

消费类电子产品集成电路应用手册

丛书三

音响产品

集成电路

◎ 庞学民 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

消费类电子产品集成电路应用手册丛书三

音响产品集成电路

主 编	庞学民	
副主编	常青美	刘剑雯
参 编	李伟光	张少波
	向 东	牛光辉

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

音响产品集成电路/庞学民主编. —北京: 中国计量出版社, 2005.8

(消费类电子产品集成电路应用手册丛书; 3)

ISBN 7-5026-2187-3

I. 音… II. 庞… III. 音频设备—集成电路—手册 IV. TN912.271.31—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 080440 号

内 容 提 要

本书是“消费类电子产品集成电路应用手册”丛书之一, 内容包括音响集成电路基础、调频高频调谐器、中频放大及前置放大电路, 立体声解码电路, 音频功率放大电路, 降噪处理、自动选曲, 电平显示电路, 音量控制、稳速、开关、均衡电路, 单片收音机电路及单片录/放音机电路等。除第 1 章作为全书的基础知识外, 其余各章都自成体系, 以方便读者作为工具书查阅。

本书可作为从事消费类电子产品研发、生产、维修人员的工具书, 也可作为高等院校相关专业的师生进行课程设计和毕业设计的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

[http: //www. zgjl. com. cn](http://www.zgjl.com.cn)

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 19 字数 442 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 39.00 元

前 言

在当今世界电子市场上,消费类电子产品已经成为比个人电脑增长更快的领域。据美国消费类电子协会 CEA (Consumer Electronics Association) 发布的统计数字,2004 年美国消费类电子产品的销售额首次突破千亿美元大关,达到 1 010 亿美元。一些业内专家甚至提出了“CE (消费类电子) 革命”的口号。消费类电子产品在电子信息产业中占有举足轻重的地位,其制造和销售已经成为电子信息产业中的一个支柱行业。近年来,中国消费类电子行业的发展也十分迅速,彩电、激光视盘机、手机等产品的产、销量已经稳居世界第一,国产的各类新电器犹如“旧时王谢堂前燕,飞入寻常百姓家”,正在广泛进入普通家庭。国务院发展研究中心市场经济研究所、中国家电协会的多名专家均认为中国的消费类电子工业在未来十年内将继续保持高速增长的势头,驱动力在于中国的整体经济形势和中国在全球消费类电子产品市场中的主导地位。美国著名的市场分析公司 IDC 的预测报告称:到 2008 年,中国的消费类电子市场也将达到 1 000 亿美元。中国正在迎接消费类电子时代的到来,迎接“CE 革命”的到来。

消费类电子产品的几个主要领域包括:家庭娱乐视听产品、通讯产品、家用电器监测控制等方面。现代消费类电子产品具有一个共同的特征,就是其电路部分采用了集成电路用作信号的控制、检测、变换和处理。了解这些集成电路的应用方法,掌握这些集成电路的应用特点,是掌握这些消费类电子产品设计、开发、生产、安装和维修技术的关键。在当今社会生活节奏越来越快的情况下,从事消费类电子产品设计和生产的人员如果对面临的每个电路都去进行原始设计,不但没有必要,还可能会贻误商机。为此,中国计量出版社约请了国内高校这方面的专家会同有实践经验的作者共同编写一套“消费类电子产品集成电路应用手册”丛书。首批编写的共有四本,本书是其中的一本。内容包括音响集成电路基础,调频高频调谐器、中频放大及前置放大电路,立体声解码电路,音频功率放大电路,降噪处理、自动选曲、电平显示电路,音量控制、稳速、开关、均衡电路,单片收音机电路及单片录/放音机电路等。除第 1 章为基础知识外,其余各章都自成体系,以方便读者作为工具书查阅。利用这本工具书,读者只需按图索骥就可以完成设计及开发过程中其他许多耗工费时的任务。

本书由庞学民担任主编,负责编写提纲的制定及统稿,并编写第 1、3 章及附录;常青美、刘剑雯为副主编,并分别编写第 2 章和第 4 章;第 5 章由张少波编写;第 6 章由向东和牛光辉共同编写;第 7 章由李伟光编写。尹祖伟、魏鑫为本书做了许多具体工作。编者从浩如烟海的专业报刊、专业杂志中精选出实用的电路,再逐一对其分析、核实和修正,然后用精练的语言概括出各个电路的应用特点、关键参数和使用注意事项,其工作量非常巨大,参编人员为此付出了极大的努力。尽管如此,由于时间紧迫和限于编者的水平,书中仍可能存在着不尽人意的地方,希望读者不吝批评指正。

