



第8章 脉冲信号的产生与整形

在数字技术的各种应用中,经常要用到矩形波、方波、锯齿波等脉冲波形,其中矩形波和方波是较重要的波形。

介绍施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器。

施密特触发器能对已有信号进行变换;

单稳态触发器可用于脉冲信号的定时、延时;

多谐振荡器能直接产生脉冲信号。



8.1 555集成定时器

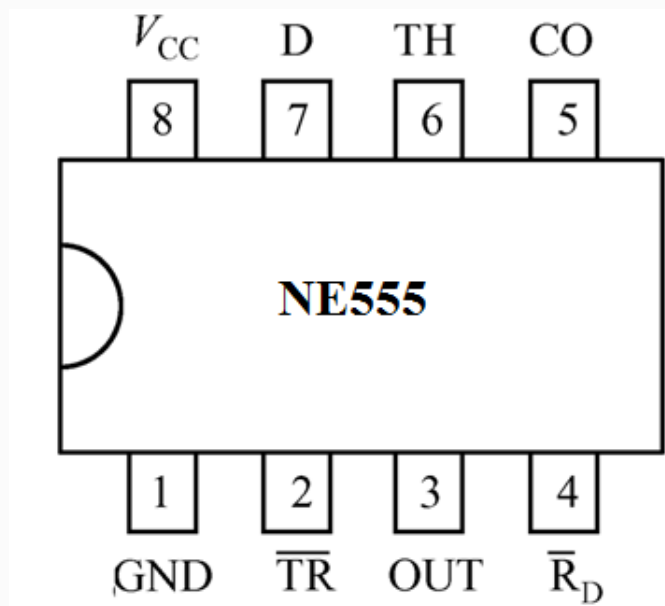
555集成定时器是一种将模拟和数字电路集成于一体的电子器件,通过外加少量的阻容元件,能构成多种用途的电路。

555集成定时器的型号较多,但所有双极型产品型号后的3位数字都是**555**,**CMOS**产品型号最后的4位数字都是**7555**。而且,它们的功能和外部引脚的排列完全相同。

为了提高集成度,随后又生产了双定时器产品**556** (双极型) 和**7556** (**CMOS**型) 。



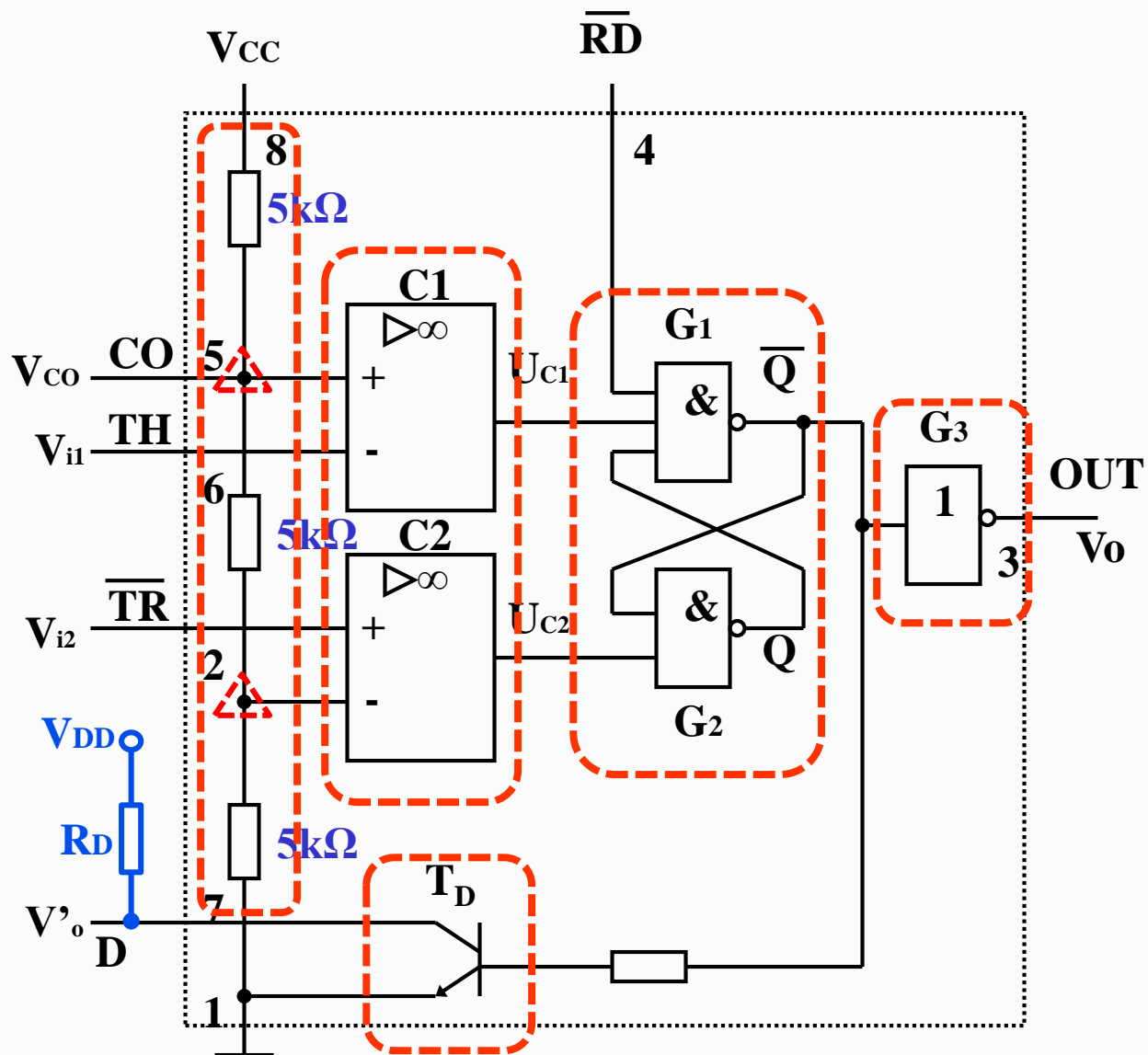
555集成定时器



- V_{CC} 电源端
- GND 接地端
- CO 参考电压输入端
- $\overline{R_D}$ 复位端

- TH 高电平触发端
- \overline{TR} 低电平触发端
- OUT 输出端
- D 放电输出端

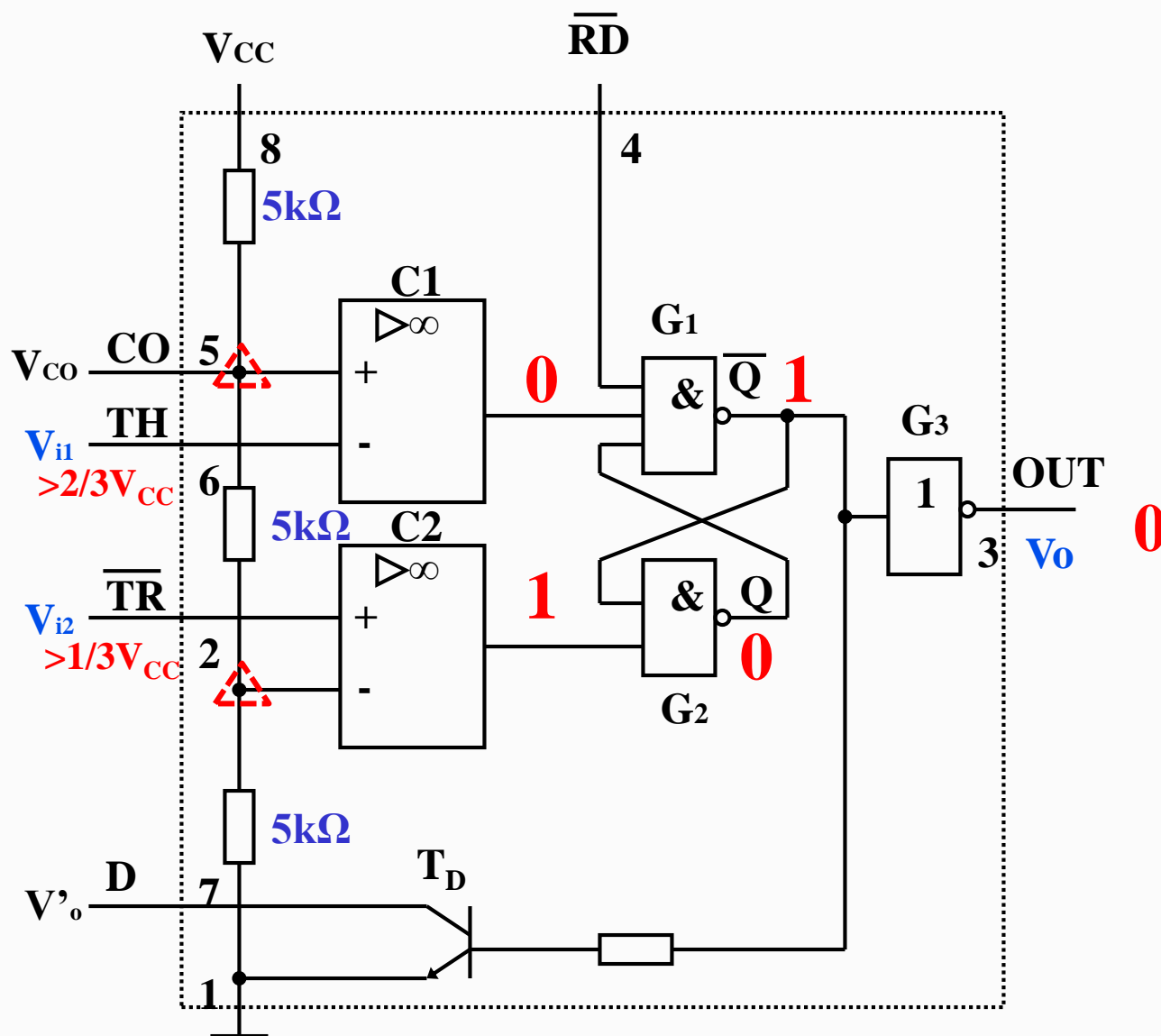
555定时器的电路结构



组成:

- 分压器
- 比较器
- RS锁存器
- 三极管放电开关
- 输出缓冲器

555定时器的逻辑功能

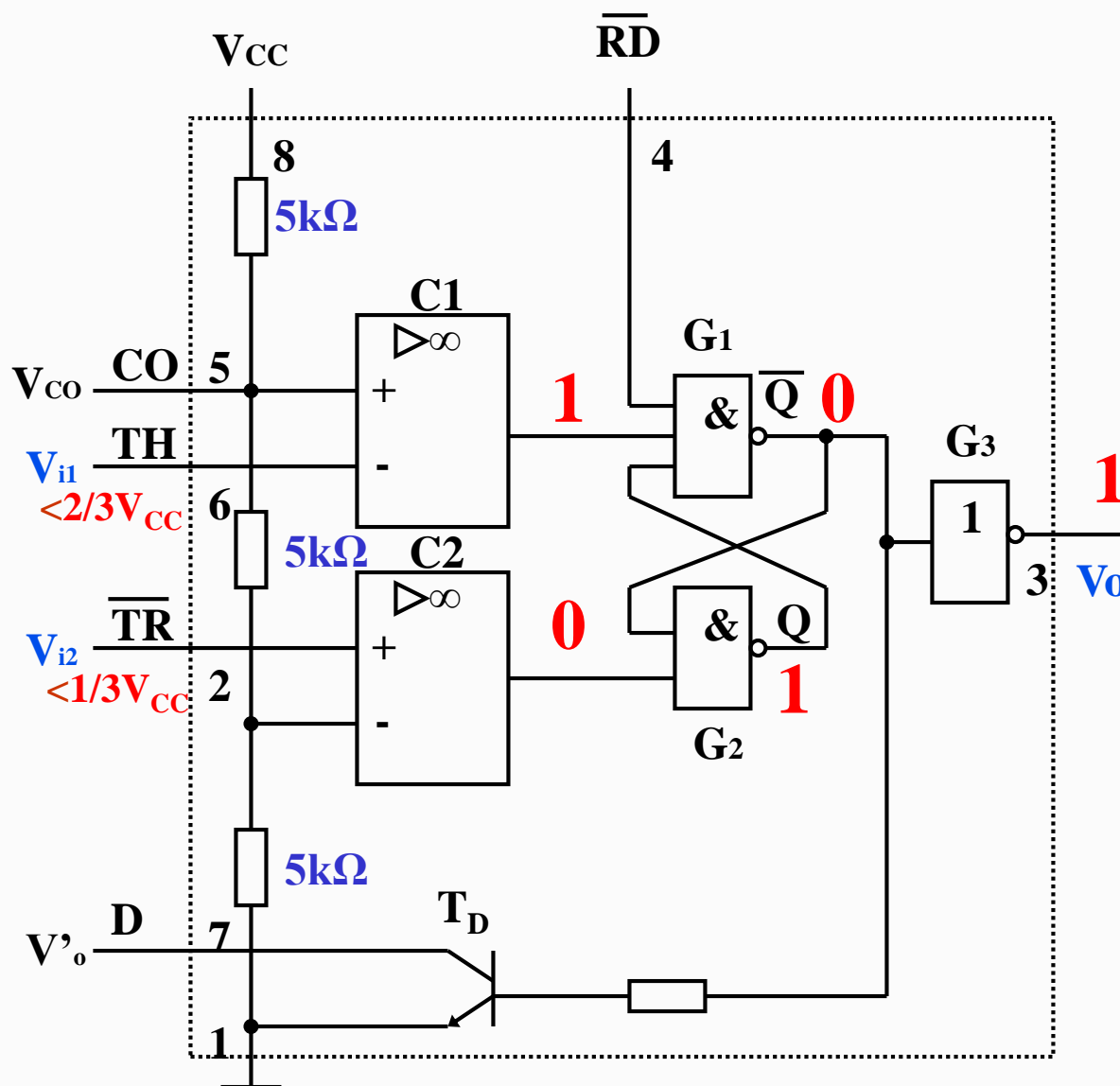


当 $\overline{RD}=1$ 时:

$$1) \begin{aligned} V_{i1} &> 2/3 V_{CC} \\ V_{i2} &> 1/3 V_{CC} \end{aligned}$$

$$V_o = 0$$

555定时器的逻辑功能



当 $\bar{R}_D=1$ 时:

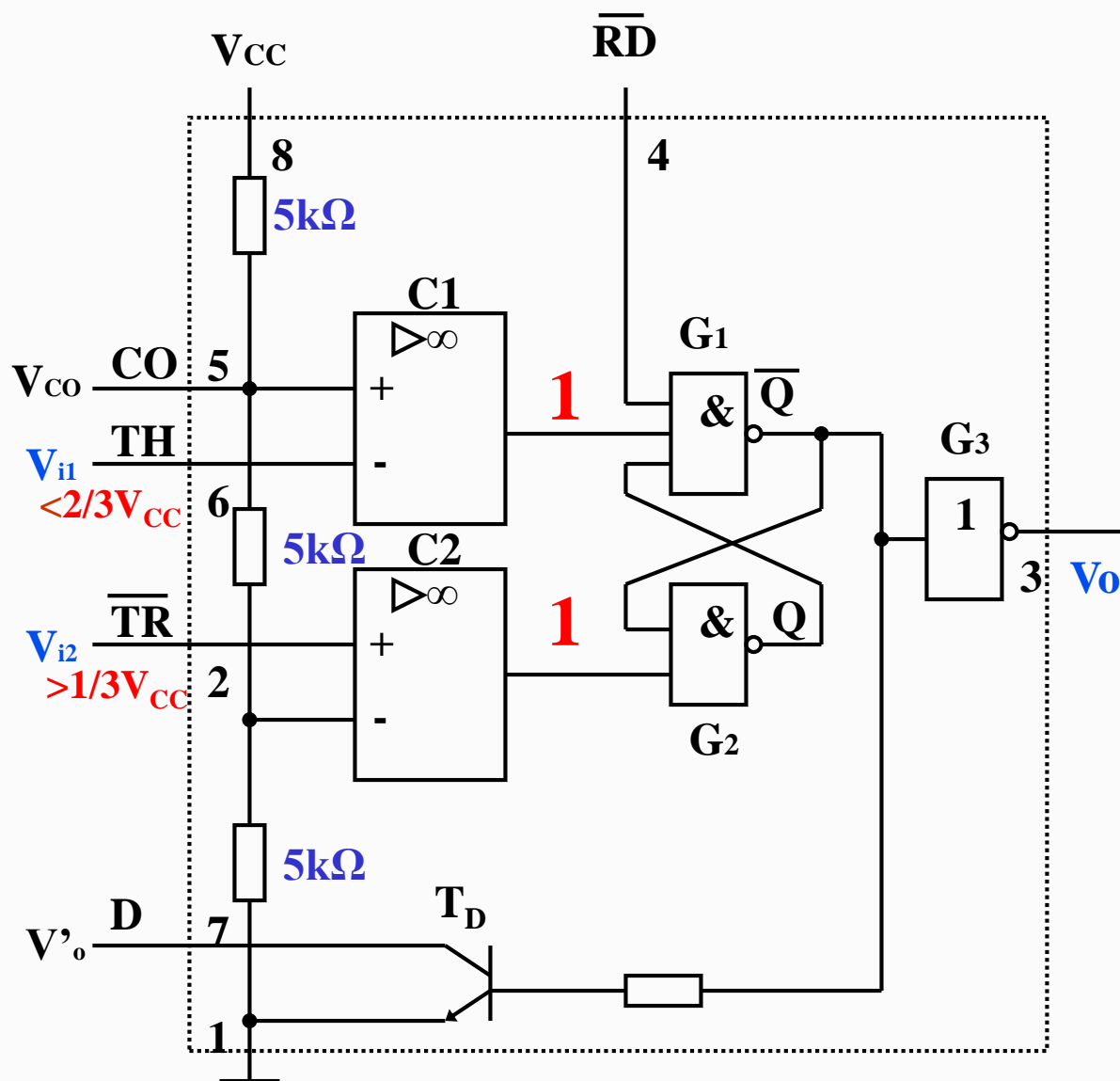
$$1) \quad V_{i1} > \frac{2}{3}V_{CC} \\ V_{i2} > \frac{1}{3}V_{CC}$$

$$V_o = 0$$

$$2) \quad V_{i1} < \frac{2}{3}V_{CC} \\ V_{i2} < \frac{1}{3}V_{CC}$$

$$V_o = 1$$

555定时器的逻辑功能



当 $\overline{RD}=1$ 时:

