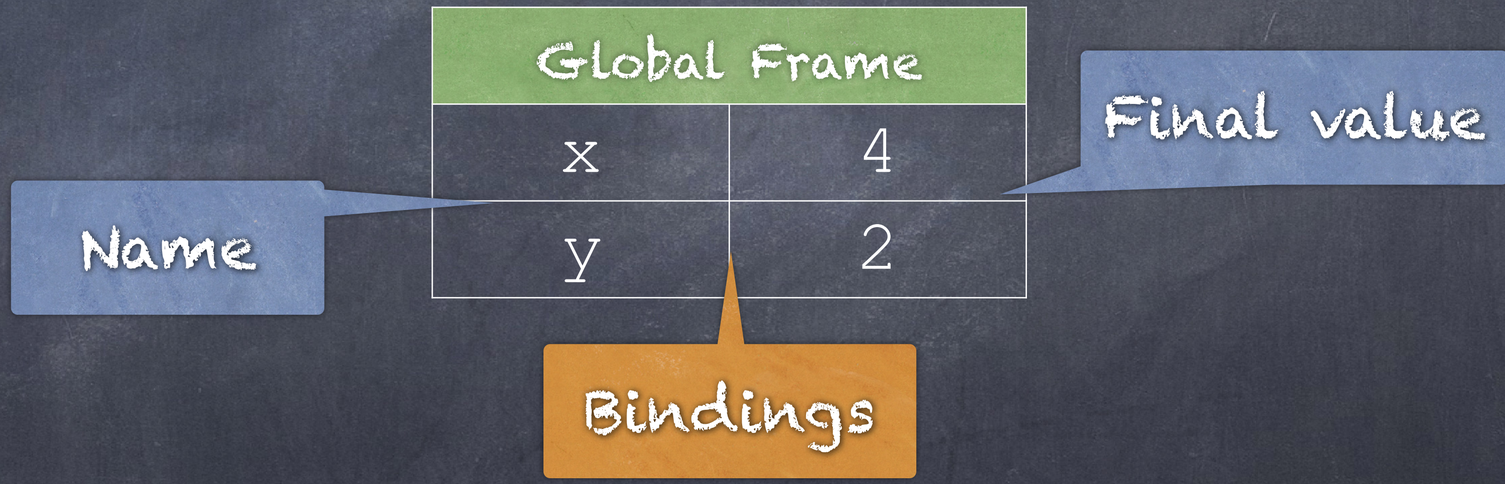


- 执行一个赋值语句：
  1. 对"="号后面的表达式求值
  2. 在当前环境中将该值绑定"="号左边的名字

赋值

- 名字是在一个环境（Environment）中被一个值所绑定

```
1  x = 1
2  y = 2
3  x = y*2
```

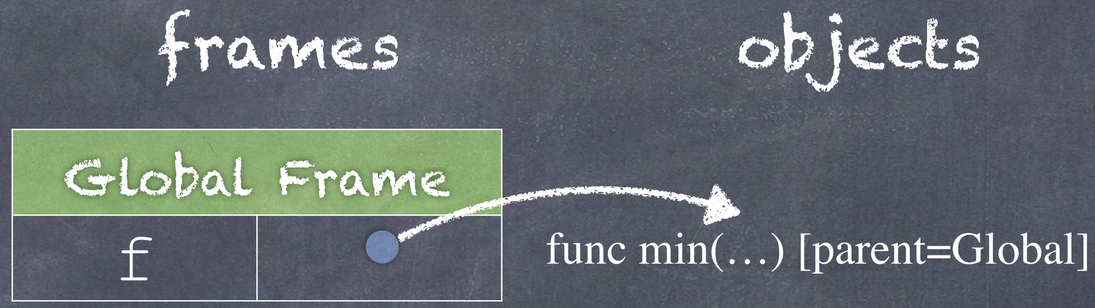


- 执行一个赋值语句：
  1. 对"="号后面的表达式求值
  2. 在当前环境中将该值绑定"="号左边的名字

Demo

回顾之前的例子

```
1  f = min
2  f = max;
3  g, h = min, max
4  max = g
5  max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
```

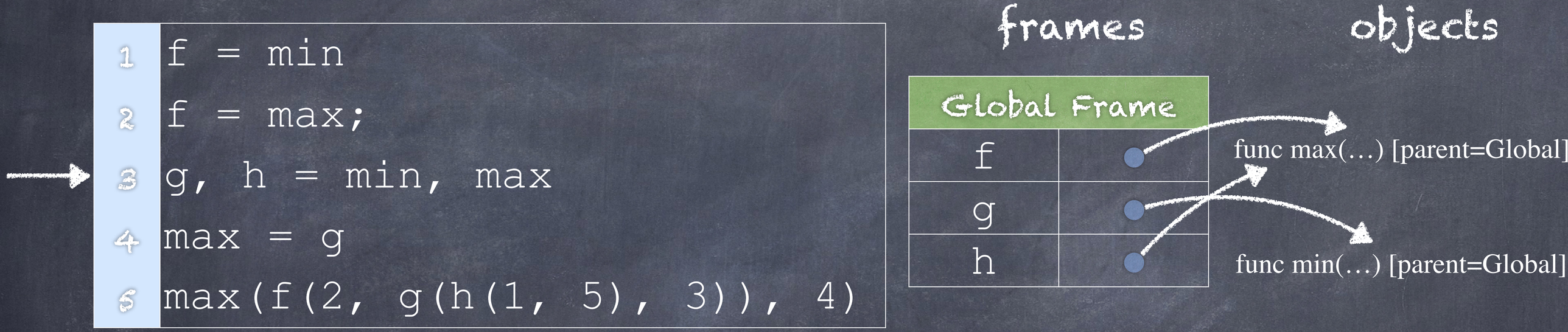


回顾之前的例子

```
1  f = min
2  f = max;
3  g, h = min, max
4  max = g
5  max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
```

