

第 7 章 脉冲电路

Pulse Circuits

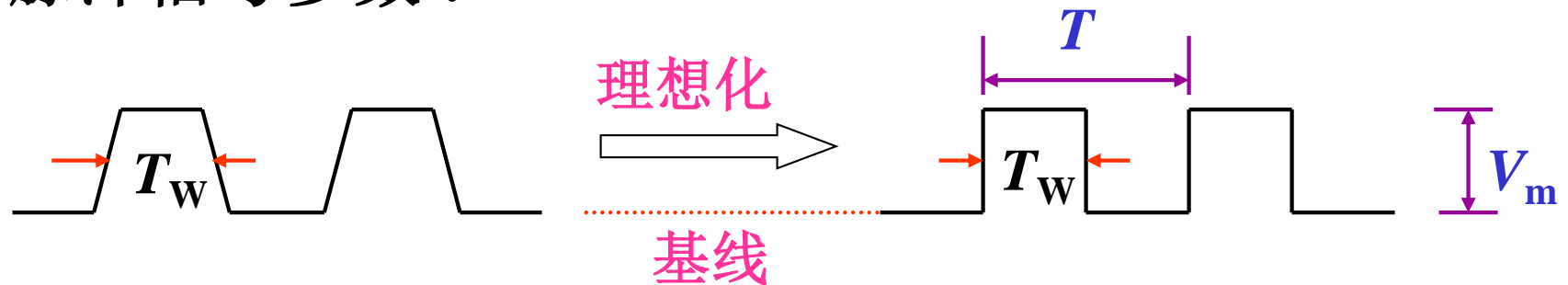
作用在电路中短暂的电压或电流信号叫做脉冲信号。（既非直流又非正弦交流的电压或电流）

数字电路中用的脉冲信号为矩形波

在同步时序电路中, 作为时钟信号的矩形脉冲控制和协调整个系统的工作. 因此, 时钟脉冲的特性直接关系到系统能否正常工作.

矩形脉冲形成 { 振荡器直接产生
通过其他波形变换

脉冲信号参数：



脉宽 (T_w): 半高宽（脉冲最大值一半时的宽度）

幅度 (V_m): 电压变化最大幅度

周期 (T): 两相邻脉冲间间隔

频率 (f): $f = \frac{1}{T}$

占空比 (q): $q = \frac{T_w}{T}$ 一个脉冲中有效的脉冲比;
一个脉冲中高电平占的比例。

§ 7.1 555定时器 555 Timer

IC 模块

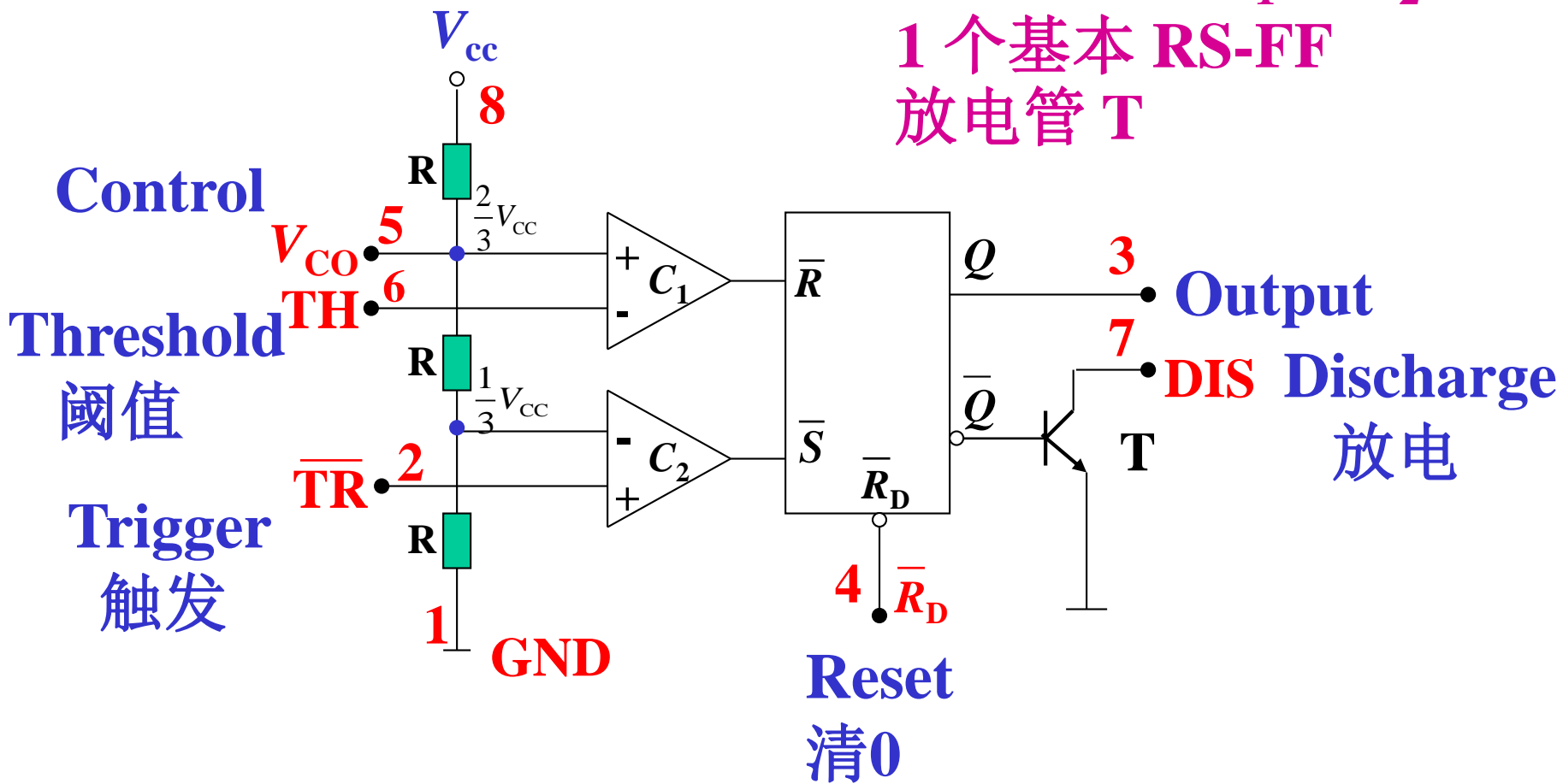
电路

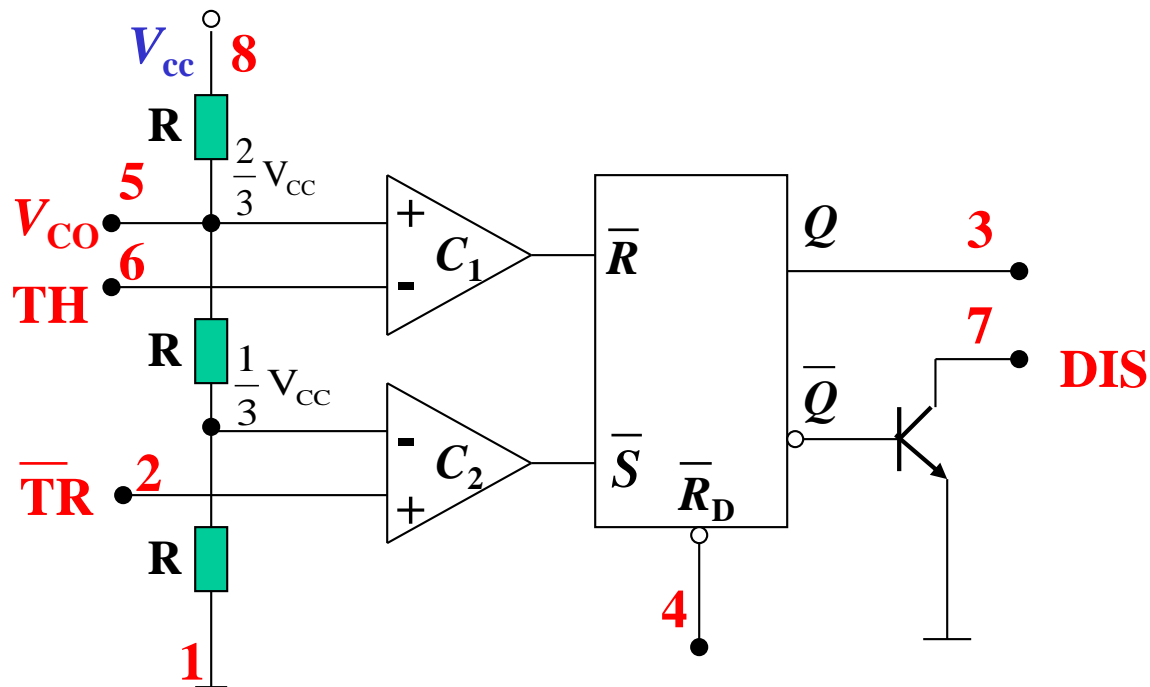
3 个电阻 $R = 5 \text{ k}\Omega$

2 个比较器 C_1 、 C_2

1 个基本 RS-FF

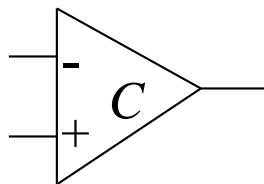
放电管 T





与非门基本 RS-FF

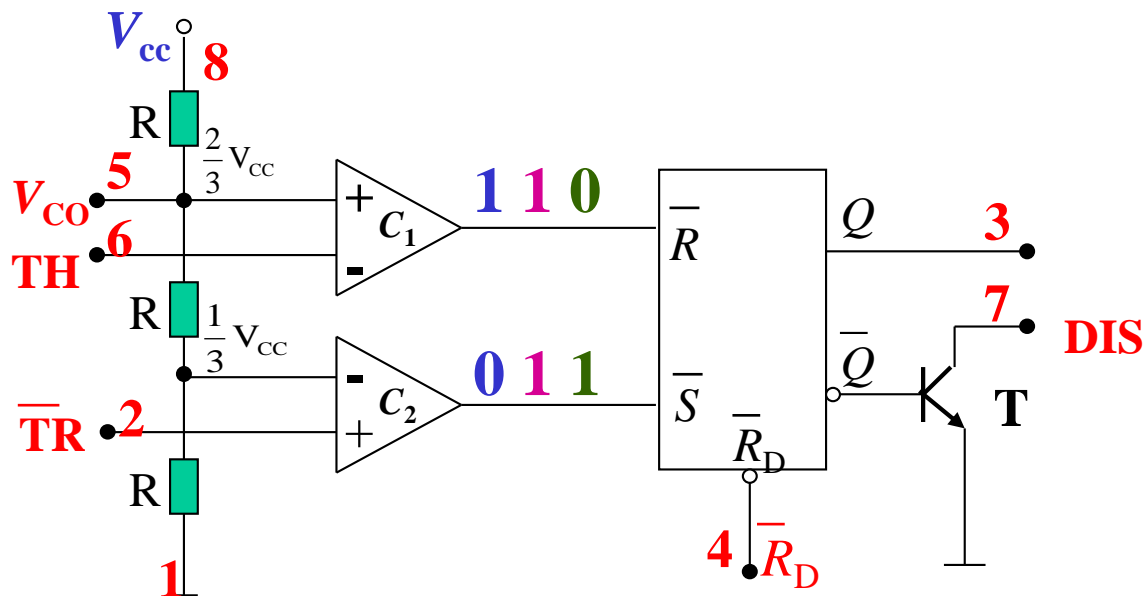
比较器



$+\geq-$ $C=1$

$+<-$ $C=0$

\bar{S}	\bar{R}	Q	\bar{Q}	FF state
0	0	1	1	$\bar{S}\bar{R}$ 0→1不定
0	1	1	0	Set (1)
1	0	0	1	Reset (0)
1	1	保持		No- change



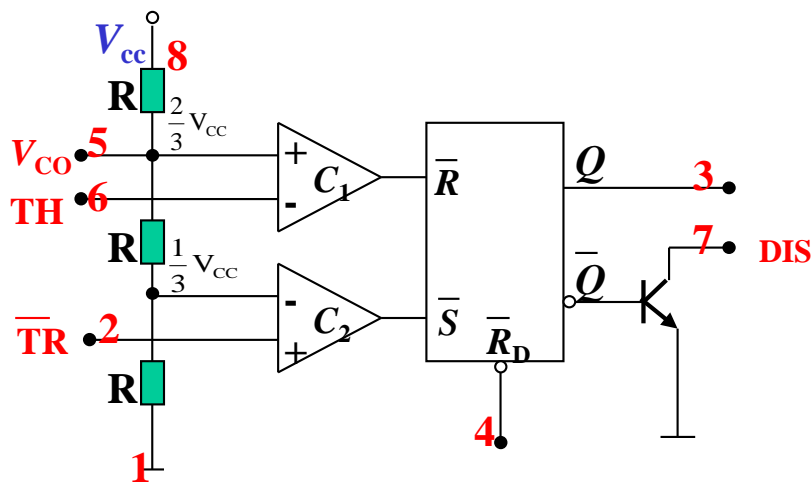
$$\begin{cases} + \geq - & C=1 \\ + < - & C=0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \bar{S}=\bar{R}=1, & \text{ NC} \\ \bar{S} \neq \bar{R}, & Q=\bar{R} \end{aligned}$$

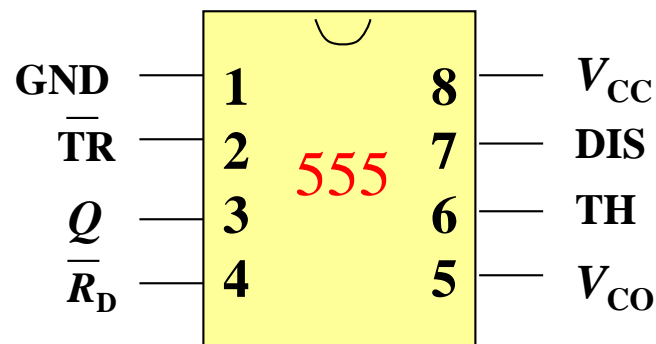
555 定时 器功能

V_{CO} 悬空
不起作用

\bar{R}_D	TH (6)	\bar{TR} (2)	\bar{R} (C_1)	\bar{S} (C_2)	Q (3)	\bar{Q}	T 状态 (7)
1	$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$< \frac{1}{3} V_{CC}$	1	0	1	0	截止 (断开)
1	$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	1	1	1保持	0	保持
1	$> \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	0	1	0	1	导通 (GND)
0	Φ	Φ	Φ	Φ	0	1	导通 (GND)



555 定时器管脚图



总结

- $$\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad V_2 < \frac{1}{3}V_{CC}, \quad V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}, \quad Q=1 \quad \overline{Q}=0 \quad T \text{ 截止} \\ \textcircled{2} \quad V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}, \quad V_6 > \frac{2}{3}V_{CC}, \quad Q=0 \quad \overline{Q}=1 \quad T \text{ 导通} \\ \textcircled{3} \quad V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}, \quad V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}, \quad Q \text{ 保持} \end{array} \right.$$

若用 V_{CO} , $V_6 : V_{CO}$ 为参考电压

$V_2 : \frac{1}{2}V_{CO}$ 为参考电压

§ 7.2 施密特触发器 Schmitt Trigger

(1) 双稳态

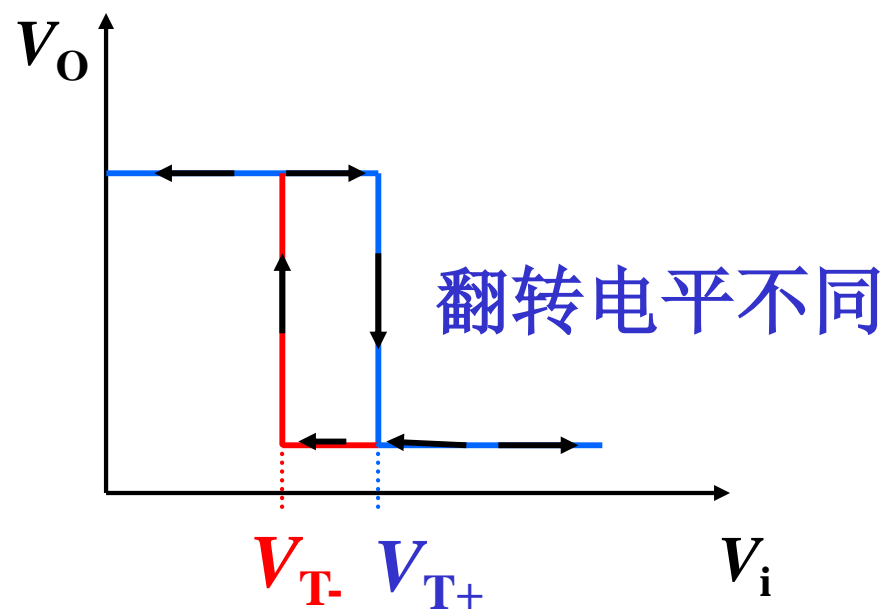
$$\begin{cases} Q = 1, \bar{Q} = 0 \\ Q = 0, \bar{Q} = 1 \end{cases}$$

