



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代电视原理

姜秀华 主编

姜秀华 柴剑平 林正豹 杨盈昀 章文辉 编著



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代电视原理

姜秀华 主编

姜秀华 柴剑平 林正豹 杨盈昀 章文辉 编著

高等教育出版社

Higher Education Press

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书系统地介绍现代电视的产生、处理、传输与接收技术的基本理论和应用系统。全书分为 11 章,包括电视传像基础、三基色原理和计色系统、彩色电视摄像原理、彩色电视信号、模拟电视调制传输与接收、电视显示器原理、电视信号数字化基础、数字视/音频压缩编码、有线和卫星数字电视广播系统、地面数字电视广播系统以及视频测量原理。

在内容上,注重了传统技术与现代技术的结合、基本原理与实际应用的结合,力图反映现代电视技术的最新成果。书中章节根据电视技术发展的过程,循序渐进,说明详细,论述清晰,便于自学。

本书可作为理工科高等学校学生的教材,也可作为广播电视领域、多媒体通信领域以及电子信息领域的工程技术人员自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代电视原理/姜秀华主编. —北京:高等教育出版社,
2008.6

ISBN 978 - 7 - 04 - 024508 - 0

I. 现… II. 姜… III. 电视 - 理论 - 高等学校 - 教材
IV. TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 061543 号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 孙 薇 封面设计 张 楠 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 王效珍 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 960 1/16
印 张 34.25
字 数 640 000

版 次 2008 年 6 月第 1 版
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷
定 价 42.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24508 - 00

前言

近十年来,现代电视技术正向着数字化、网络化和高清晰度化方向发展,并且应用越来越广泛。为了适应这一发展对人才的需要,目前国内外高等学校中开设电视原理、数字电视技术、多媒体技术、声像技术等相关课程的专业越来越多,这些课程可以概括为现代电视原理。

现代电视原理是从事广播电视、多媒体通信等领域专业技术人才必备的专业基础知识,广大读者迫切需要一本适应技术发展和教学改革要求的高水平的现代电视原理教科书。

本书是编者在多年从事电视技术教学和科研的基础上编写的,力求基础原理与应用系统相结合,传统技术与现代技术相结合,反映现代电视技术近 20 年来的发展。

本书共分为 11 章,其中第 1、2、3 章为电视原理的基础知识。主要介绍人眼视觉特性,电视扫描原理,黑白全电视信号的产生,图像信号的分解力和频谱,三基色原理与计色系统,CCD 彩色电视摄像器件,三基色信号的产生与校正等。

第 4、5 章为模拟电视信号的产生、调制传输与接收基础。主要包括亮度和色度信号的产生,模拟 PAL 彩色电视制式编解码原理,标准彩条信号,电视信号的传输覆盖,残留边带调幅,电视信号接收等。

第 6 章为电视显示器原理。包括 CRT 显像管,彩色液晶显示器件,彩色等离子体显示器件及其他新型显示器件等。

第 7、8 章为数字电视信源基础。包括电视信号取样原理,标准清晰度数字电视与高清晰度数字电视演播室编码参数标准与信号接口,声音信号数字化基础,数字视/音频压缩编码基础与标准,如 JPEG、MPEG-2、H.264 等。

第 9、10 章为数字电视广播传输系统。包括有线、卫星和地面数字电视传输,主要介绍 DVB-C、DVB-S、ATSC、DVB-T、ISDB-T 和 DTTB 等传输系统。

第 11 章为视频测量基础。包括复合模拟视频通道测量,模拟分量视频通道测量,标准清晰度数字分量视频信号测量,数字电视图像质量主观评价,数字电视图像质量客观测量等。

本书第 1、2、3、4、5 章由林正豹和柴剑平编写,第 6 章由杨盈昀编写,绪论和第 7、8、9、10 章由姜秀华编写,第 11 章由章文辉编写,姜秀华担任主编,负责全书的统稿。

感谢中国传媒大学张永辉教授,他讲授电视原理课程近 50 年,他编写的电视原理教材为本教材奠定了基础。感谢中国传媒大学杜百川教授,他是国内第一位编写数字电视技术教材的专家,他对本书的内容进行了审阅。在本书的编写过程中还得到石东新、王玉霞、许江波老师的帮助,在此表示感谢。

