

前 言

随着电视技术迅速发展,电视广播已在我国城乡普及,电视接收机已进入千家万户,极大地丰富了我国人民的物质生活和文化生活,因而在专业技术教育中,作为培养中学物理教师的高等师范院校物理系,以及职大、函大、夜大的相应专业,都已先后开设了电视接收原理课程。正是为了适应这种需要,我们在多年从事电视接收原理教学的基础上,编写了这本教材。

根据上述学校开设电视课的共同特点,本书把重点放在黑白与彩色电视机的电路分析上,同时,为了使读者对电视机有全面的认识,我们把黑白与彩色图象信号的传输原理、电视接收天线以及电视机的多功能遥控电路、双伴音等当前广为流行的电视最新技术,也作为教学内容编入本书。

在内容安排上,为了便于基本概念的引出与基本电路的分析,采取了分立元件与集成电路兼顾、先分立后集成并配以相应的整机电路分析的方法,形成完整的教学体系。特别是对国内流行的三片机、四片机,均做了比较详细的介绍,这样,既保证了基本理论的系统性、完整性,又及时反映了电视机的最新发展。此外,为了满足广大读者的需求,编入了电视机故障分析与检修基本方法一章。全书共分十七章,第一章至第十一章为黑白电视,内容包括电视基础知识、黑白显象管、高频调谐器、图象中放、检波、视放、伴音、AGC电路、行场扫描电路、集成电路电视机等(包括第17章全部讲授约需60学时),第十二至第十六章为彩色电视,内容包括彩电一般原理、解码器通道电路、色同步电路、彩色显象管及集成电路彩色电视机电路分析等(全部讲授约需40学时),第十七章为电视机故障分析和检修基本方法,每章均备有适量复习题供选用。

本书充分注意了电视这门课实践性强的特点,单元电路分析时尽量选用实际电路,既做到概念准确、条理清楚,又使理论紧密联系实际,文字叙述力求深入浅出,通俗易懂。考虑到不同学校的情况,加深读者对某些问题的理解,适当增加一些预备知识,使本书更易于阅读。

本书由广西师范大学黄秉炼、冯昌昆主编,参加编写的有:冯昌昆(第一、四、五、六、九、十、十一章)、黎德华(第二、三章)、罗晓曙(第七、八章)、黄秉炼(第十二、十三、十四、十五、十六章),第十七章由冯昌昆、罗晓曙编写。

本书由桂林电子工业学院赵家宾副教授主审并提出了许多宝贵意见,在本书的编写出版过程中,还得到广西师范大学物理系领导、无线电教研室的同志和广西师范大学出版社的支持和帮助,在此特向他们一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,难免有许多不周之处,甚至错误亦属难免,恳请使用本书的老师 and 读者批评指正。

编 者

1992年元月

目 录

第一章 电视基础知识	(1)
§ 1.1 概述	(1)
§ 1.2 全电视信号	(5)
§ 1.3 电视信号的发送	(11)
§ 1.4 超短波传播特点及电视天线	(20)
§ 1.5 电视接收机的组成	(27)
复习题.....	(29)
第二章 黑白显象管及其电路	(30)
§ 2.1 黑白显象管的构造和工作原理	(30)
§ 2.2 显象管的调制特性	(35)
§ 2.3 偏转系统	(37)
§ 2.4 关机亮点消除电路	(43)
§ 2.5 显象管电路	(45)
复习题.....	(47)
第三章 高频调谐器 (高频头)	(48)
§ 3.1 概述	(48)
§ 3.2 高频头电路分析	(51)
§ 3.3 电调谐高频头	(67)
§ 3.4 触摸式频道预选器	(74)
复习题.....	(75)
第四章 图象中频放大电路	(76)
§ 4.1 图象中频放大器的特点	(76)
§ 4.2 吸收回路	(81)
§ 4.3 图象中放电路分析	(86)
复习题.....	(93)
第五章 视频检波及视频放大电路	(94)
§ 5.1 视频检波器	(94)
§ 5.2 视频放大电路	(101)
复习题.....	(109)
第六章 自动增益控制电路	(110)
§ 6.1 自动增益控制电路的组成及性能要求	(110)
§ 6.2 AGC 电路分析	(114)
复习题.....	(124)

