

08 | 栈：如何实现浏览器的前进和后退功能？

2018-10-08 王争

数据结构与算法之美

[进入课程 >](#)



讲述：修阳

时长 14:12 大小 6.51M



浏览器的前进、后退功能，我想你肯定很熟悉吧？

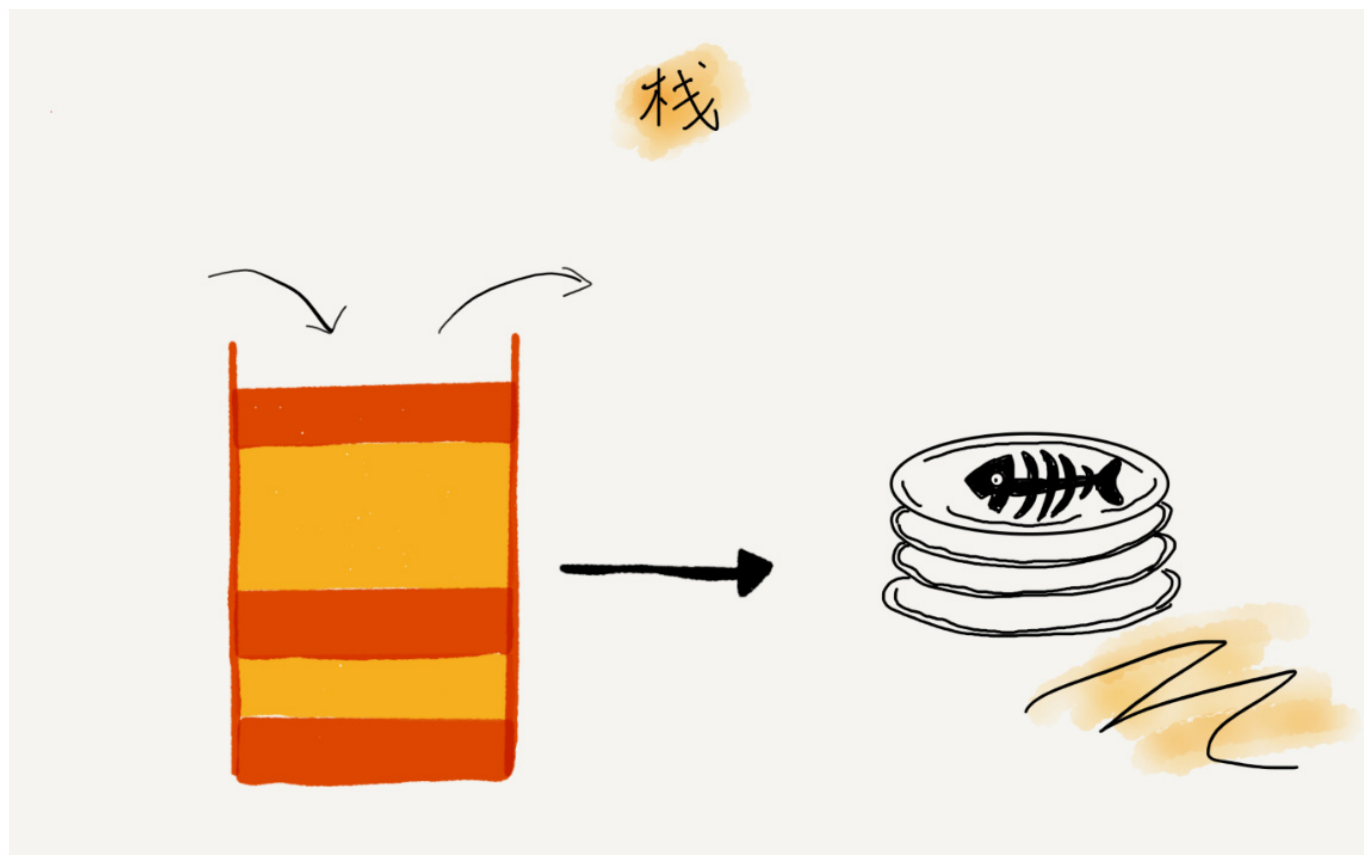
当你依次访问完一串页面 a-b-c 之后，点击浏览器的后退按钮，就可以查看之前浏览过的页面 b 和 a。当你后退到页面 a，点击前进按钮，就可以重新查看页面 b 和 c。但是，如果你后退到页面 b 后，点击了新的页面 d，那就无法再通过前进、后退功能查看页面 c 了。

假设你是 Chrome 浏览器的开发工程师，你会如何实现这个功能呢？

这就要用到我们今天要讲的“栈”这种数据结构。带着这个问题，我们来学习今天的内容。

如何理解“栈”？

关于“栈”，我有一个非常贴切的例子，就是一摞叠在一起的盘子。我们平时放盘子的时候，都是从下往上一个一个放；取的时候，我们也是从上往下一个一个地依次取，不能从中间任意抽出。**后进者先出，先进者后出，这就是典型的“栈”结构。**



从栈的操作特性上来看，**栈是一种“操作受限”的线性表**，只允许在一端插入和删除数据。

我第一次接触这种数据结构的时候，就对它存在的意义产生了很大的疑惑。因为我觉得，相比数组和链表，栈带给我的只有限制，并没有任何优势。那我直接使用数组或者链表不就好了吗？为什么还要用这个“操作受限”的“栈”呢？

事实上，从功能上来说，数组或链表确实可以替代栈，但你要知道，特定的数据结构是对特定场景的抽象，而且，数组或链表暴露了太多的操作接口，操作上的确灵活自由，但使用时就比较不可控，自然也就更容易出错。

当某个数据集只涉及在一端插入和删除数据，并且满足后进先出、先进后出的特性，我们就应该首选“栈”这种数据结构。


如何实现一个“栈”？

从刚才栈的定义里，我们可以看出，栈主要包含两个操作，入栈和出栈，也就是在栈顶插入一个数据和从栈顶删除一个数据。理解了栈的定义之后，我们来看一看如何用代码实现一个栈。

