

数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

第三章 集成门电路与触发器

主讲教师 | 赵贻竹

03

时钟控制触发器

具有时钟脉冲控制的触发器



时钟控制触发器



定时触发器



clocked flip-flop

工作特点



何时转换



由时钟脉冲确定状态转换的时刻

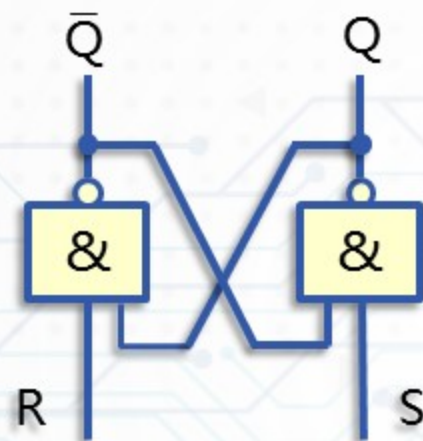


如何转换

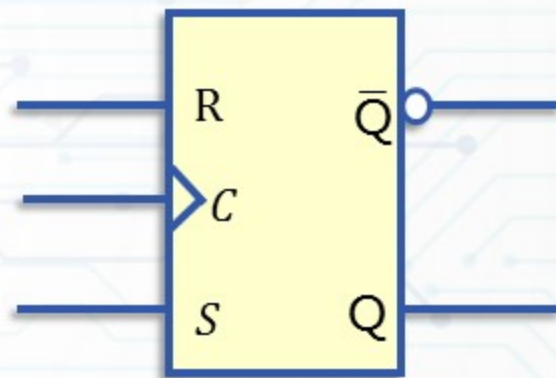
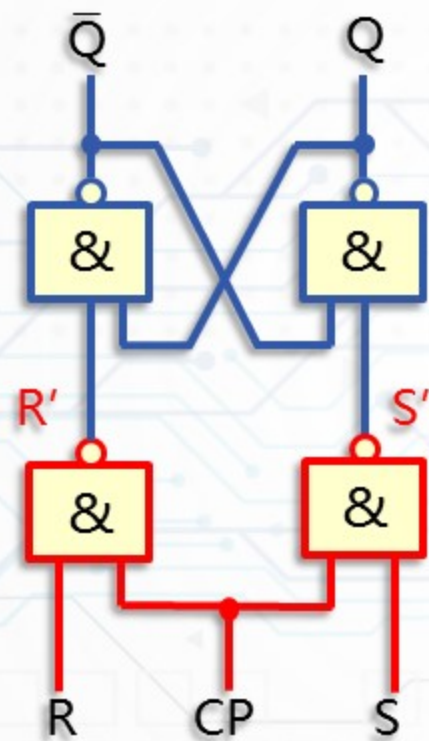


由输入信号确定触发器状态转换的方向

钟控R-S触发器



钟控R-S触发器



钟控R-S触发器

分 析



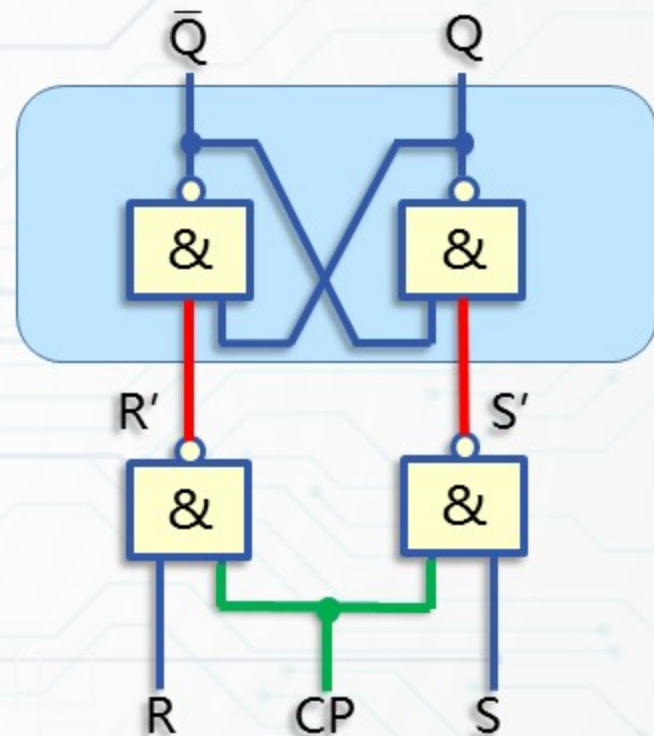
CP=0



$R'S' = 11$



$Q^{n+1} = Q$



钟控R-S触发器

分 析



CP=0



$R'S' = 11$



$Q^{n+1} = Q$



CP=1



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



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

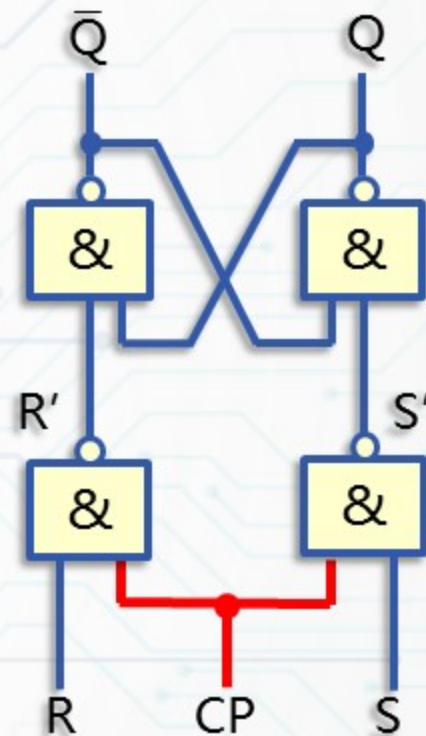


$R' + S' = 1 \Rightarrow \bar{R} + \bar{S} = 1$

$\Rightarrow RS = 0$



结论：和或非门构成的R-S触发器功能一致



钟控R-S触发器

钟控R-S触发器功能表

RS	Q^{n+1}	功能说明
0 0	Q	不变
0 1	1	置 1
1 0	0	置 0
1 1	d	不定

钟控R-S触发器状态表

现态 Q	次态 Q^{n+1}			
	RS=00	RS=01	RS=11	RS=10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0

