

## Homework 02

1. (改编自 COD\_CH, P39, 1.5) 有 3 种不同的处理器  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$  执行同样的指令系统。 $P_1$  的时钟频率为  $3GHz$ ,  $CPI$  为 1.5;  $P_2$  的时钟频率为  $2.5GHz$ ,  $CPI$  为 1.0;  $P_3$  的时钟频率为  $4GHz$ ,  $CPI$  为 2.2。

1). 如果每个处理器执行一个程序都花费 10 秒时间, 求它们的时钟周期数和指令数。

2). 我们试图把执行时间减少 30%, 但这会引起  $CPI$  增大 20%。请问为达到时间减少 30% 的目标, 时钟频率应变为多少?

$$1) \quad P_1: \text{时钟周期数} = 10 \times 3 \times 10^9 = 3 \times 10^{10} \quad \text{指令数} = \frac{3 \times 10^{10}}{1.5} = 2 \times 10^{10}$$

$$P_2: \text{时钟周期数} = 10 \times 2.5 \times 10^9 = 2.5 \times 10^{10} \quad \text{指令数} = \frac{2.5 \times 10^{10}}{1.0} = 2.5 \times 10^{10}$$

$$P_3: \text{时钟周期数} = 10 \times 4 \times 10^9 = 4 \times 10^{10} \quad \text{指令数} = \frac{4 \times 10^{10}}{2.2} = 1.82 \times 10^{10}$$

$$2) \quad \frac{n \times CPI}{f} \times 70\% = \frac{n \times CPI \times 120\%}{f'}$$

$$f' = \frac{120\%}{70\%} f \quad f'_1 = 5.14 GHz \quad f'_2 = 4.29 GHz \quad f'_3 = 6.86 GHz$$

2. (改编自 COD\_CH, P40, 1.9) 在某处理器中, 假定算术指令、 $load/store$  指令和分支指令的  $CPI$  分别是 1、12 和 5。同时假定某程序在单个处理器核上运行时需要执行  $2.56 \times 10^9$  条算术指令、 $1.28 \times 10^9$  条  $load/store$  指令和  $2.56 \times 10^8$  条分支指令, 并假定处理器的时钟频率为  $2GHz$ 。

现假定程序并行运行在多核上, 分配到每个处理器核上运行的算术指令和  $load/store$  指令数目为单核情况下相应指令数目除以  $0.7 \times p$  ( $p$  为处理器核数), 而每个处理器的分支指令的数量保持不变。

1). 求出当该程序分别运行在 1、2、4 和 8 个处理器核上的执行时间, 并求出其他情况下相对于单核处理器的加速比。

2). 如果算术指令的  $CPI$  加倍, 求此时程序分别运行在 1、2、4 和 8 个处理器核上的执行时间。

3). 如果要使单核处理器的性能与四核处理器相当, 单处理器中  $load/store$  指令的  $CPI$  应该降低到多少? 此处假定四核处理器的  $CPI$  保持原数值不变。

$$1) \quad 1 \text{ 核: 执行时间} \frac{2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12 + 2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} = 9.6 s$$

$$2 \text{ 核: 执行时间} \frac{2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 2} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} = 7.04 s$$

$$\text{加速比} \frac{9.6}{7.04} \approx 1.36$$

$$4 \text{ 核: 执行时间} \frac{2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 4} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} = 3.84 s$$

$$\text{加速比} \frac{9.6}{3.84} = 2.5$$

$$8 \text{ 核: 执行时间} \frac{2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 8} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} = 2.24 s$$

$$\text{加速比} \frac{9.6}{2.24} \approx 4.29$$

$$(2) \quad 1 \text{核: 执行时间} \frac{2 \times 2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12 + 2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} \approx 10.88 \text{ s}$$

$$2 \text{核: 执行时间} \frac{2 \times 2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 2} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} \approx 7.95 \text{ s}$$

$$4 \text{核: 执行时间} \frac{2 \times 2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 4} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} \approx 4.30 \text{ s}$$

$$8 \text{核: 执行时间} \frac{2 \times 2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times 12}{2 \times 10^9} \times \frac{1}{0.7 \times 8} + \frac{2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} \approx 2.47 \text{ s}$$

