

1 实验名称：555 定时器典型应用实验

2 实验目的

- (1) 熟悉 555 定时器电路结构、工作原理及特点。
- (2) 掌握 555 定时器的基本应用。
- (3) 熟悉用示波器测量 555 定时器的脉冲幅度、周期和脉冲宽度。

3 实验原理

555 定时器是由模拟和数字电路相混合构成的集成电路。由于电路中使用了三个 $5k\Omega$ 的电阻，故取名为 555 电路。555 电路只要外接少量阻容元器件，就可以组成单稳态触发器、多谐振荡器、多种波形发生器等。由于电路结构简单，性能可靠，使用方便，故应用范围很广泛。555 电路的内部结构框图和引脚排列图如图 1、图 2 所示。

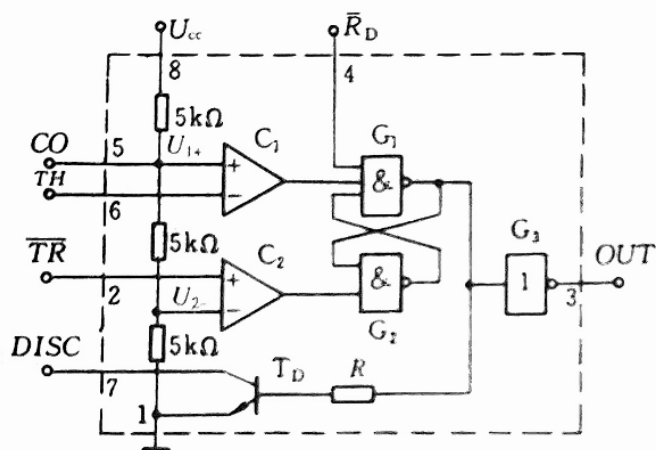


图 1: 555 定时器内部结构图

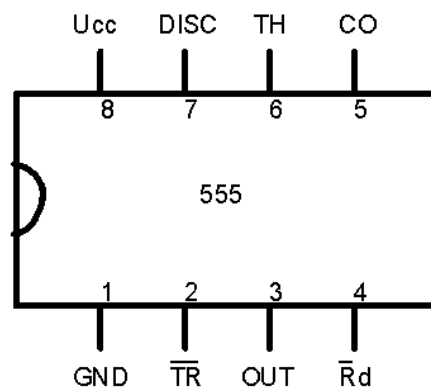


图 2: 555 定时器引脚图

555 定时器主要由两个电压比较器 (C_1 和 C_2)、一个基本 RS 触发器、一个泄放三极管 T_D 和三个 $5k\Omega$ 电阻构成的分压器组成。与非门 G_1 和 G_2 ，构成基本 RS 触发器，输入 R_D' 为复位端，低电平有效。比较器 C_1 和 C_2 的输出 U_{C1} 和 U_{C2} 为 RS 触发器的触发信号。若比较器 $C_1(C_2)$ 的“+”输入端电位低于“-”输入端电位，即 $U_+ < U_-$ 则输出 U_+ 为低电平 ($U_c=0$)，反之输出 U_c 为高电平 ($U_c=1$)。比较器 C_1 的参考电压 $U_{1+} = \frac{2}{3}U_{CC}$ ，比较器 C_2 的参考电压 $U_{2-} = \frac{1}{3}U_{CC}$ ，如果 U_{1+} 的外接端 CO 接固定电压 U_{CO} ，则 $U_{1+} = U_{CO}$ ， $U_{2-} = \frac{1}{2}U_{CO}$ 泄放三极管 T_D 为外接电容提供充、放电回路。反相器 G_3 为输出缓冲反相器，起整形和提高带负载能力的作用。

从图 2 的 555 定时器引脚排列图可以看出，引脚 4 为复位端 R_D' 引脚 5 为电压控制端 CO，可以改变比较器 C_1 和 C_2 的上、下参考电位 U_{1+} 和 U_{2-} 引脚 2 为低电平触发端 TR；引脚 6 为高电平触发端 TH；引脚 7 为 T_D 的集电极开路输出（放电）端 DISC。

