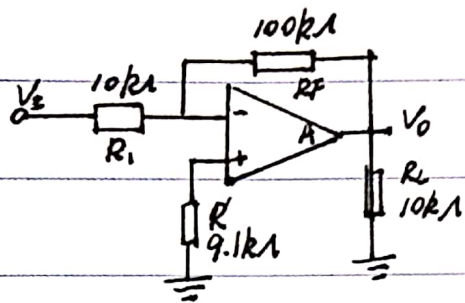




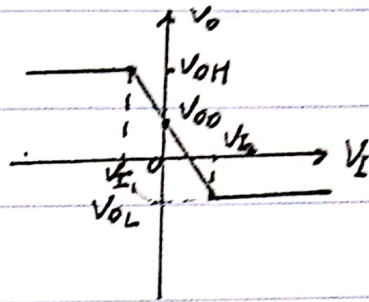
# 电 子 实 验

实验六 预习报告 2018011361 张鹤潇

## 反相比例放大电路



直流传输特性



任务1.

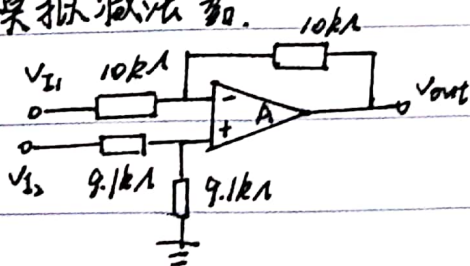
① 输入可调直流电压源, 用万用表测  $V_{i1}$ ,  $V_{i2}$ ,  $V_{OH}$ ,  $V_{OL}$

② 输入接地, 用万用表测  $V_{OO}$ .

任务2. 用示波器测正弦电压增益  $A_v$ .

任务3. 定性绘制  $f-A_v$  曲线, 测  $f_H$  使  $A_v = \frac{A_{vm}}{\sqrt{2}}$

## 模拟减法器



# 集成运算电路

2018011365 计 84 张鹤潇

## 一、 实验数据与分析

### 任务 1. 反相比例放大电路的特性测试

#### 1. 直流传输特性

$$V_{I1} = -1.07 \text{ V}$$

$$V_{OH} = 10.72 \text{ V}$$

$$V_{I2} = 1.10 \text{ V}$$

$$V_{OL} = -11.30 \text{ V}$$

$$V_{OO} = 12.0 \text{ mV}$$

理论直流电压增益 $A_{V_{理论}} = -\frac{R_F}{R_1} = -10$ ，与 $\frac{V_{OH}}{V_{I1}}$ 和 $\frac{V_{OL}}{V_{I2}}$ 大致相等；

$V_{OH}$ 和 $V_{OL}$ 略小于理论最大输出电压 $\pm 12 \text{ V}$ 。

#### 2. 交流电压增益

$$A_V = -9.44$$

比 $-10$ 略小；且观察到输入输出电压的相位差明显小于 $180^\circ$

#### 3. 幅频特性

$$f_H = 125.00 \text{ kHz}$$

### 任务 2. 模拟减法器

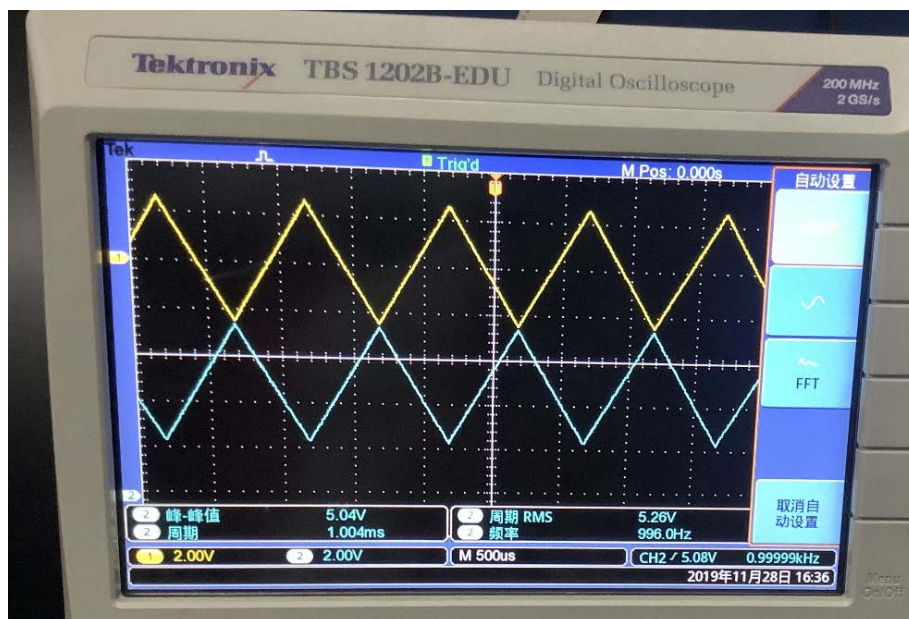


图 1  $v_{I1}$  (黄线)和 $v_O$  (蓝线)的波形图

理论分析如下，在模拟减法器电路中，

$$v_o = -\frac{R_F}{R_1}v_{I1} + \frac{R_2}{R_2 + R_3}\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)v_{I2}$$

