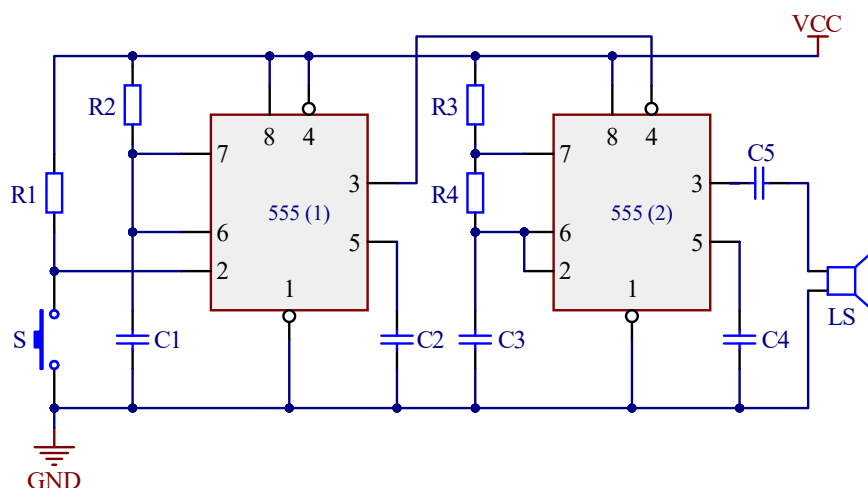


第 8 次作业（参考答案）

1. 如题图所示，某安防系统采用两片 555 定时器设计了一个报警电路。要求按下紧急按钮 S 后，报警器能够持续鸣响 15s，且报警声的频率设定为 1.5kHz。已知电源电压 $V_{CC} = 6V$ ，预选电容 $C_1 = 100\mu F$ ， $C_3 = 0.01\mu F$ 。请回答：

- (1) 555(1)和 555(2)分别工作在何种典型电路模式下？各自的作用是什么？
- (2) 说明 555(1)的输出引脚 3 是如何控制 555(2)开启与停止工作的。
- (3) 为满足 15s 的鸣响时间，电阻 R_2 的阻值应设为多少？
- (4) 若固定电阻 $R_3 = 2k\Omega$ ，为使报警频率达到 1.5kHz，电阻 R_4 的阻值应为多少？
- (5) 电容 C_2 、 C_4 、 C_5 的作用是什么？参数选取何有要求？



答：根据电路图和 555 定时器的功能分析

- (1) 555(1)工作在单稳态触发器模式，作用是产生一个宽度为 15s 的正脉冲，作为整个电路的定时使能信号；555(2)工作在多谐振荡器模式，作用是产生频率为 1.5kHz 的音频矩形波，驱动扬声器发声。
- (2) 555(1)的引脚 3 连接至 555(2)的引脚 4（异步复位端）。当 555(1)输出高电平时，555(2)被解除复位状态，开始振荡；当 15s 延时结束，555(1)输出低电平，强行将 555(2)复位并锁定在低电平，停止发声。
- (3) 根据单稳态触发器的延时计算公式

$$T_w = R_2 C_1 \ln 3 \approx 1.1 R_2 C_1 = 15$$

解得： $R_2 \approx 136.4k\Omega$ 。

- (4) 根据多谐振荡器的周期计算公式（课件上电容的一次充电<R3-R4-C3 串联>+ 放电<C3-R4 串联>的时间为一个周期）

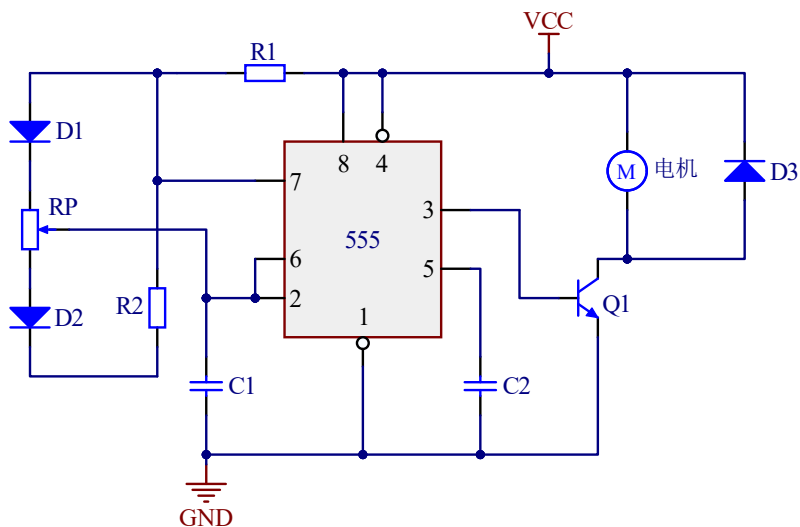
$$T = (R_3 + R_4)C_3 \ln 2 + R_4 C_3 \ln 2 = \frac{1}{1.5 \times 10^3}$$

