

数码压缩技术及应用

——VCD、DVD、HDTV 及 VOD

主 编 郑世林

副主编 余佑财 张业民

参 编 但汉久 余大崑 王仁海



机械工业出版社

本书共分九章,第1章概述数字化进程及应用;第2章介绍像素点阵成像基本原理;第3章介绍音、视频信号数字化的特点以及音视频压缩编码技术、光盘技术;第4章介绍VCD的性能特点、选购,以及CD升级的基本技术;第5章介绍DVD和家庭影院技术;第6章介绍全数字电视系统HDTV及数字摄录设备;第7章介绍数字化的音视频信号传输;第8章介绍新的电视服务项目:图文电视、交互电视和视频点播等;第9章介绍MPEG标准在计算机网、通信网以及其他方面可能的应用。

本书的读者对象主要是大中专院校学生、专业技术人员,可作为家电专业学生的参考教材。也可供电子爱好者、电器维修人员和广大家电用户选购使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

数码压缩技术及应用:VCD、DVD、HDTV及VOD/郑世林主编.——北京:机械工业出版社,2000
ISBN 7-111-08183-8

I. 数… II. 郑… III. 数码压缩-技术 N.TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第3265765号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:边萌 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英
封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2000年9月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·18.5印张·454千字
0 001—5 000册
定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

序

在 20 世纪末的最后几年中,电子技术的发展进程发生了巨大变化,特别是模拟信号的数字化技术有了关键性突破。现已应用到电视和通信等模拟技术的传统领地,计算机领域由于数字视频的成功,网上交换活动图像信息已成现实,家用视听设备的基本格局发生变化,数字化产品占据了广大音像产品市场。数字化技术的这些飞速发展和巨大成就,使我们进入了一个“数字时代”。

面临电子技术如此迅猛的发展形势,电子技术相关课程中如何紧跟科技发展潮流,及时反映时代特色,向学生传授最新科技知识,是每一个从事该方面教学的教育工作者都应努力实践的课题。《数码压缩技术及应用——VCD、DVD、HDTV 及 VOD》一书在该方面作了大胆的尝试。该书在力求用学生能接受的方式讲述数字化信号数据率压缩编码基本原理的同时,还联系实际,讲述了数码压缩技术在视听领域中的应用,重点介绍了 VCD、DVD 和家庭影院的发展及基本原理。对于数字技术下一步的发展,如高清晰度电视、多功能电视和电脑电视等也有相应介绍。书中以简洁明了的思路阐述了数码压缩技术核心内容,既有理论知识,又有应用介绍,该书不论是改革电子技术教学内容,还是推广普及数字化技术知识,都是有益的实践。具有一定的学术价值和应用价值,值得一读。

数码压缩属当今高新技术内容,系统讲述这一部分内容并不是容易的事。它要求具有较好的理论基础和实践经验,并能准确理解数码压缩技术的核心内容,讲授中才能正确把握分寸,结合实际,提出一些自己的见解,达到科学传授知识目的。该书编著者在这些方面作了很大努力,并取得一定成功。相信他们会凭这种勇于实践、锲而不舍的精神,为我国科学技术发展和繁荣高等教育事业作出更大贡献。

田科英

前言

数字处理技术最早是应用于数字音响 CD-DA 中,人们从中普遍领受了数字化处理音频信号的魅力,产生了认同感,从而接受了数字化产品。MPEG 压缩编码标准的制定和光盘技术的成熟,又使数字技术的应用迈入了一个崭新的阶段,Vedio CD 迅速进入家庭消费。全数字化的音视频产品 VCD 集方便轻巧、功能齐全、软件丰富而且经济实惠于一身,在国内市场上创造了 VCD 奇迹,推动了我国电子消费品生产企业和市场大发展,随着 MPEG 标准的完善和数字技术的发展,更高档次的 DVD 也早已面市。与此同时数码压缩技术不断向计算机、通信网络、传统电视系统等不同领域渗透,对这些领域的传统观念、技术手段都提出了挑战,这些又极大地改变着信息网络的面貌,促进了信息产业的发展。这些变化都只不过发生在 20 世纪的最后几年中,使我们看到了数字化技术的蓬勃生机和令人振奋的发展前景。

生活在高新技术不断涌现时代中的青年学生,特别是理科电子专业学生,了解这些核心技术的基本内容、发展趋势,对激发学习兴趣,加强学习自觉性,是非常重要的。作为一个教师在尝试着将这些高新技术内容以通俗的方式介绍给学生的同时考虑到实用性,因此将原讲义进行了整理,补充了一些应用方面的知识,编成这本书。主要内容是数字化 MPEG 标准以及在 VCD、DVD、HDTV 中的应用;计算机、通信、电视的互相渗透等,力求既能介绍知识又能作为使用指南。同时还给出一些数字压缩编码技术发展进程中的有关资料,使其更具可读性。为了知识的完整性,在第 2 章又对视频信号的形成过程作了简单介绍,以便不具备视频信号知识的读者能更好地去理解后面讲到的视频编码和 HDTV。其他各章节也都具有相对独立性,自成体系,阅读中可以不按顺序进行。

本书的读者对象主要是大中专院校学生、电子爱好者、电器维修人员和广大家电用户,也可作为家电专业学生的参考教材,既有一定的理论知识,又有实用价值。

全书由郑世林同志策划和统稿,并编写第 1、3、4、5、6 章,张业民同志编写了第 2、7 章,第 8、9 章由余佑财同志编写,但汉久、余大崑、王仁海同志负责部分资料收集并为书稿成文提供了极大帮助。

华中师范大学田科英教授对本书提出很多指导意见,逐字审阅了全稿,并为书作序,在此表示衷心感谢。

本书编写过程中,得到作者所在单位和领导的大力支持,这些单位的图书馆、资料室在提供资料方面也给予了很多方便,在此也一并表示感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中对一些概念、内容的叙述和处理肯定存在诸多错位,敬请读者批评指正。

