

第9章 触发器

东北大学 机械电子工程研究所
赵海滨

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

1

第9章 触发器



- 基本概念
- RS触发器
- D触发器
- JK触发器
- T触发器和T' 触发器
- 触发器的转换

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

2



触发器

- 触发器：具有记忆功能，能够存储一位二进制信号的基本逻辑单元。
 - 有两个自行保持的稳定状态，‘0’和‘1’状态。
 - 根据输入信号的不同可以置成‘0’或‘1’状态。
 - 输入信号消失后，能将获得的状态保持。
- 分类
 - 按结构分：基本、同步、主从和边沿
 - 按触发方式分：电平、脉冲和边沿触发。
 - 按逻辑功能分：RS、JK、D和T(T')触发器。

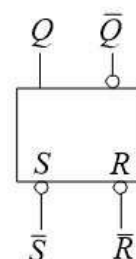
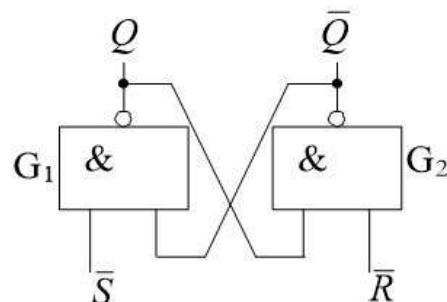
第9章 触发器



基本RS触发器

➤ 由与非门组成

低电平有效



正常状态下，输出端的状态相反，以Q端电平表示触发器状态。

基本RS触发器的特性表

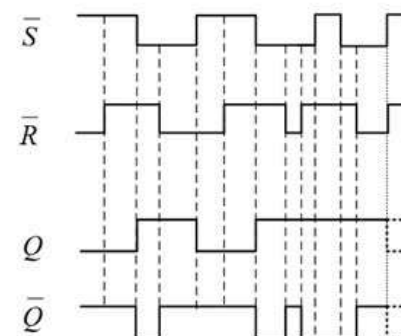
\bar{S}	\bar{R}	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
0	0	0	×	不允许
0	0	1	×	不允许
0	1	0	1	置1
0	1	1	1	置1
1	0	0	0	置0
1	0	1	0	置0
1	1	0	0	保持
1	1	1	1	保持

$\bar{S}=1, \bar{R}=0$ $Q=0, \bar{Q}=1$ 0态，复位（置0）

$\bar{S}=0, \bar{R}=1$ $Q=1, \bar{Q}=0$ 1态，置位（置1）

$\bar{S}=1, \bar{R}=1$ $Q=Q, \bar{Q}=\bar{Q}$ 保持原状态不变

$\bar{S}=0, \bar{R}=0$ $Q=1, \bar{Q}=1$ \bar{R} 先撤销 → 1态， \bar{S} 先撤销 → 0态
信号同时撤销，状态不定。



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院（共20页）

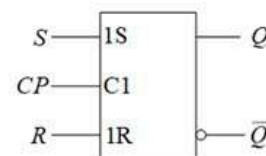
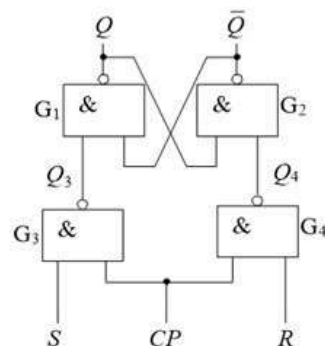
4

第9章 触发器



同步RS触发器

高电平有效



$CP = 1$

特性表

S	R	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
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	×	不允许
1	1	1	×	

