

VIDEOCD 激光视盘播放机

原理、改制和维修

虎永存 编著



西南交通大学出版社

VIDEO CD 激光视盘播放机 原理、改制和维修

虎永存 编著

西南交通大学出版社

内 容 简 介

VIDEO CD 激光视盘是继数字音频小型激光唱盘 CD 之后发展起来的新技术,它利用 MPEG 压缩编码技术,将 74 分钟的活动影视和声音储存在 12 厘米光盘上,开创了家用影视媒体的新纪元,具有广阔的应用前景。

本书通俗讲解 MPEG 压缩编码技术,介绍 VCD 播放机的基本构造原理及将 CD 唱机改为 VCD 机的方法。详尽剖析美国 CL440 解码集成电路的内部构造、端子功能、接口和寄存器、微码和宏指令。联系实际线路详细分析了 MPEG 解码板和韩国、日本进口及国产 VCD 播放机的各种电路和结构原理、功能、性能和故障检修方法。附录收集了国产、进口多个机种的电路图、印制版图,常用 IC 内部图,电气参数和波形。本书是 VCD 播放机销售、维修、生产、设计人员和电子爱好者适用的新颖实用资料。

VIDEO CD 激光视盘播放机 原理、改制和维修

西南交通大学出版社出版发行
(成都 二环路北一段 610031)
郫县印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.125 插图: 10 印张

字数: 443 千字 印数: 1—4000 册

1996 年 11 月第 1 版 1996 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—865—X/T · 156

定价: 48.00 元

前 言

VIDEO CD 视频激光小型唱盘是在数字音频激光唱盘 CD-DA 的基础上发展起来的一项新技术,它能在 CD 同样大的 12 厘米光碟之上,运用 MPEG 图像和声音压缩技术,存储 74 分钟的活动影像和立体声伴音,开创了家用影视媒体的新纪元,并将拓展广阔的应用前景。1994 年进入市场后,立即以其高信噪比的图像和不亚于 CD 质量的立体声伴音以及廉价的优势受到广大消费者的欢迎,迅速成为家电市场的热门产品。

由于 VCD 在信息存储和读取上采用了与 CD-DA 相同的方法和数据格式,仅在压缩编码上采用了 MPEG 技术,因而在原有 CD 唱机上加装一块 MPEG 解压缩电路板就可以使 CD 唱机改造扩展为 VCD、CD 播放两用机,而使我国拥有量近千万台的 CD 唱机赋予了新的生机,在电子爱好者中掀起了改装的热潮,使广大的爱好者和家电维修工作者对 MPEG 图像和声音压缩技术产生了强烈的求知欲望,迫切希望了解 VIDEO CD 播放机的基本知识:如 MPEG 声像压缩技术的基本原理,VCD 播放机与 CD 唱机有何差别和共同点,如何将 CD 机改装成为 VCD 播放机,它的关键部件的工作原理、性能和使用方法,成品 VCD 播放机的电路、结构、维修方法。本书的任务就是针对这些问题进行分章说明和分析。

本书共分八章:第一章至第五章介绍了 VCD 的由来和发展;由 CD 到 VCD 发展其工作方式的相同点和差别;VCD 播放机的结构和工作过程;MPEG 图像和声音的编码和解码原理,以便对 VCD 从原理到结构和工作有一个初步的了解。在此基础上介绍了将 CD 唱机改制为 VCD 播放机的具体方法和措施。第一章至第五章以通俗易懂的物理概念,既兼顾了 CD 机的必要基础知识又讲述了 VCD 机的基本原理和改制方法,主要满足广大电子爱好者的需要,篇幅约占全书的 1/4。这一部分曾应《实用电子文摘》月刊的要求,以分章形式逐期刊载发表。本书定稿时又对其中一些内容进行了修改和补充。从本书第六章开始详细地分析了世界主要 MPEG 解压缩电路的核心部件——CL480 集成电路芯片的结构、性能、工作原理及使用方法,包括内部结构,各接口功能和信号联接,每个寄存器的结构和设置方法以及对整机性能和工作状态的影响,CL480 的微码和宏指令,引用 CL480 技术的最新资料;第七章是对解码板和市场较多的韩国、日本几个典型进口机种的电路工作原理分析;第八章为故障检修方法。与第一章至第五章相比,这部分技术专业性强,适合资深的电子爱好者钻研提高和生产、维修、开发设计人员阅读参考,为了加深对 MPEG 技术的了解,本书搜集了 VCD 播放机常用解码及其他集成电路资料、VCD 解压缩板电路、多种韩国、日本主要进口 VCD 播放机电路、印制版图及维修手册内容作为附录,供学习和使用维修参考。

MPEG—1 标准是 1993 年 8 月批准公布,1994 年 7 月修订完成,VIDEO CD 播放机产品推出市场还不到三年,虽然倍受人们欢迎,但毕竟尚处于产品成长初期,普及率还不高,国内各厂家均处于开发研制过程,技术资料尚不完整成熟而且很少公开,维修实践经验更少,所以本书所依据的资料多是国外的。MPEG 是一项刚开发和正在发展的新技术,其范围涵盖计算机、

数字技术、数字通讯及影视音响技术多个领域,我国的 VIDEO CD 国家标准也尚在制订之中,因此在技术原理的领会理解和术语译法上都存在探索和商榷的必要。要出版一本资料完整,技术诠释准确,实践经验丰富的 VIDEO CD 技术书籍还只能是今后的任务。本书编写中深感力难胜任,错误和不当之处恳请国内专家同行及广大读者批评指正。

