

	A_3	A_2	A_1	A_0
	B_3	B_2	B_1	B_0
CP	④	③	②	①



第五章 集成触发器

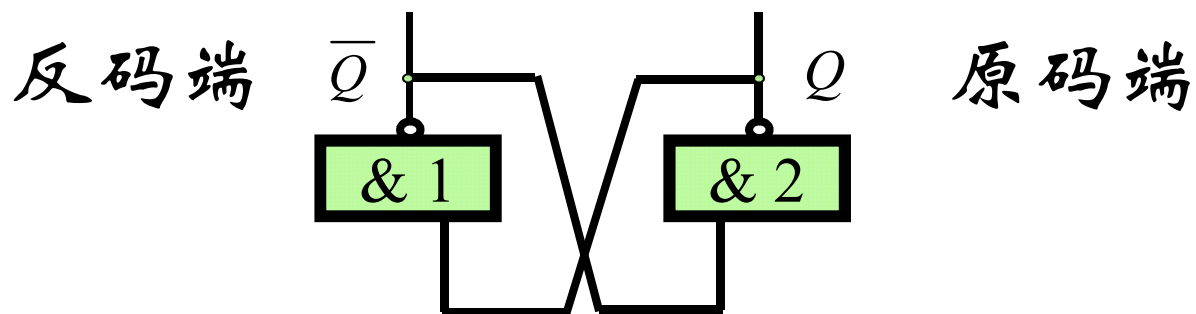


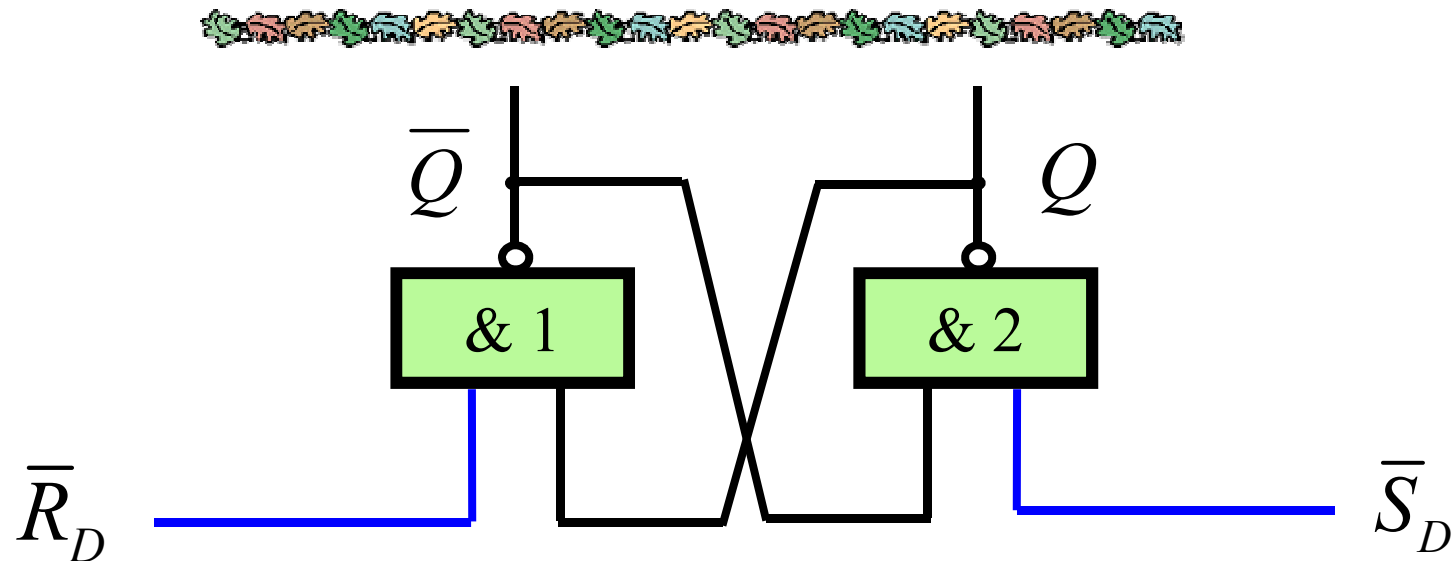
§ 5.1 电路的组成及动作特点

功能：记忆二进制的 0、1——两个状态

特点：

1. 必须具有两个稳态，分别记忆 0、1





2. 两个稳态可以预置

电路的现时刻状态——称为现态 Q^n

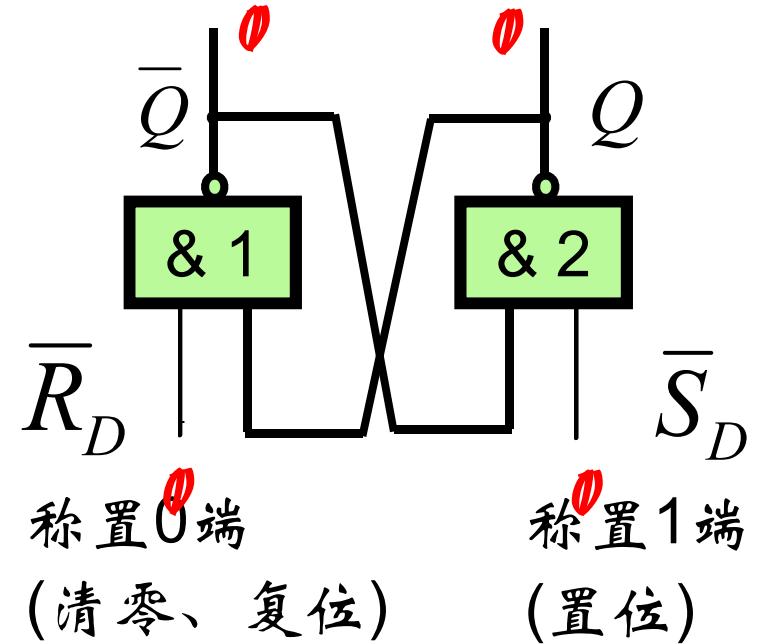
电路的下一时刻的状态——称为次态 Q^{n+1}



一. 基本RS触发器

1. 状态转换真值表/功能表

$\bar{S}_D \bar{R}_D$	Q^n	Q^{n+1}	特点
0 0	0	×	状态不定
0 0	1	×	
0 1	0	1	置 1
0 1	1	1	
1 0	0	0	置 0
1 0	1	0	
1 1	0	0	状态保持
1 1	1	1	



置位、复位触发器——
基本RS触发器

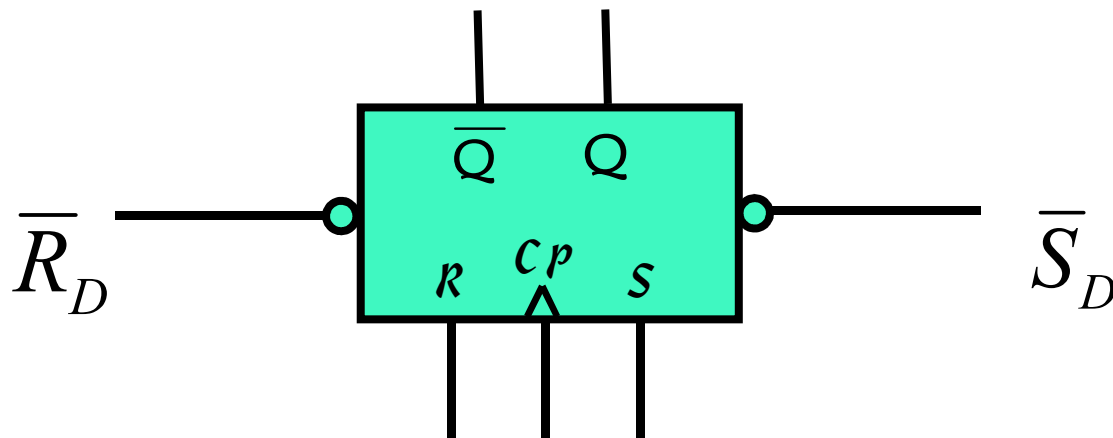


2. 状态方程/特征方程

Q^{n+1}		$\bar{S}_D \bar{R}_D$							
		0	0	0	1	1	1	1	0
Q^n	0	×		1					
	1	×		1	1				

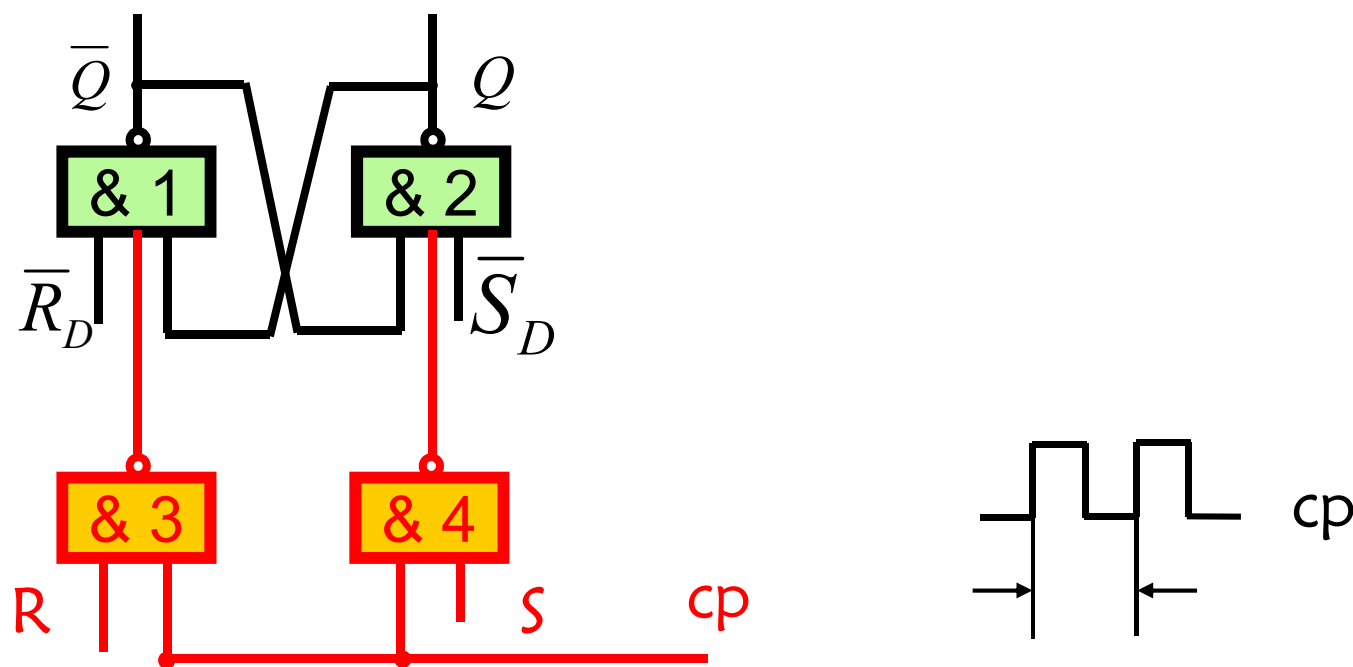
$$\begin{cases} Q^{n+1} = S_D + \bar{R}_D \cdot Q^n \\ \bar{S}_D + \bar{R}_D = 1 \end{cases}$$

二. 时钟脉冲控制的RS触发器/同步RS触发器



特点:

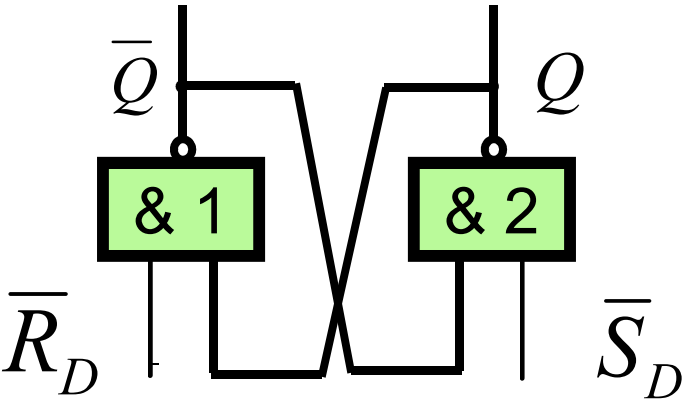
1. 必须具有两个稳态, 分别记忆0、1值
2. 两个稳态可以预置
3. 与节拍(时钟)同步, 且可以加控制信号



1. 状态真值表

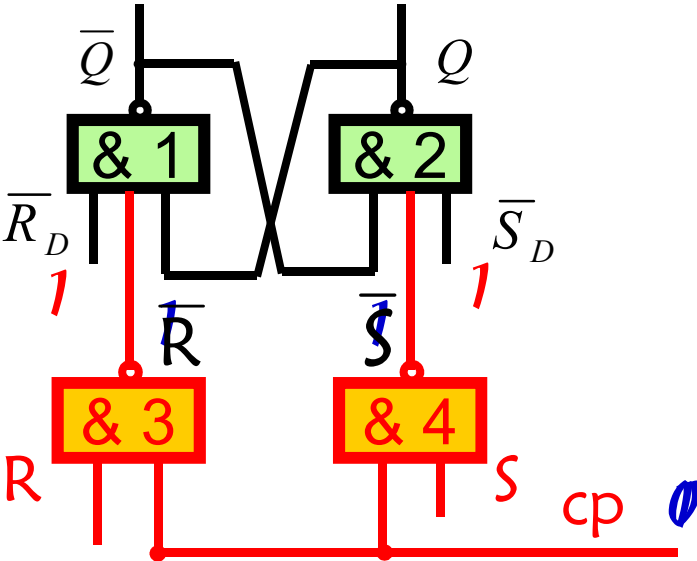
基本RS触发器

$\bar{S}_D \bar{R}_D$	Q^n	Q^{n+1}	特点
0 0	0	×	状态不定
0 0	1	×	
0 1	0	1	置 1
0 1	1	1	
1 0	0	0	置 0
1 0	1	0	
1 1	0	0	状态保持
1 1	1	1	



