

# 数字逻辑设计

曾国坤

School of Computer Science

kktseng@hit.edu.cn

# 用触发器设计同步时序逻辑—实例

---

- 序列发生器
- 模8可逆计数器
- 自动售卖机
- 时序锁
- 二进制串行加法器
- 串行输入的8421BCD码检测器
- 奇偶校验器
- 更复杂的同步时序逻辑设计

# 序列信号发生器的设计

**序列信号发生器**：能循环产生一组特定的串行数字序列信号的电路。

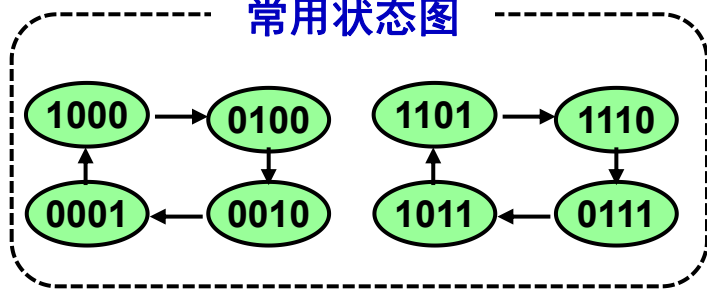
**序列的长度**：序列信号的位数。如：序列为00011，则序列长度为5。

序列状态之间很有规律

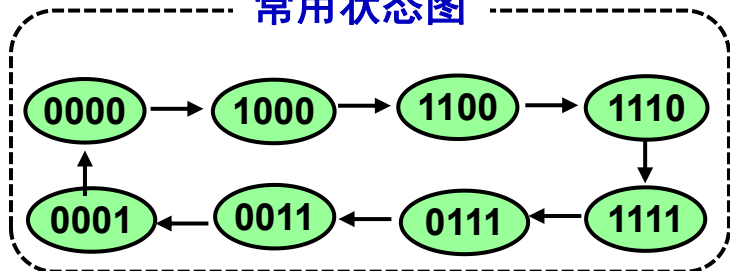
特殊类型

- 使用环形计数器设计
- 使用扭环计数器设计

常用状态图



常用状态图



# 序列信号发生器的设计-1

## 任意类型

- 使用**D触发器**设计
- 使用**计数器** + **数据选择器**设计;
- 用**移位寄存器** + **反馈电路**设计(逻辑门 or 译码器 or 数据选择器)
- 用**计数器** + **PROM**设计

大体思路:

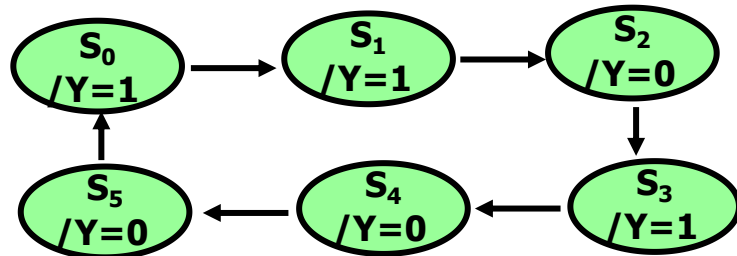
1. 实现序列信号一个周期之内的波形
2. 将此波形循环再现

例1: 用D触发器设计一个 **110100** 序列信号发生器

**方法1:** 利用D触发器

- 序列信号长度为  $L$ , 则取  $L$  个不同的状态
- 每个状态下时序电路的输出就是序列信号中的一位。

## 1. 画状态转换图



时序电路的不同状态对应输出序列中的各位。

# 序列信号发生器的设计-1

## 2. 状态编码

$S_0$  — 000,  $S_3$  — 011  
 $S_1$  — 001,  $S_4$  — 100  
 $S_2$  — 010,  $S_5$  — 101

## 3. 状态转换真值

$Q_2Q_1Q_0$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$	$Q_0^{n+1}$	Y
0 0 0	0	0	1	<b>1</b>
0 0 1	0	1	0	<b>1</b>
0 1 0	0	1	1	<b>0</b>
0 1 1	1	0	0	<b>1</b>
1 0 0	1	0	1	<b>0</b>
1 0 1	0	0	0	<b>0</b>

## 4. 卡诺图化简

$Q_1Q_0$		00	01	11	10
$Q_2$	0	1	0	0	1
	1	1	0	X	X

$$D_0 = Q_0'$$

$Q_1Q_0$		00	01	11	10
$Q_2$	0	0	0	1	0
	1	1	0	X	X

$$D_2 = Q_2Q_0' + Q_1Q_0$$

$Q_1Q_0$		00	01	11	10
$Q_2$	0	0	1	0	1
	1	0	0	0	X

$$D_1 = Q_2'Q_1'Q_0 + Q_1Q_0'$$

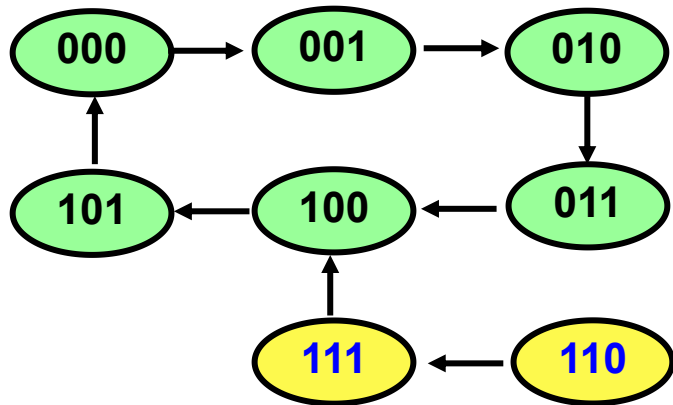
$Q_1Q_0$		00	01	11	10
$Q_2$	0	1	1	1	0
	1	0	0	X	X