实际上，栈既可以用数组来实现，也可以用链表来实现。用数组实现的栈，我们叫作**顺序栈**，用链表实现的栈，我们叫作**链式栈**。

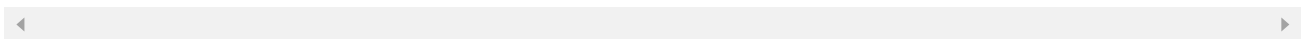
我这里实现一个基于数组的顺序栈。基于链表实现的链式栈的代码，你可以自己试着写一下。我会将我写好的代码放到 Github 上，你可以去看一下自己写的是否正确。

我这段代码是用 Java 来实现的，但是不涉及任何高级语法，并且我还用中文做了详细的注释，所以你应该可以看懂的。

 复制代码

```
1 // 基于数组实现的顺序栈
2 public class ArrayStack {
3     private String[] items; // 数组
4     private int count;      // 栈中元素个数
5     private int n;          // 栈的大小
6
7     // 初始化数组，申请一个大小为 n 的数组空间
8     public ArrayStack(int n) {
9         this.items = new String[n];
10        this.n = n;
11        this.count = 0;
12    }
13
14    // 入栈操作
15    public boolean push(String item) {
16        // 数组空间不够了，直接返回 false，入栈失败。
17        if (count == n) return false;
18        // 将 item 放到下标为 count 的位置，并且 count 加一
19        items[count] = item;
20        ++count;
21        return true;
22    }
23
24    // 出栈操作
25    public String pop() {
26        // 栈为空，则直接返回 null
27        if (count == 0) return null;
28        // 返回下标为 count-1 的数组元素，并且栈中元素个数 count 减一
29        String tmp = items[count-1];
30        --count;
31        return tmp;
```

```
32    }  
33 }
```



了解了定义和基本操作，那它的操作的时间、空间复杂度是多少呢？

不管是顺序栈还是链式栈，我们存储数据只需要一个大小为 n 的数组就够了。在入栈和出栈过程中，只需要一两个临时变量存储空间，所以空间复杂度是 $O(1)$ 。

注意，这里存储数据需要一个大小为 n 的数组，并不是说空间复杂度就是 $O(n)$ 。因为，这 n 个空间是必须的，无法省掉。所以我们说空间复杂度的时候，是指除了原本的数据存储空间外，算法运行还需要额外的存储空间。

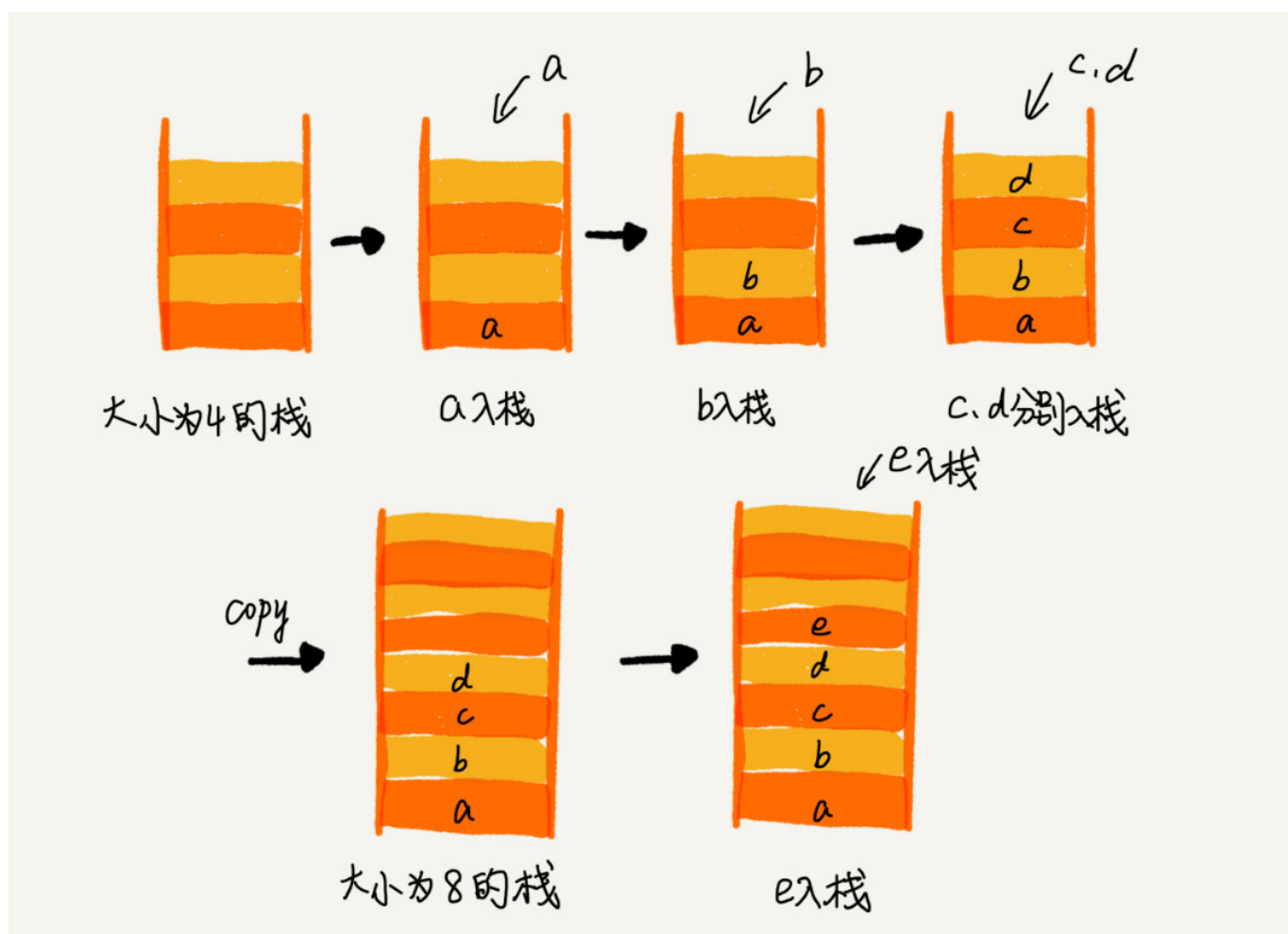
空间复杂度分析是不是很简单？时间复杂度也不难。不管是顺序栈还是链式栈，入栈、出栈只涉及栈顶个别数据的操作，所以时间复杂度都是 $O(1)$ 。

