

实验 04 集成运算放大器的线性应用

实验学生个人信息栏

课序号： 02 班级： 软 2104 学号： 20212241107 姓名： 季虎威

实验 04 得分：

实验教师（签字）：

一、实验目的及内容概述

一、我使用仿真软件 Proteus 8，成功构建了基于集成运放的反相加法和比例放大电路并开展相关实验。在实验中，我通过使用虚拟数字示波器中的 cursor 功能获取交直流混合输入电压信号 U_i 的值和输出电压信号 U_o 的值。然后结合公式 $A_u = U_{ipp}/U_{opp}$ 推算出使输出信号 U_o 发生饱和失真和截止失真的输入信号 U_i 。进而通过改变 U_i 的值，获得输出信号 U_o 饱和与截止失真的波形图。

二、我使用仿真软件 Proteus 8，成功构建了基于集成运放的滤波器电路并开展相关实验。在实验中，通过不断改变输入信号的频率值，获得不同频率的 1V 输入电压对应的输出电压 U_{opp} 的值，结合公式 $A_u = U_{ipp}/U_{opp}$ 计算出电压放大倍数 A_u 。对获得的多组实验数据使用 MATLAB 绘图的方法，绘出此滤波器的幅频特性曲线，进而研究滤波电路的幅频特性。

二、实验设备与器件

实验设备：计算机

实验软件：Proteus 8、MATLAB、EXCEL

实验器件：

实验 1：基于集成运放的反相加法和比例放大电路设计

元件标识符	元件名称	模式
R1/R2/R3/Rf/	电阻	元件模式
RV1	电位器	元件模式
SW1	单刀双掷开关（SW-SPDT）	元件模式
U1:A	集成运放芯片 TL082	元件模式
Vsin	函数信号发生器	激励源模式
无	直流电源 $\pm 15V$ 、 $\pm 5V$ （POWER）	终端模式
无	地线（GROUND）	终端模式
无	直流电压表	虚拟仪器模式
无	数字示波器	虚拟仪器模式

实验 2：基于集成运放的滤波器电路设计

元件标识符	元件名称	模式
R1/R2/R3	电阻	元件模式
C1	0.01 μF 电容	元件模式
U1:A	集成运放芯片 TL082	元件模式
Input Signal	函数信号发生器	激励源模式

VD1	直流电压表	虚拟仪器模式
无	地线（GROUND）	终端模式
无	直流电源±15V（POWER）	终端模式
无	数字示波器	虚拟仪器模式

三、实验过程及结果分析

实验一、基于集成运放的反相加法和比例放大电路设计

3.1.1 电路原理图的设计

首先，结合学习资料构建了“基于集成运放的反相加法和比例放大电路”的电路原理图。原理图如附图 4.1 所示。

对于反相加法电路可以使用叠加原理进行计算。

只考虑交流输入时： $U_{o1} = -\frac{R_F}{R_1} U_i$ ，

只考虑直流输入时， $U_{o2} = -\frac{R_F}{R_2} U_{IN}$ ，

因此 $U_o = U_{o1} + U_{o2} = -\frac{R_F}{R_1} U_i - \frac{R_F}{R_2} U_{IN}$ 。应代入数值

无4K电阻

应取3.9k

对于平衡电阻 R_3 ，结合模拟与数字电路知识可得， $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_f}$ ，计算得 $R_3 = 4K \Omega$

3.1.2 输入信号与输出信号的测量

然后进行仿真调试，通过虚拟数字示波器的 Cursor 功能测量出输入信号 U_i 、输出信号 U_o 波形图中波峰、波谷、中间点的电压值以及输入输出信号的频率。所得数据如下表所示：

	周期 T/ms	频率 f/Hz	电压最大值 Umax/V	电压最小值 Umin/V	幅值/V	放大倍数 Au
输入信号 U_i	10.00	100.00	1.00	-1.00	2.00	2.00
输出信号 U_o	10.00	100.00	4.10	0.10	4.00	

具体测量值见附图 4.2 反相加法与比例放大电路交流输入信号与输出信号的测量。

3.1.3 输出信号 U_o 波形的饱和与截止失真的实现

使用电压放大倍数求解公式 $A_u = U_{opp}/U_{ipp}$ 求得截止失真和饱和失真对应的输入电压值。结合模拟与数字电路中所学知识可知集成运放输出电压得峰值有一定限制，如 F007 集成运算放大器的最大输出电压为±13V。所以当根据公式 $U_{opp} = A_u \times U_{ipp}$ 算得的 U_{opp} 超过集成运算放大器所能提供的最大电压时便会发生失真。

