

第八章 脉冲波形的产生和整形

In digital systems, a rectangular waveform is most desirable. The generators of rectangular waveform are referred to as multivibrators.

There are three types of multivibrator:

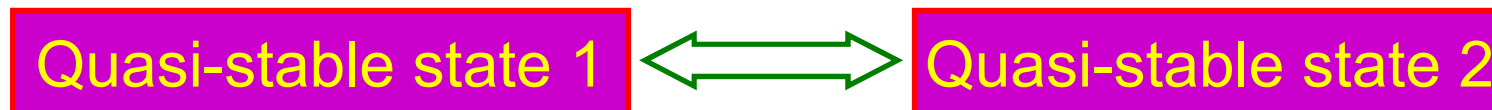
1. Bistable multivibrator (or Flip-Flop)



2. Monostable multivibrator (or one-shot)



3. Astable (or free-running) multivibrator



Multivibrators are now design using :

1. Logic gates;
2. 运算放大器OP- AMPs;
3. Timers



第八章 脉冲波形的产生和整形

一、555定时器及其应用

555定时器是一个单片模拟、数字混合集成电路。在其外部配上少量阻容元件，就可以构成单稳、多谐、施密特等脉冲电路。应用电路有上百种。

1、555定时器电路结构

由比较器 C_1 、 C_2 ，基本RS触发器，集电极开路输出三极管 T_D 三部分组成。

V_{CO} :控制电压输入端

V_{TH} :阈值输入端

