

21 世纪高等学校电子信息类教材

数字电视技术基础

● 惠新标 郑志航 主编 ● 马长华 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高等学校电子信息类教材

数字电视技术基础

惠新标 郑志航 主编

马长华 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地讲述电视的基本原理,彩色电视基础与制式,数字电视的基本参数与相关标准,数字视频压缩方法与标准,数字音频压缩方法与标准,数字电视码流的物理和句法表示、逻辑结构、重要参数,数字电视码流的技术应用,数字电视传输信道编码和调制方法,数字电视的有线、地面和卫星广播传输标准,数字电视接收方法及显示器件,最后介绍数字电视所带来的新的广播业务模式,以及视频压缩技术和计算机网络技术相结合的流媒体的业务和技术的发展。

本书可作为高等学校电子类相关专业的教材,也可供有关专业技术人员参考。

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

数字电视技术基础 / 惠新标, 郑志航主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.7

(21 世纪高等学校电子信息类教材)

ISBN 7-121-01536-6

I. 数… II. ①惠… ②郑… III. 数字电视—高等学校—教材 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 076527 号

责任编辑: 韩同平

特约编辑: 王昌铭

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 518.4 千字

印 次: 2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 27.50 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 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。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

本书是为高等学校电子类专业编写的一本数字电视方面的教材。

本书深入浅出地阐述数字电视的基本原理,结合作者的实践,对数字电视码流技术做了深入探讨,比较系统地介绍数字电视技术的应用,内容安排如下。

第一部分 模拟电视技术:第1章概略地介绍模拟电视基础知识,包括电视在发明初期所涉及的主要原理与方法,以及模拟电视的基本参数,电视信号的组成和处理等;第2章主要介绍彩色电视的原理,包括三基色原理、彩色信号的处理,以及模拟彩色电视制式。

第二部分 数字电视的信源参数及处理:第3章介绍数字电视的基本参数及其制定基础,以及数字电视格式标准;第4章介绍数字电视中视频压缩方法,包括静止图像、运动图像压缩编码所采用的变换编码、预测编码、熵编码等,以及视频压缩的最新技术和标准;第5章介绍数字电视中音频压缩原理与标准,主要对 MUSICAM、杜比 AC-3、AAC 等音频编码标准及其采用的技术进行详细分析。

第三部分 数字电视码流技术:第6章介绍数字电视码流的基本概念和技术,对码流的物理形式、句法形式与结构、逻辑结构与相互关系、重要参数和方法等进行深入探讨;第7章介绍数字电视码流的一些非直接视、音频的应用,包括条件接入、数字电视数据广播、数字电视字幕等应用。

第四部分 数字电视的信道编码传输系统:第8章介绍数字电视的常用信道编码和调制方法;第9章介绍数字电视的信道传输标准,包括 DVB 的标准系列、ATSC 和 ISDB-T 的地面广播标准,以及我国数字电视地面广播标准研究的技术简介。

第五部分 数字电视接收和显示:第10章介绍数字电视接收方法和数字电视接收机层次结构,以及目前常用的数字电视显示新设备。

第六部分 数字电视和数字视音频新业务:第11章介绍数字电视所引入的新的业务形式(交互电视、分众电视等),以及数字视、音频与网络结合而出现的流媒体业务的基本技术和发展。

本书由惠新标、郑志航主编并统稿,具体写作分工是:解蓉第1章,第2章,4.4节;郑志航3.1节,第5章,第8章,10.2节;惠新标3.2节,6.5节,7.1节,第9章,第11章;郑绛宇4.1节,4.2节,4.3节,4.5节;戚丹青6.1节,6.2节;顾樑6.3节,10.1节;顾沛峰6.4节,7.3节;顾燕玲7.2节。

本书由马长华教授审阅。本书编写过程中还得到上海市广播科学研究所邹元祥所长、部分技术人员,以及上海交通大学余松煜教授等的大力支持,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平和经验有限,书中难免有一些缺点和错误,诚望广大师生及参考本书的其他读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电视基本原理.....	(1)
1.1 电视系统组成原理.....	(1)
1.2 扫描和同步	(4)
1.2.1 逐行扫描.....	(4)
1.2.2 隔行扫描.....	(6)
1.2.3 扫描的同步.....	(7)
1.3 电视图像的基本参量	(10)
1.3.1 图像的几何特征	(11)
1.3.2 场频.....	(12)
1.3.3 分解力和清晰度	(12)
1.4 电视信号的发送和接收	(15)
1.4.1 图像残留边带调制	(16)
1.4.2 声音调频.....	(17)
1.4.3 射频全电视信号	(17)
思考题.....	(19)
第2章 彩色电视原理.....	(20)
2.1 三基色原理和彩色显像管.....	(20)
2.2 亮度信号、色差信号及其组成.....	(25)
2.2.1 亮度、色差与彩色分量的关系.....	(25)
2.2.2 标准彩条亮度与色差信号的波形及特点	(27)
2.3 彩色电视制式	(28)
2.3.1 频谱交错原理	(28)
2.3.2 NTSC 制式	(32)
2.3.3 PAL 制式	(37)
思考题.....	(49)
第3章 数字电视基本参数	(50)
3.1 视觉特性与数字电视参数.....	(50)
3.1.1 视角和临场感	(50)
3.1.2 垂直细节和观看距离	(51)
3.1.3 水平细节和视频带宽	(53)
3.1.4 利用视觉特性的信号压缩	(54)
3.1.5 视觉的时间因素	(56)
3.2 数字电视图像格式.....	(57)

