



第七章 时序逻辑电路的分析和设计

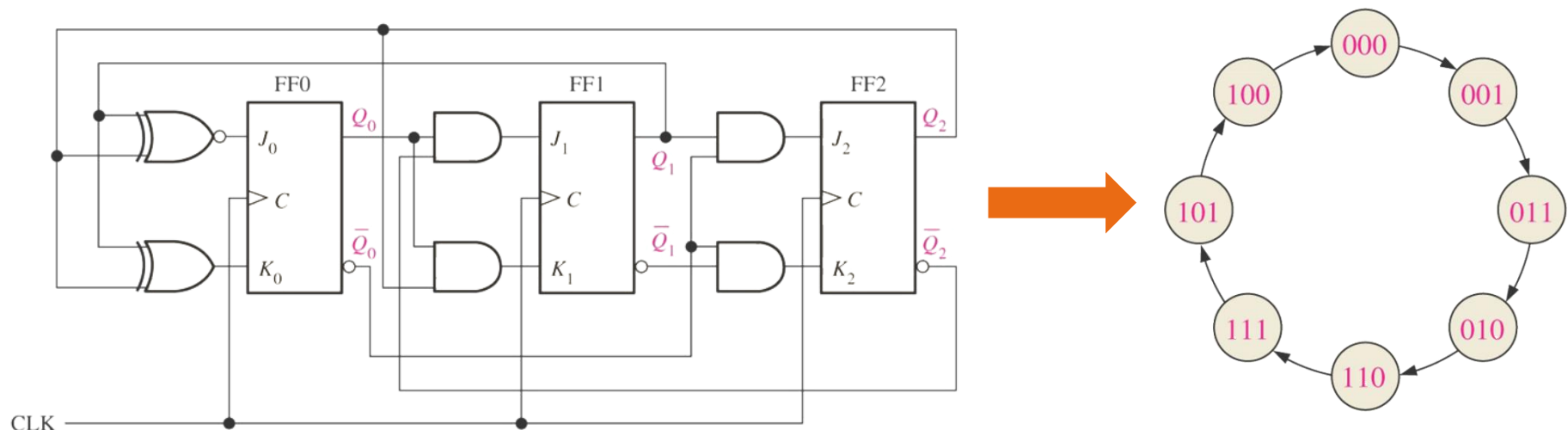
第八章 常用时序逻辑电路芯片

- 时序逻辑电路认识（7.1）
- 时序逻辑电路的一般分析方法（7.2）
- 时序逻辑电路的一般设计方法（7.3）
- 计数器（8.1）
- 寄存器（8.2）



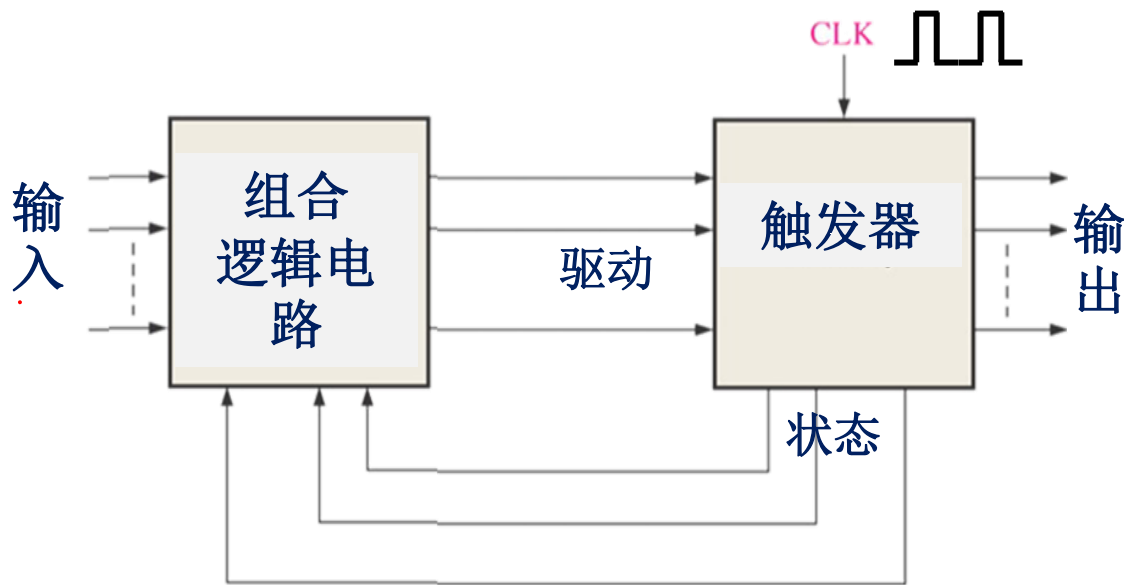
§7.2 时序逻辑电路分析

给定的电路，通过分析获得电路的**状态转换规律**





时序逻辑电路框图

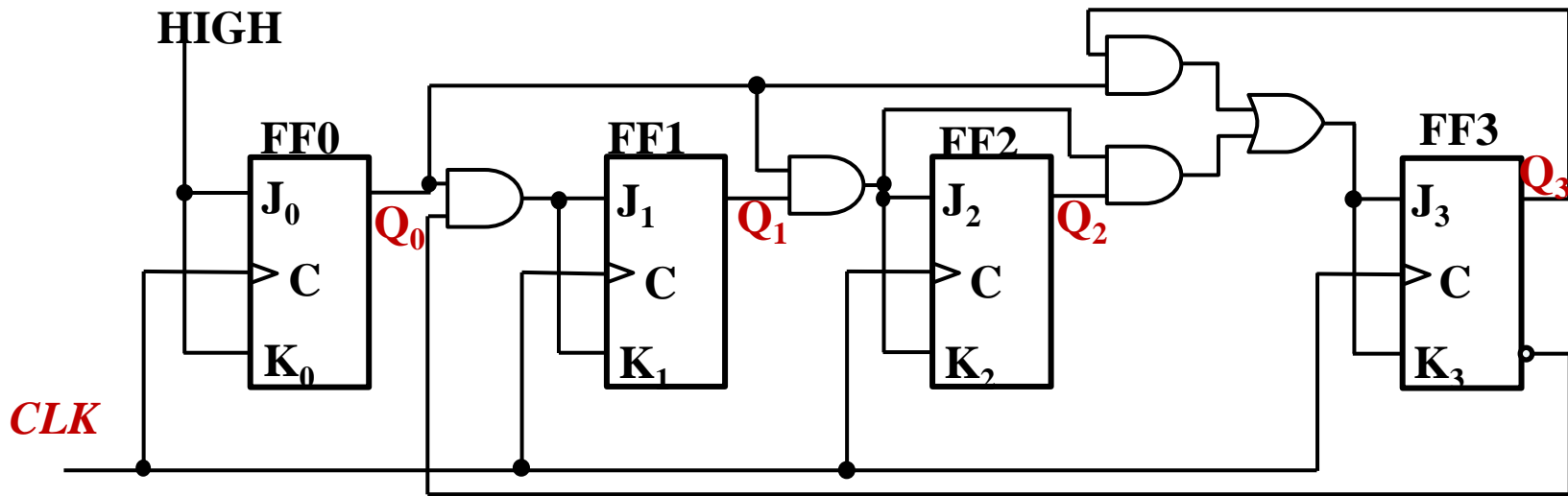


分析的关键在于从当前状态（初态）出发确定电路的下一状态（次态）

思考： 触发器的状态转换由谁决定的？ 输入——驱动方程！



分析举例1



同步时序逻辑电路

1) 写出驱动方程

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0 \bar{Q}_3$$

$$J_2 = K_2 = Q_0 Q_1$$

$$J_3 = K_3 = Q_0 Q_3 + Q_0 Q_1 Q_2$$



2) 推导次态方程

触发器的特性方程 $Q^{n+1} = J\bar{Q} + \bar{K}Q$

将驱动方程分别代入各触发器的特性方程

驱动方程

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0\bar{Q}_3$$

$$J_2 = K_2 = Q_0Q_1$$

$$J_3 = K_3 = Q_0Q_3 + Q_0Q_1Q_2$$



次态方程——**注意下标**

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

$$Q_1^{n+1} = Q_0\bar{Q}_1\bar{Q}_3 + \bar{Q}_0Q_1 + Q_3Q_1$$

$$Q_2^{n+1} = Q_0Q_1\bar{Q}_2 + \bar{Q}_0Q_2 + \bar{Q}_1Q_2$$

$$Q_3^{n+1} = Q_0Q_1Q_2\bar{Q}_3 + \bar{Q}_0Q_3$$



推导次态方程举例

$$\text{FF}_0: Q_0^{n+1} = J_0 \bar{Q}_0 + \bar{K}_0 Q_0$$