编 者
2005 年 7 月

目 录

第1章 音响集成电路基础.....	(1)
1.1 音响设备的主要电声指标及参数	(1)
1.1.1 功率	(1)
1.1.2 频率	(2)
1.1.3 失真度	(4)
1.1.4 信噪比 S/N	(5)
1.1.5 阻抗	(5)
1.1.6 增益	(6)
1.1.7 立体声分离度	(6)
1.1.8 暂态特性	(7)
1.1.9 电平显示	(8)
1.1.10 其他参数	(8)
1.2 音响集成电路的类别	(10)
1.2.1 音频功率放大集成电路	(10)
1.2.2 低噪声前置低频放大集成电路	(10)
1.2.3 中频放大集成电路	(11)
1.2.4 调频立体声解码器集成电路	(11)
1.3 音响集成电路的代换	(12)
1.3.1 音响集成电路的外形及管脚排列	(12)
1.3.2 代换的原则	(13)
1.3.3 直接代换法	(14)
1.3.4 间接代换法	(15)
1.3.5 不明特性电路的代换法	(15)
1.3.6 音响设备常用集成电路互换表	(16)
第2章 调频高频调谐器、中频放大及前置放大电路	(33)
2.1 调频高频调谐器	(33)
2.1.1 AN7202S/1.5V 调频收音机调谐器电路	(33)
2.1.2 AN7205/3V 调频收音机调谐器电路	(34)
2.1.3 AN7213/S 调频收音机调谐器电路	(35)
2.1.4 AN7216S 调频收音机调谐器电路	(37)
2.1.5 BA4424N/3V 调频收音机调谐器电路	(38)

2.1.6	LA1135 电调谐调幅收音电路	(39)
2.1.7	LA1185 调频收音机调谐器电路	(41)
2.1.8	TA7358/3V 调频收音机调谐器电路	(42)
2.1.9	TA7358P/AP/3V 调频收音机调谐器电路	(45)
2.2	中频放大电路	(47)
2.2.1	AN260 中频放大及 AM 高、中频放大	(47)
2.2.2	LA1140 调频中频放大电路	(49)
2.2.3	LA1245AM 混频、中放及检波电路	(51)
2.2.4	TA7061BP 调频中频放大、电视伴音放大	(53)
2.2.5	TA7130P 调频中放、鉴频	(55)
2.2.6	TA7302P 调频中频放大、宽频带放大	(57)
2.2.7	TA7303P 调频中频放大	(59)
2.2.8	TA7640AP FM/AM 中频放大电路	(60)
2.2.9	μ PC1018C FM/AM 中频放大电路	(62)
2.3	前置放大电路	(63)
2.3.1	AN7311 双声道前置放大电路	(63)
2.3.2	LA3161 双声道前置放大电路	(65)
2.3.3	LA3210 低噪声音频均衡放大电路	(67)
2.3.4	TA7359P、TA7727P 低噪声前置放大 (双电源)	(68)
2.3.5	TA7375P 双声道前置放大	(70)
2.3.6	TA7668AP 具有 ALC 的双声道音频前置放大电路	(71)
2.3.7	TA7784P 双声道前置放大电路	(73)
2.3.8	TA8125S 双声道前置放大	(75)
2.3.9	μ PC1313HA 双声道音频前置放大电路	(76)

第3章 立体声解码电路

3.1	1.5V 调频立体声解码电路	(79)
3.1.1	AN7400S 调频立体声解码电路	(79)
3.1.2	BA1362F 调频立体声解码电路	(80)
3.1.3	TA7766F 调频立体声解码电路	(82)
3.2	3V 调频立体声解码电路	(84)
3.2.1	AN7415/S 调频立体声解码电路	(84)
3.2.2	AN7421 调频立体声解码电路	(86)
3.2.3	BA1360L/F 调频立体声解码电路	(88)
3.2.4	KA2264/D 和 TA7342P/F 调频立体声解码电路	(90)
3.2.5	LA3330/M 调频立体声解码电路	(92)
3.2.6	TA7370P/F 调频立体声解码电路	(93)
3.2.7	TA7373F 调频立体声解码电路	(95)

3.2.8	TDA7040T 调频立体声解码电路	(97)
3.2.9	TDA7230 调频立体声解码电路	(99)

第4章 音频功率放大电路 (102)

