

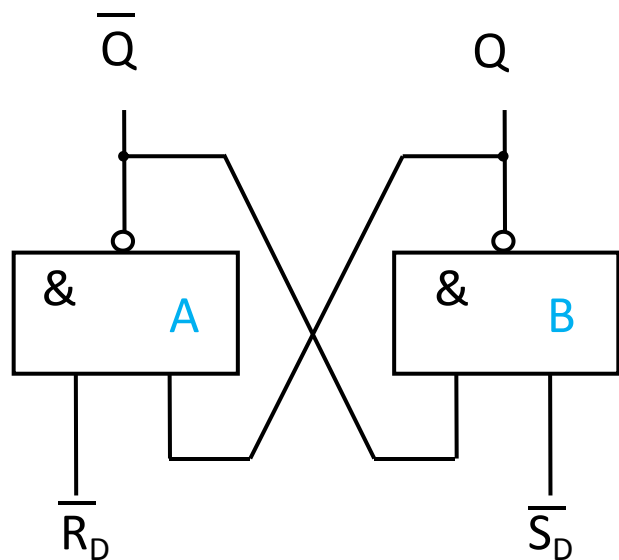
# 数字电子技术基础

## 第四章 触发器

# 触发器

- 触发器——把能够存储1位二值信号的基本单元电路称为触发器（flip-flop）。

## 基本RS触发器



# 基本RS触发器逻辑功能描述

## ■ 状态功能表（特性表）

## ■ 状态方程

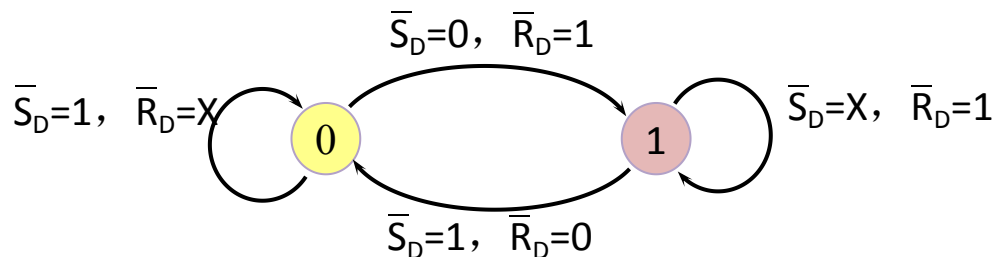
$$\begin{cases} Q^{n+1} = S_D + \overline{R_D} \cdot Q^n \\ R_D S_D \equiv 0 \end{cases}$$

## ■ 状态转换图

## ■ 激励表

## ■ 逻辑符号

## ■ 波形图

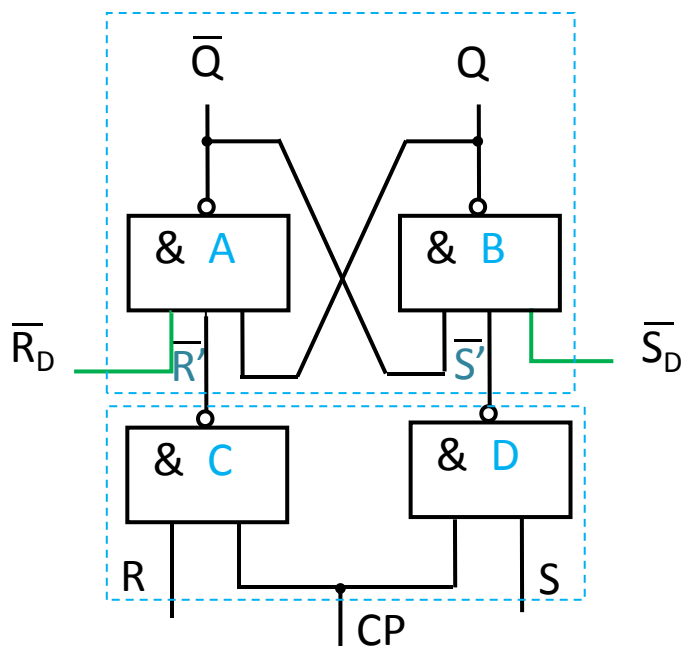


$\overline{S}_D$	$\overline{R}_D$	$Q^n$	$Q^{n+1}$	功能
0	0	0	1*	不定
0	0	1	1*	
1	0	0	0	置0
1	0	1	0	
0	1	0	1	置1
0	1	1	1	
1	1	0	0	保持
1	1	1	1	

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

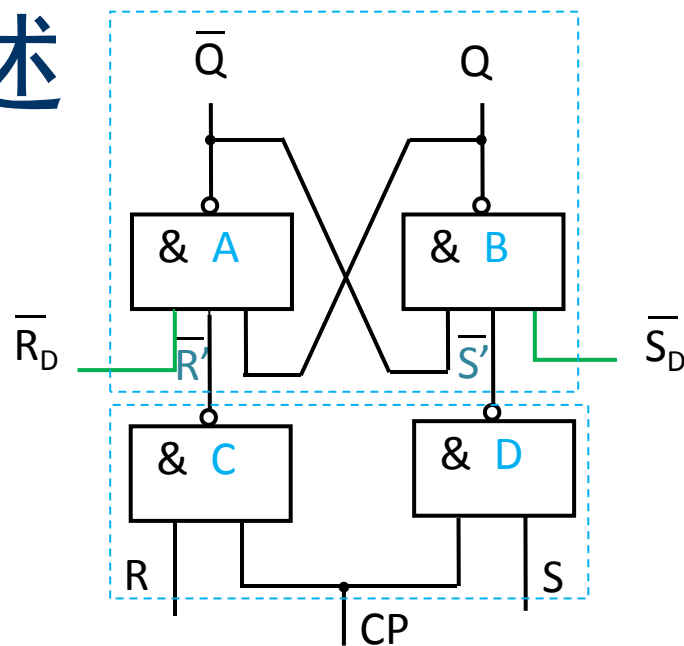
# 同步RS触发器

## ■ 电路结构及分析



# 同步RS触发器的功能描述

- 状态功能表（特性表）
- 状态方程
- 状态转换图
- 激励表
- 逻辑符号
- 波形图





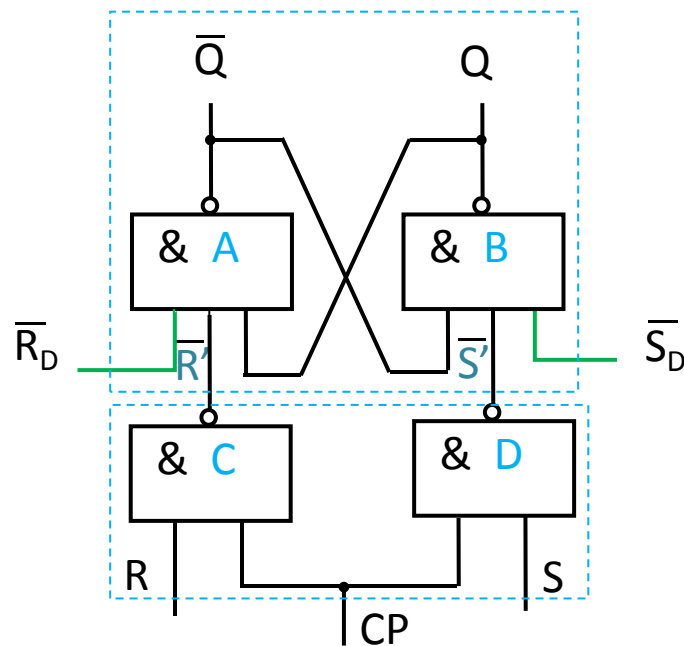
# 同步RS触发器的功能描述（续）

## ■ 状态功能表（特性表）

$CP$	$S$	$R$	$Q^n$	$Q^{n+1}$	功能
0	X	X	X	$Q^n$	保持
1	0	0	0	0	保持
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	0	置0
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	置1
1	1	0	1	1	
1	1	1	0	$1^*$	不定
1	1	1	1	$1^*$	

