

东南大学电工电子实验中心

实 验 报 告

课程名称: 模拟电子电路实验

第五次实验

实验名称: 音响放大器设计

院（系）：电子科学与工程 专 业：电子科学与技术

姓 名： 顾豪阳 学 号： 06220143

实 验 室: 实验组别:

同组人员: 实验时间: 2022 年 6 月 10 日

评定成绩: 审阅教师:

音响放大器设计

一、 实验目的

- 1. 掌握音响放大器的设计方法和调试方法；
- 2. 了解集成功率放大器内部电路工作原理，掌握其外围电路的设计与主要性能参数的测试方法。

二、 实验内容

设计一个音响放大器，性能指标要求为：

功能要求	话筒扩音、音量控制、混音功能、音调可调(选作)
额定功率	$\geq 0.5W$ (失真度 $THD \leq 10\%$)
负载阻抗	$10\ \Omega$
频率响应	$f_L \leq 50Hz$ $f_H \geq 20kHz$
输入阻抗	$\geq 20k\ \Omega$
话音输入灵敏度	$\leq 5mV$
音调控制特性(扩展)	1kHz 处增益为 0dB，125Hz 和 8kHz 处有 $\pm 12dB$ 的调节范围

1. 基本要求

功能要求	话筒扩音、音量控制、混音功能
额定功率	$\geq 0.5W$ (失真度 $THD \leq 10\%$)
负载阻抗	$10\ \Omega$
频率响应	$f_L \leq 50Hz$ $f_H \geq 20kHz$
输入阻抗	$\geq 20k\ \Omega$
话音输入灵敏度	$\leq 5mV$

2. 提高要求

音调控制特性 1kHz 处增益为 0dB，125Hz 和 8kHz 处有 $\pm 12dB$ 的调节范围。

3. 发挥部分

可自行设计实现一些附加功能

三、 电路设计

1. 实验要求：

(1) 根据实验内容、技术指标及实验室现有条件，自选方案设计出原理图，分析工作原理，计算元件参数。

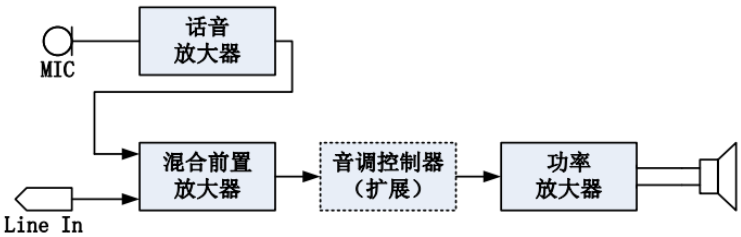
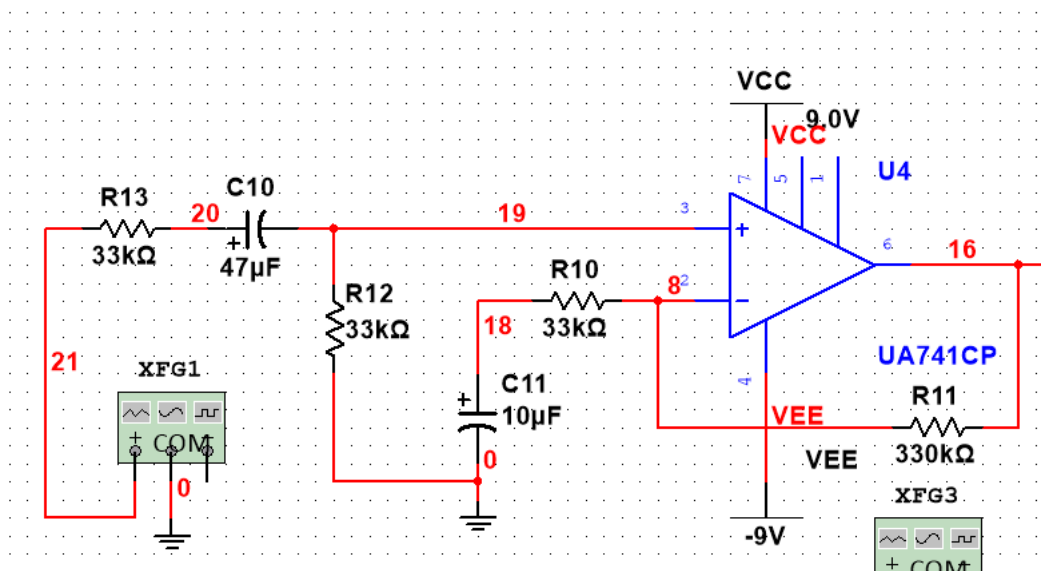


图 5.1 音响放大器原理框图

话音放大器：

由于话筒的输出信号一般只有 5mV 左右，而输出阻抗可能高达 20k（亦有低输出阻抗的话筒如 20Ω、200Ω 等），所以话音放大器的作用是不失真地放大声音信号（最高频率达到 20kHz），其输入阻抗应远大于话筒的输出阻抗。

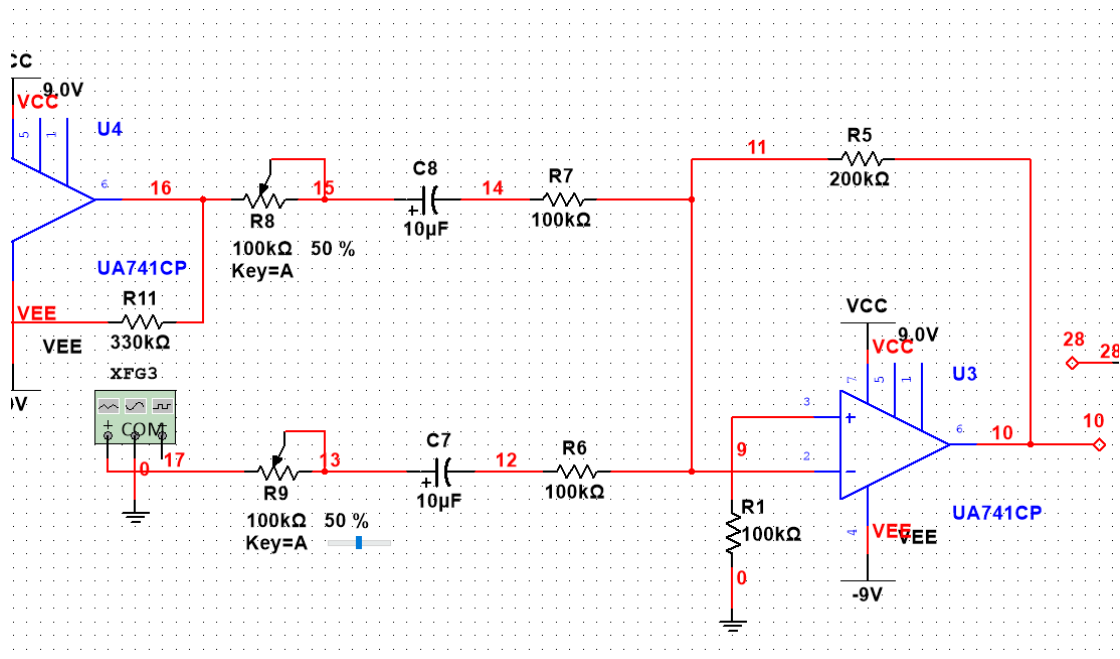
实际电路中，将反馈电阻更换成电位器，调节电位器，可以控制放大倍数。实际实验中，不免有高频噪声，需要适当加电容进行滤波。



