

# 桂林理工大学

GUILIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## 模拟电子技术基础课程设计实习报告

题目： 音响放大器设计

设计题目： 音响放大器设计

姓名： k2o

学号： xmjtf@outlook.com

班级： 电子信息类班

指导教师：

课程设计成绩：
---------

桂林理工大学信息科学与工程学院

2017 年 12 月

# 设计报告目录

1 引言 .....	1
2 电路方案设计 .....	1
2.1 设计原理分析 .....	1
2.2 电路设计方案 .....	1
3 电路设计实现与仿真 .....	2
3.1 电路设计 .....	2
3.2 电路仿真 .....	8
4 结论 .....	11
5 参考文献 .....	14

## 1. 引言

按照要求设计音响放大器，要求具有话筒扩音、混合前置放大、音调输出控制、音量控制，功率放大等功能。可以实现对话筒声音和已有音频信号进行混合，并一起进行功率放大后输出播放。用户可以对每个输入端进行调节音量，也可以对混合后的声音进行总体的音量调节，另外用户可以根据自己的喜好，针对低音和高音部分进行调节，达到低音或是突出人声等不同需求。该功率放大器使用直流电进行供电，仅单声道发声。

## 2. 电路方案设计

### 2.1、设计原理分析

- 所设计的音响放大器，要求具有话筒扩音、音量控制、混音功能、音调可调等功能。我们的设计包括不同的 4 个功能级：

①话音放大级：作用是不失真地放大声音信号。要求输入阻抗 $\geq 20k\Omega$ ，话筒的输入灵敏度 $\leq 5mV$ 。

②混音级：将话筒的输出的声音信号与音乐信号与声音输入使用求和运算放大电路进行音频混音。

③音调控制级：音调控制电路是利用电子线路的频率特性原理，人为地改变信号中高、低频成分的比重，适时调整音色，改善音响的放音音质，对低音频与高音频的增益进行提升与衰减，技术要求为中音频的增益保持 0dB 不变，输入音频信号在 1kHz 处增益为 0dB，在 125Hz 处有+12dB 的调节，在 8kHz 处有-12dB 的调节范围。

④功率放大级：给音响放大器的负载(扬声器阻抗  $10\Omega$ )提供较大的输出功率。当负载一定时，希望输出的功率尽可能大，输出信号的非线性失真尽可能地小，效率尽可能地高。

- 音量控制：

分别有三处控制音量，在混音级之前，话音放大级之后，这控制输入的两个音源的振幅大小和最后的功放级的总的输出音量调节。

- 电源供电：

前四级采用+5V 直流电给集成功放供电。最后功放级采用+9V 单电源给集成功放供电，以保证输出功率达到设计要求。

### 2.2 电路设计方案设计

①话音输入级：

话音输入作用为不失真地放大音频信号。音频信号主要为电压信号，所以要求话音输入级的输入阻抗越大越好，输出阻抗越小越好。经过与三种比例运算电路优缺点比较，

同相比例运算电路输入电阻高，输出电阻低，能够实现信号的同相比例运算，所以话音输入级采用同相比例运算电路。

### ②混音级：

将话筒的输出的声音信号与音乐信号与声音输入使用求和运算放大电路进行音频混音。这一级采用反相输入求和电路，将音频信号反相混音放大，再经过调音级将信号反相回去，以保证信号不会延时失真。

### ③调音级：

音调控制电路大致可分为三大类：(1)衰减式音调控制电路 (2)(晶体管、运放)负反馈音调控制电路 (3)衰减——负反馈混合式音调控制电路。经过查资料对比三种音调控制电路的优缺点，其中衰减式音调控制电路的调节范围可以做得较宽，但对中音有很大的衰减，对信号也会产生较大大的噪声与失真；负反馈式音调控制电路的噪声和失真较小，但调节范围受最大负反馈量的限制，调节范围不大；衰减负反馈混合式音调控制电路，这种电路具有衰减式和负反馈式音调控制电路的优点，即电路的失真很小并控制范围很宽，是前两种电路的综合和改进，但电路较为繁琐。

所以调音级我们采用负反馈音调控制电路，实现音调的调节。

### ④功率放大级：

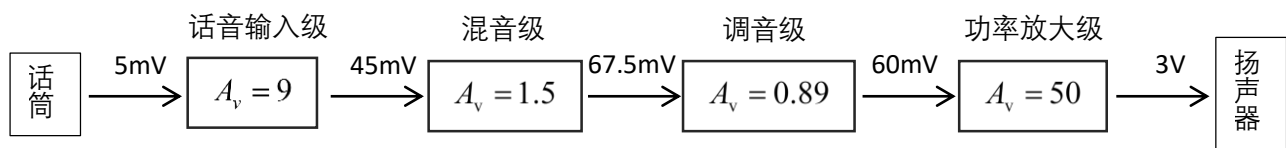
功率放大级使用集成功率放大器输出足够的功率来驱动扬声器，因为功率放大器是对音频信号进行放大，所以为了保证集成功率放大器不会使信号失真度过大，所以要选用专用型的音频功率放大器。在选专用型音频功率放大器时要考虑额定输出功率。

## 3. 电路设计实现与仿真

### 3.1 电路设计

电路的参数设计

根据技术指标要求，音响放大器的话音输入灵敏度 $\leq 5\text{mV}$ ，输出负载 $10\Omega$ ，并要求输出额定功率 $\geq 0.5\text{W}$ 。则输出电压要大于 $2.24\text{V}$ 。则整个音响放大总增益应大于 $A_v = 448$ 。所以各级放大倍数为图(1-1)。



(图 1-1)