此电路交流输入电压初始值为±2V，直流输入电压为±5V，所以经 $A_u = 2$ 的集成运放输出的电压最大范围为±14V，接近±13V，失真效果可能不明显，故我们需要调高交流输入电压值，此次实验中我将交流输入电压值调为了±5V。此时输出电压的最大范围为±20V。

饱和失真：当直流电压值被调为+5V，交流电压被调为 5V 时，结合公式 $U_{opp} = A_u \times U_{ipp} = 2 \times (5+5)V = 20V$ ，所以波峰电压值为 20V > 13.45V，故发生饱和失真。

截止失真：当直流电压值被调为-5V，交流电压被调为-5V 时，结合公式 $U_{opp} = A_u \times U_{ipp} = 2 \times (-5-5)V = -20V$ ，所以波谷电压值为 -20V < -13.45V，故发生截止失真。

具体失真波形图见附图 4.3。

失真的根本原因
是什么?!!

实验二、基于集成运放的滤波器电路设计

3.2.1 电路原理图的设计

首先，结合学习资料构建电路仿真原理图。电路仿真原理图见附图 4.4。

3.2.2 不同频率下 1V 输入电压对应的输出电压测量与幅频特性曲线的绘制

然后通过不断改变输入电压信号的频率值，进行仿真调试，利用虚拟数字示波器的 Cursor 功能测量输入电压 U_i 、输出电压 U_o 的值，进而使用电压放大倍数计算公式 $A_u = U_{opp}/U_{ipp}$ 求得电压放大倍数。所得数据如下表：

频率 f/Hz	输入信号幅值 U_{ipp}/v	输出信号幅值 U_{opp}/v	放大倍数的模 $ A_u = U_{opp}/U_{ipp}$
1	1	1.5	1.5
10	1	1.5	1.5
50	1	1.5	1.5
100	1	1.5	1.5
200	1	1.5	1.5
500	1	1.35	1.35
700	1	1.26	1.26
1000	1	1.1	1.1
2000	1	0.7	0.7
5000	1	0.35	0.35
7000	1	0.23	0.23
10000	1	0.155	0.155
20000	1	0.08	0.08
50000	1	0.0315	0.0315
70000	1	0.022	0.022
100000	1	0.016	0.016

使用 MATLAB 对表中实验数据进行处理绘得滤波器幅频特性曲线图见附图 4.5。结合附图 4.5 和模拟与数字电路理论知识可知，此滤波器为有源低通滤波器。

四、实验总结、建议和质疑

本次实验搭建了基于集成运放的反相加法放大电路和反相比例放大电路。结合虚拟数字示波器对输入信号 U_i 、输出信号 U_o 的各项指标进行了测量，结合模拟与数字电路理论课程的知识成功的实现了饱和失真和截止失真情况下的输出电压 U_o 的波形图，对集成运放的最大输出电压和电压放大倍数有了更深的了解。然后构建了滤波电路，对多种频率输入电压下的电路进行了仿真模拟。

关于此次实验我认为有一点不好的就是滤波电路的仿真设计超出理论课程进度很多，尽管后期实验进行了延长，理论知识也进行了跟进，但是在使用起来还是略微有点吃力（可接受范围之内）。但整体来说，此次实验对自己的理论知识考察力度很大，自主能力的考察也很多，通过此次实验，感觉收获颇丰。