编者

目 录

序
前言

第 1 章 概述	1
----------------	---

第 2 章 像素点阵成像基本 原理	5
----------------------------	---

2.1 图像的传输和显示	5
2.1.1 电视的基本原理	5
2.1.2 视频信号	11
2.2 人的视觉特性	12
2.2.1 视觉与视力	13
2.2.2 视觉惰性	13
2.2.3 视觉范围和适应性	14
2.2.4 相对视敏函数	15
2.2.5 人眼的感色机制	16
2.2.6 人眼的彩色分辨力	17
2.3 现行视频信号参数	17
2.3.1 电视系统图像的分解力	17
2.3.2 隔行扫描情况下的视频 带宽	19
2.3.3 电视标准的有关参数	19
2.4 彩色成像基本原理	19
2.4.1 三基色原理	19
2.4.2 彩色的量度	21
2.4.3 彩色全电视视频信号	24
2.4.4 彩色显示原理	27

第 3 章 数字化视听技术基础	29
-----------------------	----

3.1 模拟信号数字化 (A/ D 转换)	29
3.1.1 数字信号处理的优点	29
3.1.2 A/D 转换过程	29
3.1.3 数字化描述的基本参数	30
3.1.4 CD-DA 音频数据结构	32
3.2 人的听觉特性和音频数据	

压缩技术	33
3.2.1 人的听觉特性	33
3.2.2 数据压缩技术	35
3.2.3 几种不同音频编码系统 介绍	38
3.3 视频信号数字化	47
3.3.1 视频信号的 PCM 编码	47
3.3.2 视频数据的压缩	48
3.4 视频数据压缩技术介绍	49
3.4.1 子采样压缩技术	49
3.4.2 MPEG 视频数据压缩技术	50
3.5 光盘记录存储技术	56
3.5.1 光盘记录原理	56
3.5.2 光盘数据特性	56
3.5.3 激光唱盘的构造	58
3.5.4 CD 盘标准	59

第 4 章 VCD 播放机	60
---------------------	----

4.1 CD 向 VCD 的发展	60
4.1.1 音频技术的发展	60
4.1.2 CD 唱机的组成及原理	60
4.1.3 CD 向 VCD 的演变发展	63
4.2 VCD 的组成和基本原理	65
4.2.1 VCD 机的组成	65
4.2.2 VCD 机主要部分介绍	65
4.2.3 VCD 机基本性能	68
4.3 VCD 的发展	69
4.3.1 VCD 国内市场暴热	69
4.3.2 VCD 在中国的成功	70
4.3.3 超级 VCD	71
4.4 VCD 机选购	74
4.4.1 选购基本原则	74
4.4.2 VCD 机功能检查	75
4.4.3 VCD 机选购	78
4.5 正确认识 VCD 纠错	80
4.6 使用中的特别提醒	81

4.6.1 保护激光头	81	6.1.4 数字电视的等级划分	134
4.6.2 保护光盘	82	6.1.5 数字电视中的关键技术	136
4.7 CD 升级到 VCD	82	6.1.6 运用数字技术对现行彩电 的改进	138
4.7.1 升级改装前的检查	82	6.2 高清晰度电视 (HDTV)	141
4.7.2 三线式改装法	84	6.2.1 HDTV 的特点	141
4.7.3 介绍一种升级用万能 接口板	85	6.2.2 HDTV 不同制式的发展	142
4.8 关于交互式 VCD	88	6.2.3 HDTV 调制技术介绍	143
4.8.1 交互式 VCD 是什么	88	6.2.4 HDTV 图像质量的主观 评价	145
4.8.2 交互式 VCD 的主要作用	88	6.3 数字摄录设备	147
4.8.3 交互式 VCD 功能	88	6.3.1 数字静像摄像机	147
第 5 章 DVD 与家庭影院技术	90	6.3.2 数字视频摄录机 (VCR)	149
5.1 DVD 与 VCD	90	6.4 显示技术的发展	150
5.1.1 DVD 的出现	90	第 7 章 数字信号传输技术	152
5.1.2 DVD 的标准和产品	90	7.1 数字调制技术	152
5.1.3 DVD 与 VCD 的比较	92	7.1.1 二进制振幅键控 (2ASK)	152
5.2 DVD 基本技术介绍	95	7.1.2 二进制移频键控 (2FSK)	153
5.2.1 DVD 数据流	95	7.1.3 二进制移相键控及二进制差分相位 键控 (2PSK 及 2DPSK)	155
5.2.2 DVD 系统技术	98	7.1.4 多进制数字调制系统	157
5.3 DVD 播放机	102	7.1.5 振幅相位联合键控 (APK) 系统	166
5.3.1 DVD 机结构框图	102	7.1.6 同步原理简介	166
5.3.2 DVD 解码	103	7.2 数字声音广播	167
5.3.3 DVD 解码芯片	105	7.2.1 数字声音广播的发展	167
5.3.4 DVD 机选购	106	7.2.2 数字音频广播的特点	168
5.4 家庭影院	110	7.2.3 尤里卡 147/DAB 的 基本技术	168
5.4.1 家庭影院的基本构成	110	7.2.4 COFDM 编码和接收	169
5.4.2 家庭影院环绕声介绍	111	7.2.5 AM/DAB 系统	171
5.4.3 家庭影院的视频设备	116	7.2.6 其他 DAB 方案介绍	173
5.4.4 家庭影院的音响设备	118	7.3 数字视频传输	174
5.5 家庭影院的配置	124	7.3.1 DVB 系统的标准族	174
5.5.1 家庭影院追求的效果	124	7.3.2 视频传输技术	175
5.5.2 家庭影院的起码配置	124	7.3.3 MPEG-2 传输数据流 编码方案	176
5.5.3 家庭影院中扬声器的布置	125	7.3.4 卫星传输过程	181
5.5.4 VCD 与 SRS 系统组成的家 庭影院	128	7.3.5 数字视频地面广播调制方案 比较	185
第 6 章 数字电视简介	131		
6.1 数字电视的主要性能	131		
6.1.1 数字电视的发展	131		
6.1.2 全数字电视系统	132		
6.1.3 数字电视的性能特点	134		

