

激光唱机 电路分析与故障检修

王伟民 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

激光唱机电路分析与故障检修

王伟民 编著



電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

本书以点带面较系统地分析、介绍了激光唱机的电路工作原理,维修方法,并例举有维修实例。

本书共分八章,前五章全面分析介绍了激光唱机的基本工作原理,以及索尼、飞利浦、三洋、夏普、韩国和台湾产 CD 唱机的电路工作原理,这些 CD 唱机占有国内 CD 唱机市场的绝大部分份额,因此,由本书给出的详尽资料及整机电路图,对于熟悉、了解、维修这些 CD 唱机提供了较大帮助。

第六章、第七章是 CD 唱机的维修方法和维修实例介绍,具有启发性和维修指导意义。

第八章介绍了 CD 唱机的遥控及其故障修理。本书可供广大音响爱好者、从事 CD 唱机的生产、维修以及有关的专业技术人员阅读,同时也可作为职业教育的教材使用。

25/07

2007
06

书 名:激光唱机电路分析与故障检修

编 著:王伟民

责任编辑:祖振升

印 刷 者:北京市大中印刷厂

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

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话:68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:650 千字 插页:5

版 次:1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-3960-5
TN·1038

定 价:30.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·翻印必究

本书贴有激光防伪标志,凡没有防伪标志者,属盗版图书。

欢迎读者举报,举报者有奖。

18

前 言

从1877年爱迪生发明第一台留声机到1982年索尼、飞利浦推出商品化CD唱机,一百多年的风风雨雨,音响世界经历了翻天覆地的变化。作为第五次音响技术革命的产物,激光唱机以它无可比拟的高音质,赢得了全世界音乐爱好者的青睐。全球CD唱机、唱片的销售量也逐年上升。CD唱片,从1982年的100万片/年~1995年的十几亿片,CD唱机也从1982年有3万台/年~1995年的5000多万台/年。

我国自从90年代起开始组装,生产CD唱机以来,CD唱机已进入千家万户,CD唱机和带CD唱机音响已占到音响市场的1/7之强。激光唱机以它动态范围大、信噪比高、失真小、频响范围宽、抖动几乎为零,以及唱片可以永久保存等优异性能,开创了高保真数字音响的新时代,成为当今音响市场的新宠。

目前,国内拥有CD唱机,带CD音响的用户越来越多,CD唱机的维修成为越来越突出的问题,市场迫切需要有一本介绍CD唱机维修的书籍。本书作者顺应这一市场需求,根据多年从事CD唱机生产、维修所积累的经验和收集到的资料编成此书,希望能起到抛砖引玉、启发读者思路的作用。

根据国内CD唱机市场以中、低档为主的格局,本书以面广量大,具有代表性的典型机种为研究对象,对具体的CD唱机电路工作原理作一分析介绍,并有相当的篇幅介绍CD唱机的维修、调试,希望有举一反三的效果。本书资料详实,分析具体,实用性强,对CD唱机的维修人员,专业技术人员以及一些大专院校电子专业师生都能提供有益的帮助。

本书共分八章。在编著过程中,有张力田、吴平昆(香港)、杨娟、雨田、柔石、立木、亚平、云芬以及中国剪报社出版部等十几位同志的参与、帮助和支持,在此表示衷心的感谢。

编 者

1996.6

目 录

第一章 激光唱机的基本工作原理	(1)
§ 1 绪论	(1)
1.1 CD 唱机发展概况	(1)
1.2 CD 唱机的性能、制式	(1)
1.3 CD 唱机的新技术、新特点	(3)
§ 2 CD 记录信号的形成	(6)
2.1 CD 唱片	(6)
2.2 模拟-数字变换(ADC)的基本原理	(6)
2.2.1 取样定理	(6)
2.2.2 取样保持电路	(9)
2.2.3 量化和编码	(9)
2.3 EFM 调制的必要性	(11)
2.4 CD 信号的误码校正	(12)
2.4.1 误码校正的必要性	(12)
2.4.2 误码的校正方法	(12)
2.5 CD 信号的同步与子码信号	(14)
2.5.1 CD 的帧同步信号	(14)
2.5.2 CD 帧与子码帧	(15)
2.6 CD 的信号时钟	(18)
2.7 CD 记录信号的通道调制	(18)
2.7.1 CD 帧的 3 比特联接码	(18)
2.7.2 CD 的信号坑	(20)
§ 3 CD 唱片的制造过程	(21)
3.1 CD 唱片的原版制作	(21)
3.2 CD 唱片的制造过程	(22)
§ 4 CD 信号的重放	(23)
4.1 唱头组件	(24)
4.1.1 激光二极管	(24)
4.1.2 激光检测器	(26)
4.1.3 CD 记录信号的读取	(27)
4.2 RF 信号放大	(30)
4.2.1 三光束 RF 信号放大电路原理	(30)
4.2.2 单光束 RF 信号放大	(31)
4.3 聚焦误差放大	(32)
4.4 循迹误差放大	(32)
4.5 激光二极管的自动功率控制	(33)
4.6 CD 唱机的恒线速控制(CLV)	(33)
4.7 EFM 解码系统	(34)
4.7.1 数据分离与时钟再生	(34)
4.7.2 时基校正	(34)

