

高保真音响与家庭影院 实用技术

彭妙颜 杨志勇 周锡韬 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

高保真音响与家庭影院实用技术

彭妙颜 杨志勇 周锡韬 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书采用问答形式,分别讲述了高保真集成放大器、卡拉OK处理器、电子管放大器、高保真音箱和家庭影院的解码器、AV放大器等的基本原理、电路结构、特点以及组合、制作、调试的方法与技巧,并介绍了一批新型音响元器件的数据、应用电路和制作资料。既适合音响爱好者加深对音响技术的认识和动手制作,也为广大消费者提供了有关选购、组合、搭配和调整使用音响器材的知识,同时又对音响工作者和生产厂家有一定的参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

高保真音响与家庭影院实用技术/彭妙颜,杨志勇,周锡韬编著. --北京:电子工业出版社,2000.4

ISBN 7-5053-5901-0

I. 高... II. ①彭...②杨...③周... III. ①立体声技术-音频设备-问答②家庭影院-问答
IV. TN946.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第06292号

书 名:高保真音响与家庭影院实用技术

编 著 者:彭妙颜 杨志勇 周锡韬

责任编辑:王 颖

排版制作:电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:

北京科报印刷厂印刷

装 订 者:

出版发行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:340千字

版 次:2000年4月第1版 2000年4月第1次印刷

书 号:ISBN 7-5053-5901-0
TN·1342

印 数:5000册 定 价:19.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

电子工业出版社在 1998 年 1 月出版的《高保真音响》(周锡韬编著)一书,作为高保真音响技术的入门读物。本书则是该书的续篇和扩展。

在国内音响领域曾先后兴起几个热潮:从 20 世纪 80 年代中期的卡拉 OK 热,20 世纪 90 年代初期的胆机(电子管放大器)热,到近年随着 VCD 的浪潮而兴起的家庭影院热等,一浪跟着一浪。本书就是围绕这几个热点取材,并力求在内容上突出实用性、趣味性、新颖性和广泛性。

刚入门的音响爱好者,在读过《高保真音响》一书的基础上,可以通过阅读本书加深对音响技术的认识,掌握更多音响领域的新技术、新设备及其发展的新动向。对于准备将自己的音响设备进行升级换代的广大音响用户,相信可以从本书中学习到的在组建一套以欣赏“纯”音乐为主的高保真音响或一套兼顾欣赏音乐、语言与影像的环绕声家庭影院时,如何对器材选购作出正确的选择,以及合理的搭配和组合的许多实用知识。

本书广泛收集了近年国内外有关高保真集成放大器、卡拉 OK 处理器、电子管放大器、家庭影院的环绕声处理器、解码器和 AV 放大器以及音箱等的典型实用电路、数据和制作资料。既便于业余爱好者自学和动手制作,又可供音响工作者和生产厂家进行设计、安装、维修以及改进旧产品和设计新产品时参考。

全书共分五章,各章的主要内容如下:

第一章“高保真音频集成放大器”(20 问)是全书的基础,因为任何音响设备都离不开放大器。近年国内外集成运放和晶体管集成功放等新型器件迅速发展,各项性能指标(特别是瞬态特性和输出功率)不断提高,因而日益被广泛应用于高保真音响设备。

第二章“卡拉 OK 系统”(11 问)。本章并非对卡拉 OK 电路的原理结构等作泛泛地讲述,而是从“升级换代”的角度,有所侧重地选择一批较新颖而实用的数字式混响电路、集成化消歌声电路以及集成化变调电路等卡拉 OK 功能电路推荐给读者,并讲述其功能、特点、电路制作、组合搭配和调试方法。

第三章“家用高保真音箱”(24 问)。扼要介绍有关扬声器和音箱的分类、结构和技术参数,在此基础上讲述家用音箱和分频器的简易设计方法,并举出多个设计实例。

第四章“环绕声与家庭影院系统”(29 问)是本书的重点章节。家庭影院是当前国内外音响技术发展的新热点,也是我国广大居民家庭消费的新热点。本章首先讲述家庭影院的组成、分类、特点和电路结构。其中包括模拟式环绕声、杜比环绕声、杜比定向逻辑环绕声、THX、DSP、AC-3、DTS、SRS 和 VDS 等目前广泛流行的各类家庭影院环绕声系统的基本结构、原理和特点,并精选了目前国内较常见的环绕声处理器和解码器等专用器件和典型电路。在此基础上进一步介绍各种不同模式家庭影院系统的器材组合、搭配、连接、布局、业余制作和调整使用方法。

第五章“高保真电子管放大器”(16 问)是目前市面上同类书刊中较少见的內容。首先讲述电子管放大器的基础知识,包括各类电子管的构造、特性以及电子管放大电路的优缺点。在此基础上精选了技术成熟、性能较佳、电路较简洁的高保真电子管放大电路——包括“胆前级”、

