

第三章 时序电路的分析与设计

3.1 时序电路基础

3.1.1 时序电路概述

3.1.2 时序电路的双稳态元件

3.2 同步时序电路的分析与设计

3.2.1 同步时序电路的分析

3.2.2 同步时序电路的设计

3.3 异步时序电路的分析与设计

3.3.1 脉冲异步时序电路概述

3.3.2 脉冲异步时序电路的分析步骤

3.3.3 脉冲异步时序电路的设计步骤

3.4 常用MSI时序逻辑器件及其应用

3.4.1 计数器

3.4.2 寄存器

3.4.3 节拍分配器

3.2 同步时序电路的分析与设计

3.2.1 同步时序电路的分析 *必考*

Clocked Synchronous Circuit Analysis

时序电路的分析是根据逻辑电路图得到反映时序电路工作特性的状态表及状态图。因此，分析工作从组合逻辑的分析着手，一般步骤如下：

(1) 列出激励函数及输出函数表达式：

激励函数 = $G(\text{输入}, \text{现态})$

Mealy型输出 = $F(\text{输入}, \text{现态})$

Moore型输出 = $F(\text{现态})$

(2) 根据触发器的次态方程得到各个状态的次态方程：

次态 = $Q(\text{输入}, \text{现态})$

(3) 根据状态变量的次态方程填写二进制状态表。

同步时序电路的分析方法(续) 不默

- (4) 根据输出表达式填写输出值到二进制状态表，从而得到**二进制状态输出表**。
- (5) 每一个状态分配一个字母状态名，从而得到**状态输出表**。
- (6) 根据状态输出表，画出**状态图**。
- (7) **电路特性描述**，确定电路的逻辑功能。

下面结合实例，对上述步骤作具体说明。

例1 分析如图所示电路的特性。



用 D 触发器组成的Mealy 型电路

分析步骤如下:

(1) 列出激励函数及输出函数表达式:

$$D_0 = X\bar{Q}_0 + \bar{X}Q_0$$

$$D_1 = \bar{X}Q_1 + X\bar{Q}_1Q_0 + XQ_1\bar{Q}_0$$

$$Z = XQ_1Q_0$$

(2) 写出各状态变量的次态方程。

由 D 触发器的次态方程: $Q^{n+1}=D$, 可得:

$$Q_0^{n+1} = D_0 \quad Q_1^{n+1} = D_1$$

代入 D_0 , D_1 , 则表达式为:

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

$$Q_1^{n+1} = \bar{X}Q_1 + X\bar{Q}_1Q_0 + XQ_1\bar{Q}_0$$

时钟 { 同步
 { 异步

{ Mealy.

现态与输入.

(3) 填写二进制状态表

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

$$Q_1^{n+1} = \overline{X}Q_1 + X\overline{Q_1}Q_0 + XQ_1\overline{Q_0}$$

4个现态，
得什么
状态、

$Q_1Q_0 \backslash X$	0	1
00	00	01
01	01	10
10	10	11
11	11	00

$Q_1^{n+1} \quad Q_0^{n+1}$

(4) 填写二进制状态输出表

$$Z = XQ_1Q_0$$

Q状态 + Z出

$Q_1Q_0 \backslash X$	0	1
00	00/0	01/0
01	01/0	10/0
10	10/0	11/0
11	11/0	00/1

$Q_1^{n+1} \quad Q_0^{n+1} \quad /Z \quad 出$
状态

(5) 写出状态/输出表

状态/输出
X 入后会影响 Q 是

设定 00 = A, 01 = B, 10 = C, 11 = D

则 可得到状态输出表(c) 另外计算

其中: S—现态 S^{n+1} —次态

$Q_1 Q_0 \backslash X$	0	1
00	00/0	01/0
01	01/0	10/0
10	10/0	11/0
11	11/0	00/1

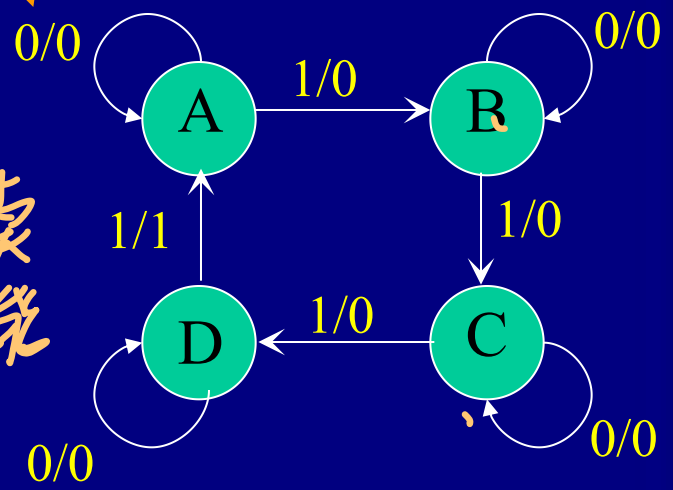
(c) 状态/输出表

$S \backslash X$	0	1
A	A/0	B/0
B	B/0	C/0
C	C/0	D/0
D	D/0	A/1

S^{n+1} / Z

模4计数
 $Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / Z$

可以读出功能



(d) 状态图

(6) 根据状态输出表画出状态图, 见图(d)。

(7) 电路特性描述

由状态图可看出，此电路功能为：

当输入 4 个 “1” 时，输出为 1。

假设从初态 A 开始，输入 X 为：10110010

按照状态图列出状态响应序列如下：

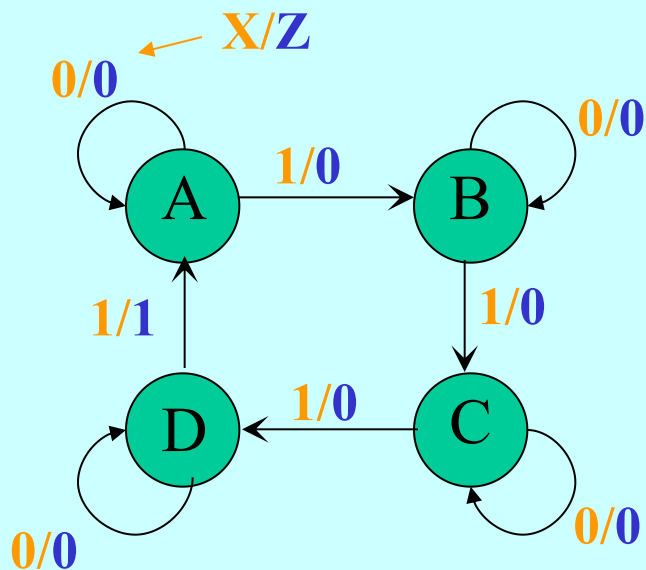
时钟节拍	1	2	3	4	5	6	7	8
X	1	0	1	1	0	0	1	0
S	A	B	B	C	D	D	D	A
S_{n+1}	B	B	C	D	D	D	A	A
Z	0	0	0	0	0	0	1	0