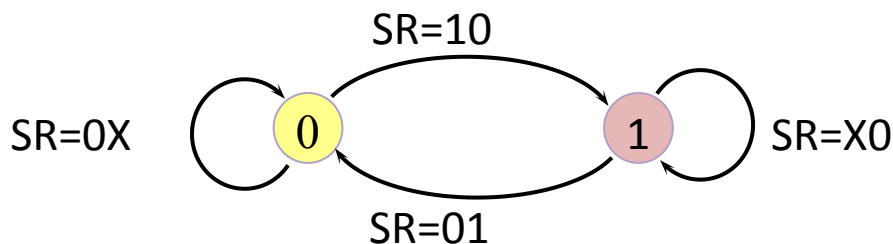
## ■ 状态方程

$$\begin{cases} Q^{n+1} = S + \overline{R} \cdot Q^n \\ R \cdot S = 0 \end{cases}$$



## 同步RS触发器的功能描述（续）

### ■ 状态转换图

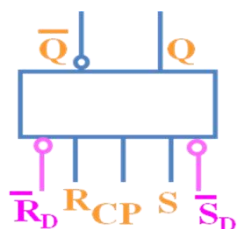


### ■ 激励表

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

$S$	$R$	$Q^n$	$Q^{n+1}$
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	1	1*

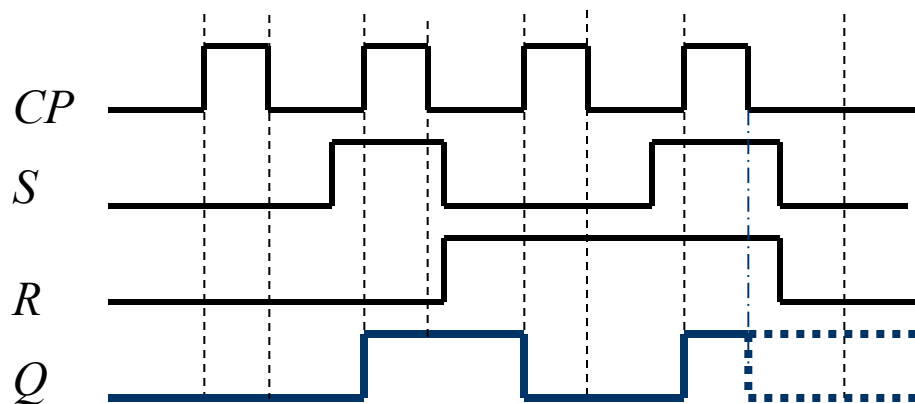
### ■ 逻辑符号





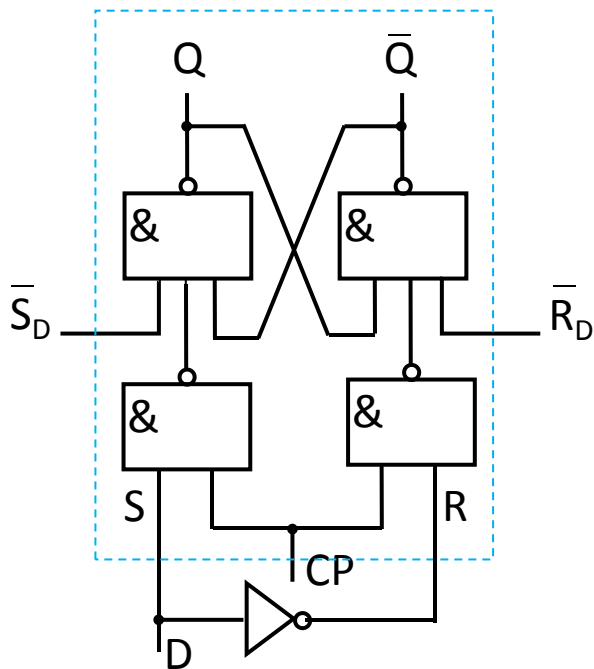
## 同步RS触发器的功能描述（续）

### ■ 波形图



# 同步D触发器

## ■ 电路结构与特性表



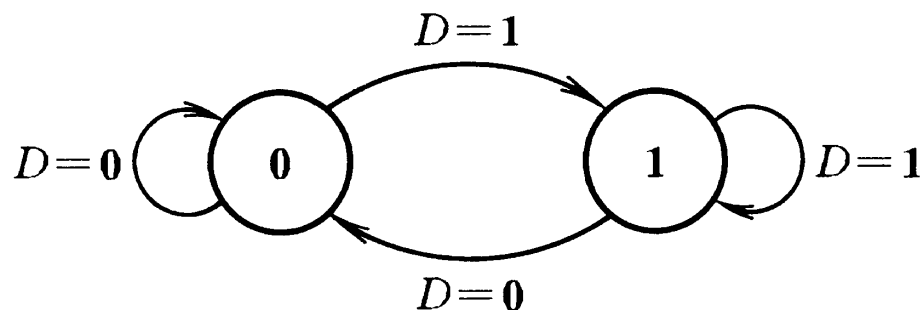
$D$	$Q^n$	$Q^{n+1}$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