同步RS触发器

S R	Q^n	Q^{n+1}	特点
0 0	0	0	状态保持
0 0	1	1	
0 1	0	0	置 0
0 1	1	0	
1 0	0	1	置 1
1 0	1	1	
1 1	0	×	状态不定
1 1	1	×	

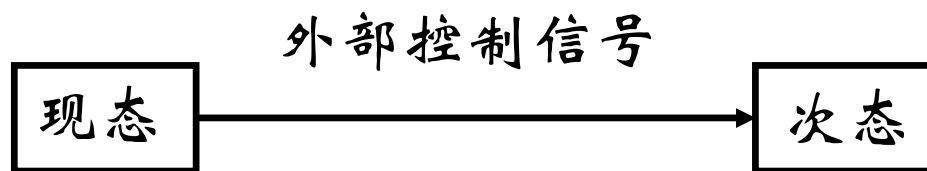


2. 状态方程

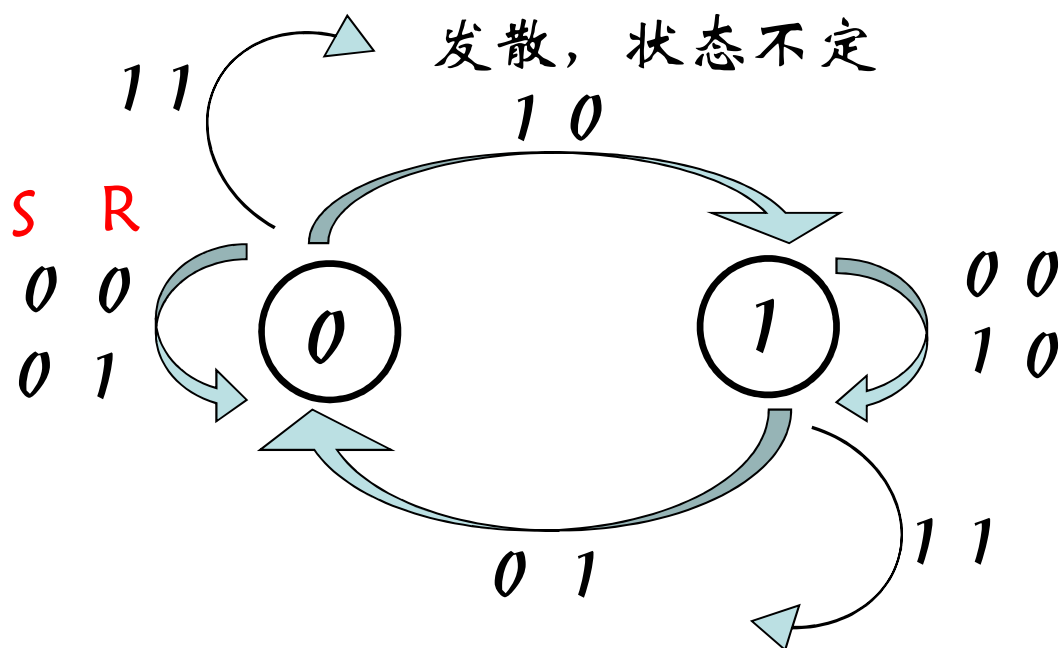
		$S R$						
		Q^{n+1}		Q^n				
		0	0	0	1	1	1	0
0					×	×	1	
1		1			×	×	1	

$$\begin{cases} Q^{n+1} = S + \bar{R} Q^n \\ \bar{S}_D \bar{R}_D = 1 \\ SR = 0 \end{cases}$$

3. 状态转换图

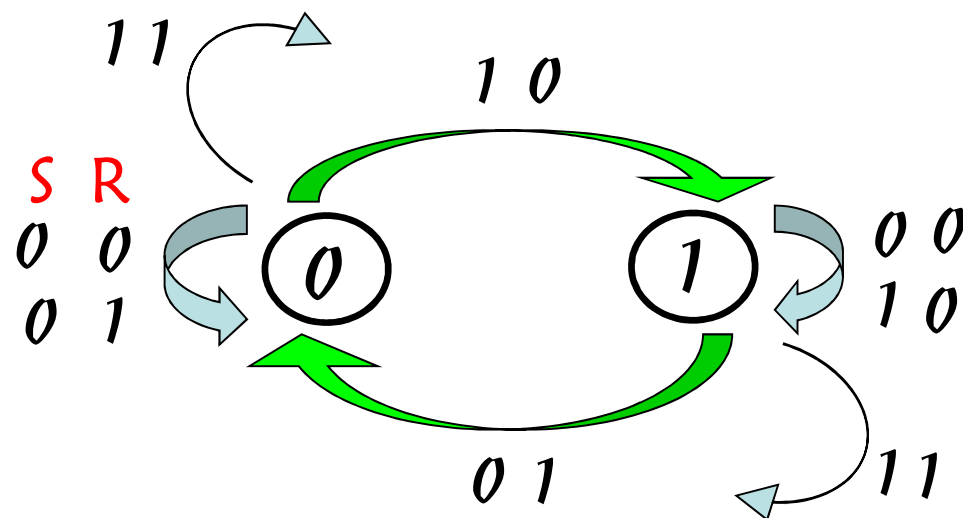


S R	Q^n	Q^{n+1}	特点
0 0	0	0	状态保持
0 0	1	1	
0 1	0	0	置 0
0 1	1	0	
1 0	0	1	置 1
1 0	1	1	
1 1	0	×	状态不定
1 1	1	×	

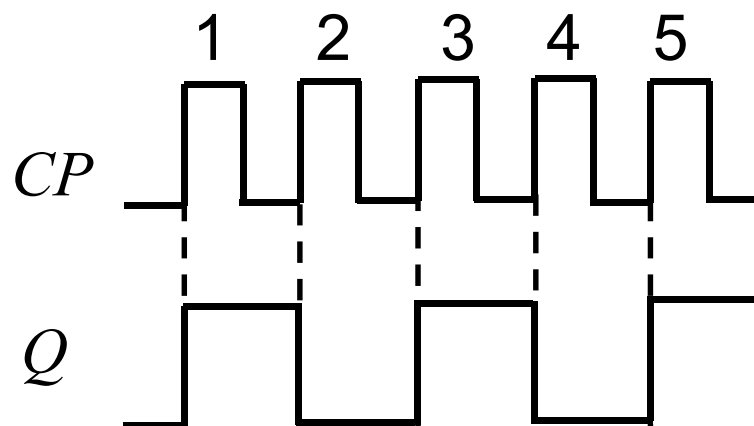


4.激励表：反映已知现态、次态、如何加外部控制信号。

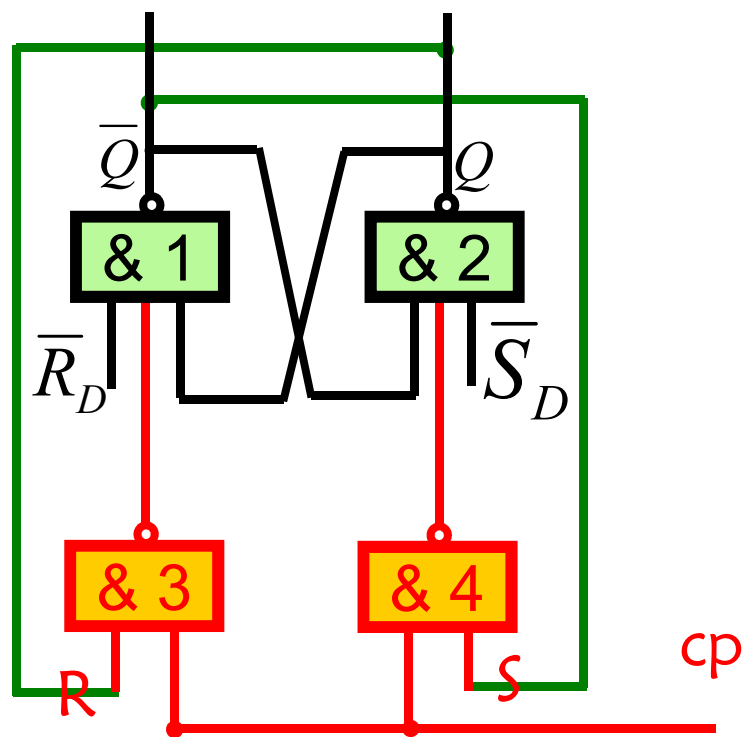
Q^n	Q^{n+1}	S	R
0	0	0	×
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	×	0



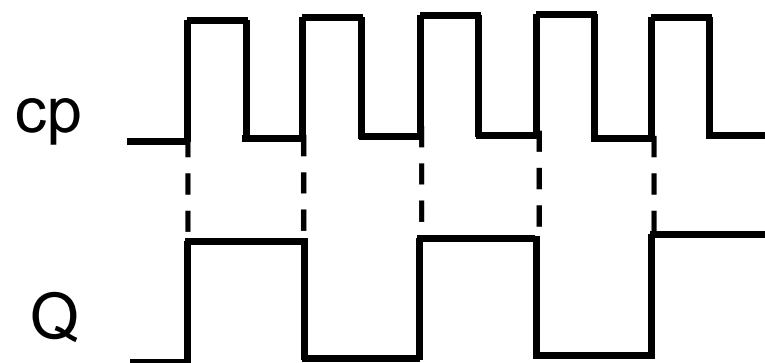
SR		Q^{n+1}	
		0	1
Q^n	0	0 ×	1 0
	1	0 1	× 0



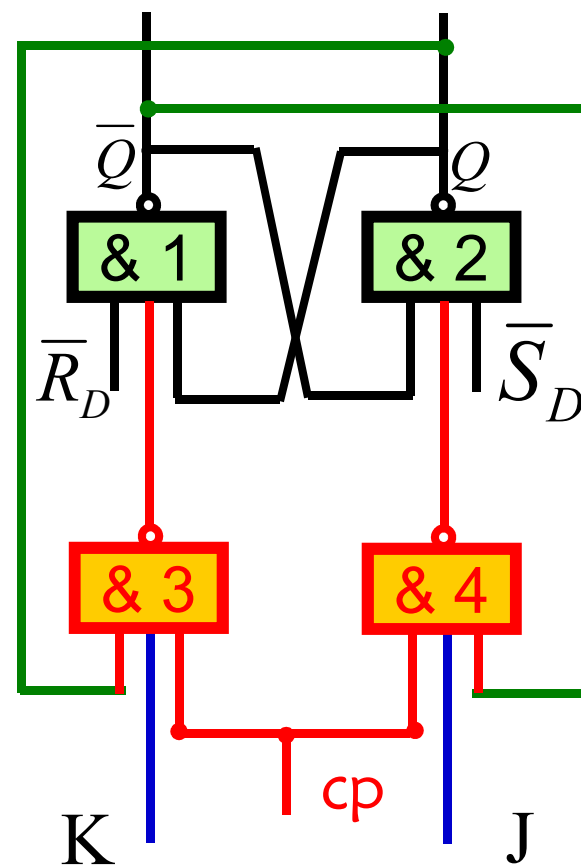
三.计数型触发器



二分频或 $\div 2$ 电路



四.JK触发器



K cp J

四.JK触发器

1.状态转换真值表

$J \ K$	Q^n	Q^{n+1}	特点
$\begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$	状态保持
$\begin{matrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	置 0
$\begin{matrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 1 \end{matrix}$	置 1
$\begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}$	状态翻转

$J=K=0$

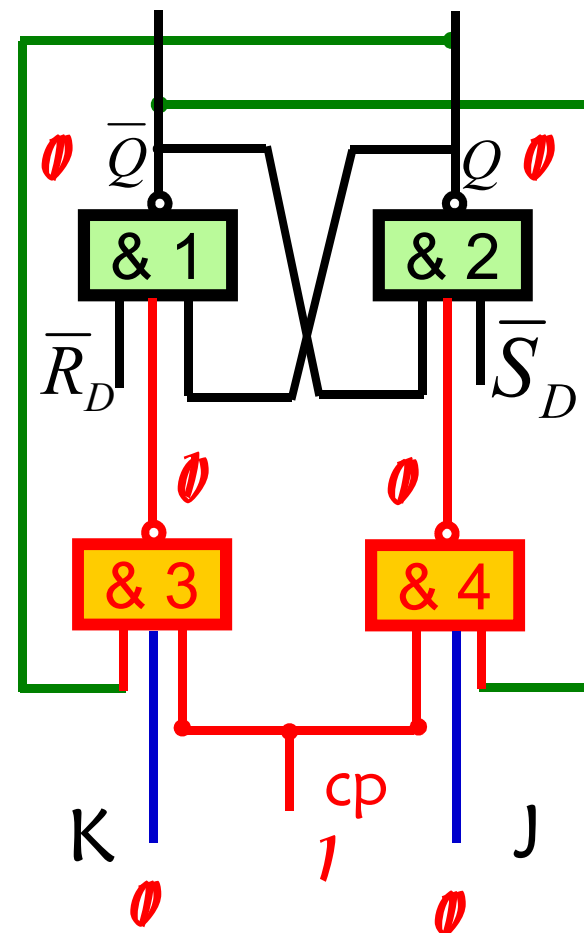
状态保持

$J=K=1$

状态翻转

$J \neq K$

状态跟随 J



1. 状态转换真值表

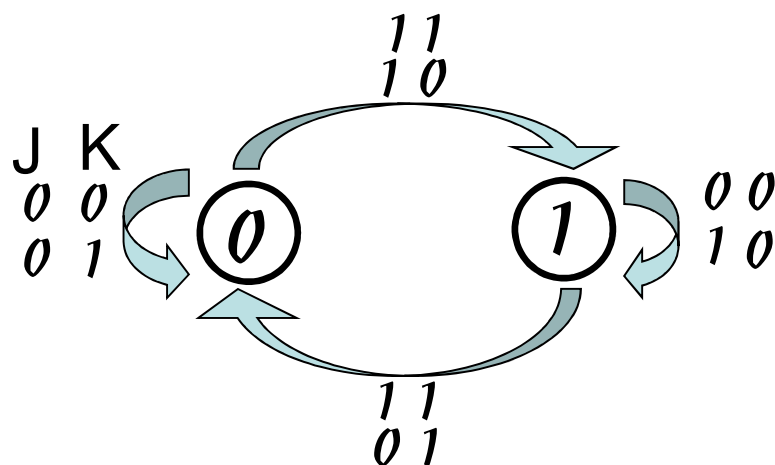
J K	Q^n	Q^{n+1}	特点
$\begin{smallmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	状态保持
$\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	置 0
$\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \end{smallmatrix}$	置 1
$\begin{smallmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	状态翻转

