Java内存区域详解

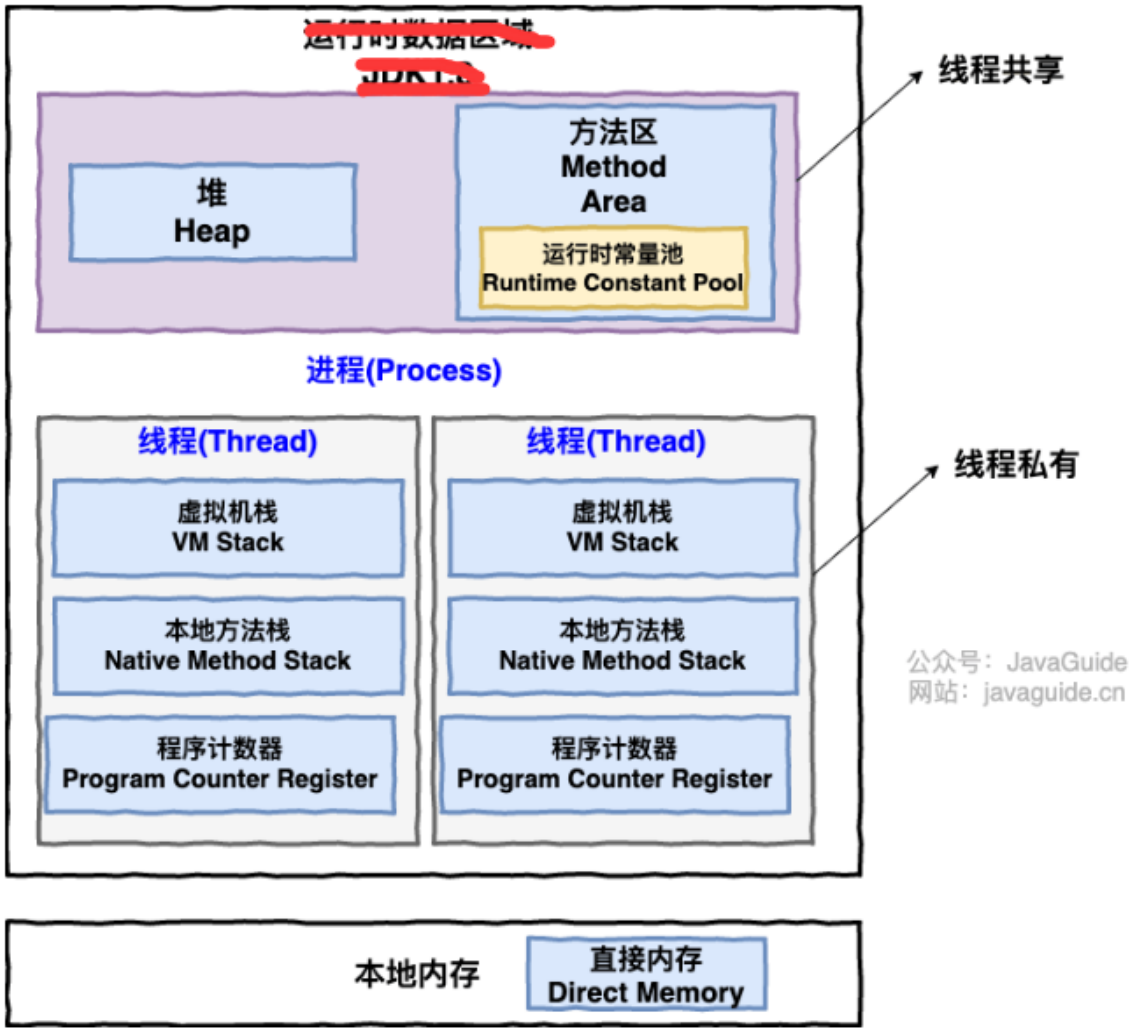
常见面试题：

- 介绍一下Java内存区域（运行时数据区）
- Java对象的创建过程
- 对象的访问定位的两种方式

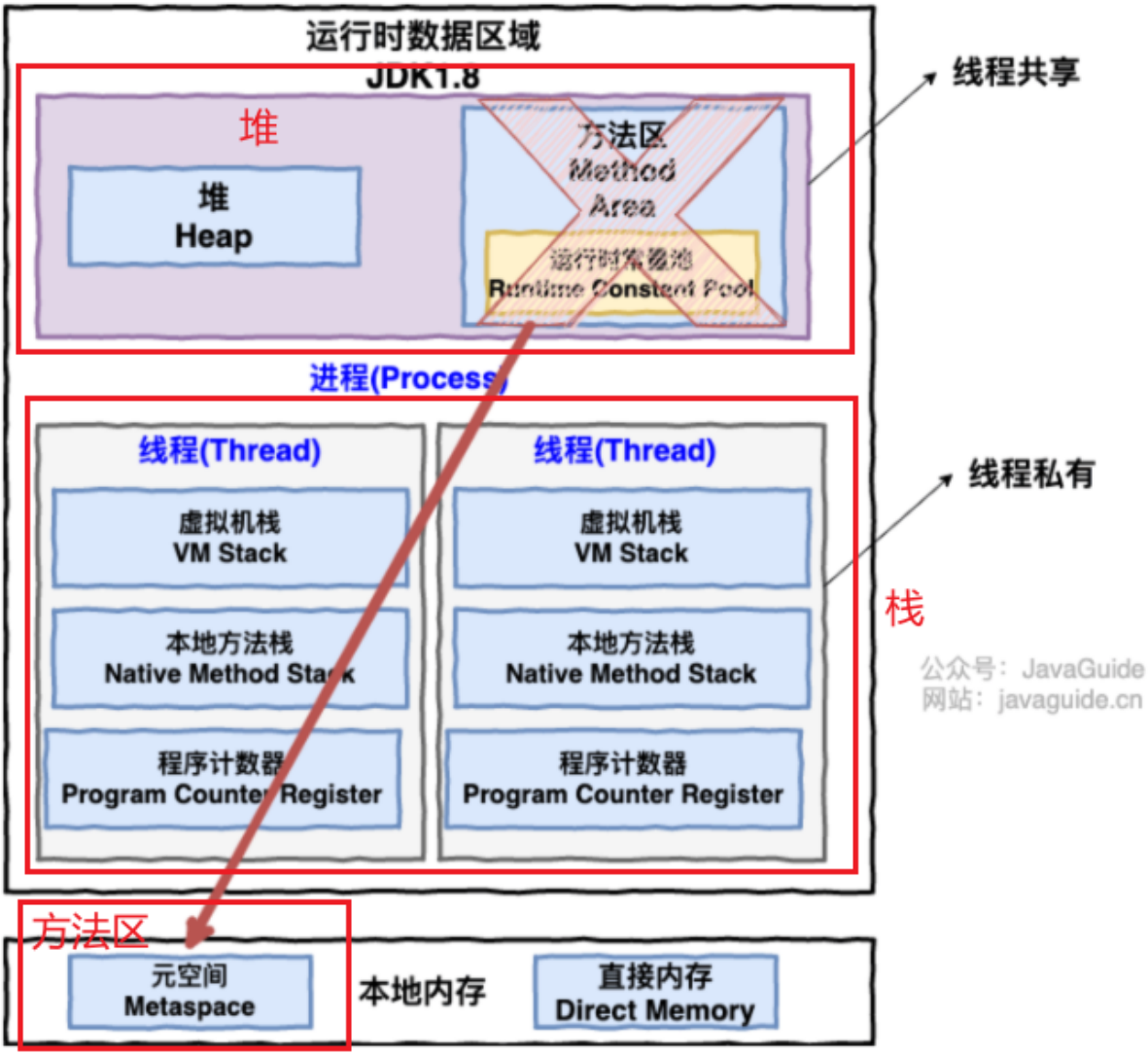
运行时数据区

Java虚拟机在执行程序过程中，会把分配给Java虚拟机的内存分成个若干个不同的数据区域。但是JDK1.8和之前会有些改变。

1.8之前：



1.8之后：



注意：本地内存就是操作系统所持有的内存，JVM虚拟机的内存也是从操作系统的内存分出来的。

（本地内存，本地方法都是属于**操作系统**的）

线程私有的：

- 程序计数器
- 虚拟机栈
- 本地方法栈

线程共享的：

- 堆
- 方法区
- 直接内存 (非运行时数据区的一部分)

Java 虚拟机规范对于运行时数据区域的规定是相当宽松的。以堆为例：堆可以是连续空间，也可以不连续。堆的大小可以固定，也可以在运行时按需扩展 。虚拟机实现者可以使用任何垃圾回收算法管理堆，甚至完全不进行垃圾收集也是可以的。

程序计数器

程序计数器是一块较小的内存空间，可以看作是当前线程所执行的字节码的行号指示器。字节码解释器工作时通过改变这个计数器的值来选取下一条需要执行的字节码指令，分支、循环、跳转、异常处理、线程恢复等功能都需要依赖这个计数器来完成。

另外，为了线程切换后能恢复到正确的执行位置，每条线程都需要有一个独立的程序计数器，各线程之间计数器互不影响，独立存储，我们称这类内存区域为“线程私有”的内存。

从上面的介绍中我们知道了程序计数器主要有两个作用：

- 字节码解释器通过改变程序计数器来依次读取指令，从而实现代码的流程控制，如：顺序执行、选择、循环、异常处理。
- 在多线程的情况下，程序计数器用于记录当前线程执行的位置，从而当线程被切换回来的时候能够知道该线程上次运行到哪儿了。

⚠️ 注意： 程序计数器是唯一一个不会出现 OutOfMemoryError 的内存区域，它的生命周期随着线程的创建而创建，随着线程的结束而死亡。

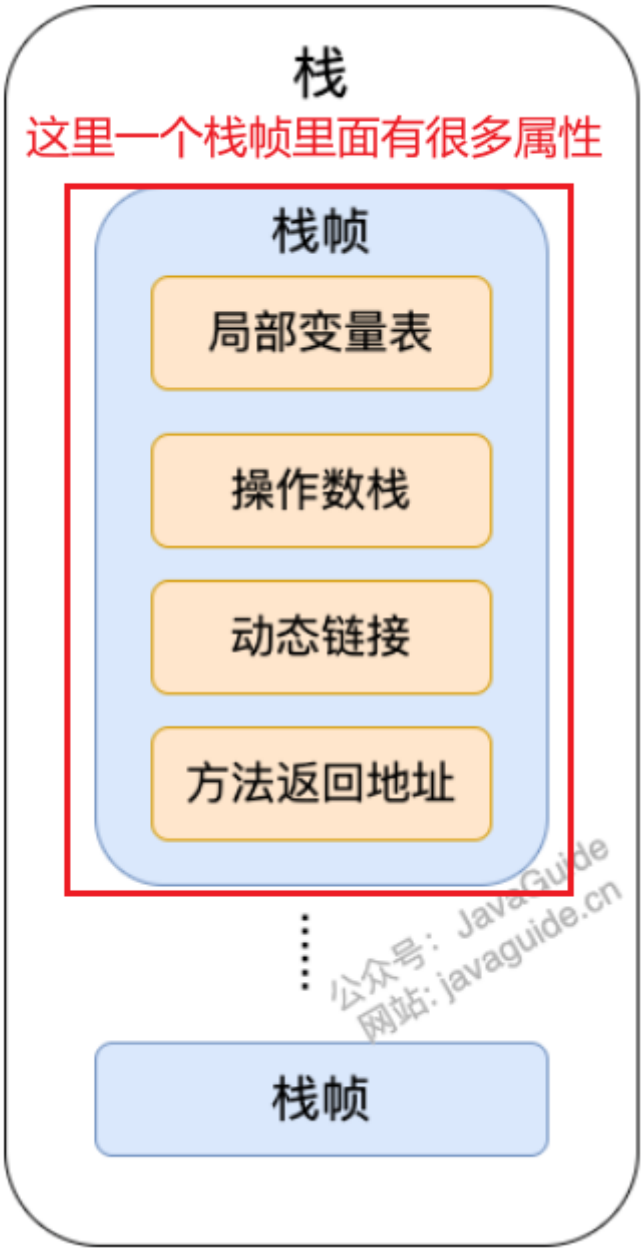
Java虚拟机栈

与程序计数器一样，Java 虚拟机栈（后文简称栈）也是线程私有的，它的生命周期和线程相同，随着线程的创建而创建（也就是说，每个线程有自己独立的栈帧，它们之间是相互独立的），随着线程的死亡而死亡。

栈绝对算的上是 JVM 运行时数据区域的一个核心，除了一些 Native 方法调用是通过本地方法栈实现的(后面会提到)，其他所有的 Java 方法调用都是通过栈来实现的（也需要和其他运行时数据区域比如程序计数器配合）。

方法调用的数据需要通过栈进行传递，每一次方法调用都会有一个对应的栈帧被压入栈中，每一个方法调用结束后，都会有一个栈帧被弹出。

栈由一个个栈帧组成，而每个栈帧中都拥有：局部变量表、操作数栈、动态链接、方法返回地址。和数据结构上的栈类似，两者都是先进后出的数据结构，只支持出栈和入栈两种操作。



局部变量表 主要存放了编译期可知的各种数据类型（boolean、byte、char、short、int、float、long、double）、对象引用（reference 类型，它不同于对象本身，可能是一个指向对象起始地址的**引用指针**，也可能是指向**一个代表对象的句柄**或其他与此对象相关的位置）。其实这个我的理解就是存储的是每个方法里面的变量的地址。

操作数栈 主要作为方法调用的中转站使用，用于存放方法执行过程中产生的中间计算结果。另外，计算过程中产生的临时变量也会放在操作数栈中。

动态链接 主要服务一个方法需要调用其他方法的场景。在 Java 源文件被编译成字节码文件时，所有的变量和方法引用都作为符号引用（Symbilic Reference）保存在 Class 文件的常量池里。当一个方法要调用其他方法，需要将常量池中指向方法的符号引用转化为其在内存地址中的直接引用。动态链接的作用就是为了将符号引用转换为调用方法的直接引用。

Java 方法有两种返回方式，一种是 return 语句正常返回，一种是抛出异常。不管哪种返回方式，都会导致栈帧被弹出。也就是说， **栈帧随着方法调用而创建，随着方法结束而销毁。无论方法正常完成还是异常完成都算作方法结束。**

