5. 图1.1所示模型机（采用图1.2所示指令格式）的指令系统中，除了有mov（op=0000）、add（op=0001）、load（op=1110）和store（op=1111）指令外，R型指令还有减（sub，op=0010）和乘（mul，op=0011）等指令，请仿照图1.3给出求解表达式“z=(x-y)\*y”所对应的指令序列（包括机器代码和对应的汇编指令）以及在主存中的存放内容。

**【分析解答】**

实现z=(x-y)\*y功能的指令序列至少需要6条指令，占6个存储单元，假定这6条指令分别存放在第0~5单元，变量x、y和z分别存放在第8、9、10这三个单元，则实现z=(x-y)\*y功能的指令序列在主存中的存放内容（粗体部分）如下：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 主存地址 | 主存单元内容 | 内容说明（I*i*表示第*i*条指令） | 指令的符号表示 |
| 0 | **1110 1001** | I1： R[0] ← M[9]；op=1110：取数操作 | load r0, 9# |
| 1 | **0000 0100** | I2： R[1] ← R[0]；op=0000：传送操作 | mov r1, r0 |
| 2 | **1110 1000** | I3： R[0] ← M[8] ；op=1110：取数操作 | load r0, 8# |
| 3 | **0010 0001** | I4： R[0] ← R[0] - R[1]；op=0010：减操作 | sub r0, r1 |
| 4 | **0011 0001** | I7： R[0] ← R[0] \* R[1]；op=0010：乘操作 | mul r0, r1 |
| 5 | **1111 1010** | I8： M[10]← R[0]；op=1111：存数操作 | store 10#, r0 |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 | 0001 1001 | 操作数x，假设值为25 |  |
| 9 | 0001 1111 | 操作数y，假设值为31 |  |
| 10 | 0000 0000 | 结果z，初始值为0 |  |

同学们的步骤基本都是正确的，只是指令码不太统一。

8．假设同一套指令集用不同的方法设计了两种机器M1和M2。机器M1的时钟周期为0.8ns，机器M2的时钟周期为1.2ns。某个程序P在机器M1上运行时的CPI为4，在M2上的CPI为2。对于程序P来说，哪台机器的执行速度更快？快多少？

**【分析解答】**

因为M1和M2实现的是同一套指令集，所以程序P在机器M1和M2上的指令条数相同，假定是N条，则P在M1上的执行时间为4×N×0.8ns =3.2N (ns)；P在M2上的执行时间为2×N×1.2ns =2.4N (ns)。由此可知，对于程序P来说，M2的执行速度更快，平均每条指令快0.8ns。

计算基本都正确，但是在比较结果的时候很多同学用比例来表示快慢，快25%和快33%

的答案都有，我认为是P在M1上执行时间比在M2上长25%，P在M2上执行速度比M1上快33%，答快25%和快33%的都给分了。

10．假定某编译器对某段高级语言程序编译生成两种不同的指令序列S1和S2，在时钟频率为500MHz的机器M上运行，目标指令序列中用到的指令类型有A、B、C和D四类。4类指令在M上的CPI和两个指令序列所用的各类指令条数如下表所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | B | C | D |
| 各指令的CPI | 1 | 2 | 3 | 4 |
| S1的指令条数 | 5 | 2 | 2 | 1 |
| S2的指令条数 | 1 | 1 | 1 | 5 |

请问：S1和S2各有多少条指令？CPI各为多少？所含的时钟周期数各为多少？执行时间各为多少？

**【分析解答】**

序列S1的指令条数为5+2+2+1 = 10，CPI为(5×1 + 2×2 + 2×3 + 1×4)/10 = 1.9，所含的时钟周期数为1.9×10 = 19，故执行时间为19/(500×106) s = 38 ns；

序列S2的指令条数为1+1+1+5 = 8，CPI为(1×1 + 1×2 + 1×3 + 5×4)/8 = 3.25，所含的时钟周期数为 3.25×8 = 26，故执行时间为26/ (500×106) s = 52 ns。

基本都正确。

11．假定机器M的时钟频率为1.2 GHz，某程序P在机器M上的执行时间为12秒。对P优化时，将其所有的乘4指令都换成了一条左移两位的指令，得到优化后的程序P’。已知在M上乘法指令的CPI为5，左移指令的CPI为2，P的执行时间是P’执行时间的1.2倍，则P中有多少条乘法指令被替换成了左移指令被执行？

**【分析解答】**

P’的执行时间为12/1.2=10秒，P比P’多用了2秒钟，即多1.2G×2 = 2.4×109个时钟周期。每条乘法指令比左移指令多3个时钟周期，因此P中应该有2.4×109/3= 8×108（即8亿）条乘法指令被替换为左移指令执行。

基本都正确。

12．假定机器M的时钟频率为2.5GHz，运行某程序P的过程中，共执行了500×106条浮点数指令、4000×106条整数指令、3000×106条访存指令、1000×106条分支指令，这4种指令的CPI分别是2、1、4、1。若要使程序P的执行时间减少一半，则浮点指令的CPI应如何改进？若要使程序P的执行时间减少一半，则访存指令的CPI应如何改进？若浮点数指令和整数指令的CPI减少20%，访存指令和分支指令的CPI减少40%，则程序P的执行时间会减少多少？

**【分析解答】**

程序P执行过程中，浮点、整数、访存、分支4类指令所用的时钟周期数分别为： 2×0.5×109、1×4×109、4×3×109、1×1×109，总计为18×109。在执行总时间中4类指令占用的时间比例分别约为5.55%、22.2%、66.7%、5.55%。

浮点、整数和分支指令相加后占比只有33.3%，未达到50%，因此单独改进浮点数指令或整数指令或分支指令，甚至3类指令同时改进，不管如何改进都不可能使P的执行时间减少一半。

假定要使程序P的执行时间减少一半（即性能提升到原来的2倍）时访存指令性能提升倍数为n，根据Amdahl定律有：2=1/(0.667/n+0.333），得n=4。因此，访存指令的CPI应该从4提升到1。

浮点数指令和整数指令的CPI减少20%，则这两种指令的时钟周期数变为80%×(1+4)×109；访存指令和分支指令的CPI减少40%，则这两种指令的时钟周期数变为60%×(12+1) ×109。4类指令的时钟周期数总计变为为11.8×109，因此，程序P的执行时间会减少((18-11.8) ×109)/ (18×109)≈34.4%。

基本都正确，最后一问可能有的同学计算过程出错了。