§3.6 时序电路的分析

一、时序电路的特点：

逻辑功能：任一时刻的输出状态，不仅取决于当时的输入信号，而且与前一时刻电路的状态有关。

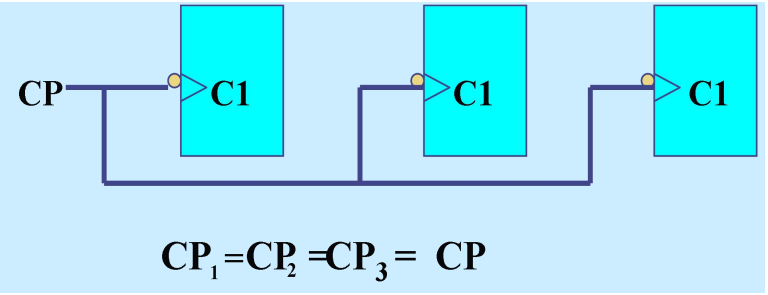
电路结构：组合电路＋ 触发器。

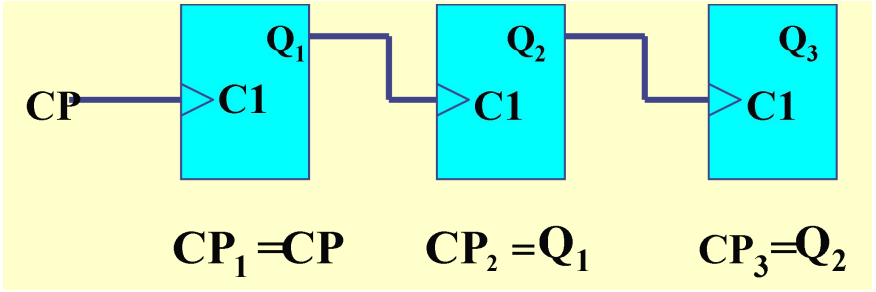
分类

按触发方式，时序电路分：

同步时序电路：所有触发器共用一个时钟信号。

异步时序电路：触发器无统一的时钟信号。

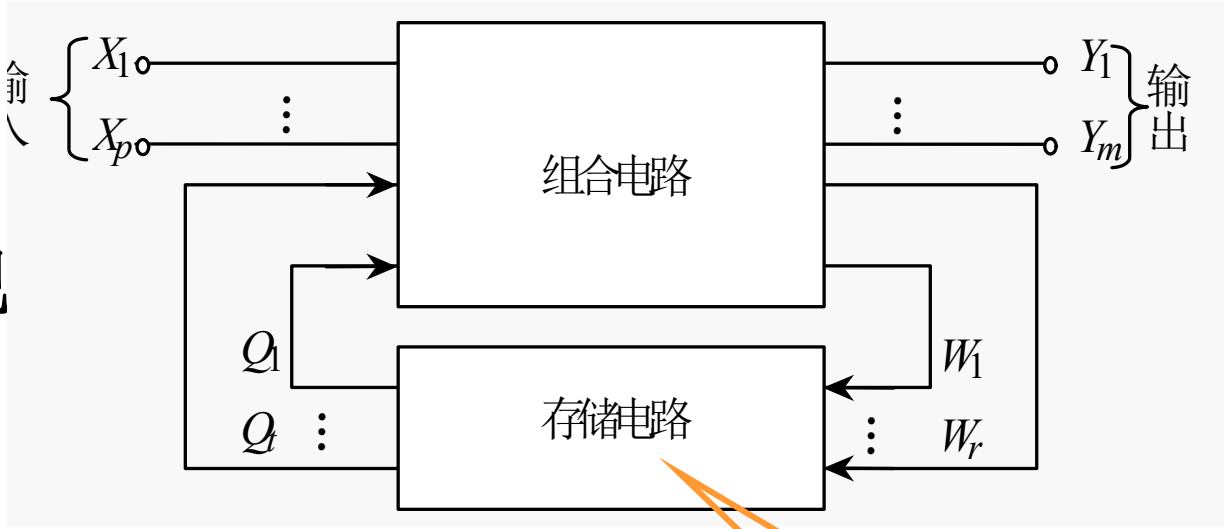




按输出方式，分：

莫尔型（Moore）：
输出 Y 仅与电路的现态有关（式中无x）。

米勒型（Mealy）：
输出 Y 是电路现态和外部输入量的函数。



时序逻辑电路可用三个方程来描述：

$Y = F_1(X, Q^n)$　　输出方程

$W = F_3(X, Q^n)$　　激励方程

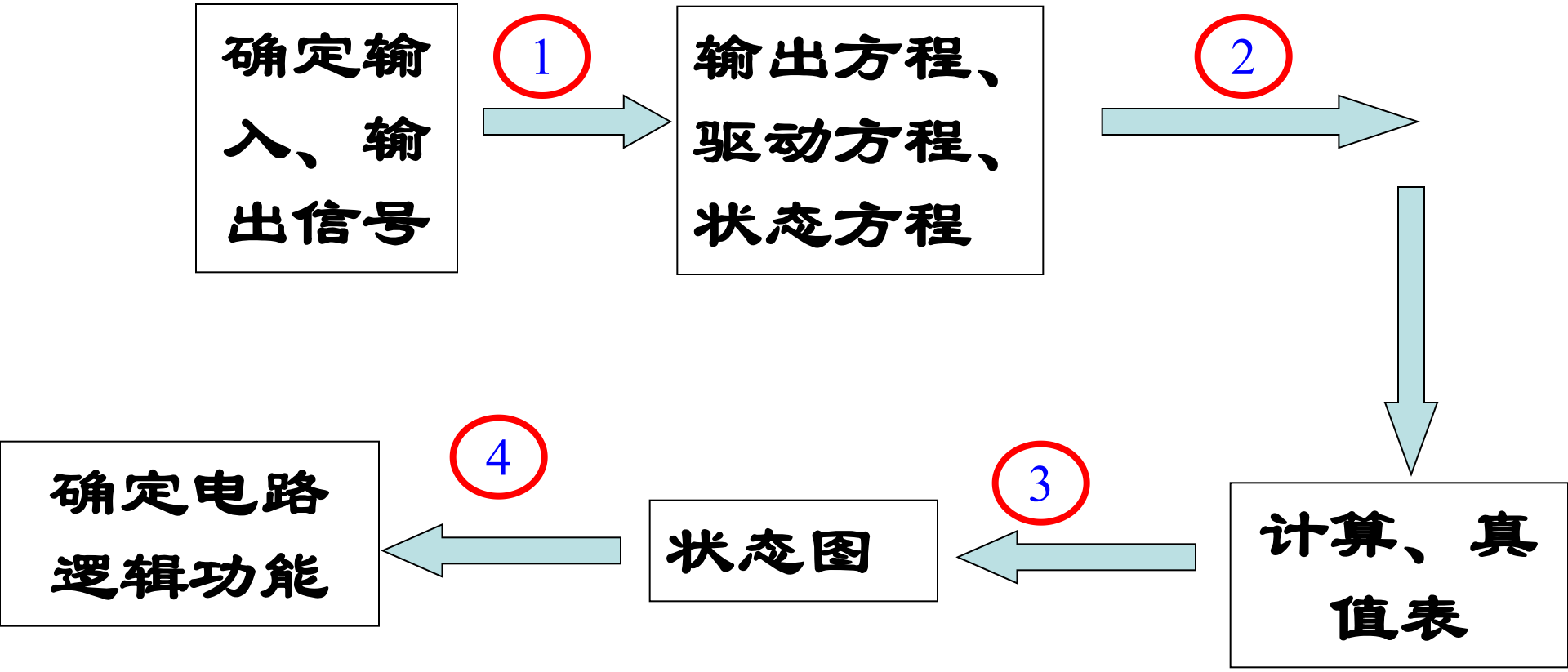
$Q^{n+1} = F_2(W, Q^n)$　　状态方程

二、 同步时序电路的分析方法

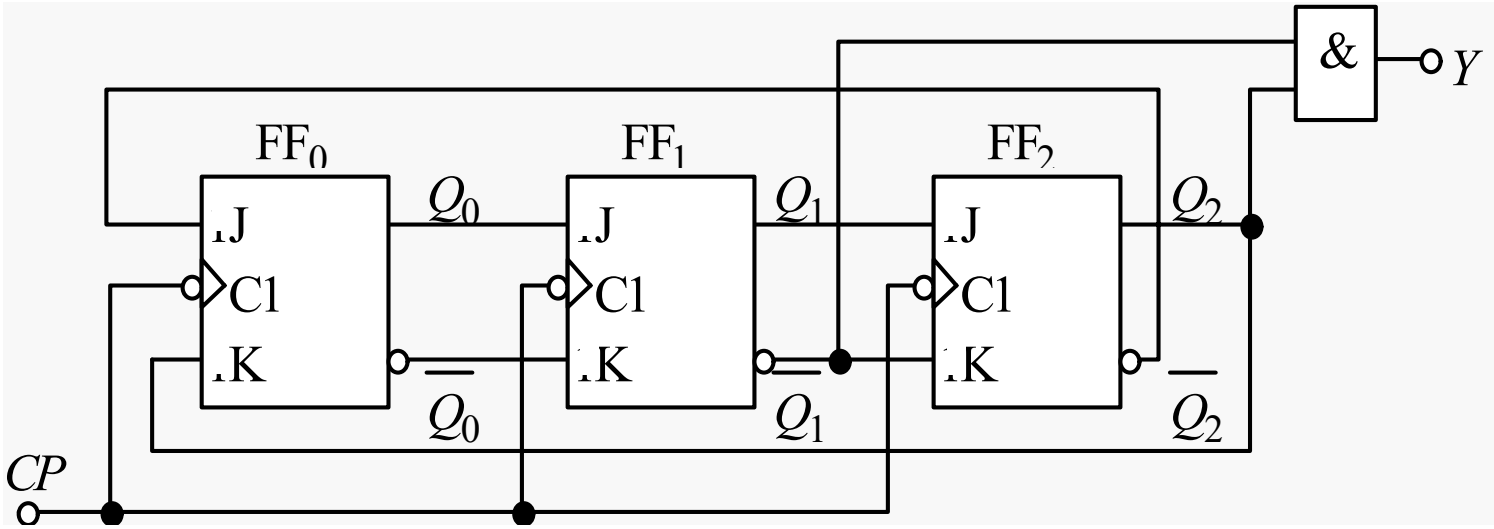
1. 目的：

得到电路状态 、外部输出的变化规律，逻辑功能。

