

# 第七章 脉冲波形的产生和整形电路

## 7.1 概述

## 7.2 施密特触发器

## 7.3 单稳态触发器

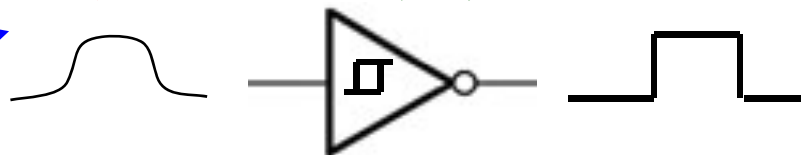
## 7.4 多谐振荡器

## 7.5 555定时器及应用

# 第十章 脉冲波形的产生和整形

7.2 施密特触发器

问题1： 如何使波形较为理想？

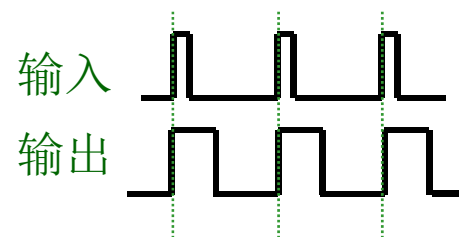


7.3 单稳态触发器

问题2： 如何改变脉冲宽度？

7.4 多谐振荡器

7.5 555定时器及应用

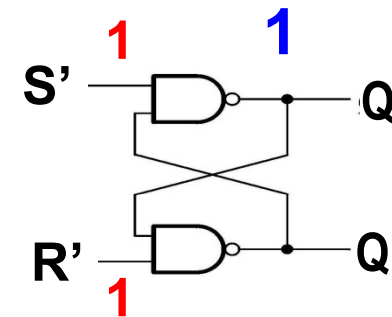
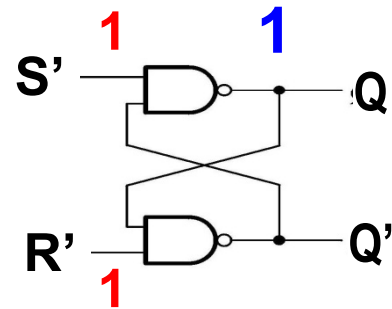


问题3： 时钟信号从哪里来？

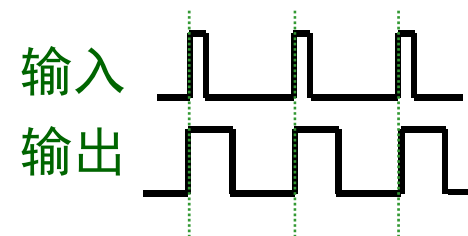
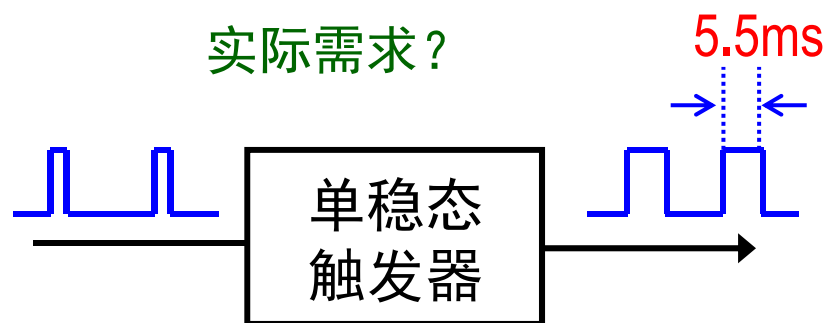


# 双稳态触发器

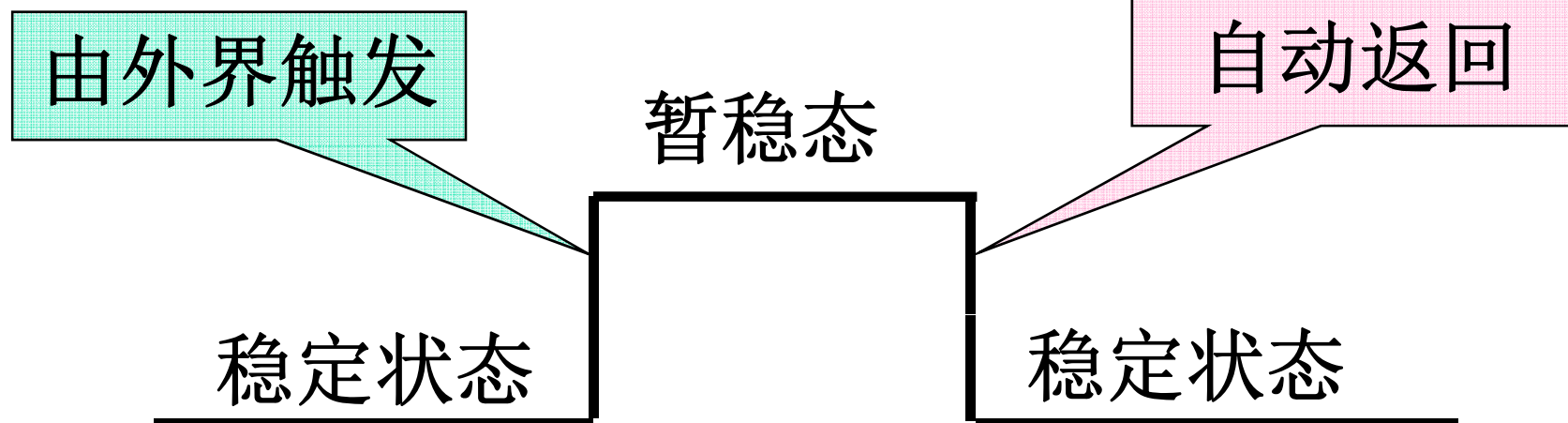
S' R'	Q*
0 0	1
0 1	1
1 0	0
1 1	Q



## 7.3 单稳态触发器

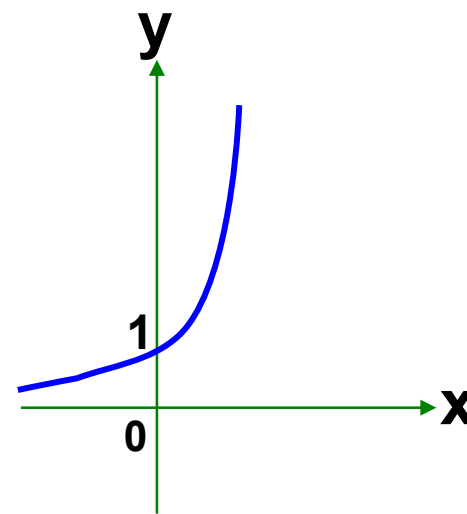
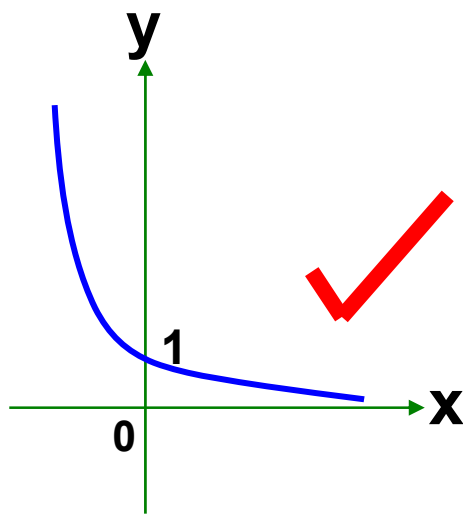


- 1) 为什么会自动返回?
- 2) 需多少时间?

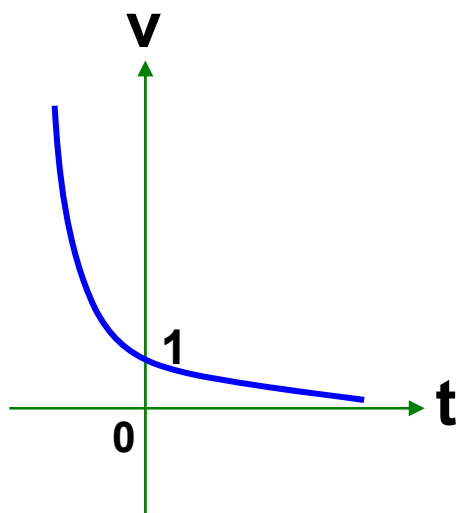


## 1) 基础知识 (RC充放电数学描述)

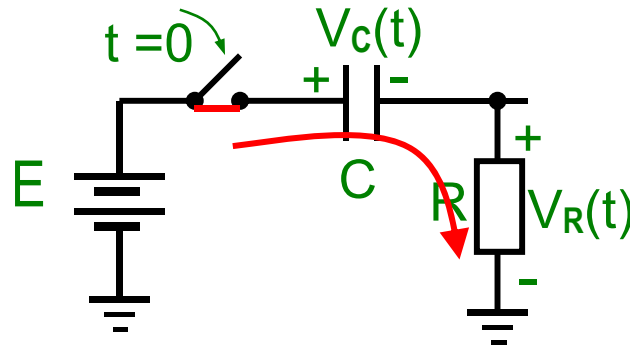
$$\begin{cases} y = a^{-x} \\ a > 1; \end{cases}$$



