D:\竺院\视觉标识\校名_宽间距.bmp **实验报告**

装 订 线

专业：

姓名：

学号：

日期：

地点：

自动化

浅野 枫

322010\*\*\*\*

2023.12.13/20

东3-209

电路与模拟电子技术实验

音频放大电路实验

张冶沁

课程名称： 指导老师： 成绩：

基础规范型实验

实验名称： 实验类型：

|  |  |
| --- | --- |
| 一、实验目的和要求（必填） | 二、实验内容和原理（必填） |
| 三、主要仪器设备（必填） | 四、操作方法和实验步骤 |
| 五、实验数据记录和处理 | 六、实验结果与分析（必填） |
| 七、讨论、心得 |  |

1. 实验目的和要求

1、理解音频功率放大电路的工作原理。

2、学习手工焊接和电路布局组装方法。

3、提高电子电路的综合调试能力。

1. 实验内容和原理

1、实验原理

（1）芯片引脚排列

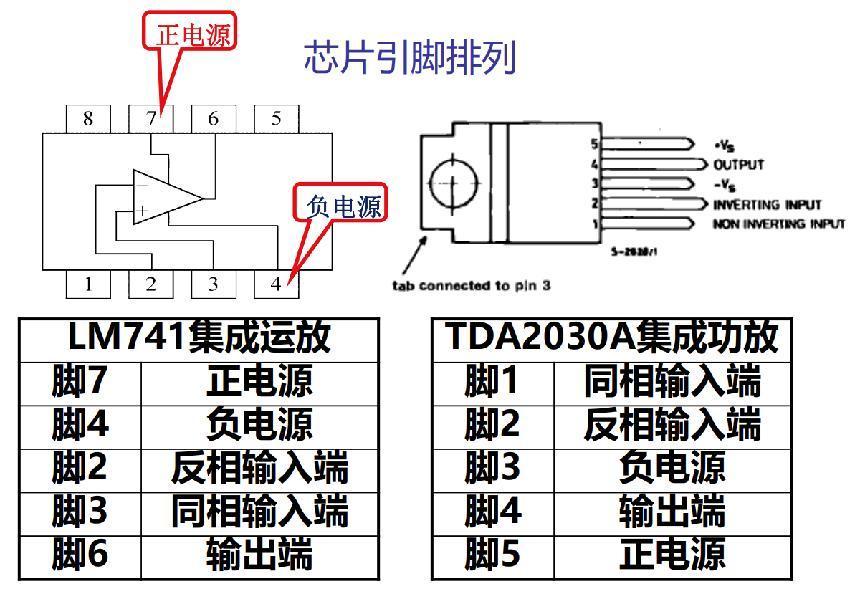


图1 集成芯片引脚排列

（2）音频功率放大电路介绍

音频功率放大电路，也即音响系统放大器，用于对音频信号的处理和放大。按其构成可分为前置放大级、音调控制级和功率放大级三部分。

作为音响系统中的放大设备，它接受的信号源有多种形式，通常有话筒输出、唱机输出、录音输出和调谐器输出。它们的输出信号差异很大，因此，音频功放电路中设置前置放大级以适应不同信号源的输入。

