

数字逻辑设计

高翠芸

School of Computer Science

gaocuiyun@hit.edu.cn

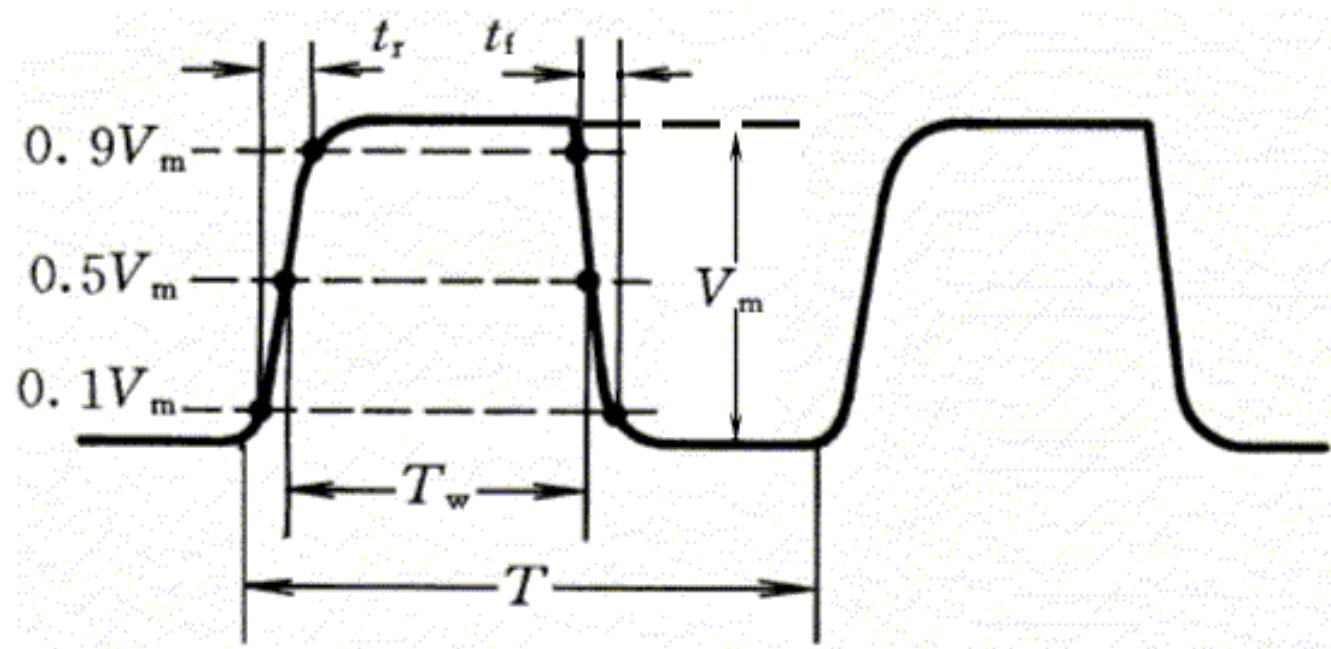
脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡电路
- 555定时器及其应用

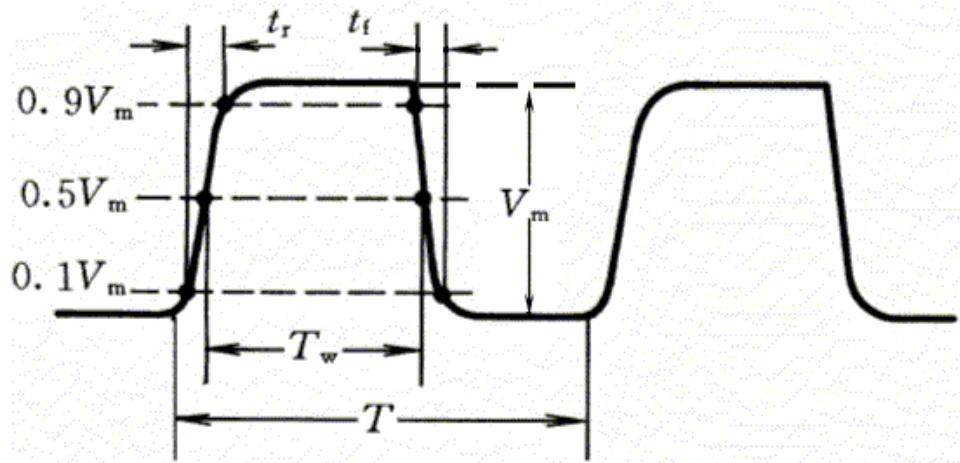
产生矩形脉冲的途径

- 利用各种形式的多谐振荡电路直接产生；
- 通过各种整形电路把已有的周期性变化波形变换成符合要求的矩形脉冲。

通常的矩形脉冲
波形如图所示



矩形脉冲特性描述



- 脉冲周期 T : 信号变化一次所需要的时间。
- 脉冲频率 f : 单位时间内信号变化的次数。 $f=1/T$
- 脉冲幅度 V_m : 脉冲电压的最大变化幅度。
- 脉冲宽度 T_w : 从前沿 $0.5V_m$ 到后沿 $0.5V_m$ 的一段时间。
- 上升时间 t_r : 从上升沿 $0.1V_m$ 上升到 $0.9V_m$ 所需时间。
- 下降时间 t_f : 从下降沿 $0.9V_m$ 下降到 $0.1V_m$ 所需时间。
- 占空比 q : 脉冲宽度与周期的比值, $q = T_w / T$ 。

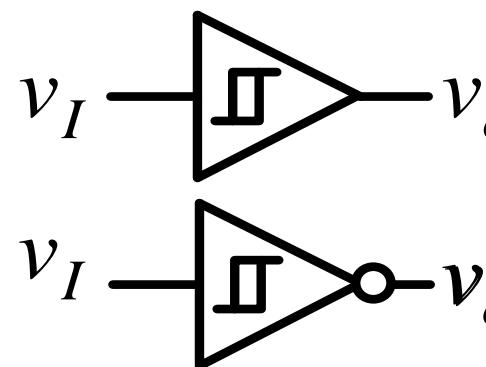
脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡电路
- 555定时器及其应用

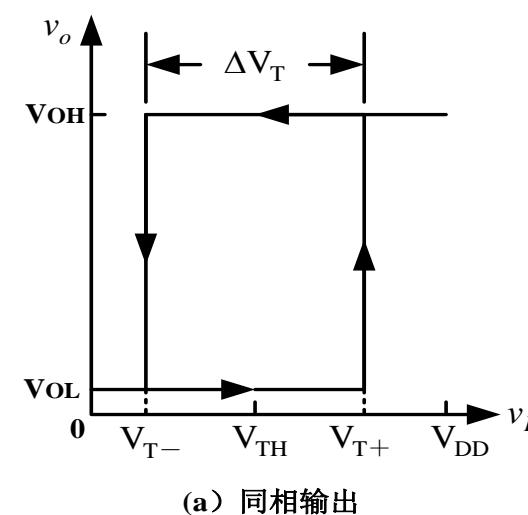
施密特触发器的主要特点

施密特触发器：是脉冲波形变换中经常使用的一种电路。

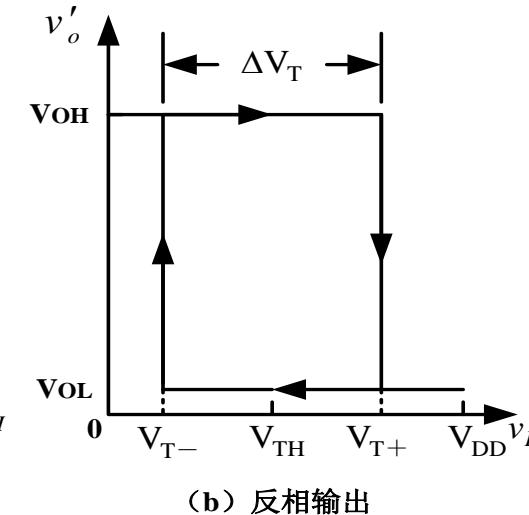
- 1) 输入信号在上升到 V_{T+} （正向阈值电压）时，电路状态会发生转换；输入信号在下降到 V_{T-} （负向阈值电压）时，电路状态会发生转换。（注： $V_{T+} > V_{T-}$ ）
- 2) 由于电路状态转换时有正反馈过程，使输出波形边沿变陡。



电压传输特性



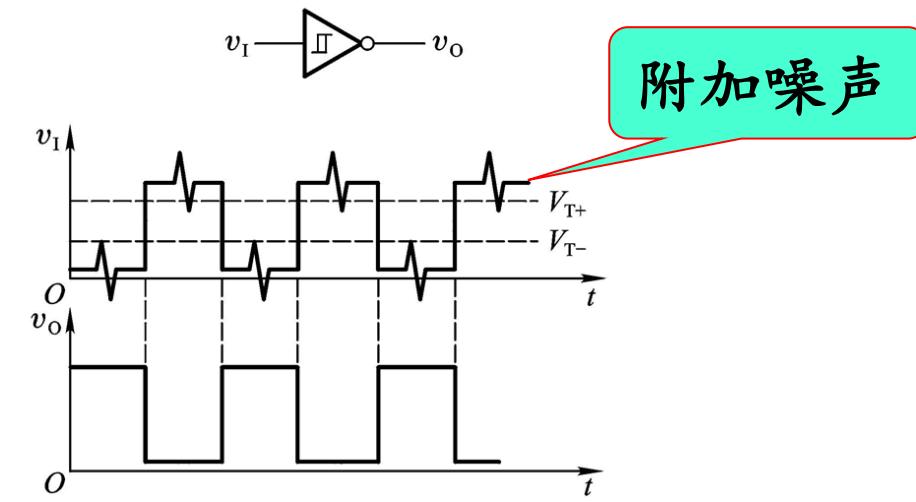
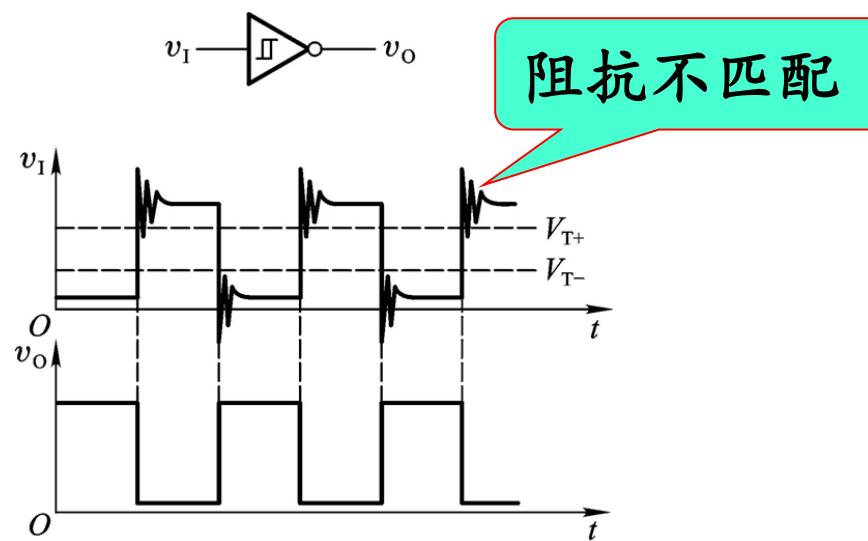
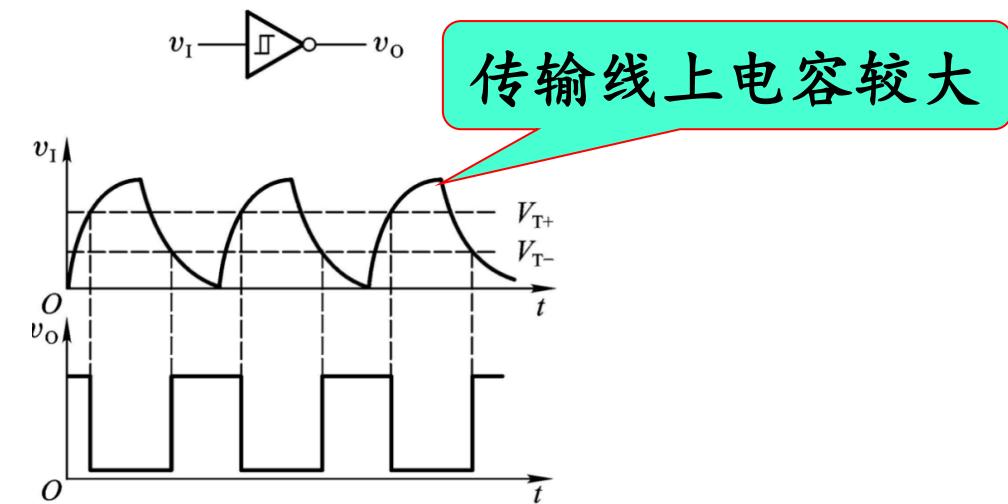
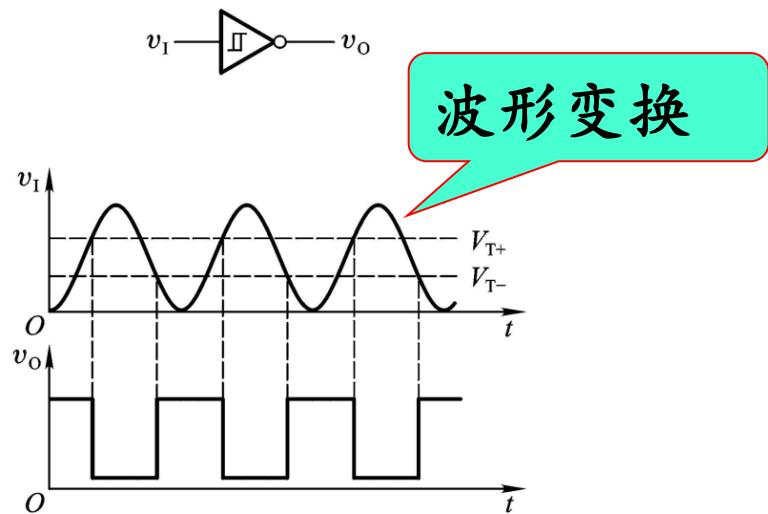
(a) 同相输出