钟控R-S触发器

钟控R-S触发器状态表

现态 Q	次态 Q^{n+1}			
	RS=00	RS=01	RS=11	RS=10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0

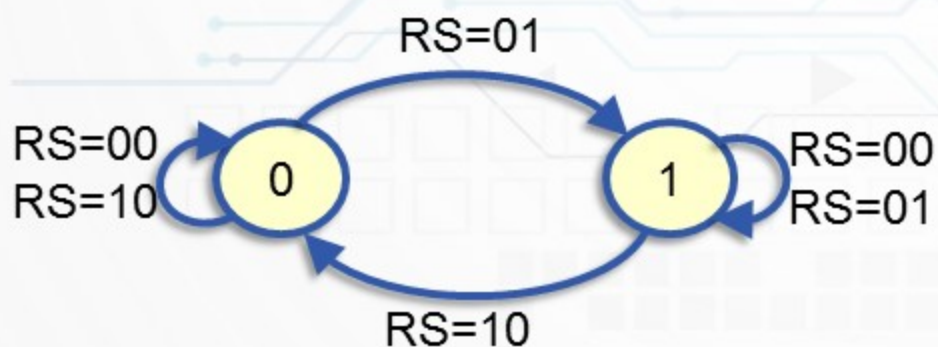
钟控R-S触发器激励表

现态 Q	次态 Q^{n+1}	RS
0	0	d 0
0	1	0 1
1	0	1 0
1	1	0 d

钟控R-S触发器

钟控R-S触发器状态表				
现态Q	次态 Q^{n+1}			
	RS=00	RS=01	RS=11	RS=10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0

