

数字电视、数字录像 与高清晰度电视

周琼鉴 叶 茵 编著

西安电子科技大学出版社

数字电视、数字录像

与高清晰度电视

周琼鉴 叶 茵 编著

西安电子科技大学出版社

1992

内 容 简 介

本书论述了数字电视、数字录像、高清晰度电视的共同基础、组成原理与设计特点。全书共十章,内容包括:概述、彩色电视信号数字化,图像的统计特性与人的视觉特性,数字图像信号的压缩编码,差错控制编码,数字电视信号处理设备,数字电视机,卫星电视中数字伴音,数字录像机,IDTV(改善清晰度电视)、EDTV(增清晰度电视)和 HDTV(高清晰度电视)等。

本书取材力求反映现代电视技术的新水平,着重讲述数字电视、数字录像和高清晰度电视的基本概念、基本分析方法及其组成。在叙述方法上,力求说理清楚,由浅入深、便于自学并适当补充了必要的有关基础知识。

本书可供从事电视、录像、图像传输与处理、通信、无线电技术和其他电子工程专业的工厂、研究所科技人员学习参考;本书也可作为上述有关专业的高年级本科生、研究生选修课教材。

数字电视、数字录像与高清晰度电视

周琼鉴 叶茵 编著

责任编辑 李纪澄

西安电子科技大学出版社出版发行

西北工业大学印刷厂印刷

新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 26 4/16 字数 623 千字

1992 年 12 月第 1 版 1992 年 12 月第 1 次印刷 印数 1-3 000

ISBN 7-5606-0180-4/TN·0064 定价: 7.15 元

前 言

数字电视是 80 年代发展起来的一种引人瞩目的新颖电视。它的出现为电视机提高性能、扩展功能开辟了一条具有革命性的重要途径。它具有许多模拟彩电、模拟录像不能实现的高性能和特殊的新功能。它是电视技术发展的必然趋势,也是发展高清晰度电视的重要技术基础。

随着超大规模集成电路技术、压缩编码技术、计算机技术的发展,一种新型的全数字化、高清晰度的摄像、录像、广播电视系统即将投入使用,专家们预言,本世纪末将在全世界范围内掀起一个产销高清晰度电视机的热潮。

在未来的信息社会里,数字彩电将不再局限于用作家庭娱乐,还将作为计算机和通信的信息终端。随着综合业务数字网(可传输数据、电话、图像)和数字信道(电缆、光纤、卫星)的迅速发展,数字通信网将四通八达,图像信息的数字交换将相应发展。因此,可将办公室移至家庭,可以在家庭监视器前调用国内外任何地方的图像信息库资源,实现远程文献检索、分布式数据处理、图文电话、可视电话、电子传真、电子邮政、电子购物、电子银行……等各种业务;可以在家庭电视机前观看国内外任何一个无线、有线电视台的电视节目。总之,具有图文声数据并茂的、全数字的、高清晰度的摄录像,广播电视,会议电视,工业电视以及综合业务数字网将有极大发展。在网中信息的传输、处理、交换和输出的设备,无疑都必须数字化。

编写本书的目的正是为适应上述形势发展的需要,力图较系统深入地介绍和论述数字电视、数字录像和高清晰度电视的共同基础、组成原理与设计特点。

从 70 年代起,作者在从事彩色电视教学与科研的同时,专门收集、钻研了西欧、日本、美国近 10 年来研究数字电视、数字录像与高清晰度电视的大量文献资料和国内发表的有关书刊文章,于 1987 年编写了校内教材《电视新技术》(包括数字电视、卫星电视和光纤电视等)。该教材在校内高年级本科生实施了 5 届,在校外为两电视机厂办了两届技术人员训练班。这次正式出版时,删去了原书相当一部分内容,突出了数字电视、数字录像、高清晰度电视三大部分内容及其共同基础。对数字电视及其共同基础部分作了重大修改,增写了数字录像和高清晰度电视两章。

本书分两大部分:第一部分第 1~6 章是共同基础,包括概述,彩色电视信号数字化,图像的统计特性与人的视觉特性,数字图像信号的压缩编码,差错控制技术,数字电视信号处理设备。第二部分第 7~10 章是各种设备及其应用,包括数字电视机;卫星电视中的数字伴音;数字录像机;改善清晰度(IDTV)、增强清晰度(EDTV)和高清晰度(HDTV)电视

机。

本书力求反映现代电视技术和录像技术的最新发展水平,认真收集、提炼了近10年来(直至1992年)国内外大量的书刊文献资料 and 我们的教学科研成果。在内容取舍上还着重于数字电视、数字录像的基本理论、基本概念和基本方法,并注意联系实际,尽可能提供实际应用的框图组成、数据、IC芯片等;对数字彩电、数字录像机、高清晰度电视机的各种组成方案、原理、框图设计特点和存在的问题都作了较深入的介绍和论述;为扩大读者范围,适当补充了必要的基础知识;在叙述方法上,特别是对共同基础的讲述上,注意由浅入深,力求说理清晰,概念清楚。

本书可供从事电视、录像、图像传输与处理、通信和其他电子工程专业的工厂、研究所科研人员学习参考。本书也可作为上述有关专业的高年级本科生、研究生开设选修课的教材,或选用第7、9、10章及共同基础部分分别开设“数字电视”、“数字录像”和“高清晰度电视”各种选修课。