4.1	双声道音频功率放大电路	(102)
4.1.1	AN7118/130mW 双声道音频功率放大电路	(102)
4.1.2	AN7149N/5.3W 双音频功率放大电路	(103)
4.1.3	AN7171NK (AN7173NK) /14W 双音频功率放大电路	(105)
4.1.4	BA5206BF/64mW 双音频功率放大电路	(107)
4.1.5	BA535/5.8W 双音频功率放大电路	(107)
4.1.6	HA1392/4.3W 双声道音频功率放大电路	(110)
4.1.7	HA13102/5.5W 双声道音频功率放大电路	(110)
4.1.8	KA2209 低电压双声道音频功率放大电路	(111)
4.1.9	LA4440/6W 双声道音频功率放大电路	(112)
4.1.10	LA4530M/S/36mW 双声道音频功率放大电路	(114)
4.1.11	LM831/220mW 双声道音频功率放大电路	(115)
4.1.12	M51602P/32mW 双声道音频功率放大电路	(118)
4.1.13	TA7767P/F/20mW 双声道耳机驱动电路	(120)
4.1.14	TA7232P/2.2W 双声道音频功率放大电路	(121)
4.1.15	TA7240AP/5.8W 双声道音频功率放大电路	(122)
4.1.16	TA7273 13W 双声道音频功率放大电路	(123)
4.1.17	TDA2822M/110mW 双声道音频功率放大电路	(125)
4.1.18	TDA2009/11W 双声道音频功率放大电路	(126)
4.1.19	TDA2020D 音频功率放大电路	(127)
4.1.20	μ PC1260 音频功率放大电路	(128)
4.2	单声道音频功率放大电路	(130)
4.2.1	AN7113S/120mW 音频功率放大电路	(130)
4.2.2	AN7114/1W 音频功率放大电路	(130)
4.2.3	AN7172K/14W 音频功率放大电路	(132)
4.2.4	BA527/800mW 音频功率放大电路	(133)
4.2.5	BA532/5.8W 音频功率放大电路	(135)
4.2.6	IR3R22/70mW 音频功率放大电路	(136)
4.2.7	LA4422/5.8W 单声道音频功率放大电路	(137)
4.2.8	TA7331P/200mW 单声道音频功率放大电路	(138)
4.2.9	TDA2002/5.2W 单声道音频功率放大电路	(139)
4.2.10	TDA1514/40W 高性能音频功率放大电路	(140)
4.2.11	TDA1520/20W 高保真音频功率放大电路	(141)
4.2.12	μ PC1030H/5.8W 音频功率放大电路	(143)

第5章 降噪处理、自动选曲、电平显示电路 (145)

5.1 降噪处理电路 (145)

5.1.1 CD1011 杜比 B 型降噪处理器 (145)

5.1.2 CD1894 双通道动态降噪处理器 (147)

5.1.3 CD7629 杜比 B 型降噪处理器 (149)

5.1.4 CD20187 双通道杜比 B/C 型降噪处理器 (152)

5.1.5 CXA1057M 立体声杜比 B 型降噪处理器 (156)

5.1.6 μ PC1210C 杜比 B 型降噪处理电路 (158)

5.1.7 μ PC1297CA 杜比 HXPRO 系统电路 (160)

5.2 自动选曲电路 (162)

5.2.1 LA2000 一曲自动选曲电路 (162)

5.2.2 LC7515 五曲自动选曲电路 (163)

5.2.3 TA7341 一曲自动选曲电路 (166)

5.2.4 TC9138 十五曲自动选曲电路 (168)

5.2.5 TC9165 五曲自动选曲电路 (171)

5.2.6 TC9167 九曲自动选曲电路 (172)

5.3 电平显示驱动电路 (175)

5.3.1 BA656 五点 LED 电平显示器 (175)

5.3.2 CD7366 五点 LED 电平显示器 (177)

5.3.3 LB1403 五点 LED 电平显示器 (179)

5.3.4 LB1405 五点 LED 电平显示器 (180)

5.3.5 LB1416 五点 LED 电平显示器 (182)

5.3.6 TA7666P 双五点 LED 电平显示器 (185)

第6章 音量控制、稳速、开关、均衡电路 (188)

6.1 电子音量控制电路 (188)

6.1.1 LA2600 双声道电子音量控制电路 (188)

6.1.2 LM1040 双声道音调/音量/平衡度控制器 (189)

6.1.3 TA7630P 双声道音调/音量/平衡控制电路 (193)

6.1.4 TDA1524 双声道音调/音量直流控制电路 (196)

6.2 直流电机稳速电路 (199)

6.2.1 LA5511 直流电动机转速控制电路 (199)

6.2.2 LA5521D 直流电动机转速控制电路 (201)

6.2.3 LA5522 直流电动机转速控制电路 (203)

6.2.4 μ PC1470H 直流电动机稳速电路 (205)

6.3 电子开关电路 (207)

6.3.1 CD54512 电子开关 (2×2 晶体管阵列) (207)

6.3.2	CD54514 电子开关 (7 晶体管阵列)	(208)
6.3.3	CD62504 电子开关 (共发射极 7 晶体管阵列)	(210)
6.4	图示均衡电路	(211)
6.4.1	CF6324 四运算放大电路	(211)
6.4.2	CD7796 五点图示均衡电路	(212)
6.4.3	KA2223 五段图示均衡器电路	(214)
6.4.4	LA3600 五段图示均衡器电路	(216)