混合前置放大器：

混合前置放大器的作用是将放大后的话音信号与 Line In 信号混合放大，起到了混音的功能（Line In 信号可以用一般的 MP3 输出）。

用方向加法器实现信号的叠加，实际的调试过程中，可以通过调节两输入信号接的电位器来调节语音与音频信号的相对大小，使得混音效果达到最佳。同样的，为减少噪声的影响，在信号输入与输出端口加上电容进行滤波。

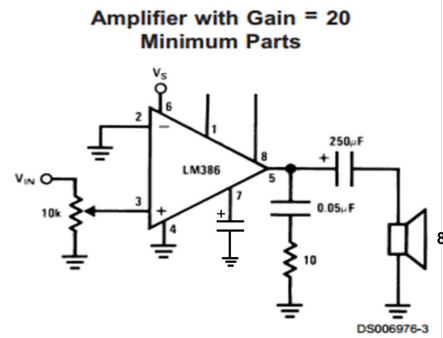


功放电路：

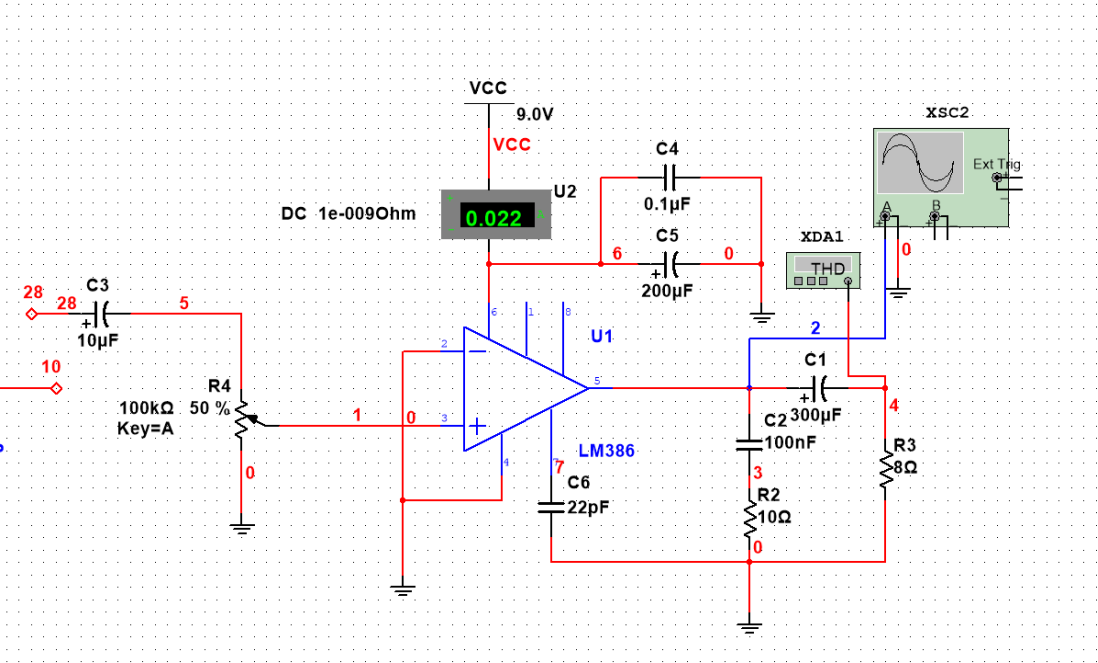
功率放大器（简称功放）的作用是给音响放大器的负载（扬声器）提供一定的输出功率。当负载一定时，希望输出的功率尽可能的大，输出信号的线性失真尽可能的小，效率尽可能的高。功率放大器的常用形式有 OTL 电路和 OCL 电路等。有用专用集成运算放大器和晶体管组成的功率放大器，也有专用集成电路功率放大器。

若采用器件手册中的实例，1、8 脚接外接电路，工作电压 V_S 为 12V，7 脚接 $10\mu F$ ，5 脚接 $47nF$ ， 10Ω ， $220\mu F$ ，负载为 8Ω 。

然而对于实际电路来说，需要加入电源去耦电路，来减小电源不稳定对功放电路工作产生的影响。



（器件手册中的功放电路）



音调调节：

音调控制器是控制和调节音响放大器的幅频特性，人为地改变信号中高、低频成分的比重，以满足听者的爱好、渲染某种气氛、达到某种效果、或补偿扬声器系统及放音场所音响的不足。音调控制电路一般应满足或尽量达到的幅频特性如图 5.3 所示。图中折线（实线）为理想的幅频特性，其中 f_0 为表示中音频率，一般取 1kHz，一个良好的音调控制电路，要有足够的高、低音调节范围，但又同时要求高、低音从最强到最弱的整个调节过程里，中音信号不发生明显的幅度变化，以保证音量大致不变。

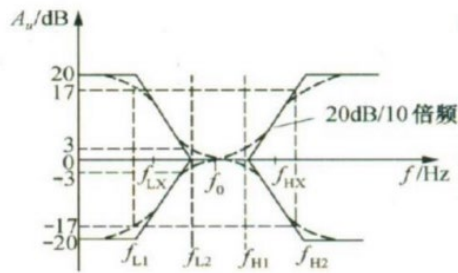
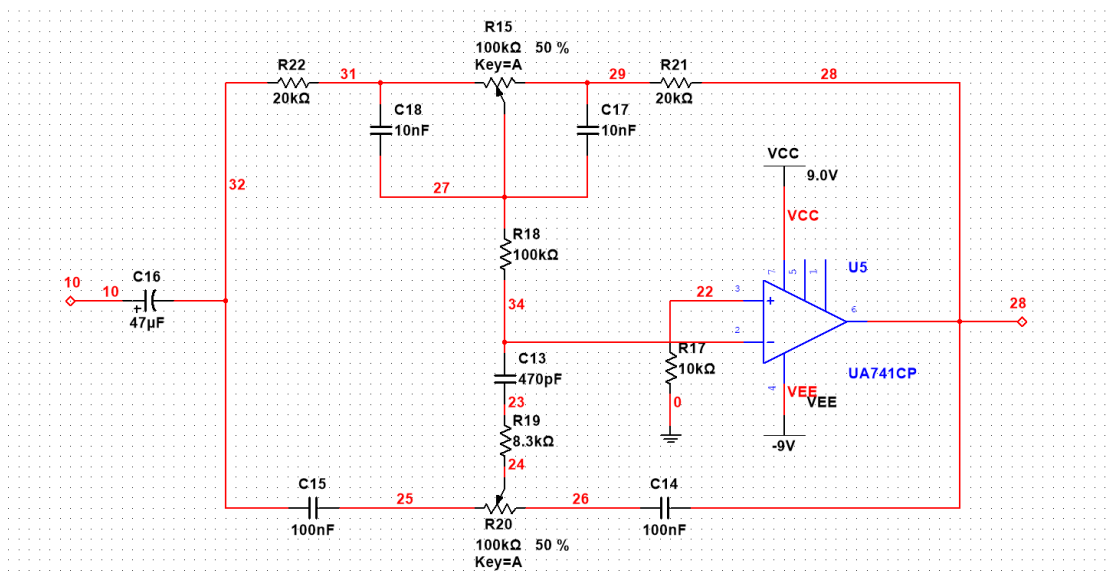


