

第7章 脉冲波形的产生与变换

7.1 555 定时器

7.2 施密特触发器

7.3 单稳态触发器

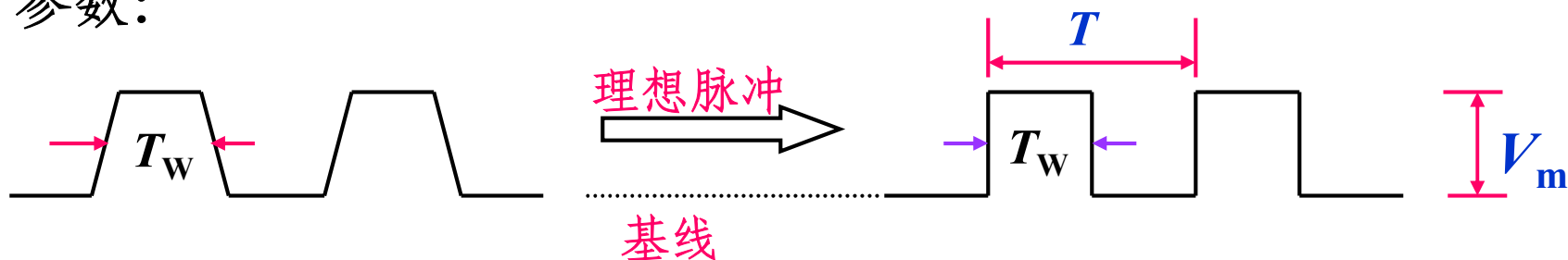
7.4 多谐振荡器

第7章 脉冲电路

作用在电路中短暂的电压或电流信号叫做脉冲信号。

数字电路中用的脉冲信号为矩形波。

参数:



脉宽 T_w : 半高宽 (脉冲最大值一半时的宽度)

