



第9章 脉冲波形的产生与整形

9.1 概述

9.2 施密特触发器

9.3 单稳态触发器

9.4 多谐振荡器

9.5 555定时器及其应用



9.1 概述

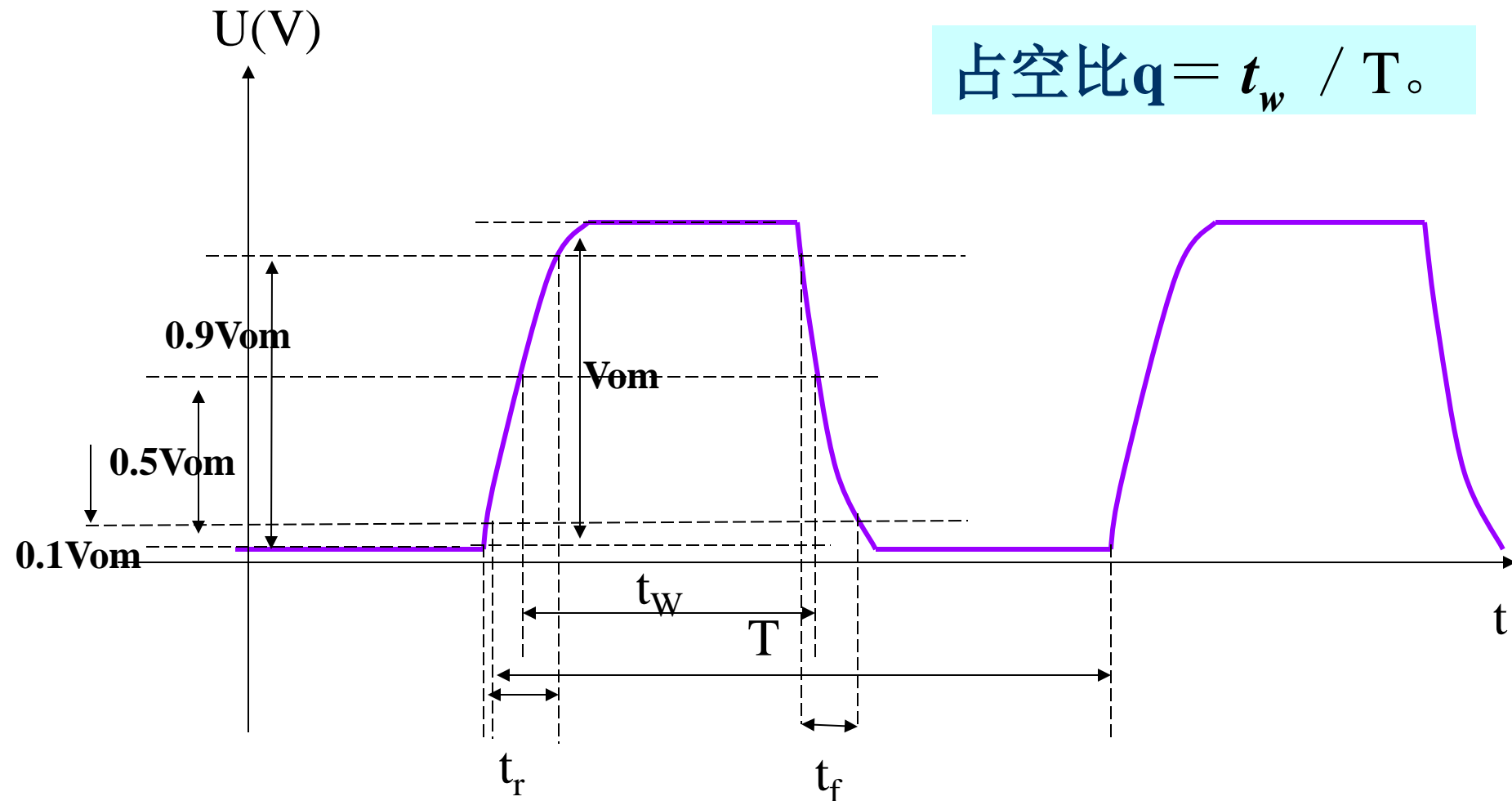
一、矩形脉冲的获取方法

- 1.利用各种形式的多谐振荡器电路直接产生所需要的矩形脉冲；
- 2.通过各种整形电路把已有的周期性变化波形变换为符合要求的矩形脉冲。



二、矩形脉冲的主要参数

$$\text{占空比 } q = t_w / T。$$





9.2 施密特触发器

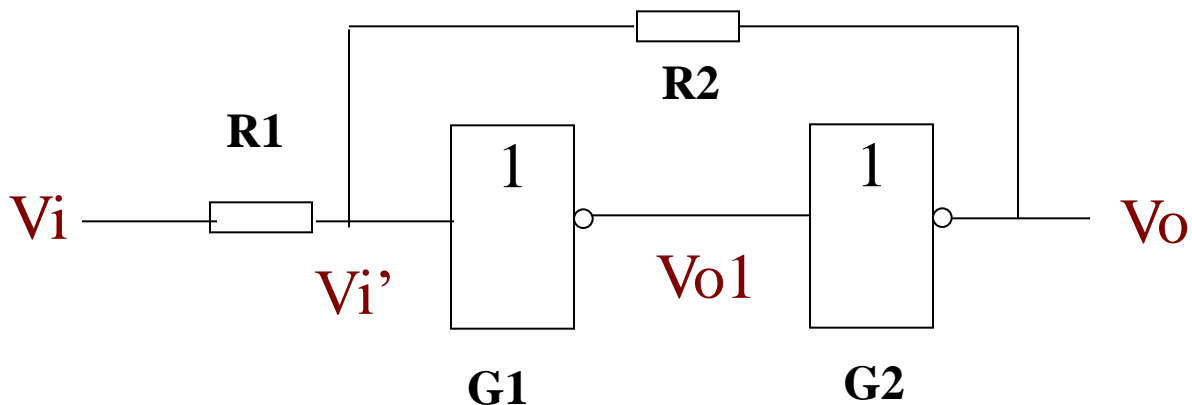
一、施密特触发器的工作特点

1. 输出从低电平跳到高电平时对应的输入电平，与输出从高电平跳到低电平时对应的输入电平不同，电路有两个不同的阈值电压。
2. 在电路状态转换时，通过电路内部的正反馈过程使输出电压波形的边沿变得很陡。

利用这两个特点不仅能将边沿变化缓慢的信号波形整形为边沿陡峭的矩形波，而且可以将叠加在矩形脉冲高、低电平上的噪声有效地清除。



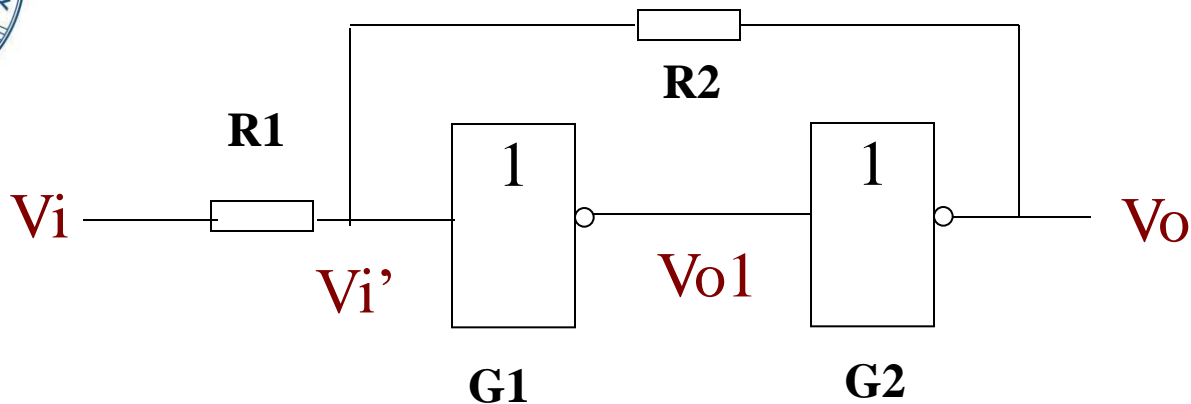
二、门电路组成的施密特触发器



电路正常工作条件:

$R1 < R2$;

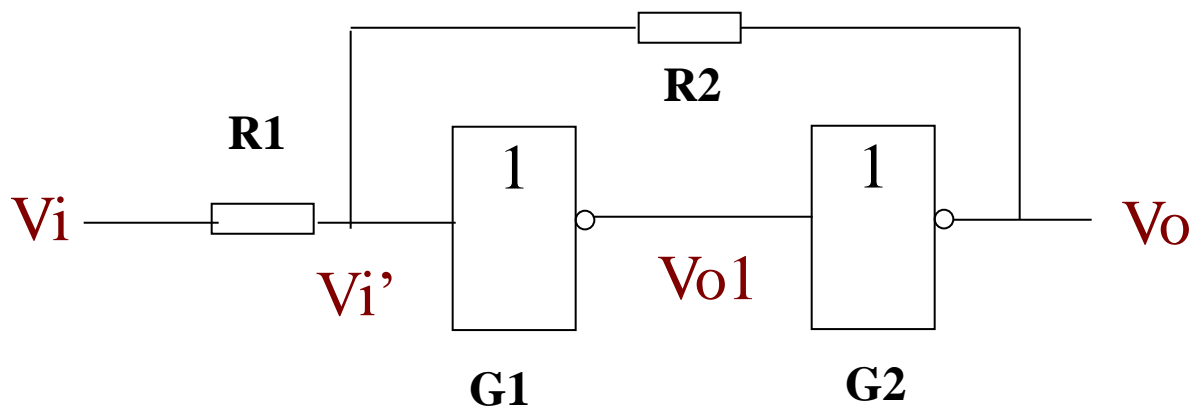
电路通过 $R2$ 引入正反馈。



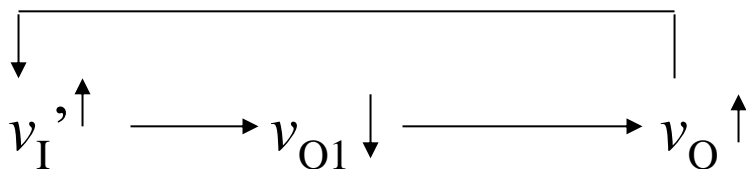
1. $V_i=0$ 时, $V_i'=0$, $V_{o1}=1$, $V_o=0$;

