

数字世界精彩无限

# Unit 8

## ——Latches and Flip-Flops

张彦航

School of Computer Science  
Zhangyanhang@hit.edu.cn

## 8.2 边沿触发器

---

- D触发器
- RS触发器
- JK锁存器
- T触发器
- $T'$  触发器

# 1. 触发器的分类

## 时钟触发器

- 受时钟脉冲 (用 **CP** 或 **CK** 表示) 控制的触发器称作时钟触发器。
- 时钟也称同步信号。将多个触发器的时钟端相连, 可以控制它们同一时刻动作。
- 触发方式有电平触发和边沿触发两种

### 时钟触发器分类

#### 按逻辑功能

RS触发器

D触发器

JK触发器

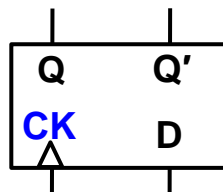
T触发器

T'触发器

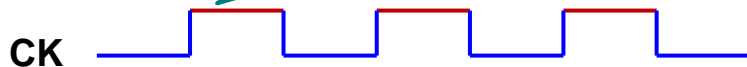
#### 按触发方式

电平触发

边沿触发



电平触发方式: 时钟信号高电平期间, 触发器可以做状态翻转

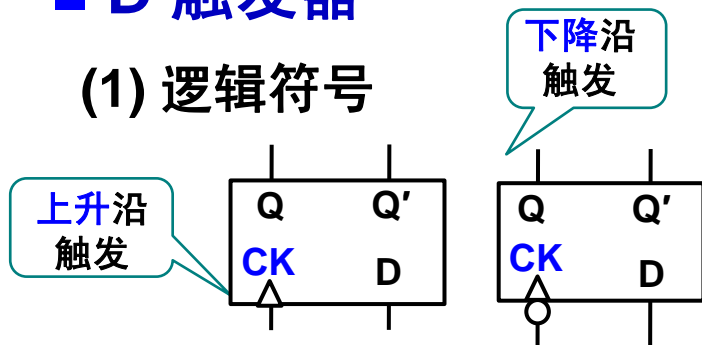


边沿触发方式: 时钟上升沿到来时刻, 触发器可以做状态翻转

## 2. 边沿触发器——D触发器

### ■ D 触发器

#### (1) 逻辑符号



#### (2) 功能表（上升沿为例）

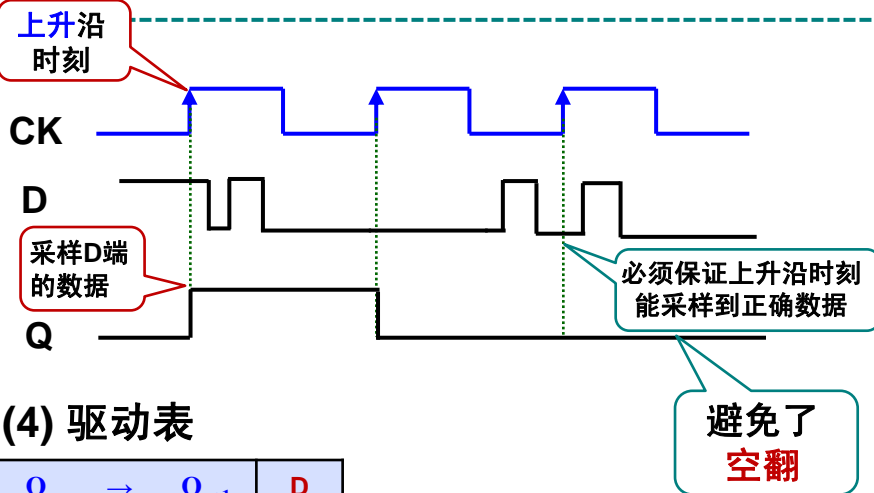
时钟端 CK	输入端 D	现态 $Q_n$	次态 $Q_{n+1}$
↑	0	0	0
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	1

#### (3) 次态方程

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

#### 时钟触发器的特点

- ◆由时钟脉冲确定状态转换的时刻(即何时转换?)
- ◆由输入信号确定触发器状态转换的方向(即如何转换?)



