

数字逻辑第四章时序线路分析



信息科学与工程学院计算机系

杨永全

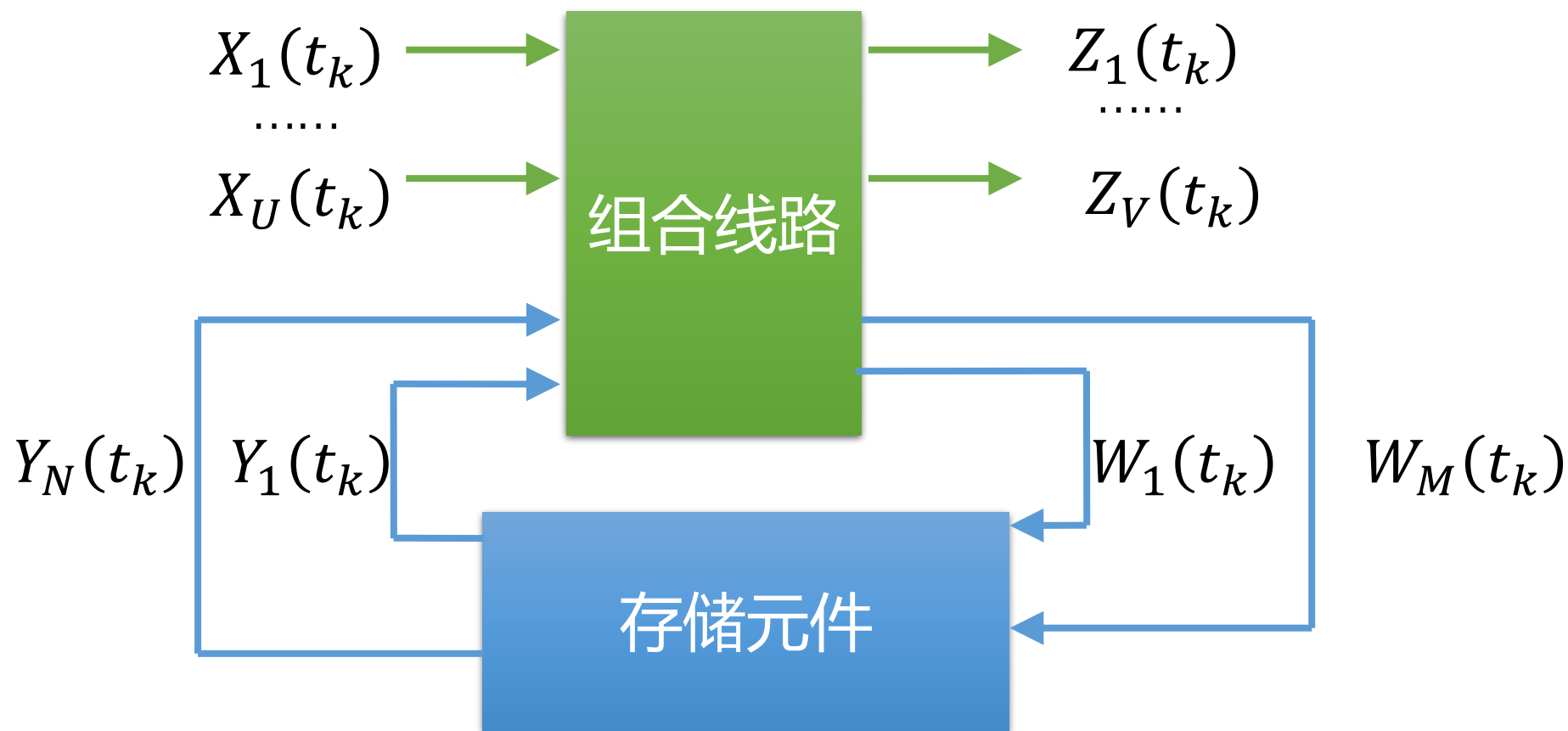
yangyq@ouc.edu.cn

组合线路

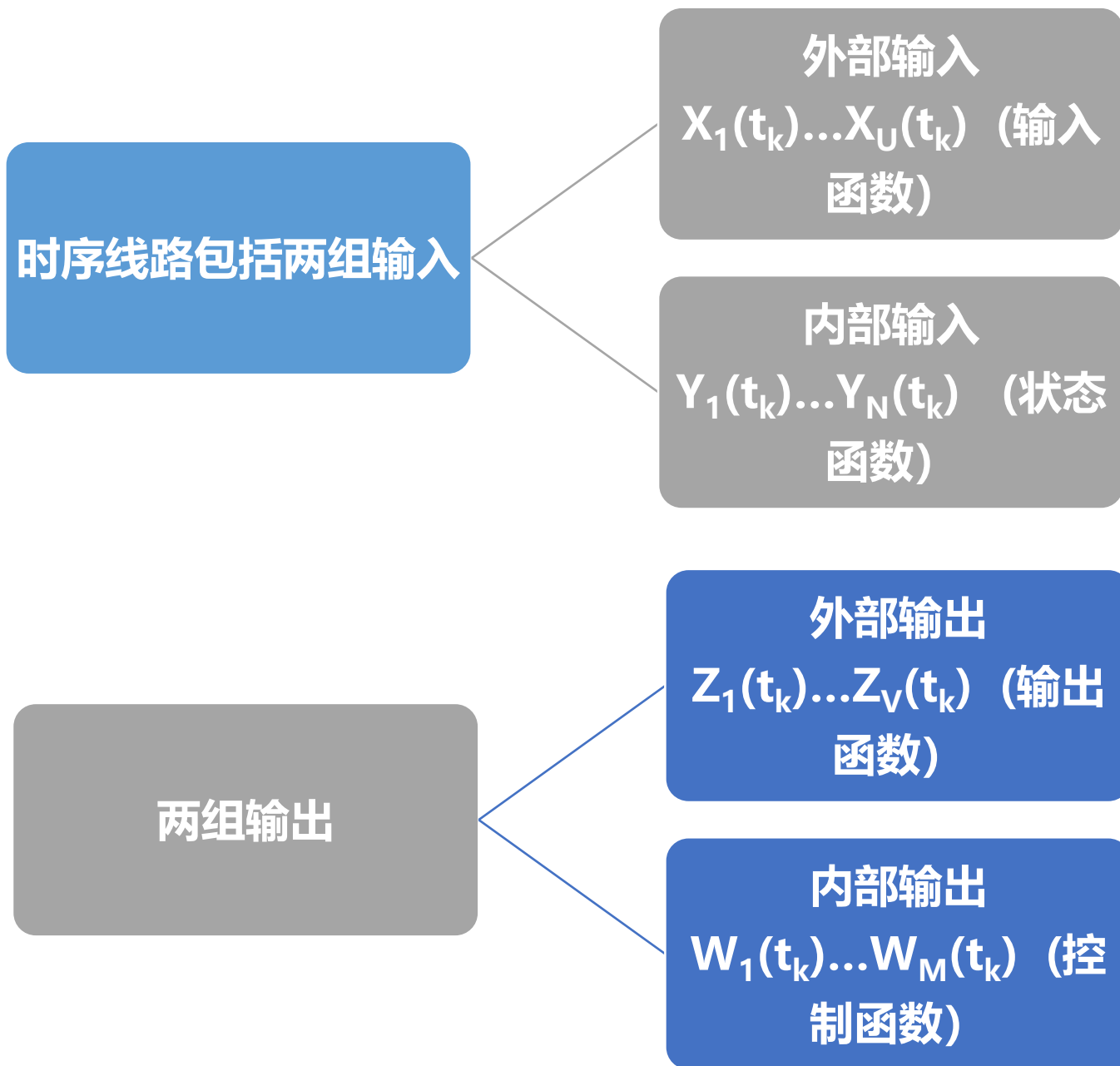


这是一个有U个输入和V个输出的组合线路，可以看出，某时刻的输出仅与该时刻的输入有关。

时序线路



时序线路



输出函数 $Z_i(t_k)=f_i[X_1(t_k)\dots X_u(t_k),y_1(t_k)\dots y_n(t_k)]$

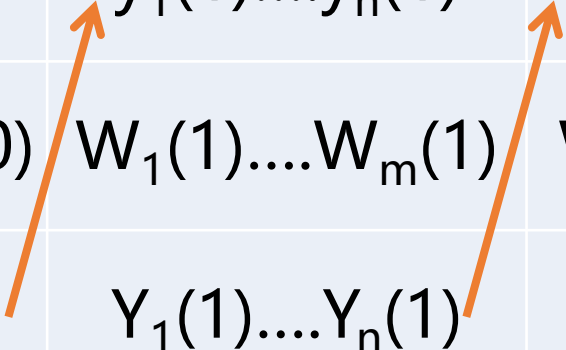
次态函数 $Y_j(t_k)=q_j[X_1(t_k)\dots X_u(t_k),y_1(t_k)\dots y_n(t_k)]$

总结一下

组合线路	由门电路组成	输出函数仅与该时刻输入有关	用输出函数描述
时序线路	由门电路及记忆元件构成	输出函数与输入及线路状态有关	用输出及次态函数描述

现态与次态关系

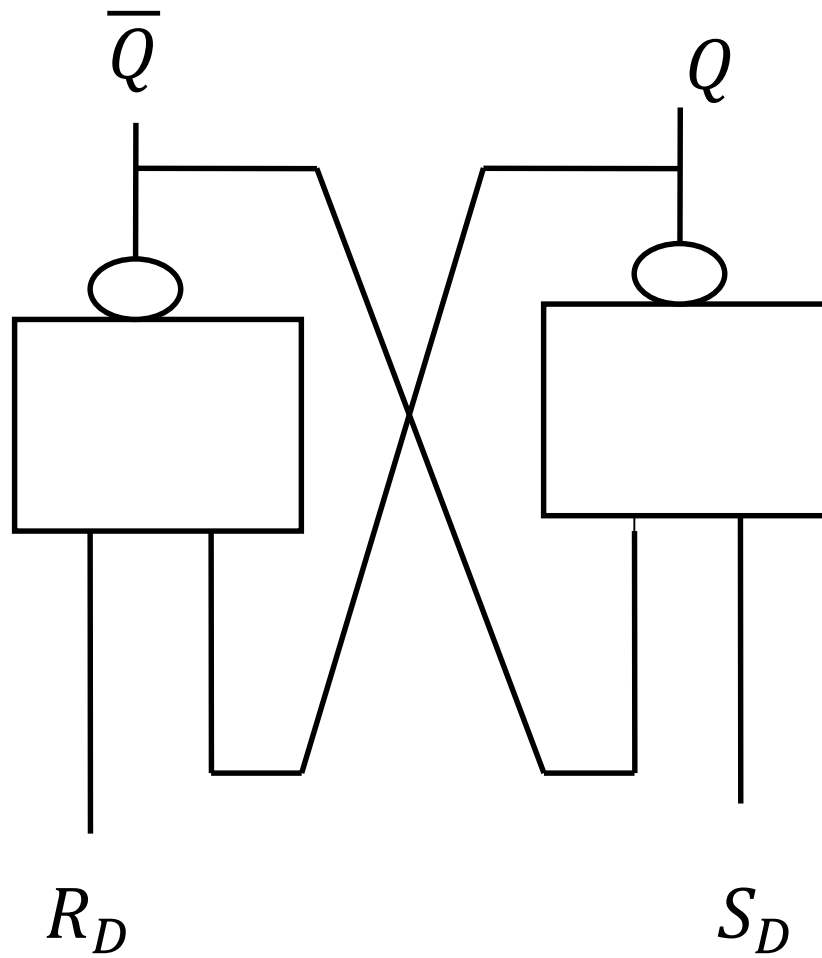
	t=0	t=1	t=2
输入函数	$X_1(0)....X_u(0)$	$X_1(1)....X_u(1)$	$X_1(2)....X_u(2)$
现态函数	$y_1(0)....y_n(0)$	$y_1(1)....y_n(1)$	$y_1(2)....y_n(2)$
控制函数	$W_1(0)....W_m(0)$	$W_1(1)....W_m(1)$	$W_1(2)....W_m(2)$
次态函数	$Y_1(0)....Y_n(0)$	$Y_1(1)....Y_n(1)$	$Y_1(2)....Y_n(2)$
输出函数	$Z_1(0)....Z_u(0)$	$Z_1(1)....Z_u(1)$	$Z_1(2)....Z_u(2)$