1) $V_{i1} > \frac{2}{3}V_{CC}$
 $V_{i2} > \frac{1}{3}V_{CC}$

$V_o = 0$

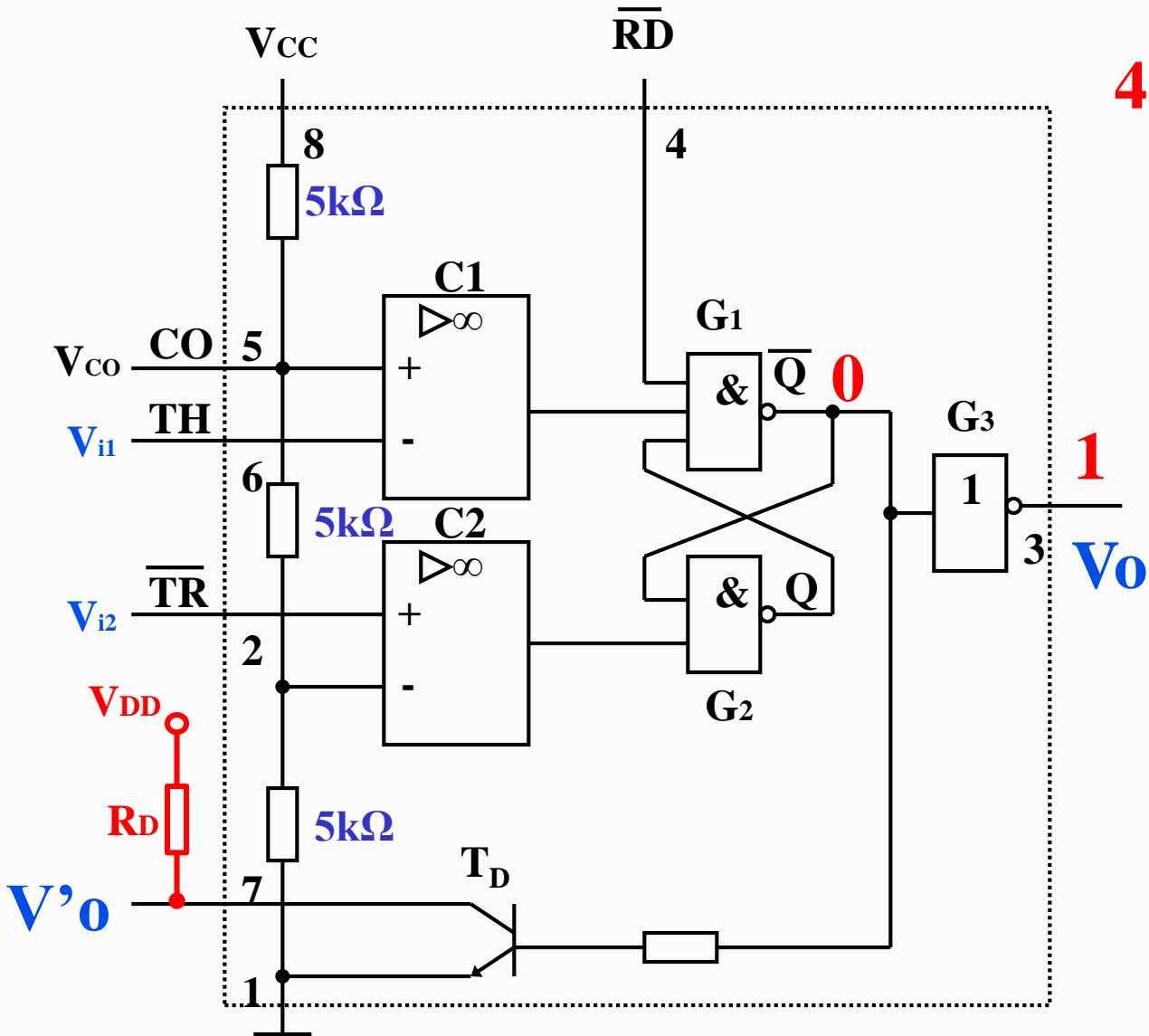
2) $V_{i1} < \frac{2}{3}V_{CC}$
 $V_{i2} < \frac{1}{3}V_{CC}$

$V_o = 1$

3) $V_{i1} < \frac{2}{3}V_{CC}$
 $V_{i2} > \frac{1}{3}V_{CC}$

V_o 不变

555定时器的逻辑功能



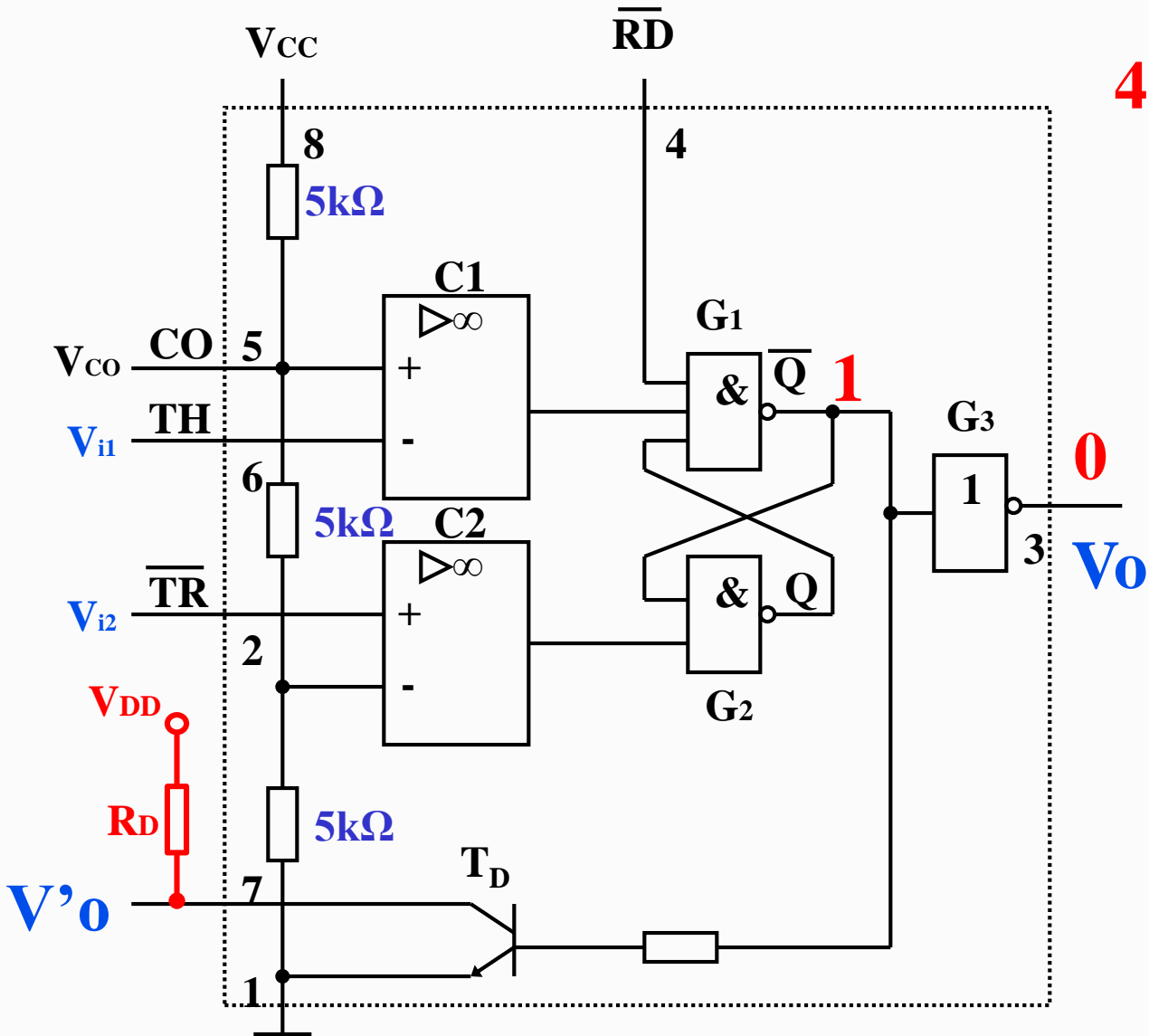
4) V_o 与 V_o' 的关系

当 $V_0=1$ 时

T_D管截止

$$\mathbf{V}_0' = \mathbf{1}$$

555定时器的逻辑功能



4) V_o 与 V_o' 的关系

当 $V_0=1$ 时

T_D管截止

$$\mathbf{V}_0' = \mathbf{1}$$

当 $V_0=0$ 时

T_D管饱和导通

$$\mathbf{V}_0' = \mathbf{0}$$

555定时器功能表

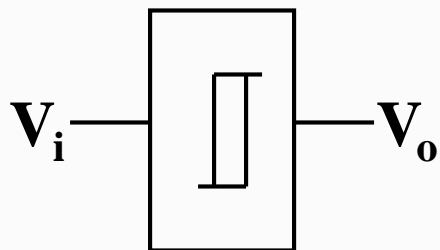
$\overline{\text{RD}}$	$\text{Vi1}(\text{TH})$	$\text{Vi2}(\overline{\text{TR}})$	$\text{Vo}(\text{OUT})$	$\text{T}_\text{D}(\text{放电管})$
0	\times	\times	0	导通
1	$> \frac{2}{3}\text{VCC}$	$> \frac{1}{3}\text{VCC}$	0	导通
1	$< \frac{2}{3}\text{VCC}$	$< \frac{1}{3}\text{VCC}$	1	截止
1	$< \frac{2}{3}\text{VCC}$	$> \frac{1}{3}\text{VCC}$	不变	不变

称TH为高电平触发端； $\overline{\text{TR}}$ 低电平触发端。

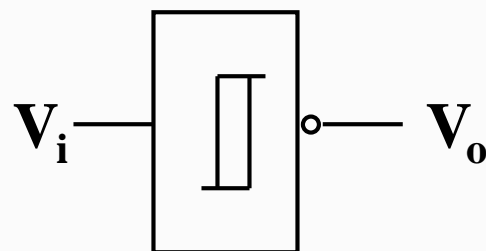
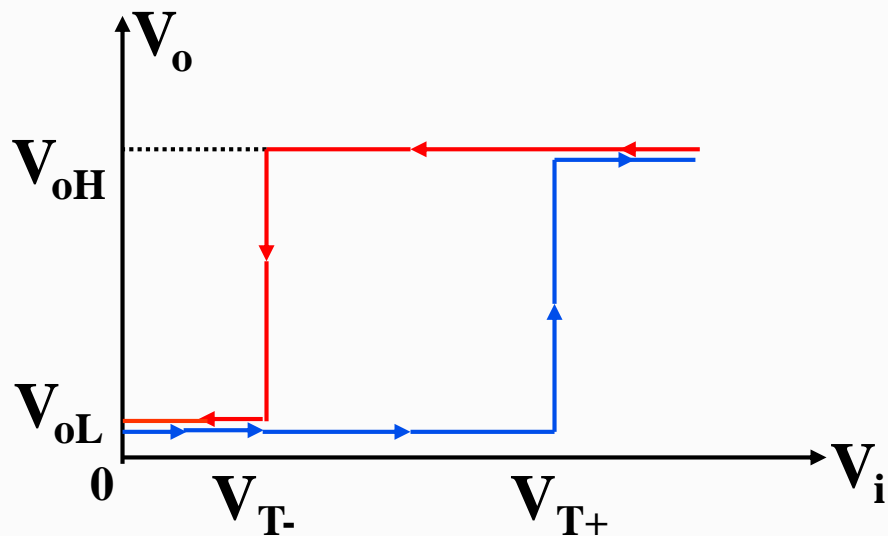


8.2 施密特触发器

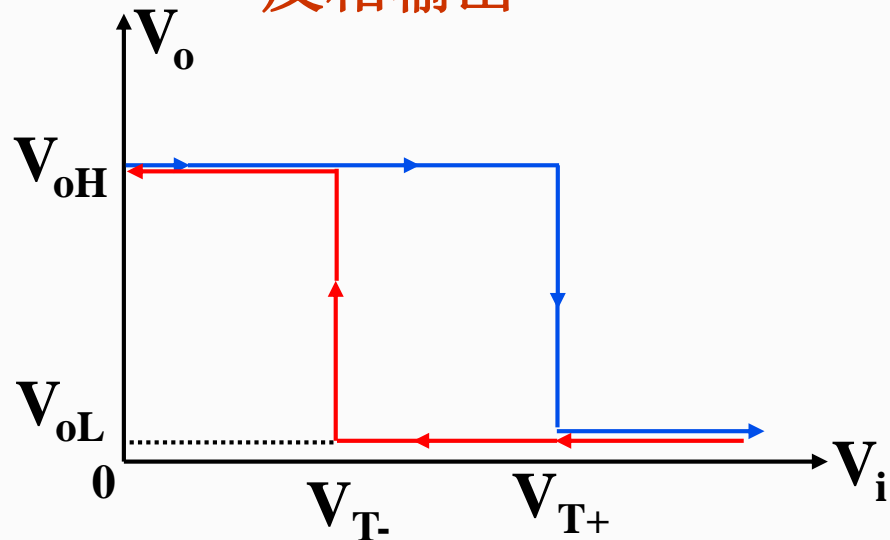
施密特触发器(Schmitt Trigger)逻辑符号及电压传输特性曲线



同相输出



反相输出



V_{T+} : 正向阈值电压

V_{T-} : 负向阈值电压

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



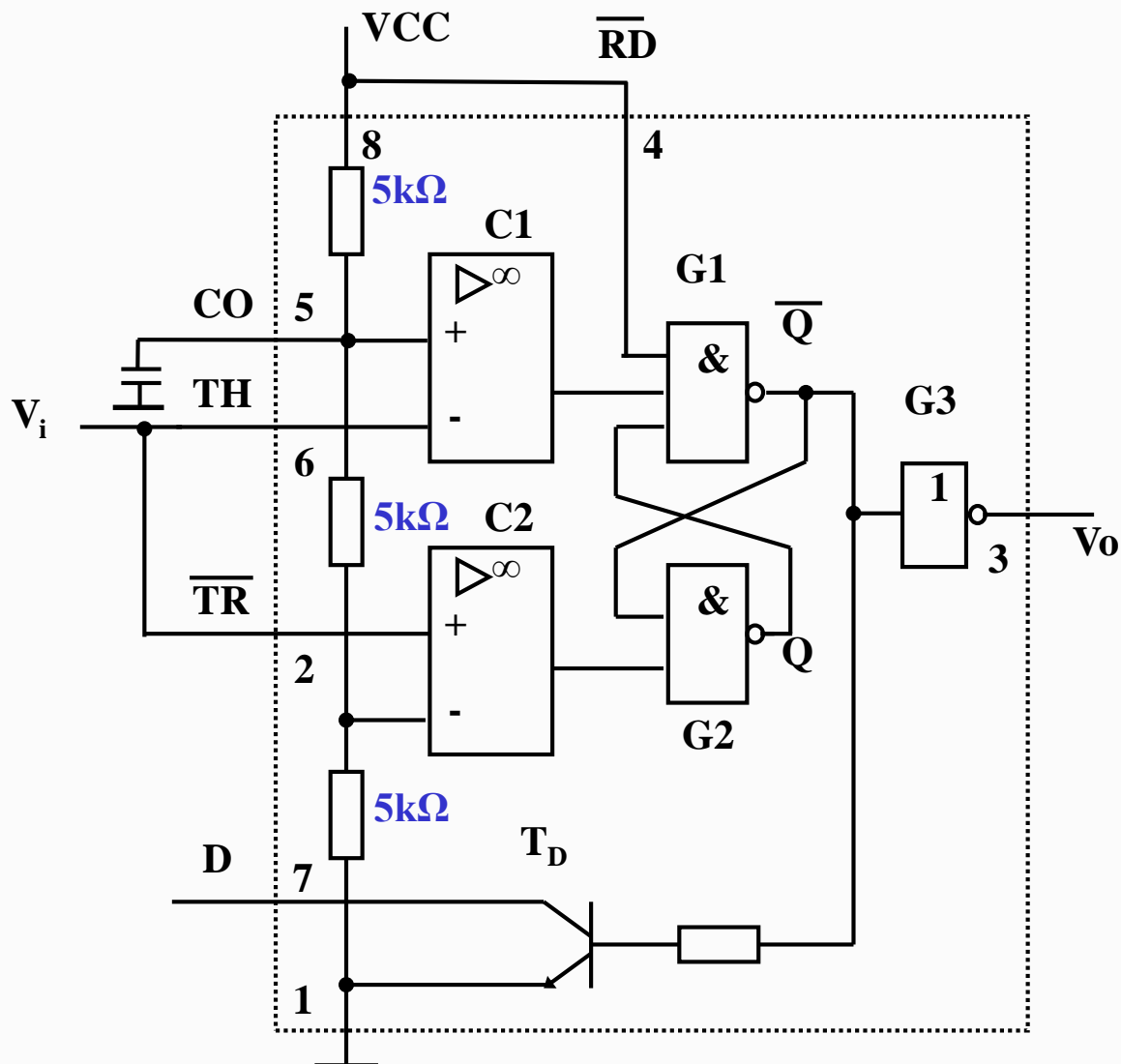
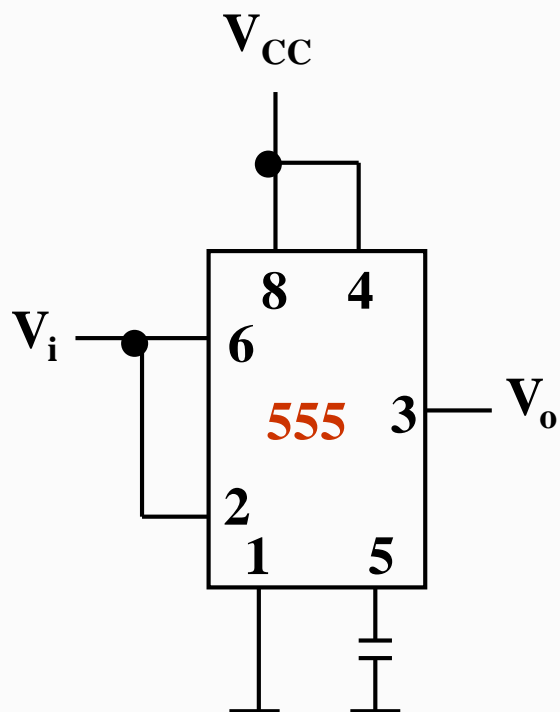
施密特触发器

