

安徽省精品课程
安徽省高等学校“十一五”规划教材
普通高等院校“十一五”规划教材

数字电视原理 与应用技术

SHUZI DIANSHI YUANLI YU YINGYONG JISHU

鲁业频 主编
朱仁义 孔敏 袁宗文 编著

00100010111010011001100011
001000101110011001100011
00100010111010011001100011
011110000000110010100010001001100011
011110000000110010001001100011
0111100000001100100010001001100011
00100010111010011001100011
00100010111010011001100011



国防工业出版社
National Defense Industry Press

TN949.107

安徽省精品建设课程

安徽省高等学校“十一五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

数字电视原理 与应用技术

鲁业频 主编

朱仁义 孔敏 袁宗文 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

数字电视原理与应用技术/鲁业频主编. —北京:国防
工业出版社,2009.6

普通高等院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06301-1

I. 数... II. 鲁... III. 数字电视—高等学校—教材
IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 057488 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19¼ 字数 440 千字

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

作为一门理论上博大精深、应用上发展迅速而又极其广泛的“数字电视原理与应用技术”,编写一本适合本专科学生在 70 个学时左右的教材,如何解决教材的“理论化”与“科普化”的矛盾问题,是让作者在整个编写过程中最费思量的问题。力求使本书“基础理论清晰、实际应用具体、最新成果恰当,使本书的精品内容最大化,便于读者通过本书的学习,真正起到学有所长”之目的是作者努力所做的工作。

数字电视的关键技术是信源编码、信道编码、调制与条件接收等内容,涉及数字电视信号的摄取、压缩编码、复用与信道编码、调制与传输以及条件接收与显示等相关内容。对此,全书共分 8 章有侧重地作了清晰地描述,且各章均以应用为主,理论结合实际,前后内容联系紧密,数据及实例翔实充分,与数字电视一样,具有较大的信息量和实用性。在思考题与习题的设计上,具有一定的综合和高度,且有的题目没有唯一答案,但这些发散性题目是有最佳答案的,甚至需要同学们之间的交流,目的是希望读者以本书为“基地”,通过多种途径加深对数字电视理论与实践的深刻理解。因为任何一本书不可能面面俱到,也无此必要。

本书是安徽省精品建设课程的成果之一,是安徽省高等学校“十一五”规划教材,也得到安徽省高等学校(巢湖学院)重点建设实验室“电子电工实训中心”项目资金的资助。本书的出版,得到巢湖学院物理与电子科学系全体同仁以及皖西学院和合肥师范学院等兄弟院校的帮助和支持,得到国防工业出版社丁福志编辑的大力帮助和支持,编者在此一并表示衷心感谢。限于编者认知水平,书中存在的欠缺及错误,还望读者在使用中给予批评指正,编者表示真诚的谢意。

需要电子课件的教师,可与编者联系,电子信箱:hdtv-ah@163.com

编者
2009 年 3 月于巢湖

目 录

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
1.1.1 数字电视的优越性	1
1.1.2 数字电视的分类	3
1.2 数字摄像机	4
1.2.1 数字摄像机基本结构与原理	4
1.2.2 数字电视摄像机的重要参数指标	9
1.2.3 数字处理摄像机的特点	13
1.2.4 几种广播级数字摄录一体机的性能	14
1.3 电视信号的数字化过程	15
1.3.1 模拟信号的取样及其形式	15
1.3.2 量化原理与量化误差	18
1.3.3 数字化信号的编码与非线性编辑	20
1.4 视频模数转换器与数模转换器	21
1.4.1 视频模数转换器(ADC)	21
1.4.2 视频数模转换器(DAC)	22
本章小结	23
思考题与习题	23
第 2 章 视音频信号的压缩编码	24
2.1 压缩编码的必要性	24
2.2 图像信号的压缩依据	25
2.2.1 图像结构中的冗余信息	25
2.2.2 人眼的视觉特性	26
2.3 预测编码的基本原理	27
2.3.1 运动补偿预测编码的基本思想	27
2.3.2 直方图与块匹配的判决机制	28
2.4 常用的块匹配快速搜索法	31
2.4.1 二维对数法	32
2.4.2 三步搜索法及其改进	32

