

音响集成电路的原理和应用

王新成 编

电子工业出版社

内 容 提 要

本书以国内优选音响集成电路和世界最常用的音响集成电路为例,介绍其原理和应用实例。书中介绍了从七十年代到八十年代的主要优选电路,其中包括,调幅、调频高、中频电路;各种形式的立体声解调电路;各种用途和系列的低频功率放大电路;单片收音机和录音机电路;电视伴音电路;显示驱动电路;伺服、自动选曲、降噪等特殊功能的电路。

本书适合广大电声工作者、无线电爱好者和科学技术工作者阅读参考使用。

王 新 成 编
责任编辑 路 石

电子工业出版社出版 (北京海淀区万寿路)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 16 字数: 346千字
1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷
印数: 1—11500册 定价: 3.40元
统一书号: 15290.497

目 录

第一章 音响集成电路的概述	(1)
第一节 音响集成电路的发展概况.....	(1)
第二节 音响集成电路的优点及其应用简介.....	(3)
一、集成化能大幅度提高整机性能.....	(3)
二、集成化能提高可靠性.....	(4)
三、集成化能降低成本.....	(5)
四、集成化便于大规模生产.....	(5)
第三节 集成电路中的元件.....	(6)
一、元件的大小及隔离.....	(6)
二、晶体管.....	(6)
三、电阻.....	(7)
四、电抗元件.....	(8)
五、匹配特性.....	(8)
第四节 音响集成电路的识图方法.....	(8)
第五节 音响集成电路的命名方法.....	(9)
第二章 音响集成电路中的基本电路	(11)
第一节 偏置电路.....	(11)
一、稳压源偏置法.....	(11)
二、恒流源偏置法 (1)	(14)
三、负反馈偏置法.....	(19)
第二节 耦合电路.....	(20)
一、射随器耦合法.....	(20)
二、电阻分压耦合法.....	(20)
三、恒压源耦合法.....	(21)
四、恒流源耦合法.....	(21)
五、互补耦合法.....	(22)
第三节 放大电路.....	(22)
一、基本放大单元的模型.....	(23)
二、级联组态放大器.....	(24)
三、差分放大器.....	(24)
第四节 双平衡模拟乘法器.....	(29)
一、简单的模拟乘法器.....	(30)
二、双平衡模拟乘法器.....	(30)
三、线性化双平衡模拟乘法器 (4)	(33)
四、双平衡模拟乘法器的功能	(36)

第五节 集成运算放大器	(42)
一、集成运放的等效电路和传输函数	(42)
二、集成运放的频率特性	(43)
三、集成运放的选用原则和应用范围	(44)
第三章 高、中频电路	(45)
第一节 高、中频电路的概况	(45)
第二节 调幅电路	(46)
一、SL 313/315型集成电路	(46)
二、HA1151型集成电路	(48)
三、广播调谐器中的调幅集成电路	(51)
第三节 调频高频头电路	(53)
一、AN7213型调频高频头电路	(53)
二、TDA 1062型调频高频头电路	(55)
第四节 调频中频电路	(56)
一、LA1111P/1222型中频放大器	(56)
二、 μ PC1028H型汽车收音机中频电路	(58)
三、MB3204型高性能中频电路(6)	(61)
第五节 调频调幅高、中频电路	(64)
一、LA1201型FM/AM中频电路	(64)
二、 μ PC1018C型FM/AM高、中频电路	(66)
三、HA11251型FM/AM中频电路	(69)
四、TA7640AP型FM/AM全功能高、中频电路	(70)
第六节 参考电路	(76)
一、PLL同步检波器	(76)
二、TDA7000型PLL调频高、中频电路(9)	(78)
三、LSI 频率合成式FM/AM广播调谐器	(79)
第四章 立体声解调电路	(85)
第一节 开关式解调器的工作原理	(85)
一、立体声复合信号	(85)
二、调制频率和调制度	(86)
三、立体声信号的解调方法	(86)
四、单平衡开关解调器的原理	(88)
五、双平衡开关解调器的原理	(90)
第二节 线圈式解调器	(93)
一、LA3301型解调器	(93)
二、 μ PC585型解调器	(97)
第三节 PLL式解调器	(98)
一、锁相环路(PLL)式解调器的基本原理	(98)
二、LA3361型解调器	(100)
三、AN7410型解调器	(109)
四、TA7343AP型解调器	(110)