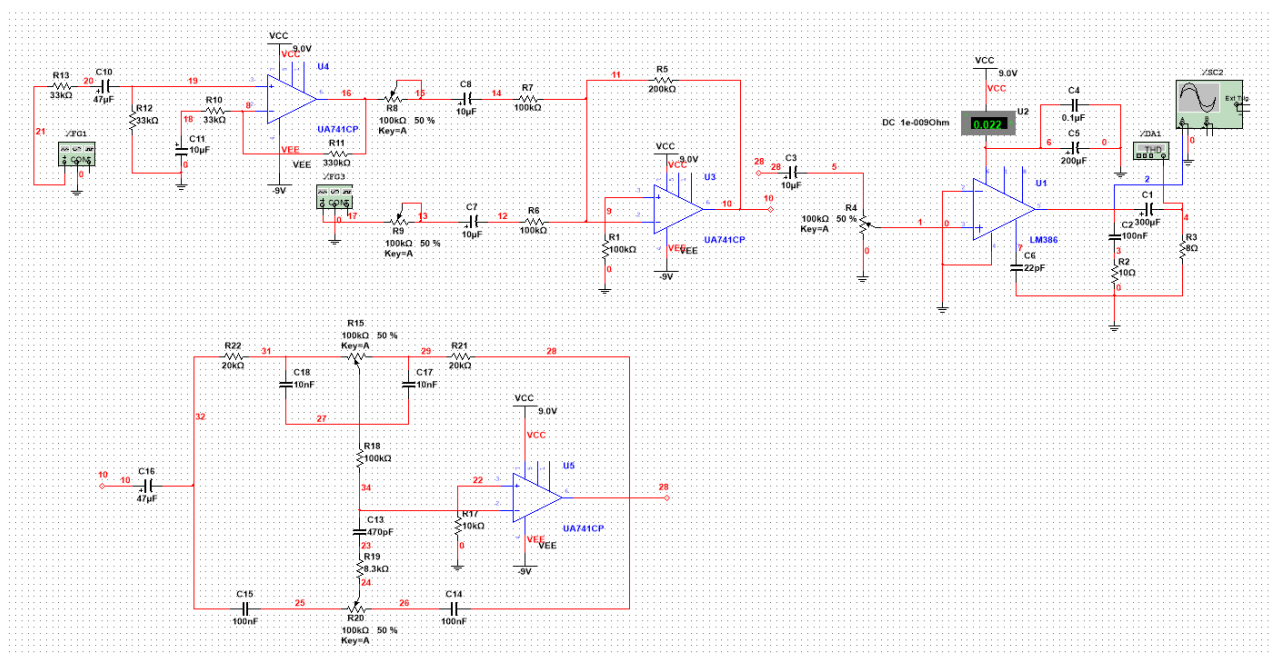
图 5.3 音调控制电路的幅频特性曲线

由图 5.3 可见，音调控制器只是对低频信号与高频信号的增益进行提升或衰减，中频信号增益保持不变，所以音调控制器是由低通滤波器与高通滤波器共同组成。

调节上面的电位器实现对低频信号的衰减，调节下面的电位器实现对高频信号的衰减。



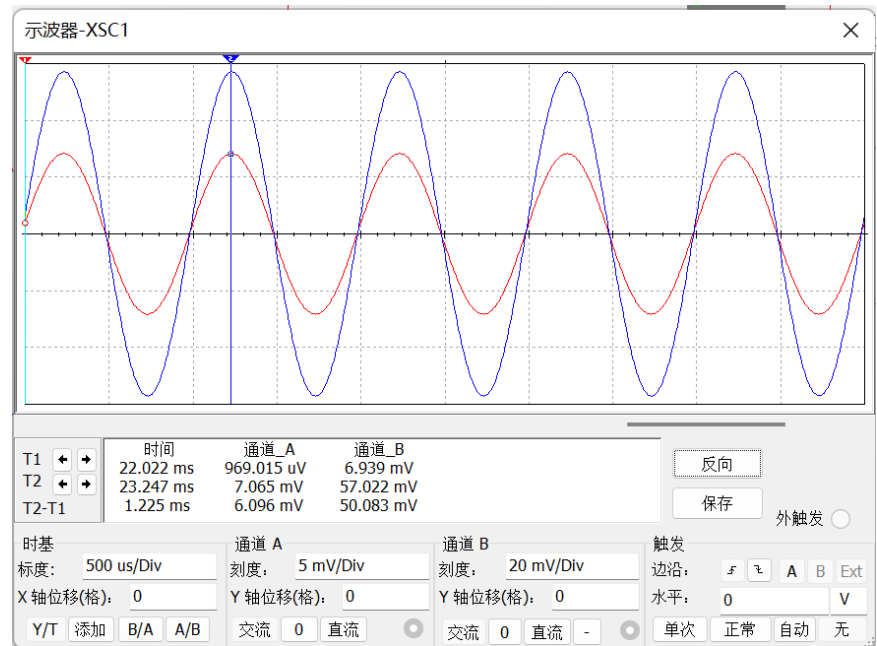
总电路：



(2) 利用 EDA 软件进行仿真，并优化设计（对仿真结果进行分析）。

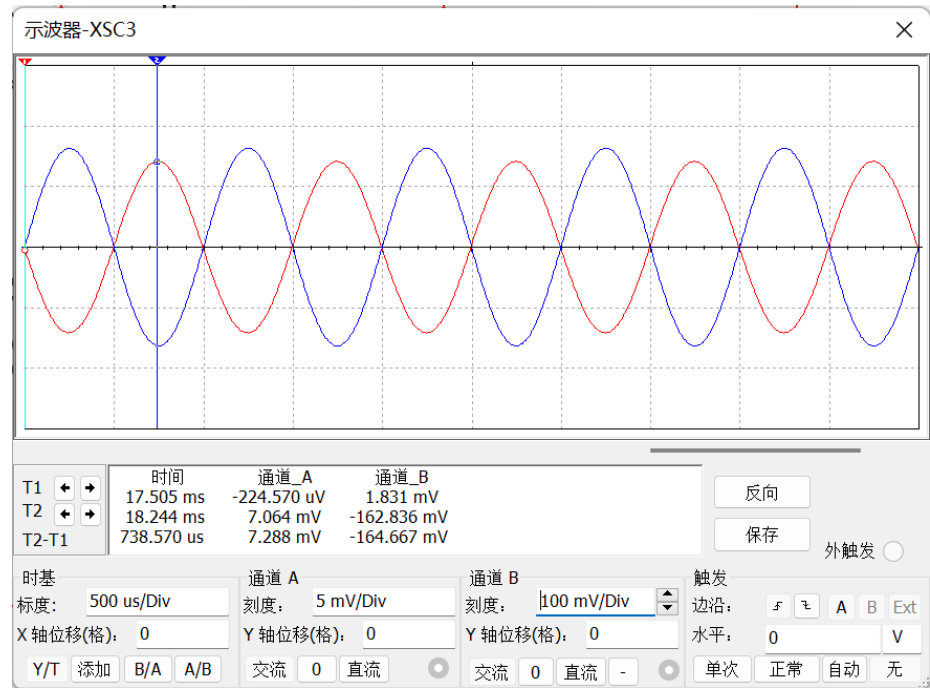
以下波形电压均为峰峰值

话音放大电路：



输入为 7.06mV，输出约为 57mV，放大了约为 8.1 倍，通过调节电位器（实物）可以控制放大倍数。

混合前置放大器：

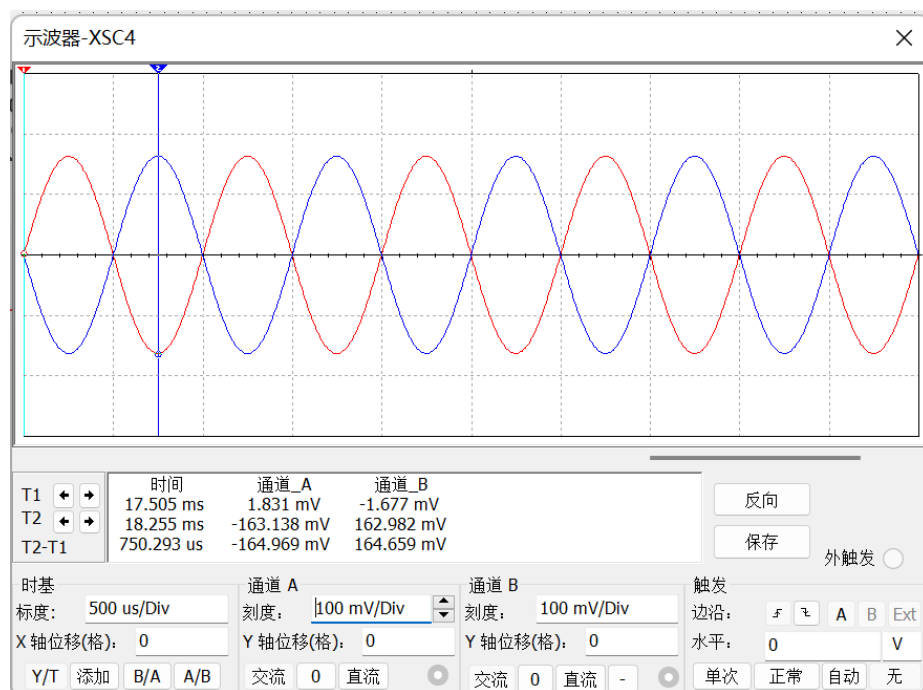


