

浙江大学实验报告

专业：__自动化（控制）__

姓名：__李丰克__

学号：__3230105182__

日期：__2024.12.5__

地点：__东四 212__

课程名称：__电路与模拟电路实验__

指导老师：__于于__

实验名称：__音频功率放大电路的设计__

一、实验的目的和要求

- 1.了解复杂电子电路的设计方法；
- 2.了解放大电路的频率特性及音调控制原理；
- 3.测试各项指标及电路的音调调整控制特性；
- 4.熟悉集成功放的基本特点；
- 5.学习复杂电子电路的分模块调试方法。

二、实验内容和原理

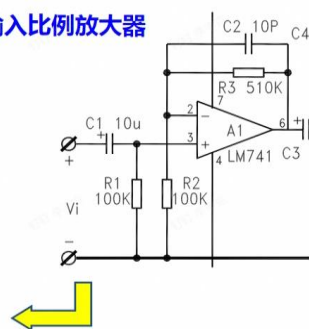
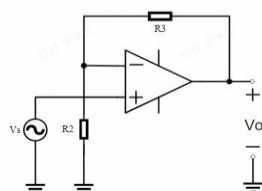
(一)实验原理：

1. 前置放大级——同相输入比例放大器

➢ 闭环电压增益： $A_{vf} = 1 + \frac{R_3}{R_2}$

➢ 输入电阻 $R_{if} = R_1$

➢ 输出电阻 $R_{of} = 0$



2. 音调控制级

- 放大电路的固有属性：幅频特性/通频带（增益衰减）；
- 音调控制：放大器的闭环增益随输入信号频率的变化而变化；
- 常用音调控制电路：
 - 衰减式 RC 音调控制电路（调节范围宽，但容易产生失真）；
 - 反馈型音调控制电路（调节范围小一些，但失真小）；
 - 混合式音调控制电路（电路复杂，多用于高级收录机）；

此音调控制级采用：

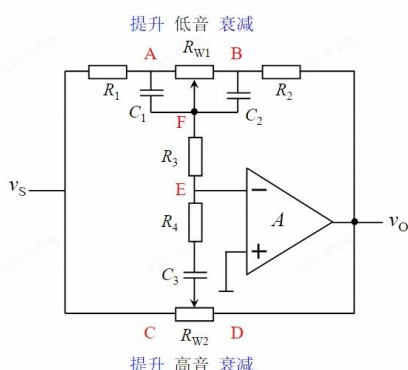
由阻容网络组成的 **RC 型负反馈** 音调控制电路。（通过不同的负反馈网络实现，电路简单、失真小）

RC 型负反馈音调控制电路

$$R_1 = R_2 = R_3 = R;$$

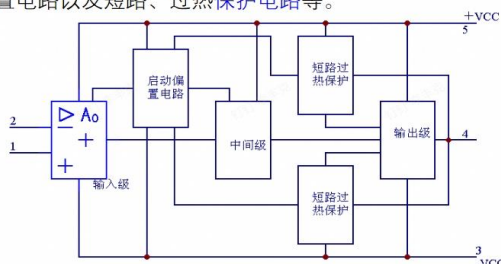
$$C_1 = C_2 \gg C_3;$$

$$R_{W1} = R_{W2} \gg R$$



3. 功率放大级——集成功率器件 TDA2030A

- 由恒流源差动放大电路构成的输入级；
- 中间电压放大级；
- 复合互补对称式 OCL 电路构成的输出级；
- 启动和偏置电路以及短路、过热保护电路等。



(二)实验内容

静态测试：用万用表直流电压档测量电路特定点的直流电位。根据所测的数据判断电路工作是否正常。

动态测试：在输入端加入规则信号，按信号流程依次检查各点的波形，判断电路工作状态，测量参数。

三、主要仪器设备

电路板，直流电压源，示波器，信号源，8Ω 负载

四、实验任务，线路图

(一)任务一：调试准备和静态测试

1, 检查线路板是否有短接、错焊的地方：查看电解电容、二极管极性是否正确，测量电源和地线之间不短路；

2, 音量旋钮调至最低，即把电位器 RP3 旋到底，测得中间端对地（GND）短路；

3, 运放芯片 $\mu A741$ 暂不插入；

4, 检测 $\pm 15V$ 电源的输出电压是否正常。

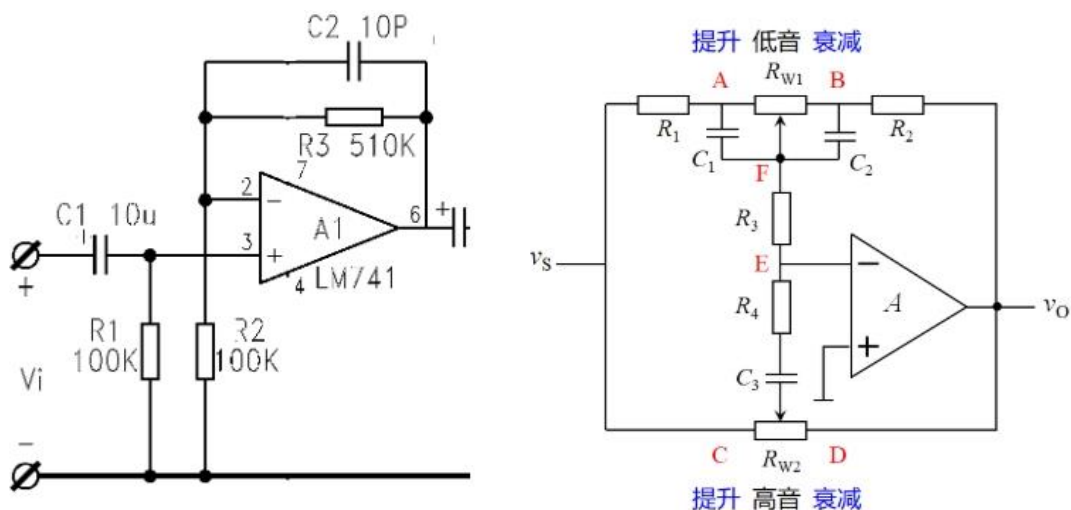
5, 线路板通电，注意观察电源的输出电压（ $\pm 15V$ ）、电流（ $\approx 30mA$ ）、输出功率是否正常，观察 TDA2030 的温升情况。如有异常（比如输出电流或功率过大），则请立即关闭电源，检查线路。