(2) 滞后

输入电压增大和减小过程中，输出翻转电平不同。

Backlash 回差

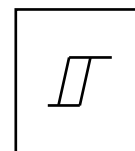
Hysteresis 滞后 ΔV



回差电压

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

符号



工作原理

设输入为三角形波形

$$V_i < 1/3 V_{CC}, \quad V_2, V_6 < 1/3 V_{CC}$$

$$Q = 1$$

$$V_i \uparrow, \quad V_2 > 1/3 V_{CC}, \quad V_6 < 2/3 V_{CC}$$

Q 保持

$$V_i > 2/3 V_{CC}, \quad V_2, V_6 > 2/3 V_{CC}$$

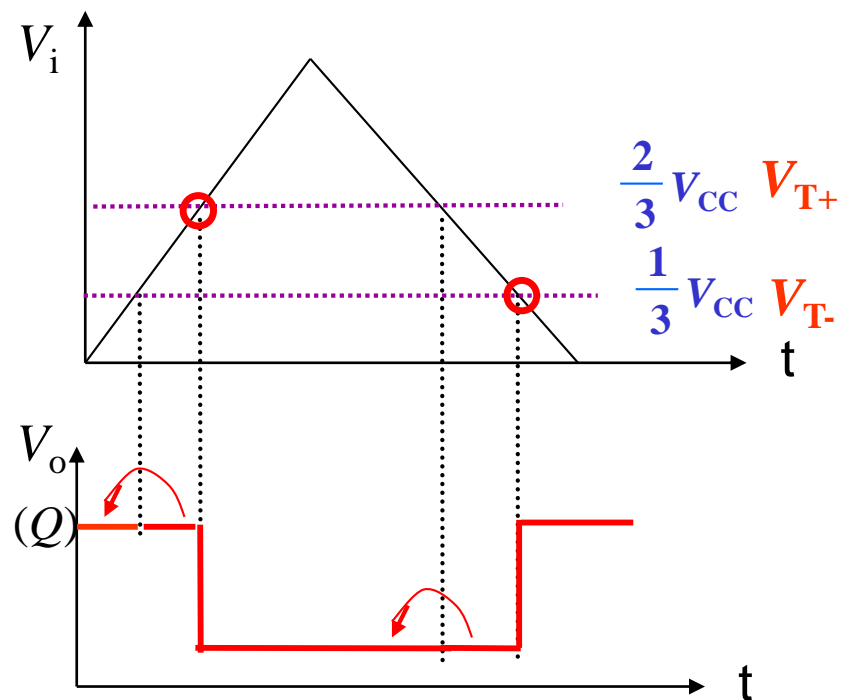
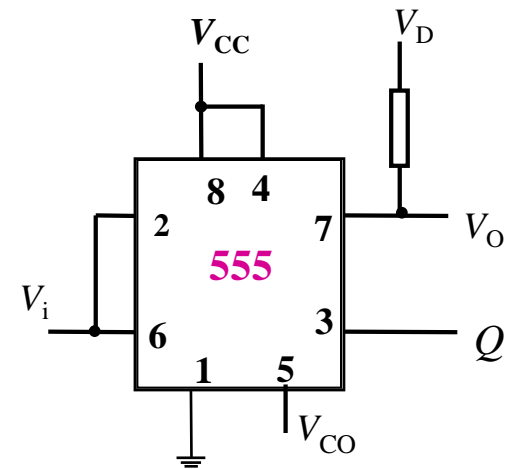
$$Q = 0$$

$$V_i \downarrow, \quad 1/3 V_{CC} < V_i < 2/3 V_{CC}$$

Q 保持

$$V_i < 1/3 V_{CC}, \quad V_2, V_6 < 1/3 V_{CC},$$

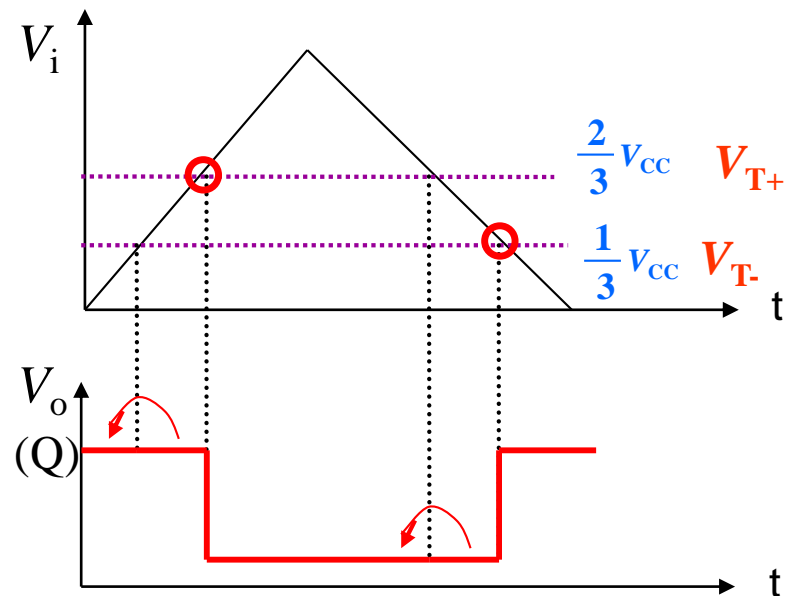
$$Q = 1$$



结论

1) 三角波 \rightarrow 矩形波

2) 滞后



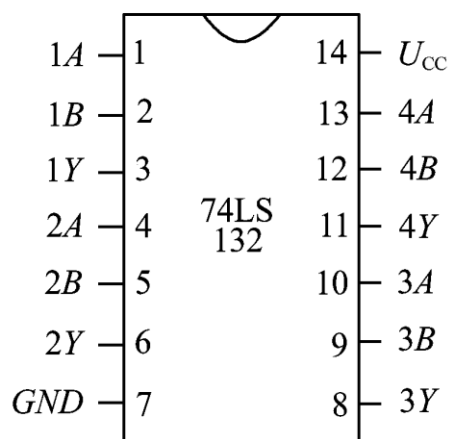
回差电压 $\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = \frac{2}{3}V_{cc} - \frac{1}{3}V_{cc} = \frac{1}{3}V_{cc}$

3) 555 定时器分压电阻形成的滞后

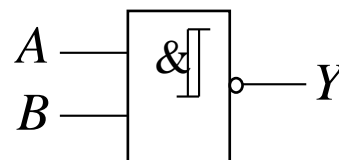
7.2.2 与非门构成的施密特触发器（略）

7.2.3 集成施密特触发器 IC Schmitt Trigger

74LS132是由4个独立的两输入与非门构成的TTL集成施密特触发器。



管脚图

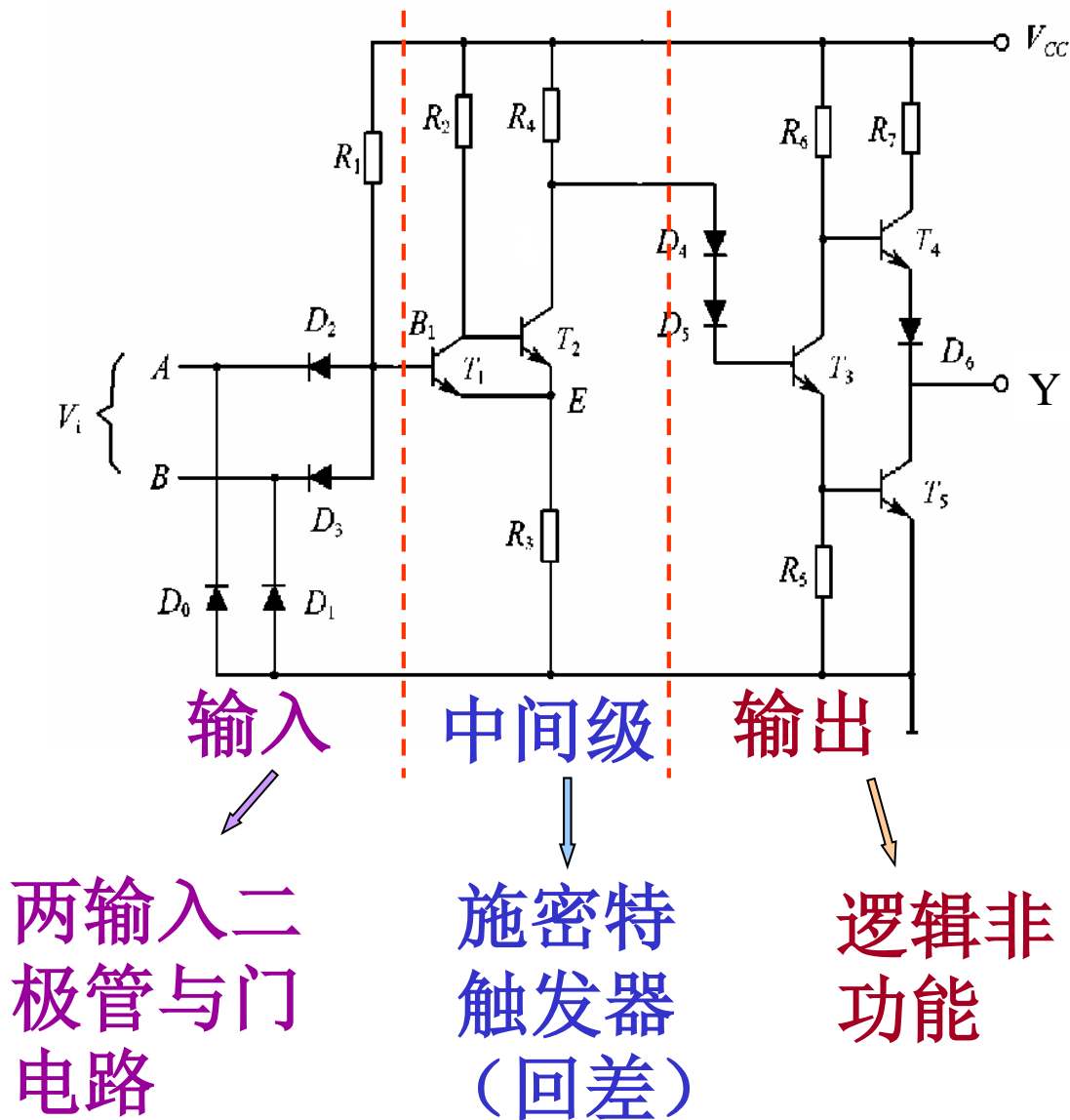


符号

A 或 B 或二者 $< V_{T-}$, $Y = 1$;
只有当 A 和 B 都 $> V_{T+}$, $Y = 0$ 。

逻辑功能 $Y = \overline{AB}$

一个施密特与非门电路



电路:

正向阈值

$$V_{T+} = 1.5 \sim 2.0 \text{ V},$$

反向阈值

$$V_{T-} = 0.6 \sim 1.1 \text{ V}$$

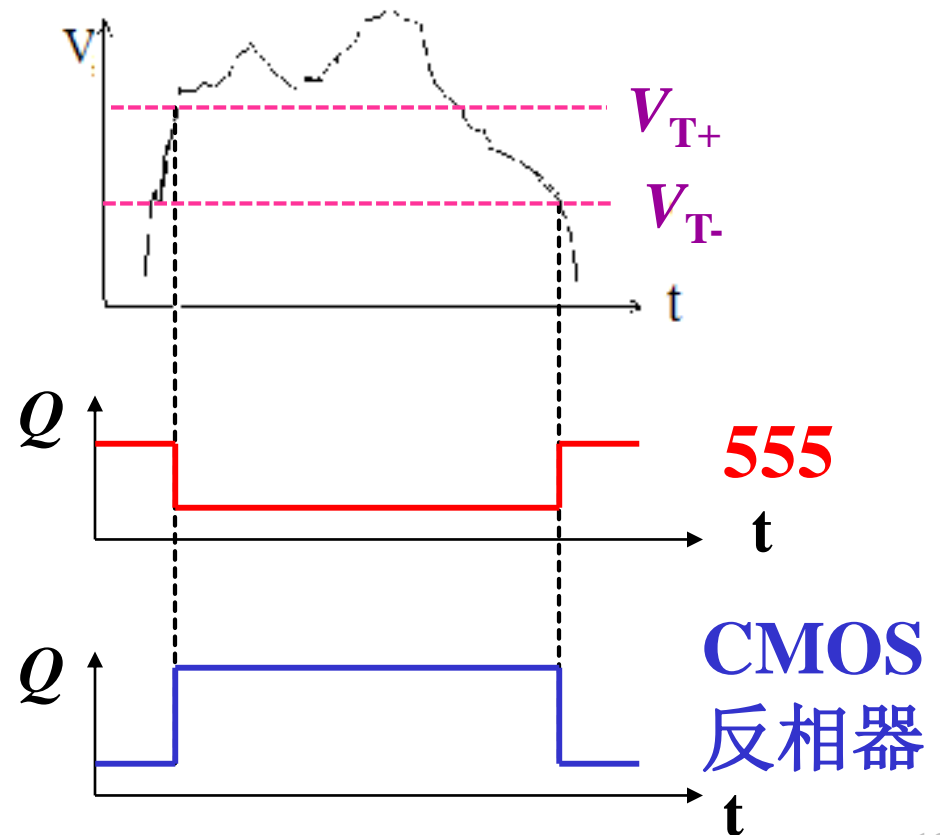
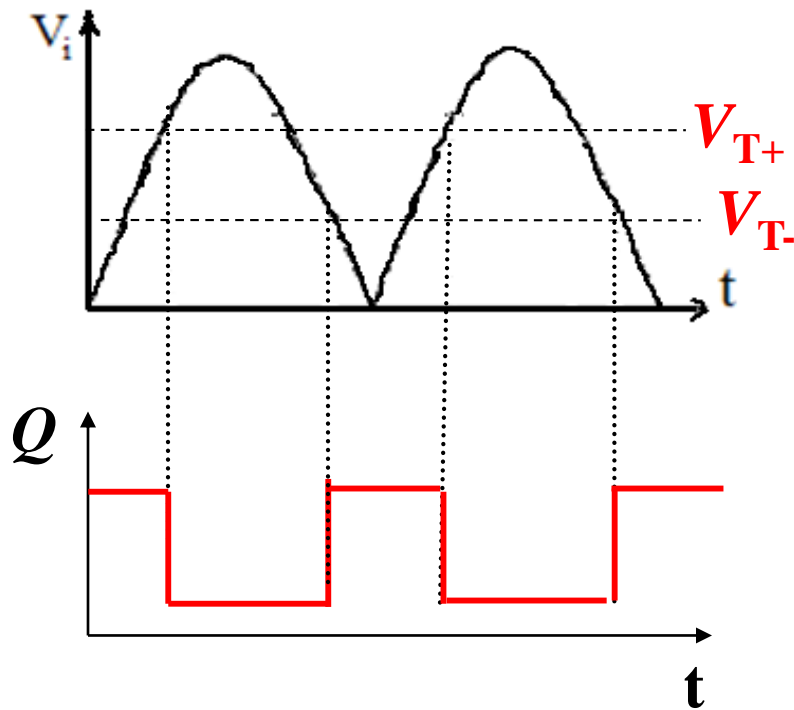
典型回差电压

$$\Delta V = 0.8 \text{ V}$$

7.2.4 Schmitt 触发器应用

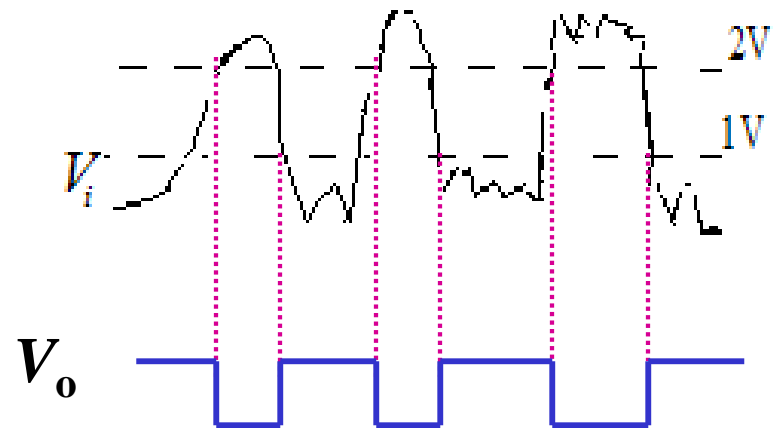
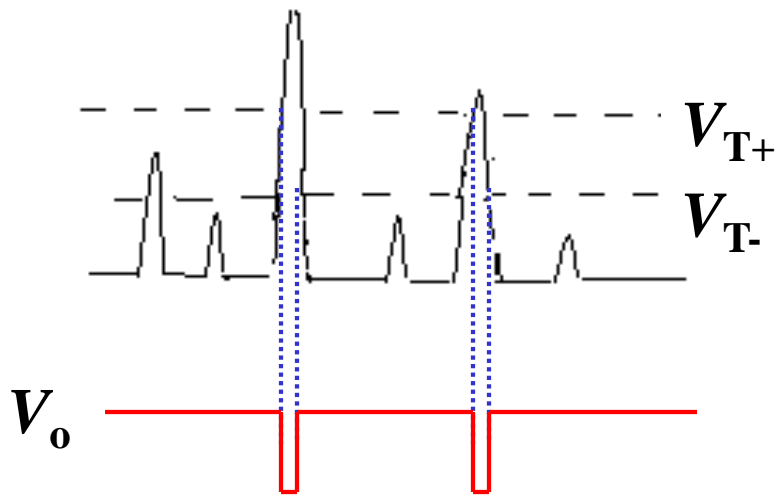
Applications of Schmitt Trigger

1) 波形转换



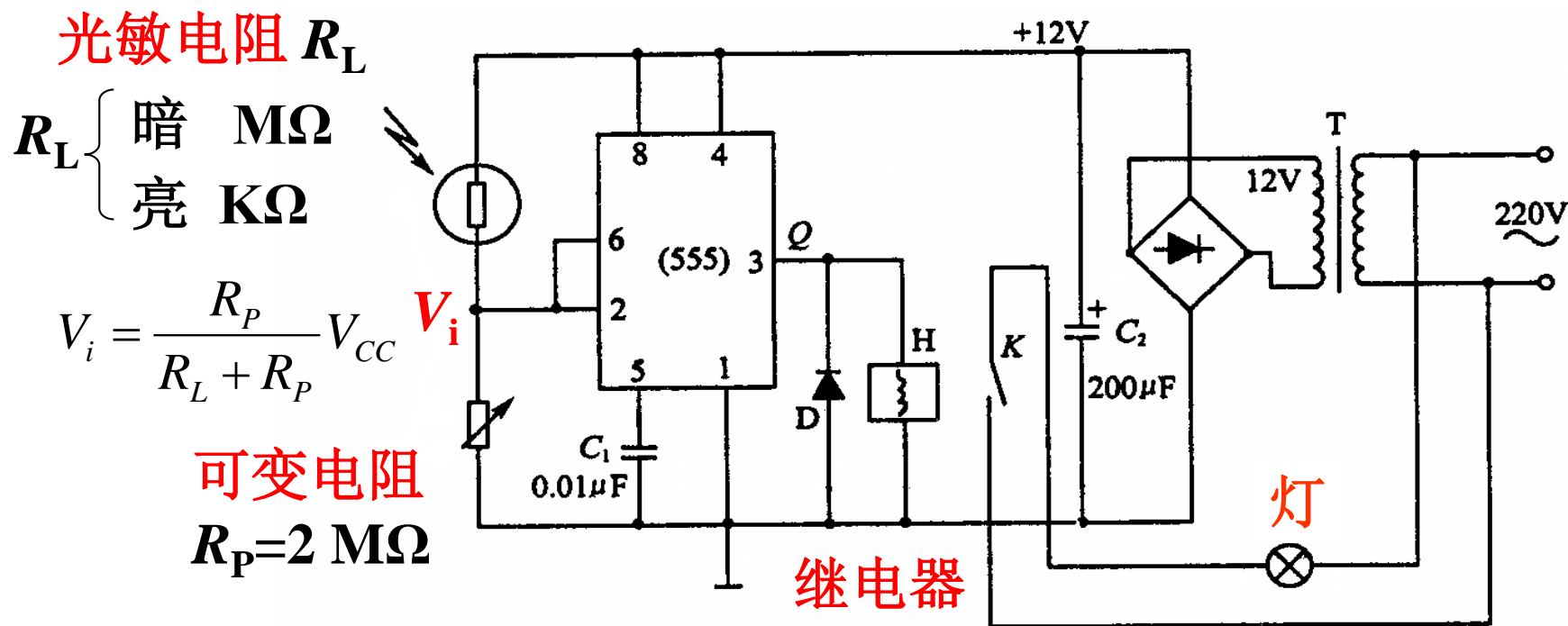
2) 幅度鉴别

用 $V_{CO} : V_{T+} V_{T-}$



注：输出信号的振荡幅度是门电路的高(3.6 V)，低(0.1 V) 电平，与 V_{T+} ， V_{T-} 无关。

3. 光控路灯开关

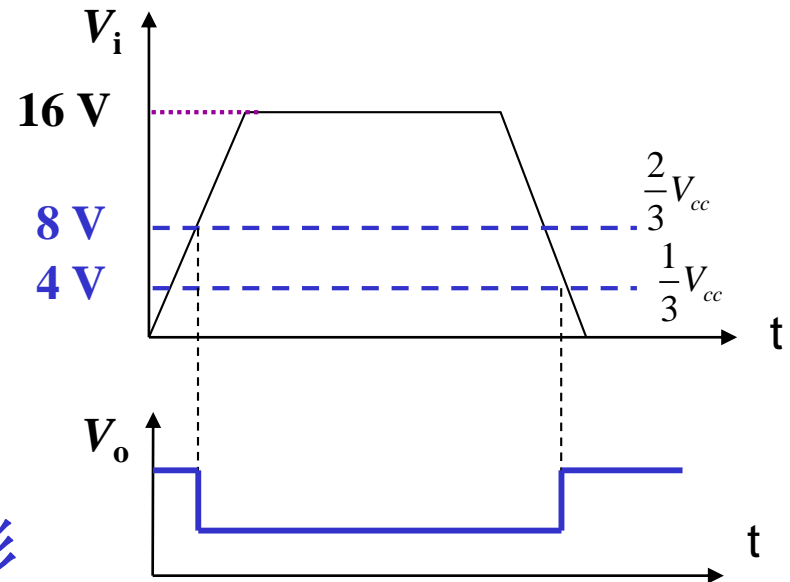
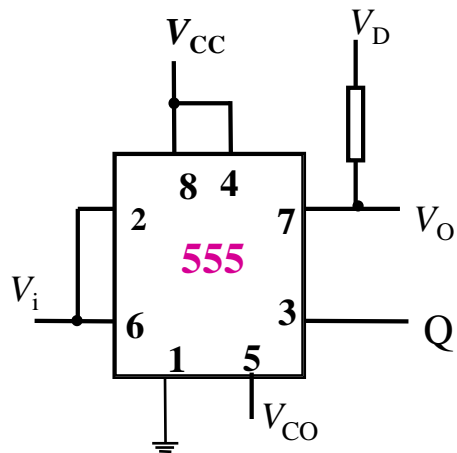


工作原理 {

天亮, R_L 小, V_i 大, $V_i > (2/3 V_{CC})$, $Q=0$.
继电器不吸合开关, 路灯不亮;

天暗, R_L 大, V_i 小, $V_i < (1/3 V_{CC})$, $Q=1$.
继电器吸合开关, 路灯亮.

