

高等院校信息技术规划教材

数字电视系统

韩华 方易圆 孙宪坤 王益涵 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

数字电视系统

韩华 方易圆 孙宪坤 王益涵 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材建设项目以广播电视工程本科生培养目标为依据,以系统技术为主要线索编写。从电视传像基本原理、数字电视概述、数字电视编码技术、复用技术、信道编码、数字电视调制与解调、数字电视组网技术、数字电视接收、数字电视标准几个方面进行深入浅出的论述。

本书旨在使读者全面了解各种数字电视技术的概念和基本原理,作者在编写本书时注重基本概念、系统结构、技术与标准发展、工程应用特色等多方面。在选材上,力求循序渐进、由浅入深、通俗易懂,使读者能够尽快地理解和掌握数字电视系统的基本概念和应用,并深入引导读者进一步的思考。

本书内容丰富新颖,原理简明易懂,材料充实,特别适合作为广播电视工程专业本科院校数字电视系统课程的教材,也可作为从事数字电视系统开发的工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电视系统/韩华等编著. —北京:清华大学出版社,2016

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-44989-8

I. ①数… II. ①韩… III. ①数字电视—电视系统—高等学校—教材 IV. ①TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 216156 号

责任编辑:焦虹 梅栾芳

封面设计:常雪影

责任校对:梁毅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15

字 数:356千字

版 次:2016年11月第1版

印 次:2016年11月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

产品编号:069269-01

前言

foreword

2008年12月4日,科技部与国家广电总局正式签署了《国家高性能宽带信息网暨中国下一代广播电视网自主创新合作协议书》,按照协议要求,广电总局开始着手建设下一代广播电视网络(Next Generation Broadcasting, NGB)。NGB的关键技术之一就是利用有线电视网络进行宽带化、双向化改造,使有线电视网网络超越其他现有网络,成为国家信息基础设施的重要组成部分。这项改造可以发挥有线电视网频带宽、成本低、易普及的优势,推进三网融合,使有线数字电视成为进入千家万户的多媒体信息平台,满足社会各界和广大居民多方面的需求。社会迫切需要掌握 NGB 接入网技术的人才。上海工程技术大学与国家宽带网络与应用工程技术研究中心校企联合试办广播通信网络工程专业,被列为教育部“卓越工程师教育培养计划”首批试点专业。

数字电视系统是广播电视工程专业的一门专业课程,相关教材比较少。我国广播电视事业经过半个多世纪的发展,取得了长足的进步。我国广播电视业大致可分为3个发展阶段,分别是1940—1978年、1979—1997年和1998年至今3个阶段。由于技术发展阶段和社会环境的不同,以及人们对广播电视认知度的差异,使得我国广播电视在3个不同阶段采用的模式有所不同。在不同的模式下,广播电视在各个阶段所发挥的作用也不同。特别是从1999年起,广播电视系统开始了产业化管理,这个阶段的技术使数字电视得到发展,注重用户体验的互动电视系统开始逐渐浮出水面。运营部门在满足用户收看电视的基本需求的同时,朝着大容量、数字化、双向功能和区域联网等方向发展。由于数字电视系统涉及的技术种类繁多,实现方式多样,目前的多数教材并没有从整个数字电视系统实现的角度进行总体介绍,不能满足对于卓越工程师培养目标的要求。因此,编写一本既适用于数字电视系统教学,又适应本专业卓越工程师培养目标要求的教材十分必要。为此,我们联合业内专家及具有丰富本科数字电视教学经验和实践知识的教师,合作编写此书,除了系统地介绍数字电视技术及其关键技术外,还对一些

实际的工程实例设计及实现方法进行介绍,便于读者边学边实践,加快掌握数字电视系统知识的进程。

本书全面介绍数字电视系统的基本概念、结构、特点、关键技术、相关协议及典型应用,并从初学者的角度,以清晰的知识结构为读者提供了大量的工程应用实例,使读者能够快速上手,具有较高的参考价值。

