

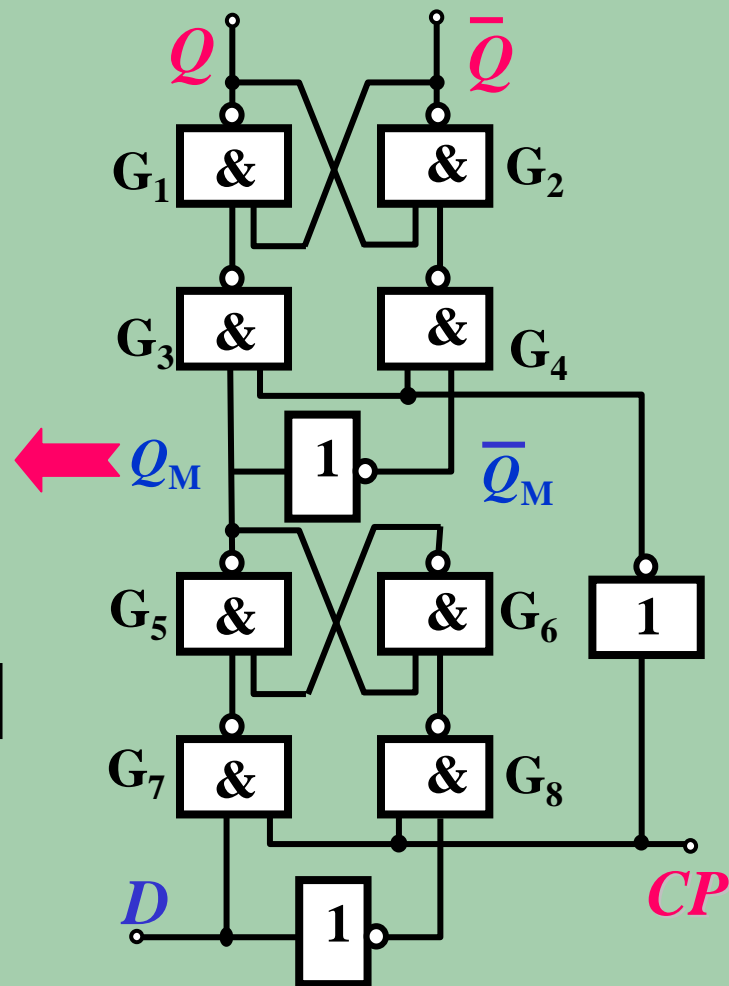
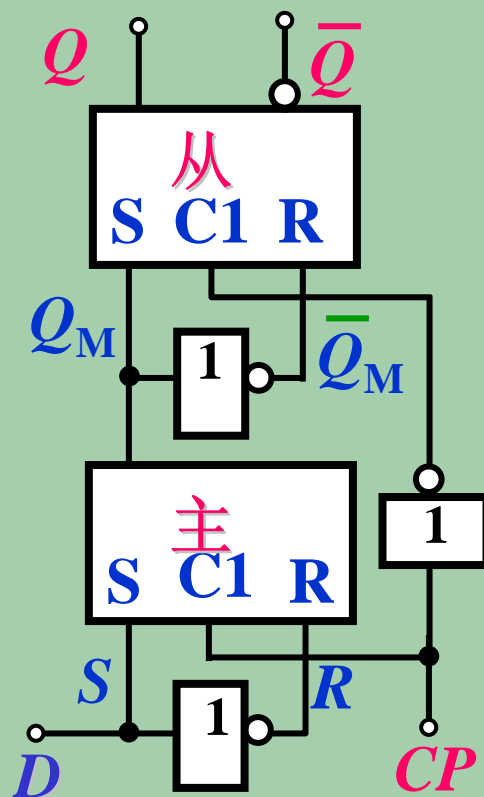
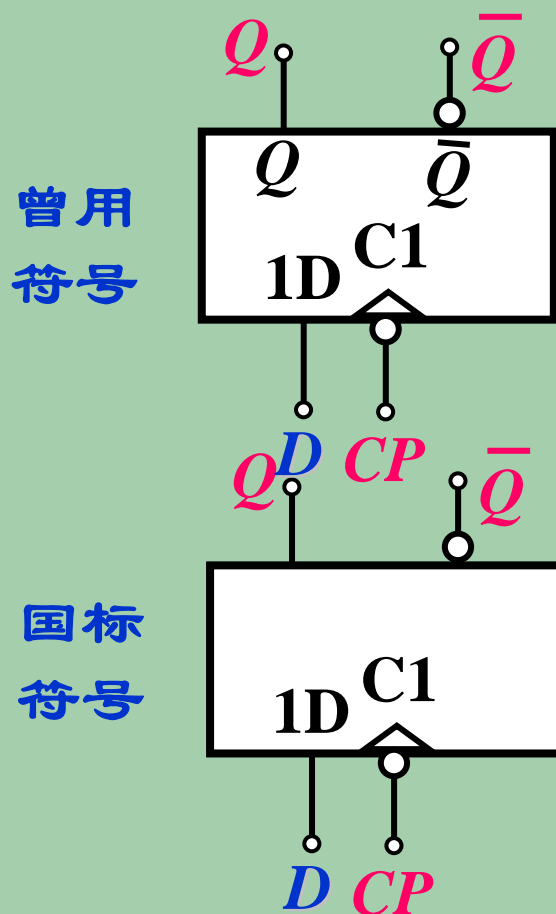


