



实用功放

梅更华 编著

DIY

福建科学技术出版社



实用功放

DIY

梅更华 编著

福建科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用功放 DIY/梅更华编著. —福州:福建科学技术出版社,2003.1
ISBN 7-5335-2090-4

I. 实… II. 梅… III. 音频设备-功率放大器-基本知识 IV. TN722.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069519 号

书 名 实用功放 DIY
编 著 梅更华
出版发行 福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号,邮编 350001)
经 销 各地新华书店
排 版 福建科学技术出版社排版室
印 刷 福州市屏山印刷厂
开 本 880 毫米 × 1230 毫米 1/32
印 张 7.375
插 页 5
字 数 184 千字
版 次 2003 年 1 月第 1 版
印 次 2003 年 1 月第 1 次印刷
印 数 1—4 000
书 号 ISBN 7-5335-2090-4/TN·272
定 价 16.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

前 言

DIY 是英文 Do It Yourself 的缩略语,即自己动手做之意。时下 DIY 这一群体日渐增多,特别是广大电子 DIY 者。对他们而言,设计、制作一些趣味实用的功能电路,是学习电子技术、提高动手实践能力的有效途径,也是学习掌握更复杂、功能更齐全的电路的基础。

为此,我们组织编写了这套面向广大电子爱好者、高职高专相关专业学生的电子制作丛书,分别介绍实用功放 DIY、实用音箱 DIY、实用电子装置 DIY、实用稳压电源 DIY。这些电路由浅入深,由简至繁,理论与实践相结合,突出实践,电路安装调试后就有一定的使用价值。各电路所采用的电子元器件在市面均能购到。读者可以根据自己的实际情况,选择合适的电路进行制作,并在制作中更深入地学习无线电知识,加深对元器件属性的认识,提高动手实践能力。

本书为实用功放 DIY 分册,共四章。第一章简要介绍功率放大器的电路结构、技术指标、类别特点等,让读者对功率放大器有个总体的认识。第二章介绍常用音响元器件的识别和检测、功率放大器的基本电路形式、功率放大器的附属电路以及印刷电路板设计制作、元器件布局焊接等,为读者成功制作功率放大器做好准备。第三章介绍功率放大器的调试、检测及故障检查等,对读者在装调功率放大器时可能碰到的一些具体问题做了前瞻性的介绍。第四章介绍十几款功率放大器制作的全过程,供音响爱好者在制作功率放大器时参考,制作实例中兼顾不同层次音响爱好者的实际需要,既有供初学者制作的集成电路功放,也有供具有一定电子基础的制作者

制作的晶体管功放，还有供喜欢胆机的音响发烧友制作的电子管功放，以及一些名机的仿制。

本书既可作为电子爱好者的自学读物，又可作为音响技术、家电维修技术的岗位培训教材，还可作为大中专院校相关专业的第二课堂实践教材。

限于作者水平，书中错误在所难免，敬请读者批评指正，以利再版时修改。

作者

2002.6

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 功率放大器的电路结构	(1)
第二节 功率放大器的技术指标	(2)
第三节 功率放大器的类别特点	(4)
第二章 功率放大器制作基础	(14)
第一节 常用音响元件的识别和检测	(14)
一、电阻器	(14)
二、电位器	(19)
三、电容器	(24)
四、变压器	(31)
五、晶体二极管	(36)
六、稳压二极管	(40)
七、晶体三极管	(41)
八、场效应管	(49)
九、电子管	(54)

