

第5章 同步时序电路设计



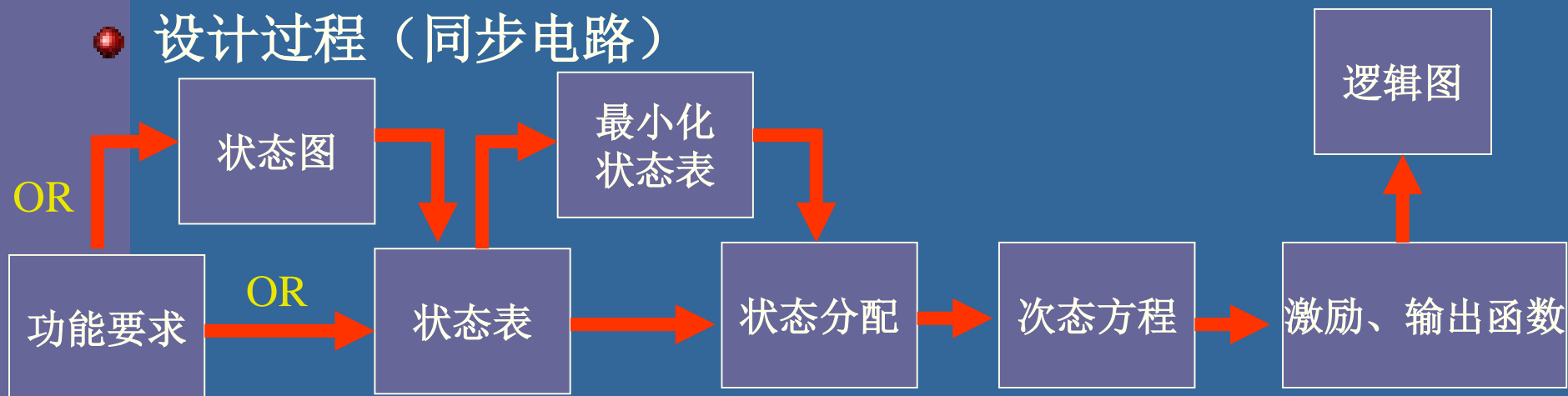
数字系统的设计

电路的功能比较简单时

● 分析过程（同步电路）



● 设计过程（同步电路）



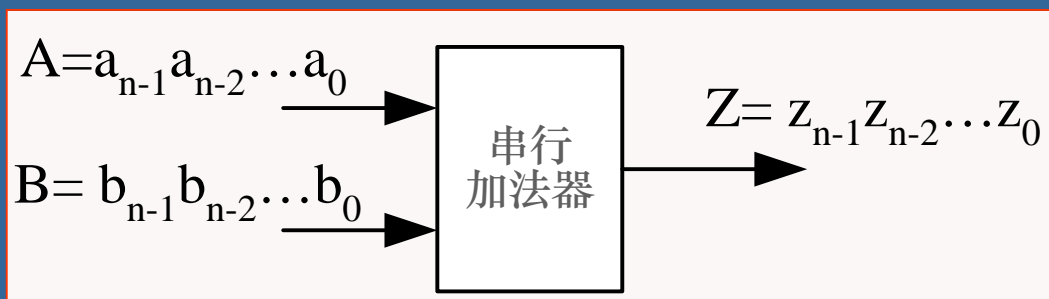
同步时序电路的设计

针对比较简单的同步电路，设计方法是：文字功能描述→状态表或状态图→逻辑方程→逻辑图

- 原始状态表的建立
- 用触发器实现同步时序电路
- 用MSI时序模块同步时序电路

同步时序电路的建模

例1 试设计一个串行加法器，实现两个二进制数 $A=a_{n-1}a_{n-2}\dots a_0$ 及 $B=b_{n-1}b_{n-2}\dots b_0$ 相加，输入时低位在前，高位在后。电路的输出为 $Z=z_{n-1}z_{n-2}\dots z_0$ ，串行地表示当前相加的结果。



00/0



00/0



11/0



00/0



11/0



00/1



AB/Z 00/0, 01/1, 10/1



11/0



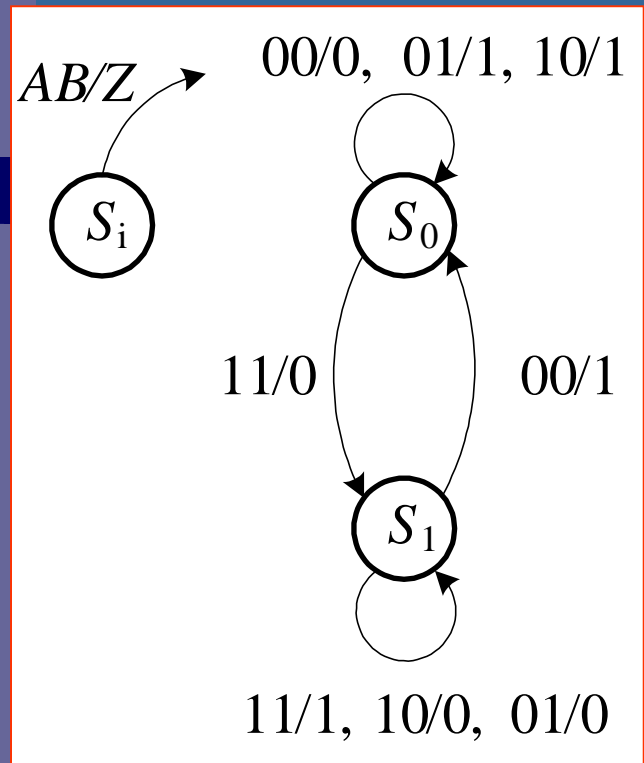
00/1



11/1, 10/0, 01/0



串行加法器的建模过程



		<i>AB</i>			
		00	01	11	10
<i>PS</i>	S_0	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$	$S_1 / 0$	$S_0 / 1$
	S_1	$S_0 / 1$	$S_1 / 0$	$S_1 / 1$	$S_1 / 0$

