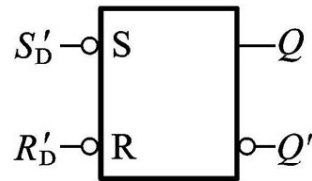


第五章 触发器(Flip-Flop)

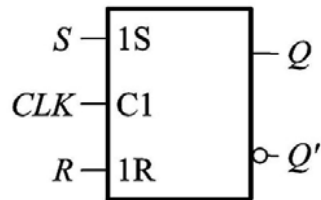
5.1.1 基本SRFF



约束 $S_D' + R_D' = 1$

希望有
门控能力

5.1.2 钟控SRFF



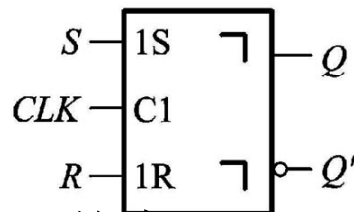
约束 $SR = 0$

改进

5.3.1 钟控DFF

希望有
时钟沿触发能力

5.1.3 主从SRFF



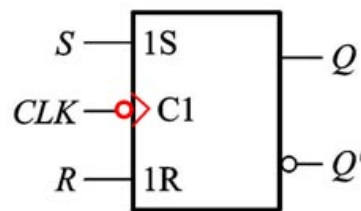
约束 $SR = 0$

改进

5.2.1 主从JKFF

希望有
可靠的沿触发能力

5.1.4 边沿SRFF



约束 $SR = 0$

改进

5.2.2 边沿JKFF

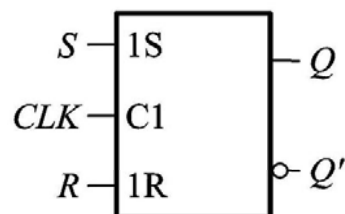
5.3.2 边沿DFF

S	R	Q*
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	1 ^①

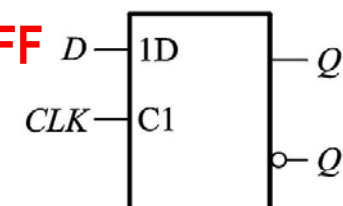
J	K	Q*
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	Q'

