



中等职业教育国家规划教材（电子技术应用专业）
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子整机原理

—— 数字视听设备

专业主编
责任主审

杨元挺
刘蕴陶

主编
审稿

徐丽香
王育坚



中等职业教育国家规划教材(电子技术应用专业)

电子整机原理

——数字视听设备

专业主编 杨元挺 主编 徐丽香
责任主审 刘蕴陶 审稿 王育坚

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲述 CD, VCD, DVD 的原理和维修知识。书中介绍了结构比较简单的 CD 和 VCD 的有关内容;对所有光盘机共用的结构——CD 部分进行了比较细致的分析,对 VCD 机着重介绍所采用的信号压缩处理技术 MPEG-1 标准及该机采用的典型的解压缩芯片,并详细地分析了典型线路。本书还介绍了超级 VCD、LD、MP3、光盘录像机、磁光盘机的一些知识,对家庭影院设备也进行了相应的介绍。

本书从影碟机技术的发展和数字处理电路的基础知识开始讲述,详细分析了 DVD 的工作原理,使读者适应电子技术的发展,掌握当今最高级的视听器材的原理和维修方法。

本书可作为中等职业学校电子信息类专业的教材,也可以作为各类影碟机维修培训班的教材,亦可供广大无线电爱好者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子整机原理——数字视听设备/徐丽香主编. —北京:电子工业出版社,2002.6

中等职业教育国家规划教材(电子技术应用专业)

ISBN 7-5053-7202-5

I. 电… II. 徐… III. ①数字技术—显示设备—原理—专业学校—教材 ②数字技术—音频设备—原理—专业学校—教材 IV. ①TN912.2 ②TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 036510 号

责任编辑:刘文杰

印 刷:中国科学院印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:11 字数:345 千字 插页:9

版 次:2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:17.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

随着电子技术的发展,各种各样的光盘机进入了千家万户。CD 唱机带给人们美妙的音乐享受,VCD 满足了人们对视听的基本要求,DVD 引导着数字影音技术的新潮流。

本书是根据教育部颁发的中等职业学校《电子整机原理——数字视听设备》教学大纲编写的。本书遵循教材改革的要求,希望读者通过阅读本书,掌握数字视听设备的组成原理,读懂典型数字视听设备的整机线路图和能根据故障现象进行故障部位的判断。

本书着重介绍了 CD 唱机、VCD 播放机、DVD 视盘机的工作原理和电路分析方法,同时还介绍了超级 VCD、LD、MP3、光盘录像机、磁光盘机、家庭影院的组建等有关知识。

同是在直径 12cm 的光盘上,CD 盘可存储 74 分钟(min)的音乐数据;VCD 由于采用了 MPEG-1 图像和声音压缩技术,可存储 74 min 的活动影像和立体声伴音;而 DVD 由于采用了更为先进的 MPEG-2 压缩技术和杜比 AC-3 音频处理技术,可存储 133 min 的活动图像和 5.1 声道的环绕立体声伴音。超级 VCD 的容量较小,只可存储 45 min 的活动图像,但图像质量优于 VCD。

盘片的相似,决定了播放机具有一定的相似性。

本书以较大的篇幅讲述了 CD,VCD,DVD 的原理。由于 CD 唱机的结构是所有光盘机所共用的,加上一块解压板就可以构成 VCD。所以,学好 CD 原理,很容易掌握 VCD 播放机的原理;DVD 是在 VCD 的基础上发展起来的,DVD 的结构和 VCD 非常相似,但 DVD 机比 VCD 机要精密得多,功能要强得多。主要不同点在于:①由于盘片信息坑点大小不同,从而使 DVD 机辨认坑点的激光头更为复杂、更为精密;②编码压缩和解压处理方法不同。在讲述 DVD 的原理时,全书着重分析 DVD 和 VCD 的不同之处,使读者快速掌握 DVD 的原理。由此,在讲述上,把 CD,VCD,DVD 有机地结合起来,加以对比分析,强调其共同点的同时,突出其各自的特点,使读者能够快速掌握这些现代影音设备的工作原理,收到事半功倍的效果。

本书由徐丽香主编,负责对全书内容进行统编,并编写了第 2,3,6,7 章;李中显编写第 5,8,9 章;范荣欣编写第 1,4 章。熊耀辉校长对本书的编写给予了热心的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

此外,本书附有各种品牌的 CD,VCD,DVD 电路图,可以提高读者识图能力。为了便于读者查找原始资料及对各种实用电路进行维修和分析研究,书中对各种机型的实用电路,一律采用原公司提供给用户的原始线路图,对图中各部件、元件的图形、符号及其标注方法等均保持原样,而且在文中也相应地采用了和图中符号一致的叙述。

由于编者水平有限,时间仓促,错误和不妥之处,殷切期望同行和广大读者批评、指正。

作 者

2002 年 1 月

目 录

第 1 章 数字视听技术基础	(1)
1.1 激光光盘技术	(1)
1.2 基本知识	(2)
1.2.1 模/数转换器 (ADC)	(2)
1.2.2 数/模转换器 (DAC)	(4)
1.3 激光唱片的构造	(4)
1.3.1 CD 光盘的结构	(4)
1.3.2 CD 光盘上的信迹	(5)
1.3.3 CD 光盘的刻录、复制过程	(5)
1.4 EFM 调制	(6)
1.5 CD-DA 数据格式标准	(7)
1.5.1 CD 信号记录格式	(7)
1.5.2 纠错校验码	(7)
1.5.3 子码	(7)
1.5.4 同步字	(8)
1.6 光盘机的使用常识	(8)
学习要点与指导	(11)
习题与思考题	(12)
第 2 章 CD 唱机的工作原理	(13)
2.1 CD 唱机的基本组成	(13)
2.1.1 激光唱机的电路组成	(13)
2.1.2 信号处理过程	(15)
2.2 激光头	(15)
2.2.1 光学装置	(15)
2.2.2 调节器	(17)
2.3 RF 放大和失落检测电路	(21)
2.4 伺服电路	(21)
2.4.1 聚焦伺服	(21)
2.4.2 循迹伺服	(23)
2.4.3 进给伺服	(24)
2.4.4 主轴伺服	(26)
2.5 数字信号处理器 (DSP)	(27)
2.5.1 位时钟的恢复	(28)
2.5.2 帧同步信号的恢复	(28)
2.5.3 子码解码器	(28)