栈空间虽然不是无限的，但一般正常调用的情况下是不会出现问题的。不过，如果函数调用陷入无限循环的话，就会导致栈中被压入太多栈帧而占用太多空间，导致栈空间过深。那么当线程请求栈的深度超过当前 Java 虚拟机栈的最大深度的时候，就抛出 StackOverFlowError 错误。

Java 方法有两种返回方式，一种是 return 语句正常返回，一种是抛出异常。不管哪种返回方式，都会导致栈帧被弹出。也就是说，**栈帧随着方法调用而创建，随着方法结束而销毁。无论方法正常完成还是异常完成都算作方法结束。**

除了 StackOverFlowError 错误之外，栈还可能会出现OutOfMemoryError错误，这是因为如果栈的内存大小可以动态扩展， 如果虚拟机在动态扩展栈时无法申请到足够的内存空间，则抛出OutOfMemoryError异常。

简单总结一下程序运行中栈可能会出现两种错误：

- **StackOverFlowError****：** 若栈的内存大小不允许动态扩展，那么当线程请求栈的深度超过当前 Java 虚拟机栈的最大深度的时候，就抛出 StackOverFlowError 错误。
- **OutOfMemoryError：** 如果栈的内存大小可以动态扩展（但是我们通常用的HotSpot虚拟机是不允许动态扩展的）， 如果虚拟机在动态扩展栈时无法申请到足够的内存空间，则抛出OutOfMemoryError异常。

本地方法栈

和虚拟机栈所发挥的作用非常相似，区别是：**虚拟机栈为虚拟机执行 Java 方法 （也就是字节码）服务，而本地方法栈则为虚拟机使用到的 Native 方法服务。** 在 HotSpot 虚拟机中本地方法栈和虚拟机栈合二为一。

本地方法被执行的时候，在本地方法栈也会创建一个栈帧，用于存放该本地方法的局部变量表、操作数栈、动态链接、出口信息。

方法执行完毕后相应的栈帧也会出栈并释放内存空间，也会出现 StackOverFlowError 和 OutOfMemoryError 两种错误。

堆

Java 虚拟机所管理的内存中最大的一块，Java 堆是**所有线程**共享的一块内存区域，在虚拟机启动时创建。**此内存区域的唯一目的就是存放对象实例，几乎所有的对象实例以及数组都在这里分配内存。**

Java 世界中“几乎”所有的对象都在堆中分配，但是，随着 JIT 编译器的发展与逃逸分析技术逐渐成熟，栈上分配、标量替换优化技术将会导致一些微妙的变化，所有的对象都分配到堆上也渐渐变得不那么“绝对”了。从 JDK 1.7 开始已经默认开启逃逸分析，如果某些方法中的对象引用没有被返回或者未被外面使用（也就是未逃逸出去），那么对象可以直接在栈上分配内存。

Java 堆是垃圾收集器管理的主要区域，因此也被称作 **GC 堆（Garbage Collected Heap）**。从垃圾回收的角度，由于现在收集器基本都采用分代垃圾收集算法，所以

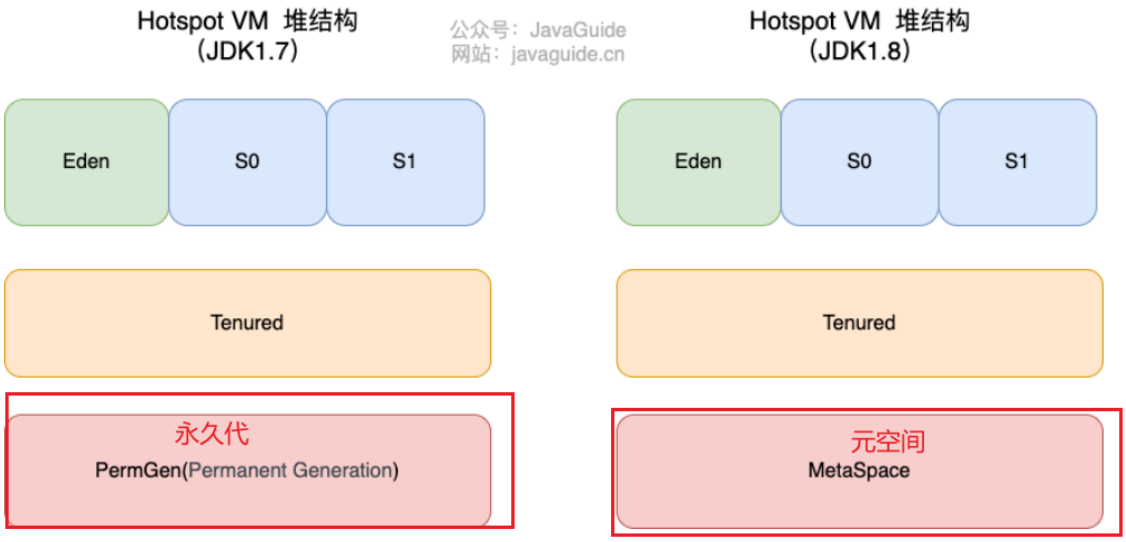
- Java 堆还可以细分为：新生代和老年代；
- 再细致一点有：Eden、Survivor、Old 等空间。

进一步划分的目的是更好地回收内存，或者更快地分配内存。

在 JDK 7 版本及 JDK 7 版本之前，堆内存被通常分为下面三部分：

1. 新生代内存(Young Generation)
2. 老生代(Old Generation)
3. 永久代(Permanent Generation)

下图所示的 Eden 区、两个 Survivor 区 S0 和 S1 都属于新生代，中间一层属于老年代，最下面一层属于永久代。



JDK 8 版本之后 PermGen(永久) 已被 Metaspace(元空间) 取代，元空间使用的是直接内存 （我会在方法区这部分内容详细介绍到）。

大部分情况，对象都会首先在 Eden 区域分配，在一次新生代垃圾回收后，如果对象还存活，则会进入 S0 或者 S1，并且对象的年龄还会加 1(Eden 区->Survivor 区后对象的初始年龄变为 1)，当它的年龄增加到一定程度（默认为 15 岁），就会被晋升到老年代中。对象晋升到老年代的年龄阈值，可以通过参数 -XX:MaxTenuringThreshold 来设置。

堆这里最容易出现的就是 OutOfMemoryError 错误，并且出现这种错误之后的表现形式还会有几种，比如：

1. **java.lang.OutOfMemoryError: GC Overhead Limit Exceeded**： 当 JVM 花太多时间执行垃圾回收并且只能回收很少的堆空间时，就会发生此错误。
2. **java.lang.OutOfMemoryError: Java heap space** :假如在创建新的对象时, 堆内存中的空间不足以存放新创建的对象, 就会引发此错误。(和配置的最大堆内存有关，且受制于物理内存大小。最大堆内存可通过-Xmx参数配置，若没有特别配置，将会使用默认值。

方法区

方法区属于是 JVM 运行时数据区域的一块逻辑区域，是各个线程共享的内存区域。

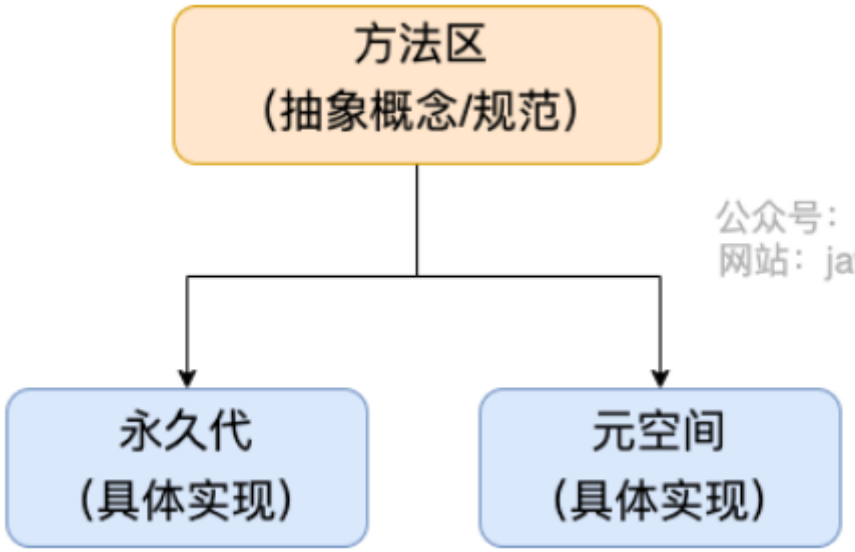
《Java 虚拟机规范》只是规定了有方法区这么个概念和它的作用，方法区到底要如何实现那就是虚拟机自己要考虑的事情了。也就是说，在不同的虚拟机实现上，方法区的实现是不同的。

当虚拟机要使用一个类时，它需要读取并解析 Class 文件获取相关信息，再将信息存入到方法区。方法区会存储已被虚拟机加载的 **类信息、字段信息、方法信息、常量、静态变量、即时编译器编译后的代码缓存等数据。**

方法区和永久代以及元空间是什么关系呢?

永久代是Java堆的一部分，但是它**是Java堆中的一块独立区域**，与Java堆中的对象存储区是分开的。换句话说，**方法区和Java堆中的对象存储区是并列的两个区域，它们都属于Java堆的一部分。**

方法区和永久代以及元空间的关系很像 Java 中接口和类的关系，类实现了接口，这里的类就可以看作是永久代和元空间，接口可以看作是方法区，也就是说永久代以及元空间是 HotSpot 虚拟机对虚拟机规范中方法区的两种实现方式。并且，永久代是 JDK 1.8 之前的方法区实现，JDK 1.8 及以后方法区的实现变成了元空间。



（需要注意的是，永久代是在堆中，元空间是在操作系统内存中）

为什么要将永久代替换为元空间呢?

1、整个永久代有一个 JVM 本身设置的固定大小上限，无法进行调整，而元空间使用的是直接内存，受本机可用内存的限制，虽然元空间仍旧可能溢出，但是**比原来出现的几率会更小。**

当元空间溢出时会得到如下错误： java.lang.OutOfMemoryError: MetaSpace

你可以使用 -XX：MaxMetaspaceSize 标志设置最大元空间大小，默认值为 unlimited，这意味着它只受系统内存的限制。-XX：MetaspaceSize 调整标志定义元空间的初始大小如果未指定此标志，则 Metaspace 将根据运行时的应用程序需求动态地重新调整大小。

2、元空间里面存放的是**类的元数据**，这样加载多少类的元数据就不由 MaxPermSize 控制了, 而由系统的实际可用空间来控制，**这样能加载的类就更多了。**

3、在 JDK8，合并 HotSpot 和 JRockit 的代码时, JRockit 从来没有一个叫永久代的东西, 合并之后就没有必要额外的设置这么一个永久代的地方了。

方法区常用参数有哪些?

JDK 1.8 之前永久代还没被彻底移除的时候通常通过下面这些参数来调节方法区大小。

```
-XX:PermSize=N //方法区 (永久代) 初始大小
-XX:MaxPermSize=N //方法区 (永久代) 最大大小,超过这个值将会抛出 OutOfMemoryError 异常:java.lang.OutOfMemoryError: PermGen
```

相对而言，垃圾收集行为在这个区域是比较少出现的，但并非数据进入方法区后就“永久存在”了。

JDK 1.8 的时候，方法区（HotSpot 的永久代）被彻底移除了（JDK1.7 就已经开始了），取而代之是元空间，元空间使用的是直接内存。下面是一些常用参数：

```
-XX:MetaspaceSize=N //设置 Metaspace 的初始（和最小大小）
-XX:MaxMetaspaceSize=N //设置 Metaspace 的最大大小
```

与永久代很大的不同就是：如果不指定大小的话，**随着更多类的创建，虚拟机会耗尽所有可用的系统内存**

总结

虚拟机主要的 5 大块：方法区，堆都为线程共享区域，有线程安全问题，栈和本地方法栈和计数器都是独享区域，不存在线程安全问题，而 JVM 的调优主要就是围绕堆，栈两大块进行

运行时常量池

Class 文件中除了有 类的版本、字段、方法、接口等描述信息外，还有用于存放编译期生成的各种字面量（Literal）和符号引用（Symbolic Reference）的 **常量池表**(Constant Pool Table) 。

字面量是源代码中的固定值的表示法，即通过字面我们就能知道其值的含义。

- 字面量包括整数、浮点数和字符串字面量，
- 符号引用包括类符号引用、字段符号引用、方法符号引用和接口方法符号引用。

常量池表会在类加载后存放到方法区的运行时常量池中。

运行时常量池的功能类似于传统编程语言的符号表，尽管它包含了比典型符号表更广泛的数据。

既然运行时常量池是方法区的一部分，自然受到方法区内存的限制，当常量池无法再申请到内存时会抛出 OutOfMemoryError 错误。

- **JDK1.7 之前运行时常量池逻辑包含字符串常量池存放在方法区, 此时 hotspot 虚拟机对方法区的实现为永久代**
- **JDK1.7 字符串常量池被从方法区拿到了堆中, 这里没有提到运行时常量池,也就是说字符串常量池被单独拿到堆,运行时常量池剩下的东西还在方法区, 也就是 hotspot 中的永久代 。**
- **JDK1.8 hotspot 移除了永久代用元空间(Metaspace)取而代之, 这时候字符串常量池还在堆, 运行时常量池还在方法区, 只不过方法区的实现从永久代变成了元空间(Metaspace)**

在 Java 8 中：

- 运行时常量池是存储在元空间（Metaspace）中的，包括**字面量**和**符号引用**等信息。
- 字符串常量池是存储在堆中的，用于存储字符串常量。在 Java 8 中，字符串常量池引入了一个新的实现方式，称为“字符串重用池”，以更好地复用字符串常量，从而减少内存使用。

需要注意的是，虽然元空间和直接内存在 Java 8 中是相关的，但是运行时常量池并不是存储在直接内存中，而是存储在元空间中。而字符串常量池虽然存储在堆中，但是它并不是 Java 堆的一部分，而**是一个特殊的内存区域。**