4.3 边沿触发器

4.3.1 边沿 D 触发器

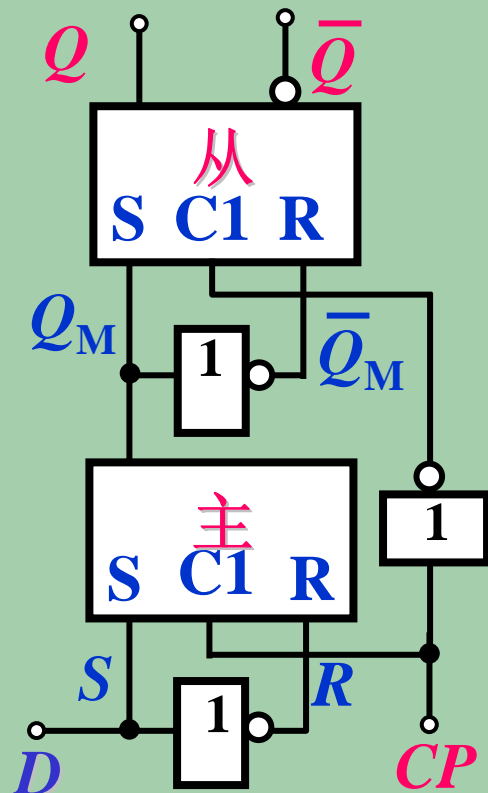
一、电路组成及工作原理

1. 电路组成及逻辑符号





2. 工作原理



(1) 接收信号:

$$CP = 1$$

主触发器接收输入信号

$$Q_M^{n+1} = D \quad \text{主触发器跟随 } D \text{ 变化}$$

(2) 输出信号:

$$CP = 0$$

主触发器保持不变;

