

第7章 脉冲波形的产生与变换

7.1 555定时器

7.2 施密特触发器

7.3 单稳态触发器

7.4 多谐振荡器

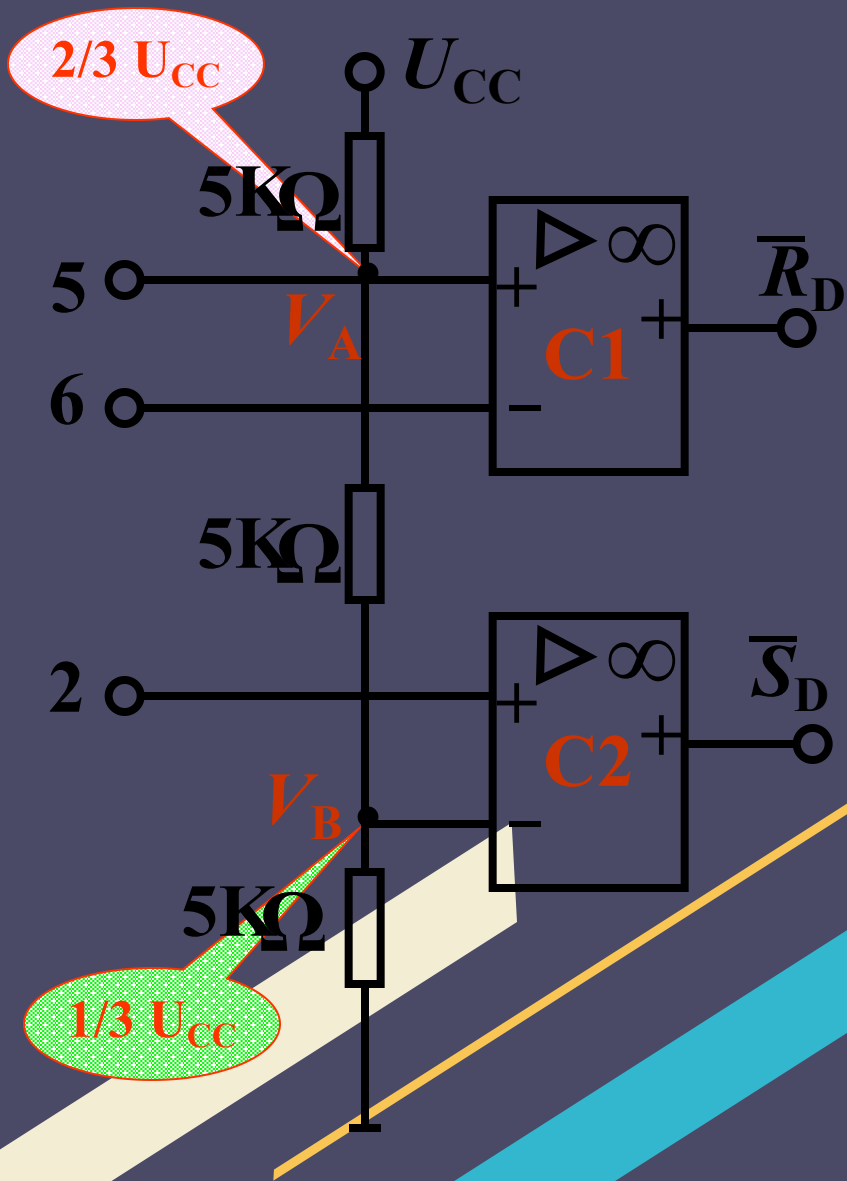
7.5 555定时器应用实例与实验

555定时器是一种将模拟电路和数字电路集成于一体的电子器件。用它构成单稳态触发器、多谐振荡器和施密特触发器等多种电路。555定时器在工业控制、定时、检测、报警等方面有广泛应用。

7.1.1 555定时器的结构及工作原理

- 1.分压器：由三个等值电阻构成
- 2.比较器：由电压比较器C1和C2构成
- 3.R-S触发器
- 4.放电开关管T

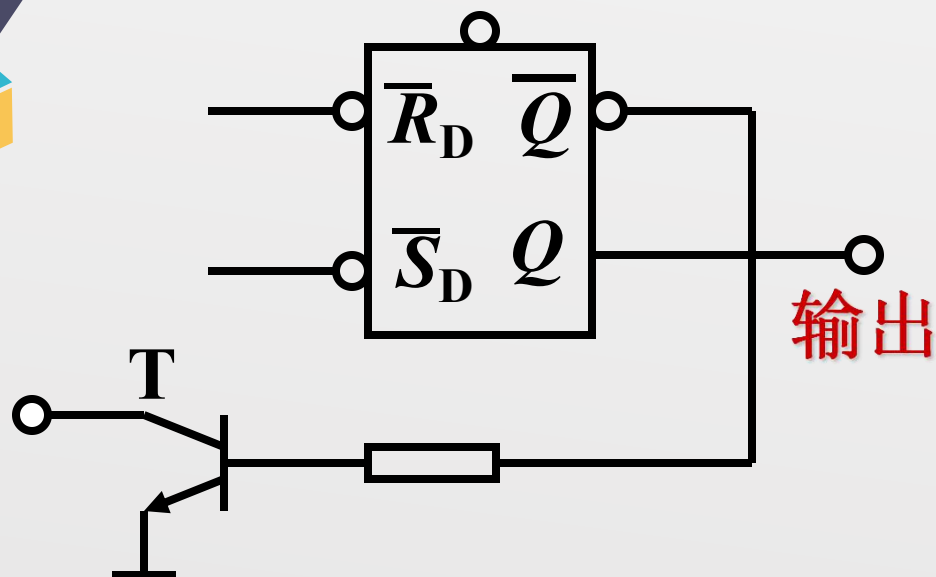




比较结果

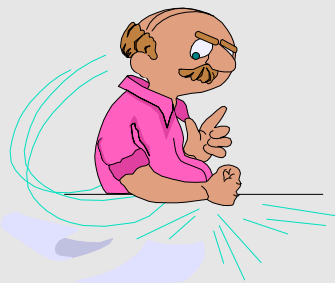
V_6	V_2	$\overline{R}_D$	$\overline{S}_D$
$< 2/3 U_{CC}$	$< 1/3 U_{CC}$	1	0
$> 2/3 U_{CC}$	$> 1/3 U_{CC}$	0	1
$< 2/3 U_{CC}$	$> 1/3 U_{CC}$	1	1
$> 2/3 U_{CC}$	$< 1/3 U_{CC}$	0	0

不允许



$\overline{R}_D$	$\overline{S}_D$	Q	T
1	0	1	截止
0	1	0	导通
1	1	保持	保持

综上所述，**555**功能表为：



V_6	V_2	Q	T
$< 2/3 U_{CC}$	$< 1/3 U_{CC}$	1	截止
$> 2/3 U_{CC}$	$> 1/3 U_{CC}$	0	导通
$< 2/3 U_{CC}$	$> 1/3 U_{CC}$	保持	保持

7.2 施密特触发器

施密特触发器是脉冲波形变换中经常使用的一种电路，它在性能上有两个重要特点：

第一，输入信号从低电平上升的过程中，电路输出状态转换时对应的输入电平，与输入信号从高电平下降过程中对应的输入转换电平不同；

第二，在电路状态转换时，通过电路内部的正反馈使输出电压波形的边沿变得很陡。

利用这两个特点，不仅能将边沿变化缓慢的信号波形整形为边沿陡峭的矩形波，而且可以将叠加在矩形脉冲高、低电平的噪声有效地清除。

7.2.1 555定时器电路组成的施密特触发器

1. 电路组成及工作原理

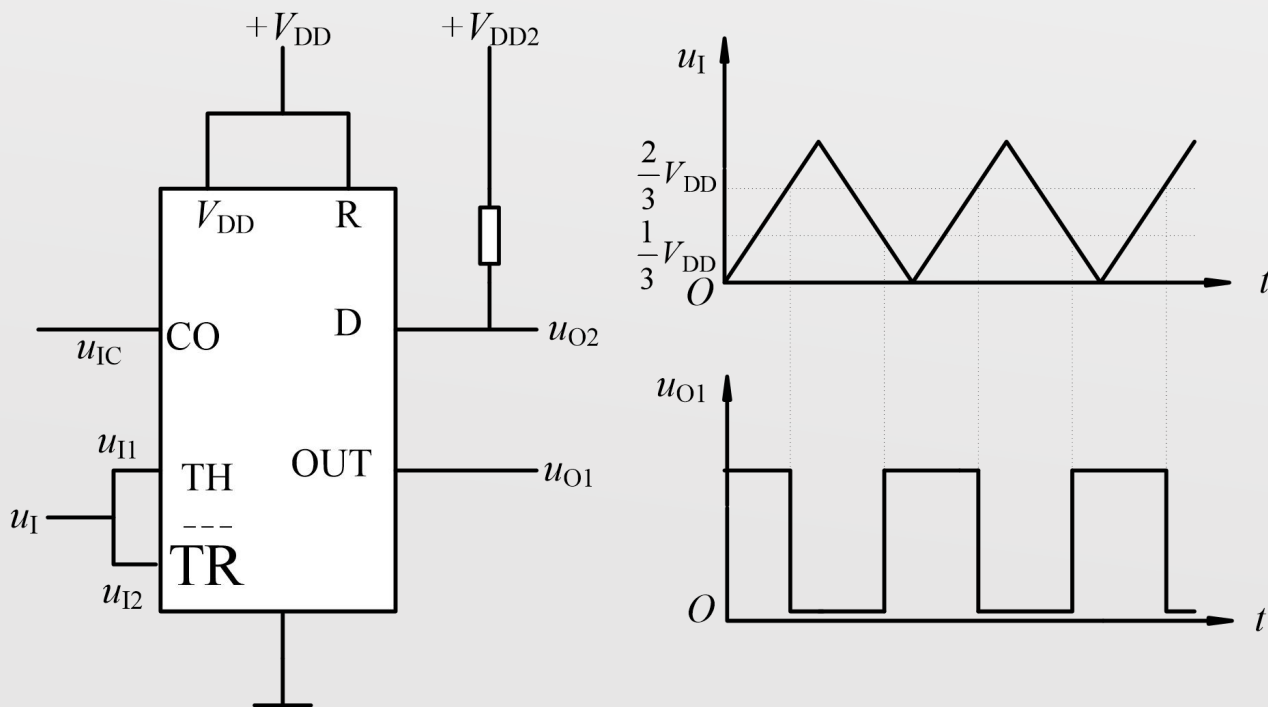
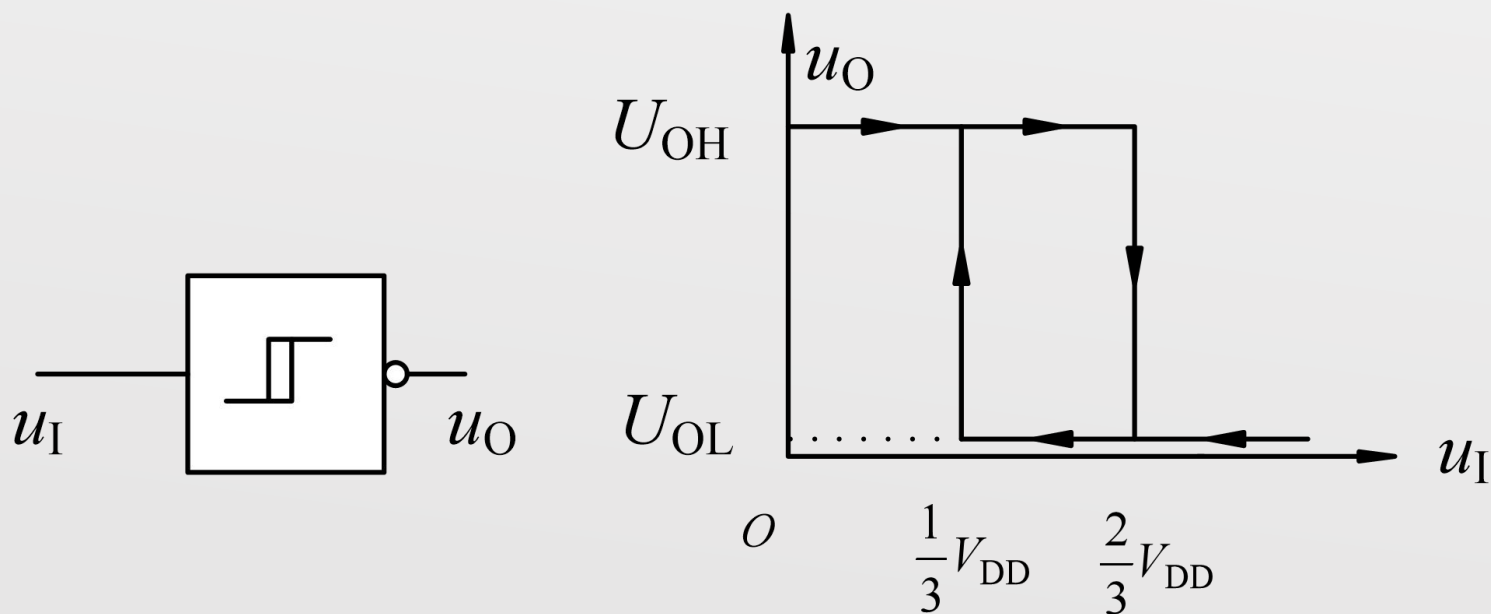