D	Q*
0	0
1	1

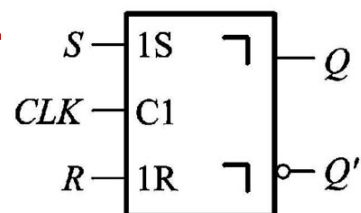
钟控SRFF



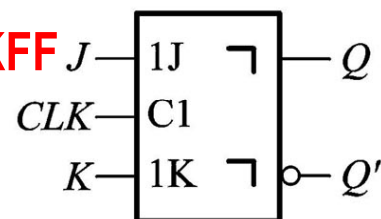
钟控DFF



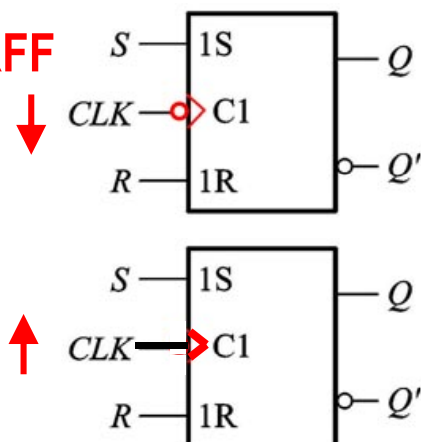
主从SRFF



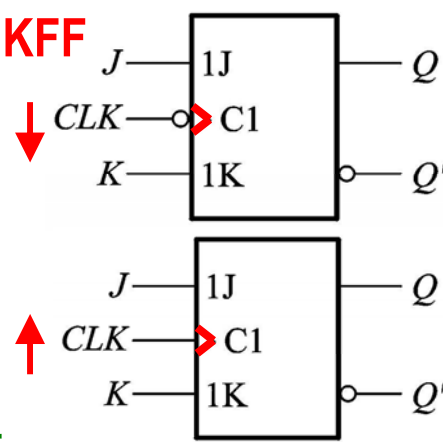
主从JKFF



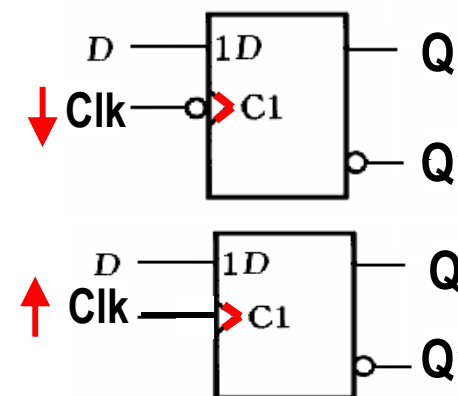
边沿SRFF



边沿JKFF



边沿DFF



约束 SR=0

改进

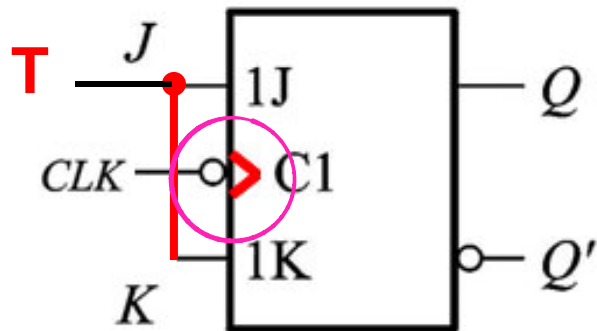
JK无约束

改进

D无约束
单端输入

5.4 T触发器(TFF)

1) 逻辑电路

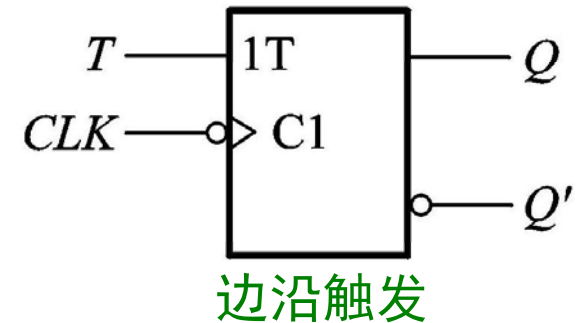


2) 特性表

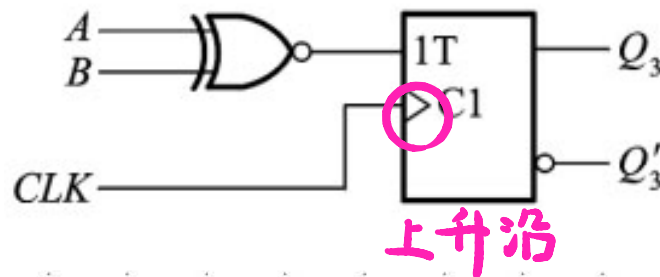
Clk	T	Q*
↓	0	Q
↓	1	Q'
0,1	X	Q

保持
取反
保持

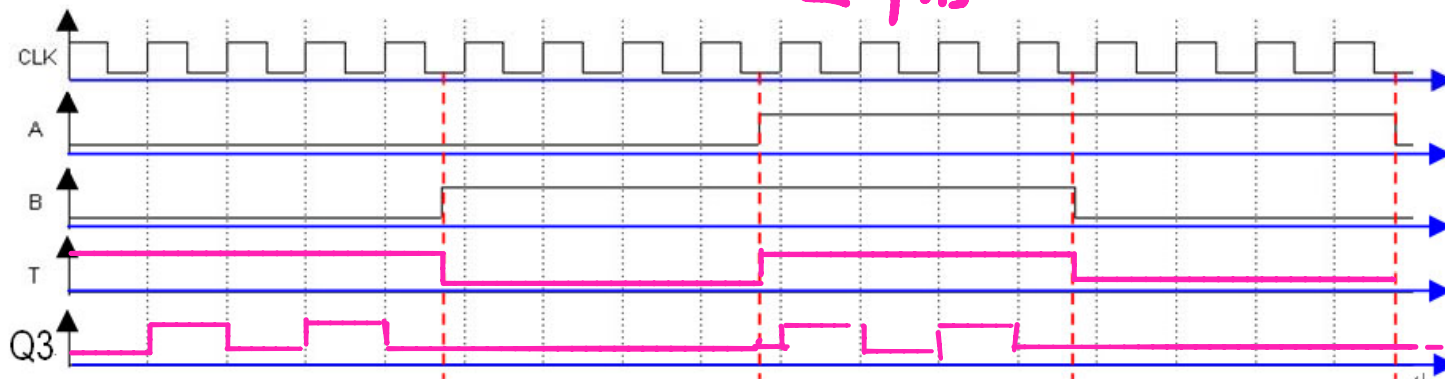
3) 逻辑符号



练习1 5.19 (3)



