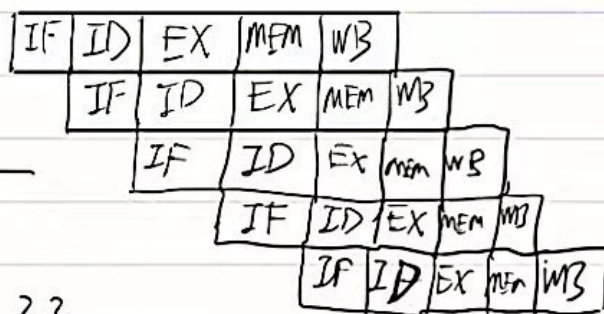


### 第3章习题

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？

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



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

$$N \gg k-1 \quad \therefore S = \frac{7}{2.1} = 3.33$$

3) 假设流水线级数为  $k$ ，指令总数  $N$

$$\text{则加速比 } S = \frac{T_{old}}{T_{new}} = \frac{1}{\left(\frac{7}{k} + 0.1\right)} \cdot \frac{1}{\frac{N+k-1}{N}}$$

$$= \frac{7k}{7 + 0.1k} \cdot \frac{N}{N+k-1} = \frac{7N/k}{0.1k^2 + 0.1(N-1)k + 7(N+k-1)}$$

$$= \frac{0.1k^2 + (0.1N + 6.9)k + 7(N-1)}{0.1k^2 + \frac{7(N-1)}{k} + (0.1N + 6.9)} \leq \frac{7N}{2\sqrt{0.7(N-1)} + 0.1N + 6.9}$$

$$= \frac{7}{0.1 + \frac{2\sqrt{0.7(N-1)}}{N} + \frac{6.9}{N}}, \quad \text{当 } N \rightarrow \infty, S \rightarrow 7.0$$