

实验名称：扩音机的设计与测试 姓名：严旭铨 学号：3220101731

专业：电气工程及其自动化

姓名：严旭铨

学号：3220101731

日期：2024.4.2

地点：紫金港东三 406

浙江大学实验报告

课程名称：电路与电子技术 2 实验 指导老师：张伟 成绩：

实验名称：扩音机的设计与测试 实验类型：模电实验 同组学生姓名：褚纪铨

实验 7 扩音机的设计与测试

一、实验目的

- 了解复杂电子电路的设计方法；
- 了解集成功率放大器的基本特点；
- 了解放大电路的频率特性及音调控制原理；
- 学习复杂电子电路的分模块调试方法；
- 学习扩音机电路的特性参数的测试方法

二、实验器材

- 扩音机电路实验板；扩音机电路实验所需的电子元器件；
- 数字多用表；
- 双踪示波器；
- 数字函数信号发生器；
- 可调式直流稳压稳流电源

三、实验要求

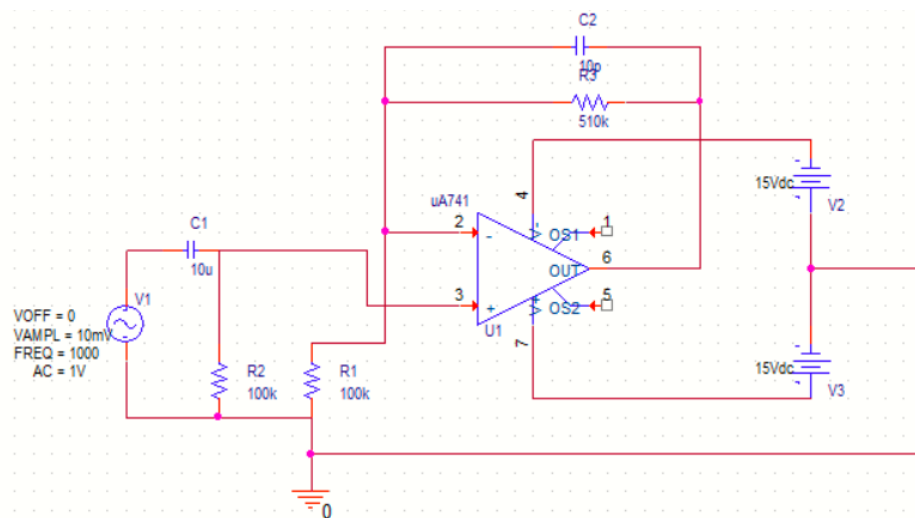
- 焊接
 - 分别焊接前置放大电路、音调控制电路及集成功放电路等三级运放组成的扩音机电路功能块。
- 检查电路的正确性
 - 对照电路原理图仔细检查三级电路的元器件参数、连接线及焊点质量；
 - 使用万用表的通断档逐步检查电路的完整性。避免漏焊、错焊、虚焊等现象。
- 测量前置级的增益【要仿真】
 - 测量静态工作点；
 - 输入正弦波，示波器监视输入与输出波形；
 - 用示波器测量输入与输出电压，计算其放大倍数。
- 测量音调控制电路低音和高音增益调节范围；
 - 测量音调控制电路的静态工作点；
 - 在下列条件下测试音调控制电路的电压增益；
 - 音调控制电位器置中心位置
 - 输入信号频率为 1kHz 的正弦波
 - 用示波器观察输入与输出波形
 - 用示波器测量输入与输出电压
 - 高低音控制特性的测试，计算音调控制范围 $20\lg \frac{V_{o1}}{V_o}$ (即 $20\lg \frac{A_{V1}}{A_V}$)。
 - 低频段 $f=100\text{Hz}$ 时的音调控制特性。

- a) 音调 RP1 调节至最左,用示波器测量输入与输出电压
- b) 音调 RP1 至调节最右,用示波器测量输入与输出电压
- ii. 高频段 $f=10\text{KHz}$ 时的音调控制特性。
 - a) 音调 RP2 调节至最左,用示波器测量输入与输出电压
 - b) 音调 RP2 至调节最右,用示波器测量输入与输出电压
5. 测量功率放大级的增益;
6. 测量功率放大级最大不失真输出和最大功率(带载);
7. 测试整机增益;
8. 测量频率特性;
9. 测量其它各项指标;
10. 听音试验

