VCD

影碟机原理与故障维修

主编　刘宪坤

北京出版社

VCD影碟机原理与故障维修

主编　刘宪坤
编写　刘　静　刘　铭
　　　陶　群　张　华

北京出版社

图书在版编目（CIP）数据

VCD影碟机原理与故障维修/刘宪坤主编．-北京：北京出版社，1999
ISBN 7-200-03621-8

Ⅰ.V… Ⅱ.刘… Ⅲ.激光放像机 Ⅳ.TN912.2

中国版本图书馆CIP数据核字（1998）第32404号

VCD影碟机原理与故障维修

VCD YINGDIEJI YUANLI YU GUZHANG WEI XIU

主编　刘宪坤

*

北 京 出 版 社 出 版

（北京北三环中路6号）

邮政编码：100011

北 京 出 版 社 总 发 行

新 华 书 店 经 销

北京通县电子外文印刷厂印刷

*

787×1092毫米　16开本　10印张　240 000字

2000年2月第1版　2000年2月第1次印刷

印数 1-3 000

ISBN 7-200-03621-8/TN·18

定价：25.00元

前　言

随着计算机技术和LSI的发展，加上高效率编码技术的进步，到90年代初，利用LD和CD技术的成就，在激光头、记录密度、伺服技术基本不变的基础上，利用MPEG压缩技术，将74分钟的活动图像和伴音压缩后存入CD光盘，从而开发出了第一代全数字化光盘系统，这就是Video－CD，即图像CD，简称VCD。由于我国特殊的环境，给VCD在我国的发展和普及提供了优越的条件。在短短三年时间，VCD的社会拥有量已近3000万台，VCD盘的复制线已有过百条。

从技术上看，决定光盘发展的关键技术有4项，即：激光技术、高密度记录技术、LSI技术和高效编码（或称码率压缩）技术。其中的核心就是短波长激光技术(记录密度的提高也在很大程度上取决于激光器波长的缩短)。因而由于短波长激光器的出现，世界几大跨国公司才于1995年联合推出了采用红色激光器（波长635nm～650nm）的记录密度比CD约高7倍的DVD。由于光盘尺寸不变，而密度大大提高，才使DVD有可能采用压缩比小、图像声音质量更高的MPEG2编码。预计1999年开始，随着机器的降价和盘种类的增多，DVD会在我国普及。并且随着各种技术的进步，特别是波长更短的蓝激光器的出现，不久还会有比DVD更高质量的可与HDTV相配的HD－DVD和可录放DVD出现。但是，VCD和DVD以及未来的HD－DVD是不同档次的产品，软硬件价格及所要求的配套设备也不同。因而可以说它们各有自己适宜的市场，就像现在的黑白电视和彩色电视、大屏幕电视一样。几百元一台的VCD机和十来元钱一套的电影VCD盘，将会在今后相当长一段时间内有它适合的市场，而不会在DVD上市后很快被淘汰，就像其它商品一样各有各的消费者层，各有各的消费领域。

为了适应VCD机市场广大维修人员的需要，本书在简单介绍VCD基本知识的基础上，重点介绍VCD机的结构、电路及常见故障的检修实例，目的是能为普及VCD知识和改善此类产品的售后服务有所帮助。

由于篇幅限制，介绍的知识不够全面，加之时间仓促，错漏之处难免，恳请读者批评指正。

参加本书编写、绘图等工作的还有鲁京、王倩、毕月洁等，在此一并表示感谢。

编　者

1999年6月于北京

目　录

第一章　VCD 基础知识

第一节　数字信号与模拟信号

CD 唱片和 VCD 碟片上记录的信号都是数字信号，而不是像人们熟知的 LP 唱片和 VHS 录像带上记录的模拟信号。所谓数字信号是指在时间上和数值上两个方面都离散（不连续）的信号；模拟信号是指时间上连续（不间断）、数值（大小）也连续（不间断）的信号，如图 1－1 所示。

