

浙江大学

本科实验报告

课程名称：电子电路设计实验 1

姓 名：

学 院：信息与工程学院

系：

专 业：电子科学与技术

学 号：

指导教师：李锡华、叶险峰、施红军

2019 年 12 月 16 日

浙江大学实验报告

专业： 电子科学与技术

姓名：

学号：

日期： 2019/12/16

地点： 东 4

课程名称： 电子电路设计实验 1 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（I） 实验类型： 设计型 同组学生姓名： 陈健

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 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、实验步骤与过程

六、实验调试、实验数据记录

七、实验结果和分析处理

八、讨论、心得

一、实验目的

- 1、研究由集成运放构成的比例、加法、减法等基本运算电路的组成与功能，加深对集成运放线性应用电路结构和性能特点的理解，掌握其设计方法。
- 2、研究放大电路增益带宽积与单位增益带宽的关系。
- 3、了解运算放大器构成的基本运算电路在实际应用时的局限性和应考虑的问题。

二、实验理论基础

1、集成运放概述

高电压增益、高输入电阻、低输出电阻、直接耦合的多级放大集成电路。

由于集成运放具有极高的差模电压增益，要使其稳定工作于线性区，必须加深度负反馈，否则它将工作于饱和区或非线性状态。

在分析或设计集成运放构成的电路时，通常可认为运放是“理想的”：

输入阻抗 $R_i = \infty$ 开环差模电压增益 $A_{vd} = \infty$

输出阻抗 $R_o = 0$ 共模抑制比 $CMRR = \infty$

带宽 $BW = \infty$ 失调、温漂等均为零

2、理想运放在线性应用时的两个重要特性

（1）“虚短”： $V_+ = V_-$

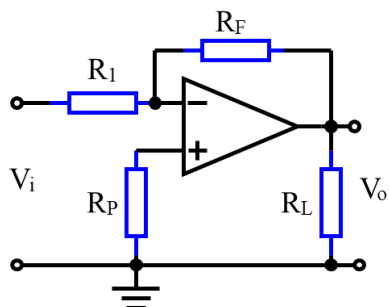
即运放的两个输入端的电位“无限”接近，就象短路一样，但不是真正的短路---虚短。

（2）“虚断”： $I_+ = 0$ 、 $I_- = 0$

即运放的两个输入端的偏置电流趋于 0，就象断路一样，但不是真正的断路---虚断。

3、基本运算电路

（1）反相比例放大器（电压并联负反馈）



$$\text{放大倍数 } A_v = -\frac{R_F}{R_1}$$

$$\text{输入电阻 } R_i = R_1$$

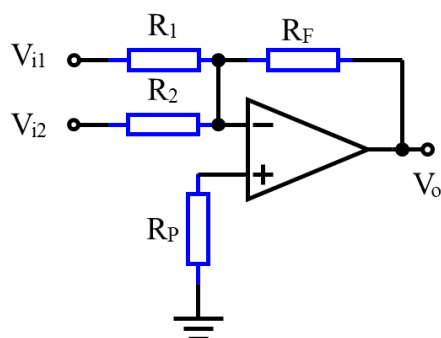
$$\text{输出电阻 } R_o = 0$$

$$R_P = R_F \parallel R_1$$

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1} V_i \quad \text{输出与输入成比例关系}$$