3.2.1	ITU-R BT.601 标准系列	(57)
3.2.2	其他常见图像格式	(61)
	思考题	(62)
第 4 章	视频压缩编码	(63)
4.1	帧内压缩编码技术	(64)
4.1.1	变换编码	(64)
4.1.2	量化	(67)
4.1.3	可变长编码	(68)
4.1.4	JPEG 标准	(72)
4.2	帧间预测编码原理	(77)
4.2.1	相关压缩原理	(77)
4.2.2	运动补偿和运动估计	(78)
4.2.3	H.261 压缩算法	(81)
4.3	MPEG-1 和 MPEG-2	(83)
4.3.1	I 帧、P 帧和 B 帧	(84)
4.3.2	MPEG-1 和 MPEG-2 视频编码的层次结构	(84)
4.3.3	MPEG-2 的类和级	(87)
4.3.4	MPEG-2 的编码和解码	(88)
4.4	MPEG-4	(92)
4.4.1	MPEG-4 视频整体框架	(93)
4.4.2	形状编码	(95)
4.4.3	运动信息编码	(96)
4.4.4	纹理编码	(97)
4.4.5	Sprite 编码	(97)
4.4.6	MPEG-4 视频流的容错性	(98)
4.4.7	MPEG-4 视频的类和级	(100)
4.5	H.264	(101)
4.5.1	H.264 的编码器和解码器	(101)
4.5.2	H.264 的先进技术	(102)
4.5.3	H.264 标准中的类	(110)
4.5.4	H.264 的发展和 AVS	(111)
	思考题	(111)
第 5 章	音频压缩编码	(112)
5.1	数字音频压缩编码基础	(112)
5.1.1	掩蔽效应与音频编码	(112)
5.1.2	音频编码过程和实现	(115)
5.2	MPEG-1/2 音频编码	(117)
5.2.1	编码器	(118)

5.2.2	MPEG 音频解码	(127)
5.3	AC-3 音频编码	(127)
5.3.1	AC-3 的编码过程	(127)
5.3.2	AC-3 解码	(132)
5.4	高级音频编码 (AAC)	(133)
5.4.1	AAC 编码	(133)
5.4.2	AAC 解码	(137)
	思考题	(137)
第 6 章	数字电视码流基础	(138)
6.1	MPEG-2 中的码流	(138)
6.1.1	基本码流	(139)
6.1.2	PES 流	(141)
6.1.3	节目码流	(143)
6.1.4	传输流	(144)
6.2	码流的逻辑结构	(146)
6.2.1	逻辑结构的描述方法	(147)
6.2.2	MPEG-2 中的 PSI 表	(148)
6.2.3	DVB 中的服务信息	(152)
6.2.4	TS 流的逻辑结构	(154)
6.3	码流的时间信息	(155)
6.3.1	时间信息中的基本概念	(155)
6.3.2	恢复系统时钟	(158)
6.3.3	码流系统目标解码器	(159)
6.3.4	以音频为基准的视音频间同步方法	(161)
6.4	码流复用	(162)
6.4.1	码流复用的基本功能	(162)
6.4.2	复用器的实现	(163)
6.4.3	复用与系统控制	(167)
6.5	DVB 码流接口标准	(169)
	思考题	(170)
第 7 章	数字电视码流应用	(171)
7.1	条件接入	(171)
7.1.1	数字电视条件接入系统构成	(172)
7.1.2	条件接入系统的工作原理	(174)
7.1.3	条件接入中的加解密算法	(176)
7.1.4	同密与多密	(176)
7.1.5	DVB 公共接口	(178)
7.2	数据广播	(179)

7.2.1	DSM-CC	(180)
7.2.2	DVB 的数据广播	(186)
7.2.3	ATSC 的数据广播标准	(195)
7.3	数字电视字幕	(196)
7.3.1	数字电视字幕的编码	(197)
7.3.2	数字电视字幕的解码	(203)
	思考题	(204)
第 8 章	数字电视信道编码与调制	(205)
8.1	数字信号的信道传输	(205)
8.1.1	数字信号的表示和参数	(205)
8.1.2	信道中的噪声、衰落和干扰	(206)
8.2	信道编码	(212)
8.2.1	分组编码	(212)
8.2.2	RS 码	(213)
8.2.3	卷积码和维特比译码	(216)
8.2.4	级联码和 Turbo 码	(221)
8.2.5	低密度奇偶校验码	(223)
8.3	调制技术	(227)
8.3.1	四相移位键控	(228)
8.3.2	正交幅度调制	(228)
8.3.3	残留边带调制	(229)
8.3.4	正交频分复用调制	(229)
	思考题	(234)
第 9 章	数字电视传输标准	(235)
9.1	电视传输系统	(235)
9.2	欧洲的数字电视传输标准	(238)
9.2.1	数字卫星电视	(238)
9.2.2	数字有线电视	(242)
9.2.3	数字电视地面广播	(244)
9.3	美国的 ATSC 标准	(250)
9.3.1	ATSC 概述	(250)
9.3.2	VSB 调制	(252)
9.4	日本的数字电视标准	(256)
9.4.1	ISDB-T 概述	(256)
9.4.2	ISDB-T 信道编码	(257)
9.4.3	ISDB-T 调制	(258)
9.4.4	ISDB-T 传输与复用配置控制	(260)
9.5	我国数字电视地面传输技术进展	(261)