全书共分9章。第1章从电视传像的基本原理着手,介绍电视传像所涉及的基本理论知识。重点介绍景物像的分解与像素的顺序传输、逐行扫描和隔行扫描、视频信号的基本知识和数字电视中的模拟技术。为数字电视初学者介绍学习所需要掌握的基础知识。第2章主要是数字电视概述,包括数字电视的基本概念、优点及有关参数,重点介绍视频、音频信号的数字化参数,以及图像分量信号量化电平和量化比特数的计算,最后简单介绍数字电视机顶盒。第3章重点介绍数字电视编码技术,首先简单介绍数字电视系统,然后从视频信号压缩的可能性入手,介绍视频信号压缩方法,重点介绍预测编码、正交变换编码、统计编码,以及其他的一些视频压缩编码技术和标准。最后,简单介绍音频信号压缩的可能性和常用标准。第4章全面介绍数字电视复用技术,重点介绍节目复用中的各种包信号,比如打包基本流(PES)包、传送流(TS)包和包中的节目特定信息、业务信息,以及复用器的构成等。本章还重点介绍系统复用,包括节目特定信息(PSI)的重构、节目参考时钟(PCR)修正,最后,简单介绍数据业务的增值服务。第5章主要介绍数字电视的信道编码,重点介绍信道编码中的能量扩散、纠错编码、交织、卷积编码等技术。第6章介绍数字电视调制与解调,重点介绍二进制数字调制中的幅度键控(ASK)、移频键控(FSK)和移相键控(PSK),多进制中的四相移键控(QPSK)、正交振幅调制(QAM)、残留边带调制(VSB)和正交频分复用调制(OFDM)等调制解调方法。最后对数字电视中的各种主要调制方法进行了比较。第7章介绍数字电视组网技术,分别介绍数字电视宽带干线传输技术、交换技术,然后重点介绍宽带接入网技术,例如HFC接入技术、以太网接入技术、光纤接入技术和数字用户线接入技术等。第8章主要介绍数字电视接收,重点介绍数字电视的条件接收(CAS),包括条件接收系统的特点及要求、MPEG-2和DVB标准中对CAS的规定、同密和多密、CAS的安全技术、CAS的工作原理,以及国产条件接收系统。接下来简单介绍数字电视机顶盒。最后介绍数字电视的接收系统,包括卫星数字电视接收系统、有线数字电视接收系统和地面数字电视接收系统。第9章介绍数字电视标准,主要包括ATSC标准、DVB标准、ISDB-T标准、我国地面数字电视标准、手机数字电视标准、直播星标准ABS-S等。

本书综合国内外同类教材的特点,力求比较全面地反映主流技术与最新技术,注重基本概念、系统结构、技术与标准发展、工程应用特色等,主要特点如下:

(1) 注重基本概念。本书从数字电视工程的设计者和使用者角度讲述概念,主要介绍数字电视系统的基本理论,深入研究必备的基本概念和方法。

(2) 突出工程应用。本书力求反映数字电视系统的最新成果,把产业界的实际应用以工程项目的形式呈现在读者面前。同时也介绍工程的设计思想及硬、软件实现方案,便于读者边学习边实践,加快掌握数字电视技术应用的进程。

(3) 内容编排新颖。本书不是单纯地罗列概念和定义,而是注重概念的系统性,便于

读者从概念层次、技术层次和应用层次上对数字电视系统的关键技术有比较全面的了解,能学以致用。

本书由韩华编写第1、2、3、8章,方易圆编写第4、6章,孙宪坤编写第5、7章,王益涵编写第9章。全书由韩华统稿。作者在编写本书的过程中,参阅了大量的国内外文献,并得到上海未来宽带技术及应用工程研究中心有限公司技术人员的大力支持,在此表示衷心感谢!