# 同步D触发器

## ■ 状态方程

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

## ■ 状态转换图



## ■ 激励表

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

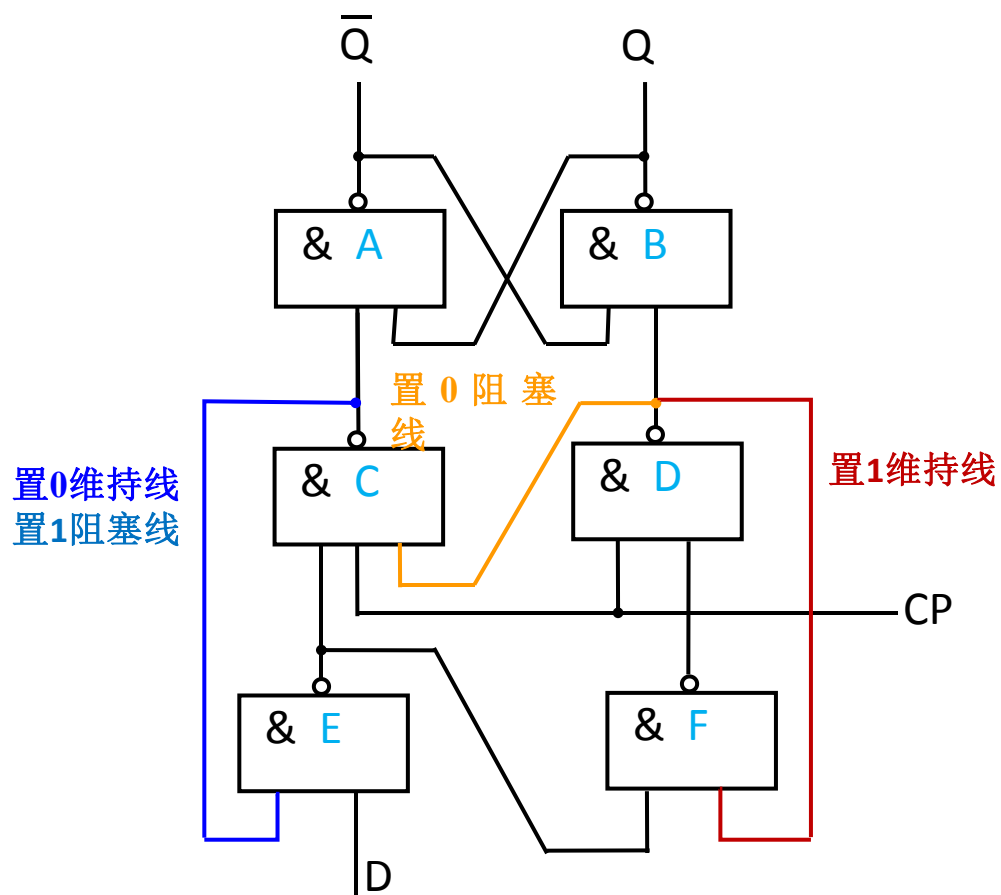
# 同步D触发器

## ■ 应用

- 并行寄存器
- 8D透明锁存器74LS373

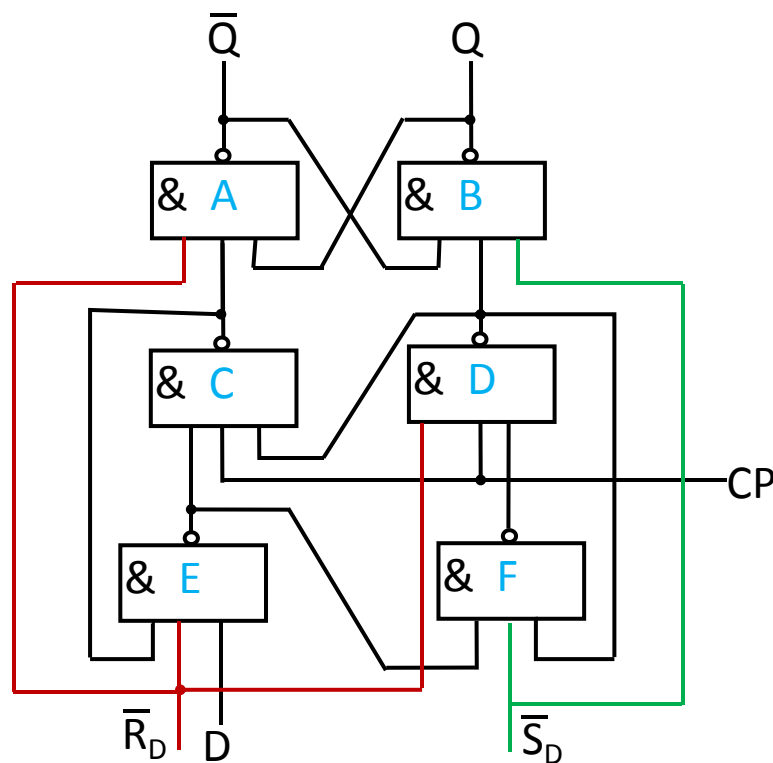
# 维持—阻塞型D触发器

## ■ 电路结构



# 维持—阻塞型D触发器

## ■ D触发器的直接置0、置1功能

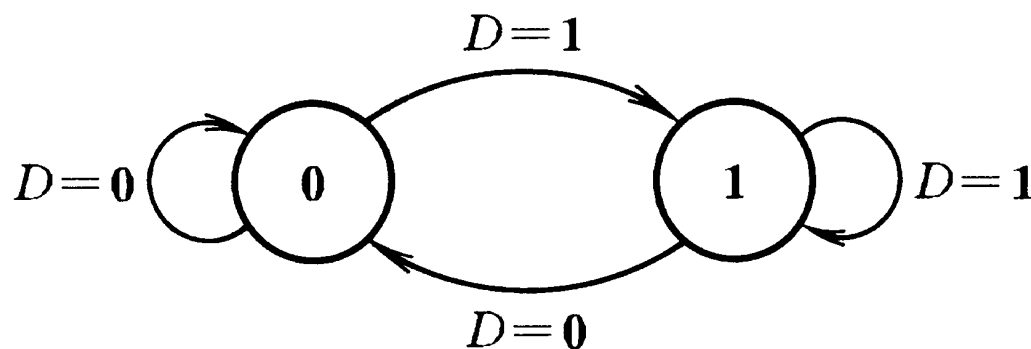


# 维持—阻塞型D触发器

## ■ 状态表与状态方程

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

## ■ 状态转移图与激励表



状态表  $CP \uparrow$

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

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

# 维持—阻塞型D触发器

## ■ 动态特性

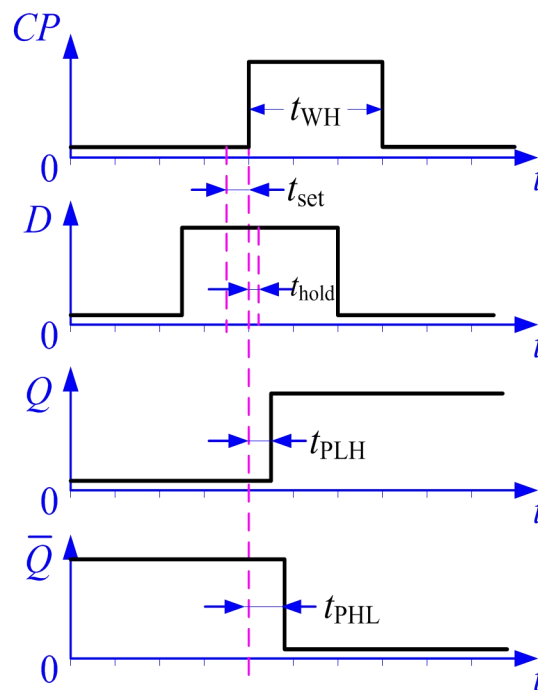
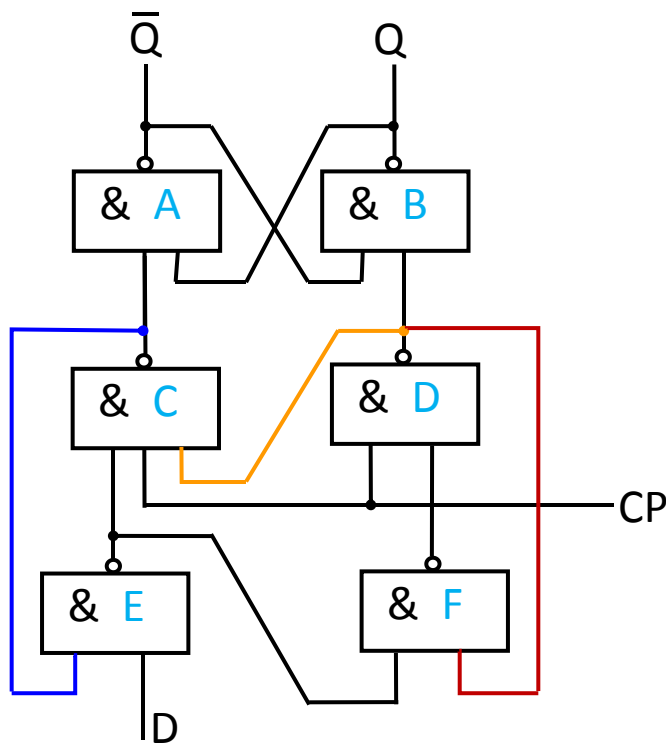
➤ 建立时间

