

高等职业教育
应用电子技术专业教学资源库

高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

电子产品调试 与检测

邓 皓 肖前军 黄 戎 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业教育
应用电子技术专业教学资源库



高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

电子产品调试 与检测

Dianzi Chanpin Tiaoshi yu Jiance

邓 皓 肖前军 黄 戎 主 编
王 政 连 燕 副主编
易 谷 张晓琴 主 审



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材之一,全书内容按9个学习项目编写,即9个真实项目。每一个项目包括项目描述、理论背景、项目原理、调试与检测流程等。

本书可作为高等职业教育电子技术、电气、自动化、计算机控制、机电一体化等专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。本书也可作为中等职业学校相关专业的提高性教材,以及作为电子技能竞赛的培训用书、自学考试人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品调试与检测 / 邓皓, 肖前军, 黄戎主编.
-- 北京: 高等教育出版社, 2013. 7
ISBN 978 - 7 - 04 - 037390 - 5

I. ①电… II. ①邓… ②肖… ③黄… III. ①电子产品 - 调试方法 - 高等职业教育 - 教材 ②电子产品 - 检测 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TN06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 118680 号

策划编辑 孙 薇	责任编辑 孙 薇	封面设计 于 涛	版式设计 王艳红
插图绘制 尹 莉	责任校对 胡晓琪	责任印制 田 甜	

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭成印刷有限公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 14.25
字 数 310 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
版 次 2013 年 7 月第 1 版
印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷
定 价 24.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 37390 - 00

高等职业教育应用电子技术专业教学资源库 建设项目规划教材编审委员会

主 任：姚和芳

常务副主任：首 珩

副主任(按姓氏笔画排列)：

于宝明	邓木生	吴志荣	吴家礼	肖辽亮	陈 卫
陈粟宋	易 谷	林训超	唐亚平	秦益霖	聂开俊
龚永坚	傅大梅	曾照香			

委 员(按姓氏笔画排列)：

丁向荣	王 璇	王 臻	王瑞春	邓 皓	邓延安
冯泽虎	卢庆林	左翠红	刘红兵	孙惠芹	朱相磊
余红娟	吴弋旻	宋玉宏	张 晔	张志柏	李江雪
李朝林	杨 黎	汪临伟	肖前军	陈必群	陈光绒
周 遐	周国烛	金 明	高 芳	梁 颖	梁长垠
黄邦彦	龚江涛	鲁杰爽	廖传柱	谭立新	戴 娟

序

为落实《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)精神,深化高职教育教学改革,加强专业与课程建设,推动优质教学资源共建共享,提高人才培养质量,2010年6月,教育部、财政部正式启动了国家高等职业教育专业教学资源库建设项目,应用电子技术专业是首批立项的11个专业之一。

项目主持单位——湖南铁道职业技术学院,联合浙江金华职业技术学院、南京工业职业技术学院、成都航空职业技术学院、宁波职业技术学院、芜湖职业技术学院、威海职业学院、深圳职业技术学院、常州信息职业技术学院、南京信息职业技术学院、重庆电子工程职业学院、淄博职业学院等33所高职院校和伟创力珠海公司、西门子(中国)有限公司、株洲南车时代电气股份有限公司等30家电子行业知名企业、中国电子元器件行业协会等2家行业协会、高等教育出版社等2家资源开发及平台建设技术支持企业组成项目联合建设团队。聘请电子通信系统及控制系统领域统帅人物中国科学院、中国工程院院士王越教授担任资源库建设的首席顾问,聘请行业先进技术的企业专家、深谙教育规律的教育教学专家组成“企、所、校结合”的资源库建设指导小组把握项目建设方向,确保资源建设的系统性、前瞻性、科学性。

自项目启动以来,项目建设团队先后召开了20多次全国性研讨会议,以建设代表国家水平、具有高等职业教育特色的开放共享型专业教学资源库为目标,紧跟我国职业教育改革的步伐,确定了“调研为先、用户为本、校企合作、共建共享”的建设思路,依据“普适性+个性化”的人才培养方案,构建了以职业能力为依据,专业建设为主线,课程资源与培训资源为核心,多元素材为支撑的“四层五库”资源库架构。以应用电子技术专业职业岗位及岗位任务分析为逻辑起点开发了“电子电路的分析与应用”、“电工技术与应用”、“电子产品的生产与检验”、“单片机技术与应用”、“PCB板制作与调试”5门专业核心课程,“电子产品调试与检测”、“EDA技术应用”、“电子产品生产设备操作与维护”、“传感器应用”、“电气控制技术应用”、“电子仪器仪表维修”、“PLC技术应用”7门专业骨干课程;以先进技术为支撑建设了包括“课程开发指南”、“课程标准框架”等2个课程开发指导性文件在内的课程资源库;开发了虚拟电子产品生产车间、电子电路虚拟实训室、虚拟电路实验实训学习平台、“单