2.5.4	数字输出处理电路	(28)
2.6	数字滤波器和数 / 模转换器	(29)
2.6.1	数字滤波器	(29)
2.6.2	数 / 模转换器	(30)
2.7	系统控制与显示电路	(31)
2.7.1	系统控制电路的基本构成	(32)
2.7.2	微处理器的控制过程	(32)
2.7.3	微处理器的操作显示	(33)
2.8	电源电路	(35)
2.8.1	串联调整式稳压电源	(35)
2.8.2	开关电源的基本工作原理	(36)
2.8.3	CD 唱机的各电路供电电源	(38)
2.9	机芯工作原理	(39)
2.9.1	飞利浦机芯的结构及拆装	(39)
2.9.2	索尼机芯的结构及拆装	(42)
	学习要点与指导	(44)
	习题与思考题	(45)
	实验一 CD 唱机的认识	(45)
第 3 章	CD 唱机的电路分析和基本维修思路	(48)
3.1	CD 唱机的电路分析方法	(48)
3.2	松下 Technics SL-P210 CD 唱机的电路分析	(49)
3.2.1	松下 Technics SL-P210 CD 唱机的基本构成	(49)
3.2.2	激光头组件与 RF 放大和伺服处理	(54)
3.2.3	信号处理电路	(58)
3.2.4	系统控制电路和显示电路	(59)
3.2.5	电源电路	(60)
3.3	光盘机的基本维修思路	(61)
	学习要点与指导	(63)
	习题与思考题	(64)
	实验二 CD 唱机识图 and 实际电路分析	(64)
	实验三 CD 唱机波形测试	(64)
	实验四 CD 唱机的基本维修技能	(66)
第 4 章	VCD 信号的编码和译码	(67)
4.1	VCD 的工作方式	(67)
4.1.1	VCD 数据内容与 CD 数据内容的异同	(67)
4.1.2	VCD 光盘	(67)
4.1.3	VCD 播放机的标准版本	(68)
4.2	图像数据的编码方式	(68)
4.2.1	视频信号压缩的必要性	(68)
4.2.2	视频图像数据压缩的方法	(69)

4.3	图像的编码和解码	(71)
4.4	声音的编码和解码	(72)
4.5	图像与声音的同步	(74)
4.5.1	图像与声音的同步方法	(74)
4.5.2	同步信号的编码和解码	(74)
4.6	MPEG1 解码器	(75)
4.6.1	基本组成	(75)
4.6.2	斯高柏解码器	(75)
4.6.3	依雅时解码器	(78)
4.6.4	华邦解码器	(81)
	学习要点和指导	(81)
	习题与思考题	(82)
	实验五 多媒体演示图像的处理	(82)
第 5 章	VCD 播放机的结构和原理	(84)
5.1	VCD 播放机结构和信号分析	(84)
5.1.1	VCD 播放机结构	(84)
5.1.2	VCD 播放机的信号流程	(84)
5.1.3	VCD 播放机的输出端子种类	(86)
5.2	VCD 播放机的播放功能	(87)
5.3	三星 DVC-650S VCD 机电路详解	(87)
5.3.1	整机主要构成	(87)
5.3.2	芯片工作条件及特点	(88)
5.3.3	RF 信号处理与数字信号处理	(90)
5.3.4	VCD 解压缩电路	(91)
5.3.5	话筒放大及数字回响电路	(95)
5.3.6	伺服电路	(96)
5.3.7	系统控制电路	(99)
5.3.8	电源电路	(100)
5.3.9	关键检测点的信号波形	(101)
	学习要点与指导	(102)
	习题与思考题	(103)
	实验六 VCD 机的认识	(103)
	实验七 VCD 机的波形测试	(105)
第 6 章	DVD 的基本知识	(107)
6.1	DVD 的发展和特点	(107)
6.1.1	DVD 的发展	(107)
6.1.2	DVD 的特点	(107)
6.1.3	DVD 和 VCD, CD 的异同	(108)
6.2	DVD 播放机的基本知识	(109)
6.2.1	DVD 产品种类简介	(109)

6.2.2 DVD 播放机的配置	(109)
6.2.3 影视 DVD 的地区编码	(111)
6.3 DVD 的光盘结构	(112)
6.4 DVD 的关键技术	(113)
6.5 DVD 的编码技术	(114)
6.5.1 DVD 的图像处理技术——MPEG-2 压缩技术	(114)
6.5.2 DVD 的伴音处理技术	(115)
6.5.3 DVD 的编码格式	(115)
6.6 影音光盘标志知识	(116)
6.7 DVD 的增强技术	(117)
学习要点与指导	(118)
习题与思考题	(118)
实验八 DVD 机的认识	(118)
第 7 章 DVD 播放机的基本工作原理	(120)
7.1 DVD 播放机的结构方框图	(120)
7.2 DVD 播放机的激光头	(121)
7.2.1 光学系统	(121)
7.2.2 传动机构	(122)
7.3 DVD 解码芯片的基本构成	(123)
7.4 松下 A300MU DVD 播放机的基本工作原理	(124)
学习要点与指导	(140)
习题与思考题	(140)
实验九 DVD 机主要波形测试	(140)
第 8 章 超级 VCD、LD、MP3、光盘录像机、磁光盘机简介	(142)
8.1 超级 VCD 简介	(142)
*8.2 LD 影碟机简介	(142)
8.2.1 LD 光盘	(142)
8.2.2 LD 机的基本结构	(145)
8.2.3 LD 信号的处理过程	(147)
*8.3 MD 磁光盘机、MP3 播放机、光盘录像机简介	(148)
8.3.1 磁光盘机	(148)
8.3.2 MP3 播放机	(149)
8.3.3 光盘录像机	(149)
学习要点与指导	(150)
习题与思考题	(151)
* 实验十 超级 VCD、LD、MP3、光盘录像机、磁光盘机的使用	(151)
*第 9 章 家庭影院设备	(153)
9.1 家庭影院的组成	(153)
9.1.1 AV 放大器	(154)
9.1.2 音箱系统	(156)