鉴于作者的水平有限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

于上海工程技术大学

2015年12月

目录

Contents

第 1 章 电视传像基本原理	1
1.1 景物像的分解与像素的顺序传输	1
1.1.1 景物像的分解	1
1.1.2 像素的顺序传输	2
1.2 逐行扫描及隔行扫描	3
1.2.1 水平扫描和垂直扫描的参数	3
1.2.2 逐行扫描	4
1.2.3 隔行扫描	5
1.3 视频信号	6
1.3.1 概述	6
1.3.2 图像信号	7
1.3.3 复合消隐信号	8
1.3.4 复合同步信号	8
1.4 数字电视中的模拟域技术	9
1.4.1 三基色原理	9
1.4.2 亮度信号和色差信号	10
1.4.3 标准彩条信号	12
1.4.4 三大彩色电视制式	14
1.4.5 清晰度与分解力	26
1.4.6 电视通道的频带宽度	28
习题	29
第 2 章 数字电视概述	31
2.1 数字电视的基本概念	31
2.2 数字电视的优点	33
2.3 数字电视的有关参数	35

2.4 视频音频信号数字化参数	38
2.4.1 视频信号的抽样结构	39
2.4.2 视频、音频信号量化及量化噪声	42
2.4.3 全信号和分量信号编码	45
2.4.4 图像分量信号量化比特数确定和量化电平分配	46
2.5 图像分量信号量化电平和量化比特数的计算	49
习题	50

第3章 数字电视编码技术

3.1 数字电视系统	52
3.2 视频压缩技术	53
3.2.1 视频信号压缩的可能性	53
3.2.2 视频信号的数字化	54
3.2.3 视频压缩算法的分类	56
3.3 预测编码	58
3.3.1 预测编码的类型	59
3.3.2 差分脉冲编码调制(DPCM)的分析	62
3.3.3 预测器	63
3.4 正交变换编码	66
3.4.1 正交变换的性质	66
3.4.2 一维离散余弦变换	67
3.4.3 二维 DCT 变换	67
3.4.4 量化器	69
3.5 统计编码	70
3.5.1 信息量和信息熵	71
3.5.2 哈夫曼编码	71
3.5.3 算术编码	73
3.6 其他视频压缩编码技术	76
3.7 视频压缩编码标准	79
3.7.1 ITU-T H.261	79
3.7.2 ITU-T H.263	82
3.7.3 MPEG-1	84
3.7.4 MPEG-2 标准	89
3.8 音频压缩技术	93
3.8.1 音频信号压缩的可能性	93
3.8.2 音频压缩标准——MUSICAM	96
习题	100

第 4 章 复用技术	102
4.1 概述	102
4.2 节目复用	103
4.2.1 PES 包	103
4.2.2 TS 包	104
4.2.3 节目特定信息	105
4.2.4 业务信息	107
4.2.5 节目复用器的构成	108
4.3 系统复用	109
4.3.1 PSI 信息的重构	110
4.3.2 节目参考时钟 PCR 修正	111
4.4 数据业务增值	112
4.4.1 数据增值业务的加入方式	112
4.4.2 MPEG-2 对数据增值业务的支持	112
4.4.3 DVB 对数据增值业务的支持	113
4.4.4 电子节目指南	114
习题	115
第 5 章 信道编码	117
5.1 概述	117
5.2 信道编码基础	118
5.3 能量扩散	121
5.4 纠错编码	122
5.5 交织	128
5.6 卷积编码	130
习题	135
第 6 章 数字电视调制与解调	136
6.1 数字电视调制概述	136
6.2 二进制数字调制	137
6.2.1 ASK	137
6.2.2 FSK	138
6.2.3 PSK	139
6.3 多进制数字调制	141
6.3.1 QPSK	141

6.3.2	QAM	142
6.3.3	VSF	143
6.3.4	OFDM	144
6.4	数字电视主要调制方式比较	146
习题		148
第7章	数字电视组网技术	149
7.1	数字电视宽带干线传输技术	149
7.2	数字电视宽带交换技术	150
7.3	数字电视宽带接入网技术	150
7.3.1	宽带接入网概述	151
7.3.2	数字电视 HFC 接入技术	153
7.3.3	数字电视以太网接入技术	157
7.3.4	数字电视光纤接入技术	159
7.3.5	数字用户线接入技术	162
习题		166
第8章	数字电视的接收	167
8.1	条件接收概述	167
8.1.1	数字电视条件接收系统的特点及要求	167
8.1.2	MPEG-2 标准中有关 CAS 的规定	168
8.1.3	DVB 标准中有关 CAS 的规定	168
8.1.4	同密和多密	169
8.1.5	条件接收系统的安全技术	172
8.1.6	条件接收的工作原理	173
8.1.7	国产条件接收系统	175
8.2	数字电视机顶盒	177
8.3	数字电视接收系统	180
8.3.1	卫星数字电视接收系统	180
8.3.2	有线数字电视接收系统	181
8.3.3	地面数字电视接收系统	182
习题		183
第9章	数字电视标准	185
9.1	ATSC 标准	185
9.2	DVB 标准	188