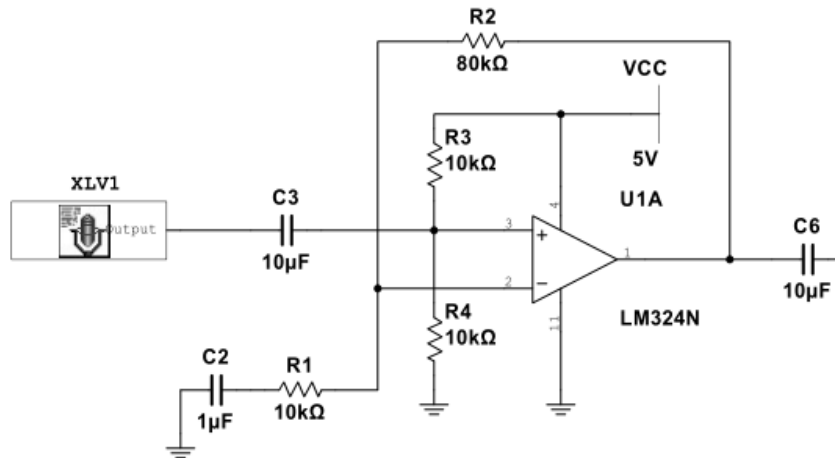
### ①话音输入级

经过几番查资料，集成运算放大器采用 LM324 集成双运放芯片，电路连接采用分压稳点静态输入端电压，并添加交流电压串联负反馈稳点输出交流电压量。这可以更准确的辨别小的音频信号并对其放大。其电路图为（1-2）所示，这一级电路的放大倍数只取决于 R1 于 R2 的阻值。

其放大倍数为：

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{80}{10} = 9 \quad (3-1)$$

在输入和输出端各加一个  $10\mu$  的耦合电容，滤除各级的直流分量，只允许音频信号通过，起除噪作用。



(图 1-2)

### ②混音级

采用 LM324 集成运放芯片构造反向端输入求和运算电路，因为音频信号小，所以电路采用分压电路稳点静态输入点，并引入电压并联负反馈，稳点输出电压，提供给下一级。因为有各级之间加有耦合电容，所以直流分压量不会对信号产生影响。这一级通过调节两个可调电阻 R25 和 R26 调节两个音频信号在混音级不同的放大倍数，起着均衡器的作用。其电路图为图（1-3），其中电压放大倍数最大的为 1.5 倍，最小的为 1 倍。即 R7 用  $15k\Omega$ ，R5、R6 采用  $10k\Omega$ ，可调电阻 R25、R26 的调节范围为  $0-5k\Omega$  可调。

其放大倍数为：

$$A_{v1} = -\frac{R_7}{R_5 + R_{25}} = -\frac{15k}{10k + R_{25}} \quad (3-2)$$

所以当 R25 为 0 时：

$$A_{v1} = -\frac{15k}{10k + 0} = -1.5 \quad (3-3)$$

当 R25 为 5kΩ 时，：

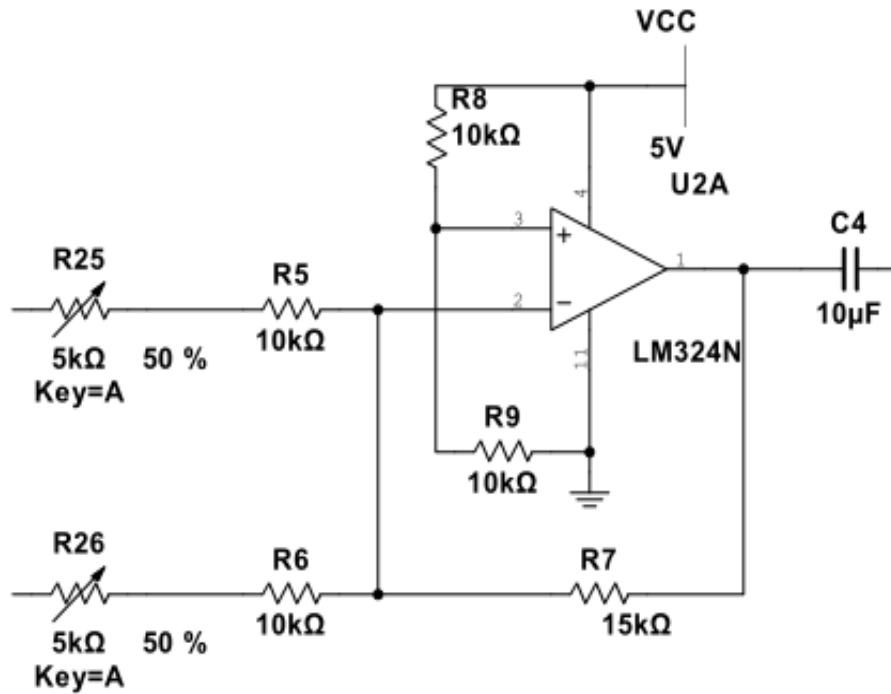
$$A_{v1} = -\frac{15k}{10k + 5k} = -1 \quad (3-4)$$

所以放大倍数可通过可调电阻调节，其范围为-1 到-1.5 倍。

同理对于第二输入端有：

$$A_{v2} = -\frac{R_7}{R_6 + R_{26}} = -\frac{15k}{10k + R_{26}} \quad (3-5)$$

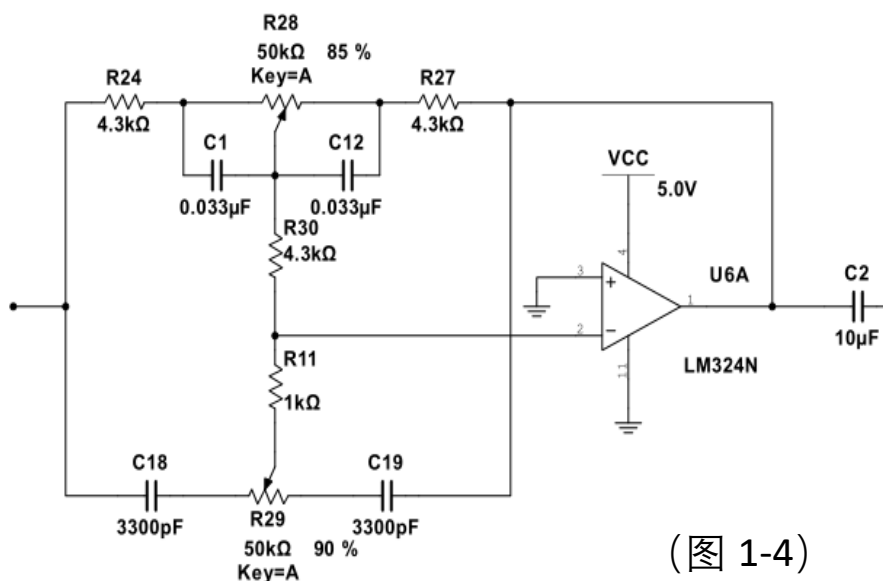
通过调节 R26 也可以实现放大倍数在-1 到-1.5 倍可调。所以 R25、R26 起着均衡器的作用。输出端接一个 10 μ 的耦合电阻。



