

# 10. 脉冲单元电路

## 10.1 概 述

## 10.2 555 定时器

## 10.3 555 定时器的典型应用

# 10.1 概述

## 一、什么是脉冲信号？

矩形波



三角波



锯齿波



狭义：持续时间极短的电压或电流波形

广义：凡是不具有连续正弦形状的信号

## 二、什么是脉冲单元电路？

用来产生、变换、整形脉冲信号的电路

# 10.1 概述

本章讨论重点：

- 如何产生脉冲信号？
- 对不理想的脉冲信号如何整形？

## 1. 如何产生脉冲信号（时钟信号）？

- 直接产生法：利用多谐振荡器产生
- 间接转换法：将其他非脉冲信号经整形电路变成脉冲信号

## 2. 如何对脉冲波形进行整形？

- 整形电路：施密特触发器和单稳态触发器

数字电路与模拟电路的区别：工作信号为离散脉冲信号。

脉冲电路与数字电路的区别：

- 脉冲电路侧重波形，数字电路侧重逻辑关系。
- 数字电路的信号波形也是一种脉冲波形。

脉冲电路构成：开关电路 + RC电路

破坏电路的稳态，  
产生暂态。

控制暂稳态时  
间的长短。

# 10.1 概述

---

## 三、脉冲单元电路的主要形式

- 1、施密特触发器（滞回特性）
- 2、单稳态触发器（单稳态）
- 3、多谐振荡器（无稳态）

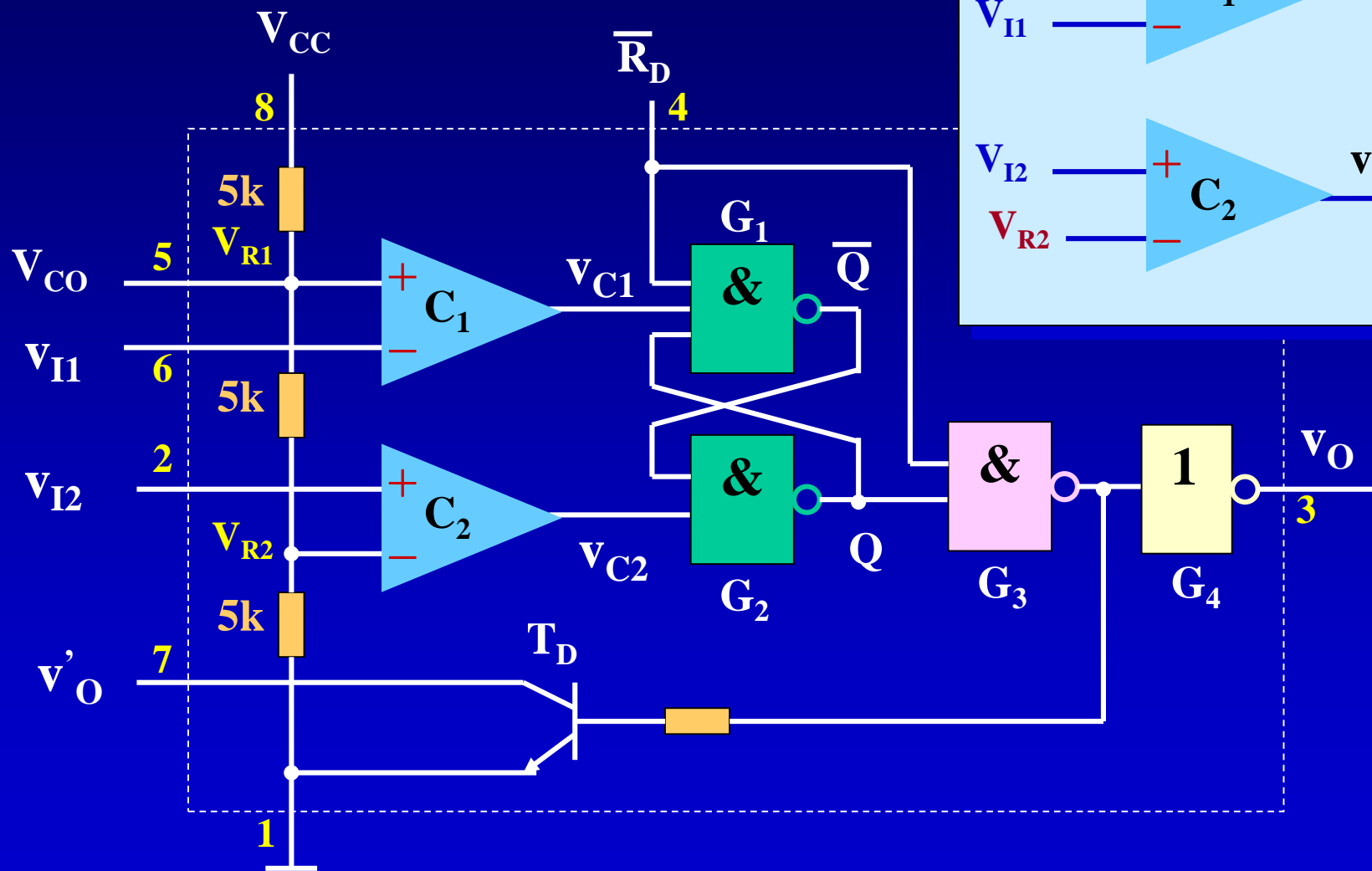
## 10.2 555 定时器

555 定时器是一种多用途的 **数字—模拟** 混合集成电路，只要在外部配上适当的阻容元件，就可以方便地构成施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器。