第 7 章 单片收音机电路及单片录/放音机电路 (220)

7.1	单片收音机集成电路	(220)
7.1.1	AN7003K/3V AM 单片收音机电路	(220)
7.1.2	CXA1015M/3V AM 单片收音机电路	(222)
7.1.3	CXA1019M/P/S/3V FM/AM 单片收音机电路	(223)
7.1.4	CXA1031M/3V FM/AM 单片收音机电路	(225)
7.1.5	CXA1032M/3V AM 单片收音机电路	(227)
7.1.6	CXA1033P/3V AM 单片收音机电路	(229)
7.1.7	CXA1191M/P/S/3V FM/AM 单片收音机电路	(232)
7.1.8	CXA1329P/3V AM 单片收音机电路	(234)
7.1.9	KA22421/D/3V AM 单片收音机电路	(236)
7.1.10	LA1800/3V FM/AM 单片收音机电路	(237)
7.2	FM/AM 立体声收音机集成电路	(238)
7.2.1	AN7025K/S/3V AM/FM 立体声收音机电路	(238)
7.2.2	BA1404/F/1.5V FM 立体声发射机电路	(240)
7.2.3	BA1440/BA1441 AM/FM 立体声收音机电路	(242)
7.2.4	CXA1238M/S/3V AM/FM 立体声收音机电路	(243)
7.2.5	LA1810/LA1811 AM/FM 立体声收音机电路	(246)
7.2.6	LA1816/M、LA1817/M/3V AM/FM 立体声收音机电路	(248)
7.2.7	TA8127N/F、TA8128N/F/3V AM/FM 立体声收音机电路	(249)
7.3	单片立体声放音机及录音机电路	(251)
7.3.1	AN7081K/3V 单片立体声放音机电路	(251)
7.3.2	AN7105 单片立体声放音机电路	(254)
7.3.3	AN7106K/3V 单片立体声放音机电路	(256)
7.3.4	AN7108/3V 单片立体声放音机电路	(257)
7.3.5	BA3502F/3F/5F/3V 单片立体声放音机电路	(259)
7.3.6	BA3506/3V 单片立体声放音机电路	(264)
7.3.7	BA3516/3V 单片立体声放音机电路	(265)
7.3.8	BA3520/3V 单片立体声放音机电路	(267)
7.3.9	BA3521/3V 单片立体声放音机电路	(270)

7.3.10	CXA1005P/3V 单片立体声放音机电路	(272)
7.3.11	CXA1034P/M/3V 单片立体声放音机电路	(272)
7.3.12	KA22131/3V 单片立体声放音机电路	(274)
7.3.13	KA22135/3V 单片立体声放音机电路	(277)
7.3.14	KA22136/D/3V 单片立体声放音机电路	(280)
7.3.15	LA4160 单片录音机电路	(282)
7.3.16	LA4162 单片录音机电路	(285)
7.3.17	LA4520 单片立体声放音机电路	(286)
7.3.18	LA4560M 单片立体声放音机电路	(287)
7.3.19	LA4570/M/3V 单片立体声放音机电路	(290)
主要参考文献		(293)

第 1 章 音响集成电路基础

1.1 音响设备的主要电声指标及参数

音响设备的质量指标包括国内外规定的一系列客观物理量的测量指标,了解这些技术指标的科学含义非常必要,它们是比较和衡量设备的标准。

1.1.1 功率

功率是音响设备最主要的技术指标之一。功率是指设备本身的储能水平,泛指交流电器容量,表示符号为 P ,表达式为

$$P = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

式中,各量的关系应是对应的。例如,若 P 为输出功率,则 V 为输出端电压, I 为输出端流过的电流, R 为负载电阻;如果 P 为输入功率,则式中 V 、 I 分别为输入端电压和流过的电流。功率的单位为毫瓦 (mW)、瓦 (W)、千瓦 (kW) 等。从种类看,分为额定功率、最大不失真功率、音乐功率、峰值音乐功率等。

1.1.1.1 额定功率 (标称功率或 RMS 功率)

额定功率一般指音响设备在正常条件下连续使用 8 小时而不损坏的功率。有的产品对额定功率规定得比较严格,指设备经震动、冲击、高温、低温、潮湿、负荷等考核后电声指标仍合格时所对应的功率。1975 年,国际公正贸易委员会 (FTC) 对额定功率给出了较严格的定义,对额定功率的描述必须标明设备的频率、失真、负载及每通路功率值。其给出的具体定义是“每条通路均方根功率值 (例如 50W) 接到规定负载阻抗 (例如 8Ω) 的扬声器上,两条通路同时推动,在额定功率时,在一定频率范围内 (例如 20Hz~20kHz),谐波总失真小于规定值 (例如 1%)。”