(b) 反相输出

- a) 同相输出：输出与输入高、低电平同相；
- b) 反相输出：输出与输入高、低电平反相。

施密特触发器电路的应用

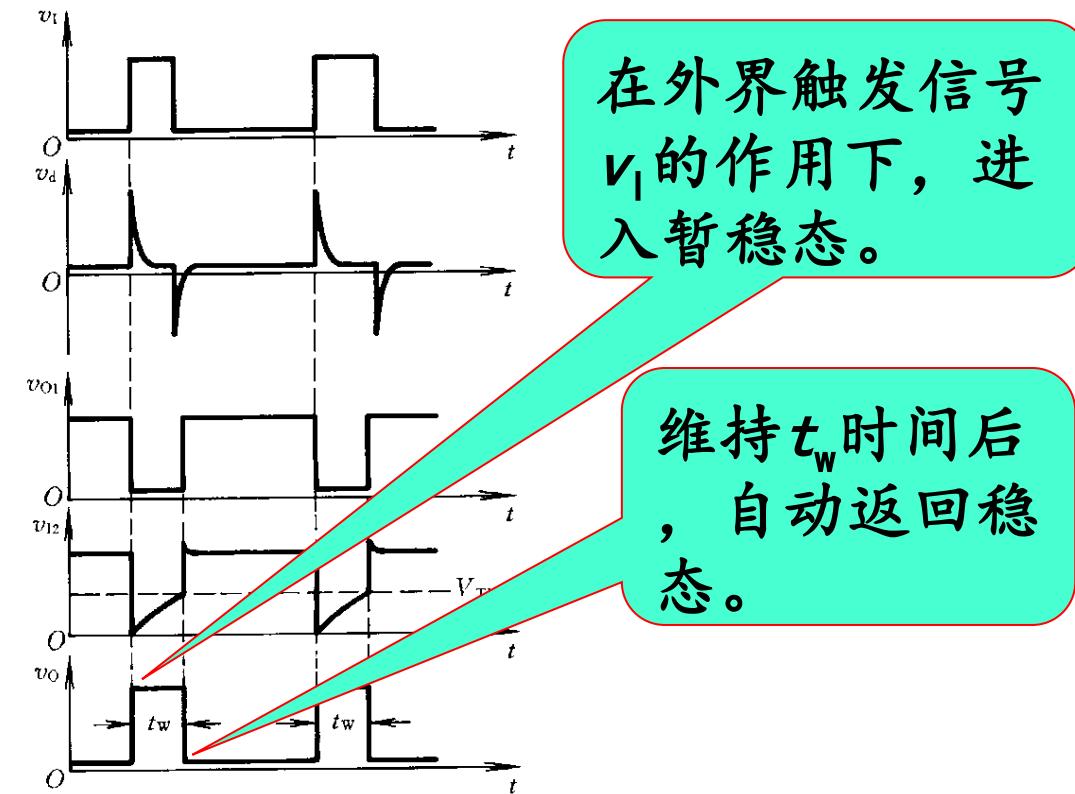


脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡器
- 555定时器及其应用

单稳态触发电路的主要特点

- ①有一个**稳态**和一个**暂稳态**。
- ②在外界触发信号作用下，能从**稳态→暂稳态**，维持一段时间后自动返回**稳态**。
- ③暂稳态维持的时间长短取决于电路内部参数。