实验名称：集成运算放大器应用电路研究（I）

（2）反相权重加法器



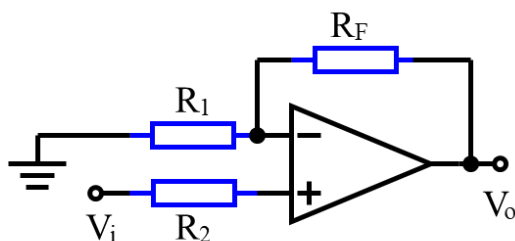
$$R_P = R_F || R_1 || R_2$$

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

$$\text{若 } R_1 = R_2, \text{ 则 } V_o = -\frac{R_F}{R_1} (V_{i1} + V_{i2})$$

$$\text{若 } R_1 = R_2 = R_F, \text{ 则 } V_o = -(V_{i1} + V_{i2})$$

（3）同相放大器



$$\text{放大倍数 } A_V = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

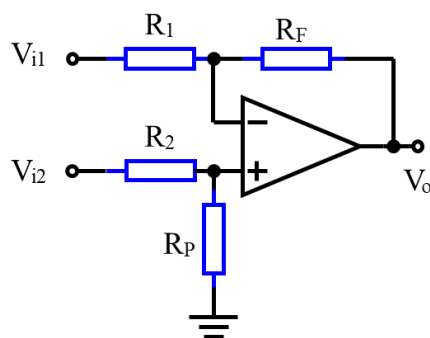
$$\text{输入电阻 } R_i = \infty$$

$$\text{输出电阻 } R_o = 0$$

$$R_2 = R_F || R_1$$

$$\text{若 } R_1 = \infty, \text{ 则 } V_o = V_i, \text{ 电压跟随器}$$

（4）差动放大器（减法器）



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

$$\text{若 } R_1 = R_2, R_F = R_P$$

$$\text{则 } V_o = \frac{R_F}{R_1} (V_{i2} - V_{i1})$$

三、实验任务和要求

1、反相放大器设计研究

（1）设计一反相放大电路，要求 $R_i = 10\text{K}\Omega$ ， $|A_V| = 10$ 。

（2）安装该电路，加 1kHz 正弦信号，研究输入、输出信号的幅度、相位关系。输入信号幅度自定。

2、设计并安装一个算术运算电路，要求实现：

$$\text{A、 } V_o = -(V_{i1} + 0.5V_{i2})$$

$$\text{B、 } V_o = V_{i1} - V_{i2} \quad (\text{A、B 选做一个})$$

V_{i1} 用直流、 V_{i2} 用正弦信号在合适的幅度和频率范围内，进行验证并记录波形及参数。

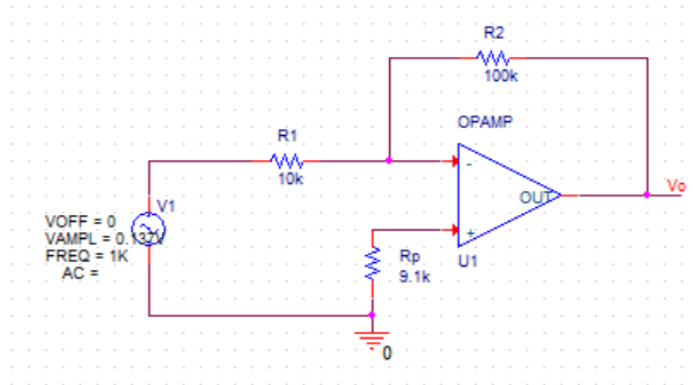
3、增益带宽积研究

实验名称： 集成运算放大器应用电路研究（I）

四、实验过程与数据处理及记录

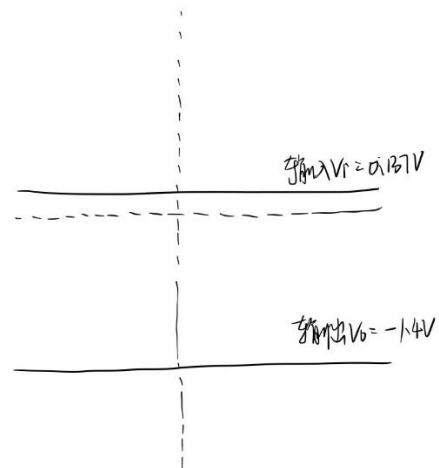
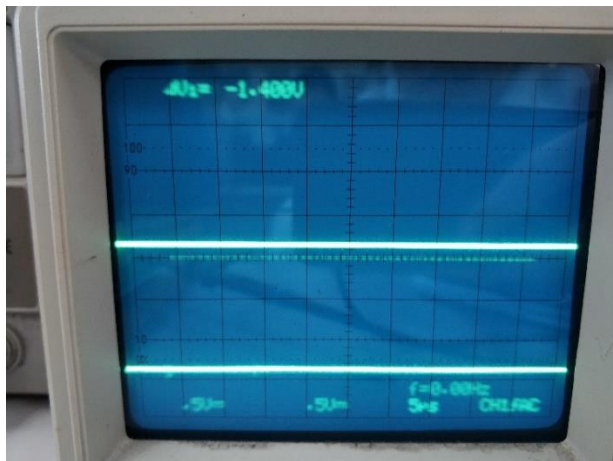
1、反相放大器设计研究