本书在资料搜集,技术领会和写作编印过程中,得到深圳先科激光电视公司总工程师黄亚先先生,成都先创电器技术研究所周全才所长,深圳达声音响公司工程部许腾部长等众多方面友好的支持帮助与鼓励,在此深表感谢。

编写过程中,尤其在英文资料翻译方面得到华崇良老师的指导和杨富芳老师的帮助,特此致谢。

本书在介绍 CD 唱机的基本原理时,引用了刘宪坤先生编写的《数字音响技术》一书中的部分插图,特此声明并致谢意。

虎永存

1996年5月于成都

目 录

第一章 VIDEO CD 的由来和发展	1
1.1 VIDEO CD 是音乐 CD 的继承和发展	1
1.2 图像和声音压缩技术是 VCD 的灵魂	2
1.3 DVD 是 VCD 的换代产品	3
第二章 VCD 的工作方式	5
2.1 影视光碟 LD 的记录方式	5
2.2 CD-DA 的工作方式	6
2.3 CDG 静止图像音乐光碟的工作方式	11
2.4 VCD 的工作方式	12
第三章 VCD 播放机的组成结构和工作过程	14
3.1 VCD 播放机的组成和结构	14
3.2 VCD 播放机的工作过程和各部作用	15
3.2.1 光盘识读、驱动伺服工作过程	15
3.2.2 信号处理工作过程	17
3.2.3 MPEG—1 解压缩工作过程	22
第四章 VCD 图像和伴音的编码和解码原理	25
4.1 图像压缩的方法	25
4.1.1 将彩色图像的 R、G、B 制变为 Y、C 制	25
4.1.2 采用帧间压缩技术	26
4.1.3 采用帧内压缩技术	27
4.2 图像的压缩编码与解码	31
4.2.1 编码过程	31
4.2.2 解码过程	34
4.3 伴音的编码和解码	35
4.4 MPEG—1 图像与声音的同步	37
4.5 MPEG—1 编码格式及内容	40
第五章 CD 唱机改制为 VCD 播放机的方法	47
5.1 CD 唱机改制为 VCD 机的组成和联线	47
5.2 将 CD 改制为 VCD 的准备工作	48
5.3 改制的具体步骤	50
5.4 改制后的调整改进	56

5.5	关于飞利浦 CD 机芯的改制	58
5.6	CD 机的单线改制法	61
第六章	CL480 的结构和工作	64
6.1	CL480 的特点和功能	64
6.1.1	CL480 的特点	64
6.1.2	CL480 的组成结构	66
6.1.3	RISC CPU 的结构	67
6.1.4	共用解压处理部件	69
6.2	CL480 的电气与物理参数和各端子功能	69
6.2.1	CL480 的封装及端子功能	69
6.2.2	CL480 的电气参数	74
6.2.3	CL480 的交流定时特性	75
6.3	CL480 的对外信号联接	81
6.3.1	CL480 各端子信号分类	81
6.3.2	CL480 各接口的信号联接	82
6.4	CL480 各接口的功能	87
6.4.1	CD 接口功能	87
6.4.2	音频接口功能	90
6.4.3	视频显示接口功能	92
6.4.4	DRAM/ROM 接口功能	93
6.4.5	主总线接口功能	97
6.5	CL480 的寄存器	101
6.5.1	CL480 寄存器的种类	101
6.5.2	CL480 各寄存器的结构与功能	103
6.6	CL480 的微码	113
6.6.1	微码概述	113
6.6.2	微码的装载过程	113
6.6.3	微码与 CL480 的各项工作过程	115
6.6.4	CL480 与外界的通讯——中断方式	117
6.7	CL480 的宏指令	118
6.7.1	宏指令的分类	118
6.7.2	宏指令的执行过程	120
6.7.3	CL480 DRAM 存储区位和内容	121
6.7.4	CL480 宏指令群介绍	124
第七章	VCD 播放机的机型分类和电路功能、性能分析	135
7.1	我国市场 VCD 播放机的发展现状与机型分类	135
7.2	拼装型 VCD 播放机的电路分析	136
7.2.1	CL480 解码板电路分析	137

7.2.2	数字—模拟转换电路	138
7.2.3	电视制式编码器	141
7.3	拼装机的功能分析和升级方法	144
7.3.1	拼装机播放功能存在的问题	144
7.3.2	拼装机功能弱点的电路原因	146
7.3.3	拼装机的功能改进和升级	149
7.4	系统设计型 VCD 播放机的电路分析	150
7.4.1	单片解码式系统设计机典型电路分析——韩国三星 DVC—650 型机电路介绍	151
7.4.2	多片解码式系统设计机典型电路分析——日本索尼 VCP—C1 型机电路介绍	168
7.4.3	多片解码式系统设计机的功能分析	191
第八章	VCD 播放机的故障检修	197
8.1	概 述	197
8.1.1	VCD 播放机的构造和维修特点	197
8.1.2	VCD 播放机故障判断与检修的方法和原则	198
8.1.3	VCD 播放机故障部位总体判断	200
8.2	拼装机的故障检修	201
8.2.1	拼装机 CD 部分故障检修	201
8.2.2	拼装机 VCD 解码板的检修	203
8.3	单片解码式系统设计机 DVC—650 的故障检修	207
8.3.1	DVC—650 型机 CD 部分的故障检修流程	207
8.3.2	DVC—650 型机无图像故障的检修流程	208
8.3.3	DVC—650 型机无声音故障的检修流程	210
8.3.4	“消声”电路不工作故障检修流程	212
8.3.5	声控转换不工作的检修	213
8.3.6	萤光显示板(FLT)的故障检修流程	213
8.3.7	电源部分故障检修流程	214
8.4	多片解码式系统设计机 VCP—C1 的故障检修	215
8.4.1	VCP—C1 型机的故障部位划分	215
8.4.2	VCP—C1 型机的故障检修	215
附录一	CL480 解码板电路图一例(见插图 F1.1)	
附录二	韩国三星 DVC—650 型 VCD 播放机维修手册	222
附录三	深圳银跃电子公司 SVD—100 型 VCD 播放机电路图	242
附录四	日本索尼 VCP—C1 型 VCD 播放机维修手册	243
附录五	韩国三星 DV4500V/DV5500KV 型 VCD 播放机电路及检修流程	275
附录六	日本索尼 VCP—K10 型 VCD 播放机维修手册(摘)	279
参考文献		282