本书由周琼鉴担任主编。第1~9章由周琼鉴编写,第10章由叶茵编写。本书的前身《电视新技术》由西安电子科技大学电子工程系二〇一室教师讨论了编写大纲及编写指导思想,陆心如教授审阅了全部内容。在本书的编写过程中李纪澄编审也提出了许多宝贵意见。在此对他们表示衷心感谢。

由于数字电视、数字录像和高清晰度电视是正在发展中的新技术,加之我们水平有限,不妥和错误之处谨请读者批评指正。

作 者

1992年10月

于西安电子科技大学

目 录

第 1 章 概述

- 1.1 为什么要发展数字电视 1
 - 一、什么是数字电视 1
 - 二、数字电视的优点 1
- 1.2 数字电视的基本组成 3
- 1.3 数字电视系统的主要指标 5
 - 一、数码率 R_s 5
 - 二、误码率 P_e 5
 - 三、图像质量的主观评价 6
- 1.4 数字电视的发展简史 8

第 2 章 彩色电视信号的数字化

- 2.1 复合编码与分量编码 10
- 2.2 彩色电视信号数字化参数选择 12
 - 一、取样参数 12
 - 二、量化比特数 16
 - 三、代码选择 21
- 2.3 伴音信号的数字化参数 23
- 2.4 视频 A/D、D/A 变换器 24
 - 一、视频 A/D 变换器 24
 - 二、视频 D/A 变换器 26
- 2.5 亚奈奎斯特抽样 28
 - 一、亚奈奎斯特抽样频率的选择 28
 - 二、亚抽样技术中的梳状滤波器 30

第 3 章 图像的统计特性和人的视觉特性

- 3.1 无记忆信息源的信息量和信息熵 37
 - 一、信息量 37
 - 二、信息熵 38
- 3.2 有记忆信息源的高阶熵 39
- 3.3 图像信号在 Fourier 变换域的统计特性 44
 - 一、图像信号的一维离散 Fourier 变换 (DFT) 及其统计特性 45

二、图像信号的二维 DFT 及其统计特性

- 特性 48
- 3.4 人的视觉特性 54
 - 一、亮度辨别阈值 ΔB 54
 - 二、视觉阈值 ΔL 55
 - 三、马赫 (Mach) 效应 57

第 4 章 数字电视信号的压缩编码

- 4.1 电视信号的帧内 DPCM 编码 59
 - 一、预测编码的基本组成和压缩原理 59
 - 二、预测器的构成与最佳预测参数选择 61
 - 三、非线性量化器的设计 65
 - 四、信息保持编码器的设计 71
- 4.2 自适应预测编码 74
 - 一、自适应预测编码的基本原理 74
 - 二、自适应预测器 75
 - 三、自适应量化器 77
- 4.3 帧间 DPCM 编码 80
 - 一、利用空间分辨力与时间分辨力的交换 80
 - 二、条件像素补充法 82
 - 三、复合差值编码 83
 - 四、帧间、帧内自适应预测编码 83
- 4.4 数字信道传输误码的影响 85
- 4.5 变换编码的基本组成原理 86
- 4.6 图像变换 88
 - 一、沃尔什变换 90
 - 二、哈尔 (Haar) 变换 100
 - 三、余弦变换 103
 - 四、K-L 变换 105
- 4.7 图像信号的变换编码 113
 - 一、图像信号在三维 Walsh 变换域的

统计特性	113	6.3 数字滤波器在数字电视频率轴处理	
二、图像变换编码的设计	117	中的应用	181
三、自适应变换编码	119	一、数字式亮色(YC)分离	181
4.8 矢量量化编码	120	二、色度信号的 U' 、 V' 分离	193
一、矢量量化编、解码的组成原理	121	三、数字式轮廓增强滤波器	196
二、码书设计	122	四、取样点频率变换与内插	201
第5章 差错控制编码		五、数字式杂波抑制器	204
5.1 线性分组码	126	6.4 半导体存储器在时基校正中的应用	207
一、分组码的基本概念	126	一、电视行延时器与帧存储器	208
二、奇偶校验码	127	二、数字式时基校正器(DTBC)	212
三、线性码	128	三、帧同步器(FS)	214
5.2 循环码(CRCC,循环冗余校验码)	133	四、数字式电视制式转换设备(DICE)	215
一、码的多项式表示和按模运算	134	6.5 数字视频特技(DVE)	217
二、有关循环码重要特点的几个定理	134	一、数字视频特技的基本概念	217
三、系统循环码的生成矩阵和一致		二、数字视频特技设备的组成、原理	218
监督矩阵——编码方法	136	三、多功能数字电视设备	223
四、循环码伴随式的计算	138	第7章 数字电视机	
五、循环码的编、译码电路	139	7.1 DTV 视频信号的数字化	
六、缩短循环码	142	处理 VCU、VPU	226
5.3 BCH 码(可纠多个随机错误的码)	143	一、VCU A/D 转换部分	227
一、BCH 码的纠错原理	144	二、亮度通道处理	228
二、BCH 码的生成多项式以及 BCH 码		三、色度通道处理	230
的缩短与扩大	148	四、VCU D/A 转换部分	233
5.4 纠正突发性错误的分组码	149	7.2 音频信号的数字化处理 ADC、APU	236
一、纠正突发性错误的方法	149	一、伴音 ADC 2300	236
二、消失(Erase)校正原理	151	二、伴音处理 APU	237
三、锁状码校正原理	152	7.3 DTV 偏转系统的数字化处理 DPU	243
5.5 纠正突发错误的邻接码	153	一、视频钳位、行同步分离	243
一、概述	153	二、行同步的数字处理	246
二、邻接码的校正子与纠错一组的原理	156	三、垂直同步的数字处理	247
三、邻接码的纠错(二组)原理	158	四、计算、校正电路和脉宽调制器	248
四、邻接码纠错实例——声音 PCM 附件		五、DPU 的可编程序参数	249
中的邻接码	160	7.4 DTV 中央控制单元 CCU	251
5.6 里德-索洛蒙码纠正突发错误	162	一、中央控制单元的组成	251
一、概述	162	二、调谐器的锁相环路	253
二、里德-索洛蒙(RS)码的纠错原理	166	三、红外遥控解码器	254
第6章 数字电视信号处理设备		四、CCU 的内、外存储器	255
6.1 概述	170	五、CCU 内部时钟与外部主时钟	257
6.2 数字滤波器的基本概念与线性相位		六、CCU 2000 系列的软件系统	259
数字滤波器的设计	172	7.5 画中画电视接收机	262
一、数字滤波器的基本概念	172	7.6 其他数字电视机	267
二、线性相位 FIR 滤波器的设计	175	一、具有逐行扫描显示功能的数字	
		电视机	267

