

1. 设处理器 P1 和 P2 的相关参数为: $f_1 = 2\text{GHz}$, $CPI_1 = 3$; $f_2 = 3\text{GHz}$, $CPI_2 = 4$

(1) 谁的性能高?

参考解答: P1 的指令执行速度: $IPC_1 \times f_1 = \frac{f_1}{CPI_1} = \frac{2}{3} \times 10^3 \text{ MIPS}$

P2 的指令执行速度: $IPC_2 \times f_2 = \frac{f_2}{CPI_2} = \frac{3}{4} \times 10^3 \text{ MIPS}$

显然, P2 的性能高。

(2) 设某程序共有 K 条指令, 求 P1 和 P2 的执行时间;

参考解答: P1 的执行时间: $\frac{K}{IPC_1 \times f_1} = \frac{3K}{2} \times 10^{-9} \text{ s}$

P2 的执行时间: $\frac{K}{IPC_2 \times f_2} = \frac{4K}{3} \times 10^{-9} \text{ s}$

(3) 某程序在 P1 上执行时间为 T 秒, 求它在 P2 上的执行时间;

参考解答: 此程序的指令数: $IPC_1 \times f_1 \times T = \frac{2T}{3} \times 10^9$

它在 P2 上的执行时间: $\frac{IPC_1 \times f_1 \times T}{IPC_2 \times f_2} = \frac{8T}{9} \text{ s}$

(4) 某程序在 P1 上的执行时间为 T 秒, 如果想将 T 降低 10%, CPI_1 降低 20%, 则 f_1 必须如何调整?

参考解答: 此程序的指令数: $IPC_1 \times f_1 \times T = \frac{2T}{3} \times 10^9$

解方程: $\frac{x f_1 \times 0.9T}{0.8CPI_1} = \frac{2x \times 0.9T}{0.8 \times 3} \times 10^9 = \frac{2T}{3} \times 10^9$ 得: $x = \frac{8}{9}$, f_1 必须降低 1/9。

2. 有 3 种不同的处理器 P1、P2 和 P3 执行同样的指令集, P1 的时钟频率为 3GHz, CPI 为

1.5; P2 的时钟频率为 2.5GHz, CPI 为 1.0; P3 的时钟频率为 4GHz, CPI 为 2.2.

(1) 以每秒钟执行的指令数目为标准, 哪个处理器性能最高?

参考解答: P1 每秒钟执行的指令数: $\frac{1}{1.5} \times 3 \times 10^9 = 2.0 \times 10^9$

P2 每秒钟执行的指令数: $\frac{1}{1.0} \times 2.5 \times 10^9 = 2.5 \times 10^9$

P3 每秒钟执行的指令数: $\frac{1}{2.2} \times 4.0 \times 10^9 \approx 1.82 \times 10^9$

因此 P2 的性能最高.

(2) 如果每个处理器各执行一个程序都花费 10 秒钟时间, 求它们的时钟周期数和指令数;

参考解答: P1 执行的程序的时钟周期数: $10 \times 3.0 \times 10^9 = 3.0 \times 10^{10}$

P1 执行的程序的指令数: $10 \times 2.0 \times 10^9 = 2.0 \times 10^{10}$

P2 执行的程序的时钟周期数: $10 \times 2.5 \times 10^9 = 2.5 \times 10^{10}$

P2 执行的程序的指令数: $10 \times 2.5 \times 10^9 = 2.5 \times 10^{10}$

P3 执行的程序的时钟周期数: $10 \times 4.0 \times 10^9 = 4.0 \times 10^{10}$

P3 执行的程序的指令数: $10 \times 1.82 \times 10^9 = 1.82 \times 10^{10}$

(3) 我们试图把执行时间减少 30%, 但这会引起 CPI 增加 20%. 问: 时钟频率应该是多少才能达到目的?

参考解答: P1 的时钟频率 F: $\frac{10(1-30\%)}{1.5(1+20\%)} \times F \times 10^9 = 2.0 \times 10^{10}$

P2 的时钟频率 F: $\frac{10(1-30\%)}{1.0(1+20\%)} \times F \times 10^9 = 2.5 \times 10^{10}$

P3 的时钟频率 F: $\frac{10(1-30\%)}{2.2(1+20\%)} \times F \times 10^9 = 1.82 \times 10^{10}$

解上述方程即可！

3. 同一个指令集体系结构有两种不同的实现方式 P1 和 P2. 根据 CPI 的不同将指令分成 4 类: A、B、C 和 D. P1 的时钟频率为 2.5GHz, CPI 分别为 1、2、3 和 3; P2 的时钟频率为 3GHz, CPI 分别为 2、2、2 和 2. 给定一个程序, 有 1.0×10^6 条动态指令, 按如下比例分为 4 类: A, 10%; B, 20%; C, 50%; D, 20%.

