

9 脉冲的产生与整形

9.1 概述

9.2 多谐振荡器

9.3 单稳态触发器

9.4 施密特触发器

9.5 555定时器及其应用

数字电路中，为了控制和协调整个系统的工作，常常需要时钟脉冲信号。

获得时钟脉冲的方法有：

1. 利用多谐振荡器直接产生；
2. 通过整形电路变换而成。

整形电路又分为两类：施密特触发器和单稳态触发器。

整形电路可以使脉冲的边沿变陡峭，或形成规定的矩形脉冲。

9.1 集成施密特触发器

1. 基本概念

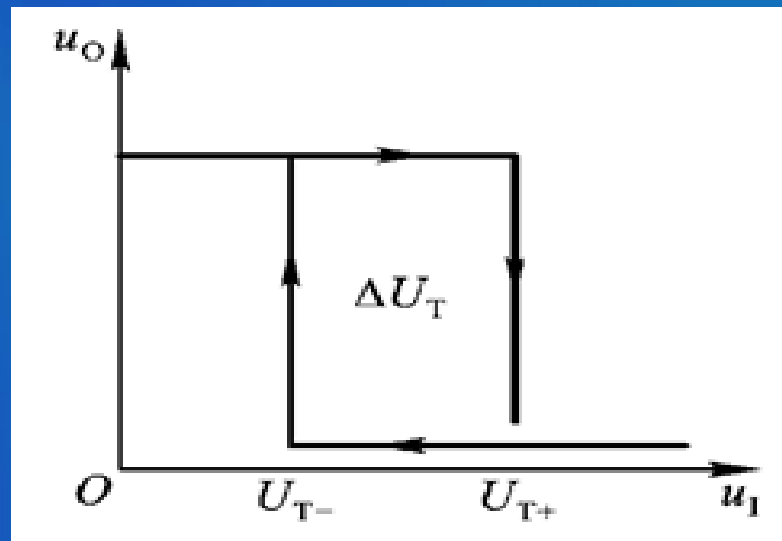
施密特触发器是一种重要的脉冲整形电路，施密特触发器能把变化缓慢的波形变换成矩形脉冲。

与普通门电路不同，施密特触发器有两个阈值电压。

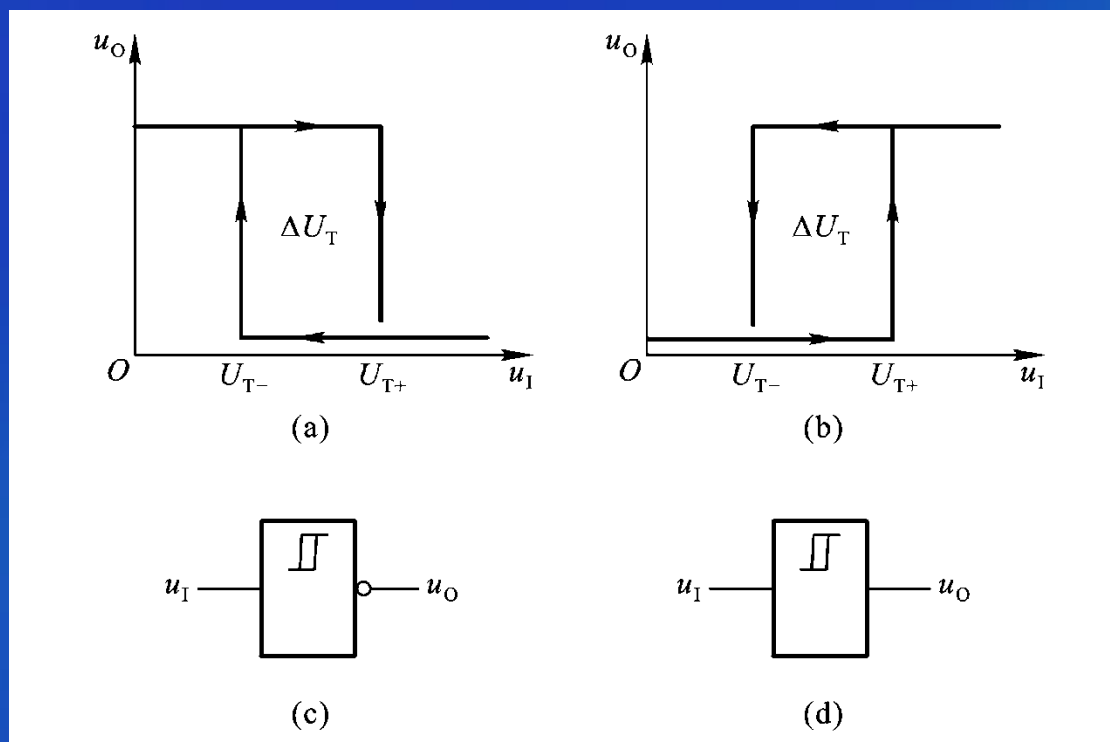
输入电压上升的翻转电平为**上限阈值电平** U_{T+} ；

输入电压下降的翻转电平为**下限阈值电平** U_{T-} 。

$\Delta U_T = U_{T+} - U_{T-}$ 称为**回差电压**。



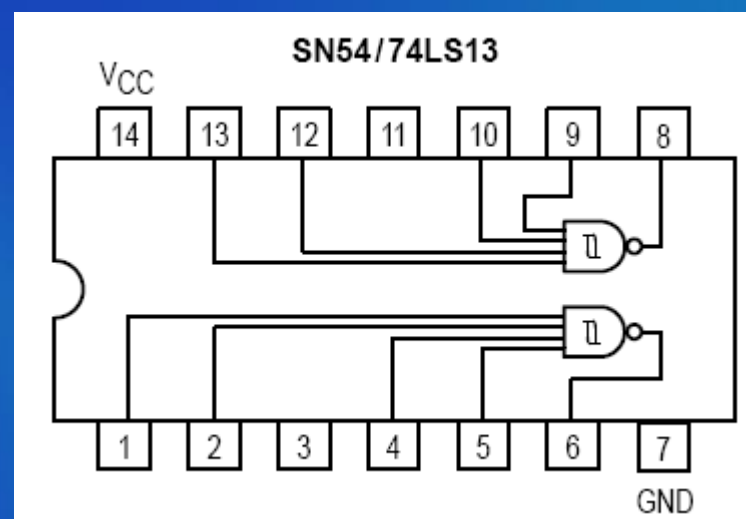
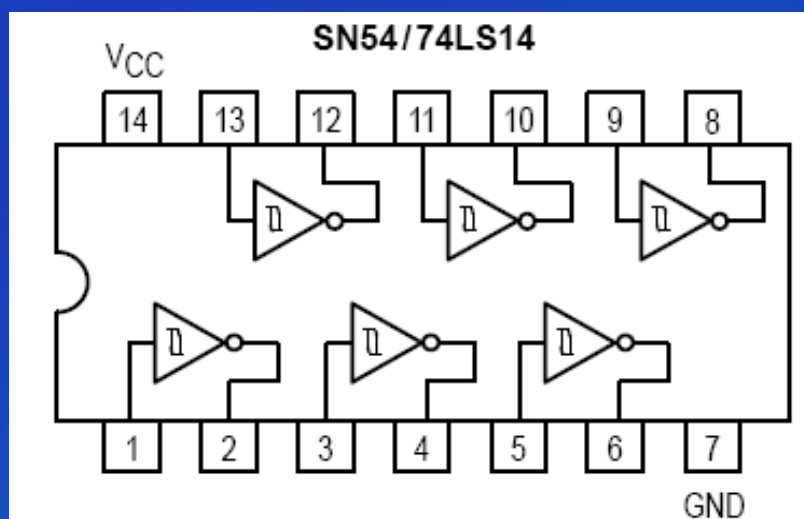
2. 施密特触发器的传输特性



输入和输出为反相关系的称为反相施密特触发器；
输入和输出为同相关系的称为同相施密特触发器。

集成施密特触发器

TTL集成施密特触发器有：74LS14（六反相器），74132（四2输入与非门），7413（双4输入与非门）等。

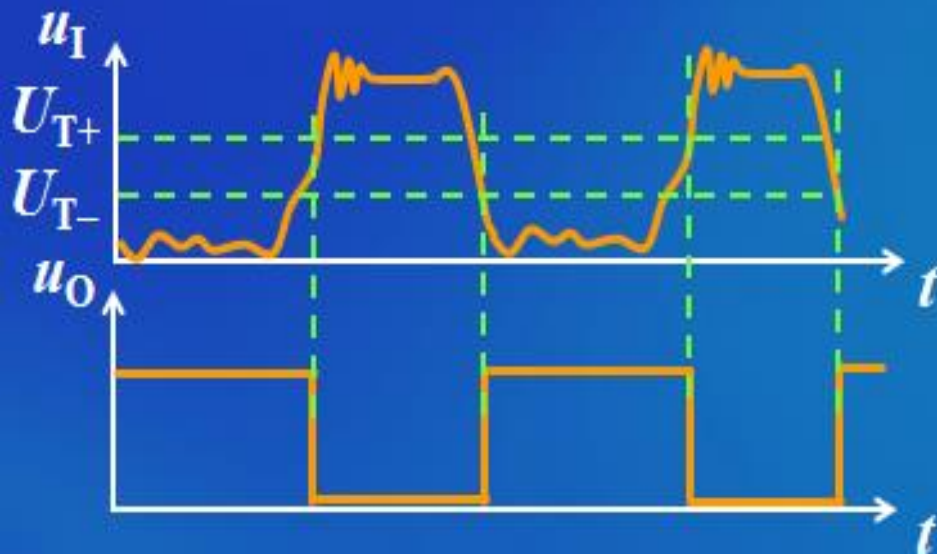


CMOS集成施密特触发器有：CD40106，CD4093和CD4584等。

施密特触发器应用举例

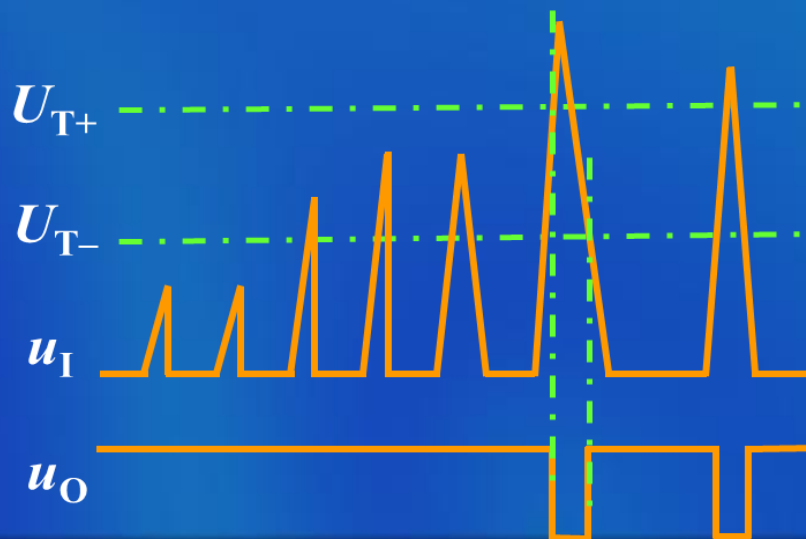
1. 脉冲整形电路

在数字测量和控制系统中，由传感器送来的信号波形边沿较差，利用施密特电路可以对这些信号进行整形。



2. 鉴幅电路

在一串幅度不相等的脉冲信号中，如果要剔除幅度不够大的脉冲，此时可利用施密特触发器。

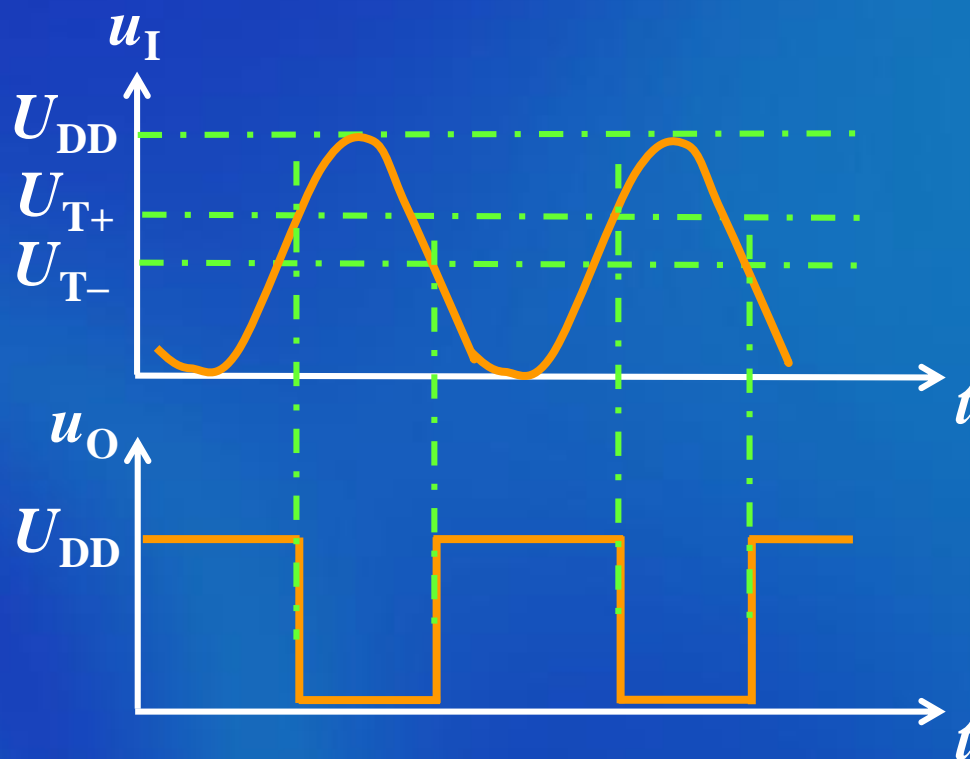


3. 脉冲变换电路

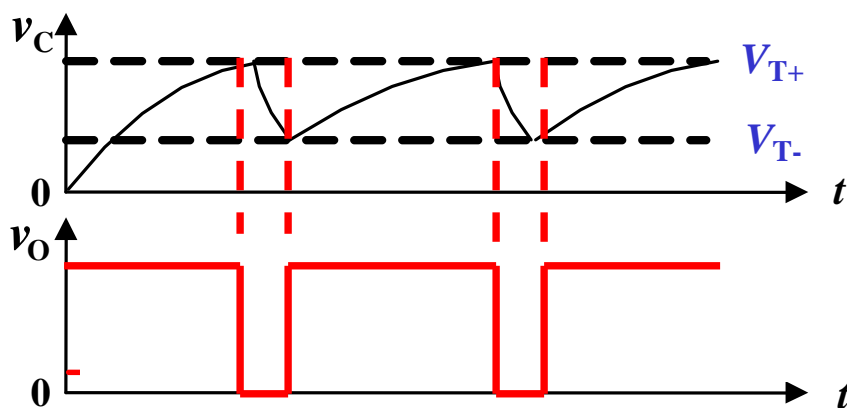
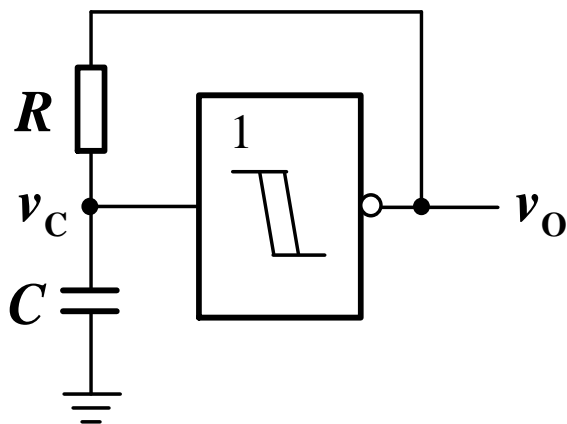
由于施密特电路状态转换速度极快，输出矩形波的前后沿总是很陡峭。

利用这一特点，施密特电路可以把变化比较缓慢的正弦波、三角波等变换成矩形脉冲信号。

一种变换波形图



4. 构成多谐振荡器



■ 设 电容初始电压为零。输出 V_O 为高电平。

■ 于是， V_O 通过电阻 R 给电容充电。当 V_C 到达 U_{T+} 时，触发器翻转，输出 V_O 为低电平。

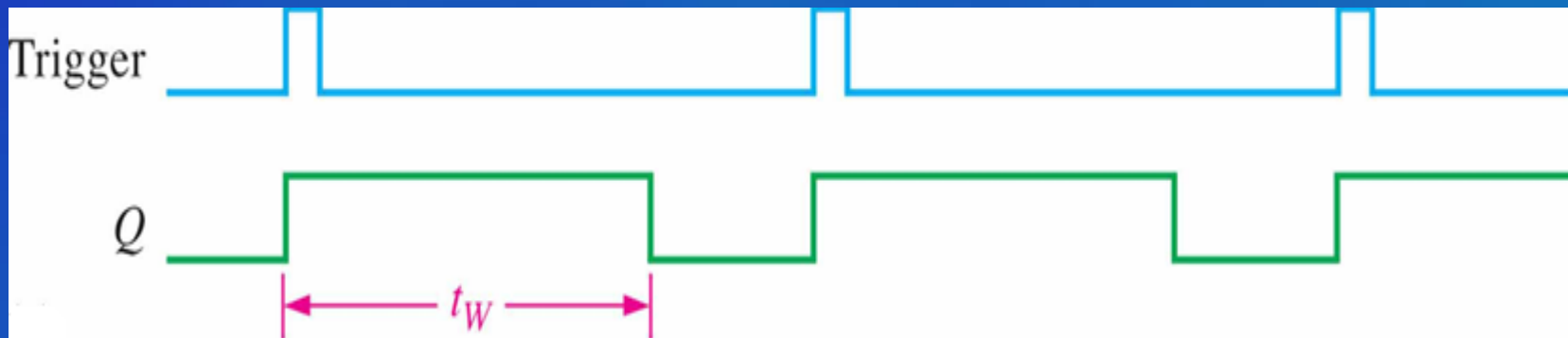
■ 此后，电容又通过 R 放电，当 V_C 到达 U_{T-} 时，触发器翻转，输出 V_O 为高电平。

■ 如此周而复始，构成多谐振荡。

9.2 集成单稳态触发器

单稳态触发器的特点：

1. 单稳态触发器有一个稳态和一个暂稳态。
2. 在触发脉冲的作用下，单稳态触发器从稳态翻转到暂稳态，经过时间 t_w 后又自动翻回稳态，并在输出端产生一个宽度为 t_w 的矩形脉冲。