触发器的特点:

- 1、触发器必须具备两个稳态，用以记忆两个特征值“0”和“1”。
- 2、触发器的状态要能够预置，即具有置位（置1）复位（置0）控制端。
- 3、触发器必须能在外部信号激励下进行状态的转换。

基本触发器



基本触发器

交叉连接：一个与非门的输出恰好是另一个与非门的输入，Q与 \bar{Q} 状态相反，也就是互斥。

S_D :直接置位端， $Q=1$ 为置位状态

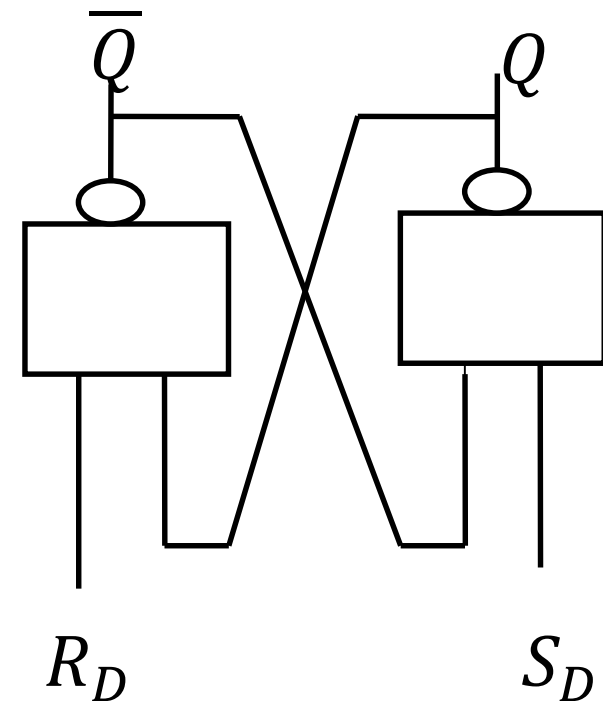
R_D :直接复位端， $Q=0$ 为复位状态

1) $S_D=0, R_D=1$ $Q=1$

2) $S_D=1, R_D=0$ $Q=0$

3) $S_D=1, R_D=1$ Q 保持原来状态

4) $S_D=0, R_D=0$ $Q=\bar{Q}$ 不允许，所以为约束条件



基本触发器的特征函数表

S_D	R_D	Q	Q^{n+1}
0	1	ϕ	1
1	0	ϕ	0
1	1	0	0
1	1	1	1
0	0	ϕ	ϕ

S_D	R_D	Q^{n+1}
0	1	1
1	0	0
1	1	Q
0	0	ϕ

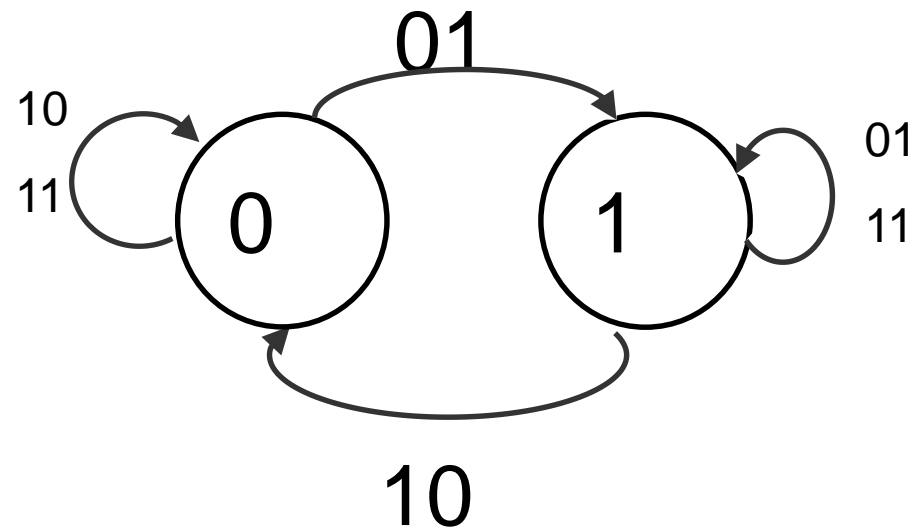
基本触发器的特征函数表

S_D	R_D	Q^{n+1}
0	1	1
1	0	0
1	1	Q
0	0	ϕ

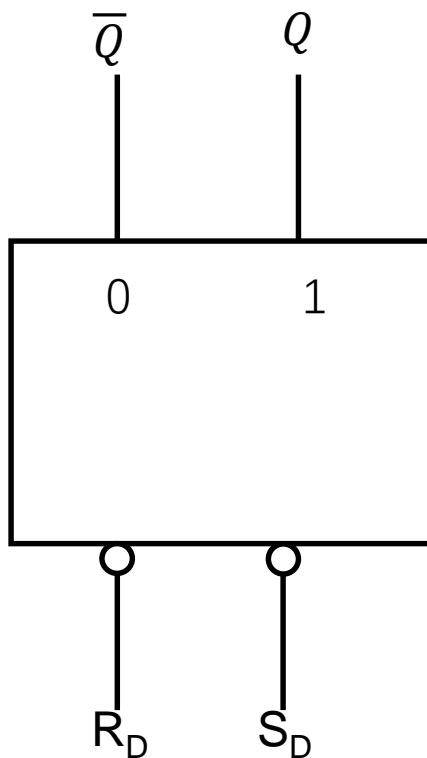
$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= R_D \overline{S_D} + \overline{R_D} \overline{S_D} + R_D S_D Q \\ &= \overline{S_D} + R_D Q \quad (\overline{S_D} \overline{R_D} = 0) \end{aligned}$$

激励表与状态图

Q	Q^{n+1}	S_D	R_D
0	0	1	Φ
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Φ	1

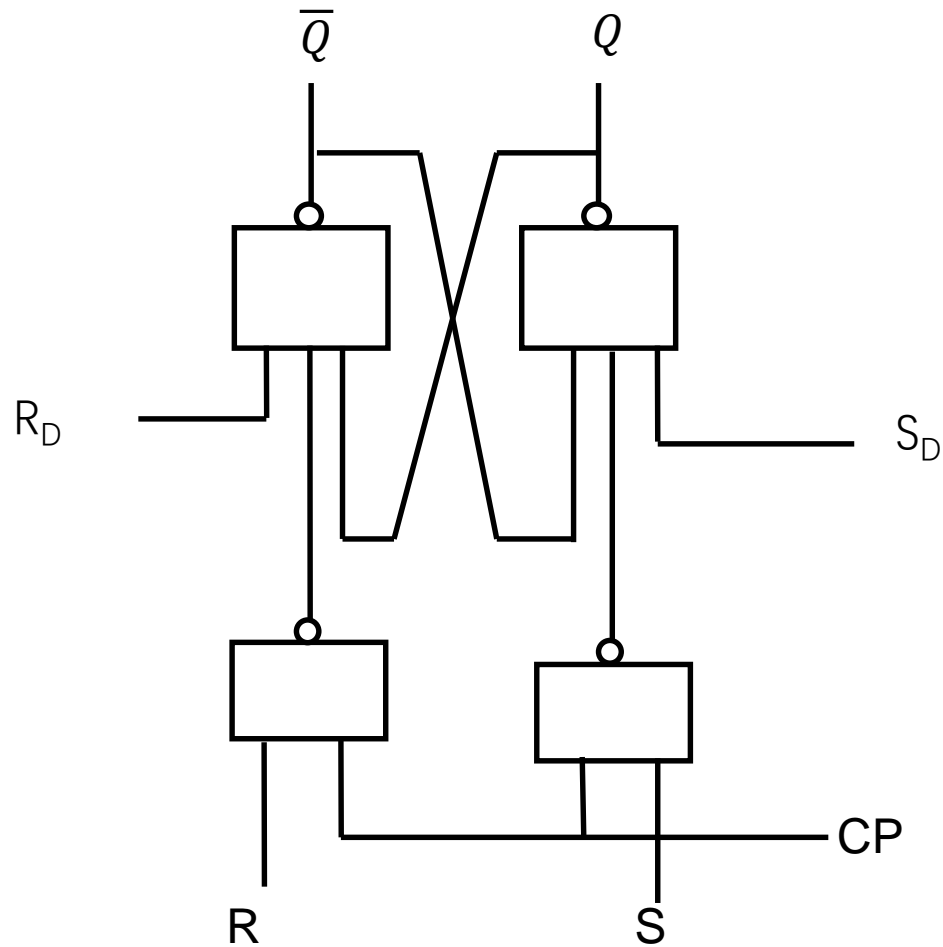


基本触发器的逻辑符号



缺点： R_D, S_D 不一定同时到来。

RS触发器



RS触发器的特征函数表和激励表

R	S	Q^{n+1}
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	ϕ

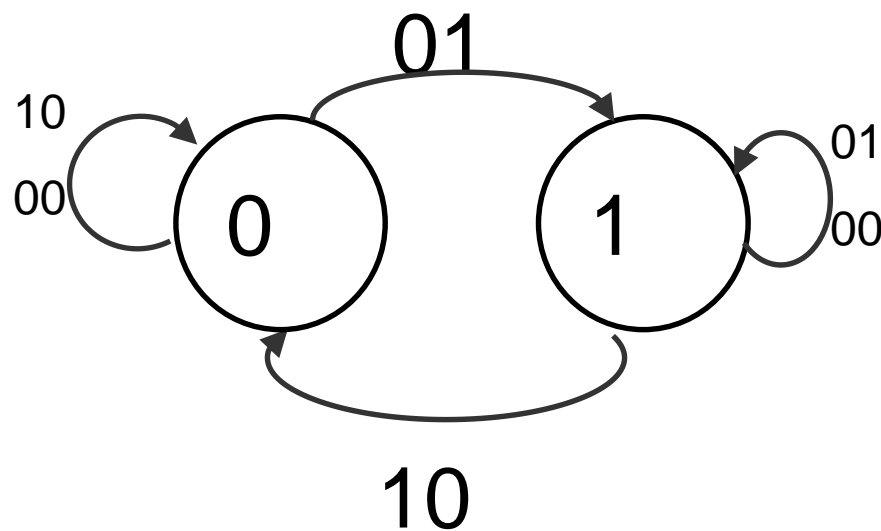
Q	Q^{n+1}	R	S
0	0	ϕ	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	ϕ

