

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 5 次实验

实验名称： 音响放大器设计

院（系）： 电子科学与工程学院

专 业： 电子科学与技术

姓 名： 孙寒石 学 号： 06219109

实 验 室： 104 实验组别：

同组人员： 实验时间： 2021 年 6 月 7 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	$\geq 0.5\text{W}$ (失真度 $\text{THD} \leq 10\%$)
负载阻抗	$10\ \Omega$
频率响应	$f_L \leq 50\text{Hz}$ $f_H \geq 20\text{kHz}$
输入阻抗	$\geq 20\text{k}\ \Omega$
话音输入灵敏度	$\leq 5\text{mV}$
音调控制特性(扩展)	1kHz 处增益为 0dB，125Hz 和 8kHz 处有 $\pm 12\text{dB}$ 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	$\geq 0.5\text{W}$ (失真度 $\text{THD} \leq 10\%$)
负载阻抗	$10\ \Omega$
频率响应	$f_L \leq 50\text{Hz}$ $f_H \geq 20\text{kHz}$
输入阻抗	$\geq 20\text{k}\ \Omega$
话音输入灵敏度	$\leq 5\text{mV}$

2. 提高要求

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

3. 发挥部分

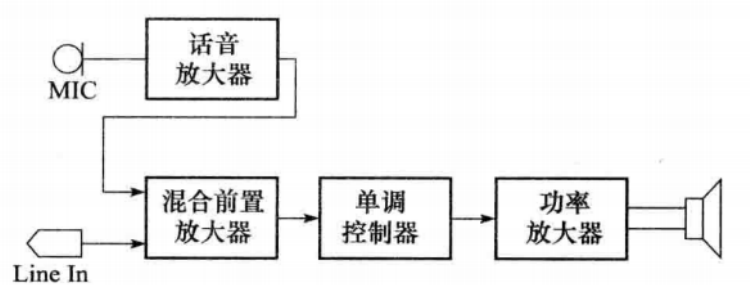
可自行设计实现一些附加功能

注意：电子报告必须上传提交到 MOOC 实验第 14 单元的作业中。

三、 电路设计

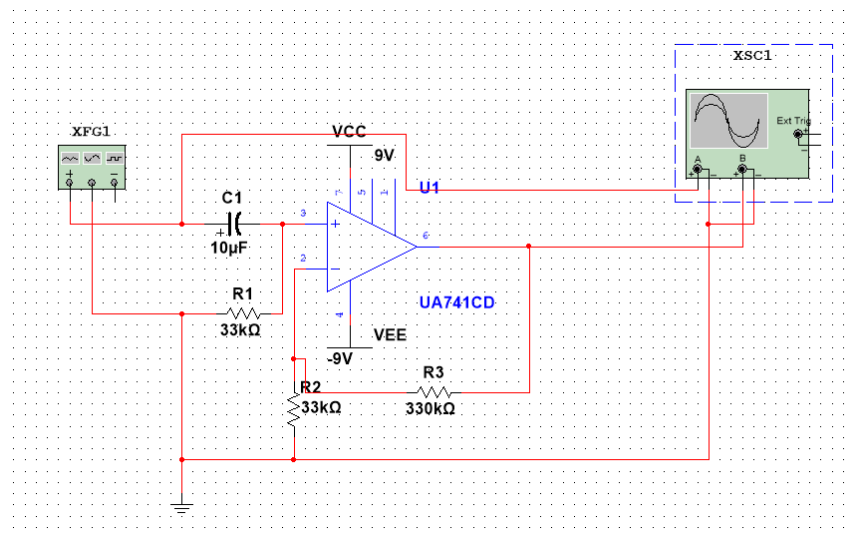
1. 实验要求：

(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。



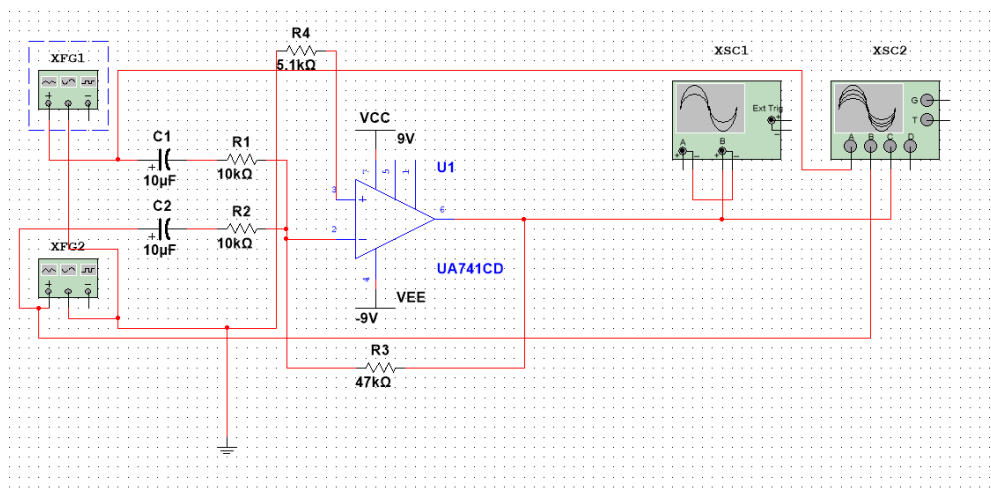
语音放大器：

同相放大，放大倍数为 11



混合前置放大器：反相放大，放大倍数为 4.7

$$u_{o2} = -\left(\frac{R_{23}}{R_{21}}u_{i2} + \frac{R_{23}}{R_{22}}u_{o1}\right) = -4.7(u_{i2} + u_{o1})$$