$$Y = Q_2'Q_1' + Q_1Q_0$$

# 序列信号发生器的设计-1

## 5. 电路实现(略)

## 6. 检查无关项



时序电路可以  
自启动。

### 方法1：利用D触发器

- 序列信号长度为  $L$ ，则取  $L$  个不同的状态
- 每个状态下时序电路的输出就是序列信号中的一位。

# 序列信号发生器的设计-1

例1：设计一个 **110100** 序列信号发生器

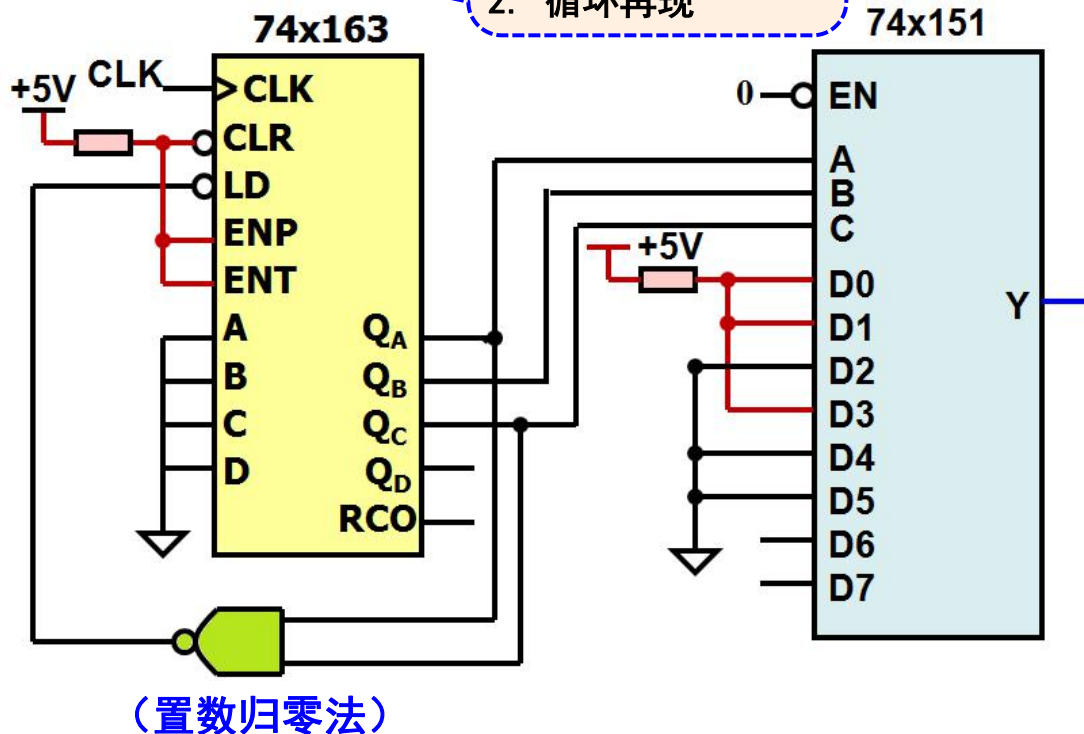
**方法2：** 利用计数器+数据选择器

大体思路：

1. 实现序列信号一个周期之内的波形
2. 循环再现

计数器+数据选择器  
设计序列信号发生器的方法

- ❑ 数据选择器74151的输入  $D_0$ - $D_5$  接成110100。
- ❑ 74163接成模6加法计数器
- ❑ 计数器输出连接到数据选择器的选择控制端CBA，经过循环选择产生所需序列。