2. 状态方程

$\begin{smallmatrix} Q^{n+1} \\ J K \end{smallmatrix}$		Q^n			
		0 0	0 1	1 1	1 0
0				1	1
1		1			1

$$\begin{cases} Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n \\ \bar{S}_D \bar{R}_D = 1 \end{cases}$$

3. 状态转换图



4. 激励表

$\begin{smallmatrix} J K \\ Q^n \end{smallmatrix}$		Q^{n+1}	
		0	1
0		0 ×	1 ×
1		× 1	× 0

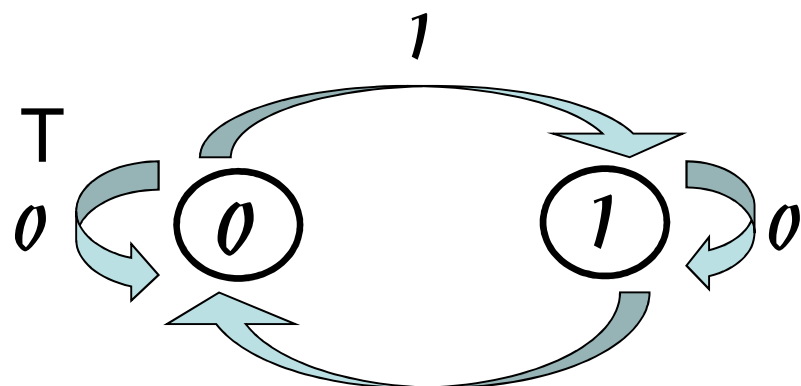
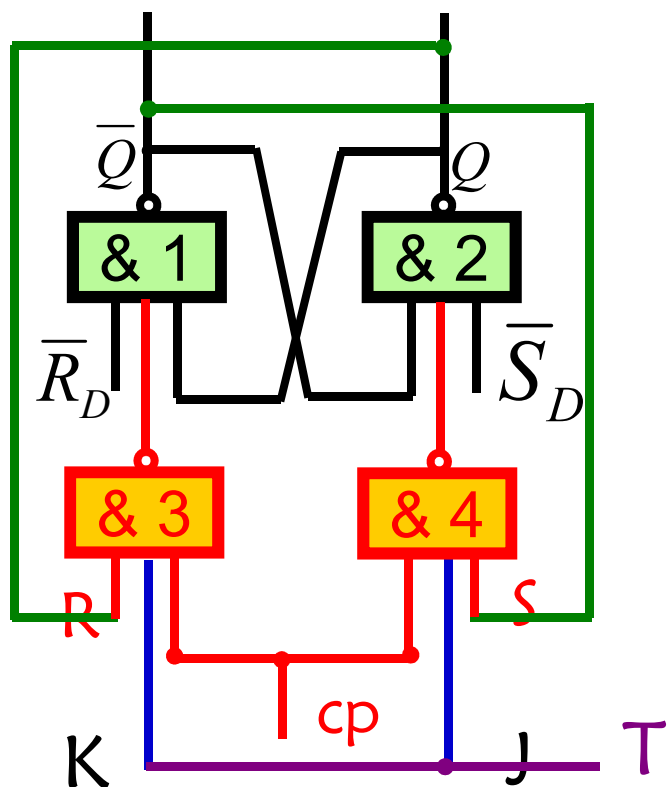
$J=k=T$ T触发器

$T=0$ 状态保持

$T=1$ 状态转换

$T \equiv 1$ 计数型触发器或 T' 触发器

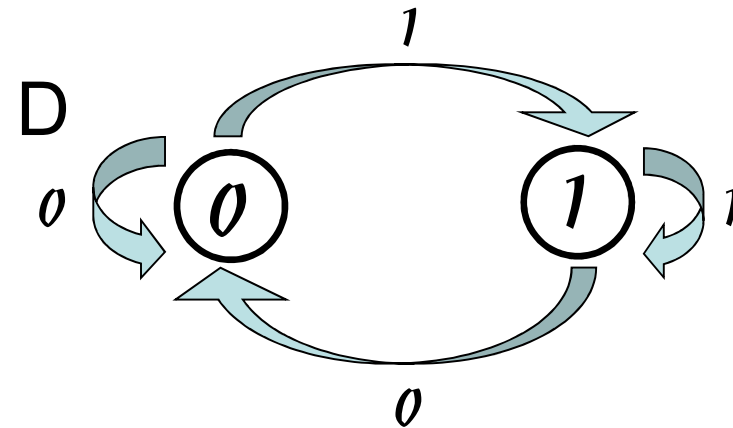
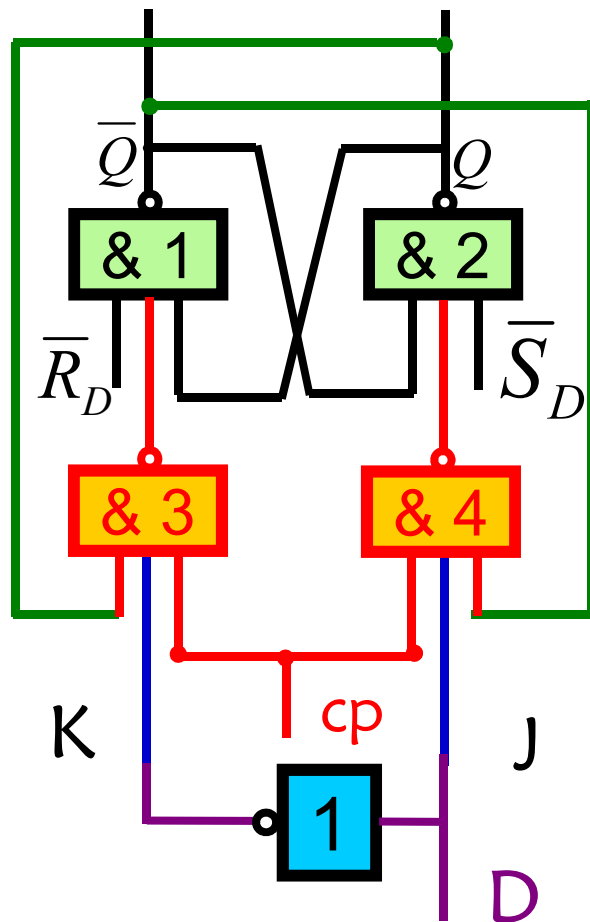
$$\begin{cases} Q^{n+1} = T \oplus Q^n \\ \bar{S}_D \bar{R}_D = 1 \end{cases}$$



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

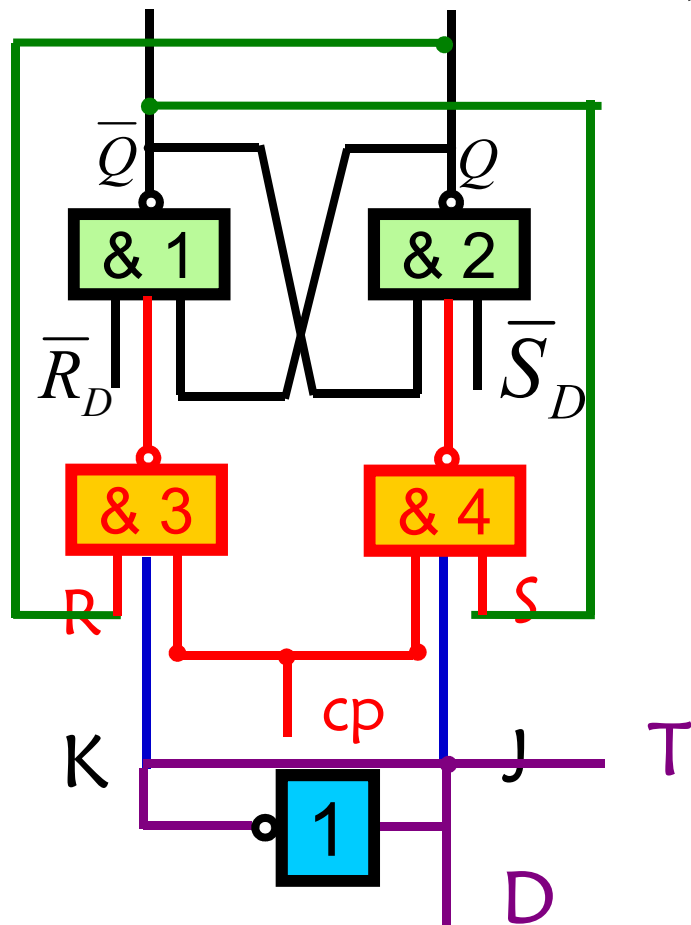
$J \neq K$ $J = \bar{K} = D$ D触发器

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



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

触发器的控制信号



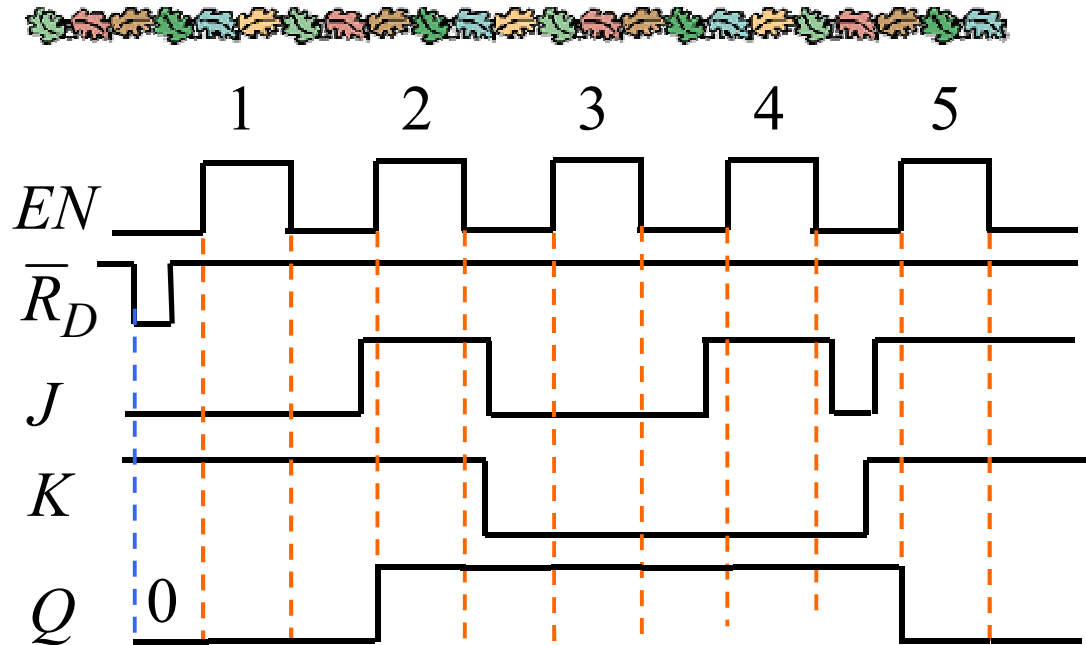
1. 控制信号 \bar{S}_D 、 \bar{R}_D ——置位，复位。

2. 时钟信号 CP 决定 **何时翻**

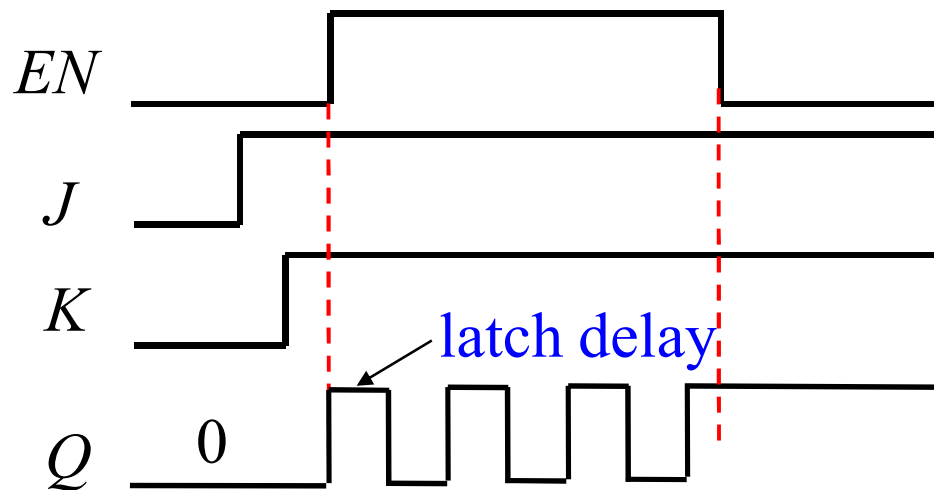
3. 外部控制信号 $\left\{ \begin{array}{l} JK \\ RS \\ TD \end{array} \right.$ 决定 **如何翻**