9.5.1	DMB-T	(262)
9.5.2	ADTB-T	(263)
思考题		(264)
第 10 章	数字电视接收、应用与显示	(265)
10.1	数字电视接收	(265)
10.1.1	电子节目指南	(265)
10.1.2	机顶盒	(267)
10.2	新型显示器	(273)
10.2.1	液晶显示	(273)
10.2.2	等离子体显示屏	(282)
10.2.3	发光二极管	(288)
思考题		(289)
第 11 章	广播与媒体服务新模式	(290)
11.1	交互电视	(290)
11.2	分众电视	(293)
11.3	网络电视与流媒体	(296)
11.3.1	流媒体系统概述	(297)
11.3.2	流媒体编码技术	(300)
11.3.3	流媒体传输技术	(300)
11.3.4	流媒体服务质量保证技术	(306)
11.4	广播模式的发展趋势	(308)
思考题		(309)
附录 A	RS 编码的代数基础	(310)
参考文献		(313)

第 1 章 电视基本原理

电视从试验播出到现在,有近 80 年的历史,已经由一种简单的通信媒体发展成为现代社会海量信息的最受人们欢迎的载体。随着科学技术的进步,电视已经由当初的电子管模拟电视发展到 20 世纪 90 年代崭露头角的数字电视,数字电视已成为新一代电视的发展方向。模拟电视是数字电视的基础,从原理上讲清模拟电视可以从简到繁、可以用对比的方法理解数字电视。

1.1 电视系统组成原理

电视的基本思想是将某处景物的图像在另一处的人眼中重现。图像重现包含图像信息的获取、转换、传输和再现等过程。一个基本的电视系统的组成方框图如图 1-1 所示。

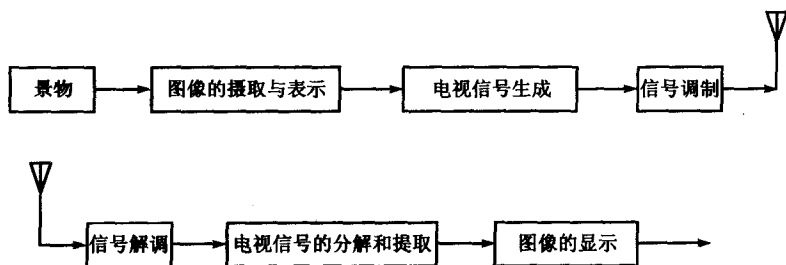


图 1-1 电视系统组成方框图

1. 摄像的基本原理

图像信息的获取通过摄像来完成。图像的摄取(即摄像)是通过光电转换来实现的。在电视系统中,用摄像器件实现光电转换。图 1-2 所示为电子束扫描摄像管结构示意图。

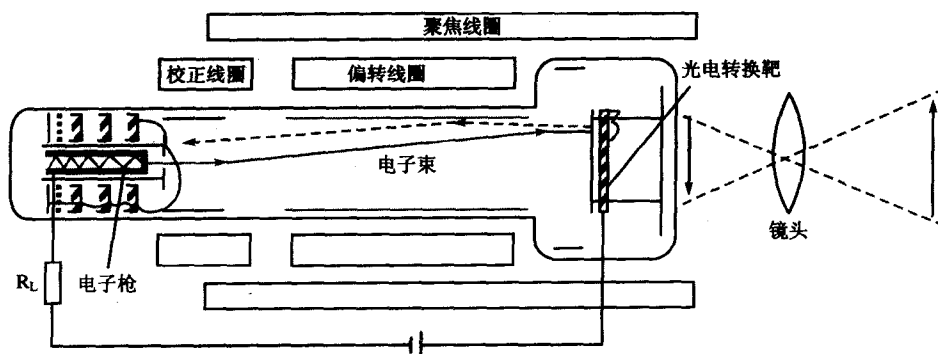


图 1-2 电子束扫描摄像管结构示意图

摄像管是一种主要由光电转换靶、电子枪等构成的电真空器件。一般配有镜头、聚焦线

圈和偏转线圈，形成基本摄像组件。光电转换靶由光敏半导体材料构成，具有受光作用之后电阻率转小的性能。当景物发出或反射的光投射到摄像管光敏靶面上时，由于光学图像各点亮度不同，造成光电转换靶上各点电阻不一样，与较亮像素对应的靶单元的阻值较小，与较暗像素对应的靶单元的阻值较大，从而在靶面上的各点形成与光像亮度分布相对应的电阻分布，“光像”就变成了“电像”。当电子枪发射的电子束逐点扫描靶面时，会在连接靶的外电路中形成强弱受光调制的电子流，在负载 R_L 上依次得到代表被扫描点亮度的电信号。如果电子束按一定规律扫描整个靶面，就能顺序产生代表整个图像的电信号。以上所述的摄像管将光学图像转换成电信号的过程，就是电视摄像的基本原理。

