



## 运算放大器运用实验报告

实验名称: 运算放大器运用

系 别: 计算机科学与技术

实验者姓名: 陈 瑾

学 号: 37220222203552

实验日期: 2023年11月29日

实验报告完成日期: 2023 年 12 月 5 日

## 一、实验目的

1. 熟悉集成运算放大器的性能和使用方法
2. 掌握集成运放构成基本的模拟信号运算电路。

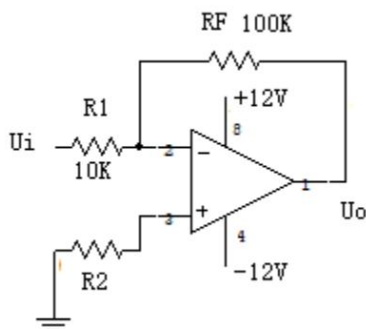
## 二、实验原理

集成运放是一种高增益、高输入阻抗、低输出阻抗的直流放大器。若外加反馈网络，便可实现各种不同的电路功能。

本实验采用TL082集成运算放大器，左下角为第1脚，以逆时针的顺序递增管脚号。

### 1、反相放大器

电路如图所示



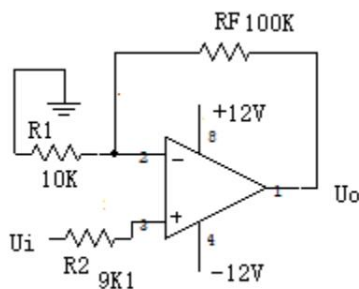
信号由反相端输入。在理想的条件下，反相放大器的闭环电压增益为

$$A_v = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_F}{R_1}$$

当取 $R_F = R_1$ ，则放大器的输出电压等于输入电压的负值，即： $U_o = -U_i$ ，此时反相放大器起反相跟随器作用。

### 2、同相放大器

电路如图所示

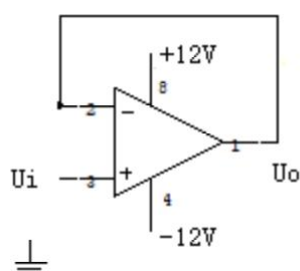


信号由同相端输入。在理想的条件下，同相放大器的闭环电压增益为：

$$AV = \frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

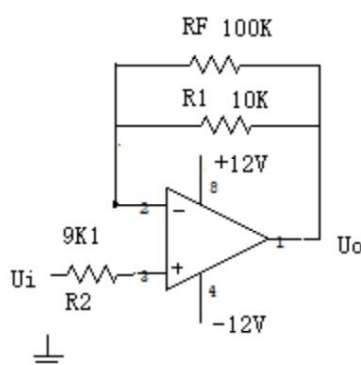
### 3、电压跟随器

电路如图所示



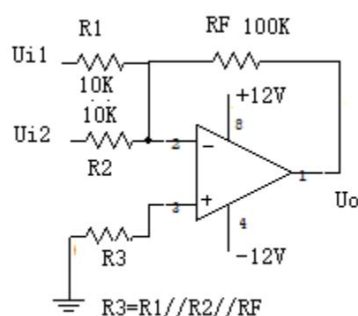
它是在同相放大器的基础上，当 $R_1 \rightarrow \infty$ 时， $AV_F \rightarrow 1$ ，同相放大器就转变为电压跟随器。它是百分之百电压串联负反馈电路，具有输入阻抗高、输出阻抗低、电压增益接近1的特点。

由于上图电路反相端与输出端直接相连，当输入电压超过共模输入电压允许值时，则会发生严重的堵塞现象，为了避免发生这种现象，通常采用下图所示的电压跟随器改进电路。并令 $R_2 = 1 \parallel R_F = 9.1 \text{ K}\Omega$ 。