为了满足听众对频响的要求和弥补扬声器系统的频率响应不足，设置了音调控制放大器，希望能对高音、低音部分的频率特性进行调节。

为了充分地推动扬声器，通常音响系统中的功率放大器能输出数十瓦以上功率，而高级音响系统的功放最大输出功率可达几百瓦以上。

扩音机的整机电路如下图所示，按其构成，可分为前置放大级，音调控制级和功率放大级三部分。

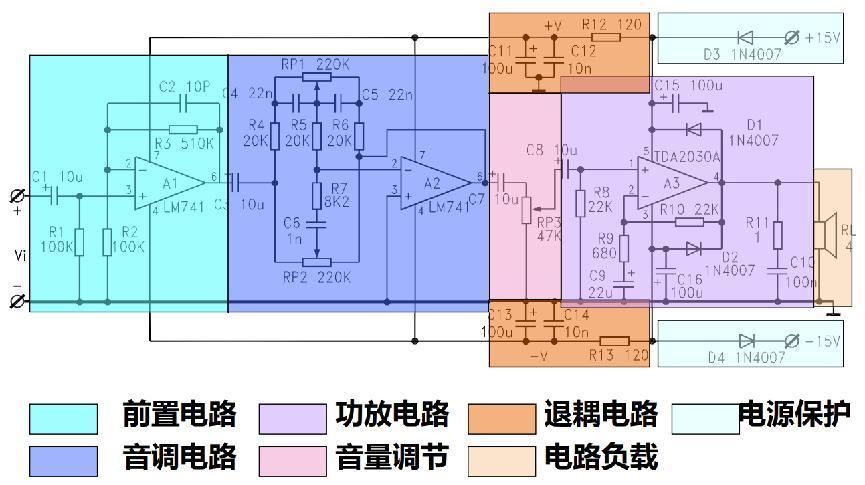


图2 扩音机电路示意图

（3）前置放大电路

前置放大级输入阻抗较高，输出阻抗较低。前置放大级的性能对整个音频功放电路的影响很大，为了减小噪声，前置级通常要选用低噪声的运放。

由A1组成的前置放大电路是一个电压串联负反馈同相输入比例放大器。理想闭环电压放大倍数为：

输入电阻：

输出电阻：

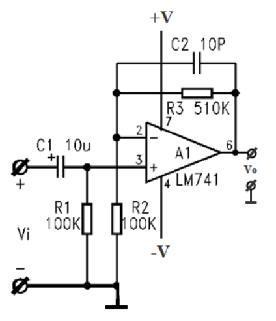


图3 前置放大电路示意图

（4）功率放大电路

对于功率放大级，除了输出功率应满足技术指标外，还要求电路的效率高、非线性失真小、输出与音箱负载相匹配，否则将会影响放音效果。

集成功率放大器通常有OTL和OCL两种电路结构形式。OTL功放的优点是只需单电源供电，缺点是输出要通过大电容与负载耦合，因此低频响应较差；OCL功放的优点是输出与负载可直接耦合，频响特性较好，但需要用双电源供电。

本实验电路的功率放大级由集成功率器件TDA2030A连成OCL电路输出形式。

TDA2030A功率集成电路具有转换速率高，失真小，输出功率大，外围电路简单等特点，采用5脚塑料封装结构，如图1。其中1脚为同相输入端，2脚为反相输入端，3脚为负电源，4脚为输出端，5脚为正电源。

功放级电路中，电容C15、C16用作电源滤波。D1和D2为防止输出端的瞬时过电压损坏芯片的保护二极管。R11、C10为输出端校正网络以补偿感性负载，其作用是把扬声器的电感性负载补偿接近纯电阻性，避免自激和过电压。

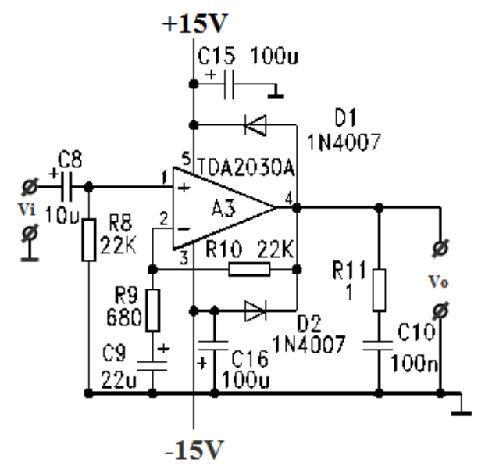


图4 功率放大电路示意图

图中通过R10、R9、C9引入了深度交直流电压串联负反馈。由于接入C9，直流反馈系数F´＝1。对于交流信号而言，因为C9足够大，在通频带内可视为短路，所以交流反馈系数由R10、R9确定。因而该电路的电压增益为。

（5）音调控制电路

音调控制放大器的作用是实现对低音和高音的提升和衰减，以弥补扬声器等因素造成的频率响应不足。

常用的音调控制电路有衰减式音调控制电路和反馈式音调控制电路两类。衰减式音调控制电路的调节范围宽，但容易产生失真；反馈式音调控制电路的调节范围小一些，但失真小，应用较广。实验电路采用由阻容网络组成的RC型负反馈音调控制电路。它是通过不同的负反馈网络和输入网络造成放大器闭环放大倍数随信号频率不同而改变，从而达到对音调的控制。

反馈型音调控制电路如图5所示。C4、C5在高频区视为短路；C6、R7支路在低频区视为开路。图中，R4=R5=R6 =R=20KΩ；C4=C5>>C6；RP1=RP2≈9R。通过理论计算可得电路的电压增益为：。

