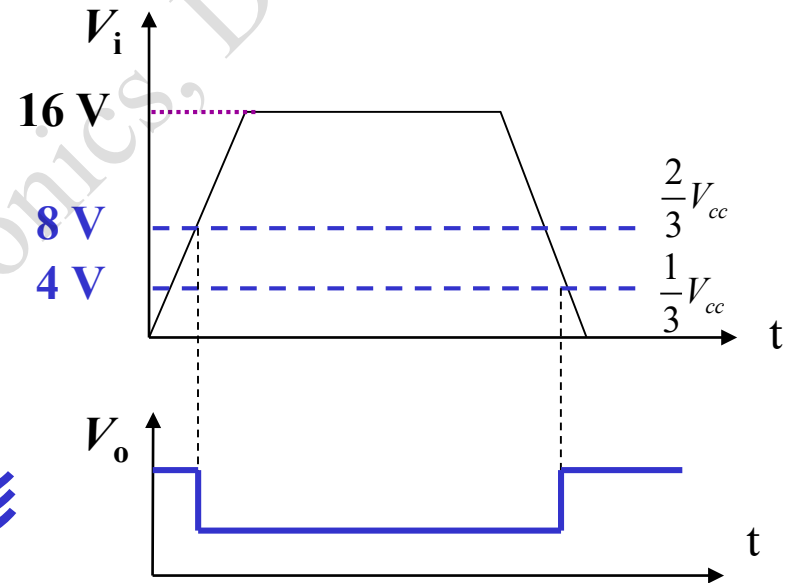
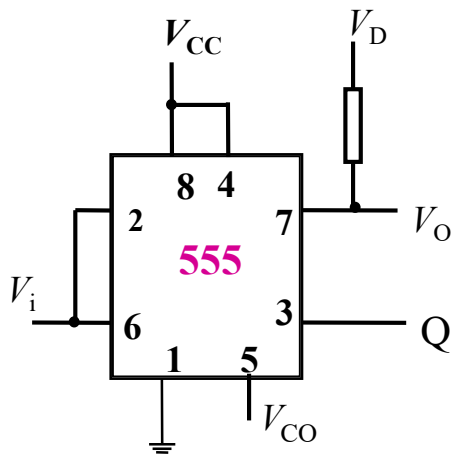


例1. 一个 555 定时器构成的施密特触发器以及输入波形如下图所示. $V_{cc}=12\text{ V}$. V_{co} 悬空. 求: (1) V_{T+} , V_{T-} 及 ΔV 的值; (2) 根据 V_i 波形画出输出 V_o 波形; (3) 求出当 $V_{co}=10\text{ V}$ 时 V_{T+} , V_{T-} 及 ΔV 的值



(2) V_o 波形

解:

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

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

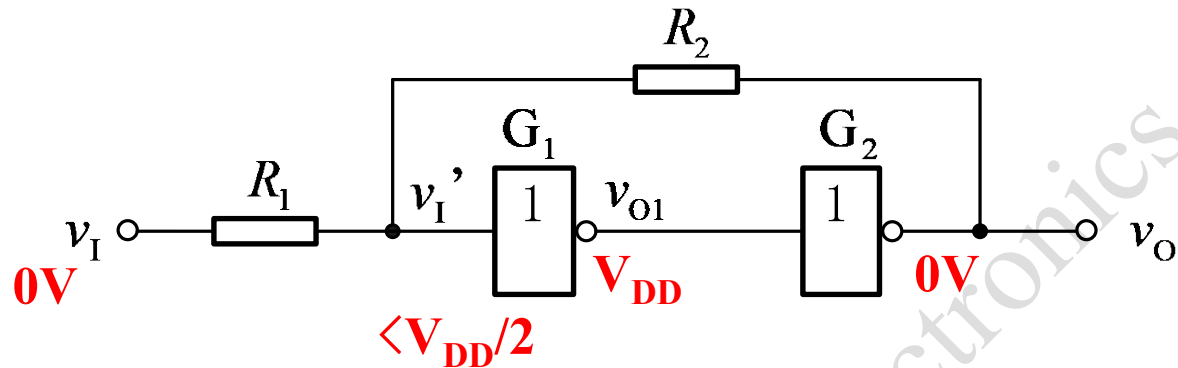
$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 8 - 4 = 4\text{ V}$$

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

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

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

§7.2.2 门电路构成的施密特触发器

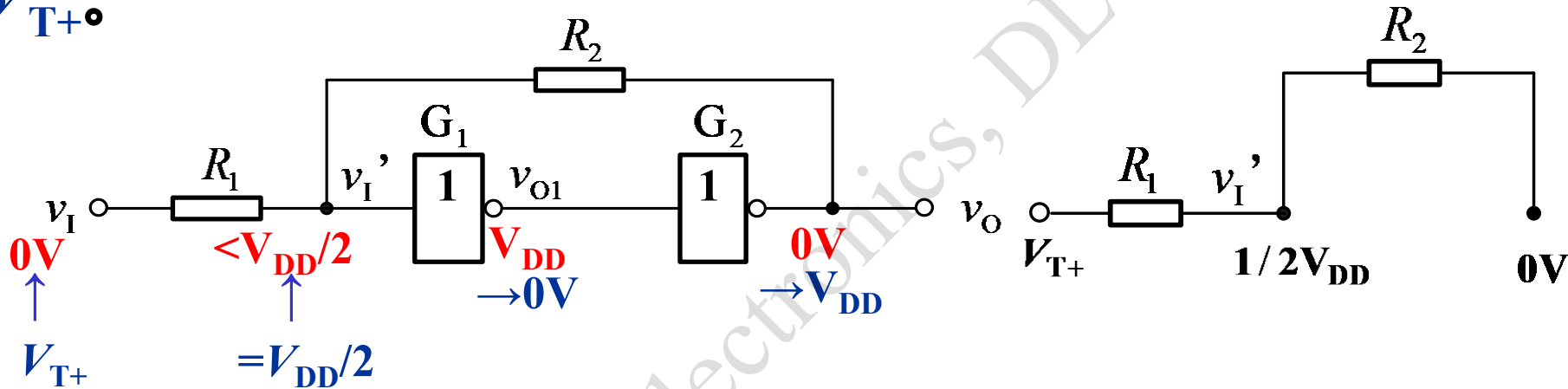


G_1, G_2 : CMOS门电路
阈值电压 $V_{DD}/2$, $R_1 < R_2$

同相施密特触发器

(1) 当 $v_I = 0V$ 时, $v_{O1} \approx V_{DD}$, $v_O \approx 0V$, $v_I' \approx 0V$;

(2) 当 v_I 升高时, v_I' 也升高。当 v_I' 达到 $1/2V_{DD}$ 时, G_1 、 G_2 输出状态将发生翻转。此时对应的 v_I 值称为 V_{T+} 。

