

# 第六章 时序逻辑电路

## 6.1 概述

## 6.2 时序逻辑电路的分析

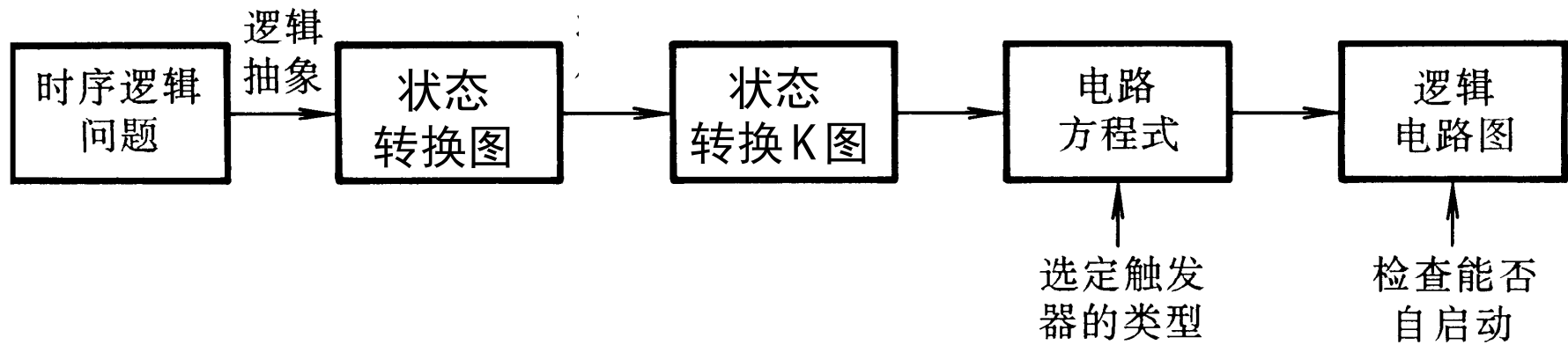
## 6.3,6.4 常用时序逻辑电路

## 6.5 时序逻辑电路的设计

- 计数器
- 序列信号 检测器

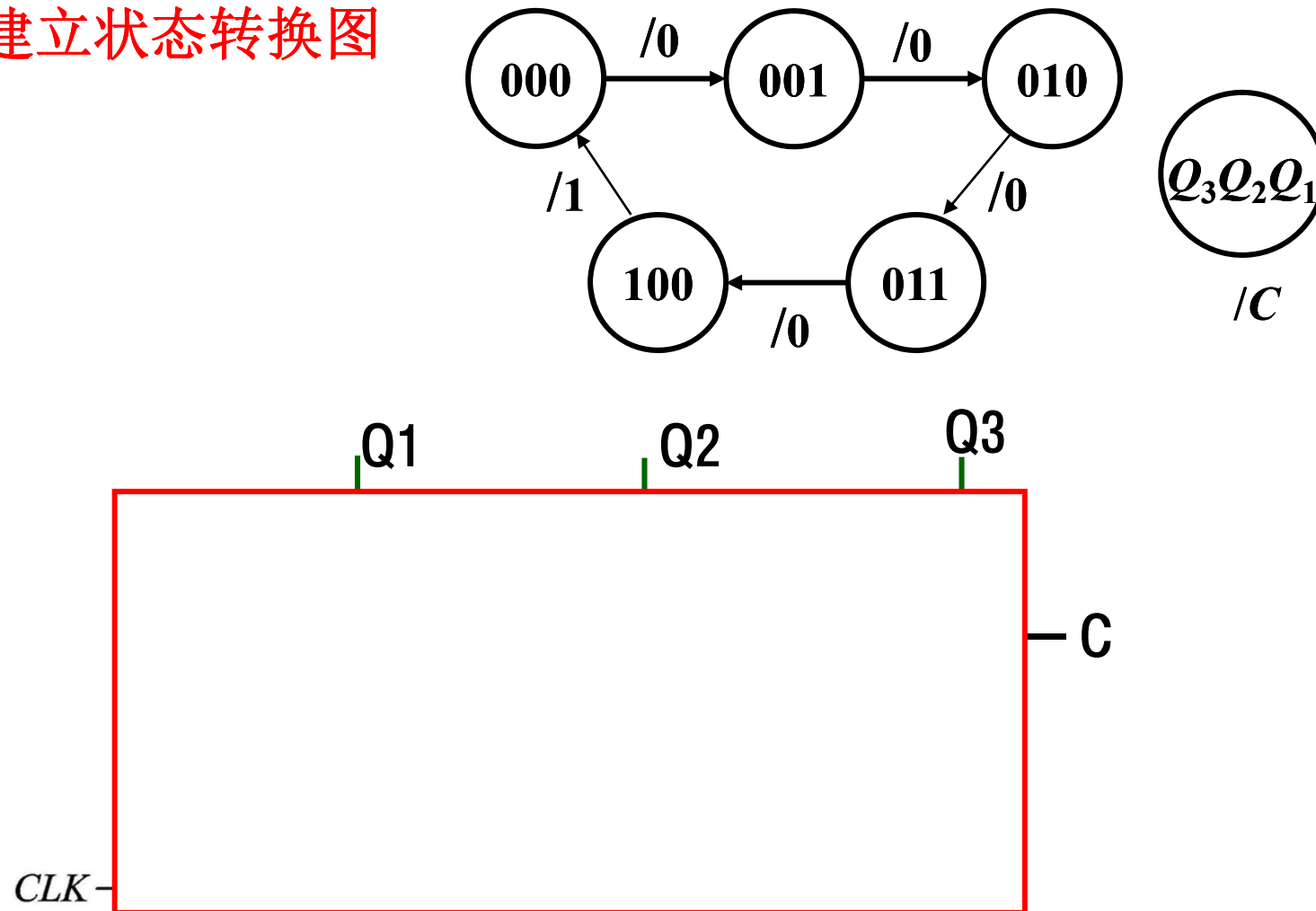
计数器(74161, 74160)  
寄存器 (74175)  
移位寄存器 (74194)