NS/z

例2 设计一个“111”序列检测器，序列可以重叠。

题意分析：

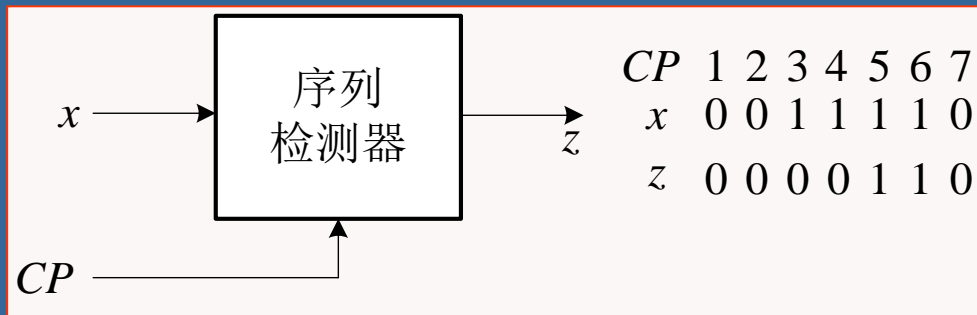
电路所要记忆的状态：

设 S_1 ：未收到1（即收到的是0）
的状态；

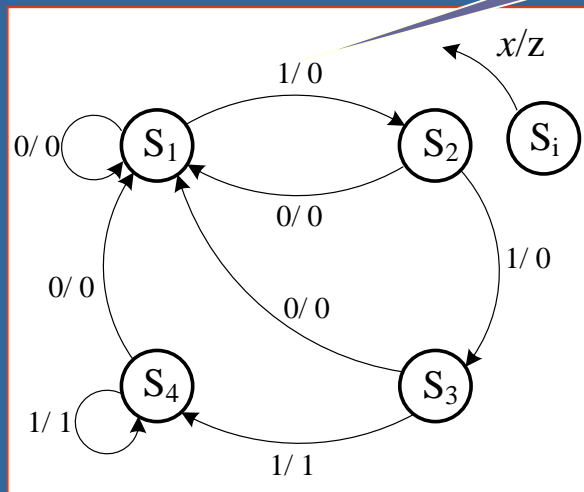
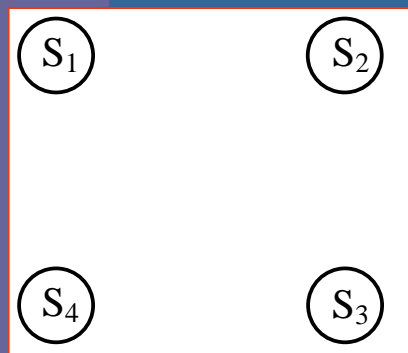
S_2 ：收到一个1的状态；

S_3 ：连续收到两个1的状态；

S_4 ：连续收到三个1的状态。



米里型

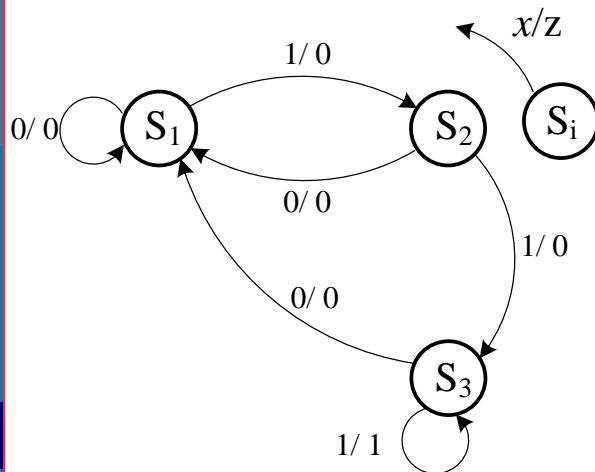
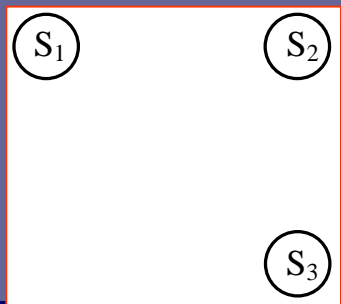