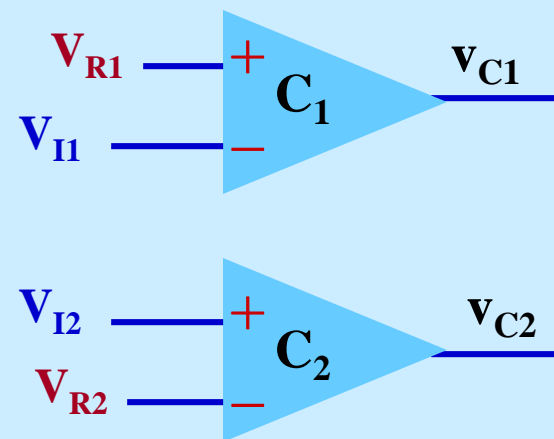
在工业自动控制、定时、仿声、电子乐器、防盗报警等方面得到广泛应用。

# 10.2 555 定时器

## 一、电路结构

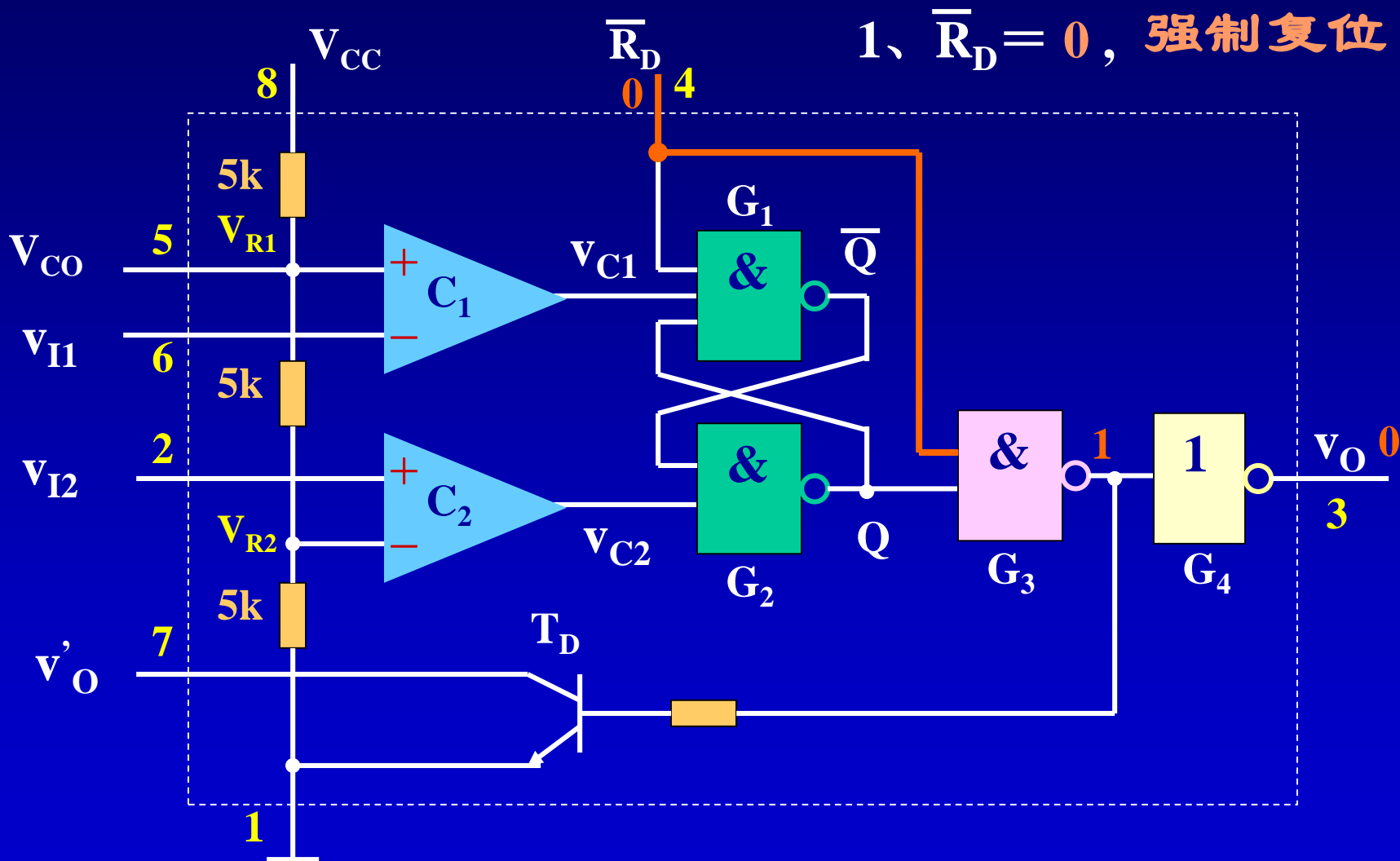


### 电压比较器



# 10.2 555 定时器

## 二、功能分析

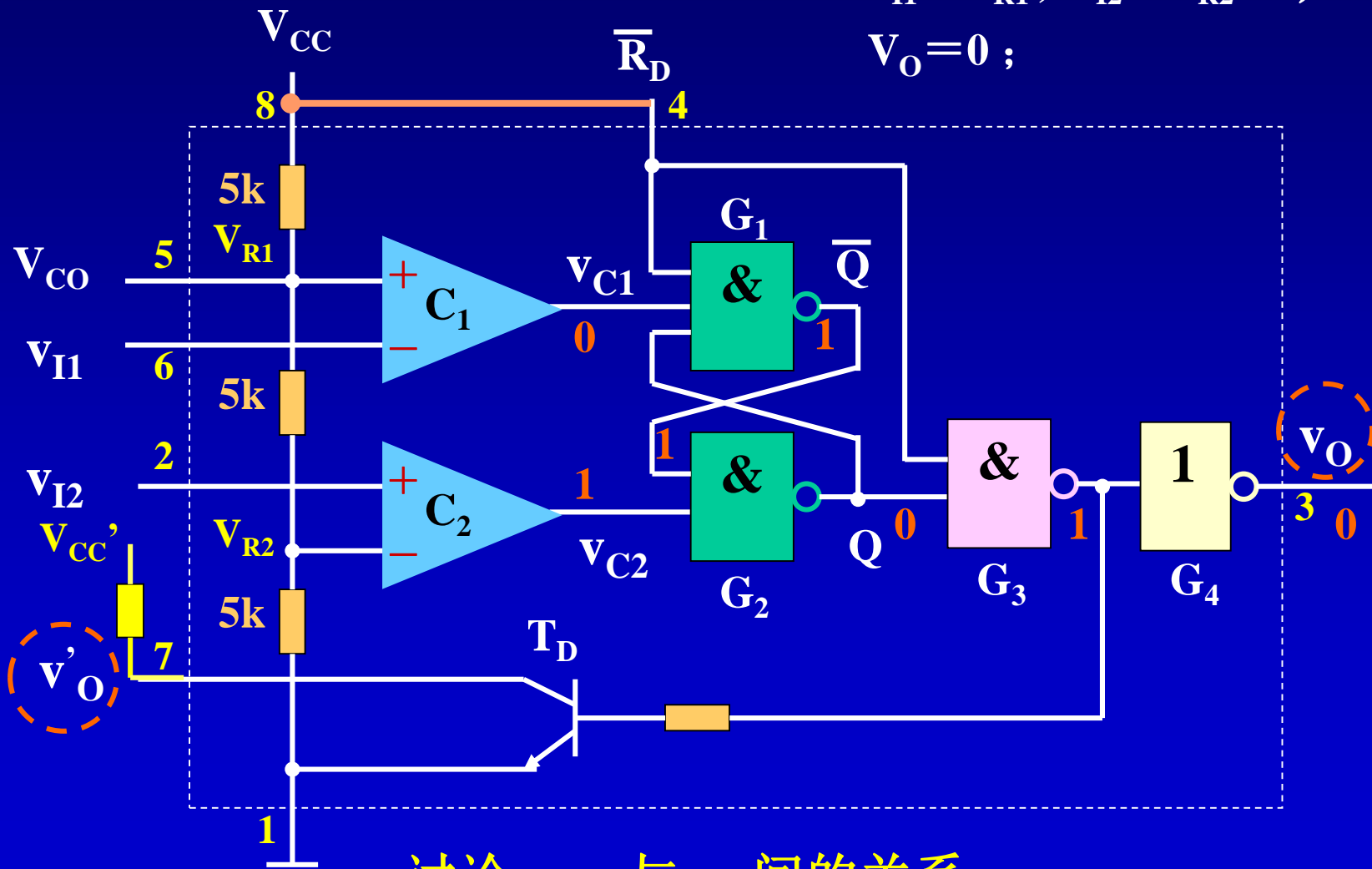




## 10.2 555 定时器

## 2、 $\bar{R}_D = 1$

(1)  $V_{I1} > V_{R1}$ ,  $V_{I2} > V_{R2}$  时,  
 $V_O = 0$  ;



## 讨论: $v_0$ 与 $v_{*0}$ 间的关系

## 10.2 555 定时器

555 定时器功能表

输 入			输 出	
$\overline{R}_D$	$V_{I1}$	$V_{I2}$	$V_O$	$T_D$ 状态
0	X	X	0	导通
1	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0	导通
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	保持	保持
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1	截止
1	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1	截止