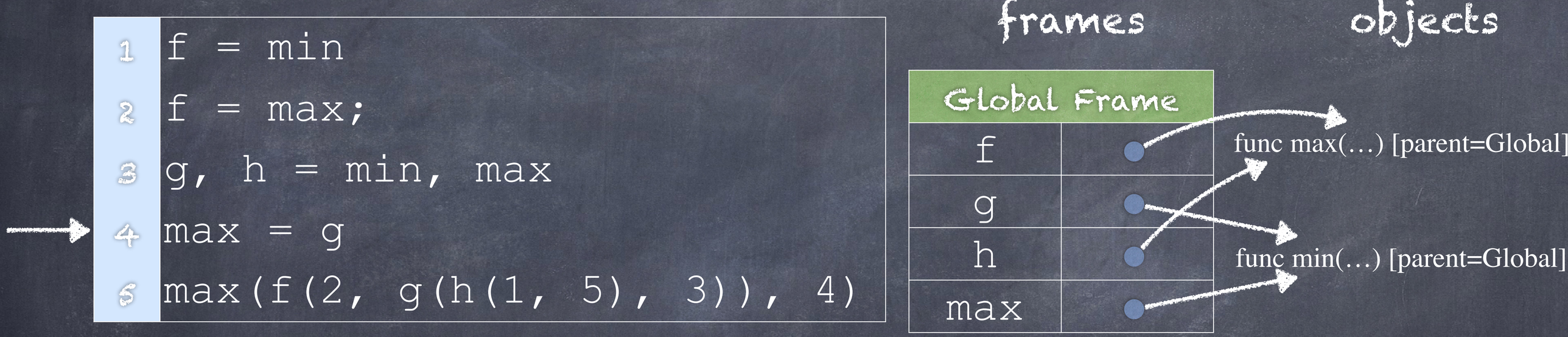
回顾之前的例子

```
1  f = min
2  f = max;
3  g, h = min, max
4  max = g
5  max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
```



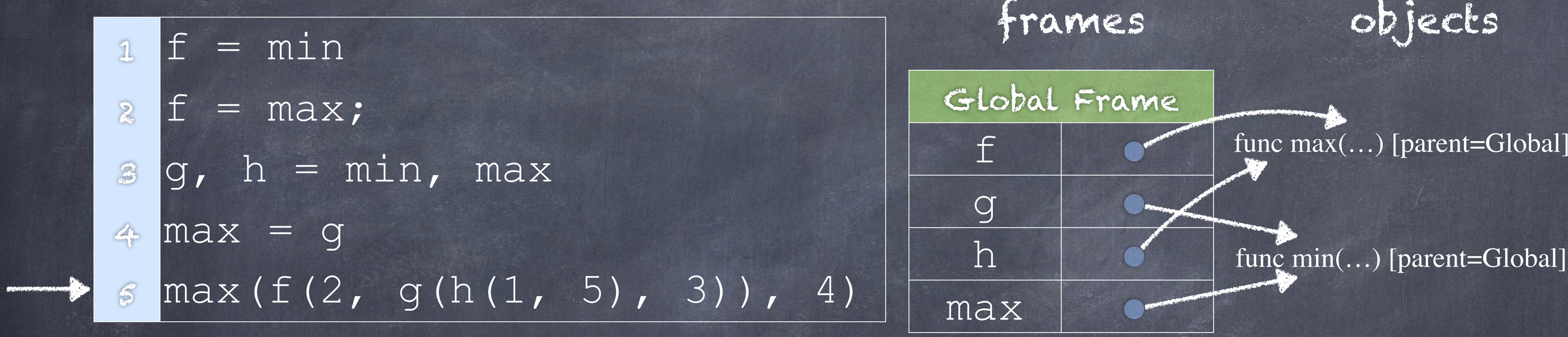
回顾之前的例子

```
1  f = min
2  f = max;
3  g, h = min, max
4  max = g
5  max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
```

