

电视、录像、摄像系统原理及设备维修

宋聚文 吴疆等编著



科学技术文献出版社

电视、录象、摄象系统原理及设备维修

宋聚文 吴 疆 编著

科学技术文献出版社

一九九四年

(京)新登字 130 号

内 容 提 要

这是一本全面、系统地介绍电视系统的书。主要内容包括电视录象、摄象系统的基本原理,视频信号的获取、贮存、处理、发送和接收,电视节目的制作和传送,以及主要设备的维修。

本书通俗易懂,既强调了系统性,又突出了实用性。适合广大电视工作者、家电维修人员、电教技术人员、无线电爱好者阅读,也可作为电教专业、家电维修班的教学参考书。

电视、录象、摄象系统原理及设备维修

宋聚文 吴 疆 编著

科学技术文献出版社出版

(北京市复兴路 15 号 邮政编码:100038)

北京市管庄印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092 毫米 16 开本 24 印张 600 千字

1994 年 8 月北京第一版第一次印刷

印数: 1—2700 册

科技新书目:321—088

ISBN7—5023—2225—6/TN·136

定价: 24.60 元

前 言

随着科学技术的不断发展和人民生活水平的提高,电视技术已经走出了课堂,民用电视产品(如电视机、录象机、摄象机、卫星接收设备等)已经或正在得到普及。希望全面了解或掌握电视技术的人越来越多,这既包括从事电视工作的技术人员,也包括从事其他行业的工作人员。为了满足这些人员的需要,我们特撰写了这本书。

全书共分九章。第一章介绍电视录象、摄象、系统的基本原理和构成;第二章至第六章分别介绍视频信号的获取、贮存、处理、发送和接收,并着重介绍了相应的设备——电视摄象机、录象机和电视唱盘、播控设备、发射机和差转机及电视接收机;第七章和第八章分别介绍电视节目制作系统和电视节目传送系统;第九章介绍电视系统主要设备的维修技术和故障实例。

以往所出版的有关电视方面的书,大多是某个方面的专著,理论较深,独立性强,各书之间有大量的重复。对初学者来说,不仅难于学懂,而且各书之间的关系也难以弄清楚。本书则不然,它的第一个特点就是系统性强。对整个电视系统作了全面的介绍,并重点介绍了各个环节所需要的设备。无疑起到了一书多用的作用。第二个特点是实用性强。它省略了实用价值不大的繁杂的理论推导,而突出介绍了基本概念、基本原理和实用资料,并把电视系统主要设备的维修技术也作了相当详细地介绍。

本书由于编写时间仓促,加之我们的水平限制,难免有不妥或错误之处,敬请广大读者批评指正。

作者

一九九三年十月

目 录

第一章	电视传象基本原理	(1)
第一节	图象传送系统的组成	(1)
第二节	时空转换原理	(2)
第三节	电视扫描原理	(3)
第四节	黑白全电视信号	(5)
第五节	彩色全电视信号	(10)
第二章	视频信号的获取——电视摄象机	(28)
第一节	彩色摄象机概述	(28)
第二节	彩色摄象机的光学系统和摄象器件	(30)
第三节	三管式和三板式彩色摄象机	(47)
第四节	单管(板)式彩色摄象机	(69)
第三章	视频信号的贮存——录象机与电视唱盘	(81)
第一节	录象机概述	(81)
第二节	磁记录与录音原理	(83)
第三节	视频记录原理	(86)
第四节	视频信号处理系统	(100)
第五节	伺服系统	(112)
第六节	控制系统	(119)
第七节	电视唱盘	(122)
第四章	视频信号的处理——播控设备	(129)
第一节	同步信号发生器	(129)
第二节	电视特技效果发生器	(136)
第三节	时基误差校正器 TBC	(144)
第四节	电视图文创作系统	(149)
第五章	电视信号的发送——电视发射机与差转机	(153)
第一节	概述	(153)
第二节	高频信号的形成	(154)
第三节	电视发射机的组成	(160)
第四节	电视信号的收转和差转	(164)

第六章	视频信号的接收与图象的重现——电视接收机	(167)
第一节	电视接收概述	(167)
第二节	高频调谐器与节目预选器	(171)
第三节	图象中频通道	(176)
第四节	伴音电路	(185)
第五节	PAL 解码电路	(190)
第六节	行、场扫描电路	(213)
第七节	图象显示器件	(223)
第八节	开关稳压电源	(232)
第七章	电视节目制作系统	(235)
第一节	前期节目制作系统	(236)
第二节	后期节目制作系统	(241)
第八章	电视节目传送系统	(248)
第一节	电视广播系统	(248)
第二节	微波传送系统	(249)
第三节	卫星电视广播系统	(254)
第四节	共用天线电视系统	(263)
第九章	主要设备维修	(284)
第一节	电视接收机的维修	(284)
第二节	录象机的维修	(301)
第三节	摄象机的维修	(355)
第四节	共用天线系统的维修	(363)

第一章 电视传象基本原理

第一节 图象传送系统的组成

五彩缤纷的大千世界,彩色景象瞬息万变。电视是怎样把绚丽多姿的画面带给千家万户的呢?首先把被传送景物的光象变成电信号,即由光→电转换产生电视信号,电视信号经过必要的加工处理便可进行传输。在收端利用接收装置对收到的电视信号进行必要的加工处理后,由电→光转换实现电视信号的还原,即把电视信号还原成光象。图象的传送过程可用图 1—1 表示。