$$v = e^{-t}$$

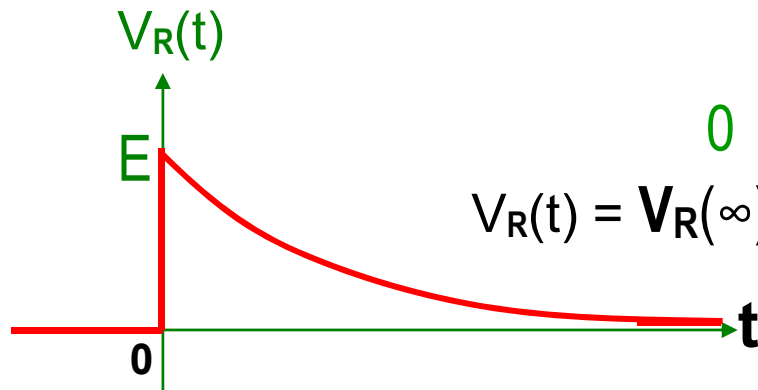


# 1) 基础知识 (RC充放电数学描述)

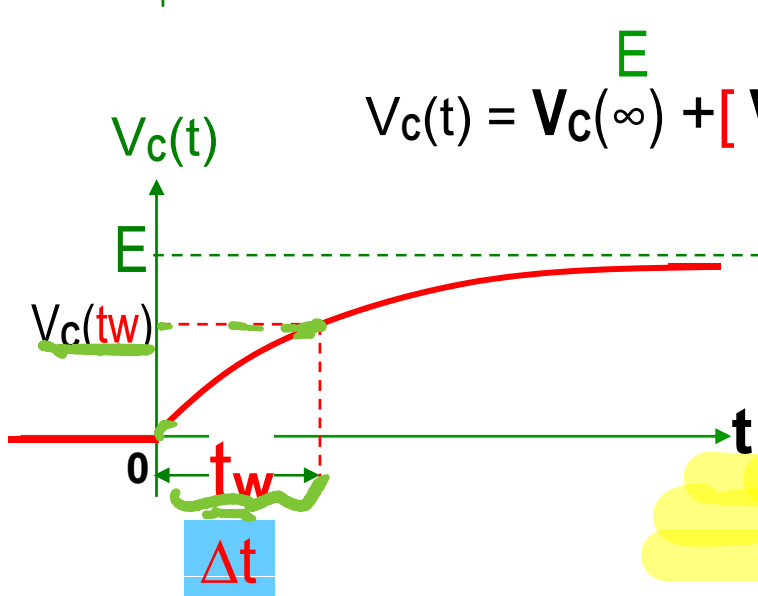


电容两端电压  
不能突变

$$i_C(t) = C \, dV_C(t) / dt$$



$$V_R(t) = V_R(\infty) + [V_R(0^+) - V_R(\infty)] e^{-t/RC} = E e^{-t/RC}$$

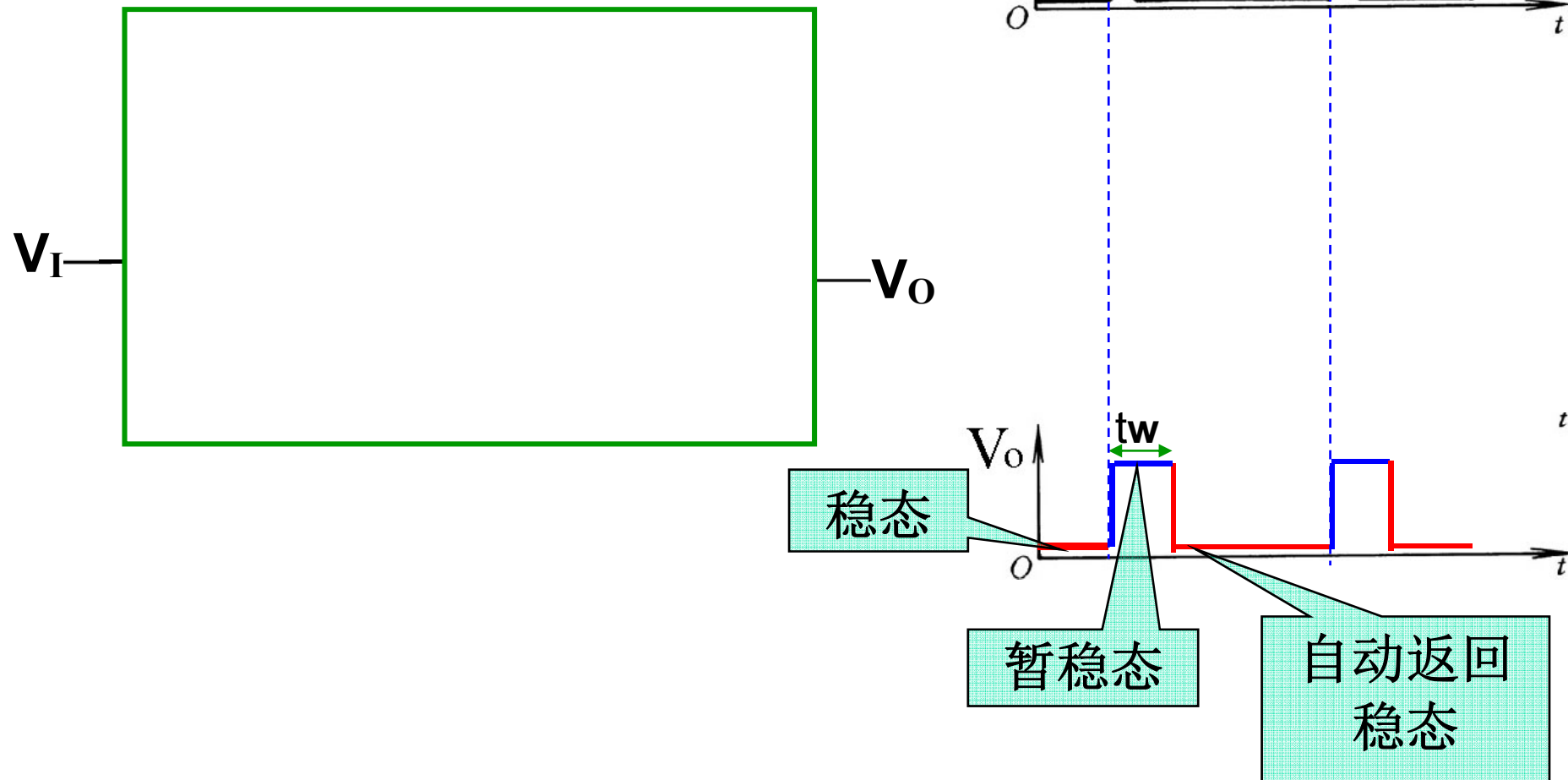


$$V_C(t) = V_C(\infty) + [V_C(0^+) - V_C(\infty)] e^{-t/RC} = E - E e^{-t/RC}$$

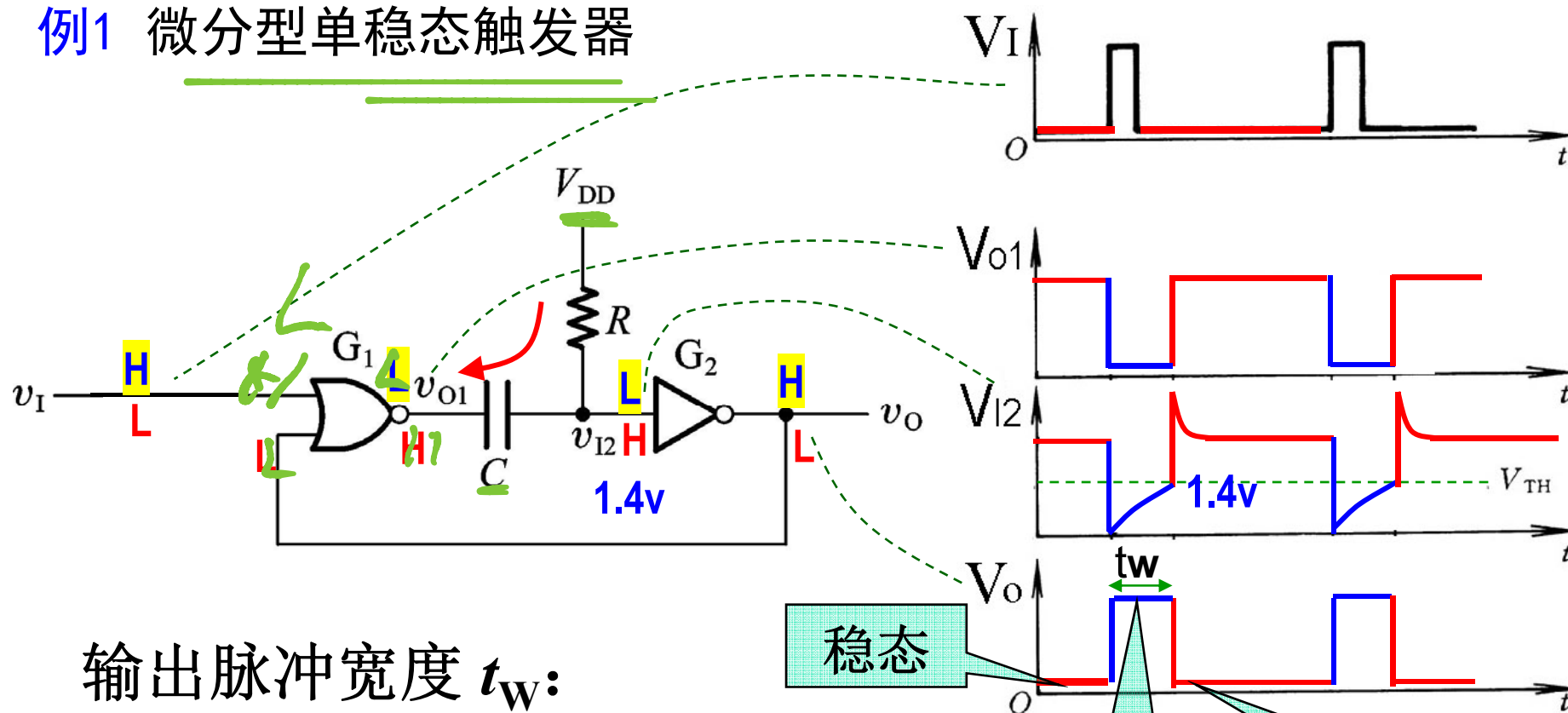
$$V_C(tw) = V_C(\infty) + [V_C(0^+) - V_C(\infty)] e^{-tw/RC}$$

$$\Delta t = tw = RC \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(tw)}$$