第 8 章 多功能电视 191

8.1 图文电视 191

8.1.1 图文电视系统 191

8.1.2 中文图文电视 (CCST) 193

8.1.3 图文电视接收机原理 194

8.1.4 图文电视近况 199

8.2 交互电视 200

8.2.1 交互电视系统的功能 200

8.2.2 交互电视的技术要求 201

8.2.3 交互电视系统各部分设备
介绍 202

8.3 视频点播 (VOD) 209

8.3.1 VOD 的概念和系统的组成 210

8.3.2 机顶盒技术 214

8.3.3 VOD 服务器 218

8.3.4 VOD 的存储系列 220

8.3.5 VOD 网络接口技术 220

8.3.6 CATV 中的 VOD 221

8.4 电脑电视 227

8.4.1 电脑电视的兴起 227

8.4.2 电脑电视的基本问题 227

8.4.3 “柯赛”多媒体电脑电视二合一
显示器 230

8.4.4 电脑电视的发展趋势 238

8.5 立体电视 239

8.5.1 立体电视的分类 239

8.5.2 立体电视的技术基础 239

8.5.3 时分式立体电视 243

8.5.4 立体电视的发展与展望 245

第 9 章 数码压缩和超级信息
网 (S-Wide Net) 2479.1 多媒体数据交换的国际
标准 247

9.1.1 MPEG-4 标准 247

9.1.2 MPEG-4 的音频、视频
技术 256

9.1.3 多路复用技术 262

9.1.4 多媒体通信软件 264

9.2 Internet 与 VOD 270

9.2.1 Internet 的发展 270

9.2.2 Internet 中的 VOD 271

9.3 Internet 电话 272

9.3.1 Internet 与电话 272

9.3.2 Internet 电话工作过程 272

9.3.3 IP 电话网络的安全措施 274

9.3.4 IP 电话网络的用户和计
费管理 275

9.3.5 IP 电话网络的网络管理 275

9.3.6 可视电话 275

9.4 三网合一的基础 277

9.5 多媒体内容描述接口
——MPEG-7 279

9.6 电影拷贝的视频处理 280

参考文献 284

第 1 章 概 述

视和听是人们从自然界中获取信息的主要手段。随着社会的发展,人们走出只单纯接受外界信息的被动状态,逐步实现了主动获取信息,并记录、加工、重现和交换这些信息。音频技术从机械式留声机发展到今天的环绕立体声场;记录和重现自然景象的技术则从古老的绘画艺术发展到照相、电影、电视,直到今天远距离即时异地传输的图像处理技术,这一切都是随着电子技术的发展而发展的。20 世纪 40 年代以来由于电子技术、计算机技术的发展,促使视听技术迅猛的发展起来。特别是本世纪末,视听技术更是进入空前的高速发展阶段。没有电子技术的辉煌成就,就不可能有今天这样繁荣的视听技术市场。电子技术是视听技术发展的基础。

电子技术由于处理信号的性质不同而被分成两部分:处理连续变化的信号为模拟电子技术;处理离散脉冲状信号的为数字电子技术。它们在各自领域同样经历了电子管、晶体管和集成电路几个发展时期。模拟信号与数字信号间的转换电路(A/D 和 D/A 电路)在电子技术诞生之初就出现了,但应用范围较小。绝大多数情况下,模拟技术和数字技术被分成两个截然不同的门类,这种情况已存在了几十年。模拟技术主要用于音视频设备和通信领域,而数字技术使计算机和人工智能发展到一个相当高的水平。它们共同推动了电子技术的飞速发展,给人们的工作、生活、学习和信息交流提供了极大便利,推动了社会的进步;堪称 20 世纪对人类社会影响最大的基础技术之一。

电子技术的发展过程中,人们认识到模拟电子技术在信号处理与传输中同数字技术相比存在严重不足,如抗干扰能力、低失真度、多路信号的并行编码以及节目的编辑制作等方面,同时在 Internet 上不能传送视频信号也使人感到有些美中不足。这样自然就考虑到音视频信号的数字化处理和传输。而可视电话是一个经历了长期研究的课题,却始终未能真正形成可推广应用的产品和市场。视频信号数字化的关键障碍在于其数据率太高(高达百 Mbps),传输所占带宽太大,记录存储所需的存储器容量又大得惊人,实在无法进入实用阶段。好长一段时间,因没有找到解决这一矛盾的方案,数字化进程一度停滞不前。直到本世纪 80 年代末、90 年代初,由于数据压缩编码技术和光盘技术的发展,模拟信号的数字化进程才有了实质性突破。回顾一下与我们生活息息相关的电子消费市场这些年的变化,便可清楚地看到这一发展过程。

风行于 70 年代至 80 年代初的录音机、录像机,采用磁带为记录媒体,磁头读取,不仅记录信息量有限,而且磁带易变形,磁头、磁带间磨损大,加上采用模拟信号方式记录读取,失真严重,重放的音像质量远不能满足人们欣赏的要求。以后激光技术和模拟调制技术相结合,1985 年投放市场的 LD(激光影碟、俗称大影碟)出现。它采用碟盘为记录媒体,将音像信息记录于碟盘上,激光束不接触式记录和读取,对碟盘无损害。它能提供很高清晰度的视频信号。后来声音记录由模拟方式改为数字方式,使声音质量又有了较大提高,成为当时最清晰的音视频节目源。但 LD 在我国一直普及率不高,根本原因是由于其特殊记录方式,兼容性较差,加上碟片制作工艺复杂,成本较高,一张碟盘的价格高达几百元,接近 LD 影碟机价

格的十分之一,何况还需经常购买磁盘,使得节目推广受到限制。

随着数字技术和计算机应用技术的发展,激光记录技术和数字信号处理技术相结合,产生了CD机(激光唱机),以12cm光盘为记录媒体,单碟存储容量640MB,播放时间同LD相当。CD唱机能提供较高质量的杜比立体声场,并且操作更方便灵活、自由选曲快、增加了卡拉OK功能,后又发展到可显示静止画面,软件价格适中,因此迅速得到普及。其最大缺憾是不具备活动图像功能。因此各国都加快了活动图像数字化的研究步伐。在这个过程中遇到的最大难题是活动图像信息的存储以及图像与音乐的同步编码和解调。活动图像数字化后按照CD盘的存储容量每盘只够播十几秒钟,无实用价值。当时世界上主攻光盘技术的PHILIPS和SONY两家大公司也未能解决全动态影视信息的存储技术问题,使活动图像光盘的研制进展迟缓,徘徊不前。直到1988年MPEG ISO“数字式图像压缩存储技术”标准的创建后才给CD技术带来了新的生机。