## 6.5 同步时序逻辑电路的设计



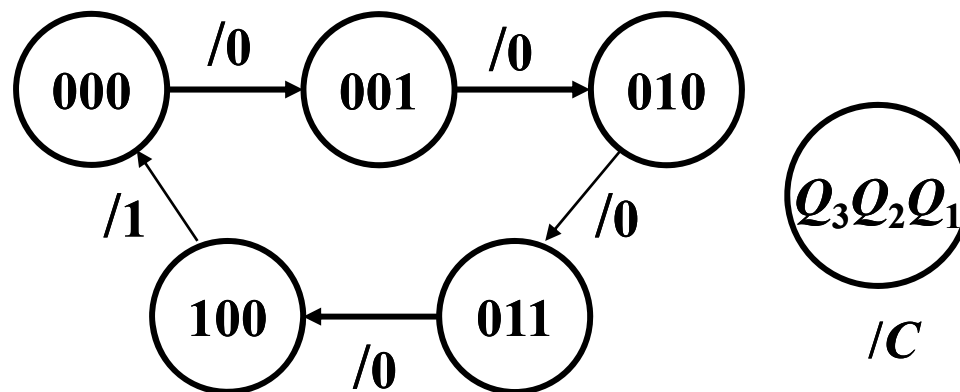
# 例1：用JK触发器设计一个模5计数器。

(1) 建立状态转换图

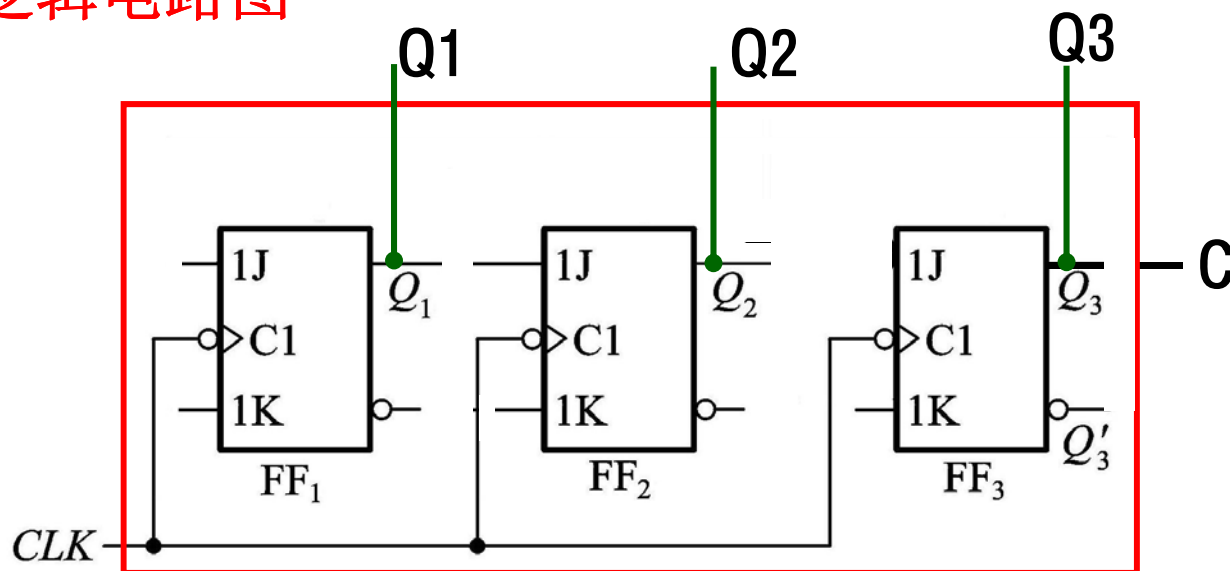


# 例1：用JK触发器设计一个模5计数器。

(1) 建立状态转换图

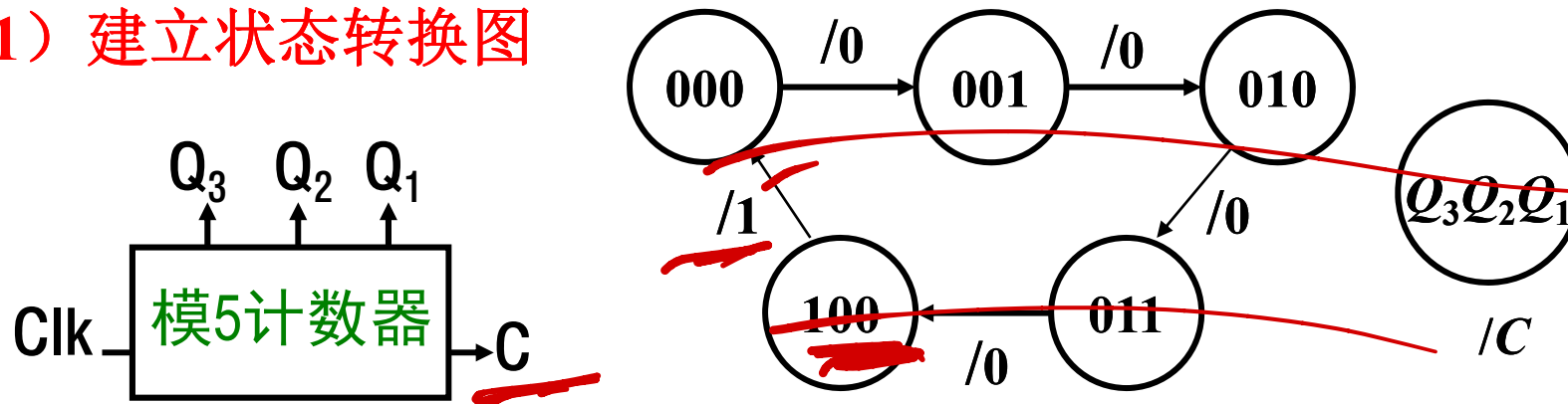


(4) 逻辑电路图



# 例1：用JK触发器设计一个模5计数器。

## (1) 建立状态转换图



## (2) K图 (用K图描述状态转换图, 然后求触发器输入)

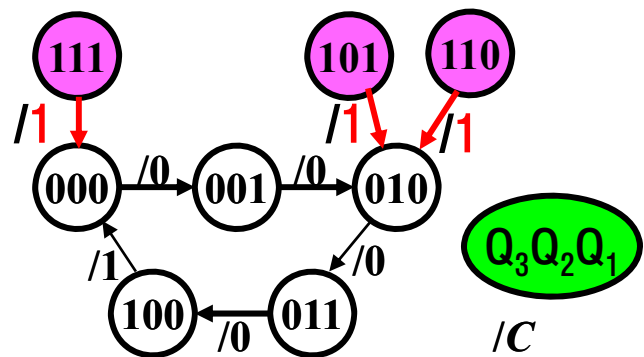
$Q_3 \backslash Q_2 Q_1$	00	01	11	10
0	000	010	100	011
1	000	xxx	xxx	xxx

$(Q_3 Q_2 Q_1)^*$

$Q_3 \backslash Q_2 Q_1$	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	x	x	x

$C$

$$C = Q_3$$



$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	x	x	x

$$Q_3^* = Q_2Q_1Q_3'$$

$$Q_3^* = J_3Q_3' + K_3'Q_3$$

$$J_3 = Q_2Q_1 \quad K_3 = 1$$

$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	001	010	100	011
1	000	xxx	xxx	xxx

$$(Q_3Q_2Q_1)^*$$

$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	x	x	x

$$Q_3^*$$

$$Q_2^* = Q_1Q_2' + Q_1'Q_2$$

$$Q_2^* = J_2Q_2' + K_2'Q_2$$

$$J_2 = Q_1, \quad K_2 = Q_1$$

### (3) 检查自启动

$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	001	010	100	011
1	000	010	000	010