片机技术应用”项目录像和仿真学习包、智能测控电子产品实验系统、PCB 制板学习包、电子产品生产设备操作与维护学习包 7 个标志性资源；以企业合作为基础，开发了师资培训包、企业培训包、学生竞赛培训包 3 个培训资源库；还构建了为课程资源库、培训资源库、标志性资源服务的专业建设标准库、职业信息库、素材资源库等大量资源和素材。目前应用电子技术专业教学资源库已在全国范围内推广试用，对推动专业教学改革，提高专业人才的培养质量，促进职业教育教学方法与手段的改革都起到了一定的积极作用。

本套教材是“高等职业教育应用电子技术专业教学资源库”建设项目的重要成果之一，也是资源库课程开发成果和资源整合应用的重要载体。五年来，项目组多次召开教材编写会议，深入研讨教学改革、课程开发、资源应用等方面的成果及经验总结，并集合全国教学骨干力量和企业技术核心人员成立教材编写委员会，以培养高素质的技能型人才为目标，打破专业传统教材框架束缚，根据高职应用电子技术专业教学的需求重新构架教材体系、设计教材体例，形成了以下四点鲜明特色：

第一，针对 12 门专业课程对应形成 13 本主体教材，教材内容按照专业顶层设计进行了明确划分，做到逻辑一致，内容相谐，既使各课程之间知识、技能按照专业工作过程关联化、顺序化，又避免了不同课程内容之间的重复，实现了顶层设计下职业能力培养的递进衔接。

第二，遵循工作过程系统化课程开发理论，突出岗位核心技术的实用性。整套教材是在对行业领域相关职业岗位群广泛调研的基础上编写而成的，全书注重专业理论与岗位技术应用相结合，将实际的工作案例引入教学，淡化繁复的理论推导，以形象、生动的例子帮助学生理解和学习。

第三，有效整合教材内容与教学资源，打造立体化、自主学习式的新型教材。在教材的关键知识点和技能点上，通过 6 类图标（视频 ，动画 ，实训、案例 ，虚拟、仿真 ，文本 ，图片 ）注释资源库中所配备的相应的特色资源，引导学习者依托纸质教材实现在线学习，借助多种媒体资源实现对知识点和技能点的理解和掌握。

第四，整套教材采用双色印刷，版面活泼、装帧精美。彩色标注，突出重点概念与技能，通过视觉搭建知识技能结构，给人耳目一新的感觉。

千锤百炼出真知。本套教材的编写伴随着资源库建设的历程，历时五年，几经修改，既具积累之深厚，又具改革之创新，是全国 60 余所高职院校的 200 余名骨干教师、40 余家电子行业知名企业的 20 多名技术工程人员的心血与智慧的结晶，也是资源库五年建设成果的集中体现。我们衷心地希望它的出版能够为中国高职应用电子技术专业教学改革探索出一条特色之路，一条成功之路，一条未来之路！

前言

本书根据高职高专教学基本要求,并参照高职高专电子类专业“电子产品调试与检测”类似课程教学要求编写而成。教材内容根据高职电子类专业毕业生就业岗位能力需求进行选取,特别强调结合工程实际应用,尽可能多地将最新的工程实际应用案例纳入教学内容,突出技术应用性,重点培养学生解决工程实际问题的能力。

根据高等职业教育培养目标的要求,本书力图使学生学完后能获得作为生产第一线的技术、管理和运行人员所必需的电子元器件、调试工具、典型电路分析、故障识别与排除等方面的基本知识 with 基本技能。全书内容按9个学习项目编写,即9个真实项目。每一个项目包括项目描述、理论背景、系统组成、工作流程等。在项目中,学生根据项目任务书和技术要求,在老师的指引下,查询相关资料和知识,简称项目的资讯。在资讯的基础上提出项目的总体方案,即决策。总体方案得出后,需要制订项目的实施细则,即计划。根据工作计划开展项目,即实施。项目实施完毕后,老师检查学生在项目中的工作情况,并进行评估。

