

浙江大学实验报告

专业：信息工程

姓名：张青铭

学号：3200105426

日期：2021.12.30

地点：东四-216

课程名称：电子电路设计实验 I 指导老师：李锡华、叶险峰、施红军 成绩：

实验名称：集成运算放大器应用电路研究（II） 实验类型：设计型 同组学生姓名：姚星

一、实验目的

二、实验任务与要求

三、实验方案设计与实验参数计算（3.1 实验方案总体设计、3.2 各功能电路设计与计算、3.3 完整的实验电路……）

四、主要仪器设备

五、实验步骤、实验调试过程、实验数据记录

六、实验结果和分析处理

七、讨论、心得

八、思考题

一、实验目的

1、学习和研究由集成运放构成的积分器、比较器、波形发生器等应用电路的组成与原理，掌握其设计方法。

2、观察积分运算电路在实际应用时存在的积分漂移、积分误差等现象，了解解决方法。

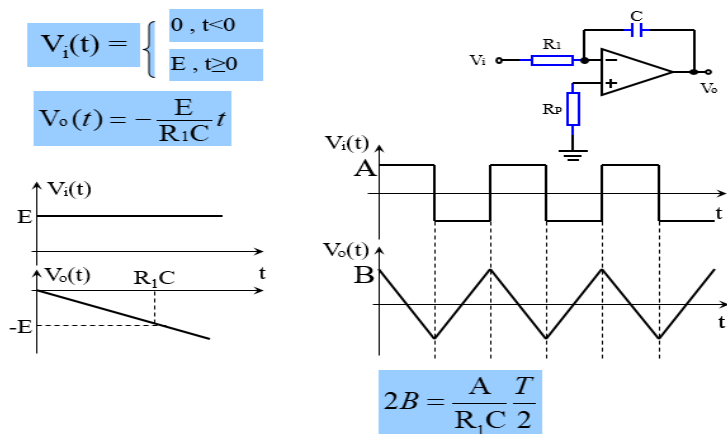
二、实验理论基础

1、反相积分器

输出电压 V_o ：

$$\begin{aligned} V_o(t) &= -\frac{1}{C} \int_0^t \frac{V_i(t)}{R_1} dt \\ &= -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t V_i(t) dt \end{aligned}$$

当输入信号为一阶跃信号时，积分漂移及积分误差



（1）输入信号的直流分量、输入失调电压等会形成积分漂移。

（2）实际使用时，常在积分电容的两端并联一个电阻 R_f ，形成直流负反馈，用以限制电路的直流电压增益。

（3） R_f 的接入将对积分电容产生分流作用，从而导致积分误差。

（4）为了减小积分误差，一般要求 $R_f \gg (1/j\omega C)$ ，或 $f \gg (1/2\pi R_f C)$ ，此时 R_f 可认为开路（理想积分器）。

通常取 $R_f > 10R_1$ ，不能太大。

实验名称: _____ 姓名: _____ 学号: _____

2、迟滞比较器

(1) 过零比较器

(2) 双向稳压管

$$V_{42O} = \pm(V_Z + V_D)$$

(3) 迟滞比较器

正反馈电路，抗干扰能力强，转换速度快

$$\text{当 } V_6 = V_{OH} \text{ 时, } V_+ ' = \frac{R_{43}}{R_{43} + R_{44}} (V_{Z2} + V_{D1}) + \frac{R_{44}}{R_{43} + R_{44}} V_{42i}$$

$$\text{当 } V_6 = V_{OL} \text{ 时, } V_+ '' = -\frac{R_{43}}{R_{43} + R_{44}} (V_{Z1} + V_{D2}) + \frac{R_{44}}{R_{43} + R_{44}} V_{42i}$$

$$\text{当 } V_6 = V_{OH} \text{ 时, } V_+ ' = \frac{R_{43}}{R_{43} + R_{44}} (V_Z + V_D) + \frac{R_{44}}{R_{43} + R_{44}} V_{42i}$$

要使输出稳定为 V_{OH} , $V_+ ' > 0$

$$V_{42i} > -\frac{R_{43}}{R_{44}} (V_Z + V_D) = -V_{TH}$$

要使输出翻转为 V_{OL} , $V_+ ' < 0$

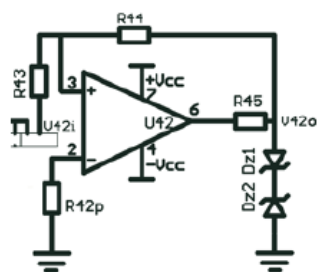
$$V_{42i} < -V_{TH}$$

$$\text{当 } V_6 = V_{OL} \text{ 时, } V_+ '' = -\frac{R_{43}}{R_{43} + R_{44}} (V_Z + V_D) + \frac{R_{44}}{R_{43} + R_{44}} V_{42i}$$