练习 一个 555 定时器构成的施密特触发器以及输入波形如下图所示 (a) 和 (b) 所示. $V_{cc}=12\text{ V}$. V_{co} 悬空. 求: (1) V_{T+} , V_{T-} 及 ΔV 的值; (2) 根据 V_i 波形画出输出 V_o 波形; (3) 求出当 $V_{co}=10\text{ V}$ 时 V_{T+} , V_{T-} 及 ΔV 的值.



解:

(2) V_o 波形

$$(1) \quad V_{T+} = \frac{2}{3} V_{cc} = \frac{2}{3} \times 12\text{ V} = 8\text{ V}$$

$$V_{T-} = \frac{1}{3} V_{cc} = \frac{1}{3} \times 12\text{ V} = 4\text{ V}$$

$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 8 - 4 = 4\text{ V}$$

(3) $V_{co} = 10\text{ V}$

$$V_{T+} = V_{co} = 10\text{ V}, \quad V_{T-} = \frac{1}{2} V_{co} = 5\text{ V}$$

$$\Delta V = 5\text{ V}$$

§ 7.3 单稳态触发器

One-Shots (Monostable Multivibrators)

单稳态触发器

- ① 一个稳定状态，一个不稳定状态；
- ② 单稳态触发器通常处于稳定状态，在触发时变到不稳定状态；
- ③ 不稳定状态持续 T_w 时间后，自动回到稳定状态。



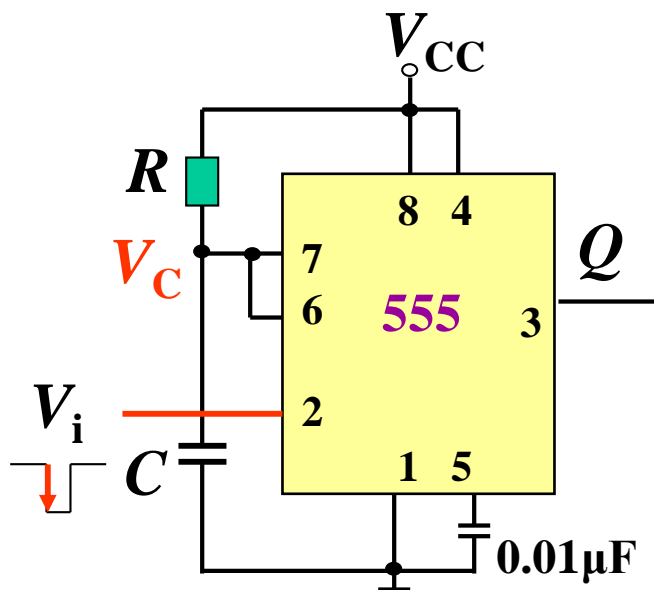
1: 1次触发
不可重复触发

T_w 取决于定时元件

7.3.1 与非门构成的单稳态触发器 （略）

7.3.2 555 定时器构成的单稳态触发器

555 Timer Connected as an One-Shot



6,7 脚连在一起

2 脚触发端接输入 V_i ,
非触发时为高电平, 下降
沿(低电平)触发

R, C 定时元件

电容隔直, 使 V_{CO} 悬空, 防止引入干扰, 既不是1,
也不是0.

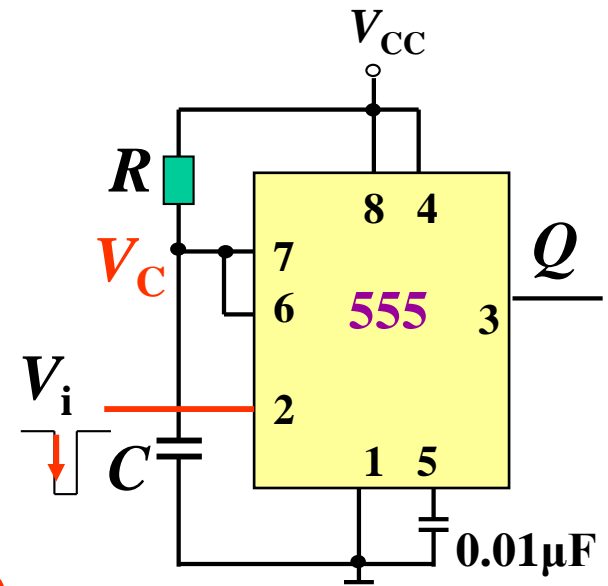
确定电路的稳定状态:

设 $Q=0$, $\bar{Q}=1$,

放电管 T 导通, 7 → 地

7, 6 → GND, ($V_6 < \frac{2}{3} V_{CC}$)

$V_i=1$, ($V_2 > \frac{1}{3} V_{CC}$) Q 保持, $Q=0$



设 $Q=1$, $\bar{Q}=0$, T 截止, 7 → 开路

V_{CC} 向 C 充电, V_C 升高, 当 $V_C > \frac{2}{3} V_{CC}$, $Q=0$

$\bar{Q}=1$, 放电管 T 导通 (7地) $V_6 < \frac{2}{3} V_{CC}$, $V_2 > \frac{1}{3} V_{CC}$

$Q=0$ 保持

所以, 稳定状态为: $Q=0$

单稳态触发器工作原理:

触发前, $Q = 0$ (T 导通, 6,7 地)

触发瞬间, $V_i < \frac{1}{3} V_{CC}$ $Q = 1$

$\bar{Q} = 0$, T 截止 (断开), C 充电

充电路径: $V_{CC} \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow \text{地}$

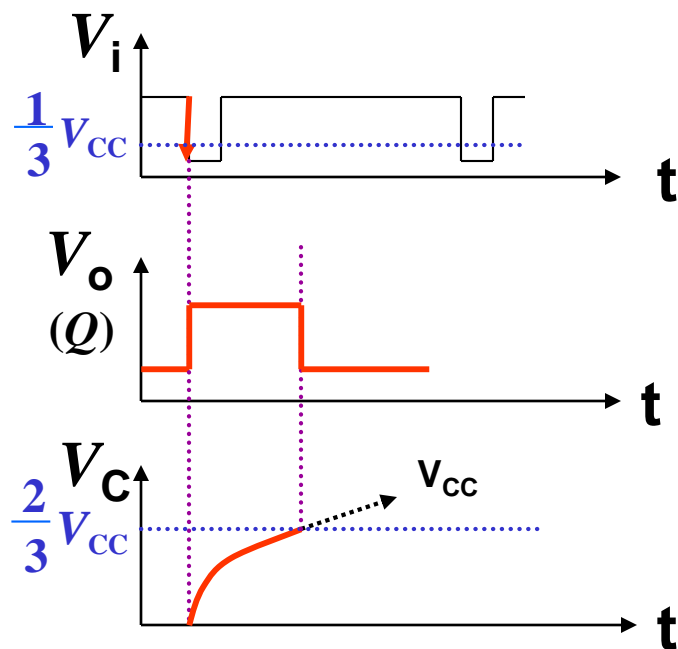
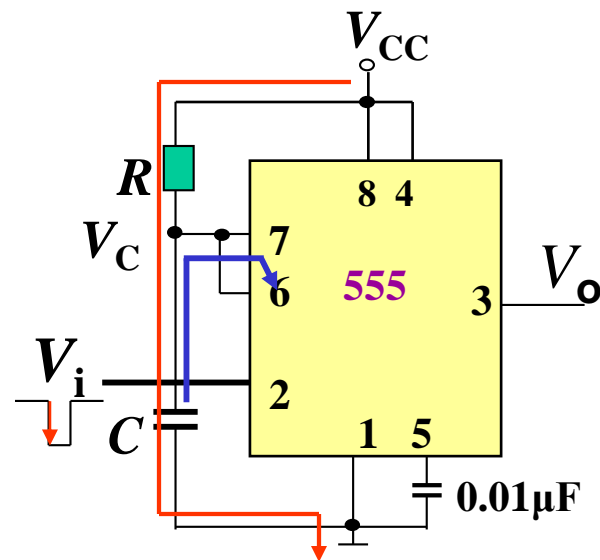
时间常数 $\tau_1 = RC$, C 充电, $V_C \uparrow$

当 $V_C > \frac{2}{3} V_{CC}$ ($V_6 > \frac{2}{3} V_{CC}$)

V_i 早已回到 1 ($V_2 > \frac{1}{3} V_{CC}$)

$Q = 0$, $\bar{Q} = 1$, T 导通 (地),

C 放电, 路径: $C \rightarrow T \rightarrow \text{地}$



放电时间常数 $\tau_2 = R_{on}C$,

R_{on} : T导通电阻

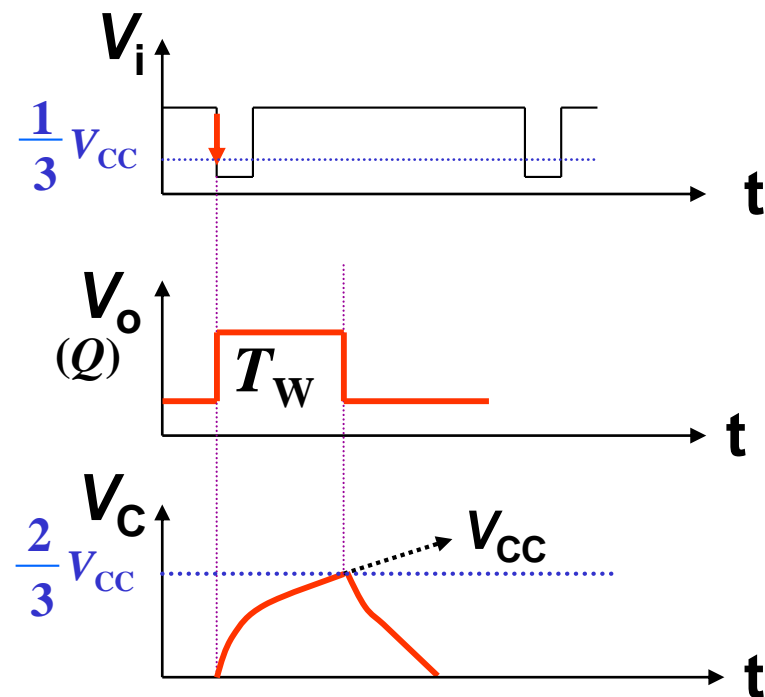
$V_C \downarrow$

暂稳态持续时间 T_W

$$T_W = RC \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(t)}$$
$$= RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = 1.1RC$$

T_W 是重要参数.

暂稳态持续时间是电容C充电到 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 所用时间



$$T_W = 1.1RC$$

单稳态触发器的恢复时间
(recovery time):

$$T_R = (3\sim 5)R_{on}C = 4R_{on}C$$

∴ 触发信号最小周期:

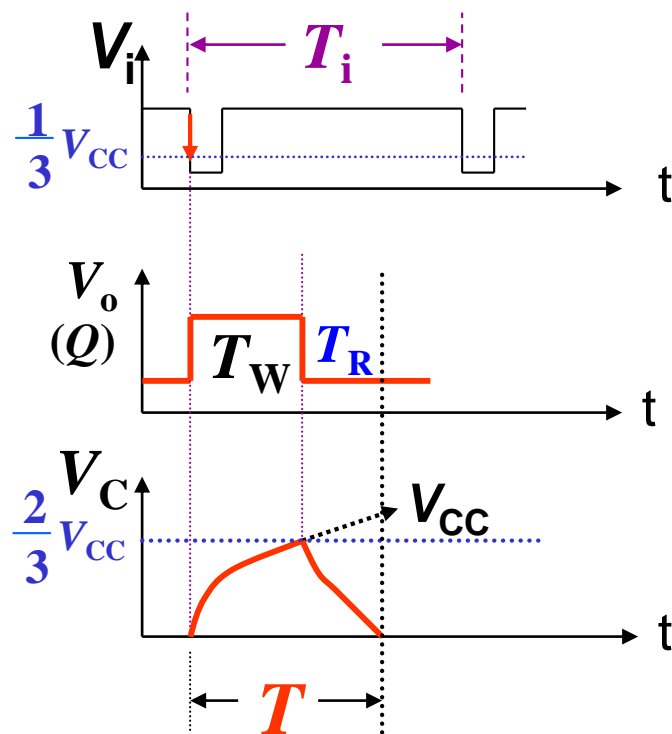
$$T = T_w + T_R = 1.1RC + 4R_{on}C$$

T: resolution 分辨率

触发信号最大工作频率:

$$f = \frac{1}{T}$$

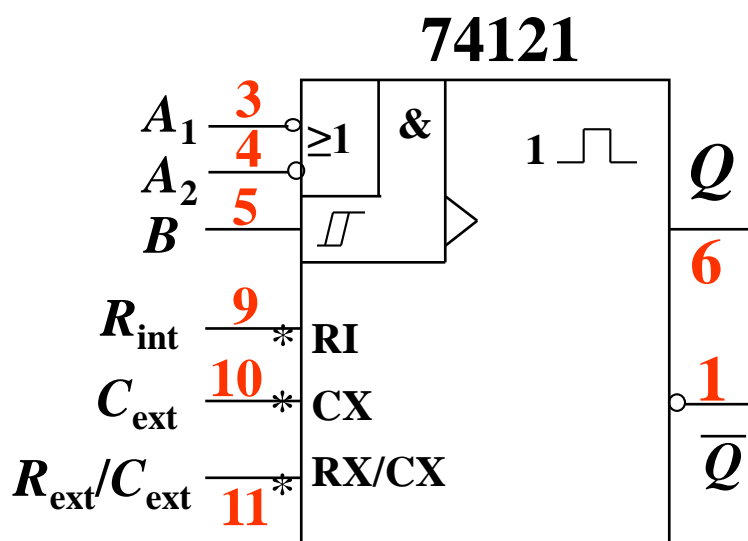
实际触发周期 T_i : $T_i \geq T$



7.3.3 集成单稳态触发器74121

74121 是非重复触发的单稳态触发器，FF进入暂稳态后，不再接收新触发信号，直到 T_W 时间后结束。

IEEE 符号：



7 GND, 14 V_{CC} ,
2, 8, 12, 13 空

输入 (触发):

$\begin{cases} A_1, A_2 & \text{低有效. “或”} \\ B & \text{高有效, Schmitt} \end{cases}$
 $(A_1 + A_2)B$

CLK 正边沿触发











R_{int} : 内电阻 (不用时悬空)

C_{ext} : 外接电容

R_{ext}/C_{ext} : 共用

* 非数字信号, 接 R , C

74121 功能表

Inputs			Outputs	
A_1	A_2	B	Q	\overline{Q}
0	X	1	0	1
X	0	1	0	1
X	X	0	0	1
1	1	X	0	1
1	↓	1		
↓	1	1		
↓	↓	1		
0	X	↑		
X	0	↑		

74121


(1) 稳定状态 ($Q=0$)


3变量 (A_1, A_2, B)

→ 8 个组合

8 个状态都是稳定状态

(2) 暂稳态

① $B = 1$, A_1 和 A_2 至少有一个为下降沿, 另一个为高电平. 