2. 步骤：



例1：试分析下图所示的时序逻辑电路。



1

写方程式

输出方程：$Y = Q_2^n \overline{Q}_1^n$

激励方程：

$J_2 = Q_1^n$　　$K_2 = \overline{Q}_1^n$

$J_1 = Q_0^n$　　$K_1 = \overline{Q}_0^n$

$J_0 = \overline{Q}_2^n$　　$K_0 = Q_2^n$

$$J_2 = Q_1^n, K_2 = \overline{Q}_1^n$$

$$J_1 = Q_0^n, K_1 = \overline{Q}_0^n$$

$$J_0 = \overline{Q}_2^n, K_0 = Q_2^n$$

状态方程

$$Q_2^{n+1} = J_2\overline{Q}_2^n + \overline{K}_2 Q_2^n = Q_1^n\overline{Q}_2^n + Q_1^n Q_2^n = Q_1^n$$

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

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q}_2^n\overline{Q}_0^n + \overline{Q}_2^n Q_0^n = \overline{Q}_2^n$$

2

计算、列真值表

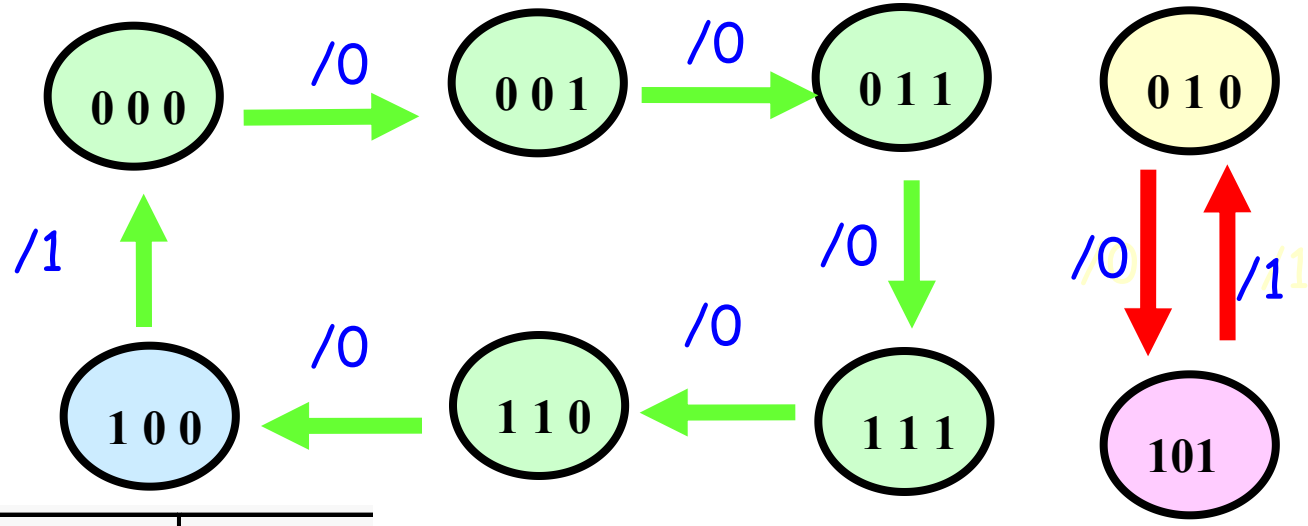
$$\begin{cases} Q_2^{n+1} = Q_1^n \\ Q_1^{n+1} = Q_0^n \\ Q_0^{n+1} = \overline{Q}_2^n \end{cases}$$

$$Y = Q_2^n \overline{Q}_1^n$$

现态			次态			输出
Q_2^n	Q_1^n	Q_0^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	Y
0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0

3

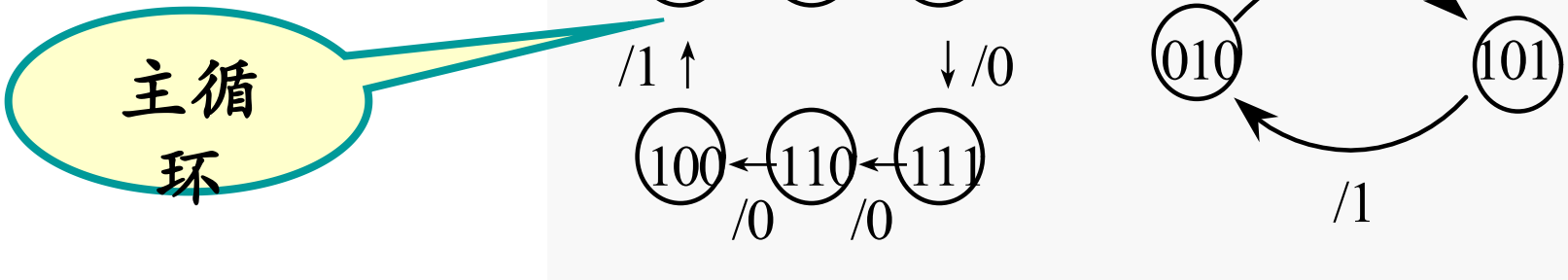
画状态图



现　　态			次　　态			输 出
Q_2^n	Q_1^n	Q_0^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	Y
0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0