$$t_{\text{set}} \geq 2t_{\text{pd}}$$

➤ 保持时间

➤  $T_{\text{CP} \rightarrow \text{Q}\bar{\text{Q}}}$

➤ 最高时钟频率

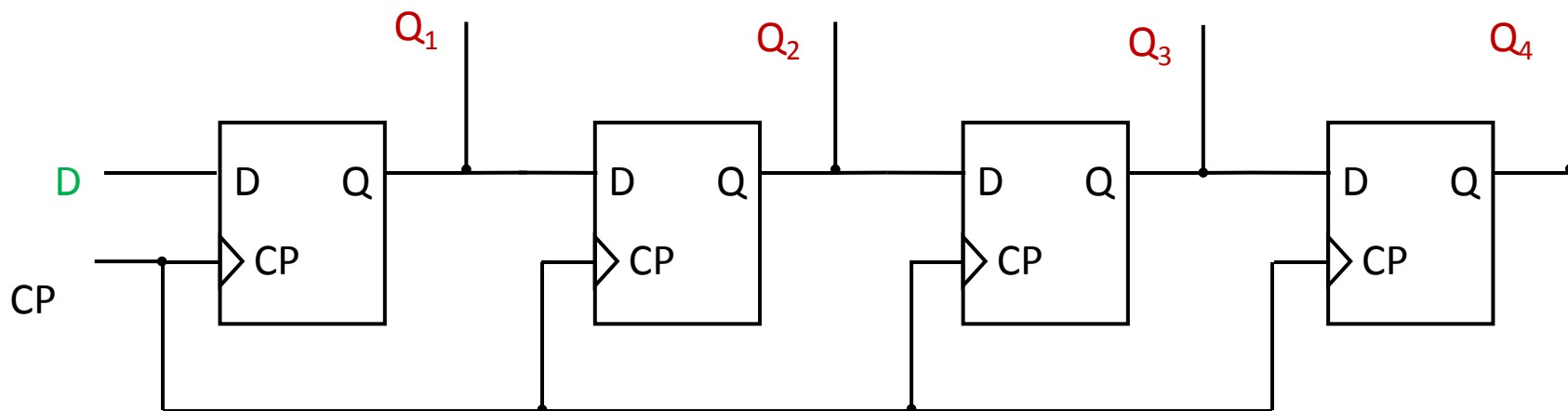




# 维持—阻塞型D触发器

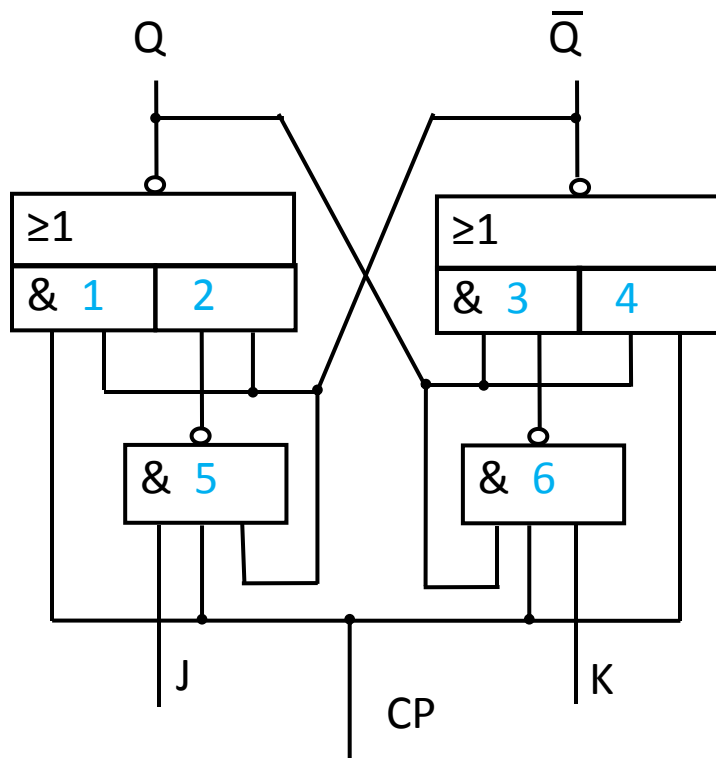
## ■ 应用

### ➤ 移位寄存器



## 边沿JK触发器——传输延迟型JK触发器

## ■ 电路结构

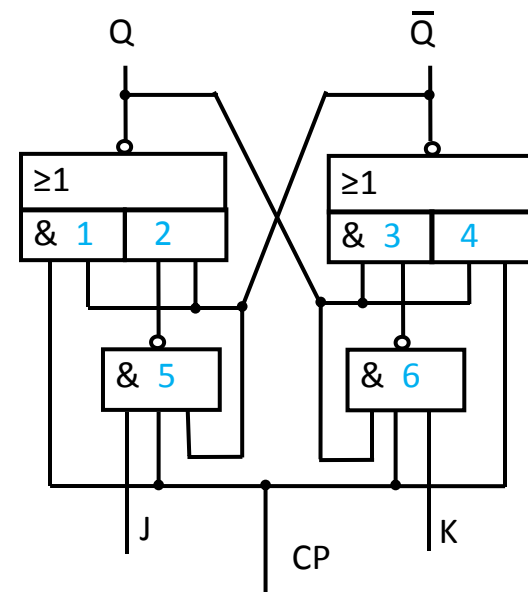


# 边沿JK触发器

■ 状态方程  $Q^{n+1} = (J\bar{Q} + \bar{K}Q)^n \quad (CP \downarrow)$

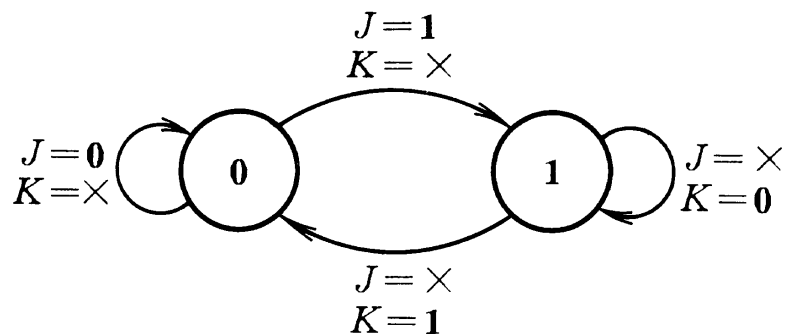