五、附录

附图 4.1 基于集成运放的反相加法和比例放大电路设计

附图 4.2 反相加法与比例放大电路交流输入信号与输出信号的测量

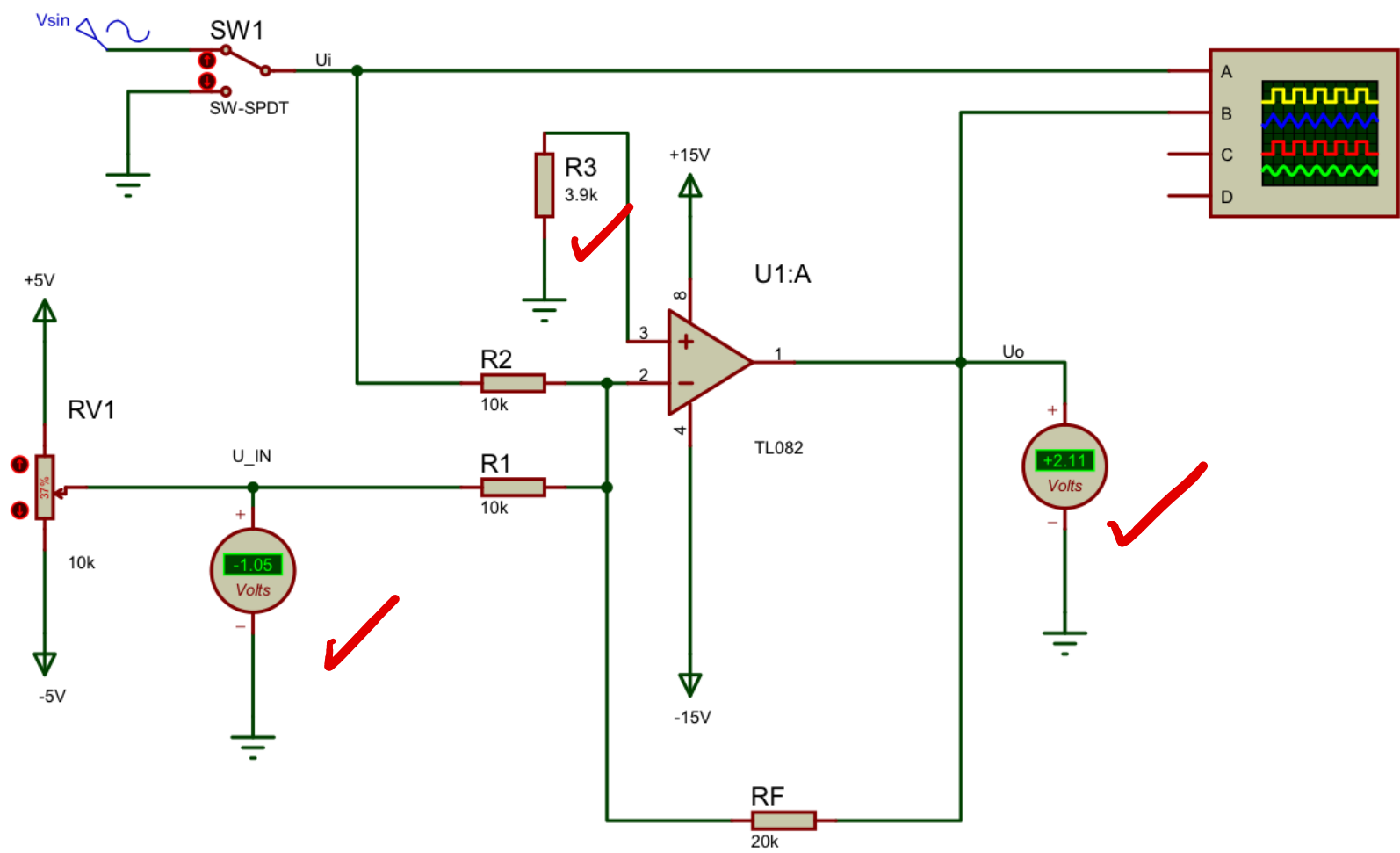
附图 4.3 反相加法与比例放大电路输出信号波形失真情况研究