由以上定义可得出系统额定功率值的测量方法:先测出在额定负载阻抗 R 上产生的不超过规定失真的电压 U ,再用公式 $P = V^2/R$ 即可算出额定功率值。

1.1.1.2 音乐功率

音乐功率指音响设备在短时间内爆发出猝发功率,有的说明书称此功率为 IHF 功率。由于音乐信号时强时弱,设备有间歇机会,不像正弦信号长期持续作用使设备疲劳程度高,因此,音乐功率值一般可标为额定功率值的 3~4 倍。

1.1.1.3 峰值音乐功率

峰值音乐功率指音响设备对瞬间强信号承受能力。这个值可以标得很高，正如一个人大喊一声，音量很大，而不能持续一样。通常峰值音乐功率可以标为额定功率的 8~10 倍。从峰值音乐功率可以算出设备的额定功率值。例如某音响设备峰值音乐功率标为 200W，将其除以 10 得 20W 即为设备的额定功率；对双声道立体声设备，每路的额定功率为 10W。

1.1.1.4 允许耗散功率 P_D

集成电路本身允许内部消耗的最大功率值。

1.1.1.5 输出功率 P_O

音频功率放大器的输出功率是在保证一定的非线性失真的条件下给出的。通常所说的输出功率是在 $THD = 10\%$ 的条件下测得的，但有时是在 $THD = 5\%$ 的条件下测得的；或用示波器观察输出信号的波形，在波形不严重畸变或削顶时测量放大器的输出功率。也有不考虑失真因素而测量放大器所能输出的最大功率。

1.1.2 频率

频率特性又称频率响应，是音响设备的重要指标之一。它是指在一定频率范围内向音响设备提供一恒压信号，用仪器测出的输出值与频率的关系曲线。

1.1.2.1 频率特性的表示方法

(1) 用曲线表示频响特性——频率响应曲线

频率响应分电频响和声频响两种。电频响指对设备输入端提供一个恒定电压（在一定频率范围内各频点的电压值一定），测量输出端各频点所对应的电压值连成的曲线。声频响指对设备输入端提供一恒压信号，用测量传声器（在一定频率范围内，频响非常平直的话筒）接收音响设备输出的声信号，再经传声放大器将声信号转换为电信号，将不同频点的电信号记录下来即为声频响曲线。测量声频响曲线的框图如图 1-1 所示。

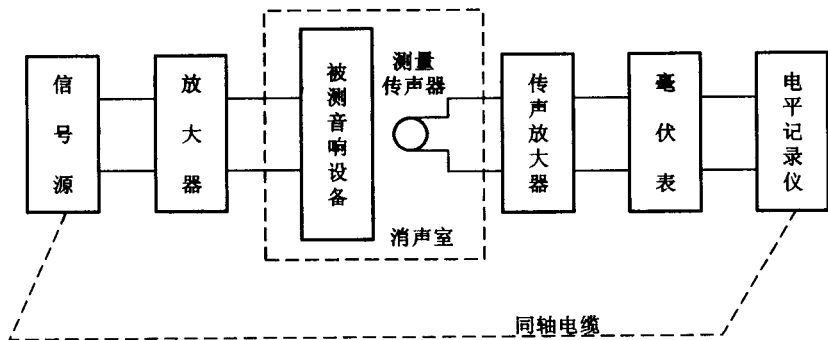


图 1-1 音响设备声频响曲线测量框图

根据图 1-1 测得某音响设备的频响曲线如图 1-2。在图 1-2 中，纵坐标可为电压值、功率值或电压电平、功率电平等；横坐标如使用自然频率刻度势必过长，故采用频率的对数

坐标。关于有效频率范围的选取方法，依据国标GB9001—1988所规定的方法，测出音响设备产生额定谐波失真（由制造厂规定，如1%、3%、7%，按设备等级不同而不同）时的输出电压 V_0 ，将该值下降0.707倍，在纵坐标为 $0.707V_0$ 时作一条平行于横坐标的直线（如纵坐标单位为电平或声压时，单位为dB，则此线的作法是：从规定的电压所对应的电平或声压级值，下降3dB作平行于横轴的直线）。该直线与频响曲线高、低端的交点分别为 f_L 、 f_H ， $f_L \sim f_H$ 即为音响设备的有效频率范围。

