

激光唱机(CD机)原理与维修

华 山 编著
伍湘彬 审校

广东科技出版社

前 言

随着科学技术的飞跃发展,在今天的音响世界里,数字音响技术可谓领导着潮流。自1982年激光唱片问世至今,激光唱机已普遍进入家庭。然而,使用激光唱机,免不了会出现故障。编写这本书的目的是帮助电子工程师、家电维修人员和音响爱好者从捷径正确地了解激光唱机的基本原理,掌握一般性的实际维修工作技巧。

本书的编写思路完全是从一个电子技师所需要掌握的基本技术来考虑,其中在选择材料上,不牵涉任何公式、计算等理论,只着重一个“实”字。本人在澳洲最高级别的音响公司任电子技师多年,在大量的维修工作中,有机会接触到许多欧美高级音响器材,积累了一些维修经验。这本书便是我从名目繁多的英文材料中,选取先锋 PIONEER 欧洲技术培训团提供的(激光技术)教材[该教材由先锋英国总公司((PIONEER HIGH FIDELITY (GB) LTD))技术培训总经理肯·克莱门特(KEN CLEMENTS)编著]为主要参考资料,结合本人的维修经验编写而成。

这里选译激光唱机维修指南,目的是针对国内有关电子刊物很少介绍这方面内容,帮助维修技术人员了解指南的内容、作用。这对维修工作会有一定的帮助。现在在许多电子产品的维修工作中,不是只凭一张电路图就能完成维修工作,许多维修工作需要技术人员根据维修说明进行调整后方可完成。甚至有某些新产品出厂一段时间后,厂家才发现设计上存在缺陷,于是对其产品进行改动。有关于这类信息,那只有特指的代理维修公司,或总代理商才知道。

在此,感谢肯·克莱门特先生对本书的编写所给予的无偿支持和帮助,感谢国营中南无线电厂高级工程师华克祁先生在本书编写中耐心而又仔细地校阅了翻译部分,使本书内容得以完善。由于时间仓促,在编写上难免有不足之处,恳切希望读者批评指正。

编者

1994年元月于悉尼玫瑰谷

目 录

第一章 激光唱片技术	(1)
一、基本知识	(1)
二、录音流程图	(3)
三、量化误差	(3)
四、重叠噪声	(4)
五、纠错	(5)
六、交织	(7)
七、控制字	(7)
八、EFM 调制	(9)
九、激光唱片的构造	(10)
十、EFM 调制过程	(11)
十一、耦合位	(14)
十二、凹坑长度	(16)
十三、同步字	(16)
十四、激光唱机的基本组成方框图	(16)
十五、光学装置	(19)
十六、激光唱机中的信号处理过程	(21)
十七、伺服电路	(24)
十八、解码器	(28)
十九、数字滤波和数模变换	(29)
二十、多级噪声整形	(35)
第二章 系统控制	(38)
一、系统控制的基本方框图	(39)
二、故障判断	(39)
第三章 高保真激光唱机维修指南	(41)
一、激光唱机的维修	(41)
二、先锋激光唱机的调整	(53)
三、激光唱机的检查	(74)
第四章 先锋 (PIONEER) 激光唱机 CDX—M50	(76)
一、水平和垂直安装示意图	(76)
二、选择测试方式	(77)
三、调整须知	(77)

四、调整点和部件布置	(81)
五、电源、机械运作和系统控制简述	(92)
六、原理方框图与电路原理图	(99)
第五章 飞利浦 (PHILIPS) 激光唱机 AK701/01/10/13/17/40/45	
CDC 5 52/17	(101)
一、主要技术指标	(101)
二、面板说明	(101)
三、整机连接图	(102)
四、整机分解图	(102)
五、CD 调整表	(103)
六、维修测试流程	(104)
七、电路原理图和印刷电路板图	(107)
八、RC 5 编码	(107)
第六章 索尼 (SONY) 激光唱机 CDP—310	(108)
一、主要技术指标	(108)
二、主要特点	(109)
三、主机和遥控器的面板说明	(109)
四、故障检查	(111)
五、调整	(112)
六、电路原理图和印刷电路板图	(115)
七、机械分解图	(118)

第一章 激光唱片技术

激光唱片 (CD) 于 1982 年首次投放市场。但是, 自 1970 年以来, 人们便一直对激光唱片进行着大量的研制。

激光唱片的发展成果是与世界上许多数字音响唱片制造厂家的不懈努力分不开的。特别是在早期的发展阶段, 主要是由荷兰的飞利浦 (PHILIPS) 公司与日本的索尼 (SONY) 公司共同合作进行的。在这期间, 飞利浦公司提供了光盘技术, 而索尼公司则贡献出他们在纠错技术方面的经验。

激光唱机 (又称 CD 唱机) 的样机早在 1977 年就进行了试验。1979 年, 飞利浦公司和索尼公司在原则上同意把他们各自的研究成果合并在一起, 以发挥各自之所长。

1980 年, 在超过 35 个制造厂家参加的数字音响唱片会议上, 代表们经过讨论, 一致通过了对信号格式和唱片制造材料的正式协议, 从而形成了今天的激光数字音响系统。

随着半导体技术的进一步发展, 由飞利浦公司和索尼公司共同发起研制的激光唱机于 1982 年投入生产。在一次重大的音响展览会上, 索尼激光唱机的样机示范给人们留下了深刻的印象, 从而为激光唱机今天能荣跃于世奠定了基础。

