

# 用单电源双运放实现的呼吸灯实验报告

2\*000\*\*\*\*\* 姓名 某组 n 号

2024 年 11 月 4 日

## 1 实验目的

- 1. 了解用单电源双运放 LM358 实现三角波发生器的原理及其应用。
- 2. 练习用示波器观测波形参数与多个波形对应关系的方法。

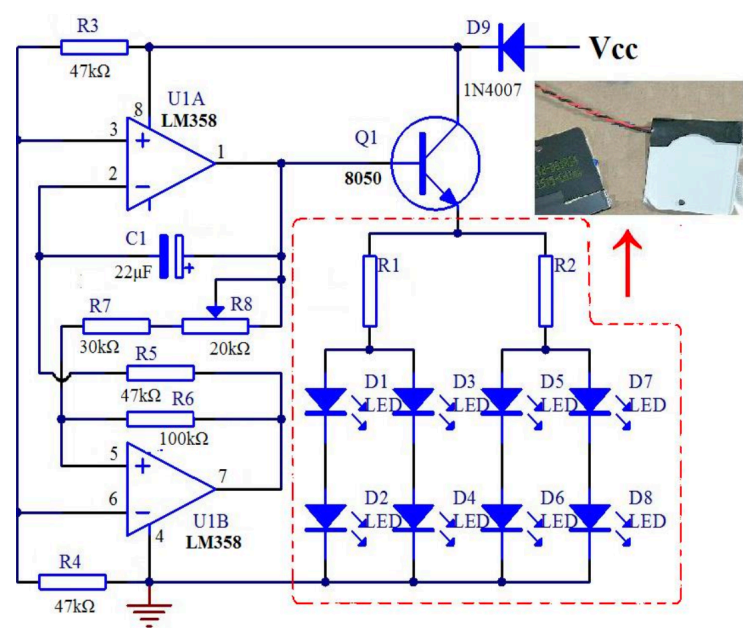
## 2 实验原理

使用双运放 LM358，其中一个运放实现方波发生器功能（由运放构成的迟滞比较器来完成），另外一个运放实现积分电路，把产生的方波变成三角波。由于集成运放不能提供很高的驱动电流，所以将运放的三角波输出再加一级晶体管放大以驱动 LED 实现呼吸灯效果。

## 3 实验仪器和设备

直流稳压电源，示波器，万用表，面包板，运算放大器，电位器，电阻，电容，二极管，三极管，LED 光模组等元器件。

## 4 电路图



## 5 数据记录和分析

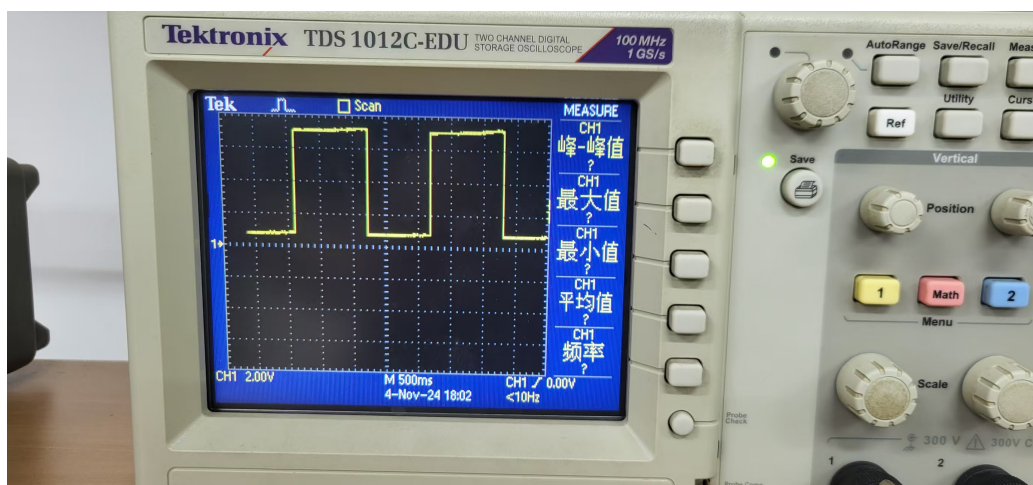
### 5.1 实验数据

实验用各电阻实测阻值：

$$\begin{cases} R_3 \approx R_4 \approx R_5 = 46.10 \text{ k}\Omega \\ R_6 = 101.92 \text{ k}\Omega \\ R_7 = 28.66 \text{ k}\Omega \\ R_9 = 0.98 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