第一章 VIDEO CD 的由来和发展

1.1 VIDEO CD 是音乐 CD 的承继和发展

VIDEO CD 即视频小型光碟是在数字式音乐光碟的基础上逐步发展起来的。

1980 年 6 月飞利浦和索尼公司在日本召开的数字录音技术座谈会上首次提出了光学方式读取的 CD 方案。1982 年 10 月即在国际音响博览会上展出联合开发的数字式 CD 机,同时向国际电工委员会提交此方案,这就是 CD-DA(Digital Audio)数码音频小型光碟标准。由于建议书的封面是红色的,故俗称为“红皮书”(Red Book)。自此,数字音乐光碟开始在世界流行起来,成为高音质高密度记录载体的主流。

1983 年 10 月,国际标准化组织决定了使用光盘形式存储数据的 CD ROM 标准。光盘既可存储数字音乐和计算机数据,理当也可存储图像,于是飞利浦研制出的 CD GRAPHICS(静画 CD)应是意料中之事。

CD GRAPHICS 即静止图像 CD,简称 CDG,它是在音乐 CD 的基础上增加了图像功能,但只是照片式的静止图像。它完全采用了红皮书规定的 CD 数字存储格式,即运用数字方式将静止图像存储在光碟上,而将数据置于 CD 数字编码的 8 个子码的 6 个子码中,用于产生图像。使每张 CDG 碟片中可容纳 1500~2000 幅文字和图像。播放时再利用微处理器读出 6 个子码中的图像数字信息,利用专设的解码板解出视频,再编成电视制式图像,这样在重放时除音乐外,也可在电视屏幕上看到静止的图像和字幕。

由音乐 CD 演变为 CDG 是小型光碟向视频光碟前进途中的一大步跨越,但是 1500~2000 幅图片若用作存储活动影片,则仅够 $2000 \div 50 = 40$ 秒。这是远远不够的,所以 CDG 只能用于简易的卡拉 OK,推广极为缓慢,约 1993 年在中国市场出现。

在此期间,为克服磁带录相机的缺点(易磨损和存放变形),飞利浦和日本各大公司均利用光碟存储的优势,采用与录相机类同的模拟式调制方式,制作出视频影碟即 LD。LD 的清晰度很高,达 500~800 TVL(电视行),是磁带磁头方式所不可能作到的,很受专业界和用户欢迎,至今仍为很好的节目存储载体。但模拟存储方式信息量极大,30 cm 的大碟片只能存放 60 分钟电影,一部影片需要两张才行,携带保存均不方便,人们仍未放弃在 12 cm 光碟上存储活动影像的追求。

1987 年 2 月飞利浦首次推出带活动图像的 CD,称为 CDV,它具有长达 6 分钟的活动图像和伴音,但 CDV 是以模拟方式录制的,仅为 LD 的缩小版而已。同年美国 RCA 公司也推出 DVI(Digital Video Interactive,数字视频互动光碟)。

1988 年飞利浦发表了 CDI 即互动式光碟的标准建议书,其封面为绿色,故称为“绿皮书”(Green Book)。CDI 将音乐 CD 与互动式游戏画面溶合在一起,这是数字音乐与数字式图像同处一碟的开始。至此开始了 VIDEO CD 的雏形。

1.2 图像和声音压缩技术是 VCD 的灵魂

由上述 1980~1988 年的发展历程,可以看出飞利浦和索尼公司一直把光碟技术作为主攻方向,似乎 VIDEO CD 理当是他们的发明才对,可是死盯在光碟技术上的两大公司并没有解决数码动态影视的关键,即数字式图像压缩存储技术,因而 1983 年至 1988 年间的动态图像光碟进展迟缓,徘徊不前。

“他山之石,可以攻玉”,妨碍 CD 影视光碟诞生的技术难题,却由三位华裔学者从另一个领域解决了。当时在另一条战线上致力于可视电话方案的研究工作的孙燕生、陈文成和王继行三位美籍华人博士,正努力解决如何在只有 3 千赫带宽的电话线路上,传输活动图像的技术,这个小组是国际通信标准组织的所谓“动画专家组”(Motion Picture Experts Group)简称 MPEG。在 1988 年即初创了 MPEG ISO 标准的 RELEASE 规格,初步解决了活动图像的信息冗余压缩方案。这一方案的实质是从信息本质上深入研究了活动影视图像,发现数帧活动图像中,基本的要素并没有变化(如背景和人物)只是各帧之间的相对位置不同。从信息角度来观察,各帧间的主要信息是重复的(冗余),如果只在场景转换时对首先出现的一帧传输较细的图像(主要信息),后续的各帧只传送其变化的差异,利用原存储图像和变化值就可重现以后各帧,这就可以大大减少传输的信息量,甚至在一串连续的运动过程(例如包含 9 帧),则只需传送 1、4、7 三帧,即可通过前后的图像数据和运动速度,计算出 2、3、5、6、8、9 的图像。这样就至少把图像的信息压缩到原来的 1/3,称为“减少帧间信息冗余”技术。其实,不仅帧间存在信息冗余,每帧内也存在极大的信息冗余。因为一帧图像中并不是所有的地方都是线条很清晰的,往往是主体事物清晰,背景模糊;人物面部清晰,其他模糊。如果把图像分为许多单元,对于清晰度高的单元和模糊的部分分别用不同的码率来传送也可以减少信息量,这称为减少帧内冗余。这样传输的信息量即被压缩了几十倍。对于运动得越快的图像,本身既模糊,各帧变化又大,就可以仅传输运动过程中的少数帧,而用计算方法在重放时求出其他未传输的帧,观察者也是可以接受的。所以运动愈快的图像,压缩比可以愈大,甚至可压缩上百倍。