$$Q^{n+1} = \bar{R} \bar{S} Q + \bar{R} S + R S = S + \bar{R} Q \quad (RS = 0)$$

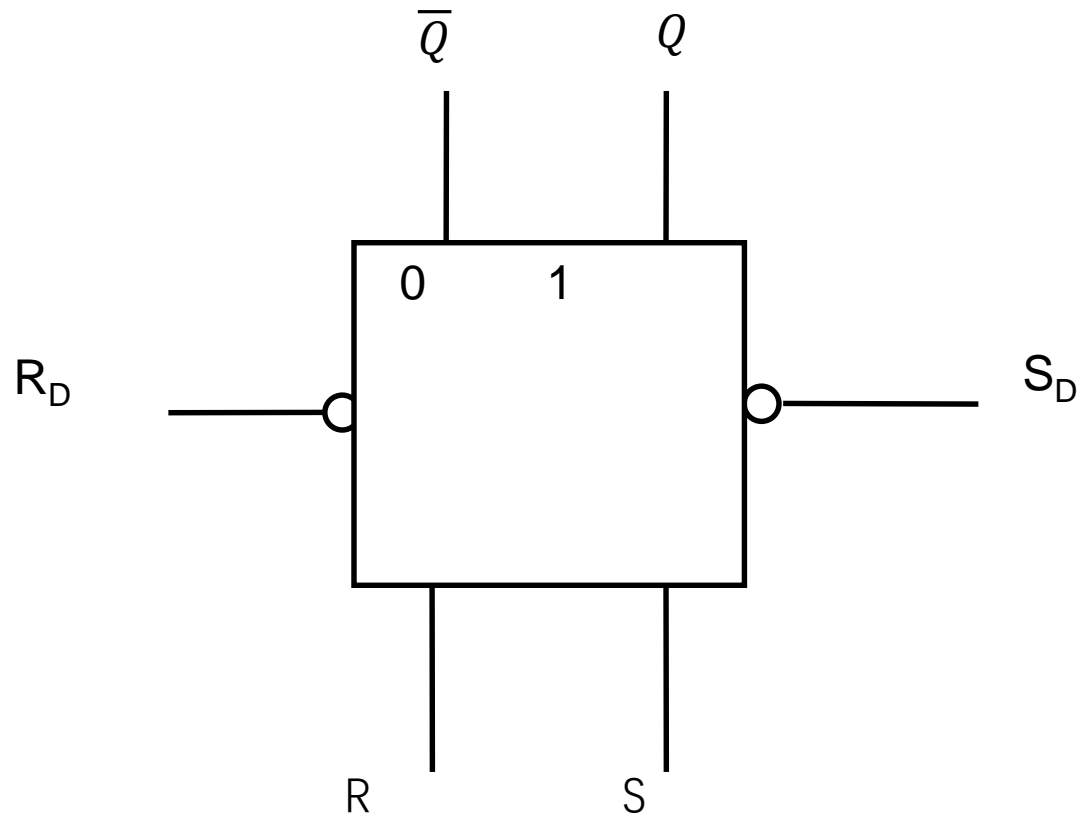
特征表达式和状态图

$$Q^{n+1} = \overline{R} \overline{S} Q + \overline{R} S + R S = S + \overline{R} Q \quad (RS = 0)$$

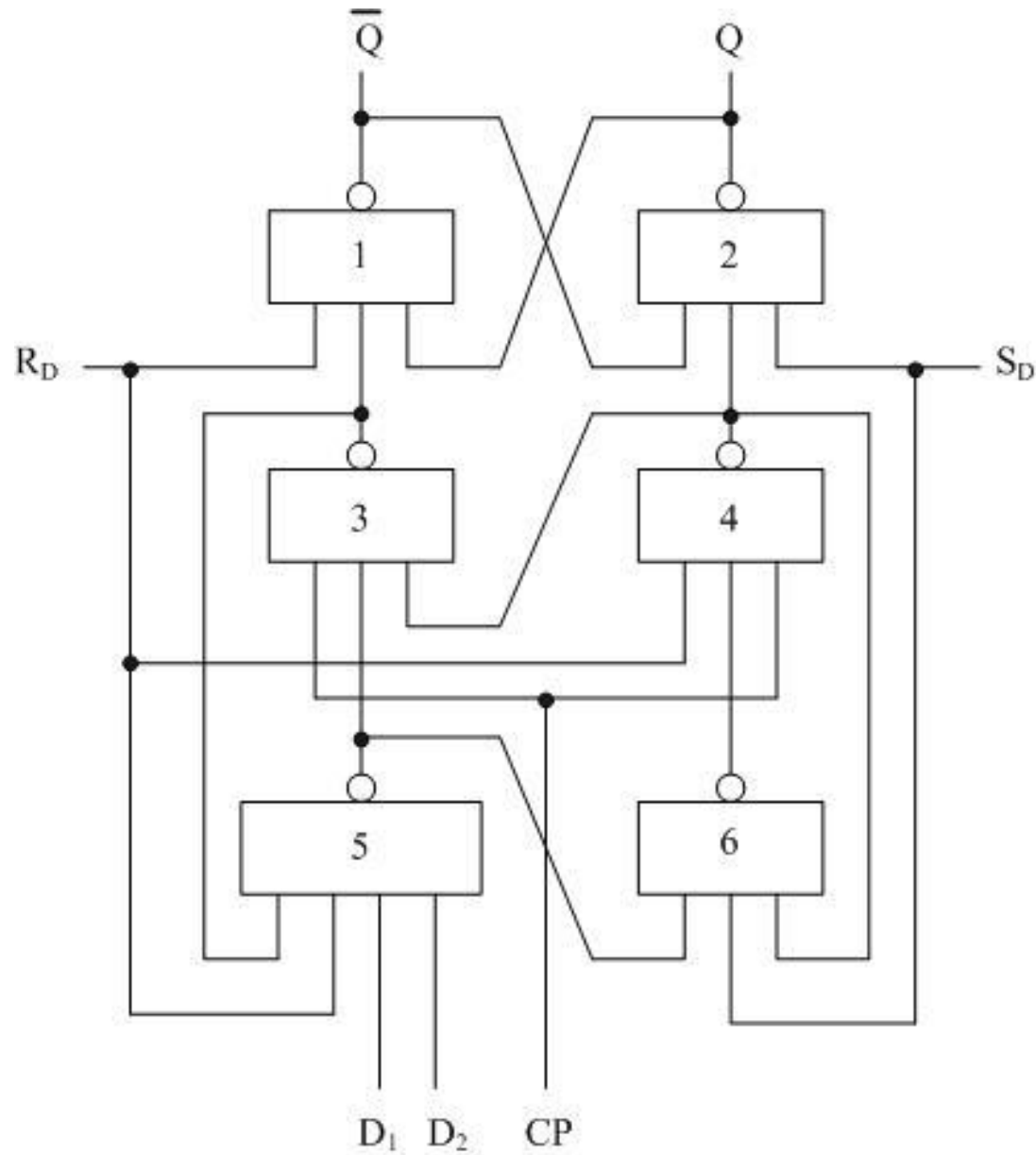
R	S	Q^{n+1}
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	ϕ