幅度 V_m : 电压变化最大幅度

周期 T : 两相邻脉冲间间隔

频率(f): $f = \frac{1}{T}$

占空比(q): $q = \frac{T_w}{T}$

占空比: 一个脉冲中有效的脉冲比;
高电平占的比例

§ 7.1 555定时器

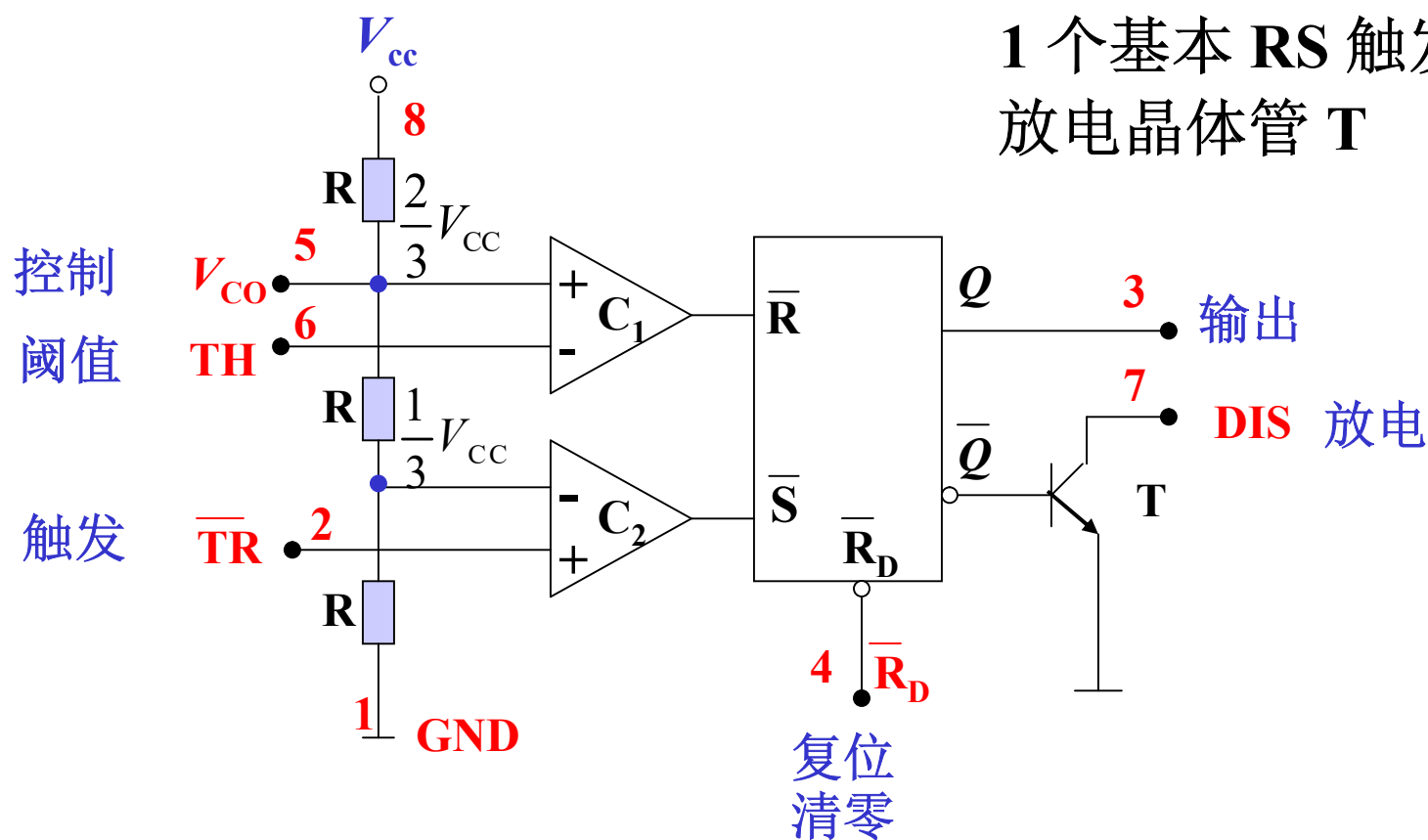
电路

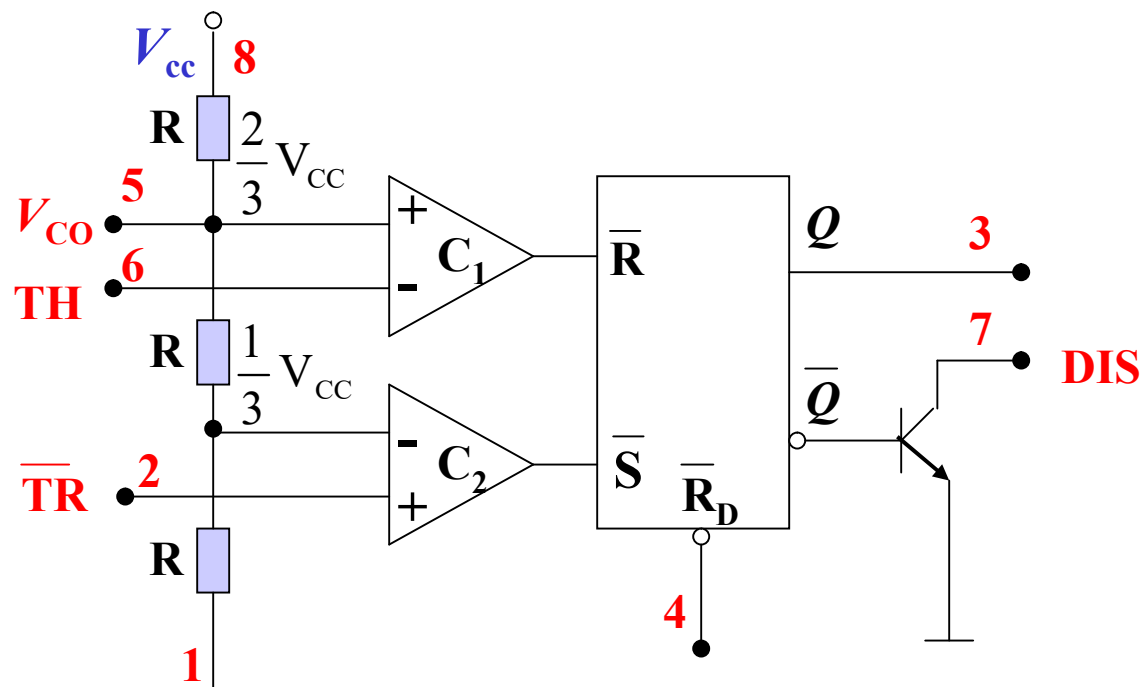
3个电阻 $R = 5k\Omega$

2个比较器 C_1 和 C_2

1个基本 RS 触发器

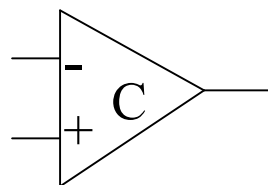
放电晶体管 T





与非门基本RS触发器

比较器

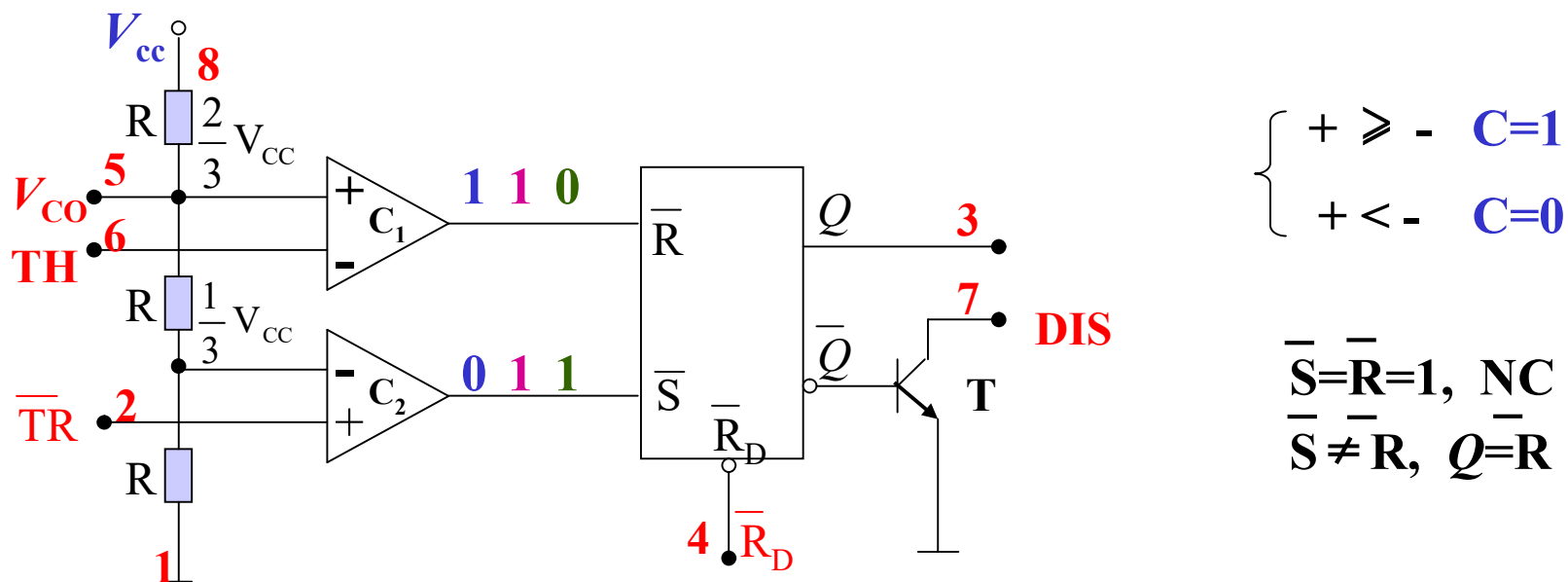


$+$ \geq $-$ $C=1$

$+$ $<$ $-$ $C=0$

\bar{S}	\bar{R}	Q	\bar{Q}	触发器状态
0	0	1	1	$\bar{S} \bar{R} 0 \rightarrow 1$ 不定
0	1	1	0	置位 (1)
1	0	0	1	复位 (0)
1	1	NC	NC	不变

$\left. \begin{array}{l} \bar{S} \neq \bar{R} \\ Q = \bar{R} \end{array} \right\}$

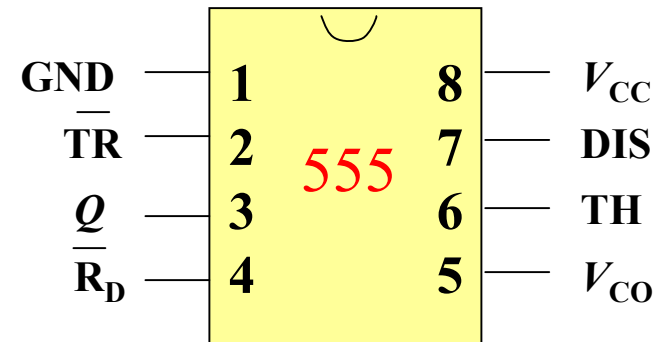
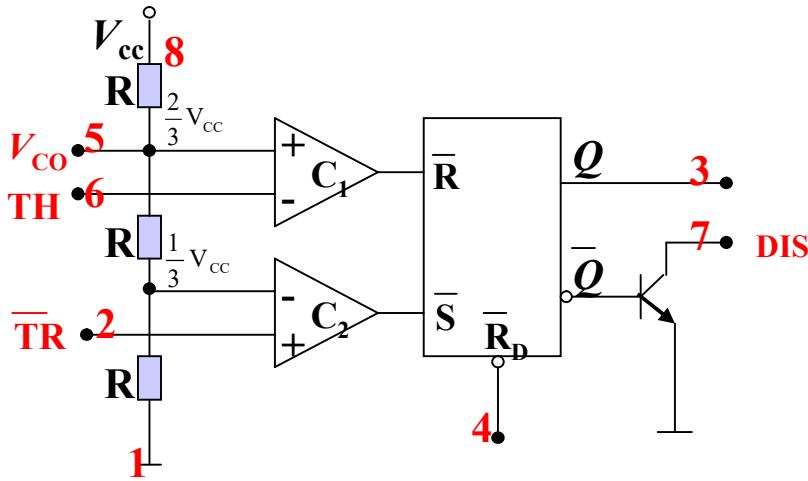


555 定时器 功能

V_{co} 悬空
不起作用

\bar{R}_D	TH (6)	\bar{TR} (2)	\bar{R} (C_1) \bar{S} (C_2)	Q (3) \bar{Q}	T 状态 (7)
1	$< \frac{2}{3} V_{cc}$	$< \frac{1}{3} V_{cc}$	1 0	1 0	截止 (悬空)
1	$< \frac{2}{3} V_{cc}$	$> \frac{1}{3} V_{cc}$	1 1	不变 不变	不变
1	$> \frac{2}{3} V_{cc}$	$> \frac{1}{3} V_{cc}$	0 1	0 1	导通 (接地)
0	Φ	Φ	Φ Φ	0 1	导通 (接地)

555 计时器管脚图



总结 {

- ① $V_2 < \frac{1}{3}V_{CC}, V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}, Q=1, \bar{Q}=0$ T 截止
- ② $V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}, V_6 > \frac{2}{3}V_{CC}, Q=0, \bar{Q}=1$ T 导通
- ③ $V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}, V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}, Q$ 没有改变