“前胆后石”、“前石后胆”和全电子管等前后级放大器的典型电路,并讲述其电路结构、特点、元件数据和制作调试方法。

由于音响技术的发展日新月异,而作者的水平有限,书中错漏在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

1999 年 10 月

目 录

第一章 高保真音频集成放大器(20 问)	(1)
一、家庭高保真音响系统由哪些基本部件组成? 各部件主要起什么作用?	(1)
二、什么是 AV 系统? 家庭高保真 AV 系统由哪些基本部件组成? 各部件主要起什么作用?	(1)
三、高保真音频放大器有哪些主要功能? 如何分类? 各有何特点?	(2)
四、音响集成电路有哪些主要特点? 在音响系统中如何应用?	(3)
五、什么是集成运算放大器? 请说明其主要技术指标的含义,并介绍常用运放的指标	(4)
六、集成运放有哪些基本应用电路? 各有何特点?	(6)
七、集成功放如何分类? 请介绍其特点和主要技术参数	(7)
八、音响设备中为什么要设置电源变压器、整流器、滤波器和稳压器? 它们各起到什么作用?	(10)
九、什么是三端集成稳压器? 请介绍常用的三端稳压器的特性和应用电路	(10)
十、对稳压整流电路各元件的参数值怎样进行工程估算?	(12)
十一、如何采用厚膜集成器件组成小功率功放电路? 请介绍一款典型电路的制作资料	(13)
十二、如何采用晶体管集成器件组成 Hi-Fi 及家庭影院的纯后级功放? 请介绍几款典型电路的制作资料	(14)
十三、如何采用晶体管集成器件组成 Hi-Fi 及家庭影院的集成前后级放大器? 请介绍几款典型电路的制作资料	(20)
十四、安装放大器时整机布局应注意哪些要求?	(32)
十五、如何解决放大器的散热问题?	(33)
十六、什么是屏蔽? 放大器应怎样做好屏蔽?	(33)
十七、什么是接地? 放大器如何正确接地?	(34)
十八、放大器的安装布线应注意哪些问题?	(35)
十九、dB、dBm、dBw、dBv 和 dBu 等单位各代表什么意义?	(35)
二十、dB/oct、dB/dec 各代表什么意义?	(37)
第二章 卡拉 OK 系统(11 问)	(38)
一、什么是卡拉 OK?	(38)
二、卡拉 OK(AV)系统由哪些基本部件组成? 分别起到什么作用?	(38)
三、什么是数字式延时/混响电路? 它在卡拉 OK 系统中起什么作用? 它和模拟式延时/混响电路(BBD 电路)对比有何特点?	(42)
四、数字回响器件 M50199P 有何特点? 请介绍其结构和应用电路	(42)
五、数字混响集成器件 M50194 有何特点? 请介绍其结构和应用电路	(44)
六、数字混响集成器件 TC9415N 有何特点? 请介绍其结构和应用电路	(46)

七、数字回响集成器件 M65839 有何特点? 请介绍其结构 and 应用电路	(49)
八、什么是消歌声电路? 请介绍一些目前国内卡拉 OK 机较常见的消歌声集成器件的 结构 and 应用电路	(53)
九、数字混响兼消歌声集成器件 M65845P 有何特点? 请介绍其结构 and 应用电路	(56)
十、什么是变调电路? 请介绍一些目前国内卡拉 OK 机较常见的变调集成器件的结构 and 应用电路	(58)
十一、什么是卡拉 OK 机的“魔幻变音”功能?	(60)
第三章 家用高保真音箱(24 问)	(62)
一、什么是扬声器和扬声器系统? 其主要由哪些部件组成?	(62)
二、常用的扬声器有哪些种类? 各有何特点?	(62)
三、使用扬声器应了解哪些最基本的技术参数?	(63)
四、设计比较精确的音箱时,还需要了解扬声器哪些特殊参数?	(64)
五、音箱如何分类? 请介绍它们的不同特点	(66)
六、什么是超低音音箱(低音炮)?	(68)
七、常见的超低音音箱有哪几种? 它们在结构和特性上有何不同?	(68)
八、如何对家用音箱进行简易设计?	(69)
九、怎样根据厂家对某型号扬声器提出的推荐音箱内容积 V 值,设计一台合适的 音箱?	(70)
十、在已知扬声器主要声学参数的条件下,如何设计一台家用高保真封闭式音箱?	(73)
十一、在已知扬声器主要声学参数的条件下,如何设计一台家用高保真倒相式音箱?	(73)
十二、什么是分频网络? 请介绍分频网络的分类和特性	(75)
十三、功率分频网络如何构成? 请介绍其特性和计算公式	(76)
十四、如何进行功率分频网络的简易设计 and 自己动手制作?	(79)
十五、如何进行功率分频网络的工程设计? 请举两个实例	(82)
十六、如何选用分频网络中的电感、电容、电阻元件? 如何自己动手制作电感元件?	(83)
十七、音箱中的衰减器有何作用? 请介绍其设计方法	(84)
十八、电子分频网络如何构成? 请介绍其设计方法	(85)
十九、如何自制一台选用国产扬声器单元的三分频封闭式音箱?	(88)
二十、如何自制一台选用国产扬声器单元的二分频书架式音箱?	(90)
二十一、如何自制一台选用国产扬声器单元的二分频哑铃式音箱?	(91)
二十二、如何自制一台双腔体双开口式有源超低音音箱?	(93)
二十三、如何自制一台封闭式有源超低音音箱?	(95)
二十四、如何自制一套选用国产扬声器单元的家庭影院音箱系统?	(96)
第四章 环绕声与家庭影院系统(29 问)	(102)
一、什么是家庭影院? 其主要由哪些器材组成?	(102)
二、怎样选择家庭影院中的电视机?	(102)