显然, 大规模集成电路 (LSI) 的出现使得第一代激光唱机的诞生成为可能。大规模集成电路取代了原来由大量分立元件所构成的解码、纠错和数模转换等电路。

为了适应家庭高保真 (Hi-Fi) 音响和汽车音响市场的需要, 激光唱机已进行了多次的更新换代, 并且还在不断地进行着大量的改进、革新和发展。但是, 无论怎样发展, 激光唱片将仍然保留着原始的格式。

一、基本知识

激光唱片有 8cm 和 12cm 两种尺寸, 它们的起动速度都为 486~568r/min。唱片在放唱时, 唱头是沿着唱片的中心向外边缘方向连续移动。为了使激光束在扫描唱片时的线速度保持恒定, 以便从唱片上重新获得正确的数据信息, 所以, 唱片的旋转速度是会逐渐地减慢。

激光束扫描唱片的速度是 1.2~1.4m/s。激光唱片的运动方式是恒线速度 (CLV)。然而, 一般电唱机的唱片是作恒角速度 (CAV) 运动, 即 $33\frac{1}{3}$ r/min。从以上两种不同类型的运动方式可以引出一个重要概念: 激光唱片比一般唱片能记录更多的数据或信息。

12cm 激光唱片的最长放唱时间为 74min, 而 8cm 唱片的最长放唱时间大约为 20min。

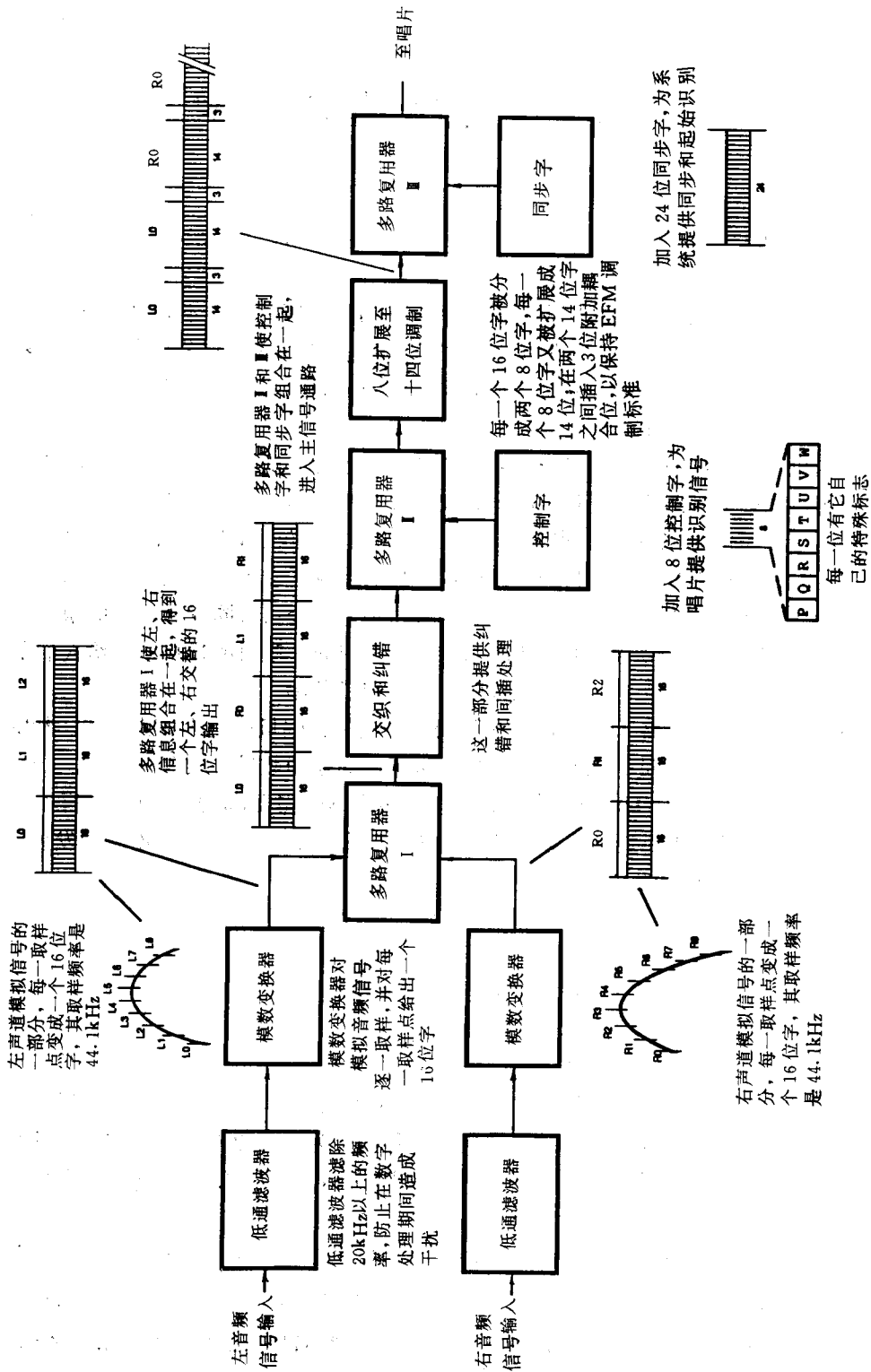


图 1-1

但是，若抛开制造容限的限制，再增加唱片的最长放唱时间是完全可以的。12cm 激光唱片的结束速度大约为 196~228r/min，而 8cm 唱片则大约为 300~350r/min。实际的结束速度与激光束的扫描速度有直接关系。