支持动态扩容的顺序栈

刚才那个基于数组实现的栈，是一个固定大小的栈，也就是说，在初始化栈时需要事先指定栈的大小。当栈满之后，就无法再往栈里添加数据了。尽管链式栈的大小不受限，但要存储 `next` 指针，内存消耗相对较多。那我们如何基于数组实现一个可以支持动态扩容的栈呢？

你还记得，我们在数组那一节，是如何来实现一个支持动态扩容的数组的吗？当数组空间不够时，我们就重新申请一块更大的内存，将原来数组中数据统统拷贝过去。这样就实现了一个支持动态扩容的数组。

所以，如果要实现一个支持动态扩容的栈，我们只需要底层依赖一个支持动态扩容的数组就可以了。当栈满了之后，我们就申请一个更大的数组，将原来的数据搬移到新数组中。我画了一张图，你可以对照着理解一下。



实际上，支持动态扩容的顺序栈，我们平时开发中并不常用到。我讲这一块的目的，主要还是希望带你练习一下前面讲的复杂度分析方法。所以这一小节的重点是复杂度分析。

你不用死记硬背入栈、出栈的时间复杂度，你需要掌握的是分析方法。能够自己分析才算是真正掌握了。现在我就带你分析一下支持动态扩容的顺序栈的入栈、出栈操作的时间复杂度。

对于出栈操作来说，我们不会涉及内存的重新申请和数据的搬移，所以出栈的时间复杂度仍然是 $O(1)$ 。但是，对于入栈操作来说，情况就不一样了。当栈中有空闲空间时，入栈操作的时间复杂度为 $O(1)$ 。但当空间不够时，就需要重新申请内存和数据搬移，所以时间复杂度就变成了 $O(n)$ 。

也就是说，对于入栈操作来说，最好情况时间复杂度是 $O(1)$ ，最坏情况时间复杂度是 $O(n)$ 。那平均情况下的时间复杂度又是多少呢？还记得我们在复杂度分析那一节中讲的摊还分析法吗？这个入栈操作的平均情况下的时间复杂度可以用摊还分析法来分析。我们也正好借此来实战一下摊还分析法。

