

## 6.2 时序逻辑电路的分析

---

### 6.2.1 分析同步时序逻辑电路的一般步骤

### 6.2.2 同步时序逻辑电路分析举例

## 6.2 时序逻辑电路的分析

---

**时序逻辑电路分析的任务：**

**根据给定的时序电路，通过分析该电路状态和输出信号在输入信号和时钟作用下的转换规律，理解该电路的逻辑功能和工作特性（是一个读图识图的过程）。**

**分析过程的主要表现形式：**

**时序电路的逻辑功能是由其状态和输出信号的变化规律呈现出来的。所以，分析过程主要是列出电路状态转换表或画出状态转换图、工作波形图。**

## 6.2.1 分析同步时序逻辑电路的一般步骤:

### 1. 分析电路组成:

电路的输入、输出信号、触发器的类型等

### 2. 根据给定的时序电路图,写出下列各逻辑方程组:

(1) 输出方程;

(2) 各触发器的激励方程;

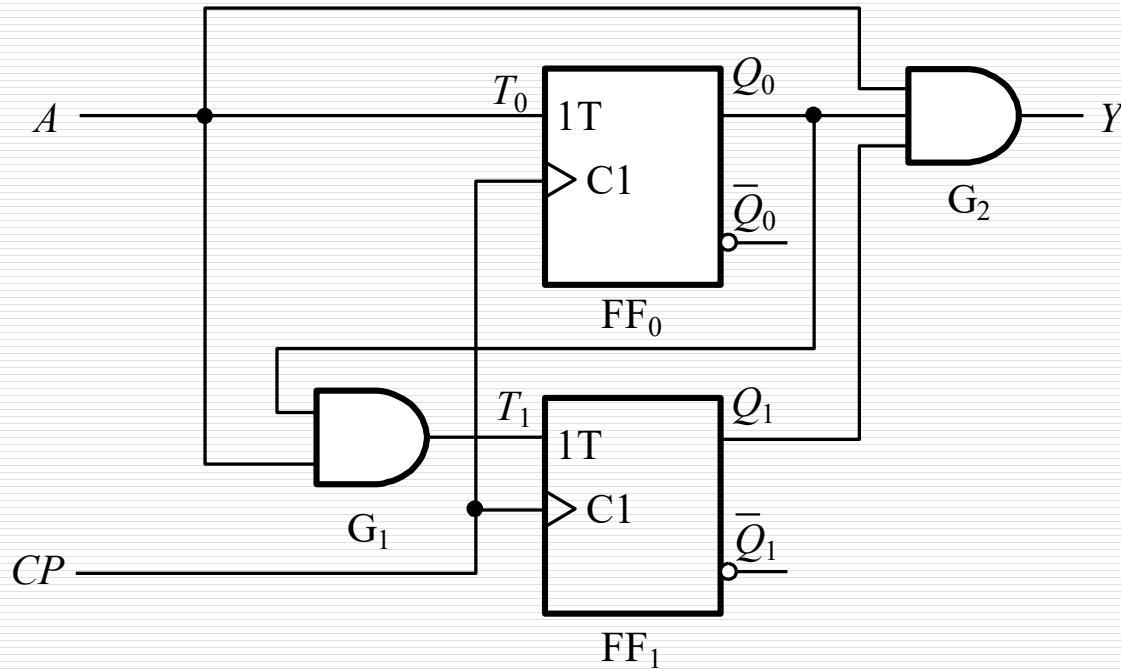
(3) 状态方程: 将每个触发器的驱动方程代入其特性方程得状态方程.

3. 列出状态转换表或画出状态图和时序图;

4. 确定电路的逻辑功能.

## 6.2.2 同步时序逻辑电路分析举例

例1 试分析如图所示时序电路的逻辑功能。



解：(1)分析电路组成。

电路是由两个T触发器组成的同步时序电路。

## (2) 根据电路列出三个方程组

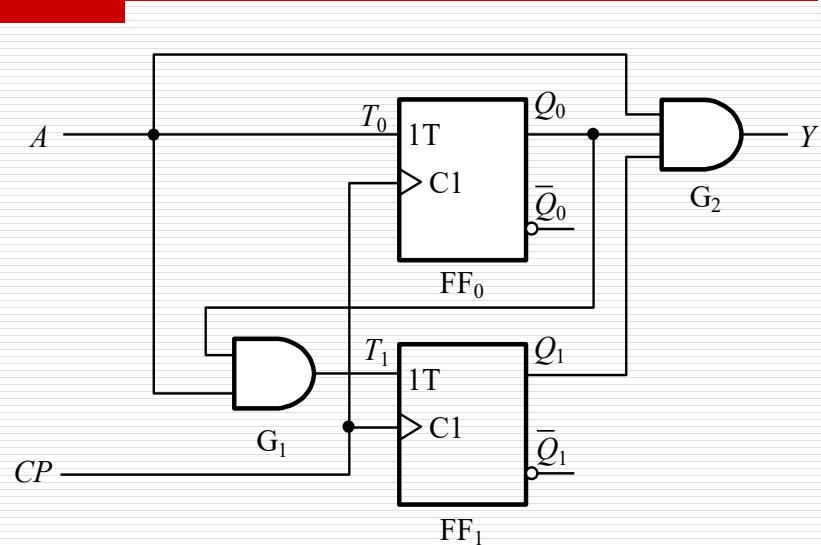
输出方程组:

$$Y = A Q_1 Q_0$$

激励方程组:

$$T_0 = A$$

$$T_1 = A Q_0$$



将激励方程组代入T触发器的特性方程得状态方程组

$$Q^{n+1} = T \oplus Q^n = T \overline{Q^n} + \bar{T} Q^n$$

$$Q_0^{n+1} = A \oplus Q_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = (A Q_0^n) \oplus Q_1^n$$