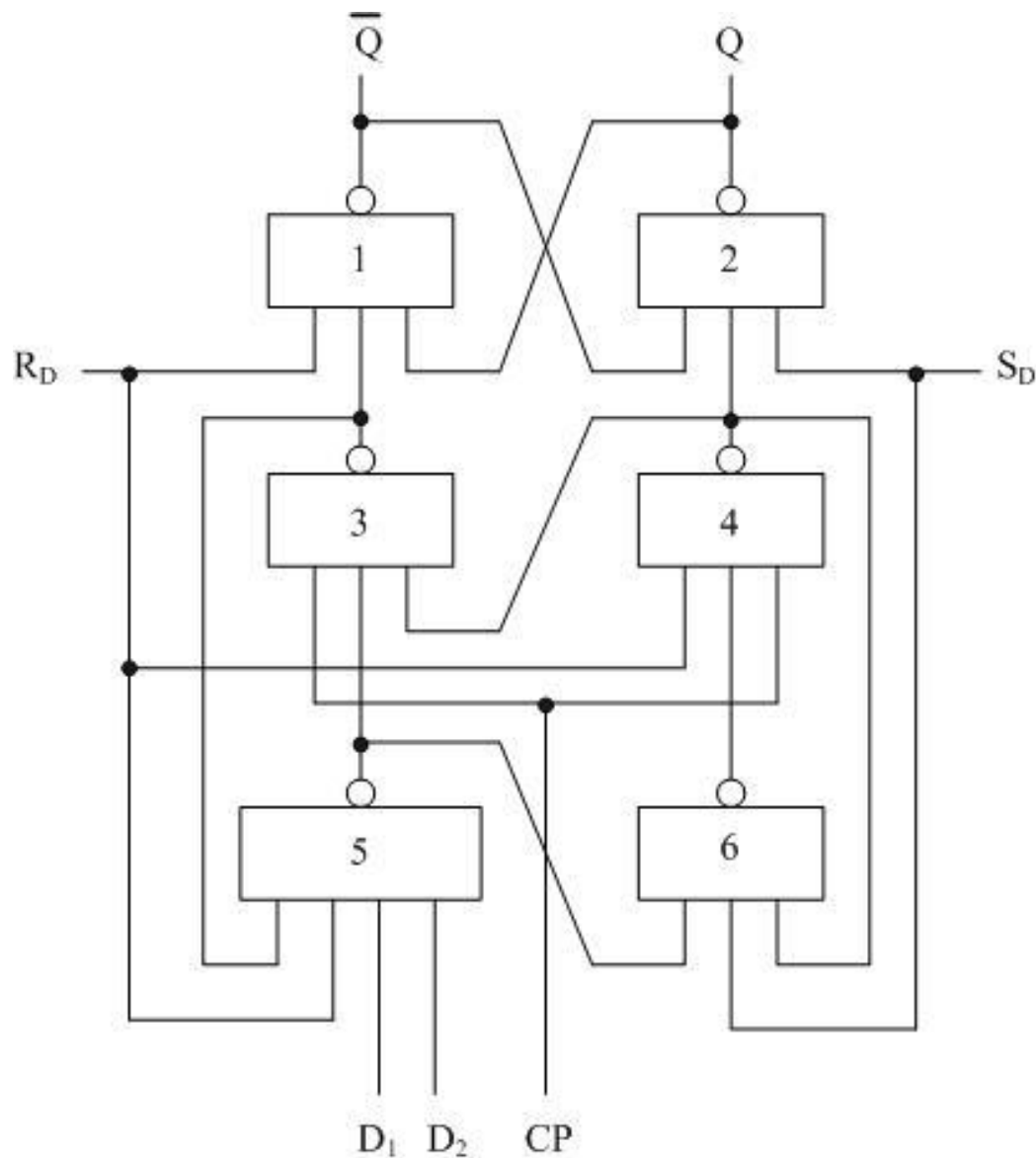
逻辑符号



D触发器

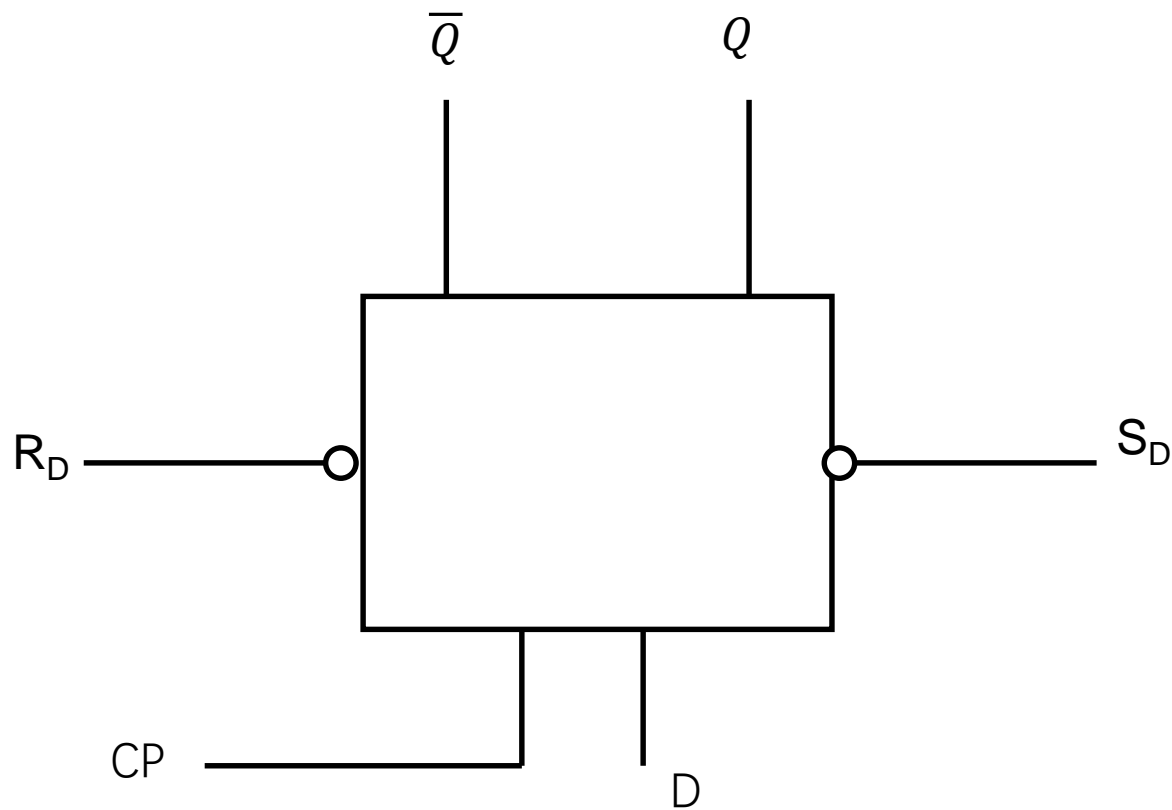


D触发器



- 1) 当 $D=0$ 时
在 CP 为 0 时刻，
 $G3=G4=1$, $G5=1$, $G6=0$;
当 CP 跳变为 1 时，
 $G3=0$, $\overline{Q}=1$, $Q=0$, **$G3$ 送 0 到 $G5$** , 因此 $G5$ 维持 1 不变, D 发生改变不影响 Q 的取值。
- 2) 当 $D=1$ 时
在 CP 为 0 时刻，
 $G3=G4=1$, $G5=0$, $G6=1$;
当 CP 跳变为 1 时，
 $G4=0$, $Q=1$, $\overline{Q}=0$, **$G4$ 送 0 到 $G6$** , 因此 $G6$ 维持 1 不变, D 发生改变不影响 Q 的取值。

