

电工电子技能培训 大讲堂

DIANGONG DIANZI JINENG PEIXUN DAJIANGTANG



家用电器单元电路 识图与故障分析

胡斌 汪洋 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子技能培训大讲堂

家用电器单元电路识图 与故障分析

胡 斌 汪 洋 编著



机械工业出版社

本书主要介绍了音频功率放大器和扬声器电路,负反馈放大器电路,RC、LC 谐振电路和振荡器电路,集成电路,稳态电路,详细分析了电路故障和其他小家电控制电路工作原理等。本书电路齐全,通俗易懂,是广大无线电爱好者和初学者掌握电子电路的好帮手。

本书可作为无线电爱好者和初学者,以及家电维修人员等的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

家用电器单元电路识图与故障分析/胡斌等编著. —2 版.
—北京:机械工业出版社,2009.10
(电工电子技能培训大讲堂)
ISBN 978-7-111-28670-7

I. 家... II. 胡... III. ①日用电气器具—电路图—识图
②日用电气器具—故障诊断 IV. TM925.02 TM925.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 189915 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吉 玲 (Jinacxp@163.com)

责任编辑:阎洪庆

责任印制:乔 宇

北京双青印刷厂印刷

2010 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

148mm × 210mm · 9.75 印张 · 286 千字

0 001-3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28670-7

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着我国经济的飞速发展，工业化与信息化的融合及节能减排等政策的层层推进，为技术创新发展提出了更高的要求；同时，我国还是一个制造业大国，并处在向制造强国转化的过程，在拥有大量劳动者的同时，努力提高劳动者的素质，使其更好地适应技术的发展及社会的需要，不仅可以更好地服务于产业的发展，也是构建和谐社会的基本要素。

电工电子技术渗透于各行各业，吸纳的就业人口众多，向劳动者普及基本知识技能，一直是我们努力的目标。我们在电工电子技术出版领域积累了大量优秀的作者资源，出版了大批优秀的图书，受到了读者的欢迎。

我们针对初学者学习基础比较薄弱，从事的工作对技能要求比较高的特点，将优秀作者和优势作品进行整合及筛选，打造成崭新的强势丛书——《电工电子技术培训大讲堂》系列图书，本系列图书具有内容全面、系统，结构科学、合理，层次丰富、细节突出等优点，可以为学习者提供多种选择的特点，具体内容涵盖了：电工电子基础知识入门、电工技能提高、电子仪器仪表使用、家电维修等。

本系列图书在强大的策划团队努力下，力图做到：1) 理论够用、内容实用，讲解清晰；2) 篇幅适中，便于学习，立竿见影；3) 初级入门为主，多层次扩展，适当向技能提高延伸；4) 体裁形式多样，写作形式多样；5) 适应性强，多行业多领域的电工电子技术学习者都可适用。

本系列图书的出版得到了众多“明星”作者的全力支持，他们在百忙之中为图书内容的撰写、修订及改写付出了大量的精力，查阅了大量的资料，进行了系统化的对比和分析，在此对他们的辛勤劳动表示感谢，希望本系列图书可以为读者提高知识技能、拓宽视野提供一些有益的、具体的帮助。

为了不断丰富和完善《电工电子技术培训大讲堂》系列图书的内容及提高图书的质量，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，及时向出版单位反馈信息，邮箱为：Jinacmp@163.com。

机械工业出版社

前言

掌握家电维修技术包括三个方面的能力：第一是电路分析能力；第二是修理理论水平；第三是动手操作技能。在这三方面中，难度最大的是电路分析能力。这是因为电子电路的变化繁杂，涉及面很广。

一个复杂的整机电路是由若干个系统电路组成，而系统电路则是由若干个单元电路构成的，本书介绍了电子电路中使用频率最高的放大器、振荡器、电源电路、集成电路、稳态电路等大类数十种单元电路，是单元电路分析的总汇。

在对每个单元电路的讲解中，针对初学者的读图基础比较欠缺，在写作方法上采用简单句说明复杂问题，避开繁杂的计算公式，以读图为中心，通过直流电路分析、交流电路分析、信号传输分析、元器件作用分析、电路故障分析等，多层面、多角度地讲述这些单元电路的工作原理和读图方法、记忆技巧。