MPEG标准针对活动图像信息量太大,光盘容量有限,难以达到实用水平的关键问题,从图像信息的根本上深入研究活动影视图像信息特征,发现在同一场景下的各帧图像之中,背景、人物等基本信息不变,各帧间只存在少数相对位置变化,因此各帧间有大量信息是重复的,称为信息冗余。帧内也存在信息冗余。数据编码就可消除这些冗余信息,使被传输的信息量压缩到几十分之一。运动速度越快时压缩比还可以增大,这样音视频数字化才可能进入实际应用。解码时利用微型计算机的高速运算能力,仍可恢复未被传输的信息,使观察者无法觉察。在这一技术支持下,CD光盘上存储的视频信息能播放74min,这就是VCD(视频光盘,俗称小影碟)。VCD机是结合了CD机的高音质和LD影碟机的动画、活动图像功能的新型音象设备。VCD光盘的制作工艺同CD光盘几乎一样,因此价格低且软件丰富。VCD机问世后便迅速得到普及和应用。

与此同时,个人计算机(PC机)拥有量不断增加,由于光盘技术的发展,计算机领域提出了多媒体的概念。将个人计算机升格为多媒体系统成当时议论的热点话题之一。多媒体系统的发展已经历了十多年时间,到底什么是多媒体系统,一直未见标准或统一的定义。照计算机专业界的说法,多媒体是指诸如文字、图形、图像、动画、声音、音乐等多种信息表达方式有机结合而形成的一种人机交流的信息媒体。使人机界面有一种声、像、图、文并茂的效果;或者说多媒体就是集多种载体于一身的系统,利用计算机综合处理声音、文字、图形、动画信息,并使其具有集成性和交互性。从消费者角度来讲,就是实现电影、电视、电话、传真、音响的计算机化,并与文字数据资料的处理同处一系统中。MPEG技术的发展能迅速地使个人计算机升格为多媒体计算机(MPC)。多媒体机完全可以播放CD、VCD碟片,具有VCD的全部功能,而且其交互能力更强,设计、广告制作、财务文件处理、辅导学生学习、写作、打印、玩游戏都能完成。PC机上活动图像的实现同时为英特网上传送视频信号奠定了基础。

随着MPEG技术的提高和完善,光盘技术的开发研究也有了重大突破,1996年1月世界上首次出现了具有环绕立体声效果和高清晰度画面的DVD(Digital Video Disc),它能向人们提供更高质量的视听享受。DVD仍是12cm光盘,采用超高密度格式,单面存储量4.7GB,可播放135min,一张碟片最多可以播放500多min。其图像编码技术采用MPEG-2标准,音频编码采用杜比AC-3环绕声系统(或其他环绕声系统)。将DVD与新型大屏幕高清晰度彩电组成的家庭影院系统向人们展示出的视听效果是令人震撼的。

DVD技术决不只是家庭娱乐方面的应用,更多的应用在于电视系统、计算机领域和通信

行业。它使电视系统改变了电视节目只是单向传输、电视机用户只是被动地接收电视台的节目的观念,出现了交互式电视(ITV)和视频点播(VOD)等服务方式;计算机网络中引进DVD技术,将使计算机网络不再是单一的图片、数据的交流,增加了音视频信息的传输,而在通讯行业中再不仅是语言交流和传真,音视频信息的同步传输成为可能。正像电信业权威人士在1994年就指出的那样:“新的一天正在到来,电话公司将不再是仅提供电话业务,而有线电视公司也将不再是仅提供电视节目业务。”电视网、通信网、计算机网之间的鸿沟将越来越小,它们有可能组成一个三网合一的更强大的信息网。在网上人们可以及时查询生活、娱乐、办公、科研、会议所需的各种信息,获得全方位的多媒体信息服务。

从上面的简述中,我们可以感觉到数据压缩编码和光盘存储技术在这一进程中所起的关键和核心作用。它们不仅使电子消费品市场产生了深刻的革命,而且还将计算机业和通信行业都推向一个更高的阶段,使其在信息社会的今天发挥着不可替代的作用,深刻地影响着我们社会的进步和每一个人的工作、生活。很多人特别是电子专业学生、业余电子爱好者都迫切想了解这一技术的基本内容以及发展的现状和趋势,有许多疑问想得到解答。

我们现在所使用的图像显示设备主要是阴极射线管(显像管),由视频信号控制像素点阵的电光转换而实现的。视频信号的特点是什么?是怎样形成的?为什么在数字化进程中难度比音频信号大得多。

数据压缩编码是数字化进程中的核心技术,一旦压缩编码取得进展,便带动了一大批相关产品的革新和新产品的问世。压缩是怎样进行的?压缩编码的基本依据和基本内容是什么?它是如何存储数据信息的?光盘何以有那么大的存储量?

VCD已基本进入了每一个家庭,它与CD相比较有些什么不同?具备哪些优势使它迅速占领了国内音响市场。1996年以来,电子消费品市场上各式VCD机不断推出,面对令人眼花缭乱的VCD市场,我们作为消费者该如何去选购?倘若我已有一台CD数字音响,能否将它升级成VCD?

DVD又是什么?如何组建家庭影院?由DVD机组成的家庭影院是否一定就能达到那种出神入化的境界?

MPEG技术对我们使用的彩色电视机会有什么推动?高清晰度全数字电视(HDTV)是谈论了好多年的话题,它到底是一个具有什么样特点的电视系统?什么时候有可能拥有一台全数字的高清晰度电视?