本来为可视电话通信而研制的运动图像压缩编码和解码方法,正好适应了影视光碟存储活动图像的需要,因此立即被移植过来。

1989 年飞利浦将 CDI 与动画压缩技术结合,推出了 FMV(全动态影视),开始将图像压缩技术与小型光碟结合。1992 年 10 月正式行销,但由于运用于 CDI 机上,用户不多,价格也贵,销路不好。1992~1993 年,喜欢卡拉 OK 的日本人开始运用图像光碟,JVC 公司擅长音响,研制了带有活动图像的音乐 CD,称为 KARAOKE CD。这是真正的 VIDEO CD 的首次亮相产品。

MPEG 小组的孙燕生博士已经看到了图像压缩技术真正的运用市场,于是先后修订了 MPEG 技术标准,说服了世界四大影音产品巨头,在 1993 年 6 月 29 日由飞利浦、索尼、JVC、松下四家公司正式协议统一认可了 VIDEO CD 的标准,VIDEO CD 终于算是正式诞生了。1993 年国际标准化组织(ISO)和电工委员会(IEC)正式批准和公布了 VIDEO CD 的标准,称为 ISO/IEC 11172—1 建议书,其年期号为 1993—08—01,这就是 MPEG—1 标准。该标准共分四个部分:part 1:为系统标准(systems);part 2:Video(视频);part 3:Audio(音频);Part 4:一致性测试。该标准共 300 多页,详细地规定了 VIDEO CD 的各种技术细节包括数据格式、运算公式、运行程序、各项规格参数,是 VCD 碟片和芯片制造生产的国际遵循准则。

1994年由上述四家公司联合修订发表了卡拉OK CD的标准,称为“白皮书”(White Book)第1.0版,即Karaoke CD Version 1.0。它针对卡拉OK CD的应用统一了有关标准。

如VIDEO CD的资料存储格式与CD相同,碟片转速、读取方法与CD-DA一致,具有相同的编目体制TOC(Table of Contents),每帧数据同为CD-DA的588 bit,一扇区为2352字节等等。它完整地反映了ISO/IEC11172—1标准规定,成为小型光碟应用MPEG—1标准记录图像的基本规范。

由于卡拉OK CD已存在活动图像记录技术,已经采用了MPEG—1标准,但它与影视记录尚存在一些少许差别(如歌曲分段查询等),这就是白皮书第1.1版(Video CD Version 1.1)。这两版的技术规格实质差别不大。仅在数据存放区位上作了调整,如规定第一轨(扇区)用于存放系统资料,按照ISO9660规定格式存储档案目录等技术细节,这就扩大了其应用范围,如应用于电影、教学和商品介绍等。

1994年7月又推出了白皮书第2.0版。2.0版同属于MPEG—1标准,但比1.1版增加了两项功能:一为互动性功能,即在数据的第一轨中增设了节目菜单(Menu),以便使用者选择、编辑播放顺序;另一为“高清晰度静止画”功能,即当显示静止图像时,充分利用存储器的作用,使静止画面清晰度增加1倍,由活动图像的分解力 $352(H) \times 240(V)$ 提高为 $704(H) \times 480(V)$,这是NTSC制,即帧频为29.97赫。对于PAL制(25赫),则由 352×288 提高到 704×576 ,以便提高静止画面清晰度。

至此VIDEO CD标准即暂告一段落,成为相对稳定的技术标准。

综上所述,VCD从绿皮书(CDI)到白皮书2.0版,经历了近6年的发展历程,和CD-DA技术交错补充成为今日的稳定形态,其间中国人对其形成做出了关键的贡献,所以国际上均认为MPEG技术是华人的发明,这是抹煞不了的功绩。至于MPEG—1标准到底是孙燕生博士还是陈文成或王继行博士创立的,我看没有必要在一个共同工作的小组中去区分谁先谁后,谁轻谁重。作为商品化的硬件推广,孙燕生博士建立了美国C-Cube(C立方体)公司,在全世界领先将MPEG技术的压缩活动图像解码方法固化在一块芯片上,成为1994年前世界唯一的图像解压缩芯片供应商的独占局面,又于1994年与中国合作,推出我国的VCD播放机,至今C-Cube公司出产的CL480芯片,仍是VCD生产厂家主要依托的核心器件,在MPEG技术的开发和普及推广实用化方面立下不朽功勋。

1995年2月26日到3月7日,陈文成和王继行博士访问中国,在北京与科学界专家座谈,我国中央报纸报导为:“数字图像压缩编码技术的奠基人陈文成博士和可编程图像压缩芯片的发明人王继行博士”,对两位华人科学家的功绩作了确切地论定。