9.3 ISDB-T 标准	201
9.4 我国地面数字电视标准	203
9.5 手机数字电视标准	218
9.6 直播星标准 ABS-S	222
习题	223
参考文献	225

电视传像基本原理

电视技术是利用电磁波进行远距离传送活动景物的图像和伴音的一门应用电子技术。电视广播包括视频信号的产生、放大、调制、传输、接收和重现等过程。本章主要介绍电视信号的产生、发送以及模拟彩色电视的制式等基本知识。

1.1 景物像的分解与像素的顺序传输

按照定义,所谓电视或电视广播,是通过电信系统将实时的或记录的活动景物(附带声音或不带声音)在一定距离之外重现其图像和声音的技术。重现的图像是供人们视觉感知的,其实现技术和性能参数必须适应人眼的视觉特性,这也决定了电视传像的基本要求和实施方式。

在基本要求方面,重现图像应符合人眼的视敏特性、亮度层次感觉、视觉惰性、闪烁感觉、细节分辨力和色彩感知能力等,以保证显示屏上的图像相对于原景物像有极佳的逼真感,无可见瑕疵。在实施方式方面,包括景物像怎样转换成电信号,对电信号作怎样的处理、编码和传输,以及在接收端怎样使电信号还原出光图像。概括地说,实施方式中包括发送端的摄像、光—电转换、电信号处理和编码传输,以及接收端的电信号接收、解码处理和电—光转换图像显示。

因此,电视传像基本原理中,首先是电视广播发送端的景物像拾取、光—电转换和电信号处理,本小节的景物像分解和像素顺序传输即是实现这些技术的通行方法。所谓景物像分解,是将被拍摄景物通过摄像头成像于 CCD 上的光图像分解成很多微粒像——像素,也就是将整个景物像解析为很多的像素,每个像素携带有亮度和色度信息。所谓像素顺序传输,是使每个像素的亮度和色度信息经光—电转换形成电信号后将各像素的电信号按照预定的时间先后,顺序地向外传输,也即涉及像素扫描方式。

1.1.1 景物像的分解

对任一幅图像,例如彩色相片、银幕影像或电视画面,细观察时都可以发现,它们是由很多的像素综合构成的。电视图像的清晰度直接和像素的数目有关,像素越精细,单位面积上的像素越多,则图像越清晰。在我国广播电视标准中,一幅图像有 40 多万个

像素。

关于具体的景物分解方式和像素数量选择,在摄像机中实际上是由 CCD 摄像机面上的光敏单元数量及其阵列实现的,每一个光敏单元对应于一个像素。光敏单元的数量取决于 CCD 本身的质量等级,标准清晰度电视用的 CCD 应有 800×600 (4 : 3 帧型的画面) 即约 48 万个光敏单元,或者更多些,高清晰度电视用的 CCD 应有 1920×1080 (16 : 9 帧型的画面) 即约 208 万个以上光敏单元。景物被 CCD 按帧成像,并按光敏单元数量分解出相应的像素数。

1.1.2 像素的顺序传输

像素的顺序传输是相对于像素同时传输而言的,意思是全部像素的电信号逐一地排队输出(顺序传输),而不是一齐输出(同时传输)。根据人眼的视觉惰性,即当某一强度的光突然照射人眼时,要经过一个短暂过程后才会形成稳定的亮度感觉。当光突然消失时,亮度感觉并不会立即消失,也需要经过一段时间的过渡过程。在中等亮度的光刺激下,视力正常的人视觉暂留时间约为 0.1s。

顺序传输方式中只需一路电信号传输通道,按照时分方式传输各个像素的电信号。同时传输方式中,需要几十万甚至上百万路以上的电信号传输通道,按照空分方式传输各个像素的电信号。显然,后一种传输方式难以物理实施,因此,电视广播中普遍采用的是时分顺序传输方式。