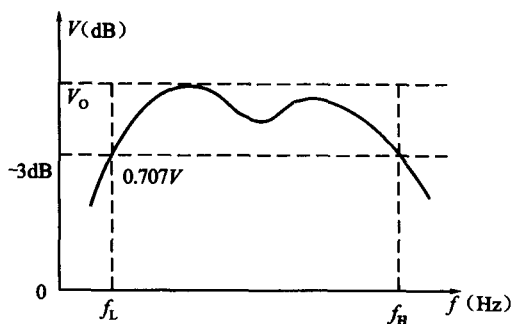


图 1-2 频响曲线及有效频率范围的选取

上述求有效频率范围的方法不适用于扬声器或音箱。

(2) 用数字表示频响特性

用数字表示音响设备的有效频率范围，在其后的括号内标明不均匀度，即为频响特性的数字表示法。所谓不均匀度，是指有效频率范围内最高电平（或声压级）与最低电平（或声压级）之差，单位为分贝（dB）。例如，某音响设备的产品说明书中标明该设备频响为“60Hz~14kHz（±2dB）”，是指此设备的有效频率范围从60Hz到14kHz，不均匀度为4分贝。有的产品说明书只标注频率范围，而不标注不均匀度，这是不严格的，也很难反映出产品的水平。

不均匀度这项指标很重要，它反映了设备的线性失真。即当某设备输入一个不随频率变化的恒定信号，而它的输出却是不平直的：有些频点电平被提升，有些频点电平值下降，虽然没有产生新频率，但已不是信号的原貌了。

1.1.2.2 频带宽度

人的听阈为20Hz~20kHz，目前有些设备的频带宽度已从几赫到几十千赫甚至上百千赫。为何要这么宽呢？其一，对低于20Hz的声音，人耳虽然听不到，但其他器官可以觉察出它的存在，并由此感到低音力度增加；对于高于20kHz声音之所以宝贵，是由于某些乐器的谐波（音乐上称泛音）高于20kHz，而这些成分的多少和有无可直接影响乐器的音色。其二，设备串接之后，频响曲线叠加后总曲线不均匀度增加，原来不大明显的凹凸度相交后变得突出，且串接级数越多，总频带越窄，不均匀度越差。例如设备A的频响如图1-3（a），设备B的频响如图1-3（b），设备A、B的有效频率范围均为 $f_1 \sim f_2$ ，叠加后系统总频响如图1-3（c），总有效带宽 $f_3 \sim f_4$ 小于 $f_1 \sim f_2$ ，且总曲线图1-3（c）的不均匀度明显大于曲线1-3（a）、（b）。因此，为保证系统信号保真地传输，要求各设备的带宽尽量宽一些。为了更好地欣赏音乐，音响设备应有足够的带宽。

(1) (-3dB) 带宽BW

放大器增益随频率升高而降低，常把从参考值时的频率到增益下降0.707倍（-3dB）时的频率称为放大器的带宽。有时BW是指满足-3dB条件的低频与高频之间的频率范围（即在此频率范围内放大器的增益下降值不超过0.707倍）。

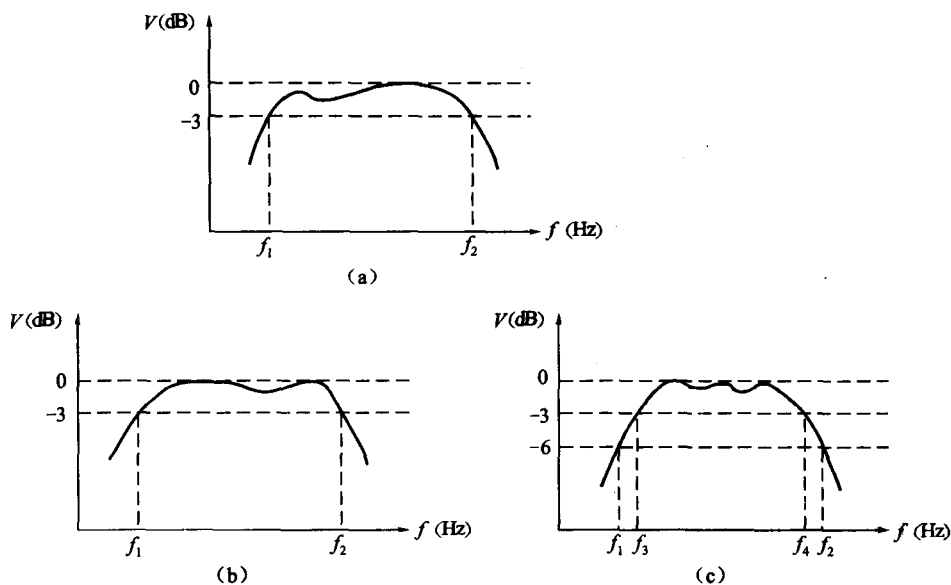


图 1-3 设备串接后频带变窄示意图

(2) 单位增益带宽 GB

放大器的增益随频率升高而降低，当放大器的增益下降至 1 (0dB) 时，这时放大器的频带宽度称为单位增益带宽，也称增益-带宽乘积。此参数表明在小信号应用范围内，放大器的增益随频率的增高而下降的快慢程度。