解得： $R_4 = 47.1 \text{ k}\Omega$ 。

- (5) 电容 C_2 和 C_4 是电压控制端（引脚 5）的去耦电容（叫旁路电容、滤波电容也对），作用是防止引脚 5 悬空时引入外界电磁干扰，稳定内部电压比较器的参考电压，通常取 $0.01 \mu\text{F}$ ； C_3 是输出端的隔直电容，作用是滤除输出信号中的直流分量，防止大直流电流烧毁低阻抗的扬声器，其容量要求较大（阻抗匹配）以减小音频衰减，通常在 $10 \mu\text{F}$ 以上。

2. 如图所示为利用 555 定时器设计的直流电机 PWM 调速控制电路。已知电源电压 $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ，电阻 $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 470 \Omega$ ， $R_p = 100 \text{ k}\Omega$ ， $C_1 = 0.1 \mu\text{F}$ 。请完成：

- (1) 写出电容 C_1 充电和放电的完整路径（包含各支路元件符号）。
- (2) 简述当电位器 R_p 的滑片向上滑动时，电路占空比及电机转速的变化情况。
- (3) 计算该振荡电路的工作频率，并求出 R_p 的滑片分别在最上端和最下端时，电路理论上的占空比调节范围。（忽略二极管管压降）
- (4) 指出电阻 R_2 与二极管 D_3 在电路中起什么作用？



答：根据电路图、555 定时器的功能及二极管的单向导通特性分析。

- (1) 充电路径： $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow D_1 \rightarrow R_p$ 上半部分 \rightarrow 滑片 $\rightarrow C_1 \rightarrow \text{GND}$ ；
放电路径： $C_1 \rightarrow$ 滑片 $\rightarrow R_p$ 下半部分 $\rightarrow D_2 \rightarrow R_2 \rightarrow 7$ 号引脚 $\rightarrow \text{GND}$ 。
- (2) 由于充电路径总电阻 $R_{\text{ch}} = R_1 + R_{p\text{上}}$ ，放电路径总电阻 $R_{\text{dis}} = R_{p\text{下}} + R_2$ ；则充电时间 $T_1 = R_{\text{ch}} C_1 \ln 2$ ，放电时间 $T_2 = R_{\text{dis}} C_1 \ln 2$ 。根据占空比公式

$$q = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{R_{\text{ch}}}{R_{\text{ch}} + R_{\text{dis}}} = \frac{R_1 + R_{p\text{上}}}{R_1 + R_2 + R_p}$$

当滑片向上滑动时, $R_{p\uparrow}$ 减小, 所以电路占空比减小。占空比减小导致三极管 Q_1 导通时间变短, 电机两端的平均驱动电压降低, 从而使电机转速减慢。

- (3) 根据第 2 问的分析, 利用 555 定时器构成的多谐振荡器周期为

$$\begin{aligned} T &= (R_{\text{ch}} + R_{\text{dis}})C_1 \ln 2 \\ &= (R_{\text{ch}} + R_{\text{dis}} + R_p)C_1 \ln 2 \\ &\approx 0.00703 \text{ s} \end{aligned}$$

因此, 工作频率为 $f = 1/T = 142.25 \text{ Hz}$ 。

当滑片在最上端时, $R_{p\uparrow} = 0$, 理论最小占空比为

$$q_{\min} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_p} = \frac{1}{101.47} \times 100\% \approx 0.99\%$$

当滑片在最下端时, $R_{p\uparrow} = R_p = 100 \text{ k}\Omega$, 理论最大占空比为

$$q_{\max} = \frac{R_1 + R_p}{R_1 + R_2 + R_p} = \frac{1 + 100}{101.47} \times 100\% \approx 99.54\%$$

因此, 理论占空比调节范围约为 $0.99\% \sim 99.54\%$ 。

- (4) R_2 为放电回路限流保护电阻。防止电容 C_1 在放电瞬间产生过大的脉冲冲击电流, 从而保护 555 定时器内部 7 号引脚的放电三极管不被过流烧毁。

D_3 为续流二极管。直流电机为感性负载, 在三极管 Q_1 由导通变为截止的瞬间, 电机线圈会产生极高的反向感应电动势。 D_3 为此感应电流提供释放回路 (续流), 防止高压击穿并损坏 Q_1 。

【建议分析本题的电路接法比课件/教材中的用例好在哪里】