字符串常量池

字符串常量池 是 JVM 为了提升性能和减少内存消耗针对字符串（String 类）专门开辟的一块区域，主要目的是为了避免字符串的重复创建。

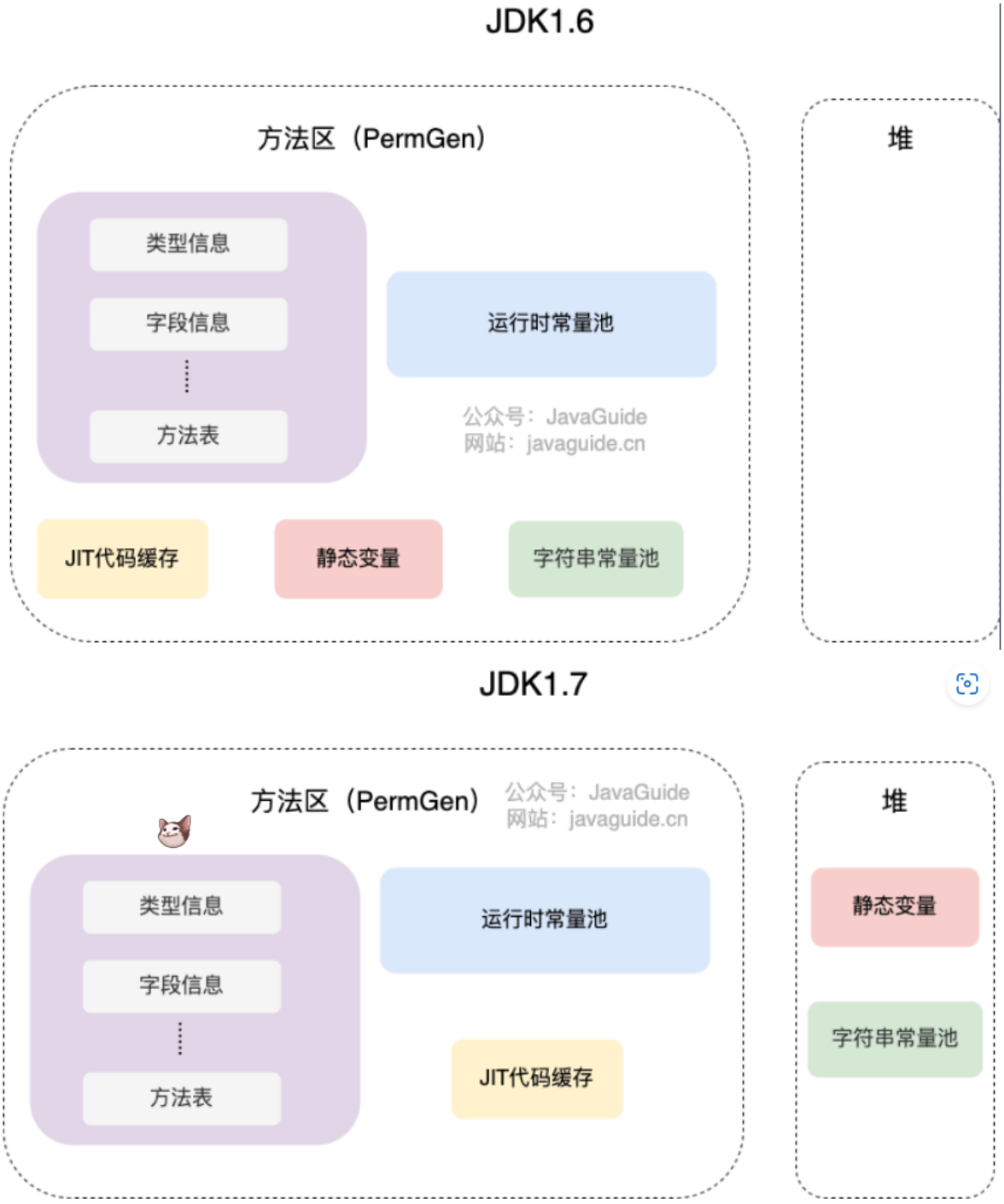
```
// 在堆中创建字符串对象”ab“
// 将字符串对象”ab“的引用保存在字符串常量池中
String aa = "ab";
// 直接返回字符串常量池中字符串对象”ab“的引用
String bb = "ab";
System.out.println(aa==bb);// true
```

HotSpot 虚拟机中字符串常量池的实现是 src/hotspot/share/classfile/stringTable.cpp

StringTable 本质上就是一个HashSet ,容量为 StringTableSize（可以通过 -XX:StringTableSize 参数来设置）。

StringTable 中保存的是字符串对象的引用，字符串对象的引用指向堆中的字符串对象。**

JDK1.7 之前，字符串常量池存放在永久代。JDK1.7 字符串常量池和静态变量从永久代移动了 Java 堆中。



JDK 1.7 为什么要将字符串常量池移动到堆中?

主要是因为永久代（方法区实现）的 GC 回收效率太低，只有在整堆收集 (Full GC)的时候才会被执行 GC。Java 程序中通常会有大量的被创建的字符串等待回收，将字符串常量池放到堆中，能够更高效及时地回收字符串内存。

直接内存

直接内存并不是虚拟机运行时数据区的一部分，也不是虚拟机规范中定义的内存区域，但是这部分内存也被频繁地使用。而且也可能导致 OutOfMemoryError 错误出现。

JDK1.4 中新加入的 **NIO(New Input/Output) 类**，引入了一种基于**通道（Channel）**与缓存区（Buffer）的 I/O 方式，它可以直接使用 Native 函数库直接分配堆外内存，然后通过一个存储在 Java 堆中的 DirectByteBuffer 对象作为这块内存的引用进行操作。这样就能在一些场景中显著提高性能，因为避免了在 Java 堆和 Native 堆之间来回复制数据**。

本机直接内存的分配不会受到 Java 堆的限制，但是，既然是内存就会受到本机总内存大小以及处理器寻址空间的限制。

HotSpot虚拟机对象揭秘（这个没看）

对象的创建

Step1:类加载检查

虚拟机遇到一条 new 指令时，首先将去检查这个指令的参数是否能在常量池中定位到这个类的符号引用，并且检查这个符号引用代表的类是否已被加载过、解析和初始化过。如果没有，那必须先执行相应的类加载过程。

Step2:分配内存

在**类加载检查**通过后，接下来虚拟机将为新生对象**分配内存。**对象所需的内存大小在类加载完成后便可确定，为对象分配空间的任务等同于把一块确定大小的内存从 Java 堆中划分出来。**分配方式**有 **“指针碰撞”** 和 **“空闲列表”** 两种，**选择哪种分配方式由 Java 堆是否规整决定，而 Java 堆是否规整又由所采用的垃圾收集器是否带有压缩整理功能决定。**

内存分配的两种方式 （补充内容，需要掌握）：

- 指针碰撞：
- - 适用场合： 堆内存规整（即没有内存碎片）的情况下。
  - 原理： 用过的内存全部整合到一边，没有用过的内存放在另一边，中间有一个分界指针，只需要向着没用过的内存方向将该指针移动对象内存大小位置即可。
  - 使用该分配方式的 GC 收集器：Serial, ParNew
- 空闲列表：
- - 适用场合： 堆内存不规整的情况下。
  - 原理： 虚拟机会维护一个列表，该列表中会记录哪些内存块是可用的，在分配的时候，找一块儿足够大的内存块儿来划分给对象实例，最后更新列表记录。
  - 使用该分配方式的 GC 收集器：CMS

选择以上两种方式中的哪一种，取决于 Java 堆内存是否规整。而 Java 堆内存是否规整，取决于 GC 收集器的算法是"标记-清除"，还是"标记-整理"（也称作"标记-压缩"），值得注意的是，复制算法内存也是规整的。

内存分配并发问题（补充内容，需要掌握）

在创建对象的时候有一个很重要的问题，就是线程安全，因为在实际开发过程中，创建对象是很频繁的事情，作为虚拟机来说，必须要保证线程是安全的，通常来讲，虚拟机采用两种方式来保证线程安全：

- **CAS+失败重试：** CAS 是乐观锁的一种实现方式。所谓乐观锁就是，每次不加锁而是假设没有冲突而去完成某项操作，如果因为冲突失败就重试，直到成功为止。**虚拟机采用 CAS 配上失败重试的方式保证更新操作的原子性。**
- **TLAB：** 为每一个线程预先在 Eden 区分配一块儿内存，JVM 在给线程中的对象分配内存时，首先在 TLAB 分配，当对象大于 TLAB 中的剩余内存或 TLAB 的内存已用尽时，再采用上述的 CAS 进行内存分配

Step3:初始化零值

内存分配完成后，虚拟机需要将分配到的内存空间都初始化为零值（不包括对象头），这一步操作保证了对象的实例字段在 Java 代码中可以不赋初始值就直接使用，程序能访问到这些字段的数据类型所对应的零值。

Step4:设置对象头

初始化零值完成之后，**虚拟机要对对象进行必要的设置**，例如这个对象是哪个类的实例、如何才能找到类的元数据信息、对象的哈希码、对象的 GC 分代年龄等信息。 **这些信息存放在对象头中。** 另外，根据虚拟机当前运行状态的不同，如是否启用偏向锁等，对象头会有不同的设置方式。

Step5:执行 init 方法

在上面工作都完成之后，从虚拟机的视角来看，一个新的对象已经产生了，但从 Java 程序的视角来看，对象创建才刚开始， 方法还没有执行，所有的字段都还为零。所以一般来说，执行 new 指令之后会接着执行 方法，把对象按照程序员的意愿进行初始化，这样一个真正可用的对象才算完全产生出来。

JVM垃圾回收详解

常见面试题

- 如何判断对象是否死亡（两种方法）。
- 简单的介绍一下强引用、软引用、弱引用、虚引用（虚引用与软引用和弱引用的区别、使用软引用能带来的好处）。
- 如何判断一个常量是废弃常量
- 如何判断一个类是无用的类
- 垃圾收集有哪些算法，各自的特点?
- HotSpot 为什么要分为新生代和老年代?
- 常见的垃圾回收器有哪些?
- 介绍一下 CMS,G1 收集器。
- Minor Gc 和 Full GC 有什么不同呢?

当需要排查各种内存溢出问题、当垃圾收集成为系统达到更高并发的瓶颈时，我们就需要对这些“自动化”的技术实施必要的监控和调节。

堆的基本结构

Java 的自动内存管理主要是针对对象内存的回收和对象内存的分配。同时，Java 自动内存管理最核心的功能是 **堆** 内存中对象的分配与回收。

Java 堆是垃圾收集器管理的主要区域，因此也被称作 **GC 堆（Garbage Collected Heap）**。

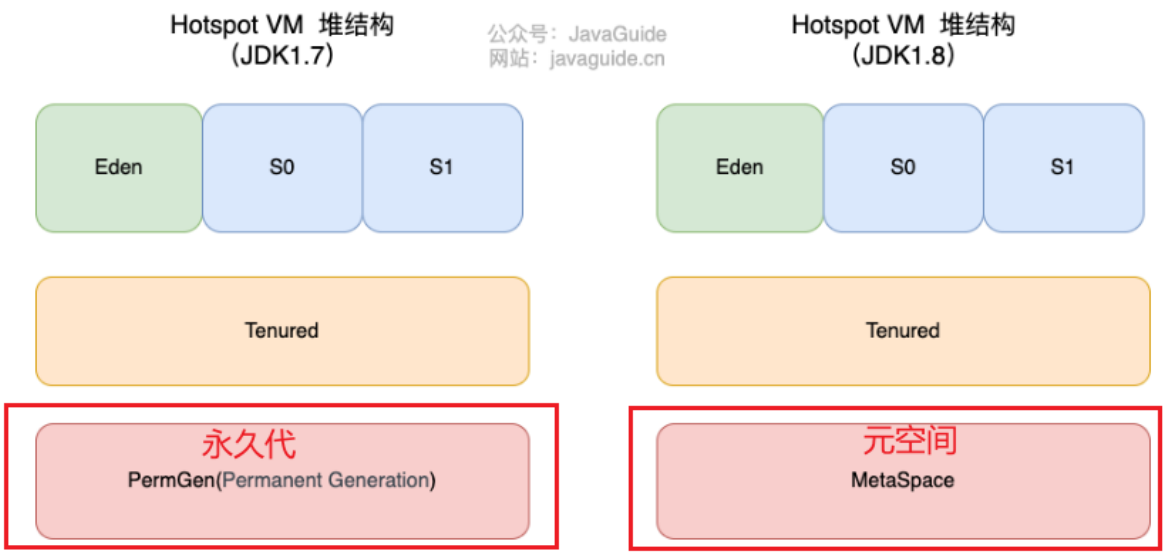
从垃圾回收的角度来说，由于现在收集器基本都采用分代垃圾收集算法，所以 Java 堆被划分为了几个不同的区域，这样我们就可以根据各个区域的特点选择合适的垃圾收集算法。

在 JDK 7 版本及 JDK 7 版本之前，堆内存被通常分为下面三部分：

1. 新生代内存(Young Generation)
2. 老生代(Old Generation)
3. 永久代(Permanent Generation)

下图所示的 Eden 区、两个 Survivor 区（幸存区） S0 和 S1 都属于新生代，中间一层属于老年代，最下面一层属于永久代。

JDK 8 版本之后 PermGen(永久) 已被 Metaspace(元空间) 取代，元空间使用的是直接内存 。



内存分配和回收原则

对象优先在Eden区分配

大多数情况下，对象在新生代中的Eden区分配，当Eden区没有足够的空间进行分配时，虚拟机将会发起一次Minor GC（Minor GC是对年轻代进行GC回收的，注意是年轻代，包括伊甸园和幸存者区）。

当 Eden 区内存空间满了的时候，就会触发 Minor GC，Survivor0 区满不会触发 Minor GC 。

那 Survivor0 区 的对象什么时候垃圾回收呢?

