



第4章 触发器

4.1 概述

4.2 触发器的电路结构与动作特点

4.3 触发器的逻辑功能及其描述

4.4 触发器逻辑功能的转换



4.1 触发器概述

能够记忆一位二值信号的基本逻辑单元电路

一、触发器的特点：

1. 具有两个能自动保持稳定的状态，‘1’态和 ‘0’态
2. 根据不同的输入 信号可以置成 ‘1’态和 ‘0’态
3. 输入信号消失后，获得的新状态能自行保持下来

二、触发器的分类：

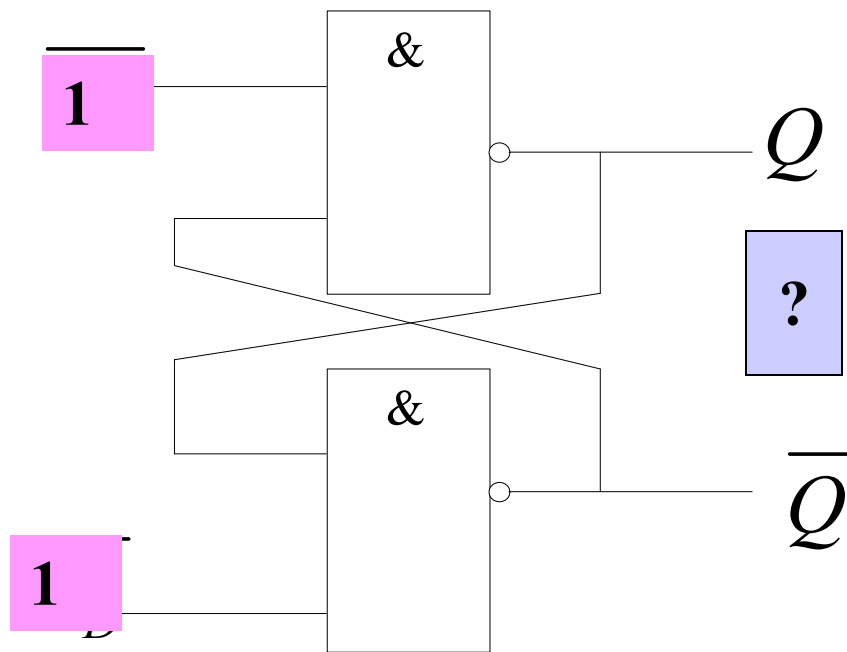
1. 按电路结构不同：直接型、同步型、主从型、边沿型
2. 按逻辑功能不同：RS F、JK F、D F、T F和T' F
3. 按存储数据的原理不同：静态、动态
4. 按稳定状态的特点不同：双稳态、单稳态



4.2 触发器的电路结构与动作特点

4.2.1 基本RS触发器

一、电路结构与工作原理



触发器初态

触发器次态

$Q^n \longrightarrow Q^{n+1}$

$Q=0, \bar{Q}=1$ ‘0’态

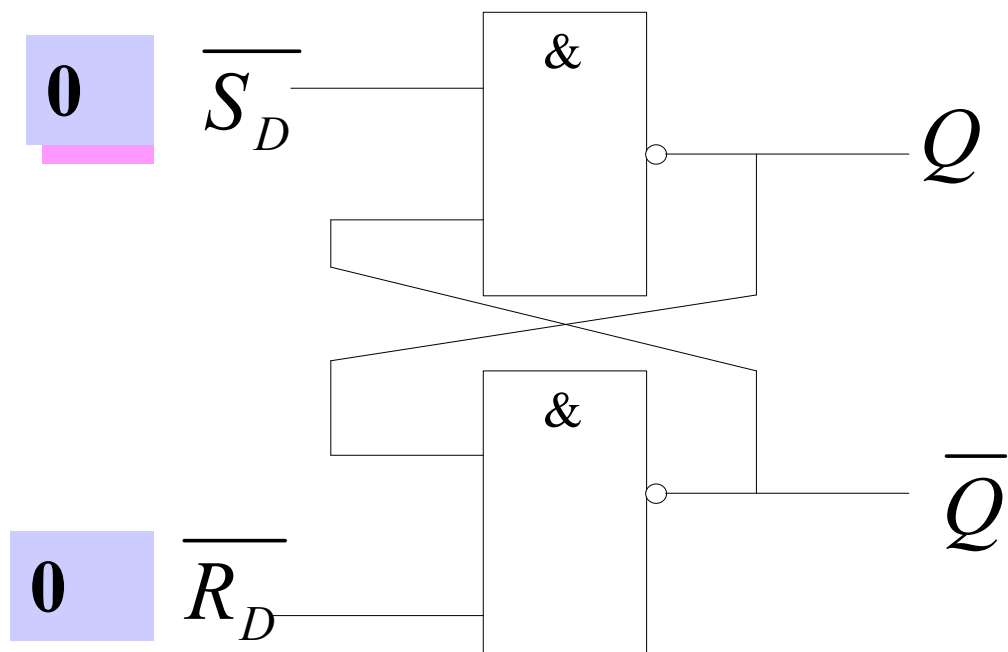
$Q=1, \bar{Q}=0$ ‘1’态

$Q=\bar{Q}=1$ ‘1’无效态

$Q=\bar{Q}=0$ ‘0’无效态



基本RS触发器的工作原理



$\overline{S_D}$	$\overline{R_D}$	Q^n	Q^{n+1}	\overline{Q}^{n+1}
1	1	1	1	0
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0
0	1	0	1	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1



二、特性表

$\overline{S_D}$	$\overline{R_D}$	Q^n	Q^{n+1}	\overline{Q}^{n+1}
1	1	1	1	0
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0
0	1	0	1	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1

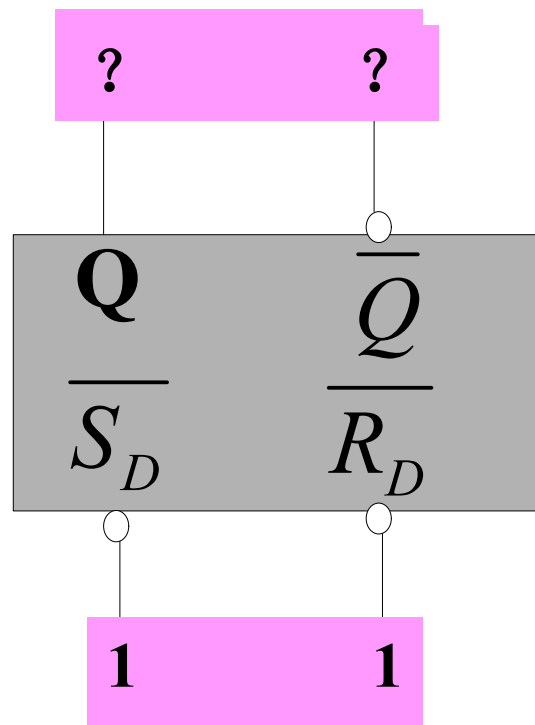
$\overline{S_D}$	$\overline{R_D}$	Q^{n+1}	功能描述
1	1	Q^n	状态保持
1	0	0	清零, 复位
0	1	1	置位, 置1
0	0	$\times(1^*)$	状态不定