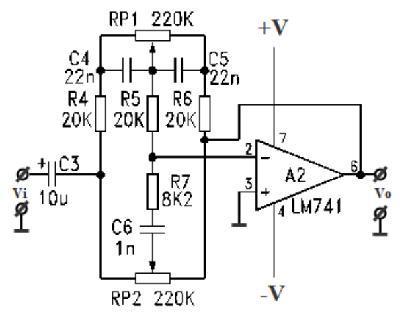


图5 音调控制电路示意图

若将音调控制电路高低音提升和衰减曲线画在一起，可得到如图6所示幅频特性曲线。

由图6可见，音调控制级的中频电压放大倍数Aum=1；当f<fL1（48Hz）时低音控制范围为±18dB，当f>fH2（19KHz）时高音控制范围也为±18dB。

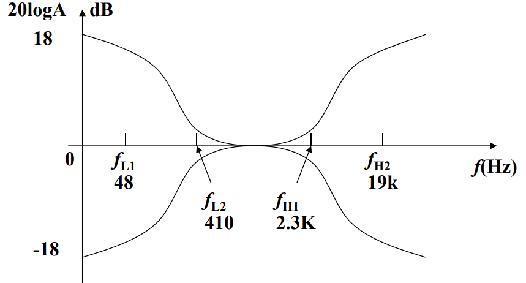


图6 音调控制电路幅频特性曲线

2、实验内容

（1）准备工作

将电子元件按电路图焊接在电路板上。

（2）静态调试

①对照原理图，检查电路的正确性。

②加电源，注意观察电源电流大小，有无冒烟。

③将输入接地，测试各级电路的静态工作点。要求零输入时零输出。

（3）动态调试

①输入信号频率为1kHz的正弦波。

②用示波器检查各级电路的输出，验证电路功能。

③分别调节音调控制电位器RP1和RP2，检查输出幅度如何变化。

④调节音量电位器RP3，检查输出幅度是否变化。

⑤电路功能正常后，将音量电位器RP3置于最大位置、音调控制电位器置于中心位置，用示波器测量主要节点的电压幅度，记录到表格中。

（4）空载测量整机指标

需要测量的音频功率放大电路指标包括：

①整机电压增益Av

在音量电位器RP3置于最大位置、音调控制电位器置于中心位置时的整机电压放大倍数。

②最大不失真输出电压Vomax

刚好不出现失真时的输出电压。

③输入灵敏度Vimax

最大不失真输出电压时所对应的输入电压，称为输入灵敏度。要求Vimax<100mV。

④噪声电压VN

没有输入信号（即将输入端对地短路）时，测得的输出电压有效值称为噪声电压。

⑤频率响应特性fL和fH

电压放大倍数下降到中频段时的0.707倍时，所对应的频率。上下限频率的测量类似于共射放大电路。先在中频段（如：1kHz）使输出电压达到合适的幅度，然后保持输入信号幅度不变时，调节频率，使输出电压幅度达到中频段的0.707倍。

⑥高低音控制特性

分别测量f=100Hz时的低音净提升量、低音净衰减量，f=10kHz时的高音净提升量、高音净衰减量。

先将RP1、RP2电位器调至中间位置，调节输入信号（f=1kHz），使输出电压为最大输出电压的10％左右（0.5V左右），测出Vo。

保持输入不变，调节信号频率至f=100Hz。使低音电位器RP1分别至两端位置A、B，测出VoA和VoB。并由此计算出低音净提升量和低音净衰减量，用分贝表示，即：

保持输入不变，调节信号频率至f=10kHz。将低音电位器RP1调回到中间位置，使高音电位器RP2分别调至两端位置C、D，测出 VoC和VoD。则高音净提升量和高音净衰减量为（单位为分贝）：

（5）听音试验

①试听前将音调电位器RP1和RP2置于中间位置，音量电位器置于最小位置。

②收音机选台（最好是音乐），声音大小合适。

③电路板连电源，输入连收音机，输出连音箱。

④打开电源，调节RP3使音量大小合适，感觉喇叭发音情况。

⑤分别调节音量至最小和最大，感觉喇叭发音情况。

⑥音量调至适中，逐一改变音调电位器RP1和RP2，感觉高低音提升衰减效果。

1. 主要仪器设备

1、调试工具：示波器、信号发生器、稳压电源、导线。

2、焊接工具：电路板、电烙铁（烙铁架）、剪线钳、剥线钳、海绵、焊锡丝。

3、电子元件：100kΩ电阻两个、510kΩ电阻、20kΩ电阻三个、8.2kΩ电阻、22kΩ电阻两个、680Ω电阻、1Ω电阻、120Ω电阻两个、10μF电容四个、10pF电容、22nF电容两个、1nF电容、10nF电容两个、100nF电容、100μF电容四个、22μF电容、二极管1N4007四个、μA741运放两个、TDA2030A功放、220kΩ可调电阻器两个、47kΩ可调电阻器、8脚芯片座两个、散热片、螺丝、导线。