十、达林顿管	(72)
十一、集成电路	(73)
十二、散热片	(80)
十三、继电器	(82)
第二节 功率放大器的基本电路形式	(83)
一、晶体管功率放大器	(83)
(一) 甲类放大器	(83)
(二) 滑动甲类放大器	(84)
(三) 乙类放大器	(84)
(四) 甲乙类放大器	(84)
(五) 超甲类放大器	(85)
(六) 乙丙类放大器	(85)
(七) OTL 功率放大器	(86)
(八) OCL 功率放大器	(87)
(九) BTL 功率放大器	(88)
二、场效应管功率放大器	(89)
三、电子管功率放大器	(92)
(一) 标准接法, 自偏压方式	(92)
(二) 超线性接法, 自偏压方式	(92)
(三) 三极管接法, 自偏压方式	(92)
(四) 高输出功率接法, 固定负偏压方式	(94)
第三节 功率放大器的附属电路	(94)
一、电源电路	(94)
二、前置放大电路	(96)
(一) 信号选择控制电路	(98)
(二) 音量控制电路	(99)

(三) 音调控制电路.....	(102)
(四) 响度控制电路.....	(107)
三、功率放大器保护电路.....	(108)
四、DSP 声场处理电路	(109)
五、卡拉 OK 电路.....	(110)
第四节 印刷电路板制作与元器件布局	(114)
一、印刷电路板的类型.....	(114)
二、印刷电路板的设计.....	(115)
(一) 电路设计.....	(115)
(二) 封装设计.....	(116)
三、印刷电路板元器件布局及布线.....	(116)
(一) 印刷电路板元器件布局.....	(116)
(二) 印刷电路板的布线.....	(118)
四、印刷电路板的制作.....	(122)
五、元器件的焊接工艺.....	(124)
第三章 功率放大器调试、检测与故障检查	(126)
.....	(126)
第一节 功率放大器的调试	(126)
一、OTL 功率放大电路的调试	(126)
二、OCL 功率放大电路的调试	(127)
第二节 功率放大器的检测	(128)
一、额定输出功率的检测.....	(129)
二、频率响应的检测.....	(129)
三、信噪比的检测.....	(130)

四、总谐波失真的检测	(130)
五、互调失真的检测	(131)
六、转换速率的检测	(132)
七、输入阻抗的检测	(133)
八、输出阻抗及阻尼系数的检测	(133)
第三节 功率放大器的故障检查与排除	(134)
一、完全无声	(134)
(一) 无工作电压	(134)
(二) 电路中断或短路	(135)
(三) 自激	(135)
二、元器件发热	(136)
(一) 电阻发热冒烟	(136)
(二) 散热器发烫	(137)
三、输出中点直流电位失常	(139)
(一) 中点直流电位失常的原因	(140)
(二) 解决中点直流电位漂移的方法	(140)
四、放大器自激	(141)
(一) 自激的故障现象	(141)
(二) 抑制自激的方法	(142)
(三) 抑制放大器的高频自激	(143)
五、重放声音小	(146)
六、重放声失真	(147)
(一) 小信号时失真	(147)
(二) 大信号时失真	(147)
七、重放噪声大	(148)

第四章 功率放大器制作实例 (154)

- 一、 $2 \times 75\text{W}$ T MOS150 功率放大器 (154)
 - (一) 电路特点 (154)
 - (二) 制作指导 (156)
 - (三) 注意问题 (158)
- 二、“傻瓜 185” 功率放大模块 (158)
 - (一) 电路特点 (158)
 - (二) 制作指导 (159)
 - (三) 注意问题 (160)
- 三、LM3886 功率放大器 (160)
 - (一) 电路特点 (160)
 - (二) 制作指导 (162)
 - (三) 安装调试 (163)
- 四、STK4191 厚膜集成电路功率放大器 (164)
 - (一) 电路特点 (164)
 - (二) 制作指导 (166)
- 五、PASS 的“ZEN” 功率放大器 (166)
 - (一) 电路特点 (166)
 - (二) 元器件选择 (169)
 - (三) 制作指导 (170)
- 六、Marantz9 (马兰士) 功率放大器 (仿制) (171)
 - (一) 电路特点 (171)
 - (二) 制作指导 (177)
 - (三) 安装调试 (177)
- 七、纯甲类功率放大器 (181)
 - (一) 电路特点 (181)