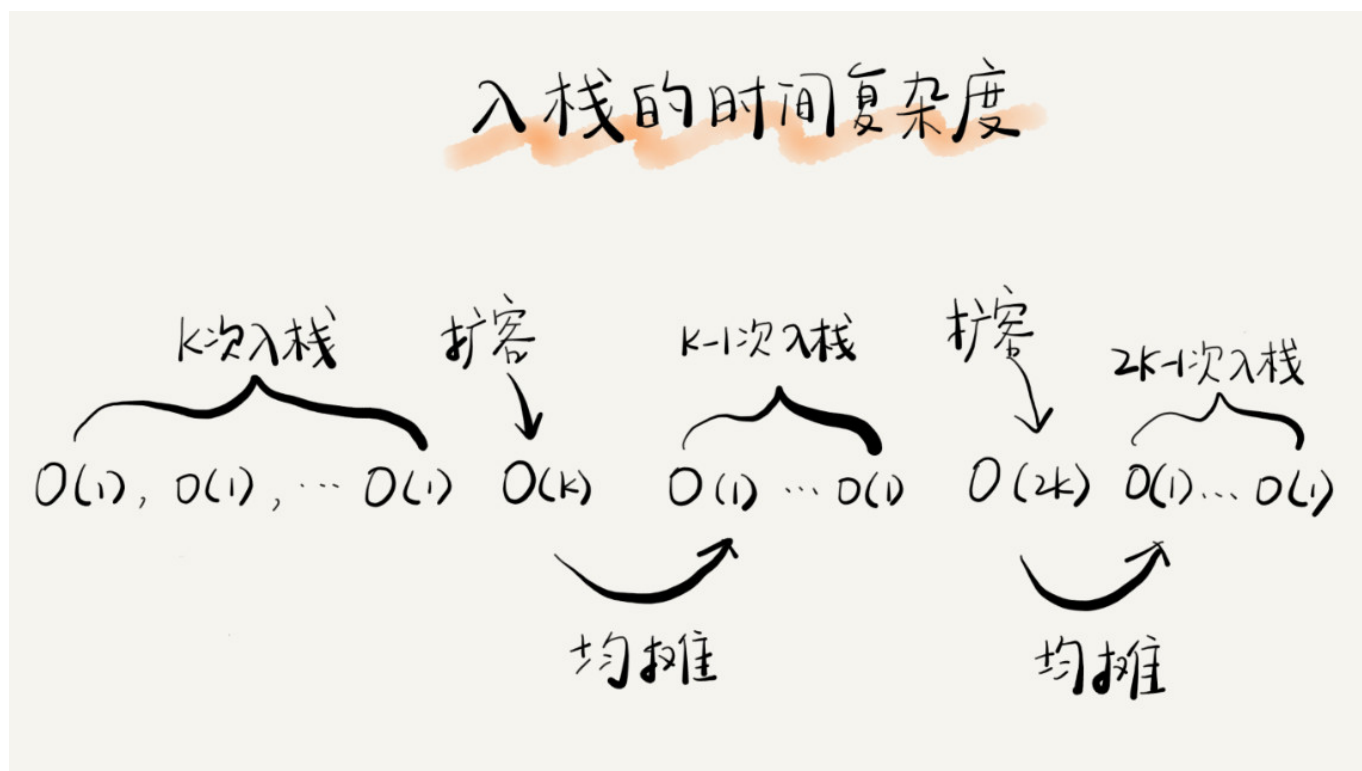
为了分析的方便，我们需要事先做一些假设和定义：

栈空间不够时，我们重新申请一个是原来大小两倍的数组；

为了简化分析，假设只有入栈操作没有出栈操作；

定义不涉及内存搬移的入栈操作为 simple-push 操作，时间复杂度为 $O(1)$ 。

如果当前栈大小为 K ，并且已满，当再有新的数据要入栈时，就需要重新申请 2 倍大小的内存，并且做 K 个数据的搬移操作，然后再入栈。但是，接下来的 $K-1$ 次入栈操作，我们都不需要再重新申请内存和搬移数据，所以这 $K-1$ 次入栈操作都只需要一个 simple-push 操作就可以完成。为了让你更加直观地理解这个过程，我画了一张图。




你应该可以看出来，这 K 次入栈操作，总共涉及了 K 个数据的搬移，以及 K 次 simple-push 操作。将 K 个数据搬移均摊到 K 次入栈操作，那每个入栈操作只需要一个数据搬移和一个 simple-push 操作。以此类推，入栈操作的均摊时间复杂度就为 $O(1)$ 。

通过这个例子的实战分析，也印证了前面讲到的，均摊时间复杂度一般都等于最好情况时间复杂度。因为在大部分情况下，入栈操作的时间复杂度 O 都是 $O(1)$ ，只有在个别时刻才会退化为 $O(n)$ ，所以把耗时多的入栈操作的时间均摊到其他入栈操作上，平均情况下的耗时就接近 $O(1)$ 。

栈在函数调用中的应用

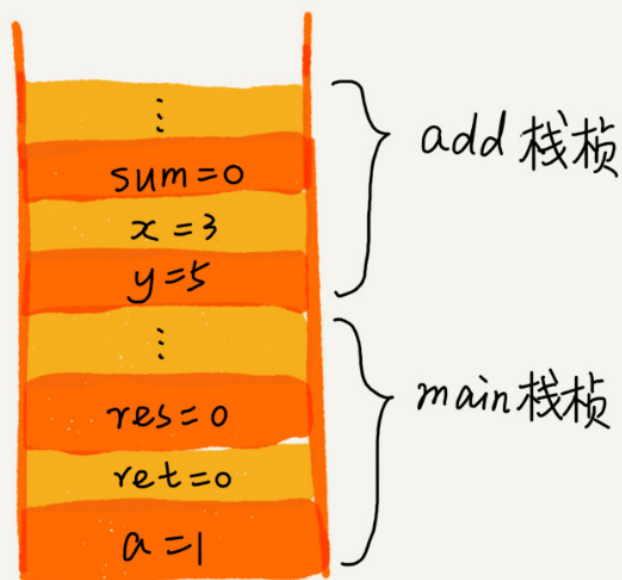
前面我讲的都比较偏理论，我们现在来看下，栈在软件工程中的实际应用。栈作为一个比较基础的数据结构，应用场景还是蛮多的。其中，比较经典的一个应用场景就是**函数调用栈**。

我们知道，操作系统给每个线程分配了一块独立的内存空间，这块内存被组织成“栈”这种结构，用来存储函数调用时的临时变量。每进入一个函数，就会将临时变量作为一个栈帧入栈，当被调用函数执行完成，返回之后，将这个函数对应的栈帧出栈。为了让你更好地理解，我们一块来看下这段代码的执行过程。

 复制代码

```
1 int main() {
2     int a = 1;
3     int ret = 0;
4     int res = 0;
5     ret = add(3, 5);
6     res = a + ret;
7     printf("%d", res);
8     return 0;
9 }
10
11 int add(int x, int y) {
12     int sum = 0;
13     sum = x + y;
14     return sum;
15 }
```

从代码中我们可以看出，main() 函数调用了 add() 函数，获取计算结果，并且与临时变量 a 相加，最后打印 res 的值。为了让你清晰地看到这个过程对应的函数栈里出栈、入栈的操作，我画了一张图。图中显示的是，在执行到 add() 函数时，函数调用栈的情况。



栈在表达式求值中的应用

我们再来看栈的另一个常见的应用场景，编译器如何利用栈来实现**表达式求值**。

为了方便解释，我将算术表达式简化为只包含加减乘除四则运算，比如： $34+13*9+44-12/3$ 。对于这个四则运算，我们人脑可以很快求解出答案，但是对于计算机来说，理解这个表达式本身就是个挺难的事儿。如果换作你，让你来实现这样一个表达式求值的功能，你会怎么做呢？

实际上，编译器就是通过两个栈来实现的。其中一个保存操作数的栈，另一个是保存运算符的栈。我们从左向右遍历表达式，当遇到数字，我们就直接压入操作数栈；当遇到运算符，就与运算符栈的栈顶元素进行比较。