录制唱片时，激光束的扫描速度是在 1.2~1.4m/s 范围内。唱片通过一连串的凹坑和凸点（对应于数字 1 或 0）来记录信息。唱片就是由一连串这样的凹坑和凸点所形成的螺旋线组成。螺旋线是精细的，它从唱片的中心开始向外盘旋。实际上，唱片上的凹坑或凸点的长度只与数字 1 出现的频度有关，即凹坑或凸点的长度就是两个数字 1 的距离。数字 0 在实际中没有记录在唱片上，它通过激光唱机中的解码器来再生。

激光唱片上的轨迹宽度（即螺旋线宽度）为 $0.5\mu\text{m}$ ，轨迹的间距为 $1.6\mu\text{m}$ 。对于一张 12cm 的激光唱片来说，其轨迹长度将超过 4828m。若对上述激光唱片的尺寸作一比喻，那么，人的一根头发将相当于唱片上的 30 条轨迹；另外，若将一个凹坑或凸点的大小看作一粒谷子那么大，则激光唱片的直径将有 805m。

二、录音流程图

激光唱片系统的录音基本过程如图 1-1 所示。

音频模拟信号必须经过模数变换器才能记录在唱片上。模数变换器按照特定的速率对模拟信号取样。每一个取样由十六位二进制数来表示。十六位二进制数从全部为 0 到全部为 1 共有 65536 种不同组合。激光唱片系统的取样频率是 44.1kHz。立体声录音系统要有两个模数变换器，其中一个用于左声道，另一个用于右声道。

对模拟信号的取样过程称为量化。在整个取样过程中可能会出现一定的如量化误差和频率重叠噪声等现象。

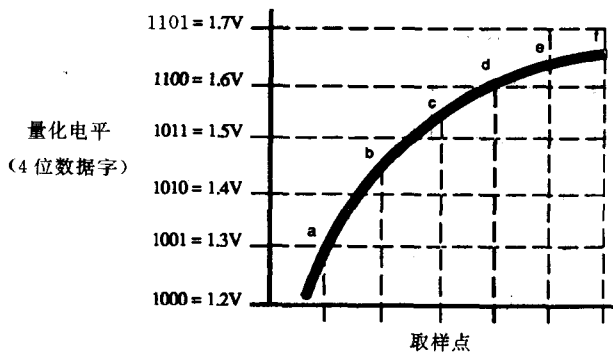


图 1-2

对模拟信号进行取样，取样频率就是代表着对模拟信号的测量次数。模拟信号的电平用量化电平来表示。然而，无论用多少位长的数字来表示信号的电平，都避免不了会出现模拟信号的实际电平处于两个量化电平之间的现象，从而产生了量化误差。

图 1-2 所示是对某一模拟信号进行取样的情况。为便于说明，假设量化电平由 4 位二进制数表示。

三、量化误差

由图可见，取样点 a 和 d 的信号电平恰好等于量化电平，因此，用确定的二进制数字来表示时不存在误差。但是，取样点 b、c、e 和 f 的电平却是落在某两个量化电平之间，这样，无论用哪一个量化电平来表示，都存在着误差。这就是量化误差。量化误差会使以后经数模变换出来的模拟信号出现失真。这种失真与模拟信号的频率和数据字的长度有关。

四、重叠噪声

由前述可知，音频模拟信号在进入模数变换器之前必须经过一个低通滤波器，如图 1-3 所示。滤波器的作用在于滤除 20kHz 以上的干扰信号。

对音频信号进行模数变换，是按照固定的时间间隔对信号进行取样，再将每一个取样依次变换成字长为 16 位的数字信号。

激光唱片所使用的取样频率是 44.1kHz，其依据是美国工程师奈奎斯特(Nyquist)在 1928 年所宣布的准则。奈奎斯特准则的大意是，如果要对一个模拟信号进行取样，那么所用的取样频率至少是该模拟信号的上限频率的 2 倍。只有这样，才能使频带内的全部信号得到真实的复原。音频信号的频带宽度是 0~20kHz，这样，激光唱片的取样频率应为 40kHz。但是，为了避免重叠效应，所以激光唱片所用的取样频率实际是 44.1kHz。

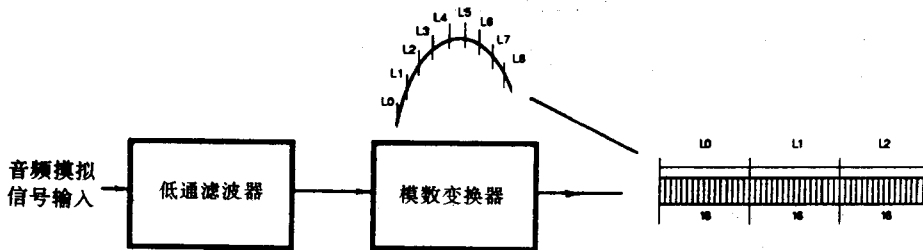
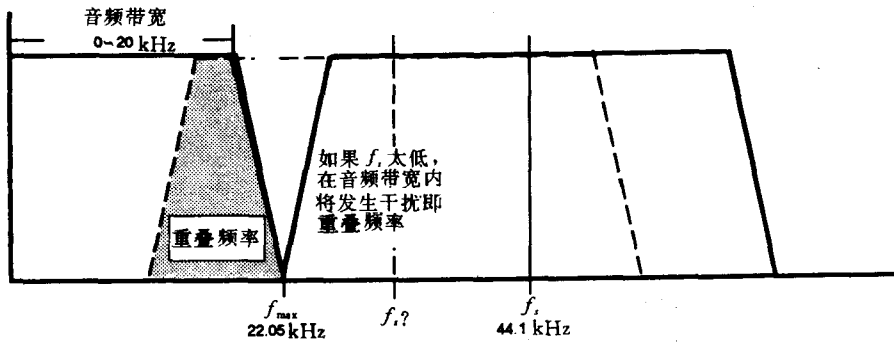


