



应用型本科高校系列教材·电气信息类

安徽省高等院校精品视频公开课配套教材
“电子信息工程”省级特色专业建设教材



数字电视



原理与应用

鲁业频 王 年 © 主编

101010101010101
101010101010101



中国科学技术大学出版社



应用型本科高校系列教材·电气信息类

数字电视 原理与应用

鲁业频 王 年 © 主编



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书围绕数字电视的系统结构及其基本原理,对数字视/音频信号的摄取、压缩编码、复用与信道编码、调制传输等关键技术,以及从机顶盒接收到新型平板显示的数字电视系统的整个环节进行了详细介绍,共8章内容。对于应用最为广泛的有线数字电视和卫星数字电视,就其传输与接收也分别作了要点分析与介绍。

本书可供电子信息工程、电子科学技术、广播电视、通信技术、计算机应用等电子信息类专业的本科及高职类院校师生使用,也可供广大的数字电视爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视原理与应用/鲁业频,王年主编. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2013.2

ISBN 978-7-312-03156-4

I. 数… II. ①鲁… ②王… III. 数字电视 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 317316 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026
<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 安徽江淮印务有限责任公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm × 960 mm 1/16

印张 23.75

字数 465 千

版次 2013 年 2 月第 1 版

印次 2013 年 2 月第 1 次印刷

定价 40.00 元

前 言

通信与信息技术的迅猛发展,引发了整个电视广播产业链的变革,而数字电视即是这一变革中的关键环节。这一新兴产业已经引起科技界的广泛关注,也被我国视为新世纪的战略技术。“数字电视”是指从演播室到发射、传输、接收的所有环节都是使用数字电视信号,都是通过由0,1数字串所构成的二进制数字流来传播的电视类型,是一个从节目采集、节目制作、节目传输直到用户端都以数字方式处理信号的端到端的系统。

《数字电视原理与应用》一书围绕什么是数字电视,针对数字电视的系统结构及其基本原理、关键技术,作了分析和讲解,重点突出、难易结合、应用具体,内容涵盖了数字电视从信号的摄取、压缩编码、复用与信道编码、调制传输、机顶盒接收到平板显示的整个环节,共8章内容。

本书是编者多年“数字电视原理与应用”教学实践的教学成果,是安徽省“数字电视原理与应用”2013~2016年省级精品视频公开课配套教材,也是安徽省巢湖学院“电子信息工程”省级特色专业建设成果之一。

本书有以下3个特点:①紧密结合数字电视系统的关键技术。数字电视系统的关键技术有信源压缩编码、复用与信道编码技术等,本书分别在第2章和第4章对它们作了深入浅出的理论分析。②实用性强。本书对数字电视机顶盒与条件接收(第6章)、数字电视信号的接收与监测(第7章)及数字电视的新型显示器件(第8章)等实际环节作了介绍。③拓展性强。鉴于数字电视的应用之广、技术发展之迅速,本书在相关章节设置了附录和知识链接,将需要了解的内容置于其中,这样,既能方便读者自学,又能拓展读者的知识面。总之,本书的特点是注重讲清楚数字电视的基本原理,适当地涉及数字电视原理的发展方向、新技术,指导实际操作。

通过本书的学习,首先,读者能够在概念上理解数字电视,了解数字电视的网络互动及其增值业务等功能。其次,在实践中逐步掌握数字电视传

输与接收过程中常见的故障及其解决办法。

在本教材成书的过程中,得到了淮南师范学院陈帅、皖西学院张晓东、黄山学院蒋军、滁州学院倪受春以及巢湖学院陈兆龙和陈新河等同行们的大力帮助,在此作者一并表示深切的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在某些不足甚至错误,恳请读者批评指正。