假设 Survivor0 区现在是满的，此时又触发了 Minor GC ，发现 Survivor0 区依旧是满的，存不下，此时会将 S0 区与 Eden 区的对象一起进行可达性分析，找出活跃的对象，将它复制到 S1 区并且将 S0 区域和 Eden 区的对象给清空，将那些不可达的对象进行清除，并且将 S0 区 和 S1 区交换。

举个例子:

比如我们先创建一个很大的对象

```
public class GCTest {
    public static void main(String[] args) {
        byte[] allocation1, allocation2;
        allocation1 = new byte[30900*1024];//由于我们修改了JVM内存大小，这个大小已经把
eden空间给占完了
    }
}
```

当我们再给allocation2分配内存，那肯定不够啦，就会出现下面的机制

```
public class GCTest {
    public static void main(String[] args) {
        byte[] allocation1, allocation2;
        allocation1 = new byte[30900*1024];
        allocation2 = new byte[30900*1024];//分配的第二个对象
    }
}
```

这时候，eden没位置了，所以我们要把这个对象创建到其他地方，比如说survivor啊或者老年代呀....但是在此之前呢，还会进行一次minor GC，执行 Minor GC 后，如果这个分配的对象如果能够存在 Eden 区的话，还是会在 Eden 区给这个对象分配内存。如果不够的话，先会检验这个对象能不能放进 survivor，如果发现 allocation1 无法存入 Survivor 空间，所以只好通过 **分配担保机制** 把新生代的对象提前转移到老年代中去，老年代上的空间足够存放 allocation1，所以不会出现 Full GC。

具体来说，当Java程序需要创建新对象时，Java虚拟机会首先尝试在Eden区域进行分配。如果Eden区没有足够的空间进行对象分配，Java虚拟机就会触发一次Minor GC，将Eden区域中的垃圾对象清理掉，为新对象的分配腾出空间。如果Minor GC之后Eden区域仍然没有足够的空间进行对象分配，那么Java虚拟机就会触发分配担保机制。这个机制的作用是将从Survivor区域复制到老年代区域的对象全部清理掉，为新对象在Survivor区域的分配腾出空间。如果老年代区域也没有足够的空间进行分配，那么Java虚拟机就会触发一次Full GC。

大对象直接进入老年代

大对象就是需要大量连续内存空间的对象（比如：字符串、数组）。

大对象直接进入老年代主要是为了避免为大对象分配内存时由于分配担保机制带来的复制而降低效率。

长期存活的对象将进入老年代

既然虚拟机采用了分代收集的思想来管理内存，那么内存回收时就必须能识别哪些对象应放在新生代，哪些对象应放在老年代中（或者说新生代的对象升级到老年代中）。为了做到这一点，虚拟机给每个对象一个对象年龄（Age）计数器。

大部分情况，对象都会首先在 Eden 区域分配。如果对象在 Eden 出生并经过第一次 Minor GC 后仍然能够存活，并且能被 Survivor 容纳的话，将被移动到 Survivor 空间（s0 或者 s1）中，并将对象年龄设为 1(Eden 区->Survivor 区后对象的初始年龄变为 1)。

对象在 Survivor 中每熬过一次 MinorGC,年龄就增加 1 岁，当它的年龄增加到一定程度（默认为 15 岁），就会被晋升到老年代中。对象晋升到老年代的年龄阈值，可以通过参数 -XX:MaxTenuringThreshold 来设置。

主要进行GC的区域

针对 HotSpot VM 的实现，它里面的 GC 其实准确分类只有两大种：

部分收集 (Partial GC)：

- 新生代收集（Minor GC / Young GC）：只对新生代进行垃圾收集；
- 老年代收集（Major GC / Old GC）：只对老年代进行垃圾收集。需要注意的是 Major GC 在有的语境中也用于指代整堆收集（Full GC）；
- 混合收集（Mixed GC）：对整个新生代和部分老年代进行垃圾收集。

整堆收集 (Full GC)：收集整个 Java 堆和方法区。

空间分配担保

空间分配担保是为了确保在进行 Minor GC 时，能够顺利地将存活的对象转移到老年代而采取的一种机制，而不是所有新生代对象。具体地说，空间分配担保要求老年代的剩余空间必须大于或等于新生代中存活对象的大小。如果老年代中的剩余空间无法满足这个要求，那么就会触发 Full GC。

死亡对象判断方法

就是如何判断这个对象是否应该回收的方法

引用计数法

给对象中添加一个引用计数器：

- 每当有一个地方引用它，计数器就加 1；
- 当引用失效，计数器就减 1；
- 任何时候计数器为 0 的对象就是不可能再被使用的。

这个方法实现简单，效率高，但是目前主流的虚拟机中并没有选择这个算法来管理内存，其最主要的原因是它很难解决对象之间相互循环引用的问题。

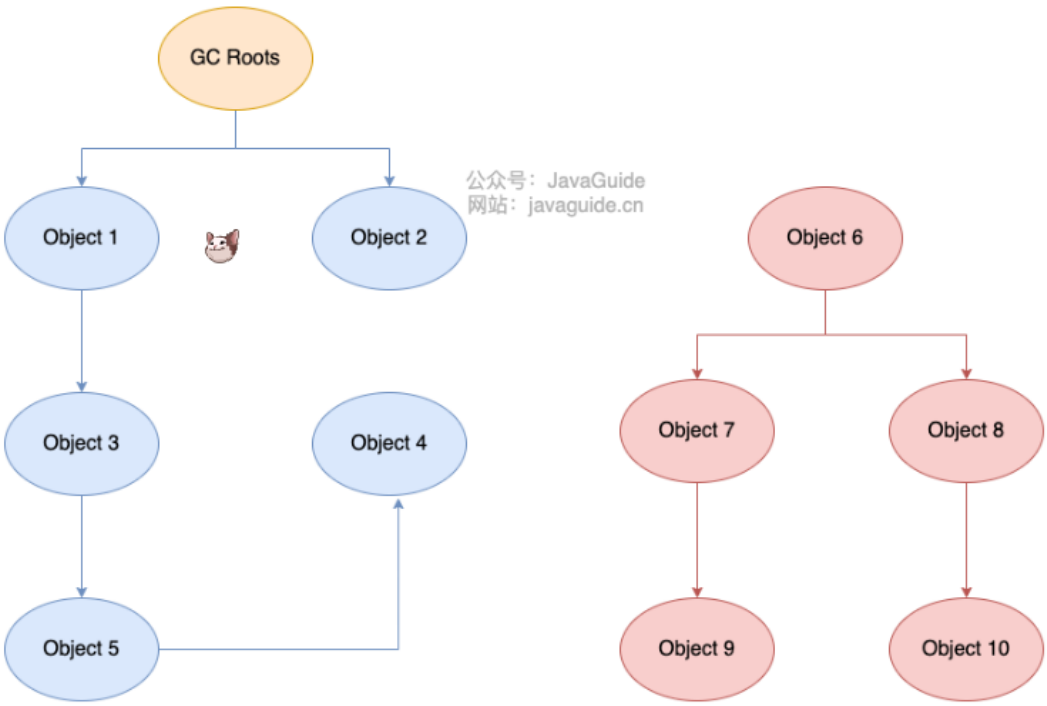
所谓对象之间的相互引用问题，如下面代码所示：除了对象 objA 和 objB 相互引用着对方之外，这两个对象之间再无任何引用。但是他们因为互相引用对方，导致它们的引用计数器都不为 0，于是引用计数算法无法通知 GC 回收器回收他们。

```
public class ReferenceCountingGc {
    Object instance = null;
    public static void main(String[] args) {
        ReferenceCountingGc objA = new ReferenceCountingGc();
        ReferenceCountingGc objB = new ReferenceCountingGc();
        objA.instance = objB;
        objB.instance = objA;
        objA = null;//这两个对象即使置空，也还是不会被垃圾回收
        objB = null;
    }
}
```

可达性分析算法

这个算法的基本思想就是通过 **“GC Roots”** 作为起点，从这些节点开始向下搜索，节点所走过的路径称为引用链，当一个对象到 GC Roots 没有任何引用链相连的话，则证明此对象是不可用的，需要被回收。

下图中的 Object 6 ~ Object 10 之间虽有引用关系，但它们到 GC Roots 不可达，因此为需要被回收的对象。



哪些对象可以作为 GC Roots 呢?

- 虚拟机栈(栈帧中的本地变量表)中引用的对象
- 本地方法栈(Native 方法)中引用的对象
- 方法区中类静态属性引用的对象
- 方法区中常量引用的对象
- 所有被同步锁持有的对象

对象可以被回收，就代表一定会被回收吗?

即使在可达性分析法中不可达的对象，也并非是“非死不可”的，这时候它们暂时处于“缓刑阶段”，要真正宣告一个对象死亡，至少要经历两次标记过程；可达性分析法中不可达的对象被第一次标记并且进行一次筛选，筛选的条件是此对象是否有必要执行 finalize 方法。当对象没有覆盖 finalize 方法，或 finalize 方法已经被虚拟机调用过时，虚拟机将这两种情况视为没有必要执行。

finalize()方法是Object类中提供的一个方法，在GC准备释放对象所占用的内存空间之前，它将首先调用finalize()方法。其在Object中定义如下：

被判定为需要执行的对象将会被放在一个队列中进行第二次标记，除非这个对象与引用链上的任何一个对象建立关联，否则就会被真的回收。

引用类型总结

无论是通过引用计数法判断对象引用数量，还是通过可达性分析法判断对象的引用链是否可达，判定对象的存活都与“引用”有关。

JDK1.2 之前，Java 中引用的定义很传统：如果 reference 类型的数据存储的数值代表的是另一块内存的起始地址，就称这块内存代表一个引用。

JDK1.2 以后，Java 对引用的概念进行了扩充，将引用分为强引用、软引用、弱引用、虚引用四种（引用强度逐渐减弱）

1．强引用（StrongReference）

以前我们使用的大部分引用实际上都是强引用，这是使用最普遍的引用。如果一个对象具有强引用，那就类似于**必不可少的生活用品**，垃圾回收器绝不会回收它。当内存空间不足，Java 虚拟机宁愿抛出 OutOfMemoryError 错误，使程序异常终止，也不会靠随意回收具有强引用的对象来解决内存不足问题。

2．软引用（SoftReference）

如果一个对象只具有软引用，那就类似于**可有可无的生活用品。**如果内存空间足够，垃圾回收器就不会回收它，如果内存空间不足了，就会回收这些对象的内存。只要垃圾回收器没有回收它，该对象就可以被程序使用。软引用可用来实现内存敏感的高速缓存。

软引用可以和一个引用队列（ReferenceQueue）联合使用，如果软引用所引用的对象被垃圾回收，JAVA 虚拟机就会把这个软引用加入到与之关联的引用队列中。

3．弱引用（WeakReference）

如果一个对象只具有弱引用，那就类似于**可有可无的生活用品。**弱引用与软引用的区别在于：只具有弱引用的对象拥有更短暂的生命周期。在垃圾回收器线程扫描它所管辖的内存区域的过程中，一旦发现了只具有弱引用的对象，不管当前内存空间足够与否，都会回收它的内存。不过，由于垃圾回收器是一个优先级很低的线程， 因此不一定会很快发现那些只具有弱引用的对象。

弱引用可以和一个引用队列（ReferenceQueue）联合使用，如果弱引用所引用的对象被垃圾回收，Java 虚拟机就会把这个弱引用加入到与之关联的引用队列中。

4．虚引用（PhantomReference）

"虚引用"顾名思义，就是形同虚设，与其他几种引用都不同，虚引用并不会决定对象的生命周期。如果一个对象仅持有虚引用，那么它就和没有任何引用一样，在任何时候都可能被垃圾回收。

虚引用主要用来跟踪对象被垃圾回收的活动。

虚引用与软引用和弱引用的一个区别在于： 虚引用必须和引用队列（ReferenceQueue）联合使用。当垃圾回收器准备回收一个对象时，如果发现它还有虚引用，就会在回收对象的内存之前，把这个虚引用加入到与之关联的引用队列中。程序可以通过判断引用队列中是否已经加入了虚引用，来了解被引用的对象是否将要被垃圾回收。程序如果发现某个虚引用已经被加入到引用队列，那么就可以在所引用的对象的内存被回收之前采取必要的行动。

特别注意，在程序设计中一般很少使用弱引用与虚引用，使用软引用的情况较多，这是因为**软引用可以加速 JVM 对垃圾内存的回收速度，可以维护系统的运行安全，防止内存溢出（OutOfMemory）等问题的产生。**

如何判断一个常量是废弃常量

运行时常量池主要回收的是废弃的常量。

假如在字符串常量池中存在字符串 "abc"，如果当前没有任何 String 对象引用该字符串常量的话，就说明常量 "abc" 就是废弃常量，如果这时发生内存回收的话而且有必要的话，"abc" 就会被系统清理出常量池了

- **JDK1.7 之前运行时常量池逻辑包含字符串常量池存放在方法区, 此时 hotspot 虚拟机对方法区的实现为永久代**
- **JDK1.7 字符串常量池被从方法区拿到了堆中, 这里没有提到运行时常量池,也就是说字符串常量池被单独拿到堆,运行时常量池剩下的东西还在方法区, 也就是 hotspot 中的永久代 。**
- **JDK1.8 hotspot 移除了永久代用元空间(Metaspace)取而代之, 这时候字符串常量池还在堆, 运行时常量池还在方法区, 只不过方法区的实现从永久代变成了元空间(Metaspace)**

如何判断一个类是无用的类

判定一个常量是否是“废弃常量”比较简单，而要判定一个类是否是“无用的类”的条件则相对苛刻许多。类需要同时满足下面 3 个条件才能算是 **“无用的类”**：

- 该类所有的实例都已经被回收，也就是 Java 堆中不存在该类的任何实例。
- 加载该类的 ClassLoader 已经被回收。
- 该类对应的 java.lang.Class 对象没有在任何地方被引用，无法在任何地方通过反射访问该类的方法。