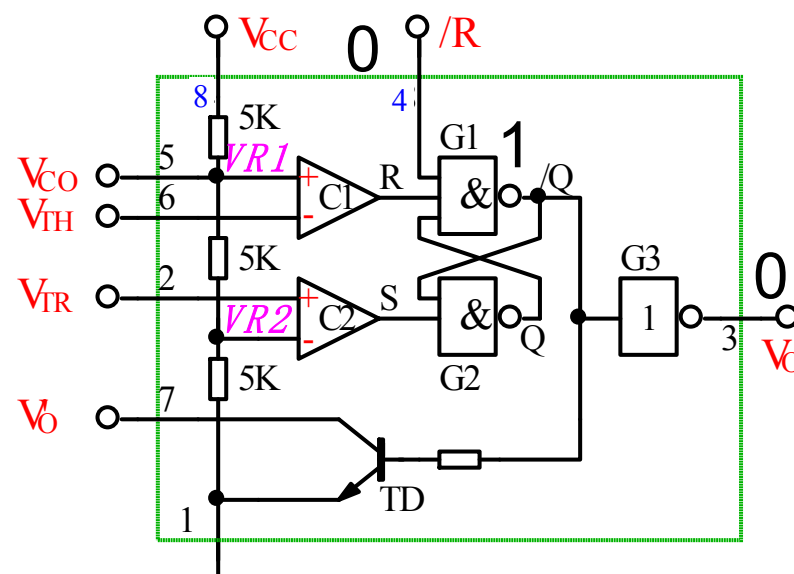
V_{TR} :触发端

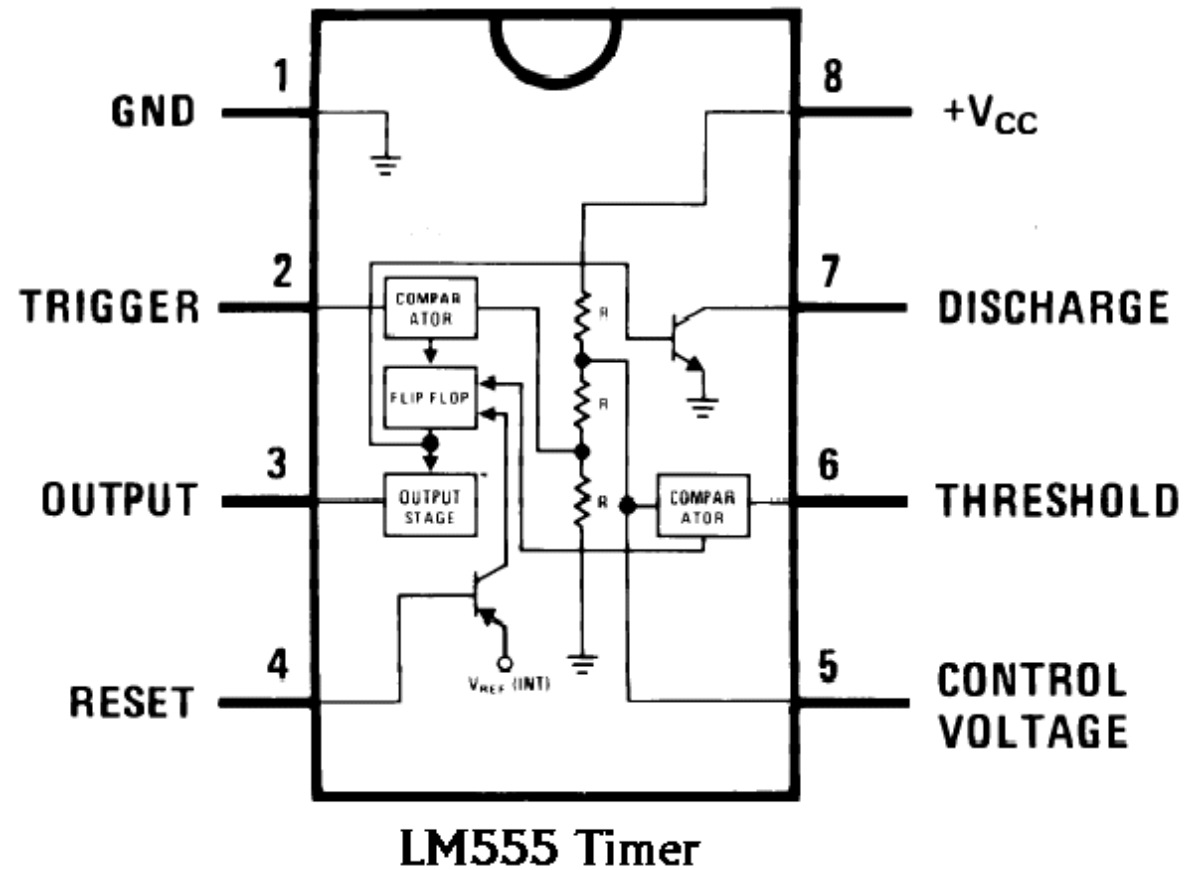
V_O :放电端

V_{CC} :电源端

\overline{R} :置0端

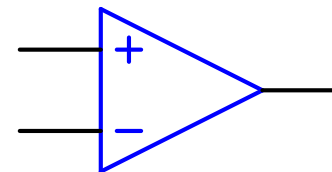
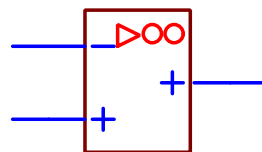
V_O :输出端





运算放大器

电路符号：



运放有两个输入端，一个输出端。

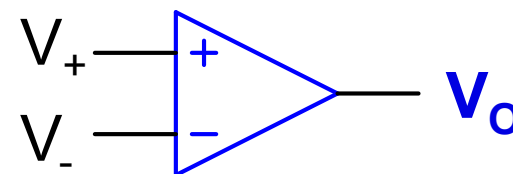
+：同相端，输入信号变化的极性与输出相同。

-：反相端，输入信号变化的极性与输出相反。

比较器：比较器是一种用来比较同相端输入信号电压 V_+ 和反相端输入信号电压 V_- 的电路。

当 $V_+ < V_-$ 时， $V_O = V_{OL}$ $V_O = 0$

当 $V_+ > V_-$ 时， $V_O = V_{OH}$ $V_O = 1$



☆比较器基准电压 V_{R1} 、 V_{R2}
由 V_{CC} 经三个5K精密电阻分
压给出。

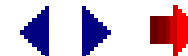
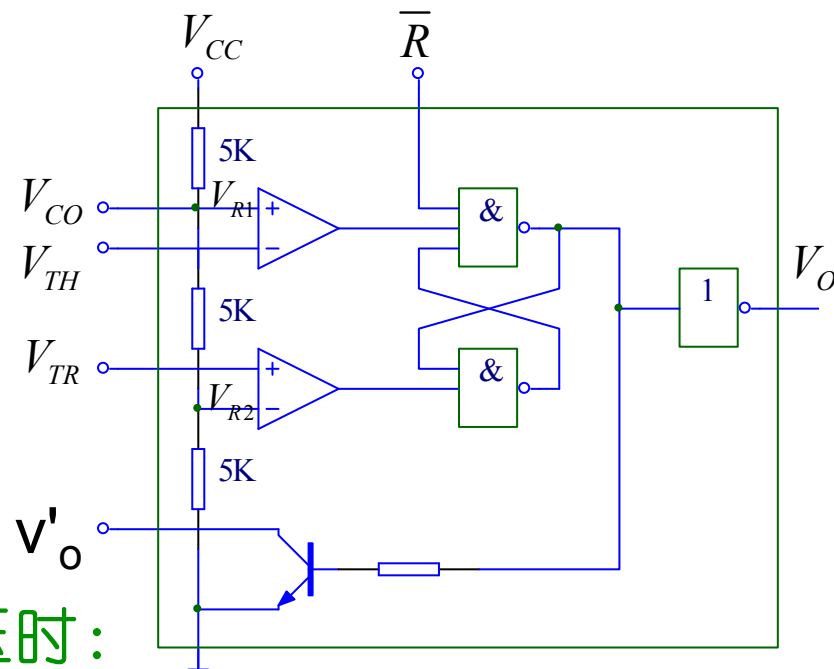
当控制电压 V_{CO} 悬空时：