$$(Q_3Q_2Q_1)^*$$

$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	0	x	x	x

$$Q_2^*$$

$$Q_1^* = Q_3'Q_1'$$

$$Q_1^* = J_1Q_1' + K_1'Q_1$$

$$J_1 = Q_3', \quad K_1 = 1$$

$Q_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	x	x	x

$$Q_1^*$$

$$C = Q_3$$

$C$

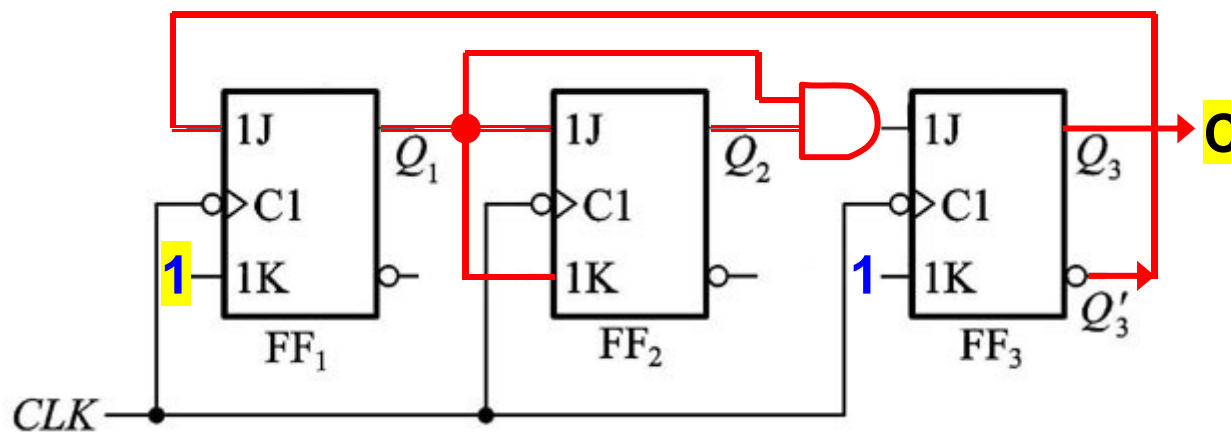
### (3) 检查自启动

$Q_3 Q_2 Q_1$	$Q'_3 Q'_2 Q'_1$	$C$
1 0 1	0 1 0	1
1 1 0	0 1 0	1
1 1 1	0 0 0	1

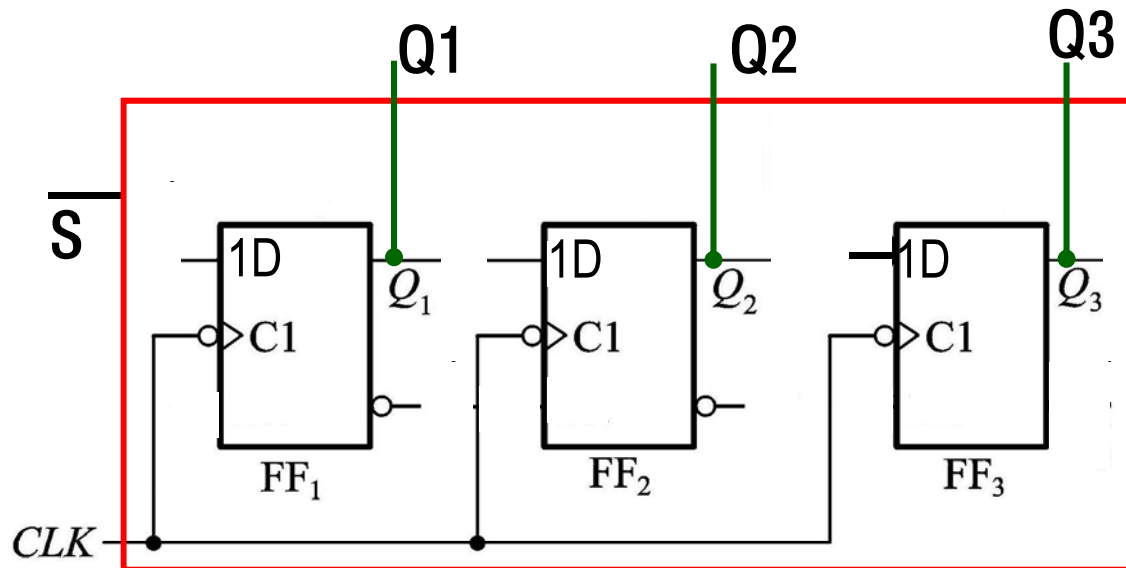
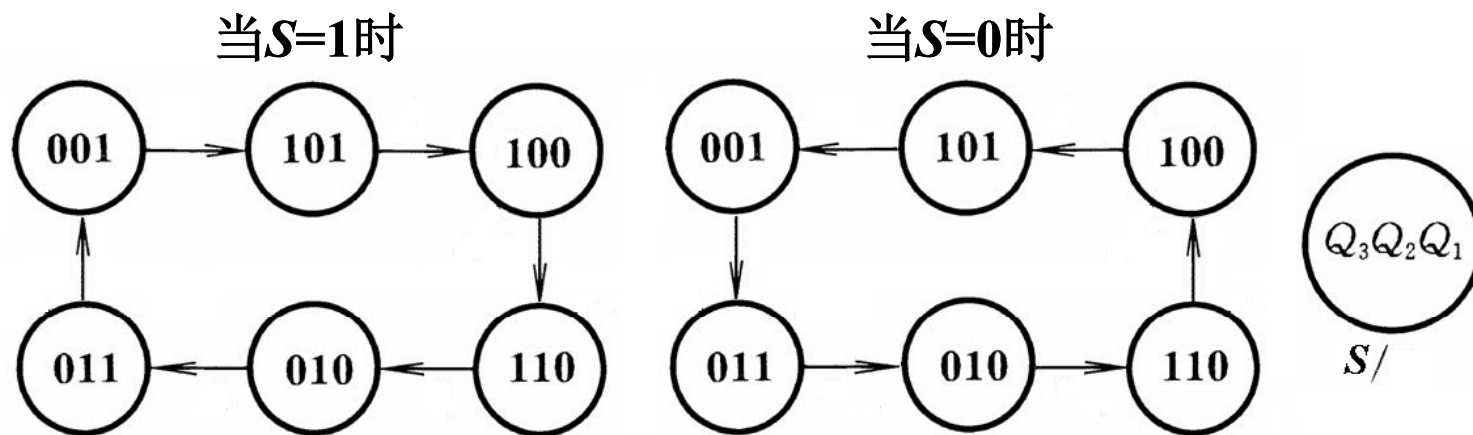
$$\begin{cases} Q_3^* = Q_2 Q_1 \underline{Q'_3} \\ Q_2^* = \underline{Q_1 Q'_2} + \underline{Q'_1 Q_2} \\ Q_1^* = \underline{Q'_3 Q'_1} \end{cases}$$

### (4) 逻辑电路图

$$\begin{cases} J_3 = Q_2 Q_1 & K_3 = 1 \\ J_2 = Q_1 & K_2 = Q_1 \\ J_1 = Q'_3 & K_1 = 1 \\ C = Q_3 \end{cases}$$



例2：用D触发器设计一个如下所示的可控模6计数器。



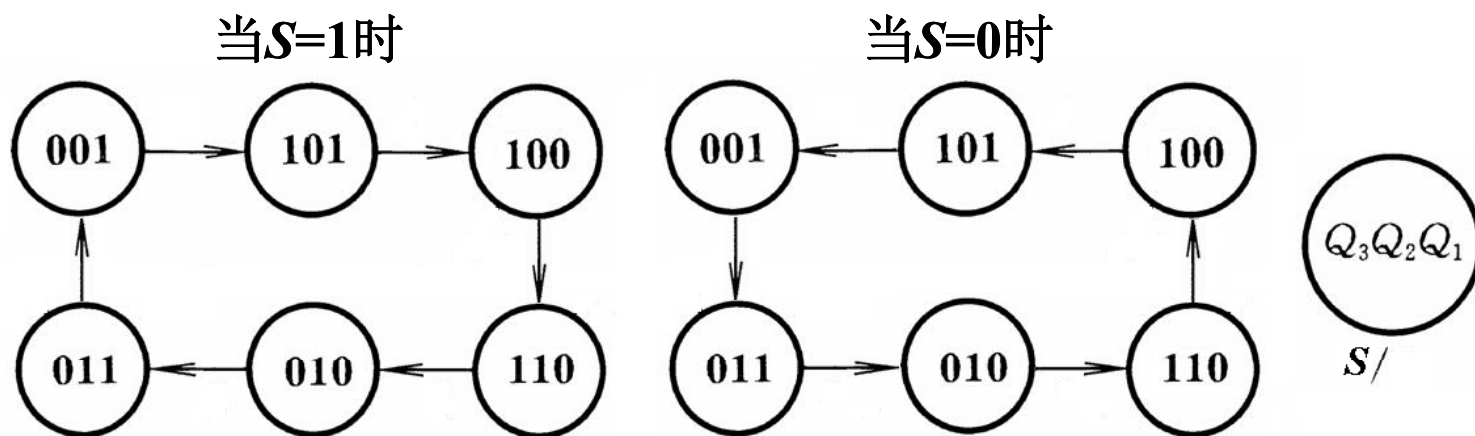
$S \quad Q_3 \quad Q_2 \quad Q_1 \quad Q_3^* \quad Q_2^* \quad Q_1^*$

1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	1

000



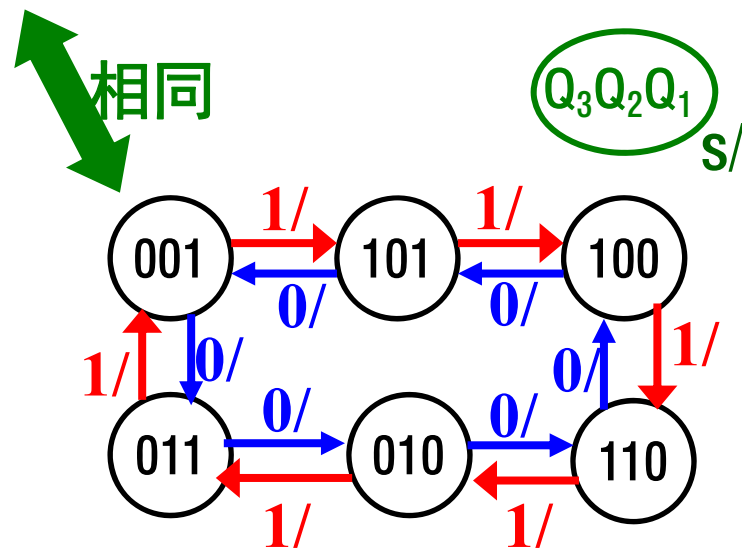
## 例2：用D触发器设计一个如下所示的可控模6计数器。



### (1) 次态K图

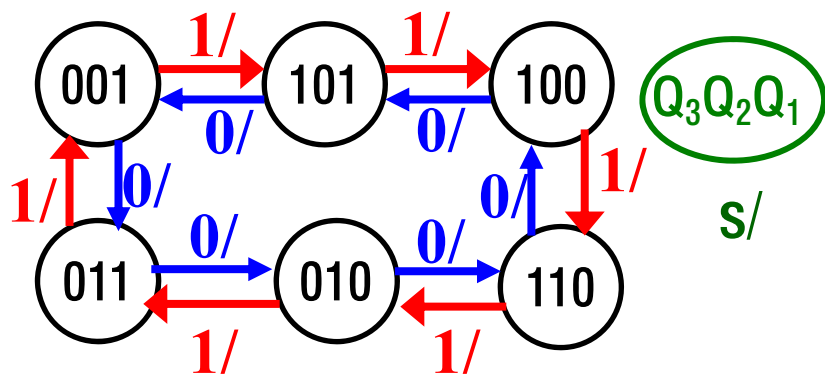
$S \backslash Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	XXX	011	010	110
01	101	001	XXX	100
11	110	100	XXX	010
10	XXX	101	001	011

$(Q_3 Q_2 Q_1)^*$



模6计数器的状态

不一定必须从000,001,010,...101递增循环  
也可以是任意顺序，只要有6个状态不断循环即可



### (1) 次态K图

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	xx✓	011	010	110
01	101		xxx	100
11			xxx	
10	xxx			

$(Q_3Q_2Q_1)^*$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	0	0	1
01	1	0	X	1
11	1	1	X	0
10	X	1	0	0

$Q_3^* = ?$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	1	1
01	0	0	X	0
11	1	0	X	1
10	X	0	0	1

$Q_2^* = ?$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	0	0
01	1	1	X	0
11	0	0	X	0
10	X	1	1	1

$Q_1^* = ?$

# (1) 次态K图

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	xxx	011	010	110
01	101	001	xxx	100
11	110	100	xxx	010
10	xxx	101	001	011