## 例1 微分型单稳态触发器



# 例1 微分型单稳态触发器



输出脉冲宽度  $t_w$ :

$$t_w = RC \ln \frac{v_c(\infty) - v_c(0)}{v_c(\infty) - v_c(t)}$$

$$= RC \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - V_{TH}} = RC \ln 2$$

$$\ln 2 \approx 0.7$$

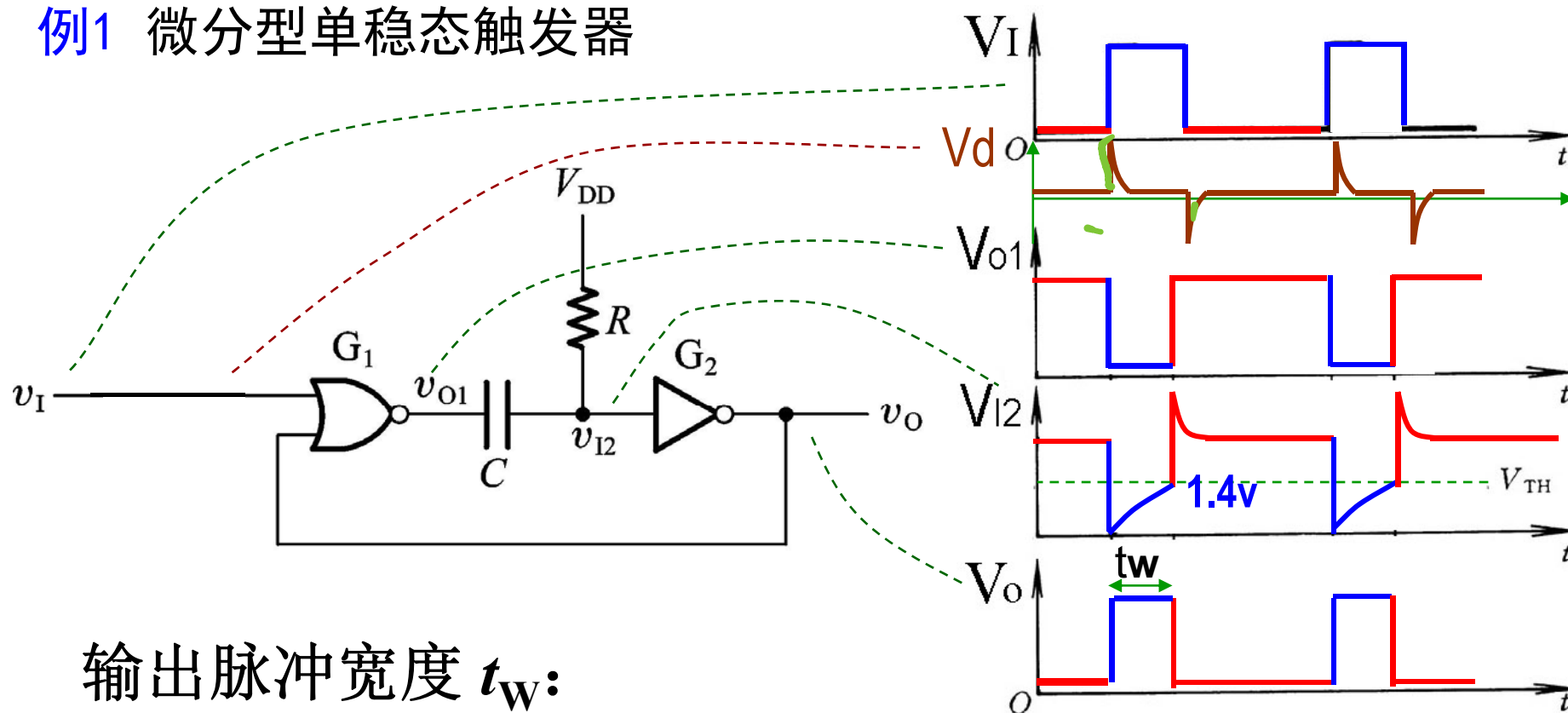
稳态

暂稳态

自动返回  
稳态



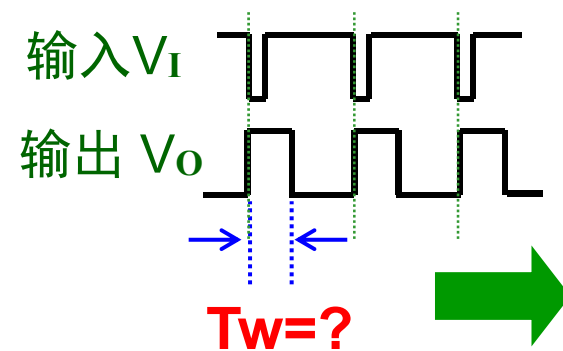
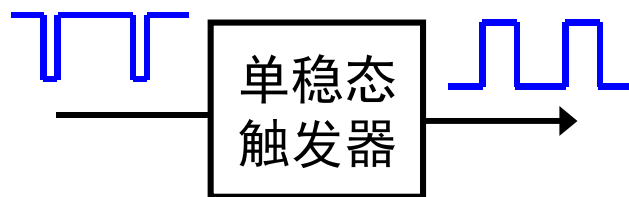
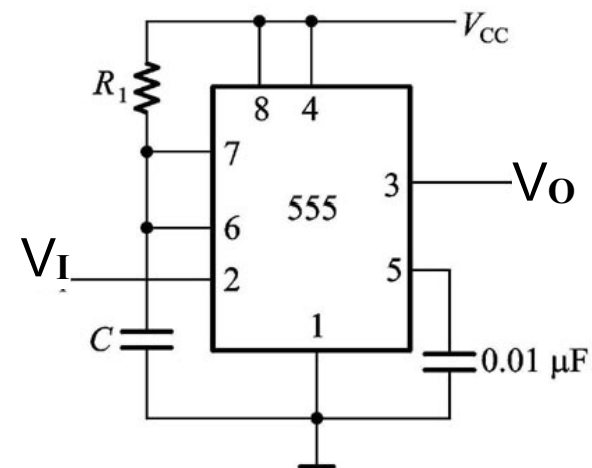
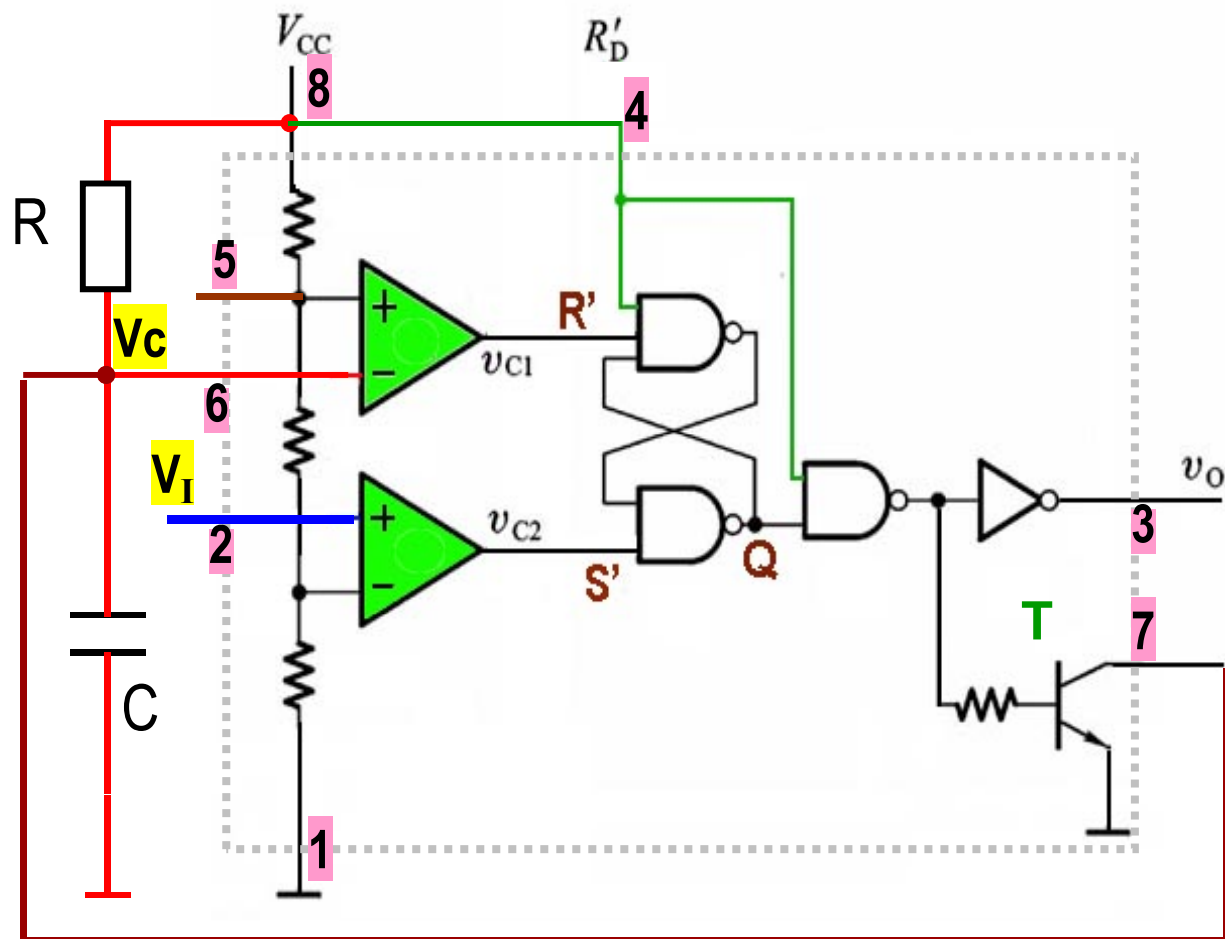
## 例1 微分型单稳态触发器