(图 1-3)

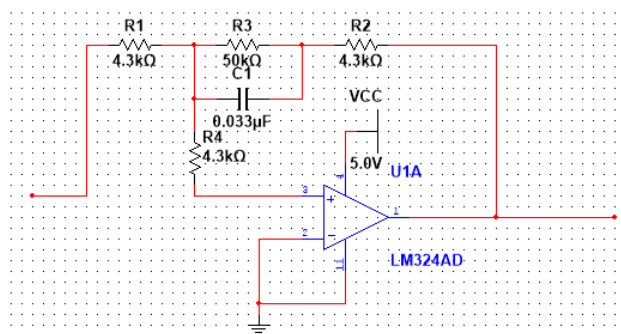
### ③调音级

调音级用集成运放 LM324 组成负反馈音调控制电路，其电路图为图（1-4）



(图 1-4)

这调音级对低音调节时，滑动变阻器 R28 滑臂滑到最左端时，C1 视为短路，低音信号经过 R24、R30 直接送入运放；而低音输出负反馈经过 R27、R28、R30 送入运放，负反馈网络阻抗越大，负反馈量越小，则低音提升越大，因而低音提升量随滑动变阻器 R28 动臂从中心点向左滑动逐渐增至最大；



R28 滑动到最右端时的等效电路

当滑动变阻器 R28 滑臂到右端时，则与上述情形相反，因而低音衰减最大。因为对低音调节，C18、C19 对低音信号可视为断路，无论滑动变阻器 R29 怎么滑动都不会对低音信号有任何影响。当调音级对高音调节时，滑动变阻器 R29 滑到最左端时，高音信号经过 C18、R11 送入运放，而高音输出负反馈经过 C19、R29、R11 送入运放，负反馈量最小，因而高音提升最大；当滑动变阻器 R29 滑到右端，则刚好相反，高音衰减越大。因为 C1、C12 对高音信号视为短路，无论滑动变阻器 R28 怎么滑动，对高音信号没有任何影响。

这一级相当于构造了一个可调的选通滤波器。

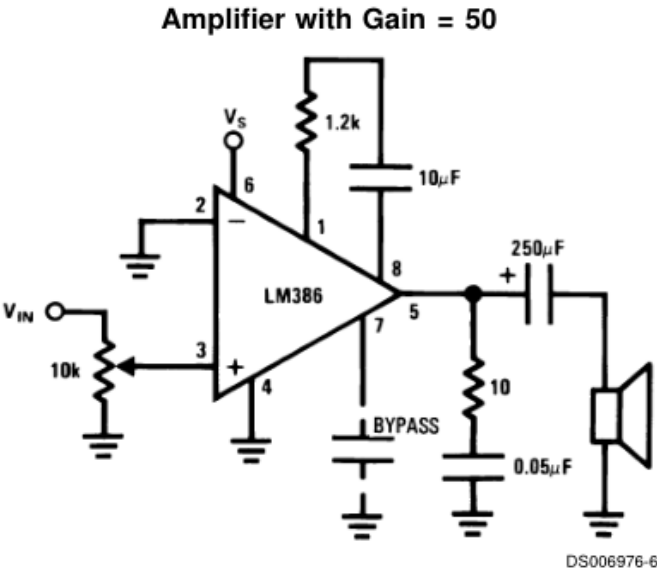
#### ④功率放大级

功率放大级采用集成音频功率放大器 LM386 进行音频信号功率放大，其中从 LM386 的数据手册可知图（1-5），当提供给 LM386 集成芯片电源为 9v 时，负载为  $8\Omega$ ，其输出功率最小为 500mW，典型值为 700mW。符合音响放大器技术指标要求。

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage ( $V_S$ )					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current ( $I_Q$ )	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power ( $P_{OUT}$ )					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	250	325		mW
LM386N-3	$V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	500	700		mW
LM386N-4	$V_S = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	700	1000		mW

(图 1-5)

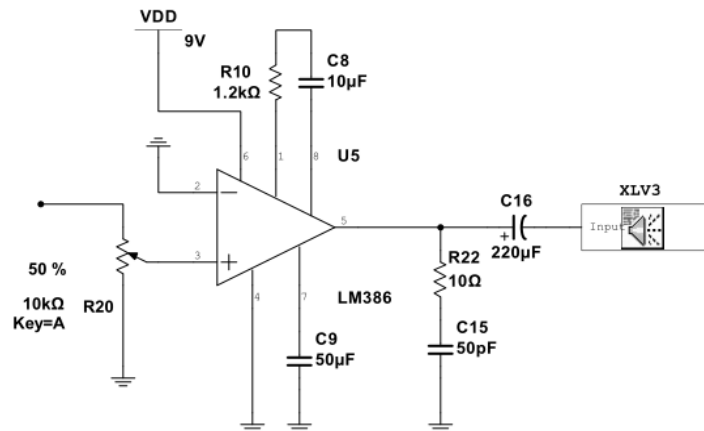
其 LM386 数据手册有放大为 50 倍的典型音频放大电路图（1-6），



(图 1-6)