第一章讲解了6种音频功率放大器和3种扬声器电路；第二章讲述了4种标准的负反馈放大器和5种消振电路；第三章分析了5种RC、LC电路和7种振荡器电路；第四章解说了4种标准的差分放大器和5种类型集成电路，以及集成电路引脚外电路读图方法、技巧；第五章介绍了电源变压器电路、整流二极管电路、滤波电容电路和2种实用电源电路的工作原理及故障分析；第六章讲解了3种类型的稳态电路；第七章对数十种单元电路进行了详细的电路故障分析，为故障检修打下扎实的理论基础；第八章给出了20种家用小电器控制电路。

本书主要适合无线电爱好者、初学者，适合广大的电子产业工人，各类家电维修学校和电子类职高的学员作为家电维修技术入门读物。



希望读者通过本书的学习，能够掌握电路分析的方法，提高电路分析的能力。

由于作者业务水平所限，书中错误、缺点难免，欢迎广大读者指正。

作者

目 录

出版说明

前言

第一章 音频功率放大器和扬声器电路	1
第一节 音频功率放大器电路分析	1
一、概述	1
二、甲类、乙类和甲乙类放大器	3
三、变压器耦合甲类功率放大器电路分析	6
四、变压器耦合推挽功率放大器电路分析	9
五、OTL 功率放大器电路分析	13
六、OCL 功率放大器电路分析	25
七、BTL 功率放大器电路分析	29
第二节 扬声器电路分析	34
一、二频电路分析	34
二、变异的二频扬声器电路分析	36
三、三分频扬声器电路分析	37
第二章 负反馈放大器电路	39
第一节 负反馈和正反馈概念	39
一、反馈电路的框图和种类	39
二、正反馈和负反馈	39
三、负反馈电路的种类和作用	40
四、负反馈电路分析方法	42
第二节 四种负反馈放大器电路分析	44
一、电压并联负反馈放大器电路分析	44
二、电压串联负反馈放大器电路分析	47
三、电流并联负反馈放大器电路分析	48
四、电流串联负反馈放大器电路分析	49



五、负反馈电路分析说明	52
第三节 负反馈改善放大器性能机理	53
一、负反馈电路对改善放大器性能的贡献	53
二、改善放大器性能机理	53
第四节 负反馈放大器消振电路分析	56
一、自激产生条件	56
二、消振电路种类	57
三、滞后式消振电路分析	57
四、超前-滞后式消振电路分析	58
五、超前式消振电路分析	58
六、负载阻抗补偿电路分析	59
七、电路分析说明	60
第三章 RC、LC 谐振电路和振荡器电路	61
第一节 RC 电路、LC 电路、RL 电路分析	61
一、RC 电路	61
二、RC 移相电路分析	68
三、积分电路和微分电路	70
四、LC 谐振电路分析	75
五、RL 移相电路分析	87
第二节 正弦波振荡器电路分析	89
一、电路组成和电路分析方法	89
二、RC 移相式正弦波振荡器电路分析	91
三、采用 RC 选频电路的正弦波振荡器电路分析	93
四、变压器耦合正弦波振荡器电路分析	97
五、电感三点式正弦波振荡器电路分析	99
六、电容三点式正弦波振荡器电路分析	102
七、差动式振荡器电路分析	104
八、双管推挽式振荡器电路分析	106
第四章 集成电路	109
第一节 集成电路简介	109
一、电路符号和种类	109



二、内部结构和特点	111
三、主要参数和优缺点	111
第二节 集成电路基本引脚电路分析	113
一、输入和输出引脚外电路分析	113
二、电源引脚和接地引脚外电路分析	114
三、电路分析说明	117
第三节 集成电路内电路的元器件和单元电路	117
一、内电路基本元器件	117
二、恒压源电路分析	118
三、恒流源电路分析	122
四、直流电平移位电路分析	124
第四节 差分放大器、运算放大器电路分析	127
一、差分放大器电路的特点和分析方法	128
二、双端输入、双端输出式差分放大器电路分析	129
三、双端输入、单端输出式差分放大器电路分析	134
四、单端输入、单端输出式差分放大器电路分析	135
五、单端输入、双端输出式差分放大器电路分析	138
六、带恒流源的差分放大器电路分析	139
七、具有零点校正的差分放大器电路分析	140
八、多级差分放大器电路分析	142
九、达林顿复合管差分放大器电路分析	143
十、双差分电路分析	144
十一、运算放大器电路分析	145
第五节 实用集成电路分析	149
一、音频前置放大器集成电路分析	149
二、单声道集成电路 OTL 音频功率放大器电路分析	151
三、双声道集成电路 OTL 音频功率放大器电路分析	157
四、集成电路 OCL 音频功率放大器电路分析	159
五、集成电路 BTL 音频功率放大器电路分析	160
第五章 电源电路及故障分析	166
第一节 电源变压器电路及故障分析	166