RS \ Q	00	01	11	10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0



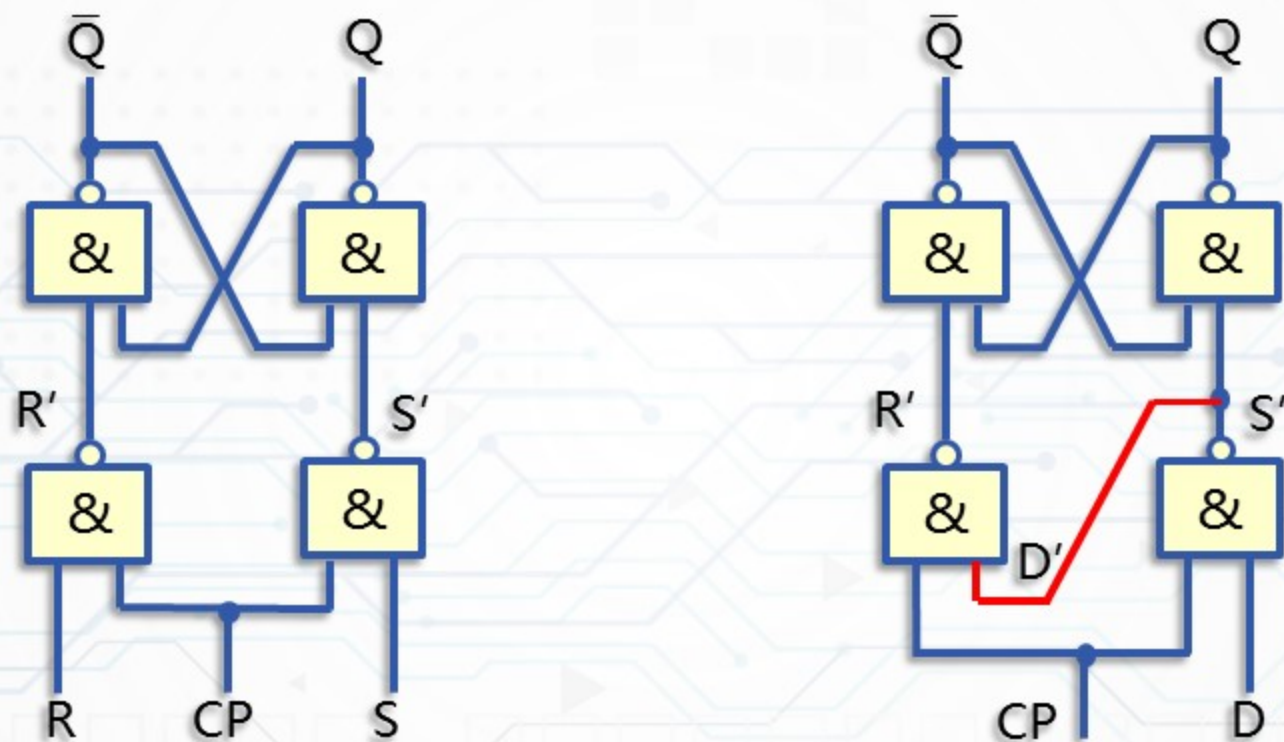
次态方程

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

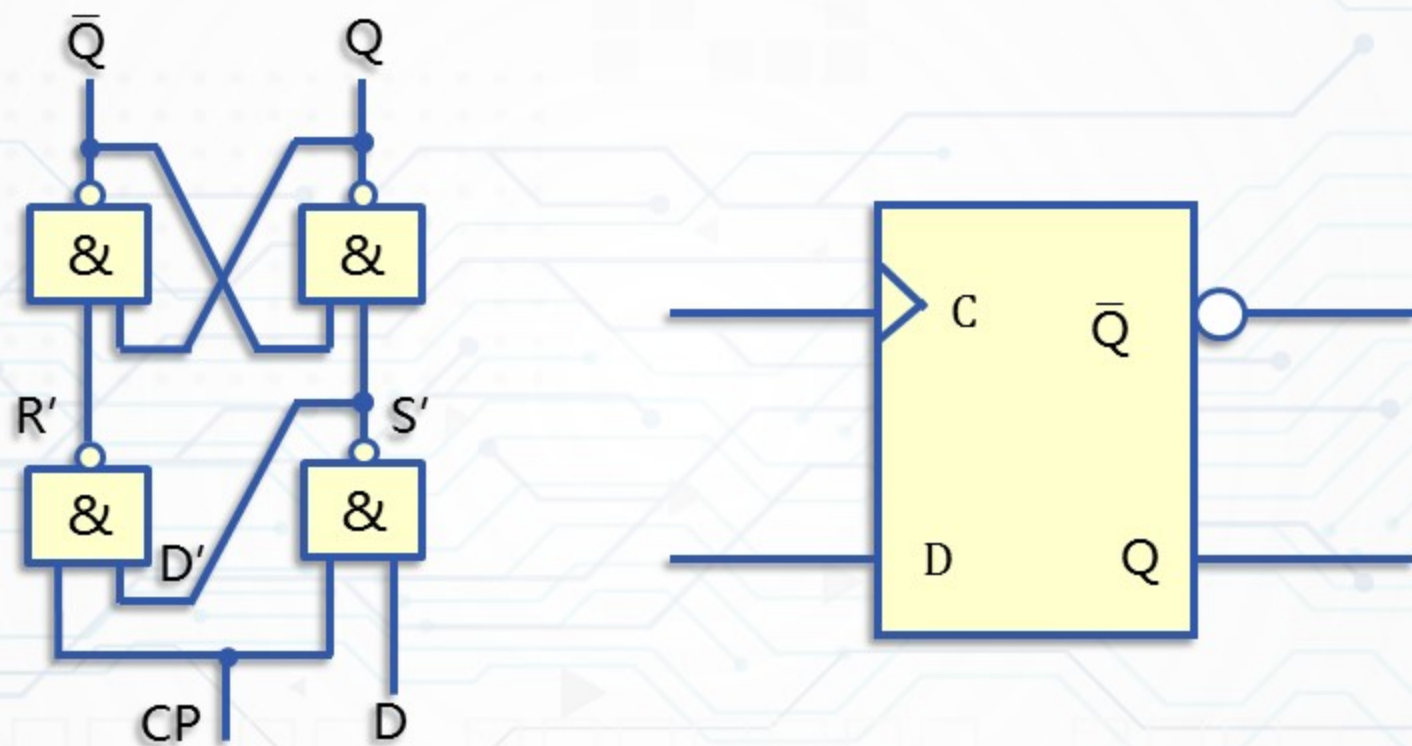
$$R \cdot S = 0$$

约束方程

钟控D触发器

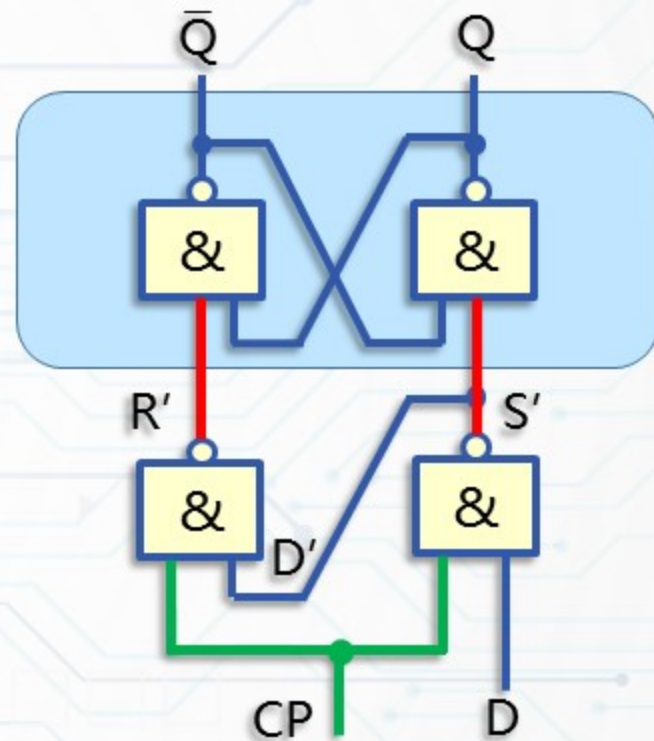


钟控D触发器



钟控D触发器

分 析

 $CP=0$  $R'S' = 11$  $Q^{n+1} = Q$ 

钟控D触发器

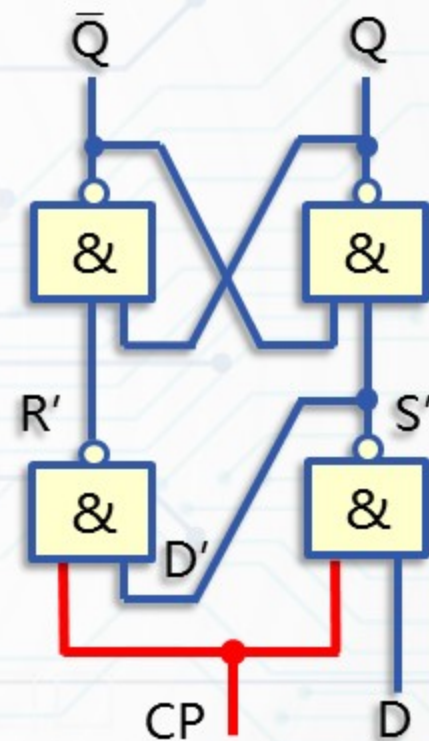
分 析



CP=0

 $R'S' = 11$  $Q^{n+1} = Q$ 

CP=1