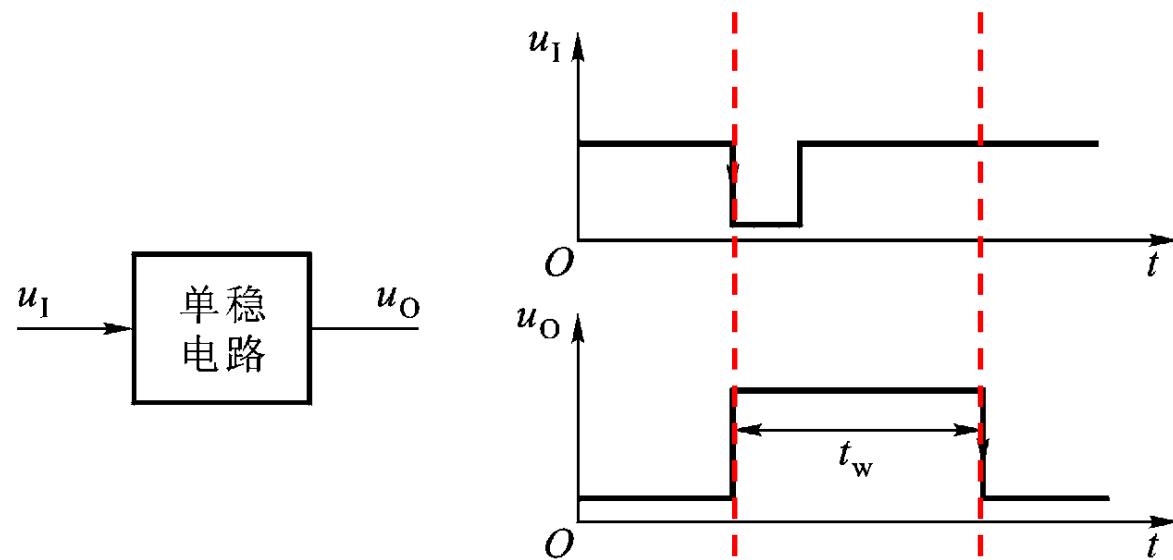


单稳态触发电路的应用

单稳态触发电路的主要应用：整形、定时和延时。

1. 脉冲延时

如果需要延迟脉冲的触发时间，可利用单稳电路来实现。

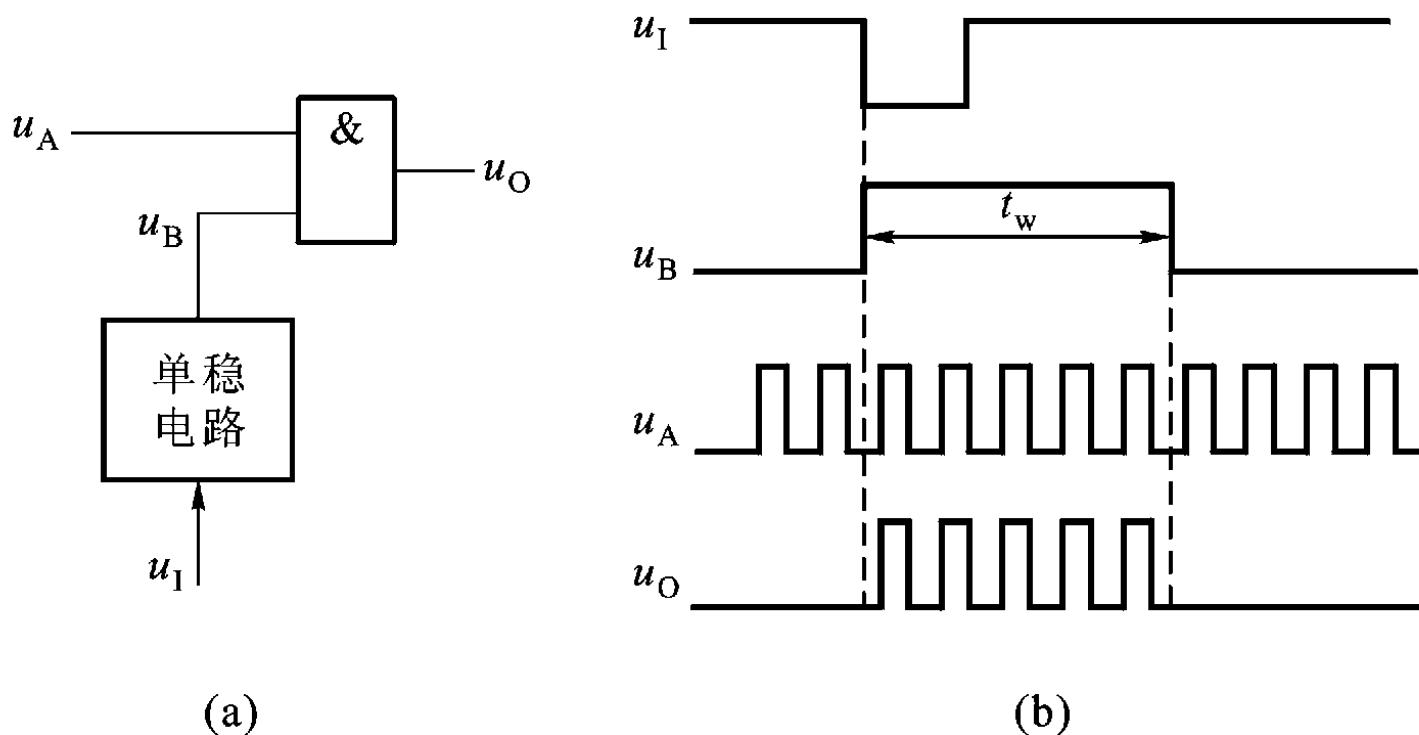


u_O 的下降沿比 u_I 的下降沿延迟了 t_w 的时间。

单稳态触发器的应用

2. 脉冲定时

单稳态触发器能够产生一定宽度 t_w 的矩形脉冲，利用这个脉冲去控制某一电路，则可使它在 t_w 时间内动作（或者不动作）。

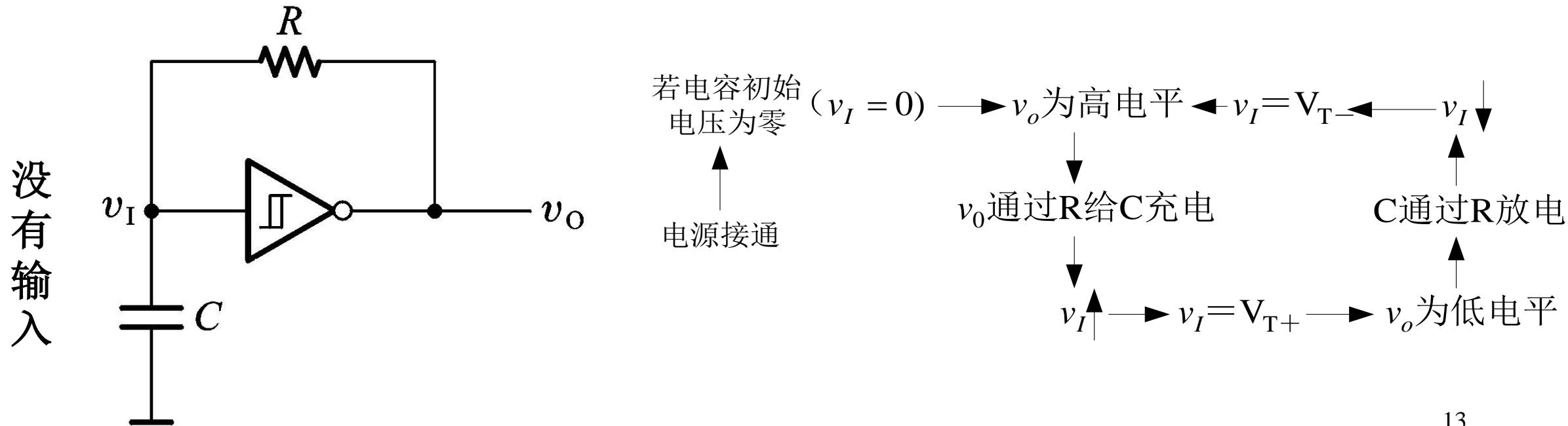


脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡电路
- 555定时器及其应用

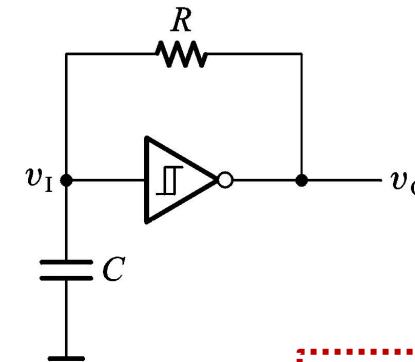
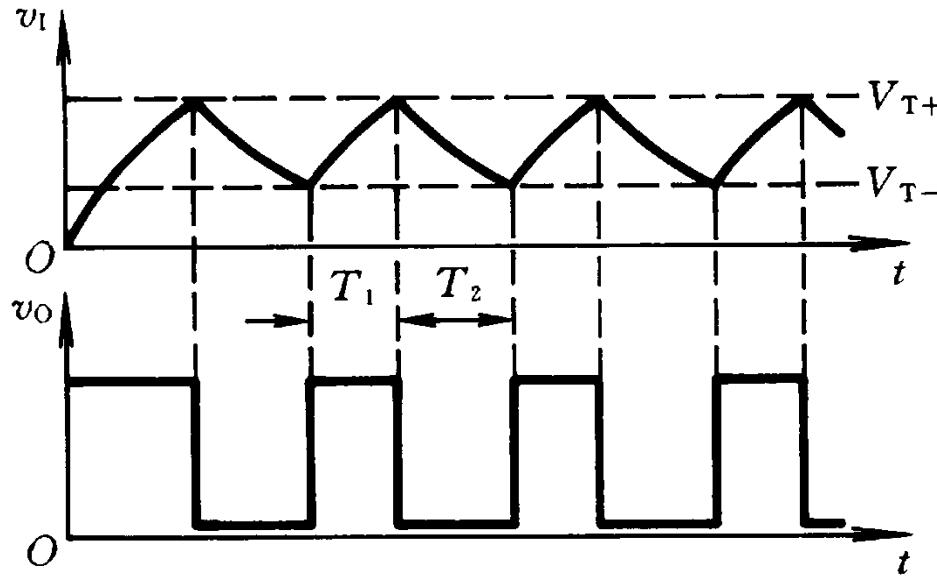
多谐振荡电路

- 多谐振荡电路是一种自激振荡器，在接通电源后，**不需要外加触发信号**，便能**自动产生矩形波形**。由于矩形波中含有高次谐波，故把矩形波振荡器叫做多谐振荡器。
- 以施密特触发器构成的多谐振荡器为例：



多谐振荡电路

1) 振荡波形:



RC是时间常数。

电压参数定义

- 起始值 (V_0)：电容初始电压值，充电前电容的电压。[1](#) [2](#)
- 转换值 (V_t)：t时刻电容上的电压值，计算公式为：
$$V_t = V_0 + (V_1 - V_0)[1 - \exp(-t/RC)]$$
[1](#) [2](#)
- 终了值 (V_1)：电容最终达到的稳定电压值，计算公式为：
$$V_1 = V_0 + (V_1 - V_0)[1 - \exp(-t/RC)]$$
[1](#) [2](#)

充电时间计算

充电时间计算公式为：

$$t = RC \ln[(V_1 - V_0)/(V_1 - V_t)]$$
[1](#) [2](#)

2) 振荡周期:

$$T = RC \ln\left(\frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}\right) + RC \ln\left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}}\right)$$

充电时长 T_1

放电时长 T_2

脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡电路
- 555定时器及其应用

555定时器（数/模混合IC）

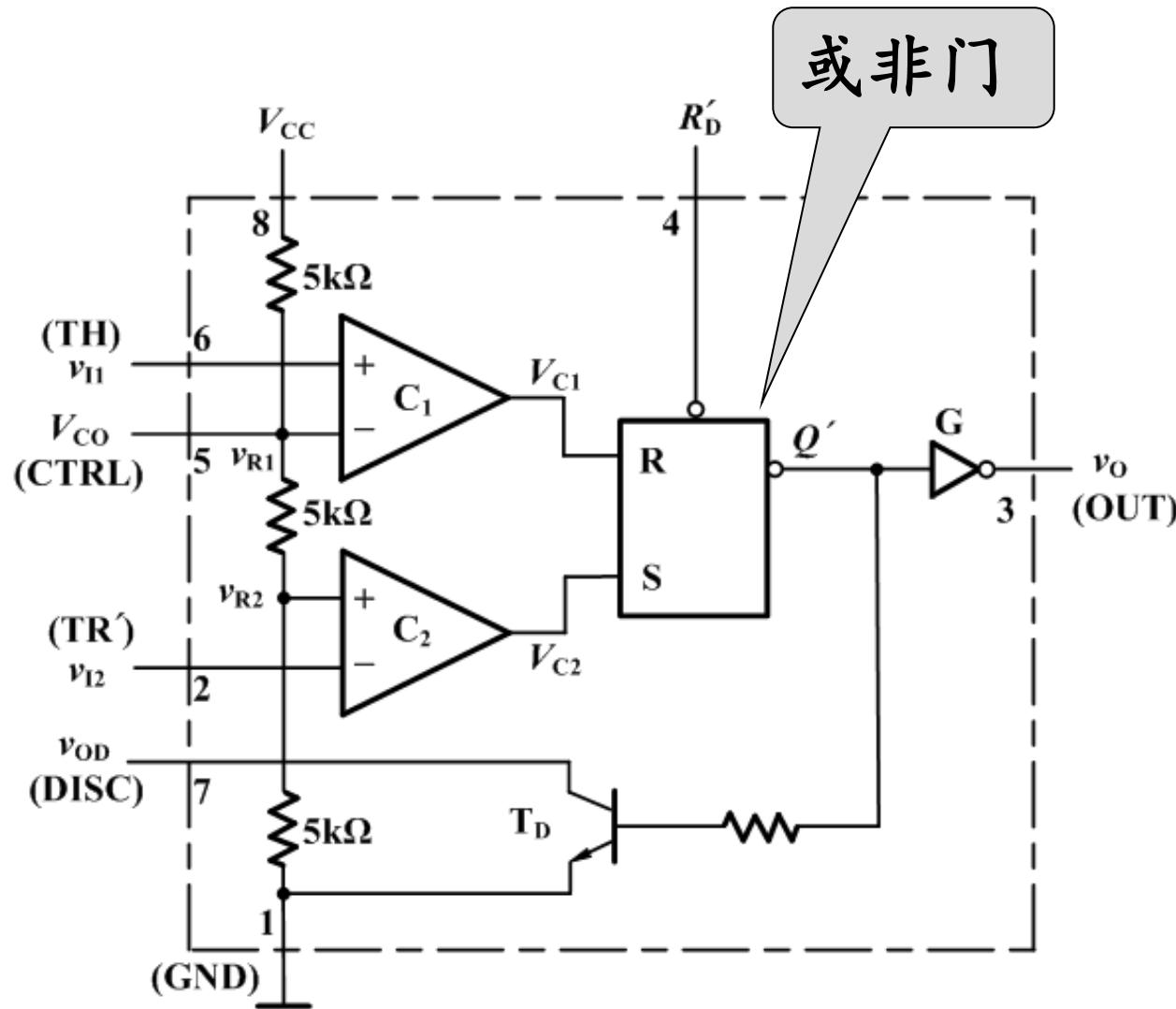
一、电路结构

电压比较器 (C_1, C_2)

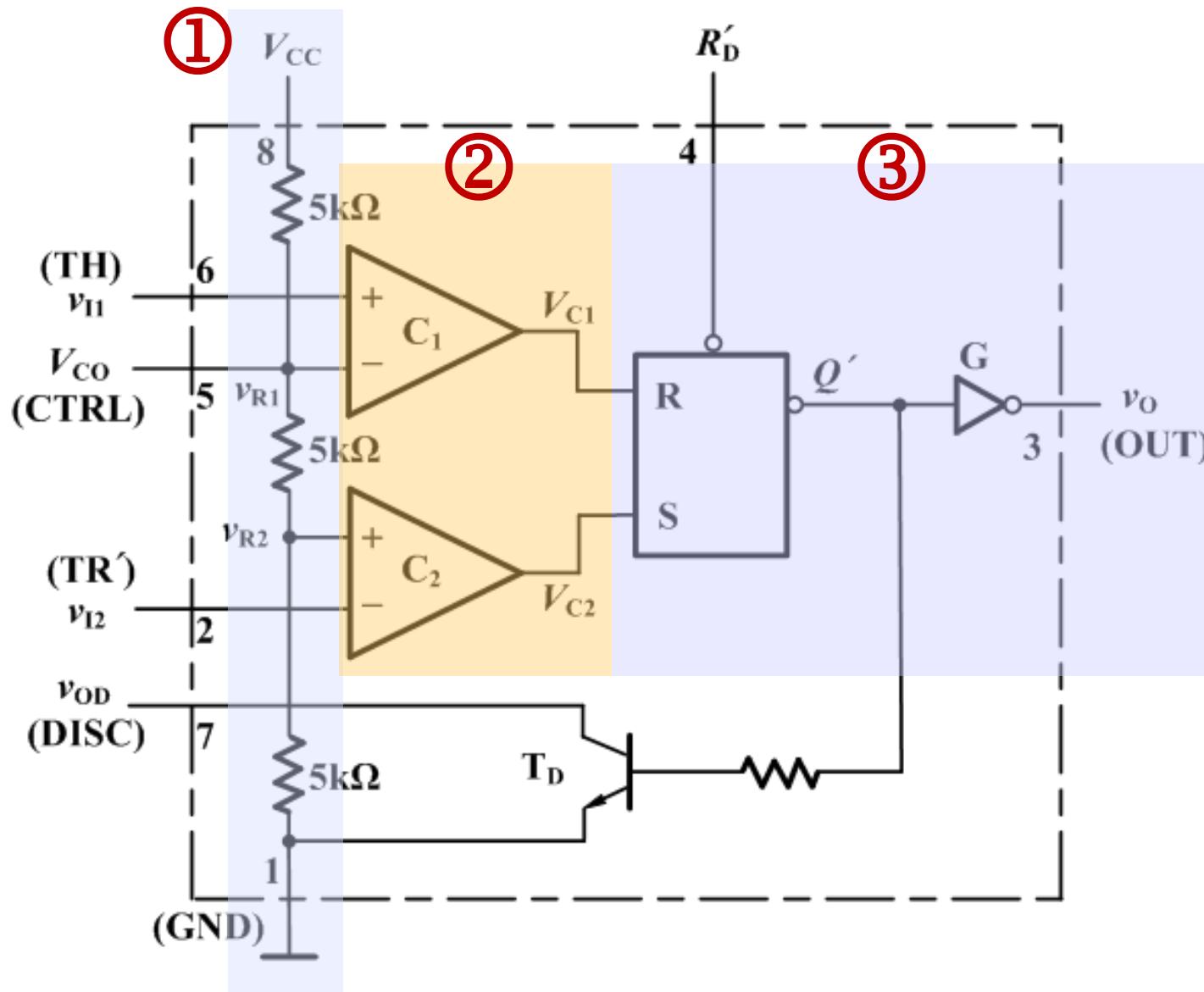
SR锁存器

输出缓冲器 (G)

OC输出三极管 (T_D)

