

普通高等教育家用电器类规划教材

电视机原理与技术

李林和 主编

西安电子科技大学出版社

高等学校教材

电视机原理与技术

李林和 主编

西安电子科技大学出版社

1994

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书内容包括广播电视技术基础、电视机原理电路与分析以及电视新技术等三个主要内容。电路分析是将国产分立黑白电视机与四片集成电路彩色电视机相结合进行的,彩色电视机则着重分析集成块内外电路特点与功能,注意它们的相互联系和整体概念,并结合电视机功能方框图来分析集成块内部某些主要电路的工作原理。对于新技术应用与展望也作了相当详实的介绍。章后附有复习思考题。

本书是为高等学校家用电器专业及无线电专业编写的教材,也可作为其它各类学校相关专业的教材和工程技术人员、维修人员的自学参考书。

高等学校教材

电视机原理与技术

李林和 主编

责任编辑 叶德福

西安电子科技大学出版社出版发行

陕西省富平县印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 19 14/16 插页 1 字数 470 千字

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷 印数 1—6 000

ISBN 7-5606-0325-4/TN·0083 (课) 定价: 11.70 元

前 言

本书是根据轻工业部自动化教材委员会,于1991年先后在北京、咸阳、郑州主持召开有全国各兄弟院校参加的电器(家用电器)专业教材建设会议的决定和要求而编写的。为了编出适合家电专业教学安排、特色鲜明、体系合理的教材,我们编写组邀请各兄弟院校有关任课教师共五次集中讨论、修改并最后确定了编写大纲。

全书分三部分:电视技术基础(第一~五章)、电视机原理电路与分析(第六~十二章)、电视新技术(第十三、十四章)。

该书打破了目前先黑白分立,后集成,再补彩色知识的三段式结构模式,把黑白与彩色、分立与集成融为一体;努力吸收目前出版的各有关教材的长处,并根据家电维修课程设置的特點,恰当地纳入了高频电路的相关内容。该书以彩色电视机为主,以集成电路为主,把重点放在四片集成电路的彩色电视机上面,努力处理好黑白机与彩色机、分立电路与集成电路、例举与一般三个主要矛盾,既抓住了共性又分析了差异。

对集成电路内容处理具有鲜明的特点,书中放弃了对集成片内部电路的全面介绍,而着重讲清集成电路的结构框图、端口特性、应用条件、外部电路。对于功能独到、特性明显的内部电路,也用了一定篇幅进行局部分析,从而使集成块内外电路功能有机地联系在一起。

本书根据电路功能、特点、性质及集成电路与分立电路对照分析的方便,把隶属于公共通道的“预视放级”从视频放大器内容中分离出来,放到公共通道中的视频检波器中去讲解,并改名为“检波输出”;根据行、场扫描电路结构、功能及重要性差异,本书着重并先行分析行扫描,对于场扫描内容则予以适当取舍;在电视机电源电路一章中,串联型稳压电源着笔极少,介绍框图即止,而着重分析了开关型稳压电源的原理与技术;最后,用了一定篇幅介绍和展望了电视接收新技术。书中删除了诸如逐行扫描等不必要内容,以求有效地控制篇幅。

本教材就其内容和深度,兼顾了家用电器专业和无线电专业的共性,照顾了本科与专科不同层次、普通高校与夜大学不同类别学校的特点,具有广泛的适用性。全书行文简捷、内容取舍适当,精简基本知识,删除陈旧内容,舍弃繁杂的公式推演。既着重于原理概念分析,又给出了必要的公式。叙述中,力求文字准确、讲理清楚,避免把任何模糊的概念留给读者。

本书教学参考学时为70学时,其中第一~十一章为讲授章,第十二章为学生课内阅读章,第十三、十四章为课外阅读章。参加编写的人员有天津轻工业学院李林和(第一~三、六、七章及前言)、西北轻工业学院曹建民(第三章)、郑州轻工业学院王新金(第四、五章)、哈尔滨工业大学李莉(第八章)、四川轻化工学院陈伟明(第九~十二章)、天津轻工业学院邹敦颐(第十三、十四章)。