附图 4.4 基于集成运放的滤波器电路设计

附图 4.5 基于集成运放的滤波器电路幅频特性图

附图4.1基于集成运放的反相加法和比例放大电路设计

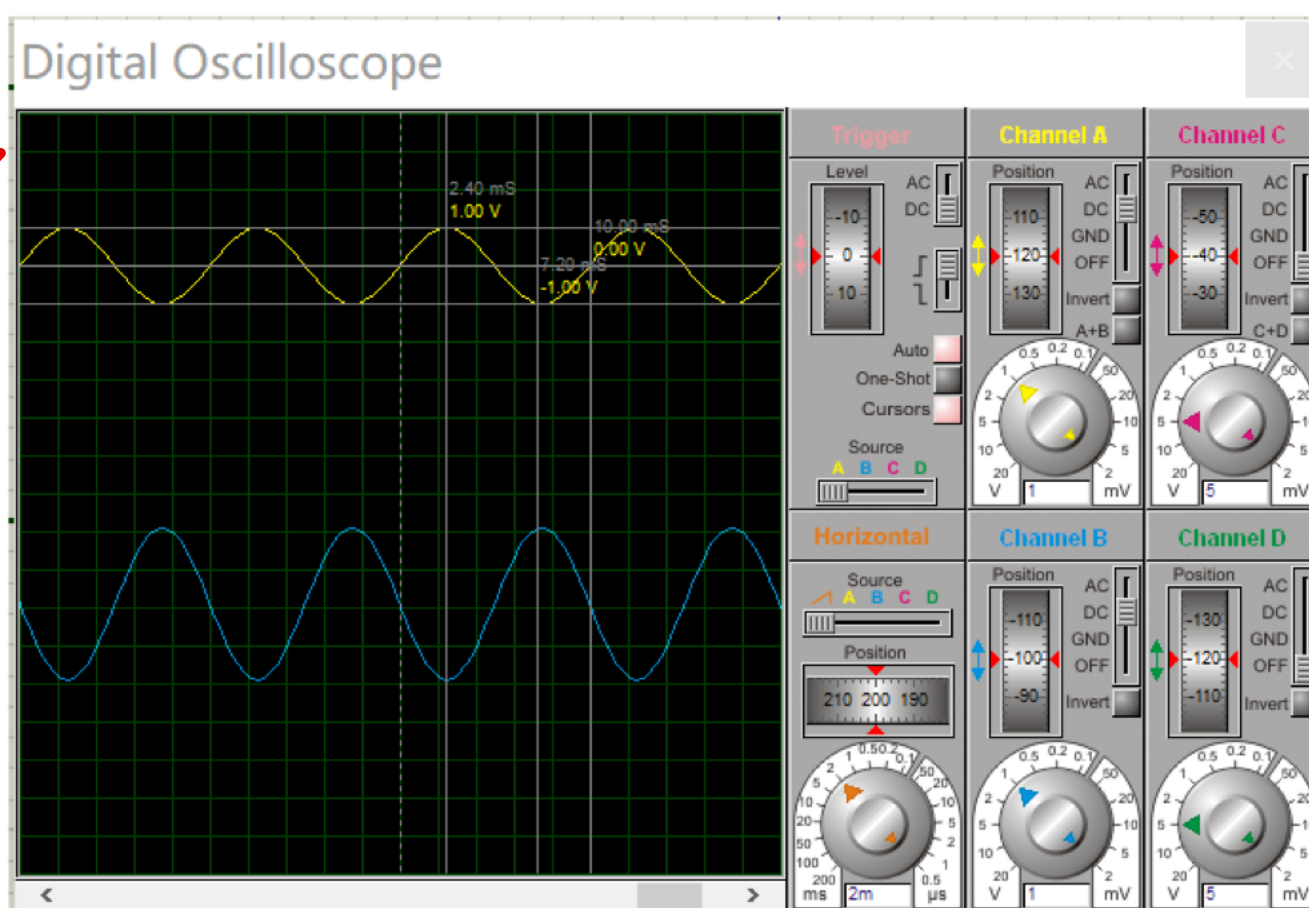
课序号： 02 班级： 软2104 学号： 20212241107 姓名： 季虎威



