02 Integer缓存问题分析

更新时间：2019-11-26 09:43:03

> 我要扼住命运的咽喉，它妄想使我屈服，这绝对办不到。生活是这样美好，活他一千辈子吧！
>
> ——贝多芬

1. 前言

《手册》第 7 页有一段关于包装对象之间值的比较问题的规约 1：

> 【强制】所有整型包装类对象之间值的比较，全部使用 equals 方法比较。
> 说明：对于 Integer var = ? 在 -128 至 127 范围内的赋值，Integer 对象是在 IntegerCache.cache 产生，会复用已有对象，这个区间内的 Integer 值可以直接使用 == 进行判断，但是这个区间之外的所有数据，都会在堆上产生，并不会复用已有对象，这是一个大坑，推荐使用 equals 方法进行判断。

这条建议非常值得大家关注， 而且该问题在 Java 面试中十分常见。

我们还需要思考以下几个问题：

- 如果不看《手册》，我们如何知道 Integer var = ? 会缓存 -128 到 127 之间的赋值？
- 为什么会缓存这个范围的赋值？
- 我们如何学习和分析类似的问题？

2.Integer 缓存问题分析

我们先看下面的示例代码，并思考该段代码的输出结果：

```
        Integer a = 100, b = 100, c = 150, d = 150;
        System.out.println(a == b);
        System.out.println(c == d);
    }
}
```

通过运行代码可以得到答案，程序输出的结果分别为： true ， false 。

那么为什么答案是这样？

结合《手册》的描述很多人可能会颇有自信地回答：**因为缓存了 -128 到 127 之间的数值，就没有然后了。**

那么为什么会缓存这一段区间的数值？缓存的区间可以修改吗？其它的包装类型有没有类似缓存？

what？咋还有这么多问题？这谁知道啊！

莫急，且看下面的分析。

2.1 源码分析法

首先我们可以通过源码对该问题进行分析。

我们知道， Integer var = ? 形式声明变量，会通过 java.lang.Integer#valueOf(int) 来构造 Integer 对象。

很多人可能会说：“你咋能知道这个呢”？

如果不信大家可以打断点，运行程序后会调到这里，总该信了吧？（后面还会再作解释）。

我们先看该函数源码：

```
/**
 * Returns an {@code Integer} instance representing the specified
 * {@code int} value.  If a new {@code Integer} instance is not
 * required, this method should generally be used in preference to
 * the constructor {@link #Integer(int)}, as this method is likely
 * to yield significantly better space and time performance by
 * caching frequently requested values.
 *
 * This method will always cache values in the range -128 to 127,
 * inclusive, and may cache other values outside of this range.
 *
 * @param  i an {@code int} value.
 * @return an {@code Integer} instance representing {@code i}.
 * @since  1.5
 */
public static Integer valueOf(int i) {
    if (i >= IntegerCache.low && i <= IntegerCache.high)
        return IntegerCache.cache[i + (-IntegerCache.low)];
    return new Integer(i);
}
```

缓存数组（java.lang.Integer.IntegerCache#cache）中提取整数对象；否则会 new 一个整数对象。

那么这里的缓存最大和最小值分别是多少呢？

从上述注释中我们可以看出，最小值是 -128, 最大值是 127。

那么为什么会缓存这一段区间的整数对象呢？

通过注释我们可以得知：**如果不要求必须新建一个整型对象，缓存最常用的值（提前构造缓存范围内的整型对象），会更省空间，速度也更快。**

这给我们一个非常重要的启发：

> 如果想减少内存占用，提高程序运行的效率，可以将常用的对象提前缓存起来，需要时直接从缓存中提取。

那么我们再思考下一个问题： Integer **缓存的区间可以修改吗？**

通过上述源码和注释我们还无法回答这个问题，接下来，我们继续看 java.lang.Integer.IntegerCache 的源码：

```
/**
 * Cache to support the object identity semantics of autoboxing for values between
 * -128 and 127 (inclusive) as required by JLS.
 *
 * The cache is initialized on first usage.  The size of the cache
 * may be controlled by the {@code -XX:AutoBoxCacheMax=<size>} option.
 * During VM initialization, java.lang.Integer.IntegerCache.high property
 * may be set and saved in the private system properties in the
 * sun.misc.VM class.
 */

private static class IntegerCache {
    static final int low = -128;
    static final int high;
    static final Integer cache[];
    static {
            // high value may be configured by property
            int h = 127;
            String integerCacheHighPropValue =
                sun.misc.VM.getSavedProperty("java.lang.Integer.IntegerCache.high");
           // 省略其它代码
    }
     // 省略其它代码
}
```