■ 状态功能表

CP	J	K	$Q^n$	$Q^{n+1}$	功能
0	X	X	X	$Q^n$	保持
1	X	X	X	$Q^n$	保持
↓	0	0	0	0	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	1	翻转
↓	1	1	1	0	



## 边沿JK触发器

## ■ 状态转换图



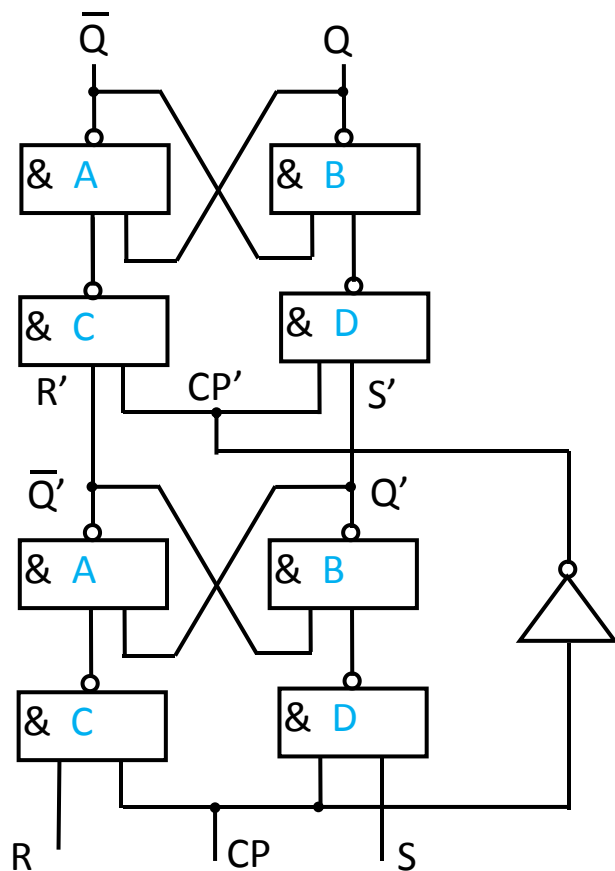
## ■ 激励表

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

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

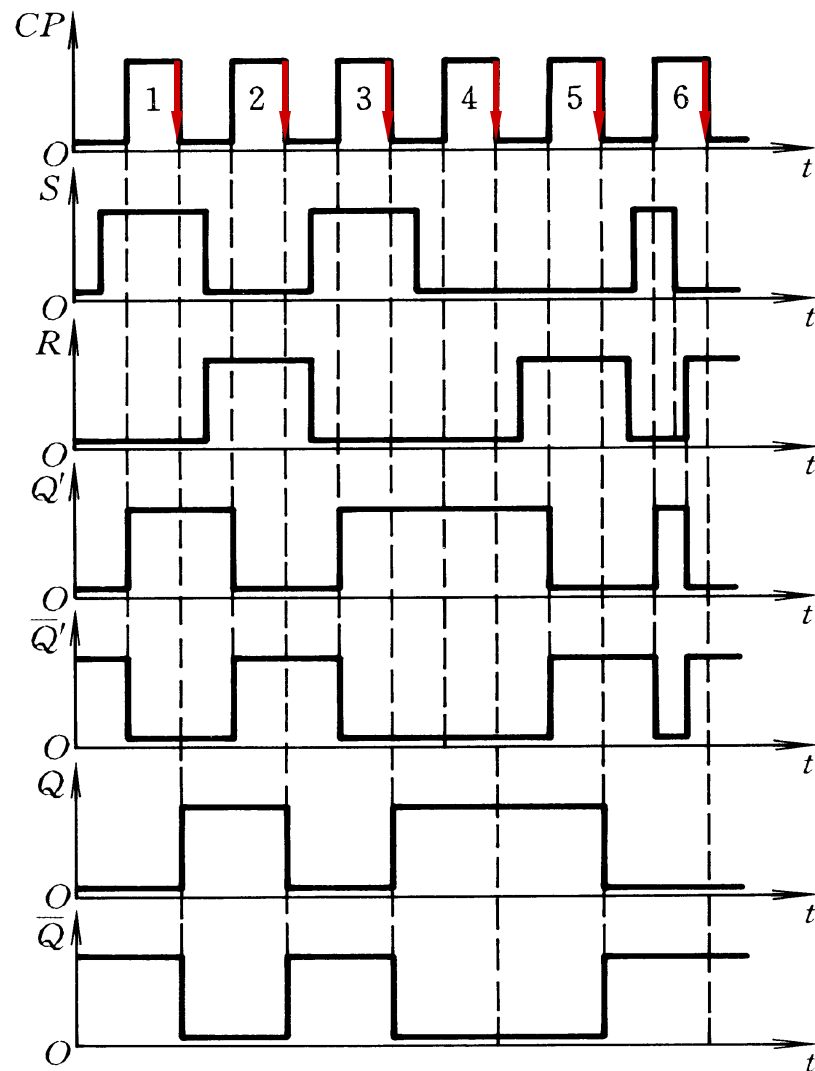
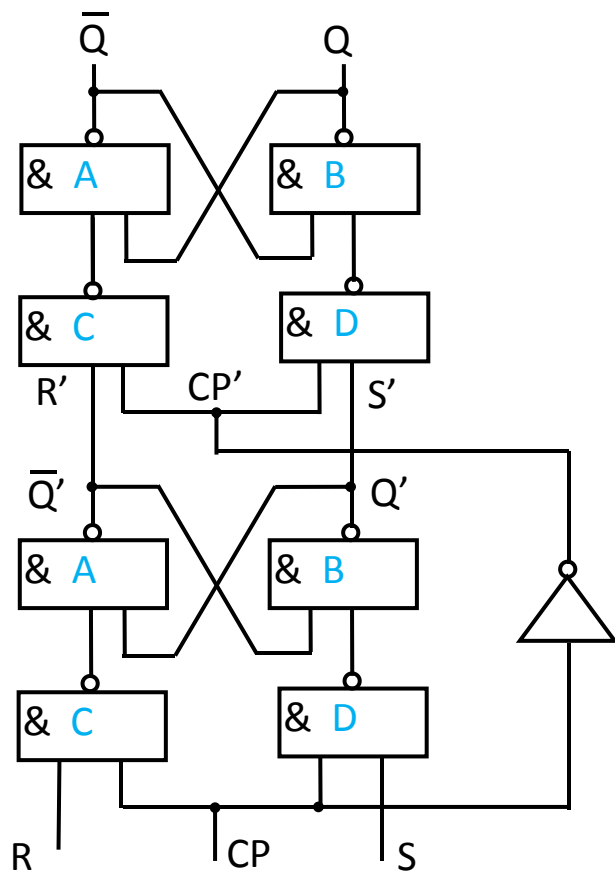
# 主从RS触发器