② $A_1 \cdot A_2 = 0$, B 上升沿 

(3) 定时元件接法

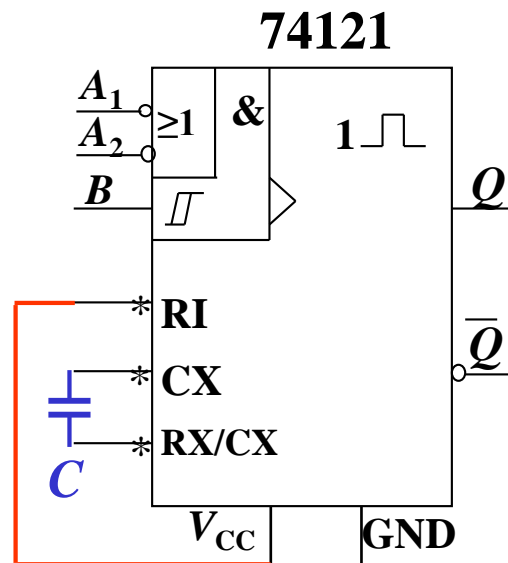
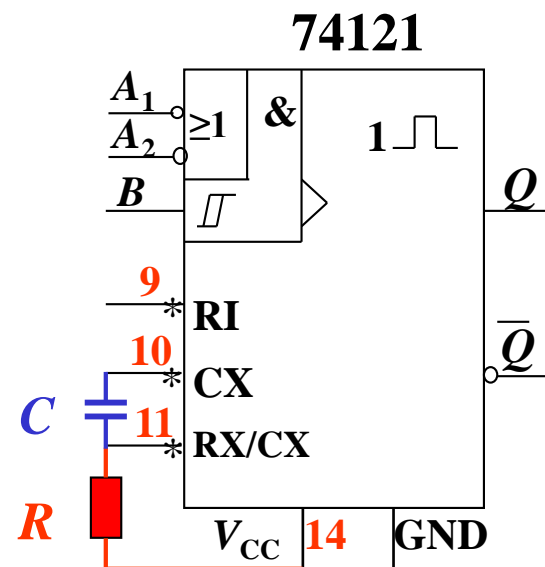
定时元件 R, C

外接 $\begin{cases} R: RX \sim V_{CC} \text{ 之间} \\ C: CX \sim RX \text{ 之间} \end{cases}$

内接 $\begin{cases} R_{int} (RI): R_{int} = 2 \text{ k}\Omega \\ RI \sim V_{CC} \text{ (内接电阻)} \\ C: CX \text{ (外接电容)} \end{cases}$

74121 暂稳态时间 T_w :

$$T_w = 0.7RC$$



7.3.4 单稳态触发器应用

1. 波形转换

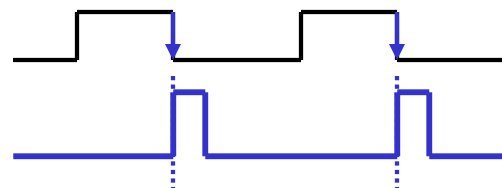
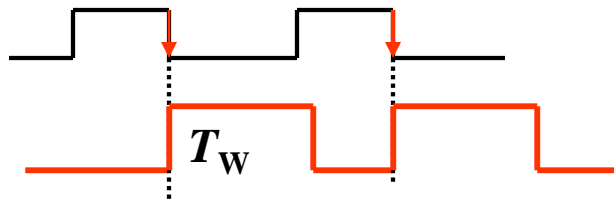
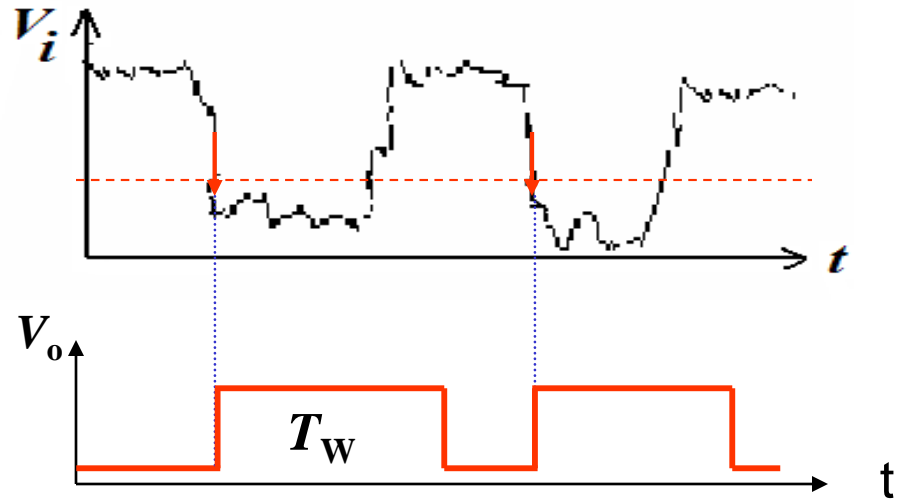
把不符合要求的波形整形成 T_w , V_m 都一定的脉冲.

$$T_w \sim R, C.$$

555 定时器单稳态:

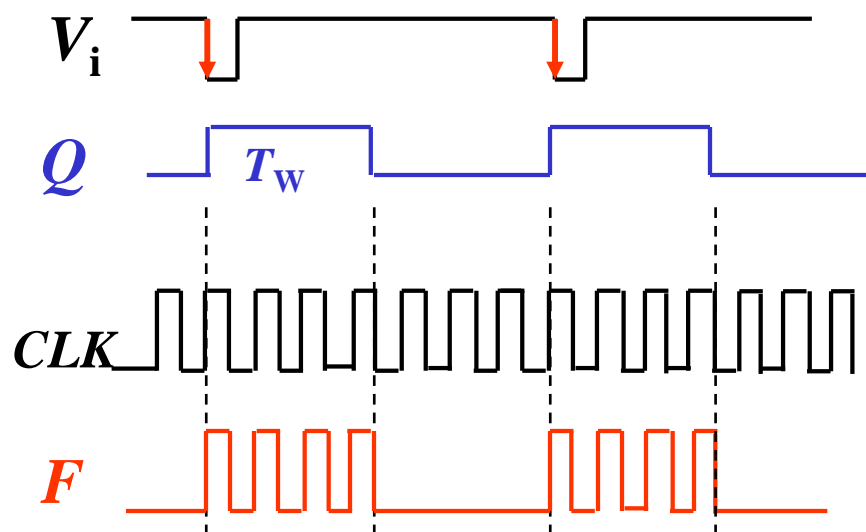
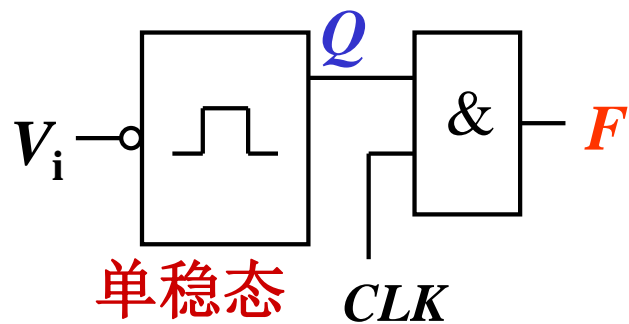
触发 $\left\{ \begin{array}{l} \text{负边沿} \\ < \frac{1}{3} V_{CC} \end{array} \right.$

脉冲展宽和变窄



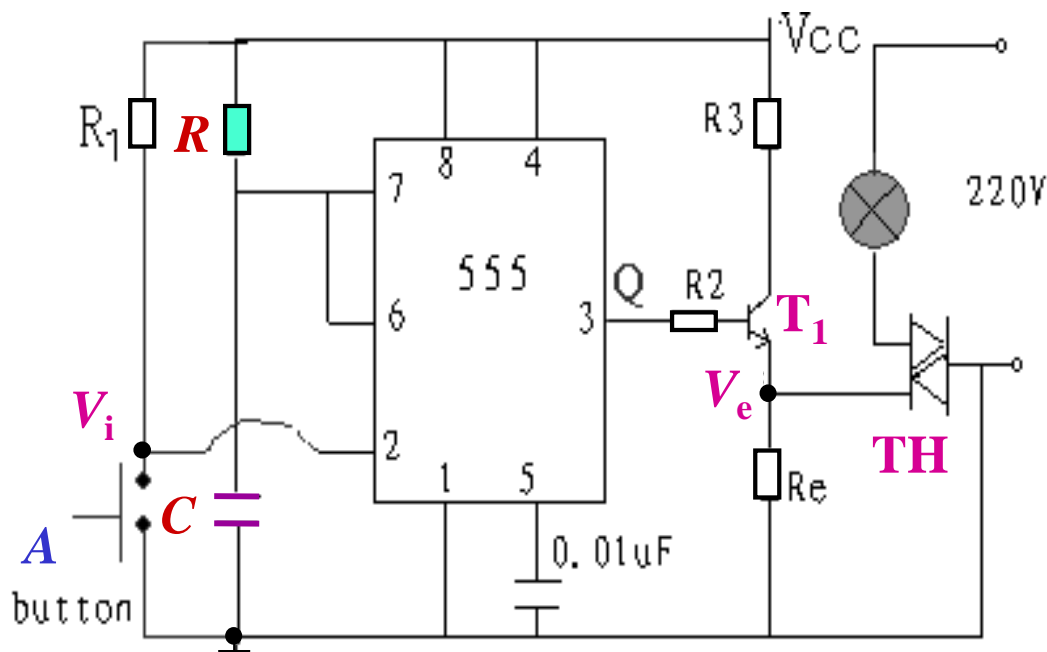
2. 定时

例 1



CLK 输出

例 2. 楼道照明灯控制电路



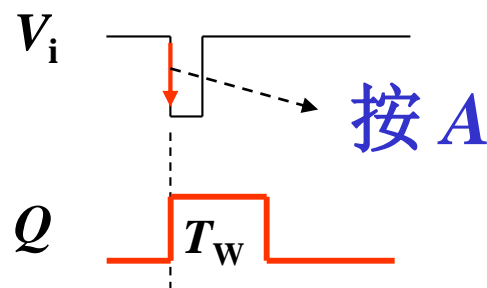
工作原理

按 A 之前, $V_i = 1$,
 $Q = 0$, 稳态,
 T_1 截止, $V_e = 0$,
 TH 开路, 灯不亮;

按 A , $V_i = 0$, $Q = 1$,
 T_1 导通, $V_e > 0$,
 TH 导通, 灯亮.

定时元件: R, C . TH : 晶闸管

灯亮时间: $T_W = 1.1RC$



3. 延时

T_w 下降沿触发下一个电路.

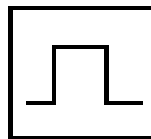
例：花房自动控制系统：每次喷药2 s，马上喷水15 s

分析： 第一个单稳态 $T'_w = 2\text{ s}$ (喷药),

T'_w 下降沿触发喷水开关:

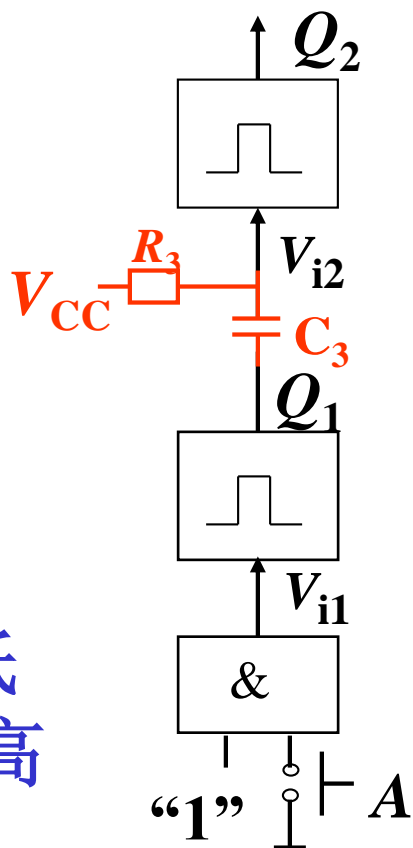
$T''_w = 15\text{ s}$ (水).

两个单稳态触发器

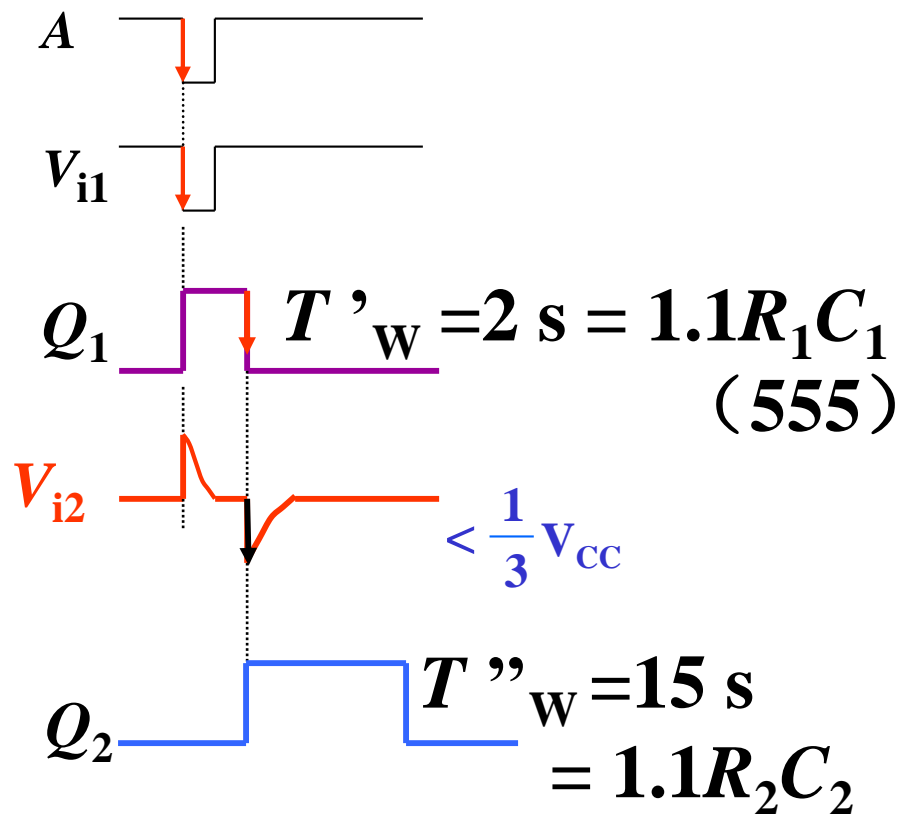


电路

微分电路



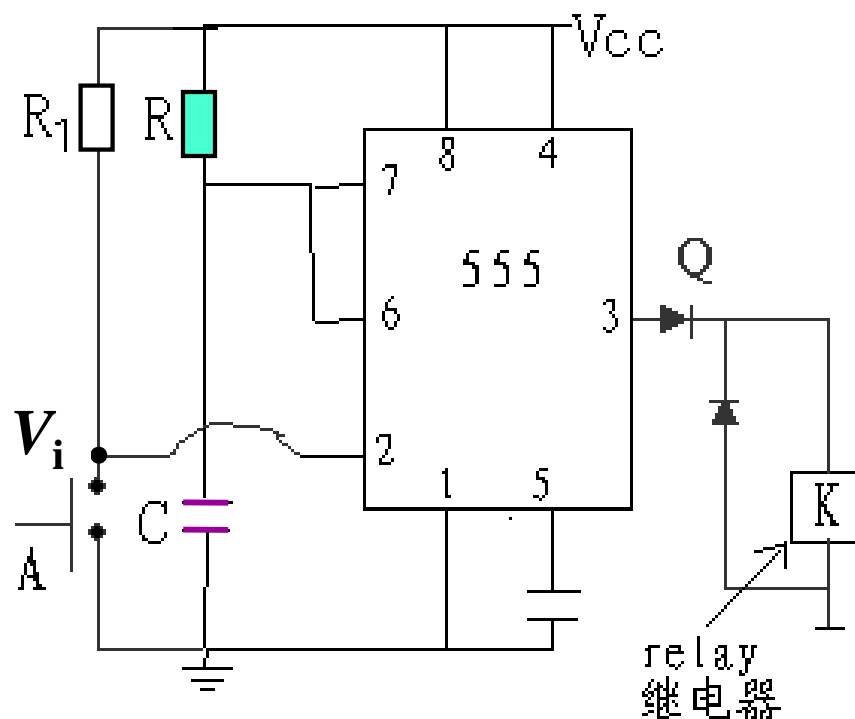
按 A: A 低
否则: A 高



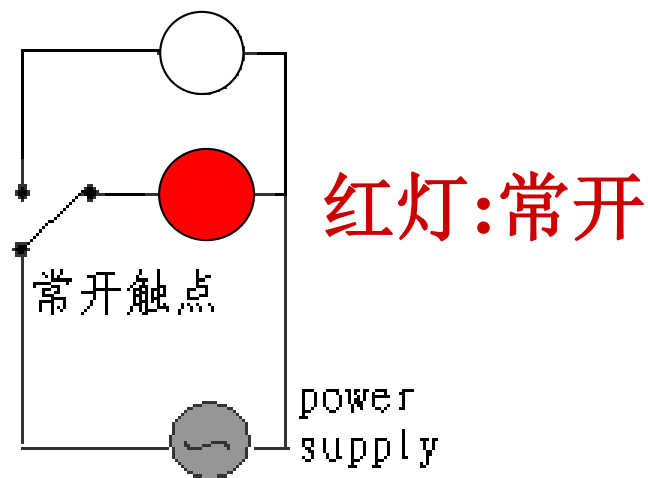
555 定时器单稳态, 在 T'_w 后 Q_1 不回到高电平, 在两个单稳态触发器之间需要一个微分电路, 形成一个窄脉冲来触发 T''_w .

74121不需要外加微分电路.