反馈式音调控制电路：

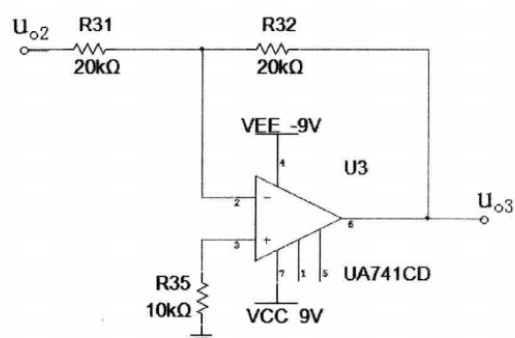
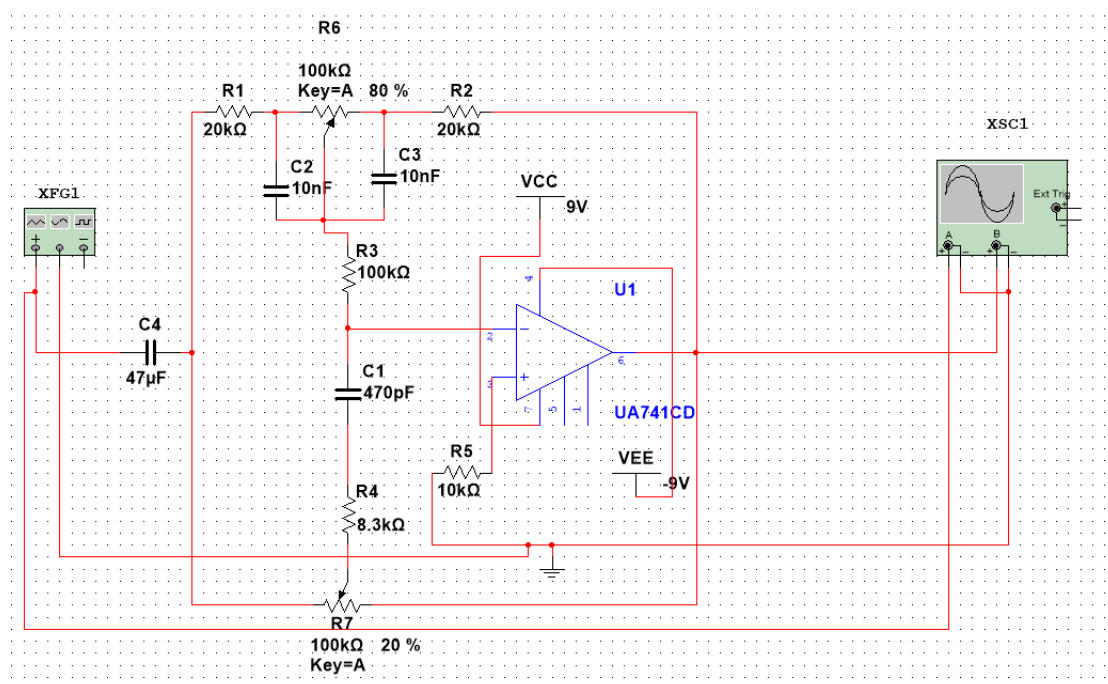


图 10.2.9 中频区等效电路

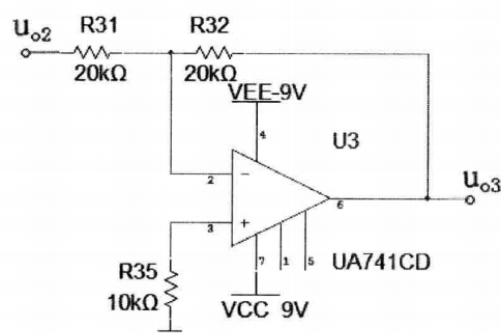
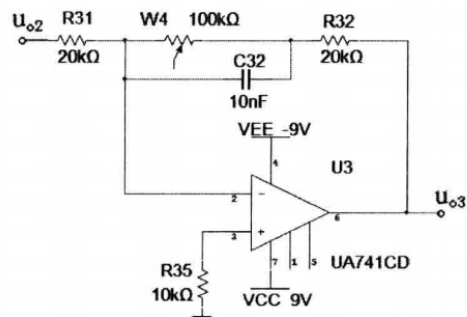
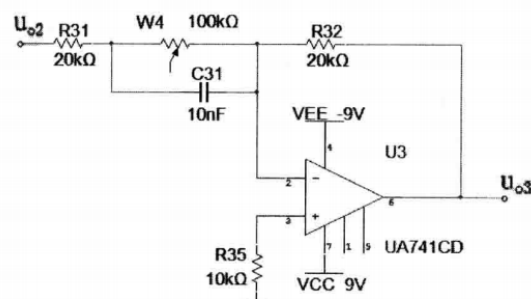


图 10.2.10 低频区等效电路

如果以 W_4 分别调整到最左端和最右端两个特殊情况分析，显然当 W_4 调到最左端时，相当于短路 C_{31} ，而将整个 W_4 和 C_{32} 并联，如图 10.2.11a 所示，而当 W_4 调至最右端时， C_{32} 被短路， W_4 和 C_{31} 并联，如图 10.2.11b 所示。