二、具有场存贮器的高质量多功能数字电视机	270	三、色度通道的数字处理	329
三、利用横向数字滤波消除重影	272	四、图像通道中局部数字化处理	331
第8章 卫星电视系统中的数字伴音		9.3 数字伺服系统	334
8.1 数字伴音的基本概念	276	一、概述——VTR 伺服系统的组成与作用	334
一、为什么要采用数字伴音	276	二、数字伺服系统主要部件	337
二、卫星电视广播中数字伴音系统的组成	277	三、鼓伺服电路	342
三、数字伴音中要解决的主要问题	281	四、主导伺服电路	343
8.2 准瞬时压扩的 PCM 编码	282	五、自动磁迹跟踪	346
一、瞬时压扩	282	六、最新数字伺服	348
二、准瞬时压扩的基本原理	284	9.4 全数字化 VTR	353
三、准瞬时压扩的组成框图	287	一、高密度记录技术	354
8.3 差错控制技术在 S-2 卫星数字伴音中的应用	288	二、调制方式与检出方式	356
一、范围码的纠错编码	288	三、误码校正与修正技术	359
二、样点码的纠错编码	290	四、家用 DVTR 的图像数据压缩	360
三、比特交织编码	291	五、D-2 格式录像机简介	362
四、插补	292	第10章 高清晰度电视(HDTV)	
五、帧同步的产生与检出	293	10.1 现行电视制式的缺陷	368
六、加扰与去扰	295	10.2 改善图像质量的主要途径	369
七、控制比特	296	一、改善图像清晰度	369
8.4 四相差分数字调相(QDPSK)与解调	296	二、提高图像锐度	379
一、多相制差分数字调相的基本概念	297	三、提高图像对比度	379
二、四相差分相位调制器	300	四、消除闪烁	379
三、QDPSK 解调器	306	五、消除重影	380
8.5 D2MAC 制数字伴音编解码	308	六、提高信噪比	381
一、D2MAC 制编码	308	七、增强临场感	381
二、D2MAC 信号的解码	313	10.3 改善清晰度电视(IDTV)与扩展清晰度电视(EDTV)	382
第9章 数字录像机(DVTR)		一、IDTV	382
9.1 概述	322	二、EDTV	384
一、发展数字录像机(DVTR)的意义	322	10.4 高清晰度电视制式	386
二、数字录像机的发展简况	323	一、MUSE 制	386
9.2 VTR 图像通道的数字处理	325	二、HD-MAC 制	394
一、数字 FM 调制器	327	三、全数字 HDTV 系统——DIGICIPHER (数字密码电视)	398
二、数字 FM 解调器	328	四、结束语	406
		参考文献	408

1

概 述

近十几年来,由于超大规模集成电路和计算机科学的飞速发展,使电视技术发生了重大变革。电视信号的处理、传输、存贮以及监测、控制已越来越广泛地采用数字技术,使这个本来已具有声、色、形象兼备,有独特优势的电视领域,在技术性能和功能上产生了新的飞跃。数字化是电视发展的必然趋势。

1.1 为什么要发展数字电视

一、什么是数字电视

大家知道,模拟电视是在时间上和数值上都是连续的信号,如图 1-1(a)所示。它是光电转换的自然形式。其优点是技术实现简单,价格便宜。但它存在着限制,使其性能和功能难以有新的突破性进展。

数字电视信号是将模拟电视信号经过抽样、量化和编码转换为用二进制数字表示的数字信号,如图 1-1(b)所示。它是把模拟信号每个抽样点的值量化后,用六位二进制表示的数字信号,相邻两抽样点的时间间隔约为 75 ns,传送一个抽样点数字信号的时间应小于 75 ns。对这种数字电视信号进行数字处理、传输、存贮,或与计算机相结合进行自动化监测和控制,在接收端送入显示管和扬声器之前,又应通过数模转换为模拟电视信号等。这一整套处理技术统称为数字电视技术。

二、数字电视的优点

与模拟电视相比,数字电视有如下优点:

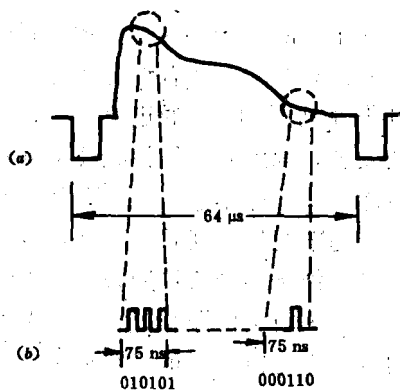


图 1-1 模拟和数字 TV 信号

(a) 模拟 TV 信号;

(b) 数字 TV 信号

(1) 抗干扰性强, 非常适合于远距离的数字传输

模拟电视信号在传输过程中, 特别是中继接力时, 一旦引入噪声干扰就无法去除, 其对图像损伤是累积的。而数字信号是由二进制的两个电平表示, 在远距离传输或多次中继变换处理过程中引入的噪声干扰, 只要在判决时刻能识别出二进制的两个电平, 就能准确无误地恢复原有信号, 而不会降低图像的信噪比。数字电视还容易采用差错控制技术, 即使在传输处理中由于干扰和噪声出现个别的误码, 也能在接收端自动检出和纠错。在一定条件下, 几乎可实现无差错接收。所以数字电视信号非常适合于用来远距离传输高质量的彩色电视广播、可视电话, 黑白文件、静止图像、军事侦察或地球资源卫星拍摄的遥感照片等。

(2) 可以大大提高图像质量

由于采用数字滤波与数字存贮, 容易用较简单的方法消除噪声, 改善图像信噪比; 容易实现自适应的二维、三维 YC 分离, 彻底消除亮色互相干扰, 实现自适应场内、场间插补的顺序扫描变换和二维轮廓增强, 使图像清晰度大大提高, 消除亮度闪烁和重影。数字电视可以避免系统非线性失真的影响, 从而使系统的稳定性和可靠性大大提高。

(3) 容易实现数字存贮和获得各种特殊的新功能

由于超大规模集成电路技术的发展, 目前国外已可生产单片 16 Mbit 半导体存贮器, 预计 90 年代将可生产 1 000 Mbit 单片 RAM, 因此可以在很小的体积内存贮大量的数字图像信息。利用半导体存贮器, 可以在帧或帧间对数字电视信号作运算处理, 以完成许多模拟电视所无法达到的性能, 如: 方便地降低噪声以提高信噪比, 实现大范围的时基校正, 容易实现双画面、多画面、静止图像显示, 图像的放大与缩小实现各种视频特技; 利用数字存贮可以实现高速度的读、写, 例如可以在几秒钟内从具有几千张静止图像信息库中随机地任选一张已编号的图像, 这是普通照片和模拟录像难以达到的。利用数字录像, 允许进行多次复制(例如几十次)而不降低图像质量; 而模拟电视多次复制时, 由于噪声的严重积累, 复制 3~4 次后图像质量就会急剧下降。

(4) 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

在未来的信息社会中, 数字彩电将不再局限于是家庭的娱乐工具, 还将作为计算机和通信的信息终端。随着综合业务数字网(可传输数据、电话、图像等)和数字信道(电缆中继、光纤中继、卫星中继)的迅速发展, 数字通信网将四通八达, 图像信息的数字交换也将有相应的发展, 因此有可能把办公室移到家庭, 可以在家庭的监视器前调用国内外各处的图像信息库资源, 实现远程文献检索、分布式数据处理、图文电话、电子邮政、电子购物等, 可以在家庭电视机前观看国内外任何一个电视台的电视节目。

(5) 便于与计算机配合, 实现电视设备的自动化监测控制、生产、调试和维修

由于采用微机控制, 容易实现电子选台、遥控、可编程控制; 各种电视体制、伴音体制的自适应转换; 还可根据用户喜爱的对比度、色饱和度、色调肤色, 音量音调、等响度响应和立体声进行自动调节; 能自动检测、并修正显像管的各種工作参数。使整机自动达到最佳状态; 可进行行、场同步二次锁相, 使图像十分稳定; 还可利用专用计算机自动进行维修和调整。

目前, 数字电视的主要缺点是: 第一, 数码率太高。系统的传输速率达 100 Mbit/s 以

上,每帧的存贮量需 4 Mbit 以上,传输这种数字电视信号所需频带很宽,存贮这种信号所需存贮容量也很大。因此,在保证图像质量前提下,应尽量降低码率,即进行数据压缩,这是数字电视中一个非常重要的课题;本书将用较大篇幅介绍压缩编码技术;第二,数字电视系统电路复杂,成本较高。

然而,任何一项新技术总是在克服自身的弱点后发展起来的。随着压缩编码技术和超大规模集成电路技术的迅速发展,数字电视面临的问题将获得完善解决,并日益扩大其应用范围。

1.2 数字电视的基本组成

一般地说,数字电视设备主要由以下三部分组成,如图 1-2 所示。

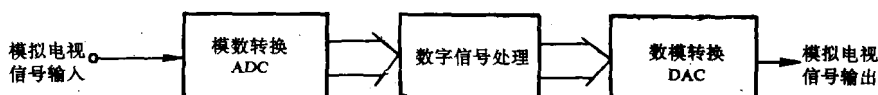


图 1-2 数字电视设备的基本组成

(1) 模数转换 ADC。我们日常遇到的电视信号,例如由摄像机或录像机来的信号都是模拟信号,为了在数字域进行处理,必须先把其转换为数字信号。ADC 的作用,就是把模拟电视信号转换为数字电视信号。