第四节 线圈式解调器与PLL式解调器的性能比较	(111)
第五节 参考电路	(112)
一、TDA1578A型高性能解调器	(112)
二、STK3375型二次集成解调器	(113)
三、极化检波式解调器	(114)
第五章 低频放大器	(115)
第一节 低频放大器的概况	(115)
第二节 录音机前置放大器	(116)
一、TA7137型ALC前置放大器	(116)
二、BA328型双前置放大器	(117)
三、AN7311型双前置放大器	(118)
四、STK3161型二次集成前置放大器	(119)
五、TA7668AP型录音放音双前置放大器	(120)
第三节 通用前置放大器	(124)
一、LA3170型宽频带放大器	(124)
二、HA1452W型通用双前置放大器	(125)
三、LM381型超低噪声双前置放大器	(126)
第四节 耳机放大器	(127)
一、WS183型低功耗耳机放大器	(128)
二、LA4175/4177型立体声耳机放大器	(128)
第五节 运算放大器在低频电路中的应用	(130)
一、适于在低频电路中应用的运算放大器	(130)
二、CMOS运放立体声前置放大器	(130)
三、高性能立体声低频放大器	(131)
第六节 参考电路	(133)
一、TDA3810型立体声多工处理电路	(133)
二、TDA7050T型耳机放大器	(134)
三、盘式录音座中的低频放大器	(135)
第六章 功率放大器	(138)
第一节 集成功率放大器的概况	(138)
第二节 SL300系列功率放大器	(140)
一、SL34型300mW放大器	(141)
二、SL39型5W放大器	(141)
第三节 LA4000系列功率放大器	(142)
一、LA4112型2.7W放大器	(143)
二、LA4140型0.5W小型放大器	(144)
三、LA4430型4.5W汽车音响放大器	(145)
第四节 TBA、TDA系列功率放大器	(147)
一、TBA810型6W放大器	(147)
二、TBA820M型2W放大器	(149)
三、TDA2002型8W放大器	(150)

四、	TDA2030型18W放大器	(152)
第五节	双通道功率放大器	(158)
一、	AN7145H型2×7.5W放大器	(153)
二、	μPC1185H型2×5.8W汽车立体声放大器	(155)
第六节	STK系列厚膜功率放大器	(159)
一、	STK086G型70W放大器	(159)
二、	STK4853型2×30W放大器	(161)
第七节	集成功率驱动器	(162)
一、	TA7109AP型驱动器	(162)
二、	MC1385P型驱动器	(163)
三、	STK3076型厚膜双驱动器	(164)
四、	用运算放大器作驱动器	(166)
第八节	STK系列达林顿功率堆(DPP)	(167)
一、	STK0100 I 型100W DPP	(168)
二、	STK1080 I 型80W DPP	(169)
三、	STK 2155 型2×50W双DPP	(169)
四、	STK8280 I 型80W超甲类DPP	(170)
第九节	参考电路	(171)
一、	LM380N/386N型小功率多用途放大器	(171)
二、	AN7106K型“渥克曼”放大器	(172)
三、	HA1397型20W放大器	(172)
第七章	单片收音机和录音机电路	(174)
第一节	单片收音机电路	(174)
一、	TA7641BP型低功耗AM收音机电路	(174)
二、	TBA570型FM/AM收音机电路	(177)
三、	ULN2204型FM/AM收音机电路	(181)
第二节	单片录音机电路	(186)
一、	μPC1350C型录音机电路	(187)
二、	HA1319型录音机电路	(189)
第三节	参考电路	(191)
一、	LM1868型FM/AM收音机电路	(191)
二、	AN7105型“渥克曼”电路	(191)
第八章	电视伴音电路	(194)
第一节	第二代电视伴音电路	(194)
一、	TA7176AP型伴音电路	(194)
二、	μPC1353C型伴音电路	(198)
第二节	参考电路	(200)
一、	TA7243型5W伴音电路	(200)
二、	TA7633P型双伴音电路	(201)
第九章	显示驱动电路	(203)
第一节	荧光管线性驱动电路	(204)

一、 显示驱动电路的基本原理.....	(204)
二、 低压荧光电平管简介.....	(204)
三、 SL321型双五位驱动器.....	(204)
四、 SL323型十位驱动器.....	(205)
第二节 LED线性驱动电路.....	(206)
一、 SL320/322型双五位驱动器.....	(206)
二、 应用实例.....	(207)
第三节 LED对数驱动电路.....	(207)
一、 SL327型七位驱动器.....	(208)
二、 LB1405/1415型五位驱动器.....	(209)
第四节 参考电路.....	(213)
一、 LB1412型十二位LED峰值记忆式驱动器.....	(213)
二、 大动态PPM表驱动电路.....	(215)
第十章 特殊功能电路.....	(216)
第一节 录音机伺服电路.....	(216)
一、 LA5511/5512直流电机稳速电路.....	(216)
二、 DN6838霍尔集成电路.....	(218)
三、 多功能单片录音机伺服电路.....	(220)
第二节 自动选曲电路.....	(222)
一、 M51144L 顺序选曲电路.....	(222)
二、 任意选曲的原理.....	(225)
第三节 降噪电路.....	(226)
一、 NE645BN型杜比B降噪电路.....	(226)
二、 LM1894型动态降噪电路(11、12).....	(229)
第四节 超 β 晶体管和达林顿功率管.....	(231)
一、 超 β 晶体管.....	(232)
二、 FD30和FC30型达林顿功率管.....	(232)
主要参考资料.....	(233)

第一章 音响集成电路的概述

第一节 音响集成电路的发展概况

在晶体管刚刚发明不久的1952年,英国科学家达默(Dummer)就提出了集成电路的设想。过了六年,一位年轻的美国工程师杰克·基尔比(Tuck Kiley)于1958年9月12日在得克萨斯仪器公司制成了世界上第一块集成电路,它是三个移相振荡器,接着又成功地制造了触发器。当时,硅平面工艺还没有被发明出来,这些所谓的集成电路与今天看到的完全不一样。1959年8月,美国仙童公司的鲍勃·诺伊斯(Robert Noyce)等人发明了硅平面工艺,这才奠定了半导体集成电路发展的基础。因此,杰克·基尔比和鲍勃·诺伊斯也就成了当今世界上公认的集成电路发明人。