MPEG进入电视系统,会促使电视系统的服务方式产生根本性转变,新的电视系统到底有些什么样新的服务功能?作为新一代电视系统的典型服务方式VOD是怎样一个系统,其关键技术包括哪些?

MPEG技术标准本身的不断完善,其应用范围也会更广泛,将会推动计算机和通信网络怎样发展?

.....

要想完整解答上述疑问不是一件容易的事,基于试图解答上述问题的想法,作为一种尝试,我们收集近几年来介绍MPEG标准及应用的资料,编写了这本书,争取为推广和普及当今电子技术应用领域的最新技术多做一点工作。倘若能对读者有所裨益,则胜幸矣。

本书共分九章,第1章概述数字化进程及应用;第2章介绍视频信号的形成和基本参数;第3章介绍音、视频信号数字化的特点以及音视频压缩编码技术、光盘技术;第4章介绍VCD

的性能特点、选购，以及CD升级的基本技术；第5章介绍DVD和家庭影院技术；第6章介绍全数字电视系统HDTV及数字摄录设备；第7章介绍数字化的音视频信号传输；第8章介绍新的电视服务项目：图文电视、交互电视和视频点播等；第9章介绍MPEG标准在计算机网、通讯网以及其他方面可能的应用。

本书读者对象是大中专院校电子专业学生和广大电子爱好者。可作为大中专院校学生和专业营销技术人员了解应用电子技术发展趋势的参考书，也可作为电子爱好者、广大家电用户（以及专业技术人员）的选购使用指南。由于电子技术发展太快，新技术、新概念、新器件不断推出，虽说编者在完稿前不断补充和修改，但到该书出版时有许多内容已经过时或遭淘汰是完全可能的，敬请读者原谅。

第2章 像素点阵成像基本原理

2.1 图像的传输和显示

2.1.1 电视的基本原理

2.1.1.1 时空转换——扫描

在电声广播和通信技术中,所要传送的是声音,其基本问题是将随时间变化的声音信号变成电信息,经有线或无线方式传送出去,接收端再将得到的电信息恢复成为声信号。对于电视广播或图像通信来说,所要传送的是图像,则需要将随空间和时间而变化的光信号变成电信息,也经有线或无线方式传送,在接收端再将得到的电信息变换成光的图像。上述的两个过程大有相似之处,是可以类比的,但就其复杂程度来说,后者远远超过前者。因为声音不论其多么复杂,每一瞬时都只有一个单值信息,代表任何声音的电信号都是时间的一维函数。但对于光的实景图像,它是以三维空间同时存在着,不同的空间位置上光分布又各不相同,任何一个瞬间都同时存在着无穷多的信息。换言之,光信息是空间和时间的函数。要同时传送所有这些信

息,并在接收端重显现来的景象,就需要大量的传输通道,显然这是不实际也是无法实现的。

要实现图像或景像的远距离传输,必须找到一个切实可行的转换方式,下面我们讨论转换这个问题。

客观的景物图像对于人的眼睛感觉来讲,可以认为是无数多个发光点的集合体。每一个发光点都有它的几何位置和光学特性,而且几何位置和光学特性还随时间变化着,综合这些因素,某点的光学特性 ϕ 可用下述函数来表示:

$$\phi = (x, y, z, \lambda, I, t) \quad (2-1)$$

式中 x, y, z 代表其空间坐标, λ, I 分别是光的波长和强度, t 则是时间。可见该式是一个很复杂的多维函数,描述或转换都极困难。

为了便于实现转换,可利用光学成像系统先将实景图像变换成平面图像,倘若又不考虑彩色特性,则只需考虑每个点的亮度,如此一简化,某点的亮度 B 可用下式表示:

$$B = f'(x, y, t) \quad (2-2)$$

这个三维函数代表了黑白的平面图像中每点在不同时刻的亮度特征。即使这样较简单的函数也很难直接用电信号来描述,因为电信号只能是时间的一维函数。

若把图像分解成 N 个小单元,这些小单元按一定规律排列,每个小单元都有它本身的几何位置和亮度,式 2-2 就表示了所有小单元的亮度特征。我们将这些组成图像的每一个小单元称为一个像素。像素就是组成图像的基本元素,每个像素具有单值的亮度和几何坐标。任何复杂的图像都可以看成是由像素组成。一幅图像的像素越多,图像就越清晰、细腻。按人眼的分辨力和现代电影的经验,要得到较高质量的图像,一幅画面要有几十万个或几百万个像素。

在平面图像中假若我们考察其中的某一个特定的像素,则这个像素的亮度就只是时间 t

的单值函数了,利用光电元件就可将其亮度转换成电信号。假定图像中有 N 个像素,就可得到 N 路电信号,再用 N 个信号传输通道将这些电信号一一传送到接收端,在接收端再分别在有 N 个发光元件的平面上还原成对应的亮度变化,于是就可以还原出原来的平面图像。如图 2-1,这就是同时传送系统的概念。

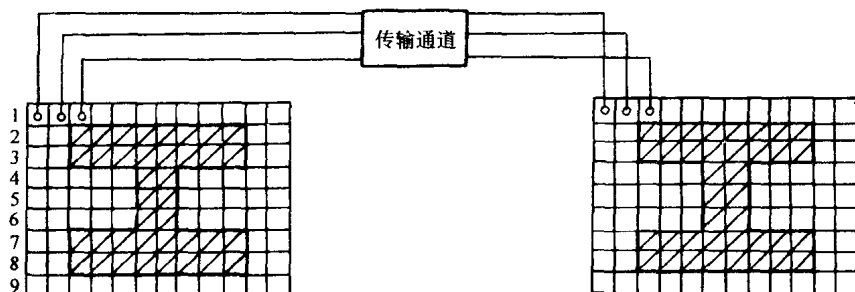


图 2-1 同时传送系统

由前述可知,一幅图像需要几十万个像素组成,要用几十万个传输通道来同时传送图像信号实际上仍是不可能的。所以仍需寻找某种变换方式,使代表像素的信息能用时间的一维函数来表示。