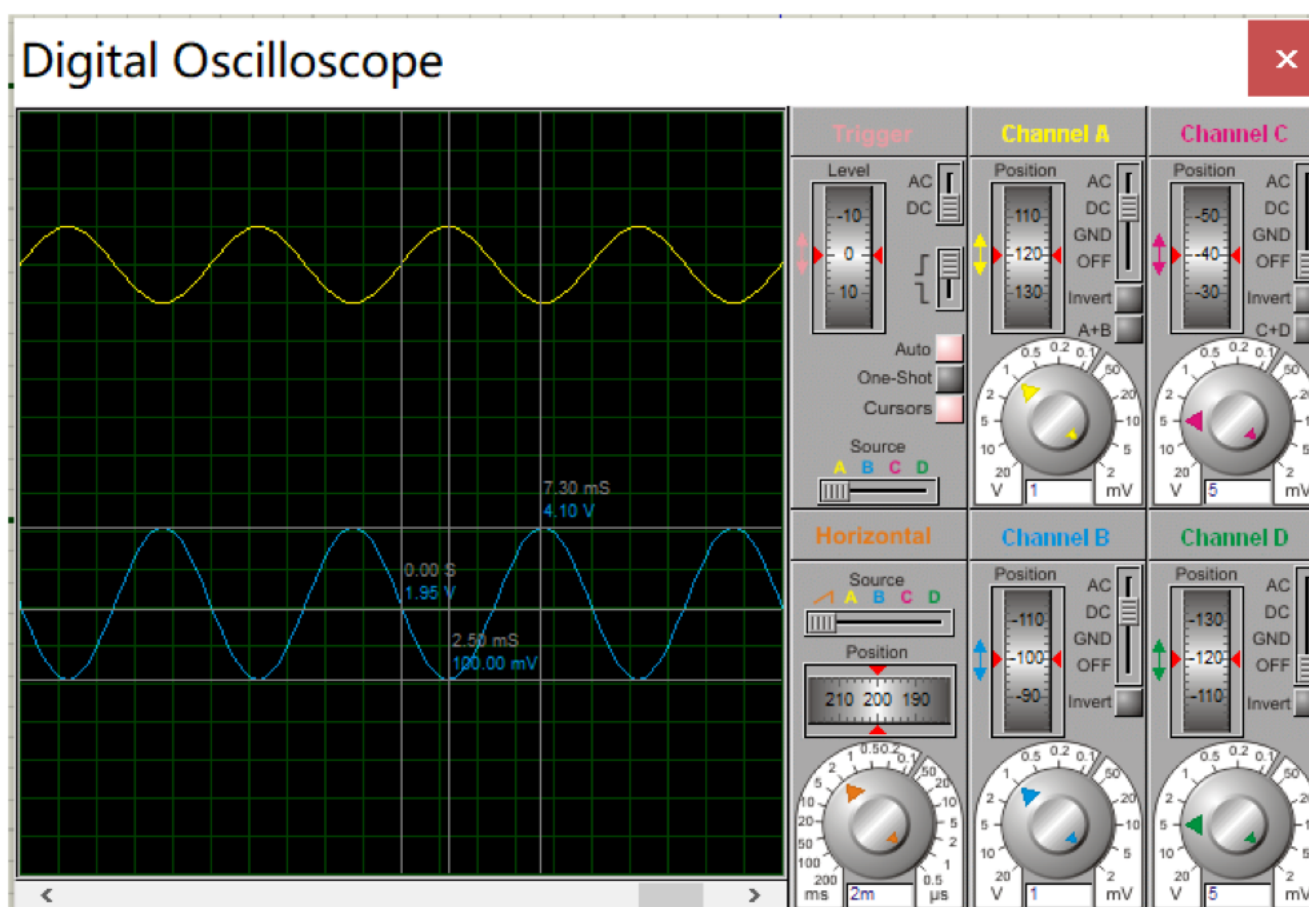
设计： 85×0.7

附图 4.2 反相加法与比例放大电路交流输入信号与输出信号的测量

(a) 交流输入信号 U_i 的时间和电压参数的测量图示

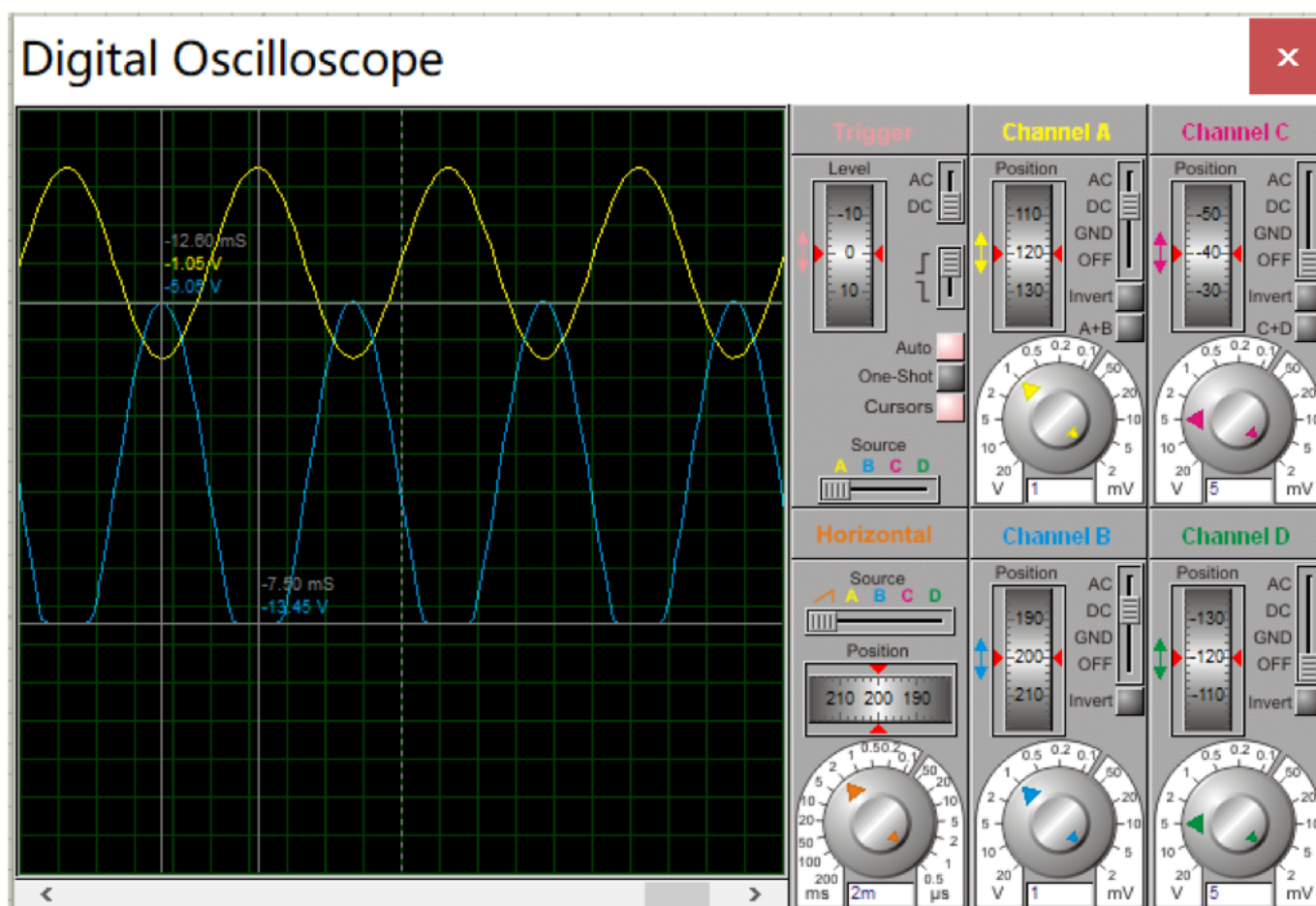


(b) 交流输入信号 U_o 的时间和电压参数的测量图示

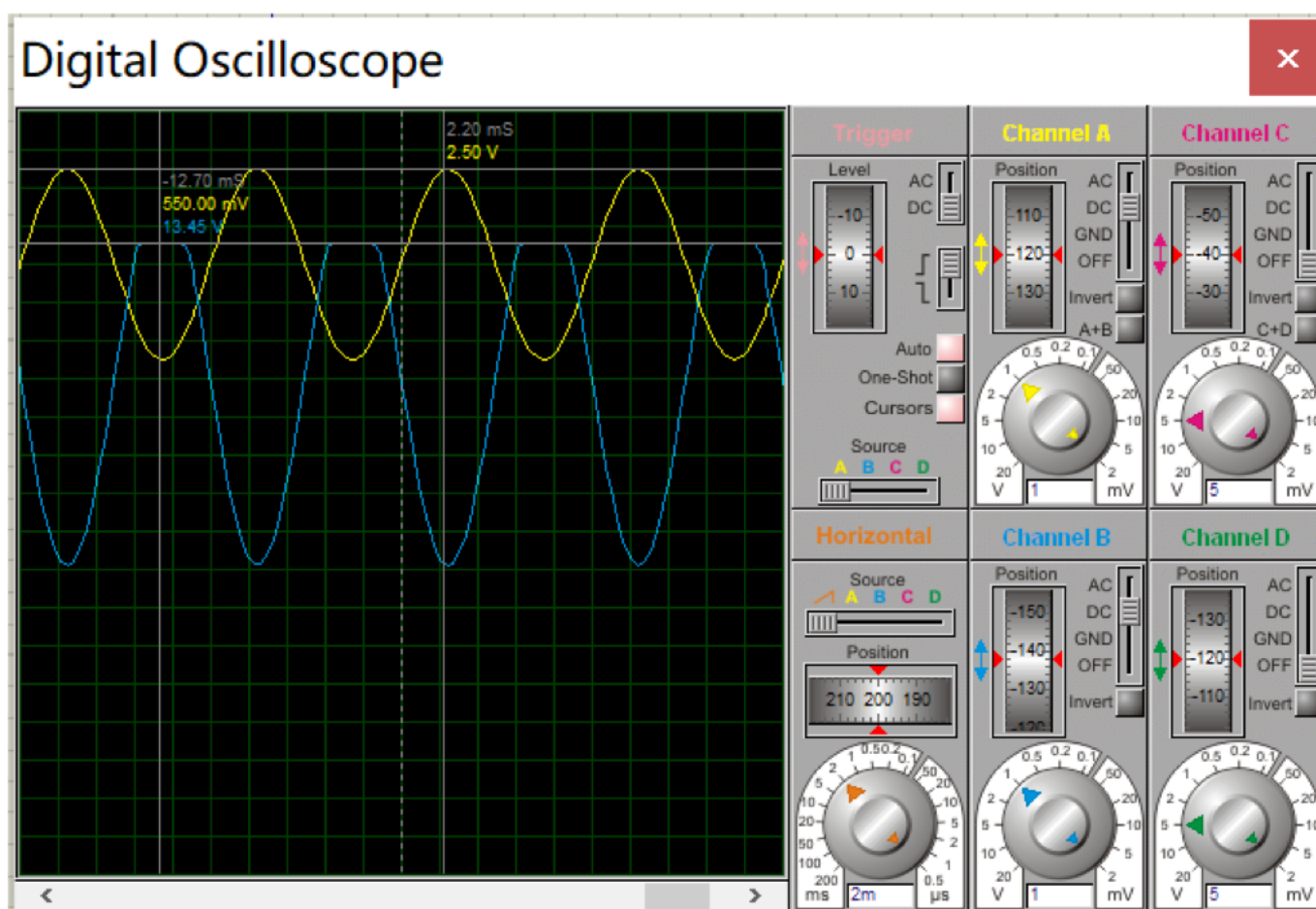