2. v_i 从0逐渐升高到 V_{DD} 时

$$V_i' = \frac{R2}{R1 + R2} V_i$$



V_i 从0逐渐升高并达到 $V_i' = V_{TH}$ 引发的正反馈过程



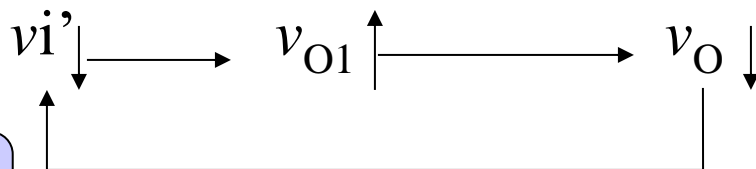
$$V_i' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{T+} = V_{TH}$$

$$V_{T+} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{TH} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$

正向阈值电压



3. 分析 V_i 从高电平 V_{DD} 逐渐下降并达到 $V_i' = V_{TH}$ 引发的正反馈过程:



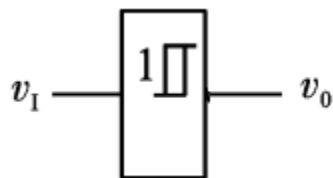
负向阈值电压

$$V_{T-} = (1 - \frac{R_1}{R_2}) V_{TH}$$

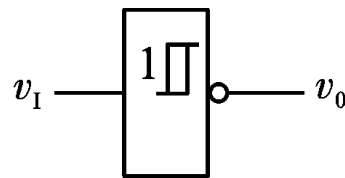
回差电压

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 2 \frac{R_1}{R_2} V_{TH}$$

4. 施密特触发器的逻辑符号



同相

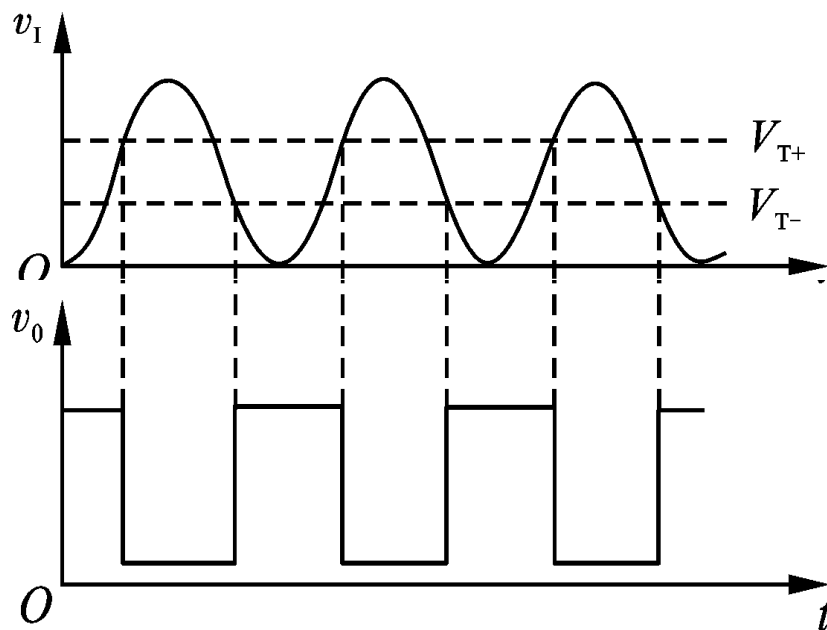
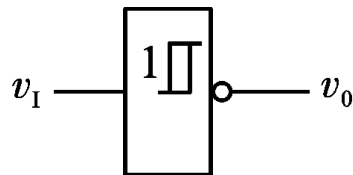


反相

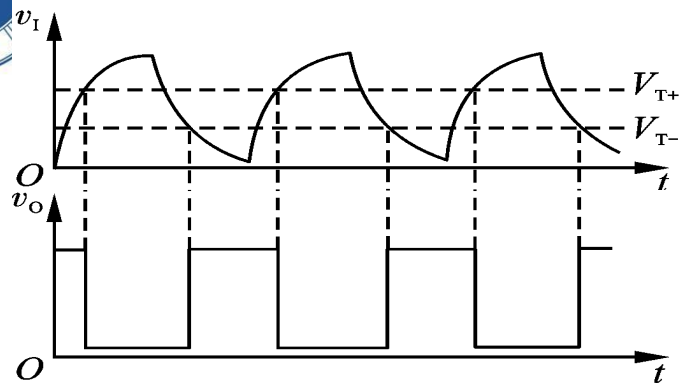
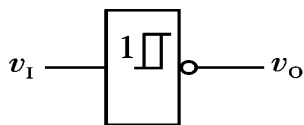
合作 进取 求实 创新



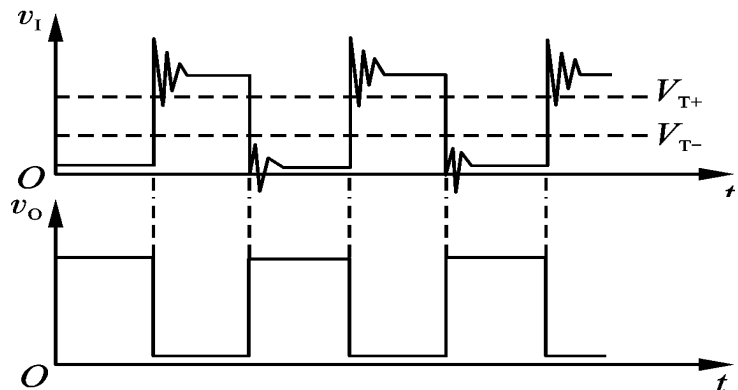
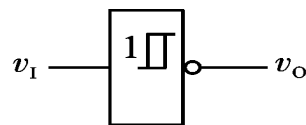
三、施密特触发器的应用



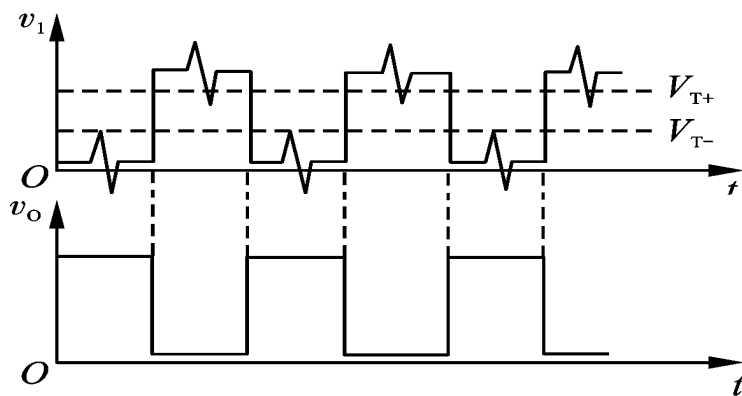
施密特触发器的应用1 ——用于波形变换



(a)



(b)



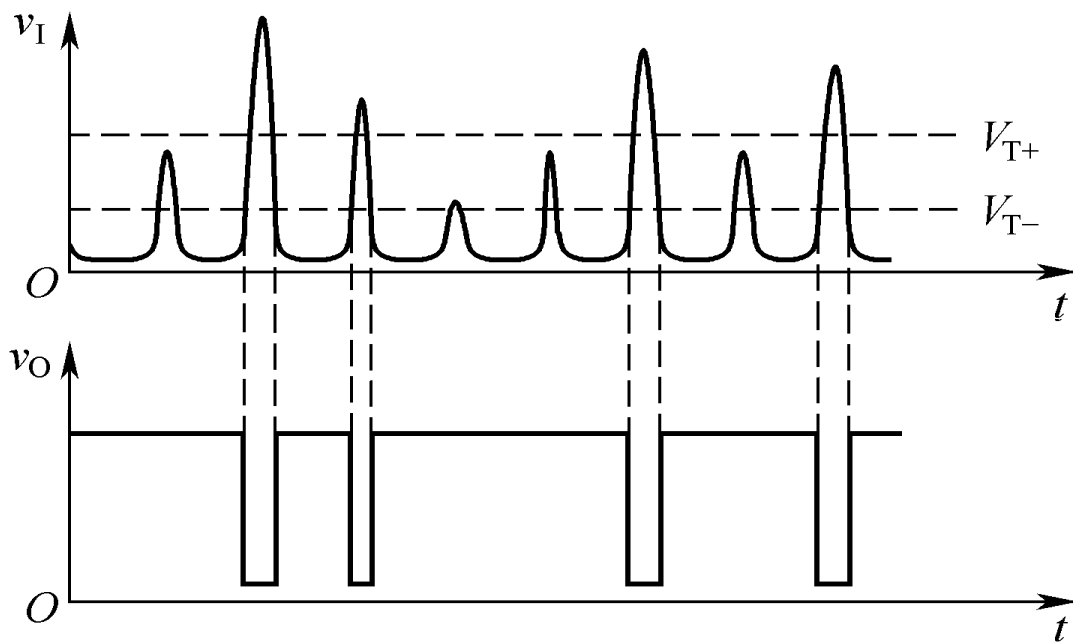
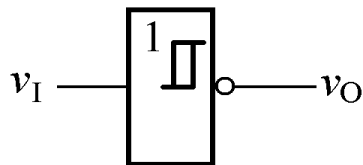
(c)

施密特触发器的应用2 ——用于脉冲整形



施密特触发器的应用3

——用于脉冲鉴幅





9.3 单稳态触发器

一、单稳态触发器的工作特点

1. 它有**稳态**和**暂稳态**两个不同的工作状态;
2. 在外界触发脉冲作用下, 能从稳态翻转到暂稳态, 在暂稳态维持一段时间以后, 再自动返回稳态;
3. 暂稳态维持时间的长短取决于电路本身的参数, 与触发脉冲的宽度和幅度无关。

