

通知 实验安排

数字逻辑电路课程有16个学时的实验，初步安排：

具体安排参见公共邮箱中的word文档。

实验地点：综合实验楼306房间

实验设备台套数有限，所以一次只能安排一个班实验。

第六章 作业布置

- 1、由于期中考试，作业推迟一周交。
第8周才交作业。

数 字 逻 辑

丁 贤 庆

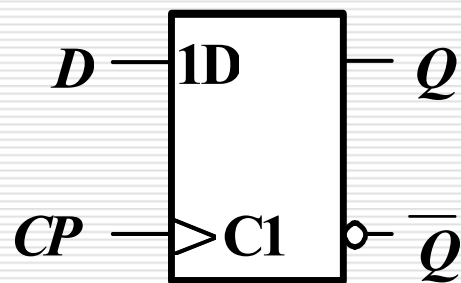
ahhfdxq@163.com

第六章

时序逻辑电路

回忆：各种常用的触发器

1. 维持阻塞触发器

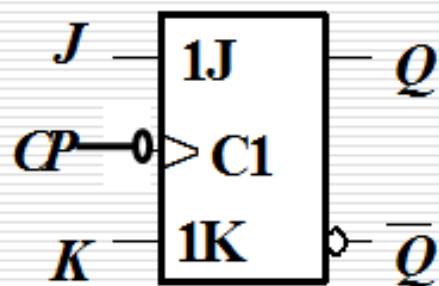


D 触发器

在 CP 脉冲的上升沿到来瞬间
使触发器的状态（ Q 的值）才发生变化：

$$Q^{n+1} = D$$

2. 下降沿触发的 JK 触发器



JK 触发器

在 CP 脉冲的下降沿到来瞬间使触发器的状态 (Q 的值) 才发生变化:

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

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：

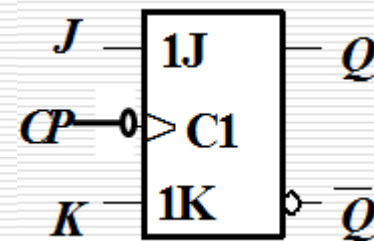
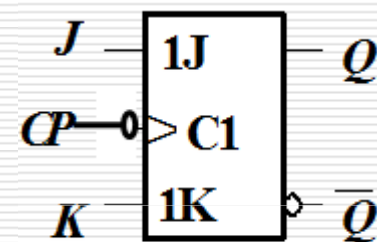
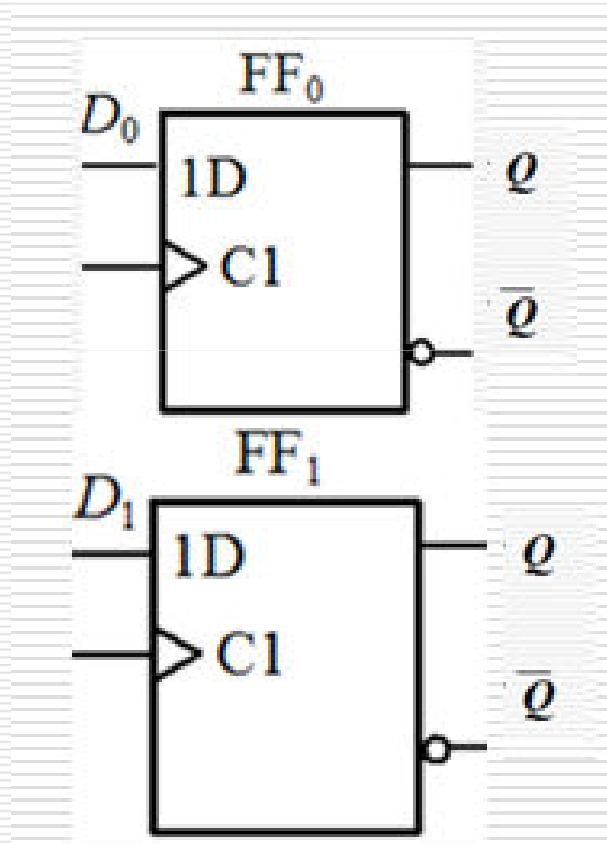
分析时序逻辑电路在输入信号的作用下，其状态和输出信号变化的规律，进而确定电路的逻辑功能。

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表或画出状态图、工作波形图。

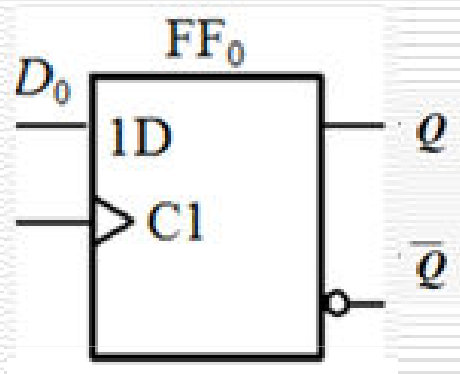
3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(1) 先找触发器的种类和数量。

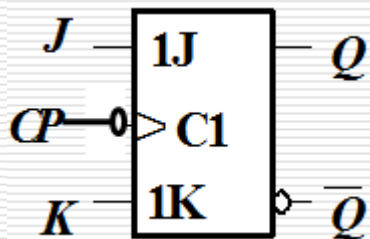


3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(2) 写出触发器特性方程、输出方程。



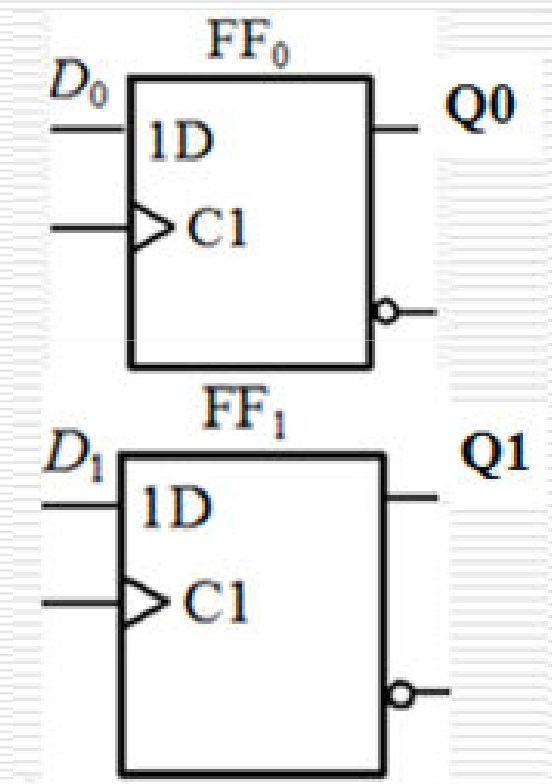
$$Q^{n+1} = D$$



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

3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(3) 根据特性方程和输出方程，填写状态转换真值表。

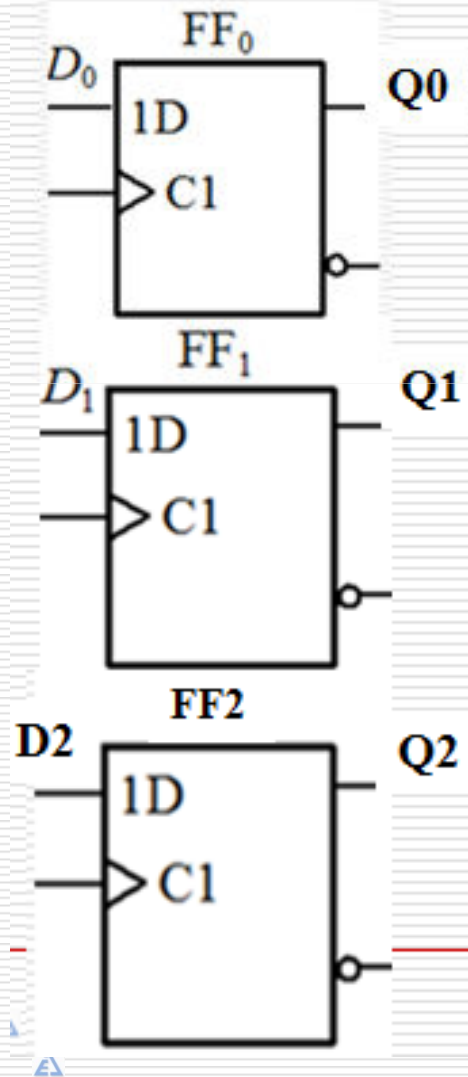


状态转换真值表

Q_1^n	Q_0^n	A	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	X	Y
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(3) 根据特性方程和输出方程，填写状态转换真值表。



