

1. 设有一个 15000 条指令地程序在一台时钟频率为 25MHz 的流水处理机上执行。假设该指令流水线有 5 段，并且每个时钟周期发射一条指令。忽略由于指令相关造成的损失。

- (a) 用该流水线执行这一程序，并用通过延迟时间与其相等的一个等效非流水处理机执行同一程序，将两者加以比较，并计算其加速比。
(b) 该流水线处理机的效率和吞吐率是多少？

解：

- (a) 等效的非流水处理机执行一条指令需要的时间是 5 个时钟周期。按照加速比定义，应有

$$S = \frac{nk}{k + (n-1)} = \frac{15000 \times 5}{5 + (15000 - 1)} = \frac{75000}{15004} = 4.9986$$

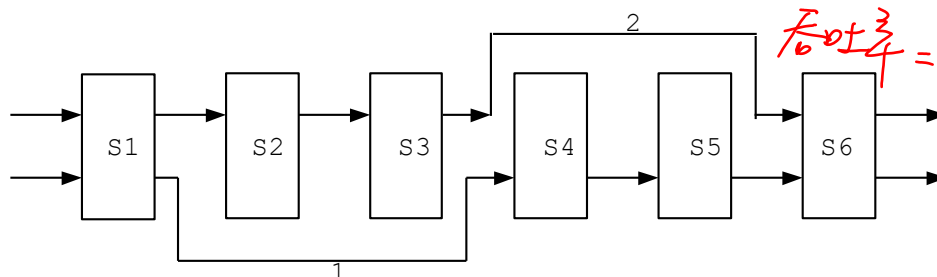
- (b) 效率为

$$E = \frac{nk}{k[k + (n-1)]} = \frac{15000}{15004} = 0.9997$$

- (c) 吞吐率为

$$TP = \frac{nf}{k + (n-1)} = \frac{15000 \times 25 \times 10^6 (IC/s)}{15004} = 24.99 MIPS$$

2. (15 分) 一动态多功能流水线由 6 个功能段组成，如下图：



其中：s1、S4、S5、S6 组成乘法流水线，S1、S2、S3、S6 组成加法流水线，各个功能段时间均为 50ns。假定该流水线的输出结果可以直接返回流水线输入端，而且设置有足够的缓冲寄存器。若按照最快的方式用该流水线计算 $f = \sum_{i=1}^5 x_i y_i z_i$ 。

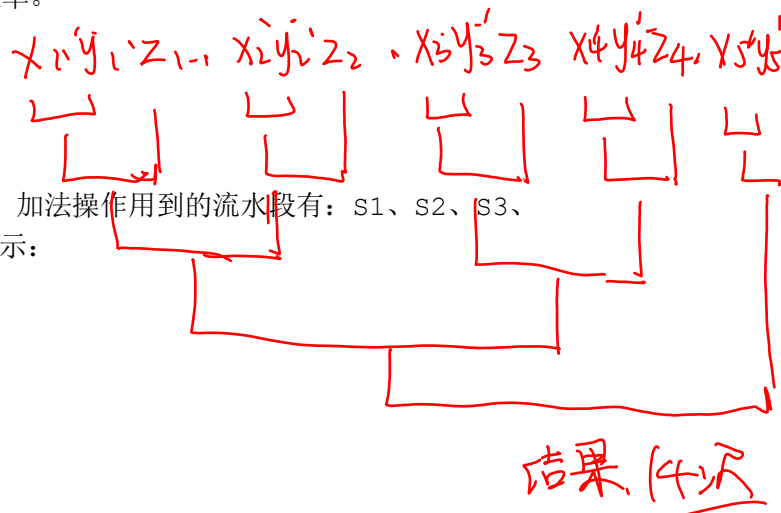
的缓冲寄存器。若按照最快的方式用该流水线计算 $f = \sum_{i=1}^5 x_i y_i z_i$ 。

- (1) (8 分) 请画出其处理过程的时空图。
(2) (7 分) 计算其实际吞吐率，加速比和效率。

[答案]