6, 测量芯片底座 A1 和 A2 的 4、7 管脚，或是 D4(+)、D3(-)端的对地（GND）电压，显示 -14.3V、+14.3V 为正常。

7, 断电，将运放芯片（ $\mu A741$ ）依次插入前置级和音调级插座，通电后可再测 4、7 管脚电压，若正常则可开始测量电路参数。

(二)任务二：测试动态放大倍数

输入信号正弦波，1kHz，100mVpp，测量第一级和第二级增益 A_{v1} 、 A_{v2} 。



(三)任务三：频率响应（前置级+音调控制级+功率放大级）

RP1、RP2 电位器旋至中心位置，保持输入信号 V_i 的幅度不变。信号频率设置为中频（ $f=1KHz$ ），观测记录输出电压 V_{o1} ；仅改变信号频率（增大或减小），观测输出电压 V_o ，当输出电压下降到 V_{o1} 的 0.707 倍时，分别记录所对应的频率 f_L 和 f_H ；通频带宽 $\Delta f=f_L \sim f_H$ ，

(四)任务四：音调控制测试

将 RP1（低频）、RP2（高频）电位器旋至中心位置。

中频 $f=1KHz$ ，第三步已测 V_O ；

信号频率调至 $f=100Hz$ （低频）电位器 RP1 旋至最左 A 点和最右 B 点，依次测出 V_{OA} 和 V_{OB} ，计算 V_{OA}/V_{OB} ；计算净提升量和净衰减量 A_{vA} 和 A_{vB} ；

信号频率调至 $f=10kHz$ （高频）电位器 RP2 旋至最左 C 点和最右 D 点，依次测出 V_{OC} 和 V_{OD} ，计算 V_{OC}/V_{OD} ；计算净提升量和净衰减量 A_{vC} 和 A_{vD} ；