暂稳态的时间取决于电路本身的参数，与触发脉冲的宽度无关。

集成单稳态触发器

TTL系列的有74121、74122、74123等；

CMOS系列的有4098、4528、4538等。

这些器件只要外接很少的电阻和电容，就可构成单稳态触发电路。使用起来非常方便。

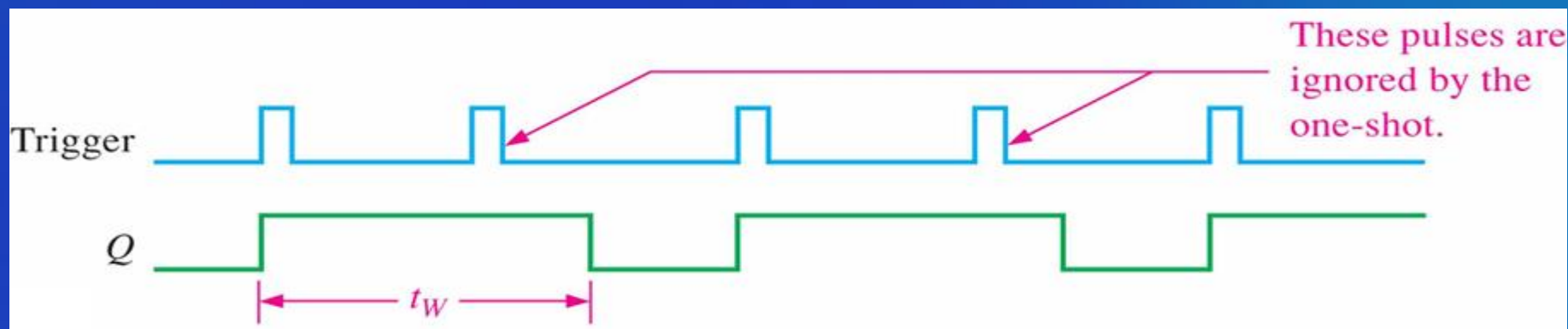
类型：单触发和重触发

单触发的触发器有74121、74221、74LS221等

重触发的触发器有74122、74123、74LS123、4528、4538等。

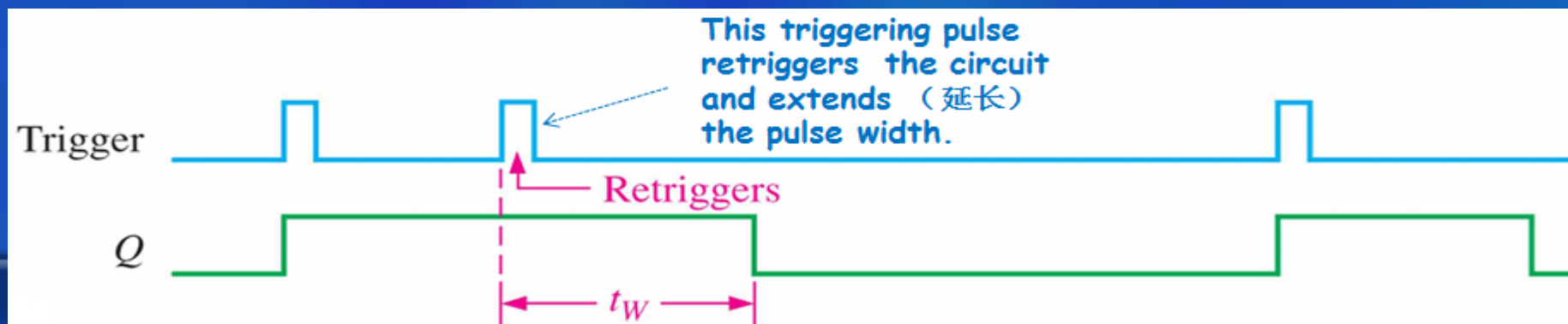
(1) 单触发的单稳态触发器

一旦被触发进入暂稳态以后，再加入触发脉冲不会影响电路的工作过程，直到暂稳态结束后，才能接收触发脉冲而转入下一个暂稳态。

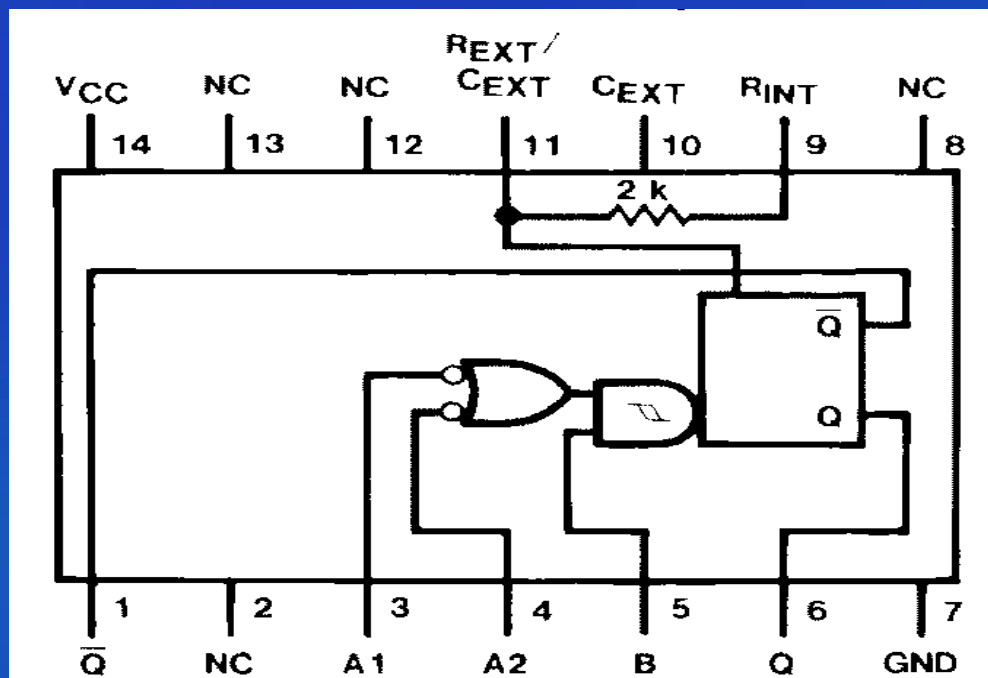


(2) 重触发的单稳态触发器

在电路被触发进入暂稳态以后，如果再次输入触发脉冲，电路将被重新触发，电路的输出脉冲再持续一个 t_W 脉宽。



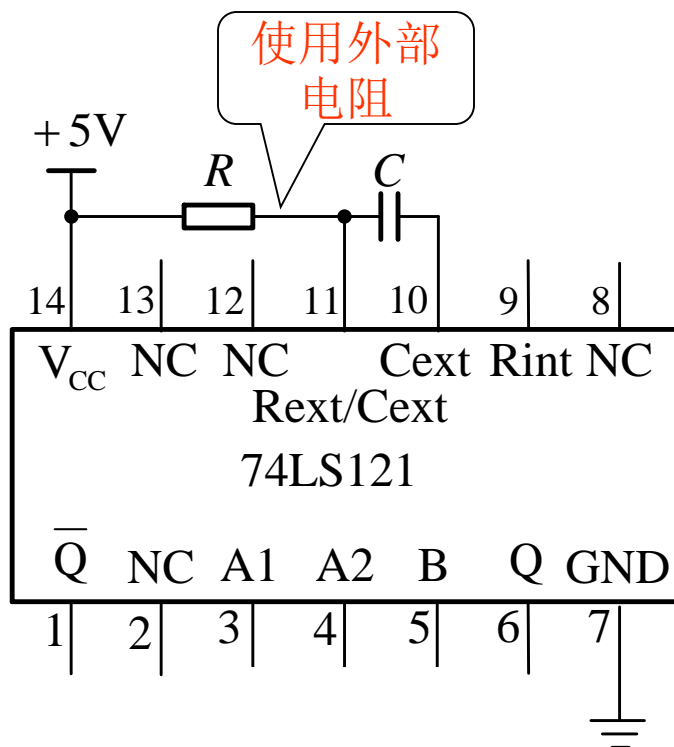
1. TTL集成单触发单稳态触发器 (74121)



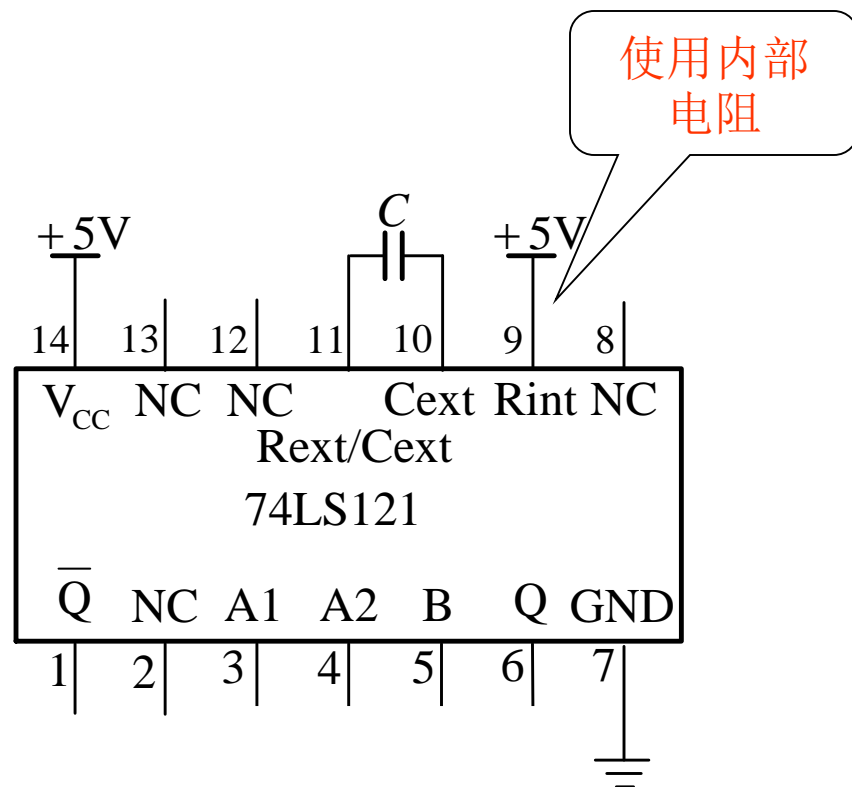
$$t_w \approx R_{ext} C_{ext} \ln 2 = 0.7 R_{ext} C_{ext}$$

通常 R_{ext} 值取在 $2K\Omega \sim 30K\Omega$ 。 C_{ext} 值取在 $10\text{ pF} \sim 10\mu\text{F}$ 之间，得到的 t_w 范围可达 $20\text{ ns} \sim 200\text{ ms}$ 。**DM74121: $30\text{ ns} \sim 28\text{ s}$** 。内部 $2K\Omega$ 电阻可代替 R_{ext} 。

◆两种不同接法

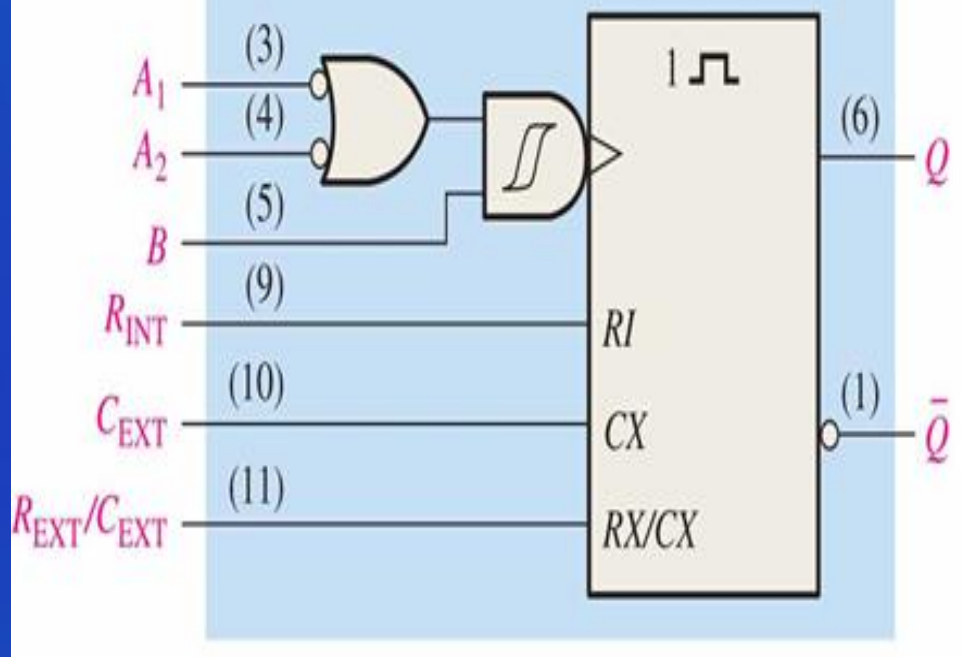


$$t_w \approx 0.7 R_{\text{ext}} C_{\text{ext}}$$



$$t_w \approx 0.7 R_{\text{int}} C_{\text{ext}}$$

触发信号控制电路



功能表

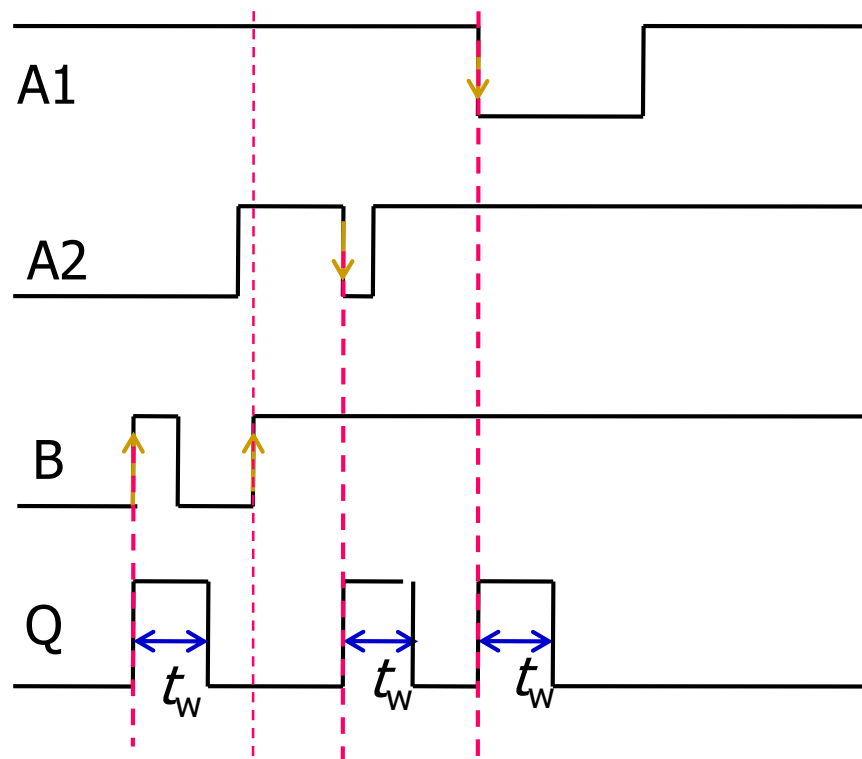
| 输 入 | | | 输出 |
|------------------|------------------|-----|-----|
| $\overline{A_1}$ | $\overline{A_2}$ | B | Q |
| 0 | × | 1 | 0 |
| × | 0 | 1 | 0 |
| × | × | 0 | 0 |
| 1 | 1 | × | 0 |
| 1 | ↓ | 1 | □ |
| ↓ | 1 | 1 | □ |
| ↓ | ↓ | 1 | □ |
| 0 | × | ↑ | □ |
| × | 0 | ↑ | □ |

(1) 稳态 $Q=0$ 。

(2) 当需要上升沿触发时，触发脉冲从B端输入，同时 $\overline{A_1}$ 、 $\overline{A_2}$ 当中至少应有一个为0状态；

(3) 当需要下降沿触发时，则触发脉冲应该从 $\overline{A_1}$ 或 $\overline{A_2}$ 输入(另一个接1状态)，同时保持B端状态为1。

| 输 入 | | | 输出 |
|------------------|------------------|-----|-----|
| $\overline{A_1}$ | $\overline{A_2}$ | B | Q |
| 0 | × | 1 | 0 |
| × | 0 | 1 | 0 |
| × | × | 0 | 0 |
| 1 | 1 | × | 0 |
| 1 | ↓ | 1 | ⌋ |
| ↓ | 1 | 1 | ⌋ |
| ↓ | ↓ | 1 | ⌋ |
| 0 | × | ↑ | ⌋ |
| × | 0 | ↑ | ⌋ |



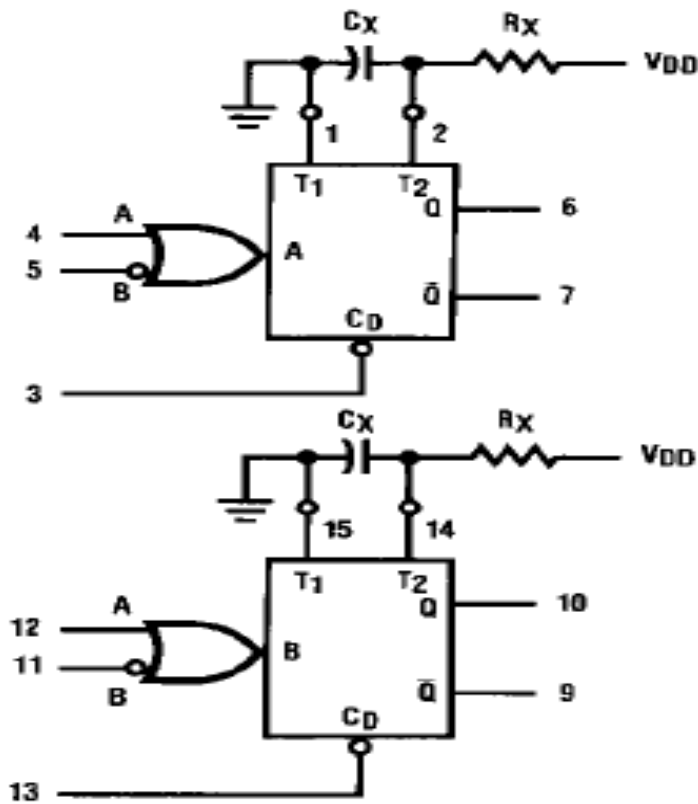
上页

下页

返回

2. CMOS集成可重触发单稳态触发器 (4538)

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- High noise immunity: 0.45 VCC (typ.)
- Wide pulse-width range: 10 μs to ∞



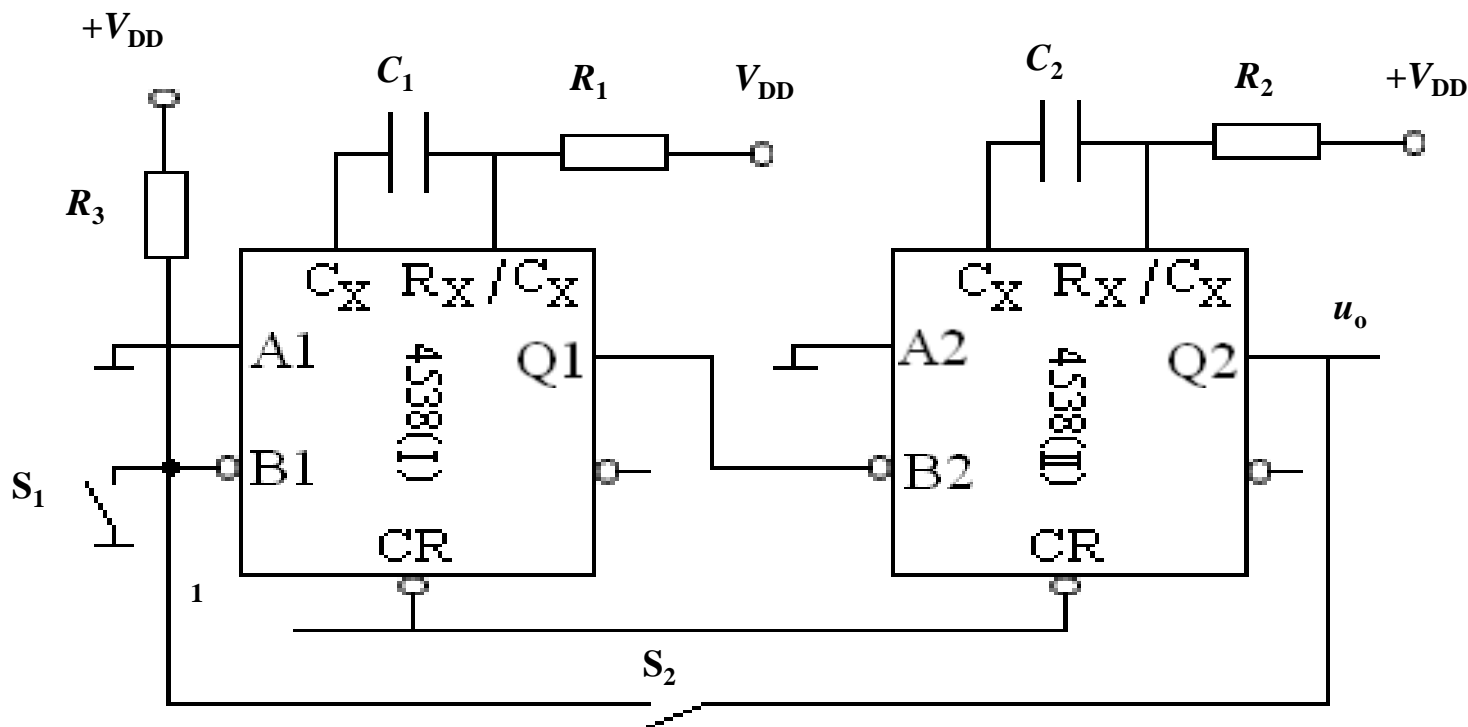
$$t_w = R_X C_X$$

| Inputs | | | Outputs | |
|--------|---|---|---------|-----------|
| Clear | A | B | Q | \bar{Q} |
| L | X | X | L | H |
| X | H | X | L | H |
| X | X | L | L | H |
| H | L | ↓ | ⌊ | ⌋ |
| H | ↑ | H | ⌊ | ⌋ |

例

以下电路由单稳态4538构成。

- (1)说明电路在S2断开和闭合时的工作原理。
- (2) 求出S1断开和S2闭合时电路的主要指标，画出输出波形。



上页

下页

返回

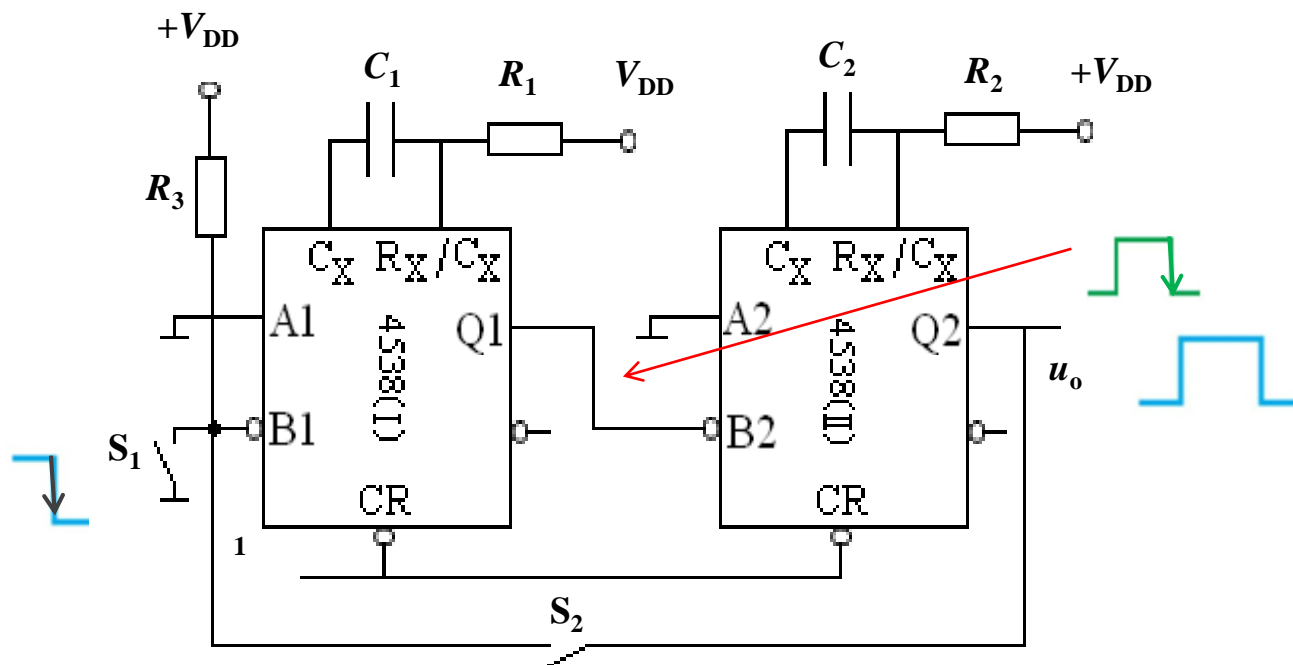
Solution

当 S2 断开时, 2个4538 串联.