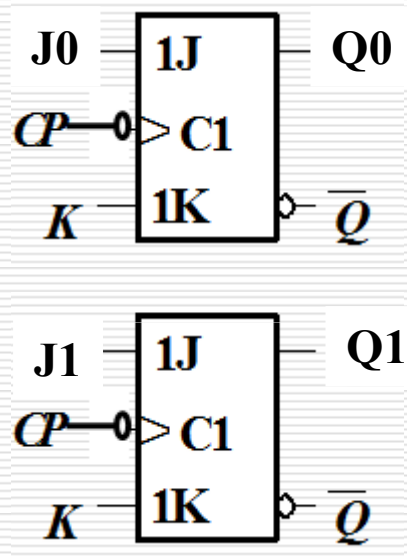
状态转换真值表

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

3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(3) 根据特性方程和输出方程，填写状态转换真值表。

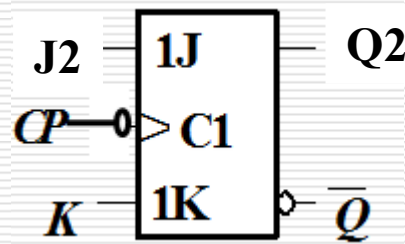
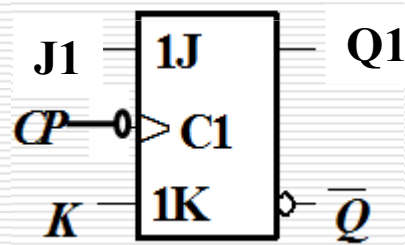
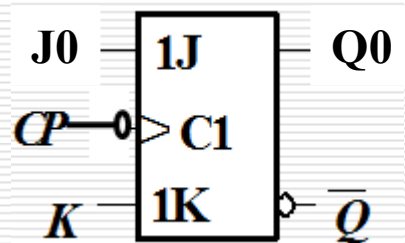
状态转换真值表



Q_1^n	Q_0^n	A	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	X	Y
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(3) 根据特性方程和输出方程，填写状态转换真值表。



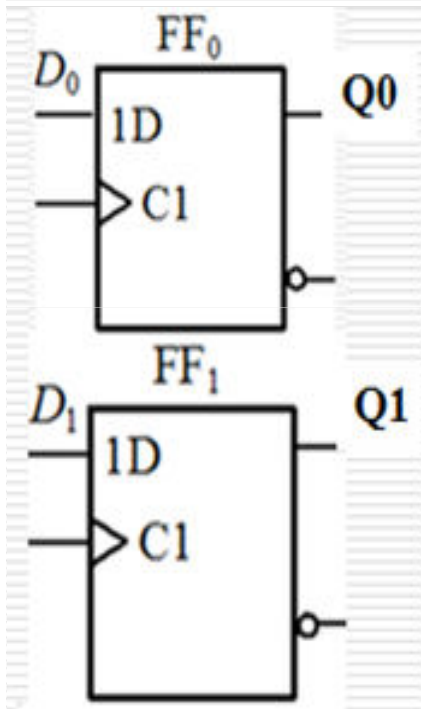
状态转换真值表

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

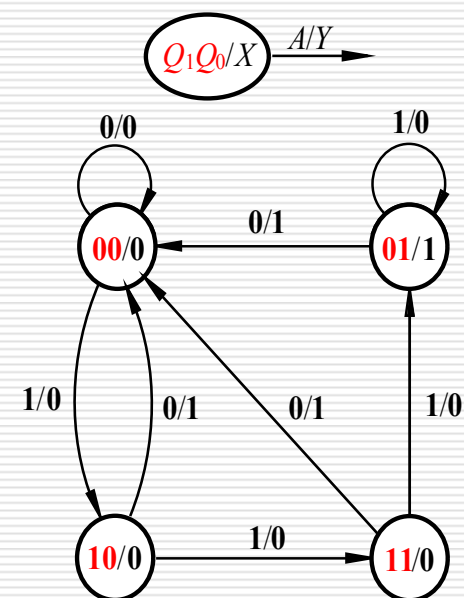
3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(4) 根据状态真值表，画出状态图。

状态转换真值表

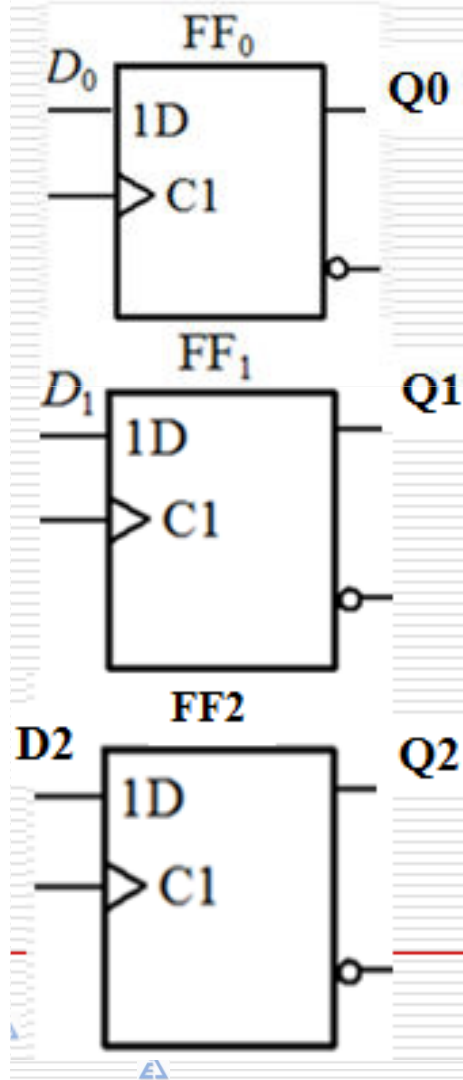


Q_1^n	Q_0^n	A	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	X	Y
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				



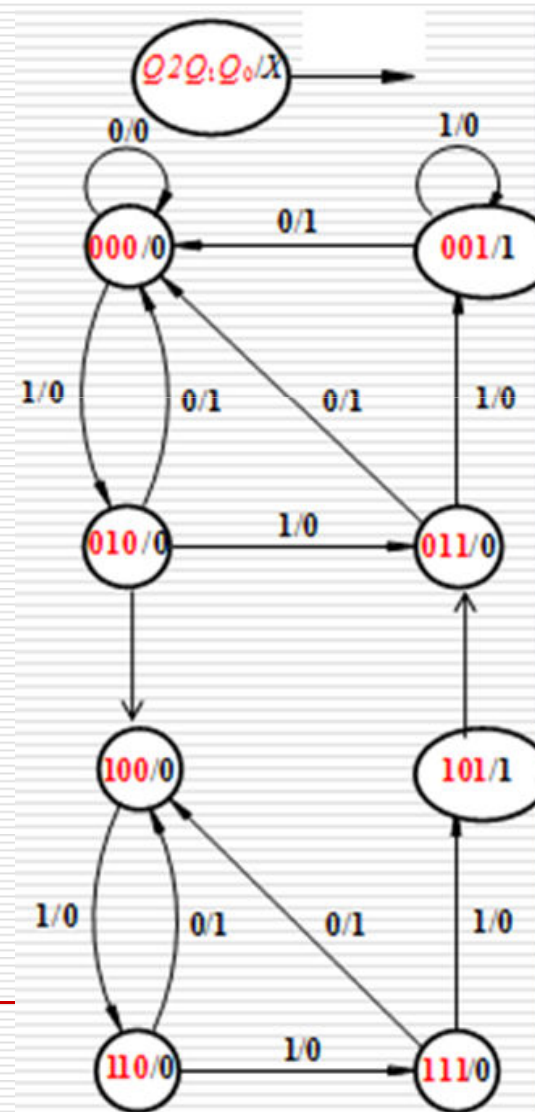
3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(3) 根据特性方程和输出方程，填写状态转换真值表。



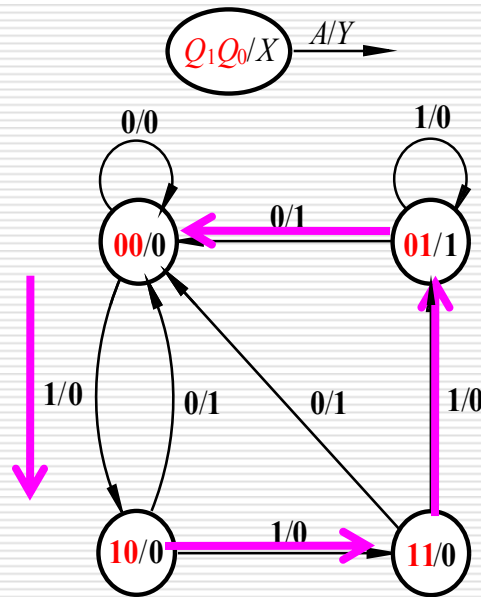
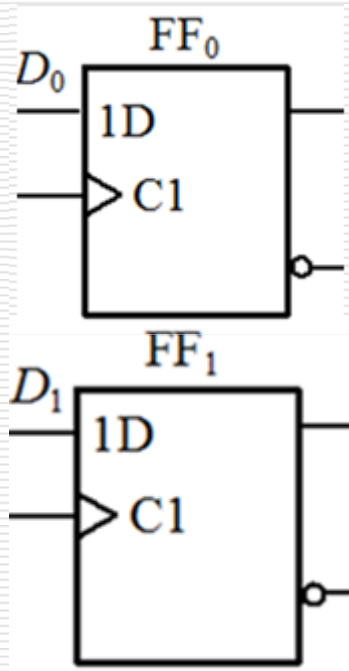
状态转换真值表