本书由重庆工业职业技术学院邓皓、肖前军、黄戎担任主编,王政、连燕任副主编。学习项目1、4、8、9由邓皓执笔,学习项目2、6、7由肖前军执笔,学习项目5由黄戎执笔,学习项目3由王政执笔,连燕负责学习项目8、9软件代码的编写。

本书由重庆工业职业技术学院教授级正高级工程师易谷、教授张晓琴主审,并提供了详尽的修改意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2013年3月

目 录

项目 1 音响功放电路	
调试与检测	1
1.1 项目描述	1
1.1.1 项目概述	1
1.1.2 项目技术指标	2
1.2 理论知识	2
1.2.1 什么是音响与功放	2
1.2.2 音响技术的发展	3
1.2.3 功放的技术指标	5
1.2.4 功放的分类	6
1.2.5 集成功放 TDA2030 介绍	8
1.3 项目原理	15
1.3.1 系统框图	15
1.3.2 功能电路图	16
1.3.3 项目 PCB 图	19
1.3.4 元件清单	19
1.4 项目调试	20
1.4.1 单板调试	20
1.4.2 整机装配	24
1.4.3 整机调试	24
1.4.4 整机检测	25
1.4.5 整机安规检测	27
1.4.6 功放常见故障与检修	27
1.5 评价和考核	30
项目 2 信号源调试与检测	32
2.1 项目描述	32
2.1.1 项目概述	32
2.1.2 项目技术指标	32
2.2 理论知识	33
2.2.1 信号源概念	33
2.2.2 信号源分类	34
2.2.3 信号源技术指标	35
2.2.4 信号源的发展趋势	36
2.2.5 DDS 简介	37
2.2.6 系统元器件介绍	39
2.3 项目原理	42
2.3.1 系统框图	42
2.3.2 功能电路图	43
2.3.3 项目 PCB 图	46
2.3.4 元件清单	46
2.3.5 软件流程图	48
2.3.6 程序代码	49
2.4 项目调试	52
2.4.1 单板调试	52
2.4.2 整机装配	54
2.4.3 整机调试	55
2.4.4 整机检测	55
2.4.5 常见故障现象及排除	56
项目 3 GSM 家居安控系统	
调试与检测	57
3.1 项目描述	57
3.2 理论知识	58
3.2.1 家居安控简介	58
3.2.2 远程家居监控	

通信方法	58	调试与检测	101
3.2.3 TC35i 简介	59	5.1 项目描述	101
3.2.4 传感器简介	60	5.2 理论知识	102
3.3 项目原理	65	5.2.1 脉搏仪简介	102
3.3.1 系统框图	65	5.2.2 脉搏仪采样原理	103
3.3.2 功能电路图	66	5.2.3 脉搏信号的调理	104
3.3.3 项目 PCB 图	70	5.2.4 计数原理	107
3.3.4 元件清单	70	5.2.5 系统部件简介	109
3.3.5 程序流程	72	5.3 项目原理	109
3.3.6 程序代码	73	5.3.1 项目框图	109
3.4 项目调试	74	5.3.2 功能电路图	110
3.4.1 单板调试	74	5.3.3 项目 PCB 图	114
3.4.2 整机装配	76	5.3.4 元件清单	114
3.4.3 整机调试	76	5.4 项目调试	116
3.4.4 整机检测	77	5.4.1 单板调试	116
3.4.5 常见故障现象及排除	77	5.4.2 整机装配	118
项目 4 基站门控系统		5.4.3 整机调试	119
调试与检测	80	5.4.4 整机检测	119
4.1 项目描述	80	5.4.5 常见故障现象及排除	120
4.2 理论知识	81	项目 6 温度变送器	
4.2.1 无线遥控	81	调试与检测	122
4.2.2 锁控简介	83	6.1 项目描述	122
4.2.3 微控制器简介	83	6.1.1 项目概述	122
4.2.4 系统部件简介	84	6.1.2 项目技术指标	122
4.3 项目原理	85	6.2 相关理论知识	123
4.3.1 项目框图	85	6.2.1 变送器	123
4.3.2 功能电路图	86	6.2.2 惠斯通电桥	124
4.3.3 项目 PCB 图	90	6.2.3 仪器放大电路	125
4.3.4 元件清单	92	6.3 项目原理	126
4.3.5 软件流程	94	6.3.1 系统原理及整体框图	126
4.4 项目调试	94	6.3.2 电路原理	127
4.4.1 单板调试	94	6.4 项目 PCB 图	131
4.4.2 整机装配	97	6.5 元件清单	132
4.4.3 整机调试	98	6.6 项目软件	134
4.4.4 整机检测	99	6.7 项目调试与检测	141
4.4.5 常见故障现象及排除	100	6.7.1 单板调试	141
项目 5 家用脉搏仪			

