

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？

$$1. (1) T_{\text{pipe}} = 2.1 \text{ ns}$$

假设执行的指令总数 N 很大 $\frac{CPI_{\text{pipe}}}{CPI_{\text{cycle}}} = \frac{N+k-1}{N} \approx 1$

$$(2) S = \frac{T_{\text{pipe}}}{T_{\text{cycle}}} \times \frac{CPI_{\text{pipe}}}{CPI_{\text{cycle}}} \approx \frac{7}{2.1} \approx 3.33$$

$$(3) T_{\text{pipe}} = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{t_{\text{max}}}{N} + 0.1 \right) = 0.1 \text{ ns}$$

$$S = \frac{T_{\text{pipe}}}{T_{\text{cycle}}} \times \frac{CPI_{\text{pipe}}}{CPI_{\text{cycle}}} \approx 70$$