

音频功率放大电路

丁云凤 10 电子信息科学与技术 992507037@qq.com	常琳 10 电子信息科学与技术 576712014@qq.com
---	--

1. 摘要

音频功率放大器是音响设备的重要组成部分，功率放大器各级电路的设计、元器件的选用对功率放大器的性能会产生重要影响。

2. 关键词

音频放大 功率放大

3. Future Distribution Permission

The authors of this report give permission for this document to be distributed to OUC students taking future courses.

4. 介绍

4.1 实验原理介绍

音频放大电路是一个多级放大电路其原理框图如图 1 所示。

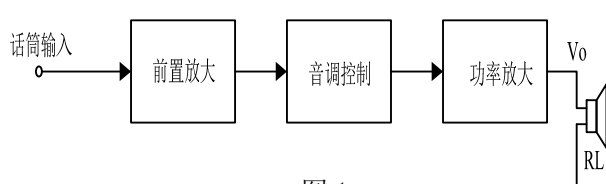


图 1

前置放大级主要完成对小信号的放大。一般要求输入阻抗要高，输出阻抗低，频带宽度要宽，噪声要小。功率放大器决定了整机的输出功率、非线性失真系数等指标，要求效率高、失真尽可能小、输出功率大。若输出功率为 $P_{o\max}$ ，输出电压 $U_o = \sqrt{P_{o\max} R_L}$ ，则所需要的放大倍数为

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{\sqrt{P_{o\max} R_L}}{U_i}$$

电路中多次引入了负反馈，下面列举了负反馈的主要作用。

1. 增加放大电路的稳定性。

在输入一定的以后下，放大电路由于各种因素的变化，输出电压或电流会随之变化因而引起增益的改变。引入负反馈，可以稳定输出电压或电流，进而使增益稳定

2. 展宽频带。

从本质上说，频带限制是由于放大电路对不同频率的信号呈现出不同的放大倍数而造成的。负反馈具有稳定闭环增益的作用，因而对于频率增大(或减小)引起的放大倍数下降，同样具有稳定作用。也就是说，它能减小频率变化对闭环增益的影响，从而展宽闭环增益的频率。

3. 影响输入、输出电阻

(1) 串联负反馈使输入电阻增加

(2) 并联负反馈使输入电阻减少

(3) 电压负反馈使输出电阻减小

(4) 电流负反馈使输出电阻增大

4. 减少非线性失真

4.2 各部分电路的具体分析

4.2.1 微弱信号放大级

由于信号源提供的信号非常微弱，故一般要加一级微弱信号放大器如图 2。电路为三极管的两级放大

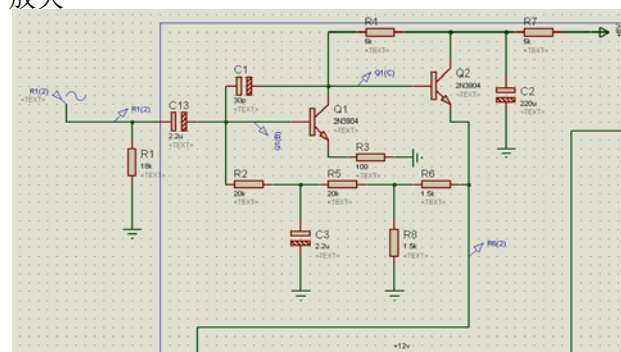


图 2

通过理论计算其放大倍数 $A_u=30$ ，图 3 为实际情况据 protues 仿真输入输出特性图。

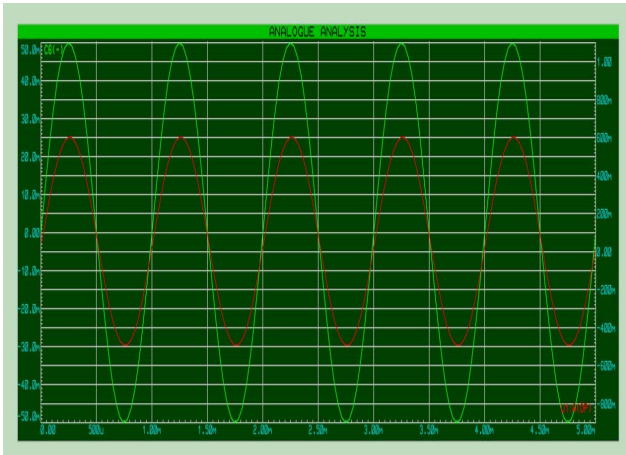


图 3

4.2.2 前置信号放大级 (图 4)