4

逻辑功能



主循环：000 、001、～ 100这六个状态构成一个循环。

有效状态：主循环中的状态。

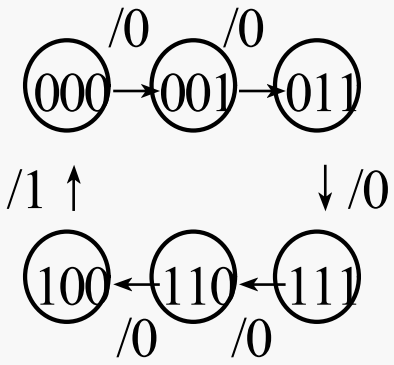
无效状态：不在主循环中的状态。

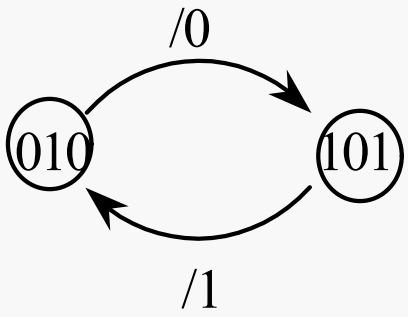
自启动：无效状态在CP脉冲作用下能 进入主循环。

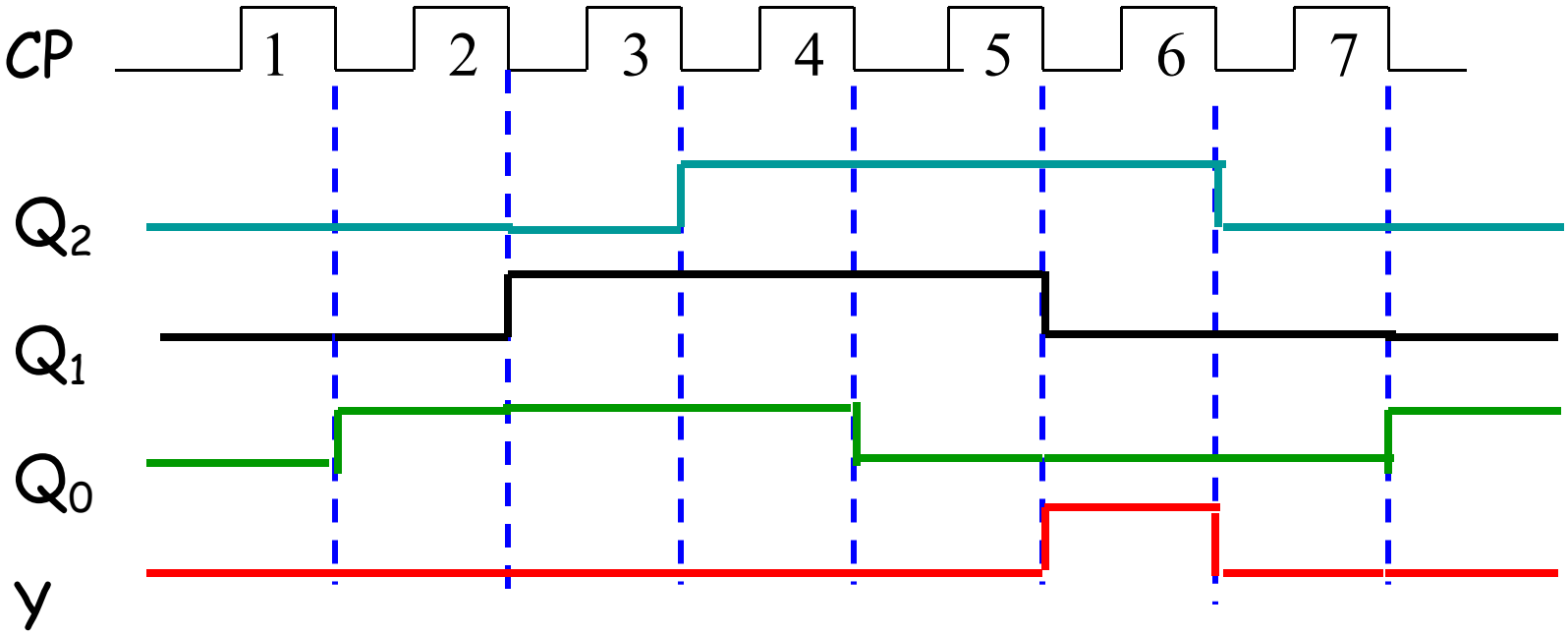
无自启动能力的，用格雷码表示的六进制计数器。

时序图（波形图）

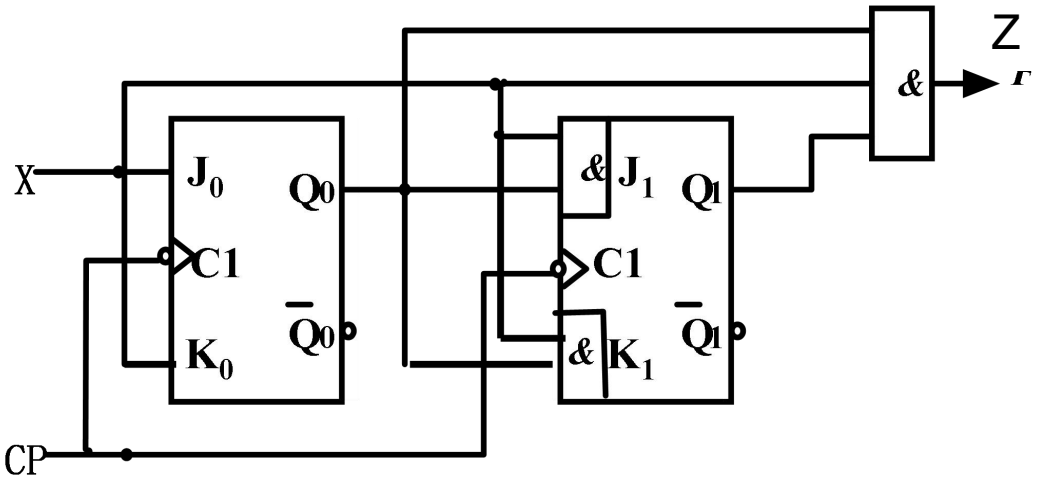
在CP和外部输入的作用下，电路状态、输出随时间变化的波形图。







例2：分析同步时序逻辑电路