半导体集成电路是继电子管、晶体管之后的新一代崭新器件。电子管和晶体管是先有理论,再有科研和生产而发展起来的,而集成电路却是半导体技术不断进步的产物,它的理论也是在生产过程中逐步建立和完善的。由于理论和实践相辅相成,发展速度非常惊人,以至在今天,集成电路生产部门已成为电子工业中最重要的部门,被誉为电子学的基石。仅仅二十多年的时间,就经历了小规模、中规模、大规模和超大规模四代历程。有人预言,到本世纪末,单片集成度将超过42亿个元件,制造工艺将进入原子级加工,即用分子束外延法按原子层生长单晶材料;用离子束刻蚀法一个个地剥落原子;用电子束曝光法印制小于1nm的线条。

现在,人们一般把品种繁多的各种集成电路按功能分为两大类,即数字集成电路和模拟集成电路。数字集成电路和模拟集成电路相比,电路种类单一,功能简单,电参数指标要求不高,制造容易,社会需要量很大。例如,一台大型计算机中需要几万至几十万块数字集成电路,所以在计算机工业兴起的六十年代,数字集成电路发展很快,相比之下,模拟集成电路无论从种类和产量上都少得可怜。模拟集成电路对质量指标要求很高,诸如失真系数、频率特性、噪声特性等等,都比数字电路严格得多。而且由于电路种类五花八门,生产批量又少,当时的设计能力和工艺水平都难以满足以上要求。

跨入七十年代以后,航天电子学,宇宙电子学,医疗电子仪器,通信设备以及家用电器都迫切要求提高性能、降低功耗、轻小型化和智能化。再者,集成电路的生产工艺也有了突破性的发展,这才迎来了模拟集成电路的黄金时代。应用范围遍及各个领域。

音响集成电路也属于模拟集成电路的范畴,但应用要比电视集成电路晚一些,直至今今天,音响设备还未全面集成化。主要原因是提高音质要比提高图象质量困难些。音质是一个琢磨不透的量,涉及电子学、声学、心理学、传输媒介等诸多学科。集成电路能否改善音质,人们还未找到确切的答案。另一重要原因是音响集成电路具有突出的“功能-性能比”和“性能-价格比”这两个特殊问题。

在音响集成电路中,功能比集成度更重要,功能多才有可能简化外围电路,提高整机组

装效率,但如何在多功能条件下保证高性能却是比较困难的事情。例如,一块最简单的单片收音机电路,必须具有变频、中放、检波、AGC、低放、功放和稳压电路,从高频电路到低频电路,从线性电路至非线性电路样样俱全。功能多就导致电路复杂,集成度相应增大。提高模拟电路的集成度要比数字电路难度大。在高频电路中,各单元之间因凑近密集会发生寄生振荡,pn结隔离结构的寄生电容使电路性能降低。在音频电路中,要扩大动态范围,就得提高工作电压,结果使芯片局部区域的电场强度增高,为避免元件被击穿,只有增大区域面积和提高元件的耐压值。在功放中,末级功率管的耗散功率会产生大量热量,使芯片上其它元件也处于高温状态,信号会产生严重的非线性失真,而各元件之间的温度梯度使集成电路原有的优良匹配特性遭到破坏,工作点漂移而不能正常工作,严重时还会因局部过热而产生热斑,烧毁整个电路。另外,还要求线性、信噪比、频率特性等各项指标至少不能低于分立电路,而这些要求对于平面工艺来说正好是其弱点。

解决以上问题的方法是增大芯片尺寸。模拟集成电路对芯片宏观缺陷非常敏感,面积一大,材料利用率因存在缺陷而迅速下降,最终导致成本上升。最近几年,国外生产的一些全功能音响集成电路,虽然内部元件只有几百个,但用的却是大规模集成电路的芯片和生产工艺,有些产品还得用多片组装、膜集成工艺等技术。可见,只有在技术水平较高的今天,才能做到较好的“功能-性能比”,再加上大批量生产,价格才有可能不高于同类分立电路。

再以一台超外差式六管收音机为例说明“性能-价格比”这一问题。在六管机中,各种电子元件约六、七十个,电感、高阻值电阻、大容量电容所占比例很大,适于集成的元件不到十分之一。如果仅把六个晶体管及少数电阻集成为一体(如日本早期的IC161),外围电路仍和过去一样多,集成后带来的好处一点也看不到,单从提高性能而言就毫无意义。再如,收音机调谐部分具有频率变比大,动作范围大,调谐误差大,故障率高的缺点。要使这种落后的拉线指针式调谐机构彻底改观,就得代以频率合成本振和数字频率显示。显然,在大规模集成电路未大幅度降价以前,这样做会使成本上升。普及型收音机如果价格昂贵,消费者是难以接受的。也只有在今天,廉价单片数字调谐器已研制成功,性能优良的高、中频电路相继出现,锁相式解码器和各种功率集成块普遍应用,才使“性能-成本比”得到较圆满的解决。