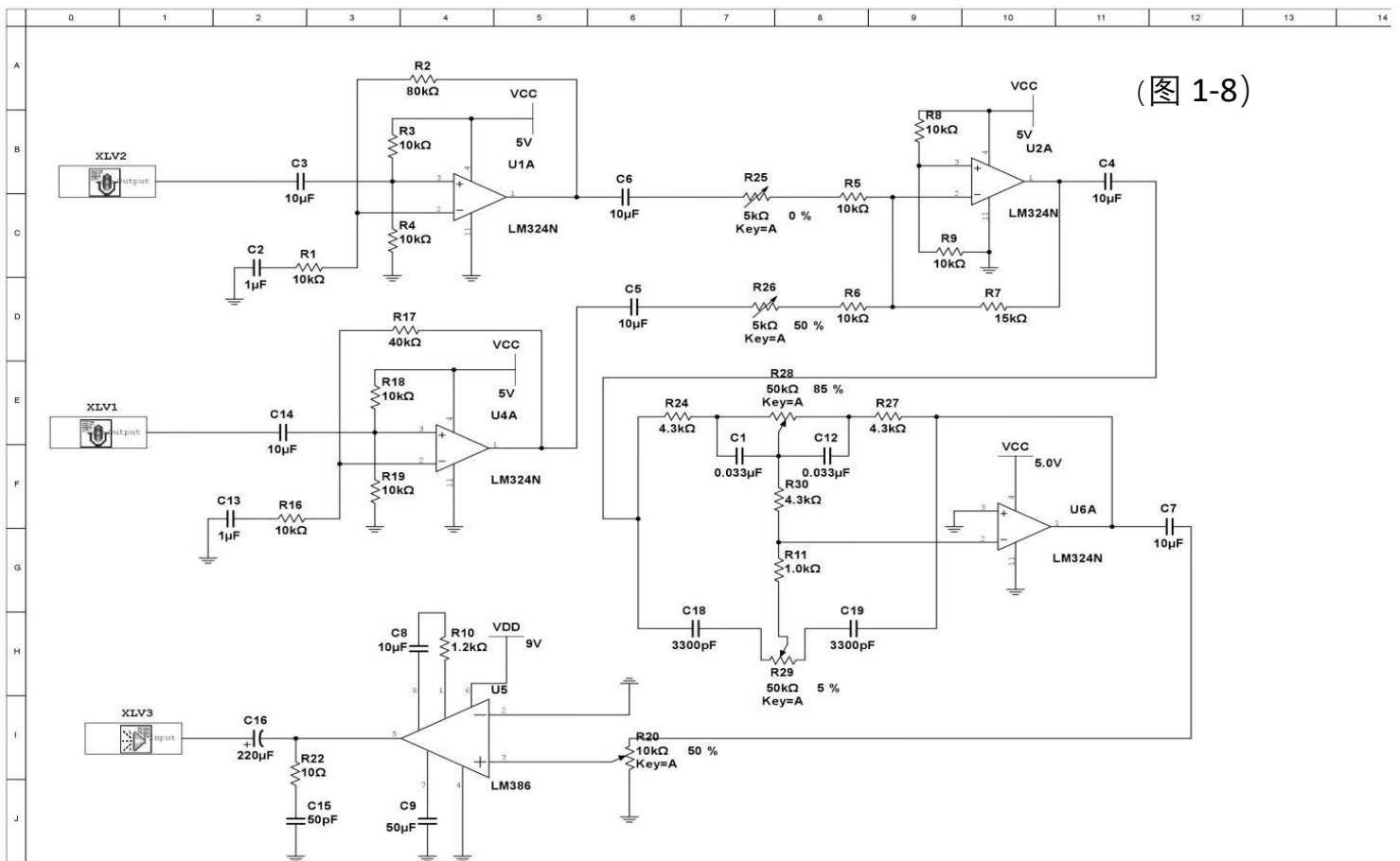


所以我们功放级电路为图（1-7），



(图 1-7)

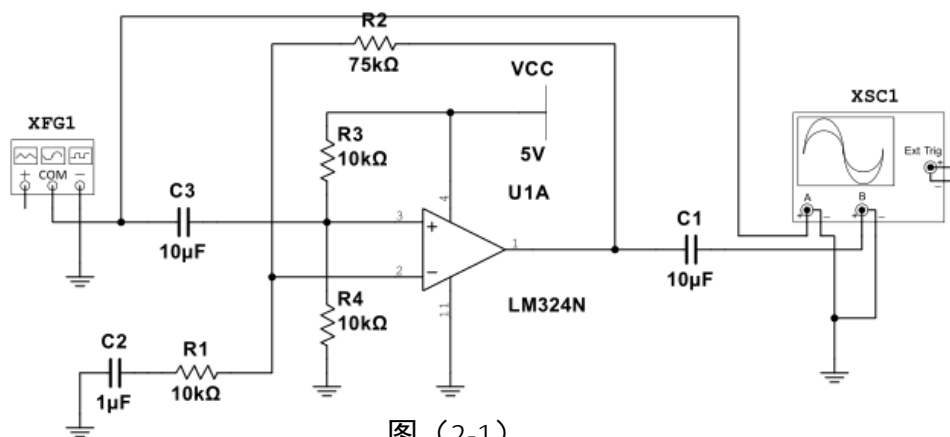
所以总的电路图为图（1-8）所示，



(图 1-8)

### 3.2 各级电路仿真

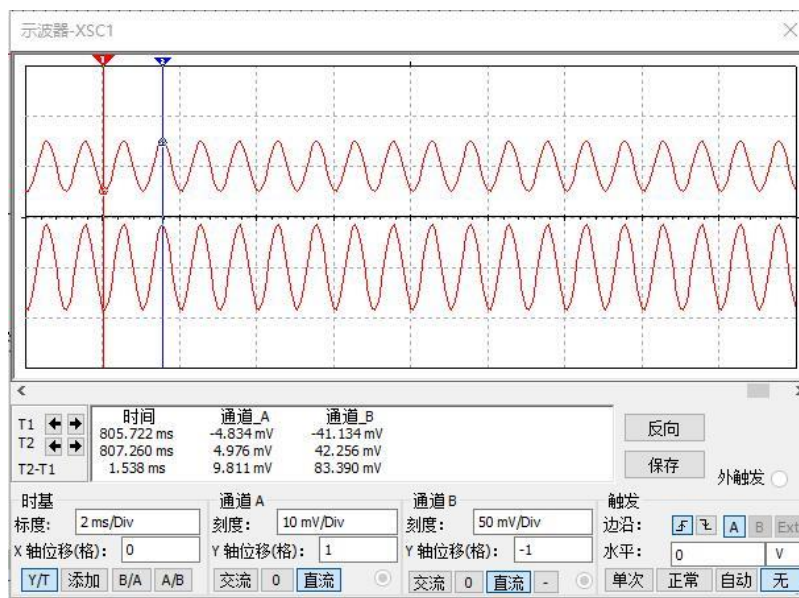
话音输入级仿真图（2-1），其中函数发生器参数为图（2-2），波形图为图（2-3）