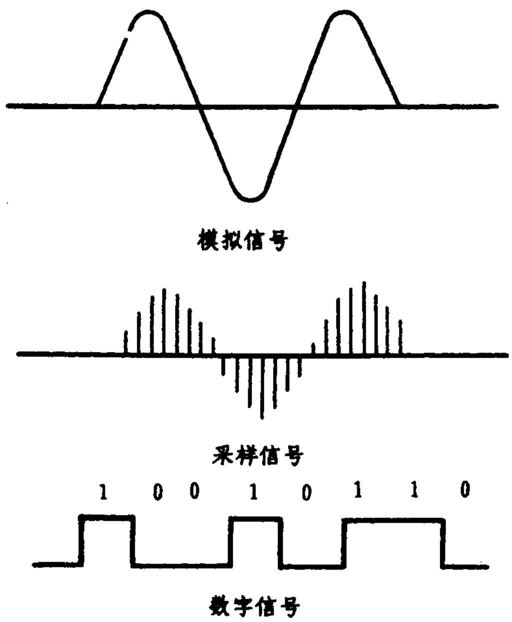

图 1－1　模拟信号和数字信号

在模拟录音和录像中，失真和噪声的影响限制了重放信号动态范围，因而使图像和声音质量的提高受阻。

为了使记录媒质的失真和噪声不影响信号的动态范围，我们将音响或图像信号变换成像电报中用的莫尔斯码那样的长短不同的符号，或者像计算机那样变成脉冲的有无来进行记录。这样即使在从记录到重放的过程中有失真和噪声，重放时只要能识别码的长短或脉冲的有无，即可由此而再现出原来的信号。另外，由于脉冲的间隔可用电子方法控制，故可消除在转动部分产生的旋转不稳（抖晃）。这种将时间上连续变化的量变换为脉冲的有无的操作过程就叫做数字化。

在有音响或图像信号时，例如用电表读出其某时刻幅度为 12V，要把这个值用脉冲的“有”和“无”这两种码来表示，一般不是用我们日常计数用的十进位制，而必须用“1”和“0”组成的二进位制表示。如果这样，我们使“1”对应于脉冲“有”，而使“0”对应于脉冲“无”。十进制数和二进制数的关系如表 1－1 所示，十进制数的 0 和 1 可用 1 位二进制数

表示，而要表示 8 就必须用 4 位二进制数。

表 1－1　　十进制数和二进制数的对应关系

<table>
<tr><th>十进制数</th><th>自然二进制数</th><th>2 的补码</th><th>1 的补码</th><th>带正负符号的二进制数</th><th>偏移自然二进制数</th></tr>
<tr><td>+7</td><td>0111</td><td>0111</td><td>0111</td><td>0111</td><td>1111</td></tr>
<tr><td>+6</td><td>0110</td><td>0110</td><td>0110</td><td>0110</td><td>1110</td></tr>
<tr><td>+5</td><td>0101</td><td>0101</td><td>0101</td><td>0101</td><td>1101</td></tr>
<tr><td>+4</td><td>0100</td><td>0100</td><td>0100</td><td>0100</td><td>1100</td></tr>
<tr><td>+3</td><td>0011</td><td>0011</td><td>0011</td><td>0011</td><td>1011</td></tr>
<tr><td>+2</td><td>0010</td><td>0010</td><td>0010</td><td>0010</td><td>1010</td></tr>
<tr><td>+1</td><td>0001</td><td>0001</td><td>0001</td><td>0001</td><td>1001</td></tr>
<tr><td>+0</td><td rowspan="2">0000</td><td rowspan="2">0000</td><td>0000</td><td>0000</td><td rowspan="2">1000</td></tr>
<tr><td>−0</td><td>1111</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>−1</td><td></td><td>1111</td><td>1110</td><td>1001</td><td>0111</td></tr>
<tr><td>−2</td><td></td><td>1110</td><td>1101</td><td>1010</td><td>0110</td></tr>
<tr><td>−3</td><td></td><td>1101</td><td>1110</td><td>1011</td><td>0101</td></tr>
<tr><td>−4</td><td></td><td>1100</td><td>1011</td><td>1100</td><td>0100</td></tr>
<tr><td>−5</td><td></td><td>1011</td><td>1010</td><td>1101</td><td>0011</td></tr>
<tr><td>−6</td><td></td><td>1010</td><td>1001</td><td>1110</td><td>0010</td></tr>
<tr><td>−7</td><td></td><td>1001</td><td>1000</td><td>1111</td><td>0001</td></tr>
<tr><td>−8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0000</td></tr>
</table>

像图 1－2 那样，把输入模拟信号的波形按适当的时间间隔来测量，把各个时刻波形的幅度用二进制数读，并将这些二进制数排成顺序脉冲列，这样就完成了数字化。这时我们把二进制数的 1 位叫做 1 比特（bit）。另外，音乐或图像信号有正也有负，二进制数必须能够表示正负。