特点:

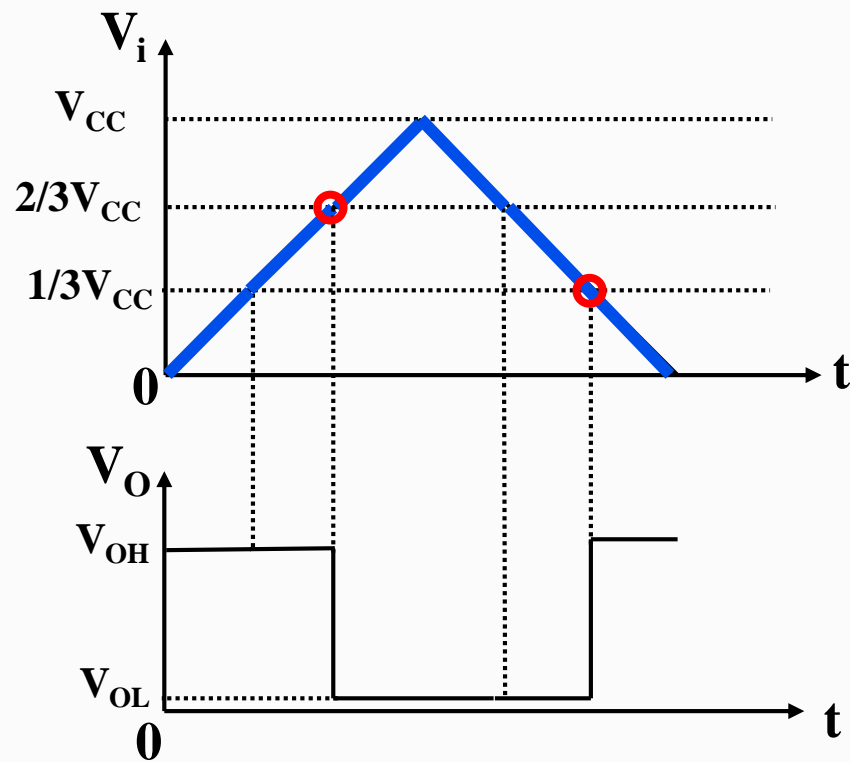
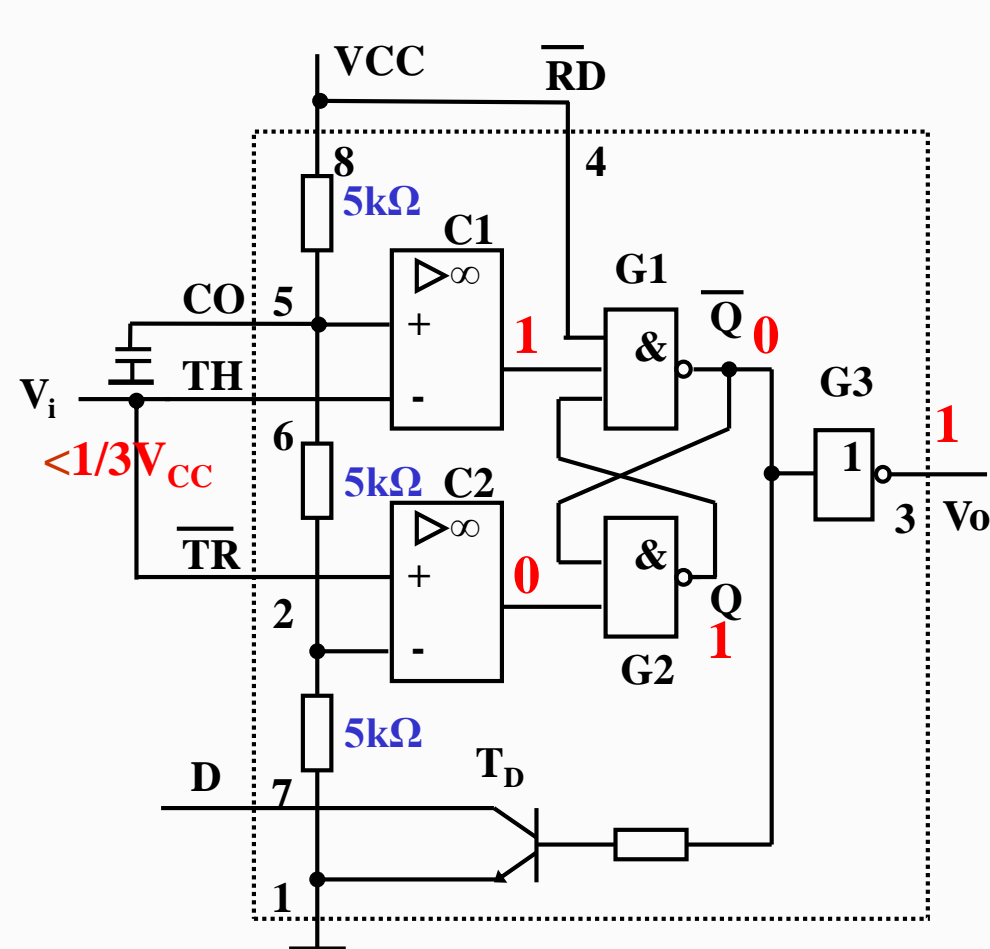
- 1) 有两个稳定状态 V_{OH} 和 V_{OL} ，但稳态要靠输入电平来维持；
- 2) 具有滞回电压（回差电压）传输特性. 当输入信号高于 V_{T+} 时，电路处于一个稳定状态；当输入信号低于 V_{T-} 时，电路处于另一个稳定状态；当输入信号处于两触发电平之间时，其输出保持原状态不变。

555定时器构成的施密特触发器

1. 电路组成



555定时器构成的施密特触发器



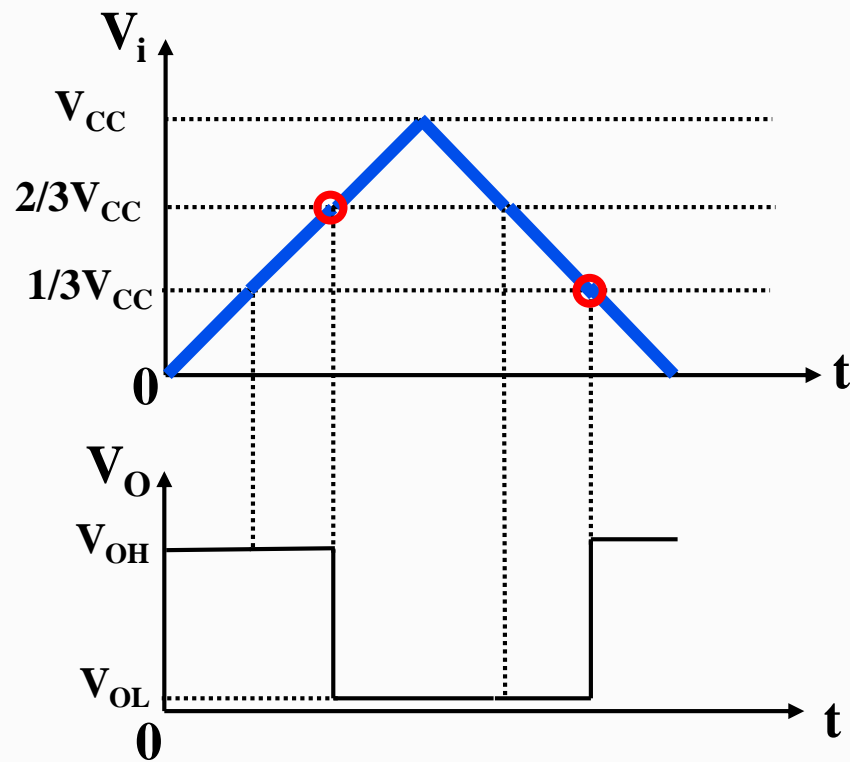
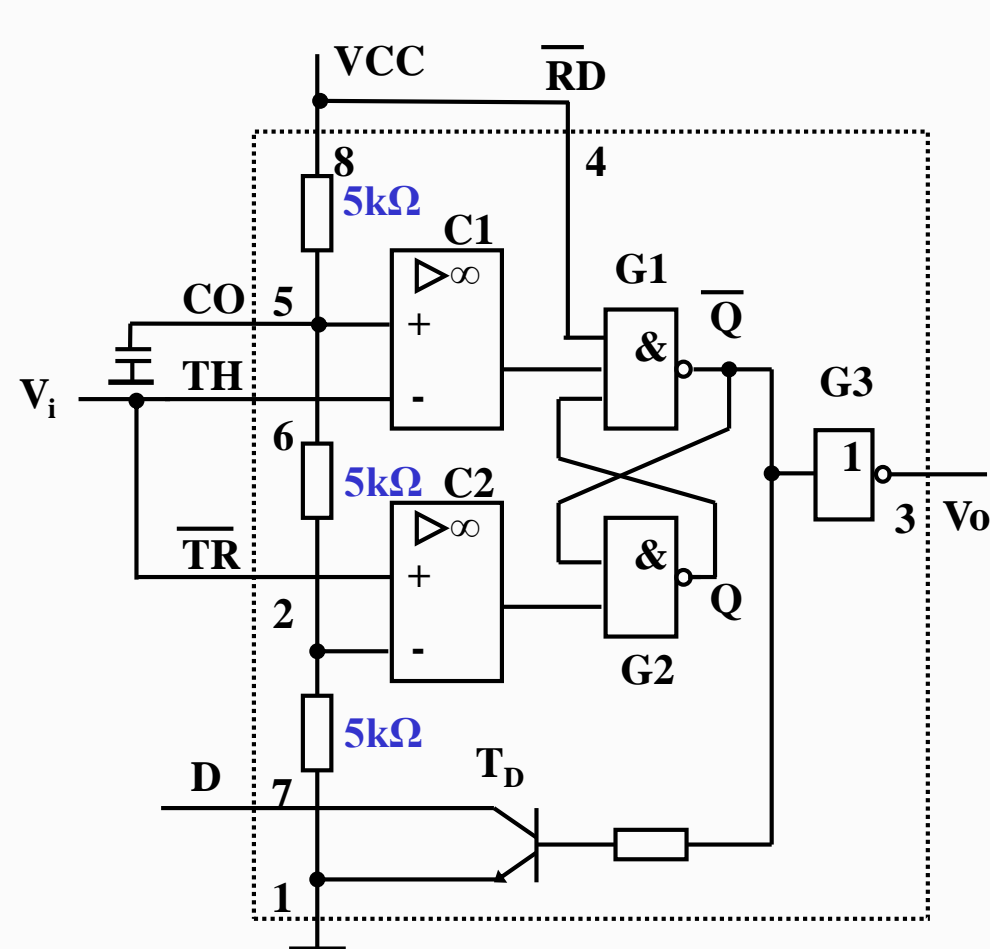
工作波形图

电路特点

- (1) 滞回电压传输特性
- (2) 双稳态输出

555定时器构成的
施密特触发器

555定时器构成的施密特触发器



工作波形图

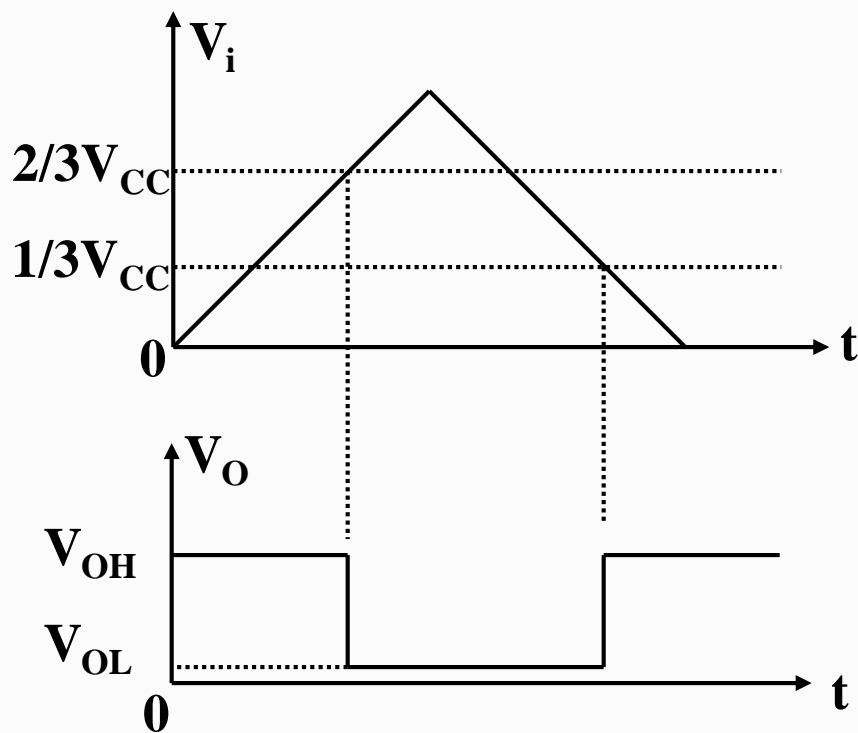
正向阈值电压 $V_{T+} = 2/3 V_{CC}$

负向阈值电压 $V_{T-} = 1/3 V_{CC}$

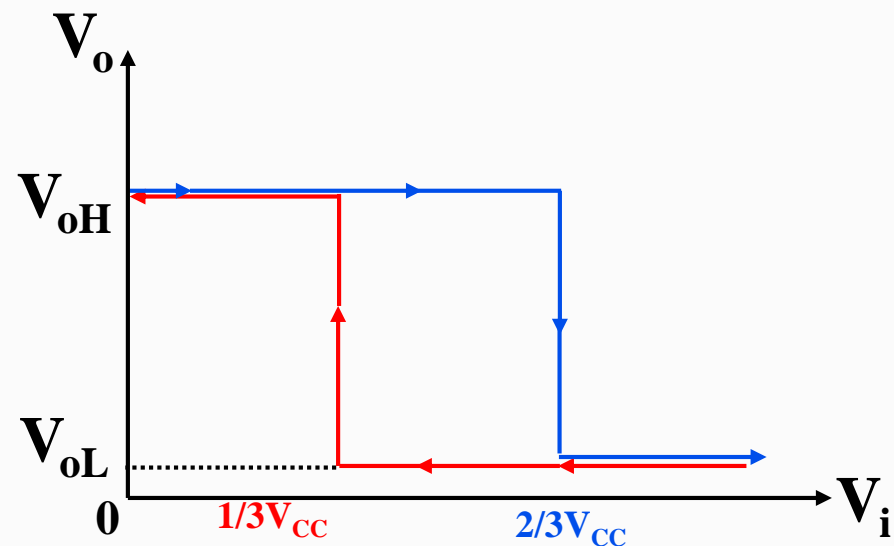
回差电压 $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 1/3 V_{CC}$