（1）实验电路设计



元件值： $R_1=10k\Omega$, $R_2=100k\Omega$, $R_p=9.1k\Omega$

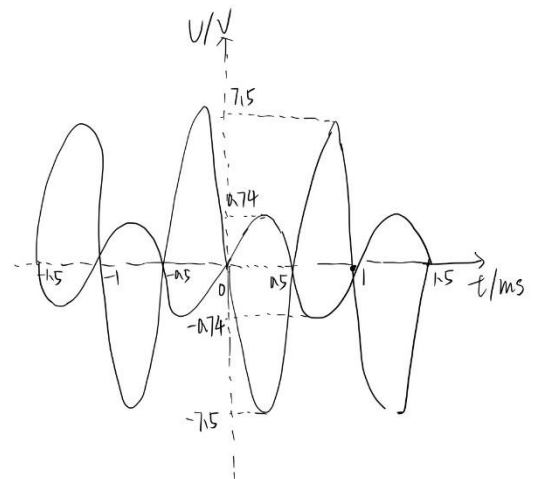
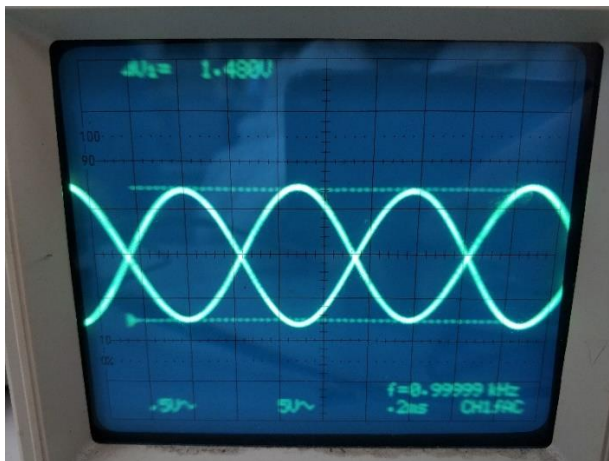
（2）一组直流



输入 $V_i=0.137V$ ，输出 $V_o=-1.4V$ ，两者关系约为 $V_o/V_i \approx -10$ ，图中可以看出输入输出反相。

（3）两组交流

A、无衰减



实验名称： 集成运算放大器应用电路研究（I）

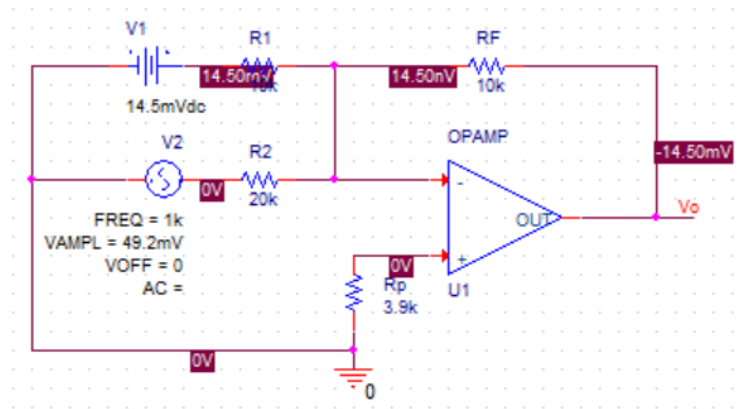
输入电压峰峰值 1.48V，输出电压峰峰值 15.00V，增益约为 10，信号周期为 1ms，图中可以看出输入输出反相