除了半导体集成电路以外,混合集成电路也占重要地位。现代化音响设备要求保真度高、输出功率大,正适于膜集成工艺发挥其所长。

膜集成电路有厚膜和薄膜两种,厚膜电路用丝网漏印和烧结法制膜,膜厚 $20\mu\text{m}$ 左右,适于制作高压、大功率电路。薄膜电路用真空蒸发或阴极溅射法淀积薄膜,膜厚小于 $1\mu\text{m}$,适于制作高精度的高频电路。

混合集成电路是把半导体集成电路芯片以及特殊有源器件的管芯(如VMOS管)封装在膜集成电路中,与膜电路共同构成一个新的功能电路,由于两种集成工艺是彼此独立的,所以也叫二次集成电路。混合集成弥补了半导体集成的不足,扩展了电路功能,并大幅度提高了性能。在某些场合下,比单独应用大规模集成电路还要优越。

目前,混合集成电路在欧洲正以12%,在日、美以30%的速度增长。产值在音响集成电路中占15%以上,主要用在30W以上的大功率放大器中。

近来,膜工艺也在不断更新,优良的绝缘衬底材料,制作元件的新料浆,片状电感等陆

续出现, 多层布线工艺也开始引进, 从而使膜集成电路也迈进了大规模行列。

音响集成电路的发展方向是多功能、高频、大功率和高传真度。现在的发展状况距理想目标差距还很大, 尤其是音质、噪声、动态范围等指标还比不上优质电子管和晶体管分立电路。于是人们又求助于数字集成电路, 把模拟信号先进行模/数(A/D)转换, 经数字电路传输和处理后, 在终端再进行数/模(D/A)转换后重放。这种模数混合系统, 既充分利用了现今成熟的大规模和超大规模数字电路集成工艺, 又回避了制造模拟集成电路的困难。由于数字电路传输和处理的是高低两种电平, 系统的抗干扰能力很强, 因此, 使各项电声指标达到了前所未有的高度。例如, 最近几年出现的脉码调制(PCM)电唱机和录音机, 频率范围20Hz~20kHz, 动态范围、信噪比、立体声分离度均大于90dB, 失真度几乎测不出来。这种系统的缺点是电路非常复杂, 造价昂贵, 只有等待超大规模集成电路大幅度降价以后, 才有可能得到普及。

为了实现广播节目的全球接收, 许多国家正加紧研制普及型卫星直播接收机, 一旦造价合理到实用程度, 微波音响集成电路就会迅速崛起。微波集成电路采用的是以带状传输线为主体的分布参数结构, 工作频率范围在300MHz~100GHz。它能使庞大而沉重的微波设备小型化, 功耗成倍降低, 稳定性和可靠性成倍提高。就以上优点看, 在未来的音响装置中将出现十分诱人的前景。

到1983年底为止, 世界上生产音响集成电路的大公司和厂家有30多个, 世界性通用产品约800多种。从整机生产来看, 在欧、美、日地区和国家, 收音机和廉价录音机已单片集成化, 中、高档收录机基本上实现了多片集成化, 只是在组合式音乐中心等高、精、尖电声设备中, 还保持着一定数量的分立电路。

我国的音响集成电路生产起步较晚, 1981年末, 电子部广播电视工业总局组织有关单位, 对国外常用产品进行了优选, 选择了一些当前整机生产中必不可少的品种作为第一批推荐系列。到1983年底, 国内已能制造40多种产品, 并开始研制我国自成系列的产品。可以看出, 我国虽然起步较晚, 但起点较高, 发展很快, 而且全国有十几家工厂早就具备先进的设备和生产能力。因此, 相信在不久的将来, 一定能在这一领域赶上和超过世界先进水平。

第二节 音响集成电路的优点及其应用简介

一、集成化能大幅度提高整机性能

集成电路中的元件与分立元件相比, 具有下列优点:

- (1) 元件之间的匹配特性良好, 相对误差很小。所以温度稳定性高。
- (2) 元件之间的连线很短, 产生相移的元件很少。因此频率特性好, 也不会存在虚焊等先天性隐患。
- (3) 有源元件价格低廉, 用增加元件来提高性能较易做到。

由于集成电路具有上述优点, 所以音响设备集成化后性能会大幅度提高, 这就是音响集成电路兴起和兴旺的主要原因。

在分立元件收音机中, 高频部分的主体电路是LC调谐放大器, 这种电路很容易自激, 放大器级数不能太多, 限制了高频性能的进一步提高。三极管混频器产生的组合频率分量太

多,使交扰调制引起的失真以及组合差拍产生的啸叫声很难消除。二极管检波器和鉴频器也会产生组合频率干扰,线性也比较差。

在集成电路中,混频可用线性化双平衡模拟乘法器,几乎不存在组合干扰,互调失真极小。中放用直耦式差分放大器,稳定增益高,不易自激,对调频信号进行限幅放大时无相移,群时延特性优良,对提高保真度极为有利。AGC采用多环路分段控制,控制方式多样化,基本上能做到不影响频率特性等其它性能。解调可用复杂的锁相环路再生参考载频分量,做到低电平线性化解调。另外,在不增加成本和体积的条件下,可增加许多附加电路,进一步改善性能,如增加多路传输指示、场强指示、静噪、伺服等电路。