第七章 伴音电路	(125)
§ 7.1 概述	(125)
§ 7.2 伴音中放和限幅电路	(126)
§ 7.3 鉴频器	(129)
§ 7.4 伴音中放和鉴频器电路实例分析	(136)
§ 7.5 电视双伴音收发简介	(137)
复习题	(141)
第八章 同步分离和抗干扰电路	(142)
§ 8.1 概述	(142)
§ 8.2 幅度分离电路	(143)
§ 8.3 场同步分离电路	(151)
§ 8.4 抗干扰电路	(155)
§ 8.5 同步分离实际电路分析	(159)
复习题	(161)
第九章 场扫描电路	(162)
§ 9.1 概述	(162)
§ 9.2 场输出级	(162)
§ 9.3 场激励级	(169)
§ 9.4 场振荡级	(170)
§ 9.5 场扫描波形畸变及线性校正电路	(179)
§ 9.6 场扫描实际电路分析	(185)
复习题	(190)
第十章 行扫描电路	(192)
§ 10.1 行扫描电路概述	(192)
§ 10.2 行输出级	(193)
§ 10.3 行激励级	(204)
§ 10.4 行振荡级	(206)
§ 10.5 自动频率控制 (AFC) 电路	(209)
§ 10.6 行扫描实际电路分析	(215)
§ 10.7 分立元件电视机整机电路分析	(219)
复习题	(224)
第十一章 集成电路黑白电视机	(225)
§ 11.1 集成电路电视机的特点	(225)
§ 11.2 常用电视集成块	(228)
§ 11.3 集成化电视机整机电路分析	(248)
复习题	(251)
第十二章 彩色电视的一般原理	(252)
§ 12.1 彩色电视色度学基础知识	(252)

§ 12.2	彩色电视信号的形成和传送	(262)
§ 12.3	彩色电视制式及 PAL 制特性	(276)
§ 12.4	PAL _D 制彩色电视接收机概述	(288)
复习题		(300)
第十三章 解码器的通道电路		(302)
§ 13.1	色度放大电路及其辅助电路	(302)
§ 13.2	延时解调器	(309)
§ 13.3	同步解调器	(318)
§ 13.4	亮度通道与解码矩阵电路	(325)
复习题		(335)
第十四章 解码器的色同步电路		(336)
§ 14.1	彩色副载波再生电路	(337)
§ 14.2	彩色副载波移相和逐行倒相电路	(350)
§ 14.3	倒相识别电路	(358)
复习题		(366)
第十五章 彩色显象管和分立件整机分析		(367)
§ 15.1	彩色显象管概述	(367)
§ 15.2	自会聚管的构造及调整	(372)
§ 15.3	彩色显象管的附属电路	(378)
§ 15.4	分立元件彩色电视接收机电路分析	(383)
复习题		(391)
第十六章 集成电路彩色电视机		(392)
§ 16.1	集成电路彩色电视机的组成	(392)
§ 16.2	色度信号集成解码电路	(394)
§ 16.3	两片机用集成电路	(418)
§ 16.4	集成电路彩色电视机电路分析	(424)
§ 16.5	电视机的遥控电路	(430)
复习题		(445)
第十七章 电视机故障分析与维修的基本方法		(446)
§ 17.1	检修前的准备工作及注意事项	(446)
§ 17.2	电视机维修程序及基本方法	(447)
§ 17.3	故障分析举例	(453)

第一章 电视基础知识

§ 1.1 概 述

电视是远距离传送活动图象信息的无线电技术,是在无线电理论、广播技术和材料科学高度发展的基础上发展起来的一门综合技术。电视广播传送的信息包含图象和伴音,而语言广播只传送声音,所以电视广播要比语言广播复杂得多。

声音是时间的单值函数,经话筒转换成音频电信号仍为时间的单值函数。而景象是时间和空间的函数,必须经摄像装置把景象转换成时间单值函数的电信号,称为图象信号,才能实现无线电传送。