### (3) 根据状态方程组和输出方程列出状态表

$$Q_0^{n+1} = A \oplus Q_0^n$$

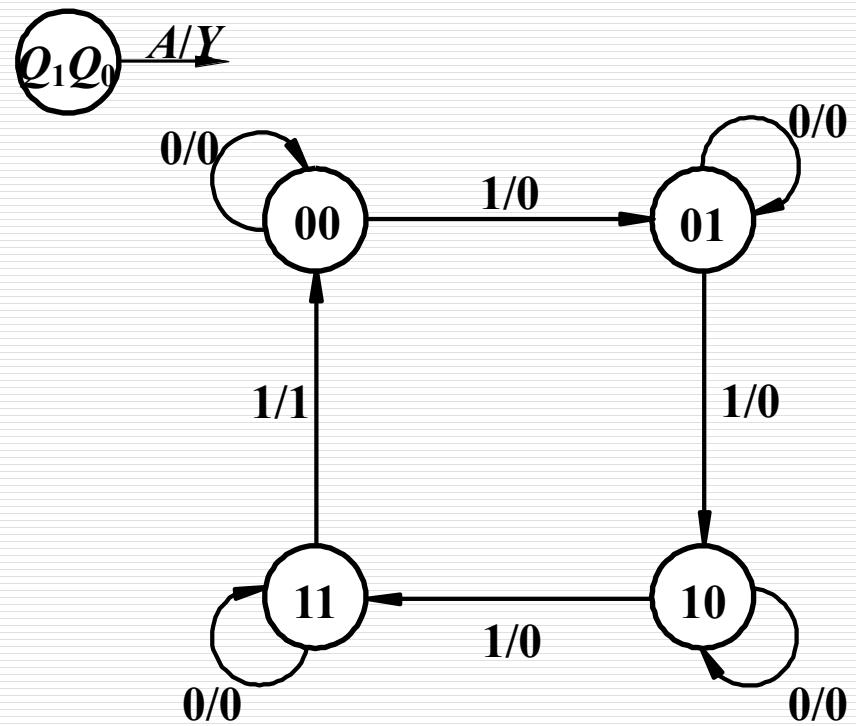
$$Q_1^{n+1} = (AQ_0^n) \oplus Q_1^n$$

$$Y = A Q_1 Q_0$$

$Q_1^n Q_0^n$	$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / Y$	
	$A=0$	$A=1$
0 0	0 0 / 0	0 1 / 0
0 1	0 1 / 0	1 0 / 0
1 0	1 0 / 0	1 1 / 0
1 1	1 1 / 0	0 0 / 1

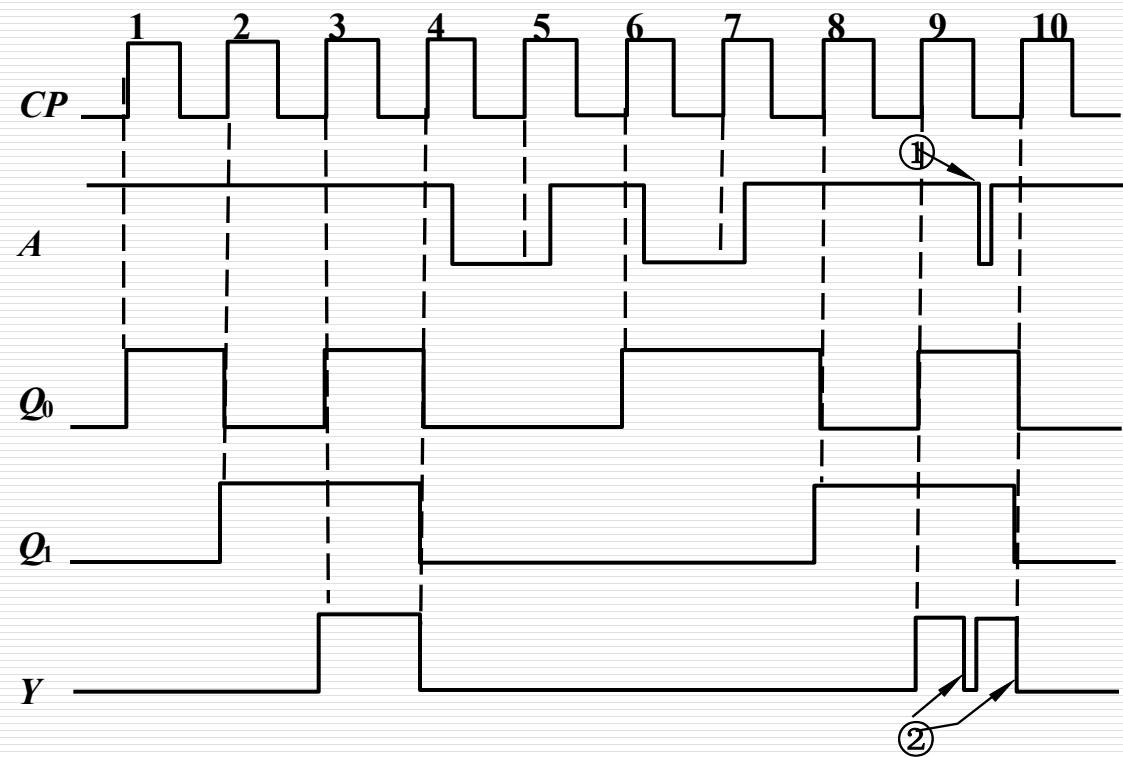
#### (4) 画出状态图

		$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / Y$	
		$A=0$	$A=1$
$Q_1^n Q_0^n$	$0\ 0$	$0\ 0 / 0$	$0\ 1 / 0$
$0\ 1$	$0\ 1 / 0$	$1\ 0 / 0$	
$1\ 0$	$1\ 0 / 0$	$1\ 1 / 0$	
$1\ 1$	$1\ 1 / 0$	$0\ 0 / 1$	



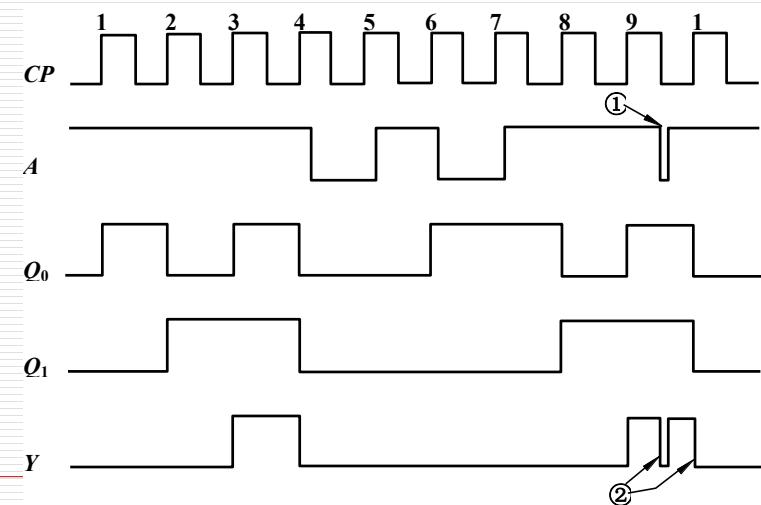
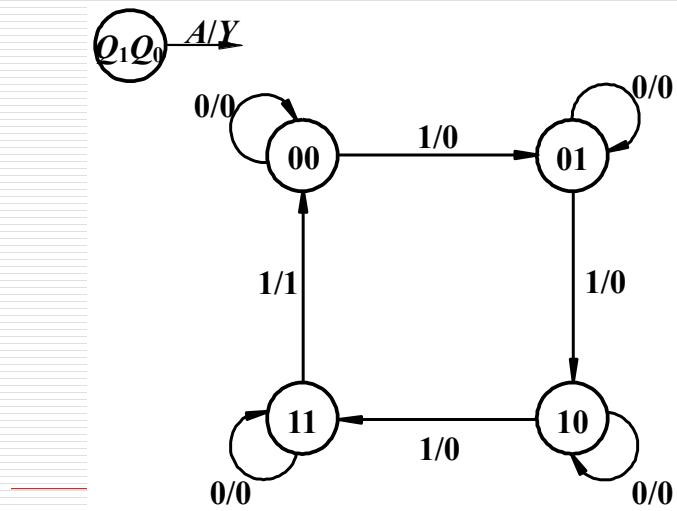
## (5) 画出时序图