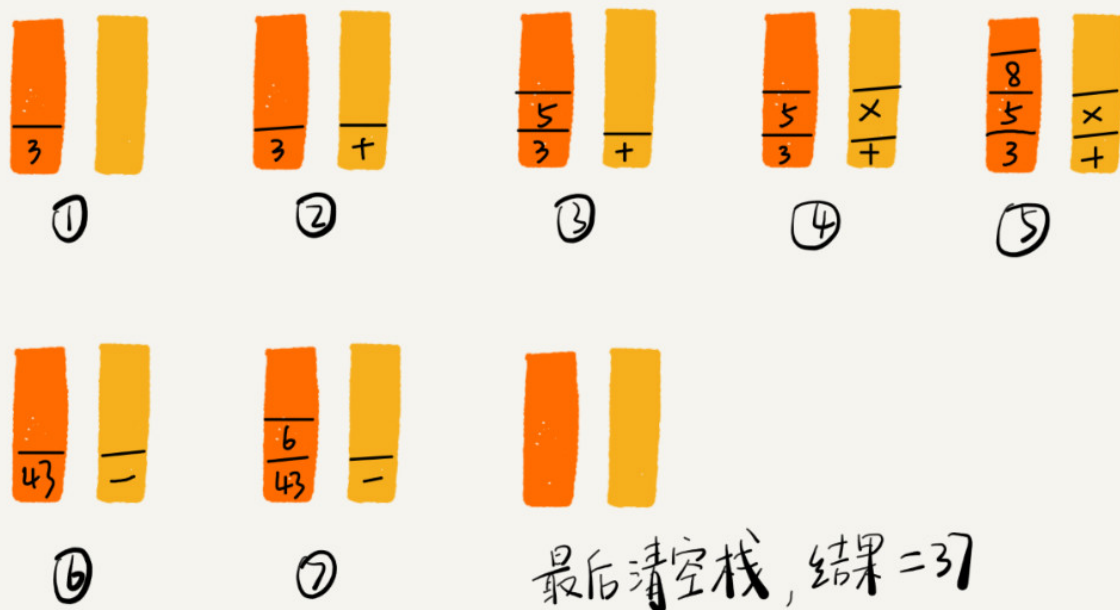
如果比运算符栈顶元素的优先级高，就将当前运算符压入栈；如果比运算符栈顶元素的优先级低或者相同，从运算符栈中取栈顶运算符，从操作数栈的栈顶取 2 个操作数，然后进行计算，再把计算完的结果压入操作数栈，继续比较。

我将 $3+5*8-6$ 这个表达式的计算过程画成了一张图，你可以结合图来理解我刚讲的计算过程。

$$3 + 5 \times 8 - 6$$

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦



这样用两个栈来解决的思路是不是非常巧妙？你有没有想到呢？

栈在括号匹配中的应用

除了用栈来实现表达式求值，我们还可以借助栈来检查表达式中的括号是否匹配。

我们同样简化一下背景。我们假设表达式中只包含三种括号，圆括号 ()、方括号 [] 和花括号 {}，并且它们可以任意嵌套。比如，{[]} 或 {[()]} 等都为合法格式，而 {}() 或 [(())] 为不合法的格式。那我现在给你一个包含三种括号的表达式字符串，如何检查它是否合法呢？

这里也可以用栈来解决。我们用栈来保存未匹配的左括号，从左到右依次扫描字符串。当扫描到左括号时，则将其压入栈中；当扫描到右括号时，从栈顶取出一个左括号。如果能够匹配，比如 "(" 跟 ")" 匹配， "[" 跟 "]" 匹配， "{" 跟 "}" 匹配，则继续扫描剩下的字符串。如果扫描的过程中，遇到不能配对的右括号，或者栈中没有数据，则说明为非法格式。

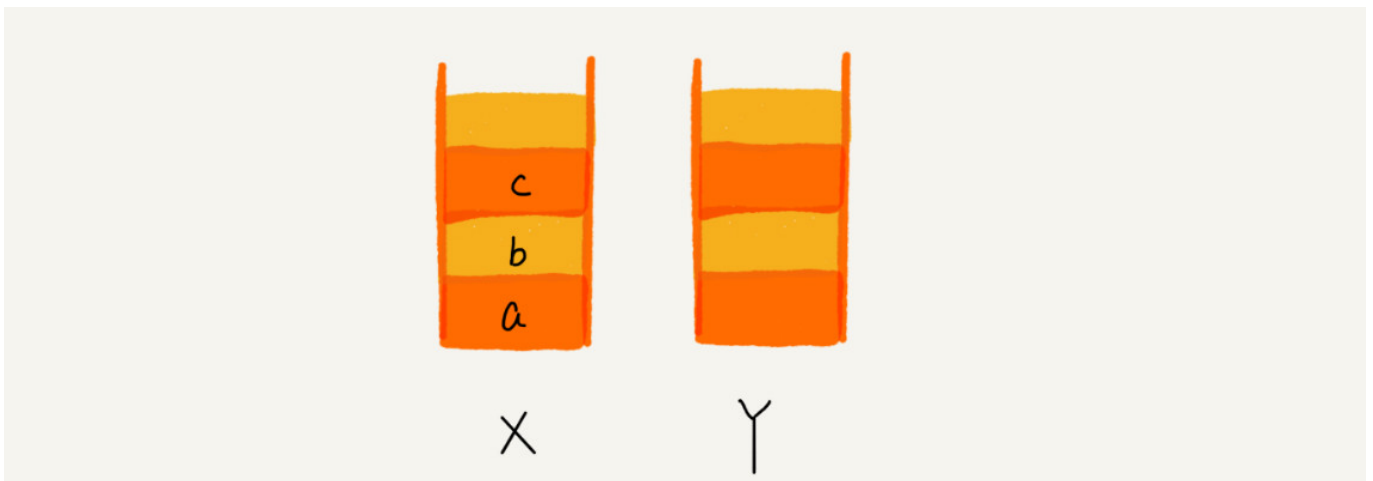
当所有的括号都扫描完成之后，如果栈为空，则说明字符串为合法格式；否则，说明有未匹配的左括号，为非法格式。

