

第七周 Chapter 3

1. 假设一个串行化的处理器使用单周期来执行每条指令，时钟周期为 T_{ns} ，将其进行 5 级分割后，每阶段需要的时间为 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？

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

(2) 加速比 = 原执行时间 / 新执行时间。

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

$$CPI_{\text{cycle}} = N_{\text{instruction}} \quad CPI_{\text{pipe}} = N_{\text{instruction}} + K - 1$$

$$\text{解 } S = \frac{7\text{ns}}{2.1\text{ns}} \cdot \frac{N}{N+5-1} = \frac{10}{3} \quad (\text{由 } N \gg k=5)$$

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

$$\text{解 } S = \frac{7}{(2.1+0.1)} \cdot \frac{N}{N+k-1} = \frac{7N}{(7+0.1k)(N+k-1)} = \left(\frac{7}{k} + 0.1\right)\text{ns}$$

$$= \frac{7N}{7N+7k-7+0.1Nk+0.1k^2-0.1k} = \frac{7N}{0.1Nk+0.1k^2+7N+6.9k-7}$$

$$= \frac{7N}{\frac{7N}{k} + 6.9 + 0.1k - \frac{1}{k}} = \frac{7N}{6.9 + 0.1k + \frac{7N}{k}} \quad \text{由于 } N \gg k, \text{ 所以}$$

$$S = \frac{7}{\frac{7}{k} + 0.1} \underset{k \rightarrow \infty}{=} \frac{7}{0.1} = 70.$$