编 者

2012年12月

目 录

前言	(i)
第 1 章 数字电视及数字电视信号的形成	(1)
1.1 数字电视的基本特点及其分类	(1)
1.2 数字摄像机	(7)
1.3 电视信号的数字化过程	(21)
第 2 章 视/音频信号的压缩编码	(32)
2.1 压缩编码的必要性	(32)
2.2 图像信号的压缩依据	(33)
2.3 运动补偿预测编码的基本原理	(37)
2.4 常用的快速块匹配搜索法	(40)
2.5 Huffman 编码与算术编码	(45)
2.6 离散余弦变换编解码的基本原理	(51)
2.7 音频信号的压缩编解码	(69)
第 3 章 视/音频压缩编码标准	(75)
3.1 H.261 标准	(75)
3.2 JPEG 标准与 JPEG 2000	(79)
3.3 MPEG-1, MPEG-2 和 MPEG-4 标准的主要内容	(82)
3.4 MPEG 标准的视频数据流结构	(91)
3.5 MPEG 标准的编码特点	(93)
3.6 MPEG 标准的编解码原理	(97)
3.7 支持 MPEG-2 标准的常用芯片	(101)
3.8 H.264 标准简介	(106)
3.9 先进视/音频编码标准(AVS)	(110)
第 4 章 数字电视信号的复用与信道编码	(127)
4.1 数字电视的复用系统	(127)
4.2 复用传输流的组成特点	(132)

4.3	数字电视复用系统的系统同步	(138)
4.4	复用系统的应用	(141)
4.5	信道编码的必要性及其结构	(143)
4.6	差错控制编码	(146)
4.7	循环冗余校验原理与应用	(150)
4.8	基带处理与能量扩散	(154)
4.9	外码编码 RS 码的基本特性	(160)
4.10	低密度奇偶校验码(LDPC)特点	(162)
4.11	信道编码中的交织技术	(164)
第 5 章	数字电视信号的调制与传输	(170)
5.1	基带成形与滚降滤波	(170)
5.2	数字电视信号的调相与解调	(174)
5.3	DVB-S2 与 ABS-S 卫星传输标准	(183)
5.4	振幅键控的基本原理	(187)
5.5	多电平正交幅度调制与解调制	(189)
5.6	第二代有线传输标准 DVB-C2 简介	(198)
5.7	正交编码频分复用	(201)
5.8	地面数字电视单频网广播	(208)
5.9	DMB-T 系统与 TDS-OFDM 技术	(212)
5.10	中国地面国标 DTMB 的基本内容	(218)
5.11	国外数字电视地面传输标准简析	(225)
第 6 章	数字电视机顶盒与条件接收	(229)
6.1	机顶盒的功能与形式	(229)
6.2	机顶盒的基本结构	(230)
6.3	机顶盒的主要部件、参数及发展	(234)
6.4	电视接收中的电子节目指南	(245)
6.5	数字电视的条件接收技术	(254)
6.6	加密基本原理	(260)
6.7	智能卡与条件接收	(265)
6.8	条件接收系统的破解与反破解	(273)
第 7 章	数字电视信号的接收与监测	(278)
7.1	有线电视网上的数模兼容传输	(278)
7.2	数字和模拟电视信号兼容传输的特点	(281)

7.3	有线数字电视信号的测试与错误监测	(283)
7.4	有线数字电视接收机的工作原理	(287)
7.5	数字电视节目搜索形式与特点	(289)
7.6	有线数字电视传输的常见故障与解决方法	(290)
7.7	视频点播与准视频点播	(295)
7.8	机顶盒的远程在线升级与数据广播	(299)
7.9	数字电视增值业务与互动数字电视系统	(302)
7.10	三网融合及其特点	(306)
7.11	卫星数字电视接收技术	(309)
7.12	接收机开关电源故障检测与维护	(323)
7.13	地面数字电视及其移动电视	(326)
7.14	手机电视及其特点	(328)
7.15	我国移动电视标准与应用	(329)
7.16	网络电视特点及相关技术	(333)
7.17	数字电视的微波多路传输与接收	(336)
第 8 章	数字电视的新型显示器件	(344)
8.1	显示器件的清晰度	(344)
8.2	液晶显示器	(346)
8.3	PDP 显示器及与 LCD 比较	(349)
8.4	LED 显示器及与其他显示器比较	(352)
8.5	LCOS, SED 和 OLED 新型显示器件	(355)
8.6	显示器件的接口	(358)
附录	立体电视简介	(363)
参考文献	(371)

