

用单电源双运放实现的呼吸灯

一、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。

二、实验内容

1. 用单电源双运放 LM358 实现三角波发生器，最终驱动 LED 实现呼吸灯效果。
2. 用示波器研究三角波发生器波形，验证理论公式的正确性与适用性。

三、实验原理和数据记录

1. 实验电路图

2. 基本参数记录

用万用表测得

$V_{cc}=8.3V$ (较稳定)

有效的 $V_{cc}=7.6V$ (不停波动, 波动幅度约 $0.05V$)

二者差值符合理论上二极管的压降 $0.7V$;

有效 V_{cc} 的波动原因是流过三极管的电流不断变化, 导致二极管的管压降有波动

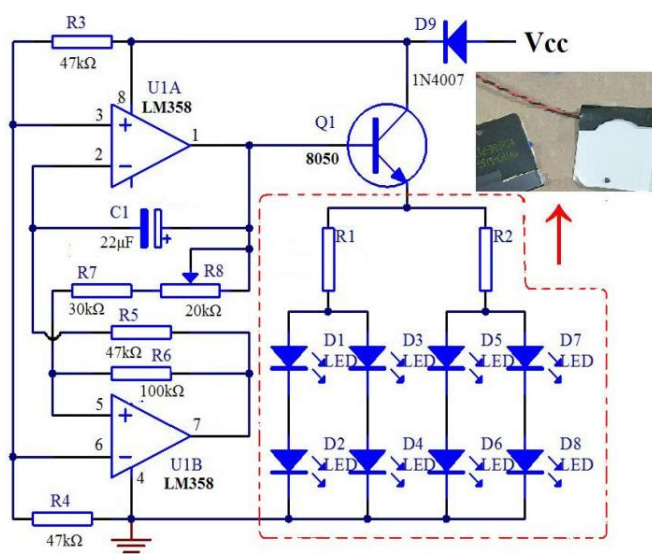


图 12-7 呼吸灯的实验电路

3. 三角波 (锯齿波) 和方波波形随 R_8 取值的变化

(1) $R_8=19.3k\Omega$

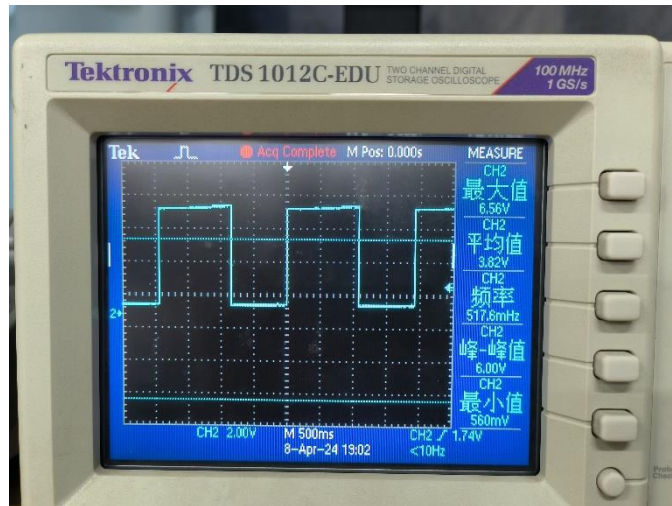
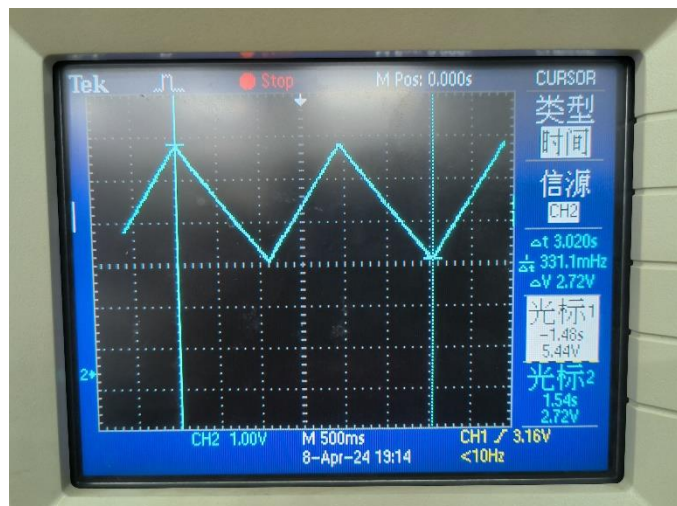
如图所示, 测得三角波和方波频率 $f=0.5176Hz$, 与理论测算 $f=R_6/(4(R_7+R_8)R_5C)=0.49Hz$ 在误差范围内基本相符