Ex. 1



Ex. 2



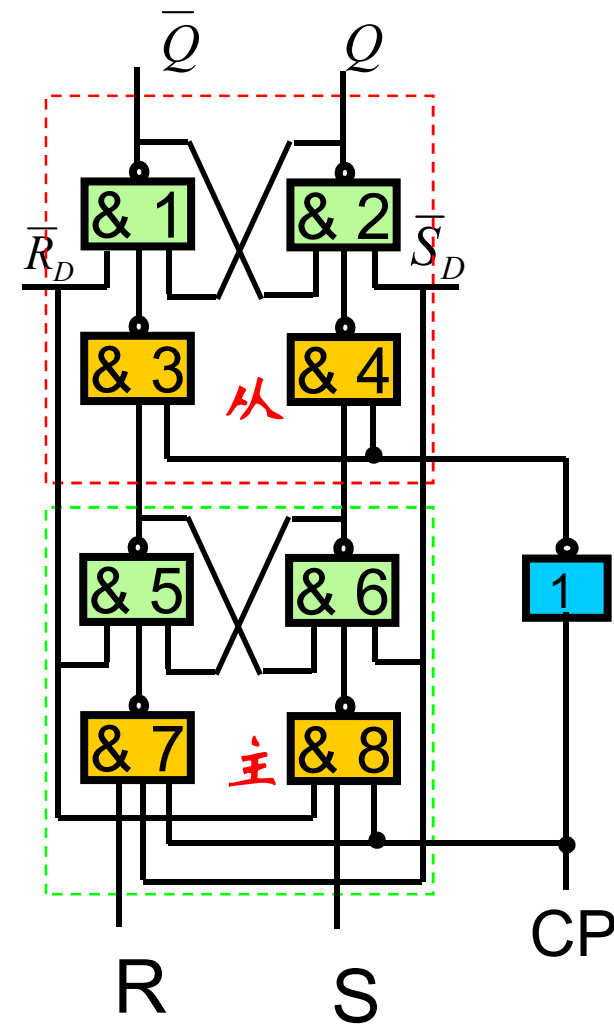
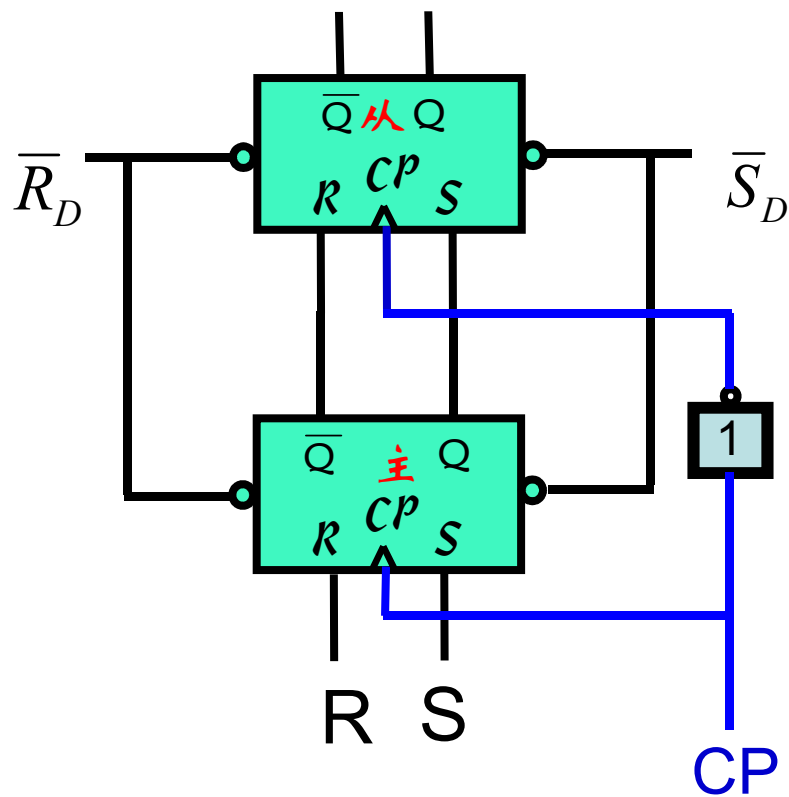
空翻
Race-around
condition



第二节 集成触发器

一. 主从型RS触发器

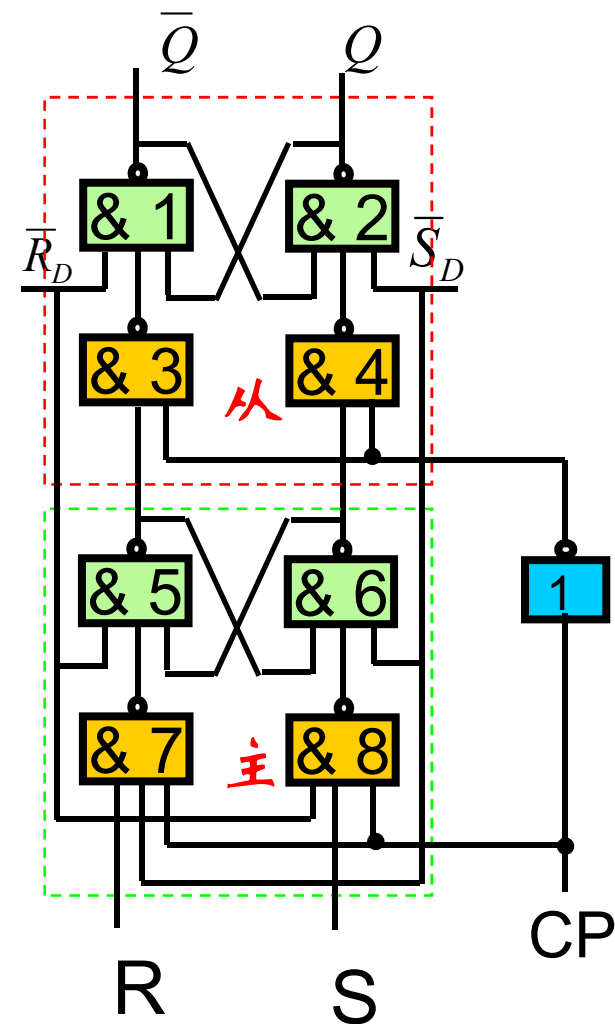
1. 电路结构



2、工作过程

CP=1 主触发器的7、8门开启。接收R、S控制信号，来决定5、6门的输出。从触发器门3、4关闭，1、2门的输出(原状态)不变。 —— 采样

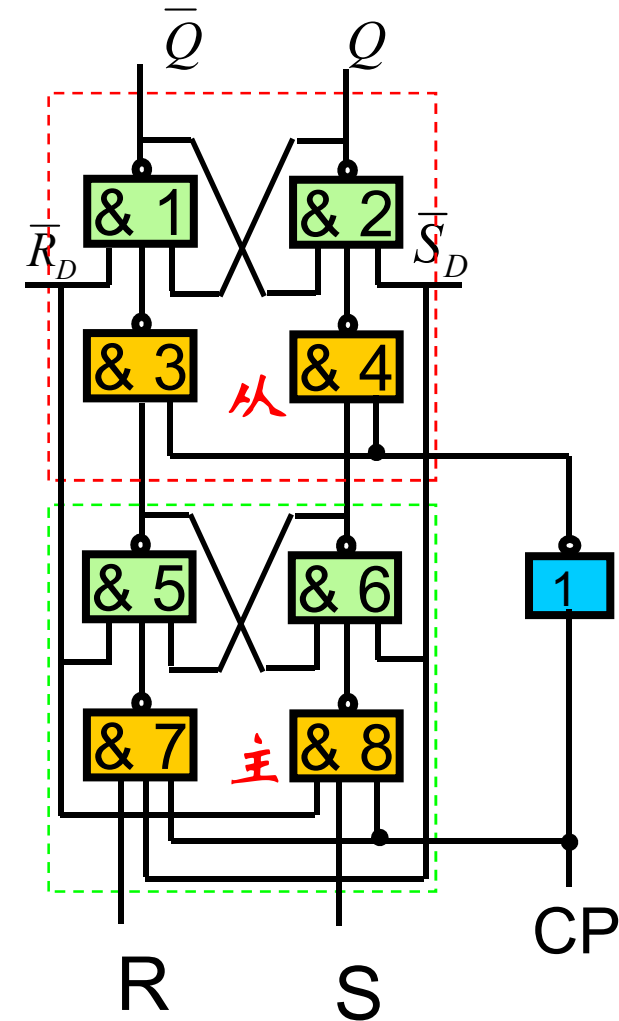
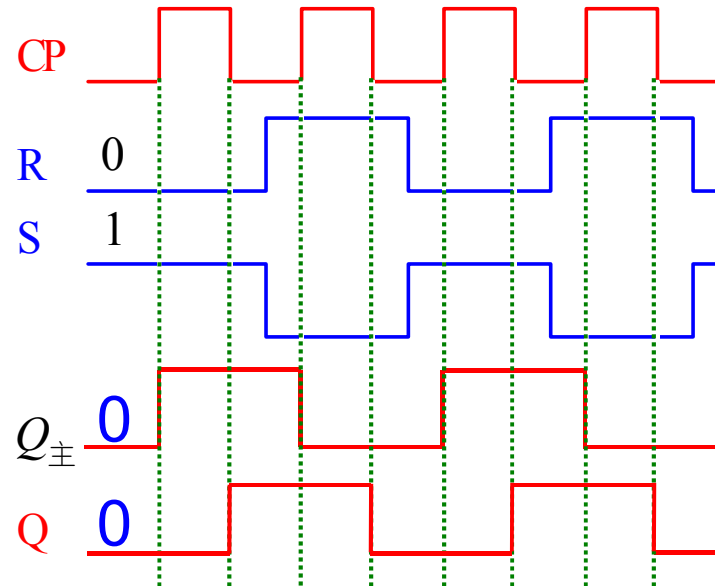
CP=0 主触发器7、8门关闭，隔离了RS的控制作用。从触发器门3、4开启，将5、6门的输出接收送入从触发器进而决定1、2门的输出——即整级触发器的状态。 —— 翻转



3、工作波形



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



从主从RS触发器整体来看：

Q 状态取决于在CP下降沿作用前一瞬间RS的输入信号。



如果：在 $CP=1$ 期间输入信号 RS 发生变化，会出现什么情况？



CP由 $0 \rightarrow 1$ ，及 $CP=1$ 期间，主接收，从不变。设初态为0：

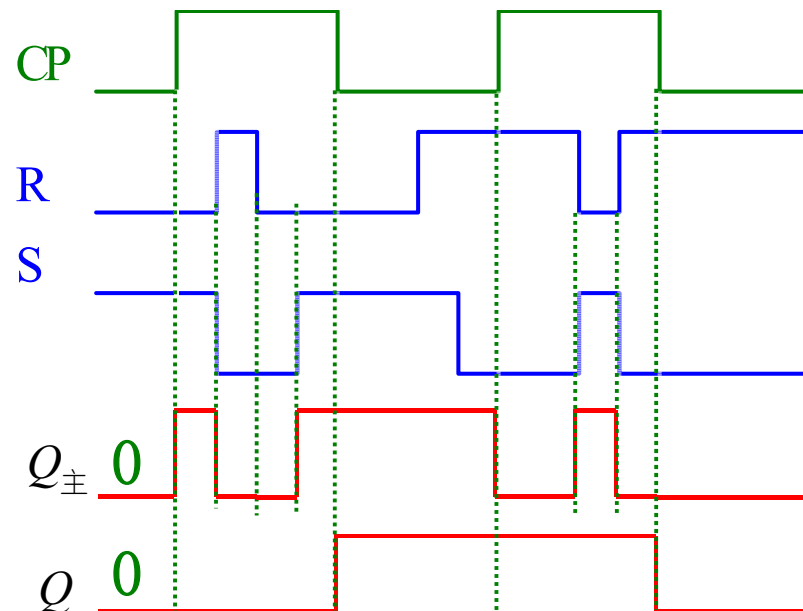
RS=01 $Q_{\text{主}} = 1$ ，Q保持不变。
 RS=10 $Q_{\text{主}} = 0$ ，Q保持不变。
 RS=00 $Q_{\text{主}} = Q^n$ ，Q保持不变。
 RS=01 $Q_{\text{主}} = 1$ ，Q保持不变。

CP = 0，主不变，从接收主，

CP = 1，从不变，主接收

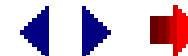
RS=10 $Q_{\text{主}} = 0$ ，Q保持不变。
 RS=01 $Q_{\text{主}} = 1$ ，Q保持不变。
 RS=10 $Q_{\text{主}} = 0$ ，Q保持不变。

CP = 0，主不变，从接收主。



在 $CP=1$ 期间，由于输入信号 RS 有多次变化，使 $Q_{\text{主}}$ 发生多次跳变。而输出 Q 只随下降沿前一瞬 $Q_{\text{主}}$ 的变化而改变。