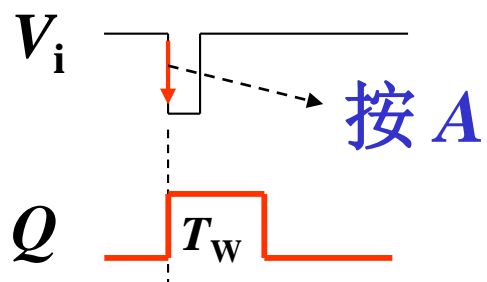
例 3 曝光电路



白灯: 曝光

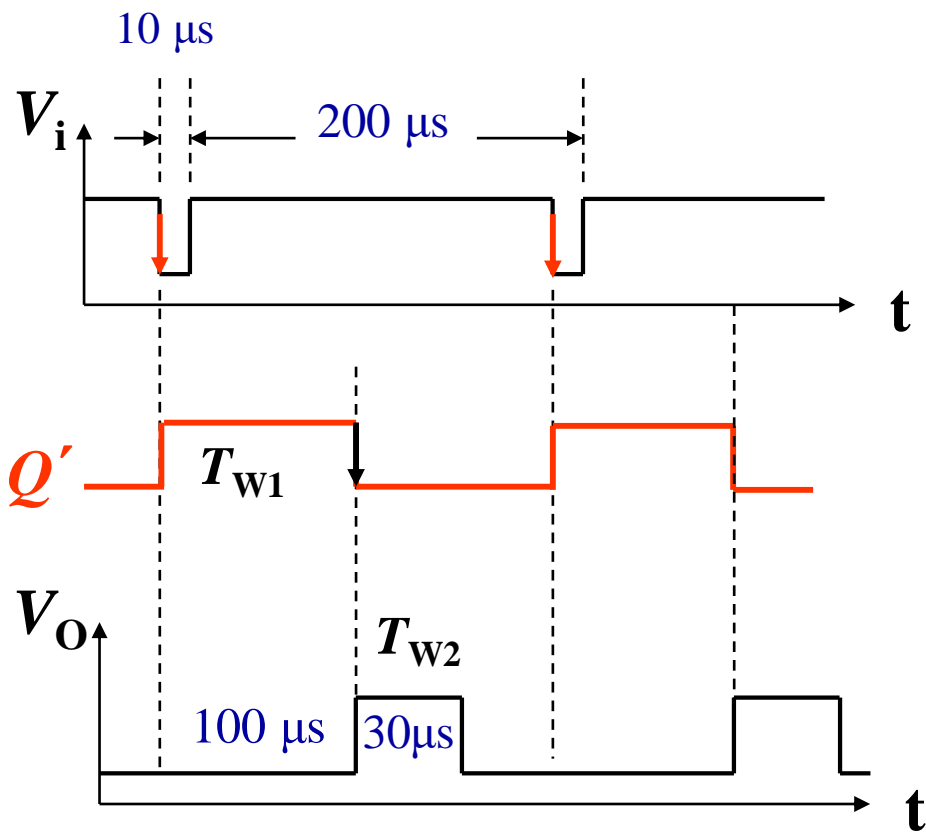


红灯: 常开



$$T_w = 1.1RC$$

4. 用 74121 设计电路，其输入输出波形如图所示：



分析

在输入和输出间需要一个输出 Q' ，其下降沿触发第二个 74121.

$$\begin{aligned} T_{W1} &= 100 \times 10^{-6} \\ &= 0.7R_1C_1 \end{aligned}$$

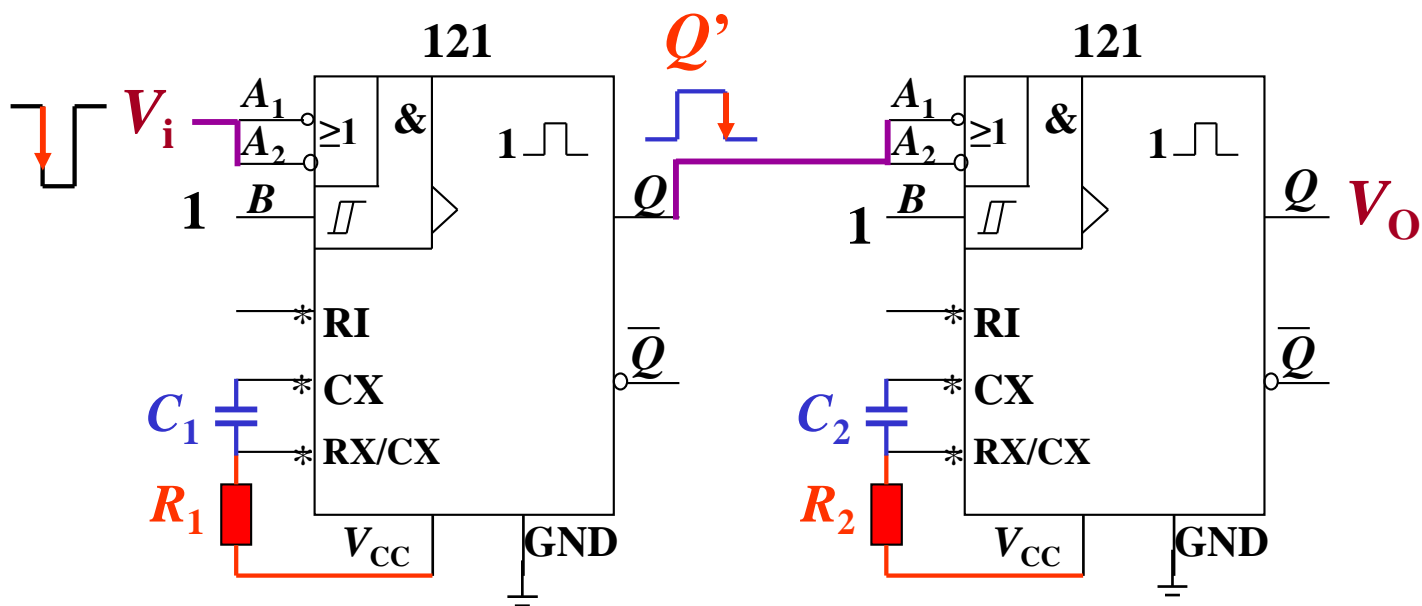
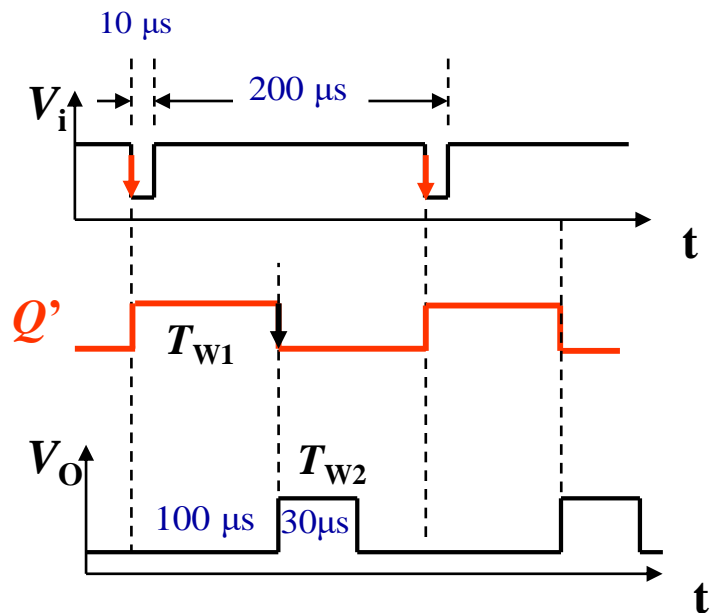
$$\begin{aligned} T_{W2} &= 30 \times 10^{-6} \\ &= 0.7R_2C_2 \end{aligned}$$

设 $R_1 = R_2 = 10\ \text{k}\Omega$ ，求 C_1, C_2

电路 方法 1

暂稳态

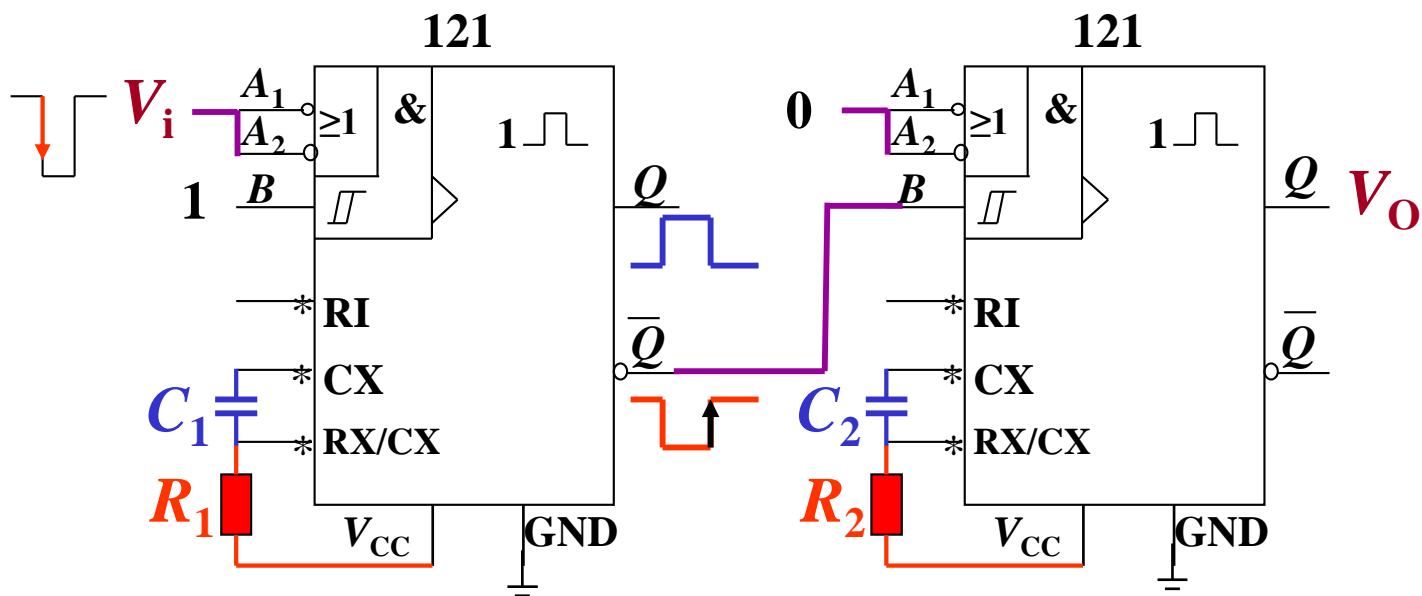
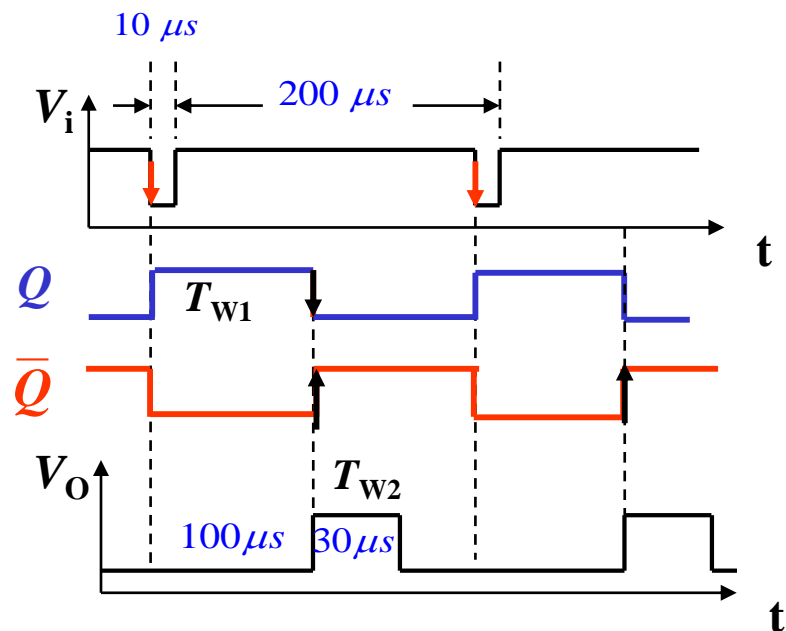
$$\begin{cases} A_1 = A_2 \\ B = 1 \end{cases}$$



方法 2

暂稳态

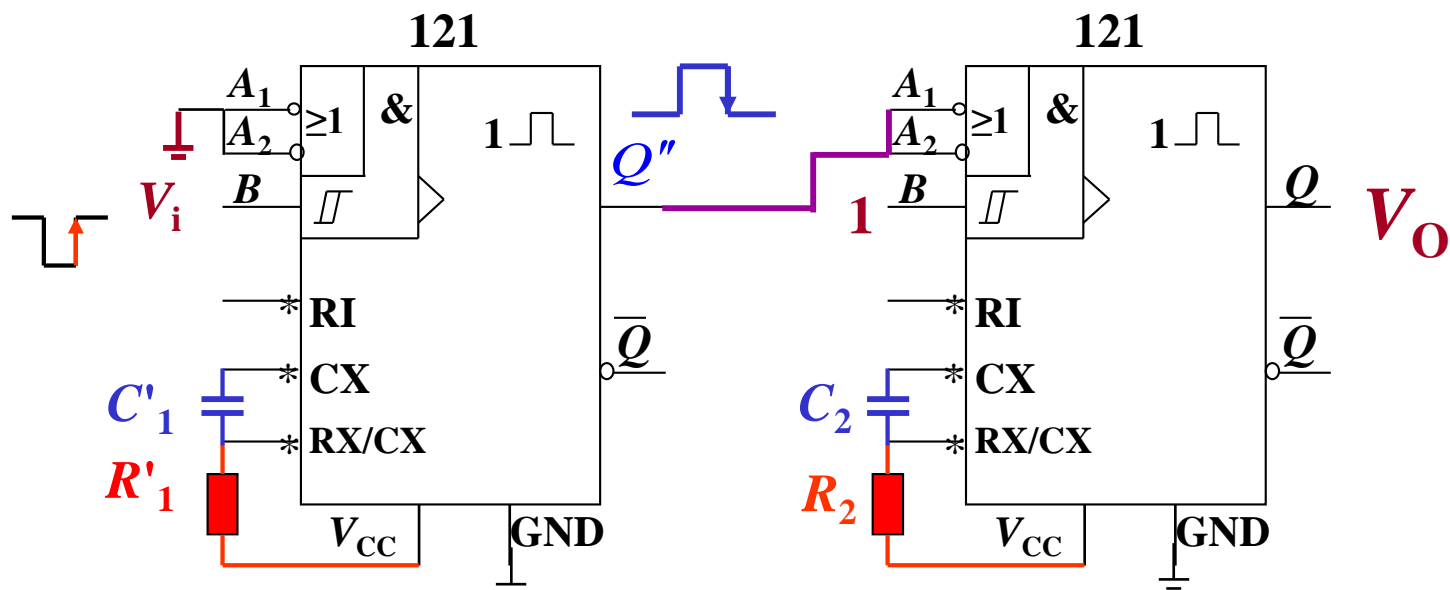
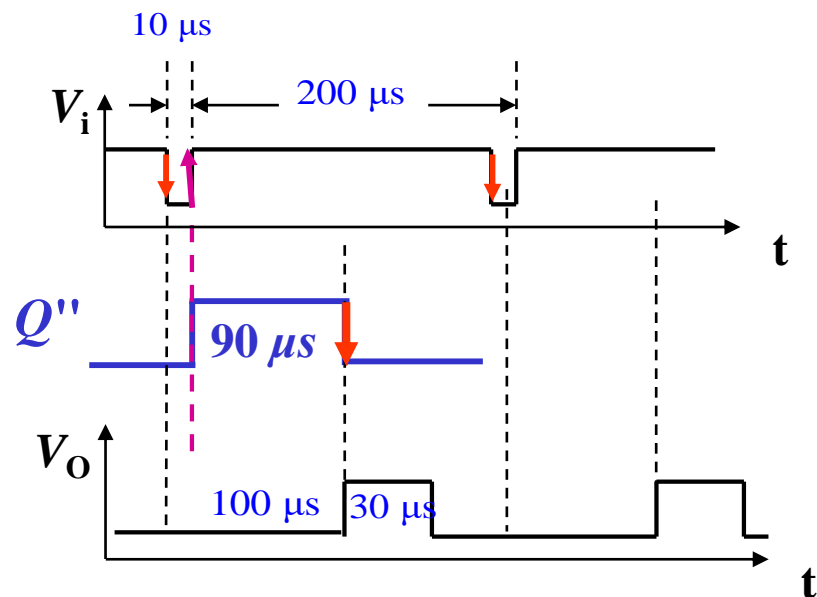
$$\text{II} \left\{ \begin{array}{l} B \\ A_1 \cdot A_2 = 0 \end{array} \right.$$



方法 3

暂稳态

$$\begin{cases} B = 1 \\ A_1 \square A_2 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} B = 1 \\ A_1 = A_2 \neg \end{cases}$$

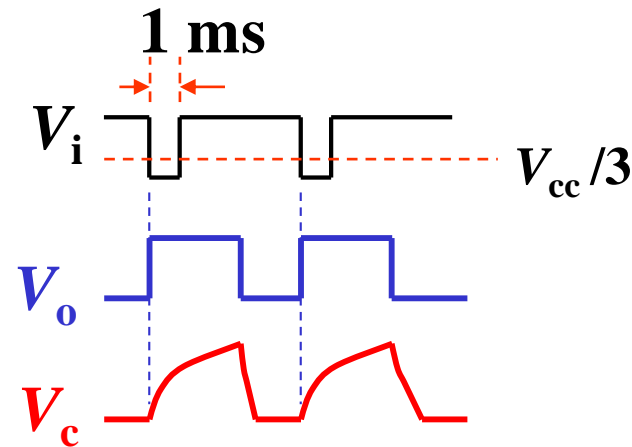
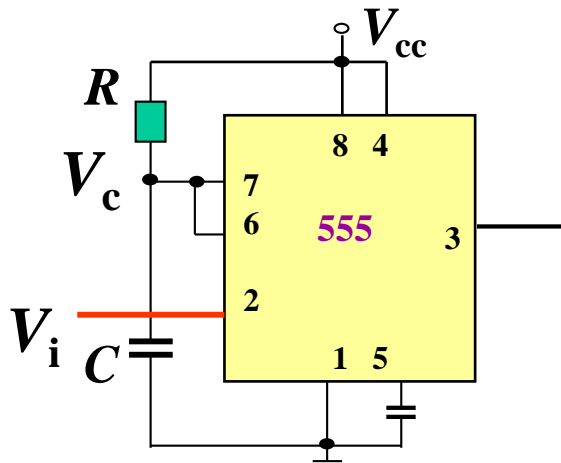


$$0.7C'_1R'_1 = 90 \mu s$$

练习

一个单稳态触发器电路及输入波形如下图所示。
其中 $V_{cc}=10\text{ V}$, $R=33\text{ k}\Omega$, $C=0.1\mu\text{F}$ 。

- 求：1) 暂稳态持续时间 $T_w = ?$
2) 对应 V_i 波形画出 V_C 和 V_O 波形。



$$T_w = 1.1RC = 1.1 \times 33 \times 10^3 \times 1.1 \times 10^{-6} = 3.63\text{ ms}$$

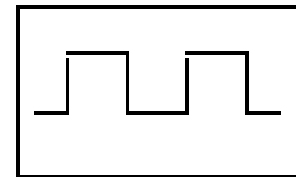
§ 7.4 多谐振荡器

Astable Multivibrators (Oscillators)

产生矩形波的自激振荡器.