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

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0 \bar{Q}_3$$

$$J_2 = K_2 = Q_0 Q_1$$

$$J_3 = K_3 = Q_0 Q_3 + Q_0 Q_1 Q_2$$

驱动方程



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

$$Q_1^{n+1} = Q_0 \bar{Q}_1 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_1 + Q_3 Q_1$$

$$Q_2^{n+1} = Q_0 Q_1 \bar{Q}_2 + \bar{Q}_0 Q_2 + \bar{Q}_1$$

$$Q_3^{n+1} = Q_0 Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_3$$

次态方程



推导次态方程举例

$$\text{FF}_1: Q_1^{n+1} = J_1 \bar{Q}_1 + \bar{K}_1 Q_1$$

$$Q_1^{n+1} = (Q_0 \bar{Q}_3) \bar{Q}_1 + \overline{(Q_0 \bar{Q}_3)} Q_1$$


$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0 \bar{Q}_3$$

$$J_2 = K_2 = Q_0 Q_1$$

$$J_3 = K_3 = Q_0 Q_3 + Q_0 Q_1 Q_2$$

驱动方程



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

$$Q_1^{n+1} = Q_0 \bar{Q}_1 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_1 + Q_3 Q_1$$

$$Q_2^{n+1} = Q_0 Q_1 \bar{Q}_2 + \bar{Q}_0 Q_2 + \bar{Q}_1$$

$$Q_3^{n+1} = Q_0 Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_3$$

次态方程



3) 依次分析得次态表

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

$$Q_1^{n+1} = Q_0 \overline{Q_1} \overline{Q_3} + \overline{Q_0} Q_1 + Q_3 Q_1$$

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

$$Q_3^{n+1} = Q_0 Q_1 Q_2 \overline{Q_3} + \overline{Q_0} Q_3$$

其它没有分析的状态？

1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111

假定初始状态为没有分析过的状态之一，推导下一状态，直到所有状态都分析过为止

次态表

CP	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	0	0	0	0

循环



4) 自启动检验

假定初始状态为没有分析过的状态之一，推导下一状态，直到所有状态都分析过为止

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

$$Q_1^{n+1} = Q_0 \bar{Q}_1 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_1 + Q_3 Q_1$$

$$Q_2^{n+1} = Q_0 Q_1 \bar{Q}_2 + \bar{Q}_0 Q_2 + \bar{Q}_1 Q_2$$

$$Q_3^{n+1} = Q_0 Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 + \bar{Q}_0 Q_3$$

CP	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	1	0	1	0
1	1	0	1	1
2	0	1	1	0
0	1	1	0	0
1	1	1	0	1
2	0	1	0	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
2	0	0	1	0