# 10.3 555 定时器的典型应用

## 一、用555构成施密特触发器

### 1、施密特触发器的特点

与一般的双稳态触发器存在本质区别，**无记忆功能**。

(1) 输入信号从低电平上升的过程中，电路状态翻转时对应的输入电平，与输入信号从高电平下降的过程中，对应的输入电平值**不同**；

(2) 在电路状态转换时，通过电路内部的正反馈过程，使输出电压波形的**边沿变得很陡**。

**用途：**



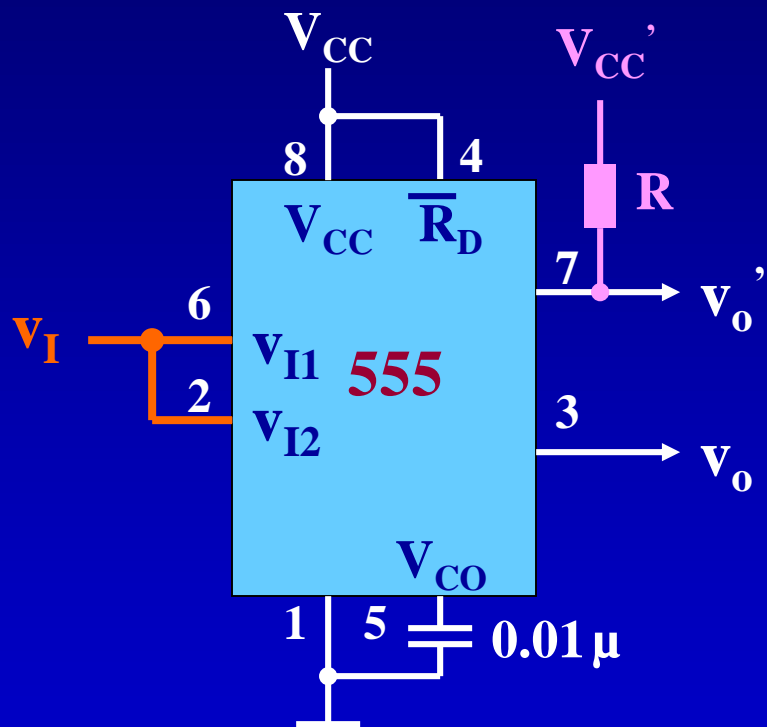
**波形整形**



**清除噪声**

## 10.3 555 定时器的典型应用

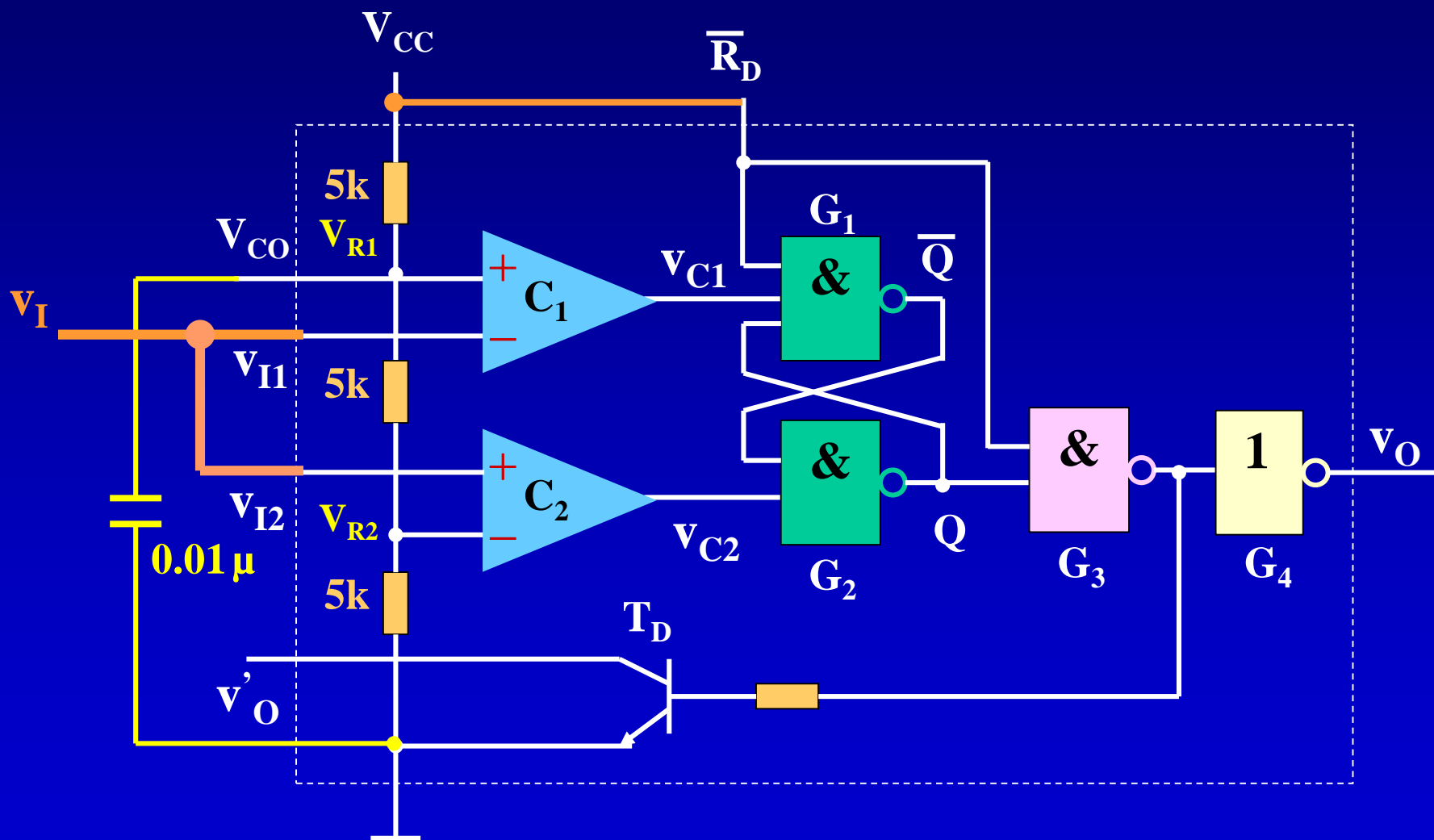
### 2、如何用555构成施密特触发器？



施密特触发器

# 10.3 555 定时器的典型应用

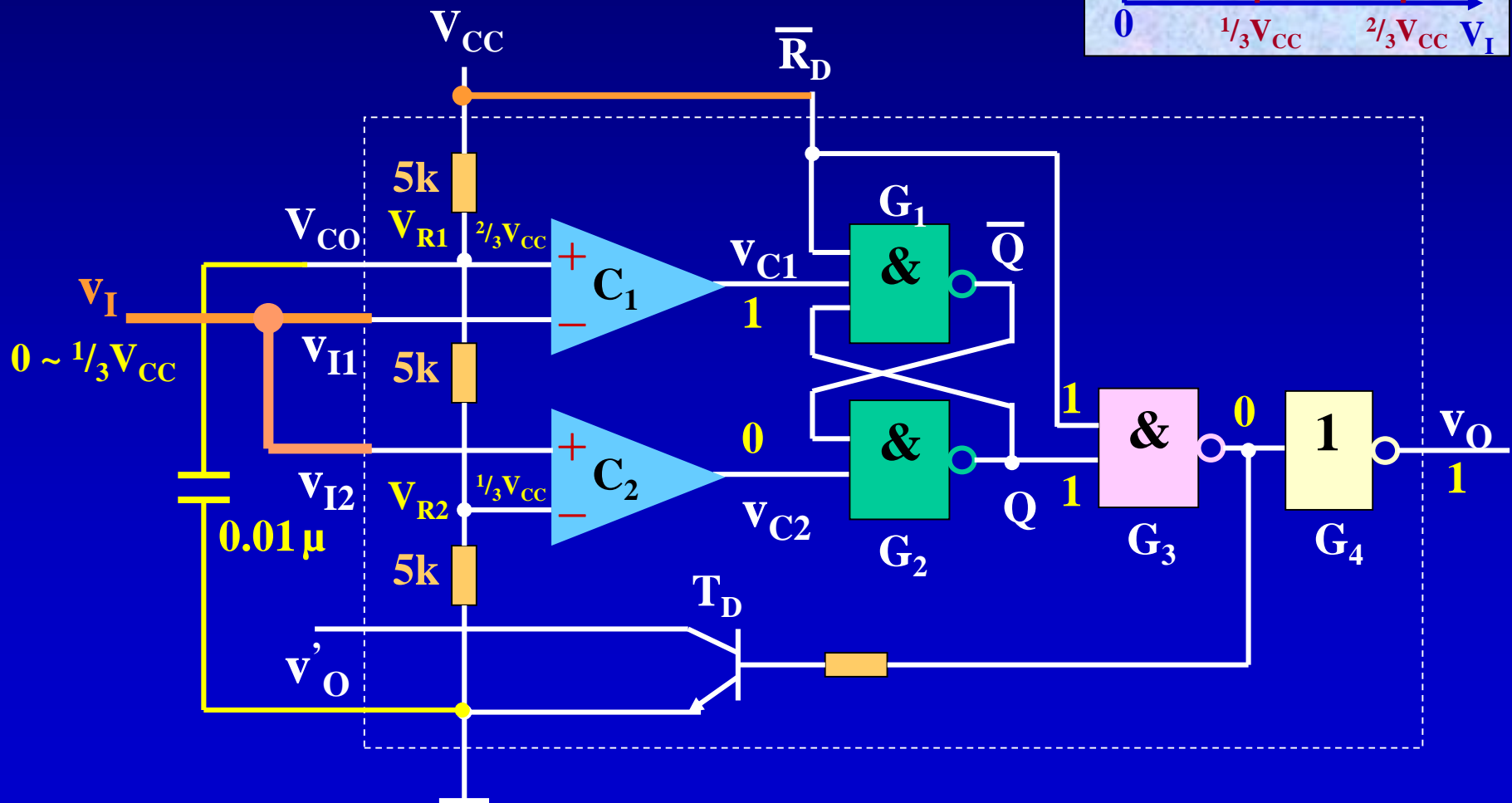
## (1) 电路结构



## 10.3 555 定时器的典型应用

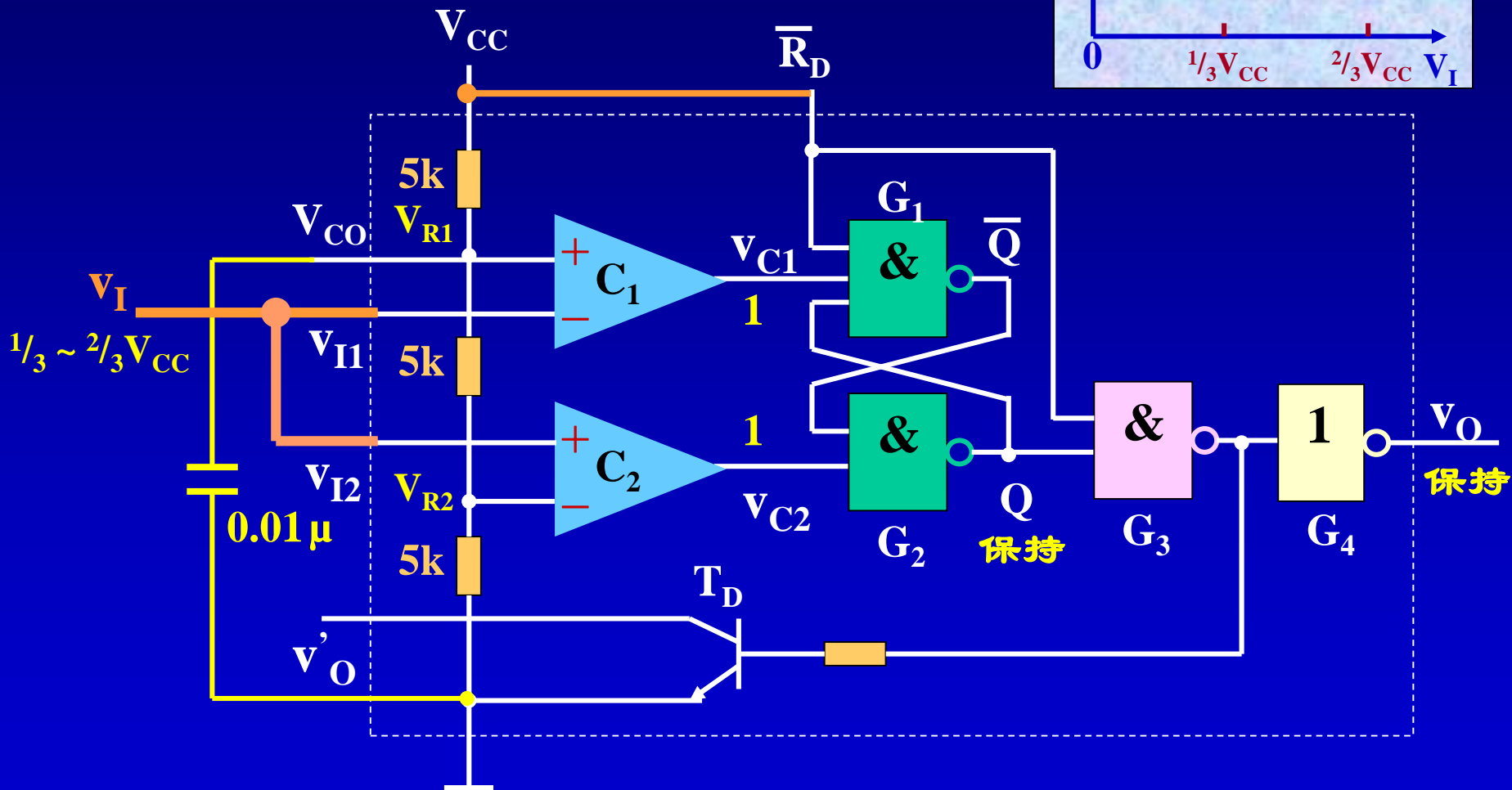
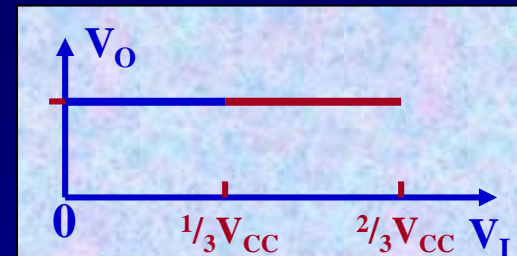
## (2) 原理分析