音频信号的频率范围从 20Hz~20kHz,图象信号频率范围从 0Hz~6MHz,两者都含有极低的频率成分,不能直接以电磁波形式向外辐射达到信息传输目的,因此,必须将他们调制到高频载波上,才能由天线辐射出去。所以,在电视发射台,怎样获得视频图象信号和伴音信号,并将他们放大、调制到高频载波上发射出去,是电视广播的关键环节。在接收端,天线接收到的高频电视信号经过变频、放大、检波等信号变换处理,取出视频图象信号,送到显象管重现所传送的景物图象。此外,对电视接收机还要求不失真地重现图象,这就必须有严格的同步、消隐以及其他许多技术要求,这是和图象信号的产生与处理过程不同的另一类问题,此处暂不涉及。

1.1.1 图象的分解与图象的传输

一、图象的分解

任何一幅黑白的平面图象,都可以看成是许多细小而有序、但亮度不同的点子的集合。这些细小的点子是组成一幅图象的基本单元,称为像素。显然,像素划分得愈小、数量愈多,图象就愈清晰。例如,35mm 电影片一幅图象约有 100 万个像素,16mm 电影片约有 20 万个像素,一幅普通电视画面约有 40 万个像素。

图 1-1 为一幅静止图象,是在白色背景上的黑色工字,被划分为 9×12 个像素,每个像素都有一确定的空间位置和亮度,亮度与空间位置的关系为 $B=f(x, y)$ 。如果图象是活动的,各像素亮度还与时间有关,变成 $B=f(x, y, t)$ 。

二、图象的传输

为了实现图象远距离传输,关键是如何将客观景象的亮度信号变成电信号。电视广播的方法是将一幅图象的像素按从左到右、从上到下的顺序,在摄像管中经过光电转换,把各个像素不同的亮度信息转换成强度不同的电信号。很明显,按上述规定顺序,每一个时刻只对一个像素进行光电转换,转换所得电信号只能是时间的单值函数,这就是所欲传输

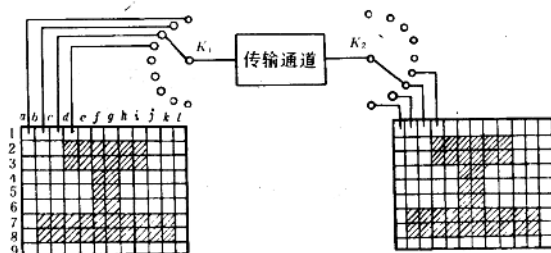


图 1-1 图象的顺序传输

之图象信号。然后将图象信号调制到高频载波上向外发射出去。这种按一定顺序将像素转换成电信号传输的方法称为顺序传输，如图 1-1 所示。

通常习惯把按一定顺序将像素转换成电信号，或者在接收机中按相同顺序将电信号转换成光信号的过程，称为扫描。在电视中，从左到右的扫描称为水平扫描或行扫描，从上到下的扫描称为垂直扫描或场扫描。

按顺序传输时一帧图象的像素是一个一个、一行一行先后传送的，在接收机屏幕上也是一个一个、一行一行先后重现的，为什么能看到一帧完整的图象呢？这是因为人眼有视觉惰性，视觉惰性时间约 0.1s，只要从第一个像素出现到最后一个像素出现的时间间隔小于 0.1s，人就会获得一帧完整图象的感觉。可见，顺序传输是有条件的。第一，扫描速度要足够快，以使得利用人眼视觉暂留现象和屏幕发光材料的余辉特性，可以看到完整的图象；第二，接收端的扫描必须与发送端严格同步，否则重现的图象将发生畸变，这是不允许的。