4.7.3 CIRC 解码及误码校正	(35)
4.8 D/A 转换	(37)
4.9 CD 机中的单片机系统控制	(38)
4.9.1 数字信号处理器与单片机的数据交换	(39)
4.9.2 CD 唱机输入键盘	(40)
4.9.3 显示器	(41)
第二章 索尼激光唱机的电路分析	(42)
§1 索尼 PCB-2F 机芯电路	(42)
1.1 CXA1081 RF 信号处理器	(42)
1.1.1 CXA1081 引脚功能说明	(44)
1.1.2 CXA1081 的功能与主要外围电路	(44)
1.2 CXA1082BQ/BS	(51)
1.2.1 CXA1082 的引脚功能	(54)
1.2.2 CXA1082 的功能与主要外围电路	(55)
1.2.3 CXA1082 的控制指令	(60)
1.3 CXD1167 数字信号处理器	(67)
1.3.1 CXD1167 引脚功能	(68)
1.3.2 CXD1167 的主要功能	(70)
1.3.3 CXD1167 的主要外围电路	(87)
1.4 CXP1011	(87)
1.4.1 主要功能	(87)
1.4.2 引脚功能介绍	(88)
1.4.3 键控输入及遥控识别码	(90)
1.4.4 载片机构(即托盘)控制	(91)
1.5 TA7256	(92)
1.6 MC4558	(92)
1.7 音频输出电路	(92)
1.8 电源电路	(93)
1.8.1 PCB-2F 的电源供应	(93)
1.8.2 M5290	(94)
§2 索尼 PCB-11ZCD 机芯	(95)
2.1 CXA1782BQ/BR	(96)
2.1.1 各引脚功能	(97)
2.1.2 CXA1782 的外围电路	(98)
2.2 CXD2518Q	(102)
2.2.1 主要功能	(102)
2.2.2 各引脚功能说明	(104)
2.2.3 功能介绍	(106)
2.3 BA6395 AFP	(128)
2.3.1 引脚功能介绍	(132)
2.3.2 应用图	(132)
2.3.3 BA6395AFD 电路应用注意事项	(132)
2.4 CXP1031	(134)
2.4.1 引脚功能	(135)

2.4.2 键输入矩阵及遥控识别·····	(137)
2.4.3 托盘机构的控制·····	(137)
2.5 系统复位·····	(139)
2.6 音频输出·····	(139)
2.7 电源电路·····	(140)
第三章 飞利浦激光唱机的电路分析·····	(141)
§1 MKH-320CD 机芯·····	(141)
1.1 MC68HC05CB/P302 单片机·····	(142)
1.1.1 MC68HC05CB/P302 主要外部电路·····	(142)
1.2 TDA8808 以及光电信号处理外围电路·····	(144)
1.2.1 TDA8808 内部电路框图·····	(144)
1.2.2 各引脚功能·····	(145)
1.2.3 与 TDA8808 相连的外围电路·····	(145)
1.3 TDA8809·····	(146)
1.3.1 TDA8809 内部电路框图·····	(146)
1.3.2 主要引脚功能·····	(146)
1.3.3 TDA8809 的主要外围电路·····	(146)
1.4 SAA7310 及数字信号处理电路·····	(148)
1.4.1 SAA7310 的内部电路系统框图·····	(148)
1.4.2 SAA7310 各引脚功能·····	(148)
1.4.3 SAA7310 的工作过程与外部电路·····	(151)
1.5 TDA1543·····	(151)
1.5.1 引脚功能·····	(152)
1.5.2 D/A 转换与音频输出·····	(153)
1.6 电源电路·····	(153)
§2 CDT-610 机芯·····	(153)
2.1 TDA1302T·····	(154)
2.1.1 TDA1302 各引脚功能介绍·····	(154)
2.1.2 功能介绍·····	(156)
2.1.3 主要技术参数·····	(157)
2.1.4 TDA1302T 与其它激光/监测二极管的应用·····	(157)
2.2 TDA1301T·····	(158)
2.2.1 各引脚功能介绍·····	(158)
2.2.2 TDA1301T 的功能、作用·····	(160)
2.2.3 主要外围电路·····	(163)
2.3 SAA7345·····	(164)
2.3.1 引脚功能·····	(165)
2.3.2 功能介绍·····	(166)
2.3.3 主要外围电路·····	(182)
2.4 OM5232/FBP·····	(183)
2.4.1 引脚功能·····	(184)
2.4.2 主要外围电路·····	(185)
2.5 TDA1311A·····	(187)
2.5.1 各引脚功能·····	(187)

