

模拟电视

与

数字电视

栾风虎 刁 鸣 宿 辉 等 编著

东北林业大学出版社

模拟电视与数字电视

栾风虎 刁 鸣 宿 辉 等编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模拟电视与数字电视/栾风虎等编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2005.8

ISBN 7-81076-770-4

I. 模… II. 栾… III. 数字电视 IV. TN 949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082994 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

模拟电视与数字电视

Moni Dianshi Yu Shuzi Dianshi

栾风虎 刁 鸣 宿 辉 等编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 15 字数 365 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-770-4

TB·71 定价: 30.00 元

前 言

广播电视是发展十分迅速的一个产业，从黑白电视到彩色电视再到数字电视不过几十年的时间。根据国家数字电视发展计划的时间表，2003年我国正式在有线电视网上播出标准清晰度电视和高清晰度电视；2003年完成我国地面数字电视广播频率的规划和标准的制订，并有计划地在一些重点城市进行试验播出，2005年正式播出；“十五”期间全面推进卫星数字电视传输，2005年停止上星节目的模拟传送；2005年，省级以上电视台基本实现采、编、播数字化，节目传输交换网络化；2008年，在北京奥运会上，将实现向世界转播数字高清晰度电视节目；2010年我国广播电视全面实现数字化；2015年停止模拟广播电视的播出，完成从模拟制式向数字制式的过度。

本书的编著力求做到由潜入深、通俗易懂。本书首先从黑白电视入手，系统地介绍了黑白电视和彩色电视的组成、结构、重要器件及行场扫描等各个单元电路的结构、功能等。后几章系统介绍了数字电视的相关知识。

本书的第一章由郭子娟编写，二、三、四章由刁鸣编写，第五章到第十章由栾凤虎编写，第十一章由宿辉编写。另外，本书的编写还得到了王春祥副教授的大力帮助，在此表示衷心的感谢！

本书可作为高等院校广播电视、电子信息和通信类专业的本科生教材使用，也可供从事相关领域的工程技术人员参考。

由于时间仓促和作者的水平有限，书中若有错、漏之处，请读者给予批评指正。谢谢！

编者

目 录

第一章 黑白电视基础知识	1
1.1 黑白图像的传输与显示	1
1.2 隔行扫描原理	4
1.3 黑白复合视频图像信号	9
1.4 高频电视信号	12
第二章 黑白电视接收机与黑白显像管	17
2.1 黑白电视接收机的分类与组成	17
2.2 超外差单通道式电视接收机的工作原理	18
2.3 黑白显像管的基本构造及工作原理	21
2.4 黑白显像管的附属电路	28
第三章 彩色电视与彩色显像管	31
3.1 色度学原理	31
3.2 彩色图像传输中遇到的基本问题	39
3.3 彩色视频图像信号的组成及其波形图	46
3.4 彩色电视制式	56
3.5 色同步信号的作用及其形成	67
3.6 彩色电视接收机的组成	69
3.7 彩色显像管的构造及基本工作原理	72
3.8 自会聚彩色显像管的色纯与会聚	75
3.9 彩色显像管的附属电路	77
第四章 同步分离与扫描电路	80
4.1 同步分离电路	80
4.2 场扫描电路	86
4.3 行扫描电路	95
第五章 高频调谐器中频通道和伴音通道	114
5.1 全频道电子调谐器	114
5.2 电视中频通道	120
5.3 伴音通道	128
第六章 PAL _D 解码器	130
6.1 色度通道	130
6.2 副载波恢复电路	135
6.3 亮度通道	142
6.4 解码矩阵电路	145
第七章 数字电视基础	147
7.1 数字电视与高清晰度电视	147

7.2	数字电视的特点	147
7.3	数字电视的相关技术	148
7.4	国外数字电视及其标准化状况	150
7.5	我国数字电视及其标准化状况	151
第八章	数字电视信号的产生	153
8.1	信号的 A/D 变换	153
8.2	音频信号的 A/D 变换	154
8.3	视频信号的 A/D 变换	156
8.4	HDTV 节目制作及交换用视频参数标准	160
8.5	数字电视扫描表示方法	162
8.6	电影/电视格式转换	164
8.7	几种常见数字摄像机和录像机的信号格式	165
第九章	视频压缩编码	169
9.1	视频压缩可能性	169
9.2	视频压缩编码	170
第十章	音频压缩编码	189
10.1	音频压缩编码的原理	189
10.2	MPEG - 1 音频压缩编码标准	194
10.3	杜比 AC - 3 音频压缩算法	200
10.4	MPEG - 2 音频压缩编码标准	205
第十一章	数字电视传输标准	208
11.1	DVB 传输标准	209
11.2	DVB - T 与 ATSC、ISDB - T 的比较	230
11.3	我国地面数字电视广播传输方案	231

第一章 黑白电视基础知识

广播电视是根据人眼的视觉特性,利用光→电、电→光转换原理以及无线电波进行远距离传送图像信号的一个系统。我们知道,由于自然界中的景物大多是五光十色、色彩斑斓的,因此欲要逼真地传送其中的实际色彩,只靠黑白电视系统显然是办不到的,而必须借助于彩色电视系统来完成这一任务。由于彩色电视系统是在黑白电视系统的基础上发展起来的,因此本书先从黑白电视系统入手,然后再讨论更加复杂的彩色电视系统和数字电视系统。

1.1 黑白图像的传输与显示

1.1.1 黑白图像的传输

众所周知,一幅黑白图像之所以能够被人的眼睛所看到,是由于画面上各点的亮暗程度不同而造成的。由此可见,如果我们能够在发送端将一幅黑白图像的亮暗程度转换成相应强弱的电信号,然后再将此电信号经过调制、放大、变频、解调还原出原图像信号,最后经显像管将此图像信号显示成相应亮暗程度不同的黑白图像,就可完成图像的传输过程。尽管此过程较复杂,但最终可简化为光→电→光的转换。其中的光(亮度)→电转换由摄像机来完成,电→光(亮度)转换由黑白显像管来完成。