如图 1-1 所示为像素顺序传输的构成示意图,发端与收端间由同步切换的开关 K_1 和 K_2 确保画面上的对应像素顺序地传输和顺序地显示。像素扫描规律先是水平方向从

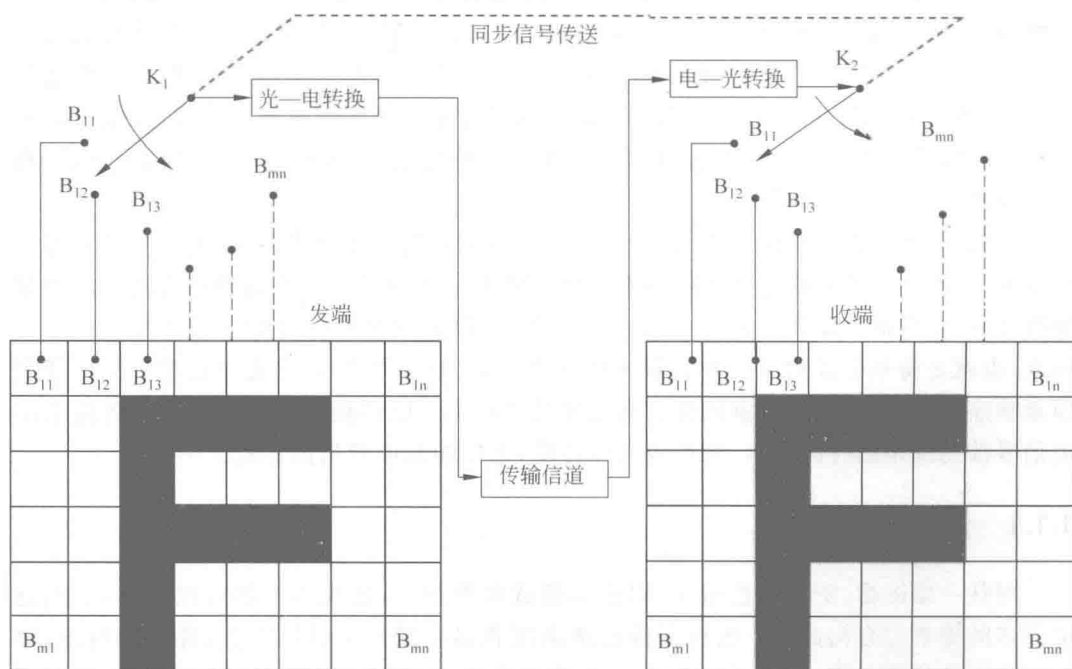


图 1-1 像素的顺序传输

左到右,扫描一行后返回左边,再从左到右扫描下一行,直至扫描遍全部画面像素。从左到右的扫描称为水平扫描或行扫描,从上到下的扫描称为垂直扫描或帧扫描(逐行扫描时)/场扫描(隔行扫描时)。

1.2 逐行扫描及隔行扫描

1.2.1 水平扫描和垂直扫描的参数

确定扫描特性的重要参数是扫描频率及其倒数(即扫描周期),还有扫描周期中正程时间与逆程时间两者的长度。这些参数对于扫描电路运行和图像性能有很大的影响。

1. 水平扫描参数

水平扫描(行扫描)参数包括行扫描频率 f_H 、行扫描周期 T_H 、行正程时间 T_{Ht} 、行逆程时间 T_{Hr} 和行逆程系数 α 。

(1) 水平扫描(行扫描)频率 f_H

该频率 f_H 通常简称为行频,它本身不是一个独立变量而是一个因变量,行频 f_H 实际导出自帧频 f_F (或场频 f_V , $f_V = f_F \times 2$) 和每帧画面的总行数 n (包括正程行数 n_t 和逆程行数 n_r , $n = n_t + n_r$)。显然,若每秒传输帧画面的帧频为 f_F ,每帧画面总行数为 n ,则行频 f_H 为