图 1-3

如前所述，音频信号在进行模数变换之前要先经过一个低通滤波器，以滤除 20kHz 以上的频率成分。采用这一过程就是为了使重叠效应减少到最低限度。因为当 20kHz 以上的频率成分进入模数变换器时，便很有可能引起重叠效应。例如，假设取样频率为 44kHz，如果有一个 33kHz 的信号频率存在（它是某种特殊乐器产生的谐波频率），取样的结果便会产生 11kHz 的重叠频率。可见，当取样频率与被取样的信号频率较为接近时，便会出现重叠频率。如图 1-4 所示。

在对左、右声道的音频信号取样，并变换成一连串的数据字之后，存在的问题就是如何将这两路音频数据字连接在一起。这个过程实际上是由多路复用器来完成。多路复用器的输出是一串左、右音频数据字交替出现、并以左数据字领先的数据流。如图 1-5

所示。将左数据字放于右数据字的前面，这是激光唱片的格式要求。按照这种格式，当激光唱机内部的解码器输出一连串的数据字时，便能将第一个数据字“定向”送往左声道，而将第二个数据字送往右声道，如此交替下去。



如果取样频率太低，表示混迭效应的频谱

图 1-4

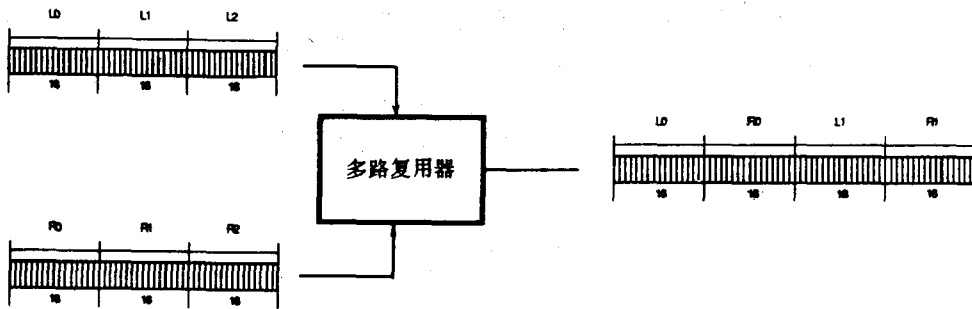


图 1-5

当模拟信号变换成为 16 位的数据字时，这个数据字的时钟频率也就固定下来，它的大小与取样频率和数据字的位数有关。对于立体声信号来说，每一个声道的数据字的时钟频率是 $44.1\text{kHz} \times 16 = 705.6\text{kHz}$ 。实际中，由于左、右声道的数据字是交替排列，为了使数据流在正确的时标内能保持原来的音频信息，所以，数据流的时钟频率必须升高，其大小将为原来的两倍，即 $705.6\text{kHz} \times 2 = 1.411200\text{MHz}$ 。

五、纠 错

激光唱片的主要优点是使用中不受磨损。因为它不是由“唱针”去触及唱片的表面，而是通过激光束的反射来读取唱片上的数据。

虽然激光唱片在动态范围、信噪比以及左、右声道的隔离等方面与以往的模拟录音

相比，其质量有所改善，然而，在激光唱片的制作或使用过程中，当由于某种原因使唱片表面产生了划痕，或出现了脏物，都有可能使得从唱片上读出的数据字出错，使声音失真。如图 1-6 所示。因此，纠错是提高激光唱机质量的一个必不可少的过程。

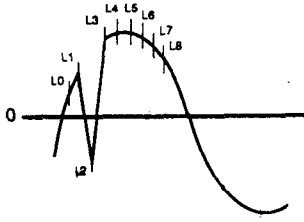
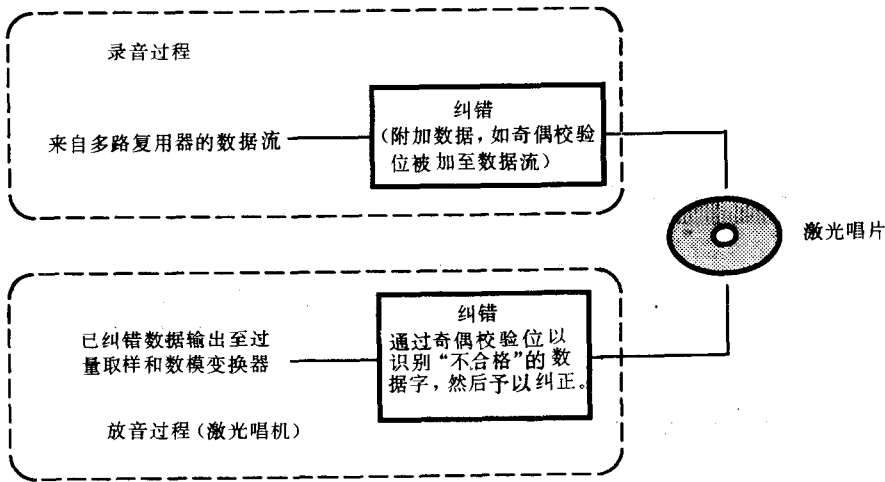


图 1-6

那么，纠错是如何进行的？图 1-7 给出了纠错的全过程。录音时，将附加数据（如奇偶校验位）加于数据流之中，并录至激光唱片上。放音时，激光唱机中的有关电路通过奇偶校验位来发现有错误的数字，并给以纠正。纠正错误的方法有静噪、保持前面的字、线性内插三种。