$$Z = XQ_1^nQ_0^n$$

$$J_1 = K_1 = XQ_0^n$$

$$J_0 = K_0 = X$$

$$Q_1^{n+1} = XQ_0^n\overline{Q_1^n} + \overline{XQ_0^n}Q_1^n$$

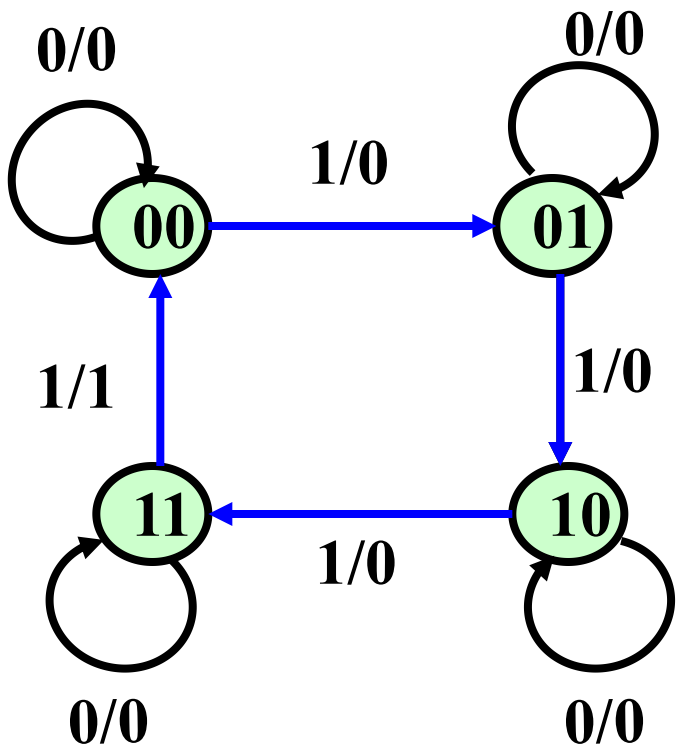
$$Q_0^{n+1} = X\overline{Q_0^n} + \overline{X}Q_0^n = X \oplus Q_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = XQ_0^n\overline{Q_1^n} + \overline{XQ_0^n}Q_1^n$$