运放输出端三角波:

$V_{pp}=2.72V, V_{max}=5.44V, V_{min}=2.72V$

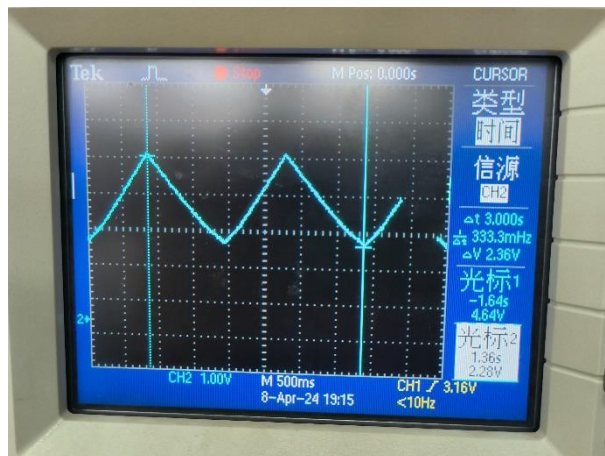
方波:

$V_{pp}=6.00V, V_{max}=6.56V, V_{min}=0.56V$



三极管发射极处三角波:

$V_{pp}=2.36V, V_{max}=4.64V, V_{min}=2.28V$

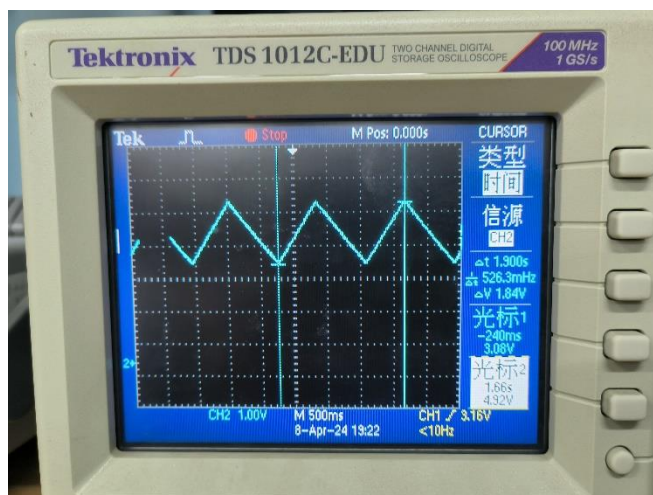


(2) $R_8=3.84k\Omega$

如图所示, 测得三角波和方波频率 $f=0.7587Hz$, 与理论测算 $f=R_6/(4(R_7+R_8)R_5C)=0.72Hz$ 在误差范围内基本相符

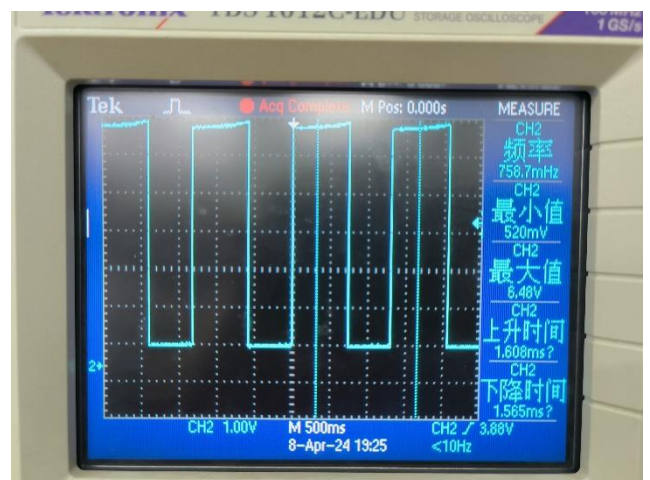
运放输出端三角波:

$V_{pp}=1.84V, V_{max}=4.92V, V_{min}=3.08V$



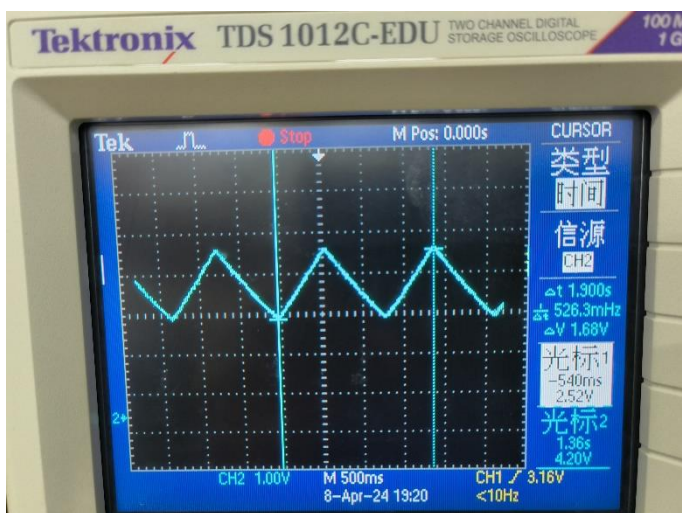
方波:

$V_{pp}=5.96V, V_{max}=6.48V, V_{min}=0.52V$



三极管发射极处三角波:

$V_{pp}=2.36V, V_{max}=4.64V, V_{min}=2.28V$



如同预期的那样，我观测到

LM358 运放的最大输出电压（即 $+U_z$ 的电压）比芯片电源电压 V_{cc} 小了 1.5V 左右，并且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_{be}

输出波形的频率与 R_8 阻值负相关，幅值几乎不受 R_8 影响

（3）将三角波发生器改为锯齿波发射器， R_8 仍为 $3.84k\Omega$

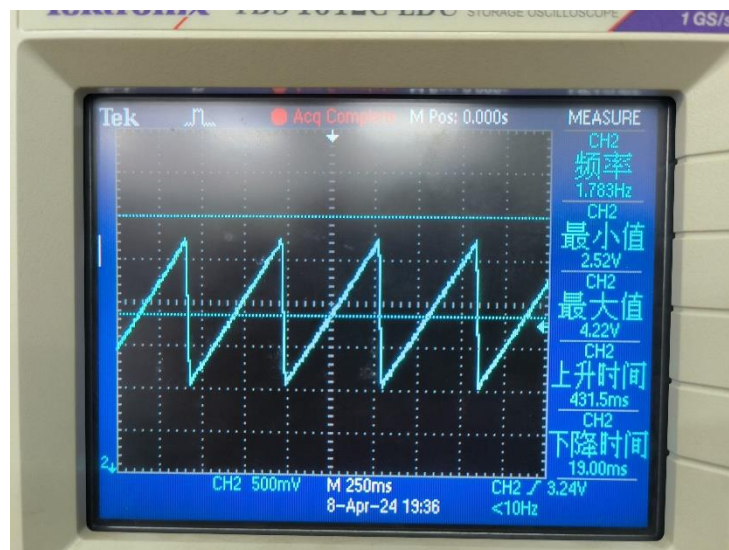
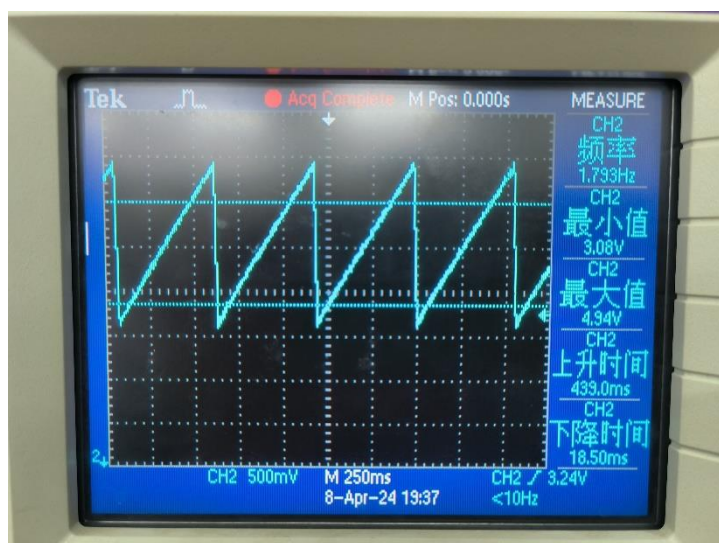
运放输出端锯齿波：