虚拟机可以对满足上述 3 个条件的无用类进行回收，这里说的仅仅是“可以”，而并不是和对象一样不使用了就会必然被回收（也可能后面还会使用）

垃圾收集算法

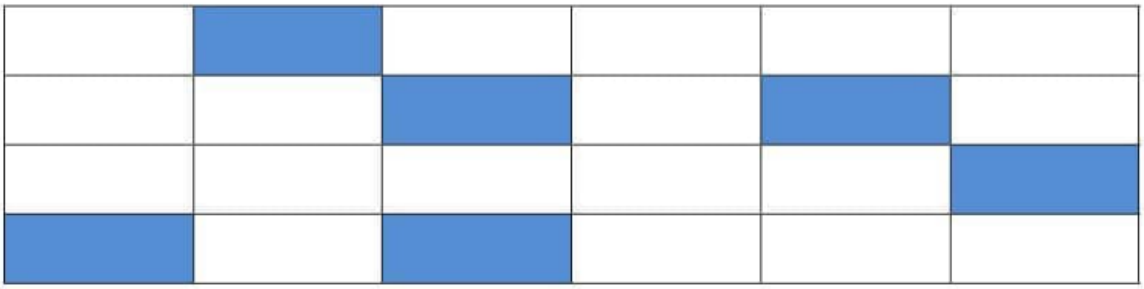
标记-清除算法

该算法分为“标记”和“清除”阶段：首先标记出所有不需要回收的对象，在标记完成后、统一回收掉所有没有被标记的对象。它是最基础的收集算法，后续的算法都是对其不足进行改进得到的。这种垃圾收集算法会带来两个明显的问题：

1. **效率问题**
2. **空间问题（标记清除后会产生大量不连续的碎片）**

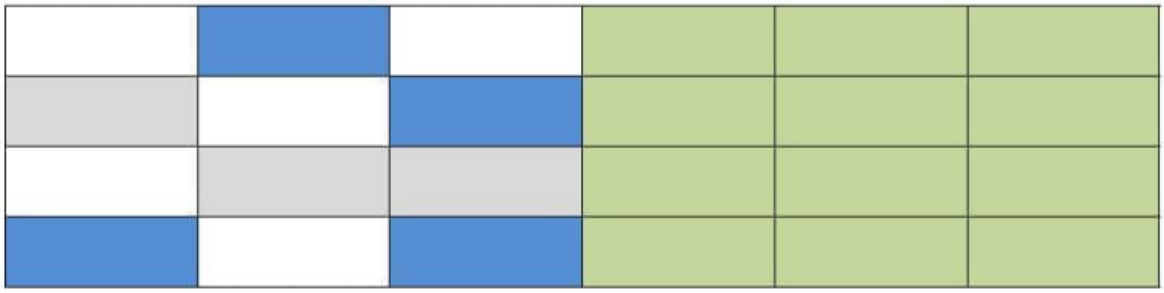
内存整理前

内存整理后

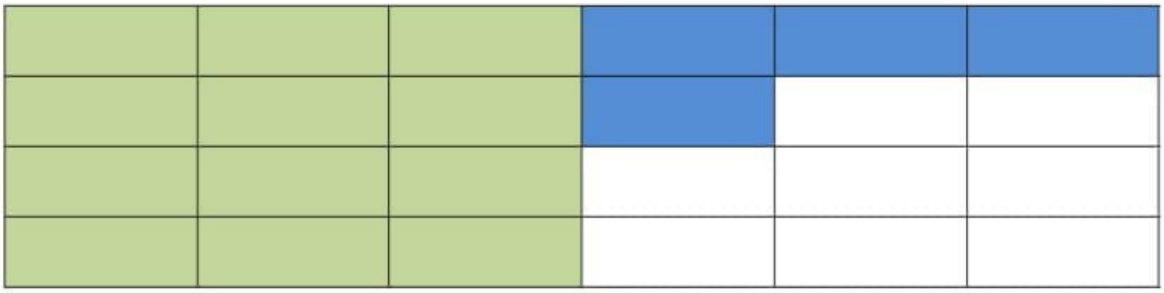


标记-复制算法

为了解决效率问题，“标记-复制”收集算法出现了。它可以将内存分为大小相同的两块，每次使用其中的一块。当这一块的内存使用完后，就将还存活的对象复制到另一块去，然后再把使用的空间一次清理掉。这样就使每次的内存回收都是对内存区间的一半进行回收。



内存整理后



标记-整理算法

根据老年代的特点提出的一种标记算法，标记过程仍然与"标记-清除"算法一样，但后续步骤不是直接对可回收对象回收，而是让所有存活的对象向一端移动，然后直接清理掉端边界以外的内存。

分代收集算法

当前虚拟机的垃圾收集都采用分代收集算法，这种算法没有什么新的思想，只是根据对象存活周期的不同将内存分为几块。一般将 java 堆分为新生代和老年代，这样我们就可以根据各个年代的特点选择合适的垃圾收集算法。

比如在新生代中，每次收集都会有大量对象死去，所以可以选择"标记-复制"算法，只需要付出少量对象的复制成本就可以完成每次垃圾收集。而老年代的对象存活几率是比较高的，而且没有额外的空间对它进行分配担保，所以我们可以选择"标记-清除"或"标记-整理"算法进行垃圾收集。**

延伸面试问题： HotSpot 为什么要分为新生代和老年代?

根据上面的对分代收集算法的介绍回答。

垃圾收集器

如果说收集算法是内存回收的方法论，那么垃圾收集器就是内存回收的具体实现。

虽然我们对各个收集器进行比较，但并非要挑选出一个最好的收集器。因为直到现在为止还没有最好的垃圾收集器出现，更加没有万能的垃圾收集器，**我们能做的就是****根据具体应用场景选择适合自己的垃圾收集器**。试想一下：如果有一种四海之内、任何场景下都适用的完美收集器存在，那么我们的 HotSpot 虚拟机就不会实现那么多不同的垃圾收集器了。

Serial 收集器

Serial（串行）收集器是最基本、历史最悠久的垃圾收集器了。大家看名字就知道这个收集器是一个单线程收集器了。它的 **"单线程"** 的意义不仅仅意味着它只会使用一条垃圾收集线程去完成垃圾收集工作，更重要的是它在进行垃圾收集工作的时候必须暂停其他所有的工作线程（ **"Stop The World"** ），直到它收集结束。

新生代采用标记-复制算法，老年代采用标记-整理算法。

虚拟机的设计者们当然知道 Stop The World 带来的不良用户体验，所以在后续的垃圾收集器设计中停顿时间在不断缩短（仍然还有停顿，寻找最优秀的垃圾收集器的过程仍然在继续）。

但是 Serial 收集器有没有优于其他垃圾收集器的地方呢？当然有，它**简单而高效（与其他收集器的单线程相比）**。Serial 收集器由于没有线程交互的开销，自然可以获得很高的单线程收集效率。Serial 收集器对于运行在 Client 模式下的虚拟机来说是个不错的选择。

ParNew 收集器

ParNew 收集器其实就是 Serial 收集器的多线程版本，除了使用多线程进行垃圾收集外，其余行为（控制参数、收集算法、回收策略等等）和 Serial 收集器完全一样。

新生代采用标记-复制算法，老年代采用标记-整理算法。

它是许多运行在 Server 模式下的虚拟机的首要选择，除了 Serial 收集器外，只有它能与 CMS 收集器（真正意义上的并发收集器，后面会介绍到）配合工作。

Parallel Scavenge 收集器

这个是JDK1.8的默认收集器

Parallel Scavenge 收集器也是使用标记-复制算法的多线程收集器，它看上去几乎和 ParNew 都一样。**那么它有什么特别之处呢?**

```
-XX:+UseParallelGC     使用 Parallel 收集器+ 老年代串行

-XX:+UseParallelOldGC 使用 Parallel 收集器+ 老年代并行
```

Parallel Scavenge 收集器关注点是吞吐量（高效率的利用 CPU）。CMS 等垃圾收集器的关注点更多的是用户线程的停顿时间（提高用户体验）。所谓吞吐量就是 CPU 中用于运行用户代码的时间与 CPU 总消耗时间的比值。 Parallel Scavenge 收集器提供了很多参数供用户找到最合适的停顿时间或最大吞吐量，如果对于收集器运作不太了解，手工优化存在困难的时候，使用 Parallel Scavenge 收集器配合自适应调节策略，把内存管理优化交给虚拟机去完成也是一个不错的选择。

新生代采用标记-复制算法，老年代采用标记-整理算法。

JDK1.8 默认使用的是 Parallel Scavenge + Parallel Old，如果指定了-XX:+UseParallelGC 参数，则默认指定了-XX:+UseParallelOldGC，可以使用-XX:-UseParallelOldGC 来禁用该功能

Parallel Old 收集器

他是Parallel Scavenge收集器的老年代版本，使用多线程和"标记-整理"算法。

Serial Old 收集器

Serial 收集器的老年代版本，它同样是一个单线程收集器。它主要有两大用途：一种用途是在 JDK1.5 以及以前的版本中与 Parallel Scavenge 收集器（之后Parallel Scavenge 收集器就抛弃它了，是个渣男）搭配使用，另一种用途是作为 CMS 收集器的后备方案。

CMS 收集器

CMS（Concurrent Mark Sweep）收集器是一种以获取最短回收停顿时间为目标的收集器。它非常符合在注重用户体验的应用上使用。

CMS（Concurrent Mark Sweep）收集器是 HotSpot 虚拟机第一款真正意义上的并发收集器，它第一次实现了让垃圾收集线程与用户线程（基本上）同时工作。

从名字中的**Mark Sweep**这两个词可以看出，CMS 收集器是一种 **"标记-清除"算法**实现的，它的运作过程相比于前面几种垃圾收集器来说更加复杂一些。整个过程分为四个步骤：

- **初始标记：** 暂停所有的其他线程，并记录下直接与 root 相连的对象，速度很快；
- **并发标记：** 同时开启 GC 和用户线程，用一个闭包结构去记录可达对象。但在这个阶段结束，这个闭包结构并不能保证包含当前所有的可达对象。因为用户线程可能会不断的更新引用域，所以 GC 线程无法保证可达性分析的实时性。所以这个算法里会跟踪记录这些发生引用更新的地方。
- **重新标记：** 重新标记阶段就是为了修正并发标记期间因为用户程序继续运行而导致标记产生变动的那一部分对象的标记记录，这个阶段的停顿时间一般会比初始标记阶段的时间稍长，远远比并发标记阶段时间短
- **并发清除：** 开启用户线程，同时 GC 线程开始对未标记的区域做清扫。

从它的名字就可以看出它是一款优秀的垃圾收集器，主要优点：**并发收集、低停顿。**但是它有下面三个明显的缺点：

- **对 CPU 资源敏感；**
- **无法处理浮动垃圾；**
- **它使用的回收算法-"标记-清除"算法会导致收集结束时会有大量空间碎片产生。**

G1 收集器

G1 (Garbage-First) 是一款面向服务器的垃圾收集器,主要针对配备多颗处理器及大容量内存的机器. 以极高概率满足 GC 停顿时间要求的同时,还具备高吞吐量性能特征.

被视为 JDK1.7 中 HotSpot 虚拟机的一个重要进化特征。它具备以下特点：

- **并行与并发**：G1 能充分利用 CPU、多核环境下的硬件优势，使用多个 CPU（CPU 或者 CPU 核心）来缩短 Stop-The-World 停顿时间。部分其他收集器原本需要停顿 Java 线程执行的 GC 动作，G1 收集器仍然可以通过并发的方式让 java 程序继续执行。
- **分代收集**：虽然 G1 可以不需要其他收集器配合就能独立管理整个 GC 堆，但是还是保留了分代的概念。
- **空间整合**：与 CMS 的“标记-清除”算法不同，G1 从整体来看是基于“标记-整理”算法实现的收集器；从局部上来看是基于“标记-复制”算法实现的。
- **可预测的停顿**：这是 G1 相对于 CMS 的另一个大优势，降低停顿时间是 G1 和 CMS 共同的关注点，但 G1 除了追求低停顿外，还能建立可预测的停顿时间模型，能让使用者明确指定在一个长度为 M 毫秒的时间片段内。

G1 收集器的运作大致分为以下几个步骤：

- **初始标记**
- **并发标记**
- **最终标记**
- **筛选回收**

G1 收集器在后台维护了一个优先列表，每次根据允许的收集时间，优先选择回收价值最大的 Region(这也就是它的名字 Garbage-First 的由来)** 。这种使用 Region 划分内存空间以及有优先级的区域回收方式，保证了 G1 收集器在有限时间内可以尽可能高的收集效率

ZGC 收集器

与 CMS 中的 ParNew 和 G1 类似，ZGC 也采用标记-复制算法，不过 ZGC 对该算法做了重大改进。

在 ZGC 中出现 Stop The World 的情况会更少！

类文件结构详解

在 Java 中，JVM 可以理解的代码就叫做字节码（即扩展名为 .class 的文件），它不面向任何特定的处理器，只面向虚拟机。Java 语言通过字节码的方式，在一定程度上解决了传统解释型语言执行效率低的问题，同时又保留了解释型语言可移植的特点。所以 Java 程序运行时比较高效，而且，由于字节码并不针对一种特定的机器，因此，Java 程序无须重新编译便可在多种不同操作系统的计算机上运行。

可以说.class文件是不同的语言在 Java 虚拟机之间的重要桥梁，同时也是支持 Java 跨平台很重要的一个原因。

Class（类）文件结构总结

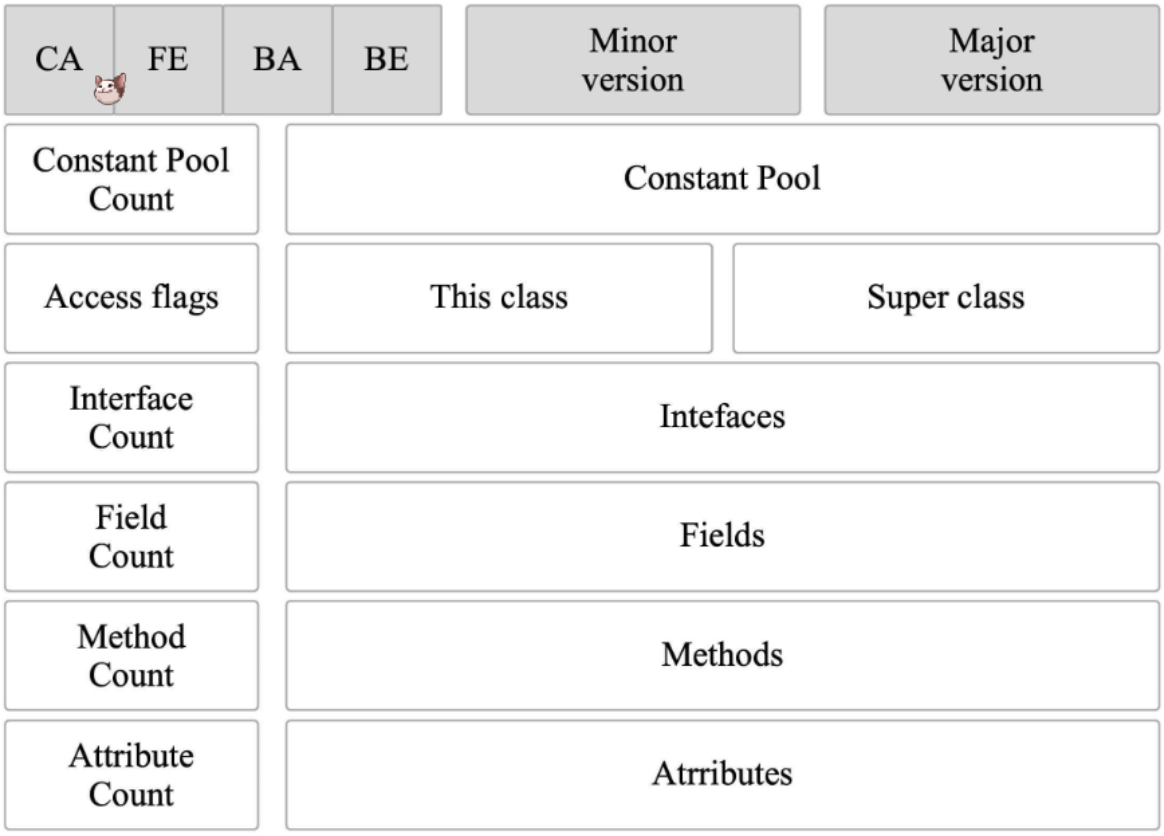
根据 Java 虚拟机规范，Class 文件通过 ClassFile 定义，有点类似 C 语言的结构体。