## ■ 电路结构



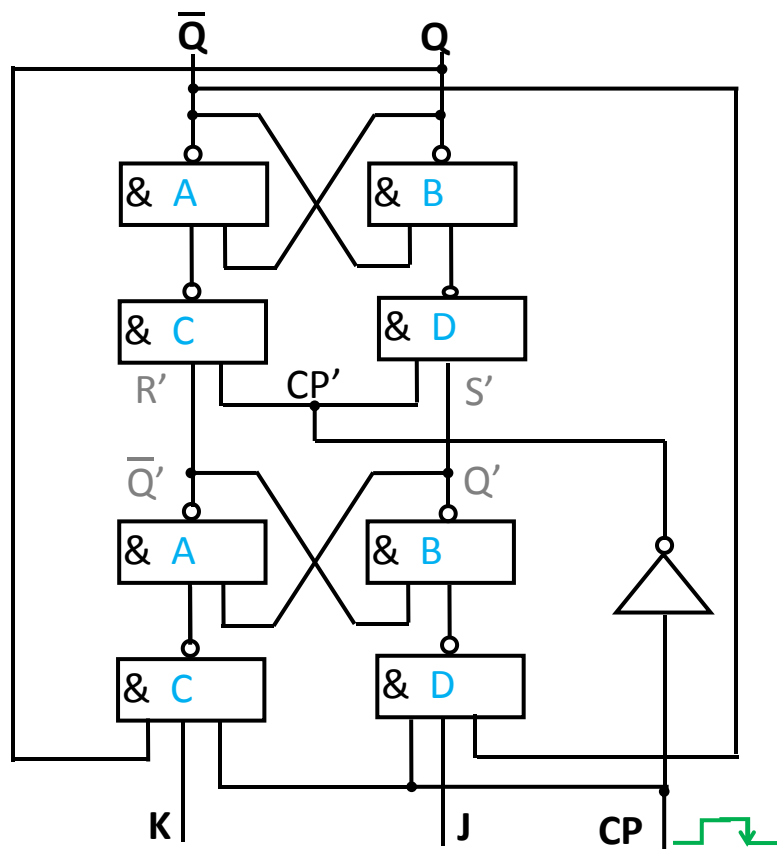
## 主从RS触发器

## ■ 波形分析



# 主从JK触发器

## ■ 电路结构



# 主从JK触发器

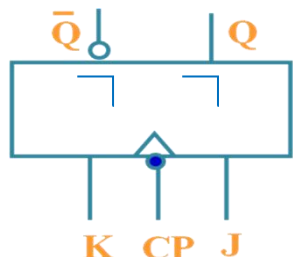
## ■ 状态方程

$$Q^{n+1} = (J\bar{Q} + \bar{K}Q)^n \quad (CP \downarrow)$$

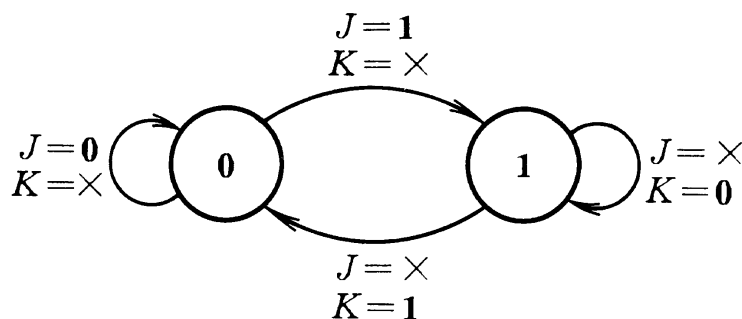
## ■ 状态功能表

CP	J	K	$Q^n$	$Q^{n+1}$	功能
X	X	X	X	$Q^n$	保持
↓	0	0	X	$Q^n$	保持
↓	0	1	X	0	置0
↓	1	0	X	1	置1
↓	1	1	X	$\bar{Q}^n$	翻转

## ■ 逻辑符号



## ■ 状态转换图



## ■ 激励表

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



# T触发器

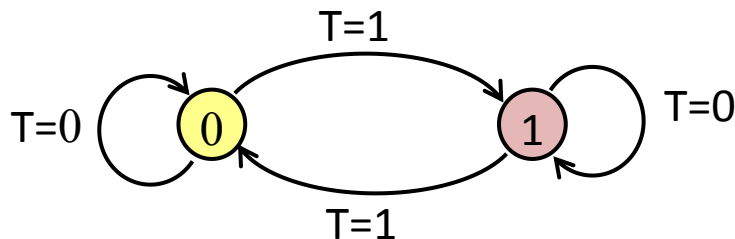
## ■ 状态功能表

T	$Q^n$	$Q^{n+1}$	说明
0	X	$Q^n$	保持
1	X	$\bar{Q}^n$	翻转

## ■ 特征方程

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

## ■ 状态转换图

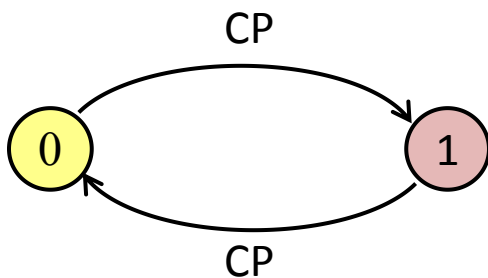


## T'触发器

### ■ 特征方程

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

### ■ 状态转换图



## 触发器小结

### ■ 触发机制

- 电平触发（同步触发器）
- 边沿触发（边沿触发器）
- 主从触发（主从触发器）

### ■ 触发器类型

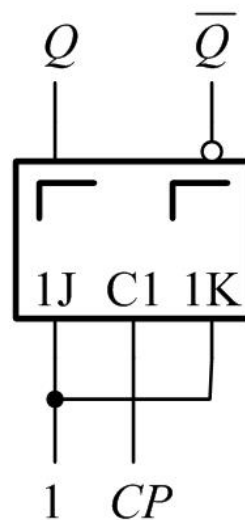
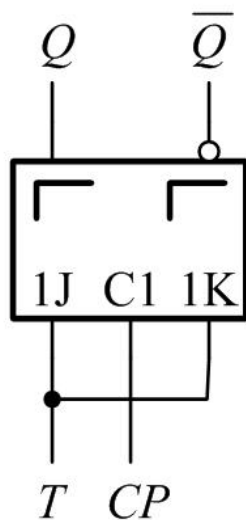
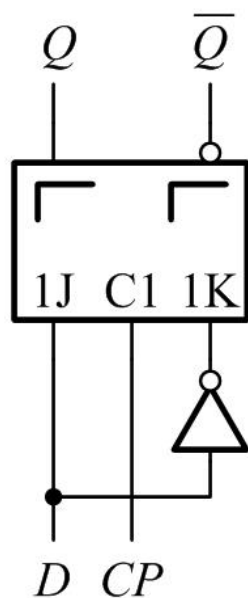
- RS触发器
- D触发器
- JK触发器
- T触发器
- T'触发器