6.7.2 整机装配	145	8.3.4 元件清单	181
6.7.3 整机调试与检测	145	8.3.5 软件流程	182
项目7 简易心电图机		8.4 项目调试	182
调试与检测	147	8.4.1 单板调试	182
7.1 项目描述	147	8.4.2 整机装配	185
7.2 相关理论知识	148	8.4.3 整机调试	185
7.2.1 体表心电图	148	8.4.4 常见故障	186
7.2.2 心电的产生	148	项目9 超声波测距仪的	
7.2.3 各波形的意义	149	调试与检测	188
7.2.4 心电信号常见干扰	150	9.1 项目描述	188
7.3 项目原理	151	9.2 理论知识	189
7.3.1 系统总体方案	151	9.2.1 实时距离测量的种类	189
7.3.2 功能模块设计	151	9.2.2 超声波测距原理	192
7.4 项目PCB图	155	9.2.3 元器件介绍	194
7.5 元件清单	156	9.3 项目原理	196
7.6 项目软件设计	158	9.3.1 项目框图	196
7.7 项目调试与检测	160	9.3.2 功能电路图	197
7.7.1 单板调试	160	9.3.3 项目PCB图	202
7.7.2 整机装配	163	9.3.4 元件清单	202
7.7.3 整机调试与检测	164	9.4 项目调试	203
项目8 智能循迹避障智能车的		9.4.1 单板调试	203
调试与检测	165	9.4.2 整机装配	206
8.1 项目描述	165	9.4.3 整机调试	207
8.2 理论知识	166	9.4.4 整机检测	207
8.2.1 巡线原理介绍	166	9.5 附：基于超声波测距的自动	
8.2.2 巡线传感器常见种类	168	跟车智能车设计	207
8.2.3 避障种类	170	9.5.1 系统框图	207
8.2.4 小车的行进	171	9.5.2 距离的检测	208
8.2.5 红外传感器介绍	172	9.5.3 速度的检测	208
8.2.6 元件介绍	175	9.5.4 车辆的驱动	209
8.3 项目原理	176	9.5.5 软件流程	209
8.3.1 项目框图	176	9.5.6 程序代码	209
8.3.2 功能电路图	177	参考文献	212
8.3.3 项目PCB图	180		

项目1 音响功放电路调试与检测

1.1 项目描述

1.1.1 项目概述

功放在现实生活中很常见，几乎是有音乐的地方都会看到功放的身影，功放俗称“扩音机”，它的作用就是把来自音源或前级放大器的弱信号放大，推动音箱发声。一套良好的音响系统功放的作用功不可没。由于考虑功率、阻抗、失真、动态以及不同的使用范围和控制调节功能，不同的功放在内部的信号处理、线路设计和生产工艺上也各不相同。功放有很多种，可以用分立元件做的，也可以用集成块来做的。一般用分立元件做的比较难匹配，所以难度比较大，但是分立元件可以把放大倍数做得大一些。用集成块做功放的优势也很明显，它好匹配、电路简单、适合初学者。现在市场上有很多种功放集成块，比如 LM1875、TDA2030。TDA2030 是其中比较合适的一款，用它组成的功放电路，具有体积小、输出功率大、失真小等特点，成本低廉，而且效果良好，具有很好的实用性，具有较高的学习价值，也是市场上的主流音箱产品的重要组成部分。

1.1.2 项目技术指标

1. 项目的功能和性能

- ① 外接元件少, 电路简洁。
- ② 输出功率大, 应用广泛。
- ③ 采用超小型封装(TO-220), 组装密度高。
- ④ 开机冲击极小。
- ⑤ 内含各种保护电路, 因此工作安全可靠。
- ⑥ 能在宽电压范围下工作输出有效功率, 失真度良好。
- ⑦ 适用于电脑有源音箱、汽车音响的功率放大部分或小型功放。

2. 功放的主要技术参数

- ① 额定工作电压: $220\text{ V} \pm 20\%$ 。
- ② 最小工作电压: $>220\text{ V}$ 。
- ③ 极限工作电压: $\leq 240\text{ V}$ 。
- ④ 额定功率: $P \geq 0.3\text{ W}$ 。
- ⑤ 负载阻抗: $10\ \Omega$ 。
- ⑥ 频率响应范围: $50\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ 。
- ⑦ 输入阻抗大于 $20\text{ k}\Omega$ 。
- ⑧ 放大倍数 $\geq 20\text{ dB}$ 。
- ⑨ 电源过热保护、过流保护。
- ⑩ 工作温度: $-10 \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 理论知识