在本实验中， $R_F = R_1 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 9.1\text{ k}\Omega$ ,

$$v_o = v_{I2} - v_{I1}$$

$v_{I1}$ 是5 Vpp, 1 kHz的三角波， $v_{I2}$ 是5 V直流信号， $v_o$ 应与 $v_{I1}$ 振幅相同且反相，与实验结果相符。

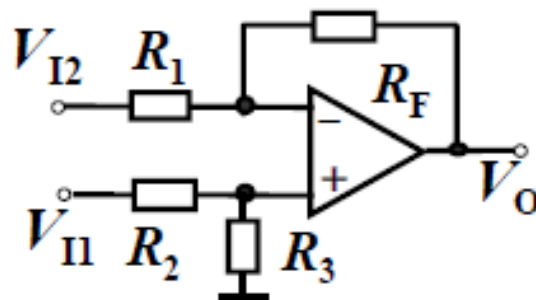


图2 模拟减法器电路图

## 二、 误差分析

实验中可能的误差来源如下：

- 示波器，万用表本身测量精度带来的误差；
- 导线电阻或导线接触不良，接触位置不同带来的误差；
- 示波器调节不准确，或未等其完全稳定就记录数据带来的误差；

## 三、 思考题

1. 在放大电路中，电路输出端直接驱动电阻为  $8\ \Omega$  的负载可以吗？为什么？

不可以。由于电路闭环输出电阻极小，而运放的最大输出电流有限，所以测量输出电阻时所加负载电阻不得小于  $500\ \Omega$ 。如果直接驱动  $8\ \Omega$  的负载，可能会损坏运放。

2. 在同相比例放大电路中，设集成运放的最大输出电压为  $\pm 12\text{ V}$ ，转换速率  $S_R \approx 0.5\text{ V}/\mu\text{s}$ ，输入  $1\text{ kHz}$  正弦信号，其最大不失真输出的电压幅度是多少？为了使最大不失真输出电压的幅度达到  $8\text{ V}$ ，信号的最高频率是多少？

理论计算如下。记输入信号  $U_I = U_m \sin \omega t$ ，输出信号  $U_O = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)U_I = 11U_m \sin \omega t$

$$\frac{\partial U_o}{\partial t} = 11\omega U_m \cos \omega t, \quad \left| \frac{\partial U_{in}}{\partial t} \right| \leq 11\omega U_m = 22\pi f U_m, \quad \text{恰好不失真时,}$$

$$22\pi f U_m = S_R$$

输入信号  $f = 1 \text{ kHz}$  时,  $U_m = \frac{S_R}{22\pi f} = 7.23 \text{ V} < 12 \text{ V}$ , 最大不输出失真电压为  $7.23 \text{ V}$ ;

为使  $U_m = 8 \text{ V}$ ,  $f_m = \frac{S_R}{22\pi U_m} = 904 \text{ Hz}$ .

3. 在反向比例放大电路中, 电阻  $R_1$  的取值不可能太小 (如几十欧姆), 为什么?

输入电阻  $R_{if} = R_1$ , 如果  $R_1$  太小, 会使输入电阻过小, 在这种情况下, 电路受信号源内阻, 噪声和温漂等因素的影响会很大, 无法满足实验要求。

#### 四、 实验结论

1. 当  $V_{I1} < v_I < V_{I2}$  时, 反相比例放大电路的直流传输特性为一倾斜直线,  $v_o$  随  $v_I$  线性变化; 而  $v_I < V_{I1}$  或  $v_I > V_{I2}$  时,  $v_o$  不随  $v_I$  变化而改变, 运放进入正向或负向饱和状态, 此时,  $v_o$  的值为正(反)向最大输出电压  $v_{OH} (V_{OL})$ ;
2. 实际运放存在失调, 即  $v_{OO} \neq 0$ ; 其正、反向最大输出电压也小于理论值。
3. 随着输入正弦信号频率的增加, 反向比例放大电路的增益会减小, 输入输出电压的相位差也会由  $180^\circ$  逐渐降低; 增益减小为低频电压增益的  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  时对应的频率为转折频率;
4. 利用运放可以搭建模拟减法器电路, 其输出是  $v_{I1}, v_{I2}$  的线性组合, 具体形式与  $R_1, R_2, R_3, R_F$  的值有关。

#### 五、 总结反思

本次实验是我第二次模电实验。与上一次实验相比, 我们在连接电路和使用仪器时更加熟练; 虽然发生了两次接线错误的问题, 但经过冷静分析和快速排查, 我们迅速地修正了错误, 以最快的速度完成了本次实验。在此特别感谢助教和老师的耐心指导。

5号

张鹤清

乐阳

201801265

2018011359

任务1.

$$V_{L2} = 1.1V$$

$$V_{DL} = -11.30V$$

$$V_{I1} = 1.07V$$

$$V_{OH} = 10.72V$$

$$V_{OO} = 12.0mV$$

任务2.

$$V_O = 1.02V$$

$$A_v = -9.44$$

$$V_{I1} = 108mV$$

任务3.

$$f_H = 125.00kHz$$

仪器:

示波器 15016636

万用表

信号发生器

电子学基础实验箱

直流电源

开始时间:

结束时间:

张鹤清