

第 7 章 脉冲波形的产生与变换

Pulse Circuits

§7.1 555定时器 555 Timer

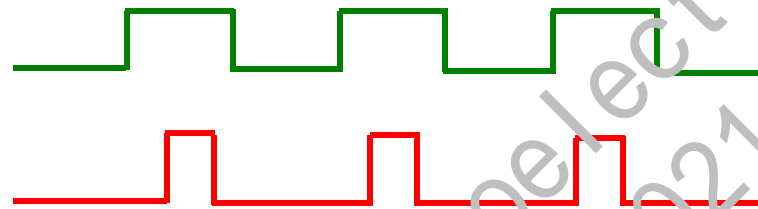
§7.2 施密特触发器 Schmitt Trigger

§7.3 单稳态触发器 One-Shots (Monostable Multivibrators)

§7.4 多谐振荡器 Astable Multivibrators (Oscillators)

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

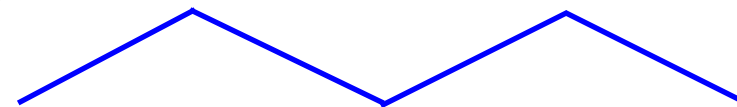
- **方波 (Square Wave)**



(对称方波)

(不对称方波)

- **三角波 (Triangular Wave)**



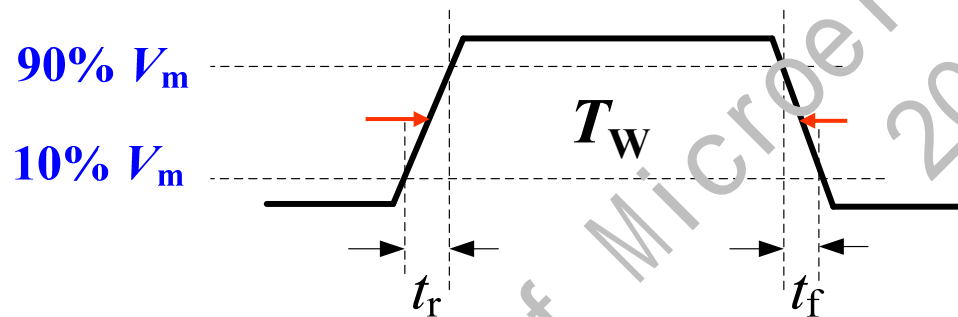
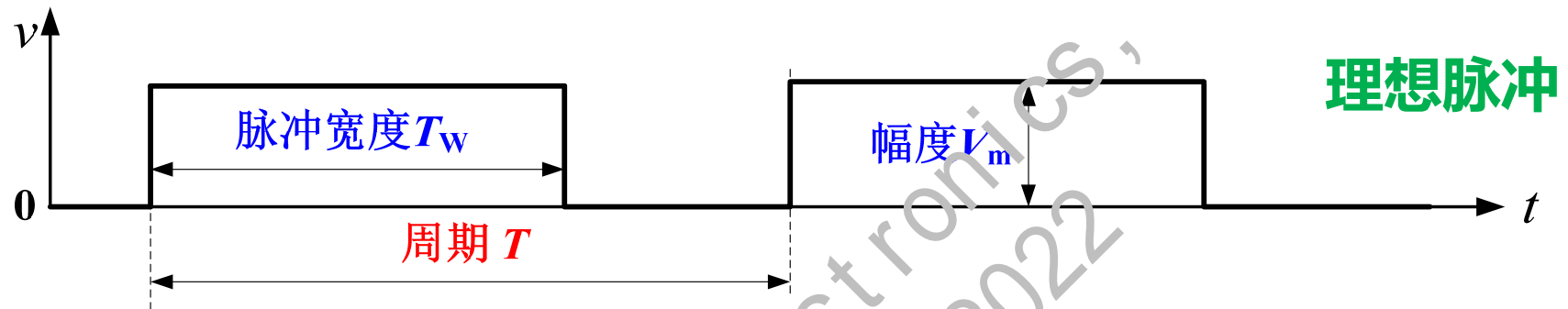
- **锯齿波 (Sawtooth Wave)**



波形在时间轴上不连续

脉冲信号的参数

数字电路中用的脉冲信号为矩形波



脉宽 (T_w): 半高宽 (脉冲最大值一半时的宽度)