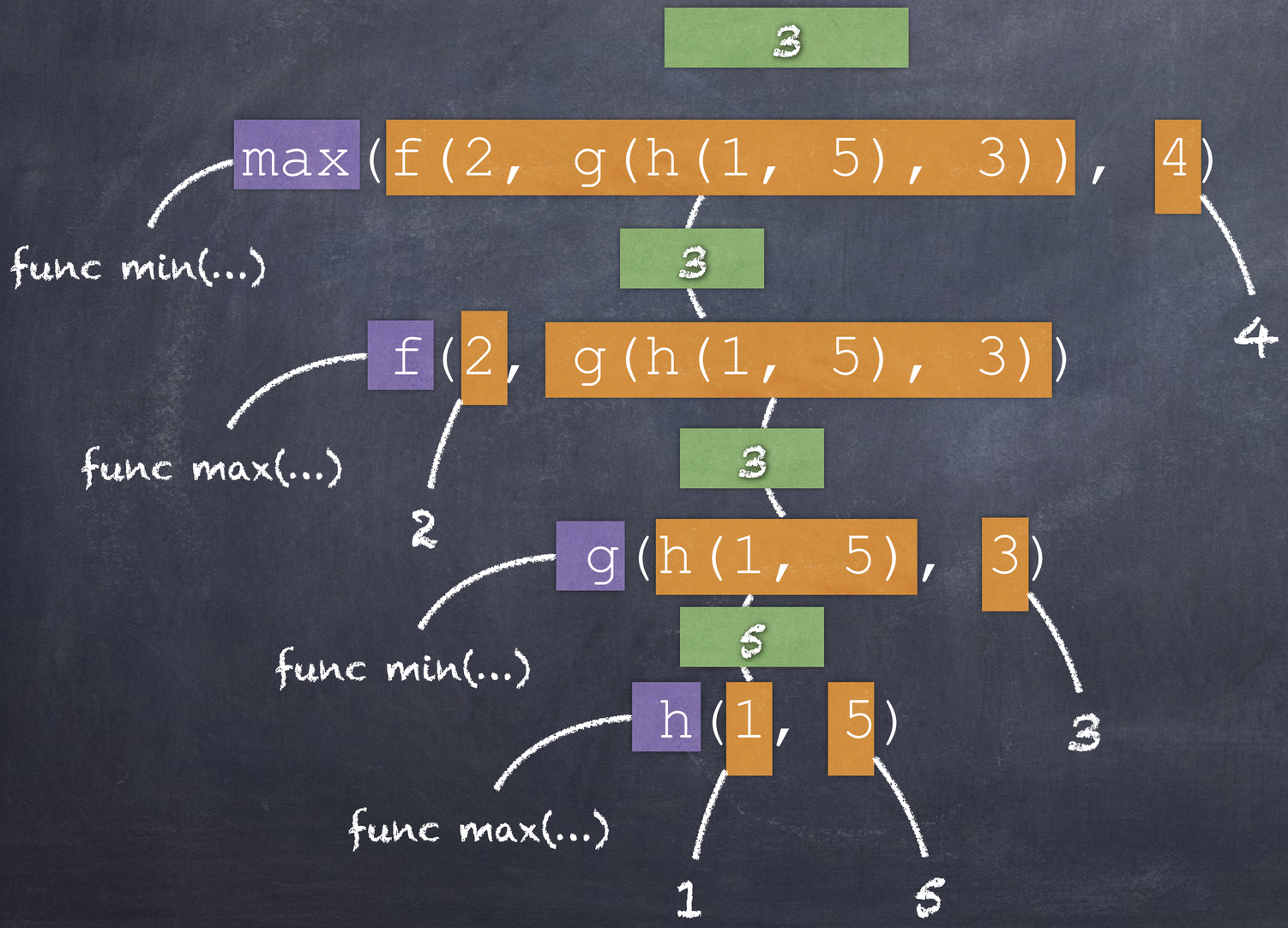


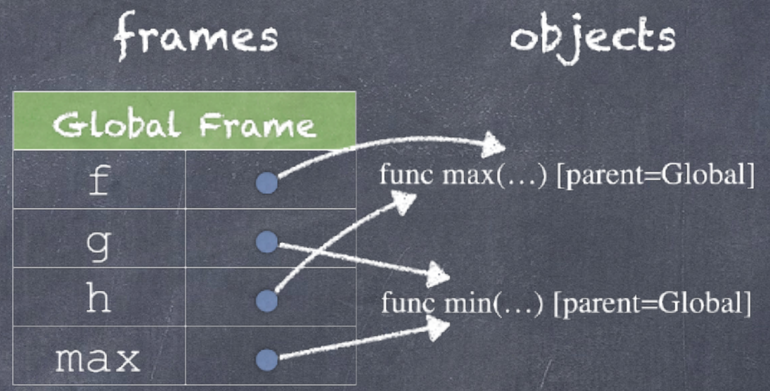
回顾之前的例子

```
1  f = min
2  f = max;
3  g, h = min, max
4  max = g
5  max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
```



回顾之前的例子


3
max(f(2, g(h(1, 5), 3)), 4)
func min(...)
3
f(2, g(h(1, 5), 3))
4
func max(...)
2
3
g(h(1, 5), 3)
func min(...)
5
h(1, 5)
3
func max(...)
1
5


frames
objects
Global Frame
f
g
h
max
func max(…) [parent=Global]
func min(…) [parent=Global]

3

函数（Functions）

函数

- 函数让我们可以将表达式、计算的序列都抽象（abstract）出来
- 函数接受一些输入（即实际参数，arguments），然后将其转化为输出（即返回值，return value）.

函数

- 我们通过使用Def语句来创建函数。

定义函数

函数签名（signature），给定名字和参数

```
def <name> (<parameters>):
    return <return expression>
```

函数体（body），定义了当函数作用时产生的的计算

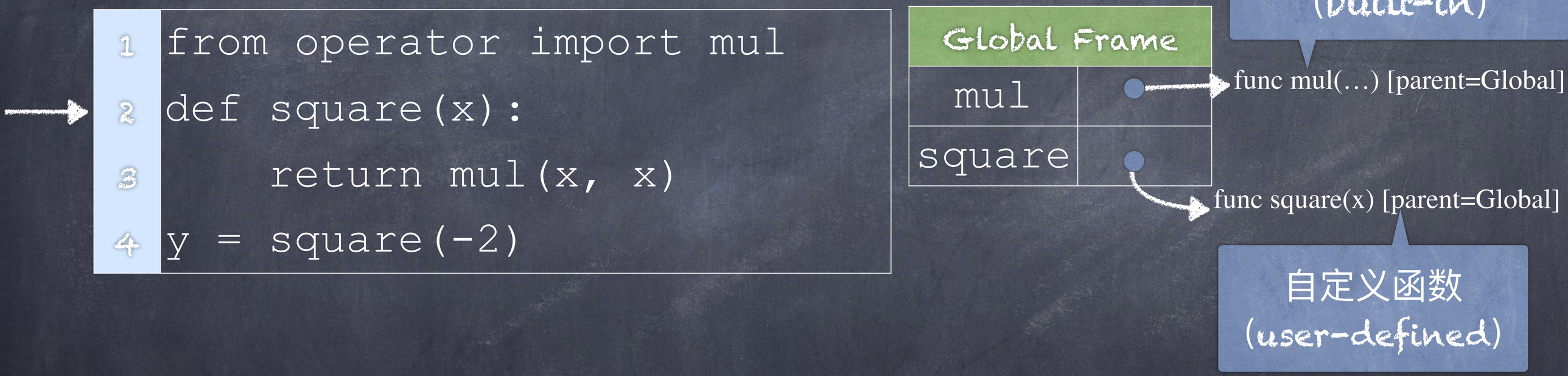
```
def square(x):
    return x * x
y = square(-2)
```

- 执行一个def语句：
  1. 创建一个以 <name> (<parameters>)为签名的函数。
  2. 将函数体设为冒号行后面的"缩进"的所有语句。
  3. 将 <name> 绑定到当前环境的这个函数。