在 VCD 方式中用 2 的补码表示，因为用这种码当所有的位都变成 0 或 1 时，输出非常接近零，这对于防止系统故障是非常有利的。

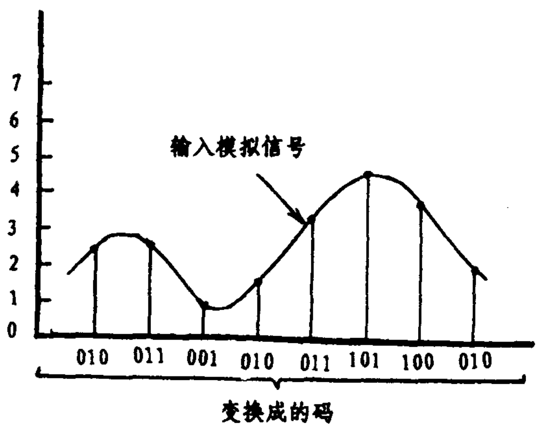

图 1－2　用 3bit 编码

第二节　数字化的方法

如前所述，把输入模拟信号的波形以适当的时间间隔来观测，并将各个时刻波形的幅值用二进制数读出，然后再将这些二进制数组排成顺序的脉冲列，这就是将模拟信号数字化。以适当的时间间隔观测模拟信号波形叫做采样，将各个时刻波形的幅值（采样值）用二进制数表示叫做量化，将这些量化后的二进制数组排成顺序的脉冲列叫做编码（见图 1－3）。那么，为了将音响信号波形数字化，应该用多大的时间间隔观测读数，各个时刻的波形高度又应该用多精密的二进制数（位数越多精密度越高）表示呢？这两者就决定了原波形的重现精度。根据信息论，每秒钟读取的样本数（采样频率）必须为希望重现的信号波形最高频率的 2 倍以上，即当重现频率范围上限为 20kHz 时，采样频率必须选为 40kHz 以上。换言之，必须用 $1/40\text{kHz} \approx 25\mu\text{s}$ 这么窄的时间间隔采样。波形高度的读取精度由二进制数的位数决定。若用 3 位二进制数（3bit）读取信号波形，由表 1－1 可知，声音的强弱范围可以划分为 8 个等级读取，假如用 16 位的二进制数（16bit）读取，声音的强弱范围就可划分成

$$2^{16} = 65536$$

个等级。就是说，从弱音到强音可用 65536 个尺度来读数，因而动态范围达

$$20\lg 2^{16} = 96\ (\text{dB})$$

那么，如果用 40kHz 的采样频率和 16bit 的量化位数将立体声音响信号（左右 2 通道）数字化，在 1 秒内表示脉冲有无的符号（0、1 码）数为

$$40 \times 10^3 \times 16 \times 2 = 1.28 \times 10^6 \text{bit/s}$$

这就是 1 秒内记录重放的脉冲数。如果考虑到检错和纠错码，还要加入 20%～30% 的额外的脉冲，每秒钟必须记录重放的脉冲数大约为

$$2 \times 10^6 \text{bit/s} = 2\text{Mbit/s}$$

为此，记录重放机器必须具有 1MHz～1.5MHz 的带宽。

当然，如果提高采样频率、加大量化位数，可以提高波形数字化的精度，但那样一来，记录重放机器所需要的带宽也成比例地增大。因此，如从机器方面来看，希望频带窄，进而必须选定适当的采样频率和量化位数。采样频率必须是希望重现频率上限的 2 倍以上；反过来，如果采样频率已经选定，那么在数字化的原信号中就不能含有 1/2 采样频率以上的频率成分。否则调制信号的频谱就会重叠，解调时就不能取出原信号，从而产生失真。

在采样之后接着是进行量化，但是所能获得的动态范围是与量化位数成比例的。音乐和歌声的动态范围在 110dB 以上，要完全覆盖这么大的动态范围，必须用 18bit 以上的量化位数。数字音响的动态范围目标达到 85dB～95dB 就可以了。换算成量化位数，一般认为必须有 14bit～16bit。

如前所述，数字记录需要的带宽为 1MHz～1.5MHz，但记录需要的强弱信号范围仅以检出脉冲的有无为限，有 20dB 就行了，再考虑到种种实用化方面的安全可靠，以 30dB 作为标准。

把量化了的采样值变换成码列的操作就是编码（见图 1－3）。编码可用各种各样的码，但在数字化的音频和视频系统中，一般采用二进制码，即所谓二值码（例如“1”和“0”的组合）。

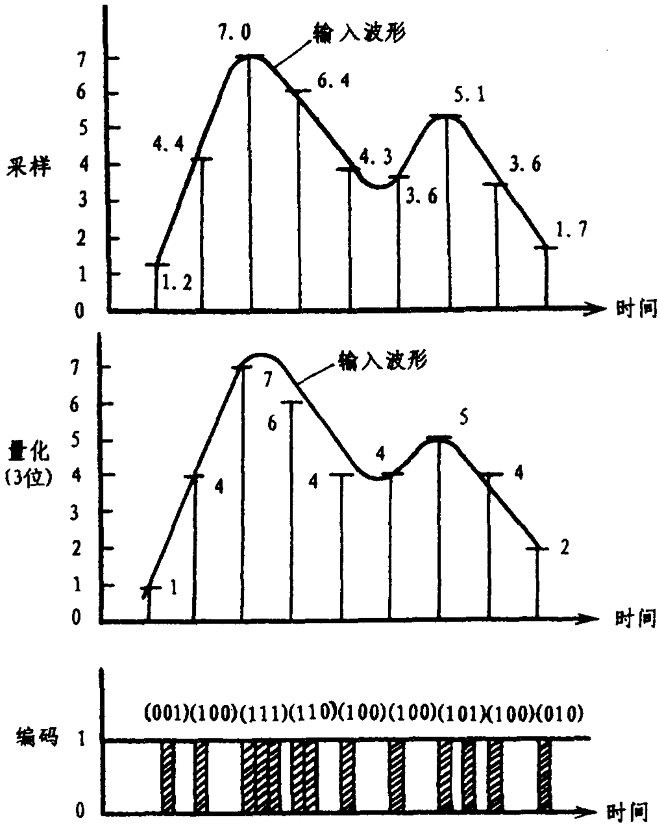

图 1-3　采样、量化、编码的概念图

第三节　采样

一、采样定理

把像声音信号或图像信号那样时间上连续变化的信号波形每隔一定的时间间隔观测一次，会发现它具有时间上不连续的分散的观测值（叫样本值或采样值），用这些样本值替换原来连续信号波形的操作叫做采样。