通过 IntegerCache 代码和注释我们可以看到，最小值是固定值 -128， 最大值并不是固定值，缓存的最大值是可以通过虚拟机参数 -XX:AutoBoxCacheMax=<size>} 或 -Djava.lang.Integer.IntegerCache.high=<value> 来设置的，未指定则为 127。

因此可以通过修改这两个参数其中之一，让缓存的最大值大于等于 150。

字到这里是不是发现，对此问题的理解和最初的想法有些不同呢？

这段注释也解答了为什么要缓存这个范围的数据：

> **是为了自动装箱时可以复用这些对象** ，这也是 JLS2 的要求。

我们可以参考 JLS 的 Boxing Conversion 部分的相关描述。

> If the value p being boxed is an integer literal of type int between -128 and 127 inclusive (§3.10.1), or the boolean literal true or false (§3.10.3), or a character literal between '\u0000' and '\u007f' inclusive (§3.10.4), then let a and b be the results of any two boxing conversions of p. It is always the case that a == b.
>
> 在 -128 到 127 （含）之间的 int 类型的值，或者 boolean 类型的 true 或 false， 以及范围在 '\u0000' 和 '\u007f' （含）之间的 char 类型的数值 p， 自动包装成 a 和 b 两个对象时， 可以使用 a == b 判断 a 和 b 的值是否相等。

2.2 反汇编法

那么究竟 Integer var = ? 形式声明变量，是不是通过 java.lang.Integer#valueOf(int) 来构造 Integer 对象呢？ 总不能都是猜测 N 个可能的函数，然后断点调试吧？

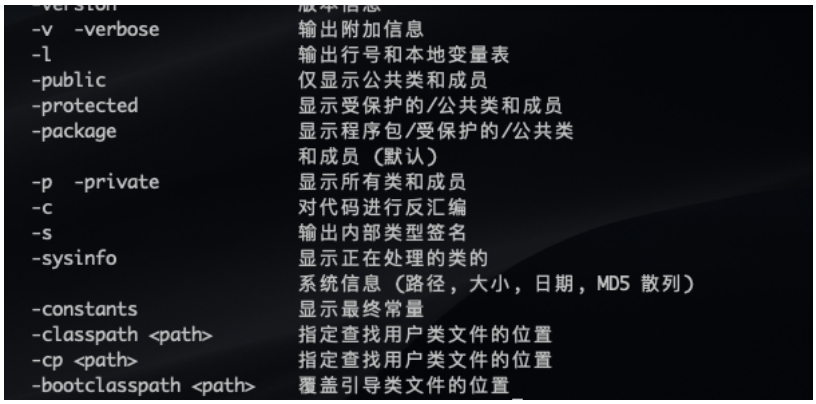
如果遇到其它类似的问题，没人告诉我底层调用了哪个方法，该怎么办？ 囧…

这类问题有个杀手锏，可以通过对编译后的 class 文件进行反汇编来查看。

首先编译源代码： javac IntTest.java

然后需要对代码进行反汇编，执行： javap -c IntTest

> 如果想了解 javap 的用法，直接输入 javap -help 查看用法提示（很多命令行工具都支持 -help 或 --help 给出用法提示）。



反编译后，我们得到以下代码：

```
Compiled from "IntTest.java"
public class com.chujianyun.common.int_test.IntTest {
  public com.chujianyun.common.int_test.IntTest();
    Code:
       0: aload_0
       1: invokespecial #1                  // Method java/lang/Object."<init>":()V
       4: return

  public static void main(java.lang.String[]);
    Code:
       0: bipush        100
       2: invokestatic  #2                  // Method java/lang/Integer.valueOf:(I)Ljava/lang/Integer;
       5: astore_1
       6: bipush        100
       8: invokestatic  #2                  // Method java/lang/Integer.valueOf:(I)Ljava/lang/Integer;
      11: astore_2
      12: sipush        150
      15: invokestatic  #2                  // Method java/lang/Integer.valueOf:(I)Ljava/lang/Integer;
      18: astore_3
      19: sipush        150
      22: invokestatic  #2                  // Method java/lang/Integer.valueOf:(I)Ljava/lang/Integer;
      25: astore        4
      27: getstatic     #3                  // Field java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
      30: aload_1
      31: aload_2
      32: if_acmpne     39
      35: iconst_1
      36: goto          40
      39: iconst_0
      40: invokevirtual #4                  // Method java/io/PrintStream.println:(Z)V
      43: getstatic     #3                  // Field java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
      46: aload_3
      47: aload         4
      49: if_acmpne     56
      52: iconst_1
      53: goto          57
      56: iconst_0
      57: invokevirtual #4                  // Method java/io/PrintStream.println:(Z)V
      60: return
}
```