(二) 制作指导·····	(185)
(三) 安装调试·····	(186)
八、威廉逊 40W+40W 再生功率放大器·····	(187)
(一) 电路特点·····	(187)
(二) 制作指导·····	(188)
九、动态偏压伺服功率放大器·····	(190)
(一) 电路特点·····	(190)
(二) 制作指导·····	(193)
十、双单声道 60W×2 场效应管功率放大器·····	(194)
(一) 电路特点·····	(194)
(二) 元器件选择·····	(196)
(三) 制作指导·····	(197)
十一、VAA-70 功率放大器·····	(199)
(一) 电路特点·····	(199)
(二) 制作指导·····	(201)
十二、电子分频高保真功率放大器·····	(202)
(一) 电路特点·····	(202)
(二) 制作指导·····	(207)
十三、三声道 UL 超线性电子管功率放大器·····	(210)
(一) 电路特点·····	(210)
(二) 元器件选择·····	(213)
(三) 制作指导·····	(217)
(四) 整机调试·····	(221)
(五) 注意问题·····	(225)
十四、数码卡拉 OK 混响器·····	(226)
(一) 电路特点·····	(226)
(二) 制作指导·····	(227)

第一章 概 述

第一节 功率放大器的电路结构

在音响系统中功率放大器的作用是放大音源器材输出的信号，使信号有足够的功率推动音箱发出声音。

功率放大器工作于大电流和高电压的状态，因此在制作、安装和调试功率放大器的过程中，每一个环节都直接影响着功率放大器的正常工作以及重放声音的质量等。

对于功率放大器的一般要求是：足够大的输出功率、较小的失真、平坦的频率特性、较高的信噪比及较大的动态范围。

功率放大器的种类较多，但较常见的是纯功率放大器和合并式功率放大器。所谓纯功率放大器是指功率放大器中只有驱动放大和末级功率放大两部分电路，它与前置放大电路是分开成两个独立的器材。此类功率放大器一般都较为专业，适合于音响发烧友使用。所谓合并式功率放大器是指将前置放大电路、驱动放大电路及末级功率放大电路集中在一个器材内，它较适合于普通家庭及音响爱好者使用，是最常见的一种功率放大器。

图 1-1 为最基本的功率放大器的电路结构方框图。从图中可以看出，左右两个声道的电路是完全相同的，输入信号的选择电路主要用于对输入的信号进行选择切换，前置放大器对输入信号选择电路所选择的音频信号进行电流放大，为了能够有足够的功率去推动音箱，各声道均设有推动级，即前级放大器，进一步对前置放大电路输出的信号进行电压和电流放大，放大后的信号再经过末级功率

放大级进行放大，就可以去推动音箱重放声音了。

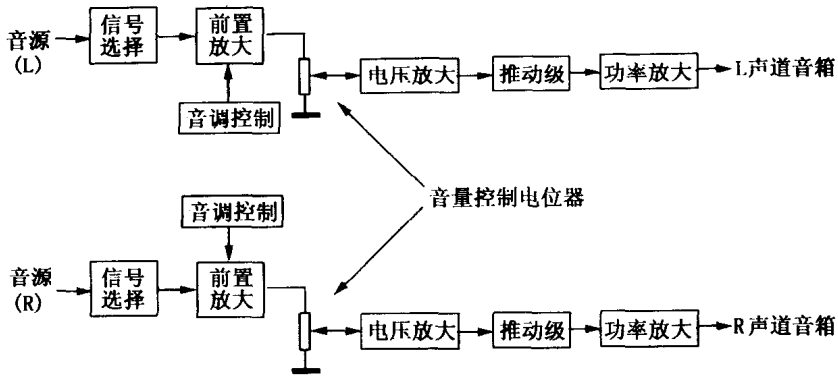


图 1-1 功率放大器的电路结构方框图

第二节 功率放大器的技术指标

功率放大器的技术指标较多，主要有以下几项。

1. 输出功率

输出功率是功率放大器的主要技术指标之一，但各个放大器生产厂家所标注的方法有所不同，如：正弦波输出功率、最大输出功率、有效输出功率、连续输出功率、RMS 输出功率等等。常用的是额定输出功率和最大输出功率。