2.4.3	菱形搜索法	33
2.4.4	分级搜索法	34
2.4.5	运动补偿的应用举例	35
2.5	Huffman 编码与算术编码	36
2.5.1	Huffman 编码与解码	37
2.5.2	算术编解码的基本原理	39
2.6	离散余弦变换编解码的基本原理	41
2.6.1	一维离散余弦变换及特点	42
2.6.2	二维离散余弦变换与压缩编码	44
2.6.3	基于 DCT 的量化	47
2.6.4	DCT 系数的熵编码	48
2.6.5	DCT 压缩比计算	52
2.6.6	DCT 的反量化与反变换	52
2.6.7	图像的 DCT 及其发展	53
2.7	子带编码的基本原理	55
2.7.1	数字信号的抽取与内插技术	55
2.7.2	图像信号的子带编码	57
2.8	音频信号的压缩编解码	58
2.8.1	心理声学模型与感知音频编码	58
2.8.2	MPEG-2 AAC 音频编解码特点	59
2.8.3	MPEG-2 AAC 编解码器原理结构	61
	本章小结	62
	思考题与习题	62
	附录 2D-DCT 的 C 语言实现	62
第 3 章	视音频压缩编码标准及其特点	65
3.1	H.261 标准	65
3.1.1	H.261 标准的特点与用途	65
3.1.2	H.261 标准的图像编码特点	67
3.2	JPEG 标准与 JPEG2000	68
3.3	MPEG-1、MPEG-2 和 MPEG-4 标准的主要内容	70
3.3.1	MPEG-1 标准的主要内容	70
3.3.2	MPEG-2 标准的主要内容	71
3.3.3	MPEG-4 标准的主要内容	75
3.4	MPEG 标准的视频数据流结构	77
3.5	MPEG 标准编码特点	79
3.6	MPEG 标准的编解码原理	81

3.6.1	MPEG 标准的编码原理	81
3.6.2	MPEG 标准的解码原理	83
3.6.3	支持 MPEG-2 标准的解码芯片	85
3.7	H.264 标准简介	86
3.8	先进音视频编码标准(AVS)	89
3.8.1	AVS 视频编解码的主要内容	89
3.8.2	AVS 与相关编码标准的比较	93
3.8.3	AVS 的音频编解码	94
3.8.4	AVS 的应用前景	96
	本章小结	97
	思考题与习题	98
第 4 章	数字电视信号的复用与信道编码	99
4.1	信道编码的必要性及其结构	99
4.2	差错控制编码	101
4.2.1	差错控制编码的基本方式	101
4.2.2	纠错码的分类	101
4.2.3	误码控制的基本概念	102
4.2.4	检错与纠错基本原理	103
4.3	循环冗余校验原理与应用	104
4.3.1	CRC 检错原理	105
4.3.2	循环码生成及 CRC-32 应用	106
4.4	数字电视的复用系统	107
4.4.1	复用码流的 PID 号及其特点	107
4.4.2	数字电视系统的分层结构	109
4.4.3	节目复用、多路复用与解复用	110
4.4.4	复用比特流的组成特点	111
4.4.5	TS 包头信息的作用	115
4.4.6	MPEG-2 的视音频同步问题	116
4.4.7	数字电视复用系统的主要功能	117
4.5	基带处理与能量扩散	122
4.5.1	数字电视信号的基带处理	122
4.5.2	能量扩散	124
4.6	外码编码(RS 码)	127
4.6.1	RS 码的基本特性	127
4.6.2	多项式的根	129
4.6.3	RS 码的生成原理与纠错	130