2. 显示基本原理

电视接收机是电视系统的终端设备，其核心器件是用于重现图像的显像管。电视显像管应用光电效应来实现电光转换，把摄像机输出的包含电视图像信息的电信号转换成光信号，重现电视图像。显像管结构示意图如图 1-3 所示。显像管是一种电真空器件，主要由电子枪和荧光屏组成。电子枪由灯丝、阴极、栅极（控制极）、第一阳极（加速极）、第二阳极（高压极）和第三阳极（聚焦极）组成。

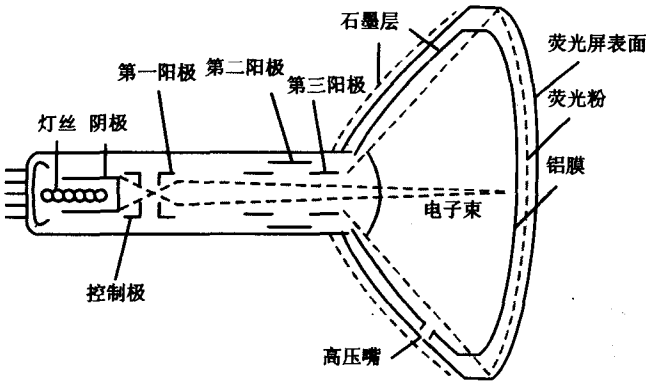


图 1-3 显像管结构示意图

由阴极发射出的电子束按从左到右，从上到下的顺序依次轰击荧光屏。屏面上涂有荧光粉，在电子束轰击下荧光粉发光，其发光亮度正比于电子束携带的能量。若将摄像端送来的信号加到显像管电子枪的阴极与栅极之间，就可以控制电子束携带的能量，使荧光屏的发光强度受图像信号的控制。假设显像管的电光转换是线性的（实际为非线性的），那么屏幕上所重现的图像，其各像素的亮度都正比于所摄图像相应各像素的亮度，屏幕上便重现发端的原图像。

3. 电视信号的传送

(1) 图像的表达方法

电视图像所要表示的内容是自然界景物的二维投影。根据人眼视觉特性，自然界景物的色彩要用三个基本参量来描述，即亮度 Y 、色调 H 和色饱和度 S ，而它们又分别是空间和时间的变量，即：

$$Y = f_Y(x, y, z, t) \tag{1-1}$$

$$H = f_H(x, y, z, t) \quad (1-2)$$

$$S = f_S(x, y, z, t) \quad (1-3)$$

电视关心的只是景物的二维投影像，因此所传图像的空间坐标为二维。

(2) 图像顺序传送原理

图像的自变量空间是连续的，而且有三维 (x, y, t) 。因此，为完整无损地传送图像，需要传送三个连续三维变量。

我们知道，在目前的技术条件下，采用电磁波作为传输信道时，其自变量只能为一维，即它只能在一定带宽内传输一个或几个随时间变化的量（例如：电磁波的幅度、相位、频率随时间的不同而不同，表示一个或多个参量）。显然，电视图像不经处理是无法在广播信道中传输的。

一幅平面图像，根据人眼对细节分辨力有限的视觉特性，总可以看成是由许许多多的小单元组成的。在图像处理系统中，这些组成画面的细小单元称为像素。像素越小，单位面积上的像素越多，由其构成的图像就越清晰。

理论上，如果采用并行传输方式，把要传送的图像分解成许多像素，并把这些像素变成电信号，再分别用各个信道传送出去，到了接收端在屏幕上转换成光信号，那么发送端所拍摄的图像就能在屏幕上得到重现。但是这种传输方式过于复杂，难以实现，而且不经济。

实际应用的传输方式是串行传输，即把图像的各个像素的亮度按一定的顺序一个一个地转换成相应的电信号并一次传送出去，接收端再按同样顺序将各个电信号在对应位置上转变成具有相应亮度的像素。顺序传送电视系统示意图如图 1-4 所示。