三、怎样选择家庭影院中的 AV 信号源?	(103)
四、怎样选择家庭影院中的解码器及功率放大器?	(103)
五、怎样选择家庭影院中的音箱?	(105)
六、什么是环绕声? 常见的环绕声系统有哪几种? 各有什么特点?	(106)
七、什么是 BBD 模拟式环绕声系统? 请介绍其工作原理及应用电路	(109)
八、模拟环绕声专用集成器件 μ PC1891A 有何特点? 请介绍一款适合自制的应 用电路	(109)
九、什么是编码式环绕声系统?	(112)
十、什么是杜比环绕声系统? 请介绍其基本原理和特点	(112)
十一、什么是杜比定向逻辑环绕声系统? 请介绍其基本原理和特点	(114)
十二、杜比定向逻辑解码如何组成? 请介绍一款适合自制的电路	(115)
十三、什么是家用 THX 系统? 它有什么特点?	(118)
十四、什么是 Cinema DSP 系统? 它有什么特点?	(120)
十五、什么是数字编码式环绕声系统?	(122)
十六、什么是杜比数码环绕声 AC-3 系统的基本原理? 它和杜比定向逻辑及 THX 对 比有何特点?	(123)
十七、怎样配置杜比数字(AC-3)家庭影院的器材? 什么是 AC-3 后备 (AC-3 Ready)?	(126)
十八、什么是数字影剧院 DTS 系统? 它有何特点?	(128)
十九、什么是双声道环绕声系统? 它有何特点?	(129)
二十、什么是 SRS 环绕声系统? 请介绍其基本电路原理、特点和安装调试方法 ...	(130)
二十一、什么是 Q-Sound 和 Spatializer 环绕声系统? 请介绍它们的基本原理和特点	(133)
二十二、SRS、Q-Sound 和 Spatialaizer 三种双声道环绕声系统对比, 各有何特点?	(137)
二十三、什么是 VDS 和 VDD 虚拟杜比环绕声系统? 各有何特点?	(138)
二十四、什么是 Trusurround 系统? 请介绍其基本原理和特点	(140)
二十五、各种不同制式的家庭影院环绕声多声道放大器中, 各个声道功放的输出功率 大致取什么样的比例较为合适?	(142)
二十六、家庭影院的各个音箱应如何正确摆位?	(143)
二十七、如何正确进行家庭影院系统的设备搭配? 请介绍几个典型的组合方案 ...	(146)
二十八、如何正确连接和调整家庭影院系统?	(152)
二十九、如何运用业余制作的 AV 放大器组成家庭影院系统? 请介绍几个组合搭配 方案	(166)
第五章 高保真电子管放大器(16 问)	(173)
一、什么是“胆机”? 请介绍它的发展历史及现状	(173)
二、电子管机有哪些优缺点?	(173)
三、电子管机的技术指标和实际听感有何关系?	(174)
四、电子管单端与推挽两种接法各有何特点?	(175)
五、末级推挽采用五极管或三极管接法有何不同?	(175)

六、不同型号电子管各有什么特色？	(175)
七、输出变压器对音色的影响有多大？	(175)
八、电子管机的造型与晶体管机有何不同？	(176)
九、使用电子管机应注意哪些事项？	(176)
十、什么是二极电子管？ 请介绍它的基本结构和功能	(176)
十一、什么是三极电子管？ 请介绍它的基本结构和功能	(177)
十二、电子管有哪些静态参数？ 各代表什么意义？	(178)
十三、什么是五极管和束射四极管？ 各有何特点？	(179)
十四、什么是“胆前级”和“前胆后石”放大器？ 请介绍一款典型电路的制作资料 ...	(180)
十五、什么是“前石后胆”放大器？ 请介绍一款典型电路的制作资料	(183)
十六、什么是“全胆”前后级放大器？ 请介绍一款典型电路的制作资料	(184)
附录	(189)

第一章 高保真音频集成放大器(20 问)