Demo

函数在环境图中的形式

```
1 from operator import mul
2 def square(x):
3     return mul(x, x)
4 y = square(-2)
```



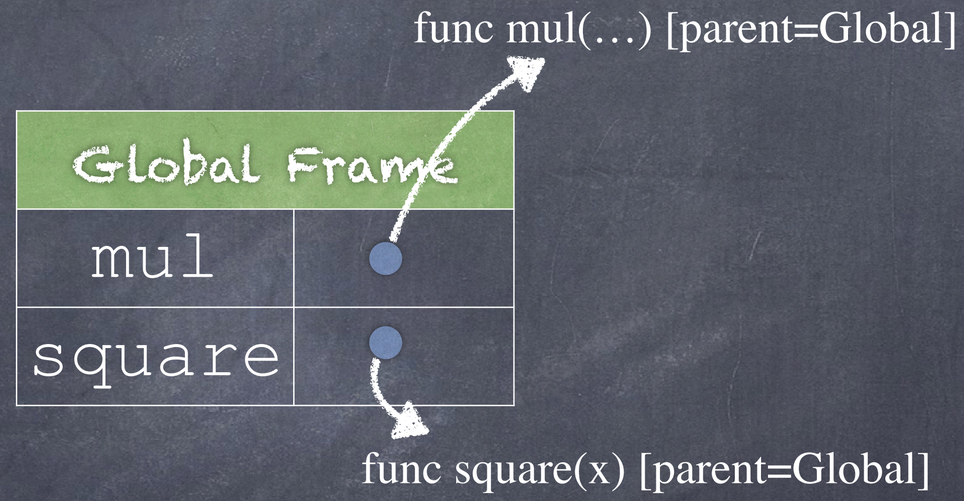
- Def语句就是一种赋值语句，其将名字和函数值（function value）绑定。

函数调用

- 调用（作用）一个自定义函数：
  1. 创建一个新的环境帧（Environment frame）。
  2. 将函数的形式参数（Parameters）在这个新环境中绑定到实参（Arguments）上
  3. 在该新环境中执行函数体。

函数调用

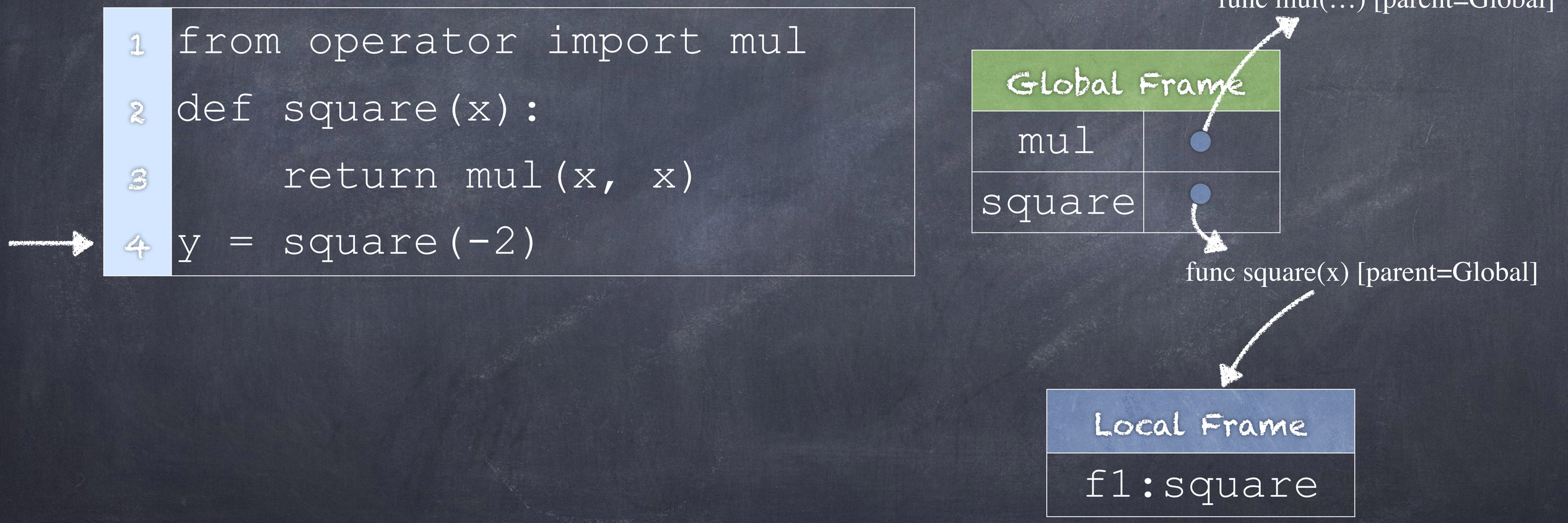
```
1 from operator import mul
2 def square(x):
3     return mul(x, x)
4 y = square(-2)
```