$CP = 0, \bar{S} = \bar{R} = 1 \quad Q^{n+1} = Q^n$ 保持

$CP = 1, \bar{S} \cdot CP = \bar{S} \quad \bar{R} \cdot CP = \bar{R}$ 基本RS触发器

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

5

第9章 触发器



► 同步RS触发器，次态卡诺图

CP=1时，同步RS触发器的特性表。

CP=1时，输出随R和S的变化而变化。

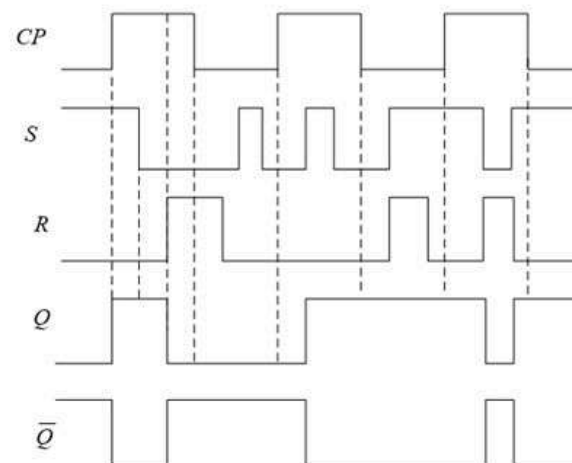
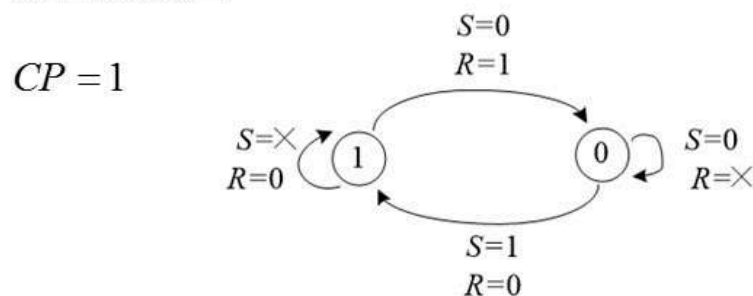
特性表				
S	R	Q^n	Q^{n+1}	功 能 说 明
0	0	0	0	保持
0	0	1	1	
0	1	0	0	置0
0	1	1	0	
1	0	0	1	置1
1	0	1	1	
1	1	0	×	不允许
1	1	1	×	

$Q^{n+1} SQ^n$		00	01	11	10
R	0	0	1	1	1
	1	0	0	×	×

► 卡诺图化简，得到特性方程

$$Q^{n+1} = S + \bar{R}Q^n \quad RS = 0 \text{ (约束条件)}$$

► 状态转换图



2025/4/23

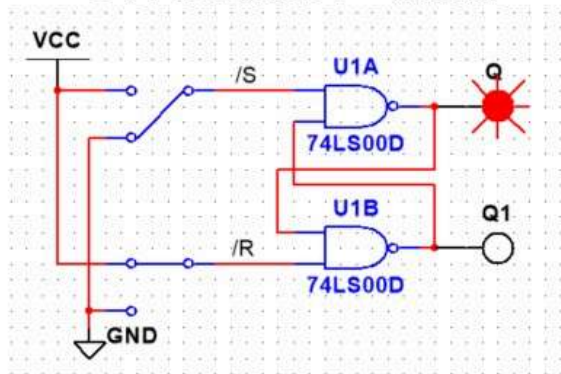
东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

6



➤RS触发器

与非门组成的基本RS触发器

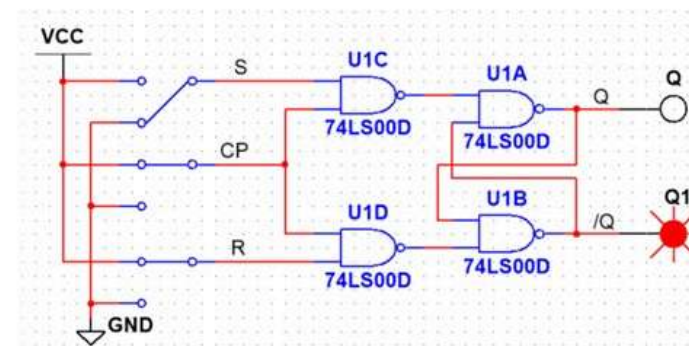


基本RS触发器的特性表

\bar{S}	\bar{R}	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
0	0	0	x	不允许
0	0	1	x	不允许
0	1	0	1	置1
0	1	1	1	置1
1	0	0	0	置0
1	0	1	0	置0
1	1	0	0	保持
1	1	1	1	保持

低电平有效

与非门组成的同步RS触发器



特性表

S	R	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
0	0	0	0	保持
0	0	1	1	保持
0	1	0	0	置0
0	1	1	0	置0
1	0	0	1	置1
1	0	1	1	置1
1	1	0	x	不允许
1	1	1	x	不允许