三极管发射极处锯齿波：

测得 $f=1.79\text{Hz}$ ，较三角波变快一倍左右

$V_{pp}=1.86\text{V}$, $V_{max}=4.94\text{V}$, $V_{min}=3.08\text{V}$

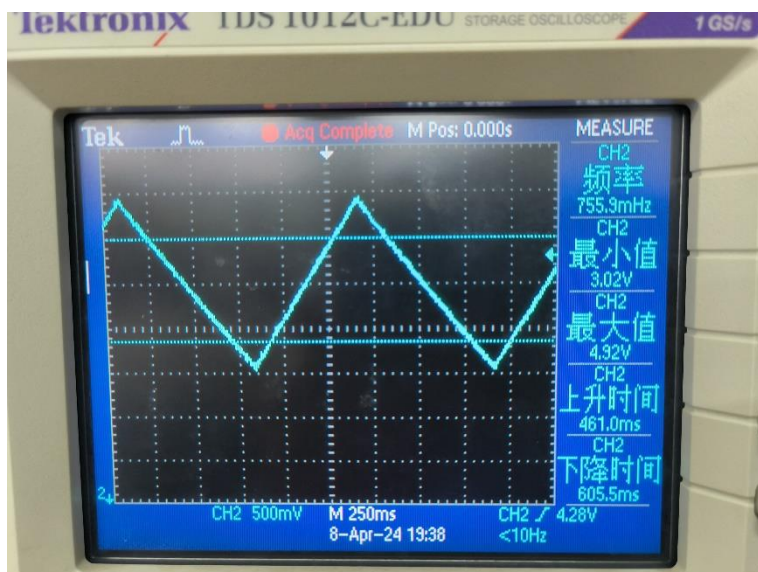
$V_{pp}=1.70\text{V}$, $V_{max}=4.22\text{V}$, $V_{min}=2.52\text{V}$



（4）三角波和方波的波形与理论推导图比起来有差异，即方波占空比不是 50%，三角波上升下降段也不完全对称

如图所示，在 $R_8=3.84k\Omega$ 运放输出端三角波中，上升时间为 461ms,下降时间为 606ms

定性分析，因为该运放输出功率不足，导致方波产生部分出现非线性效应，使得方波占空比偏离 50%，进而使三角波不对称



六、思考题

(1) 本实验涉及的电路，是利用了运放的线性特性，还是非线性特性，还是兼而有之？

兼而有之。三角波发生器的方波发生部分利用了线性特性，积分电路部分利用了非线性特性。

(2) 如何用比较简单的办法通过改动某元件参数后，让这个用 LM358 低端运放的单电源方波、三角波电路能输出类似理论推导的理想方波和三角波（所谓理想就是指方波占空比为 50%，三角波上升和下降段基本对称，即和理论教材里推导的波形形状一样）。

减小电容 C1，使较小的运放输出功率就能产生较理想的方波和三角波