函数调用

1. 创建一个新的环境帧（Environment frame）

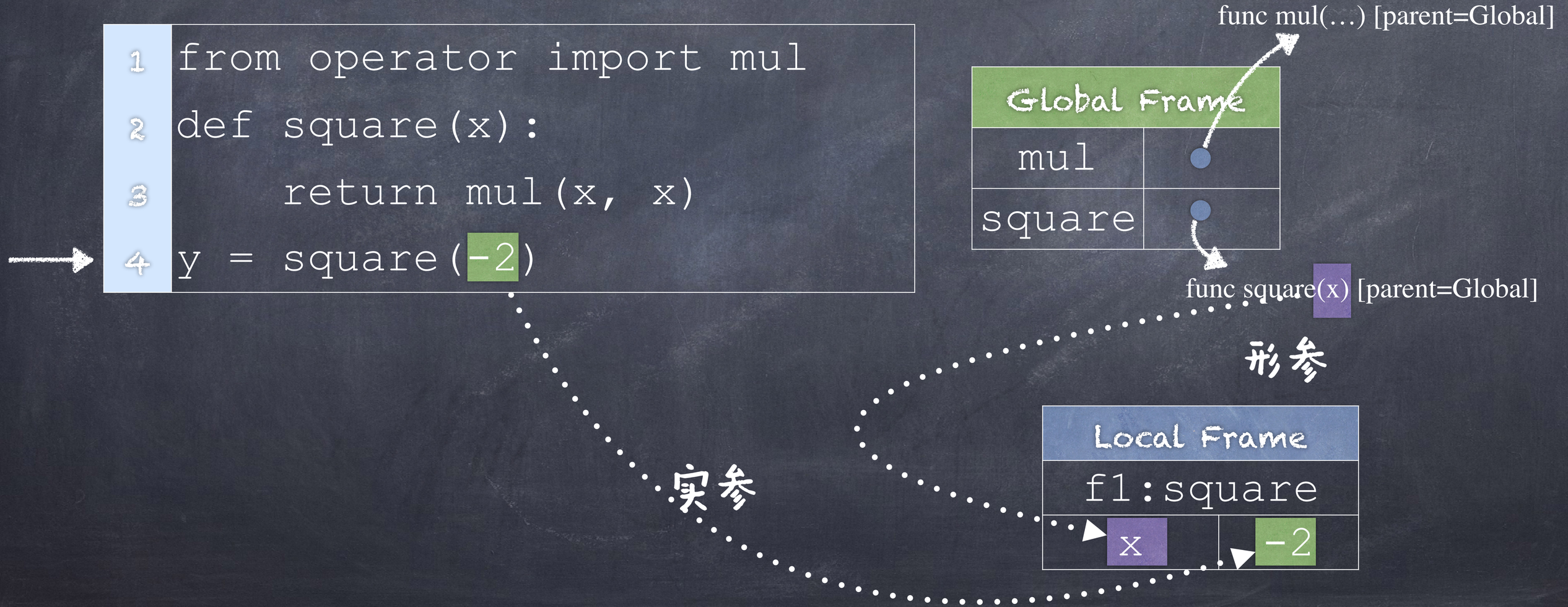
```
1  from operator import mul
2  def square(x):
3      return mul(x, x)
4  y = square(-2)
```



函数调用

2. 将函数的形式参数在这个新环境中绑定到实参上

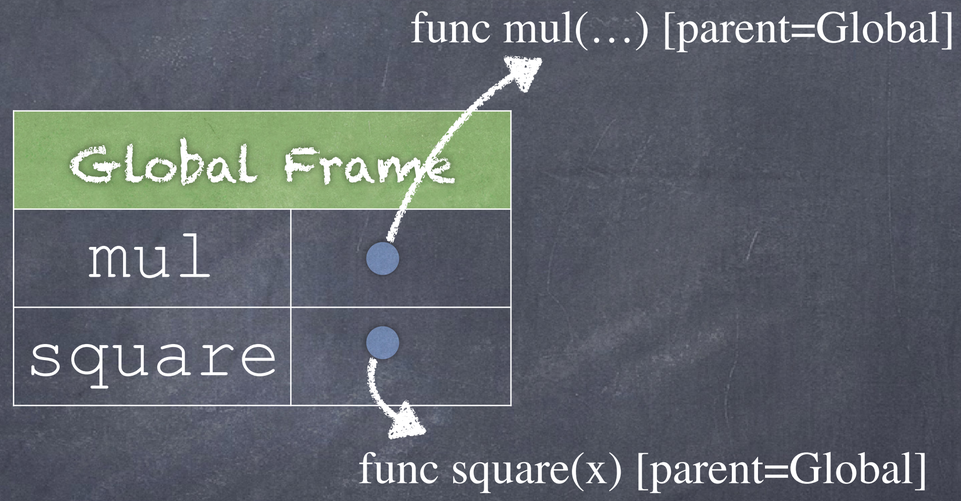
```
1  from operator import mul
2  def square(x):
3      return mul(x, x)
4  y = square(-2)
```



函数调用

3、在该新环境中执行函数体。

```
1  from operator import mul
2  def square(x):
3      return mul(x, x)
4  y = square(-2)
```



Local Frame	
f1:square	
x	-2
return value	4

回顾

- 求值（Evaluate）
  - 对运算符子表达式求值
  - 对每个操作数子表达式求值
- 作用（Apply）
  - 将运算符的值应用在操作数的值上

```
def square(x):
    return x * x
```

运算符：square
函数：func square(x)

```
square(1 - 3)
```

操作数：1 - 3
实参：-2

intrinsic name

Local Frame	
f1:square	
x	-2
return	4

在新环境中执行函数体

形参绑定到实参

回顾

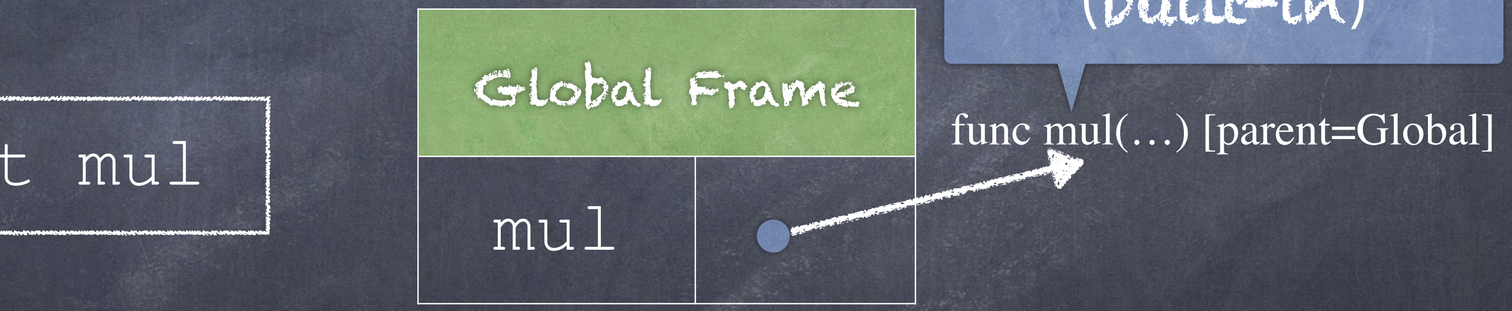
- 绑定：
  - = 号会将 名字 和 值 绑定到当前环境中
  - def 会将 函数的名字 和 具体的函数 绑定到当前环境中
  - import 语句将 名字 和 值（可以是具体函数） 绑定到当前环境中