- 1) 两个不稳定状态 $\begin{cases} Q = 0, \bar{Q} = 1 \\ Q = 1, \bar{Q} = 0 \end{cases}$
- 2) 无触发信号
- 3) 输出: 周期性的从一个暂稳态
转到另一个暂稳态

符号 :

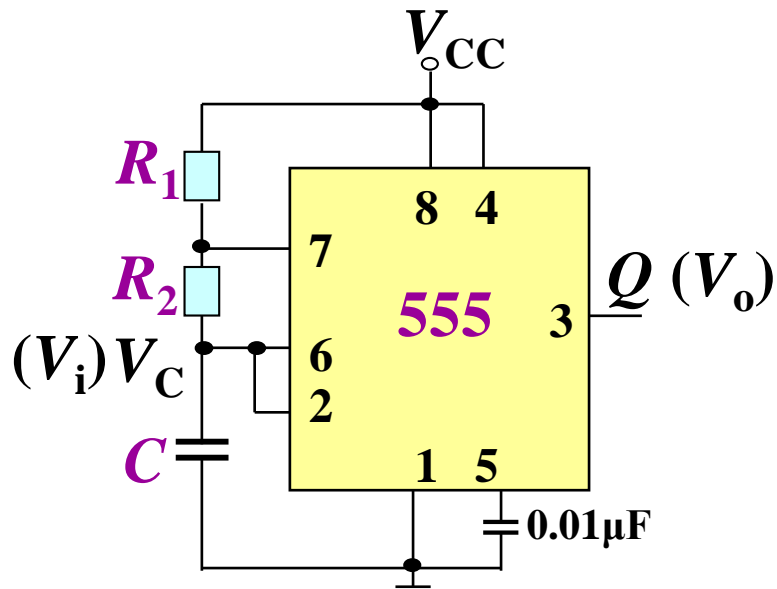


许多电路可以组成多谐振荡器, 如 TTL逻辑门, 施密特触发器, 石英晶体, 555 定时器等。

利用RC电路中电容的充放电来改变电平的高低。

7.4.1 555 定时器构成的多谐振荡器

Astable Multivibrator Composed of 555 Timer

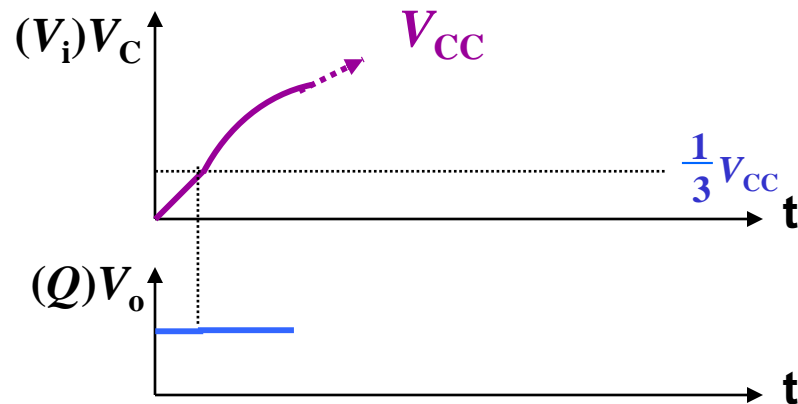
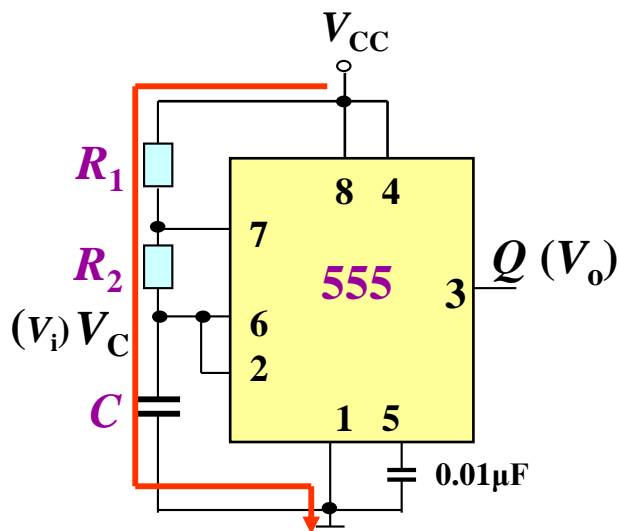


2, 6 端相连

定时元件: R_1, R_2, C

利用放电管（7端）和
电容充放电改变电压

工作原理: 开关闭合前, $V_C = 0$



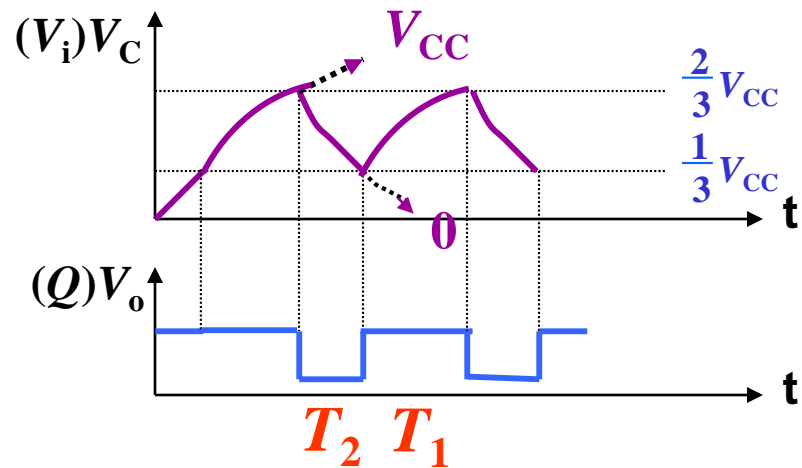
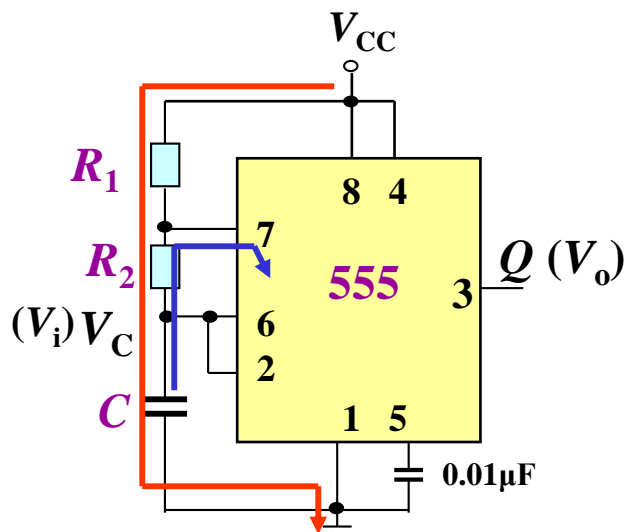
电源开, $V_C = 0$ 电容上电压不能跳变

$Q = 1$ ($V_i < 1/3 V_{CC}$) $\overline{Q} = 0$, T 截止 (7 断开)

C : 充电 充电路径: $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow C \rightarrow$ 地

充电时间常数 $\tau_1 = (R_1 + R_2)C$

$V_C \uparrow$, $1/3 V_{CC} < V_C < 2/3 V_{CC}$ **Q: 保持**



当 $V_C \rightarrow \frac{2}{3} V_{CC}$ $Q = 0$, $\bar{Q} = 1$, T 导通 (7 地)

C: 放电 $C \rightarrow R_2 \rightarrow T \rightarrow \text{地}$

$\tau_2 = R_2 C$ $V_C \downarrow$ 当 $V_C \rightarrow \frac{1}{3} V_{CC}$

$Q = 1$, $\bar{Q} = 0$, T 截止 C: 再充电

两个暂稳态持续时间 T_1, T_2 :

高电平时间：

$$T_1 = \tau_1 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(T_1)} = (R_1 + R_2)C \ln \frac{V_{CC} - \frac{1}{3}V_{CC}}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = 0.7(R_1 + R_2)C$$

低电平时间：

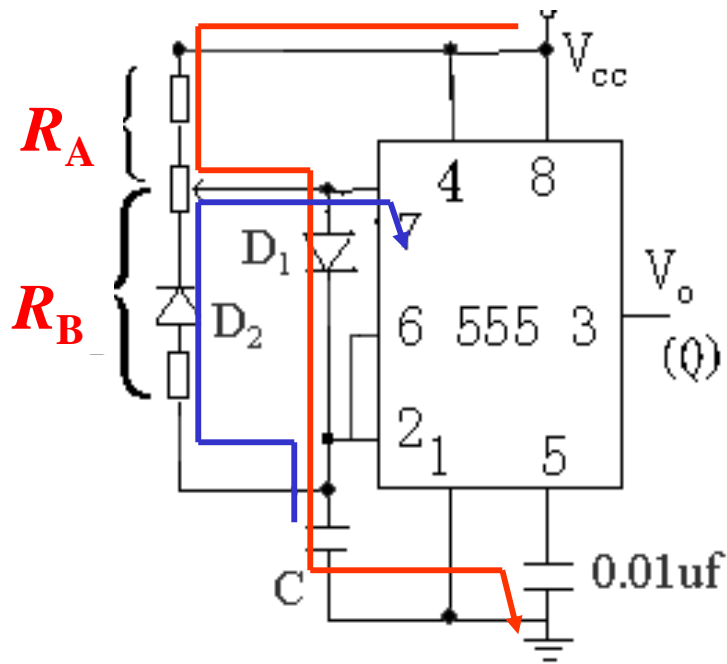
$$T_2 = \tau_2 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(T_2)} = R_2C \ln \frac{0 - \frac{2}{3}V_{CC}}{0 - \frac{1}{3}V_{CC}} = 0.7 R_2C$$

振荡周期 T ： $T = T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + 2R_2)C$

频率 f ： $f = \frac{1}{T}$

占空比： $q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} > \frac{1}{2}$

占空比可调的多谐振荡器



充放电原理相同,
充放电回路不同

当 $V_o = 1$, T截止 (7 断开),

C: 充电, 充电路径:

$V_{CC} \rightarrow R_A \rightarrow D_1 \rightarrow C \rightarrow \text{地}$

时间常数: $\tau_1 = R_A C$

$V_C \uparrow \quad V_C > \frac{2}{3} V_{CC} \quad V_o(Q) = 0,$

T 导通, C: 放电

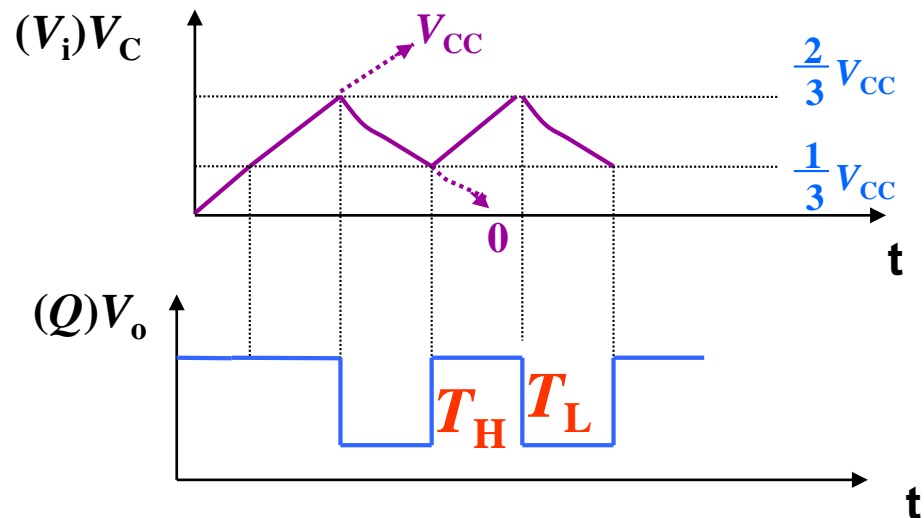
放电路径:

$C \rightarrow R_B \rightarrow D_2 \rightarrow T \rightarrow \text{地}$

时间常数: $\tau_2 = R_B C$

两个暂稳态时间

$$\begin{cases} T_H = 0.7R_A C \\ T_L = 0.7R_B C \end{cases}$$



周期

$$T = T_H + T_L = 0.7(R_A + R_B)C$$

占空比

$$q = \frac{T_H}{T} = \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

当 $R_A = R_B$

$$q = \frac{1}{2} \quad \text{方波}$$

7.4.3 石英晶体振荡器

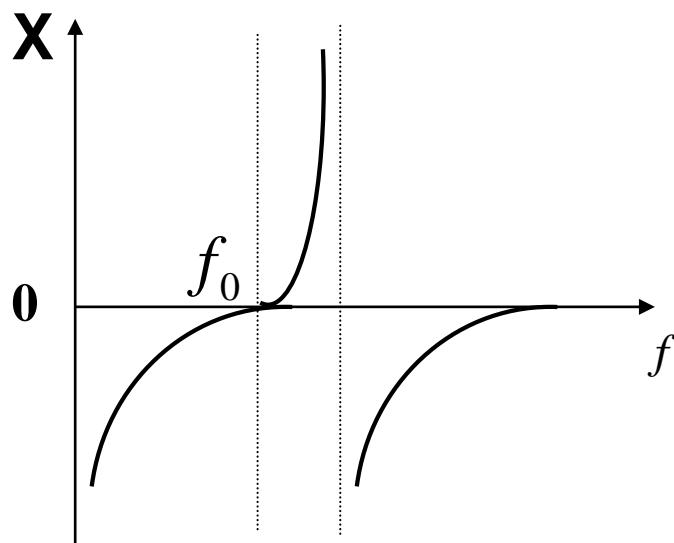
Quartz Crystal Oscillators

实际工作中,经常需要一个稳定的频率.

方法: 石英晶体振荡器



电抗—频率特性



当电压频率为 f_0 时,
其电抗最小

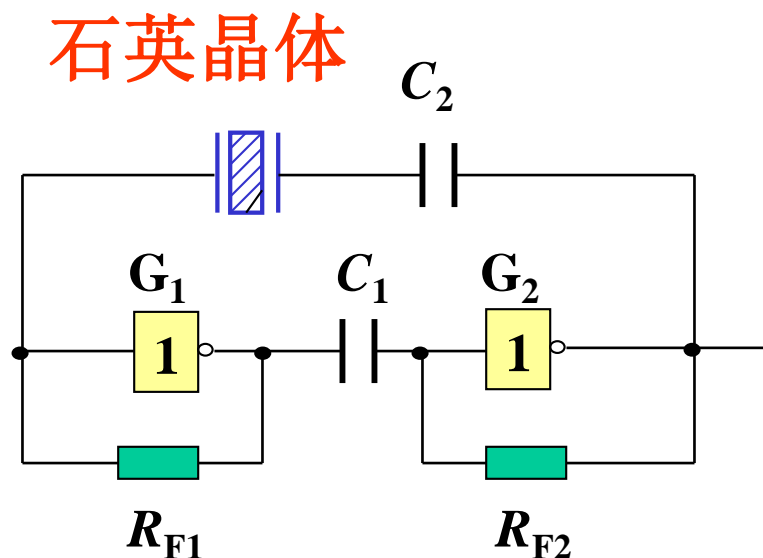
将石英晶体接入多谐振荡器, 频率为 f_0 的电压信号最容易通过, 其他频率信号经过石英晶体时被衰减。

振荡器的工作频率一定等于石英晶体的振荡频率 f_0

振荡频率取决于石英晶体的固有谐振频率 f_0 ，而不是电阻和电容。

石英晶体振荡频率 { 结晶方向
外形尺寸

电路



7.4.5 多谐振荡器应用

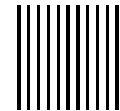
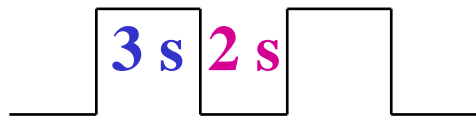
Applications of Astable Multivibrators

例 1. 用555定时器设计一个每隔2 s振荡3 s的多谐振荡器, 其振荡频率为200 Hz, $q = 1/2$, 电容取10 μF .

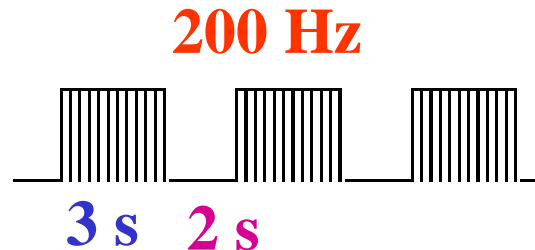
分析: 两个振荡器

I: 振荡 3 s, 停 2 s

II: 频率: 200 Hz $q = \frac{1}{2}$

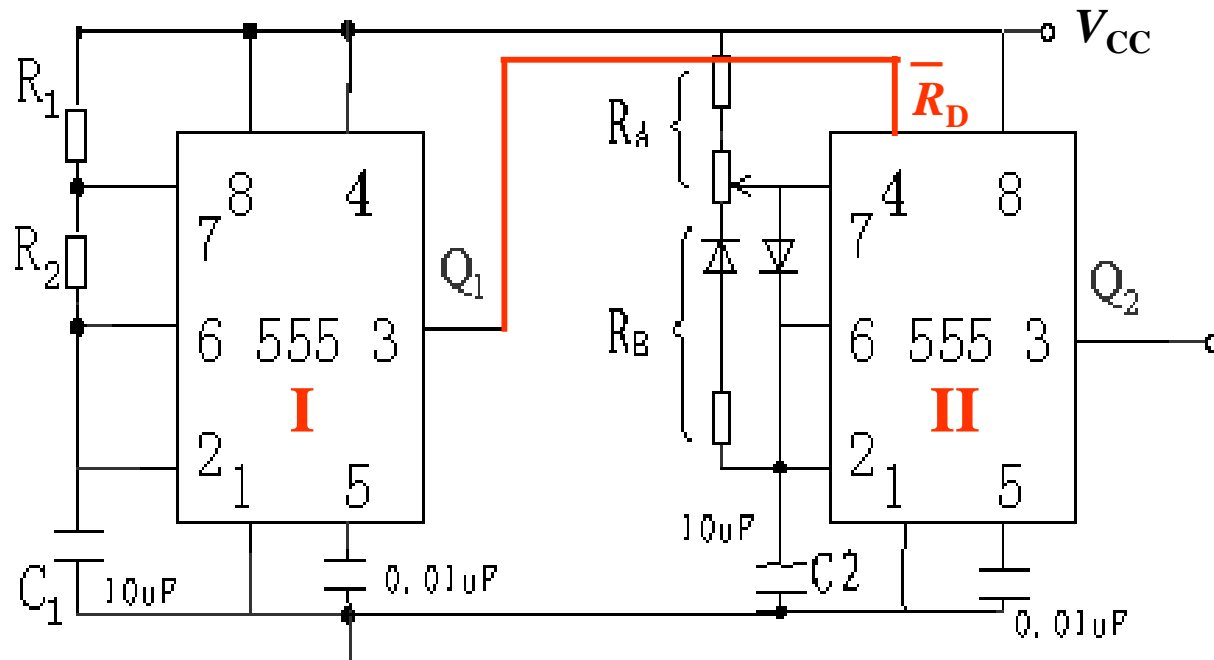


两个振荡器:



用555定时器的4脚复位端来控制II是否工作

$\begin{cases} \bar{R}_D = 1, & \text{II 工作} \\ \bar{R}_D = 0, & \text{II 清0, 停.} \end{cases}$ I: $q > 1/2$, 用不可调类型;
II: $q = 1/2$, 用占空比可调型



$Q_1 = 1, \bar{R}_D = 1$

II 工作;

$Q_1 = 0, \bar{R}_D = 0$

II 停止,

$V_0 = Q_2 = 0$

电路参数:

振荡器 I : 已知

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 3 + 2 = 5 \text{ s} \\ q = \frac{3}{5} \end{array} \right. \quad C_1 = 10 \mu\text{F}$$

$$\left. \begin{array}{l} T = 0.7(R_1 + 2R_2)C_1 = 5 \text{ s} \\ q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{3}{5} \end{array} \right\}$$

$$R_2 = 2R_1$$

$$5 = 0.7(R_1 + 4R_1) \times 10 \times 10^{-6}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = 143 \text{ K}\Omega \\ R_2 = 286 \text{ K}\Omega \end{array} \right.$$