$T = 0, Q^* = Q$
 $T = 1, Q^* = Q'$



5.5 触发器的逻辑功能及其描述方法

逻辑功能: SRFF, JKFF, DFF, TFF

$$S, R, Q \rightarrow Q^* = S + R'Q, SR = 0$$

$$J, K, Q \rightarrow Q^* = JQ' + K'Q$$

$$D, Q \rightarrow Q^* = D$$

$$T, Q \rightarrow Q^* = T \oplus Q$$

触发方式/电路结构:

电平触发(钟控)

脉冲触发(主从)

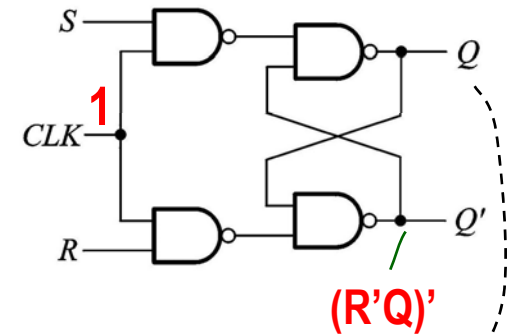
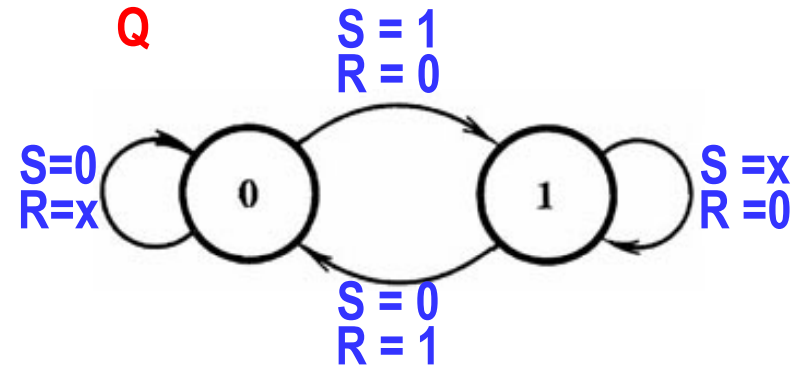
边沿触发

5.5.1 SRFF描述

1. 特性表

S	R	Q	Q*
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	1 ①

2. 状态转换图 (Q)



$$Q^* = ((S') \cdot (R'Q'))' \\ = S + R'Q$$

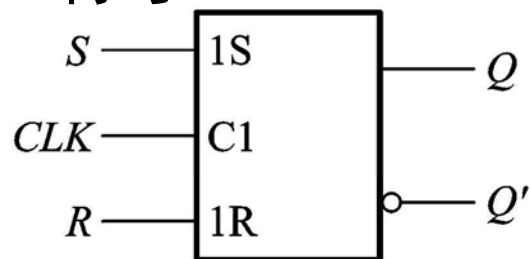
RQ	00	01	11	10
S 0	0	1	0	0
1	1	1	×	×

Q*

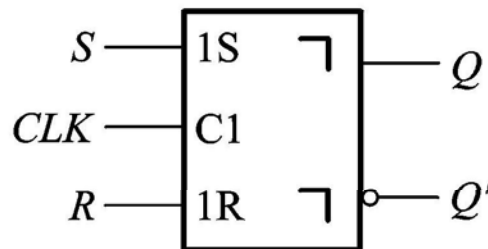
3. 特性方程

$$\begin{cases} Q^* = S + R'Q \\ SR = 0 \end{cases}$$

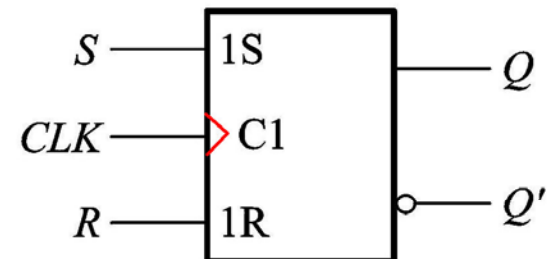
4. 符号



钟控(电平触发)