应用: 脉冲整形、延时(产生滞后于触发脉冲的输出脉冲)以及定时(产生固定时间宽度的脉冲信号)等。

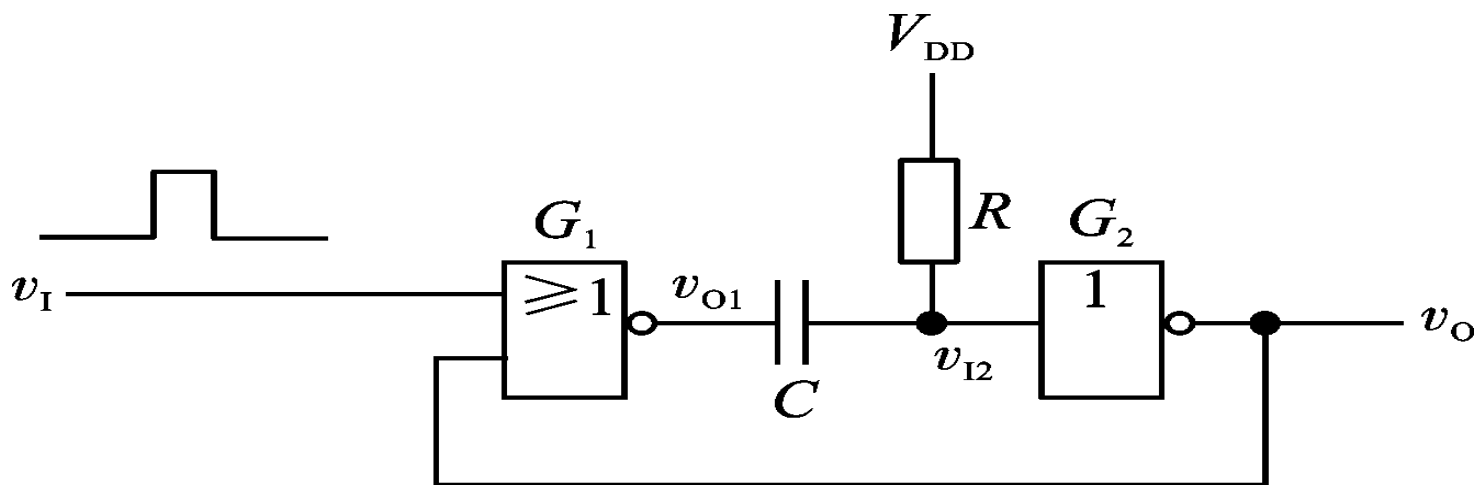


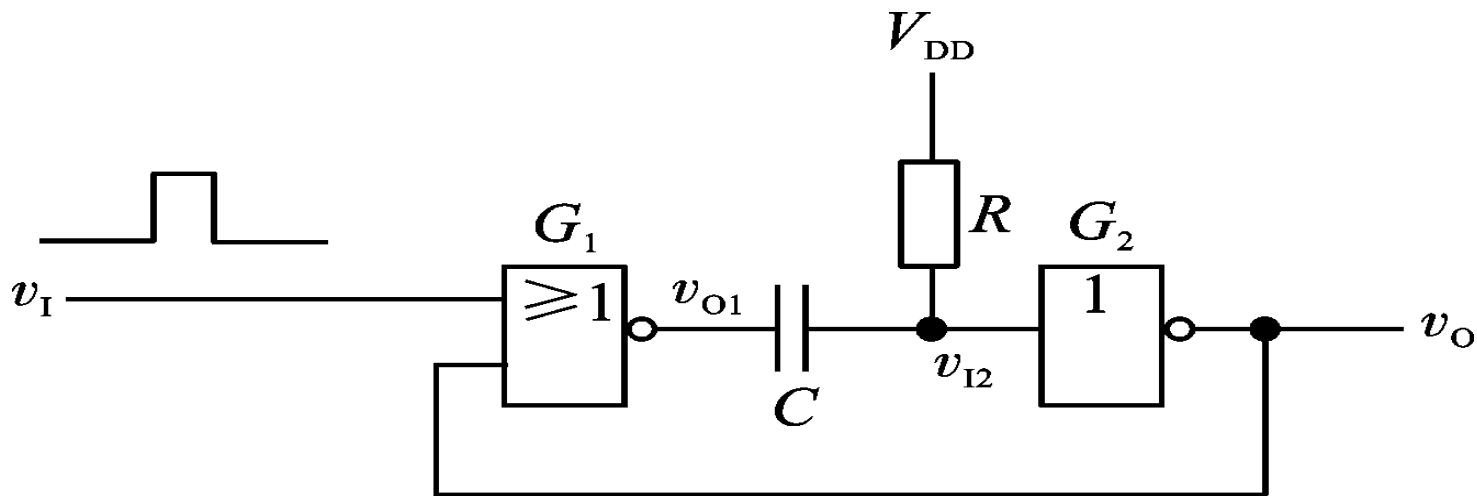
三、单稳态触发器的类型

单稳态触发器的暂态通常都是靠**RC电路**的充、放电过程来维持的。

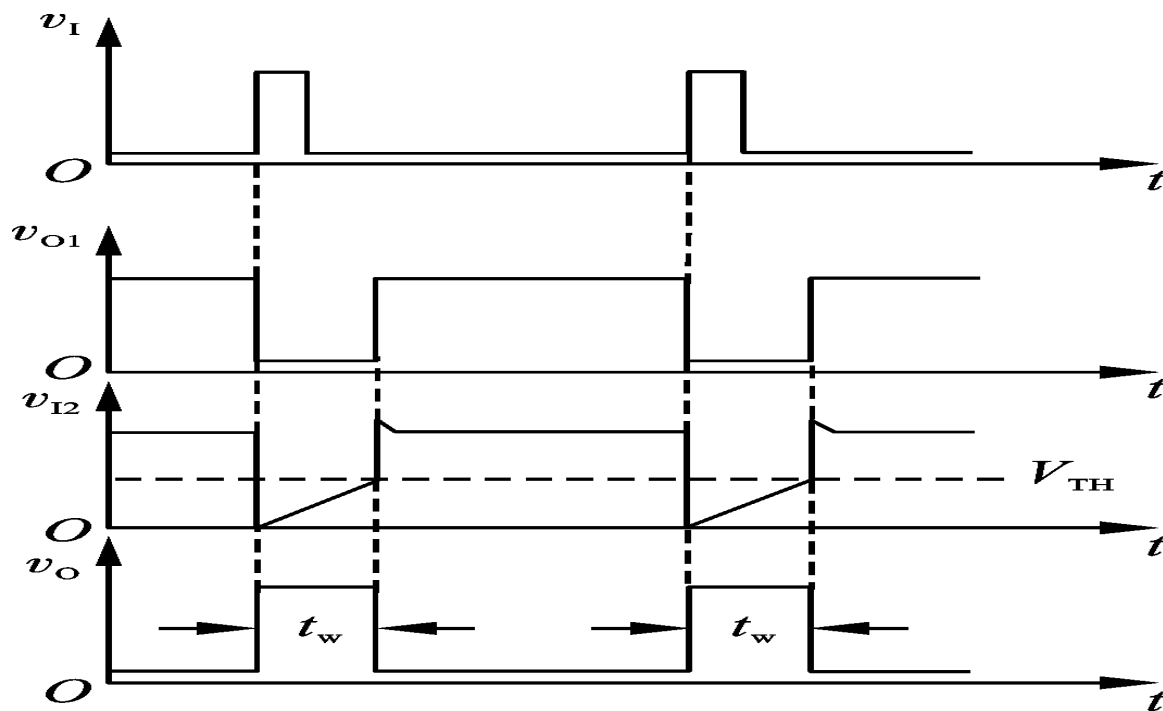
根据**RC电路**的不同接法，分为**微分型**和**积分型**两种。

1. 微分型单稳态触发器





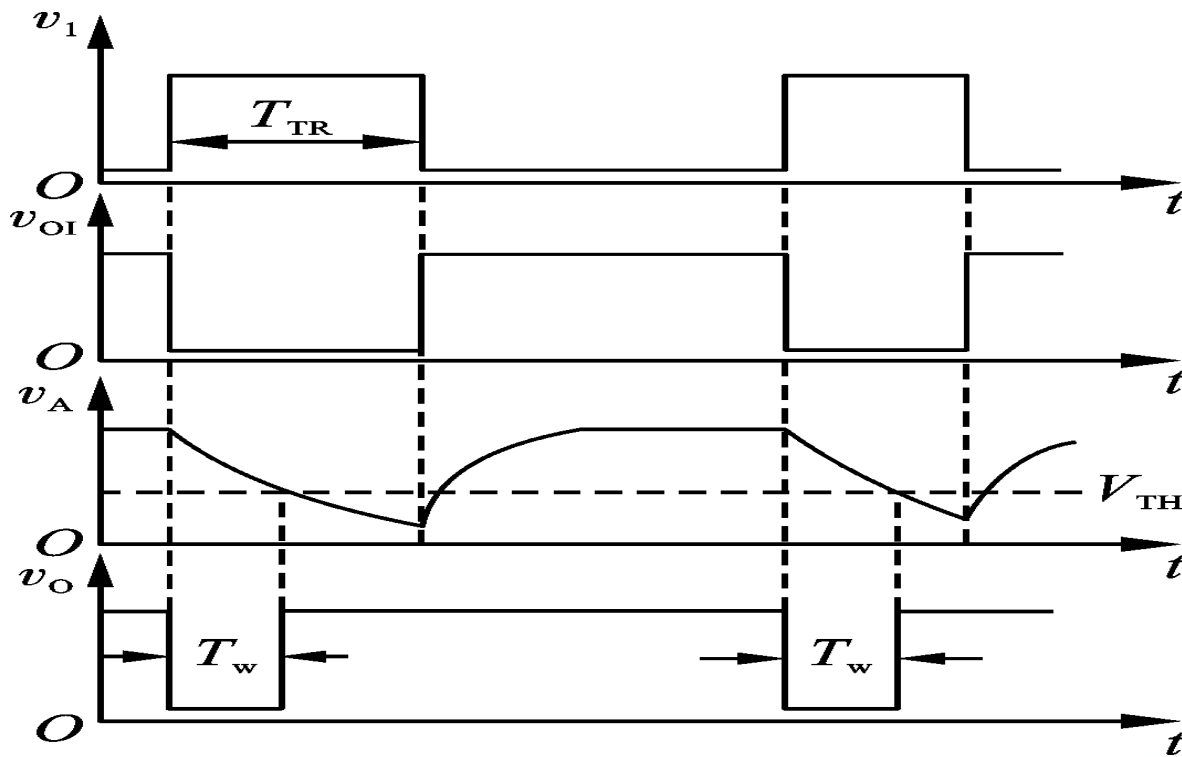
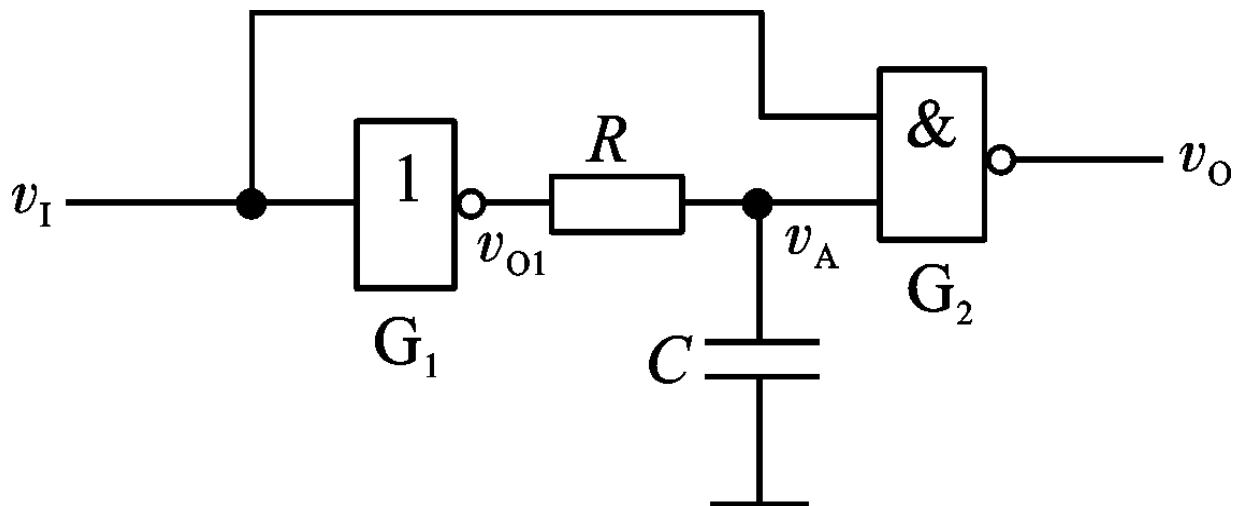
(2) 电路的电压波形