的方法有静噪、保持前面的字、线性内插三种。



纠错过程

图 1-7

1. 静噪

当发生差错并被识别出来时，有关电路将在出差错的这一点上使扬声器不发出声音，即用静噪来解决。如图 1-8 所示。

应当注意，静噪只是在纠错过程中起作用，并且通常是在连续发生差错的情况下采用。

2. 保持前面的字

激光唱机内部具有大量的存储电路，用于在处理音频数据字时，能对这些数据字进行一个短暂时间的连续记忆。这样，当发现有一个“可怀疑”的数据字时，便可用最靠近它的前一个数据字来替代。如图 1-9 所示。

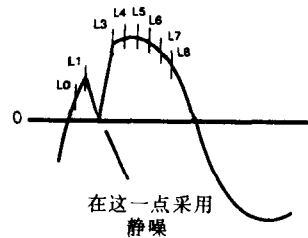


图 1-8

当对原始的模拟信号取样时，每一个取样都被变成一个 16 位的数据字。16 位数据字从全 0 到全 1 共有 65536 种不同组合。这样，当发生差错时，用前面的数据字来替代有错误的数字，其结果与未发生差错的数据流相比，误差仅为 1/65000。因此，这种纠错方法是合理的。对于这样的纠错，没有人能听得出声音有何不良。可见，保持前面的字是一种可接受的纠错方法。

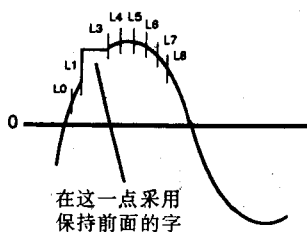


图 1-9

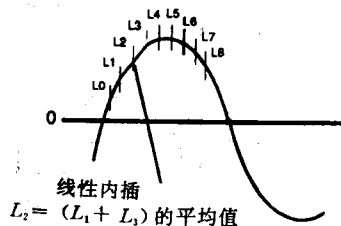


图 1-10

3. 线性内插

线性内插能够进一步改善前述的纠错方法。所谓线性内插，就是取差错字的前一个数据字与后一个数据字的平均值，并用此值去替代这个差错字。如图 1-10 所示。使用这种方法可得到更精确的纠错。

六、交 织

交织是一种极复杂的过程，是对纠错过程的补充。交织的基本原理是，录音之前将音频数据字按已定义了规则“搅乱”，放唱时再在激光唱机中将那些“搅乱”的数据字按相反的规则重新排列，使之恢复出原始的次序。

交织的过程是通过一组延时器来实现。延时器的延时量是取样周期的整数倍。延时器由随机存储器 (RAM) 构成。交织时将数据字按严格的规定顺序写入 RAM 中；去交织时再按相反的顺序从 RAM 中读出。

图 1-11 说明了交织/去交织的基本过程。在录音过程中，串行数据字由第一个串/并变换器转变成并行数据字，然后送入每一个延时器中，其结果将使数据字在不同的时间里出现。在唱片录音之前，再通过并/串变换器将数据字变换成串行数据字。在激光唱机中，通过以相反的过程将数据字颠倒过来，由此得到原始的次序。