循环

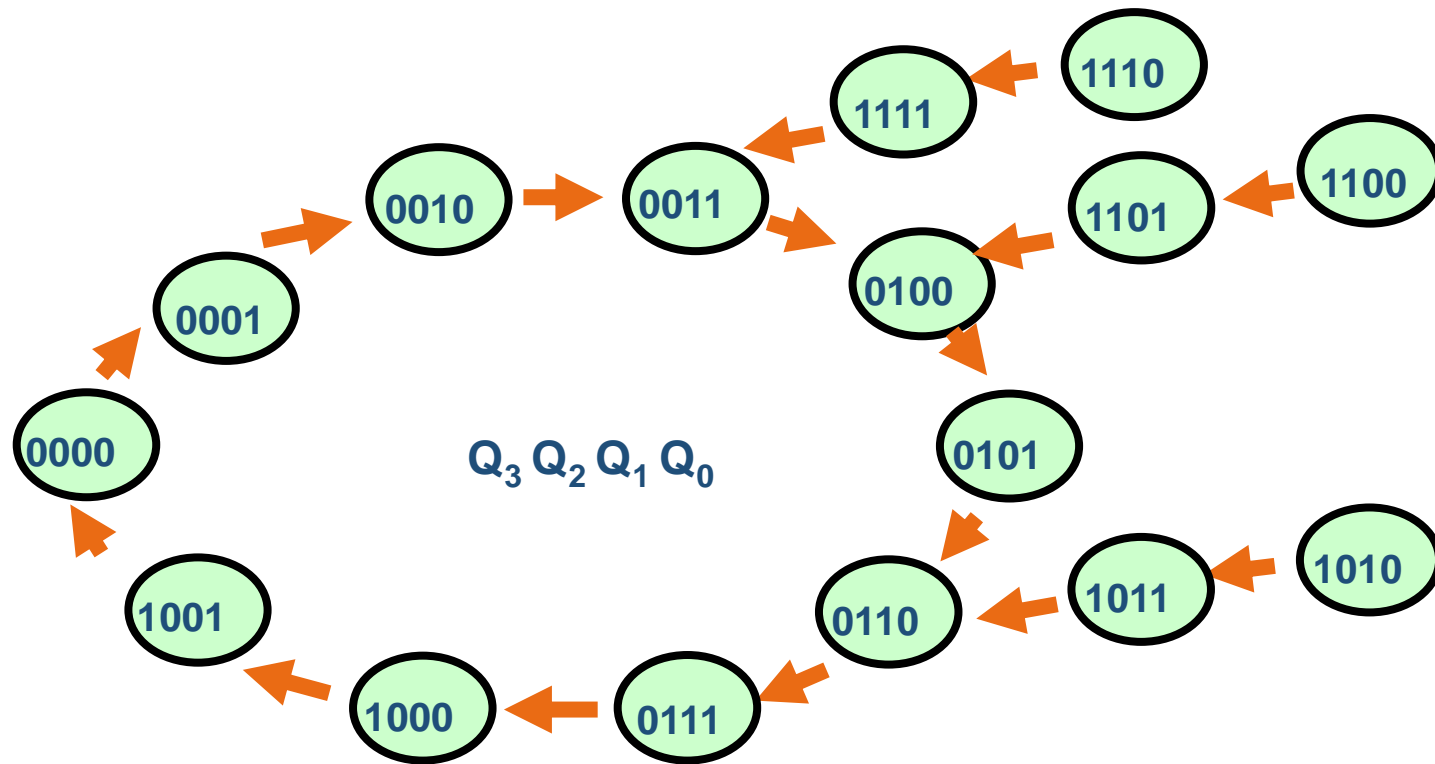
循环

循环

可以自启动！



5) 状态转换图



结论：可自启动的同步10进制计数电路

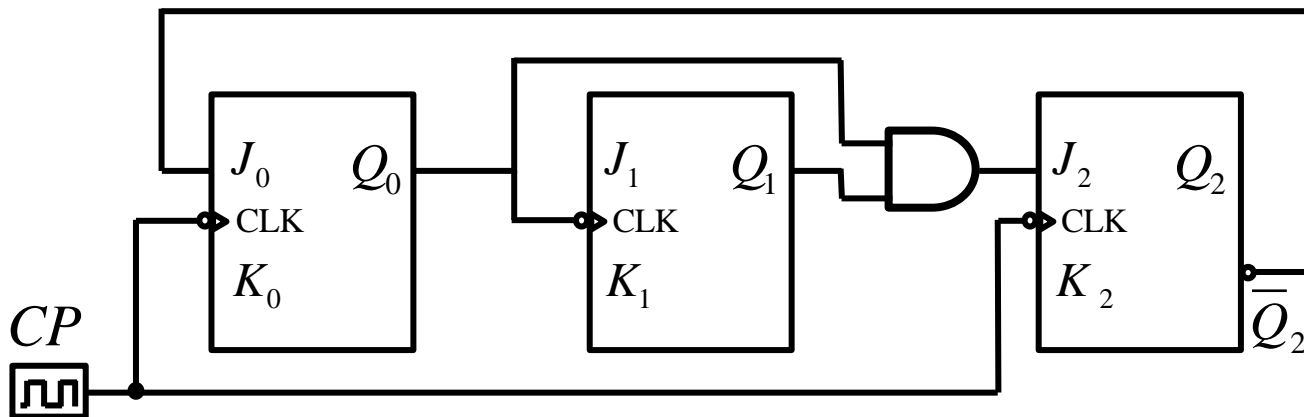


同步时序逻辑分析小结

- ■ ■ 写驱动方程
- ■ ■ 推导次态方程
- ■ ■ 依次由当前状态推导下一状态表，直到下一状态已分析过为止
- ■ ■ 自启动校验
- ■ ■ 判断计数器的进制



分析举例2



异步时序逻辑电路

1) 时钟脉冲方程

$$CP_0 = CP \downarrow$$

$$CP_1 = Q_0 \downarrow$$

$$CP_2 = CP \downarrow$$

2) 驱动方程

$$J_0 = \overline{Q_2} \quad K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = 1$$