4.6.4	RS 码的截断选择与性能分析	133
4.7	卷积码及其解码	135
4.7.1	卷积码的产生	135
4.7.2	卷积编码器的图解分析法	137
4.7.3	卷积码的 Viterbi 解码方法	138
4.7.4	截短卷积码	141
4.8	Turbo 信道编码	142
4.9	低密度奇偶校验码(LDPC)特点	145
4.10	信道编码中的交织技术	147
4.10.1	交织技术的由来及形式	147
4.10.2	交织、解交织原理及其应用	147
	本章小结	149
	思考题与习题	149
第 5 章	数字电视信号的调制与传输技术	151
5.1	基带成形与滚降滤波	151
5.1.1	理想低通滤波器的脉冲成形	151
5.1.2	升余弦滚降滤波	152
5.2	数字电视信号的调相与解调	154
5.2.1	二相移相键控的形成与解调	154
5.2.2	2DPSK 调制与解调	155
5.2.3	多进制相位调制与应用	156
5.2.4	QPSK 相位调制的应用	159
5.3	DVB-S2 与 ABS-S 传输标准	160
5.3.1	DVB-S2 与 DVB-S 的性能比较	160
5.3.2	中国的先进卫星电视广播系统 ABS-S	161
5.4	振幅键控的基本形式	163
5.5	多电平正交幅度调制与解调制	164
5.5.1	多电平振幅键控原理	164
5.5.2	多电平振幅键控的带宽	166
5.5.3	多电平振幅键控的应用	167
5.5.4	$\pi/2$ 旋转不变的 QAM 星座图	170
5.6	网格编码调制(TCM)	172
5.6.1	网格编码的引入	172
5.6.2	TCM 编码的基本原理	173
5.6.3	8VSB-TCM 和 8PSK-TCM 编码	174
5.7	正交编码频分复用(COFDM)	179

5.7.1	OFDM 的原理及实现方法	180
5.7.2	克服多径干扰和常规电视干扰的措施	182
5.8	地面数字电视单频网广播	185
5.9	DMB-T 系统与 TDS-OFDM 技术	187
5.9.1	DMB-T 技术特点	187
5.9.2	信号帧结构与特点	189
5.9.3	DMB-T 的调制步骤与单频网方案	190
5.10	中国地面国标 DTMB 的基本内容	192
5.10.1	ADTB-T 强调国标的实用性	194
5.10.2	DMB-T 突出国标的创新性	196
5.11	国外数字电视地面传输标准	198
	本章小结	200
	思考题与习题	200
第 6 章	数字电视机顶盒与条件接收	201
6.1	机顶盒的功能与形式	201
6.2	机顶盒的基本结构	202
6.2.1	机顶盒的硬件结构及其技术	202
6.2.2	机顶盒的双向功能与 Cable Modem	203
6.2.3	机顶盒的软件结构及其中间件	205
6.2.4	多媒体家庭平台(MHP)	206
6.3	国内机顶盒的主要部件及发展趋势	208
6.3.1	国内机顶盒的主要部件及其制造商	208
6.3.2	机顶盒的发展趋势	209
6.4	电视接收中的电子节目指南	210
6.4.1	电子节目指南与节目搜索	210
6.4.2	电子节目指南的实现	213
6.4.3	业务信息中的描述符	214
6.4.4	EPG 及其在机顶盒中的实现	215
6.4.5	EPG 的一般表现形式	217
6.5	数字电视的条件接收技术	218
6.5.1	CA 系统的构成与原理	218
6.5.2	条件接收系统的密钥保护机制	219
6.5.3	用户管理系统(SMS)	220
6.6	加密基本原理	222
6.6.1	对称密码系统	223
6.6.2	非对称密码系统	224