9.1.3	大屏幕彩色电视机	(157)
9.1.4	卡拉 OK 演唱系统	(158)
9.2	家庭影院主要设备的主要参数	(158)
9.3	家庭影院的配置	(159)
9.3.1	家庭影院系统器材的选配原则	(159)
9.3.2	家庭影院系统器材的选购	(160)
9.3.3	家庭影院系统器材搭配实例	(162)
	学习要点与指导	(164)
	习题与思考题	(164)
	实验十一 家庭影院的组建	(164)
附图一	松下 Technics SL-P210 电路图	
附图二	三星 DVC-650S CD 电路原理图	
附图三	三星 DVC-650S 视频电路原理图	
附图四	三星 DVC-650S 前面板电路原理图	
附图五	三星 DVC-650S 电源电路原理图	
附图六	松下 DVD-A300MU 伺服电路图	
附图七	松下 DVD-A300MU 影像电路图	
附图八	松下 DVD-A300MU 音频电路图	
附图九	松下 DVD-A300MU 系统控制/ODC 和 CD DSP 部分电路图	
附图十	松下 DVD-A300MU 电源电路图	
附图十一	松下 DVD-A300MU 操作、HP 音量电路图	

第 1 章 数字视听技术基础

教学基本要求

- (1) 了解数字视听设备的发展。
- (2) 掌握数字信号的特点, 理解 A/D 和 D/A 的作用。
- (3) 理解 CD 光盘信号的记录格式。
- (4) 了解 CD 光盘的制作过程。

激光唱片技术是涉及材料科学、光学和光电子学、精密机械、计算机控制和测试技术等领域的新技术, 是继磁记录技术之后的又一重大科技发明。无论是 LD, CD, VCD 及 DVD 机, 激光光盘都是它们存储信息的载体。

1.1 激光光盘技术

20 世纪 70 年代出现了用激光录放视频、音频信息的激光视盘 (Laser Disc 简称 LD), 它是直径为 30cm, 厚度为 2mm 的光盘, 采用双面刻录方式, 每面可记录 1 小时 (h) 左右的模拟活动图像和伴音信号的大影碟。LD 具有宽频特性和高信噪比, 重放时能再现鲜明清晰的图像及动听的高保真音乐。

进入 20 世纪 80 年代, 随着大规模集成电路技术的迅速发展, 通信领域中脉冲调制编码 (PCM) 技术及高效率编码和信息压缩技术的出现, 加之音频信号数字化的成功, 借助于 LD 技术, 激光唱片和激光唱机问世, 这就是 CD (Compact Disc, 即直译为“压缩光盘”, 常译为“光盘”或“光盘”) 方式。它采用的是直径为 12cm, 厚度为 1.2mm, 单面刻录方式, 可记录 74min 的高保真数字音频信号的小型光盘。CD 机具有频率特性宽, 信噪比高, 动态范围大, 分离度高, 谐波失真小, 几乎无抖动, 售价便宜等特点。使人们享受到数字音响技术带来的高质量美妙音乐。

随着数字压缩技术和计算机技术的迅速发展。在 1993 年 9 月 4 日, 中国万燕公司制成的 MPEG 动态图像压缩标准的 CDK-320K 型 1.1 版的 VCD 播放机, 通过了国家的鉴定, 开创了数字解压缩技术商业化生产的先河。VCD (Video Compact Disc) 光盘的直径为 12cm, 厚度为 1.2mm, 单面刻录, 可记录长达 74min 的活动图像和数字音频信号, 重放时画面无抖动, 无杂波干扰, 音质与 CD 机相当。VCD 具有多制式, 双语言, 多盘播放, 菜单显示, 多画面浏览, 各种程序的多速播放及卡拉 OK 等众多功能。

VCD 展示了数字光盘进入千家万户的光明前景, 随着人们生活水平的提高, 1996 年推出了 VCD 的升级换代产品 DVD, DVD 盘片的外形与 CD, VCD 相同, 但信息容量极大, 在单面进行单层记录时, 可存储 4.7GB 大约相当于 3200 个软磁盘或 7 个 CD 光盘的容量, 单面最大播放时间为 133min, 具有强大的人机交互功能和很强的媒体互换性, 如为加强用户的参与感, 提供多角度捕捉影像, 供观看者选择切换, 也可提供脚本的多元情节; AC-3 环绕立体声, 包括 6 个完全独立的声道; 备有检索控制器, 可以很容易地找到电影的章节与轨

迹段, 可以根据 DVD 的不同内容, 将双声道转换成多声道, 并可记录、重放多达 8 种语言的伴音, 同时提供 32 种文字的字幕, 还能根据需要在 16:9 或 4:3 的宽高比中进行选择。

图 1.1 所示, 光盘的发展反映了光盘技术的发展过程, 从模拟→模拟+数字→全数字化; 从音乐→静止图像+音乐→活动图像+音乐。光盘的分类有: 单曲目 CD (CD-Single, 直径 8cm)、能显示静止图像的 CD (CD-G)、交互式 CD (CD-I)、带有一部分活动图像的 CD (CD-V)、可作为计算机只读存储器的 CD (CD-ROM)、背景音乐 CD (CD-BGM)、可由用户自行记录一次的 CD (CD-WO 或 CD-R、CD-WORM)、可消可录 CD (CD-MO, PCR)、能记录照片的 CD (Photo-CD)、激光视盘 LD、视频 CD (VCD) 及数字通用光盘 (DVD) 等。

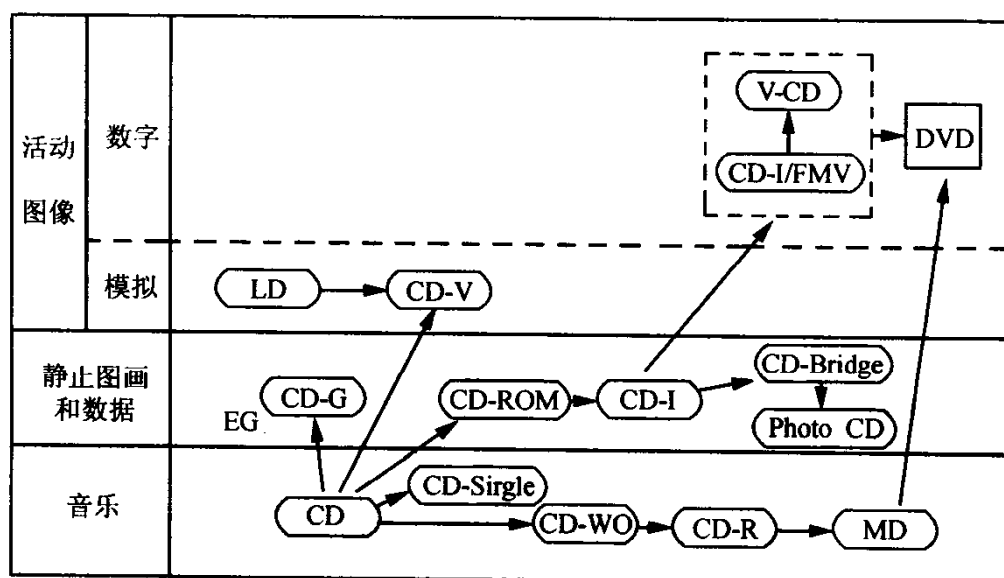


图 1.1 光盘的发展

1.2 基本知识

CD, VCD, DVD 对信号进行了数字化处理。由于数字信号就是时间、幅度都离散化的信号, 它通常只有高、低电平两种状态, 分别用 0 和 1 来表示。数字信号在记录、传输、放大过程中失真小, 可靠性和稳定性高, 便于控制和长时间存储以及大规模集成化。