(1) 当 S1 断开, B1为高电平, 电路处于稳态, 输出均为低电平。

当 S1 闭合, B1处提供了下降沿。由于A1=0, 4538(I) 被触发进入暂稳态。Q1 从低变到高。Q2 保持低。

4538(I)暂态结束, Q1 回到低电平。因此, 给4538(II)提供了一个下降沿, Q2 被触发, 从低电平翻转到高电平, 产生一个正脉冲。

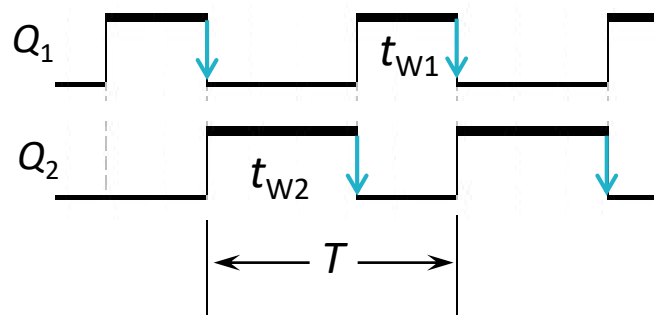
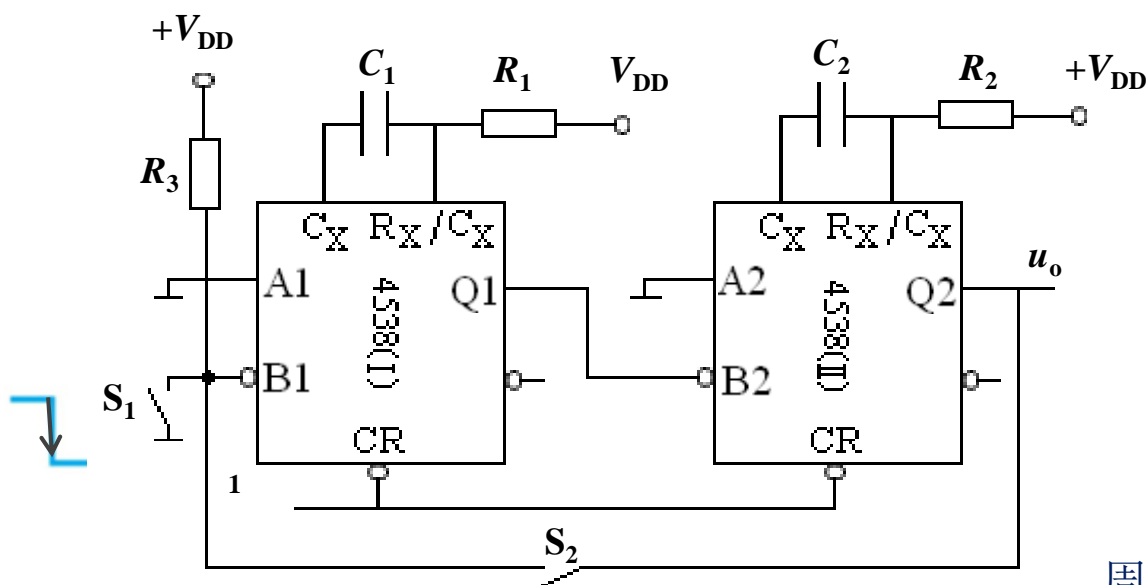


(2) 稳态时Q2为低。当S2闭合, 就给B1提供了一个下降沿, 4538(I)被触发, Q1从低变化到高。

在Q1下降沿, 4538(II) 被触发, Q2产生一个从低到高的变化。

在Q2的下降沿, 4538(I)又被再次触发进入暂态。

如此反复, 电路通过互触发, 在Q1 和 Q2产生矩形脉冲输出。



周期 $T = t_{w1} + t_{w2} = R_1 C_1 + R_2 C_2$

占空比 $Q = \frac{t_{w2}}{T} = \frac{R_2 C_2}{R_1 C_1 + R_2 C_2}$

上页

下页

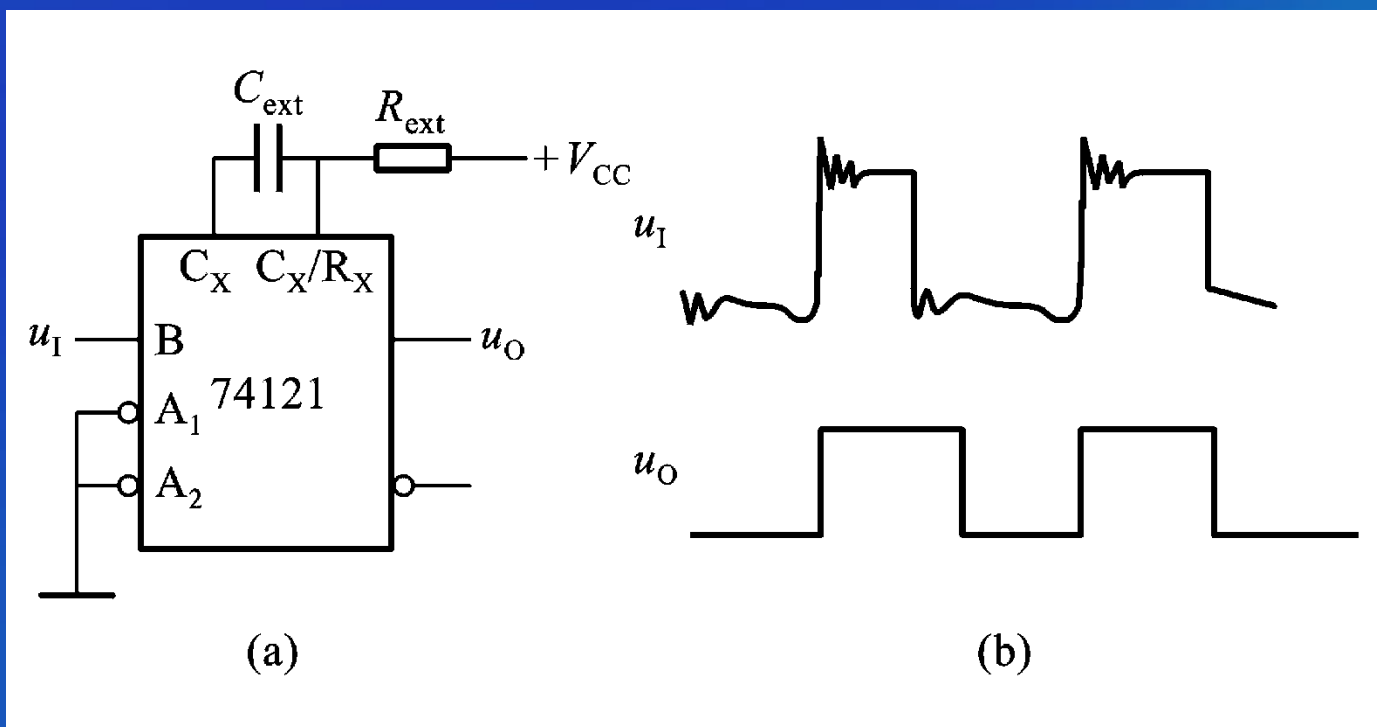
返回

单稳态触发器的应用举例

1. 脉冲的整形

在实际的数字系统中，由于脉冲的来源不同，波形也相差较大。例如，从光电检测设备送来的脉冲波形一般不太规则；脉冲信号在线路中远距离传送，常会导致波形变化或叠加上干扰；整形电路可以把这些脉冲信号变换成具有一定幅度和宽度的矩形波形。

脉冲整形电路

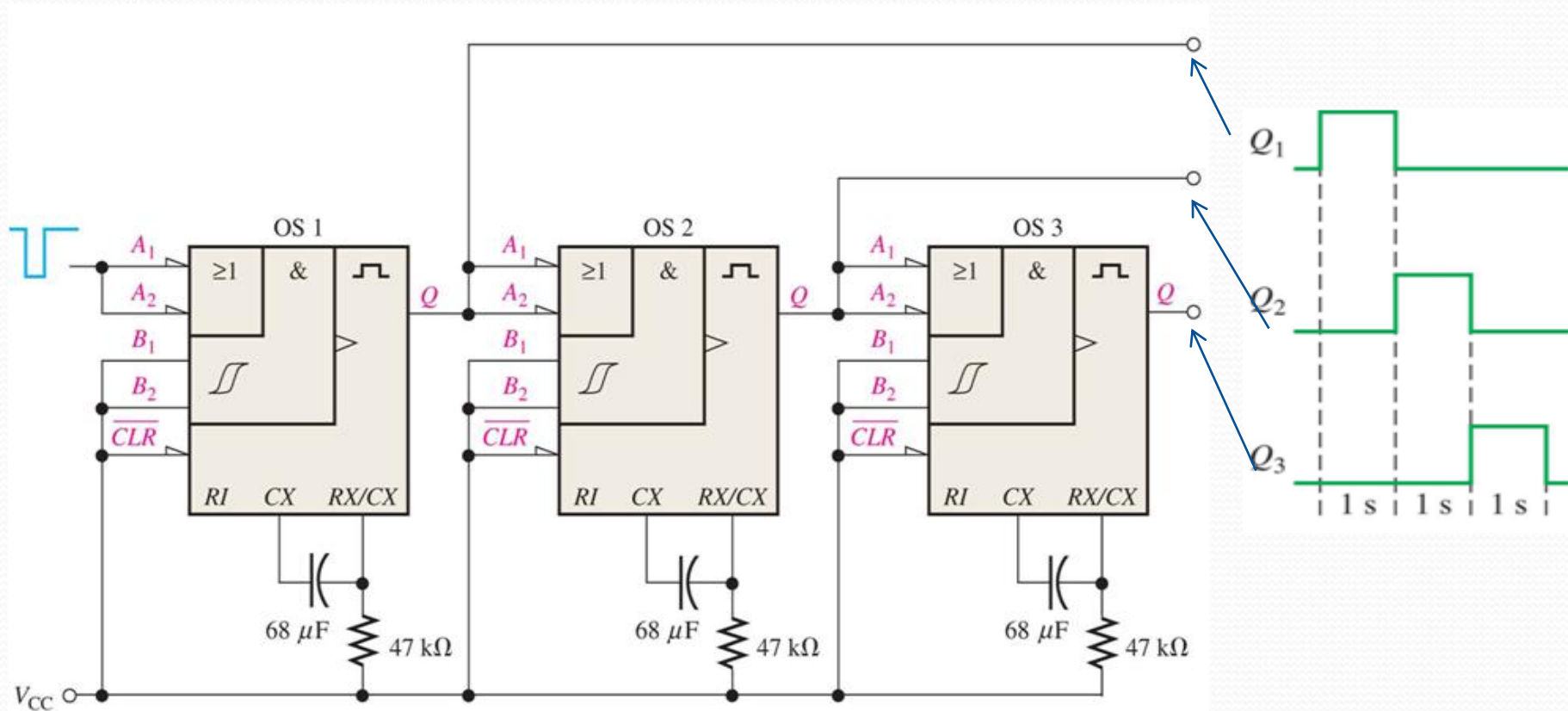


(a) 电路

(b) 波形图

2. 序列定时器

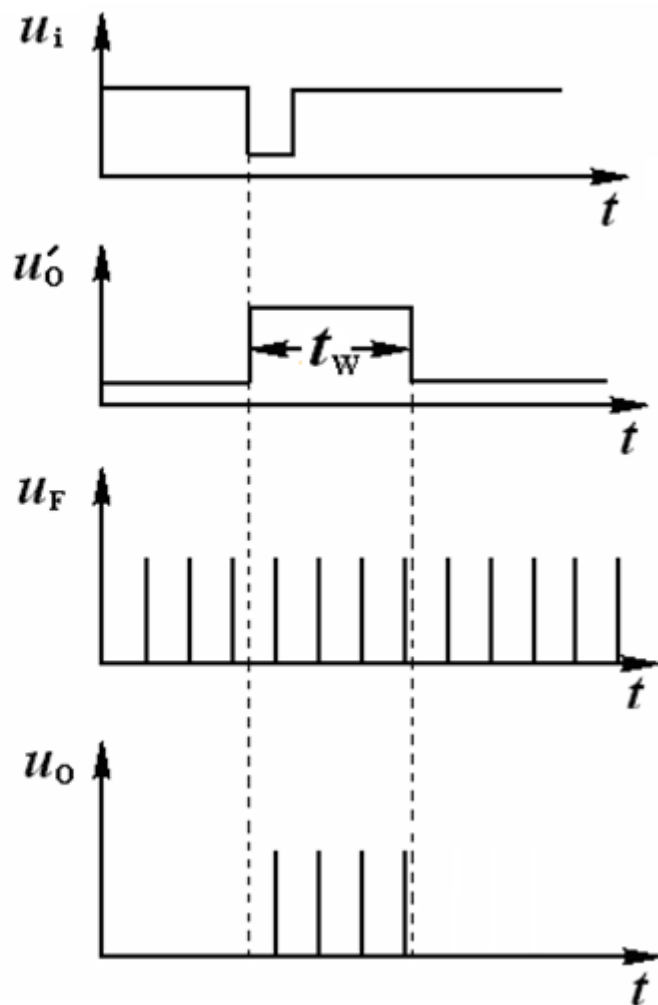
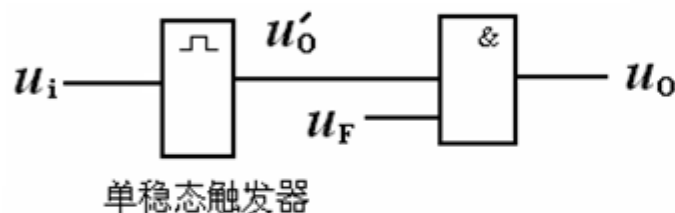
- 产生序列脉冲用于控制一系列连续的动作。
- 比如，依次点亮红黄绿三盏灯。红灯亮**1s**后，黄灯开始亮**1s**，之后绿灯再亮**1s**。



A sequential timing circuit using three 74LS122 one-shots.

3. 定时

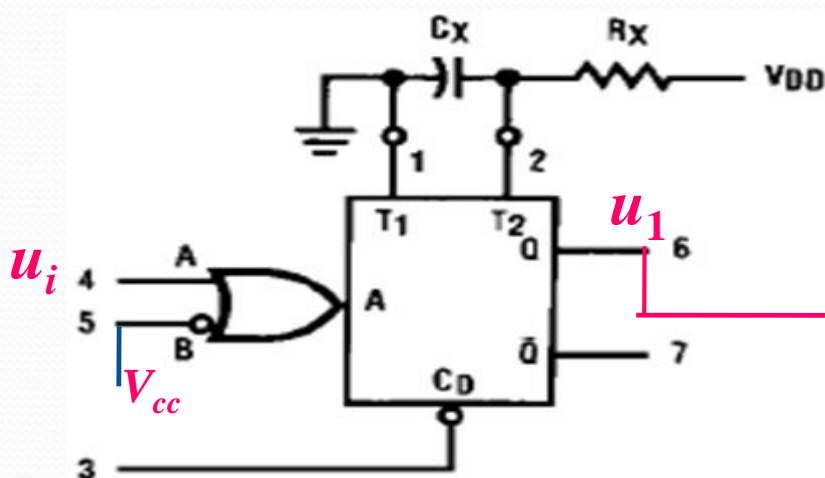
由于单稳态电路能产生一定宽度 t_w 的矩形脉冲，利用这一脉冲去控制某个系统，就能使其在 t_w 时间内动作（或不动作），起到定时控制的作用。



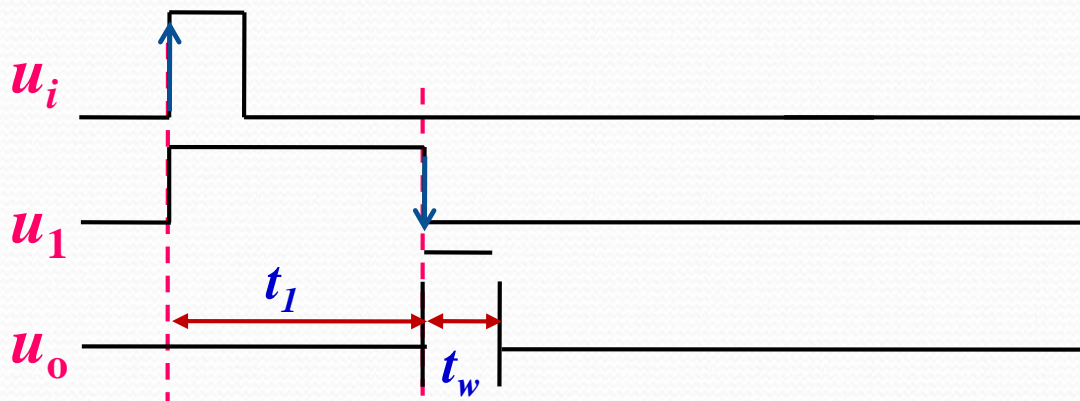
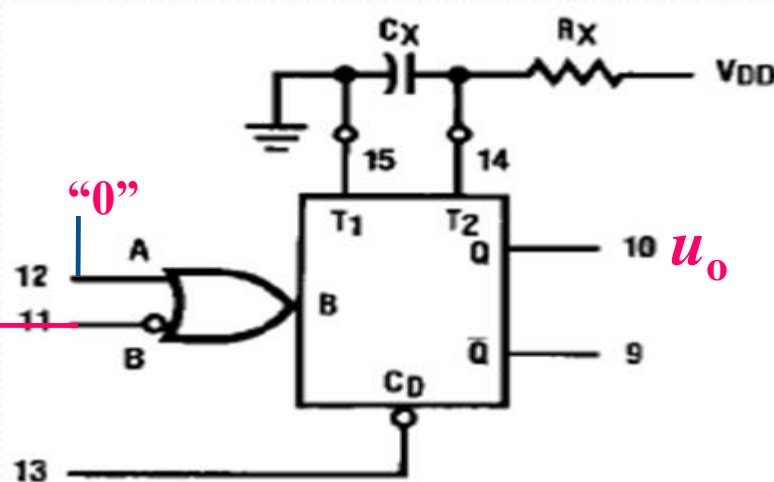
3. 脉冲延时