$$V_{R1} = \frac{2}{3}V_{CC} \quad V_{R2} = \frac{1}{3}V_{CC}$$

当控制电压 V_{CO} 为外加固定电压时：

$$V_{R1} = V_{CO} \quad V_{R2} = \frac{1}{2}V_{CO}$$

☆ 定时器的主要功能取决于两个比较器对RS触发器和放电
管 T_D 状态的控制。

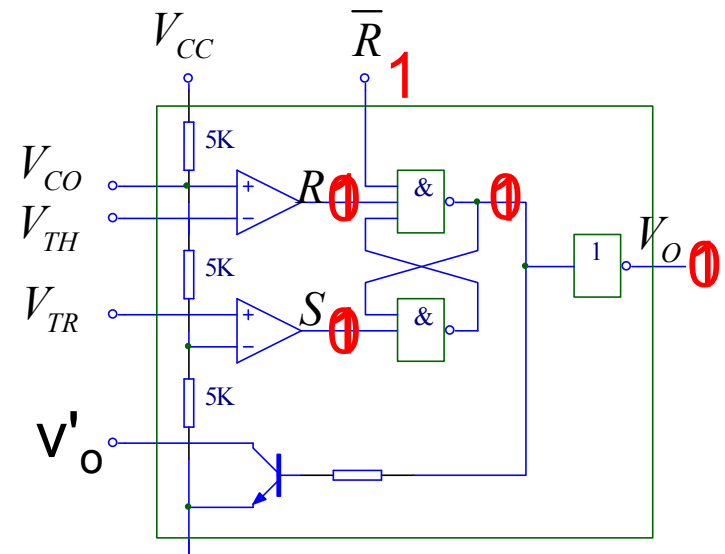


当: $V_{TH} > 2/3 V_{CC}$ 比较器 $C_1 = 0 = R$
 $V_{TR} > 1/3 V_{CC}$ 比较器 $C_2 = 1 = S$
 放电管导通, $V_O = 0$ 都为0

当: $V_{TH} < 2/3 V_{CC}$ 比较器 $C_1 = 1 = R$
 $V_{TR} < 1/3 V_{CC}$ 比较器 $C_2 = 0 = S$
 放电管截止, $V_O = 1$ 都为1

当: $V_{TH} < 2/3 V_{CC}$ 比较器 $C_1 = 1 = R$
 $V_{TR} > 1/3 V_{CC}$ 比较器 $C_2 = 1 = S$

触发器、 T_D 、 V_O 状态保持。 一小一大是保持



反相输入大于基准输出为0

同相输入大于基准输出为1



由以上分析列出**555**定时器功能表：

$/R$	V_{TH}	V_{TR}	R	S	V_O	T_D
0	X	X	X	X	0	导通
1	$>2/3V_{CC}$	$>1/3V_{CC}$	0	1	0	导通
1	$<2/3V_{CC}$	$<1/3V_{CC}$	1	0	1	截止
1	$<2/3V_{CC}$	$>1/3V_{CC}$	1	1	保持	保持

都大为**0**

都小为**1**

一小一大是保持。



2、555定时器典型应用

★ 用555定时器构成施密特触发器

施密特触发器是脉冲波形变换中经常使用的一种电路。它有两个重要特点：

- ①输入信号从低电平上升时的转换电平和从高电位下降时的转换电平不同。
- ②在电路状态转换时，通过内部正反馈使输出电压波形的边沿变得很陡峭。

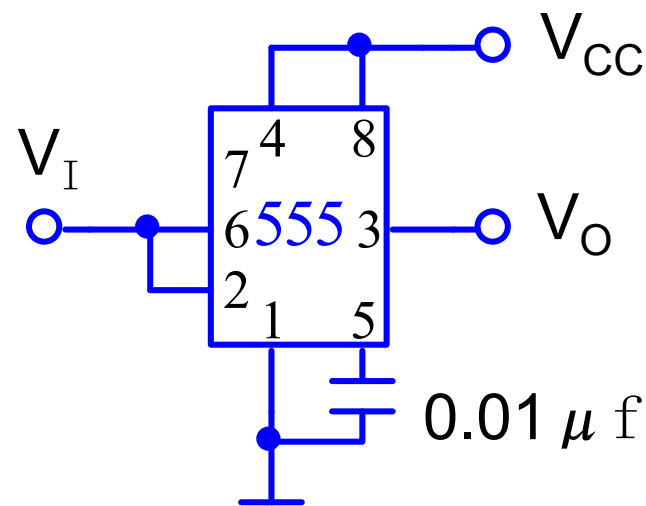
利用这两个特点，可以将变化缓慢的信号波形整形为边沿陡峭的矩形波，而且还可以有效消除叠加在矩形脉冲上的噪声信号。

☆ 电路组成：

阈值端 $V_{TH}(6)$ 和触发端 $V_{TR}(2)$
连在一起接输入 V_I 。

正常工作时/R (4) 接高电平。

第五脚通过电容接地，起滤波
作用。



☆ 工作原理:

利用555定时器功能表可以快速画出施密特触发器输出波形。

都小为1 一小一大是保持。 都大为0

上升转换电平 $V_{T+} = 2/3V_{CC}$

下降转换电平 $V_{T-} = 1/3V_{CC}$

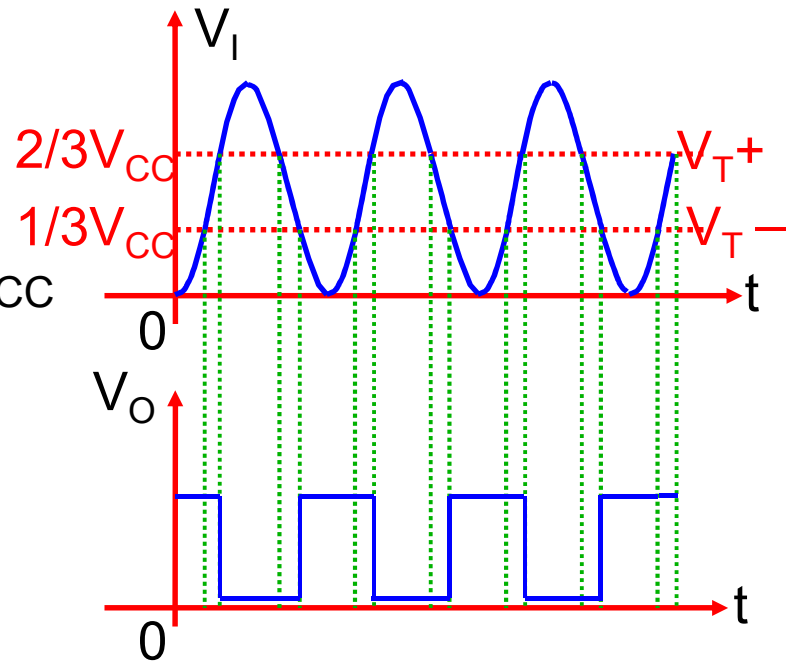
回差电压 $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 1/3V_{CC}$

如果参考电压由
外加电压 V_{CO} 给出:

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

$$V_{T-} = 1/2V_{CO}$$

改变 V_{CO} 就可以改变 ΔV_T $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 1/2V_{CO}$



★ 用555定时器构成单稳态触发器

单稳态触发器特点：

- 1、有稳态和暂稳态两个不同工作状态。
- 2、在外触发脉冲的作用下，能从稳态翻转到暂稳态，在暂稳态维持一段时间后，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，与触发脉冲无关。

单稳态触发器用途：

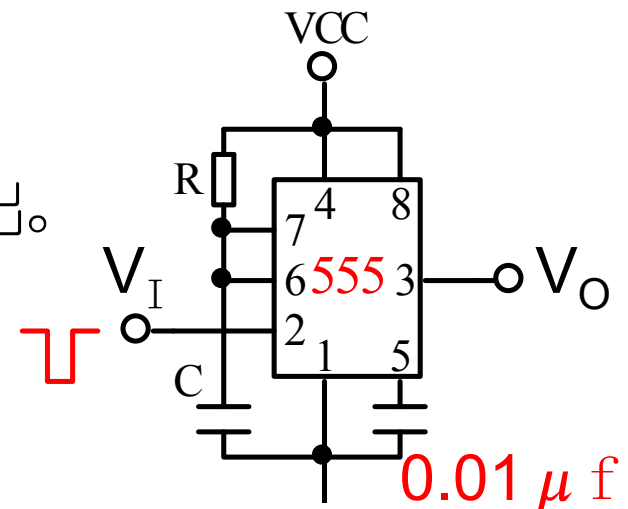
- ★ 延时：将输入信号延时 T_w 后再输出。
- ★ 定时：产生一定宽度的方波。