本书由李林和主编,天津大学郭福云副教授主审。

由于电视技术发展迅速，机型种类多，产品更新换代快，加上参编人员多，时间匆促，水平有限，错误与不当之处在所难免，欢迎各同行专家批评指正。

编 者

1994 年 2 月

目 录

第一章 广播电视的基本知识 1	§ 2.4 通道频率特性对图像质量的影响 42
§ 1.1 图像光电转换的基本过程 1	2.4.1 视放频率特性的影响 43
1.1.1 光电转换的过程 1	2.4.2 中放电路频率特性的影响 43
1.1.2 图像重现的过程 2	2.4.3 本振频率偏移的影响 45
§ 1.2 电视扫描原理 3	§ 2.5 黑白电视机的主要技术要求 45
1.2.1 电子扫描 3	复习思考题 46
1.2.2 我国广播电视扫描参数 6	第三章 彩色电视基础 48
§ 1.3 重现电视图像的基本参量 7	§ 3.1 色度学基本知识 48
1.3.1 亮度、对比度和灰度 7	3.1.1 光与色 48
1.3.2 每帧扫描行数的确定 7	3.1.2 三基色原理与配色方程 50
1.3.3 分解力(清晰度) 8	3.1.3 XYZ 计色制与色度图 51
1.3.4 视频信号的频带宽度 11	3.1.4 显像三基色与亮度方程 53
1.3.5 图像的几何特征 11	§ 3.2 彩色图像的分解与重现 54
§ 1.4 全电视信号 12	3.2.1 彩色图像的分解 54
1.4.1 图像信号 13	3.2.2 彩色图像的重现 55
1.4.2 复合消隐信号 15	复习思考题 56
1.4.3 复合同步信号 15	第四章 兼容制彩色电视制式、
1.4.4 全电视信号 18	编码与解码 57
§ 1.5 电视信号的发送 20	§ 4.1 黑白、彩色电视兼容的可能性 57
1.5.1 视频信号发送前的补偿处理 20	4.1.1 亮度与三基色信号的关系 57
1.5.2 图像信号的调制 21	4.1.2 色度信号的编码传输 58
1.5.3 伴音信号的调制 23	4.1.3 频带压缩与频谱间置 60
1.5.4 射频图像信号的残留边带方式及 全射频电视信号的频谱 24	4.1.4 彩色电视全射频电视信号 频域图 61
1.5.5 无线电波段的划分与 图像载频的选择 26	§ 4.2 兼容制彩色电视制式 62
复习思考题 30	4.2.1 正交调制解调基本原理 62
第二章 黑白显像管及黑白电视	4.2.2 PAL 制、NTSC 制和 SECAM 制的共性 与不同特点 64
接收机原理 32	§ 4.3 PAL 制彩色电视编码与解码原理 66
§ 2.1 黑白显像管 32	4.3.1 逐行倒相 66
2.1.1 显像管的结构 32	4.3.2 PAL 制编码调制原理 68
2.1.2 显像管工作原理 34	4.3.3 逐行倒相正交同步解调原理 69
2.1.3 黑白显像管的基本参数 36	4.3.4 PAL 制频谱间置原理 70
§ 2.2 黑白电视机原理框图 37	§ 4.4 梳状滤波器解码原理(PAL _d) 73
2.2.1 单通道超外差式黑白电视机 原理框图 37	4.4.1 红蓝两色度分量分离原理 73
2.2.2 单通道超外差式电视机的特点 39	4.4.2 超声玻璃延时线 74
§ 2.3 信号波形及频谱的变换 40	4.4.3 梳状滤波器的幅频特性及 延时量 τ 的选择 75

复习思考题	77
第五章 PAL 制彩色全电视信号和彩色电视机的基本原理	78
§ 5.1 彩色图像信号分析	78
5.1.1 三基色信号波形分析与参数	78
5.1.2 标准彩条的亮度与色度信号波形	80
5.1.3 彩条图形的色度信号波形特点与矢量图	81
5.1.4 彩条图形的复合图像信号波形	85
§ 5.2 彩色同步信号分析	86
5.2.1 色同步信号的功用、矢量图与波形	86
5.2.2 色同步信号的形成原理	88
§ 5.3 彩色全电视信号的波形与特点	90
§ 5.4 PAL 制彩色电视机组成及其原理	91
5.4.1 彩色系统框图	91
5.4.2 常用自控电路原理介绍	94
5.4.3 彩色电视机与黑白电视机主要异同	95
复习思考题	96
第六章 高频调谐器(高频头)	98
§ 6.1 高频调谐器的功用及性能要求	98
6.1.1 高频调谐器原理框图及功用	98
6.1.2 对高频头的主要性能要求	99
§ 6.2 高频调谐器的功能电路分析	100
6.2.1 机械调谐与电子调谐原理	100
6.2.2 输入回路	103
6.2.3 高频放大器	107
6.2.4 本机振荡器	111
6.2.5 混频器	113
§ 6.3 TDQ-3 型调谐器电路分析	117
6.3.1 概述	117
6.3.2 VHF 电路分析	118
6.3.3 UHF 电路分析	122
§ 6.4 频道预置器	125
6.4.1 频道预置器功用与组成	125
6.4.2 接触式感应开关频道预置器	127
6.4.3 海燕 CS37-2 型彩色电视机选台电路	128
复习思考题	129
第七章 中频信号与伴音信号处理电路	131

§ 7.1 中频信号处理电路	131
7.1.1 中频信号处理电路的主要性能要求	131
7.1.2 中频滤波与中频放大电路	133
7.1.3 视频检波与输出(预视放)电路	140
7.1.4 自动增益控制电路(AGC)	145
7.1.5 自动频率控制电路(AFC)	152
7.1.6 常用中频信号处理集成电路 TA7607AP(或 TA7611AP) 内外电路框图	153
§ 7.2 伴音信号处理电路	155
7.2.1 伴音通道的组成	155
7.2.2 伴音通道分立电路分析	155
7.2.3 伴音通道集成电路分析	160
复习思考题	163
第八章 同步扫描电路分析	164
§ 8.1 同步扫描电路概述	164
§ 8.2 同步分离与抗干扰电路	165
8.2.1 幅度分离电路	165
8.2.2 抗干扰电路	166
8.2.3 脉宽分离电路	167
§ 8.3 行扫描电路	169
8.3.1 行扫描电路方框图	169
8.3.2 行振荡器	169
8.3.3 TA7609P 集成电路中行振荡与行扫描同步原理	174
8.3.4 行激励级及 X 射线防护电路	176
8.3.5 行扫描输出级	179
§ 8.4 场扫描电路	188
8.4.1 场振荡级	188
8.4.2 锯齿波电压的形成	189
8.4.3 TA7609P 中场振荡与场同步原理	189
8.4.4 场推动级及场输出级	190
8.4.5 场扫描电流波形失真与补偿法	193
8.4.6 场输出级电路实例	194
§ 8.5 TA7609P 内外电路功能框图	196
复习思考题	198
第九章 PAL 制解码电路及系统	200
§ 9.1 亮度通道及矩阵输出电路	200
9.1.1 彩色副载波抑制电路	201
9.1.2 轮廓校正电路	203
9.1.3 延时均衡网络	203