通过以上分析可知,图像传输过程中的关键一步便是光→电转换,即必须首先将图像(光)转换成电信号。那么怎样才能将一幅图像(光)转换成电信号呢?这应该从构成图像的基本要素说起。我们知道,任何一幅图像都是由许多密集细小的点子所组成的。如照片、图画、报纸上的新闻图片等均属此类情况。如果我们用放大镜仔细观察它们就会发现,它们都是紧密相邻、黑白相间的细小点子的集合体。这些细小的点子是构成一幅图像的最基本的单元,我们通常称其为像素。显然像素越小,图像就越清晰。通常一幅 35mm 的电影图像约由 100 万个像素点所构成,而中型屏幕的电视图像约由 40 万个像素点所构成。

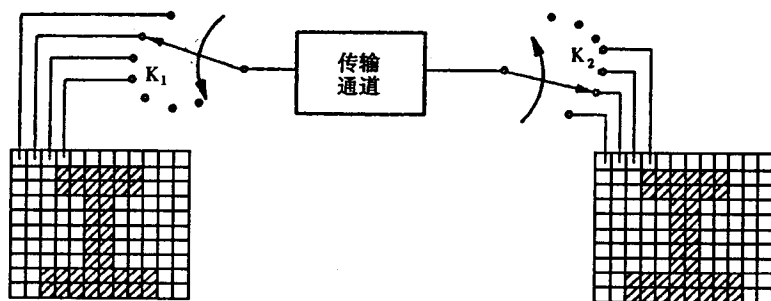


图 1-1-1 单通道顺序传送电视系统

在实际的图像传输过程中,被传图像中的像素是按一定顺序被转换成电信号的,并同时依次传送出去。在接收机的荧光屏上再按相同的顺序将各个像素点所对应的电信号在屏幕相应位置上转换成光(亮度)输出。只要这种顺序传输的速度足够快,就可以利用人眼的视

觉暂留效应以及荧光屏发光材料的余辉效应,使我们感觉到整幅图像是同时在发光,而不会有顺序发光的感觉。我们通常称这种方法为顺序传送。传送这种信号只需要一个信道即可,其传输基本原理如图 1-1-1 所示。

通过以上分析可知,图像传输中的光→电转换过程其实质就是要将图像(光)转换成能够按顺序传送的电信号的过程。这种将图像转换成能够按顺序传送的电信号过程通常是通过所谓的电视扫描技术来完成。扫描过程如同阅读书籍一样,视线是自左至右、自上而下,一行一行、一页一页地扫过,每个字就相当于图像中的一个像素。在图像的顺序传送中,每个像素也是按着自左至右、自上而下的规则进行发送、接收的。由左至右的扫描通常被称为水平扫描或行扫描;自上而下的扫描通常被称为垂直扫描或帧扫描。为了便于说明问题,我们在图 1-1-1 中采用了模拟的机械扫描装置。当开关 K_1 和 K_2 接通某个像素时,此像素就被发送和接收。为了能够正确重现图像,显然除了要求两个开关(K_1 和 K_2)的旋转速度要足够快并且要相同外,同时还要求接通的像素点要一一对应,即收、发两端每个像素的几何位置必须一一对应。这种工作方式通常被称为收、发两端是处于同步工作状态,简称为同步。如果此要求不能够被满足,则接收端画面中各个像素相对于发送端画面中的各个像素将会发生错位现象,这样重现的画面必将发生畸变,严重时甚至什么也分辨不出来。由此可见,同步是电视系统能够正确重现图像的必要条件。

需要给读者指出的是,在实际的图像传输中,一般不是采用上述的机械扫描装置,而是均采用电子扫描装置。通过光→电转换与电子扫描装置,我们就可以把代表图像并以空间和时间为自变量的亮度函数转变成仅以时间为自变量的电信号函数,并且这个电信号函数仍然携带着原图像的全部信息。这样,我们就实现了图像的顺序传输。

将图像的明暗程度(即亮度)转换成电信号的过程是在发送端由摄像机来完成的。摄像机的内部基本结构如图 1-1-2 所示。利用它可将一幅黑白图像的亮度(光)转换成能够实现按顺序传送的电信号。其转换过程如下所述。

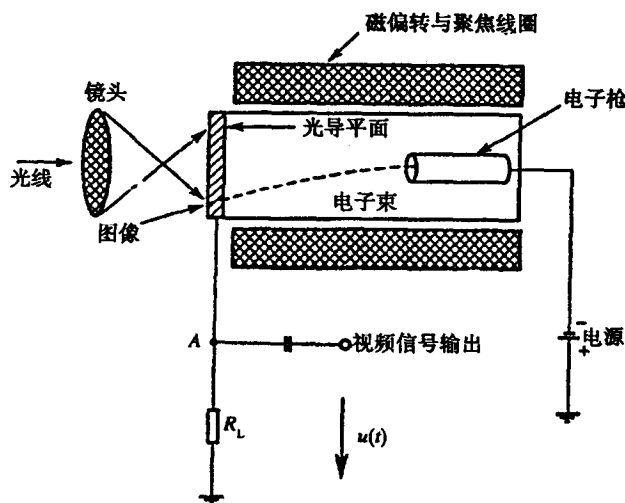


图 1-1-2 摄像机原理图

由图 1-1-2 可知,摄像机是由镜头(透镜)、光导平面、磁偏转线圈以及电子枪等基本部件所组成。摄像机的镜头要对准欲拍摄的景物,并使被摄景物恰好成像在光导平面上。光导平面是由光敏半导体材料制成的,而光敏半导体材料的自然属性是,在光的作用下,它