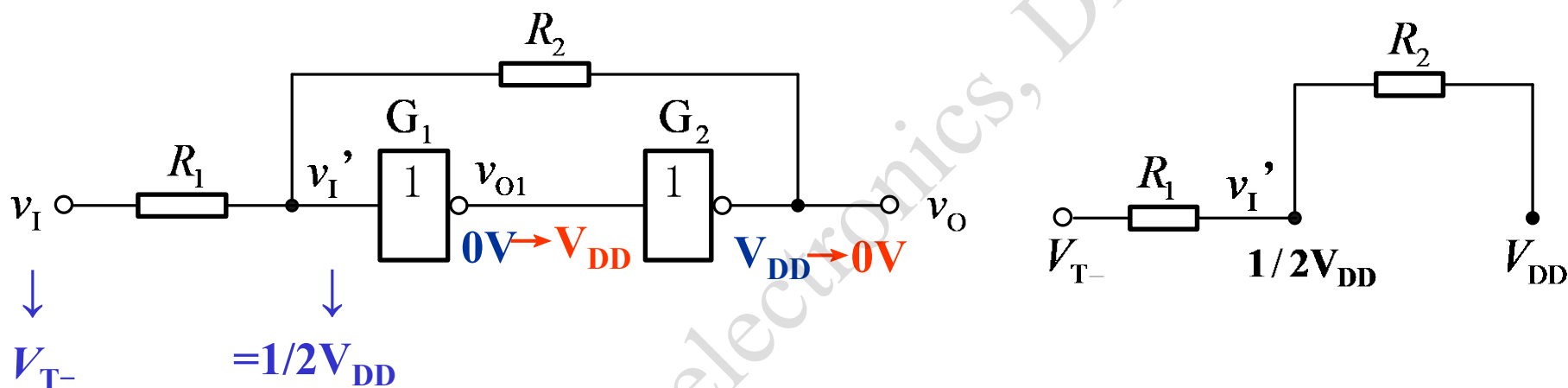


$$v_I' = \frac{V_{T+}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{1}{2} V_{DD}$$

$$V_{T+} = \frac{1}{2} V_{DD} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

(3) 当 v_I 大于 V_{T+} 时, 电路转到另一稳态: $v_{O1} \approx 0V$, $v_O \approx V_{DD}$ 。

(4) 当 v_I 由高变低时, v_I' 也由高变低。当 $v_I' \leq 1/2 V_{DD}$ 时, 电路又将发生转换。此时对应的 v_I 称为 V_{T-} 。

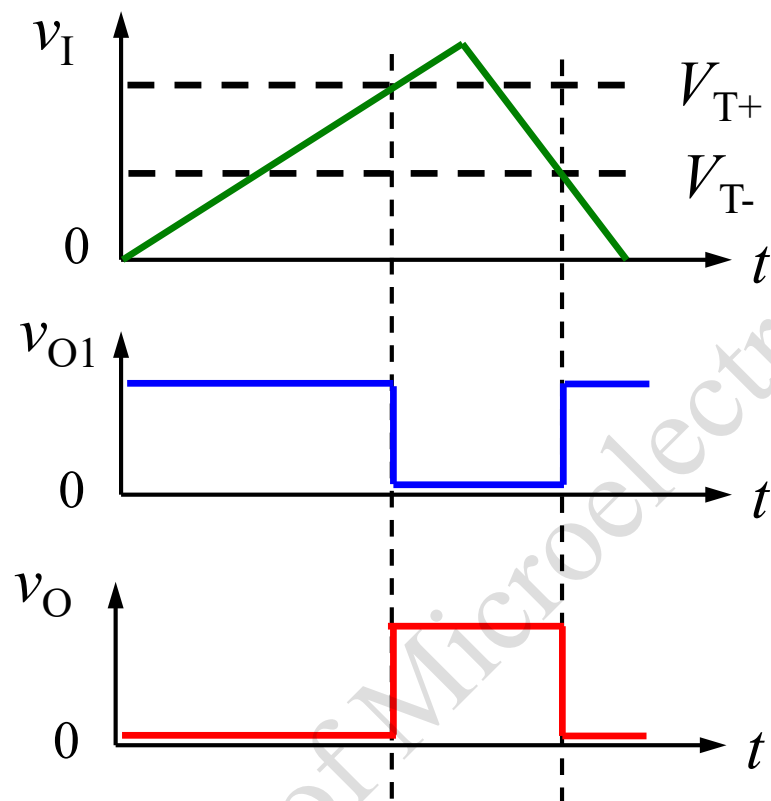


$$v_I' = \frac{(V_{DD} - V_{T-}) \cdot R_1}{R_1 + R_2} + V_{T-} = \frac{1}{2} V_{DD}$$

$$V_{T-} = \frac{1}{2} V_{DD} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)$$

(5) 当 v_I 小于 V_{T-} 时, 电路转到另一稳态: $v_{O1} \approx V_{DD}$, $v_O \approx 0V$ 。

工作波形



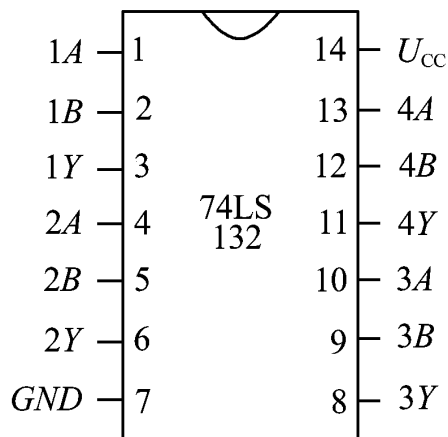
$$V_{T+} = \frac{1}{2}V_{DD}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$V_{T-} = \frac{1}{2}V_{DD}\left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)$$