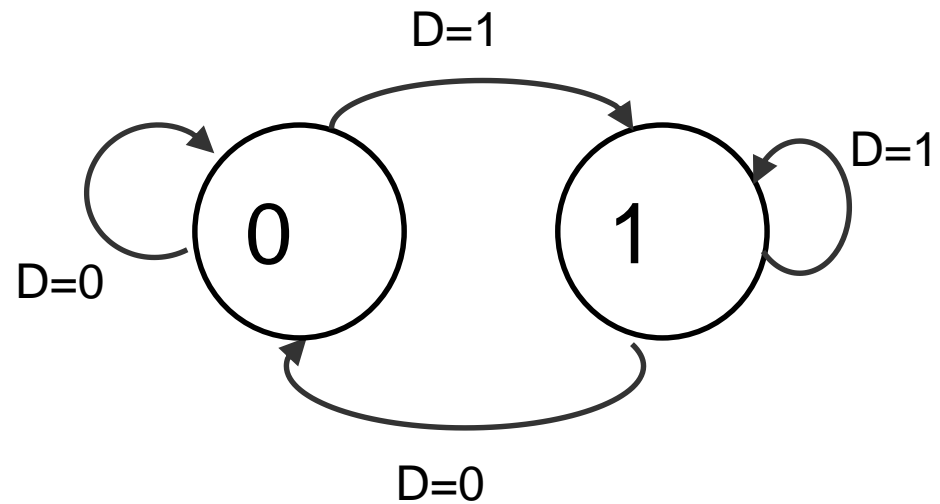
D触发器的逻辑符号



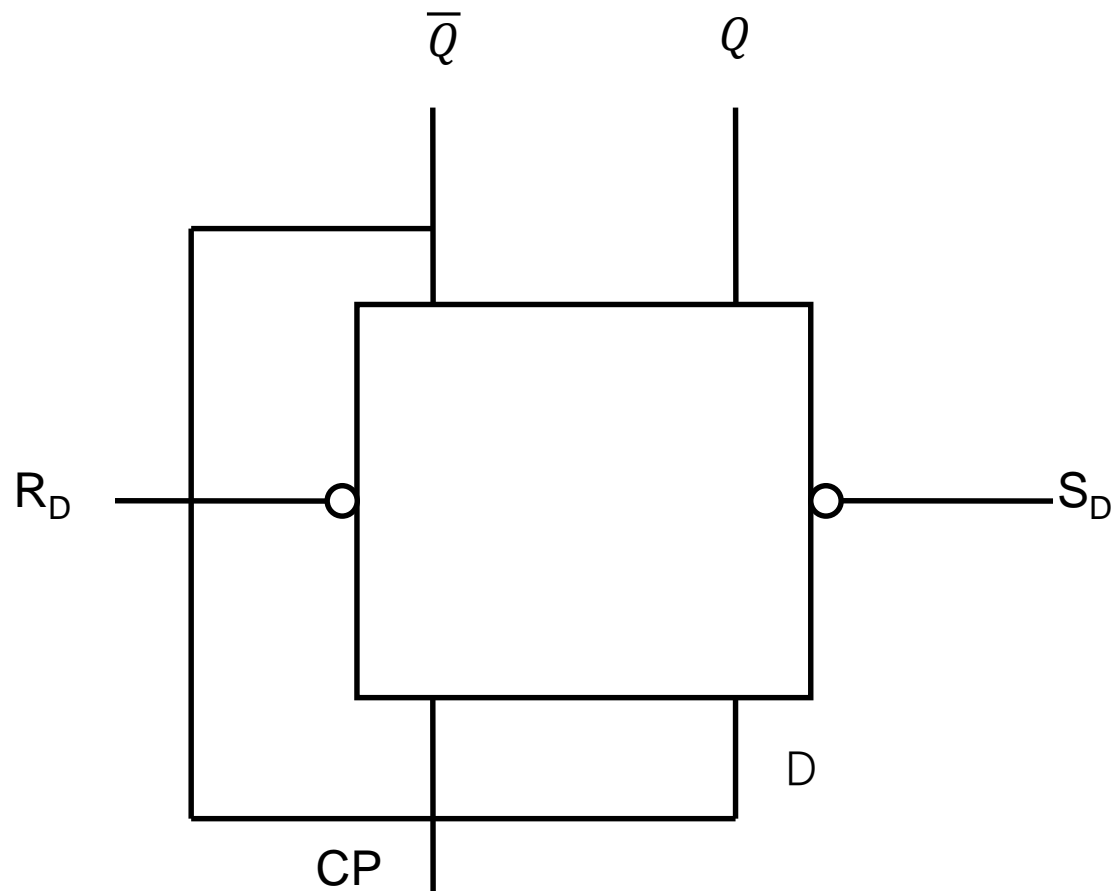
特征表达式、状态图与激励表

$$Q^{n+1} = D \quad (R_D = S_D = 1 \quad CP = 1)$$

Q	Q^{n+1}	$D=D_1D_2$
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

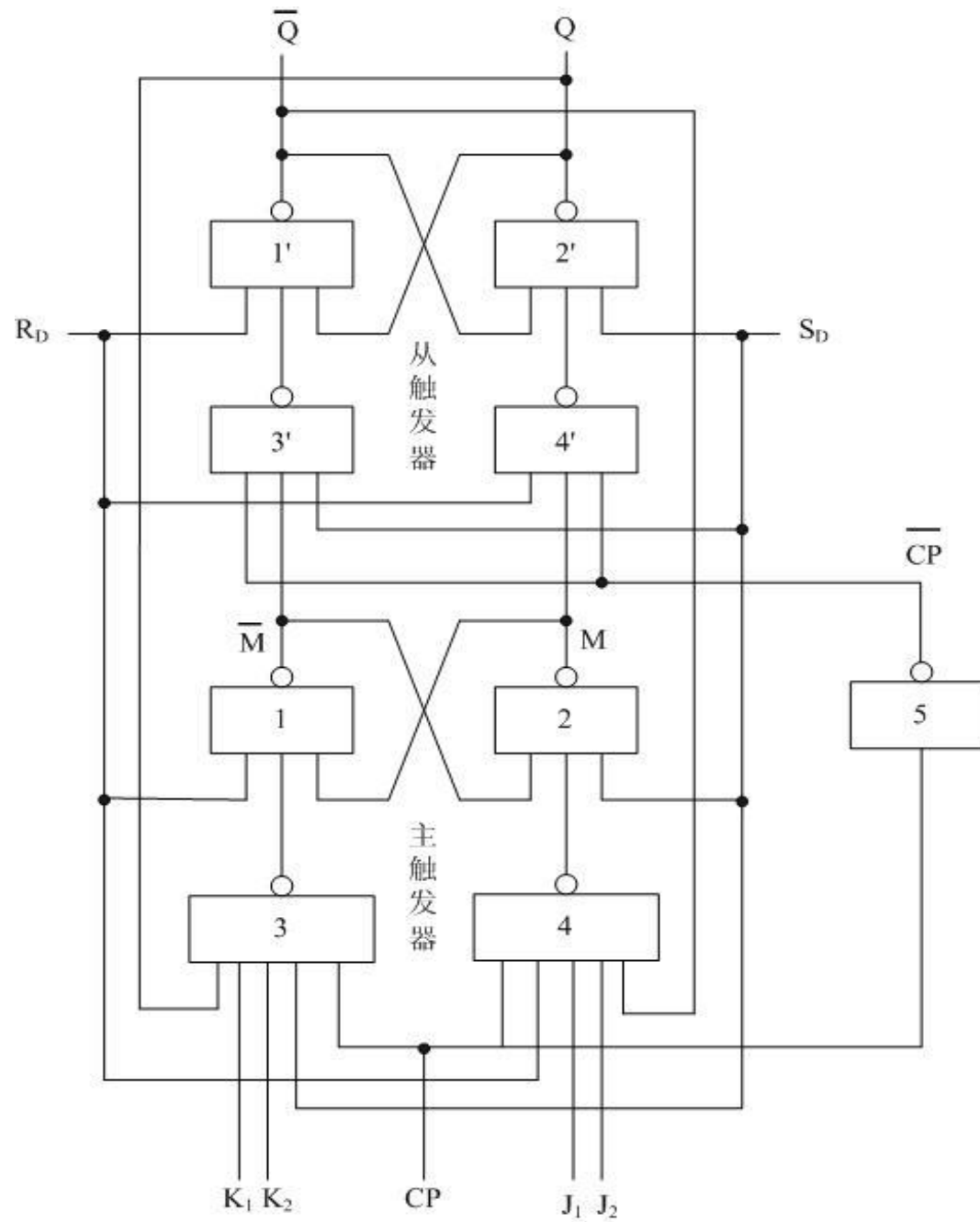


D触发器的计数功能



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

JK触发器



JK触发器

特征表达式: $K = K_1 K_2$ $J = J_1 J_2$

根据逻辑图相当于: $R = KQ$ $S = J\bar{Q}$

且RS不可能同时为1, 所以:

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

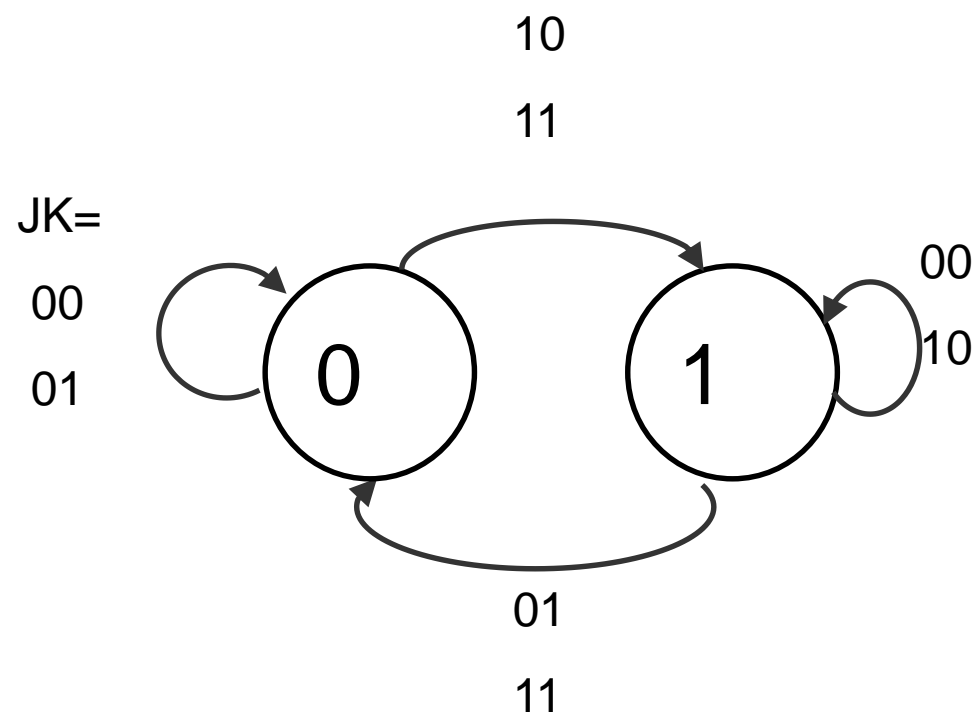
$$Q^{n+1} = Q_m^{n+1} = J\bar{Q} + \bar{K}Q$$

特征函数表

$R_D = S_D$ CP=0时

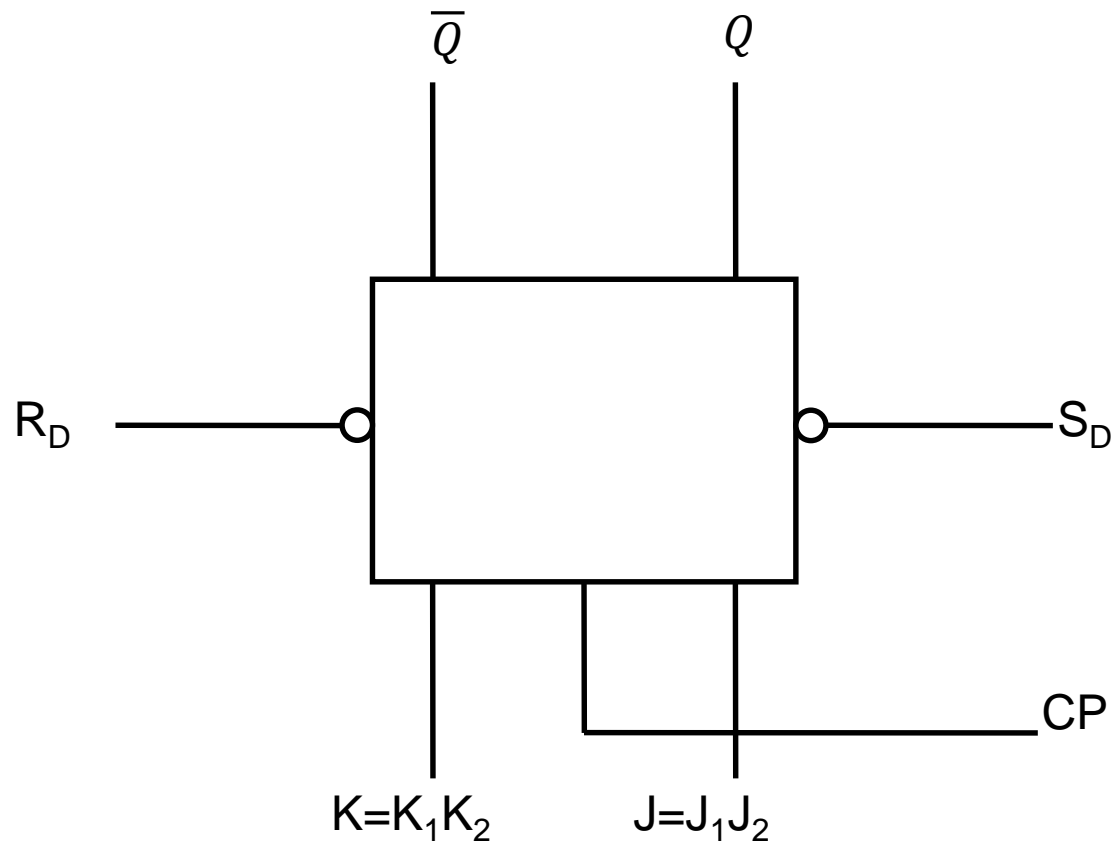
J	K	Q^{n+1}
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	\overline{Q}

状态图和激励表



Q	Q ⁿ⁺¹	J	K
0	0	0	Φ
0	1	1	Φ
1	0	Φ	1
1	1	Φ	0

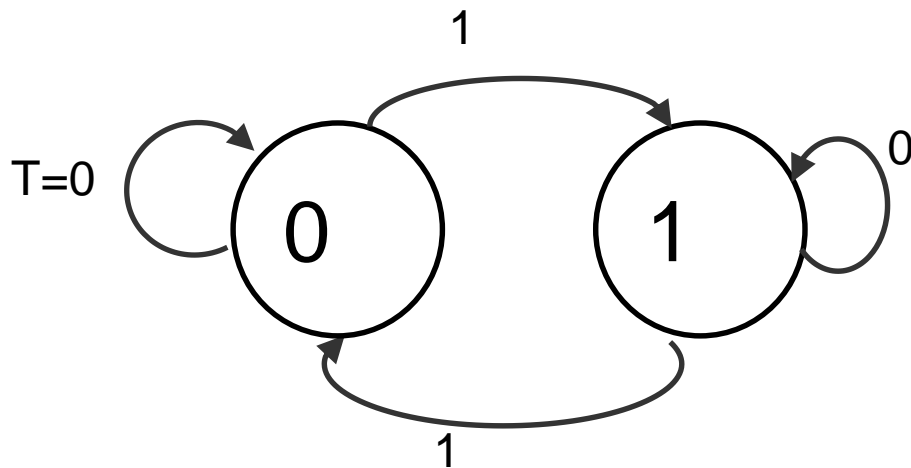
JK触发器逻辑符号



T触发器

T	Q^{n+1}
0	Q
1	\bar{Q}

Q	Q^{n+1}	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



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

总结一下所有的触发器

$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= R_D \overline{S_D} + \overline{R_D} \overline{S_D} + R_D S_D Q \\ &= \overline{S_D} + R_D Q \quad (\overline{S_D} \overline{R_D} = 0) \end{aligned}$$