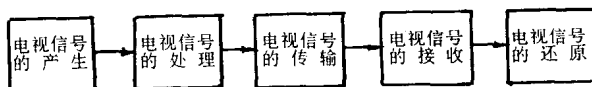


图 1—1 图象传送示意图

图象的传送是由电视系统来实现的。所以电视系统的功能应当包括电视信号的产生、处理、传输和电视信号的接收、还原。此外,为了实现电视信号的存贮,电视系统还应具有电视信号的记录和重放功能。为了实现上述功能,电视系统的组成如图 1—2 所示。其中产生电视信号的设备称为信号源,它包括电视摄象机、电视电影放映机、电视幻灯机、磁带录象机、测试信号发生器、卫星电视地面接收机、城市内的现场电视转播设备(如电视转播车等)、城市间的微波中继设备等。对电视信号进行加工处理的设备称为播控设备,它主要包括电视同步机、视频切换设备、特技机等。具有电视信号的记录和重放功能的设备称为记录设备,主要是指磁带录象机、激光电视唱盘。由图 1—2 可以看出电视信号的传输方式有四种:

1. 普通传输

将射频电视信号送至高大的电视天线塔,通过 VHF 或 UHF 频段播放。

2. 电缆传输

用一根高频同轴电缆将多路彩色电视信号送给用户,用户可根据需要预选电缆电视中的任一套节目。

3. 微波接力传输

利用 4/6GHz 微波接力线路传送一路或几路彩色电视节目。接力干线经过的台站,利用差转方式将微波电视信号转换为 VHF 或 UHF 频段某个频道的信号,向本地区播放。

4. 卫星传输

将电视信号发送至广播卫星,利用星载转发器,在 L 波段和 K 波段向地面播放电视节目。广播卫星的发送功率较大(100~200W)可直接把电视信号关至用户接收天线。

电视系统的终端设备是电视接收机,它将收到的电视信号进行必要的处理,最后还原成彩色图象。

度转换成电信号,即把每个象素亮度随时间的变化用电压随时间的变化来代表,这样就可以得到 N 个随时间变化的电信号。用 N 个通道同时把它们传到接收端,收端在发光元件板(由 N 个发光元件组成)的相应位置上,将电信号还原成亮度的变化,这样就能还原发端的黑白平面图象。这种传送方法构成的电视系统称为同时传送系统。该系统实际上是行不通的,因为根据人眼分辨细节的能力及现代电视技术的要求,一幅图象至少要分解成几十万个象素,显然,要用几十万个传输通道同时传送图象电信号是不可能的。

考虑到人眼的视觉特性,可以把图象上各个象素的亮度按一定顺序传送出去,收端使重现图象的象素按相同的顺序依次发亮。只要顺序传送进行的足够快,由于人眼的视觉惰性和发光材料的余辉特性,人眼就会感到整幅图象是在同时发光而没有顺序感。根据电影的经验,整幅图象只要一幅一幅顺序传送得足够快,人眼感到的就是活动图象。这种将图象分解成象素按顺序传送方法构成的电视系统,称为顺序传送系统,如图 1—4 所示。用电子束按着一定顺序接通光电变换板上的每一个

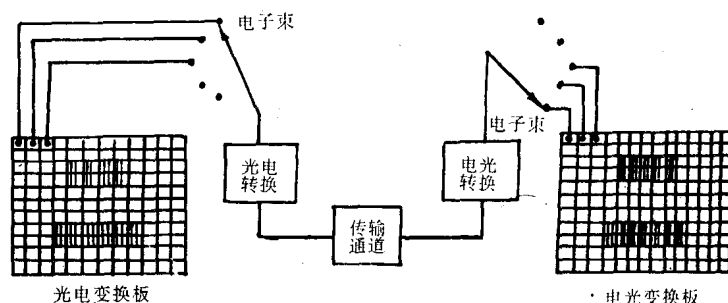


图 1—4 图象的顺序传送系统

点(象素),并连续地把它们的亮度变化转换成电信号,电信号经过单一通道传输。在收端用电子束按着相同的顺序接通电光变换板上的点(象素),并把电信号在相应位置上转换成象素的亮度,只要电子束顺序接通各个象素的轮换速度足够快,人眼就会感到电光变换板上各个点是在同时发光。

象图 1—4 所示那样,用电子束按着一定顺序接通光电变换板(电光变换板)上的每一个点(象素),这个过程称作电子束扫描,简称电子扫描。这样在发端通过电子束扫描和光→电转换,就把随空间和时间变化的亮度,转换成只随时间变化的电信号,即实现由亮度 $B_0 = f_B(x, y, t) \rightarrow$ 电信号 $E_0 = f(t)$ 之间的转换,也就是实现空→时转换。在收端通过电子束扫描和电→光转换,就把只随时间变化的电信号转换成随空间和时间变化的亮度,即实现由电信号 $E = f'(t) \rightarrow$ 亮度 $B_d = f'_B(x, y, t)$ 之间的转换,也就是实现时→空转换。

顺序传送系统要求收、发两端电子束的扫描必须遵守严格相同的规律。即收、发两端扫描点必须一一对应,这种工作方式称为收、发端同步工作,简称同步。若二者不同步重现图象将发生畸变,甚至什么也分辨不出来。

第三节 电视扫描原理

由前所述,通过电子束的扫描及光→电、电→光转换,就将图象上各象素的光信息转变为顺序传送的电信号,并将顺序传送的电信号重现为光象,即实现图象的分解与合成。这两个过程分别在摄像管与显象管中完成。为了实现电子束的扫描,摄像管与显象管外面均装有行、场偏转线圈,线圈中分别流过行、场锯齿形扫描电流时,便产生水平和垂直偏转磁场,使电子束从左到右、从上到下作匀速直线扫描。电子束匀速直线扫描的方式分为逐行扫描和隔行扫描。