(2) 数字信号处理。这部分是数字电视设备的核心。根据设备的用途不同,数字处理部分有很大差别。在数字传输系统中,主要是压缩编码处理;在各种以提高性能扩展功能为目的的数字电视设备中,主要是利用数字存贮、数字滤波、数字控制来实现各种频率轴、时间轴空间几何尺寸(X 轴、Y 轴)的变换和处理。

(3) 数模转换 DAC。把经各种数字处理后的数字电视信号转换为模拟电视信号,以便在终端设备显示。

在图 1-3 中,图(a)是数字电视传输系统的简化方框图,图(b)是其较详细的方框图。

由图 1-3(a)可见,数字电视传输系统主要是由三部分构成的,即编码器、解码器和信道。数字编码是数字电视区别于模拟电视的主要特征。按编码的对象不同,数字编码可以分为复合编码和分量编码。复合编码是直接对彩色全电视信号进行脉冲编码调制(PCM);分量编码是对亮度信号 Y,红、蓝色差信号 R-Y 和 B-Y(或 R、G、B 三基色)分别进行脉冲编码调制(它们的组成区别见 2.1 节)。按编码的目的和作用不同,数字编码又可分为信源编码和信道编码。信源编码的作用是针对信源特性,去除电视信号中的多余度,降低传输码率,压缩频带,所以信源编码又叫做压缩编码;信道编码的作用是提高信号抗御信道噪声干扰的能力,降低传输过程中的误码率,所以信道编码又称为纠错编码。

图 1-3(a)中信号变换器的作用是将数字信号转换为适宜在信道中传输的码型,使信号特性与传输信道相匹配。当信道是卫星电视等无线信道时,信号变换器就是调制器;当信道是电缆、光纤等有线信道和数字录像机(DVTR)时,信号变换器是码型变换器。