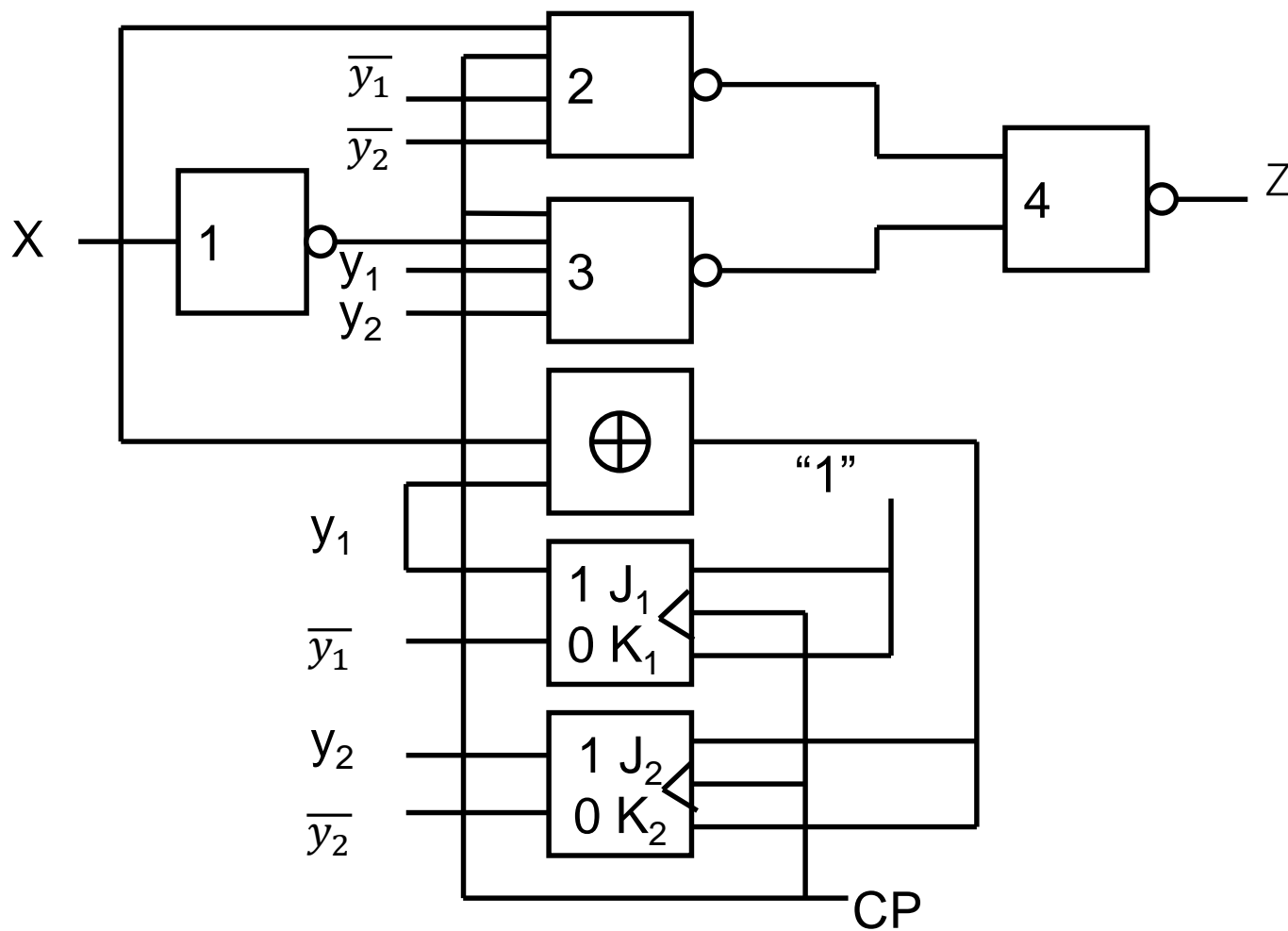
$$Q^{n+1} = \overline{R} \overline{S} Q + \overline{R} S + R S = S + \overline{R} Q \quad (RS = 0)$$

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

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

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

同步时序线路的分析方法



1、列输出函数及控制函数的表达式

$$Z = \overline{\overline{X\overline{y_2}\overline{y_1}}\overline{\overline{x}y_2y_1}} = X\overline{y_2}\overline{y_1} + \overline{X}y_2y_1$$

$$J_1 = K_1 = 1$$

$$J_2 = K_2 = X \oplus y_1$$

2、建立次态表达式及状态转移发器

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

$$y_1^{n+1} = J_1\overline{y_1} + \overline{K_1}y_1 = \overline{y_1}$$

$$\begin{aligned} y_2^{n+1} &= J_2\overline{y_2} + \overline{K_2}y_2 \\ &= (X \oplus y_1)\overline{y_2} + \overline{X \oplus y_1}y_2 = X \oplus y_1 \oplus y_2 \end{aligned}$$

状态转移表

X	y_2	y_1	y_2^{n+1}	y_1^{n+1}	Z
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0