如果使用 V_{CO} $V_6: V_{CO}$ 作为一个参考电压

$V_2: \frac{1}{2}V_{CO}$ 作为一个参考电压

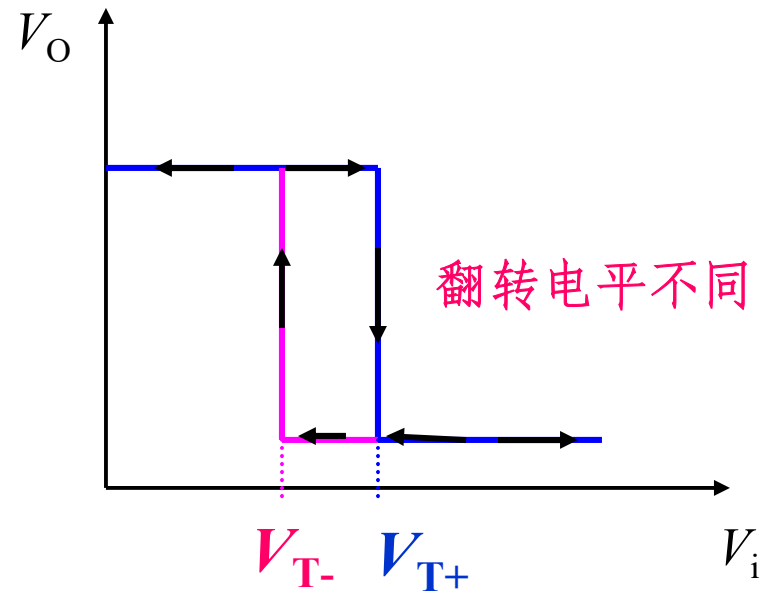
§ 7.2 施密特触发器

(1) 具有两个稳定状态

$$\begin{cases} Q = 1, \bar{Q} = 0 \\ Q = 0, \bar{Q} = 1 \end{cases}$$

(2) 滞后性

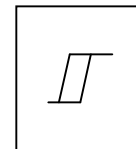
如果输入电压发生上下变换，输出电压发生改变



回差电压

$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-}$$

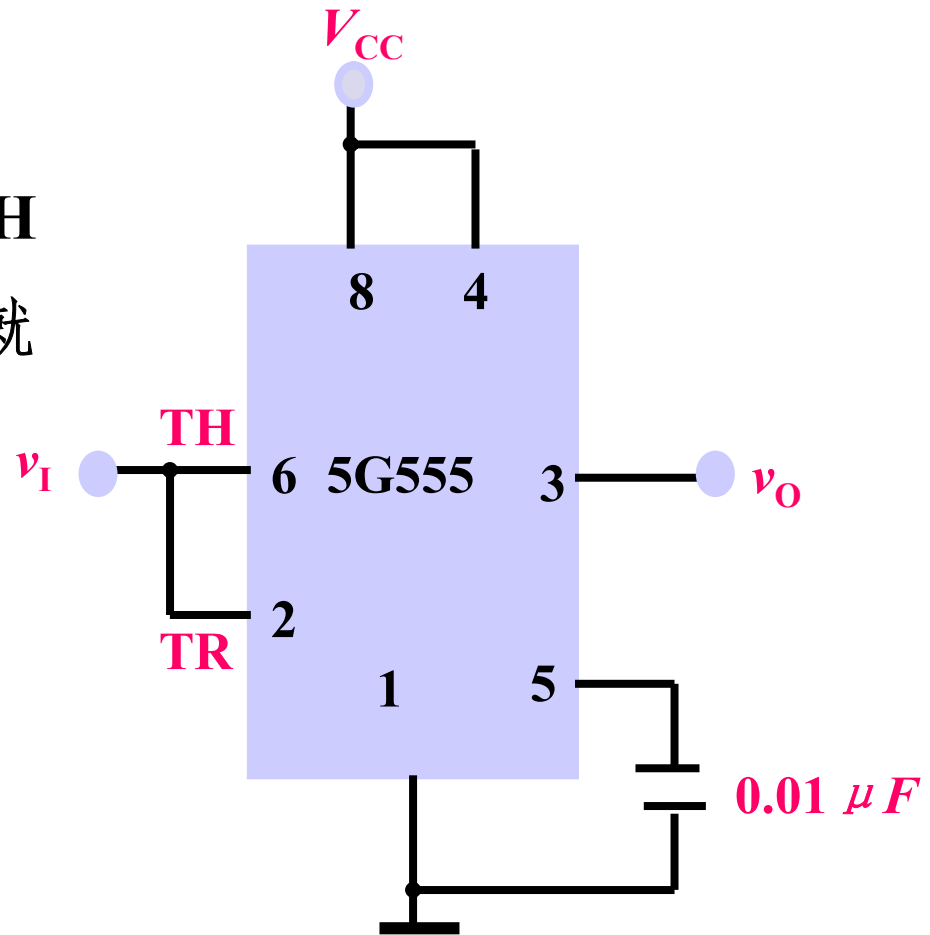
符号



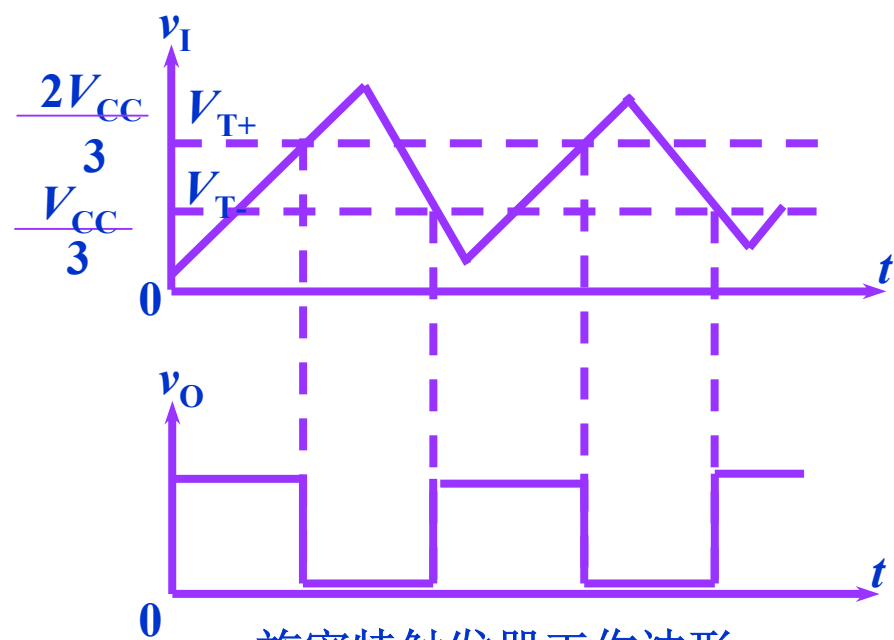
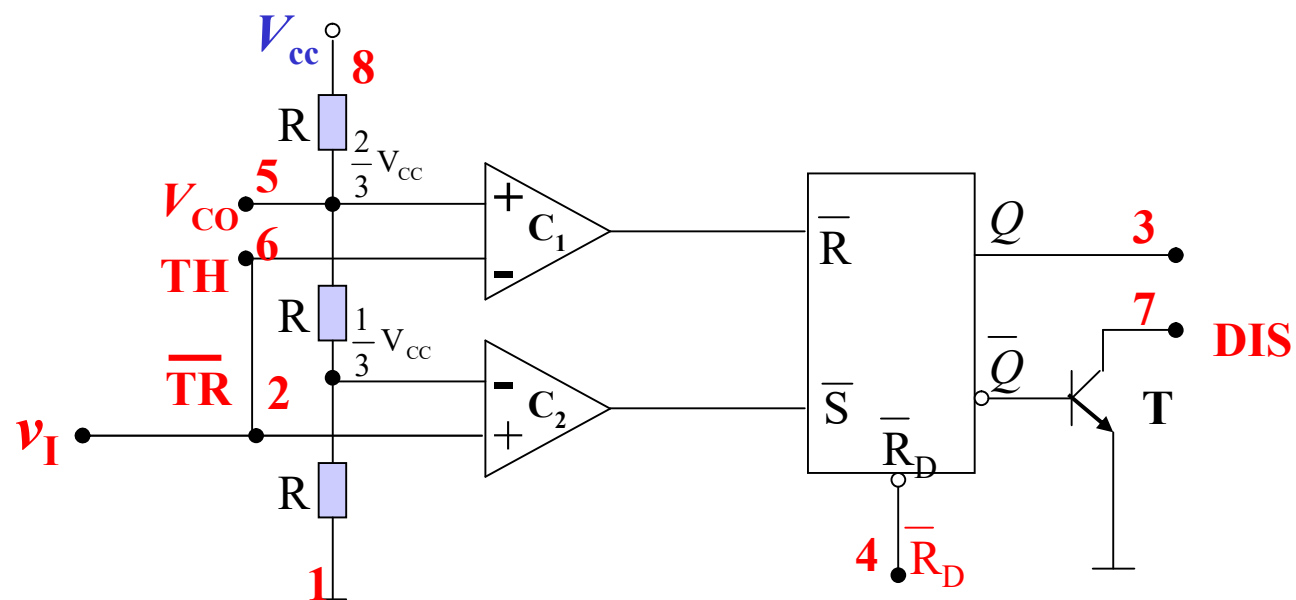
回差
滞后 ΔV

7.2.1 555定时器构成施密特触发器

- 将555定时器的高触发端TH和低触发端TR连接起来就构成了施密特触发器。



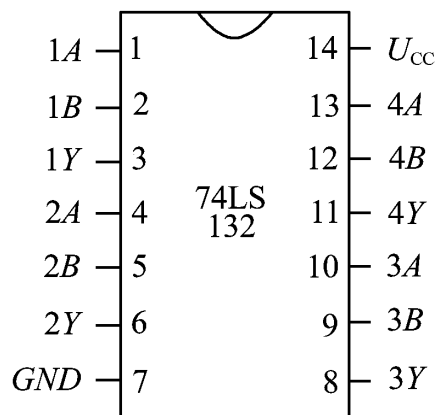
施密特触发器



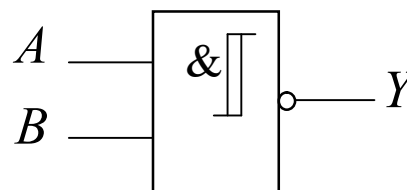
施密特触发器工作波形

7.2.3 集成施密特触发器

74LS132由四个独立的两输入与非门组成，是典型的TTL型集成施密特触发器。



管脚图



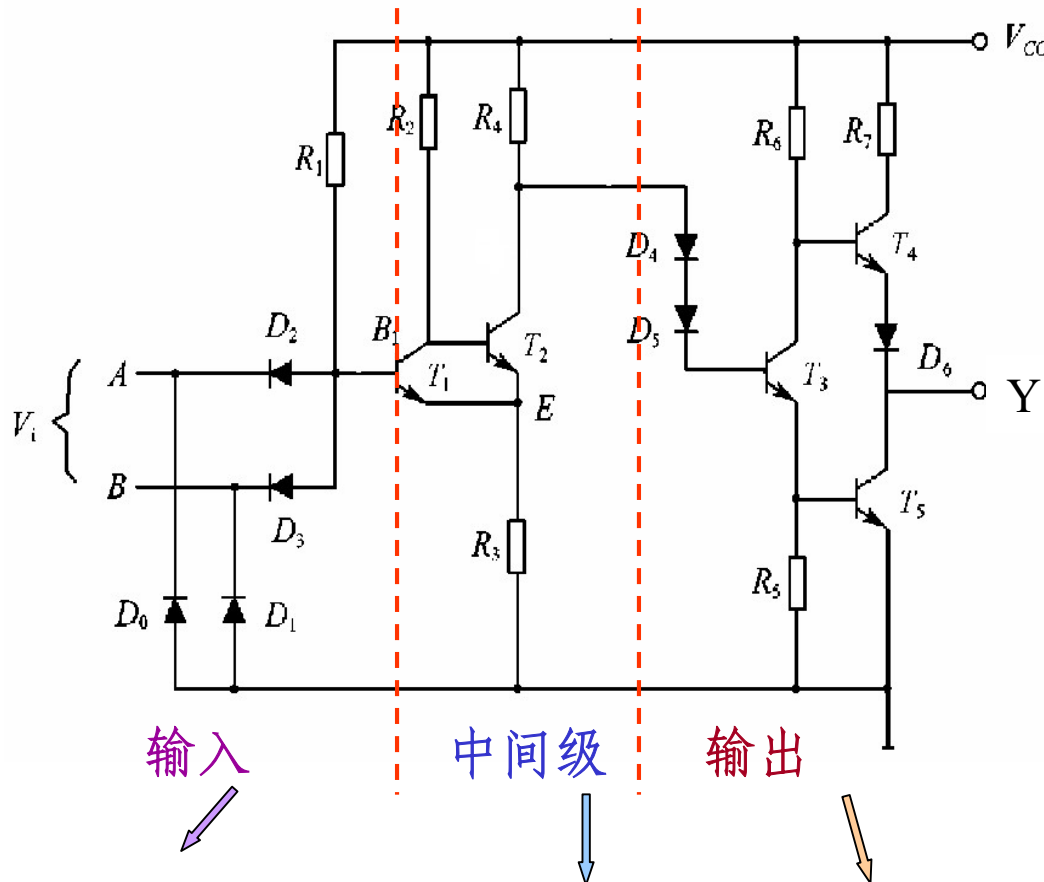
符号

输入 A 或 B 或两者都小于 V_{T-} , $Y=1$;
仅当 A 和 B 都大于 V_{T+} , $Y=0$ 。

逻辑功能

$$Y = \overline{AB}$$

施密特与非门电路图



电路:

正向阈值电压

$$V_{T+} = 1.5 \sim 2.0 \text{ V},$$

负向阈值电压

$$V_{T-} = 0.6 \sim 1.1 \text{ V}$$

典型的回差电压

$$\Delta V = 0.8 \text{ V}$$

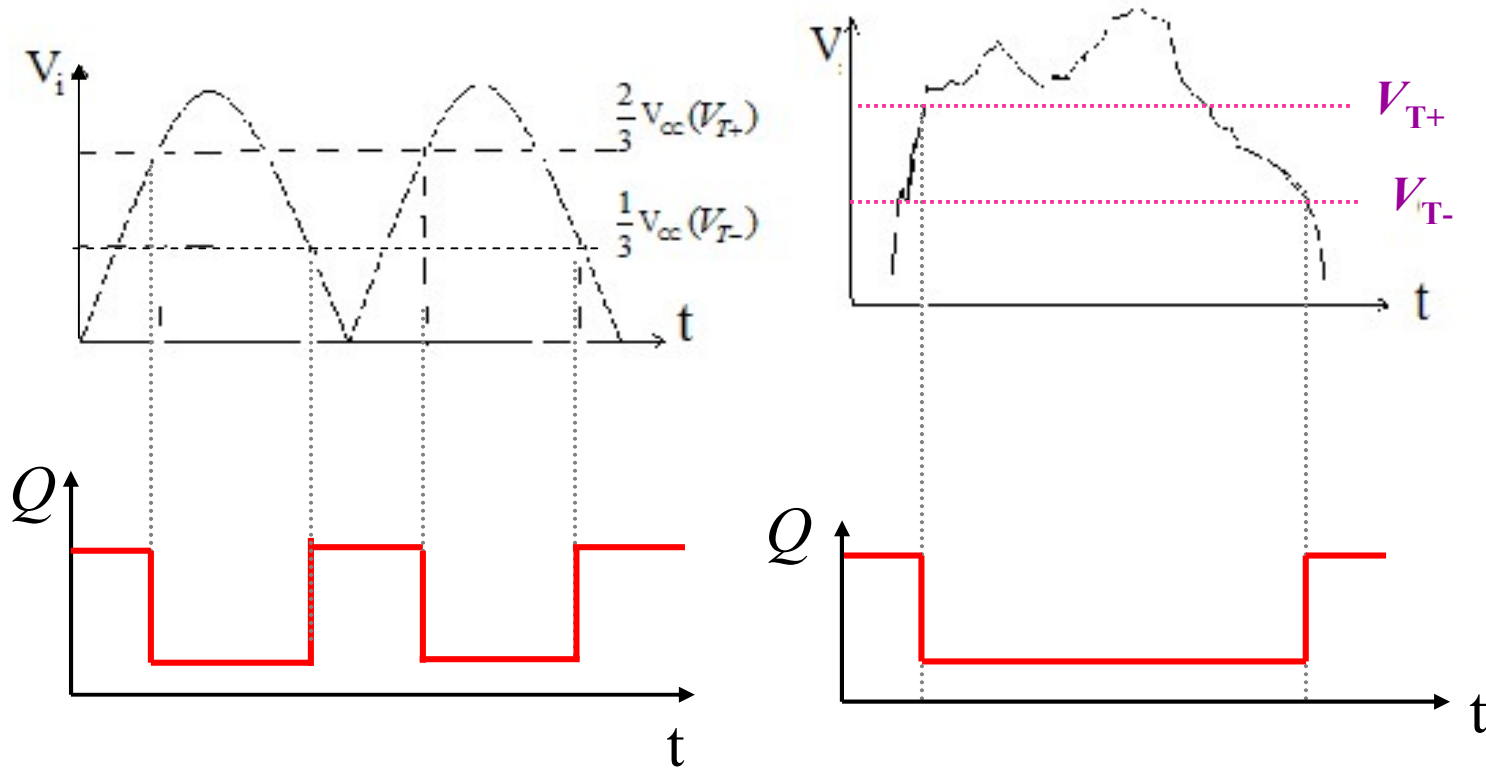
两输入与
门电路

具有回差的施
密特触发器

逻辑非功能

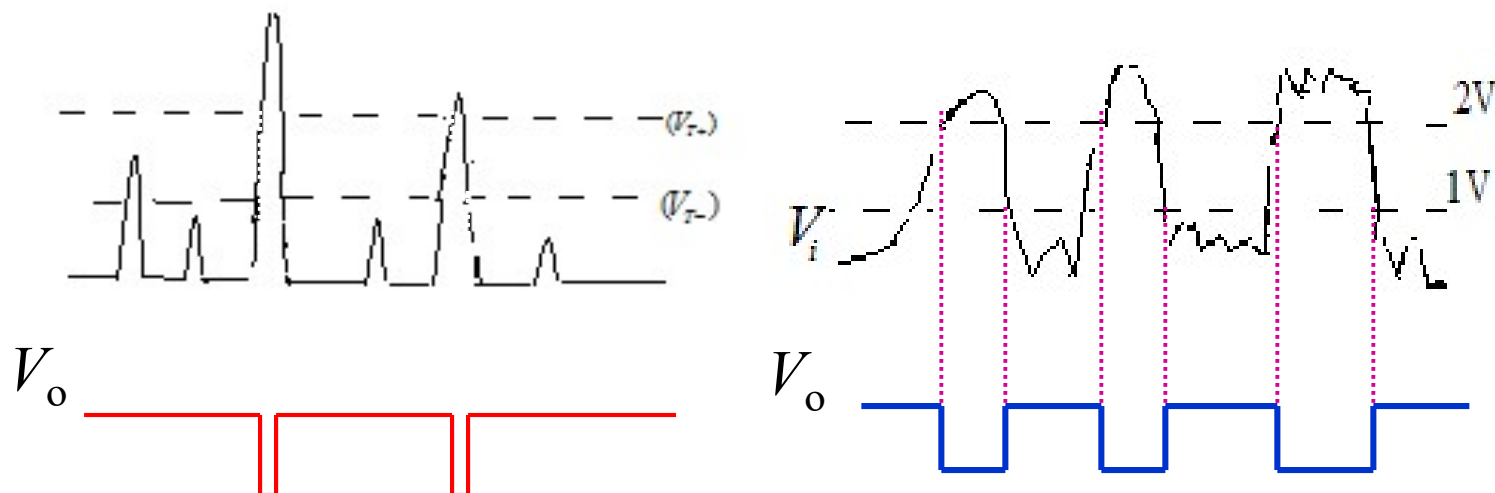
7.2.4 施密特触发器应用

1) 波形变换



2) 幅度鉴别

利用 $V_{CO} : V_{T+} \ V_{T-}$

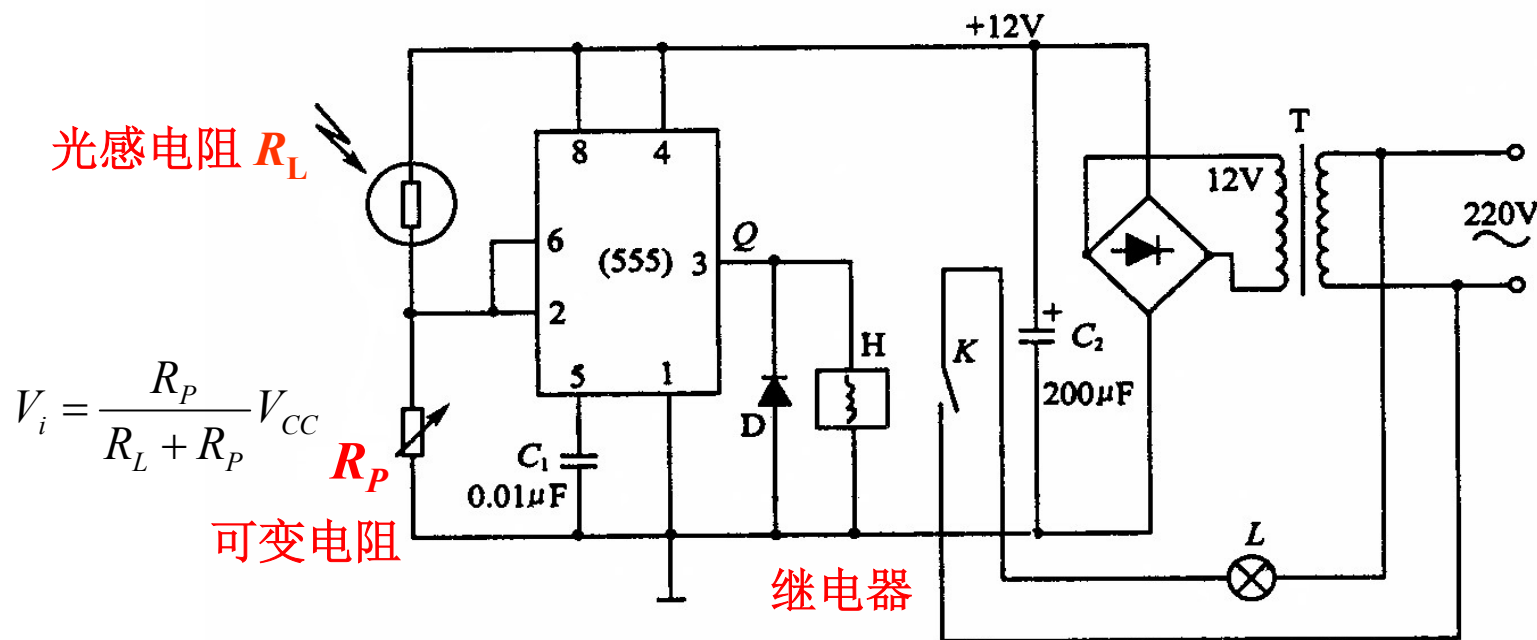


注：输出信号的振荡幅度是门电路的高(3.6V), 低(0.1V)电平，与 V_{T+} ， V_{T-} 无关。

3. 施密特触发器应用

光控路灯开关

(P161. 图 7.11)



R_L { 夜晚 $M\Omega$
白天 $K\Omega$

功能

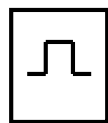
白天, R_L 小, V_i 大, $V_i > (2/3 V_{CC})$,
 $Q=0$. 继电器不吸合开关, 路灯不亮;
 夜晚, R_L 大, V_i 小, $V_i < (1/3 V_{CC})$,
 $Q=1$. 继电器吸合开关, 路灯亮.