为了彻底改变传统式调谐机构的落后面貌,六十年代中期就出现了频率合成式本振和数字频率显示,现在称之为数字调谐器。当时,需要近百块小规模集成电路,价格十分昂贵,只是实验室里的观赏品。到了七十年代,已发展成只用4~10块中规模集成电路,并大幅度降低了成本,实现了商品化。最近,又相继研制成功十几种单片大规模数字调谐器,成本进一步下降,已开始用在广播调谐器、收录机、甚至袖珍收音机中。

广播调谐器是不带低频部分的收音设备,历来集中了最新的技术精华。最近,几家电气公司推出的普及型广播调谐器,比六十年代的高级军用通讯接收机还要复杂,集成电路就达几十块。高频头普遍采用数字调谐器,用7~10个配对超线性变容管调谐,选台方式有自动搜索、记忆、指触和红外遥控等方式,有的还装有微处理器。中放用多次变频技术,因此有2~3个不同频率的中放,一般主中放多置于锁相环路内,使灵敏度、选择性、频率漂移、抗干扰能力等指标大大提高。对调频波来说,经多次变频后,中频频率降低,相对频偏增大,能使信噪比大幅度提高。解调电路也比较讲究,调幅用同步检波,调频用脉冲计数、延迟线、RC微分电路等宽带鉴频器。而以上技术的应用,是以集成电路为支柱实现的。

立体声解码器是立体声接收机中的关键器件,如果用分立元件制造,不但调试麻烦,性能也很差,分离度只有26dB左右。而锁相式集成解码器的分离度可达50dB以上,谐波失真小于0.1%,几乎不用调整。

盒式录音机普及以来,各种信号处理技术发展很快,如杜比(Dolby)、海康(High Com)、db、DNR等降噪技术普遍应用,使录音机的全通道信噪比提高了10~30dB。但以上降噪电路甚至比录音机本身电路还要复杂,过去只用在专业录音和唱片制作中。七十年代后期,各种降噪电路相继实现了单片集成化,于是成了录音座中不可缺少的电路,最近又推广到便携式收录机中。

总之,音响集成电路带来的好处,越来越引起电声界的重视,现在已成为电声设备划分先进与落后的标志。可以这样说,如果一台收录机中没有应用集成电路,起码是一台落后的机器。

二、集成化能提高可靠性

提高电子产品的可靠性,实际上是提高了实用价值。对于音响设备这类民用产品,维修技术水平要求高,消费者最害怕出故障。因此,音响设备应具有比其它民用产品更高的可靠性。

在整机可靠性设计中,元器件的可靠性占极重要的地位。如果用失效率来衡量元器件的可靠性,常用单位是“菲特”(FIT),它是平均无故障时间(MTBF)的倒数。 $1\text{菲特} = 10^{-6}/\text{小时}$ 。

• 4 •

例如某设备中有1000块集成电路，使用了5000小时后有一块失效，则失效率为：

$$\tau = \frac{\text{失效数}}{\text{总试验数} \times \text{试验时间}} = \frac{1}{1000 \times 5000} \\ = 200 \times 10^{-9} / \text{小时} = 200 \text{FIT}$$

常用元器件的失效率如下：

晶体管	约 200FIT
集成电路	约 300FIT
有机介质电容器	约 200FIT
碳膜电阻	30 FIT
线圈、变压器	1~10FIT
焊点	10 FIT

一台整机的失效率，近似等于各元器件及焊点的失效率之和。虽然集成电路的失效率比晶体管稍大，但从内部所含元件数目看，其失效率是很小的。同时，整机集成化后，外围元件减少了一半以上。因此，整机可靠性实际上是提高了。例如，用单片收音机电路 ULN 2204 组装的 AM/FM 袖珍机与性能相同的分立元件机相比，元件减少了约 60%，可靠性提高了 2 倍多。

特别需要注意的是集成电路的失效率与温度有密切关系，例如 100°C 时的失效率比 25°C 时高一个数量级，175°C 时比 25°C 则要高两个数量级。所以，在整机设计、生产和使用中都要充分注意这一点。

三、集成化能降低成本

对于音响设备来说，集成化提高了性能，但如果价格也随之大幅度提高，即使性能再好也是没有市场的。幸亏集成电路发展到今天，大多数产品的价格已经很低，而且音响集成电路的社会需要量很大，这也是降低价格的重要因素。例如，日本三洋公司的音响集成电路推销遍及世界，一种产品定型后能持续多年大量生产，所以售价低到能与晶体管匹敌。输出功率 2.7W 的集成功放售价只有 3 元（1982 年我国国内价），而同性能分立元件 OTL 功放要贵 1 倍多。立体声解码器 LA 3361 也不过 4 元，如果用分立元件组装锁相式解码器，大概要贵 10 倍以上。

可见，只要能够批量生产，音响集成电路的价格就远优于分立元件的电路。因此，近几年国内外整机生产厂都乐于选用集成电路，而尽量少用或不用分立元件了。

四、集成化便于大规模生产

由于集成电路内部的直流伺服电路设计考究，设有多重稳压、恒流、温度补偿等电路，使集成块能在很宽的电压范围内正常工作，整机装配中不用调整工作点，外围电路只限于少数不宜集成的元件。一般应用集成电路后，装配工作量能减少 40%，随着功能和集成度的提高，外围电路会越来越简单，节省工时将更多。例如调频中频集成块 LA 1150，8W 集成功放 TDA 2002 的外围电路只有几个元件。

