

数字声频技术讲座

第二讲 CD 唱片系统

一、概 述

数字化的音响唱片 (DAD) 的基本录音和放音过程, 如图 1 所示。它是将数码印制在唱片上, 唱片的信号是一连串脉冲编码 (PCM) 信号, 亦即将普通的模拟音频信号进行编码。在重放时, 例如 CD 唱机则用激光照射唱片上的编码信号, 经反射至拾音器 (换能器) 将编码信号解码还原成模拟信号, 即可听到音乐信号。

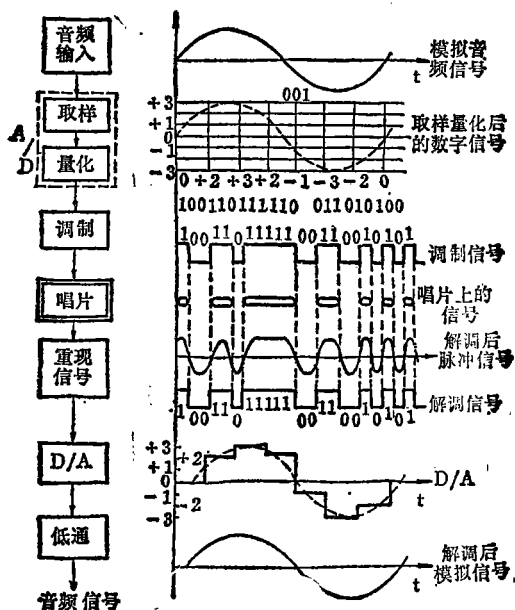


图 1 数字音响唱片的基本录放过程

在这里, 传输信道或传输媒介就是数字音响唱片。在唱片以前的录音过程是在生产厂家完成的, 在唱片以后的放音过程则由唱机系统实现。

数字音响唱片与现在模拟式的高级密纹

(LP) 唱片相比具有很大的优越性, 表 1 是 CD 方式的数字音响唱片与 LP 唱片的性能比较。

表 1 CD 方式的 DAD 唱片与 LP 唱片的比较

性能	CD 数字音响唱片	高级密纹唱片 (模拟式)
放音频响	20Hz~20KHz(±1dB)	30Hz~20KHz(±3dB)
动态范围	90dB 以上	约 60dB
信噪比	90dB 以上	约 60dB
失真度	0.05% 以下 (目标 0.01%)	1~2%
分离度	90dB 以上	30~40dB
抖晃率	小到几乎无法检测 (或由晶体精度确定)	0.03% W_{rms}
演唱时间	约 1 小时 (最长 75 分钟)	20~25 分钟
寿命	唱盘	半永久性
	唱针	5 千小时以上 (半导体激光)
操作	已经电子控制	针压需调整
维修保养	耐刮伤、尘埃影响	噪声因刮伤、尘埃而增大

在数字音响唱片的开发中, 主要有三种方式, 即使用光学 (激光) 方法的小型唱片 (即 CD—Compact Disc); 使用静电方法的高密度唱片 (AHD—Audio High Density Disc); 使用压电 (机械) 方法的微型唱片 (MD—Mini Disc), 如表 2 所示。MD 方式尚无商品。AHD 唱片是由视频高密度唱片 (VHD) 发展而来, 因此可与 VHD 共用一个唱机。CD 方式最为完善, 近来获得迅猛发展, 本文着重介绍这种方式。