接下来对汇编后的代码进行详细分析，如果看不懂可略过：

根据《Java Virtual Machine Specification：Java SE 8 Edition》3，后缩写为 JVMS，第 6 章 虚拟机指令集的相关描述以及《深入理解 Java 虚拟机》4 414-149 页的 附录 B “虚拟机字节码指令表”。我们对上述指令进行解读：

偏移为 0 的指令为：`bipush 100` ，其含义是将单字节整型常量 100 推入操作数栈的栈顶；

偏移为 2 的指令为：`invokestatic #2 // Method java/lang/Integer.valueOf:(I)Ljava/lang/Integer;` 表示调用一个 `static` 函数，即 `java.lang.Integer#valueOf(int)` ；

偏移为 5 的指令为：`astore_1` ，其含义是从操作数栈中弹出对象引用，然后将其存到第 1 个局部变量 Slot 中；

偏移 6 到 25 的指令和上面类似；

偏移为 30 的指令为 `aload_1` ，其含义是从第 1 个局部变量 Slot 取出对象引用（即 a），并将其压入栈；

偏移为 31 的指令为 `aload_2` ，其含义是从第 2 个局部变量 Slot 取出对象引用（即 b），并将其压入栈；

偏移为 32 的指令为 `if_acmpn` ，该指令为条件跳转指令，`if_` 后以 a 开头表示对象的引用比较。

由于该指令有以下特性：

> - `if_acmpeq` 比较栈两个引用类型数值，相等则跳转
> - `if_acmpne` 比较栈两个引用类型数值，不相等则跳转

由于 `Integer` 的缓存问题，所以 a 和 b 引用指向同一个地址，因此此条件不成立（成立则跳转到偏移为 39 的指令处），执行偏移为 35 的指令。

偏移为 35 的指令：`iconst_1` ，其含义为将常量 1 压栈（ Java 虚拟机中 boolean 类型的运算类型为 int ，其中 true 用 1 表示，详见 2.11.1 数据类型和 Java 虚拟机。

然后执行偏移为 36 的 `goto` 指令，跳转到偏移为 40 的指令。

偏移为 40 的指令：`invokevirtual #4 // Method java/io/PrintStream.println:(Z)V` 。

可知参数描述符为 `Z` ，返回值描述符为 `V` 。

根据 4.3.2 字段描述符 ，可知 `FieldType` 的字符为 `Z` 表示 `boolean` 类型， 值为 `true` 或 `false` 。
根据 4.3.3 字段描述符 ，可知返回值为 `void` 。