$$f_H = nf_F = nf_V/2 \quad (1.1)$$

常规电视中, $f_V = 50\text{Hz}$, $n = 625$, 可得到

$$f_H = 625 \times 50/2 = 15\,625\text{Hz} \quad (1.2)$$

(2) 行周期 T_H 、行正程时间 T_{Ht} 、行逆程时间 T_{Hr} 和行逆程系数 α

由于行周期 T_H 是行频 f_H 的倒数,所以,常规电视中有

$$T_H = 1/f_H = 1/15\,625 = 64\mu\text{s} \quad (1.3)$$

另外,国际上统一规定, T_{Ht} 和 T_{Hr} 值分别为

$$T_{Ht} = 52\mu\text{s}, \quad T_{Hr} = 12\mu\text{s} \quad (1.4)$$

行逆程系数 α 定义为 T_{Hr} 与 T_H 之比,它反映出不呈现图像内容的行逆程在整个行周期时间中所占的比例。考虑到各方面因素, α 值并非越小越好,有一个合宜的数值范围,约为 0.18。常规电视中,可计算出

$$\alpha = T_{Hr}/T_H = 12/64 = 0.1875 = 18.75\% \quad (1.5)$$

2. 垂直扫描

与水平扫描参数相对应,垂直扫描(帧扫描或场扫描,常规电视中实际应用隔行扫描,故后面的讨论以场扫描为准)参数包括场扫描频率 f_V 、场扫描周期 T_V 、场正程时间 T_{Vt} 、场逆程时间 T_{Vr} 和场逆程系数 β 。

(1) 场扫描频率 f_V

该频率 f_V 通常简称为场频,它是一个重要的独立变量,其选择取决于所重现活动图

像的运动连续感,特别是观看的画面上没有闪烁现象。根据实验得知,根据人眼视觉特性,场频 f_V 应高于 45.8Hz,最好达到 60Hz 或更高(画面亮度越高, f_V 应随之提高)。由于历史原因,各国对 f_V 的取值一般都使其与该国的市电频率相同,因此,国际上场频 f_V 有 50Hz 和 60Hz 两种数值。我国市电频率为 50Hz,所以频率和帧频选择为

$$f_V = 50\text{Hz}, \quad f_F = 50/2 = 25\text{Hz} \quad (1.6)$$

(2) 场周期 T_V 、场正程时间 T_{Vt} 、场逆程时间 T_{Vr} 和行逆程系数 β

场周期是场频的倒数,所以有

$$T_V = 1/f_V = 1/50 = 20\text{ms}, \quad T_F = 2T_V = 40\text{ms} \quad (1.7)$$

其中,国际上规定,一帧 625 行的每场 312.5 行内,场正程占 287.5 行,场逆程占 25 行。因此,场正程时间 T_{Vt} 和场逆程时间 T_{Vr} 分别为

$$\begin{aligned} T_{Vt} &= T_V \times 287.5/312.5 = 18.4\text{ms} \\ T_{Vr} &= T_V \times 25/312.5 = 1.6\text{ms} \end{aligned} \quad (1.8)$$

场逆程系数 β 定义为 T_{Vr} 与 T_V 之比,它反映出一帧总行数内不呈现图像内容占总行数的比例。与行程系数相似,场逆程系数 β 并非越大越好,常规电视和高清晰度电视的 β 值分别为

$$\beta_{SD} = 25/312.5 = 0.008, \quad \beta_{HD} = 45/1125 = 0.04 \quad (1.9)$$

1.2.2 逐行扫描

逐行扫描中,摄像端的光敏器件 CCD 上一行行地依次使各光敏单元内形成的电荷包转变为电流输出至电阻负载上,产生图像电信号(或称视频信号)。逐行扫描从画面的第一行直至末一行顺序给出隔行视频信号,其中的行扫描周期包括行逆程时间,帧扫描周期内包括帧逆程时间,故有效画面是由行正程和帧正程期间的光—电转换信号综合给出的。

现在分析一下逐行扫描视频信号的带宽 Δf 。所谓带宽 Δf ,是指信号最高频率 $f_{\max}$ 与最低频率 $f_{\min}$ 之差,即 $\Delta f = f_{\max} - f_{\min}$ 。

