《计算机组成原理》第一周作业

网络空间安全学院 信息安全 陆皓喆 2211044

1.2

a.通过流水线提高性能

b.通过冗余提高可靠性

c.通过预测提高性能

d.加速大概率事件

e.存储层次

f.通过并行提高性能

g.使用抽象简化设计

1.5

a.

p 的处理性能取决于每秒钟能够执行的指令数。

p_1 性能： $p_1 = \frac{3\times10^9}{1.5} = 2\times10^9$

p_2 性能： $p_2 = \frac{2.5\times10^9}{1} = 2.5\times10^9$

p_3 性能： $p_3 = \frac{4\times10^9}{2.2} \approx 1.8\times10^9$

因此， p_2 性能最好。

b.

时钟周期数：

$$cycles(p_1) = 10\times3\times10^9 = 3\times10^{10}$$

$$cycles(p_2) = 10\times2.5\times10^9 = 2.5\times10^{10}$$

$$cycles(p_3) = 10\times4\times10^9 = 4\times10^{10}$$

指令数：

$$IC(p_1) = \frac{cycles(p_1)}{CPI(p_1)} = 2\times10^{10}$$

$$IC(p_2) = \frac{cycles(p_2)}{CPI(p_2)} = 2.5\times10^{10}$$

$$IC(p_3)=\frac{cycles(p_3)}{CPI(p_3)}\approx 1.8\times 10^{10}$$

c.

执行时间变为原来的 0.7 倍，CPI 增加了 20%。

可以得出 CPI 的变化：

$$CPI(p_1)=1.8, CPI(p_2)=1.2, CPI(p_3)=2.64$$

因此可以得出频率的变化。

由公式 $f=\frac{CPI\cdot IC}{CPUtime}$ 得：

$$f(p_1)=\frac{2\times 10^{10}\times 1.8}{7}=5.14GHz$$

$$f(p_2)=\frac{2.5\times 10^{10}\times 1.2}{7}=4.28GHz$$

$$f(p_3)=\frac{1.8\times 10^{10}\times 2.64}{7}=6.79GHz$$

1.8

a.

编译器 A：

$$CPI(A)=\frac{CPUtime(A)\cdot f(A)}{IC(A)}=1.1$$

编译器 B：

$$CPI(B)=\frac{CPUtime(B)\cdot f(B)}{IC(B)}=1.25$$

b.

由 $f=\frac{CPI\cdot IC}{CPUtime}$ 可得：

$$\frac{f(A)}{f(B)}=\frac{CPI(A)\cdot IC(A)}{CPI(B)\cdot IC(B)}=\frac{1\times 10^9\times 1.1}{1.2\times 10^9\times 1.25}=\frac{11}{15}\approx 0.73$$

因此，A 的处理速度比 B 慢了 27%。

c.

$$\frac{T_A}{T_{new}}=\frac{CPI(A)\cdot IC(A)}{CPI(new)\cdot IC(new)}=\frac{1\times 10^9\times 1.1}{6\times 10^8\times 1.1}\approx 1.67$$

$$\frac{T_B}{T_{new}}=\frac{CPI(B)\cdot IC(B)}{CPI(new)\cdot IC(new)}=\frac{1.2\times10^9\times1.25}{6\times10^8\times1.1}\approx2.27$$

因此，对于 A 和 B，分别的加速比为 1.67 和 2.27。

1.10

1.10.1

当处理器核为 1 个时：

$$t=\frac{\sum CPI\cdot IC}{f}$$

求得

$$t=\frac{1\times2.56\times10^9+12\times1.28\times10^9+5\times2.56\times10^8}{2\times10^9}=9.6s$$

当处理器核大于 1 个时：

$$t=\frac{\frac{1\times2.56\times10^9}{0.7p}+\frac{12\times1.28\times10^9}{0.7p}+5\times2.56\times10^8}{2\times10^9}=\frac{12.8}{p}+0.64$$

所以，代入数据得：

当处理器为 2 个时

$$t=\frac{12.8}{2}+0.64=7.04s$$

$$speed\_up=\frac{t_{past}}{t_{now}}=\frac{9.6}{7.04}\approx1.36$$

当处理器为 4 个时

$$t=\frac{12.8}{4}+0.64=3.84s$$

$$speed\_up=\frac{t_{past}}{t_{now}}=\frac{9.6}{3.84}\approx2.5$$

当处理器为 8 个时

$$t=\frac{12.8}{8}+0.64=2.24s$$

$$speed\_up=\frac{t_{past}}{t_{now}}=\frac{9.6}{2.24}\approx4.29$$

1.10.2

已知算术运算的 CPI 翻倍，则：

$$t=\frac{\sum CPI\cdot IC}{f}$$

重新计算后，得到：

$$t=\frac{2.56\times10^{9}\times2+12\times1.28\times10^{9}+5\times2.56\times10^{8}}{2\times10^{9}}=10.88s$$