从触发器由 CP 到来之前的

Q_M^n 确定。

即: $Q^{n+1} = D$ 下降沿时刻有效

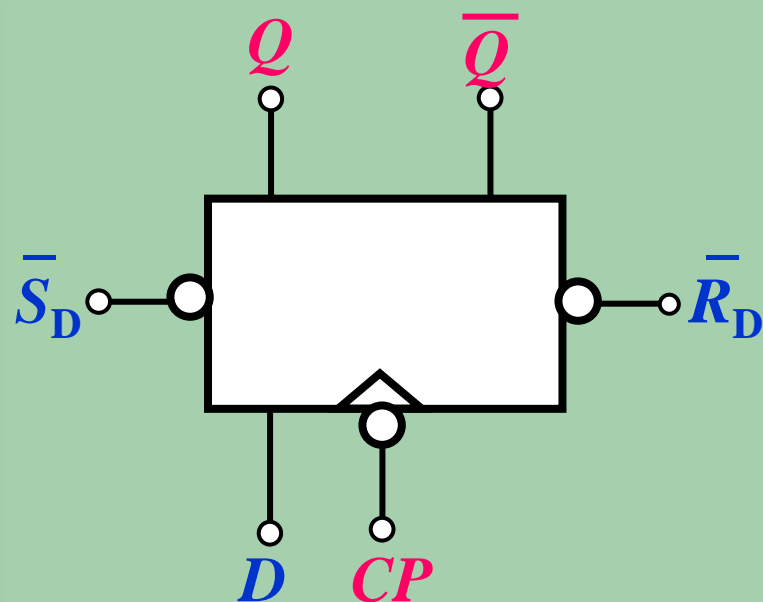
3. 异步输入端的作用

D — 同步输入端

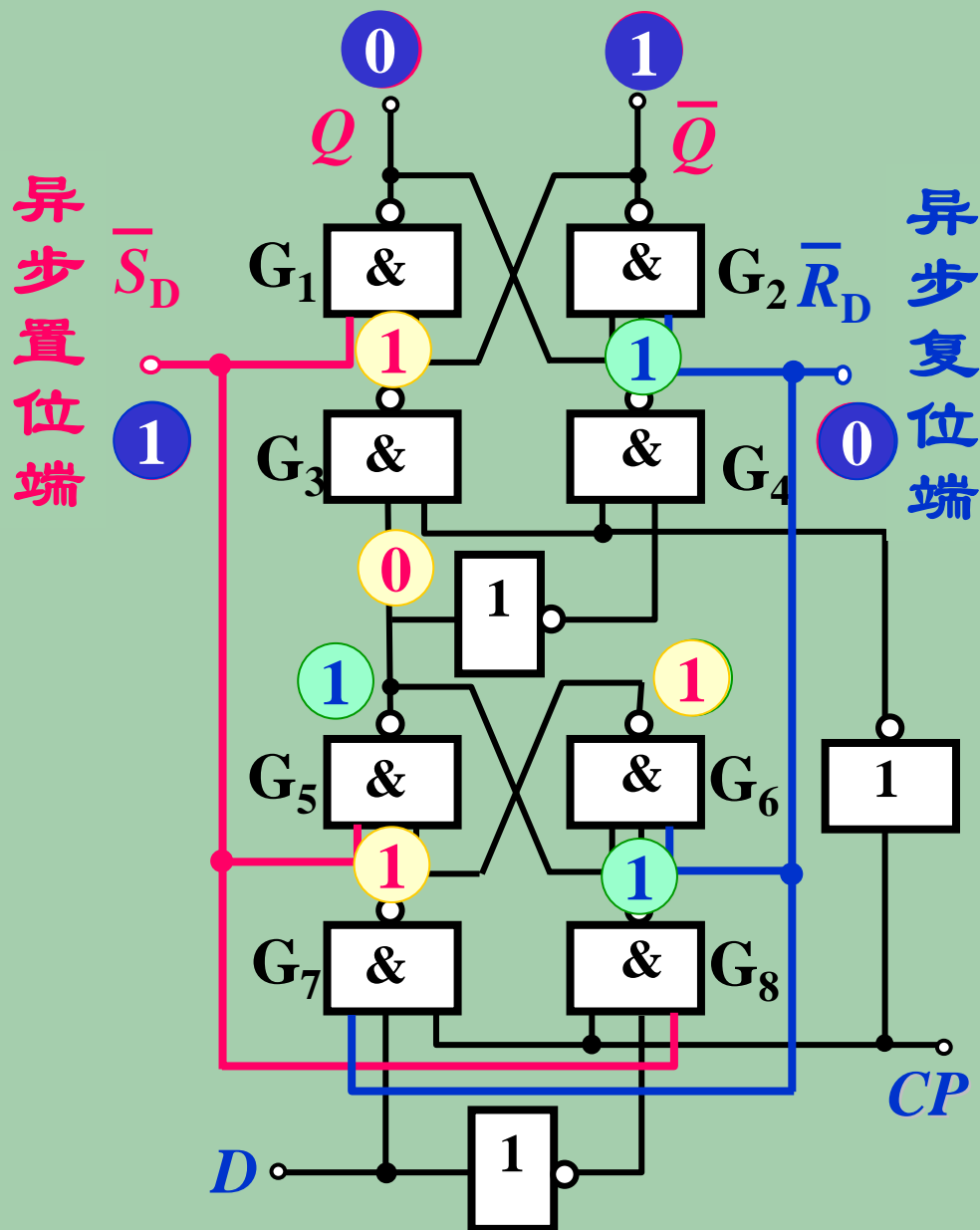
受时钟 CP 同步控制

\bar{R}_D 、 \bar{S}_D — 异步输入端

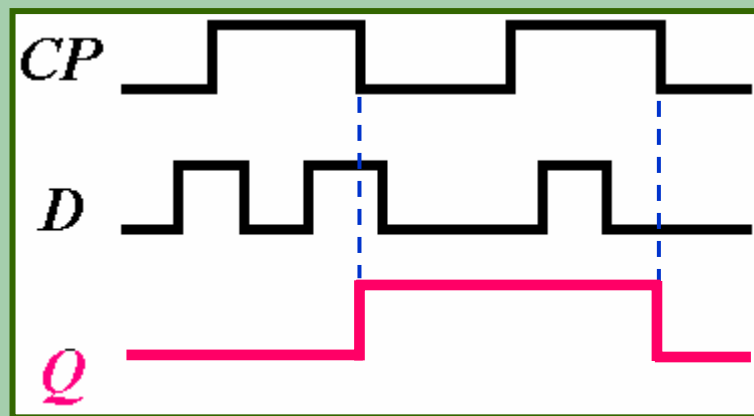
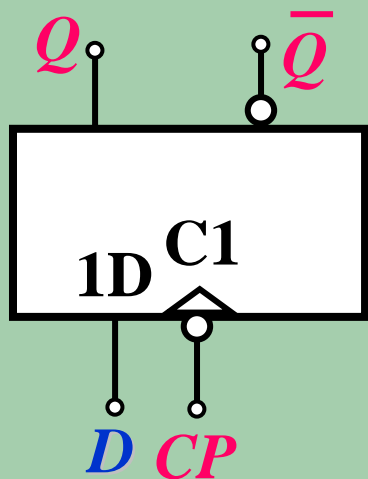
不受时钟 CP 控制



曾用符号



4. 波形



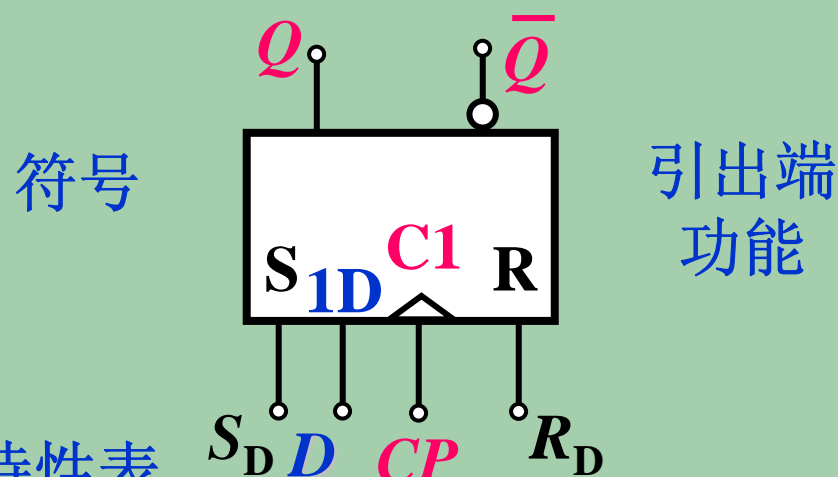
触发器的初始 0 状态可利用异步复位端接低电平实现



二、集成边沿D 触发器

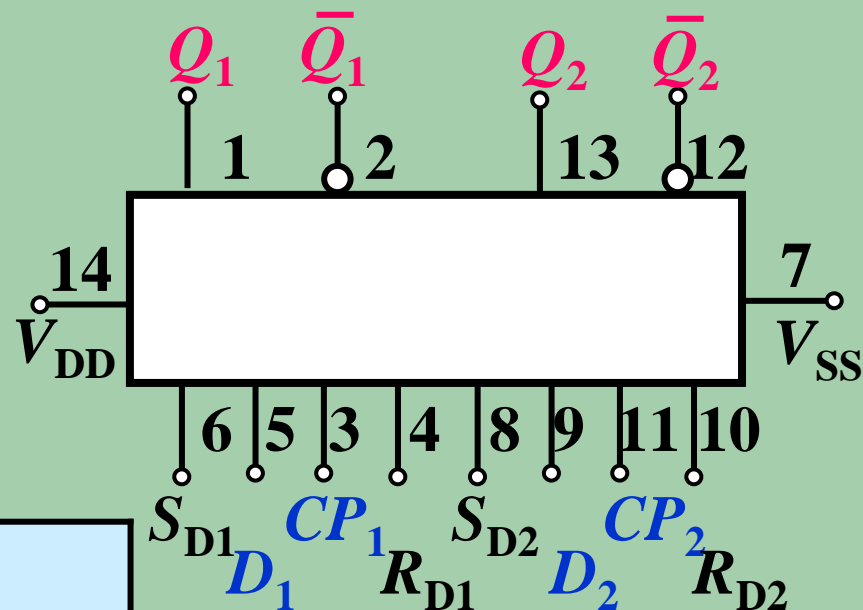
1. CMOS 边沿 D 触发器

CC4013 (双 D 触发器)