图（2-1）



图（2-2）

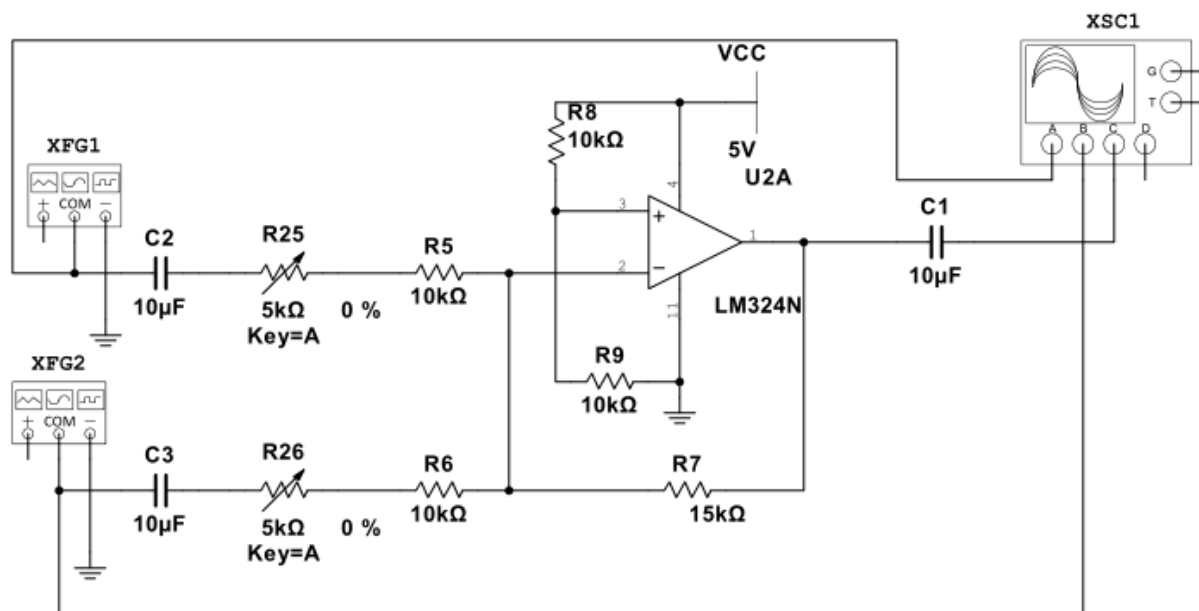


图（2-3）

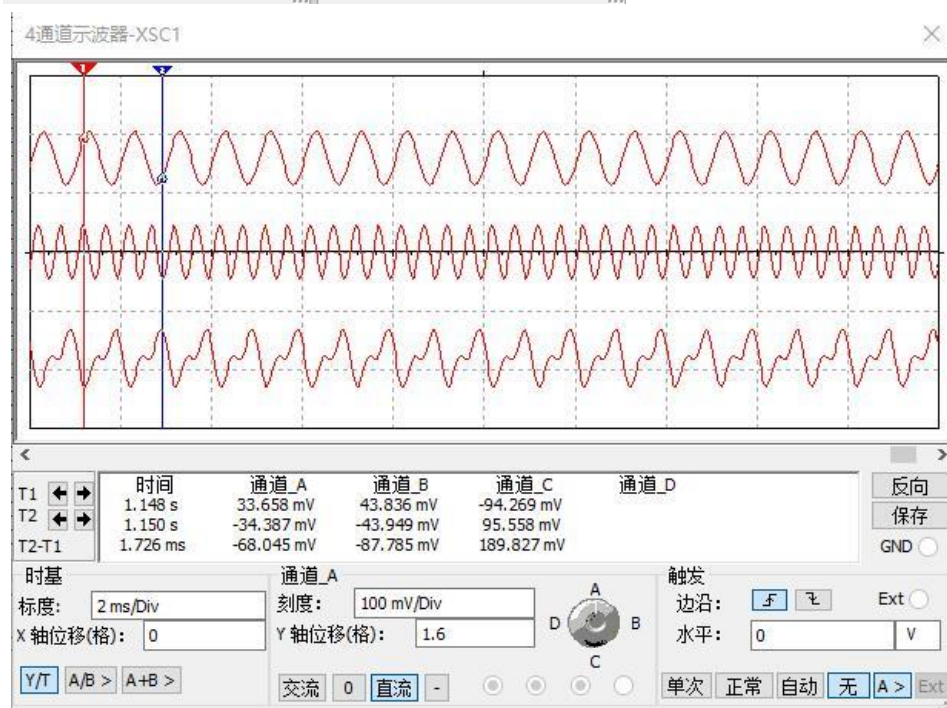
电路仿真结果无误，其中示波器通道 A 接函数发生器，通道 B 接输出。其中话音级放大倍数约为 9 倍。达到话音放大级要求目标放大倍数。