## JK触发器转换为其它触发器

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

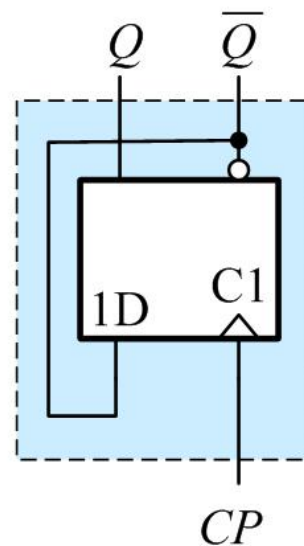
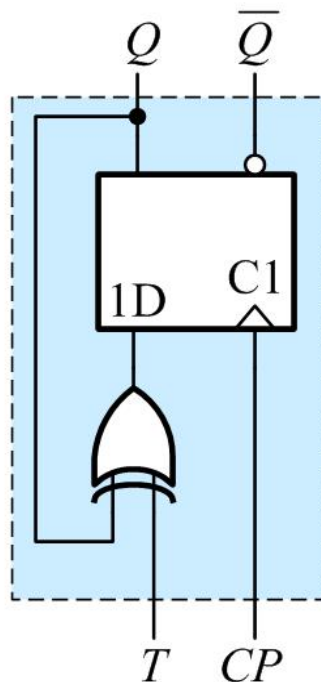
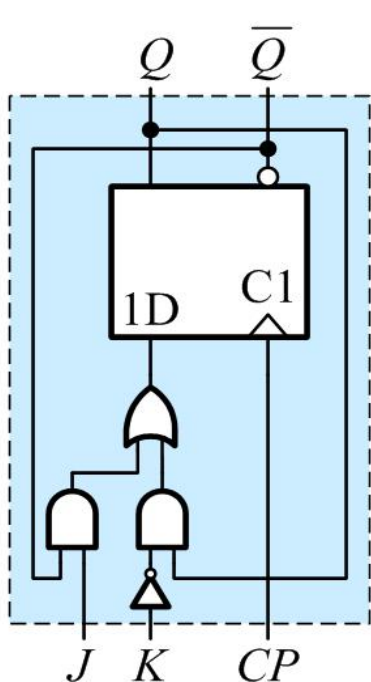
转换关系：

$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= D \\ Q^{n+1} &= T \cdot \overline{Q}^n + \overline{T} \cdot Q^n \\ Q^{n+1} &= \overline{Q}^n \end{aligned}$$

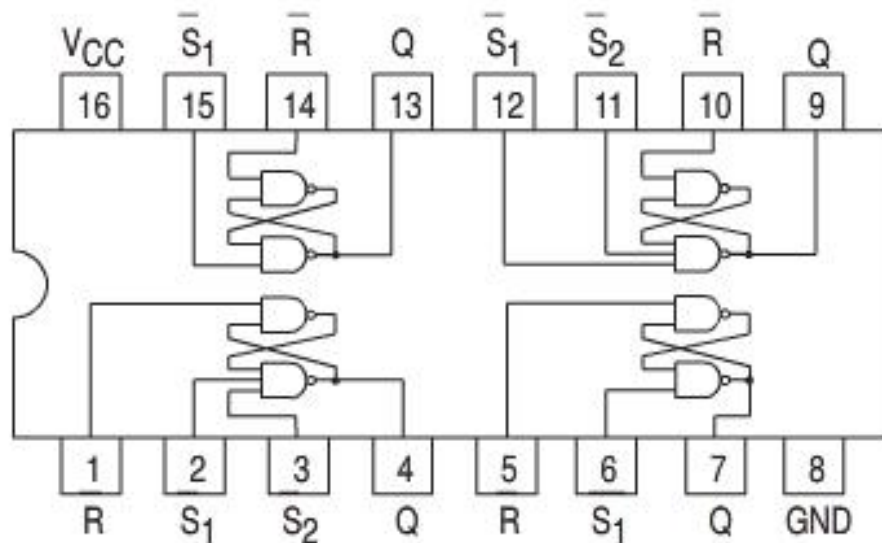
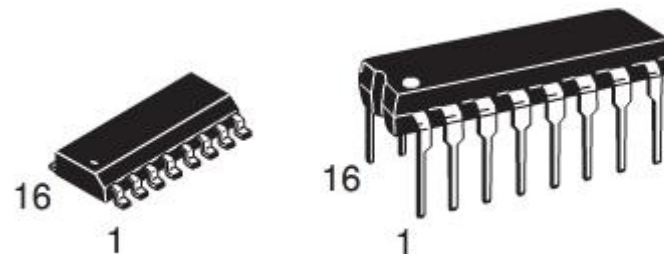


## D触发器转换为其它触发器

$$Q^{n+1} = D \begin{cases} Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n \\ Q^{n+1} = T \cdot \overline{Q}^n + \overline{T} \cdot Q^n \\ Q^{n+1} = \overline{Q}^n \end{cases}$$



## 常用芯片——集成RS触发器

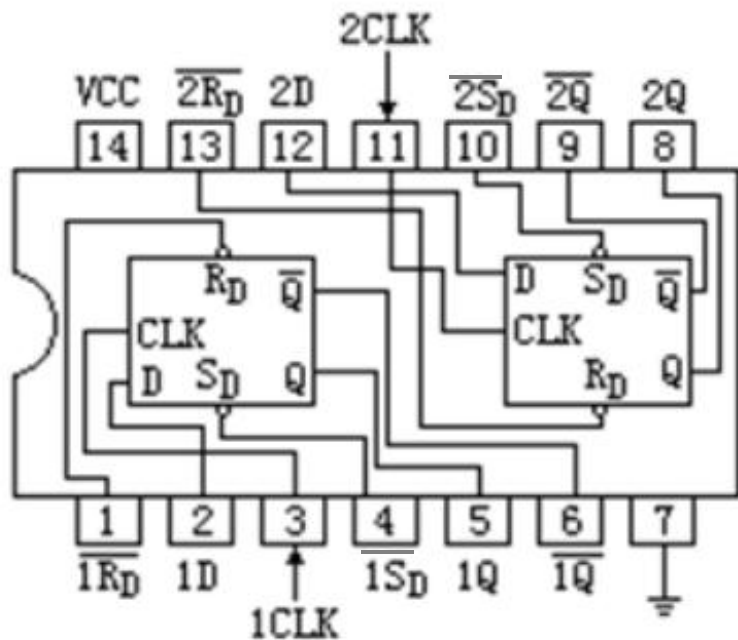
■ 四 $\bar{R}$ - $\bar{S}$ 锁存器74LS279

TRUTH TABLE

INPUT			OUTPUT (Q)
$\bar{S}_1$	$\bar{S}_2$	$\bar{R}$	
L	L	L	h
L	X	H	H
X	L	H	H
H	H	L	L
H	H	H	No Change