七、控 制 字

数据字在经过纠错和交织过程之后，还要插入一个 8 位的附加数据字。这个附加数

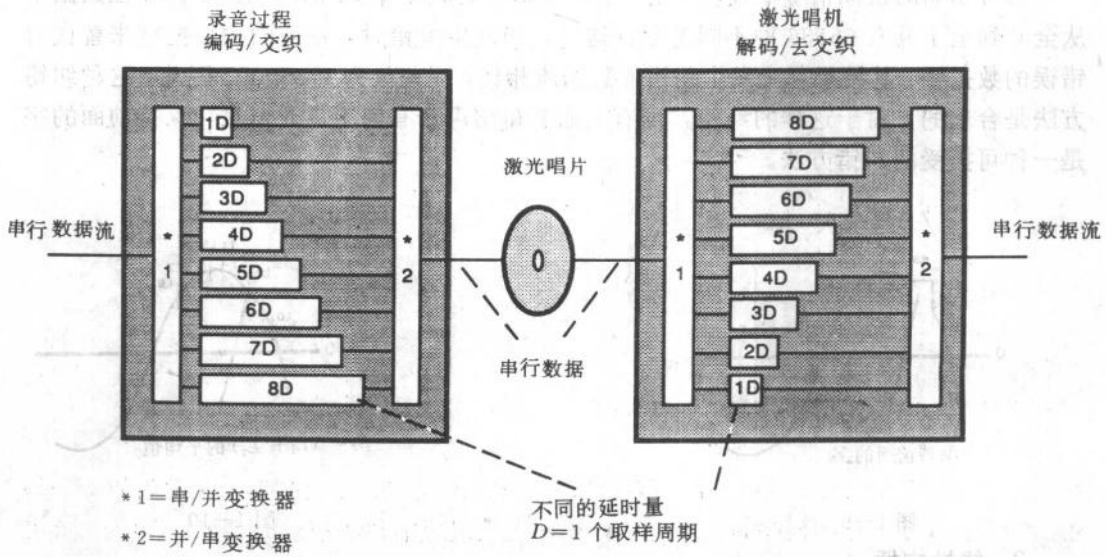


图 1-11

据字称为控制字，有的文献中又称为子码。插入控制字的任务是由另一个多路复用器来完成。如图 1-12 所示。

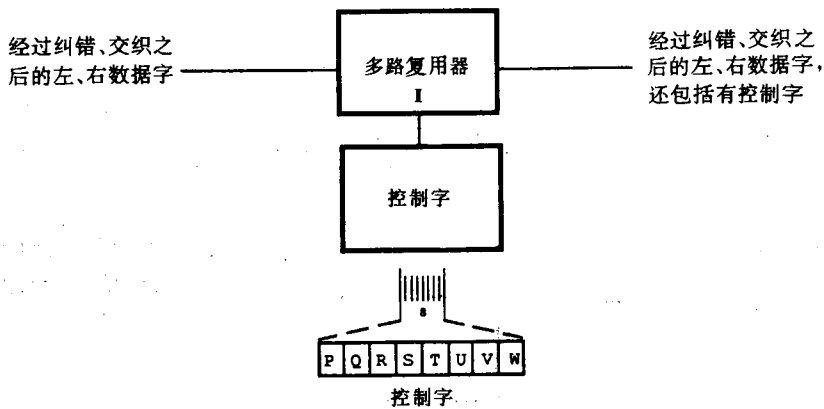


图 1-12

控制字的作用是为唱片提供识别信息。控制字中的每一位都有它的独特标志，控制字位于音频数据字群之前，而处于同步字之后。控制字连同音频数据字、同步字一起“灌入”唱片之中。同步字的作用以后再作说明。

激光唱片在放唱时，控制字由唱机中的解码器识别出来。控制字中的每一位被插入在指定的存贮器中，通过以固定的时间间隔对有关的存贮器进行分析，从而确定在过去一段时间里已“建立”起来的数据信息。

激光唱机在一般情况下仅使用数据字中的 P 和 Q 这两位，而 R 至 W 这几位则是供计算机的显示器和显示图形的有关软件使用，例如用于显示正在放唱的歌曲。P 位主要用作唱片中音乐开始的标志。P 位还能使某些早期的激光唱机关断内部的静噪电路，同时接通后级的音频电路。对于近期更成熟的唱机，P 位则多数用来释放有关可获得为音频处理作准备的数据的静噪电路。

Q 位包含着广泛的信息内容，如：

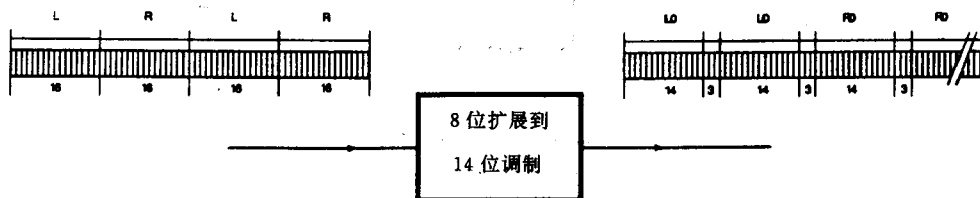
- ①总的放唱时间；
- ②总的音乐轨迹数；
- ③识别单个音乐的轨迹；
- ④每一段音乐轨迹的放唱时间；
- ⑤放唱面的结束信息（以便使唱机停机）；
- ⑥去加重信息。

还包含着诸如复制、目录号、唱片日期以及目前大多数家用唱机中不常用的编号等用途的其他信息。总的放唱时间和总的音乐轨迹数组成唱片的信息内容表（TOC），该表为所有激光唱机在播放唱片之前提供必要的工作信息。

控制字的处理是在激光唱机的解码器中进行。

八、EFM 调制

EFM 是英文 Eight to Fourteen Modulation 的缩写，即 8 位扩展到 14 位调制。EFM 调制是在数据交织以及加入控制字之后的又一个重要过程。在这个过程中，每个 16 位数据字被分成两个 8 位数据字，而每个 8 位数据字又被扩展成为 14 位。如图 1-13 所示。



每一个 16 位字分成 2×8 位字，
每一个 8 位字又被扩展成 14 位
3 个附加耦合位被插在两个 14
位字之间，保持 EFM 判定的标
准

图 1-13

EFM 调制对于解决在数据录制到唱片时可能发生各种问题是很有用的。下面先介绍制造激光唱片的基本过程，然后再介绍 EFM 调制过程。

九、激光唱片的构造

激光唱片本身是一张具有极高加工精度的玻璃盘，其表面涂复着一层光阻材料，如图 1-14 所示。光阻材料对激光是敏感的。制作时，把这张玻璃盘放入录音装置中，使得在光阻材料层上光刻出一根精细的螺旋轨迹，轨迹的宽度为 $0.5\mu\text{m}$ 。录音装置的基本结构如图 1-15 所示。