图7.2 555 定时器构成的施密特触发器

2. 电压滞回特性和主要参数

7

(1) 电压滞回特性



a) 电路符号

(b) 电压传输特性

图7.3 施密特触发器的电路符号和电压传输特性

(2) 主要静态参数

① 上限阈值电压 U_{T+}

当 u_I 上升过程中，输出电压 u_O 由高电平 U_{OH} 跳变到低电平 U_{OL} 时，所对应的输入电压值，为上限阈值电压 U_{T+} 。一般情况下：

$$U_{T+} = \frac{2}{3} V_{DD}$$

② 下限阈值电压 U_{T-}

当 u_I 下降过程中， u_O 由低电平 U_{OL} 跳变到高电平 U_{OH} 时，所对应的输入电压值为下限阈值电压 U_{T-} 。一般情况下：

$$U_{T-} = \frac{1}{3} V_{DD}$$

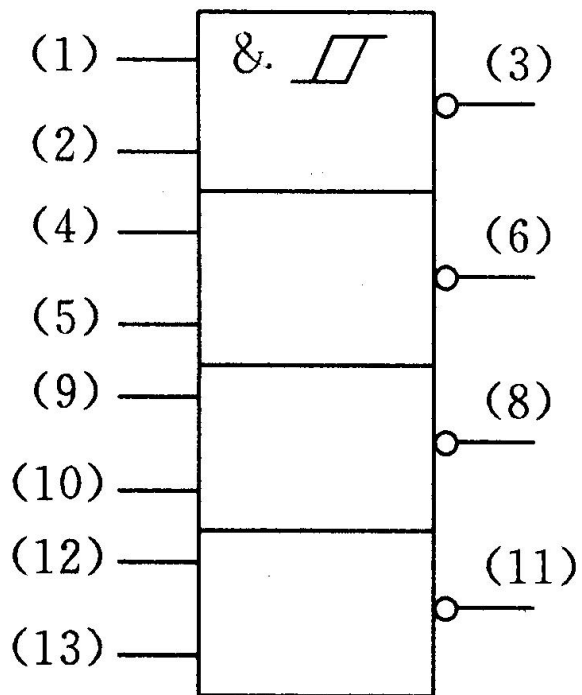
③ 回差电压 ΔU_T

回差电压又叫滞回电压，定义为：

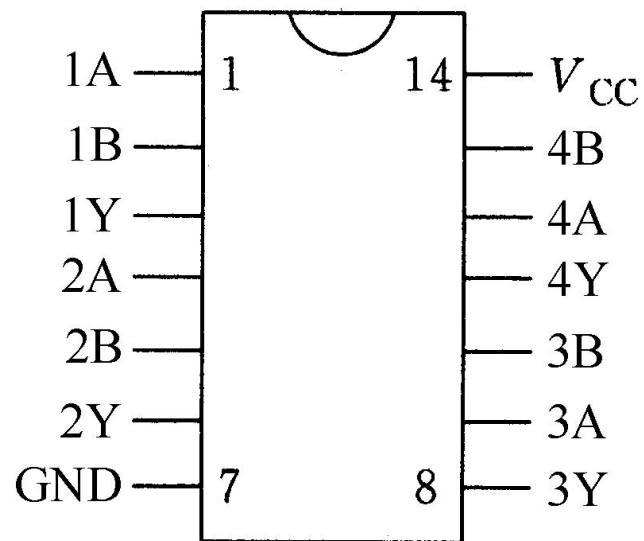
$$\Delta U_T = U_{T+} - U_{T-} = \frac{1}{3}V_{DD}$$

若在电压控制端 u_{IC} （5脚）外加电压 U_S ，则将有 $U_{T+}=U_S$ 、 $U_{T-}=U_S/2$ 、 $\Delta U_T=U_S/2$ ，而且当改变 U_S 时，它们的值也随之改变。

7.2.2 集成施密特触发器



(a)



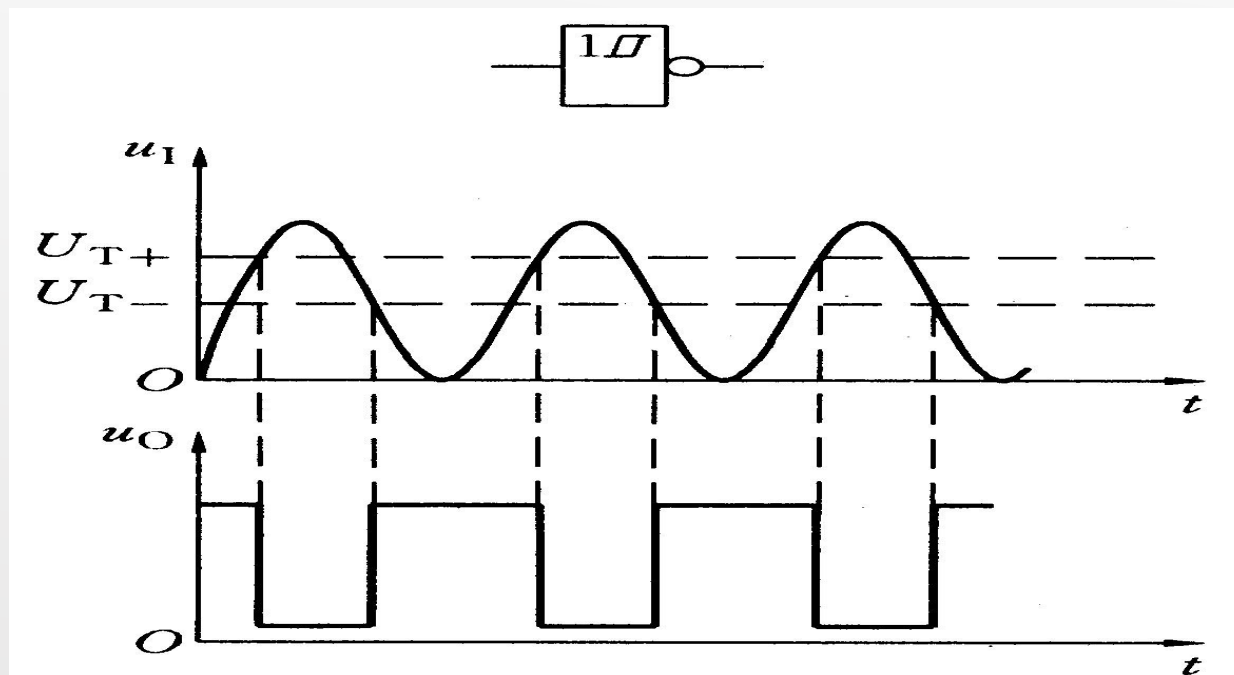
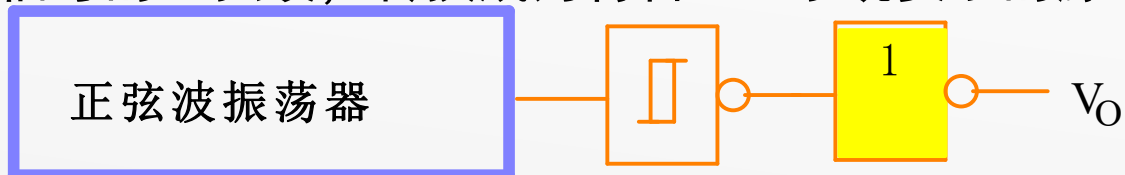
(b)