回顾

- 比如：

模块

```
from operator import mul
```



回顾

- 比如：

模块

```
from math import pi
```

Global Frame	
pi	3.141592654

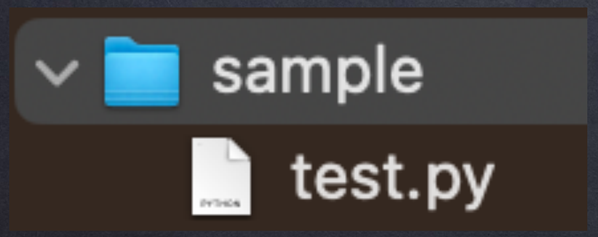
如果使用通配符'*'，那就会引入该模块所有的名字和绑定

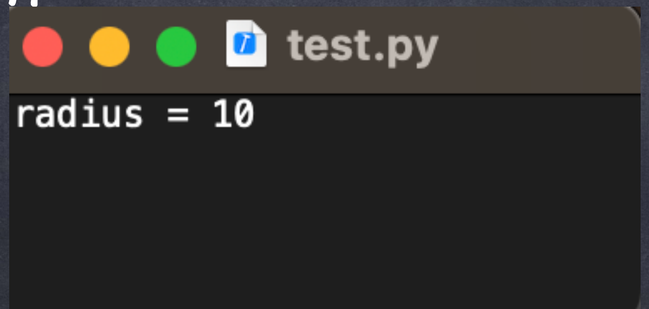
回顾

- 比如：

```
from test import radius
```

可以引入本地的文件夹中的文件





Global Frame	
radius	10

```
>>> from test import radius
>>> radius
10
>>>
```

print 和 none

Demo

print 和 none

- 特殊的关键词 None 在Python里代表 Nothing
- 一个函数如果没有返回一个值的话，就是返回None
- 注意：None不会作为一个表达式的值被解释器显示

None意味着没有东西返回

```
>>> def does_not_return_square(x):
...     x * x
...
```

没有返回值

None值不会被显示

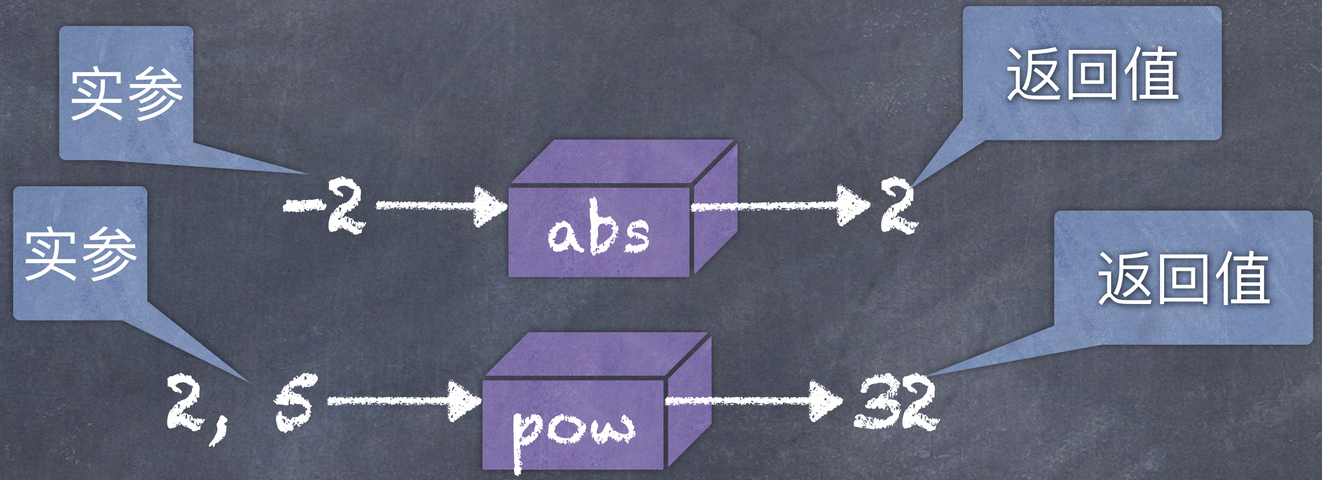
```
>>> does_not_return_square(4)
>>> sixteen = does_not_return_square(4)
>>> sixteen + 4
```

sixteen绑定到None

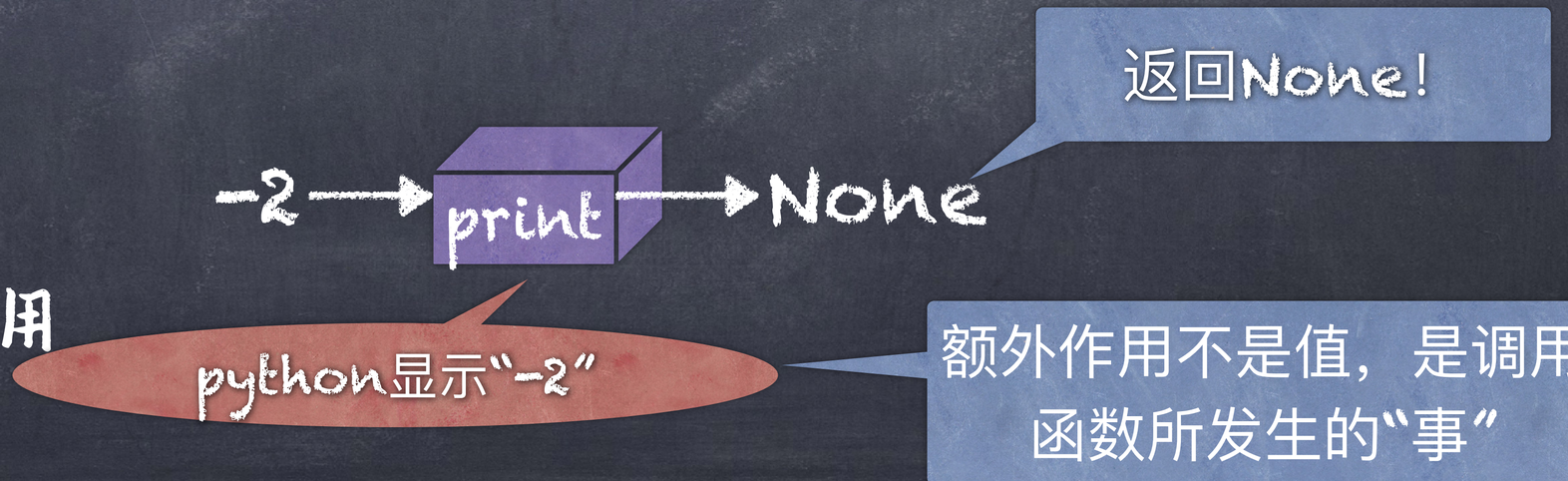
```
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'NoneType' and 'int'
```

