

数字电视技术

(第2版) Digital Television Technology
2nd Edition

刘 达 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

内 容 简 介

什么是数字电视?数字电视涉及哪些关键技术和标准?我国数字电视的进展如何?本书全面阐述数字电视及其相关领域的最新理论和技术成果,系统介绍数字电视组成架构、关键技术、传输标准、实现方案和发展趋势,并对数字电影技术进行了细致阐述。全书分10章,内容包括:数字电视概述、数字电视信源编码技术、视频编码国际标准、数字电视信道编码及调制技术、数字电视信息存储与显示技术、数字电视传输标准、数字电视传输技术、数字电视组网技术、数字交互式电视与数字电视条件接收技术以及数字电影技术。

本书内容丰富、系统性强,而且通俗易懂、深入浅出,既可为广播、电影、电视行业的科研人员、工程技术人员、管理人员及广大数字电视、数字电影技术爱好者全面了解数字电视与数字电影技术提供参考与借鉴,又可作为高校通信、电子工程、信息工程、广播电视和多媒体技术等专业的本、专科教材。

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

数字电视技术/刘达编著. —2版. —北京:电子工业出版社,2007.9

ISBN 978-7-121-04491-5

I. 数… II. 刘… III. 数字电视—技术 IV. TN949.197

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第074156号

责任编辑:张来盛(zhangls@phei.com.cn) 特约编辑:杨琳

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:600千字

印 次:2007年9月第1次印刷

印 数:4000册 定价:38.00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,联系及邮购电话:(010)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。

前 言

人类已步入 21 世纪,这是信息技术飞速发展的时代,其基本特征是数字化、网络化和信息化。伴随着知识经济的全面兴起,信息革命的浪潮席卷全球,人类已真正进入信息时代。在此背景之下,广播电影电视领域正在发生一场深刻的数字化革命,其中,模拟电视正向数字电视加速转变,胶片电影正向数字电影加速转变,数字化已成为现代电视、电影技术发展的必然趋势,而且其进程越来越快。今天,高清晰度数字电视与数字电影已经不是梦想,它们正日益渗透到人们工作、生活、娱乐的方方面面,代表着现代电视、电影技术的发展方向。

科技进步是现代电视、电影技术迅猛发展的根本推动力。国家标准化管理委员会于 2006 年 8 月发布了中国数字电视地面传输国家标准,并计划从 2007 年 8 月起在全国范围内正式实施,2008 年北京奥运会计划实现数字高清晰度电视直播,这对于国内数字电视产业的发展具有重要的里程碑意义。另外,近年来,数字电影技术规范与技术标准陆续颁布,商业与运营模式不断成熟并加速推广,这对于数字电影产业的发展具有重大的促进与推动作用。

为适应数字电视与数字电影在我国的推广、应用及发展,编著者在深入钻研并理解数字电视与数字电影基本理论、相关技术及发展趋势的基础之上编写了本书。本书既通俗易懂、可读性强,又内容丰富、图文并茂,不仅全面阐述了数字电视领域的最新理论和技术成果,而且系统介绍了数字电视组成架构、关键技术、传输标准、实现方案及发展趋势。此外,由于数字电影与数字电视本质上均属于多媒体通信的范畴,它们在许多方面具有共同点与相似性,目前国内尚缺少此方面的著述,因此本书专辟一章来阐述数字电影技术。

全书共 10 章,内容包括:现代电视技术的演进、数字电视与高清晰度电视概述、数字电视系统组成及关键技术介绍;数字电视信源编码技术,包括视频编码技术与音频编码技术;视频编码国际标准,重点介绍 ITU-T 与 ISO/IEC 系列标准;数字电视信道编码及调制技术;数字电视信息存储与显示技术;数字电视传输标准;数字电视传输技术;数字电视组网技术;数字交互式电视及数字电视条件接收技术;数字电影技术。

本书的读者对象,一方面是针对高等院校通信、电子工程、信息工程、广播电视工程、影视技术、多媒体技术、计算机应用等专业的师生;另一方面是针对广大数字电视与高清晰度电视以及数字电影爱好者,他们迫切希望尽快了解并掌握数字电视与数字电影的基本原理及技术。此外,本书也可为广播电影电视行业从事数字电视、有线电视、交互式电视、数字电影、多媒体通信等工作的科研人员、工程技术人员及管理人员提供指导与帮助。

编著者近年来一直在从事多媒体通信、数字电视与数字电影技术的理论与应用研究工作。在编著过程中,不仅认真参阅了国内外标准、论文及教材等文献,而且根据技术与标准

的最新进展，紧密结合国内外产业的发展现状，不断充实了数字电视、数字电影及其相关领域的最新研究与技术成果，从而使阐述内容更加准确、详实，以符合当前及未来的发展需要。在此对本书所用参考文献的作者表示深深谢意，同时对电子工业出版社的大力支持表示衷心感谢，最后还要特别感谢我的家人在本书编写过程中在工作、生活方面给予的巨大支持、关心与帮助。

由于数字电视与数字电影技术尚在不断发展、不断完善之中，而且编著者水平有限，书中必然有一些不恰当、不准确之处，诚恳希望广大读者提出批评及指导意见，以便完善本书。

目 录

0

录

V

第 1 章 概述	(1)
1.1 电视技术的演进	(1)
1.1.1 现代电视技术的发展历程	(1)
1.1.2 传统电视技术原理	(4)
1.1.3 彩色电视的国际制式	(9)
1.2 数字电视与高清晰度电视	(11)
1.2.1 数字电视发展史	(11)
1.2.2 数字电视原理及优势	(14)
1.2.3 数字电视信号编码方式	(16)
1.2.4 数字电视图像的主观评价	(17)
1.2.5 高清晰度电视	(18)
1.3 数字电视系统组成及关键技术	(28)
1.3.1 数字电视系统架构	(28)
1.3.2 数字电视关键技术	(30)
1.3.3 发展数字电视的重要意义	(35)
第 2 章 数字电视信源编码技术	(37)
2.1 多媒体技术原理及应用	(37)
2.1.1 多媒体与多媒体技术	(37)
2.1.2 多媒体通信系统	(39)
2.2 视频压缩编码基本原理	(42)
2.2.1 视频压缩编码必要性分析	(42)
2.2.2 视频压缩编码可行性分析	(43)
2.3 视频压缩编码理论基础	(46)
2.4 视频压缩编码技术	(48)
2.4.1 视频压缩编码技术的研究进展	(48)
2.4.2 图像预测编码技术	(50)
2.4.3 图像变换编码技术	(53)
2.4.4 图像熵编码技术	(57)
2.4.5 具有运动补偿的帧间预测编码技术	(58)
2.4.6 具有运动补偿的帧间内插编码技术	(61)

2.4.7 矢量量化编码技术	(62)
2.4.8 图像子带编码技术	(63)
2.4.9 图像分级编码技术	(64)
2.4.10 小波变换编码技术	(66)
2.4.11 分形图像编码技术	(68)
2.4.12 模型基图像编码技术	(69)
2.5 音频压缩编码技术	(71)
2.5.1 音频压缩编码技术概述	(71)
2.5.2 MUSICAM 数字音频压缩编码技术	(75)
2.5.3 杜比 AC-3 数字音频压缩编码技术	(77)
2.5.4 MPEG 音频压缩编码技术	(79)
第3章 视频编码国际标准	(86)
3.1 视频编码标准进展状况	(86)
3.2 ITU-R 601 标准	(88)
3.3 H.261 标准	(90)
3.4 H.263 标准	(94)
3.5 H.264 标准	(96)
3.6 AVS 标准	(101)
3.6.1 AVS 标准概述	(101)
3.6.2 AVS 视频编码技术	(101)
3.6.3 AVS 前景展望	(104)
3.7 JPEG 标准 (ISO/IEC 10918)	(104)
3.8 JPEG2000 标准 (ISO/IEC 15444)	(106)
3.9 MPEG-1 标准 (ISO/IEC 11172)	(111)
3.10 MPEG-2 标准 (ISO/IEC 13818)	(115)
3.10.1 标准概述	(115)
3.10.2 MPEG-2 视频流语法结构	(116)
3.10.3 MPEG-2 特点	(118)
3.10.4 MPEG-2 系统编码层	(121)
3.10.5 MPEG-2 视频编码关键技术	(123)
3.11 MPEG-4 标准 (ISO/IEC 14496)	(126)
3.11.1 MPEG-4 制定背景	(126)
3.11.2 MPEG-4 标准组成	(126)
3.11.3 MPEG-4 核心思想	(127)
3.11.4 MPEG-4 视频流分层结构	(129)

3.11.5 MPEG-4 涵盖功能	(130)
3.11.6 MPEG-4 视频编码系统结构	(131)
3.11.7 MPEG-4 视频编码关键技术	(132)
3.11.8 MPEG-4 重要意义	(137)
3.12 MPEG-7 标准 (ISO/IEC 15938)	(138)
3.13 MPEG-21 标准 (ISO/IEC 21000)	(141)
3.14 分析与思考	(142)
第 4 章 数字电视信道编码及调制技术	(145)
4.1 数字电视信道编码技术	(145)
4.1.1 信道编码简介	(145)
4.1.2 差错控制系统	(147)
4.1.3 纠错码基本理论	(149)
4.1.4 RS 纠错编码技术	(154)
4.1.5 数据交织技术	(154)
4.1.6 卷积纠错编码技术	(155)
4.1.7 Turbo 纠错编码技术	(157)
4.1.8 LDPC 纠错编码技术	(159)
4.1.9 网格编码调制技术	(160)
4.1.10 级联编码技术	(161)
4.1.11 ATSC 系统信道编码技术	(161)
4.1.12 DVB 系统信道编码技术	(163)
4.1.13 ISDB 系统信道编码技术	(167)
4.2 数字电视调制技术	(168)
4.2.1 数字电视信号调制目的	(168)
4.2.2 数字调制技术基本原理	(170)
4.2.3 数字电视 QPSK 调制技术	(173)
4.2.4 数字电视 QAM 调制技术	(174)
4.2.5 数字电视 VSB 调制技术	(176)
4.2.6 数字电视 OFDM 调制技术	(177)
第 5 章 数字电视信息存储与显示技术	(180)
5.1 数字电视信息存储技术	(180)
5.1.1 信息存储技术简介	(180)
5.1.2 数字电视的信息存储	(180)
5.1.3 多媒体信息存储策略	(181)
5.1.4 基于 RAID 的海量存储技术	(183)

5.1.5	光盘库存储技术	(186)
5.1.6	存储系统的接口技术	(187)
5.1.7	光纤通道技术	(188)
5.1.8	存储区域网络 (SAN)	(190)
5.1.9	虚拟存储技术	(192)
5.2	数字电视显示技术	(194)
5.2.1	数字电视的显示要求	(195)
5.2.2	数字电视显示技术解析	(195)
5.2.3	数字电视显示技术前瞻	(208)
第6章	数字电视传输标准	(209)
6.1	数字电视传输国际标准	(209)
6.1.1	ATSC 标准	(209)
6.1.2	DVB 标准	(211)
6.1.3	ISDB 标准	(213)
6.2	数字电视地面传输标准	(214)
6.2.1	数字电视地面传输标准研究进展	(214)
6.2.2	数字电视地面传输国际标准介绍	(217)
6.3	中国数字电视传输标准	(219)
6.3.1	中国数字电视传输标准制定历程	(219)
6.3.2	中国数字电视地面传输主要方案	(223)
6.3.3	中国数字电视地面传输国家标准	(231)
第7章	数字电视传输技术	(242)
7.1	数字电视传输要求	(242)
7.1.1	多媒体信息流基本特征	(242)
7.1.2	多媒体通信网络性能参数	(243)
7.1.3	数字电视对传输网络的服务质量需求	(246)
7.1.4	多媒体信息同步技术在数字电视系统中的应用	(247)
7.2	流媒体技术	(251)
7.2.1	流媒体技术基本原理	(251)
7.2.2	利用 RTP/RTCP 进行实时数据传输	(258)
7.2.3	利用 RSVP 进行动态资源预留	(261)
7.3	数字电视传输方案	(263)
7.3.1	数字电视传播方式	(263)
7.3.2	数字电视地面广播模型	(264)
7.3.3	数字电视地面广播的主要问题	(265)

7.3.4 数字电视系统传输方案	(266)
第8章 数字电视组网技术	(272)
8.1 现代网络技术概述	(272)
8.1.1 网络拓扑结构	(272)
8.1.2 开放系统互连参考模型 (OSI-RM)	(276)
8.1.3 典型通信网络介绍	(278)
8.1.4 多媒体通信网与数字电视网	(280)
8.2 数字电视宽带干线传输技术	(284)
8.2.1 SDH 技术	(285)
8.2.2 WDM 技术	(287)
8.3 数字电视宽带交换技术	(289)
8.3.1 信息交换技术	(289)
8.3.2 ATM 技术	(290)
8.3.3 IP 技术	(293)
8.4 数字电视宽带接入技术	(297)
8.4.1 数字电视宽带接入网	(297)
8.4.2 数字电视 HFC 接入技术	(298)
8.4.3 数字电视以太网接入技术	(302)
8.4.4 数字电视光纤接入技术	(304)
8.4.5 数字电视 DSL 接入技术	(306)
第9章 数字交互式电视及数字电视条件接收技术	(311)
9.1 数字交互式电视概述	(311)
9.1.1 三网融合介绍	(311)
9.1.2 数字交互式电视基本特征	(314)
9.1.3 数字交互式电视与高级多媒体系统	(316)
9.1.4 数字交互式电视系统组成	(317)
9.2 视频服务器	(321)
9.2.1 视频服务器的特点与功能	(321)
9.2.2 视频服务器基本类型	(323)
9.3 数字机顶盒	(325)
9.3.1 数字机顶盒基本概要	(325)
9.3.2 数字机顶盒硬件结构	(328)
9.3.3 数字机顶盒软件结构	(330)
9.3.4 数字机顶盒关键技术	(331)
9.3.5 数字电视中间件技术	(334)

9.3.6 数字机顶盒工作流程	(336)
9.4 数字交互式电视关键技术及其发展策略	(340)
9.4.1 数字交互式电视关键技术解析	(340)
9.4.2 数字交互式电视系统规范	(342)
9.4.3 数字交互式电视发展策略	(344)
9.5 数字电视核心应用: 视频点播 (VOD)	(344)
9.5.1 视频点播技术概要	(344)
9.5.2 真视频点播、准视频点播与全视频点播	(345)
9.5.3 视频点播原理剖析及实现结构	(346)
9.6 数字电视条件接收技术	(348)
9.6.1 数字电视条件接收定义	(348)
9.6.2 数字电视条件接收原理剖析	(350)
9.6.3 数字电视条件接收系统组成	(352)
9.6.4 加扰器与解扰器设计	(354)
9.6.5 数字电视条件接收系统关键技术	(355)
9.6.6 发展数字电视条件接收的重要意义	(358)
第10章 数字电影技术	(360)
10.1 数字电影简介	(360)
10.2 数字电影系统组成及处理流程	(361)
10.3 数字电影关键技术解析	(365)
10.3.1 数字电影母版制作技术	(365)
10.3.2 数字电影 JPEG2000 图像编码技术	(365)
10.3.3 数字电影 MXF/XML 打包封装技术	(369)
10.3.4 数字电影信息传输技术	(372)
10.3.5 信息安全与数字版权保护技术	(373)
10.3.6 数字电影放映技术	(377)
10.4 数字电影技术标准制定	(378)
10.5 数字电影发展思路解析	(380)
缩略语	(382)
参考文献	(396)

第 1 章 概 述

最近几个世纪均有一项主导性的技术：18 世纪发生了伟大的工业革命，可以称为机械工业时代；19 世纪则是蒸汽机时代；20 世纪最重要的是信息技术与计算机互联网的发展，这包括遍布全球的电话网与数据网的安装，无线电与电视的发明与普及，计算机的诞生与飞速发展，尤其是电信网、计算机网、电视网带来的深刻的社会变革；21 世纪的基本技术特征则是数字化、网络化和信息化，伴随着知识经济的不断兴起，信息技术革命的浪潮已经席卷全球，人类已真正步入信息时代。

1.1 电视技术的演进

1.1.1 现代电视技术的发展历程

当今时代被誉为信息时代，科学技术飞速发展，与此同时，广播电视领域也在发生一场深刻革命，电视的数字化和网络化集中体现了这场革命的深刻内涵。科学技术的巨大进步、用户对高品质视听生活的不断追求正加速推动着模拟电视的数字化进程，模拟电视向数字电视转变已是大势所趋。数字电视代表着现代电视技术的发展方向与趋势，正日益成为现代电视系统的主流。

自 1936 年英国首先开始电子式的黑白电视广播以来，电视技术历经黑白电视、模拟彩色电视、数字高清晰度电视的发展历程。与此同时，电视也具有了无线广播、有线广播、卫星直播、数据广播、双向通信等多种传输方式。PAL、NTSC、SECAM 正是广播电视历经几十年的发展而逐步形成的模拟彩色电视国际三大制式。如今，数字电视与高清晰度电视正轰轰烈烈地在全球实施及推广，中国国内数字电视产业的发展正处于一个关键时期，2008 年北京奥运会计划实现数字高清晰度电视直播，因而积极发展数字电视对于广播电视及其相关产业都具有重要意义。

模拟电视（Analog Television）存在以下严重问题与缺陷，已经越来越不能满足现代社会人们对高品质视听生活的不断追求，具体介绍如下：

- 图像清晰度差，存在亮色干扰、大面积闪烁现象，而且节目源不能多次复制；
- 带宽应用受到很大限制，模拟 PAL 制电视在 8 MHz 带宽内只能传送 1 路模拟视频信号和 1 路模拟音频信号，由于存在同频及邻频干扰，因此增加电视频道的难度很大；
- 抗多径干扰能力差，接力传输产生噪声，使信噪比不断恶化、图像损伤越来越严重，因而模拟电视信号距离发射塔越远则衰减越严重，从而不能实现远距离传播，这也是模拟电视最大的不足；

- 在发送传输设备中,放大器的非线性积累使图像对比度失真越来越大,相位失真不断积累而产生色彩失真,从而使“鬼影”现象越来越严重;
- 稳定度及可靠性差,此外还存在时域混叠、调整复杂、不便于系统集成以及不易于实现自动控制等缺点。

数字电视(DTV, Digital Television)克服了模拟电视许多无法避免的不足与缺陷,它在现代科技飞速发展的背景下应运而生,它引领着现代电视技术的发展潮流,其出现及完善被誉为电视发展史上的一个重要里程碑。作为继黑白电视、彩色电视之后的新一代电视,数字高清晰度电视能够带给人们更高级的视听享受、更清晰的图像、更逼真的色彩、更优美的音质,以及身临其境的真实感。

电视技术的演进方向如图1-1所示,经历了从黑白电视向彩色电视、从标准清晰度电视(SDTV, Standard Definition Television)向高清晰度电视(HDTV, High Definition Television)、从模拟电视向数字电视、从单向传输电视向数字交互式电视(ITV, Interactive Television)的演进。其中电视由模拟电视向数字电视转变最为重要,这种数字化演进相对于其他几种演进方式最为深刻、影响力也最大,它是广播电视产业的一场根本性变革,其他演进方式则主要体现在视听感受、业务类型及其服务功能等某一方面的巨大变革。电视技术的发展历程与演进方向在一定程度上映射与揭示出现代科学技术在电视领域的应用正日益成熟、日益完善、日益先进。

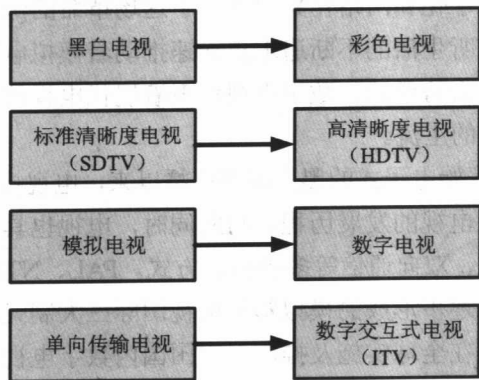


图 1-1 电视技术的演进方向

数字技术为现代电视产业的发展注入了活力,数字电视不仅具有图像清晰、色彩鲜艳、声音悦耳等基本特征,而且观众可进行视频、音频节目点播,以选择自己感兴趣的数字节目源,从而实现了用户与电视台之间的双向交互,因此用户收看电视节目的主动性得到大大增强,这从根本上改变了传统电视用户只能被动接收的状况。因此,在用户交互性方面,数字电视较之传统模拟电视也发生了本质变化,这被誉为电视继模拟技术向数字技术转变的又一项重大革命,这个重大转变与现代信息社会以人为本的先进理念相一致,符合现代社会的进步潮流,因而必然具有强大的生命力。总而言之,数字化、交互性是现代电视技术的必然发展趋势,代表着现代电视技术的演进方向。不可否认,电视产业的发展一直以收视质量与服务能力的提高为中心,数字电视作为新一代电视,其收视质量显著提高,同

时, 数字技术的广泛应用为其他更多的服务极大地拓展了发展空间。

我们应该清楚, 任何事物的发展都不是一蹴而就的, 而是循序渐进、逐步成熟、日益完善的, 电视领域也毫不例外。在数字电视的漫长发展历程中, 必然会出现一些过渡技术, 进而会诞生相应的过渡产品, 数字化电视正是电视技术由模拟电视向数字电视方向演变而产生的过渡性产品。我们有必要先了解数字化电视的定义及其存在的必要性, 下面给出具体答案。所谓数字化电视就是将天线接收到的电视信号, 通过调谐器选台变频以及图像、伴音中频放大, 再分别进行解调处理, 从而获得调制在电视载波上的全电视图像信号和伴音信号, 这一部分工作流程与模拟彩色电视基本一致, 而高频接收、中频放大等电路并未实现数字化, 因此数字化电视本质上仍然属于模拟电视的范畴, 并不能称之为真正的数字电视。

真正意义上的数字电视则是在电视节目源的采集、制作、编辑、播出、传输、接收的全过程均采用数字编码与数字传输技术。目前电视领域的发展现状是: 在电视节目从采集到接收的全过程中, 大部分环节均已实现数字化, 但在某些环节上, 尚未完全采用数字技术, 例如有线电视传输和用户接收两个环节, 现在仍存在采用模拟技术的情况, 因而数字化电视在一定时期内仍然有其存在的必要性。只有实现了电视节目从采集到用户接收全过程的数字化, 才是真正意义上的数字电视。电视界存在这样一种说法: 将黑白电视称为第一代电视, 模拟彩色电视称为第二代电视, 数字高清晰度电视则被誉为第三代电视, 如图 1-2 所示, 这种说法在一定意义上揭示出电视技术的发展方向与趋势。

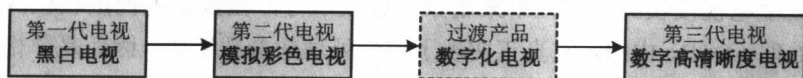


图 1-2 电视技术的演进历程

数字化电视作为电视技术从模拟方向发展到全数字方向的一种过渡性产品, 从信号特性看, 它与模拟电视的共同之处在于电视的图像、伴音传输仍采用模拟信号, 最大区别则是信号处理方式不同。模拟电视接收机与数字化电视接收机的信号处理流程分别如图 1-3、图 1-4 所示, 其中数字化电视采用模/数转换 (A/D) 技术, 先将模拟电视信号转化为数字电视信号, 再利用现代数字信号处理技术进行一系列数字化处理, 同时采用双倍行、场扫描技术, 从而克服了模拟电视单倍行、场扫描带来的大面积闪烁感, 最后进行数/模转换 (D/A), 还原为模拟彩色 RGB 信号。

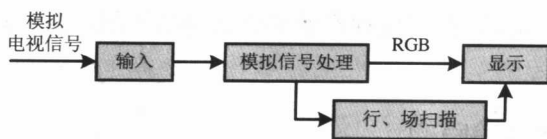


图 1-3 模拟电视接收机的信号处理流程

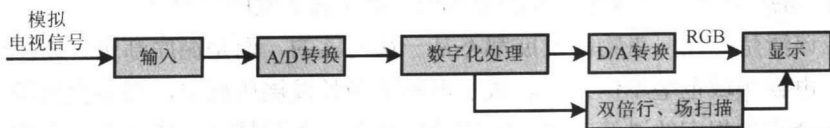


图 1-4 数字化电视接收机的信号处理流程

数字化电视在信号处理方面采用了一些先进技术，因而与模拟电视相比具有以下优点：

- 数字化电视采用双倍行、场扫描技术，消除了模拟电视 50 场/s 扫描带来的大面积闪烁感，因而对人眼健康非常有益；
- 数字化电视实现了逐行显示的标准 VGA 图像，可作为电脑显示器应用在计算机领域；
- 数字化电视采用数字降噪技术可减轻电视画面噪点；
- 数字化电视使用数字梳状滤波技术，使亮度信号与色差信号完全分离，消除了亮色串扰；
- 数字化电视易于实现多视窗、画中画（PIP）、画外画、视窗放大、静止画面等功能。

全数字高清晰度电视作为电视技术发展的必然趋势，它实现了电视系统从摄录至接收各个环节的全数字化，因而是对传统电视广播系统的整体与全面变革。全数字高清晰度电视采用数字摄像机、数字录像机等数字设备实现节目制作及编排，在电视台发射、信道传输至数字电视接收的全过程中采用数字载波信号，在数字电视接收机内部全部采用数字信号处理（DSP）电路，它真正实现了信号处理的全数字化，因而是严格意义上的数字电视。

通常意义上的数字电视应是一个广义的概念，凡是在电视信号的获取、处理、传输和接收的全过程中均使用数字电视信号的系统或设备，都应称为数字电视系统或数字电视设备。其中，数字电视信号的来源应当不是单一的，可以来源于多种途径，既可以是直接生成的数字电视信号，例如数字摄像机、数字动画设备、数字字幕机产生的数字电视信号，也可以是由模拟电视信号经 A/D 变换处理之后产生的数字电视信号，还可以是压缩编码之后的数字电视信号，例如 MPEG-2、H.264（AVC）、AVS 等格式的数字电视信号。

以上我们回顾并展望了电视技术的演进历程及其发展方向，这对熟悉并深入理解数字电视意义重大。我们相信，由于数字电视具备许多不可比拟的技术优势，同时适应了现代社会的发展潮流，因此，数字电视产业必将会蓬勃发展，并在现代信息社会中占据重要地位。

1.1.2 传统电视技术原理

首先简单介绍电视技术的基本原理：电视技术是利用光电转换、电光转换的基本原理，先将光学图像转换为电信号，再送入传输信道进行远距离传输，最后再将传输到远端的电信号还原为光学图像的一门技术。电视系统主要由成像设备、电视信号形成设备、

信号处理系统、信号传输系统、电视信号接收与显示设备组成。电视技术不是一门孤立的学科，它由许多学科交汇、融合而成，其涵盖范畴主要包括通信理论、数字信号处理、数字图像处理、图像压缩编码技术、微电子学、亮度学、色度学、视觉心理学等多种学科。下面详细介绍电视技术的实现原理。

1. 电视信号与图像扫描

电视技术首先利用光电转换原理实现光学图像到电视信号的变换，这一转换过程通常在摄像机中完成。当被摄景物通过摄像机镜头成像在摄像管的光电导层时，光电靶上不同点随照度不同激励出数目不等的光电子，引起不同的附加光电导产生不同的电位起伏，从而形成与光学图像对应的电图像，电图像必须经过扫描才能形成可被处理和传输的电视信号。

从人眼的感觉来说，客观景物图像可以被认为是由许多有限大小的像素组成，对于观察者而言，每一个像素都有其光学特性及空间位置，并且随时间变化。景物图像中的任意一个像素 P 均可用 8 个物理量来表达：

$$P = f(x, y, z, L, H, S, R, t)$$

其中， (x, y, z) 表示像素的空间位置； L 、 H 、 S 分别表示像素的亮度 (Luminance)、色调 (Hue)、饱和度 (Saturation)； R 表示图像分辨率 (Resolution)，即单个像素面积在景物图像总面积中所占的比例； t 则是像素产生以上物理量的时间。对于现行的 PAL、NTSC、SECAM 彩色电视系统，只能表达图像的二维平面信息，并不能表达三维立体信息，因此还无法将以上所有 8 个物理量全部反映出来。

下面介绍人眼的分辨力。人在观看景物图像时，对细节的分辨能力就是人眼的分辨力。人眼的分辨能力以及如何衡量是图像传输学的研究课题。如果图像传输系统传送的图像细节高于人眼的分辨力，由于最终接收端的图像由人眼来感知，因而传送高于人眼分辨力的高质量图像，人眼并不能感知这种高质量，这是一种系统资源浪费；反之，如果传送的图像清晰度太差，大大低于人眼的分辨力，则达不到人类视觉的满意度，无法让图像接受者满意。人眼对色差信号的空间分辨率要低于对亮度信号的空间分辨率，因此我们应该对图像信号的亮度分量和色差分量采用不同的带宽分别进行处理。

同时，人的视觉具有惰性，即人眼的亮度感觉总是滞后于实际亮度，也就是说人眼的主观亮度感觉与光作用时间有关。光学图像一旦在视网膜上形成，当它消失后，视觉将会对这个光学图像的感觉维持一个有限时间，这一特性称为视觉惰性或视觉暂留效应，如图 1-5 所示。其中，图 1-5 (a) 表示作用于人眼的光脉冲亮度，图 1-5 (b) 表示光脉冲所造成的主观亮度感觉，它滞后于实际的光脉冲。当光脉冲消失之后，亮度感觉还要持续一段时间才能消失，图 1-5 (b) 中的 $t_1 \sim t_2$ 就是视觉暂留时间。在中等亮度的光刺激下，视力正常的人的视觉暂留时间约为 0.1 s。视觉惰性是近代电影和电视的基础，电影和电视正是利用人眼的视觉暂留效应，使时间、空间上本来不连续的图像能够给人以真实、连续的感觉。

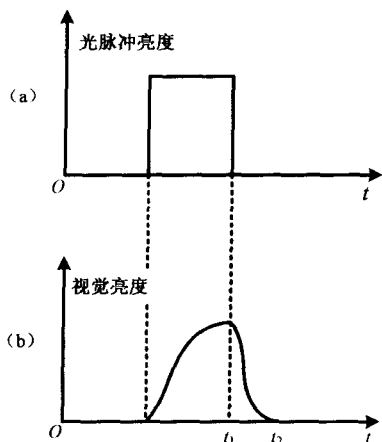


图 1-5 人眼的视觉惰性 (视觉暂留效应)

此外,人眼受到频率较低的周期性的光脉冲刺激时,会感到一亮一暗的闪烁现象,如果将重复频率提高到某个一定值以上,由于视觉惰性,眼睛就感觉不到闪烁,不引起闪烁感觉的最低重复频率,称为临界闪烁频率。临界闪烁频率与许多因素有关,其中最重要的是光脉冲亮度,随着光脉冲亮度的提高,临界闪烁频率也将提高。临界闪烁频率还与亮度的变化幅度有关,亮度变化幅度越大,临界闪烁频率就越高。人眼的临界闪烁频率大约为 46 Hz。对于重复频率在临界闪烁频率以上的光脉冲,人眼不再感觉到闪烁,这时主观感觉的亮度等于光脉冲亮度的平均值。

根据人眼对图像细节的分辨能力以及对图像质量的要求,要得到较高的图像质量,每幅图像至少需要有几十万、甚至几百万个像素。显然,要用几十万、甚至几百万个传输通道来同时传送图像信号,既不现实而且实现难度很大,因此必须采用某种方式实现对图像的分解与变换,使代表像素信息的物理量能够用时间的一维函数来表达。在电视系统中,对景物图像的像素分解与合成以及图像的时空转换由扫描系统来完成。

利用人眼的视觉惰性,在发送端可将表示图像像素的物理量按照一定的顺序逐个传送,在接收端再按同样的规律重现原始图像,只要这种处理速度足够快,人眼就会感到图像上各个像素在同时发亮。在电视技术中,将这种传送图像的方式,即将图像转变成顺序传送的电信号的过程称为扫描,如图 1-6 所示。摄像管光电导层中形成的电图像在电子束的扫描下依次接通各个点,并连续地将各个点的亮度变化转换为电信号,扫描后得到的电信号经过单一的传输通道传输后,再利用电子束扫描具有电光转换特性的显示屏,将电信号还原为光学图像。通常情况下,在传统电视系统中大量使用的电真空摄像、显像器件均采用电子束扫描来实现光电转换与电光转换,随着 CCD (电荷耦合器件) 摄像机及 LCD (液晶显示)、PDP (等离子体显示屏) 等平板显示器件在现代电视领域的广泛应用,利用各种脉冲数字电路便可实现上述光电转换与电光转换。对每一幅电视图像,电视系统是按照从左到右、从上到下的顺序一行一行地进行扫描,其中自左至右的扫描称为行扫描,自上而下的扫描称为场扫描。扫描行数越多,对图像的分解力就越高,图像就越细腻、清晰,但同时电视信号的占用带宽也随即增加,对传输信道的要求也就越来越高。

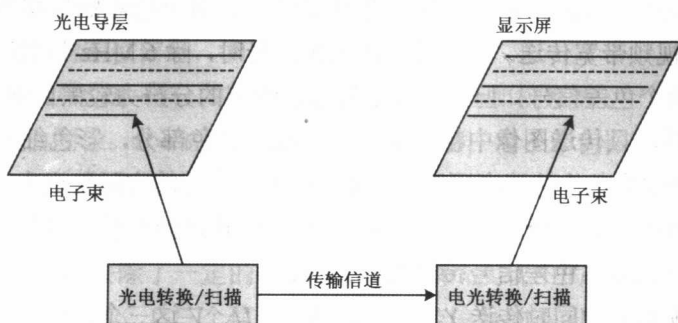


图 1-6 电视系统扫描原理示意图

与电影中相同，为得到连续、无跳跃感的运动图像，电视系统必须在每秒中至少传输 20 帧以上的图像，以满足人眼对图像连续感的要求。目前国际上存在 25 帧/s 和 30 帧/s 两种帧频制式，然而，20~30 帧/s 的图像显示速率并不能满足人眼对图像闪烁感的要求。为减少闪烁感，同时又不增加电视系统的传输帧频与带宽，在传统电视系统中广为采用隔行扫描方式，它是将一帧电视图像分成两场，第一场传送奇数行，称为奇数场，第二场传送偶数行，称为偶数场。隔行扫描方式较好地解决了图像连续感、闪烁感与电视信号传输带宽的矛盾。随着技术的不断成熟，逐行扫描已经越来越广泛地应用在数字电视系统中，与隔行扫描相比，逐行扫描大大增加了图像清晰度，它已成为现代电视技术的主流扫描方式。

在中国和欧洲大部分国家采用的 PAL 制模拟电视系统中，每幅图像由 625 行扫描线组成，传送 25 帧/s 图像，采用 2:1 隔行扫描，每场包含 312.5 行，屏幕实际上以每秒 50 次的速率被刷新；在美国、日本等采用的 NTSC 制电视系统中，每幅图像由 525 行扫描线组成，传送 30 帧/s 图像，为减少闪烁采用 2:1 隔行扫描，每场包含 262.5 行，屏幕实际上以每秒 60 次的速率被刷新。这里需要引起注意的是，并不是所有的扫描行均可见，在 PAL 制 625/50 系统中，每帧只有 575 行为有效行；在 NTSC 制 525/60 系统中，每帧只有 483 行为有效行，另外的 42 行即每场 21 行处于电子束的场回扫和消隐期。

此外，在电视系统中除传送图像与伴音信号外，还需传送同步信号来标记图像行、场扫描的开始与结束，并且在重建图像的过程中，在行、场扫描逆程需要使用消隐脉冲来关闭电子束，图像信号、伴音信号、同步信号与消隐信号经过合成，组成复合电视信号。

2. 三基色信号的线性变换

根据三基色原理，自然界中几乎所有的色彩均可由红 (Red)、绿 (Green)、蓝 (Blue) 三种相互独立的基色按照一定比例混合而成，并且绝大多数色彩均可分解为 R 、 G 、 B 三基色。在电视系统中，为节省传输带宽以及实现黑白电视与彩色电视的兼容，通常不传送 R 、 G 、 B 三基色信号，而是传送由线性变换得到的亮度信号 Y 及两个色差信号 (C_b 、 C_r 或 U 、 V)，其中 $Y=0.3R+0.6G+0.1B$ ， $C_b=0.56(B-Y)$ ， $C_r=0.71(R-Y)$ ，或 $U=0.49(B-Y)$ ， $V=0.87(R-Y)$ ， Y 、 $(B-Y)$ 、 $(R-Y)$ 分别为亮度信号、蓝色差信号和红色差信号。从 R 、 G 、 B 到 Y 、 C_b 、 C_r 或 Y 、 U 、 V 的转换公式不只适用于模拟电视，也适用于数字电视。