一、逐行扫描

一行紧跟一行的扫描方式称为逐行扫描。逐行扫描电流波形如图 1—5 所示。

当行偏转线圈中流过行扫描锯齿电流(如图 1—5(a)所示)时,电子束因受水平方向的偏转力

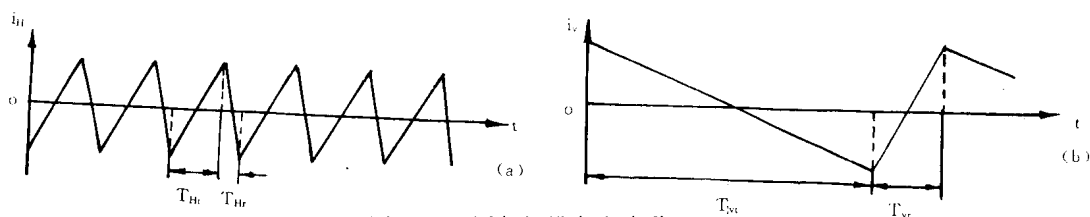


图 1—5 逐行扫描电流波形

而产生水平方向的扫描——行扫描。在 t_1 到 t_2 期间,行扫描电流线性上升,电子束在水平方向上受到自左至右的偏转力,因此由左端运动到右端,这一段扫描称为行正程扫描,所用时间称为行扫描正程时间(用 T_{Ht} 表示)。在 t_2 到 t_3 期间,行扫描电流迅速线性下降,电子束在水平方向上受到自右至左的偏转力。因此由右端迅速返回左端,这一段扫描称为行逆程扫描,所用时间称为行扫描逆程时间(用 T_{Hr} 表示)。电子束在水平方向上来回扫描一次所用时间称为行扫描周期(用 T_H 表示),显然 $T_H = T_{Ht} + T_{Hr}$ 。行扫描频率(用 f_H 表示)为行扫描周期的倒数,即 $f_H = \frac{1}{T_H}$ 。

当场偏转线圈中流场扫描锯齿电流(如图 1—5(b)所示)时,电子束因受垂直方向的偏转力而产生垂直方向的扫描——场扫描。当场扫描电流线性下降时,电子束由上端向下端运动,这一段扫描称为场正程扫描,所用时间称为场扫描正程时间(用 T_{vt} 表示)。当场扫描电流快速增长时,电子束从下端快速返回上端,这一段扫描称为场逆程扫描,所用时间称为场扫描逆程时间(用 T_{vr} 表示)。电子束在垂直方向上来回扫描一次所用时间称为场扫描周期(用 T_v 表示),显然 $T_v = T_{vt} + T_{vr}$ 。场扫描频率(用 f_v 表示)为场扫描周期的倒数,即 $f_v = \frac{1}{T_v}$ 。

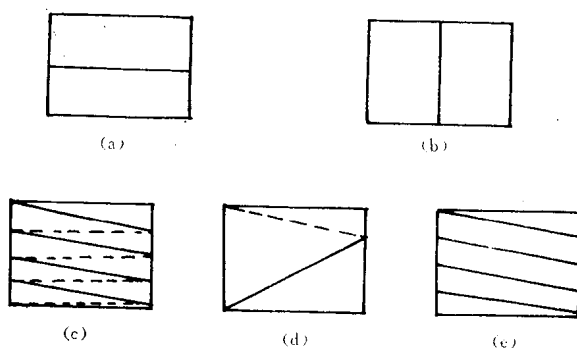


图 1—6 逐行扫描光栅示意图

电子束对摄像管或显象管的扫描轨迹称为扫描光栅,图 1—6 为逐行扫描光栅示意图。光栅的形状为矩形,宽高比为 4:3。当行、场偏转线圈中分别流过行、场锯齿形扫描电流时,因同时受水平和垂直两个方向的偏转力,电子束的运动轨道如图 1—6(c)所示。由于电子束水平方向的运动速度远大于垂直方向的运动速度,故扫描光栅为水平方向上稍为倾斜的直线。在行、场逆程期间,让电子束扫过象素是无益的,只能起干扰图象的作用,因此行、场逆程期间应使扫描电子束截止,不显示图象(称作消隐)。图 1—6(e)为行、场逆程扫描线消隐后的光栅示意图。

在逐行扫描方式中,每场的光栅都应相互重迭。若每场的扫描行数为 Z ,则 $T_v = ZT_H$ 或 $f_H = Zf_v$ 。扫描行数越多,图象越清晰。当扫描行数足够多时,在一定观看距离内,人眼将分辨不出行结

构,而是看到一个均匀发光面。

二、隔行扫描

隔行扫描是把一幅图象分两场进行扫描。第一场扫过光栅的各奇数行,这一场称为奇数场。第二场扫过光栅的各偶数行,这一场称为偶数场。把一幅(或称一帧)图象全部扫描完毕所用时间称为帧扫描周期(用 T_F 表示)。在逐行扫描方式下,场扫描周期与帧扫描周期相同。在隔行扫描方式下,帧扫描周期是场扫描周期的二倍,即 $T_F = 2T_V$,则帧扫描频率 $f_F = \frac{1}{T_F} = 1/2f_v$ 。