(五)任务五：测量幅频特性曲线（音调级）

调节 RP1 和 RP2 至不同位置，分别测量对应频率段的第二级增益 AV2 数值，根据实验数据做图。

(六)任务六：

1，整机测试——空载

RP1、RP2 调至中间位置，RP3 旋到底至输出最大

(1) 输入端接地

噪声电压 V_N ：是扩音机内各种噪声经放大后的总和。当输入信号为零时，在输出端（负载上）测得的电压有效值（ $<\pm 10\text{mV}$ ）；

静态功耗 P_Q ：是放大器处于静态情况下所消耗的电源功率。记录此时电源的输出功率值；

(2) 输入端信号：1kHz 正弦波，幅度逐步增大直至输出最大不失真；

输入灵敏度：此时的输入 V_{imax} （有效值 50mV 以内）；

最大不失真电压：此时的输出 V_{omax} （峰峰值约 25V）；

整机增益 AV_o ：约 180~200（略减小输入信号幅值进行测量）；

2，整机测试——带载

增大输入信号幅值，观测输出波形，调至最大不失真输出。

记录输入灵敏度 V_{imax} ；最大不失真输出，负载电压波形的有效值 V_{omax} ；电源的输出功率 P_E 。

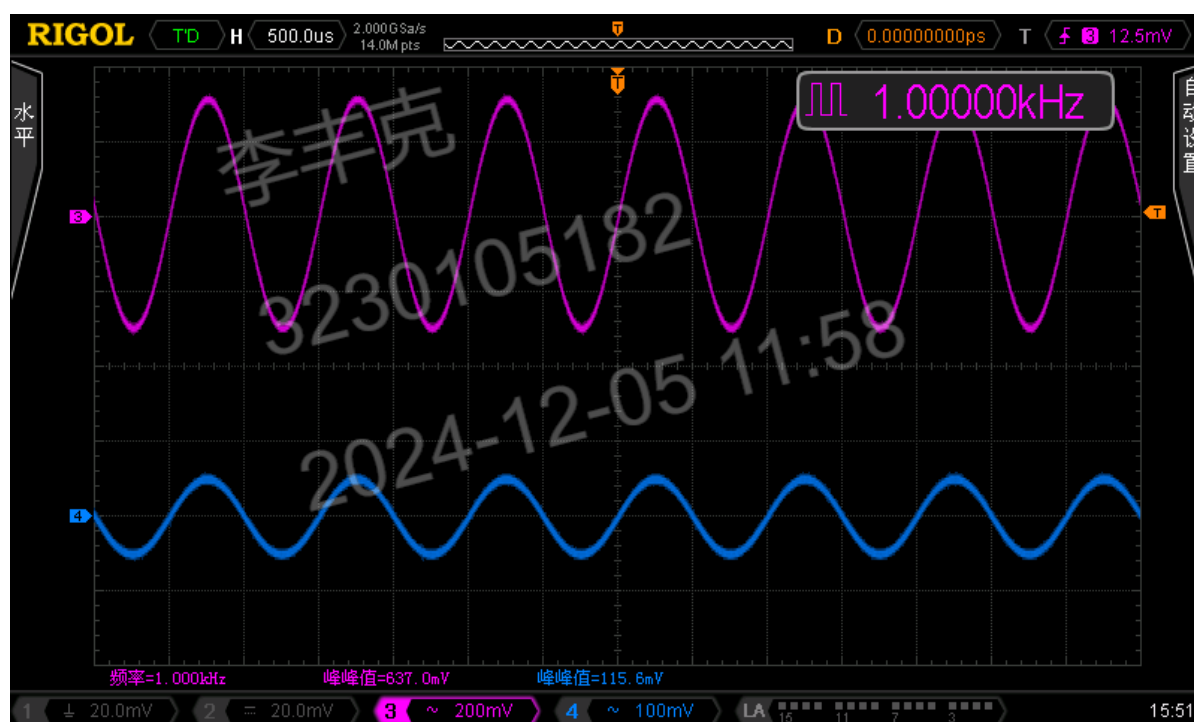
根据以上数据计算负载最大输出功率和电路的效率值。

五、实验数据记录处理及实验结果分析

1，任务一：调试准备和静态测试

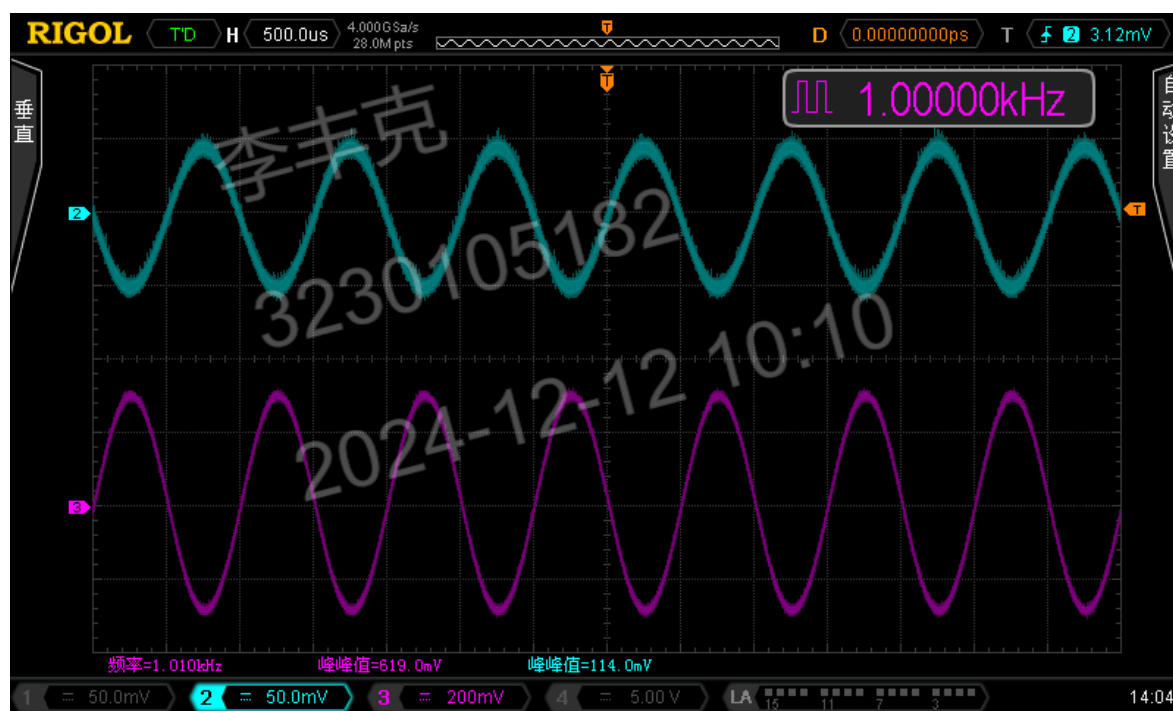
经测量 A1 底座 4、7 管脚电压分别为 -14.2142V、14.2415V；A2 底座 4、7 管脚电压分别为 -14.2365、14.2415V。说明电压输入正常。再插入芯片后测量，发现输入仍正常。