就是时钟节拍器

按 4 下

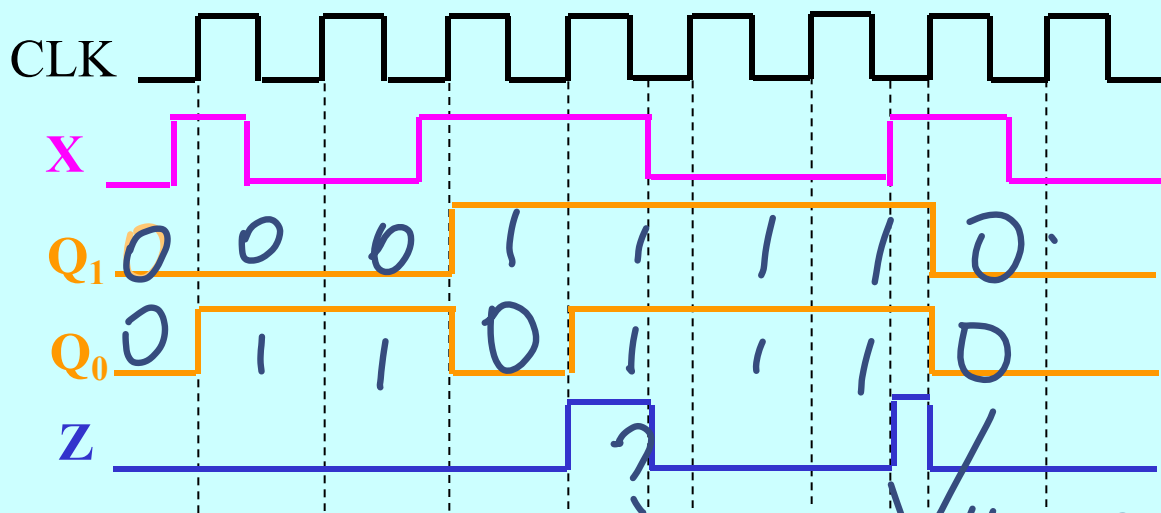
第 4 个

复位了



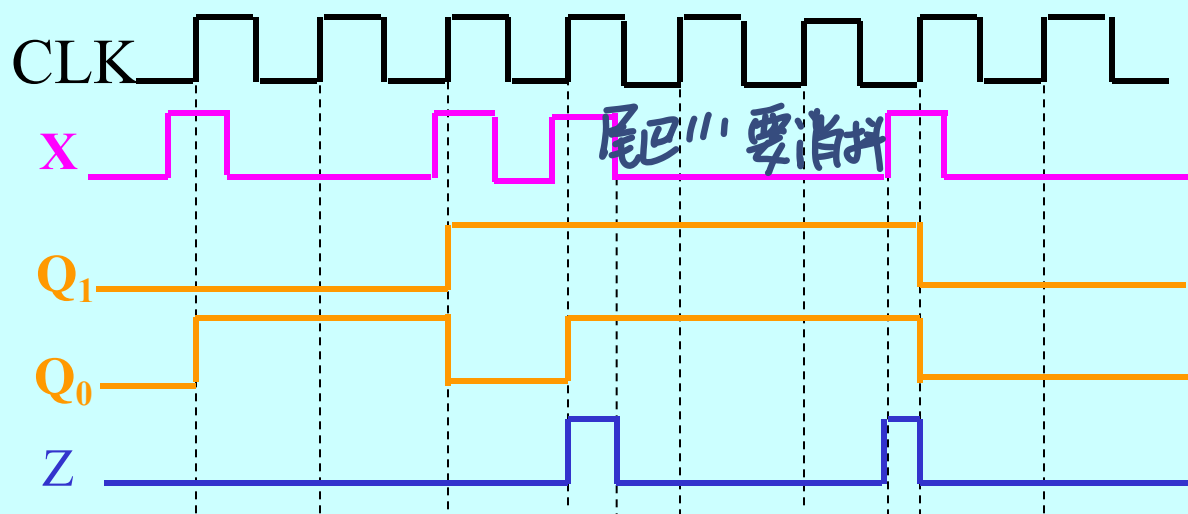
(a) 状态图

$$Z = X Q_0 Q_1$$

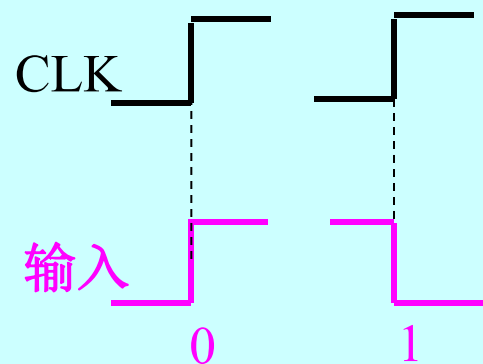


(b) 电平输入的典型时间图

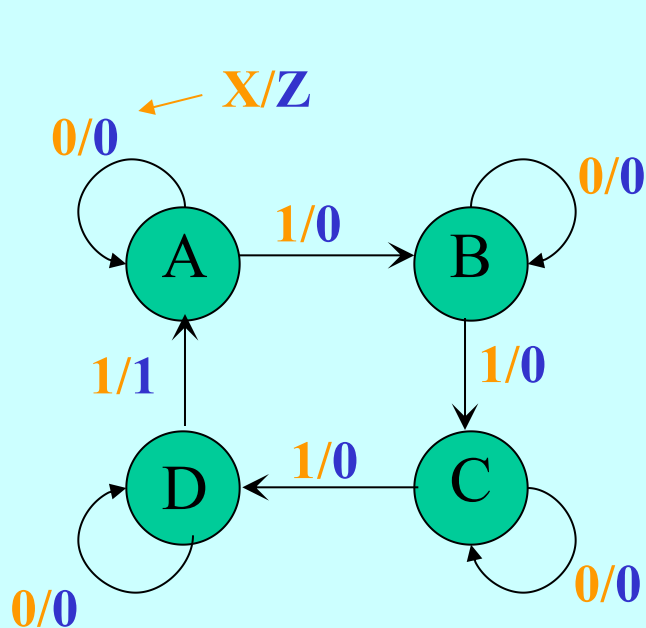
第4个同步



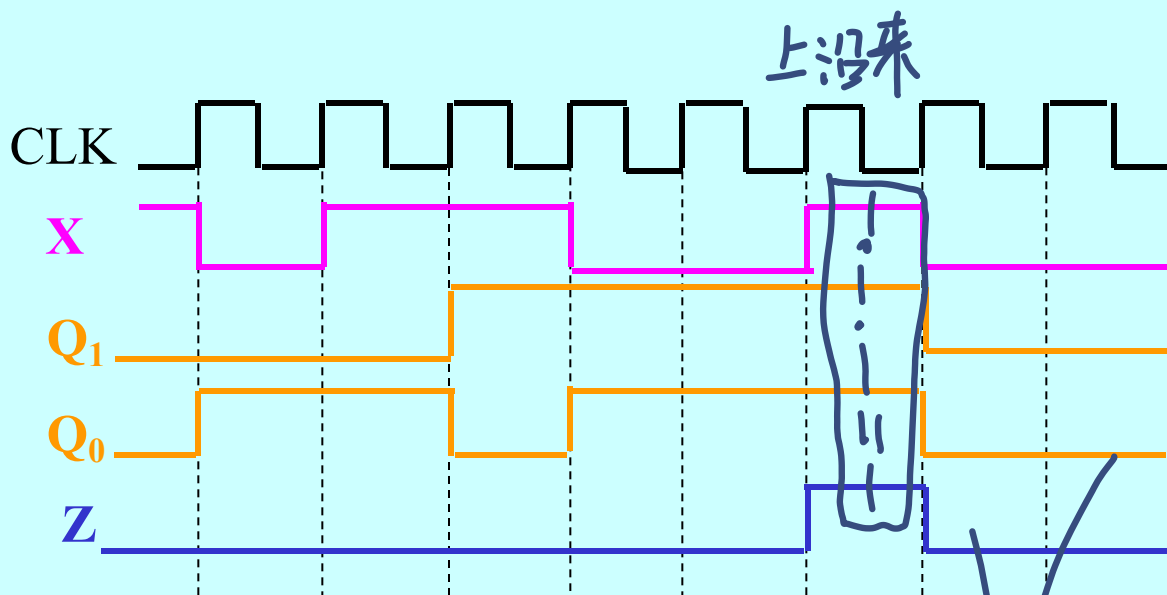
(c) 脉冲输入的典型时间图



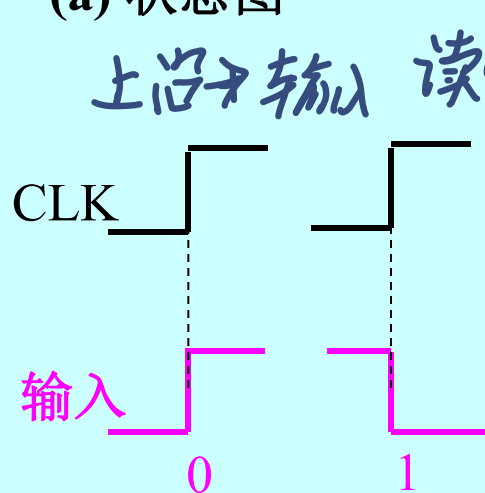
(d) 触发边沿与读值



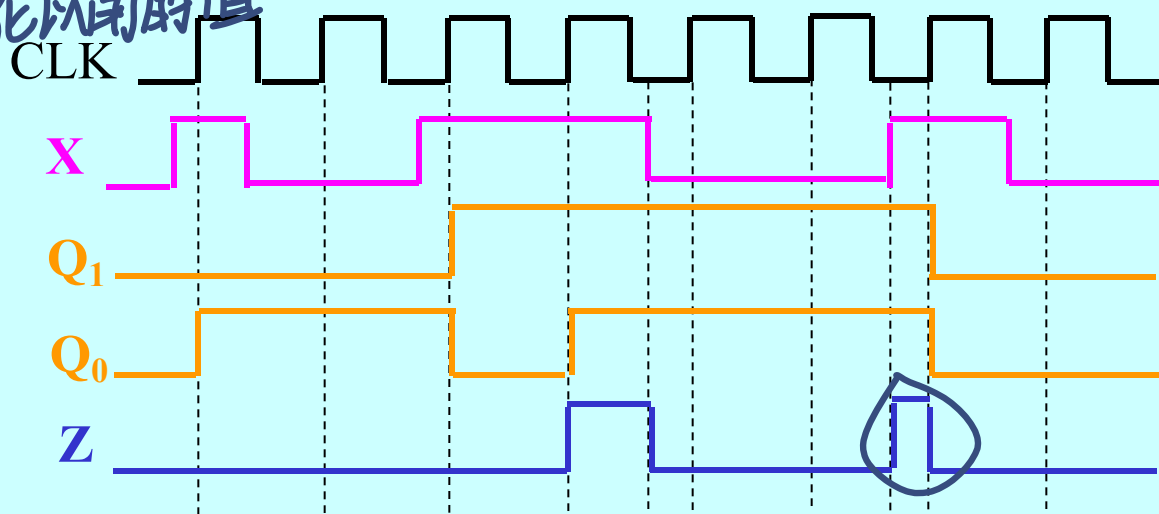
(a) 状态图



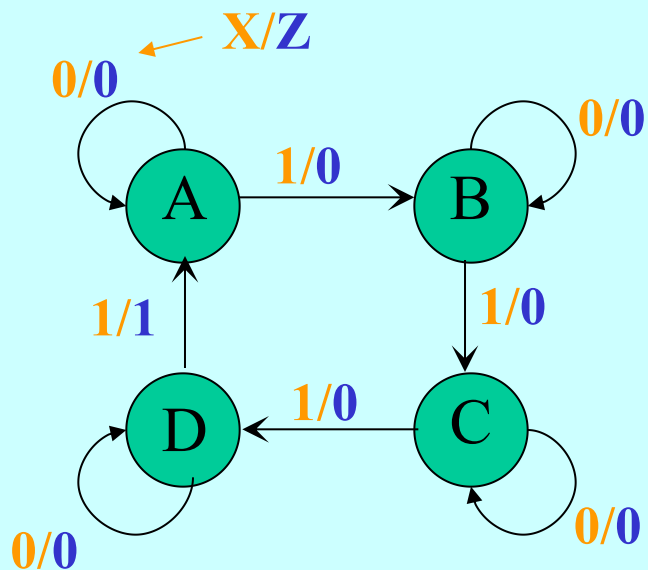
(b) 通常的电平输入时间图



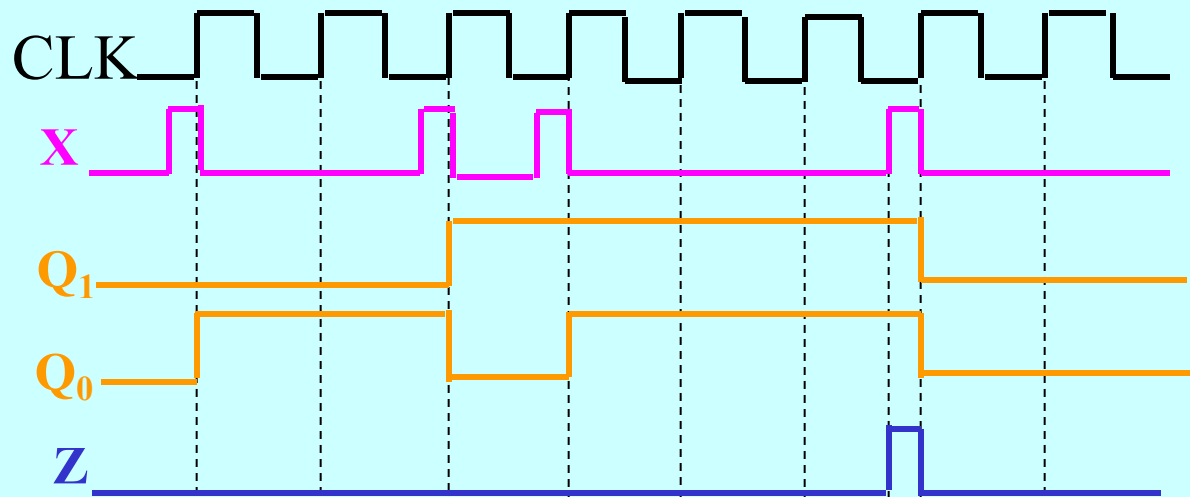
(d) 触发边沿与读值



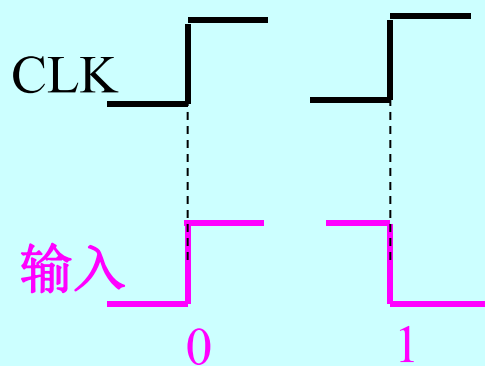