1.2.1 模/数转换器 (ADC)

为使模拟的音频信号能够进行数字化处理, 在光盘刻录前, 必须先把在时间和幅度都是连续变化的模拟信号转换成数字信号, 这是由模/数 (A/D) 转换器来实现的。A/D 转换步骤为: 采样和量化编码。

1. 采样

采样是在特定时间间隔取出模拟信号电压或电流的过程。这个过程将原来在时间上连续的模拟信号变换成在时间上离散的脉冲序列。

图 1.2 所示的采样原理是 t_0 至 t' 这一时间段内的某模拟信号 $u(t)$, 在这么有限的一段时间内的信号波形由无数个点构成。采样即是按一定的频率选取一些电压点如 $u_0, u_1, u_2 \dots u'$ 等来粗略地表示原来的模拟信号 $u(t)$ 。采样的频率愈高, 采样点排列愈密, 愈接近原信号或说采样点表示原信号的失真愈小, 但产品成本提高。根据采样定理: 当采样频率 f_s 大于或等于原信号最高频率 f_c 的两倍时, 就可以无失真地从采样后的离散信号中恢复出原来的模拟信号。

为了无失真表示 20Hz~22.5kHz 的音频信号，CD 唱片系统的取样频率为 44.1kHz。

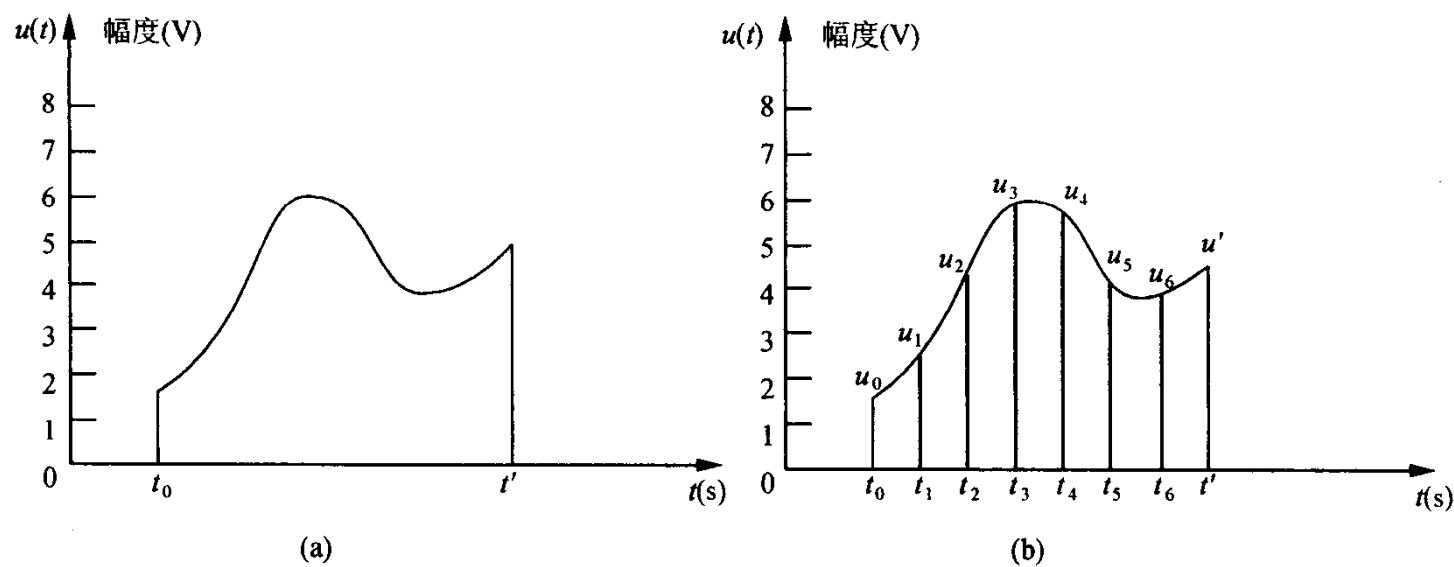


图 1.2 采样原理

2. 量化和编码

量化即是把采样的结果进行取整。

图 1.3 (a) 所示模拟信号经四舍五入的量化处理后，就得到图 1.3 (b) 所示整数。图 (b) 所示不同的幅度个数明显少于图 (a)，图 (b) 的波形与图 (a) 并非完全相同，这说明，经量化后，量化值与采样值之间产生了误差，该误差称为量化误差，这是在模/数转换中不可避免的，量化误差对信号来说就是量化噪声。量化噪声的大小取决于量化级的多少，量化等级越细，则要区分的幅度值个数越多，因为 n 位二进制数能够表示的幅值个数 2^n ，所以 n 值越高量化噪声就越小。