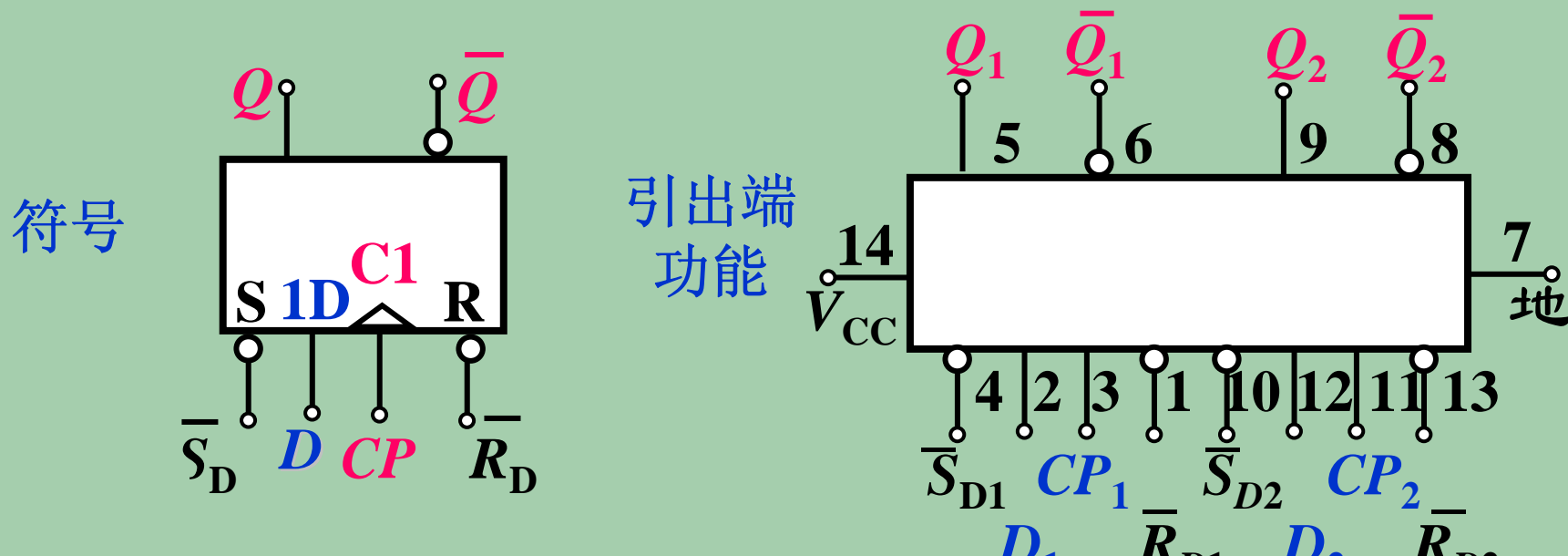
特性表

CP	D	R_D	S_D	Q^{n+1}	注
\uparrow	0	0	0	0	同步置0
\uparrow	1	0	0	1	同步置1
\downarrow	\times	0	0	Q^n	保持(\downarrow 无效)
\times	\times	0	1	1	异步置1
\times	\times	1	0	0	异步置0
\times	\times	1	1	不用	不允许