三、逻辑符号和动作特点

1. \overline{S}_D 为置位端，低电平有效
2. \overline{R}_D 为复位端，低电平有效
3. 置位端与复位端不能同时作用，其约束条件为

$$\overline{S}_D + \overline{R}_D = 1$$



4. 动作特点：输入信号随时能改变触发器的状态。



4.2.2 同步RS触发器

一、电路结构与工作原理

1. CP: 时钟脉冲, 一系列的

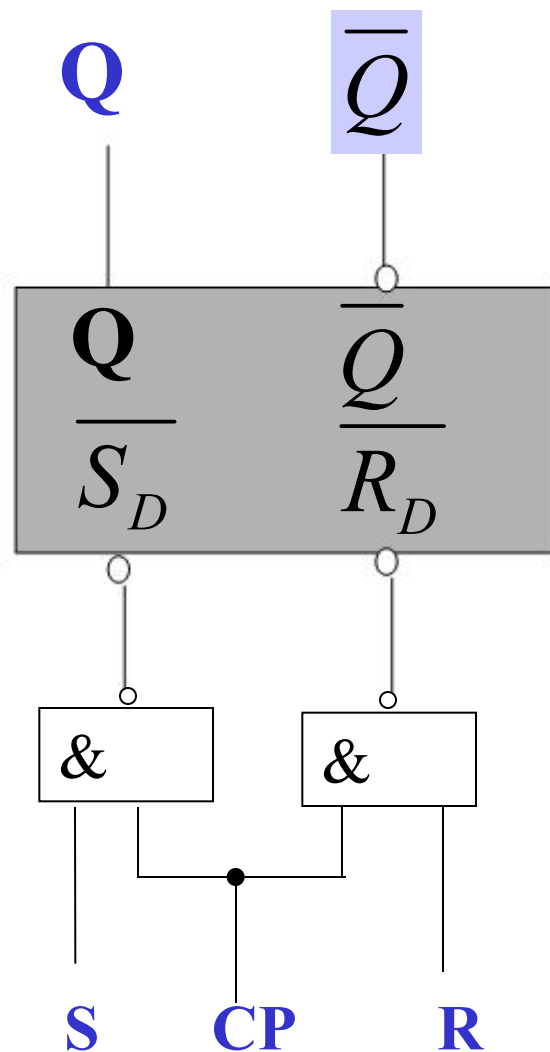
高低电平 

2. CP=0 , $\overline{S_D} = 1$ $\overline{R_D} = 1$

触发器的状态保持不变

3. CP=1, $\overline{S_D} = \overline{S}$ $\overline{R_D} = \overline{R}$

触发器的状态随RS的变化而变化





二、特性表

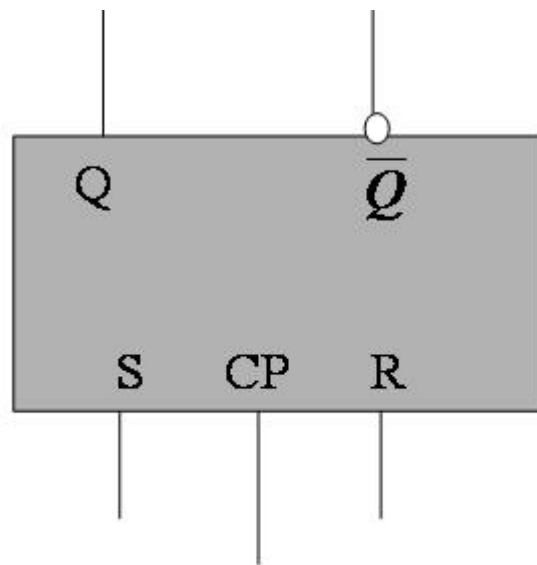
S	R	Q^{n+1}	功能描述
0	0	Q^n	状态保持
0	1	0	清零, 复位
1	0	1	置位, 置1
1	1	$\times (1^*)$	状态不定



三、同步RS触发器逻辑符号和动作特点

1. **S** 为置位端，高电平有效
2. **R** 为复位端，高电平有效
3. 置位端与复位端不能同时作用，其约束条件为

$$SR=0$$



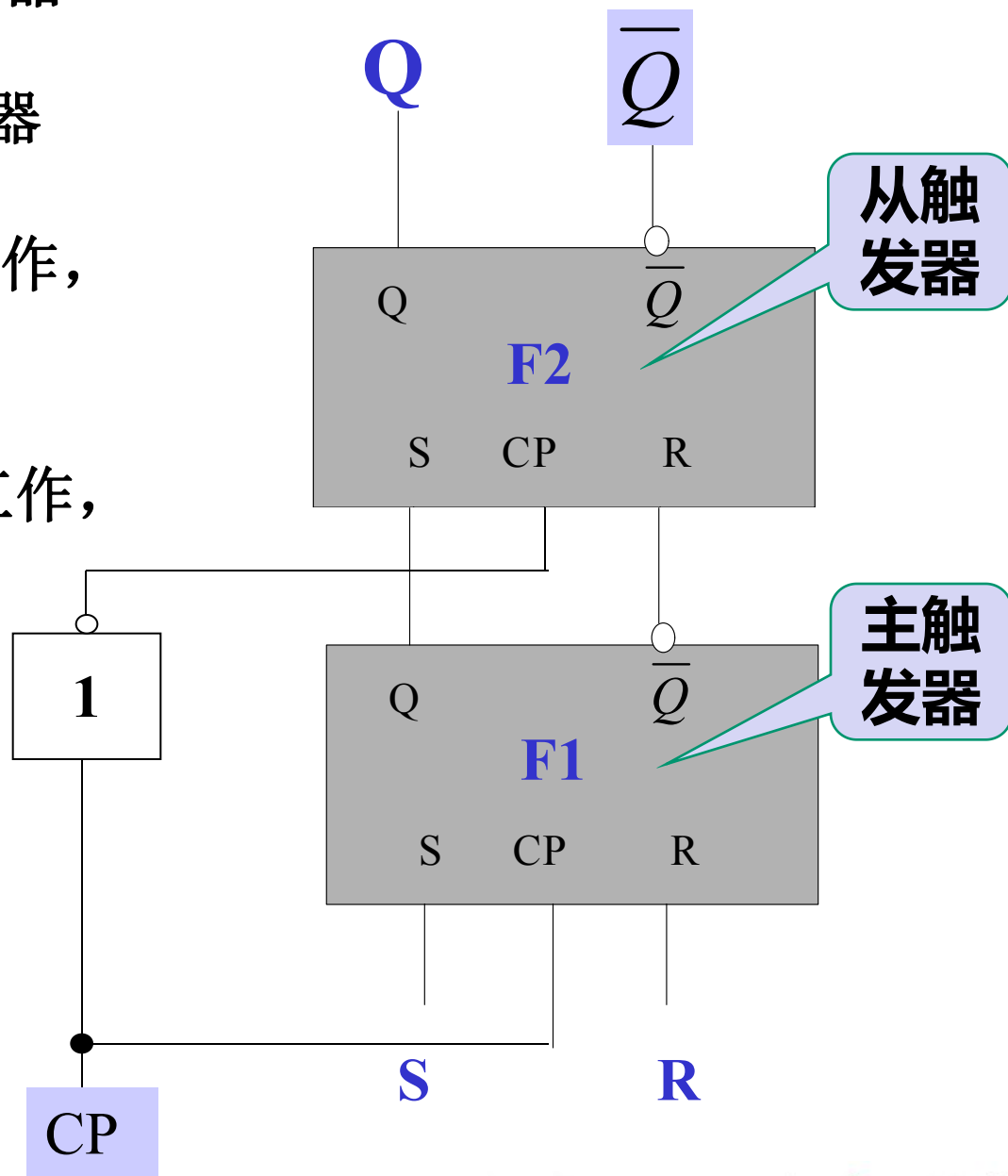
4. **动作特点**：CP=0，触发器的状态保持不变，
CP=1，输入信号能随时多次改变触发器的状态