6.6.3	同密与多密技术	225
6.7	智能卡与条件接收	226
6.7.1	智能卡及其条件接收	226
6.7.2	机卡分离与中国的 UTI 大卡方案	227
6.7.3	无卡 CA 解决方案	231
6.8	条件接收系统的破解与反破解	232
	本章小结	234
	思考题与习题	234
第 7 章	数字电视信号的接收、监测与显示	235
7.1	数字电视信号在有线电视网上的兼容传输	235
7.2	数字和模拟电视信号兼容传输的特点	237
7.3	有线数字电视信号的测试与错误监测	239
7.4	有线数字电视接收机的工作原理	242
7.4.1	FUJITSU 有线数字接收机的组成与原理	242
7.4.2	有线数字电视机顶盒相关参数	244
7.5	数字电视节目搜索形式与特点	245
7.6	视频点播与准视频点播	245
7.6.1	视频点播	246
7.6.2	准视频点播与机顶盒接收	246
7.6.3	视频服务器的作用	247
7.7	机顶盒的远程在线升级与数据广播	248
7.7.1	远程在线升级	248
7.7.2	数据广播	249
7.8	数字电视增值业务与互动数字电视系统	251
7.8.1	数字电视增值业务	251
7.8.2	基于 HFC 的互动电视解决方案	253
7.9	按次付费收看与即时按次付费收看	255
7.10	数字电视接收的峭壁效应与调制误差率	256
7.11	卫星数字电视接收技术	257
7.11.1	卫星数字电视传输与接收概述	257
7.11.2	卫星数字电视接收原理	258
7.11.3	接收天线的仰角、方位角和极化角	261
7.11.4	接收机的参数设置与卫星搜索	263
7.12	接收机开关电源故障检测与维护	266
7.13	地面数字电视及其移动电视	268
7.13.1	手机电视形式与特点	270

7.13.2 我国移动电视标准与应用	271
7.14 P2P技术与网络电视(IPTV)	273
7.14.1 P2P技术及其机顶盒	273
7.14.2 网络电视特点及相关技术	275
7.14.3 一种基于AVS标准的IPTV业务解决方案	277
7.15 数字电视的微波多路传输与接收	280
本章小结	282
思考题与习题	283
第8章 数字电视的新型显示器件	284
8.1 显示器件的清晰度	284
8.2 液晶显示器	285
8.3 PDP显示器及与LCD比较	287
8.3.1 PDP显示器的工作原理	287
8.3.2 PDP与LCD的比较	288
8.4 LCOS、SED和OLED新型显示器件	290
8.4.1 LCOS显示器	290
8.4.2 SED显示器	290
8.4.3 OLED显示器	291
8.5 显示器件的接口	292
8.5.1 模拟接口	293
8.5.2 数字接口	294
本章小结	294
思考题与习题	295
参考文献	296

第 1 章 数字电视及数字电视信号的形成

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。其特点是采用时间轴取样,每帧图像在垂直方向取样,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,以形成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,使传统的电视存在易受干扰、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互联网兼容等缺点。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。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准。与此同时,它们也相继推出各具特色的数字电视标准。所有这些,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(黑白电视和彩色电视分别为第一代和第二代)从实验室走向人们工作、生活之中。

1.1 数字电视的基本特点及其分类

1.1.1 数字电视的优越性

所谓数字电视,严格地说就是从信源开始,将图像画面的每一个像素、伴音的每一个音节都用二进制数编码成的多位数码,在经过高效的信源压缩编码和前向纠错、交织与调制等措施的信道编码后,以非常高的比特率进行数码流发射、传输和接收的系统工程。对 PDP、LCD 等固有分辨力显示器,按像素寻址方式将传输的图像像素点阵数据变换成与显示器物理像素点阵相对应,仅在 CRT 和扬声器的输入端提供的是模拟信号。模拟电视画面最高质量仅达 VCD 或 VHS 水平,而标准清晰度数字电视画面质量相当于 DVD。高清数字电视(HDTV)的像素数(横向 \times 纵向)高达 1920×1080 ,画面质量接近 35mm 宽银幕电影水平。一般来说,计算机在 SVGA 模式下为 800×600 ,PAL 制模拟电视下最高为 352×240 ,DVD 为 720×576 。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;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、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。数字电视的功能更加丰富,信号的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;数字电视有丰富的电视节目,用数字信号处理技术可以对电视信号数据率大幅度地压缩,充分利用有