为了使不同路径的信号在时间上相匹配，往往需要对某些信号进行延时等待。

4538



4538



9.3 多谐振荡器

多谐振荡器是一种无稳态电路，它在接通电源以后，不需外加触发信号，就能自动地不断来回翻转，产生矩形脉冲。

由于输出的矩形波中含有很多谐波分量，故通常将它称为多谐振荡器，又称方波发生器。

石英晶体多谐振荡器

在对频率稳定性要求比较高的场合，**普遍采用石英晶体振荡器（简称晶振）**。

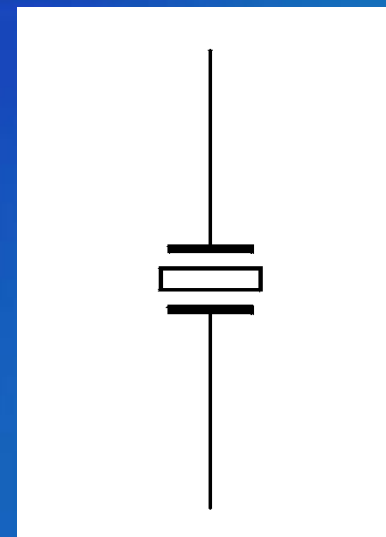
利用石英的压电效应制成。晶体薄片受到外加交变电场的作用时会产生机械振动，当交变电场的频率与石英晶体的固有频率相同时，振动变得很强烈，产生压电谐振，利用该特性，就可以用石英谐振器取代LC谐振回路。

由于石英谐振器具有体积小、重量轻、可靠性高、频率稳定度高等优点，被应用于家用电器和通信设备中。

1. 石英晶体的基本特性

(1) 石英晶体的电路符号

将切成薄片的石英晶体置于两平板之间构成的。



(2) 石英晶体振荡器的频率稳定性

石英晶体振荡器的频率稳定性能达到 $10^{-5} \sim 10^{-8}$ 。

高质量石英晶体振荡器(其晶片置于恒温盒内)，频率稳定性可达 10^{-11} 。

目前较好的家用电子钟表几乎都采用具有石英晶体谐振器的方波发生器。

石英晶体振荡器的频率稳定性高，走时准确，在通常的气温条件下，可以保证每天不差半秒的误差。

通常选用固有频率为32768Hz的石英谐振器，因为 $32768=2^{15}$ ，将此振荡频率经过15次二分频，即可得1Hz的时钟脉冲，作为计时基准。

晶振的主要参数有标称频率、频率精度、频率稳定度等。

标称频率大都标明在晶振外壳上。如常用普通晶振标称频率有：48kHz、500kHz、503.5kHz、1MHz~40.50MHz等。

振荡电路产生的可以是正弦波，也可能是矩形波信号，正弦信号一般经过整形得到矩形波信号，一般需要加上门电路。





有源晶振，是一个完整的振荡器，其中除了石英晶体外，还有晶体管和阻容元件。

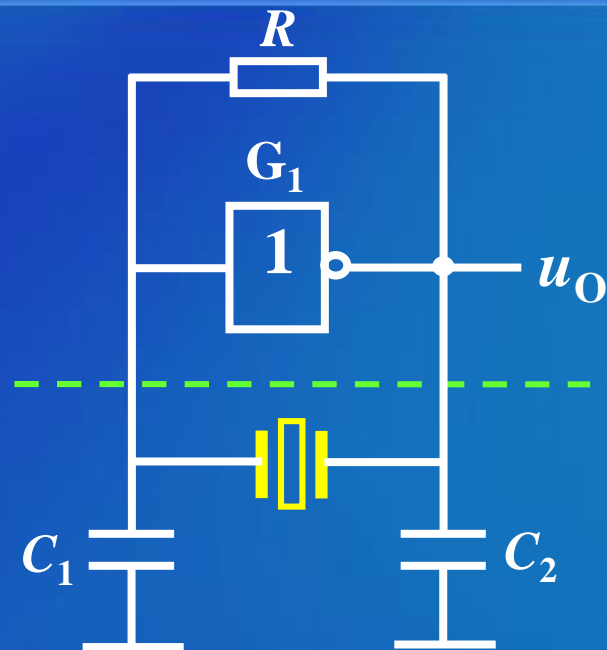
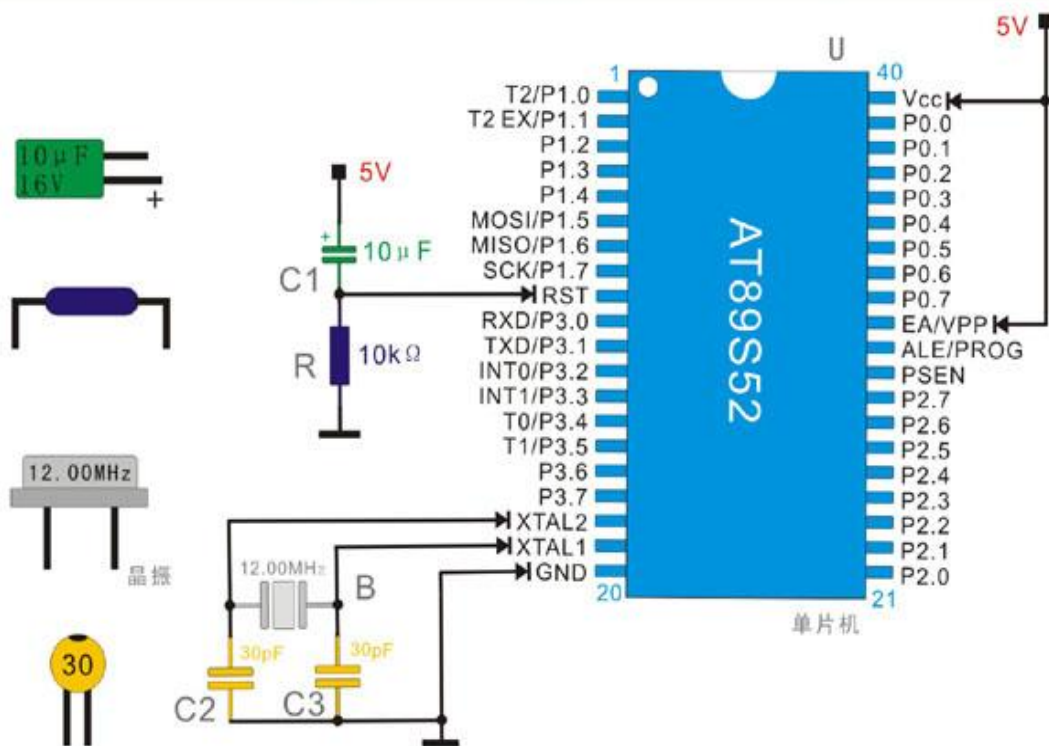
4个引脚分别为电源，地，输出，另一个为空置引脚。



无源晶振，一般为2个引脚，内部就是一块晶振，需要外接振荡电路才能起振。

石英谐振器及 C_1 、 C_2 为外接分立元件。电路形成一个由反相器组成的电容三点式振荡器。

单片机最小系统部分电路原理图



图中虚线以上部分制作在集成电路内。

作业

自练题:

9.3

9.7

作业题:

9.1

9.5

9.4 555定时器及其应用

555定时器是一种中规模集成电路，目前在仪器、仪表和自动化控制装置中应用很广。

555定时器可以构成多谐振荡器、单稳态电路，以及施密特触发器，用于实现定时、延时和整形等。

555定时器

(1) TTL集成定时器NE555的引脚和电路结构。

通过外接电源，改变比较器的比较电压。不用时，通过 $0.01\mu\text{F}$ 电容接地。

8: 电源 NE555 5~16V.

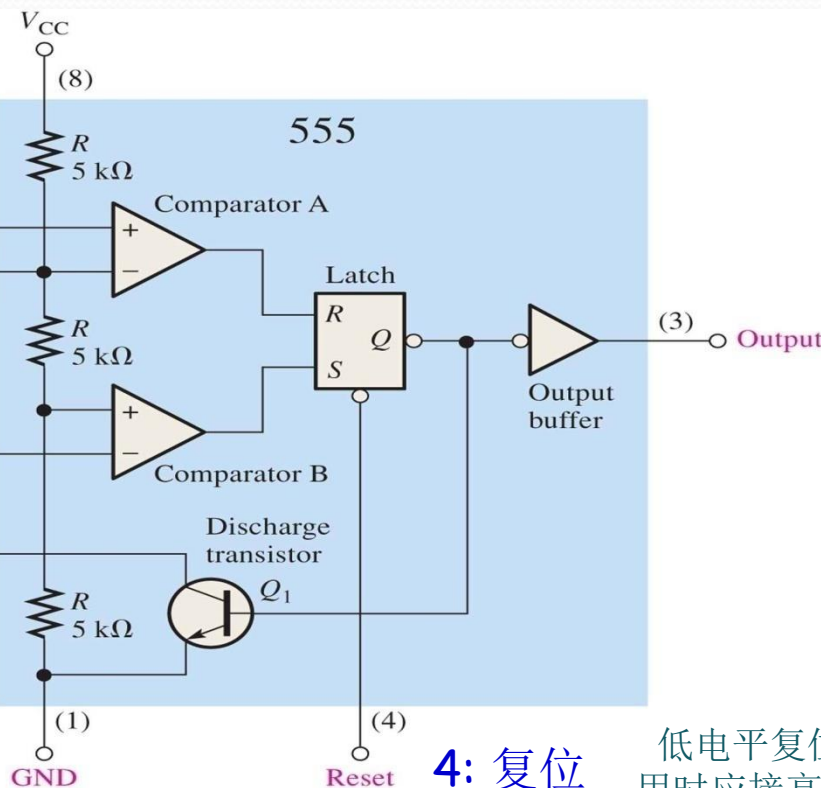
6: 阈值电压端
或高触发端
5: 电压控制端

2: 触发端*

7: 放电端

外接电容。如果 $\overline{Q}=1$, 三极管导通，电容放电。

*Pin 2 and 6: 外接阻容元件构成单稳态或多谐振荡器。



3: 输出 驱动能力强，输出电流可达 100mA 。可直接驱动LED，继电器等。

4: 复位 低电平复位。不用时应接高电平。

1: 地

内部电路组成:

① 电阻分压器

② 电压比较器 (A和B)

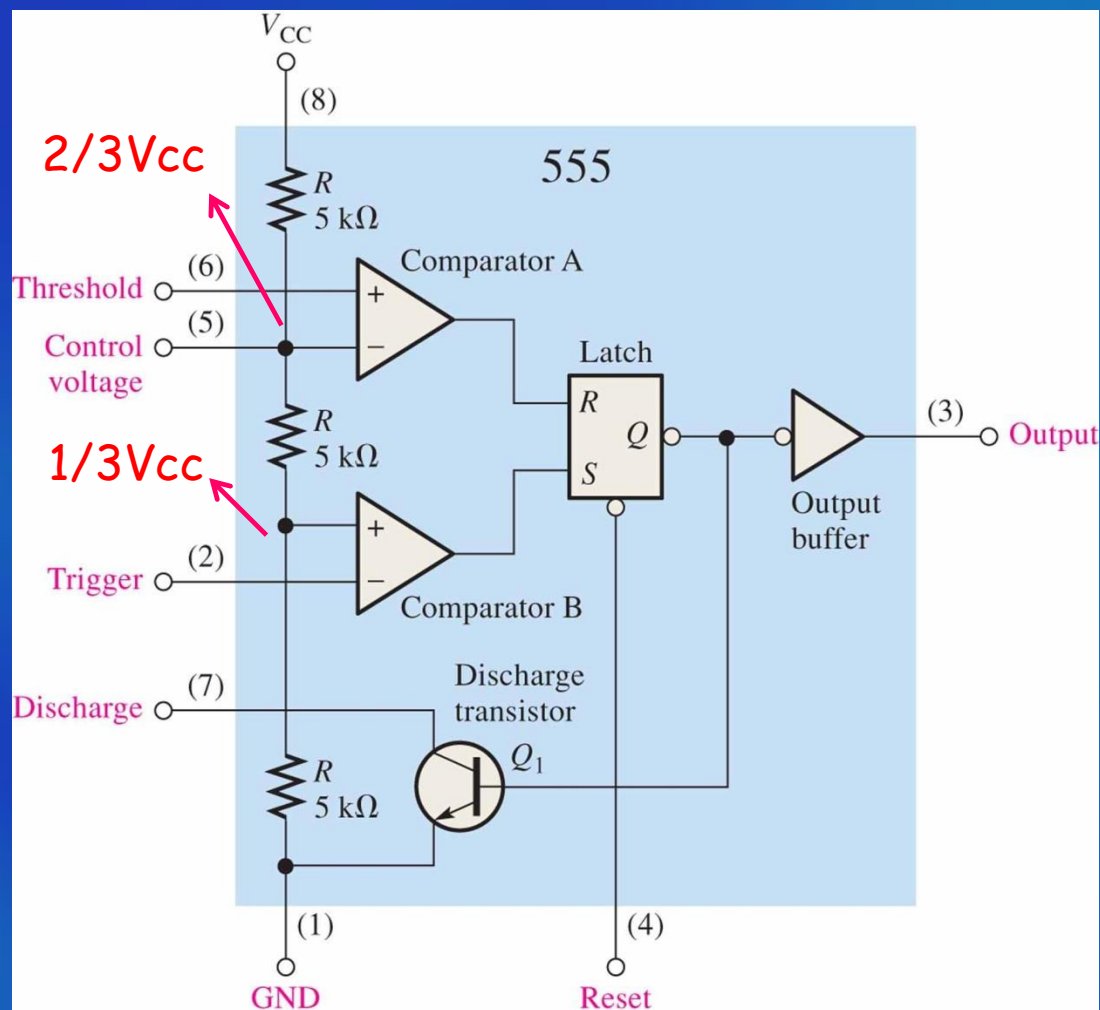
A的反相输入端电压为 $2V_{CC}/3$

B的同相输入端电压为 $V_{CC}/3$

③ RS锁存器, 反相端输出

④ 放电管 Q_1

⑤ 输出缓冲级



(2) 工作原理

a. Reset=0时, 触发器 $\overline{Q}=1$, 于是, 输出为低, 放电管导通。

b. 当 $U_6 < \frac{2}{3}V_{CC}$ 、 $U_2 < \frac{1}{3}V_{CC}$ 时

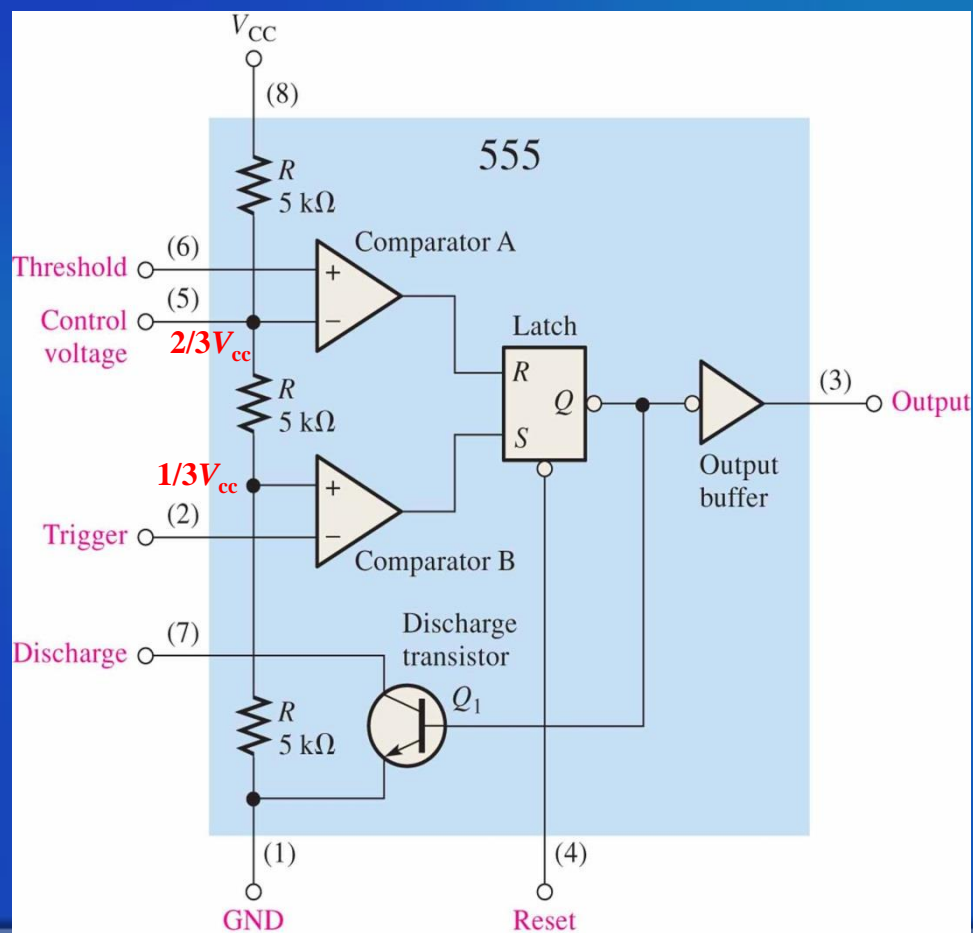
A输出为 0, B 输出为 1;

RS触发器被置 1, $\overline{Q}=0$;

U_o 输出高电平;

放电管截止。

| \overline{R}_D | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |



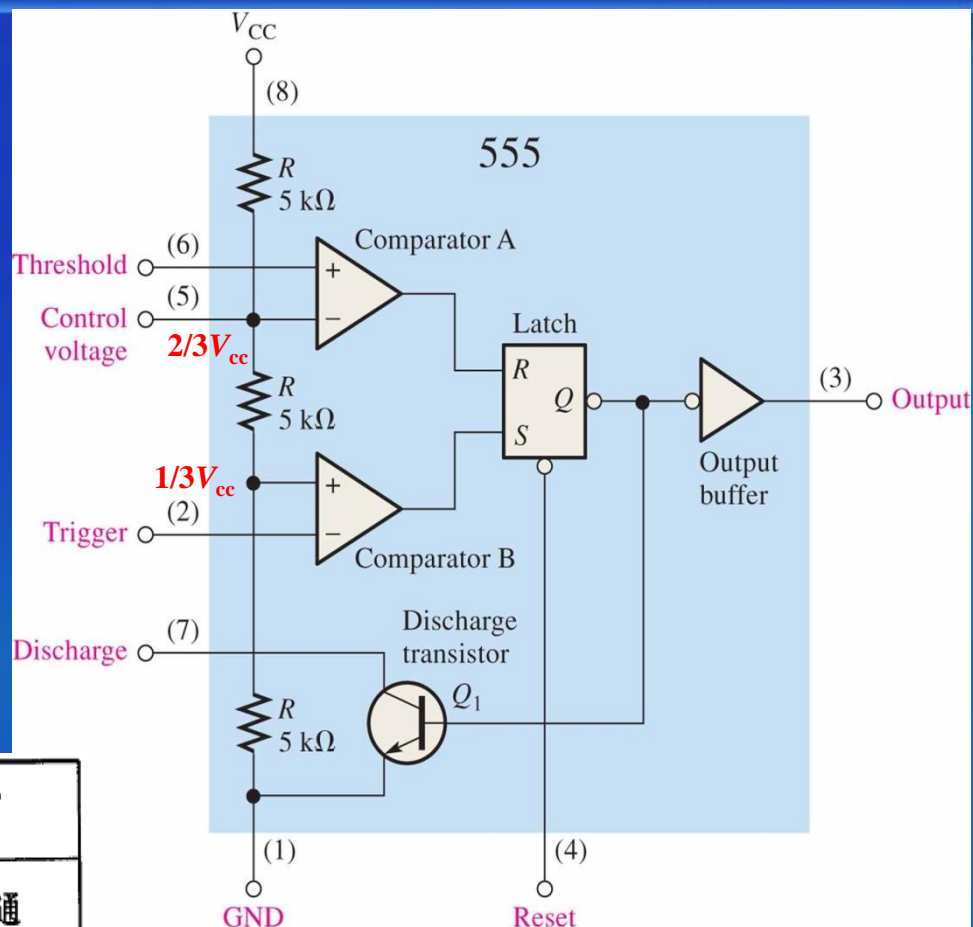
c. 当 $U_6 > \frac{2}{3}V_{CC}$ 、 $U_2 > \frac{1}{3}V_{CC}$ 时

比较器A输出为 1, B为 0;

触发器被置 0, $\overline{Q}=1$;

U_o 输出为低电平;