2. TTL 边沿 D 触发器 7474 (双 D 触发器)



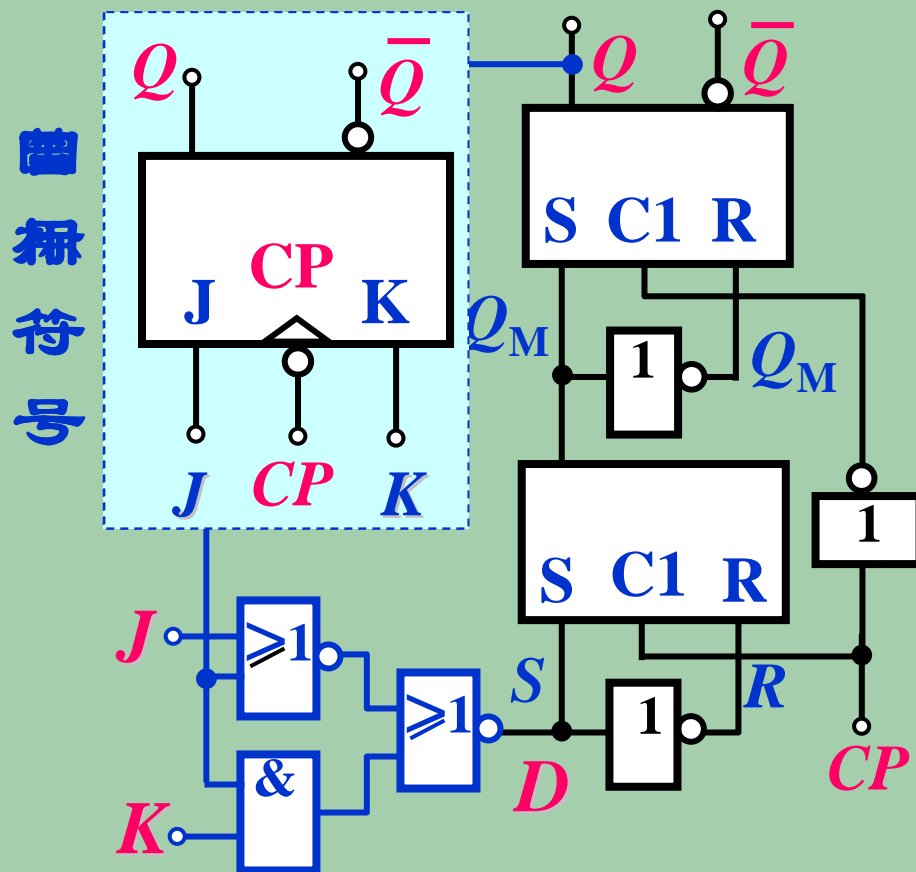
3. 主要特点

- ① CP 的上升沿(正边沿)或下降沿(负边沿)触发;
- ② 抗干扰能力极强;
- ③ 只有置 1、置 0 功能。



4.3.2 边沿 JK 触发器

一、电路组成及符号



二、工作原理

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

冗余项 $J\overline{Q^n} + \overline{K}Q^n$

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

CP 下降沿有效



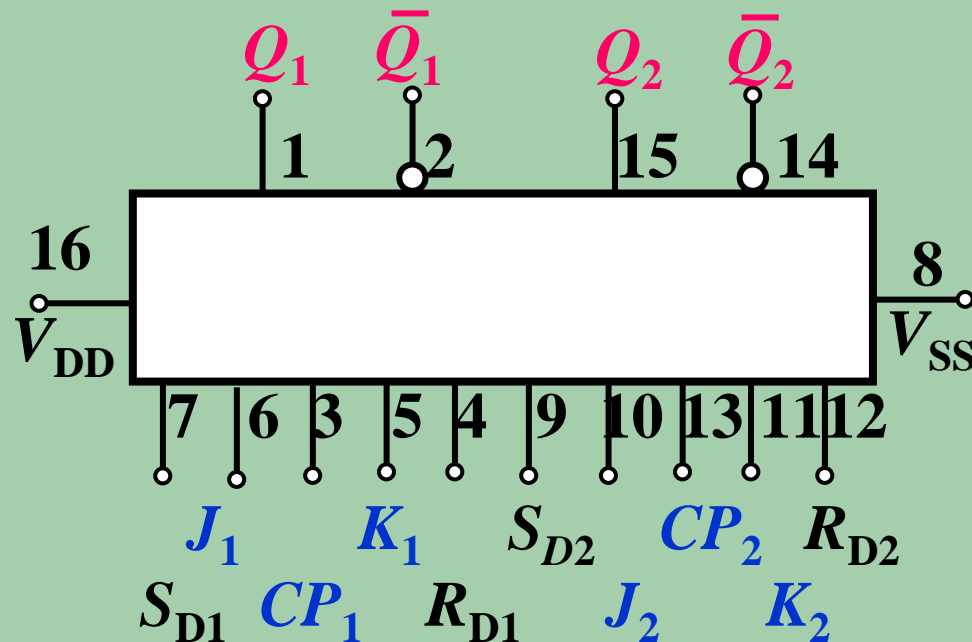
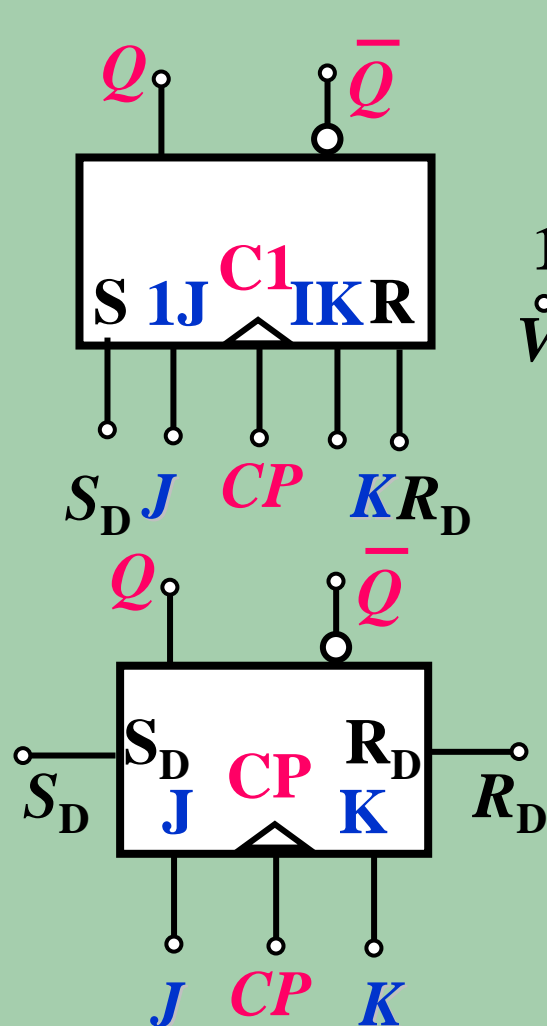
二、集成边沿 JK 触发器

1. CMOS 边沿 JK 触发器

CC4027

国标符号

曾用符号



引出端功能



特性表

J	K	Q^n	R_D	S_D	CP	Q^{n+1}	注
0	0	0	0	0	↑	0	保 持
0	0	1	0	0	↑	1	
0	1	0	0	0	↑	0	同步置0
0	1	1	0	0	↑	0	
1	0	0	0	0	↑	1	同步置1
1	0	1	0	0	↑	1	
1	1	0	0	0	↑	1	翻 转
1	1	1	0	0	↑	0	
×	×	0	0	0	↓	0	不 变
×	×	1	0	0	↓	1	
×	×	×	0	1	×	1	异步置1
×	×	×	1	0	×	0	异步置0
×	×	×	1	1	×	不用	不允许