高电平有效

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

7

第9章 触发器



D触发器

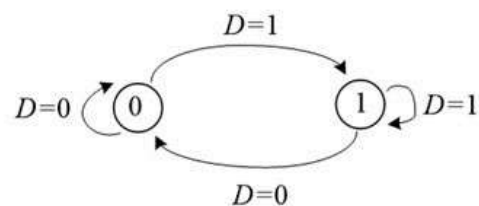
同步RS触发器修改后得到。

$$S = D \quad R = \bar{D}$$

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

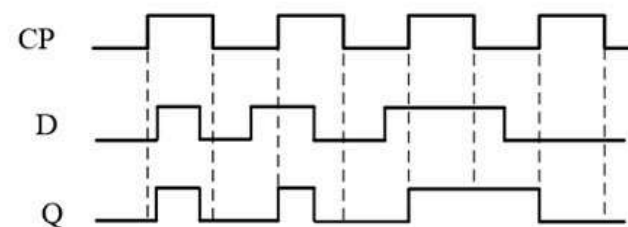
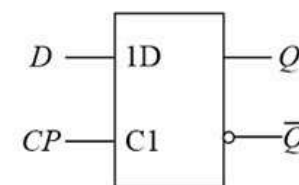
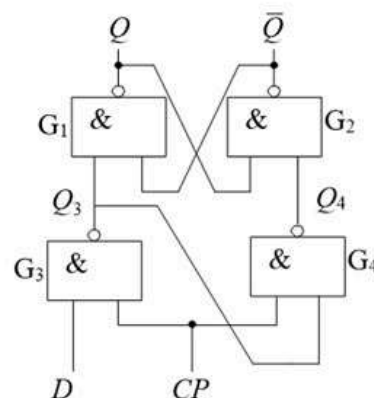
状态转换图