1.1.2.3 动态范围

动态范围规定为设备最大声压级与可辨的最小声压级之差。设备的最大声压级受信号失真、过热或损坏等限制。声压级下限取决于环境噪声、热噪声、电噪声等。动态范围的表达式为 $20\lg(V_{\max}/V_{\min})$ ，单位为 dB， $V_{\max}$ 为最强信号对应的电压有效值， $V_{\min}$ 为最弱信号对应的电压有效值。

设备的动态范围越大越好，这样保证重放强信号时不会发生过载失真，重放弱信号时不被设备噪声淹没。对高保真系统，要求动态范围大于 90dB。

1.1.2.4 捕捉范围 CR

锁相环路的捕捉范围是指锁相环路 (PLL) 能锁定的频率范围，有时也可用它与压控振荡器 (VCO) 自由谐振频率的百分数来表示。

1.1.3 失真度

失真是指系统重放声不能忠实反应原音情况。失真对音色影响很大，严重时使人感到刺耳，无法收听。失真包括线性失真和非线性失真。线性失真不产生新的频率，只改变各频率间信号值的大小，如频响曲线上的波峰与波谷；非线性失真指音响设备产生了原声源所没有的新的频率成分，包括谐波失真、互调失真、瞬间互调失真等。

1.1.3.1 谐波失真度 THD

当系统的输入信号为一个纯正弦波时，其输出信号波形除正弦波基频 V_1 外，还有一些谐波分量，例如二次、三次、四次谐波电压 V_2 、 V_3 、 V_4 等。这部分谐波分量的有效值占信号总输出的有效值的百分数定义为全谐波失真度，其表示式为

$$THD = \sqrt{\frac{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots}} \times 100\%$$

THD 也称全谐波失真系数或全谐波失真度。

谐波失真可以通过频谱仪测出输出端各次谐波成分通过上式计算求出，也可以用失真仪直接测出。

近年来研究发现：谐波失真对音质的影响不能一概而论。谐波失真有奇、偶之分。奇次谐波对音色破坏大，如三次谐波使声音变尖，五次谐波产生金属感，七次及以上奇次谐波会产生极其尖锐的刺耳声音；偶次谐波则不同，如二次谐波比基波高 8 度，听起来没有不和谐感，却使音色更丰富。从音乐角度，可人为增加偶次谐波，减少奇次谐波。

一般模拟设备输出功率不同，谐波失真系数也不同，功率越大，失真越明显。通常规定在额定功率下测量系统的谐波失真。

1.1.3.2 互调失真

当两个以上不同频率信号通过音响设备时，设备除输出原有频率信号及各次谐波外，还会输出一些“和频”与“差频”信号，产生互调失真。

1.1.4 信噪比 S/N

在音响系统中，S/N 一般是指输出基准信号电平对无信号时所得到的输出端噪声电平之比，取对数乘以系数 20 即为设备信/噪比。表示符号为 S/N 或 SNR，单位为分贝 (dB)。

信噪比源于人耳的掩蔽效应，当信号比噪声大很多倍时，信号就把噪声淹没了。信噪比越大，说明噪声对系统的影响越小。人们都有这样的经验：当信号音量较大时，噪声不太突出；当信号音量较小时，噪声就比较明显了。可见，S/N 值与输出信号强度有关，因此，信噪比规定在额定输出功率值时进行测量，也即基准信号电平或者被指定、或者是在指定的失真度下测定的。

随着技术的进步，可以使设备的信噪比达到较高值。比如 CD 机信噪比可以达 90dB 甚至更高，而信噪比 90dB 时信号为噪声的 31600 倍。提高信噪比的关键是选用高质量、低噪声的元器件和提高整机装配的工艺水平。

1.1.5 阻抗

1.1.5.1 输入阻抗 Z_{IN}

电路输入端的输入电压变化对输入电流变化之比称为输入阻抗，放大器的输入阻抗还与外接反馈支路有关，一般是指开环情况下的输入阻抗，在低频时即为输入电阻 R_{IN} 。

系统通常由多台音响设备级连而成,为了减少对前级设备的影响,后级设备的输入阻抗应尽可能大。一般设备的 R_{IN} 多为 $4.7k\Omega$ 或更大,有的放大器输入阻抗高达 $20\sim 100k\Omega$ 。

1.1.5.2 输出阻抗 Z_O

电路输出在零附近时,输出电压变化对输出电流变化之比称为输出阻抗。放大器的输出阻抗也与外接反馈支路有关,一般是指开环情况下放大器的输出阻抗,在低频时即为输出电阻 R_O 。

为了向后级设备供出更大的功率,要求设备的输出阻抗尽可能小。一般音响设备的输出阻抗 R_O 多为 200Ω 左右。功率放大器不同,因它直接与 4Ω 、 8Ω 等音箱相连,所以其输出阻抗很小。