$Q_1^n Q_0^n$	$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / Y$	
	$A=0$	$A=1$
0 0	0 0 / 0	0 1 / 0
0 1	0 1 / 0	1 0 / 0
1 0	1 0 / 0	1 1 / 0
1 1	1 1 / 0	0 0 / 1



## (6) 逻辑功能分析

观察状态图和时序图可知，电路是一个由信号A控制的可控二进制计数器。当 $A=0$ 时停止计数，电路状态保持不变；当 $A=1$ 时，在 $CP$ 上升沿到来后电路状态值加1，一旦计数到11状态， $Y$ 输出1，且电路状态将在下一个 $CP$ 上升沿回到00。输出信号 $Y$ 的下降沿可用于触发进位操作。



## 例2 试分析如图所示时序电路的逻辑功能。

解： 1.了解电路组成。

电路是由两个JK触发器组成的穆尔型同步时序电路。

2.写出下列各逻辑方程式：

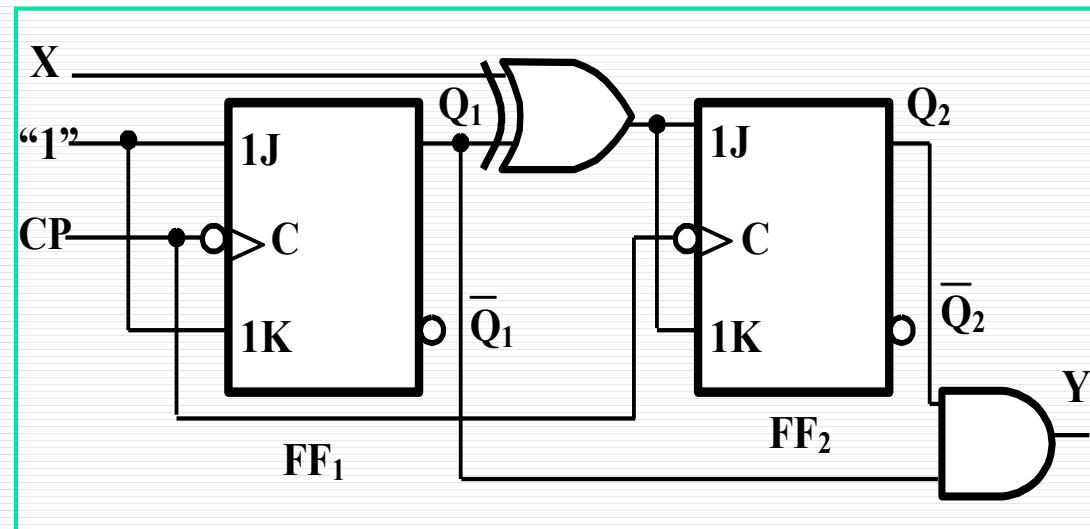
激励方程

$$J_1 = K_1 = 1$$

$$J_2 = K_2 = X \oplus Q_1$$

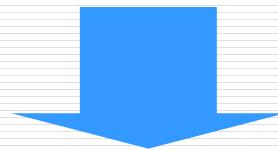
输出方程

$$Y = Q_2 Q_1$$

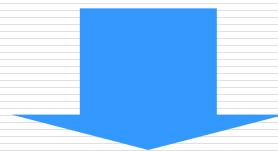


## 将激励方程代入JK触发器的特性方程得状态方程

$$\text{FF}_1 \quad J_1 = K_1 = 1$$

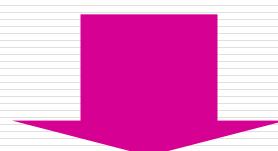


$$Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$$

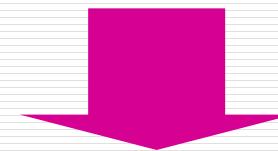


$$Q_1^{n+1} = 1 \cdot \bar{Q}_1^n + \bar{1} \cdot Q_1^n = \bar{Q}_1^n$$

$$\text{FF}_2 \quad J_2 = K_2 = X \oplus Q_1$$



$$Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$$



$$Q_2^{n+1} = X \oplus Q_1^n \cdot \bar{Q}_2^n + \bar{X \oplus Q_1^n} \cdot Q_2^n$$

整理得：

$$Q_2^{n+1} = X \oplus Q_1^n \oplus Q_2^n$$

### 3. 列出其状态转换表，画出状态转换图和波形图

$$Q_1^{n+1} = \overline{Q_1^n} \quad Q_2^{n+1} = X \oplus Q_1^n \oplus Q_2^n \quad Y = Q_2 Q_1$$

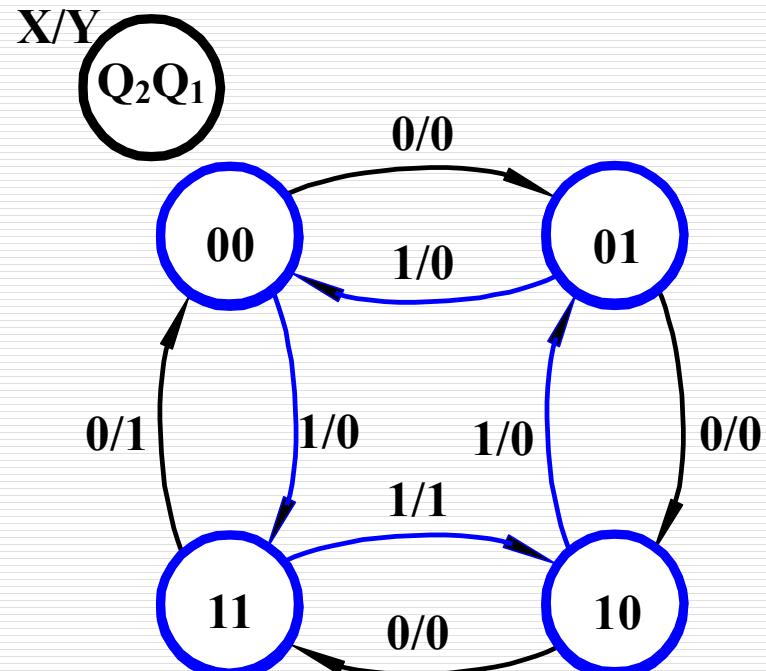
状态转换表

$Q_2^n Q_1^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} / Y$	
	$X=0$	$X=1$
0 0	0 1 / 0	1 1 / 0
0 1	1 0 / 0	0 0 / 0
1 0	1 1 / 0	0 1 / 0
1 1	0 0 / 1	1 0 / 1