限的频带资源。数字电视具有交互性,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、爱好不同的观众需要;数字电视具备通信、甚至上网的功能。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)的信号可以在同一信道中传输,用同一台电视接收机接收。可以说,大信息、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。在恢复时根据判决电平,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,因而在多次处理过程中或在传输过程中引入杂波后,只要不超过杂波幅度某一额定电平,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,也即信噪比基本不变。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 $S/N > 40\text{dB}$,而数字信号只要求 $S/N \geq 26\text{dB}$ 。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) 数字电视信号采用高效的压缩技术节省了大量的频率资源。如原有的仅传一套模拟电视频道 8MHz 带宽,可传输 4 套~9 套相当于 DVD 质量的数字电视信号,高效的压缩技术使接收机内置的存储器便于存储用户喜爱的节目,在方便时回看。

(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。我国已确定以有线电视网数字化整体转换和移动多媒体广播为基础,以自主创新高性能宽带信息网(Tbit 级的路由、Tbit 级的交换和 Tbit 级的传输)的核心技术为支撑,开发适合我国国情的“三网融合”,是有线无线相结合、全程全网的我国下一代广播电视网技术体系的三网融合,没有电视的数字化是没有三网融合的。

(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、纳电子技术的发展,可以存储多帧的电视信号,从而完成用模拟技术不可能达到的处理功能。例如,FLASH、SDRAM 以及大容量的硬盘存储器的广泛使用,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。

(5) 数字技术可实现时分多路。充分利用信道容量,利用数字电视信号中行、场消隐时间,可实现文字多工广播。如容易实现数字变换,为图、文、声、数据并茂的综合业务数字网开拓了广阔的应用领域,IP 数据广播是典型的增值业务应用形式。

(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,包括节目源或数据信息供应商、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 系列标准以及中间件标准等。通过机顶盒或数字电视接收机实现信号接收和回传,也改变了模拟体制下的 NTSC、PAL 和 SECAM 制电视节目不能交互的特性。

(7) 可以合理地利用各种类型的频谱资源。以地面广播而言,数字电视可以启用模拟电视的禁用频道,而且在今后能够采用单频率网络技术,例如 1 套电视节目仅占用 1 个数字电视频道即可覆盖较大地区甚至全国。

(8) 很容易实现密码措施,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,这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。数字电视信号可以依据频率的高低进行分级调制传输,也便于在数据重新分组后,在各类通信信道如在异步转移模式(ATM)的网络中传输,接收端根据网络拥挤程度获得不同质量等级的声像信号。

(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,是传统模拟电视无法实现的。

(11) 电视的功能极大丰富,彻底改变人们接收电视的方式,变被动接收为主动参与。交互电视(如视频点播)、时移电视、股票市场、远程教育、气象信息、招聘信息等,使人们在收看高清电视的同时,也可享受大量多媒体信息服务的乐趣。交互电视是用户享受到我的电视我做主的感觉,也是电视运营商重要的经济增长点之一。

(12) 数字电视的出现彻底改变了信息家电的市场结构。各种类型的数字(数码)摄像机、全数字电视接收机、机顶盒及如 IPTV/P2P 机顶盒、可录式等新型机顶盒、各类电视棒、移动电视包括手机电视,以及适用高清显示的 LCD、PDP、OLED 等新型显示设备的不断问世,使人们收视更加灵活多样。

(13) 超长数字电视系统的研制环节及其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,也有力地推动世界数字电视事业向前发展。数字电视也将由标清到高清,再发展到超高清及立体电视。

1.1.2 数字电视的分类

数字电视,就是信源用数字压缩编码,传输用数字通信技术,接收可以是数字电视机,也可以是加机顶盒的模拟接收机或其他数字接收设备。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 etc 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,即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),整个过程均为数字化的。一个基本的数字电视系统结构如图 1-1 所示。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/数字调制以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,从专业的角度来说,凡在电视信号的获取、处理、传输和接收的过程中使用数字电视信号的,都可以称为数字电视系统或数字电视设备。按现阶段的研究与应用情况看,数字电视可以划分为两大类,第一类为标准清晰度的数字常规电视,其图像垂直分辨力为 400 线~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力为 720P(P 表示逐行)或 1080I(I 表示隔行)以上的高清晰度电视