第 1 章 数字电视及数字电视信号的形成

电视是在电影基础上发展而来的。处理“光电-电光”的关系,实质就是解决人眼与显示的问题,以满足人们对从客观世界最大限度地获取视觉信息的精神需求。电视使人人都有“千里眼”“顺风耳”,不出屋,便见天下物。所以,“电”“视”顾名思义,就是电与视的结合。传统的模拟电视,从图像信号的产生、传输到接收机的复原,其整个过程几乎都是在模拟体制下完成的。其特点是每帧图像通过时间轴在垂直方向取样,以幅度调制方式传送视频信号,为降低频带同时避开人眼对图像重现的敏感频率,将一帧图像又分成奇、偶两场的隔行扫描方式,以实现光/电转换或电/光转换。由于 20 世纪 50 年代电视理论和技术的缺陷,传统电视存在易受干扰、色度分解力不足且容易造成亮色串扰、行闪烁与行蠕动、清晰度低和临场感弱、时间利用率和频带利用率都不高以及不能与现代因特网兼容等缺点。此外,传统模拟电视的 NTSC/SECAM/PAL 三大制式因频道带宽、视频信号带宽及行场结构等参数差异较大而无法兼容。这些缺点的存在,迫使人们更积极地改进模拟电视的播放技术。随着计算技术、图像编码技术和通信等技术的飞速发展,以及超大规模集成电路水平的提高,至 20 世纪 90 年代末,以美、欧、日为代表的数字电视软硬件技术都达到了较高的应用水平。与此同时,他们也相继推出各具特色的数字电视标准。所有这些,都标志着模拟电视技术被推向一个更加崭新的阶段,即以数字电视为特征的第三代电视(黑白电视和彩电分别为第一代和第二代)从实验室走进人们的工作和生活。

1.1 数字电视的基本特点及其分类

1.1.1 数字电视的基本特点

所谓数字电视,是指基于数字技术平台,从节目拍摄(图像的每个像素、伴音的每个音节以及其他各类数据信息)、非线性编辑、压缩编码和信道编码、发射传输、

接收到显示的全程数字化电视系统。一个典型的数字电视系统结构如图 1.1 所示。

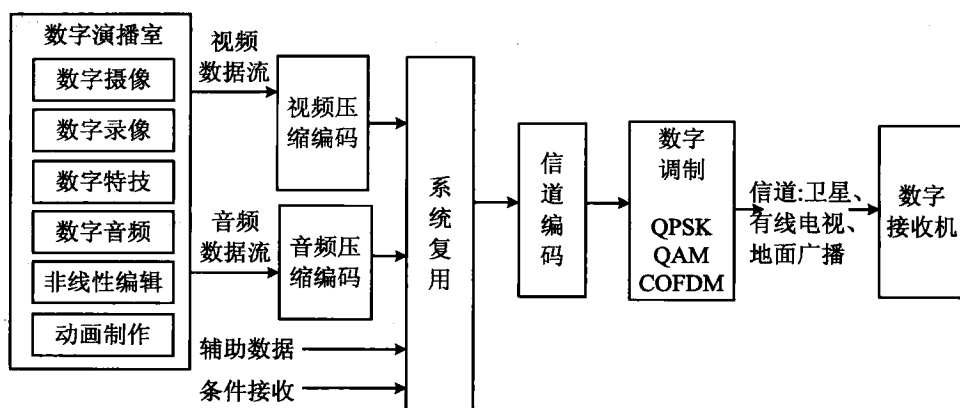


图 1.1 数字电视系统结构

模拟电视画面最高质量仅达 VCD 或 VHS 的水平,标准清晰度数字电视画面质量相当于 DVD 的水平,而高清数字电视(HDTV)的像素数(横向×纵向)高达 1920×1080 ,画面质量接近 35 mm 宽银幕电影水平。一般来说,计算机像素数在 SVGA 模式下为 800×600 ,PAL 制模拟电视下最高为 352×240 ,DVD 模式下为 720×576 。数字电视有以下特征:一是高质量的画面。传统的模拟电视常有的模糊、重影、闪烁、雪花点、图像失真等现象在数字电视中得到极大改善。二是高质量的音效。数字电视采用 AC-3 或 MUSICAM 等环绕立体声编解码方案,既可避免噪声和失真,又能实现多路纯数字环绕立体声,使声音的空间临场感、音质透明度和高保真等方面都更胜一筹,同时还具有多语种功能,收看同一个节目可以选择不同的语种。三是功能更加丰富。信号数字化后既便于存储也便于联网,实现电视信息化的多功能,以及画中画、画外画和电视图像幅型变换等。四是丰富多彩的电视节目。用数字信号处理技术可以把电视信号数据率大幅度地压缩,充分利用有限的频带资源;五是具有交互性。音频、视频和数据可以在同一个信道内传输,共用一台设备接收,传输方向可以是双向的,观众由被动接受转为积极参与,收看现场转播时可以选择不同的拍摄角度,以满足不同行业、不同层次、不同爱好观众的需求。此外,数字电视允许不同类型(音频、视频和数据)、不同等级(高清晰度电视、标准清晰度电视)、不同制式(屏幕的宽高比、立体声伴音的通道数目)的信号在同一信道中传输,用同一台电视接收机接收。可以说,多信息、多业务、多功能和高质量是数字电视的总体特征。与模拟电视相比,数字电视有如下优点:

(1) 信号处理与传输的质量主要取决于信源。因为数字电视系统只有“1”“0”

两个电平,抗干扰强,非常适合远距离的数字传输。因为数字设备只输出“1”“0”两个电平,在恢复时不究其大小,因而信号稳定可靠。正因为视频信号经过数字化后是用若干位二进制的两个电平来表示的,所以在多次处理过程中或在传输过程中引入杂波后,只要杂波幅度不超过某一额定电平,通过数字信号再生,都可以把它清除掉,即使某一杂波电平超过额定值,造成误码,也可以利用引入信道的纠错编码技术,在接收端把它们纠正过来,有效避免系统的非线性失真,大大提高了声像质量。而在模拟系统中,非线性失真会造成图像的明显损伤,例如,非线性产生的相位畸变会导致色调失真。模拟信号在传输过程中噪声逐步积累,而数字信号在传输过程中,基本上不产生新的噪声,即信噪比基本不变。此外,模拟电视信号在处理和传输中,每次都可能引入新的杂波,为了保证最终输出有足够的信噪比,模拟信号要求 $S/N > 40$ dB,而数字信号只要求 $S/N \geq 26$ dB。换言之,在相同的覆盖面积下,数字电视大大地节省了发射功率。

(2) 信号采用高效的压缩技术,节省了大量的频率资源。如原有的 8 MHz 带宽仅传 1 套模拟电视频道,现在可传输 4~9 套相当于 DVD 质量的数字电视信号。

(3) 便于实现计算机网、电视网、电信网走向融合,构成新一代多媒体通信系统,其宽带网的网络电视、电话就是三网融合的基本特征。没有电视的数字化就没有三网融合,就不能实现资源共享。

(4) 易于实现信号的存储,而且存储时间与信号的特性无关。近年来,大规模集成电路尤其是半导体存储器技术和纳电子技术的发展,数字电视可以存储多帧的视频信号,从而具有用模拟技术不可能达到的处理功能。例如,帧存储器可用来实现帧间压缩以及帧同步和制式转换等处理,获得各种新的电视图像特技效果。Flash, SDRAM 以及价格不断下降的大容量硬盘存储器的广泛使用,使数字视/音频产品不断推陈出新。

(5) 为信息化世界的数字化、交互性新媒体(如手机电视)、网络视频及其相关技术不断地快速发展提供动力。iPhone, iPad 等新时代手机的出现就是典型的例子。

(6) 具有开放性和兼容性。从发端到收端的数字电视系统形成的产业链涉及很多相关产业,包括节目源供应商、应用软件开发商、硬件制造商、网络运营商等,这些产业的产品开发和生产以同一个业务平台为基础,即符合业内标准包括接口标准,如 H. 26x, MPEG 标准等,改变了模拟体制下的 NTSC, PAL 和 SECAM 制电视节目不能交互的缺点。

(7) 可以合理、高效地利用各种类型的频谱资源。以地面广播为例,数字电视可以启用模拟电视的禁用频道,而且能够采用单频率网络传输技术,覆盖较多的地区。

(8) 容易实现密码保护,即加密/解密和加扰/解扰技术,便于开展增值业务、专业应用(包括军用)以及数据广播业务的应用。开展各种增值业务及各类条件接收的收费业务,是数字电视的亮点和增值点,也是数字电视得以快速滚动式发展的基础。

(9) 具有可扩展性、可分级性和互操作性。可以依据应用形式的不同,将数字电视信号频率的高低进行分级调制传输,便于数据重新分组后,在各类通信信道,如在异步转移模式(ATM)的网络中传输。