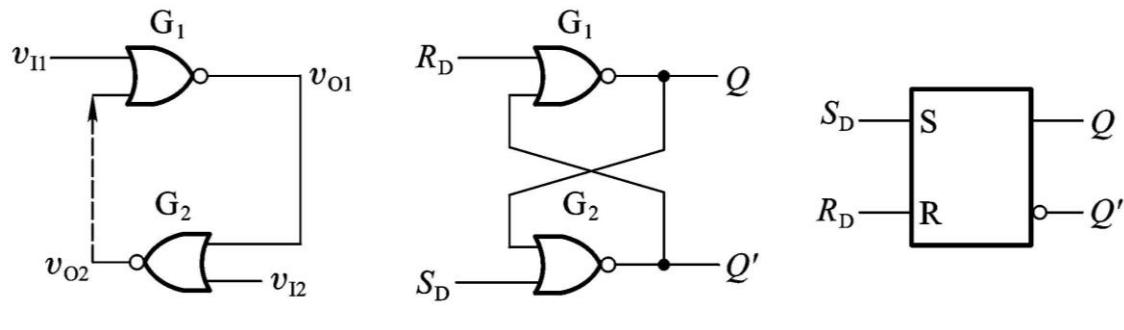
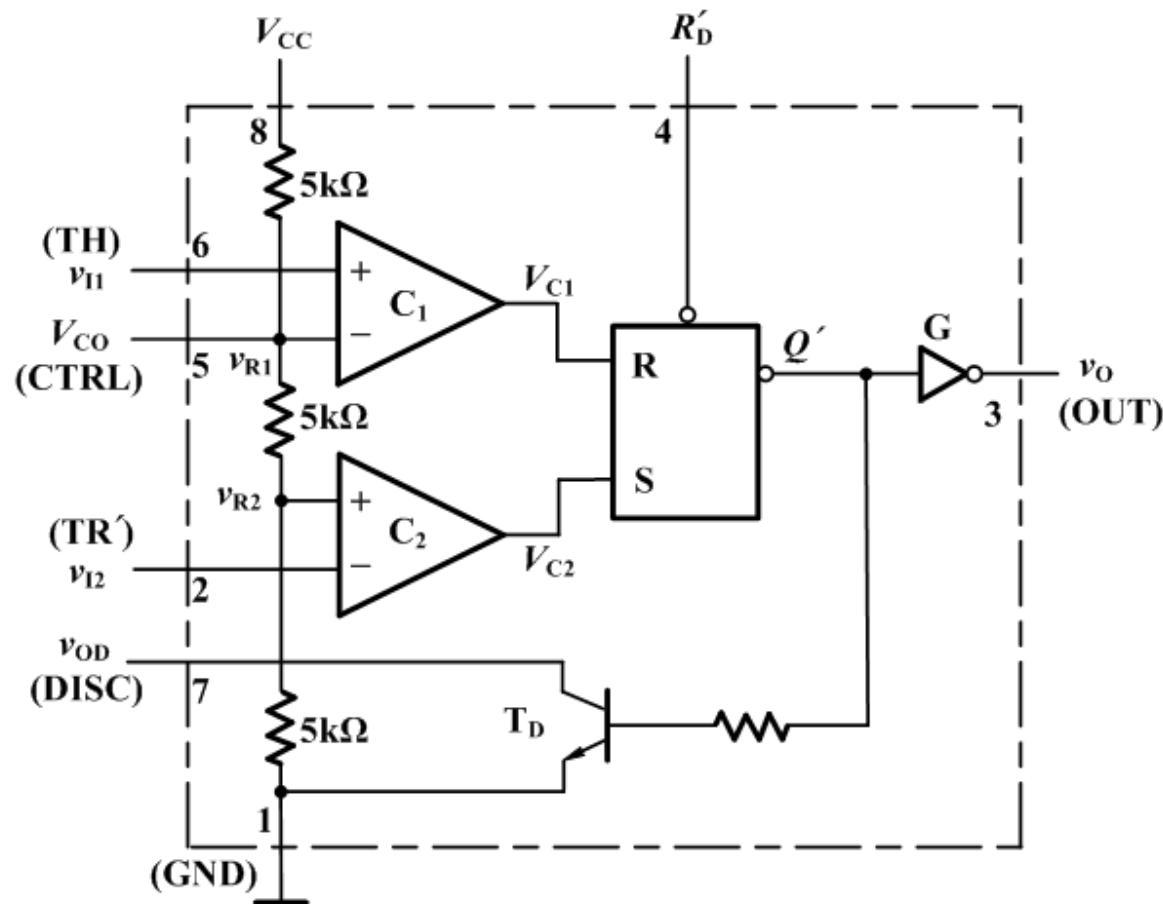


555定时器（数/模混合IC）



555定时器（数/模混合IC）

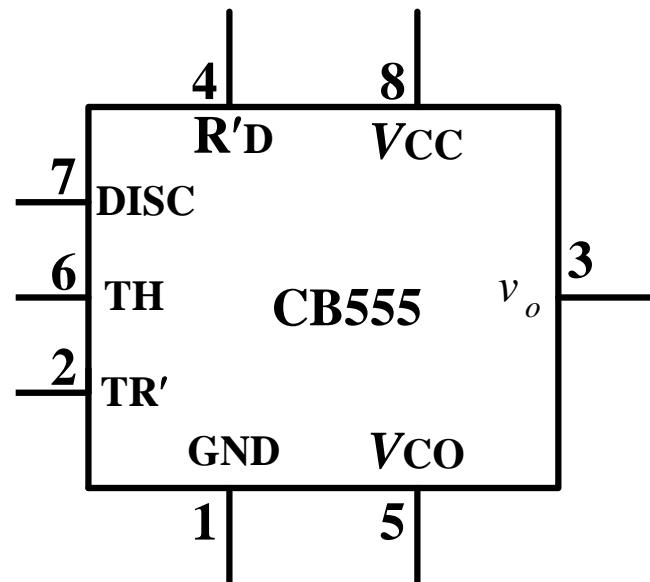
二、功能表（输出与输入关系）



输入			输出	
R'_D	V_{I1}	V_{I2}	V_O	T_D
0	X	X	0	导通
1	$> \frac{2}{3}V_{cc}$	$> \frac{1}{3}V_{cc}$	0	导通
1	$< \frac{2}{3}V_{cc}$	$> \frac{1}{3}V_{cc}$	不变	不变
1	$< \frac{2}{3}V_{cc}$	$< \frac{1}{3}V_{cc}$	1	截止
1	$> \frac{2}{3}V_{cc}$	$< \frac{1}{3}V_{cc}$	1	截止

555定时器（数/模混合IC）

555定时器图形符号和功能表



(a) 图形符号

输入			输出	
R'_D	V_{I1}	V_{I2}	V_o	T_D
0	X	X	0	导通
1	$>\frac{2}{3}V_{cc}$	$>\frac{1}{3}V_{cc}$	0	导通
1	$<\frac{2}{3}V_{cc}$	$>\frac{1}{3}V_{cc}$	不变	不变
1	$<\frac{2}{3}V_{cc}$	$<\frac{1}{3}V_{cc}$	1	截止
1	$>\frac{2}{3}V_{cc}$	$<\frac{1}{3}V_{cc}$	1	截止