晶体管的参数离散性很大，致使整机生产中调试工作量很大，调试是一件既麻烦又费时

的工作，给大规模生产带来不少困难。过去，一台收录机从设计到定型生产，至少需要半年时间，采用集成电路后，只要一个多月就行了。集成电路与近来出现的固体滤波器、功能组件结合起来，开始把音响电器的生产引向无调整化。

第三节 集成电路中的元件

集成电路内部只是一些普通的晶体管和电阻。下面就简略地介绍一下集成电路内部元件的特点。

一、元件的大小及隔离

小、中规模集成电路制作在大小为 $1\sim 4\text{mm}^2$ 左右的硅片上，大规模集成电路的芯片面积大于 4mm^2 ，单个元件所占面积根据元件性质和集成度不同约为 $2\times 10^{-3}\sim 1.3\times 10^{-4}\text{mm}^2$ ，加工线条宽度在 $8\sim 3\mu\text{m}$ 之间，各个元件之间用 pn 结隔离，如图 1-1 所示。

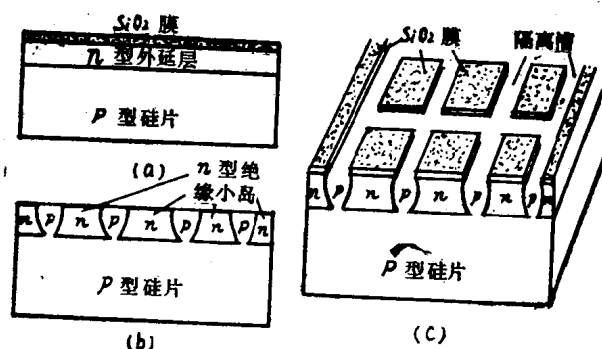


图1-1 pn 结隔离示意图

这种隔离方法，制造工艺简单，应用得最广，但寄生晶体管效应和寄生电容较大，使电路的高频性能变劣，因而在制作高频集成电路时还可用 SiO_2 隔离法和空气隔离法，但工艺要复杂得多，成本也高。除此以外，还有平面隔离法和 V 型槽隔离法。

集成电路中元件之间的连线是在同一平面上一次制成的，在大规模电路中还采用多层布线法，各层金属线之间用薄膜绝缘，常用的绝缘膜有 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Si_3N_4 等。

二、晶体管

集成电路中大量应用的是 NPN 型管，它与硅平面管相似，如图 1-2 所示。但各电极引出线是在同一个平面上引出的，周围被 pn 结包围着，可见集成晶体管的集电极电流通路狭窄，使饱和压降上升，寄生电容增大。这两个缺点使集成电路中难以制造超高频管和大功率管，现在可采用 N^+ 隐埋层的方法降低饱和压降。

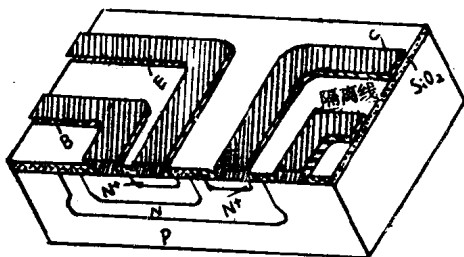


图1-2 IC中的晶体管剖面图

集成 NPN 型管的典型参数为： $BV_{CBO} = 55\text{V}$ ， $BV_{CEO} = 20\text{V}$ ， $BV_{EBO} = 7\text{V}$ ， $U_{CES} = 0.5\text{V}$ (5mA时)， $C_{TE} = 10\text{pF}$ (5V)， $C_{TC} = 1.5\text{pF}$ (5V)， $f_T = 150\sim 1000\text{MHz}$ ， $\beta = 30\sim 200$ 。

除了 *NPN* 管外, 还常用到 *PNP* 管, 高耐压管、功率管、超 β 管和场效应管等特殊有源元件。*PNP* 管有横向和纵向两种结构, 横向管基区较宽, 约 $15 \sim 20 \mu\text{m}$ (*NPN* 管为 $0.5 \mu\text{m}$), 电流放大系数为 $0.5 \sim 10$, f_r 也较低。提高 β 的方法是把 *NPN* 管与 *PNP* 管复合成 *PNP* 等效管, f_r 可利用漂移场结构形式来提高。纵向 *PNP* 管性能较好, 典型指标为 $\beta \geq 20$, $f_r \geq 30 \text{ MHz}$, $I_{cm} > 5 \text{ mA}$ 。

制作高耐压晶体管除采用高阻单晶材料外, 还采用基区高掺杂和场电极结构等技术。

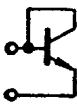
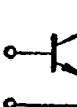
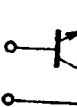
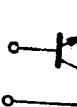
NPN 功率管常用对通隔离和多晶法工艺来缩短隔离扩散时间, 解决高压与大电流的矛盾。典型 *NPN* 功率管参数为 $BV_{ce0} \geq 100 \text{ V}$, $P_{cm} \geq 50 \text{ W}$ 。*PNP* 功率管制造法与 *NPN* 管相似, 常用改进的多晶法与 *NPN* 管同时集成, 最大电流容量可达 10 A , *PNP* 功率管是全互补集成功率放大器中的关键元件。