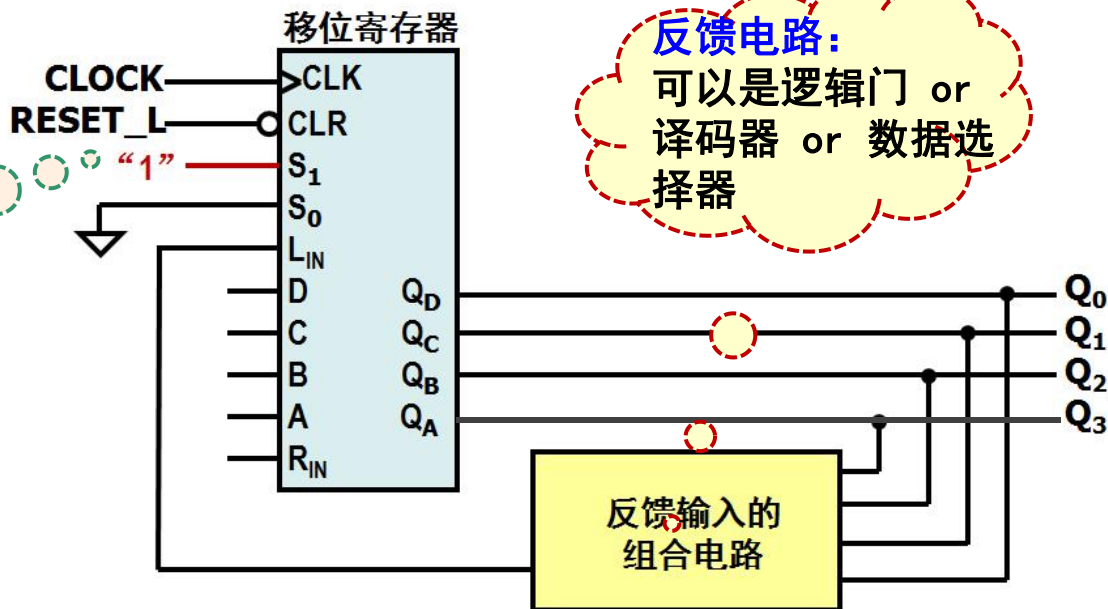


# 序列信号发生器的设计-2

例2：设计一个 **00010111** 序列信号发生器

**方法3：** 移位寄存器+反馈电路设计（逻辑门 or 译码器 or 数据选择器）

**原理：** 寄存器设置为左移模式，利用反馈电路为左移串行输入端提供输入





# 序列信号发生器的设计-2

例2：设计一个 **00010111**序列信号发生器

**方法3：**移位寄存器+反馈电路设计（逻辑门 or 译码器 or 数据选择器）

具体方法

□ 确定移位寄存器的位数。

序列信号长度为L，则移位寄存器的位数 $n$ 应满足：

$$2^n \geq L$$

**试探法：** $n$  为满足条件的最小值，将序列数据循环左移，画状态图。检查状态图中所有L个状态是否两两不同，是，则 $n$ 值可用；否则取 $n+1$ ，重复上述操作。

□ 画状态转换表，确定左移时最低位输入的卡诺图，求出表达式。如果有无关项，检察电路的自启动能力

□ 实现最低位反馈输入（逻辑门 or 译码器 or 数据选择器）

□ 取移位寄存器的某位输出即为所要求的序列信号。

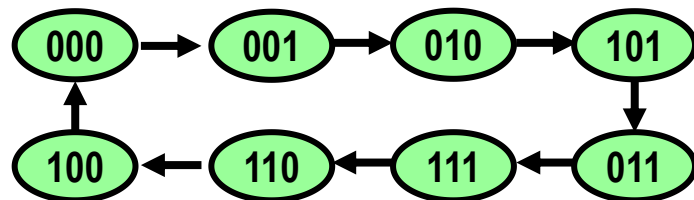
## 1. 确定移位寄存器位数

序列长度 $L=8$ ，则 $n=3$

## 2. 状态转换图

00010111

11000



用**74194**的低3位 $Q_B Q_C Q_D$ 输出

## 序列信号发生器的设计-2

### 例2：设计一个 00010111序列信号发生器

### 方法3: 移位寄存器+反馈电路设计

### 3. 状态转换真值表

$Q_B$	$Q_C$	$Q_D$	$L_{IN}$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	0
1	1	0	0
1	0	0	0

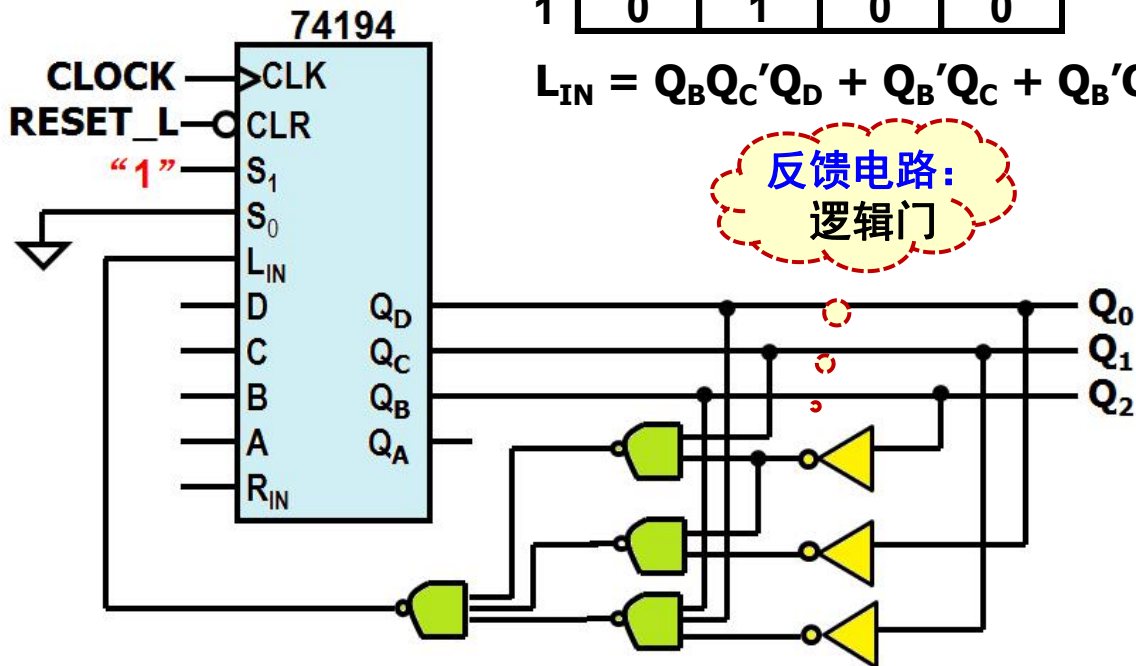
**Q<sub>B</sub>输出即为  
序列信号**

## 4.卡诺图化简

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0	1	0	1	1
	1	0	1	0	0

$$\mathbf{L}_{IN} = \mathbf{Q}_B \mathbf{Q}_C' \mathbf{Q}_D + \mathbf{Q}_B' \mathbf{Q}_C + \mathbf{Q}_B' \mathbf{Q}_D'$$

## 反馈电路： 逻辑门



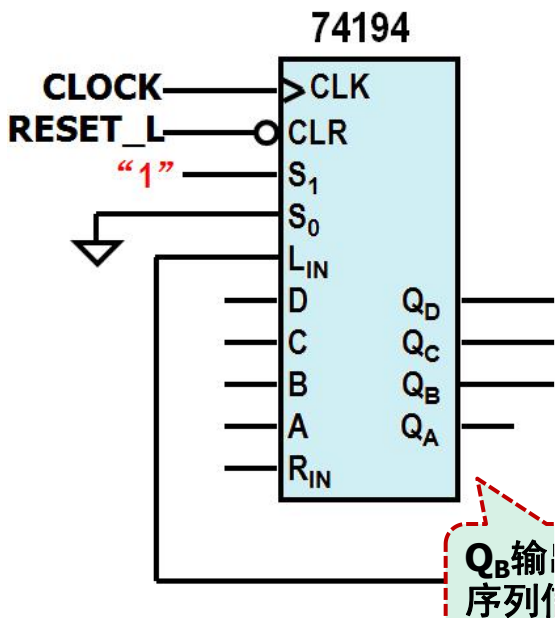
# 序列信号发生器的设计-2

例2: 设计一个 **00010111**序列信号发生器 **1~4. 同上**

**方法3:** 移位寄存器+反馈电路设计

$$\begin{aligned} L_{IN} &= Q_B Q_C' Q_D + Q_B' Q_C + Q_B' Q_D' \\ &= \sum m(0, 2, 3, 5) \end{aligned}$$

转换为最小项表达式



$Q_B Q_C Q_D$  分别接74151的选择控制端CBA, 则:

$$\begin{aligned} D_0 &= D_2 = D_3 = D_5 = 1, \\ D_1 &= D_4 = D_6 = D_7 = 0 \end{aligned}$$