二、CD 唱片和唱机系统

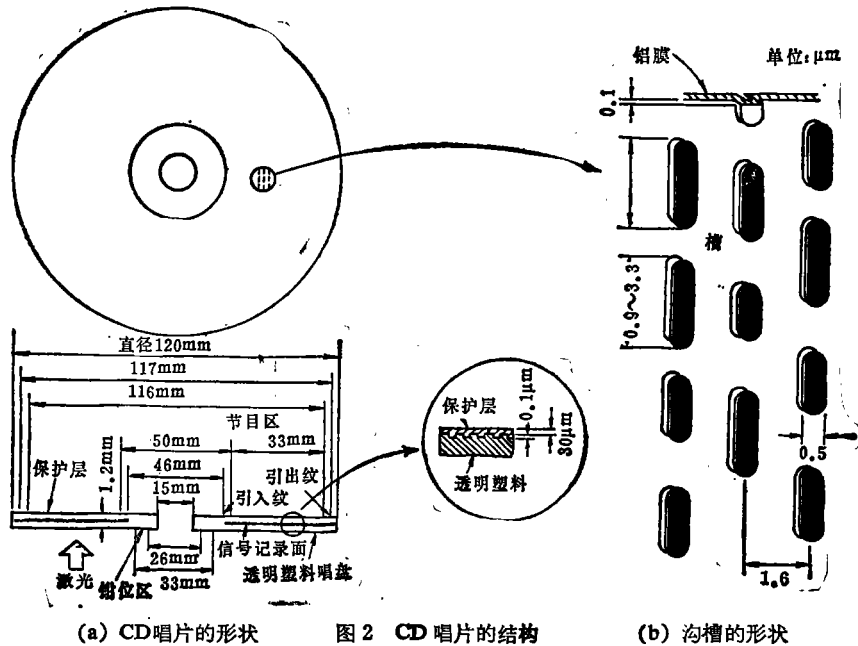
为了理解 CD 唱片系统, 首先要了解音

表2 数字音响唱片的三种方式

	CD 唱片	AHD唱片	MD 唱片
开发厂家	Philips, Sony	JVC	Telefunken (西德)
唱片外径	12cm	26cm	13.5cm
信噪比	90dB	90dB	85dB
拾音器	激光式 (非接触)	静电容式 (接触)	压电式 (接触)
唱片材料	透明塑料加反射膜	氯乙烯加碳	氯乙烯
信息声迹	沟槽	沟槽	沟槽
声迹内迹	1.6 μ m	1.35 μ m	2.4 μ m
量化位数	16bit线性	16bit线性	14bit线性 (有纠错码)
取样频率	44.1KHz	47.25KHz	48KHz
比特率	2.03Mb/s	6.14Mb/s	1.824Mb/s
唱片转速	1.2~1.4m/s (线速度一定)	900rpm (转速一定)	250rpm (转速一定)

乐信号如何作为数字信号记录在唱片上。如图2(a)所示，CD唱片为直径120毫米，厚为1.2毫米的圆盘。圆盘做成透明塑料(聚碳酸酯)和保护涂层，其间蒸镀铝膜作为反射膜。该铝膜如图2(b)所示，有沟槽突起，这种突起的有无对应于数字信号的“1”和“0”。它通过激光束以非接触方式读出，这与传统的模拟式唱片唱机和磁带录音机有很大的不同，因此有多次放音不损伤唱片的特点。

这种沟槽的大小如图2(b)所示，深为0.1微米，宽为0.5微米，长为0.9~3.3微米，不到千分之一毫米，可见是非常精细的。这种沟槽串(声迹)由唱盘内侧移向外侧，以间距1.6微米排列。唱盘对拾音器的转速可变、但以线速度一定的控制方式转动，120毫米的唱片最多放音时间可达75分钟。如图2(a)所示，CD上的记录区域分引入纹(盘首纹)、节目和引出纹三个区域。CD的放音是



由内侧向外的，在节目区记录着数字化的音乐信号。

上述的不同沟槽长度(0.9~3.3微米)意味着什么? 这可从图3和图4得到说明。图3是录音时的信号处理的构成。左右(L,R)两

路的模拟音频信号经模数转换器(A/D)转换为取样频率44.1千赫、量化比特数16位的数字信号。这样一个周期的16数据位，分成上位8位和下位8位，以每8位为单位(信息组)进行处理，并加上纠错编码(采用CIRC)。纠