因此可以知，最终调用了 `java.io.PrintStream#println(boolean)` 函数打印栈顶常量即 `true` 。

执行偏移为 60 的指令，即 retrun ，程序结束。

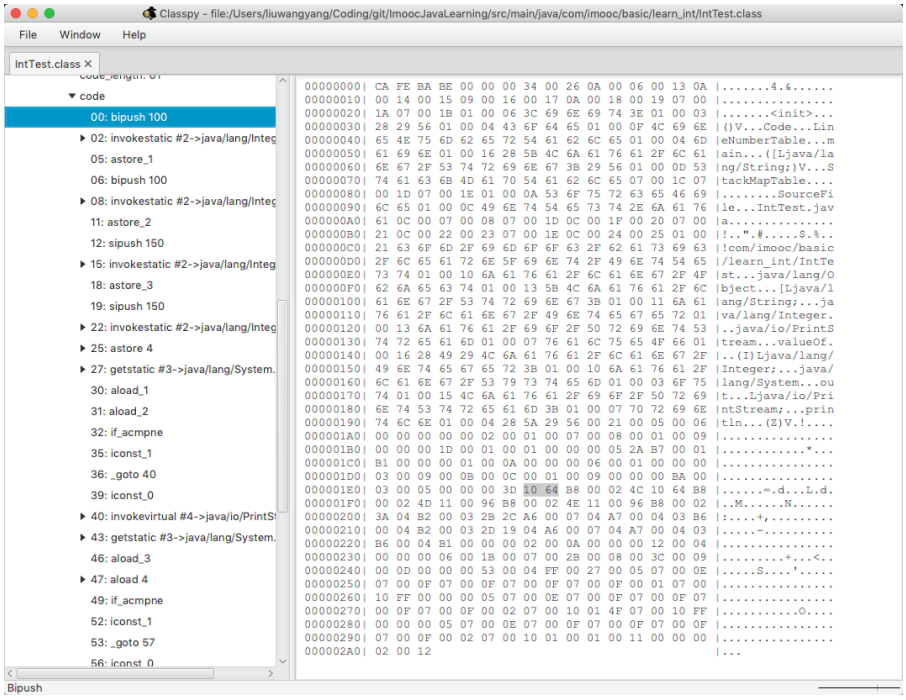
可能有些朋友会对反汇编的代码有些抵触和恐惧，这都是非常正常的现象。

我们分析和研究问题的时候，**看懂核心逻辑即可**，不要纠结于细节，而失去了重点。

一回生两回熟，随着遇到的例子越来越多，遇到类似的问题时，会喜欢上 javap 来分析和解决问题。

如果想深入学习 java 反汇编，强烈建议结合官方的 JVMS 或其中文版:《Java 虚拟机规范》这本书进行拓展学习。

如果大家不喜欢命令行的方式进行 Java 的反汇编，这里推荐一个简单易用的可视化工具：classpy ，大家可以自行了解学习。



3.Long 的缓存问题分析

我们学习的目的之一就是要学会举一反三。因此我们对 Long 也进行类似的研究，探究两者之间有何异同。

3.1 源码分析

类似的，我们接下来分析 java.lang.Long#valueOf(long) 的源码：

```
/**
 * Returns a {@code Long} instance representing the specified
 * {@code long} value.
 * If a new {@code Long} instance is not required, this method
 * should generally be used in preference to the constructor
 * {@link #Long(long)}, as this method is likely to yield
 * significantly better space and time performance by caching
 * frequently requested values.
```

```
 * is <em>not</em> required to cache values within a particular
 * range.
 *
 * @param  l a long value.
 * @return a {@code Long} instance representing {@code l}.
 * @since  1.5
 */
public static Long valueOf(long l) {
    final int offset = 128;
    if (l >= -128 && l <= 127) { // will cache
        return LongCache.cache[(int)l + offset];
    }
    return new Long(l);
}
```

发现该函数的写法和 Ineger.valueOf(int) 非常相似。

我们同样也看到， Long 也用到了缓存。使用 java.lang.Long#valueOf(long) 构造 Long 对象时，值在 **[-128, 127]** 之间的 Long 对象直接从缓存对象数组中提取。

而且注释同样也提到了：**缓存的目的是为了提高性能**。

但是通过注释我们发现这么一段提示：

> Note that unlike the {@linkplain Integer#valueOf(int) corresponding method} in the {@code Integer} class, this method is *not* required to cache values within a particular range.
>
> 注意：和 Ineger.valueOf(int) 不同的是，此方法并没有被要求缓存特定范围的值。

这也正是上面源码中缓存范围判断的注释为何用 // will cache 的原因（可以对比一下上面 Integer 的缓存的注释）。

因此我们可知，虽然此处采用了缓存，但应该不是 JLS 的要求。

那么 Long 类型的缓存是如何构造的呢？

我们查看缓存数组的构造：

```
private static class LongCache {
    private LongCache(){}

    static final Long cache[] = new Long[-(-128) + 127 + 1];

    static {
        for(int i = 0; i < cache.length; i++)
            cache[i] = new Long(i - 128);
    }
}
```

可以看到，它是在静态代码块中填充缓存数组的。

同样地我们也编写一个示例片段：

```
public class LongTest {

    public static void main(String[] args) {
        Long a = -128L, b = -128L, c = 150L, d = 150L;
        System.out.println(a == b);
        System.out.println(c == d);
    }
}
```