考虑到眼睛的视觉暂留现象,可以把图像各个像素的亮度按一定顺序依次地传送,而不必同时传送。接收端也按同样的次序使像素依次发光。根据电影的经验,只要这个过程进行得足够快,人眼就感觉不到像素点是在断续的发光,而是感到整个图像是在同时发光。同样整个图像一帧一帧顺序重复得足够快,眼睛就会感觉到活动的图像了。这种将图像分解成像素顺序传送的方法叫做顺序传送制。如图 2-2,由 S_1 、 S_2 两个开关的同步切换,只需一个通道,就实现了图像信号的顺序传送。

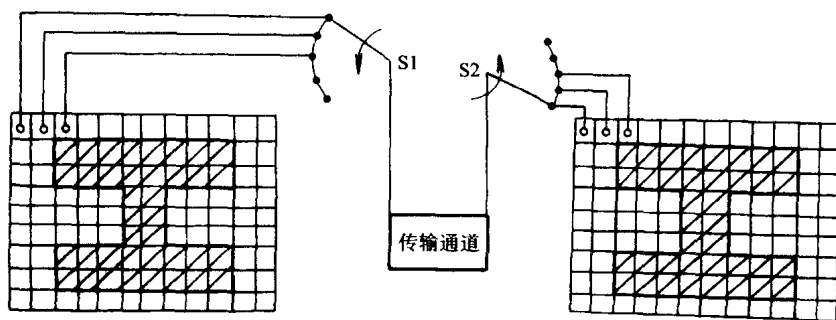


图 2-2 顺序传送系统

既然是顺序地传送像素的信息,像素就应是一种有规律的排列,这种状态可以叫做像素点阵。传送时也应按某一既定的规律进行。这种既定的传送图像的规律在电视技术中称为扫描。显然在发、收两端的扫描必需遵循完全相同的规律。实际上电视技术中是以运动的电子束来实现 S_1 、 S_2 的功能的,任何机械开关都不可能切换得那么迅速。因此转换的规律就是电子束的运动规律,也就常称电子扫描。从现在的情况来看电子束的扫描是按从左到右,从上到下的规律进行的。

经电子束的扫描,各个不同的像素点都在不同的时刻被传送,即是电子束在不同的时刻运动到不同的位置,从数学表示的角度看,像素点的位置坐标 x 、 y 经扫描也变成了时间的函数。

即：

$$\begin{cases} x = f_x(t) \\ y = f_y(t) \end{cases} \quad (2-3)$$

代入到式 2-2 中，亮度 B 变成了时间的一维函数

$$B = f(t) \quad (2-4)$$

它就可以转换成一维电压信号，实现单通道的传送。我们将这个与像素的亮度相对应的电压称为视频信号或图像信号。

由上述可看出，采用扫描的办法将空间坐标也转换成时间的函数，实现了空间到时间的转换，简称为时空转换。像素点阵就是实现时空转换的基础。

2.1.1.2 光电和电光转换

1. 光-电转换 发送端是经光电转换将像素的亮度转换成对应的电压信号的。光电转换是由电视摄像管完成的。电视摄像管中应用的是光电效应。光电效应中的光电流大小与入射光的强弱成正比，图像每一个像素的光强度就可以转换成相应的光电流，该电流流经电阻就形成相应电压信号。

电视摄像管的结构原理如图 2-3。

景物经透镜成像到摄像管的光敏靶上。光敏靶由与像素数目相同的光敏材料小单元组成。光敏材料受到光照能量的激发能改变其电阻。物体成像到光敏靶上，各单元受到光照不同，电阻各异。摄像管中有一电子枪，发射出高速电子束，在偏转线圈产生的偏转磁场作用下，有规律的扫描运动，依次打到各个光敏小单元上，并经公共电阻 R 形成电子束回路。回路中由于光敏单元的内电阻不同，形成回路中电子束电流大小的变化，这个电流在电阻 R 上的电压也就相应变化。电子束扫到哪一个靶单元上，就形成代表那一点受光照强弱的电信号。只要电子束按一定规律扫描整个靶面，就能顺序产生代表整幅图像的电信号。

2. 电-光转换 有一种荧光物质受电子束的轰击能发光，而且发光的强度与电子的速度数量有关。电子速度高，束流大，发光就强，这种现象叫荧光效应。电-光转换应用的就是荧光效应。

电光转换是在电视显像管中实现的。电视显像管的原理见图 2-4。

它是玻璃外壳的高真空器件。屏幕内壁涂有荧光粉，内部安置电子枪，由阴极发射电子，

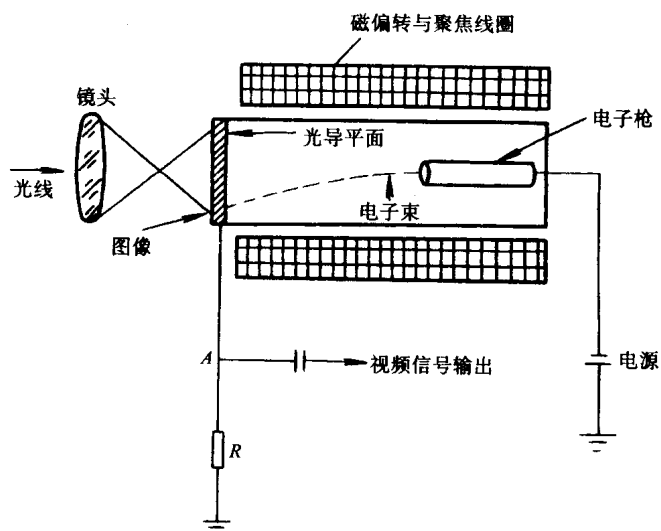


图 2-3 摄像原理图

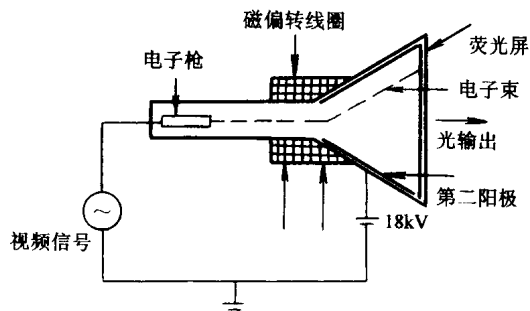


图 2-4 显像管原理示意图

被电场加速后射向荧光屏上,产生荧光效应。电子束运动途中加有偏转磁场,控制电子束的扫描,使其能扫描到整个屏幕。电子枪中阴极和栅极间的相对电压大小可以控制电子束的强度,对应的像素发光亮度也随之变化。若将传输来的图像信号加到阴极(或栅极)上,原像素的亮度就得以重现。一帧扫描完成,就实现了原图像的重现,完成电光转换。不论电光转换还是前面的光电转换实际上是以像素为基本单元进行的。通过电子束对像素点阵的扫描,达到图像的分解或复合。

