

► 张 刚 主编

深入浅出 数字电视



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中国电视 1999

深入浅出 数字电视



中国电视出版社

（北京）(100045)

深入浅出数字电视

张 刚 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统介绍了数字电视的概念、优势与目前的发展,以及数字电视系统各组成部分的工作原理及应用,涵盖了目前搭建数字电视平台所需的所有软/硬件设备,并对每个组成部分的测试手段与参数做了详细的叙述。本书还针对目前数字电视技术的发展,对数字电视系统在运营环节中应注意的问题提出了几点建议。

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

深入浅出数字电视 / 张刚主编. —北京: 电子工业出版社, 2007.3
ISBN 978-7-121-03908-9

I. 深… II. 张… III. 数字电视 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024695 号

责任编辑: 刘继红

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 15.25 字数: 341.6 千字

印 次: 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 8 000 册 定价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 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; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



张刚，大连理工大学硕士毕业，2001年开始从事数字电视前端信源编码、信道复用等系统的研发，对数字电视前端系统有深入的理解，曾经主持国内多个数字电视前端系统的实际搭建和服务工作。

编委会名单

主 编：张 刚

执行总编：张燕燕 王万春

编 委：王 恒 刘 洋 张建利 冯 龙
姚志坚 高 郇 牟大伟 荀海涛

序 言

——数字电视从这里腾飞

当今世界已经进入数字化时代，广播电视数字化已经成为不可逆转的潮流，广电总局广播电视科技“十五”计划和 2010 年远景规划制定出了数字电视的发展战略，并且强调数字电视的发展将成为我国广播电视新的经济增长点，开展有线数字广播电视业务，积极稳妥地全面推进数字化、网络化是全国广电系统共同的迫切任务。

近年来，我国在数字化改造方面取得了重大突破，作为广播电视数字化的突破口，有线电视数字化正在按照“政府领导、广电实施、社会认可、群众参与、整体转换、市场运作”的方针积极稳妥地推进。到 2010 年，城市将基本实现有线电视数字化；地面数字电视的自主标准经过大量的试验业已推出；利用卫星广播电视是扩大覆盖的一个有效手段，卫星广播电视数字化必将协同发展；提高数字电视节目内容生产能力，推进电视台数字化，构建网络化的数字技术新体系是保证数字化健康发展的重要组成部分。

我国广播电视的发展现在主要有两个方面是需要着重关注的。一个是数字化，利用数字化把我国广播电视的质量提上来，还有一个重点是覆盖率，覆盖始终是广播电视的重点，在这方面我们还要大力加强。我们已经提出了农村服务业，要把覆盖的重点偏向农村，使得更多的农民能够听到广播，收到更好的电视服务。

在全球数字化蓬勃发展的浪潮中，我国数字电视建设必须从实际出发，解决目前中国电视行业数字化水平整体落后于国际同行的问题，以及在发展中遇到的诸多难题；积极学习一切先进的技术和经验，但要避免拿来主义，从而少走弯路，实现科学发展。《深入浅出数字电视》由参与过我国多项一线数字电视建设的研发人员和工程人员组成的专家组编著而成。这本书理论结合实际，系统地阐述了数字电视产业发展中遇到的疑难问题；以实际效用为准绳，强调可操作性；取材先进，真实地反映了近年来我国数字电视技术的发展；对当前我国电视行业的数字化推进有很高的实用参考价值。与此同时，本书还涉及大量相关知识，将许多研究成果融入其中。

《深入浅出数字电视》是一本将先进的理念、科学的知识与实际操作完美融合的佳作。希望读者能够结合各地实际情况，因地制宜，为如何更好地发展中国的数字化电视产业集群群力，不断地学习新技术，不断地开展多种业务来满足广大人民的需要，推动我国数字电视产业的健康、和谐、可持续的发展。

国家广电总局科技委员会高级顾问

章之伦
2007.3.20

前 言

数字化技术的发展影响了现今几乎所有的行业，而对于广播电视业的影响更是前所未有的。自从 1928 年电视的试验开始发展到现在的广播电视业正处于模拟化信号走向数字化信号的改变中，这种改变是电视发展普及以来最大、最有力的一次技术革命。

中国有线电视的数字化进程开展得很早，早在 2001 年中国广播电影电视总局（广电总局）就制定了《广播影视技术科技十五计划和 2010 年远景规划》，为中国数字电视整体发展做出规划；2003 年 6 月发布的《我国有线电视向数码化过渡时间表》，更明确指出中国各城市的数码化时间表，计划在 2015 年完成全国的数字电视转换工作，并停止模拟电视信号的传送。另外，中国官方也极力发展自己的数字电视标准，除了在有线数码及卫星数码采用欧规的 DVB-C/DVB-S，中国倾向于发展自己的标准，以避免将来需缴付高额的专利费用。

数字电视技术方面的发展非常迅速，所以从事数字电视行业或有志于从事数字电视行业的技术人员不仅要掌握扎实的基础知识，而且要学习、了解更多的现代数字电视的技术和理论。

本书以当前广泛应用的数字电视系统和代表发展趋势的数字电视新技术为背景，在介绍传统数字电视技术基本原理的基础上，注意取材的真实性和先进性，力求反映近年来我国数字电视技术的发展。

本书由数字电视的发展历史开始，由点及面地将整个数字电视平台的架构展现在广大读者的面前，力求做到真实与全面，并对每一个组成部分的技术都有详细的说明。书中特别注意理论联系实际，在每个平台组成部分技术原理的最后都有实例说明，以加深读者的印象，并帮助读者了解目前的实际应用状况。

全书共分七章，除第 1 章外，内容分为三大部分：数字电视标准（第 2 章）、数字电视平台组成部分技术原理与测试（第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章）、数字电视运营的发展趋势（第 7 章）。

第 1 章主要叙述了整个数字电视的概念、优势与目前的发展。

第 2 章主要说明了数字电视的标准，包括世界各国目前应用在数字电视领域的标准，以及信源编码的技术原理，其中详细介绍了 MPEG-2 压缩编码技术的原理及在数字电视领域的应用。

第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章详细解释了数字电视中各组成部分的工作原理及应用，涵盖了目前搭建数字电视平台所有的软/硬件设备，并对每个组成部分的测试手段与参数做了详细的叙述，帮助读者在理解各组成部分工作原理的基础上，更好地将技术运用到实际工作之中。另外，在每个组成部分最后，都列举了实际应用的设备，读者可以自行参考。

第7章针对目前数字电视技术发展，对数字电视系统的运营和数字电视技术更加完善的结合提出了几点建议。

本书自成系统，可作为行业外人员的学习手册，也可作为行业内人员的参考手册。

本书所涉及的数据均建立在实际基础之上，而一些设备数据的提供则是与中国最大的数字电视系统提供商“数码视讯”（北京数码视讯科技有限公司）沟通得到的真实数据。

本书在编写过程中主要得到了“数码视讯”技术商务部的大力支持，他们为本书所举实例及测试数据提供了最直接的帮助，在此特向数码视讯公司的全体同人表示最真挚的感谢。

鉴于作者水平，书中难免有不妥之处，欢迎读者指正。

目 录

第 1 章 数字电视系统概述	1
1.1 数字电视技术的概念、分类及其优势	1
1.1.1 数字电视技术的概念、分类	1
1.1.2 数字电视技术的优势	2
1.2 数字电视技术的发展	3
1.2.1 国际发展	3
1.2.2 国内发展	4
第 2 章 数字电视标准概述	7
2.1 数字电视系统的关键技术及标准	7
2.2 世界上现有的主要数字电视标准	8
2.3 中国的数字电视标准	12
2.4 图像压缩的主要技术与标准	14
第 3 章 传输流基础	17
3.1 引言	17
3.1.1 传输流	18
3.1.2 节目流	20
3.1.3 传输流和节目流之间的转换	22
3.1.4 分组的原始数据流 (PES 流)	22
3.1.5 时间模式	22
3.1.6 条件访问	23
3.1.7 多路复用宽操作	23
3.1.8 单独的流操作 (PES 分组层)	24
3.1.9 系统参考解码器	25
3.1.10 应用	25
3.2 描述比特流语法的方法	26
3.3 传输流/比特流要求	27

3.3.1	传输流编码结构与参数	27
3.3.2	传输流系统目标解码器 (T-STD)	28
3.3.3	传输流语法、语义规范	36
3.3.4	节目特定信息	65
3.4	多路复用流语义的限制	84
3.4.1	节目参考时钟的编码频率	84
3.4.2	原始流系统参考时钟的编码频率	85
3.4.3	显示时间标签的编码频率	85
3.4.4	时间标签的条件编码	85
3.5	节目特殊信息	86
3.5.1	传输流中节目特殊信息的说明	86
3.5.2	简介	86
3.5.3	功能机制	87
3.5.4	分段到传输流分组的映射	88
3.5.5	重复率和随机存取	88
3.5.6	节目是什么	89
3.5.7	program_number 的分配	89
3.5.8	典型系统中 PSI 的使用	90
3.5.9	PSI 结构的关系	91
3.5.10	带宽效用和信号获取时间	94
第 4 章	数字电视系统主要设备工作原理	97
4.1	编/解码器	97
4.1.1	编/解码器原理	97
4.1.2	编/解码器功能	103
4.1.3	编码器原理	104
4.1.4	编/解码器的选型	105
4.2	复用器	111
4.2.1	复用器原理	111
4.2.2	复用器功能	111
4.2.3	复用器的选型	112
4.3	适配器	113
4.3.1	适配器原理	113
4.3.2	适配器功能	117

4.3.3	适配器的选型	118
4.4	调制器	119
4.4.1	QAM 调制原理	119
4.4.2	QAM 调制器功能	124
4.4.3	QAM 调制器的选型	124
4.5	加扰器	134
4.5.1	加扰器原理	134
4.5.2	加扰器功能	137
4.5.3	加扰器的选型	138
4.6	集成式数字电视前端平台	139
4.6.1	分立设备数字平台和集成式数字电视平台的比较	139
4.6.2	集成式数字电视平台 SMR 的特点	139
4.7	CAS 工作原理	140
4.7.1	DVB 标准中对 CAS 的定义与模型	140
4.7.2	实际应用模型	141
4.7.3	CAS 安全机理	143
4.7.4	CAS 的历史与发展	146
4.8	SMS 工作原理	146
4.8.1	实际应用模型	147
4.8.2	系统安全机理	149
4.9	机顶盒	150
4.9.1	机顶盒原理	150
4.9.2	机顶盒功能	154
4.9.3	机顶盒与其他系统的集成	154
4.9.4	机顶盒的选择与评价	155
第 5 章	数字电视系统应用	157
5.1	有线数字电视系统	157
5.1.1	系统原理示意图	157
5.1.2	系统特点(优点)及应用场合	159
5.1.3	系统组建中应该注意的问题	159
5.2	地面数字电视系统	161
5.2.1	系统原理示意图	161
5.2.2	系统特点(优点)及应用场合	163

5.2.3	系统组建中应该注意的问题	163
5.3	卫星数字电视系统	164
5.3.1	系统原理示意图	165
5.3.2	系统特点（优点）及应用场合	166
5.3.3	系统组建中应该注意的问题	166
5.4	“村村通”数字电视系统	167
5.4.1	系统原理示意图	167
5.4.2	系统特点（优点）及应用场合	168
5.4.3	系统组建中应该注意的问题	168
第 6 章	数字电视系统测试及维护	171
6.1	VM700T	171
6.1.1	VM700T 仪器使用	171
6.1.2	VM700T 仪器指标说明	173
6.1.3	指标测试说明	177
6.1.4	测试实例	189
6.2	安捷伦（Agilent）89441A 矢量信号分析仪	194
6.2.1	仪器介绍	194
6.2.2	指标测试	196
6.3	码流分析仪	200
6.3.1	码流分析仪的功能	201
6.3.2	码流分析仪的使用	201
6.3.3	码流分析仪测试实例	208
6.4	CAS 测试	210
6.4.1	CAS 测试的重要性	210
6.4.2	CAS 的基本测试环境	211
6.4.3	CAS 的功能测试	211
6.4.4	CAS 的性能测试	215
第 7 章	数字电视运营	217
7.1	运营相关环节	217
7.1.1	搭建运营平台	217
7.1.2	建设技术平台	217
7.1.3	用户研究	218

7.1.4	内容集成与内容设置	219
7.1.5	盈利模式	220
7.2	数字电视运营的瓶颈	220
7.2.1	基础设施的制约	221
7.2.2	技术标准要求	221
7.2.3	与传统电视争取用户	221
7.2.4	政府对节目内容的管制	221
7.2.5	机顶盒对互动电视的支持程度	222
7.3	运营模式建议	222
7.3.1	面向大众	222
7.3.2	细分用户	222
7.3.3	品牌经营	222
7.3.4	机顶盒推广	222
7.3.5	立体营销	223
7.3.6	优质服务	223
7.4	具体运营分析	223
7.4.1	CAS	223
7.4.2	SMS	225
7.4.3	增值业务	227

第1章 数字电视系统概述

1.1 数字电视技术的概念、分类及其优势

1.1.1 数字电视技术的概念、分类

1. 数字电视技术的概念

什么是数字电视？数字电视是数字电视系统的简称，是指音频、视频和数据信号从信源编码、调制到接收和处理均采用数字技术的电视系统。国际上对于数字电视的精确定义是：将活动图像、声音和数据，通过数字技术进行压缩、编码、传输、存储，实时发送、广播，供观众接收、播放的视听系统。也就是说，这是一个从节目的采集、制作到节目传输，以及到用户终端的接收全部实现数字化的系统。从广义上说，数字电视是数字传输系统，是原有电视系统的数字化。

数字电视的主要功能如下。

- 免费基本数字电视业务；
- 直接接收和转播国内外未加密的高质量数字卫星电视节目；
- 按频道付费的数字电视业务；
- 接收和录制国家广电总局批准的境外加密卫星电视节目，对节目进行审查和编辑，通过数字加密加扰系统分级别向观众播放；
- VOD 视频点播业务，提供若干数字电视频道的视频点播节目，使用户能够在不同的时间里完整地观看播放的电视节目；
- 按次/时间付费的数字电视业务，用户通过电话回传或遥控器确认，付费收看某个节目或某一时段的节目；
- 增强电视节目，可增加中文电子节目指南，也可在数字电视节目中叠加大量的广告图片、文字信息，用户用遥控器点击获取额外广告信息，可增强电视广告业务等；
- 数据广播业务，数据广播是指由视频、音频或其他数字/多媒体所组成的内容被连续地传送到机顶盒设备上，它是一种可以提供快速的和丰富的媒体内容的有效方

式,如证券、电子报刊、本地信息咨询服务、气象服务等;

- 数字音乐广播,播出 CD、DVD 音频质量的音乐 CD、磁带、MTV、网上 MP3 等数字音乐节目,可在一个模拟频道上提供上百个数字音乐频道广播;
- 游戏频道,动态提供各类数字电视游戏节目,用户可选择性地付费享用;
- 远程教育,通过数字电视,观众坐家中就能得到全国乃至世界上最优秀的教师给我们辅导授课,用户可按照课程时间表选择上课时间,或将课程内容下载,自由选择学习时间;
- 交互式数字电视业务,在双向有线电视网络下,采用双向调制解调器可实现数据上传功能,进而实现更多的信息服务。

2. 数字电视技术的分类

(1) 按信号传输方式可分为地面无线传输数字电视(地面数字电视)、卫星传输数字电视(卫星数字电视)和有线传输数字电视(有线数字电视)。

(2) 按图像清晰度可分为以下三大类。

- 数字高清晰度电视(HDTV):需至少 720 线逐行或 1080 线隔行扫描,屏幕宽高比应为 16:9,采用数字压缩音响,能将高清晰格式转化为其他格式并能接收并显示较低格式的信号,图像质量可达到或接近 35mm 宽银幕电影的水平。
- 数字标准清晰度电视(SDTV):必须达到 480 线逐行扫描,能将 720 逐行、1080 隔行等格式变为 480 逐行输出,采用数字压缩音响,对应现有电视的分辨率,其图像质量为标准清晰度水平。
- 数字普通清晰度电视(LDTV):显示扫描格式低于标准清晰度电视,即低于 480 线逐行扫描的标准,对应现有 VCD 的分辨率。

(3) 按照产品类型可分为数字电视显示器、数字电视机顶盒和一体化数字电视接收机。

(4) 按显示屏幕幅型比,数字电视可分为 4:3 和 16:9 幅型比两种类型。

1.1.2 数字电视技术的优势

(1) 现有模拟电视频道带宽为 8MHz,只能传送一套普通的模拟电视节目。采用数字电视后,一个频道内就传送 1~8 套数字电视节目(随着编码技术的改进,传送数量还会进一步提高),电视频道利用率大大提高。数字电视与模拟电视的技术比较见表 1-1。

表 1-1 数字电视与模拟电视的技术比较

	模 拟 电 视	数 字 电 视
描述	采用模拟信号传输电视图像、伴音、附加功能等信号	采用数字信号传输电视图像、伴音、附加功能等信号
信源编/解码	因为信号数据量不大,所以不存在信息编码压缩问题	电视信号数字化后,其信号的数据传输率很高,须具有良好的数据编码压缩技术
复用	无复用器,视频、音频信号分别传输	将编码后的视频、音频、辅助数据信号分别打包后复合成单路串行的比特流,使数字电视具备可扩展性、分级性、交互性、与网络的互通性
信道编/解码调制解调	图像信号按行、场排列,并具有行/场同步信号、前后均衡脉冲等,对视频信号有补偿处理,调制方式一般采用调频或调幅	有压缩及复用,传送时的信号不再有模拟电视场、行标志及概念。通过纠错、均衡来提高信号抗干扰能力,调制采用 QAM、COFDM 等新方法,且随着调制方法技术的改进,传输效率会进一步提高
特点	信号数据量少,技术成熟,价格便宜	信号不易在传输中失真,清晰度高,占用频带窄。数字电视信号可以方便地在数字网络中传输,与计算机具有良好的接口

(2) 清晰度高,音频效果好,抗干扰能力强。在同样覆盖范围内,数字电视的发射功率要比模拟电视小一个数量级。

(3) 可以实现移动接收、便携接收及各种数据增值业务,实现视频点播等各种互动电视业务,实现加密/解密和加扰/解扰功能,保证通信的隐秘性及收费业务。

(4) 系统采用了开放的中间件技术,能实现各种交互式应用,可与计算机网络及互联网等的互通互联。

(5) 易于实现信号存储,而且存储时间与信号的特性无关,易于开展多种增值业务。

(6) 由于保留了现有模拟电视视频格式,用户端仅需加装数字电视机顶盒即可接收数字电视节目,利于系统的平稳过渡,减少消费者的经济负担。

因此,技术上先进的数字电视系统,必然会取代模拟电视系统,但不是取消模拟电视技术。

1.2 数字电视技术的发展

1.2.1 国际发展

数字电视技术最先出现在欧洲,从 20 世纪 80 年代开始,欧洲几个电视技术较先进的