频率 $f=1/T$

上升时间 t_r

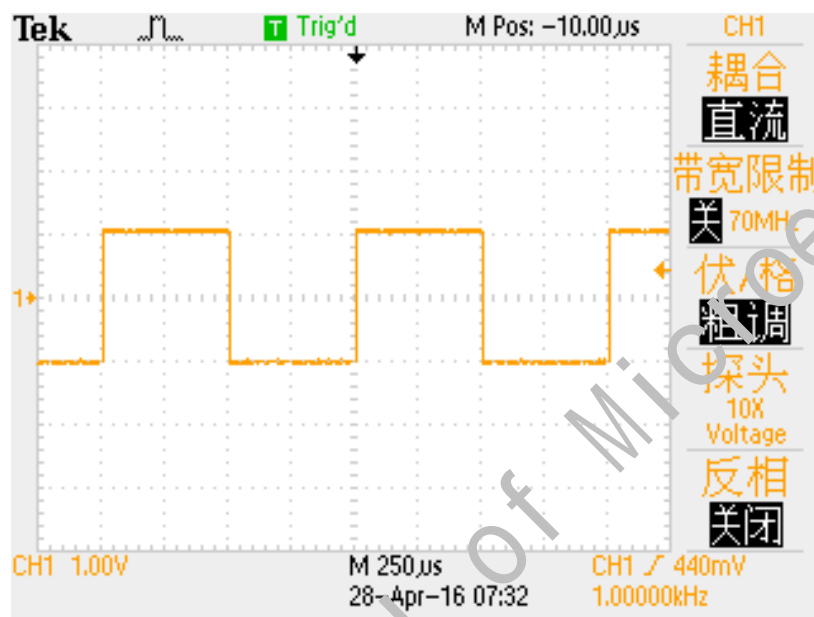
下降时间 t_f

占空比 $q=T_w/T$

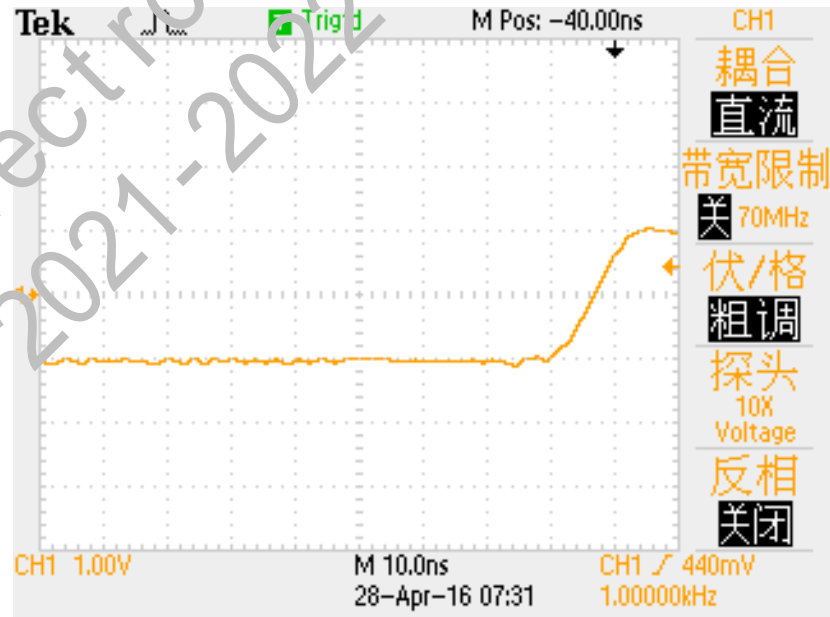
一个脉冲中有有效的脉冲比
一个脉冲中高电平占的比例

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



扫描时间250μs/格



扫描时间10ns/格

上升和下降时间对数字电路的工作有重要影响

脉冲信号如何产生？

获取方法有两种：

- (1) 直接产生，采用多谐振荡器
- (2) 利用已有信号整形或变换得到，采用施密特触发器或单稳态触发器



IC 模块

§ 7.1 555定时器

555 Timer

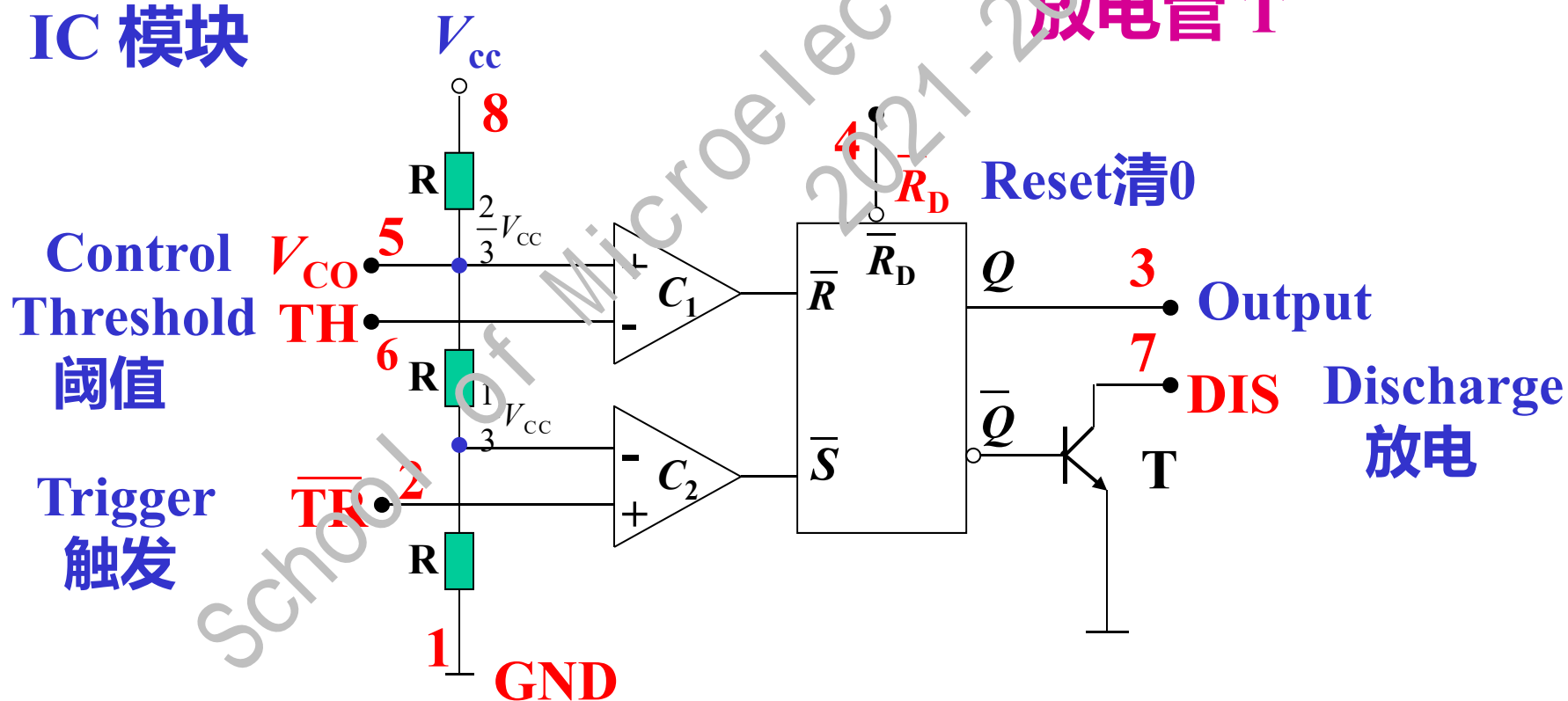
3 个电阻 $R = 5\text{ k}\Omega$

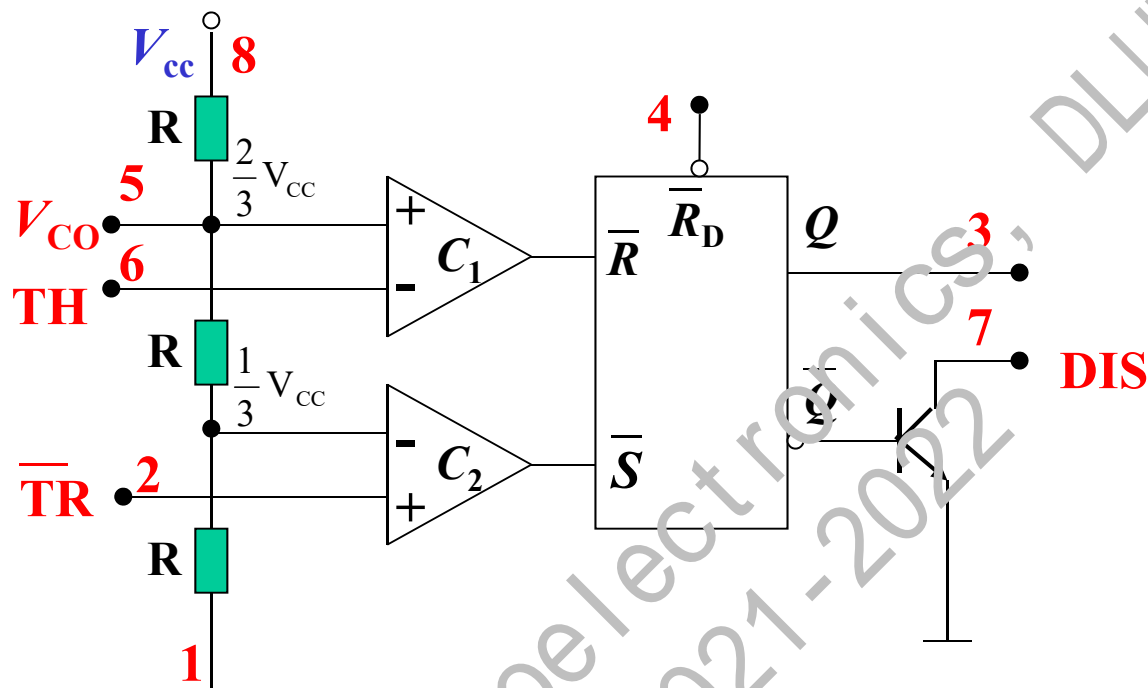
2 个比较器 C_1 、 C_2

1 个基本 RS-FF

放电管 T

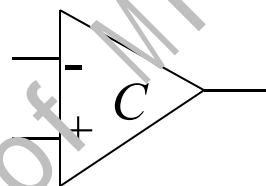
电路





与非门基本 RS-FF

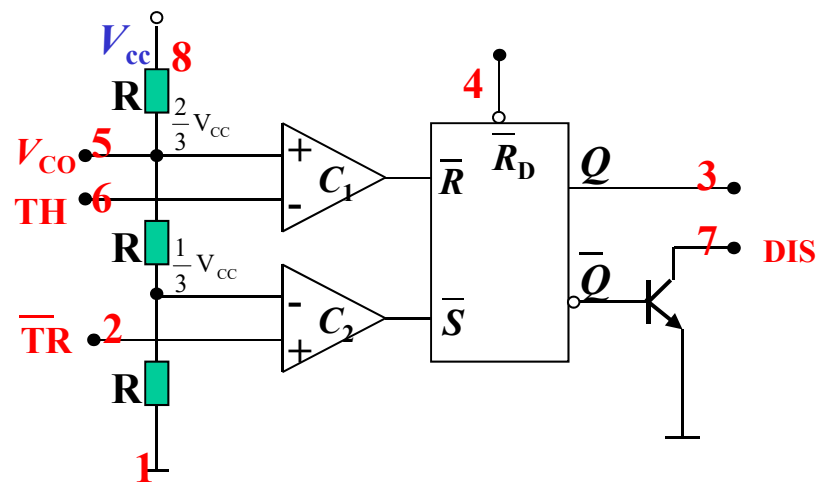
比较器



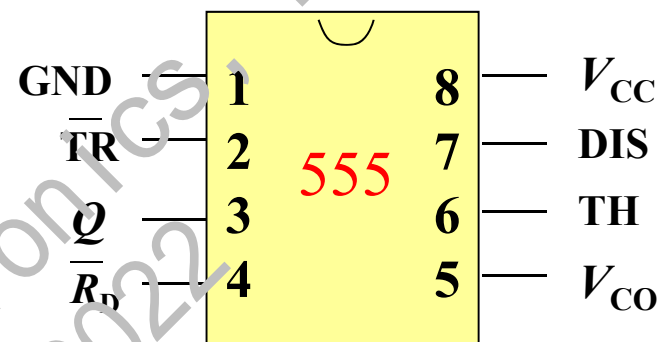
$+ \geq -$ $C=1$

$+ < -$ $C=0$