4.2.3 主从触发器

一、主从RS触发器

1. $CP=1$, F1工作, F2不工作, 从触发器状态保持不变
2. $CP=0$, F2工作, F1不工作, 主触发器状态保持不变
3. 触发器的状态只在CP下降沿时刻发生变化
4. 特性表与同步型一致

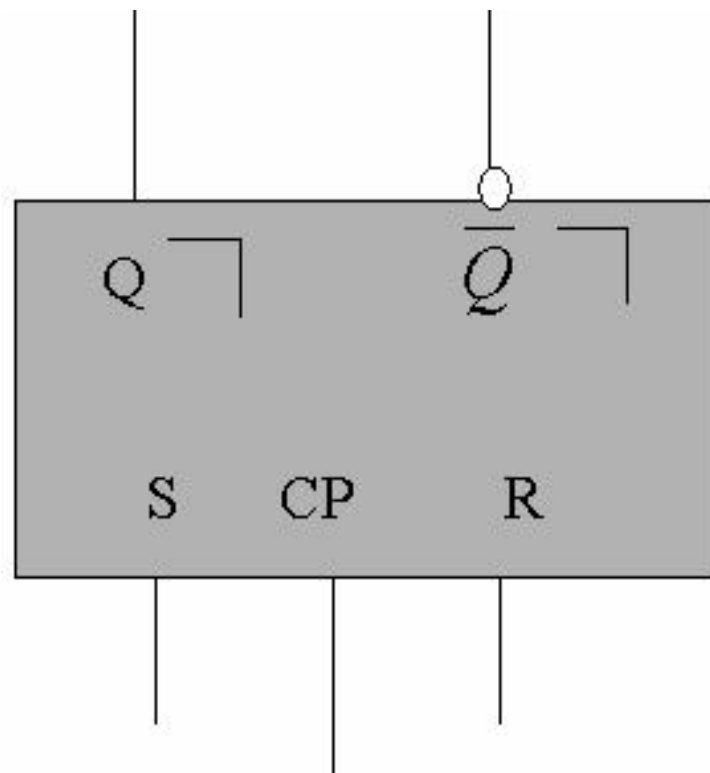




二、主从RS触发器的逻辑符号和动作特点

1. 触发器的状态在CP一个周期内只在下降沿发生一次变化
2. 如果CP=1期间，输入信号不发生变化，触发器的状态在CP下降沿按特性表发生变化
3. 如果CP=1期间，输入信号发生变化，触发器的状态在CP下降沿按主触发器状态发生变化
4. 置位端与复位端还是不能同时作用，其约束条件为