两个输入为 57mV 和 0mV，输出为 162.8mV，增益约为 2.84 倍。

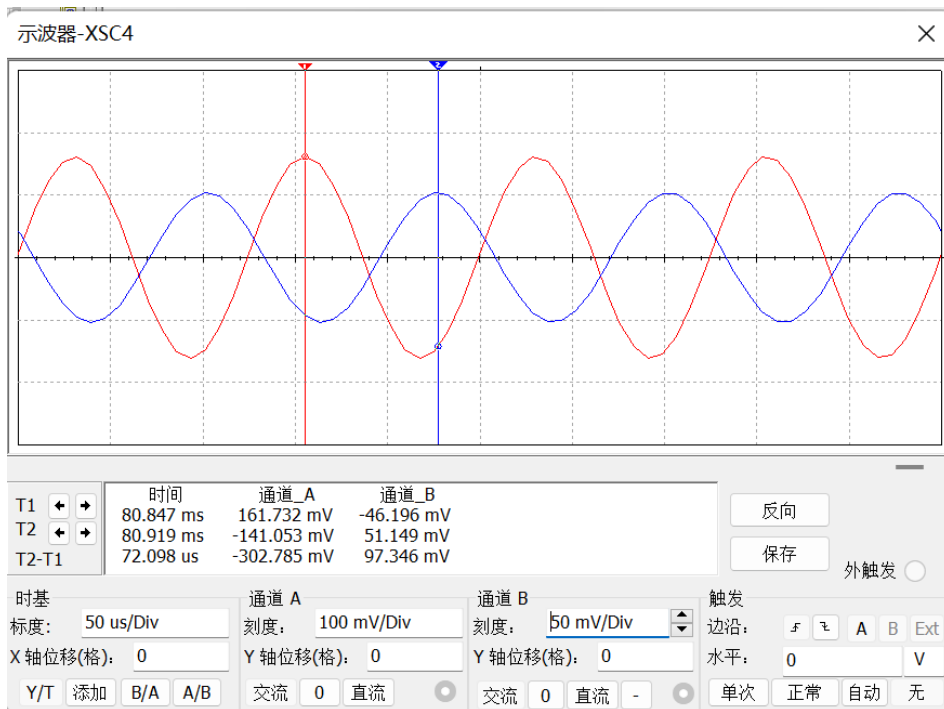
音调调节：

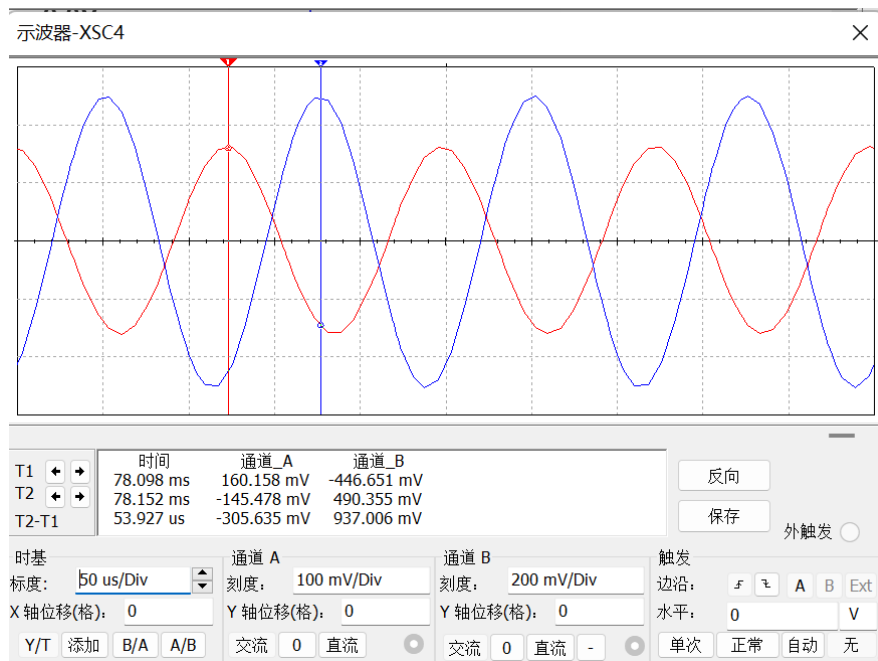
输入 10mV

1kHz: 放大倍数始终为 1

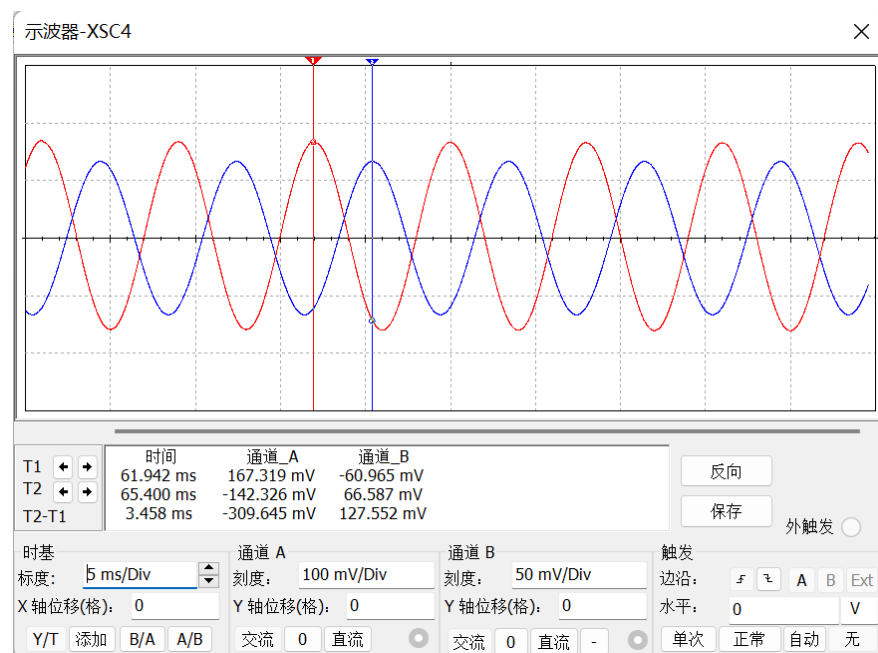


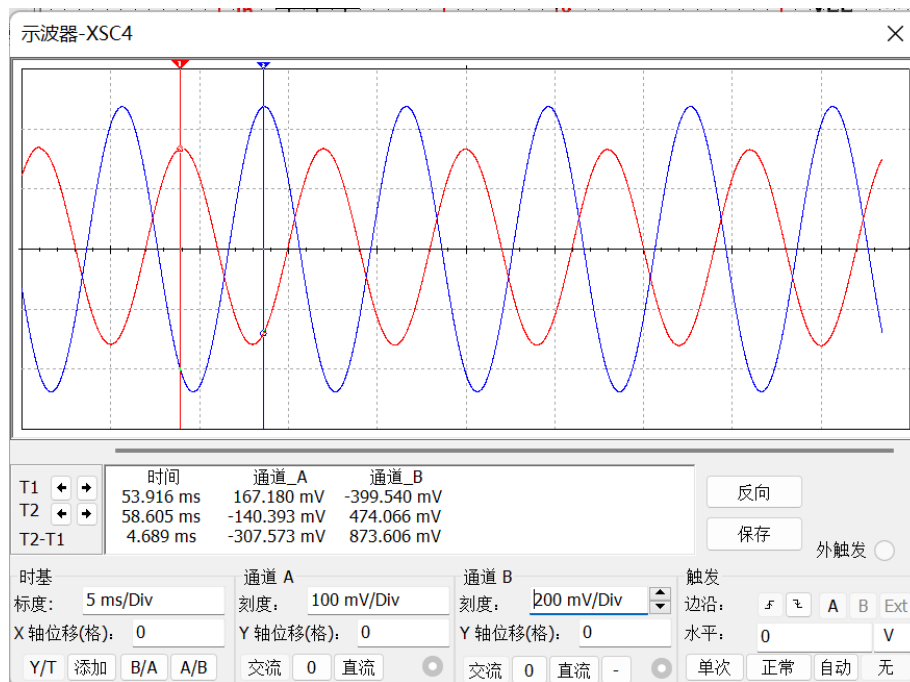
8kHz: 2.5mV~40mV, 放大倍数为 1/4~4 倍, 接近+12dB, 满足题意



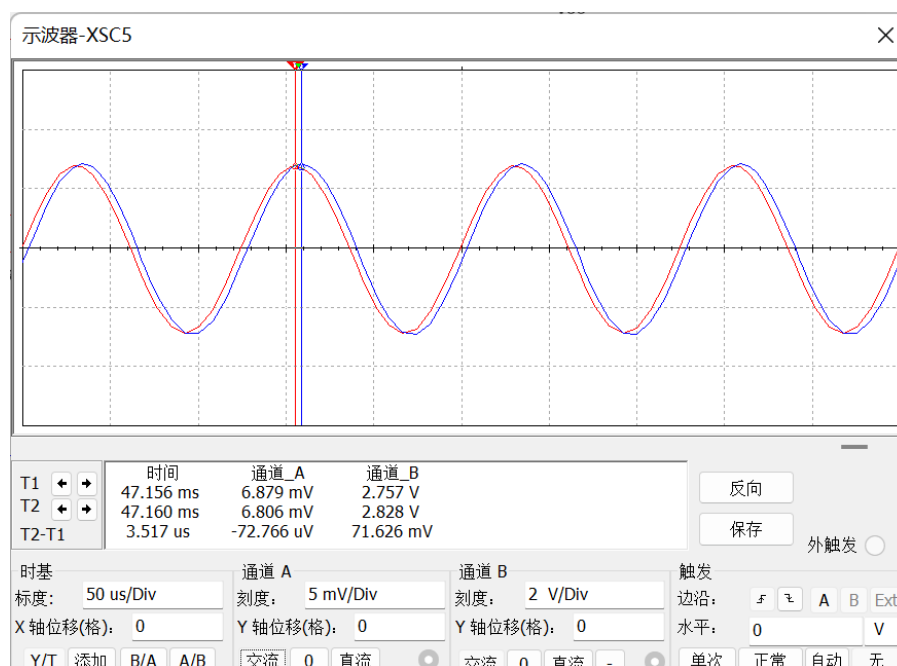


125Hz: 2.2mV~46Mv, 放大倍数为 1/4.5~4.6 倍, 接近+12dB, 满足题意





总体:



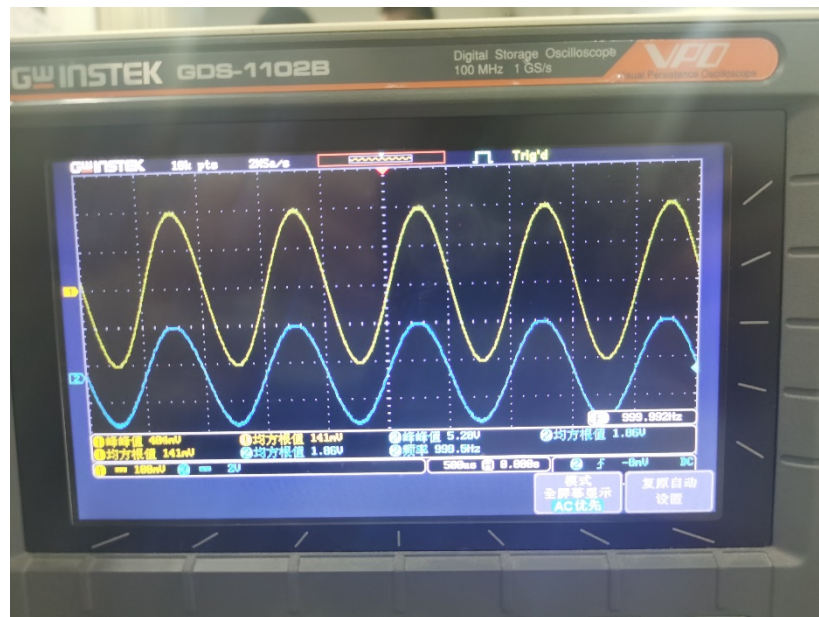
输入为 162.8mV，输出为 2.8V，增益约为 17 倍

(3) 按照设计要求对调试好的硬件电路进行测试，记录测试波形及数据并与仿真波形对比，分析电路性能指标。

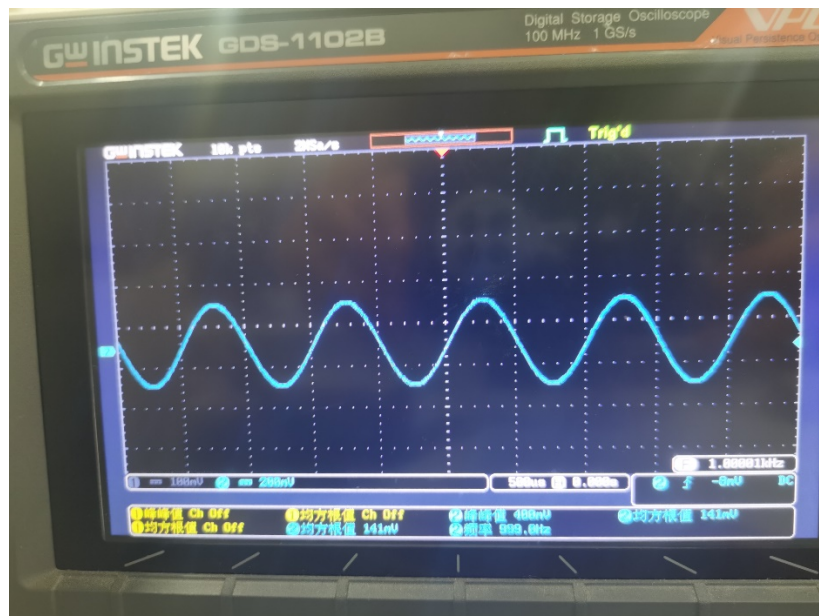
1) 测量功放电路最大输出电压、最大输出功率:

Ui(mVrms)	Uomax(Vrms)	增益	输出功率(mW)	电源电流(mA)	电源功率(mW)	效率
141mV	1.86V	13.2	86.5	46.2	554.4	16%

功放单独波形

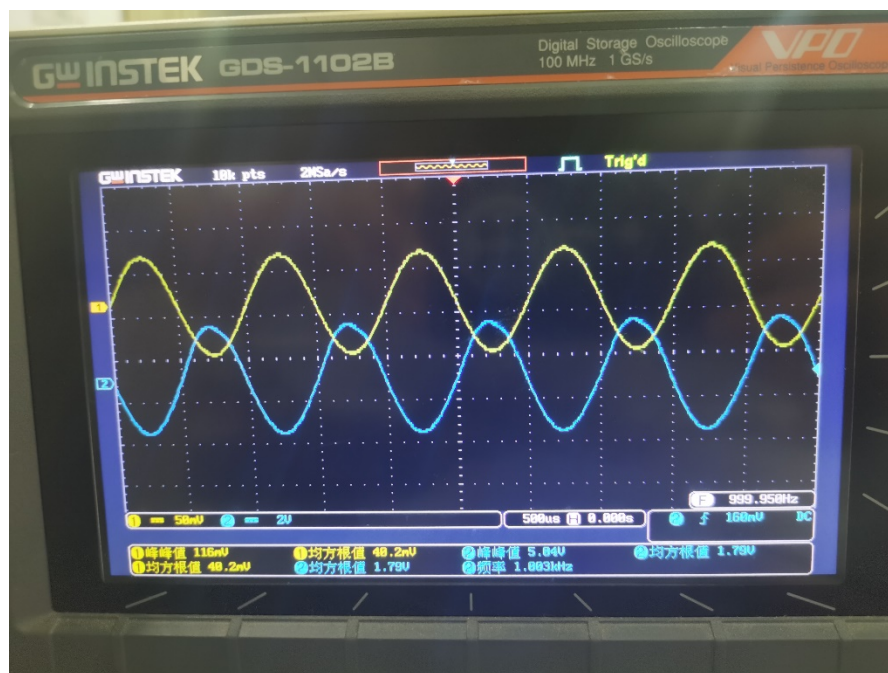


电源电流:



2) 测量连接 line 放大器+功放的输出电压、增益、输出功率:

Ui (line 输入) (mVrms)	Uo (mVrms)	增益	输出功率 (mW)
40.2	1.79	44.5	320.41

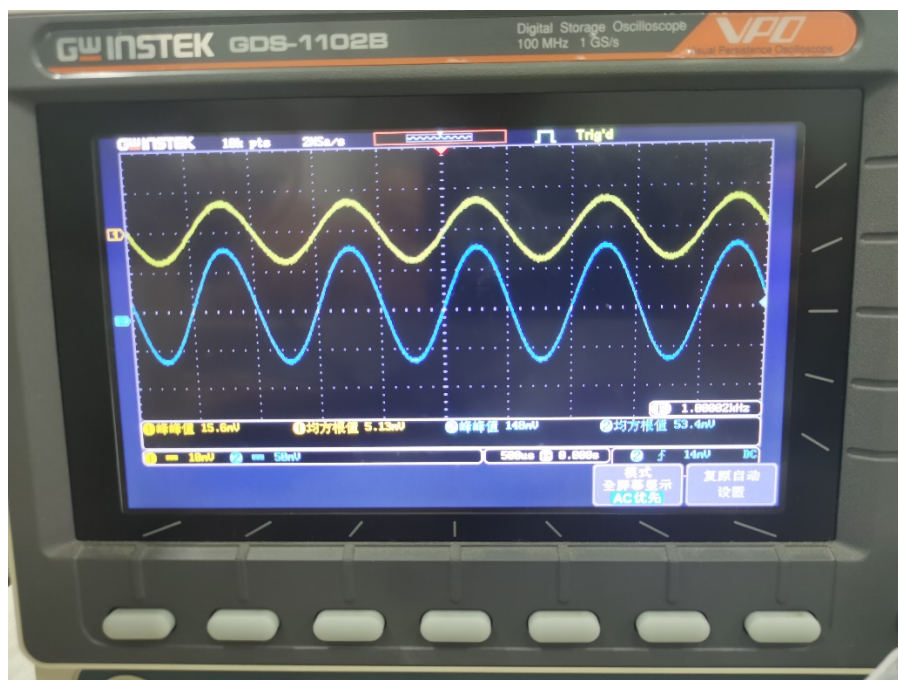


输入为 40.2mV，输出为 1.79V

3) 测量连接 mic 放大器+line 放大器+功放的输出电压、增益、输出功率:

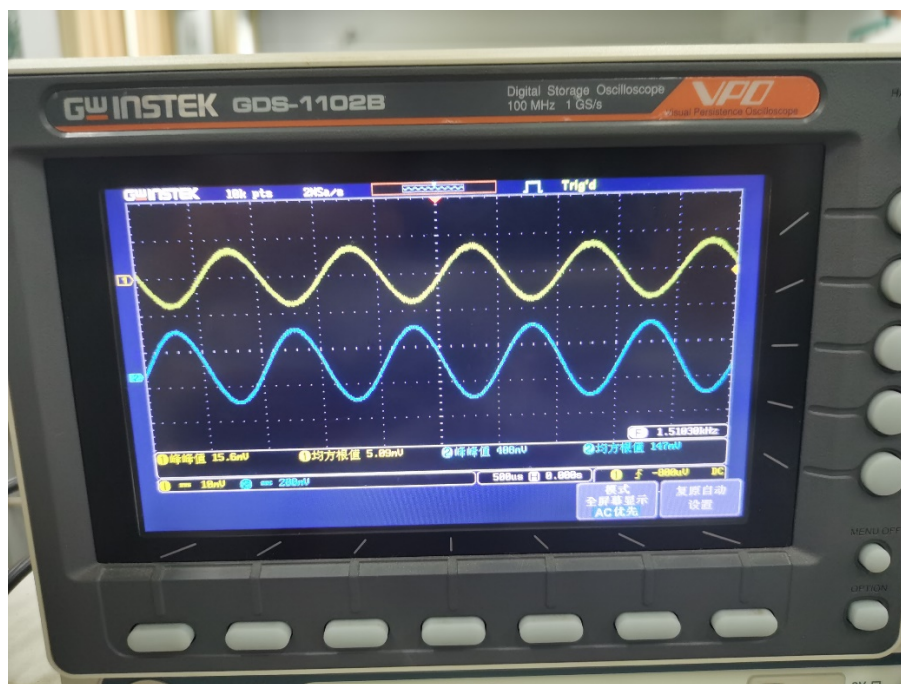
Ui (mic 输入) (mVrms)	UO1 (mVrms)	UO2 (mVrms)	Uo3 (Vrms)	总增益	输出功率 (mW)
5.13	53.4	147	1.86	367.6	345.96