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

$$Z = XQ_1^nQ_0^n$$

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



可控的2位二进制计数器；

X=0时，状态不变，输出Z=0；

X=1时，完成加1计数的功能。

例3：分析时序电路的逻辑功能

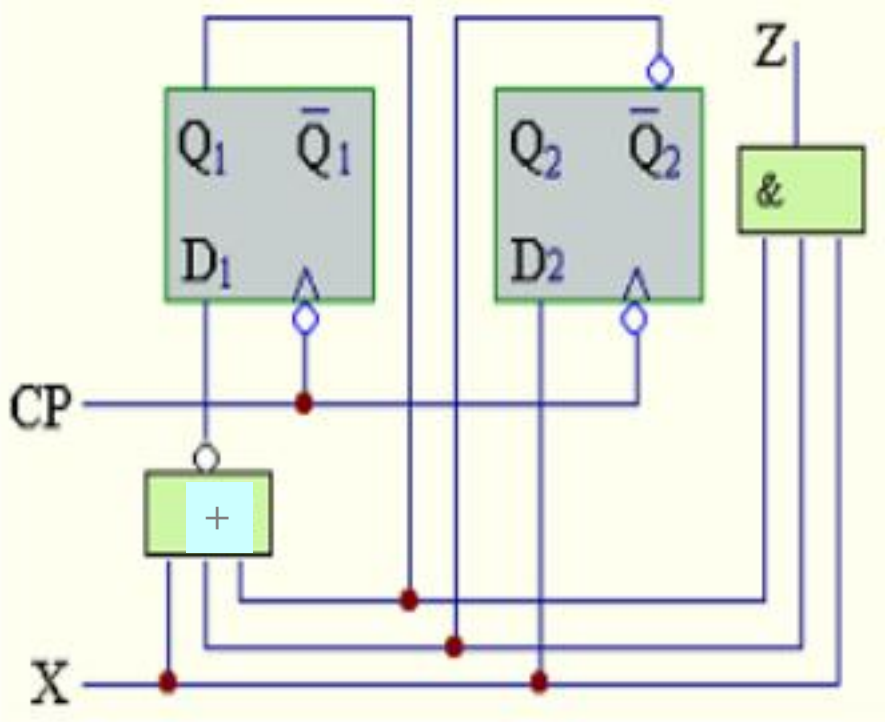
$$Z = X \cdot \overline{Q_2^n} \cdot Q_1^n$$

$$D_2 = X$$

$$D_1 = \overline{X + \overline{Q_2^n} + Q_1^n} = \overline{X} \cdot Q_2^n \cdot \overline{Q_1^n}$$

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

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



$$\begin{cases} Q_2^{n+1} = X \\ Q_1^{n+1} = \overline{X} Q_2^n \overline{Q_1^n} \end{cases}$$