要使输出稳定为 V_{OL} , $V_+ '' < 0$ $V_{42i} < V_{TH}$

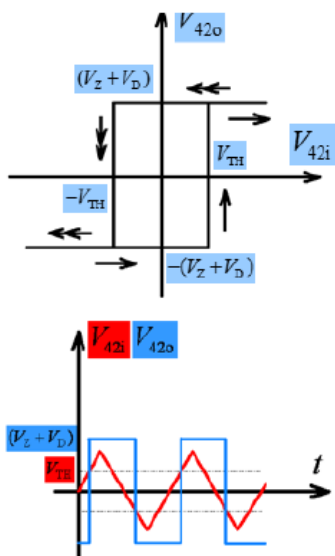
要使输出翻转为 V_{OH} , $V_+ '' > 0$ $V_{42i} > V_{TH}$

传输特性曲线及输入输出波形



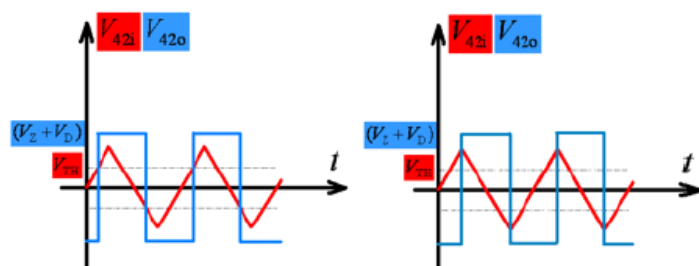
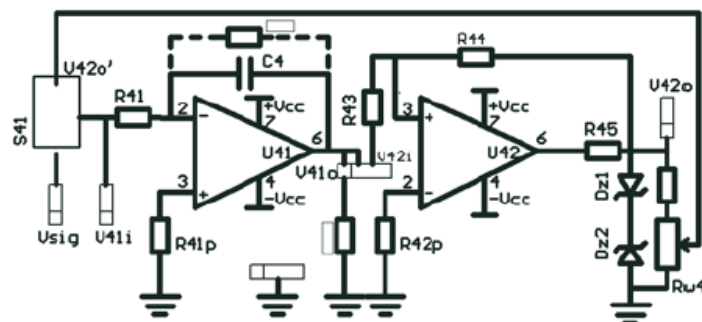
$$V_{TH} = \frac{R_{43}}{R_{44}} (V_Z + V_D)$$

三角波 → 方波



实验名称：_____ 姓名：_____ 学号：_____

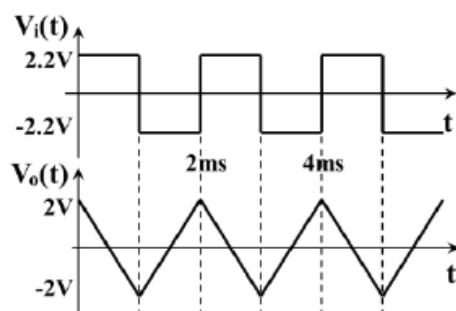
3、方波、三角波发生器电路



三、实验任务和要求

1、反相积分器设计研究

- (1) 设计反相积分电路，方波三角波。方波幅度2.2V、频率500Hz 三角波幅度2V左右
- (2) 安装该电路，输入方波，用示波器双踪显示输入、输出波形，测量并记录波形，标示出各实测参数。



2、迟滞比较器设计研究

- (1) 设计一迟滞比较器，使 $V_{TH} \approx 12(V_D + V_Z)$ ，允许使用电阻值在 $20k\Omega \sim 400k\Omega$ 之间。
- (2) 安装电路，输入 500Hz 三角波（幅度合理自定），研究输入、输出信号的幅度、相位关系。

3、方波-三角波发生器研究

断开迟滞比较器信号输入，搭建方波-三角波发生电路，调节电位器 R_{w4} ，可产生不同频率方波、三角波。观察电压 $V_{42o'}$ 与输出信号频率的关系，测量并记录可调频率范围。

四、实验过程

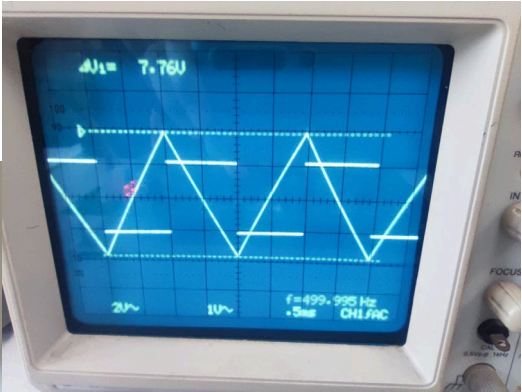
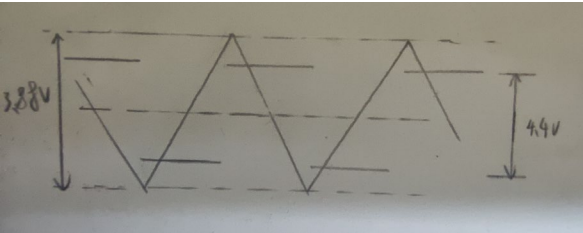
1、反相积分器设计研究

$$2B = \frac{A}{R_1 C} T$$

由 $2B = \frac{A}{R_1 C} T$ ， $C = 0.22 \mu F$ ，计算的 $R_1 = 2.5k \Omega$ ，取标称值 $R_1 = 2.7k \Omega$ ， $R_f = 27k \Omega$ ， $R_p = 100k \Omega$ 得到输入方波峰峰值为 4.4V，输出三角波峰峰值为 4.32V。