PS \ x	0		1
S_1	$S_1/0$	$S_2/0$	
S_2	$S_1/0$	$S_3/0$	
S_3	$S_1/0$	$S_4/1$	
S_4	$S_1/0$	$S_4/1$	

NS/Z

由于 S_3 与 S_4 随 x 的输入，变化一致。 S_3 与 S_4 等价

可省略掉 S_4



PS	x	
	0	1
S_1	$S_1 / 0$	$S_2 / 0$
S_2	$S_1 / 0$	$S_3 / 0$
S_3	$S_1 / 0$	$S_3 / 1$

NS/ Z

思考：莫尔型？

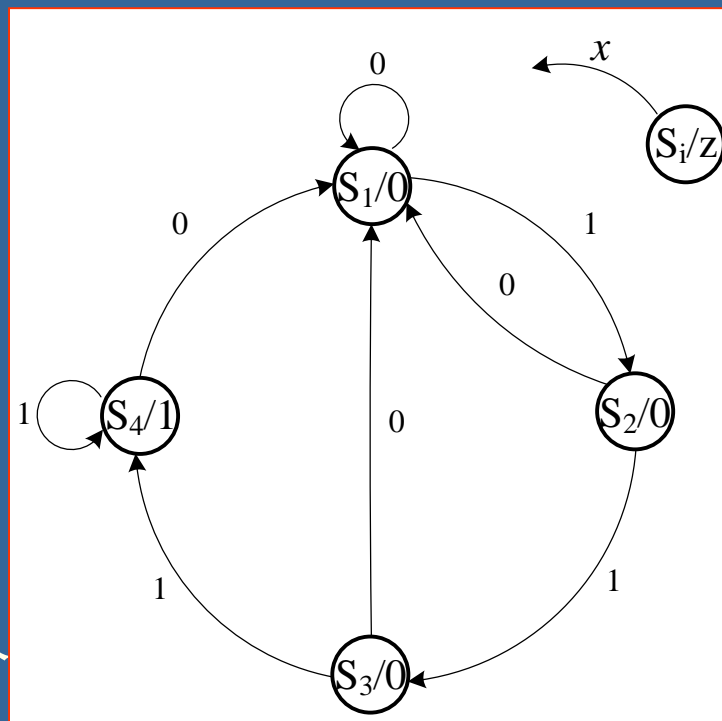
设电路所要记忆的状态：

$S_1/0$ ：收到0，
输出为0；

$S_2/0$ ：收到一个1，
输出为0；

$S_3/0$ ：连续收到两个
1，输出为0；

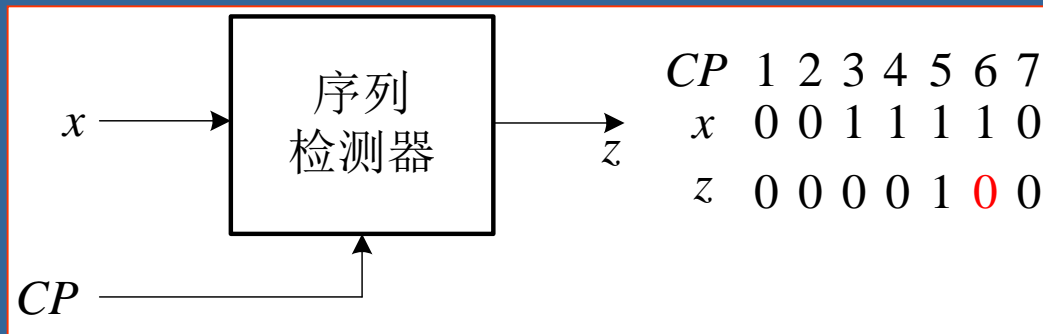
$S_4/1$ ：连续收到三个
1，输出为1。



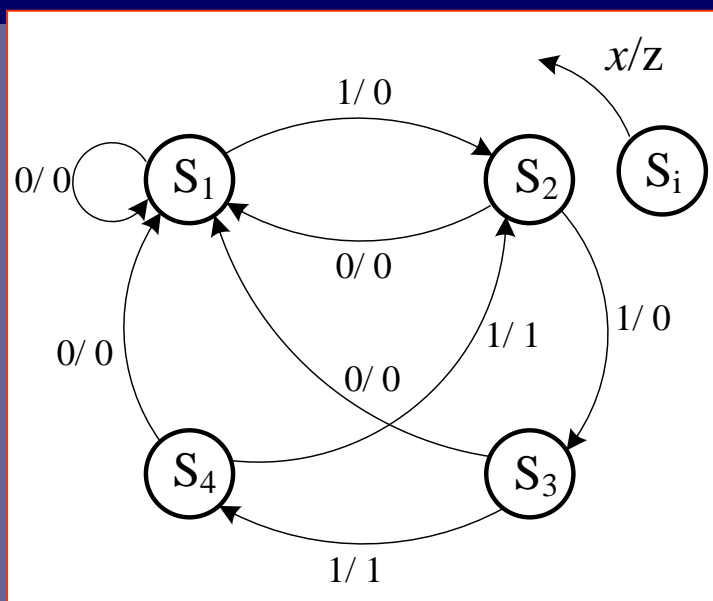
PS	x		
	0	1	z
S_1	S_1	S_2	0
S_2	S_1	S_3	0
S_3	S_1	S_4	0
S_4	S_1	S_4	1

NS

思考：若本题，序列不可重叠，试求其原始状态图（表）。



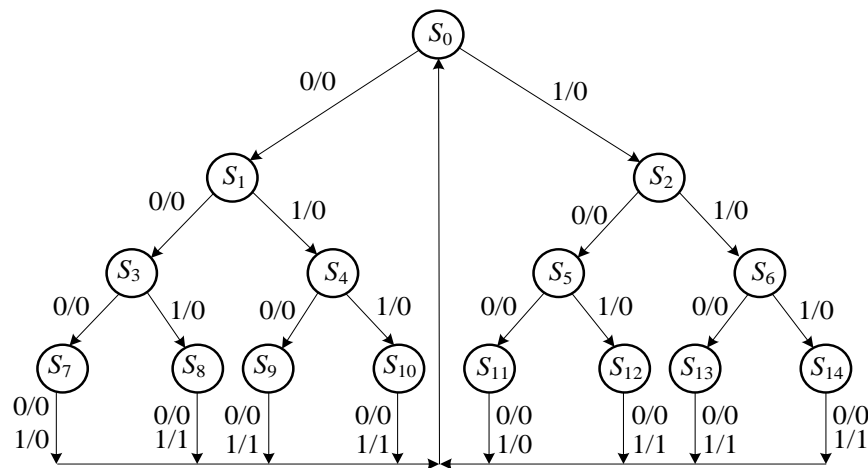
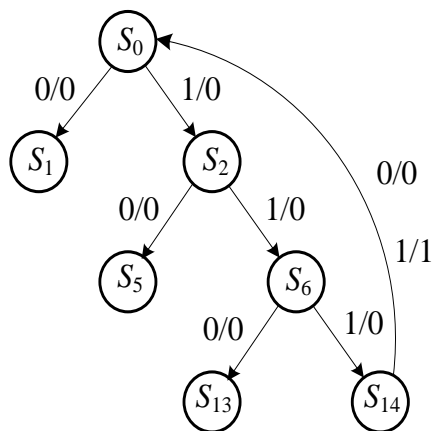
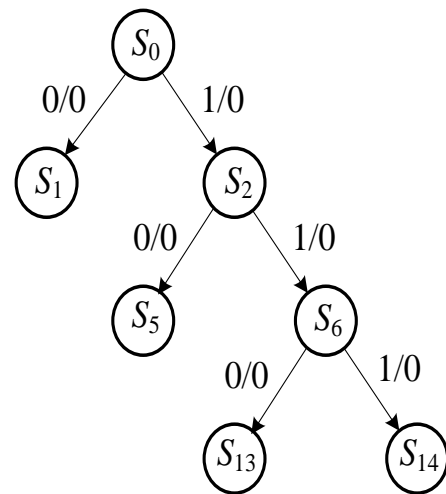
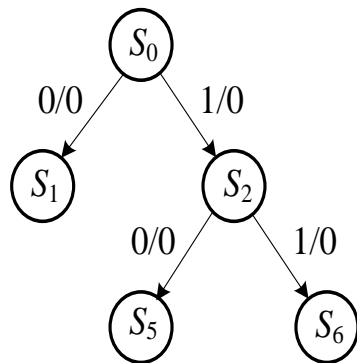
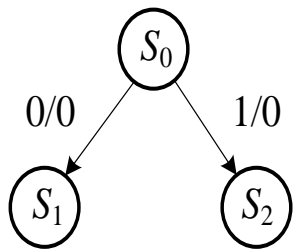
原始状态表