画出状态图

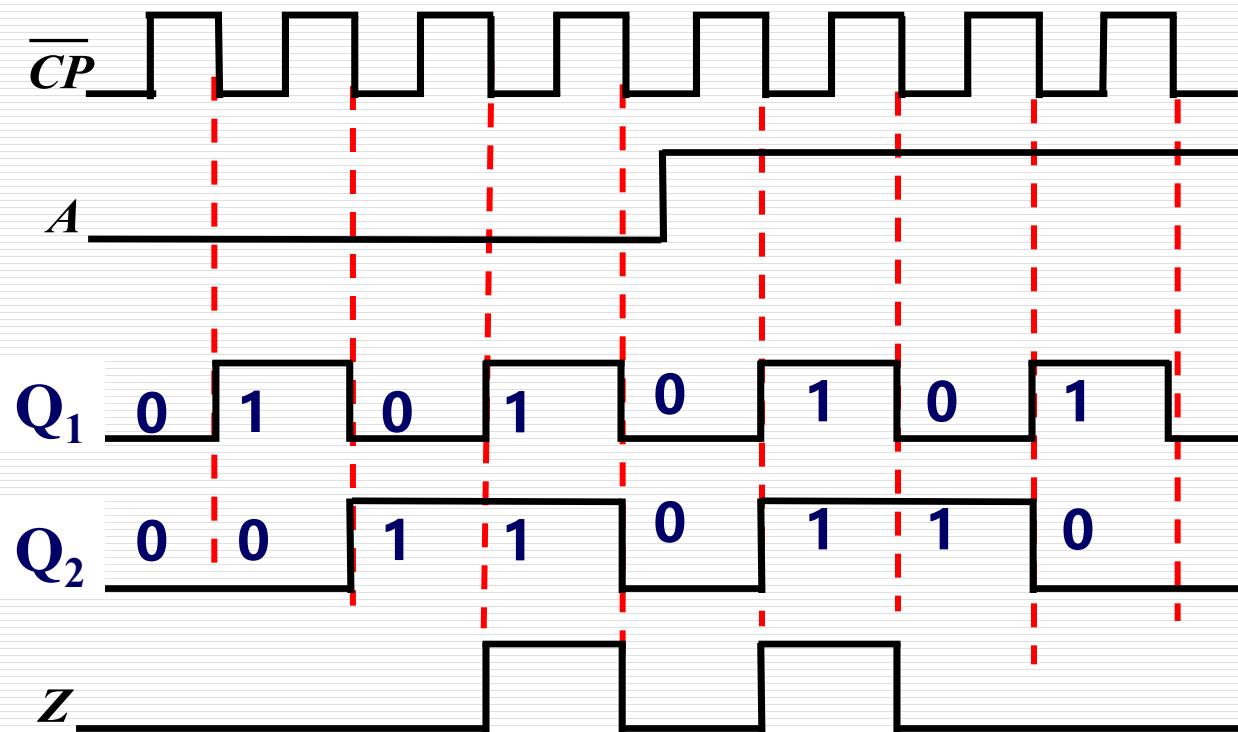
$Q_2^n Q_1^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} / Y$	
	X=0	X=1
0 0		1 1 / 0
0 1		0 0 / 0
1 0		0 1 / 0
1 1		1 0 / 1

状态图



根据状态表，画出波形图。

$Q_1^n Q_0^n$		$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$		Z
		$A=0$	$A=1$	
0 0	0 1	1 1	0	
0 1	1 0	0 0	0	
1 0	1 1	0 1	0	
1 1	0 0	1 0	1	