$$J_2 = Q_1 Q_0 \quad K_2 = 1$$



$$J_0 = \overline{Q_2}, K_0 = 1$$

$$J_1 = 1, K_1 = 1$$

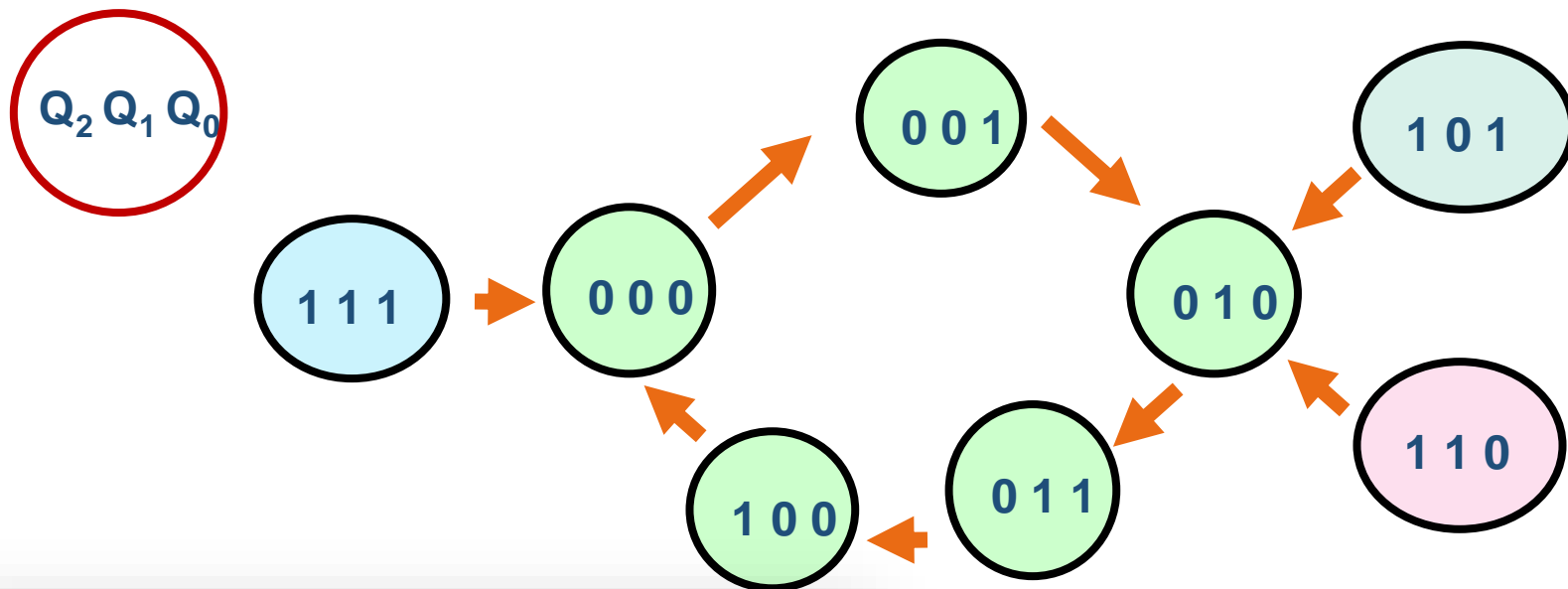
$$J_2 = Q_1 Q_0, K_2 = 1$$

原状态				控制端						下状态		
CP	$\underline{Q_2}$	$\underline{Q_1}$	$\underline{Q_0}$	$\underline{J_2} = \underline{Q_1 Q_0}$	$\underline{K_2} = 1$	$\underline{J_1} = 1$	$\underline{K_1} = 1$	$\underline{J_0} = \underline{Q_2}$	$\underline{K_0} = 1$	$\underline{Q_2}^2$	$\underline{Q_1}^2$	$\underline{Q_0}^2$
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1			
2	0	0	1	0	1	1	1	1	1			
3	0	1	0	0	1	1	1	1	1			
4	0	1	1	1	1	1	1	1	1			
5	1	0	0	0	1	1	1	0	1			