2.5.2 内部电路框图	(188)
2.5.3 其它性能	(188)
2.5.4 TDA1311A 的外部联接	(188)
2.6 CDT—610 的音频输出	(188)
2.7 电源电路	(188)
2.8 遥控输入	(189)
第四章 三洋系列激光唱机电路分析	(191)
§1 三洋系列 CD 机芯之一(台湾 KE710)机芯	(192)
1.1 LA9200NM	(192)
1.1.1 引脚功能	(193)
1.1.2 主要外围电路	(194)
1.2 LC7860K	(197)
1.2.1 各引脚功能	(198)
1.2.2 主要外围电路	(200)
1.3 P8049(P8050)	(200)
1.3.1 引脚功能	(201)
1.3.2 P8049 主要外围电路	(202)
1.4 音频输出	(204)
1.5 静噪控制	(206)
§2 三洋系列 CD 机芯之二	(205)
2.1 载片(托盘)机构控制	(205)
2.2 滑动控制	(205)
2.3 键控输入	(207)
2.4 显示电路	(207)
§3 三洋典型 CD 机芯电路分析	(207)
3.1 LA9210M	(208)
3.1.1 RF 信号放大	(209)
3.1.2 聚焦伺服单元	(209)
3.1.3 循迹伺服单元	(209)
3.1.4 滑动伺服单元	(209)
3.1.5 限幅电平控制	(212)
3.1.6 APC 控制	(212)
3.2 LC7861NE	(213)
3.2.1 VCO 再生	(215)
3.2.2 CLV 控制	(215)
3.3 LC708031A	(215)
3.4 D/A 转换	(217)
3.5 音频输出	(218)
3.6 静噪控制与复位电路	(218)
3.7 其它 IC 电路	(219)
3.8 引脚功能	(219)
第五章 韩国激光唱机电路分析	(221)
5.1 电路分析	(221)
5.1.1 音频信号处理电路	(221)

5.1.2	伺服信号处理电路	(222)
5.1.3	控制显示电路	(222)
5.1.4	去加重电路	(223)
5.1.5	音频放大、低通滤波电路	(223)
5.1.6	静噪控制电路	(223)
5.1.7	电源电路	(224)
5.2	KS56C820-69	(225)
5.2.1	各引脚功能	(225)
5.2.2	主要外围电路	(227)
5.3	KS5990	(228)
5.3.1	引脚功能介绍	(228)
5.3.2	微处理器接口	(231)
5.3.3	循迹计数器	(232)
5.3.4	X'TAL 振荡器	(232)
5.3.5	数字滤波器	(232)
5.3.6	EFM 单元	(234)
5.3.7	子码单元	(235)
5.3.8	ECC 单元	(235)
5.3.9	16KSRAM 单元	(237)
5.3.10	CLV 伺服	(239)
第六章	CD 唱机的故障检修	(244)
§ 1	CD 机故障检修的一般方法	(244)
§ 2	索尼 CD 机芯的检修与调试	(246)
2.1	LCD 显示不良	(246)
2.2	载片回路故障	(248)
2.3	唱片不转	(249)
2.4	目录表读取(TOC)故障	(252)
2.5	音频电路故障	(253)
2.6	CD 自检	(255)
2.6.1	聚焦偏置测试	(255)
2.6.2	运行检查	(255)
2.7	PCB-2F 机芯的电路检修与调试	(255)
2.7.1	调试用仪器及准备工作	(256)
2.7.2	调试项目	(256)
2.8	PCB-11ZCD 机芯的检修与调试	(262)
2.8.1	聚焦偏置调节	(263)
2.8.2	E、F 平衡	(263)
2.8.3	循迹伺服增益调节	(263)
2.8.4	聚焦伺服增益调节	(263)
2.8.5	PCB-11ZCD 机芯的检修参数	(264)
§ 3	飞利浦 CD 唱机的检修与调试	(266)
§ 4	夏普、三洋等 CD 机芯的检修与调试	(277)
4.1	夏普 CD 机芯使用电路介绍	(277)
4.1.1	LA9200	(277)