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



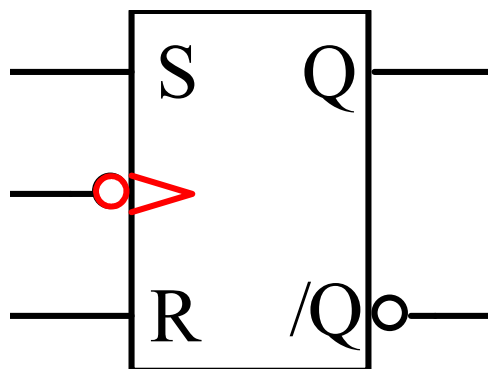


4、功能描述

主从RS触发器功能描述同钟控RS触发器完全一样。

特征方程为： $Q^{n+1} = S + \overline{R}Q^n$

5、逻辑符号



二、主从型JK触发器

1、电路结构

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

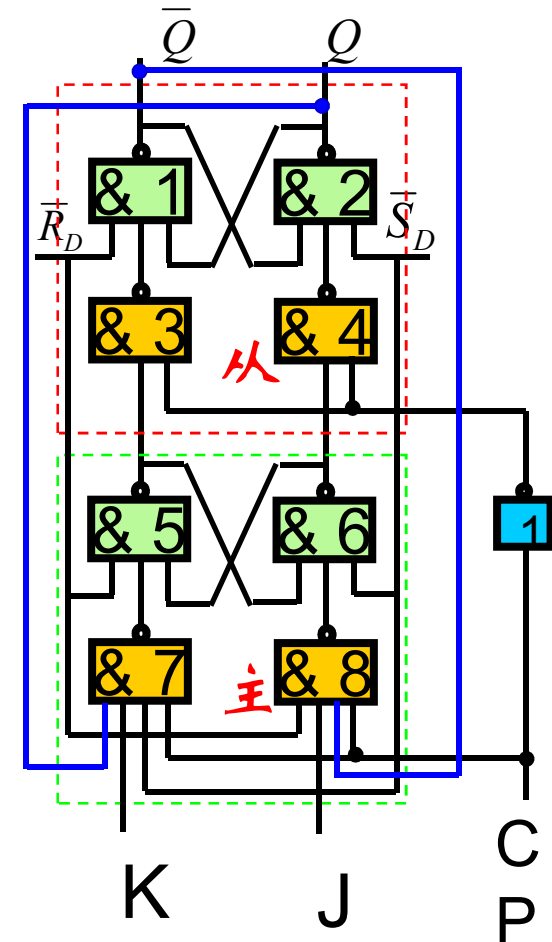
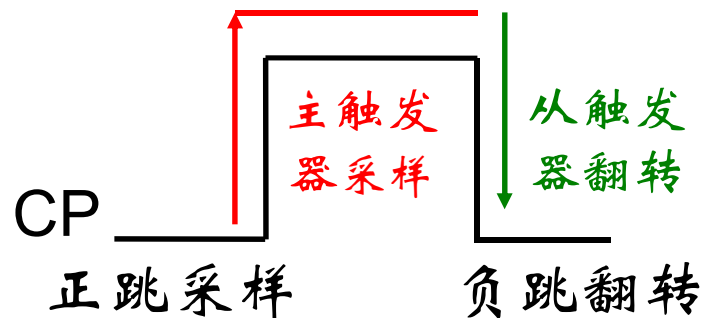
$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= J\bar{Q}^n + \overline{KQ^n \cdot Q^n} \\ &= J\bar{Q}^n + (\bar{K} + \bar{Q}^n) \cdot Q^n \\ &= J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n \end{aligned}$$

$$R = KQ^n$$

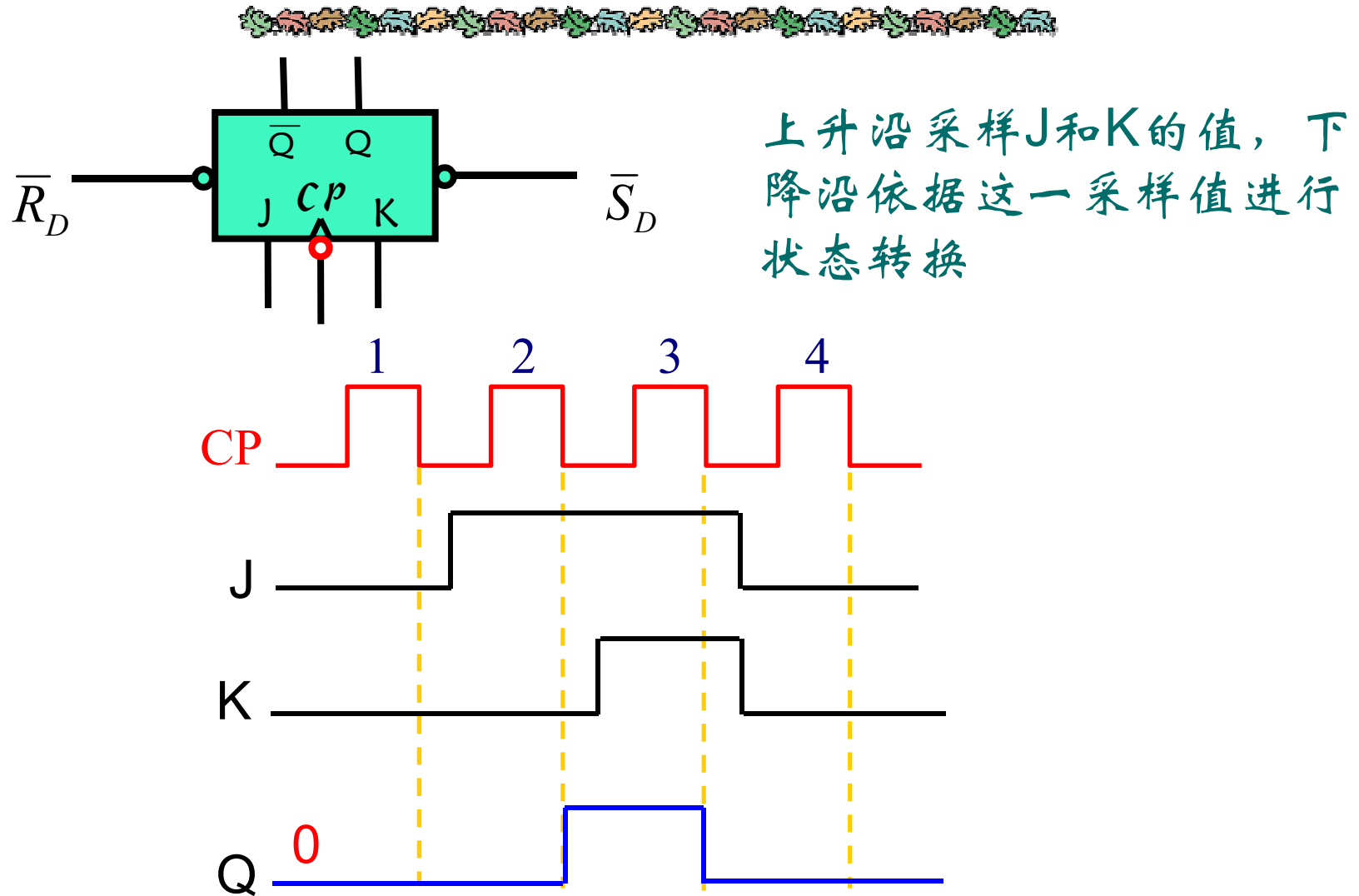
$$S = J\bar{Q}^n$$

主触发器的作用是接收控制信号

从触发器的作用是决定状态



工作波形



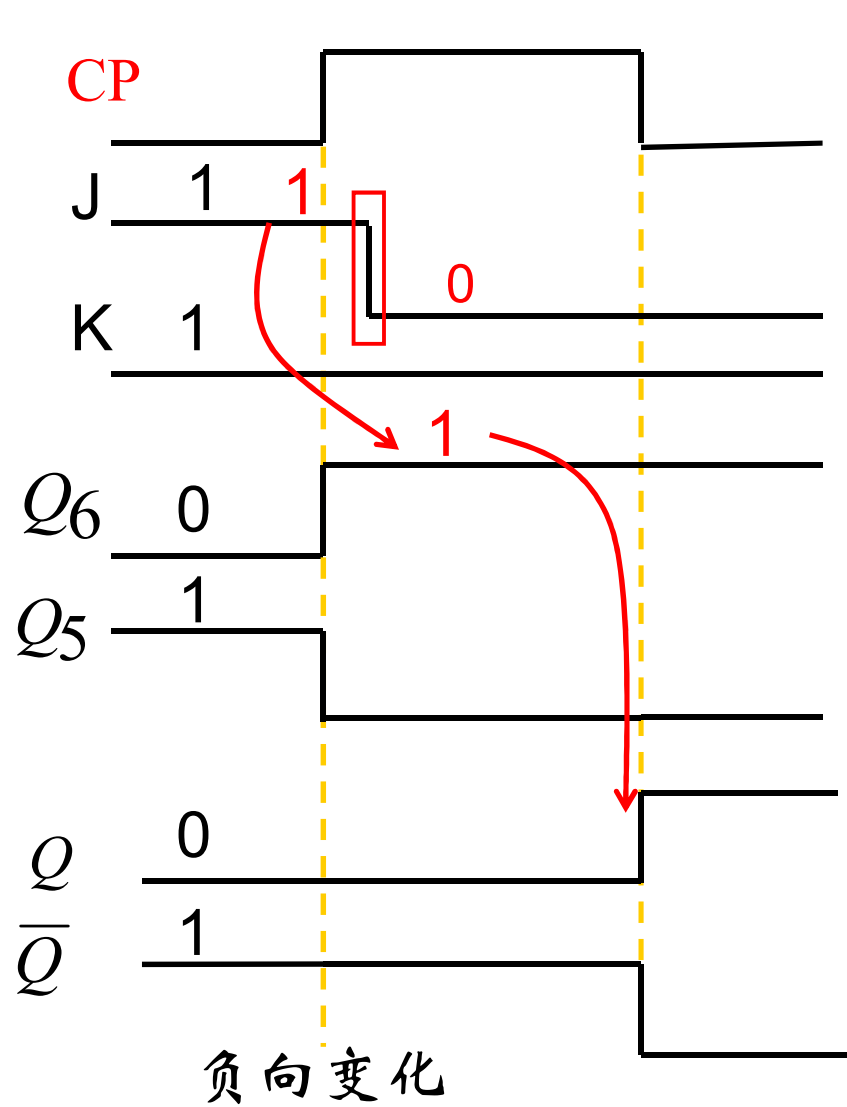
一次翻转现象



主从触发器有效克服了空翻现象，但主从JK触发器还存在一次翻转现象，因而限制了它的应用。

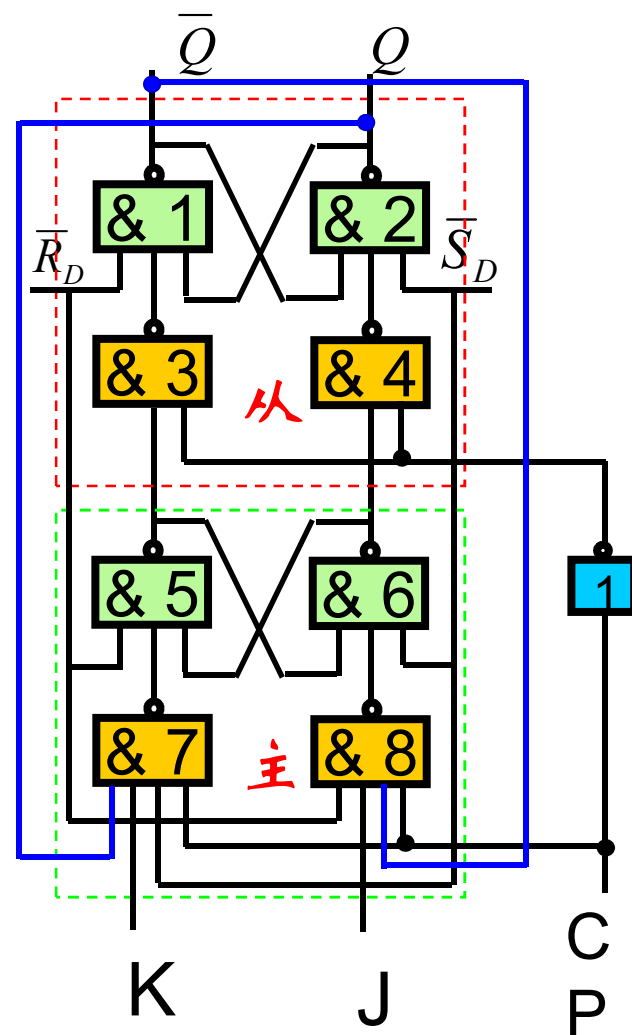
所谓一次翻转：在 $CP=1$ 期间，输入信号发生了变化，主触发器只能翻转一次($0 \rightarrow 1$ 或 $1 \rightarrow 0$ 不含保持状态)，此后，若输入信号再发生变化，主触发器状态也不会变化。