### ① $V_I$ 从0 逐渐上升的过程



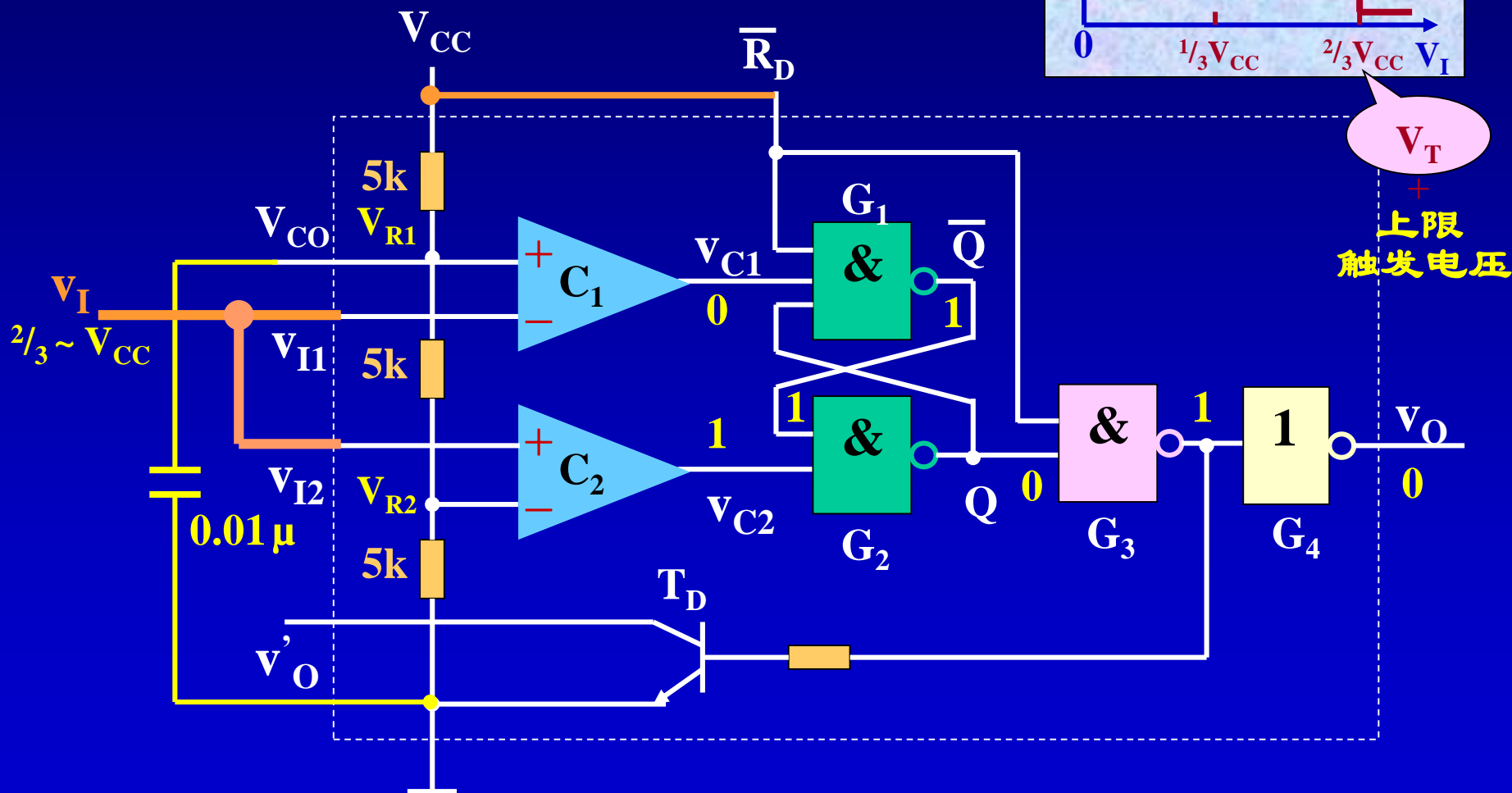
## 10.3 555 定时器的典型应用

### ① $V_I$ 从0 逐渐上升的过程



# 10.3 555 定时器的典型应用

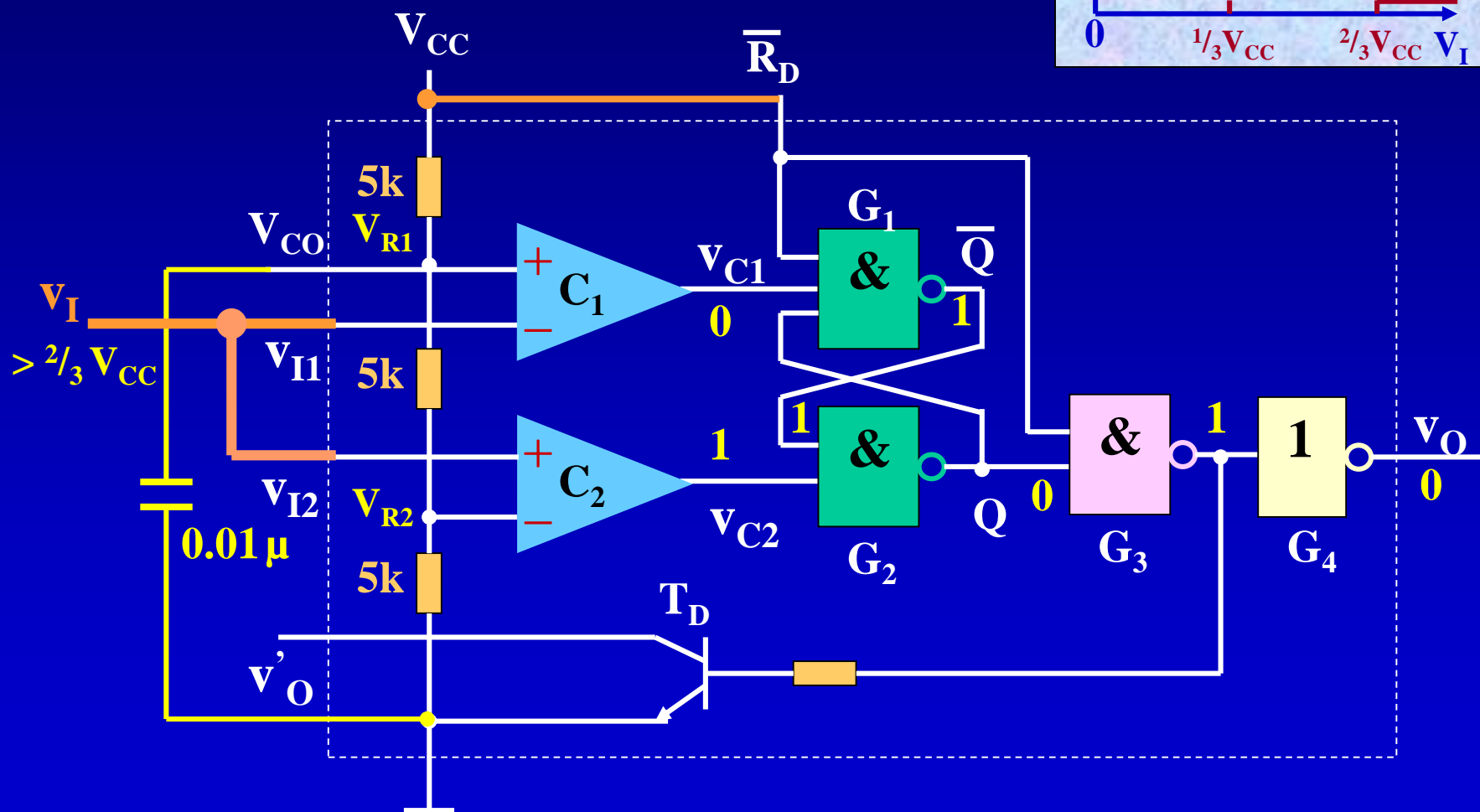
①  $V_I$  从0 逐渐上升的过程





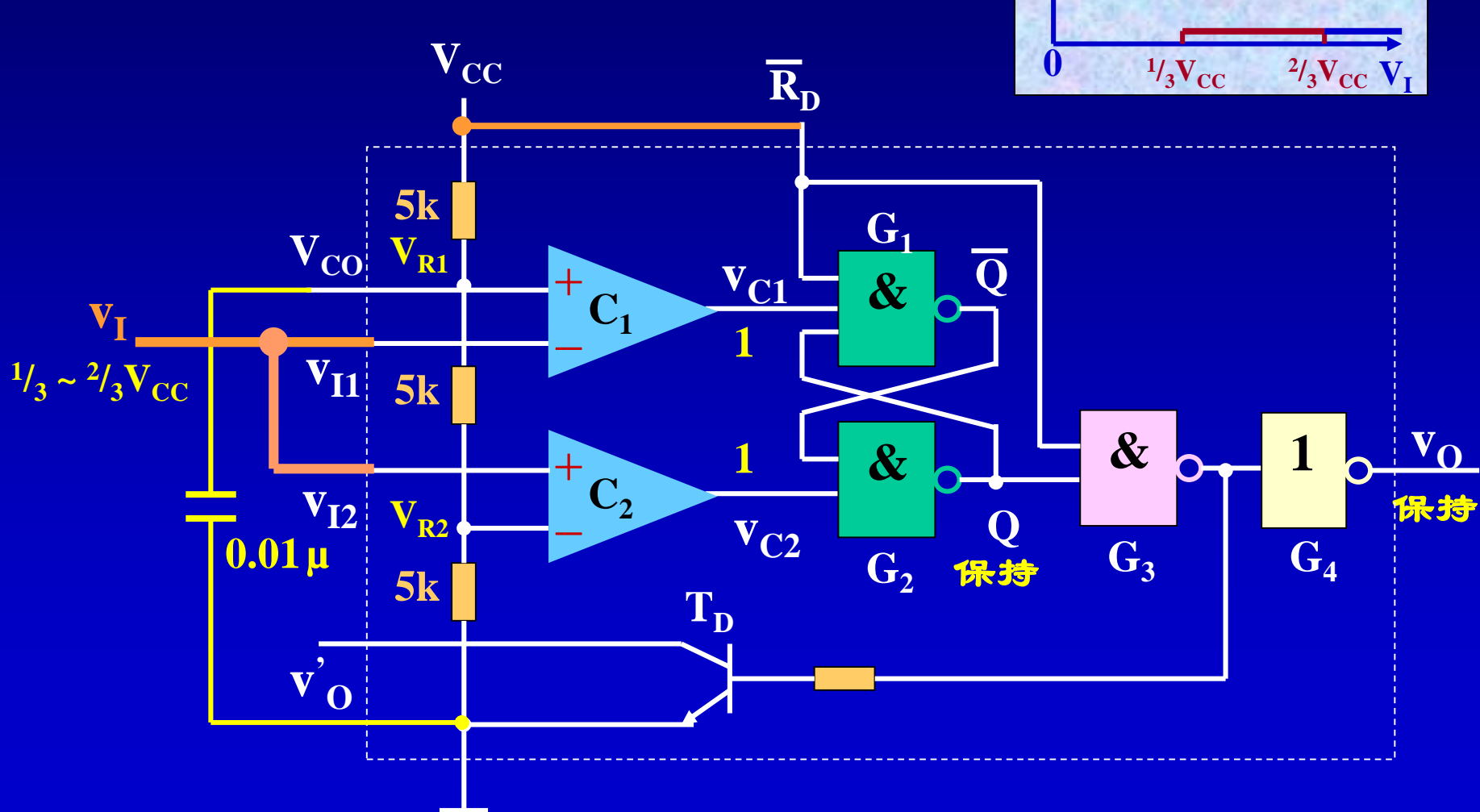
## 10.3 555 定时器的典型应用

②  $V_I$  从  $V_{CC}$  逐渐下降的过程



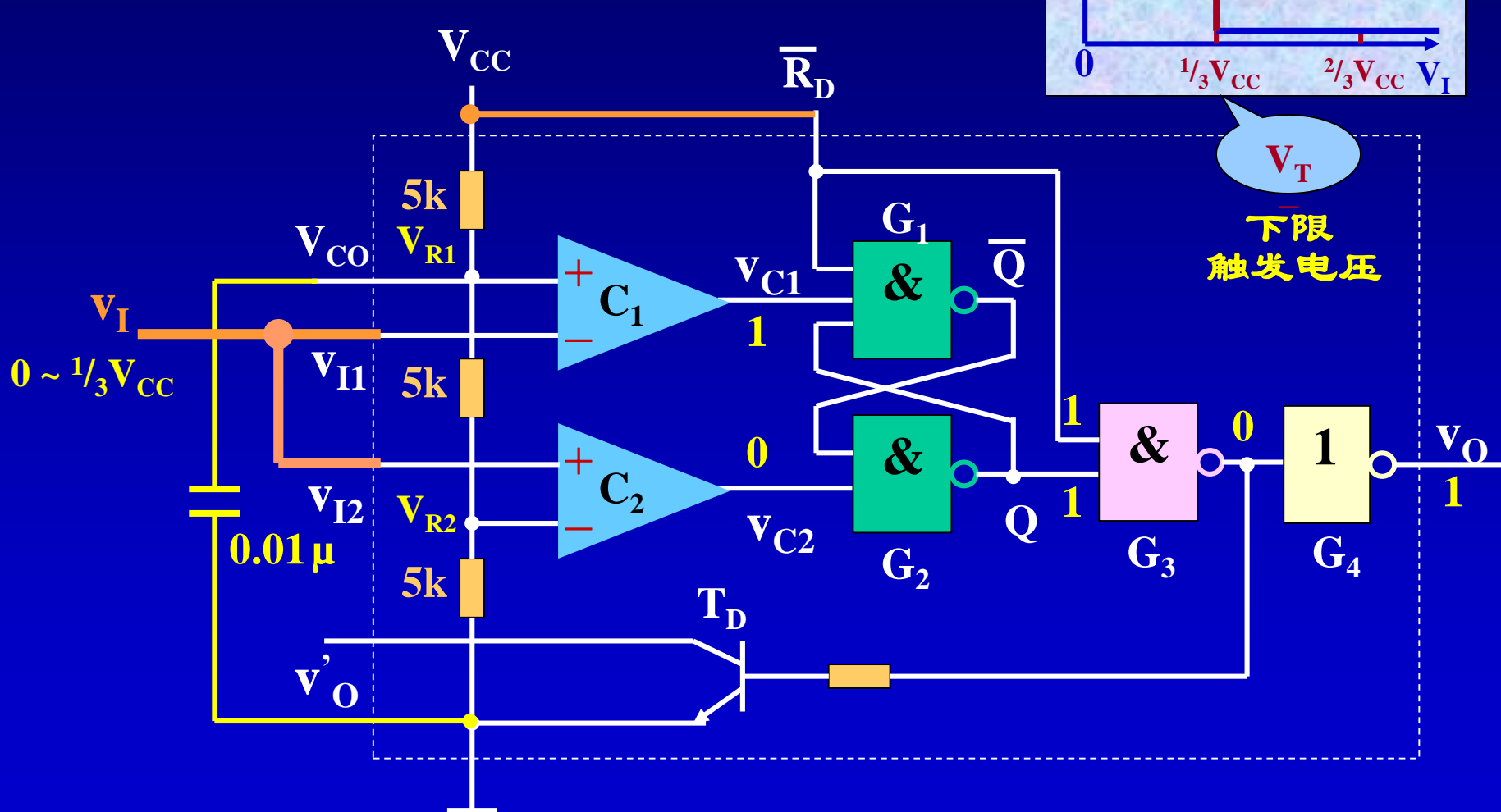
## 10.3 555 定时器的典型应用

②  $V_I$  从  $V_{CC}$  逐渐下降的过程



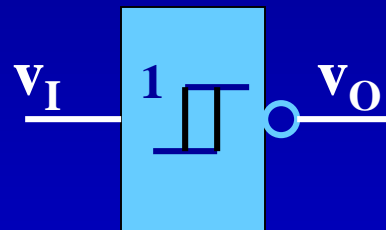
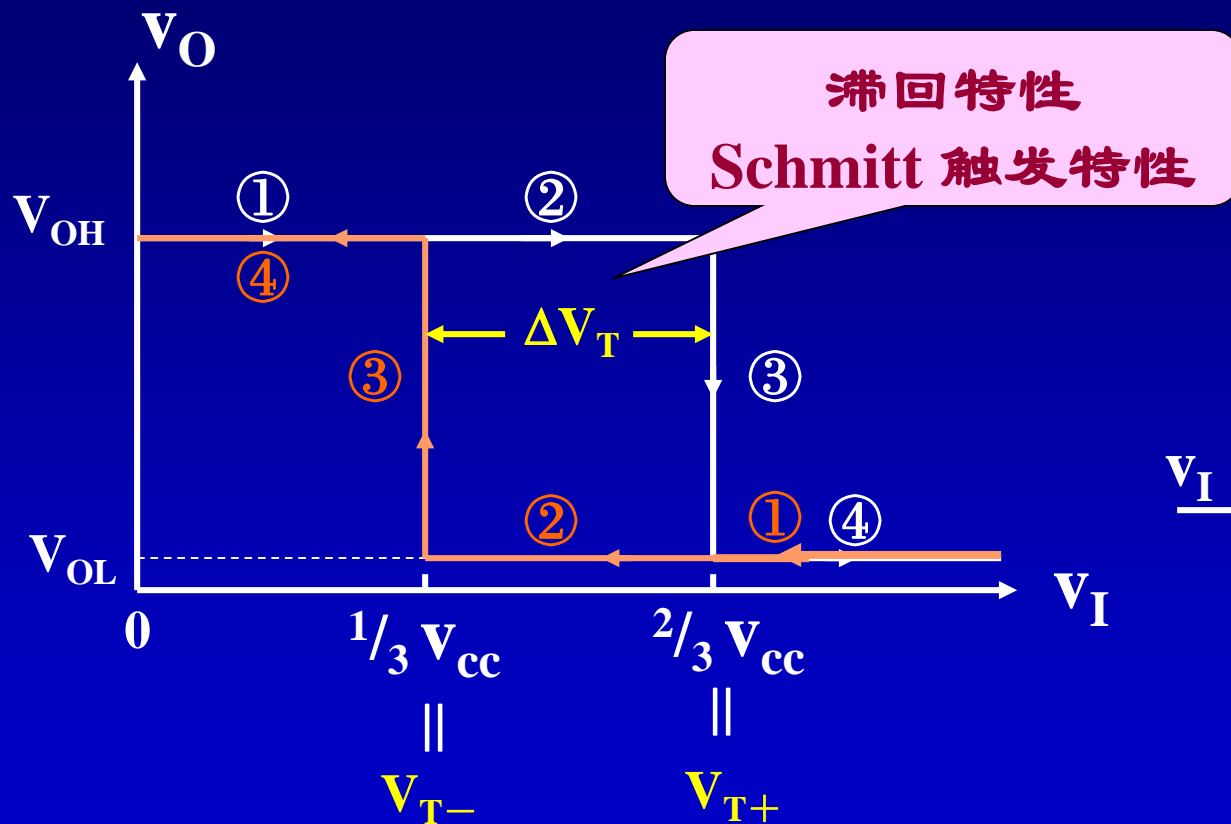
## 10.3 555 定时器的典型应用

②  $V_I$  从  $V_{CC}$  逐渐下降的过程



# 10.3 555 定时器的典型应用

## 电压传输特性曲线



$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = \frac{2}{3}V_{cc} - \frac{1}{3}V_{cc} = \frac{1}{3}V_{cc}$$