$(Q_3Q_2Q_1)^*$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	0	0	1
01	1	0	X	1
11	1	1	X	0
10	X	1	0	0

$Q_3^*$

$$Q_3^* = S'Q_1' + SQ_2' = D_3$$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	1	1
01	0	0	X	0
11	1	0	X	1
10	X	0	0	1

$Q_2^*$

$$Q_2^* = S'Q_3' + SQ_1' = D_2$$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	0	0
01	1	1	X	0
11	0	0	X	0
10	X	1	1	1

$Q_1^*$

$$Q_1^* = S'Q_2' + SQ_3' = D_1$$

# (1) 次态K图

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	111	011	010	110
01	101	001	000	100
11	110	100	000	010
10	111	101	001	011

$(Q_3Q_2Q_1)^*$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	0	0	1
01	1	0	X	1
11	1	1	X	0
10	X	1	0	0

$Q_3^*$

$$Q_3^* = S'Q_1' + SQ_2' = D_3$$

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	1	1
01	0	0	X	0
11	1	0	X	1
10	X	0	0	1

$Q_2^*$

$$Q_2^* = S'Q_3' + SQ_1' = D_2$$

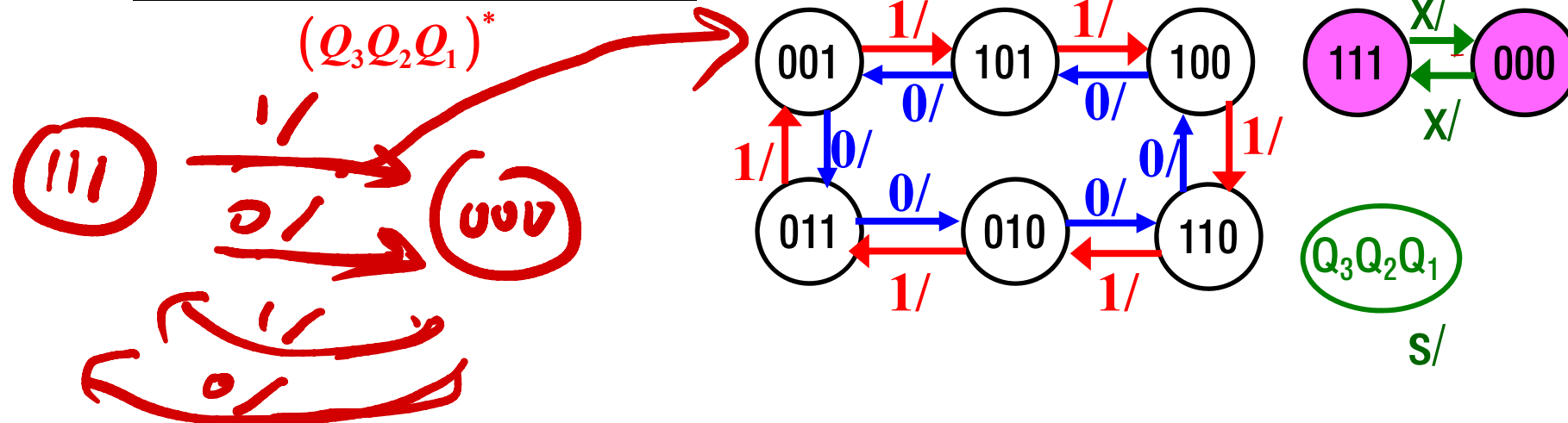
$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	1	0	0
01	1	1	X	0
11	0	0	X	0
10	X	1	1	1

$Q_1^*$

$$Q_1^* = S'Q_2' + SQ_3' = D_1$$

## (2) 检查自启动(方法I)

$sQ_3 \backslash Q_2Q_1$	<u>00</u>	01	<u>11</u>	10
<u>00</u>	<b>111</b>	011	010	110
<u>01</u>	101	001	<b>001</b>	100
<u>11</u>	110	100	<b>001</b>	010
10	<b>111</b>	101	001	011



000 → 111 → 001

## (2) 检查自启动(方法II)

$S=1$ 时,  $Q_3Q_2Q_1$   $000 \rightarrow 111 \rightarrow 000$

$S=0$ 时,  $Q_3Q_2Q_1$   $000 \rightarrow 111 \rightarrow 000$

此电路不能自启动

$$Q_3^* = S'Q_1' + SQ_2'$$

$$Q_2^* = S'Q_3' + SQ_1'$$

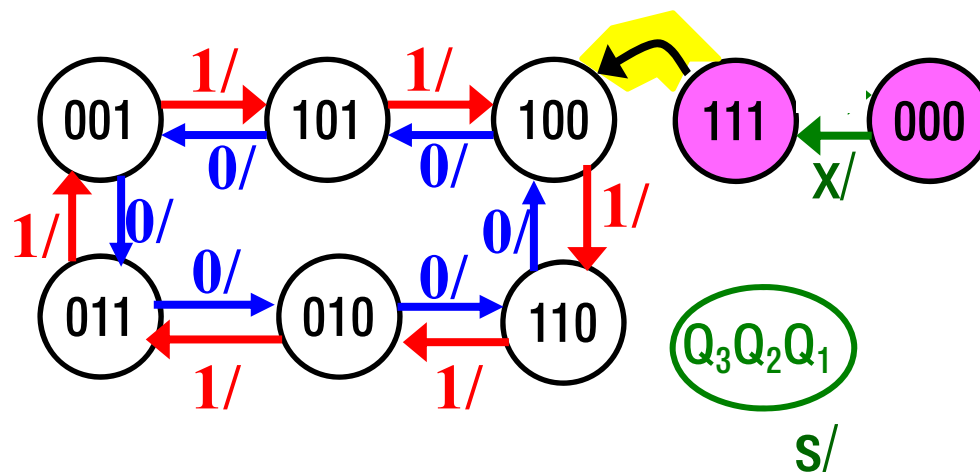
$$Q_1^* = S'Q_2' + SQ_3'$$

## (3) 修改K图

$SQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	X	0	0	1
01	1	0	X	1
11	1	1	X	0
10	X	1	0	0

$Q_3^*$

$$Q_3^* = S'Q_1' + SQ_2' + Q_3Q_2Q_1$$



$S=1$ 时,  $Q_3Q_2Q_1$   $000 \rightarrow 111 \rightarrow 100$

$S=0$ 时,  $Q_3Q_2Q_1$   $000 \rightarrow 111 \rightarrow 100$

**练习1** 分析移位型计数器  
是几进制，能否自启动。

1) 驱动方程      状态方程

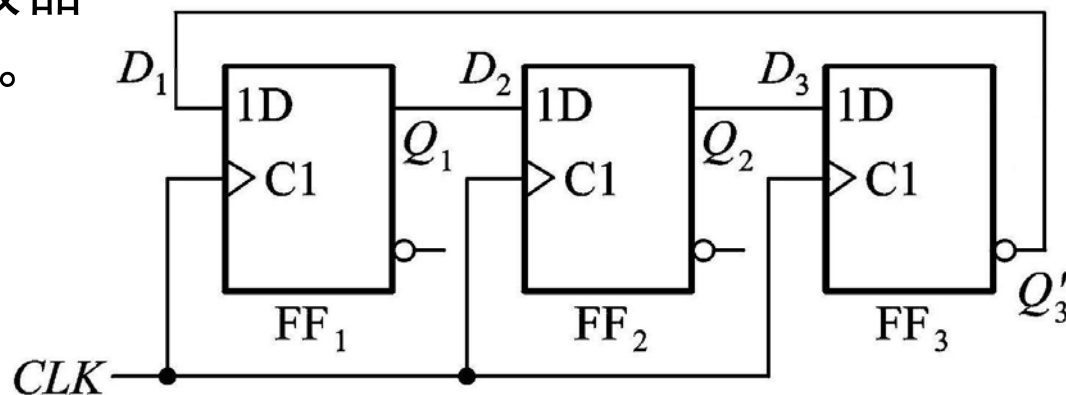
$$D_3 = Q_1 \quad Q_3^* = Q_2$$

$$D_2 = Q_1 \quad Q_2^* = Q_1$$

$$D_1 = Q_3' \quad Q_1^* = Q_3'$$

2) 状态转换表

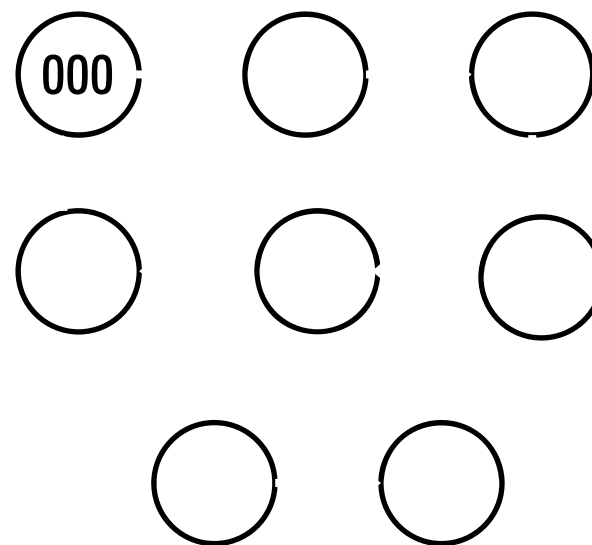
$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_3^*$	$Q_2^*$	$Q_1^*$
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0