附图 4.3 反相加法与比例放大电路输出信号波形失真情况研究

(a) 输出信号 U_o 波形饱和失真（即波形底部被削平）图示

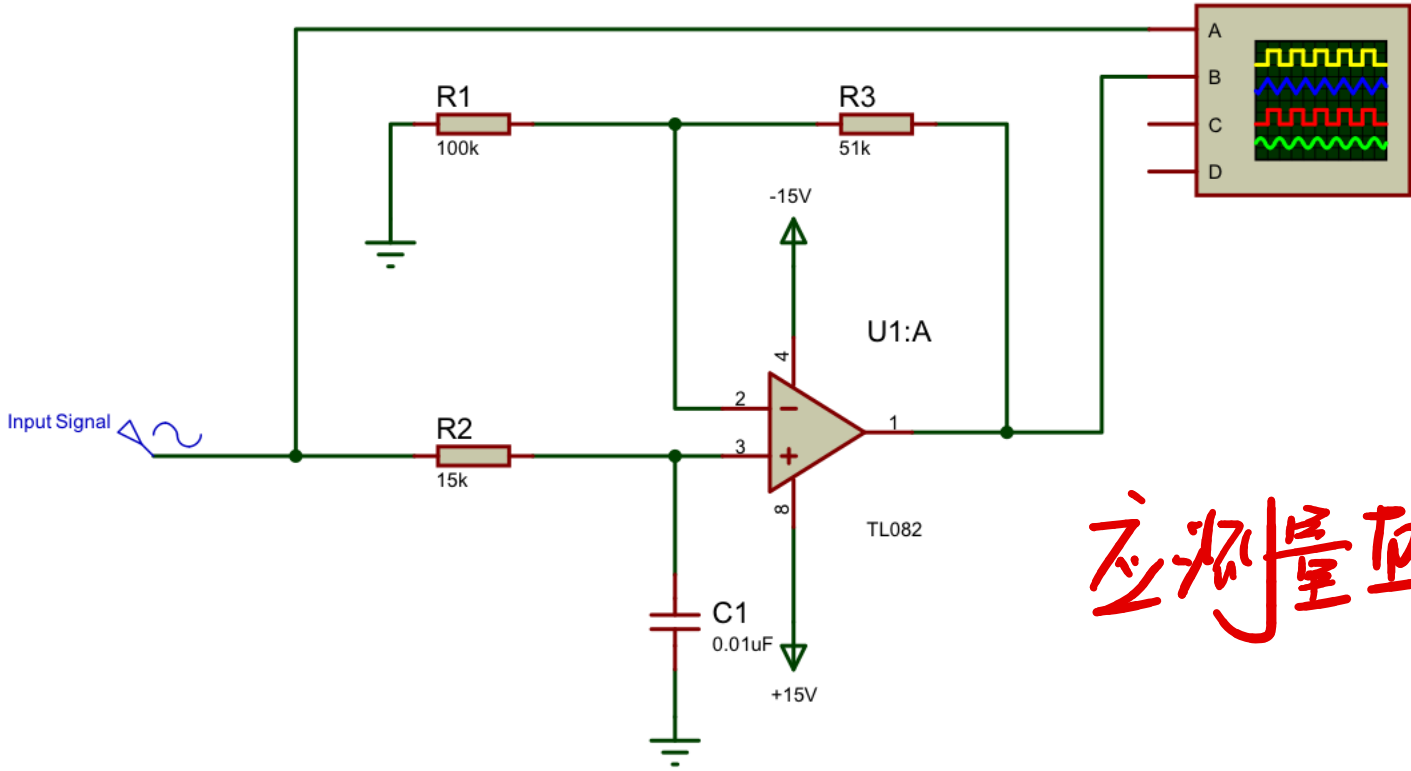


(b) 输出信号 U_o 波形截止失真（即波形顶部被削平）图示



附图4.4 基于集成运放的滤波器电路设计

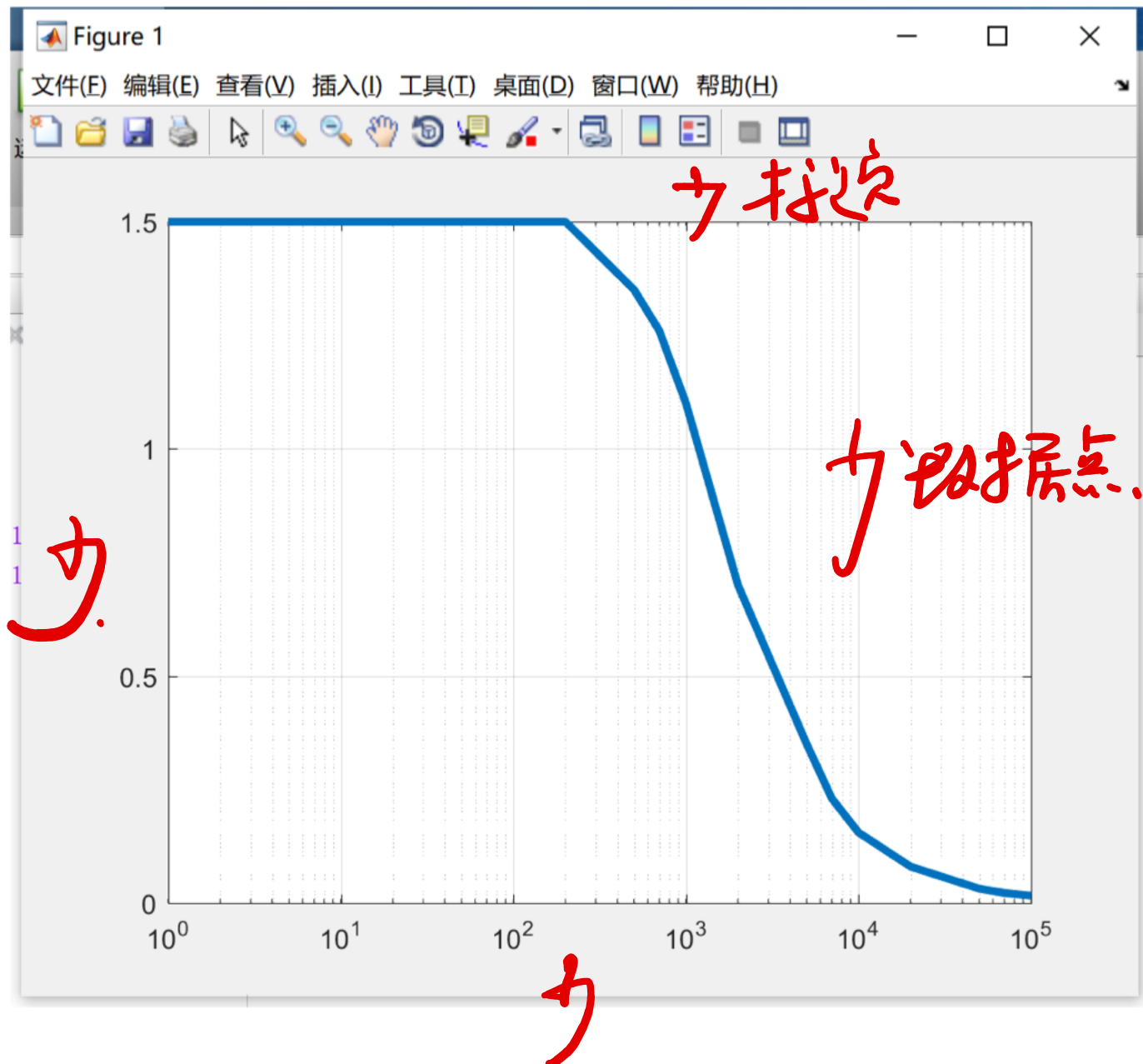
课序号： 02 班级： 软2104 学号： 20212241107 姓名： 季虎威



应测量直流状态

附图 4.5 基于集成运放的滤波器电路幅频特性图

1. 幅频特性曲线图



2. 源代码如下

%清空工作区

```
clear all;
```

%导入数据

```
[x]=xlsread('D:\Proteus\Proteus_work\EXP04_02_2104_20212241107.xlsx',1,'A2:A17');%表格所在路径
```

```
[y]=xlsread('D:\Proteus\Proteus_work\EXP04_02_2104_20212241107.xlsx',1,'D2:D17');
```

%绘图

```
slg=semilogx(x,y);
```

```
grid on;
```

%将第一个线条的宽度更改为 3

```
slg.LineWidth = 3;
```