MPEG小组的华人专家们作为炎黄子孙对世界电子技术的贡献将永垂青史。

1.3 DVD是VCD的换代产品

VCD的诞生是从1980年至1993年数字影音技术发展成果的总体现,是影视存储技术史上了不起的阶段成果。但是ISO/IEC11172—1建议书标题写得很明白:它只是“数字活动图像和声音,按照1.5 Mbit/s的码率在数字存储媒体上的信息记录编码技术标准”。也就是说,VCD是按每秒1.5 Mbit的速率记录,当然它的清晰度受到限制。从标准规定上看,它的清晰度为 $352(H) \times 240(V)$ NTSC制,或 $352(H) \times 288(V)$ PAL制。从效果上看水平分解力在300

线左右,仅相当于 VHS 录像磁带的水平,比广播电视(6 M,480 TVL)低,更远低于 LD(500~800 TVL)。这是很难令人满意的,仅因其图像信噪比较高,伴音与 CD 媲美,使看烦了翻录磁带的人耳目一新,但要人长期满足于此水平是不可能的,因此单靠 VCD 来取代 LD 是不行的,会有更高等级的视频小型光盘产品发展,这是技术和工业发展的规律。目前已有样机的是 DVD,即 Digital Video Disk 数码视频光碟,简称数码影碟,以便与 LD 模拟影碟相区别。

DVD 目前还无国际标准,它们的概念是:尺寸同于 VCD 为 12 cm 直径的光碟,采用比 MPEG—1 更高的 MPEG—2 压缩图像标准;一张碟可记录 135~142 分钟活动图像;画质高于目前广播电视水平。

最初出现的 DVD 样本有两种:一是飞利浦与索尼方案,采用双层记录,单面读取方式,使用调整焦点方法透过第一层来读取第二层,第一层反射膜的反射率较低,有一定的透过率;第二种是东芝、日立、松下等七个公司联合提出的,采用两张 0.6 mm 厚的光碟贴合成一张,需要翻面读取。之所以都采用两层记录是为了扩大记录信息量,使之达到 3.7~5 Gb,比 VCD 高 5~7.5 倍,以改善画质。提高纪录密度的措施,还采用较短波长的激光束(从 VCD 的 780 nm 变为 635 nm)和减少圆周和坑点间距等。

采用 MPEG—2 标准后,清晰度可达 720×480 TVL,比现行广播电视稍高。但图像压缩比降为 70:1 比 MPEG—1 压缩 200 倍约少一半,图像动画效应基本克服,主观视感自然流畅。

MPEG—2 具有可变模式,其传送清晰度可高于现行广播电视而接近高清晰电视,因此具有广阔的发展前景。

上述两大集团在 DVD 方案上的分歧,据 1995 年 9 月报载已经初步统一,使人大松一口气。统一标准可能不能全部反映每种方案的所有优点,但总比让消费者在两类不兼容产品之间摇摆好些。

技术可行性和市场期望目标的差异,始终是新产品开发的动力。DVD 也不会停滞,还会有更完美的事物有待进取,这也是永恒的规律。

第二章 VCD 的工作方式

从 VCD 的发展历程中,可以看出 VCD 技术是在模拟式光碟图像存储装置——影视光碟 LD 技术和数字式音乐光碟 CD-DA 两项技术的基础上产生的。也就是说它采用了 LD 的光碟记录媒体和 CD-DA 的数字记录技术。光碟加上数字图像记录方式就是 VCD 的基础,但是 CDG 也是 12 cm 小光碟加数字式静止图像记录技术,只要将静止图像技术改为压缩活动图像记录,就使 CDG 变为 VCD。因而相比之下 CDG 是 VCD 血缘更近的近亲。为了更清楚地了解它们的差别和联系,我们对 LD、CD、CDG 的工作方式作一简介和比较,以便了解 VCD 工作方式的特点。

2.1 影视光碟 LD 的记录方式

我们所熟悉的大影碟,采用了激光记录和读取技术,看起来似乎与 CD-DA 差不多,其实它只是激光记录技术与模拟调制技术的结合。在记录方式上影视光碟 LD 仍是采用了磁带录像机相同的调频制模拟记录方式,其情况示意如图 2.1。