$$CP = 1$$



特性方程：

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



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

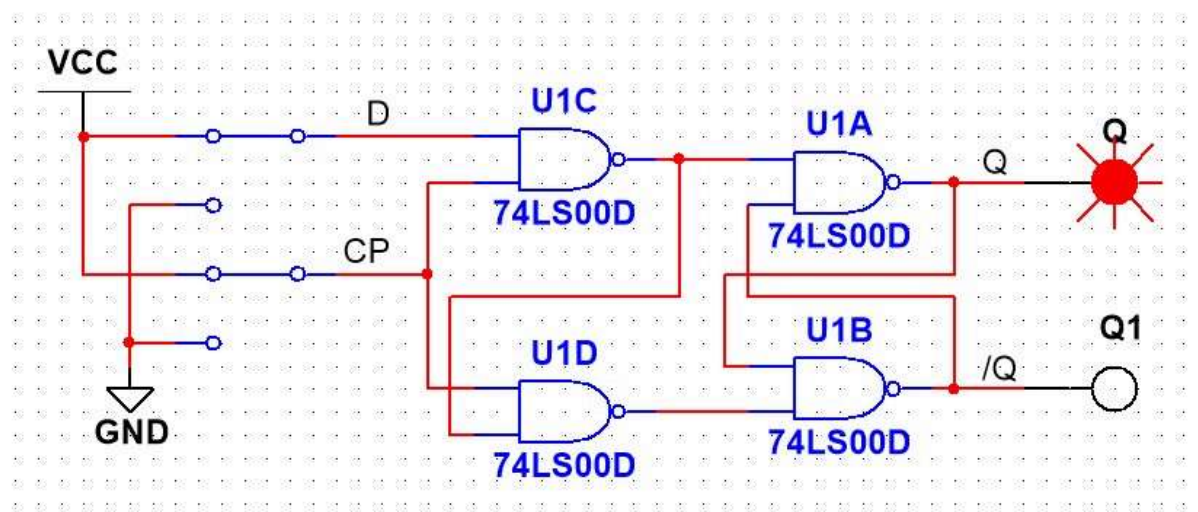
8



► D触发器仿真

$$CP = 0, Q^{n+1} = Q^n$$

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



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

9

第9章 触发器



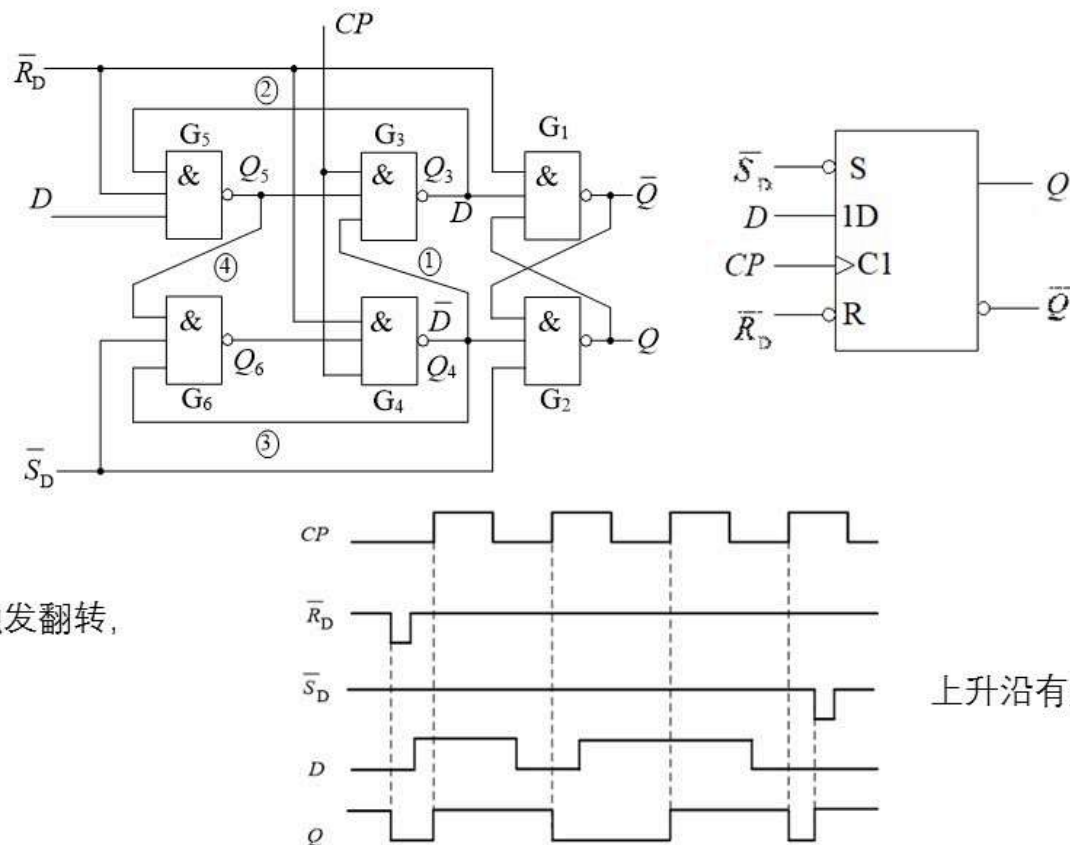
边沿D触发器（了解）

特性方程： $Q^{n+1} = D$

$\overline{R_D}$ 低电平有效，异步复位（置0）

$\overline{S_D}$ 低电平有效，异步置位（置1）

CP上升沿前接收输入信号，上升沿时触发翻转，
上升沿后输入被封锁。



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院（共20页）

10

第9章 触发器



主从RS触发器（了解）

➤ 主触发器接收信号，CP=1时

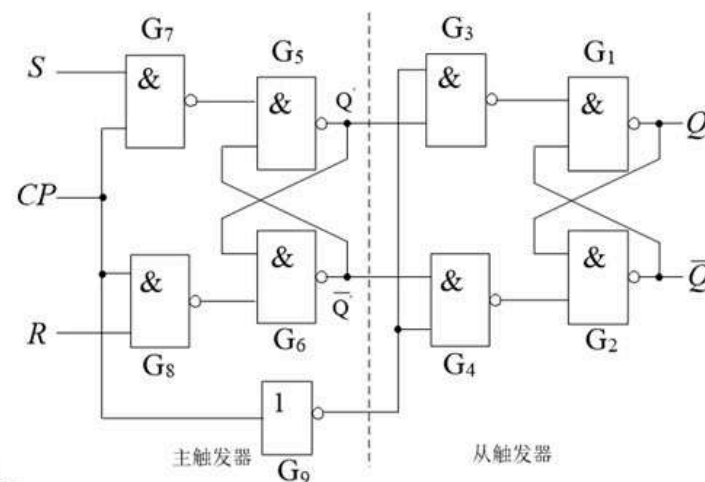
$$Q^{n+1} = S + \bar{R}Q^n \quad RS = 0, \quad CP = 1$$

➤ 输出信号，CP=0时

➤ 主触发器保持不变

➤ 从触发器由CP下降沿到来之前的状态确定。

➤ 特点：从触发器输出端的变化只能发生在CP的下降沿。



特性表

S	R	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
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	×	不允许
1	1	1	×	