带与非功能的TTL集成施密特触发器74LS132

7.2.3 施密特触发器的应用

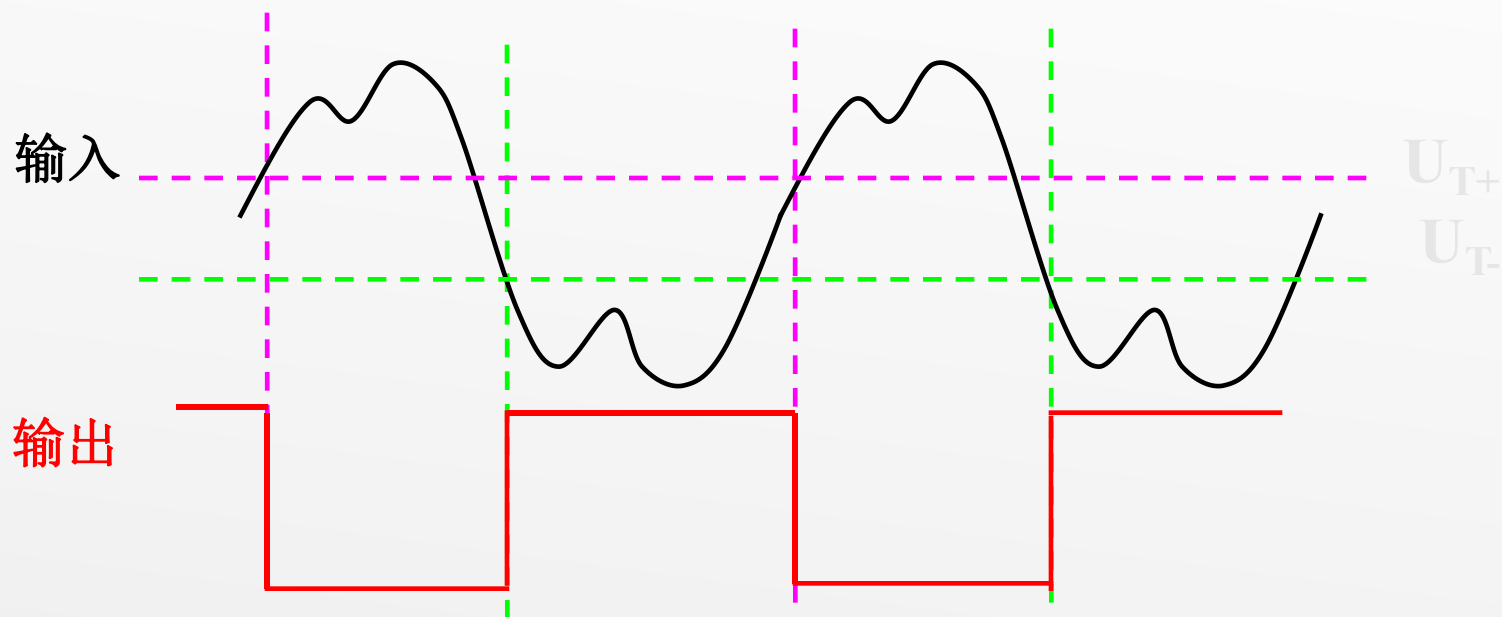
1. 用于波形变换

将输入信号的正弦波，转换为符合TTL系统要求的脉冲波形。

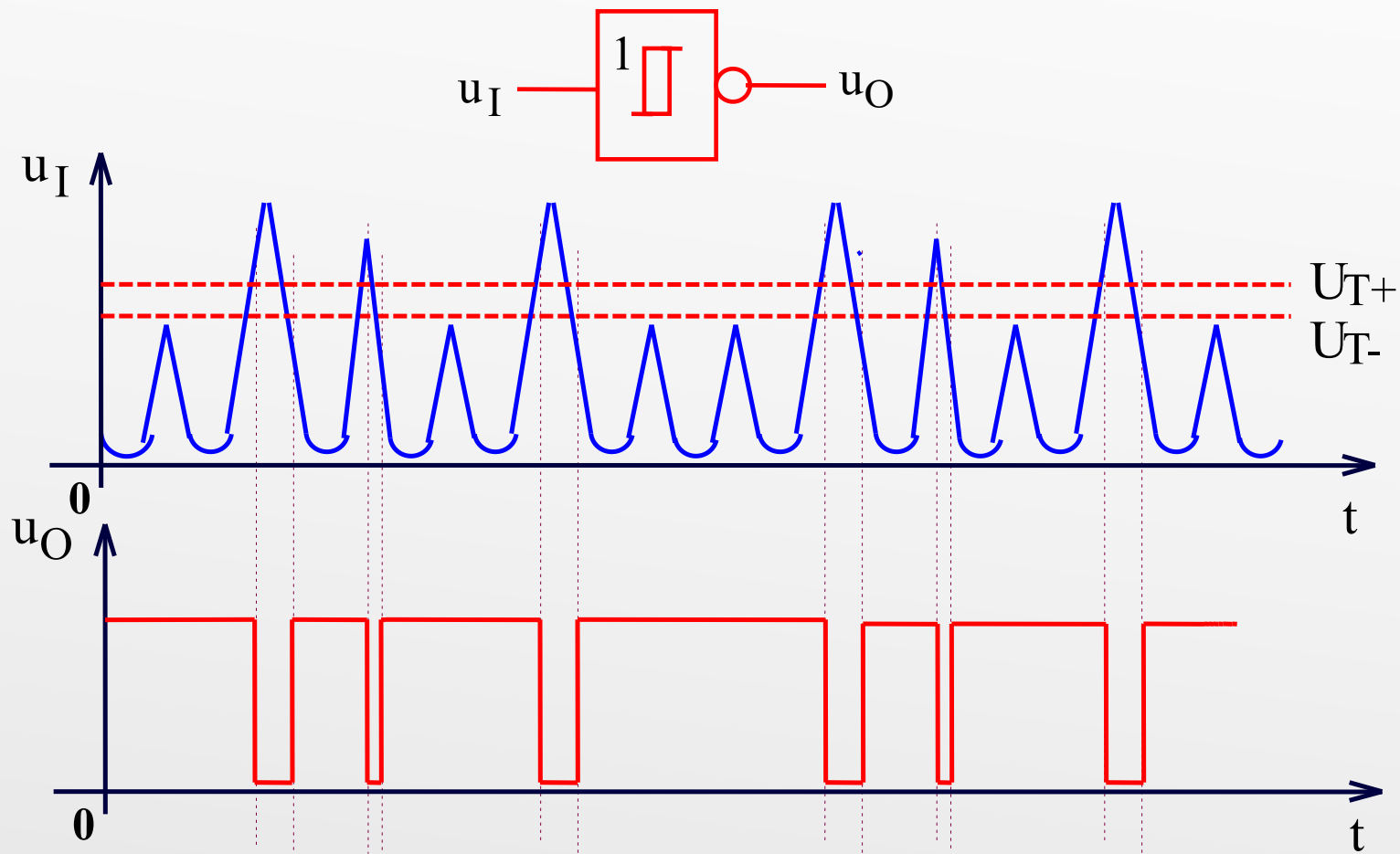


用施密特触发器实现波形变换

2. 用作整形电路——把不规则的输入信号整形成为矩形脉冲。



3. 用于脉冲鉴幅——从一系列幅度不同的脉冲信号中，选出那些幅度大于 U_{T+} 的输入脉冲。



7.3 单稳态触发器

单稳态触发器的工作特性具有如下的显著特点：

第一，它有稳态和暂稳态两个工作状态；

第二，在外界的触发脉冲作用下，能从稳态翻转到暂稳态，在暂稳态维持一段时间以后，再自动返回稳态；

第三，暂稳态维持时间的长短取决于电路本身的参数，与触发脉冲的宽度和幅度无关。

7.3.1 用555构成单稳态触发器

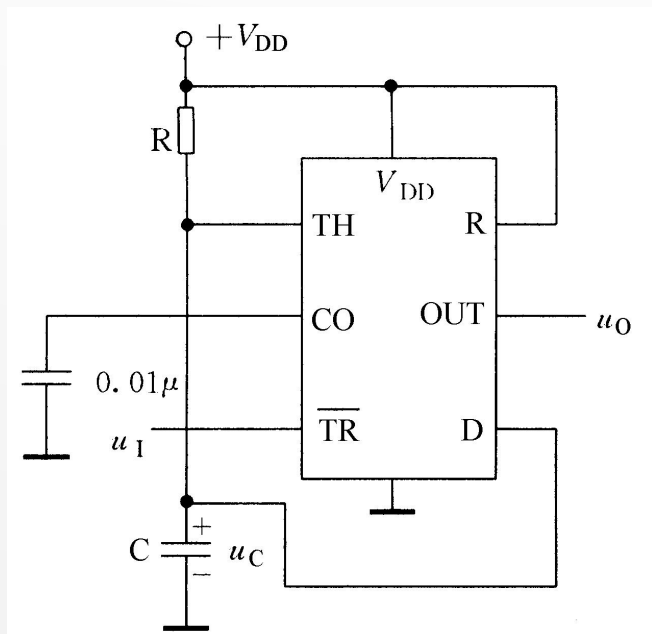


图20.8 555构成的单稳态触发器

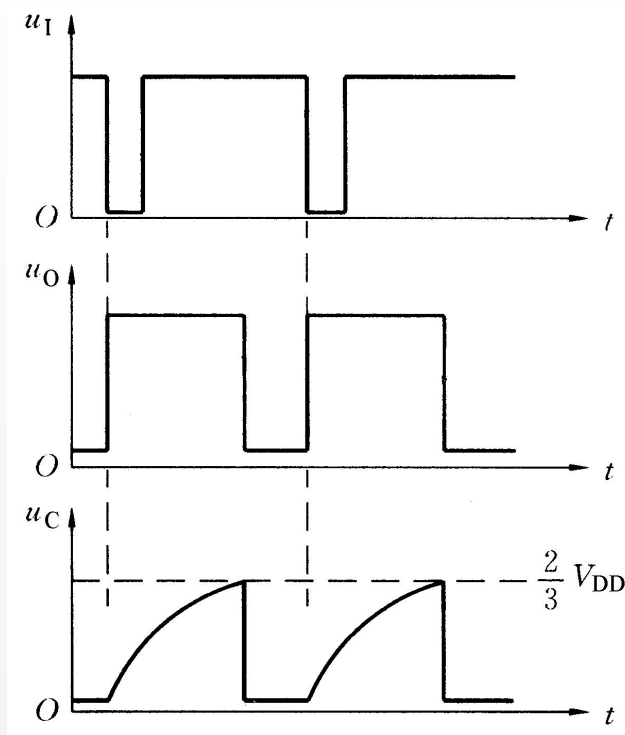
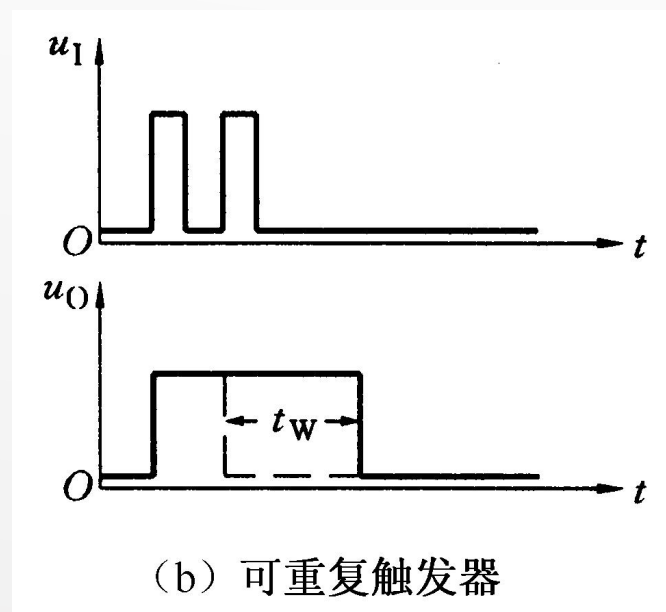
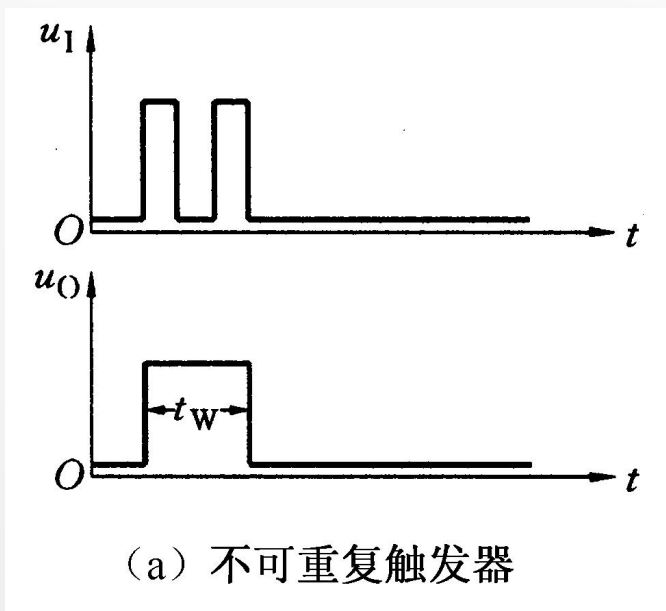


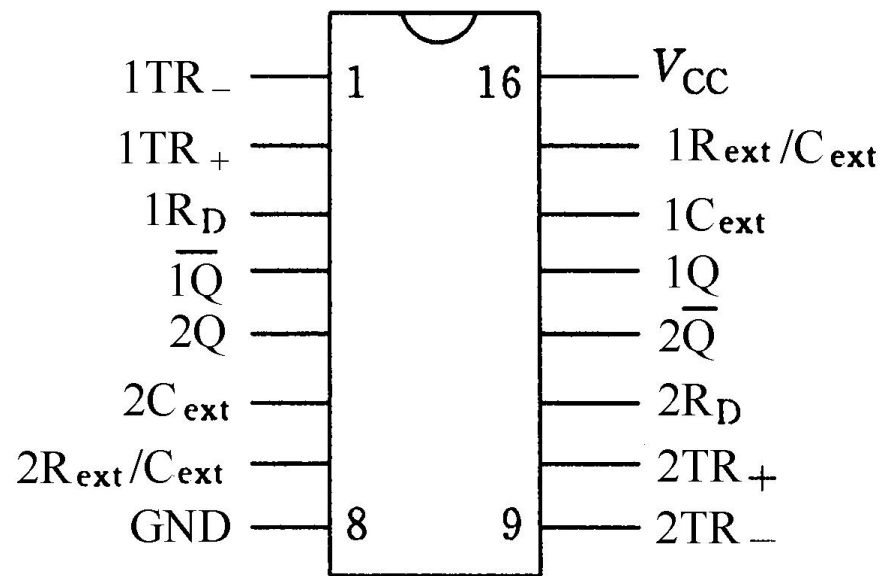
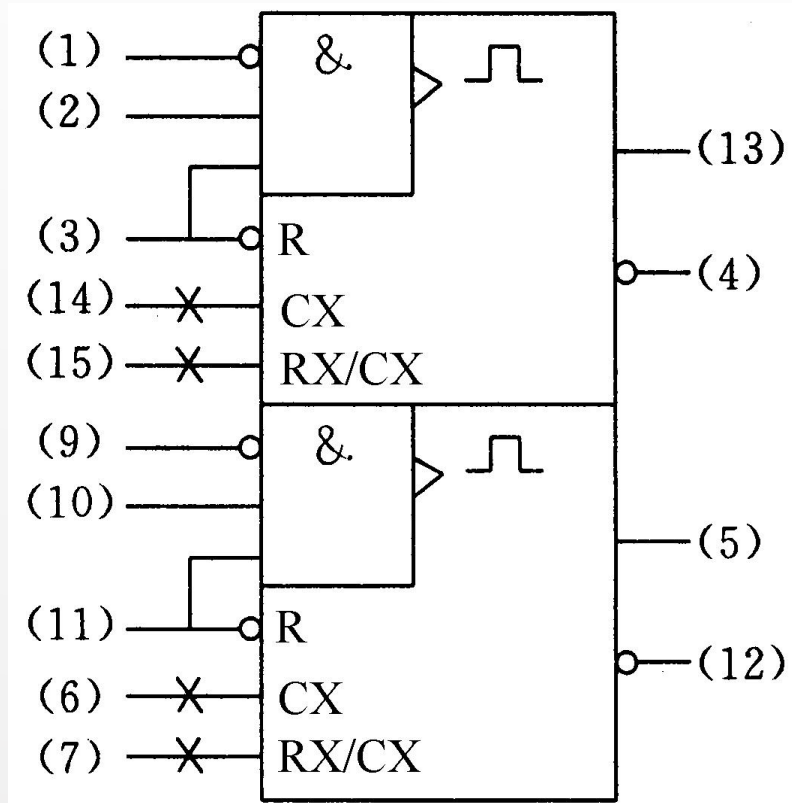
图20.9 单稳态电路的工作波形