如果画面是一帧均匀亮度的灰白图像,则视频信号是一个恒定的电压,此时视频信号只有直流成分,也即视频信号的 $f_{\min}$ 可以认为是 0Hz。

视频信号的最高频率 $f_{\max}$,它产生于一行内相邻像素为黑白相间的画面下。假设垂直方向有效行数为 z 行,有效画面垂直高度为 h ,则有效画面水平宽度为 l 时($l:h$ 为帧型比或宽高比),每行正程有 $z \times l/h$ 个像素,如图 1-2 所示,注意画面上水平和垂直方向内像素都是黑白相间的。

经过光—电转换后的视频信号,每帧画面形成 $\frac{1}{2} \times z^2 \times l/h$ 周正弦波号(只考虑方波的基波)。由于扫描帧频为 f_F ,所以视频信号的 $f_{\max}$ 为

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{l}{h} \times z^2 \times f_F \quad (1.10)$$

上式的导出来自于对有效画面的计算,实际上存在行逆程系数 α 和帧逆程系数 β (它与场逆程系数 β 数值是相同的),因此对式(1.10)须乘上一个修正因子 $(1-\beta)/(1-\alpha)$,于是有

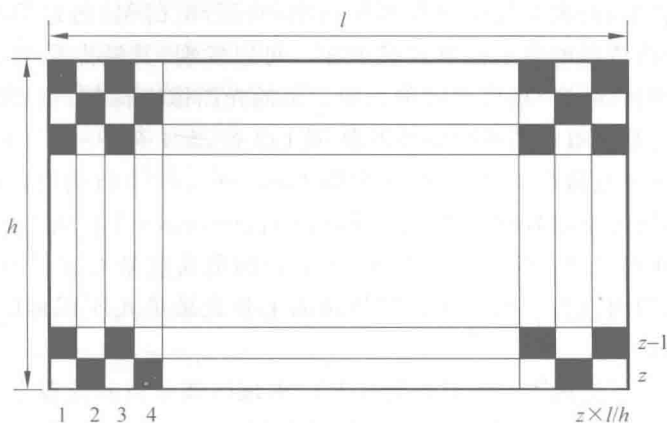


图 1-2 产生视频信号最高频率的画面

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{l}{h} \times z^2 \times f_F \times (1 - \beta) / (1 - \alpha) \quad (1.11)$$

现在,将 $l/h = 4/3$, $z = 575$, $f_F = 50\text{Hz}$ (重现图像不闪烁的逐行扫描应有的帧频), $\alpha = 0.1875$ 和 $\beta = 0.08$ 代入,得到

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 575^2 \times 50 \times (1 - 0.08) / (1 - 0.1875) = 12.45\text{MHz}$$

可见,逐行扫描时传输一路视频信号需要有 $\Delta f = f_{\max} - f_{\min} = 12.45\text{MHz}$ 那样大的带宽。这一点是逐行扫描的主要缺陷,因此,实际上各国均采用隔行扫描方式。

1.2.3 隔行扫描

隔行扫描技术能在基本不影响图像质量水准的前提下降低一半视频信号宽度,其优点明显。使用的是 2:1 隔行扫描,将一帧画面分成两场进项扫描,先扫描画面平面上的奇数行图像(有效画面上从上到下的第 1, 3, 5, ... 行图像),扫描由奇数行构成的奇场(包括其场逆程或称场消隐期间的各行)。然后,进入偶数行图像(有效画面上的第 2, 4, 6, ... 行图像)的扫描,并包括偶场的场消隐期各行在内,最后扫描完整帧,再进入下一帧的奇、偶场扫描。这时,为避免呈现的画面有闪烁现象,只需使场频 $f_v = 50\text{Hz}$ 或 60Hz , 相应的帧频则为 $f_F = 50\text{Hz}$ 或 30Hz 。于是,根据式(1.10)或式(1.11)计算出的 $f_{\max}$ 将减半,视频信号的带宽随之降低一半,这是隔行扫描的根本优点。