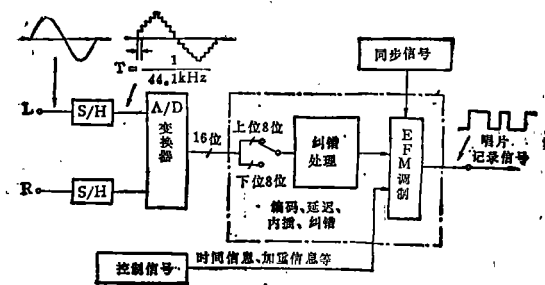


图3 录音系统的信号处理的组成

错码是相对12个周期(24单位) 附加上8个单位, 所得的信号再加上时间等控制信号的控制码(子码)一个单位, 就得到如图4(a)所示的信号。然后, 如图4(b)所示, 在图4(a)所示的分段上附加帧同步信号, 并进行8位—14位调制(EFM调制), 将8位数据转换成14位, 这样就规定了最小脉冲宽度为 $3T$, 最大脉冲宽度为 $11T$, 使记录波长增长约1.4倍, 以适于高密度记录, 而且还具有便于时钟重放和

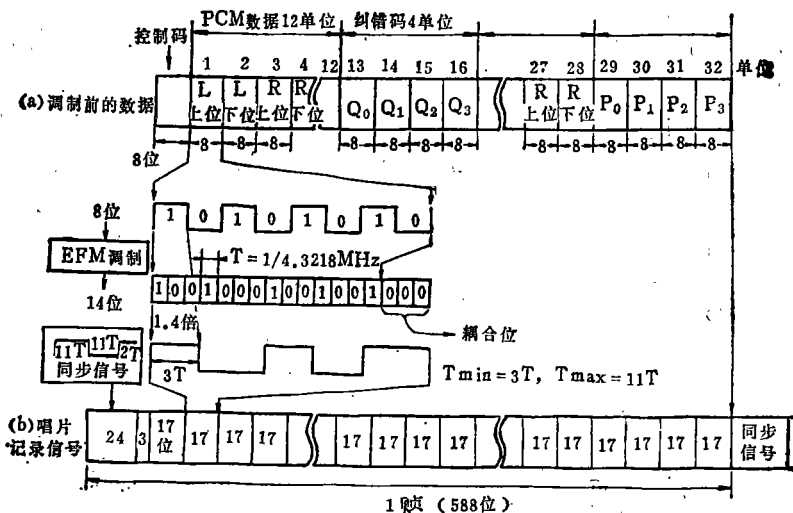


图4 CD 录音信号的构成

直流分量小等优点。于是, 图4(b)的信号与CD唱盘上凹槽的有无相对应, 槽长就有从 $3T$ 对应 $0.9\mu\text{m}$ ($T \rightarrow 0.3\mu\text{m}$)至 $11T$ 对应的 $3.3\mu\text{m}$ 的九种长度。

这种沟槽的有无, 它如何重现成电信号的形式? 图5说明了光拾音器从CD唱片读取信号的情况。从激光二极管射出的激光束, 通过偏光棱镜, 并通过物镜的作用聚焦在透明塑料盘内刻有信号凹槽的铝膜上, 由于铝膜具有很高的反射率, 使激光束反射并再次通过物镜, 依靠 $1/4$ 波长板的作用, 经偏光棱镜反射到光检测器。图6说明了激光束随唱片上沟槽的有无而反射不同的情况。图6(a)表示无槽时, 反射光全部回到物镜; 图6(b)表示有槽时, 因干涉产生绕射光, 使回到物

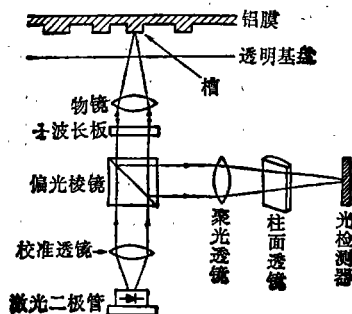
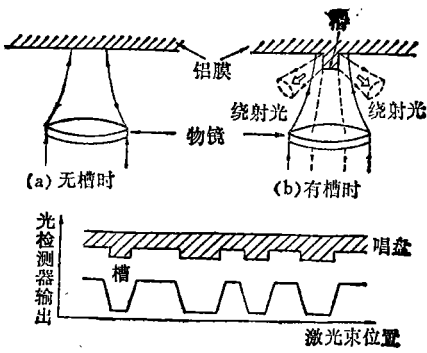