7.3.2 集成单稳态触发器

集成单稳态触发器分为两大类：可重触发和不可重触发。



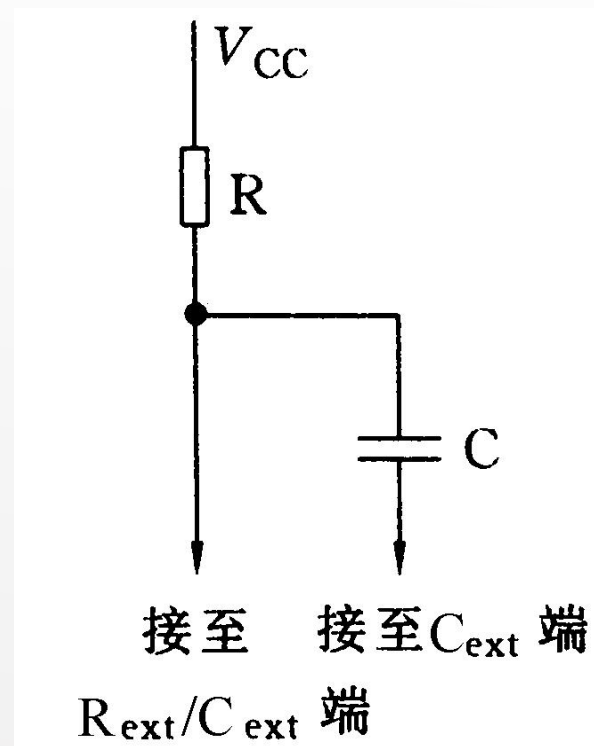
集成单稳态触发器



双可重触发单稳态触发器

74LS123功能表

输 入			输 出	
	TR ₋	TR ₊	Q	
0	×	×	0	1
×	1	×	0	1
×	×	0	0	1
1	0	↑		
1	↓	1		
↑	0	1		

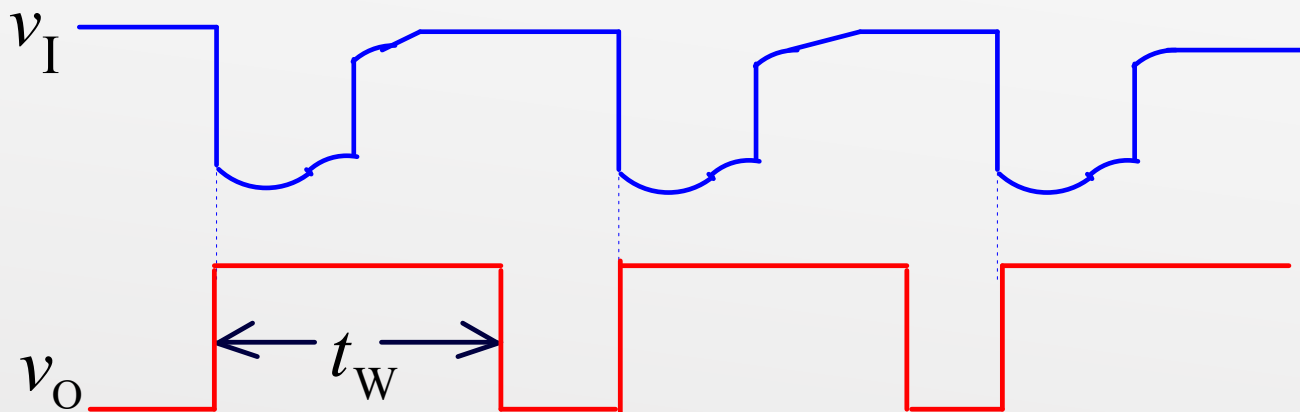


74LS123正常工作的连接图

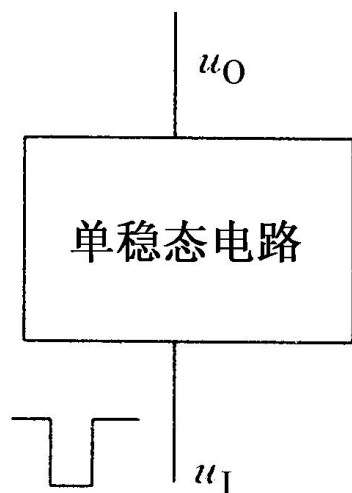
7.3.3 单稳态触发器的应用

1. 脉冲的整形

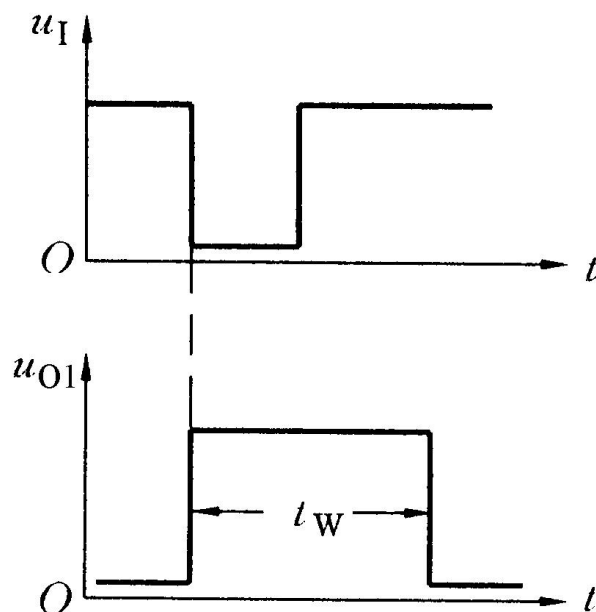
单稳态触发器能够把不规则的输入信号 v_I ，整形成为幅度和宽度都相同的标准矩形脉冲 v_O 。 v_O 的幅度取决于单稳态电路输出的高、低电平，宽度 t_W 决定于暂稳态时间。



2. 脉冲信号的延时



(a) 方框图

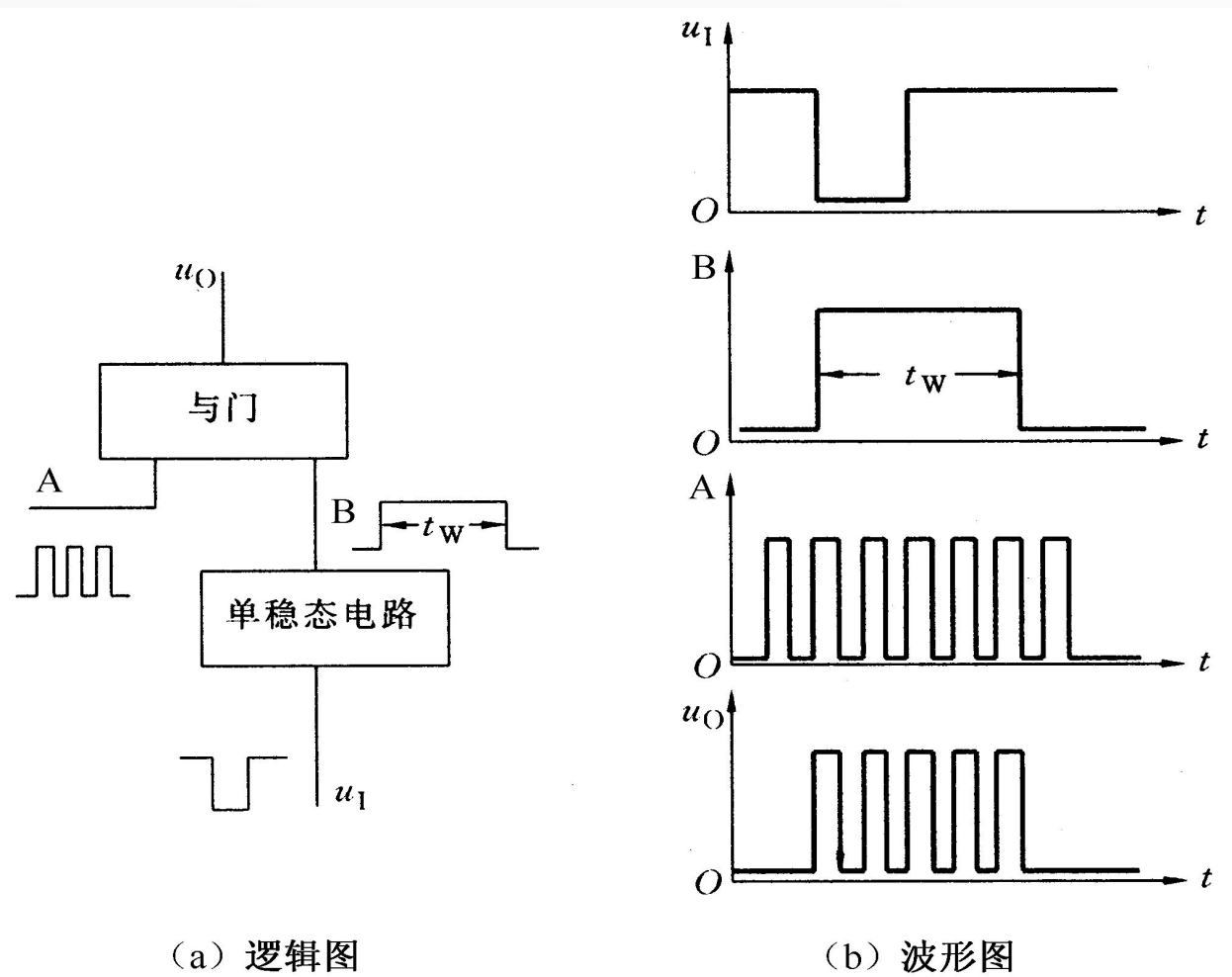


(b) 波形图

单稳态电路的延时作用示意图

如图所示是利用单稳态电路的输出 u_O 作为其他电路的触发信号的例子。由图可知， u_{O1} 的下降沿比输入触发信号 u_I 的下降沿延迟了 t_W 的时间。因此利用 u_{O1} 下降沿去触发其他电路，就比直接用 u_I 的下降沿触发延迟了 t_W 时间，这就是单稳态电路的延时作用。

3. 脉冲信号的定时



单稳态电路能产生一定宽度 t_W 的矩形脉冲，我们可以利用这一脉冲去控制某电路，使它在 t_W 时间内动作（或不动作），这就是脉冲的定时作用

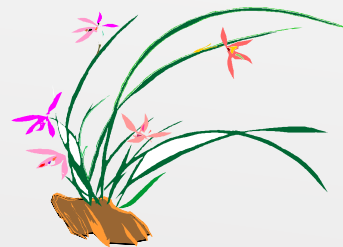
单稳态电路的定时作用

7.4由555定时器组成的多谐振荡器



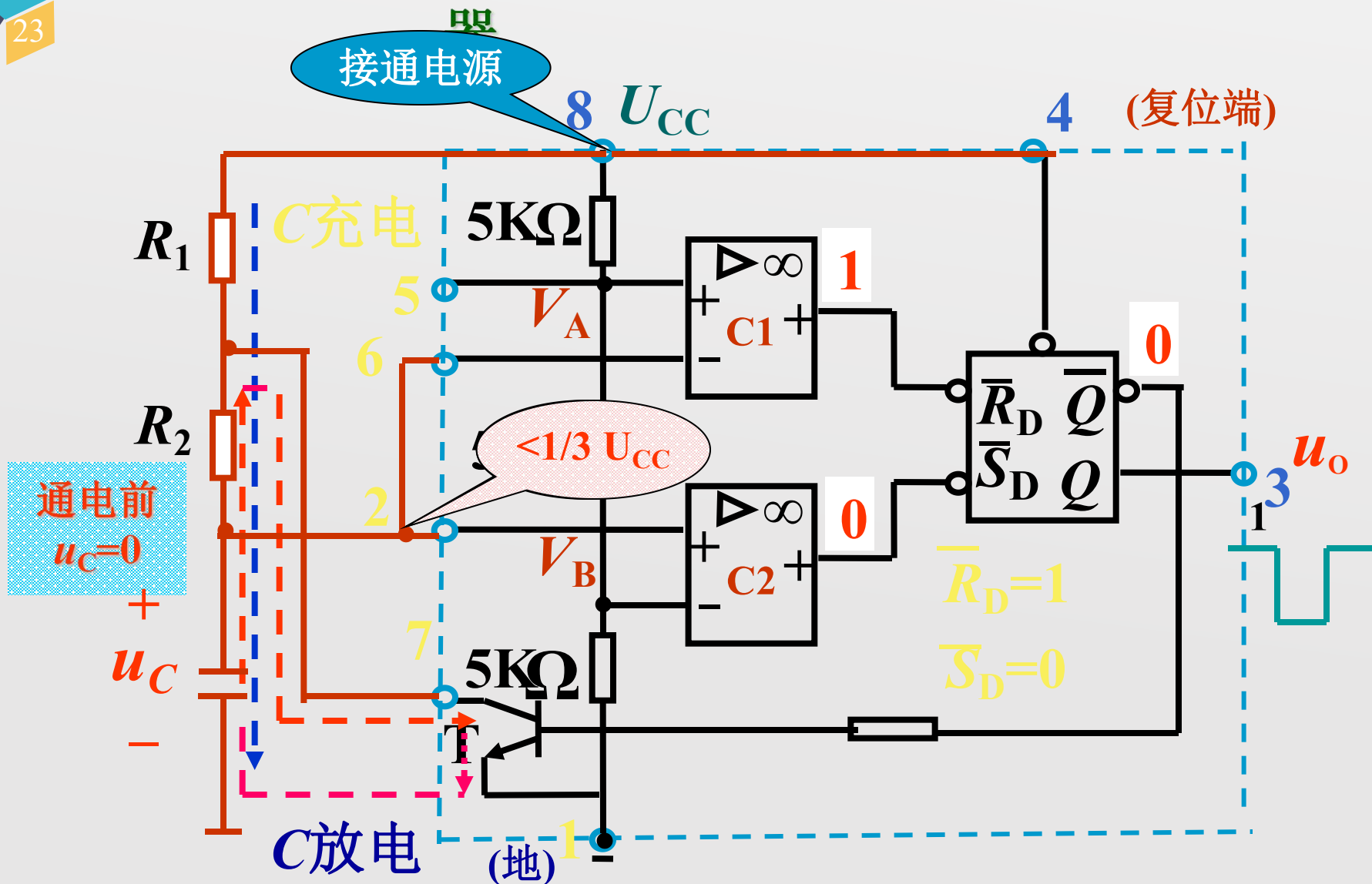
多谐振荡器是一种**无稳态**触发器，接通电源后，不需外加触发信号，就能产生矩形波输出。由于矩形波中含有丰富的谐波，故称为多谐振荡器。