(10) 电子节目指南为人们收听广播、收视数字电视节目及各类信息提供了人性化的、“傻瓜”型的操作界面,这是传统模拟电视无法实现的。

(11) 数字电视的内涵极为丰富。开放互联网电视(OTT TV)的介入,彻底颠覆了人们接收电视的方式,双向互动真正实现“我的电视我做主”。互动电视也是电视运营商重要的经济增长点之一,且多屏互动将成为电视未来发展的主流趋势之一。

(12) 数字电视的出现彻底改变了消费电子行业的市场结构。各种类型的数字(数码)摄像机、全数字电视接收机、机顶盒、电视棒及数码产品,以及使用高清显示的LCD,PDP,LED等新型显示设备的不断问世,使人们的收视选择更加灵活多样。

(13) 数字电视系统的超长产业链为社会提供了许多工作岗位。模拟电视在飞速发展的电子信息化市场的竞争中被边缘化,数字电视的问世根本性地改变了各国的产业政策和广播电视市场化的商业运营模式,各种形态的软硬件技术、产品及其标准竞争更加激烈,也有力地推动了世界数字电视事业向前发展。

(14) 数字电视进一步推动新一代电视的发展。将由标清发展到高清,再发展到智能电视、云电视、超高清立体电视等。

知识链接

所谓智能电视,是指像智能手机一样,搭载了操作系统,可以由用户自行安装和卸载软件、游戏等第三方服务商提供的程序,通过此类程序来不断对彩电的功能进行扩充,并可以通过网线、无线网络来实现上网冲浪的一类彩电的总称。智能电视把互联网和电视联结起来,可以为用户提供无线的内容和服务,即可以为用户提供完整的互联网体验,包括搜索功能。云电视是指在智能电视基础上,运用云计算、云存储等技术对现有应用进行升级的智能化云设备,它拥有海量存储、远程控制等众多应用优势,并能实现软件更新和内容的无限扩充。企业通过“云”来控制后台数据和软件平台,包括基础操作平台和应用操作系统,彩电用户不需要为自家的电视进行任何升级、维护、资源下载,只需将电视连上网络,就可即时实现最新应用和海量资源的共享,实现在看电视的同时,进行社交、办公等。

由工信部消费电子产品信息化推进委员会、中国电子商会、中国广播电视产品质量监督检验中心等机构联合国内智能电视厂商发布了《智能云电视行业标准 2.0》。该标准规定智能云电视硬件配置必须达到：双核 CPU、多核 GPU (Graphic Processing Unit)、512 KB Cache、8 GB 以上的内存，并支持 100 GB 以上的外接存储；同时需要内置高清数字一体机收解码系统，能够接收和解码有线电视高清信号和 3D 频道信号；智能云电视配置的 3D 显示技术必须为用户带来自然、健康的 3D 体验，以及智能云电视必须首先具备平板电视产品智商评价标志，以表示通过“产品智商”评测。智能云电视是电视发展的新方向。

1.1.2 数字电视的分类

对于数字电视，其信源用数字压缩编码，传输用数字通信技术，接收可以用数字电视机一体机，也可借助机顶盒加模拟接收机，或其他数字接收设备（如手机）。它是涉及广播电视、通信、计算机和微电子等诸多领域的高新技术，也是集近半个多世纪的图像编码技术与现代电子技术、通信技术等发展成就于一体的现代高科技成果。数字电视系统涉及三大部分：电视系统发送端的信源和信道部分（传输/存储）以及信宿部分（接收端），整个过程均是数字化的。其中第一部分核心内容是信源（图像/声音/数据）的压缩编码和数字多路复用，第二部分则是纠错编码/数字调制，便于数字信号的传输和存储，而解调制/解纠错编码和解复用/解压缩编码即信息还原则是第三部分的重点。

因此，根据数字电视的定义，按现阶段的研究与应用情况看，数字电视依据清晰度可以划分为两大类：第一类为标准清晰度的数字常规电视，其图像垂直分辨率为 400~500 线，相当于 DVD 的标准清晰度电视 (SDTV)；第二类为视频垂直分辨率为 720P (P 表示逐行) 或 1080I (I 表示隔行) 以上的高清晰度电视 (HDTV)。SDTV 相当于目前的广播级数字电视，采用成熟的 MPEG-2 压缩编码标准，一套节目的视频码率为 2~5 Mbps，HDTV 采用 MPEG-2 或更高的标准，如 MPEG-4，H. 264 或 AVS 等，视频码率为 8 Mbps 左右。根据传送方式的不同，又可分为卫星数字电视、有线数字电视和地面移动数字电视。