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



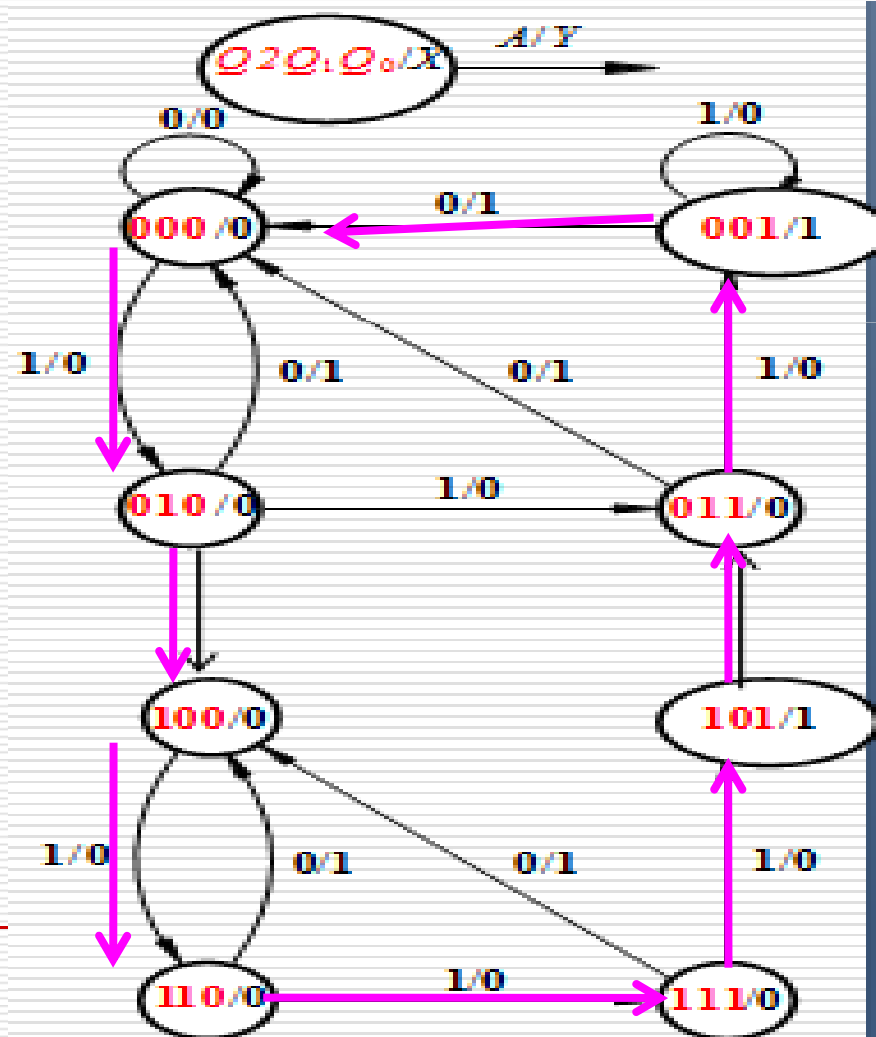
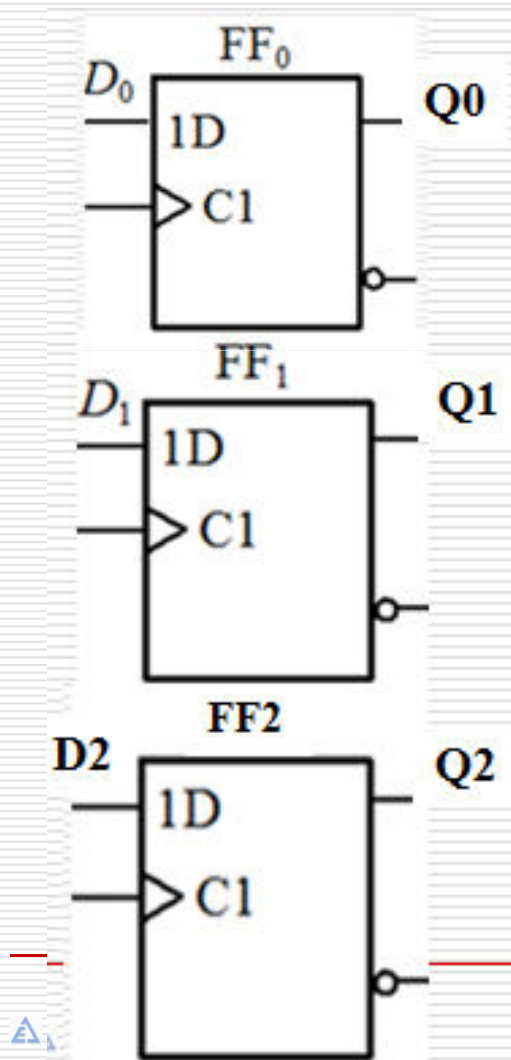
3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