与采样相反，把时间上不连续的一列样本值之间的空隙填补上，使之恢复为原来的连续信号波形的操作叫做内插或插补。插补一般是使一列样本值通过低通滤波器来完成的。采样和插补时信号的变化如图 1-4 所示。

信号波形一旦采样，当要对这些采样值进行插补使其再恢复为原信号波形时，为了正确地再现原信号，信号频率和采样频率之间必须满足某种条件，给出这个条件就是香农（shannon）采样定理。所谓采样定理就是：如果把随时间变化的信号波形用该信号所含最高频率 2 倍的频率进行采样，就可以从采样值通过插补正确地得到原信号的波形。

二、原信号波形为什么可以恢复

为什么采样频率为信号中最高频率的 2 倍时，就能重现原信号波形呢？图 1-4（a）是声音信号的波形及其频谱分布，图 1-4（b）是用足够高的采样频率 f_s 对原信号进行采样

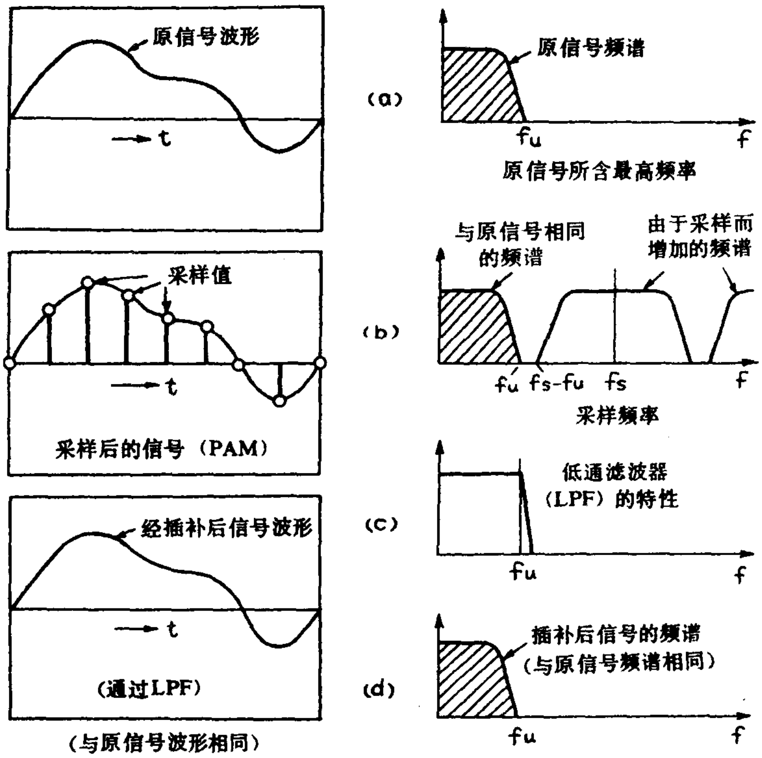

图 1－4　原波形为什么可以得到恢复

后得到的波形及其频谱分布。由于采样后的波形舍去了采样点以外的波形值，容易被认为是损失了信息，实际上并非如此。由图 1－4（b）图可知，即使经过了采样，原信号的频谱仍完整地保留下来，只不过增加了一些高频频谱。这些新增加的频谱以 nf_s（n 为正整数）为中心，左右对称，其右半部均与原信号的频谱形状相同。f_s 之所以必须选为原信号最高频率的 2 倍以上，正是为了使新增加的频谱分布与原信号的频谱分布不相重叠。

既然按照采样定理采样没有损失什么信息，就应当能够很容易地完全重现出原信号波形。具体来说，只要用图 1－4（c）所示的低通滤波器把新增加的多余的频谱成分滤掉就行了。这样得到的如图 1－4（d）所示的信号频谱，就完全和原信号一样。通常把这种低通滤波器叫做解调滤波器。图 1－5 说明了如何通过解调滤波器来填补脉冲与脉冲之间的空隙。

由图可见，低通滤波器的频率特性确定后，其脉冲响应特性也就决定了。若选择的采样点间隔（$T_s = 1/f_s$）等于脉冲响应的零点间隔，则采样值互不干涉，采样值与采样值之间空隙分别由各脉冲响应的下摆部分来充实和插补。