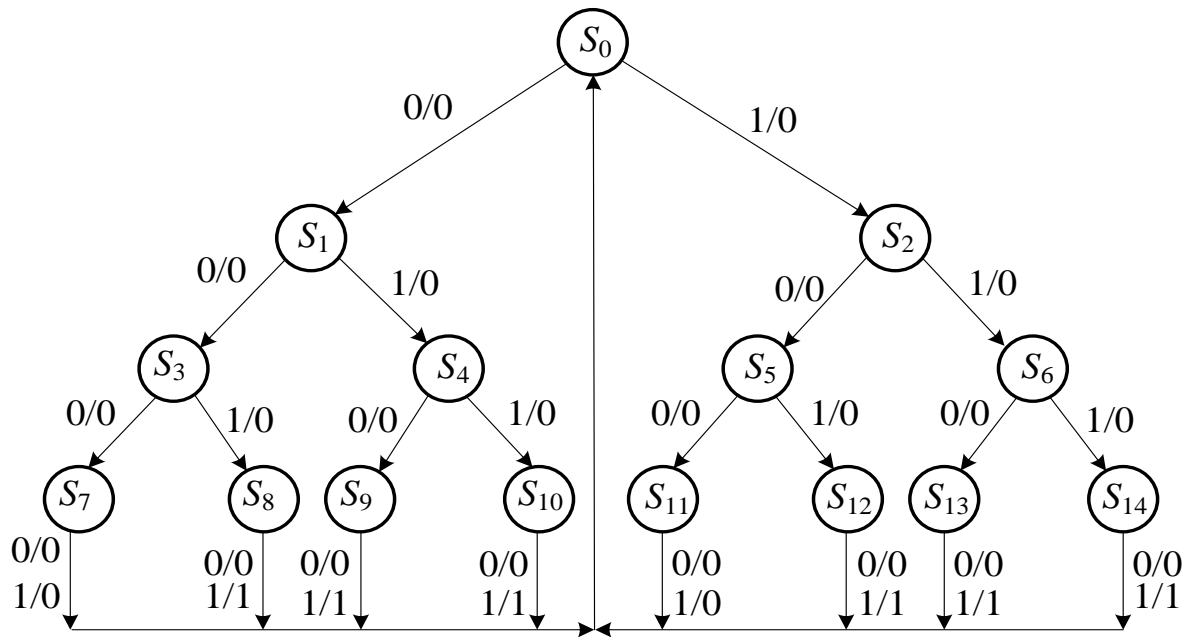
原始状态图

		x	
		0	1
PS	S_1	$S_1 / 0$	$S_2 / 0$
	S_2	$S_1 / 0$	$S_3 / 0$
	S_3	$S_1 / 0$	$S_4 / 1$
	S_4	$S_1 / 0$	$S_2 / 0$
		NS/ Z	

例3 设计一个8421BCD误码检测器。8421BCD码低位在前、高位在后串行地加到该检测器的输入端。若收到一个错误的代码，则在最高位到来时输出为1，否则输出为0。每检测完一个代码电路便复位，并开始接收下一个代码。



8421BCD码 误码检测器的状态表



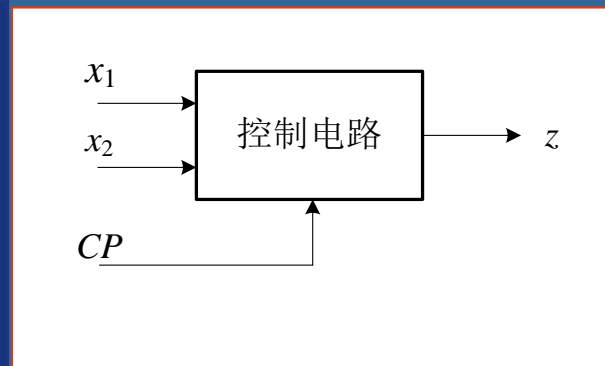
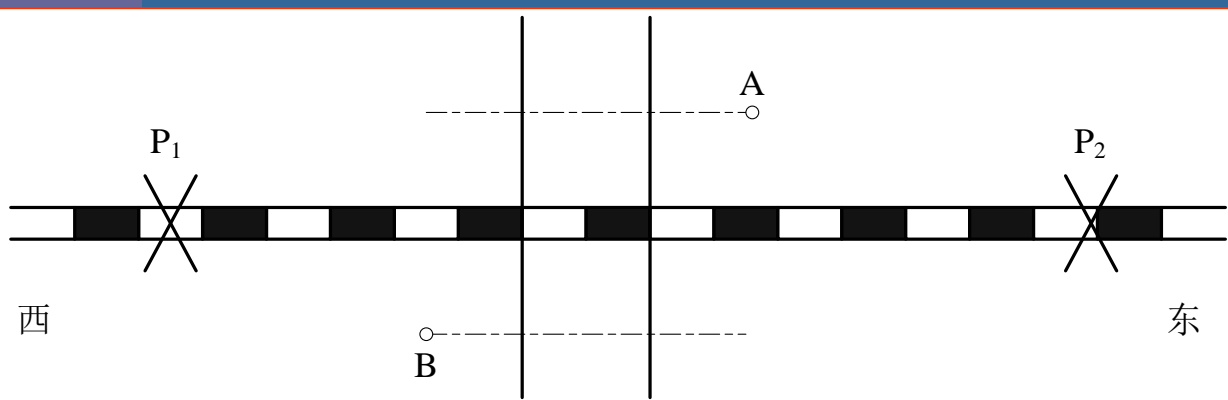
$PS \backslash x$	0	1
S_0	$S_1 / 0$	$S_2 / 0$
S_1	$S_3 / 0$	$S_4 / 0$
S_2	$S_5 / 0$	$S_6 / 0$
S_3	$S_7 / 0$	$S_8 / 0$
S_4	$S_9 / 0$	$S_{10} / 0$
S_5	$S_{11} / 0$	$S_{12} / 0$
S_6	$S_{13} / 0$	$S_{14} / 0$
S_7	$S_0 / 0$	$S_0 / 0$
S_8	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
S_9	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
S_{10}	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
S_{11}	$S_0 / 0$	$S_0 / 0$
S_{12}	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
S_{13}	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
S_{14}	$S_0 / 0$	$S_0 / 1$
	NS / z	

8421BCD码误码检测器模型（状态图）

例4 设计一个铁路和公路交叉路口的交通控制器。

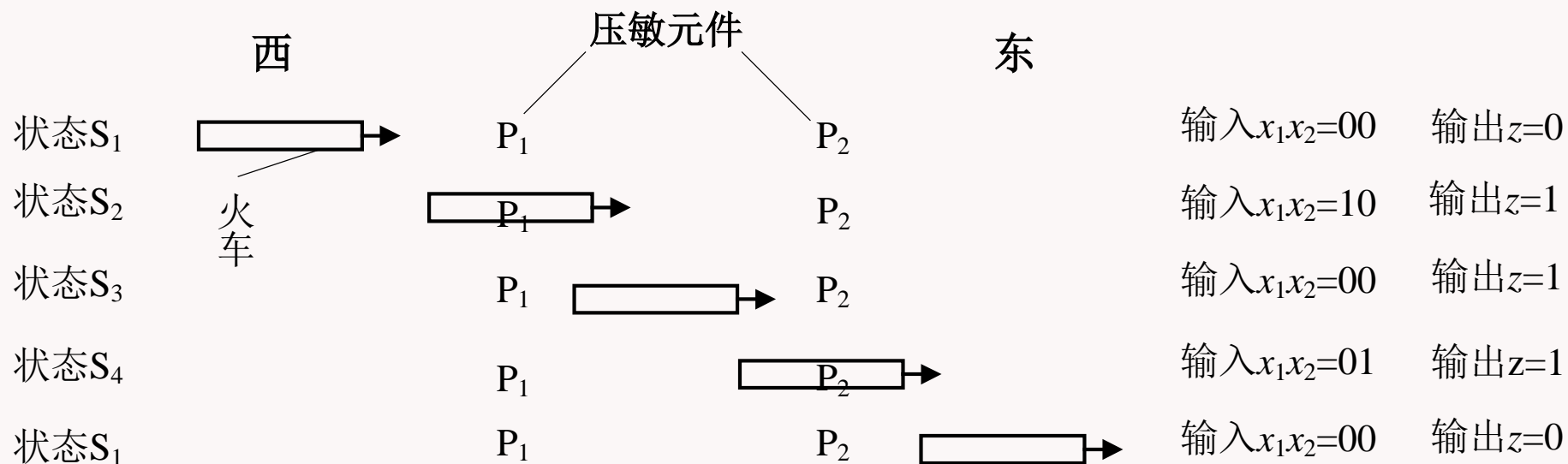
在 P_1 和 P_2 点设置了两个压敏元件。这两点相距较远，因此一列火车不会同时压在两个压敏元件上。 A 、 B 是两个栅门。当火车由东向西或由西向东通过 P_1 —— P_2 段，且当火车的任何部分位于 P_1 —— P_2 之间时，栅门 A 、 B 应同时关闭，否则栅门同时打开。压敏元件的功能是，当它感受到火车的压力时，产生逻辑电平1，否则产生逻辑电平0。设位于 P_1 、 P_2 两点的压敏元件所输出的信号分别为 x_1 和 x_2 。