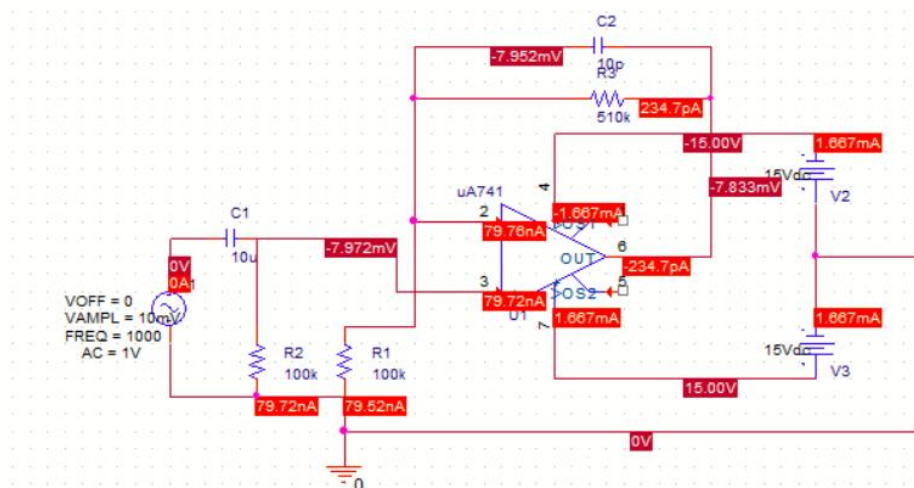
四、 仿真部分

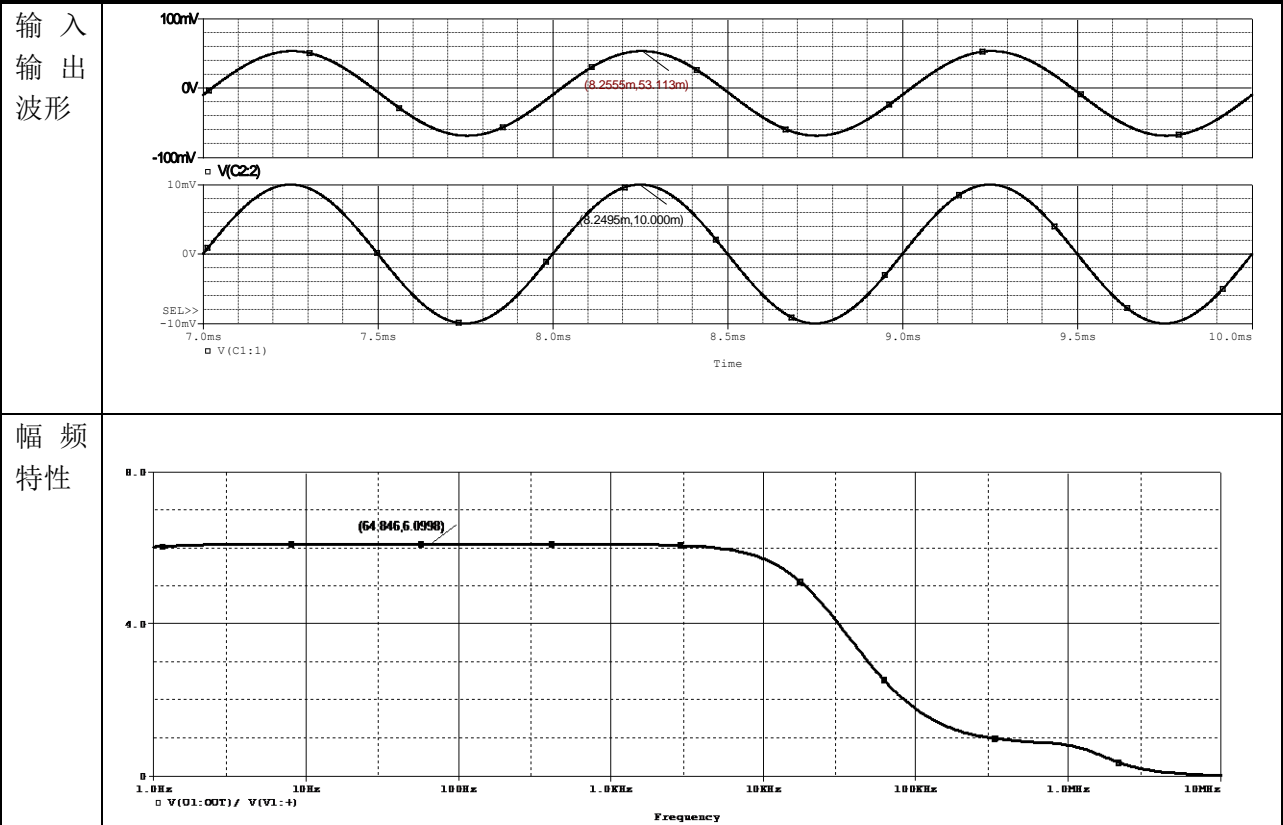
1. 前置级

电 路 图



静 态 工 作 点

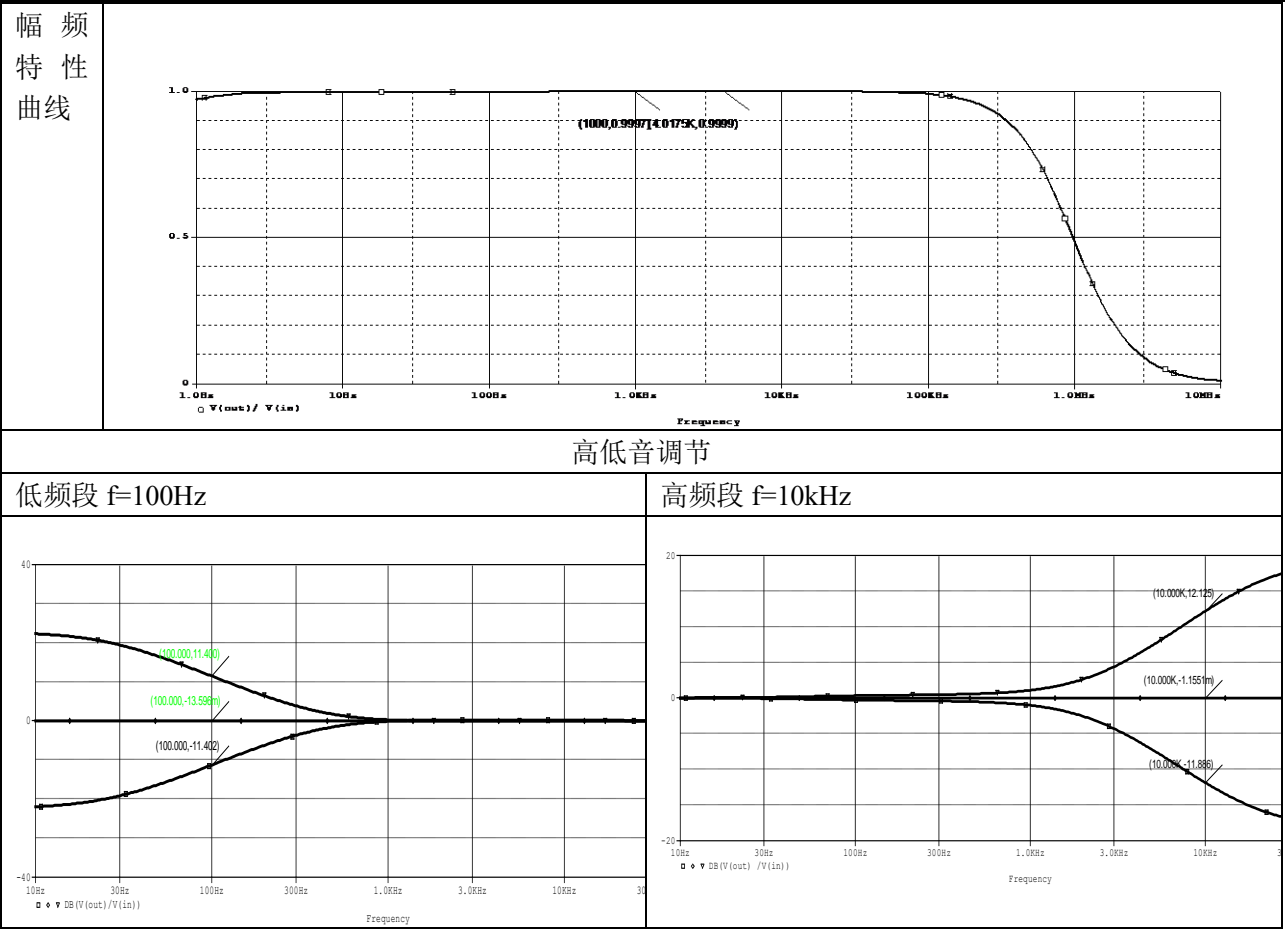




静态工作点	电压/mV
输出端	-7.833
同相端	-7.952
反相端	-7.972
输入峰值/mV	10
输出峰值/mV	53.113
直接计算电压放大倍数	5.3113
绘图得到的放大倍数	6.0998

2. 音调调节部分

电 路 图	
静 态 工 作 点	
输 入 输 出 波 形	



静态工作点	电压/mV
输出端	10.07
同相端	0
反相端	0.019

低频增益/dB	11.4
低频衰减/dB	-11.402
高频增益/dB	12.125
高频衰减/dB	-11.886

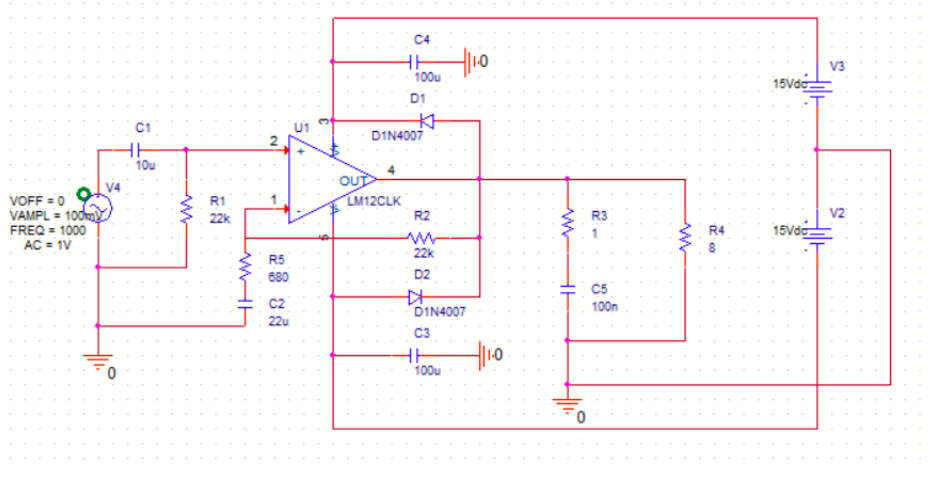
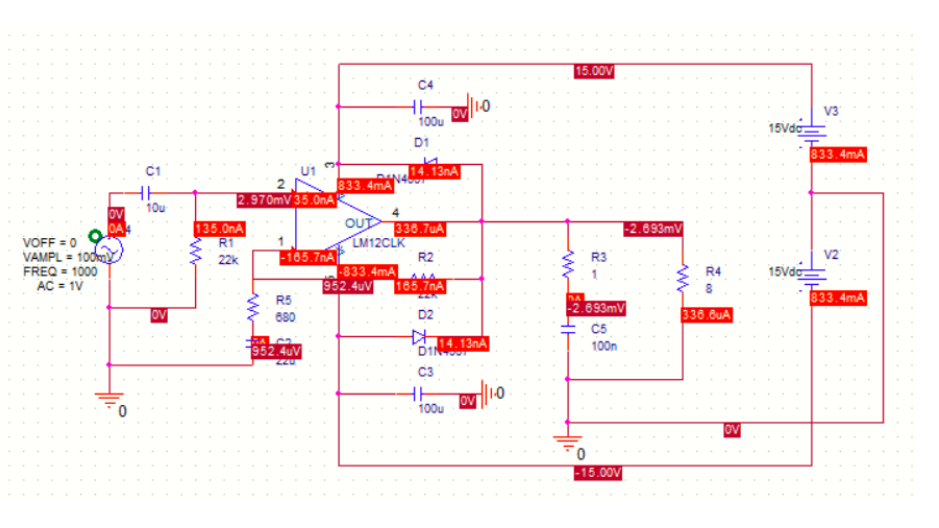
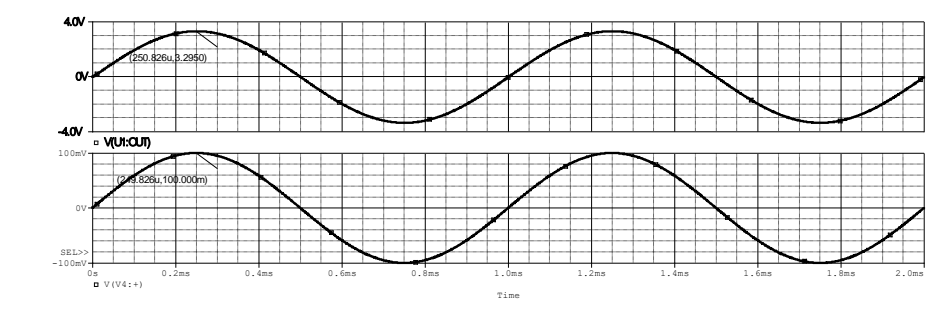
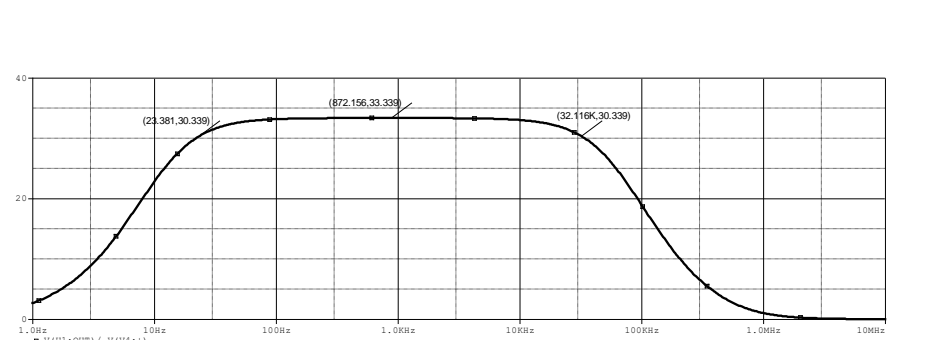
由于是要计算增益和衰减,那么可以直接利用仿真软件中的 DB 函数,在交流扫描下绘制图形并得到 100Hz 和 10kHz 处的数据。