(3)

$$\frac{2.56 \times 10^9 + 1.28 \times 10^9 \times x + 2.56 \times 10^8 \times 5}{2 \times 10^9} = 3.84 \quad x = 3$$

3. (改编自 COD\_CH, P41, 1.12) 在 1.10 节中提到使用性能公式的子集来作为性能评价指标的陷阱。下面的习题将对其进行说明。考虑下面两种处理器:  $P_1$  的时钟频率为  $4\text{GHz}$ , 平均  $CPI$  为  $0.9$ , 需要执行  $5.0 \times 10^9$  条指令;  $P_2$  的时钟频率为  $3\text{GHz}$ , 平均  $CPI$  为  $0.75$ , 需要执行  $1.0 \times 10^9$  条指令。

1). 一个常见的错误是, 认为时钟频率最高的计算机具有最高的性能。这种说法正确吗? 请用  $P_1$  和  $P_2$  来验证这一说法是否正确。

2). 另一个错误是, 认为执行指令最多的处理器需要更多的  $CPU$  时间。考虑  $P_1$  执行  $1.0 \times 10^9$  条指令序列所需的时间, 假定  $P_1$  和  $P_2$  的  $CPI$  不变, 计算一下  $P_2$  用同样的时间可以执行多少条指令。

3). 一个常见的错误是用  $MIPS$  (每秒百万条指令数) 来比较两台不同的处理器的性能, 并认为  $MIPS$  数值大的处理器具有最高的性能。这种说法正确吗? 请用  $P_1$  和  $P_2$  验证这一说法是否正确。

4). 另一个常见的性能标志是  $MFLOPS$  (每秒百万条浮点指令), 其定义为

$$MFLOPS = \frac{\text{浮点数操作的数目}}{\text{执行时间} \times 10^6}$$

但此标志与  $MIPS$  有同样的问题。假定  $P_1$  和  $P_2$  上执行的指令有  $40\%$  的浮点指令, 求出各处理器的  $MFLOPS$  数值。

$$(1) \quad P_1 \text{ 执行时间} \frac{5.0 \times 10^9 \times 0.9}{4 \times 10^9} = 1.125 \text{ s}$$

$$P_2 \text{ 执行时间} \frac{1.0 \times 10^9 \times 0.75}{3 \times 10^9} = 0.25 \text{ s}$$

不正确  $P_1$  时钟频率大于  $P_2$ , 但  $P_1$  执行时间大于  $P_2$ ,  $P_1$  性能低于  $P_2$

$$(2) \quad P_1: \frac{1.0 \times 10^9 \times 0.9}{4 \times 10^9} = 0.225 \text{ s}$$

$$P_2: \frac{0.225 \times 3 \times 10^9}{0.75} = 9 \times 10^8 \text{ 条}$$

$$(3) P_1: \text{MIPS} = \frac{4 \times 10^9}{0.9 \times 10^6} \approx 4444 \quad P_2: \text{MIPS} = \frac{3 \times 10^9}{0.75 \times 10^6} = 4000$$

不正确,  $P_1$  的 MIPS 大于  $P_2$  但  $P_1$  性能低于  $P_2$

$$(4) P_1: \text{MFLOPS} = \frac{5.0 \times 10^9 \times 40\%}{1.125 \times 10^6} \approx 1778$$

$$P_2: \text{MFLOPS} = \frac{1.0 \times 10^9 \times 40\%}{0.25 \times 10^6} = 1600$$

4. (改编自 COD\_CH, P41, 1.13) 在 1.10 节中提到的另一个易犯的错误是希望通过只改进计算机的一个方面来改进计算机的总体性能。假如一台计算机上运行一个程序需要 250 秒, 其中 70 秒用于执行浮点指令, 85 秒用于执行  $L/S$  指令, 40 秒用于执行分支指令, 剩余的时间用来执行整型指令。

- 1). 如果浮点操作的时间减少 20%, 总时间将减少多少?
- 2). 如果将总时间减少 20%, 整型操作时间应减少多少?
- 3). 如果只减少分支指令时间, 总时间能否减少 20%?

$$1). \quad 70 \times 0.2 = 14s \quad \frac{14}{250} = 5.6\%$$

$$2). \quad \frac{250 \times 20\%}{250 - 70 - 85 - 40} = 90.9\%$$

$$3). \quad 250 \times 20\% = 50s > 40s \quad \text{不能}$$