解答开篇

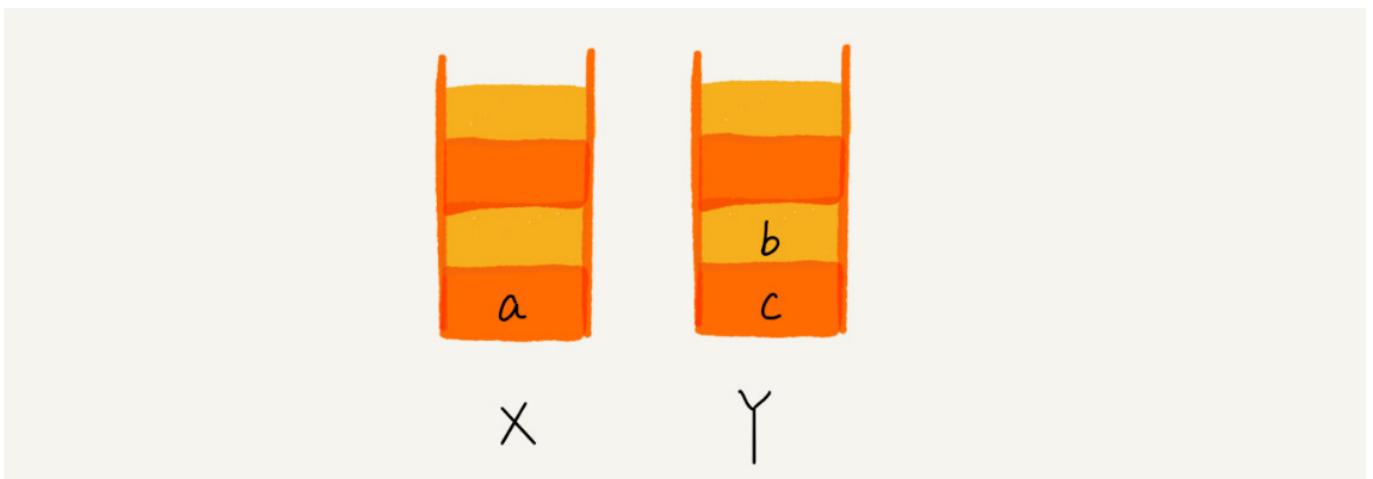
好了，我想现在你已经完全理解了栈的概念。我们再回来看看开篇的思考题，如何实现浏览器的前进、后退功能？其实，用两个栈就可以非常完美地解决这个问题。

我们使用两个栈，X 和 Y，我们把首次浏览的页面依次压入栈 X，当点击后退按钮时，再依次从栈 X 中出栈，并将出栈的数据依次放入栈 Y。当我们点击前进按钮时，我们依次从栈 Y 中取出数据，放入栈 X 中。当栈 X 中没有数据时，那就说明没有页面可以继续后退浏览了。当栈 Y 中没有数据，那就说明没有页面可以点击前进按钮浏览了。

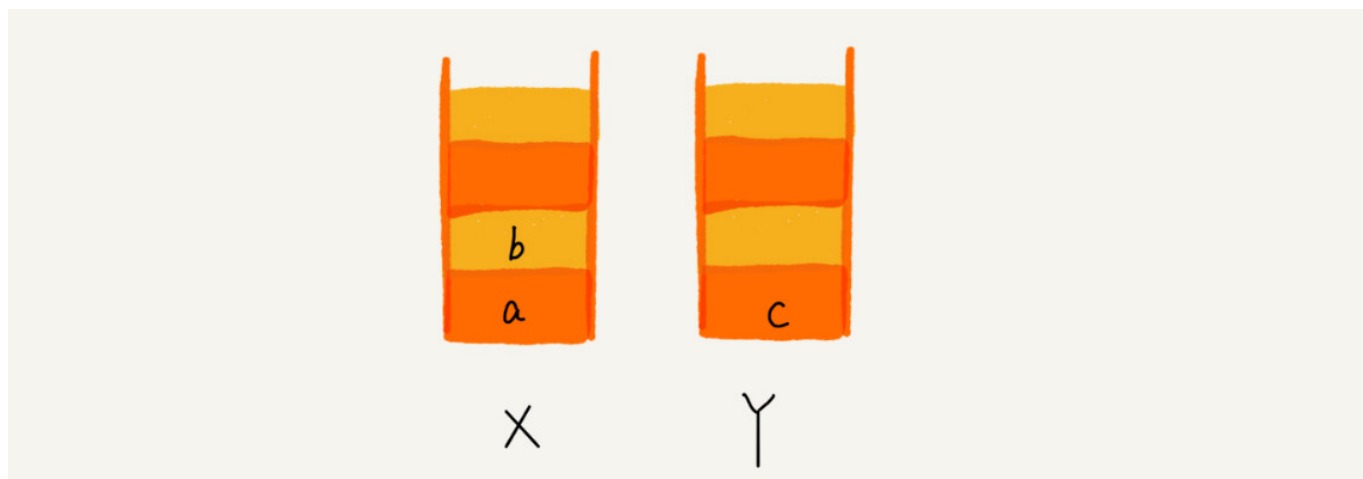
比如你顺序查看了 a，b，c 三个页面，我们就依次把 a，b，c 压入栈，这个时候，两个栈的数据就是这个样子：