(b) 电平输入的典型时间图



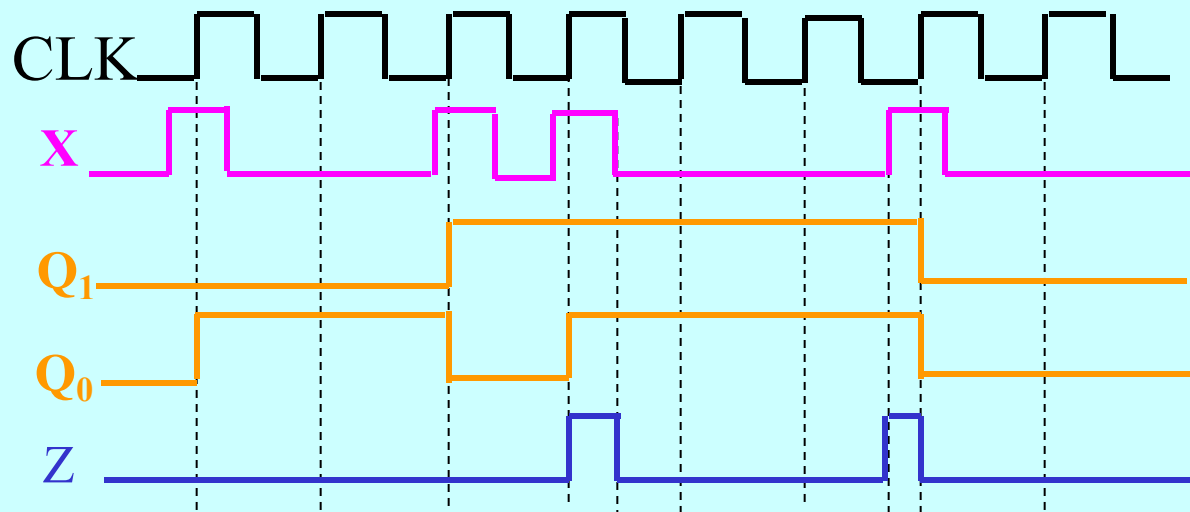
(a) 状态图



(c) 通常的脉冲输入时间图

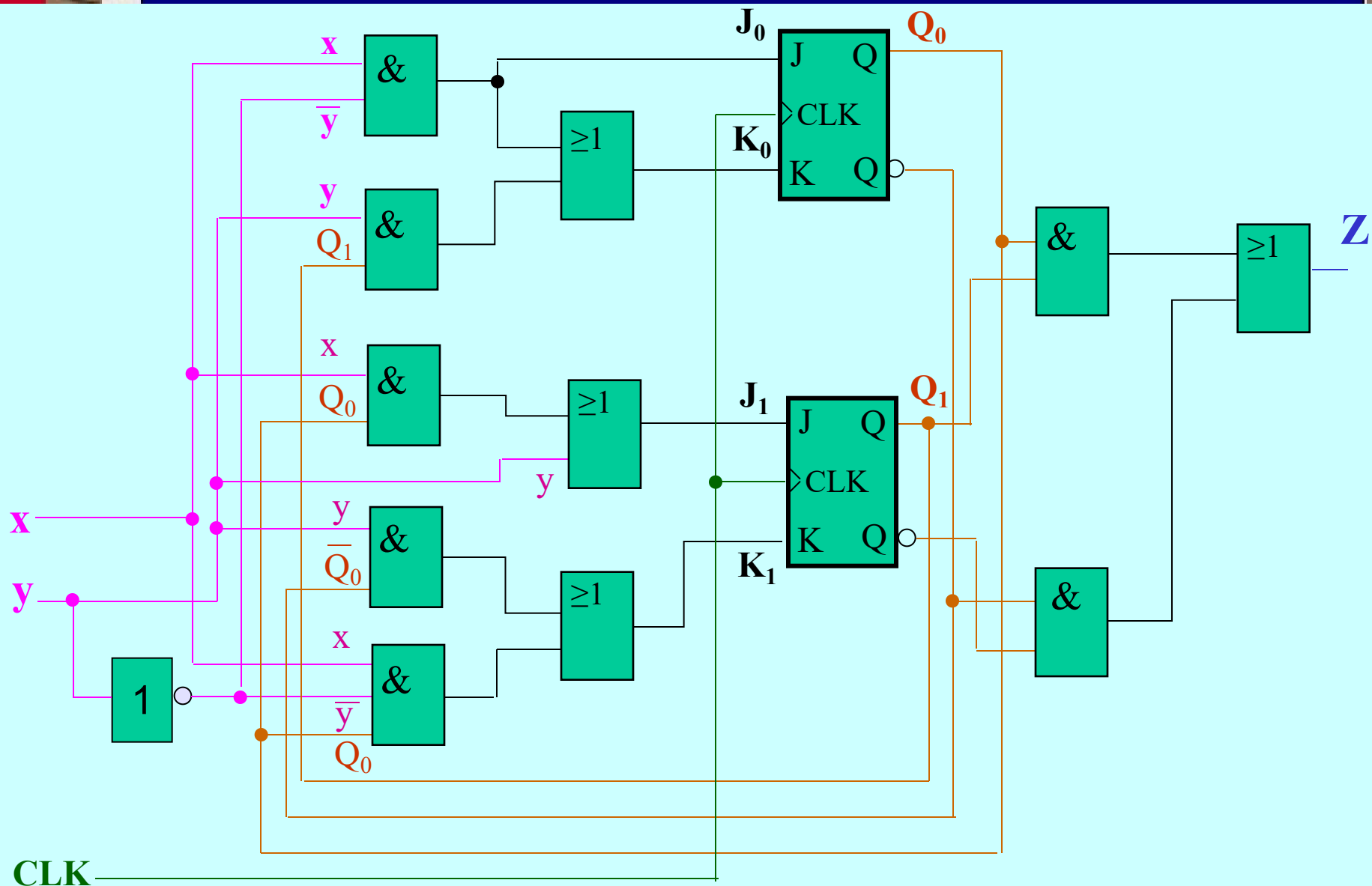


(d) 触发边沿与读值



(c) 脉冲输入的典型时间图

例2 分析如图所示电路电路。



用 JK 触发器组成的 Moore 型电路

分析步骤如下：

(1) 列出激励函数及输出函数表达式：

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$

(2) 列出状态变量的次态方程：

由 JK 触发器的次态方程： $Q^{n+1} = J\bar{Q} + \bar{K}Q$ ，可得：

$$Q_0^{n+1} = J_0 \cdot \bar{Q}_0 + \bar{K}_0 \cdot Q_0$$

$$= x \cdot \bar{y} \cdot \bar{Q}_0 + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot Q_0 + \bar{x} \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_0$$