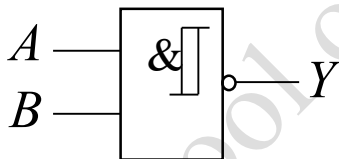
§7.2.3 集成施密特触发器

IC Schmitt Trigger

TTL集成施密特触发器74LS132由4个独立的两输入与非门构成



管脚图



符号

正向阈值

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

典型回差电压

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

反向阈值

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

A 或 B 或二者 $< V_{T-}$, $Y = 1$

只有当 A 和 B 都 $> V_{T+}$, $Y = 0$

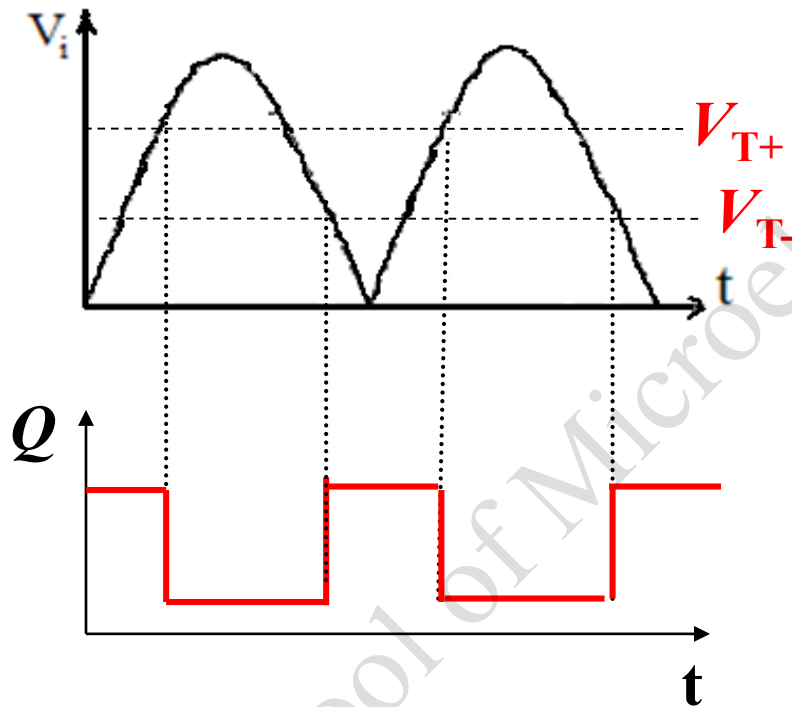
逻辑功能 $Y = \overline{AB}$

具有滞后特性

§7.2.4 Schmitt 触发器应用

Applications of Schmitt Trigger

1. 波形转换

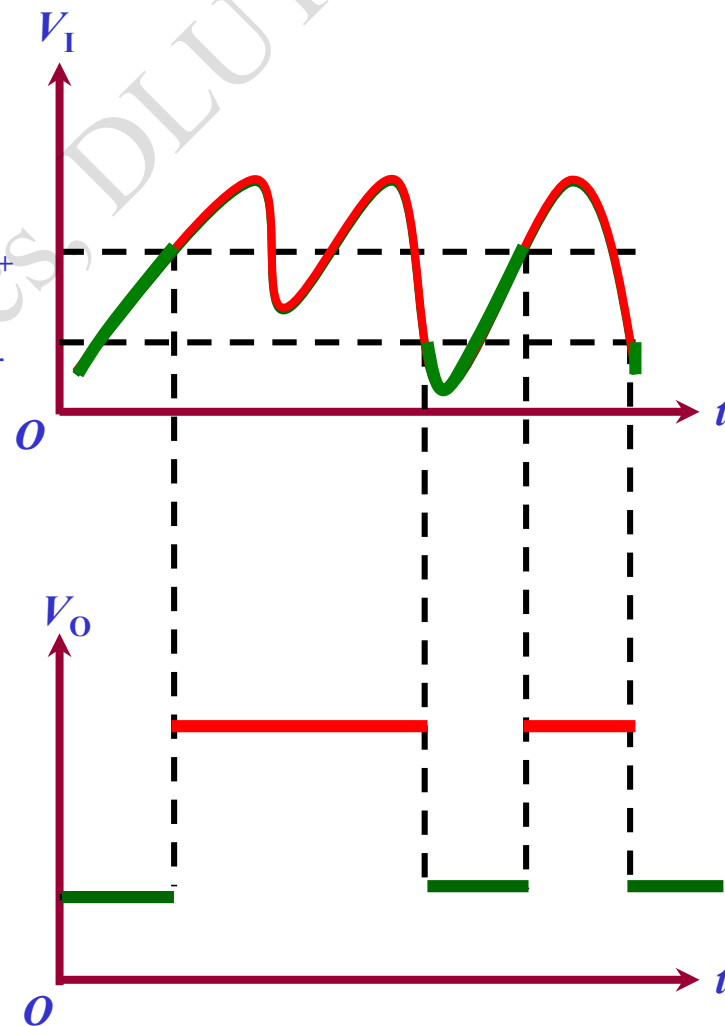
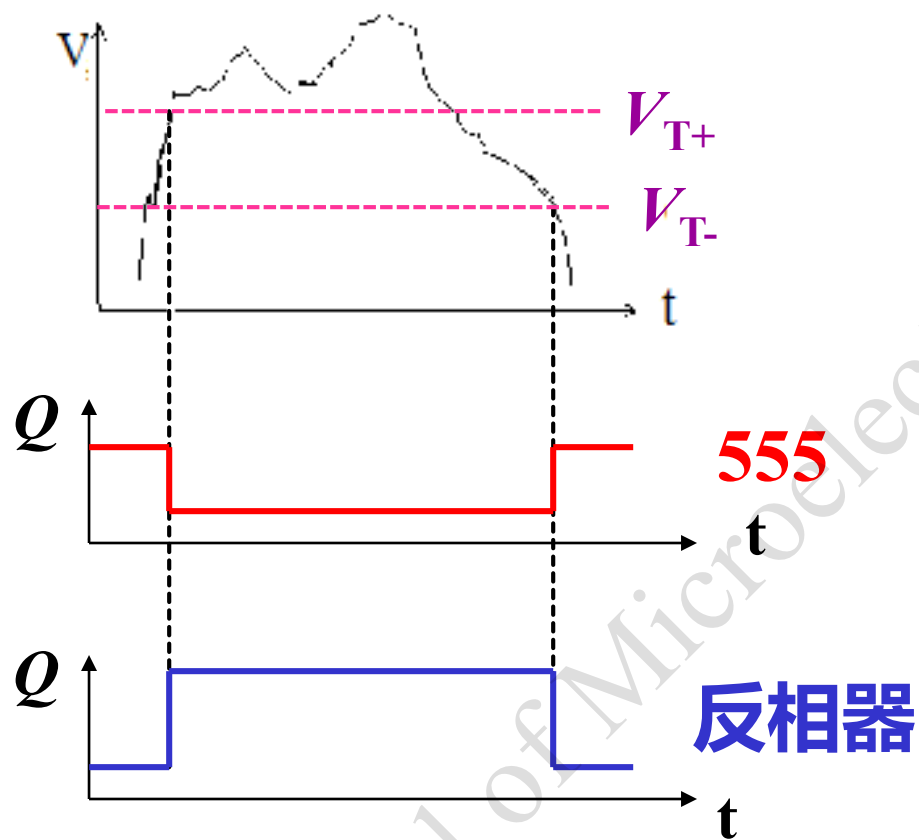