(1) 单稳态触发器电路组成

R、C 定时元件 V_I 输入触发窄脉冲

阈值端 V_{TH} (6)与放电端 V'_O (7)接在一起。

控制端 V_{CO} (5) 通过103电容到地，起滤波作用。



(2)工作原理

★静止期 $V_I = V_{TR} = 1$

稳定后，电路一定处于

$Q = 0, V_O = 0$

★工作期 (外触发脉冲 ↓ 到来) $V_{TH} = V_C = 0$

都小为1, T_D 截止, $V_{CC} \rightarrow R \rightarrow C$ 充电。

$V_C(0^+) = 0$

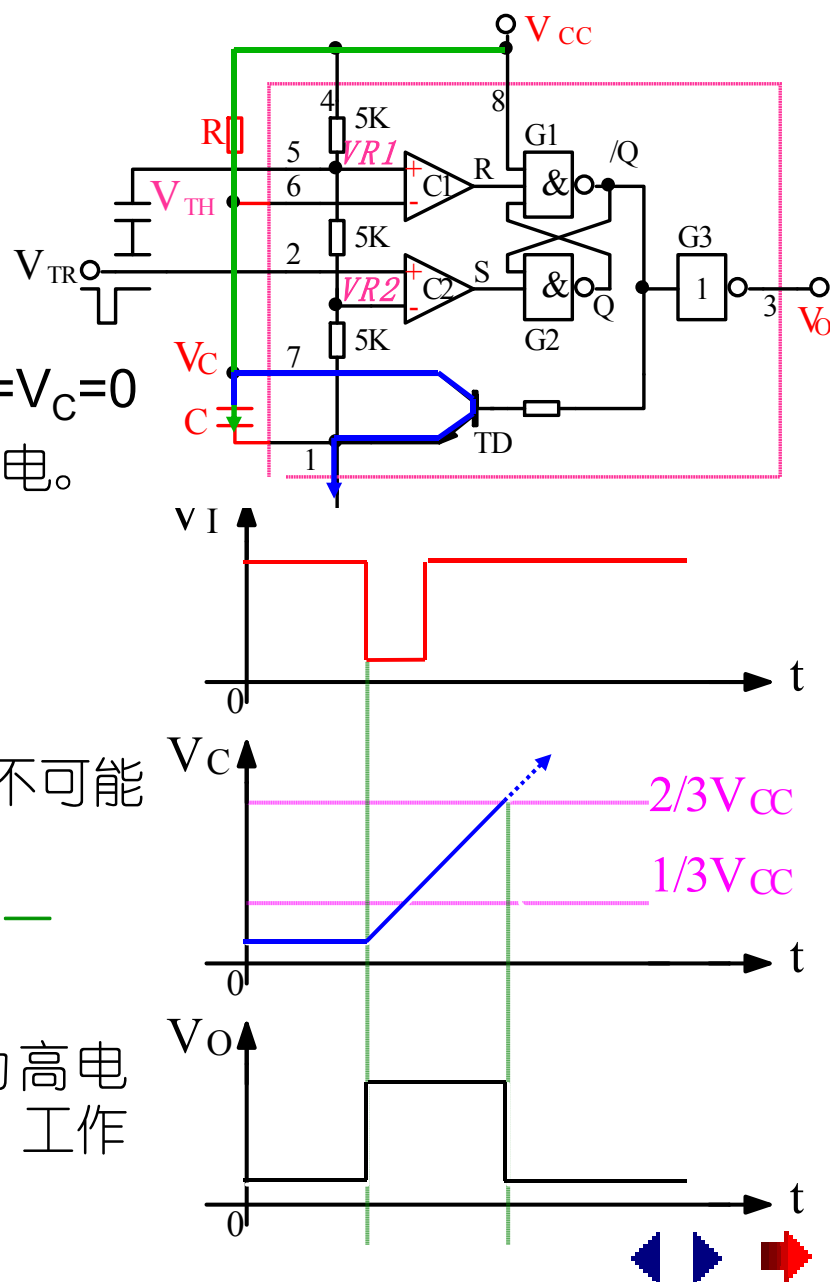
V_C 充电三要素: $V_C(\infty) = V_{CC}$

$\tau = RC$

由于 C_1 、 C_2 两个比较器的存在 V_C 不可能充至 V_{CC} 。

当: $1/3V_{CC} < V_C < 2/3V_{CC}$ 时, 一小一大是保持。 V_O 仍保持高电平。

当: $V_C \geq 2/3V_{CC}$ 时, V_I 早已跳为高电平。都大为0, T_D 导通, 电容放电, 工作期结束。