需指出的是，我国数字电视和模拟电视一样，仍采用隔行扫描方式传送图像信号。其中，SDTV 的扫描参数和传统的模拟电视一样。HDTV 和 SDTV 信号的帧频都是 25 Hz，每帧图像采用隔行扫描图像的奇数行和偶数行分两次扫描和传送，各形成 1 场图像，所以每场图像都是 50 Hz，HDTV 和 SDTV 每帧图像总行数分别为 1 125 行和 625 行。由于 HDTV 扫描行数增多，行频就由 SDTV 的 15 625 Hz 提高到 28 125 Hz。HDTV 和 SDTV 每行有效像素数分别为 1 920 个和 720 个，每

帧有效扫描行数分别为 1 080 行和 576 行。因此,每帧图像有效像素数分别是 201.6×10^4 和 41.472×10^4 个。HDTV 与 SDTV 相比,每帧有效像素数约增加 5 倍,所以分辨率或清晰度显著提高。SDTV 和 HDTV 视频格式等方面的参数如表 1.1 所示。

表 1.1 SDTV,HDTV 视频格式

类别	图像分辨率(像素数)	扫描方式	画面宽高比
HDTV	1 920×1 080,1 440×1 080	P,I	16 : 9
	1 920×1 035,1 440×1 152	I	16 : 9,4 : 3
	1 280×720	P	16 : 9
SDTV	576 或 480×(720,640,544,480,352)	I,P	16 : 9,4 : 3
	288×或 240×(720,640,544,480,352)	P	

注:我国规定 SDTV 的像素为 720×576 (4 : 3 或 16 : 9),HDTV 的像素为 1920×1080 (16 : 9),又称全高清(Full HD)。

国际电信联盟(简称国际电联)于 2012 年 5 月推出超高清电视技术标准。该标准由国际电联协调相关制造商、广电机构和监管机构组成的专项工作组起草,分两个等级:首先引入的超高清电视分辨率为 3840×2160 ,约 800 万像素;随后将采用更高的分辨率,即 7680×4320 ,达到 3 200 万像素。两种制式分别简称为“4K”和“8K”超高清系统。与之相比,当前使用的高清电视分辨率仅为 100 万~200 万像素。除分辨率大幅提升外,新标准还增强了电视的色彩还原度,增加了帧数。超高清电视是电视领域的一场革命,超高清电视将给观众带来震撼的视觉体验。

在实践中,只有通过数字电视标准符合性测试的电视接收机才可称为数字电视机。可见,数字电视系统是一个由图像层、压缩层、传送层和传输层构成的分层结构,无论是信源、信道还是信宿都比现有的模拟电视系统复杂得多。也正因数字电视系统是个数字化的分层结构,数字电视的功能、视/音频质量等,才更多样,接收的形式也不限于固定接收,还可以实现移动接收等,其灵活性将大大增强。

知识链接

平板高清晰度电视机重要的参数之一就是静态图像的清晰度,具体为:水平方向和垂直方向都大于 720 线,屏幕的幅型比为 16 : 9。因此要求电视机显示屏的固有分辨力为 1920×1080 或 1366×768 ,同时电视机的电路系统要好,特别是带宽符合要求,才能保证显示图像的水平方向和垂直方向都大于 720 线。相反,尽管电视机显示屏的固有分辨力为 1920×1080 ,或 1366×768 ,或 1280×720 ,或 852×480 ,幅型比为 16 : 9,由于多种因素的影响,显示图像的水平 and 垂直清晰度小于 720 线,仍不能称为高清晰度电视机。高清电视更符合人的视角特性,视野更加开

阔,其分辨力是普通电视的4倍,观众可获得更多的信息量。

在图像处理领域,分辨率与分辨力表征的都是图像细节的能力。分辨率是用“点”来衡量的,这个点就是像素,在数值上是指在整个显示器所有可视面积上,水平像素和垂直像素的数量;而图像的分辨力是表征图像细节的能力,通常又称为图像信号的信源分辨力,由图像格式决定。分辨力越高,清晰度越高。但同一分辨力的图像,在演播室和一般显示终端看到的清晰度可能差距较大,即使显示器件固有分辨力足够高,但由于工作状态不佳,图像清晰度也可能达不到信号源提供的与该显示器固有分辨力相当的图像清晰度。电视领域常用分辨力,计算机领域常用分辨率。