混音级输入仿真如图（2-4）

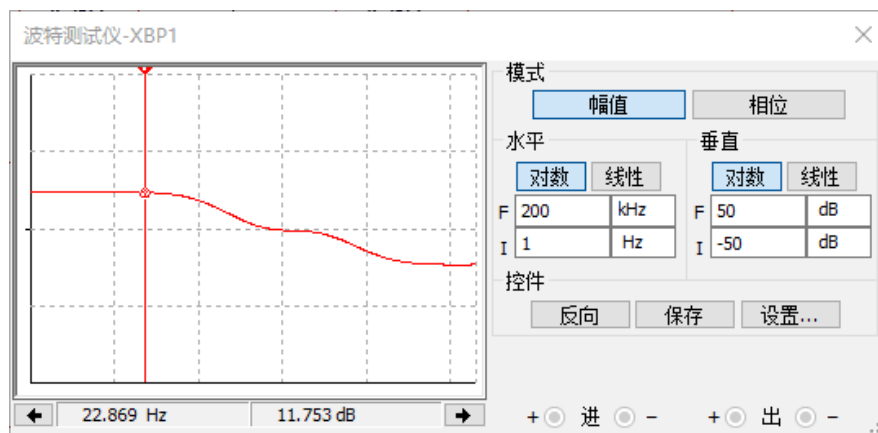
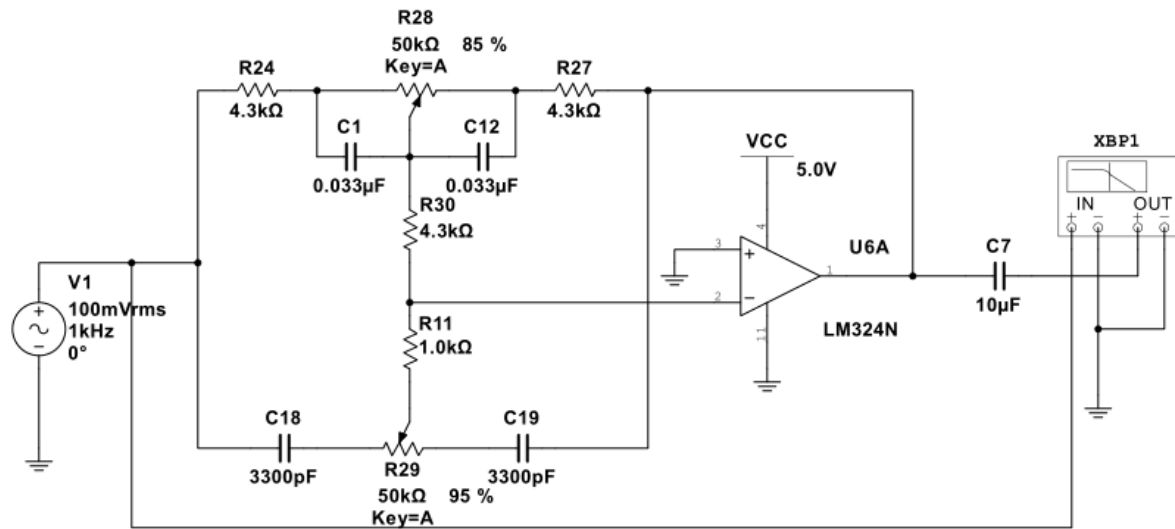
两个音频输入，混音输出。仿真结果达到混音级要求目标。



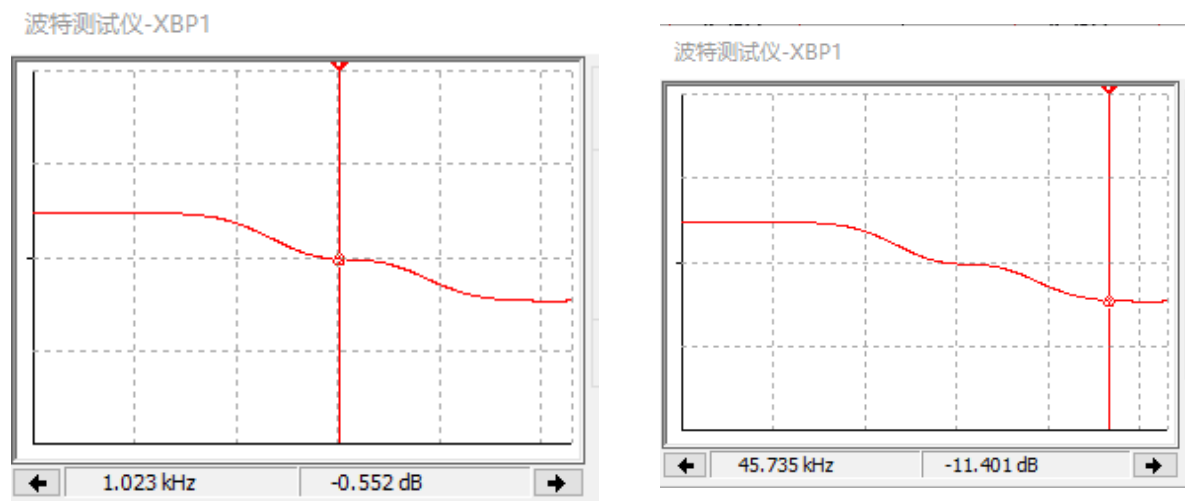
(图 2-4)



调音级仿真图（2-5）



(图 2-5)



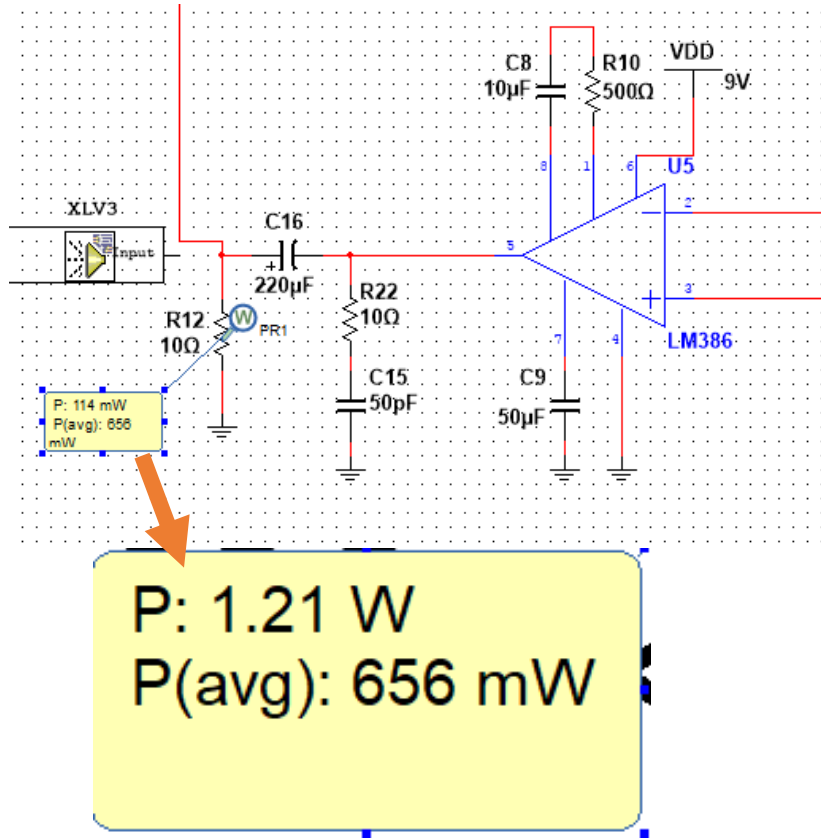
调音级在低音时，电压增益约为 12DB，在中音时电压增益几乎为 0DB；在低音时，电压增益约为-12DB. 仿真结果达到调音级要求目标。