由前所述,为了使图象清晰、均匀,在逆程期间不传送图象,逆程期间的扫描光栅被消隐掉。这样整个画面在场正程期间发光,逆程期间消隐。为了使整个画面看上去没有闪烁感,场频起码要大于临界闪烁频率。电影的实践表明:每秒放映二十四幅画面(每幅曝光两次),能给人予较好的连续感,并且不引起画面闪烁的感觉,所以换场次数不能低于每秒 48 次,即场频不能小于 48Hz 。目前我国电视标准规定,场频为 50Hz 。若采用逐行扫描方式,帧频也应是 50Hz ;若采用隔行扫描方式,帧频只需要 25Hz 。显然采用隔行扫描方式可使帧频下降一半。电视系统的很多参数与帧频有关,根据理论分析可知,在其它条件不变的情况下,图象信号(景物的光象经光→电转换得到的电信号)的最高频率 f_{max} 与帧频成正比。帧频下降一半则 f_{max} 也随之下降一半,使电视设备的复杂程度大为降低。但每帧画面的扫描总行数是两场扫描行数之和,即与逐行扫描相同。这样隔行扫描既保持了逐行扫描的清晰度,又达到了降低图象信号频带的目的。

对隔行扫描的基本要求是两场光栅均匀交错,否则垂直清晰度将下降。为保证相邻两场光栅均匀交错,且使奇、偶两场场扫描电流波形一样,每场必须包含半行扫描,这就要求每帧的扫描行数为奇数行。

按我国电视标准规定,扫描方式采用隔行扫描,场频 $f_v = 50\text{Hz}$,故场扫描周期 $T_v = 20\text{ms}$ 。每帧图象的扫描行数 $Z = 625$,故行频 $f_H = 625 \times 25 = 15625\text{Hz}$ 。行扫描周期 $T_H = \frac{1}{f_H} = 64\mu\text{s}$ 。

第四节 黑白全电视信号

由前所述,电视系统的功能包括电视信号的产生、处理、传输以及电视信号的接收、还原等,那么电视信号是怎样组成的呢?本节及下一节将介绍黑白及彩色全电视信号。

从电视发展过程来看,黑白电视的出现先于彩色电视。黑白电视系统传送的是黑白图象,它所处理和传送的是黑白全电视信号。黑白全电视信号包括图象信号、复合消隐脉冲,复合同步脉冲。在上述三类信号中后二种是辅助信号,均在消隐期间传送。

一、图象信号

黑白全电视信号的主体是黑白摄像管所摄取的图象信号,它是通过电子束的扫描由光→电转换得到的信号。通过电子束的扫描,一帧图象被分解成 625 行,每一行周期 $64\mu\text{s}$,其中传送图象信号的时间是 $52\mu\text{s}$,传送辅助信号的时间是 $12\mu\text{s}$ 。所以一行图象信号的波形将是 $52\mu\text{s}$ 间隔的一条单值曲线,其变化规律与一行图象的亮度变化相一致,此曲线代表的电压值就是一行图象信号,如图 1-7 所示。

根据信号电平的高低与所反映的图象

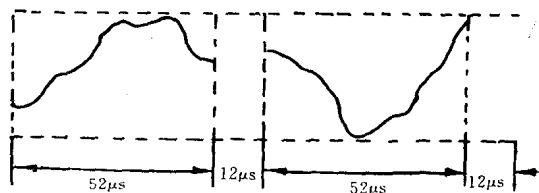


图 1-7 图象信号

亮暗之间的关系,图象信号可以分为正极性和负极性两种形式。若图象越亮,对应图象信号电平越高,则称为正极性图象信号。反之若图象越亮,对应图象信号电平越低,则称为负极性图象信号。

二、复合消隐脉冲

为了保证扫描逆程期间光栅不显示,黑白电视系统传送了复合消隐脉冲,以使扫描逆程期间电子束截止。复合消隐脉冲包括行消隐脉冲和场消隐脉冲。显然,行、场消隐脉冲的周期应分别与行、场扫描周期相同。从原理上讲,消隐脉冲的宽度应等于扫描逆程时间,但为确保消除逆程光栅痕迹,实际上让消隐脉冲宽度加大一些。按我国电视标准规定:行消隐脉冲宽度为 $12\mu\text{s}$,场消隐脉冲宽度为 $1612\mu\text{s}$ 。复合消隐脉冲波形如图 1—8 所示。

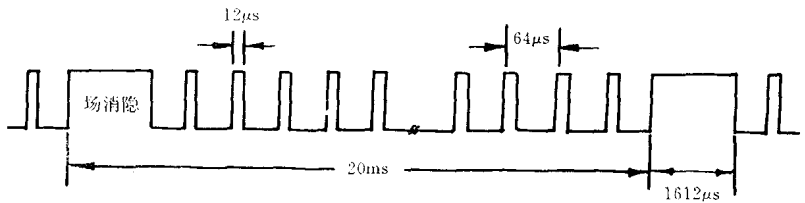


图 1—8 复合消隐脉冲

三、复合同步脉冲

1. 作用及基本波形

为了保证电子束扫描显象管与扫描摄像管的规律相同,黑白电视系统传送了复合同步脉冲,它包括行同步脉冲和场同步脉冲。在电视技术中规定:行、场逆程的起点作为一行、一场的起点。在发端每扫完一行时加入一个行同步脉冲,每扫完一场时加入一个场同步脉冲。显然,行、场同步脉冲的周期分别等于行、场扫描周期。按我国电视标准规定,复合同步脉冲的基本波形如图 1—9 所示,其中行同步脉冲宽度为 $4.7\mu\text{s}$,场同步脉冲宽度为 $2.5H$ (H 代表行周期)。

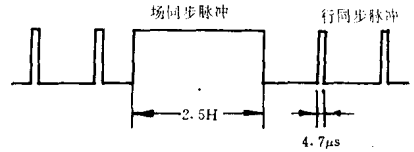


图 1—9 复合同步脉冲的基本波形

在接收机中有专门的行、场扫描电路,其主要作用是行、场偏转线圈提供合乎要求的扫描电流,从而使电子束能以特定的规律扫描显象管。行、场同步脉冲分别控制行、场扫描电路,使之产生的行、场锯齿形扫描电流只有当行、场同步脉冲到达时才开始逆程期,这样就能保证收发两端同步扫描。收、发两端场扫描锯齿电流与场同步脉冲的对应关系如图 1—10 所示。