在低噪声前置放大器中, 要用超 β 管和场效应管, 超 β 管的基区宽度只有 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ β 高达 $1000 \sim 10000$, 用多加一道扩散工艺的方法减小基区宽度。

场效应管制造法与普通晶体管相似, 目前, 结型和绝缘栅型场效应管都能与其它集成元件的工艺兼容, 而且应用越来越广泛。

集成电路中的二极管是将三极管某两个电极短接而连成等效二极管, 各种连接方法如表 1-1 所示。最常用的是把集电极和基极短接, 然后与发射极组成二极管, 这种组态正向压降最低, 高频特性最好。

表 1-1 二极管的接法和特性

连 接 形 式					
正向电压 (10mA)	0.75V~ 0.8V	0.96V	0.95V	0.92V	0.9V
击穿电压	7V	7V	>50V	>50V	7V
特 点	无寄生晶体管 效应, 高频特 性好	寄生电压小	反向电压高	反向电压高	贮存时间长

三、电 阻

集成电路中常用的电阻有扩散电阻、沟道电阻、离子注入电阻和膜电阻。基区的 *p* 型扩散电阻的方块电阻值为 $200 \Omega / \square$, 实际使用范围为 $50 \Omega \sim 20 \text{ k}\Omega$ 。发射区和集电区外延层的 *n* 型扩散电阻的方块电阻值分别为 $5 \Omega / \square$ 和 $1200 \Omega / \square$, 适于制作低值和高值电阻。当阻值要求更高时, 就得用沟道电阻。这是在基区扩散电阻上再扩散一层 *n* 区, 使原来 *p* 区变薄, 方块阻值可增大至 $10 \text{ k}\Omega \sim 20 \text{ k}\Omega / \square$, 但精度很差, 误差高达 $\pm 50\%$ 以上。

另外,集成电阻的功耗很小,只有 $100\sim 200\text{mW}$ 。加在电阻上的电压必须小于构成电阻的pn结的反向击穿电压。基区扩散电阻的击穿电压约 $30\sim 50\text{V}$,发射区扩散电阻和沟道电阻的击穿电压约 $6\sim 9\text{V}$ 。

离子注入电阻是用高能硼离子轰击掩蔽成一定形状的晶体表面,再经高温退火处理而制成的,方块阻值范围为 $500\Omega/\square\sim 20\text{k}\Omega/\square$,这种电阻的误差和温度系数较小,可制造精密电阻。膜电阻是用厚膜或薄膜工艺(阳极氧化法和激光微调法)制成的,主要用在混合集成电路中,精度可达 0.5% 以上,高频和温度特性都较好,还可承受较大的功率。

四、电抗元件

集成电容有pn结反向结电容和用 SiO_2 为介质的MOS电容,pn结电容的容量为 $100\text{pF}/\text{mm}^2$,MOS电容为 $700\text{pF}/\text{mm}^2$ 。可见,即使把整个芯片全部用来制作电容,也难以满足电路中对大容量电容的要求,故电容应尽量采用外接方式。

另外,pn结电容具有极性,容量会随电压变化, Q 值也很低,因此电路中很少应用。MOS电容因占芯片面积太大,也要严格限制数量和容量,一般以不超过 10pF 量级为宜。

目前,在平面工艺中,电感还不能集成,用晶体管电抗电路原理组成的有源电感也有应用,但不广泛。膜集成电路中可集成片状电感,目前尚处在实验阶段,应用也不广泛。因而,电感一律采用外接方式。

五、匹配特性

目前,半导体集成电路的主要制作方法是平面工艺,这种工艺只擅长制造晶体管和扩散电阻,因此,集成电路内部元件几乎全部由晶体管和电阻组成,这就是所谓的晶体管堆栈。元件的参数不能根据电路的需要任意选择,只能结合平面工艺允许的范围综合考虑。当电路中的电容和电感必不可少时,只能设计在外围电路中。

平面工艺还有一个特点,就是不同硅片或同一硅片的不同部位制作的元件参数相差很大,但在同一硅片的相邻位置上制作的元件一致性很好,即匹配特性良好,这就为级间采用直接耦合创造了条件。但是,多级电路直接耦合所遇到的问题要比阻容耦合复杂得多,诸如零点漂移、偏置方法、电平转移等问题都得仔细考虑。于是,同样功能的电路要比分立元件电路复杂。再者,为了降低集成电路的耐压和功耗,晶体管均设计在小信号放大或开关状态,非线性电路也由多个工作在线性放大状态的晶体管组成的模拟乘法器完成。

集成差分放大器要比分立元件差分放大器的性能指标高得多,两管参数能做得几乎一致,而差分放大器又是一种多功能电路,所以它是音响集成电路中最基本的信号处理电路。

集成电路中晶体管的数量很多,而每个晶体管都要偏置在最佳工作状态,因而有相当一部分电路用于稳压、恒流和有源滤波等直流伺服系统。为了提高性能,还要增设许多分立电路中没有的辅助功能电路。可见,集成电路的优异性能是采取了扬长避短,以多胜少,充分发挥自身优势而表现出来的,并非内部元件有非凡的本领。