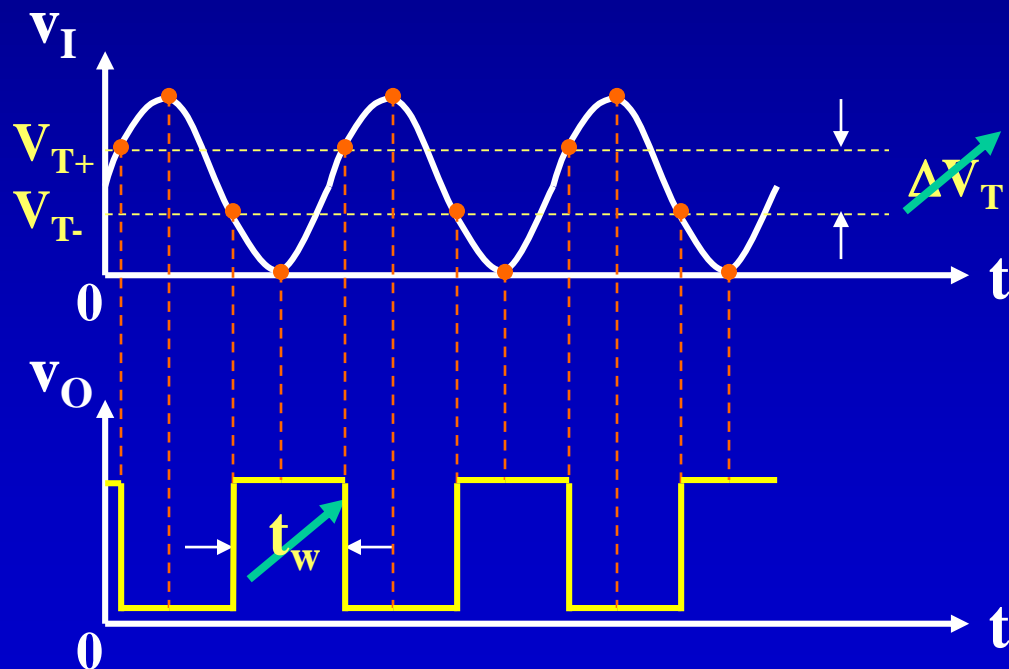
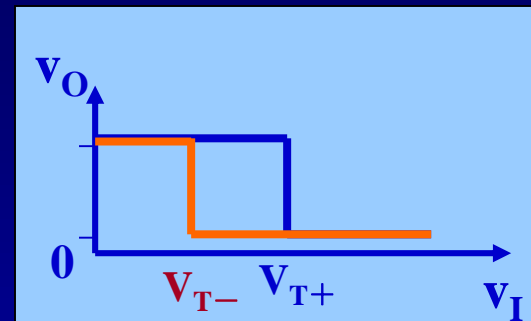
(回差)

# 10.3 555 定时器的典型应用

## 3、应用

### (1) 波形变换

将边沿变化缓慢的周期性信号变换为同频率的矩形脉冲信号。

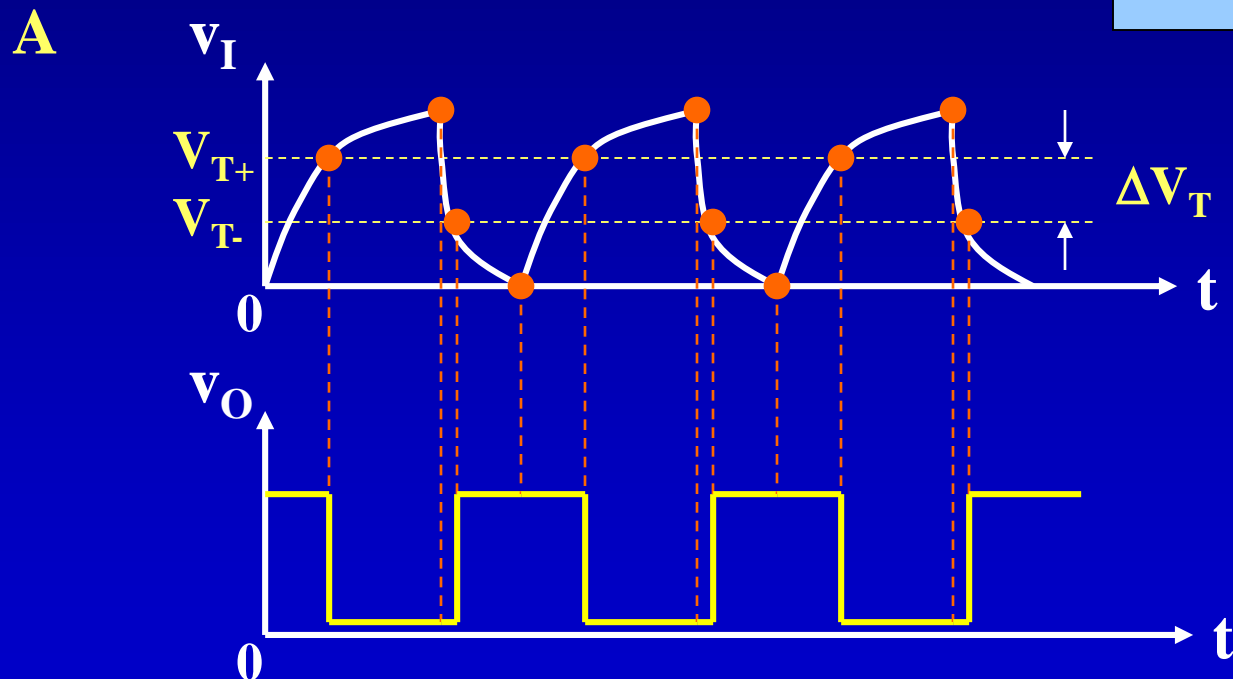
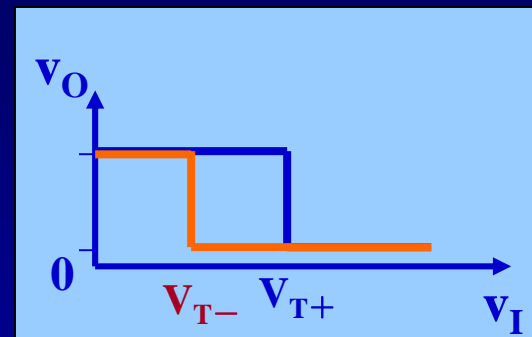


脉冲宽度  $t_w$  可由  
回差  $\Delta V_T$  调节

## 10.3 555 定时器的典型应用

### (2) 波形整形

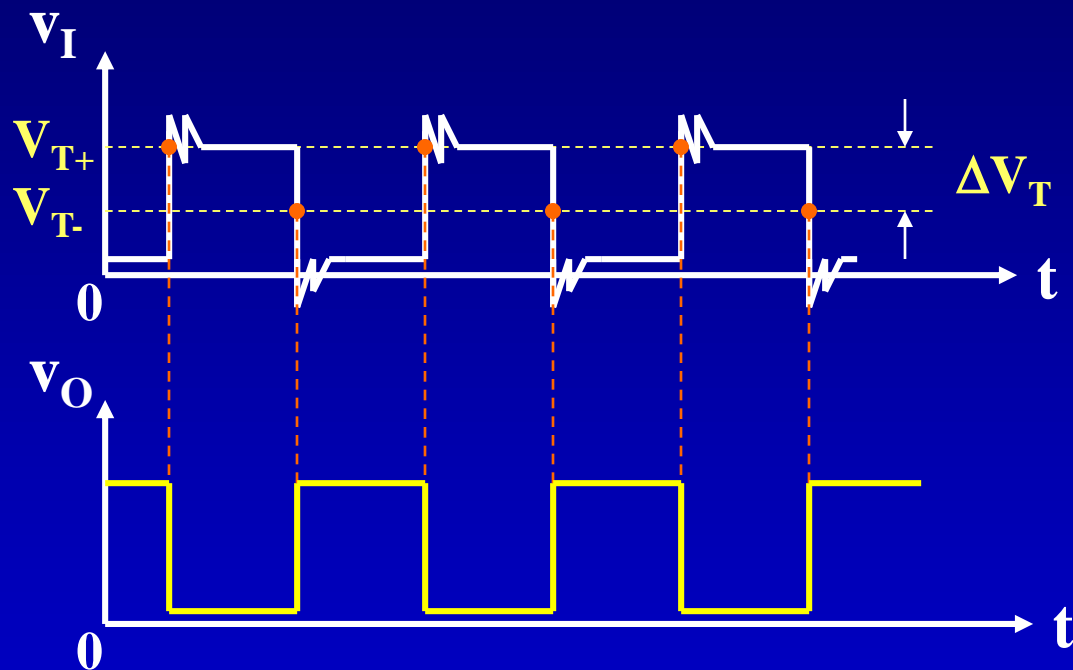
将经过传输而发生畸变的波形  
还原为矩形波



## 10.3 555 定时器的典型应用

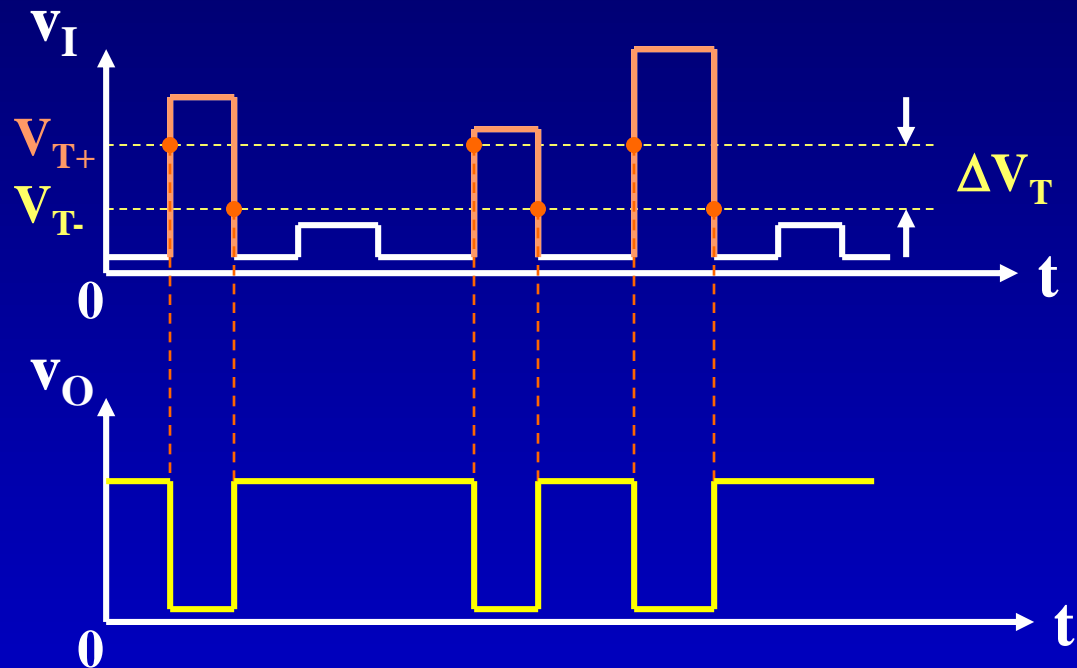
### (2) 波形整形

B



## 10.3 555 定时器的典型应用

### (3) 幅度鉴别



若将一系列**幅度各异**的脉冲信号加到施密特触发器的输入端，只有那些幅度大于 $V_{T+}$ 的脉冲，才在输出端产生输出信号。



# 10.3 555 定时器的典型应用

## 二、用555构成单稳态触发器

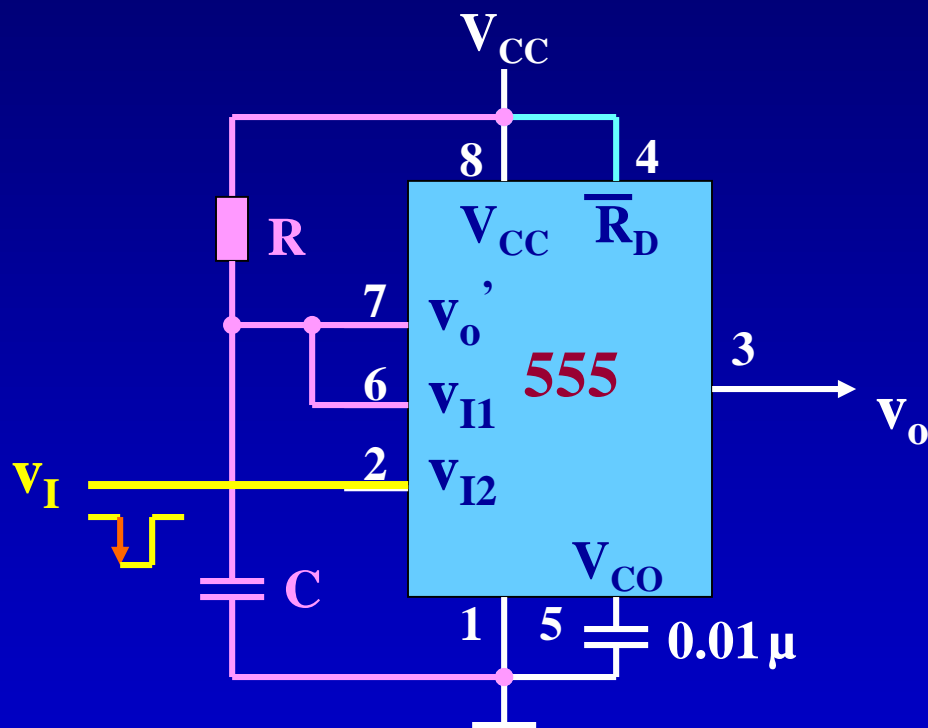
### 1、单稳态触发器的特点

- (1) 有稳态和暂稳态两个不同的工作状态
- (2) 在外加触发信号作用下，能够从稳态翻转到暂稳态，在暂稳态维持一段时间后，又自动返回稳态；
- (3) 电路处于暂稳态的维持时间取决于电路的外接电阻 $R$ 和外接电容 $C$ ，而与触发脉冲的宽度和幅度无关。