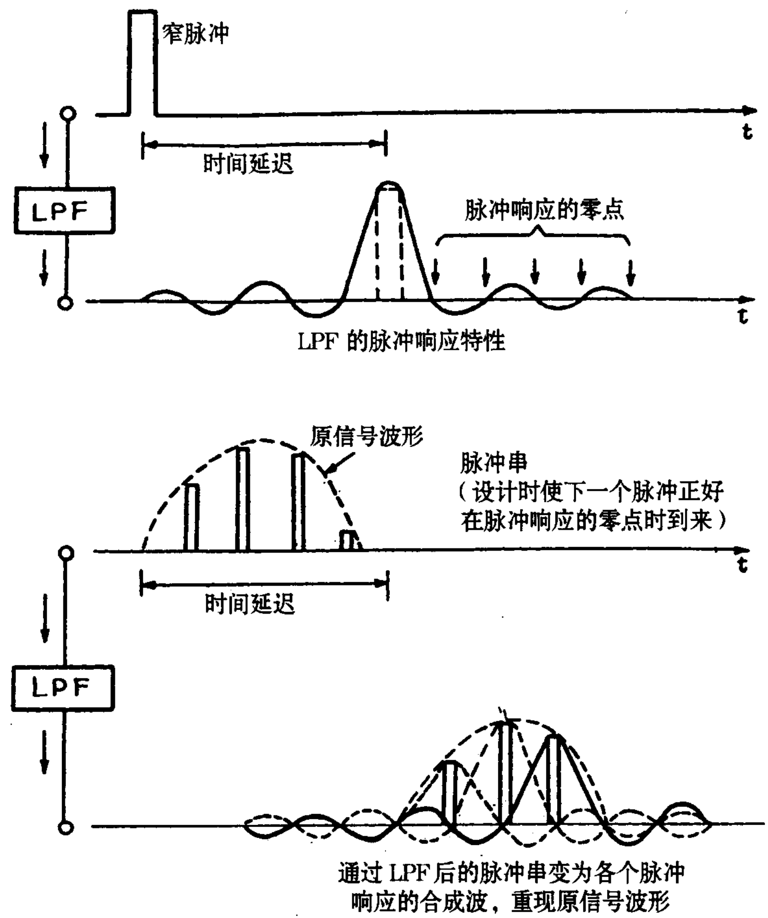

图 1－5　解调滤波器的作用

第四节　量化

由前所述可知，量化就是把各个时刻的采样值用二进制数表示。显然，采样值是随机的，可能为任何数值，但量化所用的二进制数的位数不可能是无限多位（只能是有限位），因而量化后的数值（用有限位二进制数表示）必然是离散的，不可能是任意数值。从某种意义上说，量化就是通过四舍五入的方法将模拟信号转换成一种数字信号的过程。

总起来看，量化就是把随时间连续变化的信号振幅变换成不连续的离散值的近似操作过程。

一、量化器

对于输入信号的增减，输出呈阶梯状变化，量化就是用具有这种特性的电路来完成的。

这种电路就叫做量化器。

由量化引起的输入信号和输出信号之间的差叫做量化误差。量化误差对信号而言是一种噪声，也叫量化噪声，量化噪声不超过量化阶梯高度的一半。量化噪声的大小，与量化器阶梯变化的高度有关。

量化器的特性必须充分考虑信号的性质（和信号配合）。

为了使量化器和信号配合，大致有两种考虑，即

①要处理到信号振幅的最大峰值；

②要选取适合信号电平分布的阶梯高度。

无论信号大小均具有同样量化阶梯高度的量化方式叫做均匀量化，而把根据信号大小具有不同阶梯高度的量化方式叫做非均匀量化。

二、量化噪声

在宽频带音响信号量化时，对于在许多量化阶梯之间飞快变化的输入信号来说，其量化噪声是与输入无关的白噪声。不过，对于输入电平低、量化阶梯数少的信号；或者输入电平虽高，但变化非常缓慢的信号，量化噪声就会成为与输入关系很大的失真。下面我们研究一下各种量化方式的量化噪声。

1. 均匀量化

均匀量化指音频信号的振幅是随时间稳定变化的。将这种信号用概率处理可求出量化噪声的长时间平均值。设量化阶梯高度为 Δ，则此量化噪声的长时间平均值可用 $\Delta^2/12$ 表示。不论信号采样值的概率密度函数怎样，量化噪声都是量化阶梯高度平方的 1/12（这个重要的关系是由 W.R. 贝内特发现的）。

这样求得的量化噪声因具有统计性质，故通常认为以下假定成立，即：

①量化噪声近似于稳定的白噪声；

②量化噪声和输入信号无关；

③量化噪声在 $\pm\Delta/2$ 之间均匀分布。

用这些假定可以算出对各种信号量化噪声的信噪比（S/N）。对于较复杂的计算，我们在此省略。

2. 非均匀量化

非均匀量化是量化阶梯高度不均匀的量化。在输入信号振幅小的部分，阶梯高度变小；随着输入信号振幅增大，阶梯高度也变大。这种非均匀量化即使是像声音或音乐那样振幅小的出现频繁的信号，信噪比也不会显著降低。因为有这个优点，所以在重视经济性的电气通信领域常常采用这种方案。不过缺点是量化噪声随输入信号大小而变化，重放时会出现噪声喘息现象。因而在要求高音质的音响领域，现在都采用均匀量化方式。