额定输出功率是指在一定的谐波失真系数和一定的频率范围的条件下所测出的功率放大器的输出功率。

最大输出功率是指在一定的负载上，功率放大器在规定谐波失真系数时，采用 1000Hz 的正弦波检测信号所得到的连续最大的输出功率。

目前，大部分功率放大器所标注的输出功率为最大输出功率或峰值功率，在业余条件下，功率放大器的额定输出功率可以通过以

下两式进行换算：

$$\text{额定输出功率} = \text{最大输出功率} \times 0.8$$

$$\text{额定输出功率} = \text{峰值功率} \times 0.5$$

2. 放大器增益

放大器增益也称放大倍数，是衡量放大器放大能力的一项指标。它是放大器的输出电压与输入电压、输出电流与输入电流或输出功率与输入功率之比。如：放大器的电压增益是放大器的输出电压与放大器的输入电压之比；电流增益是放大器输出电流与放大器的输入电流之比；功率增益是放大器的输出功率与放大器的输入功率之比。

3. 频率响应

频率响应反映了功率放大器对各种频率信号放大的情况，品质较高的放大器能够重放频率范围较宽的信号，而品质一般的放大器则只能放大较窄频率范围的信号。功率放大器的频率响应范围一般均应在 20Hz~20kHz。

4. 信噪比

所谓信噪比是指信号电平与噪声电平的比率，用 S/N 表示，S 为信号电平，N 为噪声电平。信噪比越高说明放大器的噪声越低。

5. 失真

所谓失真就是经过放大器放大输出的信号与放大器输入的信号在几何形态上产生了变化，也就是说失去原信号中的部分成分。

失真的种类很多，主要有谐波失真、互调失真、交叉失真、瞬态失真、相位失真及开关失真等等。引起失真的原因也较多，如：谐波失真主要是由于放大器的非线性而产生；相位失真是由于放大器对不同频率产生的相移的不均匀性而产生；互调失真则是由各个频率信号之间的互调制而产生。总之，失真会使放大器输出的信号经过扬声器重放产生一定的畸变。如：谐波失真会使声音走调；互调失真会使声音尖刺、混浊；瞬态失真会使声音变抖动、不清晰；交

越失真会使重放声产生间歇感。

6. 动态范围

动态范围是指放大器的最高输出电压与无信号时的输出噪声之比。它也表示了功率放大器重放声的动态范围以及对微弱信号的表现能力，但一般动态范围受到放大器的输出功率等方面的影响。

7. 瞬态响应

瞬态响应是指放大器对脉冲信号(瞬时大信号)的跟随能力。从声音重放的角度来说，如果放大器的瞬态响应较好，重放时声音就干净、利落，而放大器的瞬态响应较差的话，重放时声音就会含糊不清、拖泥带水。

另外，目前常用转换速率(SR)来衡量放大器的瞬态响应。所谓转换速率是指放大器在单位时间内信号电压的变化量，其单位为 $V/\mu s$ 。比如放大器的SR为 $20V/\mu s$ ，即表示放大器的输出电压在 $1\mu s$ 时间内最多可变化 $20V$ 。SR是说明放大器输出电压变化速度的一个参数。

一般前置放大器的SR能够达到 $5V/\mu s$ 就可以满足前置放大器的要求。对于用运算放大器制作的前置放大器，如果SR较低的话，放大器信噪比就会下降，并会产生附加相位变化，使重放声变差。

一般功率放大器的SR能够达到 $50V/\mu s$ 即可达到高保真瞬态响应的要求。

8. 阻尼系数

所谓阻尼系数是表达功率放大器内阻的指标，它与扬声器的阻抗成正比，通常阻尼系数越大，扬声器的失真就越小。

第三节 功率放大器的类别特点

功率放大器种类较多，其重放声因不同类型而各具特色。

1. 晶体管功率放大器

20 世纪 60 年代晶体管的问世，揭开了现代功率放大器的序幕，各种晶体管功率放大器层出不穷，如：甲类功率放大器、超甲类功率放大器、甲乙类功率放大器……在音响发烧友中，一般称晶体管功率放大器为“石机”，它是目前较为普遍的功率放大器。晶体管功率放大器制作成本较低，制作过程也较为简单，且电路的变化较多，输出功率可做得较大，重放声清丽脱俗，非常适合作为普通家庭及音乐爱好者欣赏音乐之用。