- (1) 555 定时器构成单稳电路

图 3 为 555 定时器构成的单稳态触发器电路，复位端 R_D' 接高电平 U_{CC} 。触发信号 u_i 从低电平触发端 TR' 输入，所以电路在 u_i 的下降沿触发。三极管 T_D 的集电极输出 DISC 端通过电阻 R 接 U_{CC} ，构成反相器。反相器的输出 (DISC) 同时接电容 C ，555 定时器的高电平触发端 TH 也与 DISC 端相连，从而构成积分型单稳态触发器。其工作波形如图 4 所示。

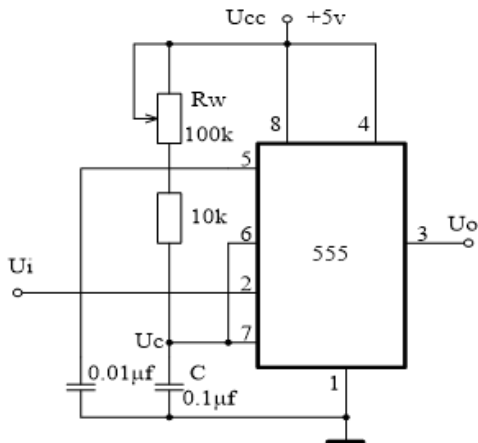


图 3: 555 定时器内部结构图

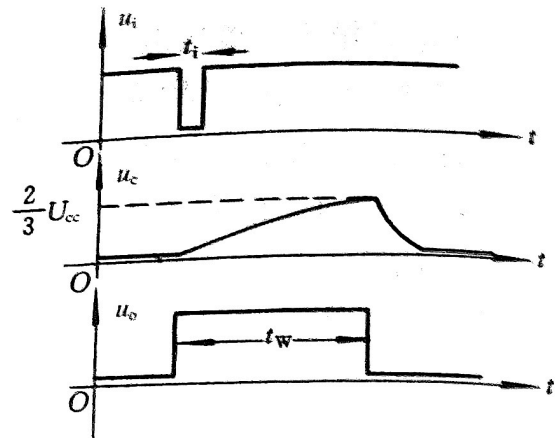


图 4: 555 定时器引脚图

当 CO 端不外接控制电压时，该单稳态触发器的输出脉冲宽度 t_w 为

$$t_w = RC \ln \frac{U_{CC}}{U_{CC} - \frac{2}{3}U_{CC}} \approx 1.1RC$$

t_w 由定时元件 R 与 C 参数决定，改变 R 与 C 值，可以控制输出波形的宽度。因此，单稳态触发器常用于定时、延迟或整形电路。

(2) 用 555 定时器构成多谐振荡器

图 5 是 555 定时器构成多谐振荡器电路，高、低电平触发输入 TH 与 TR' 相连作为输入。电压控制端 CO 接 $0.01 F$ 电容滤波， R_D 端接高电平。三极管 T_D 集电极上拉电阻 R_A 至电源 U_{CC} 构成反相器，反相器输出 DISC 通过 $R_B C$ 积分电路反馈至输入 TH 和 TR' ，组成自激多谐振荡器。此电路没有稳态，也不需外加触发信号，电源通过 R_A 和 R_B 向 C 充电以及 C 通过 R_B 间 DISC 端放电，使电路自动在两个暂稳态之间变化，形成振荡信号输出、可以分析，在容充电时，电路的暂稳态持续时间为

$$t_{w1} = 0.7(R_A + R_B)C$$

在电容 C 放电时，暂稳态持续时间为

$$t_{w2} = 0.7R_B C$$

因此，电路输出矩形脉冲信号的周期为

$$T = t_{w1} + t_{w2} = 0.7(R_A + 2R_B)C$$

输出矩形脉冲的占空比为

$$q = \frac{t_{w1}}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

可见,通过改变电阻 R_A 与 R_B 和电容 C 的参数,即可改变振荡信号频率。振荡信号的占空比由 R_A 与 R_B 的参数决定,但无法小于 50%。要使多谐振荡器的占空比在 50% 以下的范围可调,必须使电容的充、放回路互相独立。那么可以在图 5 所示电路上增加 1 个电位器和 2 个二极管来实现,如图 6 所示。