B、40dB 衰减

此模式下，输入电压峰峰值 15.60mV，输出电压峰峰值 152.0mV，仍约为 10 倍关系。

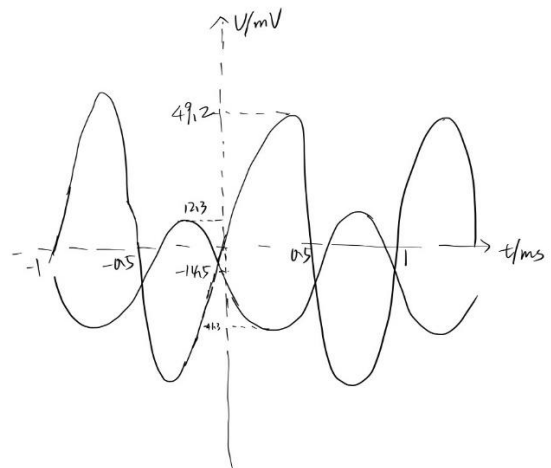
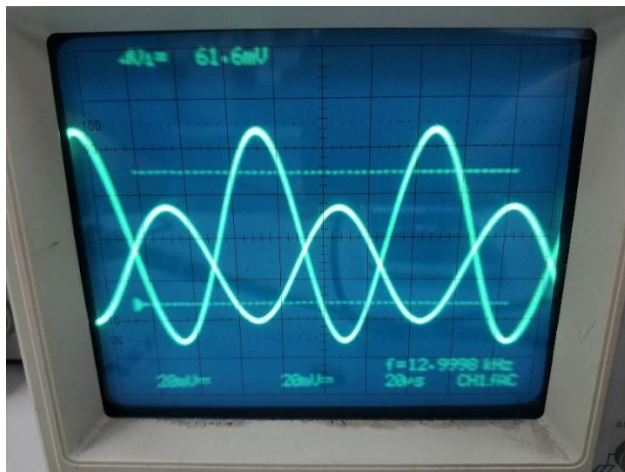
2、设计并安装一个算术运算电路，要求实现： $V_o = -(V_{i1} + 0.5V_{i2})$

（1）实验电路设计



元件值： $R_1=10k\Omega$ ， $R_2=20k\Omega$ ， $R_F=10k\Omega$ ， $R_P=3.9k\Omega$

（2）数据记录

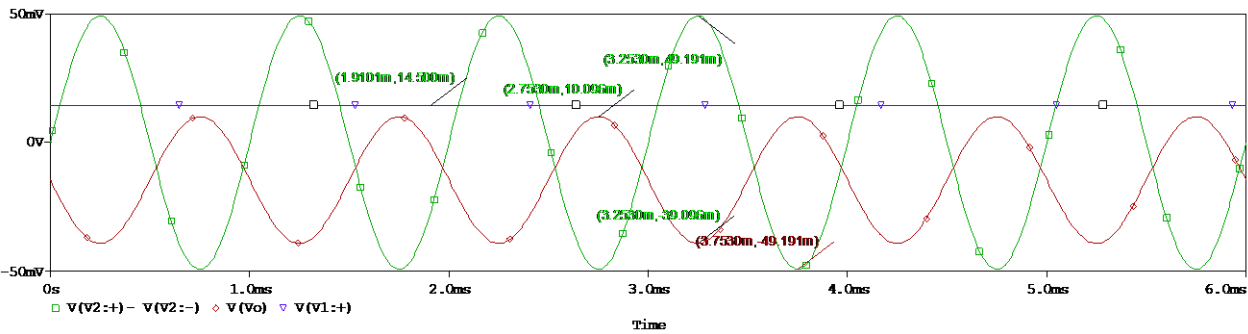


输入交流信号 V_{i2} 峰峰值 98.4mV，输入直流信号 V_{i1} 为 14.5mV，输出电压峰峰值 53.6mV，基本上为 0.5 倍关系，信号周期为 1ms，图中可见输入输出反相。

（3）仿真

设置时域扫描，仿真结果如下：

实验名称：集成运算放大器应用电路研究（I）



图中可见输入 V_{i2} 峰峰值 98.382mV，输入 V_{i1} 为 14.5mV，信号周期为 1ms，输出电压峰峰值 49.192mV，为 0.5 倍关系，且输入输出反相。
仿真结果与设计结果相符，与测试结果相比，测试出来输出电压峰峰值偏大。

