

Homework 1

PB17000297 罗晏宸

March 1 2020

1 Exercise 1.8

架构师面对的一个挑战是，今天拟定的设计方案可能需要几年的时间进行实施、验证和测试，然后才能上市。这就意味着架构师必须提前为几年后的技术进步制定计划。有时，这很难做到。

1 根据摩尔定律观测到的器件发展趋势，到 2025 年，一个芯片上的晶体管数目应当是 2005 年的多少倍？

2 芯片性能的提升也反映了这一趋势。如果 2003 年后芯片性能仍以 20 世纪 90 年代的相同速度攀升，到 2025 年芯片的性能将会是 VAX-11/780 的多少倍？

3 若 2003 年后以当前的增长速率，2025 年的芯片性能将会是 VAX-11/780 的多少倍？

4 是什么限制了时钟频率的增长速度？为了提升性能，架构师现在能用多出来的晶体管做些什么？

5 DRAM 容量的增长速度也已变缓慢。20 年来，DRAM 容量每年提高 60%。如果 8 Gbit DRAM 在 2015 年首次出现，16 Gbit 直到 2019 年才出现，那么 DRAM 容量这段时间的增长速率是多少？

解

1 晶体管密度每年大约增加 35%，因此经过 20 年：

$$(1 + 35\%)^{20} \approx 404.274$$

即 2025 年时一个芯片上的晶体管数目约是 2005 年的 400 倍。

2 2003 年时处理器性能为 Intel Xeon EE 3.2 GHz，若芯片性能仍以 20 世纪 90 年代的速度年增长 52% 攀升，则

$$\frac{3.2 \text{ GHz} \times (1 + 52\%)^{22}}{5 \text{ MHz}} \approx 6.40824 \times 10^6$$

即到 2025 年芯片的性能将会是 VAX-11/780 的约 640 万倍。

3 若 2003 年后以当前的增长速率 22%，则

$$\frac{3.2 \text{ GHz} \times (1 + 22\%)^{22}}{5 \text{ MHz}} \approx 50827.2$$

即到 2025 年芯片的性能将会是 VAX-11/780 的约 5 万倍。

4 2003 年之后，功耗和可用指令级并行的限制减慢了单核处理器性能的增长速度，在越来越小的区域内，功率密度不断增加，产生的热量使得散热器工作效率过低，这限制了芯片上晶体管的活动。架构师不再一味增加时钟频率，而是在芯片上放置多个内核。

5 设 DRAM 容量这段时间的年增长速率为 x ，则有

$$8 \text{ Gbit} \times (1 + x)^4 = 16 \text{ Gbit}$$

$$\Rightarrow (1 + x)^4 = 2$$

$$\Rightarrow 1 + x = \sqrt[4]{2}$$

$$\Rightarrow x \approx 0.189$$

即 DRAM 容量在 2015 至 2019 年间的增长速率为 18.9%

2 Exercise 1.17

公司刚刚买了一个新的 Intel Core i5 双核处理器，你接到针对这一处理器来优化软件的任务。你将在这个处理器上运行两个应用程序，但它们的资源需求并不一样。第一个程序需要 80% 的资源，另一个需要 20% 的资源。假定对该程序的一部分进行并行化时，该部分的加速比为 2。

1 假定第一个应用程序的 40% 可以并行化, 那么在隔离运行时, 通过这个应用程序可以实现多大的加速比?

2 假定第二个应用程序的 99% 可以并行化, 那么在隔离运行时, 通过这个应用程序可以实现多大的加速比?

3 假定第一个应用程序的 40% 可以并行化, 如果对其实现并行化, 系统总加速比为多少?

4 假定第二个应用程序的 99% 可以并行化, 如果对其实现并行化, 系统总加速比为多少?

解

1 通过这个应用程序可以实现的加速比为:

$$\frac{1}{60\% + \frac{40\%}{2}} = \frac{5}{4} = 1.25$$

2 通过这个应用程序可以实现的加速比为:

$$\frac{1}{1\% + \frac{99\%}{2}} = \frac{200}{101} \approx 1.98$$

3 系统总加速比为:

$$\frac{1}{80\% \times (60\% + \frac{40\%}{2}) + 20\%} = \frac{25}{21} \approx 1.19$$

4 系统总加速比为:

$$\frac{1}{80\% + 20\% \times (1\% + \frac{99\%}{2})} = \frac{1000}{901} \approx 1.11$$

3

假设你的 load/store 计算机具有以下指令组合:

Operations	Frequency	No. of Clock Cycle
ALU ops	35%	1
Load	25%	2
Store	15%	2
Branches	25%	3

1 计算 CPI.

2 我们观察到 35% 的 ALU 操作都伴随着一条 load 指令。现在我们用一条新的指令来替代这些 ALU 操作和与之对应的 load 操作，这条新指令的执行需要花费 1 个时钟周期。加入这条指令后，branches 需要花费 5 个时钟周期。请计算新版本的 CPI。

3 如果新版本的时钟周期时间是旧版本的 1.2 倍，那么哪个版本的 CPU 执行时间更短？

解

1

$$\begin{aligned}
 \text{CPI} &= 35\% \times 1 + 25\% \times 2 + 15\% \times 2 + 25\% \times 3 \\
 &= 0.35 + 0.5 + 0.3 + 0.75 \\
 &= 1.9
 \end{aligned}$$

2

$$\begin{aligned}
 \text{CPI}' &= (35\% - 35\% \times 35\%) \times 1 + (25\% - 35\% \times 35\%) \times 2 + \\
 &\quad (35\% \times 35\%) \times 1 + 15\% \times 2 + 25\% \times 5 \\
 &= 0.2275 + 0.255 + 0.1225 + 0.3 + 1.25 \\
 &= 2.1555
 \end{aligned}$$

3 两个版本的 CPU 执行时间之比为：

$$\frac{2.1555 \times 1.2}{1.9} \approx 1.361 > 1$$

因此旧版本 CPU 执行时间更短。