图 1-3(b)中多路复用器的作用是通过时分复用把图像、伴音和附加信息(静止图像、文学、数据等等)并行数据变为串行输出数据。

数字电视系统的接收端是发送端的反过程。经过前端放大器、解调器、信道解码器(纠

错译码)、信道分路器、信源解码器(压缩译码),最后又经过数模转换器和低能滤波器还原为模拟信号输出。

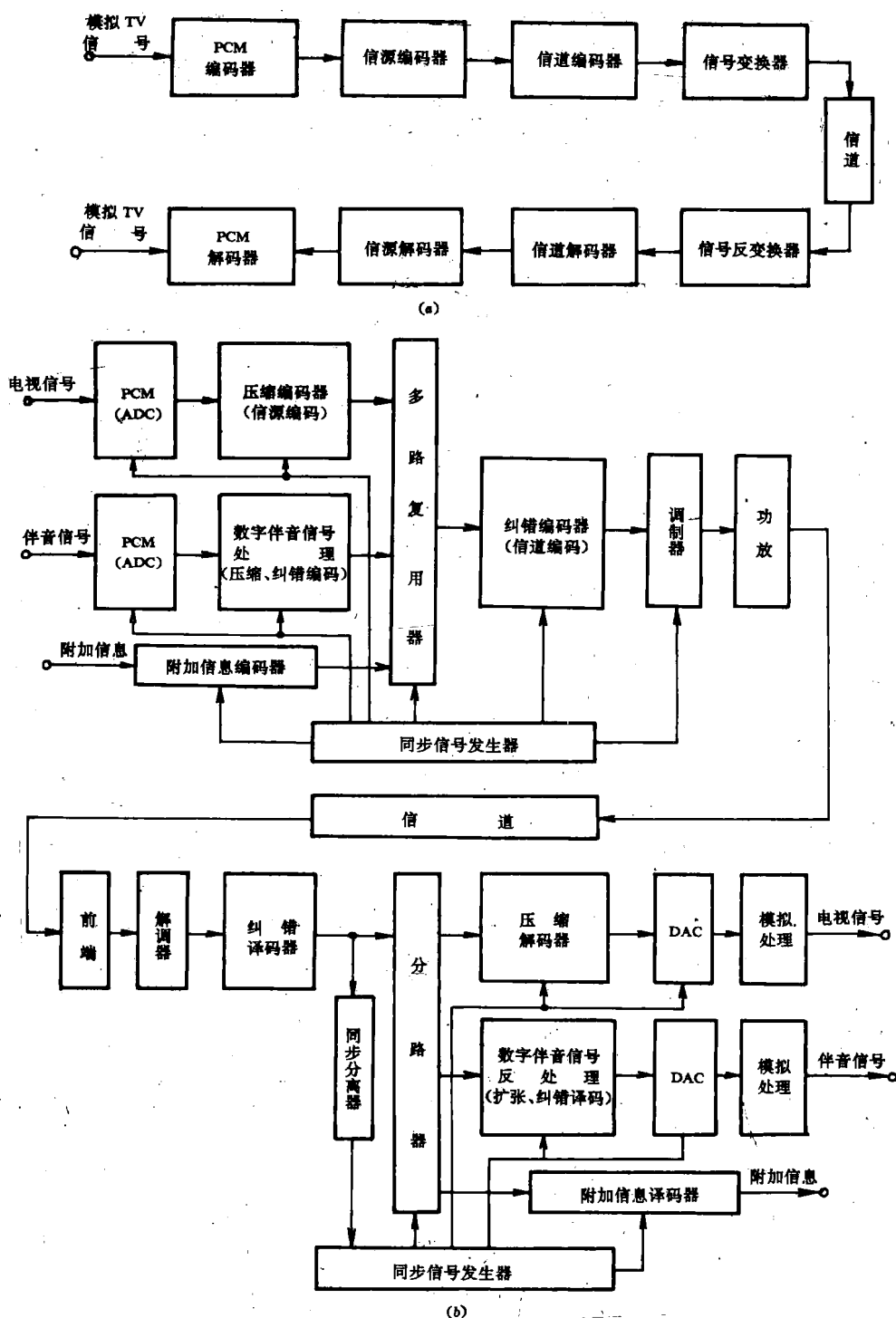


图 1-3 数字电视传输系统组成示意图

1.3 数字电视系统的主要指标

设计或评价一个系统,必须根据系统的主要性能指标(或称主要质量指标)。不知道系统的质量指标,设计时就没有依据,评价时就没有标准。

数字电视系统的主要指标是从整个系统出发综合提出的。它是一个很复杂的问题,涉及信息传输的有效性、可靠性、适应性、标准性、经济性及维护使用等问题。若要把这些因素都同等考虑,设计与评价一个系统将难以进行。不过,从辩证的观点看,任何过程如果有多数矛盾存在的话,其中必有一个是主要的、起主导作用的矛盾,其他则处于次要的和服从的地位。从信息传输的观点看,有效性和可靠性是主要的。

这里所说的有效性是指信息传输的速度——数码率;可靠性是指信息传输的质量——误码率。

本节将介绍这两个指标的定义、单位和图像质量的主观评价。

一、数码率 R_B

数码率就是每秒钟传送码元的数目,其单位通常用 bit/s 表示。

例如,一复合编码的 PCM 系统,若其采样频率 $f_s = 13.29$ MHz,每一采样点量化比特数 $n = 8$,则该系统的传输速率,即数码率 R_B 为

$$R_B = f_s \cdot n = 13.29 \times 8 = 106 \text{ Mbit/s} \quad (1-1)$$

应当指出,数码率仅表征单位时间内传送码元的数目,而未限定这时的码元是哪一种进制的码元。考虑到同一系统的不同位置可能采用不同的进制,故给出码速率时,应说明是什么进制的数码率和该数码率在系统中的位置。

设 R_{B2} 为二进制数码率, R_{BN} 为 N 进制的数码率, $N = 2, k = 1, 2, 3, \dots$, 则二进制与 N 进制数码率之间的关系为

$$R_{B2} = R_{BN} \log_2 N$$

例如,在采用十六进制时, $N = 16 = 2^4$, $\log_2 16 = 4$, 则说明二进制的数码率 R_{B2} 是十六进制数码率 R_{B16} 的 4 倍。

对数码率的要求取决于传输系统的带宽和经济性。未经压缩处理的彩色电视信号需在四次群(140 Mbit/s)的传输系统上传输。当前的压缩技术已可达到(20~34)Mbit/s。近期的压缩目标是 6~8 Mbit/s, 即能在二次群的系统上传输。

按照信息论的观点,与数码率相类似的指标是信息传输速率,简称传信率。它是用每秒钟传递的“信息量”来衡量的。信息量的单位是比特(bit),传信率的单位是 bit/s。应当指出,数码率和传信率都是表征传输速率的指标,两者的单位也相同,但两者的概念不同。数码率是每秒钟传送的码元数量,而一个码元并不一定等于 1 bit 的信息量。关于信息量的定义将在第 3 章中介绍。

二、误码率 P_e

由于传输信道中的干扰、电波衰落、多径效应、码间串扰(由传输系统带宽过窄引起)以及 VTR 中由于磁带磁粉脱落等各种原因引起的噪声干扰超过判决电平时,就会使传输的

码元发生差错。传输码元由 0 变为 1, 称为错码; 或由 1 变为 0, 称为漏码。错码和漏码统称为差错码或误码。由误码引起的噪声干扰, 在画面上将显示为黑白点状的冲击干扰, 经扬声器可听到“喀啦”声。为表示数字电视信号经信道传输后差错的程度, 提出另一个重要性能指标——误码率。

误码率 P_e 是指接收码元中错误码元的数目与传输总码元数的比值。或者说, 在传输系统中, 码元被传错的概率。

按信息论观点称为误信率。误信率是指错误接收的信息量占传输总信息量的比例。或者说, 在传输系统中, 码元信息量被丢失的概率。

对于 PCM 编码, 通常要求传输信道的误码率应小于 5×10^{-7} 。对压缩编码后的 P_e 要求更小, 达 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 。若不能达到此要求, 则系统应采取误码保护措施, 即纠错编码。

三、图像质量的主观评价

以上介绍的是电视信号在数字传输中的两个主要指标, 它是一种客观的衡量标准, 是可以仪器测量的。图像的最终观察者是人, 国际上也常以主观评价结果作为重要的衡量标准。