\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



555 定时器管脚图



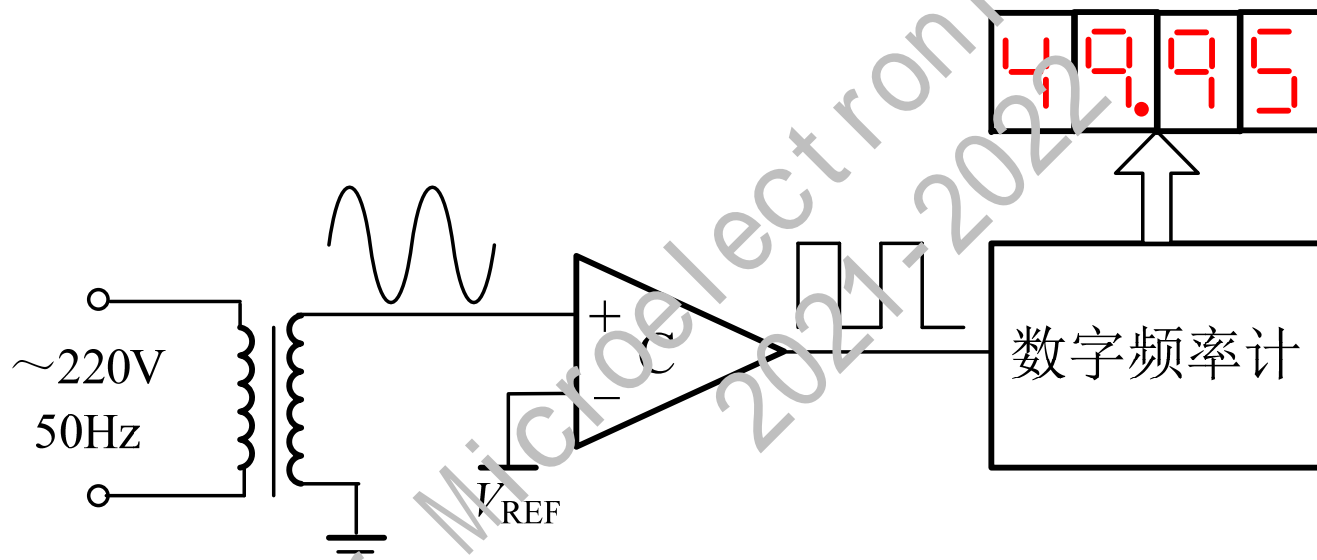
总结

- ① $V_2 < \frac{1}{3}V_{CC}$, $V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}$, $Q = 1$, $\bar{Q} = 0$ T 截止
- ② $V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}$, $V_6 > \frac{2}{3}V_{CC}$, $Q = 0$, $\bar{Q} = 1$ T 导通
- ③ $V_2 > \frac{1}{3}V_{CC}$, $V_6 < \frac{2}{3}V_{CC}$, Q 保持

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



测量电网工频原理框图

施密特触发器：基于波形整形的脉冲信号产生电路

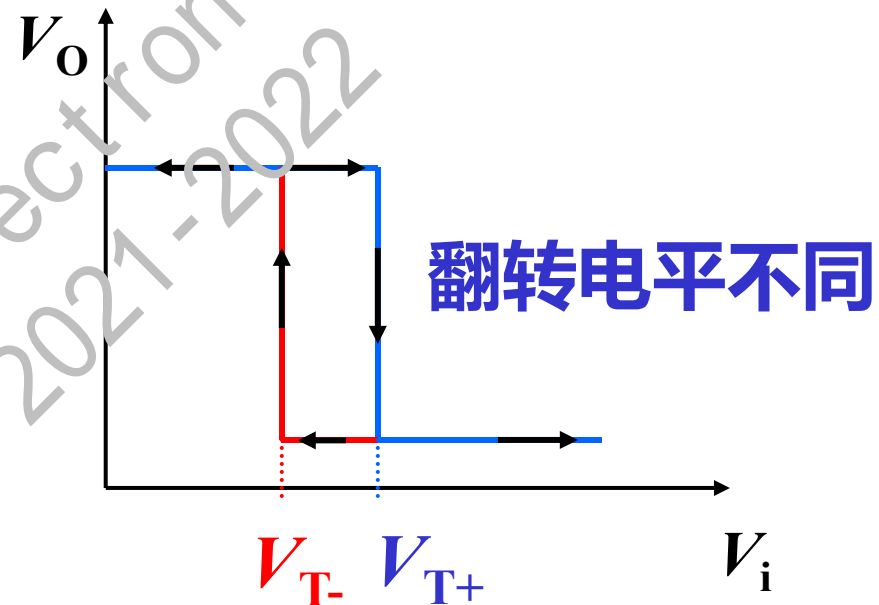
施密特触发器：具有滞后特性的数字传输门

(1) 双稳态

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

(2) 滞后 Hysteresis

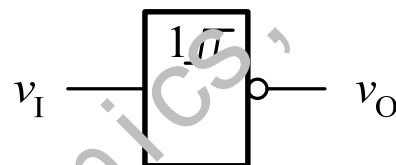
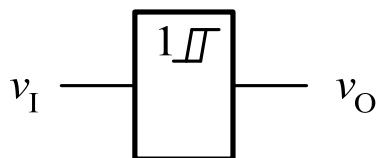
输入电压增大和减小过程中，输出翻转电平不同