$$SR=0$$

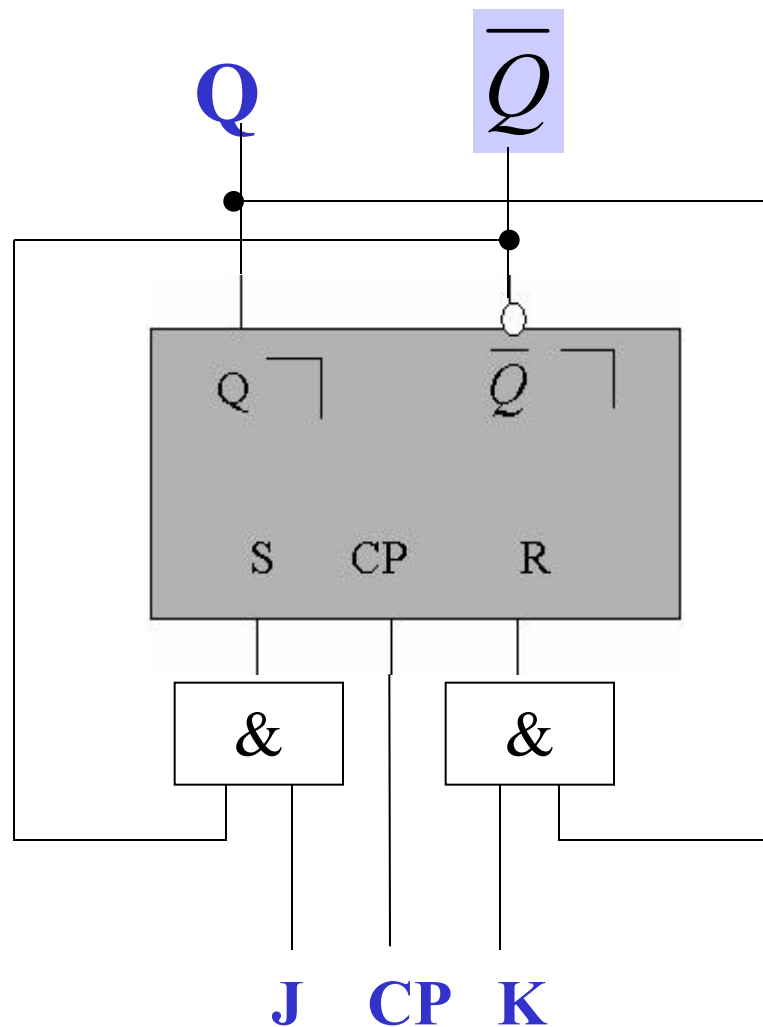




三、主从JK触发器

1. 电路结构与工作原理

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

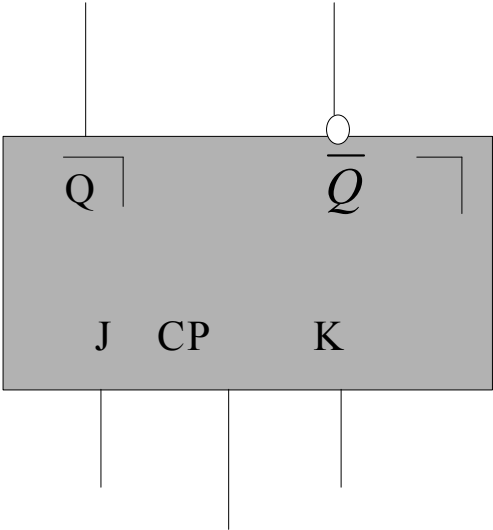


$$S \cdot R = J \cdot \overline{Q} \cdot K \cdot Q = 0$$



2. 主从JKF的符号与特性表

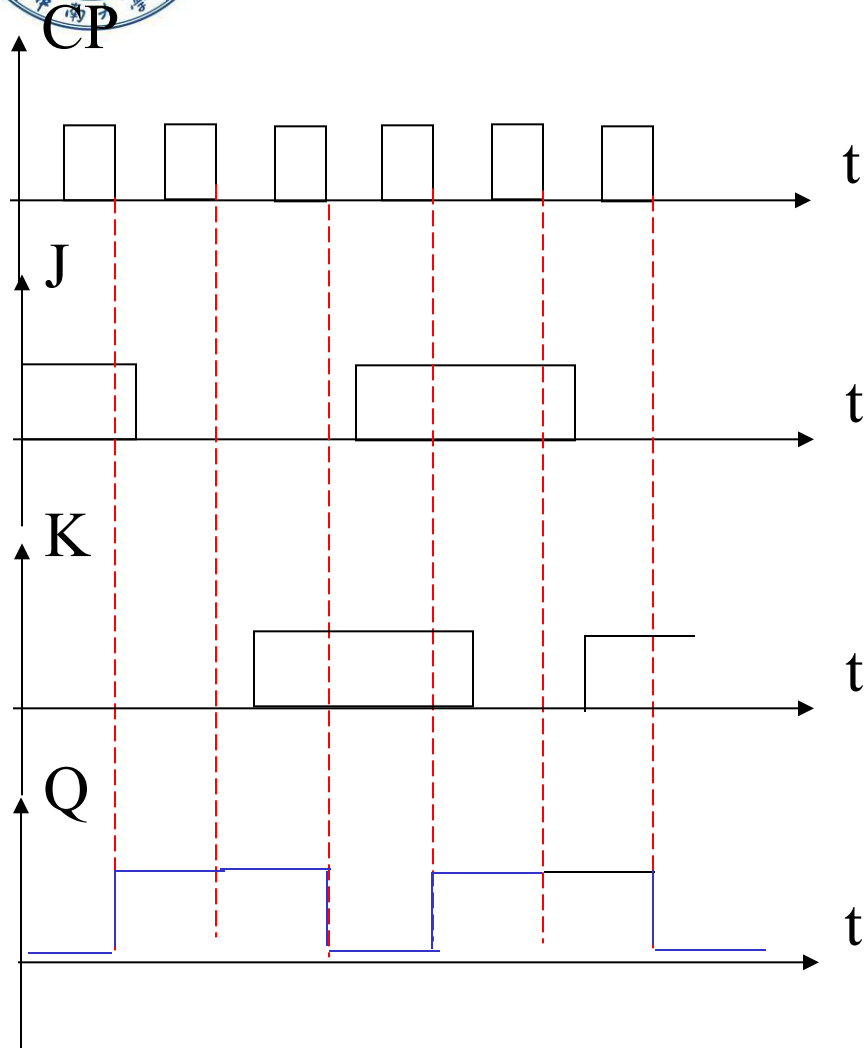