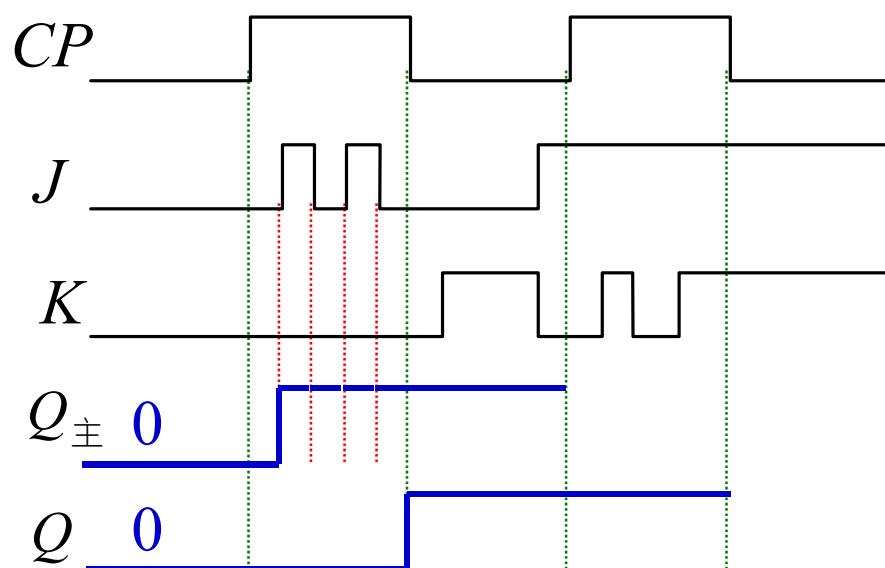




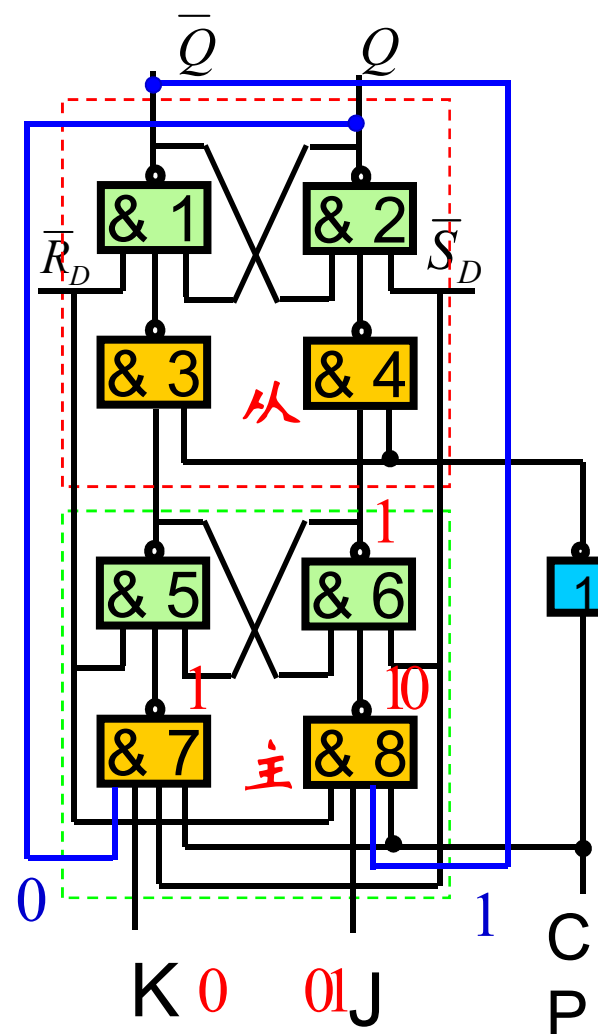
cp=1 时

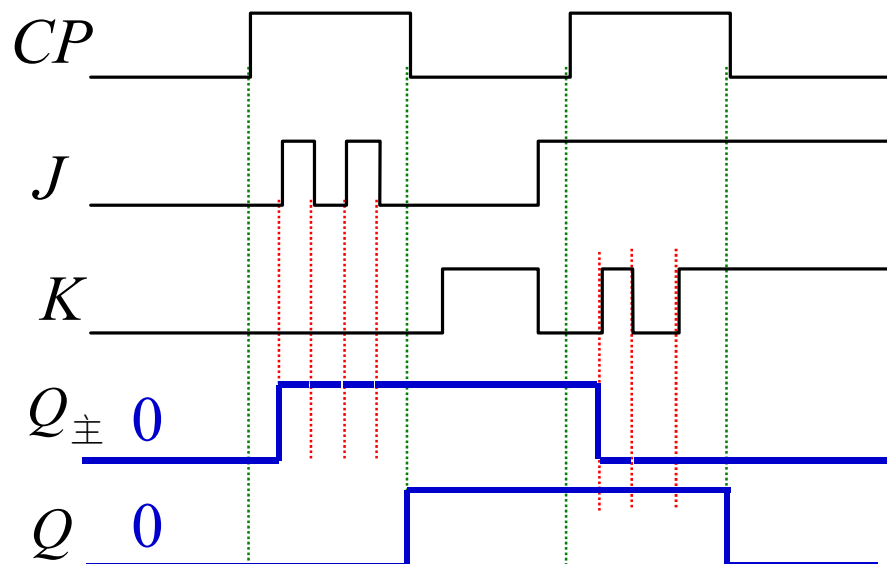
1. J和K上的负向变化不起作用



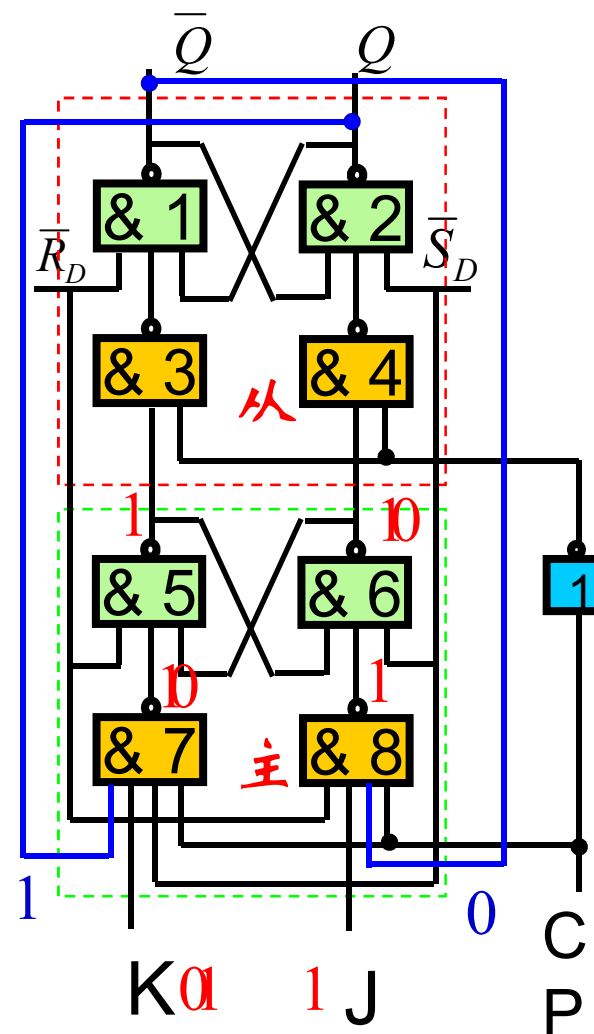


2. $Q^n=0$, J上的正向变化起作用
(K上的正向变化不起作用),
 $Q^{n+1}=1$





3. $Q^n=1$, K上的正向变化起作用
(J上的正向变化不起作用),
 $Q^{n+1}=0$



主从JK触发器功能分析和波形画法:



电路次态和输入信号JK的关系:

CP=1期间, **JK**输入信号没有发生变化时:

初态**Q=0**: $J=1$ 时, $Q^{n+1}=1$
 $J=0$ 时, $Q^{n+1}=0$ 和**K**信号无关

初态**Q=1**: $K=0$ 时, $Q^{n+1}=1$
 $K=1$ 时, $Q^{n+1}=0$ 和**J**信号无关

CP=1期间, **JK**输入信号发生变化时:

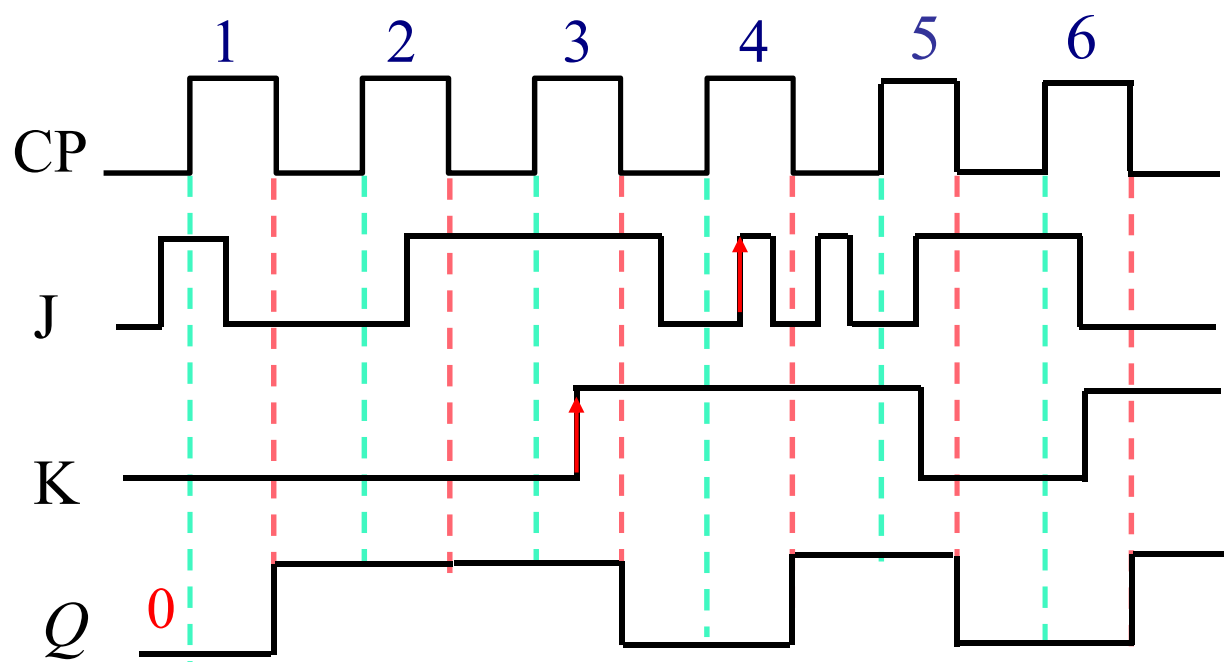
1. J和K上的负向变化不起作用
2. $Q^n=0$, J上的正向变化起作用, $Q^{n+1}=1$.
3. $Q^n=1$, K上的正向变化起作用, $Q^{n+1}=0$.

