

第七周 Chapter 3

1. 假设一个非流水化的处理器使用单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: 1.5ns, EX: 1ns, MEM: 2ns, WB: 1.5ns, 插入的每个流水线寄存器的延时为 0.1ns。问：

(1) 5 级流水化后的处理器时钟周期为多少？

(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) $T_{pipe} = \max \{1.5ns, 1ns, 2ns, 1.5ns\} + 0.1ns = 2.1ns$

(2) 加速比 = 原执行时间 / 新执行时间。

$$S = \frac{T_{cycle} \times CPI_{cycle}}{T_{pipe} \times CPI_{pipe}} = \frac{T_{cycle}}{T_{pipe}} \cdot \frac{CPI_{cycle}}{CPI_{pipe}}$$

$$CPI_{cycle} = N_{instruction}$$

$$CPI_{pipe} = N_{instruction} + K - 1$$

则 $S = \frac{7ns}{2.1ns} \cdot \frac{N}{N+5-1} = \frac{10}{3}$ (由 $N \gg K=5$)

(3) $S = \frac{T_{cycle}}{T_{pipe}} \cdot \frac{N}{N+K-1}$ 当 $K \rightarrow \infty$ 时, $T_{pipe} = \frac{T_{cycle}}{K} + 0.1ns$

则 $S = \frac{7}{(\frac{7}{K} + 0.1)} \cdot \frac{N}{N+K-1} = \frac{7NK}{(7+0.1K)(N+K-1)} = (\frac{7}{K} + 0.1)ns$

$$= \frac{7NK}{7N+7K-7+0.1NK+0.1K^2-0.1K} = \frac{7NK}{0.1NK+0.1K^2+7N+6.9K-7}$$

$$= \frac{7N}{\frac{7N}{K} + 6.9 + 0.1K - \frac{7}{K}} = \frac{7N}{6.9 + 0.1K + \frac{7N}{K}}$$

由于 N 远大于 K , 则

$$S = \frac{7}{\frac{7}{K} + 0.1} \xrightarrow{K \rightarrow \infty} \frac{7}{0.1} = 70.$$