3) 状态转换图

$Q_3 Q_2 Q_1$

4) 功能分析



**练习1** 分析移位型计数器  
是几进制，能否自启动。

1) 驱动方程      状态方程

$$D_3 = Q_2 \quad Q_3^* = Q_2$$

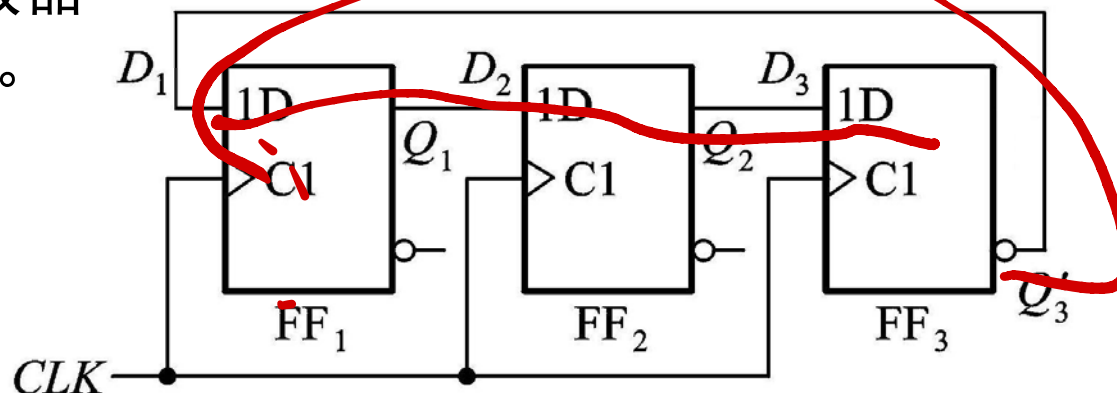
$$D_2 = Q_1 \quad Q_2^* = Q_1$$

$$D_1 = Q_3' \quad Q_1^* = Q_3'$$

2) 状态转换表

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_3^*$	$Q_2^*$	$Q_1^*$
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