$$Z = X \overline{Q_2}^n Q_1^n$$

输入	现态		次态		输出
X	Q_2^n	Q_1^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0

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

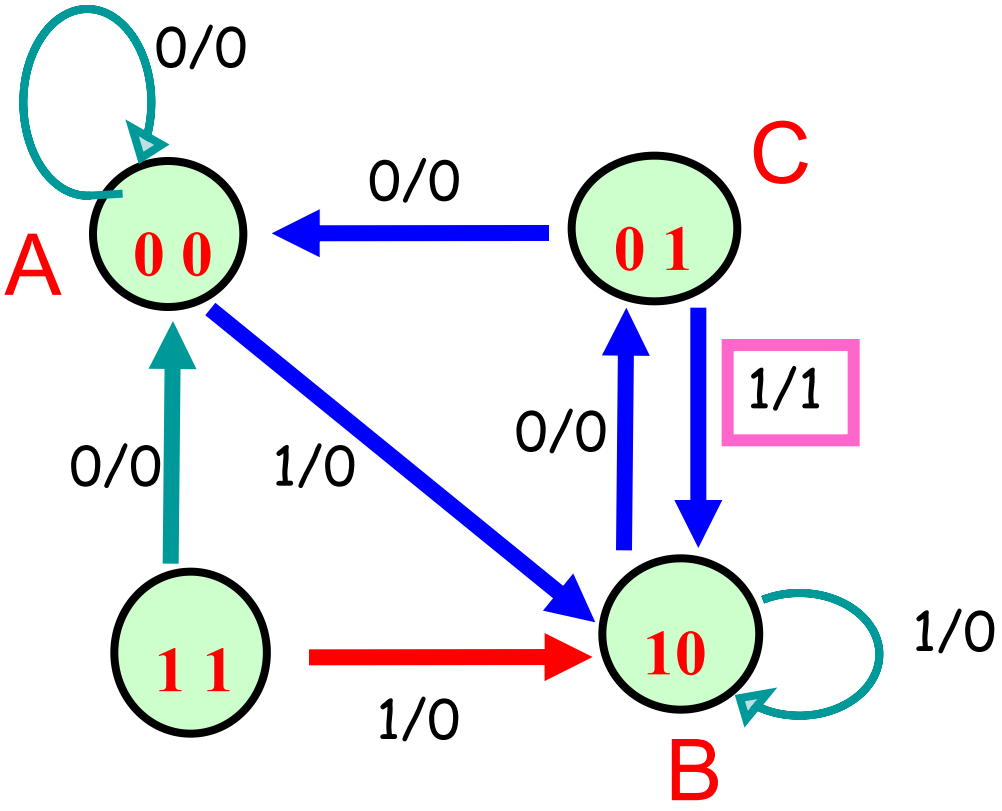
该电路可重叠检测序列101 。

状态 ： 记忆

A：初始

B：1

C：10



例4：分析时序电路的逻辑功能

$$F = X \cdot Q_2^n \cdot Q_1^n$$

$$J_2 = XQ_1^n$$

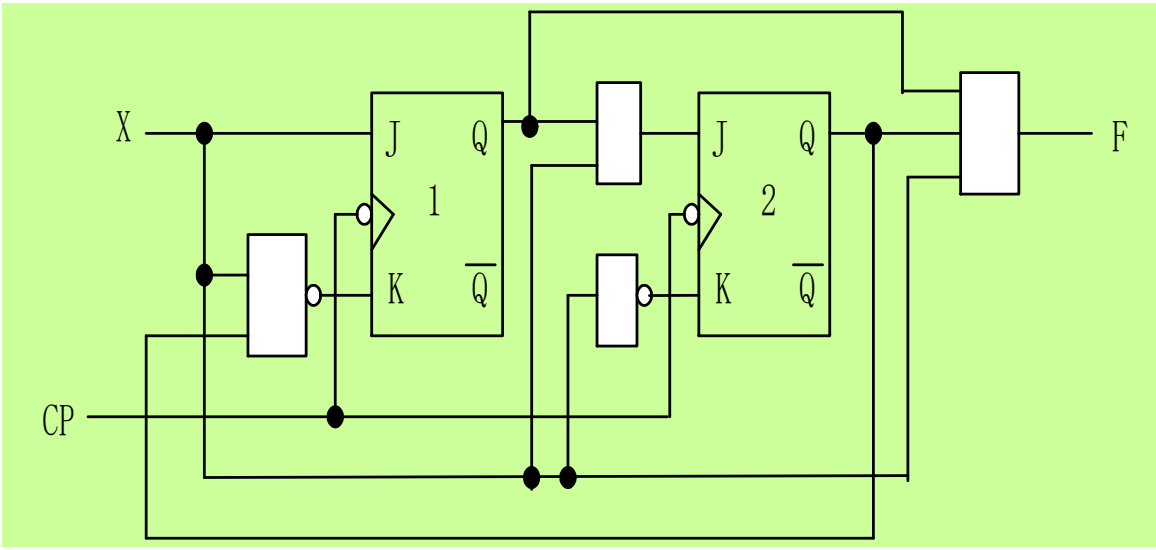
$$K_2 = \overline{X}$$

$$J_1 = X$$