多谐振荡器是一种常用的脉冲波形发生器，触发器和时序电路中的时钟脉冲一般是由多谐振荡器产生的。

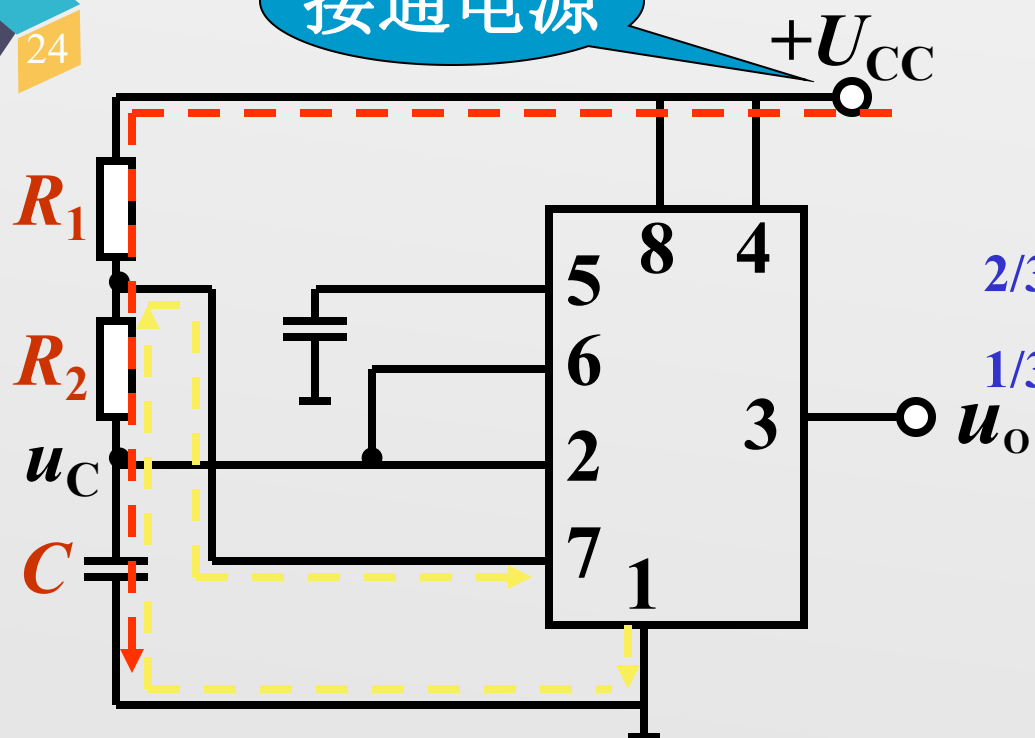


7.5.1 由555定时器组成的多谐振荡

23



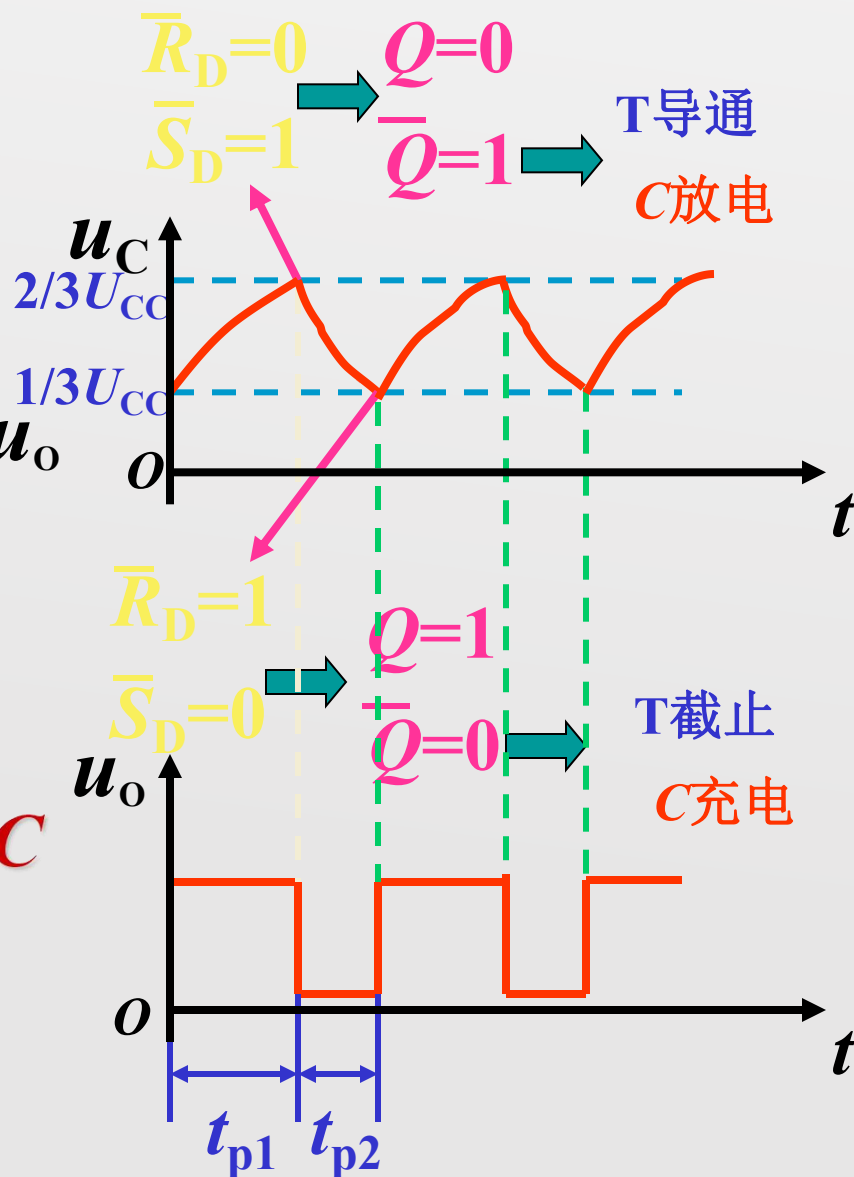
接通电源



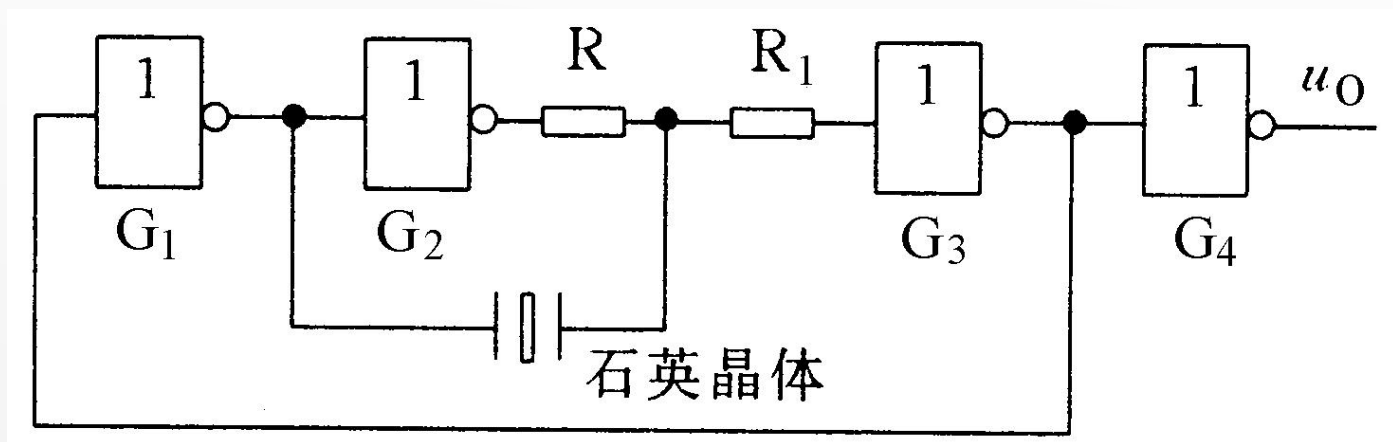
$$t_{p1} = (R_1 + R_2)C \ln 2 = 0.7(R_1 + R_2)C$$

$$t_{p2} = R_2C \ln 2 = 0.7R_2C$$

$$T = t_{p1} + t_{p2} = 0.7(R_1 + 2R_2)C$$



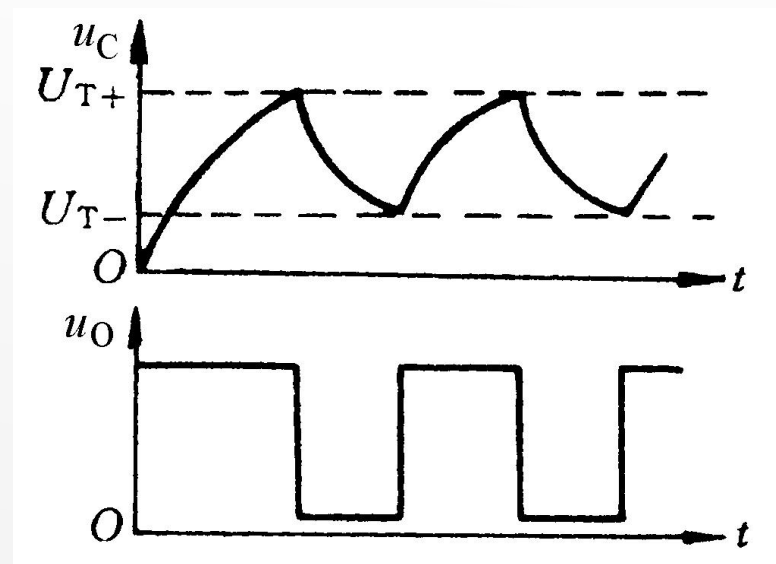
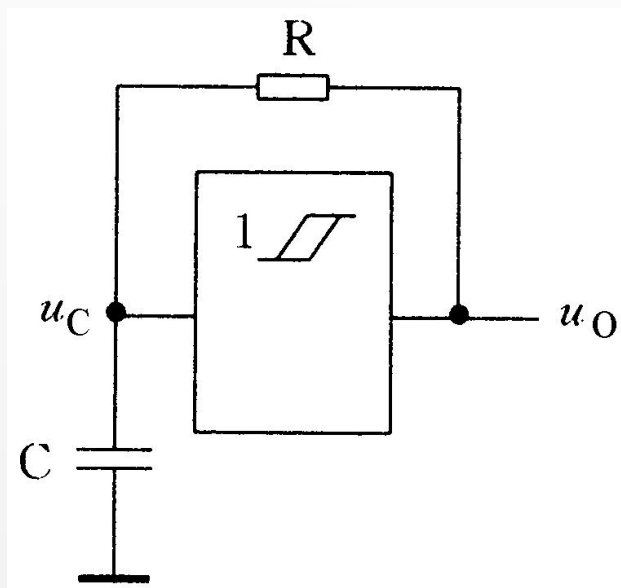
7.5.2 石英晶体多谐振荡器



带石英晶体的环形振荡器

为了提高振荡器输出信号的频率稳定度，可采用如图7所示的带石英晶体的环形振荡器，其工作原理与RC环形多谐振荡基本相同。由于石英晶体在串联谐振时，其阻值最小，而在其他频率时为高阻抗，所以该电路输出的工作频率决定于石英晶体的串联谐振频率。