在 OrCad 中,利用 PARAM 变量设置 SET1, SET2 给 RP1 和 RP2 的 SET,再利用交流扫描嵌套参数扫描,其中参数扫描的变量为 SET1 或 SET2,值用 0,0.5,1 的列表即可。

- 低频音调控制范围-11.402~11.4dB, 高频音调控制范围-11.886~12.125dB

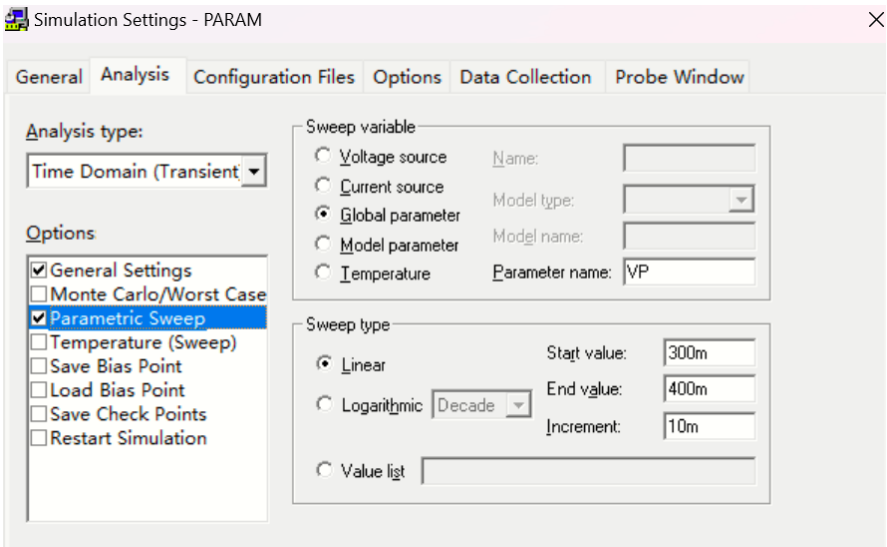
3. 功率放大部分

表 1

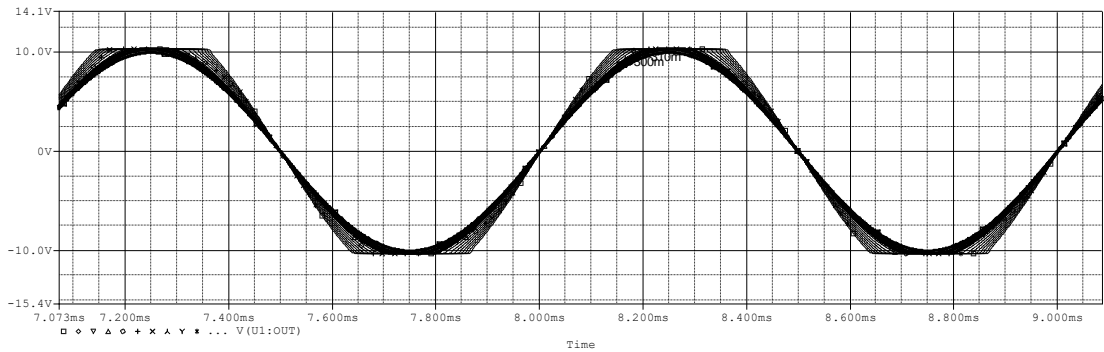
<p>电路图</p>	
<p>静态工作点</p>	
<p>输入输出波形</p>	
<p>幅频特性曲线</p>	

静态工作点	电压/mV
输出端	-2.693
同相端	0.9524
反相端	2.97
输入峰值/mV	100
输出峰值/mV	3295
电压放大倍数	32.95
最大不失真输出/V	10.235
输入灵敏度/mV	310
最大功率 W	6.547

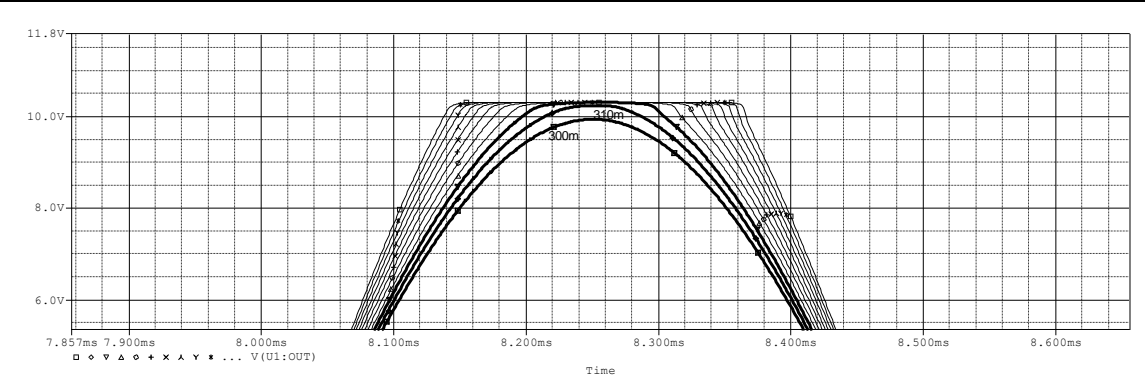
这里着重描述一下最大不失真输出的得到。



同样运用了瞬态分析嵌套参数扫描,参数为 VP,提前用 PARAM 设好,设给电源 VAMPL={VP}。这样扫描得到的是 11 条曲线,电源电压为 300mV 到 400mV 之间等距。这样可以更高效地看到大概在哪个区间产生了失真,然后在这个区间里面再细化查找。



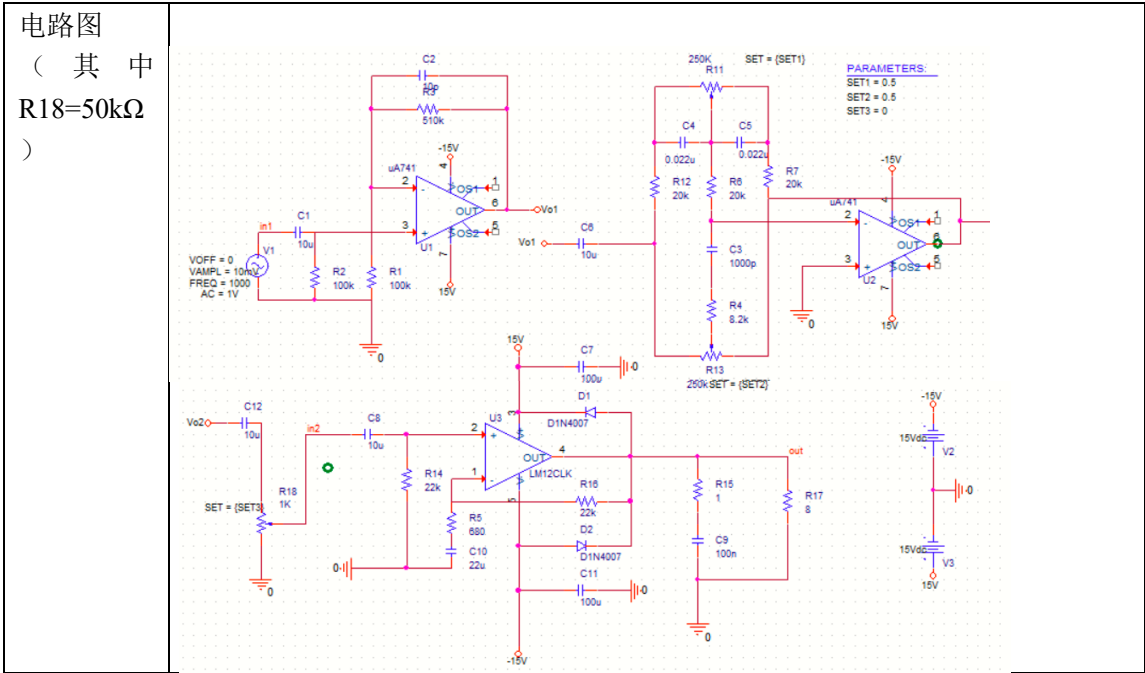
这样可以大致确定最大不失真输出电压，点击这条图线就可查询其详细信息，发现他的 VP 是