2. 场同步开槽与均衡脉冲

由图 1—9 看出,在场同步脉冲出现的 $2.5H$ 时间内,没有行同步信号,这将影响整个扫描过程的严格同步。结果仍然造成图象不稳定。由于起行同步作用的只是行同步脉冲上升沿,故可在场同步脉冲中开一些槽,只要槽的上升沿与应有的行同步脉冲上升沿相对应,即可起到行同步作用。只要槽的宽度足够窄,就可以不影响场同步。按我国电视标准规定,槽宽与行同步脉冲宽度相等(即 $4.7\mu\text{s}$)。场同步脉冲开槽以后的波形见图 1—11(a)(b)。

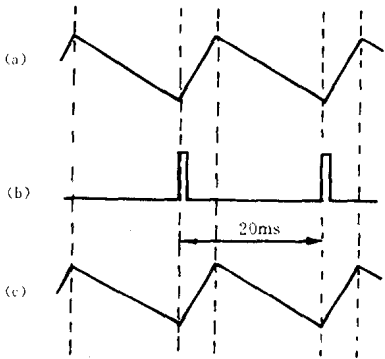


图 1—10 收、发两端场扫描电流与场同步脉冲的对应关系

由前所述,按我国电视标准规定,电视系统采用隔行扫描,每帧画面的总扫描行数为 625,每场

应包含 312.5 行。奇数场以半行结束,偶数场以半行开始,两场交界处的情况需要说明。复合同步脉冲从奇数场向偶数场过渡时的波形如图 1—11(a)所示,此时两场交界线位于两个行同步脉冲的中心。从偶数场向奇数场过渡时波形如图 1—11(b)所示,场同步脉冲的上升沿也是行同步脉冲的上升沿,它既起场同步作用又起行同步作用。

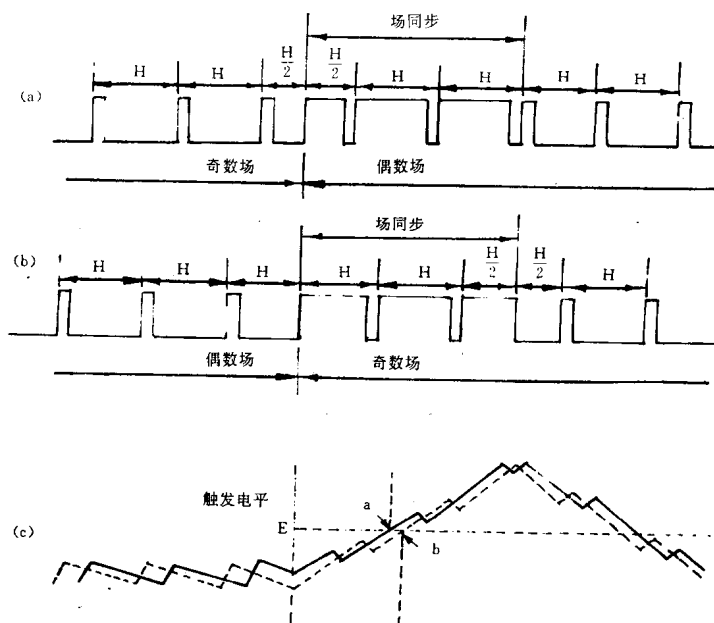


图 1—11 场过渡时的同步脉冲及积分波形

在接收机中为了从复合同步脉冲中分离场同步脉冲,采用了积分电路。当同步脉冲上升时积分电容充电,其端电压按指数规律上升;当同步脉冲下降时积分电容放电,其端电压按指数规律下降。复合同步脉冲积分后的波形如图 1—11(c)所示。图中虚线为偶、奇过渡的积分波形,实线为奇、偶过渡的积分波形。由图可见,由于行同步脉冲(包括开槽脉冲)的位置不对应(相差半行),以上两种积分波形不重合。表现在两方面:首先场同步脉冲积分的起始值不同,奇、偶过渡时起始值高,偶、奇过渡时起始值低。其次开槽脉冲到来时,积分电容放电,两种过渡的放电时刻不同。若用积分后的信号触发场扫描发生器,设其触发电平为 E ,显然触发时刻不同,实线与触发电平交于 a 点,虚线与触发电平交于 b 点, a 超前与 b (改变触发电平 E , b 可能超前于 a),于是奇、偶过渡时触发提前,偶、奇过渡时触发滞后。这将使场扫描周期长短交替,偶数场周期加长($>20\text{ms}$),奇数场周期减小($<20\text{ms}$),如图 1—12 所示。相邻两场周期之和仍为 40ms ,场扫描周期不均匀将造成并行现象。因为行周期恒定为 $64\mu\text{s}$,场周期为 20ms 时,每场包含