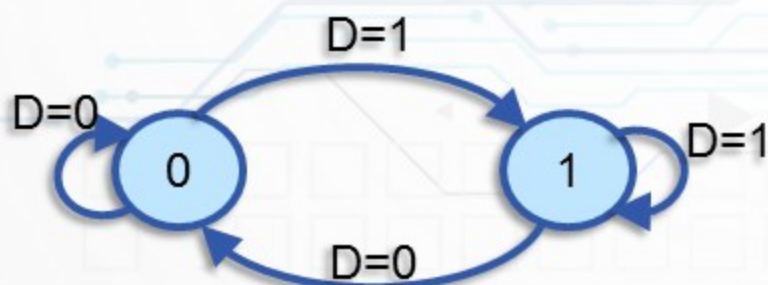
 $R' = \bar{S}' = \bar{\bar{D}} = D \quad S' = \bar{D}$  $Q^{n+1} = \bar{S}' + R'Q$ $= D + DQ$ $= D$ 

钟控D触发器

钟控D触发器功能表		
D	Q^{n+1}	功能说明
0	0	置0
1	1	置1

钟控D触发器状态表		
现态Q	次态 Q^{n+1}	
	D=0	D=1
0	0	1
1	0	1

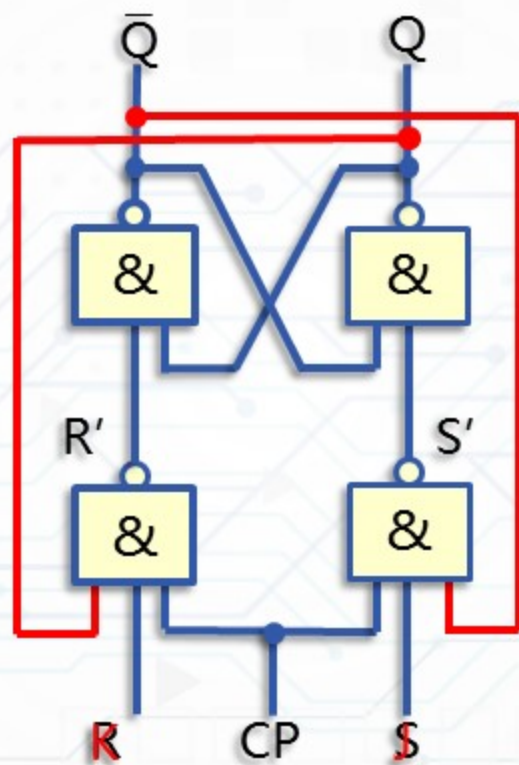
钟控D触发器激励表		
现态Q	次态 Q^{n+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1



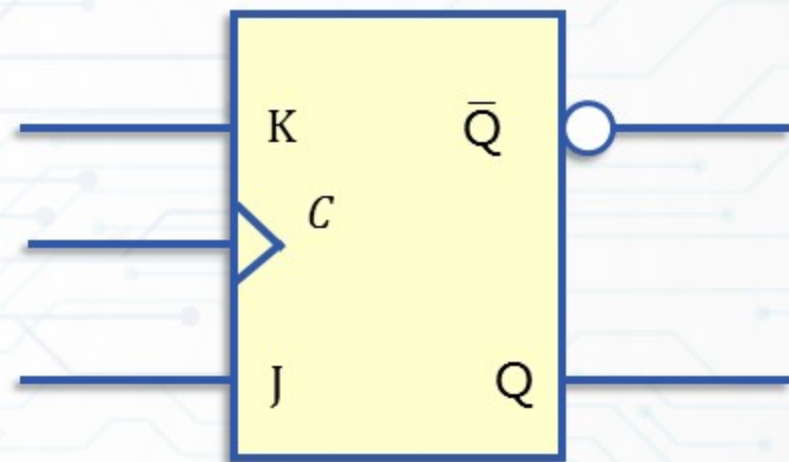
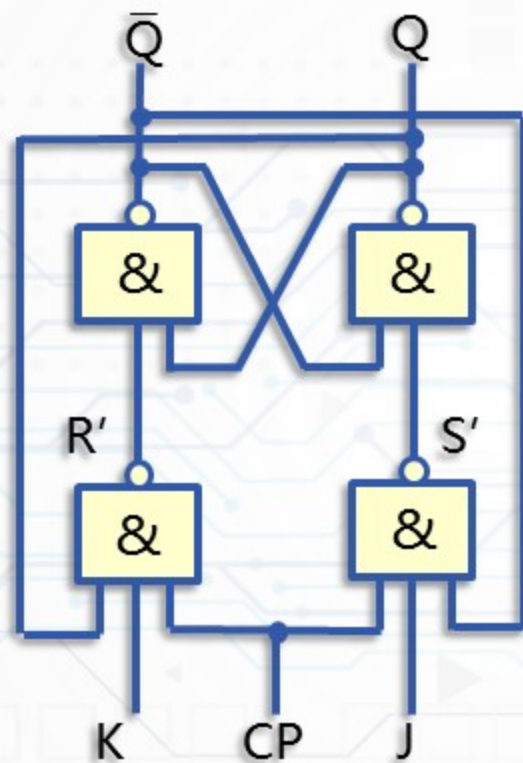
次态方程