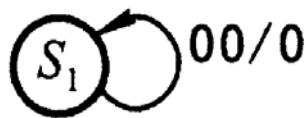
控制电路的输入就是压敏元件所发出的信号 x_1 、 x_2 。它的输出信号 z 用来控制栅门 A 、 B ，当 $z=1$ 时，栅门关闭；当 $z=0$ 时，栅门打开。



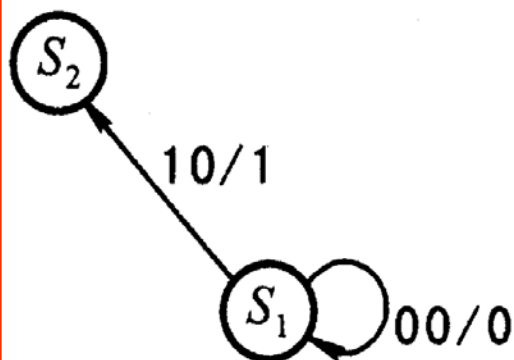
交通控制器示意图

火车自西向东行驶原始状态示意图

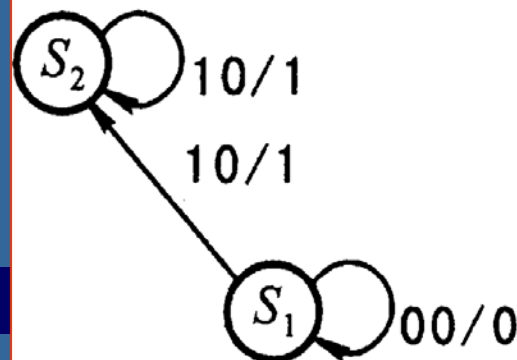




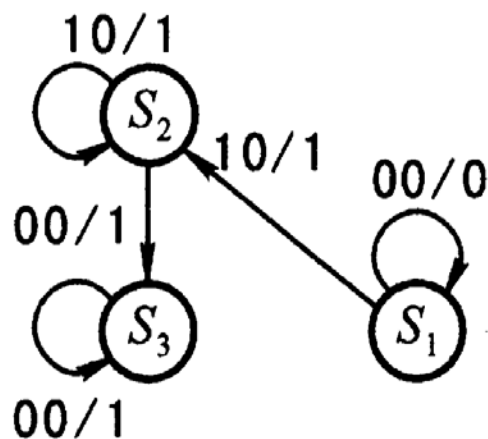
(a)



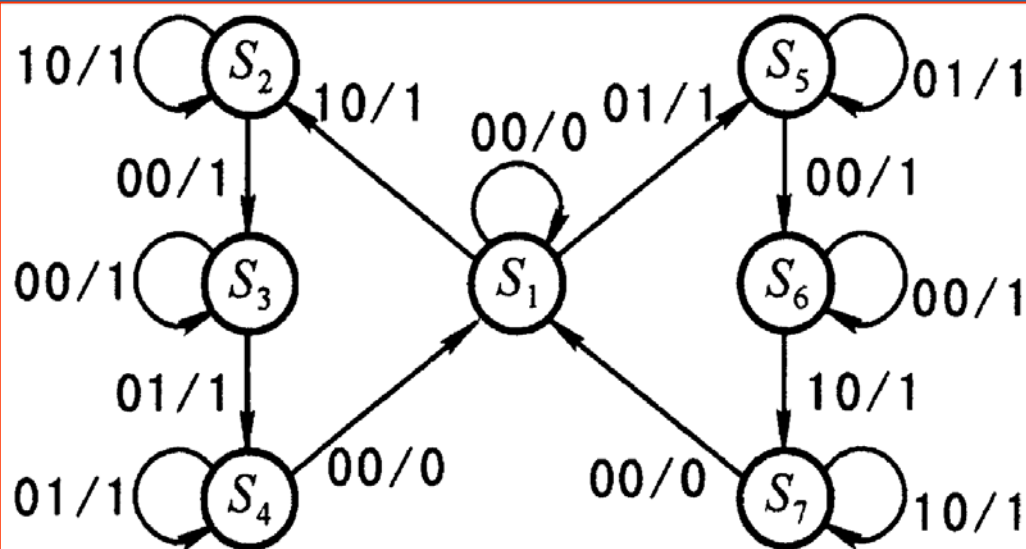
(b)



(c)



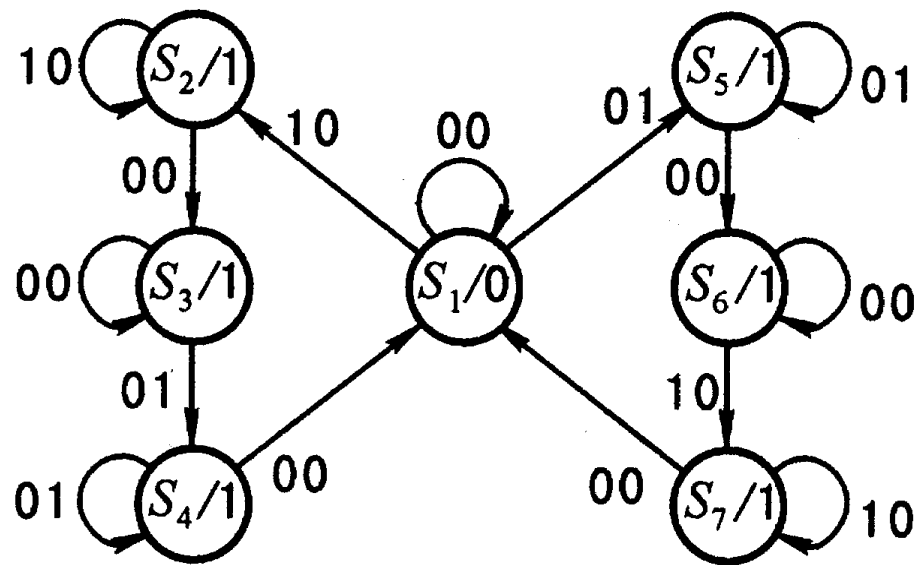
(d)