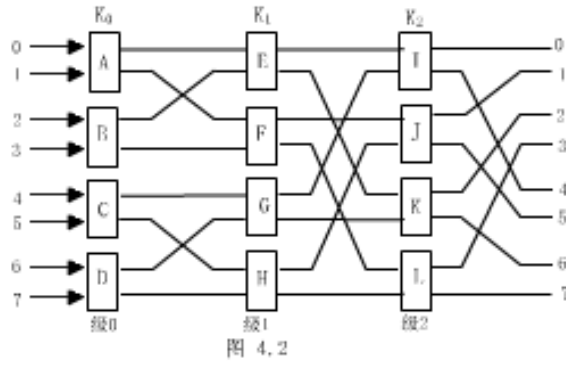
(1)：

乘法操作作用到的流水段有：S1、S4、S5、S6；加法操作作用到的流水段有：S1、S2、S3、S6。以最快的方式处理的流水线时空图如图所示：



结果 (4次)

4x14



搞反啦!

输入排列 (处理机)	输出排列 (存储器)		
	$K_0K_1K_2=100$	$K_0K_1K_2=110$	$K_0K_1K_2=111$
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

解:

输入排列 (处理机)	输出排列 (存储器)		
	$K_0K_1K_2=100$	$K_0K_1K_2=110$	$K_0K_1K_2=111$
0	4	6	7
1	5	7	6
2	6	4	5
3	7	5	4
4	0	2	3
5	1	3	2
6	2	0	1
7	3	1	0

4. 请用块结构语言 Cobegin-Coend 写出图 4.3 中所示嵌套并行算法优先关系图的程序。

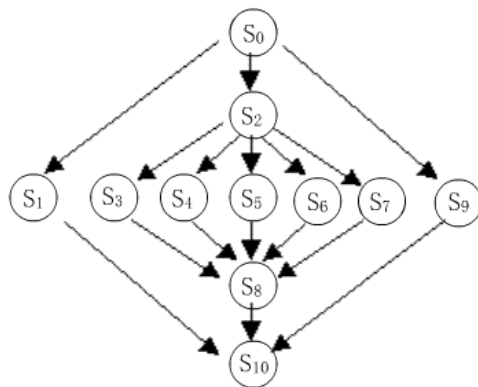


图 4.3

解:

```
begin
  s0;
  Cobegin
    s1;
    begin
      s2;
      Cobegin  s3; s4; s5; s6; s7;  Coend
    end
    s8;
  end
  s9;
Coend
s10;
end
```

5. 一台单处理机采用如下串程序实现 $S = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8$ 各矩阵（均为 $n \times n$ ）的累加求和运算：

```
A1 = A1 + A2
A3 = A3 + A4
A5 = A5 + A6
A7 = A7 + A8
A1 = A1 + A3
A5 = A5 + A7
A1 = A1 + A5
```

现用 4 台多处理机系统实现上述矩阵的求和运算。请画出任务优先关系图，并用块结构语言 Cobegin-Coend 写出并行程序。

解:

根据所给条件，采用 4 台处理机时串程序可做如下改造：

```
S0      传送数据
S1      A1 = A1 + A2
S2      A3 = A3 + A4
S3      A5 = A5 + A6
S4      A7 = A7 + A8
S5      传送数据
S6      A1 = A1 + A3
S7      A5 = A5 + A7
S8      传送数据
S9      A1 = A1 + A5
```

由此可画出并行优先关系图如图 5.5 所示。

并行程序如下：

```
begin
  S0;
  Cobegin  S1; S2; S3; S4;  Coend
  S5;
```

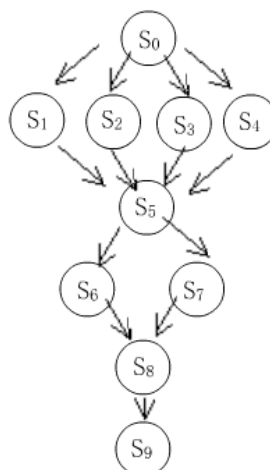


图 5.5

```

Cobegin  S6; S7;  Coend
S8;
S9;
end

```

6. (13 分) 设 E 为交换函数, S 为均匀洗牌函数, B 为蝶式函数, $PM2I$ 为移数函数, 函数的自变量是十进制数表示的处理机编号。现有 32 台处理机, 其编号为 0、1、2、……、31。