555定时器构成的
施密特触发器

555定时器构成的施密特触发器



工作波形图



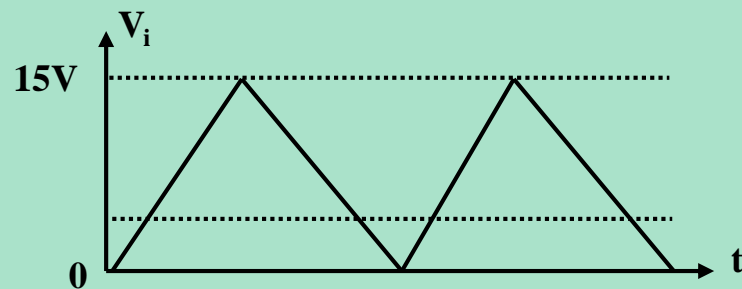
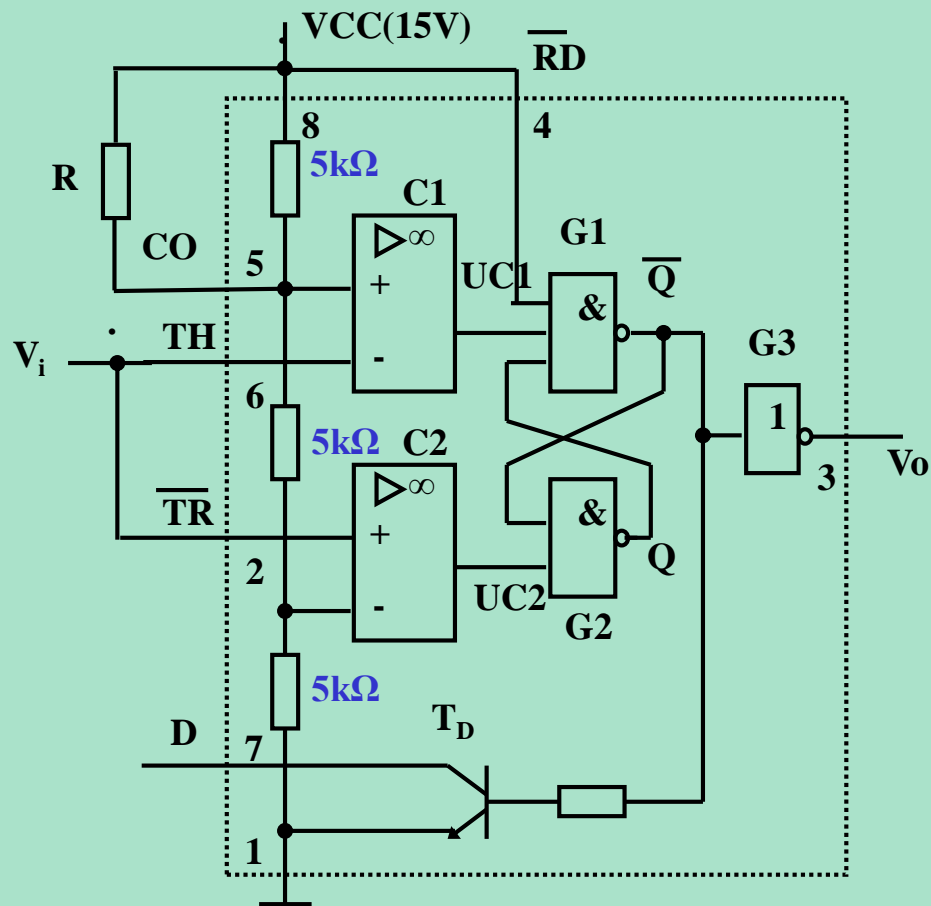
电压传输特性曲线

问题：是同相输出还是反相输出的施密特触发器？

讨论题：若电源电压不变，怎样改变回差电压 ΔV_T ？

例:下列电路图为由555定时器构成的施密特触发电路

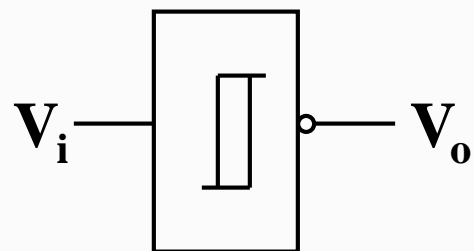
- (1) 当R为无穷大时,试根据 V_i 输入波形画出输出波形;
- (2) 欲使 $\Delta V_T = 6V$, 则R应取多大?



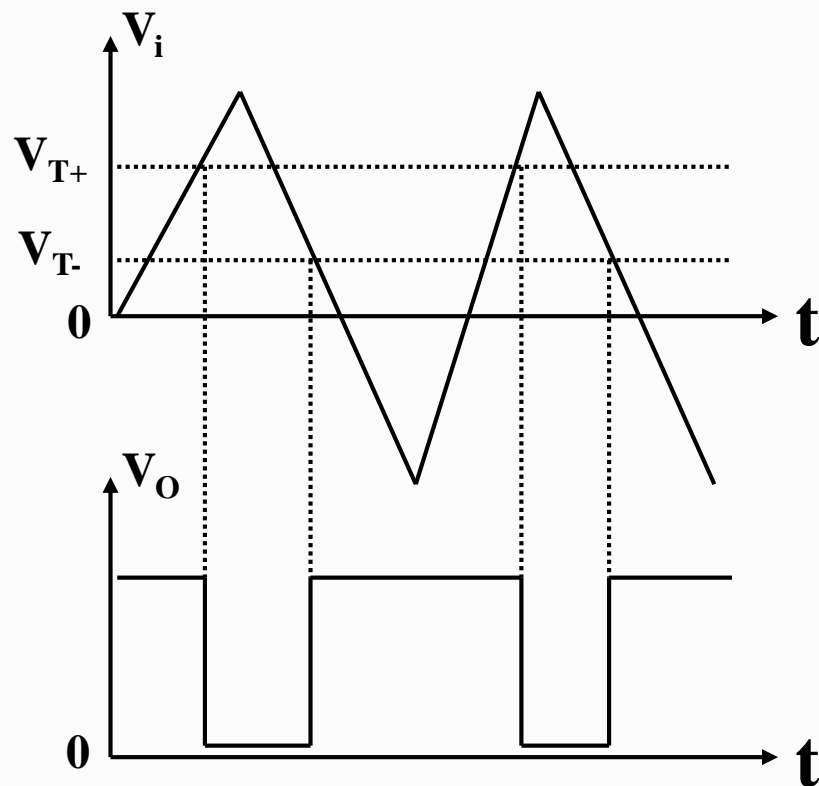


施密特触发器的应用

1. 波形变换



带反相器

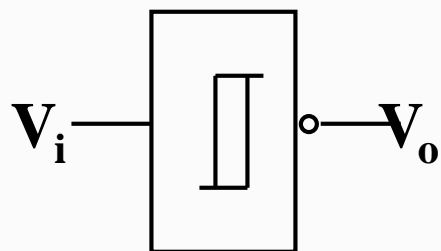


可以把边沿变化缓慢的周期性信号变换为同频率的矩形脉冲

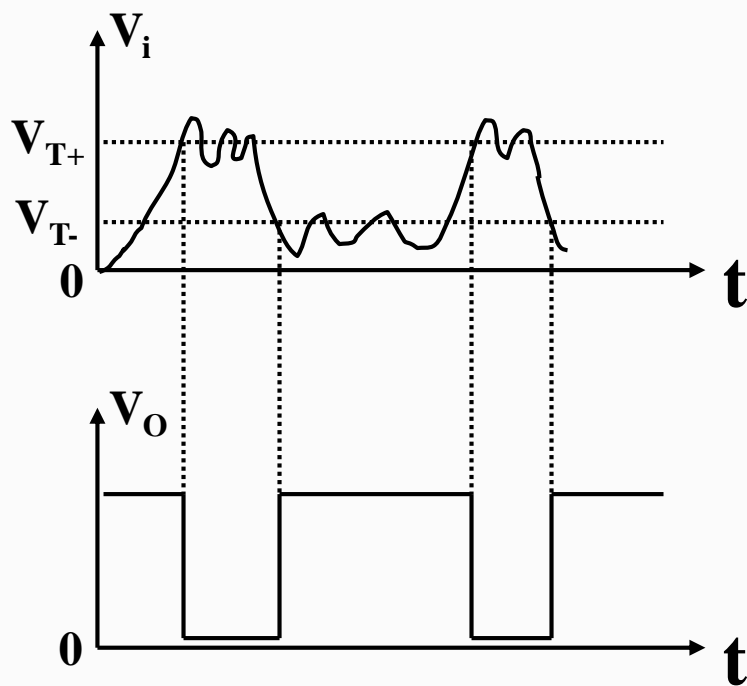


施密特触发器的应用

2. 脉冲整形



带反相器

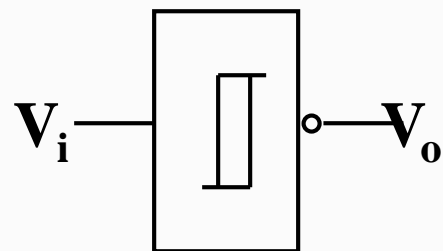


可以适当调节施密特触发器的回差电压,得到整齐的矩形脉冲

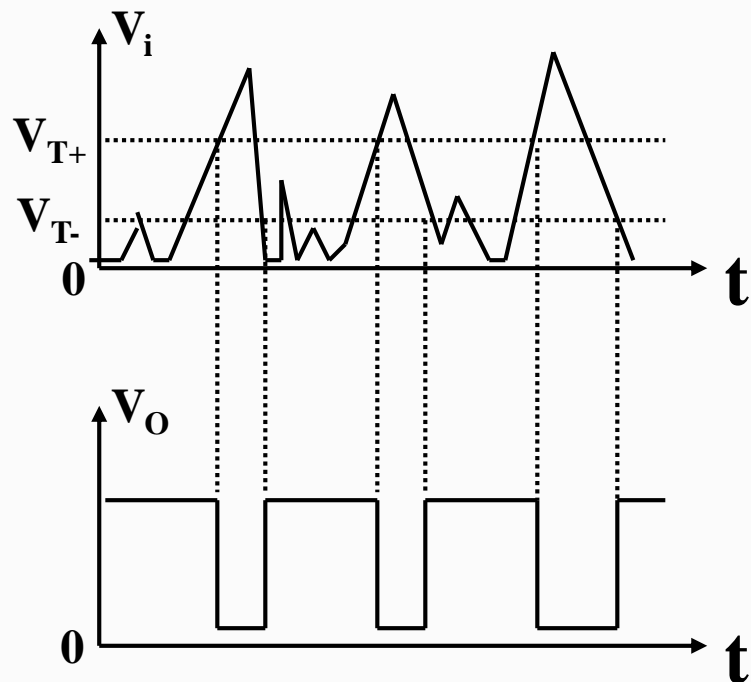


施密特触发器的应用

3. 幅度鉴别



带反相器

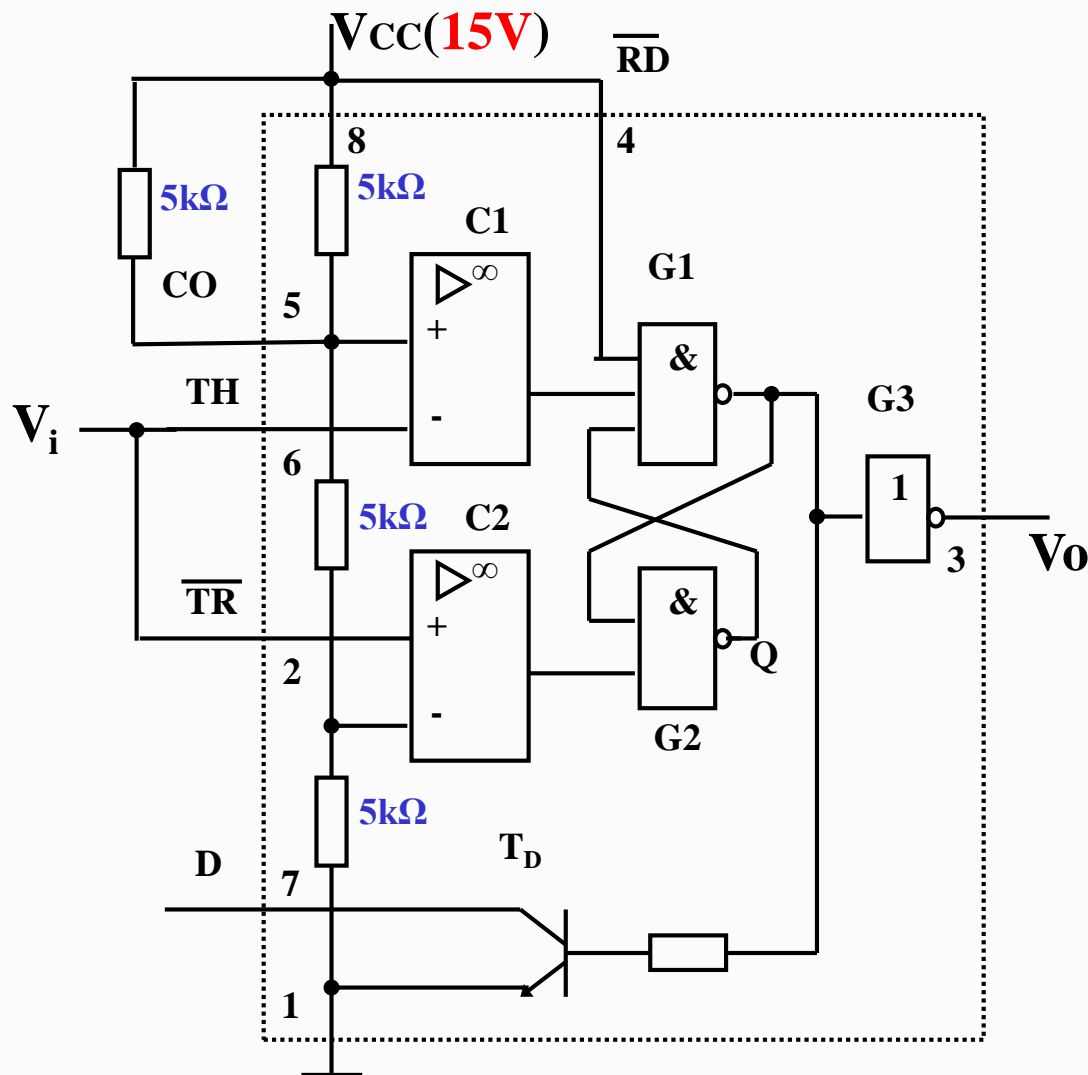


可以通过调整电路的 V_{T+} 和 V_{T-} ,将输入信号中幅度超过 V_{T+} 的脉冲选出,幅度较小的脉冲消除,所以具有幅度鉴别能力。



练习题

由555定时器所构成的施密特触发器电路如图所示。



(1) 当输入信号 V_i 为 11V 时，输出信号 V_o 逻辑值为 ()。
(填 “0”、“1” 或 “不确定”)

(2) 当输入信号 V_i 为从 0V 增大到 11V 时，输出信号 V_o 的逻辑值为 ()。
(填 “0”、“1” 或 “不确定”)



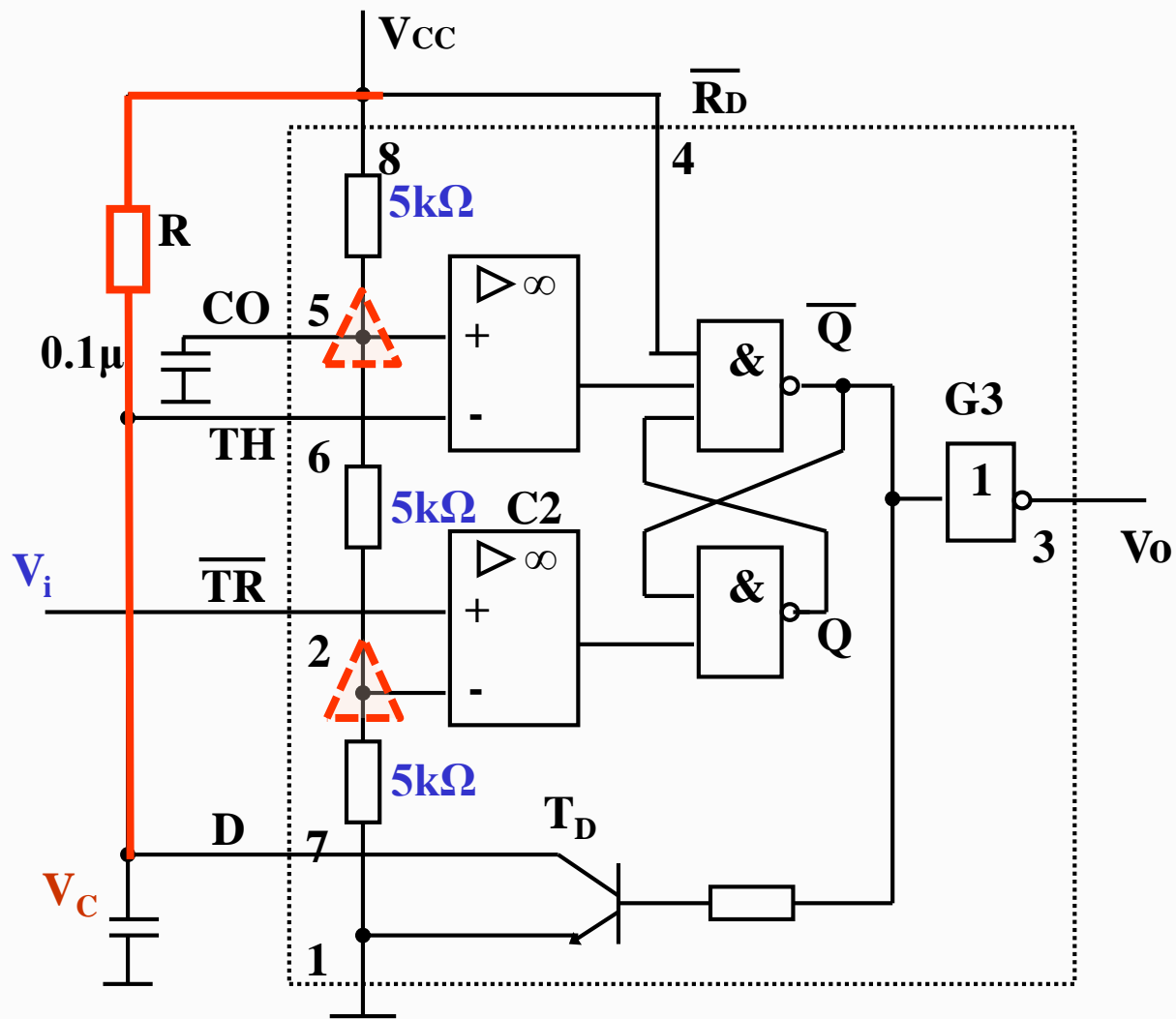
8.3 单稳态触发器

单稳态触发器的特点:电路有一个**稳定状态**,一个**暂稳定状态**。在**没有外界触发信号作用**时,电路处于稳定状态;在**外界信号作用**下,电路由稳态转换为暂稳态,经过一段时间,电路**自动**返回到稳定状态。