由于一帧为 625 行,所以奇、偶场在模拟电视系统中各为 312.5 行,每场中场正程 287.5 行,场消隐 25 行。摄像端实现隔行扫描时,可以依靠对 CCD 芯片上每个光敏单元所属的转移栅(也称读出门)作出控制,例如,拾取奇场视频信号时只让芯片上属于奇场的光敏单元光电荷向外转移,再通过垂直移位寄存器和水平移位寄存器的配合,输出奇场视频信号,拾取偶场视频信号的情况依此类推。

行间转移(IT)或 CCD 由光敏单元、光电荷转移栅、垂直移位寄存器、水平移位寄存器和输出电路等组成,由个别的驱动脉冲(未示出)控制一个光电荷单元随时间转移。IT 型 CCD 依靠设定时钟频率产生的驱动脉冲容易实现符合要求的隔行扫描,即在垂直

移位寄存器的配合下,由水平移位寄存器转移出一行行电荷包,通过输出电路形成一行行视频电流,在输出负载电阻上得到视频电压。可以发现,其缺点是先后转移奇(偶)场视频信号时未利用到偶(奇)场内光敏单元中积累的光图像电荷包,这影响摄像机的灵敏度。一种改进方法是拾取奇场视频信号时将第 1、2 行,3、4 行, $\dots$, $n-1$ 、 n 行内上、下对应的两两电荷包内的电荷先予以合并,作为第 1,3,5, $\dots$, $n-1$ 行的电荷包来形成奇场视频信号,而拾取偶场视频信号时将第 2、3 行,4、5 行, $\dots$, n 、 $n+1$ 行内上、下对应的两两电荷包内的电荷先进行合并,作为第 2,4,6, $\dots$, n 行的电荷包来形成偶场视频信号,从而奇、偶场扫描中都利用到在一场期间由整帧画面上各光敏单元所积累的光电荷,摄像机的灵敏度得到提高。

模拟电视中,为了使接收端的显像管(CRT)重现图像在空间位置上具有准确交错间隔的奇、偶场画面,要求驱动显像管电子束扫描的场频和行频两个锯齿电流的周期之间有精确的比例关系,表达式为

$$T_V = T_H \cdot (2k+1)/2 = kT_H + 0.5T_H = (k+0.5)T_H \quad (1.12)$$

式中, k 为正整数。具体的, $k=312$,所以

$$T_V = 312.5T_H \quad (1.13)$$

也就是,每场有 312.5 行(整数行加半行),一帧的行数随之应为奇数值(625 行)。扣除每场的场消隐期 25 行,得到有效图像行为每场 287.5 行,对应于一帧 575 行(奇数值,是模拟电视系统中采用隔行扫描所必需的)。

在数字电视方面,标准清晰度电视系统中虽然也是 625 行/50 场/2:1 隔行的扫描规范,但不需确保 $T_V = (k+0.5)T_H$ 的关系。数字标准清晰度电视(SDTV)中,规定每场均为整数的 288 行,一帧的有效画面共 576 行(偶数值)。而两场的场消隐期有差异,第一场(相当于奇场)的场消隐期为 24 行(按实际序号,位于第一场场正程行序号之前);第二场(相当于偶场)的场消隐期为 25 行(按实际行序号,位于第二场场正程行序号之前),即场消隐期共 49 行。这样,每场为 288 整数行。因为在数字领域内,使两场的正程视频数据在画面以上空间交错方式间隔地呈现比较方便。

1.3 视频信号

1.3.1 概述

通过行、场扫描由 CCD 输出的有效画面上的一行行、一场场景物像基带电信号可称为图像信号,在行、场扫描的逆程期间,CCD 给出行、场消隐信号(综合称为复合消隐信号或简称复合消隐),为了使接收端收到(图像信号+复合消隐)时能在显示屏上重现出画面稳定、水平不撕裂、垂直不滚动的正常图像,还需在传输信号中加入行、场(扫描)同步信号(综合称为复合同步信号或复合同步)。因此,实际需要传输的视频信号应由图像信号、复合消隐和复合同步三大部分组成,在先前的黑白电视广播中它们总称为黑白(基带)视频信号,而在彩色电视广播中则总称为彩色(基带)视频信号。

黑白电视广播中,图像信号是一路反映景物画面上各像素明暗信息的亮度信号,在