三、氧化铅光电导管工作原理

现在通过氧化铅光电导管摄像过程，具体说明在顺序传送时是怎样将像素的光信号转换成电信号的。

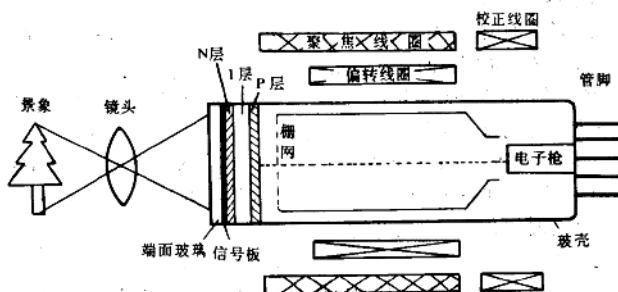


图 1-2 氧化铅光电导管结构

1. 氧化铅光电导管的结构，光电导管是目前广泛使用的摄像管，其结构如图 1-2 所示，

它的主要部分是电子枪、偏转系统和光电靶。

电子枪：包括加热灯丝、发射电子的阴极、控制电子束流大小的栅极、聚焦极和加速极等。作用是发射电子束。

偏转系统：装在管外的偏转线圈使电子束作水平和垂直扫描，扫满光电靶；聚焦线圈产生轴向聚焦磁场使电子束聚成细束；校正线圈的作用是保证电子枪轴线与管壳轴线一致。

光电靶：管的前端是光电靶。靶的前面是一层氧化锡透明导电薄膜，周围与可伐合金环封接引出管外，称为信号板或信号极。信号板前面便是摄像管的端面玻璃。光电靶是管内最重要的部分，它贴在信号板上，由三层材料组成：贴信号板的是N型半导体；面向电子枪的是P型半导体，它接受电子束扫描；中间是纯度很高的氧化铅本征半导体，光电转换作用主要在这层内进行，称为I层。三层材料构成了P-I-N光敏二极管。

此外，光电靶后面还有一个栅网，与聚焦极连接，电位高于靶面，在栅网与靶面间形成均匀减速电场，使电子束到达靶面时速度接近于0，其作用有两个，一是迫使电子束在长聚焦线圈的均匀轴向磁场作用下垂直上靶，保证图象的均匀性；二是减小电子束对靶面的轰击作用，减少二次电子发射。

2. 工作原理。光电导管的核心是光电靶和电子束扫描。由于电子束的扫描，就使靶面分解成几十万个像素，又由于I层本征电阻率极高，而且沿靶面方向的电阻很大，所以可以认为各像素互相间是绝缘的。为了便于说明，可以将每个像素等效为一个大电阻 R_p 和一个小电容 C_p 并联，其一端接至信号板并经 R_L 接 $+E$ ；另一端悬空，只是在接受电子束扫描瞬间才与外电路接通，如图1-3(a)所示。下面分两步说明其工作原理。

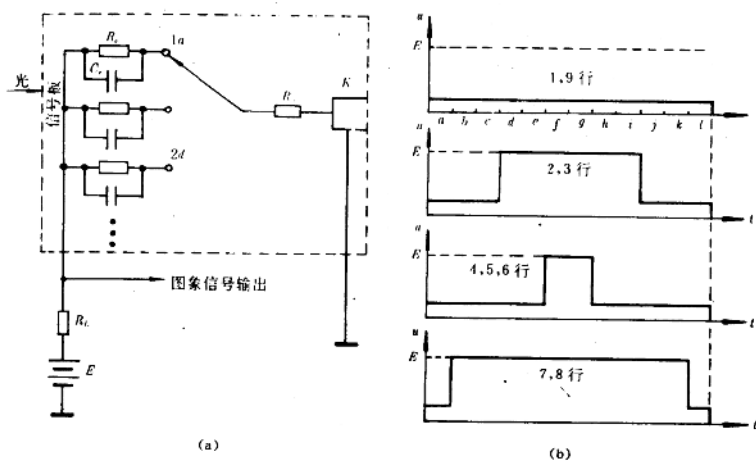


图 1-3 摄像机输出的图象信号波形

(1) 不摄像时，靶面全黑，当电子束扫描依次接到 $C_p R_p$ 的一瞬间， $C_p R_p$ 与外电路形成

闭合回路, 电源 E 对 C 充电, 充满电后 C 右端接近阴极零电位, 左端接近 $+E$ 高电位, 电子束对靶面扫完一遍后, 与各个象素对应的 C 均充电至 $+E$, 在下一次扫描到达之前, C 通过 R 放电, 但因 R 很大, C 放电极少, 第二次扫描时给 C 补充充电之电流很小, 约 0.5 nA , 称为暗电流, 由暗电流在负载电阻 R_L 上产生的信号电压仅为几十微伏。