反馈电路:  
数据选择器

# 序列信号发生器的设计-2

例2: 设计一个 00010111序列信号发生器 1~4. 同上

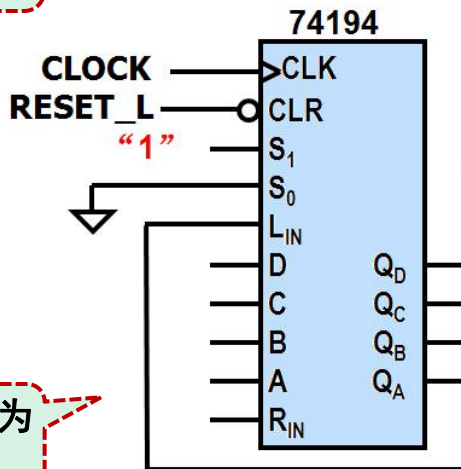
方法3: 移位寄存器+反馈电路设计

$$L_{IN} = Q_B Q_C' Q_D + Q_B' Q_C + Q_B' Q_D'$$
$$= \sum m(0, 2, 3, 5)$$

转换为最小项表达式

$Q_B Q_C Q_D$  分别接74138的地址输入端CBA, 则:

$Y_0, Y_2, Y_3, Y_5$  分别被译中时, 反馈回1, 否则反馈回0



$Q_B$  输出即为序列信号

反馈电路:  
译码器

# 序列信号发生器设计方法总结

## 方法总结

### 特殊类型

- 使用环形计数器设计
- 使用扭环计数器设计

### 任意类型

- 使用D触发器设计
- 使用计数器 + 数据选择器设计；
- 用移位寄存器+反馈电路设计（逻辑门 or 译码器 or 数据选择器）
- 用计数器 + PROM设计

# 用触发器设计同步时序逻辑—实例

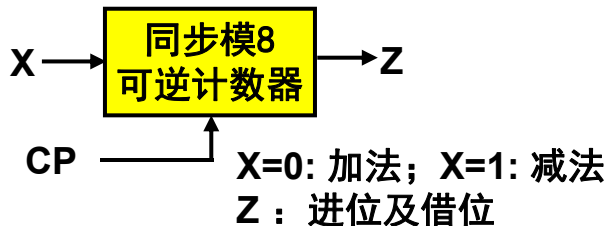
---

- 序列发生器
- 模8可逆计数器
- 自动售卖机
- 时序锁
- 二进制串行加法器
- 串行输入的8421BCD码检测器
- 奇偶校验器
- 更复杂的同步时序逻辑设计

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例1

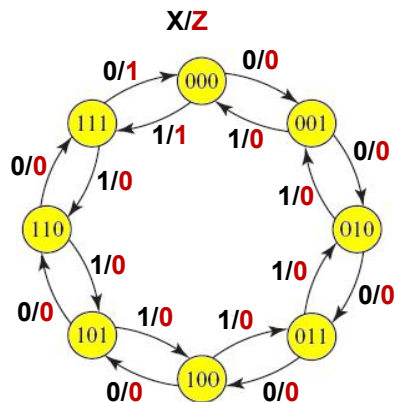
例1：利用T触发器设计一个同步模8可逆计数器

确定 $T_3$ ：看 $Q_3^n \rightarrow Q_3^{n+1}$   
确定 $T_2$ ：看 $Q_2^n \rightarrow Q_2^{n+1}$   
确定 $T_1$ ：看 $Q_1^n \rightarrow Q_1^{n+1}$



## 1. 原始状态图及状态表

需要3个T触发器



T触发器驱动表

输入端T	次态 $Q_{n+1}$
0	$Q_n$
1	$\bar{Q}_n$

## 2. 状态转换真值表

输入 现态				次态			输入 输出			
X	$Q_3^n$	$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_3^{n+1}$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	Z
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例1

## 3. 卡诺图化简

$XQ_3^n$	$Q_2^n Q_1^n$			
	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	0	1	0
11	1	0	0	0
10	1	0	0	0

$$T_3 = \overline{X} \overline{Q_2^n} Q_1^n + X \overline{Q_2^n} \overline{Q_1^n}$$

$XQ_3^n$	$Q_2^n Q_1^n$			
	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	0	0	1
10	1	0	0	1

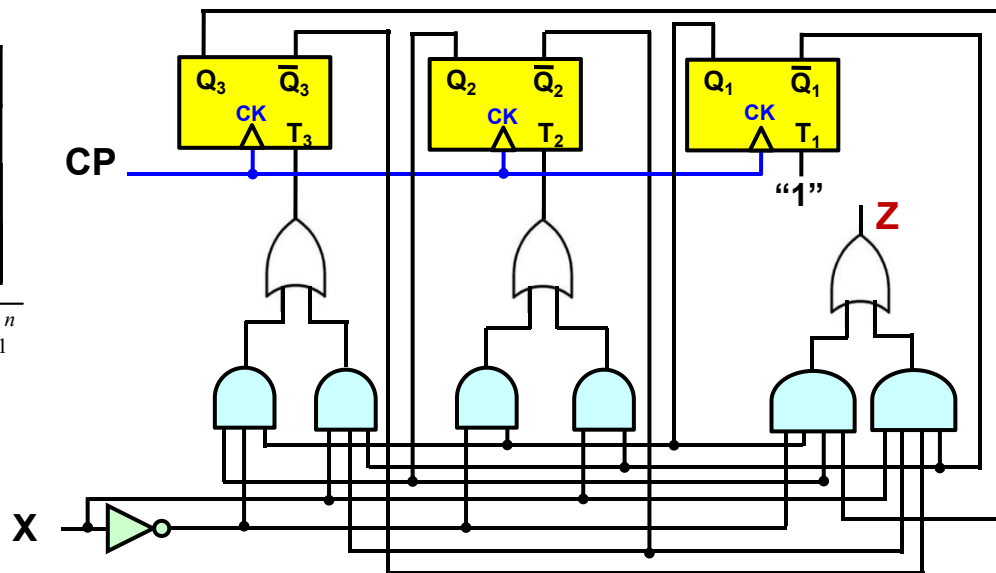
$$T_2 = \overline{X} Q_1^n + X \overline{Q_1^n}$$