扭环计数器

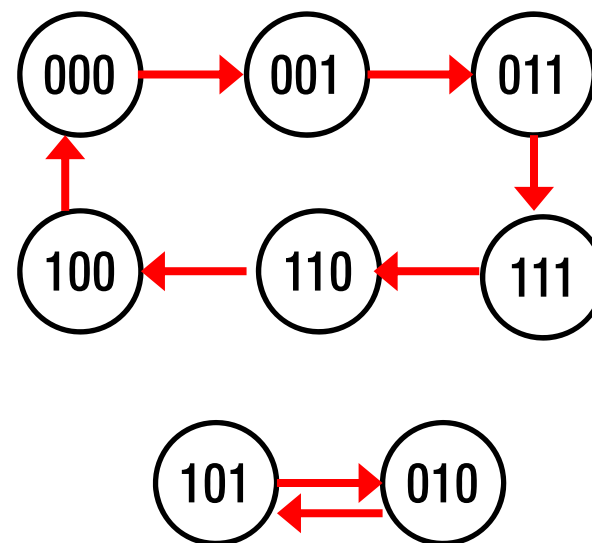


3) 状态转换图

$(Q_3 Q_2 Q_1)$

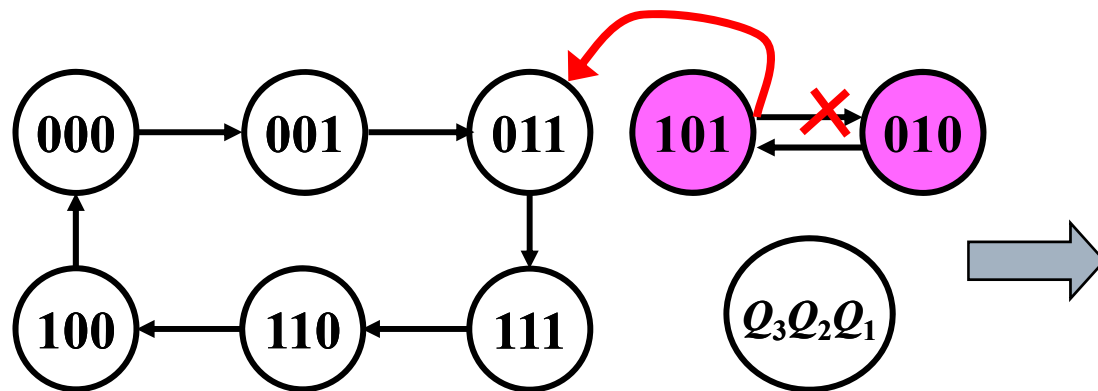
4) 功能分析

六进制计数器  
不能自启动





# 练习1 先修改总K图，使得能自启动(保留 $Q_1 \rightarrow D_1, Q_2 \rightarrow D_2$ 的移位关系)



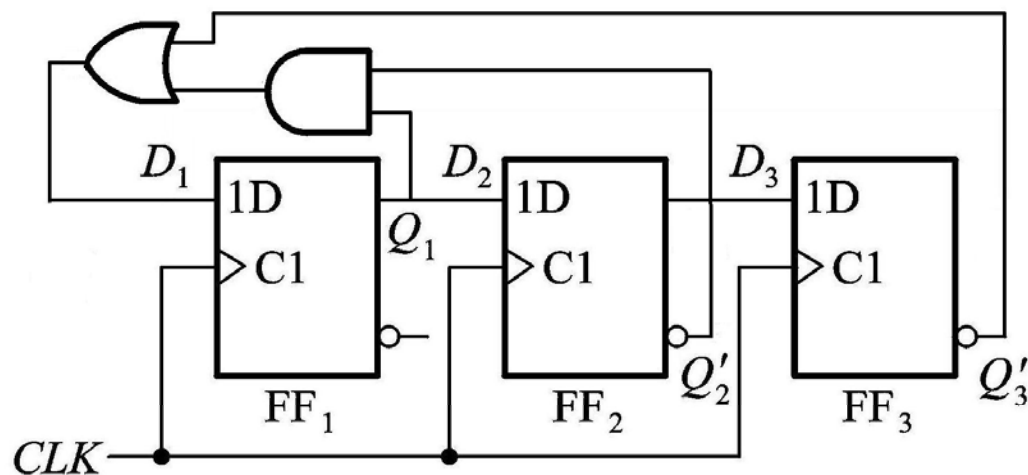
次态K图

$Q_2Q_1$		00	01	11	10
$Q_3$					
0	00	1	1	1	1
1	00	0	1	0	0

$(Q_3Q_2Q_1)^*$

然后根据修改后的总K图，得到 $Q_1^*$ 分K图，求出 $D_1$ 的新逻辑式

只需设计 $D_1$

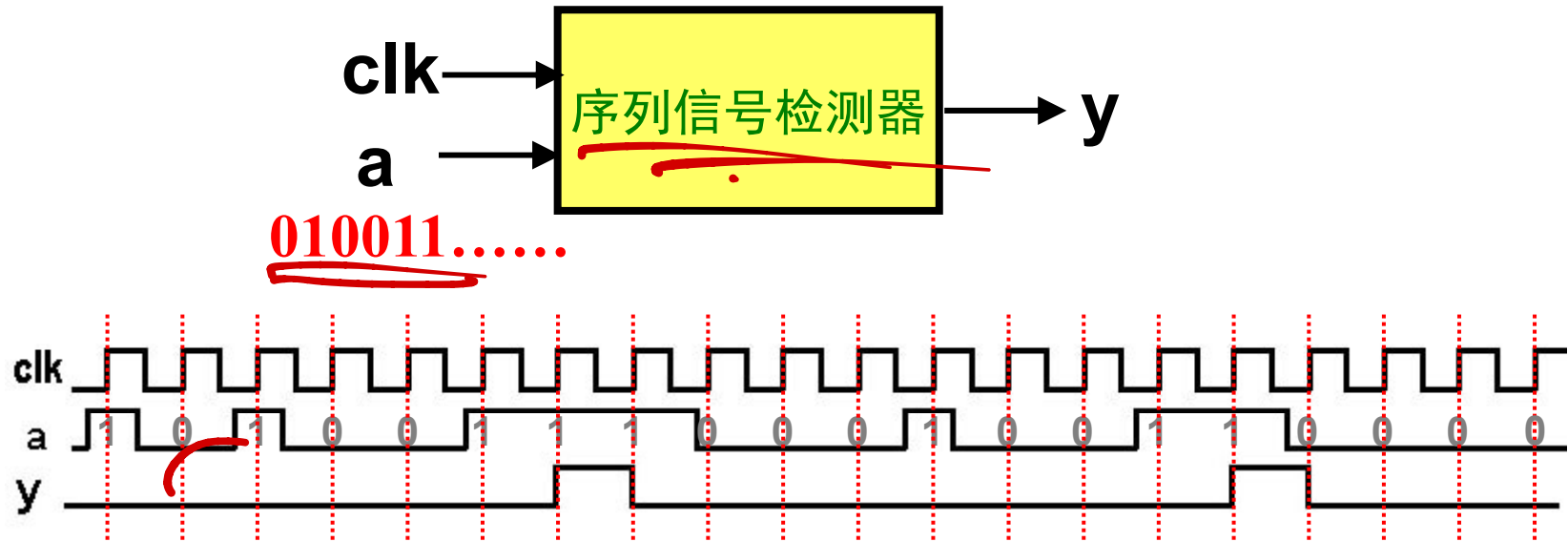


$Q_2Q_1$		00	01	11	10
$Q_3$					
0		1	1	1	1
1		0	1	0	0

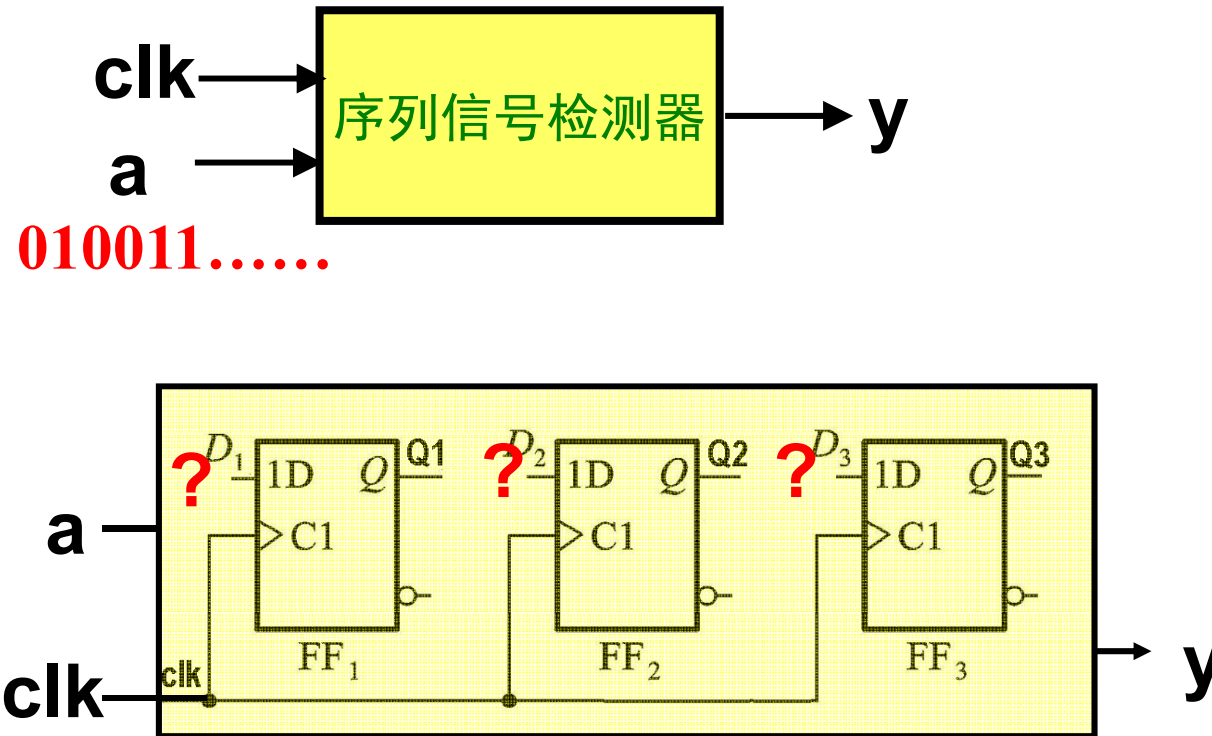
$Q_1^*$

$$D_1 = Q_1^* = Q_3' + Q_2'Q_1$$

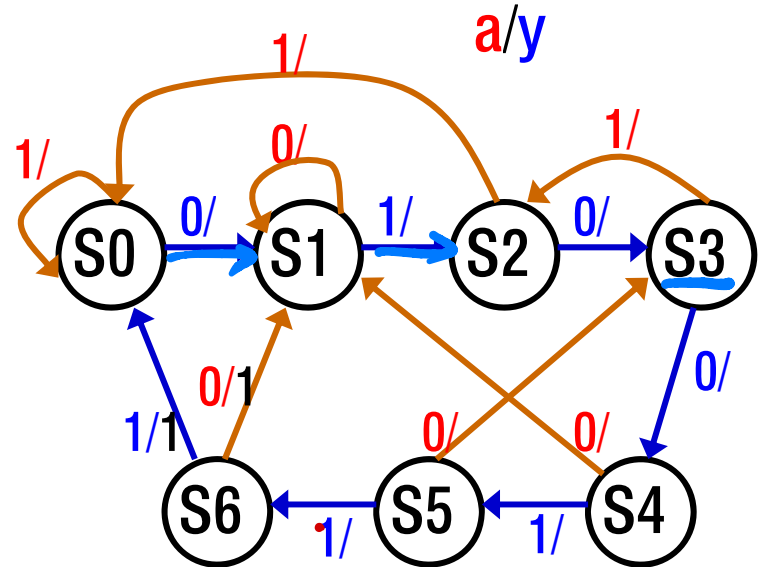
**例3:** 设计一个串行输入的序列信号检测器，每来一个时钟，输入端a送入一个数据，当检测到一个完整的序列“010011”之后，要求输出端y 送出一个指示信号1.



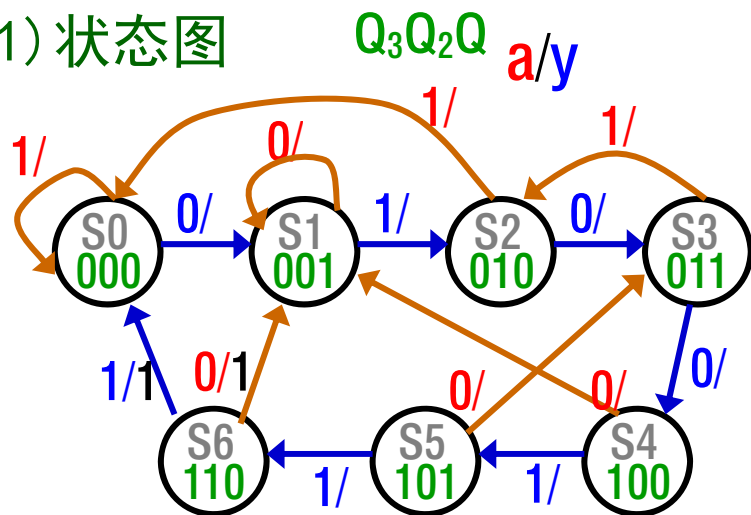
**例3：**设计一个串行输入的序列信号检测器，每来一个时钟，输入端a送入一个数据，当检测到一个完整的序列”010011”之后，要求输出端y 送出一个指示信号1.



\_\_\_\_\_



### 1) 状态图



### 2) 状态分配, K图及化简

$aQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	001	001	100	011
01	001	011	110	001
11	101	110	010	000
10	000	010	010	000

$(Q_3Q_2Q_1)^*$

$aQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	0	x	0
11	1	1	x	0
10	0	0	0	0

$Q_3^*$

$$Q_3^* = a'Q_2Q_1 + aQ_3Q_2'$$

$$D3 = Q_3^*$$

$aQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	0	1	x	0
11	0	1	x	0
10	0	1	1	0

$Q_2^*$

$$Q_2^* = a'Q_3'Q_2Q_1' + Q_3Q_1 + \dots$$

$$D2 = Q_2^*$$

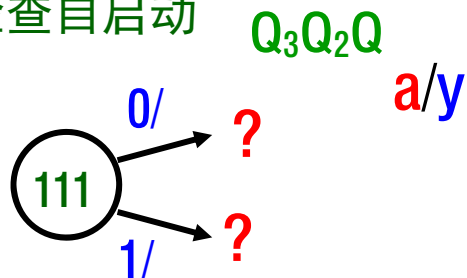
$aQ_3 \backslash Q_2Q_1$	00	01	11	10
00	1	1	0	1
01	1	1	x	1
11	1	0	x	0
10	0	0	0	0