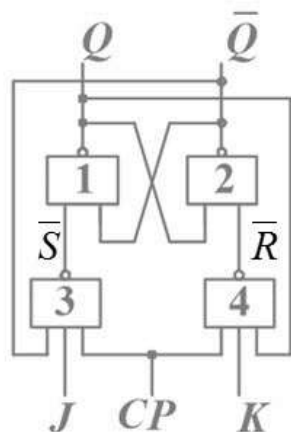
第9章 触发器



同步JK触发器

JK触发器的特性方程

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



JK触发器特性表

J	K	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
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	

Q^{n+1}

$Q^n \backslash JK$	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

次态卡诺图

$CP=1$

$$Q^n=0, \bar{Q}^n=1, J=0, K=1, Q^{n+1}=0, \bar{Q}^{n+1}=1$$

$$Q^n=1, \bar{Q}^n=0, J=0, K=1, Q^{n+1}=0, \bar{Q}^{n+1}=1$$

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

注意变量的顺序

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

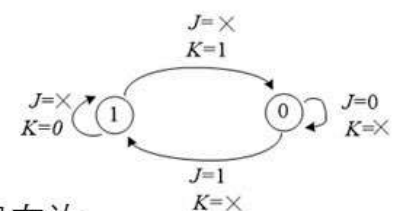
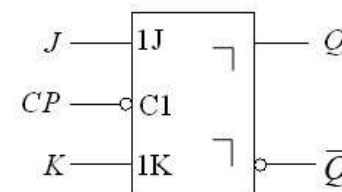
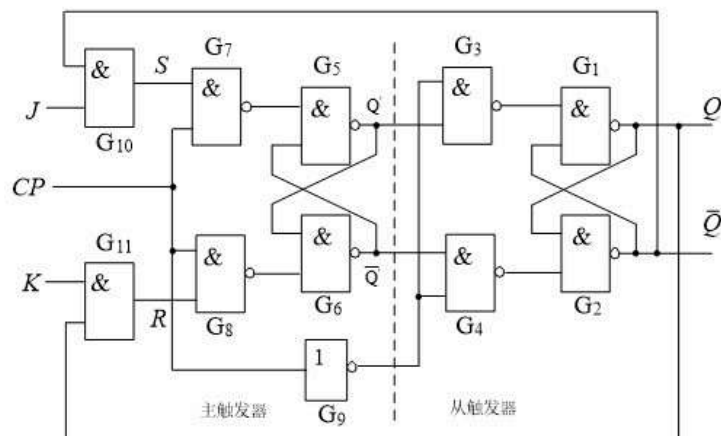
12

第9章 触发器



主从JK触发器（了解）

在主从RS触发器的基础上
修改后得到主从JK触发器。



$$S = J\overline{Q}^n \quad R = KQ^n$$

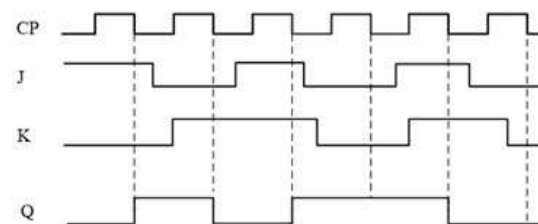
$$Q^{n+1} = S + \overline{R}Q^n = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n \cdot Q^n$$