振荡器 II : 已知

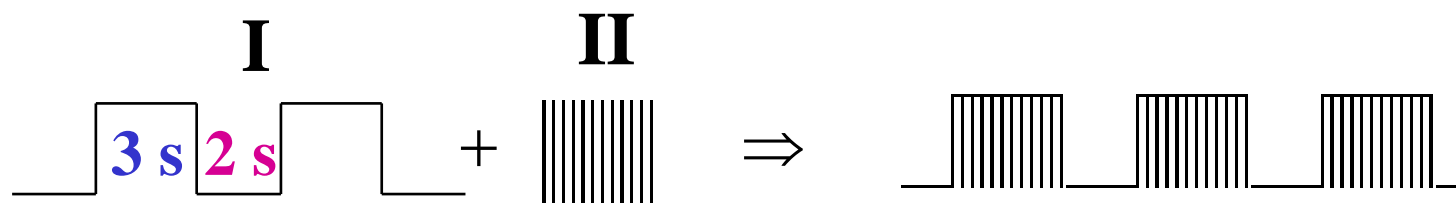
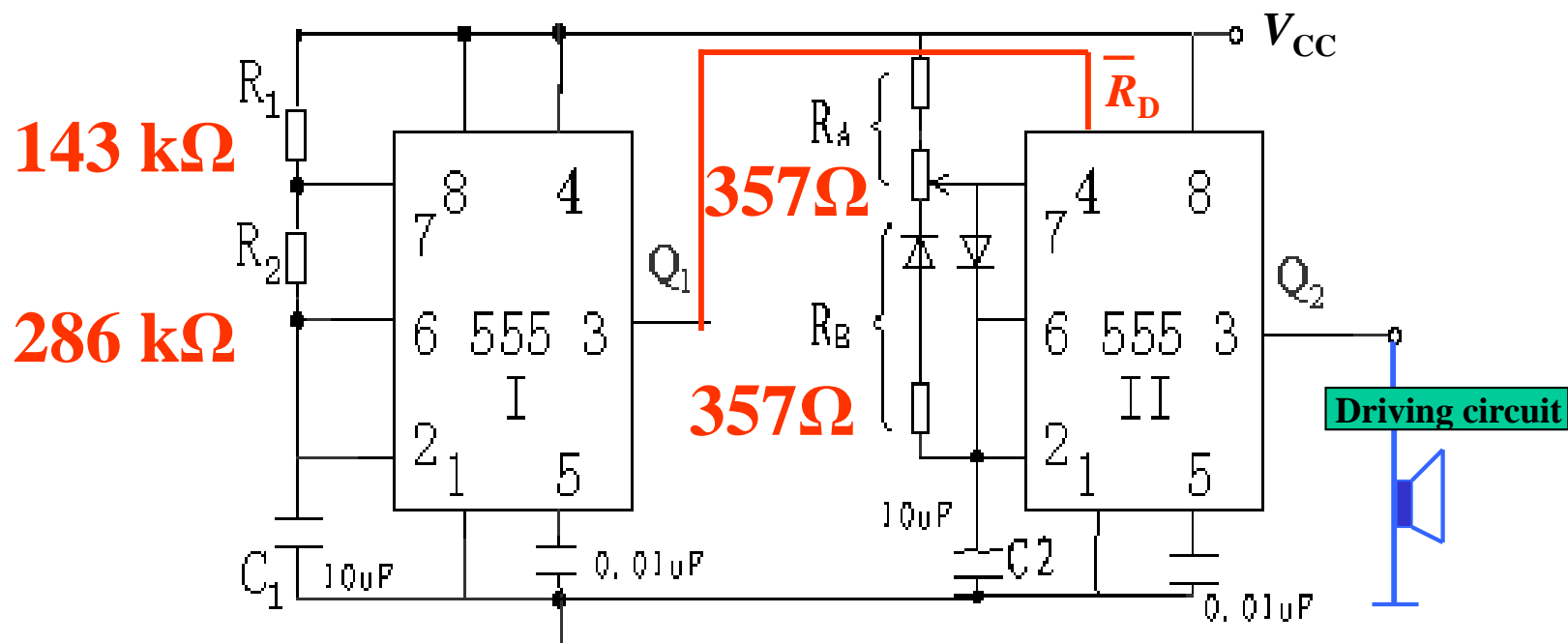
$$\left\{ \begin{array}{l} f = 200 \text{ Hz}, T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ s} \\ q = \frac{1}{2} \end{array} \right. \quad C_2 = 10 \mu\text{F}$$

$$\left. \begin{array}{l} T = 0.7(R_A + R_B)C_2 = 0.005 \text{ s} \\ q = \frac{R_A}{R_A + R_B} = \frac{1}{2} \end{array} \right\}$$

$$R_A = R_B$$

$$1.4R_A = \frac{0.005}{10 \times 10^{-6}} = 500$$

$$R_A = R_B = 357 \Omega$$

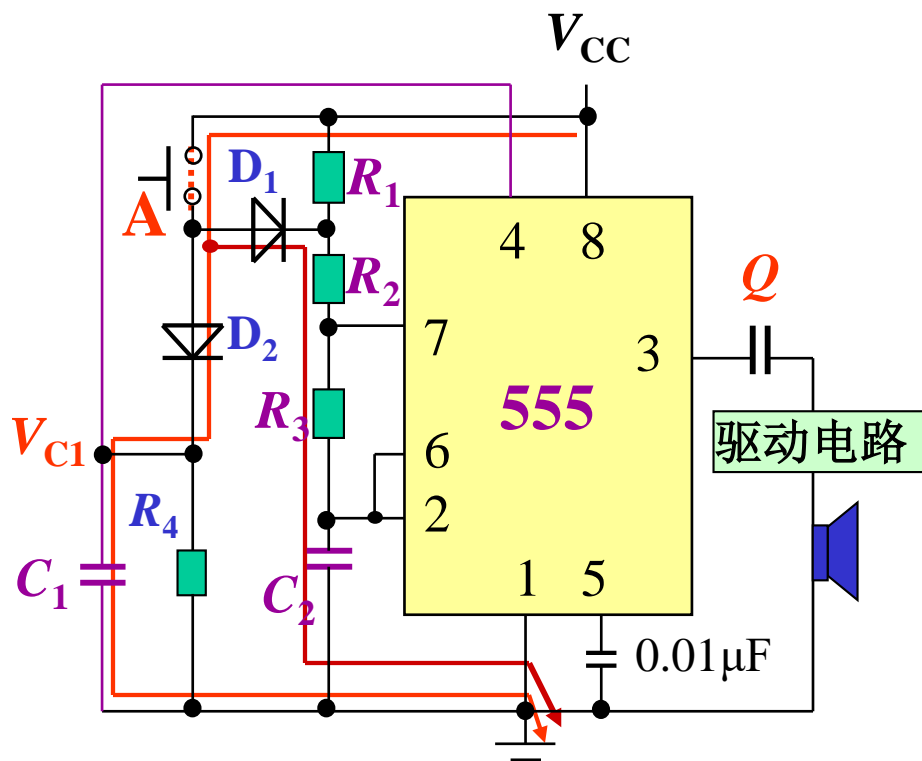


喇叭连在输出

响 3 s, 停 2 s

例2 “叮咚”门铃电路

工作原理:



按钮A: 按“叮”,
松开“咚”

充电

$\left\{ \begin{array}{l} C_1 \text{ 4脚} \rightarrow \text{高电平, 振荡} \\ C_2 \text{ 定时元件} \end{array} \right.$

无人叫门, A断开,
 $V_{C1}=0$, 4脚 \rightarrow 地, 电路
不振荡, 门铃不响;

有人按铃A, V_{CC} 同
时向 C_1 和 C_2 充电.

$V_{C1}=1$, 4脚高电平,
振荡

按 A

$$\left. \begin{array}{l} \text{充电: } T_1 = 0.7(R_2 + R_3)C_2 \\ \text{放电: } T_2 = 0.7R_3C_2 \end{array} \right\}$$

$$T = 0.7(R_2 + 2R_3)C_2 \quad f = \frac{1}{T}$$

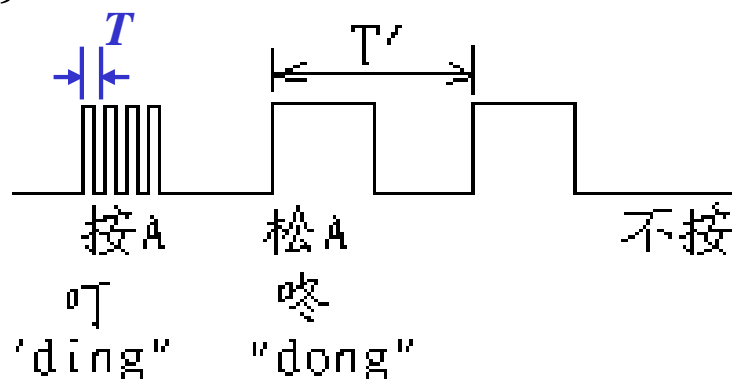
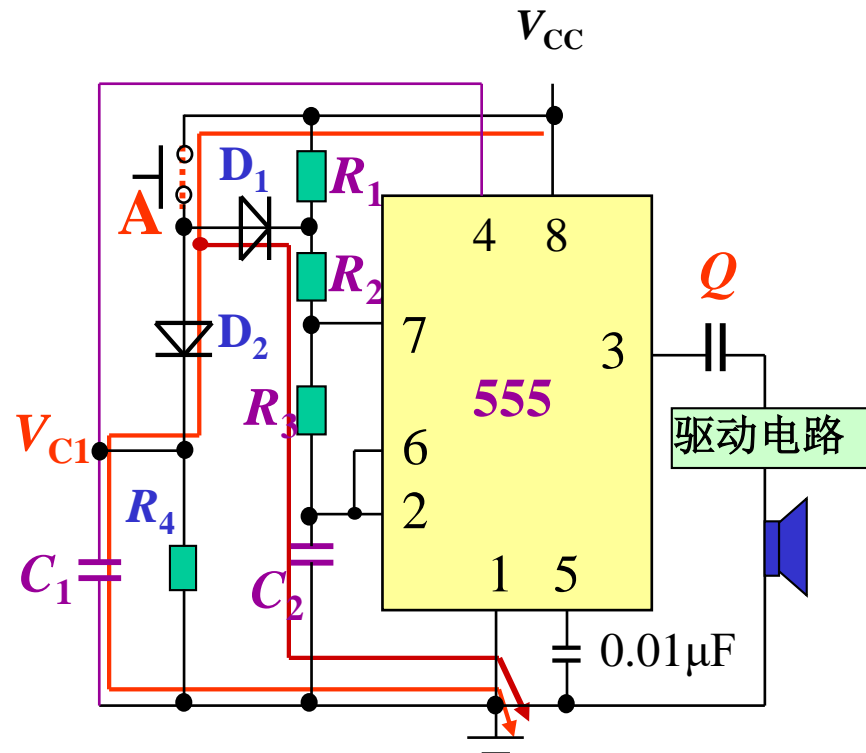
松开 A V_{C1} 不突变, 仍高
 $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow C_2 \rightarrow \text{地}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{充电: } T_1' = 0.7(R_1 + R_2 + R_3)C_2 \\ \text{放电: } T_2' = 0.7R_3C_2 \end{array} \right\}$$

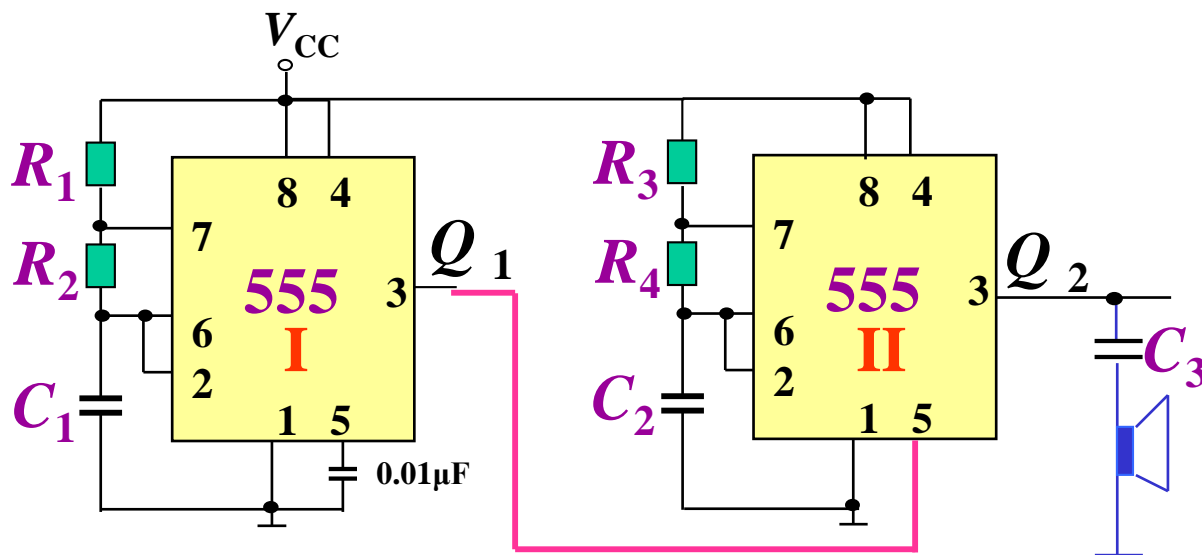
$$T' = 0.7(R_1 + R_2 + 2R_3)C_2 \quad f' = \frac{1}{T'}$$

T 小, f 大, 声音尖 “叮”

T' 大, f' 小, 声音粗 “咚”



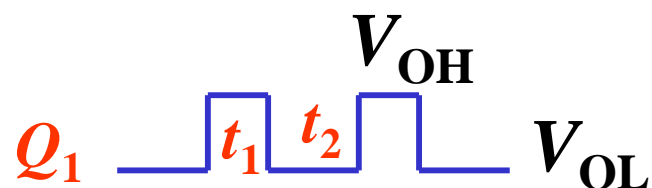
例 3. 救护车、警笛等扬声器发声电路

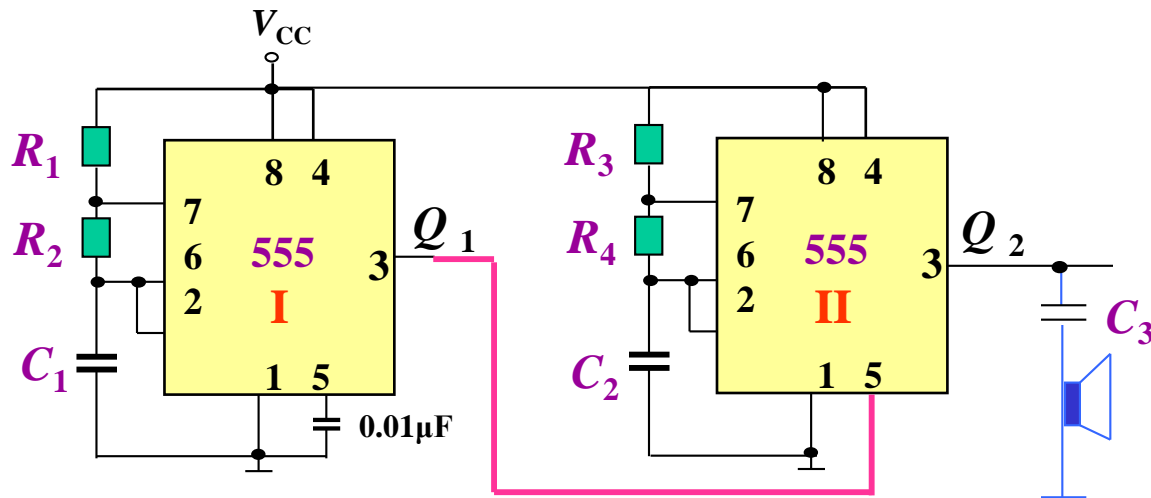


两个频率
由第II个555
的5脚(V_{CO})
控制。

R_1, R_2 and $C_1 \rightarrow Q_1$

振荡器 I {
高电平时间 t_1
低电平时间 t_2
周期 $T_1 = t_1 + t_2$





555 输出:

$$V_{OH} = 3.6 \text{ V}$$

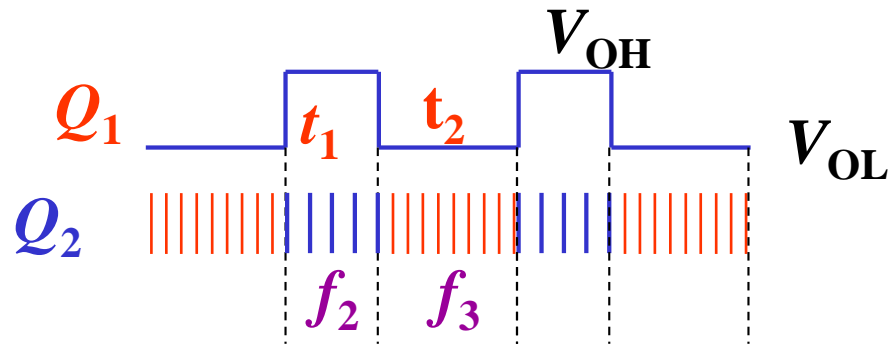
$$V_{OL} = 0.3 \text{ V}$$

I 控制 II :

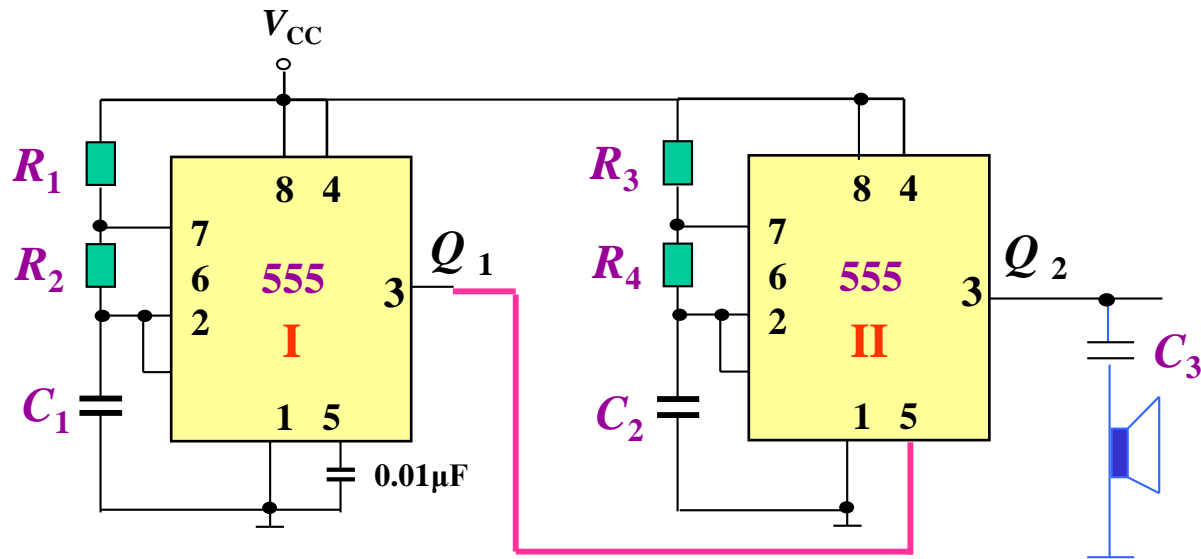
- | | | |
|---|---|------------------|
| { | I 输出高, $Q_1=1$, $V_{CO} = 3.6 \text{ V}$,
 Q_2 振荡周期 T_2; | T_2 大, f_2 小 |
| | I 输出低, $Q_1=0$, $V_{CO} = 0.3 \text{ V}$,
 Q_2 振荡周期 T_3; | T_3 小, f_3 大 |

扬声器发声频率分别为 f_2 和 f_3 ;

持续时间分别为 t_1 和 t_2 .