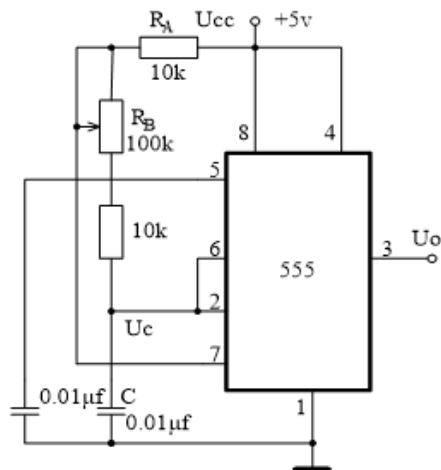


图 5: 555 定时器内部结构图

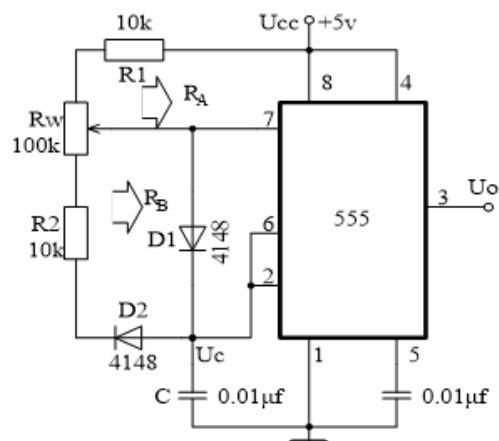


图 6: 555 定时器引脚图

4 实验内容及步骤

1. 构成单稳态触发器: 按图 3 接线, $C=0.1\mu\text{F}$, 输入端加 1kHz 的脉冲信号, 用示波器观察 U_i , U_c , U_o 的波形。改变电位器 R_w 的阻值, 测量输出脉冲宽度 t_w 的变化范围, 并与理论值相比较。

2. 构成多谐振荡器: 按图 5 连接电路, 其中, R_A 为 $10k\Omega$ 电阻, R_B 由 $100k\Omega$ 电位器和 $10k\Omega$ 电阻串联构成, 电容 C 为 $0.01\mu\text{F}$ 。调节 R_B 使输出 U_o 的频率 $f=1\text{kHz}$, 记录此时的 U_o, U_c 的波形和 R_B 的实际阻值。

3. 占空比可调的脉冲信号发生器: 按图 6 连接电路, 其中 $R_1=R_2=10k\Omega$, $R_w=100k\Omega$ 。改变电位器 R_w 值, 组成一个占空比为 50% 的脉冲信号发生器, 用示波器记录 U_o, U_c 的波形。 R_w 变化时, 记录占空比的变化范围。($C=0.01\mu\text{F}$)

5 实验设备和器材

- | | |
|-------------|-----|
| (1) 直流稳压电源 | 1 台 |
| (2) 数字逻辑实验箱 | 1 台 |
| (3) 555 | 1 片 |
| (4) 示波器 | 1 台 |
| (5) 导线 | |