9.1.4 直流分量恢复电路	204	11.2.2 并联型开关电源工作原理	255
9.1.5 自动亮度限制(ABL)电路	205	§ 11.3 开关型稳压电源电路实例	258
9.1.6 解码矩阵电路	206	复习思考题	263
9.1.7 亮度通道实际电路举例	209	第十二章 电视机整机电路分析	264
§ 9.2 色度通道	212	§ 12.1 分立元件黑白电视机的	
9.2.1 带通放大和 ACC 电路	212	整机分析	264
9.2.2 延时解调器(梳状滤波器)		12.1.1 公共通道	264
电路	217	12.1.2 抗干扰、同步分离与	
9.2.3 同步解调电路	218	AGC 电路	267
§ 9.3 彩色副载波恢复电路	220	12.1.3 行、场扫描电路	268
9.3.1 压控晶体振荡器	221	12.1.4 视放、显像管及附属电路	268
9.3.2 鉴相器	224	12.1.5 伴音通道	269
9.3.3 PAL 开关电路	229	§ 12.2 集成电路彩色电视机的	
§ 9.4 PAL ₀ 色度解码电路实例	232	整机分析	270
复习思考题	235	12.2.1 公共通道	270
第十章 彩色显像管的结构及		12.2.2 色度信号解码电路系统	272
附属电路	237	12.2.3 同步分离与扫描电路	273
§ 10.1 彩色显像管的分类与特点	237	12.2.4 视放、显像管供电电路	275
10.1.1 荫罩管	237	12.2.5 伴音电路与电源电路	275
10.1.2 单枪三束管	238	§ 12.3 TA 两片机集成电路简介	276
10.1.3 自会聚彩色显像管	239	12.3.1 TA7680/81AP 集成电路	276
§ 10.2 自会聚式彩色显像管的结构与		12.3.2 TA7698AP 集成电路	278
工作原理	240	第十三章 电视新技术	282
10.2.1 自会聚技术	240	§ 13.1 平面直角电视	282
10.2.2 自会聚彩色显像管的调整	242	§ 13.2 遥控电视	283
§ 10.3 彩色显像管附属电路	246	§ 13.3 画中画电视	289
10.3.1 显像管馈电和高压稳定电路	247	§ 13.4 液晶电视	290
10.3.2 关机亮点消除电路	248	§ 13.5 卫星电视	293
10.3.3 白色平衡调整电路	250	第十四章 电视新技术展望	298
10.3.4 自动消磁电路	251	§ 14.1 数字电视	298
复习思考题	252	§ 14.2 高清晰度电视	301
第十一章 电视机电源电路	253	§ 14.3 立体电视	304
§ 11.1 串联型稳压电源	253	参考文献	309
§ 11.2 开关型稳压电源原理	254	附图(一)、(二)、(三)	
11.2.1 并联型开关稳压电源组成	255		

第一章 广播电视的基本知识

§ 1.1 图像光电转换的基本过程

电视是用电信号来传送活动图像的,因此首先要把被传送的图像转变为相应的电信号,经过信号通道的传送后,再经过电视机的显像管将电信号还原成图像。前一光电转换是图像的分解过程,后一电光转换是图像的复合过程。

1.1.1 光电转换的过程

如果用放大镜仔细观察报纸上刊登的传真照片,就可以发现它们是由许多大小不等、疏密不同的黑点子组成,而且点子越小、越密,画面就越细腻、清晰。同样,呈现在电视机屏幕上的图像也是由许多相互联系、彼此配合、亮度相同或不同的小单元组成,这些构成电视图像的基本单元称为像素。

实际上,由于人眼视觉分辨力有一定的极限,在正常观看距离下,一幅电视图像大约有 40 万个像素时就可以使图像具有令人满意的清晰程度。

由于图像是由像素构成的,因此就可以通过传送组成它的像素来实现传送图像的目的。为了解决像素的传送问题,人们采用一种顺序传送的方法,就是在发送端把图像中各个像素的亮度按一定的顺序变成相应的电信号,并一个一个地传送出去,而在接收端则按同样的顺序把电信号转变成一个一个相应的亮点重现出来。实践证明,由于人眼的视觉惰性,只要顺序传送的速度足够快,就会在主观感觉上觉得所有像素同时发亮一样。这种顺序传送法实质上就是按时间顺序传送空间分布的像素的亮度。

将图像转变为顺序传送的电信号(图像的分解)或将顺序传送的电信号重新恢复成光图像(图像的复合)的过程称为扫描。在扫描过程中,像素的传送和恢复顺序是从左到右、从上到下一行一行地进行的。

由于电视要传送活动图像,即图像上各像素的亮度是随时间不断变化的,所以必须在一秒钟内传送很多幅画面,才会在电视荧屏上重现连续活动的图像。我国电视标准规定一秒钟传送 25 幅画面,这就是说电视系统必须具备每秒约 1 000 万个像素的扫描速度。这样高的扫描速度,只有采用电子扫描的方法才能实现。

实现光电转换的器件是发送端的摄像管。下面以光电导摄像管为例,简要说明从光到电的转换过程。

光电导摄像管的结构如图 1-1 所示。它主要由光敏靶和电子枪两部分组成。光敏靶是由光敏半导体材料制成的。景物通过光学系统在摄像管光敏靶上成像。由于光像各部分的亮度不同,靶上各相应部分的电导率发生了相应变化,与亮像素对应的靶单元的电导较大,与暗像素对应的靶单元电导较小,于是将景物各像素亮度不同变成了靶面上各单元的