目前电视机中所用的电光转换器件主要是阴极射线管,利用阴极发射的电子流去轰击荧光屏上的荧光粉发光。将其应用到电视领域,制成了专供显示电视图像的电视显像管。它与示波器中的示波管、计算机中的显示器基本原理一样,只是应用领域不同,结构参数也不同而已。现代电视技术中已有了其他多种电光转换的显示器件,如液晶显示(LCD)、等离子显示(PDP)、电致发光显示等。但从市场销售和社会拥有量来看,仍是以阴极射线管原理为基础的显像管为绝大多数。因此下面以黑白显像管为例,简单介绍电光转换过程。

显像管中的关键结构是电子枪,它产生高速的电子束流并控制束流的大小,使荧光屏上对应像素的发光强度与图像信号所传输的信息一致。

我们从电子枪的结构特点来讨论这一控制过程。常用的四极式电子枪的结构示意图如图2-5所示,聚焦极和第二、四阳极主要是对电子束聚焦并加速,灯丝主要是对套在灯丝外面的阴极加热,使阴极被加热后发射电子。这些电子穿过栅极、加速极间的电场后被聚焦、加速。对电子束强度的控制主要在于阴极—栅极—加速极之间的电场。三个电极中加速极电压最高,阴极次之,栅极电位最低而与阴极靠得很近。将三个电极的相对位置和相对电位用图2-6表示:

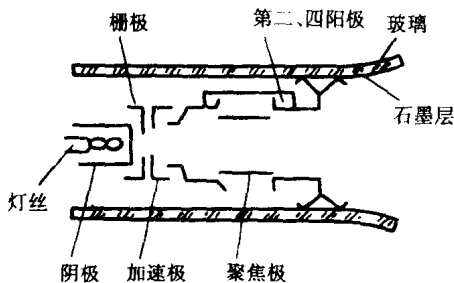


图 2-5 电子枪示意图

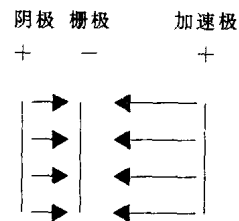


图 2-6 控制电场示意图

三个电极间形成的静电场方向如箭头标示。很明显栅极-加速极间电场对电子来讲是加速电场,而阴-栅间电场是控制电子进入加速电场的反向电场,虽说加速极上电位高,但栅极与阴极靠得很近,控制作用很强。一般情况下栅极电位固定,阴极电位越高进入加速电场的电子就越少,甚至完全截止,阴极电位降低,则电子束强度加大,荧光屏上像素点亮度也加大。因此阴极上电位的较小变化就能明显控制像素点或荧光粉的发光强度。电视接收机就正是将接收的图像信号加到阴极上,则电子束的大小就随图像信号而变化,实现相应像素亮度的重现。

2.1.1.3 电子扫描方式

1. 直线性扫描 电视图像的分解、光电转换、重现等过程都是依靠电子束的扫描实现的。扫描可以认为是将用空间和时间坐标表示的信息变换成只随时间变化的过程。当然扫描应遵

循一定的规律。原则上扫描方式可以有多种,只要能在足够快的时间内均匀地扫描整个图像而电路技术上又简单易行即可。目前在电视技术中采用的扫描方式主要是直线性扫描,即电子束的运动是均匀地从左到右,同时自上而下连续地进行的。一直到图像的下端,电子束又回到上端,再重复这一过程。扫描的轨迹集成矩形光栅。光栅的幅型采用了早期电影模式,选用了宽高比 4:3,现代电视技术中又在仿用宽银幕电影的幅型,出现 16:9 宽高比的电视。

(1) 逐行扫描。电子束从左到右扫描一次称为一行,一行扫完后电子束回到左边,接着扫描紧挨的下一行,如此重复,直到一幅图像的最下面一行,电子束再回到左上角,开始下一幅图像的扫描。这种扫描方式叫逐行扫描。每从上到下扫描一次为一帧。其扫描轨迹线如图 2-7,每扫完一行或一帧,电子束都应回到左边或到上端,以准备下一行或下一帧的扫描。因此在一行的扫描中又分为从左到右的行正扫和从右回到左边的行逆扫。帧扫描同样也分从上至下的正扫和自下而上的逆扫。逆扫是为下一次正扫作准备。一个扫描周期(行或帧)正扫时间大于逆扫时间,回扫时电子束运动的速度比正扫时快。图中用实线表示正扫轨迹,用虚线表示逆扫轨迹。

控制上述电子束偏转的是两个互相垂直的水平偏转磁场和竖直偏转磁场。电子束受到的是两个磁场的合磁场作用。只是帧偏转磁场的变化率远比行偏转磁场的变化率小,因而电子束水平方向上运动速度远大于竖直方向的运动速度,实际的扫描轨迹是略带倾斜的水平直线。