(2) 摄像时, 景物的反射光照射到靶面上使 I 层的电阻率发生变化, 即在产生光象的同时也形成了电阻象, 以摄取图 1-1 所示的白底黑“工”字为例, $1a$ 为亮象素, 投射到靶面的光照强, I 层本征激发多, R 变小, 在两次扫描之间 C 放电多, C 右端电位升高也多; $2d$ 为暗象素, 几乎无光投射到靶面, R 大, 在两次扫描之间 C 放电少, C 右端电位升高很少, 结果, 在靶的右侧面上形成一个电位象, 当电子束扫描电位象时, 又使 C 右端电位重新下降到零, 显然, 对应于电位高的象素 $1a$, C 右端电位下降到零所需补充电子多, 充电电流大, 在外接负载 R_L 上产生的信号电压降大; 对应于象素 $2d$, C 右端电位低, 充电电流小, 在 R_L 上产生的信号电压降小, 当电子束扫满靶面时, 便在 R_L 上产生反映象素亮度变化的图象信号电压, 图 1-3 (b) 中画出了图 1-1 从第 1 行到第 9 行的图象信号电压波形。

1.1.2 隔行扫描

在摄像管或显象管中, 扫描一幅画面, 可以从第 1 行开始, 从上到下, 扫完第 1 行, 依次扫第 2 行、第 3 行……, 直到扫完最后一行, 这种扫描方式称为逐行扫描, 如图 1-4 所示。

电视中规定, 在图 1-4 中, 电子束从左到右 ($A \rightarrow B$) 的扫描称为行扫描正程, 从右端回到左端 ($B \rightarrow C$) 的扫描称为行扫描逆程, 而上到下 ($A \rightarrow Z$) 的扫描称为帧扫描正程, 从下到上 ($Z \rightarrow A$) 的扫描称为帧扫描逆程, 所有正程扫描亮线的集合构成一个满屏光栅, 而全部逆程扫描线是被消隐掉的, 所以不会呈现在光栅上。



图 1-4 逐行扫描

电视中每秒传送 25 帧画面, 由于视觉暂留现象, 我们看到的图象是连续活动的, 但由于在逐行扫描中帧频低, 一帧图象最后一行出现时第一行已明显暗下去并开始从视觉中消失, 同时还由于帧扫描逆程被消隐掉屏幕变黑, 因此产生图象闪烁现象, 为了克服闪烁现象可以提高帧频到 46 Hz (临界闪烁频率) 以上, 但是将帧频提高会使图象信号频带加宽, 使电视设备复杂, 在电影中每秒放映 24 帧画面, 为了克服闪烁现象采用了遮光技术, 让每帧画面在银幕上投影两次, 等效于将帧频提高一倍达到 48 Hz , 借鉴电影技术, 电视中采用了隔行扫描的方法, 所谓隔行扫描, 就是将每帧图象分两场扫描, 第一场扫描 1, 3, 5……等奇数行, 形成奇数行光栅, 称为奇数场; 第二场扫描 2, 4, 6……等偶数行, 形成偶数行光栅, 称为偶数场, 在屏幕上, 奇数场光栅和偶数场光栅均匀镶嵌在一起, 合成一帧完整的图象, 如图 1-5 所示。

采用隔行扫描, 帧频仍是 25 Hz , 它的优点是消除了闪烁现象, 同时并不增宽图象信号的频带。必须指出, 实现隔行扫描要求满足两个条件: 第一, 每帧扫描起点应相同, 保证帧光栅重迭。因此, 每帧扫描行数应为整数, 第二, 每场扫描起点应错开半行, 保证奇偶