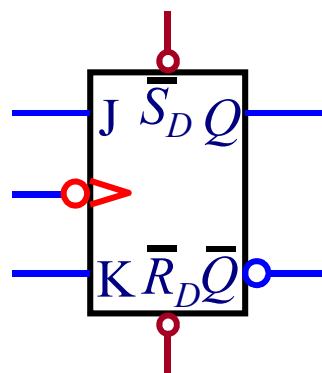
上升沿采样, 下降沿翻转 + **JK**触发器的三句话



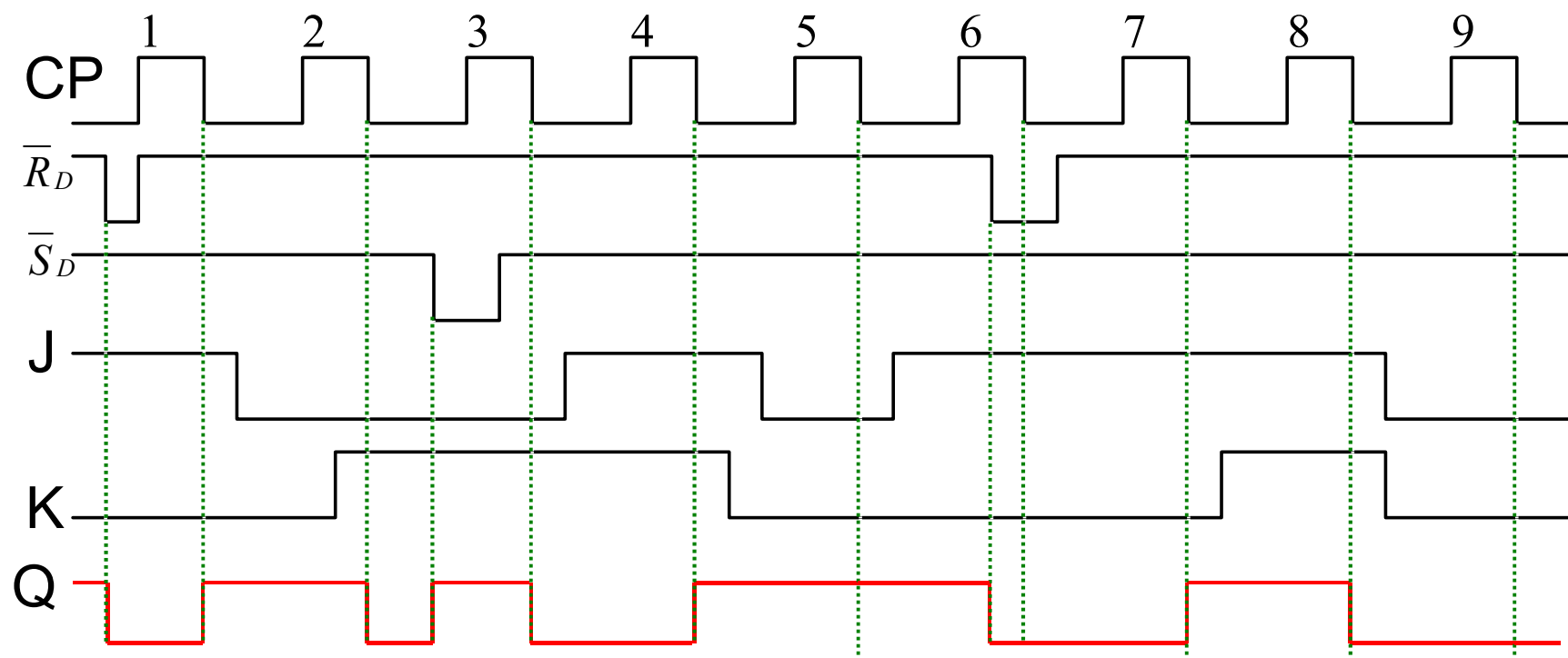


例. 若主从型JK触发器的 CP 、 J 、 K 波形如图所示，试画出 Q 端对应的电压波形。设初始状态为0。





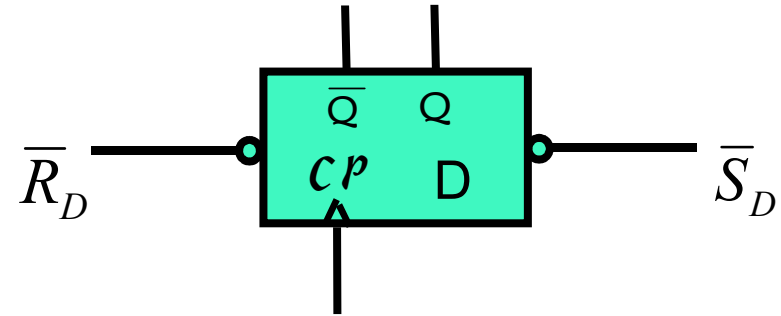
若主从型JK触发器的输入波形如图所示，试画出 Q 端对应的电压波形。设初态为1



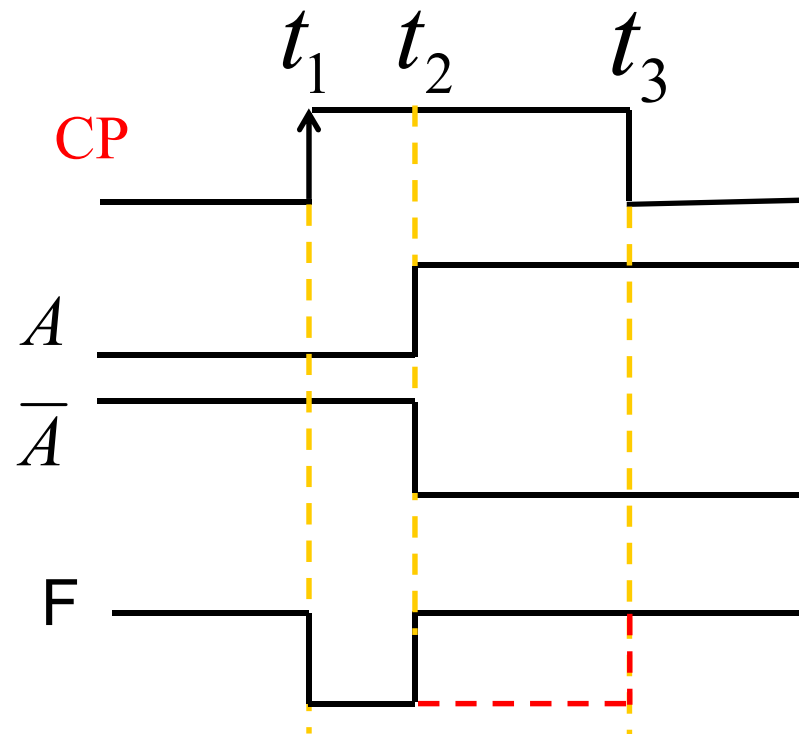
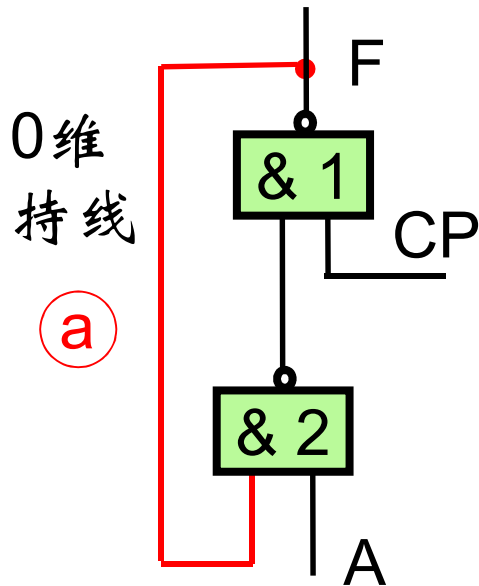
二.边沿触发器



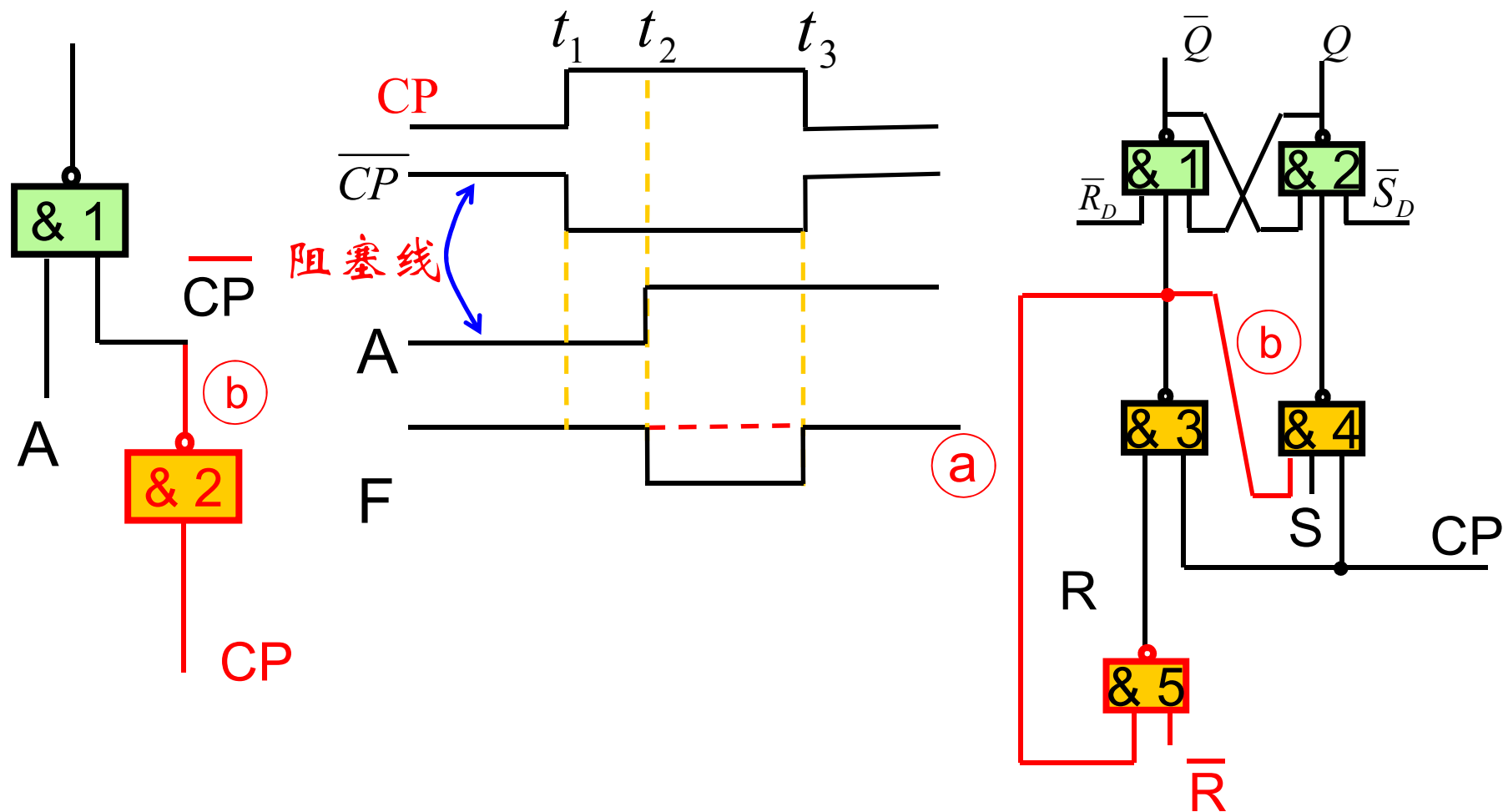
维持—阻塞正边沿触发器——
D触发器.

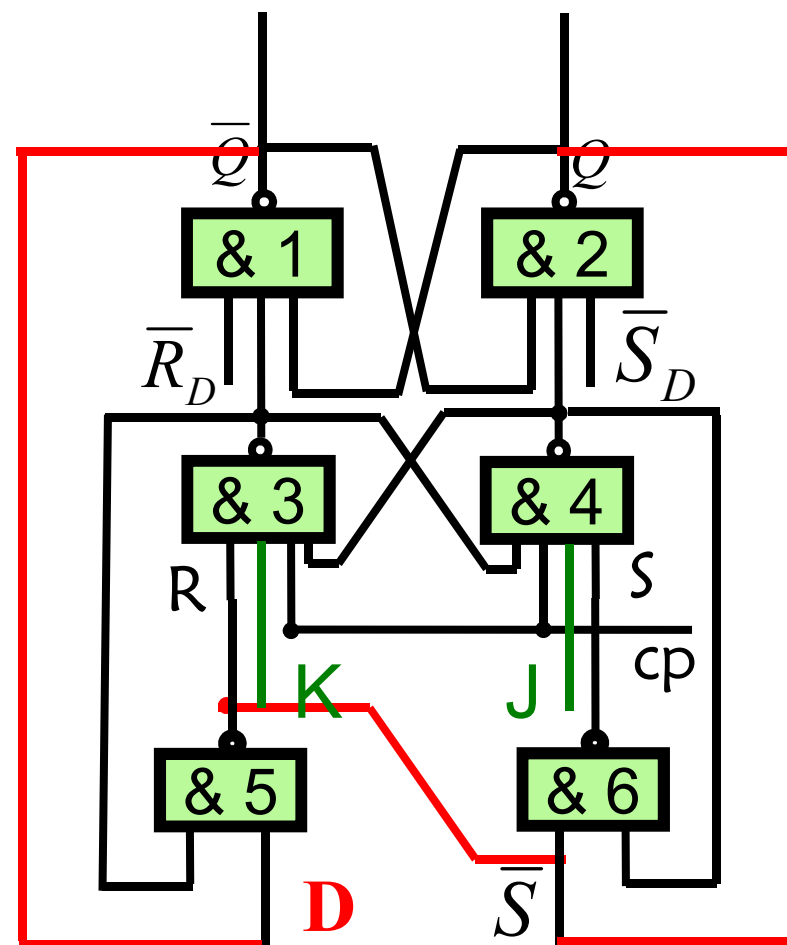
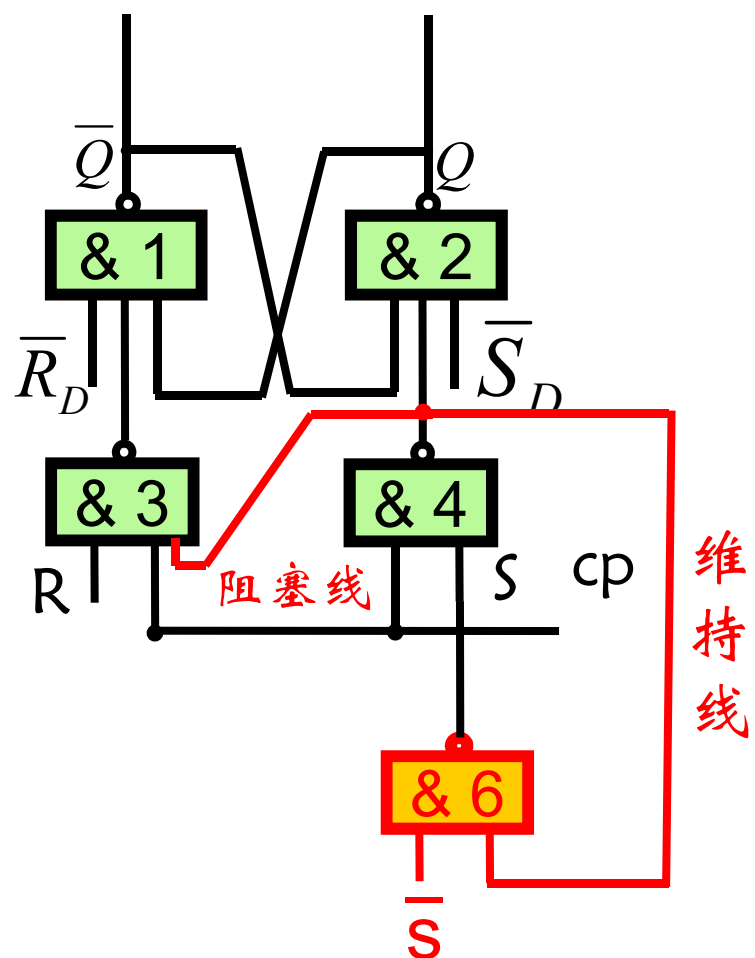


1.维持逻辑.