$$Q_1^{n+1} = J_1 \cdot \bar{Q}_1 + \bar{K}_1 \cdot Q_1$$

$$= x \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \bar{Q}_1 + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot Q_1 + \bar{y} \cdot Q_1 \cdot \bar{Q}_0 \\ + y \cdot Q_1 \cdot Q_0 + \bar{x} \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

慢且错

(3) 用激励/转换表导出状态表: JK 属于来

x	y	Q ₁	Q ₀	J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	0	0	0	0			
0	0	0	1	0			
0	0	1	0	0			
0	0	1	1	0			
0	1	0	0	1			
0	1	0	1	1			
0	1	1	0	1			
0	1	1	1	1			
1	0	0	0	0			
1	0	0	1	1			
1	0	1	0	0			
1	0	1	1	1			
1	1	0	0	1			
1	1	0	1	1			
1	1	1	0	1			
1	1	1	1	1			

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$



从图中读出来

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	$Q_1 Q_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0	0 0	0 0	
0 0	0 1	0 0	
0 0	1 0	0 0	
0 0	1 1	0 0	
0 1	0 0	1 1	
0 1	0 1	1 0	
0 1	1 0	1 1	
0 1	1 1	1 0	
1 0	0 0	0 0	
1 0	0 1	1 1	
1 0	1 0	0 0	
1 0	1 1	1 1	
1 1	0 0	1 1	
1 1	0 1	1 0	
1 1	1 0	1 1	
1 1	1 1	1 0	

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	$Q_1 Q_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0	0 0	0 0	0
0 0	0 1	0 0	0
0 0	1 0	0 0	0
0 0	1 1	0 0	0
0 1	0 0	1 1	0
0 1	0 1	1 0	0
0 1	1 0	1 1	0
0 1	1 1	1 0	0
1 0	0 0	0 0	1
1 0	0 1	1 1	1
1 0	1 0	0 0	1
1 0	1 1	1 1	1
1 1	0 0	1 1	0
1 1	0 1	1 0	0
1 1	1 0	1 1	0
1 1	1 1	1 0	0

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$

|00|

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	$Q_1 Q_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0	0 0	0 0	0 0
0 0	0 1	0 0	0 0
0 0	1 0	0 0	0 0
0 0	1 1	0 0	0 0
0 1	0 0	1 1	0 0
0 1	0 1	1 0	0 0
0 1	1 0	1 1	0 1
0 1	1 1	1 0	0 1
1 0	0 0	0 0	1 1
1 0	0 1	1 1	1 1
1 0	1 0	0 0	1 1
1 0	1 1	1 1	1 1
1 1	0 0	1 1	0 0
1 1	0 1	1 0	0 0
1 1	1 0	1 1	0 1
1 1	1 1	1 0	0 1

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	$Q_1 Q_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	Z
0 0	0 0	0 0	0 0	1
0 0	0 1	0 0	0 0	0
0 0	1 0	0 0	0 0	0
0 0	1 1	0 0	0 0	1
0 1	0 0	1 1	0 0	1
0 1	0 1	1 0	0 0	0
0 1	1 0	1 1	0 1	0
0 1	1 1	1 0	0 1	1
1 0	0 0	0 0	1 1	1
1 0	0 1	1 1	1 1	0
1 0	1 0	0 0	1 1	0
1 0	1 1	1 1	1 1	1
1 1	0 0	1 1	0 0	1
1 1	0 1	1 0	0 0	0
1 1	1 0	1 1	0 1	0
1 1	1 1	1 0	0 1	1

$$J_0 = x \cdot \bar{y}$$

$$K_0 = x \cdot \bar{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \bar{Q}_0 + x \cdot \bar{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0$$

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	Q_1	Q_0	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	Z	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0 0	0	0	0 0	0 0	1	0	
0 0	0	1	0 0	0 0	0	0	
0 0	1	0	0 0	0 0	0	1	
0 0	1	1	0 0	0 0	1	1	
0 1	0	0	1 1	0 0	1	1	
0 1	0	1	1 0	0 0	0	1	
0 1	1	0	1 1	0 1	0	0	
0 1	1	1	1 0	0 1	1	1	
1 0	0	0	0 0	1 1	1	0	
1 0	0	1	1 1	1 1	0	1	
1 0	1	0	0 0	1 1	0	1	
1 0	1	1	1 1	1 1	1	0	
1 1	0	0	1 1	0 0	1	1	
1 1	0	1	1 0	0 0	0	1	
1 1	1	0	1 1	0 1	0	0	
1 1	1	1	1 0	0 1	1	1	

(3) 用激励/转换表导出状态表:

x y	Q_1	Q_0	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	Z	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0 0	0	0	0 0	0 0	1	0	0
0 0	0	1	0 0	0 0	0	0	1
0 0	1	0	0 0	0 0	0	1	0
0 0	1	1	0 0	0 0	1	1	1
0 1	0	0	1 1	0 0	1	1	0
0 1	0	1	1 0	0 0	0	1	1
0 1	1	0	1 1	0 1	0	0	0
0 1	1	1	1 0	0 1	1	1	0
1 0	0	0	0 0	1 1	1	0	1
1 0	0	1	1 1	1 1	0	1	0
1 0	1	0	0 0	1 1	0	1	1
1 0	1	1	1 1	1 1	1	0	0
1 1	0	0	1 1	0 0	1	1	0
1 1	0	1	1 0	0 0	0	1	1
1 1	1	0	1 1	0 1	0	0	0
1 1	1	1	1 0	0 1	1	1	0

好检查
这个没那么难

(3) 用激励/转换表导出状态表:

$x \ y \ Q_1 Q_0$	$J_1 \ K_1 \ J_0 \ K_0$	Z	$Q_1^{n+1} \ Q_0^{n+1}$
0 0 0 0	0 0 0 0	1	0 0
0 0 0 1	0 0 0 0	0	0 1
0 0 1 0	0 0 0 0	0	1 0
0 0 1 1	0 0 0 0	1	1 1
0 1 0 0	1 1 0 0	1	1 0
0 1 0 1	1 0 0 0	0	1 1
0 1 1 0	1 1 0 1	0	0 0
0 1 1 1	1 0 0 1	1	1 0
1 0 0 0	0 0 1 1	1	0 1
1 0 0 1	1 1 1 1	0	1 0
1 0 1 0	0 0 1 1	0	1 1
1 0 1 1	1 1 1 1	1	0 0
1 1 0 0	1 1 0 0	1	1 0
1 1 0 1	1 0 0 0	0	1 1
1 1 1 0	1 1 0 1	0	0 0
1 1 1 1	1 0 0 1	1	1 0

(a) 二进制状态表

xy $Q_1 Q_0$	00	01	10	11
00	00	10	01	10
01	01	11	10	11
10	10	00	11	00
11	11	10	00	10