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

JK触发器特性表

J	K	Q^n	Q^{n+1}	功能说明
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	

下降沿有效



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院（共20页）

13

第9章 触发器



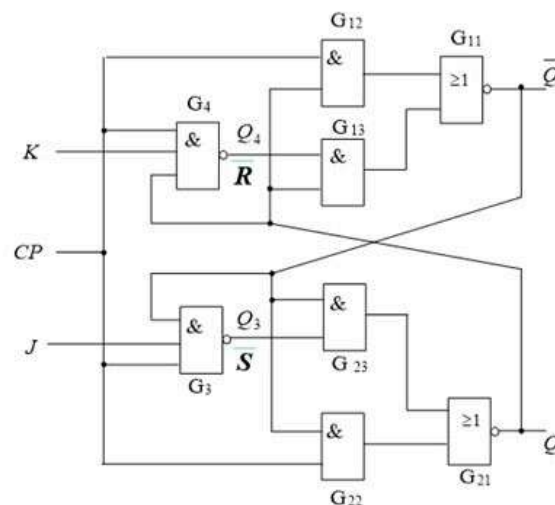
► 边沿JK触发器

特性方程：

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

► 集成JK触发器

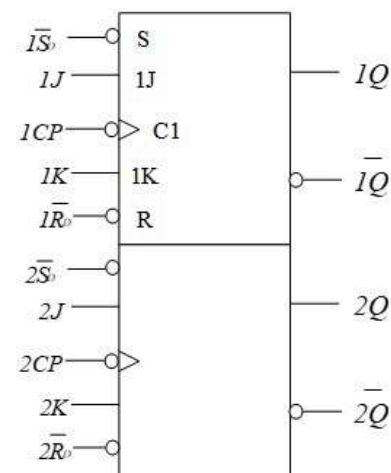
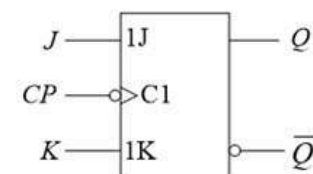
$\overline{S}_D = 0, Q = 1$ 异步置1
 $\overline{R}_D = 0, Q = 0$ 异步置0



74HC76功能表

输入					输出
\overline{S}_D	\overline{R}_D	CP	J	K	Q
L	H	x	x	x	H
H	L	x	x	x	L
H	H	↓	L	L	Q^n
H	H	↓	L	H	L
H	H	↓	H	L	H
H	H	↓	H	H	\overline{Q}^n

时钟下降沿有效



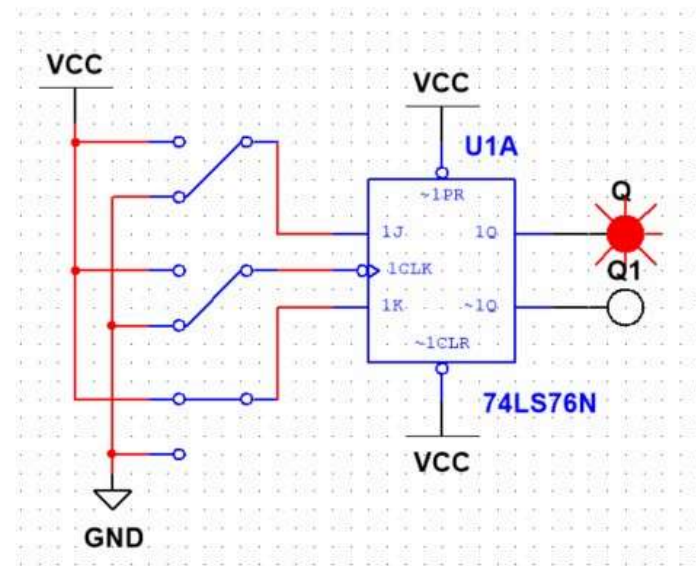
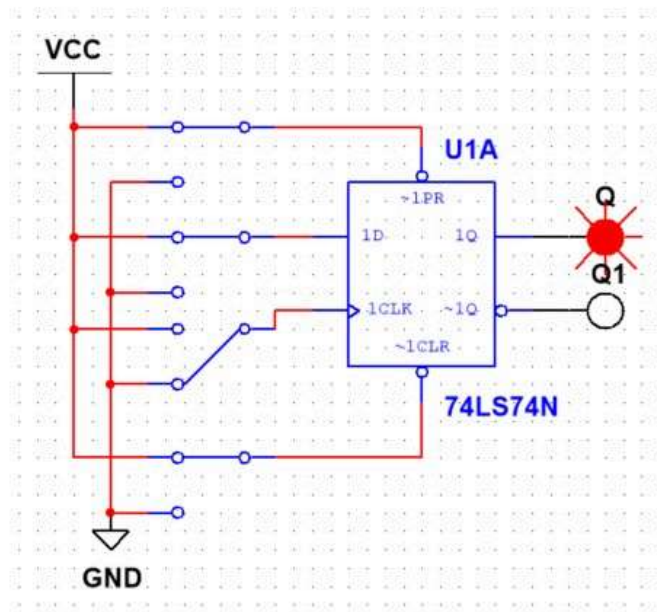
2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

14



► 集成D触发器和集成JK触发器



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

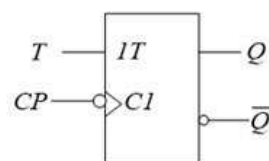
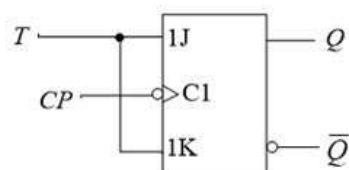
15



JK触发器转换为T触发器和T' 触发器

➤T触发器：将JK触发器的J和K连在一起作为T输入端。

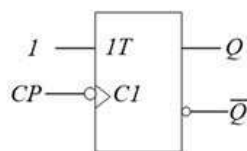
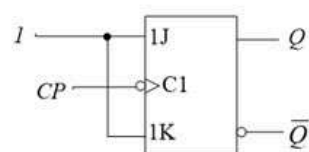
$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n = T\overline{Q}^n + \overline{T}Q^n \quad J = K = T$$