特点：
输入窄脉冲，
输出宽脉冲。



2. 积分型单稳态触发器



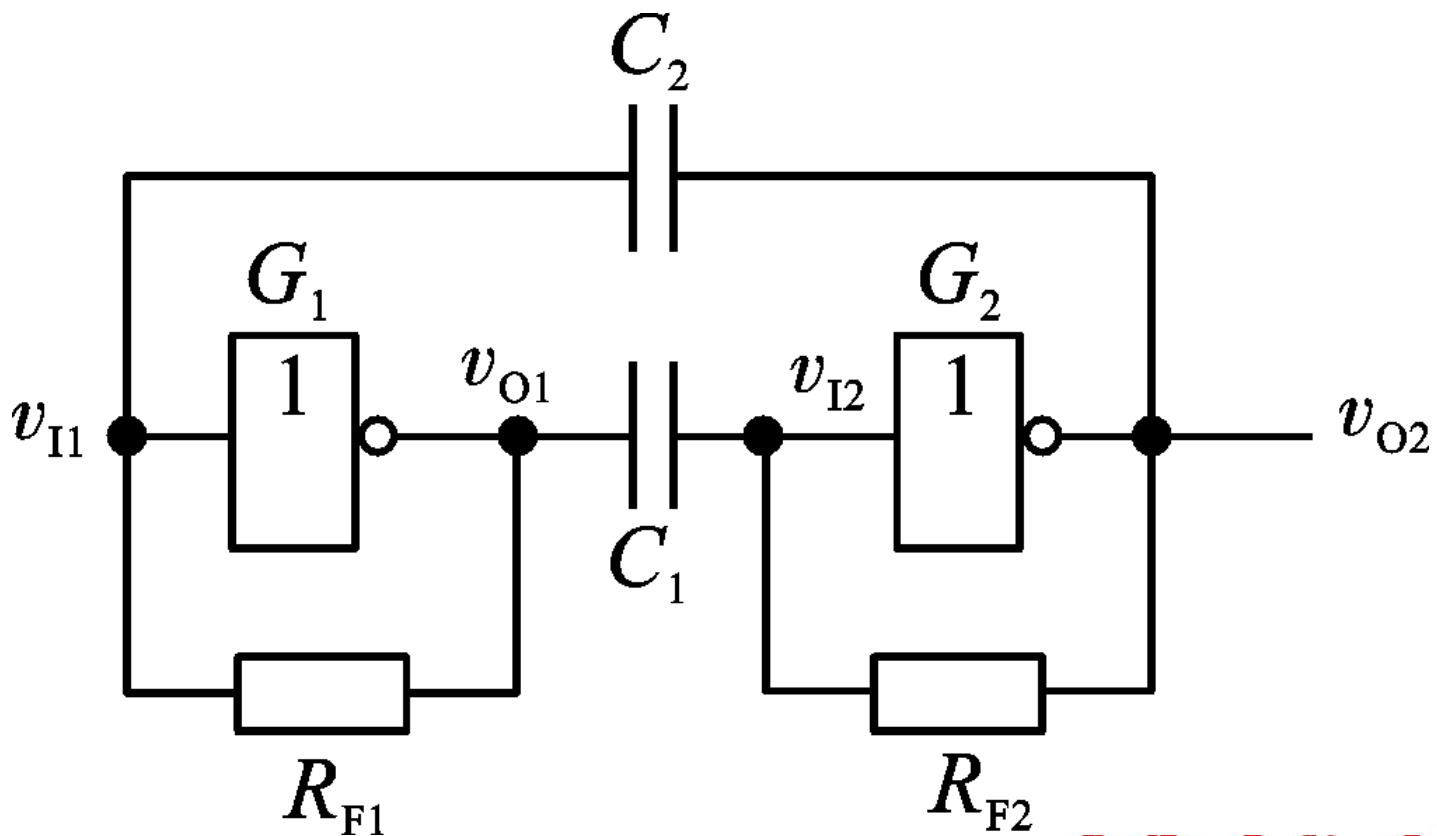
特点：
输入宽脉冲，
输出窄脉冲。



9.4 多谐振荡器

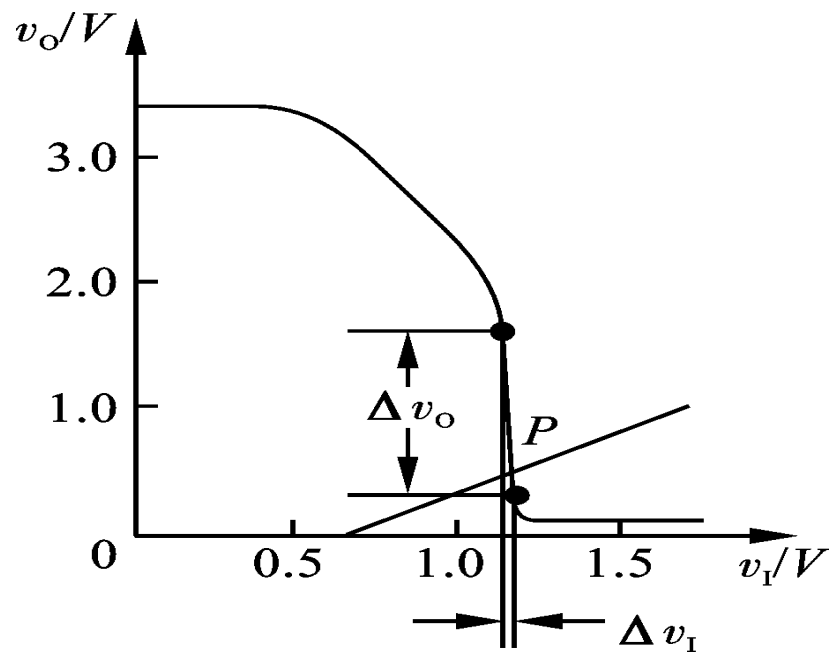
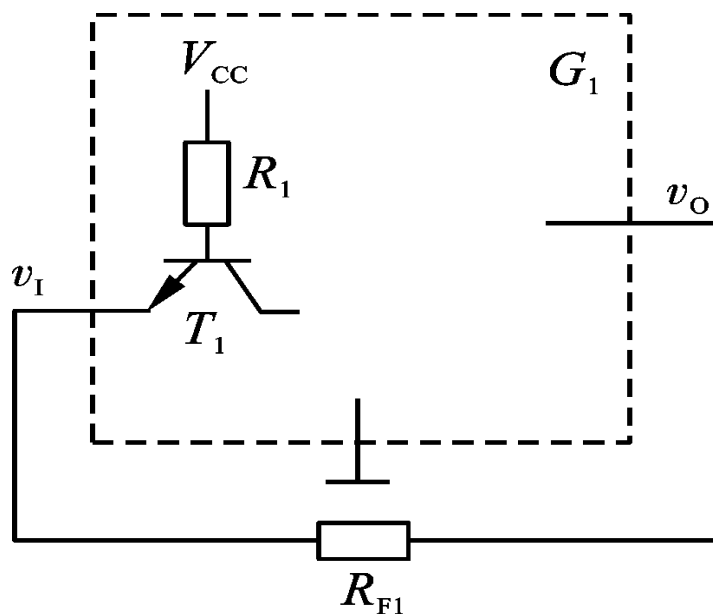
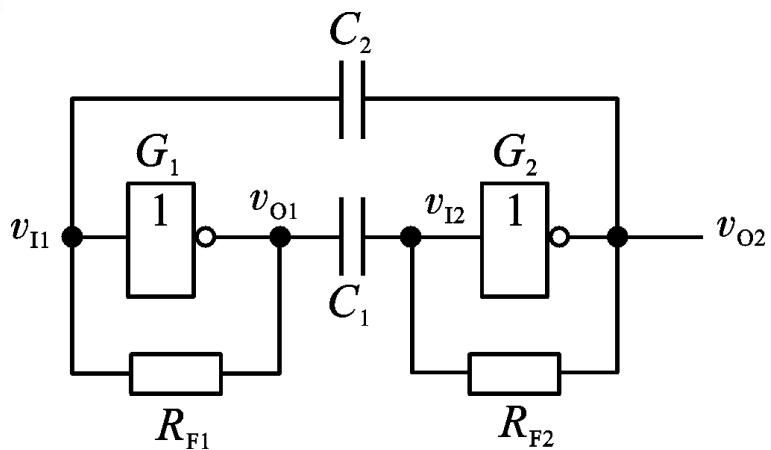
多谐振荡器是一种自激振荡器，在接通电源以后，不需要外加触发信号能自动地产生矩形脉冲。