$XQ_3^n$	$Q_2^n Q_1^n$			
	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
11	0	0	0	0
10	1	0	0	0

$$T_1 = 1$$

$$Z = X \overline{Q_3^n} \overline{Q_2^n} \overline{Q_1^n} + \overline{X} Q_3^n Q_2^n Q_1^n$$

## 4. 电路实现





# 用触发器设计同步时序逻辑—实例

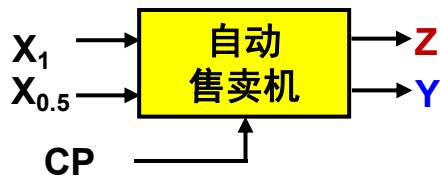
---

- 模8可逆计数器
- 自动售卖机
- 时序锁
- 二进制串行加法器
- 串行输入的8421BCD码检测器
- 奇偶校验器
- 更复杂的同步时序逻辑设计

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## 例2：利用D触发器设计一个自动售卖机

- 只接收硬币： 0.5 ¥ , 1 ¥
- 每次投币只接收一枚硬币
- 机器收到1.5 ¥ , 给出一瓶饮料
- 机器收到2.0 ¥ , 给出一瓶饮料, 找回0.5 ¥



$X_1 X_{0.5} = 00$ : 0 ¥

$X_1 X_{0.5} = 01$ : 0.5 ¥

$X_1 X_{0.5} = 10$ : 1 ¥

Y=1/ 0: 给/不给 饮料

Z=1/ 0 : 找零/不找零

## 1. 原始状态图及状态表

### ① 状态设定

$S_0$ —初始状态, 无投币

$S_1$ —机器收到0.5 ¥

$S_2$ —机器收到1.0 ¥ (2个 0.5 ¥, or 1个1.0 ¥ )

if (机器又收到1个0.5 ¥)

then Y=1, 且 Z=0, 回到  $S_0$

Else If (机器又收到1个1 ¥)

then Y=1, 且 Z=1, 回到  $S_0$

**Solution 1:**  
Mealy circuit

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

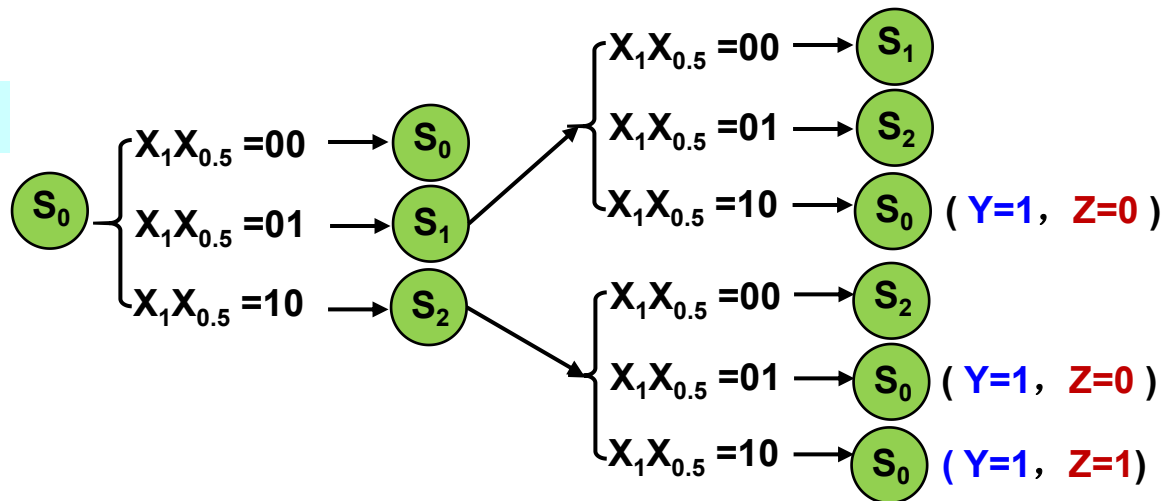
## ② 状态转换分析

**Solution 1:** Mealy circuit

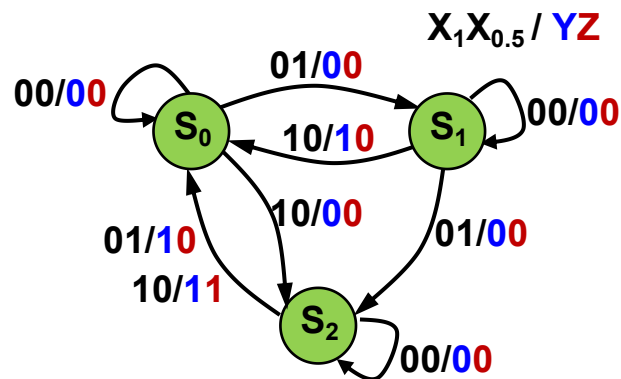
$S_0$ —无投币

$S_1$ —0.5 ¥

$S_2$ —机器收到1.0 ¥



## ③ Mealy 状态图



## ④ 状态表

现态 $S^n$	$S^{n+1} / Z$			
	$X_1X_{0.5}=00$	$X_1X_{0.5}=01$	$X_1X_{0.5}=10$	$X_1X_{0.5}=11$
$S_0$	$S_0 / 00$	$S_1 / 00$	$S_2 / 00$	$X / XX$
$S_1$	$S_1 / 00$	$S_2 / 00$	$S_0 / 10$	$X / XX$
$S_2$	$S_2 / 00$	$S_0 / 10$	$S_0 / 11$	$X / XX$

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## ④ 状态表

现态 $S^n$	$S^{n+1} / Z$			
	$X_1 X_{0.5}=00$	$X_1 X_{0.5}=01$	$X_1 X_{0.5}=10$	$X_1 X_{0.5}=11$
$S_0$	$S_0 / 00$	$S_1 / 00$	$S_2 / 00$	$X / XX$
$S_1$	$S_1 / 00$	$S_2 / 00$	$S_0 / 10$	$X / XX$
$S_2$	$S_2 / 00$	$S_0 / 10$	$S_0 / 11$	$X / XX$