$Q_1^*$

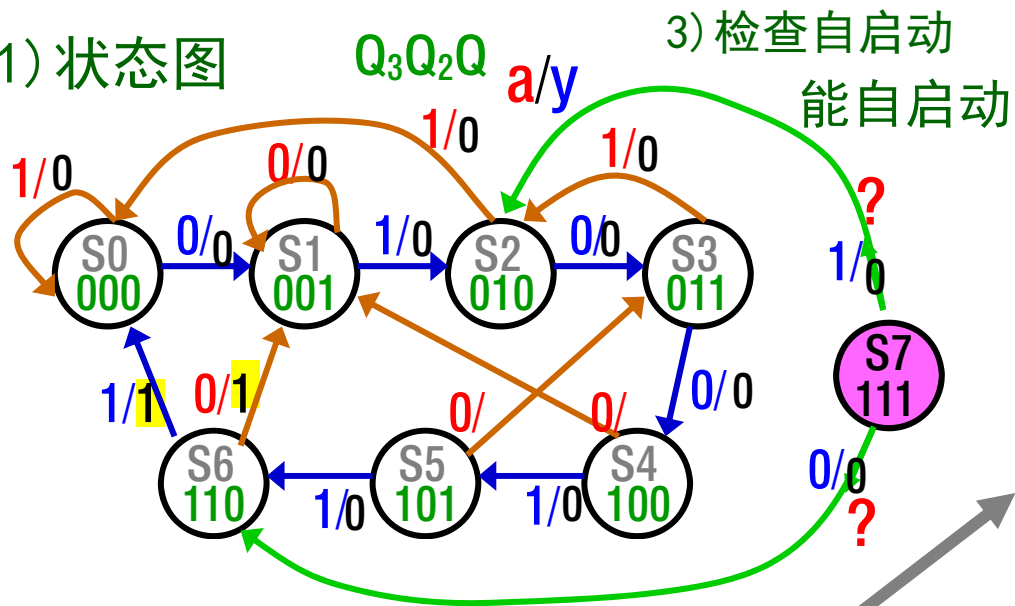
$$Q_1^* =$$

$$D1 = Q_1^*$$

### 3) 检查自启动



# 1) 状态图



# 2) 状态分配, K图及化简

Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub>		aQ <sub>3</sub>			
		00	01	11	10
00	001	001	100	011	
01	001	011	110	001	
11	101	110	010	000	
10	000	010	010	000	

Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub>		(Q <sub>3</sub> Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> ) <sup>*</sup>			
		00	01	11	10
00	0	0	0	0	0
01	0	0	0	x	1
11	0	0	0	x	1
10	0	0	0	0	0

y

$$Y = Q_3 Q_2 Q_1' \\ 110$$

$Q_2Q_1$		$aQ_3$			
		00	01	11	10
00	0	0	1	0	
01	0	0	x	0	
11	1	1	x	0	
10	0	0	0	0	

$Q_3^*$

$$Q_3^* = aQ_3Q_2' + a'Q_2Q_1$$

$Q_2Q_1$		$aQ_3$			
		00	01	11	10
00	0	0	0	0	1
01	0	1	x	0	
11	0	1	x	0	
10	0	1	1	0	

$Q_2^*$

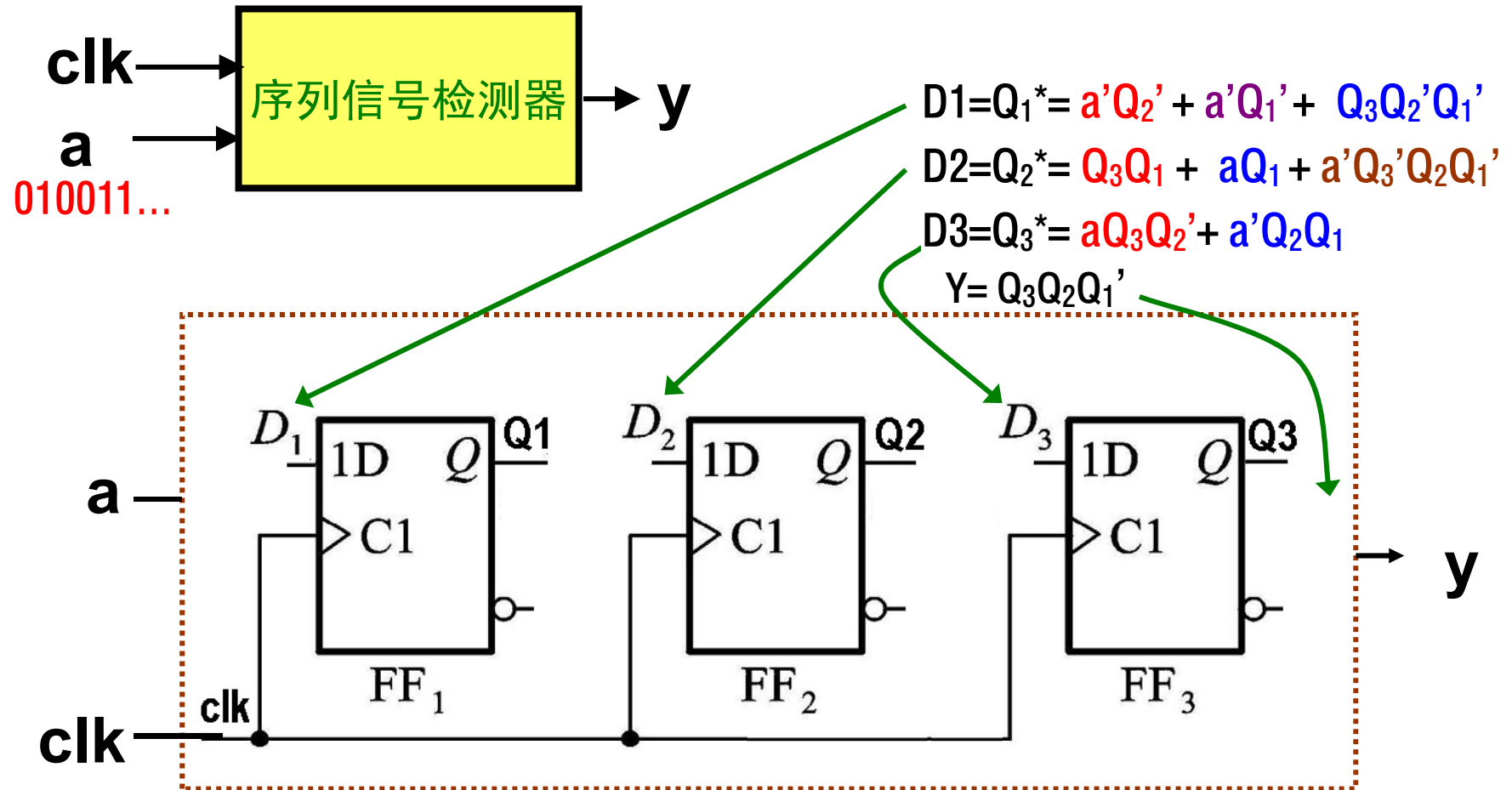
$$Q_2^* = Q_3Q_1 + aQ_1 + a'Q_3'Q_2Q_1'$$

$Q_2Q_1$		$aQ_3$			
		00	01	11	10
00	1	1	0	1	
01	1	1	x	1	
11	1	0	x	0	
10	0	0	0	0	

$Q_1^*$

$$Q_1^* = a'Q_2' + a'Q_1' + Q_3Q_2'Q_1'$$

#### 4) 逻辑电路图(略)



例5：设计一个自动售饮料机的逻辑电路。每次只允许投入一枚五角或一元的硬币。投入一元五角硬币后，机器给出一瓶饮料；投入两元（两枚一元）硬币后，在给出饮料的同时找回五角钱。



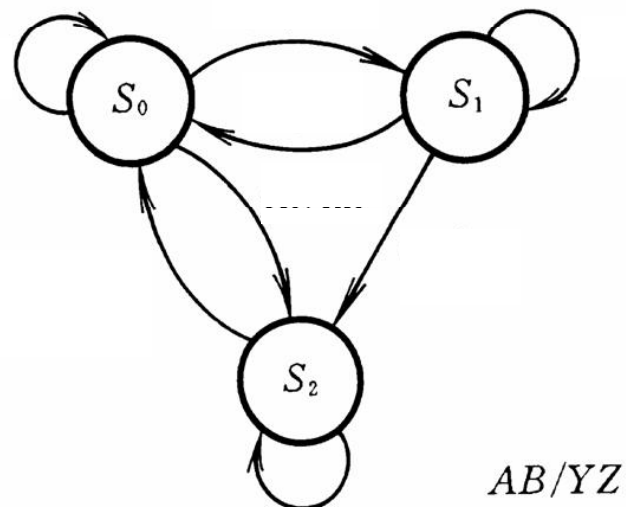


例5：设计一个自动售饮料机的逻辑电路。每次只允许投入一枚五角或一元的硬币。投入一元五角硬币后，机器给出一瓶饮料；投入两元（两枚一元）硬币后，在给出饮料的同时找回五角钱。