利用单稳态触发器，可以制作出许多实用的电路，如自动楼道灯、自动门、自动冲水器等。

## 10.3 555 定时器的典型应用

### 2、如何用555构成单稳态触发器？



单稳态触发器

## 10.3 555 定时器的典型应用

### (2) 原理分析 (略)

围绕三个问题分析:

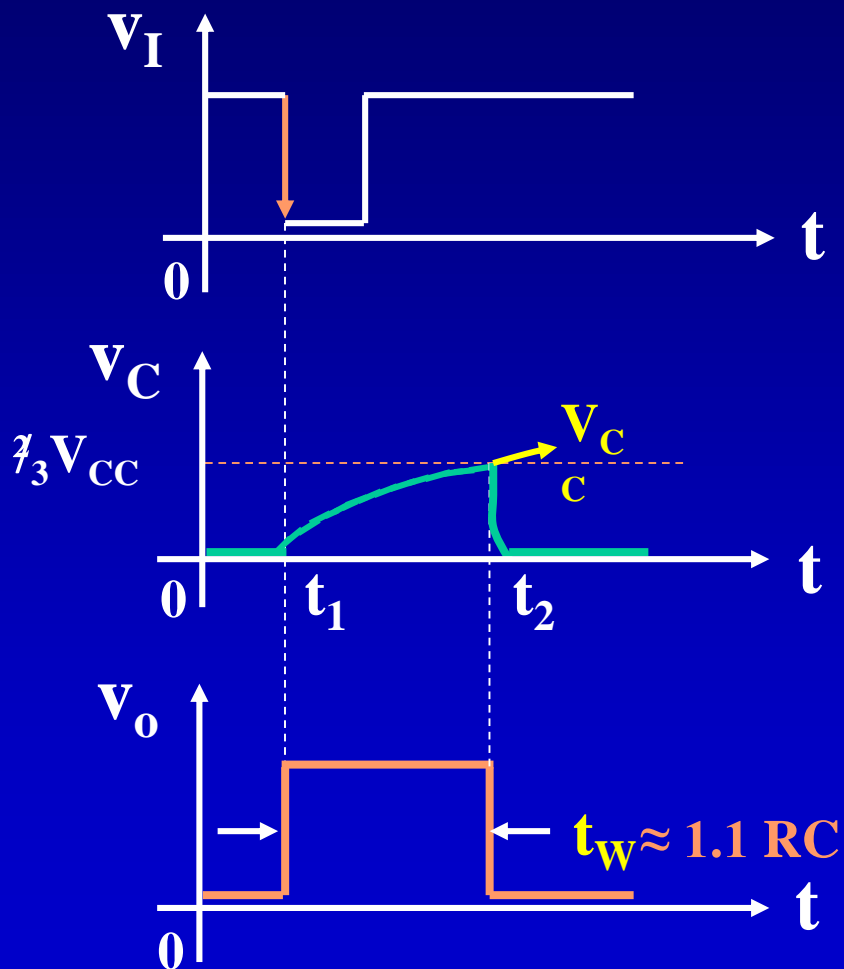
第一, 如何判断稳态?

第二, 在外加触发信号作用下, 如何由稳态进入暂稳态?

第三, 何时由暂稳态自动返回稳态?

## 10.3 555 定时器的典型应用

### (3) 输出脉冲宽度 $t_w$



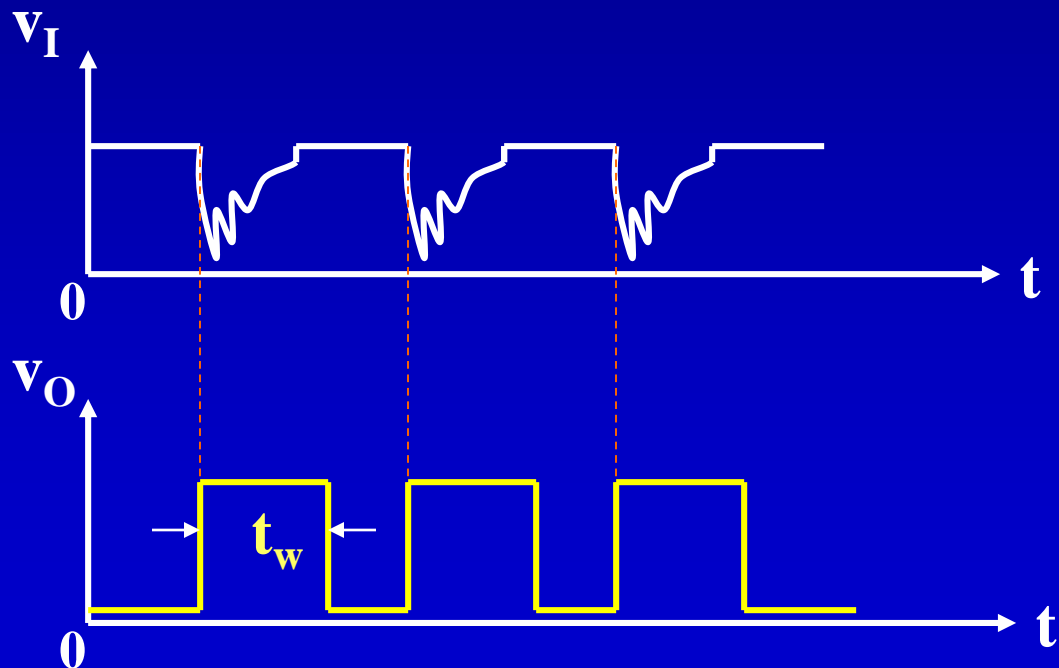
$$\begin{aligned} t_w &= t_2 - t_1 \\ &= RC \ln \frac{v_c(\infty) - v_c(t_1)}{v_c(\infty) - v_c(t_2)} \\ &= RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} \\ &= RC \ln 3 \\ &\approx 1.1 RC \end{aligned}$$

## 10.3 555 定时器的典型应用

### 3、应用

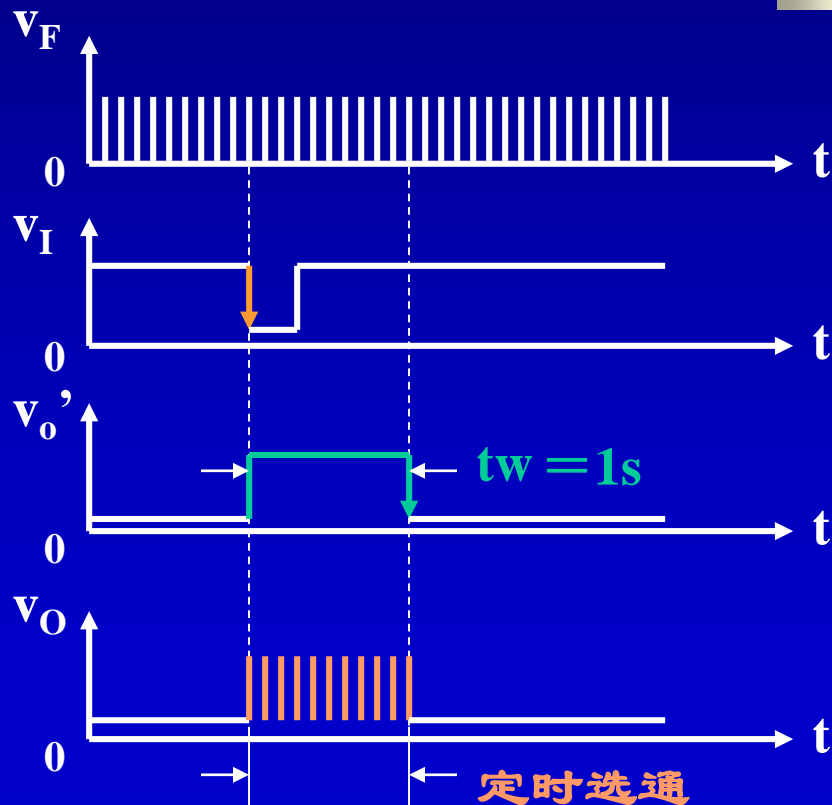
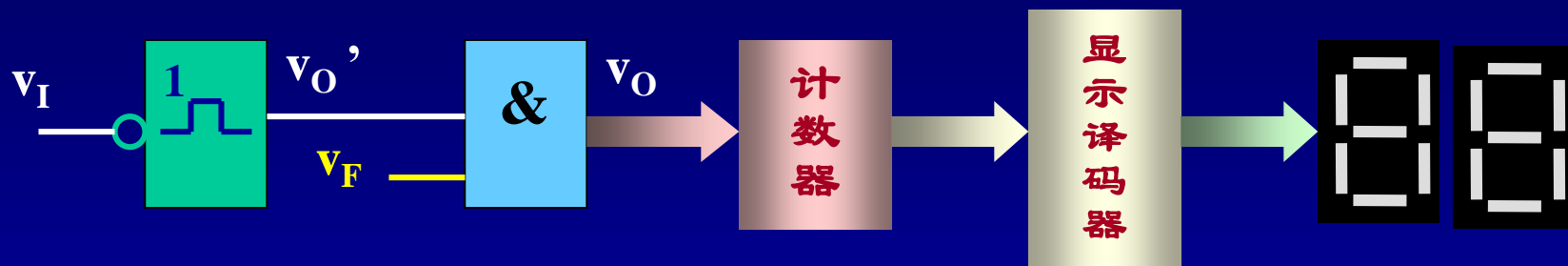
#### A、脉冲整形

利用单稳态触发器一经触发，就立刻从稳态进入暂稳态，在暂稳态期间，输出电平的高低与输入信号无关的特性，可将输入的不规则脉冲整形为矩形波。



# 10.3 555 定时器的典型应用

## B、定时



$V_F$  频率?