2，任务二：测量放大倍数



$$A_{v1} = \frac{637.0mV}{115.6mV} = 5.51$$

由图得



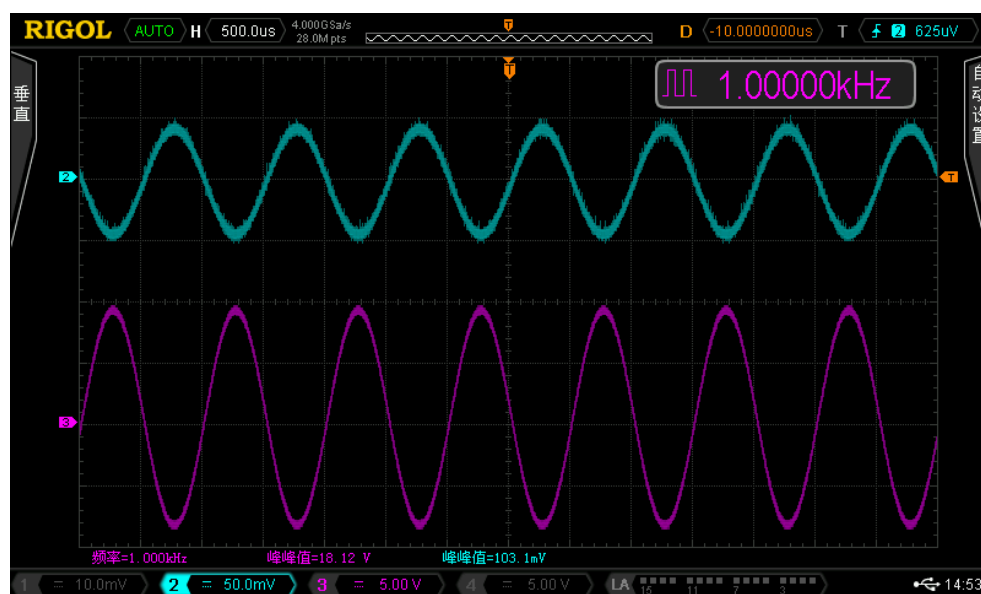
由图得

$$A_{v1} \times A_{v2} = \frac{-619.0mV}{114.0mV} = -5.43$$

$$A_{v2} = \frac{-5.43}{5.51} = -0.985$$

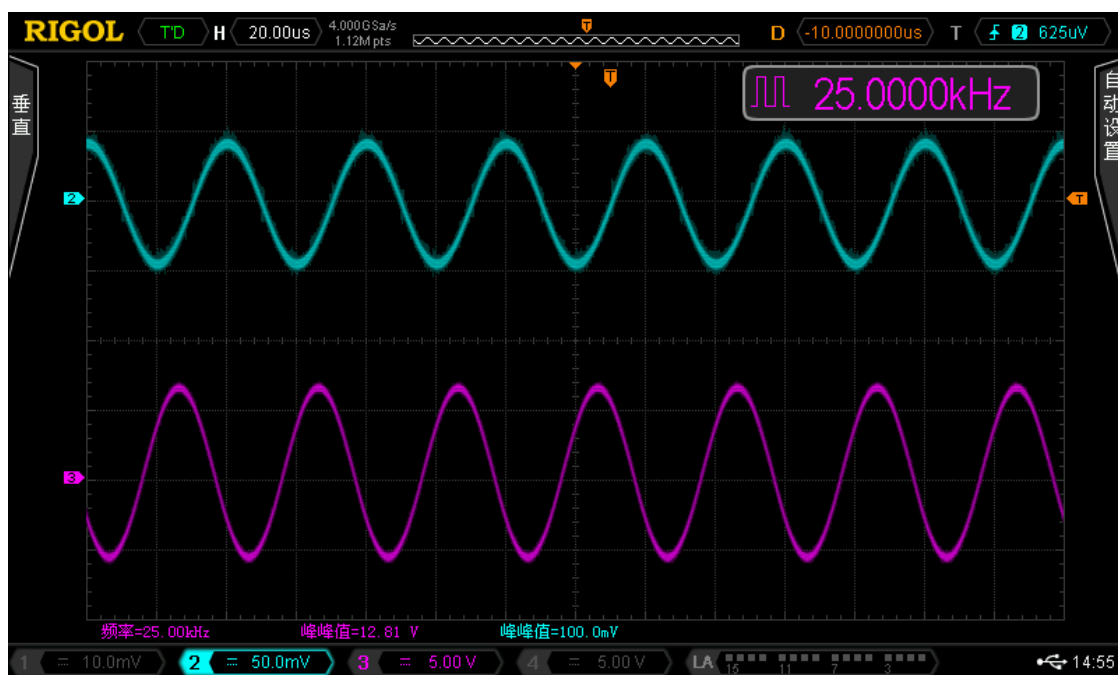
3, 任务三: 频率响应 (前置级+音调控制级+功率放大级)