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

钟控J-K触发器

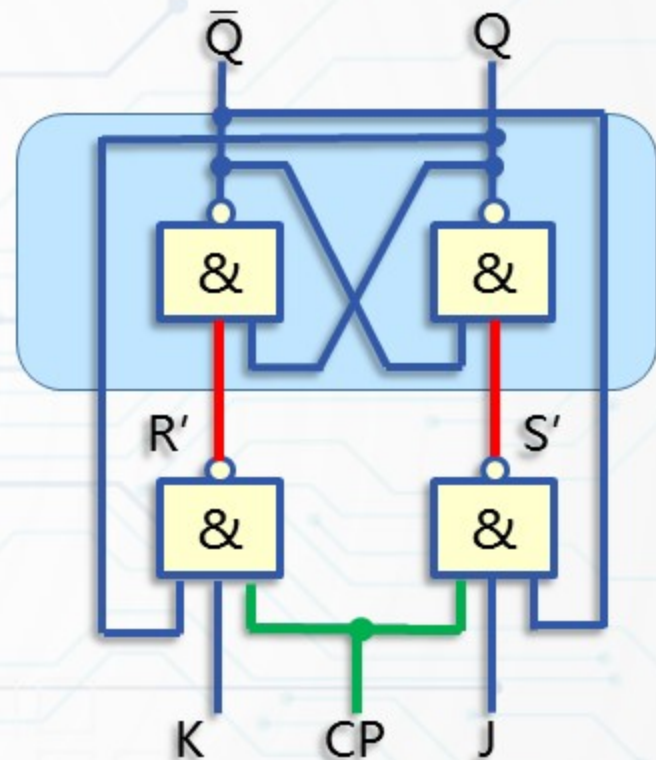


钟控J-K触发器



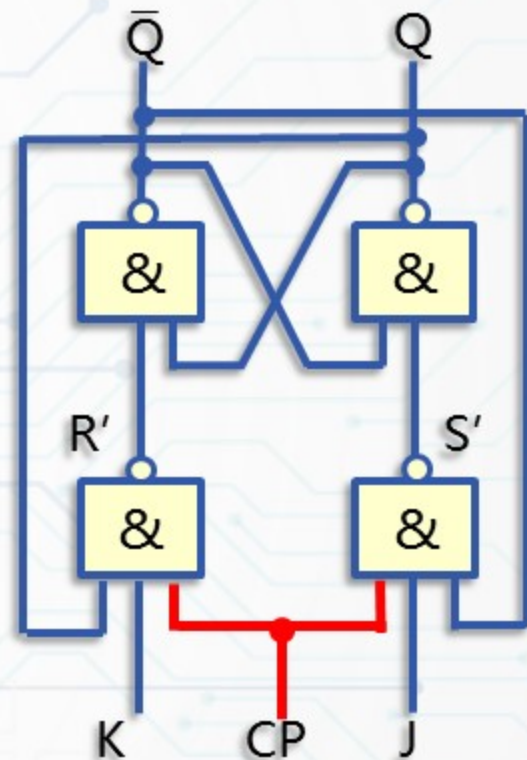
钟控J-K触发器

分 析

 $CP=0$  $R' S' = 11$  $Q^{n+1} = Q$ 

钟控J-K触发器

分 析

 $CP=0$  $R' S' = 11$  $Q^{n+1} = Q$  $CP=1$  $R' = \overline{KQ} \quad S' = \overline{J\overline{Q}}$  $Q^{n+1} = \overline{S'} + R'Q = \overline{\overline{J\overline{Q}}} + \overline{KQ}Q = J\overline{Q} + \overline{K}Q$  $R' + S' = 1 \Rightarrow \overline{KQ} + \overline{J\overline{Q}} = 1$ $\Rightarrow \overline{K} + \overline{Q} + \overline{J} + Q = 1$ 

钟控J-K触发器

钟控J-K触发器功能表

JK	Q^{n+1}	功能说明
0 0	Q	不变
0 1	0	置 0
1 0	1	置 1
1 1	\bar{Q}	翻转

钟控J-K触发器状态表

现态Q	次态 Q^{n+1}			
	JK=00	JK=01	JK=11	JK=10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

钟控J-K触发器

钟控J-K触发器状态表

现态Q	次态 Q^{n+1}			
	JK=00	JK=01	JK=11	JK=10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

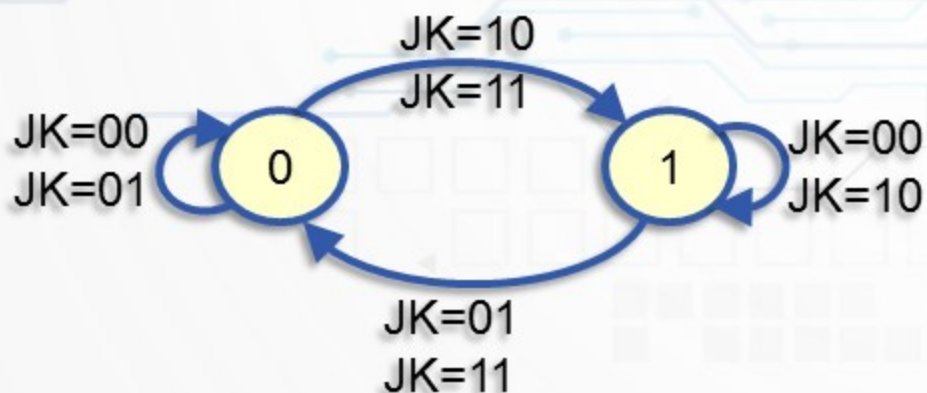
钟控J-K触发器激励表

现态Q	次态 Q^{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

钟控J-K触发器

钟控J-K触发器状态表				
现态Q	次态 Q^{n+1}			
	JK=00	JK=01	JK=11	JK=10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