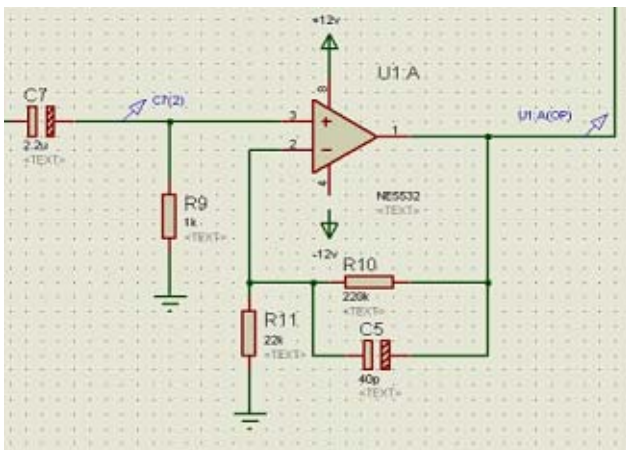


图 4

由前级的微弱信号放大级，得到了前置信号放大器的输入信号，在该实验中，输入信号为 150mv 左右，前置放大级采用集成运放电路放大 输入信号接该集成运放电路正输入端，输出信号与输入信号同相。电路通过电阻 R_{12} R_{13} 引入负反馈，同时加了一个补偿电容 C_5 ，组成了超前补偿电路。一般线性工作的放大器的输入寄生电容 C_i 会影响电路的稳定性。放大器的输入端一般存在寄生电容 C_i ，它与反馈电阻 R_f 组成一个滞后网络，引起输出电压相位滞后，当输入信号的频率很高时， C_i 的旁路作用使放大器的高频响应变差，同时 C_i 、 R_f 引入的滞后相位可能引起寄生振荡，因而会引起严重的稳定性问题。

未加补偿电容 C_5 是反馈系数 $F_0=R_{13}/(R_{12}+R_{13})$ ，加入补偿电容 C_5 后

$F=R_{13}/(R_{12}+R_{13} // 1/jc\omega)$ 产生超前相移，防止产生自己震荡。从理论分析该级地放大倍数可由

反馈电路求出。 $A_u=1+R_{13}/R_{12}=11$ ，通过 protues 仿真可得结果如图 5 所示。

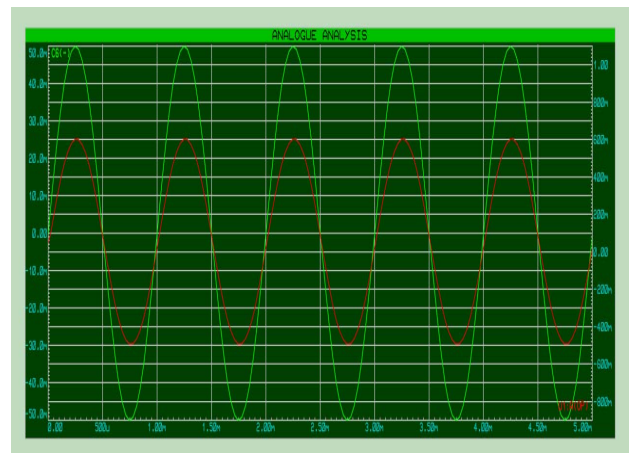


图 5

4.2.3 音调调节电路

该电路使得能够调节高低音调，对低频或是高频信号能够有一定范围的提升，从理论上分析，该电路的电压增益 $A_u=1$ ，所以在 protues 仿真中，对它的频率响应也进行了仿真分析。电路采用集成运放，并引入了一个负反馈。图 6 为电路图。