输出脉冲宽度  $t_w$ :

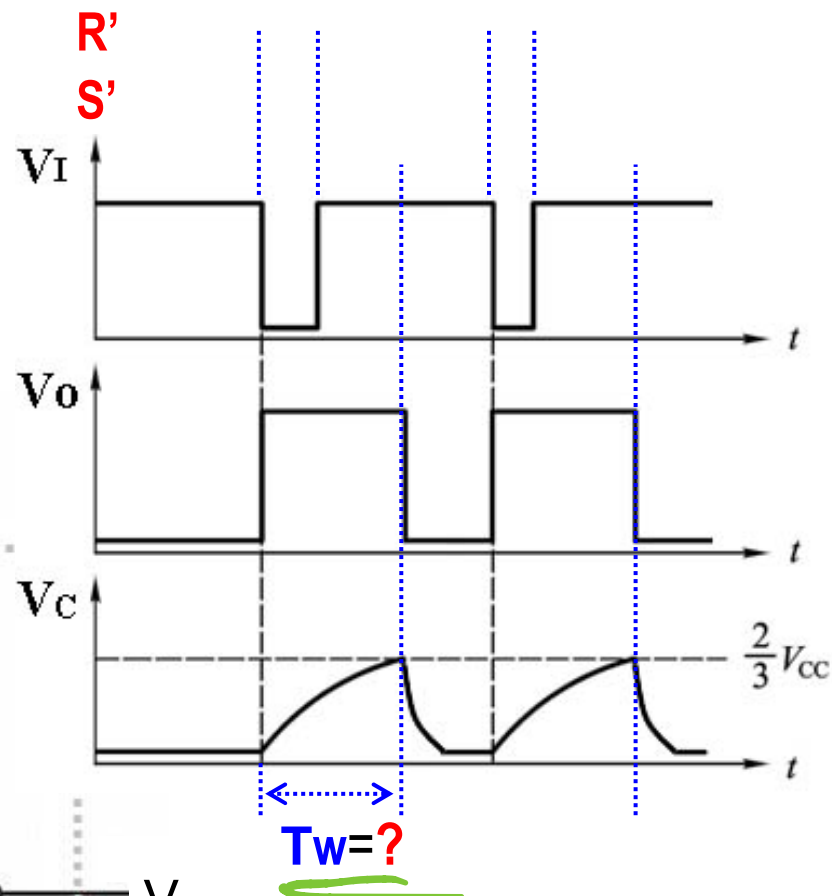
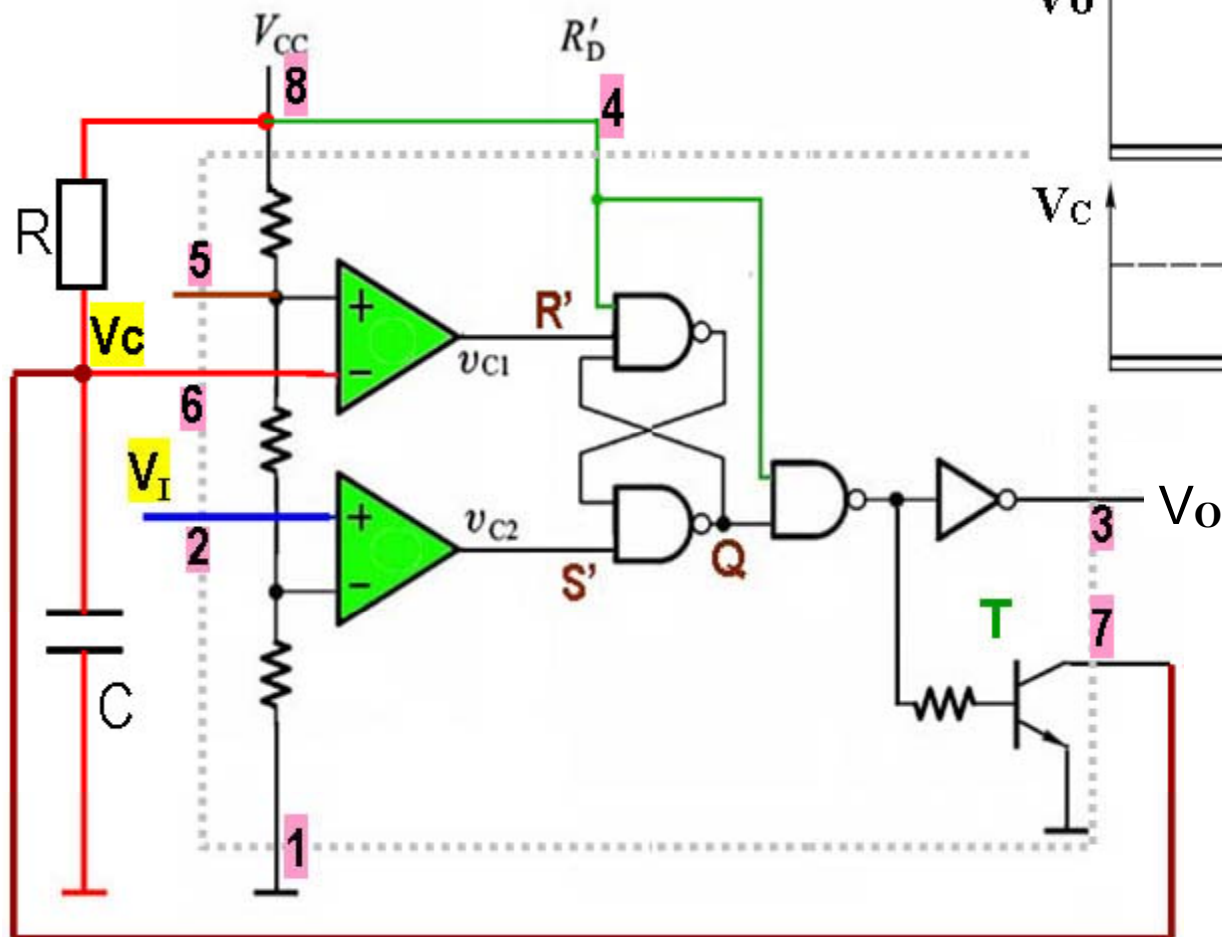
$$\begin{aligned}
 t_w &= RC \ln \frac{v_C(\infty) - v_C(0)}{v_C(\infty) - v_C(t)} \\
 &= RC \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - V_{TH}} = RC \ln 2
 \end{aligned}$$

