

Chapter 3 Homework (1)

1. 假设一个未流水化的处理器使用单个长周期来执行每条指令，时钟周期为7ns。将其进行5级分割后，每个阶段需要的时间为：IF 1ns、ID 1.5ns、EX 1ns、MEM 2ns、WB 1.5ns，插入的每个流水线寄存器的延迟为0.1ns，则：

- 1) 5级流水化后的处理器时钟周期应为多少？
- 2) 流水化后的机器相比原来单周期处理器的加速比是多少？
- 3) 如果流水化的机器拥有无限多个流水级，流水线寄存器延迟不变，则相比原来单周期处理器的加速比极限是多少？

解：1) $5 \times 0.1\text{ns} + 7\text{ns} = 7.5\text{ns}$ 时钟周期应为7.5ns。

$$2) \text{ 假设需完成 } n \text{ 条指令 } S = \frac{T}{T'} = \frac{5 \cdot \Delta t + (n-1) \Delta t'}{n \cdot 5 \cdot \Delta t'} = \frac{7.5 \times (n+4)}{35n} = \frac{3(n+4)}{14n} \quad \frac{15}{70} \frac{3}{14}$$

$$3) \text{ 当流水级为 } k \text{ 时 } S = \frac{T}{T'} = \frac{k \Delta t + (n-1) \Delta t'}{n \cdot k \Delta t'} \quad \text{且 } \Delta t = \Delta t' + kt \quad (t \text{ 为延迟时间})$$

$$S = \frac{(n-1+k)(\Delta t' + kt)}{nk \Delta t'} \quad \text{当 } k \rightarrow +\infty \text{ 时 } S = \frac{1}{n \Delta t'} \left(1 + \frac{n-1}{k}\right) \left(t + \frac{\Delta t'}{k}\right) = \frac{t}{n \Delta t'} = \frac{0.1}{7.5}$$

$\Delta t'$ 为非流水线时钟周期，由于 $k \rightarrow +\infty$ 则 $\Delta t' \rightarrow +\infty$

$$S = \frac{kt}{nk \Delta t'} = \frac{kt}{n \Delta t'} = \frac{kt}{nk \Delta t'} = \frac{t}{n \Delta t'} \quad T \gg t \text{ 且存在 } n \quad S \approx 0 \quad (T \text{ 为各级非流水线完成平均时间})$$