第四节 音响集成电路的识图方法

前面已经讲过,集成电路是一代崭新的电路形式,绝不是晶体管电路的微型化,因此,

即使很熟悉晶体管电路的人，第一次看到集成电路，也会感到莫名其妙。就是熟悉集成电路的专业人员，如果遇到一块过去从未见过的复杂集成电路，也要经过一番仔细的剖析研究才能弄通其中的全部原理。因而，识集成电路的图无论对专业电子工作者，还是业余无线电爱好者来说，都是必要的基本功。

表示集成电路原理和功能的电路图有三种：一是内部电原理图（称为内部等效电路），二是外部电原理图（称外围电路），三是内部功能示意图（称内部方块图）。对某一型号的集成电路，其内部电路是固定不变的，也不能离开外围电路而单独工作，但它决定着整个电路的功能和性能。一般情况下，外围电路可以在一定的范围里变通，但变通的余地不大，也不能改变整个电路的功能。内部方块图能直观地看出其功能和结构，并能大概估计其性能，对于内部电路复杂的中、大规模集成电路，更有一目了然的优点，所以，在整机设计中对优选电路方案很有参考价值，对于初学者来说，还可帮助理解内部电原理图。另外，国外各公司之间为了竞争，对最新产品的内部电路保密很严，一般只公布其内部方块图。

音响集成电路已成为商品化产品，具有很强的国际性，对整机设计人员来说，必须非常熟悉世界上各种常用型号的音响集成电路的各项性能指标、内部电路的工作原理、实际使用效果，甚至对生产情况和市场动态也要了如指掌。这样才能设计出最先进、最合理和最经济的整机电路，以达到最佳的“性能-价格比”。

对于整机装配、调试和维修人员来说，熟悉集成电路各引出端的功能，正常工作电压以及波形图显得更重要一些。当然，如果熟悉内、外电路的工作原理，更有助于提高工作效率和解决疑难问题的能力。虽然在一般情况下，集成块内部局部损坏是无法修复的，但有时通过变通外围电路也能使丧失某一功能的集成电路复活，这就要看维修人员对内部电路的精通程度和变通的方法是否巧妙了。

对于学过晶体管电路的业余爱好者，不妨先看懂本书第二章的内容，再找一些集成块的内部电路，一边借助电路原理的说明，一边对照单元电路，很快就能看懂集成电路图的。如果没有系统地学过电子线路，又想动手用集成电路组装电子装置，可以先把集成电路看成一只多极晶体管，记住各个管脚的功能，按典型应用连接好外围电路，也基本上能正常工作，比使用晶体管还要容易一些。但集成电路技术毕竟是一门复杂的科学技术，要想提高自己的技术水平，必须循序渐进地学会必要的基本知识，达到不借助资料说明就能独立分析集成电路原理的程度，你才能得心应手地从事你所喜爱的事业。

第五节 音响集成电路的命名方法

本书以后各章节将涉及到数量较多的各国音响集成电路的型号，所以有必要介绍一下音响集成电路的命名方法。

现在，国际上对音响集成电路的命名未作统一规定，但各公司基本上遵循着一定的规则。即绝大多数产品的型号名称由三部分组成：第一部分用英文字母表示公司代号；第二部分用三至五位数字表示产品代号；第三部分用英文字母表示封装代号。以TA7343P为例，其中TA是公司代号，7343是产品代号，P是封装代号。

我国集成电路按电子工业部1982年6月制定的国家标准命名，国标规定，电视和收录机集成电路归属于专用集成电路，产品型号采用D××××的形式，厂标命名方式一律废止，

各厂产品用商标区别。凡仿制和引进产品，前缀D后面的数字照用。这样，尾数相同的产品可以直接代换，并能明确区分是哪家工厂生产的。例如，晶峰牌D3361和神波牌D3361可与三洋公司的LA 3361直接代换，前者是上海元件五厂的产品，后者是上海半导体器件十六厂的产品。

为了便于识别国外产品的型号，表1-2给出了世界上主要集成电路生产公司的商标代号，考虑到国内目前厂标型号的产品为数不少，所以把国内各厂产品代号也一起列出。表中是指一般常见产品的识别，不能作为不变的准则。各公司往往用不同的代号表示不同类型的产品，例如三洋公司的显示器驱动电路用LB表示，数字调谐电路用LC表示，厚膜电路用STK表示。再如，NE 645也可能是美国西格奈蒂克公司的产品，而不一定是荷兰飞利浦公司的产品。

表 1-2

LA日本东京三洋株式会社 (TSA)	D我国国家标准专用IC代号
TA日本东京芝浦电气株式会社 (TOS)	DG北京东光电子厂
AN日本松下公司 (MAT)	FS北京电子管厂
HA日本日立公司 (HIT)	SL上海半导体器件十六厂
μ PC日本电气公司 (NEC)	SF上海无线电七厂
BA日本东洋电机公司	FY上海八三三一厂
M日本三菱公司	TB天津半导体总厂
LM美国国家半导体公司 (NSC)	SH南京半导体总厂
ULN美国SPRAGUE公司	FD苏州半导体总厂
NE荷兰飞利浦公司	XG四川青川新光电子厂
TBA, TCA, TDA德国德律风根公司及欧洲共同体各国	FB贵州凯里永光电子厂