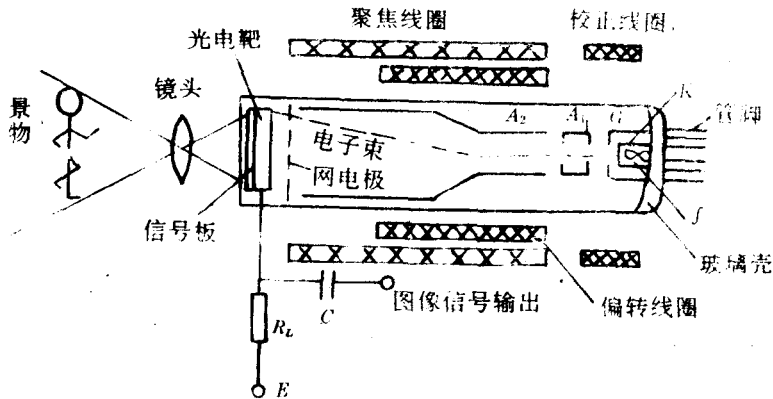


图 1-1 光电导摄像管结构图

电导不同，光像变成了“电像”。

电子枪的任务是发射电子束，它由灯丝 J 、阴极 K 、栅极 G 及加速聚焦阳极 A_1 、 A_2 等组成。电子束在聚焦线圈和偏转线圈产生的磁场的联合作用下，以聚焦状态按一定规律（即从左到右、从上到下一行一行）扫描靶上各点。当电子束接触到靶面某点时，使电子枪阴极与信号板、负载 R_L 和电源 E 构成一个回路，在负载 R_L 中就有电流流过，电流大小取决于光敏靶该点电导率的大小。因此，当电子束按一定规律在靶面上扫描时，便在负载上依次得到与景物各点亮度相对应的电信号，完成了将图像分解为像素以及把各像素按顺序转变为相应电信号的光电转换过程。

上述摄取的图像信号（电信号）符合像素越亮，对应的输出电平越低；像素越暗，输出信号电平越高的光电转换规律，称之为负极性图像信号。反之，如果输出电平值与像素亮度成正比，则称之为正极性的图像信号。

1.1.2 图像重现的过程

图像的重现是依靠电视接收机的显像管来完成的。显像管的任务是将图像信号转换为光图像，完成电到光的转换。

显像管主要有电子枪及荧光屏两部分组成（结构原理将在第二章介绍）。电子枪用于发射电子束，电子束的强度取决于加在控制栅极的正极性图像信号或加在阴极上的负极性图像信号电平大小。电子束轰击荧光屏时所产生的光像的亮度取决于电子束的强弱。因此，电视机荧光屏重现的亮度是由受图像信号控制的一个个亮点所组成。

另外，为使图像信号重现成一幅完整的光图像，需要电子束在偏转磁场作用下完成从左到右、从上到下全屏幕的扫描，而且电子束在荧光屏上轰击的几何位置也必须与发送端图像像素的位置一一对应，即收发两端要保持同步的工作状态。

图像的分解与复合过程如图 1-2 所示。图(a)为投射到摄像管靶面上的需要传送的“口”字图像。为便于说明，假设图像沿垂直方向分为 9 格，沿水平方向分为 12 格，每一小

格即为一传送单元(像素)。

电子束以 $1a \rightarrow 1b \rightarrow 1c \cdots 1l \rightarrow 2a \rightarrow 2b \cdots 2l$ 的顺序一直扫到最后一行的 $9l$, 然后再回到第一行重复扫描。电子束扫描到“口”字上时, 摄像管输出高电平, 在“口”字以外摄像管输出低电平, 扫描各行输出波形如图 1-2(b)。

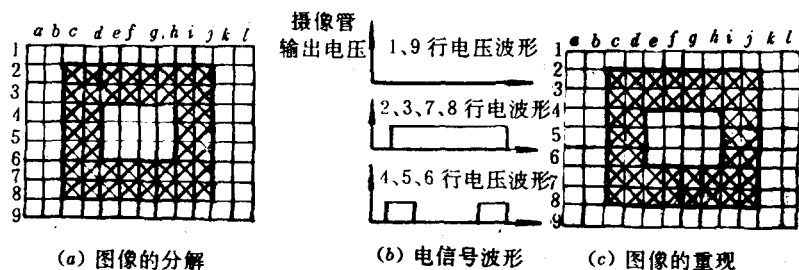


图 1-2 图像的分解与复合

图(c)为显像管荧光屏根据负极性图像信号波形(图(b))重现的“口”字图像。电压高时, 电子束弱, 屏幕上被轰击到的部分为暗像, 电压低时电子束强, 屏幕上被轰击到的部分呈亮像。只要扫描速度足够快, 则利用荧光屏的余辉特性和人眼视觉惰性, 即可重现连续的图像。当然, 显像管中电子束扫描必须与摄像管扫描规律完全一致, 即同步扫描。

§ 1.2 电视扫描原理

1.2.1 电子扫描

如前所述, 电视图像的摄取与重现是基于光和电的相互转换, 然而把空间的光图像转换成随时间变化的电信号, 以及把随时间变化的电信号再转换成一幅空间的光图像, 则是通过电子扫描来完成的。