(1) 分别计算下列互连函数:

$$E_2(12) \quad S(8) \quad B(9) \quad PM2I_{+3}(28) \quad E_0(S(4)) \quad S(E_0(18))$$

(2) 用 E_0 和 S 构成均匀洗牌交换网 (每步只能使用 E_0 和 S 一次), 网络直径是多少? 从 5 号处理机发送数据到 7 号处理机, 最短路径需要经过几步? 列出经过的处理机编号。

解:

$$(1) E_2(12) = 8 \quad S(8) = 16 \quad B(9) = 24 \quad PM2I_{+3}(28) = 4$$

$$E_0(S(4)) = E_0(8) = 9 \quad S(E_0(18)) = S(19) = 7$$

(2) 网络直径是 9, 最短路径需要经过 6 步。

$$00101 \quad E_000101 \quad S01000 \quad E_001001 \quad S10010 \quad E_010011 \quad S00111$$

7. (13 分) (1) 画出 2×2 开关构成的 16 个输入端的 Ω 网络。

(2) 结点 11 传送信息给结点 5, 同时结点 7 传送信息给结点 9, 画出完成这一寻径的开关设置。这种情况会出现阻塞吗?

解:

(1) 16 个输入端的 Ω 网络如图 8.5 所示。

(2) 寻径开关设置见图 8.5 所示, 因此不会出现阻塞。

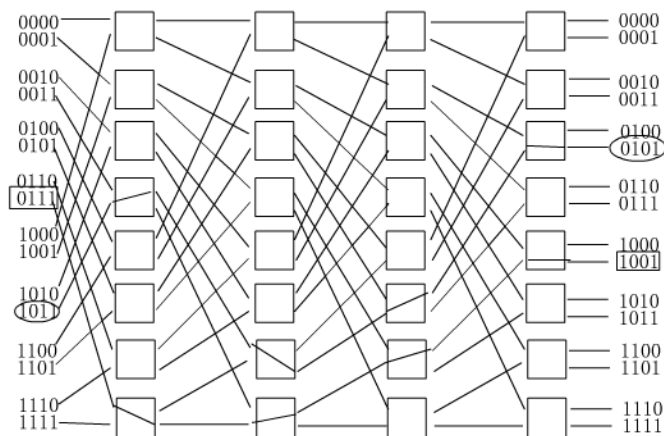
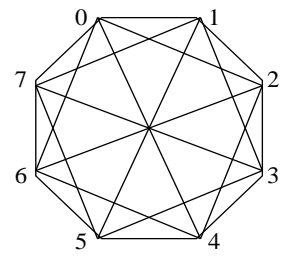


图 8.5 有 16 个输入端的 Ω 网络

8. 分布存储器的 SIMD 并行处理机, 8 个 PE 用 $PM2I$ 移数网连接。计算 $S = \prod_{i=0}^7 (X_i + a)$, 求

最短执行时间。向量 X 分布存放在各个 PE 的局部存储器中, 标量 a 存放在控制部件 CU 的存储器中, 从内存读一个数据到寄存器需要 10ns, 做一次乘法需要 20ns, 做一次加法需要 15ns, 从 CU 广播一个数据到所有 PE 或在相邻 PE 之间传送一个数据需要 5ns, 最终结果 S 可以放在任意 PE 的寄存器中, 取指令、译码、读寄存器、写寄存器的时间忽略不计。写出主要计算步骤。



$$\begin{aligned}
 T &= \text{读 } a + \text{广播 } a + \text{加 } a + \text{PM2} + \text{乘法} + \text{PM2I} \\
 &\quad + \text{乘法} + \text{PM2I} + \text{乘法} \\
 &= 10 + 5 + 15 + 5 + 20 + 5 + 20 + 5 + 20 \\
 &= 105\text{ns}
 \end{aligned}$$

]