J	K	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



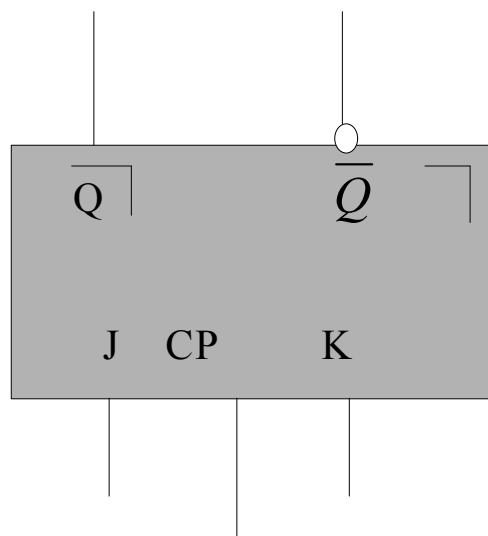
J	K	Q^{n+1}	功能描述
0	0	Q^n	保持
0	1	0	复位
1	0	1	置位
1	1	$\overline{Q^n}$	翻转

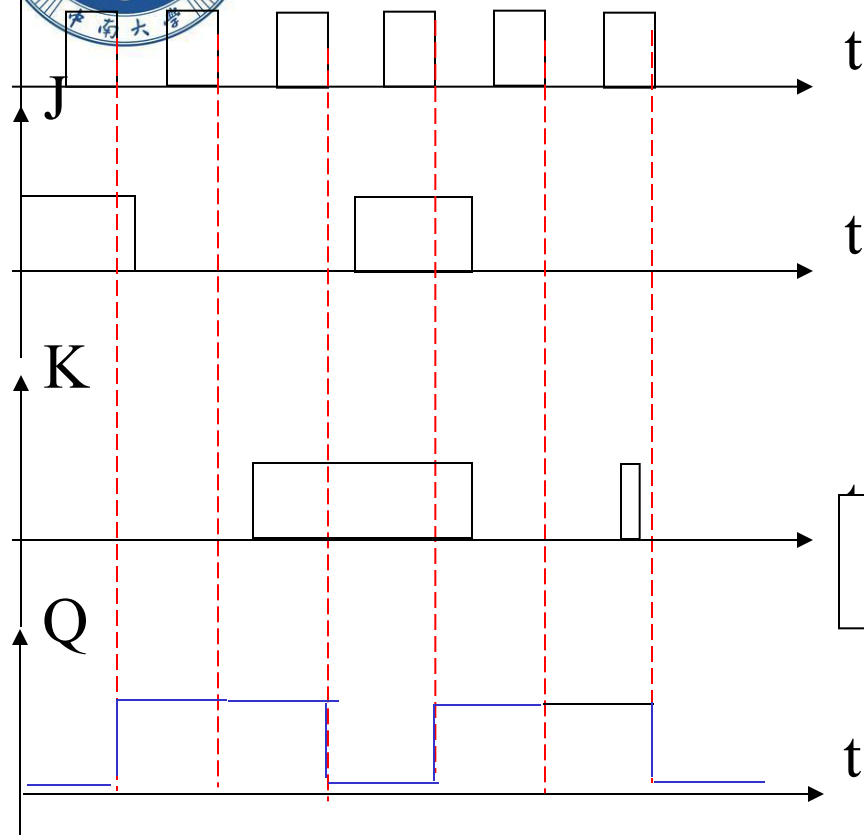


3. 主从JKF的动作特点

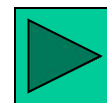
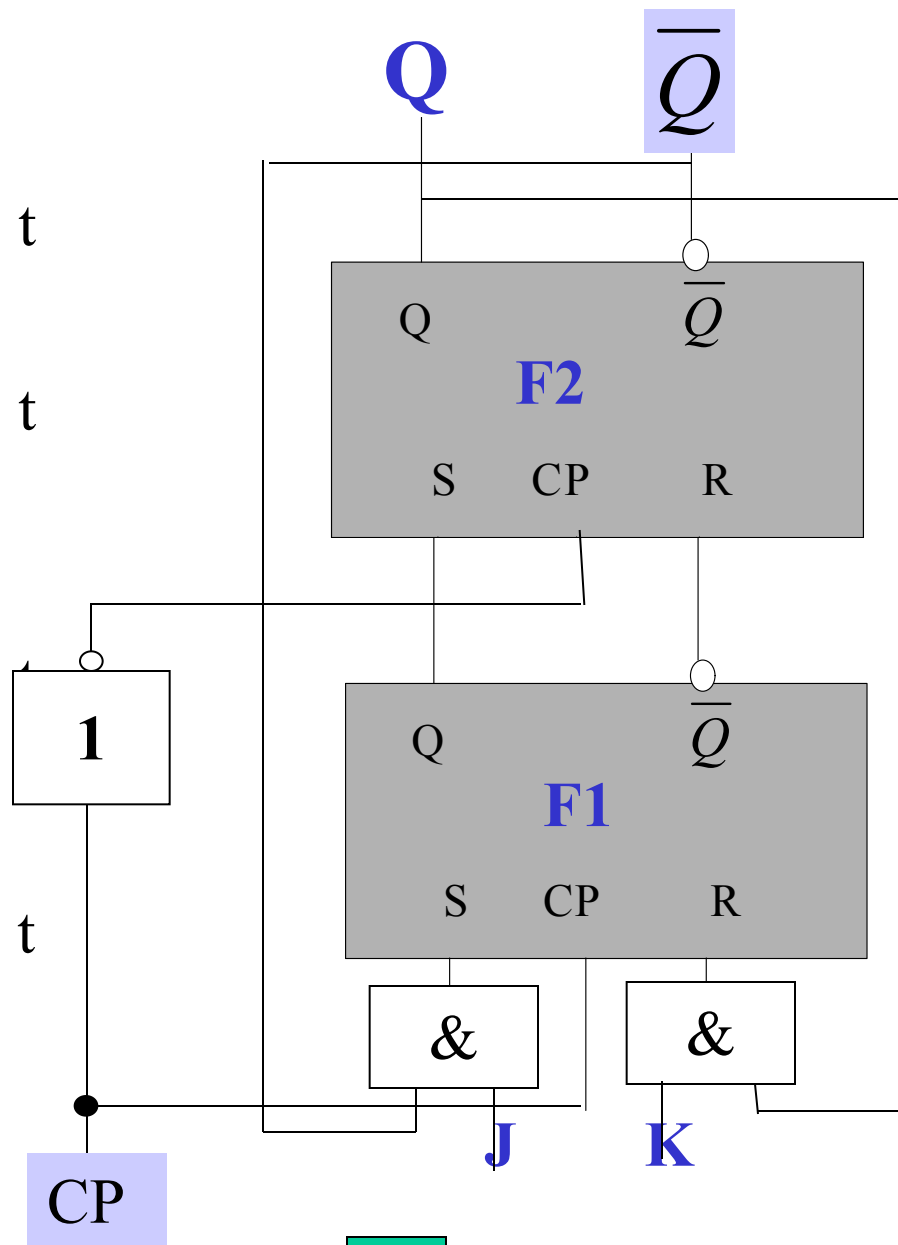