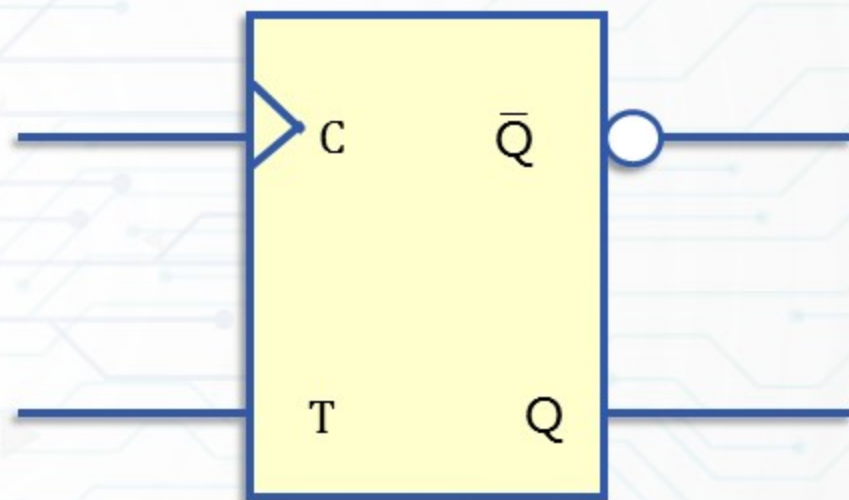
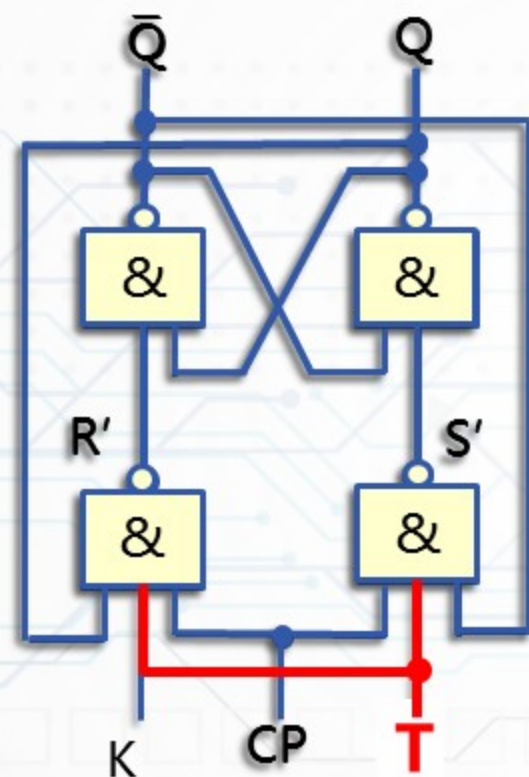
JK	00	01	11	10
Q				
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1