所以该计数器为五进制计数器



状态转换图



结论：
5进制异步计数器，可自启动



时序逻辑电路分析小结

- 写出时钟脉冲方程（异步），驱动方程和输出方程
- 获得状态转换表

从预先定义的初始状态开始，依次推当前状态的下一状态，直到获得完整的状态转换表。

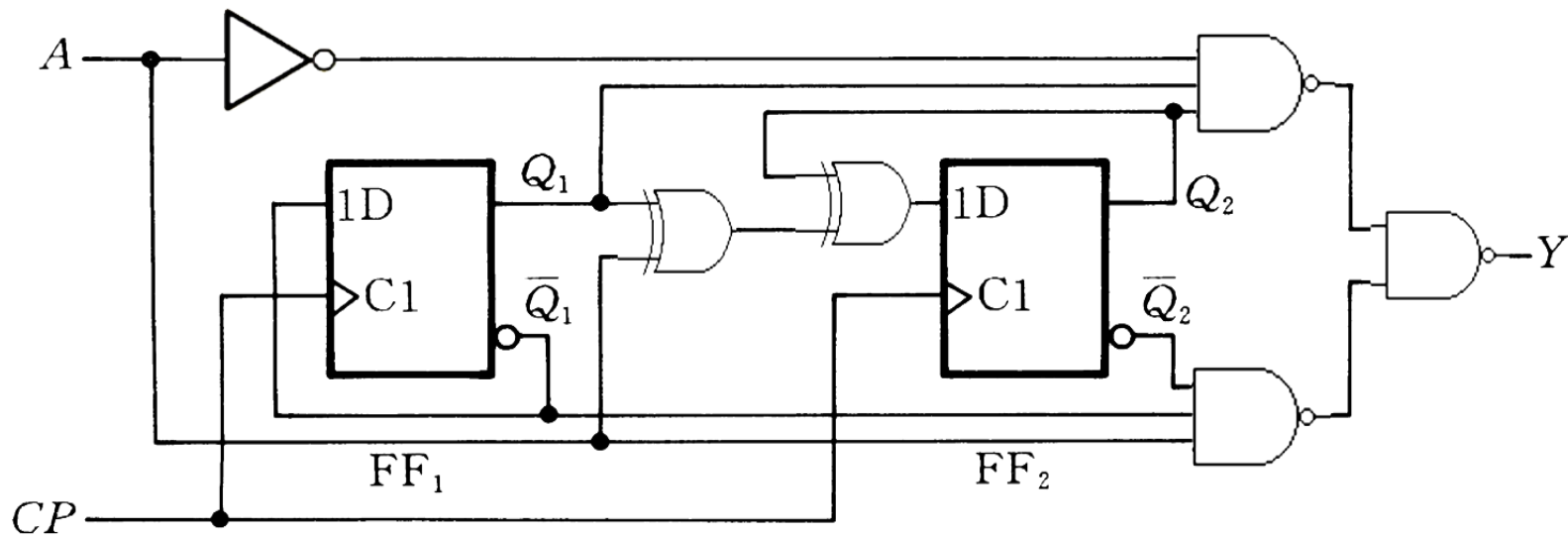
- 给出结论（进制，自启动）

★ 各触发器状态只有在时钟信号的有效沿才会发生变化.