1.2 数字摄像机

1.2.1 三基色原理

彩色是光的一种属性,没有光就没有彩色。在光的照射下,人们通过眼睛感觉到各种物体的彩色,这些彩色是人眼视觉特性和物体客观特性的综合效果。中学物理课中的棱镜试验,曾经清楚地告诉我们:白光通过棱镜后被分解成多种颜色逐渐过渡的色谱,波长在380~780 nm之间,按波长大小,其颜色依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫,这就是可见光谱。其中人眼对红、绿、蓝最为敏感,人的眼睛就是一个三色接收器的光敏传感器。进一步的试验还证明:①自然界中的绝大部分彩色,都可以由三种基色按一定比例混合得到;反之,任意一种彩色均可被分解为三种基色。②作为基色的三种彩色,要相互独立,即其中任何一种基色都不能由另外两种基色混合来产生。③由三基色混合而得到的彩色光的亮度等于参与混合的各基色的亮度之和。④三基色的比例决定了混合色的色调(颜色类别)和色饱和度(颜色深浅)。以上就是色度学的最基本原理,即三基色原理。该原理表明自然界中丰富的颜色可由三基色来处理与实现,极大地简化了用电信号来传送实际复杂的彩色技术问题。

红、绿、蓝是三基色,这三种颜色合成的颜色范围最为广泛,目前在所有的各类电视系统中,其彩色视频或图像均采用红、绿、蓝三基色,红、绿、蓝三基色按照不同的比例相加合成混色称为相加混色,即:红色+绿色=黄色,绿色+蓝色=青色,红色+蓝色=品红,且:红色+绿色+蓝色=白色。黄色、青色、品红都是由两种色相混合而成,所以它们又称非谱色光,即没有具体波长的光。以上混色是在等强度的

情况下得出的结果,如果深红与浅绿混色,则得出黄偏红的结果,由此即可混合出自自然界绝大多数的颜色来。可见,在电视系统中,只有红、绿、蓝三基色是谱色光,其他任意颜色均为非谱色光。另外,红色+青色=白色,绿色+品红=白色,蓝色+黄色=白色。所以,青色、黄色、品红分别是红色、蓝色、绿色的补色。由于每个人的眼睛对于相同的单色光的感受不同,因此,如果我们用相同强度的三基色混合,假设得到白光的强度为100%,这时候人的主观感受是,绿光最亮,红光次之,蓝光最弱。

除了相加混色法之外,还有相减混色法,如彩色绘画技术等。

需指出,三基色原理中的三种基色,要求是相互独立的,即任何一种基色都不能由其他两种颜色合成。在电视系统的前端,根据三基色原理,利用摄像机的分色棱镜,将五彩缤纷的客观世界转换成三基色光信号,进而转成电信号。而在电视系统的接收端,利用显示器的发光原理,将三基色电信号激励各自的荧光粉,或控制各自的液晶分子旋转透过相应的基色光来,再利用人眼的视觉混色特性,恢复原来的彩色景象。

1.2.2 数字摄像机的基本结构和原理

接收端图像色彩还原好、清晰度高、艺术感染力强,不仅是每位电视观众的需求,也是电视工作者的追求。在数字电视系统中,信源端高质量图像的摄取即光/电转换是接收端高质量恢复的前提。摄像机的基本功能就是实现光/电转换,其成像的光敏靶是光/电转换的基地。根据清晰度(标清还是高清)等指标的需要,该基地上有精密设计的多达几百万个光电二极管阵列,它是一种重要的感光元件,每个感光元件叫一个像素,是构成图像的基本单元。大多数图像传感器的感光元件采用光电二极管,其核心结构就是PN结,工作时加反向偏压,受到光照时,该PN结可以在很宽的范围内产生与入射光强成正比的光电流,能把光信号变成电信号并使之输出。光电探测器性能的好坏直接影响到图像传感系统的性能,因此要尽量选择性能优良的光探测器。20世纪80年代出现了以CCD(Charge Coupled Device)为摄像器件的摄像机,20世纪末,CMOS影像感应器因其低功耗和体积小也得到迅猛发展,由最初的磁带存储发展到今天的硬盘存储。根据制作工艺和电荷转移方式的不同,CCD可分为行间转移(IT)型、帧转移(FT)型和帧行间转移(FIT)型,其中IT型和FIT型比较常用。实质上,CCD的基本单元就是金属—氧化物—半导体MOS结构,光照射到CCD硅片上时,在栅极附近的半导体体内产生电子空穴对,其多数载流子被栅极电压排开,少数载流子则被收集在势阱中形成信号电荷。CCD是大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)的产