§ 7.3 单稳态触发器

单稳态触发器

- ① 有一个稳定状态和一个不稳定状态
- ② 单稳态触发器只有被触发的时候才会从稳定状态转换到不稳定状态
- ③ 不稳定状态保持 T_w 时间就变为稳定状态

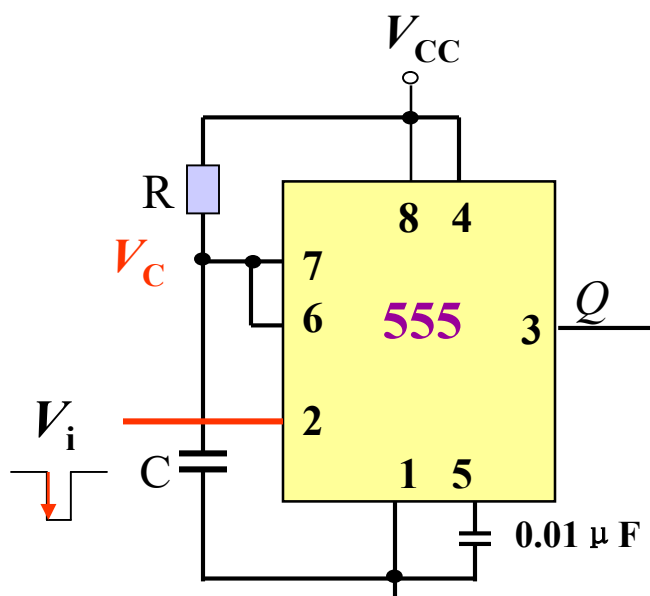
符号



T_w 取决于定时元件

7.3.1 单稳态与非门（略）

7.3.2 555 定时器构成的单稳态触发器



稳定状态: $Q=0$

找到电路的稳定状态:

假如 $Q=0$, $\bar{Q}=1$,

放电三极管 T 导通, $7 \rightarrow$ 地

管脚 7, 6 \rightarrow 地, $(V_6 < \frac{2}{3} V_{CC})$

$V_i=1$, $(V_2 > \frac{1}{3} V_{CC})$

Q 不变, $Q=0$

假设 $Q=1$, $\bar{Q}=0$, T 截止, $7 \rightarrow$ 开路

C 被 V_{CC} 充电, V_C 增大,

当 $V_C > \frac{2}{3} V_{CC}$, $Q=0$

$\bar{Q}=1$, 放电三极管 T 导通

$V_6 < \frac{2}{3} V_{CC}$, $V_2 > \frac{1}{3} V_{CC}$ $Q=0$ 不变

功能

触发前, $Q=0$ (T 导通, 6,7 接地)

触发瞬间, $V_i < \frac{1}{3}V_{CC}$ $Q=1$

$\bar{Q}=0$, T 截止(断开), C 充电

充电路径: $V_{CC} \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow \text{地}$

时间常数 $\tau_1 = RC$ 当 C 充电, $V_C \uparrow$

当 $V_C > \frac{2}{3}V_{CC}$ ($V_6 > \frac{2}{3}V_{CC}$)

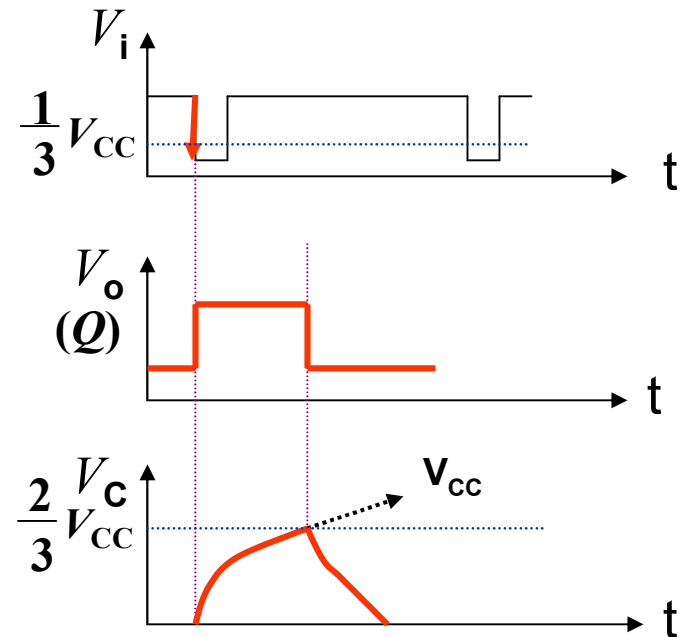
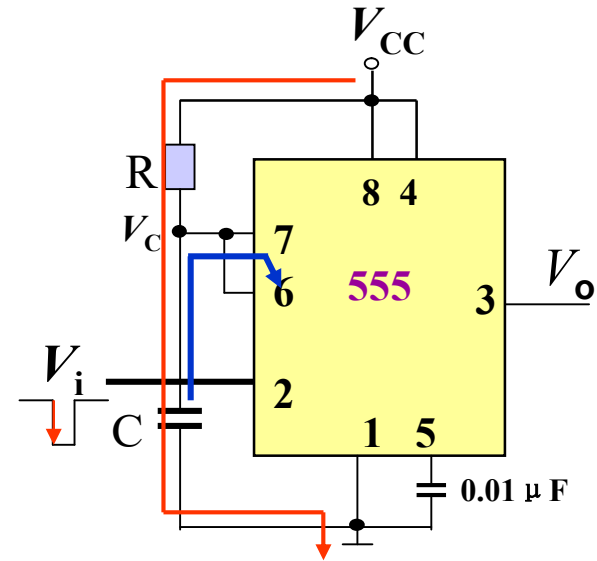
V_i 恢复 1 ($V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}$)

$Q=0$, $\bar{Q}=1$, T 导通(接地), C 放电

放电路径: $C \rightarrow T \rightarrow \text{GND}$

时间常数 $\tau_2 = R_{on}C$ R_{on} : T 导通电阻

$V_C \downarrow$



暂稳态持续时间 T_W :

$$T_W = 1.1RC$$

$$T_W = RC \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(t)} = RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = 1.1RC$$

T_W 是重要参数, 是电容C充电到 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 所用时间

触发器的恢复时间

$$T_R = (3 \sim 5)R_{on}C = 4R_{on}C$$

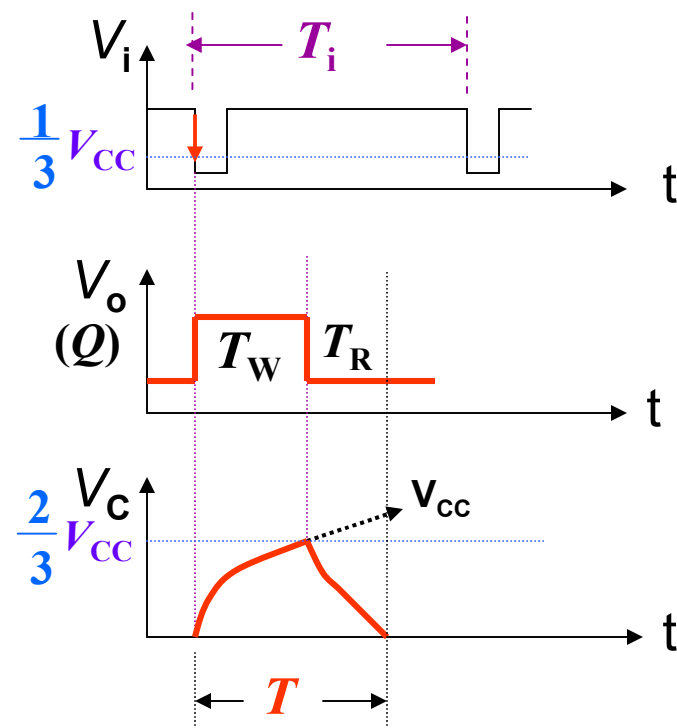
\therefore 触发信号最小周期

$$T = T_W + T_R = 1.1RC + 4R_{on}C$$

T : 分辨率

触发信号最大工作频率 $f = \frac{1}{T}$

实际触发周期 T_i : $T_i \geq T$



7.3.4 单稳态触发器的应用

1. 脉冲整形及变换

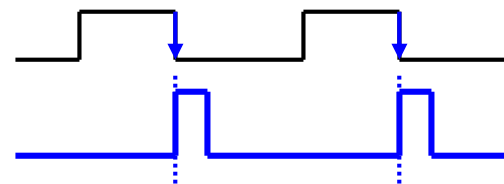
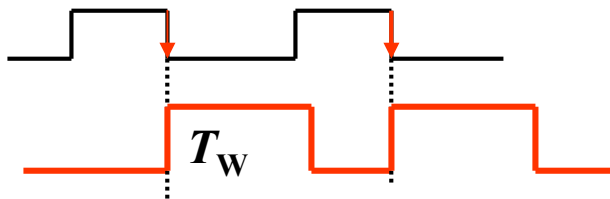
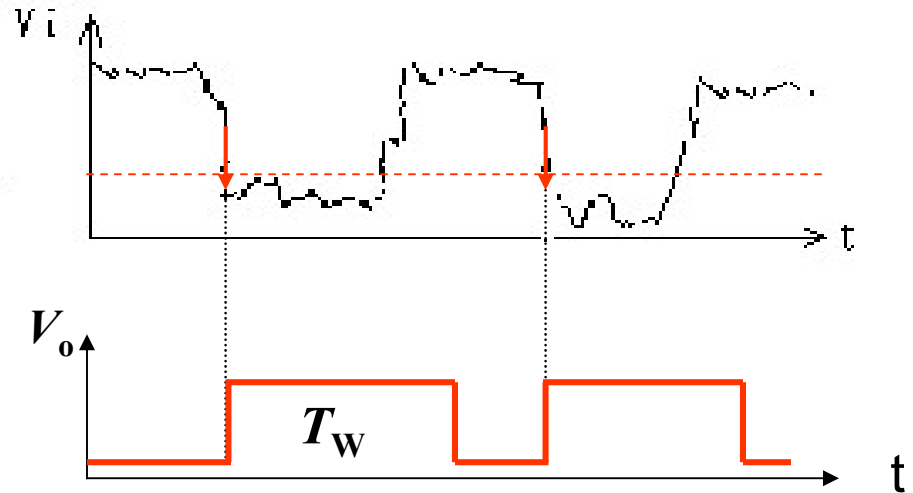
把不符合要求的波形整形成 T_w , V_m 都一定的脉冲.