分析异步时序逻辑电路时一定要注意每个触发器的时钟脉冲



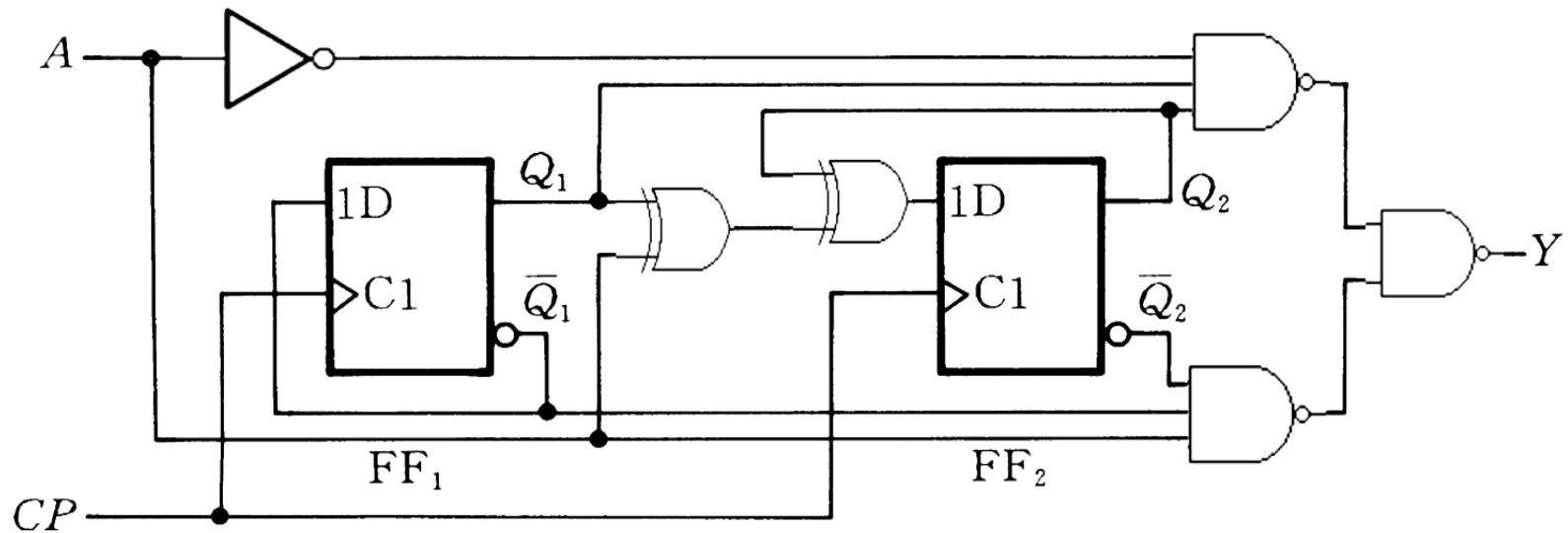
分析举例3



同步时序逻辑电路

输入： A

输出： Y



1) 驱动方程 $D_1 = \bar{Q}_1$ $D_2 = A \oplus Q_1 \oplus Q_2$

2) 输出方程 $Y = \overline{\overline{A}Q_1Q_2} \cdot \overline{\overline{A}\bar{Q}_1\bar{Q}_2} = \overline{A}Q_1Q_2 + A\bar{Q}_1\bar{Q}_2$

3) 次态方程 D 触发器特性方程 $Q^{n+1} = D$



$$Q_1^{n+1} = \bar{Q}_1 \quad Q_2^{n+1} = A \oplus Q_1 \oplus Q_2$$



4) 次态表和输出

次态方程

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

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

输出方程

$$Y = \overline{A} Q_1 Q_2 + A \overline{Q_1} \overline{Q_2}$$