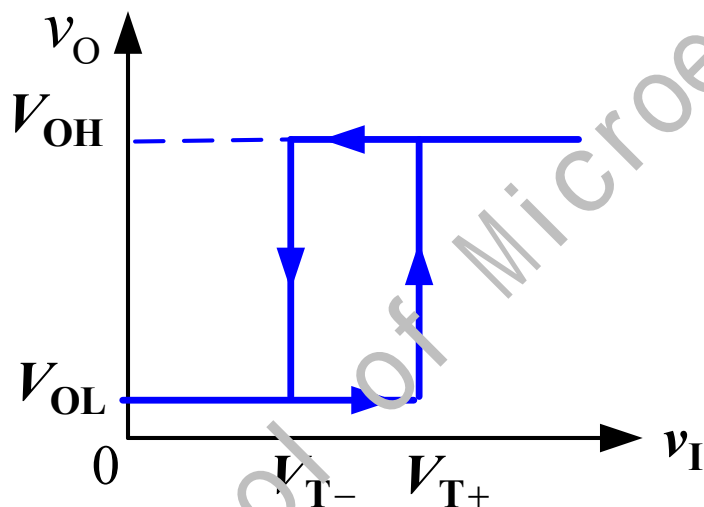
回差(Backlash)电压

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

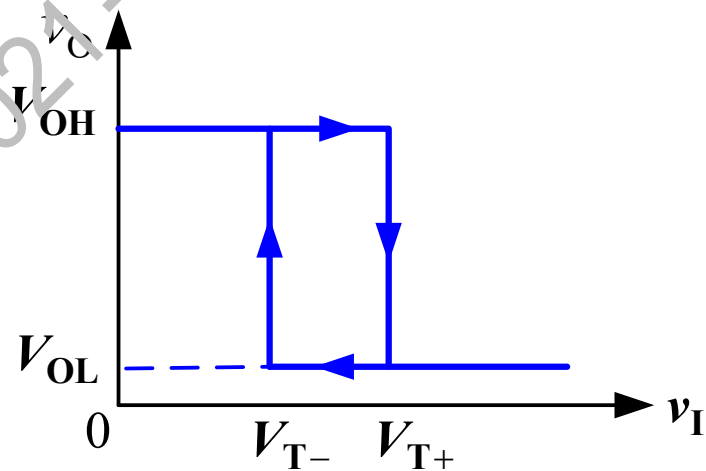
符号



电压传输特性

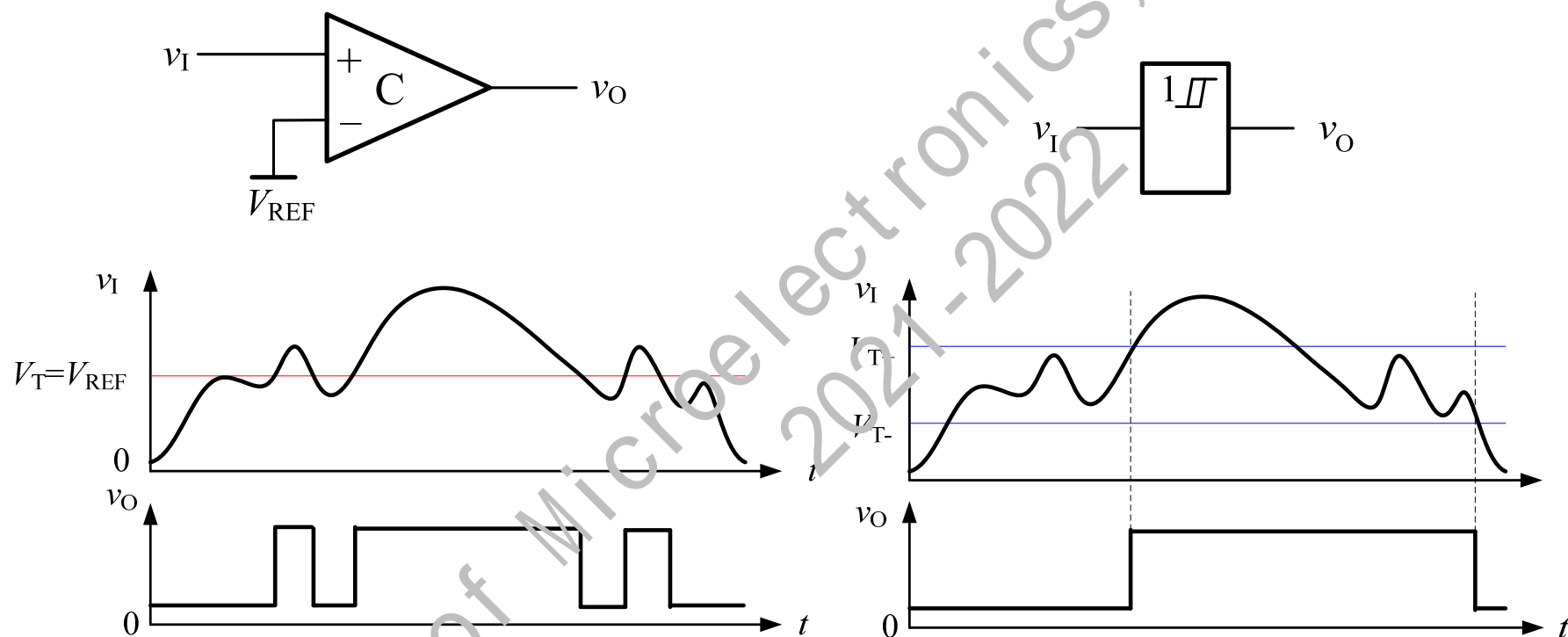


同相施密特触发器



反相施密特触发器

施密特触发器和电压比较器的区别



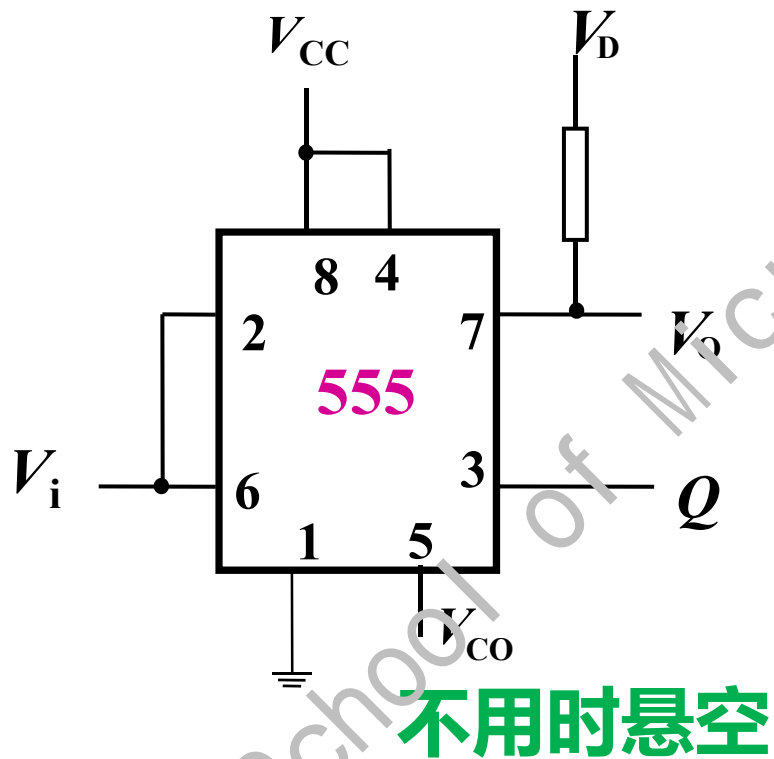
电压比较器工作波形

施密特触发器工作波形

施密特触发器有更好的噪声抑制特性

§7.2.1 由555定时器构成的施密特触发器

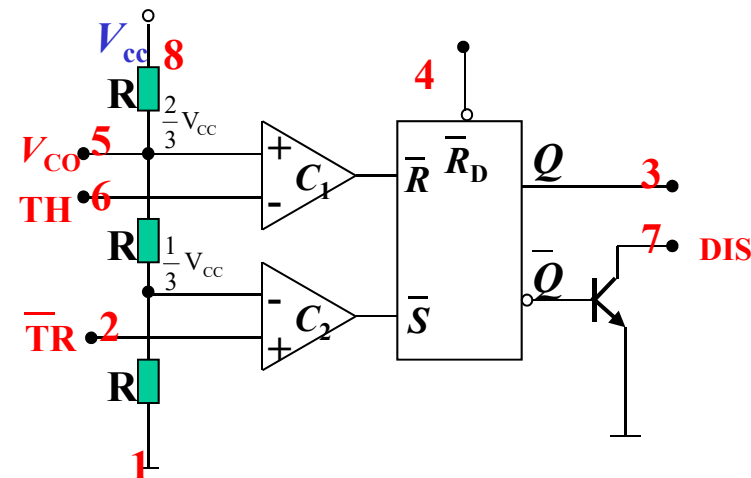
电路：



- **2 端和 6 端接在一起 ($V_2=V_6$, 两个比较器输入一致)**

- 4端 R_D 接高电平

两个输出端波形相同，幅值可能不同



工作原理 设输入为三角形波形