主从(脉冲触发)



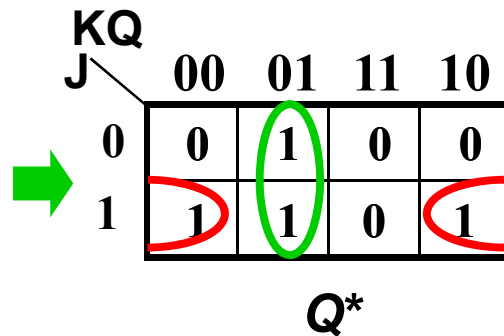
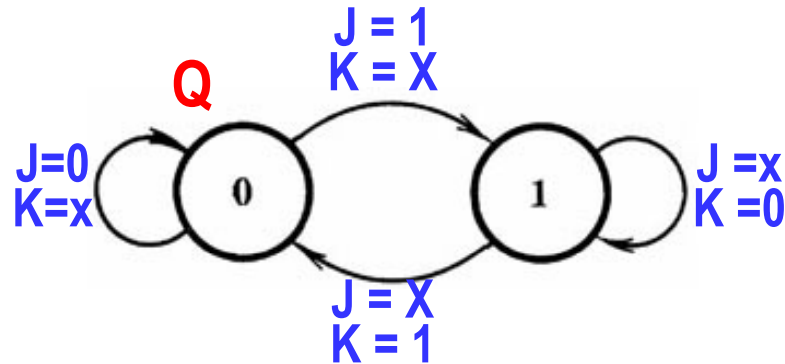
边沿触发

5.5.2 JKFF描述

1. 特性表

J	K	Q	Q*
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

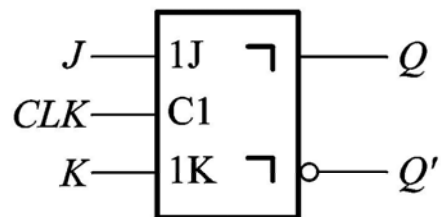
2. 状态转换图(Q)



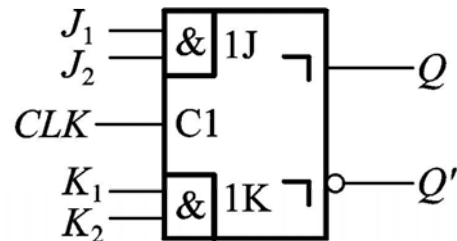
3. 特性方程

$$Q^* = JQ' + K'Q$$

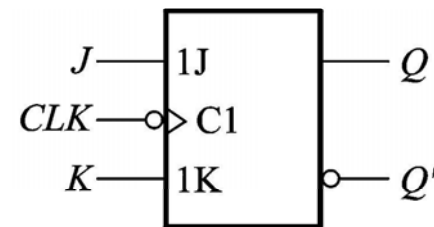
4. 符号



脉冲触发(主从)



脉冲触发(主从)



