

13015 计算机系统原理

第一章 课后习题 计算题讲解(部分)

讲师/公众号：**小飞学长Pro**

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

7. 若机器 M1 和 M2 具有相同的指令集，其时钟频率分别为 1GHz 和 1.6GHz。在指令集中有 5 种不同类型的指令 A~E。下表给出了在 M1 和 M2 上每类指令的平均时钟周期数 CPI。

机器	A	B	C	D	E
M1	1	2	2	3	4
M2	2	2	4	5	6

请回答下列问题：

- (1) M1 和 M2 的峰值 MIPS 各是多少？
- (2) 假定某程序 P 的指令序列中，5 种指令具有完全相同的指令条数，则程序 P 在 M1 和 M2 上运行时，哪台机器更快？快多少？在 M1 和 M2 上执行程序 P 时的平均时钟周期数 CPI 各是多少？

13015 计算机系统原理 【第一章课后题】

机器	A	B	C	D	E
M1	1	2	2	3	4
M2	2	2	4	5	6

答：

1) 计算峰值MIPS时应选择CPI最少的指令时的性能，MIPS的计算公式为：

$$\text{MIPS} = \frac{\text{时钟频率 (Hz)}}{\text{CPI} \times 10^6}$$

所以：

在M1上可选择一段全部由A类指令组成的程序，M1的CPI最小为**1**（A类指令）

其峰值MIPS： $1\text{GHz} / (1 \times 10^6) = \mathbf{1000}$ MIPS

在M2上可选择一段全部由A类和B类指令组成的程序，M2的CPI最小为**2**（A类和B类指令）

其峰值MIPS： $1.6\text{GHz} / (2 \times 10^6) = \mathbf{800}$ MIPS

13015 计算机系统原理 【第一章课后题】

2) 由题可知：5种指令具有完全相同的指令条数，对于程序P，每类指令的条数均占1/5，故：

M1的CPI: $(1+2+2+3+4)/5 = 2.4$

M2的CPI: $(2+2+4+5+6)/5 = 3.8$

机器	A	B	C	D	E
M1	1	2	2	3	4
M2	2	2	4	5	6

当然，不能根据以上结果说明程序P在M1上运行更快，因为M1和M2的时钟频率不同。

假设程序P的指令条数为N，P在M1上的执行时间： $2.4 \times N \div 1G = 2.4N$ (ns)

P在M2上的执行时间： $3.8 \times N \div 1.6G = 2.375N$ (ns)

由此可知，对于程序P来说，M2的执行速度更快，每条指令平均快 $2.4 - 2.375 = 0.025$ ns。

【公式】

程序总时钟周期数 = 程序总指令条数 × CPI

综合/平均CPI = 程序总时钟周期数 ÷ 程序总指令条数

用户CPU时间 = 程序总时钟周期数 ÷ 时钟频率 = 程序总时钟周期数 × 时钟周期

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

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 0.8 ns，机器 M2 的时钟周期为 1.2 ns。某程序 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？

答：

假设**指令条数** N 相同（因为同一程序P、同一套指令集）

P 在 M1 上的执行时间： $4 \times N \times 0.8 = 3.2N$ (ns)

P 在 M2 上的执行时间： $2 \times N \times 1.2 = 2.4N$ (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 **$3.2 - 2.4 = 0.8$** ns。

【公式】

程序总**时钟周期数** = 程序总指令条数 \times CPI

综合CPI = 程序总**时钟周期数** \div 程序总**指令条数**

用户CPU 时间 = 程序总时钟周期数 \div 时钟频率 = 程序总**时钟周期数** \times **时钟周期**

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

9. 假设某机器 M 的时钟频率为 4 GHz，用户程序 P 在 M 上的指令条数为 8×10^8 ，其 CPI 为 1.25，则 P 在 M 上的执行时间是多少？若在机器 M 上从程序 P 开始启动到执行结束所需的时间是 4 s，则 P 的用户 CPU 时间所占的百分比是多少？

答：【2504考期原题】

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

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 500 MHz 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。四类指令在 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？

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

答:

- 1) S1有 $5+2+2+1=10$ 条指令, 所含的**时钟周期数**为 $5\times 1+2\times 2+2\times 3+1\times 4 = 19$,
CPI为 $19 \div 10 = 1.9$, 执行时间为 $19 \div (500\times 10^6) \text{ s} = 38\text{ns}$ 。
- 2) S2有 $1+1+1+5=8$ 条指令, 所含的**时钟周期数**为 $1\times 1+1\times 2+1\times 3+5\times 4 = 26$,
CPI为 $26 \div 8 = 3.25$, 执行时间为 $26 \div (500\times 10^6) \text{ s} = 52\text{ns}$ 。

	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

【公式】

程序总**时钟周期数** = 程序总指令条数 \times CPI

综合/平均CPI = 程序总**时钟周期数** \div 程序总**指令条数**

用户CPU 时间 = 程序总**时钟周期数** \div **时钟频率** = 程序总**时钟周期数** \times 时钟周期

13015 计算机系统原理【第一章课后题】

11. 假定机器 M 的时钟频率为 400 MHz，某程序 P 在机器 M 上的执行时间为 12.000 s。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 102，左移指令的 CPI 为 2，P' 的执行时间为 11.008 s，则 P 中有多少条乘法指令被替换成了左移指令被执行？

答：

- 1) 程序 P 比 P' 多用了 $12.000 - 11.008 = 0.992s$ ，即多 $400M \times 0.992 = 396.8M$ 个时钟周期
- 2) $102 - 2 = 100$ ，即每条乘法指令比左移指令多 100 个时钟周期
- 3) 因为 $396.8M / 100 = 3.968M = 3.968 \times 10^6 = 3968000$ ，即有 3968000 条乘法指令被替换为左移指令执行。

谢谢大家