品,随着 VLSI 技术的进步,近年来 CCD 器件的技术指标,如信噪比、清晰度、灰度特性等,获得了长足进展并走向今天的成熟阶段,数字摄像机正是在 CCD 器件的基础上发展起来的。相对模拟摄像机而言,数字摄像机就在于对由 CCD 转换成的电信号进行各种处理,并且应用全数字处理技术控制电路系统,能够保证最佳的图像质量,同时保证摄像机性能稳定,相对于模拟信号处理更加优越和细致,具体包括黑电平处理、伽玛校正、轮廓信号校正、拐点/自动拐点处理等方面。数字摄像机使用大规模 IC,元器件数量和需调整的电位器大大减少;采用数字存储,不随温度、时间变化,提高了信号的可靠性和稳定性,电视自动化程度更高。许多轮廓校正功能使图像更细腻,色彩更逼真,自动白平衡和许多简单的调整模式使操作更简单。因为 CCD 输出的信号很微弱,必须经过放大后再进行模/数(A/D)转换才能得到数字信号,所以目前的数字摄像机还不能通过 CCD 直接把光信号转变成数字信号,现在新推出的数字处理摄像机,都包括模拟处理和数字处理两大部分。图 1.2 所示的就是 CCD 数字图像信号摄取的主要结构示意图(包括光学、CCD、ADC 和 DSP 系统)。

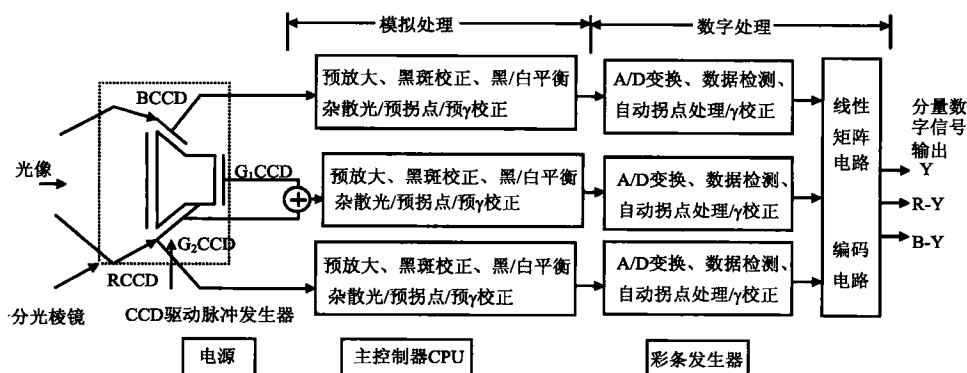


图 1.2 CCD 数字信号摄像机原理框图

在图 1.2 中,RCCD,GCCD,BCCD 分别代表红、绿、蓝三基色信号形成通道。在 4CCD 摄像机中, G_1 CCD 与 G_2 CCD 之间保持着空间位置设置,使 G_1 CCD 与 G_2 CCD 相对移动 $1/2$ 像素距离的空间像素偏置技术,使空间偏置图像存在于两个绿基色(G)信号 CCD 之间,从而完全消除了 G 通道中的寄生信号,明显提高了 G 信号的清晰度,而高质量的 G 信号对恢复数字图像质量非常重要。与此同时, G_1 CCD 与 RCCD 形成对应, G_2 CCD 与 BCCD 也形成对应。RCCD 与 BCCD 之间也存在了图像偏置。这种新型 CCD 的布局,使空间偏置图像技术得以完善,所以 4CCD 摄像机较 3CCD 更为理想。由于在 4CCD 摄像机中采用了 RCCD 与 BCCD 之间的图像偏置,使 R 和 B 分量之间也彼此抵消寄生信号,从而摄像机视