

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线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

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

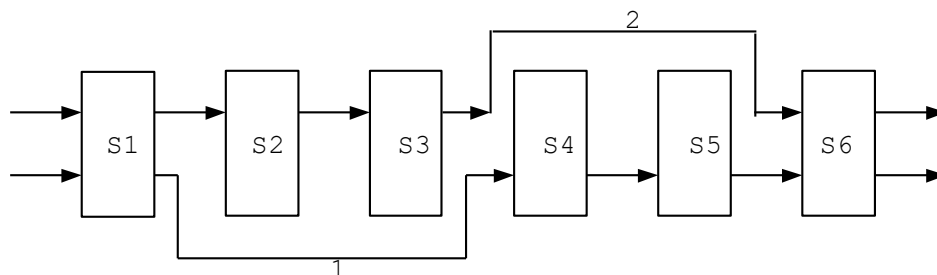
- (b) 效率为

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

- (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 $f = \sum_{i=1}^5 x_i y_i z_i$ 。

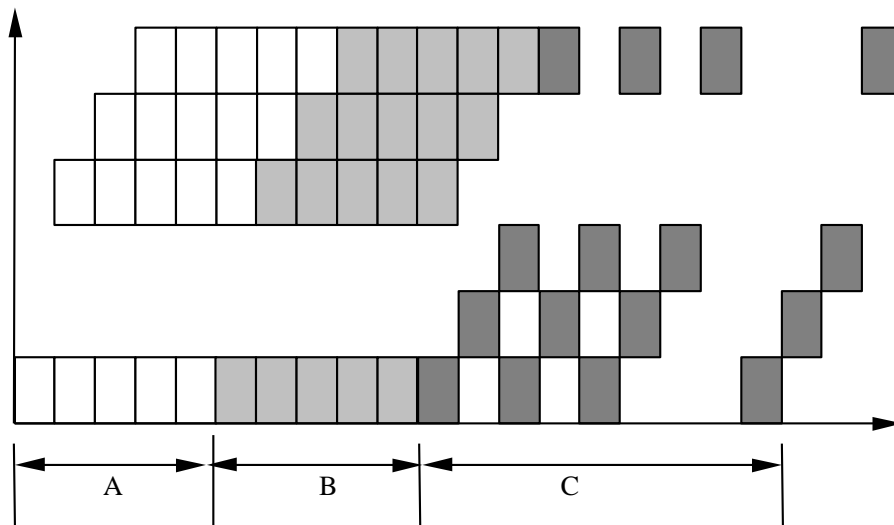
的缓冲寄存器。若按照最快的方式用该流水线计算 $f = \sum_{i=1}^5 x_i y_i z_i$ 。

- (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)：

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



(2): A 部分所处理的是 $o_i = \prod_{i=1}^5 x_i y_i$; B 部分所处理的是 $q_i = \prod_{i=1}^5 o_i z_i$; C 部分所处理的是 $f = \sum_{i=1}^5 q_i$ 。

整个处理过程共需 22 个时钟周期。而进行了 14 次不同的运算，所以其实际吞吐率为：

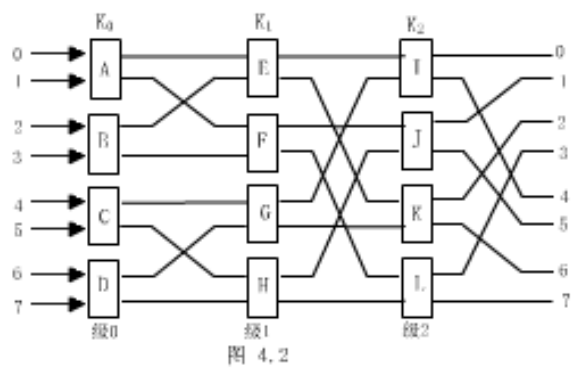
$$TP = \frac{14}{22 \times 50 \times 10^{-9}} = 12.73M / s$$

这些运算串行处理所需要的时钟周期为 56 个时钟周期，所以其加速比为：

$$S = \frac{56}{22} = 2.55$$

$$\text{效率为: } S = \frac{56}{22 \times 6} = 42.4\%$$

3. (13 分) 如图所示，输入端为 8 个处理机，输出端为 8 个存储器，通过三级立方体互连网络连接，采用级控方式。其中所有交换开关均为二功能(控制信号为“0”时直通，为“1”时交换)。若级控信号为：① $K_0 K_1 K_2 = 100$ ；② $K_0 K_1 K_2 = 110$ ；③ $K_0 K_1 K_2 = 111$ ；请在表中填写出对应于 8 个处理机而实际连通的 8 个存储器的排列顺序。

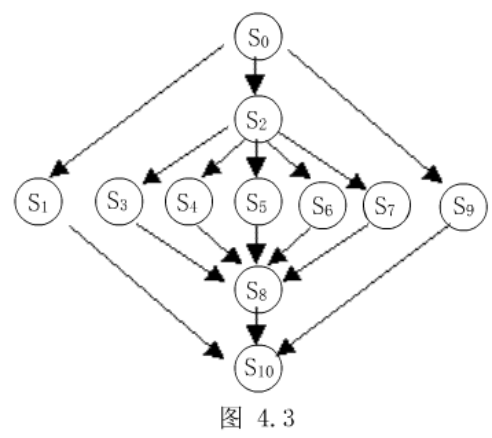


输入排列 (处理机)	输出排列 (存储器)		
	$K_0K_1K_2=100$	$K_0K_1K_2=110$	$K_0K_1K_2=111$
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

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。



解:

```
begin
  s0;
  Cobegin
    s1;
    begin
      s2;
      Cobegin  s3; s4; s5; s6; s7;  Coend
      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;
```

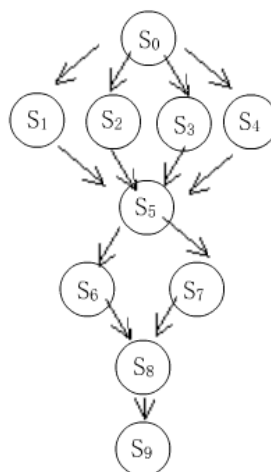


图 5.5

```

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。

$$00101 \quad E_00101 \quad S01000 \quad E_001001 \quad S10010 \quad E_010011 \quad S00111$$

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。

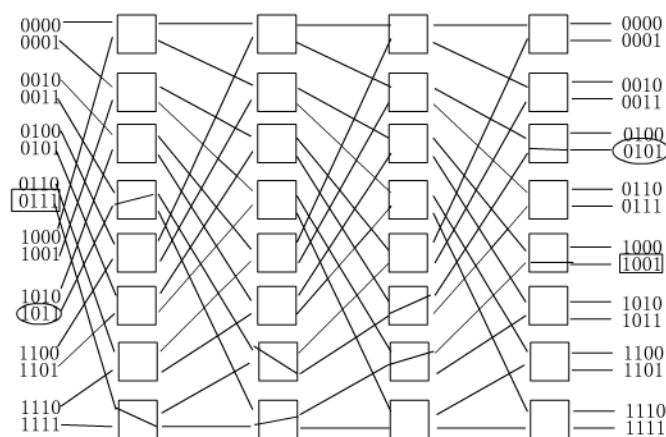
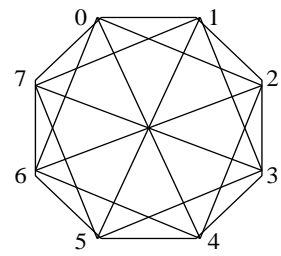


图 8.5 有 16 个输入端的 Ω 网络

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。



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