中频段 $f=1kHz$, 测得 $v_i=103.1mV$, $v_o=18.12V$ 。

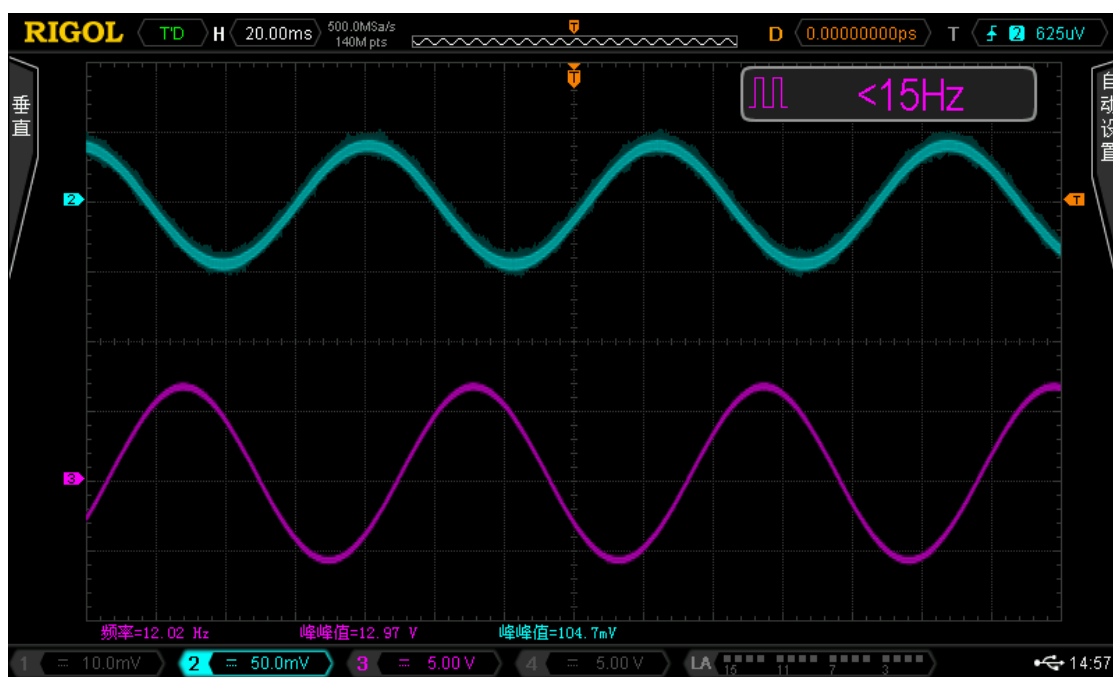


输入不变，输出为最大输出的 0.707 倍时的频率为上下限频率

$$18.12 \times 0.707 = 12.81 \text{V}$$



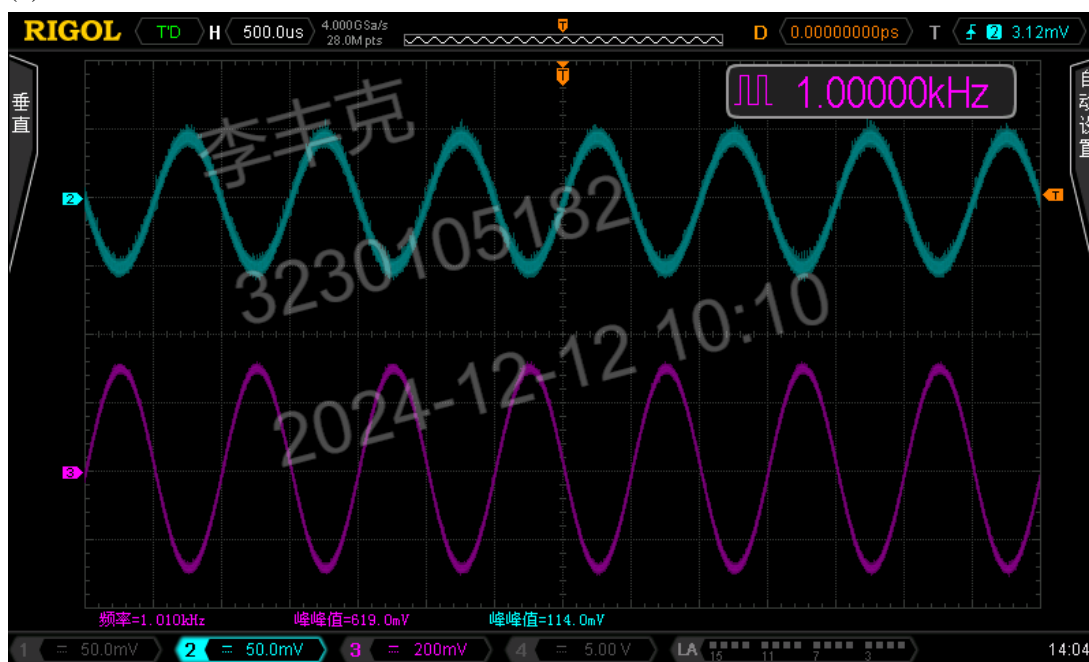
由图得上限频率 25kHz



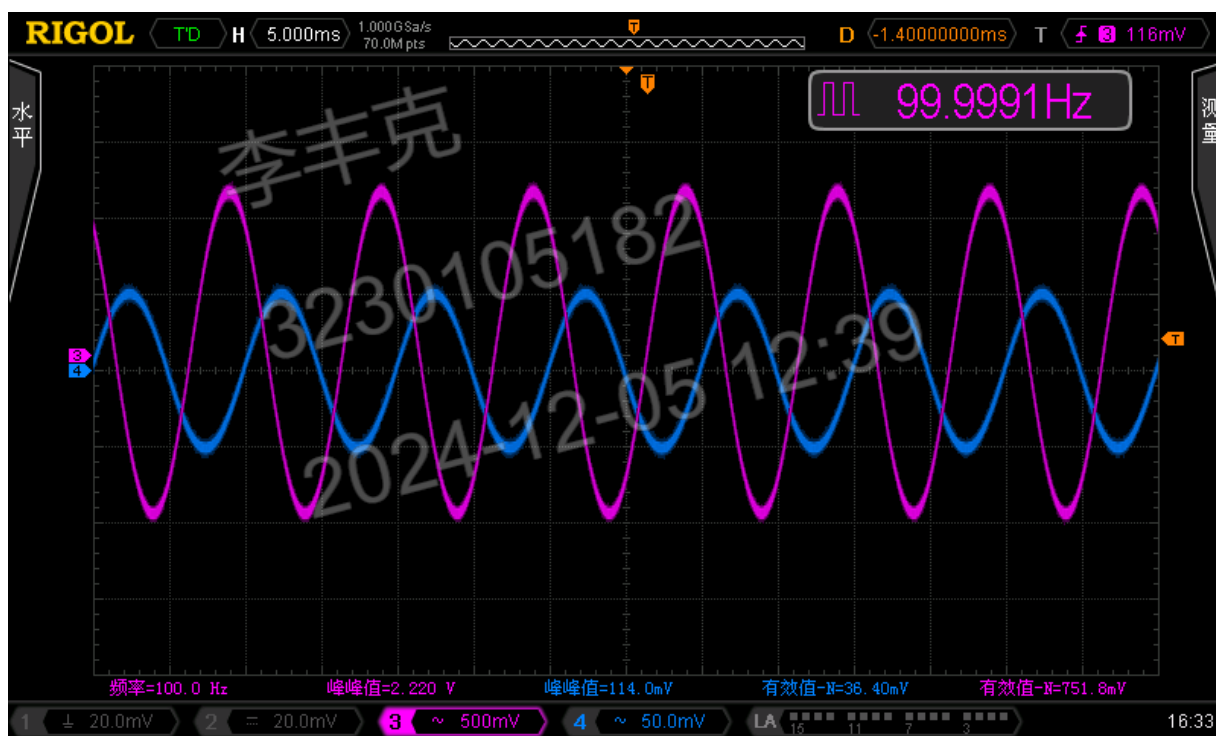
由图得下限频率 12HZ。

可得出通频带宽 $BW = f_H - f_L = 2498 \text{Hz}$

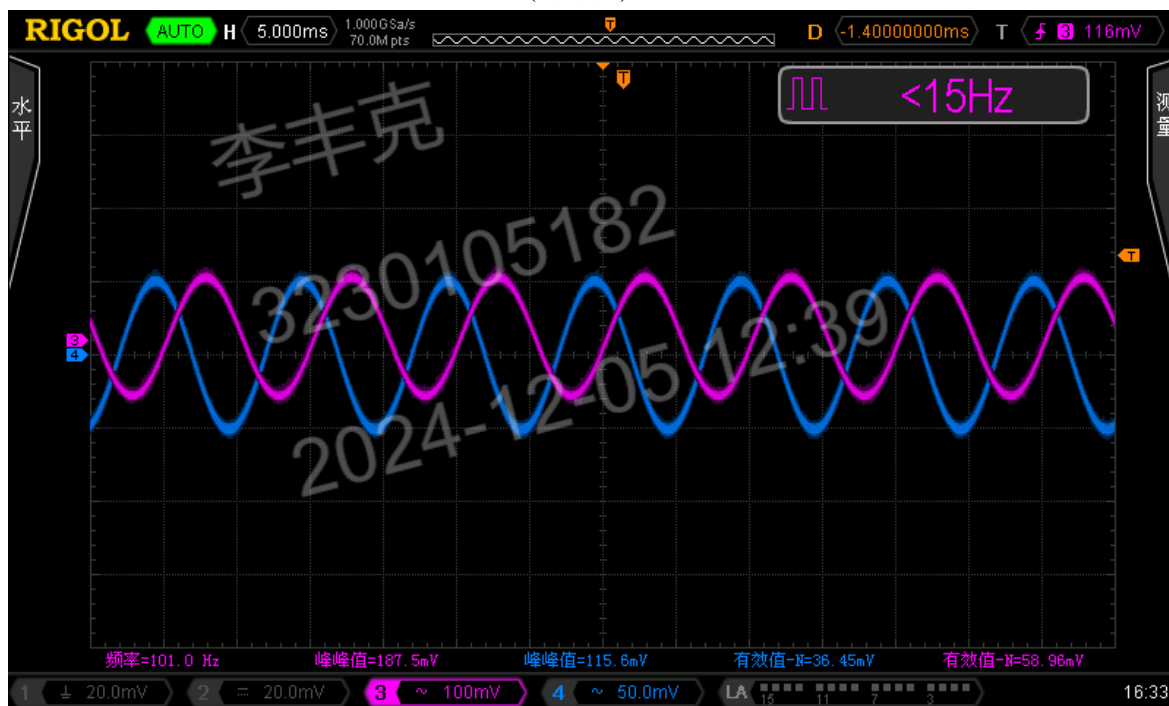
4, 任务四: 音调控制测试