一、对称式多谐振荡器



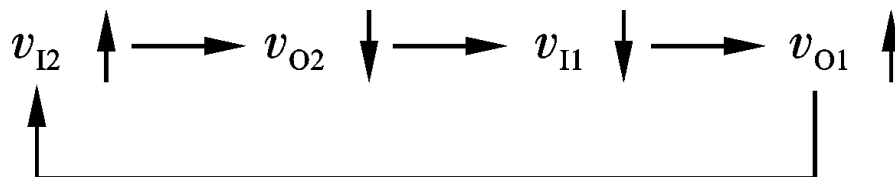


起振原因：

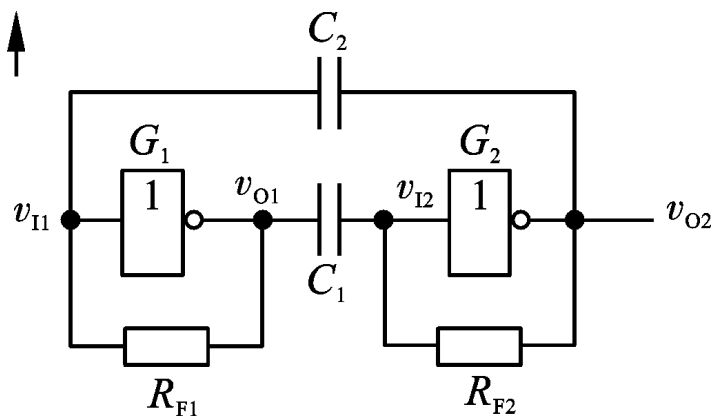
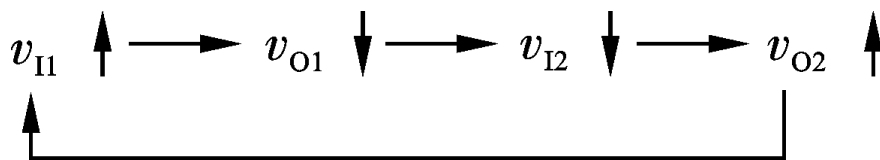


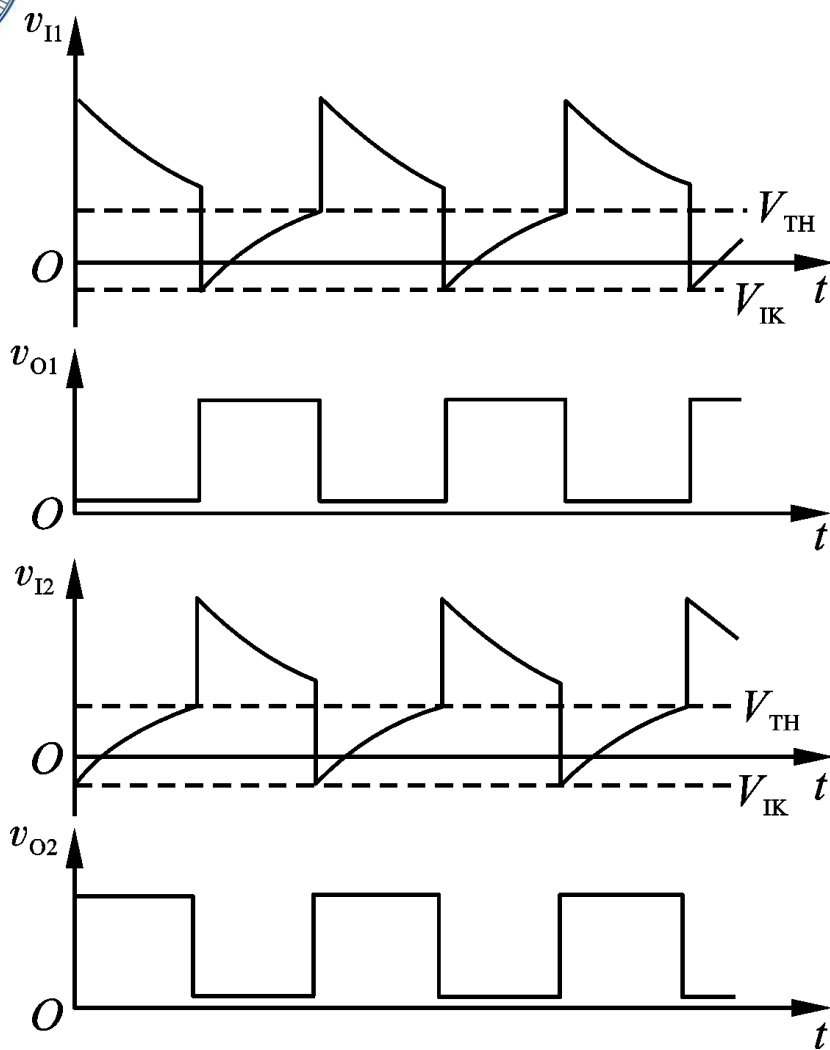


第一暂稳态： 电路最初 $v_{O1}=0$ 、 $v_{O2}=1$ ，电容 C_1 充电, C_2 放电， C_1 经 R_1 和 R_{F2} 两条支路充电，所以充电速度较快。当 $v_{I2}=V_{TH}$ 时， v_{O1} 增大， v_{O2} 减小，电路进入第二暂稳态。



第二暂稳态： $v_{O1}=1$ 、 $v_{O2}=0$ ，电容 C_2 充电, C_1 放电，当 $v_{I1}=V_{TH}$ 时，使 v_{O1} 减小， v_{O2} 增大，电路返回第一暂稳态。





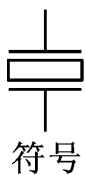
$$T \approx 2R_F C \ln \frac{V_{OH} - V_{IK}}{V_{OH} - V_{TH}}$$