$$t_w = RC \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(T_w)}$$

$$= RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = 1.1RC$$

★ 恢复期：

当： T_D 导通后，电容C上的电压 V_C 通过 T_D 放电至0，电路恢复到稳定状态，等待下一个外触发脉冲到来。

$$V_C(0^+) = 2/3 V_{CC}$$

V_C 放电三要素: $V_C(\infty)=0$

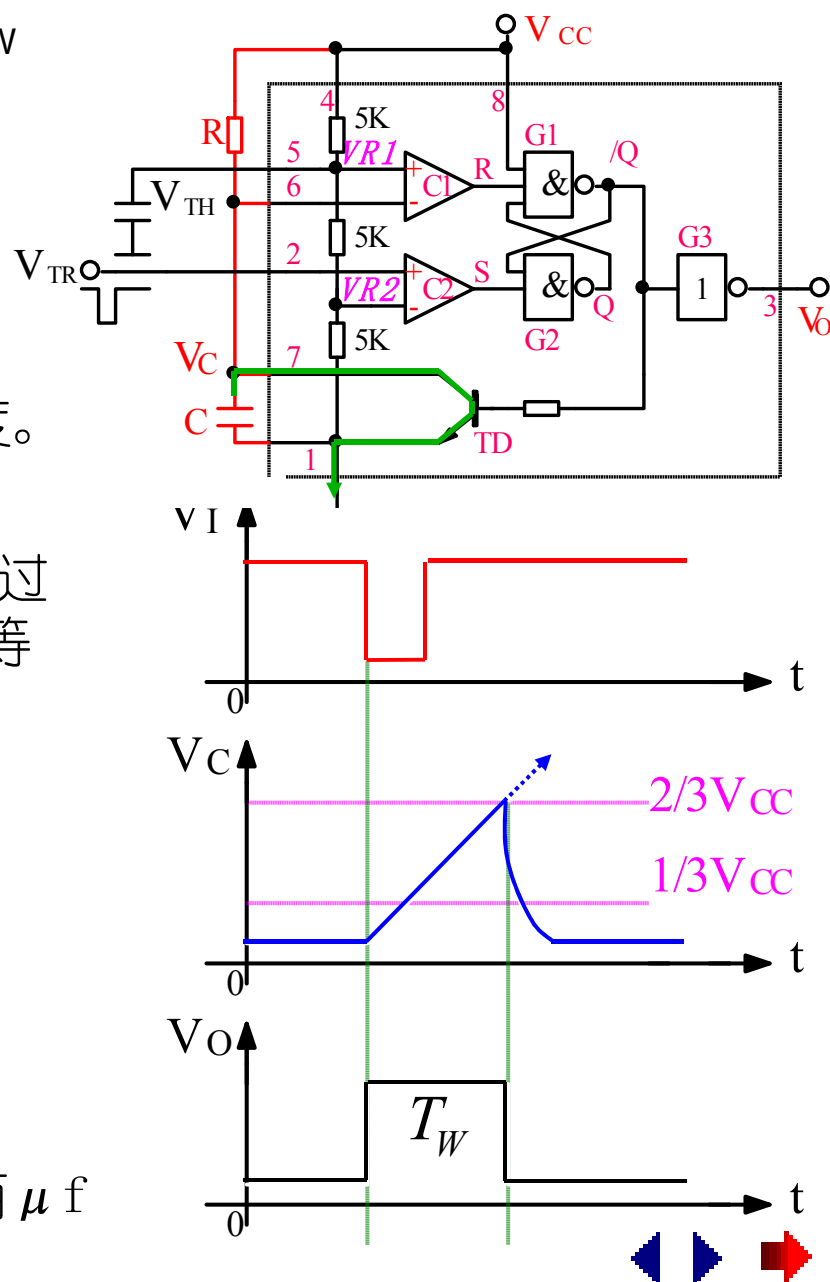
$$\tau = r_d C$$

电路恢复时间: $t_{re} = (3 \sim 5) r_d C$

所以恢复时间很短。

通常 $R=$ 几百~几 $M\Omega$ $C=$ 几十 $P\sim$ 几百 μf

$T_w = \text{几 } \mu s \sim \text{几十分钟}$



★ 用555定时器构成多谐振荡器(multivibrator)