把 y_2y_1 的所有状态用字母表示

a 00

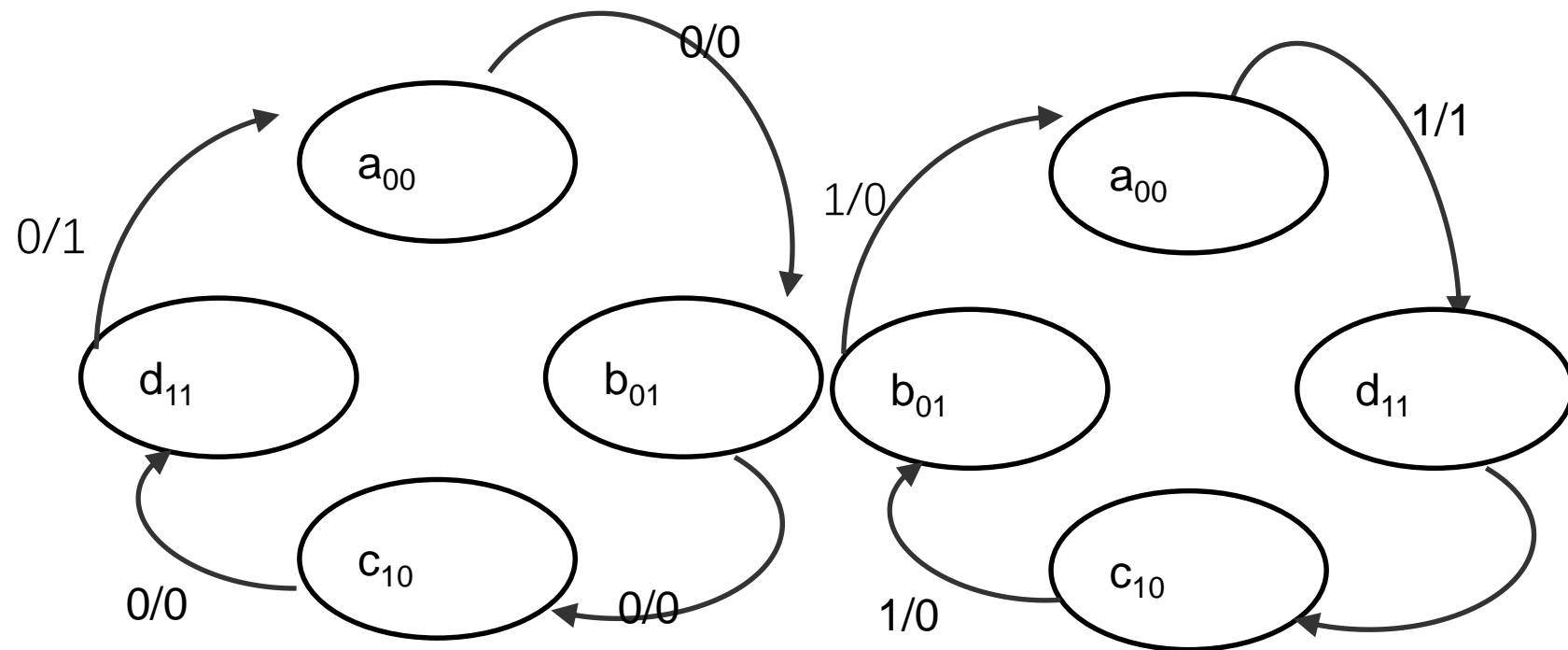
b 01

c 10

d 11

S \ X	0	1
a	b 0	d 1
b	c 0	a 0
c	d 0	b 0
d	a 1	c 0

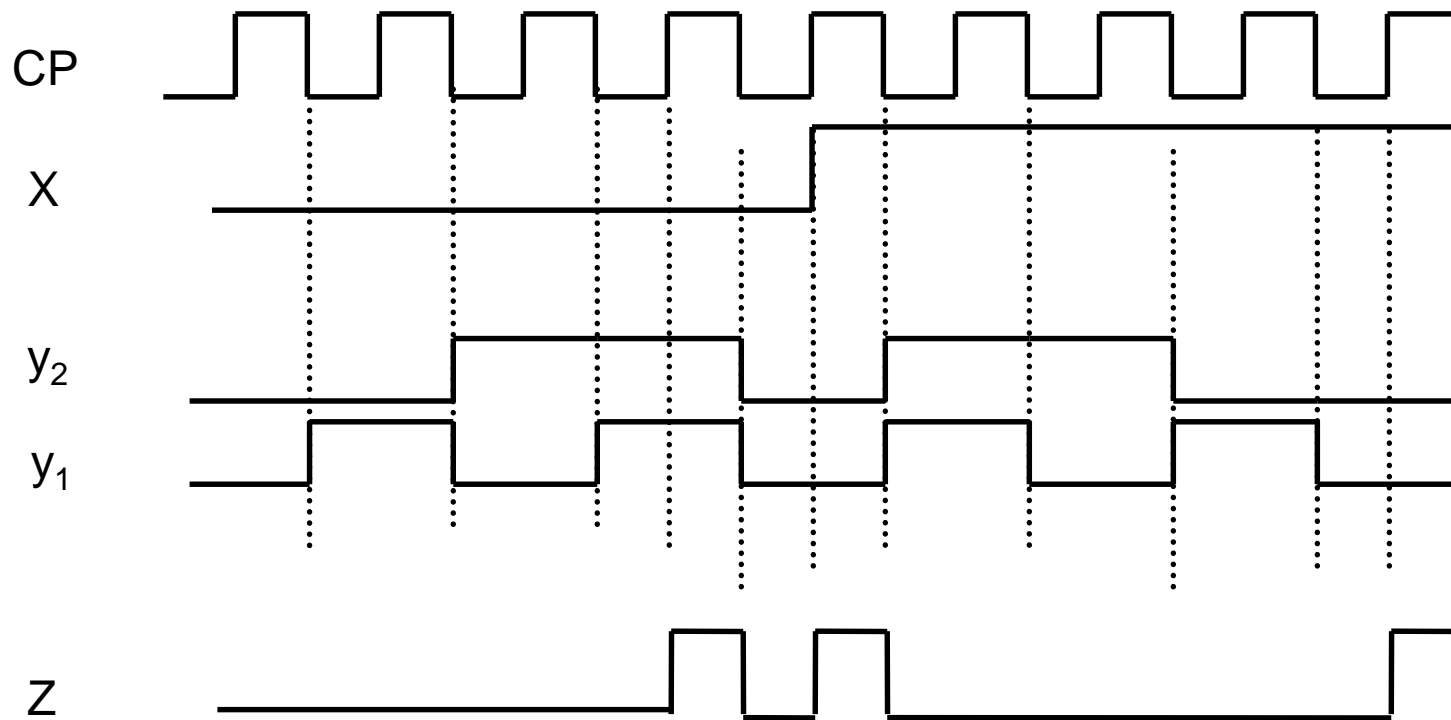
状态图



故此电路为能对CP脉冲计数的模4可逆计数器

波形图：

设 y_2y_1 初态为：00



时序线路的分析步骤

列控制函数、输出函数表达式



列次态表达式及画状态转移表



画状态表及状态图



画波形图



分析逻辑功能

时序逻辑电路分为：

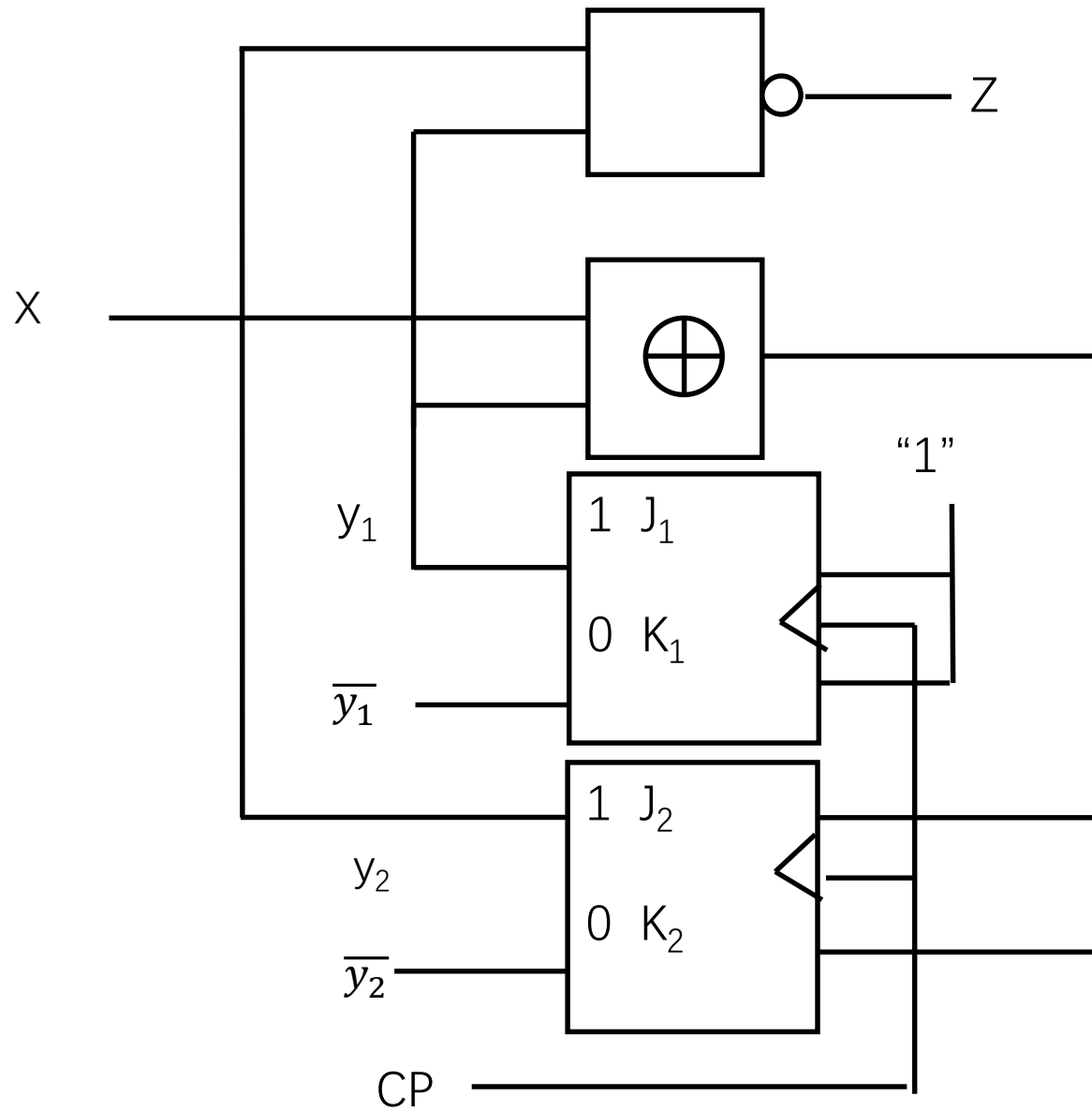
Mealy型电路和Moore型电路

Mealy型电路：输出与外部输入有关

Moore型电路：输出与外部输入无关

看一个Moore型电路

Moore型电路举例



1、列输出函数、控制函数

$$Z = \overline{y_2 y_1}$$

$$J_1 = K_1 = 1$$

$$J_2 = K_2 = X \oplus y_1$$

2、列次态表达式式及状态转移表

$$y_1^{n+1} = J_1 \overline{y_1} + \overline{K_1} y_1 = \overline{y_1}$$

$$y_2^{n+1} = J_2 \overline{y_2} + \overline{K_2} y_2 = X \oplus y_1 \oplus y_2$$

状态表

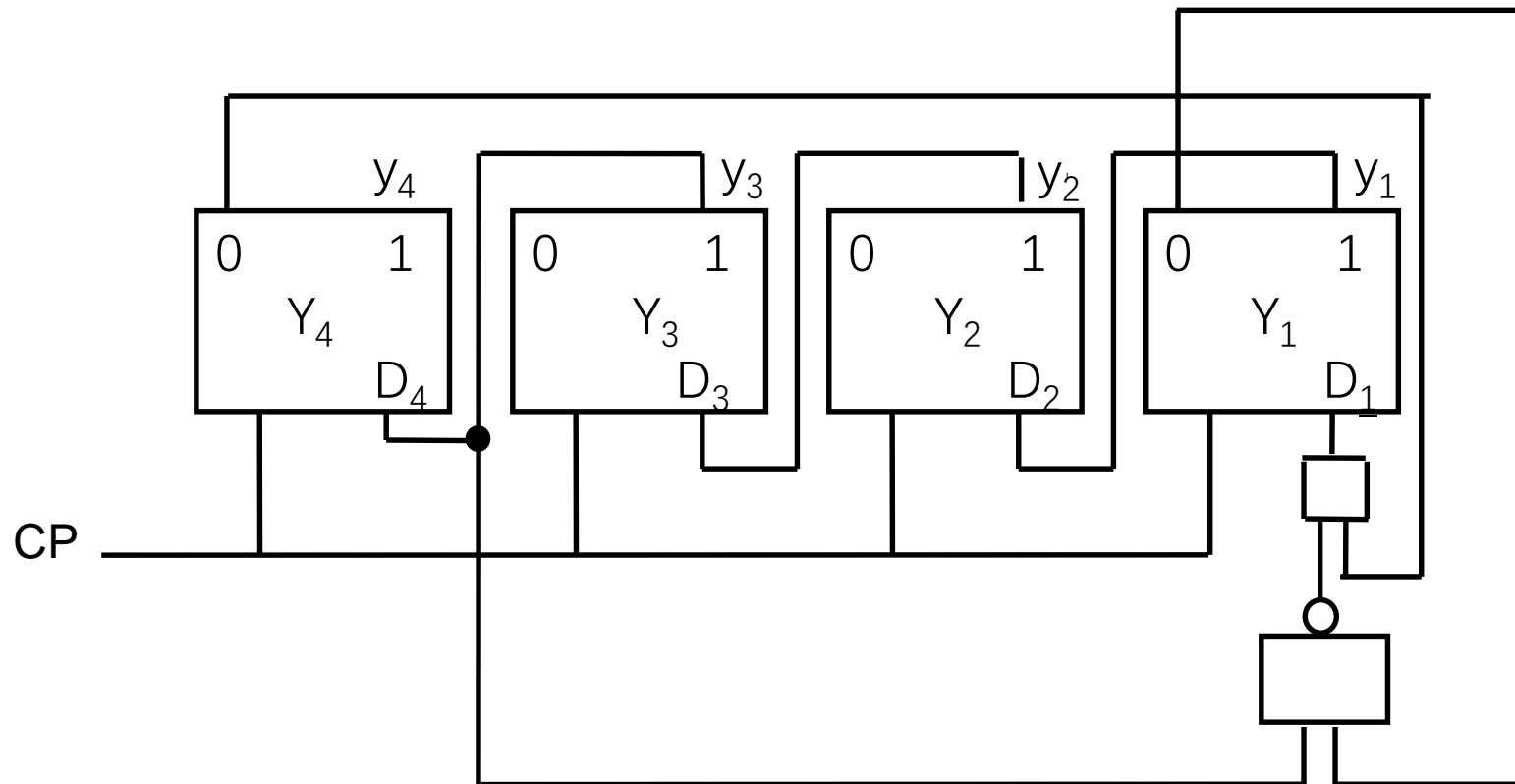
X	y_2	y_1	y_2^{n+1}	y_1^{n+1}	Z
0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0

a 00
b 01
c 10
d 11

$S \backslash X$	0	1
a	b 1	d 1
b	c 1	a 1
c	d 1	b 1
d	a 0	c 0

无论 $x=0$ 或 $x=1$ ，以 d 为初态都是四个脉冲回到初态，输出为0。 $x=0$ 时为进位， $x=1$ 时为借位。为模四可逆计数器。

再来一个栗子



请大家写出控制函数（不要慌，镇定）。

$$D_4 = y_3$$

$$D_3 = y_2$$

$$D_2 = y_1$$

$$D_1 = \overline{y_3 \cdot \overline{y_1} \cdot \overline{y_4}} = (\overline{y_3} + y_1) \cdot \overline{y_4} = y_1 \overline{y_4} + \overline{y_3} \overline{y_4}$$

请大家写出次态表达式和状态转移表。

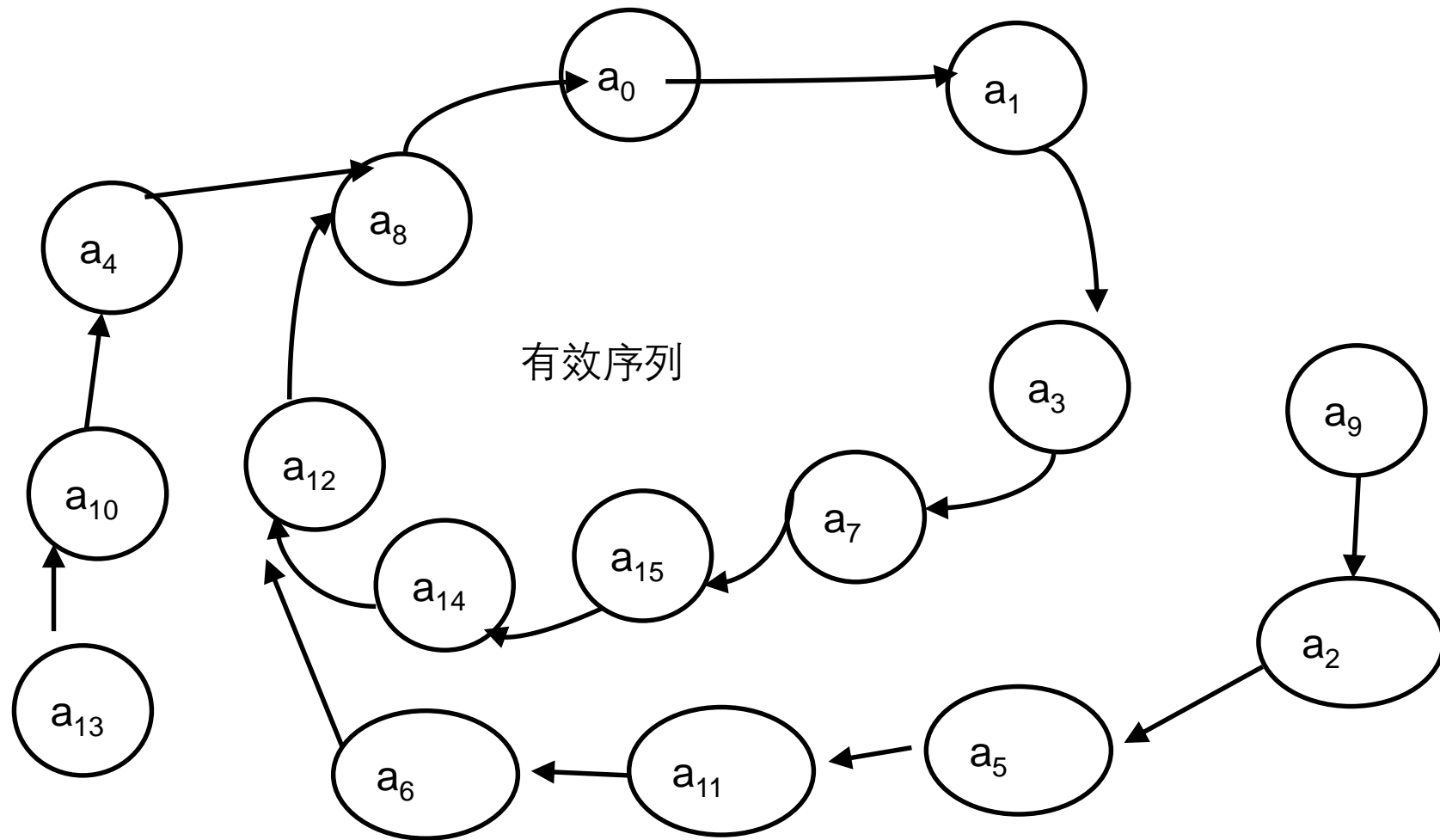
列次态表达式， 状态转移表

$$\begin{aligned}
 y_4^{n+1} &= D_4 = y_3 \\
 y_3^{n+1} &= D_3 = y_2 \\
 y_2^{n+1} &= D_2 = y_1 \\
 y_1^{n+1} &= D_1 \\
 &= \overline{y_3 \cdot \overline{y_1} \cdot \overline{y_4}} \\
 &= (\overline{y_3} + y_1) \cdot \overline{y_4} \\
 &= y_1 \overline{y_4} + \overline{y_3} \overline{y_4}
 \end{aligned}$$