## 常用芯片——D触发器

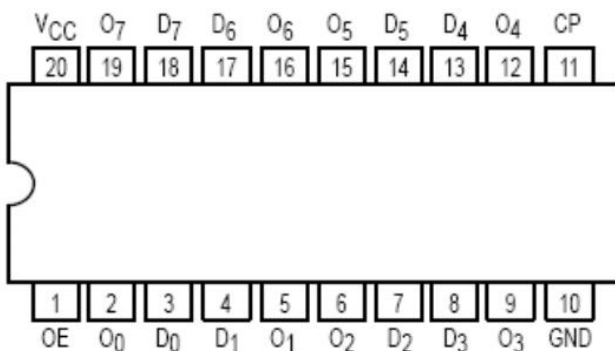
## ■ 双上升沿D触发器74LS74



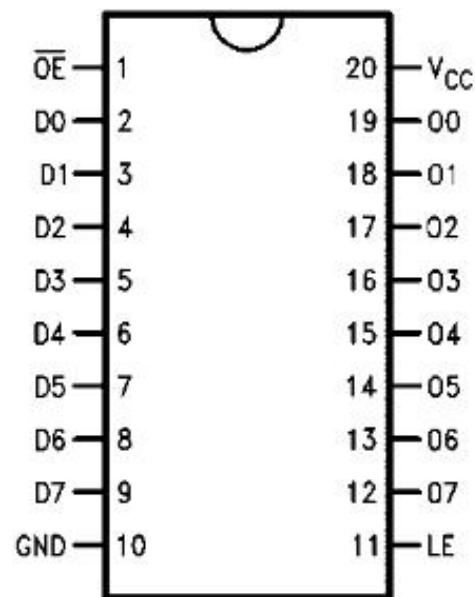
Inputs				Outputs	
$\overline{S_D}$	$\overline{R_D}$	CLK	D	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	$Q_0$	$\overline{Q}_0$

## 常用芯片——D触发器

- 八D透明锁存器74LS373
  - 八D透明锁存器74LS573
- 带缓冲器



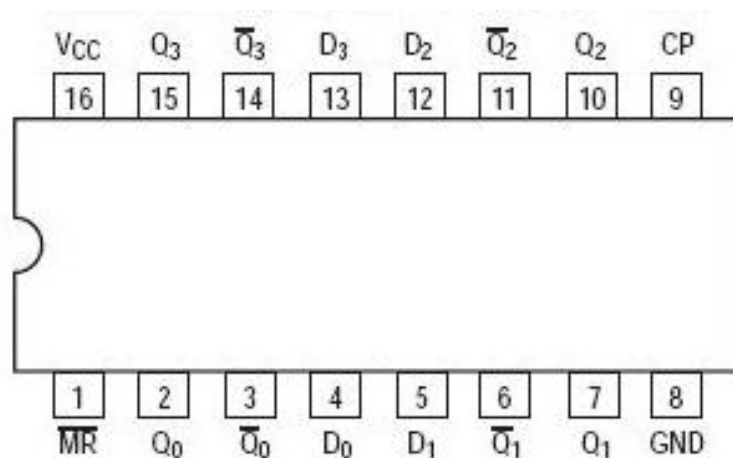
$D_i^n$	LE	OE	$Q_i^{n+1}$
H	H	L	H
L	H	L	L
X	L	L	$Q_i^n$
X	X	H	高阻态





## 常用芯片——D触发器

- 四上升沿D触发器74LS175 ■ 真值表  
有公共清除端

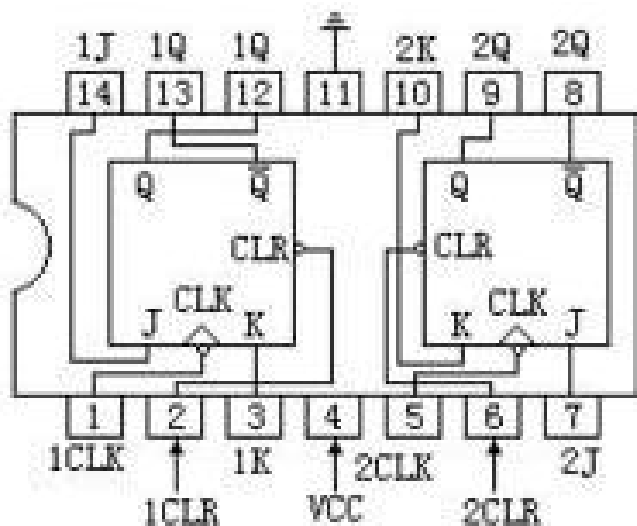


输 入			输 出
$R_D$	CP	$D_i$	$Q_i$
L	×	×	L
H	↑	$D_i$	$D_i$
H	H	×	保持
H	L	×	保持

## 常用芯片——JK触发器

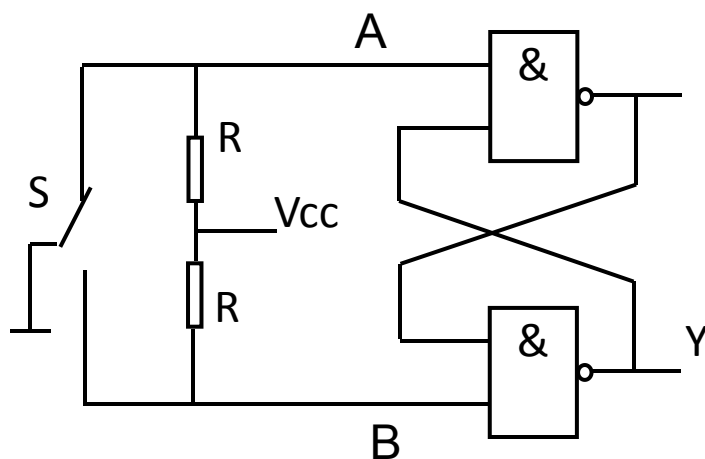
## ■ 双下降沿JK触发器74LS73

## ■ 真值表



INPUTS				OUTPUTS	
$\overline{\text{CLR}}$	CLK	J	K	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	X	L	H
H	$\downarrow$	L	L	$Q_0$	$\overline{Q_0}$
H	$\downarrow$	H	L	H	L
H	$\downarrow$	L	H	L	H
H	$\downarrow$	H	H	TOGGLE	TOGGLE

## ■ 防抖开关



## ■ 抢答器