$$T_w \sim R, C$$

555定时器:

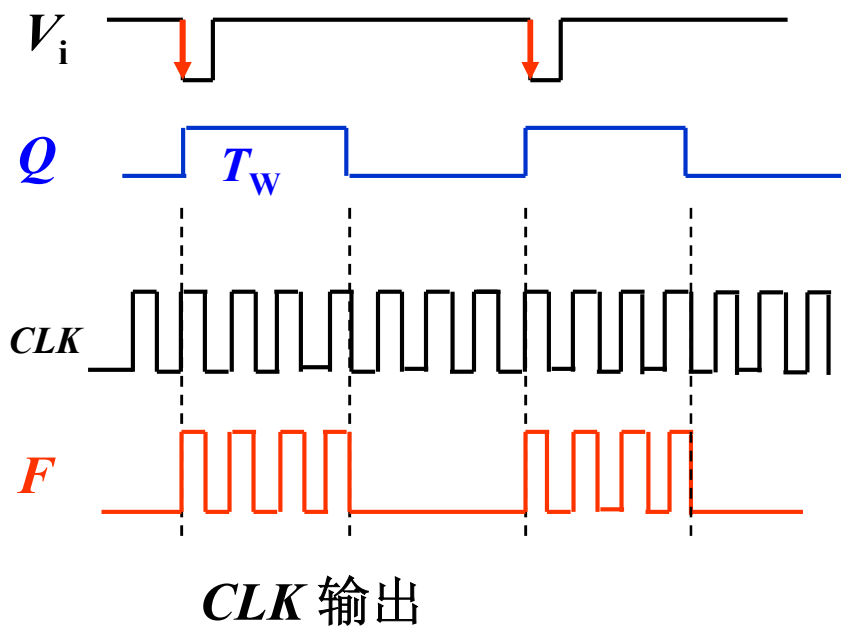
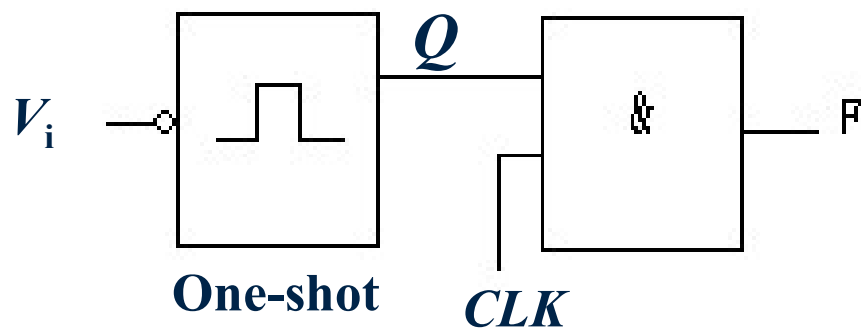
触发 $\begin{cases} \text{负边沿} \\ < \frac{1}{3} V_{CC} \end{cases}$

脉冲波形扩展或变窄



2. 定时

例



3. 延时

T_w 的负边沿触发下一个电路

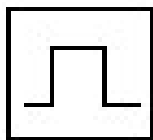
例：设计一个花房自动控制系统：每次喷药2s，马上喷水15s

分析： 第一次触发 $T'_w = 2s$ （喷药）

T'_w 的负边沿触发喷水开关

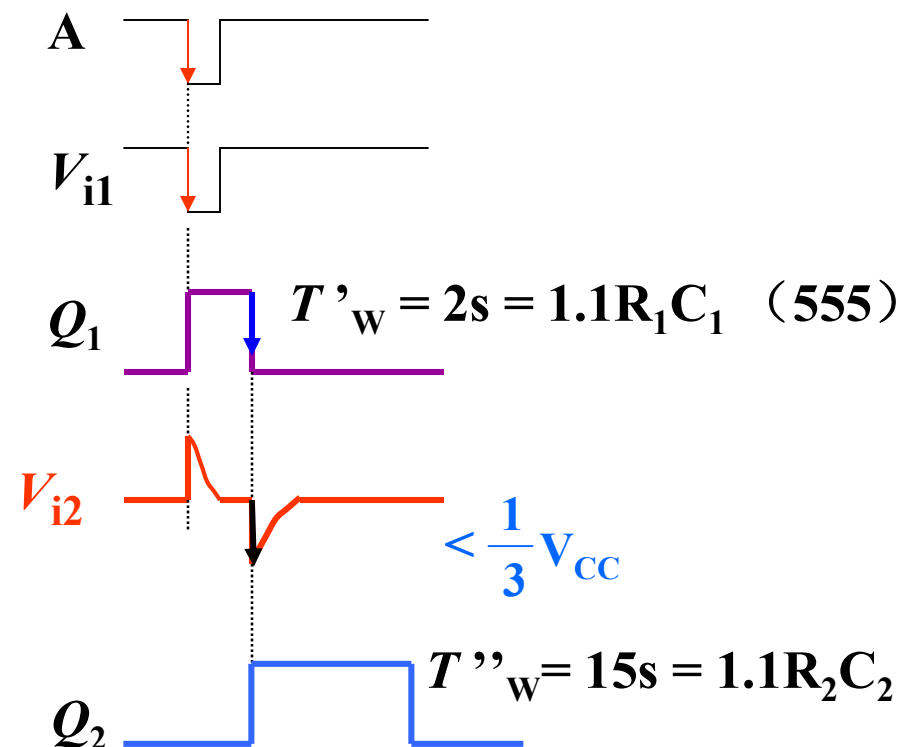
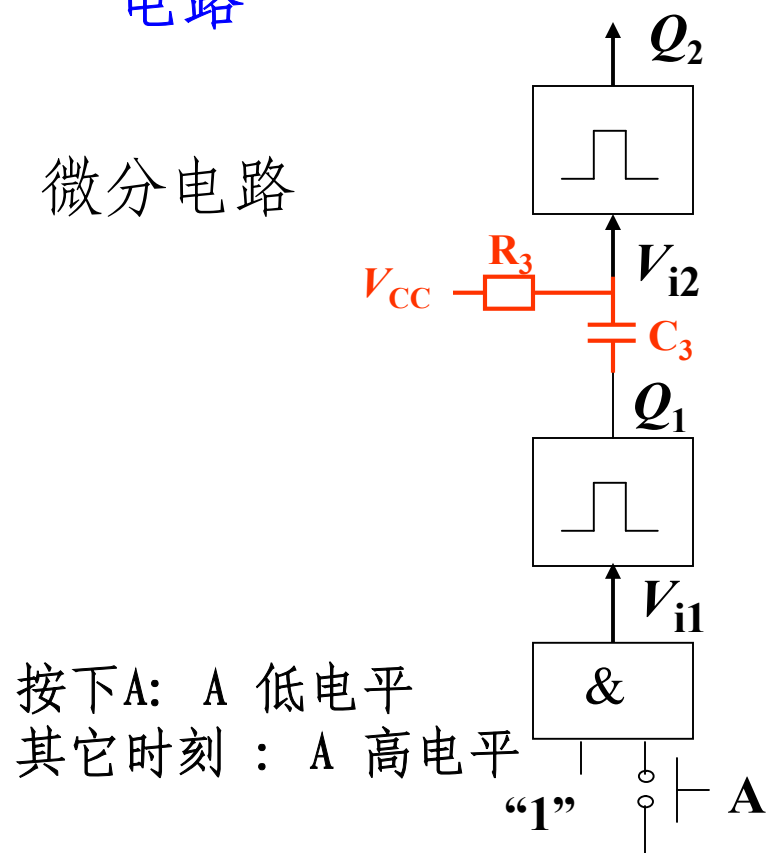
$T''_w = 15s$ （喷水）

两次单稳态触发



电路

微分电路



由于555定时器电路输入信号的脉宽必须小于输出脉冲的脉宽，即需要窄脉冲触发，才能定时准确。因此当使用方波信号作为输入信号时，必须经“微分电路”变为窄脉冲。

§ 7.4 多谐振荡器

产生矩形波的自激(**self-triggering**)振荡器

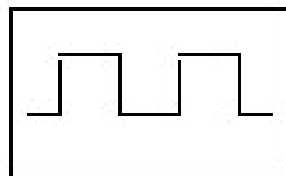
多谐振荡器

1) 两个暂稳态: $\begin{cases} Q = 0, \bar{Q} = 1 \\ Q = 1, \bar{Q} = 0 \end{cases}$

2) 不需外加触发信号

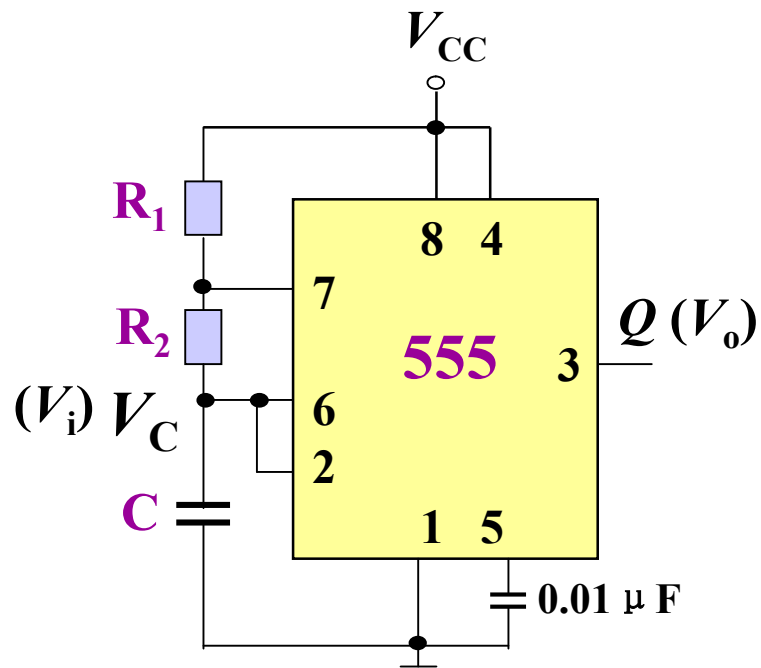
3) 输出: 周期性的从一个暂稳态转变为另一个暂稳态

符号:



多谐振荡器可由很多电路构成, 例如TTL与非门, 施密特触发器, 石英晶体振荡器, 555定时器等。

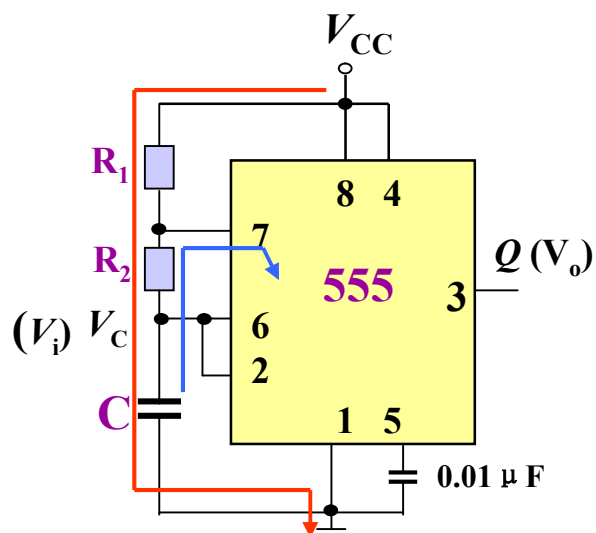
7.4.1 555定时器构成的多谐振荡器



管脚2, 6 连接在一起

定时元件: R_1, R_2, C

利用7脚放电晶体管和C的充放电改变输出电压值



工作原理:

在开关闭合之前, $V_C = 0$

当开关闭合, $V_C = 0$ 电容上电压不能跳变

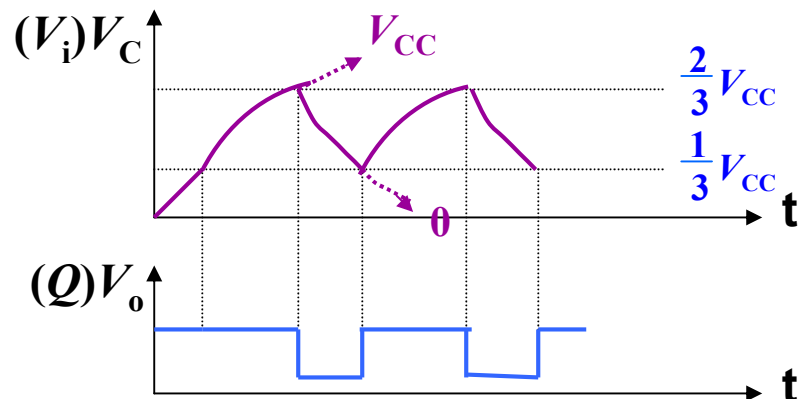
$Q = 1$ ($V_i < 1/3 V_{CC}$) $\bar{Q} = 0$, T 截止(7 悬空)

C: 充电

充电回路: $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow C \rightarrow$ 地

充电时间常数 $\tau_1 = (R_1 + R_2)C$

$V_C \uparrow$, $1/3 V_{CC} < V_C < 2/3 V_{CC}$ Q : 不变



当 $V_C \rightarrow 2/3 V_{CC}$

$Q = 0$, $\bar{Q} = 1$, T 导通(7 接地)

C: 放电

$C \rightarrow R_2 \rightarrow T \rightarrow$ 地

$\tau_2 = R_2 C$

$V_C \downarrow$ 当 $V_C \rightarrow 1/3 V_{CC}$

$Q = 1$, $\bar{Q} = 0$, T 截止

C: 再次充电

两个暂稳态持续时间 T_1, T_2

高电平宽度: $T_1 = 0.7(R_1 + R_2)C$

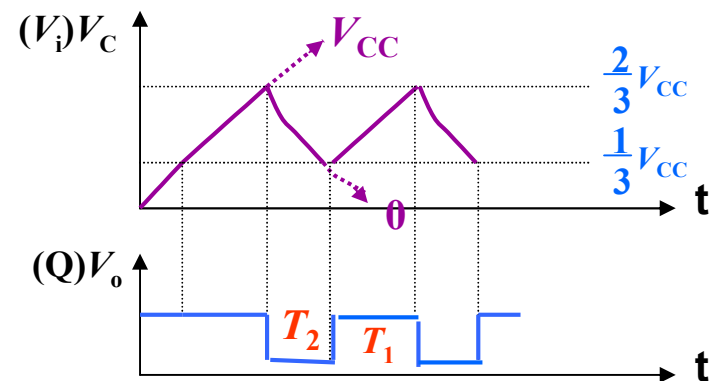
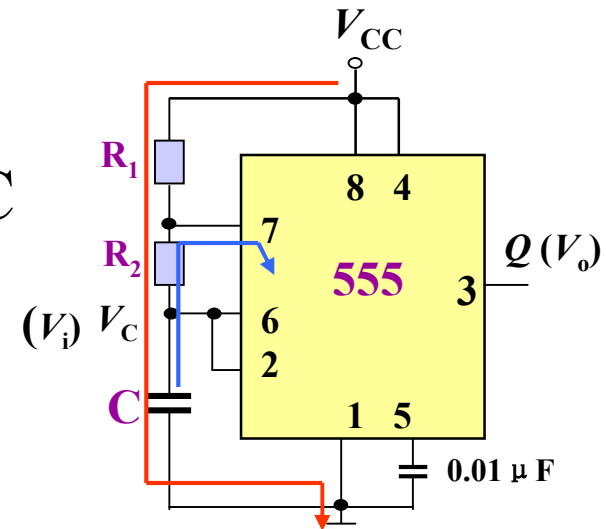
低电平宽度: $T_2 = 0.7R_2C$

振荡周期 T :