ClassFile 的结构如下：

```
ClassFile {
    u4             magic; //Class 文件的标志
    u2             minor_version;//Class 的小版本号
    u2             major_version;//Class 的大版本号
    u2             constant_pool_count;//常量池的数量
    cp_info        constant_pool[constant_pool_count-1];//常量池
    u2             access_flags;//Class 的访问标记
    u2             this_class;//当前类
    u2             super_class;//父类
    u2             interfaces_count;//接口
    u2             interfaces[interfaces_count];//一个类可以实现多个接口
```

```
    u2             fields_count;//Class 文件的字段属性
    field_info     fields[fields_count];//一个类可以有多个字段
    u2             methods_count;//Class 文件的方法数量
    method_info    methods[methods_count];//一个类可以有个多个方法
    u2             attributes_count;//此类的属性表中的属性数
    attribute_info attributes[attributes_count];//属性表集合
}
```

通过分析 ClassFile 的内容，我们便可以知道 class 文件的组成。

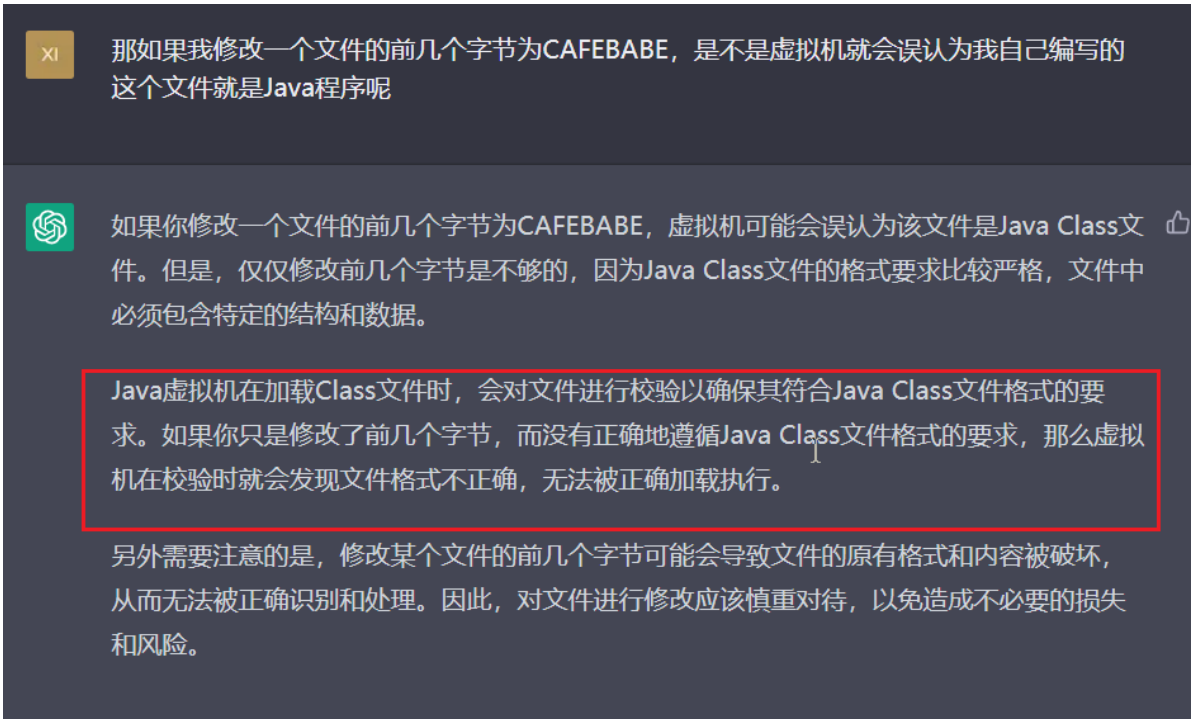


魔数（Magic Number）

```
    u4             magic; //Class 文件的标志
```

每个 Class 文件的头 4 个字节称为魔数（Magic Number）,它的唯一作用是**确定这个文件是否为一个能被虚拟机接收的 Class 文件（也就是确定这个是Java语言的class文件）**。

程序设计者很多时候都喜欢用一些特殊的数字表示固定的文件类型或者其它特殊的含义。并不仅仅Java里面有魔数哦！



Class 文件版本号（Minor&Major Version）

```
u2             minor_version;//Class 的小版本号
u2             major_version;//Class 的大版本号
```

紧接着魔数的四个字节存储的是 Class 文件的版本号：第 5 和第 6 位是**次版本号**，第 7 和第 8 位是**主版本号**。

每当 Java 发布大版本（比如 Java 8，Java9）的时候，主版本号都会加 1。你可以使用 javap -v 命令来快速查看 Class 文件的版本号信息。

高版本的 Java 虚拟机可以执行低版本编译器生成的 Class 文件，但是低版本的 Java 虚拟机不能执行高版本编译器生成的 Class 文件。所以，我们在实际开发的时候要确保开发的的 JDK 版本和生产环境的 JDK 版本保持一致。

常量池（Constant Pool）

```
u2             constant_pool_count;//常量池的数量
cp_info        constant_pool[constant_pool_count-1];//常量池
```

紧接着主次版本号之后的是常量池，常量池的数量是 constant_pool_count-1（**常量池计数器是从 1 开始计数的，将第 0 项常量空出来是有特殊考虑的，索引值为 0 代表“不引用任何一个常量池项”**）。

常量池主要存放两大常量：字面量和符号引用。字面量比较接近于 Java 语言层面的的常量概念，如文本字符串、声明为 final 的常量值等。而符号引用则属于编译原理方面的概念。包括下面三类常量：

- 类和接口的全限定名
- 字段的名称和描述符
- 方法的名称和描述符

常量池中每一项常量都是一个表，这 14 种表有一个共同的特点：**开始的第一位是一个 u1 类型的标志位 -tag 来标识常量的类型，代表当前这个常量属于哪种常量类型.**

类型	标志（tag）	描述
CONSTANT_utf8_info	1	UTF-8 编码的字符串
CONSTANT_Integer_info	3	整形字面量
CONSTANT_Float_info	4	浮点型字面量
CONSTANT_Long_info	5	长整型字面量
CONSTANT_Double_info	6	双精度浮点型字面量
CONSTANT_Class_info	7	类或接口的符号引用
CONSTANT_String_info	8	字符串类型字面量
CONSTANT_Fieldref_info	9	字段的符号引用
CONSTANT_Methodref_info	10	类中方法的符号引用
CONSTANT_InterfaceMethodref_info	11	接口中方法的符号引用
CONSTANT_NameAndType_info	12	字段或方法的符号引用
CONSTANT_MothodType_info	16	标志方法类型
CONSTANT_MethodHandle_info	15	表示方法句柄
CONSTANT_InvokeDynamic_info	18	表示一个动态方法调用点

.class 文件可以通过javap -v class类名 指令来看一下其常量池中的信息(javap -v class类名-> temp.txt ：将结果输出到 temp.txt 文件)。

访问标志(Access Flags)

在常量池结束之后，紧接着的两个字节代表访问标志，这个标志用于识别一些类或者接口层次的访问信息，包括：这个 Class 是类还是接口，是否为 public 或者 abstract 类型，如果是类的话是否声明为 final 等等。

当前类（This Class）、父类（Super Class）、接口（Interfaces）索引集合

```
u2             this_class;//当前类
u2             super_class;//父类
u2             interfaces_count;//接口
u2             interfaces[interfaces_count];//一个类可以实现多个接口
```

类索引通常指的是指向类对象的指针或引用

类索引用于确定这个类的全限定名，父类索引用于确定这个类的父类的全限定名，由于 Java 语言的单继承，所以父类索引只有一个，除了 java.lang.Object 之外，所有的 java 类都有父类，因此除了 java.lang.Object 外，所有 Java 类的父类索引都不为 0。

接口索引集合用来描述这个类实现了那些接口，这些被实现的接口将按 implements (如果这个类本身是接口的话则是extends) 后的接口顺序从左到右排列在接口索引集合中。

字段表集合（Fields）

```
u2             fields_count;//Class 文件的字段的个数
field_info     fields[fields_count];//一个类会可以有个字段
```

字段表（field info）用于描述接口或类中声明的变量。字段包括类级变量以及实例变量，但不包括在方法内部声明的局部变量。

field info(字段表) 的结构:

```
field_info {
    u2             access_flags;
    u2             name_index;
    u2             descriptor_index;
    u2             attributes_count;
    attribute_info attributes[attributes_count];
}
```

- **access_flags:** 字段的作用域（public ,private,protected修饰符），是实例变量还是类变量（static修饰符）,可否被序列化（transient 修饰符）,可变性（final）,可见性（volatile 修饰符，是否强制从主内存读写）。
- **name_index:** 对常量池的引用，表示的字段的名称;
- **descriptor_index:** 对常量池的引用，表示字段和方法的描述符;
- **attributes_count:** 一个字段还会拥有一些额外的属性，attributes_count 存放属性的个数;
- **attributes[attributes_count]:** 存放具体属性具体内容。

上述这些信息中，各个修饰符都是布尔值，要么有某个修饰符，要么没有，很适合使用标志位来表示。而字段叫什么名字、字段被定义为什么数据类型这些都是无法固定的，只能引用常量池中常量来描述。

方法表集合（Methods）

```
u2             methods_count;//Class 文件的方法的数量
method_info    methods[methods_count];//一个类可以有个多个方法
```

methods_count 表示方法的数量，而 method_info 表示方法表。

Class 文件存储格式中对方法的描述与对字段的描述几乎采用了完全一致的方式。方法表的结构如同字段表一样，依次包括了访问标志、名称索引、描述符索引、属性表集合几项。

method_info(方法表的) 结构:

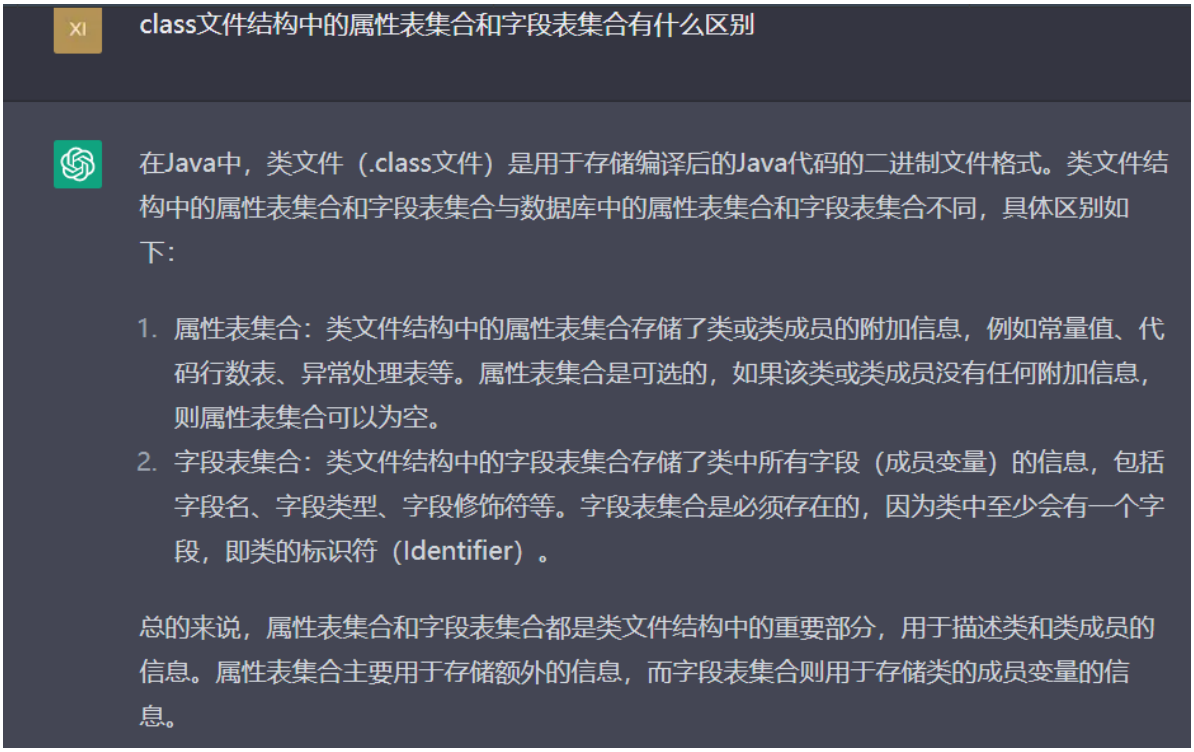
```
method_info {
    u2             access_flags;
    u2             name_index;
    u2             descriptor_index;
    u2             attributes_count;
    attribute_info attributes[attributes_count];
}
```