将一周期性信号变换为矩形波，其输出脉冲宽度 T_w 可通过改变 ΔV 进行调节。

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

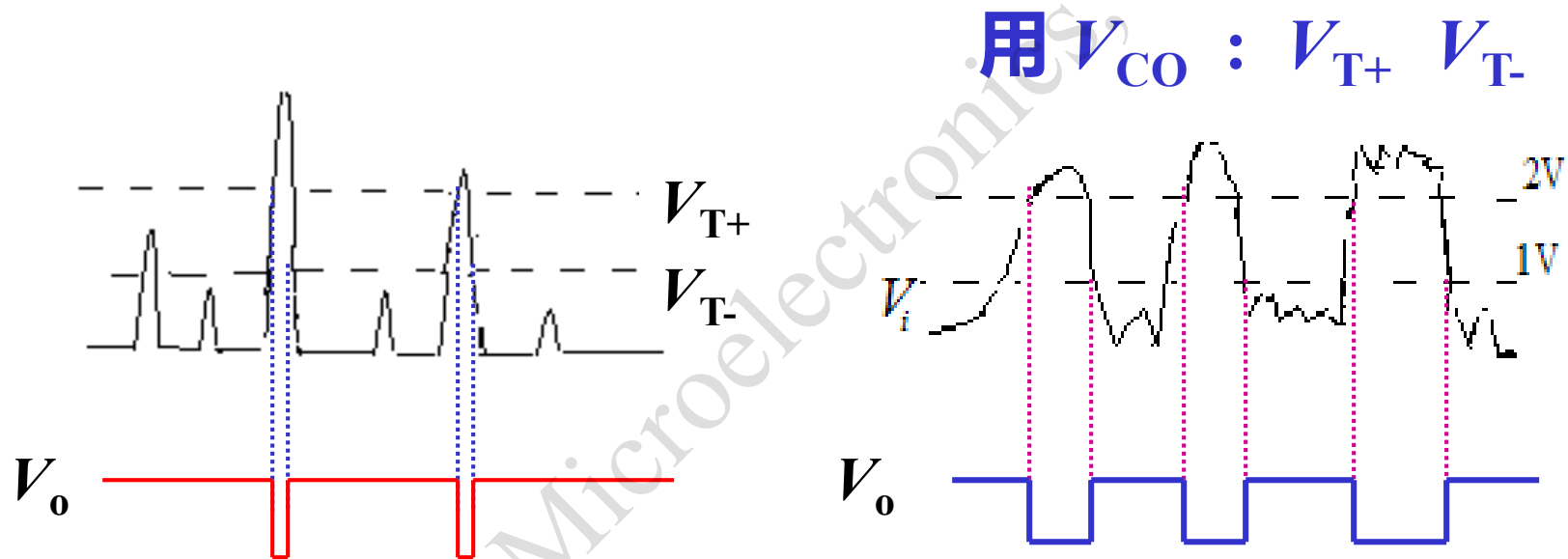
2. 信号整型

将不规则的信号波形整成矩形脉冲。



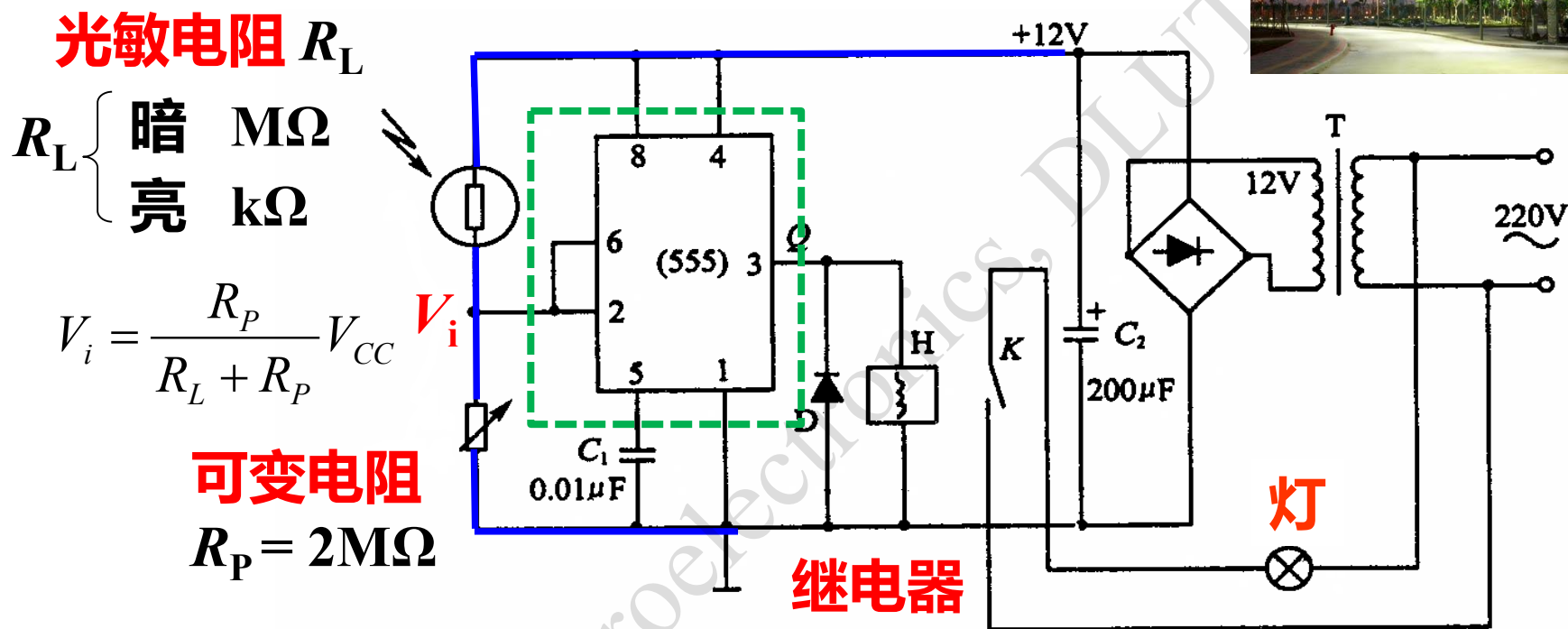
3. 幅度鉴别

Schmitt-FF的输出状态取决于输入信号的电压值，因此可用作幅度鉴别。



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

施密特触发器的应用——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。

§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（暂稳态）
- 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

T_w 取决于定时元件

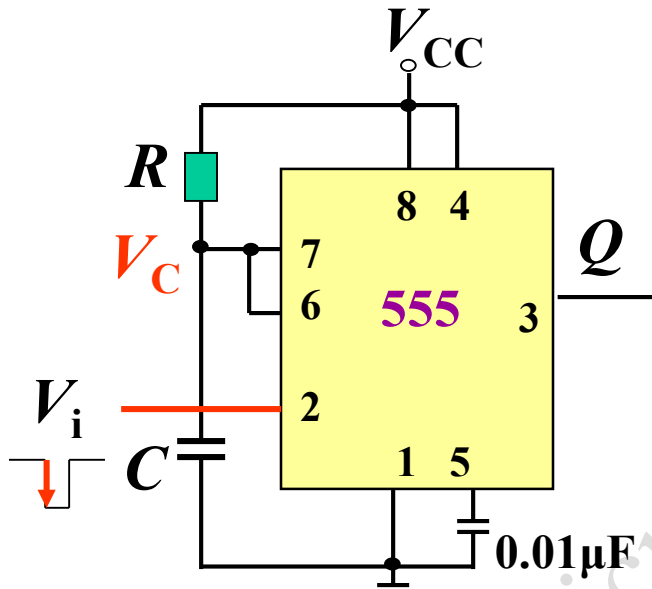
符号



1: 一次触发不可重复触发

§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

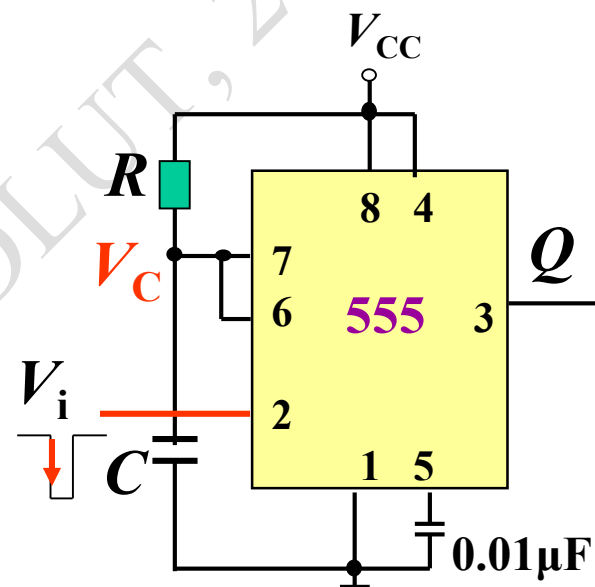
确定电路的稳定状态

设 $Q=0$, $\bar{Q}=1$,

放电管 T 导通, 7 \rightarrow 地

7, 6 \rightarrow 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 \rightarrow 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: $V_{CC} \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow \text{地}$