6 数据处理

(1) 555 单稳态触发器

u_i, u_c 波形 u_i, u_o 波形

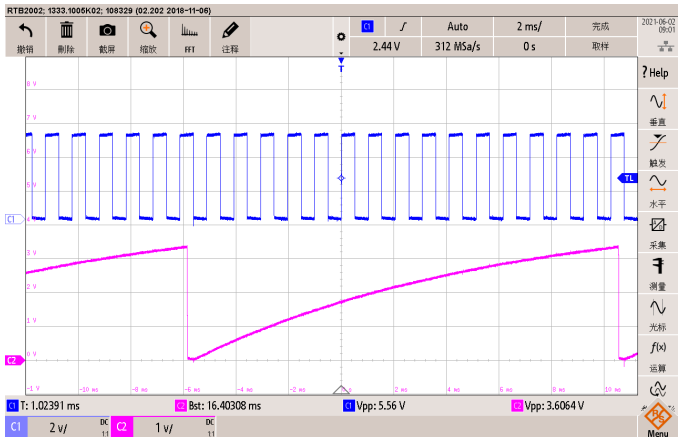


图 7: $R_w = 116.2k\Omega$

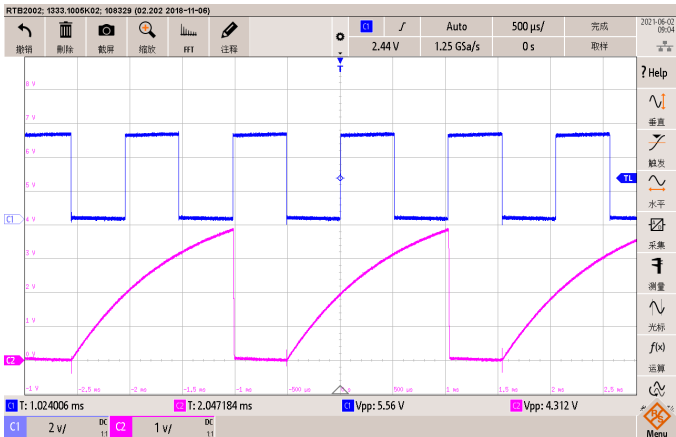


图 8: $R_w = 0k\Omega$

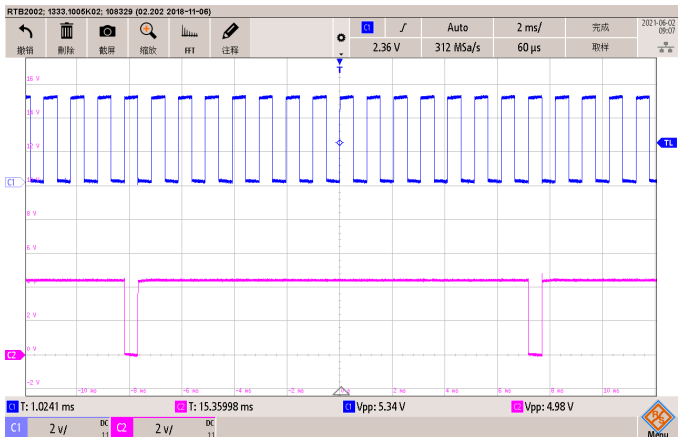


图 9: $R_w = 116.2k\Omega$

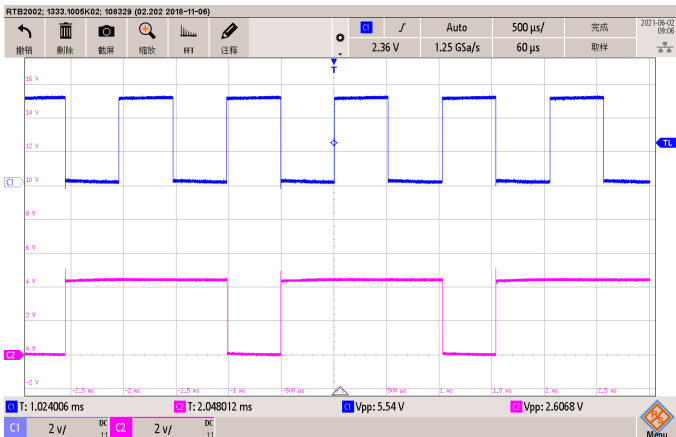


图 10: $R_w = 0k\Omega$

(2) 多谐振荡器
 u_i, u_c 波形

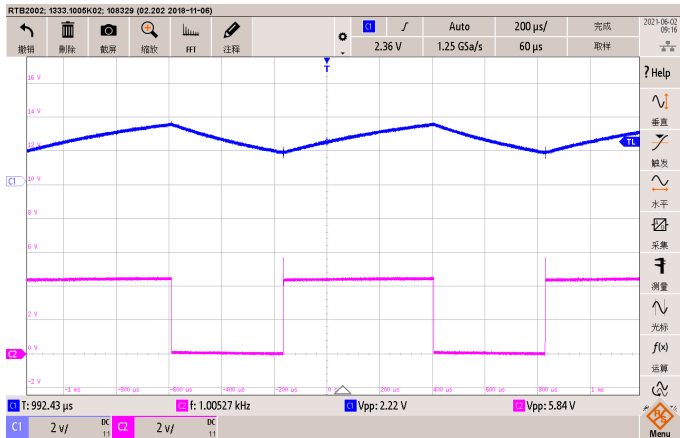


图 11: U_0, U_c

此时测得 $R_B = 41.3k\Omega$
(3) 占空比可调的脉冲信号发生器
 u_0, u_c 波形

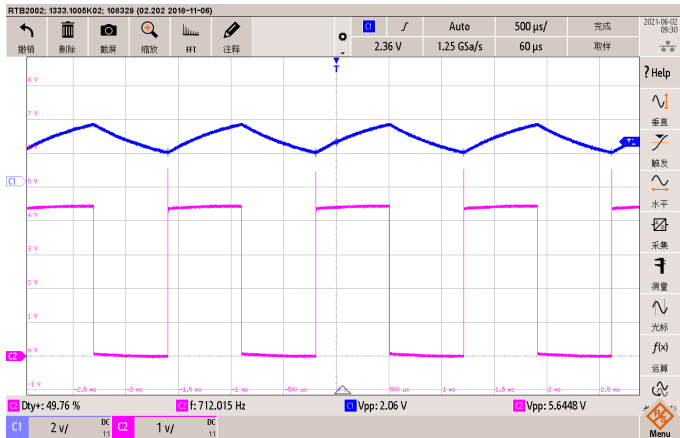


图 12: 占空比 50%

调节 R_W

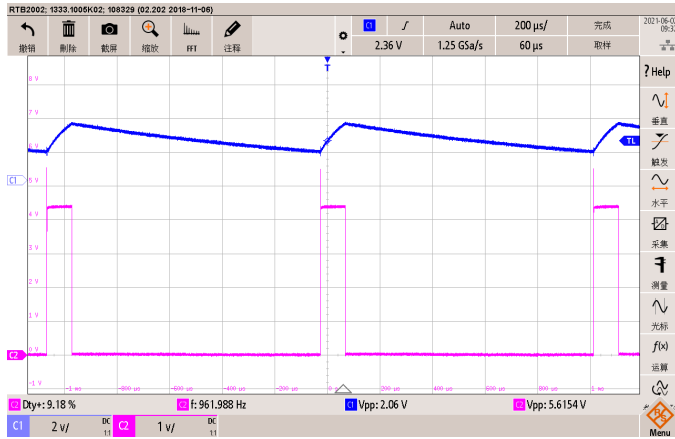


图 13: $R_w = 116.2k\Omega$

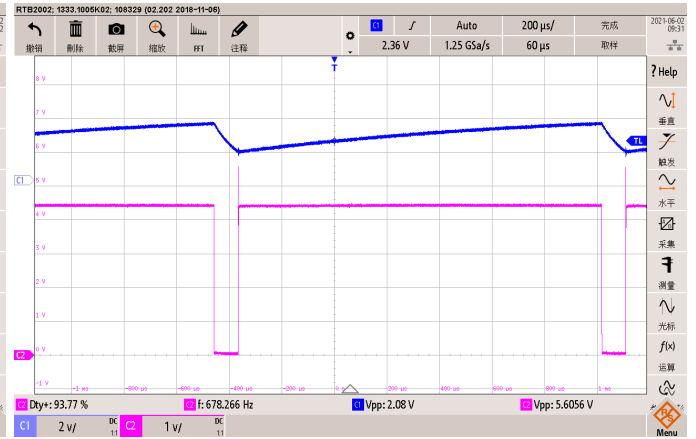