次态方程

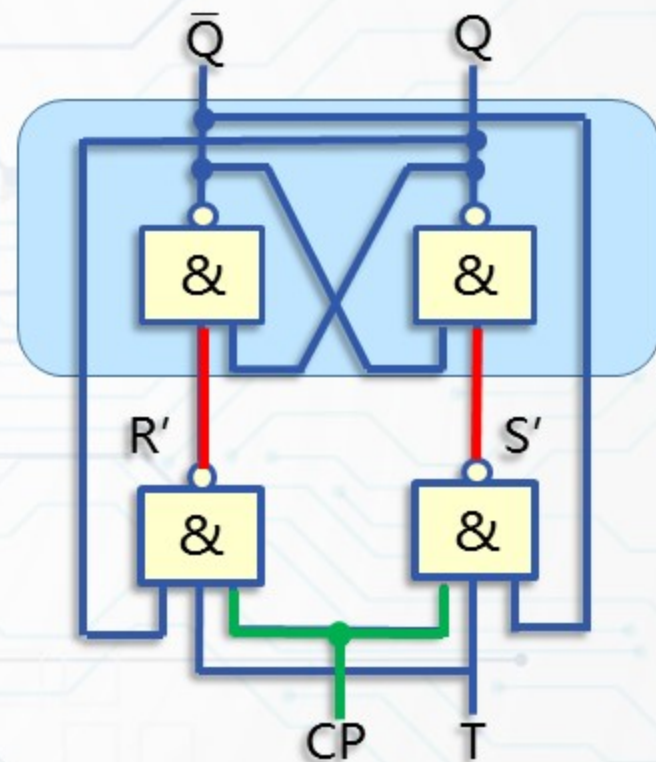
$$Q^{n+1} = J\bar{Q} + \bar{K}Q$$

钟控T触发器



钟控T触发器

分 析

 $CP=0$  $R'S' = 11$  $Q^{n+1} = Q$ 

钟控T触发器

分 析



$CP=0$



$R' S' = 11$



$Q^{n+1} = Q$



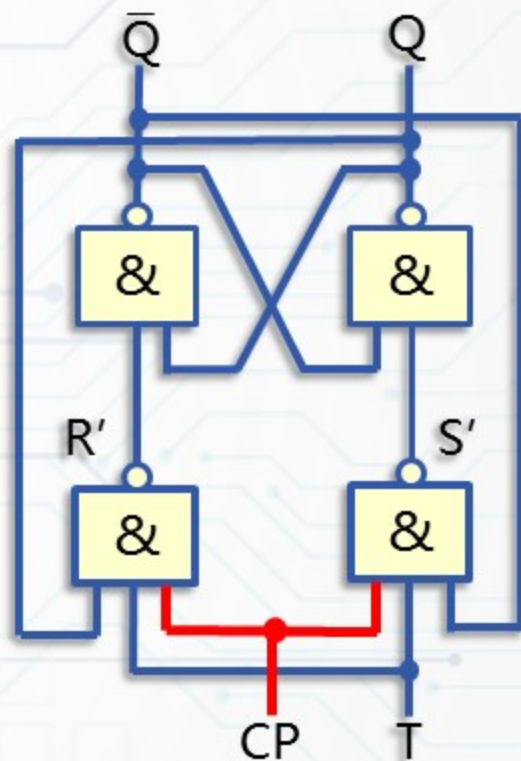
$CP=1$



$J = K = T$



$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= J\bar{Q} + \bar{K}Q \\ &= T\bar{Q} + \bar{T}Q \\ &= T \oplus Q \end{aligned}$$

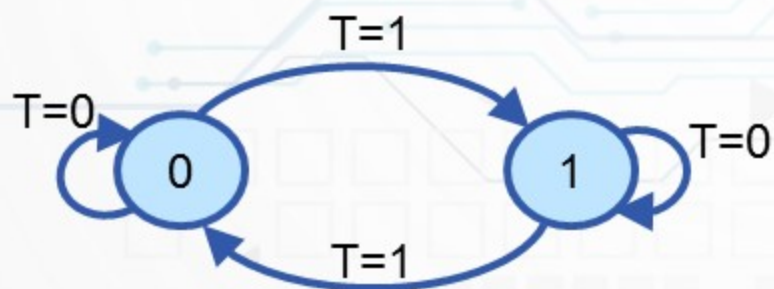


钟控T触发器

钟控T触发器功能表		
T	Q^{n+1}	功能说明
0	Q	不变
1	\bar{Q}	翻转

钟控D触发器状态表		
现态Q	次态 Q^{n+1}	
	T=0	T=1
0	0	1
1	1	0

钟控D触发器激励表		
现态Q	次态 Q^{n+1}	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



次态方程

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

时序逻辑电路概述



$CP=0$ ，触发器保持状态不变



$CP=1$ ，触发器在输入信号作用下发生状态变化



触发器状态转移被控制在一个约定的时间间隔内，而不是控制在某一时刻

A diagram consisting of three concentric blue circles. The text '电位控制触发器' is centered within the innermost circle. A dashed line with a small circle at its end points from the text on the left towards the middle circle.