从音响发烧友的角度来看晶体管功率放大器，他们认为晶体管功率放大器的技术指标尽管做得很好，但音乐的重放是依靠人们的耳朵来进行欣赏的，器材重放声的一些内在的“东西”是无法用技术指标来表达的，例如：对功率放大器重放声评价常用的“解析力”这一词，反映了功率放大器重放声的“透明”度，但它是无法用技术指标表达的。音响发烧友认为，用自己的耳朵来检验功率放大器的重放声是最简便有效的途径，他们普遍觉得晶体管功率放大器尽管在某些方面占有优势，但重放声较为生硬（即通常所说的“数码声”），这一点是无法与电子管功率放大器比拟的。

笔者认为，对音乐的欣赏与欣赏者的文化素质、民族特点、欣赏习惯、心理及生理因素等有关，不可一概而论，只要在音乐的欣赏中自身得到快乐，这个功率放大器就是好器材。

2. 电子管功率放大器

电子管放大器是一种较为古老的放大器。电子管放大器重放声温暖通透，低频柔和，高频亮而不刺，让人难以忘怀，一些资深的音响发烧友一直使用着它。随着音响技术的不断普及，近几年电子管功率放大器又逐渐流行起来。电子管放大器与晶体管放大器相比，其开环指标较好，无互调失真，热稳定性好。同时由于电子管是电压控制器件，只要控制栅极上有电压信号，就可以在阳极上得到放大的电压信号，因此电子管放大器对微小信号的表现较好。但是电

子管功率放大器的制作较为困难，且存在耗电大、体积较大、电子管有一定的使用期限等缺点，因此在实际使用中有一定的局限性。

目前市场中电子管功率放大器的价格一般均在 3 000 元以上。与晶体管功率放大器相比，电子管功率放大器有着较严格的生产工艺和要求。电子管电源变压器和输出变压器的造价较高。高质量的胆机离不开优质的变压器，目前电源变压器在技术上已不存在问题，输出变压器却是决定电子管功率放大器音质的关键所在，一些著名的电子管功率放大器生产厂家，如麦景图、马兰士等，其胆机输出变压器的绕制工艺、材料以及测试参数至今仍属于保密技术，不对外公布，成品输出变压器内部也用环氧树脂密封，使外人无法拆卸、解剖。输出变压器不同，音色肯定不同，没有优质的输出变压器，其他制作环节再好也毫无意义，这也是一些制作高手仿制名机时始终无法获得与原机相同的音色的根源所在。因此，凡是有名的胆机厂家无不在输出变压器上下足成本。

20 世纪 70 年代，随着半导体工业的迅速崛起，电子管在电子领域的地位渐渐被晶体管代替，主要原因还是后者具有许多明显的优点，如：价格便宜、工作电压低、发热量相对较小、供电电路简单、体积小、易集成等，而电子管由于其工作原理和结构的原因，其体积无法缩小至集成电路的水平，使其在众多的应用领域失去价值。目前只有一些特殊的领域，如：军用雷达系统、微波通讯、民用无线电广播发射等需要高压超大功率器件的地方还能见到它的身影，用量也日渐减少。

目前，一些音响杂志就电子管与晶体管谁优谁劣之争发表了较多的文章，喜欢电子管功率放大器的音响爱好者对胆机温暖醇厚的音色赞不绝口；喜欢晶体管功率放大器的音响爱好者被晶体管功率放大器重放的强劲力度和庞大的动态所折服。

电子管功率放大器的听音效果之所以使人感到温暖、醇厚，主要取决于电子管器件本身的优点：