一、电源变压器电路种类·····	166
二、典型电源变压器电路工作原理·····	167
三、电源变压器降压电路故障的机理·····	168
四、电源变压器降压电路故障检查方法·····	169
五、电源变压器二次绕组无交流电压输出故障检修方法·····	171
六、电源变压器二次绕组交流输出电压低故障检修方法·····	171
七、电源变压器二次绕组交流输出电压高故障检修方法·····	172
八、电源变压器工作时响声大故障检修方法·····	172
九、检修电源变压器故障中的安全注意事项·····	172
十、二次抽头变压器降压电路及故障分析·····	173
十一、另一种二次抽头变压器降压电路及故障分析·····	174
十二、两组二次绕组变压器降压电路及故障分析·····	175
十三、交流输入电压转换电源变压器电路及故障分析·····	176
十四、开关电源变压器电路及故障分析·····	178
十五、电源变压器降压电路和故障分析小结·····	179
十六、电源变压器故障部位判断的逻辑思路·····	180
第二节 整流二极管电路及故障分析·····	180
一、整流二极管电路种类·····	180
二、正极性半波整流电路及故障分析·····	181
三、负极性半波整流电路及故障分析·····	185
四、正、负极性半波整流电路及故障分析·····	186
五、两组二次绕组的正、负极性半波整流电路及故障分析·····	188
六、半波整流电路分析小结·····	190
七、正极性全波整流电路及故障分析·····	192
八、负极性全波整流电路及故障分析·····	195
九、正、负极性全波整流电路及故障分析·····	197
十、正极性桥式整流电路及故障分析·····	200
十一、负极性桥式整流电路及故障分析·····	204
十二、桥堆构成整流电路及故障分析·····	206
十三、二倍压整流电路及故障分析·····	208
十四、四种整流电路小结·····	211



第三节 滤波电容电路及故障分析	213
一、电源滤波电容电路工作原理	213
二、保护电容电路及故障分析	216
第四节 实用电源电路工作原理	219
一、卡座实用电源电路及故障分析	219
二、组合音响实用电源电路及故障分析	221
第六章 稳态电路	225
第一节 双稳态电路分析	225
一、集-基耦合双稳态电路分析	225
二、发射极耦合双稳态电路分析	228
三、电路分析说明	230
第二节 单稳态电路分析	231
一、集-基耦合单稳态电路分析	231
二、发射极耦合单稳态电路分析	234
三、电路分析说明	236
第三节 无稳态电路分析	237
一、电路分析	237
二、电路分析说明	238
第七章 电路故障分析	240
第一节 纯电阻、电容、电感电路故障分析	240
一、纯电阻电路故障分析	241
二、可变电阻器和电位器电路故障分析	243
三、电容电路故障分析	244
四、电感器电路故障分析	247
第二节 二极管和晶体管电路故障分析	248
一、二极管电路故障分析	248
二、晶体管电路故障分析	249
第三节 单级和多级放大器电路故障分析	251
一、单级放大器电路故障分析	251
二、多级放大器电路故障分析	254
第四节 音频功率放大器和扬声器电路故障分析	255



一、分立元器件 OTL 功放电路故障分析	255
二、分立元器件 OCL 功放电路故障分析	256
三、分立元器件 BTL 功放电路故障分析	257
四、单声道集成电路 OTL 功放电路故障分析	257
五、双声道集成电路 OTL 功放电路故障分析	259
六、集成电路 OCL 功放电路故障分析	260
七、集成电路 BTL 功放电路故障分析	260
八、扬声器电路故障分析	261
第五节 负反馈放大器和差分放大器电路故障分析	262
一、负反馈放大器和消振电路故障分析	262
二、差分放大器电路故障分析	264
第六节 RC、LC 谐振电路故障分析	265
一、RC 电路故障分析	265
二、LC 谐振电路故障分析	266
第八章 其他小家电控制电路工作原理	268
第一节 电冰箱和家用空调器控制电路	268
一、专用元器件	268
二、家用电冰箱控制电路	277
三、家用空调器控制电路	280
第二节 电、排风扇控制电路	281
一、电风扇控制电路	281
二、排风扇自动开关电路	284
第三节 洗衣机控制电路	285
一、洗衣机专用元器件	285
二、三档洗涤控制电路	286
三、脱水电动机控制电路	287
四、套缸洗衣机电动机控制电路	288
第四节 电炊具控制电路	288
一、家用微波炉控制电路	288
二、电磁灶控制电路	290
三、电饭锅控制电路	291