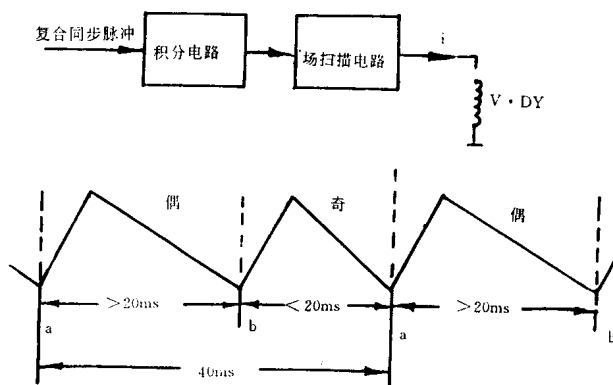


图 1—12 两种积分波形不重合
导致场扫描周期长短交替

312.5行,半行的存在保证了奇、偶两场光栅均匀镶嵌。若场周期不等于20ms,每场的半行就不能保证,则两场光栅不能均匀镶嵌,如图1—13所示。(图中实线为奇数场光栅,设其变为312.2行,虚线为偶数场光栅,设其变为312.8行,显然两场扫描线靠拢了)。若奇数场光栅减少到312行,偶数场光栅增大到313行,则两场扫描线将重迭起来,出现并行现象,这将使图象清晰度严重下降。由此可见,图1—11所示的复合同步脉冲必须加以改进,以使两种积分波形在场同步期间重合。改进措施是在场同步脉冲持续期及其前后若干行内,将行同步脉冲的频率提高一倍,使这段时间内奇数场与偶数场同步脉冲波形完全相同。如图1—14所示。改进后奇、偶过渡和偶、奇过渡的复合同步脉

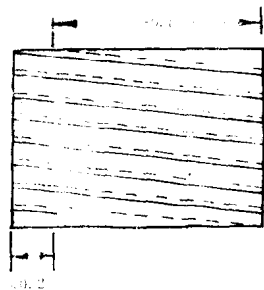


图1—13 并行现象

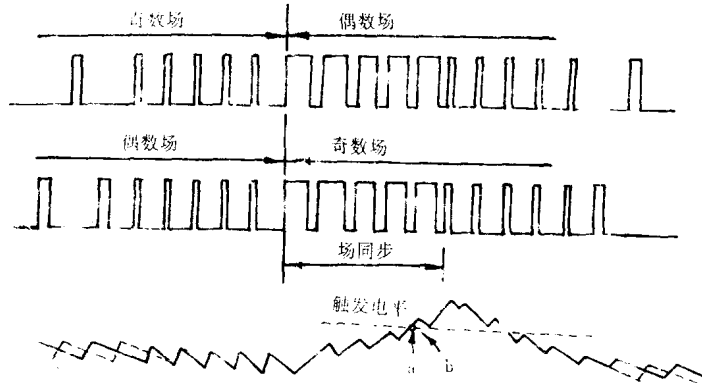


图1—14 实际的复合同步脉冲及其积分波形

冲波形完全一致,积分后的波形也一致,从而保证了两场时间间隔相同。这样在场同步期间及其前后,半行出现一个脉冲,但这并不影响行同步,这一点以后分析接收机行同步电路时将会看到。为了使频率提高后行同步脉冲的平均电平不变,在脉冲间隔为 $H/2$ 的情况下,将脉冲宽度减小到原来的一半。场同步脉冲前、后的窄脉冲分别称为前、后均衡脉冲。我国电视标准规定,前、后均衡脉冲均为五个,各占两行半的时间。行同步脉冲宽为 $4.7\mu s$,均衡脉冲宽为 $2.35\mu s$ 。场同步脉冲宽为 $2.5H$,因开了五个槽而形成五个齿脉冲,其宽度为 $27.3\mu s$,开槽宽度为 $4.7\mu s$ 。

四、视频信号及其频谱宽度

黑白全电视信号包括图象信号、复合消隐脉冲、复合同步脉冲(由行同步脉冲、开槽的场同步脉冲、前后均衡脉冲组成),其波形如图1—15所示。图象信号是全电视信号的主体,因此全电视信号也称为视频信号。

视频信号是非正弦波。它是由很多频率不同的正弦信号组合而成,这些正弦信号的最高频率和最低频率之差就是视频信号的频谱宽度。视频信号由图象信号和辅助信号组成,任何图象都有

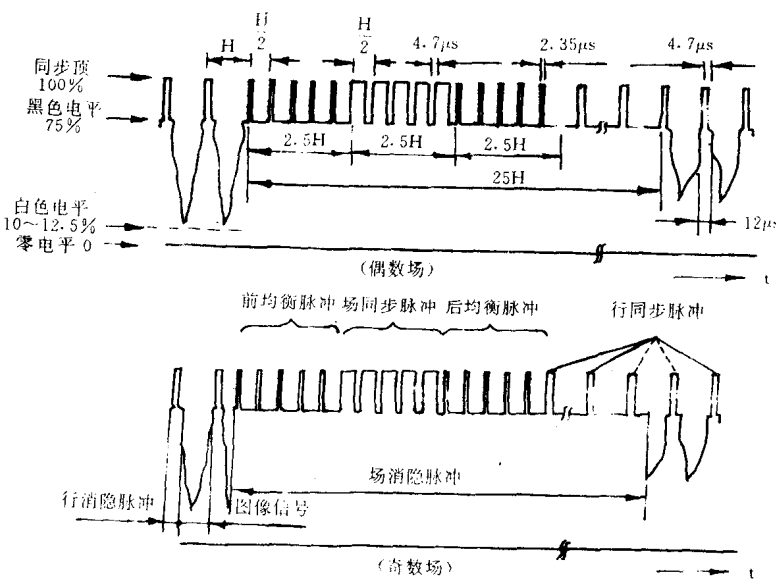


图1—15 黑白全电视信号

一定的背景亮度,反映在信号上就是信号的直流分量,这就是说图象信号的最低频率是零频。经理论分析和计算,在隔行扫描、帧频 $f_F = 25\text{Hz}$ 、扫描行数 $Z = 625$ 的情况下,图象信号的最高频率 $f_{\max} \approx 5.6\text{MHz}$ 。故图象信号的频谱宽度约为 5.6MHz 。视频信号中各种辅助信号的频谱均在此范围内,因此这也是视频信号的频谱范围,故我国电视标准规定视频信号的传输带宽为 6MHz 。这是比较充裕的,通常就把视频信号的频谱宽度看作 6MHz 。