4.1.2	LR37632 数字信号处理器	(280)
4.1.3	IX1619AF 单片微处理器	(282)
4.1.4	LC9600AM	(283)
4.1.5	M5454IL	(285)
4.1.6	音频输出电路	(285)
4.1.7	各晶体管(三端)电路直流工作点	(286)
4.2	夏普 CD 机芯的调试	(286)
4.2.1	VCO 自由振荡频率调节	(286)
4.2.2	聚焦偏移量调节	(286)
4.2.3	循迹偏移量调节	(286)
4.2.4	聚焦增益调节	(287)
4.2.5	循迹增益调节	(287)
4.2.6	循迹误差平衡调节	(288)
4.3	夏普 CD 机芯的故障检修	(288)
4.3.1	LCD 或荧光显示不工作	(289)
4.3.2	托盘不能开启	(289)
4.3.3	托盘不能关闭	(290)
4.3.4	主轴电机不转	(290)
4.3.5	碟片读不出	(290)
4.3.6	音频无输出	(292)
4.4	三洋 CD 机芯的调试与检修	(293)
4.4.1	台湾三洋 CD 机芯的调试与检修	(293)
4.4.2	三洋 CD901VQCD 机芯的调试与检修	(296)
4.5	韩国三星公司 CD 机芯的检修参数	(300)
第七章 激光唱机故障检修实例		(303)
第八章 激光唱机的遥控与故障检修		(321)
8.1	LC7461M	(322)
8.1.1	内部电路框图	(322)
8.1.2	各引脚功能	(322)
8.1.3	电路性能	(323)
8.1.4	用 LC7461M 作 CD 机遥控实例	(325)
8.2	μ PD6121	(327)
8.2.1	外形图	(327)
8.2.2	各引脚功能	(328)
8.2.3	内部电路框图和典型应用	(328)
8.2.4	电路应用特性	(329)
8.3	SAA3010	(337)
8.3.1	主要性能	(337)
8.3.2	内部电路框图及外形	(338)
8.3.3	引脚功能介绍	(338)
8.3.4	功能介绍	(339)
8.3.5	键盘联接	(344)
8.3.6	遥控发射应用	(345)
8.4	TC9148P 遥控发射集成电路	(346)

8.4.1	内部电路.....	(346)
8.4.2	各引脚功能.....	(347)
8.4.3	电路应用特性.....	(347)
8.4.4	遥控设计时注意点.....	(350)
8.5	CX20106A 遥控接收电路	(350)
8.5.1	主要电性能.....	(350)
8.5.2	引脚功能.....	(351)
8.5.3	极限参数.....	(351)
8.5.4	应用注意事项.....	(351)
8.5.5	常用的几种遥控接收组件.....	(352)
8.5.6	遥控接收 IC 的代换	(354)
8.6	TC9149P/TC9150P	(356)
8.6.1	极限参数.....	(356)
8.6.2	内部电路框图.....	(356)
8.6.3	各引脚功能.....	(356)
8.6.4	电路应用特性.....	(357)
8.6.5	代码分配表.....	(359)
8.6.6	应用电路.....	(359)
8.6.7	应用注意事项.....	(360)
8.6.8	应用举例.....	(361)
8.7	遥控器的故障检修	(361)

第一章 激光唱机的基本工作原理

§ 1 绪 论

1.1 CD 唱机发展概况

CD 是英文“Compact Disc”一词的缩写,意思为小型唱片。CD 唱机等数字音频系统是 70 年代第五次音响技术革命的产物。早在 70 年代初,荷兰飞利浦公司就提出了用激光拾取已记录信号的方案,以提高记录密度及实现数字化记录的可能性。1976 年 9 月,日本索尼公司率先研制出第一张以激光读出型的数字音频唱片;1977 年,日本三大公司展出了直径为 30cm 的光学式数字唱片(DAD)。1979 年,荷兰飞利浦公司与日本索尼公司合作,研制成功把激光用于唱片记录的超密度录放技术,并把这项技术引入到 PCM(脉冲编码调制)音响记录领域,推出了第一台 CD 唱机,使用唱片直径为 12cm,这种小型唱片称为 CD 唱片,而重放 CD 唱片的机器则被称为 CD 唱机。由于 CD 唱机靠激光束来拾取信息,故 CD 唱机又称为激光唱机。激光一词在英文中为“Laser”,读音“镭射”,所以,又称为镭射唱机。CD 唱片上的数字信号采用了激光刻录,重放时又依靠激光束拾取信息,所以 CD 唱片也叫做激光唱片。现在我们所说的激光唱片,就是指这种 12cm 直径的 CD 唱片。