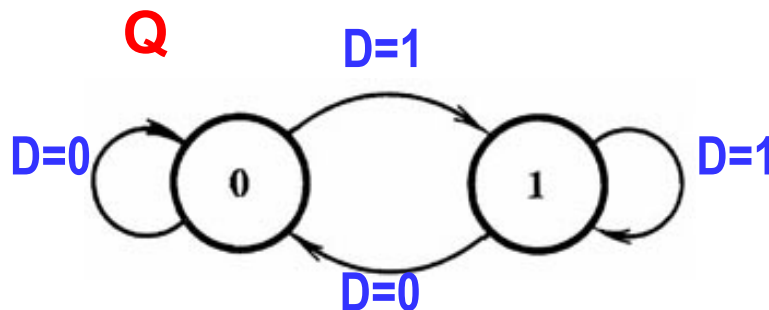
边沿触发

5.5.3 DFF描述

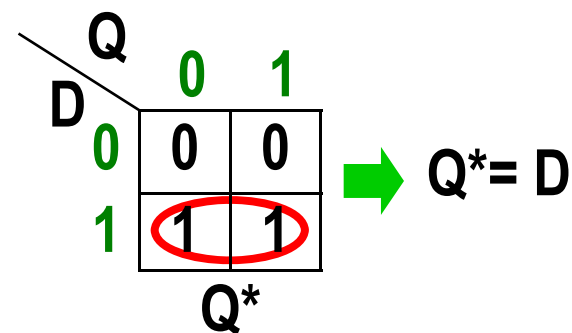
1. 特性表

D	Q	Q*
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

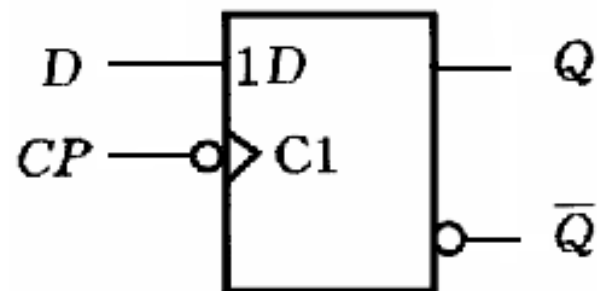
2. 状态转换图(Q)



3. 特性方程



4. 符号



边沿触发

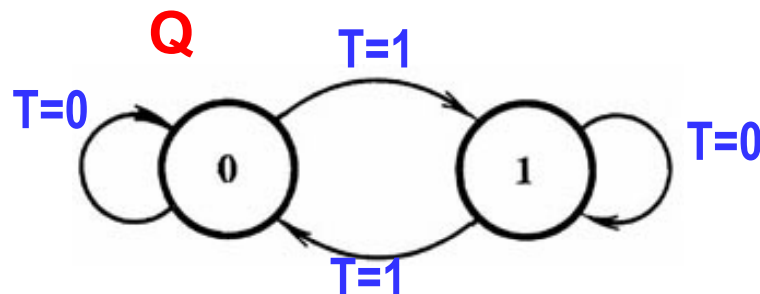
5.5.4 TFF描述

1. 特性表

T	Q	Q*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

保持 (保持 0 和 1 的行)
取反 (T=1 的行)

2. 状态转换图(Q)



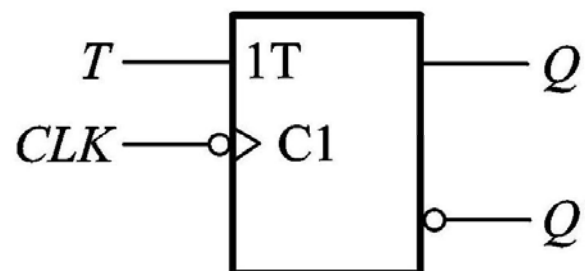
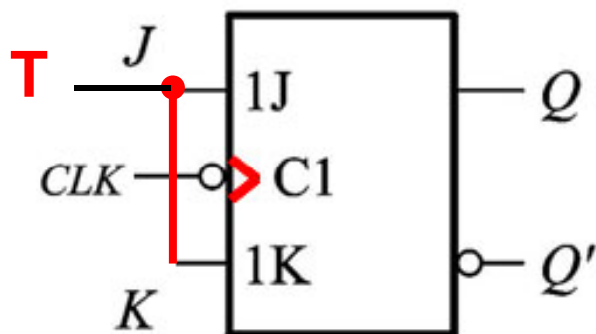
3. 特性方程