的电导率将发生变化。光越强,电导率越高,即相当于电阻越小。这样,当被摄景物各点的明暗程度(即亮度)不同时,光导平面上各点的电导率也将不同;与较亮像素对应的单元,其电导率较大;与较暗像素对应的单元,其电导率较小。由于光导平面各单元之间是相互绝缘的,因此被摄景物中各像素点处的不同亮度值就变成了光导平面上各单元处的不同电导率值,这样就将“光象”首先变成了“电象”。

摄像机内部的电子枪是用来发射电子的,当满足一定条件时,它可以发射出一束很细的电子束。在高压电场及偏转磁场的作用下,这个电子束将在光导平面上作匀速扫描运动。当电子束扫到光导平面上某个像素点时,电子枪中阴极所发射的电子束将与光导平面、负载电阻 R_L 以及电源构成导电回路,这样在 R_L 中便会有电流通过,该电流的大小取决于光导平面上该像素点处电阻的大小,即取决于此处光的强弱。如果此处光较强,则流过 R_L 中的电流也将较大,其两端产生的电压必然就较大;反之亦然。由此可见,当电子束在偏转磁场的作用下,在光导平面上作匀速扫描运动时,流过 R_L 中的电流强度就会随光导平面各点处电导率的不同而发生变化,这样 A 点电位的变化就恰好反映了图像中各像素点处的明暗程度。我们通常将由 A 点输出的电压信号称为图像信号或视频图像信号。为了使读者加深对摄像机的这种光→电转换过程的理解,现举一简单实例来加以说明此过程。

假设被摄景物是在白色背景上的一个黑色的汉字“工”,该汉字的具体分布情况如图 1-1-3(a)所示。为了简单起见,我们将整幅图像分解为 9 行,每行由 12 个像素构成,即整幅图像由 108 个像素点构成。这时如果我们用摄像机对此黑白图像进行光→电转换的话,则摄像机 A 点输出的视频图像信号将如图 1-1-3(b)所示。

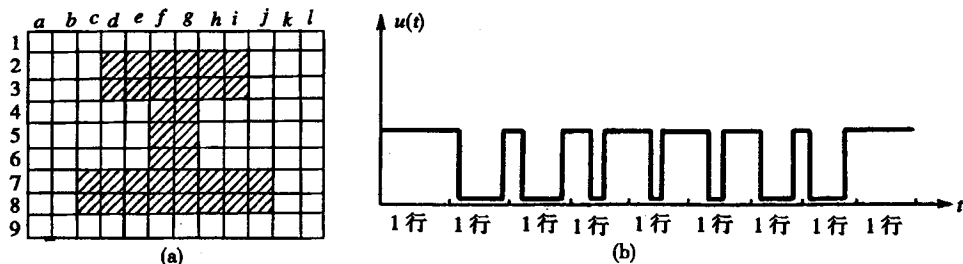


图 1-1-3 摄像机输出的图像信号波形

根据图 1-1-3(a)中所示图像的情况可看出,由于第 1 行和第 9 行均是亮画面,故此时输出的电压信号应该是低电平(注意:图中电流方向与电压参考方向相反);对于第 2 行和第 3 行而言,当电子束扫到 $d、e、f、g、h、i$ 各像素点时,由于画面为黑色(较暗),故此时输出的电压信号应该为高电平;扫到 $a、b、c、j、k、l$ 各像素点时,由于画面较亮,故此时输出自然为低电平。以此类推,我们就可以得到如图 1-1-3(b)所示的输出电压波形(注意:为了作图方便,我们将整个波形向上平移了一直流电平)。由此可见,视频图像信号就是一些随时间而变化的不同电平,它们所表示的是图像各像素点处的不同亮度。值得给读者指出的是,由于实际图像的界面往往是不规则的。因此视频图像信号常常也是由一些不规则的高低电平所构成的。

如果我们将上述视频图像信号送往电视发射机进行放大、调制,最后再由天线发射出去,就可完成图像的传输任务。

1.1.2 黑白图像的重现

电视图像的重现是借助于接收机中显像管来完成的。显像管是一种电真空器件,其简化后的结构如图1-1-4(a)所示(有关显像管的详细内容将在本书有关章节中给予介绍)。它是由电子枪和荧光屏所构成的,其中电子枪的作用与摄像机中电子枪的作用类似,均是由阴极向外发射电子束。该电子束在高压电场的作用下会以很高的运动速度轰击荧光屏。荧光屏内壁涂的荧光粉在该电子束的轰击下将会发光,如果其他条件不变,发光的强度将仅与阴极发射的电子束电流强度成正比。这时如果我们能在电子束运动的途中对其施加一个特定的偏转磁场,则电子束将会在该偏转磁场的作用下产生匀速扫描运动,即电子束将在荧光屏上由左上角开始,一行一行地往下扫,直至扫完整个屏幕。如果我们能够保证让扫描的速度足够快,并且使行与行间又足够近,则就可以借助于人眼分辨力有限以及荧光屏发光的余辉效应,使我们感到荧光屏上的各点亮度是均匀的,这样就可可在屏幕上形成我们通常所说的扫描“光栅”,具体情况如图1-1-4(b)所示。由此可见,所谓扫描光栅实质上就是由电子束电流在荧光屏上轰击出来的亮点而汇集成的,每一个亮点相当于一个像素。