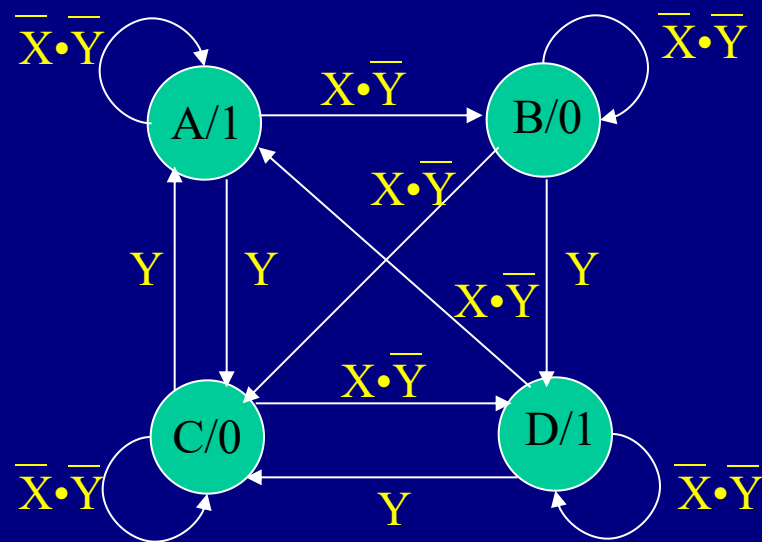
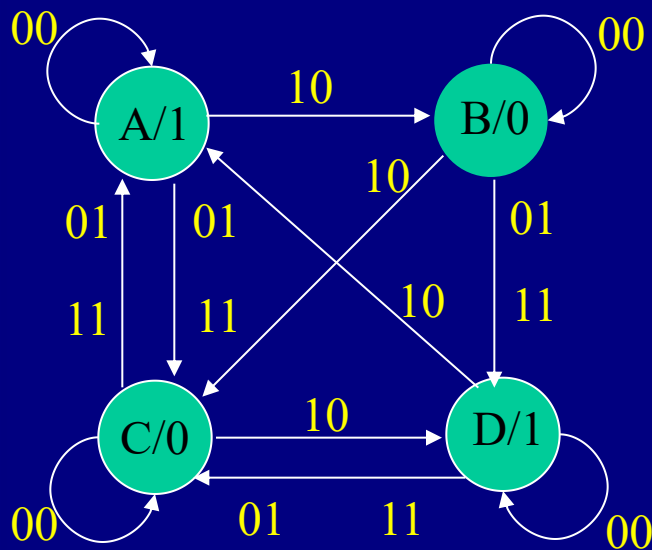
$Q_1^{n+1} \ Q_0^{n+1}$

(b) 二进制状态/输出表

xy $Q_1 Q_0$	00	01	10	11	Z
00	00	10	01	10	1
01	01	11	10	11	0
10	10	00	11	00	0
11	11	10	00	10	1

$Q_1^{n+1} \ Q_0^{n+1} / Z$

(4) 画状态图 怎么画 00维持. 设计基础为图.

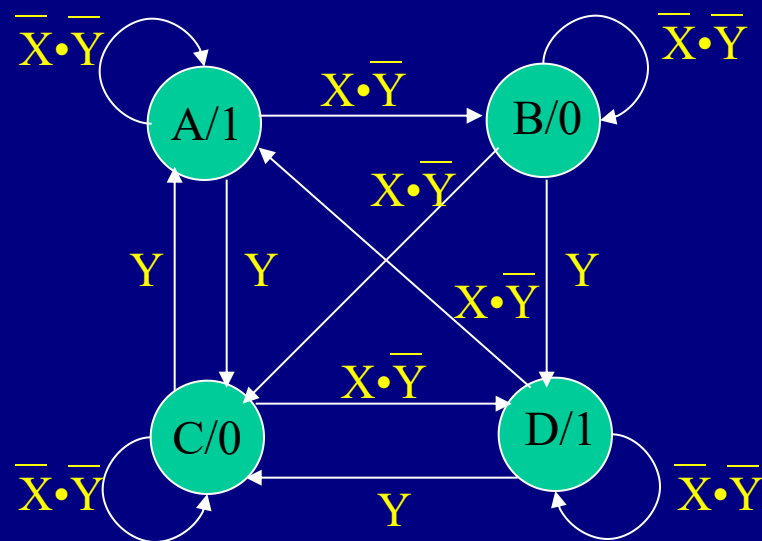
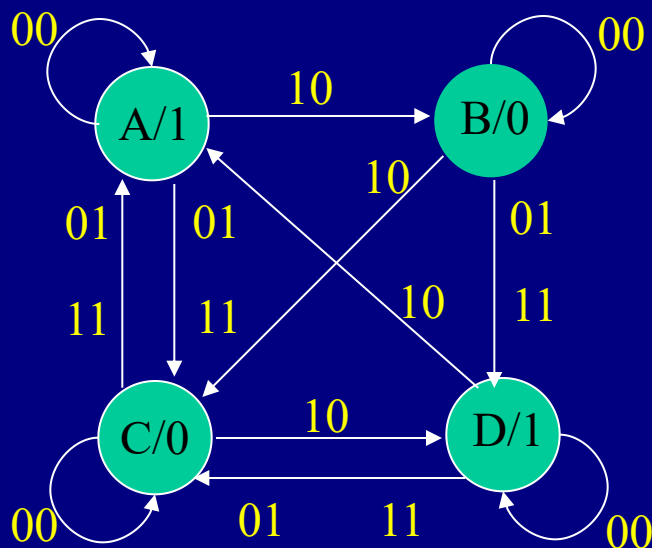


(5) 电路特性说明:

此时序电路有 4 个状态, 状态之间的转换由 x 、 y 控制:

- ① 当 $xy = 00$ 时, 原状态保持不变;
- ② 当 $xy = 10$ 时, 状态在 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 循环, 并在 A 、 D 状态时输出 1。

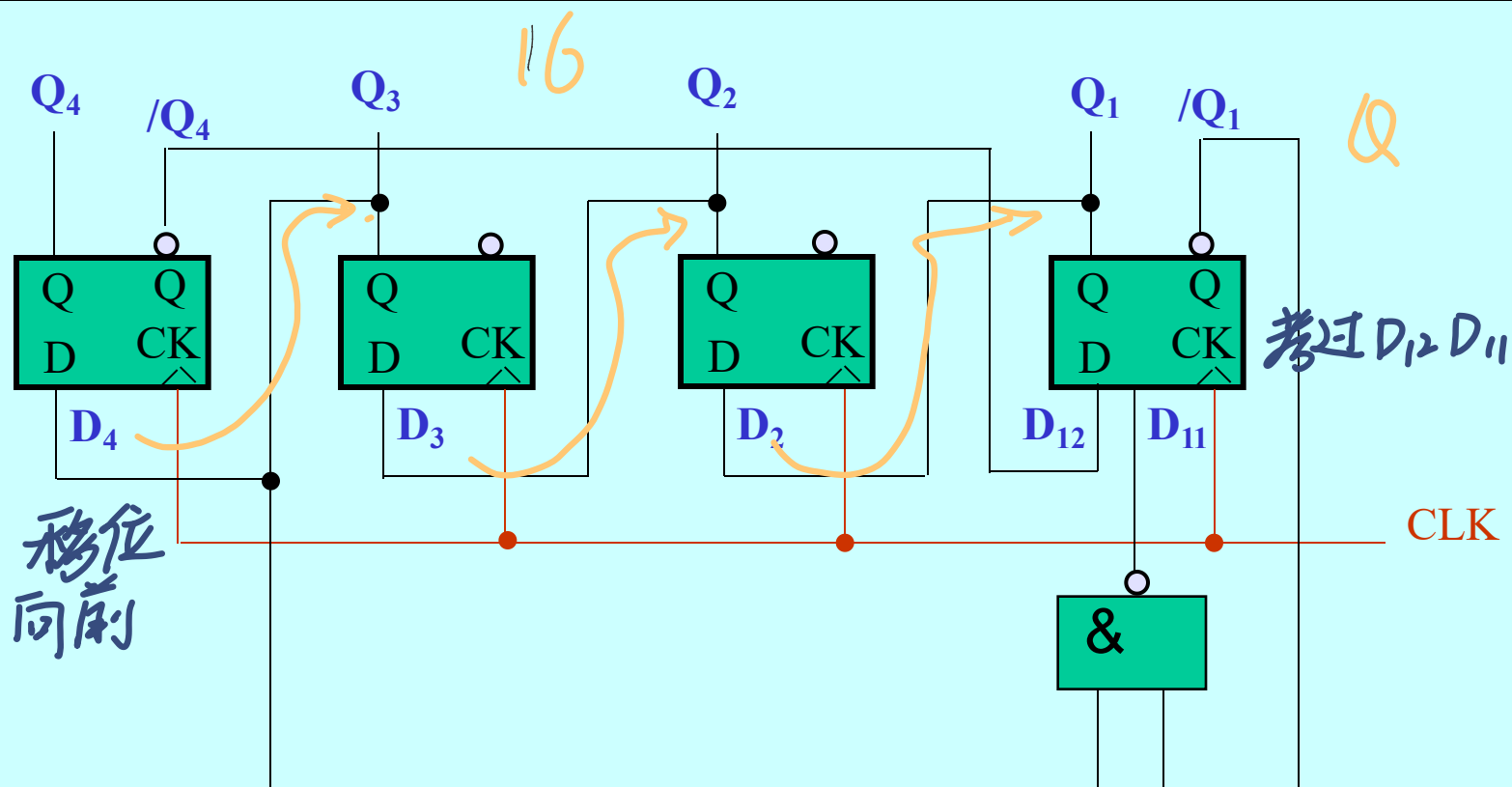
(4) 画状态图



(5) 电路特性说明:

- ③ 当 xy 为 01, 11 时, 状态转换顺序与起始状态有关:
若起始状态为 A 或 C, 则状态在 A、C 之间循环;
若起始状态为 B, 则状态将是 $B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow A$, 然后在 A、C 之间循环。

例3 分析如图所示电路的特性。D 给0 → 0
给1 → 1
16状态



分析步骤如下：

(1) 列出激励函数及输出函数表达式：

$$D_4 = Q_3 \quad D_3 = Q_2 \quad D_2 = Q_1$$

$$D_1 = D_{11} \cdot D_{12} = \overline{Q_4} \overline{Q_3} \overline{Q_1} = \overline{Q_4} \overline{Q_3} + \overline{Q_4} Q_1$$