四、电煎锅和电烤炉控制电路·····	292
五、电咖啡壶控制电路·····	293
第五节 其他小家电器具控制电路·····	294
一、电热毯控制电路·····	294
二、电熨斗控制电路·····	295
三、电热水器控制电路·····	296
四、电吹风机控制电路·····	297
五、电子按摩器控制电路·····	297
六、电子点火器控制电路·····	298

第一章 音频功率放大器和扬声器电路

音频功率放大器是用来对音频信号进行功率放大的电路。这是一种十分常用的放大器电路，在多种家用无线电设备（收音机、录音机、黑白电视机、彩色电视机和组合音响）的电路中，都使用这种放大器。在音响组合和扩音机的电路中，对音频功率放大器的要求更高。

音频功率放大器放大的是音频信号，在不同机器中，由于对输出信号功率等要求不同，所以采用了不同种类的音频功率放大器。

音频功率放大器对信号的功率放大是通过先放大信号的电压，再放大信号的电流，达到放大信号功率的目的。

在习惯上，音频功率放大器电路又称为低频信号功率放大器电路（简称功放）。

第一节 音频功率放大器电路分析

一、概述

1. 电路结构框图 音频功率放大器电路结构框图，如图 1-1 所示。从图中可以看出，这种放大器是一个多级放大器电路，主要有最前面的电压放大级、中间的推动级和最后的功放输出级电路组成。音频功率放大器的负载是扬声器电路，功率放大器的输入信号来自音量调节电位器 RP_1 动片的输出信号。

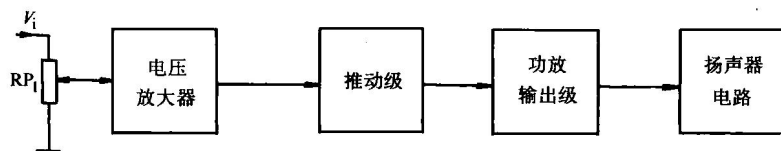


图 1-1 音频功率放大器电路框图



2. 各部分电路作用 对各部分放大器电路的具体作用说明如下:

1) 电压放大器用来对输入信号进行电压放大, 以便使加到推动级的信号电压达到一定的程度。根据机器对音频输出功率要求的不同, 电压放大器的级数可以不等, 可以只有一级电压放大器电路, 也可以是采用多级电压放大器电路。

2) 推动级是用来推动功放输出级的放大器, 对信号电压和电流进行进一步放大, 有的推动级还要完成输出两个大小相等、方向相反的推动信号。推动放大器电路也是一级电压放大器电路(当然同时也是具有电流放大作用的), 它工作在大信号放大状态下。

3) 功放输出级是整个功率放大器的最后一级, 用来对信号进行电流放大, 电压放大和推动级的信号电压已进行了足够的电压放大, 输出级电路再进行电流放大, 以达到对信号功率放大的目的, 这是因为输出信号功率等于输出信号电流与电压之积。

4) 在一些要求输出功率较大的功率放大器电路中, 功放输出级分成两级, 除输出级之外, 在输出级前再加一级末前级, 这一级电路的作用是进行电流放大, 以便获得足够大的信号电流来激励功放输出级的功放输出管。

3. 功率放大器电路种类 功率放大器的划分主要由功放级电路形式来决定, 常见的音频功率放大器主要有以下几种:

1) 变压器耦合甲类功率放大器, 这种电路主要用于一些早期的半导体收音机和其他一些电子电器中。

2) 变压器耦合推挽功率放大器, 这种电路主要用于一些输出功率较大的收音机中。

3) OTL(无输出变压器)功率放大器, 这种电路是目前广泛应用的一种功放电路, 在收音机、录音机、电视机等许多场合中都有应用。

4) OCL(无输出电容器)功率放大器, 这种电路用于一些输出功率要求较大的场合, 如扩音机和组合音响中。

5) BTL(无平衡变压器)功率放大器, 这种电路主要用于一些要求输出功率比较大的场合下, 还有用于一些低压供电的放音机中。

6) 矩阵式功率放大器, 这种电路主要用于低电压供电情况下的



收音机中,采用这种功率放大器之后,可以使低压供电的收音机左、右声道输出较大的功率。

二、甲类、乙类和甲乙类放大器

1. 甲类放大器概念 根据晶体管在放大信号时的信号工作状态和晶体管静态电流大小划分,放大器电路主要有甲类、乙类和甲乙类三种。此外还有超甲类等多种放大器电路。

甲类放大器就是给放大管加入合适的静态偏置电流,这样用一只晶体管同时放大信号的正、负半周。在功率放大器电路中,功放输出级中的信号幅度已经很大,如果仍然让一个信号的正、负半周同时用一只晶体管来放大,这种电路就称为甲类放大器。