纯函数 Pure Functions VS 非纯函数 Non-pure Functions

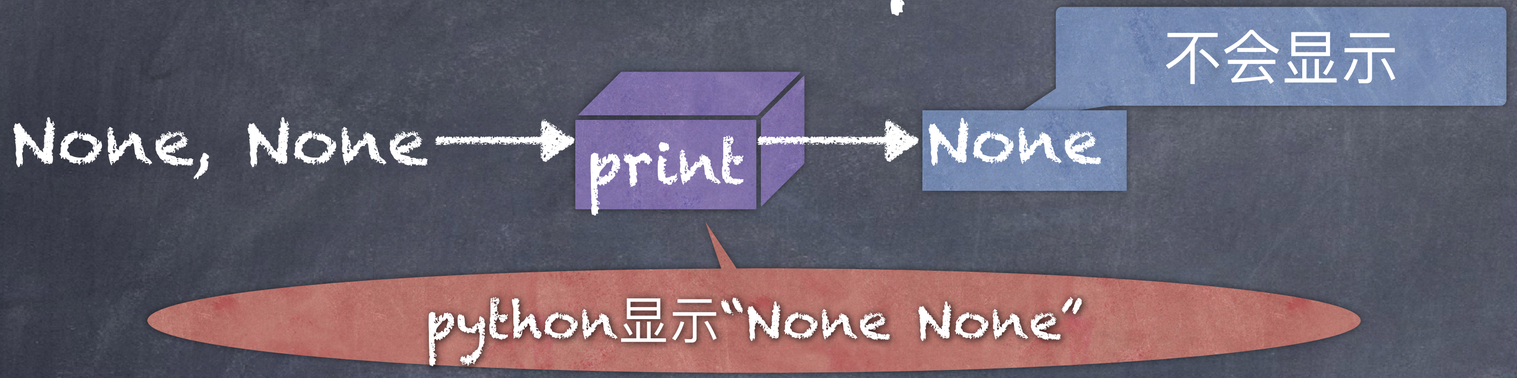
- 纯函数
  - 只返回值



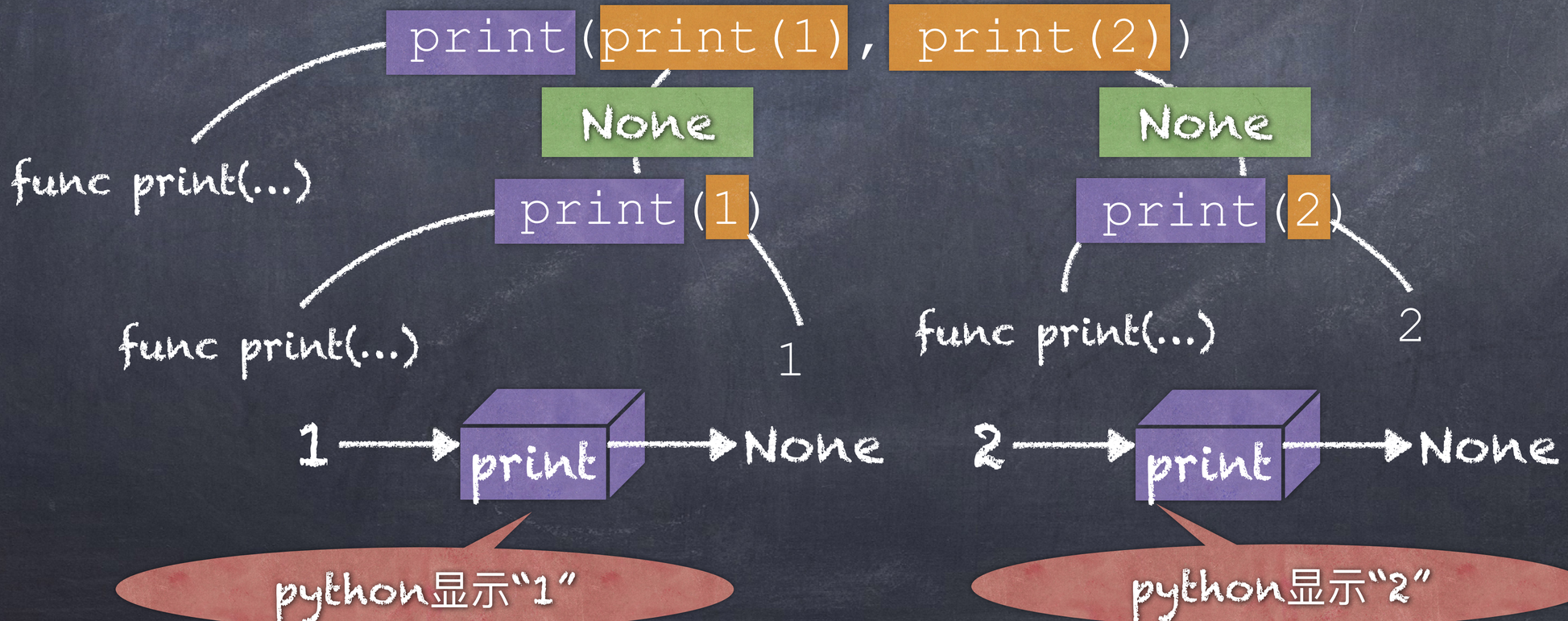
- 非纯函数
  - 会有一些额外的作用



含有print的嵌套表达式




```
>>> print(print(1), print(2))
1
2
None None
```



print vs return

Demo

函数设计

除了正确的理解和写出函数之外，还应追求良好的风格

函数设计

- 一些约定俗称的规范：
  - 函数名称应该小写，以下划线分隔。提倡描述性的名称。
    - 比如对参数应用的操作（如add、print、set_score），或者结果（如max、abs）
  - 参数名称应小写，以下划线分隔。提倡单个词的名称。
    - 参数名称应该反映参数在函数中的作用（非常明确时，也可用单个字母，但要避免类似l、I等和数字容易混淆的字母）。

函数的设计

- 什么是一个好的函数设计？

每个函数应该只做一个任务！

不要重复你自己！

应该更具有一般性！

函数的设计

- 每个函数应该只做一个任务！
  - 这个任务可以使用短小的名称来定义。
  - 顺序执行多个任务的函数应该拆分在多个函数中。

```
public static String testableHtml( PageData pageData,
boolean includeSuiteSetup

) throws Exception {
WikiPage wikiPage = pageData.getWikiPage(); StringBuffer buffer = new StringBuffer();

if (pageData.hasAttribute("Test")) {

if (includeSuiteSetup) { WikiPage suiteSetup =

PageCrawlerImpl.getInheritedPage( SuiteResponder.SUITE_SETUP_NAME, wikiPage

);
if (suiteSetup != null) {

WikiPagePath pagePath = suiteSetup.getPageCrawler().getFullPath(suiteSetup);

String pagePathName = PathParser.render(pagePath); buffer.append("!include -setup .")

.append(pagePathName) .append("\n");

} }

WikiPage setup = PageCrawlerImpl.getInheritedPage("SetUp", wikiPage);

if (setup != null) { WikiPagePath setupPath =

wikiPage.getPageCrawler().getFullPath(setup); String setupPathName = PathParser.render(setupPath); buffer.append("!include -setup .")

.append(setupPathName) .append("\n");

} }

buffer.append(pageData.getContent()); if (pageData.hasAttribute("Test")) {

WikiPage teardown = PageCrawlerImpl.getInheritedPage("TearDown", wikiPage);

if (teardown != null) { WikiPagePath tearDownPath =

wikiPage.getPageCrawler().getFullPath(teardown);
String tearDownPathName = PathParser.render(tearDownPath); buffer.append("\n")

.append("!include -teardown .") .append(tearDownPathName) .append("\n");

}

if (includeSuiteSetup) { WikiPage suiteTeardown =