电视接收机是采用磁偏转的方式来控制显像管中电子束的扫描运动的, 即在器件外装置的偏转线圈中通以锯齿电流, 使电子束受到电磁力的作用而偏转。为了使电子束顺序地扫过整个屏幕, 显像管的管颈上需要安装两对偏转线圈。一对是水平偏转线圈, 产生垂直磁场; 一对是垂直偏转线圈, 产生水平磁场。当它们分别通以不同频率的锯齿波电流时, 则电子束在垂直磁场作用下沿水平方向偏转, 即水平扫描; 电子束在水平磁场作用下沿垂直方向偏转, 即垂直扫描。电子束在两对偏转线圈产生的磁场共同作用下, 完成从左到右、从上到下的全屏幕扫描, 形成了矩形光栅。

根据电影技术实践证明, 传送活动图像每秒至少应放映 24 幅瞬时拍摄的固定画面, 才会使人对放映后的图像获得平稳的连续图像的感觉。过低的幅频(每秒更迭的画面数)将使图像产生抖动感。在电视中将一幅画面称为一帧, 并规定每秒传送 25 帧(即帧频为 25 Hz)。每帧图像分成 625 行传送, 这样每秒就传送了 15 625 行, 即行频为 $f_H = 15\,625\text{ Hz}$ 。

电子扫描有逐行扫描和隔行扫描两种方式。逐行扫描时,因为扫描一帧需时间为 $1/25\text{ s}$,时间较长,当电子束扫到一帧图像的某一像素时,该像素当时发光较亮,当电子束扫描过去后,该像素开始变暗,直到经过 $1/25\text{ s}$ 后电子束又扫到该像素时,于是又由最暗变到最亮。这种状况在画面各处均存在,于是使人产生画面的闪烁效应。实践证明,减少换帧时间,把帧频提高到 50 Hz ,闪烁效应就可以消失。但帧频如果由 25 Hz 提高到 50 Hz ,图像信号的最高频率亦即信号频带宽度将由约 5.5 MHz 提高到 11 MHz ,这是不允许的。目前在广播电视中,普遍采用隔行扫描的方法来克服闪烁效应,并保持信号频带宽度约为 5.5 MHz 不变。因此,我们只介绍隔行扫描原理。

一、扫描工作原理

1. 水平扫描工作原理

在图 1-3(a)中一对上下对称放置的偏转线圈(称为水平偏转线圈或行偏转线圈)中通入如图(b)所示的行扫描锯齿波电流。产生磁场的方向可用右手螺旋定则确定,其磁场方向

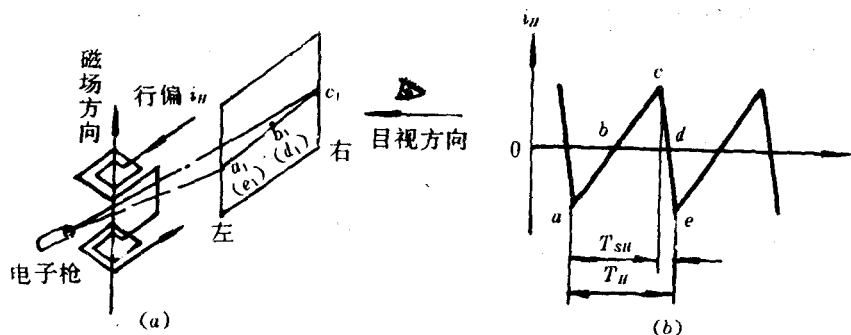


图 1-3 水平扫描工作原理

根据扫描电流正或负为向上或向下交变,磁场强弱也随锯齿波电流大小相应改变。电子枪发射的电子束在通过这个磁场时,根据左手定则(电流方向与电子流方向相反)判定,电子束将向右或向左偏移,偏移量大小与流入偏转线圈中的电流大小或磁场强弱有关。当偏转线圈中电流为零时,电子束不产生偏转,打在荧光屏中心。因此,只要改变偏转电流的大小和方向,就可以实现水平扫描。

图(b)中, i_H 为行扫描锯齿波电流; T_H 为行扫描周期; T_{SH} 为行扫描正程期,在此期间,电子束由屏幕左侧扫至右侧并显示亮线; T_H 为行扫描逆程,在此期间电子束迅速回扫至左侧($T_H \ll T_{SH}$),并且采取消隐措施不在屏幕上显示亮线。

当偏转电流在 a 点时为最大负值,此时电子束应射到荧光屏左边 a_1 点处,当偏转电流逐渐变化到 b 点时,电子束偏移随着减小,光点由 a_1 点回到荧光屏中央 b_1 点。当偏转电流由 b 点向 c 点正向增加到最大正值时,电子束向屏幕右侧偏移,光点由 b_1 点到达右边 c_1 点,电子束自左至右完成扫描正程。正程结束后,扫描电流由最大正值 c 点很快地经 d 变到最大负值 e 点,因此电子束很快地由荧光屏右侧 c_1 点经中央 d_1 点折回到左边 e_1 点。则电子束完成自右至左的扫描逆程。假若电子束只有水平扫描而没有垂直扫描,在荧光屏上将呈现

一条水平亮线。

2. 垂直扫描原理

垂直扫描工作原理如图 1-4 所示。图(a)中,一对左右对称放置的垂直偏转线圈(场偏转线圈),则由于垂直偏转线圈产生的磁场是水平方向的,电子束将沿着荧光屏垂直方向