由于编者水平所限,不妥及错误之处在所难免,恳切希望读者给予批评指正。

中、外文学名著丛书内国篇目，要需由本人负责发表，在重印时编者有权删用或重删删用，并酌删删用等未删删用，未删删用。2008年1月，于中国传媒大学。

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

绪论	1
0.1 电视的种类	1
0.2 电视技术的发展	1
0.3 中国电视事业的发展	3
0.4 现代电视技术的应用	4
第1章 电视传像基础	7
1.1 人眼视觉特性	7
1.1.1 视敏特性	7
1.1.2 光的度量	9
1.1.3 亮度感觉和亮度视觉范围特性	11
1.1.4 对比度和亮度层次	13
1.1.5 视觉惰性和闪烁感觉	14
1.1.6 人眼的分辨力	16
1.2 电视扫描原理	18
1.2.1 电视传像的基本原理	18
1.2.2 逐行扫描原理	21
1.2.3 隔行扫描原理	25
1.3 黑白全电视信号	28
1.3.1 图像信号	28
1.3.2 复合消隐脉冲	29
1.3.3 复合同步脉冲	30
1.3.4 实际的黑白全电视信号波形	34
1.4 图像信号的频带	35
1.4.1 垂直分解力	35
1.4.2 水平分解力	37
1.4.3 图像信号的带宽	37
1.5 图像信号的频谱	38
1.5.1 只在水平方向有亮度变化的静止图像	38
1.5.2 在垂直方向也有亮度变化的静止图像	40
1.5.3 运动图像的信号频谱	42
本章小结	43

习题与思考题	44
第2章 三基色原理和计色系统	46
2.1 基准光源	46
2.1.1 光谱功率分布	46
2.1.2 几种基准光源介绍	47
2.2 人眼的彩色视觉特性	48
2.2.1 人眼的辨色能力	48
2.2.2 彩色感觉的空间混色和时间混色特性	50
2.2.3 彩色细节分辨力	51
2.2.4 立体视觉	51
2.3 三基色原理	52
2.3.1 格拉兹曼法则	52
2.3.2 配色实验	53
2.4 CIE 物理三基色(RGB)计色系统	54
2.4.1 基色单位(R)、(G)、(B)的确定	55
2.4.2 相对色系数及 RGB 色度图	56
2.4.3 分布色系数	57
2.5 CIE 标准三基色(XYZ)计色系统	60
2.5.1 标准三基色 X、Y、Z 和基色单位(X)、(Y)、(Z)的确定	60
2.5.2 RGB 坐标系和 XYZ 坐标系之间的转换关系	64
2.5.3 XYZ($x-y$)色度图	65
2.5.4 XYZ 计色系统的分布色系数	69
2.6 均匀色度标度(UCS)系统	71
2.6.1 刚辨差(JND)	71
2.6.2 均匀色标制	73
2.7 彩色电视中的三基色	76
2.7.1 显像三基色的选择	76
2.7.2 显像三基色的亮度公式	78
2.7.3 混色曲线	81
2.7.4 麦克斯韦计色三角形	82
2.7.5 高清晰度电视的色域	83
本章小结	85
习题与思考题	86
第3章 彩色电视摄像原理	88
3.1 CCD 固体摄像器件	88
3.1.1 CCD 固体摄像器件工作原理	88
3.1.2 CCD 摄像器件的主要类型	94

3.1.3 电子快门	96
3.2 三基色信号的产生	97
3.2.1 彩色电视摄像机的基本构成	97
3.2.2 彩色显像管显像基本原理	101
3.3 色度匹配和彩色校正	103
3.3.1 色度匹配	103
3.3.2 彩色校正	105
3.4 电视系统的 γ 校正	108
3.4.1 电视系统的 γ 特性	108
3.4.2 $\gamma \neq 1$ 对黑白图像的影响	109
3.4.3 $\gamma \neq 1$ 对彩色电视系统的影响	110
3.4.4 三基色信号的 γ 校正	113
本章小结	113
习题与思考题	114
第4章 彩色电视信号	116
4.1 彩色电视制式概述	116
4.2 亮度信号和色度信号	117
4.2.1 亮度信号及频谱	117
4.2.2 色度信号及频谱	119
4.2.3 编码矩阵	120
4.2.4 混合高频原理	121
4.2.5 恒定亮度原理	124
4.3 正交平衡调幅	126
4.3.1 一般调幅	127
4.3.2 平衡调幅	127
4.3.3 正交平衡调幅	128
4.3.4 色度矢量幅度和相角所包含的信息	129
4.3.5 同步检波	131
4.4 频谱间置	135
4.4.1 色度副载波和亮度信号频谱间置	135
4.4.2 亮度和色度信号间的串扰	136
4.5 PAL 制彩色电视制式	139
4.5.1 V 信号逐行倒相	139
4.5.2 PAL 制色度副载频的选择	142
4.5.3 PAL 制色同步信号	145
4.5.4 PAL 制编码器	150
4.6 彩条信号	151