2. TTL 边沿 JK 触发器 74LS112 (双 JK 触发器)

- CP 下降沿触发
- 异步复位端 \overline{R}_D 、异步置位端 \overline{S}_D 均为低电平有效

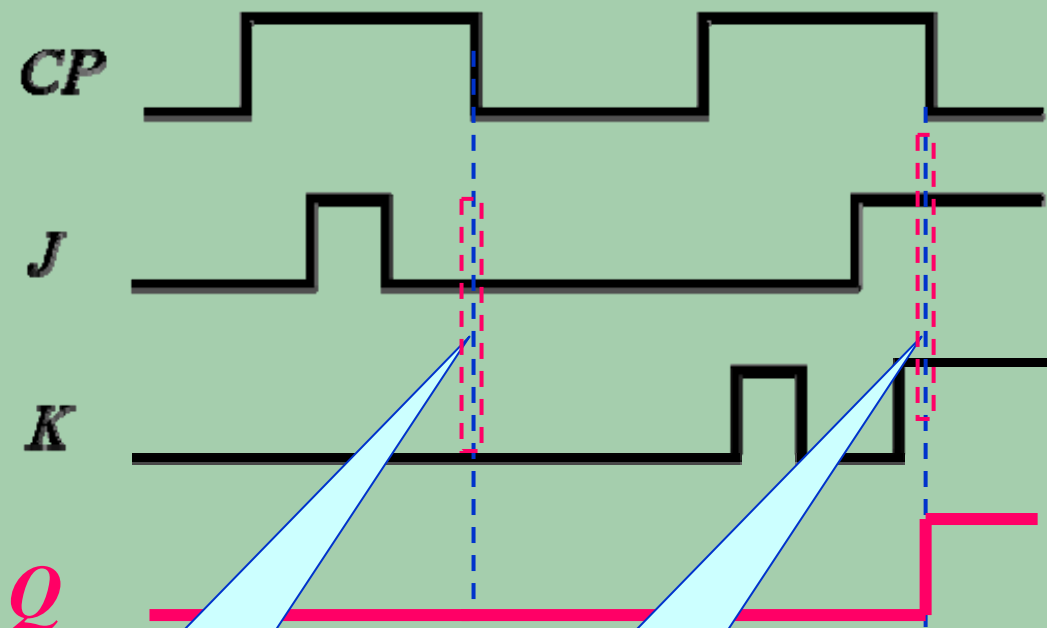
3. 主要特点

- ① CP 的上升沿或下降沿触发;
- ② 抗干扰能力极强, 工作速度很高, 在触发沿瞬间, 按 $Q^{n+1} = JQ^n + \overline{K}Q^n$ 的规定更新状态;
- ③ 功能齐全(保持、置 1、置 0、翻转), 使用方便。



4. 波形图

设输出端
初态为 0



$J = K = 0$
保持

$J = K = 1$
翻转



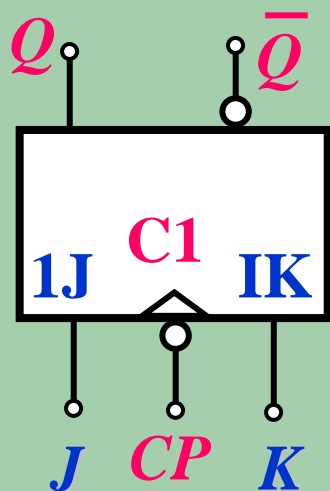
4.3.3 边沿触发器功能分类、功能表示方法及转换

一、边沿触发器功能分类

1. JK 型触发器

定义 在 CP 作用下， J 、 K 取值不同时，具有保持、置0、置1、翻转功能的电路，都叫做 JK 型时钟触发器。

符号



特性表

J	K	Q^{n+1}	功能
0	0	Q^n	保持
0	0	0	置0
1	0	1	置1
1	1	\overline{Q}^n	翻转

特性方程

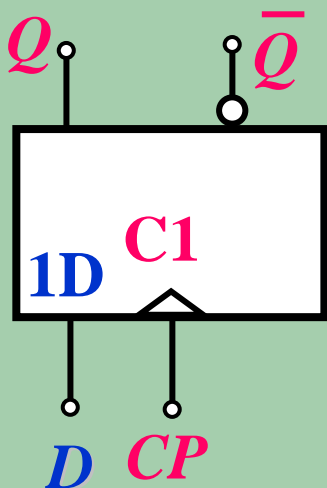
$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$

CP 下降沿 时刻有效

2. D 型触发器

定义 在 CP 作用下, D 取值不同时, 具有置0、置1功能的电路, 都叫做 D 型时钟触发器。

符号



特性表

D	Q^{n+1}	功能
0	0	置 0
1	1	置 1

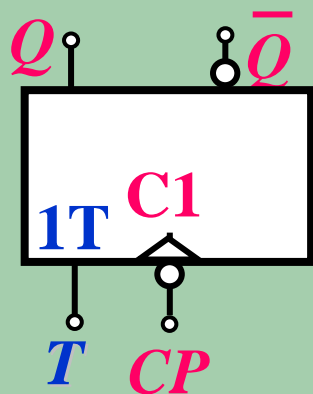
特性方程

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

CP 上升沿 时刻有效

3. T 型触发器

在 CP 作用下，当 $T=0$ 时保持状态不变， $T=1$ 时状态翻转的电路，叫 T 型时钟触发器。



T	Q^{n+1}	功能
0	Q^n	保持
1	$\overline{Q^n}$	翻转

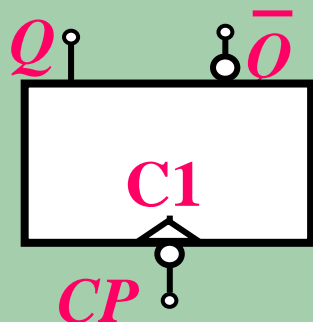
$$Q^{n+1} = T\overline{Q^n} + \overline{T}Q^n$$

$$= T \oplus Q^n$$

CP 下降沿时刻有效

4. T' 型触发器

每来一个 CP 就翻转一次的电路叫 T' 型时钟触发器。



Q^n	Q^{n+1}	功能
0	1	翻转
1	0	

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

CP 下降沿时刻有效



二、边沿触发器逻辑功能表示方法

特性表、卡诺图、特性方程、状态图和时序图。

1. 特性表、卡诺图、特性方程

(1) 特性表(真值表)

D	Q^{n+1}	功能
0	0	置 0
1	1	置 1

J	K	Q^n	Q^{n+1}	功能
0	0	0	Q^n	保持
0	0	1		
0	1	0	0	置 0
0	1	1		
1	0	0	1	置 1
1	0	1		
1	1	0	\overline{Q}^n	翻转
1	1	1		