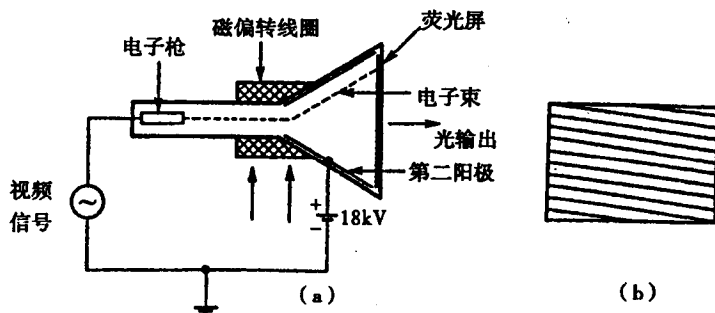


图1-1-4 显像管扫描光栅的形成

(a)显像管简单构造;(b)光栅

我们知道,由于在荧光屏上形成的扫描光栅的各点亮度是均匀的,因此它并不是我们所要重现的图像。由于荧光屏各点的发光强度与阴极发射电子束电流强度成正比,因此,如果我们能够控制阴极电子束电流的大小,并使其按图像内容而变化,则荧光屏上各点的发光强度也必将按图像内容而变化,这样就可使荧光屏显示出我们所要的图像内容。

怎样才能控制阴极发射电子束电流的强度呢?我们知道,由于电视台给出的视频图像信号,其变化规律恰恰反映了图像的内容,即反映了图像各点的明暗程度,因此如果我们在接收机中用此信号来控制显像管阴极电子束电流的强弱,并且同时让显像管中电子束的扫描运动与摄像机中电子束的扫描运动保持同步,则我们便可在荧光屏上得到重现的图像。

必须给读者指出的是,重现图像的条件不单单是电子束电流强弱要受视频图像信号的控制,而且还必须保证接收端和发送端的扫描要同步,这对图像的正确重现也是必不可少的一个条件。

1.2 隔行扫描原理

我们知道,接收机荧光屏上获得的电视图像,其质量好坏一般可从以下几个方面来考

虑:图像几何形状是否正确;图像是否具有连续性且无亮度闪烁感;图像对比度、亮度是否适中,图像清晰度的高低。其中图像几何形状的好坏可由扫描线性来保证;对比度、亮度适中可由相应调节电路来保证,而清晰度的高低以及图像是否具有连续性且无亮度闪烁感是本节所要讨论的主要问题。

所谓图像的清晰度是指人眼主观感觉图像细节呈现的清晰程度。它与电视系统传送图像细节的能力有关,这种能力通常被称为电视系统的分解力。显然清晰度与扫描行数有关。因为如果一帧图像中所含扫描行数越多,图像分解的像素数目也就越多,即景物细节呈现得也就越清晰,因此主观感觉到的清晰度就越高。由此可见,扫描行数决定了图像的分解力,即图像的清晰度。然而图像清晰度的高低还能决定视频图像信号占用的带宽,清晰度越高,占用的带宽也就越宽。为了缓解清晰度与带宽之间的这一矛盾,人们最后确定在电视系统中采用隔行扫描方式。本节将先从图像的分解力入手,然后再来讨论隔行扫描。图像的分解力可分为水平分解力与垂直分解力,我们分别给予讨论。

1.2.1 垂直分解力与扫描行数的关系

由于扫描行数的多少决定了图像的清晰度高低,扫描的行数越多,图像的清晰度就越高,从而导致视频图像信号占用的带宽也必将越宽,因此确定每帧图像的扫描行数是电视系统中一个极为重要的问题。

确定每帧图像的扫描行数的原则是,在满足人眼视觉分辨力的前提下,应尽量减少扫描的行数。因为这样可以确保视频图像信号占用的带宽不至于过宽,从而有利于电视设备的简化和频带利用率的提高。

所谓人眼的视觉分辨力是指人眼能够辨别景物平面上相邻两个点的能力。例如:在黑板上有两个相距很近的白点,当人眼离开它一定距离观看时,便会分辨不清是两个点,而只能模糊地认为是一个点。这一事实表明,人眼分辨景物细节的能力存在一个生理上的极限值。当超过此值时,景物细节划分得再细也是徒劳的,因为这时人眼已辨别不清这些细节了。由此可见,一幅电视图像分解为多少个像素较为合理主要取决于人眼的分辨力。

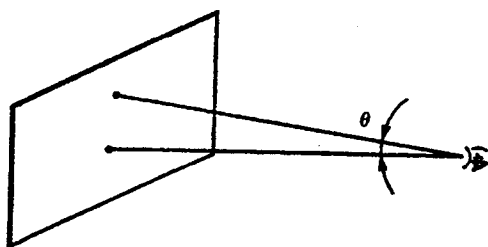


图 1-2-1 视敏角的测定

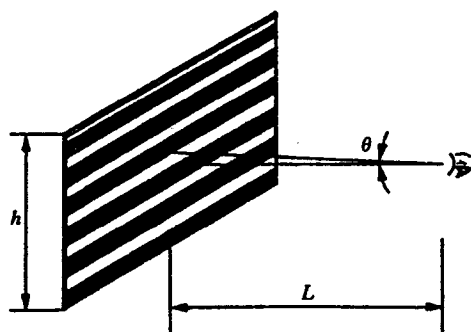


图 1-2-2 垂直分解力的测定示意图

人眼的视觉分辨力可用视敏角 θ 表示,视敏角的定义方法如图 1-2-1 所示,即视敏角是指观测点(眼睛所在的位置)与被人眼所能观测到的两个点所形成的最小夹角。实验表明:具有正常视力的人,在中等亮度和对比度的情况下,观察静止图像时的视敏角(即分辨力)约为 $1 \sim 1.5$ 分。观察运动图像时的分辨力将有所下降,即视敏角要大一些。电视系统