(4) 在状态转换图中找闭合回路。



3.分析时序电路工作特性的一般步骤。

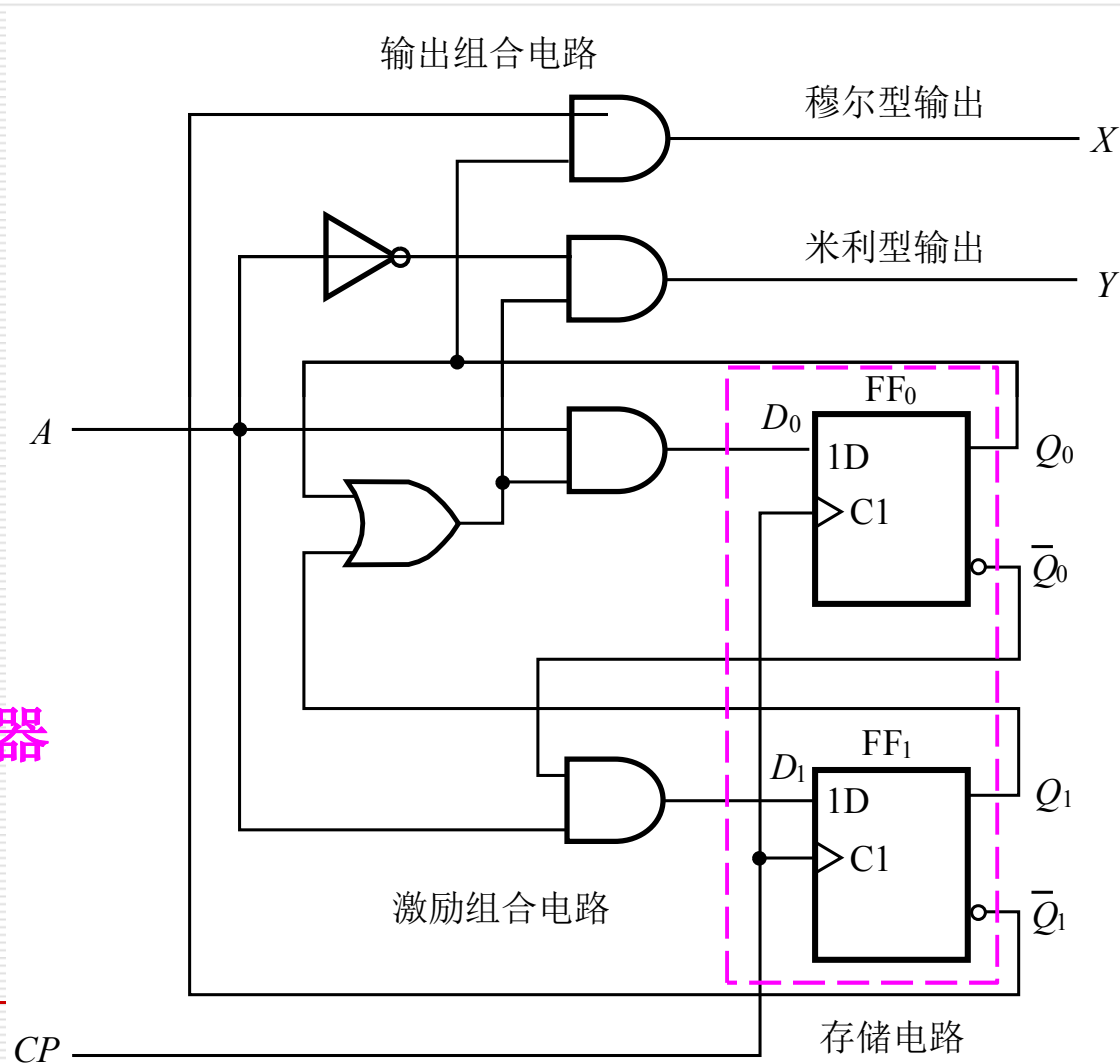
(4) 在状态转换图中找闭合回路。

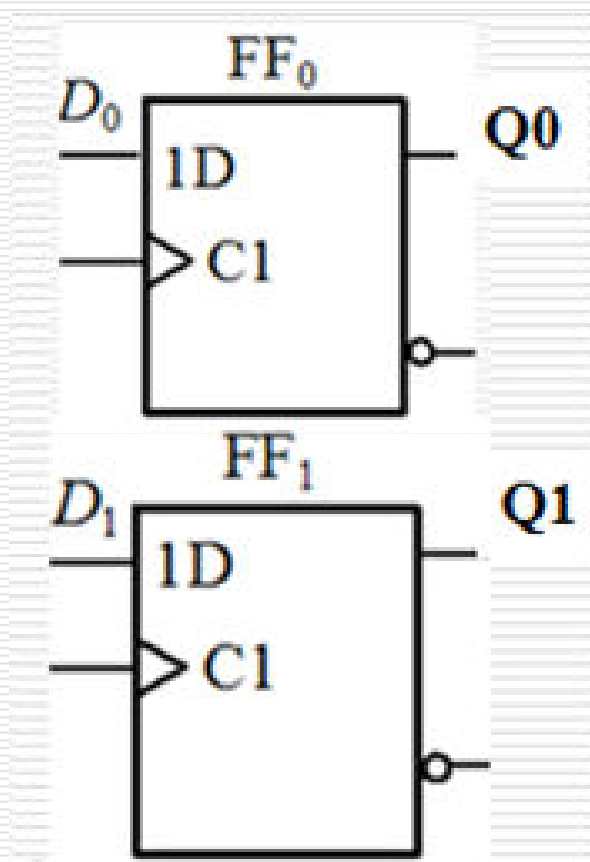


6.1.2 时序逻辑电路功能的表达

1. 逻辑方程组

该时序电路核心
部分是两个D触发器





状态方程组

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

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

输出方程

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

$$Y = (Q_0 + Q_1) \overline{A}$$

2. 根据方程组列出状态转换真值表

输出方程

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

$$Y = (Q_0 + Q_1) \overline{A}$$

状态方程组

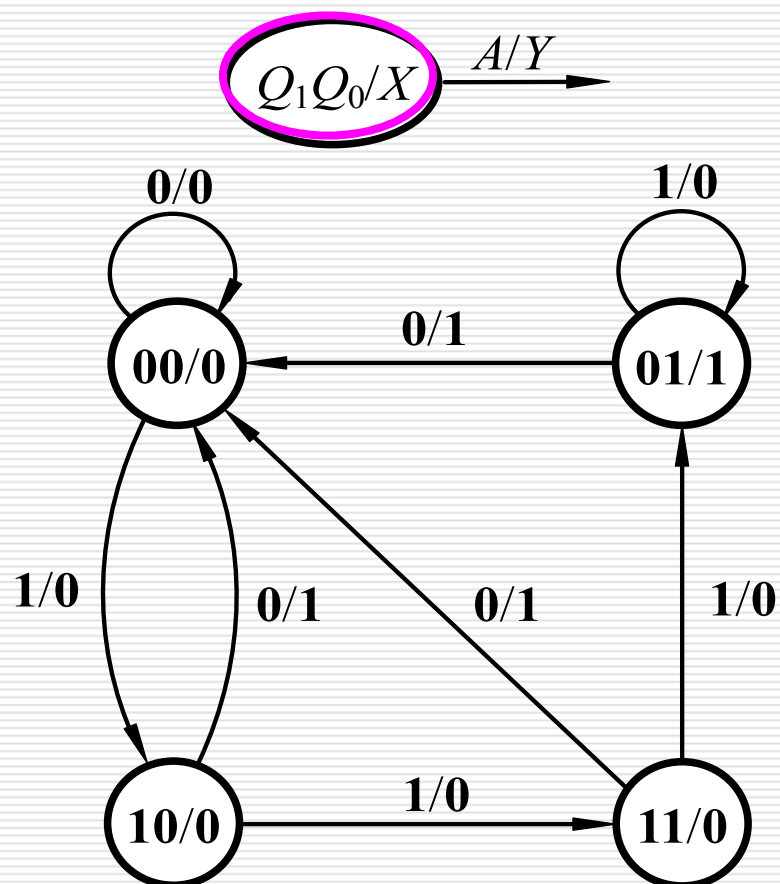
$$Q_1^{n+1} = \overline{Q_0^n} A$$

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

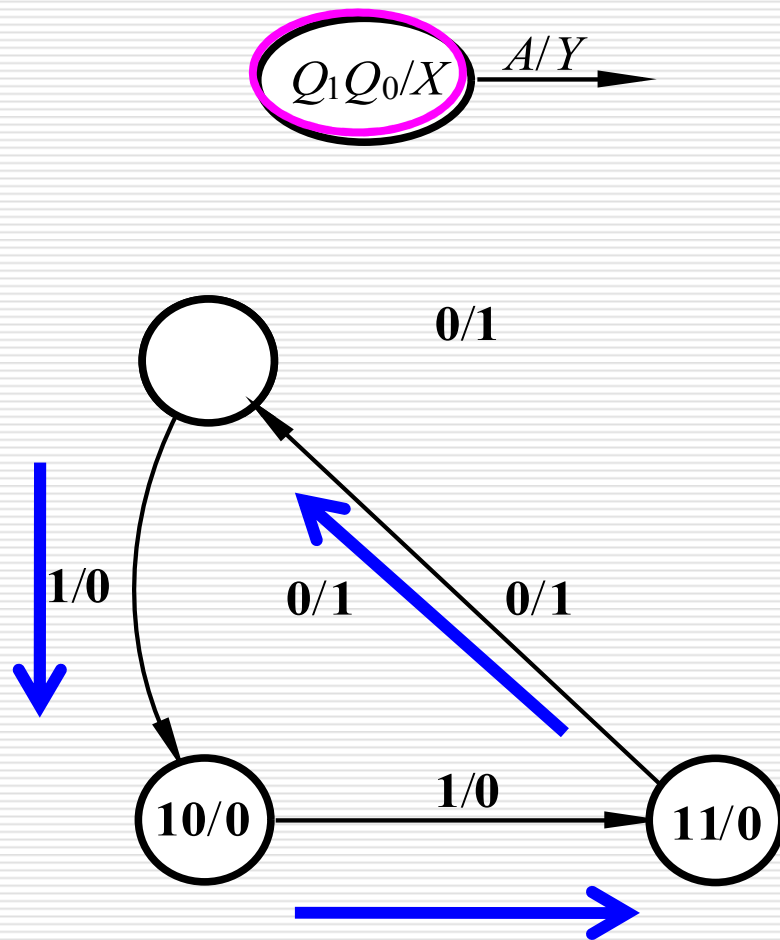
状态转换真值表

Q_1^n	Q_0^n	A	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	X	Y
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