### 一、抽象、画出状态转换图

输入				输出			
一元硬币 <b>A</b>		五角硬币 <b>B</b>		是否给饮料 <b>Y</b>		是否找钱 <b>Z</b>	
投	未投	投	未投	给	未给	找	未找
1	0	1	0	1	0	1	0

输入	状态 <b>S</b>
未投币前	$S_0$
投入五角后	$S_1$
投入一元后	$S_2$



## 二、状态分配

取 $n=2$ , 令  $Q_1Q_0$  的 00、01、10 为  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$

则,

$Q_1Q_0 \backslash AB$	00	01	11	10
00	00/00	01/00	XX/XX	10/00
01	01/00	10/00	XX/XX	00/10
11	XX/XX	XX/XX	XX/XX	XX/XX
10	10/00	00/10	XX/XX	00/11

$Q_1^*Q_0^* \backslash AB$	00	01	11	10
00	0	0	X	1
01	0	1	X	0
11	X	X	X	X
10	1	0	X	0

$Q_1^*Q_0^* / YZ$

$$Q_1^* = Q_1A'B' + Q_1'Q_0'A + Q_0B$$

$Q_1^*Q_0^* \backslash AB$	00	01	11	10
00	0	1	X	0
01	1	0	X	0
11	X	X	X	X
10	0	0	X	0

$$Q_0^* = Q_1'Q_0'B + Q_0A'B'$$

$Q_1^*Q_0^* \backslash AB$	00	01	11	10
00	0	0	X	0
01	0	0	X	1
11	X	X	X	X
10	0	1	X	1

$$Y = Q_1B + Q_1A + Q_0A$$

$Q_1^*Q_0^* \backslash AB$	00	01	11	10
00	0	0	X	0
01	0	0	X	0
11	X	X	X	X
10	0	0	X	1

$$Z = Q_1A$$

### 三、选用D触发器，求方程组

$$D_1 = Q_1^* = Q_1 A' B' + Q_1' Q_0' A + Q_0 B$$

$$D_0 = Q_0^* = Q_1' Q_0' B + Q_0 A' B'$$

$$Y = Q_1 B + Q_1 A + Q_0 A$$

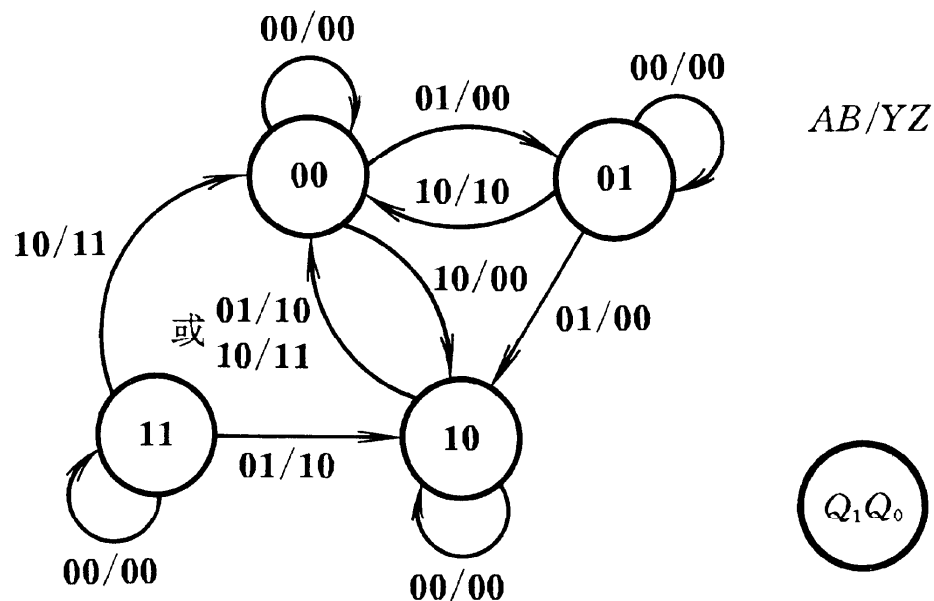
$$Z = Q_1 A$$

### 四、检查电路能否自启动

$AB = 00$ 时,  $Q_1^* Q_0^* = 11$ ,  $YZ = 00$

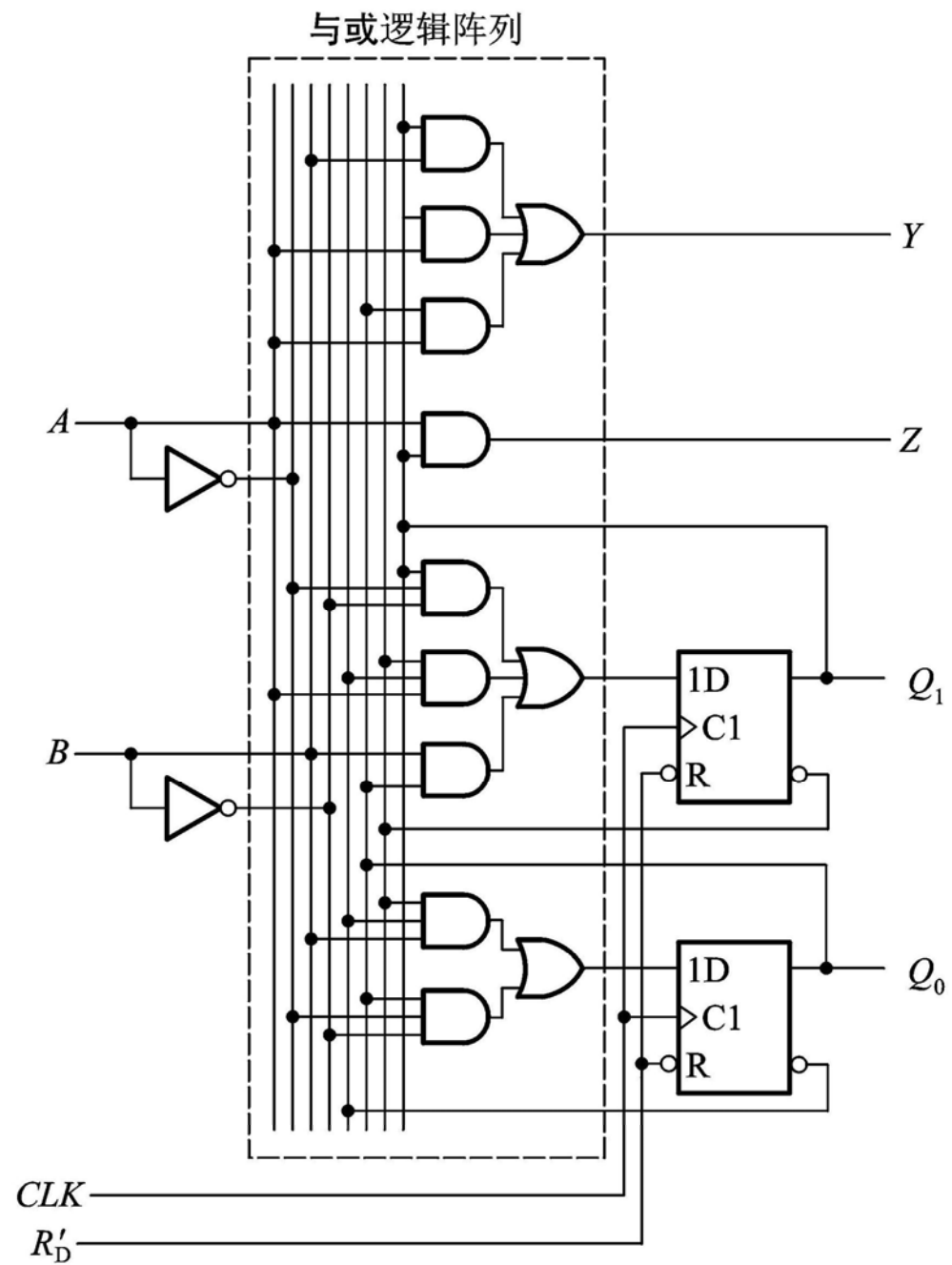
$AB = 01$ 时,  $Q_1^* Q_0^* = 10$ ,  $YZ = 10$

$AB = 10$ 时,  $Q_1^* Q_0^* = 00$ ,  $YZ = 11$



不能自启动

## 五、画逻辑图



# 作业

6.33 用DFF设计11进制计数器

6.35 设计一个序列信号检测器 X 书上练}

## 补充题

用两个JKFF和逻辑门设计一个双向可控模4计数器(4进制计数器),  
当控制信号a为1时,递增计数;  
当a为0时,递减计数;  
状态转换如下图。  
y为计数器的输出信号。  
要求写出详细设计过程  
并画出最终的逻辑电路图。

填空, 选则 20'

283

加法器

化简电路 → 用门实现

分析逻辑, 集成电路

波形, 异步

触发器 82 JK