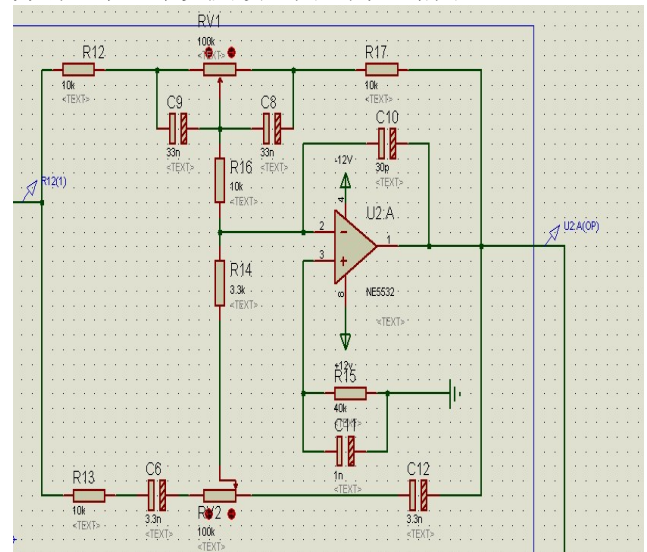


图 6

集成运算放大器制作的音调控制电路具有电路结构简单、工作稳定等优点，典型的电路结构如图 6 所示。其中电位器 R_{v2} 是高音调节电位器， R_{v1} 是低音调节电位器，电容 C_7 C_8 是低音提升和衰减电容，一般选择 $C_7=C_8$ 。在电路图中，对于低音信号来说，由于 C_9 的容抗很大，相当于开路，此时高音调节电位器 R_{v2} 在任何位置对低音都不会影响。当低音调节电位器 R_{v1} 滑动端调到最左端时， C_7 被短路，此时电路 C_8 和 R_{v1} 并联在反馈部分，由电容 C_8 对于低音信号容抗大，所以相对地提高了低

音信

号的放大起到了对低音提升的作用

$A = -1/R_9 \cdot [(R_{v1}/j\omega C_8)/(R_{v1} + j\omega R_8) + R_2]$ 可

见当频率 $f \rightarrow 0$ 时, A 接近为 $(R_{v1} + R_{10})/R_9$; 当频

率 $f \rightarrow \infty$ 时, $A \rightarrow R_{10}/R_9 = 1$ 。从定性的角度来说就是

在中、高音域, 增益仅取决于 R_{10}/R_9 的比值, 即等于 1; 在低音域, 增益可以得到提升, 最大增益为 $(R_{v1} + R_{10})/R_9$ 。

同样当 R_{v1} 的滑动端调到最右端时, 电容 C_8 被短路, 由于电容 C_7 使反馈部分分压变小, 从而对输入音频信号的低音信号具有较小的电压放大倍数, 所以该电路可实现低音衰减。该电路的电压放大倍数表达式为: $A = -R_{10}/[R_9 + (1/j\omega C_7)//R_{v1}]$ 。可见

当频率 $f \rightarrow 0$ 时, $A \rightarrow R_{10}/(R_{v1} + R_9)$; 当频率 $f \rightarrow \infty$

时, $A \rightarrow R_{10}/R_9 = 1$ 。从定性的角度来说, 就是在中、高音域, 增益仅取决于 R_{10}/R_9 的比值, 即等于 1; 在低音域, 增益可以得到衰减, 最小增益为 $R_{10}/(R_{v1} + R_9)$ 。