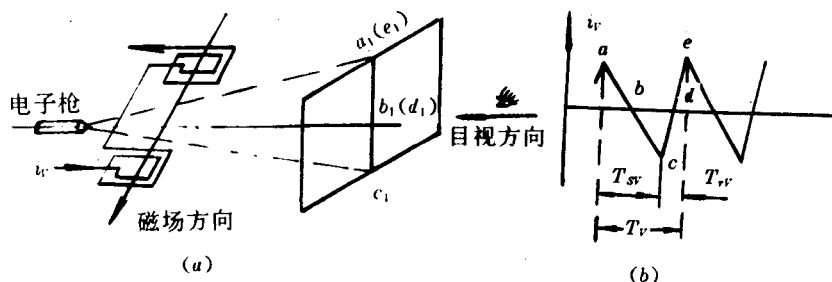


图 1-4 垂直扫描工作原理

扫描。图(b)为输入到偏转线圈中的锯齿波电流 i_v 。 T_v 为场扫描周期; T_{sv} 为场扫描正程期,此期间电子束完成由上至下扫描并显示亮线; T_{rv} 为场扫逆程时间,电子束很快地由屏幕下端回扫到上端,并采用消隐措施不在屏幕上显示亮线。

当场扫锯齿波电流 i_v 由 a 点经 b 点逐渐变化到 c 点时,电子束从荧光屏最上方 a_1 经 b_1 扫描至最下方 c_1 ,电子束自上而下完成扫描正程。正程结束后, i_v 由最大负值 c 点很快变到最大正值 e 点,电子束也很快地由荧光屏最下面的 c_1 点经 d_1 点迅速折回到最上面 e_1 点,完成场扫描逆程。假定电子束只有垂直扫描而没有水平扫描,荧光屏上将呈现一条垂直的亮线。当既有水平扫描又有垂直扫描时,荧光屏应呈现满屏幕近似平行的水平亮线,即扫描光栅。

二、隔行扫描原理及光栅的形成

隔行扫描是在保持帧频 25 Hz、行频 15 625 Hz 不变的情况下,把一帧画面分成两场来扫描。电子束在扫描一帧图像时,首先扫描所有的奇数行(按空间排列顺序)即第 1、3、…直至第 625 行的前半行,该场即所谓奇数场;然后电子束再返回顶部扫描所有的偶数行,即自 625 行后半行开始,接着扫第 2、4、…直至 624 行,该场称为偶数场。只要两场的周期相等(包括各自的正程、逆程时间亦相等)且为帧周期的一半,则奇、偶场光栅在屏幕上可以实现均匀嵌套,构成一幅完整的图像。

图 1-5 绘出了隔行扫描示意图。假设每帧周期包含 11 行(其中含场逆程 2 行),并假定当 $t=0$ 时, i_h 为最大正值, i_v 为最大负值,电子束恰扫描在画面的左上端,即奇数场的 A_2 点处。在行扫描电流 i_h 从 A 开始上升至 B (行扫正程),然后由 B 降到 C (行逆程)的同时,场扫描电流 i_v 从 A_1 降到 B_1 和 C_1 ,完成第 1 行扫描。这时荧光屏呈现出电子束的扫描轨迹是从 A_2 到 B_2 、 C_2 (从 B_2 到 C_2 为行逆程不呈现亮线), C_2 为荧光屏第 3 行的起始点。接着从 i_h 的 C 点(即 i_v 的 C_1 点)起,开始荧光屏上的第 3 行、第 5 行、……的奇数场扫描,直到 i_v 到达最大负值 D_1 点止,此时该场必终止于第 9 行的前半行 D_2 点。在第 9 行的后半行

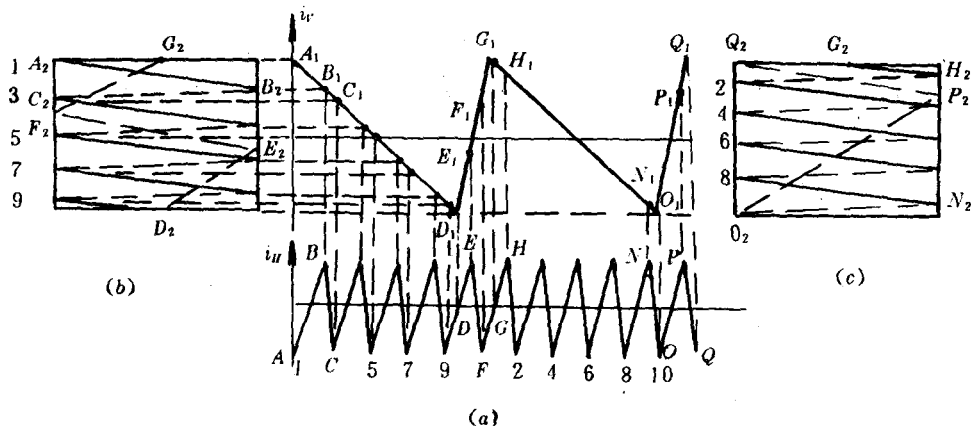


图 1-5 隔行扫描示意图

时，恰好进行场回扫，当 i_v 到达最大正值 G_1 时，电子束从下向上由 D_1 经 E_1 、 F_1 回到荧光屏最上方的中点 G_2 ，结束了第 1 场即奇数场的扫描。

偶数场的扫描正程是从 G_2 点开始的，它的图形同样可以根据 i_v 和 i_h 的波形画出。如图(c)所示。将图(b)的奇场光栅与图(c)的偶场光栅叠加在一起，即构成全电视屏幕均匀相嵌的光栅图。

由于 i_v 值表示电子束在荧光屏垂直方向上的位置、 i_h 值表示电子束在水平方向上的位置，图(a)中 A_1 与 G_1 的电平相同，则说明奇、偶两场的场正程起始点在荧光屏上的垂直位置是相同的。但由于选择场周期是行周期的整数倍再加半个行周期，所以奇、偶两场的场正程起始点所对应的 i_h 值是不同的。如图(a)所示，奇场所对应的是 i_h 的最大负值，而偶场对应的 i_h 是零。就是说，两场正程的起始点在水平位置上差半行，因此两场的光栅不会重叠，而是实现均匀的嵌套。另外，第 3 场正程的起始点和第 1 场正程的起始点在时间上差一个帧周期，是行周期的整数倍，因此它们在荧光屏上的位置不仅垂直方向上相同，而且水平方向上也相同，即第 3 场的光栅与第 1 场的光栅完全重叠。同样第 4 场的光栅与第 2 场的光栅也完全重叠。