$$= 1.3R_F C$$

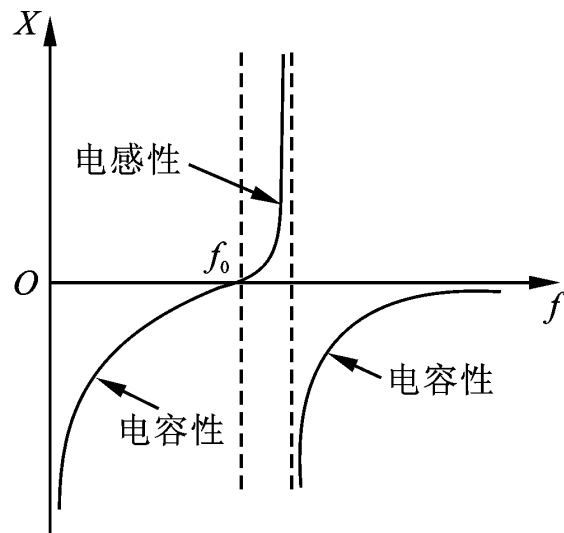
特点：
两个暂稳
态，输出持续
高低电平。



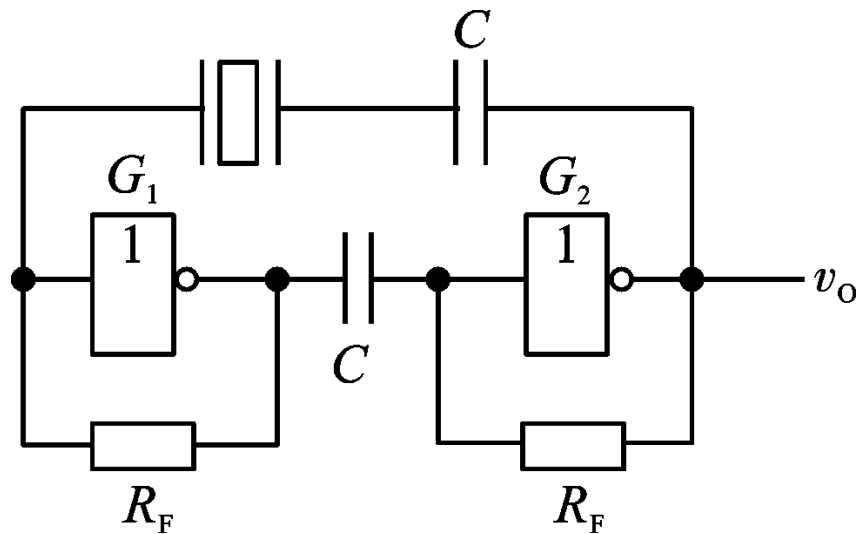
二、石英晶体多谐振荡器



符号



特点：
输出信号频
率稳定度极高！

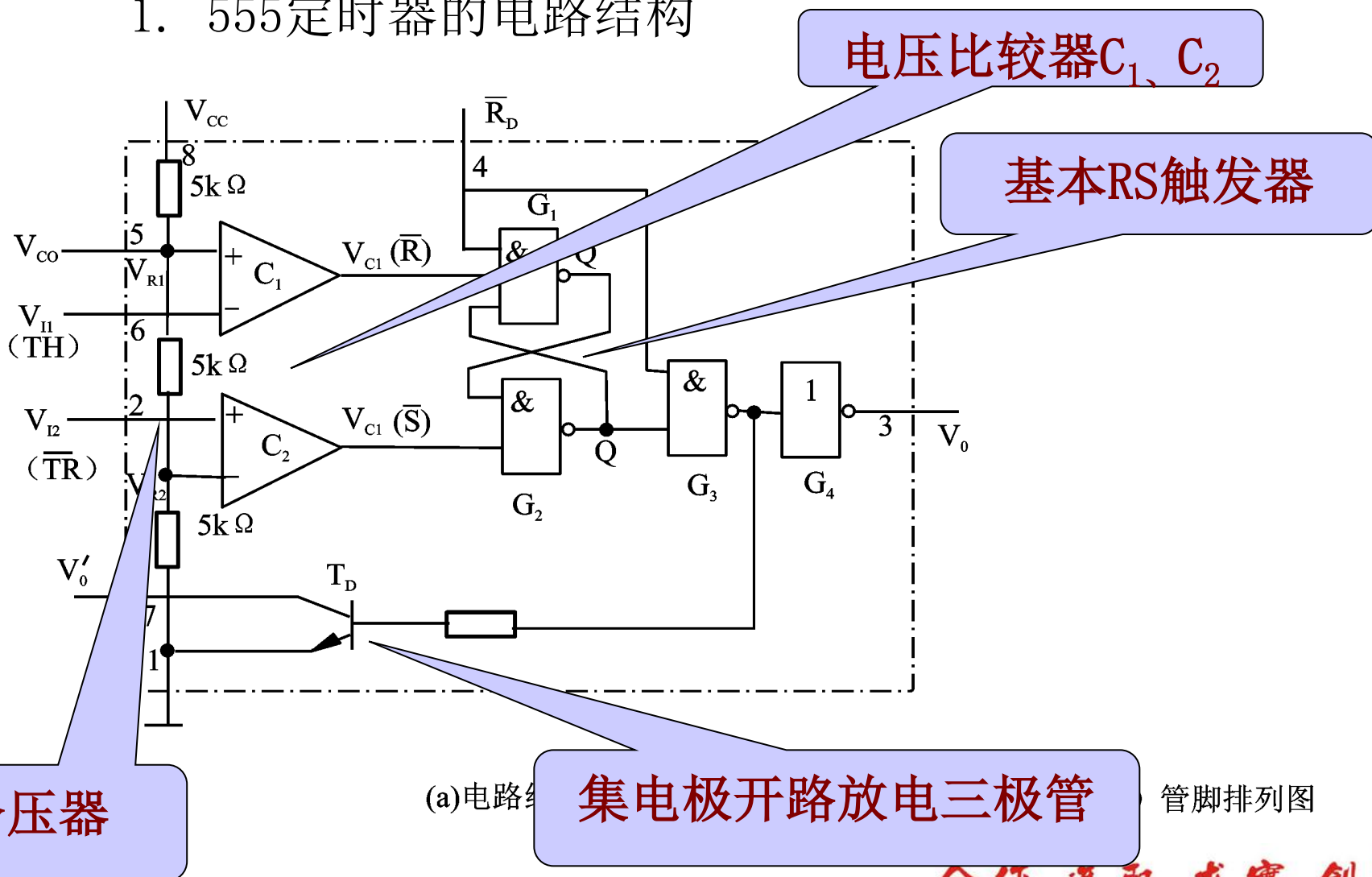


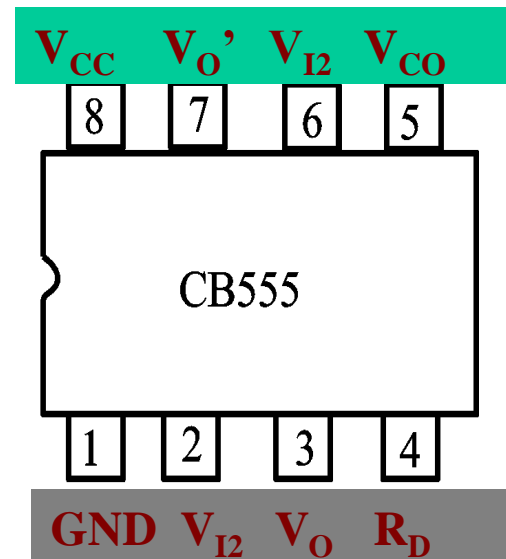
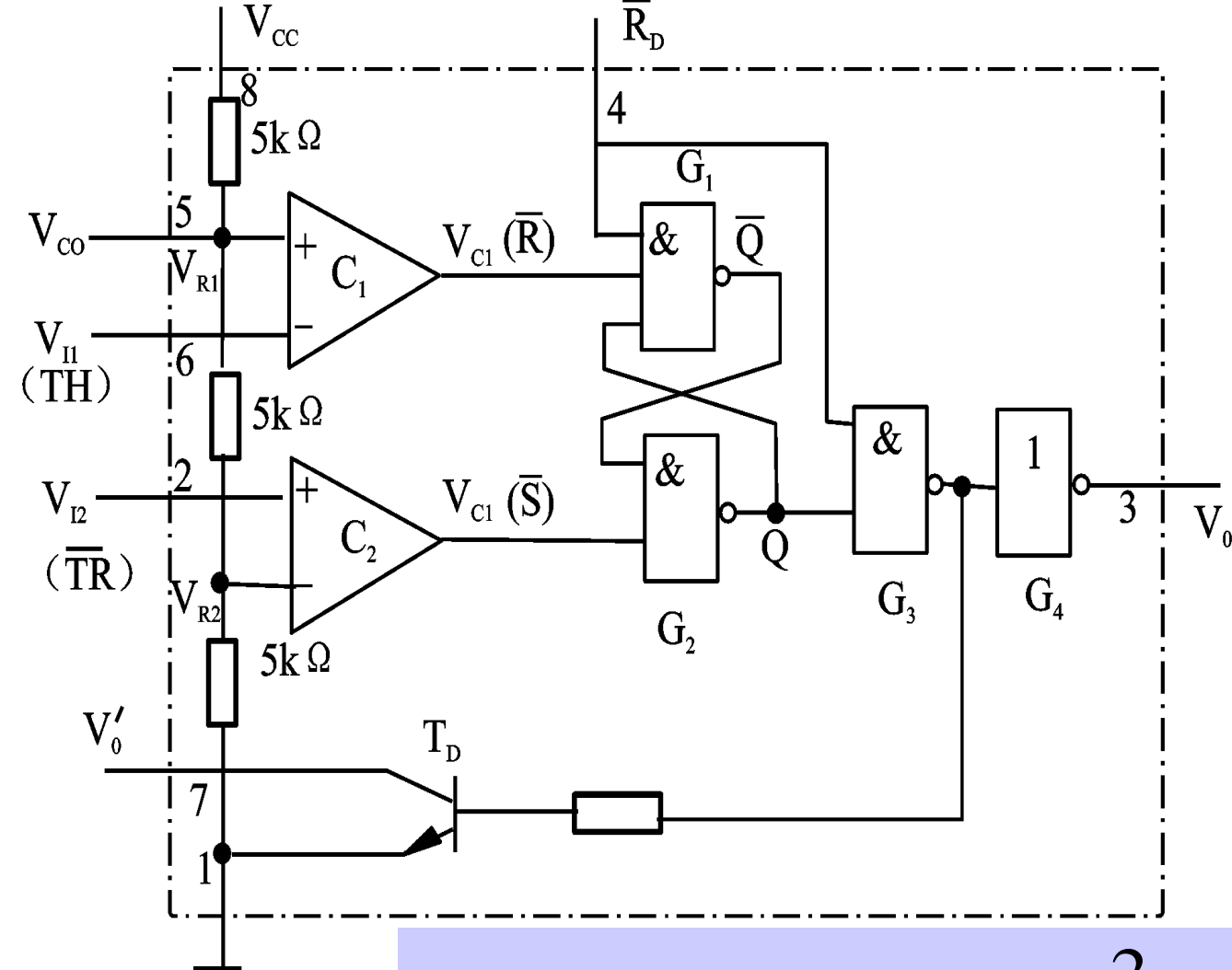


9.5 555定时器及其应用

一、555定时器的结构及工作原理

1. 555定时器的电路结构





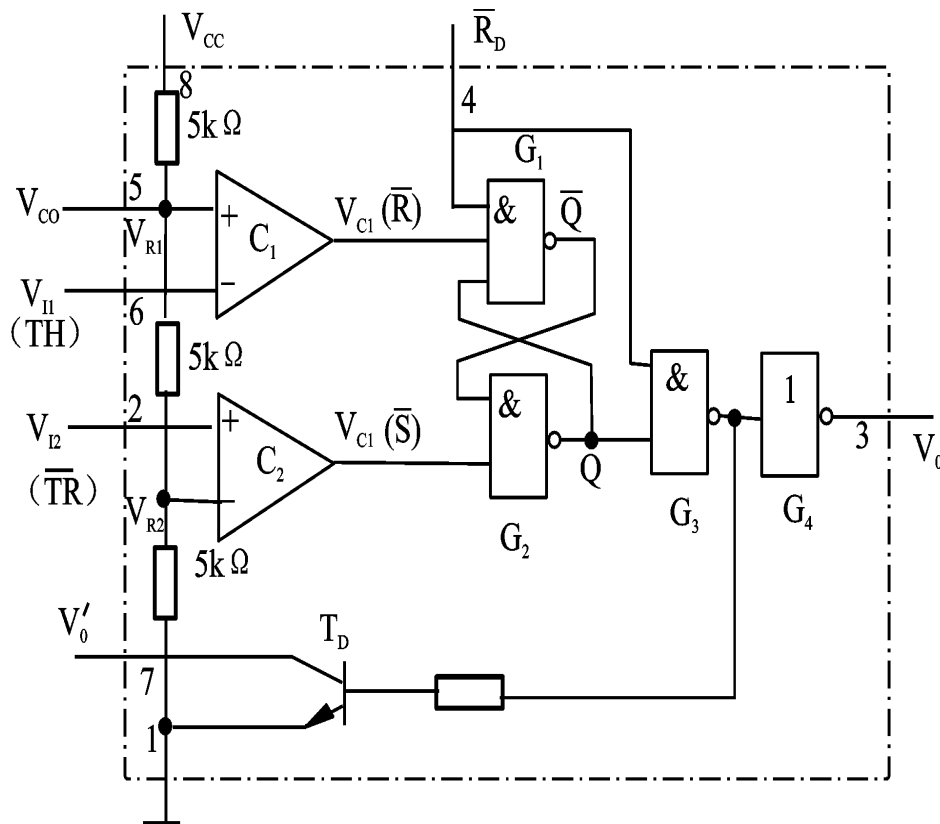
1) 当 V_{CO} 悬空时, $V_{R1} = \frac{2}{3} V_{CC}$, $V_{R2} = \frac{1}{3} V_{CC}$

2) 当 $V_{CO} = V$ 时, $V_{R1} = V$, $V_{R2} = \frac{1}{2} V$



2. 工作原理（CB555定时器的功能表）

输入			输出	
\bar{R}_D	v_{I1}	v_{I2}	v_O	T_D 态
0	×	×	0	导通
1	$>V_{R1}$	$>V_{R2}$	0	导通
1	×	$<V_{R2}$	1	截止
1	$<V_{R1}$	$>V_{R2}$	保持	保持