编译源代码： javac LongTest.java

对编译后的类文件进行反汇编：javap -c LongTest

得到下面反编译的代码：

```
public class com.imooc.basic.learn_int.LongTest {
  public com.imooc.basic.learn_int.LongTest();
    Code:
       0: aload_0
       1: invokespecial #1                  // Method java/lang/Object."<init>":()V
       4: return

  public static void main(java.lang.String[]);
    Code:
       0: ldc2_w        #2                  // long -128l
       3: invokestatic  #4                  // Method java/lang/Long.valueOf:(J)Ljava/lang/Long;
       6: astore_1
       7: ldc2_w        #2                  // long -128l
      10: invokestatic  #4                  // Method java/lang/Long.valueOf:(J)Ljava/lang/Long;
      13: astore_2
      14: ldc2_w        #5                  // long 150l
      17: invokestatic  #4                  // Method java/lang/Long.valueOf:(J)Ljava/lang/Long;
      20: astore_3
      21: ldc2_w        #5                  // long 150l
      24: invokestatic  #4                  // Method java/lang/Long.valueOf:(J)Ljava/lang/Long;
      27: astore        4
      29: getstatic     #7                  // Field java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
      32: aload_1
      33: aload_2
      34: if_acmpne     41
      37: iconst_1
      38: goto          42
      41: iconst_0
      42: invokevirtual #8                  // Method java/io/PrintStream.println:(Z)V
      45: getstatic     #7                  // Field java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
      48: aload_3
      49: aload         4
      51: if_acmpne     58
      54: iconst_1
      55: goto          59
      58: iconst_0
      59: invokevirtual #8                  // Method java/io/PrintStream.println:(Z)V
      62: return
}
```

3. 总结

本小节通过源码分析法、阅读 JLS 和 JVMS、使用反汇编法，对 Integer 和 Long 缓存的目的和实现方式问题进行了深入分析。

让大家能够通过更丰富的手段来学习知识和分析问题，通过对缓存目的的思考来学到更通用和本质的东西。

本节使用的几种手段将是我们未来常用的方法，也是工作进阶的必备技能和一个程序员专业程度的体现，希望大家未来能够多动手实践。

下一节我们将介绍 Java 序列化相关问题，包括序列化的定义，序列化常见的方案，序列化的坑点等。

4. 课后题

第 1 题：请大家根据今天的研究分析过程，对下面的一个示例代码进行分析。

```
public class CharacterTest {
    public static void main(String[] args) {
        Character a = 126, b = 126, c = 128, d = 128;
        System.out.println(a == b);
        System.out.println(c == d);
    }
}
```

第 2 题： 结合今天的讲解，请自行对 Character 、 Short 、Boolean 的缓存问题进行分析，并比较它们的异同。

参考资料

1. 阿里巴巴与 Java 社区开发者.《 Java 开发手册 1.5.0》华山版. 2019. 7 ↩

2. James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha, Alex Buckley.《 Java Language Specification: Java SE 8 Edition》. 2015 ↩

3. Tim Lindholm, Frank Yellin, Gilad Bracha, Alex Buckley. 《 Java Virtual Machine Specification : Java SE 8 Edition》. 2015 ↩

4. 周志明.《深入理解 Java 虚拟机》. 机械工业出版社. 2018 ↩

精选留言 8

目录

所相虚妄

这个long和Integer的缓存的区别就是long不能根据传入的参数去修改缓存的范围吧?

0 回复 15小时前

明明如月 回复 **所相虚妄**

这只是其中一点，另外一点可以看valueOf的注释

回复 37分钟前

Skyleroz

大神，这个基本类型的默认范围：-128-127有什么讲究吗，为什么是这么大的范围，我网上百度了一下，没有这方面的说明，可能是搜索方式问题，求解答

0 回复 4天前

明明如月 回复 **Skyleroz**

文章给出了解释。 这个范围主要是Java语言规范的规定，其次是这个范围更常用。 本质上属于空间换时间，预存这部分数据就要占空间，但是下次用的时候就不需要重新创建。 另外体现了对象池设计模式，缓存这部分数据直接复用又避免了重复重复创建。 要养成直接去 JDK对应源码看注释的习惯，养成看Java语言规范和JVM规范的习惯。 网上百度到的质量参差不齐，甚至可能是错误的。