(1)中频 $f=1\text{kHz}$ (2)低频 $f=100\text{Hz}$

电位器 RP1 旋到最左点 A, 测得 VOA(峰峰值)=2.220V



电位器 RP1 旋到最右点 B，测得 V_{OB} (峰峰值)=187.5mV



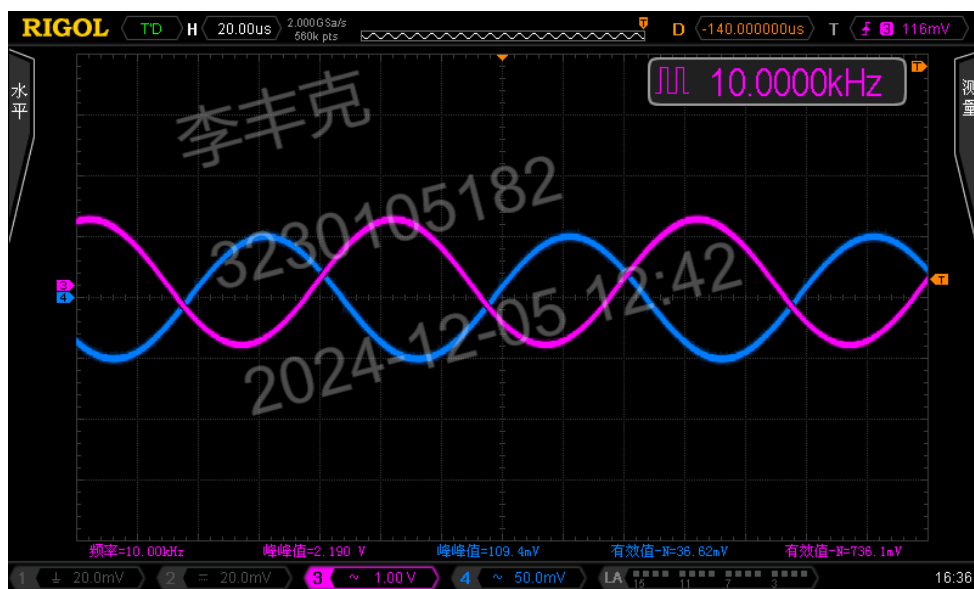
$$\frac{V_{OA}}{V_{OB}} = \frac{2.220}{0.1875} = 11.84$$

$$A_{va} = -3.534 \quad \text{净提升量} = \frac{-3.534}{-0.985} = 3.59$$

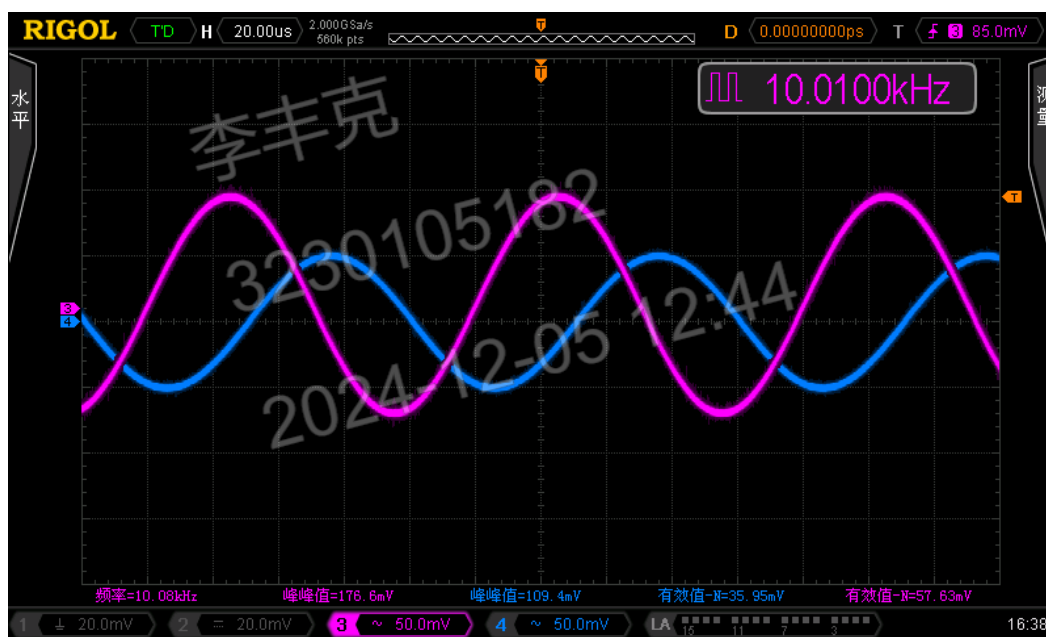
$$A_{vb} = -0.294 \quad \text{净衰减量} = \frac{-0.294}{-0.985} = 0.299$$