单稳态触发器常用于脉冲的**整形**、**定时**和**延时**。



1.电路组成

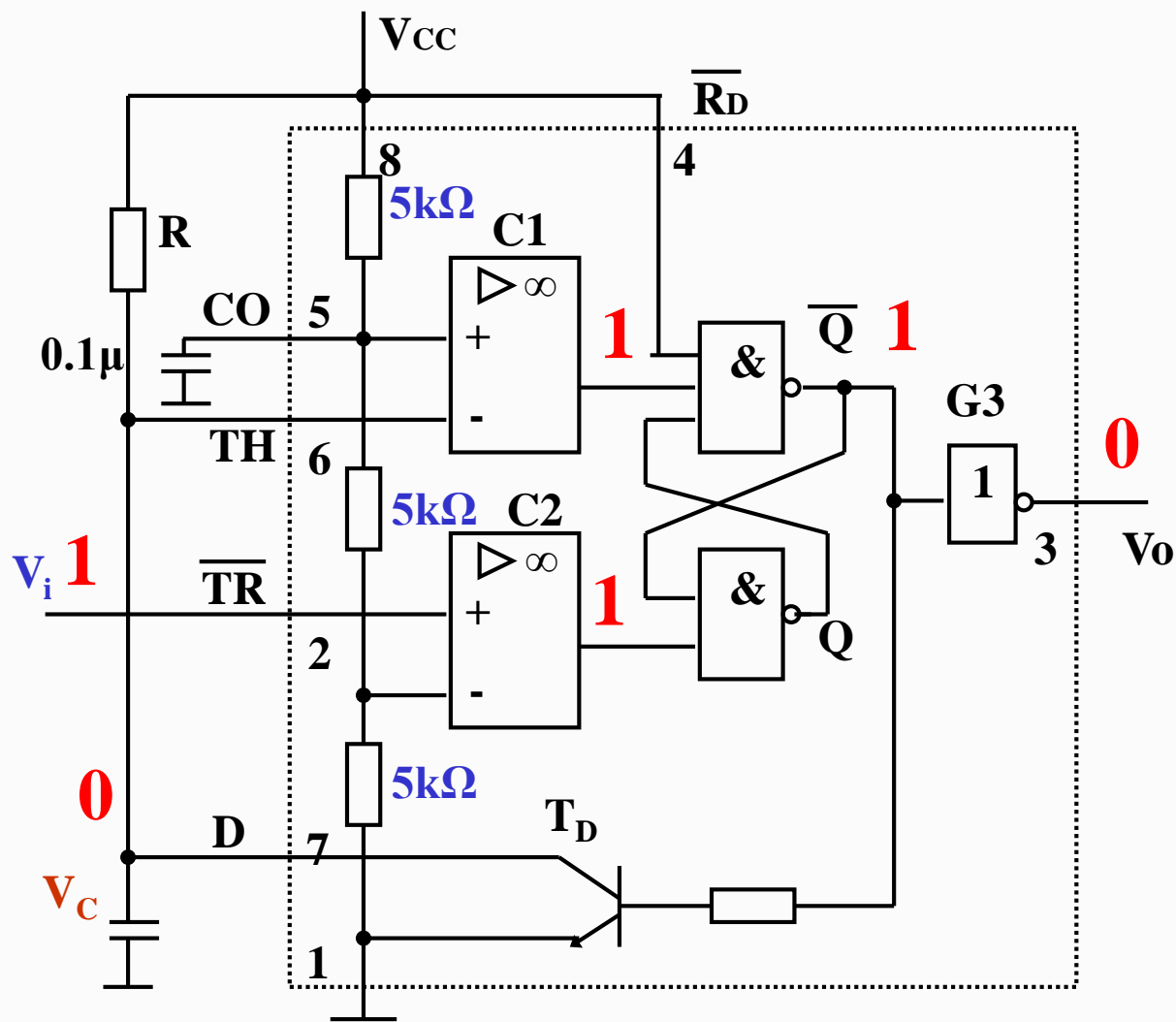




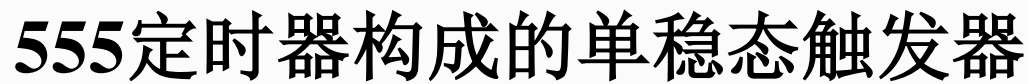
555定时器构成的单稳态触发器

2.工作原理

1) 稳态



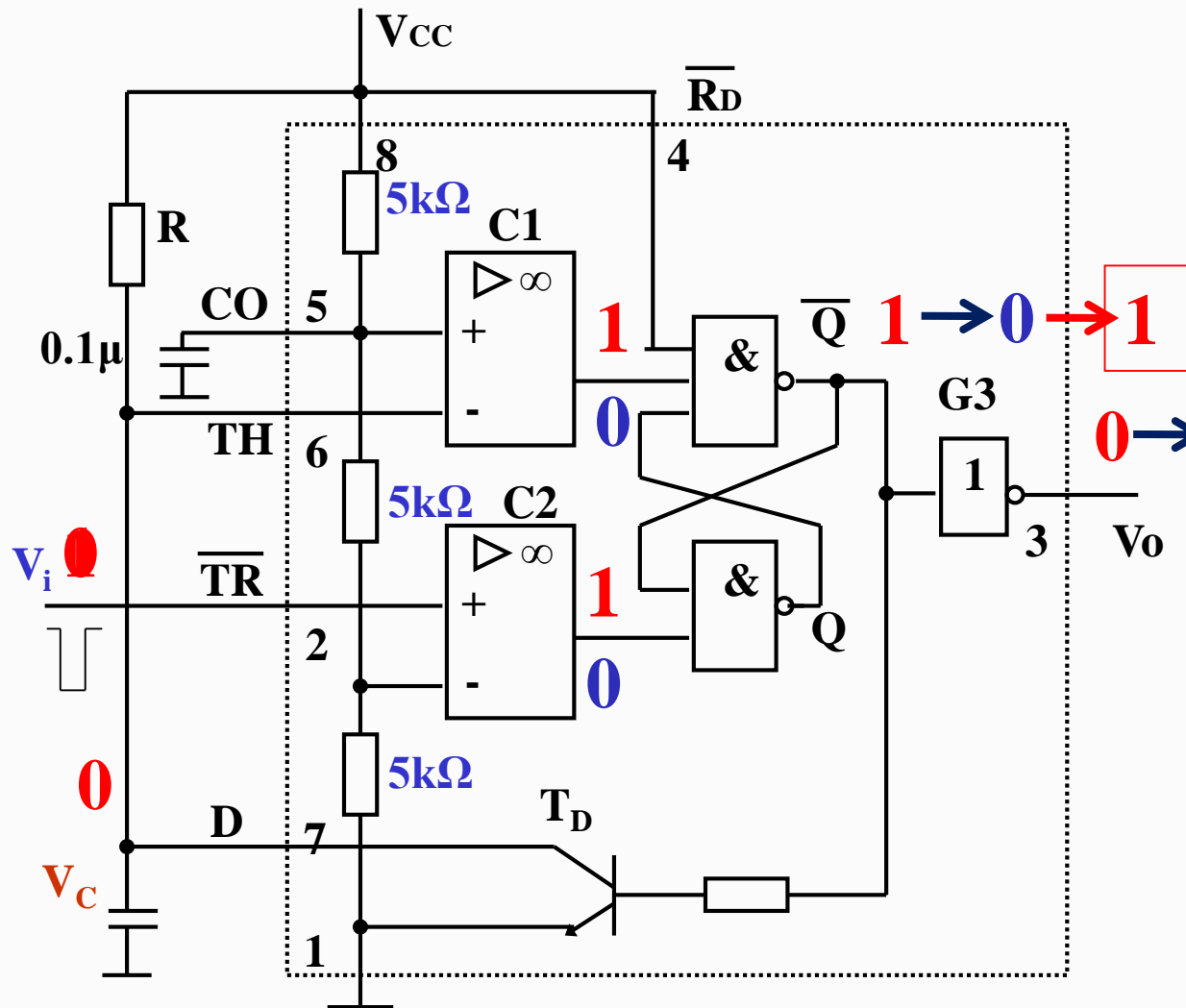
未加入负触发脉冲,当 V_i 为高电平 1 并稳定一段时间后, \overline{Q} 端为 1 (Q 为 0), V_o 为低电平的稳定状态;



2.工作原理

2) 暂稳态

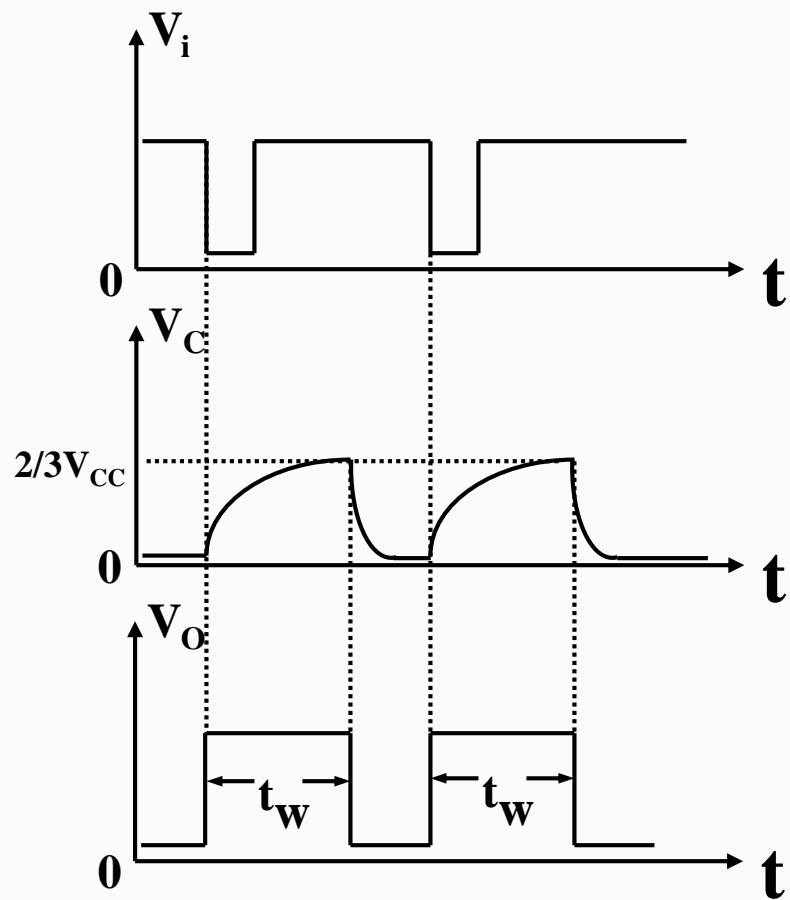
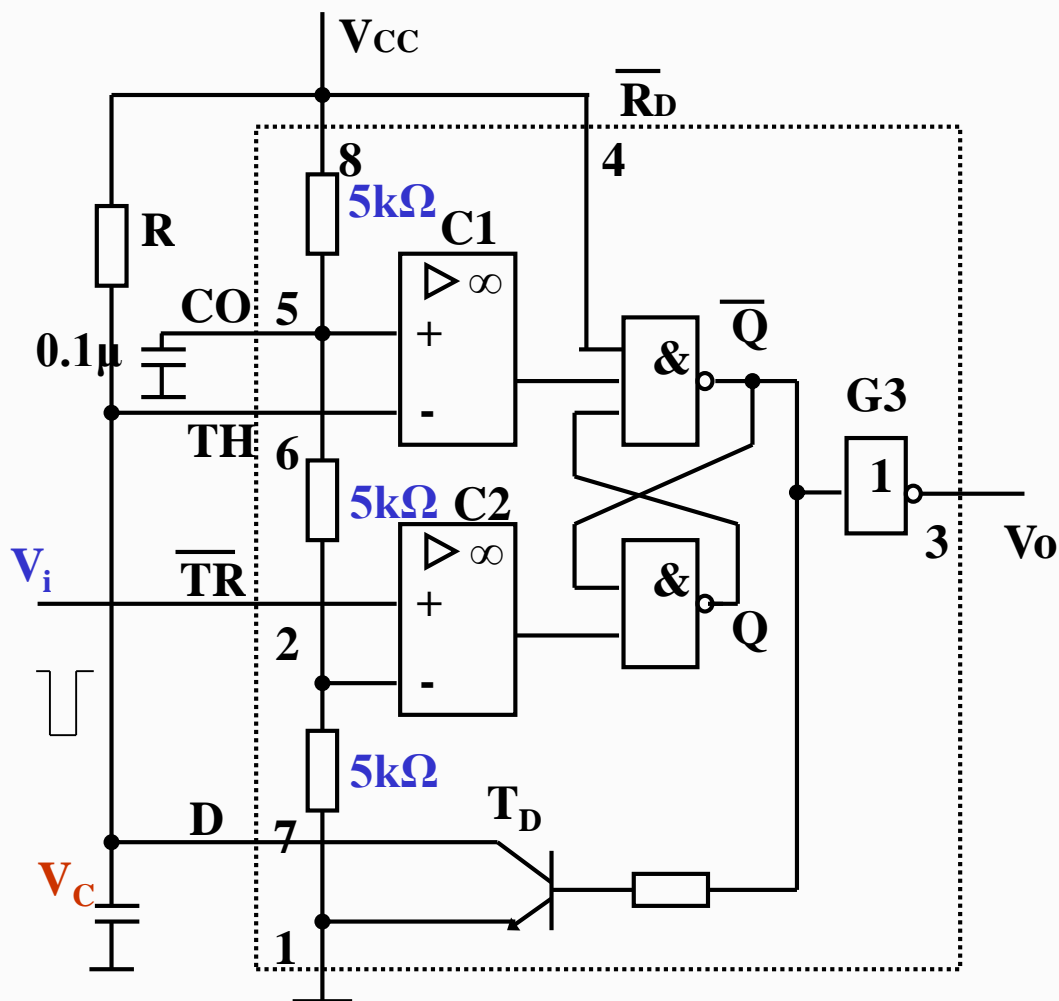
当 V_i 来一个较短的负脉冲后，Q端改变状态， V_o 由低电平跳变为高电平，电路进入暂稳态。