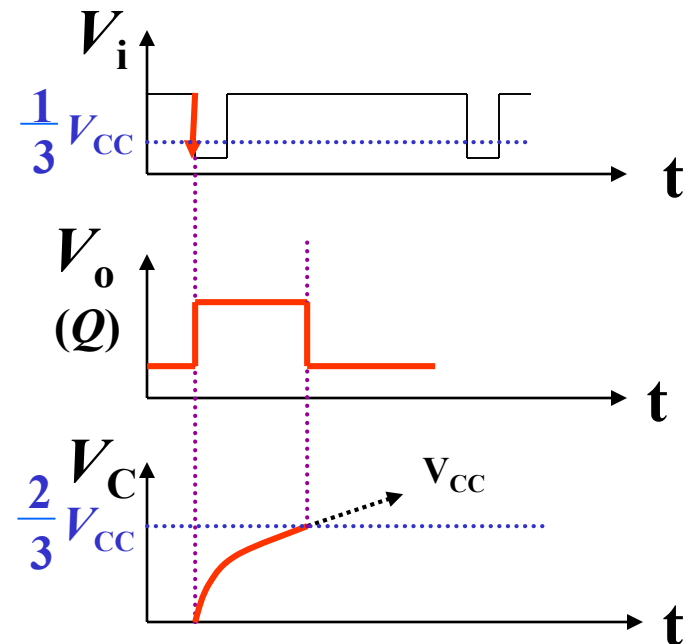
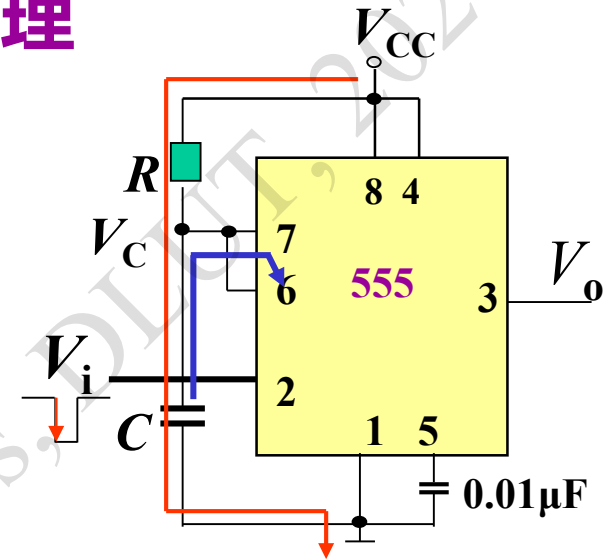
时间常数 $\tau_1 = RC$, C 充电, $V_C \uparrow$

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

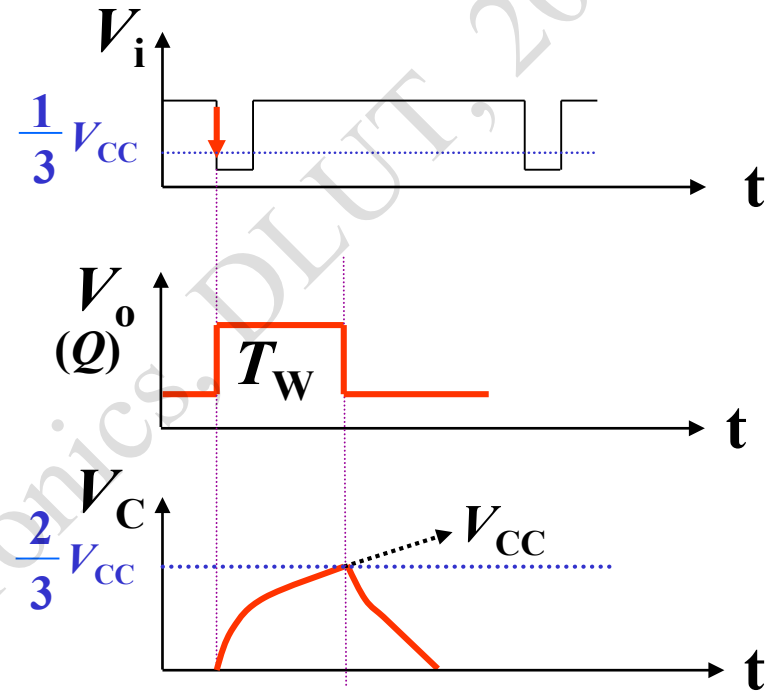
$V_C \downarrow$

暂稳态持续时间 T_W

电容 C 充电到 $\frac{2}{3} V_{CC}$ 所用时间

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

T_W 是重要参数



$$T_W = 1.1RC$$

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:

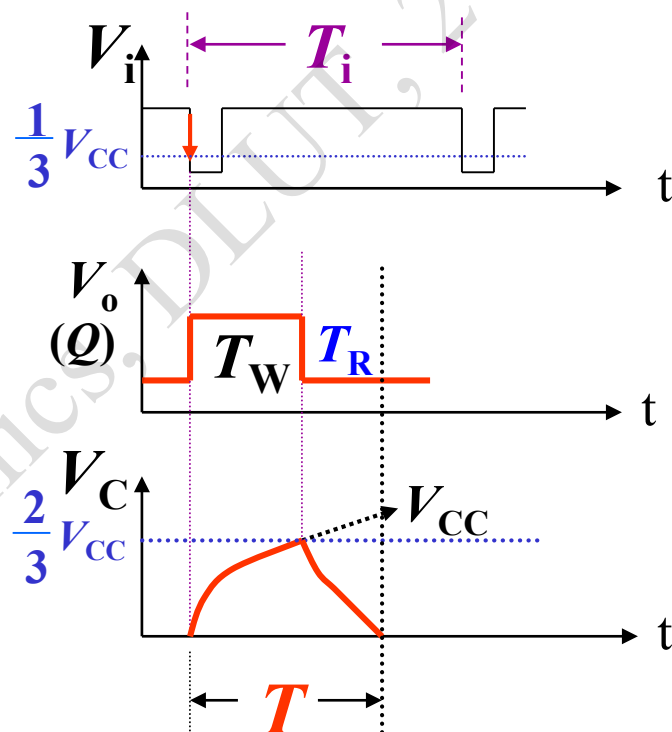
$$T = T_w + T_R = 1.1RC + 4R_{on}C$$

T: resolution 分辨率

触发信号最大工作频率:

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

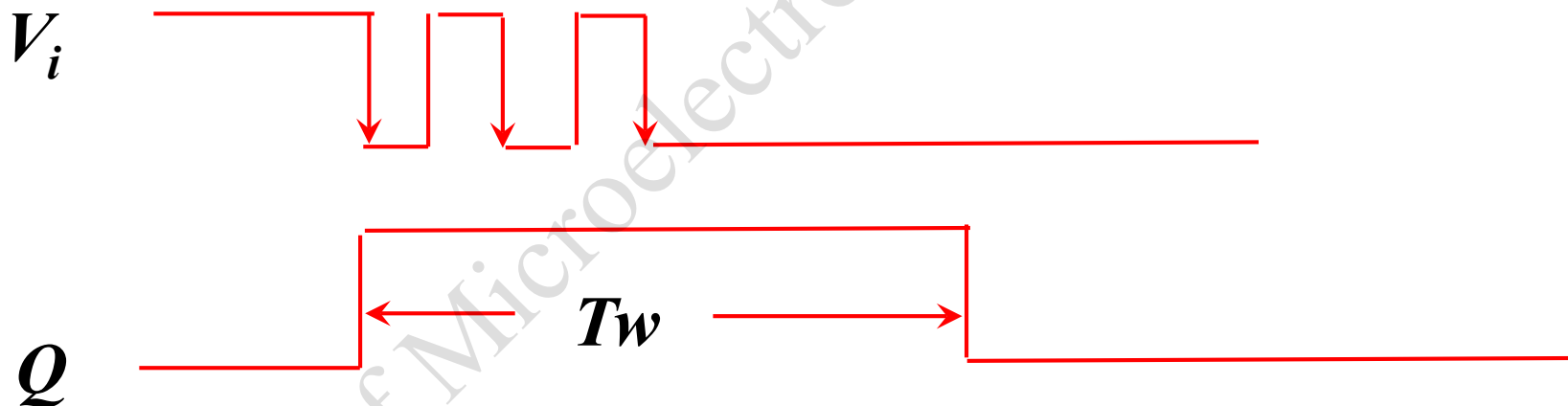
实际触发周期 T_i : $T_i \geq T$



§7.3.3 集成单稳态触发器74121

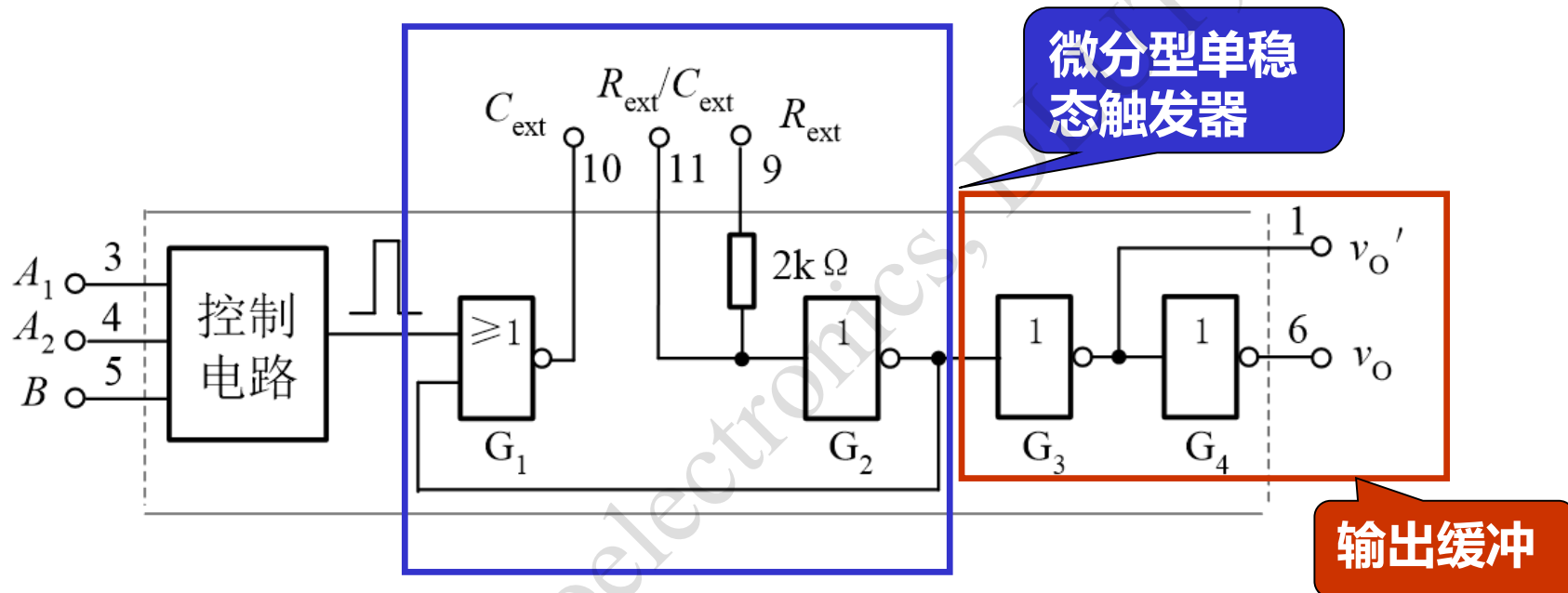
集成单稳态触发器根据电路及工作状态不同可分为可重复触发和不可重复触发两种。

非重复触发单稳态触发器74121工作波形图



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。

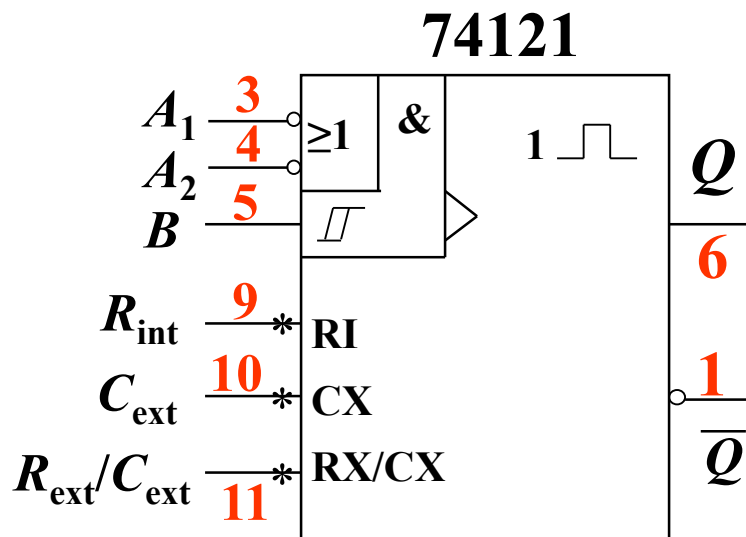
74LS121的原理框图



控制电路用于产生窄脉冲。当输入满足以下条件时，控制电路产生窄脉冲：

- (1) 若 A_1 、 A_2 中至少有一个为0时， B 由0 \nearrow 1；
- (2) 若 $B=1$ ， A_1 、 A_2 中至少有一个由1 \nearrow 0。

IEEE 符号



7 GND, 14 V_{CC} ,
2, 8, 12, 13 空

输入 (触发):

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





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

B	A_2	A_1	Q	\bar{Q}	功 能
0	×	×	0	1	保持（处于稳态）
×	1	1	0	1	
↑	×	0			用B正边沿触发
↑	0	×			
1	1	↓			用A负边沿触发
1	↓	1			
1	↓	↓			