(3) 高频 $f=10\text{kHz}$

电位器 RP2 旋到最左侧 C，测得 V_{OC} (峰峰值)=2.190V



电位器 RP2 旋到最右侧 D 点，测得 $V_{OD}(\text{峰峰值})=176.6\text{mV}$



$$\frac{V_{OC}}{V_{OD}} = \frac{2.190}{0.1766} = 12.40$$

$$A_{va} = -3.633 \quad \text{净提升量} = \frac{-3.633}{-0.985} = 3.688$$

$$A_{vb} = -0.293 \quad \text{净衰减量} = \frac{-0.293}{-0.985} = 0.297$$

5, 任务五: 幅频特性曲线

把 RP1 和 RP2 都在旋到最左侧

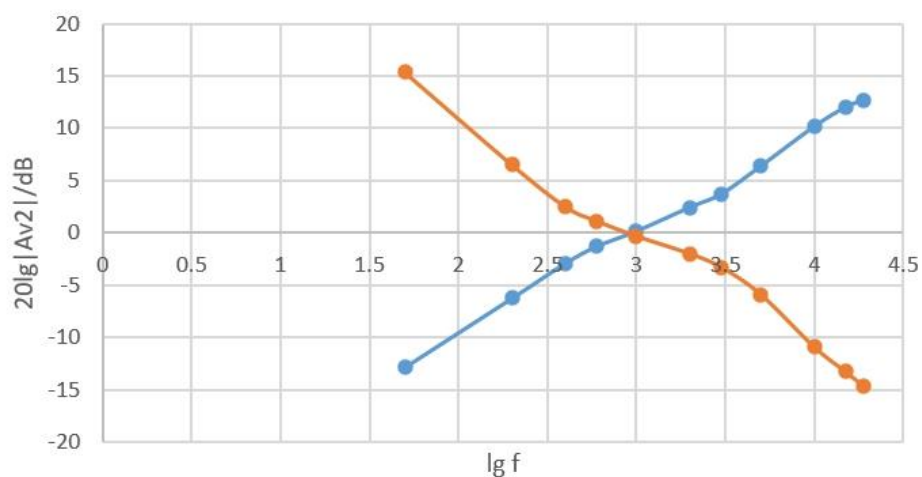
频率 f/HZ	$V_i(\text{峰峰值})/\text{mV}$	$V_o(\text{峰峰值})/\text{mV}$	$A_{v2}=(V_o/V_i)/5.51$	$20\lg A_{v2} /\text{dB}$	$\lg f$
50	109.3	137.5	0.228313	-12.8294	1.69897
200	114.0	306.0	0.487153	-6.2467	2.30103
400	115.6	456.0	0.715905	-2.90289	2.60206
600	115.6	549.0	0.861912	-1.29074	2.778151
1000	115.6	649.0	1.018909	0.162705	3
2000	121.9	890.0	1.325057	2.444694	3.30103
3000	120.3	1016	1.532768	3.70953	3.477121
5000	117.2	1344	2.08123	6.366401	3.69897
10000	115.6	2050	3.218433	10.15289	4
15000	115.6	2530	3.972017	11.98022	4.176091
19000	115.2	2730	4.300892	12.67117	4.278754

把 RP1 和 RP2 都旋到最右侧

频 率 f/HZ	V_i (峰峰 值)/mV	V_o (峰峰 值)/mV	$A_{v2}=(V_o/V_i)/5.51$	$20\lg A_{v2} /\text{dB}$	$\lg f$
50	112.5	3620	5.839887	15.32809	1.69897
200	114.1	1328	2.112325	6.495217	2.30103
400	114.1	837.1	1.331497	2.486802	2.60206
600	112.5	706.0	1.138939	1.130012	2.778151
1000	112.5	599.0	0.966324	-0.29755	3
2000	112.5	493.0	0.795322	-1.98914	3.30103
3000	110.9	419.0	0.685695	-3.27738	3.477121
5000	112.5	315.0	0.508167	-5.87987	3.69897
10000	109.2	171.3	0.284697	-10.9123	4
15000	107.2	128.1	0.216872	-13.2759	4.176091
19000	107.6	109.3	0.184356	-14.6869	4.278754

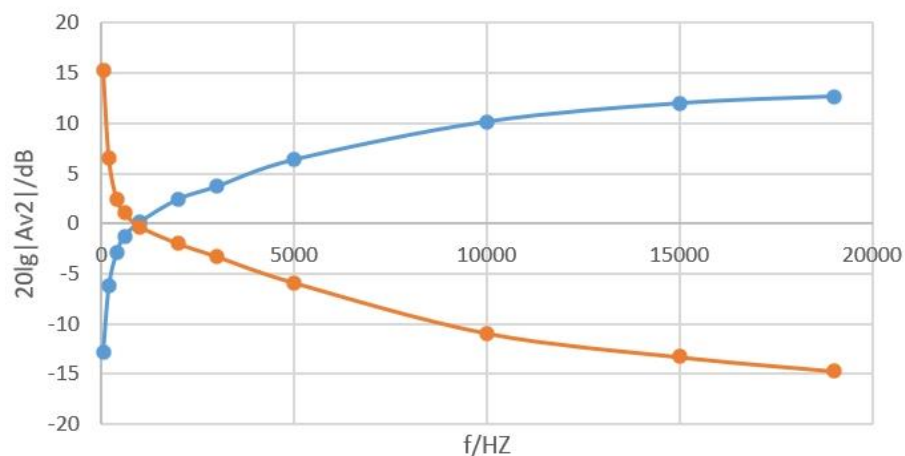
做 $20\lg|A_{v2}|/\text{dB} \sim \lg f$ 的图像即为幅频特性曲线