如果CP=1期间，输入信号不发生变化，触发器的状态在CP下降沿按特性表发生变化





如果CP=1期间，输入信号发生变化，触发器的状态在CP下降沿按主触发器状态发生变化

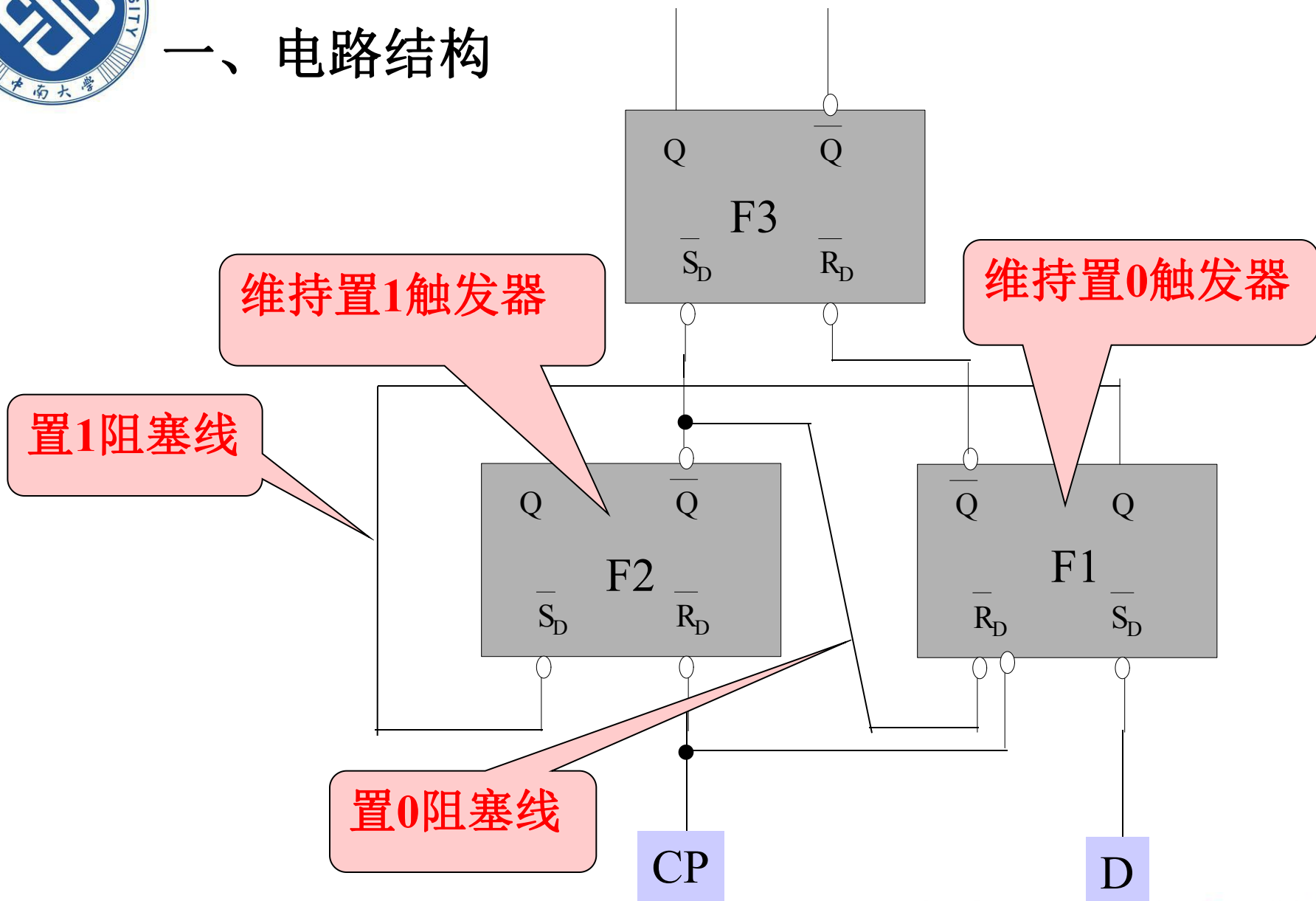


合作 進取 求實 創新



4.2.4 边沿型触发器

一、电路结构

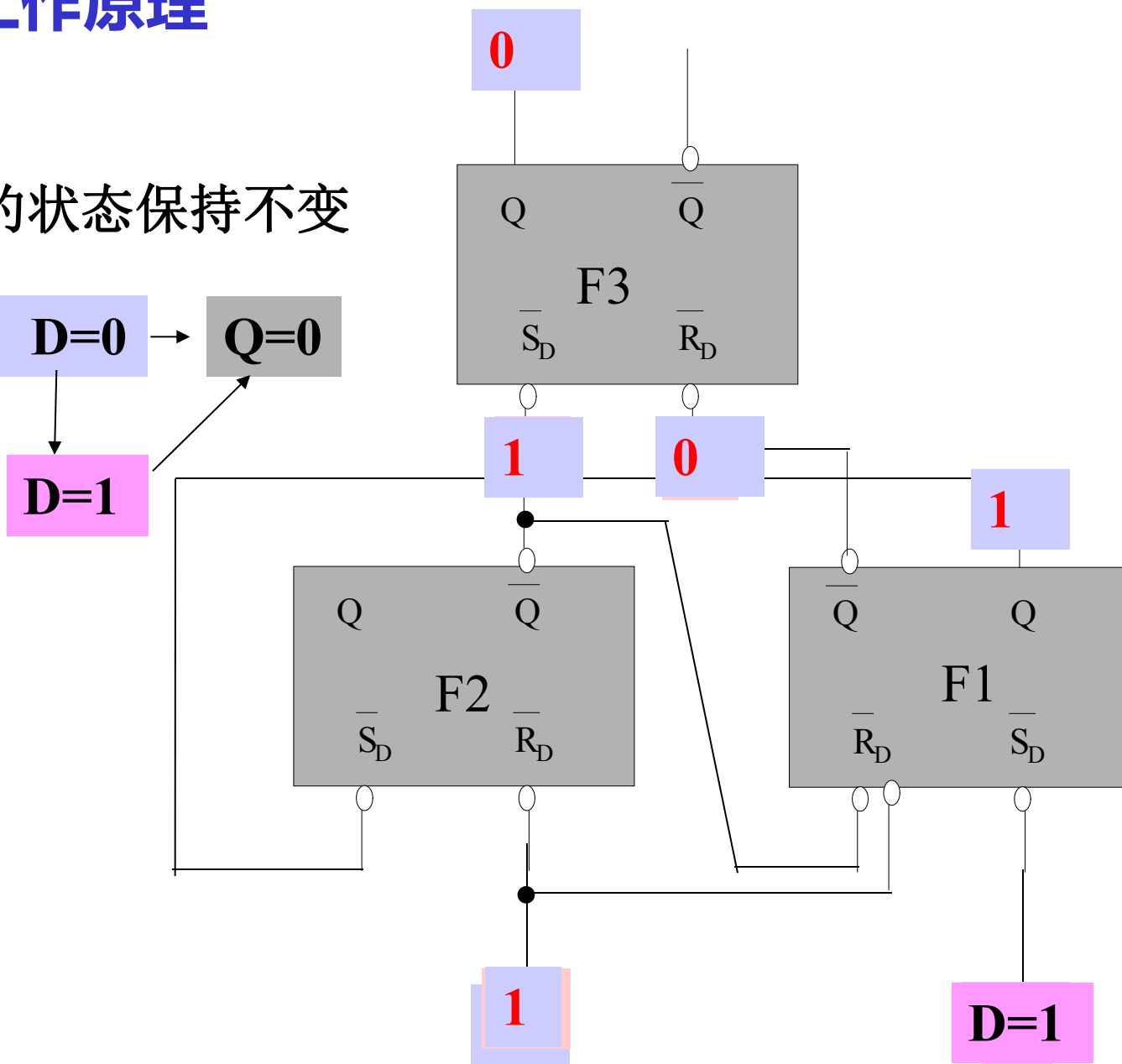


二、工作原理

1. CP=0时,

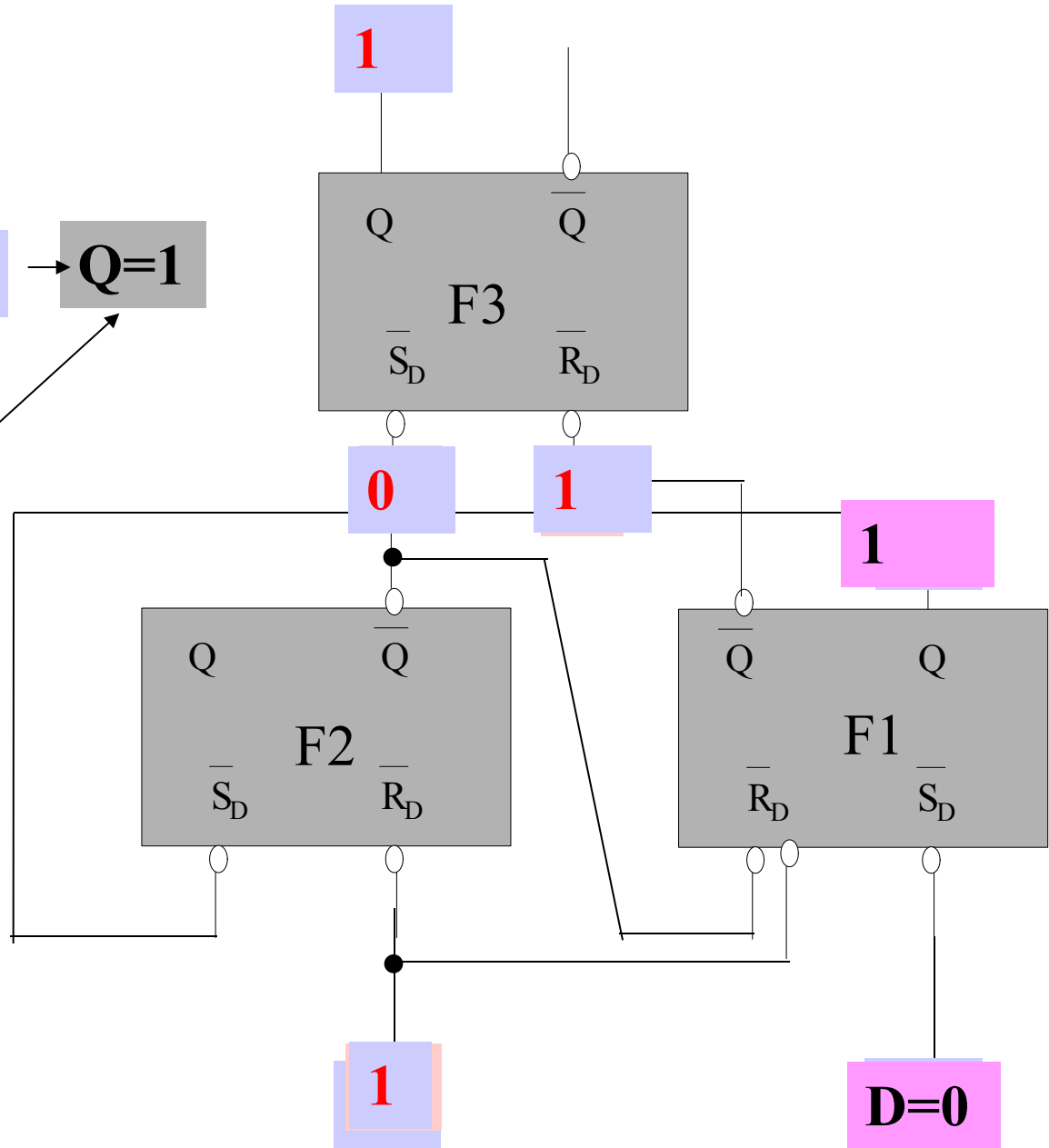
触发器的状态保持不变

2. CP=0→1, D=0 → Q=0



3.CP=0→1, D=1 → Q=1

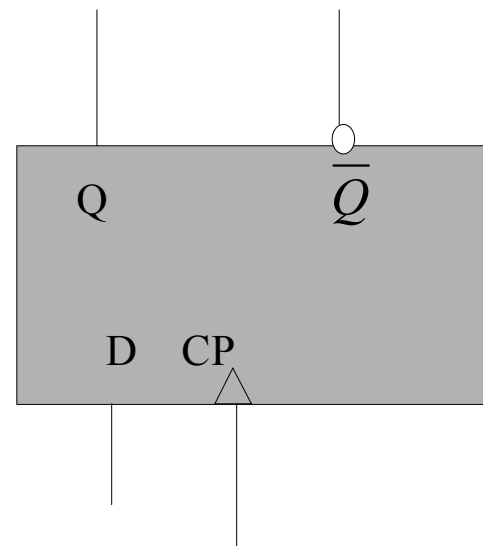
D=0





三、逻辑符号和特性表

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



四、动作特点

1. 触发器的状态在CP一个周期内 **只在上升沿发生** 一次变化；
2. 触发器的状态 **只取决于CP上升沿时该输入信号** 的状态，与之前和之后的状态无关。



