

1.2

- a-通过流水线提高性能
- b-通过并行提高性能
- c-通过预测提高性能
- d-存储层次
- e-通过冗余提高可靠性
- f-加速大概率事件
- g-使用抽象简化设计

1.3

1. 程序员使用高级程序语言编写程序
2. 编译器将程序编译为汇编语言
3. 汇编器将汇编语言汇编为二进制机器语言程序，二进制机器语言程序可以在计算机处理器上执行

1.5

a

P1:

$$3 * 10^9 / 1.5 = 2 * 10^9$$

P2:

$$2.5 * 10^9 / 1 = 2.5 * 10^9$$

P3:

$$4 * 10^9 / 2.2 = 1.818 * 10^9$$

综上所述，P2每秒钟执行指令条数最多，性能最好

b

P1:

时钟周期：

$$3 * 10^9 * 10 = 3 * 10^{10}$$

指令数：

$$3 * 10^{10} / 1.5 = 2 * 10^{10}$$

P2:

时钟周期：

$$2.5 * 10^9 * 10 = 2.5 * 10^{10}$$

指令数：

$$2.5 * 10^{10} / 1 = 2.5 * 10^{10}$$

P3:

时钟周期：

$$4 * 10^9 * 10 = 4 * 10^{10}$$

指令数：

$$4 * 10^{10} / 2.2 = 1.818 * 10^{10}$$

c

P1:

$$CPI_{new} = 1.5 * 1.2 = 1.8$$

设新时钟频率为h

$$\frac{1.8}{h} = \frac{1.5}{3G} * 0.7$$

解得h = 5.14G

P2:

$$CPI_{new} = 1 * 1.2 = 1.2$$

设新时钟频率为h

$$\frac{1.2}{h} = \frac{1}{2.5G} * 0.7$$

解得h = 4.29G

P3:

$$CPI_{new} = 2.2 * 1.2 = 2.64$$

设新时钟频率为h

$$\frac{2.64}{h} = \frac{2.2}{4G} * 0.7$$

解得h = 6.86G

1.7

a

P1:

$$CPI_1 = 1 * 0.1 + 2 * 0.2 + 3 * 0.5 + 3 * 0.2 = 2.6$$

P2:

$$CPI_2 = 2 * 0.1 + 2 * 0.2 + 2 * 0.5 + 2 * 0.2 = 2$$

b

P1:

$$circle_1 = 1 * 10^6 * CPI_1 = 2.6 * 10^6$$

P2:

$$circle_2 = 1 * 10^6 * CPI_2 = 2 * 10^6$$

用时

P1:

$$time_1 = circle_1 / f_1 = 2.6 * 10^6 / 2.5Ghz \approx 1.04 * 10^{-3}s$$

P2:

$$time_2 = circle_2 / f_2 = 2 * 10^6 / 3Ghz \approx 6.6 * 10^{-4}s$$

综上所述，P2更快

1.8

a

处理器频率：

$$f = 1s/1ns = 1Ghz$$

A:

$$CPI_A = \frac{\text{执行时间}_A}{\text{指令数}_A * \text{时钟周期}} = \frac{1.1s}{1 * 10^9 * 1ns} = 1.1$$

B:

$$CPI_B = \frac{\text{执行时间}_B}{\text{指令数}_B * \text{时钟周期}} = \frac{1.5s}{1.2 * 10^9 * 1ns} = 1.25$$

b

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{CPI_2 * \text{指令数}_2}{CPI_1 * \text{指令数}_1} = \frac{1.25 * 1.2 * 10^9}{1.1 * 1 * 10^9} \approx 1.36$$

- A处理器的时钟周期长度是B处理器的1.36倍

c

- 此处假设使用第一小问中的处理器，时钟周期长度为1ns

$$CPUtime_c = \text{指令数}_c * CPI_c * \text{时钟周期}_c = 6 * 10^8 * 1.1 * 1ns = 0.66s$$

- 相对于A的加速比

$$\frac{CPUtime_a}{CPUtime_c} = \frac{1.1}{0.66} \approx 1.67$$

- 相对于B的加速比

$$\frac{CPUtime_b}{CPUtime_c} = \frac{1.5}{0.66} \approx 2.27$$

1.10

1.10.1

1:

$$time_1 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{1 * 2.56 * 10^9 + 12 * 1.28 * 10^9 + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = 9.6s$$