(b) 功能表

都大为0，都小为1，一小一大是保持。

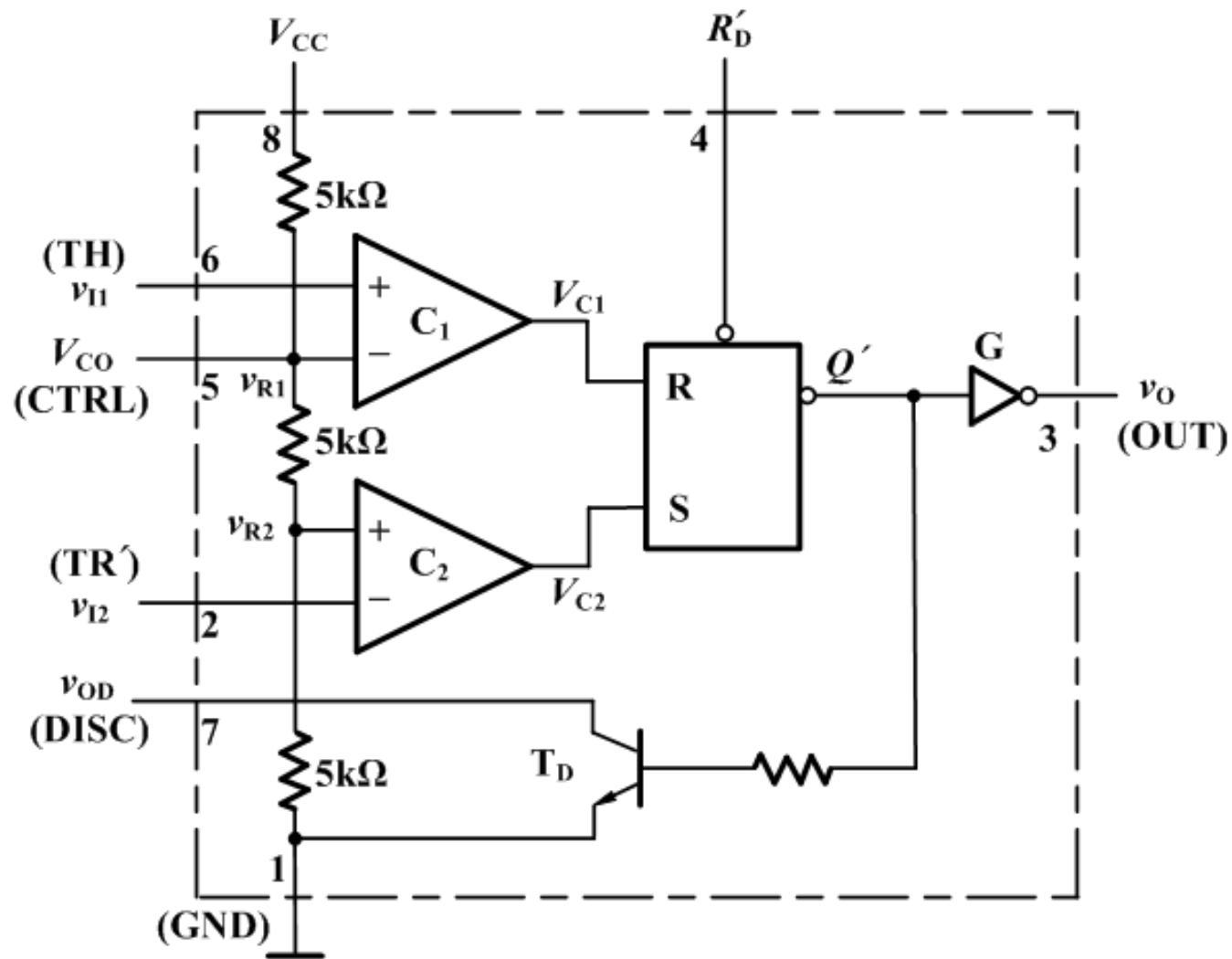
555定时器（数/模混合IC）

各管脚的名称和功能

1—接地端

2—低电平触发端

3—输出端，输出电流可达
200mA，直接驱动继电器、
发光二极管、扬声器、指示
灯等。

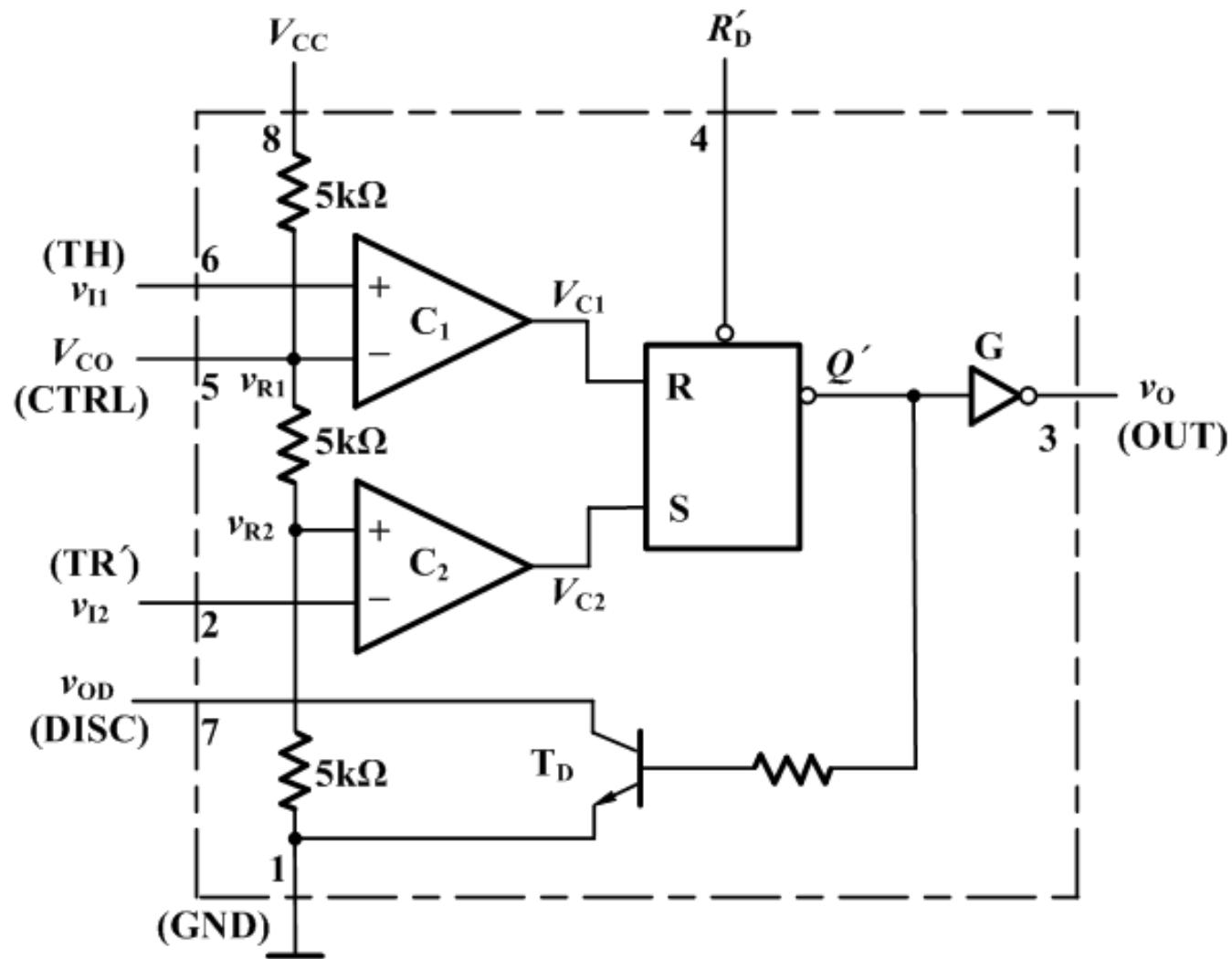


555定时器（数/模混合IC）

各管脚的名称和功能

4—复位端，若此端输入一负脉冲，而使触发器直接复位。不用时加以高电平。

5—电压控制端，此端可外加一电压以改变比较器的参考电压，不用时可悬空或通过 $0.01\mu F$ 的电容接地。



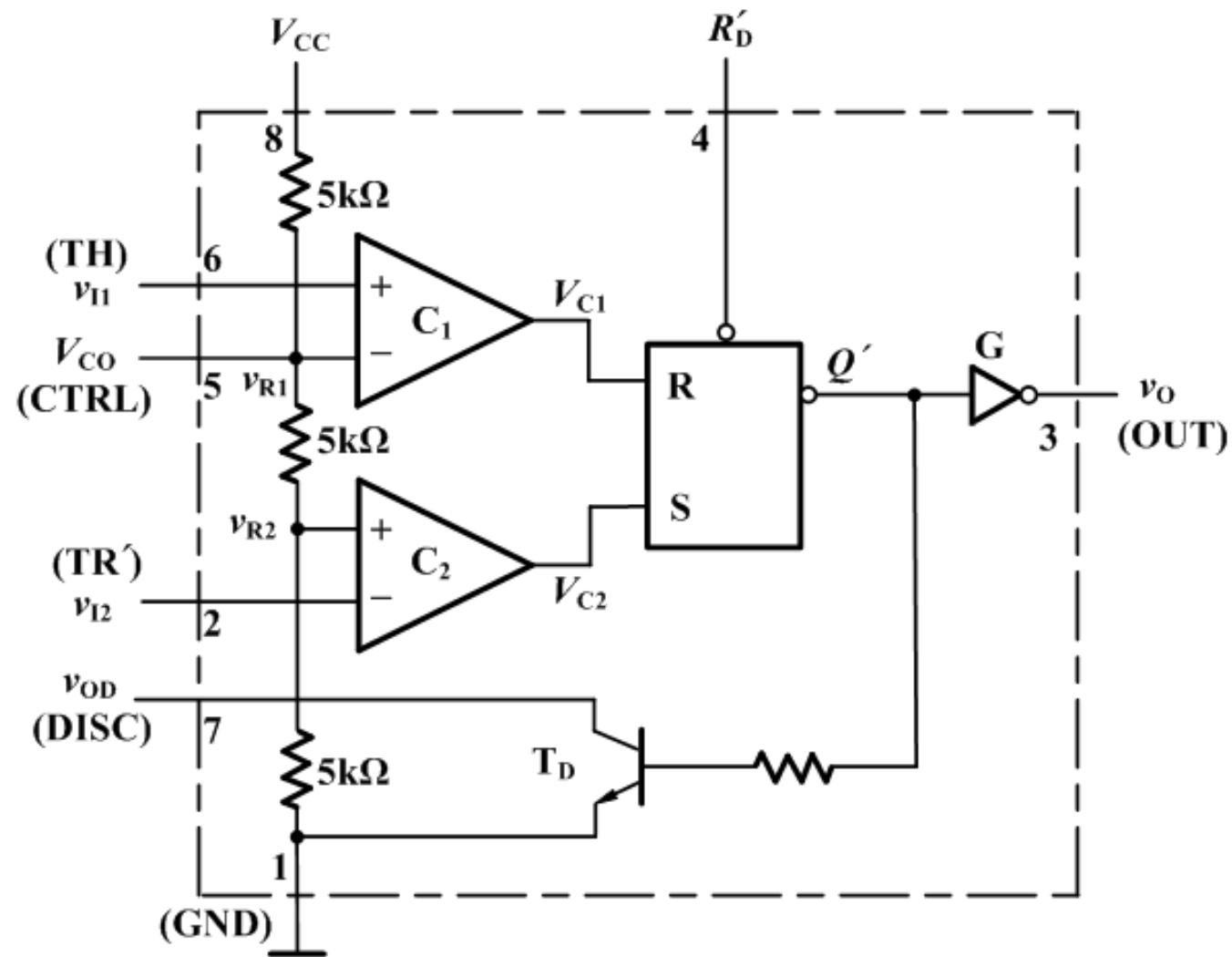
555定时器（数/模混合IC）

各管脚的名称和功能

6—高电平触发端

7—放电端，当触发器的
 $Q=0$ 时， T_D 导通，外接
电容C通过此管放电。

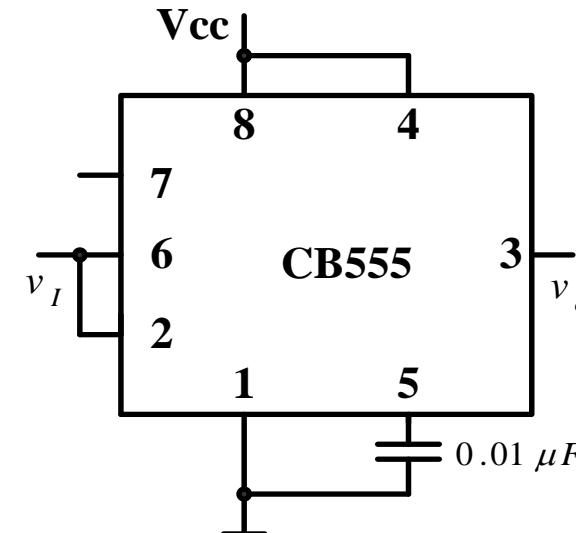
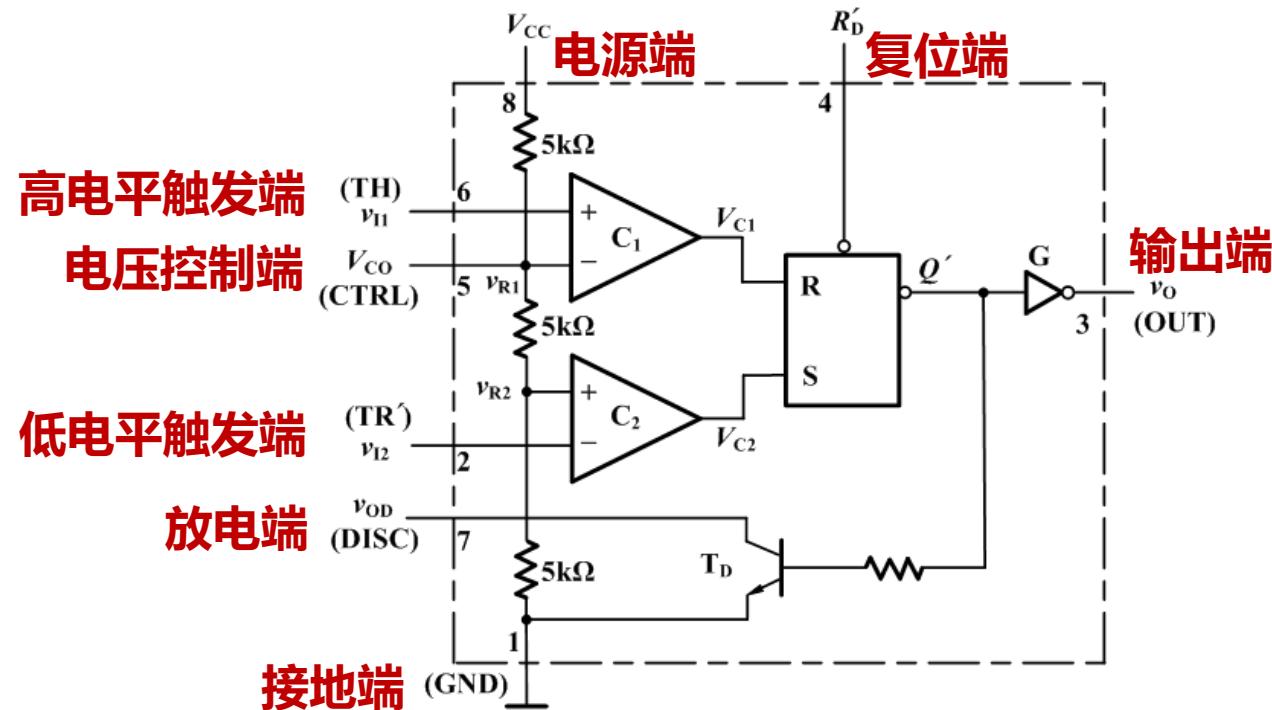
8—电源端，可在5—18V
范围内使用。



555定时器实现施密特触发电路

1. 构成

主体思想： v_{C1} 和 v_{C2} 的高电平信号发生在输入电压信号的不同电平，即可形成输入输出的施密特触发特性。



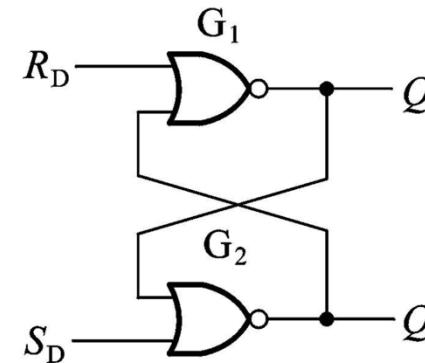
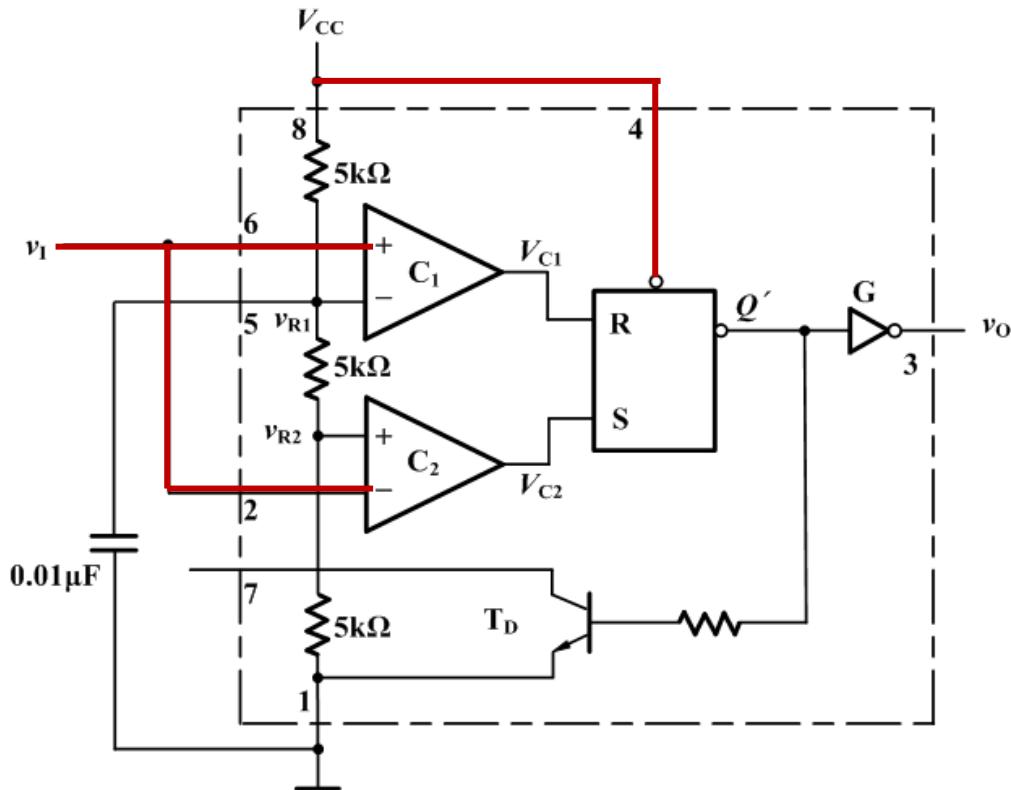
v_{I1} 和 v_{I2} 两个输入端连在一起作为信号输入端。