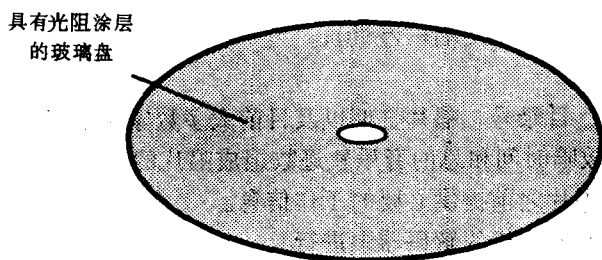


图 1-14

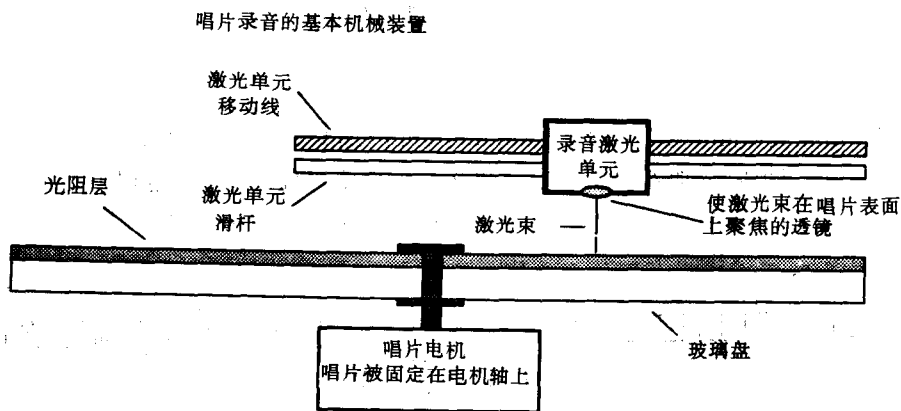


图 1-15

当玻璃盘旋转时，激光束便在光阻层表面曝光形成 $0.5\mu\text{m}$ 宽的螺旋轨迹，并从盘的中心开始向外边缘盘旋。激光束的出现与数据信息有关。当数字为 1 时，激光束开通或关断，于是光阻层的表面上被曝光从而形成了轨迹。轨迹是由一连串宽度为 $0.5\mu\text{m}$ 的凹坑或凸点组成。凹坑或凸点的长度与数字 1 的出现有关。如图 1-16 所示。数字 0 不直接记录在盘上，它是在激光唱机中被再生。

录音完成后，玻璃盘上未曝光的光阻材料用化学方法除去，于是，在盘的表面上便只留下环绕盘中心的螺旋线轨迹。这样，该盘就成为以后大量生产激光唱片的主盘（原

版盘)。

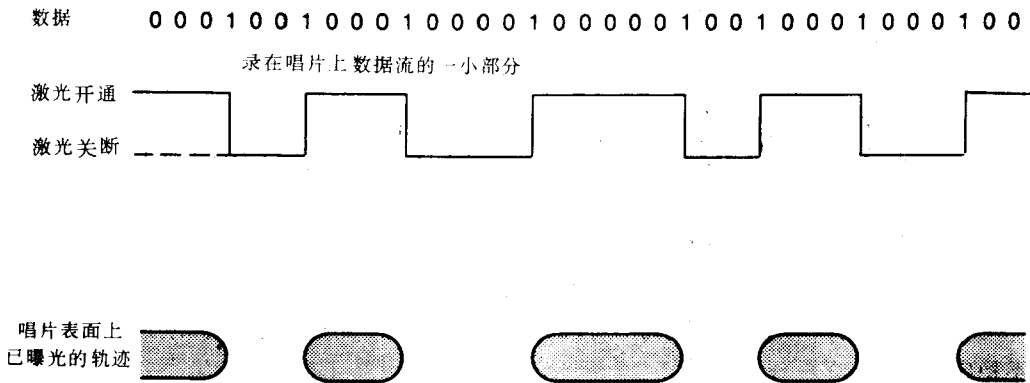


图 1-16

应当注意，玻璃盘上没有曝光的一面是放音面，它通常被浇铸上一薄层特殊的塑料材料；而被曝光并已形成一连串“凹坑”的一面是非放音面。图 1-17 所示为激光唱片放大后的截面图。由图可见，“凹坑”处于放音面的背面。

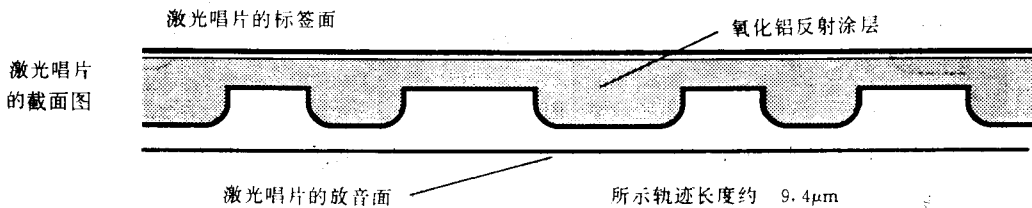


图 1-17

十、EFM 调制过程

由前述可知，如果数据字中没有连续为 1 的数字，则唱片的制造是方便的。但是，实际中的数据字是由数字 0 和数字 1 的某种组合而成，数字连续为 0 或连续为 1 的情况是经常会发生的。