(1) 每种实现方式总的 CPI 是多少?

参考解答: P1 方式下总的 CPI: $1 \times 10\% + 2 \times 20\% + 3 \times 50\% + 3 \times 20\% = 2.6$

P2 方式下总的 CPI: $2 \times 10\% + 2 \times 20\% + 2 \times 50\% + 2 \times 20\% = 2.0$

(2) 每种实现方式下的时钟周期数是多少?

参考解答: P1 方式下的时钟周期数: $2.6 \times 1.0 \times 10^6 = 2.6 \times 10^6$

P2 方式下的时钟周期数: $2.0 \times 1.0 \times 10^6 = 2.0 \times 10^6$

4. 编译程序对一个应用在给定的处理器上的性能有极深的影响. 假定一个程序, 如果采用编译程序 A, 则动态指令数为 1.0×10^9 , 执行时间为 1.1s; 如果采用编译程序 B, 则动态指令数为 1.2×10^9 , 执行时间为 1.5s.

(1) 在给定处理器时钟周期为 1ns 时, 找出每个程序的平均 CPI;

参考解答: 编译程序 A: $\frac{1.1}{\frac{1.0 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^9}} = 1.1$

编译程序 B: $\frac{1.5}{\frac{1.0 \times 10^{-9}}{1.2 \times 10^9}} = 1.25$

(2) 假定编译程序是在两个不同的处理器上运行的. 如果这两个处理器的执行时间相同,

求运行编译程序 A 的处理器时钟相对于运行编译程序 B 的处理器时钟快多少?

参考解答: 运行编译程序 A 的处理器执行时间: $\frac{1.0 \times 10^9 \times 1.1}{f_A}$

运行编译程序 B 的处理器执行时间: $\frac{1.2 \times 10^9 \times 1.25}{f_B}$

$$\frac{1.0 \times 10^9 \times 1.1}{f_A} = \frac{1.2 \times 10^9 \times 1.25}{f_B}$$

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{1.0 \times 10^9 \times 1.1}{1.2 \times 10^9 \times 1.25} = \frac{1.1}{1.5} \approx 73.33, \dots\dots\dots$$

(3) 假设开发了一种新的编译程序, 只用了 6.0×10^8 条指令, 平均 CPI 为 1.1. 求这种新的编译程序相对于原编译程序 A 和 B 的加速比.

参考解答: 编译程序 A 执行时间: 1.1s, 编译程序 B 执行时间: 1.5s

新编译程序执行时间: $1.1 \times 6.0 \times 10^8 \times 1.0 \times 10^{-9} = 0.66s$

新编译程序相对于编译程序 A 的加速比: $\frac{1.1}{0.66} \approx 1.67$

新编译程序相对于编译程序 B 的加速比: $\frac{1.5}{0.66} \approx 2.27$

5. 假定一个程序需要执行 50×10^6 条浮点指令, 110×10^6 条整数指令, 80×10^6 条 L/S 指令和 16×10^6 条分支指令. 每种类型指令的 CPI 分别是 1、1、4 和 2. 假定处理器的时钟频率为 2GHz.

(1) 程序的 CPI 是多少?

参考解答: $\frac{1 \times 50 \times 10^6 + 1 \times 110 \times 10^6 + 4 \times 80 \times 10^6 + 2 \times 16 \times 10^6}{50 \times 10^6 + 110 \times 10^6 + 80 \times 10^6 + 16 \times 10^6} = 2$

(2) 程序的执行速度是多少 MIPS?

参考解答: $\frac{50 \times 10^6 + 110 \times 10^6 + 80 \times 10^6 + 16 \times 10^6}{1 \times 50 \times 10^6 + 1 \times 110 \times 10^6 + 4 \times 80 \times 10^6 + 2 \times 16 \times 10^6} \times 2 \times 10^9 = 1000 \text{MIPS}$

(3) 程序的执行时间是多少?

参考解答: $\frac{1 \times 50 \times 10^6 + 1 \times 110 \times 10^6 + 4 \times 80 \times 10^6 + 2 \times 16 \times 10^6}{2 \times 10^9} = 256 \text{ms}$

(4) 如果要将程序运行速度提高至 2 倍, 浮点指令的 CPI 需如何改进?