## 2. 状态化简

## 3. 状态分配

$S_0$  — 00

$S_1$  — 01

$S_2$  — 10

需要2个D触发器

	0	1
0	$S_0$	$S_1$
1	$S_2$	

## 4. 状态转换真值

输入		现态		次态		输入		输出	
$X_1$	$X_{0.5}$	$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$	$D_2$	$D_1$	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	1	X	X	X	X	X	X
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	X	X	X	X	X	X
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## 5. 卡诺图化简

$X_1X_{0.5}$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00	0	0	X	1	
01	0	1	X	0	
11	X	X	X	X	
10	1	0	X	0	

$$D_2 = \bar{X}_1\bar{X}_{0.5}Q_2^n + Q_1^nX_{0.5} + X_1\bar{Q}_1^n\bar{Q}_2^n$$

$X_1X_{0.5}$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00	0	1	X	0	
01	1	0	X	0	
11	X	X	X	X	
10	0	0	X	0	

$$D_1 = \bar{X}_1\bar{X}_{0.5}Q_1^n + X_{0.5}\bar{Q}_1^n\bar{Q}_2^n$$

$X_1X_{0.5}$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00	0	0	X	0	
01	0	0	X	1	
11	X	X	X	X	
10	0	1	X	1	

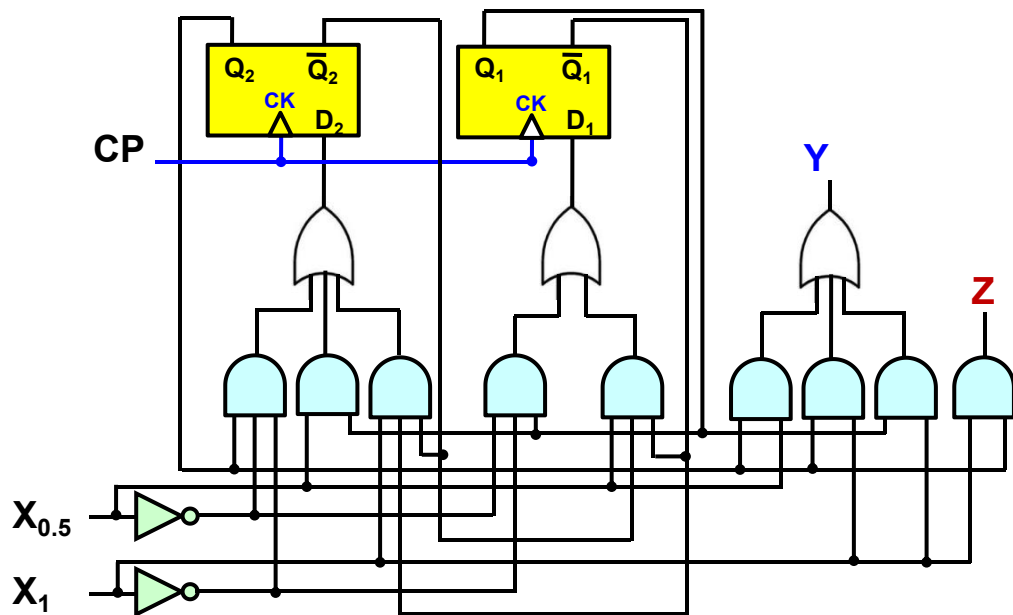
$$Y = Q_2^nX_{0.5} + Q_2^nX_1 + X_1Q_1^n$$

$X_1X_{0.5}$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00	0	0	X	0	
01	0	0	X	0	
11	X	X	X	X	
10	0	0	X	1	

$$Z = X_1Q_2^n$$

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## 6. 电路实现



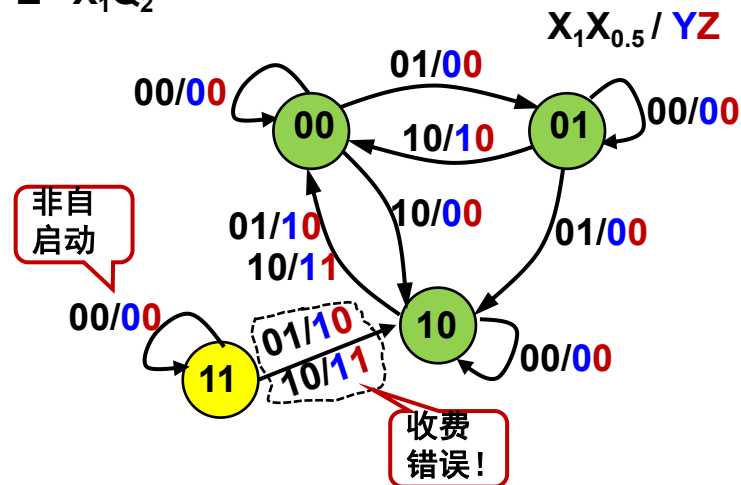
电路需要预置

## 7. 检查无关项

无关状态:  $Q_2^n Q_1^n = 11$

$X_1 X_{0.5}$  分别为 00, 01, 10 时, 带入计算

$$\begin{cases} Q_2^{n+1} = D_2 = \bar{X}_1 \bar{X}_{0.5} Q_1^n + Q_1 X_{0.5} + X_1 \bar{Q}_1^n \bar{Q}_2^n \\ Q_1^{n+1} = D_1 = \bar{X}_1 \bar{X}_{0.5} Q_2^n + X_{0.5} \bar{Q}_1^n \bar{Q}_2^n \\ Y = Q_2^n X_{0.5} + Q_2^n X_1 + X_1 Q_1^n \\ Z = X_1 Q_2^n \end{cases}$$



# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## 1. 原始状态图及状态表

### ① 状态设定 (标记收到的钱数)

$S_0$ —初始状态, 机器收到0 ¥

$S_1$ —机器收到0.5 ¥

$S_2$ —机器收到1.0 ¥

$S_3$ —机器收到1.5 ¥

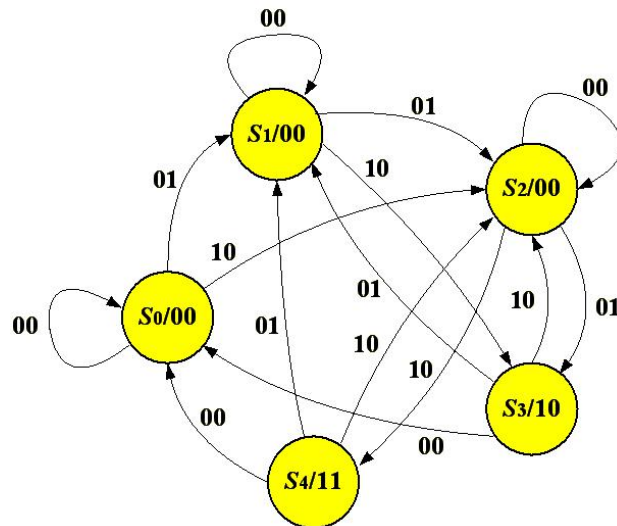
$S_4$ —机器收到2.0 ¥

**Solution 2:**  
Moor circuit

### ③ Moor 状态表

现态 $S_n$	次态 $S_{n+1}$			输出 YZ
	$X_1X_2 = 00$	$X_1X_2 = 01$	$X_1X_2 = 10$	
$S_0$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	00
$S_1$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	00
$S_2$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	00
$S_3$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	10
$S_4$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	11

### ② Moor 状态图



## 2. 状态化简

## 3. 状态分配

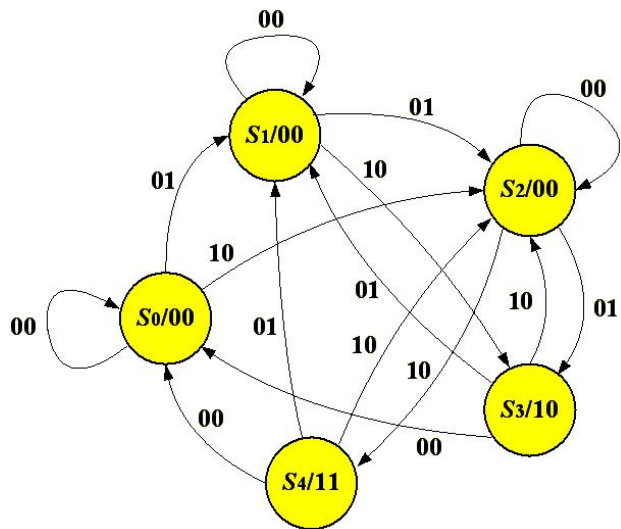
需要3个D触发器

$Q_2^n Q_1^n$		$Q_3^n$			
		00	01	11	10
0		$S_0$	$S_3$		$S_1$
1		$S_4$			$S_2$

$S_0$	000
$S_1$	010
$S_2$	110
$S_3$	001
$S_4$	100

Age Group	Percentage
18-24	100%
25-34	100%
35-44	100%
45-54	100%
55-64	100%

#### 4. 状态转换真值表



**S<sub>0</sub> — 000**

**S<sub>1</sub> — 010**

**S<sub>2</sub> — 110**

**S<sub>3</sub> — 001**

**S<sub>4</sub> — 100**

[illegible]



# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

## 5. 卡诺图化简

		$X_1=0$			
		$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11
$X_{0.5} Q_3^n$	00	0	0	X	0
	01	0	X	X	1
	11	0	X	X	0
	10	0	0	X	1

		$X_1=0$			
		$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11
$X_{0.5} Q_3^n$	00	0	0	X	1
	01	0	X	X	1
	11	1	X	X	0
	10	1	1	X	1

		$X_1=0$			
		$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11
$X_{0.5} Q_3^n$	00	0	0	X	0
	01	0	X	X	0
	11	0	X	X	1
	10	0	0	X	0

		$Q_2^n Q_1^n$		$X_1=1$	
		00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	00	1	1	X	0
	01	1	X	X	1
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

		$Q_2^n Q_1^n$		$X_1=1$	
		00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	00	1	1	X	0
	01	1	X	X	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$Q_2^n Q_1^n$		$X_1=1$			
		00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	00	0	0	X	1
	01	0	X	X	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$$D_3 = \bar{X}_{0.5} Q_3^n Q_2^n + \bar{Q}_3^n X_{0.5} Q_2^n + X_1 \bar{Q}_2^n$$

$$D_2 = \bar{X}_{0.5} Q_3^n + \bar{Q}_2^n X_{0.5} + X_1 \bar{Q}_2^n + \bar{X}_1 \bar{X}_{0.5} Q_2^n$$

$$D_1 = X_{0.5} Q_3^n Q_2^n + \bar{Q}_3^n X_1 Q_2^n$$

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例2

$X_1=0$

$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	0	1	X	0
00	0	1	X	0
01	1	X	X	0
11	1	X	X	0
10	0	1	X	1

$X_1=1$

$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	0	1	X	0
00	0	1	X	0
01	1	X	X	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$Y = \overline{Q_2^n} Q_3^n + Q_1^n$$

$X_1=0$

$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	0	0	X	0
00	0	0	X	0
01	1	X	X	0
11	1	X	X	0
10	0	0	X	0

$X_1=1$

$Q_2^n Q_1^n$	00	01	11	10
$X_{0.5} Q_3^n$	0	0	X	0
00	0	0	X	0
01	1	X	X	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$Z = \overline{Q_2^n} Q_3^n$$

$$\begin{cases} D_3 = \overline{X_{0.5}} Q_3^n Q_2^n + \overline{Q_3^n} X_{0.5} Q_2^n + X_1 \overline{Q_2^n} \\ D_2 = \overline{X_{0.5}} Q_3^n + \overline{Q_2^n} X_{0.5} + X_1 \overline{Q_2^n} + \overline{X_1} \overline{X_{0.5}} Q_2^n \\ D_1 = X_{0.5} Q_3^n Q_2^n + \overline{Q_3^n} X_1 Q_2^n \\ Y = \overline{Q_2^n} Q_3^n + Q_1^n \\ Z = \overline{Q_2^n} Q_3^n \end{cases}$$