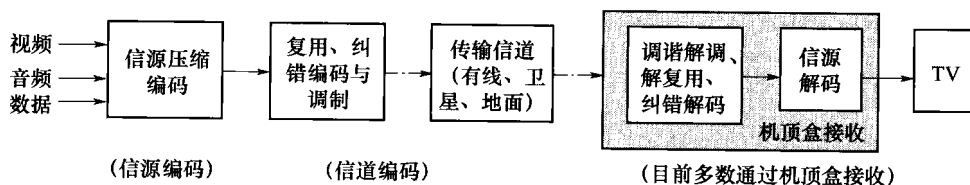


图 1-1 数字电视系统的基本结构

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在 2Mb/s~5.6Mb/s,HDTV 采用 MPEG-2 或压缩编码效率更高的标准,如 MPEG-4、H.264 或 AVS 等,视频码率在 10Mb/s 以上。

必须指出的是,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 25Hz,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 1125 行和 625 行,由于 HDTV 扫描行数增多,行频就由 SDTV 的 15625 Hz 提高到 28125Hz。HDTV 和 SDTV 每行有效像素数分别为 1920 个和 720 个,每帧有效扫描行数分别为 1080 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多 5 倍,所以分辨力或清晰度显著提高。SDTV 和 HDTV 视频格式等方面的参数如表 1-1 所列。

表 1-1 SDTV、HDTV 视频格式

类别	图像分辨力/像素	扫描方式	画面宽高比
HDTV	1920×1080;1440×1080	P;I	16:9
	1920×1035;1440×1152	I	16:9;4:3
	1280×720	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 为 720×576(4:3 或 16:9),HDTV 为 1920×1080(16:9),又称全高清(Full HD);表中,I 为隔行扫描,P 为逐行扫描

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有图像层、压缩层、传送层和传输层构成的分层结构,无论是信源、信道以及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,才使得数字电视的功能、视音频质量等,因信道质量、实际需求而多样化,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。

1.2 数字摄像机

1.2.1 数字摄像机基本结构与原理

接收端图像色彩还原好、清晰度高、动态范围大、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,其成像的光敏靶为光电转换的基地,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,它是一种重要的光电探测器件或感光元件,每个感光元件叫一个像素,也是构成图像的基本单元,大多数图像传感器的光电探测单元采用光电二极管,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。CCD可分为行间转移(IT)型、帧转移(FT)型和帧行间转移(FIT)型,常用的是IT型和FIT型。实质上,CCD的基本单元就是金属-氧化物-半导体的半导体MOS结构,光照射到CCD硅片上时,在栅极附近的半导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(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。相对于模拟摄像机而言,数字摄像机就在于对由CCD转换成的电信号进行各种处理和控制的电路系统中应用了全数字技术,采用数字信号处理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,这包括黑电平处理、伽马校正(γ 校正)、轮廓信号校正、拐点/自动拐点处理等。数字摄像机使用大规模IC,元器件数量和须调整的电位器大大减少;采用数字存储,不随温度、时间变化,提高了可靠性和稳定性,自动化程度更高。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转换(A/D)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,都包括模拟处理部分和数字处理两大部分。图1-2所示为CCD数字图像信号摄像机原理框图(包括光学镜头、CCD和DSP系统)。

