字节码指令集简介

Java 虚拟机的指令由一个字节长度的、代表着某种特定操作含义的操作码（Opcode）以及跟随其后的零至多个代表此操作所需参数的操作数（Operands）所构成。虚拟机中许多指令并不包含操作数，只有一个操作码。

加载和存储指令

加载和存储指令用于将数据从栈帧（伴随着方法的调用产生）的局部变量表（存储结构）和操作数栈（方法的执行逻辑）之间来回传输：

 将一个局部变量加载到操作栈的指令包括有： iload、 iload\_<n>、 lload、 lload\_<n>、fload、fload\_<n>、dload、dload\_<n>、aload、aload\_<n>

 将一个数值从操作数栈存储到局部变量表的指令包括有：istore、istore\_<n>、lstore、lstore\_<n>、fstore、fstore\_<n>、dstore、dstore\_<n>、astore、astore\_<n>

 将一个常量加载到操作数栈的指令包括有： bipush、 sipush、 ldc、 ldc\_w、 ldc2\_w、aconst\_null、 iconst\_m1、 iconst\_<i>、 lconst\_<l>、 fconst\_<f>、 dconst\_<d>

 扩充局部变量表的访问索引的指令：wide

运算指令

 加法指令：iadd、ladd、fadd、dadd

 减法指令：isub、lsub、fsub、dsub

 乘法指令：imul、lmul、fmul、dmul

 除法指令：idiv、ldiv、fdiv、ddiv

 求余指令：irem、lrem、frem、drem

 取反指令：ineg、lneg、fneg、dneg

 位移指令：ishl、ishr、iushr、lshl、lshr、lushr

 按位或指令：ior、lor

 按位与指令：iand、land

 按位异或指令：ixor、lxor

 局部变量自增指令：iinc

 比较指令：dcmpg、dcmpl、fcmpg、fcmpl、lcmp

对象创建与操作

虽然类实例和数组都是对象，但 Java 虚拟机对类实例和数组的创建与操作使用了不同的字节码指令：

 创建类实例的指令：new

 创建数组的指令：newarray，anewarray，multianewarray

 访问类字段（static 字段，或者称为类变量）和实例字段（非 static 字段，或者成为实例变量）的指令：getfield、putfield、getstatic、putstatic

 把一个数组元素加载到操作数栈的指令： baload、 caload、 saload、 iaload、 laload、faload、daload、aaload

 将一个操作数栈的值储存到数组元素中的指令：bastore、castore、sastore、iastore、fastore、dastore、aastore

 取数组长度的指令：arraylength

 检查类实例类型的指令：instanceof、checkcast

操作数栈管理指令

Java 虚拟机提供了一些用于直接操作操作数栈的指令，包括：pop、pop2、dup、dup2、dup\_x1、dup2\_x1、dup\_x2、dup2\_x2 和 swap。

控制转移指令

控制转移指令可以让 Java 虚拟机有条件或无条件地从指定指令而不是控制转移指令的下一条指令继续执行程序。控制转移指令包括有：

 条件分支： ifeq、 iflt、 ifle、 ifne、 ifgt、 ifge、 ifnull、 ifnonnull、 if\_icmpeq、if\_icmpne、if\_icmplt, if\_icmpgt、if\_icmple、if\_icmpge、if\_acmpeq 和if\_acmpne。

 复合条件分支：tableswitch、lookupswitch

 无条件分支：goto、goto\_w、jsr、jsr\_w、ret

方法调用和返回指令

以下四条指令用于方法调用：

invokevirtual 指令用于调用对象的实例方法，根据对象的实际类型进行分派（虚方法分派），这也是 Java 语言中最常见的方法分派方式。

invokeinterface 指令用于调用接口方法，它会在运行时搜索一个实现了这个接口方法的对象，找出适合的方法进行调用。

invokespecial 指令用于调用一些需要特殊处理的实例方法，包括实例初始化方法（§2.9）、私有方法和父类方法。

invokestatic 指令用于调用类方法（static 方法）。而方法返回指令则是根据返回值的类型区分的，包括有 ireturn（当返回值是 boolean、byte、char、short 和 int 类型时使用）、lreturn、freturn、dreturn 和 areturn，另外还有一条 return 指令供声明为 void 的方法、实例初始化方法、类和接口的类初始化方法使用。

抛出异常

在程序中显式抛出异常的操作会由 athrow 指令实现，除了这种情况，还有别的异常会在其他 Java 虚拟机指令检测到异常状况时由虚拟机自动抛出。

同步

Java 虚拟机可以支持方法级的同步和方法内部一段指令序列的同步. 这两种同步结构都是使用管程（Monitor）来支持的。

方法级的同步是隐式（声明为synchronized的同步方法，在调用时，虚拟机可以从方法常量池中的方法表结构中的 ACC\_SYNCHRONIZED 访问标志区分一个方法是否同步方法，如果是则执行的线程获得管程）。对于synchronized块，Java 虚拟机的指令集中有 monitorenter 和 monitorexit 两条指令来支持 synchronized 关键字的语义