6. 电路实现(略)

7. 检查无关项(略)

## Moor型电路与Mealy型电路比较

- Moor型电路中的状态总数相对要多一些，需要使用较多的触发器资源。
- Moor型电路的输出只与状态有关，输出没有毛刺。

# 用触发器设计同步时序逻辑—实例

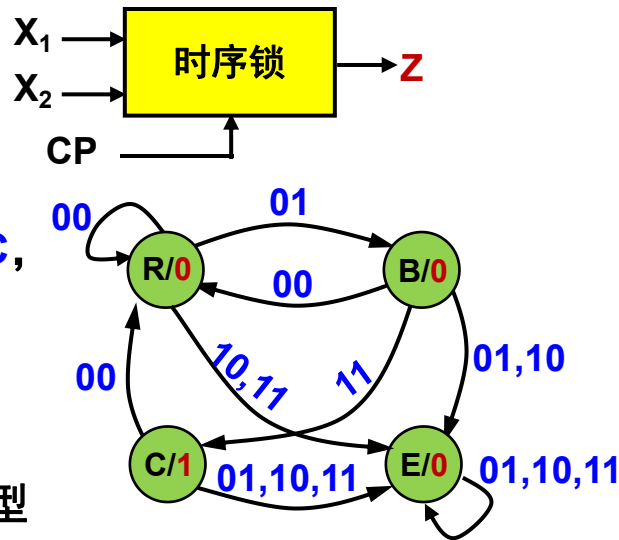
---

- 模8可逆计数器
- 自动售卖机
- 时序锁
- 二进制串行加法器
- 串行输入的8421BCD码检测器
- 奇偶校验器
- 更复杂的同步时序逻辑设计

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例3

## 例3：利用JK触发器设计一个时序锁

- 输入:  $X_1X_2$ , 输出:  $Z$
- 该锁内部有四个状态  $R$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $E$
- 依次输入00、01、11, 时序锁从状态  $R \rightarrow B \rightarrow C$ , 并开锁 ( $Z=1$ )
- 不是上述序列, 进入状态  $E$  (error)
- 任何时候只要输入00, 都将返回状态  $R$



摩尔型

## 1. 原始状态图及状态表

### ① 状态设定

$R$ —初始状态, 输入00

$B$ —输入00后, 再输入01

$C$ —输入00、01后, 再输入11, 且 $Z=1$

$E$ —错误状态

现态 $S_n$	次态 $S_{n+1}$				输出 $Z$
	$X_1X_2 = 00$	$X_1X_2 = 01$	$X_1X_2 = 11$	$X_1X_2 = 10$	
$R$	$R$	$B$	$E$	$E$	0
$B$	$R$	$E$	$C$	$E$	0
$C$	$R$	$E$	$E$	$E$	1
$E$	$R$	$E$	$E$	$E$	0

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例3

现态 $S_n$	次态 $S_{n+1}$				输出 $Z$
	$X_1X_2 = 00$	$X_1X_2 = 01$	$X_1X_2 = 11$	$X_1X_2 = 10$	
R	R	B	E	E	0
B	R	E	C	E	0
C	R	E	E	E	1
E	R	E	E	E	0

## 4. 状态转换真值表

$J_2 K_2$ : 看  $Q_2^n \rightarrow Q_2^{n+1}$   
 $J_1 K_1$ : 看  $Q_1^n \rightarrow Q_1^{n+1}$

输入		现态		次态		输入				输出
$X_1$	$X_2$	$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$Z$
0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0
0	0	0	1	0	0	0	X	X	1	0
0	0	1	0	0	0	X	1	0	X	0
0	0	1	1	0	0	X	1	X	1	1
0	1	0	0	0	1	0	X	1	X	0
0	1	0	1	1	0	1	X	X	1	0
0	1	1	0	1	0	X	0	0	X	0
0	1	1	1	1	0	X	0	X	1	1
1	0	0	0	1	0	1	X	0	X	0
1	0	0	1	1	0	1	X	X	1	0
1	0	1	0	1	0	X	0	0	X	0
1	0	1	1	1	0	X	0	X	1	1
1	1	0	0	1	0	1	X	0	X	0
1	1	0	1	1	1	1	X	X	0	0
1	1	1	0	1	0	X	0	0	X	0
1	1	1	1	1	0	X	0	X	1	1

## 2. 状态化简

## 3. 状态分配

需要2个JK触发器

R: 00, B: 01

E: 10, C: 11

	0	1
0	R	B
1	E	C

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例3

## 5. 卡诺图化简

$X_1X_2$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	0	X	X
01		0	1	X	X
11		1	1	X	X
10		1	1	X	X

$$J_2 = X_2Q_1^n + X_1$$

$X_1X_2$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		X	X	1	1
01		X	X	0	0
11		X	X	0	0
10		X	X	0	0

$$K_2 = \bar{X}_2\bar{X}_1$$

$X_1X_2$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	X	X	0
01		1	X	X	0
11		0	X	X	0
10		0	X	X	0

$$J_1 = \bar{X}_1X_2\bar{Q}_2^n$$

$X_1X_2$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		X	1	1	X
01		X	1	1	X
11		X	0	1	X
10		X	1	1	X

$$K_1 = Q_2^n + \bar{X}_2 + \bar{X}_1$$

$X_1Q_2$		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	0	1	0
01		0	0	1	0
11		0	0	1	0
10		0	0	1	0

$$Z = Q_2^nQ_1^n$$

# 利用触发器设计同步时序逻辑\_例3

## 6. 电路实现

$$\begin{cases} J_2 = X_2 Q_1^n + X_1 \\ K_2 = \overline{X_2} \overline{X_1} \\ J_1 = \overline{X_1} X_2 \overline{Q_2}^n \\ K_1 = Q_2^n + \overline{X_2} + \overline{X_1} \\ Z = Q_2^n Q_1^n \end{cases}$$

### 密码锁

- 一维开锁：密码正确
- 二维开锁：有限时间+密码正确
- 三维开锁：  
有限时间+有限按键次数+密码正确