放电管导通。



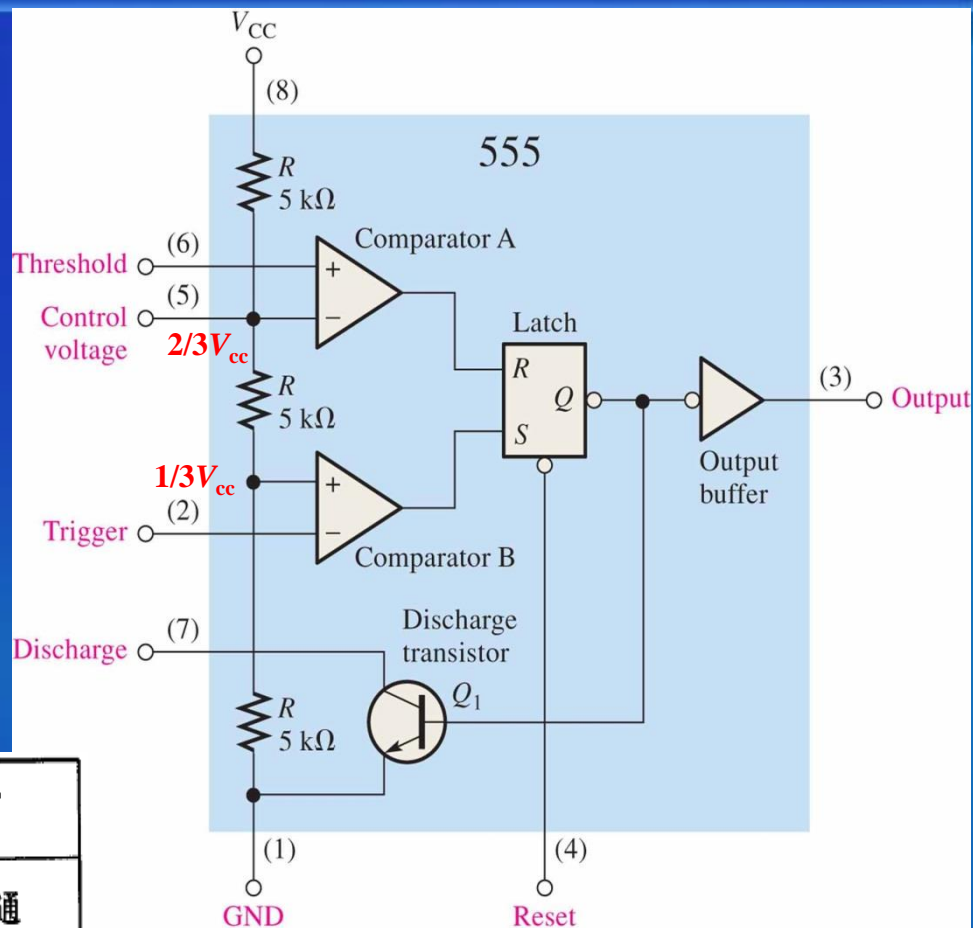
| $\overline{R_D}$ | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |

d. 当 $U_6 < \frac{2}{3}V_{CC}$ 、 $U_2 > \frac{1}{3}V_{CC}$ 时

A和B输出均为 0;

锁存器的状态保持不变;

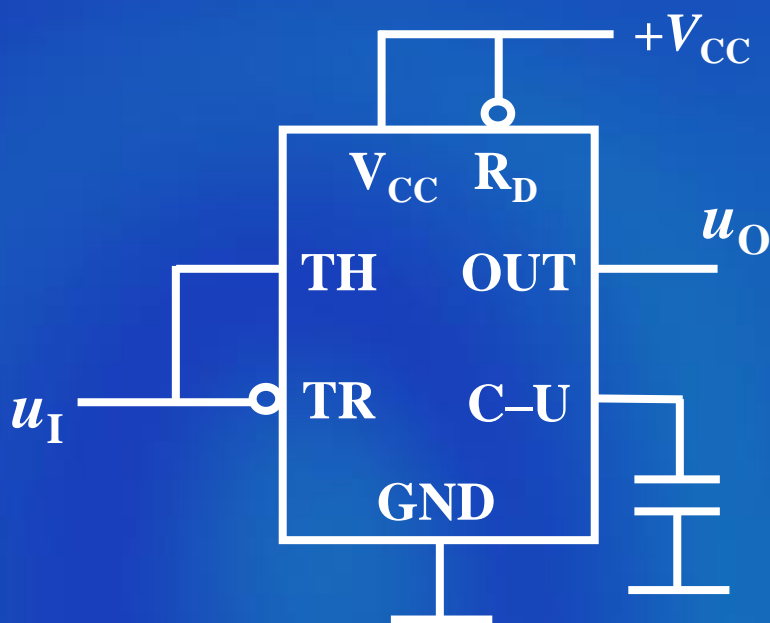
放电管和输出状态也维持不变。



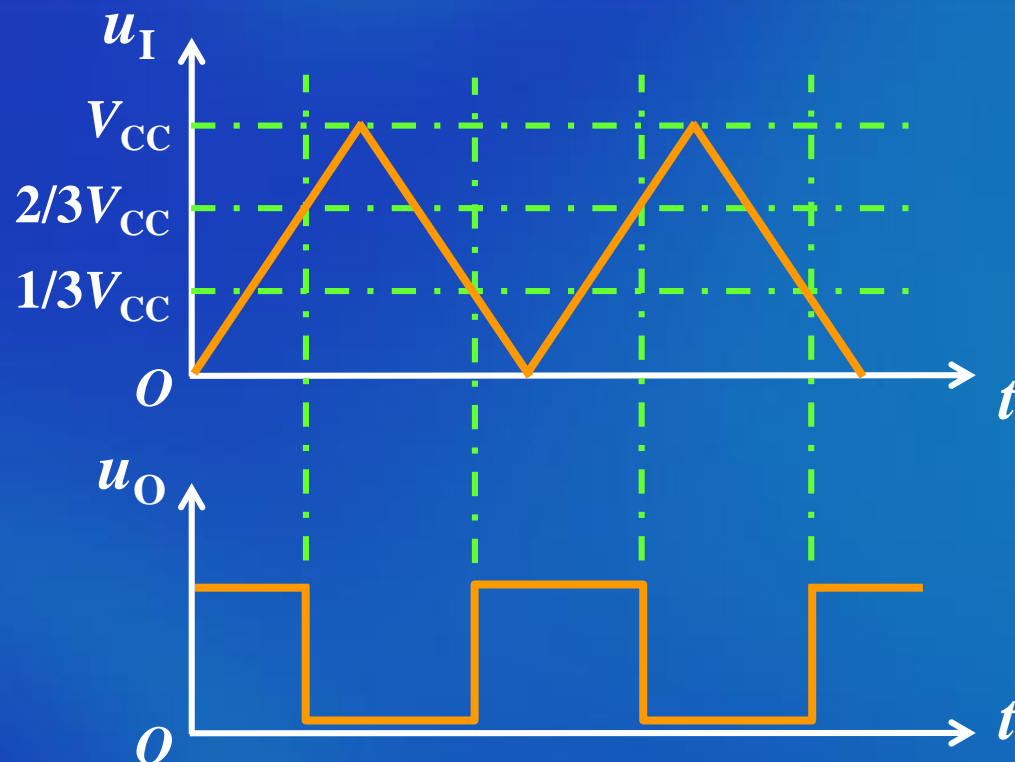
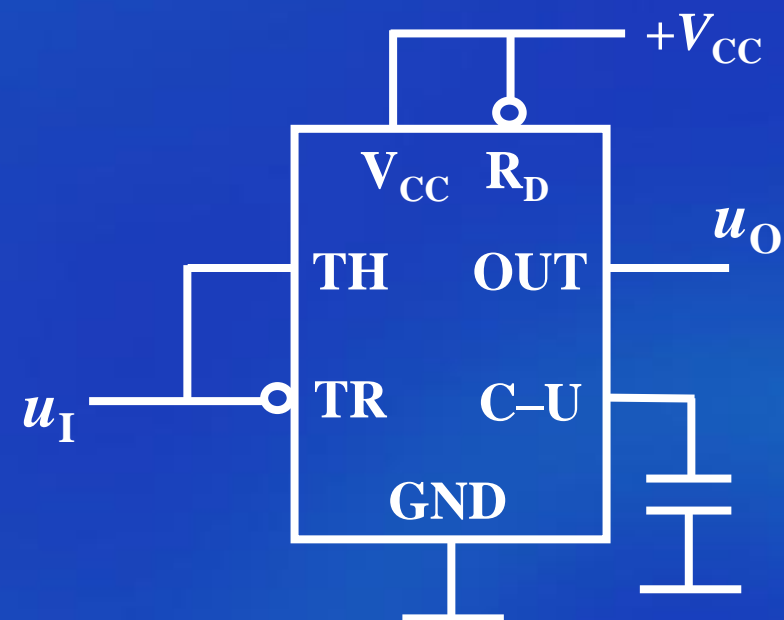
| $\overline{R_D}$ | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |

用555定时器构成的施密特触发器

1. 施密特触发器的构成

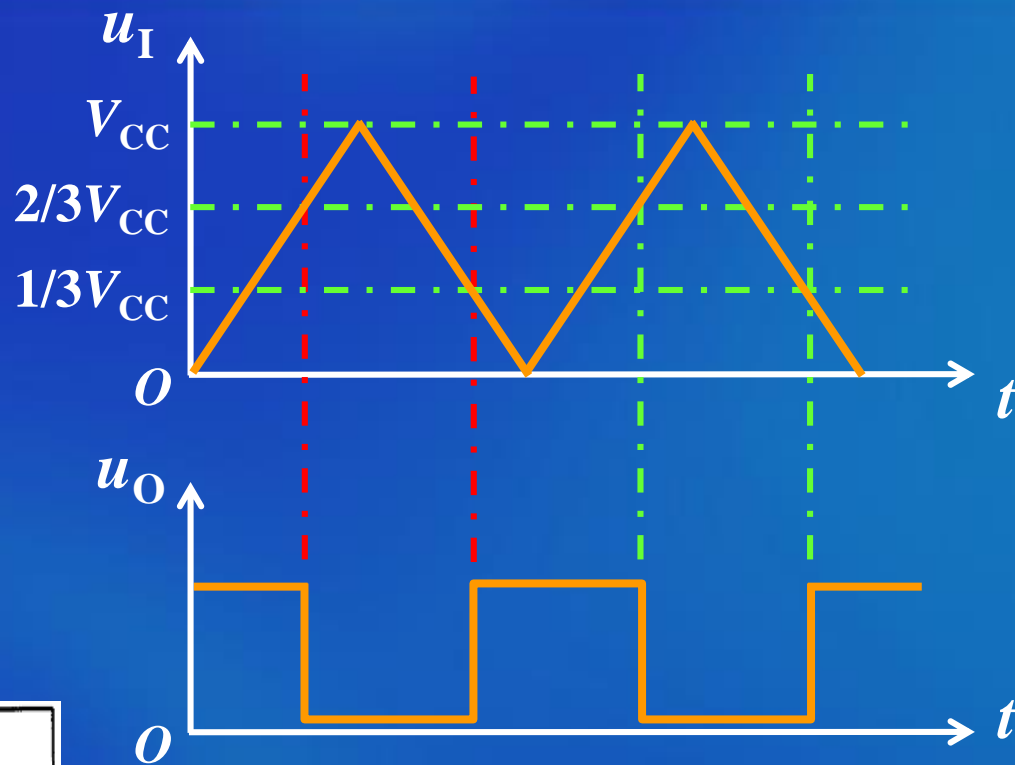
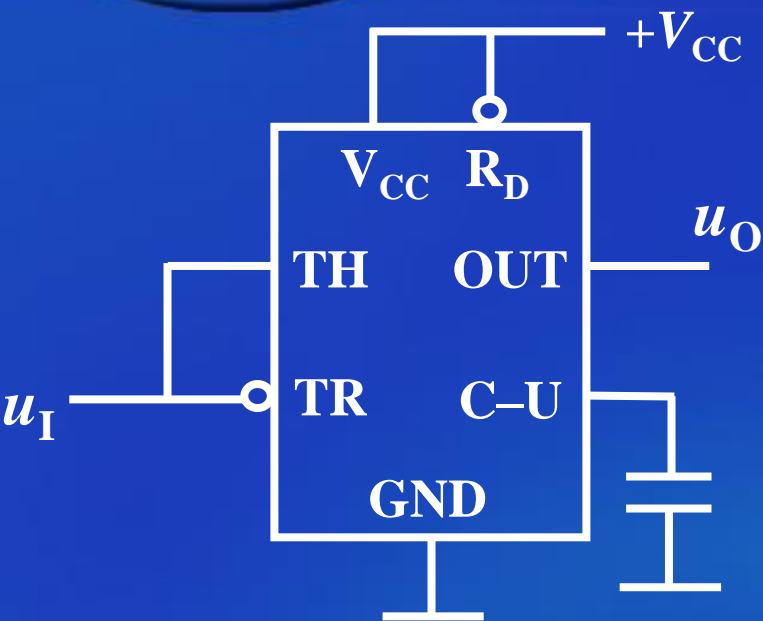


2. 工作原理



| $\overline{R_D}$ | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |

- u_I 从0开始升高, 当 $u_I < \frac{1}{3}V_{CC}$ 时, $U_o = U_{oH}$
- $(1/3)V_{CC} < u_I < (2/3)V_{CC}$ 时, 输出 u_o 不变, 仍为高电平;
- 当 u_I 增大到略大于 $(2/3)V_{CC}$ 时, u_o 变低。



| $\overline{R_D}$ | $U_1(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |

d. u_I 由高电平开始下降, 当 u_I 高于 $(2/3)V_{CC}$ 时, $U_o=0$ 。

e. $(1/3)V_{CC} < u_I < (2/3)V_{CC}$ 时, u_o 不变, 仍为低;

f. 当 u_I 下降到略小于 $(1/3)V_{CC}$ 时, u_o 跃变为高。

三角波变换为矩形波。

3. 电压传输特性

$$V_{T+} = U_T = 2V_{CC}/3$$

$$V_{T-} = U_{TL} = V_{CC}/3$$

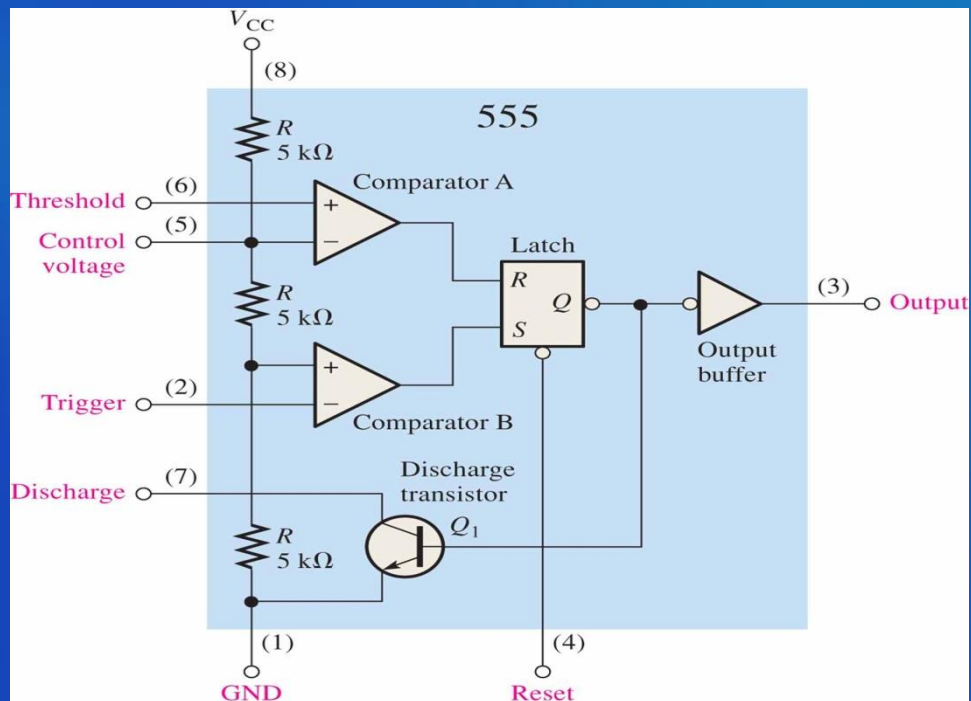
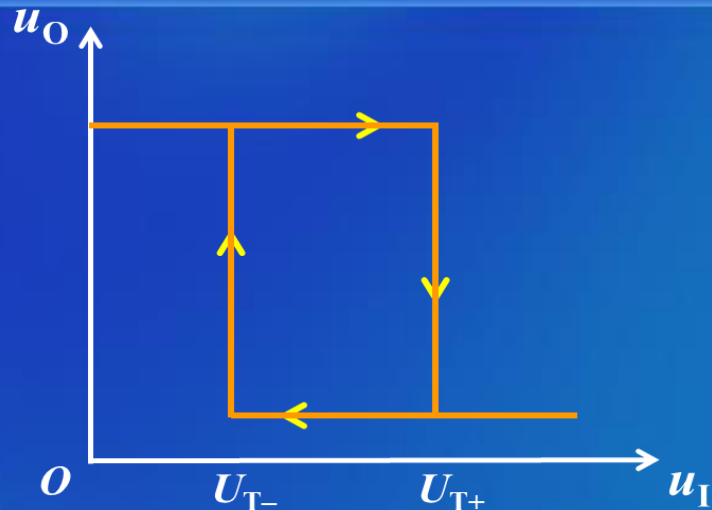
$$\Delta V_T = V_{CC}/3$$

如果在电压控制端5脚施加直流电压，则可调节滞回电压 ΔU_T 值。控制电压越大，滞回电压 ΔU_T 也越大。回差大，电路的抗干扰能力强。

如，外接6V控制电压，则

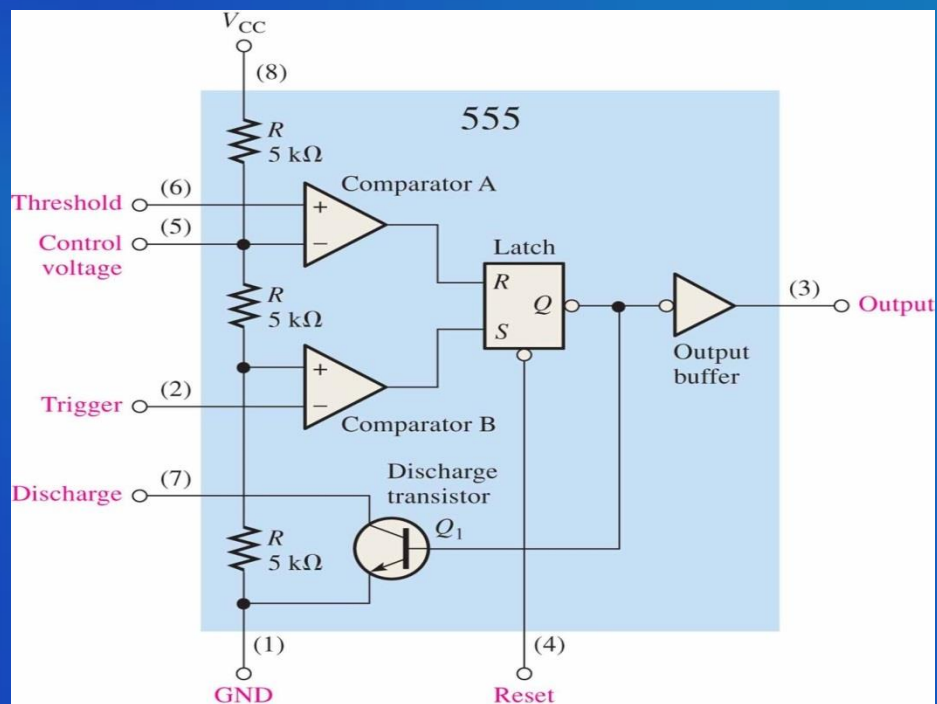
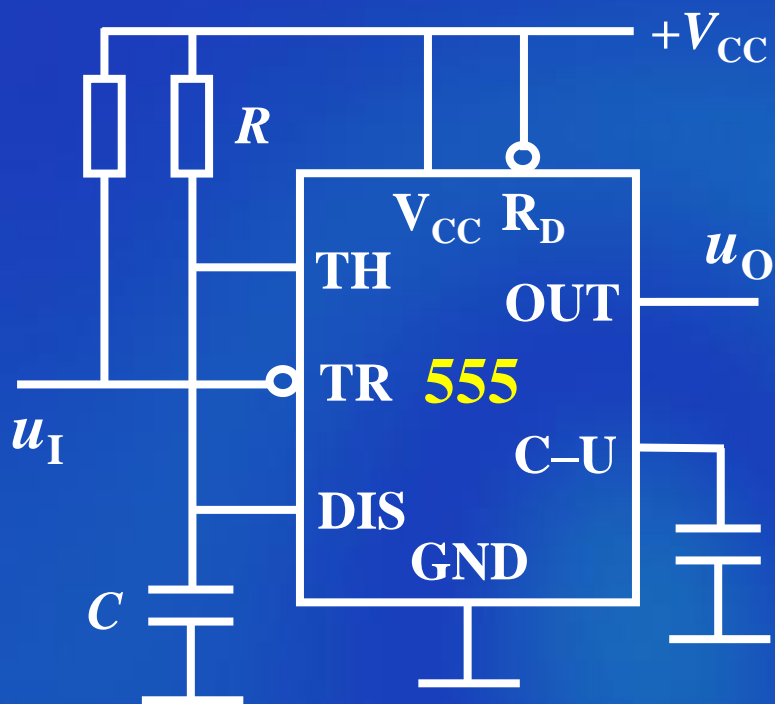
$$V_{T+} = 6V \quad V_{T-} = 6/2 = 3V$$