状态转换图中找闭合回路

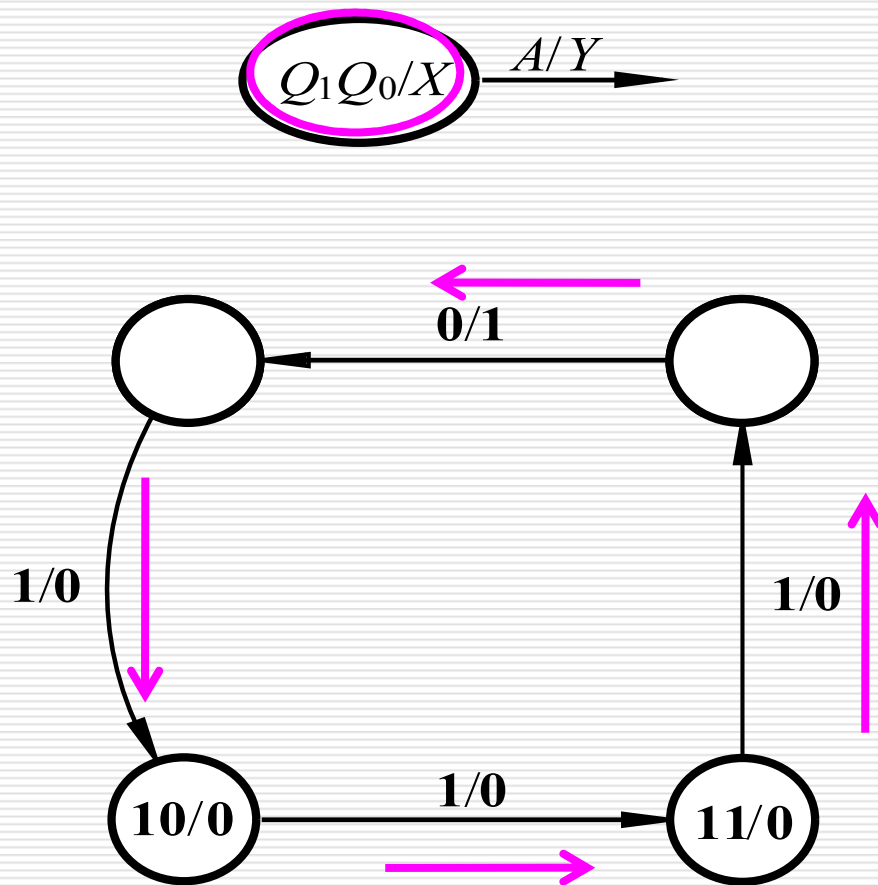


状态转换图中找闭合回路



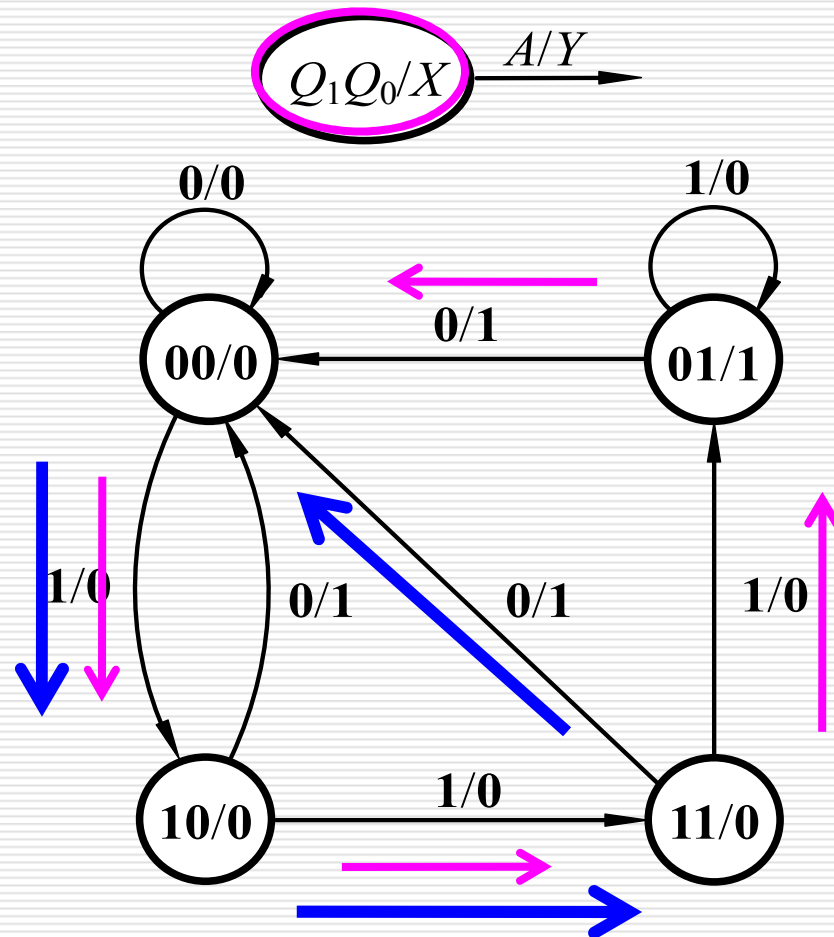
**“110”检测电路，
该电路检测到110时就Y输出1.**

状态转换图中找闭合回路



“1110”检测电路，
该电路检测到1110时
就Y输出1.

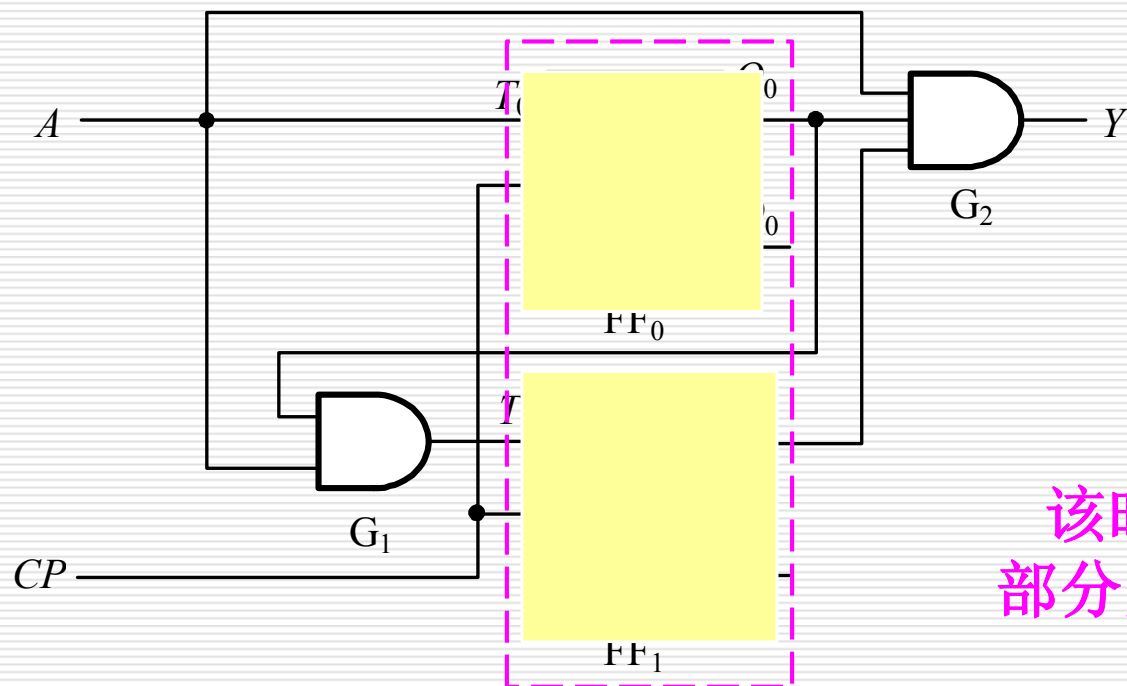
状态转换图中找闭合回路



综合，“110”和“1110”检测电路，该电路检测到110或者1110时就Y输出1.

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。



该时序电路核心
部分是两个T触发器

解： (1) 了解电路组成。

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: $Y=AQ_1Q_0$

激励方程组:

$$T_0=A$$

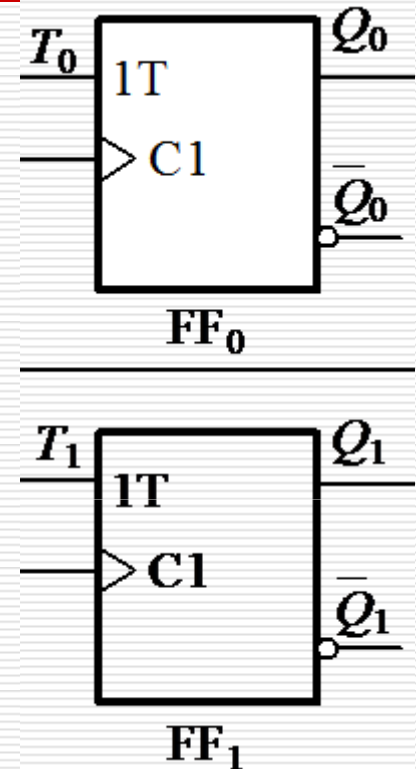
$$T_1=AQ_0$$

将激励方程组代入T触发器的特性方程得
状态方程组

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

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

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



(3) 根据状态方程组和输出方程列出状态表

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

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

$$Y = A Q_1 Q_0$$

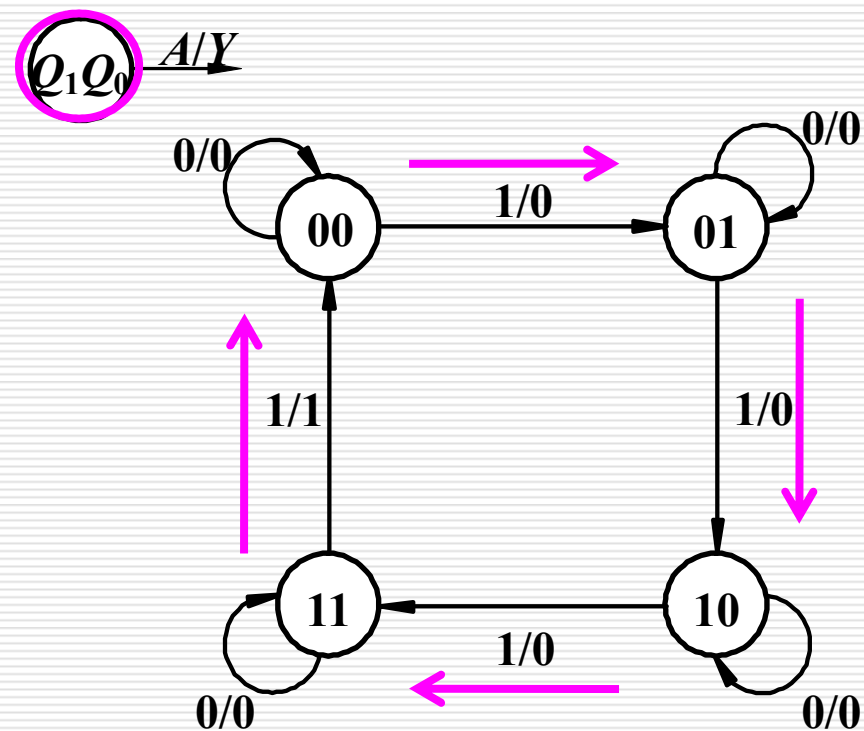
状态转换真值表

Q_1^n	Q_0^n	A	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	Y
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