这种像素的串行传输方式具有两个特点：

① 传送速度快。只有传送迅速，传送时间小于视觉暂留时间，重现图像才会给人以连续无跳动的感觉。

② 传送要准确。每个像素一定要在轮到它传送时才被转换、传送，并被接收端接收。而且收、发双方每个像素被转换、还原的几何位置一一对应，即收发双方应同步工作。

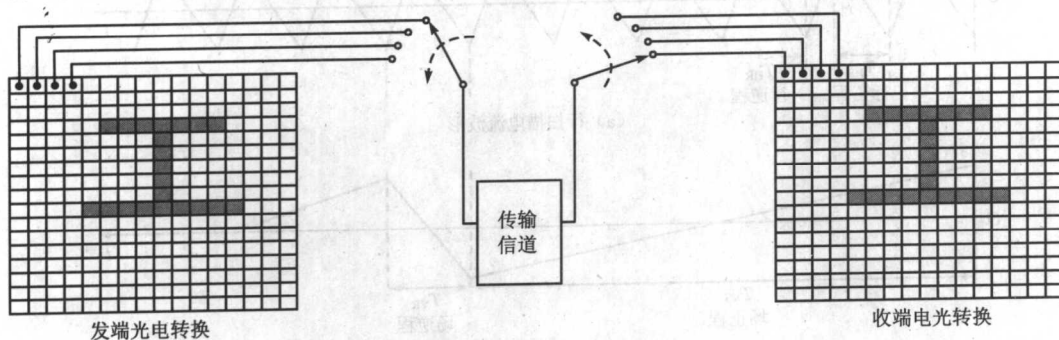


图 1-4 顺序传送电视系统示意图

(3) 顺序转换的实现——扫描

电视系统中把构成一幅图像的各像素都传送一遍，称为进行了一个帧处理，或称为传送了一帧。每帧图像由许多像素组成。

将组成一帧图像的像素，按顺序转换成电信号的过程（或逆过程），称为扫描。扫描的过程与人们看书时视线从左到右、自上而下依次进行的过程相类似。从左至右的扫描称为行扫描；自上而下的扫描称为帧（或场）扫描。电视系统中，扫描多是由电子枪发射的电子

束实现的，通常称其为电子扫描。通过电子扫描与光电转换，就可以把反映一幅图像亮度的空间与时间的函数，转换为只随时间变化的单值函数（电信号），从而实现平面图像的顺序传送。

1.2 扫描和同步

正如前面所述，将一幅图像上各像素相应的电信号，以及将这些顺序传送的电信号再重新恢复为一幅重现图像的过程（即图像的分解与重现），都是通过电子扫描来实现的。摄像管与显像管中，电子束按一定规律在靶面上或荧光屏面上运动，即可完成摄像与显像的扫描过程。

电子扫描是通过电子束在偏转磁场的作用下发生偏转而实现的。当装在摄像管或显像管外面的偏转线圈中通过电流时，会产生偏转磁场，磁场的方向取决于流过线圈的电流方向。电子束垂直穿过磁场时，在磁场力的作用下要发生偏转，其偏转方向遵从左手定则。若偏转线圈中电流方向改变，则电子束的偏转方向也发生改变。若偏转线圈中的电流为零，则电子束不偏转，射向荧光屏的中央。因此，流过偏转线圈中电流的幅度和方向，将决定偏转线圈中磁场的强弱和方向，最终决定电子束偏转角度的大小和方向。

1.2.1 逐行扫描

在电视系统中，摄像管与显像管外面都装有行与场两对偏转线圈。当偏转线圈中分别流过行、场锯齿波扫描电流时就会产生相应的垂直方向与水平方向的偏转磁场，在这两个磁场的共同作用下，使电子束做水平与垂直方向的扫描运动。在锯齿波电流作用下，电子束产生自左向右、自上而下，一行紧跟一行的扫描，因而称其为逐行扫描。逐行扫描电流波形如图 1-5 所示。