### 4、反相加法器

电路如图所示。



当反相端同时加入信号Vi1和Vi2, 在理想的条件下，输出电压为

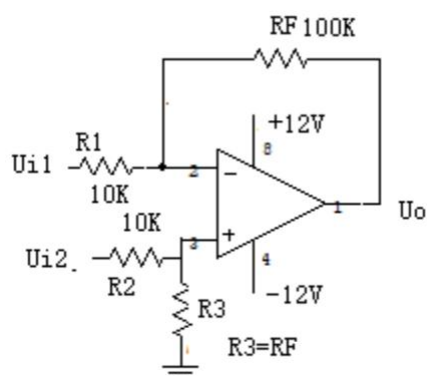
$$U_o = -\left(\frac{R_F}{R_1}U_{i1} + \frac{R_F}{R_2}U_{i2}\right)$$

当R1=R2时，

$$U_o = -\frac{R_F}{R_1}(U_{i1} + U_{i2})$$

## 5、减法器

电路如图所示

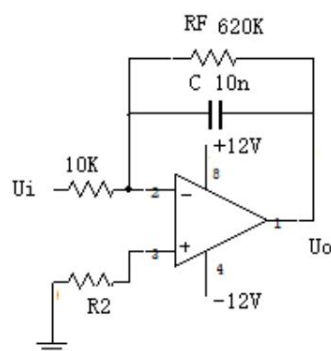


当反相和同相输入端分别加入Vi1 和Vi2 时，在理想条件下，若R1=R2，RF = R3时，输出电压为

$$U_o = \frac{R_F}{R_1}(U_{i2} - U_{i1})$$

## 6、积分器

电路如图所示



输入（待积分）信号加到反相输入端，在理想条件下，如果电容两端的初始电压为零，则输出电压为

$$U_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^{T/2} U_{i(t)} dt$$

当 $V_i(t)$ 是幅值为 $E_i$  ( $V_{pp}/2$ )的阶跃电压时

$$U_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} E_i t$$

此时，输出电压 $U_o(t)$ 随时间线性下降。当 $V_i(t)$ 是峰值振幅为 $V_{ip}$ 的矩形波时， $V_o(t)$ 的波形为三角波。根据上式，输出电压的峰-峰值为

$$U_{op-p} = -\frac{U_{ip}}{R_1 C} * \frac{T}{2}$$

### 三、 实验仪器

1、示波器	1 台
2、信号发生器	1 台
3、数字万用表	1 台
4、电子学实验箱	1 台
5、多合一实验箱	1 套

### 四、 实验内容

#### 1、反相放大器

(1) 搭实验电路。测量 $R_F = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ , 计算  $A_{VF} = -R_F/R_1 = -10$ 。

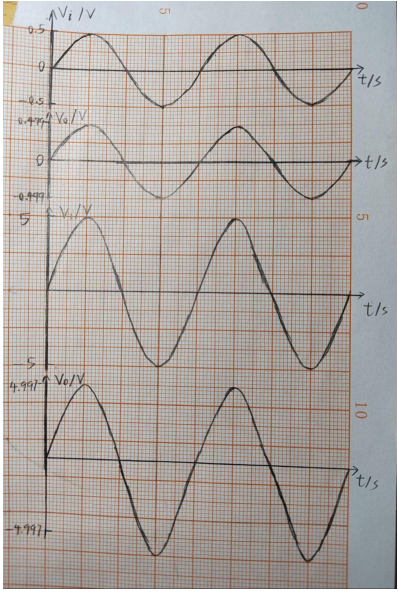
(2) 输入直流信号电压 $V_{i1}$ ，用数字电压表DCV 档分别测量 $V_i$  和 $V_o$  记入 下表, 并计算电压放大倍数 $A_{VF}$  ( $V_i$  取 $+0.5\text{V}$  和 $-0.5\text{V}$  左右二个值)