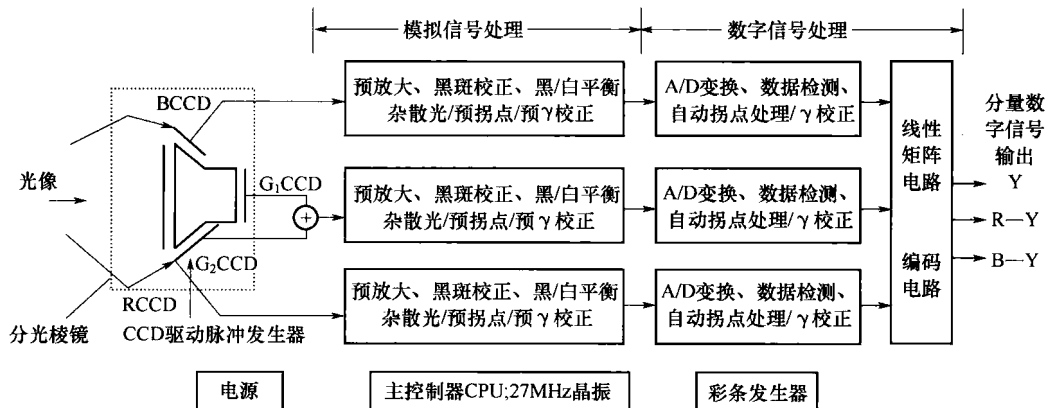


图 1-2 CCD 数字图像信号摄像机原理框图

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, 从而使摄像机视频通道中的寄生信号可以在更宽的范围内被消除。

数字摄像机与模拟摄像机的光电转换部分的原理基本是一致的, 即摄像镜头中的分光棱镜将通过光学低通滤波片过来的输入光图像信号按照三基色原理解析, 以获取 R、G、B 三色光信号, 它将拍摄的光信号成像到各自的 CCD 光敏靶上, 经 CCD 转换后即获取三色电信号, 经放大、自动白平衡和预拐点校正后, 送到 A/D 转换器(ADC)变为数字信号。R、G、B A/D 转换是在取样控制电路作用下的数字输出信号, 实质是在主控制器即中央控制器的控制下, 主控制器系统是数字信号的处理中心。以上数字信号处理(DSP)部分都是在大规模集成电路中完成的, 所以从这个角度, 有时又称数字摄像机为数字信号处理摄像机, 况且现代的数字摄像机已能够将 DSP 后得到的信号直接送到录像机或电荷耦合单元中。此外, 使用 4CCD 摄像器件, 可以使每幅画面上的像素增加到 130 万个(模拟电视像素在 20 万个~30 万个)以上, 使摄像机输出水平可以达到 1200TVL, 为高质量数字图像的压缩编码奠定了坚实的物质基础。本节就数字摄像机的主要部分作一简介。

1. CCD 驱动脉冲发生器

在主 CPU 的控制下, CCD 的位置精确地与 R、G、B 像对准, 并粘贴在分光棱镜的 3 个像面即光敏靶上, CCD 将 3 个基色光像变成电荷信号, 它们是脉冲调幅信号, 经过双相关开关取样电路解调出视频图像信号, 并去除脉冲干扰, 经过预放大后送到视频信号处理电路。CCD 的基本功能就是将光(图像)照射到 CCD 硅片上产生的电荷像进行存储与转移, 并将所有光电二极管阵列上的像素电荷一行行、一场场地送到 CCD 外, 以形成视频图像信号。应用中的 CCD 输出信号中不仅可以获得光强信息, 而且还可以获得空间信息。其中, 输出信号的大小对应光强的大小, 输出信号的序号(PN 结阵列的序号)对应空间像素的位置。此外, 在 CCD 摄像机内还设有基准时钟振荡。例如, 晶体振荡电路产生 27MHz 的时钟脉冲, 用以形成 CCD 的驱动脉冲, 再经过分频后得到的可供同步信号发生器产生同步信号的时钟脉冲, 用同步信号发生器产生出行推动脉冲、场推动脉冲和奇偶场控制脉冲, 控制 CCD 的驱动脉冲, 使 CCD 能输出符合电视要求的行、场扫描标准的图像信号。在数字电视系统中, 27MHz 系统时钟的作用如图 1-3 所示。

2. 模拟信号处理部分

对完成光电转换后的信号进行放大以提高信噪比是关键的第一步, 由于镜头、分光系统及摄像器件的特性都不是理想的, 所以经过 CCD 光—电变换产生的信号不仅很弱, 而且有很多缺陷, 例如图像细节信号弱、黑色不均匀、彩色不自然等。因此, 在视频信号处理中必须对图像信号进行放大和补偿, 否则所拍摄图像将有清晰度不高、彩色不自然、亮度不均匀等缺陷。这部分电路的设计和调节以及稳定性对图像质量影响很大。视频信号处