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

$$Q = 1$$

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

$$Q \text{ 保持}$$

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

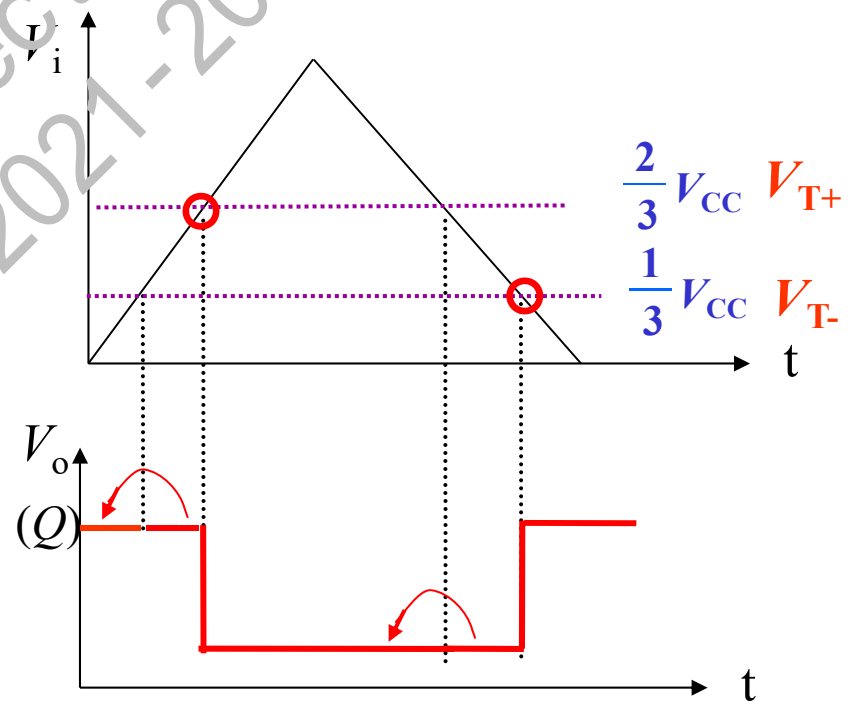
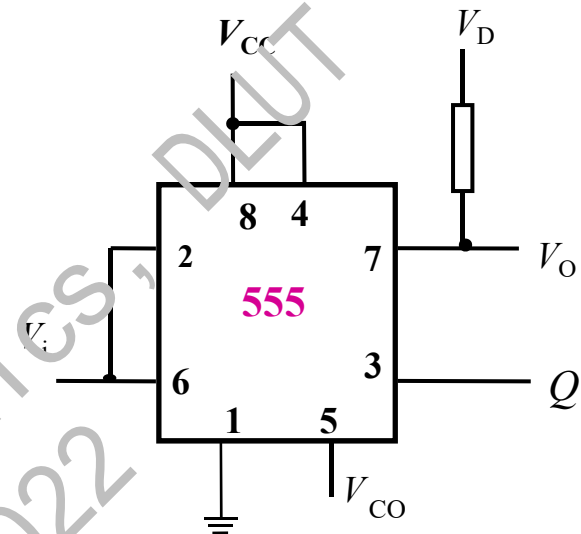
$$Q = 0$$

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

$$Q \text{ 保持}$$

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

$$Q = 1$$



小结

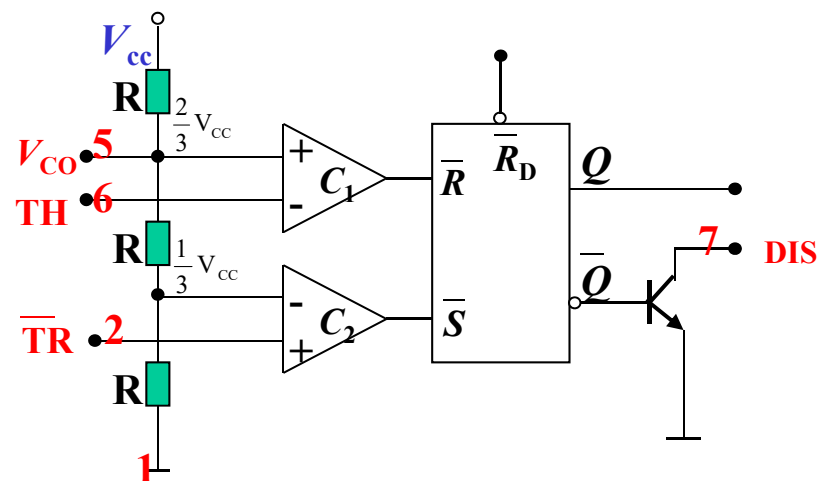
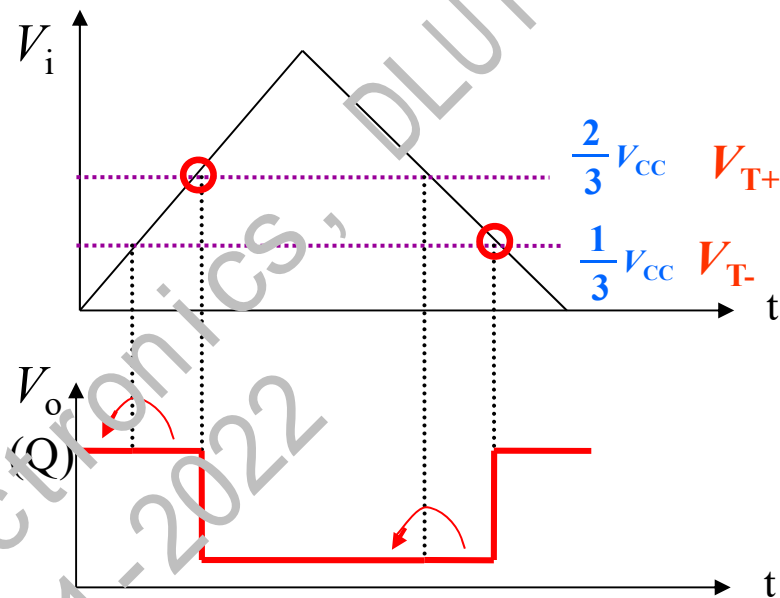
1) 波形转换:
三角波 \rightarrow 矩形波