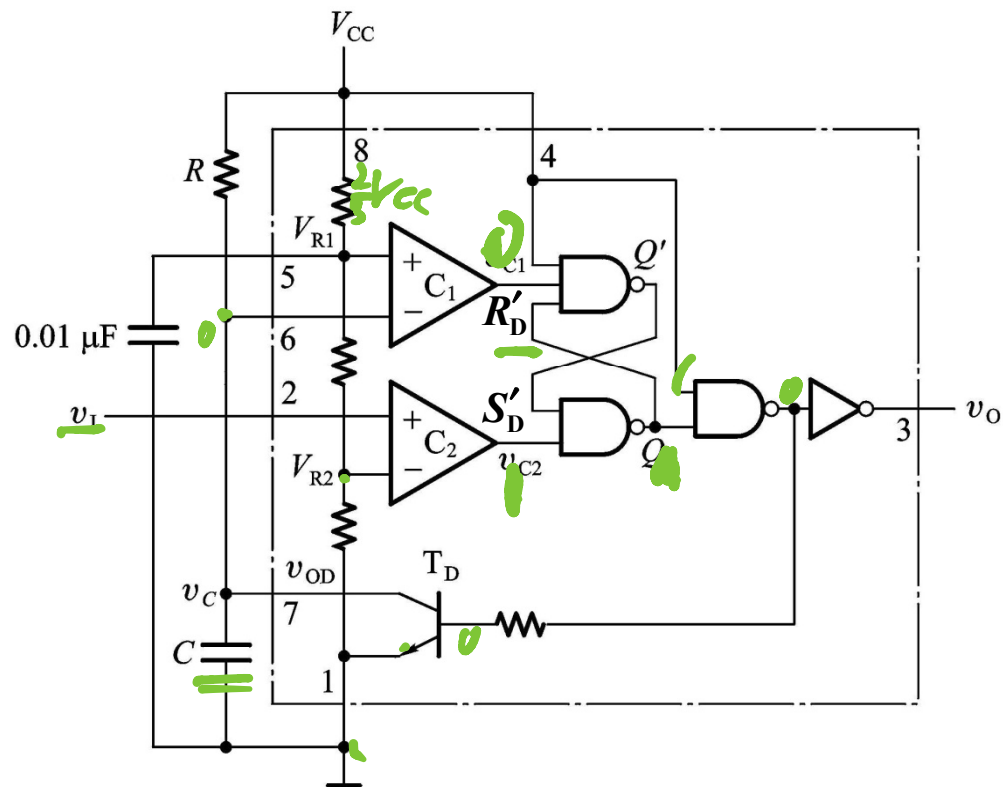
## 例2 用555定时器接成单稳态触发器



## 例2 用555定时器接成单稳态触发器

输	入	$R'$	$S'$	$Q$	
$R'_D$	$V_C$	$V_{C1}$	$V_{C2}$	$V_O$	$T_D$
0	x	x	x	0	通
1	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0	1	通
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1	1	保持
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1	0	止
1	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	0	0	止





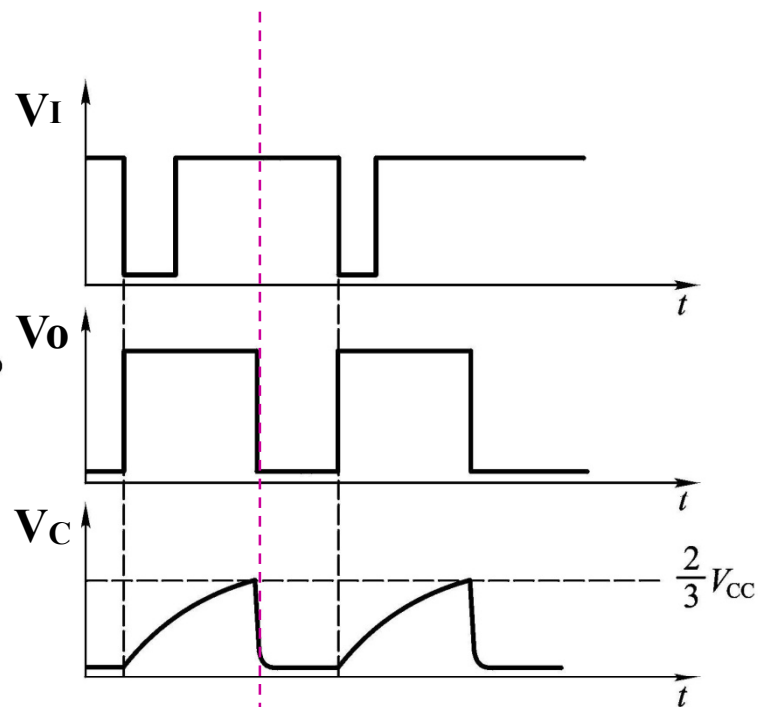
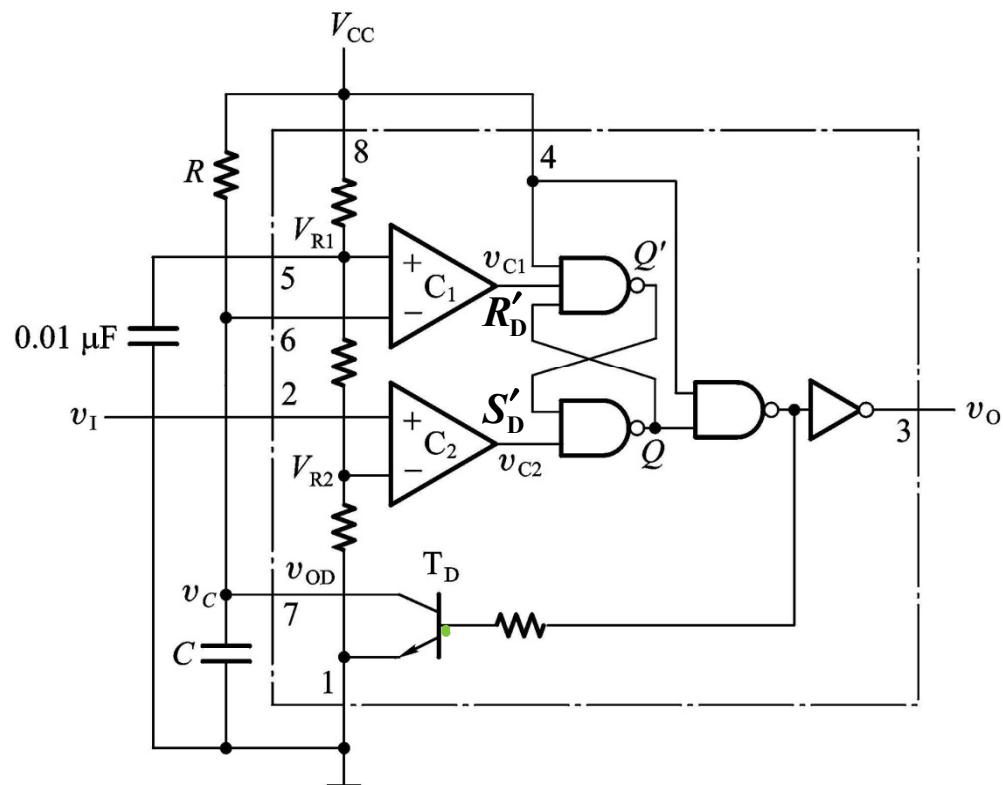
稳态:  $v_I = 1, v_O = 0, T_D$  导通

无触发信号:  $\underline{v_I = 1}$  ( $> \frac{1}{3} V_{CC}$  即可,  $v_{C2} = 1$ )

若通电后  $Q = 0 \rightarrow T_D$  导通  $\rightarrow v_C = 0 \rightarrow \begin{cases} v_{C1} = 1 \\ v_{C2} = 1 \end{cases} \rightarrow \underline{Q = 0}$  保持

若通电后  $Q = 1 \rightarrow T_D$  截止  $\rightarrow C$  充电至  $v_C = \frac{2}{3} V_{CC}$

$\rightarrow v_{C1} = 0 \rightarrow \underline{Q = 0} \rightarrow T_D$  导通  $\rightarrow C$  放电  $\rightarrow \begin{cases} v_{C1} = 1 \\ v_{C2} = 1 \end{cases} \rightarrow \underline{Q = 0}$  保持



稳态:  $v_i = 1, v_o = 0, T_D$  导通

\*触发时  $v_i$

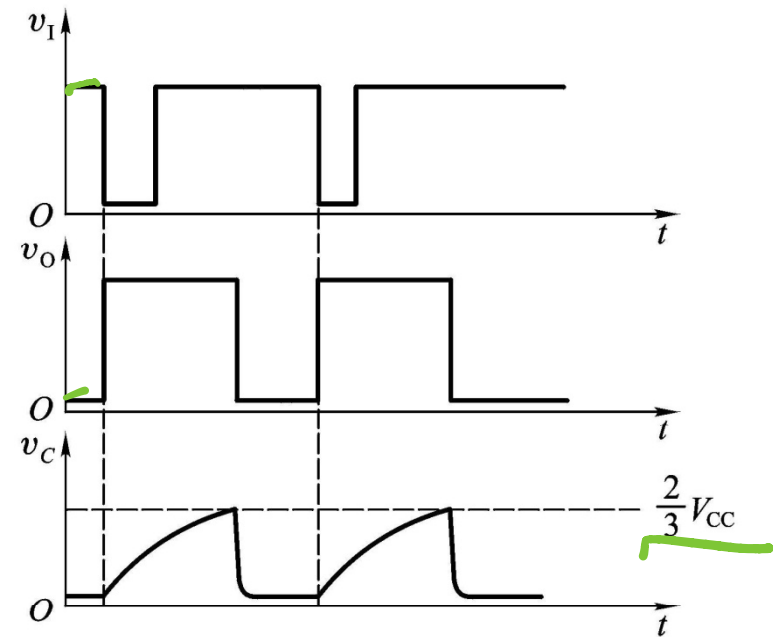
只要  $v_i$  降至  $\frac{1}{3}V_{CC}$ , 则  $\begin{cases} v_{C1} = 1 \\ v_{C2} = 0 \end{cases} \rightarrow Q = 1, T_D$  截止  $\rightarrow C$  开始充电

当  $v_C$  充至  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时 (假定此时  $v_i$  已经回到高于  $\frac{1}{3}V_{CC}$ )

则  $\begin{cases} v_{C1} = 0 \\ v_{C2} = 1 \end{cases} \rightarrow Q = 0, T_D$  导通  $\rightarrow C$  开始放电至 0  $\begin{cases} v_{C1} = 1 \\ v_{C2} = 1 \end{cases} Q = 0$  保持

脉冲宽度 $t_w$ 的计算:

$$\begin{aligned} t_w &= \tau \ln \frac{v_c(\infty) - v_c(0^+)}{v_c(\infty) - v_c(t_w)} \\ &= \tau \ln \frac{V_{cc} - 0}{V_{cc} - \frac{2}{3}V_{cc}} \\ &= RC \ln 3 = 1.1RC \end{aligned}$$



\*对 $v_I$ 的宽度有何要求?