次态表

CP	当前状态	下一状态	
		A=0	A=1
	$Q_2 Q_1$	$Q_2 Q_1$	$Q_2 Q_1$
0	0 0	0 1	1 1
1	0 1	1 0	0 0
2	1 0	1 1	0 1
3	1 1	0 0	1 0

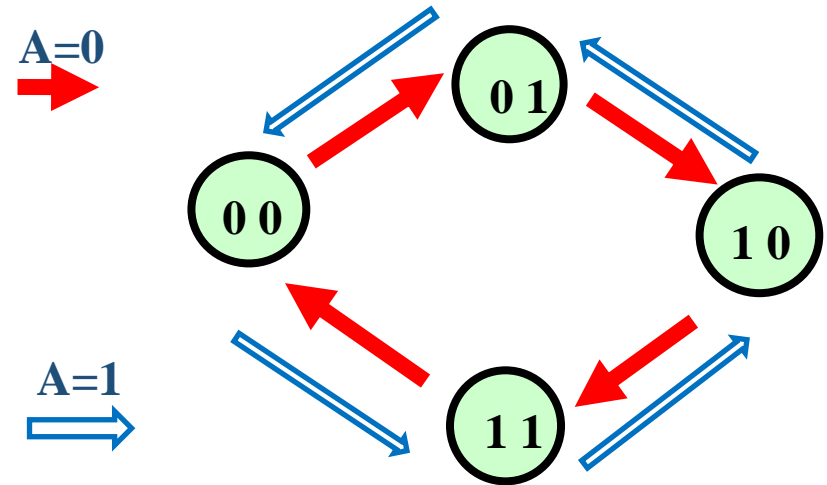
状态 $Q_2 Q_1$	输出Y	
	A=0	A=1
0 0	0	1
0 1	0	0
1 0	0	0
1 1	1	0



5) 状态转换图

CP	当前状态	下一状态	
		A=0	A=1
	$Q_2 Q_1$	$Q_2 Q_1$	$Q_2 Q_1$
0	0 0	0 1	1 1
1	0 1	1 0	0 0
2	1 0	1 1	0 1
3	1 1	0 0	1 0

状态 $Q_2 Q_1$	输出Y	
	A=0	A=1
0 0	0	1
0 1	0	0
1 0	0	0
1 1	1	0



两位二进制可逆计数器

A是上/下行控制端，计数到序列的最后一个状态时输出Y为高电平

A=0上行计数， A=1下行计数

上行时计数到11时Y=1

下行时计数到00时Y=1



第7章 时序逻辑分析和设计

P154:

7.1 时序逻辑电路分析

7.2 时序逻辑电路分析