声音是传送信息的媒介, 当物体振动时, 其周围的空气质点也随之振动而成为声音。声音以声波的形式传播, 声波所波及的范围称为声场。声波传到了人的耳朵, 人便有声音的感觉, 不同的声音具有大小不同的音量、高低不同的音调和发音体所特有的音色。如果把声音作为振动信号来研究, 则音量就是振动幅度的反映, 音调是振动频率的反映, 而音色由振动波形决定。人耳能敏锐地判断声音的这些要素, 从而识别各种特定的音响。不仅如此, 人对声音还有方位感, 根据两耳所听到声音的强度和时差, 就能判断出各个声源的位置。只要重放的声音保持原来的音位, 便会使听者获得身临其境的感觉。这种连音位也能反映出来的声音信号就称作立体声, 能把声音信号加以放大并如实地重放出来的电声设备称为音响系统。

1.2.1 什么是音响与功放【 功放工作动画演示】

一套完整的音响系统应由音频信号源、音频功率放大器和音箱三大部分组成, 它

们之间的关系如图 1-1 所示,声音信号传输的过程是:音源(话筒、CD 等)——前级放大(调音台、前级放大器等)——周边处理(均衡、压限、反馈抑制等现在用数字处理的很多)——后级音频功率放大器——音箱扬声器。工作原理就是声—电—声。其中音频功率放大器是音响系统设备的核心。由音频信号源输出的各种节目信号,经音频功率放大器加工并放大至足够的功率,去推动扬声器工作,然后由扬声器发出与音源相同但响亮得多的声音。只有适当选择电源电路和音频功率放大电路,并保证元件质量良好、线路布局合理、安装调试正确,才有可能得到满意的音质。当然信号源的音质和扬声器的质量对重放声音也有直接影响,若信号源的音质不好,则重放的声音不可能优美动听。扬声器是电声转换器件,若其性能不好,则重放的声音也不可能好听。另外扬声器重放出来的声音还要经过所在场所的空间混响才能送到听众的耳朵,所以听音场所的音响条件与音箱摆放的空间位置对音质也有影响,不能忽视。因此一个性能良好的音频功率放大器必须要有与之相匹配的音箱和放音环境,才能将音频功率放大器的性能发挥得淋漓尽致。

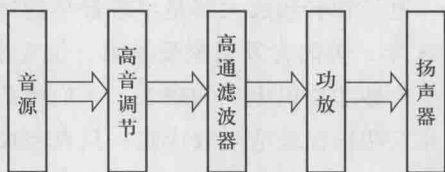


图 1-1 音响系统框图

在整个系统中,音频功率放大器是整套音响设备的核心,也是音响系统中不可缺少的重要部分,音频功率放大器简称功放,俗称“扩音机”,是音响系统中最基本的设备,它的任务是来自信号源(专业音响系统中则是来自调音台)的微弱电信号进行放大以驱动扬声器发出声音,即功放的作用就是把来自音源或前级放大器的弱信号放大,推动音箱发声。一套良好的音响系统功放的作用功不可没。

图 1-2 为音频功率放大器的组成原理框图,主要由前置激励级、激励级、功率放大输出级、输出过流保护电路和电源电路组成。音频功率放大器与音频前置放大器不同,它不仅要对音频信号进行电压放大,而且也要对音频信号电流进行放大,以满足外接负载的功率需求。高保真音响系统对功率放大器的要求是:具有足够大的输出功率,各种非线性失真尽可能小,频率特性平坦,高信噪比,优良的动态特性。



图 1-2 功率放大器内部结构框图

1.2.2 音响技术的发展【功放实物图】

音响技术的发展历史可以分为电子管、晶体管、集成电路三个阶段(也有的将集成电路细分为集成电路和场效应管两个阶段)。

1. 电子管

电子管音频放大器是出现最早的音频放大器,主要部件是电子管,它的历史要追溯到1883年,美国大发明家爱迪生。他发现金属和某些金属氧化物在真空管中被加热以后,会产生奇妙的发射电子的现象,人们将此发现称为“爱迪生效应”。到了1904年,英国科学家弗莱明根据爱迪生效应在一只真空玻璃外壳的白炽灯内,加入了一块金属板,当灯丝点燃以后,即获得从金属板流向灯丝的单方向流动的电流,这样世界上第一只真空二极管就诞生了。1906年,美国无线电工程师福雷斯特又在二极管的基础上制成了世界上第一只具有放大作用的真空三极管。这一发明,开创了人类电声技术的先河。至20世纪50年代电子管放大器的发展达到了一个高潮时期,各种电子管放大器层出不穷。由于电子管放大器音色甜美、圆润,至今仍为发烧友所偏爱。

