

## 第一章 计算机系统概论

### 2. 简单回答下列问题。(参考答案略)

- (1) 冯·诺依曼计算机由哪几部分组成？各部分的功能是什么？采用什么工作方式？
  - (2) 摩尔定律的主要含义是什么？
  - (3) 计算机系统的层次结构如何划分？计算机系统的用户可分哪几类？每类用户工作在哪个层次？
  - (4) 程序的 CPI 与哪些因素有关？
  - (5) 为什么说性能指标 MIPS 不能很好地反映计算机的性能？
3. 假定你的朋友不太懂计算机，请用简单通俗的语言给你的朋友介绍计算机系统是如何工作的。要求写一页纸左右。
4. 你对计算机系统的哪些部分最熟悉，哪些部分最不熟悉？最想进一步了解细节的是哪些部分的内容？
5. 若有两个基准测试程序 P1 和 P2 在机器 M1 和 M2 上运行，假定 M1 和 M2 的价格分别是 5000 元和 8000 元，下表给出了 P1 和 P2 在 M1 和 M2 上所花时间和指令条数。

程序	M1		M2	
	指令条数	执行时间(ms)	指令条数	执行时间(ms)
P1	$200 \times 10^6$	10 000	$150 \times 10^6$	5000
P2	$300 \times 10^3$	3	$420 \times 10^3$	6

请回答下列问题：

- (1) 对于 P1，哪台机器的速度快？快多少？对于 P2 呢？
- (2) 在 M1 上执行 P1 和 P2 的速度分别是多少 MIPS？在 M2 上的执行速度各是多少？从执行速度来看，对于 P2，哪台机器的速度快？快多少？
- (3) 假定 M1 和 M2 的时钟频率各是 800MHz 和 1.2GHz，则在 M1 和 M2 上执行 P1 时的平均时钟周期数 CPI 各是多少？
- (4) 如果某个用户需要大量使用程序 P1，并且该用户主要关心系统的响应时间而不是吞吐率，那么，该用户需要大批构成机器时，应该选择 M1 还是 M2 呢？为什么？  
(提示：从性价比上考虑)
- (5) 如果另一个用户也需要购进大批机器，但该用户使用 P1 和 P2 一样多，主要关心的也是响应时间，那么，应该选择 M1 还是 M2 呢？为什么？

参考答案：

- (1) 对于 P1，M2 比 M1 快一倍；对于 P2，M1 比 M2 快一倍。
- (2) 对于 M1，P1 的速度为： $200M/10=20MIPS$ ；P2 为  $300k/0.003=100MIPS$ 。  
对于 M2，P1 的速度为： $150M/5=30MIPS$ ；P2 为  $420k/0.006=70MIPS$ 。  
从执行速度来看，对于 P2，因为  $100/70=1.43$  倍，所以 M1 比 M2 快 0.43 倍。
- (3) 在 M1 上执行 P1 时的平均时钟周期数 CPI 为： $10 \times 800M / (200 \times 10^6) = 40$   
在 M2 上执行 P1 时的平均时钟周期数 CPI 为： $5 \times 1.2G / (150 \times 10^6) = 40$
- (4) 考虑运行 P1 时 M1 和 M2 的性价比，因为，该用户主要关心系统的响应时间，所以，性价比中的性能考虑执行时间，其性能为执行时间的倒数。故性价比 R 为：

$$R=1/(\text{执行时间} \times \text{价格})$$

R 越大说明性价比越高，也即，“执行时间 × 价格”的值越小，则性价比越高。

因为  $10 \times 5000 > 5 \times 8000$ ，所以，M2 的性价比高。应选择 M2。

- (5) P1 和 P2 需要同等考虑，性能有多种方式：执行时间总和、算术平均、几何平均。  
若用算术平均方式，则：因为， $(10+0.003)/2 \times 5000 > (5+0.006)/2 \times 8000$ ，