实验名称：_____ 姓名：_____ 学号：_____

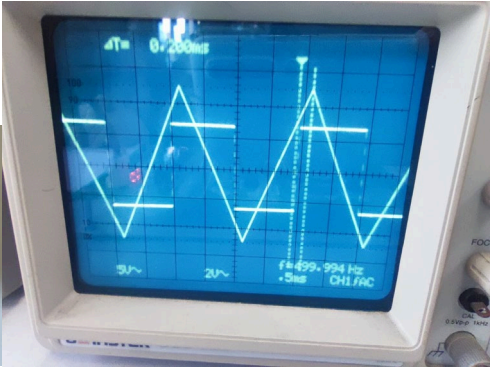
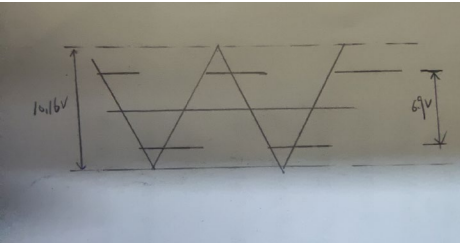
	波形	幅度
输入	方波	4.40V/2=2.20V
输出	三角波	3.88V/2=1.94V



2、迟滞比较器设计研究

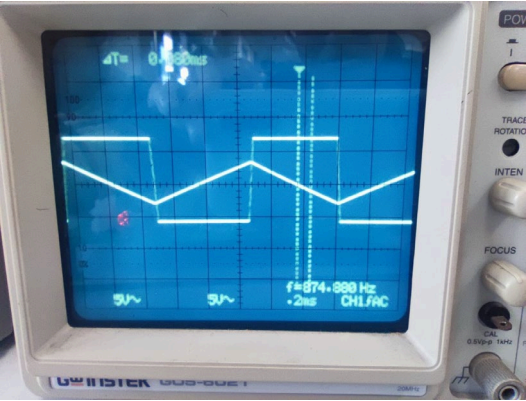
由 $V_{TH} = \frac{R_{43}}{R_{44}}(V_Z + V_D)$ 则选取 $R_{43}=100k\Omega$, $R_{44}=200k\Omega$, 当输入三角波峰峰值为 10.16V 时, 输出方波峰峰值为 13.8V, 测得两波形时间差, 得 $\Delta T=0.200ms$, 又有 $T=2ms$, 则相位差为 $0.2\pi + 2k\pi$

	波形	幅度
输入	三角波	10.16V/2=5.08V
输出	方波	13.80V/2=6.90V

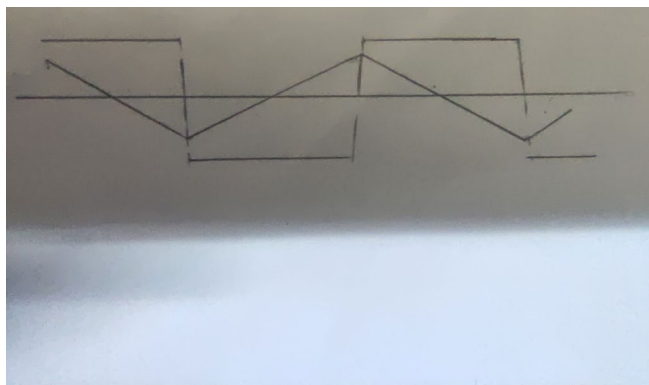


3、方波-三角波发生器研究

可调频率上限约为 874.880Hz。实验过程中发现, 随着输出信号频率增大, $V_{42o'}$ 逐渐增大, 直至不变。



实验名称：_____ 姓名：_____ 学号：_____



五、讨论与心得。

这次实验整个过程还算是比较轻松。无论是第一步电阻的计算，到后面的实验部分，因为已经有了一个学期的实验积累，对仪器的使用也比较的熟悉，所以做得相对比较快。通过本次实验，我学习了方波和三角波的相互变换，以及方波三角波发生器的工作原理。虽然这次实验做的比较快，操作也比较简单，但是我还是学习到了很多新的东西，三个实验的原理部分事实上并不简单，特别是迟滞比较器作为电压比较器的一种，在理论课上我就没怎么搞懂，这次通过实验可以说是很好的重新学习了一次。除此之外，这次试验涉及到了运算放大器的正反馈连接方式，因为理论课涉及比较少也学到了很多。