电子管功放实物如图1-3所示。

2. 晶体管

1947年贝尔实验室的三位物理学家 William Shockley、John Bardeen 和 Walter Brattain 发明了晶体管。这之后的十余年间。晶体管被广泛应用于电子技术的各个领域,由晶体管制作的音频功率放大器层出不穷。由晶体管制作的音频功率放大器完全克服了电子管音频功率放大器的三大弱点:

① 电子管阴极需灯丝加热后才能发射电子,电能损耗较大,功效效率降低,并使其本身成为一个热源。

② 电子管寿命比晶体管短,防振与防机械冲击能力也低。

③ 电子管音频功率放大器的体积、重量大于晶体管功率放大器。晶体管功放实物如图1-4所示。

由于晶体管技术的飞速发展,电子管逐渐销声匿迹,几乎退出了历史舞台。然而电子管音频功率放大器信号的过载承受能力明显优于晶体管,在同功率等级及相同的工作条件下,电子管音频功率放大器的音质会比晶体管音频功率放大器更好一些,其低频声柔和、浑厚优美,高频声纤细而洁净。电子管音频功率放大器所需的功率储备较少(一般比晶体管音频功率放大器的功率储备量低一半多),开环指标较好,负反馈加得不深,所以一般不存在瞬态互调畸变,且其热稳定性能也极好。作为音频功率放大器主要器件的电子管,在规定的使用寿命内一般不易损坏。因此在某些不计较设备的尺寸、重量与用功耗的场合,电子管音频功率放大器仍备受人们重视。



图 1-3 电子管功放实物

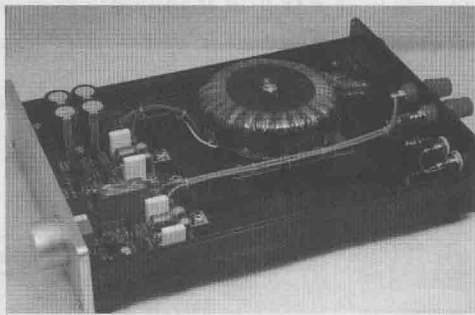


图 1-4 晶体管功放实物

3. 集成电路

在 20 世纪 60 年代初, 美国首先推出音响技术中的新成员——集成电路, 到了 70 年代初, 集成电路以其质优价廉、体积小、功能多等特点, 逐步被音响界所认识。发展至今, 厚膜音响集成电路、运算放大集成电路被广泛用于音响电路。目前应用于音频功率放大器的厚膜电路的性能指标为: 总谐波失真 (THD) 小于 0.008%, 频响 20 Hz ~ 100 kHz, 输出功率大于 100 W, 高性能的厚膜集成电路系列有日本三洋公司的 STK 系列、荷兰飞利浦的 TDA 系列、美国国家半导体公司的 NSC 系列等。由以上系列集成电路制作的音频功率放大器以其低失真、高稳定性和高性价比而被广泛应用于各个领域。