# 10.3 555 定时器的典型应用

## 二、用555构成多谐振荡器

### 1、什么是多谐振荡器？

多谐振荡器是一种**自激**振荡器，接通电源后，不需要外加的触发信号，就能**自动振荡**起来，一旦振荡，电路没有稳态，只有**两个暂稳态**，在两者之间来回转换，输出连续的**矩形波**脉冲信号。

常用作**脉冲信号源**。

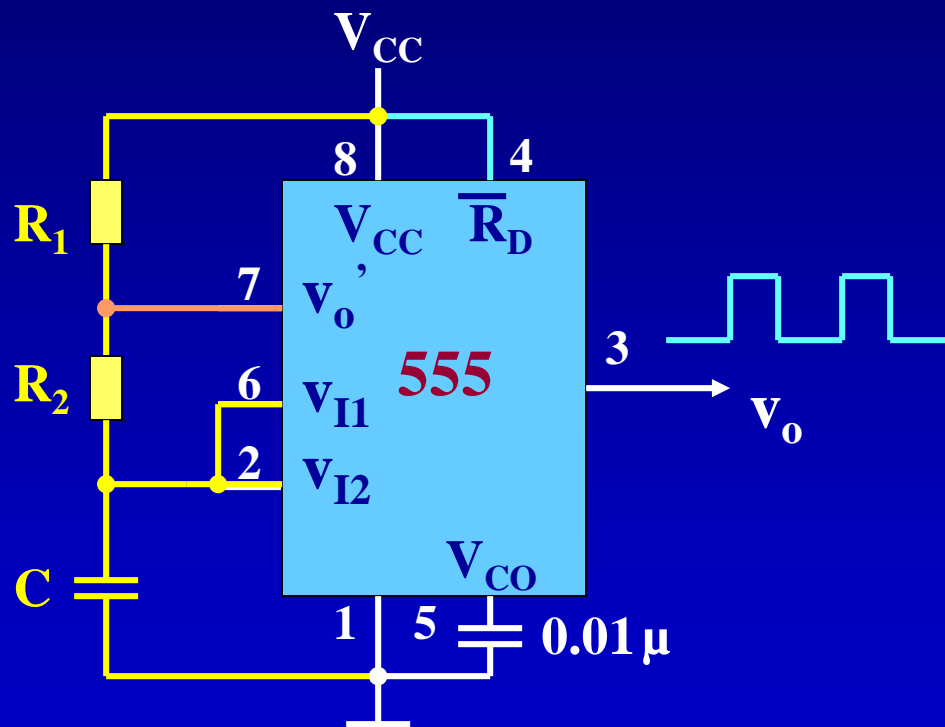
为什么叫**多谐**振荡器？



矩形波中除基波外，还包括许多高次谐波，因此，习惯上叫多谐振荡器。

## 10.3 555 定时器的典型应用

### 2、如何用555构成多谐振荡器？

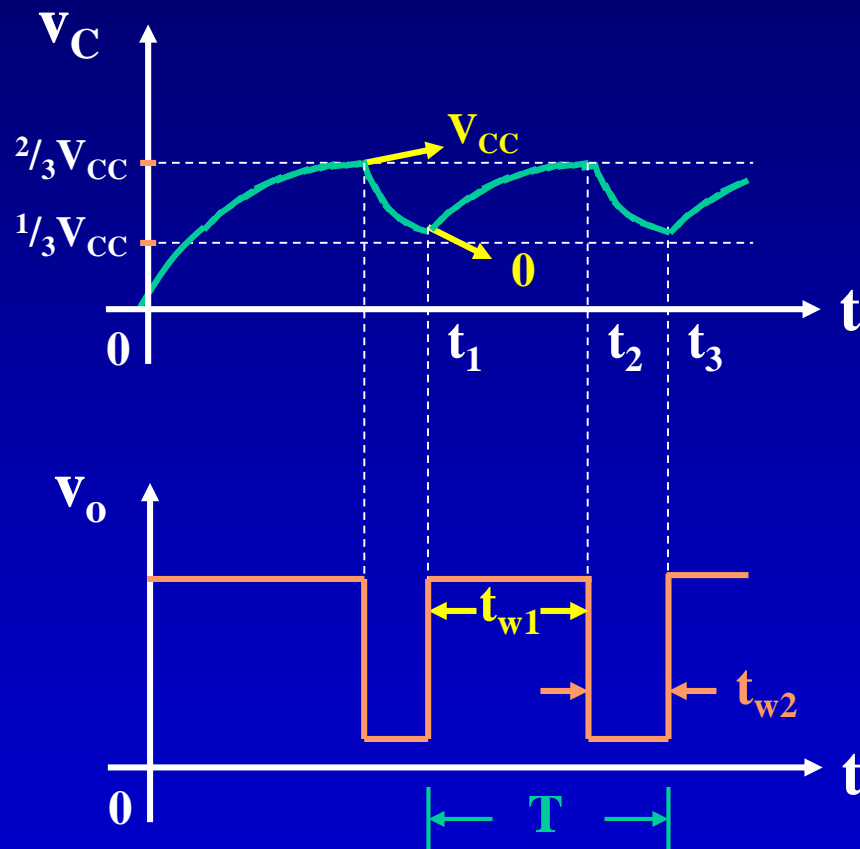


多谐振荡器



## 10.3 555 定时器的典型应用

### (3) 输出波形及振荡周期



振荡周期  $T = t_{w1} + t_{w2}$

$$\begin{aligned} t_{w1} &= t_2 - t_1 \\ &= \tau_1 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(t_1)}{V_C(\infty) - V_C(t_2)} \\ &= (R_1 + R_2) C \ln \frac{V_{CC} - 1/3 V_{CC}}{V_{CC} - 2/3 V_{CC}} \\ &= (R_1 + R_2) C \ln 2 \\ &\approx 0.7 (R_1 + R_2) C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{w2} &= t_3 - t_2 \\ &= \tau_2 \ln \frac{V_C(\infty) - V_C(t_2)}{V_C(\infty) - V_C(t_3)} \\ &= R_2 C \ln \frac{0 - 2/3 V_{CC}}{0 - 2/3 V_{CC}} \\ &= R_2 C \ln 2 \approx 0.7 R_2 C \end{aligned}$$

$t_{w1}$ : 暂稳态 I

$t_{w2}$ : 暂稳态 II

## 10.3 555 定时器的典型应用

振荡周期

$$T = t_{w1} + t_{w2} \approx 0.7(R_1 + R_2)C + 0.7R_2C \approx 0.7(R_1 + 2R_2)C$$

振荡频率

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

占空比 (pulse duration ratio)

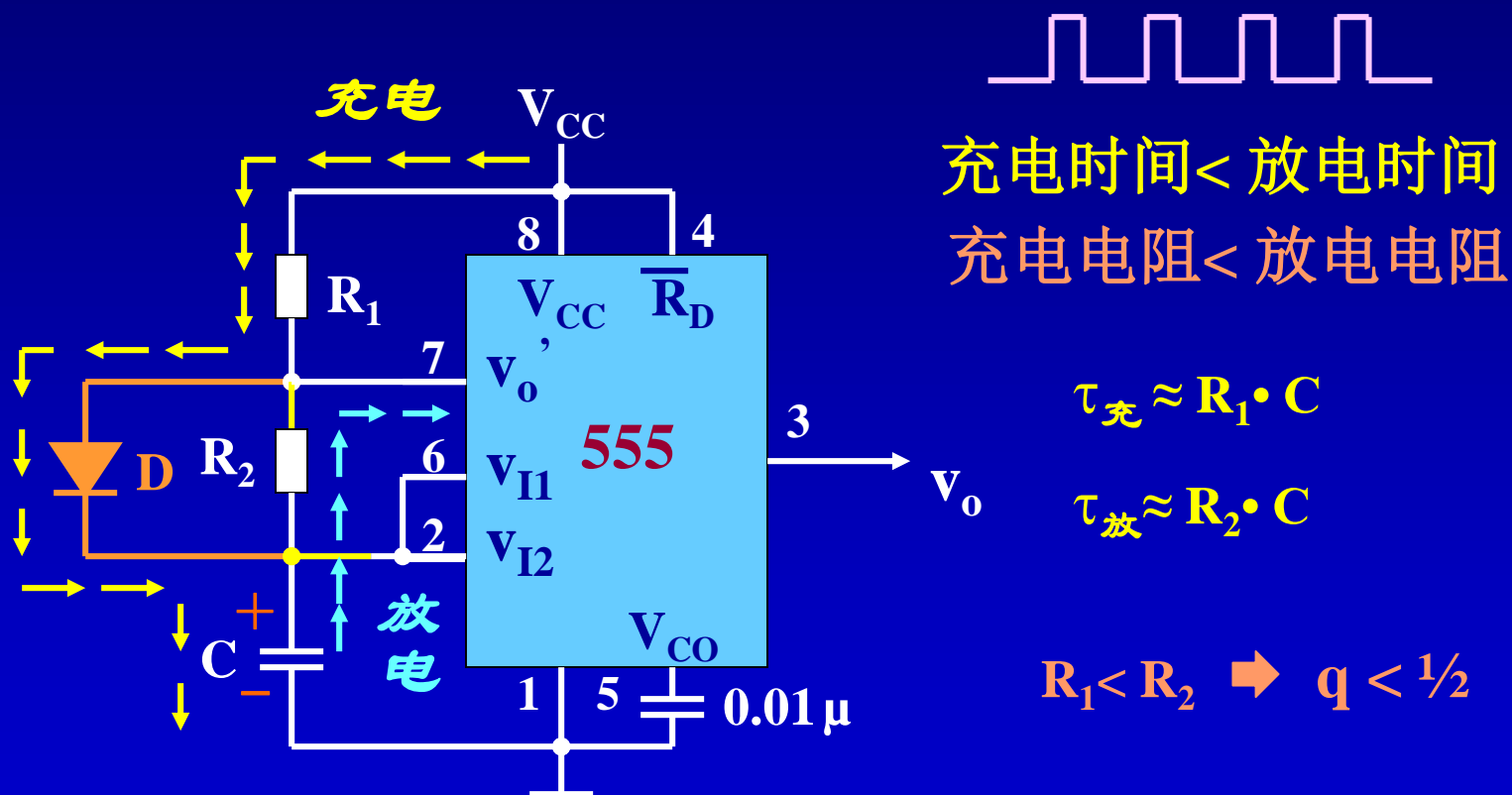
$$q = \frac{t_{w1}}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$$

若  $R_2 \gg R_1$ , 则  $q \approx 1/2$ , 输出对称方波。



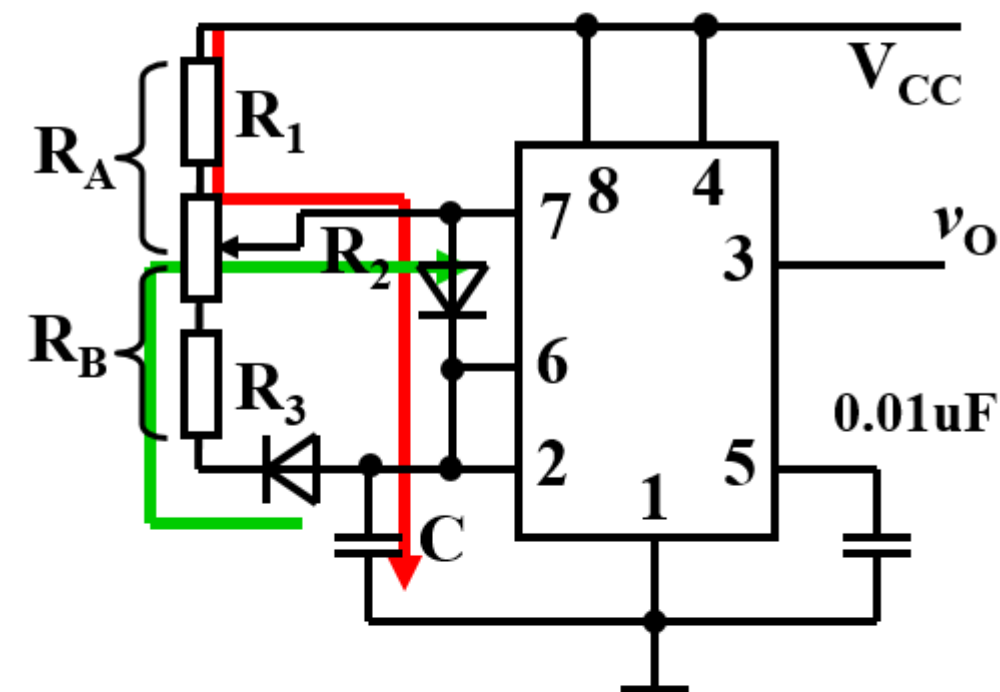
问题: 如何使  $q < 1/2$  ?