1. 操作方法和实验步骤

1、将电子元件按电路图焊接在电路板上。焊接过程五步法为：

（1）准备：此时特别强调的是烙铁头部要保持干净，即可以沾上焊锡（俗称吃锡）。

（2）加热：将烙铁接触焊接点，要保持烙铁加热焊件各部分均匀受热。

（3）加焊锡：当焊件加热到能熔化焊料的温度后将焊丝置于焊点，焊料开始熔化并润湿焊点。

（4）去焊锡：当熔化一定量的焊锡后将焊锡丝移开。

（5）去烙铁：当焊锡完全润湿焊点后移开烙铁，注意移开烙铁的方向应该是大致45°的方向。

2、静态调试

加电源，观察电源电流大小，有无冒烟；

将输入接地，用万用表电压档测试各级电路的静态工作点。

3、动态调试

（1）输入信号频率为1kHz的正弦波。

（2）用示波器检查各级电路的输出，验证电路功能。

（3）分别调节音调控制电位器RP1和RP2，检查输出幅度如何变化。

（4）调节音量电位器RP3，检查输出幅度是否变化。

（5）电路功能正常后，将音量电位器RP3置于最大位置、音调控制电位器置于中心位置，用示波器测量主要节点的电压幅度，记录到表格中，并计算各级电路和整机的电压放大倍数。

4、空载测量整机指标

（1）在音量电位器RP3置于最大位置、音调控制电位器置于中心位置时，测量整机电压放大倍数。

（2）测量刚好不出现失真时的输出电压。

（3）最大输出功率Pomax：当接负载时，由Vomax计算出Pomax（空载不测）。

（3）测量最大不失真输出电压时所对应的输入电压（输入灵敏度）。要求Vimax<100mV。

（4）测量没有输入信号（即将输入端对地短路）时的输出电压有效值（噪声电压）。

（5）测量电压放大倍数下降到中频段时的0.707倍时，所对应的频率。

（6）分别测量f=100Hz时的低音净提升量、低音净衰减量，f=10kHz时的高音净提升量、高音净衰减量。

5、听音试验

（1）试听前将音调电位器RP1和RP2置于中间位置，音量电位器置于最小位置。

（2）收音机选台，声音大小合适。

（3）电路板连电源，输入连收音机，输出连音箱。

（4）打开电源，调节RP3使音量大小合适，感觉喇叭发音情况。

（5）分别调节音量至最小和最大，感觉喇叭发音情况。

（6）音量调至适中，逐一改变音调电位器RP1和RP2，感觉高低音提升衰减效果。

1. 实验数据记录和处理

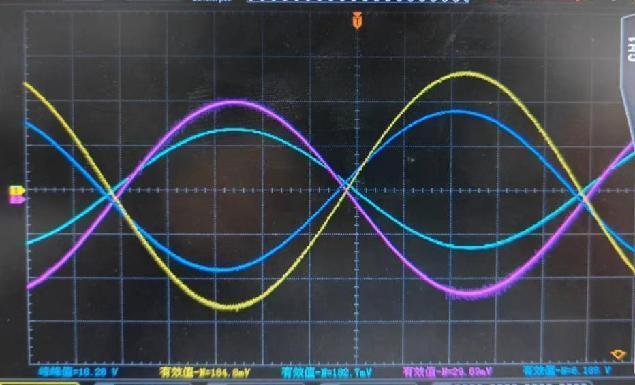
1、现场实验

（1）静态调试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 静态电压 | Vo1 | Vo2 | Vo3 |
| 实测值 | 4.554mV | 2.060mV | -1.580mV |

（2）动态调试

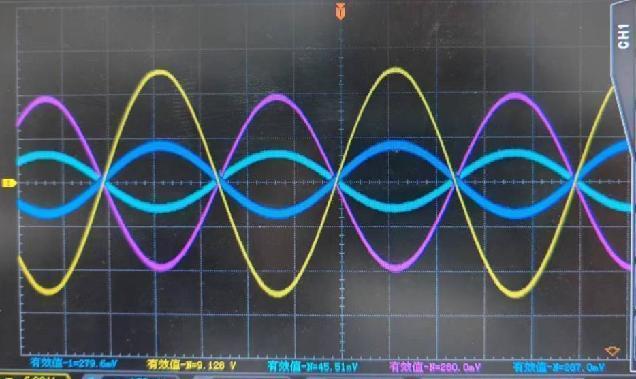
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 节点电压 | 实测值 | 放大倍数 | 实测值 |
| V1 = V11 | 29.69mV | 前置放大级Av1 | 6.15 |
| Vo1 = V12 | 182.7mV | 音调控制级Av2 | 1.01 |
| Vo2 = V13 | 184.8mV | 功率放大级Av | 33.49 |
| Vo3 = Vo | 6.189V | 整机Av | 208.02 |



(3)空载整机指标

1. 由（2）计算可知Av = 208.45.