2:

$$time_2 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{1 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 2) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 2) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = 7.04s$$

4:

$$time_4 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{1 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 4) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 4) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = 3.84s$$

8:

$$time_8 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{1 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 8) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 8) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = 2.24s$$

加速比:

$$\text{加速比}_{2-1} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{9.6s}{7.04s} \approx 1.36$$

$$\text{加速比}_{4-1} = \frac{time_1}{time_4} = \frac{9.6s}{3.84s} = 2.5$$

$$\text{加速比}_{8-1} = \frac{time_1}{time_8} = \frac{9.6s}{2.24s} \approx 4.28$$

1.10.2

1:

$$time_1 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{2 * 2.56 * 10^9 + 12 * 1.28 * 10^9 + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = 10.88s$$

时间变为1.13倍

2:

$$time_2 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{2 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 2) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 2) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} \approx 7.94s$$

时间变为1.12倍

4:

$$time_4 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{2 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 4) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 4) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} \approx 4.3s$$

时间变为1.12倍

8:

$$time_8 = \frac{\sum CPI \times \text{指令数}}{\text{时钟频率}} = \frac{2 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 8) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 8) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} \approx 2.46s$$

时间变为1.10倍

1.10.3

设单核/s的CPI降为x

$$\frac{1 * 2.56 * 10^9 + x * 1.28 * 10^9 + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz} = \frac{1 * 2.56 * 10^9 / (0.7 * 4) + 12 * 1.28 * 10^9 / (0.7 * 4) + 5 * 2.56 * 10^8}{2Ghz}$$

解得

$$x = 3$$

$$3/12 \times 100\% = 25\%$$

- 综上所述，应该降为原来的25%

1.12

1.12.1

$$CPI = \frac{\text{执行时间}}{\text{指令数} * \text{时钟周期}} = \frac{750s}{2.389 * 10^{12} * 0.333ns} \approx 0.94$$

1.12.2

$$SPECC_{ratio} = \frac{\text{参考时间}}{\text{执行时间}} = \frac{9650s}{750s} \approx 12.87$$

1.12.3

$$CPU\text{时间} = \text{指令数} * CPI * \text{时钟周期时间}$$

$$CPU\text{时间}_{new} = \text{指令数}_{new} * CPI * \text{时钟周期时间}$$

$$= \text{指令数} * 1.1 * CPI * \text{时钟周期时间}$$

$$= 1.1 * CPU\text{时间}$$

- 故CPU时间增加1.1倍

1.12.4

$$CPU时间 = 指令数 * CPI * 时钟周期时间$$

$$CPU时间_{new} = 指令数_{new} * CPI_{new} * 时钟周期时间$$

$$= 指令数 * 1.1 * CPI * 1.05 * 时钟周期时间$$

$$= 1.155 * CPU时间$$

- 故CPU时间增加1.155倍

1.12.5

$$CPU时间_{new} = 1.155 * CPU时间 = 1.155 * 750 = 866.25$$

$$SPECratio_{new} = \frac{参考时间}{执行时间_{new}} = \frac{9650s}{866.25s} \approx 11.14$$

1.12.6

$$CPU时间_{new} = 指令数_{new} * CPI_{new} * 时钟周期时间_{new}$$

$$CPI_{new} = \frac{CPU时间_{new}}{时钟周期时间_{new} * 指令数_{new}} = \frac{700s}{1/4Ghz * 2.389 * 10^{12} * 0.85} \approx 1.38$$

1.12.7

$$CPI提升率 = \frac{1.38}{0.94} * 100\% = 146.8\%$$

- 不相同
- 原因：新处理器可能采用了新指令，这些新指令虽然减少了总指令数，但可能需要更多的时钟周期来执行，频率的提高增加了处理器的性能，但也可能引入了更多的流水线停顿或缓存未命中的情况，这也能影响CPI。

1.12.8

$$时间减少率 = \frac{750 - 700}{750} * 100\% \approx 6.67\%$$

1.12.9

- 对于频率为3Ghz的处理器

$$指令数 = \frac{CPU时间 * 时钟频率}{CPI} = \frac{960ns * 3Ghz}{1.61} \approx 1789$$

- 对于频率为4Ghz的处理器

$$指令数 = \frac{CPU时间 * 时钟频率}{CPI} = \frac{960ns * 0.9 * 4Ghz}{1.61} \approx 2146$$