属性表集合（Attributes）

```
u2             attributes_count;//此类的属性表中的属性数
attribute_info attributes[attributes_count];//属性表集合
```

在 Class 文件，字段表，方法表中都可以携带自己的属性表集合，以用于描述某些场景专有的信息。与 Class 文件中其它的数据项目要求的顺序、长度和内容不同，属性表集合的限制稍微宽松一些，不再要求各个属性表具有严格的顺序，并且只要不与已有的属性名重复，任何人实现的编译器都可以向属性表中写入自己定义的属性信息，Java 虚拟机运行时会忽略掉它不认识的属性。

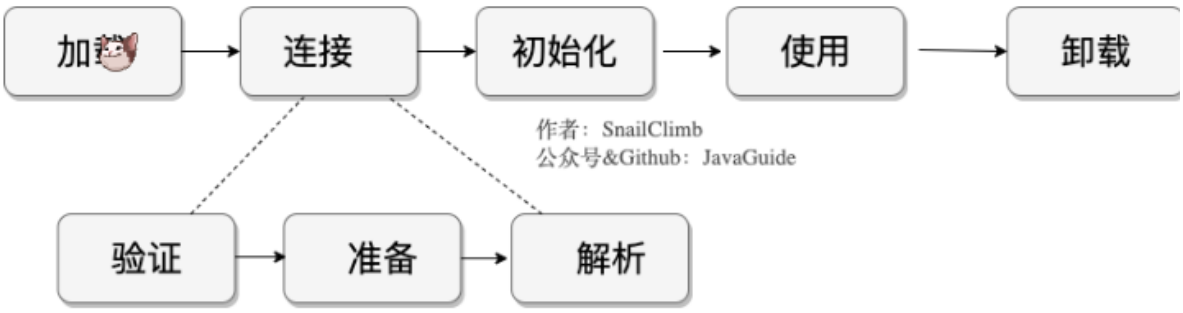
class文件结构中的属性表集合和字段表集合有什么区别



类加载过程详解

类的生命周期

经典加载连接初始化！！



类加载过程

很简单一个例子，我们使用 `java class文件名` 这个指令后，jvm自动帮我们运行了，我们要探讨的就是**运行之前**的过程

Class 文件需要加载到虚拟机中之后才能运行和使用，那么虚拟机是如何加载这些 Class 文件呢？

系统加载 Class 类型的文件主要三步：**加载->连接->初始化。**连接过程又可分为三步：**验证->准备->解析。**

加载

类加载过程的第一步，主要完成下面 3 件事情：

1. 通过全类名获取定义此类的二进制字节流
2. 将字节流所代表的静态存储结构转换为方法区的运行时数据结构
3. 在内存中生成一个代表该类的 Class 对象，作为方法区这些数据的访问入口
4. 将 class 文件加载到内存
5. 将静态数据结构转化成方法区中运行时的数据结构（不太懂）
6. 在堆中生成一个代表这个类的 java.lang.Class 对象作为数据访问的入口

虚拟机规范上面这 3 点并不具体，因此是非常灵活的。比如："通过全类名获取定义此类的二进制字节流" 并没有指明具体从哪里获取、怎样获取。比如：比较常见的就是从 ZIP 包中读取（日后出现的 JAR、EAR、WAR 格式的基础）、其他文件生成（典型应用就是 JSP）等等。

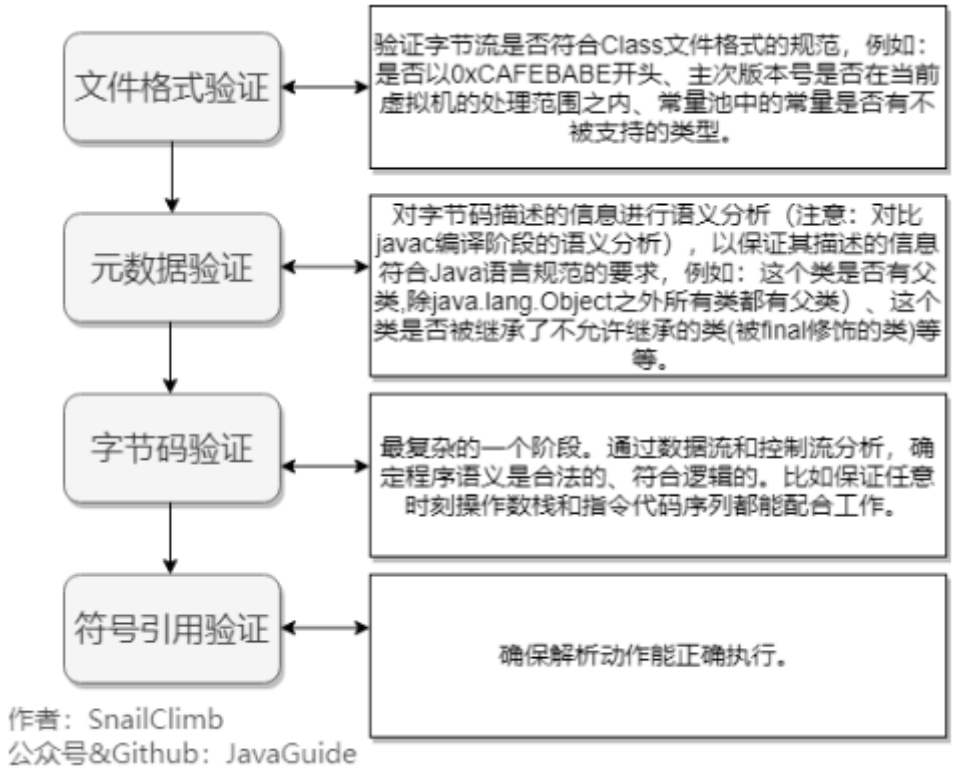
一个非数组类的加载阶段（加载阶段获取类的二进制字节流的动作）是可控性最强的阶段，这一步我们可以去完成还可以自定义类加载器去控制字节流的获取方式（重写一个类加载器的 loadClass() 方法）。数组类型不通过类加载器创建，它由 Java 虚拟机直接创建。

加载阶段和连接阶段的部分内容是交叉进行的，加载阶段尚未结束，连接阶段可能就已经开始了。

连接

1. 验证：确保加载的类符合 JVM 规范和安全，保证被校验类的方法在运行时不会做出危害虚拟机的事件，其实就是一个安全检查
2. 准备：为 static 变量在方法区中分配内存空间，设置变量的初始值，例如 static int a = 3 （注意：准备阶段只设置类中的静态变量（方法区中），不包括实例变量（堆内存中），实例变量是对象初始化时赋值的）
3. 解析：虚拟机将常量池内的符号引用替换为直接引用的过程（符号引用比如我现在 import java.util.ArrayList 这就算符号引用，直接引用就是指针或者对象地址，注意引用对象一定是在内存进行）

验证



准备

类变量（Class Variables，即静态变量，被 static 关键字修饰的变量，只与类相关，因此被称为类变量)

准备阶段是正式为类变量分配内存并设置类变量初始值的阶段**，这些内存都将在方法区中分配。对于该阶段有以下几点需要注意：

1. 这时候进行内存分配的仅包括类变量，而不包括实例变量。实例变量会在对象实例化时随着对象一块分配在 Java 堆中。
2. 从概念上讲，类变量所使用的内存都应当在 **方法区** 中进行分配。不过有一点需要注意的是：JDK 7 之前，HotSpot 使用永久代来实现方法区的时候，实现是完全符合这种逻辑概念的。 而在 JDK 7 及之后，HotSpot 已经把原本放在永久代的**字符串常量池、静态变量等移动到堆**中，这个时候类变量则会随着 Class 对象一起存放在 Java 堆中。
3. 这里所设置的初始值"通常情况"下是数据类型默认的零值（如 0、0L、null、false 等），比如我们定义了public static int value=111 ，那么 value 变量在准备阶段的初始值就是 0 而不是 111（初始化阶段才会赋值）。特殊情况：比如给 value 变量加上了 final 关键字public static final int value=111 ，那么准备阶段 value 的值就被赋值为 111。

基本数据类型的零值：

数据类型	零　值	数据类型	零　值
int	0	boolean	false
long	0L	float	0.0f
short	(short) 0	double	0.0d
char	'\u0000'	reference	null
byte	(byte) 0		

解析

解析阶段是虚拟机将常量池内的符号引用替换为直接引用的过程。解析动作主要针对类或接口、字段、类方法、接口方法、方法类型、方法句柄和调用限定符 7 类符号引用进行。

我的理解是

符号引用：就比如你知道他叫啥名，但是他具体在哪你不知道

直接引用：你知道他的地址，能找到他，并让他帮你干事情

符号引用就是一组符号来描述目标，可以是任何字面量。**直接引用**就是直接指向目标的指针、相对偏移量或一个间接定位到目标的句柄。在程序实际运行时，只有符号引用是不够的（举个例子：在程序执行方法时，系统需要明确知道这个方法所在的位置。Java 虚拟机为每个类都准备了一张方法表来存放类中所有的方法。当需要调用一个类的方法的时候，只要知道这个方法在方法表中的偏移量就可以直接调用该方法了。通过解析操作符号引用就可以直接转变为目标方法在类中方法表的位置，从而使得方法可以被调用。）

综上，解析阶段是虚拟机将常量池内的符号引用替换为直接引用的过程，也就是得到类或者字段、方法在内存中的指针或者偏移量。

初始化

初始化阶段是执行初始化方法（)方法的过程，是类加载的最后一步，这一步 JVM 才开始真正执行类中定义的 Java 程序代码(字节码)。

说明： ()方法是编译之后自动生成的。

对于 () 方法的调用，虚拟机会自己确保其在多线程环境中的安全性。因为 () 方法是带锁线程安全，所以在多线程环境下进行类初始化的话可能会引起多个线程阻塞，并且这种阻塞很难被发现。

对于初始化阶段，虚拟机严格规范了有且只有 5 种情况下，必须对类进行初始化(只有主动去使用类才会初始化类)：

1. 当遇到 new 、 getstatic、putstatic 或 invokestatic 这 4 条直接码指令时，比如 new 一个类，读取一个静态字段(未被 final 修饰)、或调用一个类的静态方法时。

-
  - 当 jvm 执行 new 指令时会初始化类。即当程序创建一个类的实例对象。
  - 当 jvm 执行 getstatic 指令时会初始化类。即程序访问类的静态变量(不是静态常量，常量会被加载到运行时常量池)。
  - 当 jvm 执行 putstatic 指令时会初始化类。即程序给类的静态变量赋值。
  - 当 jvm 执行 invokestatic 指令时会初始化类。即程序调用类的静态方法。

1. 使用 java.lang.reflect 包的方法对类进行反射调用时如 Class.forname("..."), newInstance() 等等。如果类没初始化，需要触发其初始化。
2. 初始化一个类，如果其父类还未初始化，则先触发该父类的初始化。
3. 当虚拟机启动时，用户需要定义一个要执行的主类 (包含 main 方法的那个类)，虚拟机会先初始化这个类。
4. MethodHandle 和 VarHandle 可以看作是轻量级的反射调用机制，而要想使用这 2 个调用， 就必须先使用 findStaticVarHandle 来初始化要调用的类。
5. **「补充，来自**issue745open in new window**」** 当一个接口中定义了 JDK8 新加入的默认方法（被 default 关键字修饰的接口方法）时，如果有这个接口的实现类发生了初始化，那该接口要在其之前被初始化。

卸载

卸载类即该类的 Class 对象被 GC。

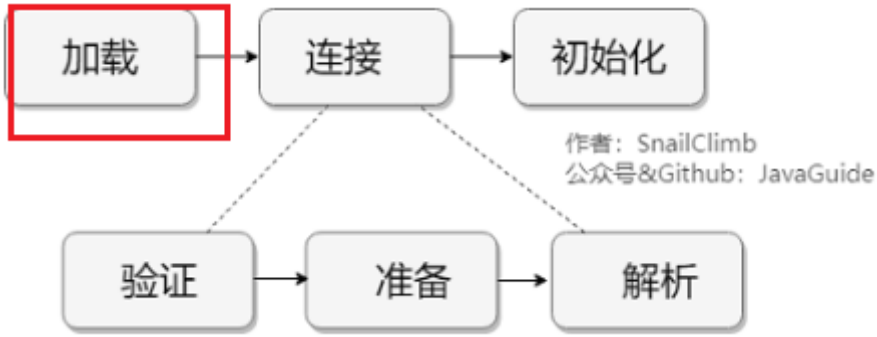
卸载类需要满足 3 个要求:

1. 该类的所有的实例对象都已被 GC，也就是说堆不存在该类的实例对象。
2. 该类没有在其他任何地方被引用
3. 该类的类加载器的实例已被 GC

所以，在 JVM 生命周期内，由 jvm 自带的类加载器加载的类是不会被卸载的。但是由我们自定义的类加载器加载的类是可能被卸载的。

只要想通一点就好了，jdk 自带的 BootstrapClassLoader, ExtClassLoader, AppClassLoader 负责加载 jdk 提供的类，所以它们(类加载器的实例)肯定不会被回收。而我们自定义的类加载器的实例是可以被回收的，所以使用我们自定义加载器加载的类是可以被卸载掉的。

类加载器详解



一个非数组类的加载阶段（加载阶段获取类的二进制字节流的动作）是可控性最强的阶段，这一步我们可以去自定义类加载器去控制字节流的获取方式（重写一个类加载器的 loadClass() 方法）。数组类型不通过类加载器创建，它由 Java 虚拟机直接创建。

所有的类都由类加载器加载，加载的作用就是将 .class文件加载到内存。

类加载器总结

JVM 中内置了三个重要的 ClassLoader，除了 BootstrapClassLoader 其他类加载器均由 Java 实现且全部继承自java.lang.ClassLoader：

