

1. 一条静态流水线有 6 个功能段组成，加法操作使用其中的 1、2、3、6 功能段，乘法操作使用其中的 1、4、5、6 功能段，每个功能段的延迟时间均相等。流水线的输出端与输入端之间有直接的数据通路，而且设置有足够的缓冲寄存器。用这条流水线计算 $F = \sum_{i=1}^6 (A_i \times B_i)$ ，画出流水线时空图，并计算流水线的实际吞吐率、加速比和效率。

解：

加法：

	1	2	3	4
1	√			
2		√		
3			√	
4				
5				
6				√

乘法：

	1	2	3	4
1	√			
2				
3				
4		√		
5			√	
6				√

时空图：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	M	M	M	M	M	M				A	A	A	A	A	A			
2											A	A	A	A	A	A		
3												A	A	A	A	A	A	
4		M	M	M	M	M	M											
5			M	M	M	M	M	M										
6				M	M	M	M	M	M				A	A	A	A	A	A

吞吐率： $\frac{12}{18\Delta t} = \frac{2}{3\Delta t}$

加速比： $\frac{12 \times 4\Delta t}{18\Delta t} = \frac{8}{3}$

效率： $\frac{12 \times 4}{18 \times 6} = \frac{4}{9}$

2. 一条由 4 个功能段组成的非线性流水线的预约表如下，每个功能段的延迟时间都为 Δt ,

	1	2	3	4	5	6
S_1	×					×
S_2		×		×		
S_3			×			
S_4				×	×	

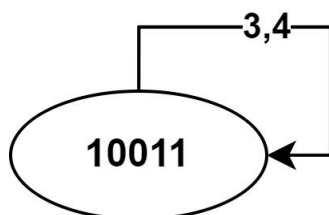
- 1) 写出流水线的禁止向量和初始冲突向量。
- 2) 画出调度流水线的状态图。
- 3) 求流水线的最小启动循环和最小平均启动距离。

解：

禁止向量：{5,2,1}

初始化冲突向量：(1 0 0 1 1)

调度流水线状态图：



调度方案	平均延迟/拍
(3)	3
(4)	4
(3, 4) / (4, 3)	3.5
(3, 4, 3) / (3, 3, 4) / (4, 3, 3)	3.3
.....

最小启动循环为：(3)

最小平均启动距离为：3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	A1			A2		A1	A3		A2	A4		A3			A4
2		A1		A1	A2		A2	A3		A3	A4		A4		
3			A1			A2			A3			A4			
4				A1	A1		A2	A2		A3	A3		A4	A4	

3. 假设向量长度均为 64，在 CRAY-1 机上所用浮点功能部件的执行时间分别为：相加 6 拍，相乘 7 拍，求倒数近似值 14 拍；在存储器读数 6 拍，打入寄存器及启动功能部件各 1 拍。问下列各指令组内的哪些指令可以链接？哪些指令不可链接？不能链接的原因是什么？分别计算出各指令组全部完成所需的拍数。

