

3.6 列举出下面循环中的所有相关，包括输出相关、反相关、真相关。

for (i=2; i<100; i=i+1)

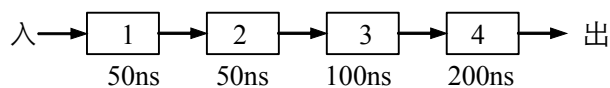
- ① $a[i]=b[i]+a[i]$;
- ② $c[i+1]=a[i]+d[i]$;
- ③ $a[i-1]=2*b[i]$;
- ④ $b[i+1]=2*b[i]$;

解：输出相关（先写后写）：本轮循环中的1和下轮循环中的3

反相关（先读后写）：本轮循环中的2和下轮循环中的3，本轮循环中的1和下轮循环中的3

真相关（数据相关）：本轮循环中的4和下轮循环中的4，本轮循环中的4和下轮循环中的1，本轮循环中的4和下轮循环中的3；本轮循环中的1和2。

3.9



1. 求连续输入10条指令，该流水线的实际吞吐率和效率；
2. 该流水线的“瓶颈”在哪一段？请采取两种不同的措施消除此“瓶颈”。对于你所给出的两种新的流水线，连续输入10条指令时，其实际吞吐率和效率各是多少？

解：

(1)

$$\begin{aligned}
 TP &= \frac{n}{\sum_{i=1}^k \Delta t_i + (n-1) \times \Delta t_{\max}} \\
 &= \frac{10}{(50 + 50 + 100 + 200) + 9 \times 200} \\
 &= \frac{1}{220}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= TP \times \Delta t \\
 &= \frac{1}{220} \cdot \frac{50 + 50 + 100 + 200}{4} \\
 &= \frac{5}{11} \\
 &\approx 45.45\%
 \end{aligned}$$

(2)在第三、第四段。

① 将第三、第四段分为以50ns为一段的流水线，即把流水线划分成八级流水线

$$\begin{aligned}
 TP &= \frac{n}{\sum_{i=1}^k \Delta t_i + (n-1) \times \Delta t_{\max}} \\
 &= \frac{10}{8 \times 50 + 9 \times 50} \\
 &= \frac{1}{85}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= TP \times \Delta t \\
 &= \frac{1}{85} \cdot \frac{50 + 50 + 100 + 200}{8} \\
 &= \frac{10}{17} \\
 &\approx 58.82\%
 \end{aligned}$$

- ② 将第三段和第四段改成流水段重复设置，增加分配器和收集器，将3划分成并行的3-1、3-2，将4划分成并行的4-1、4-2、4-3、4-4.

$$TP = \frac{n}{\sum_{i=1}^k \Delta t_i + (n-1) \times \Delta t_{\max}}$$

$$= \frac{10}{8 \times 50 + 9 \times 50}$$

$$= \frac{1}{85}$$

$$E = TP \times \Delta t$$

$$= \frac{1}{85} \bullet \frac{50 + 50 + 100 + 200}{8}$$

$$= \frac{10}{17}$$

$$\approx 58.82\%$$

3.10

解：（1）流水线会出现阻塞情况。如图所示：

1	S1	S2	S3	S3	S4						
2		S1	S2		S3	S3	S4				
3			S1		S2		S3	S3	S4		
4					S1		S2		S3	S3	S4

（2）解

$$TP_{\max} = \frac{1}{2\Delta t}$$

$$T_{total} = 23\Delta t$$

$$TP = \frac{n}{T_{total}} = \frac{10}{23\Delta t}$$

$$\Delta E = TP \times \Delta t' = TP \times \frac{5\Delta t}{4} \approx 54.35\%$$