(3) 将输入信号改为频率 $1\text{KHz}$  的正弦波，当 $V_i = 0.5\text{V}$  时，用数字电压表ACV 挡分别测量 $V_i$  和 $V_o$ ，在测量过程中，输出端应接示波器监视输出波形, 不应有削波失真或自激/干扰现象。并计算 $A_{VF}$ 值。



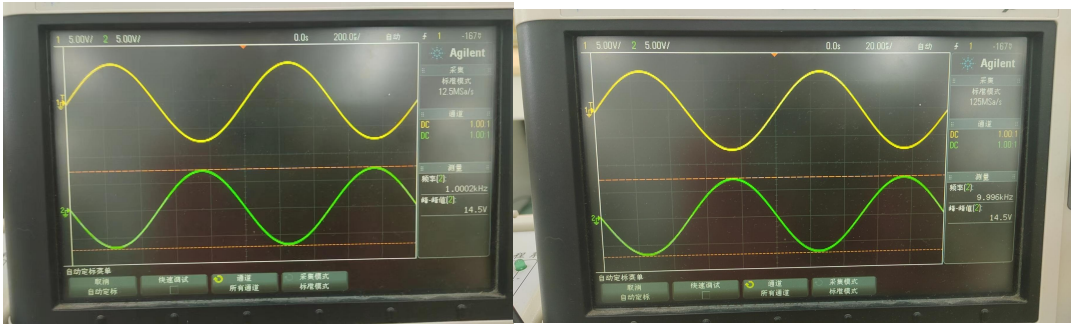
(4) 将RF改为10K  $\Omega$ ，此时运放工作在反相跟随状态，输入端加上正弦波信号电压，用双线示波器同时观察Vi 和Vo 。当Vi 分别为0.5V 和5V 时，测量对应的输出电压Vo ，在同一时间坐标上画出输入、输出波形。