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

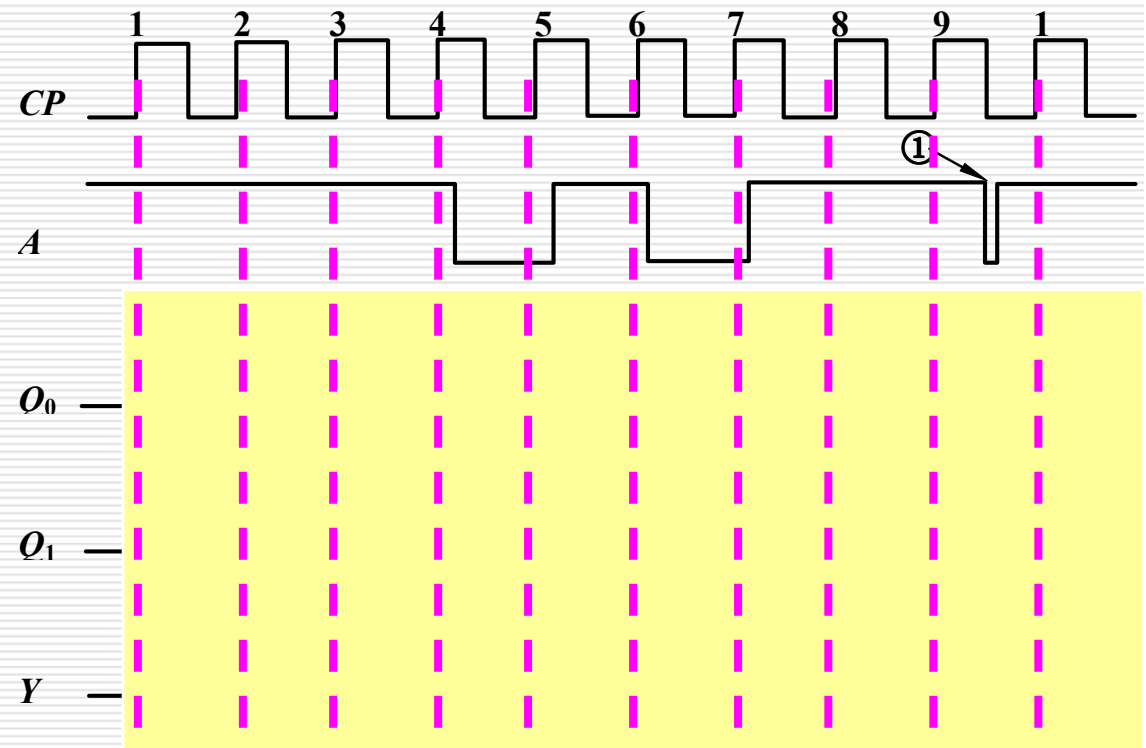
(4) 画出状态图,找出闭合回路

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



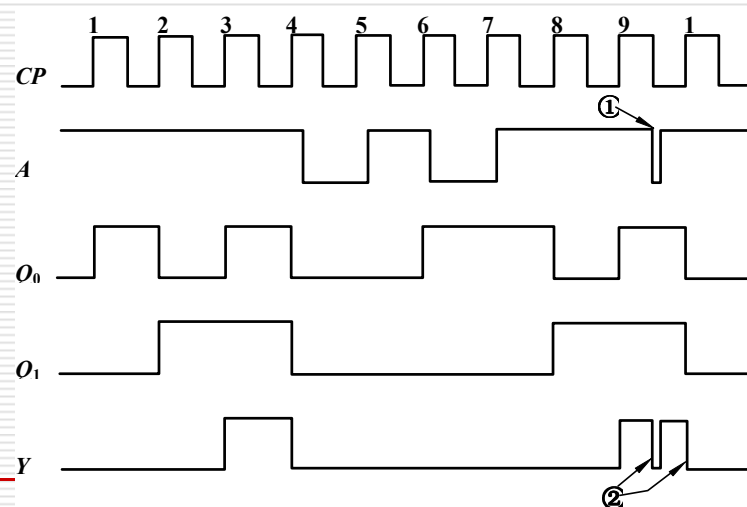
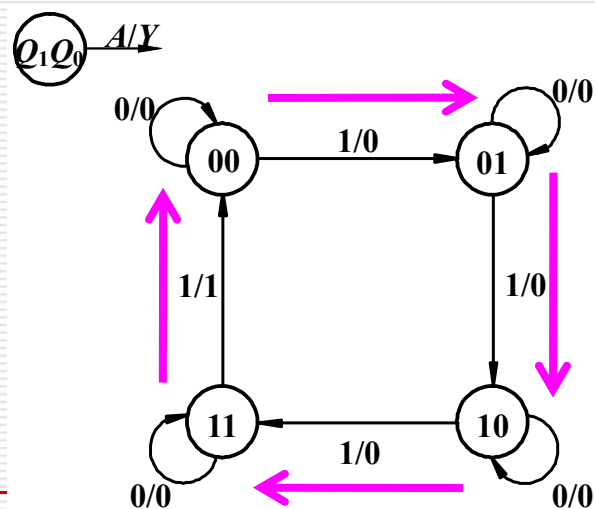
(5) 画出时序图

$Q_1^n Q_0^n$	$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / Y$	
	$A=0$	$A=1$
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触发器组成的莫尔型同步时序电路。

2. 写出下列各逻辑方程式：

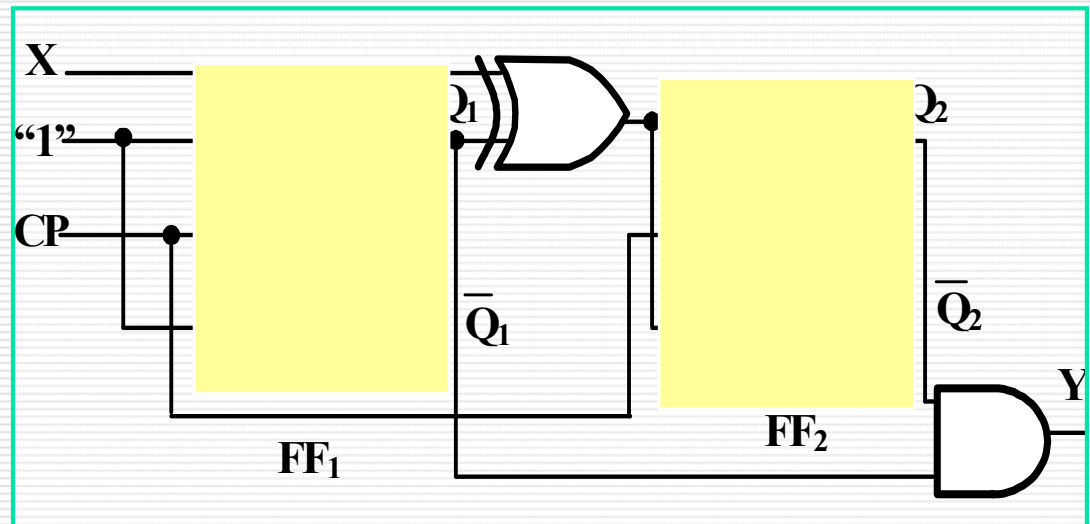
激励方程

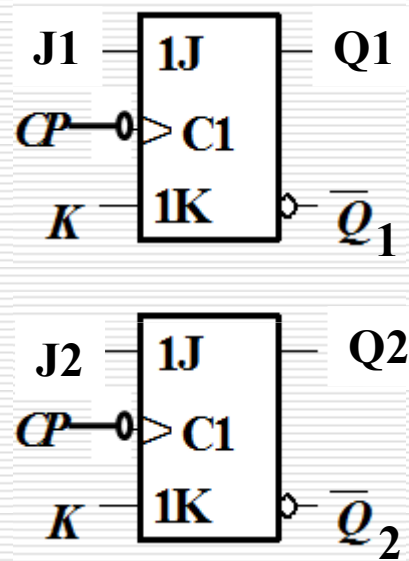
$$J_1 = K_1 = 1$$

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

输出方程

$$Y = Q_2 Q_1$$





状态转换真值表

Q_2^n	Q_1^n	X	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Y
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

将激励方程代入JK触发器的特性方程得状态方程

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



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



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

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



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



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

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

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

$$Y = Q_2 Q_1$$

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		
1 0		
1 1		

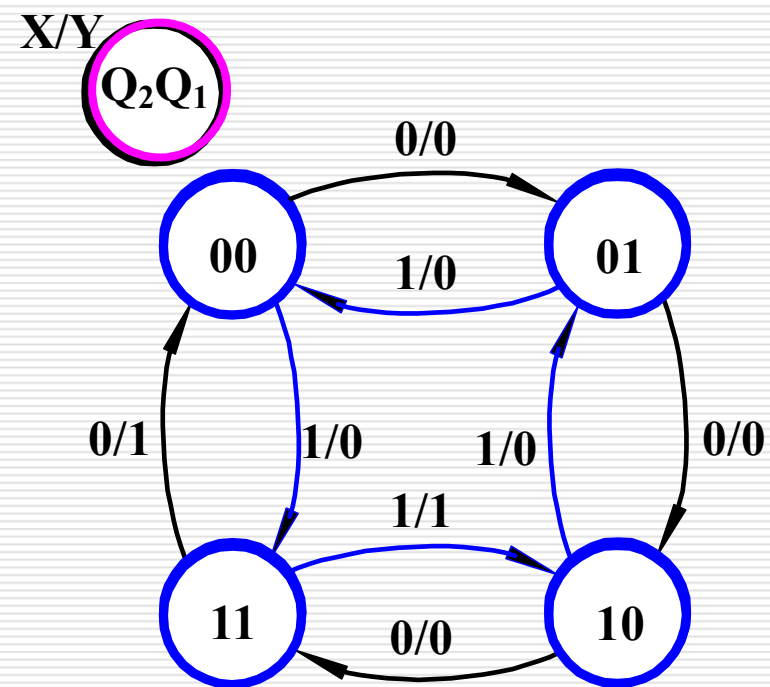
状态转换真值表

Q_2^n	Q_1^n	X	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Y
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