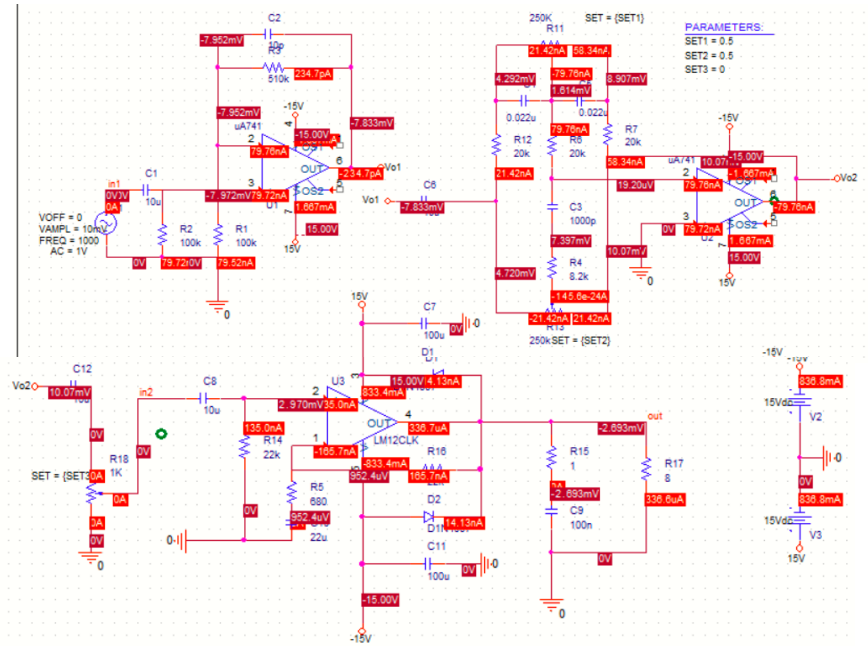
310mV 左右，最大不失真输出电压为 10.235V。计算得到最大输出功率为 6.547W。

4. 整机

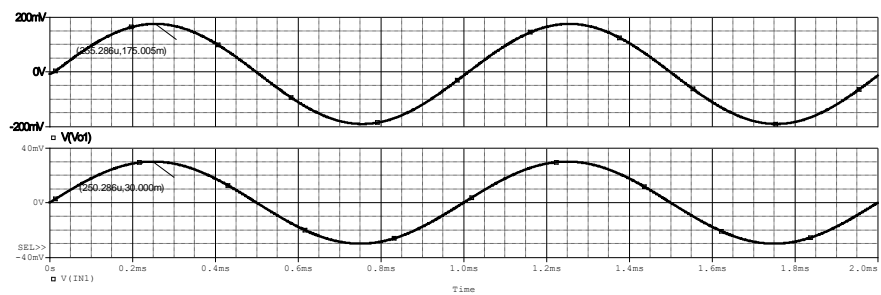
表 2



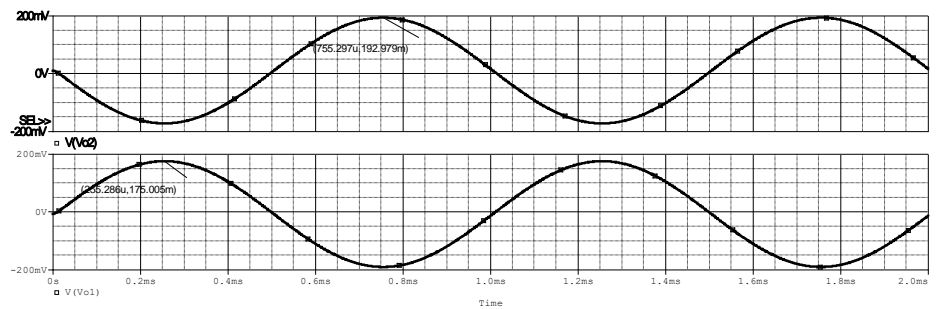
静态工作点



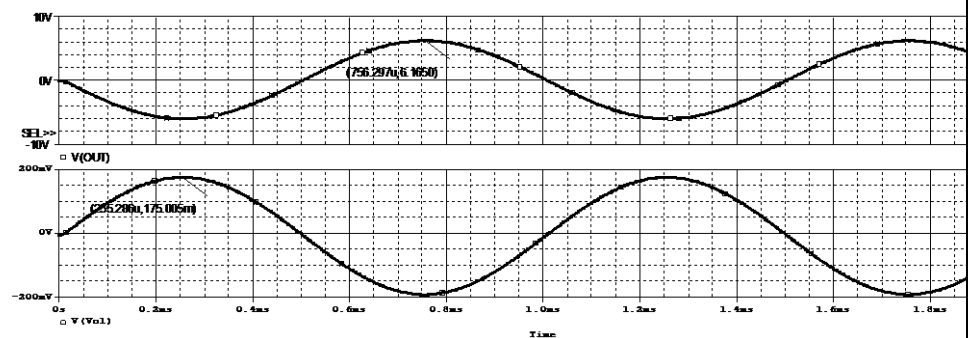
前置级输入输出



音调输入输出

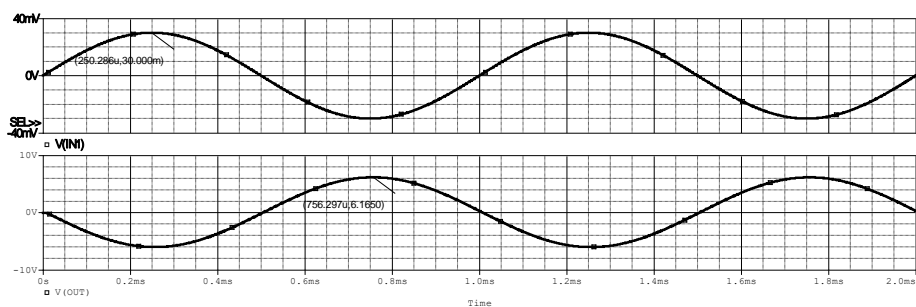


功率放大级输入输出

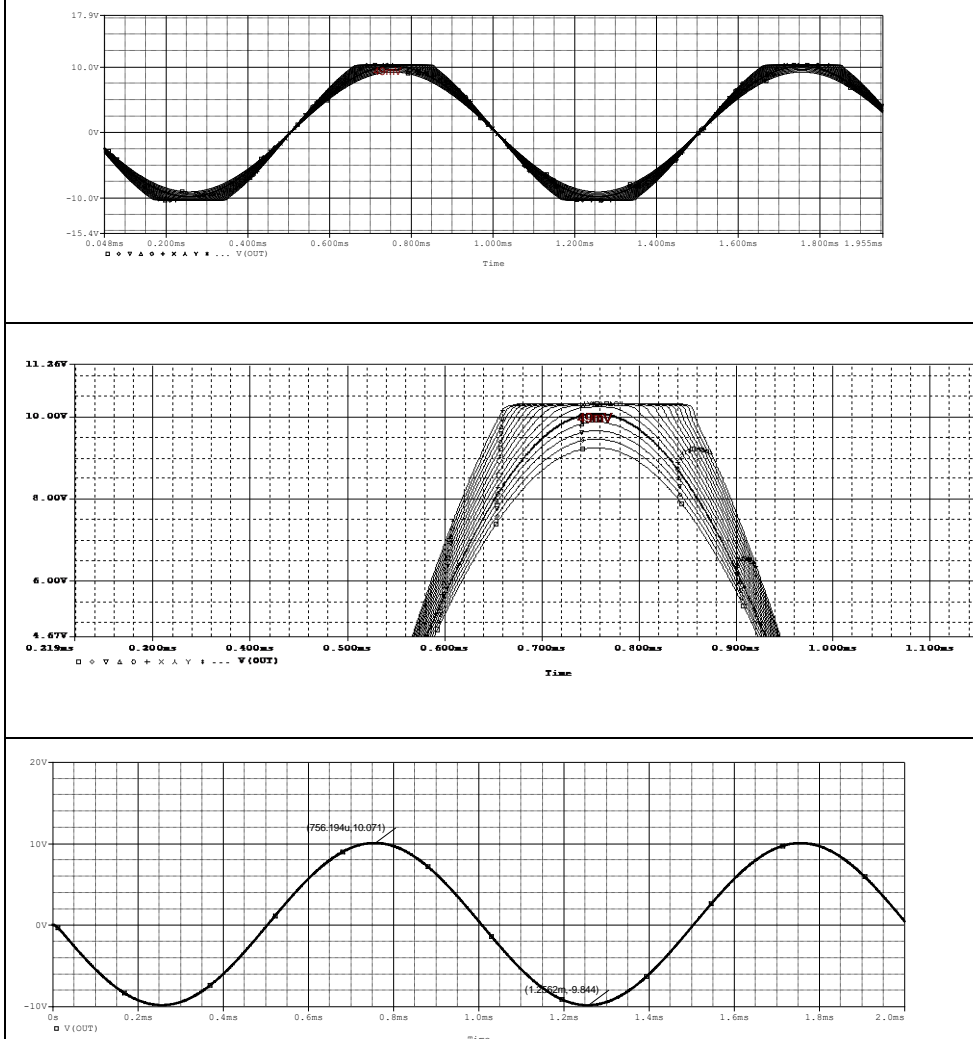


实验名称: 扩音机的设计与测试 姓名: 严旭铎 学号: 3220101731

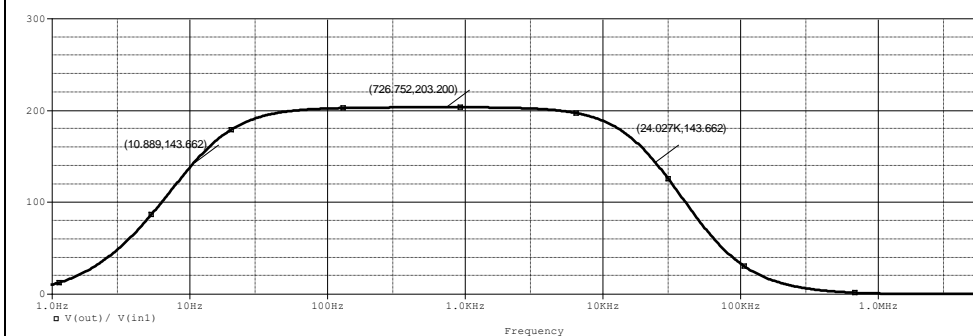
整机输入
输出



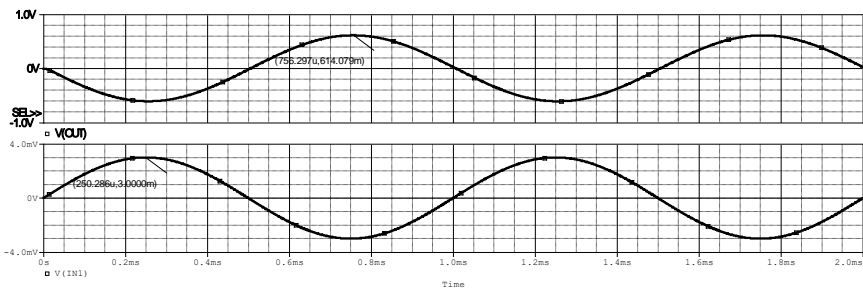
最大不失
真输出电压



中频频率
响应
(1kHz)