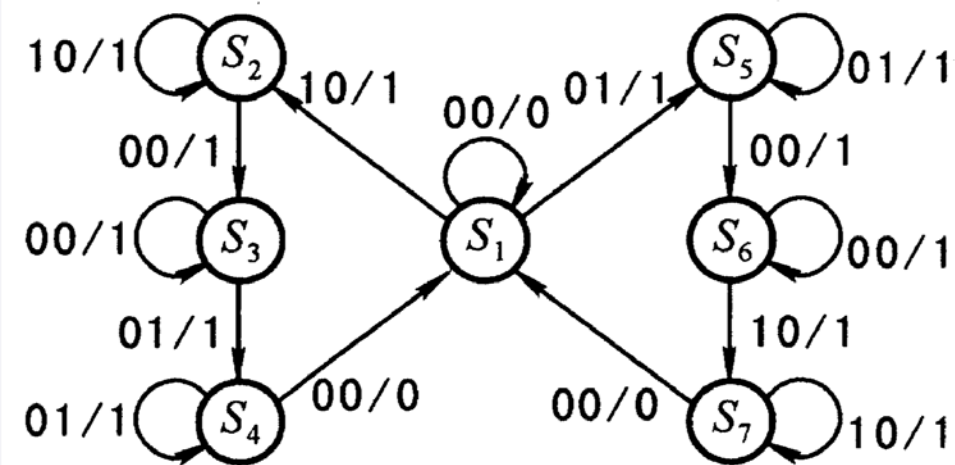


(e)

交通控制器的状态图

交通控制器莫尔型状态图





(e)

交通控制器状态表

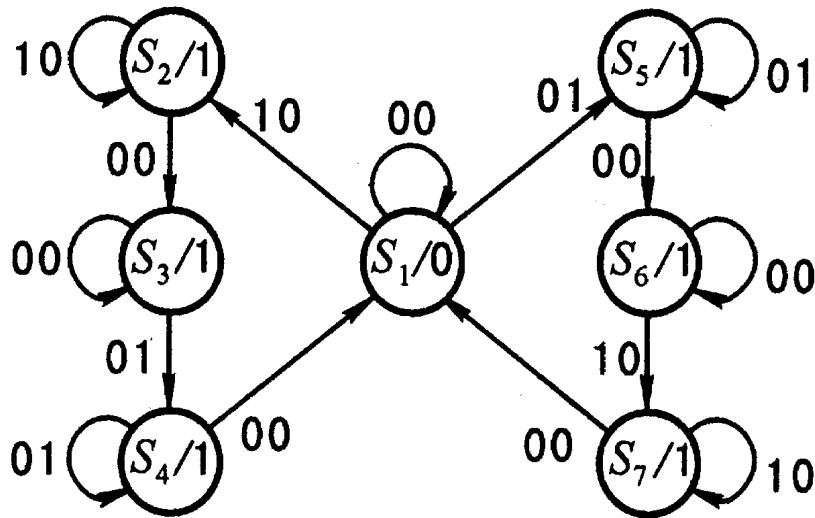
交通控制器状态图

x_1x_2		00	01	11	10
PS					
S_1	$S_1/0$	$S_5/1$	\times/\times	$S_2/1$	
S_2	$S_3/1$	\times/\times	\times/\times	$S_2/1$	
S_3	$S_3/1$	$S_4/1$	\times/\times	\times/\times	
S_4	$S_1/0$	$S_4/1$	\times/\times	\times/\times	
S_5	$S_6/1$	$S_5/1$	\times/\times	\times/\times	
S_6	$S_6/1$	\times/\times	\times/\times	$S_7/1$	
S_7	$S_1/0$	\times/\times	\times/\times	$S_7/1$	

NS/z

NS/z

交通控制器莫尔型状态表

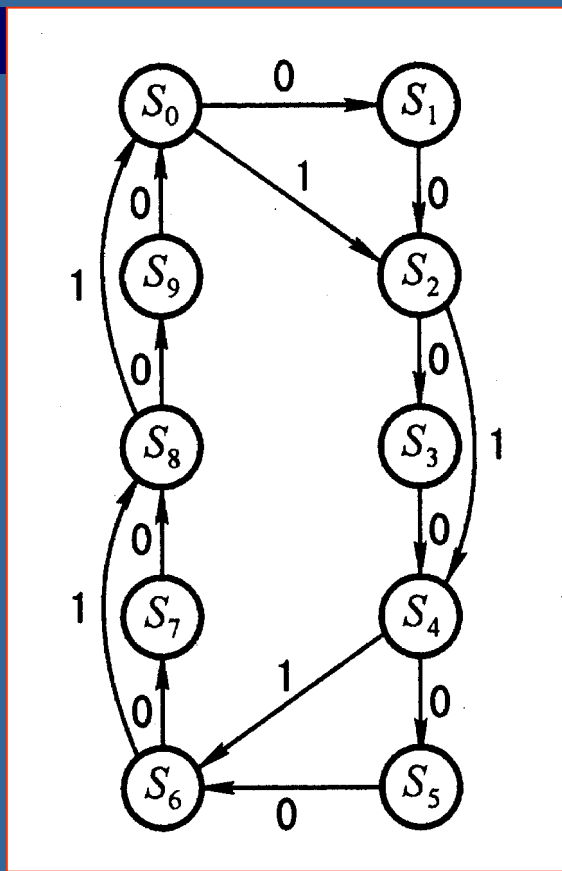


交通控制器莫尔型状态图

x_1x_2		00	01	10	z
PS	S_1	S_1	S_5	S_2	0
	S_2	S_3	×	S_2	1
	S_3	S_3	S_4	×	1
	S_4	S_1	S_4	×	1
	S_5	S_6	S_5	×	1
	S_6	S_6	×	S_7	1
	S_7	S_1	×	S_7	1
NS					

例5 试设计一个加1/加2同步计数器。当控制信号 x 为0时，计数器作十进制加1计数；当控制信号 x 为1时，做加2计数，但 x 不会在计数器状态为奇数时由0变1。