是根据正常人的视敏角来确定一幅图像应分解成多少黑白相间的横条为宜,这就是我们所说的图像垂直分解力。垂直分解力的测定方法如图 1-2-2 所示。

设画面高度为 h ,在垂直方向上有 M 条黑白相同间的横条,如果人眼在距离画面 L 处能恰好分辨出这些横条,则视敏角便可表示成:

$$\theta = \frac{h/M}{L}(\text{弧度}) = 57.3 \times 60 \times \frac{h}{LM}(\text{分}) = 3438 \frac{h}{LM}(\text{分}) \quad (1-2-1)$$

实验表明,人们在观看电视时的最佳观看距离是该屏幕高度的 4 倍左右(即 $L = 4h$)。因为此时人眼对整幅图像所成的视角为:

$$\alpha = h/L(\text{弧度}) = \frac{1}{4}(\text{弧度}) = 15^\circ \quad (1-2-2)$$

在这种情况下,观看者眼球不需转动即可看到整幅图像。若再近一点,观看整幅图像就需要转动眼球,时间久了会使人感到眼睛的疲劳。若再远一点,视野中将会混入屏幕周围的外界景物,使人在观看电视时的注意力往往不宜集中。因此电视系统在确定扫描行数时,均认为观看者距屏幕的距离为屏幕高度的 4 倍(即 $L = 4h$)。

根据以上分析,如果将视敏角 $\theta = 1.5$ 分,观看距离 $L = 4h$ 代入式(1-2-1),即可得到决定垂直分解力的扫描行数为:

$$M = 3438 \frac{h}{L\theta} = 573(\text{线}) \quad (1-2-3)$$

以上结果表明,如果观看者是处在最佳距离观看电视图像时,人眼的垂直分解力将是 573 线。即人眼在此位置处最多只能分辨 573 条黑白相间的横条。显然电视系统的每帧图像扫描行数最好应参照此数值来进行选取。

这里需要给读者指出的是,在具体确定每帧图像的扫描行数时,还应考虑场回扫期占用的行数。根据实际情况,各个国家对扫描行数的取值都不尽相同。我国电视系统确定的每帧图像的扫描行数为 625 行,其中场回扫期占用 25 行;法国为 819 行;美国、英国和日本均为 525 行。

1.2.2 水平分解力与视频带宽的关系

图像水平分解力的含义与垂直分解力的含义基本相同,它是指沿图像水平方向人眼最多能分辨出多少条黑白相间的竖条纹。由此可见,水平分解力的求法应该与垂直分解力的求法相同。由于显像管荧光屏的宽度与高度之比通常为 4:3,所以水平分解力(N)可直接得出:

$$N = \frac{4}{3}M(\text{线}) \quad (1-2-4)$$

根据我国电视标准规定,由于一帧图像是由 625 行构成的,因此水平分解力应为 833 线,即只有在水平方向形成 833 条黑白相间的竖条纹才能满足人眼水平方向分解力的要求。为在水平方向上形成这样的竖条图像,就必须在显像管阴极上加入如图 1-2-3 所示的视频图像信号波形,并且要求该信号应在一行的扫描时间内具有约 400 个高低电平变化周期。只有这样才能在荧光屏上形成满足人眼水平分解力要求的 833 条黑白相间的竖条纹图像。此信号的重复频率即为人眼所能分辨出的最高视频频率。其值可估算如下:

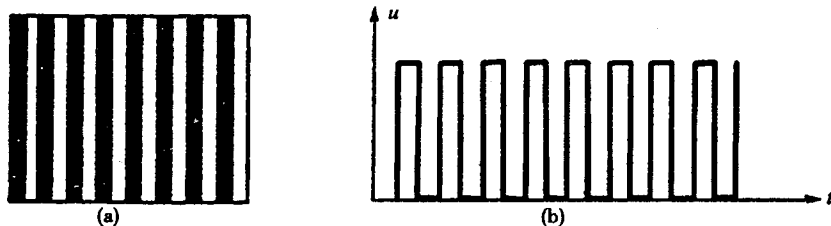


图 1-2-3 水平分解力

(a) 荧光屏上显示的图像 (b) 图像信号

根据实验测定,为了使荧光屏上不出现亮度闪烁现象,扫描的速度必须足够快,实验测定的数据是扫描系统必须每秒对屏幕进行 46 次以上的扫描才能消除荧光屏上的亮度闪烁现象。为此,电视台每秒传送 50 帧图像(即扫描系统对荧光屏每秒扫描 50 次)。由于每帧图像是由 625 行构成的,而每行时间内又必须有 400 个周期,因此图像信号的最高频率(即在一秒钟之内信号交变的次数)为

$$f_{\max} = 50 \times 625 \times 400 \approx 12(\text{MHz}) \quad (1-2-5)$$

由于图像信号的最低频率为零,所以视频图像信号占用的带宽应为

$$\Delta f_{\max} = f_{\max} - f_{\min} \approx 12(\text{MHz}) \quad (1-2-6)$$

通过以上分析可知,视频图像信号占用的带宽与水平分解力、垂直分解力以及帧频(即每秒传送图像的帧数)均有密切关系。为了传送能够满足人眼分辨力要求的高质量图像,所需视频图像信号占用的带宽竟高达 12MHz 之多。要传送这样的宽带信号在技术上实现起来是相当困难的,同时这对有限频带资源的利用也是极为不利的。为了解决上述问题,必须设法压缩视频图像信号占用的带宽。减少每帧图像的扫描行数固然可以压缩带宽,但这也同时导致图像清晰度的下降,因而也就满足不了人眼分辨力的要求。可见压缩频带与提高清晰度之间存在着一定的矛盾,缓解这一矛盾的有效办法就是我们下面将要给读者介绍的隔行扫描原理。