所以，M2 的性价比高。应选择 M2。

若用几何平均方式，则：因为， $\sqrt{10 \times 0.003} \times 5000 < \sqrt{5 \times 0.006} \times 8000$ ，  
所以，M1 的性价比高，应选择 M1。

6. 若机器 M1 和 M2 具有相同的指令集，其时钟频率分别为 1GHz 和 1.5GHz。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。

程序	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) 假定某个程序 P 的指令序列中，5 类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？

参考答案：

- (1) M1 上可以选择一段都是 A 类指令组成的程序，其峰值 MIPS 为 1000MIPS。  
M2 上可以选择一段 A 和 B 类指令组成的程序，其峰值 MIPS 为  $1500/2=750$ MIPS。  
(2) 5 类指令具有完全相同的指令条数，所以各占 20%。

在 M1 和 M2 上执行程序 P 时的平均时钟周期数 CPI 分别为：

$$M1: 20\% \times (1+2+2+3+4) = 0.2 \times 12 = 2.4$$

$$M2: 20\% \times (2+2+4+5+6) = 0.2 \times 19 = 3.8$$

假设程序 P 的指令条数为 N，则在 M1 和 M2 上的执行时间分别为：

$$M1: 2.4 \times N \times 1/1G = 2.4N \text{ (ns)}$$

$$M2: 3.8 \times N \times 1/1.5G = 2.53N \text{ (ns)}$$

所以，M1 执行 P 的速度更快，每条指令平均快 0.13ns。

7. 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？

参考答案：假设程序 P 的指令条数为 N，则在 M1 和 M2 上的执行时间分别为：

$$M1: 4N \times 0.8 = 3.2N \text{ (ns)}$$

$$M2: 2N \times 1.2 = 2.4N \text{ (ns)}$$

所以，M2 执行 P 的速度更快，每条指令平均快 0.8ns。

8. 假设某机器 M 的时钟频率为 4GHz，用户程序 P 在 M 上的指令条数为  $8 \times 10^9$ ，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 秒，则 P 占用的 CPU 时间的百分比是多少？

参考答案：程序 P 在 M 上的执行时间为： $1.25 \times 8 \times 10^9 \times 1/4G = 2.5 \text{ s}$

从启动 P 执行开始到执行结束的总时间为 4 秒，其中 2.5 秒是 P 在 CPU 上真正的执行时间，其他事件可能执行操作系统程序或其他用户程序。

所占的百分比为： $2.5/4 = 62.5\%$

9. 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。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。

项 目	A	B	C	D
各指令的 CPI	1	2	3	4
<b>S1</b> 的指令条数	2	2	2	4
<b>S2</b> 的指令条数	4	1	2	1

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?

**参考答案:** **S1** 和 **S2** 的指令条数分别为: 10 和 8

**S1** 和 **S2** 的 CPI 分别为:

$$\mathbf{S1: } 1 \times 2 / 10 + 2 \times 2 / 10 + 3 \times 2 / 10 + 4 \times 4 / 10 = 28 / 10 = 2.8$$

$$\mathbf{S2: } 1 \times 4 / 8 + 2 \times 1 / 8 + 3 \times 2 / 8 + 4 \times 1 / 8 = 16 / 8 = 2$$

**S1** 和 **S2** 所含的时钟周期数分别为:

$$\mathbf{S1: 28; S2: 16}$$

**S1** 和 **S2** 的执行时间为:

$$\mathbf{S1: 28 \times 1 / 500M = 56ns; S2: 16 \times 1 / 500M = 32ns}$$

10. 假定机器 M 的时钟频率为 1.2GHz, 某程序 P 在机器 M 上的执行时间为 12 秒钟。对 P 优化时, 将其所有的乘 4 指令都换成了一条左移 2 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?

**参考答案:** 显然, P'的执行时间为 10 秒, 因此, P 比 P'多花了 2 秒钟, 因此, 被换成左移指令的乘法指令的条数为:  $1.2G \times 2 / (5-2) = 800M$