图 14: $R_w = 0k\Omega$

7 误差处理

(1) 单稳态触发器

$$t_{w01} = 1.1RC = 13.90ms$$

$$t_{w02} = 1.1RC = 1.1ms$$

$$\Delta t_0 = 12.8ms$$

$$\delta(t_{w1}) = \frac{t_{w1} - t_{w01}}{t_{w1}} = 15\%$$

$$\delta(t_{w2}) = \frac{t_{w2} - t_{w02}}{t_{w2}} = 45\%$$

$$\delta(\Delta t) = \frac{\Delta t - \Delta t_0}{\Delta t} = 11\%$$

(2) 多谐振荡器

$$q = \frac{t_{w1}}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} = 55.4\%$$

$$\delta(q) = \frac{q - q_0}{q_0} = 1\%$$

单稳态触发器的 t_w 误差较大可能是芯片质量导致的。

多谐振荡器误差合理。

8 结论

(1) 单稳电路的 t_w 由定时元件 R 与 C 参数决定, 改变 R 与 C 值, 可以控制输出波形的宽度。

(2) 多谐振荡器, 通过改变电阻 R_A 与 R_B 和电容 C 的参数, 即可改变振荡信号频率。振荡信号的占空比由 R_A 与 R_B 的参数决定, 但无法小于 50%。