	Q	0	1
T	0	0	1
	1	1	0

Q*

$$Q^* = TQ' + T'Q$$

4. 逻辑符号



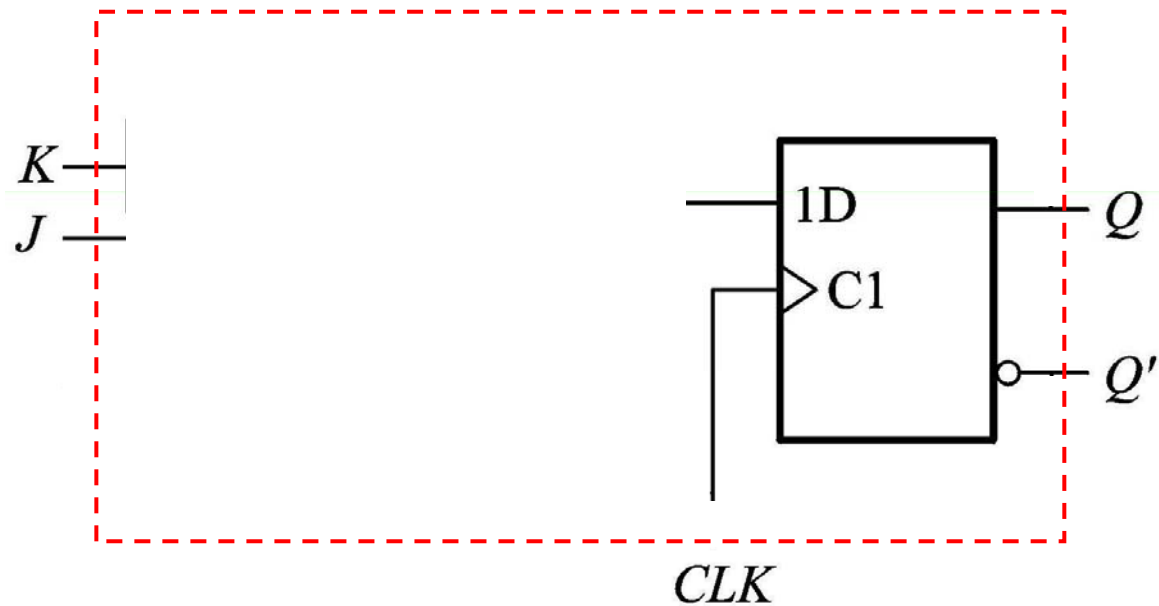
边沿触发

5.5.5 触发器逻辑功能的转换

例1. 已有DFF，现在需要JKFF, 要求用DFF及逻辑门改装出一个JKFF

D触发器: $Q^* = D$

JK触发器: $Q^* = JQ' + K'Q = ((JQ' + K'Q)')' = ((JQ')' (K'Q)')'$

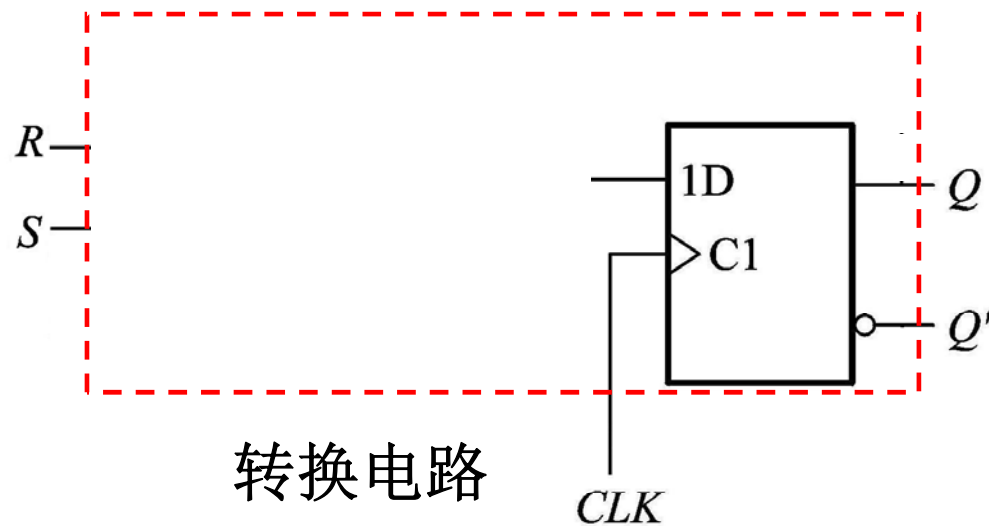


例2. 已有D触发器→SR触发器

D触发器: $Q^* = D$

SR触发器: $Q^* = S + R'Q = ((S + R'Q)')' = ((S)'(R'Q)')'$

此电路中 $S=R=1$ 时, $Q^*=1$,以后也不会引起不定翻转

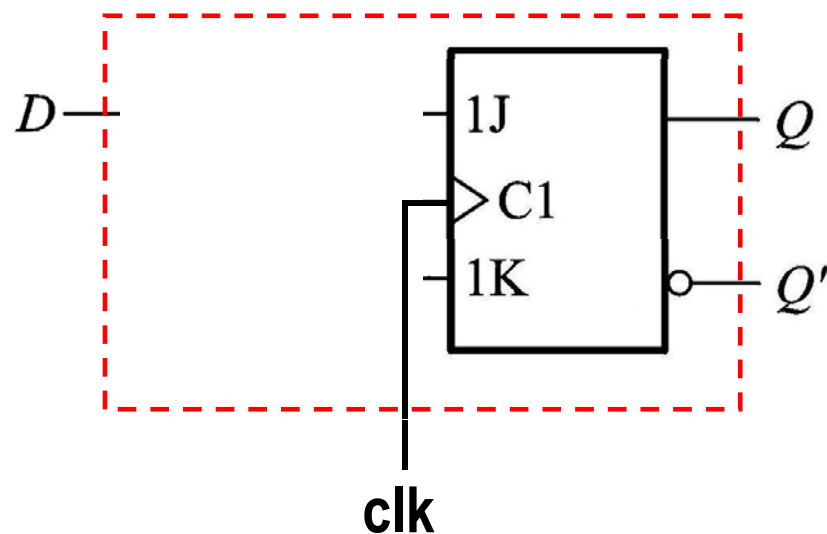


例3. 已有JK触发器→D触发器

JK触发器: $Q^* = JQ' + K'Q$

D触发器: $Q^* = D =$

比较得: $J = D \quad K = D'$

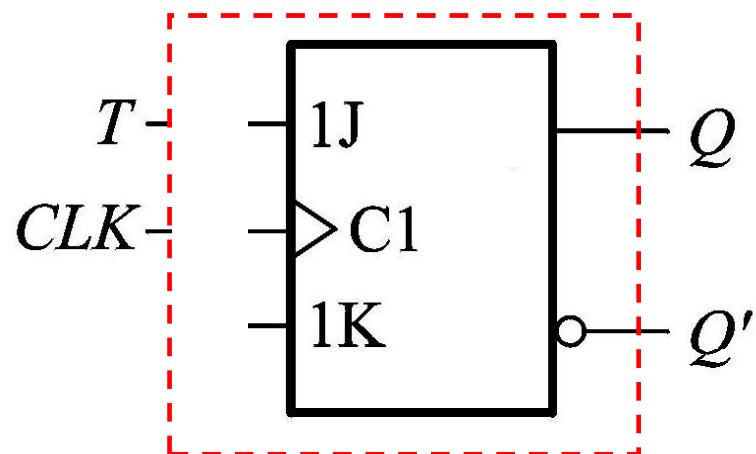


例4. 已有 JK 触发器 $\rightarrow T$ 触发器