(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

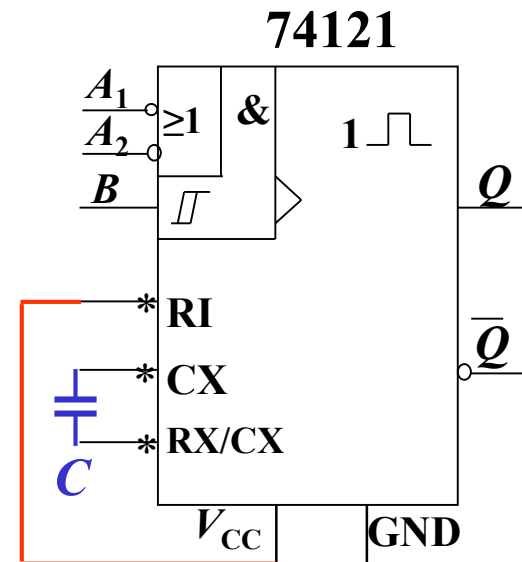
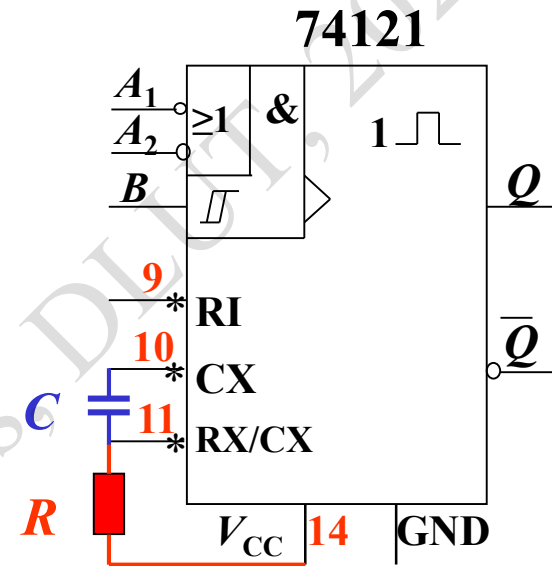
定时元件 R, C

外接 $\left\{ \begin{array}{l} R: RX \sim V_{CC} \text{ 之间} \\ C: CX \sim RX \text{ 之间} \end{array} \right.$

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

74121 暂稳态时间

$$T_w = 0.7RC$$



§7.3.4 单稳态触发器应用

1. 波形转换

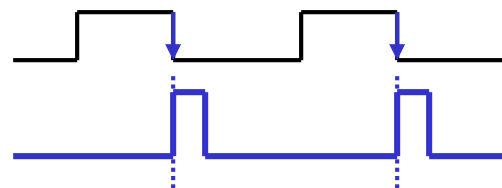
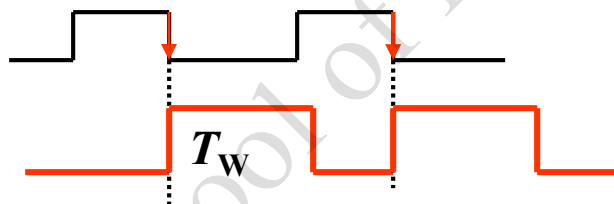
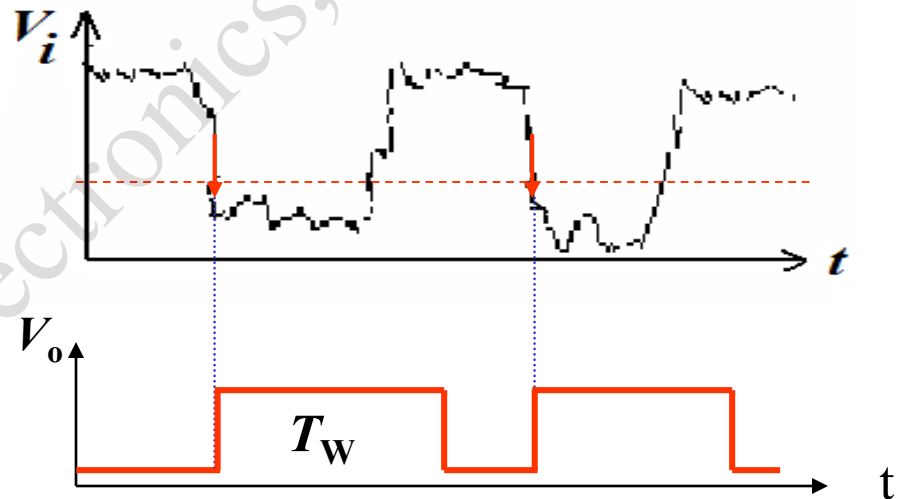
把不符合要求的波形整形成 T_w , V_m 一定的脉冲

$$T_w \sim R, C$$

555 定时器单稳态:

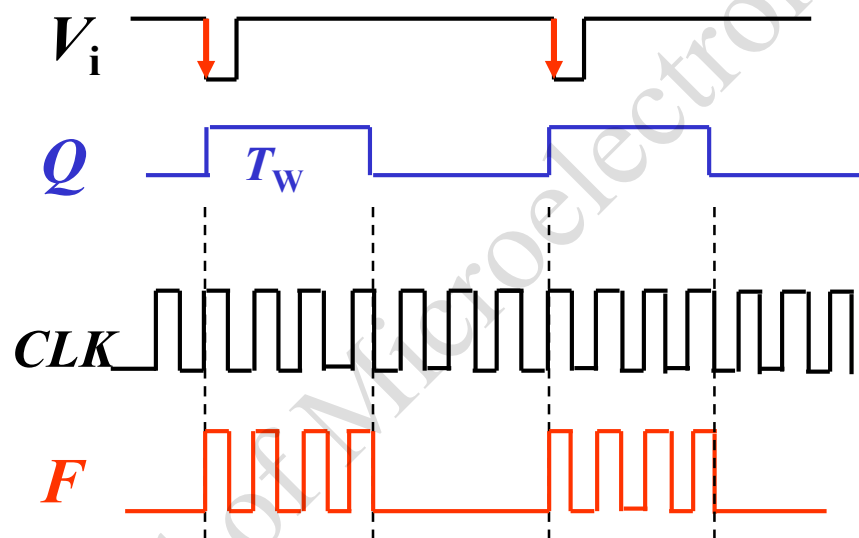
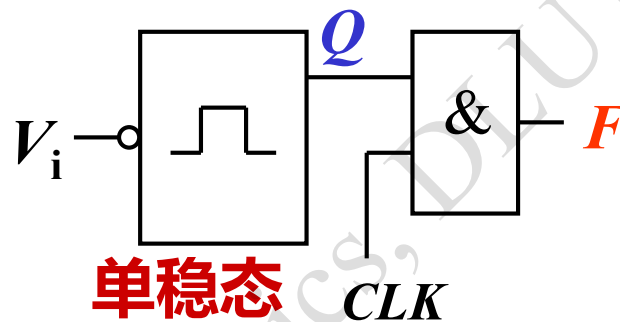
触发 $\left\{ \begin{array}{l} \text{负边沿} \\ < \frac{1}{3} V_{CC} \end{array} \right.$