本次实验中电位器电阻  $R_8 = 22.07 \text{ k}\Omega$ 。

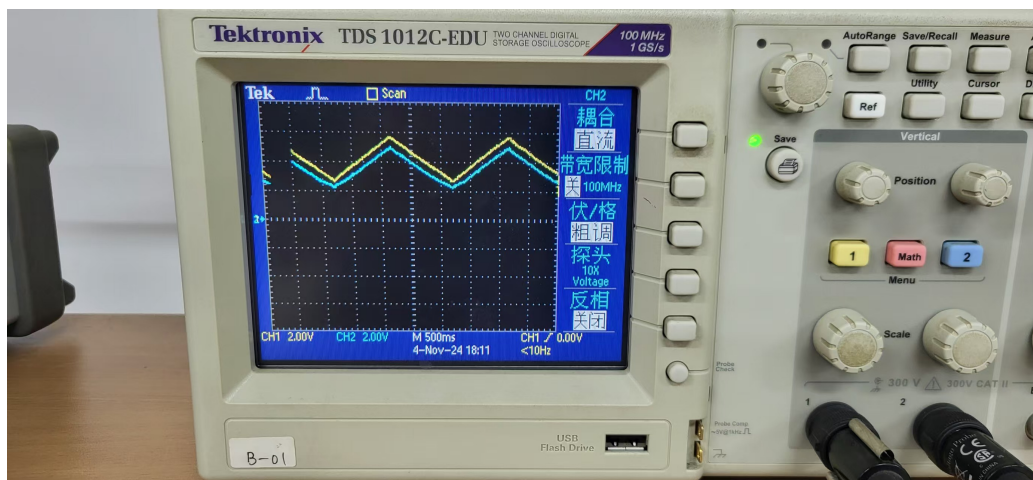
方波波形图：



由图可得：

峰峰值  $V_{pp1} = 6.4 \text{ V}$ ，最大值  $V_{max1} = 7.2 \text{ V}$ ，最小值  $V_{min1} = 0.8 \text{ V}$ ，平均值  $V_{av1} = 4.15 \text{ V}$ 。

三角波波形图：



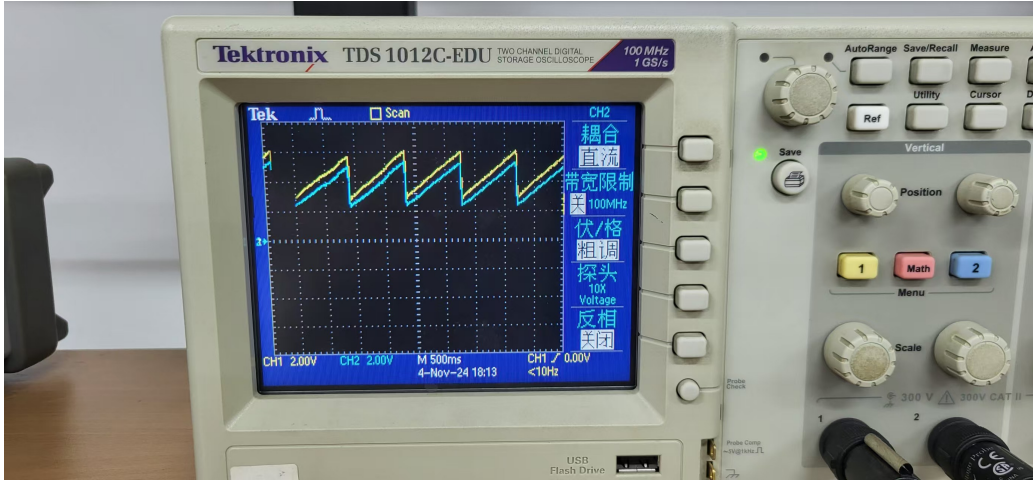
由图可得：

运放输出端：峰峰值  $V_{pp2} = 3.2\text{ V}$ ，最大值  $V_{max2} = 5.9\text{ V}$ ，最小值  $V_{min2} = 2.7\text{ V}$ ，平均值  $V_{av2} = 4.3\text{ V}$ ；