CD 唱机商品化是在 1982 年,这标志着数字音频时代的开始。随后的几年间,CD 唱机不断推陈出新,一代接一代,以她成熟的软件和硬件技术,优越的功能,无可比拟的音响效果,很快风靡全球。仅几年功夫,CD 机产量已突破了 5000 万台,在发达国家和地区,CD 机普及率已达 50%,在我国,从 1988 年起逐步引进消化国外技术,有许多工厂开始组装生产 CD 机芯,CD 唱机和制造 CD 唱片。国内目前已有不少于五个具有制作原版盘和压模能力的工厂,分布在广东、四川、山东等地,能批量生产压制 CD 碟片的生产线更多达 30 多条。现在,CD 唱机已进入千家万户,深受广大听众尤其是“发烧友”们的喜爱与推崇。

1.2 CD 唱机的性能、制式

在 1981 年举行的国际数字音频唱片系统(CD 唱机)标准化意见座谈会上,世界各大公司一共提出了 13 种不同的制式。经与会者共同讨论协调,确定了三种制式任凭各公司自行选择发展。这三种制式是:日本胜利公司(JVC)研制的 AHD 制式,即:Advanced High-density Disc;德国的德律风根公司和 Teldec 公司研制的 MD 制式,即:Mini Disc,或称 Micro Disc 制式唱机。飞利浦和索尼研制的 CD,即 Compact Disc 制式唱机。这三种制式唱机的工作方式是不相同的,其性能规格见表 1-1 示。

在三种制式中,只有飞利浦和索尼的 CD 制式最受欢迎,日益普及,其它二种则在市场上难觅其踪影。现在我们在市场上所见到的 CD 唱机,均是飞利浦和索尼 CD 制式的产品。

CD 唱机由于采用了数字技术,并加有微处理器控制技术,使它比全自动模拟唱机的性能还要优越得多,可以实现放音暂停、快进、快退、编程放音、自动选曲,一曲或多曲重放等多种功

能,操作方便,使用灵活,具有模拟唱机无可比拟的优越性。

表 1-1 三种制式数字音频唱片的性能规格

1. 制式名称	CD 制	AHD 制	MD 制
2. 提案发起公司	菲利浦 索尼	胜利公司	德律风根 Teldec
3. 唱片规格			
(1)外径(mm)	120	260	135 75
(2)孔径(mm)	15	38.2	圆锥形环(*1)
(3)厚度(mm)	1.29 单面	1.2	1.6
(4)信号面外径(mm)	116	244	132 72
(5)信号面内径(mm)	50	98.2	60 60
(6)转速	1.2~1.4 m/s(CLV)	900 rpm(CLV)	250 rpm(CAV)
(7)轨迹间距(μm)	1.6	1.35	2.4
(8)唱片材料	透明塑料	导电性 PVC	PVC
(9)节目开始处	内圈	外圈	外圈
4. 记录密度(μm)	0.95 位长	0.75 (内圈位长)	0.43 (内圈位长)
(1)位长(μm)		1.57 (内圈)	0.97 (内圈)
(2)线密度	43	33.7 (内圈)	53.9 (内圈)
Kb/英寸		13.6(外圈)	26.2(外圈)
(3)面密度	683 Kb/英寸	364 Kb/英寸	390Kb/英寸
5. 信号格式			
(1)采样频率	44.1kHz	47.2 kHz	48kHz
(2)量化	16bit 线性	16bit 线性	14bit
(3)数据比特率	2.0338Mb/s	6.1425Mb/s	1.824Mb/s
(4)调制方式	EFM	EFM-FM * 2	TDM * 3
(5)预加重	有	无	有
(6)纠错方式	CIRC	交叉交织	单消失纠错
6. 刻纹方式	激光方式	激光方式	机械方式
7. 唱片制造方法	压铸注射成型	压制成型	压制成型
8. 重放方法	激光式	电容式	压电式(机械式)
(1)频率响应	20~20000	20~20000	20~20000
(2)动态范围	>90dB	>90dB	>85dB
(3)失真度(%)	<0.05	<0.05	<0.05
(4)抖晃	晶体精度	晶体精度	晶体精度
(5)重放时间	50~74(分/面)	60×2	6 10

注: * 1 Φ22.75'

* 2 改进型调频调制

* 3 改进型延迟调制

表 1-2 是传统模拟唱机与 CD 唱机技术指标比较。

表 1-2 模拟唱机与 CD 唱机技术指标

序号	性能指标	单位	模拟唱机	CD 唱机
1	转速	r/min	$33 \frac{1}{3}$, 45(CAV)	500~2000(CLV)
2	频率特性	Hz	40~12500	20~20000
3	幅度线性	dB	5	±0.5
4	抖动	%	≤0.2	晶体精度
5	信噪比	dB	计数≥55, 不计数≥35	计数>90, 不计数>85
6	声道不平衡度	dB	≤2	≤0.5
7	声道分离度	dB	≥20	>90
8	针压	mN	≤30	非接触式
9	动态范围	dB	—	>90
10	总谐波失真	%	—	<0.01
11	声道间相移		—	<3°