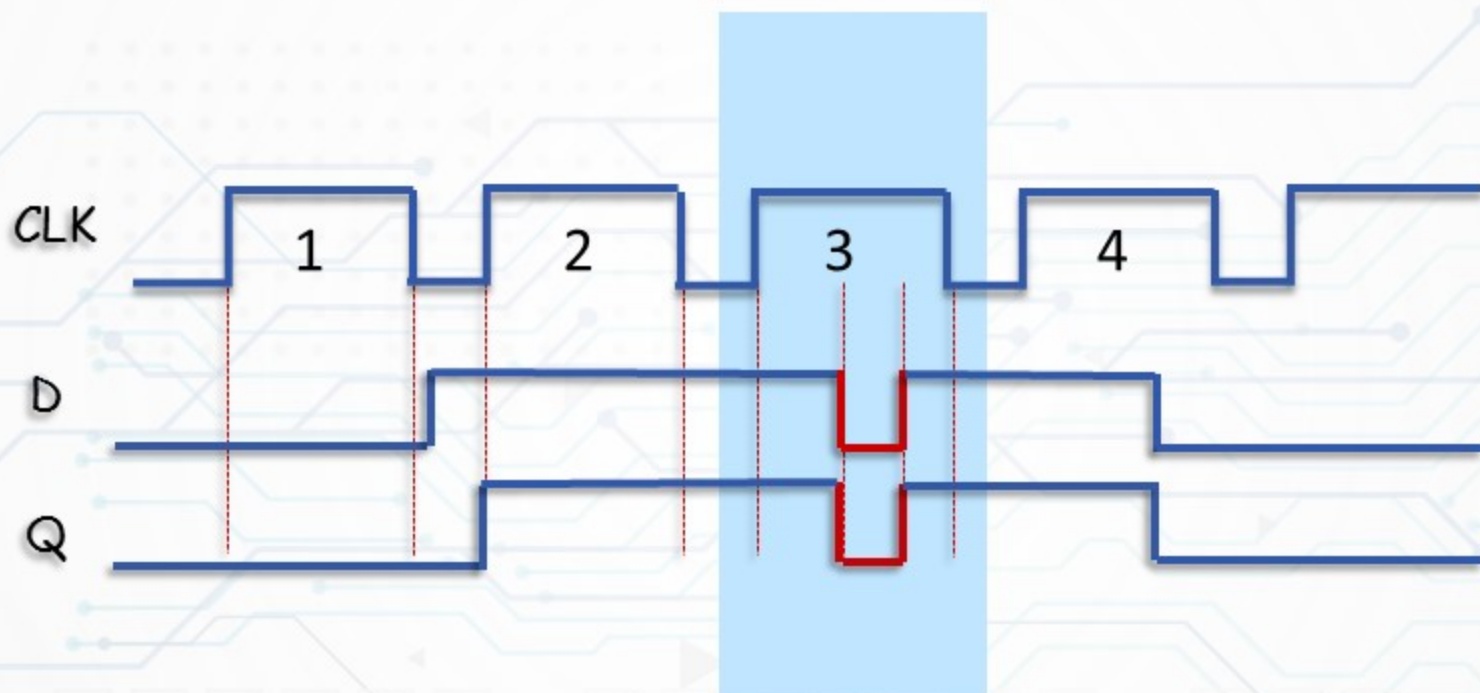
电位控制触发器

■ 电位控制触发器

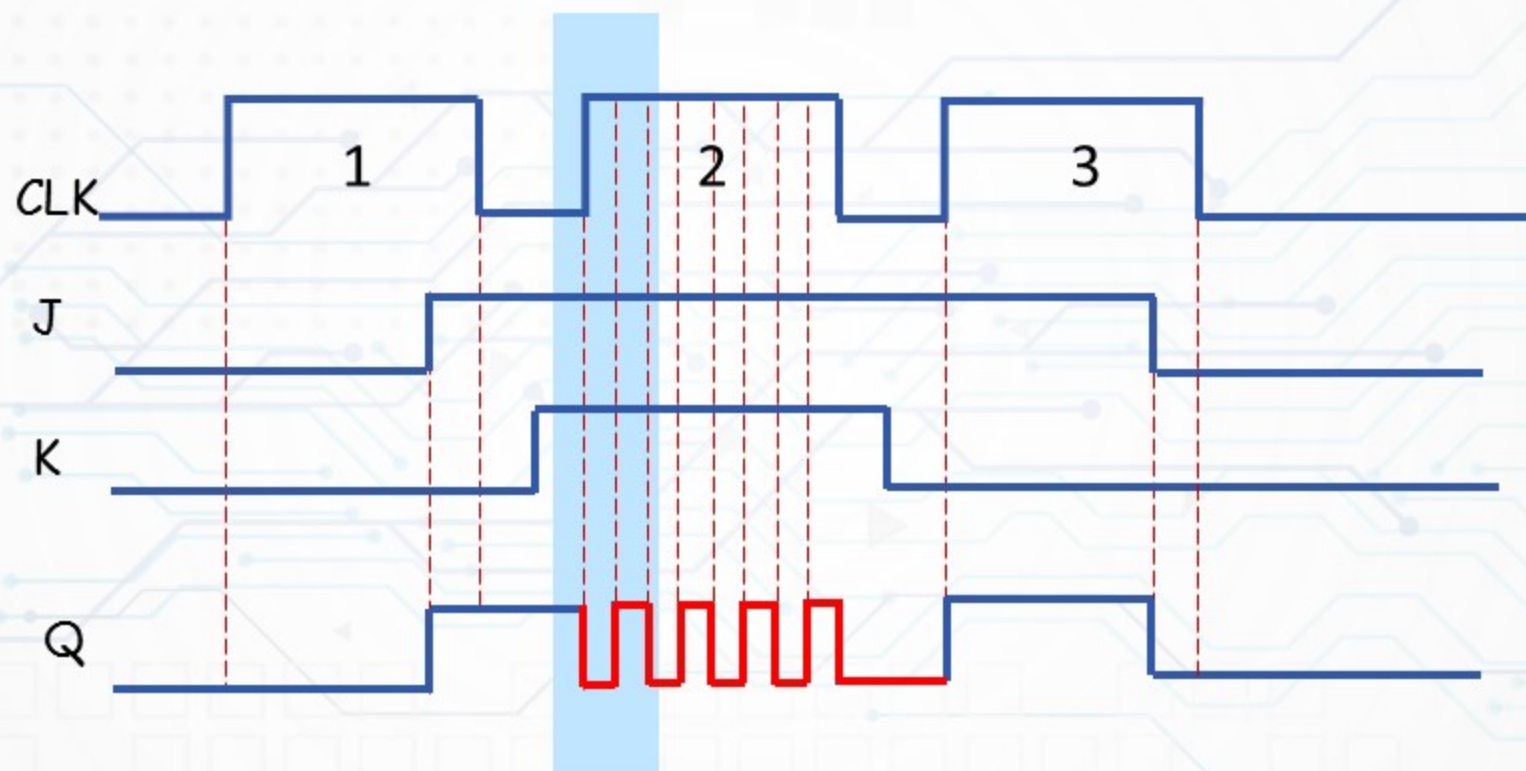
空 翻

同一个时钟脉冲作用期间触发器状态发生两次或两次以上变化的现象。

时钟控制触发器



■ 时钟控制触发器



时钟控制触发器

“空翻”原因



时钟脉冲作用期间，输入信号直接控制着触发器状态的变化



CP为1时，输入信号发生变化，触发器状态会跟着变化



时钟宽度控制不够



CP为1时间过长，输入的多次变化得到完全响应，使得一个时钟脉冲作用期间触发器多次翻转

■ 触发器

注意：

“空翻”将造成状态的不确定和系统工作的混乱，这是不允许的。

数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

谢谢，祝学习快乐！

主讲教师 | 赵贻竹

03

钟控R-S触发器

钟控R-S触发器功能表

RS	Q^{n+1}	功能说明
0 0	Q	不定
0 1	1	置 1
1 0	0	置 0
1 1	d	不变

钟控R-S触发器状态表

现态 Q	次态 Q^{n+1}			
	RS=00	RS=01	RS=11	RS=10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0

钟控R-S触发器

钟控R-S触发器状态表				
现态 Q	次态 Q^{n+1}			
	RS=00	RS=01	RS=11	RS=10
0	0	1	d	0
1	1	1	d	0

钟控R-S触发器激励表		
现态 Q	次态 Q^{n+1}	RS
0	0	d 0
0	1	0 1
1	0	1 0
1	1	0 d