五、图象信号的频谱

信号频谱是指信号所包含的频率成分。图象信号的频谱不是连续的,而是离散的,形状象梳子,中间有很多间隔。首先分析简单的静止图象。对于黑白相间的垂直条纹,图象沿垂直方向没有变化,故每行的图象信息均相同,它所形成的信号是以行周期为重复周期的周期性函数,它含有零频(直流分量)、行频 f_H 、二倍行频 $2f_H \cdots nf_H$ 等频率成分。可见垂直方向上无变化的静止图象,其图象信号的频谱是位于零频及整数倍行频位置上的谱线,如图 1—16(a)所示,谱线高度(幅度)随谐波次数的增大而降低。位于零频及整数倍行频位置上的谱线称为主谱线。

对于垂直方向上有变化的静止图象,每经过一场后,各行图象信号与上一场相同,其图象信号的频谱可看成行频谐波信号受场频谐波的调幅。场频及其谐波为调制波,行频及其谐波为载波,调幅后产生上下两个边带,主谱线两边的边带称为副谱线,如图 1—16(b),所示。边带中各分量均相

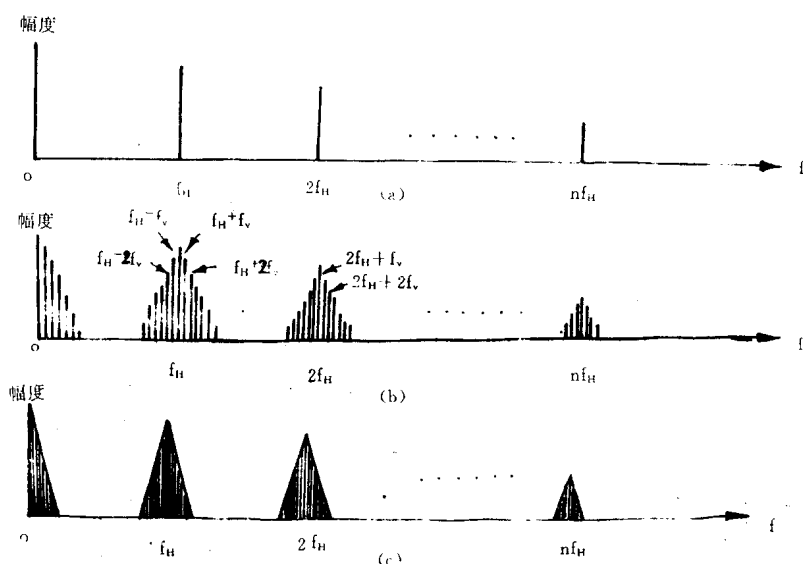


图 1—16 图象信号的频谱

距一个场频 f_v 。每一个主谱线和它两边的副谱线组成一族,称为一个谱线群。由于场频谐波次数越高,对应副谱线的幅度越小,故每个谱线群的形状如同一个金字塔。

对于活动图象,图象内容在垂直和水平方向上均在变化,其副谱线变得增多增密,彼此间距小到趋近于零,使谱线群变成连续频谱。每个谱线群的线数和高低随着图象内容而变化,但总的情况变化不大,其频谱仍是以主谱线为中心的金字塔形。如图 1—16(c)所示。由此可见,图象信息的能量大部分集中在各主谱线附近,相邻两个谱线群之间有一段空隙。根据对一般电视图象频谱大量的实测和统计表明,在整个频谱中约有 $50 \sim 60\%$ 的频率范围没有被图象信号占据。总之,图象信息的能量主要分布在零频、行频及其各次谐波为中心的较窄范围内,这就为在同一视频通带内传送亮度信息和色度信息打下基础。

第五节 彩色全电视信号

一、彩色电视图象的传送

彩色电视的实现是基于三基色原理,其内容如下:适当选择三种基色,将它们按不同比例进行合成,就可以引起各种不同的彩色感觉。合成彩色的亮度由三个基色的亮度之和决定,色度由三个基色分量的比例决定。三个基色必须是相互独立的,即其中任一基色都不能由其他两基色混合产生,这样就能配出较多的彩色。在彩色电视中用红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)作为三基色。

自然界中的彩色瞬息万变,因此传送彩色图象是相当困难的。根据三基色原理,彩色图象的传送可用图 1—17 表示。在发端把被传送的彩色图象分解成红、绿、蓝三幅基色图象 R_o, G_o, B_o , 然后

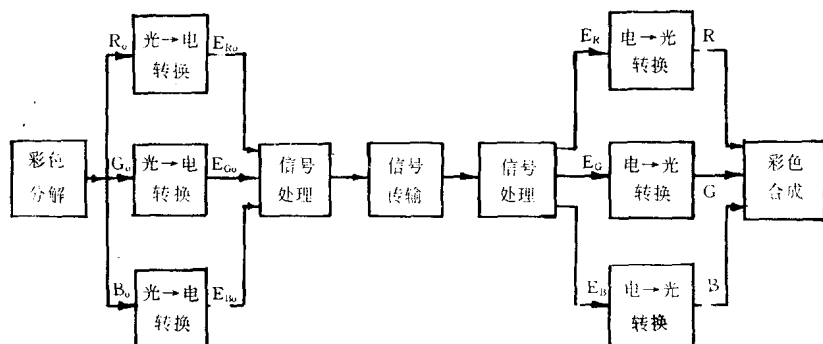


图 1—17 彩色电视图象传送示意图

利用光→电转换器件分别将它们转换成相应的基色电信号 $E_{R_o}, E_{G_o}, E_{B_o}$, 三个基色电信号经过必要的处理便可进行传输。在收端利用接收装置先恢复红、绿、蓝三个基色电信号 E_R, E_G, E_B , 然后利用电→光转换器件分别将它们还原成相应的基色图象 R, G, B , 最后红、绿、蓝三幅基色图象合成出一幅完整的彩色图象。电视系统所传送的信号保证了重现图象与被传送图象具有相同的彩色感觉。可见三基色原理把传送瞬息万变彩色信息的任务。简化为只传送三个信号的任务。