表1：反相放大器测量表

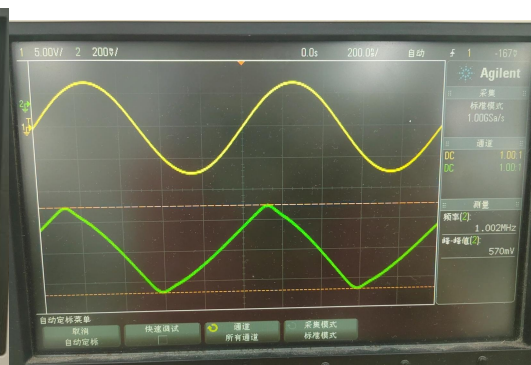
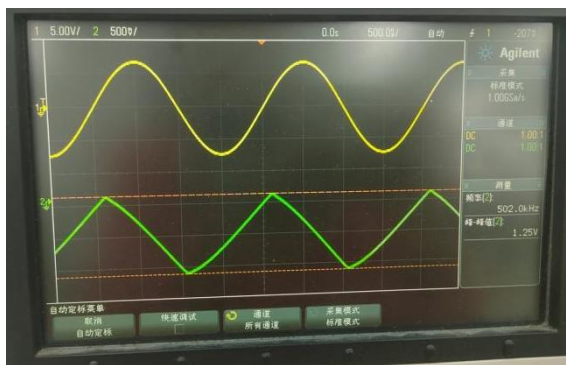
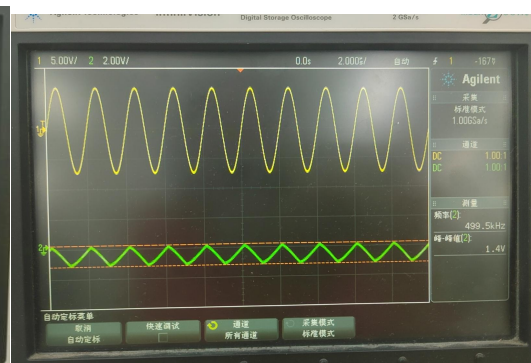
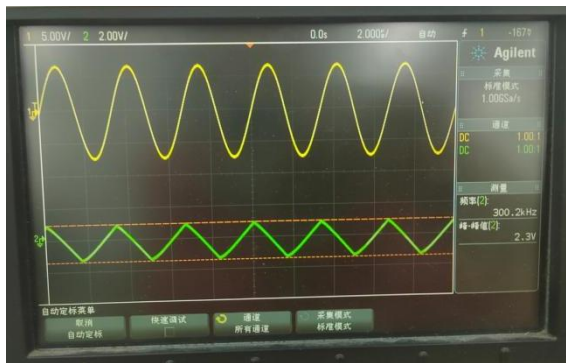
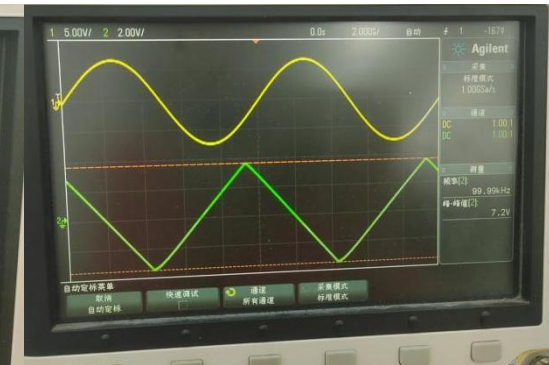
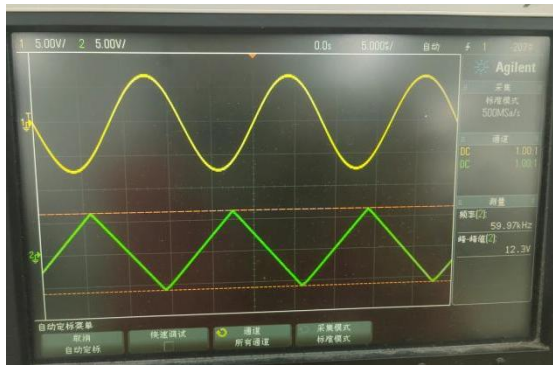
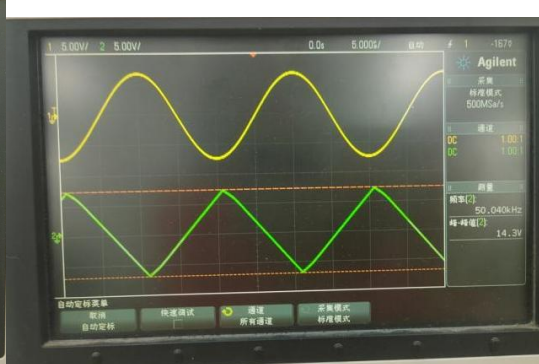
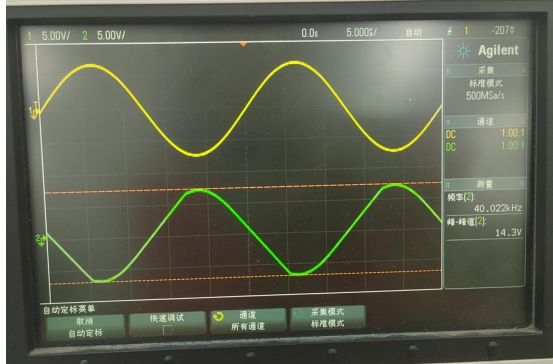
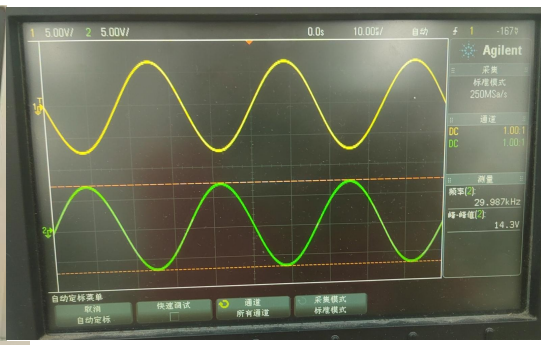
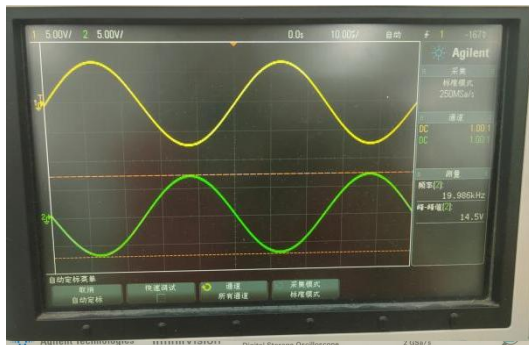
	直流		交流	跟随（交流）		波形
Vi	0.500	-0.500	0.500	0.500	5.003	
Vo	-5.044	4.969	5.041	0.499	4.997	
Avf	-10.088	-9.938	10.082	0.998	0.999	