$$\Delta V_T = 3V$$



用555定时器构成的单稳态触发器

1. 电路组成



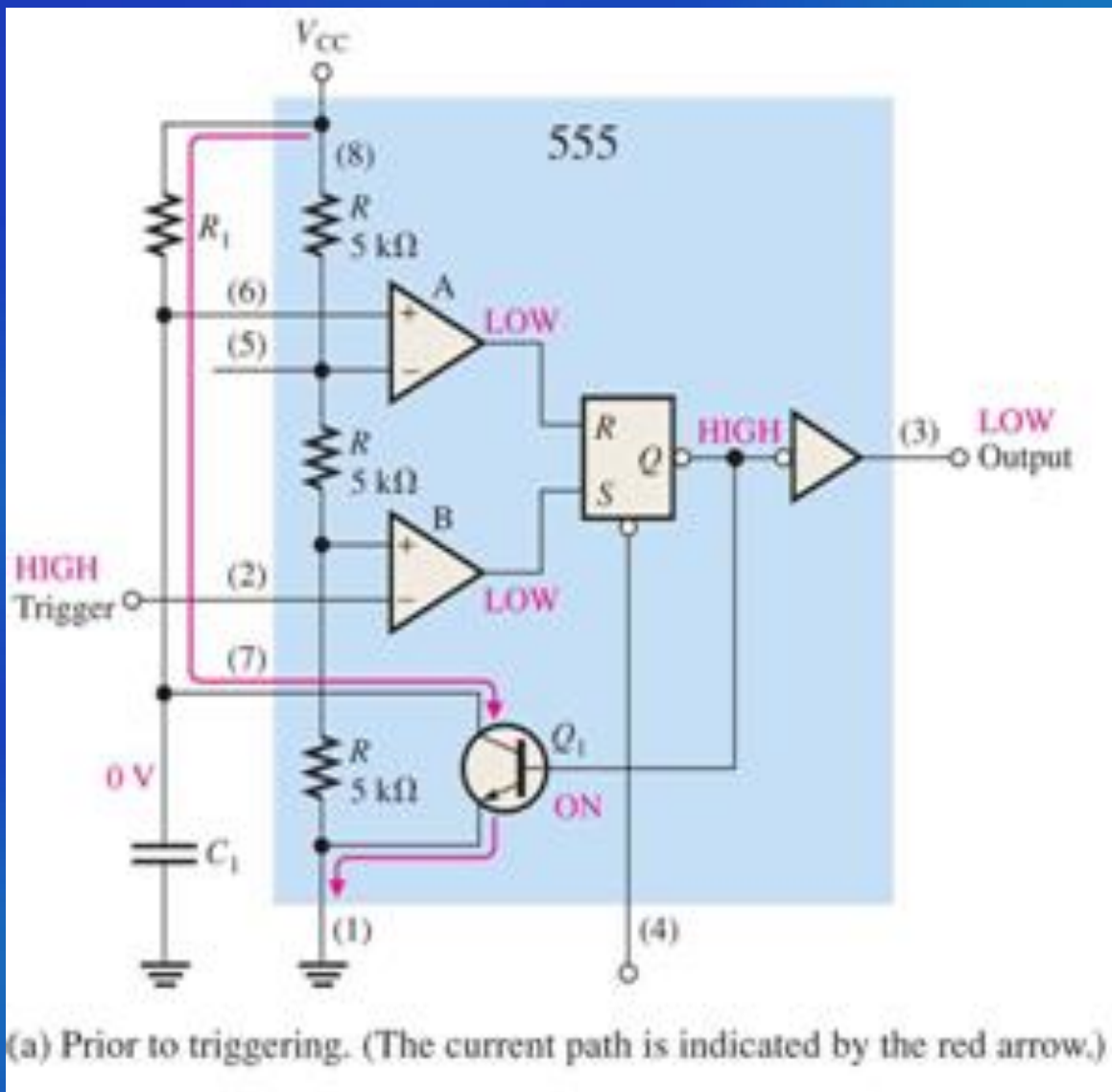
2. 工作原理

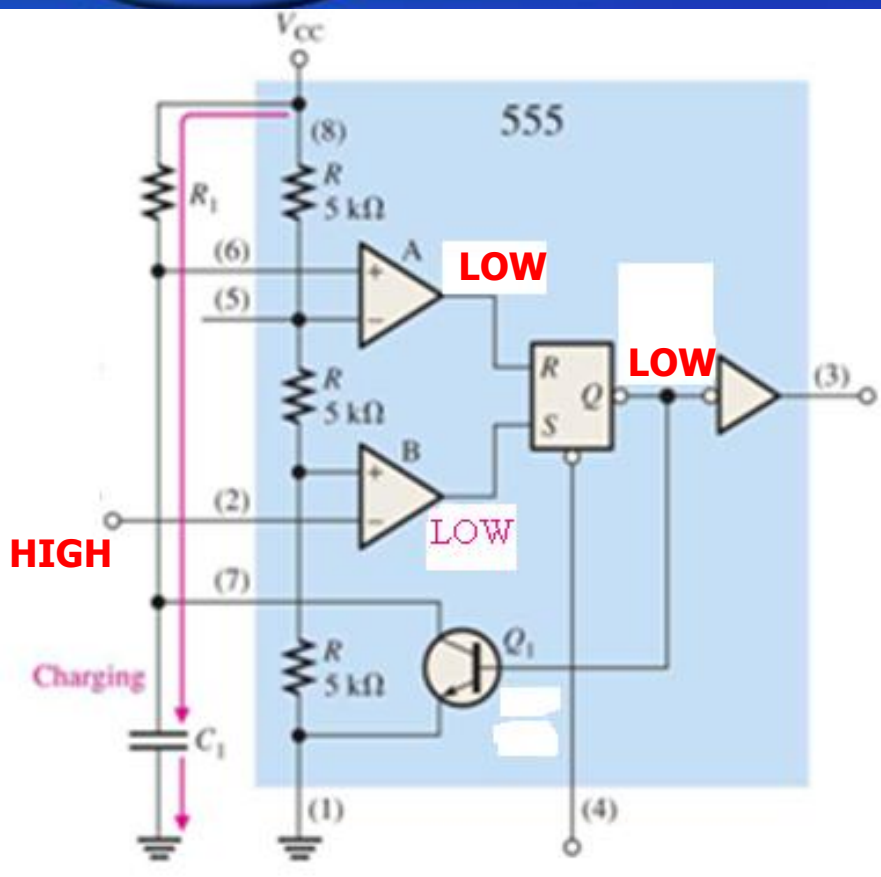
(1) 稳态

触发信号 u_I 处于高电平:

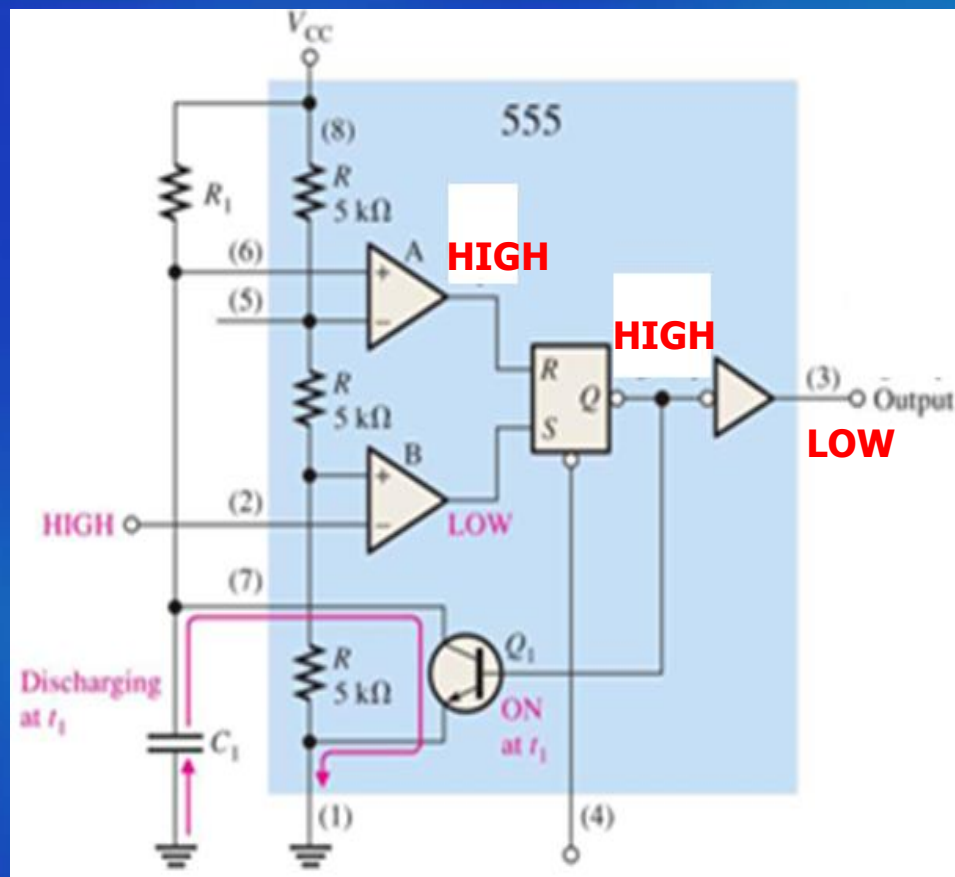
假设上电前电容 C_1 上的电压为零。于是, 上电后, 两个比较器输出为低电平, 锁存器输出保持不变。

假设Q原为高电平, 则放电管导通, C_1 上的电压仍为零, 输出为低电平。





- 如果 Q 为低，输出为高，放电管截止，电容 C_1 通过电阻充电。



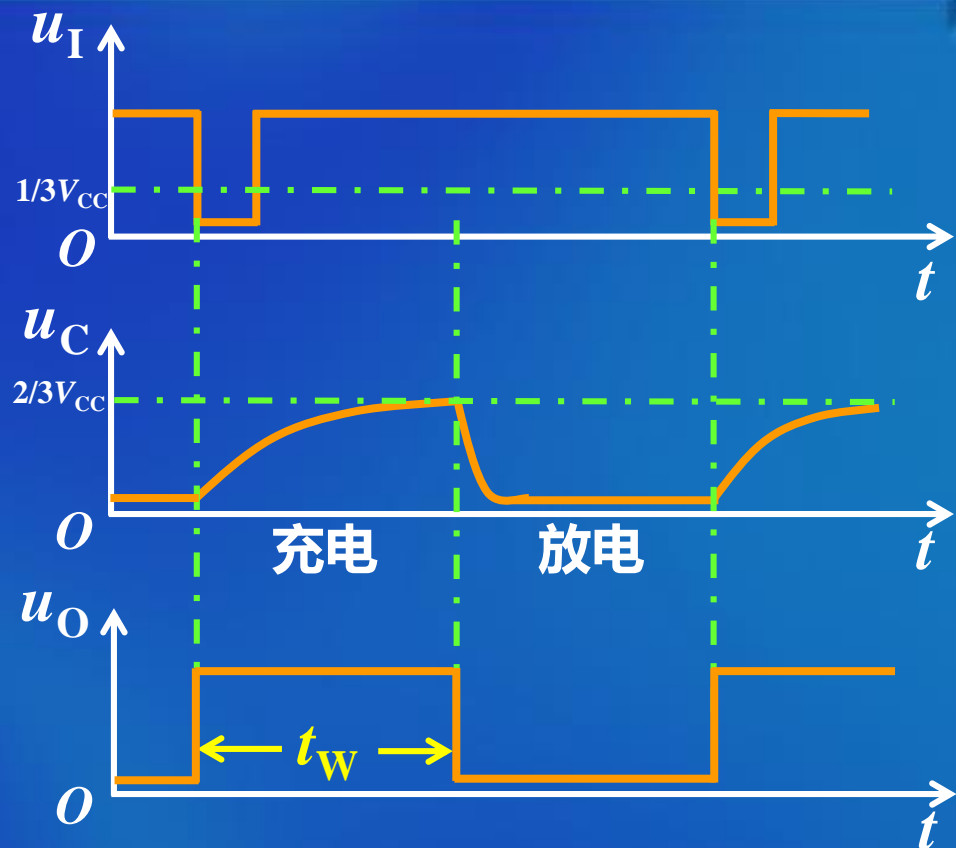
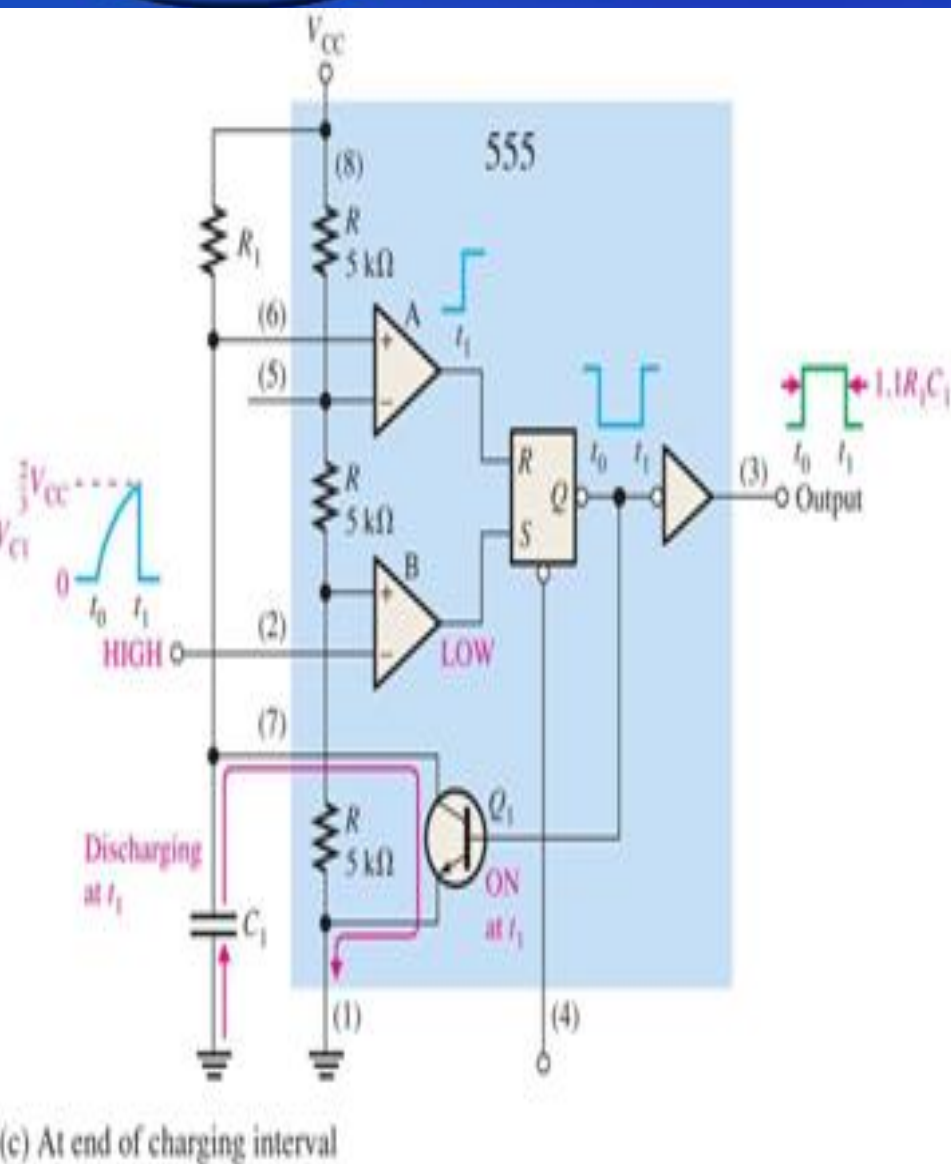
- 当 C_1 上的电压大于 $2/3V_{CC}$ ，比较器 A 输出变高电平，RS 输出变高， u_O 输出又回到低电平。
- 此时，放电管导通， C_1 开始放电到零。

无触发信号前，电路处于稳态。输出 u_O 为低电平，放电管导通，电容 C 两端电压 $u_C = 0$ 。



$$u_2 < \frac{1}{3}V_{CC}, \quad u_6(u_C) = 0 \quad u_O = 1$$

T截止, V_{CC} 开始通过电阻 R 向电容 C 充电。



当 u_C 上升到 $u_C \geq \frac{2}{3}V_{CC}$ 后, 比较器A输出变高。此时, 触发信号已变高, 比较器B已回到低。锁存器输出变高, 电路输出又恢复到低; 放电管导通, 电容放电, 暂稳态结束。由于放电管导通电阻小, 故放电过程快。

4. 输出脉冲宽度 t_W

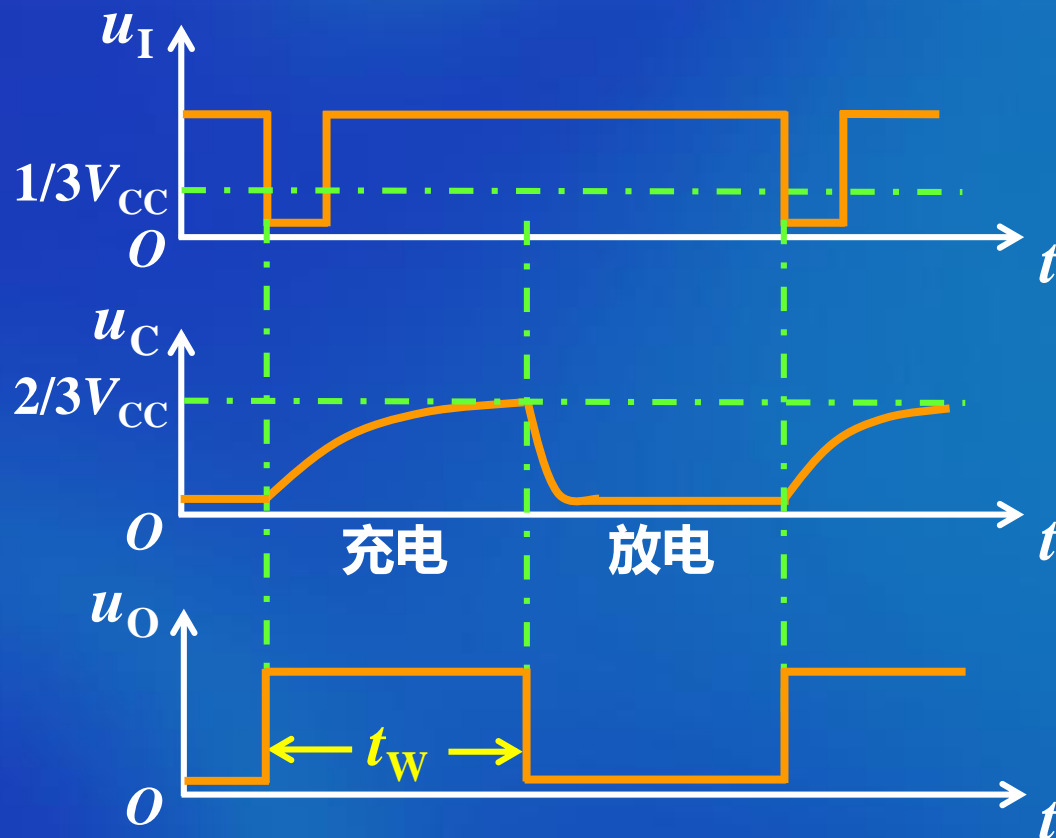
输出脉冲宽度 t_W 是暂稳态的停留时间, 根据电容 C 的充电过程可知:

$$u_C(0^+) = 0$$

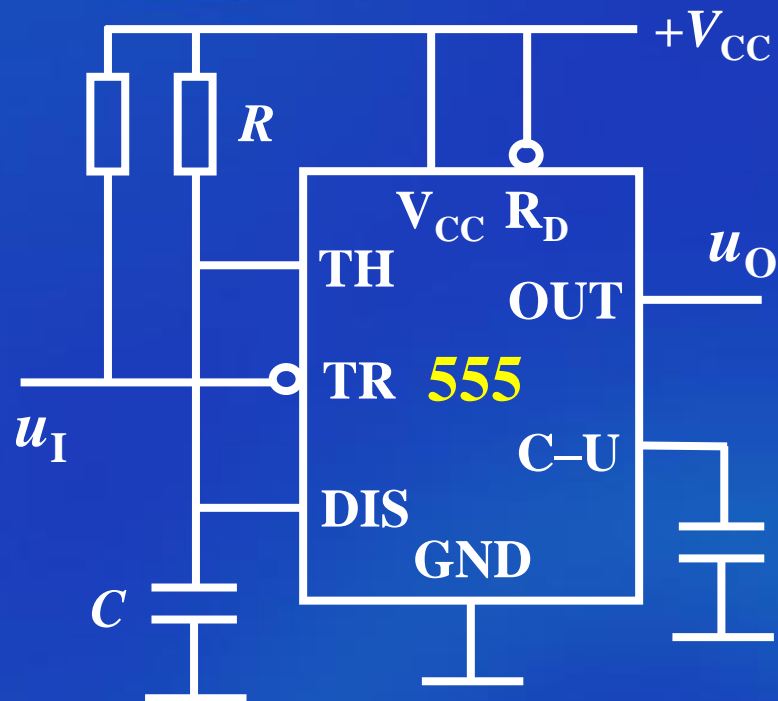
$$u_C(\infty) = V_{CC}$$

$$u_C(t_W) = \frac{2}{3}V_{CC}$$

$$\tau = RC$$

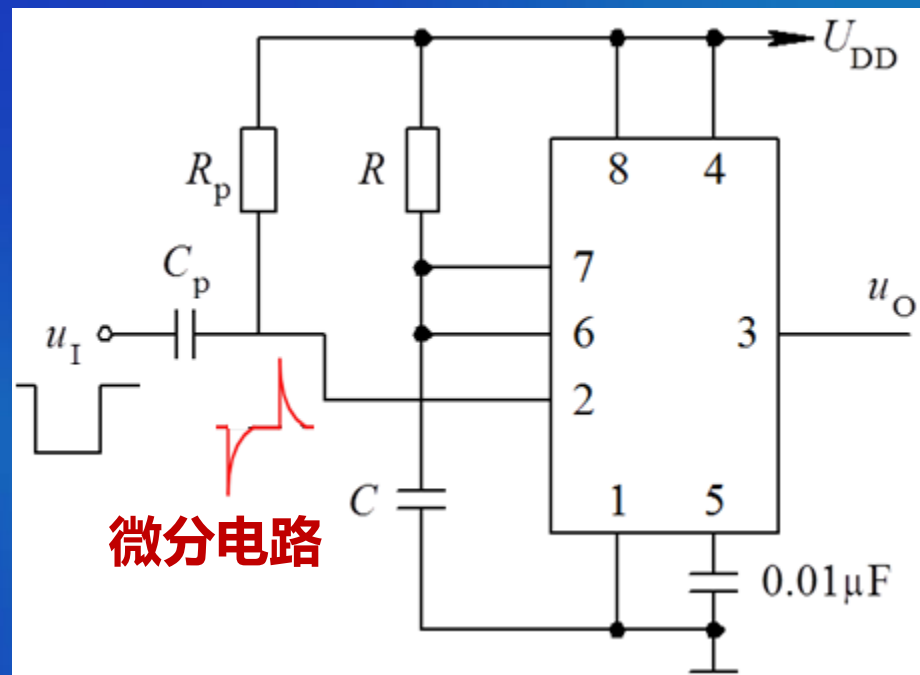


$$t_W = RC \ln \frac{U_C(\infty) - U_C(0^+)}{U_C(\infty) - U_T} = RC \ln 3 \approx 1.1RC$$



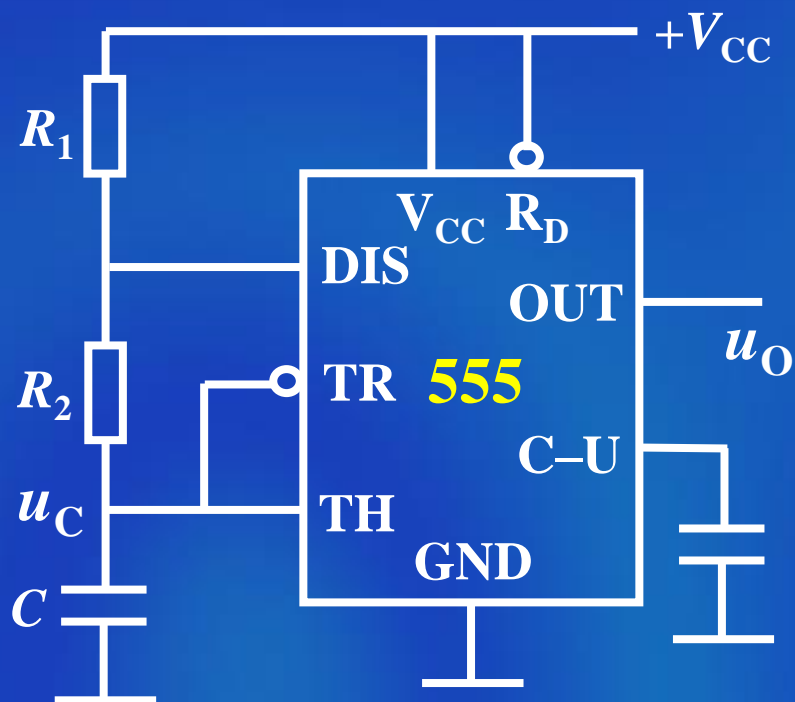
图示电路对输入触发脉冲的宽度有一定要求，它必须小于 t_w 。

若输入触发脉宽大于 t_w ，应在输入端加微分电路，将其变为窄脉冲。



555定时器构成的多谐振荡器

1. 电路组成



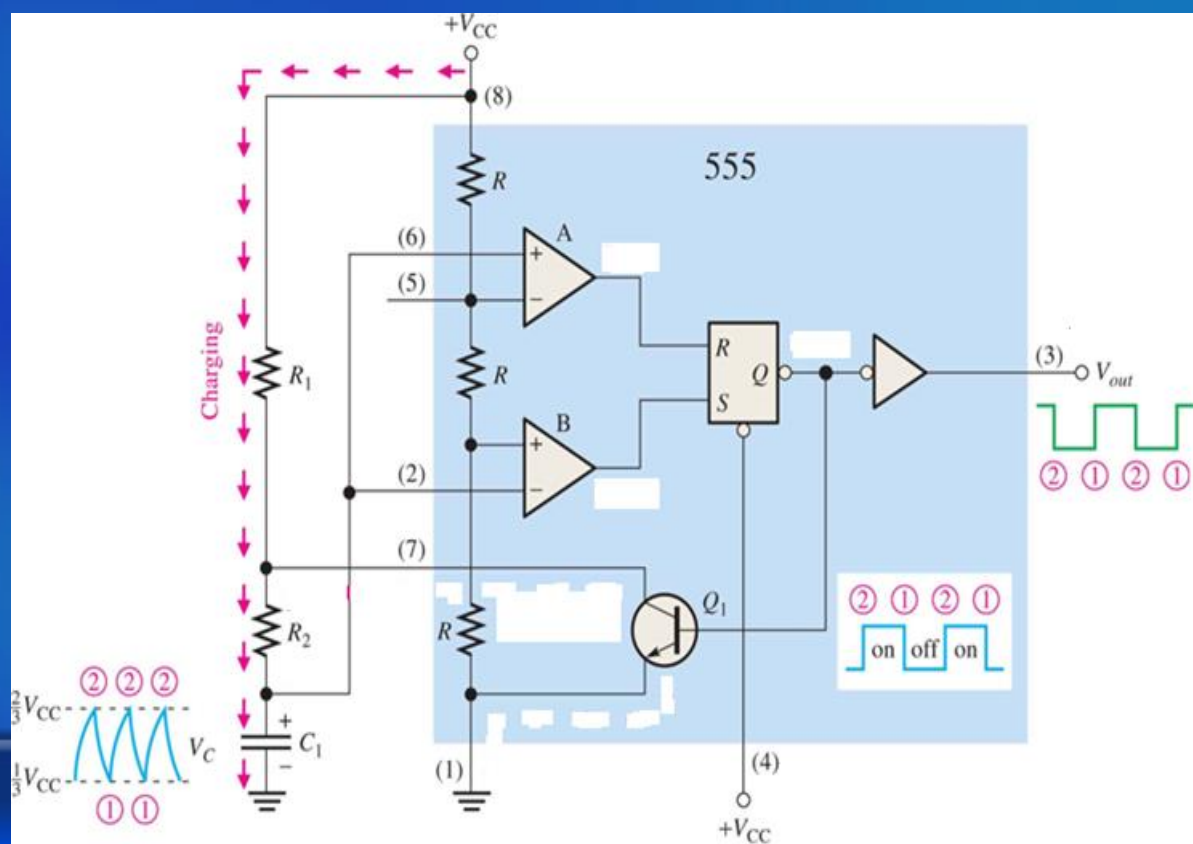
2. 工作原理

(1) 接通电源前，电容器两端电压 $u_C=0$ ，电源刚接通时 u_O 输出高电平，T截止，电源 V_{CC} 通过 R_1 、 R_2 给电容 C 充电， u_C 逐渐增高。

当 $\frac{1}{3}V_{CC} < u_C < \frac{2}{3}V_{CC}$ 时

输出电压 u_O 一直保持高电平不变，这是第一个暂稳态。

| $\overline{R_D}$ | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | \times | \times | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $< \frac{1}{3}U_{CC}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{CC}$ | $> \frac{1}{3}U_{CC}$ | 不变 | 不变 |



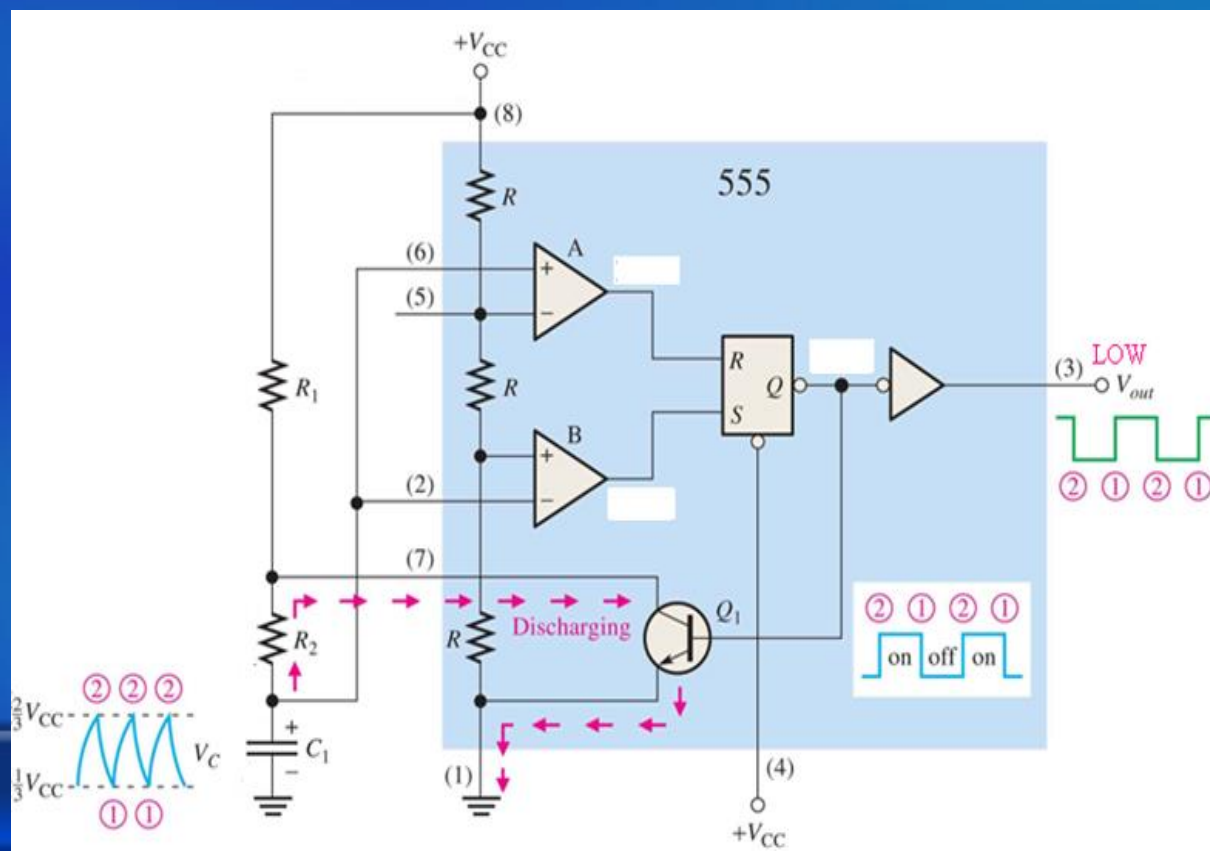
(2) 当 u_C 略微超过 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 时

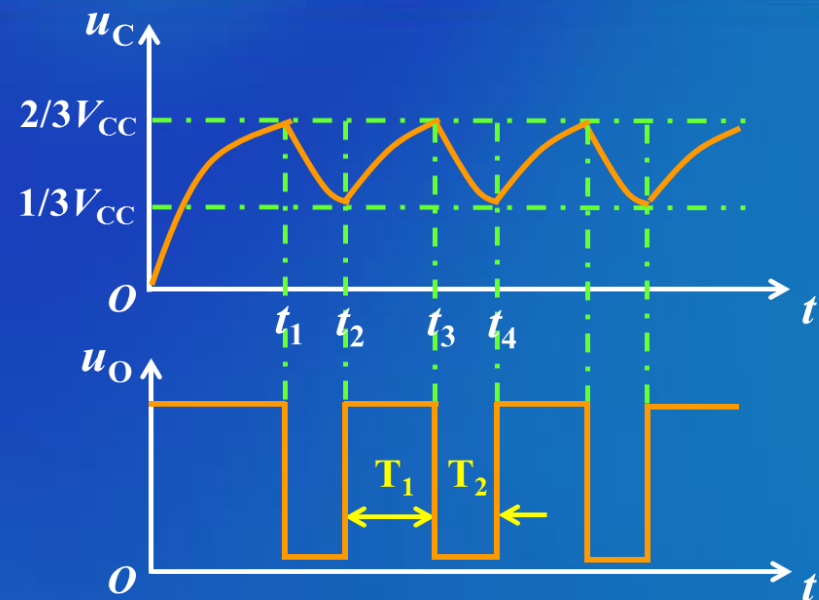
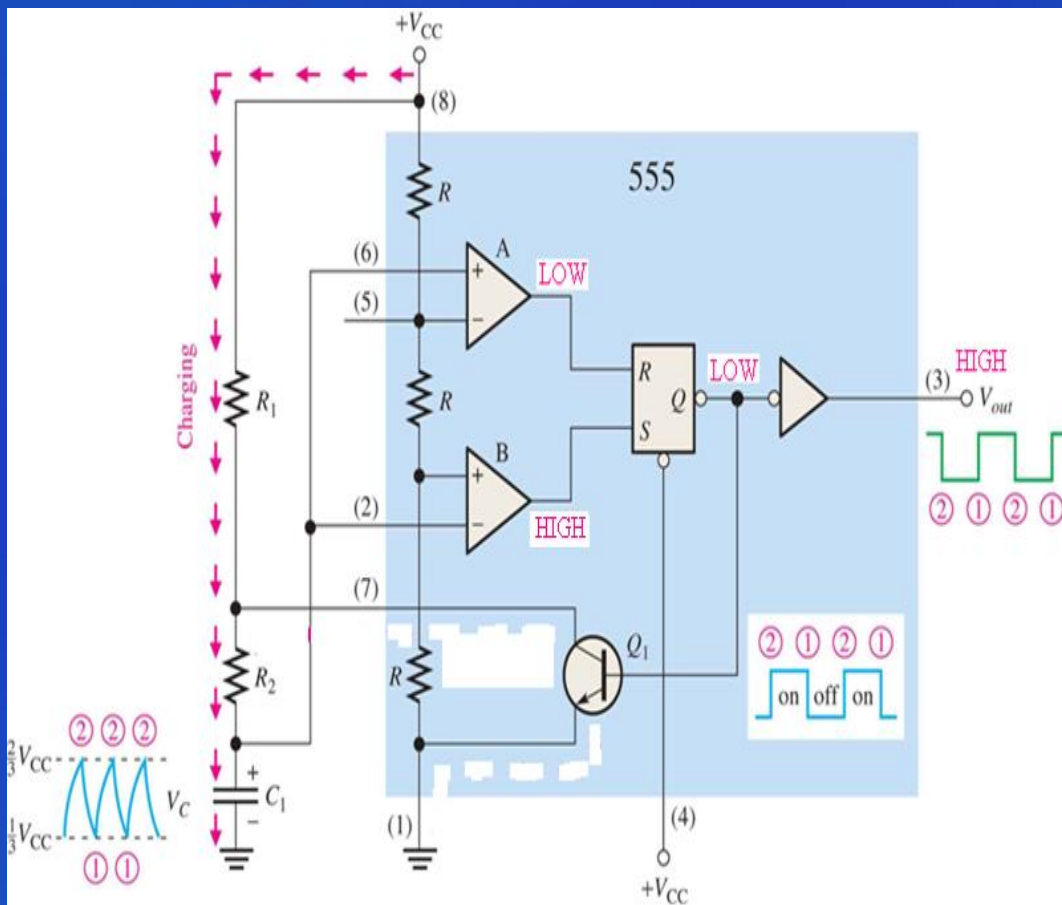
u_O 从高电平翻转到低电平，
即 $u_O=0$ ，T 导通饱和。

此时电容 C 通过 R_2 和 T 放电。

当 $\frac{1}{3}V_{CC} \leq u_C < \frac{2}{3}V_{CC}$ 时，
 u_O 保持低电平，这是第二个暂稳态。

| $\overline{R_D}$ | $U_6(\text{TH})$ | $U_2(\overline{\text{TR}})$ | U_o | T |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|----|
| 0 | × | × | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{cc}$ | $< \frac{1}{3}U_{cc}$ | 1 | 截止 |
| 1 | $> \frac{2}{3}U_{cc}$ | $> \frac{1}{3}U_{cc}$ | 0 | 导通 |
| 1 | $< \frac{2}{3}U_{cc}$ | $> \frac{1}{3}U_{cc}$ | 不变 | 不变 |