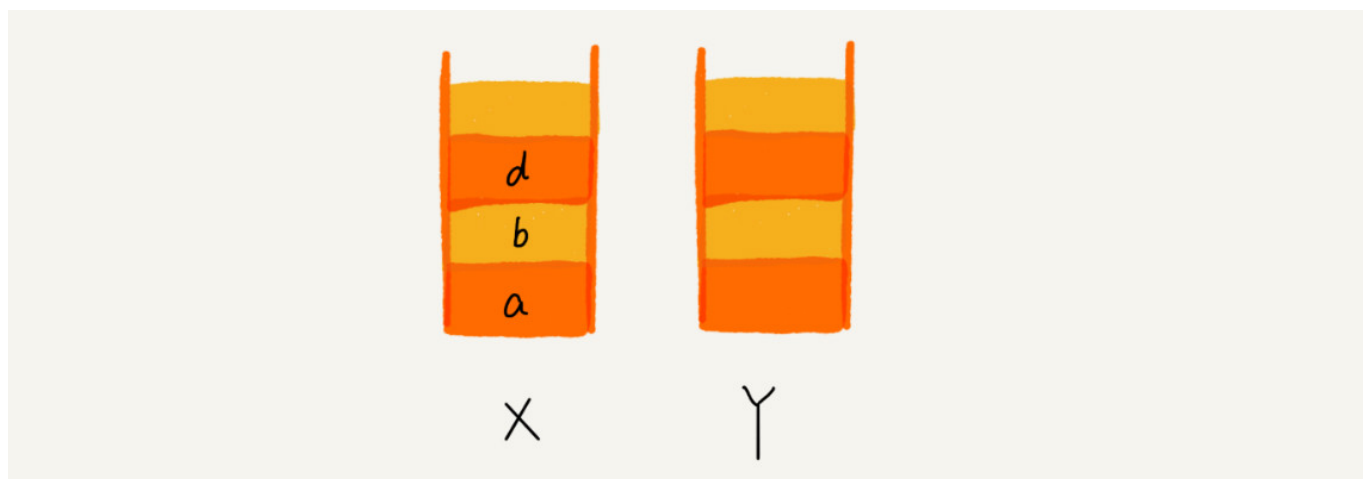
当你通过浏览器的后退按钮，从页面 c 后退到页面 a 之后，我们就依次把 c 和 b 从栈 X 中弹出，并且依次放入到栈 Y。这个时候，两个栈的数据就是这个样子：



这个时候你又想看页面 b，于是你又点击前进按钮回到 b 页面，我们就把 b 再从栈 Y 中出栈，放入栈 X 中。此时两个栈的数据是这个样子：



这个时候，你通过页面 b 又跳转到新的页面 d 了，页面 c 就无法再通过前进、后退按钮重复查看了，所以需要清空栈 Y。此时两个栈的数据这个样子：



内容小结

我们来回顾一下今天讲的内容。栈是一种操作受限的数据结构，只支持入栈和出栈操作。后进先出是它最大的特点。栈既可以通过数组实现，也可以通过链表来实现。不管基于数组还是链表，入栈、出栈的时间复杂度都为 $O(1)$ 。除此之外，我们还讲了一种支持动态扩容的顺序栈，你需要重点掌握它的均摊时间复杂度分析方法。

课后思考

1. 我们在讲栈的应用时，讲到用函数调用栈来保存临时变量，为什么函数调用要用“栈”来保存临时变量呢？用其他数据结构不行吗？

2. 我们都知道，JVM 内存管理中有个“堆栈”的概念。栈内存用来存储局部变量和方法调用，堆内存用来存储 Java 中的对象。那 JVM 里面的“栈”跟我们这里说的“栈”是不是一回事呢？如果不是，那它为什么又叫作“栈”呢？

欢迎留言和我分享，我会第一时间给你反馈。

我已将本节内容相关的详细代码更新到 [GitHub](#)，[戳此](#)即可查看。



数据结构与算法之美

为工程师量身打造的数据结构与算法私教课

王争
前 Google 工程师



新版升级：点击「 请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 07 | 链表（下）：如何轻松写出正确的链表代码？

下一篇 09 | 队列：队列在线程池等有限资源池中的应用

精选留言 (188)

 写留言



阿杜S考特 置顶

2018-10-08

 175

内存中的堆栈和数据结构堆栈不是一个概念，可以说内存中的堆栈是真实存在的物理区，

数据结构中的堆栈是抽象的数据存储结构。

内存空间在逻辑上分为三部分：代码区、静态数据区和动态数据区，动态数据区又分为栈区和堆区。

代码区：存储方法体的二进制代码。高级调度（作业调度）、中级调度（内存调度）、...
展开



王争 置顶

2018-11-01

91

为什么函数调用要用“栈”来保存临时变量呢？用其他数据结构不行吗？

其实，我们不一定非要用栈来保存临时变量，只不过如果这个函数调用符合后进先出的特性，用栈这种数据结构来实现，是最顺理成章的选择。

...

展开



他在地城断...

2018-10-15

219

leetcode上关于栈的题目大家可以先做20,155,232,844,224,682,496.



阿杜S考特

2018-10-08

173

内存中的堆栈和数据结构堆栈不是一个概念，可以说内存中的堆栈是真实存在的物理区，数据结构中的堆栈是抽象的数据存储结构。

内存空间在逻辑上分为三部分：代码区、静态数据区和动态数据区，动态数据区又分为栈区和堆区。

代码区：存储方法体的二进制代码。高级调度（作业调度）、中级调度（内存调度）、...
展开



姜威

2018-10-08

140

一、什么是栈？

1.后进者先出，先进者后出，这就是典型的“栈”结构。

2.从栈的操作特性来看，是一种“操作受限”的线性表，只允许在端插入和删除数据。

二、为什么需要栈？

1.栈是一种操作受限的数据结构，其操作特性用数组和链表均可实现。...