555定时器构成的单稳态触发器

3. 工作波形图





555定时器构成的单稳态触发器

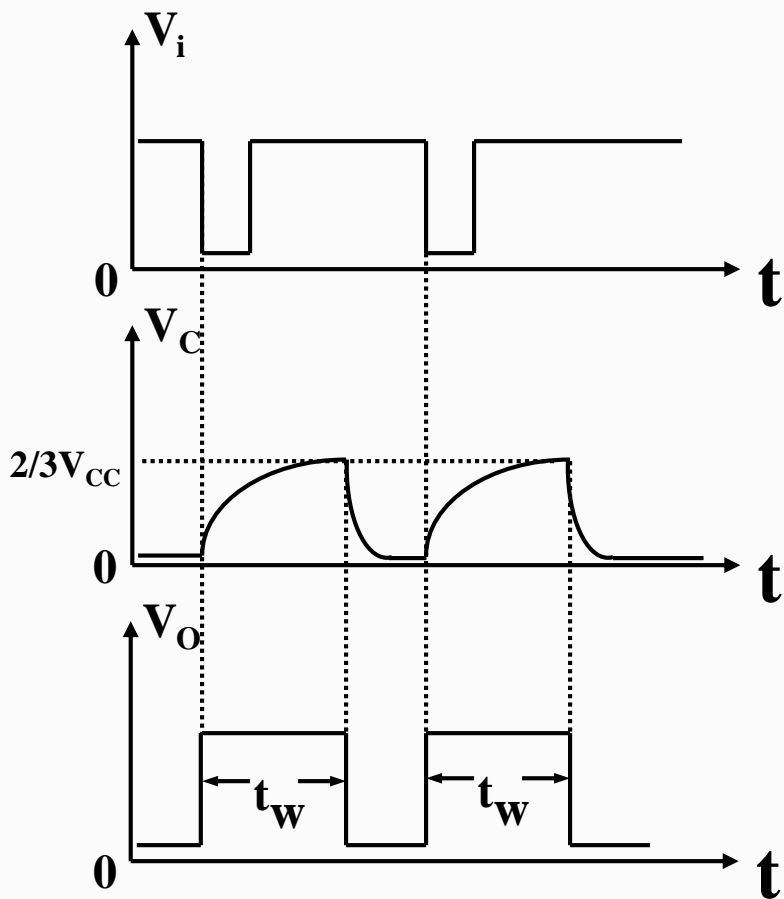
4. 输出脉冲宽度估算

输出脉冲宽度 t_w : 就是暂稳期的持续时间, 它等于电容电压 V_C 从0上升到 $2/3V_{CC}$ 所需时间

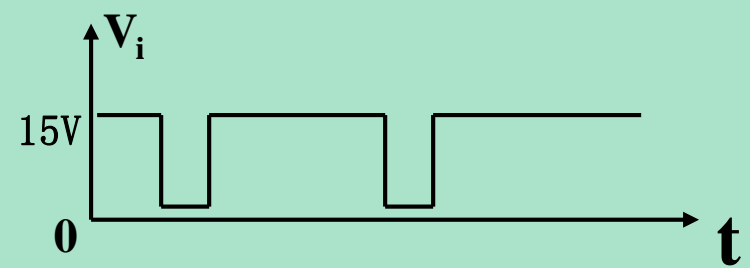
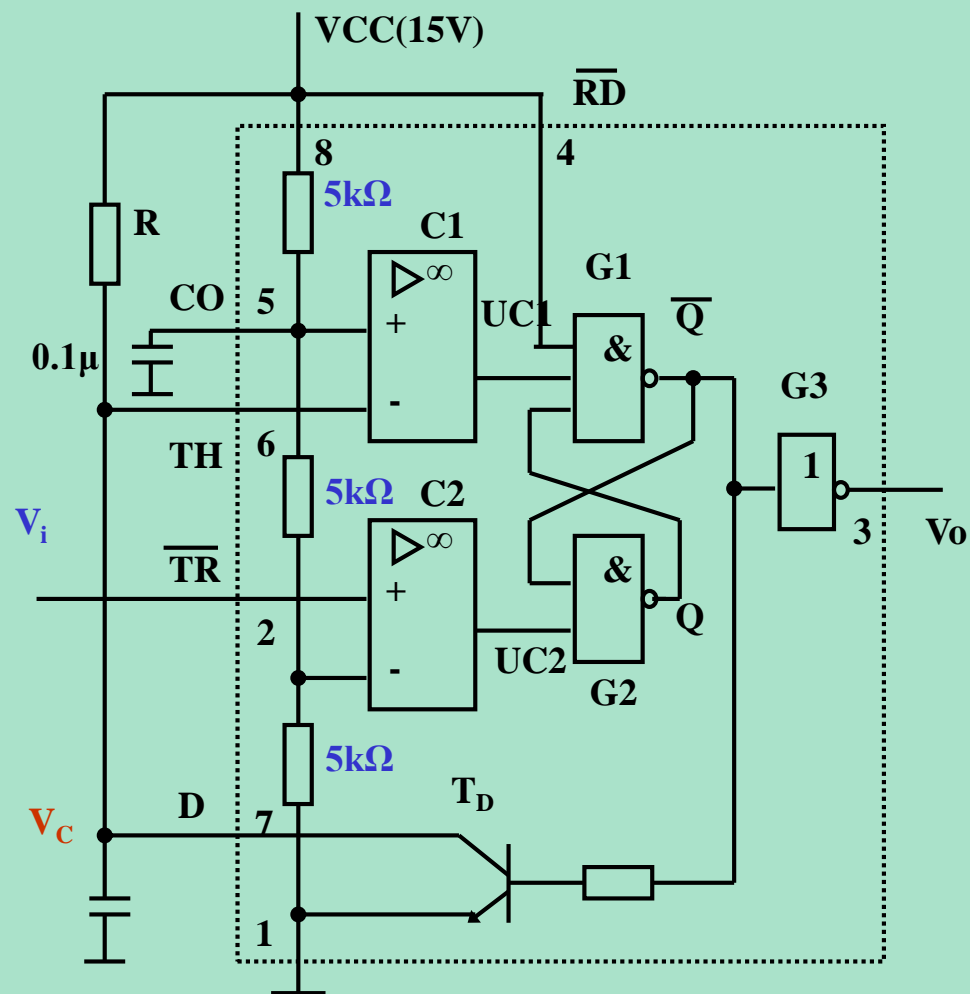
$$\begin{aligned} t_w &= RC \times \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - 2/3V_{CC}} \\ &= RC \times \ln 3 \\ &\approx 1.1RC \end{aligned}$$

*输出脉冲宽度仅取决于外接定时元件R和C的数值, 而与电源电压无关

* V_i 的负脉冲宽度要小于 t_w



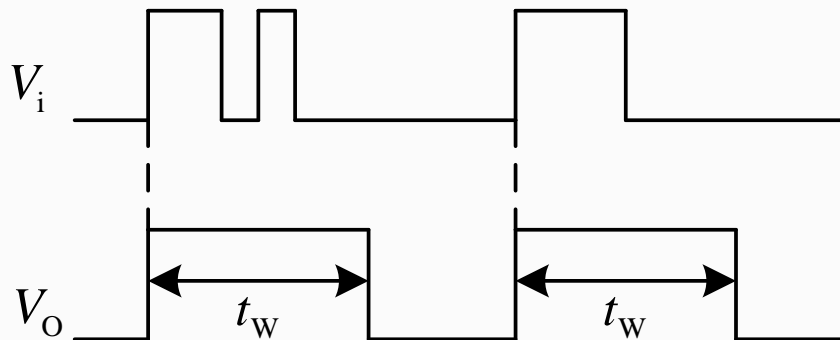
例. 下图为由5G555构成的单稳态触发器，电路在 $t=0$ 时刻处于稳态。(1)根据 V_i 的波形图画出 V_c 和 V_o 波形（假设 V_i 的负脉冲宽度小于 RC ）；2) 如在下图555定时器的5脚和1脚间并接一只10K的电阻, 试说明输出波形会发生怎样的变化？



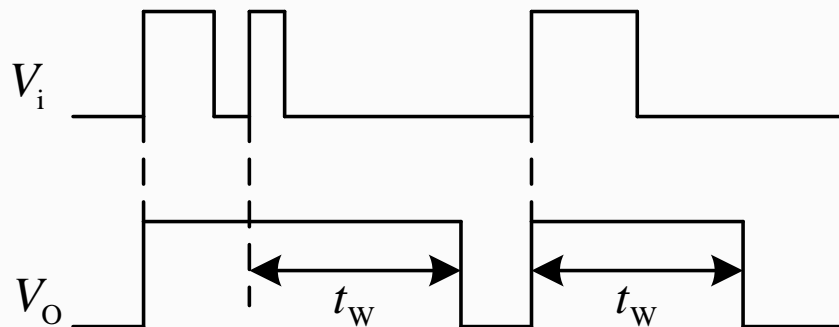


集成单稳态触发器

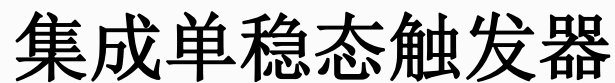
根据电路工作特性不同，集成单稳态触发器分为不可重复触发和可重复触发两种



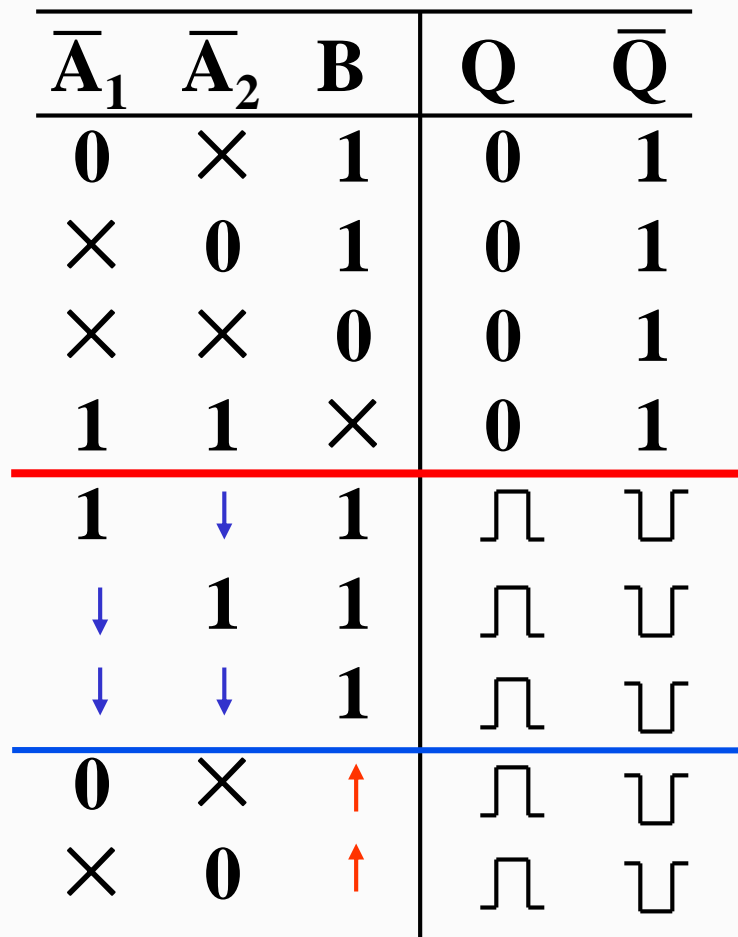
(a) 不可重复触发单稳态触发器工作波形



(b) 可重复触发单稳态触发器工作波形

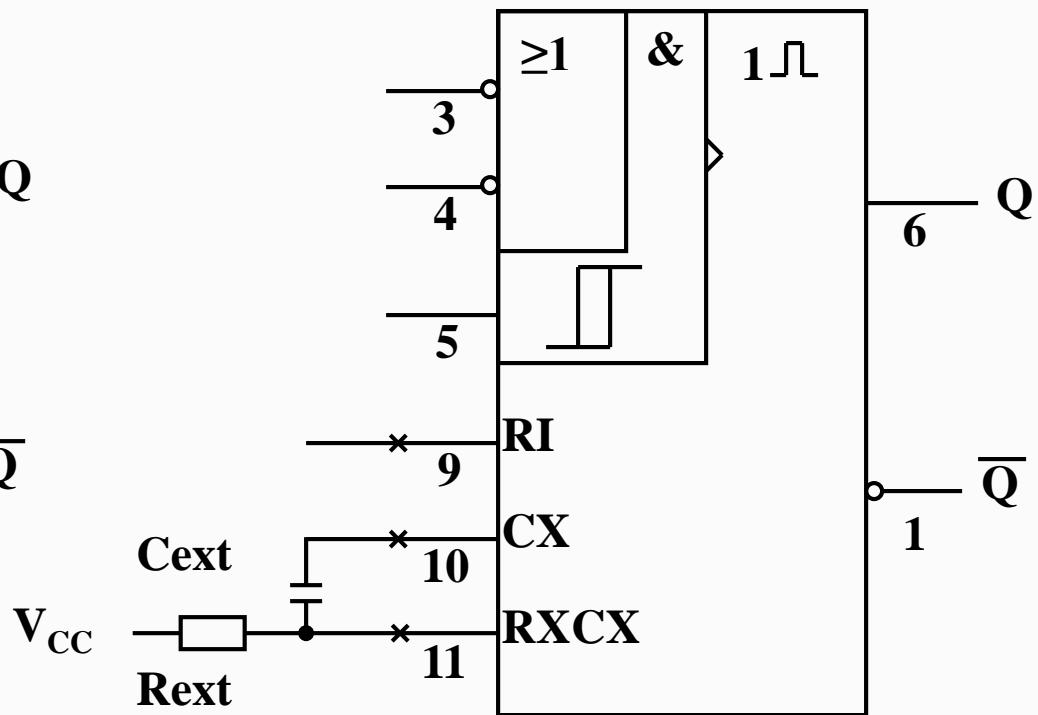


功能表





两种连接方法:



利用内部电阻

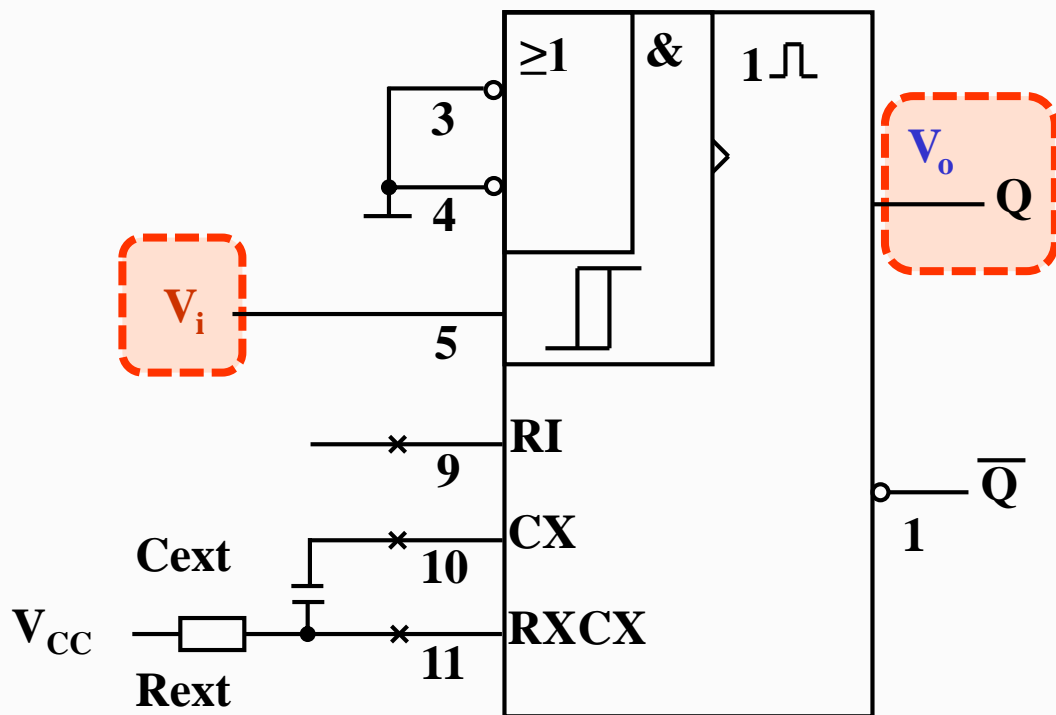
利用外部电阻

$$t_w \approx 0.7 R_{ext} C_{ext}$$

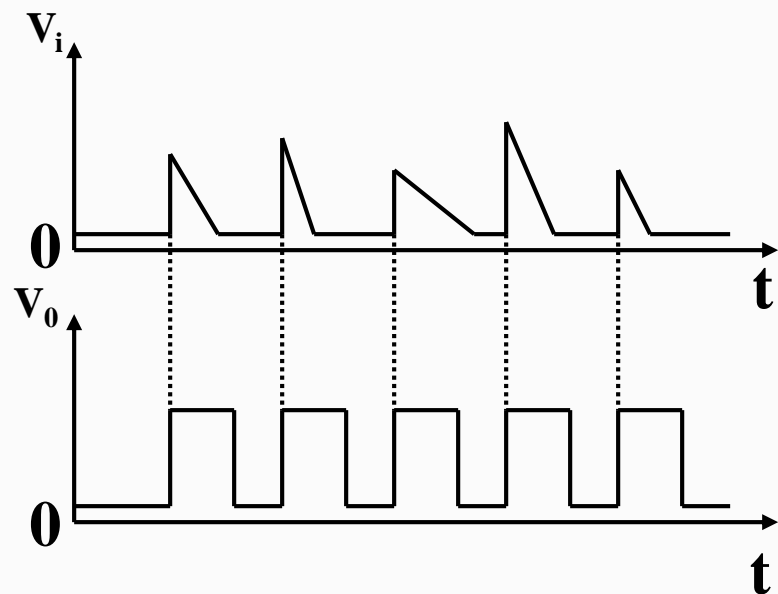


单稳态触发器的应用

1. 脉冲整形



脉冲整形电路

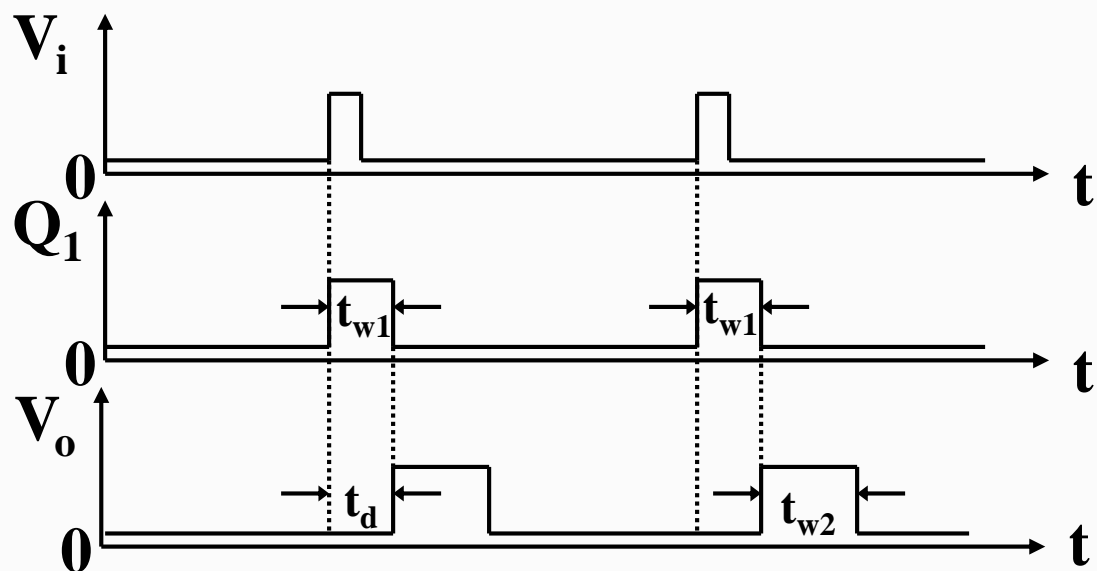
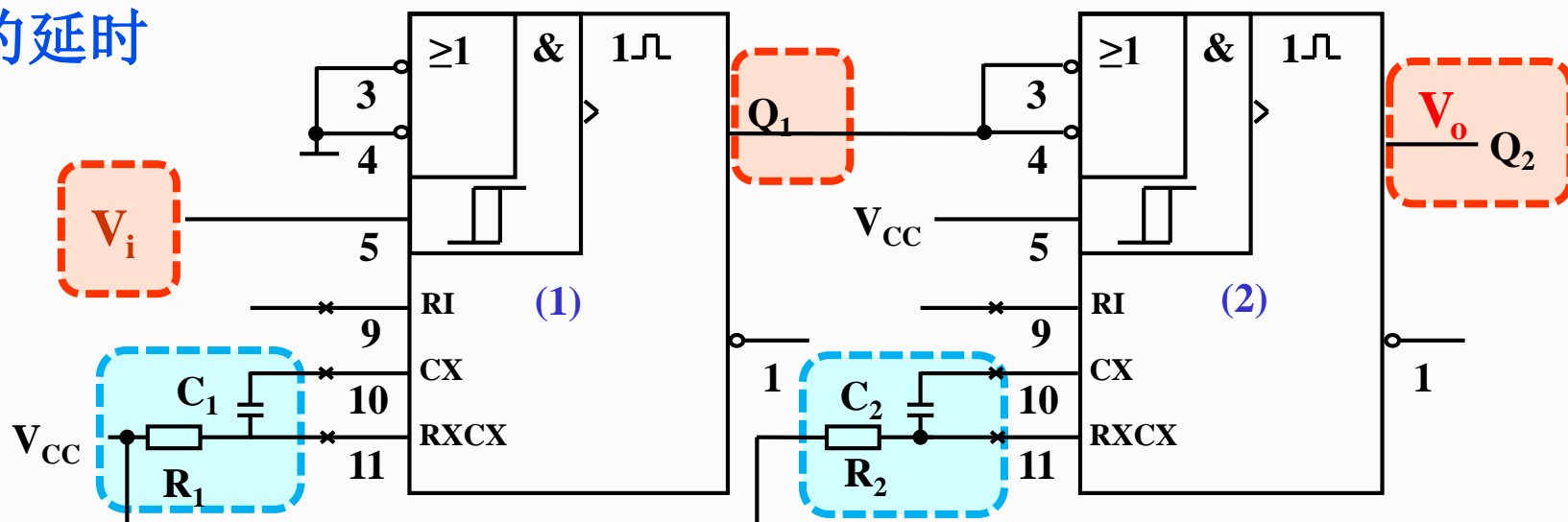


工作波形



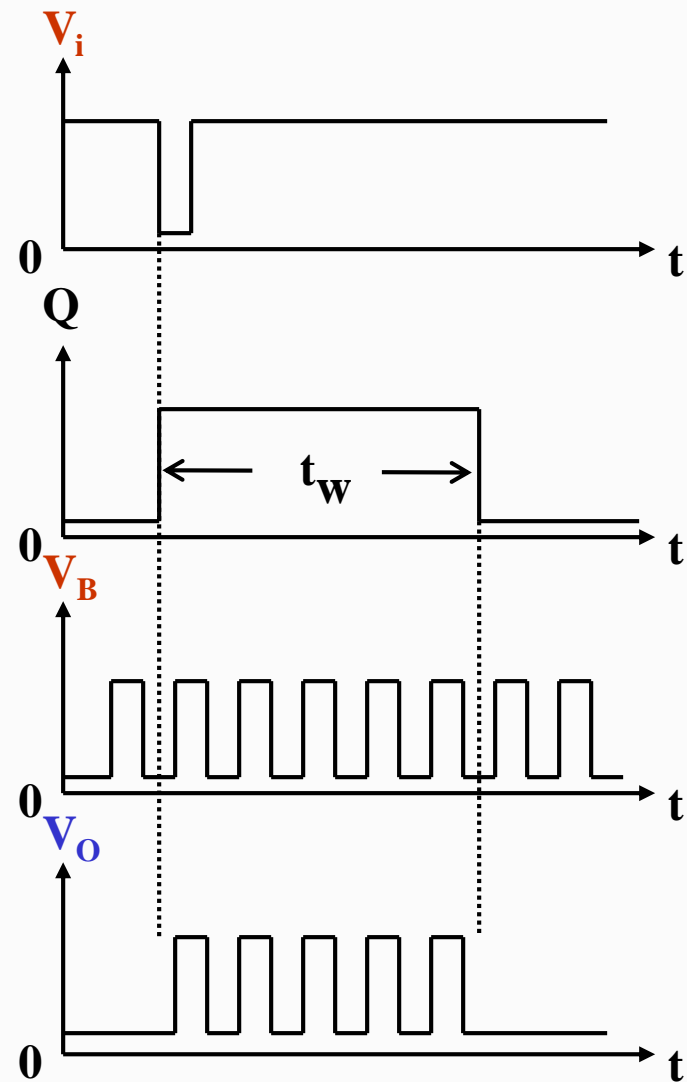
单稳态触发器的应用

2. 脉冲的延时





3.脉冲的定时





8.4 多谐振荡器

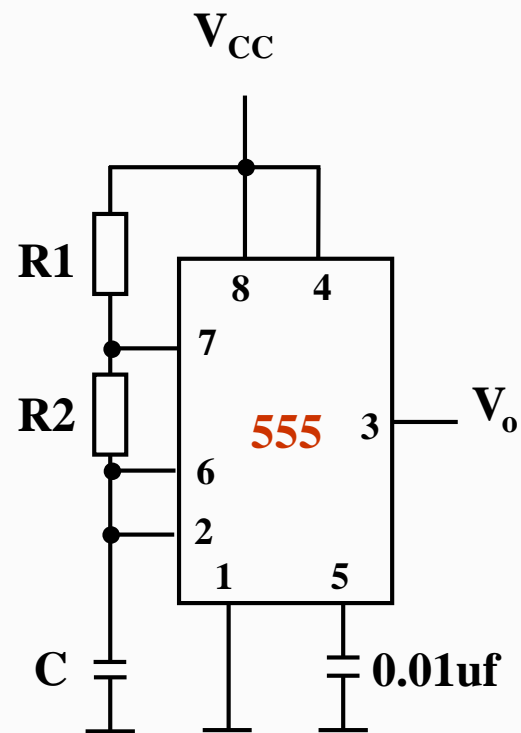
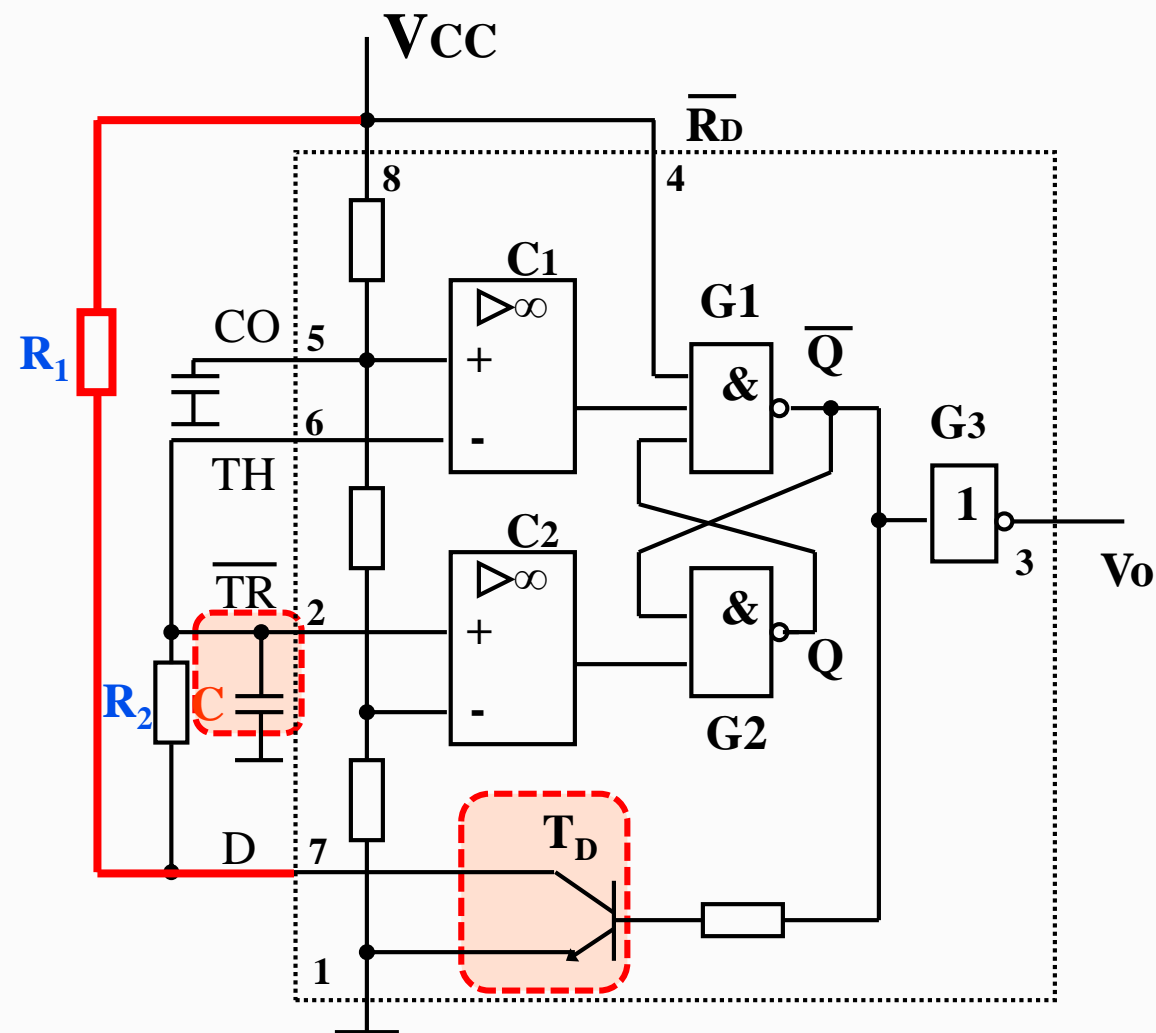
能**自行产生**具有一定频率和一定脉宽的矩形脉冲的电路。

多谐振荡器**没有稳态**, 有**两个暂稳态**. 且两暂稳态之间的相互转换都不需要外加触发信号, 而是靠电路本身完成的。



555定时器构成的多谐振荡器

1. 电路组成





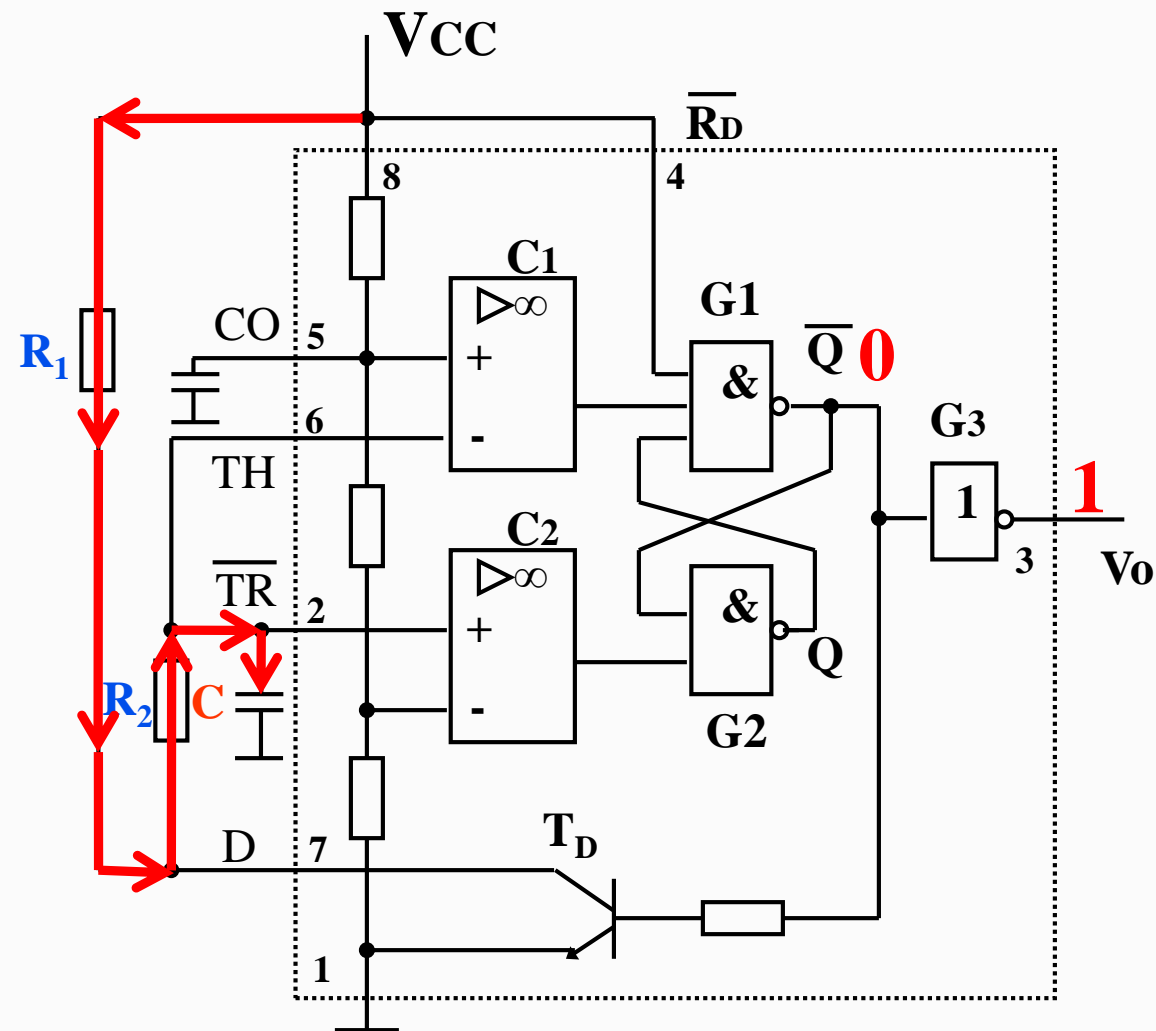
2.电路分析

(1) 若 $\overline{Q}=0$ ($V_o=1$)

T_D管截止

$$V_{CC} \longrightarrow R_1 \longrightarrow R_2 \longrightarrow C$$

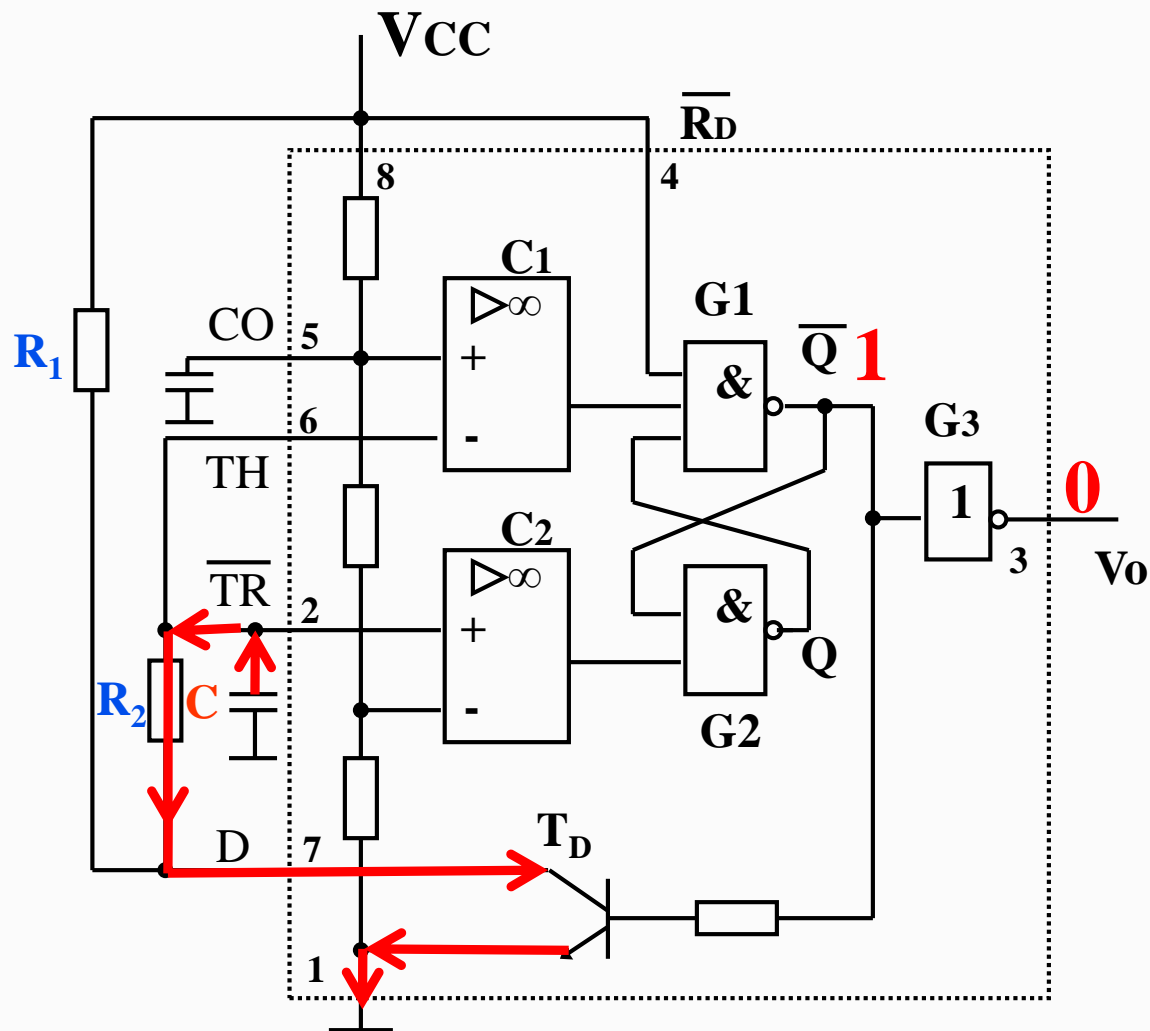
充电时常 $\tau_1 = (R_1 + R_2)C$





555定时器构成的多谐振荡器

2. 电路分析



(1) 若 $\bar{Q}=0$ ($V_o=1$)