通过以上分析可以得出这样两个结论：为了实现隔行扫描时奇、偶两场扫描光栅均匀相嵌，每帧图像的扫描行数(包括场逆程在内)必须为奇数；为了保证各帧光栅的重叠，要求每帧的扫描行数必须是整数。

1.2.2 我国广播电视扫描参数

我国广播电视采用隔行扫描，主要扫描参数如下：

行频：15 625 Hz

场频：50 Hz

行周期：64 μ s

场周期：20 ms

行正程时间： $\geq 52 \mu$ s

场正程时间： ≥ 18.4 ms

行逆程时间: $\leq 12 \mu\text{s}$ 场逆程时间: $\leq 1.6 \text{ ms}$

帧频: 25 Hz

每帧行数: 625(显示 575)

帧周期: 40 ms

每场行数: 312.5(显示 287.5)

§ 1.3 重现电视图像的基本参量

在理想的情况下, 荧光屏上重现图像的几何形状、相对大小、细节的清晰程度、亮度分布及物体运动的连续感等, 都应该与原景物一样。这实际上是不可能的。本节根据人眼的视觉特性分析黑白电视图像转换中的几个基本参量。有关彩色电视与视觉性能的关系将在第三章讨论。

1.3.1 亮度、对比度和灰度

人眼最重要的视觉功能是对客观景物的亮度感觉。亮度就是人眼对光的明暗程度的感觉。亮度用 B 表示, 度量亮度的单位为 cd/m^2 。cd 为烛光发光强度坎德拉。根据实际要求, 电视图像平均亮度应不小于 $30 \text{ cd}/\text{m}^2$, 最大亮度应大于 $100 \text{ cd}/\text{m}^2$ (或 $60 \text{ cd}/\text{m}^2$)。

目前, 显像管的发光亮度能做到上百 cd/m^2 的量级, 而所摄取客观景物的最大亮度可高至上万 cd/m^2 , 两者差别很大, 重现图像是无法达到客观景物的实际亮度。但由于人眼对背景亮度有很强的适应性, 所以只要保持重现图像的对比度与客观景物相等, 就可以获得与客观景物一样的明暗感觉了, 而完全没有必要重现客观景物的实际亮度。

客观景物的最大亮度与最小亮度之比称为对比度。对于重现的电视图像, 对比度不仅与显像管的最大亮度 $B_{\max}$ 和最小亮度 $B_{\min}$ 有关, 还与周围的环境亮度 B_0 有关, 其对比度 K 为

$$K = \frac{B_{\max} + B_0}{B_{\min} + B_0} \approx \frac{B_{\max}}{B_{\min} + B_0}$$

显然环境越亮, 电视图像的对比度就越低。一般对比度能达到 $30 \sim 40$ 就可以获得满意的收看效果。重现图像的对比度越大, 图像的黑白层次就越丰富, 人眼的感觉就越细腻、柔和。

图像从黑色到白色之间的过渡色统称灰色。灰度就是将这一灰色划分成能加以区别的层次数。为了鉴别电视机所能恢复原图像明暗层次的程度, 电视台发送一个十级灰度信号。电视机经调整后在图像中能区分的从黑到白的层次数称为该机具有相应级的灰度。实际上, 电视机只要能达到六级灰度, 就能收看明暗层次较佳的图像。我国电视标准规定甲级和乙级电视机分别达到八级和七级灰度。

1.3.2 每帧扫描行数的确定

前面已经讨论过, 为了获得图像的连续感、克服闪烁效应并不使图像信号的频带过宽, 我国规定帧频为 25 Hz, 采用隔行扫描, 场频定为 50 Hz。这样的场频恰好等于电网频率, 还可以克服当电源滤波不良时图像的蠕动现象。

由于扫描行数决定了电视系统的分解力,从而决定了图像的清晰度,因此在电视标准中确定扫描行数是一个极为重要的问题。我国规定每帧含 625 行。

在帧频一定时,每帧行数越多,系统反映图像细节的能力越强,但信号占用的频带也加宽。事实上,由于人眼在一定距离内分辨图像细节能力有一定限度,因此没有必要过份提高每帧行数。于是,可依据人的这一视觉特性确定行数。

图 1-6 绘出了人眼分辨图像细节能力的示意图。图中, θ 为分辨角,是在一定距离 L 时,人眼恰能分辨的两个黑点之间的夹角。显然 θ 越小,表示人眼的分辨力越强,反之则越弱。因此可以定义人眼的分辨力为分辨角的倒数。 d 为两个黑点之间距离,即行距; h 为屏幕高度; φ 为视觉清楚区域张角; L 为最佳观看距离。由图得到分辨角为

$$\theta = \frac{360}{2\pi} \times 60 \times \frac{d}{L} \quad (1-1)$$

屏幕显示行数 Z' 为

$$Z' = \frac{h}{d} \quad (1-2)$$

则有

$$Z' = \frac{360}{\pi} \times 60 \times \frac{h}{L} \times \frac{1}{\theta} \quad (1-3)$$