多谐振荡器是一种无稳态电路，接通电源后，不需外加触发脉冲，电路就能自动产生周期性矩形脉冲或方波。

用途：主要用于产生各种方波或时间脉冲。

1、电路结构：

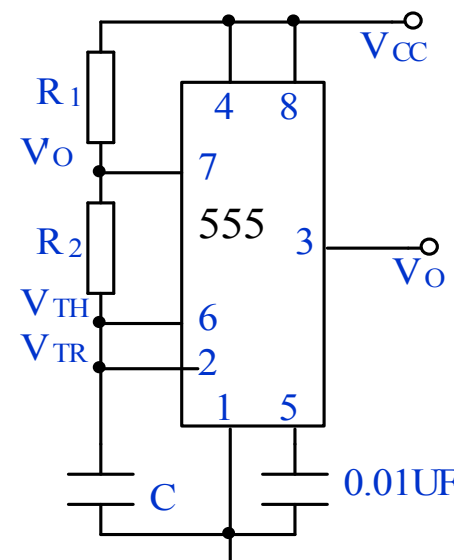
(4)端正常工作接高电平

控制电压输入端 V_{CO} (5)通过电容接地，起滤波作用。

V_{TR} (2)、 V_{TH} (6) 通过定时电容 C 接地，同时通过 R_2 与三极管集电极接在一起。

三极管集电极 (7) 通过上拉电阻 R_1 与电源 V_{CC} 接在一起

R_1 、 R_2 和 C 都是定时元件



2、工作原理

假设：刚一通电 $V_C = 0$

$V_{TH} = V_{TR} = 0$ 都小为1 T_D 止

电容C充电

随着 $V_C \uparrow \rightarrow V_{TR}, V_{TH} \uparrow$

当： V_C 电压充至 $2/3V_{CC}$ 以前

$$V_{TR} > 1/3V_{CC}$$

$$V_{TH} < 2/3V_{CC}$$

一小一大是保持。

当： V_C 电压充至 $\geq 2/3V_{CC}$

$$V_{TH} > 2/3V_{CC}$$

$$V_{TR} > 1/3V_{CC}$$

都大为0 T_D 导

电容上的电压经 T_D 放电

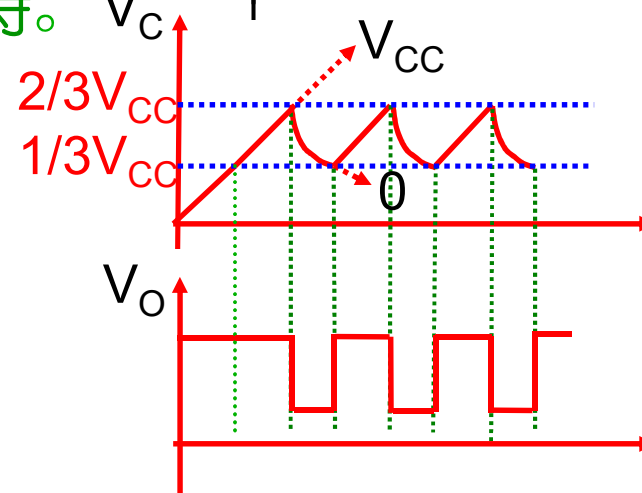
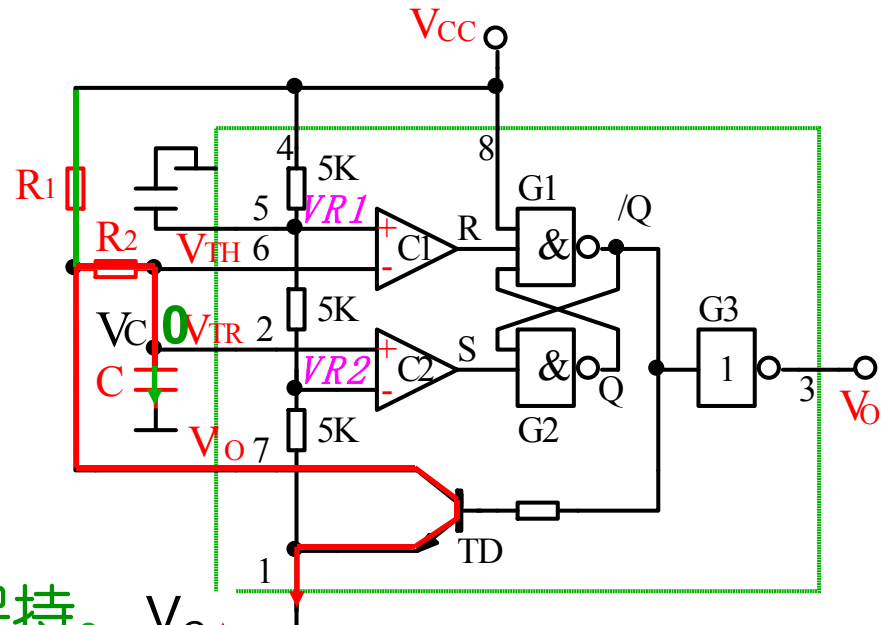
当： V_C 电压放至 $\leq 1/3V_{CC}$ 时：

$$V_{TH} < 2/3V_{CC}$$

$$V_{TR} < 1/3V_{CC}$$

都小为1

T_D 止，电路又重新开始充、放电过程。如此不断重复形成振荡，在 V_O 端得到连续方波。



3、暂态宽度 T_{W1} 、 T_{W2}

第一个周期由于电路没有进入稳定状态，因此不计算暂态时间。

$$V_C(0^+) = 1/3 V_{CC}$$

★ V_C 充电三要素： $V_C(\infty) = V_{CC}$

$$\tau = (R_1 + R_2) C$$

充电结束转换电压 $V_C(T_{W1}) = 2/3 V_{CC}$

充电暂态持续时间 T_{W1} 为： $t_{W1} = (R_1 + R_2) C \ln \frac{V_{CC} - \frac{1}{3} V_{CC}}{V_{CC} - \frac{2}{3} V_{CC}} = 0.7(R_1 + R_2) C$

$$V_C(0^+) = 2/3 V_{CC}$$

★ V_C 放电三要素： $V_C(\infty) = 0$

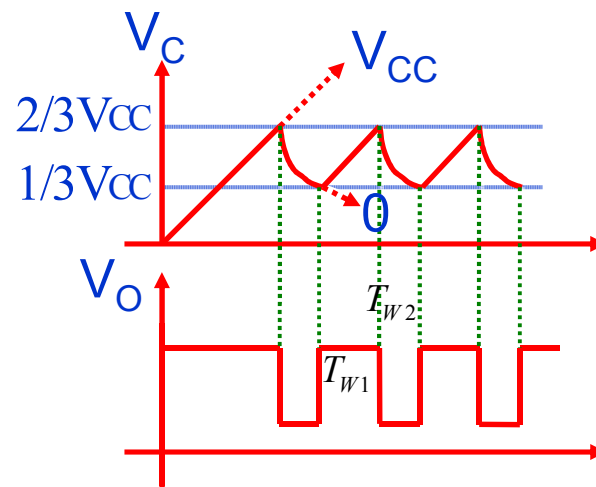
$$\tau = R_2 C$$

放电结束转换电压 $V_C(T_{W2}) = 1/3 V_{CC}$

放电暂态持续时间 T_{W2} 为： $t_{W2} = R_2 C \ln \frac{0 - \frac{2}{3} V_{CC}}{0 - \frac{1}{3} V_{CC}} = 0.7 R_2 C$

★ 电路输出周期：

$$T = t_{W1} + t_{W2} = 0.7(R_1 + 2R_2)C$$



通过改变 R 和 C 可以得到
 $0.1\text{Hz} \sim 300\text{KHz}$ 的振荡频率。

★ 用555定时器构成占空比可调多谐振荡器

用555定时器组成的多谐振荡器暂态宽度 $t_{w1} \neq t_{w2}$,
而且占空比是固定不变的。

占空比：脉冲宽度与周期之比

$$q = \frac{T_{w1}}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} > 50\%$$