展开 ▾



观弈道人

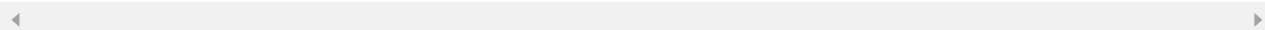
2018-10-08

👍 133

感觉在留言区做笔记没多大意义，留言区还是提问问题或回答问题笔记合适，长篇累牍的笔记给谁看啊，占空间~~

展开 ▾

作者回复: 还是有很多同学看的 个人喜好吧 不必强求



小洋洋

2018-10-08

👍 76

函数调用之所以用栈，是因为函数调用中经常嵌套，栗子：A调用B，B又调用C，那么就需要先把C执行完，结果赋值给B中的临时变量，B的执行结果再赋值给A的临时变量，嵌套越深的函数越需要被先执行，这样刚好符合栈的特点，因此每次遇到函数调用，只需要压栈，最后依次从栈顶弹出依次执行即可，这个过程很像文稿中的 $3+5*8-6$ //小白之拙见，欢迎拍砖*^o^*

展开 ▾



王争

2018-11-01

👍 66

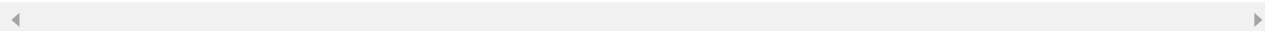
为什么函数调用要用“栈”来保存临时变量呢？用其他数据结构不行吗？

其实，我们不一定非要用栈来保存临时变量，只不过如果这个函数调用符合后进先出的特性，用栈这种数据结构来实现，是最顺理成章的选择。

...

展开 ▾

作者回复: 答案 大家可以参考下



鲫鱼

2018-10-10

👍 54

对我来说理解有些困难，所以姜威的笔记给了我很大的帮助的。给了我更好完善笔记的构

架，以及用不同方式解释加深理解和记忆。真的有的人不喜欢看不看就好，划掉不过两秒的事情。



姜威

2018-10-08

👍 28

实现代码：（栈的数组实现）

```
public class StackOfArray<Item> implements Iterable<Item>{  
    //存储数据的数组  
    Item[] a = (Item[])new Object[1];  
    //记录元素个数N...
```

展开 ∨



Monday

2018-10-09

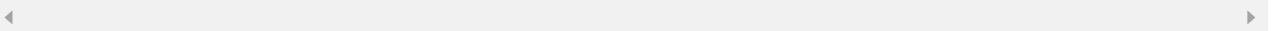
👍 23

对于每次留下的思考题都希望老师在 n ($n > 1$) 天后给出权威的答案，谢谢。

国庆在家里只看文档和听音频没有记录笔记，回去工作了，一定补上。个人认为本课题是最实惠的知识付费，没有之一。❤

展开 ∨

作者回复: 关于思考题 很多同学的留言都已经回答的很好了 关于权威答案 我可以集中写篇文章说说



Liam

2018-10-08

👍 17

1 函数调用和返回符合后进先出原则，而局部变量的生命周期应该和函数一致，因此用栈保存局部变量是合适的，函数出栈时同时销毁局部变量

2 jvm的栈就是一种栈数据结构，本质相同

展开 ∨



清以轻尘

2018-10-22

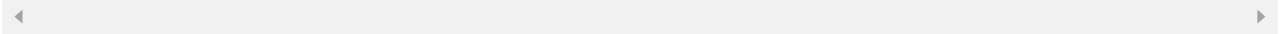
👍 15

关于这个浏览器的前进和后退，老师您说的是用两个栈实现，其实开篇我已经想到，但是，我还有一个很不错的解决思路，对于内存消耗可能会高点，但是时间复杂度也很低，

就是使用双向链表，用 pre和next 来实现前进和后退

展开 ∨

作者回复: 也可以的 📬



Jerry银银

2019-03-07

👍 10

置顶的留言中还有一个问题没有回答——为什么内存中的“栈”也叫“栈”，而且英文都是stack？

我认为，虽然内存中的栈和数据结构的栈不是一回事，即内存中的栈是一段虚拟的内存空间，数据结构中的栈是一种抽象的数据类型，但是它们都有“栈”的特性——后进先出...

展开 ∨



席尔

2019-01-11

👍 10

老师早上好!想请问下:如果当前栈大小为 K，并且已满，当再有新的数据要入栈时，就需要重新申请 2 倍大小的内存，并且做 K 个数据的搬移操作，然后再入栈。但是，接下来的 K-1 次入栈操作？

不是k次入栈操作吗？为什么是k-1次？新的栈空间还剩余k的大小呀，不是还能进行k次入栈操作吗？麻烦老师解答一下，非常感谢!

展开 ∨



thewangzl

2018-10-08

👍 9

JVM中的“栈”应该有两个。

一个是每个线程中方法调用用到的栈。该栈以栈帧为元素，当调用一个方法时，会把方法相关的局部变量表、操作数栈、方法返回地址等信息封装到栈帧中，把该栈帧入栈；当方法执行结束后，把该栈帧出栈。

第二个栈就是栈帧中的操作数栈。JVM的解释执行引擎是“基于栈的执行引擎”，是因...

展开 ∨



zyzheng

2018-10-08

👍 8

函数调用使用的栈是有硬件基础的，所有的CPU都有相应的SP寄存器用于存储栈顶指针，也有相应的入栈出栈指令，用于实现函数调用栈效率很高，和软件数据结构的栈有所不同。

如果要回答为什么函数调用要用栈，个人理解是CPU设计就是如此

展开 ∨



陈华应

2018-10-08

👍 6

1，方法调用是有先后顺序的，并且一个线程中同一时间点只会处理一个方法，若方法中调用其他方法，则被调用方法会入栈并且方法体被执行，执行完后方法出栈，并将执行结果相关信息向下一个执行方法传递(方法所有信息被封装为一个栈元素)。方法执行过程中产生的数据存储特点非常符合栈数据结构特点。

2，概念和用途是一个意思，jvm的栈稍有复杂，每个栈元素叫做栈帧(一个包含被执行方...

展开 ∨



Smallfly

2018-10-08

👍 6

函数调用为什么用栈实现，其中一个原因是为了满足递归的需求。



kylexu

2018-10-08

👍 6

看完再睡！

展开 ∨