## 4. 确定电路的逻辑功能.

•  $X=0$  时



电路进行加1计数

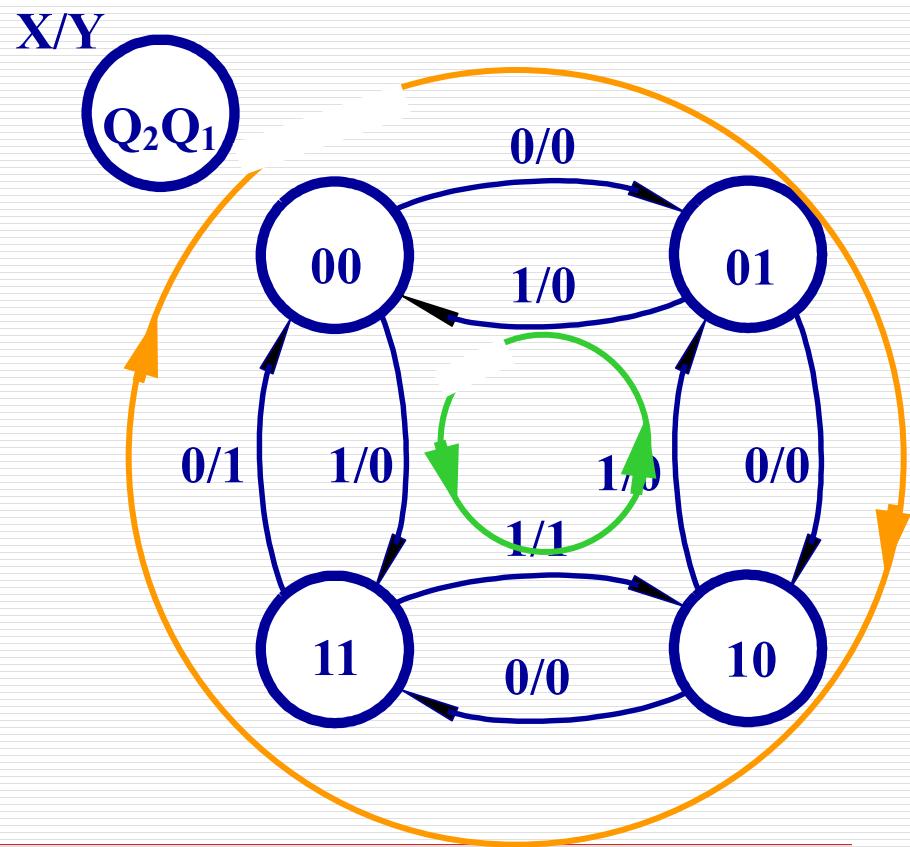
•  $X=1$  时



电路进行减1计数。

电路功能：可逆计数器

$Y$  可理解为进位或借位端。



## 例3 分析图所示的同步时序电路

1.了解电路组成。 2.写出下列各逻辑方程式：

激励方程

$$D_0 = \overline{Q}_1^n \overline{Q}_0^n$$

$$D_1 = Q_0^n$$

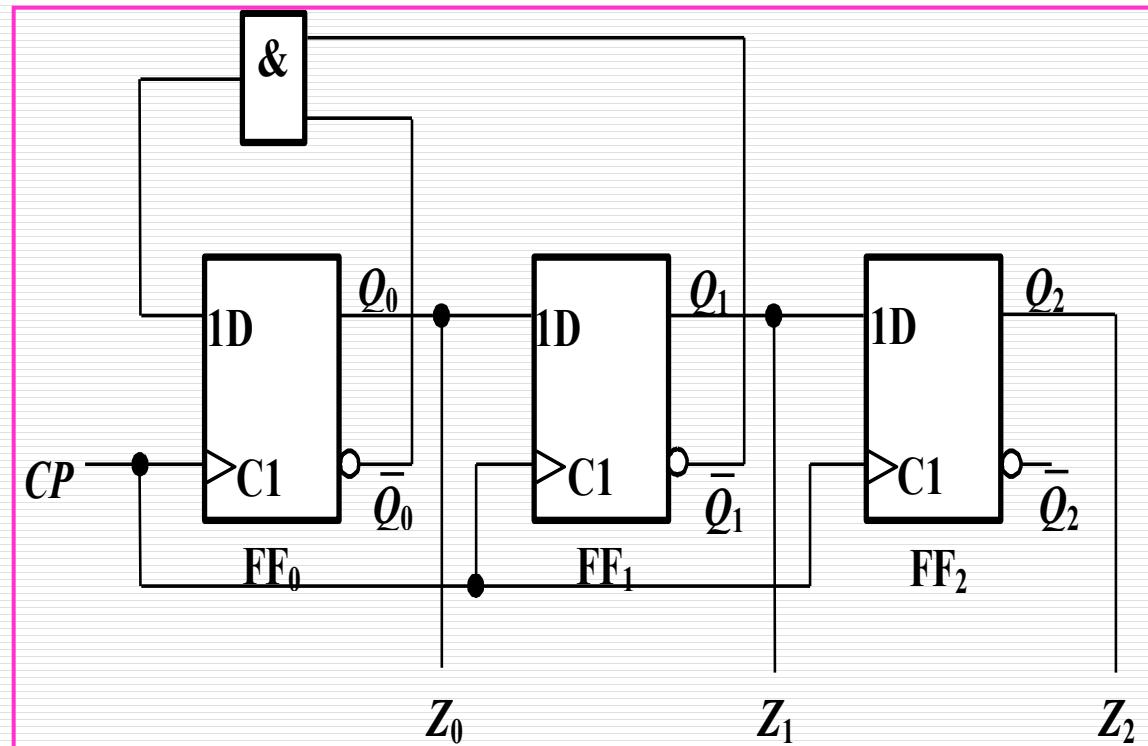
$$D_2 = Q_1^n$$

状态方程

$$Q_0^{n+1} = D_0 = \overline{Q}_1^n \overline{Q}_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = D_1 = Q_0^n$$

$$Q_2^{n+1} = D_2 = Q_1^n$$



属于穆尔型时序电路。



### 3.列出状态表或画出状态图和波形图；

状态表

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q}_1^n \overline{Q}_0^n$$

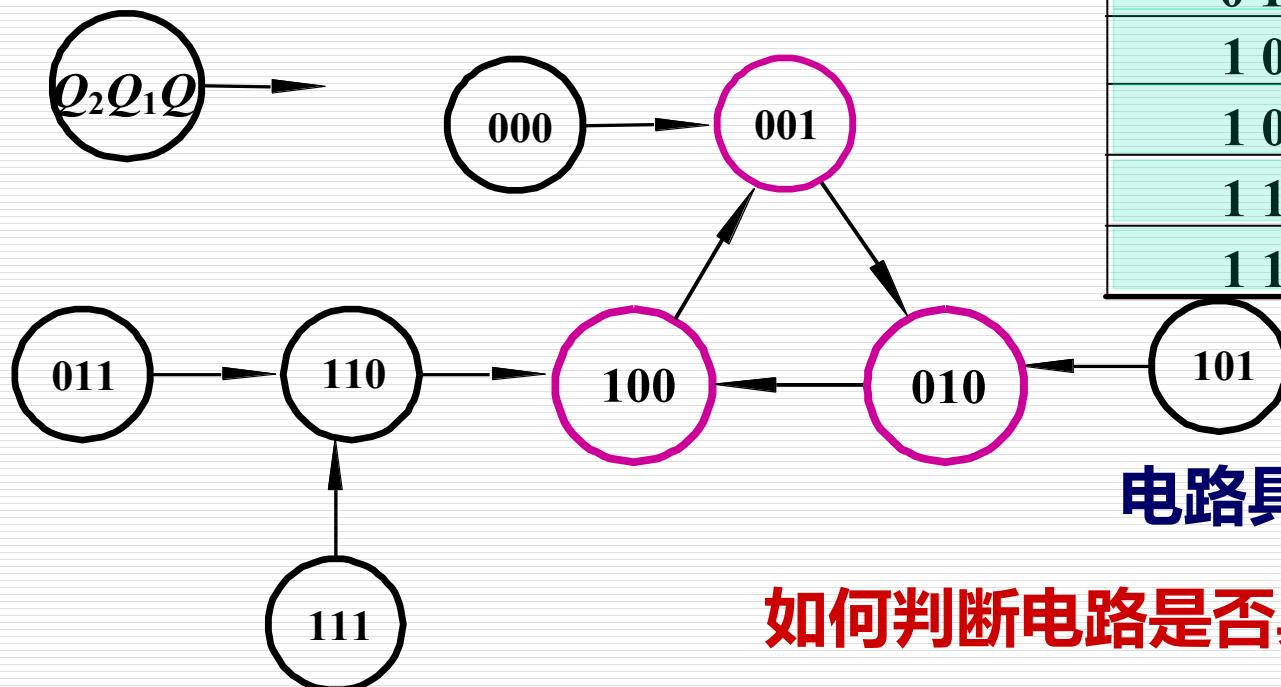
$$Q_1^{n+1} = Q_0^n$$

$$Q_2^{n+1} = Q_1^n$$

$Q_2^n Q_1^{n+1} Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
0 0 0	0 0 1
0 0 1	0 1 0
0 1 0	1 0 0
0 1 1	1 1 0
1 0 0	0 0 1
1 0 1	0 1 0
1 1 0	1 0 0
1 1 1	1 1 0

## 状态表

根据状态表画出状态图



$Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
0 0 0	0 0 1
0 0 1	0 1 0
0 1 0	1 0 0
0 1 1	1 1 0
1 0 0	0 0 1
1 0 1	0 1 0
1 1 0	1 0 0
1 1 1	1 1 0