数字电视信号经 D/A 变换后, 最终要在荧光屏上显示出来。它的主观评价方法与模拟电视一样, 只是图像质量损伤的原因有所不同。

主观评价与人的主观心理感觉密切相关, 其评价结果可能受多种因素影响, 如观察员的知识、测试图片的内容、观看条件、评分方法等。为使评定结果准确, 应力求避免主观心理和生理因素引起的不必要影响和误差。同时应考虑实际中较易实现, 即具有可行性。

(1) 观察员。观察员有两种类型, 即专业观察员和非专业观察员。所谓专业观察员是指具有彩色电视专业知识的人。CCIR 及一些国家均倾向于由非专业观察员进行主观评价。我国的国标也提出通常由非专业人员作观察员, 因为专业人员“内行”, 能看出图像的细微损伤, 他们的评价结果可能过于严格。但在特定情况下, 如对微分增益与微分相位损伤等的主观评价, 非专业人员不易发现, 这些由专业观察员进行主观评价较适宜。对于非专业观察员的选择也要有一定考虑。应选择经常看彩色电视节目, 对电视图像比较熟悉, 有一定分析判断能力的视觉正常者担任。为保证评价结果在统计上有较高准确度, 观察者的总人数最好在 20 人以上。

(2) 测试图片。测试图片的内容对主观评价结果影响较大, 需精心选择。从损伤角度看, 静止图像比活动图像更易被觉察, 所以一般选静止图片作为测试图片。但个别类型的损伤在活动图像上较易觉察, 如从活动图像的彩色边沿易于觉察到亮色时延差的失真。还应注意选择那些对所评价的各种损伤较敏感的图片。如观察较熟悉的常见色图片, 易觉察其失真; 暗背景和红色部分的均匀背景画面对于随机杂波较敏感。测试时, 可选用 3~5 张符合要求的测试图片进行评价。为避免分散观看者的注意力, 一般在观看图片时不加伴音。

(3) 观看条件。按 CCIR500-1 号建议, 具体观看条件如表 1-1。

表 1-1

序 号	项 目	要 求
a	观看距离与荧光屏高度(H)之比	$4H, 6H$
b	荧光屏最高亮度(cd/m^2)(烛光/平方米)	60 ± 10
c	荧光屏不发光亮度与峰值亮度之比	≤ 0.02
d	监视器后面衬托亮度与图像峰值亮度之比	约 $0.1^{[1]}$
e	观看室内其他照明	低 ^[2]
f	背景色度	白 ^[3]
g	衬托亮度面积对观看者所张立体角与图像面积所张立体角之比	≥ 9

表中:① 如果比值大于 0.1,衬托光色温必须接近 D_{65} 。 D_{65} 基准白(色域坐标 $X=0.313$, $Y=0.329$)其色温为 6 500K 是我国彩色电视白场色温标准。

② 如果不与条件 c 相抵触,其精确值不严格。

③ 不很严格, A 白和 D_{65} 白之间的任何白都可以。

(4) 评分方法。评分制有三种:①质量制。从图像质量优劣出发对图像进行评分,②损伤制。根据图像受损伤的程度进行评分;③比较制。与一个参考图像进行比较来评分。评分等级也有三种:五级记分制、六级记分制和七级记分制。实践证明,对于非专业观看员来讲,五级记分制易于说明和使用,六级和七级记分的质量制和损伤制中,中间级的区分不明显,易于混淆,可能造成评分结果较分散。我国国家标准中推荐了五级质量制和五级损伤制。表 1-2 是国际上提出的五级制分等方法。六级评分制见第 2 章表 2-2。

表 1-2 五级评分制

质 量 制	损 伤 制	比 较 制
A(5) 极好	5 不觉察有损伤	+2 好得多
B(4) 好	4 可觉察,但不讨厌	+1 较好些
C(3) 可以	3 有些讨厌	0 相同
D(2) 差	2 很讨厌	-1 较差些
E(1) 坏	1 不能观看	-2 差得多