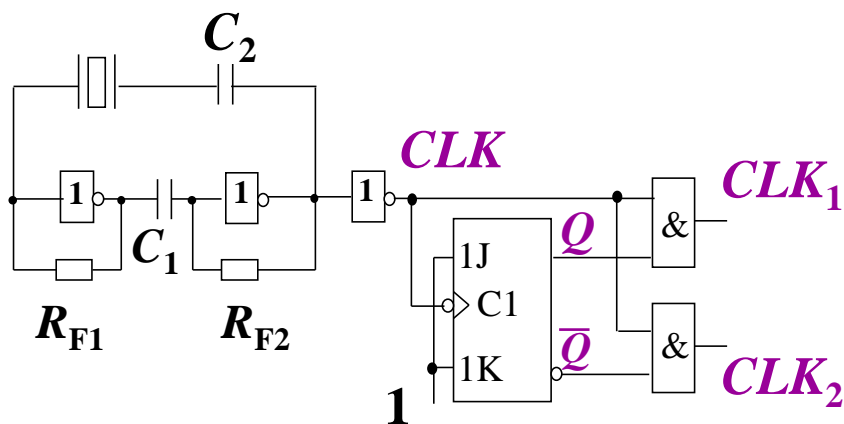


$R_3, R_4, C_2,$
 $Q_1, V_{OH}, V_{OL} \rightarrow Q_2$

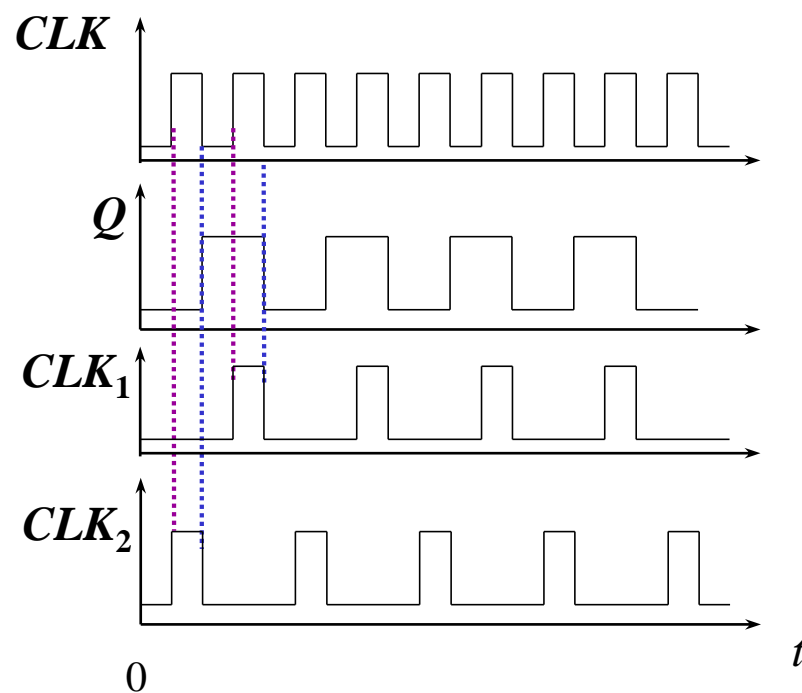


例 4. 两相时钟产生电路及工作波形。

电路



工作波形



多谐振荡器 $\rightarrow CLK$

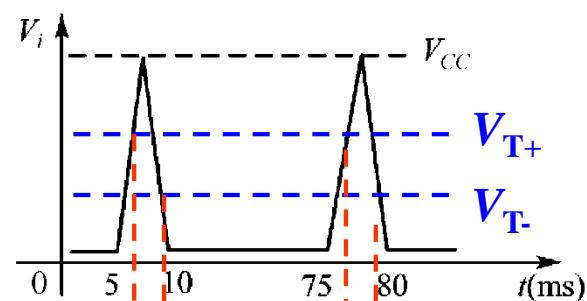
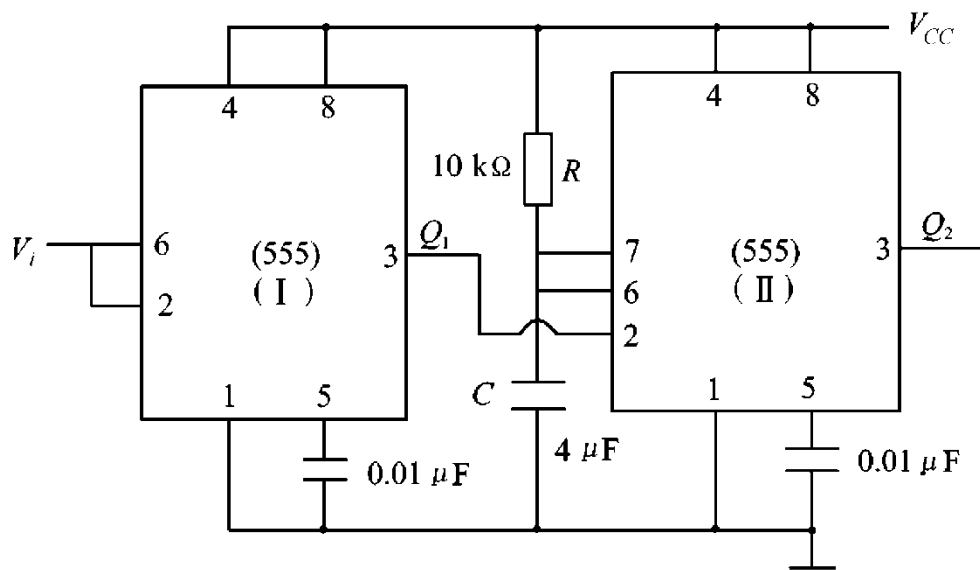
T' -FF $\rightarrow Q$ (CLK 下降沿)

$$CLK_1 = CLK \cdot Q$$

$$CLK_2 = CLK \cdot \bar{Q}$$

课堂练习：P.173 7.13 ($V_{cc} = 12V$)

7.13 电路及输入波形 V_i 如题图7.14所示，对应 V_i 画出 Q_1 、 Q_2 波形，并计算 T_w 。

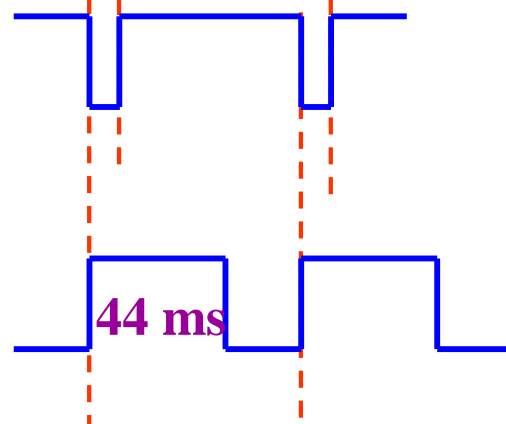


解： I: 施密特触发器
II: 单稳态触发器

$$\begin{aligned} T_w &= 1.1RC \\ &= 1.1 \times 10 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6} \\ &= 44 \text{ ms} \end{aligned}$$

Q_1

Q_2

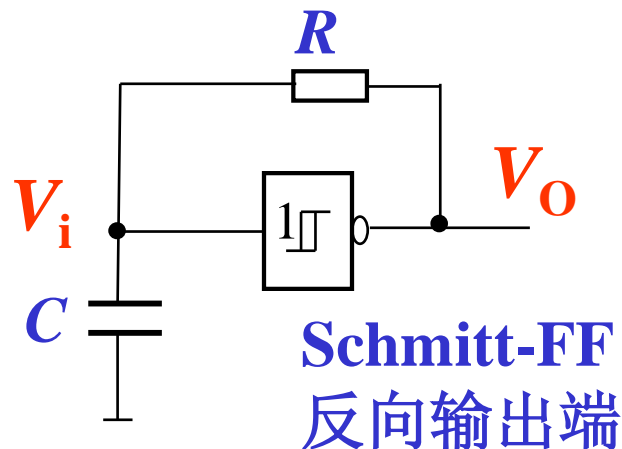


7.4.4 Schmitt-FF构成的多谐振荡器

施密特触发器滞后:

回差电压

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



将Schmitt-FF反向输出端经 RC 积分回路接入输入端，利用输入电压在 V_{T+} 与 V_{T-} 之间往复变化，在输出端得到矩形脉冲。

工作原理:

初始, $V_C = 0$,
 V_i 低, V_O 高.

充电: $V_O \rightarrow R \rightarrow C$.

当 $V_i = V_{T+}$, V_O 跳变到低.

放电: $C \rightarrow R$. 当 $V_i = V_{T-}$, V_O 跳变到高.

电路振荡

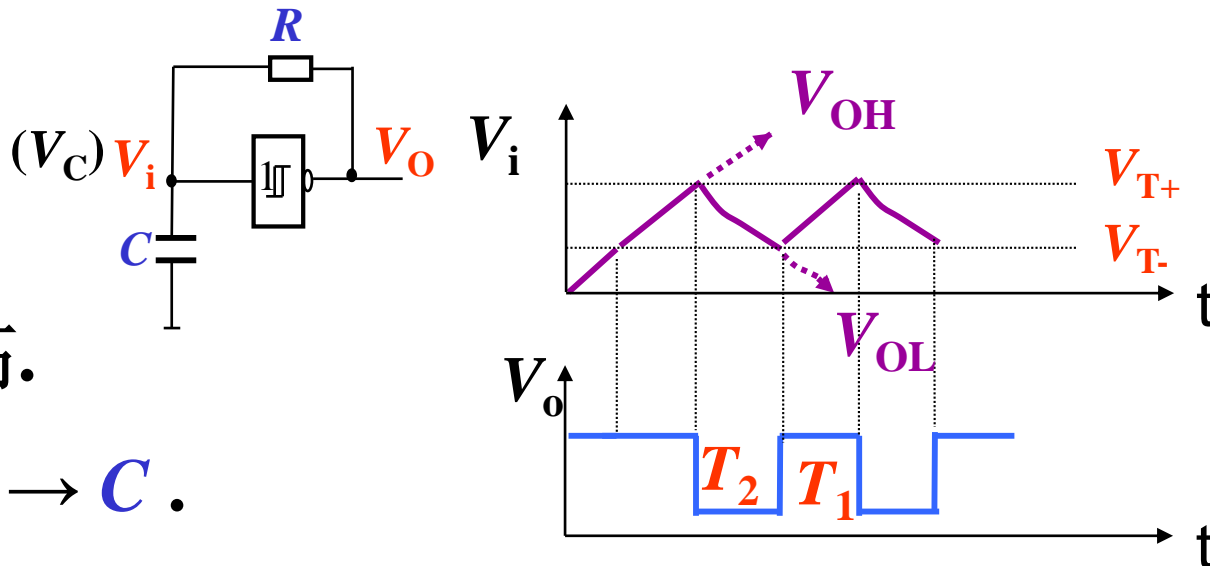
高、低电平时间:

$$T_1 = RC \ln \frac{V_{OH} - V_{T-}}{V_{OH} - V_{T+}} = 0.7RC$$

$$T_2 = RC \ln \frac{V_{OL} - V_{T+}}{V_{OL} - V_{T-}} = 0.7RC$$

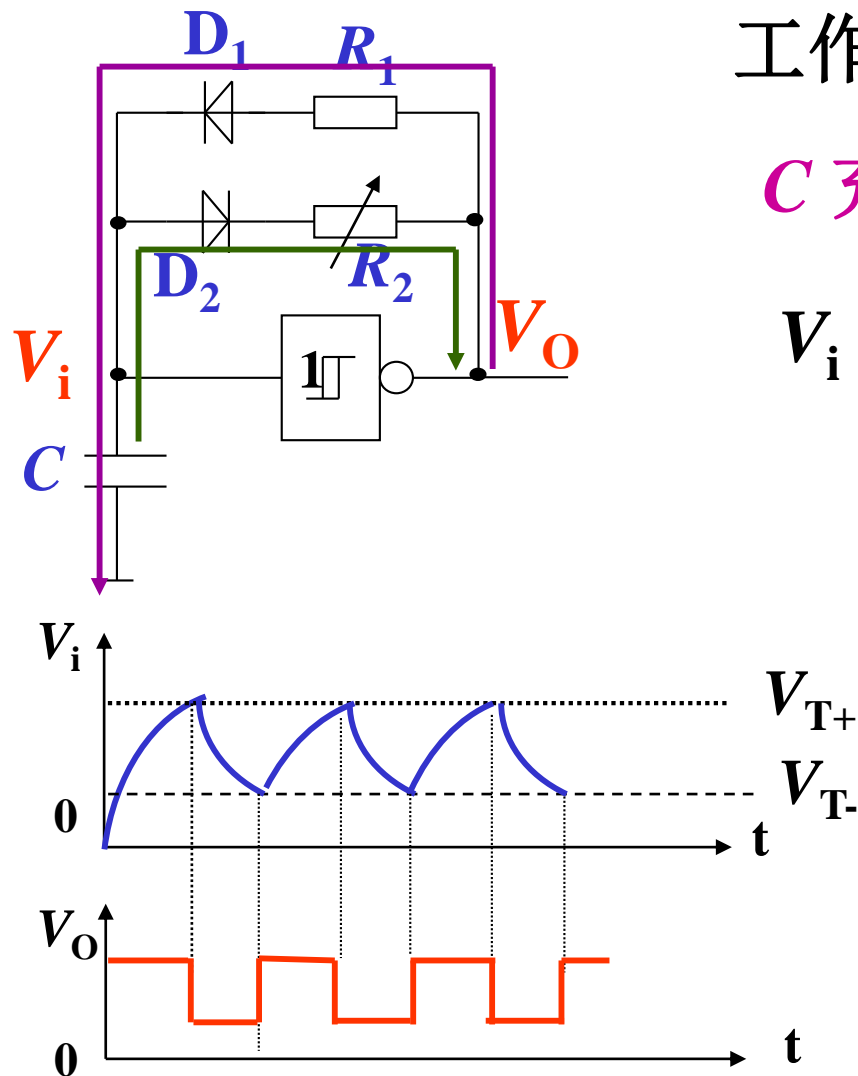
$$T_1 = T_2 = 0.7RC$$

方波, 占空比不可调



占空比可调振荡器

电路



工作原理： 设 $V_O =$ 高电平，

C 充电 $V_O \rightarrow R_1 \rightarrow D_1 \rightarrow C \rightarrow$ 地

$V_i \uparrow$ 当 $V_i = V_{T+}$, $V_O =$ 低

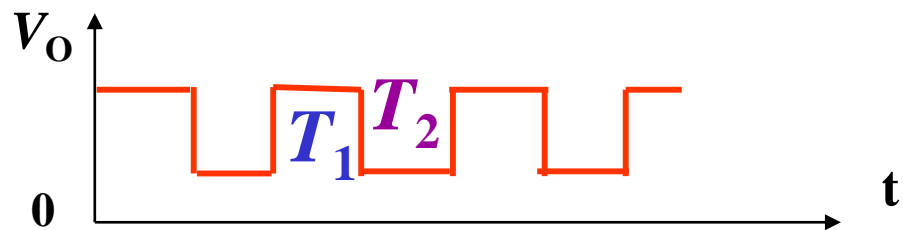
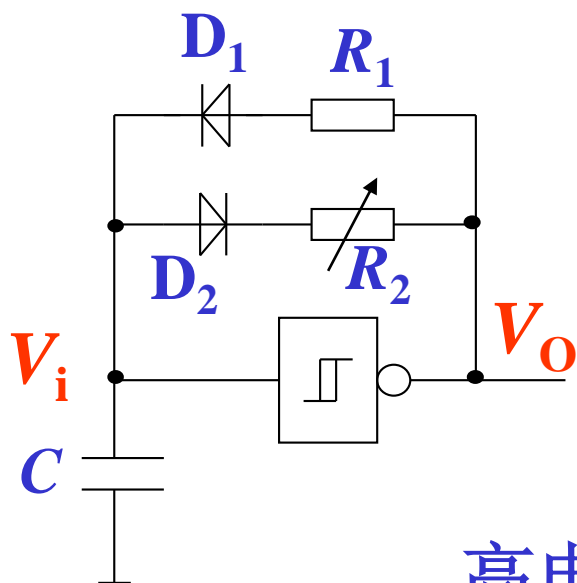
C 放电: $C \rightarrow D_2 \rightarrow R_2$

$V_i \downarrow$ 当 $V_i = V_{T-}$

$V_O =$ 高电平, C 充电

$V_i \uparrow$

输出矩形波



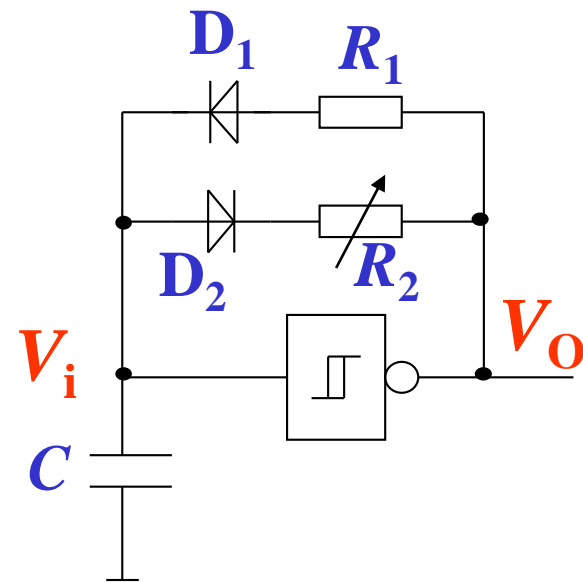
高电平时间 T_1 : $T_1 = 0.7 R_1 C$

低电平时间 T_2 : $T_2 = 0.7 R_2 C$

周期 T : $T = T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + R_2)C$

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

例： 已知右图电路中
Schmitt-FF 为**CMOS** 电路
CC40106, $V_D = 12\text{ V}$, $R_1 = R_2$
 $= 20\text{ k}\Omega$, $C = 0.01\mu\text{F}$, 试求该
 电路的振荡周期 **T** .



$$\begin{aligned}
 \text{周期 } T : T &= T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + R_2)C \\
 &= 0.7 \times (2 \times 20 \times 10^3) \times 0.01 \times 10^{-6} \\
 &= 280\text{ }\mu\text{s}
 \end{aligned}$$

作业

7.2 (V_{T-}) 7.15

7.8 7.18

7.9 7.19

7.13