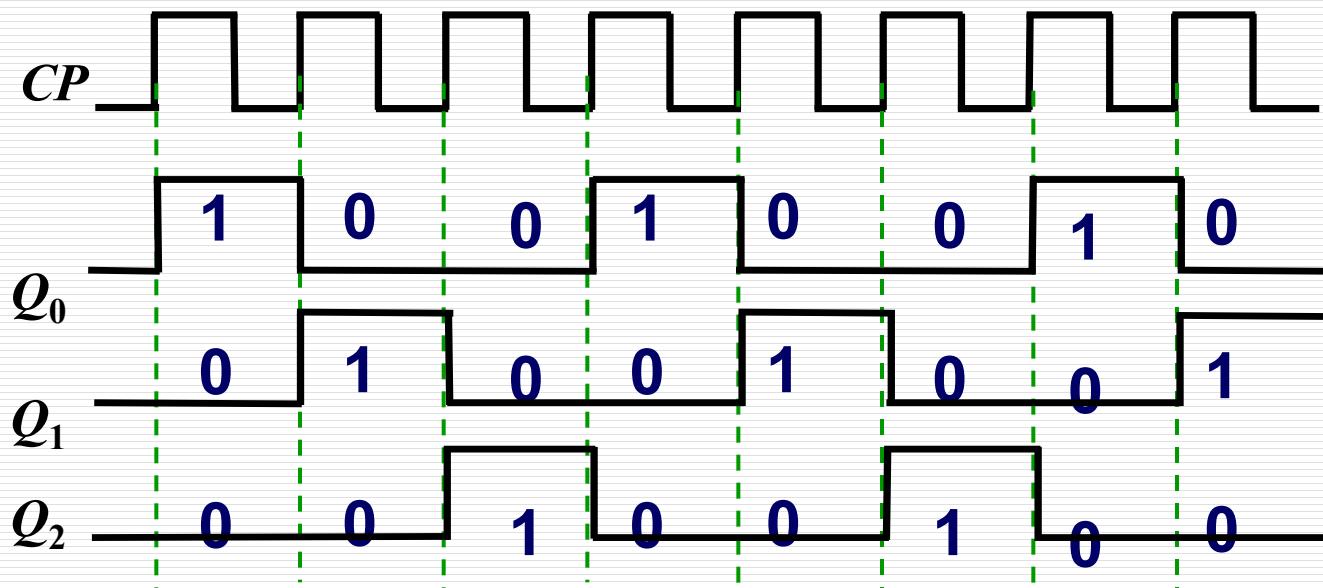
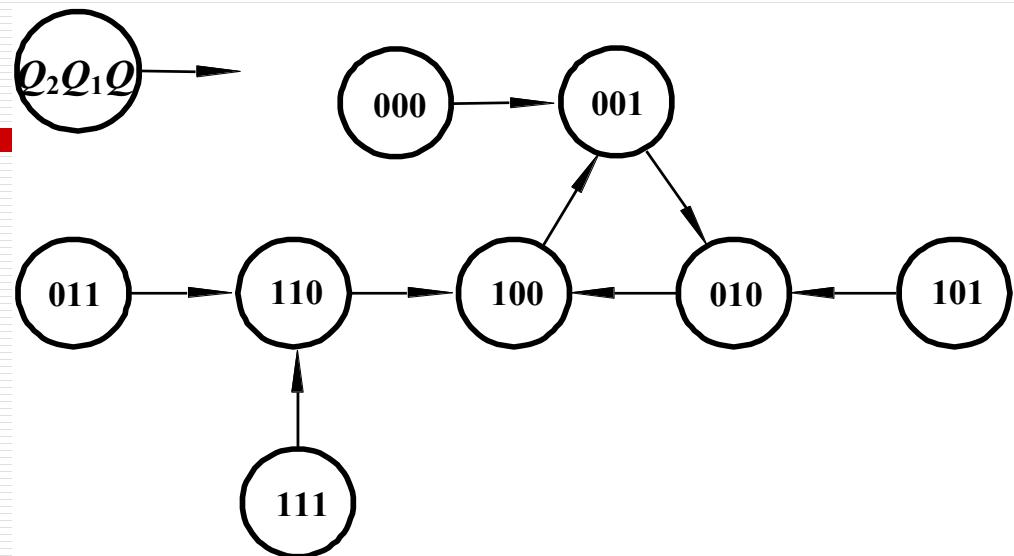
电路具有自启动能力

如何判断电路是否具有自启动能力?

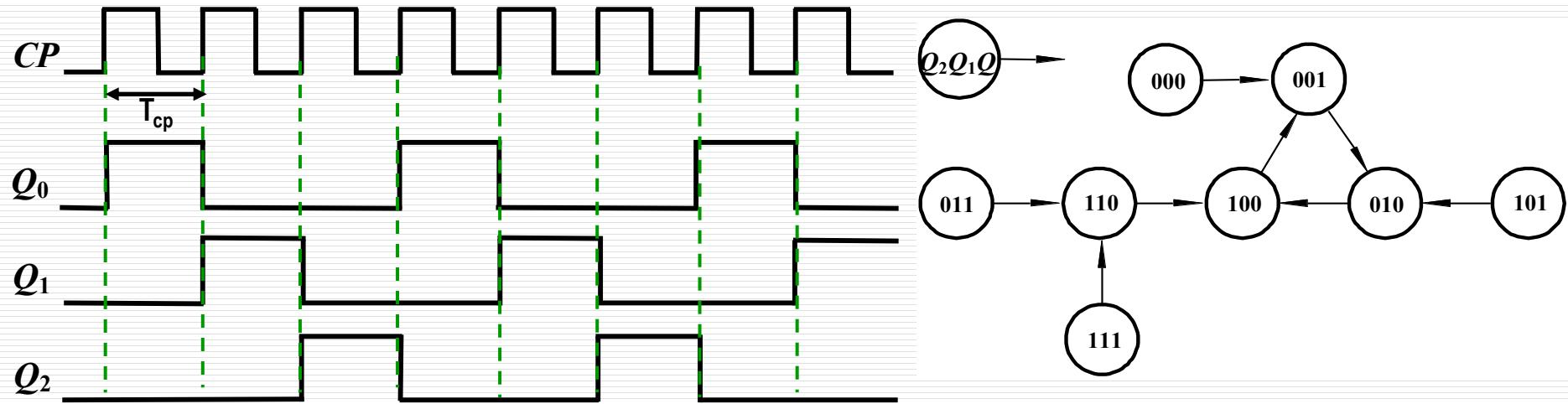
画出完整的状态图 (包括所有状态)