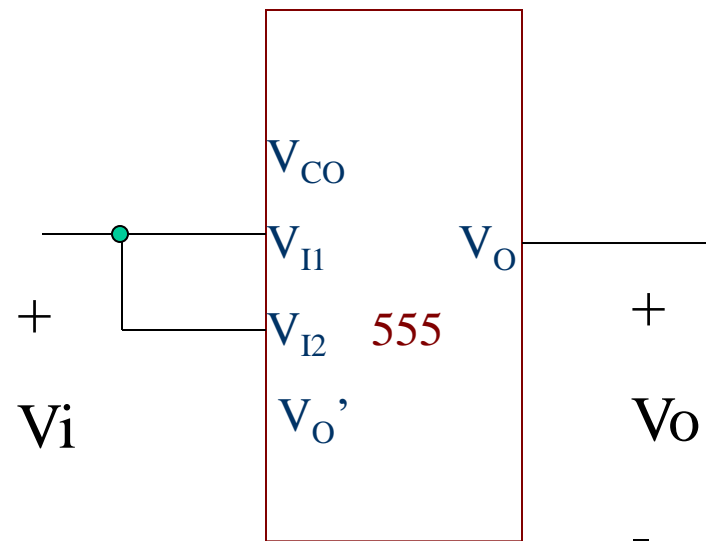


问题思考：为什么7号管脚称 $V_{0'}$ ？



二、用555定时器接成的施密特触发器

1. 电路连接



2. 工作原理

1) V_i 从0逐渐升高的过程:

当 $V_i = 0$ 时, $V_{c2} = 0, Q = 1, V_O = V_{CC}$;

当 $V_{R2} < V_i < V_{R1}$ 时, $V_{c1} = V_{c2} = 1, V_O$ 保持不变;

当 $V_i > V_{R1}$ 后, $V_{c1} = 0, V_{c2} = 1, Q = 0$, 故 $V_O = 0$ 。因此,

$$V_{T+} = V_{R1}$$



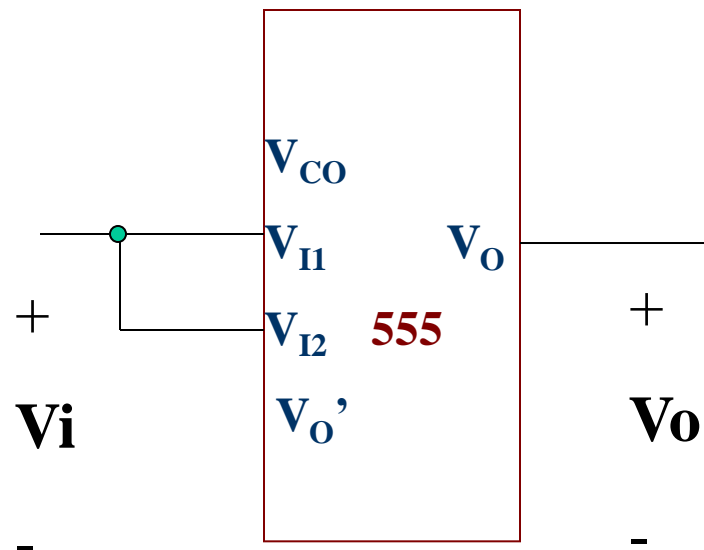
2) V_i 从 V_{CC} 逐渐降低的过程:

当 $V_i = V_{CC}$ 时, $V_{c1} = 0$, 故 $v_o = 0V$;

当 $V_{R2} < V_i < V_{R1}$ 时, $V_{c1} = V_{c2} = 1$, 故 V_o 保持不变;

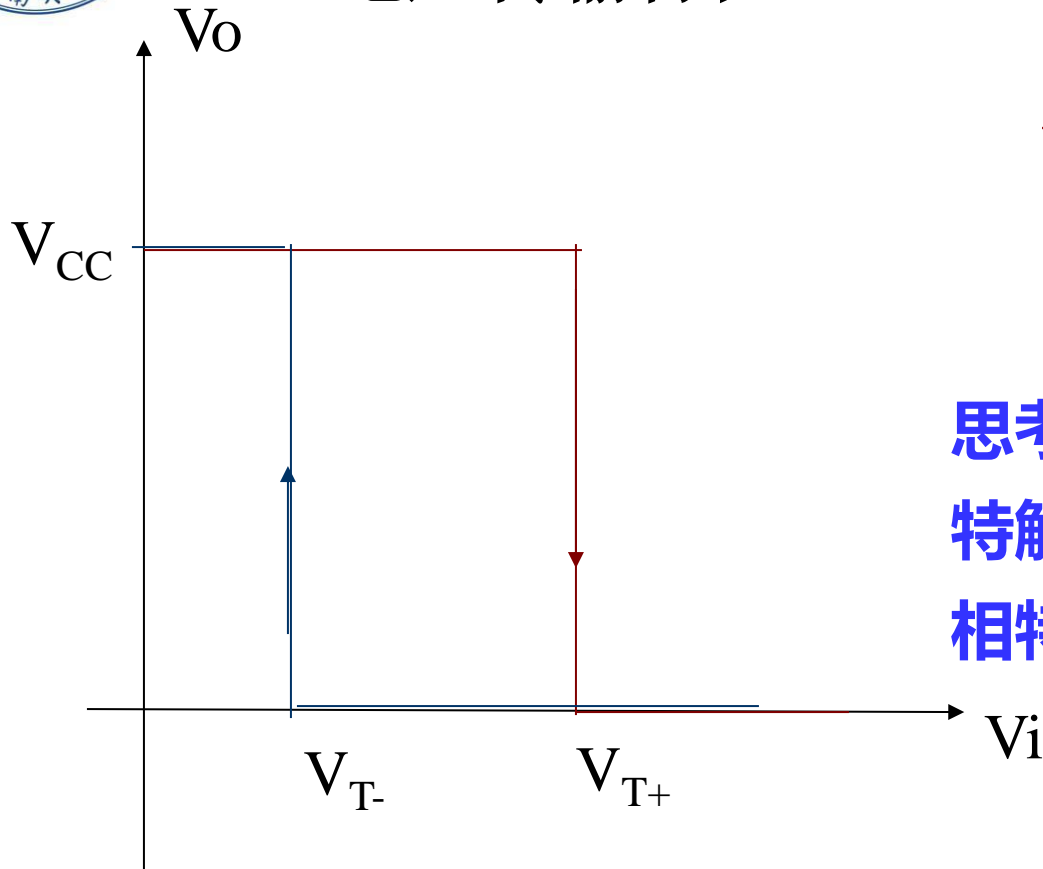
当 $V_i < V_{R2}$ 后, $V_{c1} = 1$, $V_{c2} = 0$, 故 $V_o = V_{CC}$ 。因此,

$$V_{T-} = V_{R2}$$





3. 电压传输特性



4. 参数计算

$$V_{T-} = V_{R2}, \quad V_{T+} = V_{R1}$$

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

思考：555定时器构成的施密特触发器是同相特性还是反相特性？



三、用555定时器接成的单稳态触发器

1.单稳态触发器的工作特点

- 1)它有**稳态**和**暂稳态**两个不同的工作状态;
- 2)在外界触发脉冲作用下, 能从稳态翻转到暂稳态, 在暂稳态维持一段时间以后, 再自动返回稳态;
- 3)暂稳态维持时间的长短取决于电路本身的参数, 与触发脉冲的宽度和幅度无关。

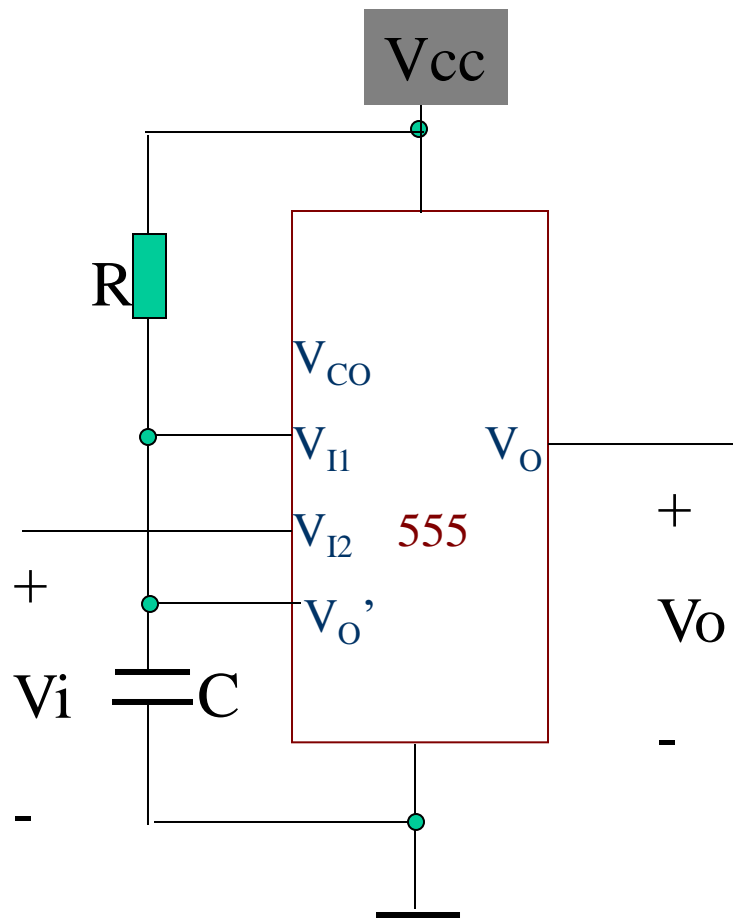
由于具备这些特点, 单稳态触发器被广泛应用于脉冲整形、延时(产生滞后于触发脉冲的输出脉冲)以及定时(产生固定时间宽度的脉冲信号)等。