问题：如何得到占空比  $q < 1/2$  的脉冲波形？



### (3) 占空比可调多谐振荡器

电路特点：充放电电路各自独立。



充电回路：  $t_{w1}=R_A C \ln 2$

放电回路：  $t_{w2}=R_B C \ln 2$

占空比：

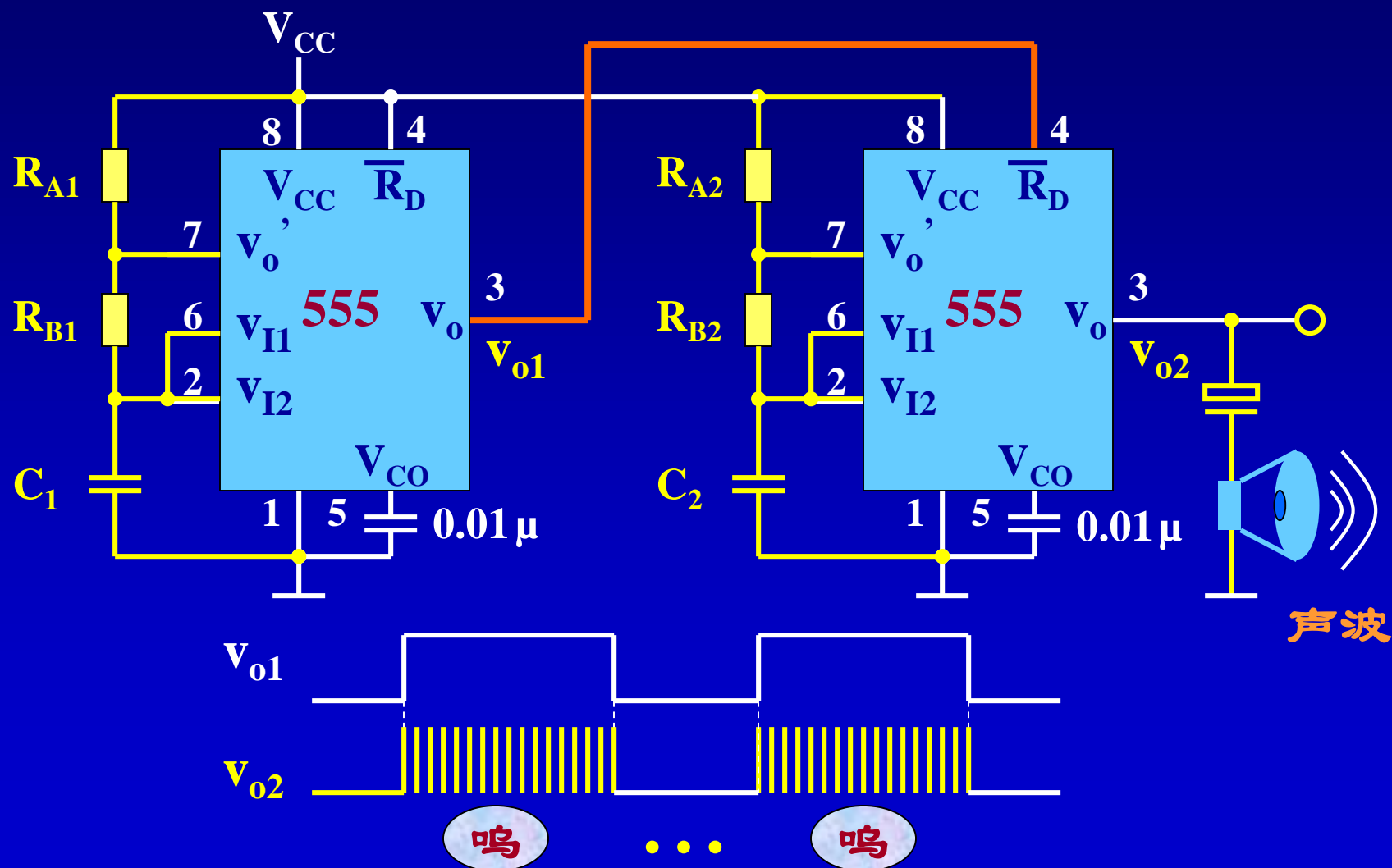
$$q = t_{w1} / (t_{w1} + t_{w2}) = R_A / (R_A + R_B)$$

通过调节  $R_2$  来调节占空比

# 10.3 555 定时器的典型应用

## 3、应用

### (1) 模拟声响电路



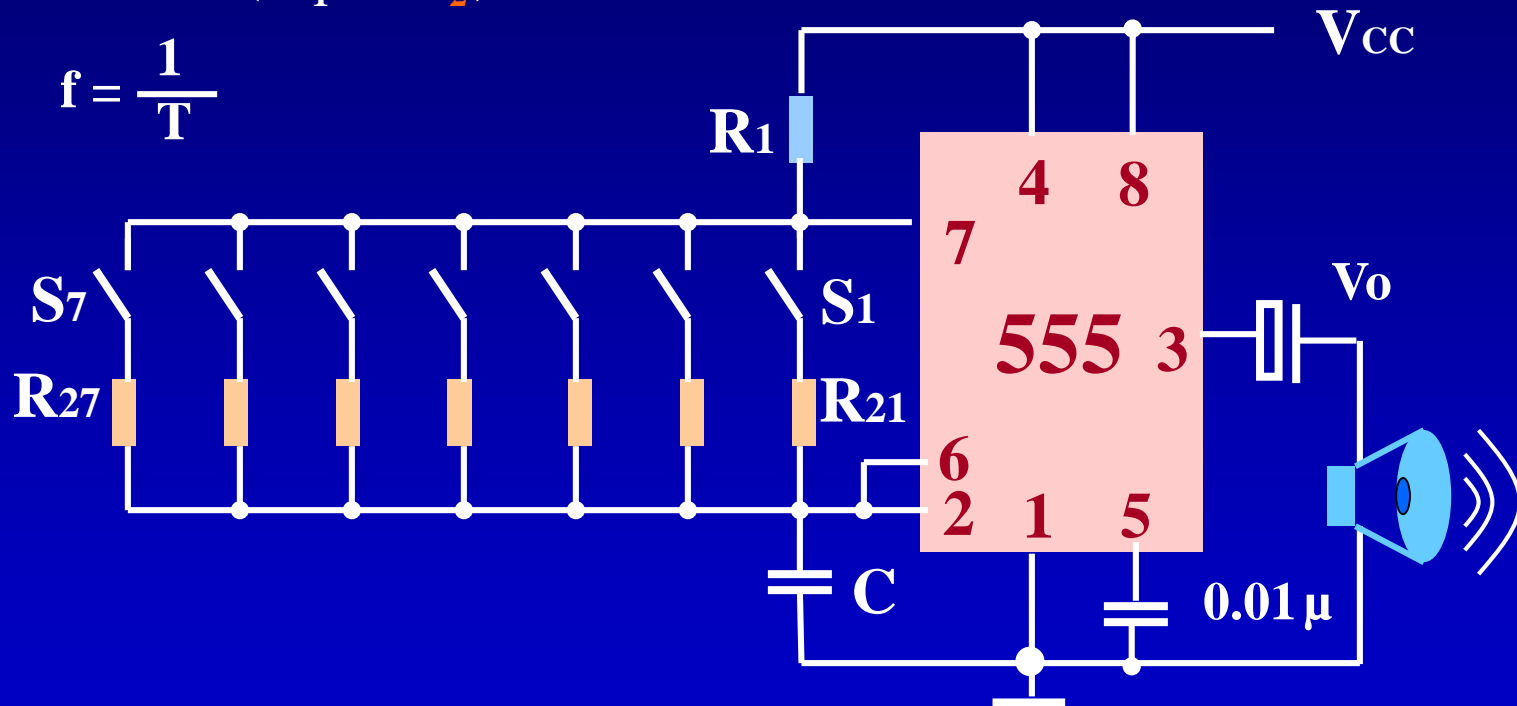
## 10.3 555 定时器的典型应用

### (2) 简易电子琴



$$T \approx 0.7(R_1 + 2R_2)C$$

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



通过改变 $R_2$ 的阻值改变输出矩形波的频率，使外接的扬声器发出不同的音调。

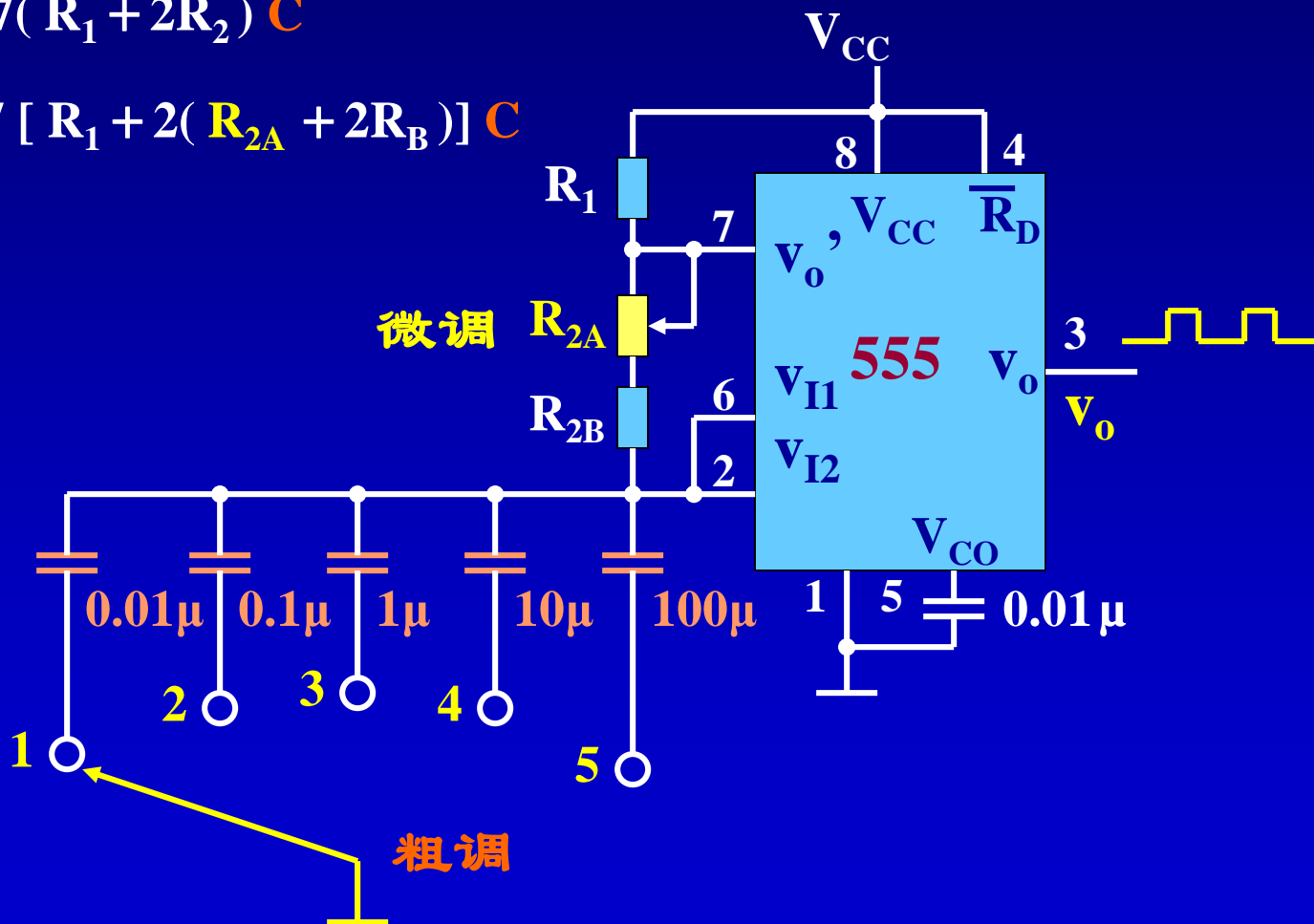
# 10.3 555 定时器的典型应用

## (3) 时钟发生器

$$T \approx 0.7(R_1 + 2R_2) C$$

$$= 0.7 [R_1 + 2(R_{2A} + 2R_B)] C$$

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



# 本章重点



## ◆ 三种典型脉冲单元电路

- 施密特触发器
  - 单稳态触发器
  - 多谐振荡器
- } 概念、特点、应用

## ◆ 555构成上述三种电路的方法（画连线）

- 正确识别
- 给定输入，画输出波形
- 简单计算