2) 滞后

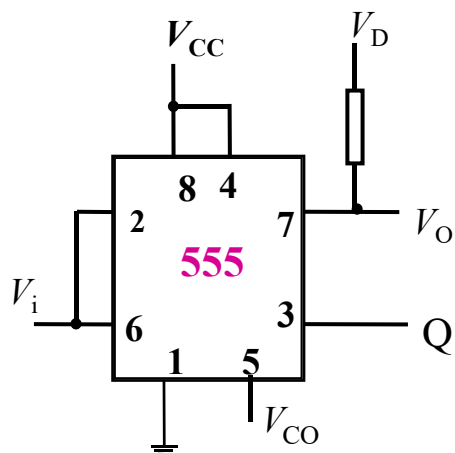
回差电压 $\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = \frac{2}{3}V_{cc} - \frac{1}{3}V_{cc} = \frac{1}{3}V_{cc}$

3) 滞后的原因:

555 定时器分压结构,
使基本RS-FF工作在保持状态



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



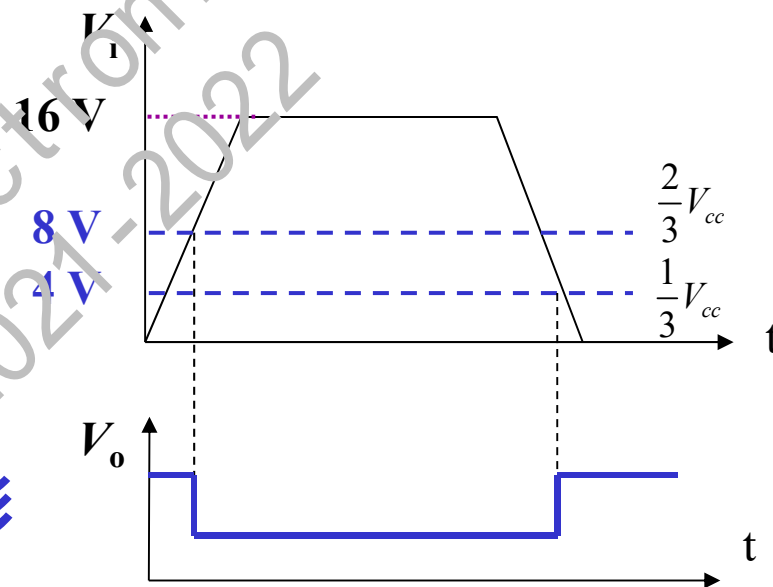
解:

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

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

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

(2) V_o 波形

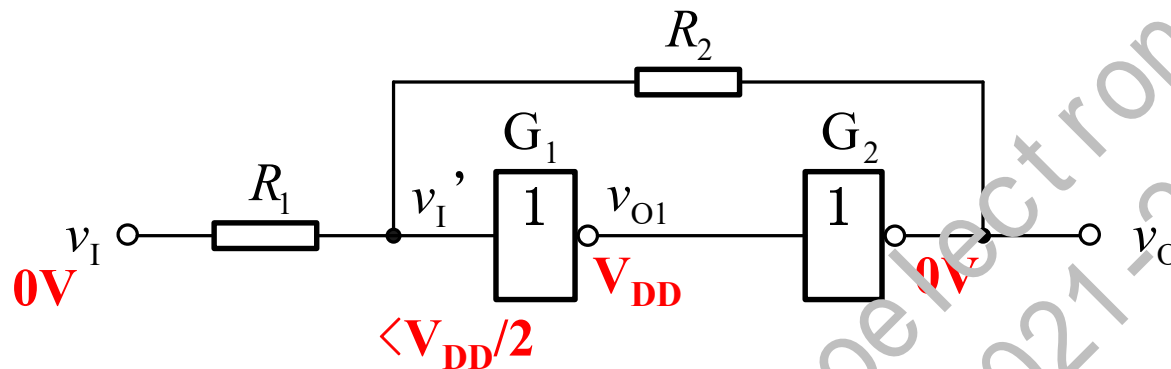


(3) $V_{co} = 10\text{ V}$

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

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

§7.2.2 门电路构成的施密特触发器

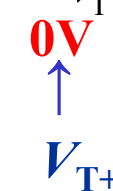


G_1, G_2 : CMOS非门

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, $v_I' \approx 0V$, $v_{O1} \approx V_{DD}$, $v_O \approx 0V$;

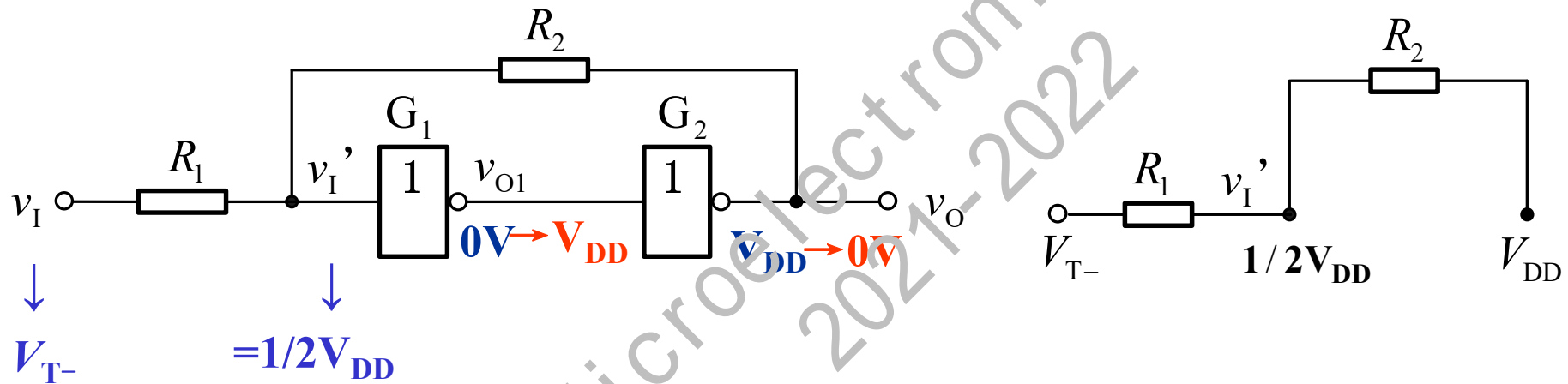
V_{T+0} 

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

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

$$v_0 \approx v_{\text{BD}}.$$

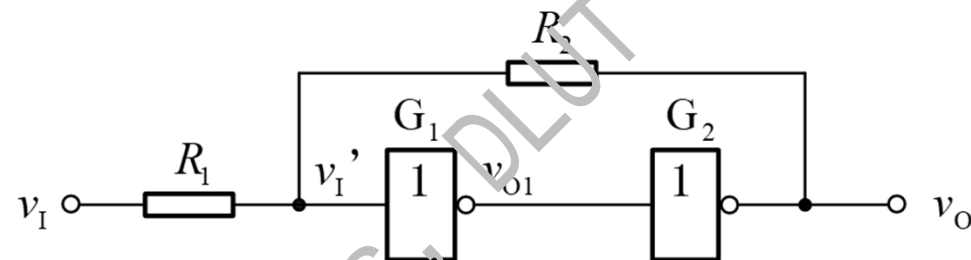
(4) 当 v_I 由高变低时, v_I' 也由高变低。当 $v_I' \leq 1/2 V_{DD}$ 时, 电路又将发生转换。此时对应的 v_I 称为 V_{T-} 。