同理, 电路对于高音信号来说, 电容 C_7 、 C_8 的容抗很小, 可以认为短路。调节高音调节电位器 R_{v2} , 即可实现对高音信号的提升或衰减。

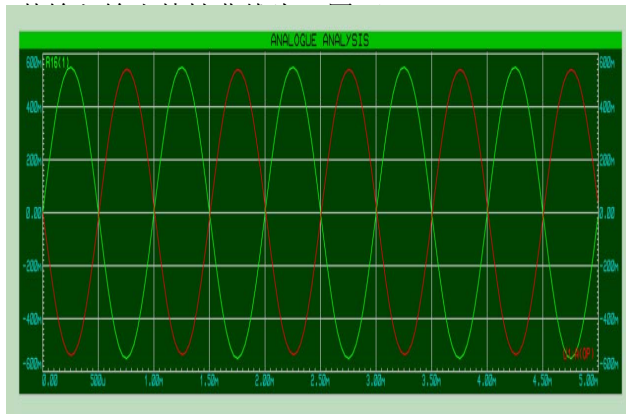


图 7

4.2.4 功率放大电路

功率输出级电路如图 8 所示。

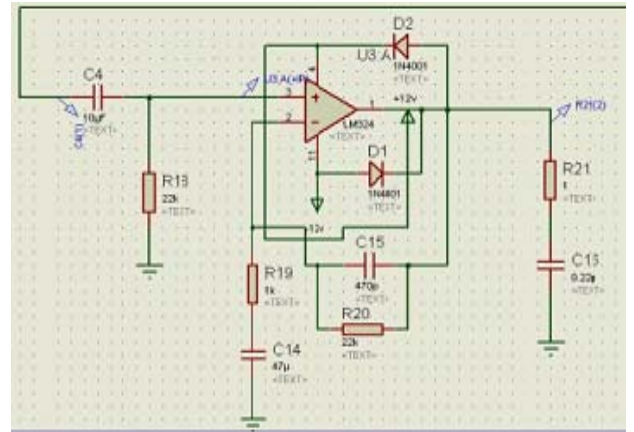


图 8

输入信号接该集成运放电路正输入端, 输出信号与输入信号同相。电路通过电阻 R_{21} 和 R_{22} 引入负反馈, 同时加了一个补偿电容 C_{22} , 组成了超前补偿电路。补偿电路前面已提到, 此处不多加叙述。该电路图的放大倍数 $A_u = 1 + R_{21}/R_{22} = 23$; 在 protues 下的仿真为 (图 9)。