为了使量化噪声成为白噪声，可在信号上叠加一个称之为颤动的概率变量之后再进行量化。

3. 采样和量化噪声

一般认为采样频率决定带宽，量化特性决定动态范围。不过实际上二者有着密切的关系。确切地说，采样频率决定所能处理的信号带宽。量化位数越多，在数字方面的动态范围就越宽。不过只有像上述那样用颤动进行正确处理，量化噪声方能在频带内均匀分布。因此，当信号的带宽相同时，采样频率越高，量化噪声就会分散于更宽的频带内，因而在一定

带宽内的噪声降低，分布于信号带宽内的量化噪声功率就减小了。

无论用什么处理方法，如果能使量化噪声集中于不存在音响信号的高频段，那么就可以用更低的采样频率实现低 bit 的 A/D 变换和 D/A 变换。

4. 过载噪声

当量化器和信号配合不当时，信号振幅会超过最大量化电平，超过最大量化电平部分的信号，其量化输出不再增加，这就形成一种噪声，这种噪声叫作过载噪声。过载现象在模拟系统中也常常发生，不过在模拟系统中产生的过载，通常其输出饱和过程是比较缓慢出现的。然而在数字量化时的过载，表现为输出急剧饱和，因此避免过载是很重要的。

第五节　编码

所谓编码就是按照预先规定的计算方法把量化了的采样值表示为数值。物理量的计算方法有各种各样，我们在日常生活中使用一个数位具有 10 个不同值的十进制数来计算。用十进制数系列作成的码为十进制码。与此对应，在数字电路中，因为是以半导体开关的通—断状态作为计算方法基础的，因而就形成了用两个值构成一个数字位的最容易使用的二进制码。当然，在数字电路中也可能使用 3 值以上的多值码。使用 3 值码的优点是编码效率可能比 2 值码高。不过，一般在数字电路中均用二进制码进行编码。

一、关于码的术语

码的位叫做数位。对十进制码叫做十进制数位；对二进制数码叫做二进制数位，一般简称为 bit。另外表示文字的信息量的单位常用字节，通常 8bit 为一个字节。

二进制使用“0”和“1”两个数字，逢二进 1。用二进制数表示某一数值时，该二进制数称为字，这一操作称为二进制编码。字内各个位的名称是：最上位的比特叫做 MSB 最高位，由此向下位移动，依次叫做 2SB 第 2 位，3SB 第 3 位，……最下位的比特叫做 LSB 最低位。

把十进制码和二进制码折中就是具有折中性质的二进制编码的十进制码（Binary Coded Decimal：缩写为 BCD）。这就是在用十进制码书写的各位数（十进制数位）中，把每一个都用 4bit 的二进制码表示。例如，若将用十进制码表示的 256 改用二进制编码的十进制码书写，应变成 0010 0101 0110。这种表示法在用二进制进行运算处理的计算机输出端很容易为人们识别，很方便，故经常被采用。

另外，当必须明确数的表示是用二进制码还是十进制码时，可在各个表示符号的后面加上下标以示区别。例如，101_{10}表示十进制数的 101，而 101_2 表示二进制数的 101，即十进制数的 5。

二、各种二进制码

1. 自然二进制码

用“1”和“0”两个数字表示正数的二进制码，逢 2 进 1，这是最基本的二进制码。因为自然二进制码本身只能表示正数，因而不适于把像音响信号那样以 0 为中心在正负两个方向变化的现象进行编码。能够表示正负数值的二进制码有许多种，下面介绍几种常用的有代表性的方案。

2. 2 的补码

一个数的补码定义为：在该数所属的码制中，从比它高一位的基数中减去这个数。二进制数的补码就是“2 的补码”。例如 10010_2 的补码是

100000_2（高一位的基数）

$-\ 10010_2$（数）

01110_2（2 的补码）

为了得到 2 的补码，不必像上面那样一步步地作减法，一种简单的方法是，首先将所有的数位反转（1 的补码，后述），然后再在最低位（LSB）上加 1 就可以了。即

10010_2（数）

01101_2将数位反转（1 的补码）

01110_2 LSB 上加 1（2 的补码）

引入这样的补码概念，就可以将从某数 a 减去另一数 b 的减法运算变成 a 加上 b 的补码的加法运算。此外，在数字位上再加一个表示正负号的位（例如，正数为 0，负数为 1），作为 MSB（最高位），就可以用二进制码表示包含正负数的所有的数。

利用 2 的补码，例如用 7 位二进制数可以表示从 -63_{10}到 $+63_{10}$这些十进制数。

用 2 的补码有以下优点：

①因为二进制数本身具有正负性质，只须用加法器求代数和即可进行所有的加减运算。

②与 0_{10}对应的只有一个二进制数。

③在数字音响系统中，往往是当一部分出现故障时，所有的位都变为 0 或 1，而在 2 的补码制中，$000\cdots\cdots00_2$ 和 $111\cdots\cdots11_2$ 则分别对应于十进制数的 0_{10}和 -1_{10}。这就意味着，当系统出现故障时，输出保持最接近于 0 的状态。这就可以有效地防止产生不希望的噪声，防止故障的扩大。因为具有这样的特点，所以在 CD 和 DAT 系统中都采用 2 的补码制编码。