#### (4) 驱动表

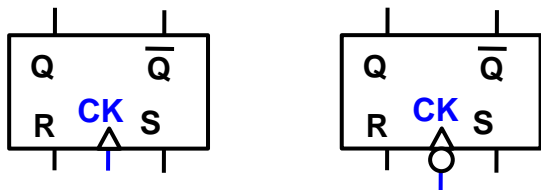
$Q_n$	$\rightarrow$	$Q_{n+1}$	D
0	$\rightarrow$	0	0
0	$\rightarrow$	1	1
1	$\rightarrow$	0	0
1	$\rightarrow$	1	1

D触发器的特点：  
最简单，应用最广

## 2. 边沿触发器——RS触发器

### ■ RS 触发器

#### (1) 逻辑符号



#### (3) 次态方程

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

$$SR = 0 \quad (\text{约束条件})$$

#### (2) 功能表（上升沿）

时钟端 CK	输入端 R	输入端 S	现态 $Q_n$	次态 $Q_{n+1}$
↑	0	0	0	0
↑	0	0	1	1
↑	0	1	0	1
↑	0	1	1	1
↑	1	0	0	0
↑	1	0	1	0
↑	1	1	0	—
↑	1	1	1	—

#### (4) 驱动表

$Q_n$	→	$Q_{n+1}$	R	S
0	→	0	X	0
0	→	1	0	1
1	→	0	1	0
1	→	1	0	X

驱动表可以从触发器功能推导出来

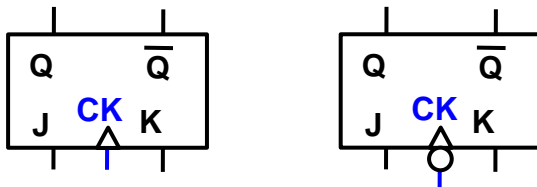
输入存在约束

RS触发器：输入存在约束  
D触发器：没有约束，但是只有一个输入端

## 2. 边沿触发器—— JK触发器

### ■ JK 触发器

#### (1) 逻辑符号



#### (2) 功能表（下降沿）

时钟端 CK	输入端 J	输入端 K	现态 $Q_n$	次态 $Q_{n+1}$
↓	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

功能最全，输入没有约束

保持

置 0

置 1

翻转

#### (3) 次态方程

$$Q_{n+1} = J \bar{Q}_n + \bar{K} Q_n$$

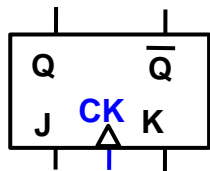
跟异或门很象嘛！

JK	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

#### (4) 驱动表

$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	J	K
0 → 0	0	X
0 → 1	1	X
1 → 0	X	1
1 → 1	X	0

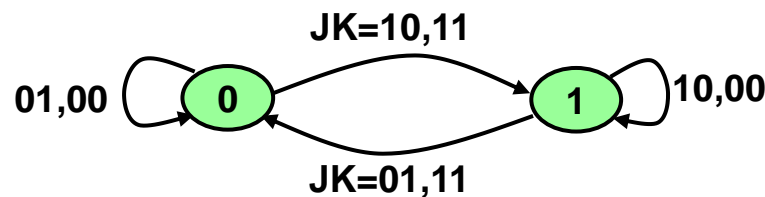
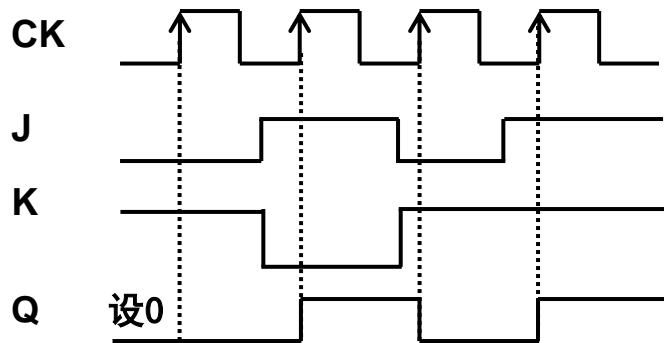
## 2. 边沿触发器—— JK触发器