1.2.3 隔行扫描对视频带宽的压缩

图像的重现是利用电子束电流在荧光屏上一行一行扫描出来的。其扫描规律是由左至右,自上而下。这种一行挨着一行的扫描方式通常被称为逐行扫描,它虽然解决了图像的顺序传送与接收,但是,为了满足图像分解力的要求以及保证屏幕又不产生亮度闪烁现象,扫描行数最终被确定为 625 行,帧频为 50Hz(即每秒对屏幕扫描 50 次)。由此计算出的视频信号带宽高达 12MHz。为了压缩带宽,显然必须对带宽公式(1-2-5)中的某个参数进行修正。其中 625 是保证垂直分解力所需的每帧扫描行数,不能减少;400 是保证水平分解力所必需的信号交变次数,也不能降低;而 50 却是为了保证屏幕不出现亮度闪烁现象和图像具有连续感所需的帧频数值。通过实验发现,就电视传送活动图像这一目的而言,一秒钟只要传送 24 幅以上图像人眼就能获得满意的图像连续感。因此在电视技术中可把帧频定为 25Hz(而不是 50Hz),即每秒传送 25 帧图像。但是由于这样低的帧频将会在屏幕上产生亮度闪烁现象,因此人们又通过实验发现,要想消除屏幕上的亮度闪烁现象,必须在一秒钟内由电子束对荧光屏扫描 46 次以上。为了解决既要降低帧频又要在屏幕上不出现亮度闪烁这一矛盾,人们联想到了电影的放映技术。在电影技术中,每秒给出 24 幅图像,这样虽然画

面具有了连续感,但也存在亮度闪烁问题。其解决办法是对每一幅图像连续放映两次,两次中间用遮光板挡一下。这样,在放映电影时,由于银幕每秒亮暗 48 次,因此人眼就无亮度闪烁感,不过实际上放映的仍是 24 幅图像。这就启示我们在电视技术中也可仿照此种方法。但是由于荧光屏上的图像是由电子束扫描而得到的,不能采用遮光的办法,而必须采用将一帧图像分成两次扫描来完成。这就是我们下面要介绍的隔行扫描原理。

隔行扫描技术是将一帧图像分成两场来扫描,一场扫描奇数行,另一场扫描偶数行,奇数行对应的场称为奇数场;偶数行对应的场称为偶数场。两场的光栅互相镶嵌,构成一帧如图 1-2-4 所示的完整图像。

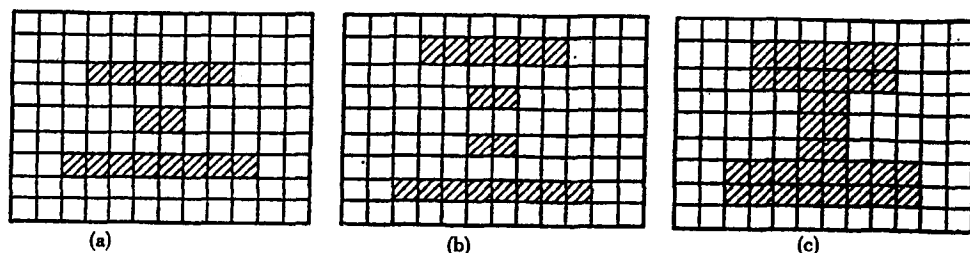


图 1-2-4 隔行扫描重现图像示意图

(a) 奇数场图像 (b) 偶数场图像 (c) 重现的图像

由于我国电视标准规定每帧扫描 625 行,因此每场应扫描 312.5 行,并且还规定每秒要扫描 50 场,以消除荧光屏上的亮度闪烁现象。为满足上述要求,给场偏转线圈通入的锯齿波电流的频率应为 50Hz,即场频应为 50Hz,一般用 f_v 表示。又因为每场含有 312.5 行,所以行偏转线圈中通入的锯齿波电流频率应为 15 625Hz (因为 $f_H = 312.5 f_v = 312.5 \times 50 = 15\,625\text{Hz}$) 即行频为 15 625Hz,通常用 f_H 表示。图 1-2-5 中示意性地给出了为使电子束作隔

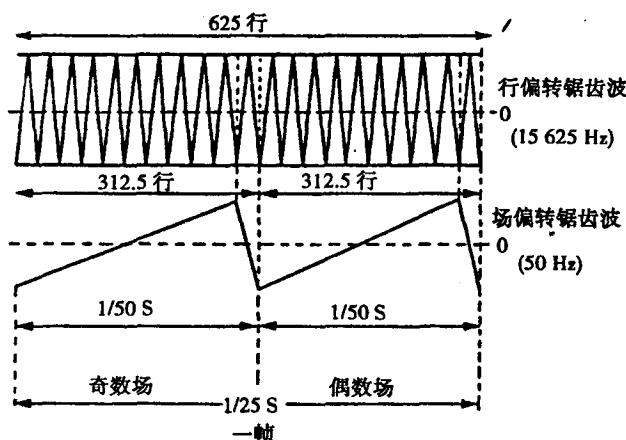


图 1-2-5 我国电视标准规定的扫描频率

行扫描运动,行、场偏转线圈中应通入的线性锯齿波电流之间的相互关系。值得指出的是,在一个场扫描周期内,场偏转电流将电子束从屏幕顶部移到底部,然后再移回顶部。在这同一时间内,行偏转电流必须使电子束从屏幕的左边移向右边,然后再移回左边,共要完成这样的运动 312.5 次。另外,场锯齿波的周期(即 $1/f_v$)为 20ms,即场周期为 20ms,一般用 T_v 表示,其中正程扫描占用 18.4ms,一般用 T_{vH} 表示,回扫(逆程)占用 1.6ms,一般用 $T_{vH'}$ 表示;行锯齿