$$K_1 = \overline{XQ_2^n}$$

$$Q_2^{n+1} = X\overline{Q_2^n}Q_1^n + XQ_2^n$$

$$Q_1^{n+1} = X\overline{Q_1^n} + XQ_2^nQ_1^n$$



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

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

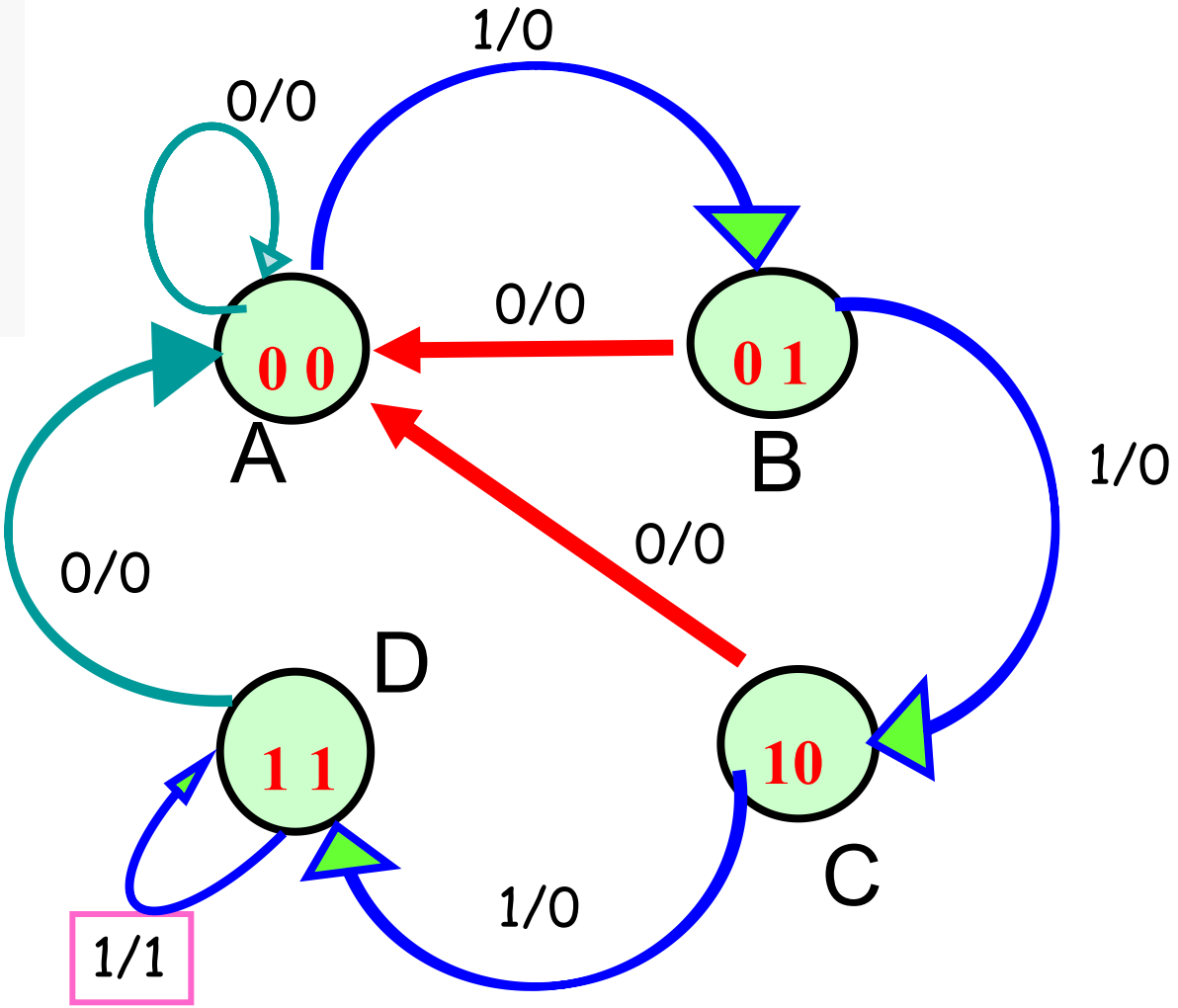
A：初始

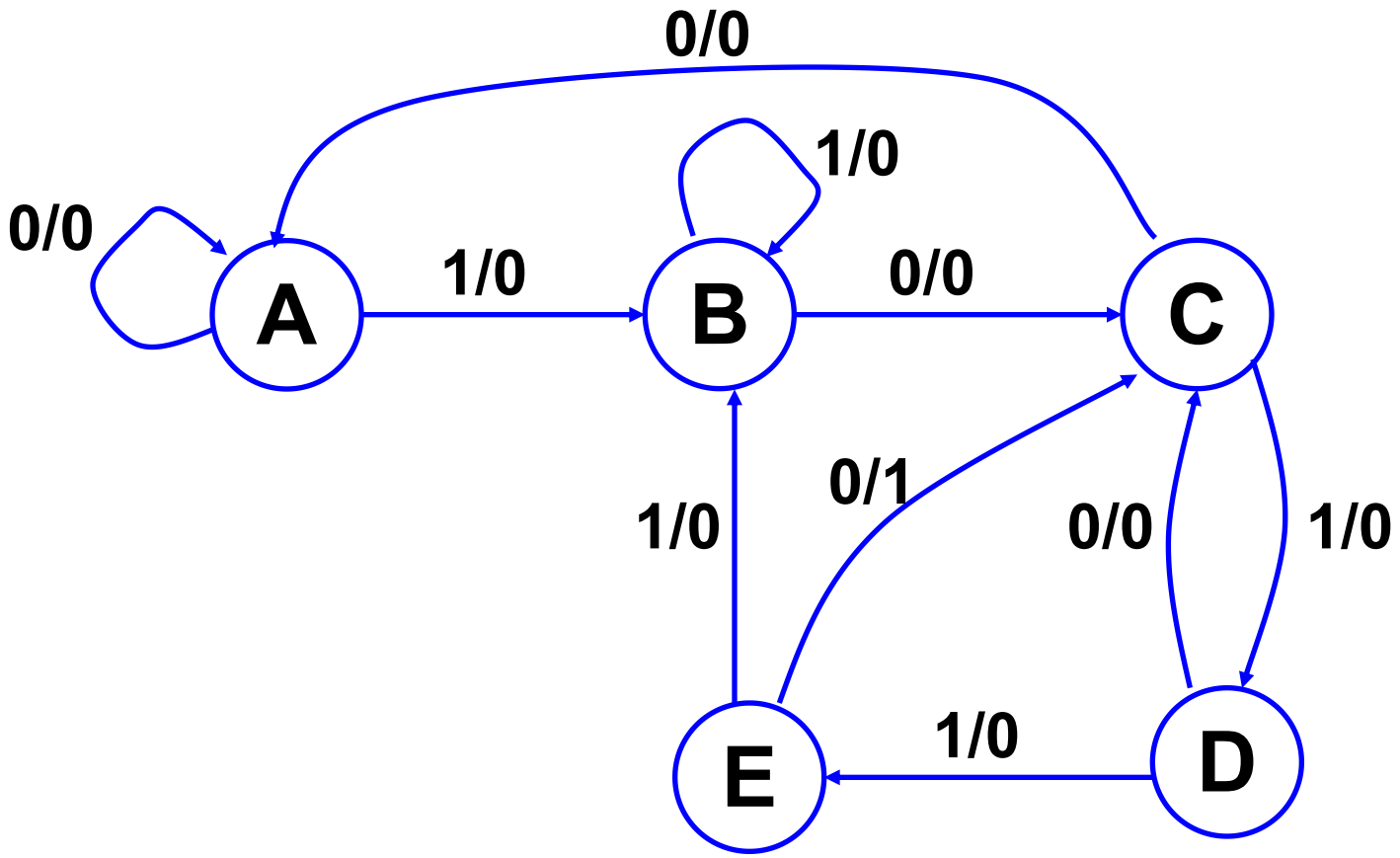
B：1

C：11

D：111

可重叠检测序列1111。





A：初始

B：1

C：10

D：101

E：1011

可重叠检测序列10110。