若 $v_I$ 的宽度过宽?

本电路要求, 输入触发脉冲宽度小于 $t_w$ , 若大于 $t_w$ , 可在输入端加微分电路。

### 10.3 多谐振荡器

多谐振荡器又称为无稳态电路，  
主要用于产生周期性方波和时钟信号。

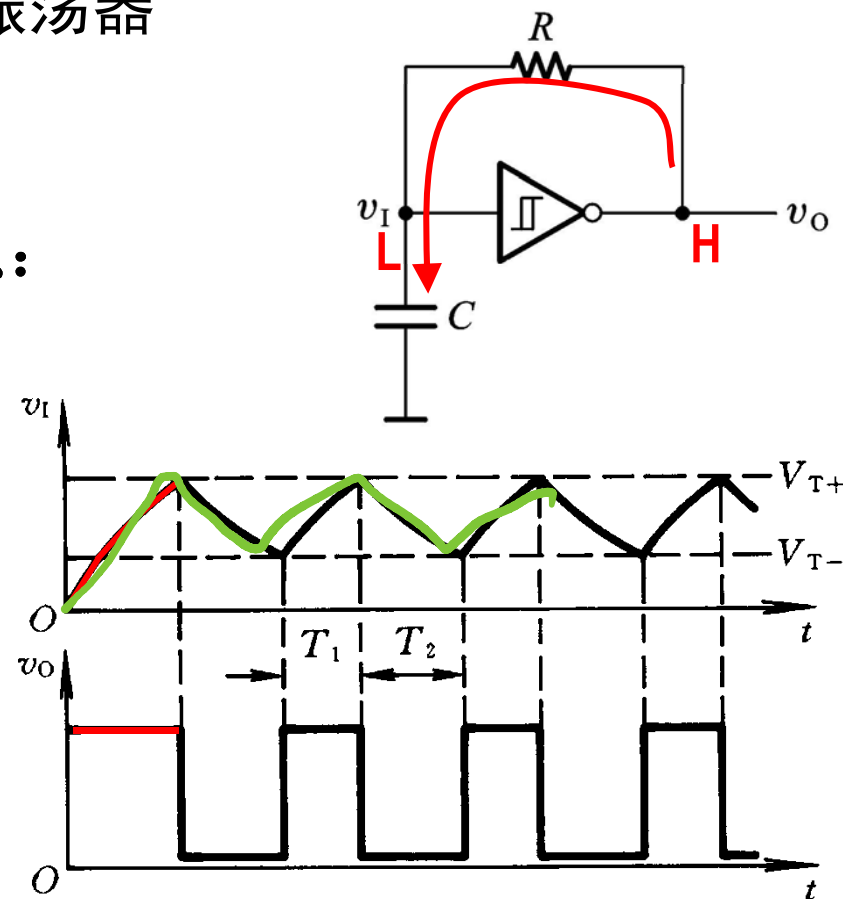
#### 例3 用施密特触发器构成的多谐振荡器

接通 $V_{CC}$ 瞬间，C中无电荷，所以：

$$1) v_C=0 \rightarrow v_I=0 \rightarrow v_O=1$$

$$2) v_O=1 \rightarrow C \text{充电} \rightarrow v_I \uparrow, \\ v_I \uparrow = V_{T+} \rightarrow v_O=0$$

$$3) v_O=0 \rightarrow C \text{放电} \rightarrow v_I \downarrow, \\ v_I \downarrow = V_{T-} \rightarrow v_O=1$$



## 10.3 多谐振荡器

多谐振荡器又称为无稳态电路，主要用于产生周期性方波和时钟信号。

例3 用施密特触发器构成的多谐振荡器

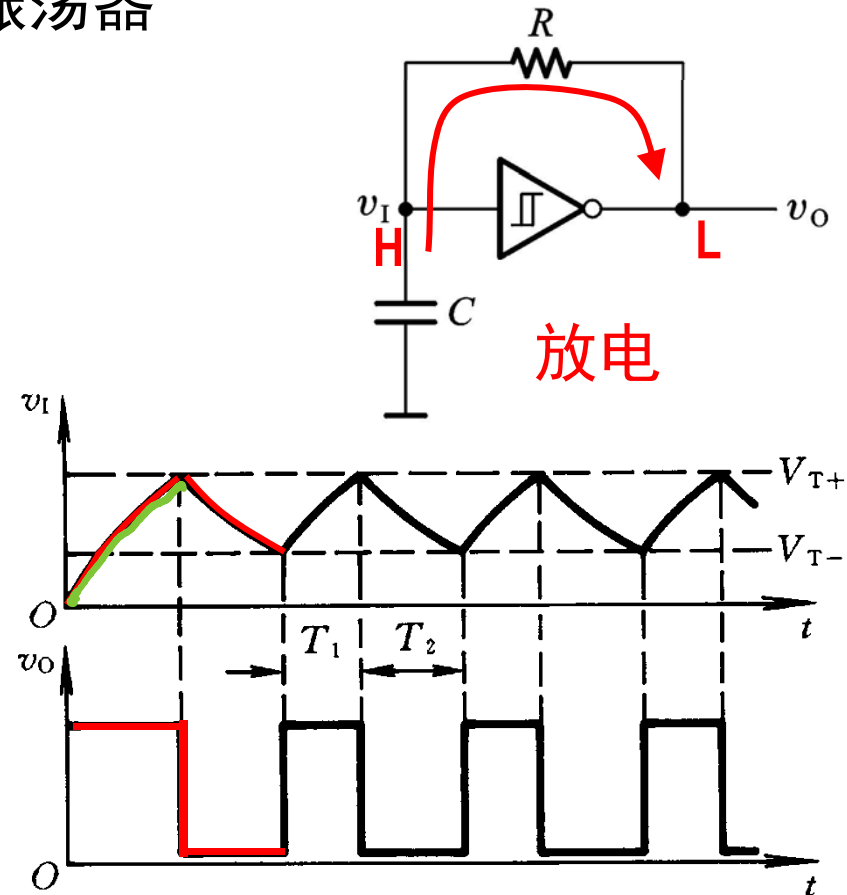
充电  $T_1 = RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$