参考解答: 改进前执行程序时钟周期数:

$$(50 \times 1 + 110 \times 1 + 80 \times 4 + 16 \times 2) \times 106 = 512 \times 106$$

改进后执行程序时钟周期数:

$$(50 \times CPI + 110 \times 1 + 80 \times 4 + 16 \times 2) \times 106 = 256 \times 106$$

$$(50CPI + 462) \times 106 = 256 \times 106$$

显然, 光靠改进浮点指令的 CPI 是达不到目的的.

(5) 如果要将程序运行速度提高至 2 倍, L/S 指令的 CPI 需如何改进?

参考解答: $(50 \times 1 + 110 \times 1 + 80 \times CPI + 16 \times 2) \times 106 = 256 \times 106$

$$80CPI + 192 = 256 \quad CPI = 0.8$$

(6) 如果整数和浮点指令的 CPI 减少 40%, L/S 和分支指令的 CPI 减少 30%, 程序的执行时间能改进多少?

参考解答: 改进前所需时钟周期数:

$$(50 \times 1 + 110 \times 1 + 80 \times 4 + 16 \times 2) \times 106 = 512 \times 106$$

改进后所需时钟周期数:

$$(50 \times 0.6 + 110 \times 0.6 + 80 \times 2.8 + 16 \times 1.4) \times 106 = 342.4 \times 106$$

改进后所需时间为原来的: $\frac{342.4 \times 106}{512 \times 106} = 66.875\%$

改进后所需时间比原来的减少: $\frac{(512 - 342.4) \times 106}{2 \times 10^9} = 8.9888 \times 10^{-6} s$

6. 有以下两种不同方式 I1 和 I2 实现了同一指令集，在该指令集中共有三类指令（如下表），I1 的时钟频率为 6GHz，I2 的时钟频率为 3GHz，各类指令在 I1 与 I2 上运行时所需的每指令平均时钟周期数如下表所示，其中 C1 是 I1 生产厂家提供的编译器，C2 是 I2 生产厂家提供的编译器，C3 是第三方提供的，假设对同一程序三个编译器生成的代码中指令总条数相等，但指令的组合则不相同。

指令类型	I1 上的 CPI	I2 上的 CPI	C1 编译器	C2 编译器	C3 编译器
A	2	1	40%	40%	50%
B	3	2	40%	20%	25%
C	5	3	20%	40%	25%

(1) 如果在 I1 和 I2 上都使用 C1 编译器，那么 I1 的性能是 I2 的多少倍？

参考解答： $CPI_{I1} = 0.4 \times 2 + 0.4 \times 3 + 0.2 \times 5 = 3$

$CPI_{I2} = 0.4 \times 1 + 0.4 \times 2 + 0.2 \times 3 = 1.8$

I1 的性能/I2 的性能 = $1.8 \times 6 \times 10^9 / 3 \times 3 \times 10^9 = 1.2$ 倍

(2) 如果购买了 I2，那么选哪种编译器好？

参考解答： $CPI_{C1} = 0.4 \times 1 + 0.4 \times 2 + 0.2 \times 3 = 1.8$

$CPI_{C2} = 0.4 \times 1 + 0.2 \times 2 + 0.4 \times 3 = 2$

$CPI_{C3} = 0.5 \times 1 + 0.25 \times 2 + 0.25 \times 3 = 1.75$

因此选 C3 编译器好。

(3) 如果所有其他指标都相同（包括价格），那么选择哪种机器和编译器更好？

参考解答：

如果购买了 I1:

$$\text{CPI}_{C1}=0.4*2+0.4*3+0.2*5=3$$

$$\text{速度: } \frac{1}{3} \times 6 \times 10^9$$

$$\text{CPI}_{C2}=0.4*2+0.2*3+0.4*5=3.4$$

$$\text{速度: } \frac{1}{3.4} \times 6 \times 10^9$$

$$\text{CPI}_{C3}=0.5*2+0.25*3+0.25*5=3$$

$$\text{速度: } \frac{1}{3} \times 6 \times 10^9$$

如果购买了 I2:

$$\text{CPI}_{C1}=0.4*1+0.4*2+0.2*3=1.8$$

$$\text{速度: } \frac{1}{1.8} \times 3 \times 10^9$$

$$\text{CPI}_{C2}=0.4*1+0.2*2+0.4*3=2$$

$$\text{速度: } \frac{1}{2} \times 3 \times 10^9$$

$$\text{CPI}_{C3}=0.5*1+0.25*2+0.25*3=1.75$$

$$\text{速度: } \frac{1}{1.75} \times 3 \times 10^9$$

因此选 I1 机器、C1 或 C3 编译器