在任何无效状态下都能进入有效循环

## 画出时序图



## 4. 确定逻辑功能

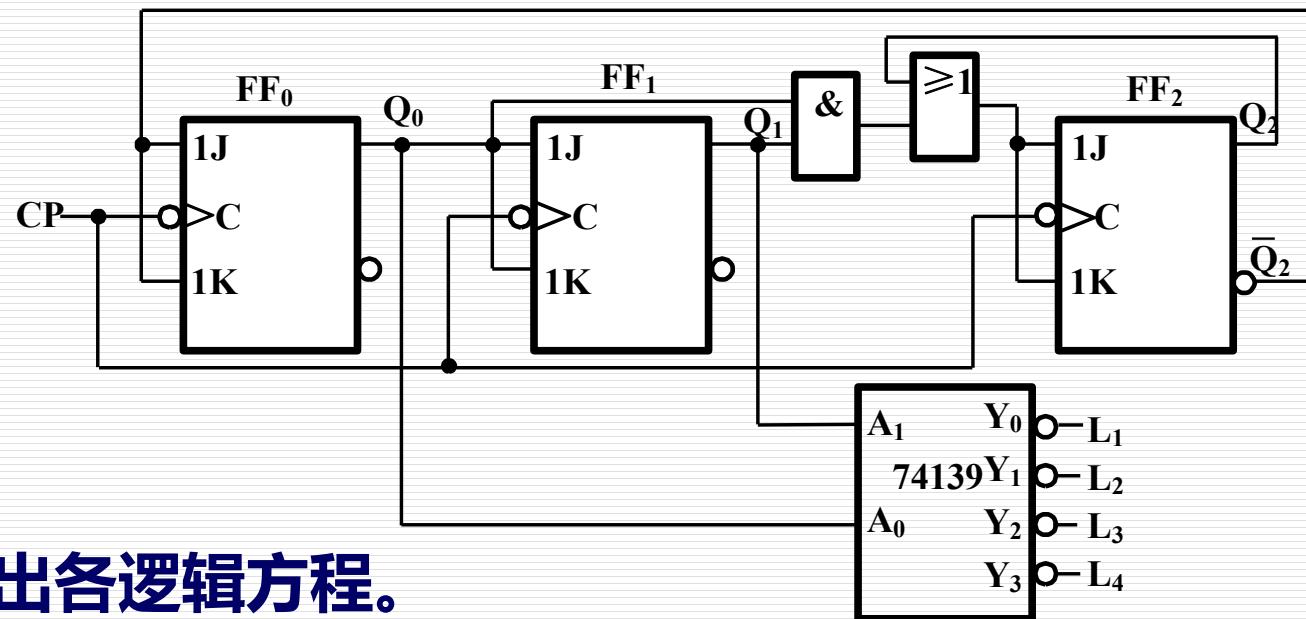


由状态图可见，电路的有效状态是三位循环码。  
从时序图可看出，电路正常工作时，各触发器的Q端轮流出现一个宽度为一个CP周期脉冲信号，循环周期为 $3T_{CP}$ 。电路的功能为脉冲分配器/三分频电路/节拍脉冲产生器。

**思考:** 分析下图所示同步时序逻辑电路, 试画出在CP时钟脉冲信号作用下, 电路 $L_1 \sim L_4$ 的波形图, 并确定电路逻辑功能。  
 (设各触发器初态均为0)

解: 1. 了解电路组成

穆尔型同步时序电路



2. 写出各逻辑方程。

激励方程

$$J_0 = K_0 = \overline{Q_2^n} \quad J_1 = K_1 = Q_0^n$$

$$J_2 = K_2 = Q_1^n Q_0^n + Q_2^n$$

## 状态方程

$$J_0 = K_0 = \bar{Q}_2^n$$

$$J_1 = K_1 = Q_0^n$$

$$J_2 = K_2 = Q_1^n Q_0^n + Q_2^n$$

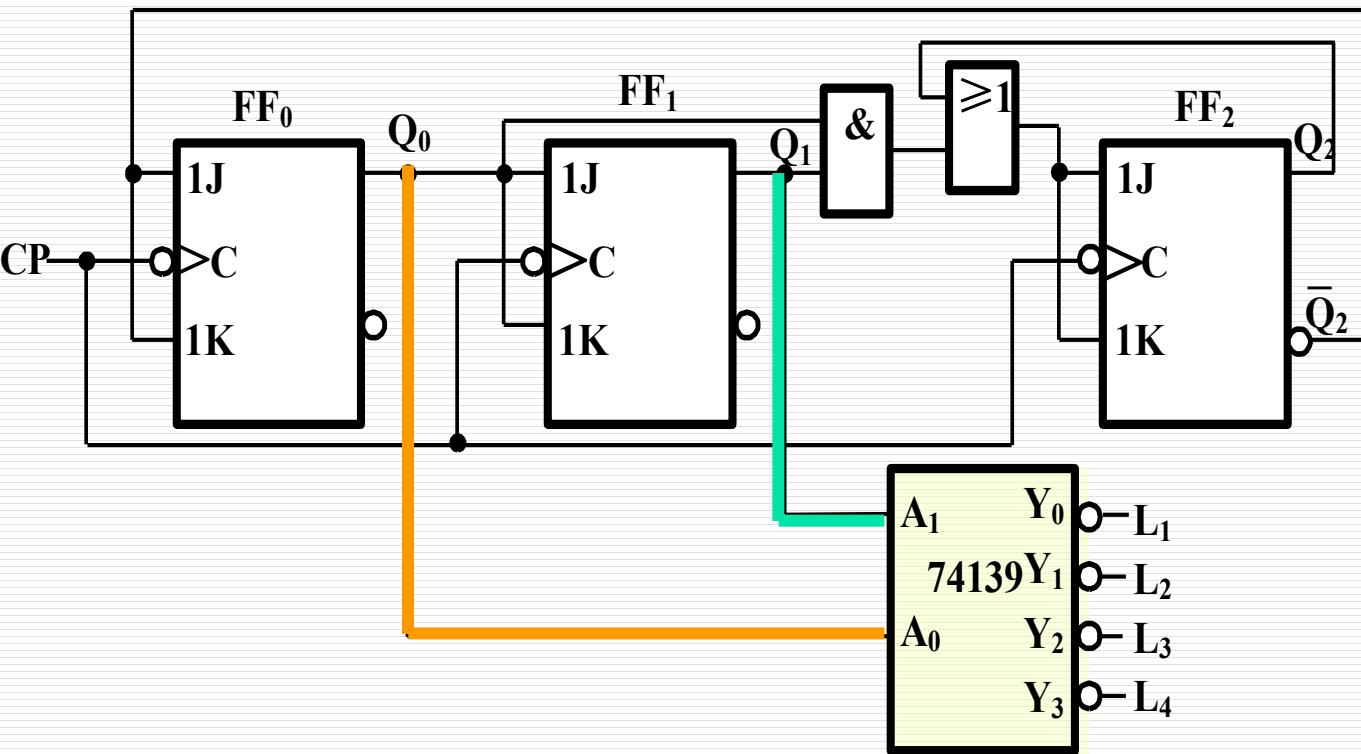
$$\begin{matrix} \searrow & & \downarrow & \swarrow \\ & & Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n & \\ \end{matrix}$$

$$Q_0^{n+1} = \bar{Q}_2^n \cdot \bar{Q}_0^n + Q_2^n Q_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = Q_0^n \bar{Q}_1^n + \bar{Q}_0^n Q_1^n$$

$$\begin{aligned} Q_2^{n+1} &= (Q_1^n Q_0^n + Q_2^n) \bar{Q}_2^n + \bar{Q}_1^n Q_0^n + Q_2^n \cdot Q_2^n \\ &= Q_1^n Q_0^n \bar{Q}_2^n + \bar{Q}_1^n Q_0^n \cdot \bar{Q}_2^n \cdot Q_2^n \end{aligned}$$