放电  $T_2 = RC \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$

周期  $T = T_1 + T_2$

占空比  $q = T_1 / (T_1 + T_2)$

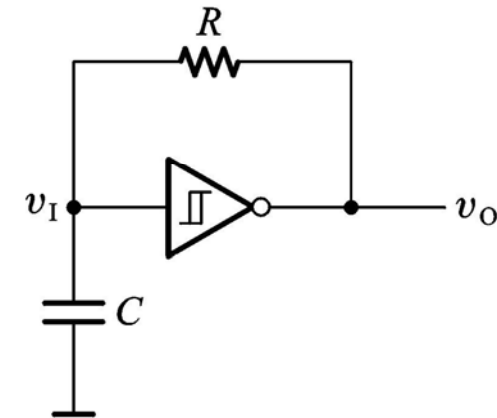
问题1 如果希望占空比可调怎么办？





$$T_1 = RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

$$T_2 = RC \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

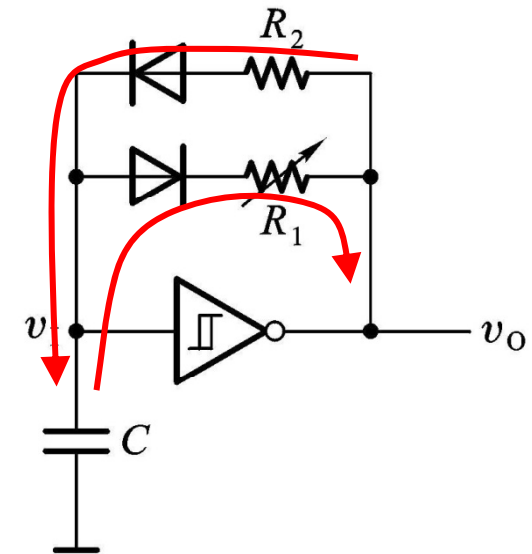


**问题1** 如果希望占空比可调怎么办?

电路改进 充电经过 $R_2$ ，放电经过 $R_1$ ，

充电  $T_1 = R_2 C \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$

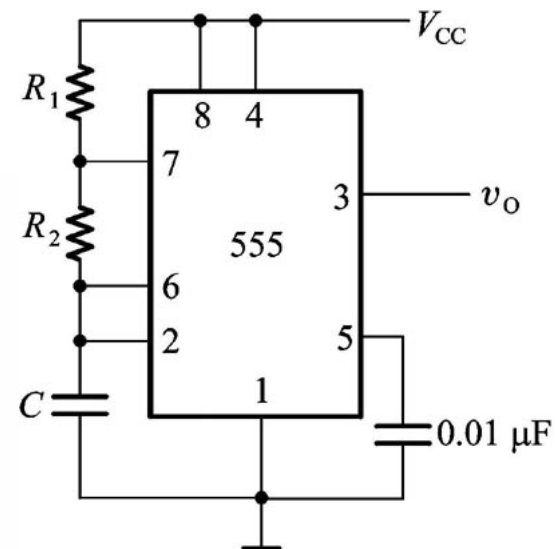
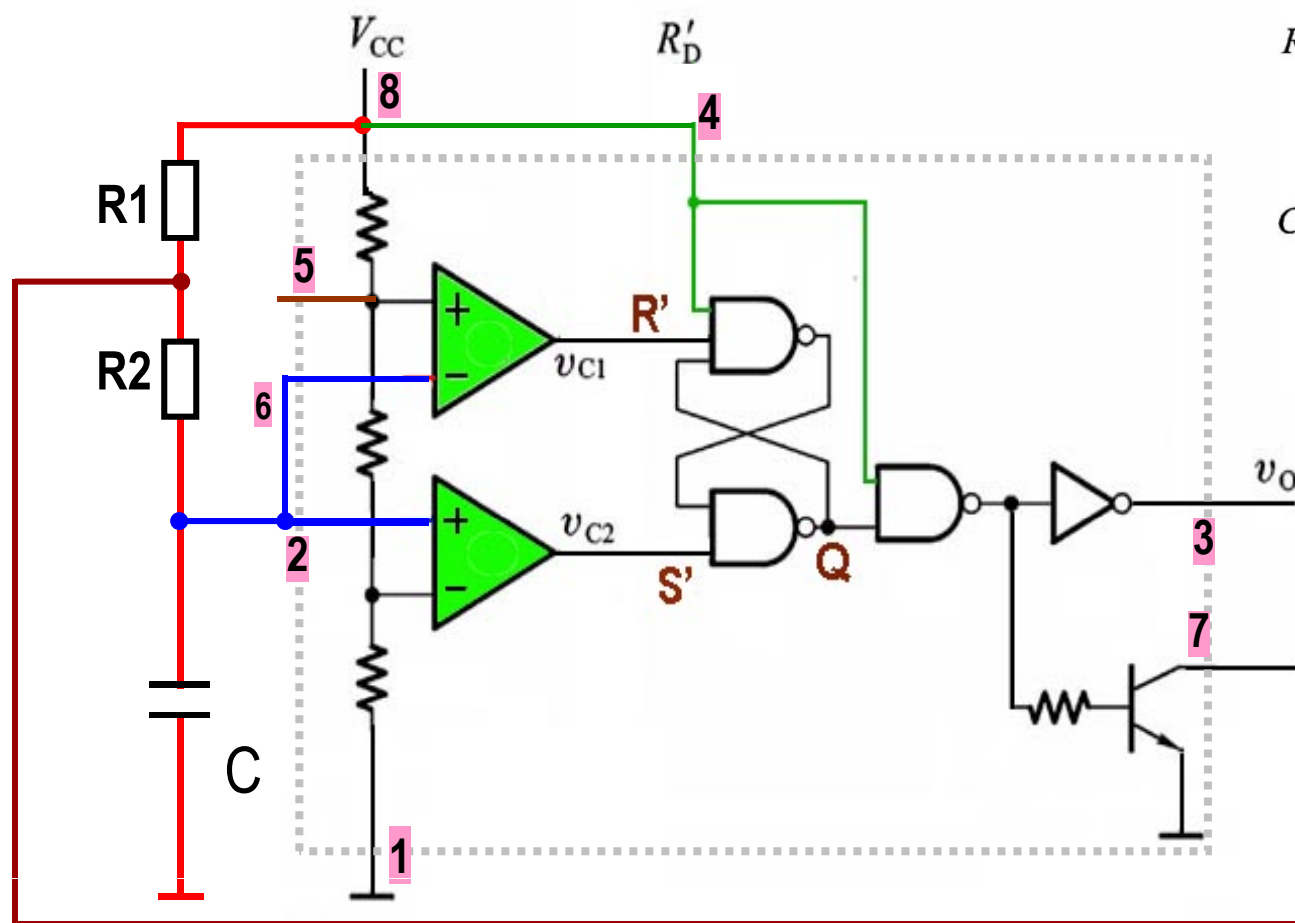
放电  $T_2 = R_1 C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$

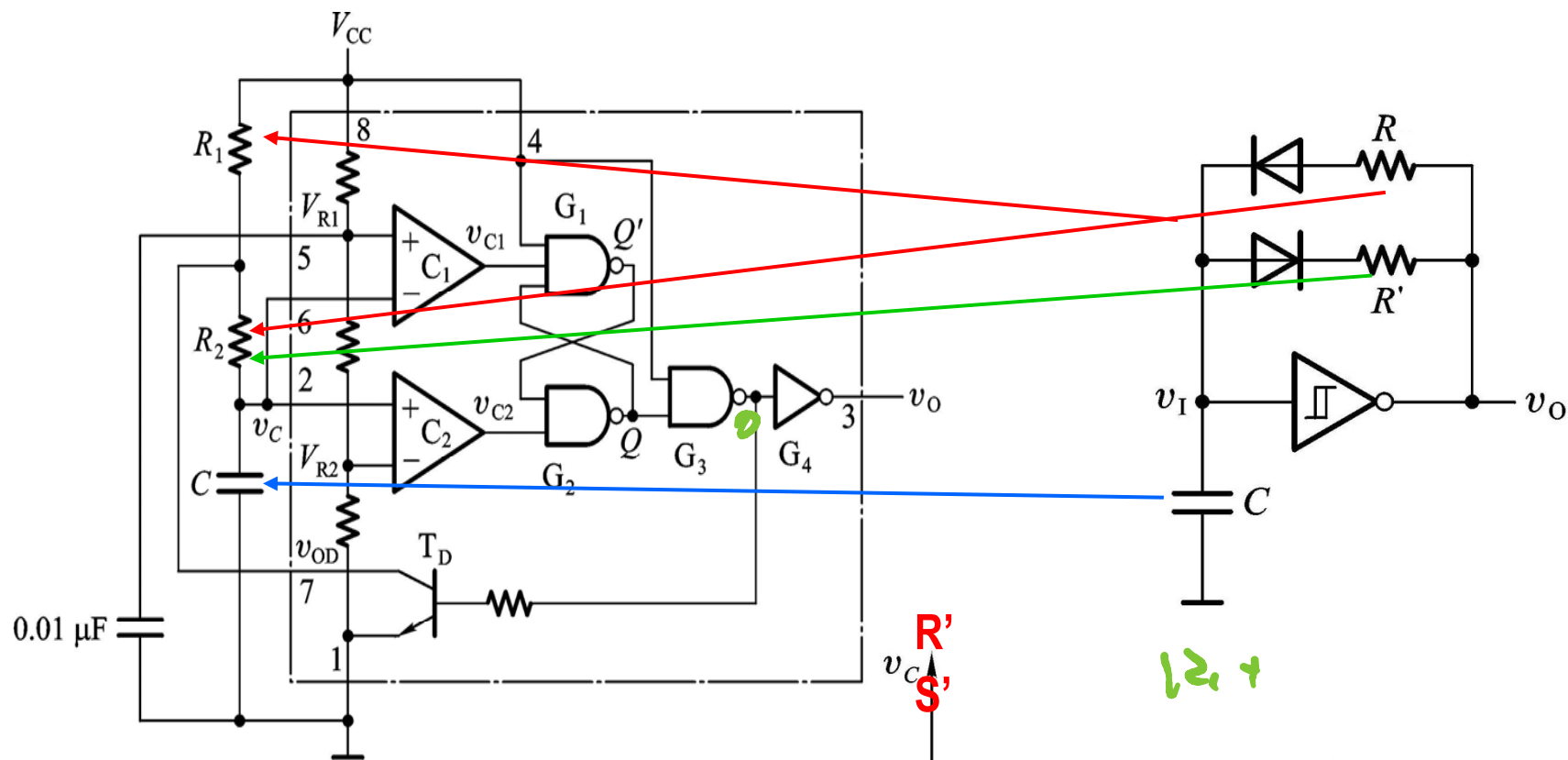


**问题2**，如果希望振荡频率变低，问C应该增大还是减小?



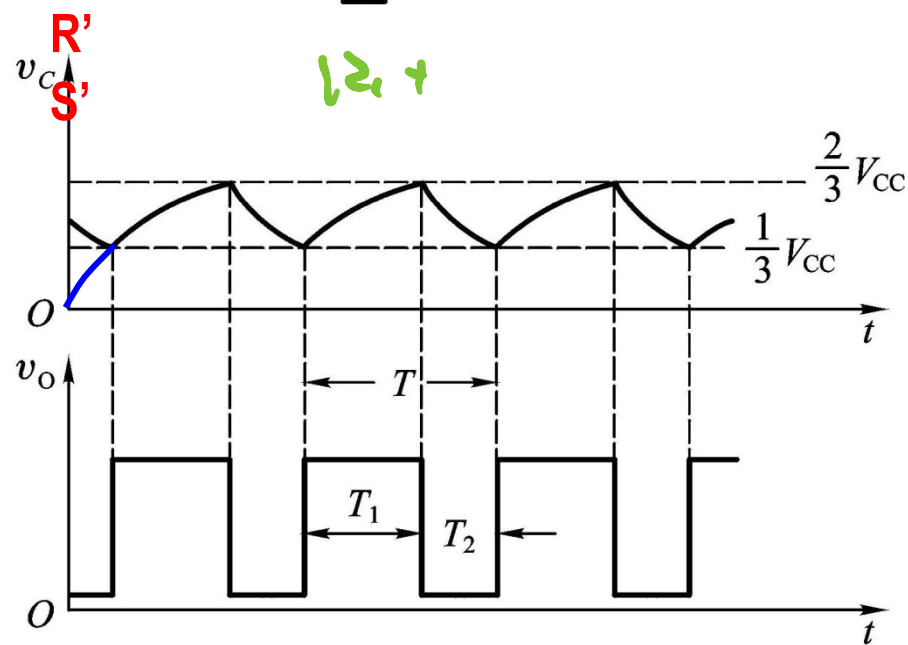
# 例4 用555定时器接成多谐振荡器





等效为施密特触发器构成的多谐振荡器，电压 $v_C$ 是施密特触发器的输入电压，

$$V_{T+} = \frac{2}{3}V_{CC}, V_{T-} = \frac{1}{3}V_{CC}$$



电路计算:

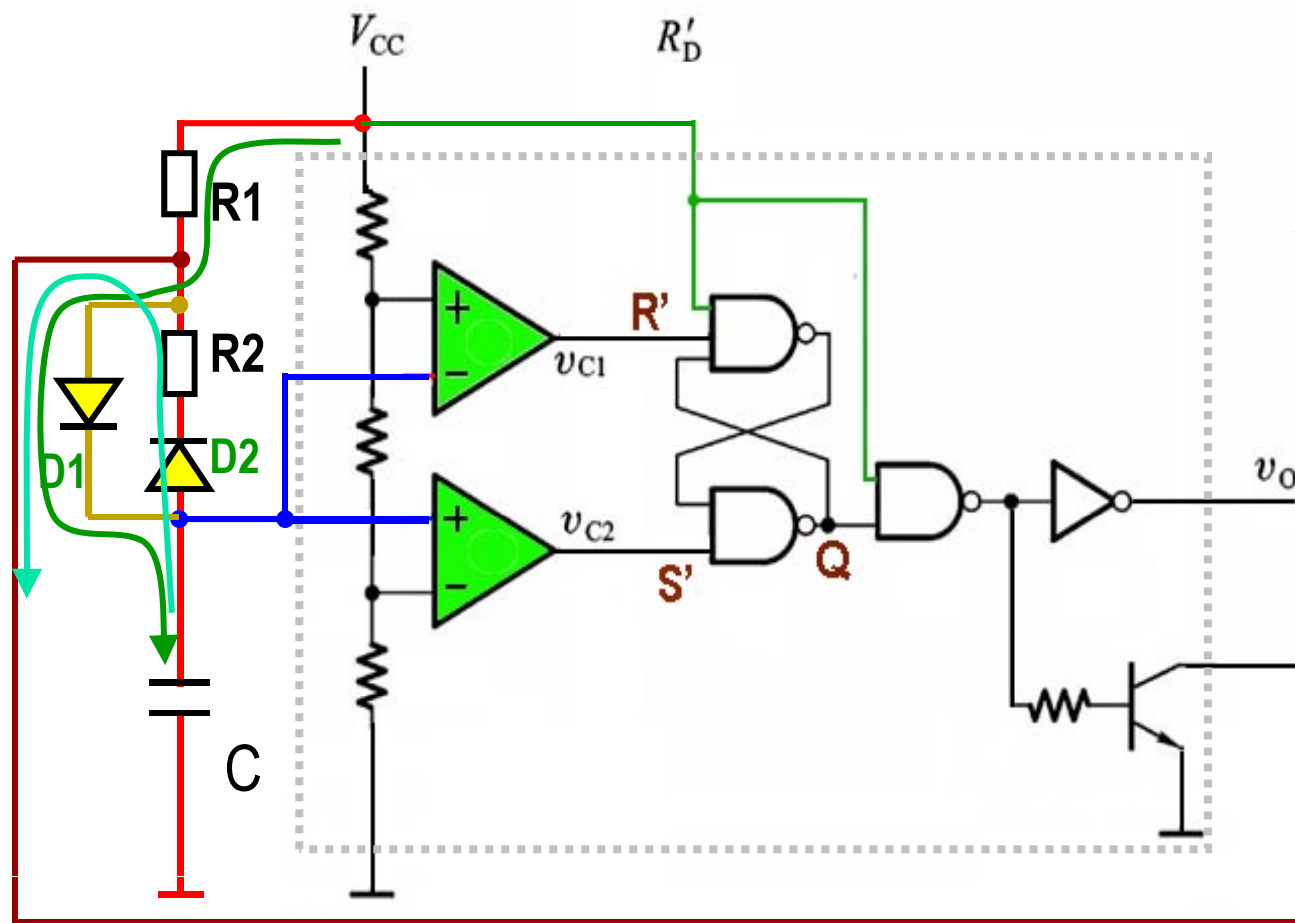
$$T_1 = \underbrace{(R_1 + R_2)}_{\text{电阻}} C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} = (R_1 + R_2) C \ln 2$$

$$T_2 = \underbrace{R_2 C}_{\text{电阻}} \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}} = R_2 C \ln 2$$

$$\text{周期 } T = T_1 + T_2 = (R_1 + 2R_2) C \ln 2$$

$$\text{占空比 } q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} > 50\%$$

#### 四、用555定时器接成多谐振荡器(改进：占空比50%)



充电  $T_1 = R_1 C \ln 2$

放电  $T_2 = R_2 C \ln 2$

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

$$q = T_1 / (T_1 + T_2)$$

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

为了得到小于或等于**50%**的占空比，  
可对电路加以改进。

充电：  $D_1$  导通，  $D_2$  截止

$$T_1 = R_1 C \ln 2$$

放电：  $D_2$  导通，  $D_1$  截止

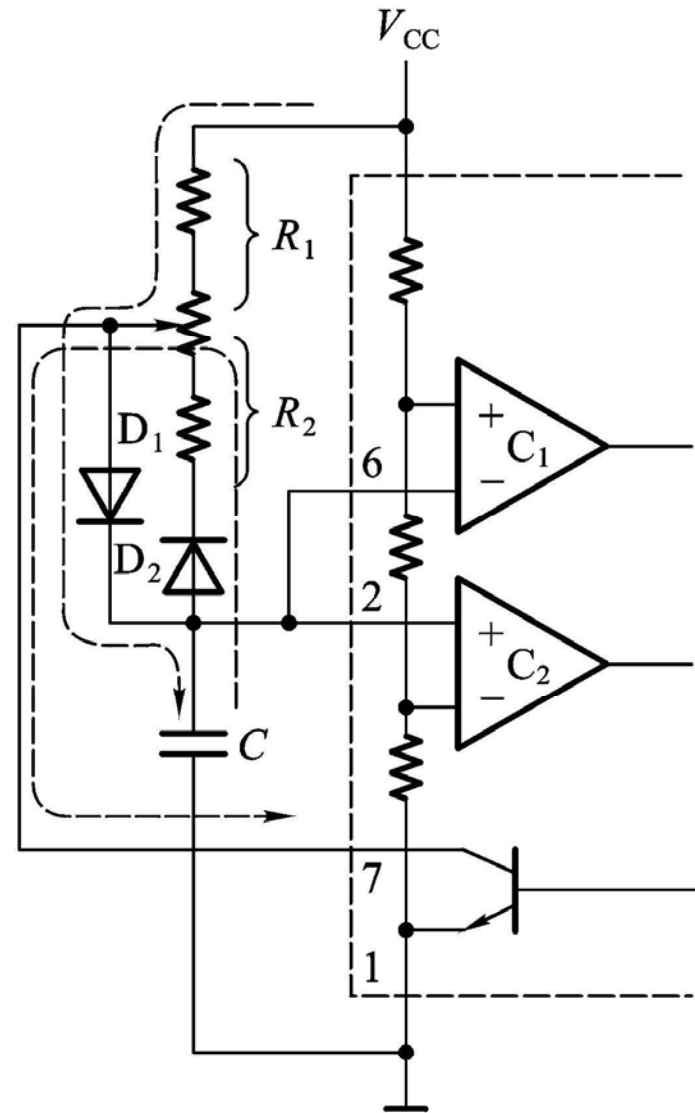
$$T_2 = R_2 C \ln 2$$

$$q = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

若  $R_1 = R_2$  , 则  $q = 50\%$  , 输出为方波。

电路的振荡周期：

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



## 一、单稳态触发器的特点

1. 电路有**稳态**和**暂稳态**两个不同的工作状态。
2. 在外界触发脉冲的作用下，能由**稳态**→**暂稳态**，在暂稳态维持一段时间后，电路能**自动地**返回到稳态。
3. 暂稳态持续时间的长短，取决于**电路自身的参** **数**，与外触发脉冲的宽度和幅度无关。

微分

555

tw 计算

RL

## 二、单稳态触发器的应用

### 1. 定时

由于单稳态触发器能产生一定宽度 $t_w$ 的输出脉冲，如利用这个矩形脉冲作为定时信号去控制某电路。

7.1 7.19 7.20

### 2. 延时

将输入信号延迟一定时间( $t_w$ )后输出。

单稳态的延时作用常被应用于时序控制。

7.22 .