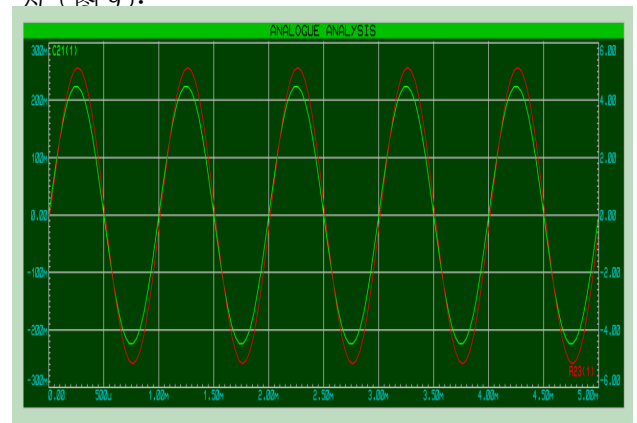


图 9

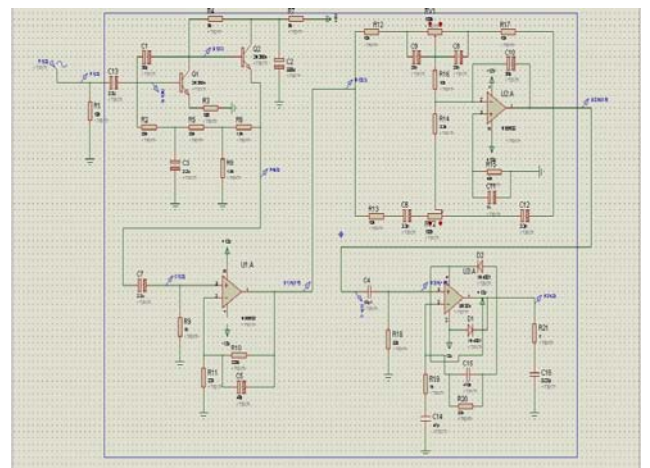


图 10

4. 电路简化

图 11, 12, 13 是通过 Multisim 仿真的电路图

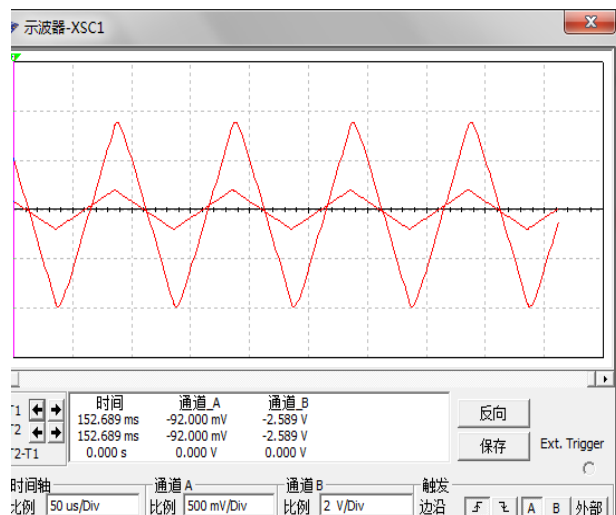
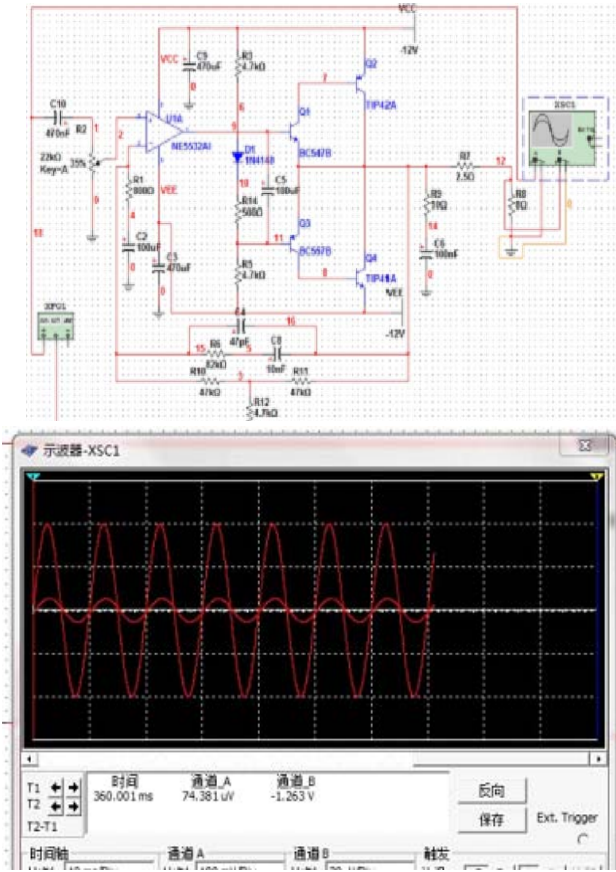


图 13

6. 结论

通过 Protues 仿真的电路图(图 10)与通过 Multisim 仿真的电路图(图 11)的原理基本相同,图 11 的电路设计比图一简化。

图 10 中前置放大分为弱信号放大和前级放大两部分;图 11 中则直接应用了集成运放来实现前级放大,由于采用的 NE5532 芯片内已含放大功能和音量控制功能故简化了电路,用变阻器 P 实现音调的控制不必单独设计音调调节电路。改进前的电路采用多级放大,各部分间的静态工作点相互影响容易产生零点漂移,产生误差,改进的电路采用集成晶片使电路更稳定。

音频功率放大电路目前主要用于音响设备,仪器仪表及控制电路电话信道功率放大器等,其应用还是相当广泛的,这次课题中我们使用了 Multisim 和 Protues 两款软件,相对来说 Multisim 的调试更为方便简洁。

7. 参考文献

童诗白 《模拟电子电路基础(第四版)》 高等教育出版社, 2004