2. 最大不失真输出电压Vomax = 9.128V



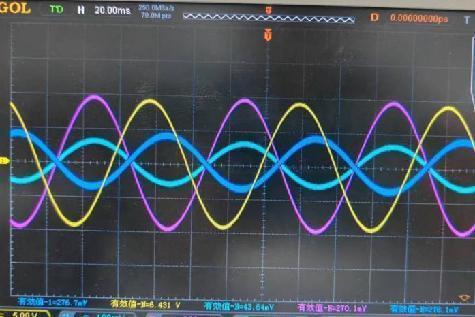
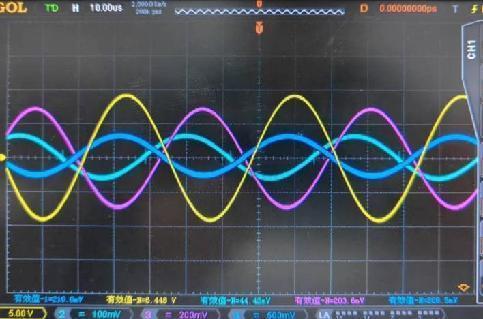
3. 空载无最大输出功率

4. 输出灵敏度Vimax = 43.5mV

5. 噪声电压VN = 56.22mV

6. 频率响应特性fL和fH

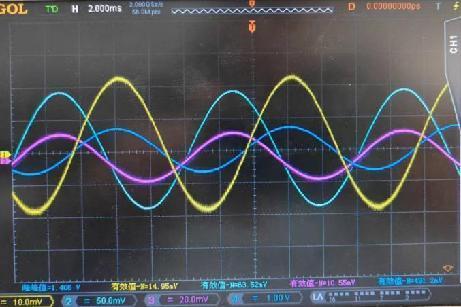
fh = 21.506kHz（下左图）；fl = 12.190Hz（下右图）



7. 高低音控制特性

Vo = 0.92V

低音100Hz，净提升量：AvA = 19.31dB；净衰减量：AvB = -5.45dB



提升 衰减

高音10kHz，净提升量：AvC =18.19dB；AvD = -4.62dB



提升 衰减

（4）带载整机指标

1. 整机电压增益

Av = 167.03.



2. 最大不失真输出电压Vomax = 8.089V



3. 最大输出功率Pmax = 8.179W

4. 输出灵敏度Vimax = 46.1mV

5. 噪声电压VN = 19.71mV

6. 频率响应特性fL和fH

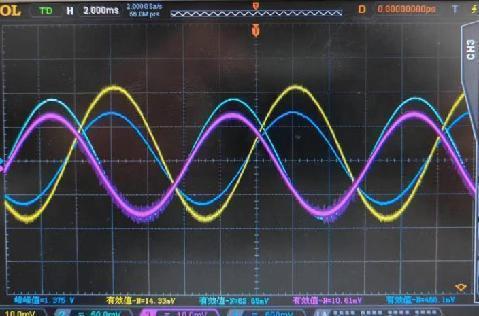
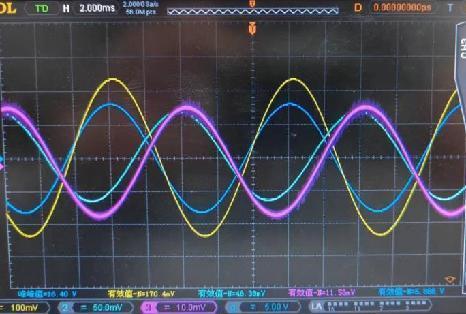
fh = 20.550kHz（下左图）；fl = 7.97Hz（下右图）