音调控制级的幅频特性曲线



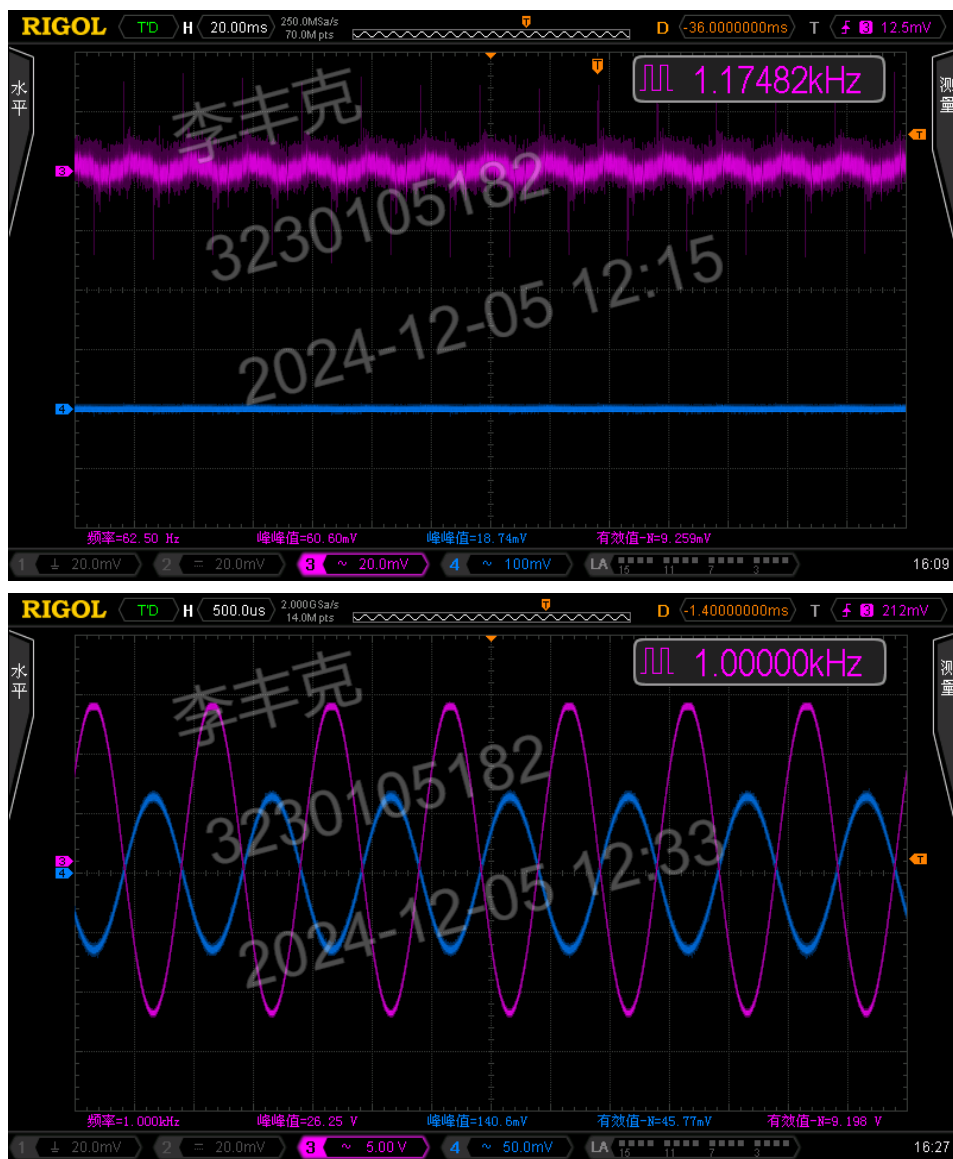
令 x 轴为 f/HZ 得到的 $20\lg|A_{v2}|/\text{dB} \sim f/\text{HZ}$ 图像为

音调控制级的幅频特性曲线 (x轴为f)



6, 任务六: 整机调试测量

(1)空载:

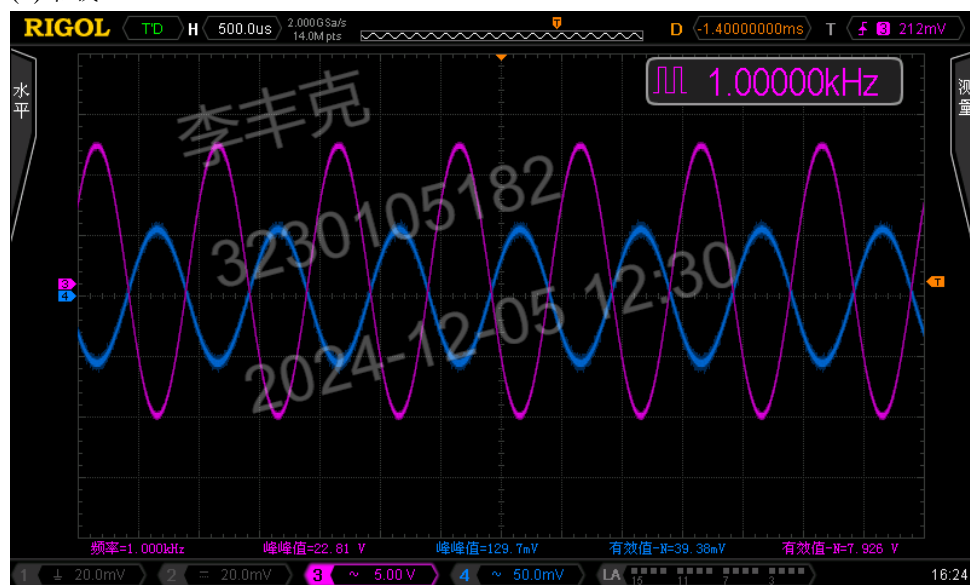


噪声电压: 9.259mV

静态功耗: 0.479mV

最大不失真输出: $V_o(\text{峰峰值})=26.25\text{V}$ $V_{omax}(\text{有效值})=9.198\text{V}$ 输入灵敏度: $V_i(\text{峰峰值})=140.6\text{mV}$ $V_i(\text{有效值})=45.77\text{mV}$ 整机电压增益 $A_v=-26.25\text{V}/140.6\text{mV}=-186.7$

(2)带载 ($R_L=8\Omega$)



最大不失真输出电压: $V_o(\text{峰峰值})=22.81\text{V}$ $V_{omax}(\text{有效值})=7.926\text{V}$

输入灵敏度: $V_i(\text{峰峰值})=129.7\text{mV}$ $V_i(\text{有效值})=39.38\text{mV}$

电源输出功率: 7.149W

$$\text{最大输出功率 } P_o = \frac{V_{omax}^2}{R_L} = 7.888\text{W}$$

$$\text{效率} = \frac{P_Q}{P_E} \times 100\% = \frac{P_E - P_o}{P_E} = 94.0\%$$