中频下高低音控制特性（输入由30mV变为3mV）



电路	输入电压峰值/mV	输出电压峰值/mV	放大倍数
前置级	30	175.005	5.8335
音调控制电路	175.005	192.979	1.102706
功率放大级	175.005	6165	35.22756
整机电路	30	6165	205.5

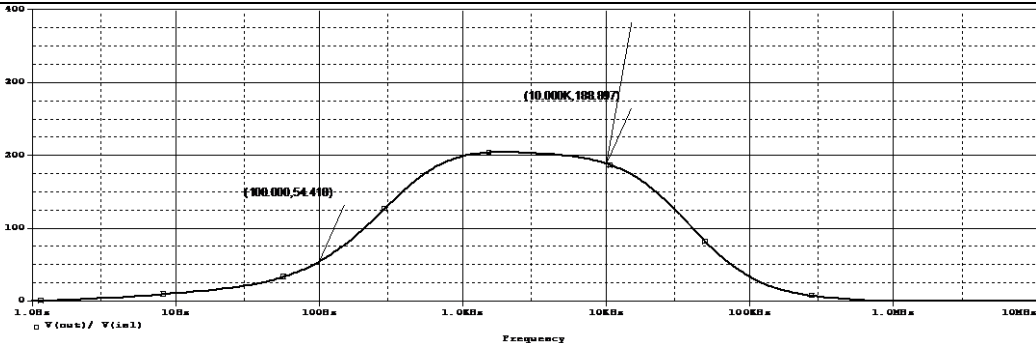
最大不失真输出峰值/V	10.071
输入灵敏度峰值/mV	49
最大功率 W	6.339
上限频率/Hz	10.889
下限频率/kHz	24.027

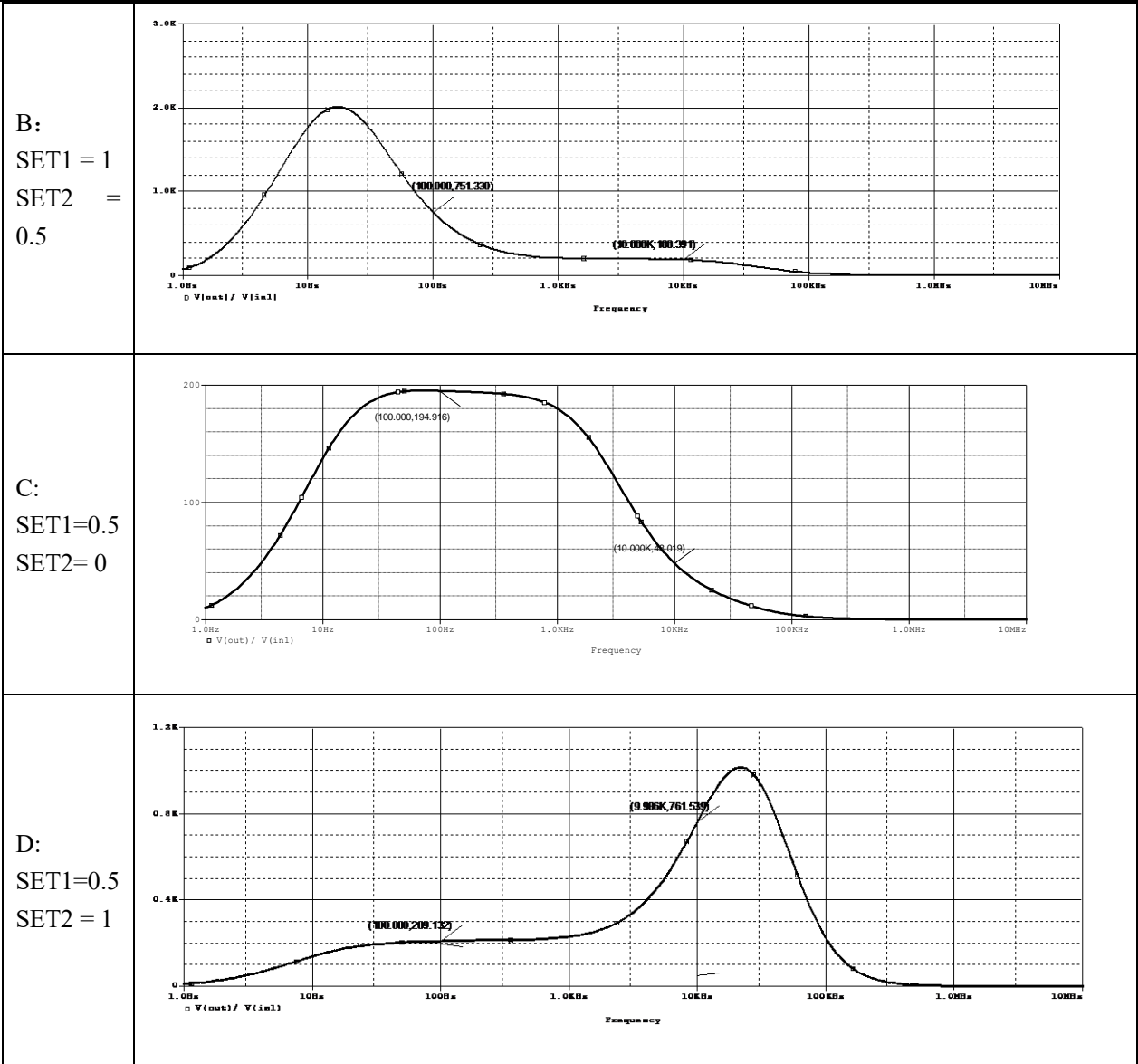
高低音控制特性

整机高低音	中频 1kHz 衰减后	未衰减
输入电压峰值/mV	3	30
输出电压峰值/mV	614.079	6165
放大倍数	204.693	205.5

100Hz/10kHz 音控特性

A:
SET1 = 0
SET2 =
0.5





$V_p = 3mV_{AC}$ 嵌套参数，SET1 和 SET2 依次设为 0 1，的列表进行扫描，每次选取一条，在两处频率处找到 $V(out)/V(in1)$ 的值即可

SET1	SET2	100Hz	10kHz
		AvA or AvB or AvC or AvD	
0	0.5	54.418	188.897
1	0.5	751.33	188.391
0.5	0	194.916	48.019
0.5	1	209.132	761.539
净提升量/dB		11.295	11.412
净衰减量/dB		-11.507	-12.594