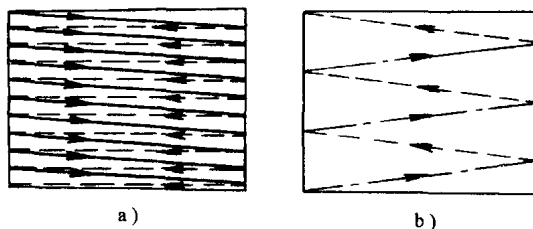


图 2-7 逐行扫描轨迹

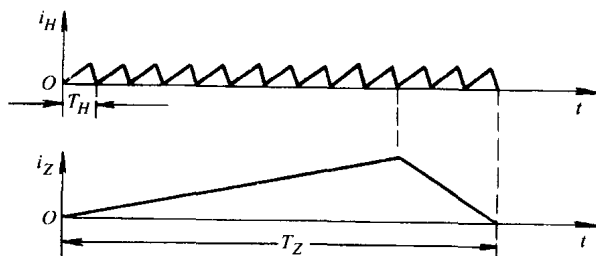


图 2-8 线性锯齿波电流波形

要得到这种让电子束左右、上下方向上的均匀偏转磁场其实很容易。利用两组线圈(分别叫水平偏转线圈与竖直偏转线圈),在线圈中分别通以线性锯齿波电流,即可产生互相垂直、线性变化的偏转磁场。这也就是将这种扫描方式叫做直线性扫描的原因。图 2-8 表示了两种线性锯齿波电流的波形。控制帧偏转的帧频锯齿波电流周期 T_Z 远大于行偏转锯齿波电流周期 T_H 。

由图 2-7 可以看出,要第二帧的光栅与第一帧光栅完全重合,电子束每次由下端回扫到上端时都应在左上角同一处,因此竖直帧扫描的周期 T_Z 应是行扫描周期 T_H 的整数倍。显然扫描的行数 Z 为:

$$Z = \frac{T_Z}{T_H} = \frac{f_H}{f_Z} \quad (2-5)$$

像素越多,扫描行数越多,则得到的图像就越清晰、逼真,现行广播电视标准中扫描行数都是几百行(NTSC 制 525 行, PAL 制 625 行)。

为了传送活动的图像,电子束的扫描必须不间断地快速进行下去,使一幅幅的图像连续

传送。很明显，电子束扫描点将图像分解成像素，并进行传送是对图像的点抽样，而电子束一行一行的扫描是对图像的线抽样，而一幅一幅地传送活动则是对图像的面抽样。任何一个像素连续的光信息只有极少的时间被抽样（几十万分之一）。正是这种抽样实现了时空转换。

(2) 隔行扫描。直线性扫描还有另一种扫描方式，把一帧光栅分成两部分依次进行。将所有的奇数行称为奇数场，所有偶数行称偶数场，电子束扫描时先扫奇数场，即扫1、3、5……行，扫完奇数场，回到上方，再扫偶数场，即扫2、4、6……行。由两场光栅准确相嵌而形成完整的一帧光栅。其扫描轨迹线及相应扫描电流波形如图2-9示。为明显起见，将所有扫描回程轨迹略去。图中假定是由13行正扫形成的光栅，以实线表示奇数场的扫描行，以虚线代表偶数场的扫描行。在第13行扫过一半时奇数场扫描结束，电子束回到顶端，偶数场扫描开始，故第13行的后半是挪到偶数场开始时扫描，这样它就是在光栅的上端中点处开始，结果使偶数行正好插到奇数行之间，两场组成了一幅完整的光栅。

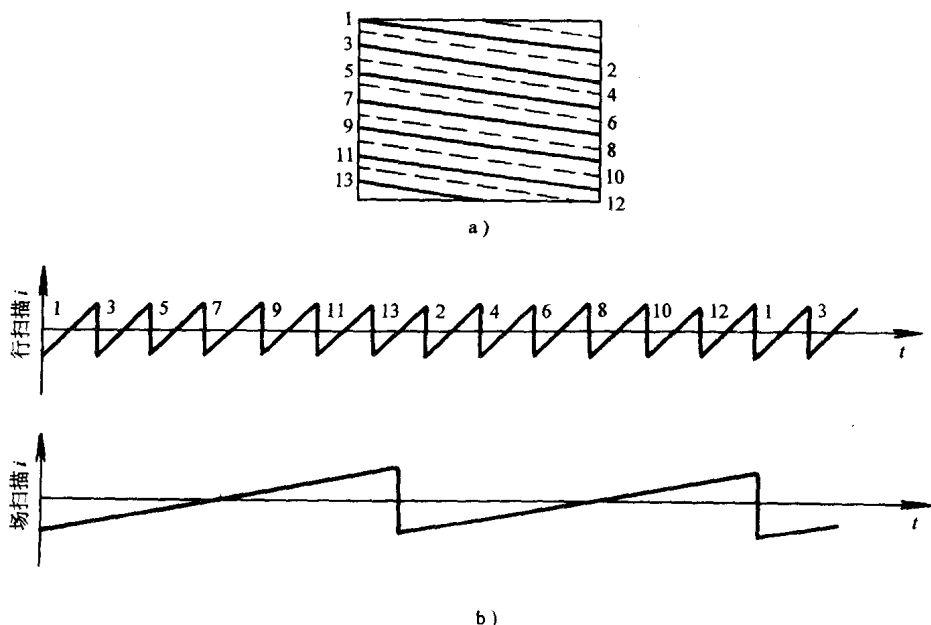


图 2-9 隔行扫描轨迹及相应扫描电流波形

在隔行扫描中，必须保证偶数场的扫描行准确地插在奇数场扫描行之间，否则会出现并行现象，使有效行数减少，图像质量下降。要做到这一点，首先是总行数平均分成两场，行扫描频率 f_H 与场扫描频率 f_v 之比应是总行数的一半；其次，为了使偶数场的扫描行正好插到奇数场扫描行之间，每场都有一个半行，总行数必须为奇数。这时扫描完奇数场后留下一个半行，待电子束回到上端开始扫下一场时，不是从最左端开始，而是从中间开始。这两个条件可以归结为下面的公式：

$$\frac{f_H}{f_v} = \frac{Z}{2} = \frac{2n+1}{2} = n + \frac{1}{2} \quad (2-6)$$

n 为整数， Z 是总行数， f_H 、 f_v 分别为行扫描频率和场扫描频率。

由于隔行能有效地节省电视信号的带宽（后面会讨论到），所以现行电视技术中都采用了隔行扫描方式。但也有它的不足，最大毛病是行间闪烁现象，这是由于每一行出现的频率只