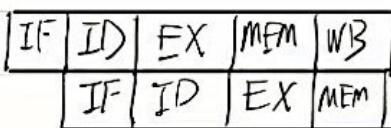


第3章习题

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？

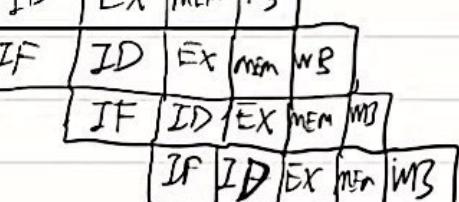
$$1) T_{\text{pipe}} = 2 \text{ns} + 0.1 \text{ns} = 2.1 \text{ns}$$



$$2) S = \frac{T_{\text{old}}}{T_{\text{new}}} = \frac{7}{2.1} \cdot \frac{1}{\frac{N+k-1}{N}}$$

$$N \gg k-1$$

$$\therefore S = \frac{7}{2.1} = 3.33$$



3) 假设流水线级数为k，指令总数N

$$\begin{aligned} \text{则加速比 } S &= \frac{T_{\text{old}}}{T_{\text{new}}} = \frac{7}{(\frac{7}{k} + 0.1)} \cdot \frac{1}{\frac{N+k-1}{N}} \\ &= \frac{7k}{7+0.1k} \cdot \frac{N}{N+k-1} = \frac{7Nk}{7N} = \frac{0.1k^2 + 0.1(N-1)k + 7(N-1)}{7N} \\ &= \frac{0.1k^2 + (0.1N + 6.9)k + 7(N-1)}{0.1k^2 + (0.1N + 6.9)k + 7(N-1)} \leq \frac{2\sqrt{0.7(N-1)} + 0.1N + 6.9}{0.1k^2 + (0.1N + 6.9)k + 7(N-1)} \end{aligned}$$

$$= \frac{7}{0.1 + 2\sqrt{0.7(N-1)} + \frac{6.9}{N}}, \quad \text{当 } N \rightarrow \infty, \quad S \rightarrow 70$$