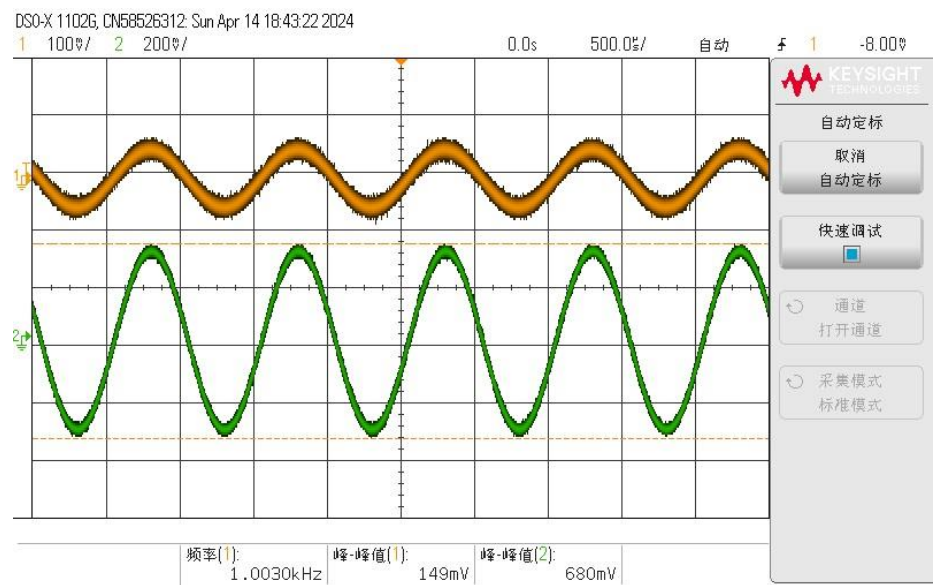
五、 实测部分

1. 前置级

(1) 静态工作点

静态工作点	电压/mV
输出端	18.2
同相端	-4.5
反相端	-5

(2) 输入输出波形



输入峰峰值/mV	149
输出峰峰值/mV	680
电压放大倍数 A_v	4.56

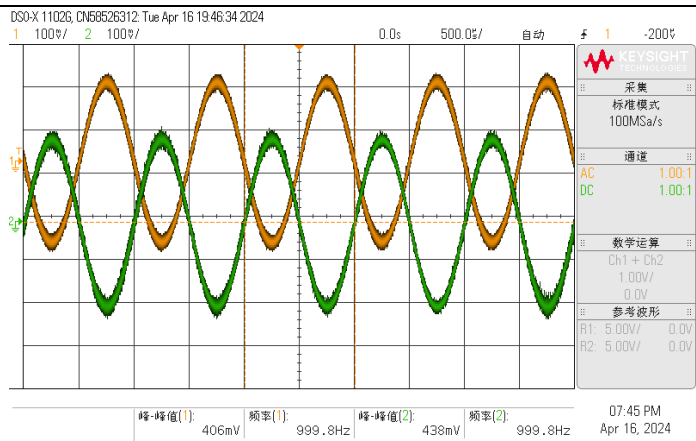
理论的放大倍数为 $A_{vf} = 1 + \frac{R_3}{R_2} = 6$, 仿真结果也约为 6. 这里可能是在调试过程中换过一个贴片电容，然后上面的数值已经不是很清晰，安装错了元件。这也导致了后面整机的放大倍数只有 139 倍左右（正常应该是 204 倍左右）。

2. 音调控制级

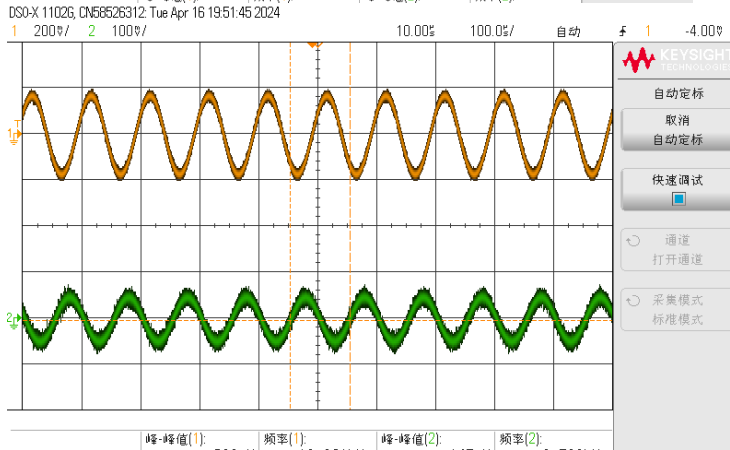
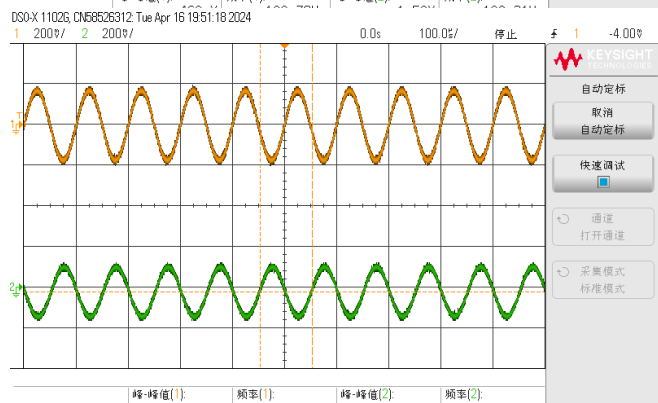
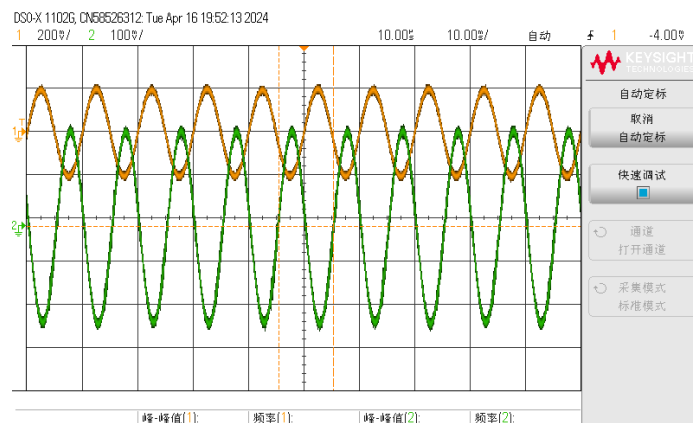
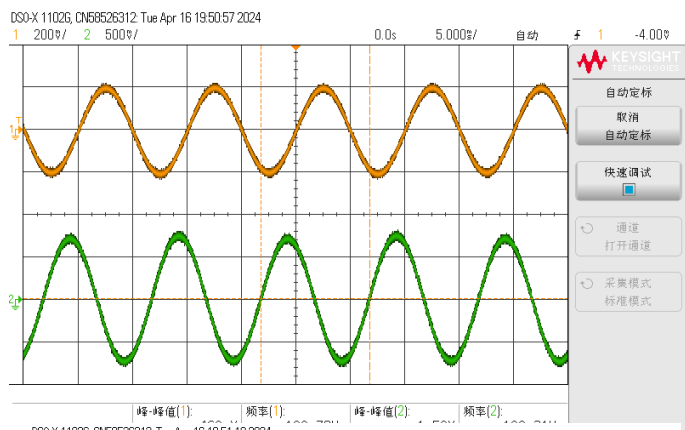
(1) 静态工作点

静态工作点	电压/mV
输出端	5.8
同相端	0
反相端	-0.3

(2) 各个条件下的电压增益（中频）



(3) 高低音控制特性

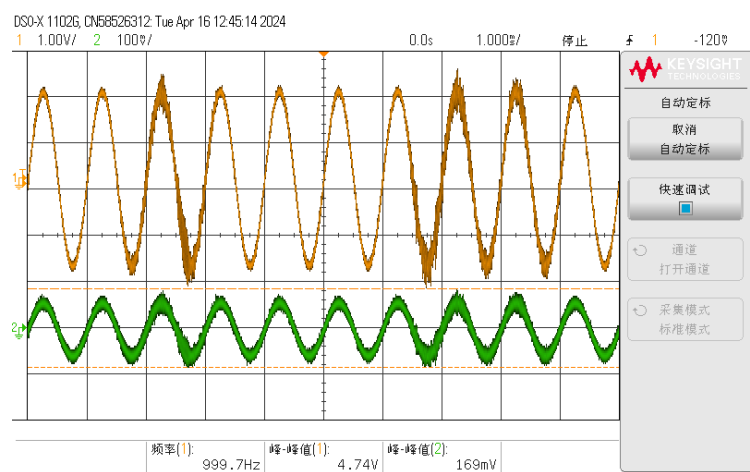


中频特性	Vi/mV	406
	Vo/mV	430
	Av	1.059
低频特性	VOA/mV	103
	VOB/mV	1260
	AVA	0.253
	AVB	3.10
	低频衰减	-11.91
	低频增益	9.83
高频特性	VOC/mV	1283
	VOD/mV	95
	AVC	3.160
	AVD	0.220
	高频增益	9.994
	高频衰减	-13.114