请大家画出状态图。

y_4	y_3	y_2	y_1	y_4^{n+1}	y_3^{n+1}	y_2^{n+1}	y_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

状态图



假设：

$$D_1 = \overline{y_4}$$

请大家写出状态表
和状态图。

更改上述例子

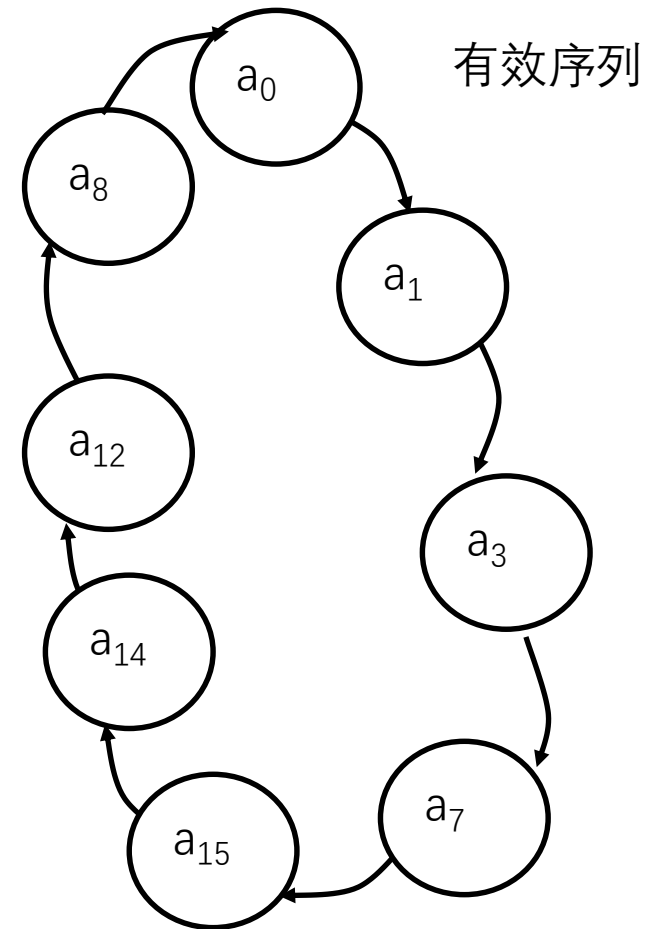
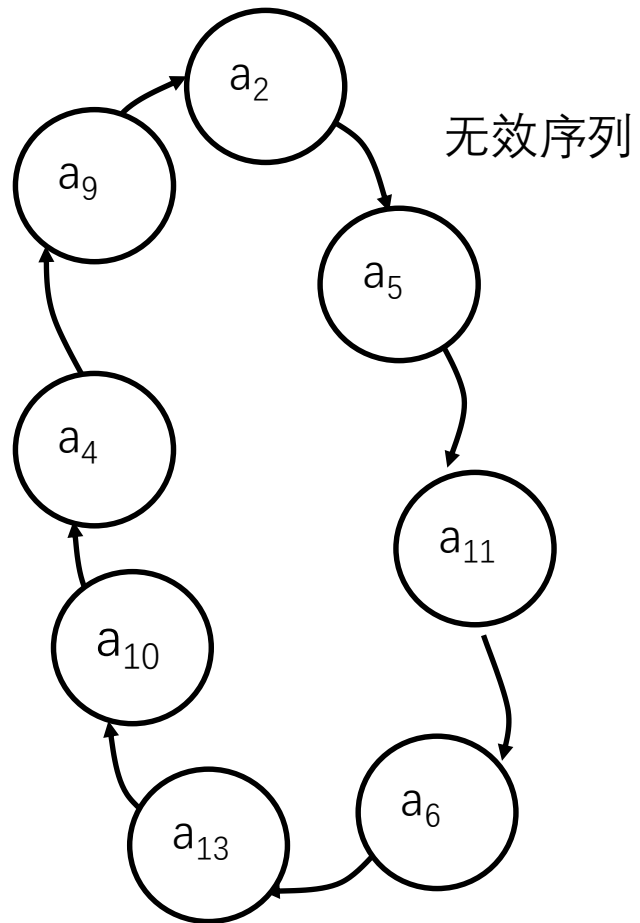
假设：

$$D_1 = \overline{y_4}$$

请大家写出状态表
和状态图。

y_4	y_3	y_2	y_1	y_4^{n+1}	y_3^{n+1}	y_2^{n+1}	y_1^{n+1}	
0	0	0	0	0	0	0	1	a_1
0	0	0	1	0	0	1	1	a_3
0	0	1	0	0	1	0	1	a_5
0	0	1	1	0	1	1	1	a_7
0	1	0	0	1	0	0	1	a_9
0	1	0	1	1	0	1	1	a_{11}
0	1	1	0	1	1	0	1	a_{13}
0	1	1	1	1	1	1	1	a_{15}
1	0	0	0	0	0	0	0	a_0
1	0	0	1	0	0	1	0	a_2
1	0	1	0	0	1	0	0	a_4
1	0	1	1	0	1	1	0	a_6
1	1	0	0	1	0	0	0	a_8
1	1	0	1	1	0	1	0	a_{10}
1	1	1	0	1	1	0	0	a_{12}
1	1	1	1	1	1	1	0	a_{14}

状态图



一、寄存器

作用：用来寄存二进制代码。

具有如下功能

接收代码：将代码送入寄存器；

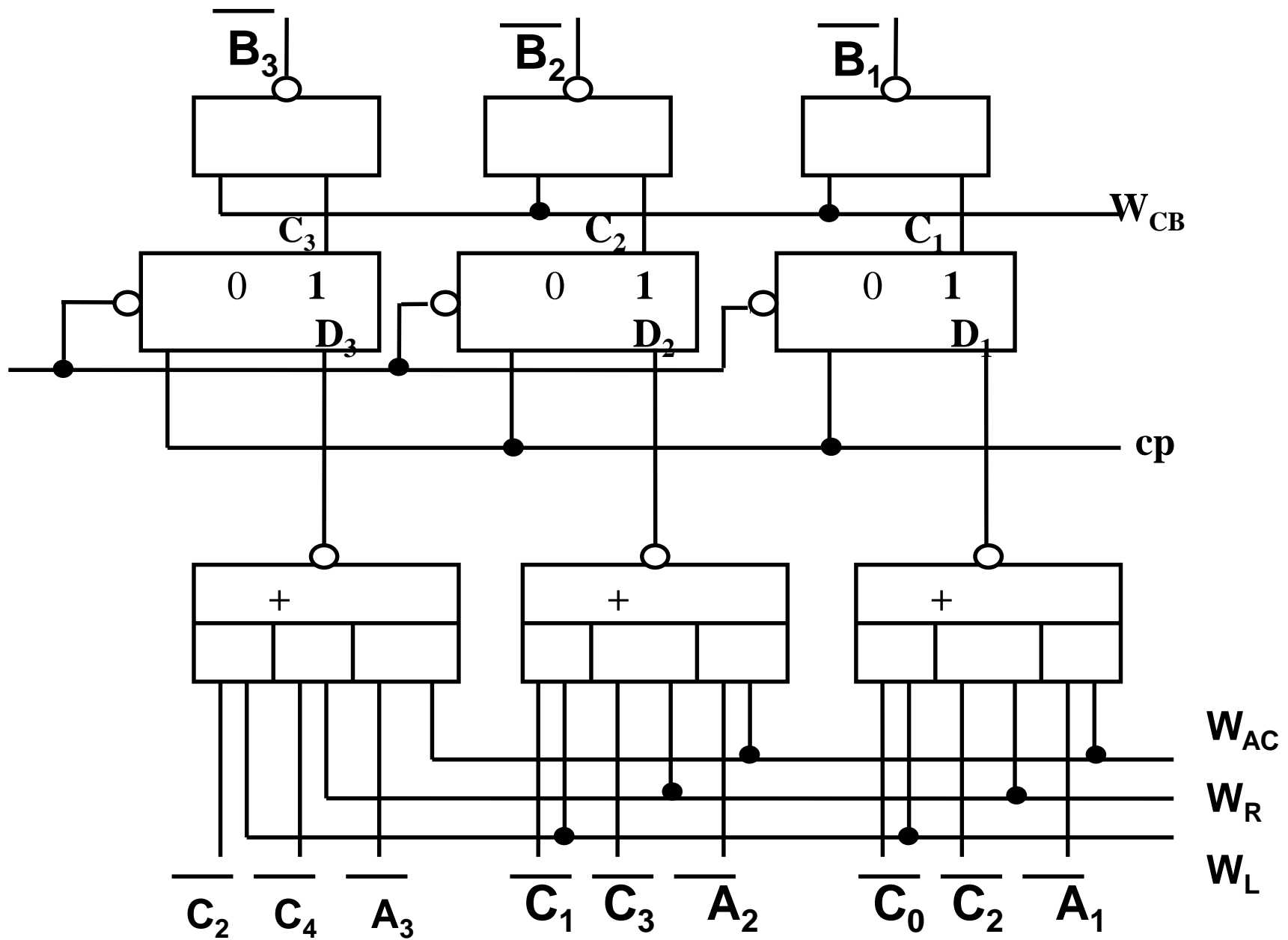
寄存代码：保持所接收的代码不变；

代码移位：使寄存器中的代码移位（左移，右移）；

发送代码：把寄存器中寄存的代码发送出去；

清除代码：清除寄存器中的内容，给寄存器置一个初始值。

三位寄存器



鉴于我们已经列举了N个计数器，此处将不再赘述。

留给大家自学。