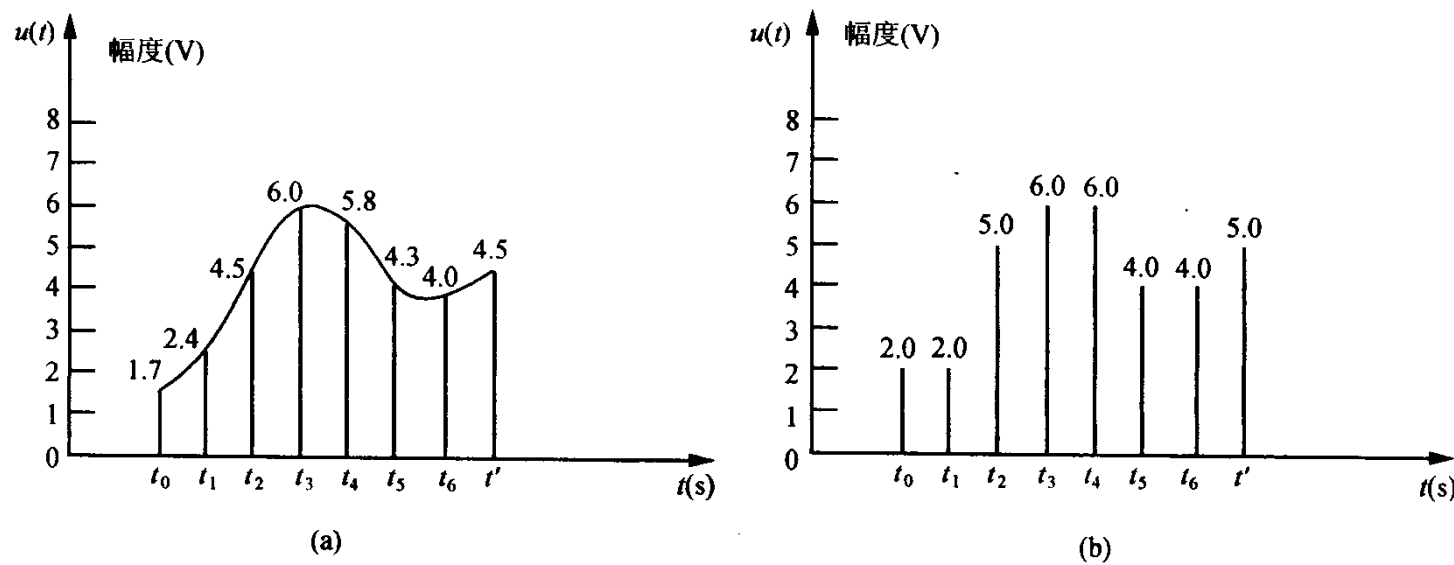


图 1.3 模拟信号的量化

将已量化的各幅度值用二进制数码表示的过程称为编码。如果用 3 位的二进制数表示各量化值对应的二进制数如图 1.4 所示，编码后获得的一串数字信号为 010 010 101 110 110 100 100 101……即将每个量化值的二进制码按先后顺序连贯起来。在电路中，用两种电平来代表“1”和“0”，通常高电平表示“1”，低电平表示“0”。这样的脉冲信号称为脉冲编码调制 (PCM) 信号。可见，数字信号是离散的不连续的幅度值（电压或电流）的脉冲序列。

二进制码的组成部分是“位 (bit)”，8 位通常称为一个“字节 (byte)”。若有一脉冲周

期对应读出二进制数中的一位对应的脉冲宽度，即脉冲可称为读出数据的“位时钟”，其与“位”对应关系如图 1.5 所示。位数越多，分辨力越高，其描述采样值的精度也越高。激光唱片系统每一位取样点由 16 位二进制码来表示，共有 65 536 种组合，其动态范围大于 90dB。