注: (1)模拟唱机指标为 GB2354 中 B 类。

(2)CD 唱机指标为中低档机。

1.3 CD 唱机的新技术、新特点

自 1982 年 10 月飞利浦公司与索尼公司合作研制成功商品化 CD 唱机以来,从 1983 年 3 月起,CD 系统首先投放到欧美市场。作为首批 CD 唱机,分别是飞利浦的 CD-100、索尼的 CDP-301。它们是第一代的 14 比特唱机,取样频率为 44.1kHz。随后 CD 技术获得更大的发展,继 14 比特 CD 唱机之后,日本推出了 16 比特的 CD 唱机。1986 年飞利浦随即推出了 16 比特激光唱盘,1987 年日本又推出了 18 比特的 4 倍取样 CD 机。1988 年,金嗓子公司新的 CD 唱机系统采用了 20 比特 D/A 转换器。金嗓子推出的新一代 DC80L 激光唱机以及 DC81L 数码处理系统,创造了频率失真 0.0005% 的新里程碑,频响为 20~20000Hz。D/A 转换采用独立电源,准确度比一般 16 比特的高出 16 倍之多,加上各种优良设计,滤波器工作范围远远超越了可听频率,达到了最佳线性相位响应,可检测到微不足道的弱音信息。机壳采用防震合金压铸而成,重达 15kg,因此,有 CD 愈重,级别越高之说。

1989 年,日本推出了 32 比特激光唱机。年底索尼公司宣布制造出了 45 比特唱机,各种指标又有新的突破。而同期以飞利浦为代表的西方厂家一直沿用 16 比特唱机,在采样频率上,由 2 倍频发展到 4 倍频,他们把精力花在提高误差校正电路的精度和 D/A 转换器的质量、精度上。因此,同期的东西方 CD 产品的音质不分上下。

进入 90 年代,CD 技术发展更新、更快。一是朝 CD 的多功能,多用途发展,二是朝高音质、高性能发展。主要有:

1. CD-ROM(CD-Read Only Memory)CD 只读存储器。应用在计算机上,对数据库和软件数据的存储。存储量为 680Mb,其数据格式能兼容 CD 音乐格式。

2. CD-I(CD-Interactive)互动式光碟或称交互会式 CD。

CD-I 是 CD-ROM 的一种应用格式,它除可读取音乐和数据外,还可以即时读取声音、图象、文本文件及数据等称为交互格式的各种信息,即人们常说的多媒体。

3. CD-G(CD-Graphics)静止图象 CD。利用 CD 碟片上的大约 20 字节的存储空间,存放

一些静止的彩色图象,文字或其它形式的资料。带有 CD-G 功能的 CD 唱机,可与彩电相连,在放音乐的同时,会有静止的彩色画面图象呈现。CD-G 适合于卡拉 OK 演唱。

4. CD-V (CD-Video) 连续画面图象。在 CD-V 碟片上,数字音轨有 5 分钟的活动的 NTSC/PAL 视频图象和 20 分钟的声音信号,只有在专用的 CD-V 唱机上才可以播放 CD-V 盘上的图象信号。

另外, CDEG—扩展图示 CD, CD-I PMV, 全活动图象 (Pull Motion Nideo)

5. CD-R (CD-Recordable) 可录 CD, 包括 CD-MO 可录可消的磁光碟 (CD-Magneto Optical), CD-WO 只录一次 CD 碟 (CD-Writeonce)。

6. PHSTO-CD, 照片 CD, 采用数字图象处理技术, 将照片和电影画面存在 CD 上, 可通过计算机或 CD-I 播放机将画面打印或用电视机放出。

7. Video-CD, 数字式全活动视频图象。简称 VCD, 这是 CD 发展的最新技术。

由松下、JVC、飞利浦、索尼四公司确定的 MPEG-I 技术实现的全活动数字图象的播放规格而推出的相应产品 Video-CD 具有同步的音频及全屏幕活动图象, 在 12cm 小型碟片上, 录入了可供播放 74 分钟的活动图象 (如电影) 及相当于 CD 的声音质量。Video-CD 代表了当今 CD 发展的最高水平。Video-CD 影象清晰, 声音高保真, 且易保存, 永不磨损。目前, MPEG-I 版本 VCD 产品也已进入市场。一种图象更清晰, 性能更优越的高科技产品 DVD 也已问世, 开创了音视产品的新天地。