电路的输出函数为： Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 。

(2) 列出状态变量的次态方程：

$$Q_4^{n+1} = D_4 = Q_3 \quad Q_3^{n+1} = D_3 = Q_2$$

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

$$Q_1^{n+1} = D_1 = D_{11} \cdot D_{12} = \overline{Q_4} \overline{Q_3} + \overline{Q_4} Q_1$$

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

(3) 列出电路次态真值表

Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Q_4^{n+1}	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

(2) 次态方程:

$$Q_4^{n+1} = D_4 = Q_3$$

$$Q_3^{n+1} = D_3 = Q_2$$

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

$$Q_1^{n+1} = D_1 = D_{11} \cdot D_{12}$$

$$= \overline{Q_4} \overline{Q_3} + \overline{Q_4} Q_1$$

4个

(3) 列出电路次态真值表

Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Q_4^{n+1}	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

(4) 列出状态表

和 状态图

设状态 $0000 = S_0$

$0001 = S_1$

$0010 = S_2$

•

•

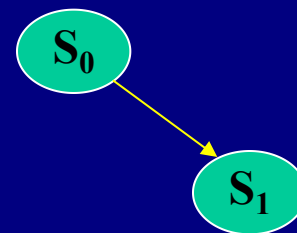
•

$1111 = S_{15}$

代入左表中，
得到状态表，见下
页表(b)和(c)。

表(b) 状态表

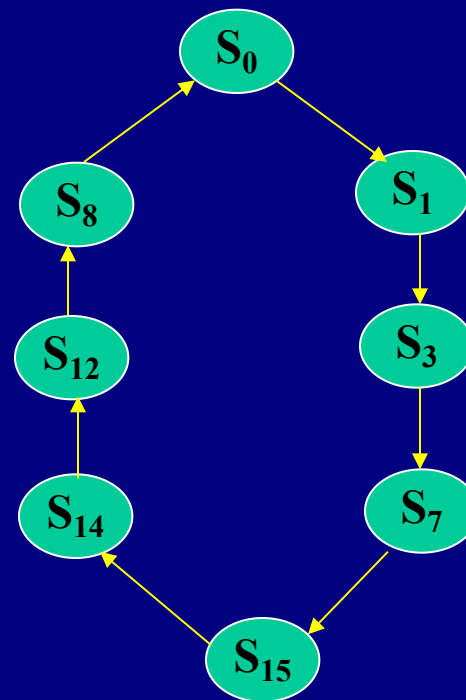
$Q_4 Q_3$ $Q_2 Q_1$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$	S_1	S_3	S_5	S_7	S_8	S_{11}	S_{12}	S_{15}	S_0	S_2	S_4	S_6	S_8	S_{10}	S_{12}	S_{14}



(c) 状态图

表(b) 状态表

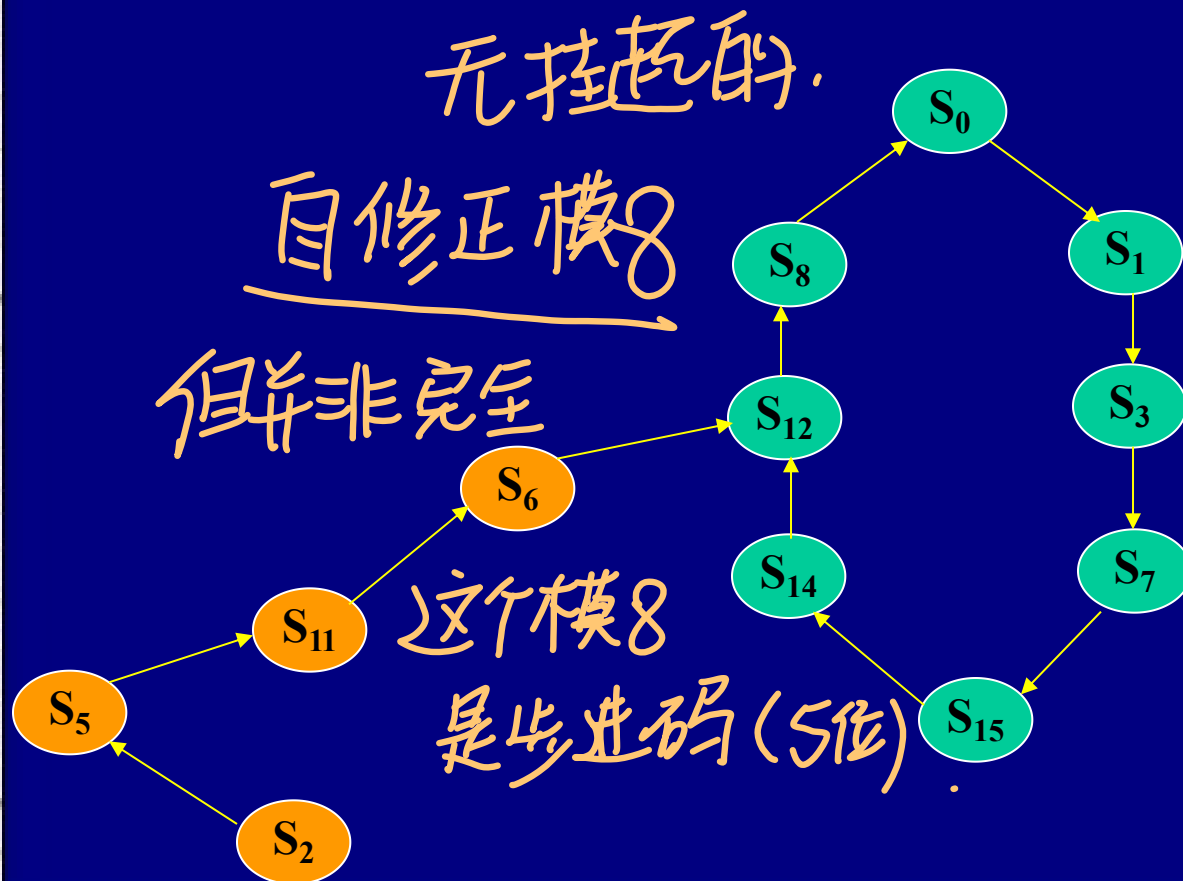
$Q_4 Q_3$ $Q_2 Q_1$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$	S_1	S_3	S_5	S_7	S_8	S_{11}	S_{12}	S_{15}	S_0	S_2	S_4	S_6	S_8	S_{10}	S_{12}	S_{14}



(c) 状态图

表(b) 状态表

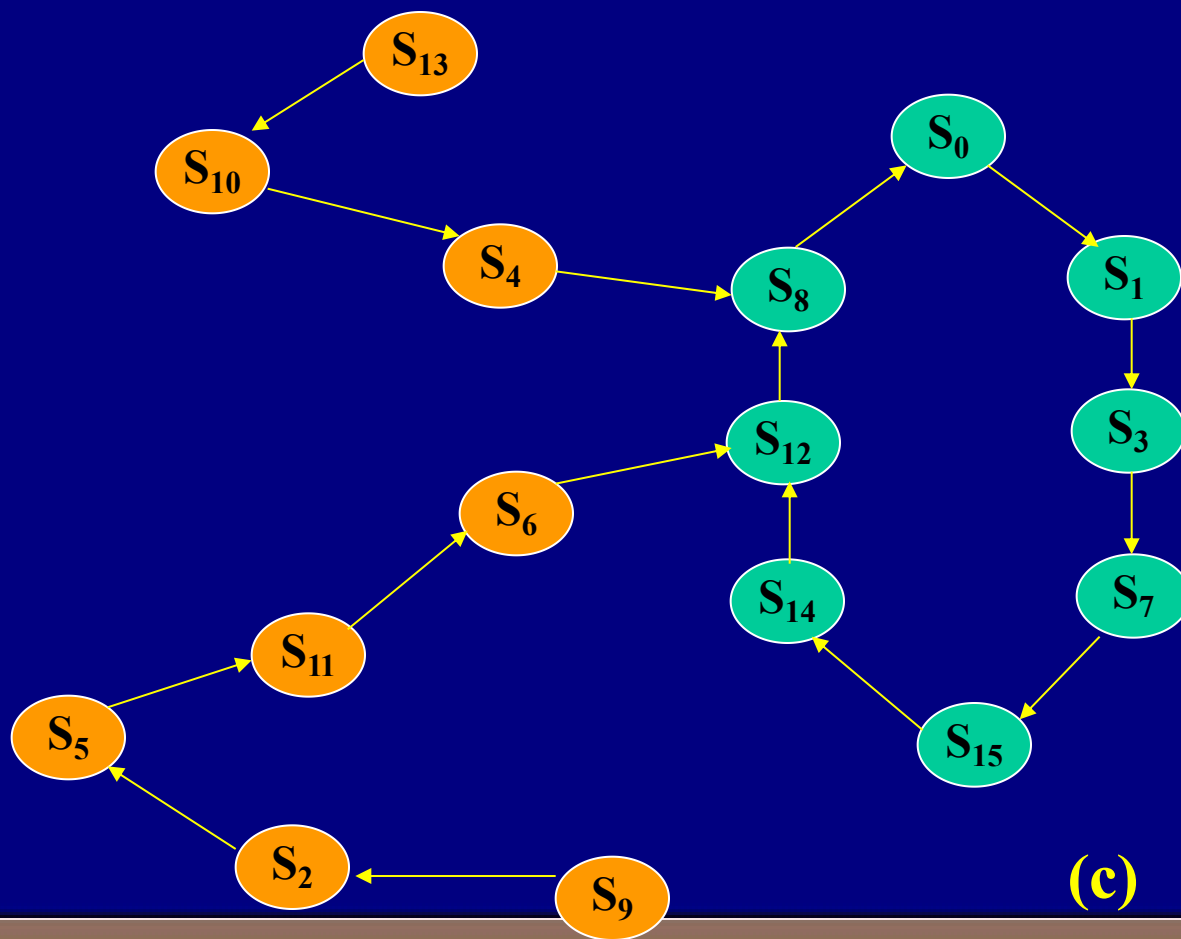
$Q_4 Q_3$ $Q_2 Q_1$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$	S_1	S_3	S_5	S_7	S_8	S_{11}	S_{12}	S_{15}	S_0	S_2	S_4	S_6	S_8	S_{10}	S_{12}	S_{14}