(2) 卡诺图

D 触发器: 单变量的函数，其卡诺图无意义。

JK 触发器: $Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$

		Q^{n+1}			
		$J \quad K$			
Q^n		00	01	11	10
	0	0	0	1	1
	1	1	0	0	1

(3) 特性方程

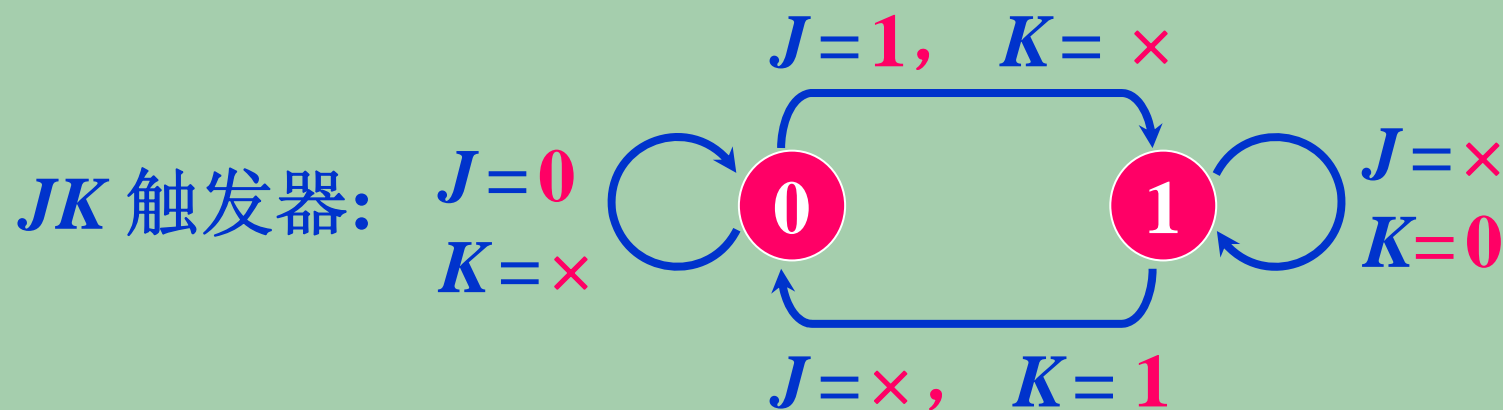
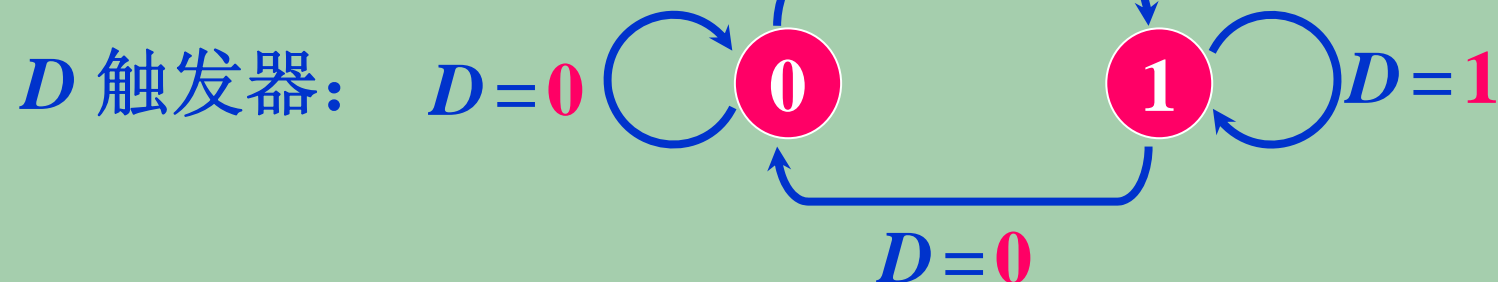
D 触发器: $Q^{n+1} = D$