在 CD 的新技术应用方面, 除了拓展 CD 的用途外, 能体现 CD 产品水平的重要标志则是 CD 音响的音质效果, 这是 CD 发展的目标之一。因此, 各 CD 开拓者们均致力于 CD 音质水平的提高。影响 CD 音质的因数, 表现在电路结构上, 即为所用的数模转换技术, 即 DAC 技术。近年来主要有:

1. 超取样数字滤波器技术

一般为消除高频分量的, 分布于取样频率 f_s 和整数倍取样频率 f_s 周围的数/模转换过程中产生的量化噪声, 采用具有锐截止频率的低通滤波器予以切除。但带来的负向问题是会产生相位失真, 导致音质恶化。因此, 在信号进入数/模转换前的数字滤波器阶段加入白噪声进行量化, 以消除量化噪声和声音信号的相关性, 从而降低数字滤波器内部产生的再量化噪声, 这亦是被称为超取样数字滤波器技术。

在数/模转换器的前端放置一个超取样数字滤波器, 可以消除整数倍取样频率 ($n f_s$) 的噪声分量, 并使量化噪声移向高频区, 从而提高了数字音频信号的音质。索尼的 CDP-777BSA CD 唱机亦是采用了此项技术。

2. 多比特技术

数字滤波器的使用, 虽然降低了滤波器的负效应, 但也产生了 round-up-error (修正误差), 从而使 DAC 的信噪比受到了损坏。改善信噪比的有效办法是增加数字滤波器中的比特数, 即多比特技术, 如美国的 ADOCOM 公司的 GCD-600 多碟式激光唱机, 它的每个声道各用了 16bit 的 D/A 转换器, 配合 176.4kHz 取样频率, 获得了准确平滑的模拟波形, 使声音更清晰。

3. 高比特技术

高比特技术的应用可以改善信噪比, 尤其是高频区的频率响应和失真明显优于普及机 (16 比特, 二倍超取样数字滤波器)。试机效果低音深厚, 高音清晰透明。高比特技术通过同时增加取样频率 f_s 和比特数以协同产生作用。一般 18 比特 4 倍取样频率, 22 比特 8 倍取样频率等。

如日本雅马哈公司的 CDV-2000 唱机,采用 18 比特 8 倍超取样数字滤波器,以 352.8kHz 的取样频率工作,因此,高频数字取样噪声远离音频带,后级只要简单的模拟 LPF 亦能完成滤波要求,对音频信号的保真度影响不大,同时大幅度降低了谐波失真,同时,采用了高比特数字音量控制,动态范围达 120dB,精度为 0.4dB/级。

4.1 比特 DAC 技术

随着 CD 唱机技术的发展,对于数/模转换电路,出现了一种崭新思想,即采用 1 比特 DAC 技术。它一反以往为追求高性能而不断增加量化比特的倾向,大刀阔斧,依靠噪声整形技术为支柱,引入模拟电路中广泛采用的负反馈技术,可靠地把高比特数字信号转换成通带量化噪声的低比特或 1 比特信号,在此基础上进行无交越失真的 1 比特数/模转换,从而获得了较高的电声性能。1 比特 DAC 可以大幅度减少 D/A 转换的误差,增强微小信号的再生能力。目前使用的 1 比特 DAC 可分成三种系统,日本 NTT 公司的 MASH 系统(多级噪声整形系统),荷兰飞利浦公司的比特流系统(bit stream system),以及日本 JVC 公司的 DD 转换器(数字直接转换器)。

MASH 系统,采用多级噪声整形电路,将量化噪声的交互失真分量通过数字正向传送到原来的信号上,以去除量化噪声,从而使信噪比得到改善,日本 Technics 公司的 SL-P900CD 唱机采用了 MASH 系统。

比特流系统,在提高 CD 音质水平上,飞利浦公司认为没有必要采用超过 16 比特的 DAC,但却对超取样倍数则倾注了大量的精力。由飞利浦开发推出的一种称之为位流(bit-stream)新技术,堪称逻辑上的革命,采用一位 DAC,256 倍超取样,取样频率达 11.28MHz,可提供 17 比特的字,1 比特的量化器可以将每个信号取样 17 比特减少到 1 比特,最终的舍入误差反馈到量化器的输入端,它的校正作用减少了量化噪声,使得音频范围内量化噪声很小。采用比特流系统的 DAC,其过零失真,线性失真,较前有根本的改变,总谐波失真及噪声电平减至 -115dB 以下。英国 Mission 公司推出的 DAD5 型唱机,采用了飞利浦公司的比特流系统,1 比特 DAC 芯片 SAA7320,其音质比多比特 DAC 方式更出色。