(5) 保持输入信号幅度不变，将频率逐渐增加至1MHz，说明输出波形的变化并解释之。

波形变化如下：







保持输入信号幅度不变，将频率逐渐增加至1MHz，在低频段，输出波形变化不大。在中高频段，随着频率的增加，放大器的输出波形开始出现衰减。这是因为放大器内部的电阻和电容会开始限制高频信号的传输。在这个频段，出现信号失真。

## 2、同相放大器

(1) 搭接实验电路，测量 $R_F = 100\text{ k}\Omega$ ， $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ ，计算  $A_{VF} = V_o / V_i = 1 + R_F/R_1 = 11$  。

(2) 其他实验步骤与反相放大器中步骤（2），（3）相同。

(3) 电压跟随器:实验步骤与反相放大器中步骤（4）相同。

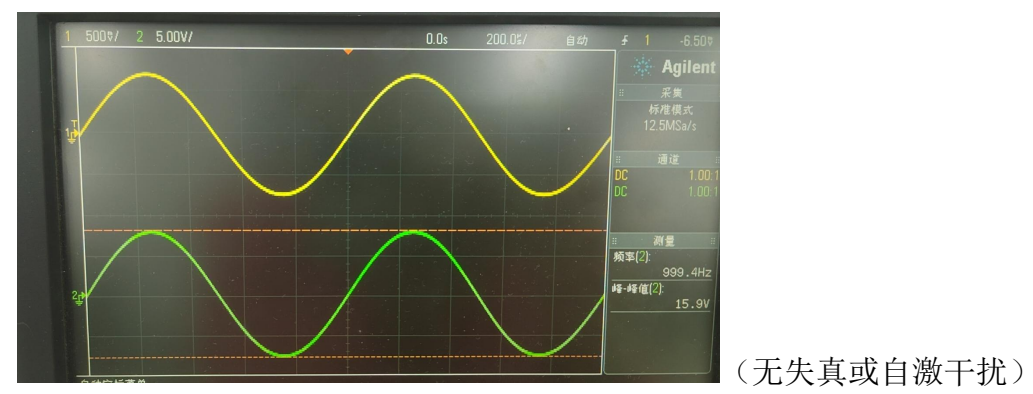


表2：同相放大器测量表

	直流		交流	跟随（交流）		波形
$V_i$	0.500	-0.500	0.501	0.500	5.000	
$V_o$	5.574	-5.440	5.545	0.500	5.000	
$A_{VF}$	11.148	10.88	11.07	1.00	1.00	

## 3、反相加法器



搭接实验电路，若 $R_F = 100\text{K}\Omega$ ，要求满足 $V_o = -10(V_{i1} + V_{i2})$ ，求出 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 值。测量 $R_F = 100\text{K}\Omega$ ， $R_1 = 10\text{K}\Omega$ ， $R_2 = 10\text{K}\Omega$ ，计算：

$$V_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} V_{i1} + \frac{R_F}{R_2} V_{i2}\right)$$