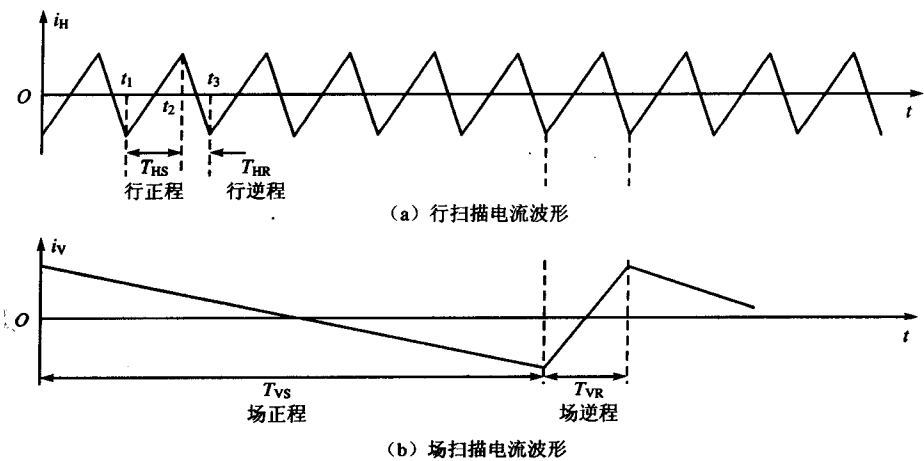


图 1-5 逐行扫描电流波形

电子束在靶面上或屏幕上的扫描轨迹称为扫描光栅。产生使电子束按照指定方式偏转的电信号的设备称为扫描发生器。

图 1-6 所示为逐行扫描光栅示意图。光栅形状为矩形。根据人眼视觉特性，光栅幅型比（宽高比）定为 4：3。

当行扫描锯齿波电流流过行偏转线圈时，电子束将在水平方向上（ x 方向）受到偏转力，

因而产生水平方向上的扫描，称为行扫描。扫描电流在 $t_1 \sim t_2$ 时间内（见图 1-5）线性上升，电子束在水平方向上受到自左向右的作用力，因而由左端逐渐移到右端，这一段扫描过程称为行正程扫描。行正程扫描所需要的时间称为行扫描正程时间，用 T_{HS} 表示。当行扫描电流在 $t_2 \sim t_3$ 时间内由最大值迅速下降时，电子束在水平方向上受到自右向左的作用力，将从右端快速返回左端，这一段扫描过程称为行逆程扫描。行逆程扫描所需要的时间称为行扫描逆程时间，用 T_{HR} 表示， $T_{HR} \ll T_{HS}$ 。若来回扫描一次所需时间用 T_H 表示，则 $T_H = T_{HS} + T_{HR}$ ，称为行扫描周期。这里规定 $T_{HV} / T_H = \alpha$ ， α 称行扫描逆程系数，一般在 18% 左右。行扫描频率 $f_H = 1/T_H$ 。

如果只在显像管的行偏转线圈中通入行扫描电流，即只有行扫描时，则将在屏幕中间出现一条水平亮线，如图 1-6 (a) 所示。

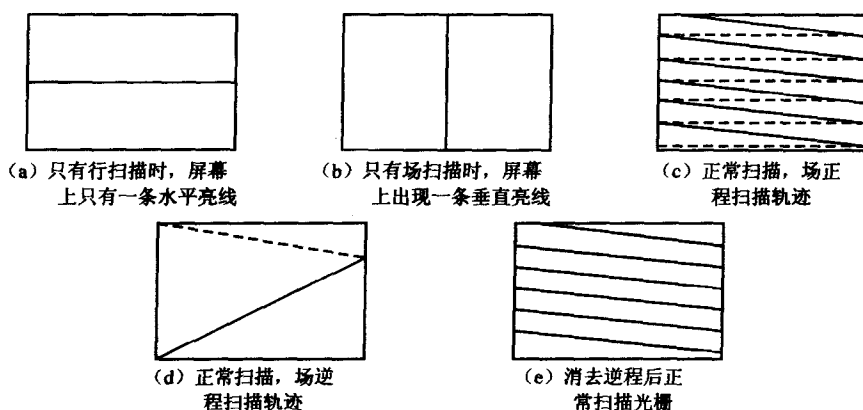


图 1-6 逐行扫描光栅示意图

当把场扫描锯齿波电流送到场偏转线圈时，电子束将在垂直方向（y 方向）受到偏转力的作用，产生垂直方向的扫描（场扫描）。图 1-5 (b) 所示为场扫描锯齿波电流波形，当电流线性下降时，电子束因受到向下作用力在垂直方向由上端向下端移动，这一过程称为场正程扫描。电子束由上端扫描到下端所需时间称为场扫描正程时间，用 T_{VS} 表示。当线圈中电流以较快速率增加时，电子束将从下端快速返回上端，这一过程称为场逆程扫描。场逆程时间用 T_{VR} 表示，且 $T_{VR} \ll T_{VS}$ 。电子束在垂直方向来回扫描一次的时间为场扫描周期，用 T_V 表示，显然， $T_V = T_{VR} + T_{VS}$ 。相应的场扫描频率 $f_V = 1/T_V$ 。这里 $T_{VR} / T_V = \beta$ ，称场扫描逆程系数，一般在 8% 左右。

如果只有场扫描过程，则屏幕上将出现如图 1-6 (b) 所示的一条垂直亮线。

当行扫描电流与场扫描电流同时分别流过行、场偏转线圈时，电子束就在水平偏转力与垂直偏转力共同作用下进行扫描。由于电子束水平运动速度 dx/dt 远大于垂直运动速度 dy/dt ，或者说 $f_H \gg f_V$ ，所以在屏幕上出现的是稍微倾斜的直线光栅。

为便于理解，我们把场正程与场逆程光栅分开画。图 1-6 (c) 所示为场正程期的扫描光栅，实线为行正程扫描光栅，虚线为行逆程扫描光栅，一场中有 7 行逐行扫描。图 1-6 (d) 所示为场逆程期的扫描光栅。图 1-6 (e) 所示为把行逆程扫描线与场逆程扫描线都消隐后的光栅图形，它由 6 条倾斜亮线组成。如果一场中扫描行数很多，则光栅倾斜度就会减小，甚至看不出倾斜度，而被近似认为是水平直线光栅。

1.2.2 隔行扫描

逐行扫描虽具有简单、可靠等优点,但是为了得到高质量的图像,必须要求传输通道具有很宽的频带,因此,在模拟广播电视系统中,都不用逐行扫描,而采用隔行扫描。

1. 隔行扫描的意义

在电视系统中要使传送的图像清晰,并具有活动连续而又无闪烁感,则要求传送频率大于人眼临界闪烁频率(人眼的临界闪烁频率为 47Hz 左右,它与图像的亮度、对比度等因素有关),即每秒传送 47 场以上的图像。因此,我国电视制式规定,场扫描频率 $f_V=50\text{Hz}$,每帧图像的扫描行数为 625 行。若采用逐行扫描的话,帧频与场频相等。理论分析可以得出,电视图像信号的最高频率为 11~12MHz。可见视频信号带宽将相当宽。要传送频谱这样宽的信号,不但会使设备复杂化,而且会使在规定的可供电视系统使用的频段内所容纳的电视频道数目减少。如若为了减小带宽而降低场频,将会导致重现图像的闪烁;减少每场扫描行数,又会降低图像的清晰度。可见逐行扫描无法解决带宽与闪烁感及清晰度的矛盾。于是提出了既可克服闪烁感,又不增加图像信号带宽的隔行扫描方式。

在我国,隔行扫描每秒传送 50 场,即场频 $f_V=50\text{Hz}$,将有效地降低闪烁感。这时帧频为 25Hz。隔行扫描既降低了闪烁感,又使图像信号的带宽仅为逐行扫描的一半,大约为 5.5MHz,所以我国规定视频信号带宽按照 6MHz 分析计算。

2. 隔行扫描的实现

隔行扫描的行结构比逐行扫描复杂一些。图 1-7 所示为隔行扫描电流波形图。图中 i_H 为行扫描电流波形, i_V 为场扫描电流波形。一帧光栅由 11 行组成。隔行扫描将一帧图像分成两场进行扫描,如图 1-8 所示。第一场扫出 1、3、5、7、9, …奇数行,第二场扫出 2、4、6、8, …偶数行。扫描奇数行的场称为奇数场,扫描偶数行的场称为偶数场。每帧图像经过两场扫描,所有像素全部扫完,以后重复上述过程。如果每秒传送 25 帧图像,那么每秒扫描 50 场,场频为 50Hz,高于人眼的临界闪烁频率,一般不会出现亮度闪烁现象。

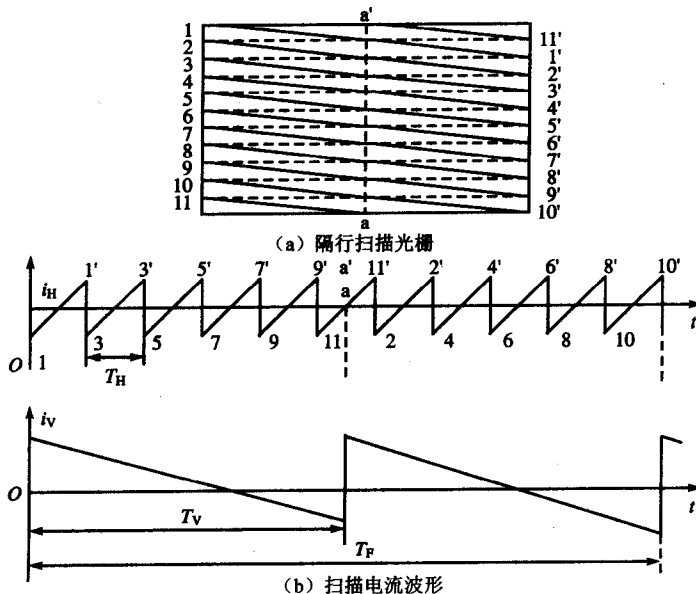


图 1-7 隔行扫描光栅及扫描电流波形图

两场光栅均匀交错（嵌套）是对隔行扫描的基本要求，否则垂直清晰度将大大降低。为了使奇数场光栅镶嵌在偶数场光栅中间（见图 1-8 (a)），每一场必须包含半行扫描，这就要求每一帧的扫描行数为奇数行。其次，在隔行扫描中，整个画面的变化是按场频重复的，它高于临界闪烁频率，因而减小了闪烁感。但就每行而言，它仍是按帧频重复的，即每 40ms 重复一次，每秒重复 25 次，这是低于临界闪烁频率的。所以，当电视观众靠近电视机观看时，仍会感觉到行间闪烁；但当离开一定距离观看时，行间闪烁就不怎么明显了。为了使闪烁减小到可接受的水平，又要保持带宽不变，采用隔行扫描是最好的折中，但会产生行间闪烁、爬行、快速运动时移动物体的垂直边缘模糊（锯齿化现象）等问题。

1.2.3 扫描的同步

在电视系统中，为了能够正确地重现图像，要求接收端与发送端同步扫描，即扫描起始相位相同、扫描频率相同，否则就会出现画面失真或不稳定现象。

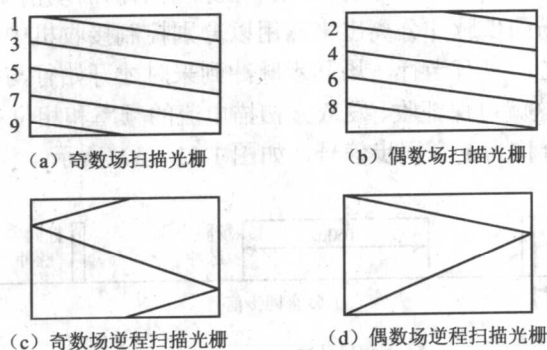


图 1-8 隔行扫描光栅

如果扫描起始时间不一致，即相位不同步，则将引起如图 1-9 所示的图像分裂现象。其中图 1-9 (a) 为需要传送的原图像，如果接收端行扫描电流起始相位滞后于发送端半行时间，则重现的图像将是如图 1-9 (b) 所示的左右分裂的图像；如果接收端场扫描电流相位滞后半场时间，则重现图像将是如图 1-9 (c) 所示的上下分裂的图像。