画出状态图

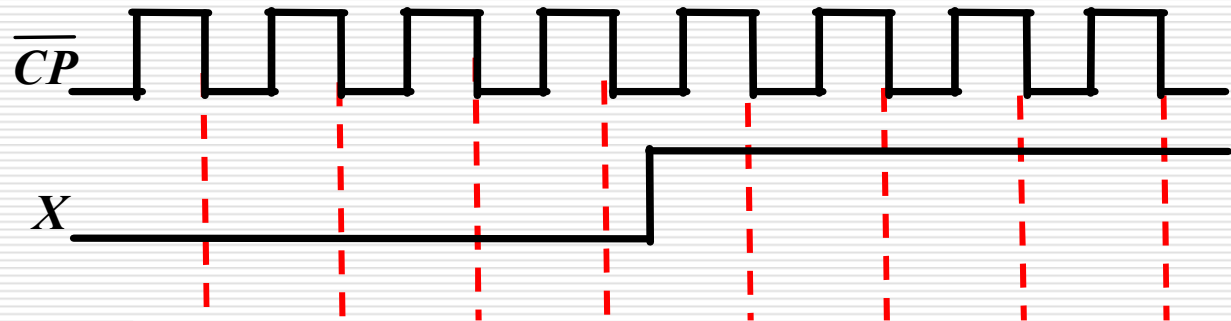
$Q_2^n Q_1^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} / Y$	
	X=0	X=1
0 0	0 1 / 0	1 1 / 0
0 1	1 0 / 0	0 0 / 0
1 0	1 1 / 0	0 1 / 0
1 1	0 0 / 1	1 0 / 1

状态图



根据状态转换表，画出波形图。

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



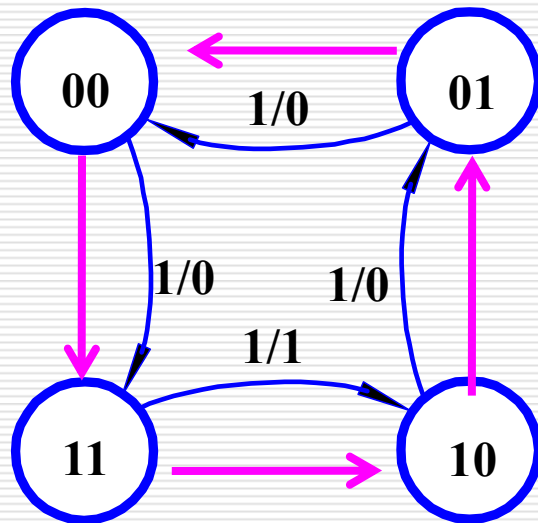
Q_1 —

Q_2 —

Y —

状态转换图

•X=1时



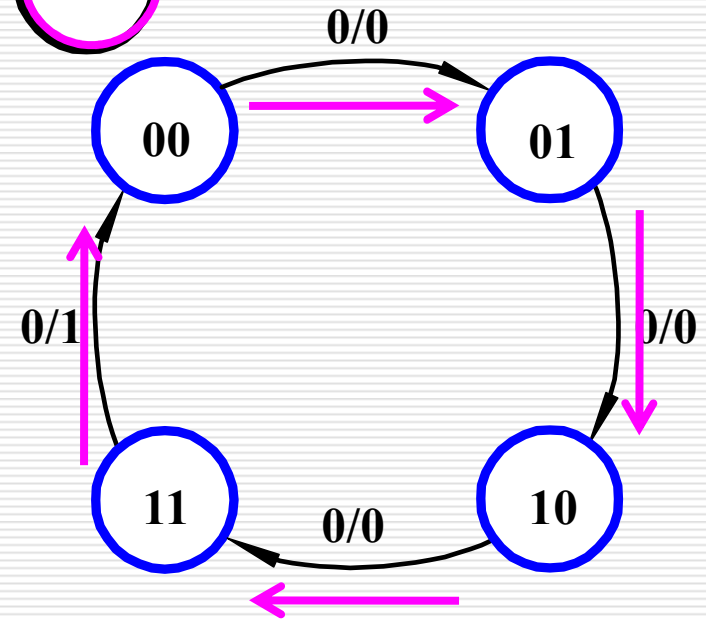
•X=1时



电路进行减1计数。

X/Y
Q₂Q₁

•X=0时



•X=0时



电路进行加1计数

4. 确定电路的逻辑功能.

•X=0时



电路进行加1计数

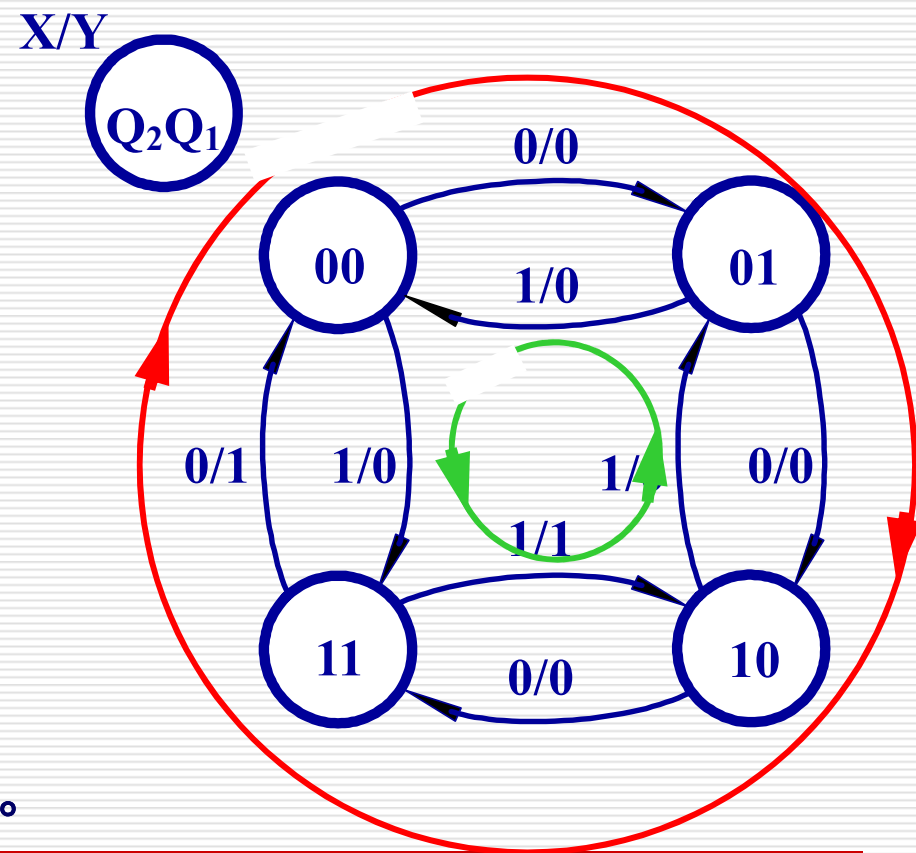
•X=1时



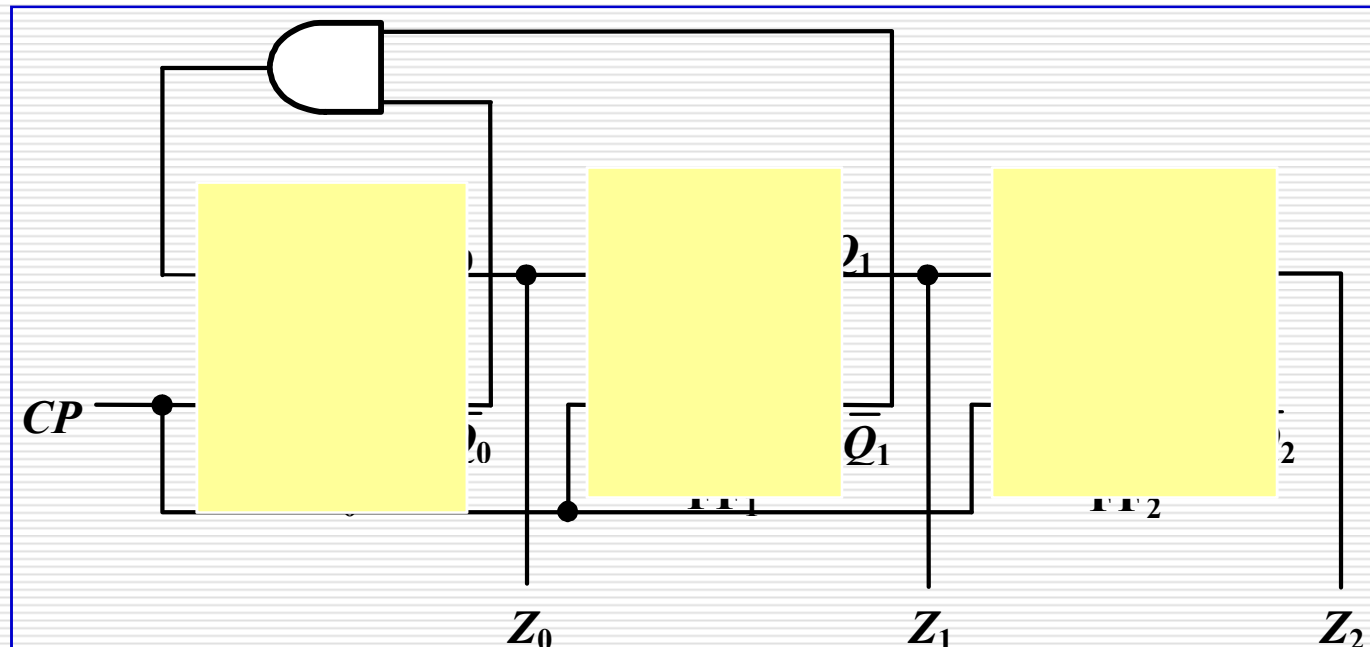
电路进行减1计数。

电路功能：可逆计数器

Y可理解为进位或借位端。



例3 分析下图所示的同步时序电路。



1. 根据电路列出逻辑方程组:

输出方程组 $Z_0 = Q_0 \quad Z_1 = Q_1 \quad Z_2 = Q_2$

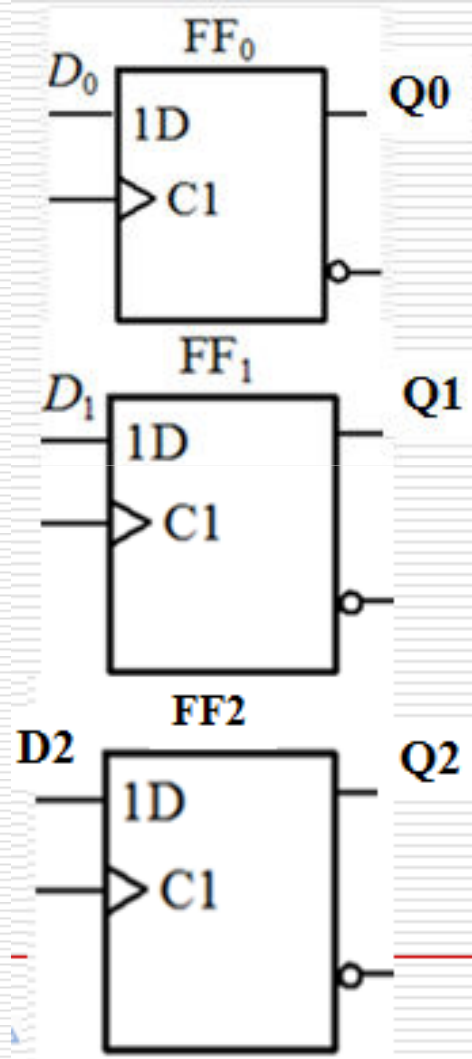
激励方程组 $D_0 = \overline{Q_1}^n \overline{Q_0}^n$

$$D_1 = Q_0^n$$

$$D_2 = Q_1^n$$

z0算输入还是输出？

由于Q0是输出，
所以Z0只能是输出！



状态转换真值表

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

将激励方程代入D 触发器的特性方程得状态方程

$$Q^{n+1} = D$$

状态表

得状态方程

$$Q_0^{n+1} = D_0 = \overline{Q_1^n} \overline{Q_0^n}$$

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

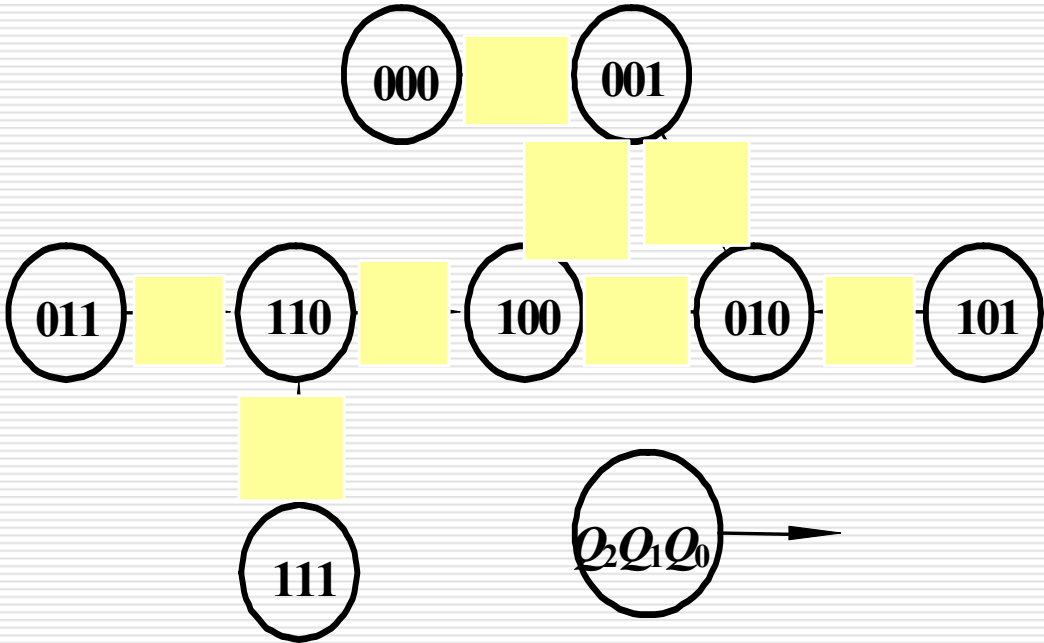
$$Q_2^{n+1} = D_2 = Q_1^n$$

2.列出其状态表

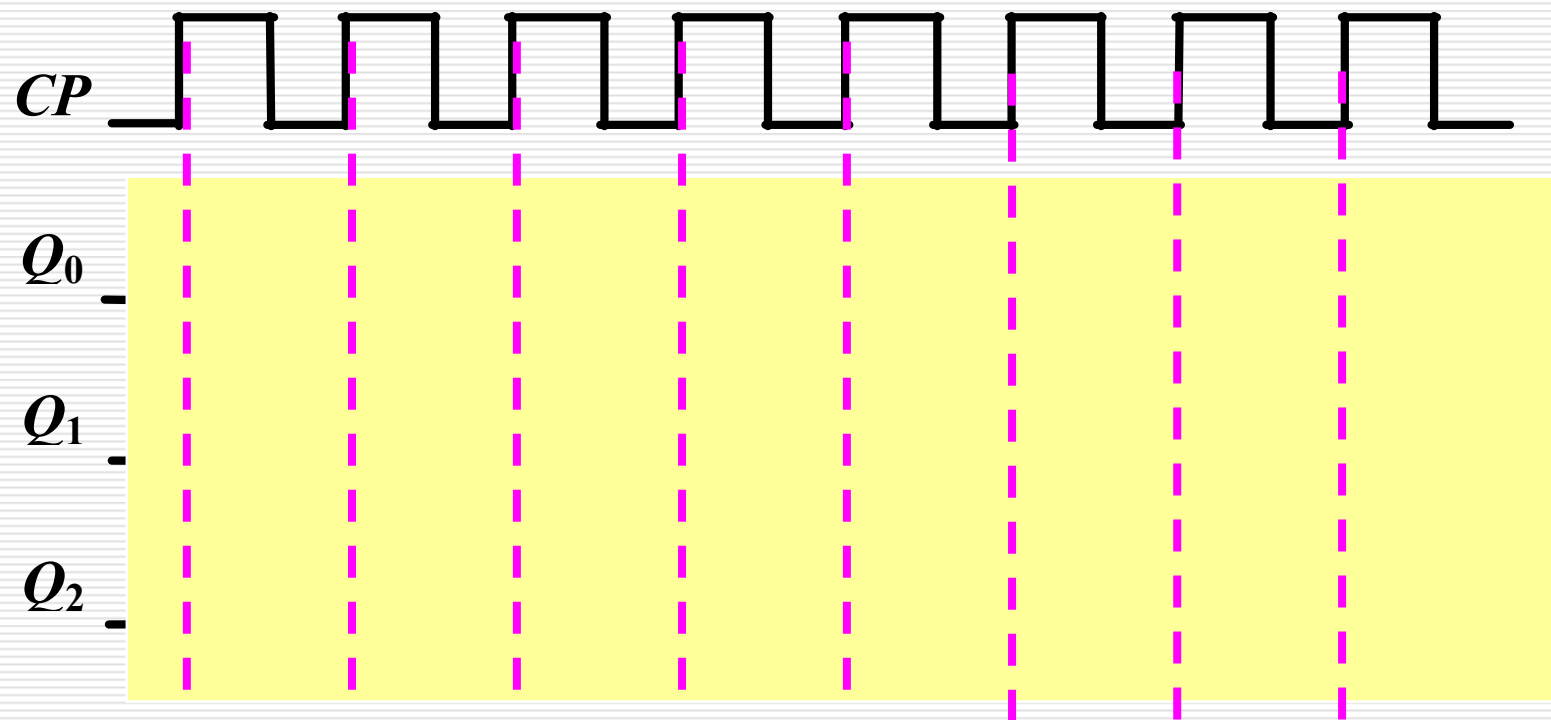
$Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
0 0 0	
0 0 1	
0 1 0	
0 1 1	
1 0 0	
1 0 1	
1 1 0	
1 1 1	

状态表

$Q_2^n Q_1^{n1} Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
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



4. 画出时序图



5、逻辑功能分析（找闭合回路）

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或节拍脉冲产生器。