在功放输出级电路中,甲类放大器的功放管静态工作电流设得比较大,要设在放大区的中间,以便给信号的正、负半周有相同的线性范围,这样当信号幅度太大时(超出放大管的线性区域),其信号的正半周进入晶体管饱和区时将被削顶,而信号的负半周进入截止区时也同样被削顶,此时对信号正半周与负半周的削顶量是相同的。

甲类放大器电路的主要特点如下:

1) 信号的正、负半周用同一只晶体管放大,使放大器的输出功率受到了限制,即一般情况下,甲类放大器的输出功率不可能做得很大。

2) 功率晶体管的静态工作电流比较大,在没有输入信号时,对直流电源的消耗比较大,在采用电池供电时,这一问题更加突出,因为对电源(电池)的消耗较大。

3) 由于信号的正、负半周用一只晶体管来放大,信号的非线性失真很小,声音的音质比较好,这是甲类功率放大器的主要优点之一,所以在一些音响组合中采用这种放大器作为功率放大器。

2. 乙类放大器概念 所谓乙类放大器就是不给晶体管加静态偏置电流,且用两只性能对称的晶体管来分别放大信号的正半周和负半周,在放大器的负载上将正、负半周信号合成一个完整周期的信号,图 1-2 中就是没有考虑这种放大器非线性失真时的示意图。

电路中, VT_1 和 VT_2 管构成功率放大器输出级电路,两只放大管基极没有静态工作电流。输入信号 V_{i1} 加到 VT_1 管的基极,由于功放



级的这一输入信号幅度已经足够大，可以用信号本身来使 VT_1 管进入放大区。这一信号经 VT_1 管放大后加到负载 R_L 上，其信号电流方向如图 1-2 中 I_1 所示，即从上而下流过 R_L ，在负载上得到半周信号 1。在 VT_1 管进入放大状态时， VT_2 管处于截止状态。

当正半周信号 1 过去之后，输入信号 V_{i2} 加到 VT_2 管基极， V_{i2} 使 VT_2 管进入放大区。由 VT_2 管放大这一半周信号， VT_2 管的输出电流方向如图 1-2 中所示，从下而上地流过负载电阻 R_L ，如图中 I_2 所示，这样在负载电阻上得到负半周信号 2。在 VT_2 管进入放大状态时， VT_1 管处于截止状态。

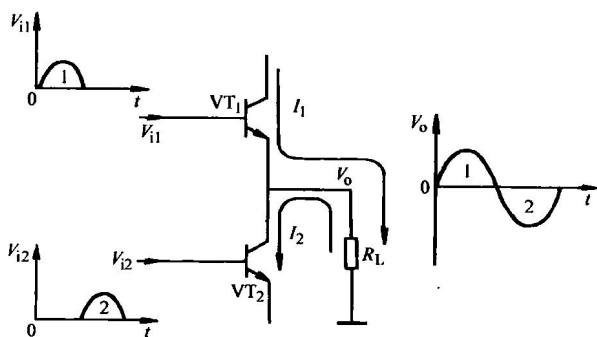


图 1-2 乙类放大器电路示意图

关于乙类放大器电路的主要特点说明如下：

- 1) 输入信号的正、负半周各用一只晶体管放大，可以有效地提高放大器的输出功率，即乙类放大器的输出功率可以做得很大。
- 2) 在功放输出级，输入功放管的信号幅度已经很大，可以用输入信号自身电压使管子正向导通和处于放大状态。
- 3) 在没有输入信号时，晶体管处于截止状态，不消耗直流电源，这样比较省电，这是这种放大器的主要优点之一。
- 4) 由于晶体管工作在放大状态下，晶体管又没有静态偏置电流，而是用输入信号本身去给晶体管加正向偏置，这样在输入较小信号或大信号起始部分，信号落到了晶体管的截止区，由于截止区是非线性的，将产生如图 1-3 所示的交越失真。