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

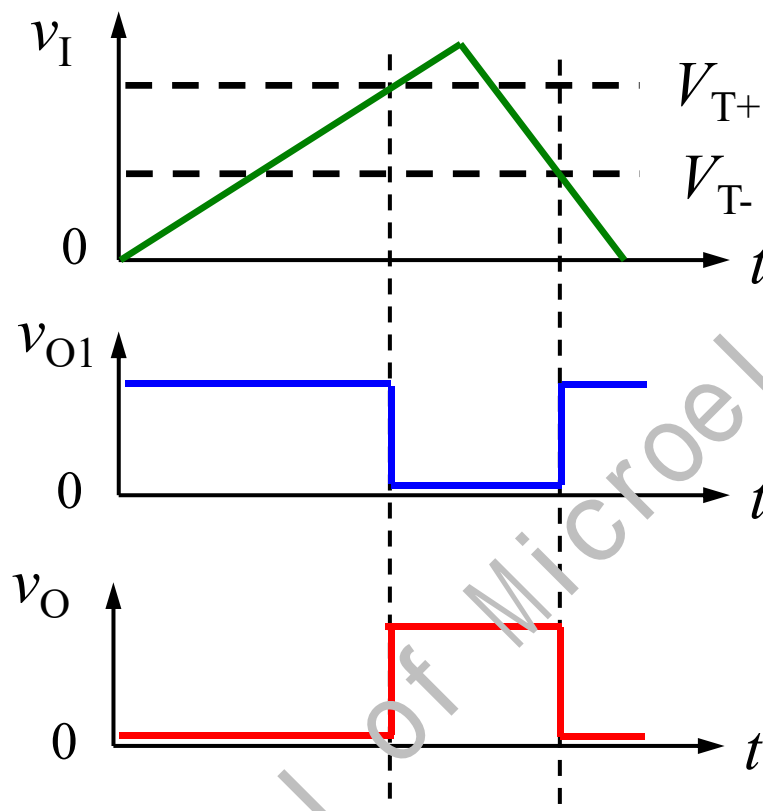
(5) 当 v_I 小于 V_{T-} 时, 电路转到另一稳态: $v_{O1} \approx V_{DD}$, $v_O \approx 0V$ 。

工作波形



反相

同相



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

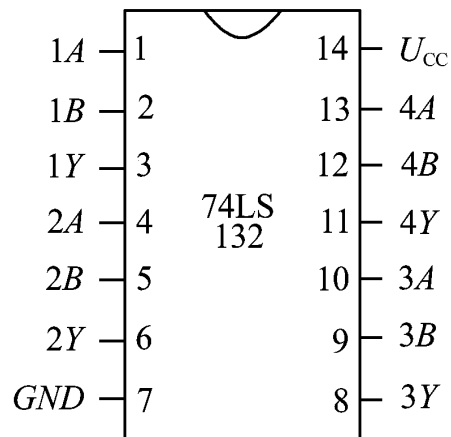
$$V_{T-} = \frac{1}{2} V_{DD} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)$$

回差电压: $\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = \frac{1}{2} V_{DD} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) - \frac{1}{2} V_{DD} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right) = \frac{R_1}{R_2} V_{DD}$