$$T = T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + 2R_2)C$$

频率 f : $f = \frac{1}{T}$

占空比 $q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} > \frac{1}{2}$

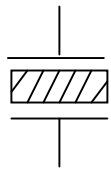


7.4.3 石英晶体振荡器

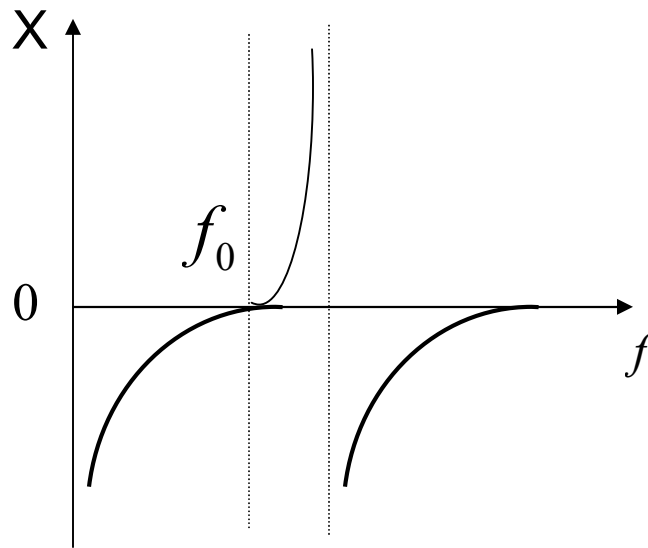
在很多实际应用中，对多谐振荡器的振荡频率稳定性有严格的要求。

稳频方法：石英晶体振荡器

石英晶体振荡器符号



电抗频率特性



阻抗最小时的电压频率为 f_0

将石英晶体接入多谐振荡器，频率为 f_0 的电压信号最容易通过，其他频率信号经过石英晶体时被衰减。

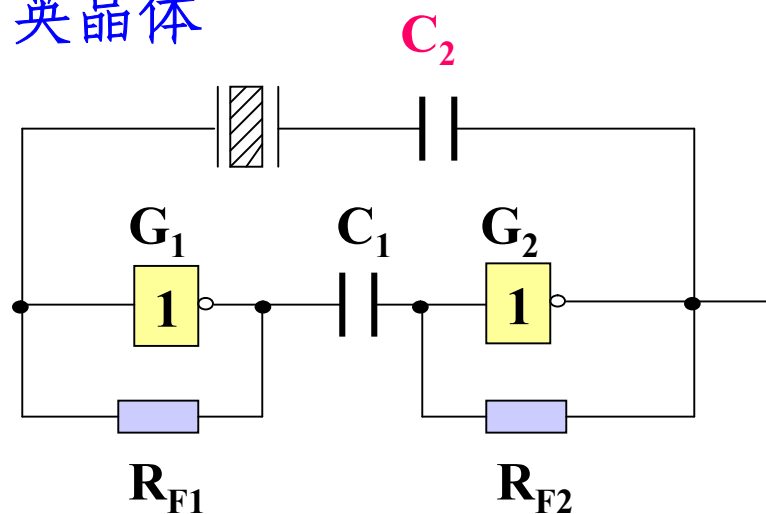
振荡器的工作频率一定等于石英晶体的谐振频率 f_0

振荡频率取决于石英晶体的固有谐振频率 f_0 ，而与外接电阻和电容无关。

石英晶体的谐振频率 { 结晶方向
外形尺寸

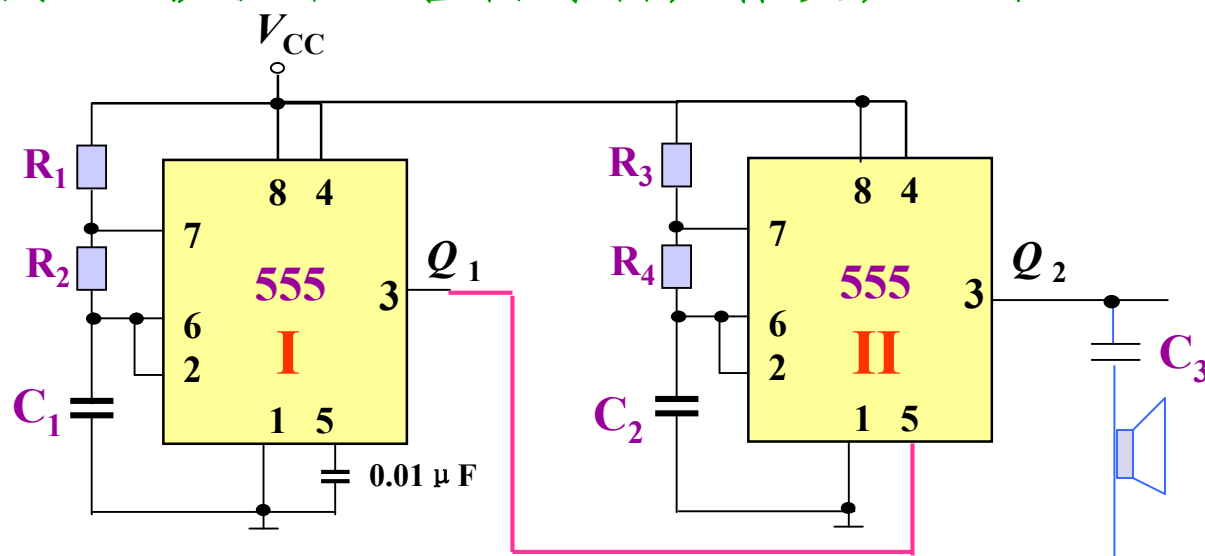
电路

石英晶体



7.4.5 多谐振荡器的应用

例1. 救护车、警笛等扬声器发声电路

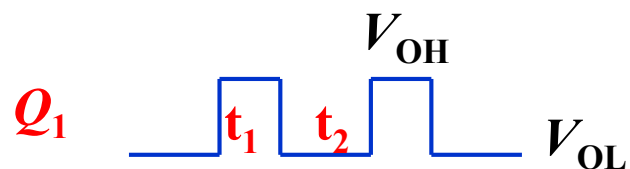


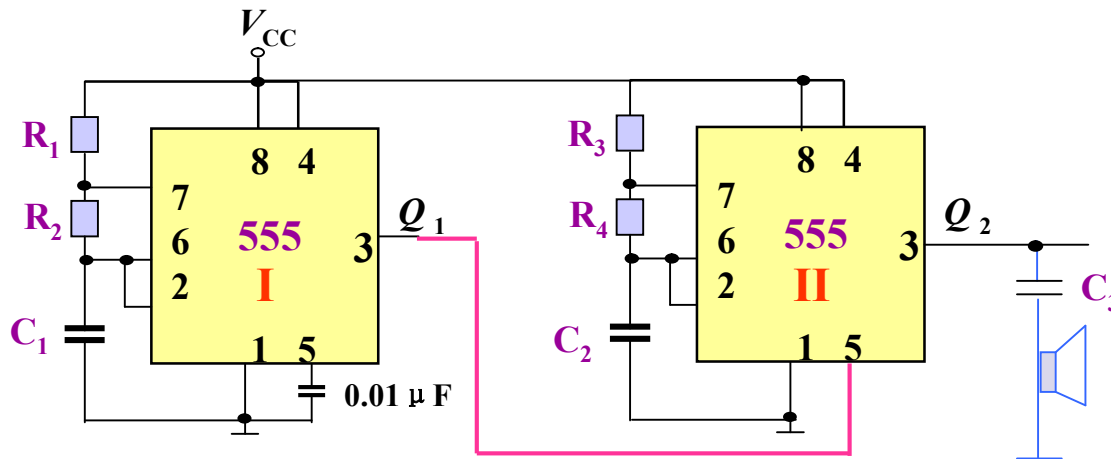
两个频率被 (II)
555定时器5脚
(V_{CO}) 控制

R_1, R_2 和 $C_1 \rightarrow Q_1$

振荡器I

{ 高电平时间 t_1
低电平时间 t_2
周期 $T_1 = t_1 + t_2$





555 输出:

$$V_{OH} = 3.6V$$

$$V_{OL} = 0.3V$$

I 控制 II :

I 输入高电平, $Q_1=1$, $V_{CO} = 3.6V$,

Q_2 谐振周期 T_2 ; T_2 大, f_2 小

I 输出低电平, $Q_1=0$, $V_{CO} = 0.3V$,

Q_2 谐振周期 T_3 ; T_3 小, f_3 大

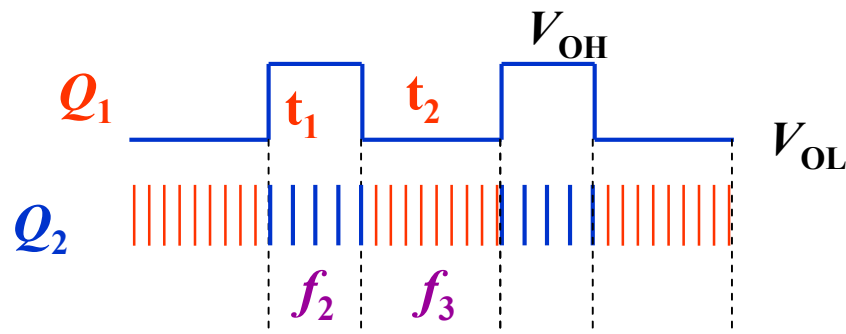
扬声器

发声频率分别

为 f_2 和 f_3 ;

持续时间分别

为 t_1 和 t_2 .

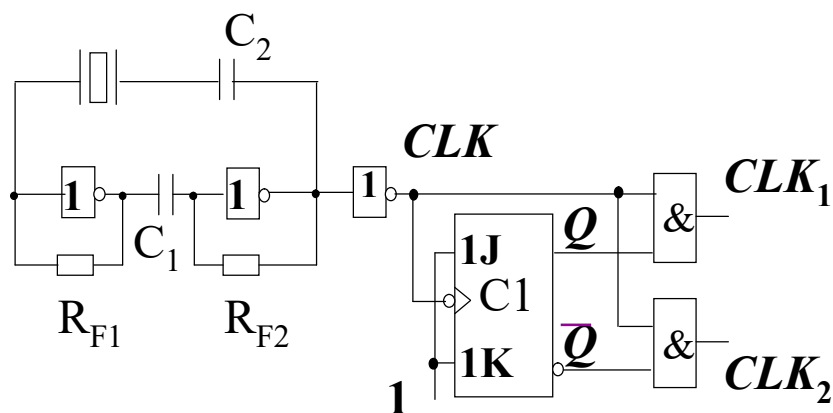


$R_3, R_4, C_2,$

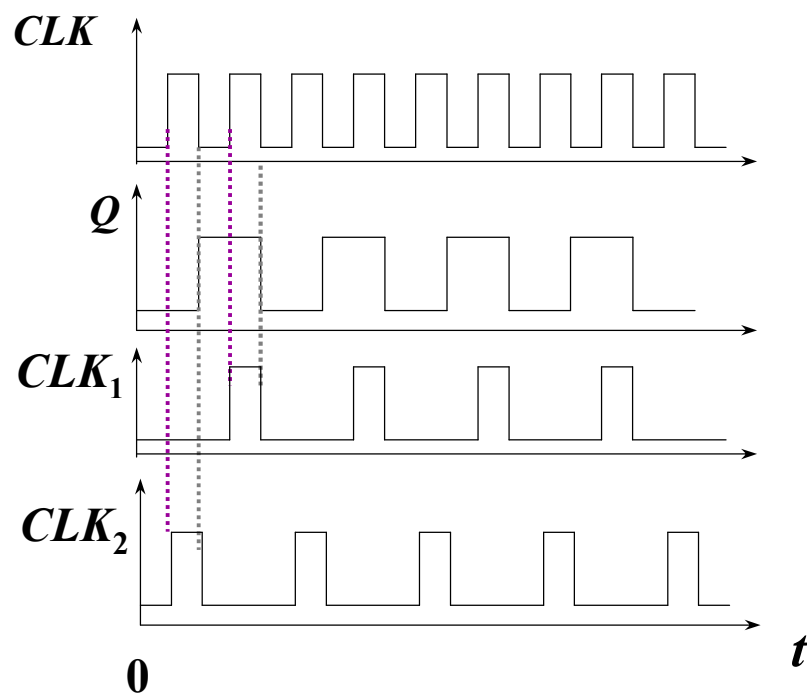
$V_{OH}, V_{OL} \rightarrow Q_2$

例2. 多谐振荡器为数字系统提供时钟信号，如图为两相时钟产生电路及工作波形。

电路



工作波形



多谐振荡器 $\rightarrow CLK$

T' -FF $\rightarrow Q$ (CLK 下降沿)

$$CLK_1 = CLK \cdot Q$$

$$CLK_2 = CLK \cdot \overline{Q}$$

小 结

- 555定时器

- 电路、基本功能

- 施密特触发器的工作原理、功能、波形及应用

- 单稳态触发器的工作原理、功能、波形及应用

- 多谐振荡器，工作原理、功能、波形及应用

作业

7. 1

7. 2

7. 8

7. 10

7. 17

作业题

- 如图所示是一个防盗报警电路，a，b两端被一细铜丝接通。若此铜丝被碰断，扬声器即发出报警声（扬声器电压为1.2V，通过电流为40mA）。（1）555定时器接成何种电路？（2）说明该报警电路的工作原理，计算脉冲频率。