波的周期(即 $1/f_H$) 为 $64\mu s$, 即行周期为 $64\mu s$, 一般用 T_H 表示, 其中正程占用 $52\mu s$, 一般用 T_{HS} 表示, 逆程占用 $12\mu s$, 一般用 T_{Hr} 表示。

采用隔行扫描技术后, 虽然一帧图像仍然由 625 行构成, 但扫描的帧频却从 50Hz 降低为 25Hz, 并将一帧图像分成两场来传送。这样对图像的垂直分解力就没有任何影响, 而且由于场扫描频率为 50Hz (即对屏幕每秒钟仍然扫描 50 次), 所以屏幕上就不会出现亮度闪烁现象。这样, 在不改变水平分解力的条件下, 计算视频图像信号的最高频率将降为原来的一半 (即 $f_{max} = 6\text{ MHz}$)。这一结果不但可使电视设备的制作在技术上得到很大简化, 同时对有限频带资源的利用率也得到了很大的提高, 因此世界各国的电视系统均采用隔行扫描技术。这里需要顺便给读者指出的是, 采用隔行扫描技术后, 不能将场频与帧频混为一谈, 场频是帧频的 2 倍, 即一帧图像是由两场组成的。

1.3 黑白复合视频图像信号

在复合视频图像信号中, 不仅应包含携带图像信息的图像信号, 而且还应含有能够保证电视系统正常工作的“辅助信号”。如果我们将这两种信号有机地结合起来就构成了所谓的复合视频图像信号, 通常也称作全电视信号。能够保证电视系统正常工作的辅助信号主要是指消隐信号和同步信号。下面将分别讨论全电视信号的组成、波形及其占用的带宽。

1.3.1 黑白复合视频图像信号的组成

复合视频图像信号是由图像信号、消隐信号和同步信号三部分共同组成的。

在电视系统中, 经过摄像机的光→电转换, 可将平面图像亮度信号转换成电平随时间变化的电信号。这个电信号反映了图像各像素点处的亮暗程度, 即反映了图像内容的全部信息。通常我们将此信号称为图像信号, 它是构成复合视频图像信号的主要成分。

根据前面的分析可知, 在重现图像的扫描过程中, 我们将面临一个必须予以解决的问题, 那就是在扫描逆程期间将出现回扫线的问题。如果不采取一定的措施来消除这种回扫线, 则重现的图像将会受到这些回扫线“干扰”。显然消除回扫线的最有效的办法便是让电子枪在扫描逆程期间处于截止状态, 即让阴极在扫描逆程期间不向外发射电子。为了达到这个目的, 电视台采取的具体措施是在行、场扫描逆程期间传送一个幅度足够大、持续时间足够长的矩形脉冲, 当接收机接收到此脉冲后, 就可利用它去控制显像管的阴极, 使其在行、场扫描逆程期间处于截止状态, 从而消除行、场扫描逆程期间的回扫线。通常我们把电视台在行扫描逆程期间传送的脉冲称为行消隐脉冲 (或行消隐信号), 而把场扫描逆程期间的脉冲称为场消隐脉冲 (或场消隐信号)。二者有机地结合在一起便构成所谓的复合消隐脉冲 (或复合消隐信号)。它可与图像信号有机地结合在一起并由电视台在传送电视信号时与图像信号一起同时传送出去。复合消隐信号是构成复合视频图像信号的辅助信号之一。

我们知道, 图像重现的必要条件是接收机中扫描装置的扫描必须与电视摄像机中扫描器的扫描保持严格同步, 即必须保持两者的偏转电流要同频同相。显然如果不在技术上采取一定的措施, 欲保持两个扫描器的同步是绝对做不到的。为了解决同步的问题我们可以在传送图像信号的同时再传送一个携带摄像机中偏转电流频率与相位信息的控制信号, 通常我们将此控制信号称为同步信号, 其中用于控制行扫描同步的称为行同步信号 (或行同

步脉冲),用于控制场扫描同步的称为场同步信号(或场同步脉冲)两者有机地结合在一起就构成了所谓的复合同步脉冲(或复合同步信号)。当接收机接收到该控制信号后,就可以利用它控制自己内部扫描器中的偏转电流频率与相位,从而使其与发送端摄像机中扫描器的偏转电流频率和相位保持严格相同,这样就可以保证接收机中的每一行或每一场的扫描都在正确的时间开始。为了做到这一点,电视台通常配有专用同步信号发生器,也称同步机。它每秒可产生 15 625 个行同步脉冲和 50 个场同步脉冲,行同步脉冲的前沿既是行正程扫描的结束,同时又是行逆程回扫的开始。场同步脉冲的情况与行同步脉冲类似。另外需要指出的是,复合消隐脉冲也是由同步机产生的。

综上所述,为了保证电视系统能够正常工作,电视台所传送的复合视频图像信号应包括以下三种信号:

- (1)反映图像内容的图像信号;
- (2)为消除回扫线所传送的复合消隐信号
- (3)为控制扫描保持同步而传送的复合同步信号;