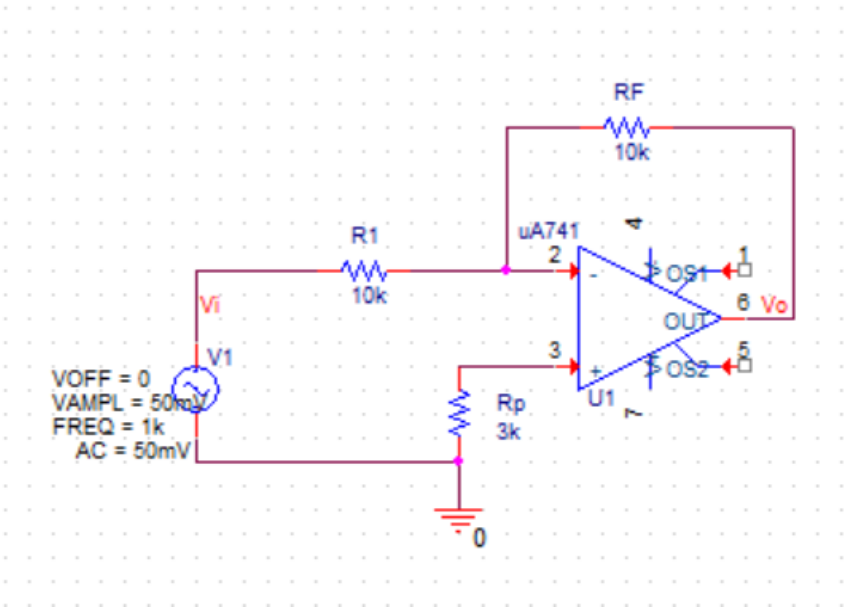
3、增益带宽积研究

(1) 实验测试结果

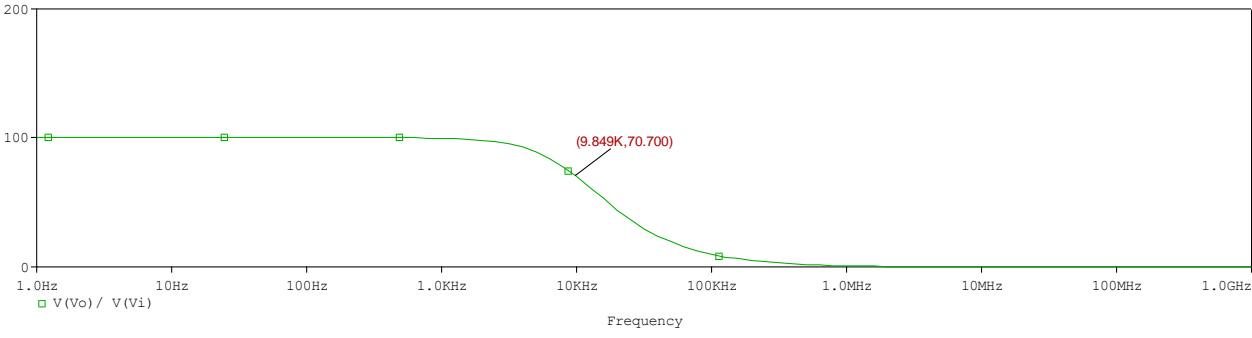
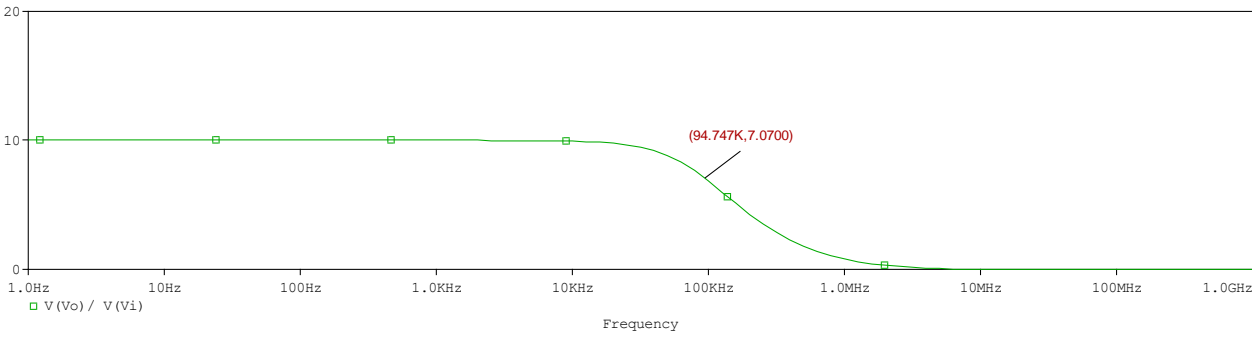
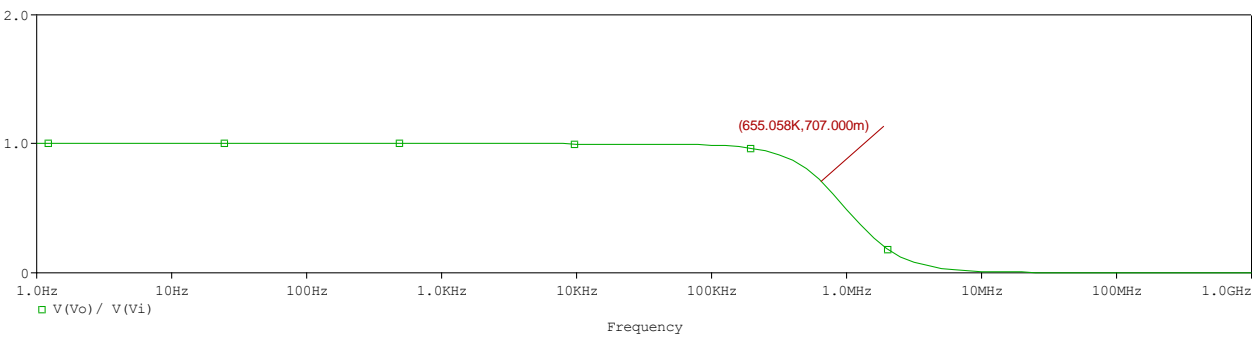
	R_f	R_1	A_v	BW	$A_v \cdot BW$
1	10k Ω	10k Ω	1	720k	720k
2	100k Ω	10k Ω	10	100k	1000k
3	1M Ω	10k Ω	100	13k	1300k