## 4. 结论

仿真结果：基本达到要求。具体参数指标如下

### ①额定功率：

我们测试在我们所设定的音量调节范围内的最大音量的输出功率，分别把 R25 和 R26 两个可调电阻调到最小值，并把 R20 滑动变阻器抽头移动到最大电压处。在输入端 1 处输入中频信号（1KHz），并使调音级保持初始状态。测得数据如图（3-1）。



图（3-1）

根据公式计算出所设计的功放在  $10\Omega$  的负载上的最大功率：

$$P_v = V_{cc} \times \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_{cm} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} V_{cc} I_{cm} \quad (4-1)$$

结果近似得到：

$$\approx \frac{2V_{cc}^2}{\pi R_l} = 5.16W \quad (4-2)$$

因为输入信号并非最大所以无法达到理论的功放的最的输出功率。另外因为扬声器在工作时并不是纯电阻电路，所以能量并不全转移为电阻上的内能还有一部分的能量转化成为机械能，所以实际功率应该会比仿真测得的功率要大，能够完成输出功率  $P_v \geq 0.5W$  的输出功率要求。

## ②失真度:

使用 Multisim 的 Distortion analyzer, 测失真度的仪器 (图 3-2) 测得该功放的谐波失真度 (THD) 为 7.7%, 达到标准小于 10%, 符合要求。

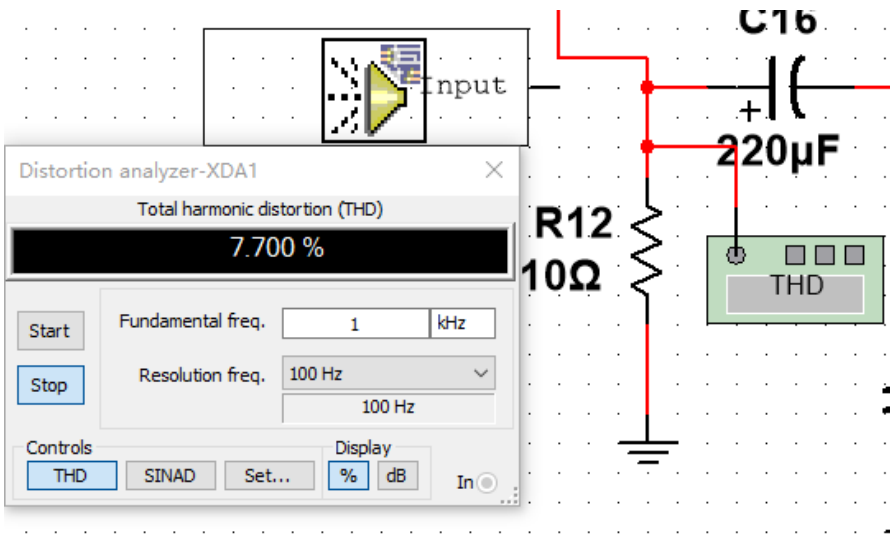


图 (3-2)

## ③频率响应:

使用 Multisim 的幅频响应的测试仪器测得中频放大倍数为 57.75dB。(图 3-3)

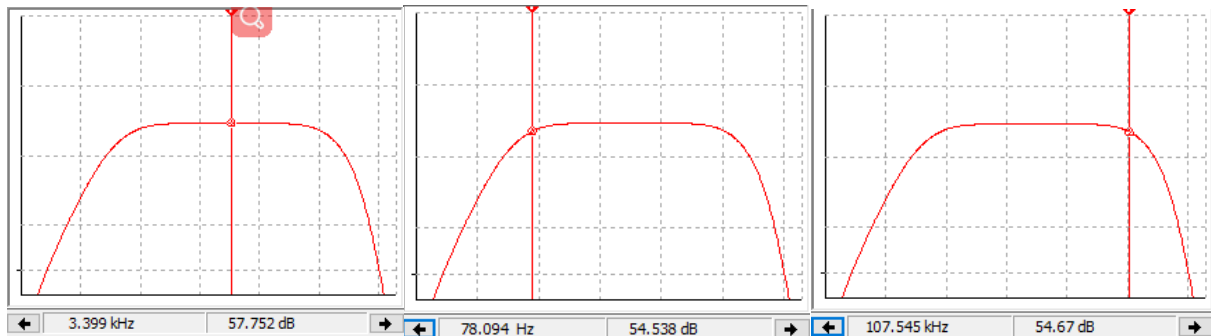


图 (3-3)

图 (3-4)

图 (3-5)

但幅值下降 3dB 时, 分别测出此时的上限截止频率 $f_H$ 图 (3-4) 和下限截止频率 $f_L$ 图 (3-5), 得到:

$$f_H = 107.545\text{kHz}$$
$$f_L = 78.094\text{Hz}$$

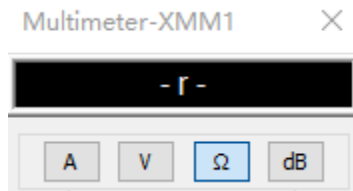
频带为:

$$BW \approx 107.4\text{kHz}$$

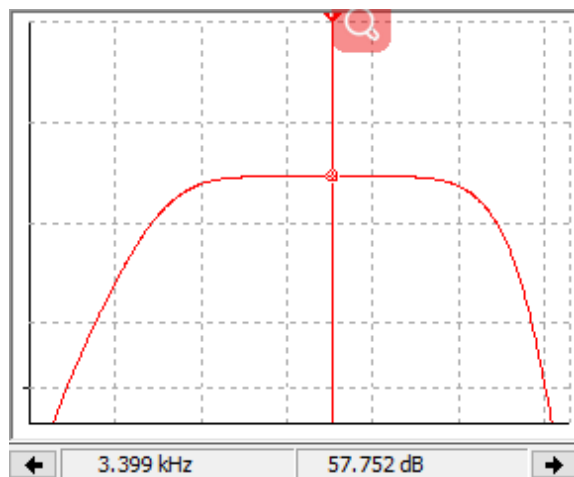
达到指标的要求。

## ④输入阻抗:

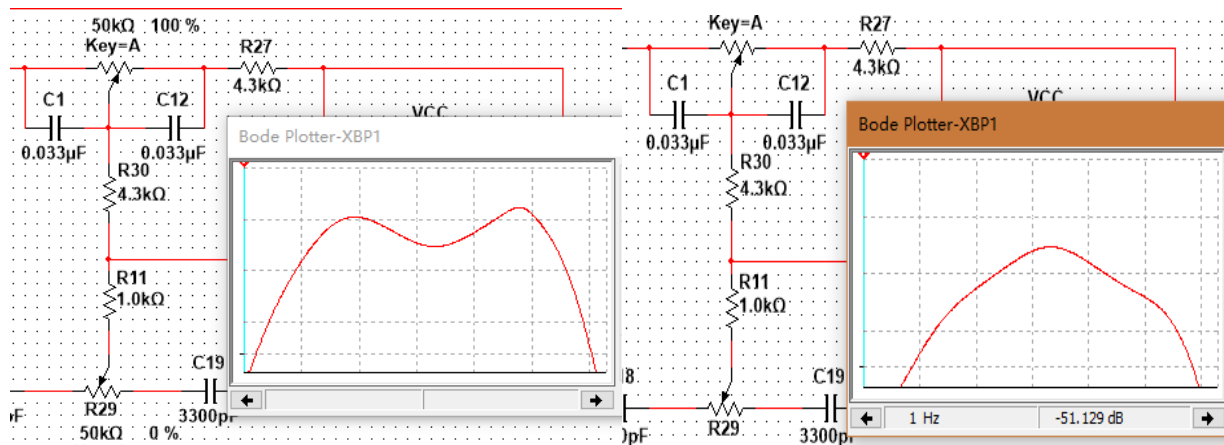
用万用表测该系统的输入电阻得到结果为无穷大, 结果符合要求。



#### ⑤关于音调控制的部分：



上图为调节频率时的系统的幅频响应，可以看到在设计要求范围内，放大倍数基本维持在 57dB 左右，无明显的波动。



如上图所示，调节高音部分电位器和低音部分电位器，可以分别调整高音部分（频率高）和低音部分（频率低）的放大倍数，在 125Hz 和 8kHz 处有  $\pm 12\text{dB}$  的调节范围。能达到要求的指标。

#### ⑥自主设计的多级音量调节：

三个电位器可以完成，输入端 A，输入端 B 的音量分别调节，和功放级总的音量调节功能，方便了功放的使用。

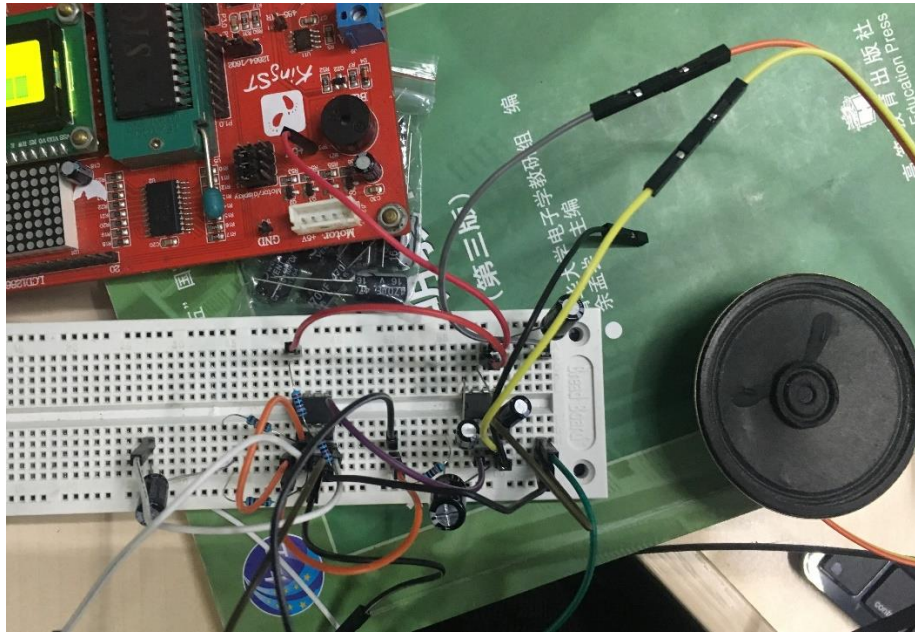
#### • 个人小结

在这次的电路仿真中，我们组从资料的查找，到电路设计，仿真设计，基本了解了电路设计的前期的基本流程。搜集资料从图书馆借阅了相关的有关功放电路设计的书籍，还有部



分资料是从中国知网上搜寻到的，我们拓宽了搜寻这种设计类资料的方法。我们在资料查阅的过程中也找到了其他的解决方案，如 PWM 数字控制功放，但考虑到自己的实际操作情况，决定使用现在的方案，使用 multisim 进行电路的仿真，我们基本学会了电路在计算机软件中的仿真，包括原件的导入，线路连接还有各种虚拟仪器的使用，软件仿真方便了我们日后需要实际电路设计，可以提高我们在真实的电路设计之中的成功率。

在仿真结束之后我们尝试着用电路实验板，进行功放电路的搭建，但是用实际的功放再添加多级放大后会，有明显失真，只完成了话音输入级和功放级的搭建。



之后还可以对电路在进行优化，是实际运行的功法能够完成。并以一个更好的方式搭建功放多级放大电路。

## 5. 参考文献

- [1] 铃木雅臣. 晶体管电路设计, 科学出版社, 1992。
- [2] 喻思栋. 音响放大器设计。
- [3] 张墅. 常用音调控制电路解析与设计, 文章编号: 1 001-9227 (2009)06—0042—02