一、家庭高保真音响系统由哪些基本部件组成？各部件主要起什么作用？

家庭高保真音响系统主要由三大部件组成，即节目源设备、放大器和扬声器系统。

1. 节目源

节目源又称为信号源，其任务是为音响系统提供高保真的语言或音乐等节目信号。常见的家庭音响节目源有传声器(话筒)、电唱机、CD 唱机、磁带录音机、收音机(调谐器)等，近年发展到各种电子乐器(如电子琴)、电声乐器(如电吉它)、数字磁带录音机(DAT)和微型唱片(Mini Disc, 简称 MD)等。

2. 放大器

放大器的任务是把节目源送来的比较微弱的信号充分放大，同时进行控制和修饰美化，以驱动扬声器系统。放大器包括前置放大器、功率放大器以及话筒放大器、唱头放大器、线路放大器等。有时甚至把均衡器、混响器、变调器等信号处理电路也并入放大器的范畴，作为放大器的附属部件。

3. 扬声器系统

扬声器系统由扬声器(喇叭)、音箱和分频器组成，其主要任务是把放大器送来的音频电信号(电能)转换为音频声信号(声能)，从而发出宏亮且不失真的声音，供人们欣赏聆听。

二、什么是 AV 系统？家庭高保真 AV 系统由哪些基本部件组成？各部件主要起什么作用？

AV 系统亦称为“音像系统”或“视听系统”，它是把音频(Audio)设备和视频(Video)设备按一定规律紧密结合组成的一个控制系统，以同时满足人们的听觉和视觉感受。

家庭高保真 AV 系统是在家庭高保真音响系统的基础上增加若干视频设备而组成的。除了上面讲到的节目源设备、放大器和扬声器系统基本部件以外，还包括以下三种设备：

1. 视频节目源

它为 AV 系统提供高画质的视频节目信号，常见的家庭视频节目源有磁带录像机(VTR)、影碟机(LD、VCD、SVCD、DVD)和摄像机等。

2. 视频信号控制设备

它包括视频信号切换器、信号分配器、视频特技机等。由于视频特技机价格昂贵,主要用于专业 AV 系统,家庭较少见。

3. 视频显示设备

它亦称视频播放设备,其任务是把视频电信号转换成视频图像信号供人们观看欣赏。最常用的视频显示设备是电视机和视频监视器,而大屏幕投影电视机和等离子平面显示器等,近年也获得很大发展,有逐步进入家庭的趋势。

三、高保真音频放大器有哪些主要功能? 如何分类? 各有何特点?

1. 主要功能

高保真音频放大器亦称声频放大器或音响放大器,是高保真音响系统的核心部件,其最基本的功能是把信号源送来的微弱声频信号不失真地加以放大,最后推动扬声器发出优美宏亮的声音。此外,放大器还要承担一系列的控制任务,如音量控制、音调控制、平衡控制、带宽控制和均衡控制等。所以说现代高保真音频放大器实际上是一个“音响放大和控制中心”。

2. 分类和特点

①音频放大器根据其所承担任务的侧重点不同又分为前置放大器(俗称“前级”)和功率放大器(俗称“后级”)两个部分。

前置放大器又称前级放大器,其基本任务是把话筒、唱机、CD 等各种信号源送来的不同电平的声频信号,一律放大到 $0.7V \sim 1V$ 左右。此外,前置放大器还有各种各样的控制能力,如输入信号的选择和匹配、频率响应的均衡控制、音量控制、响度控制、平衡控制、音调控制和带宽控制等。

功率放大器简称功放,在放大器中也称为后级。在音响系统中,功放的作用是把前置放大器送来的约 $1V$ 左右的音频信号,进一步加以放大,使其具有足够的输出功率来驱动扬声器。可见功率放大器不仅要有足够的电压输出,而且还要有足够的电流输出。

②按放大器所使用的放大器件不同,可分为电子管放大器、晶体管放大器和集成电路放大器等,目前在高保真音响放大器领域中,晶体管和集成电路两类放大器以其轻巧、省电和寿命长等许多优点而占有绝对优势。其中分立元件的晶体管电路多见于大功率放大器,而集成放大电路则多见于中、小功率放大器。由于集成放大器电路简洁且调试容易,更适合刚入门的电子爱好者自行制作,故本书以其为重点作较详细的讲述。另一方面,电子管放大器(胆机)以其温暖柔和的音色而日益得到广大音响发烧友的喜爱和重视,在沉寂多年之后,大有“卷土重来”之势。而市面上有关电子管放大器的技术资料比较少见,本书在第五章将对其作扼要的介绍。

③按放大器的工作状态不同,可分为甲类放大、乙类放大、甲乙类放大、超甲类放大、丙类放大和丁类放大等。在高保真音响放大器领域中,以甲类和甲乙类放大器使用最为广泛。

④按级间耦合方式划分,可分为变压器耦合放大器和无变压器耦合放大器两类。变压器耦

合的优点是便于实现阻抗匹配,因而广泛应用于电子管放大器和需要高阻抗输出的晶体管广播放大器(背景音乐放大器)中。但由于变压器会带来高、低频段频响变差,容易自激,加之体积大、笨重、价昂等缺点,因此一般高保真晶体管放大器及集成电路放大器基本上都采用无变压器耦合电路,这类电路又可分为 OTL、OCL、BTL、DC 等多种形式。

四、音响集成电路有哪些主要特点?在音响系统中如何应用?