4.6.1	色差信号幅度未压缩的 100% 饱和度、100% 幅度的彩条	152
4.6.2	色差信号幅度压缩系数	153
4.6.3	色差信号幅度已压缩的 100% 饱和度、100% 幅度的彩条	154
4.6.4	100% 饱和度、75% 幅度的彩条信号	156
4.7	PAL 制解码器	157
4.7.1	PAL 解码器原理框图	157
4.7.2	色度副载波延时时间的选择	158
4.7.3	梳状滤波器工作原理	159
4.7.4	梳状滤波器的幅频特性	161
4.7.5	PAL 梳状滤波器作用分析	162
	本章小结	163
	习题与思考题	165
	第 5 章 模拟电视调制传输与接收	167
5.1	电波传输的基本知识	167
5.1.1	电磁波谱	169
5.1.2	几种主要的电波传输方式	169
5.2	电视信号的传输覆盖方式	171
5.2.1	无线开路广播	171
5.2.2	有线电视广播	172
5.2.3	卫星电视广播	173
5.3	图像信号的调制方式	174
5.3.1	残留边带调幅原理	175
5.3.2	残留边带调幅产生的失真	179
5.3.3	调制极性	180
5.3.4	伴音信号的调制	182
5.4	电视频道和电视制式	184
5.4.1	调制过程和电视频道	184
5.4.2	我国无线开路和有线电视广播的频道划分	187
5.4.3	电视制式	190
5.5	模拟电视信号接收概述	191
5.5.1	射频电视信号的特点和接收解调的要求	191
5.5.2	“超外差式”电视接收机原理	193
5.6	全频道电调谐高频头	195
5.6.1	高频头的作用及要求	195
5.6.2	高频头电调谐工作原理	197
5.6.3	电调谐高频头各部分作用及工作原理	199
5.7	中频放大与解调	203

5.7.1 各部分作用及要求	203
5.7.2 中频通道工作原理	206
5.8 伴音通道	211
5.8.1 伴音通道的组成	211
5.8.2 伴音通道工作原理	212
本章小结	213
习题与思考题	214
第6章 电视显示器原理	216
6.1 CRT 显像管	216
6.1.1 CRT 显像管的基本构成及工作原理	216
6.1.2 自会聚彩色显像管的构成	220
6.1.3 色纯及静态会聚调整	223
6.1.4 动态会聚调整	225
6.1.5 彩色显像管的白平衡及调整	228
6.1.6 显像管的调制特性	230
6.2 彩色液晶显示器件	231
6.2.1 液晶的基本概念	232
6.2.2 液晶显示器件的工作原理	235
6.2.3 液晶显示器件的分类	236
6.2.4 液晶显示的驱动方式	238
6.2.5 彩色液晶显示屏	240
6.2.6 液晶投影电视	242
6.2.7 液晶显示器件的特点	243
6.3 彩色等离子体显示器件	244
6.3.1 等离子体显示器的基本工作原理	245
6.3.2 等离子体显示器的分类及特点	246
6.3.3 AC PDP 工作原理与驱动技术	248
6.3.4 AC PDP 整机框图	251
6.4 其他新型显示器件	252
6.4.1 数字光处理(DLP)显示技术	252
6.4.2 LCOS 背投电视	256
本章小结	257
习题与思考题	258
第7章 电视信号数字化基础	260
7.1 概述	260
7.1.1 模拟电视广播制式的不足	260
7.1.2 数字电视的发展	262