7. 高低音控制特性

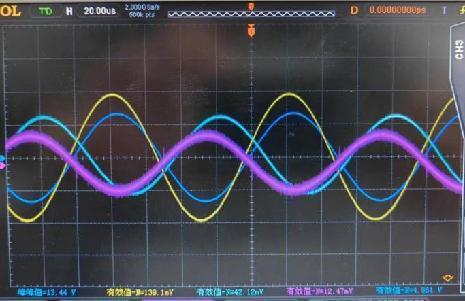
Vo = 0.81V

低音100Hz，净提升量：AvA = 17.22dB；净衰减量：AvB = -4.40dB



提升 衰减

高音10kHz，净提升量：AvC =15.67dB；AvD = -3.642dB

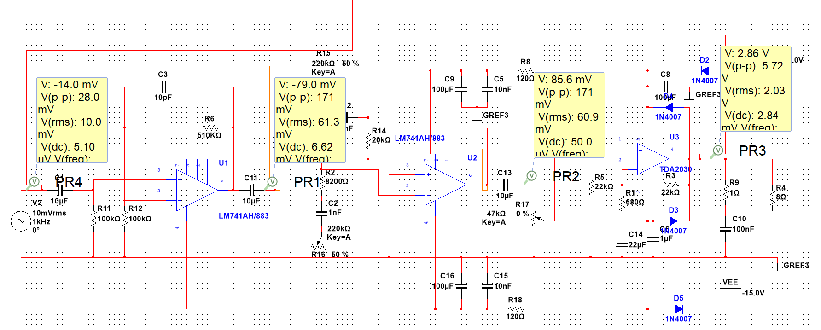


提升 衰减

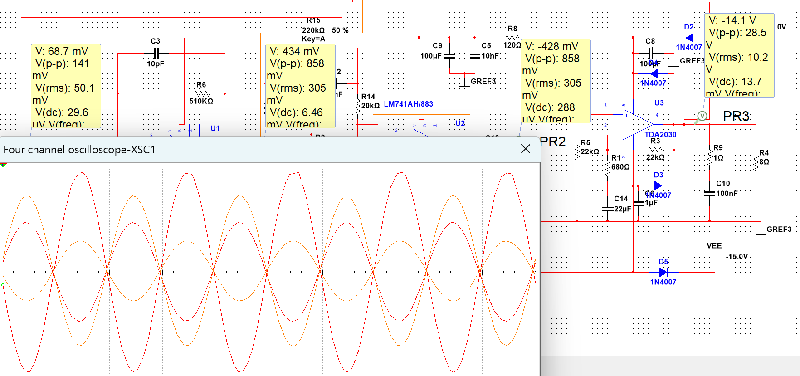
2、仿真实验

(1)空载整机指标

1. Av = 203.0



2. 最大不失真输出电压Vomax = 10.2V



3. 空载无最大输出功率

4. 输出灵敏度Vimax 约等于 50mV

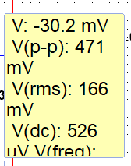
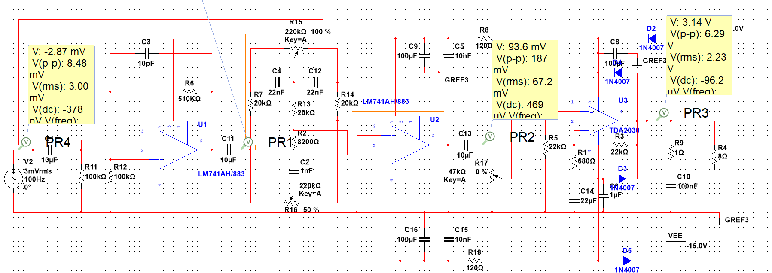
5. 噪声电压VN = 510uV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 13.62kHz；fl = 10.72Hz

7. 高低音控制特性

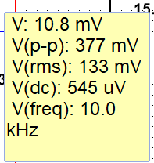
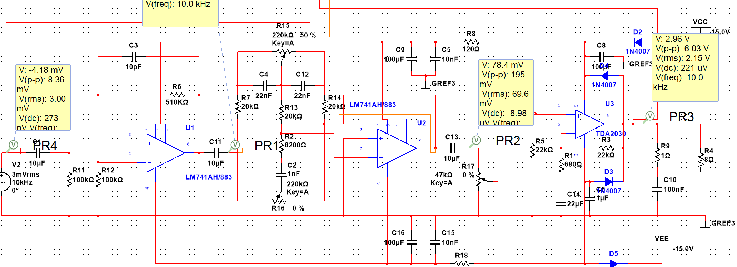
Vo = 0.609V

低音100Hz，净提升量：AvA = 11.27dB；净衰减量：AvB = -11.29dB



提升 衰减

高音10kHz，净提升量：AvC =10.94dB；AvD = -13.22

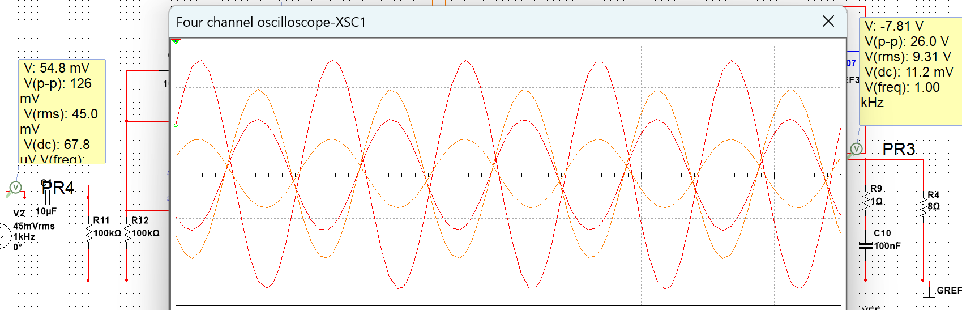


提升量 衰减

（2）带载整机指标

1. 整机电压增益 Av = 206.0.