二、亮度信号和色差信号

从彩色电视图象传送示意图可以看出,收发两端直接与光信号进行转换的是红、绿、蓝三基色电信号,但是彩色电视系统并没有直接传送三基色电信号,其主要原因是考虑了兼容问题。

从广播电视发展过程来看,先有黑白电视广播和大量的黑白电视接收机。因此希望新开办的彩色电视广播,也能用原来的黑白电视机收看到黑白图象,这种特性称为兼容性。黑白电视系统的视频信号传输带宽为 6MHz , 若想实现兼容,彩色电视系统必须在 6MHz 频率范围内,既传送亮度信息,又传送色度信息。

三基色电信号是由三基色图象分别进行光→电转换得到的图象信号,上节介绍的图象信号的频谱结构及频谱范围同样适应于三基色电信号,因此直接传送三基色电信号所用须带宽度将是传送黑白图象信号的三倍。显然这种传输方式不能实现兼容,故彩色电视系统是把三基色电信号变换之后才传输的。

1. 亮度信号和色差信号由色度学知识可知,彩色图象的色度由三个基色分量的比例决定,亮度由三个基色分量亮度之和决定。图象的亮度可由下面的亮度方程计算

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \quad (1-3)$$

故 E_R 、 E_G 、 E_B 既包含图象的色度信息,又包含其亮度信息。为了实现兼容传送亮度信号 E_Y 是必然的,另外再传送三基色信号中的任意两个代表色度信息即可。既然亮度信息已经由亮度信号传送了,传送色度信息的信号没有必要再包含亮度信息。故彩色电视系统除了传送代表亮度信息的亮度信号外,还传送了只代表色度信息的色差信号 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 。色差信号是指基色信号与亮度信号之差,亮度信号可按式(1-3)进行合成。由此可以导出色差信号

$$\left. \begin{aligned} E_{R-Y} &= E_R - E_Y = 0.70E_R - 0.59E_G - 0.11E_B \\ E_{B-Y} &= E_B - E_Y = -0.30E_R - 0.59E_G + 0.89E_B \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

色差信号 E_{G-Y} 可用下式求出

$$E_{G-Y} = E_G - E_Y = -\frac{0.30}{0.59}E_{R-Y} - \frac{0.11}{0.59}E_{B-Y} \quad (1-5)$$

从原理上讲,在三个色差信号中任选两个进行传送都可以,但目前的彩色电视系统均选用 E_{R-Y} 和 E_{B-Y} ,其主要原因如下:

(1)式(1-5)表明,选用 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 时,收端可以很方便地恢复 E_{G-Y} 信号。因为 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 前的系数均小于1,只需简单的电阻矩阵电路即可恢复。由式(1-6)看出,若选 E_{G-Y} 进行传输,在复原第

$$\left. \begin{aligned} E_{R-Y} &= -\frac{0.59}{0.30}E_{G-Y} - \frac{0.11}{0.30}E_{B-Y} \\ E_{B-Y} &= -\frac{0.30}{0.11}E_{R-Y} - \frac{0.59}{0.11}E_{G-Y} \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

三个色差信号时, E_{G-Y} 的系数大于1,这就要求矩阵电路提供增益,增加了技术难度。

(2)由式(1-3)可见,信号 E_G 在信号 E_Y 中占的比例最大,因而 E_{G-Y} 信号最弱,抗干扰性能差。

利用色差信号传送色度信息具有优点:

(1)传送黑白图象时, $E_R = E_G = E_B$ 故此时

$$\left. \begin{aligned} E_{R-Y} &= 0.70E_R - 0.59E_G - 0.11E_B = 0 \\ E_{B-Y} &= -0.30E_R - 0.59E_G + 0.89E_B = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

即色差信号为零,此时无色差信号干扰亮度信号,改善了兼容性。

(2)节省色度信号的发射能量。在整幅彩色图象中,通常大部分面积上的象素接近于灰色或白色,其色差信号为零,只有小部分面积上的彩色象素才有色差信号,因而比直接传送 E_R 、 E_G 、 E_B 所需的发射能量小得多。

(3)收端利用矩阵电路很容易将色差信号恢复为三基色信号,即

$$\left. \begin{aligned} E_R &= E_{R-Y} + E_Y \\ E_G &= E_{G-Y} + E_Y \\ E_B &= E_{B-Y} + E_Y \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

2. 高频混合原理

亮度信号和色差信号分别反映图象的亮度和色度,它们同属于图象信号,具有相同的频谱结构和频带宽度。若不对 E_Y 、 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 三个信号的带宽加以限制,三者很难在同一视频通带内传输。

一幅图象细节的大小,通过扫描和光→电转换变成电信号后,反映在信号的频率上。图象细节越细小,转换成的电信号频率越高。显象时图象信号频率越高,所显示图象的细节越清楚,清晰度越高。

由于人眼对亮度细节的分辨力高,对色度细节的分辨力低。在传送彩色景象时,只传送景象中粗线条、大面积的彩色部分,而彩色细节则用亮度(黑白)细节代替,其重现彩色图象的主观感觉仍