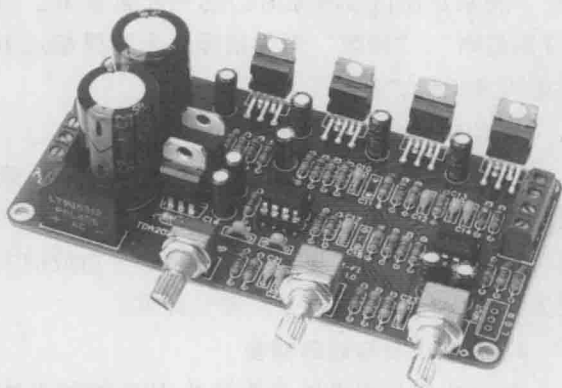


图 1-5 2.1 声道集成功放实物

2.1 声道集成功放实物如图 1-5 所示。

1.2.3 功放的技术指标

1. 频率响应

频率响应表示功放的频率范围和频率范围内的不均匀度, 常见的频率响应曲线图如图 1-6 所示。人类的听觉范围是 20 Hz ~ 20 kHz, 但为了改善瞬态响应以及如实地反映各种声音信号的特点, 一般对音频功率放大器要求要有更宽的通频带, 例如从 5 Hz ~ 100 kHz 甚至更多, 带内不均匀度应小于 ± 1 dB, 各种乐音音色的不同是由其频潜的构成来区分的, 带宽上限的扩张可保证放大器超音频谐波的重放, 下限的扩张可保证次声波的重放, 从而使音频功率放大器所播放的各种乐器的音色更丰满、清晰、动听。如果音频功率放大器的频率响应不够宽, 则放音时会感到声音干硬, 在一些音色相近的乐器齐奏时就不易分辨出来。

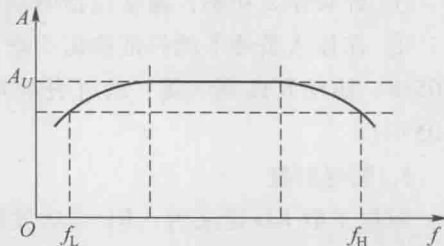


图 1-6 频率响应曲线图

总之, 功率放大器的频带越宽越好, 而其后紧跟的正负分贝数越小越好。但也不能太少, 否则其前面的带宽再宽也是没有意义的。GB/T 14200—1993 规定高保真音频功率放大器增益限制的有效频率范围最低要求为 40 Hz ~ 16 kHz, 对于无均衡的输入端, 相对于 1 000 Hz 的容差在 ± 1.5 dB 之内; 对于有均衡的输入端, 相对于 1 000 Hz 的容差在 ± 20 dB 之内。

2. 信号噪声比

信号与噪声的比, 简称信噪比, 是指信号功率与无信号输入时的噪声功率之比, 通常

用分贝数 dB 来计算。信噪比越大,则放大器的性能越好。信噪比高意味着听音时“干净”,特别是在信号间隙时会感到非常寂静。当听音时能感到“动态范围大”、“干净”、“音质清晰”、“细致”时,信噪比大约要超过 100 dB,如果信噪比在 80 dB 以下,听音时就能明显听到“沙沙”声了。

3. 功放的失真

理想的功放应该是把输入的信号放大后,毫无改变地忠实还原出来。但是由于各种原因经功放放大后的信号与输入信号相比较,往往产生了不同程度的畸变,这个畸变就是失真。用百分比表示,其数值越小越好。功放的失真有谐波失真,互调失真,交叉失真,削波失真,瞬态失真,瞬态互调失真等。

4. 额定功率与功率储备

额定功率是当谐波失真度为 10% 时的平均输出功率,也称作最大有用功率。通常来说,峰值功率大于音乐功率,音乐功率大于额定功率,一般峰值功率是额定功率的 5~8 倍。为了达到高保真聆听的要求,额定功率应根据最佳聆听声压来确定。我们都有这样的感觉:音量小时、声音无力、单薄、动态出不来,低频显著缺少、丰满度差,声音好像缩在里面出不来。音量合适时,声音自然、清晰、圆润、柔和丰满、有力、动态出得来。但音量过大时,声音生硬不柔和、毛糙、有扎耳根的感觉。因此重放声压级与声音质量有较大关系,规定听音区的声压级最好为 80~85 dB,我们可以从听音区到音箱的距离与音箱的特性灵敏度来计算音箱的额定功率与功放的额定功率。

目前对音频功率放大器功率的标注比较混乱,五花八门,有的在产品说明书上只标注功率 100 W、 $2 \times 1\,000$ W(PMPO)或输出 130 W($8\ \Omega$)及五声道综合输出功率 1 800 W(PMPO)等。这些标注均不规范。正确的标注法应能说明以下几点:

- ① 针对什么功率,通常应指明额定功率或有效功率(可用 RMS 表示)。
- ② 在什么条件下能保证输出功率。例如在 20 Hz~20 kHz 范围内、总谐波失真不超过 0.05%、驱动 $8\ \Omega$ 喇叭等,就可表示为: 2×200 W(RMS, $8\ \Omega$,20 Hz~20 kHz,总谐波失真 0.05%)。

5. 阻尼系数

阻尼系数 KD 定义为: $KD = \text{功放额定负载阻抗(等于音箱额定阻抗)} / \text{功放输出内阻}$,是指扬声器的额定阻抗与音频功率放大器输出阻抗的比值。