2. 最大不失真输出电压Vomax = 8.089V



3. 最大输出功率Pmax = 10.83W

4. 输出灵敏度Vimax = 45.0mV

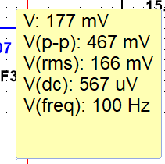
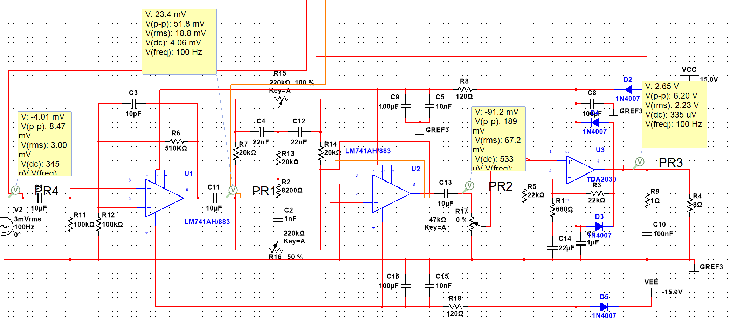
5. 噪声电压VN = 510uV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 9.29kHz；fl = 11.10Hz

7. 高低音控制特性

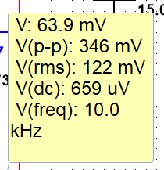
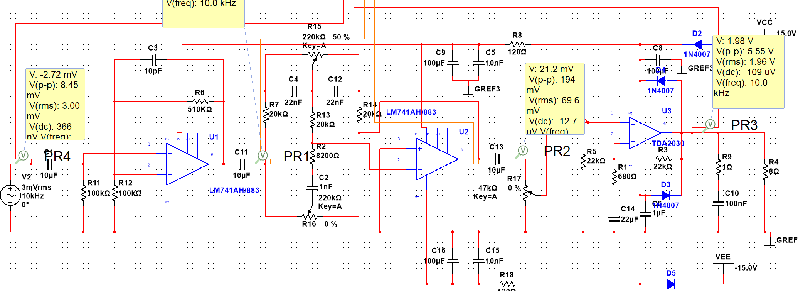
Vo = 0.61V

低音100Hz，净提升量：AvA = 11.25dB；净衰减量：AvB = -11.30dB



提升 衰减

高音10kHz，净提升量：AvC =10.14dB；AvD = -13.97



提升 衰减

1. 实验结果与分析

1、现场实验

（1）静态调试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 静态电压 | Vo1 | Vo2 | Vo3 |
| 实测值 | 4.554mV | 2.060mV | -1.580mV |

（2）动态调试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 节点电压 | 实测值 | 放大倍数 | 实测值 |
| V1 = V11 | 29.69mV | 前置放大级Av1 | 6.15 |
| Vo1 = V12 | 182.7mV | 音调控制级Av2 | 1.01 |
| Vo2 = V13 | 184.8mV | 功率放大级Av | 33.49 |
| Vo3 = Vo | 6.189V | 整机Av | 208.02 |

(3)空载整机指标

1. 由（2）计算可知Av = 208.45.

2. 最大不失真输出电压Vomax = 9.128V

3. 空载无最大输出功率

4. 输出灵敏度Vimax = 43.5mV

5. 噪声电压VN = 56.22mV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 21.506kHz；fl = 12.190Hz

7. 高低音控制特性 Vo = 0.92V

低音100Hz，净提升量：AvA = 19.31dB（理论值18.6dB）；净衰减量：AvB = -5.45dB（理论值-18.6dB）

高音10kHz，净提升量：AvC =18.19dB（理论值18dB）；AvD = -4.62（理论值-18dB）

（4）带载整机指标

1. 整机电压增益Av = 167.03.

2. 最大不失真输出电压Vomax = 8.089V

3. 最大输出功率Pmax = 8.179W

4. 输出灵敏度Vimax = 46.1mV

5. 噪声电压VN = 19.71mV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 20.550kHz；fl = 7.97Hz

7. 高低音控制特性 Vo = 0.81V

低音100Hz，净提升量：AvA = 17.22dB；净衰减量：AvB = -4.40dB

高音10kHz，净提升量：AvC =15.67dB；AvD = -3.642

2、仿真实验

(1)空载整机指标

1. Av = 203.0

2. 最大不失真输出电压Vomax = 10.2V

3. 空载无最大输出功率

4. 输出灵敏度Vimax 约等于 50mV

5. 噪声电压VN = 510uV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 13.62kHz；fl = 10.72Hz

7. 高低音控制特性 Vo = 0.609V

低音100Hz，净提升量：AvA = 11.27dB；净衰减量：AvB = -11.29dB

高音10kHz，净提升量：AvC =10.94dB；AvD = -13.22

（2）带载整机指标

1. 整机电压增益 Av = 206.0.