#### 4、减法器

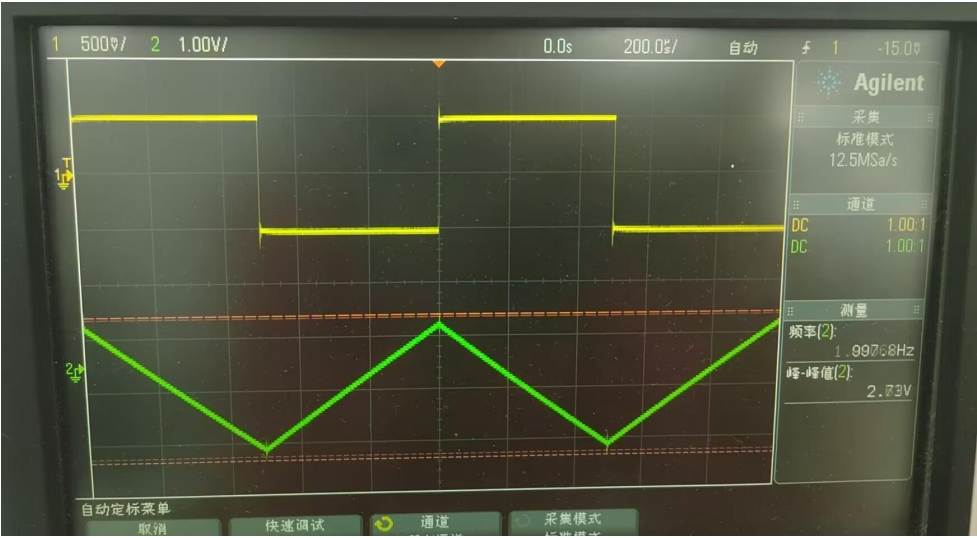
已知 $R_F = 100\text{K}$ ，选择 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_3$ 值，使满足 $A_{VF} = 10(V_{i2} - V_{i1})$ 实验步骤与加法器相同。并要求 $V_i = |V_{i2} - V_{i1}| < 1\text{V}$

表2：反相加法、减法器测量表

加   法	$V_{i1}$ (V)	0.2071	0.1558	减   法	$V_{i1}$ (V)	0.1652	0.7261
	$V_{i2}$ (V)	0.3156	0.4701		$V_{i2}$ (V)	0.5392	0.3728
	$V_o$ (V) (测量)	-5.961	-6.174		$V_o$ (V) (测量)	3.736	-3.581
	$V_o$ (V) (计算)	-5.277	-6.259		$V_o$ (V) (计算)	3.740	-3.533

#### 6、积分器

- （1）搭接实验电路
- （2）从信号发生器输出方波信号作 $V_i$ ，频率 $f = 1\text{kHz}$ ，用双线示波器同时观察 $V_i$ 和 $V_o$ 的波形。要求 $V_i$ 的正负峰值为1V，占空比1/2。在同一时间坐标上画出输入、输出波形，并定量记下 $V_i$ 、 $V_o$ 和周期 $T$ ，并与理论计算 $V_{oP-P}$ 进行比较。



$V_i=1V$ 、 $V_o=2.73V$ 、 $T=1/2000s$

$$U_{op-p} = -\frac{U_{ip}}{R_1 C} * \frac{T}{2} = -1 / (10 * 1000 * 10 * 0.000000001) * 1 / 2000 / 2 = 2.5V$$

## 五、实验小结

通过本次实验，我们深入理解了集成运算放大器的工作原理和应用。集成运算放大器具有高精度、高带宽、低噪声等优点，适用于各种模拟电路中。但是，我们也发现其存在非线性特性的问题，因此在使用时需要注意信号的大小。

本次实验需要搭接多个不同电路，时间比较紧张，但好在和搭档相互配合，争分夺秒，比较成功的完成了实验。