集成电路(Integrated Circuit,缩写 IC)是在硅平面技术和薄膜工艺的基础上发展起来的一种新型电子器件,它是将晶体管、电阻、电容等元件全部制作在一小块基片上,然后封装在一个管壳里而构成的一种单元电路。它突破了分立元件的旧概念,把元件和电路合二为一,甚至用一个集成电路就可以构成具有众多控制功能的整个部件,如微处理机芯片等。

集成电路按照结构与制造工艺主要可以分为三大类:厚膜集成电路、半导体集成电路和混合集成电路。按功能可分为数字集成电路和模拟集成电路两大类。数字集成电路是用来产生和处理各种数字信号的,模拟集成电路是用来进行放大和处理各种模拟信号的。在音响设备中,模拟集成电路使用更广泛。模拟集成电路的种类很多,有集成运算放大器(简称集成运放)、集成功率放大器、集成稳压器、集成前置放大器、集成乘法器、集成锁相环以及电视机、收录机一些电子设备中的某些专用集成电路等。其中,集成运算放大器被广泛应用于前置放大器(前级)中,而集成功放电路则广泛应用于中、小功率的后级放大器。还有集成稳压电路则用于整流电路中。本书主要讲述集成运放、集成功放和集成稳压三种音响集成电路的应用。

在高保真音响的发展历史上,集成电路的应用经历了一个漫长的过程。由于集成工艺最先在小功率器件上应用成功,因此,早期的集成电路大量用于各种数字电路和计算机系统中,随后也逐步进入小功率的家庭 AV 设备,如收音机、手提收录机、CD 机、录像机和电视机,其中电视机专用 IC 的发展特别迅速。但在高保真音响领域中却迟迟未能突破。对于前级放大器,由于早期的集成运放和前置专用 IC 的瞬态特性和信噪比欠佳,未能取代小功率晶体三极管的地位;而在功率放大器中,由于功放 IC 的功率偏小,瞬态特性平平,更不是各种大功率三极管和场效应管的对手。

20 世纪 80 年代曾风行一时的 STK 系列厚膜集成功放虽曾一度广泛用于中、低档的家用套装组合音响中,但由于其动态范围小,瞬态特性较差,使得“厚膜套装机”一时成了低档音响的代名词。直到 20 世纪 90 年代中期,形势才开始发生变化,各种音响集成器件开始大量进入高保真领域,不但在各种小功率的控制和处理电路(如音调控制、均衡控制、延时混响处理和环绕声处理等)中占据了绝对垄断地位,而且在高保真领域中最基础最重要的部件——放大器这个阵地中也开始大展拳脚。这个局面的形成主要有以下两个原因:

一是微电子技术的飞速发展,使得各种音响 IC 的指标,特别是额定功率和瞬态特性指标得以大幅度提高,可与分立元件相抗衡。如新型的运算放大器,它有极高的运算速度(决定瞬态特性)和极低的噪声指标及失真度,加上轻、小、节电、调试简单等固有的优点,已逐步取代传统的晶体三极管;而新型的晶体管集成功放不仅额定功率有所提高(80W~120W),瞬态特性也大有改善,而且普遍都内置有较完善的过载保护、短路保护和过热保护等自我保护功能,工作安全可靠,而且免去复杂的“配对”和工作点调试等工序,既适合业余自装机,又适合工业化大生产。

二是家庭影院系统的飞速发展也促进了集成功放的发展。一台杜比环绕声 AV 中心,由 4 声道发展到 5 声道、7 声道,而 AC-3 系统更要求其中 5 个声道都要有相同的较大功率。试想要把 7 套大功率功放装在一台 AV 放大器的机箱中,如全部采用分立元件会给安装和调试带来多少麻烦?这一来正好促使广大器件生产商集中力量不断开发中等功率(60W~150W)且性能优越的功放 IC,作为家庭影院的配套元件。而这些优质功放 IC 用于一般 Hi-Fi 功放中也相当令人满意,逐步得到广大发烧友的认同和接受。

本书第一章就是根据这一新情况,避免泛泛讲述一般的高保真放大电路,而是集中推介高保真音频集成放大器的器件、电路及其安装应用。

五、什么是集成运算放大器?请说明其主要技术指标的含义,并介绍常用运放的指标

集成运算放大器(简称运放)是一种具有高放大倍数和深度负反馈直接耦合放大器的集成电路,其符号如图 1-1 所示,其中一个输入端与输出端为反相关系,称为反相输入端,标 $\ominus$ 号。另一个输入端与输出端为同相关系,称为同相输入端,标 $\oplus$ 号。