图5 拾音器原理

镜的光量减少。这样, 加到图5的光检测器的光量就随槽的有无而变化, 随着唱片的旋转使激光束扫描一系列沟槽, 于是如图6(c)所示, 在光检测器(光电二极管)的输出端就得到根据槽的有无和长度, 与录音时同样的



(c) 槽位置与检测器电流的关系
图6 拾音器的重放信号

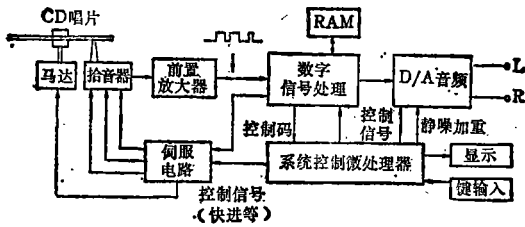


图7 CD唱机系统的构成

“1”、“0”的数字信号的重现。

CD唱机的基本构成如图7所示。由光拾音器检出的信号经前置放大器的放大，由比较器得到“1”、“0”的串行数据加到数字信号处理电路。在数字信号处理电路中，进行EFM解调(译码)、帧同步信号检出和纠错处理(CIRC译码)等，然后将处理后的数据加到数模转换器(D/A)，变换成音频信号输出。而且还将作为CD唱机特点的演奏时间的显示和进行曲目存取的时间信息，由数字信号处理电路送到微处理机进行系统控制。

经EFM解码后的以8位为单位的数据，一般先写入与数字信号处理电路相连的2K字节的RAM(随机存储器)。这个RAM除了进行纠错处理时的数据排列变换外，还起着数据缓冲的作用。它以自己的一定的速率进行读取，从而使重现的音乐信号按其速度收音，而与CD唱盘的转速无关。在CD唱机性能(见表一)中所述的抖晃率小到无法测量，正是由于这种RAM作用的结果。

在CD系统中，为什么要进行纠错处理呢？这是由于从CD唱片重现的数字数据可能要产生差错，这些差错有由噪声引起的随机差错，或由唱片损伤引起的字符组的损伤或脱落等。CD唱片的纠错编码是采用CIRC(Cross Interleave Reed-Solomon Code, 交叉内插里德所罗门码)方式。图8是这种纠错处理的简要示意图。图8(a)表示未经纠错(交叉内插)处理的信号，如果由于某种原因使记录在唱片上的数据序列的一段(如图中的5、6、7一段)脱落或损坏，则未经纠错处理的读出数据就难以恢复原数据序列，从而造成重放的信号失真。如果经过交叉内插的纠错处理，则如图8(b)所示，虽然脱落(或损伤)一段(如图中的4、7、2一段)，但经过纠错解码恢复的数据，这些脱落的数据分散到各处(不是连成一片)，因此重放的信号失真不大，而是容易通过插补而得到补偿。