第一级 mic 放大器



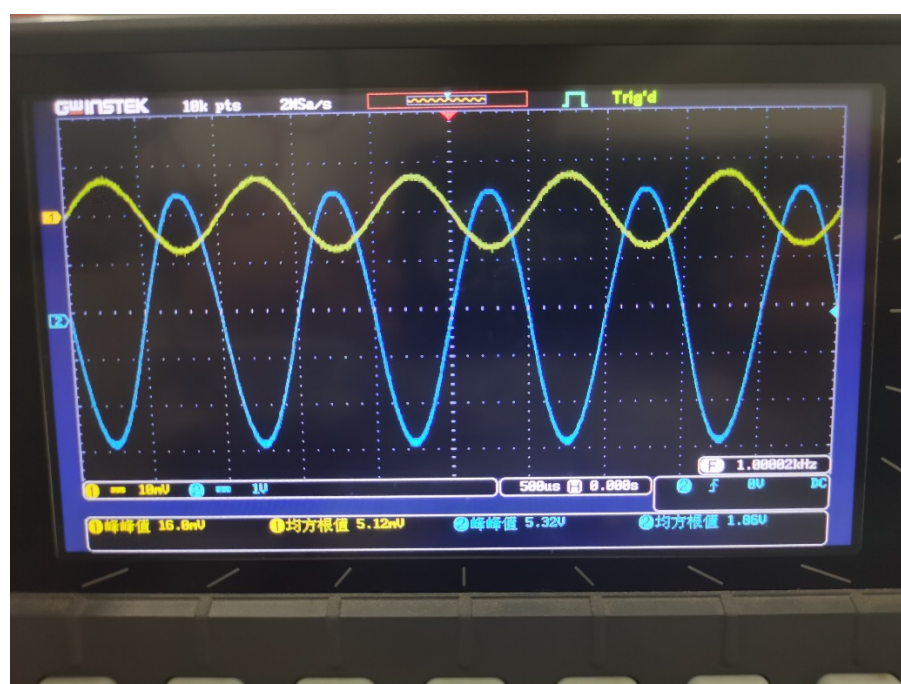
输入 5.13mV，输出 53.4mV，倍数为 10.4

第二级 line 放大器



输入 53.4mV，输出 147mV，倍数为 2.75

第三级 功放

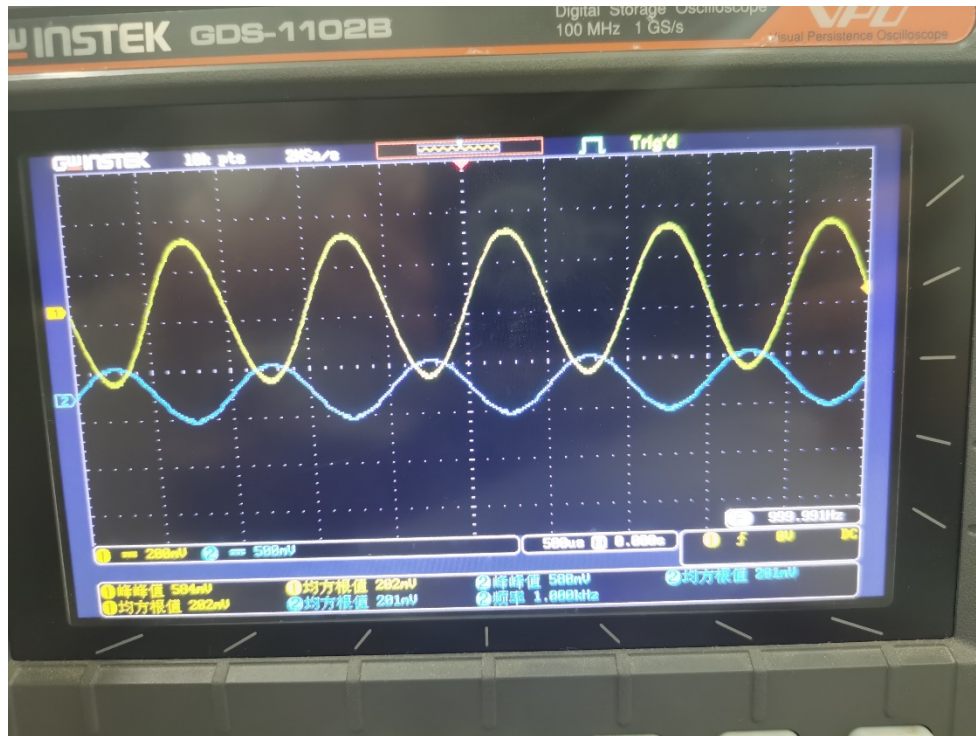


输入 147mV，输出 1.86mV，倍数为 13

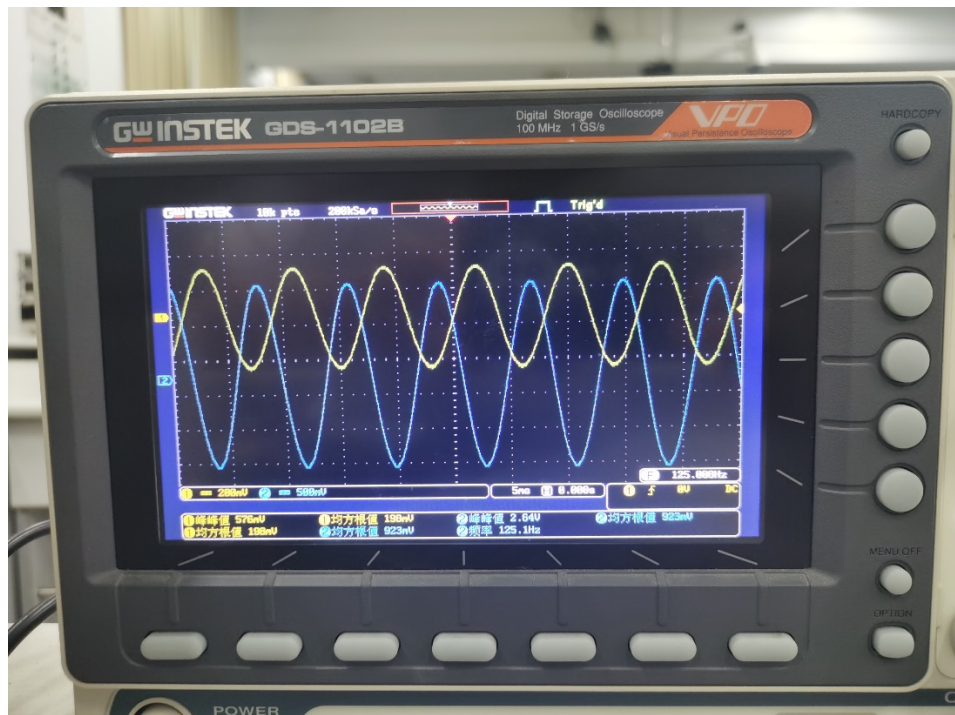
4) 音调控制

U _i 输入	输入 f	U _o 输出范围	增益范围
200mV	1KHZ	200mV	0dB
	125HZ	45.4mV~923mV	-12.87db~13.28db
	8KHZ	43.3mV~994mV	-13.2db~13.93db

$f = 1\text{KHZ}$



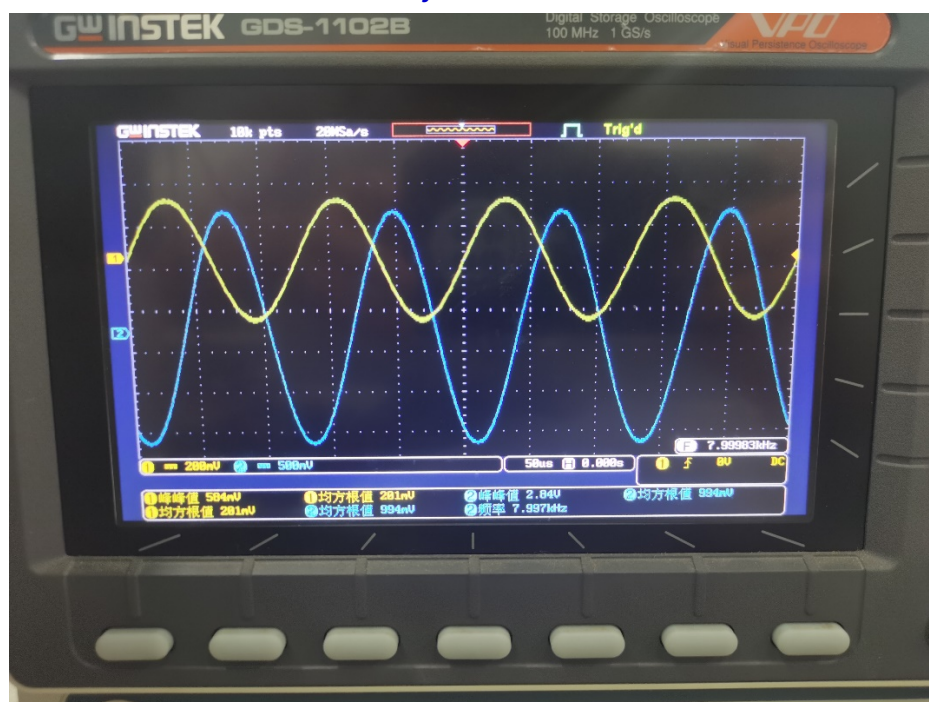
$f = 125\text{HZ}$

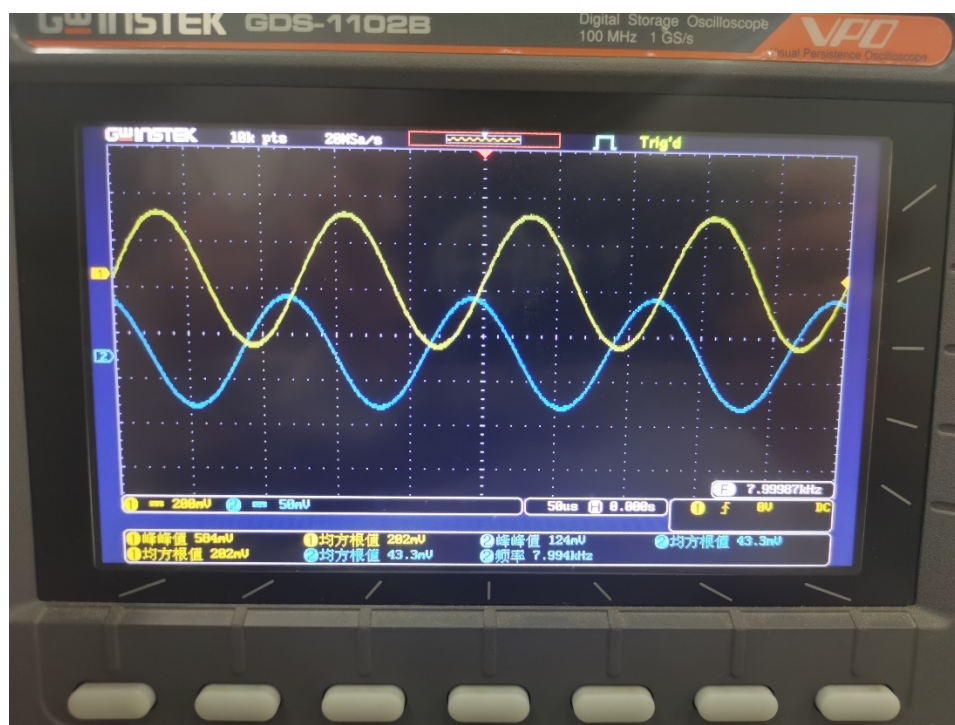




可调范围是 45.4mV-923mV

$f = 8\text{KHZ}$





可调范围是 43.3mV-994mV

四、 实验总结

本次实验的电路已经在课本上给出了，主要工作量在各类参数的测量上，总体难度不高。避免各种自激，接触不良等导致的电路功能实现不成功。由于实验中各种不同参数的测量中间，经常会出现波形失真的情况，所以在每一级电路前都利用电位器制作成一个分压电路是很有必要的，这样可以视具体情况动态调节前级电路的增益，从而避免后续实验中波形的失真。

对于如何解决失真，主要还是在功放电路上，首先从器件入手，增加功放的电源耦合，通过在电路中加入滤波器来滤除噪声干扰。

其次，通过改善电路的布局来避免自激，第一，同一级电路的接地元件要尽量做到共地并且前两级的放大电路尽可能靠在一起，最后一级放大电路尽可能远离前两级；第二，在电路中避免使用过长过多的导线，尽量使用器件本身的引脚连接；最后，地线首先应该连接功放的负载，然后再从负载引出到其他的地线中，这样能有效避免自激，亲自测试过真的非常有效。

五、 实验建议（欢迎大家提出宝贵意见）

无