音频功率放大器的阻尼系数是音频功率放大器的额定输出阻抗(即驱动喇叭的阻抗)与输出内阻的比值,它表征音频功率放大器输出给喇叭的电阻尼状态。由此看来,阻尼系数的意义有双重性,它联系着音频功率放大器与喇叭,因此需达到合理的匹配。对晶体管音频功率放大器来说,该值一般为十几到几十甚至超过一百。作为家用高保真功放阻尼系数有一个经验值可供参考,最低要求:晶体管功放 KD 值大于或等于 40,电子管功放 KD 值大于或等于 6。

1.2.4 功放的分类

音频功率放大器的类型很多,根据使用放大器件的不同,可分为纯电子管、晶体管、

集成电路、场效应管功率放大器。而晶体管功率放大器又分为有输出变压器的功率放大器和无输出变压器 (OTL) 的功率放大器两大类, 后者又分为并联推挽、单端推挽、OCL、DC、BTL 等几类。按工作状态来分, 有甲类、甲乙类、乙类和丁类 (开关型功率放大器) 等。

1. 甲类功放

甲类功放 (A 类功放) 是指在信号的整个周期内 (正弦波的正负两个半周), 放大器的任何功率输出元件都不会出现电流截止 (即停止输出) 的一类放大器。甲类功放电路如图 1-7 所示。甲类放大器工作时会产生高热, 效率很低, 优点是不存在交越失真。单端放大器都是甲类工作方式, 推挽放大器可以是甲类, 也可以是乙类或甲乙类。

甲类功放的工作方式具有最佳的线性, 每个输出晶体管均放大信号全波, 不存在交越失真 (Switching Distortion), 即使不施用负反馈, 它的开环失真仍十分低, 因此被称为是声音最理想的放大线路设计。但这种设计有利有弊, A 类功放最大的缺点是效率低, 因为无信号时仍有满电流流入, 电能全部转为高热量。当信号电平增加时, 有些功率可进入负载, 但许多仍转变为热量。

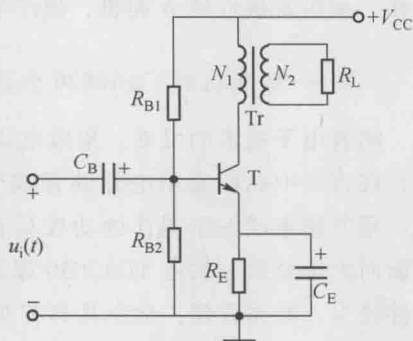


图 1-7 甲类功放电路

2. 乙类功放

乙类功放 (B 类功放) 是指正弦信号的正负两个半周分别由推挽输出级的“两臂”轮流放大输出的一类放大器, 每一“臂”的导电时间为信号的半个周期。乙类功放电路如图 1-8 所示。乙类放大器的优点是效率高, 缺点是会产生交越失真。纯 B 类功放较少, 因为在信号非常低时交越失真十分严重, 交越失真令声音变得粗糙。乙类功放的效率平均约为 75%, 产生的热量较甲类功放低, 容许使用较小的散热器。

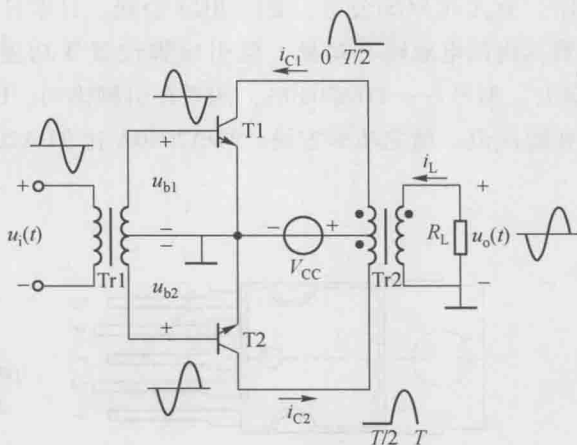


图 1-8 乙类功放电路

3. 甲乙类功放

甲乙类 (AB 类功放) 功放界于甲类和乙类之间, 推挽放大的每一个“臂”导通时间大于信号的半个周期而小于一个周期。甲乙类放大有效解决了乙类放大器的交越失真问题, 效率又比甲类放大器高, 因此获得了极为广泛的应用。

AB 类功放通常有两个偏压, 在无信号时也有少量电流通过输出晶体管。它在信号小时用 A 类工作模式, 获得最佳线性, 当信号提高到某一电平时自动转为 B 类工作模式以获