回复 4天前

letro

刚开始学，希望能再回复下我的问题，Ljava/lang/Integer;反汇编的时候看到这个， 为什么java前面加上L，百度了，没有找到合理的解释。希望作者解惑

0 回复 2019-12-07

明明如月 回复 **letro**

因为这个专栏不是专门针对虚拟机的讲解，只是把字节码运用到解决问题上来。 文中也提到了刚开始学的同学不要太纠结细节，抓住核心逻辑即可。 细节太多，重点参考《Java虚拟机规范》，找不到，建议看第一节的留言加读者群有中文版。 这个是字段描述符其中L ClassName 表示引用类型，Z表示boolean S 表示short类型 [表示数组类型等。 《Java语言规范》和《Java虚拟机规范》一定要多看。

回复 8天前

hwl_01

Integer cache[];这个定义的时候不用指定长度吗？不合逻辑呀！？

0 回复 2019-11-22

明明如月 回复 **hwl_01**

这种形式是声明数组类型的变量，和声明一个其他类型的变量没太大区别，这里不是创建数组。创建数组对象时需指定大小。你所描述的可能是这种： int[] a = new int[]; 。

回复 2019-11-22 20:23:25

明明如月 回复 **hwl_01**

目录

hwl_01

提个小小的建议，源码代码可以贴过来，麻烦注释通过JavaDoc处理下呗，看着杂乱无用信息太多，分分钟出戏。。。

0 回复 2019-11-22

明明如月 回复 **hwl_01**

多谢你的建议，后续如果不是重要的注释尽量不贴。 不过我这里贴注释的地方大都是后面会引用助手的内容。 另外本专栏传播的一种观念就是重视注释。 很多人恰恰是忽视注释硬看源码或者只看作者的讲解才只能讲到啥学到啥。

回复 2019-11-22 20:16:44

慕慕4042121

老师，为啥 Integer c = 150; System.out.println(c==150); 结果是true呢?

0 回复 2019-11-10

明明如月 回复 **慕慕4042121**

这个问题通过本文介绍的方法安全可以自主快速学习，可以查下 jls，然后反汇编看下，或许你会豁然开朗。 希望能够养成用（专栏）学到的方法来解决问题的习惯，而不是总依赖别人的讲解。 相信自己，动手试一下。

回复 2019-11-11 13:06:44

窗下有梧桐 回复 **慕慕4042121**

因为比较时会自动拆箱，基本数据==比较的是值，肯定就为true了

回复 2019-11-20 15:57:10

明明如月 回复 **窗下有梧桐**

问题是比较时会自动拆箱，这个结论是从哪里来的?

回复 2019-11-23 11:00:53

点击展开后面 2 条

OhhhhhSun

Double，Float类valueOf()方法中都是直接使用new 对象的方式返回，但是在注释中都有这样的描述：as this method is likely to yield significantly better space and time performance by caching frequently requested values。这算不算一个小坑呢?

1 回复 2019-11-06

明明如月 回复 **OhhhhhSun**

这种描述确实很容易误导别人。 那么两个问题： 1 为什么没有缓存这一段的数据呢? 其中一个原因可能是 Double 和Float 不像Integer, 它们在某个范围的数据太多。 缓存的代价可能比直接创建对象代价更大。 2 为什么还有有这段注释呢? 一方面不排除未来会加上缓存。另外实际加入缓存的 源码中，会在下面多一段介绍，和这个有区别。 启发：看注释之后还是要看源码，不要轻信，另外要思考为什么没做。

回复 2019-11-07 00:54:56

飘忽的青布衫 回复 **OhhhhhSun**

code never lays, comment sometimes do.

目录

qq_oreo_5

你好老师，我代码测试写的是 Integer a = 12,但是打了断点，Integer的valueOf()内i的值却是255，很奇怪

5 回复 2019-10-30

明明如月 回复 **qq_oreo_5**

这个问题提的非常好，很有价值，很细心，为你点赞。 为了能够清晰明白地解答这个问题，我决定写一篇 慕课手记，详情请看手记。 https://www.imooc.com/article/294578

回复 2019-10-30 22:14:26

千学不如一看，千看不如一练