所以在处理器为 1 个的时候，时间从 9.6s 变成了 10.88s。

当处理器为多个时：

$$t=\frac{\frac{2\times2.56\times10^{9}}{0.7p}+\frac{12\times1.28\times10^{9}}{0.7p}+5\times2.56\times10^{8}}{2\times10^{9}}=\frac{14.65}{p}+0.64$$

所以，当处理器为 2 个时

$$t=\frac{14.65}{2}+0.64=7.965s$$

当处理器为 4 个时

$$t=\frac{14.65}{4}+0.64=4.3025s$$

当处理器为 8 个时

$$t=\frac{14.65}{8}+0.64=2.47s$$

综上所述，在算术运算的 CPI 变为两倍后，1、2、4、8 个处理器分别的时间变为 **10.88 秒、7.965 秒、4.3025 秒、2.47 秒**；相比于 **1.10.1**，所执行的时间分别延长了 **13%、13%、12%、10%**。

1.10.3

为了让两者处理的时间相同，我们需要列出一个方程，使两者的程序执行时间相同。

假设单核处理的 load/store 指令的 CPI 降为 a，则：

四核处理的时间为

$$t=\frac{\frac{1\times2.56\times10^{9}}{0.7\times4}+\frac{12\times1.28\times10^{9}}{0.7\times4}+5\times2.56\times10^{8}}{2\times10^{9}}$$

单核处理的时间为

$$t=\frac{2.56\times10^{9}\times1+a\times1.28\times10^{9}+5\times2.56\times10^{8}}{2\times10^{9}}$$

令两者相等，解出结果即可。

解得：

$$a=3$$

综上，要使单核与四核的性能相同，需要将其 load/store 指令的 CPI 降为 3。

1.13

1.13.1

经过计算 CPU 运行时间，得出以下的结论。

$$CPUtime(p_1)=\frac{IC(p_1)\cdot CPI(p_1)}{f(p_1)}=\frac{0.9\times 5\times 10^9}{4\times 10^9}=1.125s$$

$$CPUtime(p_2)=\frac{IC(p_2)\cdot CPI(p_2)}{f(p_2)}=\frac{0.75\times 10^9}{3\times 10^9}=0.25s$$

所以，从 CPU 运行时间来看，p_1 要大于 p_2，所以 p_1 的性能要差于 p_2。但是 p_1 的时钟频率要大于 p_2，所以这个说法是不正确的。

1.13.2

p_1 执行 10^9 条指令，对应的 $CPUtime$ 为

$$CPUtime(p_1)=\frac{10^9\times 0.9}{4\times 10^9}=0.225$$

在同样的时间内，p_2 能够执行：

$$IC(p_2)=\frac{CPUtime(p_2)\cdot f(p_2)}{CPI(p_2)}=9\times 10^8$$

1.13.3

我们根据定义容易得出 MIPS 的定义式为

$$MIPS=\frac{f}{CPI\times 10^6}$$

计算 p_1 的 MIPS，可以得出

$$MIPS(p_1)=\frac{f(p_1)}{CPI(p_1)\times 10^6}=\frac{4\times 10^9}{0.9\times 10^6}=4444$$

同理，计算 p_2 的 MIPS，我们可以得出

$$MIPS(p_2)=\frac{f(p_2)}{CPI(p_2)\times 10^6}=\frac{3\times 10^9}{0.75\times 10^6}=4000$$

根据上面的两个值，**发现 p_1 的 MIPS 大于 p_2 的 MIPS**，但是就性能而言，p_2 是要优于 p_1 的，**所以该项指标也不能够很好地判定性能大小**。

1.13.4

根据公式 $f=\frac{CPI \cdot IC}{CPUtime}$ 可以得出，$\frac{IC}{CPUtime}=\frac{f}{CPI}$。

由上式我们发现，$MFLOPS=\frac{0.4 \times IC}{time \times 10^6}=0.4MIPS$，说明该项指标与 MIPS 呈一元线性关系。

因此，我们解出 p_1 和 p_2 的 MFLOPS。

$$MFLOPS(p_1)=0.4MIPS(p_1)=1777.6$$

$$MFLOPS(p_2)=0.4MIPS(p_2)=1600$$

因此，我们求解出了两者的 MFLOPS 分别为 **1777.6 和 1600**。