7.5.3 施密特触发器组成的多谐振荡器



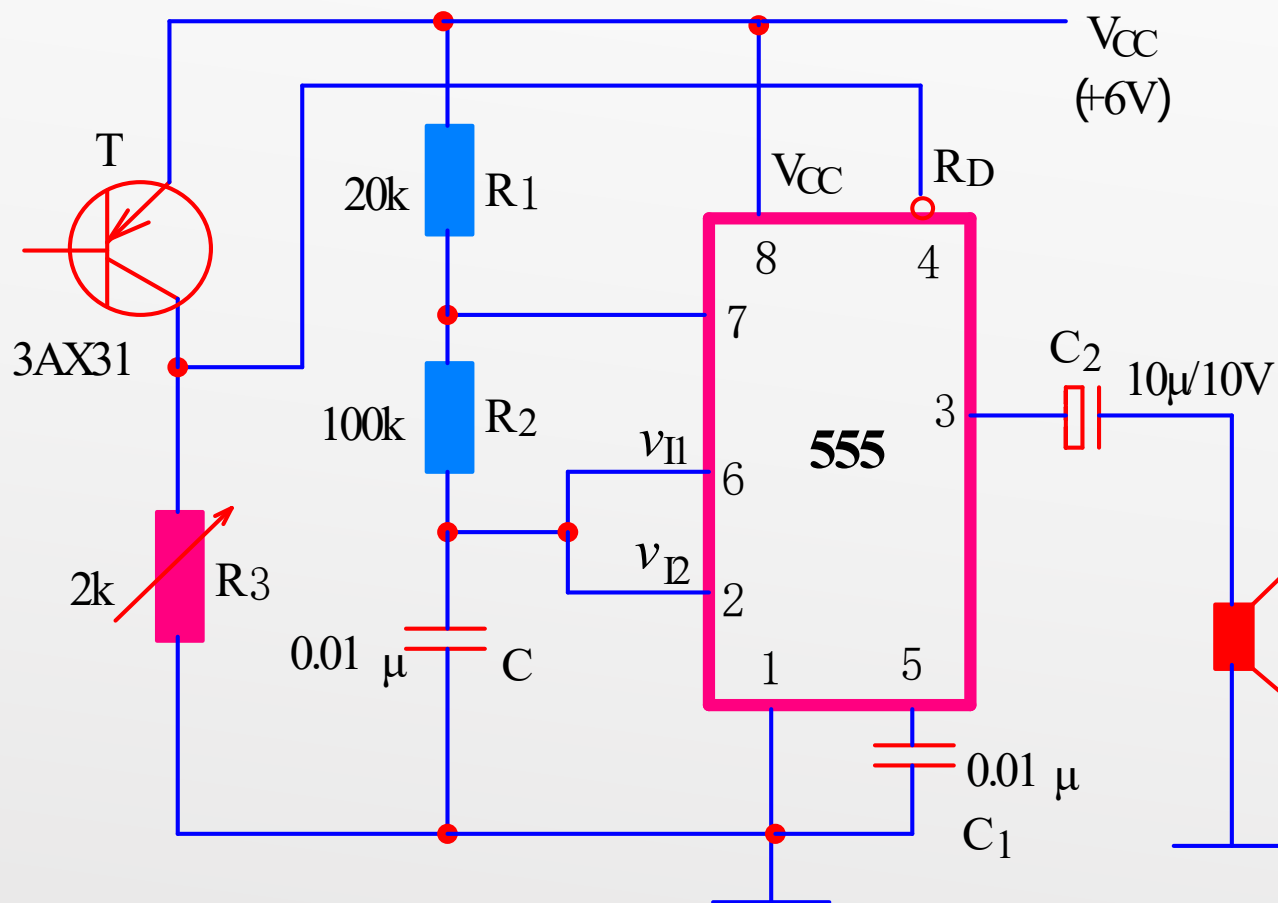
施密特触发器组成的多谐振荡器

施密特触发器组成的多谐振荡器的工作波形

施密特触发器组成的多谐振荡器接通电源后，由于电容器上电压较低，电路输出为高电平。然后 u_O 通过 R 对 C 充电，使 u_C 上升，当 $u_C \geq U_{T+}$ 时，电路的输出由高电平变为低电平。此时， C 经 R 放电， u_C 逐渐下降。当 $u_C \leq U_{T-}$ 时，电路状态再次发生翻转，输出就为高电平， u_O 再次通过 R 对 C 充电，如此反复，形成振荡，工作波形如

555的应用实例

1. 简易温控报警器



2. 双音门铃。

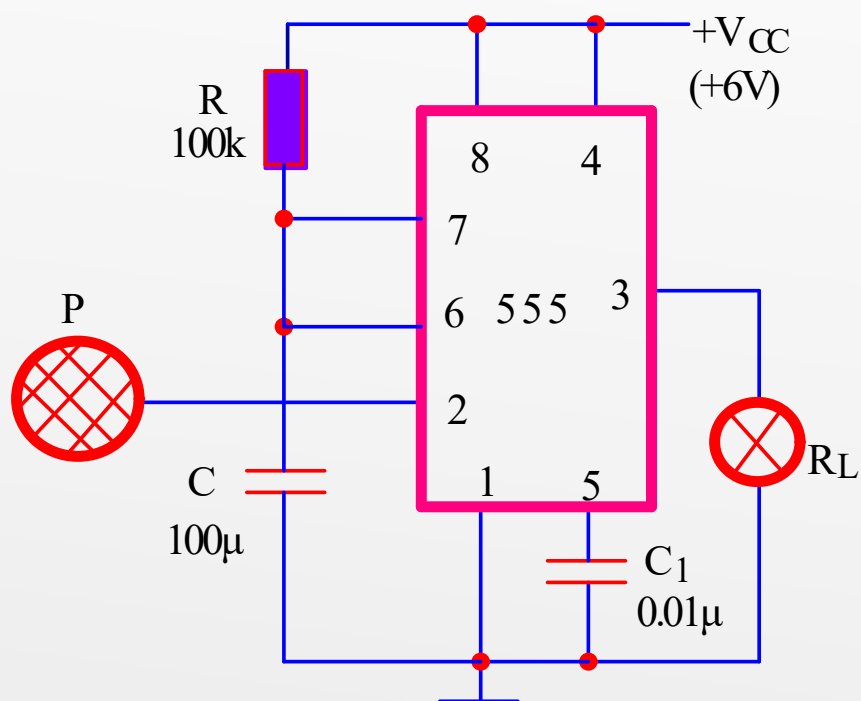


3. 触摸定时控制开关

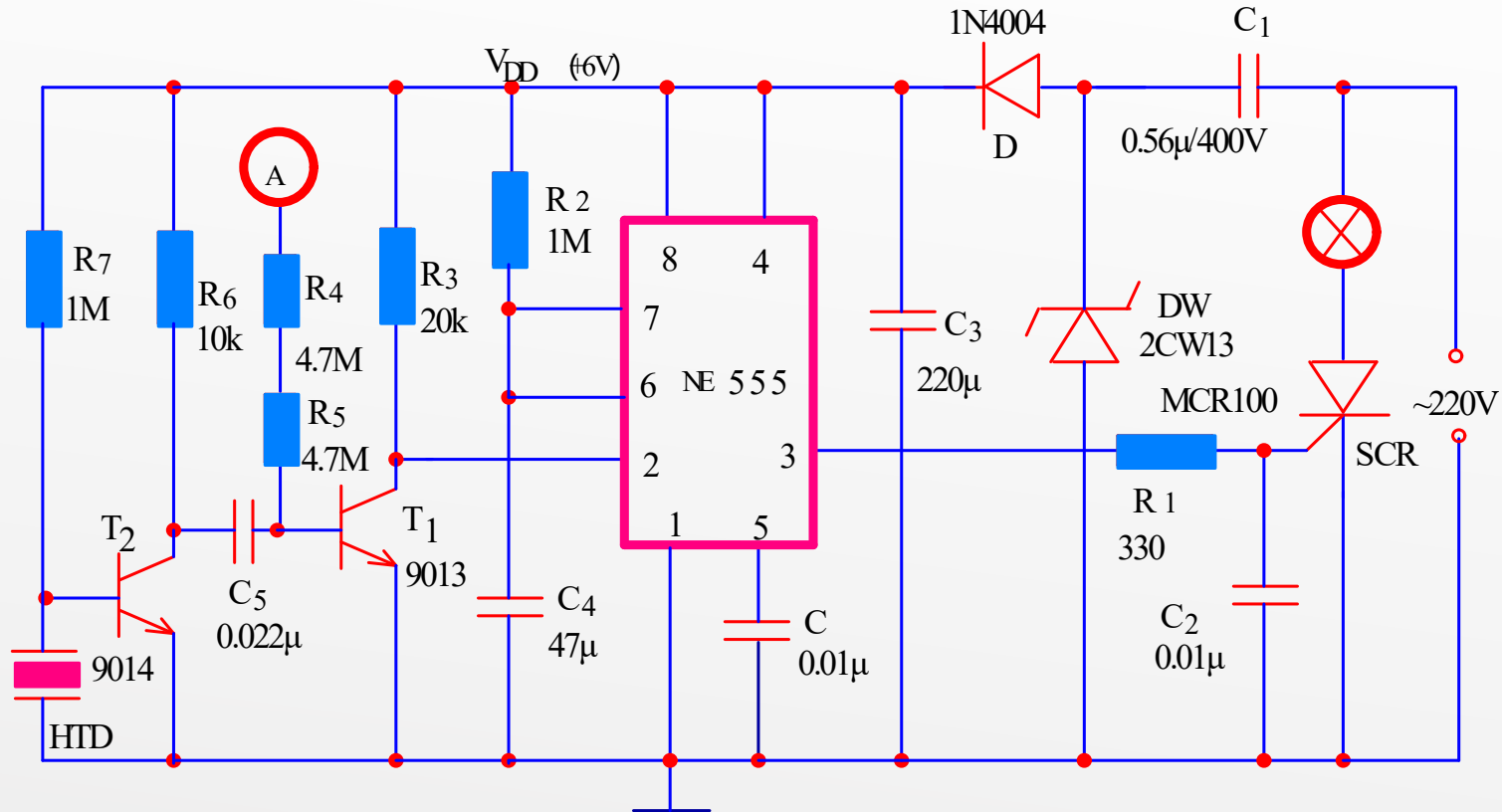
555定时器构成单稳态触发器。只要用手触摸一下金属片 P ，由于人体感应电压相当于在触发