1.12.10

- 此处使用时钟频率为4Ghz时计算出的指令数

$$\text{时钟频率} = \frac{\text{指令数} * CPI}{CPU\text{时间}} = \frac{2146 * 1.61}{960ns * 0.81} \approx 4.4Ghz$$

1.12.11

- 此处使用时钟频率为4Ghz时计算出的指令数

$$\text{时钟频率} = \frac{\text{指令数} * CPI}{CPU\text{时间}} = \frac{2146 * 1.61 * 0.85}{960ns * 0.8} \approx 3.82Ghz$$

1.14

1.14.1

$$\text{总时间减少量} = \frac{70 * 0.2}{250s} * 100\% = 5.6\%$$

1.14.2

$$\text{整数操作时间} = 250 - 70 - 85 - 40 = 55s$$

$$\text{总时间}_{new} = 250 * 0.8 = 200s$$

$$\text{整数操作时间}_{new} = 200 - 70 - 85 - 40 = 5s$$

$$\text{整数操作时间减少量} = \frac{55s - 5s}{55s} * 100\% = 91\%$$

1.14.3

- ∴即使分支指令不占用任何时间，总执行时间仍需要210s
- 又∴总时间减少20%需要减少至200秒
- ∴因此仅减少分支指令时间无法使总时间减少20%

1.15

1.15.1

- 设 CPI_{fnew} 为 x

$$\frac{50 * 10^6 * 1 + 110 * 10^6 * 1 + 80 * 10^6 * 4 + 16 * 10^6 * 2}{2Ghz} * 0.5 = \frac{50 * 10^6 * x + 110 * 10^6 * 1 + 80 * 10^6 * 4 + 16 * 10^6 * 2}{2Ghz}$$

- 此方程无正数解
- 因此无论如何改进也不能提升2倍

1.15.2

- 设 CPI_{LSnew} 为 x

$$\frac{50 * 10^6 * 1 + 110 * 10^6 * 1 + 80 * 10^6 * 4 + 16 * 10^6 * 2}{2Ghz} * 0.5 = \frac{50 * 10^6 * 1 + 110 * 10^6 * 1 + 80 * 10^6 * x + 16 * 10^6 * 2}{2Ghz}$$

- 解得 $x=0.8$
- 即L/S 指令的 CPI应改进到0.8

1.15.3

$$CPUtime_{new} = \frac{50 * 10^6 * 1 * 0.6 + 110 * 10^6 * 1 * 0.6 + 80 * 10^6 * 4 * 0.7 + 16 * 10^6 * 2 * 0.7}{2Ghz} = 0.1712s$$

$$CPUtime = \frac{50 * 10^6 * 1 + 110 * 10^6 * 1 + 80 * 10^6 * 4 + 16 * 10^6 * 2}{2Ghz} = 0.256s$$

$$\text{减少量} = \frac{CPUtime - CPUtime_{new}}{CPUtime} = 33.125\%$$

- 因此总执行时间减少33.125%

1.16

2

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{2} + 4 = 54s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{54s} \approx 1.85$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{1.85}{2} = 0.925$$

4

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{4} + 4 = 29s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{29s} \approx 3.45$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{1.85}{4} = 0.86$$

8

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{8} + 4 = 16.5s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{16.5s} \approx 6.06$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{6.06}{8} = 0.76$$

16

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{16} + 4 = 10.25s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{10.25s} \approx 9.76$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{9.76}{16} \approx 0.61$$

32

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{32} + 4 = 7.125s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{7.125s} \approx 14.04$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{14.04}{32} \approx 0.44$$

64

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{64} + 4 = 5.56s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{5.56s} \approx 17.99$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{17.99}{64} \approx 0.28$$

128

$$time_2 = \frac{t}{p} + 4 = \frac{100}{128} + 4 = 4.78s$$

$$\text{实际加速比} = \frac{time_1}{time_2} = \frac{100s}{4.78s} \approx 20.92$$

$$\frac{\text{实际加速比}}{\text{理想加速比}} = \frac{20.92}{128} \approx 0.16$$