(3) 在多谐振荡器电路上增加 1 个电位器和 2 个二极管可以实现调节占空比

9 思考题

(1) 555 定时器构成的单稳态触发器的脉冲宽度和周期由什么决定? R、C 取值应怎样分配? 为什么?

由外接 RC 的数值决定, C 值不能过大, 导致电路不稳定。(2) 若单稳态触发器的输入脉宽 t_i 大于 t_w , 时希望电路能正常工作, 电路该怎样改进?

可以先通过 RC 微分电路把输入脉宽变窄, 然后再输入 555 定时器的 2 脚上。或改变 R_w 的最大阻值, 或增大 C 的电容值, 使 t_w 增大到大于 t_i 的程度。(3) 555 定时器构成的多谐振荡器, 其振荡周期和占空比的改变与哪些因素关?

由于有

$$T = t_{w1} + t_{w2} = 0.7(R_A + 2R_B)C$$

$$q = \frac{t_{w1}}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

因此周期和占空比与 R_A, R_B 的值有关

(4) 如何用 555 定时器构成施密特触发器? 将芯片的 6 脚和 2 脚相连, 作为输入端 V_i , 由 3 脚或 7 脚挂接电阻 R_L 及电源 V_{DD} 作为输出端, 即能构成施密特触发器。

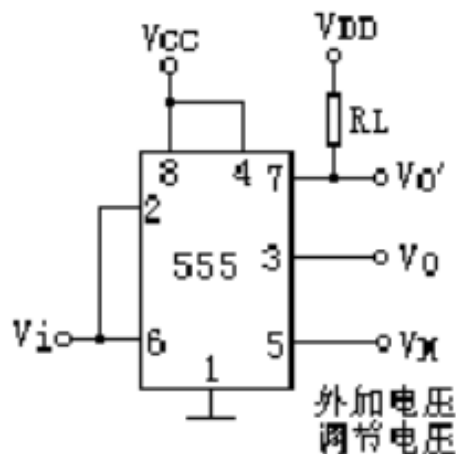


图 15: 施密特触发器