2. 最大不失真输出电压Vomax = 8.089V

3. 最大输出功率Pmax = 10.83W

4. 输出灵敏度Vimax = 45.0mV

5. 噪声电压VN = 510uV

6. 频率响应特性fL和fH：fh = 9.29kHz；fl = 11.10Hz

7. 高低音控制特性 Vo = 0.61V

低音100Hz，净提升量：AvA = 11.25dB；净衰减量：AvB = -11.30dB

高音10kHz，净提升量：AvC =10.14dB；AvD = -13.97

1. 讨论、心得

1、思考

（1）整理本次实验数据，将实测值与理论估算值相比较并加以分析。

现场实验的高低音频控制特性中净提升量与理论值相近，而净衰减量有较大误差。可能电位器未完全旋到正确位置。

（2）分析实验中出现的异常现象。

答：噪声、自激、失真、发热、冒烟等。

（3）引起噪声、自激、失真现象的原因是什么？

答：噪声：环境电磁干扰；自激：附加相位过大，负反馈在通频带外转变为正反馈；失真：输入电压过大。

（4）在音频功率放大电路实验中，扩音机的整机电路按其构成可分为哪三部分？

答：前置放大级、音调控制级、功率放大级。

（5）音频功放电路中各个电位器的作用分别是什么？

答：RP1控制低频音量，RP2控制高频音量，RP3控制全频段音量。

（6）各级电路放大倍数的理论值分别是多少？

答：前置放大级放大倍数理论值为6，音调控制级放大倍数理论值为-1，功率放大级放大倍数理论值为33。

（7）C1、C2作用？分别是什么电容？使用时注意事项。

答：C1为耦合电容，防止直流信号影响静态工作点，并将输入信号无损耗地加入电路；C2为反馈电容，补偿相位，防止自激振荡，抑制高频噪声。

（8）静态时输出端有电压什么原因，怎样处理？

答：可能是二极管D1或D2短路，需要用万用表的二极管档检查二极管是否正常工作。

（9）放大倍数出现异常，应该怎样检查？如何改正？

答：先判断测量的仪器是否异常、输出波形是否异常、电阻阻值是否符合原理。然后，看第一级R2是否在2至地回路；第二级RP1、RP2是否大致在中间或异常；第三级RP3是否在最大位置（即C7-和C8+短路），以及R9和C9是否异常。

（10）如何测量音频功放电路的输入灵敏度和噪声电压？（测量方法？什么仪器测？电位器位置？）

答：测量输入灵敏度时，要将音量电位器置于最大位置，音调控制电位器置于中心位置，用示波器同时测量输入和输出电压，当输出电压为最大不失真输出电压时，对应的输入电压即为输入灵敏度。测量噪声电压时，同样要将音量电位器置于最大位置，音调控制电位器置于中心位置，将输入端对地短路，测得的输出电压有效值即为噪声电压。

（11）如何测量音频功放电路的高音的净提升量？（测量方法？计算表达式）

答：先将RP1、RP2电位器调至中间位置，调节输入信号（f=1kHz），使输出电压为最大输出电压的10％左右（0.5V左右），测出Vo。保持输入不变，调节信号频率至f=10kHz。将低音电位器RP1调到中间位置，使高音电位器RP2分别调至两端位置C、D，测出 VoC和VoD。则高音净提升量为（单位为分贝）：

（12）电子电路调试应遵循哪些基本原则？

答：先静态，后动态；先分级，后整机；插拔关闭电源。

2、心得体会

本次实验较为综合，既要焊接电路板，又要对音频功放进行调试。这次焊接花费五个小时左右，效果不错但由于最后多出的引脚未剪干净被扣分，但掌握和熟悉了焊接的基本方法和错焊的补救措施。进入实验室调试时，我发现第一级未实现放大，于是仔细检查了电路，发现其中一个元件引脚焊错位置了。改正后，调试成功。

作为模电的倒数第二次实验，其综合性和难度都很高。做完这次实验后，我对电路的调试能力有了很大的提升，能更熟练地运用万用表、示波器分析电路，并和理论知识对照，发现电路中的故障，收获颇丰。