3.1 的补码

作为补码的“亲戚”有伪补码（减基数的补码）。某数的伪补码就是从只比基数小 1 的数（减基数）中减去该数。二进制数的伪补码叫做 1 的补码。1 的补码也可以和 2 的补码一样进行加减运算。利用这种特征，可以表示所有的正负数。1 的补码和 2 的补码相比，在正数范围内，两者完全相同，但在负数领域，用 1 的补码表示数要比用 2 的补码表示数少 1 个 LSB 位。另外，在 1 的补码制中，与十进制的 0_{10}对应的有 2 个不同的二进制数。

4. 带正负号的自然二进制码（循环二进制码）

在自然二进制码的数字位的上位加上表示正负符号的位作为 MSB 即带正负符号的自然二进制码。如果把 $+0_{10}$和 -0_{10}之间作为界限只看正负两边的数字位，会发现两边像镜子一样具有对称关系，故而亦称折叠二进制码。和 2 的补码相比，正的范围相同，在负的范围恰好上下颠倒。带正负号的自然二进制码与 0_{10}对应也有 2 个不同的二进制数。

在上述 2、3、4 项的三种二进制码中，MSB 是表示正负号的位，只有 2SB 以下才是数字位，也许会产生这样的错觉，似乎比同样位数的自然二进制码损失了 1 个 bit。不过，这只要移动一下基准点（0_{10}）就可以用同样的 bit 数表示同样大小的数。具体情况如表 1－2 所示。

表 1-2　　7 位二进制数可表示的范围

	可表示的范围 -63_{10}　0_{10}　$+63_{10}$　$+127_{10}$
自然二进制数	
2 的补码	

5. 偏移自然二进制码

表示在正负范围内变化的数的另一种方法是不用负数，而将 0_{10}的位置移到负最大值的地方，这就是偏移自然二进制码。

6. 偏移反射二进制码

偏移反射二进制码是对反射二进制码（又称格雷码）进行偏移后得到的。这种码的特点是相邻的两个量化电平间仅有一位不同。这种码不仅便于用来制作特殊的 A/D 转换器和数字式衰减器（直接以数字信号的形式调节衰减电平的装置），而且在一位错码时，只能是变成相邻的电平，人耳不易察觉。

把上述各种二进制码归纳比较，可得表 1-3 和表 1-4。前者表示从 -8_{10}到 $+7_{10}$的十进制数对应的各种 4 位二进制码，而后者则表示对于同样的 4 位二进制数，当码制不同时，对应怎样的十进制数。

二进制码的家族除上述几种外还有很多，可根据不同的目的分别采用。

表 1-3　　十进制数和各种二进制数的对应

十进制数	自然二进制码	2 的补码	1 的补码	折叠二进制码	偏移二进制码	偏移反射二进制码
+7	0111	0111	0111	0111	1111	1000
+6	0110	0110	0110	0110	1110	1001
+5	0101	0101	0101	0101	1101	1011
+4	0100	0100	0100	0100	1100	1010
+3	0011	0011	0011	0011	1011	1110
+2	0010	0010	0010	0010	1010	1111
+1	0001	0001	0001	0001	1001	1101
+0	0000	0000	0000	0000	1000	1100
-0			1111	1000		
-1		1111	1110	1001	0111	0100
-2		1110	1101	1010	0110	0101
-3		1101	1100	1011	0101	0111
-4		1100	1011	1100	0100	0110
-5		1011	1010	1101	0011	0010
-6		1010	1001	1110	0010	0011
-7		1001	1000	1111	0001	0001
-8		1000			0000	0000

表 1-4　　　　4 位二进制数和十进制数的对应

4 位二进制数	十进制数					
	自然二进制码时	2 的补码时	1 的补码时	折叠二进制码时	偏移二进制码时	偏移反射二进制码时
0111	7	+7	+7	+7	-1	-3
0110	6	+6	+6	+6	-2	-4
0101	5	+5	+5	+5	-3	-2
0100	4	+4	+4	+4	-4	-1
0011	3	+3	+3	+3	-5	-6
0010	2	+2	+2	+2	-6	-5
0001	1	+1	+1	+1	-7	-7
0000	0	0	+0	+0	-8	-8
1111	15	-1	-0	-7	+7	+2
1110	14	-2	-1	-6	+6	+3
1101	13	-3	-2	-5	+5	+1
1100	12	-4	-3	-4	+4	0
1011	11	-5	-4	-3	+3	+5
1010	10	-6	-5	-2	+2	+4
1001	9	-7	-6	-1	+1	+6
1000	8	-8	-7	-0	+0	+7