JK 触发器: $Q^* = JQ' + K'Q$

T 触发器: $Q^* = TQ' + T'Q$

比较得: $J = K = T$



因此将 JK 触发器的 J 、 K 端连接在一起形成 T 触发器。

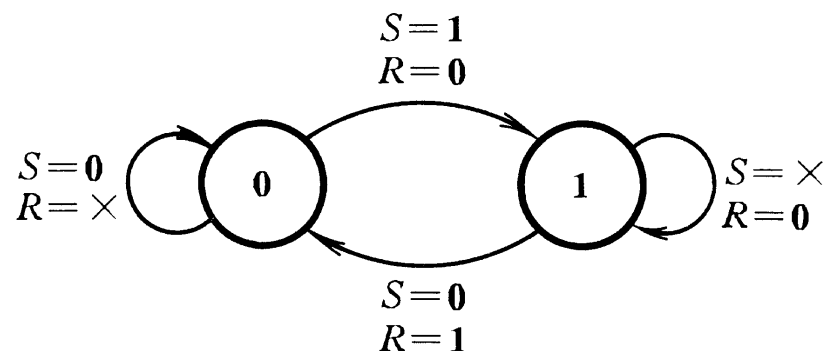
例5. 已有SR触发器→JK触发器

方法I: 驱动表法

1) 列驱动表

J	K	Q	Q*	S	R
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		

状态转换图



2) K图化简得到驱动函数

J \ KQ	00	01	11	10
0	0	x	0	0
1	1	x	0	1

$$S = JQ'$$

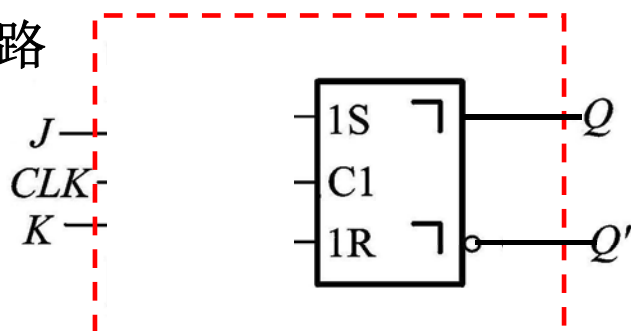
S

J \ KQ	00	01	11	10
0	x	0	1	x
1	0	0	1	0

$$R = KQ$$

R

3) 画电路



例5. 已有SR触发器→JK触发器

方法II:特征方程法

$$\begin{array}{l} SR \text{ 触发器: } Q^* = S + R'Q \\ JK \text{ 触发器: } Q^* = JQ' + K'Q \end{array} \Rightarrow \begin{cases} S = JQ' \\ R = K \end{cases}$$