输入阻抗、输出阻抗均是对交流信号而言的等效阻抗值,不能采用简单的用万用表测量直流电阻的方法。可按下述方法确定设备的输入、输出阻抗值:将设备所测端作为负载,接入一定幅度的正弦信号,测量负载端电压及流过电流,再由计算得出等效的阻值。

1.1.6 增益

这是表征设备传输信号中放大能力的指标,指输出信号与输入信号之比的对数。有功率增益、电压增益、电流增益等,分别为对应的输出量与输入量之比,其单位为贝尔(B)和分贝(dB)。

在音响设备中,常用的增益指标有下面几种。

1.1.6.1 电压增益 G_V

指系统的电压放大倍数,即输出电压 V_O 与输入电压 V_I 之比,表示式为

$$G_V = 20\log \frac{V_O}{V_I}$$

1.1.6.2 开环电压增益 G_{VO}

指放大器无反馈时的电压放大倍数,即无反馈时输出电压 V_O 与输入电压 V_I 之比。

1.1.6.3 闭环电压增益 G_{VC}

指放大器的输出、输入间加了负反馈支路后的电压放大倍数,即输出电压 V_O 与输入电压 V_I 之比。

1.1.6.4 环路增益 G_L

指放大器的开环电压增益与闭环电压增益之差。例如,放大器的开环电压增益 $G_{VO} = 80\text{dB}$,闭环电压增益 $G_{VC} = 40\text{dB}$,则放大器的环路增益 $G_L = 80\text{dB} - 40\text{dB} = 40\text{dB}$ 。

环路增益是一个重要参数,因放大器实际工作时的闭环性能都紧紧依赖于环路增益。

1.1.7 立体声分离度

立体声分离度反映系统中通道间信息隔离程度,通常用串音和通道隔离度表示。

1.1.7.1 串音

如立体声系统左、右声道分别为 L 和 R, L 通道的额定电压 V_L 本应只引起 L 音箱放音, 但该通道一部分信号 V'_L 串入 R 通道, 使 R 音箱也出现部分左声道的声音。 V_L 与 V'_L 之比的对数乘以 20 即为 L 通道到 R 通道的串音, 表达式为

$$20\log \frac{V_L}{V'_L}(\text{dB})$$

此值越大, 代表两通道隔离越好, 国标中规定 A 级机 $\leq 60\text{dB}$, B 级机 $\leq 50\text{dB}$, C 级机 $\leq 40\text{dB}$ 。

1.1.7.2 通道隔离度 S_{ep}

立体声放大器中, 该路放大器输出的本通道信号与另一通道的输出信号的相隔离程度称为通道隔离度, 用它们的输出信号之比 (dB) 表示。

在立体声解码器测试中, 令右通道输入信号为零, 调节左通道输出 V_{OL} 为最大和右通道输出 V_{OR} 为最小, 则左通道隔离度为

$$S_{epL} = 20\log \frac{V_{OL}}{V_{OR}}$$

同样令左通道输入信号为零, 则可得右通道隔离度为

$$S_{epR} = 20\log \frac{V_{OR}}{V_{OL}}$$

通道隔离度又称通道分离度, 在双功率放大器中, 此参数有时也记作 CSR。

1.1.8 暂态特性

音响设备的暂态特性比稳态特性更能影响人们的听觉感受。至今, 对音响设备暂态特性的研究还很不够, 目前用来表征设备暂态特性的指标主要有转换速率、阻尼系数、暂态互调失真、相位失真等。

声音信号从时程上分为稳态和暂态, 起始段和结束段为暂态, 中间段为稳态。不同乐器暂态成分所占比例不同, 其起始段和结束段情况也各异, 由此构成各自的特点。为了真实地反映信号特性, 完美地传送和记录信号, 设备不仅要有好的稳态指标, 还必须有良好的暂态特性。

暂态特性也称顺应能力, 指对脉冲信号迅速而明确的响应能力。声音重放中有些猝发信号, 如钢琴、打击乐等的上升沿都很陡, 设备若不能及时跟上信号升降变化就反映不了乐器特色。对声音信号的起始段与结尾段, 必须有适当的反映速度。过慢显得拖泥带水, 过快又会有突变感。

音响设备中, 采用转换速率来反映设备的暂态特性, 要求设备对信号有非常短的上升和下降时间。转换速率指 $1\mu\text{s}$ (微秒) 中设备输出电压所发生的变化, 符号为 SR, 单位为 $\text{V}/\mu\text{s}$ (伏/微秒)。目前, 分立元件组装的功放的转换速率大大高于集成电路功放的水平, 有的分立件功放的转换速率高达 600 伏/微秒, 而运放的 SR 值只有几伏/微秒。

一个系统的 SR 值应统一考虑。各级的 SR 值要尽可能相同或相近。如若前级设备的转