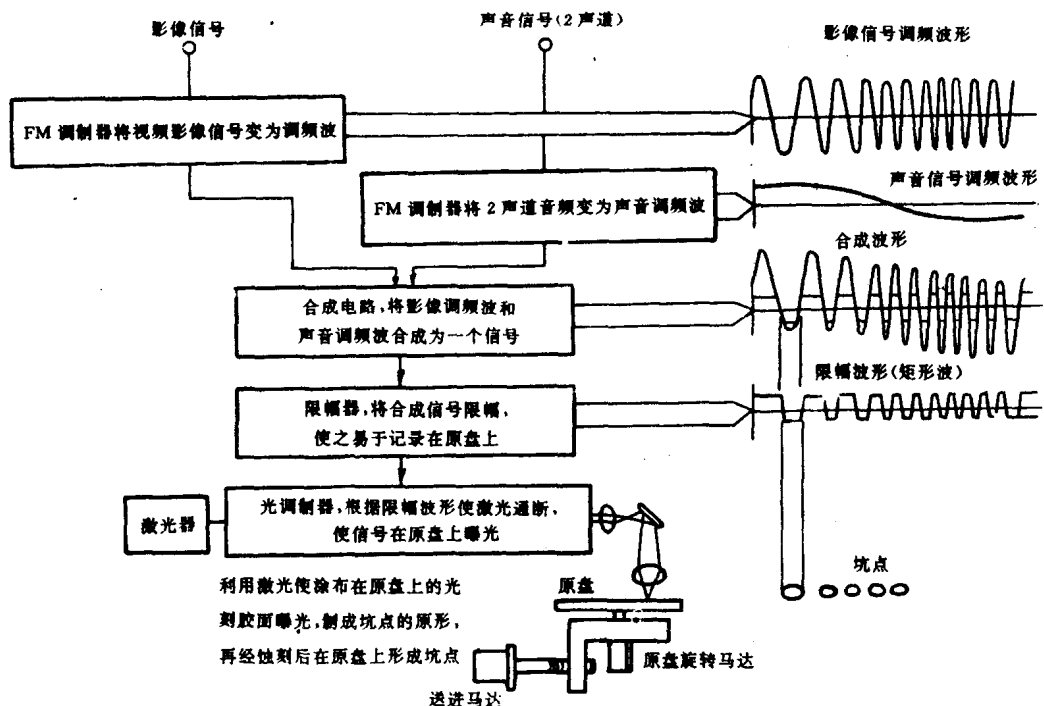


图 2.1 影视光碟 LD 的模拟记录方式

它将电视图像的视频信号按照电平的不同,用频率不同的正弦波来代表而成为调频信号。

视频信号中的最亮处(白电平)为 9.3 兆赫,而最暗处(黑电平)为 7.6 兆赫,图像信号连同调频波的边带成分全部包含在 3.6~13.8 兆赫的频率范围内(NTSC 制),而伴音处于较低的频率(2~3 兆赫)内。在调制记录之前,将图像信号与伴音信号合成在一起。由于这两种信号频率相差甚远,二者混合后其合成波形成为以较低频率的伴音调频波为中心而上下偏移的高频调频波信号。也就是图像信号的直流成分按照伴音信号波幅而变动,而图像信号的疏密代表原电视视频信号的亮度变化(LD 的图像和声音信号调制频谱见图 2.2)。

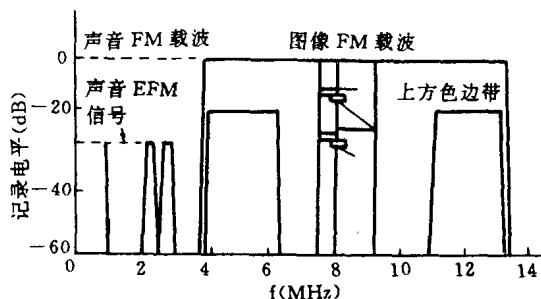


图 2.2 LD 的图像信号、声音信号的频谱

将合成信号限幅,而得到一系列矩形波,此波形的频率高低则代表视频亮度信号;而此波形正负半周的宽窄比例则代表伴音信号的波幅变化。将此波形加到激光调制器上,并在旋转的圆盘上以激光烧蚀的坑点形式记录,则制成 LD 的记录原盘。根据原盘加工成供用户使用的光碟保持了与原盘相同的信息。

在影碟重放时,激光束照在光盘上,根据坑点的不同长度的反射而得到与录制时相同的不同宽窄和疏密的正弦波。在影碟播放机中,解调电路将高频调频波进行鉴频则得到图像视频信号;而将高频信号滤波后即得到 2~3 兆赫的伴音调频信号,再进行鉴频则得出音频的节目伴音。

由上可见,LD 影碟的调制方式完全是与磁带录像机相同的调频模拟记录方法,它只不过是用频率的高低变化来模拟视频信号的电压变化,再用光盘坑点的疏密来记录,电视信号本身并没有经过加工,只是记录媒体由磁带变为光碟而已。所以 LD 影碟与磁带录像机只是记录媒体的变化而工作方式本质并没有变化。以相同工作方式的 CDV,只是在与 CD 相同的 12 cm 光碟上以模拟方式记录活动影视图像,由于记录媒体尺寸的减小,只能记录几分钟的影视节目,所以 CDV 并无生命力,至今也未普及。

2.2 CD-DA 的工作方式

如果说影视记录由 VHS 磁带录像变为 LD 的光碟录像只是记录媒体的变化,工作方式没有本质的变化,那么,音乐记录由磁带录音变为 CD-DA 的光碟录音,则发生了革命性的本质变化了。它的记录方式由磁带的模拟式变为光碟的数字式,使得整个记录手段以全新的面貌出现,录音的信噪比和保真度都发生了翻天覆地的革命。可是由于其普及速度太快,一般的商品使用者和电子爱好者都没有从原理上去深究便接受了这一强大生命力的新生事物,直到它的相同技术体系的姐妹产品 VIDEO CD 的出现,才使不少爱好者去探究它的工作原理,从而惊讶地发现:革命早已产生,我们已缺了好多基本课程!

模拟记录发展到数字记录,出现了许多本质的差别,让我们逐一概略地分析:

1. 信号体制的变化

磁带录音机是利用磁带上磁强和极性的变化直接记录模拟音频的变化;而 CD 光碟是记

录将音频电压经过取样和变换,变为以不同的二进制数码值代表的声音数据。上述情况可以用图 2.3 说明:图 2.3(a)为一段音频波,如果针对时间坐标将其幅度记录,即如图 2.3(b)表中数值情况。在每个相应的坐标点对其模拟波形进行量化,即用不同的二进制数码来代替模拟信号幅度,其数码值如图 2.3(c)。