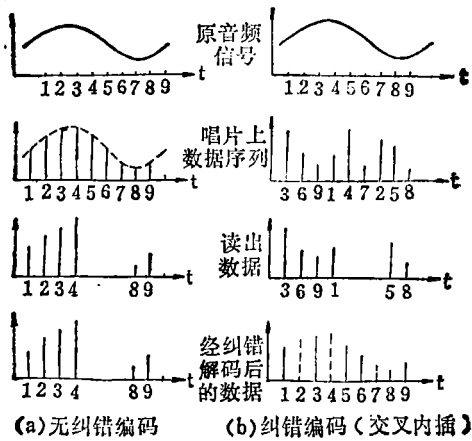


图8 CD的CIRC纠错处理的示意图

三、CD系统的发展

近年来，CD发展迅速，品种增多，售价下降。目前日本CD唱机的价格只有CD刚商品化时的四分之一。新型的CD唱片唱机，典型的有CD图示系统和CD-ROM。

CD显示是利用在子码(控制码)中尚未

使用的 R~W 通道,从而实现不损音乐信号的图象显示。这种 CD 系统与普通 CD 兼容,可以互换使用。图 9 表示使用这种 R~W 子码在电视显象管上显示画面的图示处理电路的构成。R~W 数据通过纠错电路处理,加至显示控制的微型计算机。数据的一部分在以判定应在画面上显示的位置和附以什么颜色等,并把数据写入每一画面的显示 RAM 中。每一画面由横 288 点 X 纵 192 点构成,由存储器将这些数据依次读出并经 D/A 转换,在电视显示屏(显示器)上显示。

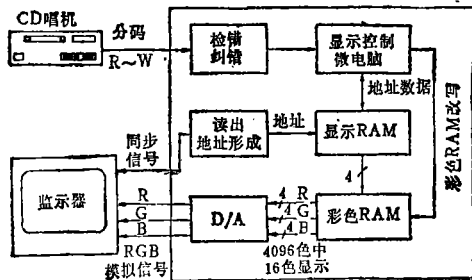


图 9 CD 图示系统

这种 CD 图示可用于歌词显示和乐曲的图象化,起着解说和教学等的效果。它使现在 CD 唱机不仅能显示曲目和时间,还进一步显示曲名和作曲家等文字。

随着 CD 技术的发展,可以把刻在唱片上的数字数据容量增大至几百兆字节,这样就可把它作为数据软盘等的只读存储器(ROM)使用,这就是所谓 CD-ROM。将 CD 唱片看作 ROM 时,它需要多大容量?对于音乐放音,以 44.1 千赫取样频率,16 位数据双声道和最大放音时间 75 分钟来计算,可得需要容量约 790 兆字节。实际上,作 ROM 使用时,为便于计算机存取加入控制数据进行分块等,故读出的数据实为 550 兆字节。这样的容量,如果使用 5 英寸软盘需约 500~1000 个,它也相当于大型计算机所用的磁带 20 卷(1600bpi)。

CD-ROM 的系统如图 10 所示,CD-ROM 驱动器是以目前普通音乐用的 CD 唱机为基础,通过 CD-ROM 专用信号处理电路,将数

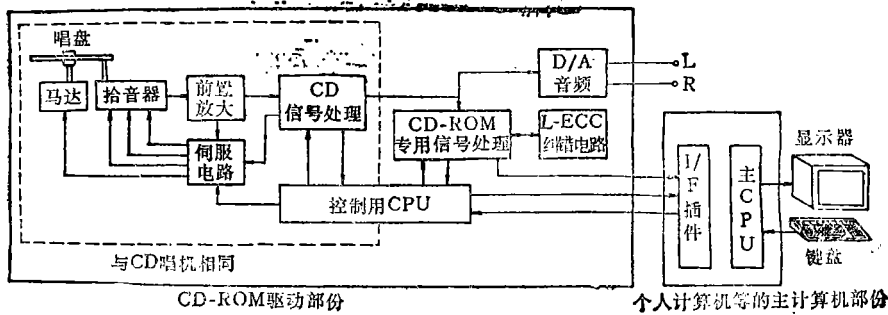


图 10 CD-ROM 系统

据送至个人计算机等的主计算机部分。由于它包含 CD 唱机基本相同的部分,因此也可以进行音乐的放音。这样,CD-ROM 可以在一张唱片上同时混有计算机数据和音乐信号,所以它有广泛的应用范围。

总之,随着 CD 唱片唱机的发展和普及,CD 图示系统和 CD-ROM 的功能将进一步提高。多功能将是 CD 唱片唱机系统发展的方向。

(梁华 编)