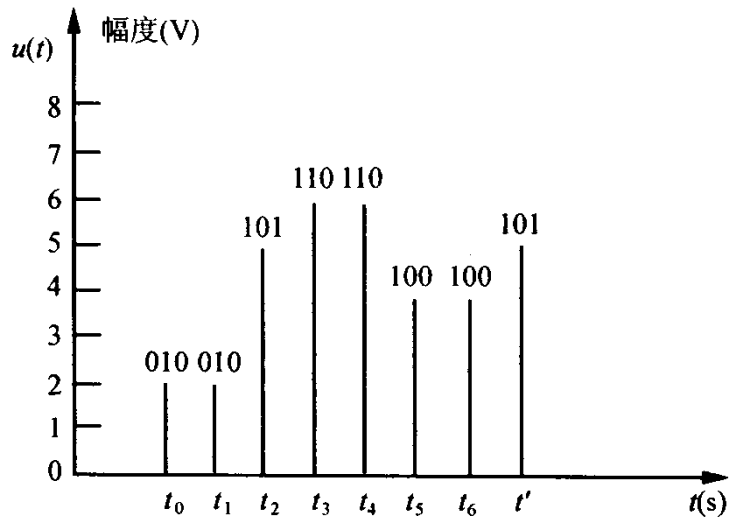


图 1.4 编码

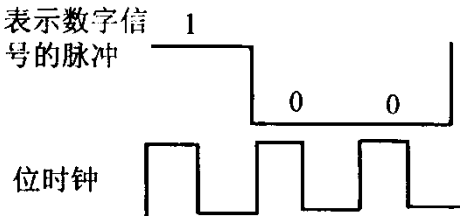


图 1.5 位时钟和位的对应关系

模/数转换器有多种类型，它们都是用集成电路来完成其功能，性能可靠。

1.2.2 数/模转换器（DAC）

在数字视听设备中，必须具有能够把数字信号变换成模拟信号的电路，即数/模（D/A）转换器。这样，用数字信号表示的声音和图像的信息才能用喇叭或显像管重放出来。

1.3 激光唱片的构造

CD 光盘又称激光唱片。它是利用激光来重放出声音的一种存储信息的介质。由于其读取采用非接触式，所以不易损坏，寿命较长。

1.3.1 CD 光盘的结构

CD 盘片的结构如图 1.6 所示，由中心孔、夹持盘片区、记录盘片目录的导入区、记录音乐信号的信号区部分和记录了盘片内容已播放完毕的信息的导出区和边沿区。

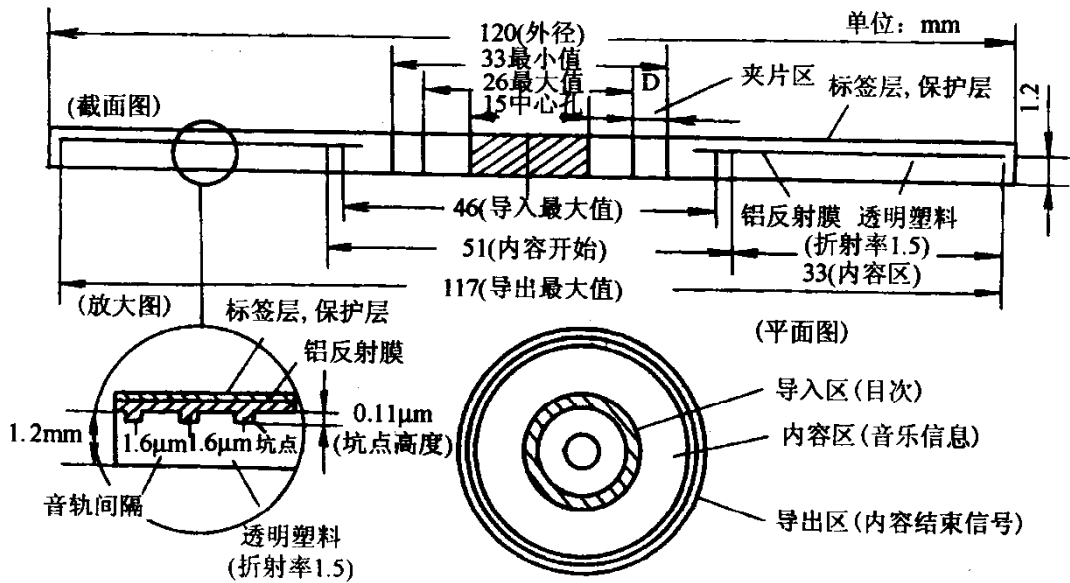


图 1.6 CD 盘片结构

从盘片的剖面看，盘片又分为三层。一层为透明衬底，一般用聚碳酸酯，它具有耐热、耐湿、良好的成型性能；中间层为反射层，用金属薄膜铝采用蒸镀方法形成；上面保护层一般由硬树脂制成，在保护层上印有商标等内容。

1.3.2 CD 光盘上的信迹

CD 盘上记录的音频信号变化是由 1 和 0 组成的数字信号。在反射层上记录的信迹是由 $0.5\mu\text{m}$ ~ $0.6\mu\text{m}$ 宽、 $0.13\mu\text{m}$ 高、具有九种不同长度 ($0.83\mu\text{m}$ ~ $3.1\mu\text{m}$) 的小凸起和间隔构成的 (由放音时激光照射的一面来看)。相邻两圈之间的距离为 $1.6\mu\text{m}$ ，单面最长放音时间约为 74min 左右。图 1.7 为 CD 光盘的信迹尺寸图。

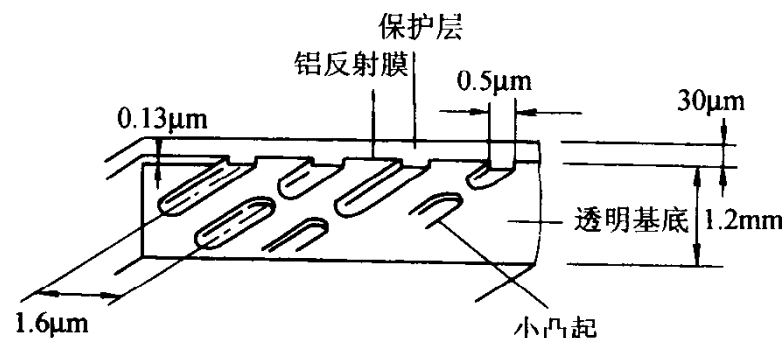


图 1.7 CD 光盘信迹尺寸图

1.3.3 CD 光盘的刻录、复制过程

CD 原盘是采用光学方法刻录的。刻录方法是在直径 12cm、厚 6mm，经过光学研磨的玻璃圆盘上涂覆上 $0.12\mu\text{m}$ 厚的光刻胶，将玻璃圆盘置于刻录机转盘上，使转盘按规定速度旋转，将所录信号经编码器编码后，送至光调制器。当高功率氦离子激光束射向圆盘时，激光束的强弱由光调制器来控制，按信号的强弱使光刻胶受激光的照射。同时，激光束经一定速度沿圆盘半径自内向外移动。于是，圆盘上的光刻胶被一圈圈地感光。将已感光的圆盘进行化学处理后，圆盘上就留下了与信号相对应的凹凸坑，组成螺旋排列的由内向外的圈圈信迹，这就是 CD 原盘。

CD 光盘的制造大都采用复制成型。其制作过程如图 1.8 所示，先用激光刻录机将音频信号调制激光束，刻录在涂有光刻胶的玻璃圆盘上，经过化学处理后，制成具有凹凸信号结构的正像母盘。然后利用蒸发和电镀技术，做成金属负像的压模。用注塑或光聚合法在金属母盘上复印光盘。再涂加反射膜，CD 盘片就制成了。

除用压制成型法外，还可采用注射成型法，具体做法是，把熔融的盘片材料压入装有压模的金属模具中，冷却后就得到了 CD 盘片。

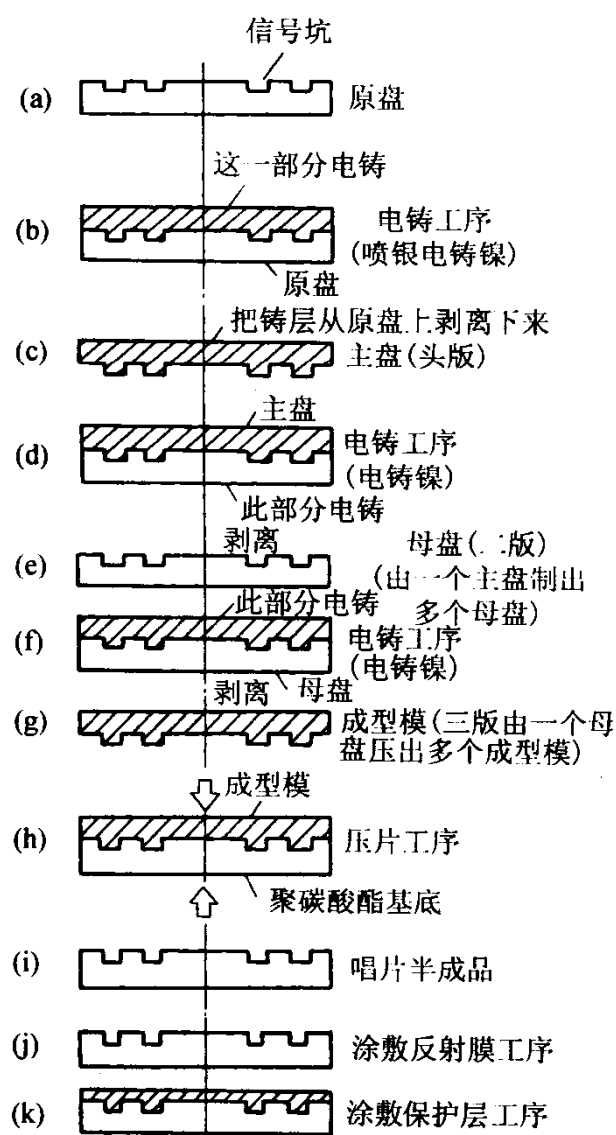


图 1.8 CD 盘片的制作过程

1.4 EFM 调制

1. EFM 调制

音频信号经过采样、量化和 PCM 调制成为数字信号，即二进制码流。但这种二进制码流还不能直接用激光记录到光盘上。因数据连续为“1”或太长时间为“0”，激光刻录和光盘播放都存在一些问题，所以，采用 EFM 调制，即 8 位转换成 14 位的调制 (Eight to Fourteen Modulation)。先把 16 位 (bit) / 采样点的数据字按每 8 位一组分为 2 字节，然后将 8 位数据分别变换成 14 位数据。14 位的码可以有 2^{14} 种组合，变换时是从 2^{14} 种码型中选出 2^8 种码型，选择码型时应满足如下条件：