T_D 管截止

$V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow C$

充电时常 $\tau_1 = (R_1 + R_2)C$

(2) 若 $\bar{Q}=1$ ($V_o=0$)

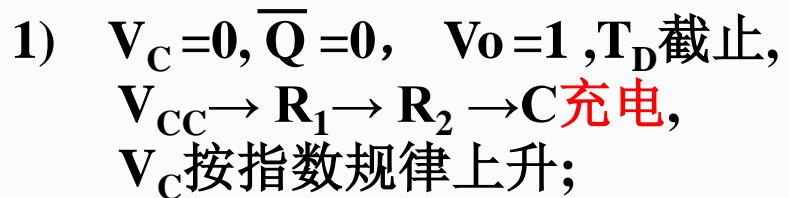
T_D 管导通

$C \rightarrow R_2 \rightarrow T_D$

放电时常 $\tau_2 = R_2 C$



3.工作原理



2) 当 V_C 略大于 $2/3V_{CC}$,
输出 V_O 由1转换为0;

1 → 0 → 1

3) $\bar{Q}=1$, TD导通, $C \rightarrow R_2 \rightarrow T_D$ 放电,
 V_C 按指数规律下降;

4) 当 V_C 降至略低于 $1/3V_{CC}$,
输出 V_O 由0转换为1。

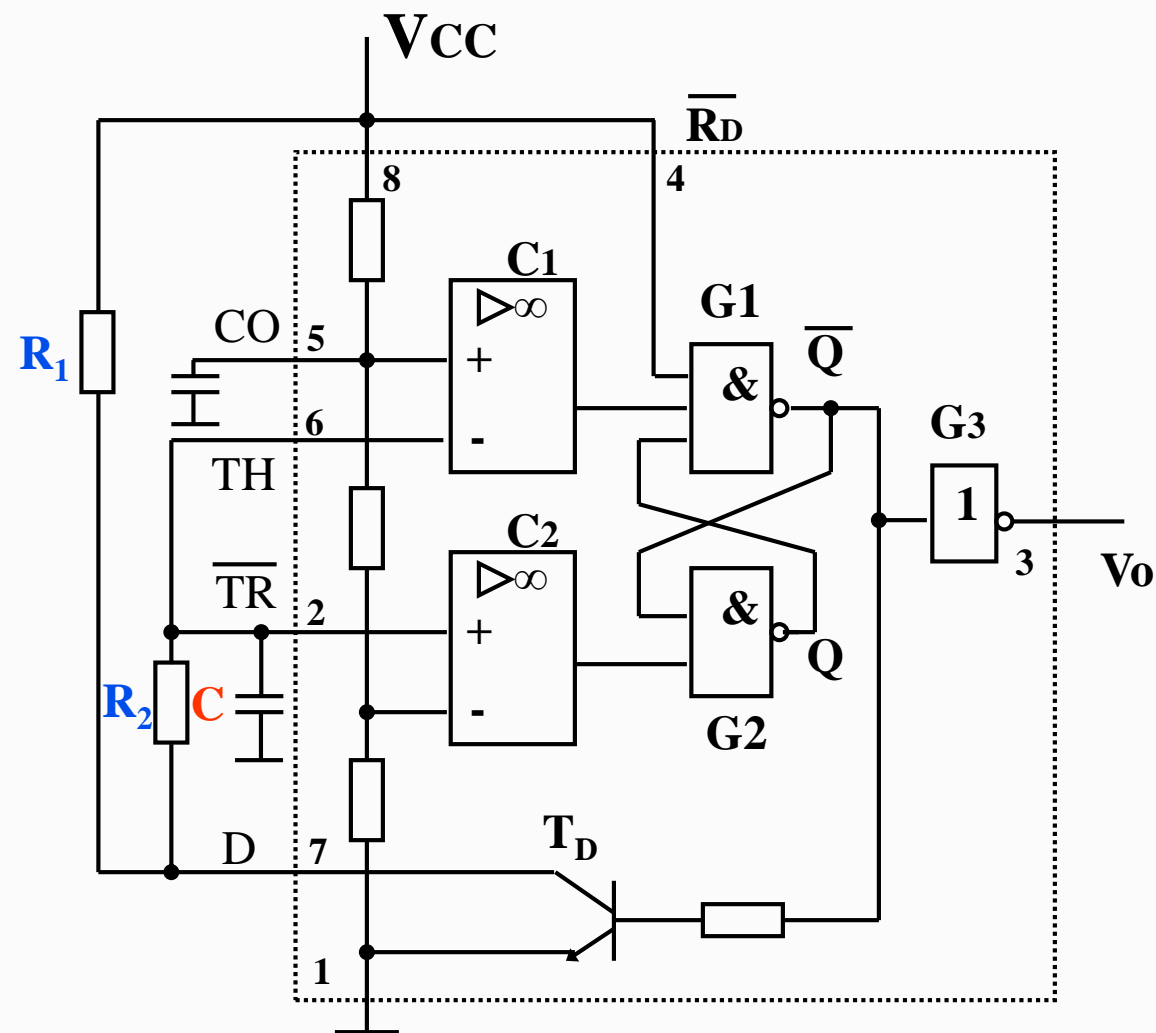


555定时器构成的多谐振荡器

3.工作原理

电路特点

- (1) 无外加输入
- (2) 输出无稳态
- (3) 自行产生脉冲



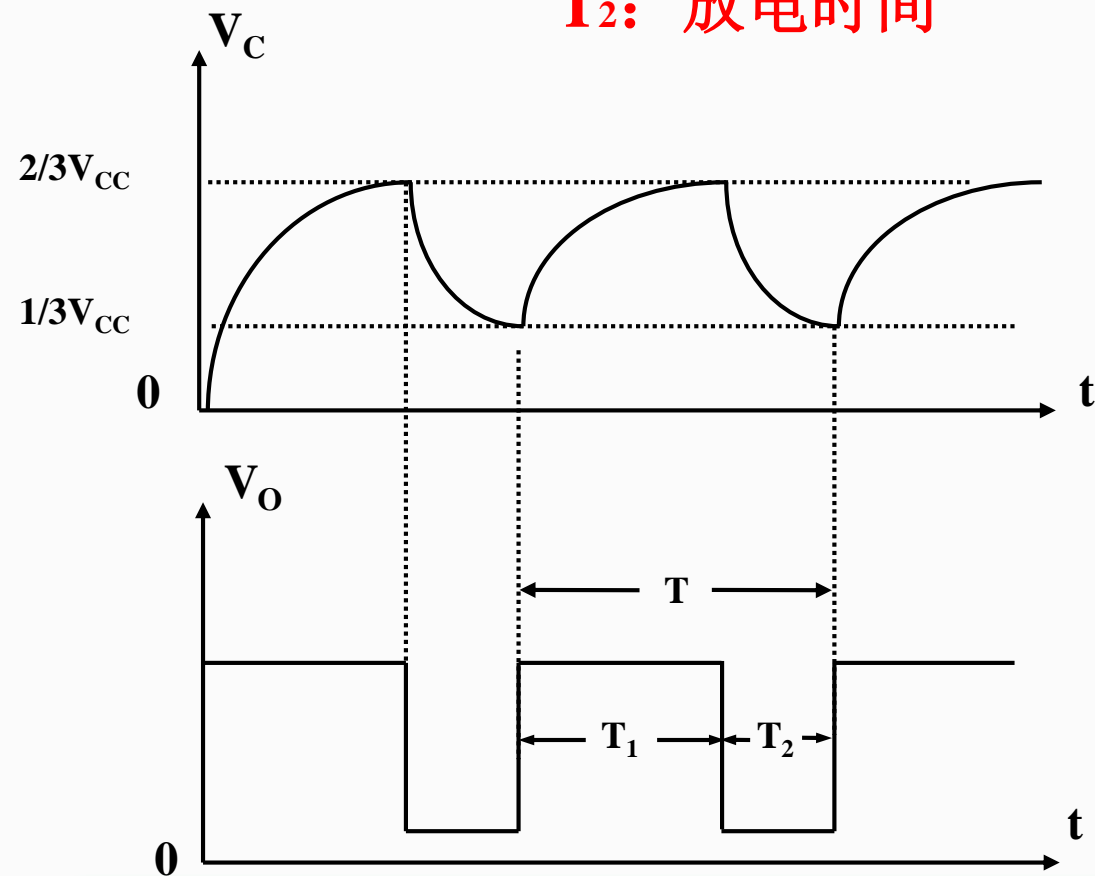


555定时器构成的多谐振荡器

4. 工作波形图

T₁: 充电时间

T₂: 放电时间



$$T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2 \approx 0.7(R_1 + 2R_2)C$$

$$\begin{aligned} T_1 &= \tau_1 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(t_{w1})} \\ &= (R_1 + R_2)C \ln \frac{V_{CC} - \frac{1}{3}V_{CC}}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} \\ &= (R_1 + R_2)C \ln 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= \tau_2 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(t_{w2})} \\ &= R_2 C \ln \frac{0 - \frac{2}{3}V_{CC}}{0 - \frac{1}{3}V_{CC}} \\ &= R_2 C \ln 2 \end{aligned}$$



正脉宽 T_1 与周期 T 之比

$$T_1 = (R_1 + R_2) C \ln 2$$

$$T_2 = R_2 C \ln 2$$

$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$$

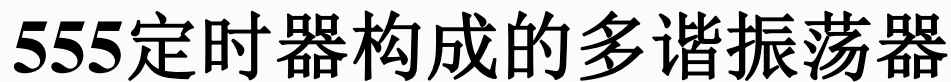
讨论题

输出脉冲信号占空比的取值范围

$q > 1/2$

在这个电路中占空比能为1/2吗?

思考题： 请用555定时器设计一个占空比可调的多谐振荡器



5.改进电路



$$T_2 = R_2 C \ln 2$$

占空比:

$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

当 $R_1=R_2$ 时, $q=1/2$

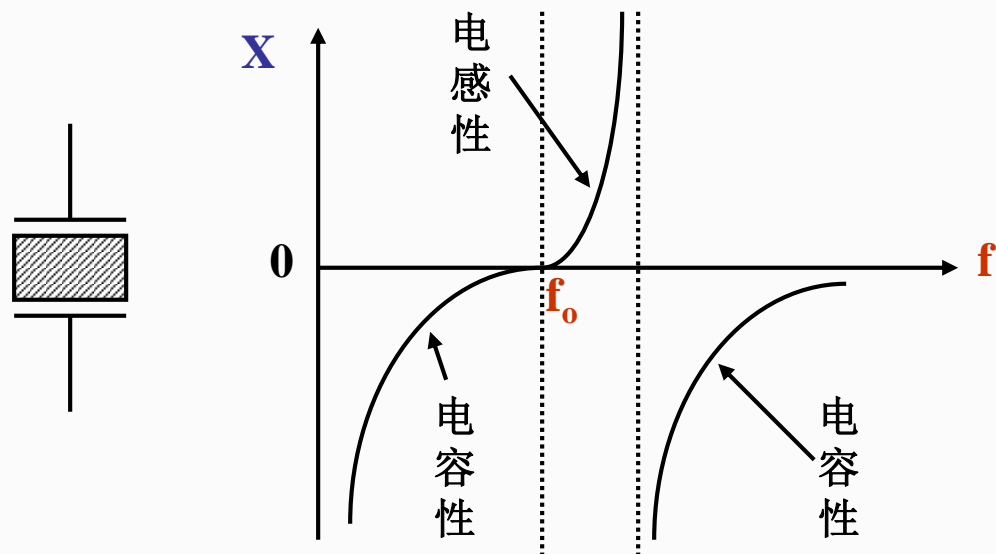
当 $R_1 > R_2$ 时, $q > 1/2$

当 $R_1 < R_2$ 时, $q < 1/2$

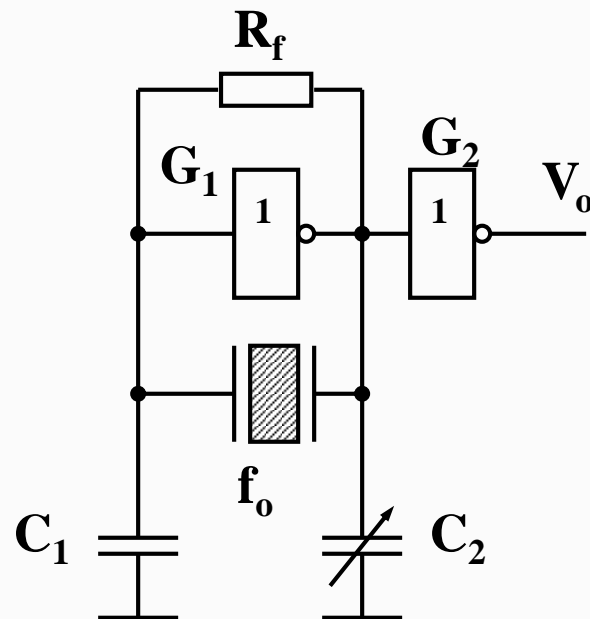


石英晶体多谐振荡器

石英晶体多谐振荡器的主要特点为频率稳定高，其振荡频率由石英晶体的固有振荡频率决定。



石英晶体符号和阻抗频率特性



R_f 为反馈电阻,阻值为10~100M Ω ,为 G_1 提供偏置;

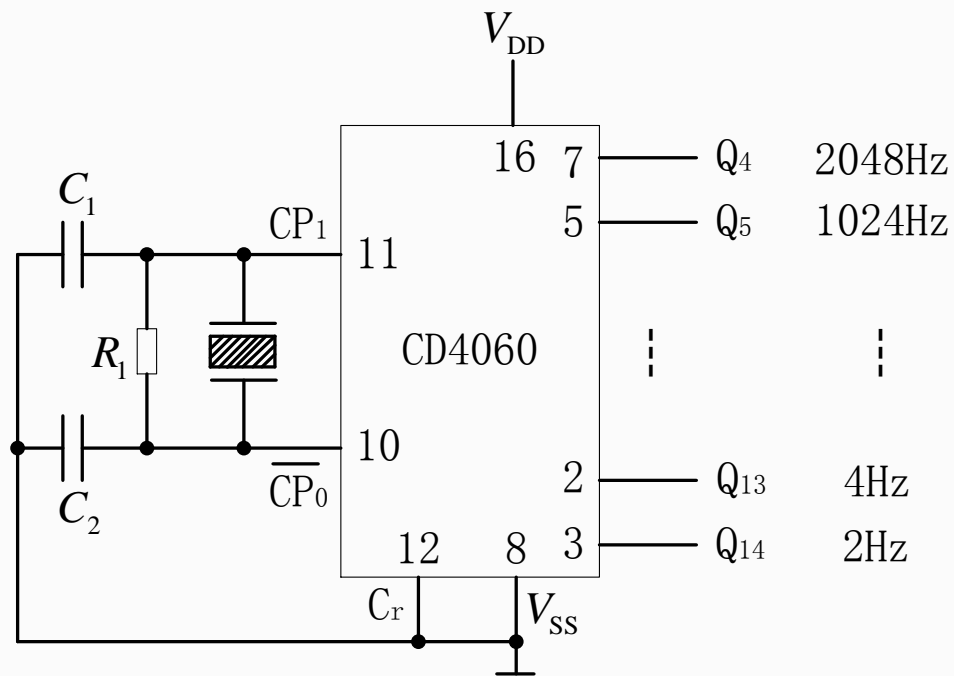
C_1 为温度校正电容, C_2 为频率微调电容, G_2 起整形和缓冲作用。



石英晶体多谐振荡器

目前，已有很多将石英晶体振荡器做成具有各种频率输出的集成标准器件。

CD4060就是常用电路之一，
它是一片14级分频的二进制
串行计数/分频/振荡电路。



如当该电路石英晶体的谐振频率为32768Hz，经CD4060多级分频，可分别获得2、4、8、...、1024、2048Hz等10级不同频率的输出信号。