(c) 状态图

表(b) 状态表

$Q_4 Q_3$ $Q_2 Q_1$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$	S_1	S_3	S_5	S_7	S_8	S_{11}	S_{12}	S_{15}	S_0	S_2	S_4	S_6	S_8	S_{10}	S_{12}	S_{14}



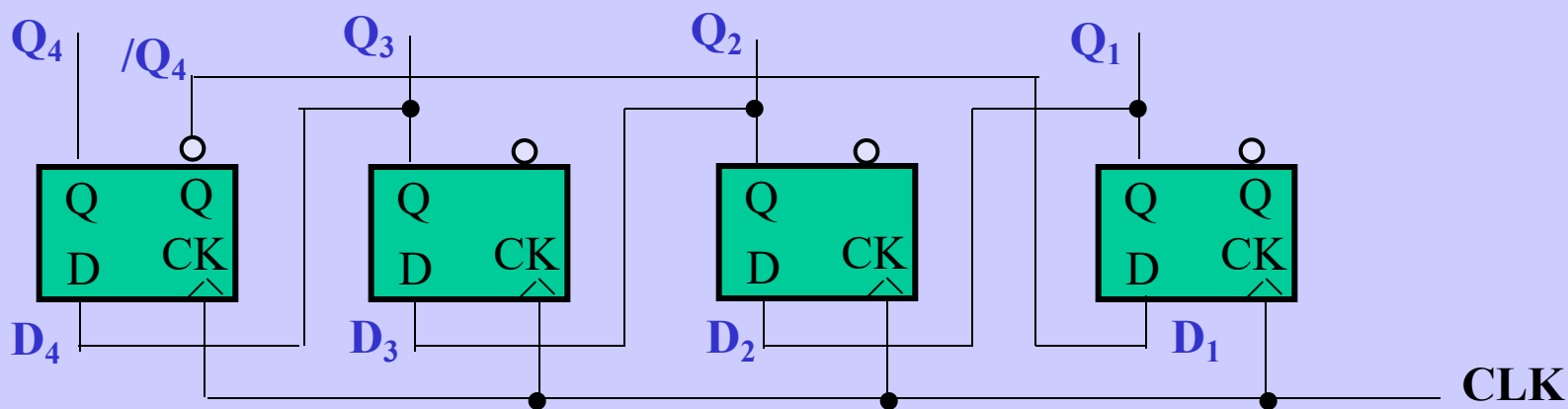
(c) 状态图

(5) 电路特性描述:

该电路共有16个状态。只要电路的初始态为状态图闭合环中某一状态，在时钟脉冲作用下，电路将按箭头所指方向在闭合环中8个状态间循环。这是一个模8步进码计数器。时钟脉冲就是计数信号，这8个状态称为“有效序列”。在闭环以外的8个状态称为“无效序列”。这种电路称为格雷码计数器或 Johnson 计数器，也叫“自恢复扭环移位寄存器”。

如果将电路改动为： $D_1 = D_{12} = Q_4$ ，电路就成了单纯的扭环移位寄存器，如图所示：

挂起那扣大部分



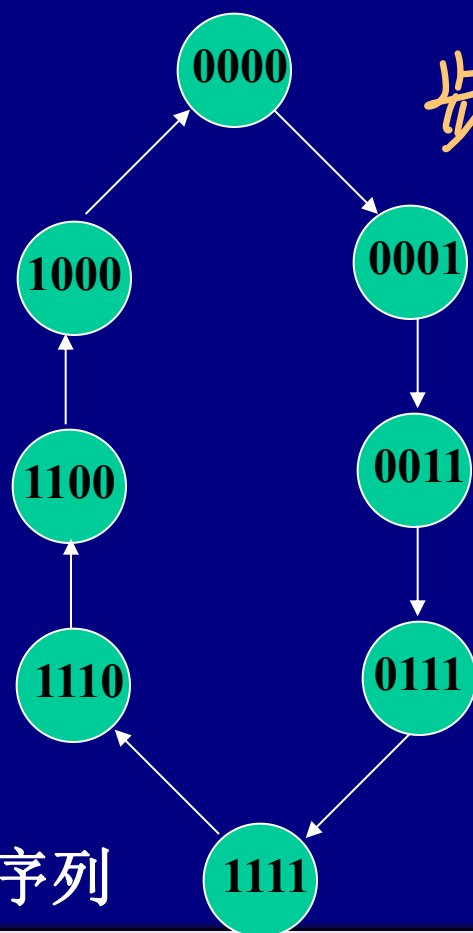
状态图如图所示：

图(a) 中的状态循环符合格雷码编码，故为有效序列；

图(b) 中状态循环为无效序列。

无效序列也是一个独立的闭合环。若电路一旦进入无效序列就无法退出，此现象称为“挂起”。

74138 废了，出不来
错误的8个人。



(a) 有效序列



(b) 无效序列

(6) 电路“挂起”的根本原因

若 n 个触发器所表示的 2^n 个状态没有全部都用作“有效状态”，则存在多余状态(*unused states*)，在真值表中就会出现无关项(“*don't-care*” states)。

电路不应有挂起

(7) 电路“挂起”现象的解决办法

为防止电路处于“挂起”，只有采取强制措施，如：

- 通过对触发器的置位或复位使电路状态处于有效序列状态之一；

ts_n 比较并

或者

- 设计与此有关的控制线路，使电路状态进入有效序列状态之一，这种控制线路称为“校正网络”。

(8) 电路“挂起”现象的解决办法

① 无效序列的次态无关项全部指向0。

有点笨。
太麻烦

② 打断一处“无效序列链”，令其指向有效序列。

③ 根据真值表和卡诺图研究无效序列的生成规律，尽可能只改变某一触发器的输入网络，同时进行最简设计。

下面通过研究Johnson 计数器（自校正Johnson 计数器）的设计过程和技巧，来寻找解决挂起问题的方法和规律。

例：设计八进制步进码计数器。到不了这个难度

- 需要用 4 个触发器：

Q_4, Q_3, Q_2, Q_1

- 构成的 16 个组合中：

8 个有效码

8 个无效码(无关项)

列出次态真值表

这就 Johnson.

Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Q_4^{n+1}	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	d	d	d	d
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	d	d	d	d
0	1	0	1	d	d	d	d
0	1	1	0	d	d	d	d
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	d	d	d	d
1	0	1	0	d	d	d	d
1	0	1	1	d	d	d	d
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	d	d	d	d
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

根据次态真值表，画出计数器的卡诺图。

老老实实
可设计

$Q_2Q_1 \backslash Q_4Q_3$		00	01	11	10
00		d	1		
01		d	d		d
10		1	1		d
11	d	d	1		d

Q_4^{n+1}

$Q_2Q_1 \backslash Q_4Q_3$		00	01	11	10
00		d			
01		d	d		d
10	1	1	1		d
11	d	d	1		d

Q_3^{n+1}

$Q_2Q_1 \backslash Q_4Q_3$		00	01	11	10
00		d			
01	1	d	d		d
10	1	1	1		d
11	d	d			d

Q_2^{n+1}

$Q_2Q_1 \backslash Q_4Q_3$		00	01	11	10
00		1	d		
01	1	d	d		d
10	1	1			d
11	d	d			d