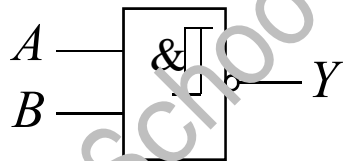
§7.2.3 集成施密特触发器

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 $> V_{T+}$, $Y = 0$

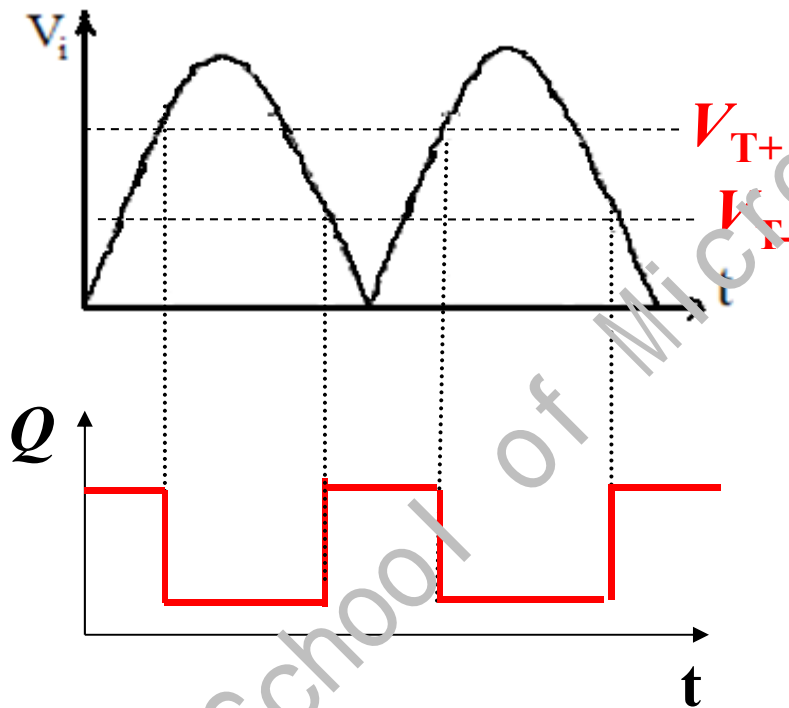
逻辑功能 $Y = \overline{AB}$

具有滞后特性

§7.2.4 Schmitt 触发器应用

Applications of Schmitt Trigger

1. 波形转换

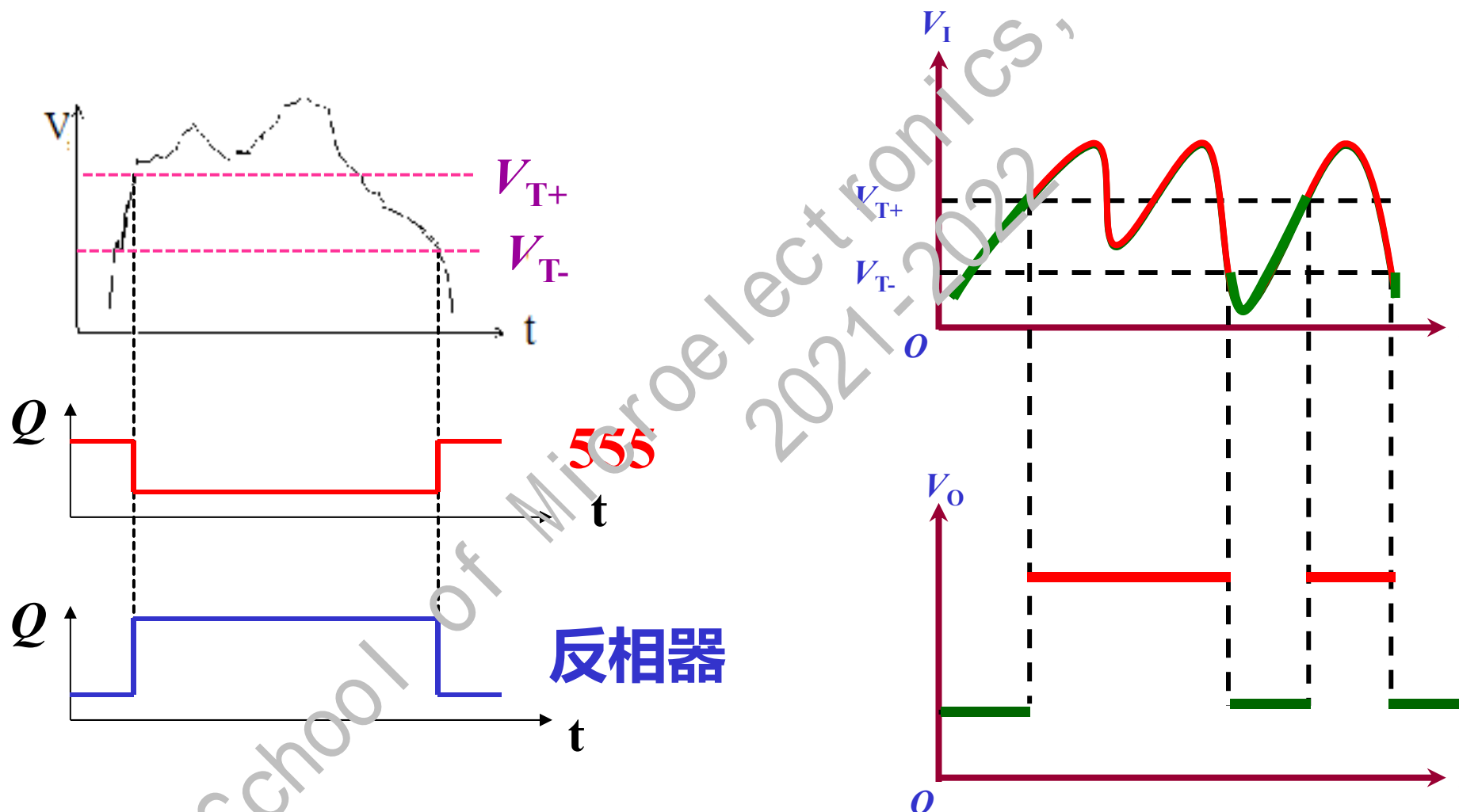


将一周期性信号变换为矩形波，其输出脉冲宽度 T_w 可通过改变 ΔV 进行调节。

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

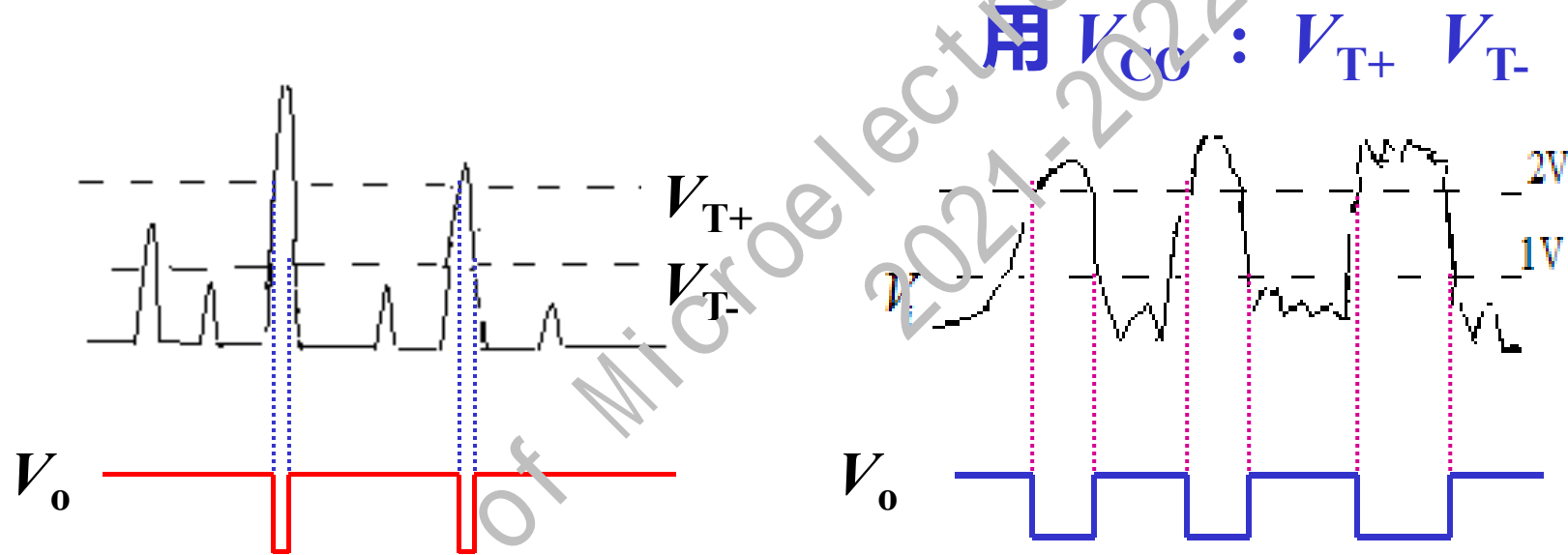
2. 信号整型

将不规则的信号波形整成矩形脉冲。



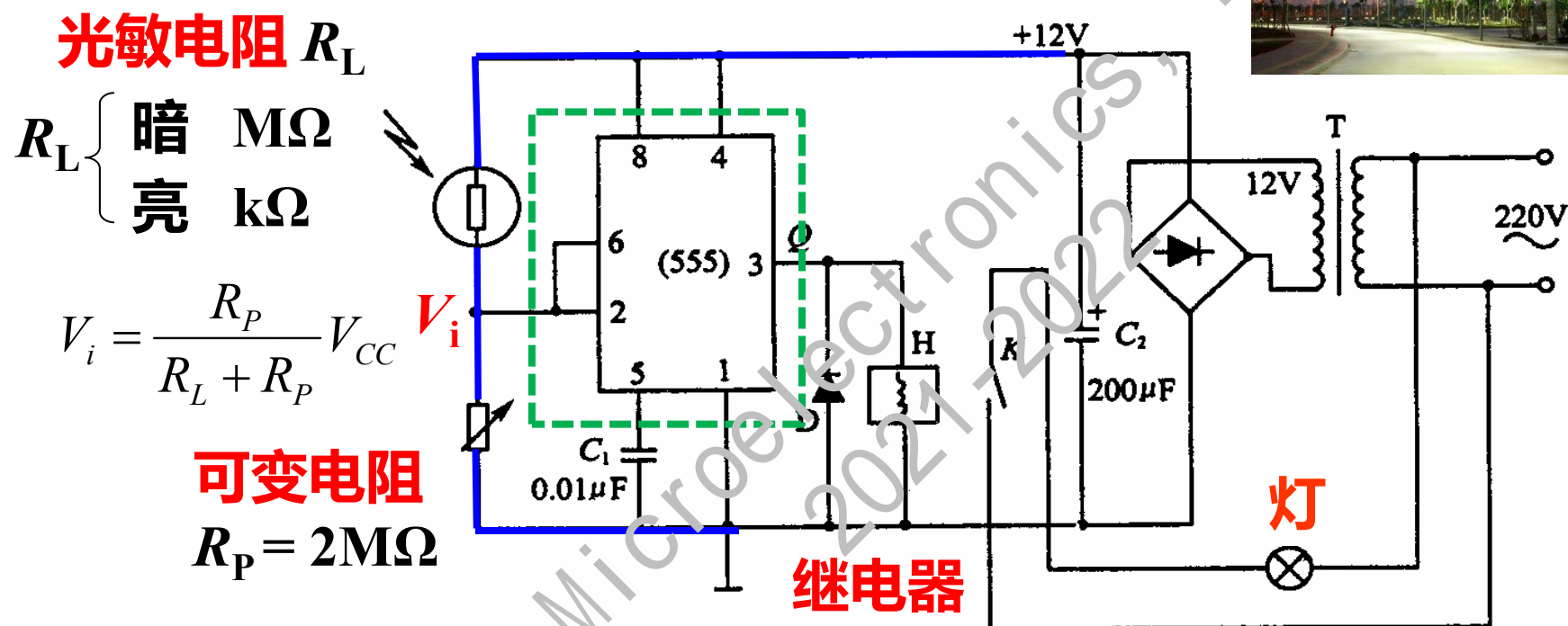
3. 幅度鉴别

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。