下降沿有效

➤T' 触发器：当T触发器的输入端恒为1时。

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

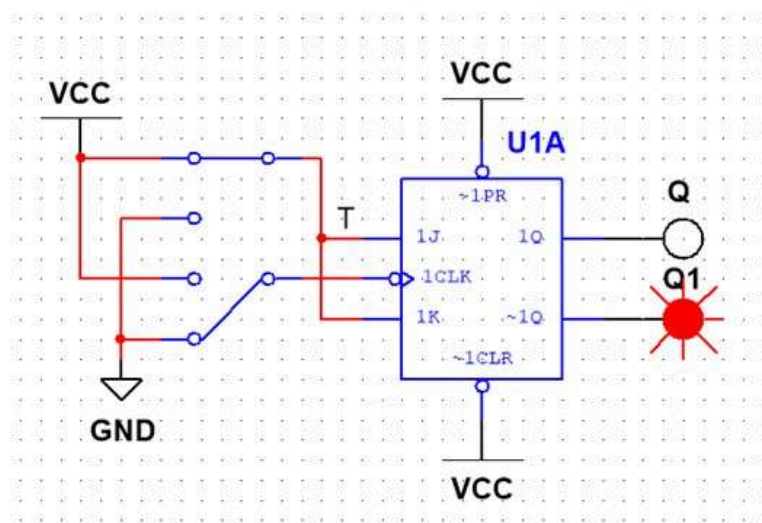


下降沿有效

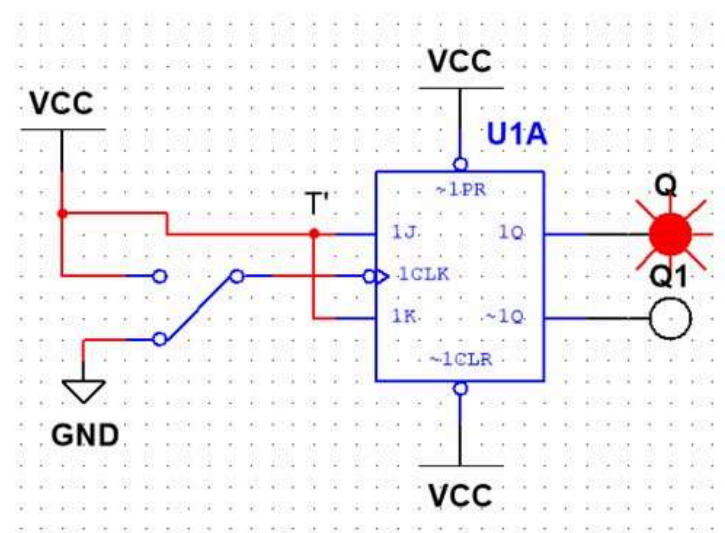


► T触发器和T' 触发器的仿真

$$Q^{n+1} = T\overline{Q^n} + \overline{T}Q^n \quad \begin{cases} T=0, Q^{n+1}=Q^n, \text{ 保持} \\ T=1, Q^{n+1}=\overline{Q^n}, \text{ 翻转} \end{cases}$$



$$Q^{n+1} = \overline{Q^n} \quad \text{只具有翻转功能}$$



2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

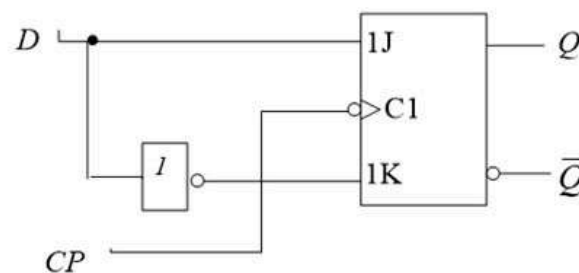
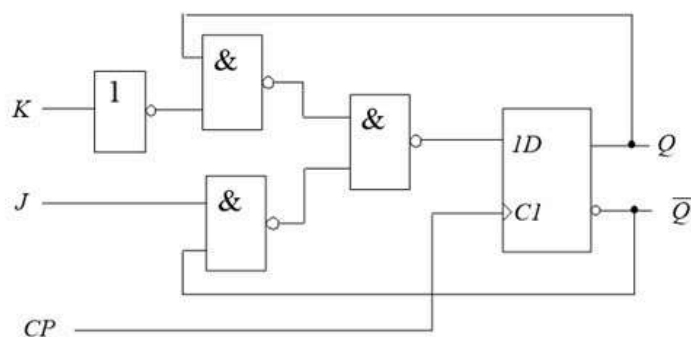
17