(1) $V0 \leftarrow \text{存储器}$

$V1 \leftarrow V2 + V3$

$V4 \leftarrow V5 \times V6$

(3) $V0 \leftarrow \text{存储器}$

$V2 \leftarrow V0 \times V1$

$V3 \leftarrow V2 + V0$

$V5 \leftarrow V3 + V4$

(2) $V2 \leftarrow V0 \times V1$

$V3 \leftarrow \text{存储器}$

$V4 \leftarrow V0 + V3$

(4) $V0 \leftarrow \text{存储器}$

$V1 \leftarrow 1/V0$

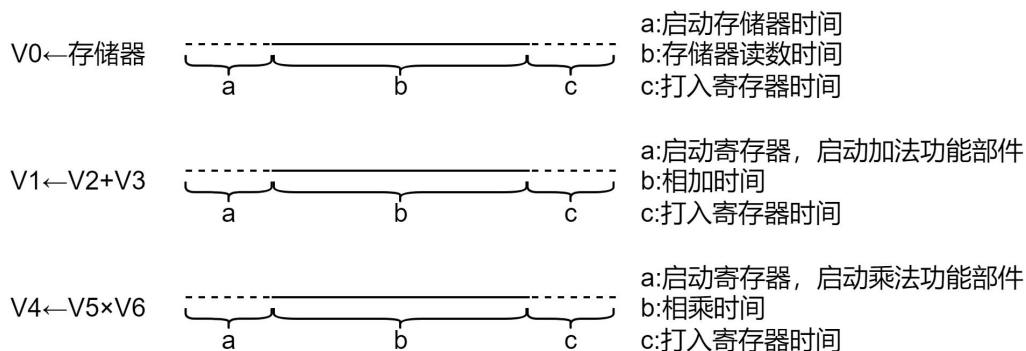
$V3 \leftarrow V1 \times V2$

$V5 \leftarrow V3 + V4$

解：

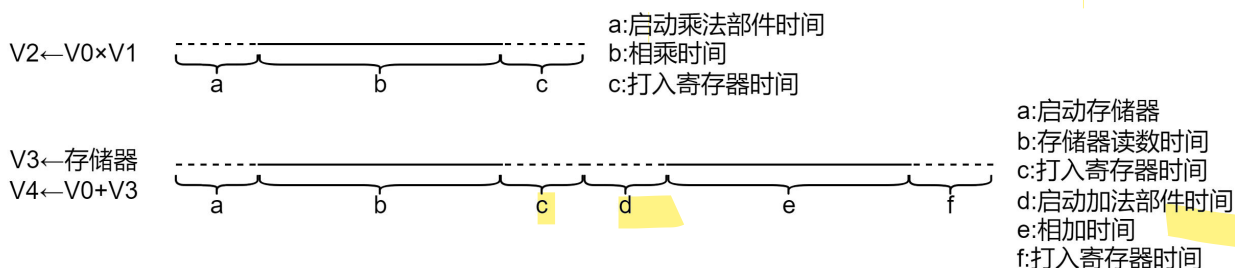
(1) 可以，但不需要进行链接，三条指令没有数据相关和功能部件冲突。完成所需的节拍数为：

$$\max \{ (1+6+1+(64-1) \times 1), (1+6+1+(64-1) \times 1), (1+7+1+(64-1) \times 1) \} \\ = 72$$



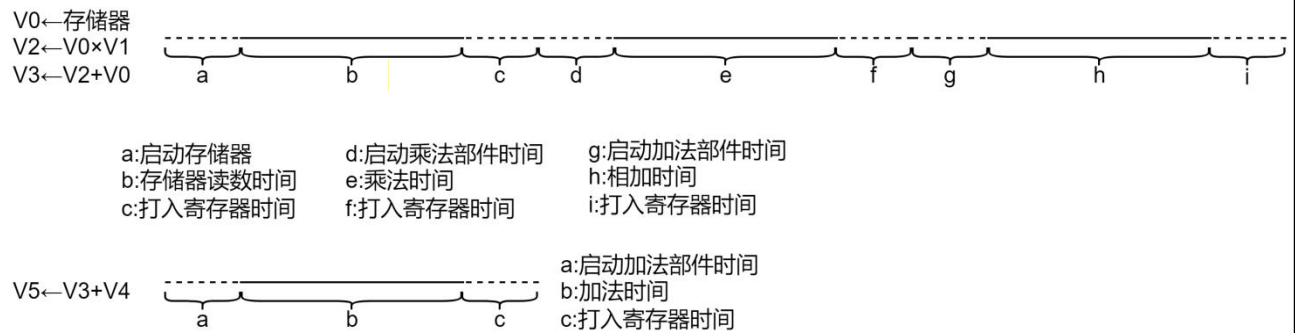
(2) 可以，第一条指令和第二条、第三条指令直接没有相关性，而第二条和第三条指令之间有读写数据相关，因此可以将第二、第三条指令进行链接。完成所需的节拍数为：

$$\max \{ (1+7+1+(64-1) \times 1), (1+6+1+1+6+1+(64-1) \times 1) \} \\ = 79$$



(3) 不可以，第三条指令和第四条指令同时使用加法部件，因此它们无法进行链接，但是第一、第二、第三条指令之间有读写数据相关，可以进行链接。完成所需的节拍数为：

$$1+6+1+1+7+1+1+6+1+(64-1) = 8+9+8+63 = 16+72 = 88$$



(4) 可以进行链接。完成所需的节拍数目为：

$$(1+6+1)+(1+14+1)+(1+7+1)+(1+6+1)+(64-1)=8+16+9+8+63=41+63=104$$