4.3 触发器的逻辑功能及其描述方法

4.3.1 触发器逻辑功能的描述方法

一、RSF

1. 功能表

S	R	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	×

2. 真值表

S	R	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	×



3. 特性方程

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

$$RS=0$$

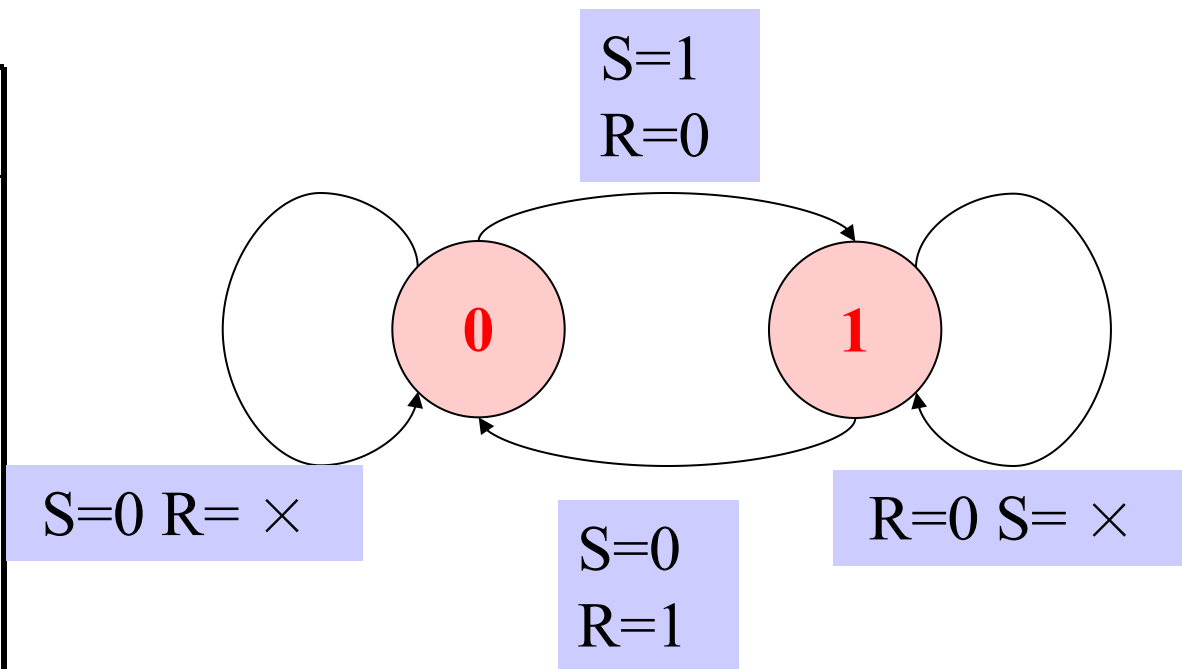
		Q^{n+1}			
S	$R \backslash Q^n$	00	01	11	10
	0	0	1	0	0
1	1	1	1	×	×

S	R	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	×



4. 状态转换图

S	R	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	×





二、JKF

1. 功能表

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

2. 真值表

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



3. 特性方程

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

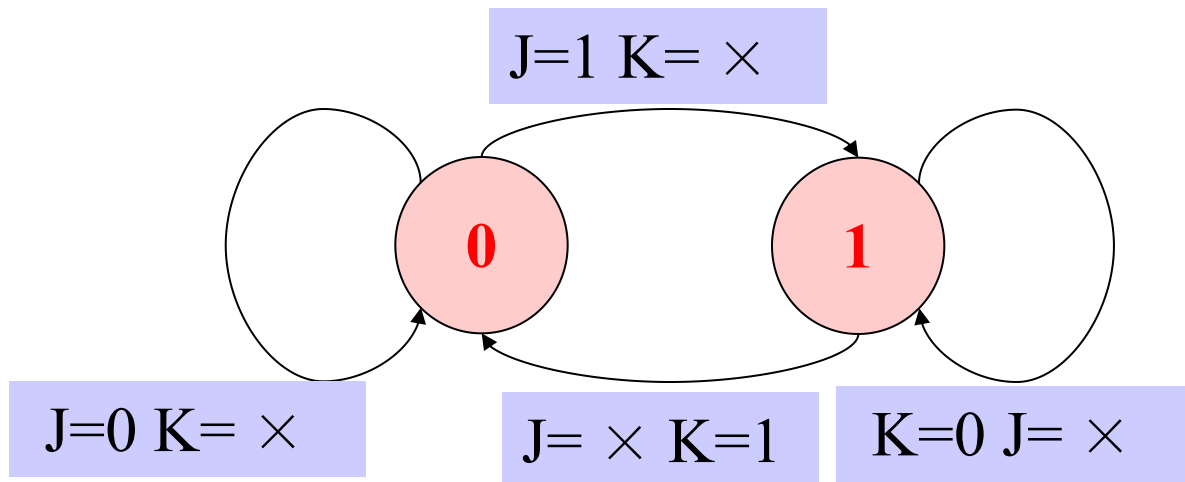
		Q^n			
		00	01	11	10
Q^{n+1}	K				
	J				
0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1

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



4. 状态转换图

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





三、TF（受控翻转触发器）

1. 功能表

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

2. 真值表

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

3. 特性方程

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



四、T' F（翻转型触发器）

1. 真值表

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

2. 特性方程

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



五、DF（延迟触发器）

1. 特性表

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

2. 特性方程

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



4.3.2 触发器的电路结构

与逻辑功能之间的关系

一、逻辑功能

触发器的次态与现态及输入信号之间在稳态下的逻辑关系

二、电路结构

触发器的电路结构决定了触发器的动作特点

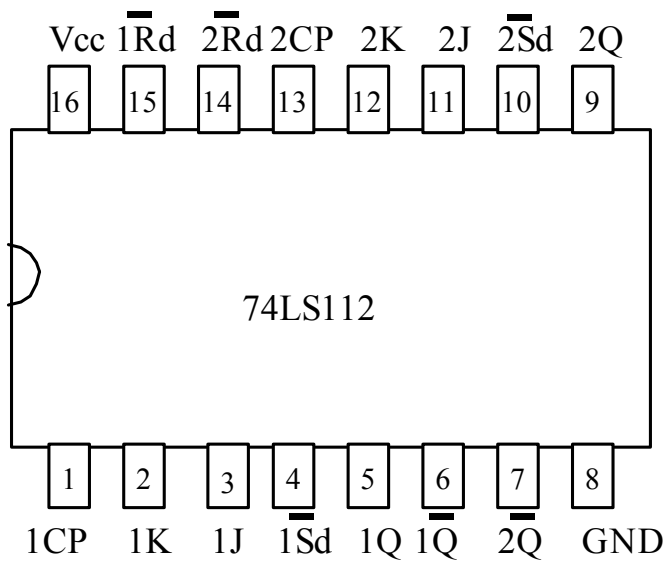
三、同一逻辑功能可用不同电路结构形式实现

四、同一电路结构可实现不同的逻辑功能

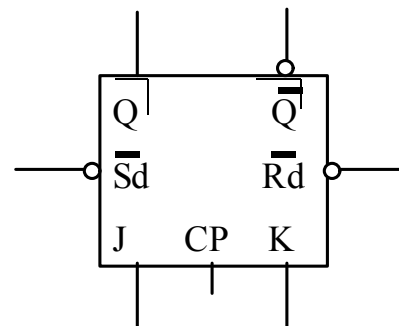
五、常用集成触发器：主从JKF、维持阻塞DF



1. 主从JKF (74LS112)