2. 电路连接

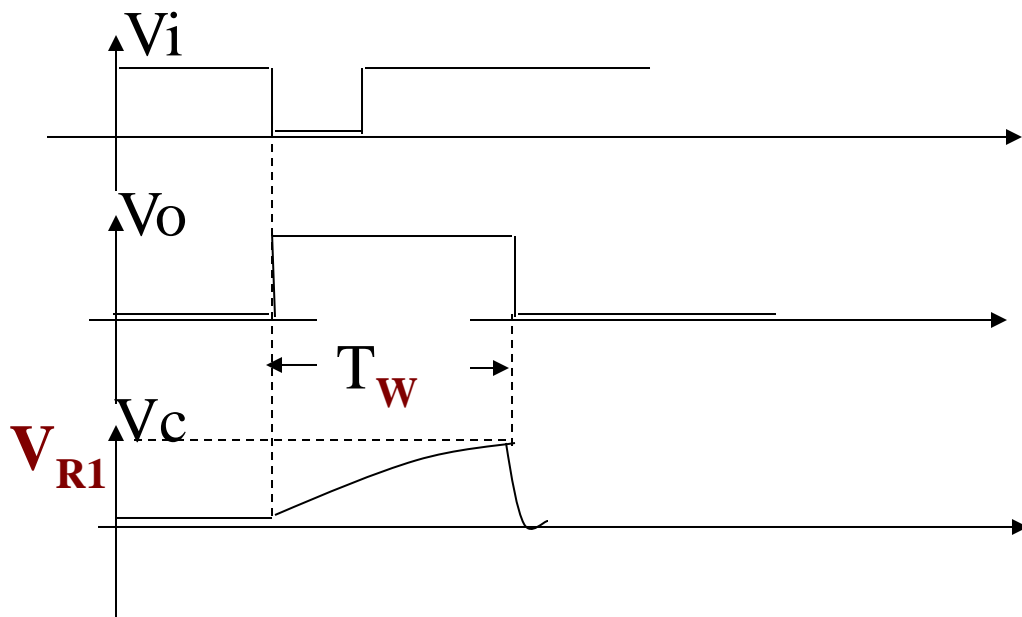
3. 工作原理

- 1) 稳态时 $V_i=1$, $V_{c1}=V_{c2}=1$, $V_o=0$, T_D 导通, $V_c=0$;
- 2) 当 V_i 突变为 0 时, V_o 突变为 1, 电路进入暂态。 T_D 截止, 电容 C 充电, V_{i1} 增加为 V_{R1} 时 (之前 V_i 变回 1), $V_o=0$;
- 3) $V_o=0$ 时, T_D 导通, 电容 C 迅速放电, V_c 减小到 0 时, 电路回到稳态。





4. 工作波形



问题：

1. T_w 与什么参数有关？

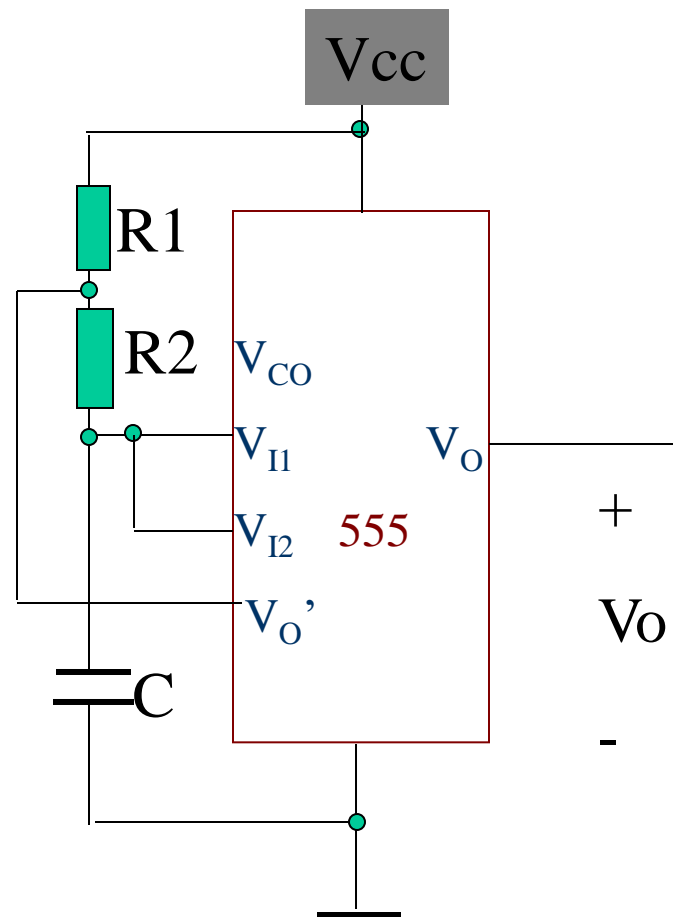
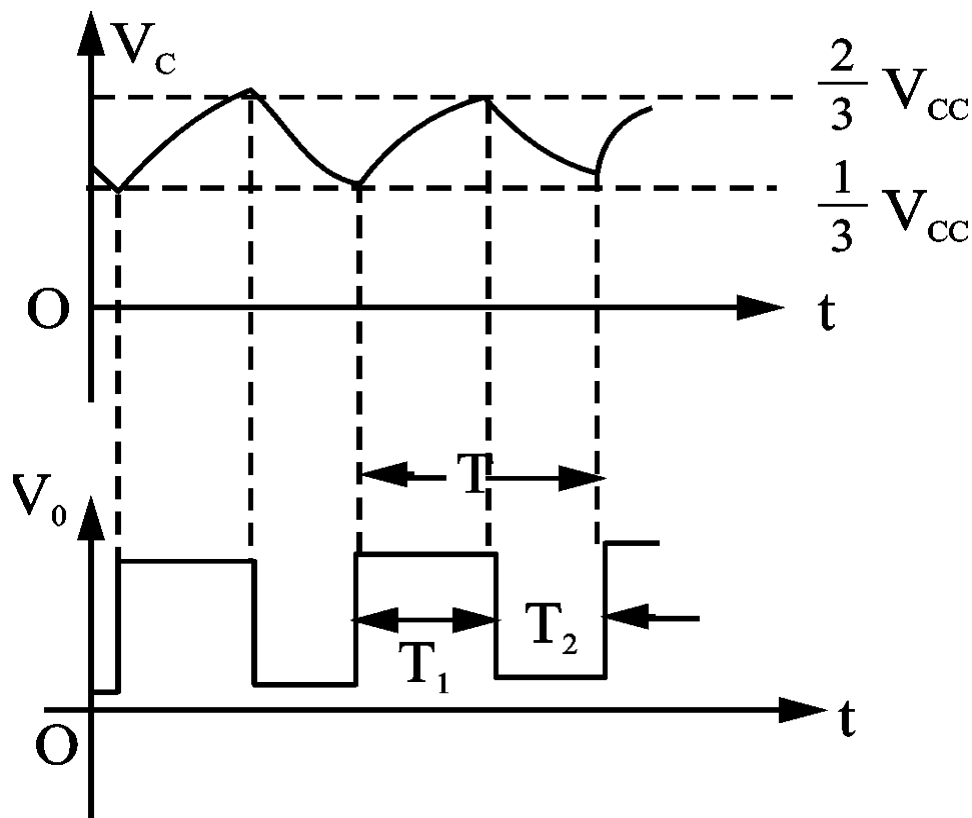
2. 输入输出脉冲宽度关系？

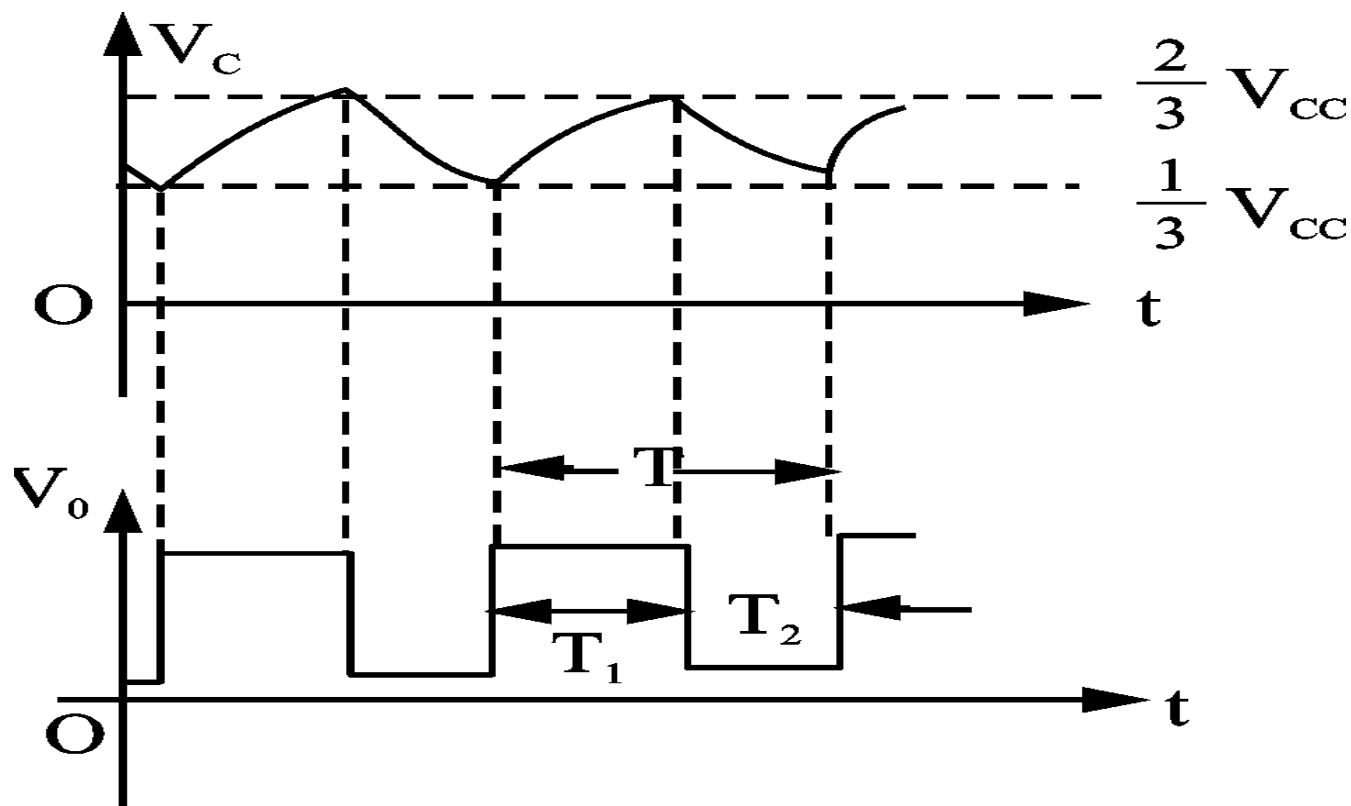
$$T_w = RC \ln \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V_{TH}} = RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = RC \ln 3$$
$$= 1.1RC$$



四、用555定时器接成的多谐振荡器

多谐振荡器是一种自激振荡器，在接通电源以后，不需要外加触发信号能自动地产生矩形脉冲。





电路的振荡周期为 $T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2$

占空比为

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

—取值范围有什么特点？