输入端（管脚2）加入一个负脉冲，555输出端输出高电平，灯泡（ R_L ）发光，当暂稳态时间（ t_w ）结束时，555输出端恢复低电平，灯泡熄灭。

该触摸开关可用于夜间定时照明，定时时间可由RC参数调节。



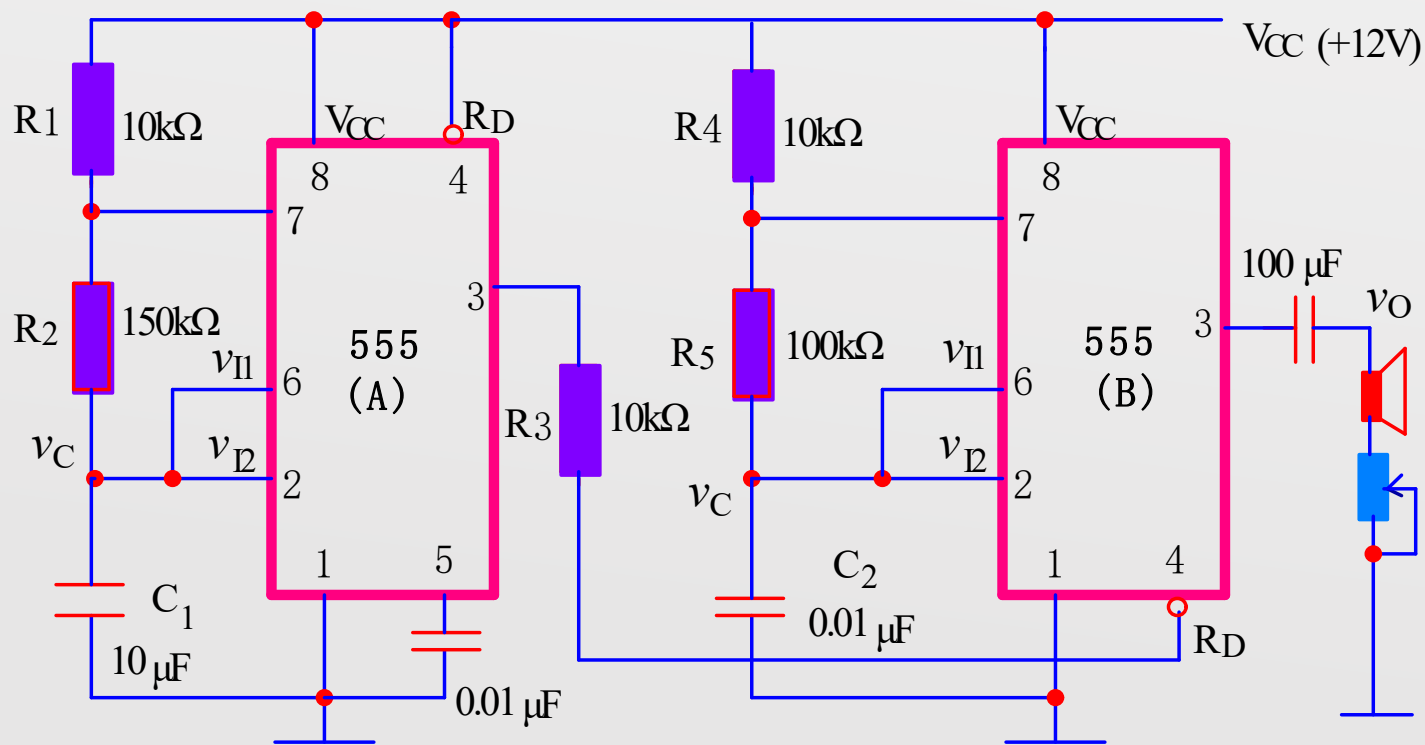
4. 触摸、声控双功能延时灯



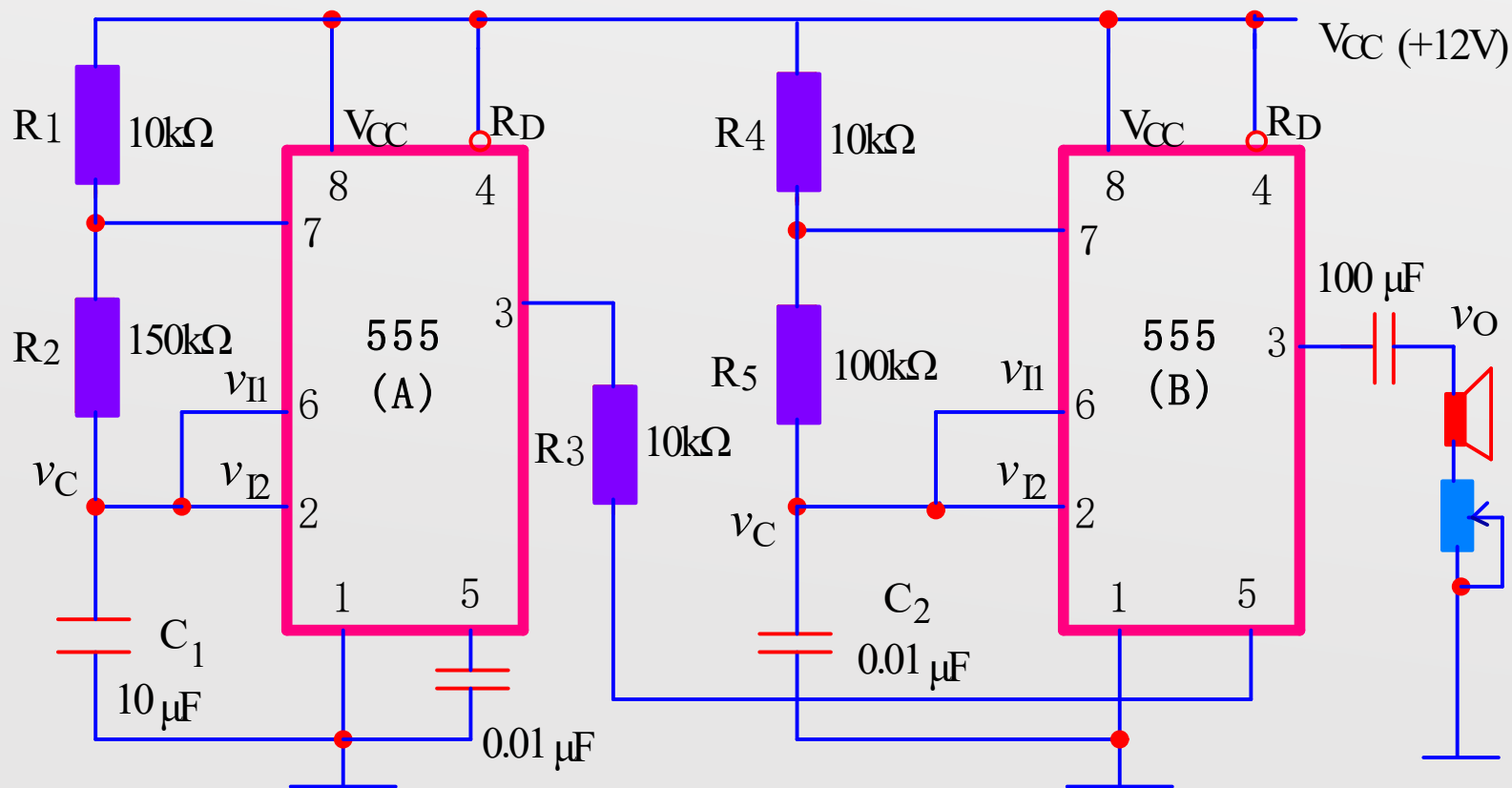
555和 T_1 、 R_3 、 R_2 、 C_4 组成单稳定时电路，定时（即灯亮）时间约为1分钟。当击掌声传至压电陶瓷片时，HTD将声音信号转换成电信号，经 T_2 、 T_1 放大，触发555，使555输出高电平，触发导通晶闸管SCR，电灯亮；