（3）重复设置部件

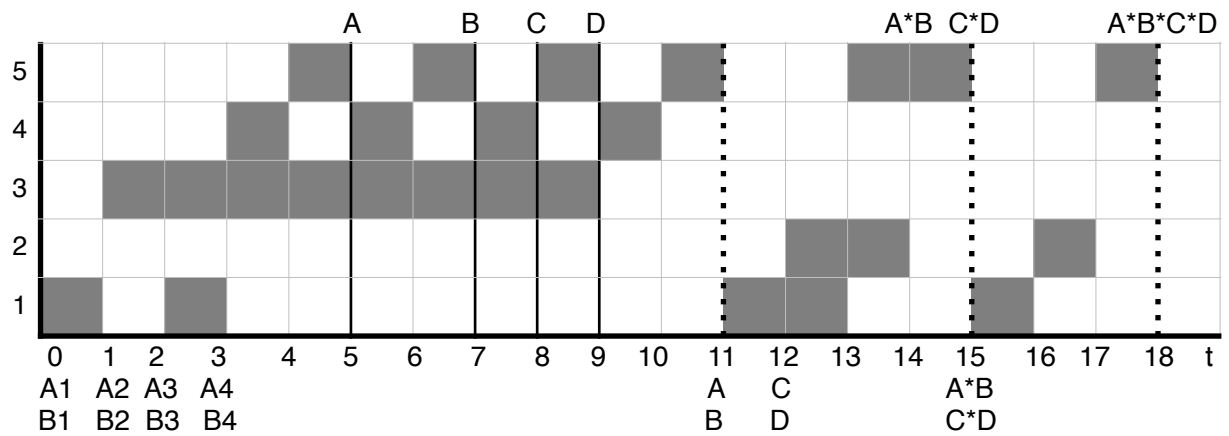
$$TP = \frac{n}{T_{total}} = \frac{5}{7}\Delta t$$

$$s = \frac{\frac{5}{7}\Delta t}{\frac{10}{23}\Delta t} \approx 1.64$$

会提高0.64倍（变成原来的1.64倍）

3.11

解：（1）时空图如下：



$$(A=A1+B1; B=A1+B2; C=A3+B3; D=A4+B4)$$

(2) 计算

$$TP = \frac{7}{18\Delta t}$$

$$S = \frac{29}{18}\Delta t \approx 1.61$$

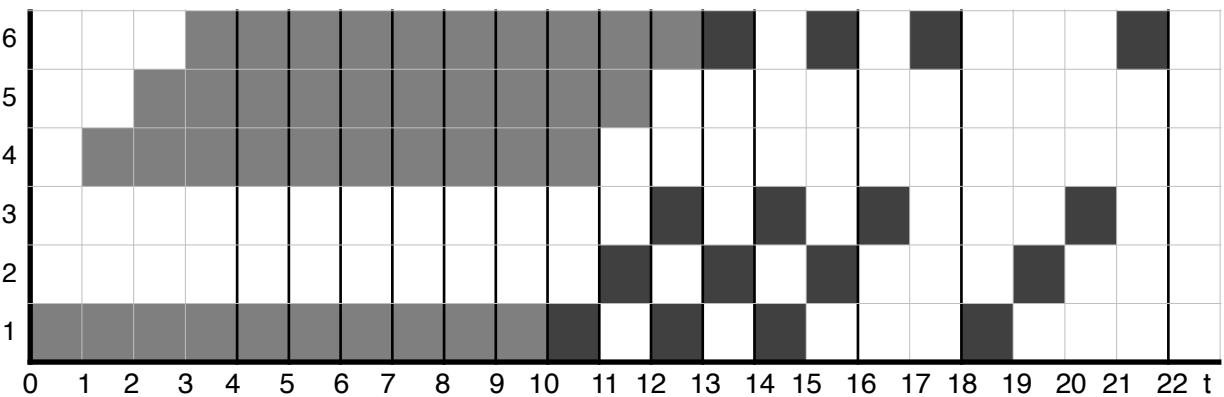
$$E = \frac{4 \times 5 + 3 \times 3}{5 \times 18} = 32.2\%$$

说明：（1）在18个时钟周期中，出现了7个结果 （2）如果不用流水线，求一次乘积需要3个时钟周期，求一次加法要用5个时钟周期，所以原来所用的时间为29个时钟周期 （3）按照公式代入

3.13

解：

(1) 画出时空图（算十次加法，四次乘法）



(2) 计算：

$$TP = \frac{14}{22\Delta t}$$

$$S = \frac{14 \times 4}{22}\Delta t \approx 2.25$$

$$E = \frac{14 \times 4}{22 \times 6} \approx 0.424 = 42.4\%$$