3. 功率放大级
(1) 静态工作点

静态工作点	电压/mV
1	0
2	0
3	-14.34
4	0
5	14.33

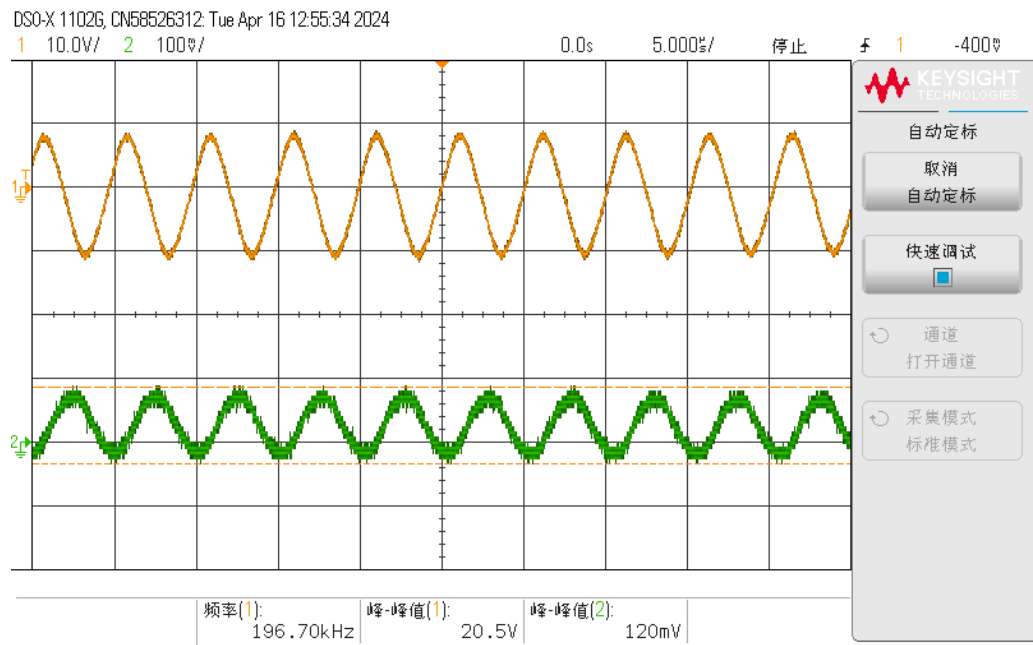
(2) 输入输出波形



输入峰峰值/mV	169
输出峰峰值/mV	4740
电压放大倍数	28.04

(3) 带载时的最大不失真输出电压以及灵敏度

带负载 8Ω ，用完移去负载时注意让它先冷却一下，并且不要给太大的电压，也不要通电太长时间，会很烫。

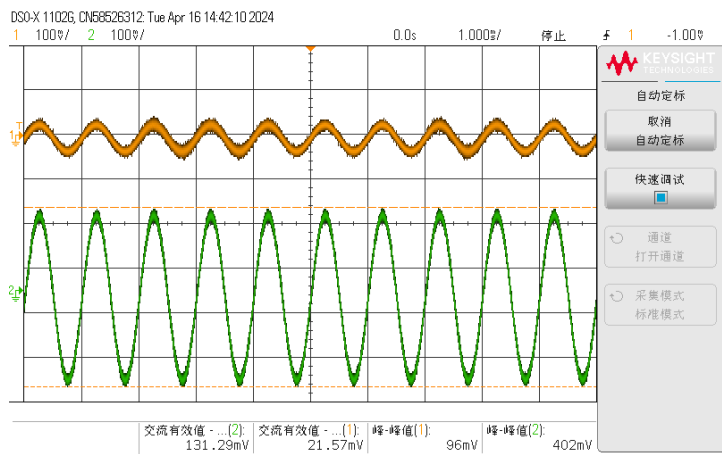
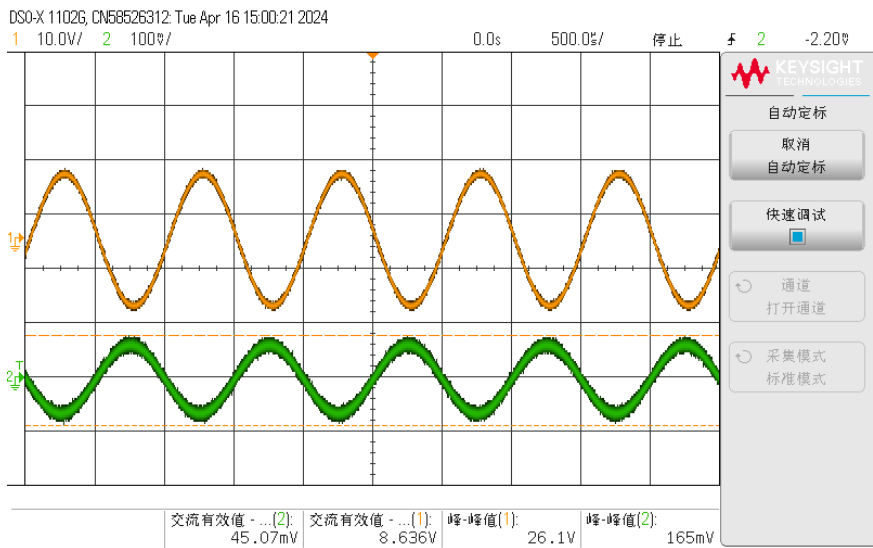
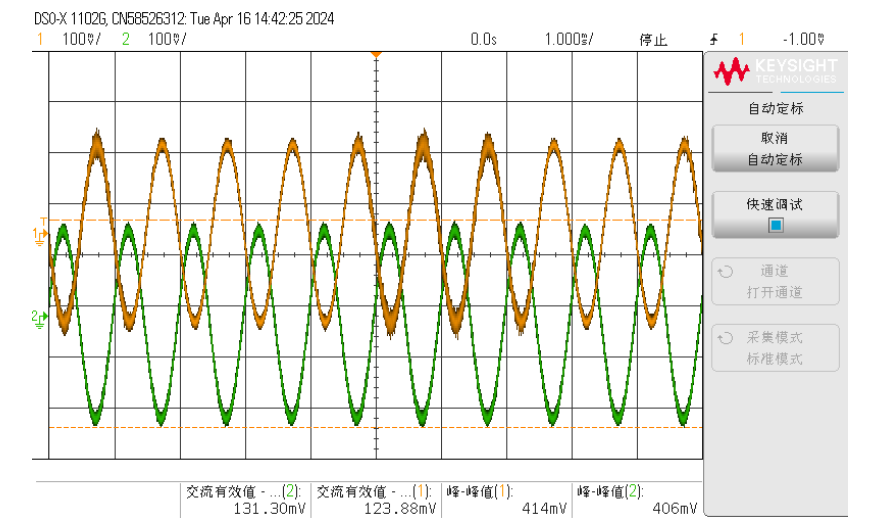


最大不失真输出/V	20.5	峰峰值	电源电流/A	0.531
输入灵敏度/mV	120	峰峰值	电源功率/W	15.926
此时功率 W	6.5664063	有效值	效率	0.412

4. 整机电路

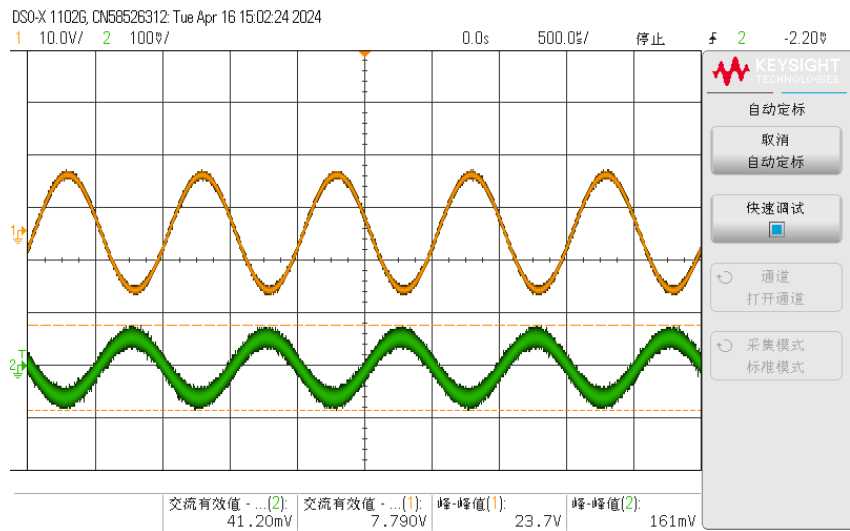
- (1) 音量最大，音调调节置中，信号发生器输入 $V_{pp} = 60\text{mV}$, $f = 1\text{kHz}$ 。
各级增益:

电路	输入电压	输出电压	放大倍数
前置级/mV	96	402	4.1875
音调控制电路	4.14	4.06	0.98
功率放大级	430	12600	29.30
整机电路	94	13100	139.36