评价的结果常表示成平均分数 $\bar{C}$,即

$$\bar{C} = \sum_{k=1}^K C_k n_k / \sum_{k=1}^K n_k$$

式中, C_k 是第 k 类评分值, n_k 是判定属于第 k 类的数目, K 是评分级的总数。

模拟电视图像质量与主观评价结果大致对应关系如图 1-4 所示。图(a)是七级损伤制与白噪声加权信噪比的大致关系;图(b)是五级评分制与系统三分贝带宽的大致关系。

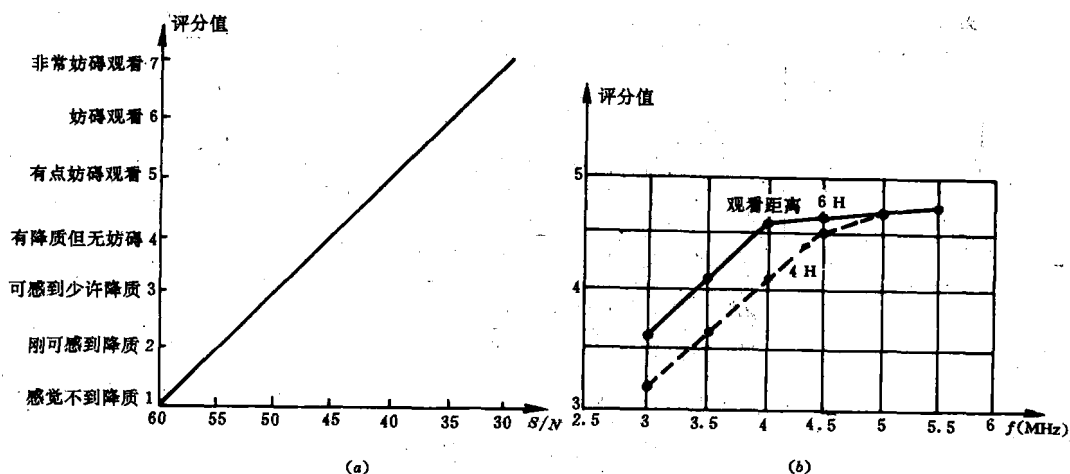


图 1-4 模拟电视图像质量与主观评分值的大致对应关系

1.4 数字电视的发展简史

人们对数字电视的研究可以追溯到 50 年代, 在黑白电视出现不久, 就有人开始研究电视信号的数字化。然而, 在 70 年代以前, 由于受到当时物质条件的限制, 多数研究停留在理论探索上。1951 年, 开始研究黑白电视信号脉冲编码调制。1958 年, Graham 首次采用计算机模拟方法, 研究静止图像的前值预测 DPCM 编码。1960 年, 美国 R. L. Carberg 发表文章对彩色电视信号进行 PCM 编码。1966 年, O. Neal 用计算机模拟对三种典型静止图像作系统研究, 为 DPCM 预测编码法奠定了理论基础。1969 年, Milliard 等研制可视电话(约 1 MHz 带宽)的 DPCM; 与此同时, Pratt 等提出 walsh-Hadamard 变换编码法, 促使变换法编码理论在几年内迅速形成。

70 年代初, 由于大规模集成电路问世, 数字电视硬件系统, 特别是单件数字电视设备得到了比较大的发展。1972 年, 英国独立广播公司 (IBA) 研制成了第一台全数字彩色电视制式转换设备, 它把美国经卫星通道送到英国的 NTSC 彩色电视信号转换为 PAL 制电视信号。1973 年, 英国广播公司 (BBC) 研究部展出的录像机采用了数字式时基校正器。1976 年, 美、日、西德开始把微处理器应用于彩色电视机, 使电视机功能大大提高。1977 年, 英国独立广播公司研制成数字式演播室图像处理通道; Grass、Valley、Guantel 等公司在帧同步器中引入微机控制, 可产生许多特技效果。

与此同时, 由于计算机运算速度不断提高, 内外存贮量不断扩大, 外部设备不断完善, 使得计算机模拟成为电视编码研究的主要手段, 促使变换法压缩编码有了比较大的发展, 它与预测法并列为两类基本压缩编码法。但从硬件系统看, DPCM 预测法与变换法相比仍处于领先地位。

在此时期, 各国已开始通过卫星中继和光纤中断这两大新型通信信道进行电视编码信号的数字传输实验。1972 年, 美国 Golding 进行 DITEC 系统的卫星中继实验, 对 4 MHz NTSC 信号作 DPCM 分量编码, 数码率为 29.2 Mbit/s, 但图像质量不理想。1976 年, 英国通过印度洋上空的 “Intelsat IV 卫星, 进行 5 MHz PAL 信号的 DPCM 复合编码的数字传输实

验,数码率为 60 Mbit/s,据称图像及伴音的质量的主观评价比模拟传输稍好。1977 年,西德通过 5 km 光纤作数字传输实验,数码率为 34.368 Mbit/s,误码率 $P_e < 10^{-9}$,图像质量优秀。1978 年,西德对 5 MHz PAL 信号作分量编码,通过“交响乐”卫星作数字传输,往返 70 000 km,其数码率仍为 34.368 Mbit/s,误码率 $P_e \leq 10^{-9}$,主观评定为 4~5 分。

进入 80 年代后,超大规模集成电路进入了数字电视机,1983 年西德开始生产数字电视机,并在柏林无线电与电视展览会上展出。它的出现为电视机的高性能、多功能开辟了一条新的重要途径、引起了世界各发达国家的重视。西欧、日本、美国、南朝鲜等国和地区都迅速投入了大量资金和人力,进行数字电视整机和专用集成电路的研制与开发。现各发达国家已用西德 ITT 公司开发出的 Digit 2000 系列 IC 芯片生产出数千万台数字彩电投放市场。而后,世界上许多电子公司,特别是西德的 ITT 和日本的东芝、松下等公司又在 Digit 2000 系列技术基础上向前迈了一大步,使新型数字彩电的图像质量又有了质的飞跃,开发出第二代数字电视机——IDTV(改善清晰度电视)和 EDTV(增强清晰度电视)。这两种数字彩电除保持了第一代产品功能多的优点外,在提高图像质量上又有长足进展。

随着超大规模集成电路技术和压缩编码技术的发展,一种新型的全数字化、高清晰度广播电视(HDTV)系统即将投入使用。专家们预言,90 年代将在世界范围内掀起一个高清晰度电视热潮。现在日本、西欧、美国三大 HDTV 体制,已经或接近成熟。日本的 MUSE HDTV 体制已用于 1988 年秋汉城奥运会的实况广播。西欧的 HD MAC 体制也将用于 1992 年夏巴塞罗那奥运会的转播。美国已研制了 ACTV 和 DIGIPHER 全数字 HDTV,预计这两年内确定自己的 HDTV 体制,1995 年后美国生产的 HDTV 接收机将投放市场。