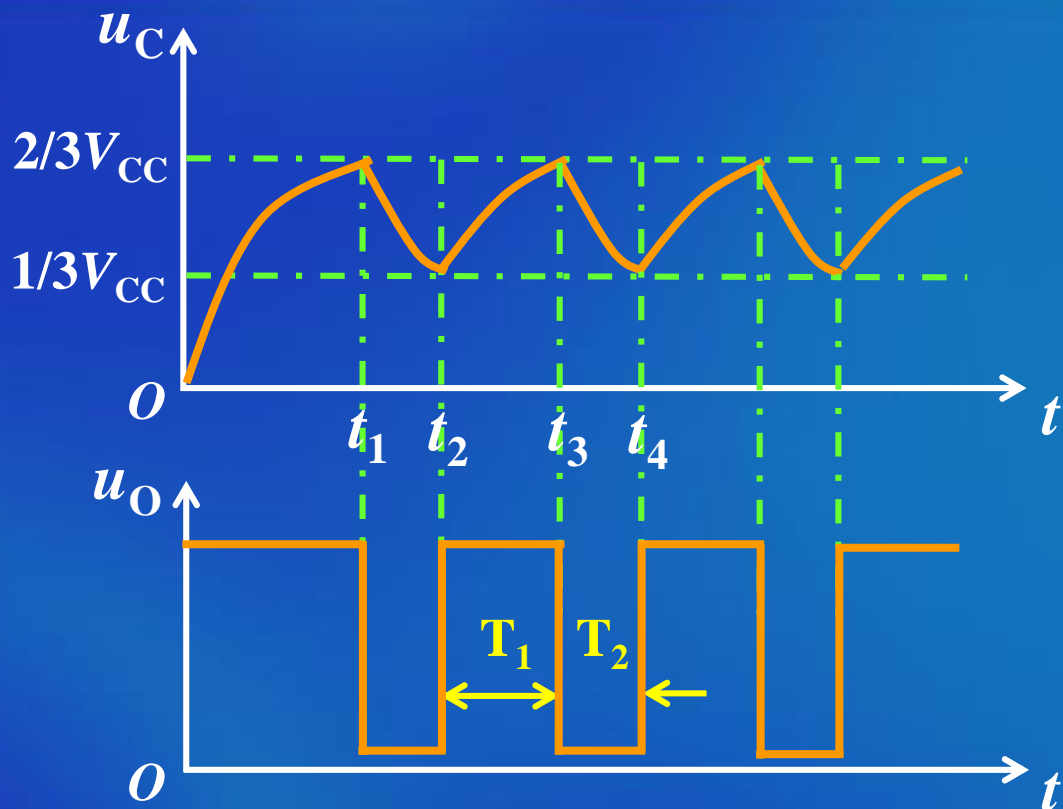
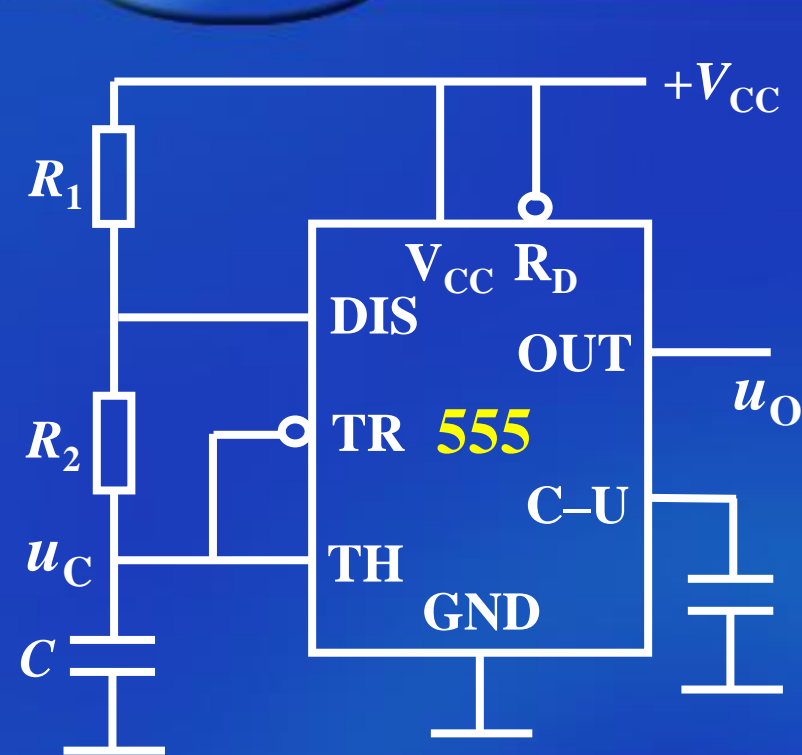


充电过程： 通过 R_1 , R_2 和 C

放电过程： 通过 R_2 , C 和放电管

(3) 当 u_C 下降到略微低于 $u_c \leq \frac{1}{3}V_{cc}$ 时，电路输出又变为 $u_O=1$ 。

T截止，电容 C 再次充电，重复上述过程，电路输出便得到周期性的矩形脉冲。



充电时间 T_1 $T_1 = (R_1 + R_2)C \ln 2 \approx 0.7 (R_1 + R_2)C$

放电时间 T_2 $T_2 = R_2 C \ln 2 \approx 0.7 R_2 C$

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

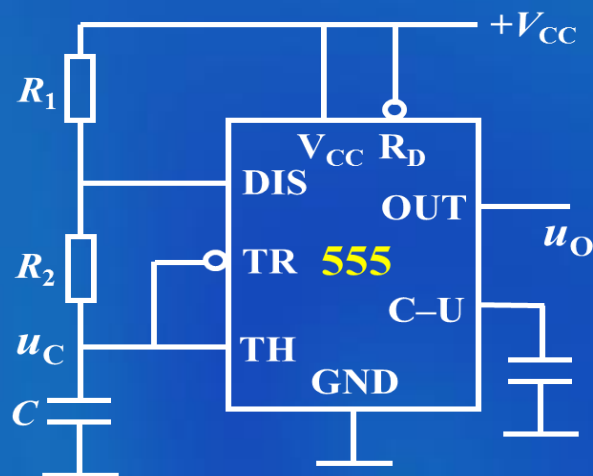
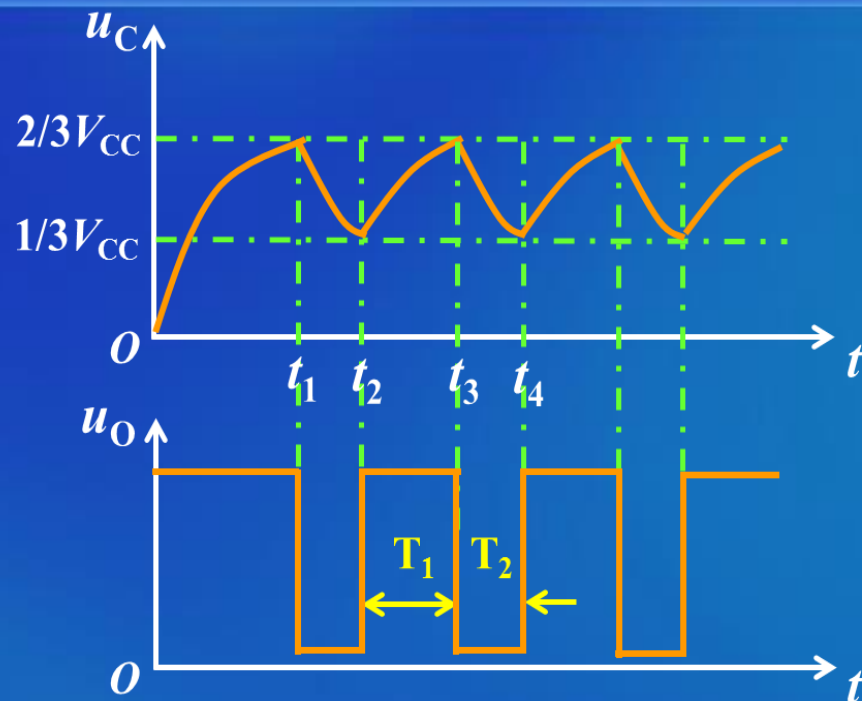
振荡频率 f

$$f \approx \frac{1}{0.7(R_1 + 2R_2)C}$$

$$\approx 1.44 \frac{1}{(R_1 + 2R_2)C}$$

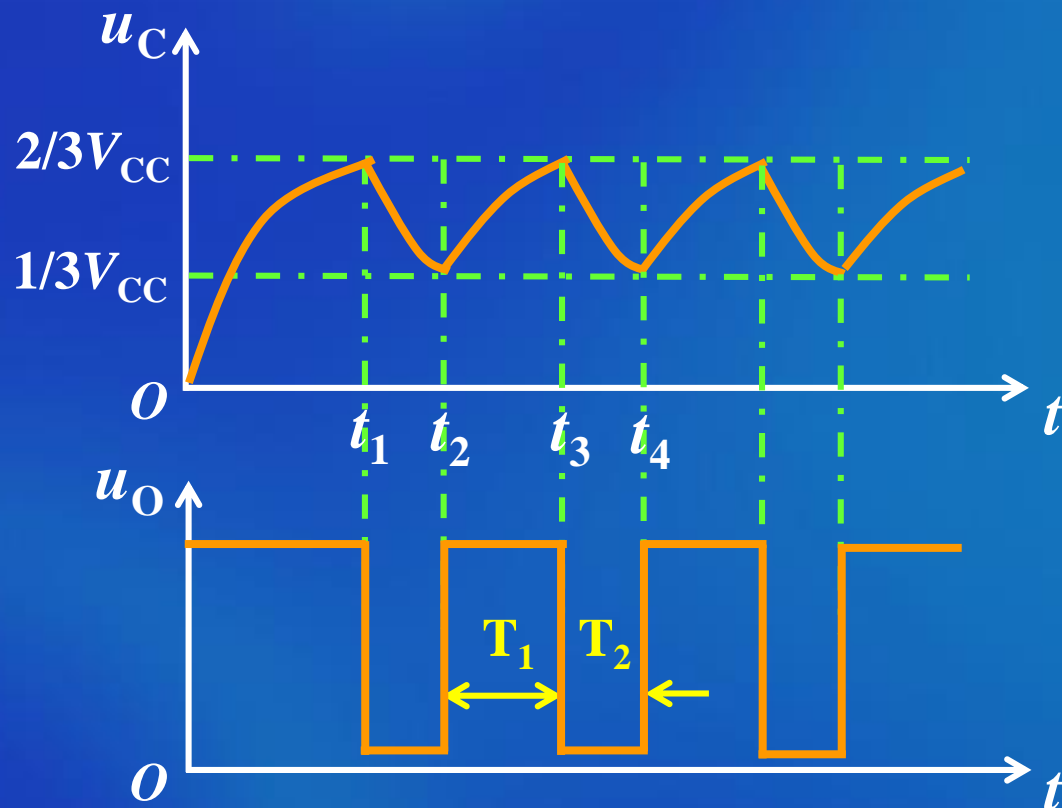
可见，改变 R_1 、 R_2 和 C 值即可改变振荡频率。

也可通过改变5脚电压 u_5 来改变比较器的参考电压，而达到改变振荡频率的目的。



占空比

$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} > 50\%$$



如果 $R_1 \gg R_2$, 则占空比接近于1, u_C 近似地为锯齿波。

5. 占空比可调的多谐振荡器

a. 放电管 T 截止时, 电源通过 R_A 、 D_1 对电容 C 充电;

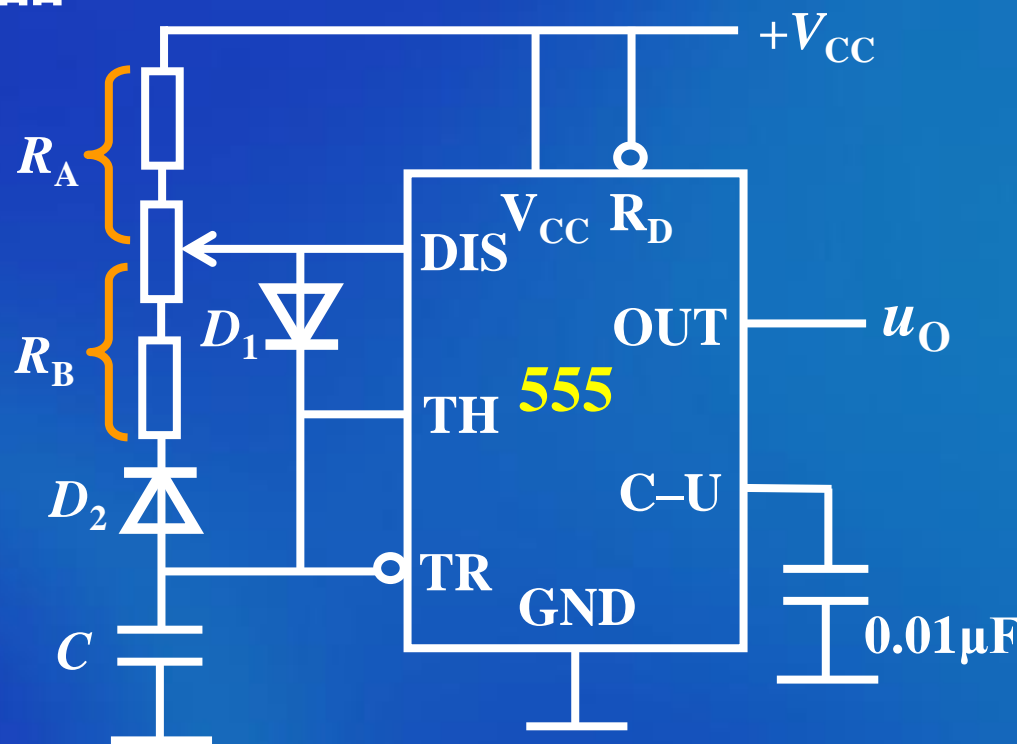
b. 放电管 T 导通时, 电容通过 D_2 、 R_B 、 T 进行放电。

调节 R_W 就会改变 R_A 与 R_B 的比值, 从而改变输出脉冲的占空比。

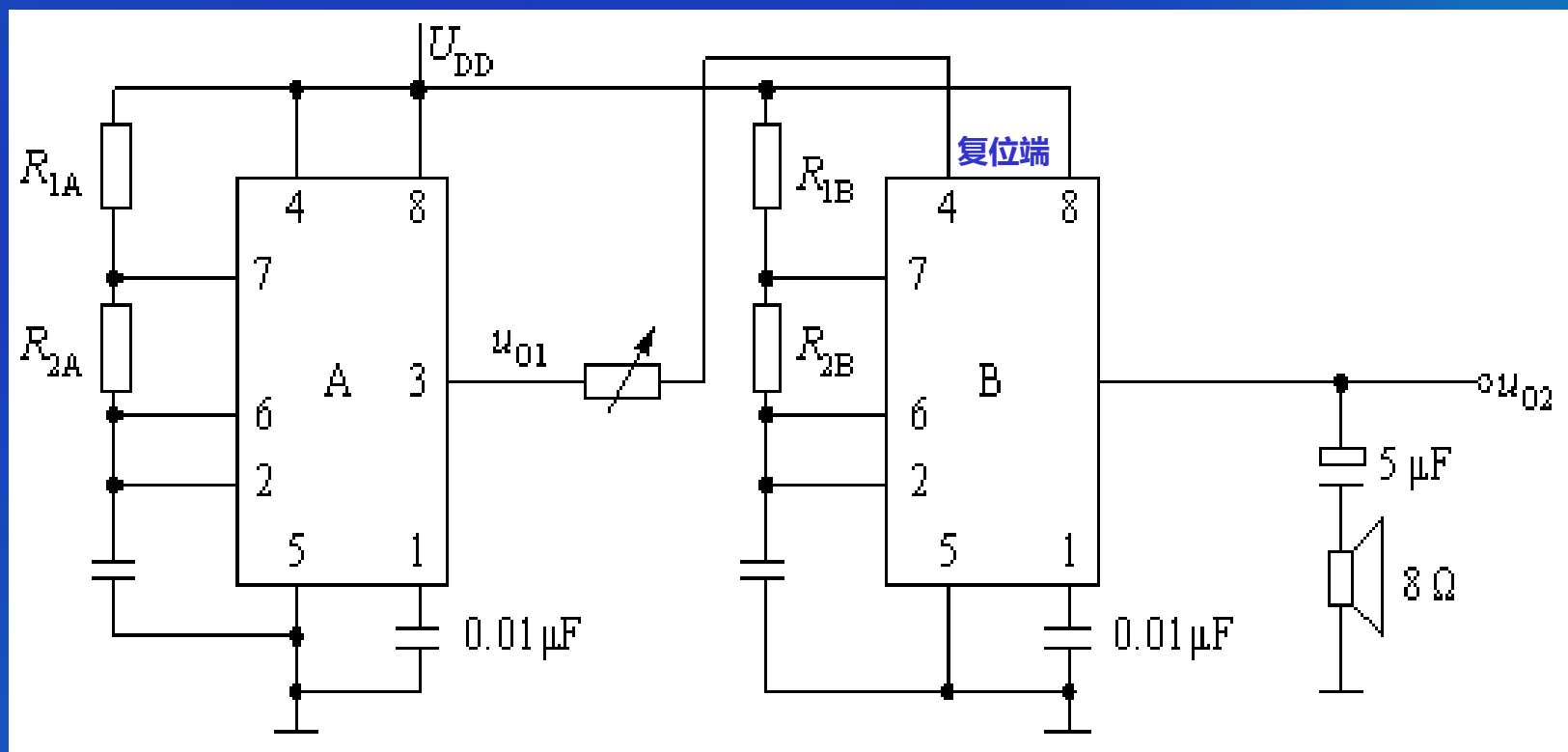
$$T_1 = 0.7R_A C \quad T_2 = 0.7R_B C$$

振荡周期 $T = T_1 + T_2 = 0.7(R_A + R_B)C$

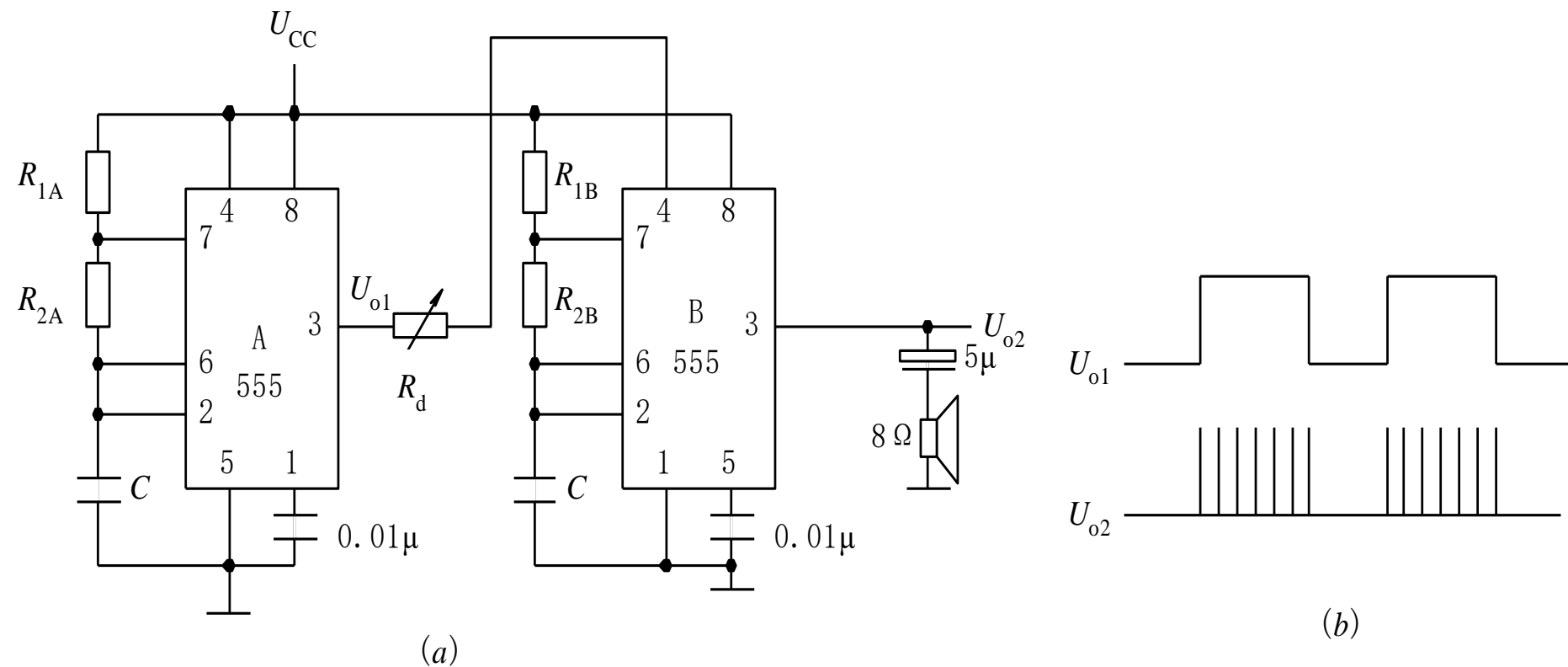
占空比 $q = \frac{T_1}{T} = \frac{R_A}{R_A + R_B}$



[例] 用 555 定时器构成模拟声响发生器



适当选择定时元件，使振荡器A的振荡频率 $f_A=1\text{Hz}$ ，振荡器B的振荡频率 $f_B=1\text{kHz}$ 。



由于低频振荡器A的输出接至高频振荡器B的复位端(4脚), 当 u_{o1} 输出高电平时, B振荡器才能振荡; u_{o1} 输出低电平时, B振荡器被复位, 停止振荡, 因此使扬声器发出 1kHz的间歇声响。

作业

自练题:

9.19

9.21

作业题:

9.8

9.13

小 结

1. 施密特触发器具有两个稳态、单稳态触发器具有一个稳态，而多谐振荡器没有稳态。
2. 多谐振荡器无需外加输入信号，只要接通电源就可自行产生矩形脉冲信号。晶振是常用的多谐振荡器。
3. 单稳态电路需要外部触发信号。暂稳态的脉宽取决于外接的阻容元件，而与触发信号无关。单稳态触发器可用于脉冲整形、定时和延时等。
4. 施密特触发器输入信号上升到上限阈值电压 U_{T+} 时，输出从一个稳态转换到另一个稳态；下降到下限阈值电压 U_{T-} 时，输出又转换到第一稳态。施密特触发器用于整形、鉴幅、波形变换等。
5. 555定时器是一种应用广泛的集成电路，只需外接少量的RC元件，就可构成多谐、单稳及施密特触发器。