

高 等 学 校 规 划 教 材

彩色电视技术

吕淑琴 张金池 孙成立 主 编
杨惠利 刘 南 张 克 副主编

清华大学出版社



高 等 学 校 规 划 教 材

彩色电视技术

吕淑琴 张金池 孙成立 主 编
杨惠利 刘 南 张 克 副主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

全书共分13章,内容包括模拟和数字电视的基本原理和关键技术,模拟及数字信号的发送、接收及传输标准,IPTV与手机电视技术。

本书的重点是模拟及数字电视信号的接收、处理及图像的重现。

本书通俗易懂、实用性强,适合于培养应用型的人才。除可作为大专院校的教材以外,还适合各类家电维修班作为教材,也可以作为电视维修人员及无线电爱好者的参考书。

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

彩色电视技术/吕淑琴,张金池,孙成立主编. —北京:清华大学出版社,2008.12

高等学校规划教材

ISBN 978-7-302-18529-1

I. 彩… II. ①吕… ②张… ③孙… III. 彩色电视—电视接收机—高等学校—教材
IV. TN949.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 139490 号

责任编辑:朱怀永

责任校对:李 梅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.25 插 页:1 字 数:490 千字

版 次:2008年12月第1版 印 次:2008年12月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:028301-01

本书是在编者多年从事“电视技术”教育实践的基础上,根据高等学校电子类专业电视课程的实际需要而编写的。

根据《广播影视科技“十五”规划》,我国将在 2010 年全面实现数字广播电视,2015 年停止模拟广播电视的播出。数字电视取代模拟电视已成为电视技术发展的必然趋势。但是我们知道,在模拟电视向数字电视转制的过渡阶段,全国有近 3 亿台模拟电视在服务于广大用户,因此过渡时期的电视教材的需求显得十分重要。

本书分成 3 大部分:

第 1 部分是模拟电视。在保证理论体系完整性的前提下,以国内外通用的 TA 系列集成电路两片机为讨论的对象,以实际电路图为核心,以电视接收机原理电路分析为重点,以掌握“读图方法”、提高“读图”能力和解决实际问题的能力为目的组织内容。把十分复杂的彩色电视机电路图画化整为零,即根据各部分的功能将其模块化,分成高频头、通道电路、彩色解码电路、伴音电路、行场扫描电路、显像管及附属电路 6 大块;然后沿电视信号的流程,顺序对每一个模块进行详细电路分析。

第 2 部分主要介绍模拟电视到数字电视的过渡——大屏幕数码平板电视。书中首先对大屏幕数码平板电视新技术作了较详细的介绍,例如 I²C 总线技术、数字梳状滤波器、多制式接收技术、图像质量提高技术、多用途输入/输出端子等,并以 LCD40A71—P 液晶电视接收机和等离子电视 TCL—PDP403 型接收机为例,介绍了其接收原理及关键技术。

第 3 部分是数字电视。首先介绍了数字电视原理,内容包括数字电视信号的产生,图像、伴音信号的压缩编码方法(信源编码方法),信道编码和调制方法,数字电视的信道传输标准,包括 DVB 的标准、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。介绍了数字电视信号的卫星、地面、有线三大传输方式的特点,并分别介绍了单载波方式和多载波方式的数字电视信号的发射和接收原理。以具体接收机型为例,讨论了电视信号的信号处理过程及接收的关键技术。最后介绍了 IPTV 与手机电视的技术。

第 1、3、8、9、11 章和附录由北京信息科技大学吕淑琴编写,第 2 章由

石家庄经济学院信息工程学院孙成立编写,第4、5、6、7章由石家庄军械工程学院张金池编写,第10章由北京信息科技大学刘南、北京石油化工学院张克和张威编写,第12章由石家庄经济学院信息工程学院孙成立和北京农业职业学院杨惠利编写。第13章由北京信息科技大学刘南编写。参加编写工作的还有河北师范大学韩清宪、石家庄经济学院信息工程学院孙思梅、天津工程职业技术学院程运峰、北京信息科技大学杨虹等。全书由吕淑琴主编并统稿,张晨燕教授主审。

本书可作为普通高校电类各专业电视技术课程的教材,参考学时为32~60学时。使用时根据各院校的教学特点、学时的多少,在内容上可有所侧重或删减。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请各位专家及广大读者批评指正。

编 者

2008年6月26日

CONTENTS

目 录

第 1 章 广播电视理论基础	1
1.1 电视信号传输与接收过程	1
1.2 电视图像的传送原理	1
1.3 图像的摄取与重现	2
1.3.1 图像的摄取	2
1.3.2 图像的重现	3
1.4 电视扫描	4
1.4.1 逐行扫描	5
1.4.2 隔行扫描	6
1.5 重现图像的基本参数	8
1.6 视频全电视信号	9
1.6.1 图像信号	9
1.6.2 复合同步信号	10
1.6.3 复合消隐信号	12
1.6.4 槽脉冲和均衡脉冲	12
1.6.5 黑白视频全电视信号	13
1.7 射频电视信号	13
1.8 电视信号的传输方式	16
1.8.1 无线传输	16
1.8.2 有线传输	18
思考题与习题 1	19
第 2 章 彩色电视基本原理	20
2.1 彩色电视的理论基础	20
2.2 彩色视频图像信号	23
2.3 电视信号传输制式	27
2.3.1 黑白电视制式概述	27
2.3.2 彩色电视制式概述	27
2.3.3 NTSC 制	28

2.3.4	PAL 制	32
2.3.5	SECAM 制简介	36
思考题与习题 2		36
第 3 章 电视信号接收原理、天线及高频调谐器		38
3.1	电视信号的接收原理	38
3.1.1	黑白电视接收机电路结构框图及显像过程	38
3.1.2	彩色电视接收机组成框图及信号接收过程	39
3.2	电视接收天线、馈线及阻抗变换器	40
3.2.1	电视接收天线	40
3.2.2	传输线与阻抗变换器	44
3.3	高频调谐器	46
3.3.1	高频调谐器的功能及性能要求	46
3.3.2	高频调谐器的类型	48
3.3.3	电子调谐高频头	48
3.3.4	电视频道预置器	52
思考题与习题 3		53
第 4 章 图像中频通道		54
4.1	图像中频通道的功能及性能要求	54
4.1.1	图像中频通道的功能	54
4.1.2	图像中频通道性能及要求	55
4.2	图像中放集成块 TA7680AP 及外围电路分析	57
4.2.1	图像中放集成块 TA7680AP 简介	57
4.2.2	声表面滤波器和前置放大器	59
4.2.3	图像中频放大及 AGC 控制	60
4.2.4	视频检波与预视放	63
4.2.5	噪声抑制电路	64
4.2.6	AFT 电路	65
思考题与习题 4		67
第 5 章 伴音通道		68
5.1	伴音通道的功能及性能要求	68
5.1.1	伴音中频通道的组成及功能	68
5.1.2	伴音中频通道的性能及要求	68
5.2	伴音通道电路分析	69
5.2.1	陶瓷滤波器及应用	69
5.2.2	第二伴音中频限幅放大器	71

5.2.3 鉴频器	71
5.2.4 直流音量控制与音频前置放大	72
5.2.5 伴音功放与输出电路	73
5.2.6 静噪电路	74
思考题与习题 5	76
第 6 章 PAL 解码器	77
6.1 PAL 解码器的功能及组成	77
6.2 由 TA7698AP 组成的 PAL 解码器	82
6.2.1 TA7698AP 简介	82
6.2.2 亮度信号处理电路	84
6.2.3 色度通道	88
6.2.4 基色矩阵与视频输出	94
思考题与习题 6	97
第 7 章 扫描电路	99
7.1 扫描电路的功能及要求	99
7.2 扫描电路的方框图及各部分的功能	99
7.3 实际的行扫描电路	101
7.3.1 行同步分离电路	102
7.3.2 行振荡、行预激励及 X 射线防护电路	104
7.3.3 行推动	107
7.3.4 行输出电路	108
7.3.5 自动亮度限制 (ABL)	113
7.3.6 保护电路	113
7.3.7 行扫描电路的失真与补偿	114
7.3.8 枕形失真及校正	115
7.4 场扫描电路	117
7.4.1 场扫描电路的功能、组成及工作特点	117
7.4.2 场同步分离电路	117
7.4.3 场振荡与场同步	119
7.4.4 锯齿波形成与放大	120
7.4.5 场输出电路	121
思考题与习题 7	123
第 8 章 模拟及数字电视图像显示器件	124
8.1 阴极射线管显示器	124
8.1.1 概述	124

8.1.2	CRT 自会聚显像管的结构	125
8.1.3	自会聚原理	126
8.1.4	色纯度及调整原理	128
8.1.5	CRT 彩色显像管附属电路	128
8.2	液晶显示器	131
8.2.1	液晶的基础知识	131
8.2.2	液晶显示器件及显示原理	132
8.2.3	液晶电视中 TFT 液晶屏的驱动	137
8.2.4	LCD 的特点	138
8.3	等离子体显示器	139
8.3.1	等离子体的概念	139
8.3.2	等离子体显示原理	140
8.3.3	等离子体显示屏显示过程	143
8.4	平板显示器的主要性能指标	145
8.4.1	图像分辨率(显示容量)	145
8.4.2	显示色数	146
8.4.3	可视角度	146
	思考题与习题 8	147
第 9 章	平板电视技术	148
9.1	平板电视新技术	148
9.1.1	平板电视的特点	148
9.1.2	I ² C 总线技术	149
9.1.3	图像质量提高技术	151
9.1.4	数字梳状滤波器	154
9.1.5	多制式接收技术	156
9.1.6	伴音电路新技术	158
9.1.7	菜单式图像、伴音控制原理	160
9.1.8	多用途输入/输出端子	161
9.2	液晶电视	161
9.2.1	液晶电视概述	161
9.2.2	LCD40A71—P 液晶电视接收机功能、特点及技术规格	162
9.2.3	液晶电视接收机电路组成	163
9.2.4	图像信号处理电路	163
9.2.5	液晶电视接收机高频电路板	168
9.2.6	信号输入电路	169
9.2.7	伴音信号处理电路	173
9.2.8	存储器电路	176

9.2.9	电源及开机/待机控制电路	177
9.2.10	LCD 屏显接口及控制电路	179
9.2.11	LCD40A71—P 液晶屏规格说明	180
9.2.12	LCD—TV 的安装与保养	181
9.3	等离子体电视接收机	182
9.3.1	PDP—TV 概述	183
9.3.2	PDP—TV 的六大优势及缺点	183
9.3.3	PDP—TV 主要电路原理	184
	思考题与习题 9	188
第 10 章	数字电视原理	190
10.1	概述	190
10.1.1	数字电视的概念	190
10.1.2	数字电视机和数字化电视机	190
10.1.3	标准清晰度电视与高清晰度电视	191
10.1.4	模拟电视的缺陷与数字电视的优点	191
10.1.5	数字电视广播系统的组成	192
10.2	模拟电视信号的数字化过程	194
10.2.1	模拟信号采样	194
10.2.2	电视信号的量化	197
10.2.3	电视信号的编码过程	198
10.3	视频信号编码方式与演播室编码标准	199
10.3.1	视频信号的编码方式	199
10.3.2	演播室分量电视信号数字编码标准 ——ITU—RBT. 601 建议	199
10.4	信源编码	203
10.5	信道编码	209
10.5.1	信道编码概述	209
10.5.2	线性分组码	212
10.5.3	循环码	213
10.5.4	RS 码(里德-索罗蒙码)	216
10.5.5	卷积码	217
10.5.6	编码与调制相结合的卷积码(TCM)	220
10.6	数字调制	223
10.6.1	数字调制概论	223
10.6.2	QPSK 和 DQPSK 调制、解调原理	224
10.6.3	正交幅度调制(QAM)	229
10.6.4	MVSB 调制	231

思考题与习题 10	232
第 11 章 数字电视标准	233
11.1 欧洲的数字电视传输标准	235
11.1.1 数字卫星电视	235
11.1.2 数字有线电视	237
11.1.3 数字电视地面广播	239
11.2 美国的 ATSC 标准	243
11.2.1 ATSC 概述	243
11.2.2 VSB 调制	244
11.3 日本的数字电视标准	248
11.3.1 ISDB-T 概述	248
11.3.2 ISDB-T 信道编码	249
11.3.3 ISDB-T 调制	250
11.3.4 ISDB-T 传输与复用配置控制	250
11.4 我国数字电视地面广播传输标准	250
11.4.1 我国数字电视地面广播传输标准的技术特点	251
11.4.2 数字电视地面广播系统的组成	253
11.4.3 编码和调制	254
11.4.4 复帧	259
11.4.5 信号帧	260
11.4.6 帧体数据处理	264
11.4.7 基带后处理	264
11.4.8 射频信号	265
11.4.9 基带信号频谱特性	265
11.4.10 系统净荷数据率	265
思考题与习题 11	266
第 12 章 数字电视信号的发射与接收	267
12.1 数字卫星电视信号的发射系统	267
12.2 数字电视卫星接收系统	269
12.2.1 卫星接收系统的室外部分	270
12.2.2 数字卫星接收机	270
12.3 数字有线电视的前端系统与接收机	275
12.3.1 数字有线电视的前端系统	275
12.3.2 数字有线电视接收机	277
12.4 数字地面电视广播系统	281
12.4.1 数字地面电视广播前端	282

12.4.2	数字地面电视信号的接收	283
12.5	数字电视机顶盒	285
12.5.1	常用数字电视机顶盒种类与特点	285
12.5.2	广电总局关于数字电视机顶盒的几项主要规定	286
12.5.3	数字电视机顶盒关键技术	286
12.5.4	数字电视机顶盒的组成及各部分的作用	288
12.6	IP 数据广播电视接收卡	291
12.6.1	DVB 数据广播电视的特点	291
12.6.2	IP 数据广播电视接收卡	293
	思考题与习题 12	295
第 13 章	IPTV	296
13.1	IPTV 的基本概念	296
13.1.1	什么是 IPTV	296
13.1.2	IPTV 与数字电视的比较	296
13.2	IPTV 系统组成	298
13.3	IPTV 关键技术	299
13.4	IPTV 传输标准	301
13.4.1	IPTV 标准现状	301
13.4.2	AVS 标准	302
13.5	用户终端系统	303
13.5.1	DSL 及 FTTP 简介	303
13.5.2	宽带接入技术	304
13.5.3	IPTV 机顶盒	304
13.6	IPTV 与手机电视	306
13.6.1	手机电视简介	306
13.6.2	手机电视的技术解决方案	307
13.6.3	手机电视发展为三网融合带来契机	308
	思考题与习题 13	309
	参考文献	327

广播电视理论基础

1.1 电视信号传输与接收过程

电视技术是根据人眼的视觉特性,用电子学的方法,实时、远距离地传送活动和静止图像的技术。

电视信号包括伴音信号和图像信号两部分,电视伴音信号的传送与广播过程大同小异;而电视图像的传送,可分成以下 4 个步骤:

- ① 把图像的光信号通过光电转换器件转换成代表图像的电信号。
- ② 将图像信号“载”到高频载波上,即用图像信号去调制高频载波,经过一系列处理以后,通过天线将调制后的信号向空中辐射出去。
- ③ 用电视信号接收天线,将“载”着图像和伴音信号的高频载波同时接收下来,送入电视接收机进行放大、解调等一系列的处理。
- ④ 用电光转换器件(显像管)把图像电信号转换为光像;用电声转换器件(扬声器)把伴音电信号转换为声音。

1.2 电视图像的传送原理

1. 电视图像的组成

我们知道任何一幅图片都是由许多细小、密集的圆点组成,这些细小的圆点是构成一幅图像的基本单元,称为像素。像素越小,单位面积上的像素数越多,图像越清晰。同样,电视图像也是由明暗程度和彩色不同的像素组成。在我国现行的模拟电视标准中,一幅电视图像大约有 40 万~50 万个像素。

2. 图像顺序传送系统及原理

在发送端,把一幅将要被传送的图像分割为几十万个像素,并转换成随时间变化的电信号,然后,按一定的顺序传送出去。在接收端,显像管再按同样的顺序将各个电信号转变为光图像。

在电视技术中,发送端将光图像转换成电信号的任务是由摄像管来完成,接收端将电信号转换成光图像的任务是由显像管来完成,并且一幅图像所有像素要在视觉暂留允许的时间(0.08s)内,保证传送完毕。

1.3 图像的摄取与重现

1.3.1 图像的摄取

1. 摄像管

摄像管主要由电子枪和光电靶两部分组成,管外还有聚焦线圈、偏转线圈和校正线圈等。

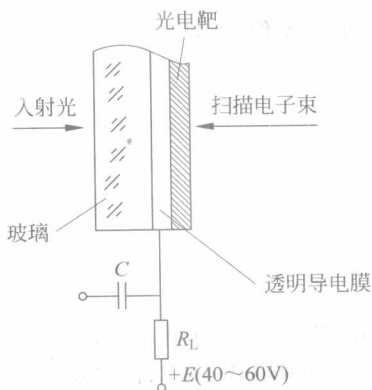
(1) 电子枪

电子枪由灯丝、阴极、控制栅极、加速极和聚焦极组成。各部分的作用如下:

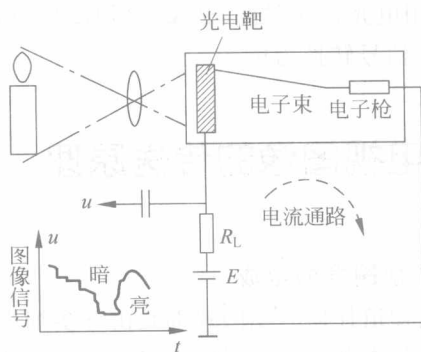
- ① 灯丝 用于加热阴极,使之发射电子。
- ② 阴极 加热后发射电子。
- ③ 控制栅极 控制阴极发射电子的多少。
- ④ 聚焦极 将阴极发出的电子聚焦成束。

(2) 光电靶

图 1-1(a)为光电靶的结构图,最外层是一层透明玻璃,在透明玻璃上蒸涂上一层很薄的透明金属导电膜,作为信号板,在金属导电膜上再蒸涂一层具有内光电效应的半导体光电导层,称为光电靶。



(a) 光电靶的结构图



(b) 电视摄像管光电转换原理

图 1-1 光电靶的结构及摄像管光电转换原理示意图

2. 光电转换原理

我们知道半导体材料的电导率对光照很敏感,在无光照射时具有极高的电阻值($10^{12}\Omega$ 以上);当有光照射时,电阻值急剧下降,且其电阻值的变化率与光的强弱成正比。

为了说明光电转换原理,将图 1-1(a)简化为图 1-1(b)。被摄景物通过摄像机的光学系统在摄像管的光电靶上成像,与较亮光像对应的靶单元的电阻值较小,与较暗光像对应的靶单元的电阻值较大,这样图像上不同的亮度就使靶面上各单元的电阻值不同。

当电子束接通靶面上某个像素时,使摄像管阴极与信号板、负载电阻 R_L 和电源构成一个回路,在 R_L 中就有电流流过,而电流的大小随着光电靶上各个单元电阻值的大小而变化。于是在输出端就取得了大小不同的电压信号,我们称它为视频图像信号。

黑白电视系统只用一个摄像管就能完成图像信号的光电转换,而彩色电视系统要用三个摄像管来完成图像信号的光电转换。

1.3.2 图像的重现

现代电视系统重现图像的器件主要是接收机中的显像管。下面我们以黑白显像管为例来说明重现图像的电光转换过程。

1. 黑白显像管的结构

黑白显像管由电子枪、玻璃外壳和荧光屏三部分组成。

(1) 电子枪

电子枪由灯丝、阴极、栅极、第一阳极、第二阳极、第三阳极和第四阳极构成。各电极都在管径末端用金属管脚引出,只有第二、四阳极的引出端在玻璃锥体上,如图 1-2 所示。各部分的组成和作用如下:

① 灯丝起到加热阴极的作用,其上所加直流(或交流)电压为 6.3V、11V 或 12V,不同的显像管有所不同。

② 阴极(K)受热后向外释放电子。

③ 栅极(M)又称调制极,其功能是控制阴极发射电子的多少,从而达到控制显像管亮度的目的。

④ 第一阳极(加速极 A_1)的作用是吸引电子束使其加速轰击荧光屏。

⑤ 第二、四阳极(A_2 、 A_4)连在一起称为高压阳极,高压阳极上所加电压为 16kV(彩色电视为 26kV)左右,使电子束高速轰击荧光屏以使其发光。

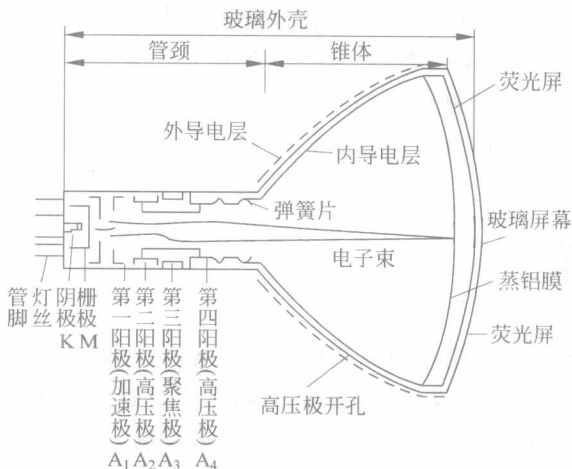


图 1-2 黑白显像管的结构示意图

⑥ 第三阳极(聚焦极 A_3)的作用是聚焦电子束,使荧光屏能显示清晰的图像。

(2) 玻璃外壳

玻璃外壳由管颈、锥体和玻璃屏三部分组成。玻璃外壳锥体部分的内外壁上,都涂有一层导电的石墨层,因而这个导电的石墨层相当于电容的两个极板,玻璃相当于介质,其等效电容为 $500 \sim 1000 \text{ pF}$ 。此电容作为阳极高压滤波电容。锥体部分装有高压嘴,它与显像管内的高压阳极 A_2 、 A_4 通过内石墨层相连。

(3) 荧光屏

荧光屏的内壁沉积一层荧光粉。电子束以很高的速度轰击荧光屏时,屏上荧光粉便会发光。

2. 电光转换过程

电子枪的阴极被灯丝加热后发射电子,经聚焦后在高压加速电场的作用下,以很高的速度轰击荧光屏,在荧光屏上将出现一个亮点。为了重显图像,电子束流不能只打在荧光屏的一个点上,而是应该顺序打在所有的荧光粉点上,使它们顺序发光。显然,只要给电子束流施加一个偏转磁场,则电子束就会在磁场的作用下产生偏转,使荧光屏上的荧光粉点顺序地发出均匀的亮光,这就是光栅。

在显像管的屏幕上有了光栅并不等于有了图像,只是具备了显示图像的必要条件。实际电路中,图像信号通过耦合电容叠加到栅极、阴极之间,使电子束电流的强弱随图像内容的变化而变化,使屏幕各荧光粉点呈现不同的灰度,重现了原始的图像。

3. 显像管的调制特性

荧光屏上形成图像的各点的灰度由栅-阴电流的大小决定,而阴极电流的变化受栅-阴电压的控制。我们把栅-阴电压 V_{gk} 对阴极电流 i_k 的控制关系,称为显像管的调制特性,显像管的调制特性曲线如图 1-3 所示。

从调制特性曲线上看,栅-阴电压的绝对值越大,阴极电流越小,则荧光屏亮度越暗;反之,亮度越高。一般电视机都是固定栅极电位(如栅极接地),所以,改变阴极电位可以调节显像管的亮度。

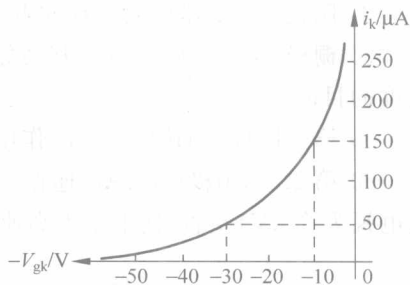


图 1-3 显像管的调制特性曲线

1.4 电视扫描

电视系统中的扫描,是指电子束以某种周期性规律,在摄像管的光电靶上或显像管的荧光屏上来回运动的过程。在发送端,通过扫描,将按平面空间分布的像素变换成仅与时间有关的图像电信号,这是一个图像分解过程。在接收端,通过扫描将按时间变化的电信号变换为按平面空间分布的光学图像,这是一个图像合成过程。电视图像的分解与合成都是通过扫描来完成的。

1.4.1 逐行扫描

1. 逐行扫描光栅

电子束沿水平方向从左到右、从上到下以均匀速度一行紧跟一行地顺序扫描,称为逐行扫描,电子束移动轨迹的集合形成了扫描光栅,如图 1-4(a)所示。为了叙述方便,只画出了 12 行,而实际的模拟电视每秒扫描 625 行。

(1) 行扫描

电子束水平方向的扫描叫做行扫描,行扫描的每一行又是由行扫描正程和行扫描逆程组成。

① 行扫描正程。电子束沿水平方向从左到右的扫描过程,称为行扫描正程,如图 1-4(a)的实线所示。行扫描正程所需的时间,称为行正程时间,用 T_{Ht} 表示,如图 1-4(c)所示。

② 行扫描逆程。电子束沿水平方向从右至左的扫描过程,称为行扫描逆程或行回扫,如图 1-4(a)的虚线所示。行扫描逆程所需要的时间,称为行逆程时间,用 T_{Hr} 表示,如图 1-4(c)所示。显然,行扫描周期 $T_H = T_{Ht} + T_{Hr}$,则行扫描频率 $f_H = 1/T_H$ 。

(2) 帧扫描

电子束垂直方向的扫描叫做帧扫描,帧扫描的每一帧又是由帧正程扫描和帧逆程扫描两部分组成。

① 帧正程。电子束沿垂直方向从左上角开始到右下角为止的整个扫描过程称为帧正程扫描,简称帧正程。帧正程所需的时间,称为帧扫描正程时间,用 T_{Vt} 表示,如图 1-4(d)所示。

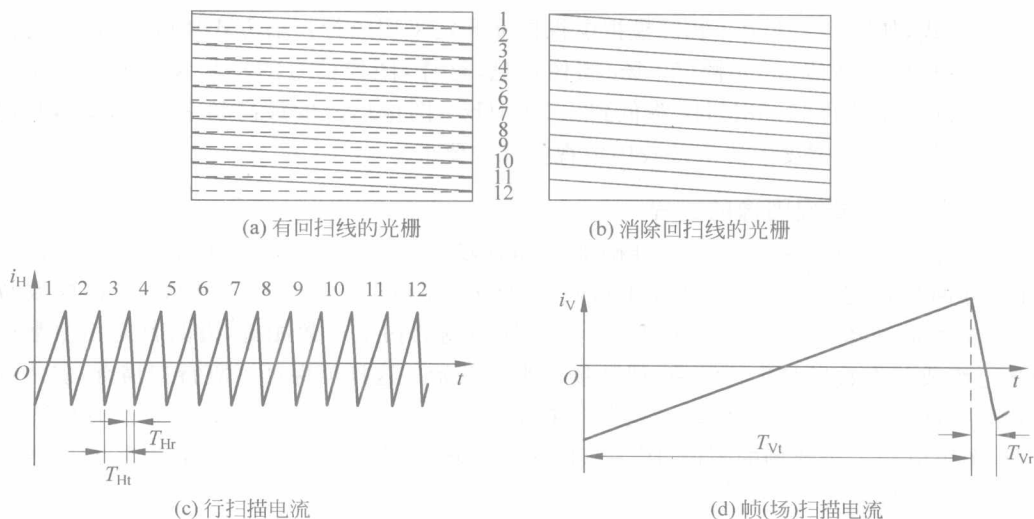


图 1-4 逐行扫描电流及扫描光栅