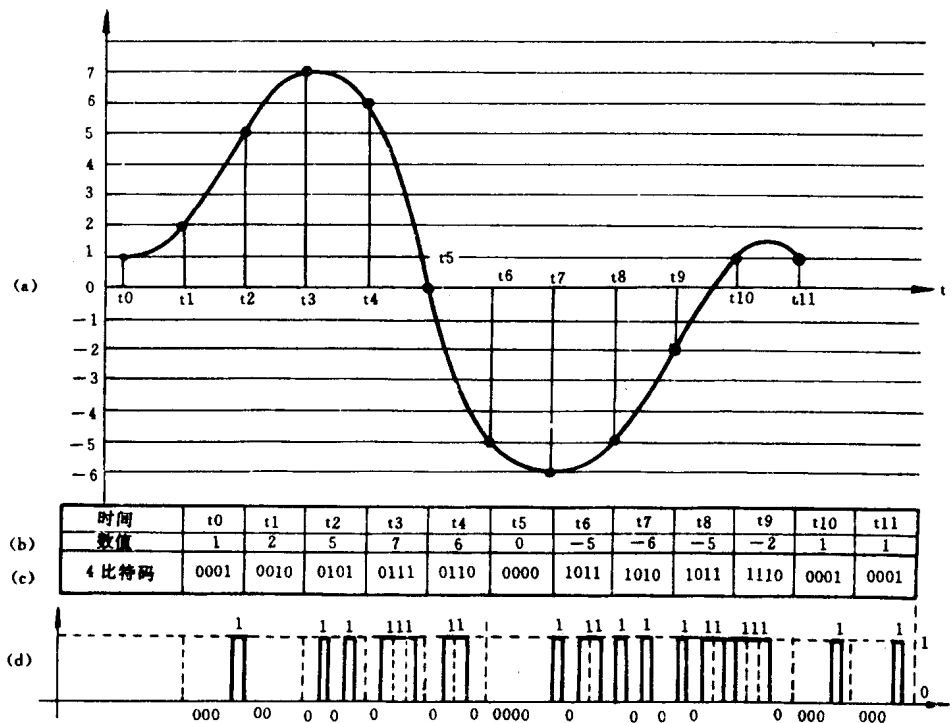


图 2.3 模拟波形的数码化

这种方法是用一连串二进制数码值反映模拟波形的变化。当然所谓数码值也是电压的变化,但这种电压变化只有两种状态,即高电平(1)和低电平(0),其本身幅度的高低(例如 1=3 V 或 1=5 V)已不能改变对应二进制数码的数值意义。这样图 2.3(a)的正弦波即变成图 2.3(d)所示的一连串脉冲信号,这串数码信号具有与正弦波相同的信息含量。由于把幅度不同的模拟信号已变成为数码值不同而脉冲幅度相同的数字信号,称为 PCM 信号,即 PULS CODE MODULATION 脉冲编码调制,简称脉码调制信号。

这样的调制方式产生了很多优点:首先任何外界干扰,如雷电、噪声、电源等的影响,仅只可能使脉冲幅度发生变化,而不能改变脉冲代表的数码值,只要能辨认出“0”和“1”,则任何干扰对数码信号都不起作用;其次,电路放大加工过程中的非线性因素只影响脉冲的高低,同样不能使数码值产生失真;再者,电路和传输、录放介质的快慢影响只能改变脉冲波的间隔时间,而此时间在重放时可以通过电子技术,如统一重放时的读出码速率而达到恢复规一化,因而电路的延迟和存储介质的变形或转速不稳都不能对数码值所代表的声音信号产生抖动或频差等失真。因此,由模拟制改为数字式录放后,使音乐质量在信噪比、保真度、抖动率指标上得到了极大的提高,使 CD 成为前所未有的高质量音乐记录媒体,这主要不是磁记录改为光记录,而是模拟记录改为数码记录的变化。

2. 变连续记录为帧编码记录

无论是磁带或是唱盘,都因是模拟方式而必须连续记录信号,而 CD 采用数码记录则信号从记录媒体上读出和重放可以不是连续方式。它可以快速地读出数码信号,迅速地存储在一个缓冲存储器中,然后按规定的标准码率,逐一均匀地读出重放,而不会产生间断和抖动,只要存入的总码率大于重放的码率就不会产生信号的间断。这就好比从井中打水,一桶一桶地倒进储水缸中(缓冲存储器),只要保证进水量能满足出水量要求,则从缸中放出的水总是连续稳定的。而利用这一间歇时间,打水者即可作一些别的事,如记录打水的次数,每桶水的时间、次序等等。从 CD 的数码信号的格式上看,即可将音乐信号分为许多段,每段用一定的位数作为音乐信号存储的单元,再在每段前加上次序序号、播放时间,以及其他工作信号如控制信号、同步信号、左右声道识别信号等。这样就构成了一个信号帧或称数据帧。这种方式就称为帧编码方式。

在重放时,CD 播放机中的微处理器即能针对数据帧中的不同位置,除了取出代表音乐的数据以外,还可分别取出同步信号(一种统一频率的脉冲,用于控制全机统一工作),以及指示该帧音乐的曲目顺序,时间数量,这样便于使用者选曲、编辑播放顺序,并能指示出每首歌曲的时间,以及在面板上产生其他指示(如曲目番号闪动等)。甚至利用数据帧的某些段落插入其他数字信号(如子码信息),这种帧编码方式,使数据帧可能具有多种信息含量,从而具有多种功能和应用前景。

3. 高保真的灵魂——纠错编码的应用

上面提到过由于采用数码记录方式,这种体制保证了外来干扰不致影响音乐信号的信噪比和保真度,但是还不能解决信号偶然丢失所产生的影响。而由于光盘制造的缺陷,媒体杂质和盘片污点、尘埃等均会产生某一处或多处读不出信号所带来的信号丢失现象。