- (1) 没有两个连续的数字 1 出现；
- (2) 两个数字 1 之间 0 的个数最少为 2 个；
- (3) 两个数字 1 之间 0 的个数最多为 10 个。

EFM 调制方法实际上是通过查表的方法从 14 位的 267 种满足条件的数据中，一一对应地选出 256 种数据来代替 8 位数据。这样，一个 14 位的数据便代表原来的一个 8 位数据刻录到光盘上。当从光盘上重新读取数据信息时，经过另一张“对照表”便可将每一个 14 位数据重新转换回原来的 8 位数据。图 1.9 是 EFM 调制过程。经 EFM 调制后，数据最终记录到光盘的最终时钟频率即位时钟为 4.3218MHz。

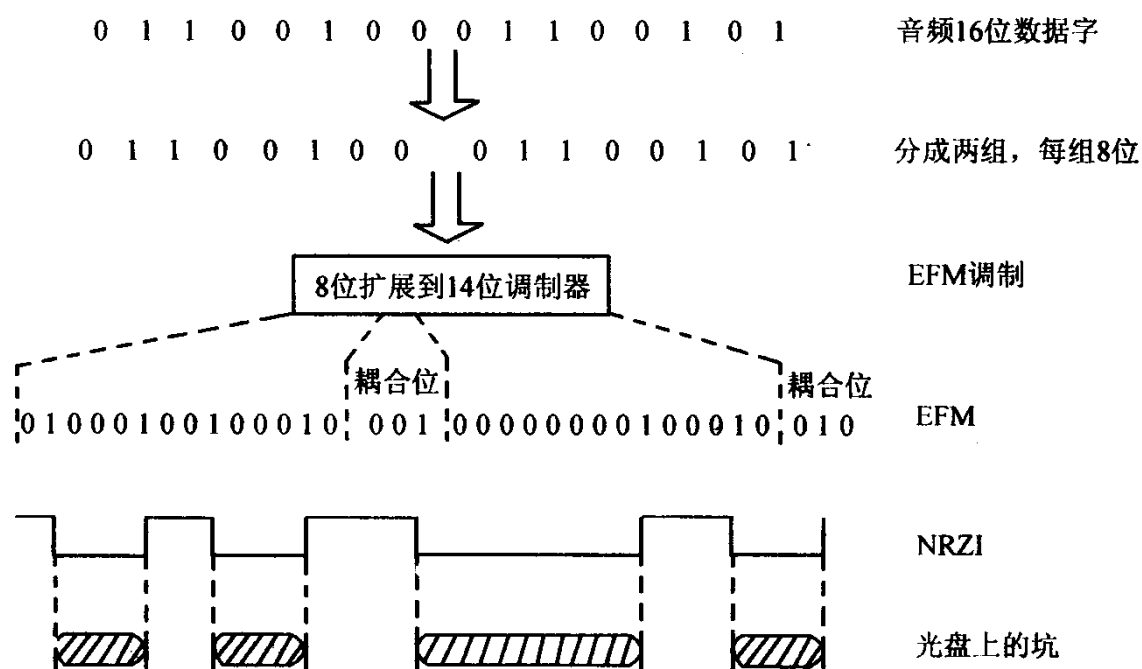


图 1.9 EFM 调制过程

2. 耦合位

图 1.9 中的耦合位是为了防止数据串行传输时，在前后两个数据连接时，出现两个“1”之间的“0”的个数少于两位或多于十位。因此，在每两个 14 位数据之间插入三个附加位，这三个附加位称为耦合位。耦合位的选择由电脑对数据进行分析自动插入，在重放时由电解码器识别出来并逐位滤去。

1.5 CD-DA 数据格式标准

在制造 CD 和 CD 唱机时必须遵守 CD-DA（数字音频光盘技术）规定的格式，包括光盘的形状、规格、信号记录格式等。

1.5.1 CD 信号记录格式

CD 记录格式就是帧结构格式。经 EFM 调制后，在 CD 格式中，以 14 位为一个字节，每一帧有 588 位，前面 24 位是区分帧与帧之间间隔的帧同步信号，其后是 1 个字节用来表示控制与显示信号的子码，24 个字节用于表示左、右通道数据和 8 个字节的纠错校验码，另外在每一个字节中加入 3 位耦合字。帧结构格式如图 1.10 所示。