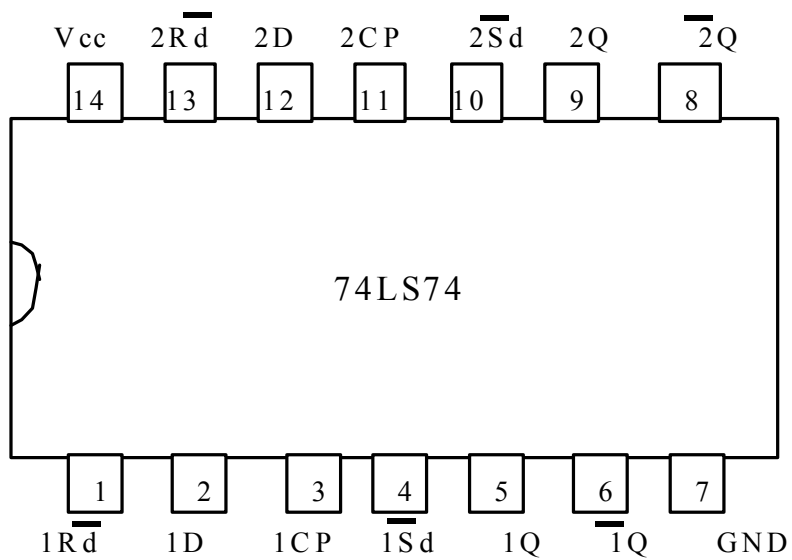
74LS112 (CT4112) 双 JK 触发器



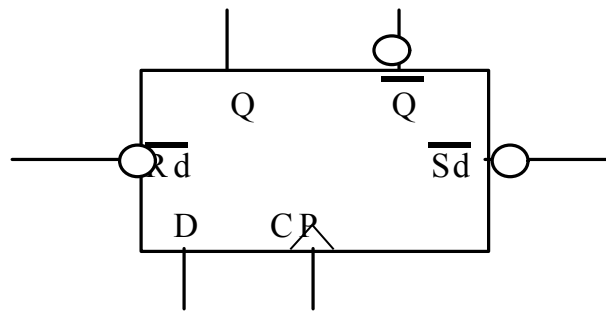
JK 触发器逻辑符号



2. 维持阻塞DF (74LS74)



74LS74 (CT4074) 双 D 触发器



D 触发器逻辑符号



4.4 触发器逻辑功能的相互转换

一、JKF转化为TF、T'F、DF

1. JKF转化为TF

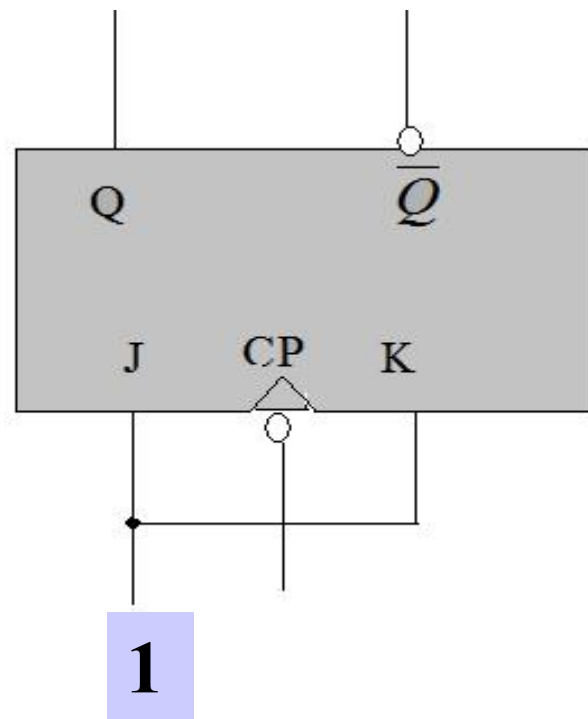
$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$

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

$$J=T, K=T$$

2. JKF转化为T'F

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



$$J=K=1, \text{ 即 } T=1$$

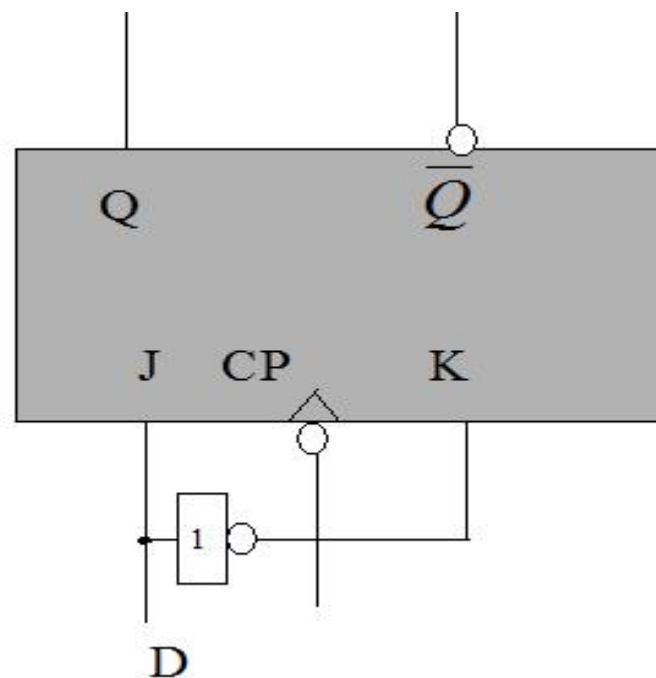


3. JKF转化为DF

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

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

$$J=D, \quad K=\overline{D}$$





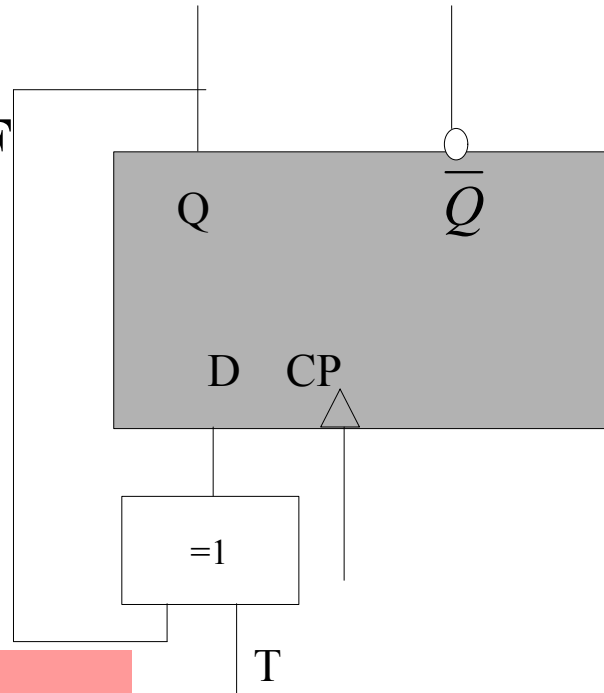
二、DF转化为TF、T'F、JKF

1. DF转化为TF

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

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

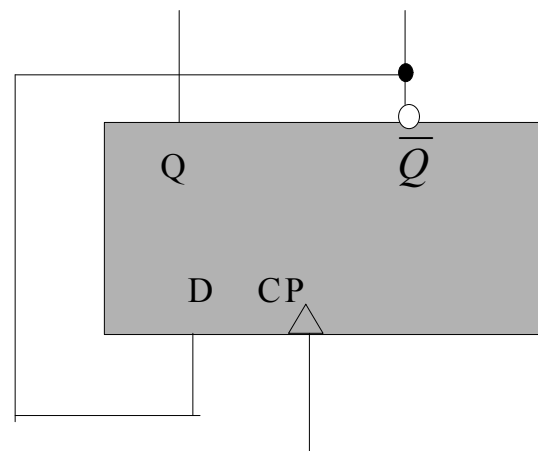
$$D = T\overline{Q}^n + \overline{T}Q^n = T \oplus Q^n$$



2. DF转化为T'F

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

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





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

$$Q^{n+1} = D = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n = \overline{\overline{JQ^n}} \cdot \overline{\overline{KQ^n}}$$