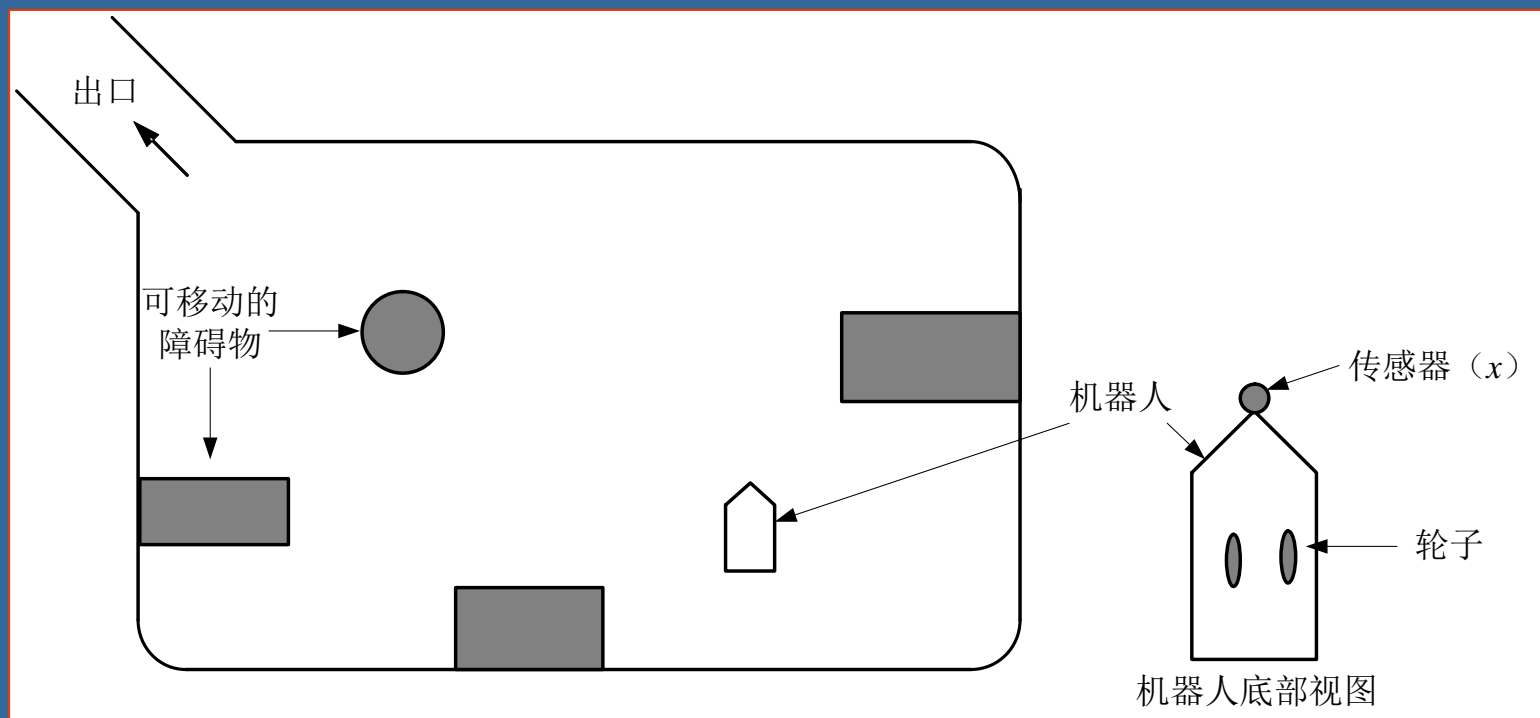
加1/加2计数器的状态表

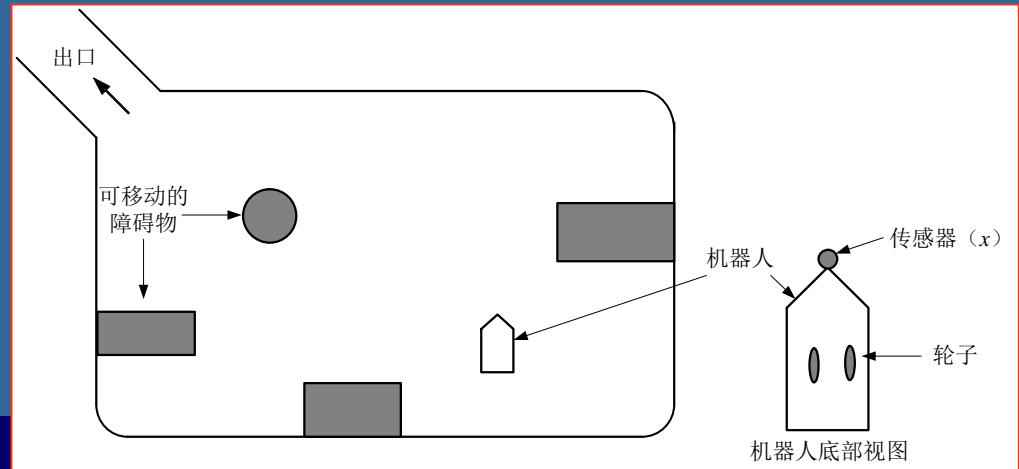


加1/加2计数器的状态图

x	0	1	
PS			
S_0	S_1	S_2	
S_1	S_2	\times	
S_2	S_3	S_4	
S_3	S_4	\times	
S_4	S_5	S_6	
S_5	S_6	\times	
S_6	S_7	S_8	
S_7	S_8	\times	
S_8	S_9	S_0	
S_9	S_0	\times	NS

例6 下图所示的是一机器人在迷宫中运行示意图，试为该机器人设计一个控制电路，使其能自动从迷宫中走出。机器人的运行规则是：没有遇障碍物时一直直线行走；当接触到障碍物时，自动转向。设第一次碰到障碍物时，向右转动直至障碍物消失；第二次碰到障碍物时则向左转动直至障碍物消失；再下次则又向右转，余此类推。在该机器人的前端有一个传感器，当这个传感器碰到障碍物时，输入一个 $x=1$ 的信号，否则 $x=0$ 。机器人有两根控制线： $z_1=1$ 时向左转， $z_2=1$ 时向右转。





题意分析:

输入信号：当机器人的鼻子接触到障碍物时 $x=1$ ，否则 $x=0$

输出信号（即机器人产生的控制信号）： $Z_1=1$ ，机器人向左转动
 $Z_2=1$ ，机器人向右转动

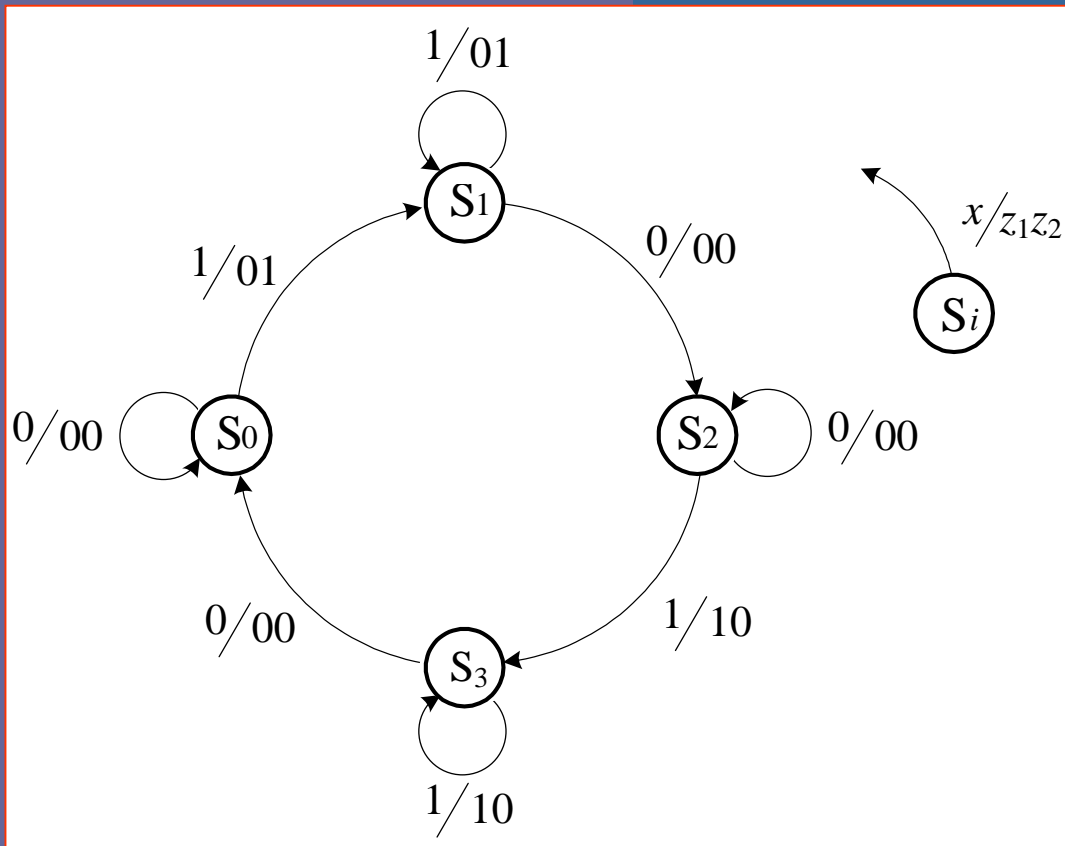
应记忆的状态:

S_0 : 无障碍物，上次转动是左转的

S_1 : 有障碍物，右转

S_2 : 无障碍物，上次转动是右转的

S_3 : 有障碍物，左转



状态图

状态表

$PS \backslash x$	0	1
S_0	$S_0/00$	$S_1/01$
S_1	$S_2/00$	$S_1/01$
S_2	$S_2/00$	$S_3/10$
S_3	$S_1/00$	$S_3/10$
NS/z_1z_2		

例7 设计一个自动售饮料机的逻辑电路。它的投币串口每次只能投入五角或一元的硬币。投入一元五角硬币后，机器自动给出一杯饮料；投入两元（两枚一元）硬币后，在给出饮料的同时找回一枚五角的硬币。

题意分析：

(1) **输入变量：**投币信号 A、B

投入一元硬币 $A=1$

未投入一元硬币 $A=0$

投入五角硬币 $B=1$

未投入五角硬币 $B=0$

(2) **输出变量：**给出饮料 Y，找回五角硬币 Z

给出饮料 $Y=1$

不给出饮料 $Y=0$

找回一枚五角硬币 $Z=1$

不找回一枚五角硬币 $Z=0$

题意分析（续）：

（3）当 $A=1$ 或 $B=1$ 在电路转入新状态的同时也随之消失，否则被误认为又一次投币信号。

（4）需要记忆的状态：

设未投币前电路的初始状态为 S_0 ；

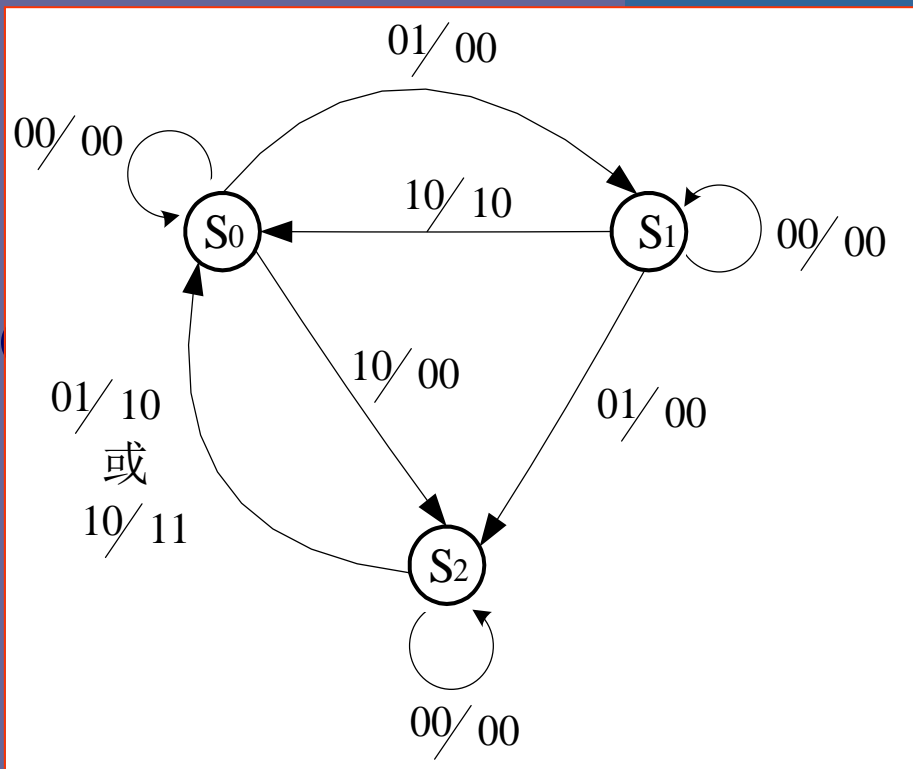
投入五角硬币以后为 S_1 ；

投入一元硬币（包括投入一枚一元硬币和投入两枚五角硬币的情况）以后为 S_2 ；

再投入一枚五角硬币后电路返回 S_0 ，同时输出为 $Y=1$ ， $Z=0$ ；

如果投入的是一枚一元硬币，则电路也应返回 S_0 ，同时输出为 $Y=1$ ， $Z=1$ 。

因此电路的状态数 $M=3$



状态图

状态表

PS \ AB	AB			
	00	01	11	10
S_0	$S_0/00$	$S_1/00$	\times/\times	$S_2/00$
S_1	$S_1/00$	$S_2/00$	\times/\times	$S_0/10$
S_2	$S_2/00$	$S_0/10$	\times/\times	$S_0/11$

NS/YZ