DD 转换器,日本 JVC 公司研制的 DD 转换器是一个 4 级噪声电路中的一种 1 比特 DAC。DD 转换器由 PEM(脉冲边沿调制)系统 DAC 构成,有别于飞利浦的脉冲密度调制(PDM)。JVC 的 XC 系列 CD 唱机多采用该项技术其它的还有索尼公司的 PLM-脉冲长度调制一位 DAC 技术和高位脉冲序列变换器等。虽各具特色,但基本思路是一致的,即把从数字滤波器输出的超取样信号,经噪声整形处理后,变为密度或长度受调制的脉冲串,然后再由 DAC 电路还原成声音。

此外,许多 CD 唱机中还采用了级间光耦合,分隔电源,专用机架及光/数字输出等技术。前三种功能是为了防止唱机各部分线路之间的相互影响和干扰,光/数字输出则是用光的形式而不是用电的形式传输数字信号,用以防止交流声或其它电气噪声形成的信号干扰。运用这些技术的目的,是为了最大限度提高 CD 唱机的重放性能,获取高保真的声频效果。

§ 2 CD 记录信号的形式

2.1 CD 唱片

CD 唱片是一张银光闪闪的,直径 8cm 或 12cm,厚 1.2mm 的一张圆片,唱片材料为聚碳酸脂透明塑料,信息面镀有铝反射层,并涂有保护膜加以保护,还印有唱片内容说明以及制造时的记录标式。CD 唱片制造要经过录音、合成、制片三个处理阶段。根据每个阶段所采用的技术手段不同,可分为模拟(A)技术还是数字(D)技术。因此可把唱片制造过程分成四种类型:ADD,AAD,DAD,DDD,一般都在唱片上标出。比如 AAD 表示录音、合成都是在模拟状态下进行,只是在制片时才将其转变为数字信号。而 DDD 则说明唱片上的节目,从录音、合成到制片,都是在数字状态下进行的。一片标准的 12cm CD 唱片,可以记录 74 分钟的节目。当然,不管节目的前期制作采用何种形式,CD 碟片上记录的都是数字信号。

数字信号以坑的形式刻制在厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 的铝反射层上。信号坑的宽度为 $0.5\mu\text{m}$,长度为 $0.8\sim 3.56\mu\text{m}$,分别对应 $3T\sim 11T$ 信号周期,深为 $0.11\mu\text{m}$ 的一个个凹坑,当然,从重放角度来看,这些坑都是凸起的,沿着相距 $1.6\mu\text{m}$ 中心距的螺旋形轨迹排列。每张唱片大约有 2 万条(圈)轨迹, $6\sim 7\times 10^9$ 个坑,而直径 30cm 的 LP 唱片,仅有 1000 条信号槽,每条信号槽平均宽度为 $100\mu\text{m}$ 。

聚碳酸脂透明圆片的折射率为 1.5,这层透明层也被用作光学系统的一部分,以便使激光束聚焦到坑上。CD 唱片的结构见图 1-2-1 所示。图 1-2-1(a)是唱片结构尺寸,图 1-2-1(b)是激光束与 CD 碟片的位置关系,图 1-2-1(c)是记录在碟片上的信号坑的位置排列示意,图 1-2-1(d)是坑群的螺旋形轨迹排列。

2.2 模拟—数字变换(ADC)的基本原理

前面谈到,数字信号以坑的形式记录在 CD 碟片上,那末,我们平常所熟悉的模拟信号是怎样变成数字信号的呢?模拟量转换为数字量,通常分为四个阶段,即取样、保持、量化和编码。下面我们分别予以介绍其基本的工作原理。

2.2.1 取样定理

所谓取样,是将一个时间上连续变化的模拟量,按一定的时间间隔切取,转换为时间上断续变化的离散的模拟量。或者说,取样是把一个时间上连续变化的模拟量,转化为一串脉冲,这些脉冲间隔相等,幅度与时间模拟量相等。取样过程如图 1-2-2 所示。

图 1-2-2 中, $S(t)$ 取样信号为周期性脉冲,即开关信号,电路上用它来控制开关。 $S(t)$ 的傅利叶级数展开形式为:

$$S(t) = \frac{\tau}{T_s} + \frac{2\tau}{T_s} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_s \psi_z)}{n\omega_s \tau/2} \cos n\omega_s t$$

设输入信号 $x(t)$ 为单一频率 ω_0 的信号,则有:

$$x(t) = A \cos \omega_0 t$$

那末,输出信号 $y(t)$ 为:

$$y(t) = x(t) \cdot s(t)$$

化简后得到: