

Chapter 3 Homework (1)

1. 假设一个单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。

$$2) \text{假设需完成} n \text{条指令 } S = \frac{T}{f} = \frac{5 \cdot \Delta t + (n-1)\Delta t}{n \cdot 5 \cdot \Delta t} = \frac{7.5 \times (n+4)}{35n} = \frac{3(n+4)}{14n} \quad \frac{15}{70} \frac{3}{14}$$

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

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

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

$$S = \frac{k^2 t}{n k \Delta t'} = \frac{k t}{n \Delta t'} = \frac{k t}{n k \bar{t}} = \frac{t}{n \bar{t}} \quad \bar{t} \gg t \text{ 且存在 } n \quad S \approx 0 \quad (\bar{t} \text{ 为各级非流水化完成平均时间})$$