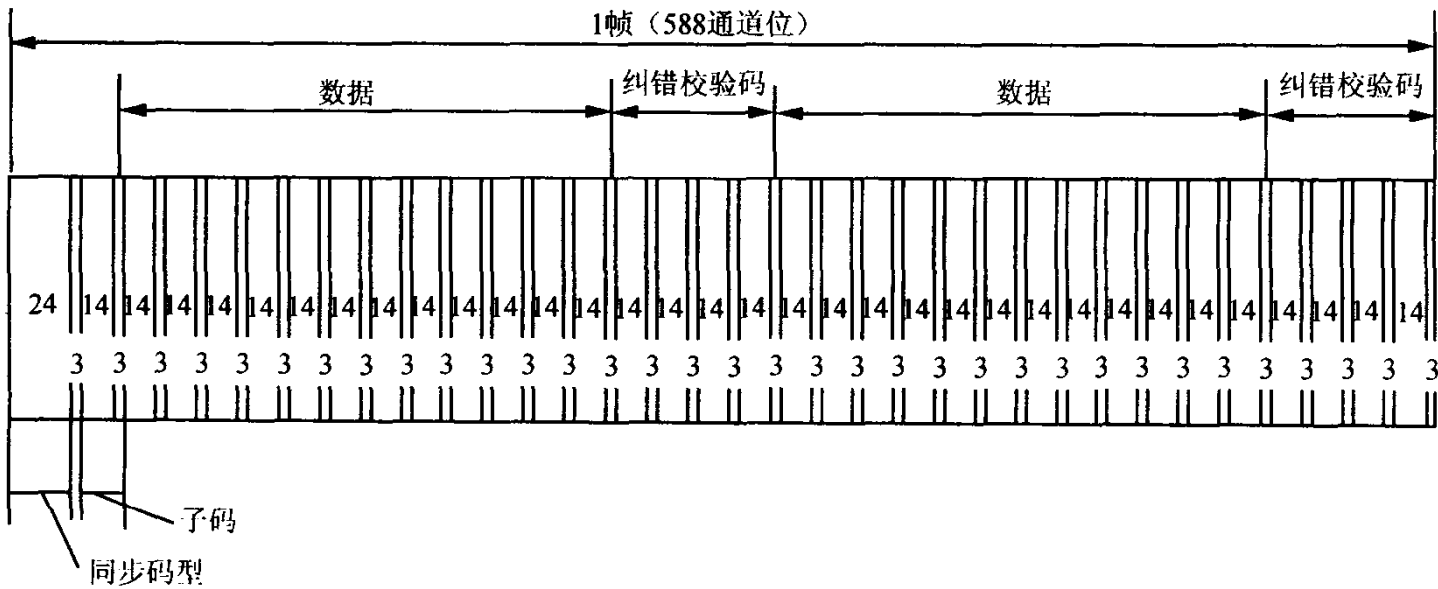


图 1.10 帧结构格式

1.5.2 纠错校验码

CD 唱机是依靠激光束来进行信号的检测和拾取，激光束能否正确地判断出 CD 唱片上“1”和“0”的数字信号，对 CD 唱机重放信号的保真度是至关重要的。在数字记录或重放过程中产生数字的差错，即误码时，恢复的模拟音频信号就会与原来记录的信号产生严重的失真，让扬声器发出刺耳的冲击噪声。为此，纠错是提高 CD 唱机质量的一个必不可少的过程。

纠错就是在信息码中，以一定规则额外添加一个或几个多余码元，使原来信息序列中不相关的码元变为相关，然后把由信息码和多余码组成的新的数字信号记录下来，重放时信息码与多余码之间也应符合上述规则，并根据这一规则检验，从而发现错码并进行纠正，这便是纠错的基本思想。

纠错的方法很多，在 CD 系统中一般都采用 CIRC（交叉交织里德·索罗门码）的纠错方法。它具有很强的检验能力。

1.5.3 子码

经 CIRC 处理后，每帧信息中均插入一个字节的附加数据信息，这个附加数据信息称为

子码或叫控制字，分别用 P, Q, R, S, T, U, V, W 表示。它具有两个功能：一是表示节目片头或具有按照预先设定的顺序重放的编辑功能；二是实现选曲控制和各种特殊播放功能。

在单独的一帧 CD 信号中每个子码通道的子码只占一位，它并不能表示出什么实际的意义，只有将每一帧 CD 信号中相同通道的这一位子码信号连接起来（在 CD 唱机中可由存储器完成），才可以表示出完整的信息，这也就是子码帧的概念，一个子码帧由 98 帧 CD 信号中的子码构成。

CD 数字音频系统中，一般仅使用 P, Q 两个通道的子码，而其他 6 个通道的子码称为用户通道，在 CD-G, CD-I 中得以应用，存储图形和文字信息。P 通道码的功能是用来表示乐曲之间的空隙。在空隙时 $P=1$ ，有乐曲时 $P=0$ 。Q 通道码的功能是用来实现选曲控制和各种特殊播放及提供显示所需各种数据。Q 码的帧格式如图 1.11 所示。其中 $Q_1 \sim Q_4$ 为控制码，用来识别音频的通道数、加重、数字数据等。 $Q_5 \sim Q_8$ 为模式码，用来表示 Q 通道的工作模式。 $Q_9 \sim Q_{80}$ 为 72 比特的数据码，用来提供唱片中所记录节目的节目号、轨迹号、索引号以及节目在唱片中的绝对时间（从唱片起始位置到节目现在位置的时间）和节目经过时间（从某一节目开始位置到节目现在位置的时间）等内容，这些数据送往 CD 唱机的微处理器，经译码后显示出来，用户可了解 CD 唱机的播放情况。另外在进行节目搜索和特殊重放时，也可以根据 Q 子码中的数据进行操作。 $Q_{81} \sim Q_{96}$ 为 16 比特的循环冗余检验码用来检验子码帧的数据是否正确。

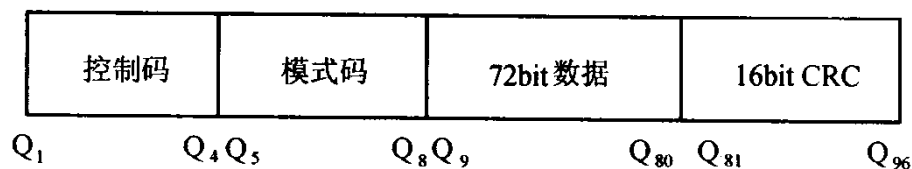


图 1.11 Q 码的帧格式

1.5.4 同步字

数字信号只有两种状态，即“1”和“0”，若在重放识读时，代表一个模拟值的数字信号不能分割成组，则不但该信号所代表的数码值会完全不同，而且以后的信号还会继续错下去，永远也恢复不了。所以，在记录数字信号时，要把数码分割成组，并设法使其在重放时能判断各组数码之间的分界线；重放时，将连续出现的一串数码准确地按组分割，并针对数据的性质和用途分别输到不同的电路，如音频数据字在记录时是分散时，但播放时必须把所有音频数据字取出，进行连续的播放。为此，在重放时，还必须按编码时的顺序和节奏将数码分切，即重放时单位时间内的码的传输位数必须与录制时完全一致，以免错位。同步字就是在每帧的开头均插入一个同步信号，作为处理数据的起始点，由于它有固定的码率信息，即代表传输每一位的时间节奏，可以用以重放时按相同的码率来切取分割数字，还可以作为唱片速度控制的比较信号，使唱片同一时间内读取的位数基本相同。同步字完全不同于唱片上的所有其他数据信息。它是由如下的 24 位数字组成，即 100 000 000 001 000 000 000 010。

1.6 光盘机的使用常识

1. 光盘机的控制器名称和布局

光盘机控制器名称和布局基本相当，随着型号和功能的不同略有差异。下面，以新科