Q_1^{n+1}

写出次态方程

$$Q_4^{n+1} = Q_3$$

$$Q_3^{n+1} = Q_2$$

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

$$Q_1^{n+1} = \overline{Q_4}$$

Q_4Q_3
 Q_2Q_1

	d	1	
	d	d	d
	1	1	d
d	d	1	d

Q_4^{n+1}

	d		
	d	d	d
1	1	1	d
d	d	1	d

Q_3^{n+1}

	d		
1	d	d	d
1	1	1	d
d	d		d

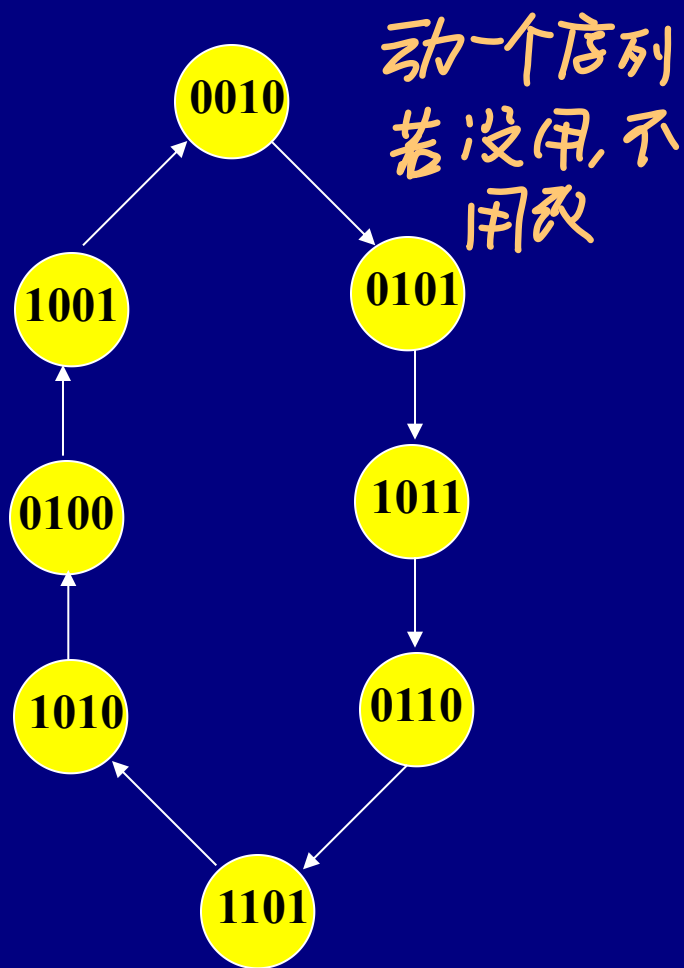
Q_2^{n+1}

1	d		
1	d	d	d
1	1		d
d	d		d

Q_1^{n+1}

$Q_4Q_3Q_2Q_1$				$Q_4^{n+1}Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}$			
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

无效序列:



$Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$				$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$			
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

解决挂起问题

试改变触发器 Q_1 的输入控制函数 D 来解决挂起问题。

注意：

能解决挂起问题的是“*”的部分。

到底什么算出来？

$Q_4Q_3Q_2Q_1$				$Q_4^{n+1}Q_3^{n+1}$ $Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}$				
0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	1	1	
0	0	1	0	0	1	0	1	
0	0	1	1	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	0	0	1	*
0	1	0	1	1	0	1	1	
0	1	1	0	1	1	0	1	*
0	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	1	0	*
1	0	1	0	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	1	1	0	*
1	1	0	0	1	0	0	0	
1	1	0	1	1	0	1	0	
1	1	1	0	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	0	

对 Q_1^{n+1} 来说 只针对 Q_1

$$Q_1^{n+1} = \overline{Q_4} \overline{Q_3} + \overline{Q_4} Q_1$$

★ 是因为下一位先取一个即进入正轨

这就是 **Johnson** 计数器的设计方案。

$Q_4 Q_3$

$Q_2 Q_1$

1	*d		
1	d	d	d
1	1		d
d	*d		d

Q_1^{n+1}

1*

$Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$	$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$
0 0 0 0	0 0 0 1
0 0 0 1	0 0 1 1
0 0 1 0	0 1 0 1
0 0 1 1	0 1 1 1
0 1 0 0	1 0 0 1 *
0 1 0 1	1 0 1 1
0 1 1 0	1 1 0 1 *
0 1 1 1	1 1 1 1
1 0 0 0	0 0 0 0
1 0 0 1	0 0 1 0 *
1 0 1 0	0 1 0 0
1 0 1 1	0 1 1 0 *
1 1 0 0	1 0 0 0
1 1 0 1	1 0 1 0
1 1 1 0	1 1 0 0
1 1 1 1	1 1 1 0

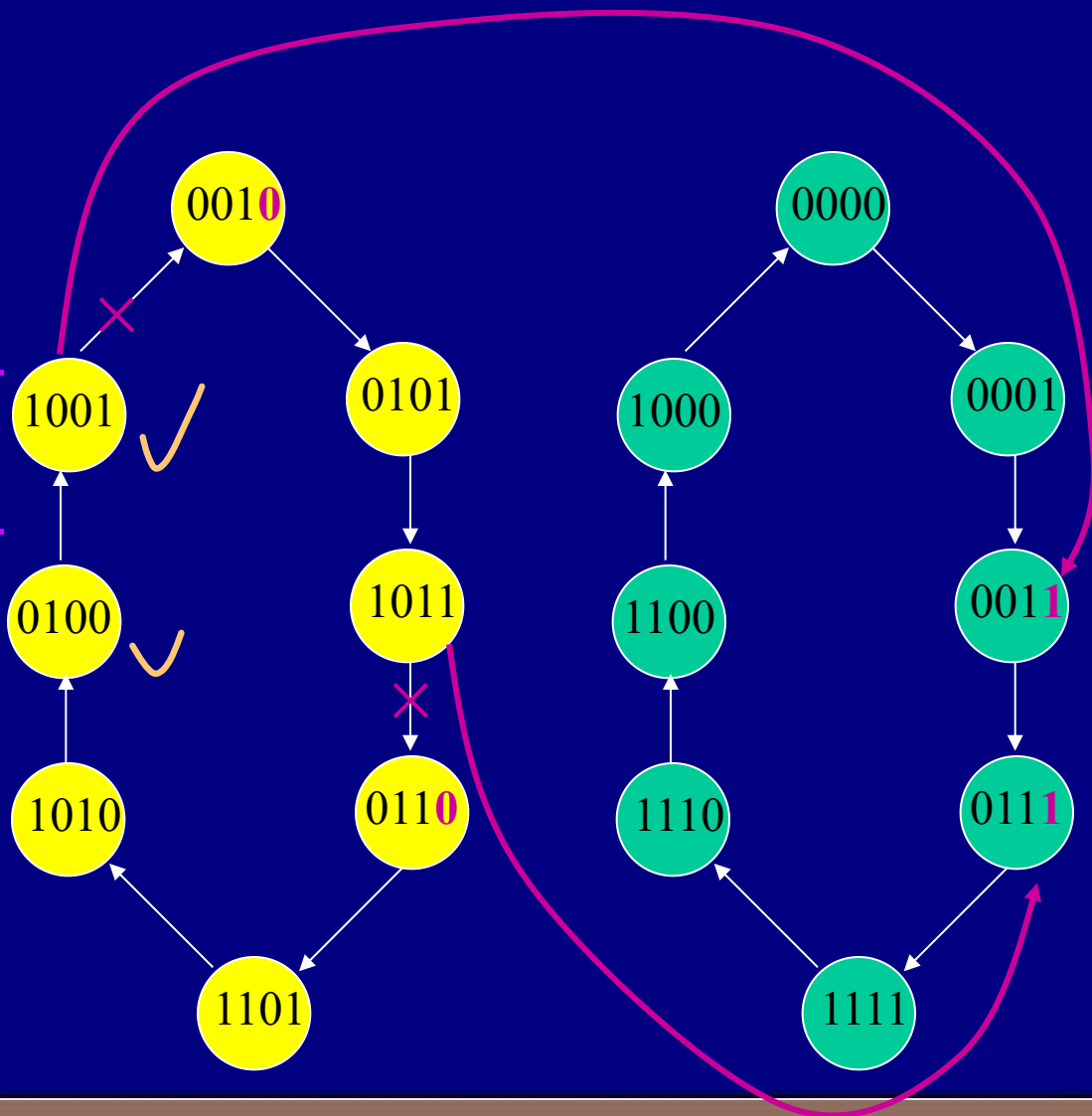
修改 Q_1 的输入来解决挂起问题。

方案2（紫色）： $Q_1^{n+1} = \bar{Q}_4 + \bar{Q}_3 Q_1$

$Q_4 Q_3$ / $Q_2 Q_1$

1	d		
1	d	d	*d
1	1		*d
d	d		d

Q_1^{n+1}



修改 Q_2 的输入来解决挂起问题。

方案1（黄色）：

$Q_2 Q_1 \backslash Q_4 Q_3$

	d		
1	d	*d	*d
1	1	1	d
d	d		d

Q_2^{n+1}

$$Q_2^{n+1} = \overline{Q_4} Q_1 + Q_2 Q_1$$

$Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$				$Q_4^{n+1} Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$			
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

- 总结关于同步时序电路的分析
 - 分析步骤、方法
 - 注意激励/转换表、二进制状态表、状态/输出表、状态转换图这些工具
 - 练习例题、习题
 - 例1注意画时间图时的输入规范化问题
 - 例2注意JK触发器时使用激励/转换表
 - 例3注意Johnson计数器的原理，挂起的原因及解决方法

习题

- 总结关于同步时序电路的分析
 - 分析步骤、方法
 - 注意激励/转换表、二进制状态表、状态/输出表、状态转换图这些工具
 - 练习例题、习题
 - 例1注意画时间图时的输入规范化问题
 - 例2注意JK触发器时使用激励/转换表
 - 例3注意Johnson计数器的原理，挂起的原因及解决方法

习题