同样，若触摸金属片A时，人体感应电信号经 R_4 、 R_5 加至 T_1 基极，也能使 T_1 导通，触发555，达到上述效果。

5. 间歇振荡器



报警器



7.5 555定时器应用实例与实验

7.5.1 555定时器应用实例

1. 高低音调交替模拟声响电路

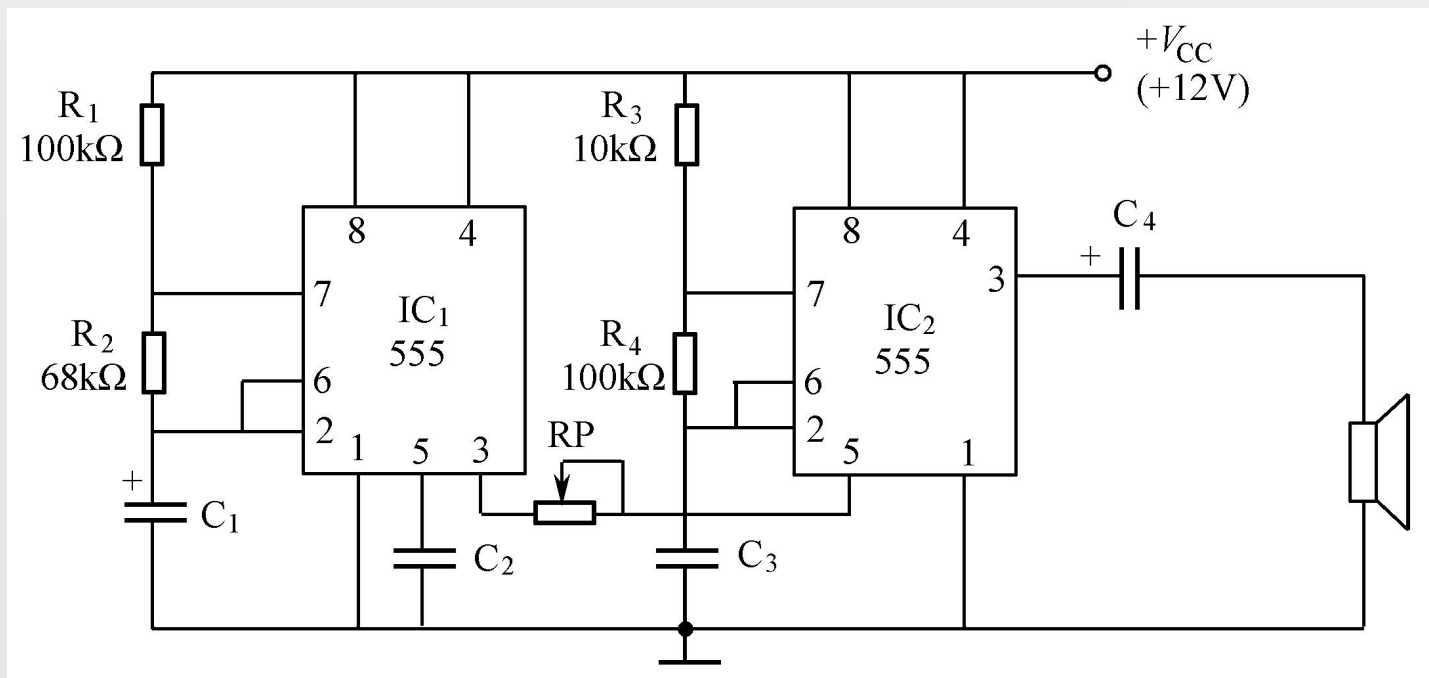


图7.20 高低音调交替模拟声响电路

2. 防盗报警电路

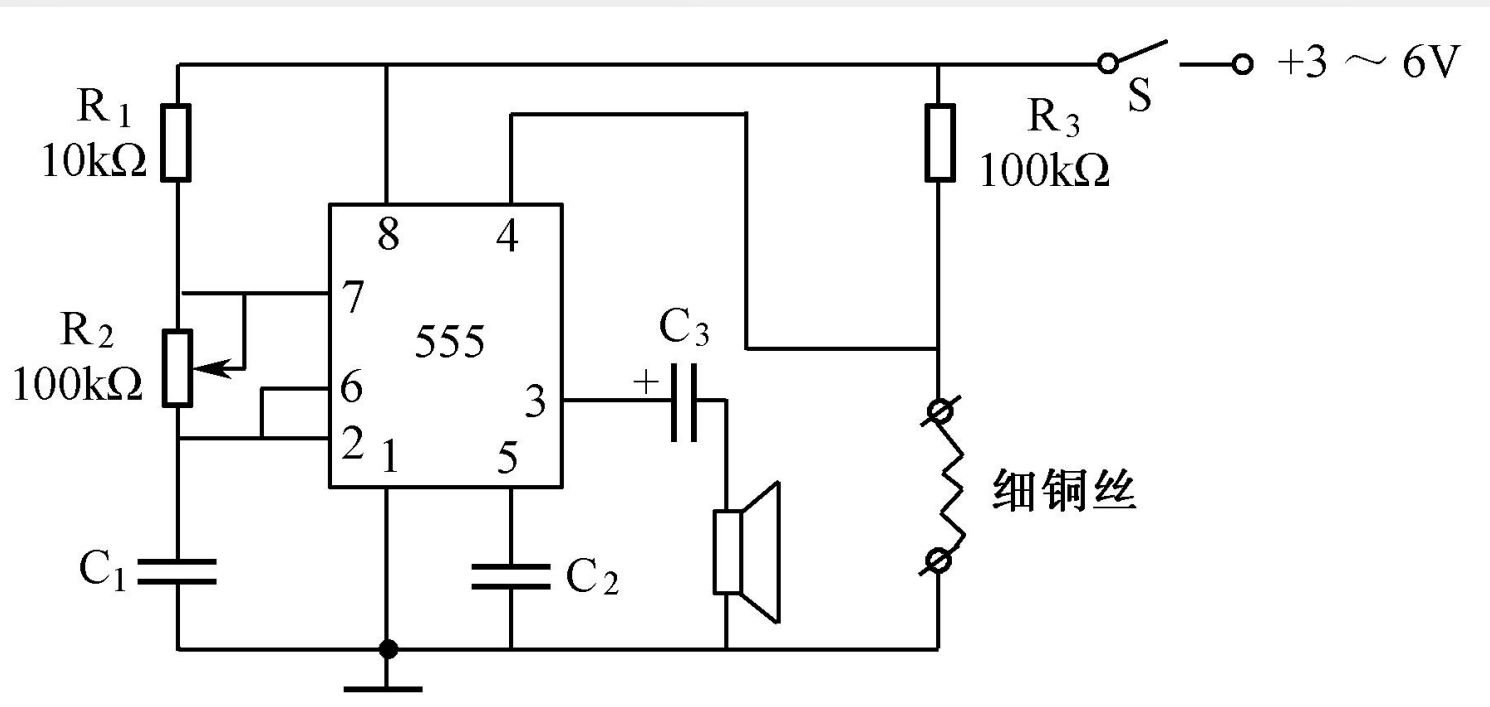


图7.21 防盗报警电路

3. 温度控制电路

35

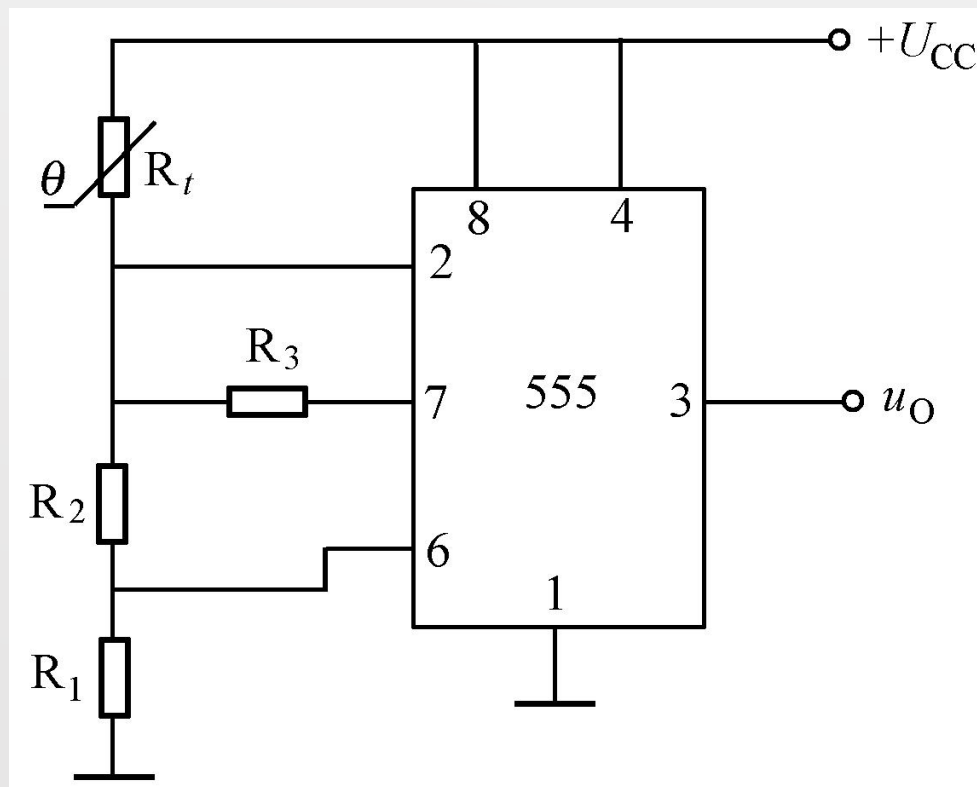


图7.22 温度控制电路

7.5.2 555 集成定时器及其应用实验

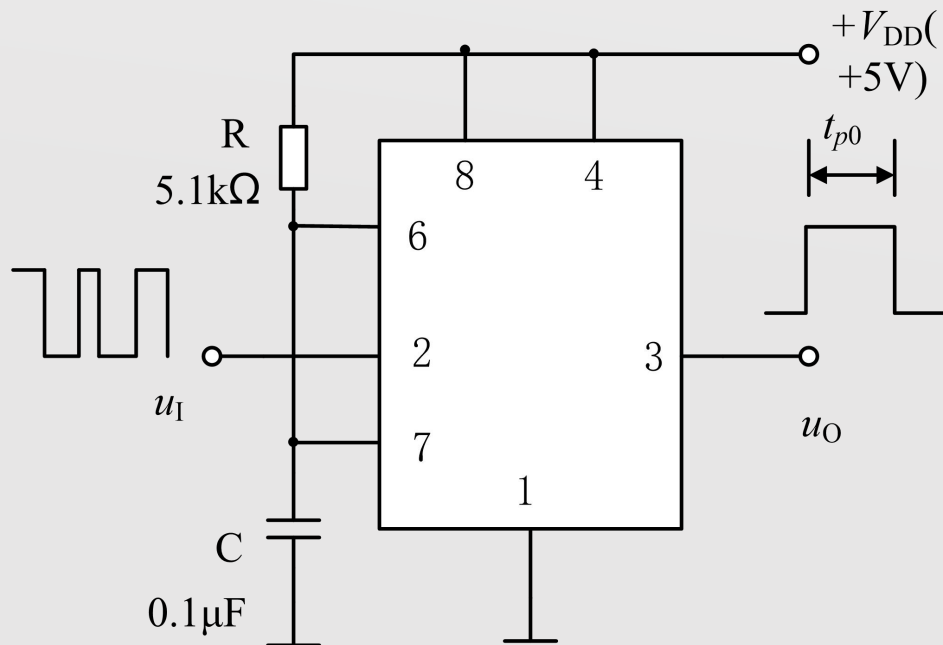
36

一、实验目的

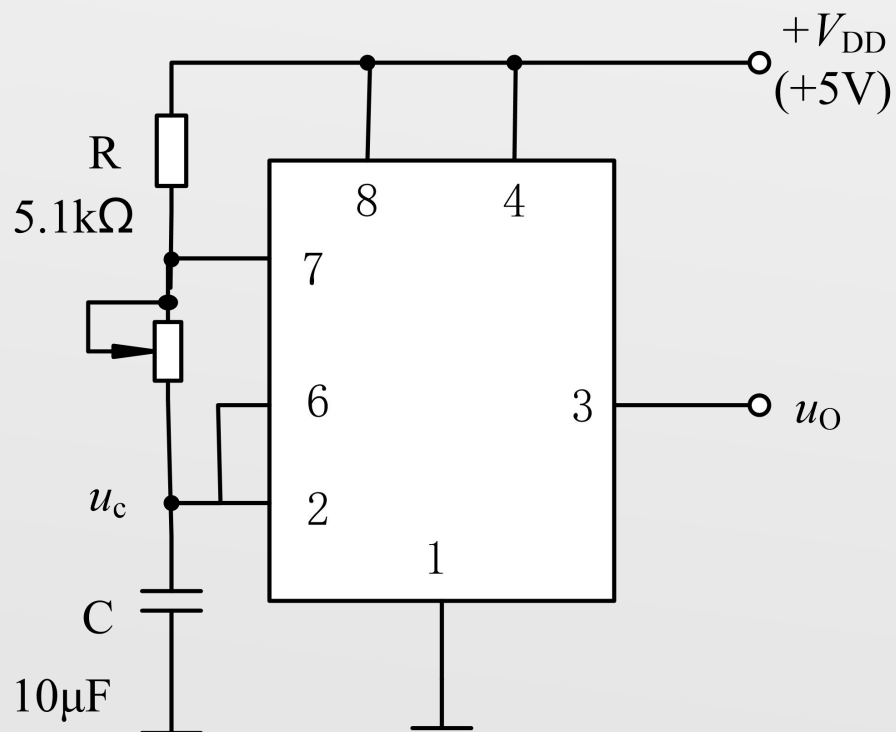
1. 熟悉555 型集成定时器的组成及工作原理。
2. 掌握555 定时器电路的基本应用。

二、实验原理

(1) 构成单稳态触发器



(2) 多谐振荡器



(3) 密特触发器

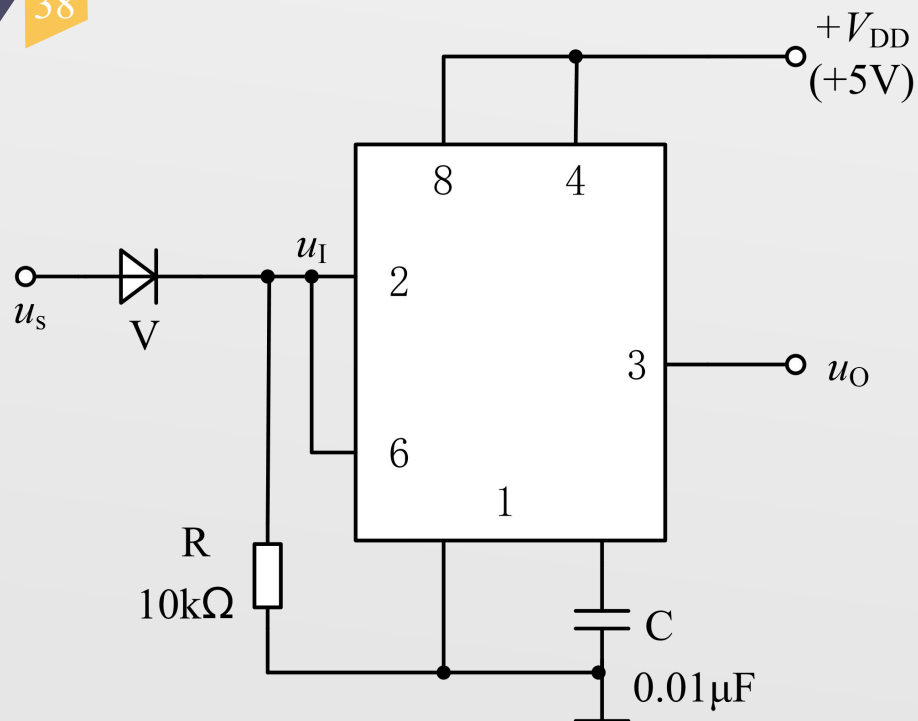


图7.25 施密特触发器

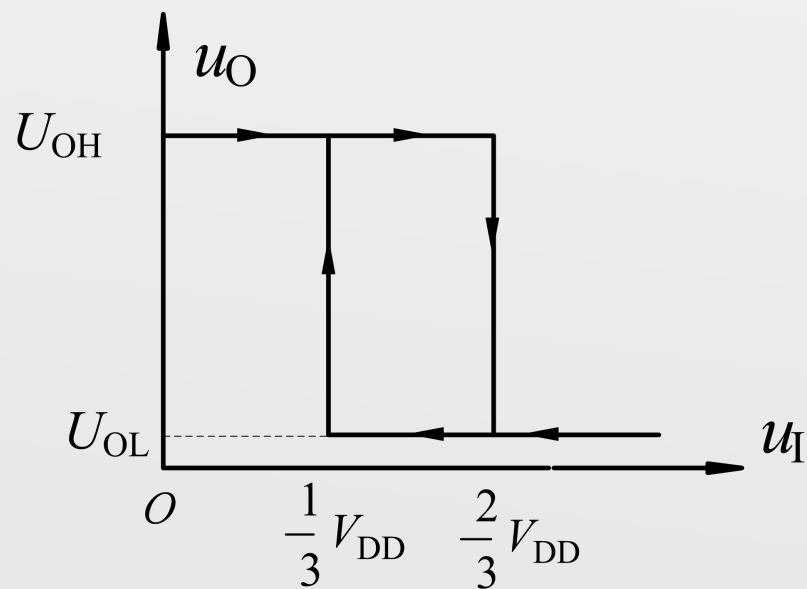


图7.26 电压传输特性

三、实验仪器设备

数字电路实验箱，一台； 555 定时器，电阻，电容，二极管，若干； 信号发生器，一台； 双踪示波器，一台

四、实验内容与步骤

1. 单稳态触发器

(1) 按图7.23连接电路，取 $R=100k$ ， $C=470\mu F$ ，输出接LED指示器， u_I 用数字实验箱上的单次脉冲源，用示波器观察 u ， u_C ， u_O 波形。并测定幅度与暂稳时间（可用手表计时）。

(2) 取 $R=1K$ ， $C=0.1\mu F$ ，输入 $f=1KHz$ 连续脉冲，用示波器观察 u ， u_C ， u_O ，测定幅度及延时时间。

2. 多谐振荡器

按图7.24 连接电路，用双踪示波器观察 u_C 和 u_O 波形，测定频率。

3. 施密特触发器

按图7.25接线， u_s 输入正弦波1KHz，逐渐加大 u_s 的幅度，观测输出波形，测绘电压传输特性，并计算回差电压 ΔU 。

五、实验分析与报告

1. 根据实验内容，记录数据，画出波形。
2. 分析、总结实验结果。

本章小结

(1) 本章主要介绍脉冲波形的产生与变换电路。一种是以多谐振荡器为代表的脉冲产生电路。这种电路不需要外加触发脉冲信号，就能自动产生脉冲信号。另一种是以单稳态触发器和施密特触发器为代表的脉冲变换电路。变换电路本身不能产生脉冲信号，它所做的工作仅是变换而已。

(2) 施密特触发器是一种双稳态电路，采用电平触发，电路状态的维持和翻转依赖于输入端的外加电平。致使两个稳态翻转的输入端触发电平不同，存在回差，这是施密特触发器的固有特征——滞回特性。利用这一特点可以进行波形的变换、整形和构成多谐振荡器等。

(3) 单稳态触发器有一个稳态和一个暂稳态，在外加触发信号作用下可以由稳态翻转为暂稳态，经过一段时间后，触发器自动从暂稳态翻转回稳态，从而输出具有一定脉冲宽度的矩形波，脉宽 t_W 取决于定时元件C和R。利用单稳态触发器的这种特性，可以用作自动控制的定时和延时电路。

(4) 多谐振荡器是一种能自动反复输出矩形脉冲的自激振荡电路。用集成门电路和电阻R、电容C以及石英晶体可以组成环形多谐振荡器和频率稳定的石英晶体多谐振荡器。

(5) 555定时器是一种应用广泛的集成电路，除了组成各种脉冲波形的产生和变换电路之外，还可以构成各种控制与测量电路。