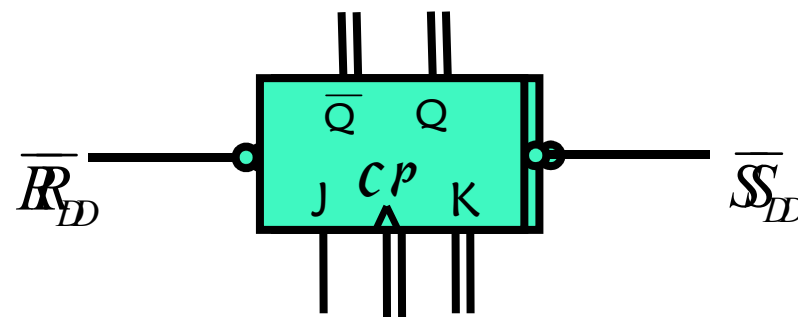


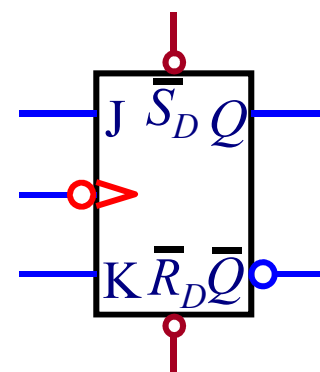
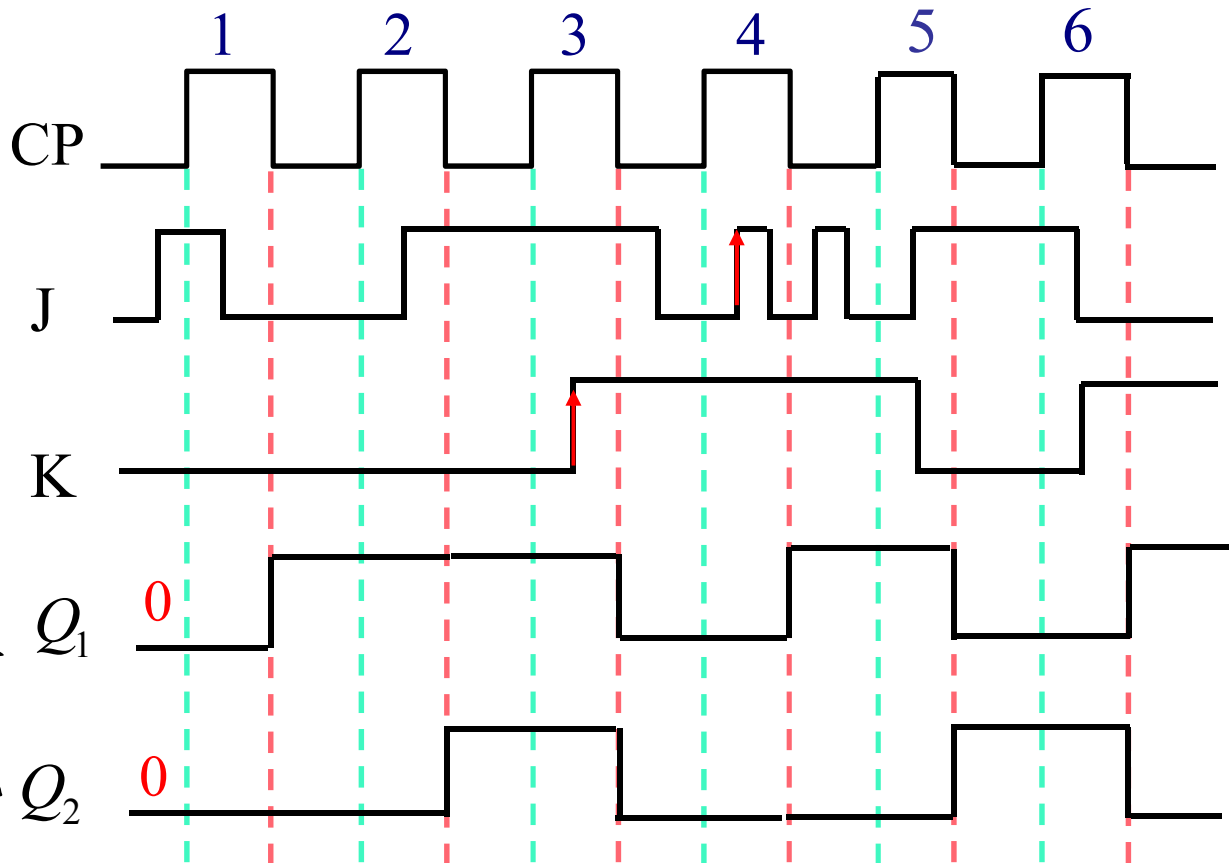
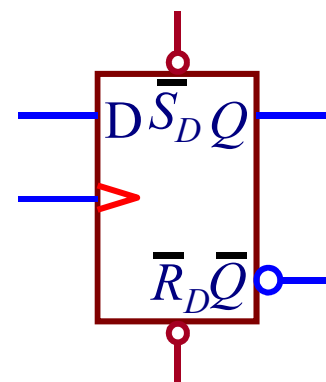
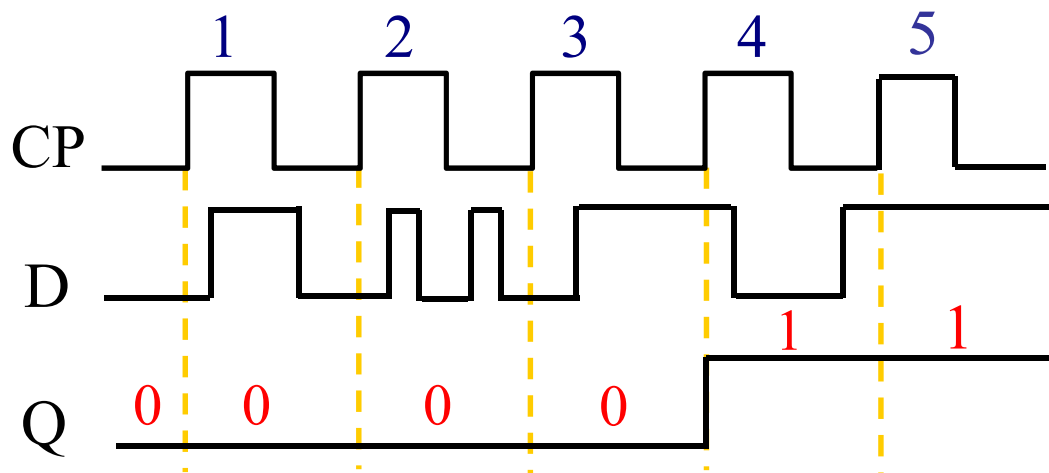
2. 阻塞逻辑





在CP上升沿采样，上升沿翻转





第三节 触发器功能转换和应用



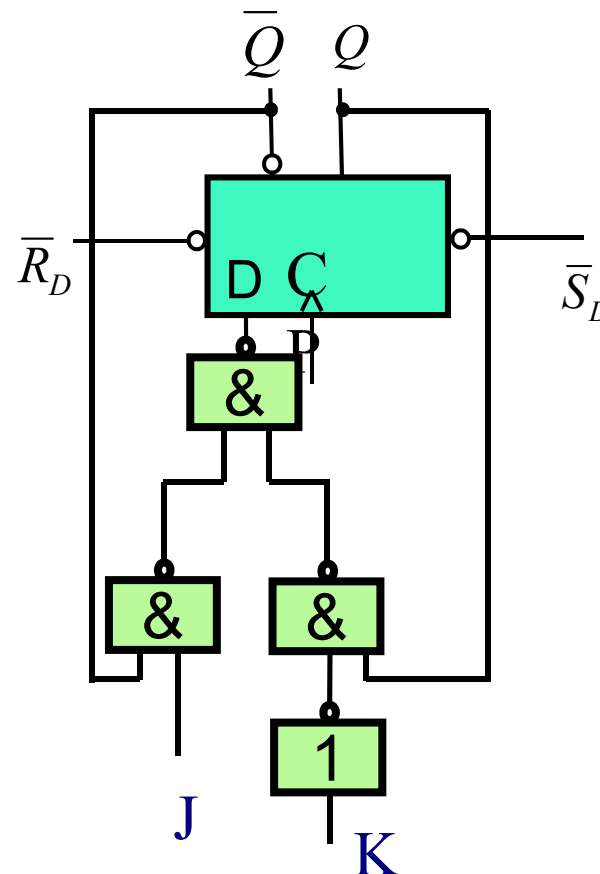
1. 触发器功能转换

◆ DFF→JK

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

$$\text{D: } Q^{n+1} = D$$

$$D = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$$
$$= \overline{J\bar{Q}^n \cdot \bar{K}Q^n}$$





◆ **DFF → SRFF**

$$\text{RS: } Q^{n+1} = S + \bar{R}Q^n$$

$$\text{D: } Q^{n+1} = D$$

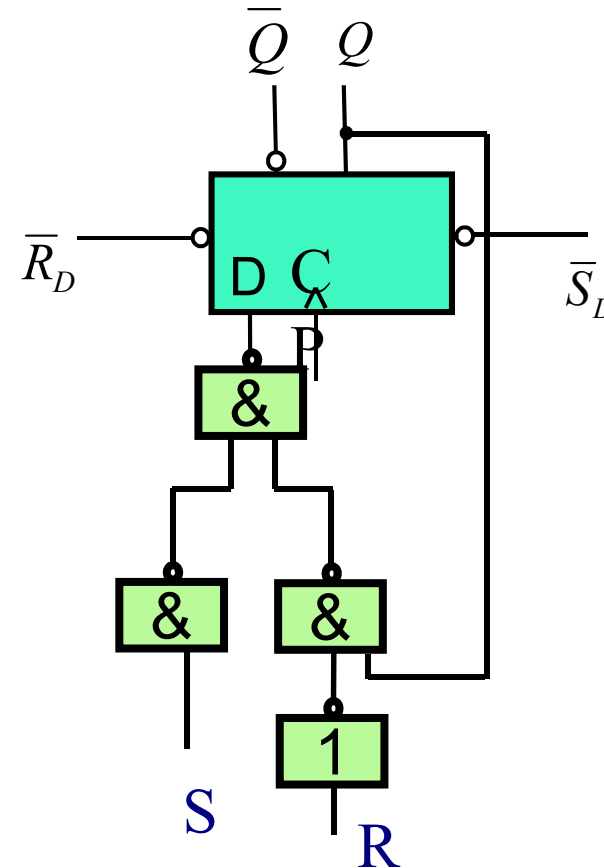
$$D = S + \bar{R}Q^n = \overline{\bar{S} \cdot \overline{\bar{R}Q^n}}$$

◆ **JKFF → DFF/TFF/T'FF**

$$\text{D: } J = \bar{K} = D$$

$$\text{T: } J = K = T$$

$$\text{T': } J = K = 1$$





◆ JKFF→SRFF

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

$$\begin{aligned}\text{RS: } Q^{n+1} &= S + \bar{R}Q^n \\ &= S(Q^n + \bar{Q}^n) + \bar{R}Q^n \\ &= S\bar{Q}^n + (S + \bar{R})Q^n \\ &= S\bar{Q}^n + \overline{\bar{S}R} Q^n\end{aligned}$$

$$J = S, \quad K = \bar{S}R$$

$$\boxed{\text{SR}=0}$$

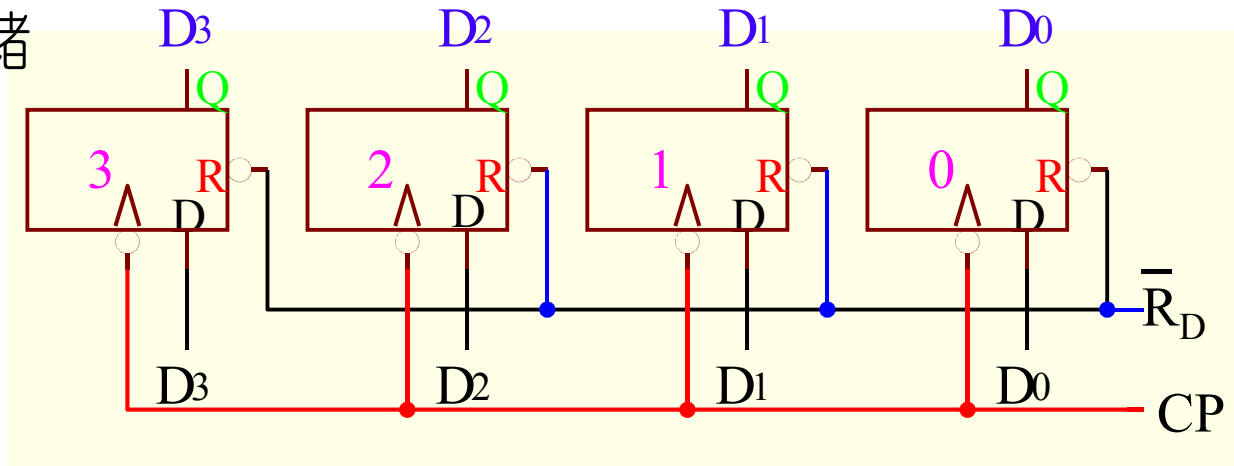
$$= \bar{S}R + SR = R$$



2. FF应用

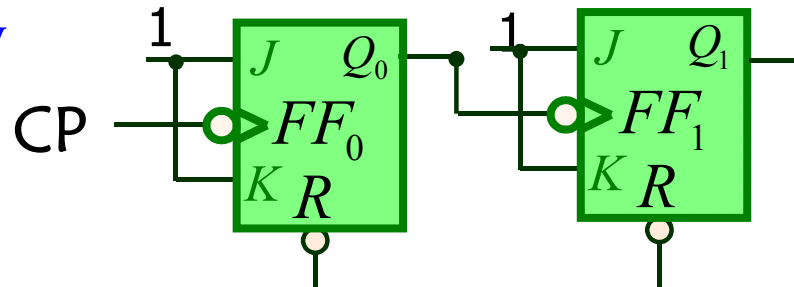
1. 并行数据存储

parallel data
storage



2. 分频

frequency
division



3. 计数

counter