为提高参考电压的稳定性， V_{CO} 接0.01μF的滤波电容。 23

555定时器实现施密特触发电路

2. 工作原理

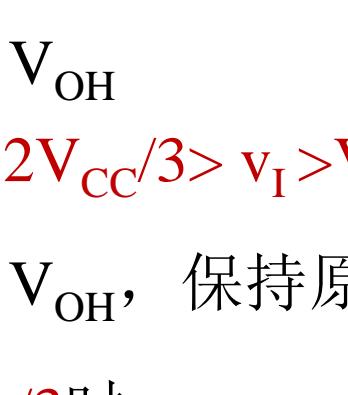
(1) 输入信号从0逐渐升高的过程

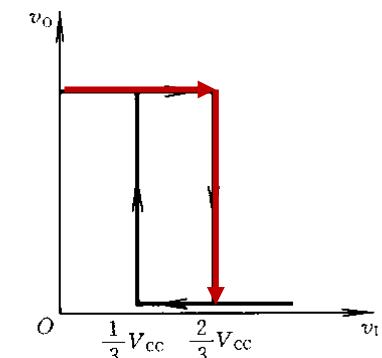


- ① 当 $v_I < V_{CC}/3$ 时，
 $Q=1, v_o = V_{OH}$

② 当 v_I 增加到 $2V_{CC}/3 > v_I > V_{CC}/3$
 $Q=1, v_o = V_{OH}$, 保持原态；

③ 当 $v_I > 2V_{CC}/3$ 时，
 $Q=0, v_o = V_{OL}$ 。



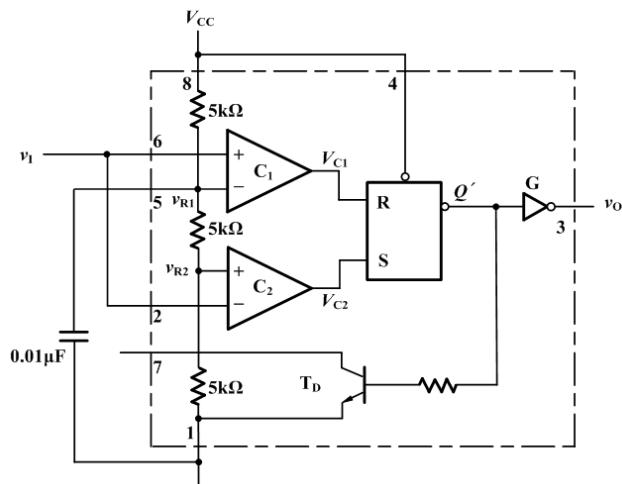


555定时器实现施密特触发电路

2. 工作原理

当 $v_I > 2V_{CC}/3$ 时， $Q=0$ ， $v_o = V_{OL}$ 。

(2) 输入信号从 $2V_{CC}/3$ 逐渐下降的过程

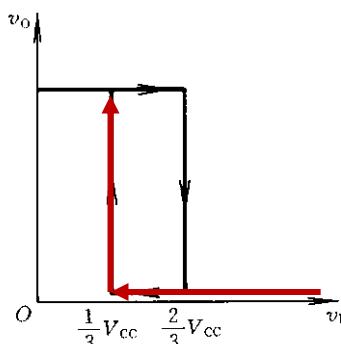


① $2V_{CC}/3 > v_I > V_{CC}/3$,

$Q=0$, $v_o = V_{OL}$, 保持原态;

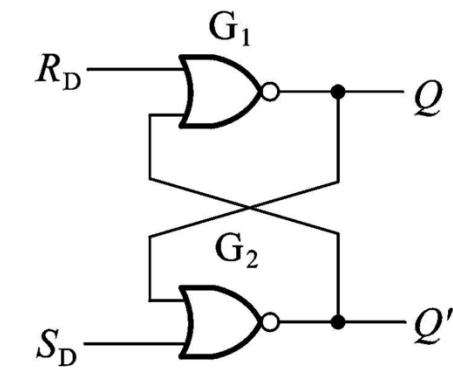
② $v_I < V_{CC}/3$ 时,

$Q=1$, $v_o = V_{OH}$ 。



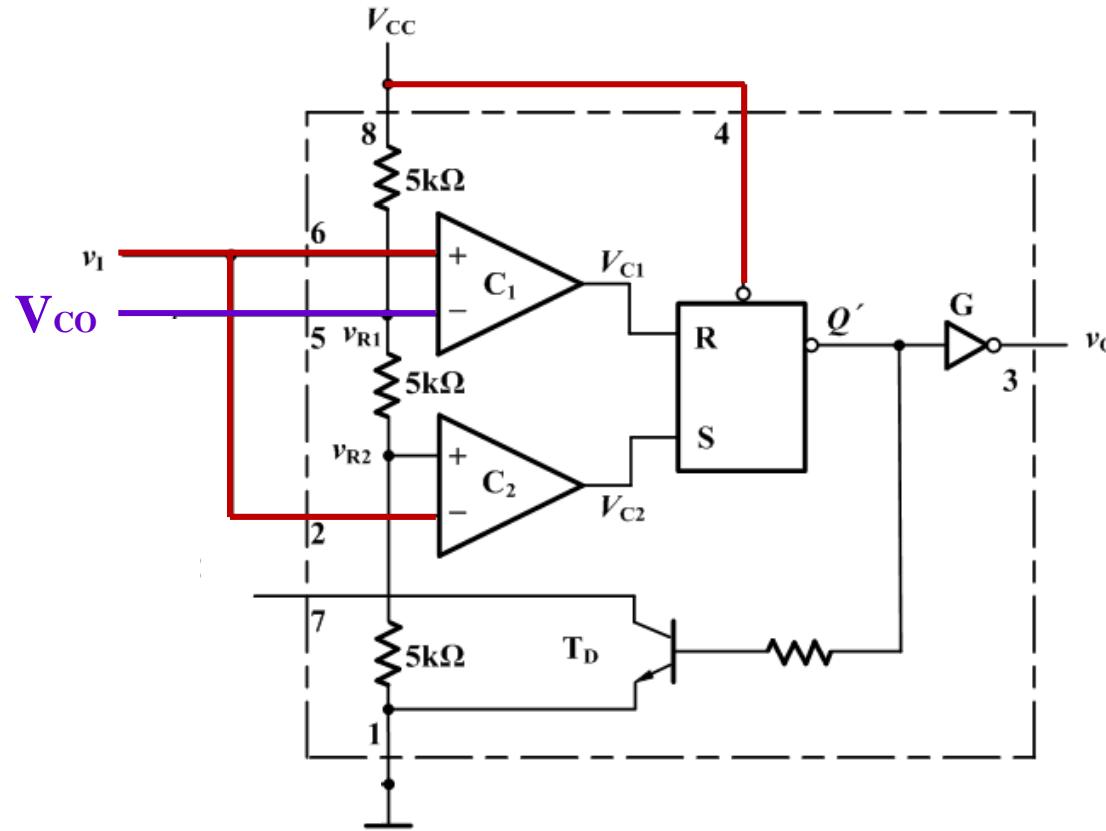
$V_I \uparrow$, 使电路状态发生转变的值 $V_{T+} = ?$
 $V_I \downarrow$, 使电路状态发生转变的值 $V_{T-} = ?$

$VT_+ = 2V_{CC}/3$, $VT_- = V_{CC}/3$ 。



555定时器实现施密特触发器电路

2. 工作原理

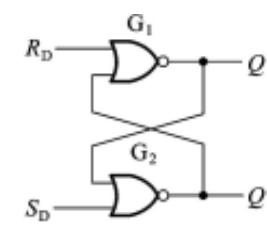
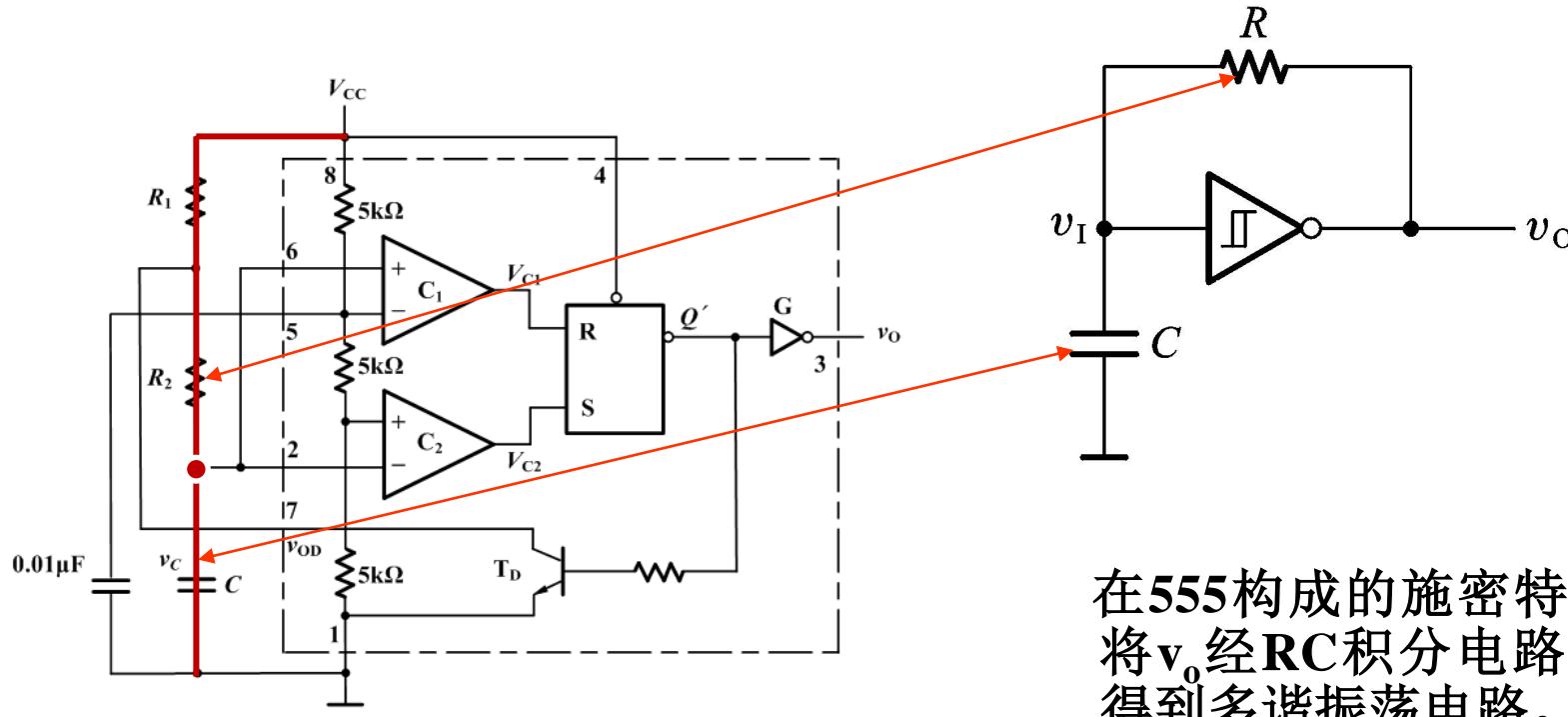


若5脚由外电路提供参考电压，则 V_{T+} , V_{T-} ?