## 输出方程



$$\overline{L_1} = \overline{A_1} \quad \overline{A_0}$$

$$\overline{L_2} = \overline{A_1} A_0$$

$$\overline{L_3} = A_1 \overline{A_0}$$

$$\overline{L_4} = A_1 A_0$$

$$\overline{L_1} = \overline{Q}_1 \quad \overline{Q}_0$$

$$\overline{L_2} = \overline{Q}_1 Q_0$$

$$\overline{L_3} = Q_1 \overline{Q}_1$$

$$\overline{L_4} = Q_1 Q_0$$

### 3. 列出其状态转换表，画出状态转换图和波形图

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q_2^n} \cdot \overline{Q_0^n} + Q_2^n Q_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = Q_0^n \overline{Q_1^n} + \overline{Q_0^n} Q_1^n$$

$$Q_2^{n+1} = Q_1^n Q_0^n \cdot \overline{Q_2^n}$$

$$\overline{L}_1 = \bar{Q}_1 \bar{Q}_0$$

$$\overline{L}_2 = \bar{Q}_1 Q_0$$

$$\overline{L}_3 = Q_1 \bar{Q}_1$$

$$\overline{L}_4 = Q_1 Q_0$$

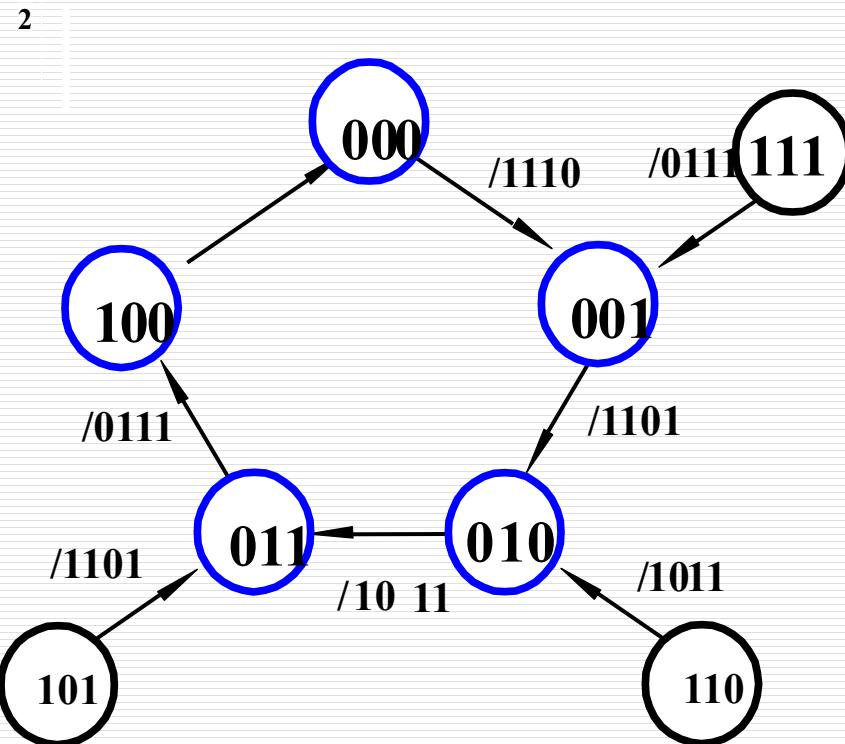
**状态转换表**

现 状			次态/输出信号
$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / L_4 L_3 L_2 L_1$
0	0	0	0 0 1 / 1 1 1 0
0	0	1	0 1 0 / 1 1 0 1
0	1	0	0 1 1 / 1 0 1 1
0	1	1	1 0 0 / 0 1 1 1
1	0	0	0 1 1 / 1 1 0 1
1	0	1	0 0 0 / 1 1 1 0
1	1	0	0 1 0 / 1 0 1 1
1	1	1	0 0 1 / 0 1 1 1

## 4、确定逻辑功能：顺序脉冲产生电路

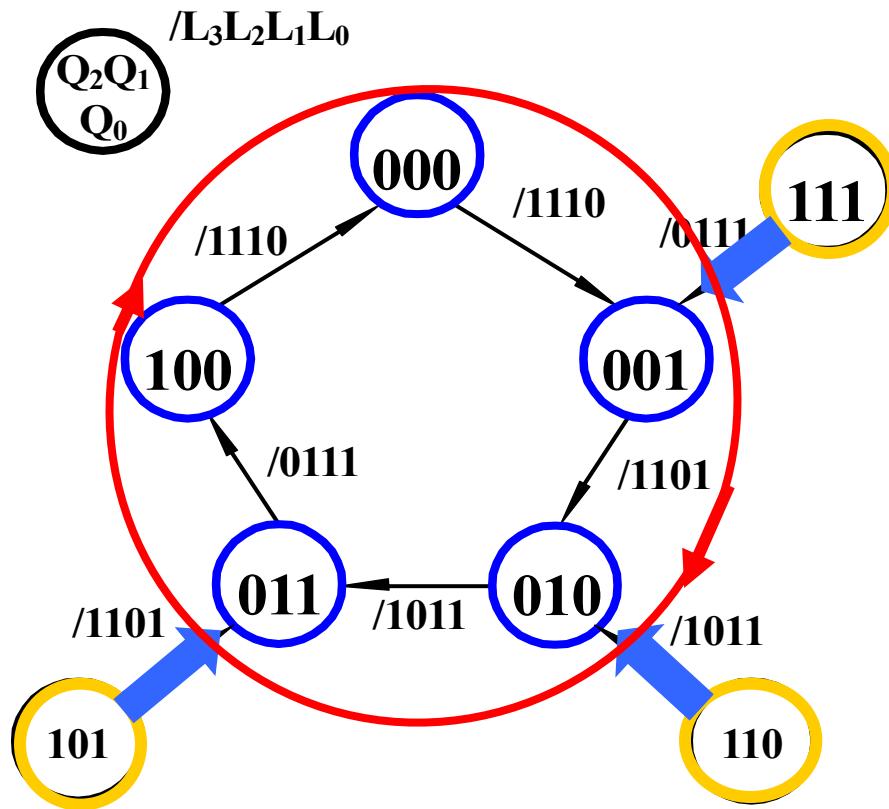
现 状			次态/输出信号						
$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$				$/L_4 L_3 L_2 L_1$		
0	0	0	0	0	1	/	1	1	1 0
0	0	1	0	1	0	/	1	1	0 1
0	1	0	0	1	1	/	1	0	1 1
0	1	1	1	0	0	/	0	1	1 1
1	0	0	0	0	0	/	1	1	1 0
1	0	1	0	1	1	/	1	1	0 1
1	1	0	0	1	0	/	1	0	1 1
1	1	1	0	0	1	/	0	1	1 1

画出状态图



波形图 (略)

## 电路自启动能力的确定



本电路具有自启动能力。