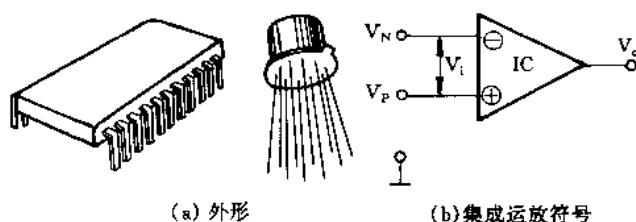


图 1-1 集成电路的外形及符号

为了正确地挑选和使用集成运放,必须弄清它的技术指标含义,现将常用的几种指标介绍如下:

1. 输入失调电压 U_{OS}

在常温(25℃)下,当输入信号为零时,运算放大器的输出端存在的直流电压折合到输入端的电压值,称为输入失调电压 U_{OS} 。或者说 U_{OS} 是为了使运算放大器输出为零,在输入端需要加入的一个直流补偿电压。 U_{OS} 越大,表明运放内部电路的对称性越差。

2. 输入偏置电流 I_B

输入偏置电流 I_B 是常温下,输入信号为零时,运算放大器两个输入端的静态偏置电流的平均值。 I_B 愈小,失调电流 I_{OS} 愈小,输入电阻 r_d 愈大。

3. 转换速率 SR

运算放大器在大幅度阶跃信号作用下,输出电压随时间的最大变化率,称为上升速率,或称为转换速率,用 SR 表示。单位是 $V/\mu s$ 。

4. 输入失调电压温度系数 αU_{OS}

输入失调电压温度系数是指在规定的温度范围内,输入失调电压增量与温度增量的比值。此值越小,说明运放的温度稳定性越好。

5. 开环差模电压增益

又称为开环差模电压放大倍数(A_{od}),它是指运放在没有外加反馈情况下的输出电压增量与输入差模(正负两个输入端接入不同极性的输入电压)电压增量之比。 $A_{od} = \frac{V_o}{V_i}$,例如:运放在输入电压 V_i 变化不到 $\pm 1\mu V$ 时,可使输出电压 V_o 变化达到 $\pm 10V$,即开环放大倍数达到 10^7 倍。理想化运放的 $A_{od} = \infty$ 。

6. 共模电压放大倍数 A_{oc}

电路正负两个输入端接入相同极性的输入电压时运放的放大倍数。共模放大倍数越小,说明运放抑制漂移信号或干扰信号的能力越强,其性能越好。理想化运放的 $A_{oc} = 0$ 。

7. 输入电阻 r_{id}

运放的输入电阻范围为 $10^2 k\Omega$ 到 $10^6 M\Omega$,理想化运放的 $r_{id} = \infty$ 。

8. 输入偏置电流 I_B

运放的偏置电流从 $10^{-6} A$ 到 $10^{-9} A$ 变化,理想化运放的 $I_B = I_{B1} = I_{B2} = 0$,即输入电流等于零。

9. 输出电阻 r_o

典型运放的输出电阻约为几十欧或更低,理想化运放的 $r_o = 0$ 。

10. 共模抑制比

它表示开环差模放大倍数和共模放大倍数之比,即 $CMRR = \left| \frac{A_{od}}{A_{oc}} \right|$,理想运放的 $CMRR = \infty$ 。

满足上述各项理想指标的运放称为理想运放。

工作在线性区的理想运放还具有以下两个特点:

①理想运放的两输入端的电压差近似为零,即 $V_i = V_N - V_P \approx 0$ 或 $V_N \approx V_P$,这是因为理想运放 $A_{od} = \infty$,而输出电压 V_o 为有限值,因此, $V_i = \frac{V_o}{A_{od}} \approx 0$ 。

②理想运放的两输入端不汲取电流。这是因为输入电压 $V_i = 0$,而输入电阻 $r_{id} = \infty$ 。

集成运放由于具有成本低、耗电省、用途广和互换性好等优点,因而成为音响设备中使用最广泛的元器件之一。附录1列出常用集成运放的主要参数,供参考。其中 TL081、082、084 使用最为广泛,而 LT1028、1057、NE5532、5534、5535 等被称为“运放之皇”,广泛用于高档音响器材中。

六、集成运放有哪些基本应用电路？各有何特点？

音响电路常用的集成运算放大器有单运放、双运放和四运放等，其中双运放和四运放是由两个和四个结构相同的单运放组合而成。为了说明运算放大器的基本应用，这里介绍由单运放 $\mu A741$ 组成的几种常用的放大电路，包括反相放大器、同相放大器和电压跟随器等结构和特性。

$\mu A741$ 的管脚见图 1-2，运放管脚的排列是以集成电路印字面有缺口并带点的下面为第①脚，由左向右逆时针排列脚号为①~⑧顺排（如是⑭脚的就是①~⑭顺排）。