$$V_{T+} = V_{CO}$$

$$V_{T-} = V_{CO}/2$$

555定时器实现多谐振荡电路

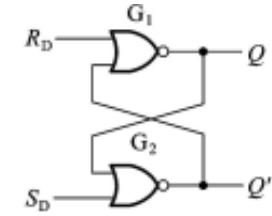
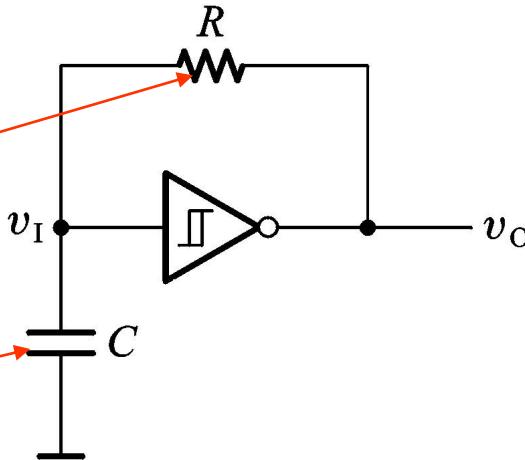
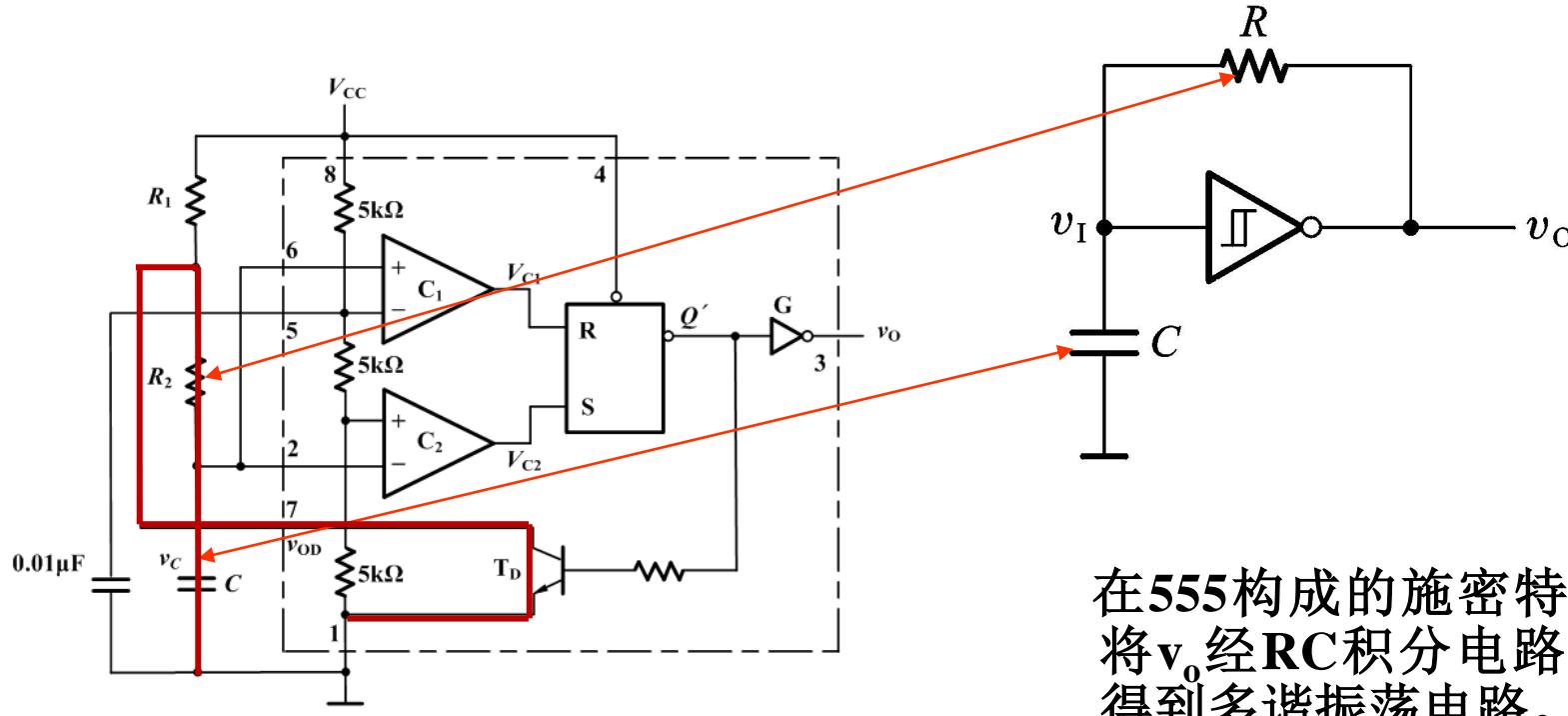


在555构成的施密特触发器基础上，
将 v_o 经RC积分电路接回输入端即可
得到多谐振荡电路。

设电源接通后， $Q=1, V_o=1$ ；

$Q=1 \rightarrow T_D$ 截止 $\rightarrow C$ 充电， $V_C = \frac{2}{3}V_{CC}$ 时， $\begin{cases} V_{C1}=1 \\ V_{C2}=0 \end{cases} \rightarrow Q=0$

555定时器实现多谐振荡电路



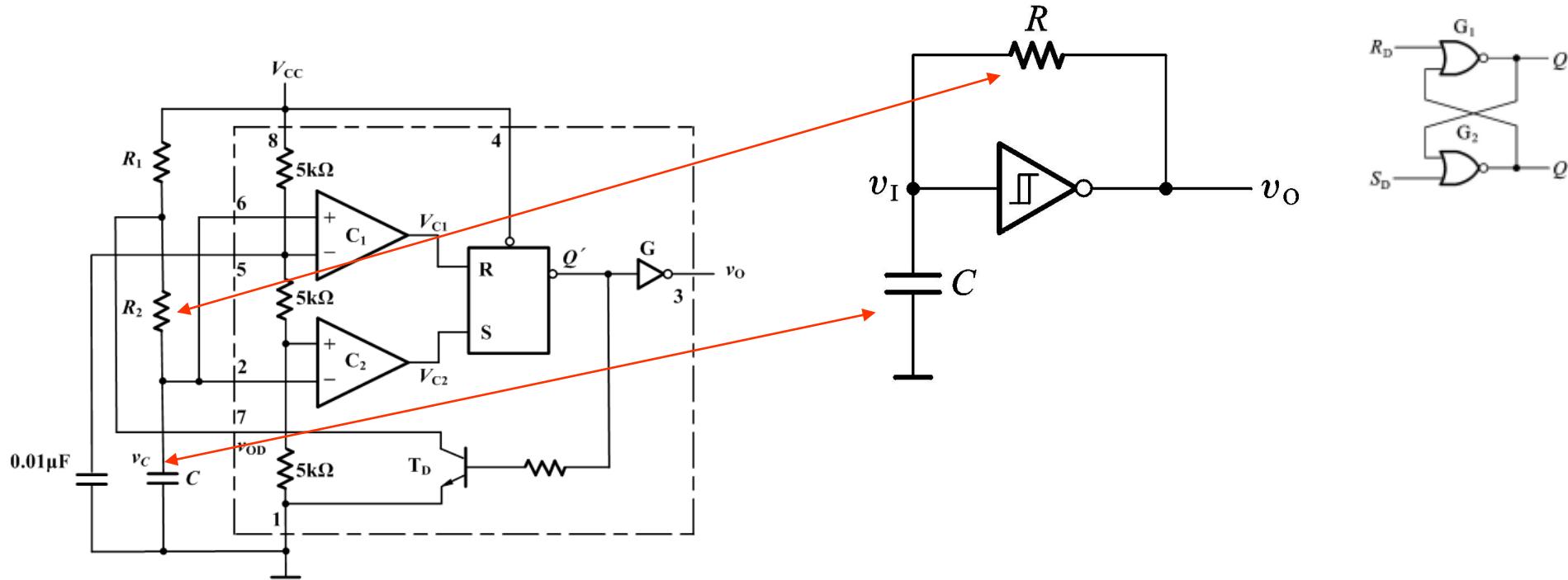
在555构成的施密特触发器基础上，将v_O经RC积分电路接回输入端即可得到多谐振荡电路。

设电源接通后，Q=1, V_O=1;

Q=1, → T_D截止 → C充电, V_C= $\frac{2}{3}V_{CC}$ 时, $\begin{cases} V_{C1}=1 \\ V_{C2}=0 \end{cases} \rightarrow Q=0$

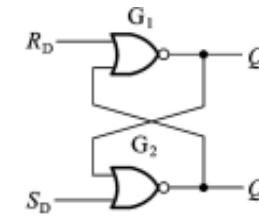
Q=0 → T_D导通 → C放电 → V_C= $\frac{1}{3}V_{CC}$ 时, $\begin{cases} V_{C1}=0 \\ V_{C2}=1 \end{cases} \rightarrow Q=1$

555定时器实现多谐振荡电路

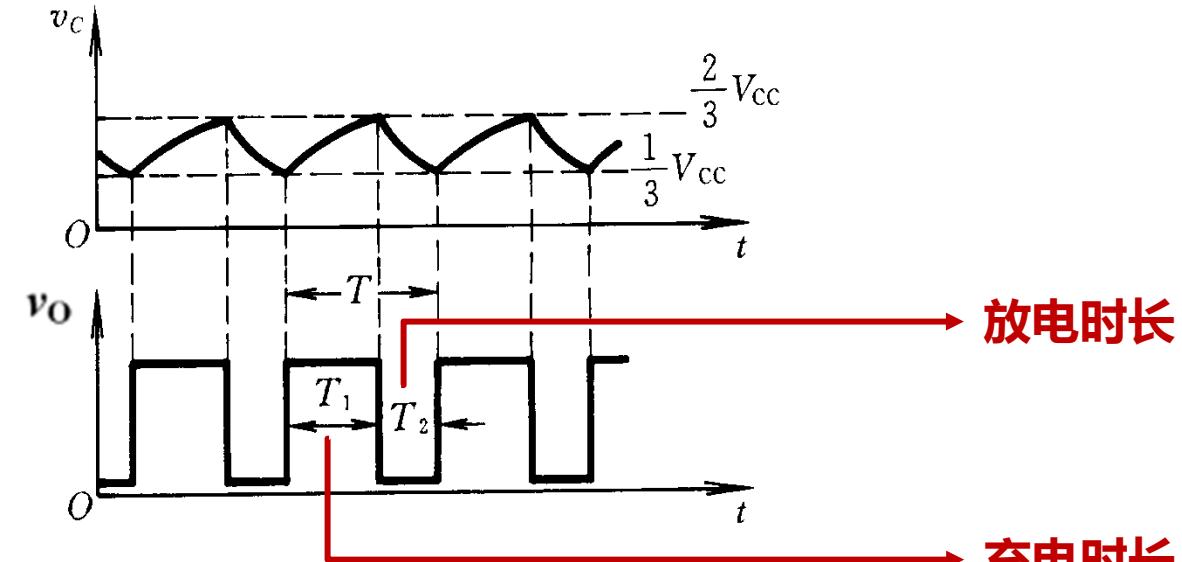
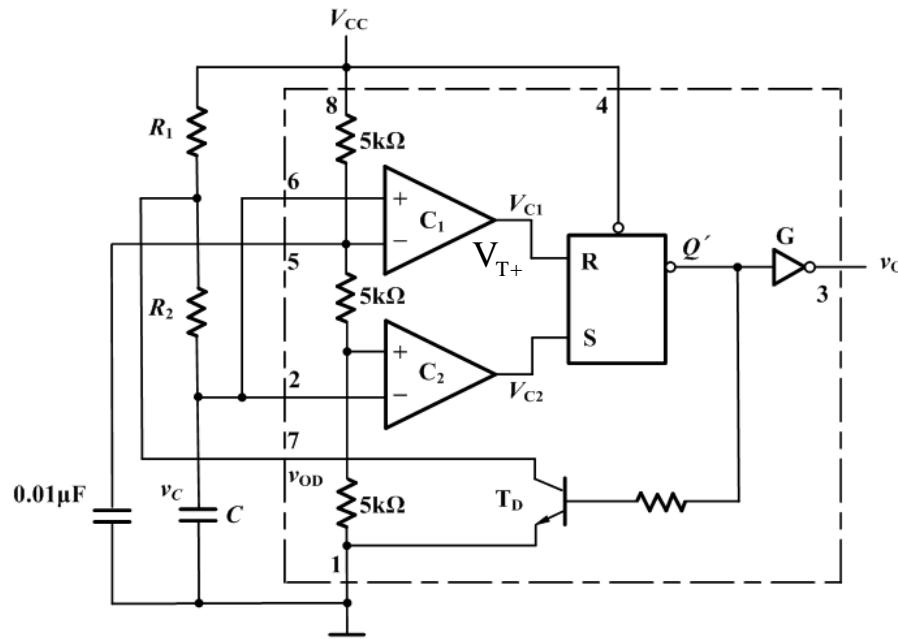


设电源接通后， $Q=0, V_O=0$ ；

$Q=0 \rightarrow T_D$ 导通 $\rightarrow C$ 放电， $V_C = \frac{1}{3}V_{CC}$ 时， $\begin{cases} V_{C1}=0 \\ V_{C2}=1 \end{cases} \rightarrow Q=1, V_O=1$