三、二进制码的运算

关于二进制数的运算人们不太习惯。那是因为它虽然使用的是与十进制一样的“积”、“和”等术语以及运算符号，但内容却完全不同。而且还由于它的“和”运算有三种（逻辑和、模 2 和、进位和），必须根据不同情况分别选用。不过，这些都是很简单的约定，只要仔细看一看表 1-5 并把它们记住，运用起来就不会有什么困难了。

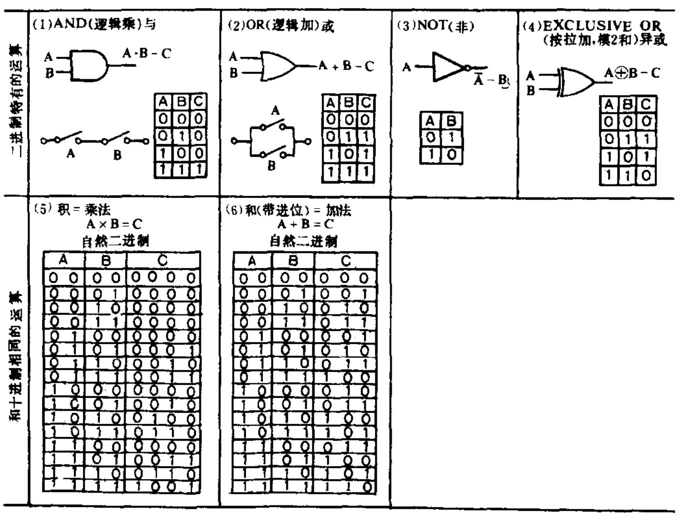

表 1-5　二进制码的运算

在表1－5中，①的“与”（AND，逻辑积）仅在A和B均为1时，输出C才为1，故可设想为串联的开关（1相当于开关接通）；②的“或”（OR，逻辑和）是A或B只要有一方为1时，输出C即为1，故可设想对应于并联开关；④的“异或”（模2和——以2为模的加法）虽然很像是“或”运算，但这里不同的是，当A、B都为1时，其输出为0，如果给“异或”再加上进位（即01＋01＝10），就变成与通常的十进制相同的“和”了，即变成⑥；⑤的“积”可以看成是把二进制数变成十进制数以后相乘，然后再变成二进制数。

通常的PCM电路只要有①～④这四种运算就够了，当一位一位地依次处理时，并不受前一位的影响。仅在两种情况下才需要用到⑤、⑥这两种与普通十进制相同的运算：一种是在纠错和补偿的时候；另一种是在用数字滤波器等进行信号处理的时候。

第六节　A/D和D/A变换

一、A/D变换

A/D变换就是模拟/数字变换。它的作用是把模拟信号变换成数字信号。

首先利用采样保持电路对输入的模拟信号采集样本值，见图1－6。

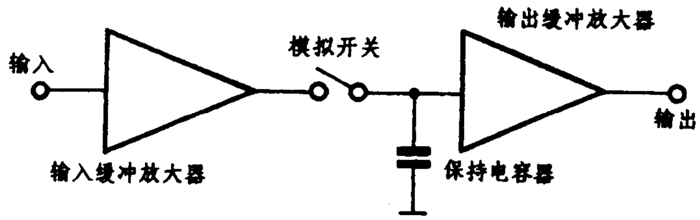

图1－6　采样保持电路

采样保持电路由输入缓冲放大器和模拟开关构成。模拟开关是个采样开关，接通时送出输入信号在接通时刻的电平值，就是样本值，之后立刻断开，等待下一次接通采样。模拟开关每秒钟接通的次数就是采样频率，对于音响信号，每秒钟采样44.1千次，即44.1kHz。模拟开关接通的时间就是采样时间，对于44.1kHz采样频率，采样时间一般约6μs。为了便于下面的量化处理，由保持电路将采样的电平值保持到下一个采样时刻。保持电路由保持电容和输出缓冲放大器构成。模拟开关采集到的样本电平送到保持电容以保持其电平值，经输出缓冲放大器放大输出，待下一个采样值送出时，它又保持输出这一个电平值。

A/D变换器的种类很多，本文只介绍逐级比较式A/D变换器。

逐级比较式A/D变换器主要由模拟比较器、移位寄存器、锁存器和D/A（数/模）变换器构成，见图1－7。

为了通俗地说明它的工作原理，先来看一看用天平和砝码称重物的情况。

先预备一些1g、5g、10g等已知质量的砝码。在此假定只有1g、2g、4g、8g、16g、32g 6种砝码。用这6种砝码能以小于1g的误差称出从0到63g的所有质量。比如有一件质量不明的物体需要称量（见图1－8），首先将被称物体放在天平一端的盘子上，然后在另一端盘子上放上最重的、即32g的砝码试称，如果放砝码的一端较轻，则说明被称物体比32g重，这时再加上一个次重的，即16g的砝码试称，若这次是放砝码盘的一端较重，则拿下16g砝码，换上8g的砝码再试称。按此步骤进行下去，假定成为图1－8（f）的状态，即放