1. 考虑数字连续为 1 的情况

图 1-18 所示是数字连续为 1 的情况，此时会引起下列问题：

- ① 激光束的通断频率升高。
- ② “凹坑”长度变得很短，甚至会比轨迹的宽度还短。

③ 频繁的数字 1 在伺服电路中可能会被积分而产生变化的直流电平，从而引起伺服电路的不稳定。

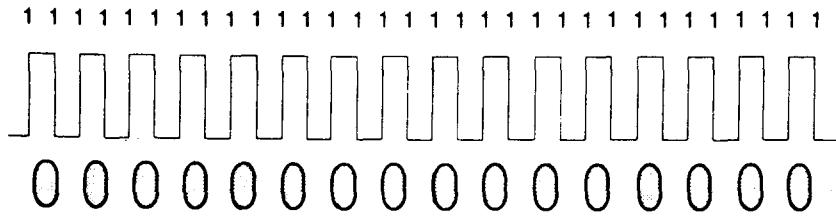


图 1-18

2. 考虑数字连续为 0 的情况

图 1-19 所示是一种数字连续为 0 的情况，此时会引起下列问题：

- ①一定时间内没有数字 1 出现，可能会使激光唱机内部解码电路中的压控振荡器工作不稳定。
- ②唱片上长距离的凹坑或凸点，会使唱机的跟踪能力受到影响。

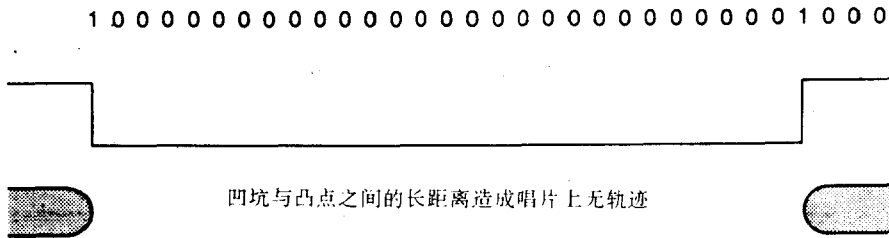


图 1-19

为了解决上述这些问题，所以采用了 EFM 调制方法。这是一种能有效地把数据字完全转换到激光唱片上，而又不会出现上述问题的方法。

对一个 16 位的数据字作 EFM 调制，首先是将其分成两个 8 位的数据字，然后再将这两个 8 位字分别扩展成 14 位字。一个 8 位二进制数从全 0 到全 1 共有 256 种不同组合，而一个 14 位二进制数从全 0 到全 1 则有 16364 种不同组合。然而，在这 16364 种组合中，只有 267 种组合能够满足下列的标准，即：

- ①没有两个连续的数字 1 出现；
- ②两个数字 1 之间的最小间隔是两个数字 0；
- ③两个数字 1 之间的最大间隔是 10 个数字 0。

因此，可从满足上述标准的 267 种组合中选出其中的 256 种，并放进“检查表”中，使得每一个 8 位数据字都能对应于其中的一个 14 位字。下面给出 3 对示例：

$$00000010 = 10010000100000$$

$$01011001 = 10000000000100$$

$$11111100 = 01000000010010$$

这样，一个 14 位字便代表着原来的一个 8 位字并以此录至激光唱片中。当唱机从唱片上重新读取数据信息时，经过另一张“检查表”便可将每一个 14 位字重新转换回原来的 8 位数据字，而两个 8 位数据字又组成了原始的一个 16 位数据字。

EFM 调制过程如图 1-20 所示。

上述标准的优点是：

- ①能使信号的频带宽度减小；
- ②直流成分减少；
- ③凹坑或凸点的长度大于轨迹的宽度；
- ④由于数字 1 有规则的出现，其间隔不超过 10 个数字 0，因而能使解码器中压控振荡器的锁相环路保持锁定；
- ⑤唱片表面的轨迹能保持连续。

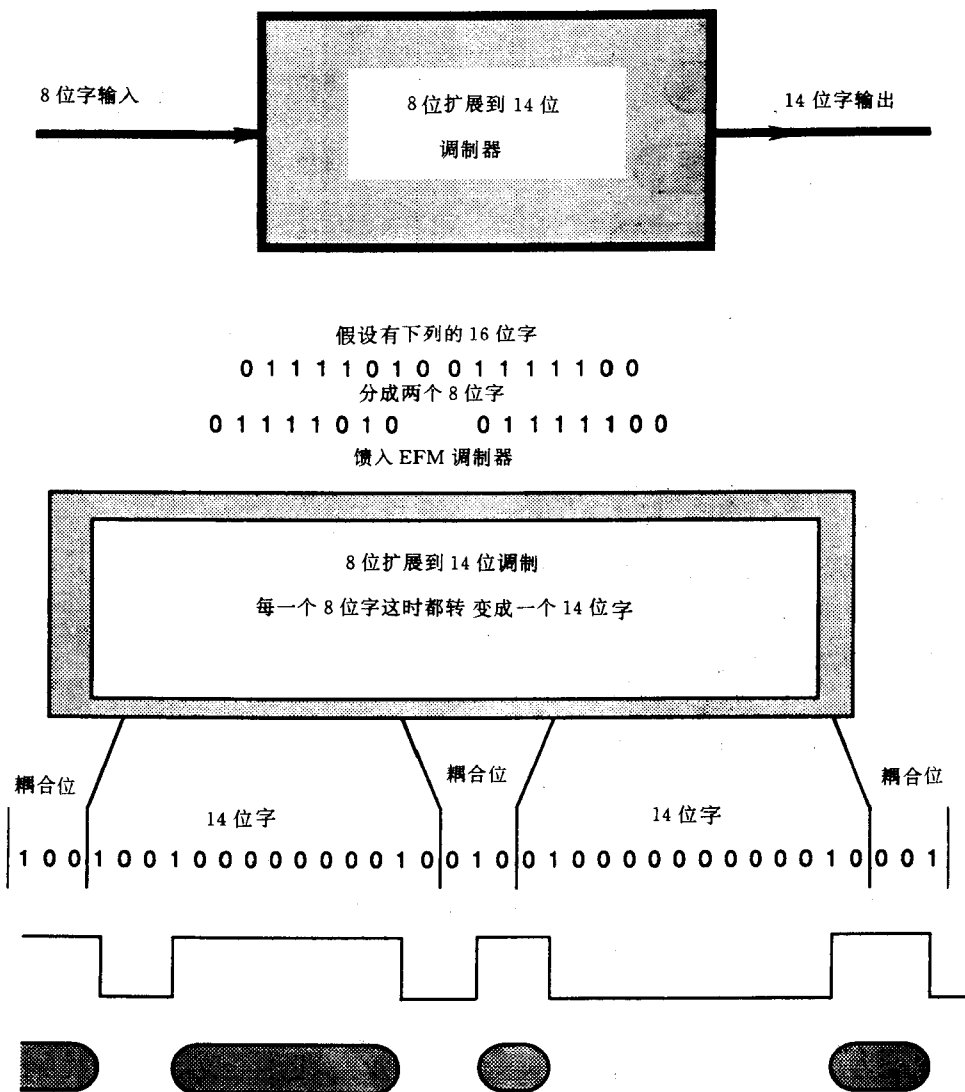


图 1-20