1. 反相放大器

图 1-3 中，要放大的信号电压 V_i 从运放的反相输入端（②脚）加入，同相输入端（③脚）经 R_2 接地（也可以直接接地）， R_1 和 R_f 两个电阻组成电压并联负反馈电路，把输出电压 V_o 的一部分反馈到运放的反相输入端。由于输入信号加于反相输入端，故其输出信号与输入信号反相，这个电路称为反相放大器。

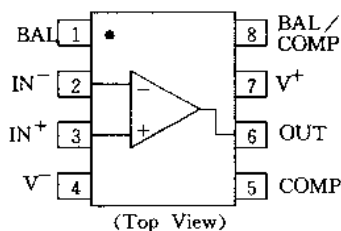


图 1-2 $\mu P741$ 管脚图

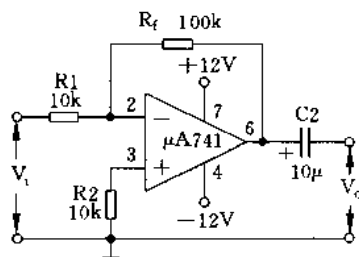


图 1-3 反相放大器

反相放大器加了负反馈之后的电压放大倍数称为闭环电压放大倍数，用符号 A_f 表示。根据前面讲过有关理想运放的特性可以推出（具体推导过程从略），图 1-3 的反相放大器的闭环电压放大倍数。

$$A_f = -R_f/R_1$$

图 1-3 中标出了 R_1 和 R_f 的典型数值 $R_1 = 10k\Omega$ ， $R_f = 100k\Omega$ ，把上述数值代入 A_f 的公式即可算出图 1-3 电路的闭环电压放大倍数等于

$$A_f = -R_f/R_1 = -100/10 = -10(\text{倍})$$

式中负号表示 V_o 与 V_i 反相。

图 1-3 是在音响设备很常用的所谓“十倍放大器”。

2. 同相放大器

图 1-4 中，要放大的信号电压 V_i 从运放的同相输入端（③脚）输入，称为同相放大器，其输出电压 V_o 与输入电压 V_i 同相。图中 R_f 与 R_1 组成电压串联负反馈网络，把输出电压的一部分反馈到运放的反相输入端。

可以推出同相放大器的闭环电压放大倍数

$$A_f = 1 + R_f/R_1$$

把图 1-4 中 R_1 与 R_f 的典型值代入，可算出图 1-4 电路的闭环电压放大倍数等于

$$A_f = 1 + R_f/R_1 = 1 + 100/10 = 11$$

同相放大器与反相放大器对比,除输入与输出电压的相位关系不同以及闭环增益计算公式不同之外,两者的输入电阻和输出电阻也有不同的特点。反相放大器的输入电阻就等于 R_1 ,其输出电阻很低;而同相放大器的输入电阻非常大,其输出电阻接近于零。在音响电路中根据不同的需要而分别选用反相或同相放大器。

最后介绍一下运放的双电源供电和单电源供电问题。图 1-3、1-4 的运放都是双电源($\pm 12V$)供电的方式,这是最常见的供电方式。根据需要,运放也可以采用单电源供电的工作方式,效果相同。其电路接法见图 1-5。此时需将负电压脚接地,同相输入端用两个相同阻值的电阻将正电源分出 $1/2$ 倍电压到同相输入端③脚,放大倍数计算方法仍与图 1-3 的同相放大器电路相同。

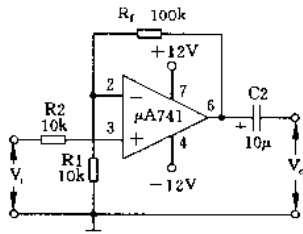
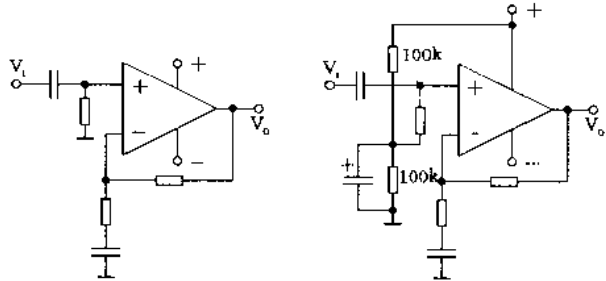