分析：随着 R_f 增大，增益带宽积逐渐增大，范围在 720k-1300k 左右。虽然三次测试增益带宽积基本在一个数量级，但是误差较大。除放大器本身原因外，猜测是因为示波器显示波形太宽，读数上误差较大。

(2) 仿真（放大器为 uA741）



实验名称： 集成运算放大器应用电路研究（I）



	R_f	R_1	A_v	BW	$A_v \cdot BW$
1	$10k\Omega$	$10k\Omega$	1	655.058k	655.058k
2	$100k\Omega$	$10k\Omega$	10	94.747k	947.47k
3	$1M\Omega$	$10k\Omega$	100	9.849k	984.9k

分析：仿真结果可见，增益带宽积在 1000k 左右。第一组数据明显较其他两组小，可能是因为运放不是理想运行，存在输出电阻。当 R_F 增大，这种影响变小。

五、讨论与心得

这次实验我们组差点把电路板烧坏了，先跟老师说声对不起，当时光顾着看 PPT 上的连线了，无意

实验名称： 集成运算放大器应用电路研究（I）

间就把 VCC 和-VCC 连在一起短路了，自己都没发现错误。这次实验让我懂了电路不能乱接，一定要看清楚元件之间的关系再搭电路，这次可能是差点烧坏板子，如果再这么不仔细以后可能就会造成重大错误。

这次实验我们组做的依旧很慢，很多东西真的都不懂，都得问同学和老师，不过做实验本身就是一个不断进步的过程，希望下次实验能比这次进步一点点。

这次运放的设计可以说帮我复习了一下理论课的知识，在做这次实验之前其实运放的知识忘记的差不多了，因此上实验课前还去复习了一下之前学过的东西，上实验课则加深了一下理解，也知道了如何用电路来实现计算。感觉还是很有收获的吧！