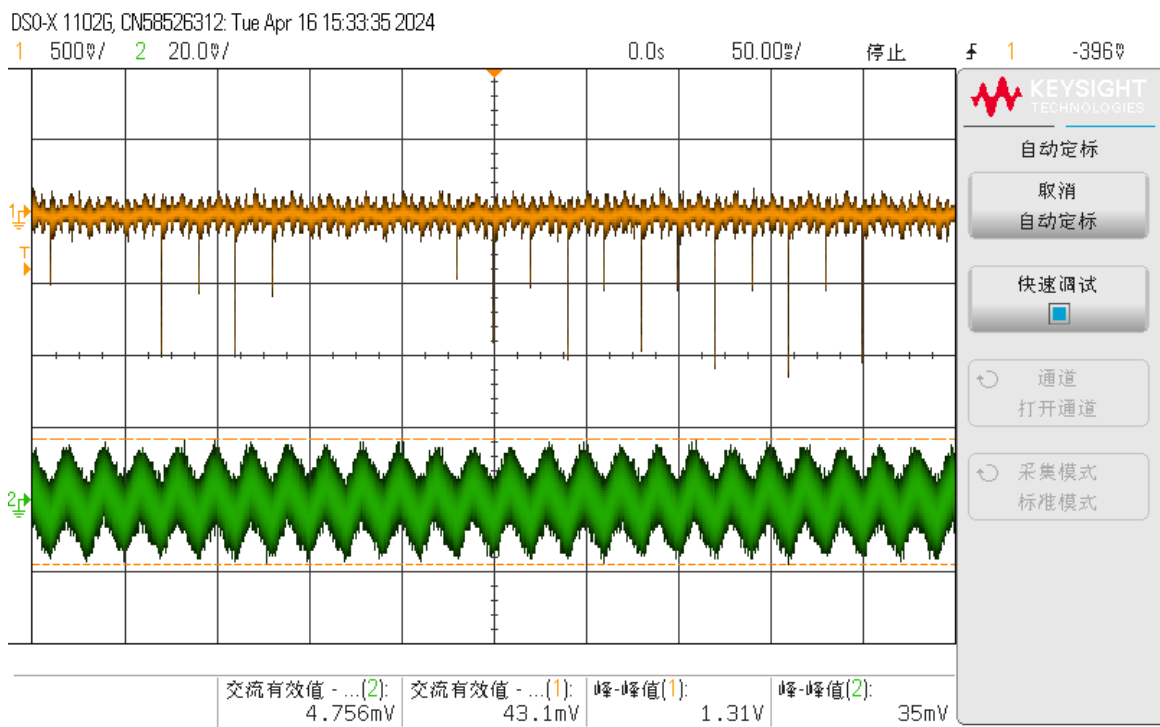


(2) 最大不失真输出电压

最大不失真输出 V_{pp}/V	23.1
输入灵敏度 V_{pp}/mV	161
最大功率/W	8.34
效率	52.36%

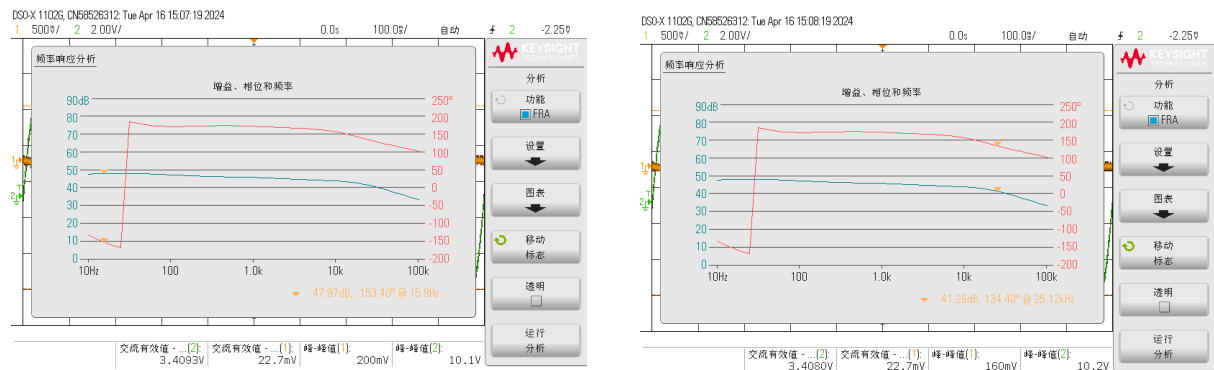


(3) 噪声电压 V_N



噪声电压有效值/mVrms	43.1mV
---------------	--------

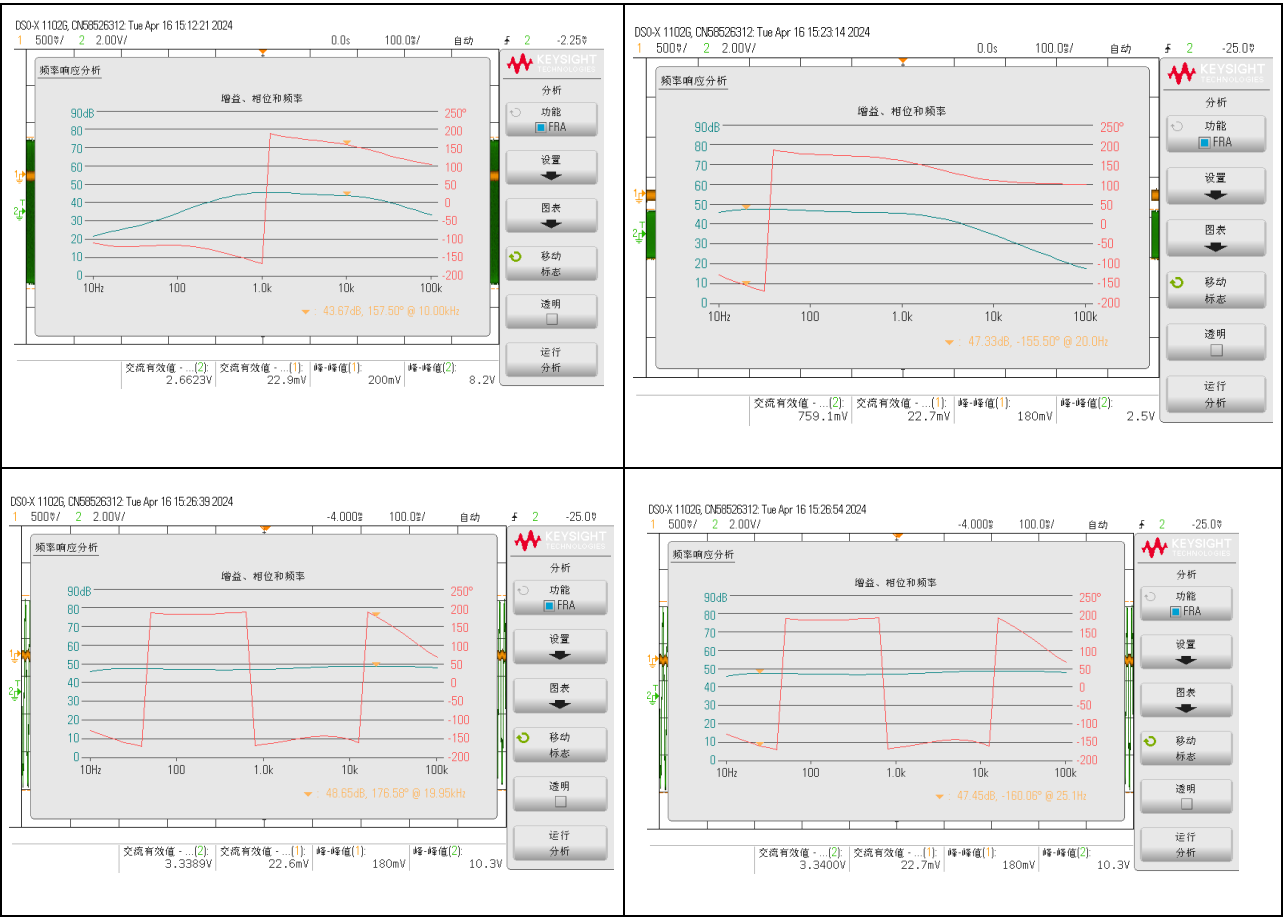
(4) 整机电路频率响应



这里采用示波器作为信号源,使用其FRV 频率特性分析功能扫描出波特图.电压为20mV。测得

上限频率/Hz	15.9
下限频率/kHz	25.12

(5) 整机高低音控制特性



SET1	SET2	100Hz	10kHz
		AvA or AvB or AvC or AvD	
0	0.5	8.87	/
1	0.5	-9.43	/
0.5	0	/	-9.29
0.5	1	/	11.39

因此有

低频增益/dB	8.87
低频衰减/dB	-9.34
高频增益/dB	11.39
高频衰减/dB	-9.29

六、 误差分析

1. 调试的时候重新焊了一个电容但是上面的标识已经磨掉了，可能差了一个数量级，导致前置级放大倍数减小，后面也缩小。
2. 部分焊接点存在虚焊等情况。
3. 仿真与实际的区别比较大，一个是有一个电容换了，另外是实际用的一块芯片在仿真库里面用近似的元件替代了。

七、 调试与故障排除

1. 由于是第一次焊接，容易出现虚焊的情况，在测前置级的时候我一开始的静态工作点都是零，但实际上是没有这么理想的，接上信号后发现输出和输入是基本一样大的，说明出现了问题。检查电源无误，然后用万用表测通断。一开始以为是运放和插座之间的接触不良，但是运放输入端 6 脚和电路板上的电阻是联通的，排除。之后找到了原因，是信号输入端的那条导线有虚焊现象，因为万用表测它和同条孔道的电阻脚是断联的。这样重新修改了焊脚之后解决了问题。
2. 在前置级和音调控制级测完之后，中间休息了一下，回来之后再连接电源发现就会短路过流。小板子上面用万用表检查，发现 1Ω 的电阻两端是短接的（蜂鸣器会响）。本来以为是这个电阻可能被烧坏了，但是换过之后还是响的。之后发现，这个规格的电阻，就算是新的完好的，两端直接用万用表检测都会响。问题出在大板子上。遂更换了几个贴片电容（这里可能有一个电容换错了，导致后面再测的时候，前置级的放大倍数只有 4 倍多）。后来发现可能是板子在移动的时候，又有虚焊的焊脚有脱落的情况，再次重焊，问题解决。
3. 由于实验室示波器和信号源的质量问题，一开始直接输入比较小的信号（例如 30mV ），示波器不会有明显的波形。需要先从 100mV 左右或者更高的电压往下调更稳妥。另外发现一个问题，示波器的 V_{pp} 与信号源的 V_{pp} 不太一样，我怀疑是我的信号源的问题。示波器上直接连信号源，在比较小的电压输出下，大约是我设定值的 1.1~1.2 倍左右。
4. 仿真中嵌套扫描记得使用 PARAM 设定变量值。

八、 体会想法和建议

1. 用这个电路连上音响然后放出自己最喜欢的歌手的歌真的很棒，会让人很有成就感。虽然在这个过程中，调试很耗费时间很麻烦。
2. 以后爱班上这个内容的时候能不能在课堂中留一点时间教一下怎么焊接。至少演示一下，大家不用自己摸索。我自己摸索着焊的出了很多问题，浪费了很多时间。
3. 这个项目的时能调整一下。刚好是期中考试周，大家都会很忙，这个实验弄不好也很耗费时间。