三极管发射极处：峰峰值  $V'_{pp2} = 3.0\text{ V}$ ，最大值  $V'_{max2} = 5.1\text{ V}$ ，最小值  $V'_{min2} = 2.1\text{ V}$ ，平均值  $V'_{av2} = 3.6\text{ V}$ 。

$$\text{测算得到的频率：} f = \frac{N}{T_N} = \frac{20}{39.88\text{ s}} = 0.50\text{ s}^{-1}。$$

锯齿波：



由图可得：

运放输出端：峰峰值  $V_{pp3} = 3.2\text{ V}$ ，最大值  $V_{max3} = 6.0\text{ V}$ ，最小值  $V_{min3} = 2.8\text{ V}$ ，平均值  $V_{av3} = 4.4\text{ V}$ ；

三极管发射极处：峰峰值  $V'_{pp3} = 3.0\text{ V}$ ，最大值  $V'_{max3} = 5.4\text{ V}$ ，最小值  $V'_{min3} = 2.2\text{ V}$ ，平均值  $V'_{av3} = 3.8\text{ V}$ 。

观察发现，此时呼吸灯的频率快了一倍左右，但效果变差。

实验中电压测量值：

$$\begin{cases} D_9 \text{ 右端电压测量值：} V'_{cc} = 9.2\text{ V} \\ D_9 \text{ 左端电压测量值：} V_{cc} = 8.5\text{ V} \\ \text{双运放中间电压：} \frac{1}{2}V_{cc} = 4.2\text{ V} \end{cases}$$

## 5.2 与理论值进行分析比较

呼吸灯频率理论值：  $f = \frac{R_6}{4R_5(R_7 + R_8)C} = 0.49\text{ s}^{-1} \approx 0.5\text{ s}^{-1}$ ，实验值与理论值符合很好。

三角波（锯齿波）和方波峰峰值的比值理论值：  $\frac{U_T}{U_Z} = \frac{R_7 + R_8}{R_6} = 0.50 = \frac{3.2\text{ V}}{6.4\text{ V}}$ ，实验值与理论值符合很好。

单电源供电时三角波、方波的平均值直流分量与  $\frac{1}{2}V_{cc}$  电压的偏差分别为  $-0.2\text{ V}$  和  $0.1\text{ V}$ ，均偏差较小。

观察到 LM358 运放的最大输出电压  $+U_z$  比芯片电源电压  $V_{cc}$  小了  $V_{cc} - U_z = 1.3\text{ V} \approx 1.5\text{ V}$ 。

观察到运放有效电源电压  $V_{cc}$  比电源电压  $V'_{cc}$  低了  $V'_{cc} - V_{cc} = 0.7\text{ V}$  大约低一个 PN 结的压降；三极管集电极输出三角波的电压比运放输出的三角波小了  $V_{av2} - V'_{av2} = 0.7\text{ V}$  大约小了  $V_{be}$ 。

由于 LM358 不是轨到轨运放，输出最大信号电压比电源电压低的较多，导致三角波和方波的波形与理论推导图比起来有差异，由图可见，方波占空比不是 50%，三角波上升下降段也不完全对称。

## 6 问题讨论

1. 兼而有之，第一个运放方波发生器运用了非线性特性，第二个运放积分运算器运用了线性特性。

2. 调节分压电路，令  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{23}{11}$ ，使得  $\frac{1}{2}V_{cc}$  电压升高  $1.5\text{ V}$ ，输出最大信号电压和电源电压相同，以输出类似理论推导的理想方波和三角波。