JK 触发器: $Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$



2. 状态图和时序图

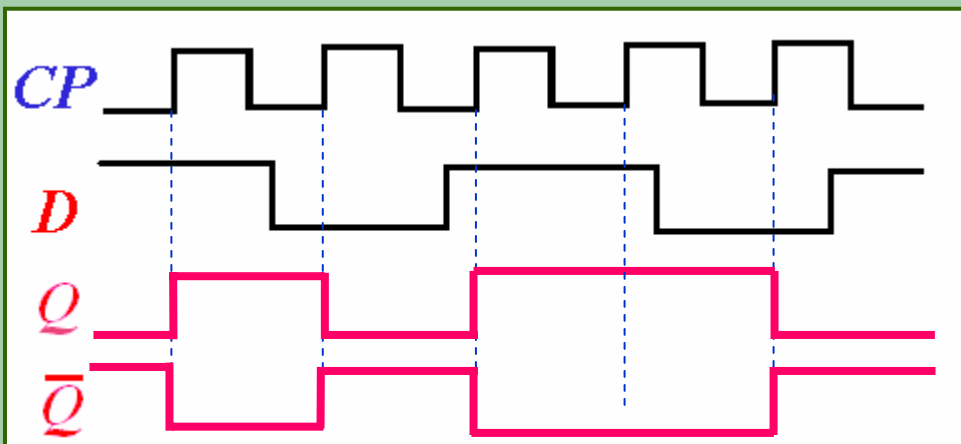
(1) 状态图



(2) 时序图

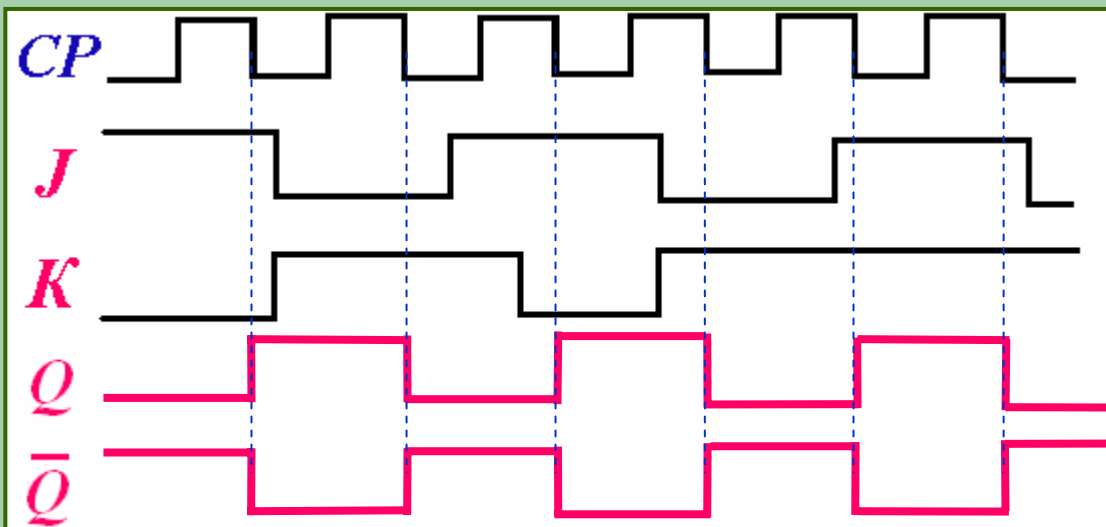
特点：表述了 CP 对输入和触发器状态在时间上的对应关系和控制或触发作用。

D 触发器：



CP 上升
沿触发

JK 触发器：



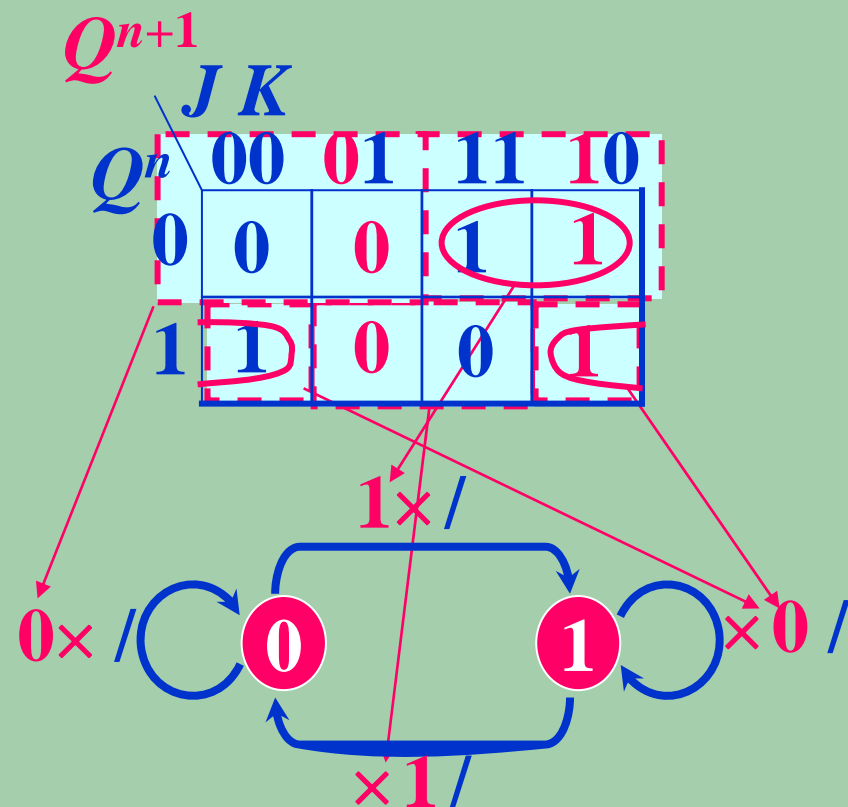
CP 下降
沿触发

三、边沿触发器逻辑功能表示方法间的转换

1. 特性表 → 卡诺图、特性方程、状态图和时序图

(1) 特性表 → 卡诺图、状态图

J	K	Q^{n+1}	功能
0	0	Q^n	保持
0	1	0	置0
1	0	1	置1
1	1	\overline{Q}^n	翻转

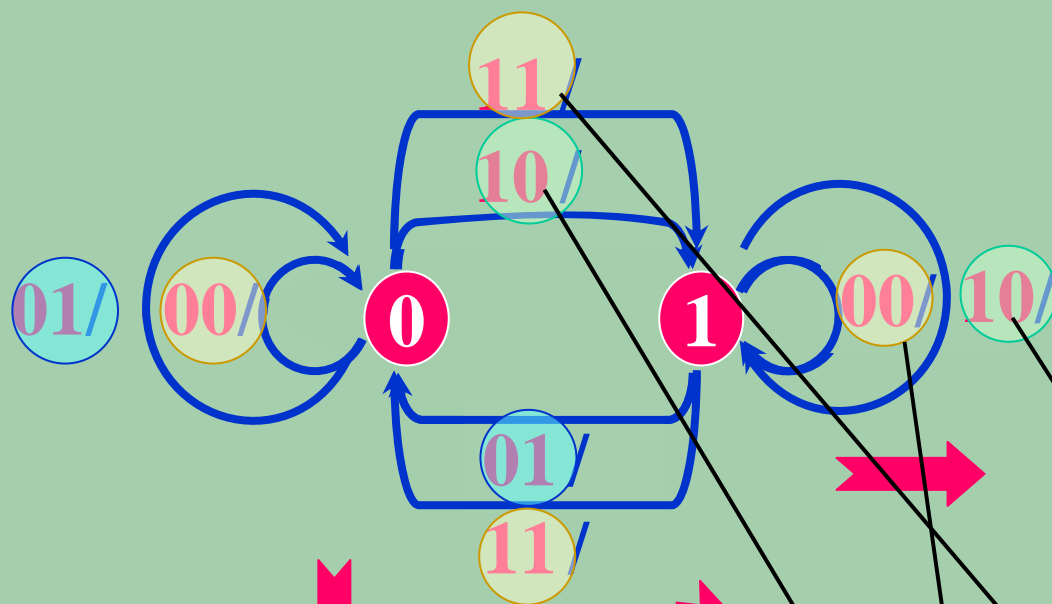


(2) 特性表 → 特性方程

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

向时序图的转换(略)

2. 状态图 → 特性表、卡诺图、特性方程和时序图



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

Q^{n+1}

JK	00	01	11	10
Q^n				
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

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

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



状态图 → 时序图

[例 4.3.1]

已知 CP 、 J 、 K 波形，画输出波形。
假设初始状态为 0。