555定时器实现多谐振荡电路



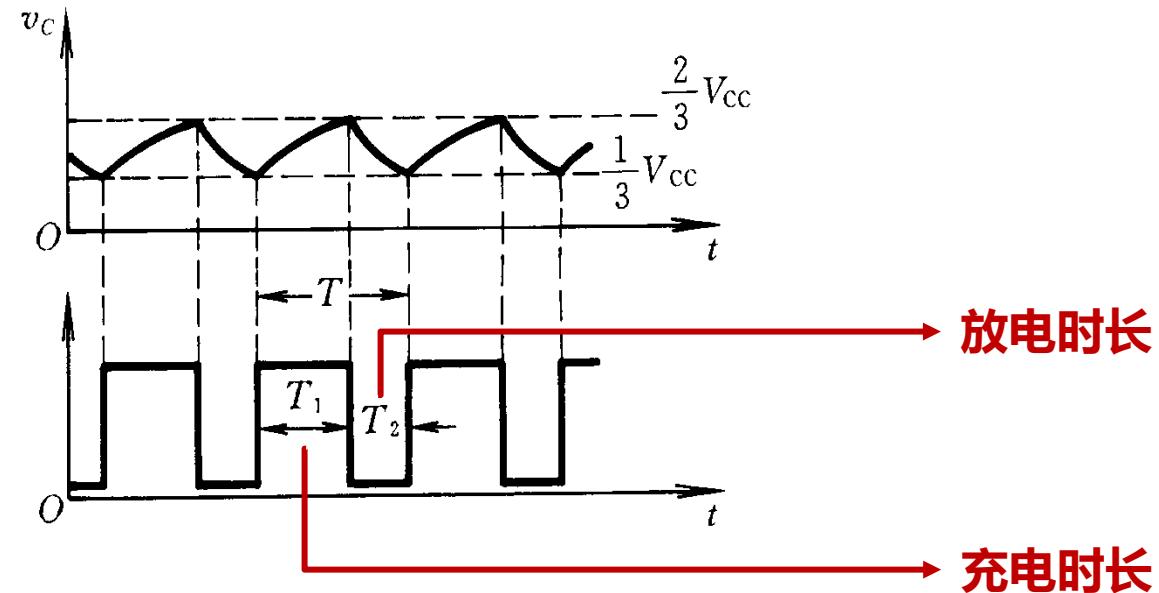
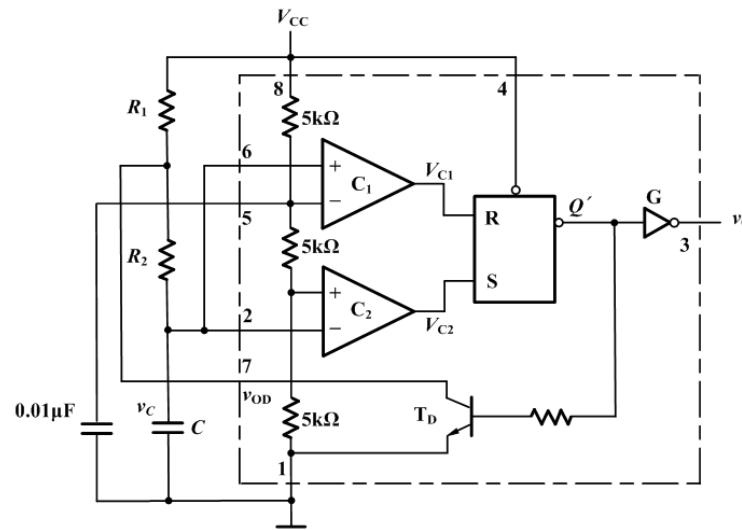
电容上的电压 v_C 将在 V_{T+} 和 V_T 之间往复振荡， v_C 和 v_o 的波形如图所示。

设电源接通后， $Q=0, V_o=0$ ；

$Q=0 \rightarrow T_D$ 导通 $\rightarrow C$ 放电， $V_C = \frac{1}{3}V_{CC}$ 时， $\begin{cases} V_{C1}=0 \\ V_{C2}=1 \end{cases} \rightarrow Q=1, V_o=1$

$Q=1 \rightarrow T_D$ 截止 $\rightarrow C$ 充电 $\rightarrow V_C = \frac{2}{3}V_{CC}$ 时， $\begin{cases} V_{C1}=1 \\ V_{C2}=0 \end{cases} \rightarrow Q=0, V_o=0$

555定时器实现多谐振荡电路



脉冲周期

$$T = T_1 + T_2 = (R_2 + R_1)C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R_2 C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

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

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

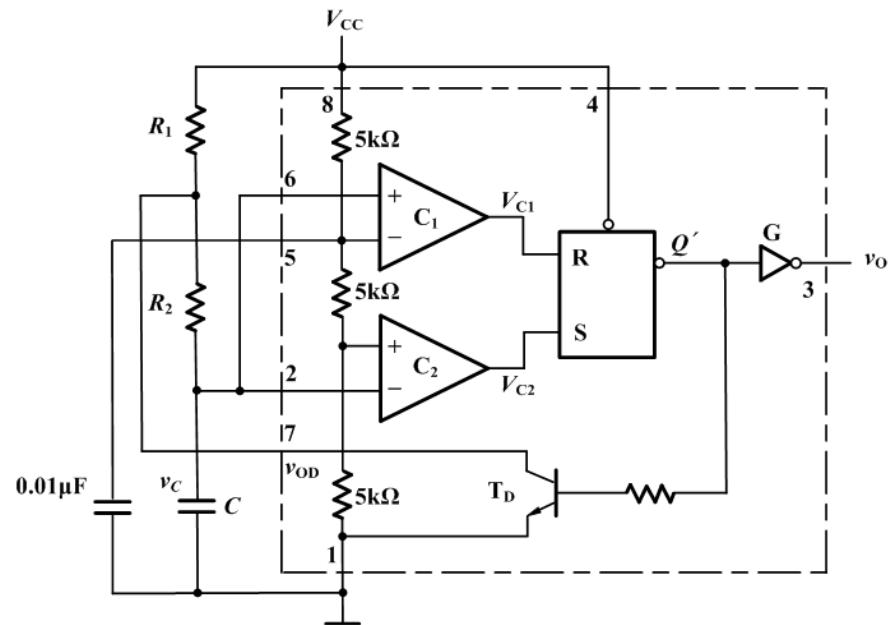
占空比

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

555定时器实现多谐振荡电路—例

例 用NE555定时器设计一个多谐振荡器，要求振荡周期为1s，输出脉冲幅度大于3V而小于5V，输出脉冲的占空比为 $q=2/3$ 。

解：查NE555的特性参数可知，当电源电压取5V时，在输出电流为100mA时，输出高电平的典型值为3.3V。所以，取 $V_{CC}=5V$ 。采用如下电路：



$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{2}{3}$$

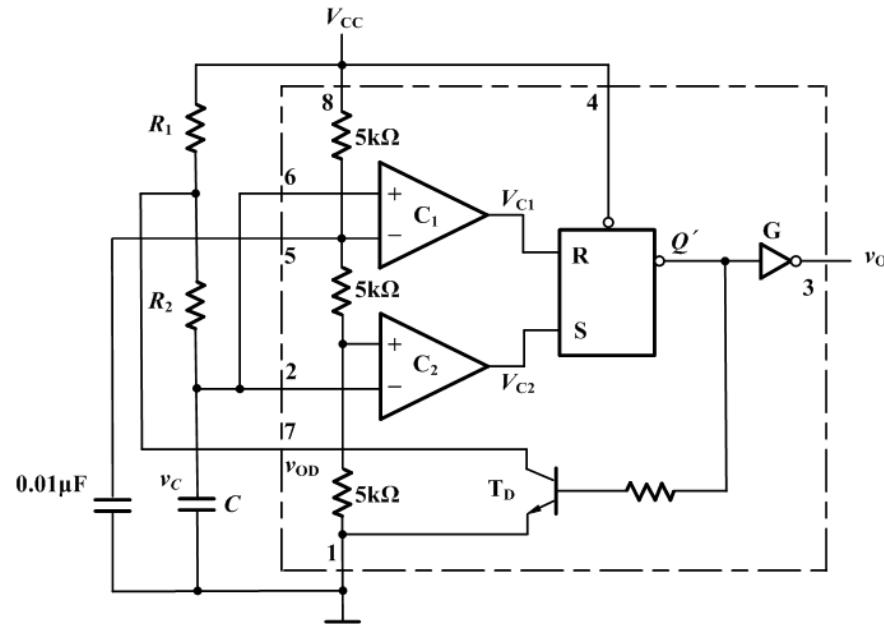
$$\text{可得 } R_1 = R_2$$

$$T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2 = 1$$

$$3R_1 C \ln 2 = 1$$

555定时器实现多谐振荡电路—例

例 用NE555定时器设计一个多谐振荡器，要求振荡周期为1s，输出脉冲幅度大于3V而小于5V，输出脉冲的占空比为 $q=2/3$ 。



$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{2}{3}$$

可得 $R_1 = R_2$

$$T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2 = 1$$

$$3R_1C \ln 2 = 1$$

取 $C = 10\mu F$

$$R_1 = \frac{1}{3C \ln 2} = \frac{1}{3 \times 10^{-5} \times 0.69} = 48k\Omega$$

555定时器实现多谐振荡电路—例

例 用NE555定时器设计一个多谐振荡器，要求振荡周期为 1s ，输出脉冲幅度大于 3V 而小于 5V ，输出脉冲的占空比为 $q=2/3$ 。

取 $C = 10\mu\text{F}$

$$R_1 = R_2 = 48\text{k}\Omega$$

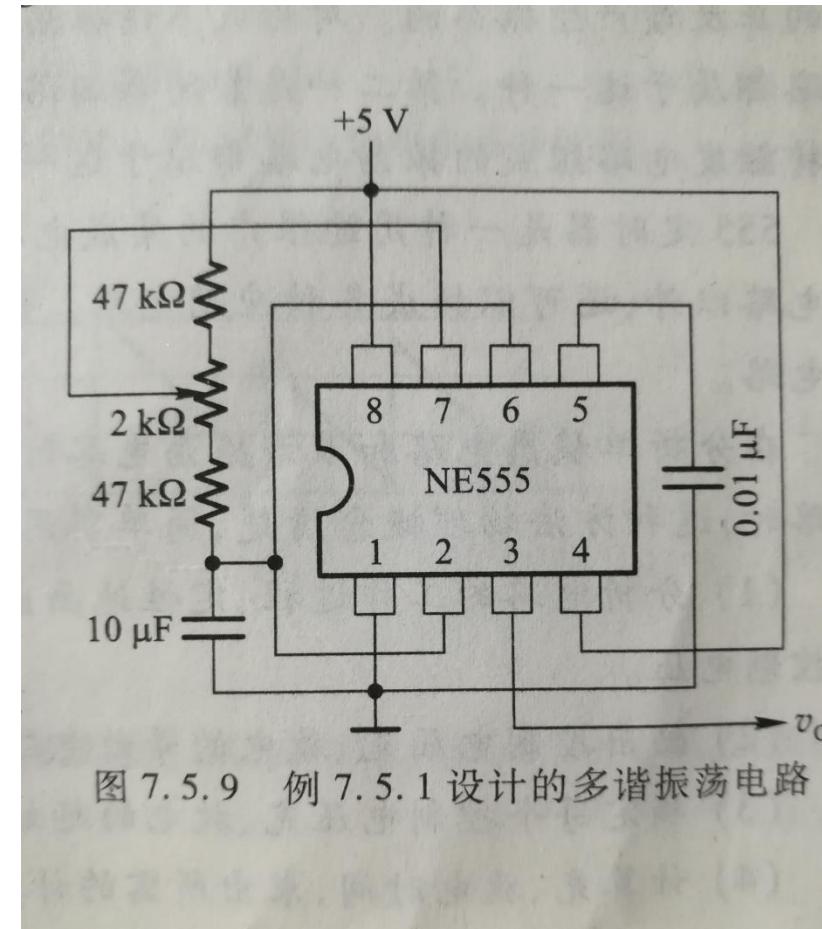
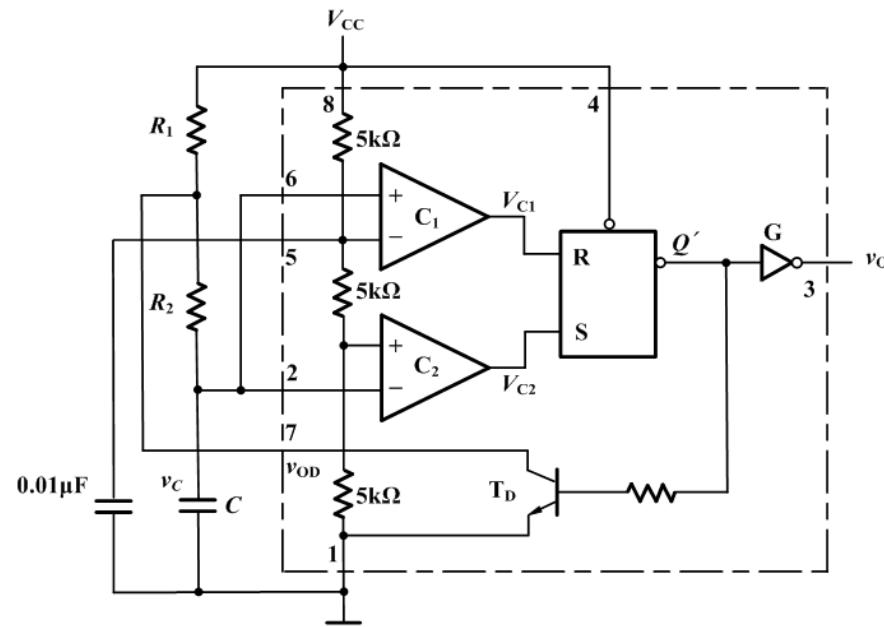


图 7.5.9 例 7.5.1 设计的多谐振荡电路

脉冲波形的产生和整形电路

- 概述
- 施密特触发电路
- 单稳态触发电路
- 多谐振荡电路
- 555定时器及其应用