a) W_4 调到最左端时的低音提升等效电路

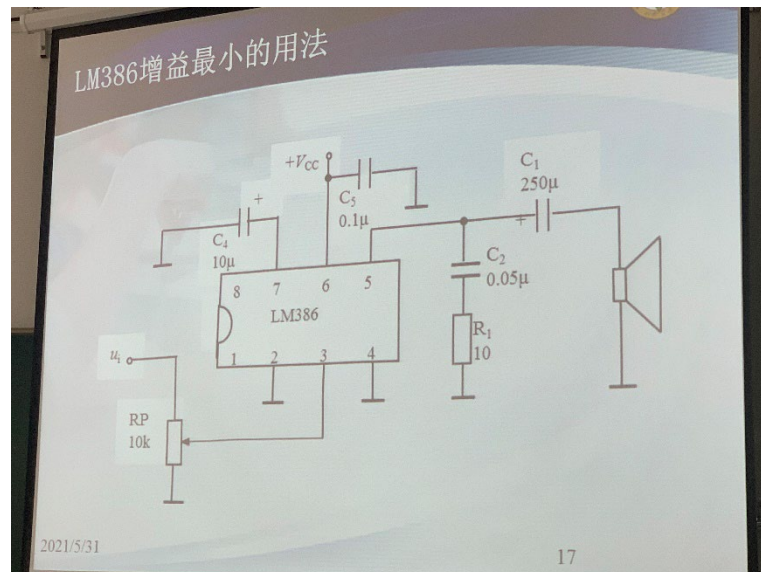


b) W_4 调到最右端时的低音衰减等效电路

图 10.2.11 低频区 W_4 调整在不同位置时的等效电路

功率放大器

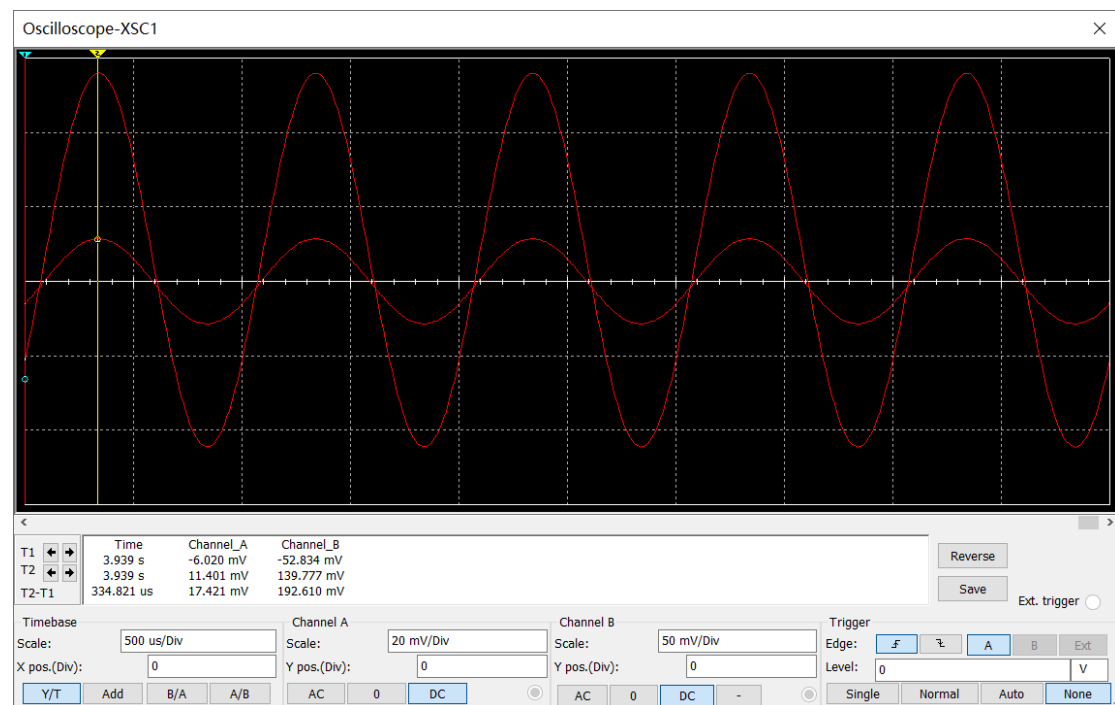
我们利用课上给出的 LM386 电路图进行连接



(2) 利用 EDA 软件进行仿真，并优化设计（对仿真结果进行分析）。

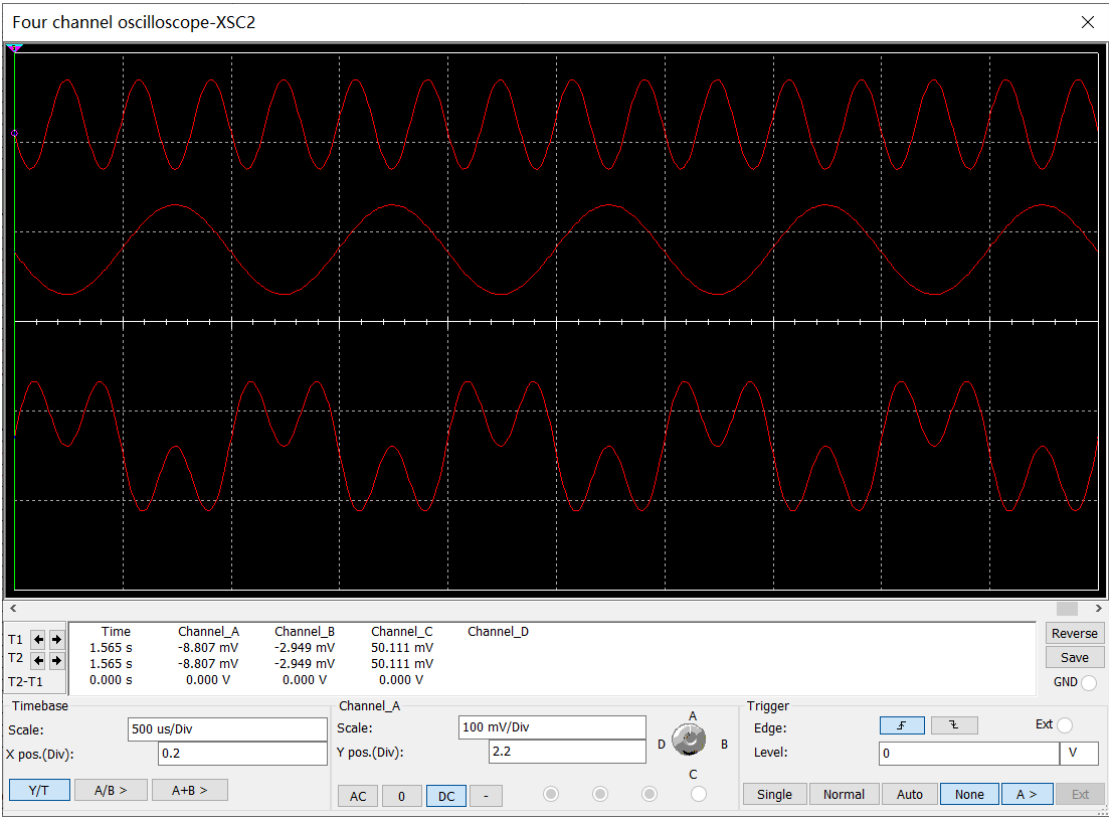
放音放大器的仿真结果：

成功，放大倍数为 11 左右



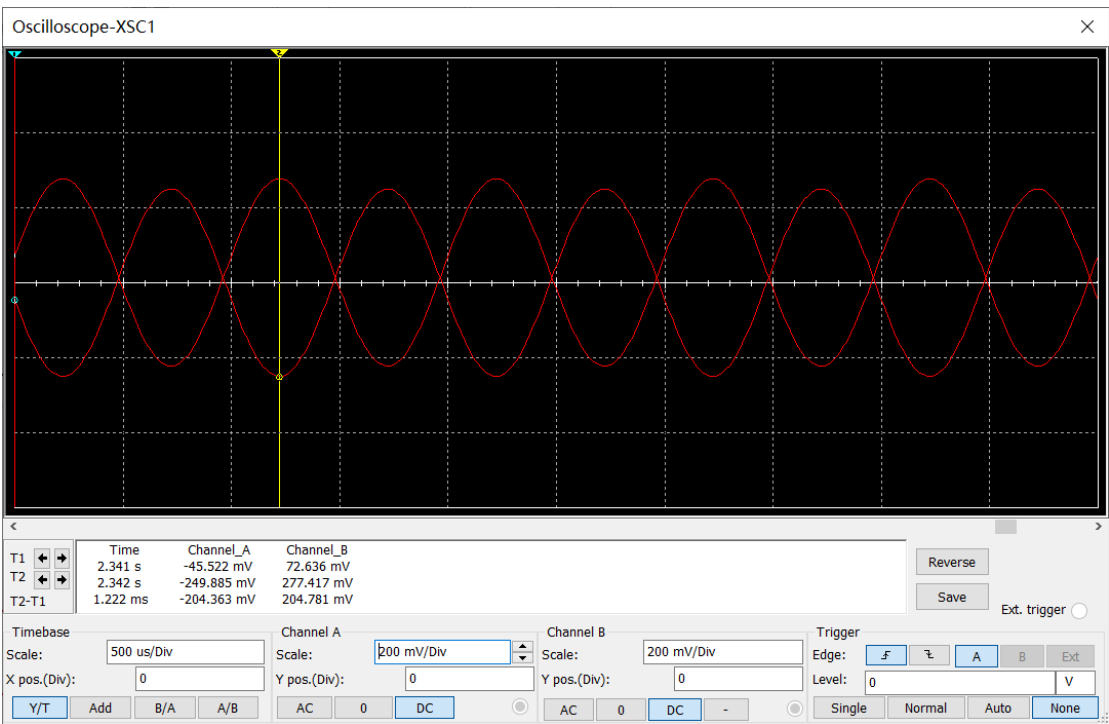
混合前置放大电路的仿真结果

分别在两端加上信号幅度为 50mV 的正弦波，一路频率为 1kHz，另一路为 3kHz，结果如图，很合理。

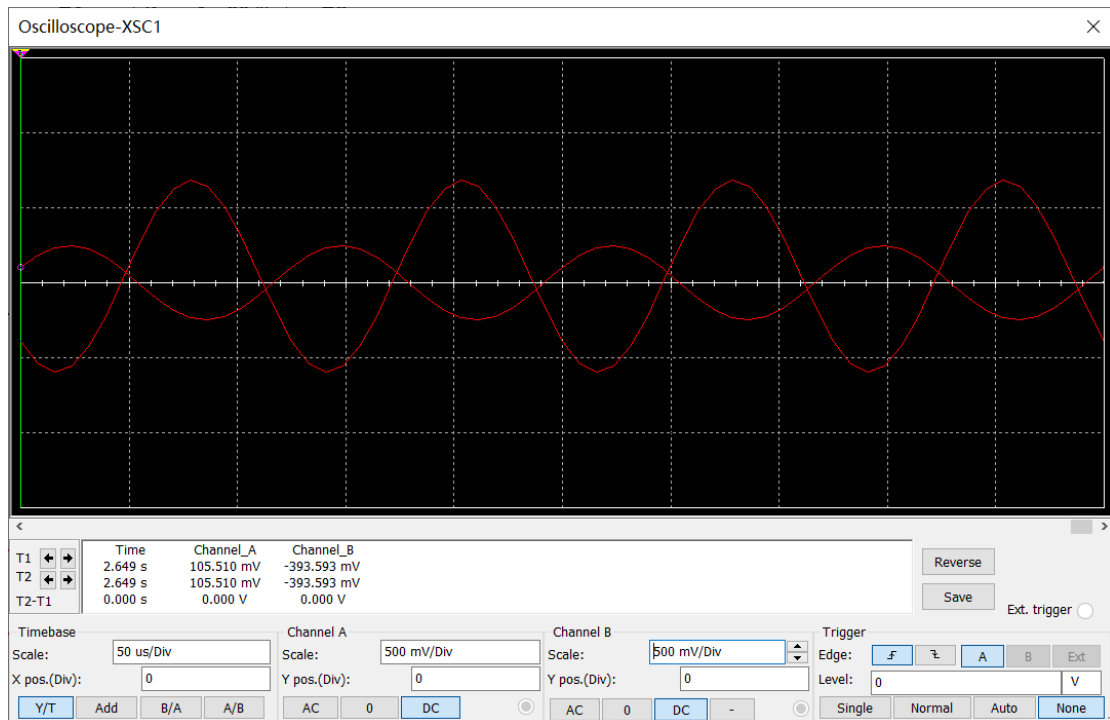


反馈式音调控制电路的仿真结果

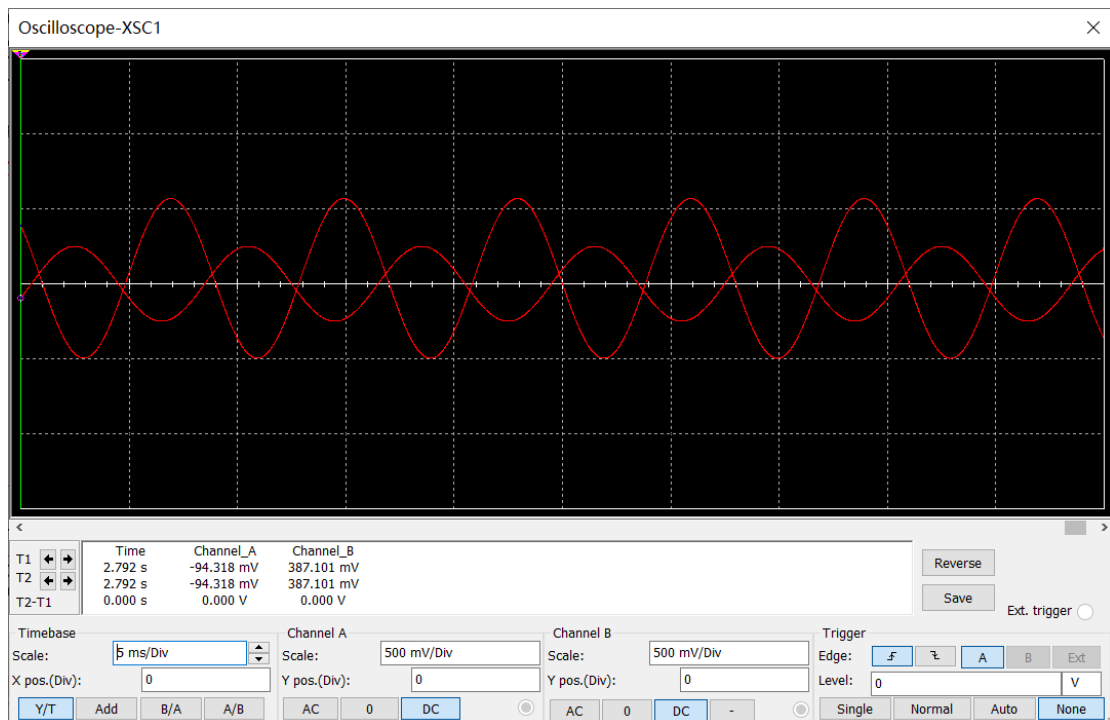
1kHz



8kHz:



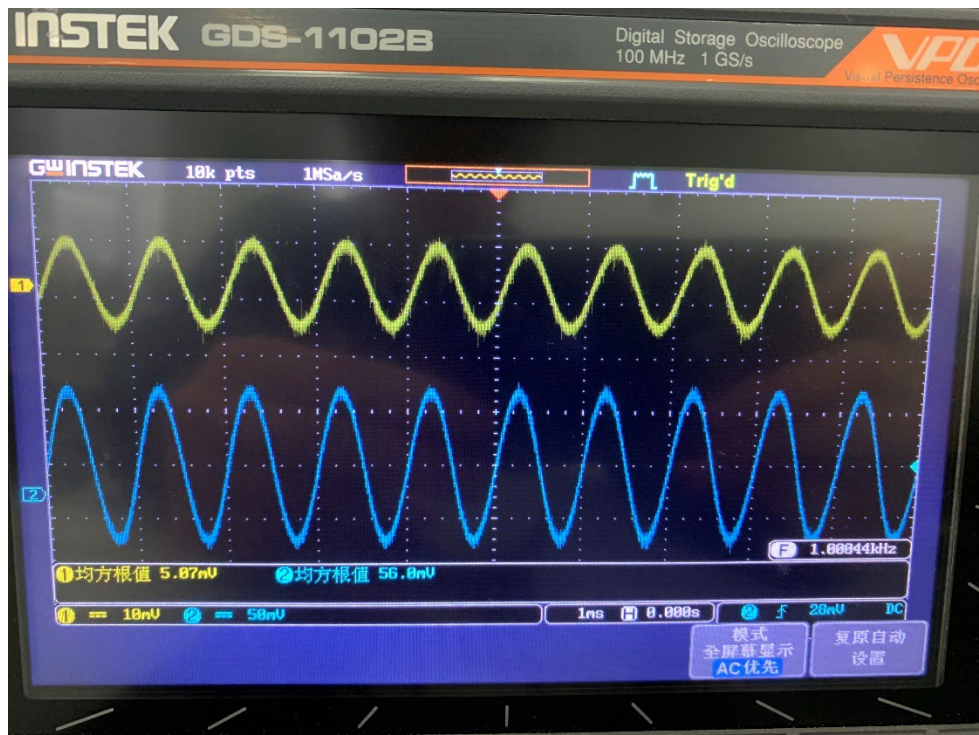
125Hz



(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。

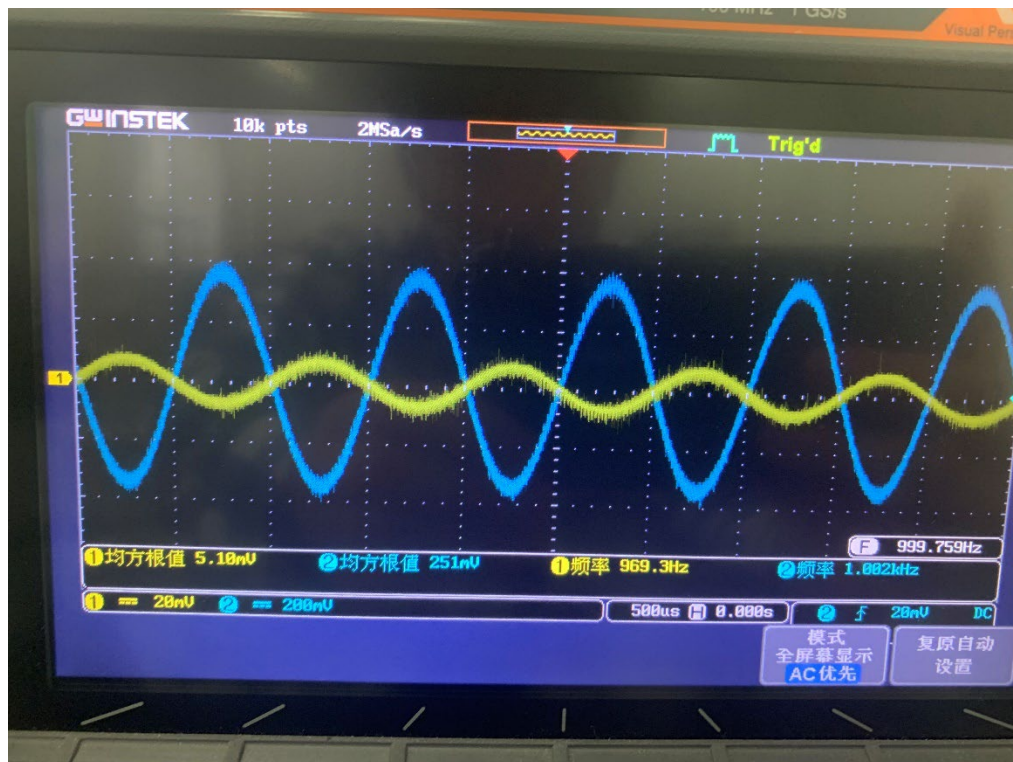
话放电路(第一级):

如下图,很成功地放大了 11 倍左右。

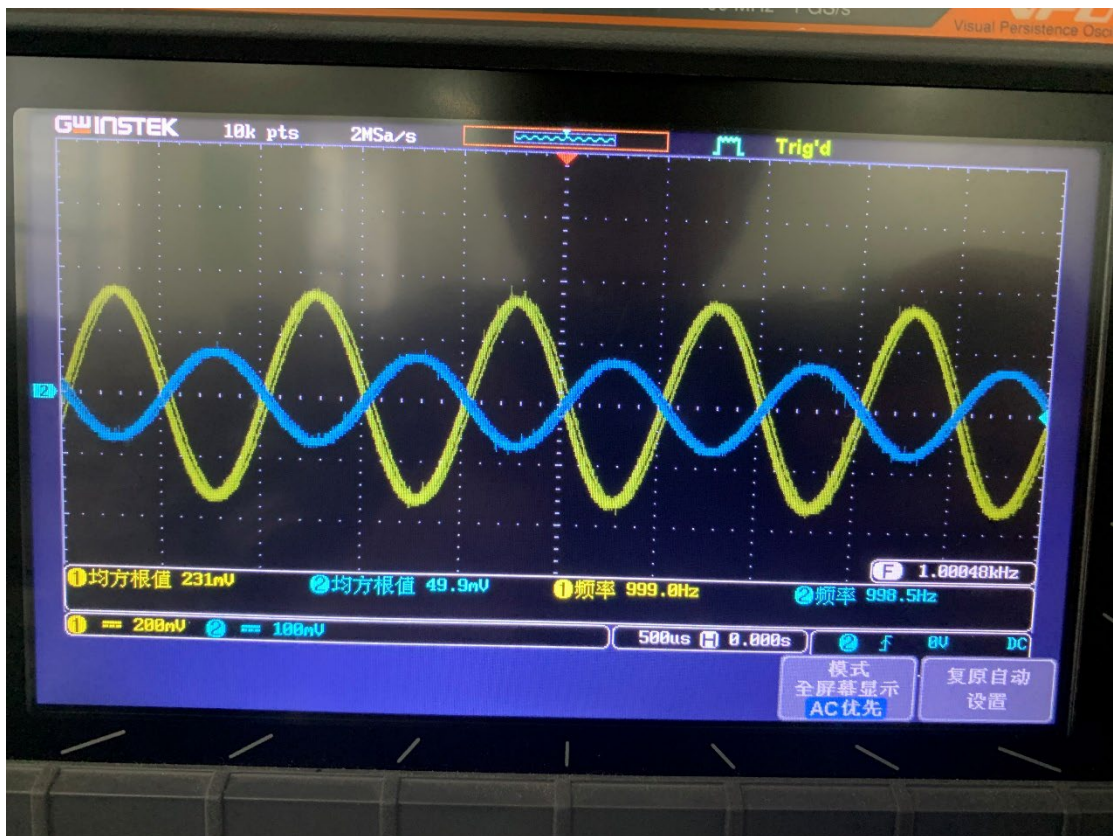


混合放大电路(第二级):

仅接入 5mV 的时候:



接入单独接入 inline: 增益为 4.63

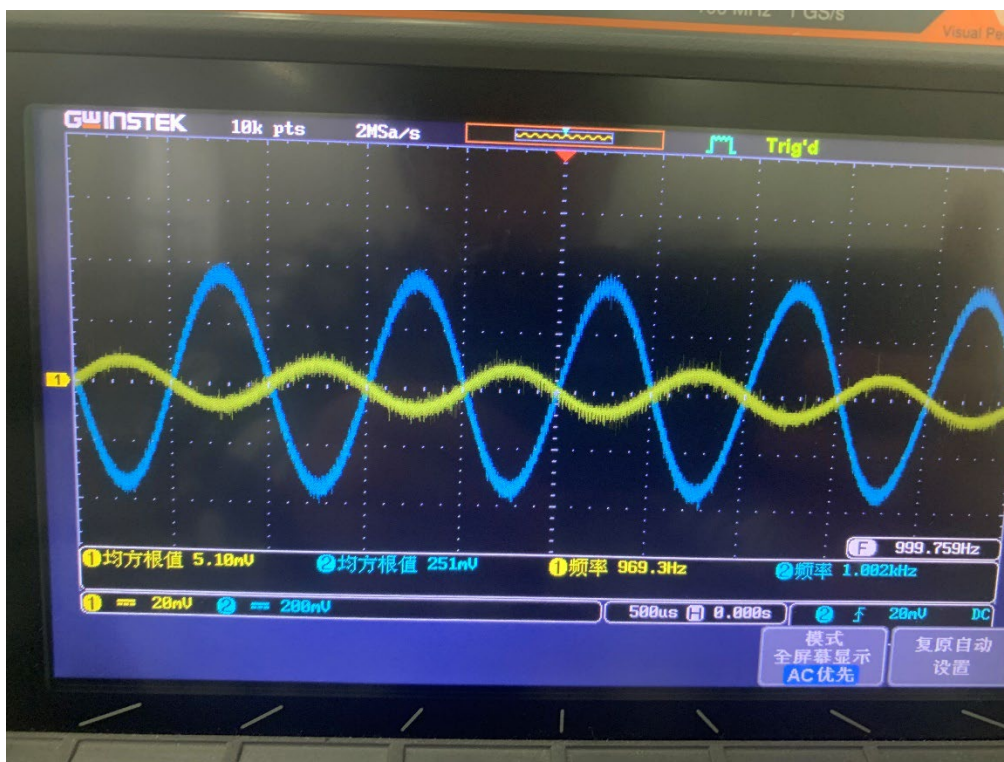


5mV 和 inline 两者一起接入:



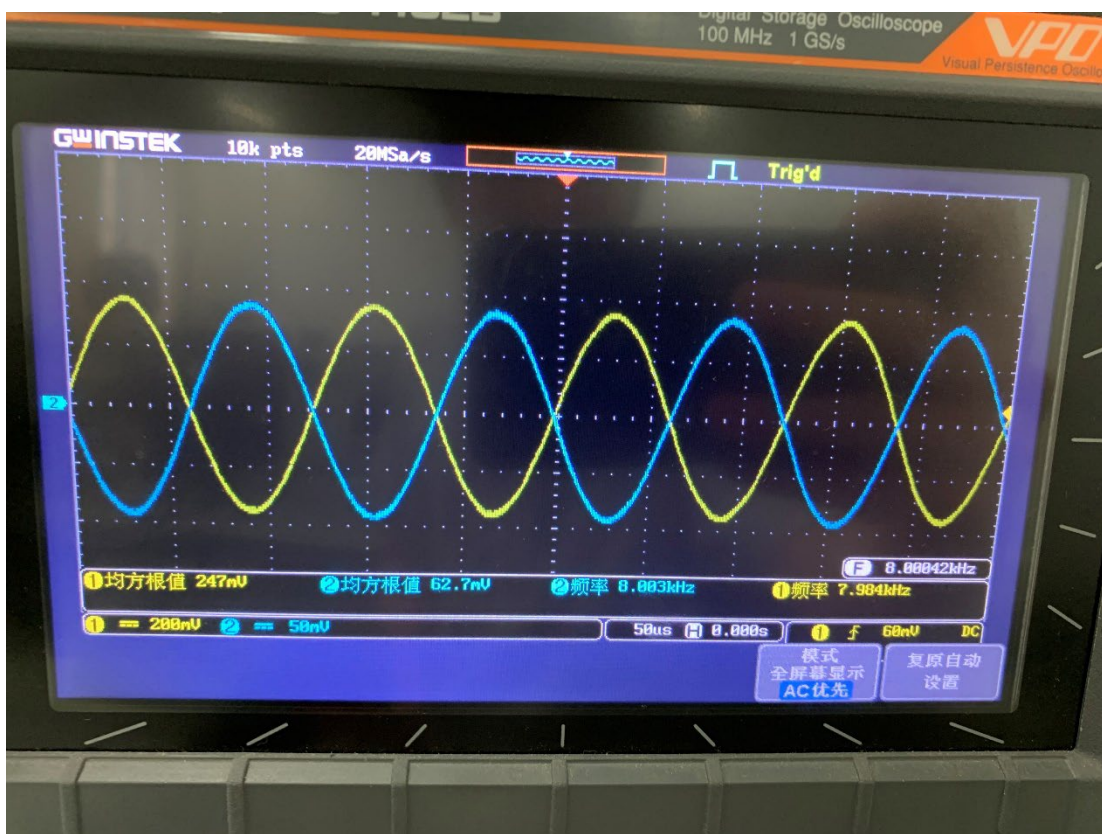
调音电路：（输入为 250mV）

1kHz 的情况：调整电位器时，波形幅度没有变化，增益为 1

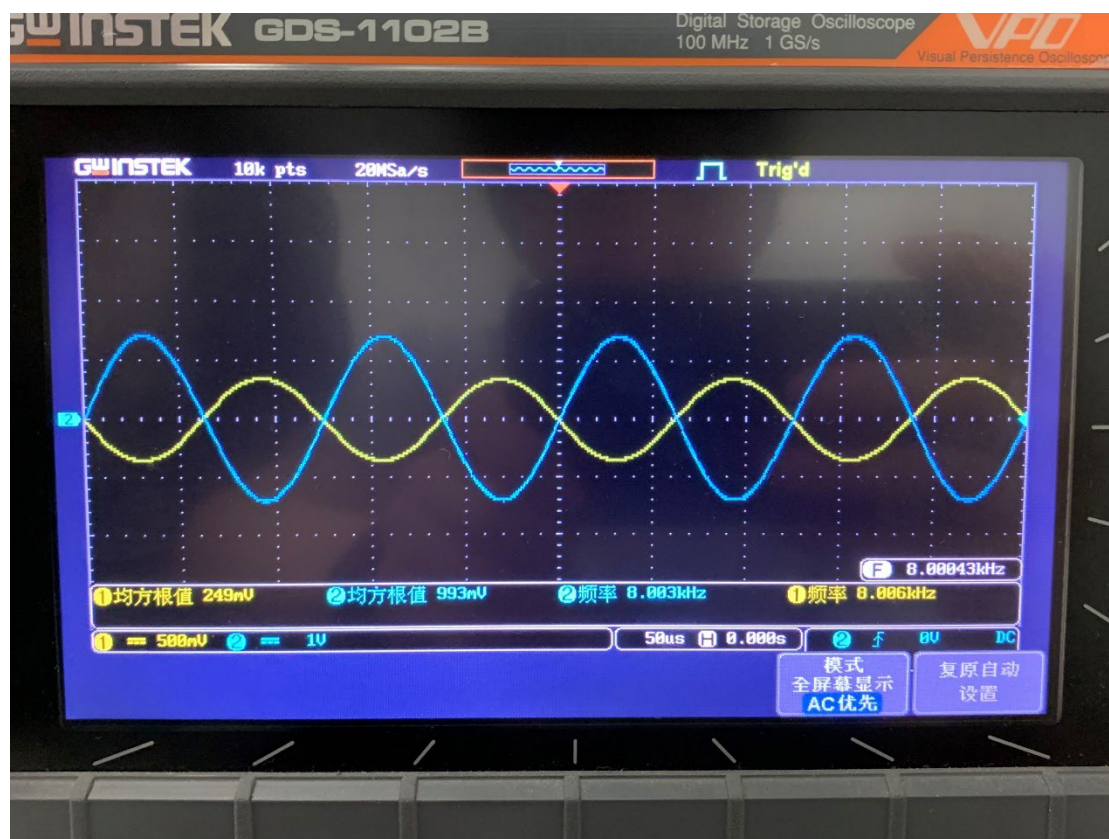


8kHz 的情况：调整电位器，波形发生变化，记录如下：

最低值：62.7mV，增益为 0.2538，即为-11.9dB，满足！

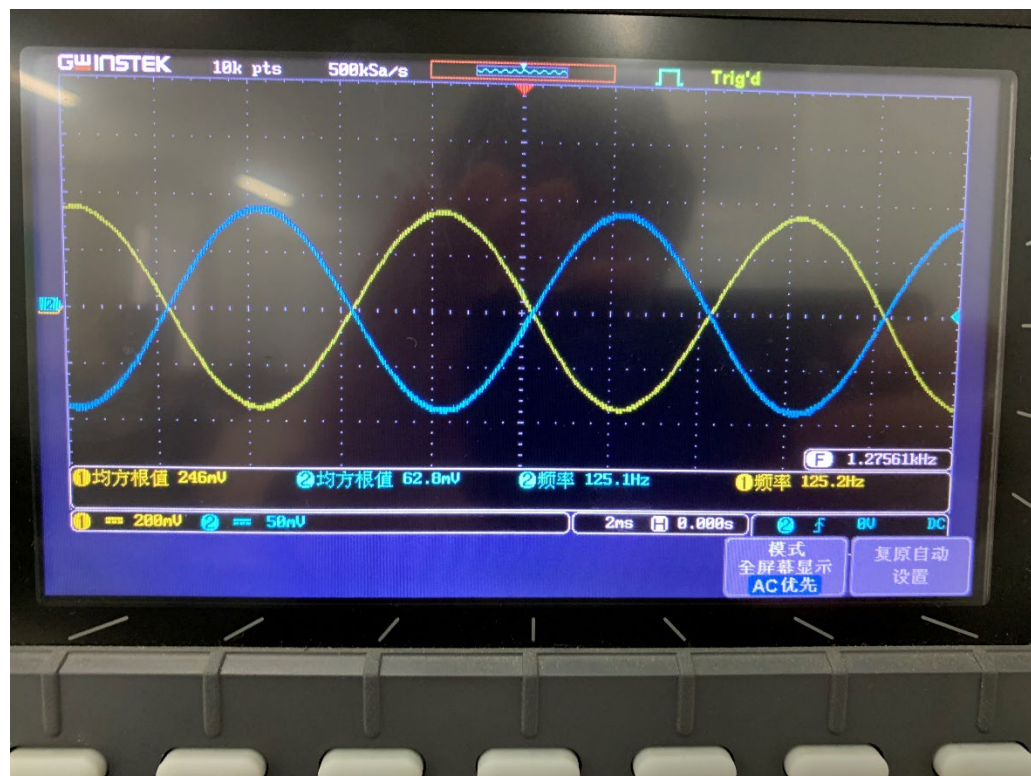


最高值：993mV，增益为 3.988，即为 12.015dB，满足！

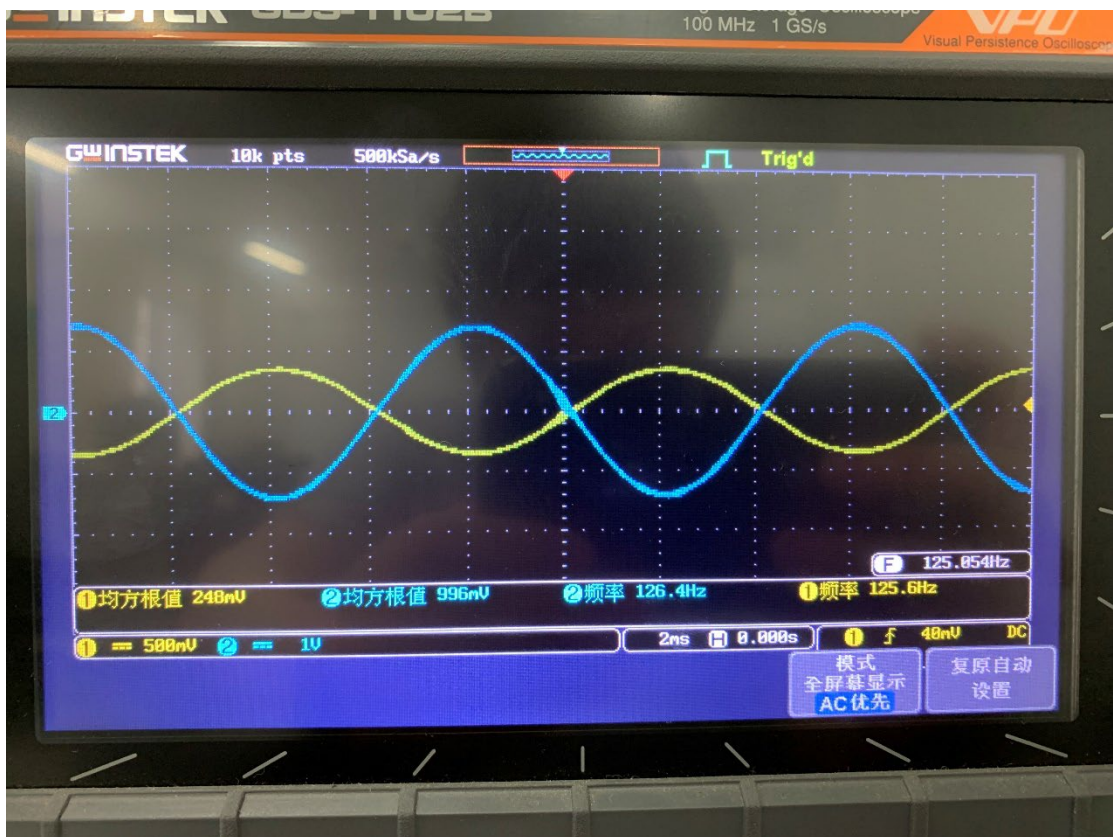


125Hz 的情况：调整电位器，波形发生变化，记录如下：

最低值：62.8mV，增益为 0.2553，即为-11.86dB，满足！



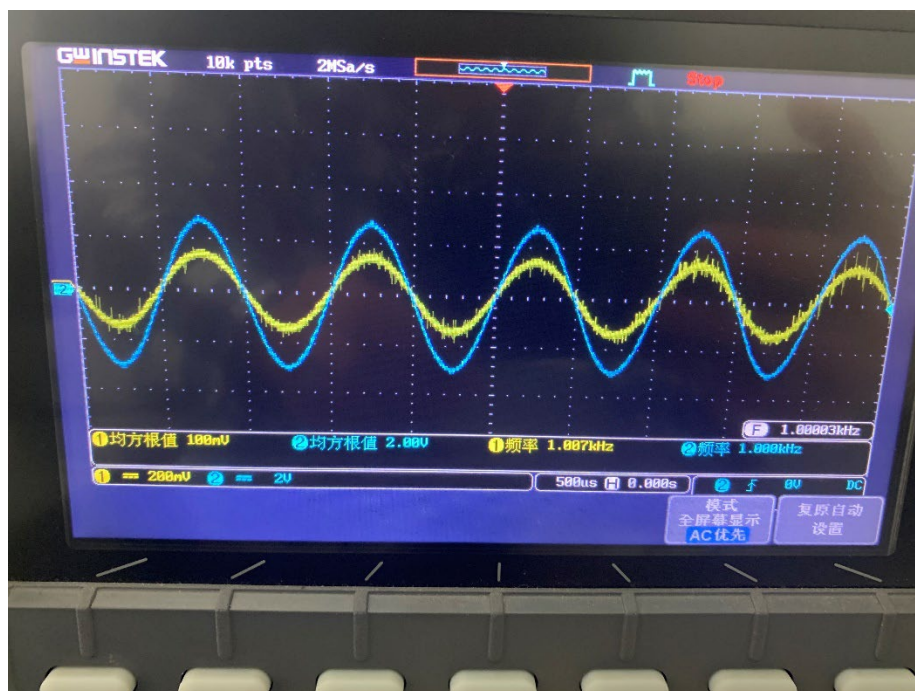
最高值：996mV，增益为 4.016，即为 12.075dB，满足！



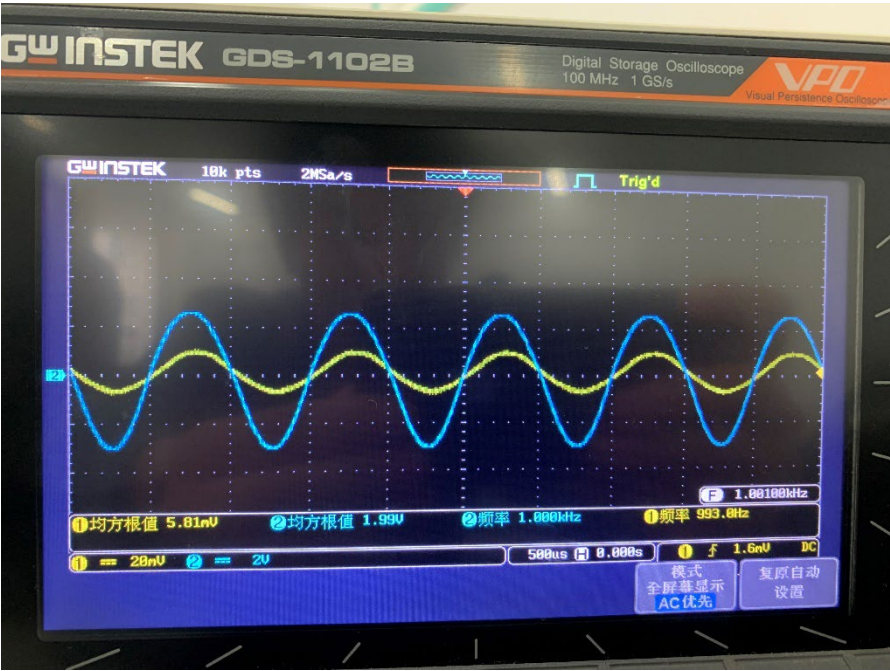
根据计算，调音电路在各频率下都满足要求。

功率放大电路：

未级联的时候，输入为 100mV，输出为 2V，增益为 20。



级联后，输出的均方根值为 1.99V，满足要求！增益约为 20。



1) 功放电路的测量：

输入一个 1kHz 的正弦波，测量电路放大倍数、输出电压、输出功率、效率等参数。

Ui (mVpp)	Uo (Vpp)	增益	输出功率 (mW)	电源电流 (mA)	电源功率 (mW)	效率
100	2.00	20	65.28	48.4	580.2	11.25%
200	3.97	19.85	256.86	85.34	1052.1	24.40%

2) 测量最大输出电压、最大输出功率：

Ui (mVpp)	Uomax (Vpp)	增益	输出功率 (mW)	电源电流 (mA)	电源功率 (mW)	效率
450	9.02	20.04	1240.48	185.4	2256.7	54.96%

3) 测量连接 mic 放大器+功放的输出电压、增益、输出功率：

Ui (mVpp) mic 输入	Uo (Vpp)	增益	输出功率
10	5.82	582	0.52
20	5.81	2.905	0.51

4) 测量连接 line 放大器+功放的输出电压、增益、输出功率：

Ui (mVpp) line 输入	Uo (Vpp)	增益	输出功率
100	5.82	58.2	0.52
200	5.82	29.1	0.53

4) 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 (mVpp) mic 输入	Ui (mVpp) line 输入	Uo (Vpp)	增益	输出功率
10	100	5.83	583/58.3	0.51

5) 音调控制

Ui 输入(有效值)	输入 f	Uo (有效值) 输出范围	增益	输出功率
250mV	1KHZ	251mV	0dB	7.810
	125HZ	62.8~996mV	-11.86~12.075dB	7.810
	8KHZ	62.7~993mV	-11.9~12.015dB	7.810

试音情况:

成功, 可以实现:

- inline 输出音乐
- mic 讲话
- 以上两者混合输出

四、 实验总结

• 自激: 由于功放级输出信号较大, 对前级容易产生影响, 引起自激。因此功率放大器的安装调试对布局和布线的要求很高, 安装前要根据所设计的电路对整机线路进行合理布局, 级和级之间要分开, 每一级的地线要接在一起, 同时要尽量短, 否则很容易产生自激。

自激分高频自激和低频自激

(1) 高频自激: 集成块内部电路多极点引起的正反馈易产生高频自激, 常见高频自激现象可以加强外部电路的负反馈(如外接电容负反馈等)予以抵消。

(2) 低频自激: 常见的现象是电源电流表有规则地左右摆动、或输出波形上下抖动。产生的主要原因是输出信号通过电源及地线产生了正反馈, 可以通过接入 RC 去耦滤波电路消除。

在本次实验中, 我们在最后一个功放电路中需要对自激现象进行处理, 相应的电路在上文中可以看到。

• 搭试电路时要用分立元件在面包板上完成, 电路的元件布局按照集成电路内部电路结构安排, 器件之间的连接也尽量用器件管脚连接, 尽量不要用实验箱上的元件和长连接线, 否则很容易产生自激振荡。为防止功放电路对其它电路或对前级电路产生影响, 功放的电源线要单独连接, 接线不要交叉, 并尽可能短。

• 单级电路调试时的技术指标较容易达到, 但进行级联时, 由于级间相互影响, 可能使单级的技术指标发生很大变化, 甚至两级不能进行级联。产生的主要原因: 一是布线不太合理, 形成级间交叉耦合, 应考虑重新布线; 二是级联后各级电流都要流经电源内阻, 内阻压降对某一级可能形成正反馈, 应接 RC 去耦滤波电路。R 一般取几十欧姆, C 一般用几百微法大电容与 $0.1\mu\text{F}$ 小电容相并联。

- 话筒接入后可能会啸叫, 这一般是话筒外壳接地不善引起的。

五、 实验建议(欢迎大家提出宝贵意见)

很有意思, 实用性较高。