脉冲展宽和变窄



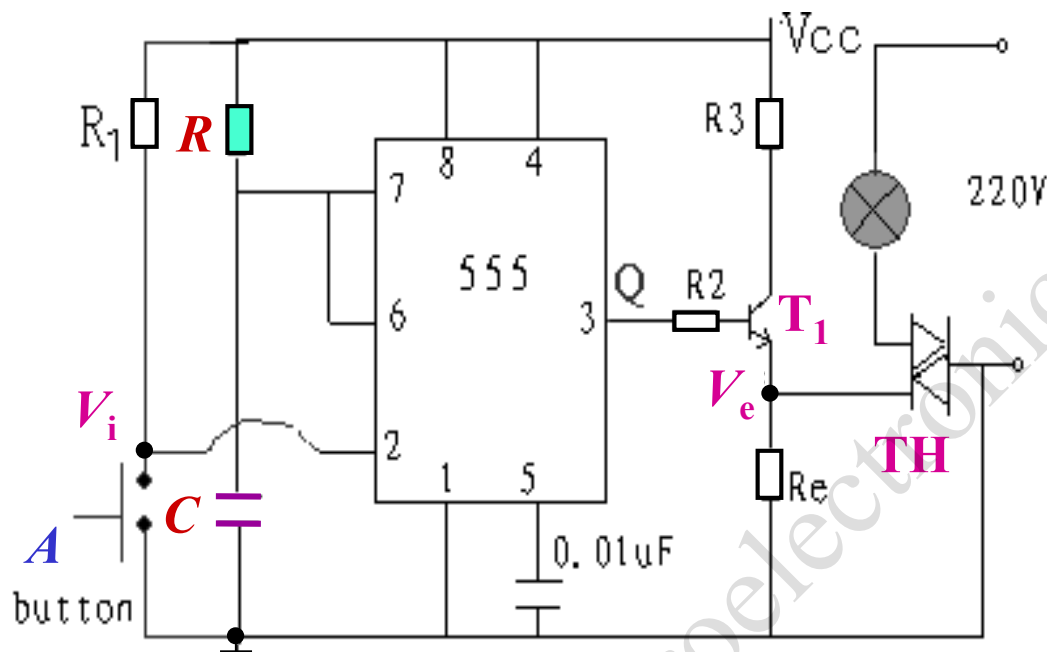
2. 定时

例 1



CLK 输出

例 2. 楼道照明灯控制电路



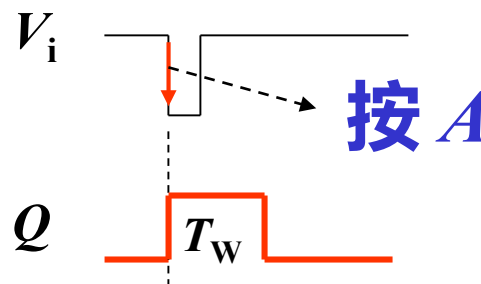
定时元件： R, C
TH: 双向晶闸管

灯亮时间： $T_W = 1.1RC$

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.



3. 延时 T_w 下降沿触发下一个电路

例：用基于555定时器的单稳态触发器实现花房自动控制系统：每次喷药2 s，马上喷水15 s

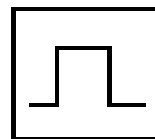
分析：

第一个单稳态 $T'_w = 2\text{ s}$ (喷药)，

T'_w 下降沿触发喷水开关

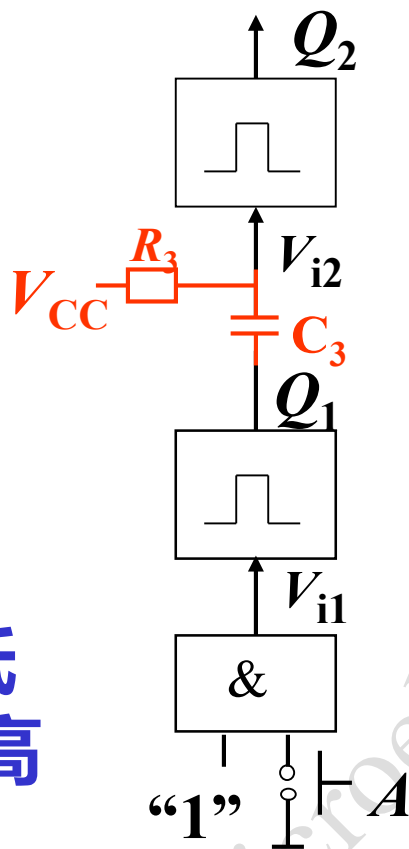
$T''_w = 15\text{ s}$ (水)。

两个单稳态触发器

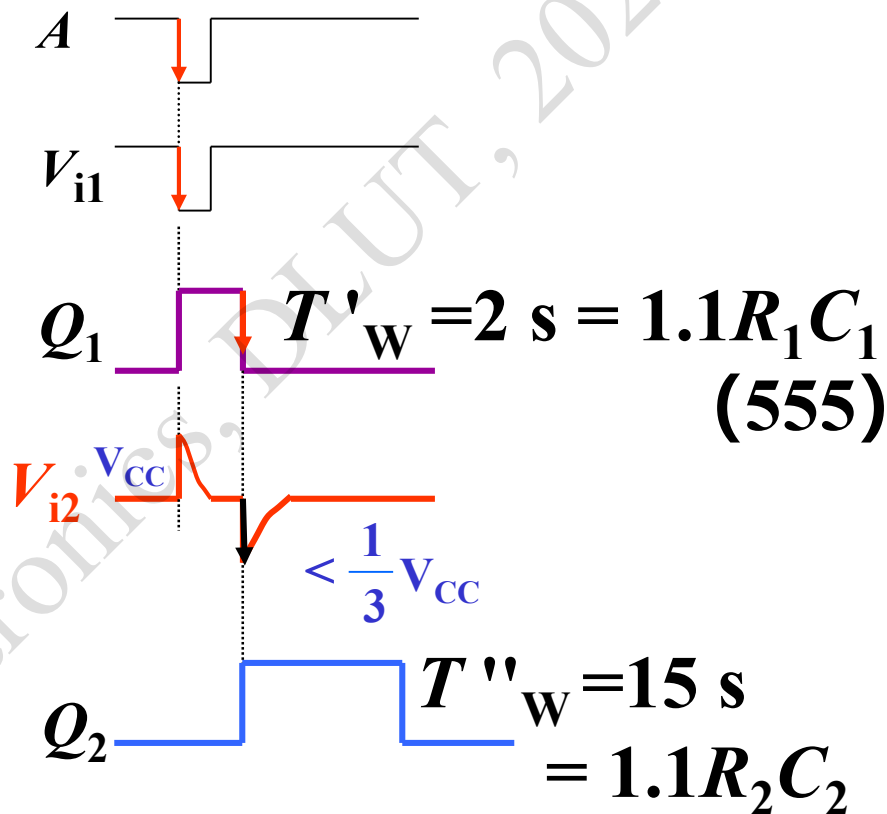


电路

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 。