正常人的分辨角在 $1' \sim 1.5'$ 之间,取 $\theta = 1.5'$; 观看电视的最佳距离 $L \approx 4h$ (由人的视觉清楚的区域 $\varphi \approx 15^\circ$ 得出), 将此两值代入 (1-3) 式, 即可算出相应的屏幕显示行数 $Z' = 537$, 我国电视标准规定屏幕显示行数为 575 行, 再考虑每帧逆程的 50 行, 即确定了每帧总行数为 $Z = 625$ 行。

1.3.3 分解力(清晰度)

电视系统传送图像细节的能力称为该系统的分解力。相应地,表现在人对图像细节清晰程度的感觉则称为清晰度,两者的含义是一致的。分解力通常以能分辨的黑白相间的线数表示。例如,设分辨力为 500 线,这表示系统在对应的方向上能分辨黑白线条各 250 条。

一、垂直分解力

垂直分解力是指沿着图像的垂直方向上能够分辨像素的数目。显然它受每帧屏幕显示行数 Z' 亦即总行数 Z 的限制。在最佳的情况下,垂直分解力 M 就等于显示行数 Z' 。在一般情况下,并非每一屏幕显示行都代表垂直分解力,而取决于图像的状况以及图像与扫描线相对位置的各种情况,这可用图 1-7 加以说明。图 1-7(a) 是摄取的图像,图 1-7(b) 是重现的图像。图中,电子束截面覆盖的是一行扫描线,并且忽略了扫描线之间实际存在的间隙。

图(a)中, a_1 和 a_2 的图像细节(黑条与白条)恰好占据了扫描线满格,此时摄像管输出

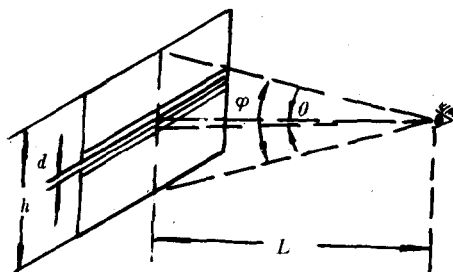


图 1-6 人眼的分辨力示意图

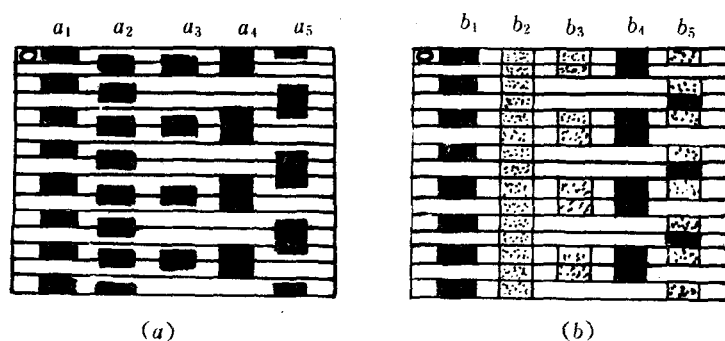


图 1-7 垂直分解力示意图

的图像信号的电平高低分明, 因而图(b)中重现的图像 b_1 和 b_4 仍是黑白分明的原像, 此属最佳情况, 垂直分解力 $M=Z'$ 。

如果摄取图像为 a_2 , 图像细节与电子束中心错开, 即电子束恰好覆盖黑条和白条各一半, 则各行的图像信号均为黑、白信号电平的平均值, 因而重现图像 b_2 是一条均匀的灰色带, 系统丧失了垂直分解力, 即 $M=0$ 。

当摄取图像为 a_3 、 a_5 时, 其重现图像是 b_3 、 b_5 , b_3 图像对比度下降、 b_5 黑白边界不明显, 但能重现原图像规律, 只是垂直分解力下降为原线数的一半, 即 $M=Z'/2$ 。

因此, 考虑到图像内容的随机性, 则有

$$M = kZ' \quad (1-4)$$

k 值通常为 $0.5 \sim 1$, 若取 $k=0.76$, 则有效垂直分解力 $M=0.76 \times 575=437$ 线。

垂直分解力 M 亦可用总行数 Z 来表示。因为有 $Z'/Z=T_{sv}/T_r$, 故有

$$M = k \left(\frac{T_{sv}}{T_r} \right) Z \quad (1-5)$$

二、水平分解力

水平分解力是指沿图像水平方向系统能分解的像素数目(垂直线数), 以 N 表示。水平分解力取决于电子束横截面大小, 亦就是说, 水平分解力与电子束直径相对于图像细节宽度的大小有关。

电子束在水平方向扫描与垂直方向扫描完全不同。垂直方向一定要一行一行地扫描, 相邻行之间的扫描线不重叠, 而水平方向则是连续地扫描过去的。以摄像管为例, 尽管电子束可以聚焦得很细, 但总有一定的截面积(接近于像素), 因此它在水平扫描时将使黑白像素界线模糊, 转换成的图像信号电压不能突变, 存在一过渡期。如果图像细节比电子束更小, 这时则根本反映不出这种细节的变化了。把这种现象称做孔阑效应。

孔阑效应示意图如图 1-8 所示。图 1-8(a)是摄取图像的取样, 图(b)是它转换成的图像信号电压波形。图中若白条与黑条的宽度远大于电子束直径 d , 当电子束从左向右扫过画面时, 只有当电子束的中心分别处于 x_1 位置以左和 x_2 位置以右时, 电子束截面才完全覆盖白条和黑条, 这时输出图像信号在对应的 t_1 和 t_2 时间达到最高电平 u_1 和最低电平 u_2 (正极性图像信号)。而当电子束中心处于 x_1 和 x_2 之间时, 随着电子束覆盖白条、黑条的面积不同, 将使信号 u 存在一过渡期 τ 。其重现的图像如图(c)所示(忽略显像管的孔阑效应