图 1-4 同相放大器



(a) 运放双电源供电 (b) 运放单电源供电

图 1-5 双、单电源供电电路

1. 电压跟随器

由集成运放组成的电压跟随器的性能与分立元件组成的射极跟随器大致一样,如图 1-6 所示。集成运放组成的电压跟随器,实际是将同相放大器的反馈电阻 R_f 短接($R_f=0$)或 R_1 开路($R_1=\infty$),因此其电压放大倍数约等于 1,而输入电阻约等于无限大,输出电阻约等于零。因此,电压跟随器虽没有电压放大作用,但由于具有输入电阻高和输出电阻低的特点,常被用作多级放大器的输入级和输出级。当以它作为输入级时,由于输入电阻很高,不会向信号源索取很大的电流,这就减轻了信号源的负担。在许多场合,如在一些音响设备中,信号源无法供给很大的电流,用电压跟随器的输入端同它配接,就显得十分合适。当电压跟随器作为多级放大器的输出级时,由于它的输出电阻很小,所以,不管负载电阻如何变化,都能保证输出电压稳定,大大地改善放大器带负载的能力。因此,电压跟随器在音响设备中常用作阻抗变换电路或隔离电路。

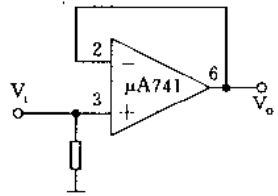


图 1-6 电压跟随器

七、集成功放如何分类? 请介绍其特点和主要技术参数

集成功率放大器简称集成功放或功放 IC,随着微电子技术的进展,集成功放的性能(特别是输出功率)近年获得迅速提高,已越来越广泛地应用到 Hi-Fi 功放特别是家庭影院 AV 功放中。

集成电路按其制作工艺不同,通常可分为半导体集成电路和厚膜集成电路两大类。半导体集成电路是应用半导体技术,在硅片上作成包括二极管、晶体管、电阻和电容的电路。这类 IC 在高保真音响设备中应用极为广泛,不仅可作成小功率的运放,而且可作成较大功率的集成功放。

放,后面将作详细介绍。厚膜集成电路在20世纪80年代曾一度广泛流行,中、小功率的厚膜功放IC当年曾普遍应用于收录机,特别是各种家用套装组合音响中,如一度十分流行的STK439、465和4101系列等。但由于受当时工艺水平的限制,这类厚膜IC的输出功率一般只能做到100W以下,而且其频率响应动态范围和瞬态特性等都欠理想,因此,长期以来都受到资深发烧友们的冷落。但由于装有这类IC的家用组合音响产品的社会拥有量很大,考虑到读者可能会遇到维修工作的需要或有兴趣作些对比试验,故附录2收集了常见的日本三洋公司STK系列集成厚膜功放的型号、功能和推荐工作条件等技术数据,供参考。从20世纪80年代后期起,国外各大集成电路厂家纷纷推出多种新型号的高性能晶体管集成功放,功率由小到大形成系列,其各项电声指标,特别是瞬态特性都有很大提高,完全可以达到高保真放音的要求,并具有良好的保护功能,因而受到音响厂家和广大业余爱好者的欢迎,其应用日益广泛。在中、小功率放大器领域中与分立元件相比已占有优势,而在100W以上的大功率领域中也出现不少新型器件,十分引人注目。

笔者近年在教学和生产实践中较多采用这类晶体管集成功放(加上集成运放),获得良好效果。本节将向读者介绍这类IC的特性和具体应用。

表1-1、1-2是常用的晶体管集成功放电路的主要参数,供参考。

表 1-1 常用晶体管功放 IC 主要参数(一)

器件型号	放大器类型	最大输出功率 (mW)	电源电压 (V)	失真($R_L=8\Omega$) (%)	输入阻抗 (k Ω)	电压增益 (dB)	带宽 (Hz)	静态电流 (mA)
LM386	单	325 ($R_L=8\Omega$)	4~15	0.2($V_s=6V, P_o=125mW$)	50	26	300k	4
LM389	单 3个晶体管阵	325 ($R_L=8\Omega$)	4~15	0.2($V_s=6V, P_o=125mW$)	50	26	250	6
LM831	双	220/声道 ($R_L=4\Omega$)	1.8~6	0.25($V_s=3V, P_o=50mW$)	25	46	20Hz~ 20k	6
LM390	单	1000 ($R_L=4\Omega$)	4~9	0.2($V_s=6V, P_o=0.5W$)	50	26	300k	10
LM388	单	1500 ($R_L=8\Omega$)	4~12	0.1($V_s=12V, P_o=0.5W$)	50	26	300k	16
LM2822	双	1000/声道 ($R_L=8\Omega$)	1.8~15	0.3($V_s=9V, P_o=0.5W$)	100	40	120k	6
LM820M	单	2000 ($R_L=8\Omega$)	3~16	0.4($V_s=9V, P_o=0.5W$)	5000	34	20Hz~ 20k	4
LM380	单 有输出保护	3000 ($R_L=4\Omega$)	8~22	0.2($V_s=9V, P_o=2W$)	150	34	100k	7
LM384	单 有输出保护	5500 ($R_L=8\Omega$)	12~26	0.25($V_s=22V, P_o=4W$)	150	34	450k	8.5
LM377	双	2500/声道	10~26	0.1(2W/声道)	3000	34	50k	15
LM378	双	4000/声道	10~35	0.1(2W/声道)	3000	34	50k	15