PageCrawlerImpl.getInheritedPage( SuiteResponder.SUITE_TEARDOWN_NAME, wikiPage

);
if (suiteTeardown != null) {

WikiPagePath pagePath = suiteTeardown.getPageCrawler().getFullPath (suiteTeardown);

String pagePathName = PathParser.render(pagePath); buffer.append("!include -teardown .")

.append(pagePathName) .append("\n");

} }

} pageData.setContent(buffer.toString());

 return pageData.getHtml();

}
```

1. An open-source testing tool. www.fitnese.org

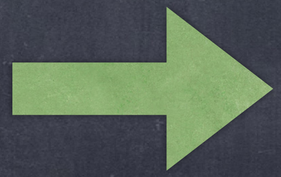
```
public static String renderPageWithSetupsAndTeardowns(
PageData pageData, boolean isSuite
) throws Exception {

  boolean isTestPage = pageData.hasAttribute("Test");
  if (isTestPage) {
    WikiPage testPage = pageData.getWikiPage();
    StringBuffer newPageContent = new StringBuffer();
    includeSetupPages(testPage, newPageContent, isSuite);
    newPageContent.append(pageData.getContent());
    includeTeardownPages(testPage, newPageContent, isSuite);
    pageData.setContent(newPageContent.toString());
  }
  return pageData.getHtml();
}
```

《clean code》中的例子

函数的设计

- 不要重复你自己！
  - 多个代码段不应该描述重复的逻辑。逻辑应该只实现一次，指定一个名称，并且多次使用
  - 如果发现自己复制粘贴一段代码，可能发现了一个使用函数抽象的机会。

```
print("ctrl c");
print("ctrl c");
print("ctrl c");
print("ctrl c");
```

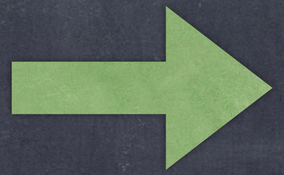


```
def printc():
    print("ctrl c")

def callMultiple(f, n):
    for i in range(0, n):
        f()

callMultiple(printc, 4)
```

函数的设计

- 应该更具有一般性！
  - 很多特定功能其实是某个更加泛化功能的特例

```
def square(x):
    return x * x
```



```
from math import pow
square = lambda x: pow(x, 2)
```

函数的设计

- 应该附带函数的文档说明
  - 文档字符串通常使用三个引号。第一行描述函数的任务。随后的一些行描述参数，并且澄清函数的行为.

```
def pressure(v, t, n):
        """Compute the pressure in pascals of an ideal gas.

        Applies the ideal gas law: http://en.wikipedia.org/wiki/Ideal_gas_law

        v -- volume of gas, in cubic meters
        t -- absolute temperature in degrees kelvin
        n -- particles of gas
        """
        k = 1.38e-23  # Boltzmann's constant
        return n * k * t / v
```

Any questions ?