### 时钟边沿触发器

- ◆何时转换？——时钟脉冲有效边沿到来时刻
- ◆如何转换？——输入信号取值确定

输入端		次态
J	K	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_n$



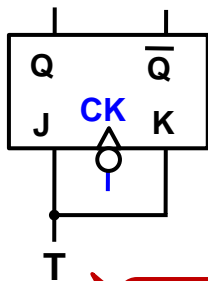
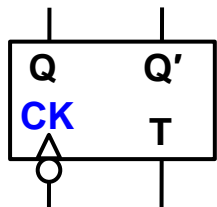
JK触发器状态图



## 2. 边沿触发器——T触发器

### ■ T 触发器

#### (1) 逻辑符号



是JK触发器的特例

#### (2) 功能表（下降沿）

时钟端 CK	输入端 T	现态 $Q_n$	次态 $Q_{n+1}$
↓	0	0	0
↓	0	1	1
↓	1	0	1
↓	1	1	0

保持

翻转

输入端 T	次态 $Q_{n+1}$
0	$Q_n$
1	$\bar{Q}_n$

#### (3) 次态方程

$$Q_{n+1} = J \bar{Q}_n + \bar{K} Q_n$$

IF  $J=K=T$

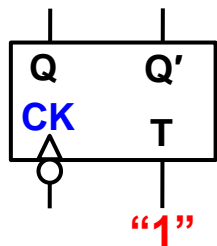


$$\begin{aligned} Q_{n+1} &= T \bar{Q}_n + T Q_n \\ &= T \oplus Q_n \end{aligned}$$

## 2. 边沿触发器——T'触发器

### ■ T' 触发器

#### (1) 逻辑符号



是T触发  
器的特例

#### (2) 功能表（下降沿）

时钟端 CK	输入端 T	现态 $Q_n$	次态 $Q_{n+1}$
↓	1	0	1
↓	1	1	0

#### (3) 次态方程

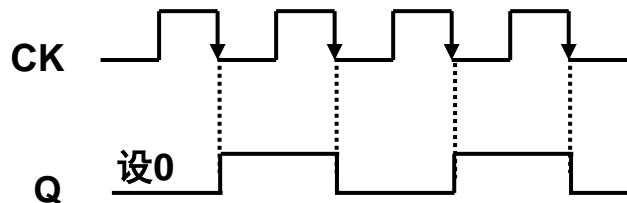
$$Q_{n+1} = J \bar{Q}_n + \bar{K} Q_n$$



IF  $J=K=T=1$

$$Q_{n+1} = \bar{Q}_n$$

#### (4) 波形分析



- 计数
- 二分频

## 2. 边沿触发器——总结

### 时钟边沿触发器的特点

- ◆ 由时钟脉冲边沿确定状态转换的时刻(即何时转换?), 其余时刻都是保持功能
- ◆ 由输入信号确定触发器状态转换的方向(即如何转换?)



思考: 对于一个下降沿触发的JK触发器, 如果让它实现保持功能, 有几种方法可以做到?

#### ◆ 方法1:

最简单的方法: 不给有效的时钟边沿(此时不用考虑J端和K端的信号)

### 方法

#### ◆ 方法2:

给时钟下降沿, 此时触发器的保持功能就必须依靠J端和K端的信号配合才能完成

## 8.2 边沿触发器

---

- D触发器
- RS触发器
- JK锁存器
- T触发器
- $T'$  触发器