7.1.3 数字电视给广播电视带来的变化	262
7.1.4 数字电视广播系统构成	263
7.2 数字化基础	264
7.2.1 连续时间信号的取样	265
7.2.2 离散时间信号的量化	266
7.2.3 编码	269
7.3 电视信号取样原理	271
7.3.1 视频分量编码方式	271
7.3.2 电视信号的取样结构	273
7.3.3 亮度信号取样频率的选择	274
7.3.4 色度取样格式	274
7.3.5 数据量计算	277
7.4 标准清晰度数字电视演播室编码参数标准	278
7.4.1 标准清晰度数字电视演播室编码主要参数	278
7.4.2 视频信号量化电平分配	279
7.5 标准清晰度数字电视演播室信号接口	281
7.5.1 并行和串行接口通用的信号格式	282
7.5.2 并行接口	286
7.5.3 串行接口	288
7.6 数字高清晰度电视	290
7.6.1 高清晰度电视技术发展	290
7.6.2 数字高清晰度电视参数要求	291
7.6.3 数字高清晰度电视演播室编码参数标准	293
7.6.4 数字高清晰度电视演播室信号接口	296
7.7 声音信号数字化基础	299
7.7.1 演播室数字音频参数	300
7.7.2 数字声音信号接口	302
7.7.3 数字音频嵌入数字视频流	305
本章小结	306
习题与思考题	307
第8章 数字视/音频压缩编码	308
8.1 数字视频压缩编码概论	308
8.1.1 数字视频压缩机理	308
8.1.2 数据压缩编码方法分类与性能指标	310
8.2 预测编码	311
8.2.1 预测编码基本原理	311
8.2.2 帧内预测	312

8.2.3 帧间预测	314
8.2.4 运动补偿技术	315
8.2.5 量化器设计	318
8.3 正交变换编码	319
8.3.1 二维 DCT 变换	319
8.3.2 DCT 变换举例	321
8.3.3 量化器	322
8.4 变字长编码(VLC)	323
8.5 视频压缩标准概述	325
8.6 JPEG 压缩编码标准	327
8.6.1 JPEG 压缩编码原理	328
8.6.2 JPEG 解码过程	333
8.7 MPEG-2 视频压缩编码	334
8.7.1 MPEG-1 和 MPEG-2 概述	335
8.7.2 MPEG-2 的型和级	336
8.7.3 视频结构	338
8.7.4 I、B、P 帧编码原理	339
8.7.5 MPEG 编码器工作原理	341
8.7.6 视频基本码流结构	342
8.7.7 MPEG-2 解码	344
8.7.8 MPEG-2 压缩图像质量评价	345
8.8 MPEG-2 系统复用	347
8.8.1 系统复用	347
8.8.2 复用码流分析	349
8.8.3 节目专用信息(PSI)	350
8.9 H.264 视频压缩编码	352
8.9.1 H.264 概述	352
8.9.2 H.264 系统层	353
8.9.3 H.264 视频编解码框图	354
8.9.4 帧内预测(Intra Prediction)	355
8.9.5 高精度运动估计和运动补偿技术	356
8.9.6 整数 DCT 和 Hadamard 变换编码	358
8.9.7 熵编码方案	361
8.10 数字音频压缩编码	362
8.10.1 数字音频压缩编码概述	362
8.10.2 数字音频压缩编码基础	363
8.10.3 音频编码标准概述	369
8.10.4 MPEG-1 音频压缩编码	370

8.10.5 MPEG-2 音频标准	374
本章小结	376
习题与思考题	377
第9章 有线和卫星数字电视广播系统	378
9.1 有线数字电视广播系统概述	379
9.1.1 有线电视系统的基本构成	379
9.1.2 现代有线电视系统的基本构成	381
9.2 DVB-C 有线数字电视传输系统	382
9.2.1 DVB-C 传输系统框图	383
9.2.2 信道编码系统	383
9.2.3 数字调制系统	388
9.2.4 传输效率	394
9.2.5 TS 信号接口	396
9.3 卫星数字电视广播系统	398
9.3.1 卫星电视广播概述	398
9.3.2 DVB-S 卫星数字电视传输系统构成	400
9.3.3 DVB-S 信道编码系统	401
9.3.4 DVB-S 数字调制系统	403
9.3.5 传输码率	405
9.3.6 DVB-S2 介绍	406
9.4 有线数字电视接收与业务信息	408
9.4.1 有线数字电视机顶盒	408
9.4.2 数字电视广播系统中的业务信息(SI)	410
9.4.3 电子节目指南(EPG)	415
9.5 数字电视广播中条件接收系统	416
9.5.1 CA 系统基本构成	417
9.5.2 同密和多密模式	419
本章小结	422
习题与思考题	423
第10章 地面数字电视广播系统	424
10.1 概述	424
10.2 ATSC 数字电视广播系统	425
10.2.1 ATSC 信道编码系统	426
10.2.2 VSB 调制系统	430
10.2.3 段同步和场同步的加入	432
10.2.4 上变频器和射频特性	435
10.3 DVB-T 数字电视广播系统	435