占空比可调多谐振荡器电路

电路特点：

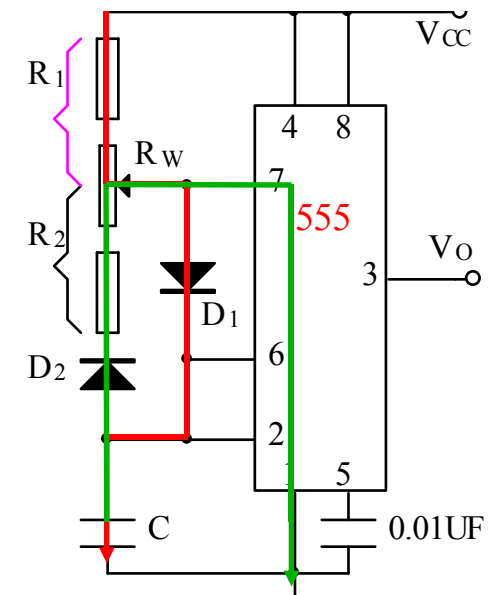
电容C的充、放电通路分别用二极管D₁和D₂隔离。R_w为可调电位器。

★ 充电时，只和R₁有关， $t_{w1} = 0.7R_1C$

★ 放电时，只和R₂有关， $t_{w2} = 0.7R_2C$

通过改变R_w，而不改变R₁+R₂相加之和

电路振荡周期 $T = 0.7(R_1 + R_2)C$



用555定时器构成占空比可调多谐振荡器

输出方波占空比 $q = \frac{T_{W1}}{T} = \frac{0.7 R_1 C}{0.7(R_1 + R_2)C} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

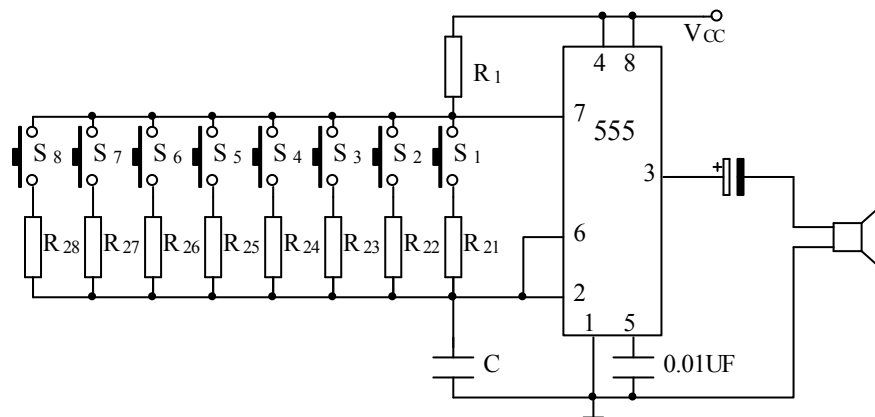
如果取 $R_1=R_2$, V_O 输出为对称方波。 $q = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 50\%$

★ 多谐振荡器应用举例

1、电子琴电路

$S_1 \sim S_8$ 代表八个琴键开关，按下不同的琴键时，振荡器接入不同的电阻，电路产生不同的振荡频率。

如果 $R_{21} \sim R_{28}$ 阻值选配得当，喇叭便可以发出八个不同音阶。



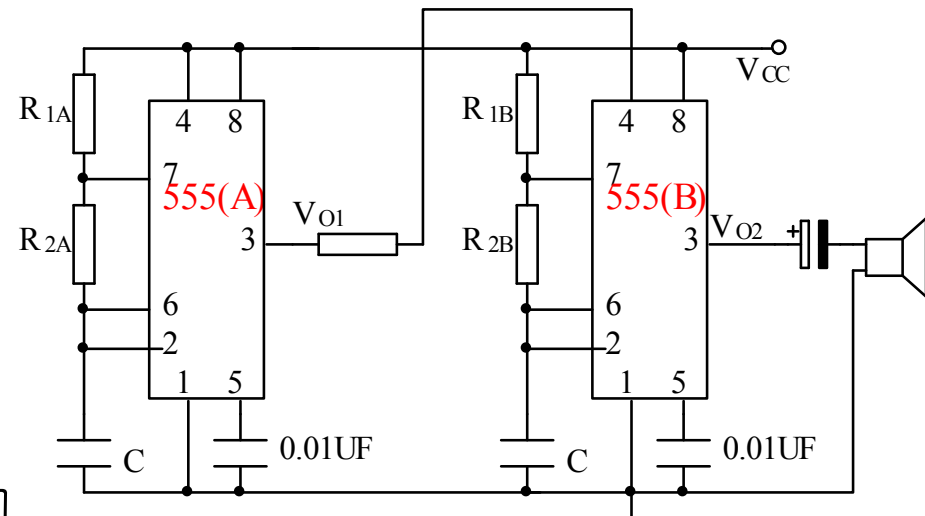
2、模拟声响电路

用两个多谐振荡器
组成模拟声响电路。

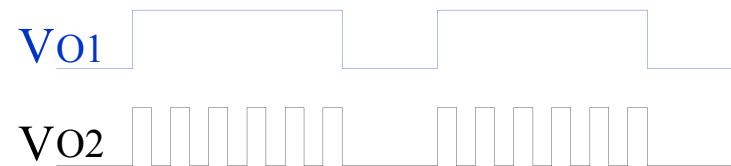
适当选择定时元件，
使： $f_A = 1H_z$

$$f_B = 1KH_z$$

☆ 由于低频振荡器A的输出接高频振荡器B的复位端（4），当 V_{O1} 输出高电平时，B振荡器才能振荡， V_{O1} 输出低电平时，B振荡器置0，停止振荡。因此使扬声器发出 $1KH_z$ 的间歇声响信号。



☆ 工作波形



通过这个例子可以作出
警笛、救护等声音效果。