其中图像信号是由摄像机产生的,而消隐信号与同步信号均由同步机来产生。

1.3.2 黑白复合视频图像信号波形

复合视频图像信号通常也被称作全电视信号。它是由图像信号、消隐信号以及同步信号共同组成的。其典型波形如图 1-3-1 所示。

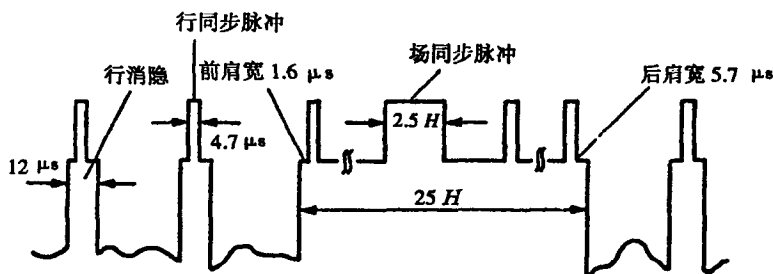


图 1-3-1 复合视频图像信号波形

由图 1-3-1 可看出,在发送端每一行都要传送一个行消隐脉冲,其持续时间与行扫描逆程时间($12\mu\text{s}$)相同也为 $12\mu\text{s}$,出现的位置恰好在行逆程期间。同理,每一场也要传送一个场消隐脉冲,其持续时间与场扫描逆程时间(1.6ms)相同,也为 1.6ms ,出现的位置也恰好在场逆程期间。接收机利用这些脉冲就可消除行、场逆程期间的回扫线。另外,为了实现收、发两端扫描的同步,发送端在每一行扫描的逆程期间都传送一个行同步脉冲,其宽度($4.7\mu\text{s}$)比行消隐脉冲宽度($12\mu\text{s}$)窄得多。同理,在每一场的逆程期间也传送一个场同步脉冲,其宽度($160\mu\text{s}$)比场消隐脉冲宽度(1.6ms)也窄得多。由于它们均是在消隐期间传送出来的,因此对电视图像内容的正常重现是没有影响的。又由于它比消隐脉冲电平高,所以可以采取一定措施把它们从复合视频图像信号中单独分离出来并送给接收机中的扫描电路,从而利用它来控制接收机中的扫描与电视台摄像机中的扫描保持同步。

我国电视标准规定:行同步脉冲宽度为 $4.7\mu\text{s}$,场同步脉冲宽度为 $160\mu\text{s}$ (即 $2.5T_H$)。而且行同步脉冲不是落在行消隐脉冲的中间位置,而是更接近于消隐脉冲的前沿。通常将从行消隐脉冲前沿到行同步脉冲前沿之间的一段称为消隐前肩,而将同步脉冲后沿与消隐

脉冲的后沿之间的一段称消隐后肩,前肩占用时间约为 $1.6\mu\text{s}$,后肩约为 $5.7\mu\text{s}$ 。另外,为了保证在场扫描逆程期间行扫描仍能保持同步,通常在场逆程期间仍然正常传送行同步脉冲。

前面介绍的仅是各种脉冲的宽度及位置情况,下面我们将介绍复合视频图像信号的电平分配问题。图 1-3-2 给出了某一复合视频图像信号的波形,这个信号将被加在接收机显像管的栅、阴极之间,利用它可以控制阴极发射的电子束电流,从而达到控制屏幕重现图像各点的明暗程度。

前面已经指出,图像信号的幅度反映的是图像各点的明暗程度。如果以同步脉冲的顶端作为 100% 电平来进行计算。则幅度为 12.5% 的电平所对应的即为白色,通常称其为白色电平。而幅度为 75% 的电平所对应的便是黑色,通常称为黑色电平。在白色电平与黑色电平之间的即为灰色电平。灰色的深度随信号幅度增加而增强。由此可见,当图像信号电平处于 12.5% 附近时,屏幕是最亮的。显然消隐电平应处于 75% 处,因为这是黑色电平,显像管在此电平的控制下将无任何亮度输出,因而能够达到消隐逆程回扫线的目的。同步脉冲幅度比消隐脉冲幅度高出 25%,由于它们的电平处于黑色电平之上,所以通常被认为是比黑色电平还黑的电平。

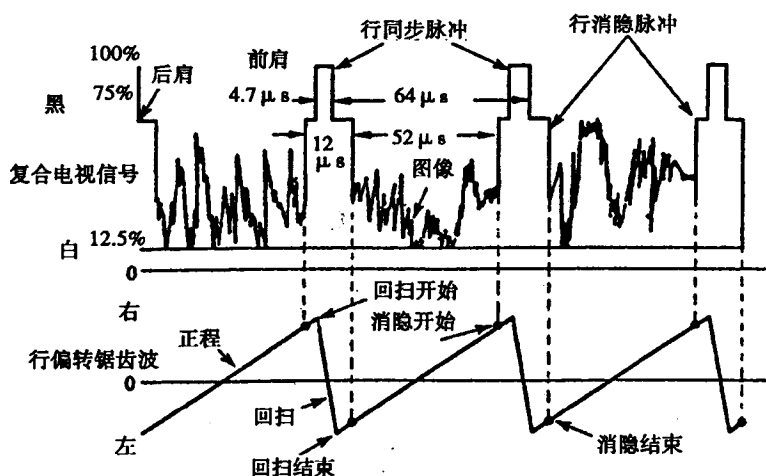


图 1-3-2 三行复合信号

另外需要给读者顺便介绍的是,视频图像信号有正极性与负极性之分,图 1-3-2 给出的便是所谓的负极性信号。所谓负极性信号是指信号电平越高,图像内容就越暗(黑)。反之则称为正极性信号。由于信号经过放大会被倒相,因此信号的极性在传送过程中是在不断变化的。

1.3.3 复合视频图像信号的带宽

所谓复合视频图像信号的频带宽度就是指人眼所能看到的图像内容所对应的信号频率范围。

由本章第二节内容可知,人眼所能看到最细的图像内容是水平方向上有约 400 条黑白相间的竖条纹图像。此图像所对应的视频图像信号频率即为人眼所能分辨的最高频率。如果电视系统采用的是隔行扫描技术,这个最高频率的数值应为 6MHz。显然人眼所能看到的图像信号的最低频率应为零(例如亮度均匀的画面)。由此可见,视频图像信号的频率范