1. **BootstrapClassLoader(启动类加载器)**：最顶层的加载类，由 C++实现，负责加载 %JAVA_HOME%/lib目录下的 jar 包和类或者被 -Xbootclasspath参数指定的路径中的所有类。
2. **ExtensionClassLoader(扩展类加载器)**：主要负责加载 %JRE_HOME%/lib/ext 目录下的 jar 包和类，或被 java.ext.dirs 系统变量所指定的路径下的 jar 包。
3. **AppClassLoader(应用程序类加载器)**：面向我们用户的加载器，负责加载当前应用 classpath 下的所有 jar 包和类。一般情况下，如果我们在应用程序中自己定义一个类并且使用它，那么这个类的父类加载器就是应用程序类加载器（App classloader）

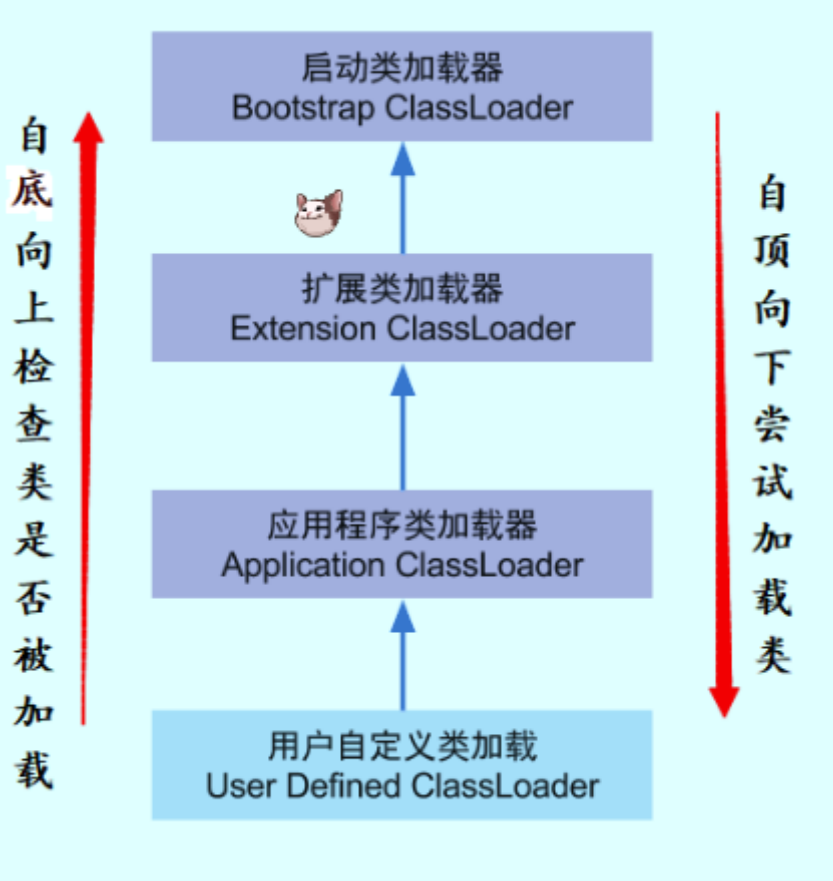
双亲委派模型

双亲委派模型介绍

每一个类都有一个对应它的类加载器。系统中的 ClassLoader 在协同工作的时候会默认使用 **双亲委派模型** 。即在类加载的时候，系统会首先判断当前类是否被加载过。已经被加载的类会直接返回，否则才会尝试加载。加载的时候，首先会把该请求委派给父类加载器的 loadClass() 处理，因此所有的请求最终都应该传送到顶层的启动类加载器 BootstrapClassLoader 中。

当父类加载器无法处理时，才由自己来处理。

当父类加载器为 null 时，会使用启动类加载器 BootstrapClassLoader 作为父类加载器。



每个类加载器都有一个父类加载器，除了 BootstrapClassLoader**

```
public class ClassLoaderDemo {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(ClassLoaderDemo.class.getClassLoader());
        System.out.println(ClassLoaderDemo.class.getClassLoader().getParent());

 System.out.println(ClassLoaderDemo.class.getClassLoader().getParent().getParent
());
    }
}
```

输出

```
sun.misc.Launcher$AppClassLoader@18b4aac2   //AppClassLoader(应用程序类加载器)
sun.misc.Launcher$ExtClassLoader@1b6d3586   //ExtensionClassLoader(扩展类加载器)
null                                        //BootstrapClassLoader(启动类加载器)
```

AppClassLoader的父类加载器为ExtClassLoader， ExtClassLoader的父类加载器为 null，**null 并不代表**ExtClassLoader没有父类加载器，而是** **BootstrapClassLoader** 。

其实这个双亲翻译的容易让别人误解，我们一般理解的双亲都是父母，这里的双亲更多地表达的是“父母这一辈”的人而已，并不是说真的有一个 Mother ClassLoader 和一个 Father ClassLoader 。另外，类加载器之间的“父子”关系也不是通过继承来体现的，是由“优先级”来决定。

双亲委派模型的好处

双亲委派模型保证了 Java 程序的稳定运行，可以避免类的重复加载（相同的类文件被不同的类加载器加载可能产生的是两个不同的类），**保证了使用不同的类加载器得到的都是同一个结果，也保证了 Java 的核心 API 不被篡改,体现了一个隔离作用****（比如如果我们自己定义一个java.lang.String类，如果加载了这个类就会报错，防止我们的代码影响JDK的代码）**。如果没有使用双亲委派模型，而是每个类加载器加载自己的话，就会出现一些问题，比如我们编写一个称为 java.lang.Object 类的话，那么程序运行的时候，系统就会出现多个不同的 Object 类。

考虑下面这种情况：假设我们自定义了一个叫做 MyClassLoader 的类加载器，并使用它加载了 java.lang.Object 类。如果我们没有采用双亲委派模型，那么 MyClassLoader 就会优先从它自己的类路径中寻找 java.lang.Object 类，而不会去委托给父类加载器。

假设我们编写了一个自己实现的 java.lang.Object 类，它跟系统自带的 java.lang.Object 类并不完全相同，比如它可能增加了一些新的方法或属性。在这种情况下，如果我们使用 MyClassLoader 来加载 java.lang.Object 类，那么程序中就会同时存在两个不同的 Object 类，一个是系统自带的 Object 类，另一个是我们自己编写的 Object 类。这可能会导致类之间的不兼容性和其他一些问题。

如果我们不想用双亲委派模型怎么办?

自定义加载器的话，需要继承 ClassLoader 。如果我们不想打破双亲委派模型，就重写 ClassLoader 类中的 findClass() 方法即可，无法被父类加载器加载的类最终会通过这个方法被加载。但是，如果想打破双亲委派模型则需要重写 loadClass() 方法

自定义类加载器

除了 BootstrapClassLoader 其他类加载器均由 Java 实现且全部继承自java.lang.ClassLoader。如果我们要自定义自己的类加载器，很明显需要继承 ClassLoader。

JVM参数总结

堆内存相关

指定堆内存大小 -Xms和-Xmx

```
-Xms<heap size>[unit]
-Xmx<heap size>[unit]
```

- **heap size** 表示要初始化内存的具体大小。
- **unit** 表示要初始化内存的单位。单位为“ ***g***”*(GB)* 、 **“ m” ***(MB)*** 、“ k”***（KB）

如果我们要为 JVM 分配最小 2 GB 和最大 5 GB 的堆内存大小，我们的参数应该这样来写：

-Xms2G -Xmx5G

指定新生代内存(Young Generation)

在堆总可用内存配置完成之后，第二大影响因素是为 Young Generation 在堆内存所占的比例。默认情况下，YG 的最小大小为 1310 *MB*，最大大小为*无限制*。

一共有两种指定 新生代内存(Young Ceneration)大小的方法：

1.通过**-XX:NewSize和-XX:MaxNewSize指定**

```
-XX:NewSize=<young size>[unit]
-XX:MaxNewSize=<young size>[unit]
```

如果我们要为 新生代分配 最小 256m 的内存，最大 1024m 的内存我们的参数应该这样来写：

-XX:NewSize=256m

-XX:MaxNewSize=1024m

2.通过-Xmn[unit]指定

如果我们要为 新生代分配 256m 的内存（NewSize 与 MaxNewSize 设为一致），我们的参数应该这样来写：

-Xmn256m

GC 调优策略中很重要的一条经验总结是这样说的：

将新对象预留在新生代，由于 Full GC 的成本远高于 Minor GC，因此尽可能将对象分配在新生代是明智的做法，实际项目中根据 GC 日志分析新生代空间大小分配是否合理，适当通过“-Xmn”命令调节新生代大小，最大限度降低新对象直接进入老年代的情况。

另外，你还可以通过 **-XX:NewRatio=** 来设置老年代与新生代内存的比值。

比如下面的参数就是设置老年代与新生代内存的比值为 1。也就是说老年代和新生代所占比值为 1：1，新生代占整个堆栈的 1/2。

```
-XX:NewRatio=1
```

指定永久代/元空间的大小

从 Java 8 开始，如果我们没有指定 Metaspace 的大小，随着更多类的创建，虚拟机会耗尽所有可用的系统内存（永久代并不会出现这种情况）。

JDK 1.8 之前永久代还没被彻底移除的时候通常通过下面这些参数来调节方法区大小

```
-XX:PermSize=N #方法区 (永久代) 初始大小
-XX:MaxPermSize=N #方法区 (永久代) 最大大小,超过这个值将会抛出 OutOfMemoryError 异常:java.lang.OutOfMemoryError: PermGen
```

相对而言，垃圾收集行为在这个区域是比较少出现的，但并非数据进入方法区后就“永久存在”了。

JDK 1.8 的时候，方法区（HotSpot 的永久代）被彻底移除了（JDK1.7 就已经开始了），取而代之是元空间，元空间使用的是本地内存。

下面是一些常用参数：

```
-XX:MetaspaceSize=N #设置 Metaspace 的初始（和最小大小）
-XX:MaxMetaspaceSize=N #设置 Metaspace 的最大大小，如果不指定大小的话，随着更多类的创建，虚拟机会耗尽所有可用的系统内存。
```

垃圾回收相关

选择合适的垃圾回收器

JVM 具有四种类型的 GC 实现：

- 串行垃圾收集器
- 并行垃圾收集器
- CMS 垃圾收集器
- G1 垃圾收集器

可以用以下参数分别使用这些垃圾回收器

```
-XX:+UseSerialGC
-XX:+UseParallelGC
-XX:+UseParNewGC
-XX:+UseG1GC
```

GC日志记录

生产环境上，或者其他要测试 GC 问题的环境上，一定会配置上打印 GC 日志的参数，便于分析 GC 相关的问题。

```
# 必选
# 打印基本 GC 信息
-XX:+PrintGCDetails
-XX:+PrintGCDateStamps
# 打印对象分布
-XX:+PrintTenuringDistribution
# 打印堆数据
-XX:+PrintHeapAtGC
# 打印Reference处理信息
# 强引用/弱引用/软引用/虚引用/finalize 相关的方法
-XX:+PrintReferenceGC
# 打印STW时间
-XX:+PrintGCApplicationStoppedTime

# 可选
# 打印safepoint信息，进入 STW 阶段之前，需要要找到一个合适的 safepoint
-XX:+PrintSafepointStatistics
-XX:PrintSafepointStatisticsCount=1

# GC日志输出的文件路径
-Xloggc:/path/to/gc-%t.log
# 开启日志文件分割
-XX:+UseGCLogFileRotation
# 最多分割几个文件，超过之后从头文件开始写
-XX:NumberOfGCLogFiles=14
# 每个文件上限大小，超过就触发分割
-XX:GCLogFileSize=50M
```

处理 OOM

对于大型应用程序来说，面对内存不足错误是非常常见的，这反过来会导致应用程序崩溃。这是一个非常关键的场景，很难通过复制来解决这个问题。

这就是为什么 JVM 提供了一些参数，这些参数将堆内存转储到一个物理文件中，以后可以用来查找泄漏:

```
-XX:+HeapDumpOnOutOfMemoryError
-XX:HeapDumpPath=./java_pid<pid>.hprof
-XX:OnOutOfMemoryError="< cmd args >;< cmd args >"
-XX:+UseGCOverheadLimit
```

这里有几点需要注意:

- **HeapDumpOnOutOfMemoryError** 指示 JVM 在遇到 **OutOfMemoryError** 错误时将 heap 转储到物理文件中。
- **HeapDumpPath** 表示要写入文件的路径; 可以给出任何文件名; 但是，如果 JVM 在名称中找到一个 标记，则当前进程的进程 id 将附加到文件名中，并使用.hprof格式
- **OnOutOfMemoryError** 用于发出紧急命令，以便在内存不足的情况下执行; 应该在 cmd args 空间中使用适当的命令。例如，如果我们想在内存不足时重启服务器，我们可以设置参数: -XX:OnOutOfMemoryError="shutdown -r" 。
- **UseGCOverheadLimit** 是一种策略，它限制在抛出 OutOfMemory 错误之前在 GC 中花费的 VM 时间的比例

其他

- -server : 启用“ Server Hotspot VM”; 此参数默认用于 64 位 JVM
- -XX:+UseStringDeduplication : *Java 8u20* 引入了这个 JVM 参数，通过创建太多相同 String 的实例来减少不必要的内存使用; 这通过将重复 String 值减少为单个全局 char [] 数组来优化堆内存。
- -XX:+UseLWPSynchronization: 设置基于 LWP (轻量级进程)的同步策略，而不是基于线程的同步。
- -XX:LargePageSizeInBytes : 设置用于 Java 堆的较大页面大小; 它采用 GB/MB/KB 的参数; 页面大小越大，我们可以更好地利用虚拟内存硬件资源; 然而，这可能会导致 PermGen 的空间大小更大，这反过来又会迫使 Java 堆空间的大小减小。
- -XX:MaxHeapFreeRatio : 设置 GC 后, 堆空闲的最大百分比，以避免收缩。
- -XX:SurvivorRatio : eden/survivor 空间的比例, 例如-XX:SurvivorRatio=6 设置每个 survivor 和 eden 之间的比例为 1:6。
- -XX:+UseLargePages : 如果系统支持，则使用大页面内存; 请注意，如果使用这个 JVM 参数，OpenJDK 7 可能会崩溃。
- -XX:+UseStringCache : 启用 String 池中可用的常用分配字符串的缓存。
- -XX:+UseCompressedStrings : 对 String 对象使用 byte [] 类型，该类型可以用纯 ASCII 格式表示。
- -XX:+OptimizeStringConcat : 它尽可能优化字符串串联操作。