对于模拟信号,当信号突然丢失时,相当于无信号(无声)不会造成其他损失和干扰。而对于数字信号,突然无信号相当于插入一个“0”而产生与周围信号完全不连续的新数码信号,从而产生强烈的脉冲噪声或刺耳尖叫,因此必须避免。更由于数字信号是以采样频率高速出现,即使错码率为 $1/10000$,则对每秒 44.1 千赫的采样频率,每隔 0.24 秒就出现一次尖叫,这就什么音乐也无法听了。除了信号丢失,错误的编码也会产生同样结果。在数字录放技术中为了纠正和消除误码采用了纠错编码技术,它不仅能防止缺码,而且能在重放时使已产生错误的编码纠正回来。

误码纠错的方法是将特别设定的一种编码按一定的比特数和某一特定规律加到音乐编码数据中一起记录,然后在重放时,检测这些设定码是否存在和保持原设定规律,即可得知重放信号是否误码和丢失。

纠错编码技术无论从数学理论上或实用方法上都是一项深度很高的专门技术,这里是无法讲明白的,所以只能通过粗浅的举例来简介。CD 中常用的一种纠错编码方法,称为交叉交织一里德·索罗门码(Cross Interleave Reed·Solomon Code),缩写为 CIRC。

CIRC 是为了对 CD 上的信号误码进行有效地检错和纠错而开发的一种编码方法,其工作情况很复杂,这里利用图 2.4 来说明其原理概况。

图 2.4 中第一排为需要记录的音乐数字信号。为简便直观,这里仍用 10 进制数字来代表二进制码。图 2.4(a)为原记录数据:12、1、3、5,在记录时作了交叉交织处理,并加上了为检错而添加的特殊数据,形成一个矩阵方块如图 2.4(b)。由此方块可见,新添加的数据使方块的横列和竖行三位相加之和都等于 20 这个固定的值。图 2.4(c)为数据交错后重新排列的记录顺

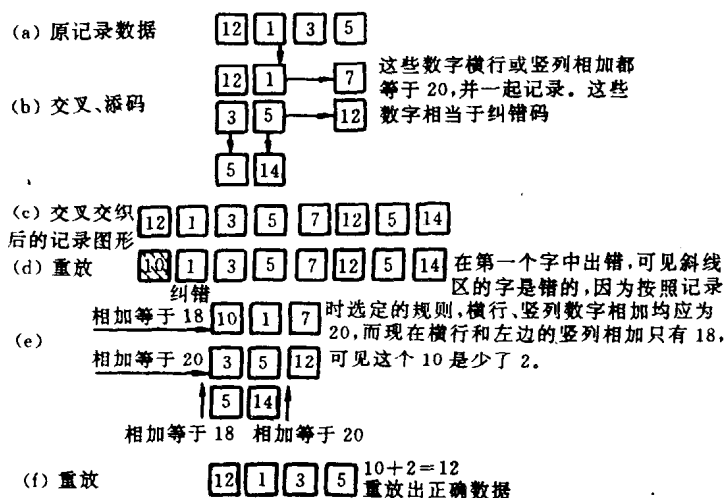


图 2.4 CIRC 原理示意图

序,按此记录到光盘上。由于光盘制造和重放时的各种误差,使得重放时所读出的数据出了差错,例如第一字节由 12 变成了 10,如图 2.4(d)。解码时在微处理器处理过程中重排成了交叉的矩阵方块如图 2.4(e)。此时经过横竖排列的计算,发现由于 12 变为 10 后,出错码位的各行列的和值都不再是 20 而成为 18 了,而未出错的码位的行列的和值仍是 20,于是可以找出差错位 10,并根据 20 的总和数值可知其差额是 $20 - 18 = 2$,将此 2 加到出错码位的 10 进行修正,则得到记录时的正确信号 12,重放纠错后的顺序信号如图 2.4(f),仍为 12、1、3、5,保证了记录信号的保真度,完成检错纠错任务。

上面所举的例子是对于记录 4 位信息的,当然,实际上记录音乐就远不只 4 位,但可将乐曲分为许多段,每段又分为许多组。CD 中通常每组为 12 字节(byte),一个字节为 8 位即 8 bit,虽然 12 字节由交叉交错所形成的矩阵会比上例要复杂得多,所以在每 12 字节数据之后,立即将纠错所需要的数据(如上例中行、列的总和,以及行、列所添加的 7、12、5、14 之类的数码和其他纠错信息)用 4 个字节来记录,和音乐数据一起记录传送,称为“CIRC”纠错码,以便在重放时据此进行检错和纠错计算。这样分段进行处理,就可简化纠错运算和电路,并保证及时纠错。

CIRC 纠错编码方法已形成规范的国际通用技术标准,因而在 CD 盘片录制时,已按此标准将音乐信号数据交叉交织排列编码录制;而在 CD 播放机中对光电读取的数据进行解码,利用微处理器按照规定的 CIRC 标准,重新将数据排列,并进行相应的计算检测和纠错,再将正确的数据检出存储在缓冲区中按规定的速率播放出来,我们听到的即是和录制时具有同样动态、同样高保真度、高信噪比、高声道分离度的优美立体声音乐,而无论这张盘片是否翻录多次,或是有划伤、指纹污迹,只要能放出音乐(能起始识读)其音乐质量就与原版录制时具有同等质量,这是多么了不起的技术啊!而这了不起的关键正在于数码录制方式和 CIRC 纠错编码技术。

综上所述,分析 CD 的工作方式,可以发现它与模拟式磁带录音或 LD 影视记录有三大不同特征:(1) 采用数码记录方式;(2) 非连续记录而采用分段的帧编码方式,一帧中除音乐数据外还有其他工作码;(3) 一帧中每个数据段后都加有 CIRC 纠错码,用于检错纠错。这样,我们对 CD 的编码方式有了基本概念,下面将 CD 一帧编码的数据格式作介绍,其情况如图 2.5。