10.3.1	信道编码系统	436
10.3.2	OFDM 调制系统	436
10.3.3	帧结构、导频和 TPS 信号	444
10.3.4	频谱特性与传输码率	446
10.3.5	移动接收和单频网	448
10.4	ISDB-T 数字电视广播系统	449
10.4.1	ISDB-T 传输系统	450
10.4.2	ISDB-T 系统传送参数	453
10.5	DTTB 中国地面数字电视广播传输系统	456
10.5.1	DTTB 系统综述	456
10.5.2	信道编码系统	457
10.5.3	单载波与多载波模式	459
10.5.4	QAM 调制与符号交织	461
10.5.5	复帧结构	464
10.5.6	信号帧结构	465
10.5.7	信号帧体结构与系统信息	469
10.5.8	频谱特性	470
10.5.9	系统有效码率	472
	本章小结	474
	习题与思考题	474
第 11 章	视频测量原理	476
11.1	视频测量的概念	476
11.2	模拟复合视频通道测量	477
11.2.1	反射损耗	478
11.2.2	介入增益及其稳定度	480
11.2.3	视频杂波及信杂比	481
11.2.4	视频线性失真	484
11.2.5	视频非线性失真	490
11.3	模拟分量视频通道测量	495
11.3.1	模拟分量视频测试信号的特点	495
11.3.2	模拟分量视频信号测量	497
11.4	标准清晰度数字分量视频信号测量	500
11.4.1	串行数字信号的接口特性参数测量	500
11.4.2	标准清晰度数字分量视频信号格式检验	504
11.4.3	数字分量视频内容监测	506
11.5	数字电视图像质量主观评价	509
11.5.1	图像质量主观评价的一般要求	509

11.5.2 图像质量主观评价方法	516
11.6 数字电视图像质量客观测量	519
本章小结	525
习题与思考题	526
缩略语中英文对照	527
参考文献	532
10.2 DTB 中国地面数字电视广播系统	420
10.2.1 DTB 系统组成	420
10.2.2 信道编码系统	421
10.2.3 单频网和多频网	421
10.2.4 QAM 调制与符号速率	421
10.2.5 复用结构	421
10.2.6 信号调制	422
10.2.7 信号调制与信道带宽	422
10.2.8 调制效率	422
10.2.9 系统效率	422
本章小结	424
参考文献	424
第 11 章 视频测量	426
11.1 视频测量的意义	426
11.2 视频测量的基本方法	427
11.2.1 视频测量的基本方法	427
11.2.2 视频测量的基本方法	428
11.2.3 视频测量的基本方法	428
11.2.4 视频测量的基本方法	428
11.2.5 视频测量的基本方法	428
11.3 视频测量的基本方法	428
11.3.1 视频测量的基本方法	428
11.3.2 视频测量的基本方法	428
11.4 视频测量的基本方法	428
11.4.1 视频测量的基本方法	428
11.4.2 视频测量的基本方法	428
11.4.3 视频测量的基本方法	428
11.5 视频测量的基本方法	428
11.5.1 视频测量的基本方法	428

绪 论

电视自发明以来,已经走过了近百年的发展历程。电视技术经历了从机械电视到电子电视、从黑白电视到彩色电视、从模拟电视到数字电视、从标准清晰度电视到高清清晰度电视的技术革命,已经形成了一门独立的技术学科,得到了越来越广泛的应用。

电视给人类的生活带来巨大变化,已经深入到了社会的各个领域,可以说电视是 20 世纪人类最伟大的发明之一。

0.1 电视的种类

电视的种类很多,主要有以下三种分类方式:

(1) 按颜色分

① 黑白电视 (Monochrome Television), 只传送景物的亮度。

② 彩色电视 (Colour Television), 不仅要传送景物的亮度, 而且要传送景物的色度 (色调和饱和度)。

(2) 按图像清晰度分

① 标准清晰度电视 (SDTV, Standard Definition Television), 每帧 625 行 (有效行 576) 或每帧 525 行 (有效行 480)。

② 高清清晰度电视 (HDTV, High Definition Television), 每帧 1 125 行 (有效行 1 080) 或每帧 1 250 行 (有效行 1 152)。

(3) 按电视信号的形式分

① 模拟电视 (Analog Television)。

② 数字电视 (Digital Television)。

0.2 电视技术的发展

1. 机械电视 (Mechanical Television)

电视广播技术的发展历史最早可追溯到 19 世纪末开始的机械电视。1875