$J=1, K=1, Q'=1$ 时, $\rightarrow Q^*=Q^{*'}=1$, 破坏了JKFF的特性

$\rightarrow S=1, R=1 \rightarrow$ 不定状态

$$\text{由驱动表法} \Rightarrow \begin{cases} S = JQ' \\ R = KQ \end{cases}$$

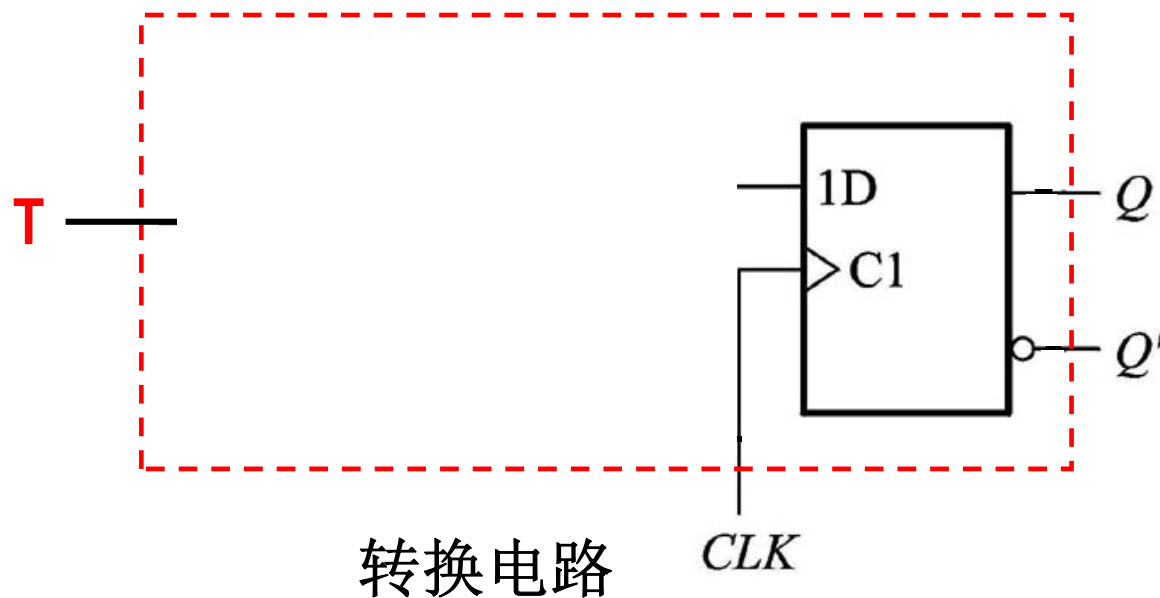
$J=1, K=1, Q'=1$ 时, $\rightarrow S=1, R=0$

已有SR触发器 \rightarrow 其他触发器, 用驱动表法

练习2 已有D触发器 \rightarrow T触发器

D触发器: $Q^* = D$

T触发器: $Q^* = \boxed{TQ' + T'Q} = ((TQ' + T'Q)')' = ((TQ')' (T'Q)')'$



总结：不同类型触发器之间的转换

转换方法：

利用已有触发器和待求触发器的特性方程相等的原则，求出转换逻辑式。

转换步骤：

- (1) 写出已有触发器和待求触发器的特性方程。
- (2) 变换待求触发器的特性方程，使之形式与已有触发器的特性方程一致。
- (3) 根据两个方程相等的原则求出转换逻辑式。
- (4) 根据转换逻辑式，画出电路图。

作业

5.18 (4) (12)

T边沿触发器