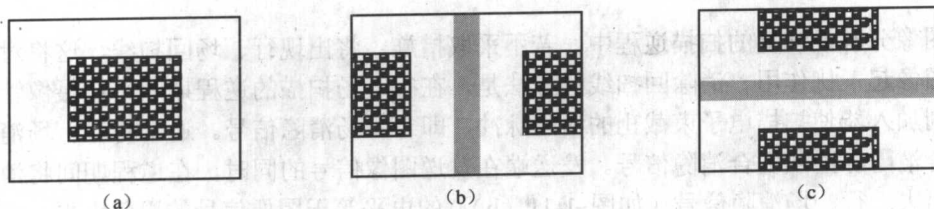


图 1-9 收、发端扫描电流起始相位不同引起图像分裂

如果收、发端扫描频率不同步，重现图像就不稳定。例如，收、发端场扫描频率不同步，会出现图像上下滚动或跳动，如图 1-10 所示。当接收端频率高于发送端频率时，发送端第一场下边的像素会在接收端第二场上边出现，如图 1-10 (b) 所示；反之，当接收端频率低于发送端频率时，则会看到一幅幅向上移动的图像，如图 1-10 (c) 所示。

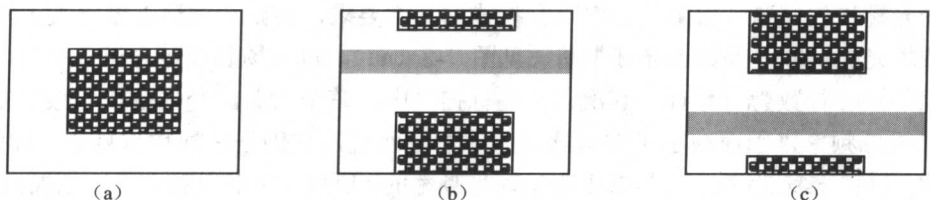


图 1-10 收、发端场频不同引起图像畸变

1. 复合同步信号

为了收、发同步的需要，在电视发送端每当扫描完一行时加入一个行同步脉冲，每当扫描完一场时加入一个场同步脉冲，它们分别在行与场逆程期间传送，其宽度分别小于行、场逆程时间。我国电视标准规定，行同步脉冲宽度为 $4.7\mu\text{s}$ ，脉冲前沿滞后行消隐信号前沿约 $1.3\mu\text{s}$ ；场同步脉冲宽度为 $160\mu\text{s}$ （2.5 个行周期），脉冲前沿滞后场消隐信号前沿 $160\mu\text{s}$ 。在接收端必须先将这些行、场同步脉冲分离出来，用以分别控制接收机中的行、场扫描锯齿波电流的周期和相位。换言之，只有当行、场同步脉冲到来时才开始行与场的回扫（同步脉冲前沿对应逆程开始时刻），这就可保证收、发双方扫描电流的频率和相位都相同，即可保证同步。通常将行、场同步信号合称为复合同步信号，如图 1-11（a）所示。

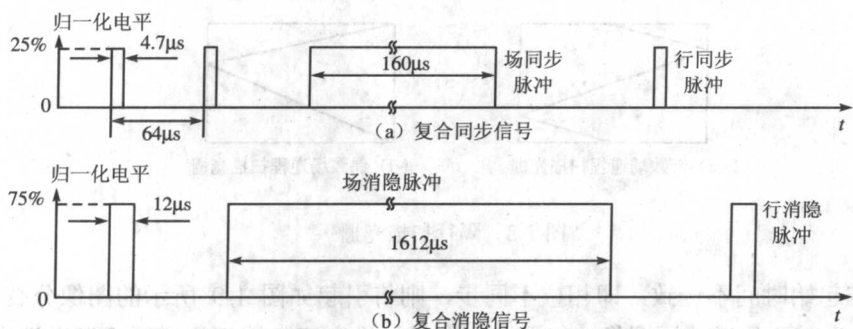


图 1-11 复合同步与复合消隐信号

2. 复合消隐信号

在图像分解或恢复的扫描逆程中，若不采取措施，将出现行、场回扫线，这将对正程所传送的图像起干扰作用。消除回扫线的方法是，在行、场扫描的逆程期间，在摄像管与显像管中分别加入能使扫描电子束截止的消隐脉冲，即行、场消隐信号。通常将行、场消隐信号合称复合消隐脉冲或复合消隐信号。发送端在发送图像信号的同时，在逆程期间将消隐信号也发送出去。行、场消隐信号（如图 1-11（b））的电平等于图像信号的黑色电平；行、场消隐信号的周期应分别与行、场扫描周期相同；行、场消隐脉冲的宽度应分别等于行、场扫描的逆程时间。即行消隐脉冲宽度为 $12\mu\text{s}$ ，场消隐脉冲宽度为 $1612\mu\text{s}$ （其中包含着一个行的逆程 $12\mu\text{s}$ ）。

3. 槽脉冲与均衡脉冲

行、场同步脉冲幅度相同、宽度不同，所以一般借助微分与积分电路的组合来分离行、