D触发器和JK触发器的相互转换

➤ D触发器转换为JK触发器

$$Q^{n+1} = D \quad Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n \quad D = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n = \overline{\overline{J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n}} \quad F = A + B = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$$

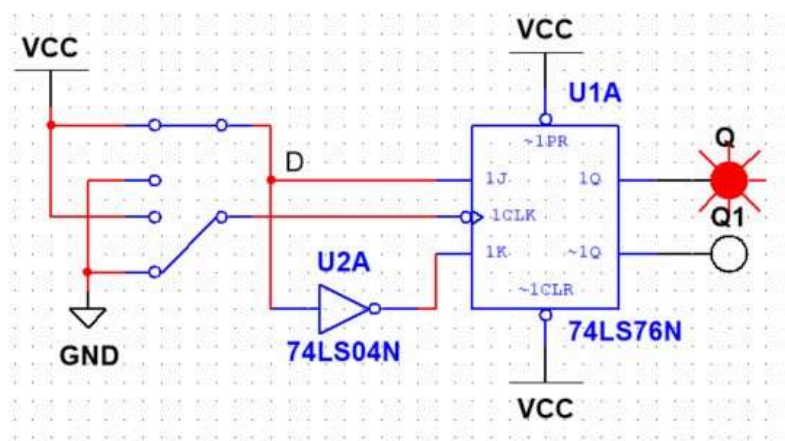


➤ JK触发器转换为D触发器

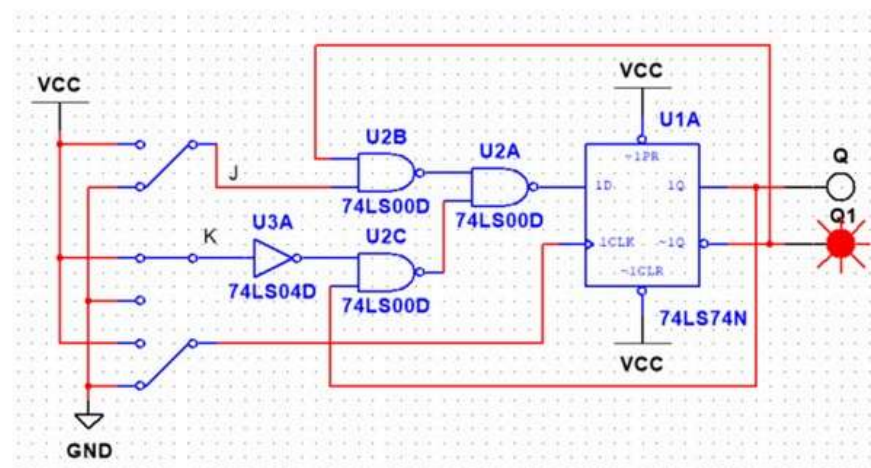
$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n \quad Q^{n+1} = D = D(\overline{Q}^n + Q^n) = D\overline{Q}^n + DQ^n \quad J = D, K = \overline{D}$$



► 触发器的转换



JK触发器转换为D触发器



D触发器转换为JK触发器

2025/4/23

东北大学 机械工程与自动化学院 (共20页)

19



练习题

- RS触发器的特性方程为 ()，约束条件为 ()。
- D触发器的特性方程为 ()。
- JK触发器的特性方程为 ()。
- 对于JK触发器，当 $J = K = 1$ 时， $Q^{n+1} = ()$ 。
- 对于JK触发器，当 $J = 1, K = 0$ 时， $Q^{n+1} = ()$ 。
- T触发器的特性方程为 ()。
- T' 触发器的特性方程为 ()。
- 将JK触发器转换为D触发器。

$$\begin{aligned}
 Q^{n+1} &= S + \bar{R}Q^n & RS &= 0 \\
 Q^{n+1} &= D \\
 Q^{n+1} &= J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n \\
 Q^{n+1} &= \bar{Q}^n \\
 Q^{n+1} &= 1 \\
 Q^{n+1} &= T\bar{Q}^n + \bar{T}Q^n \\
 Q^{n+1} &= \bar{Q}^n
 \end{aligned}$$