

### 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  $7\text{ns}$ 。将其进行 5 级分割后，每个阶段需要的时间为：IF  $1\text{ns}$ 、ID  $1.5\text{ns}$ 、EX  $1\text{ns}$ 、MEM  $2\text{ns}$ 、WB  $1.5\text{ns}$ ，插入的每个流水线寄存器的延迟为  $0.1\text{ns}$ ，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？

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

$$2) T_{\text{clock}} = 7\text{ns}$$

$$S = \frac{T_{\text{pipe}} \times \text{CPI}_{\text{pipe}}}{T_{\text{clock}} \times \text{CPI}_{\text{cycle}}} \approx \frac{T_{\text{pipe}}}{T_{\text{clock}}} = \frac{2}{7}$$

$$\text{则加速比为: } \frac{1}{S} = 3.5 \text{ 倍}$$

3)  $k \rightarrow \infty$  时，

$$T_{\text{pipe}} = \frac{T_{\text{clock}}}{k} + 0.1\text{ns} = \frac{7\text{ns}}{k} + 0.1\text{ns}$$

$$\text{则 } \frac{T_{\text{pipe}}}{T_{\text{clock}}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{70} \rightarrow \frac{1}{70}$$

$$\times \frac{\text{CPI}_{\text{pipe}}}{\text{CPI}_{\text{clock}}} = \lim_{N, k \rightarrow \infty} \frac{N+k-1}{N} = 1$$

$$\text{则 } S = \frac{T_{\text{pipe}} \times \text{CPI}_{\text{pipe}}}{T_{\text{clock}} \times \text{CPI}_{\text{clock}}} = \frac{1}{70}$$

$\therefore$  加速比为 70。