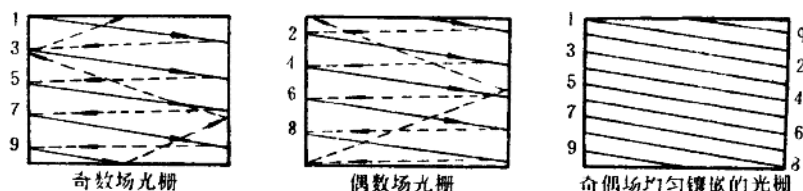


图 1-5 隔行扫描光栅

场光栅均匀镶嵌 由此可见，每场都含有半行，由此两条件决定了每帧图象扫描行数必须是奇数，即行数

$$Z=2n+1$$

式中 n 为正整数，我国选择 $Z=625$ 行，每秒传送 25 帧图象，采用隔行扫描，每场扫描 312.5 行，帧频为 25Hz，场频为 50Hz，行频 $f_H=312.5 \times 50=15625\text{Hz}$ 。世界各国采用的标准不同，如美、日等国为 525 行，法国为 819 行，英国为 105 行等。目前国外研制的高清晰度电视每帧扫描 1125 行，这是未来电视的发展趋向。

§ 1.2 全电视信号

全电视信号包含三种成分，即图象信号、复合同步信号和复合消隐信号。

1.2.1 图象信号

在摄象管中由电子扫描将图象分解为 625 行，并把图象各像素随空间和时间变化的亮度转换成只随时间变化的信号电压。一帧简单的图象的信号波形已在图 1-3 (b) 中画出，实际图象信号波形要复杂得多，但总是时间的单值函数。

一、图象信号的极性

注意到图 1-3 (b) 所示的图象信号，它具有单极性的特点，即只能是正值，或者只能是负值，不能在零值的上下变化。进一步观察可知 对应于白色的像素，图象信号电压瞬时值小，对应于黑色的像素，电压瞬时值大，处于亮与暗之间的灰色，电压值在最大与最小之间变化，如图 1-6 所示，图中画的是实际图象信号波形。

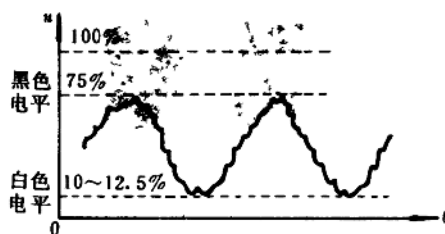


图 1-6 图象信号

电视中规定，图象信号高电平 75% 处对应于图象黑色，称为黑色电平；图象信号低电平 (10~12.5%) 处对应于白色，称为白色电平，则这种图象信号称为负极性图象信号。反之，图象信号低电平对应于黑色，高电平对应于白色的，称为正极性图象信号。

二、图象信号的带宽

所谓带宽是指信号所包含的频率范围。图象信号属非正弦信号，它是由很多频率不同的正弦波组合而成的，这些正弦信号的最高频率和最低频率之差就是它的带宽。

如果所传送的图象是上半部白、下半部黑的横条信号，如图 1-7 (a) 所示，由于电子从上到下扫完一场时，信号电流由低电平到高电平变化一次，每秒扫描 50 场，信号电流也变化 50 次（为简单起见此处不考虑逆程的影响），即信号频率为 50Hz。同理，图 1-7 (b) 信号频率为 100Hz。如果传送黑白相间一对竖条，如图 1-7 (d) 所示，电子束扫描一行电流变化一次，每场变化 312.5 次，每秒变化 $312.5 \times 50 = 15625$ 次，信号频率为 15625Hz，即等于行频 f_H 。其余图形读者可自行分析，如上所述，50Hz 已属很低了，但还不是图象信号最低频率。

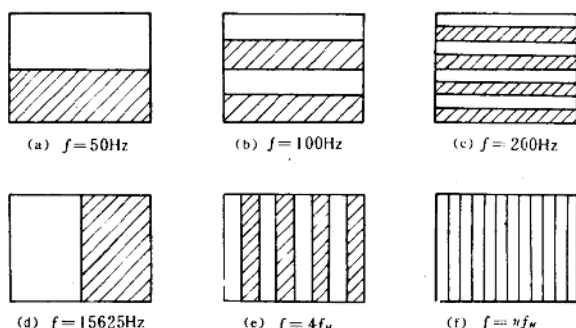


图 1-7 简单图象信号的频率

由于图象信号为单极性信号，根据谐波分析原理，它除了包含基波和谐波外，还有直流分量。在显象管重现图象时，直流分量的大小决定了画面的背景亮度。这很容易从图 1-8

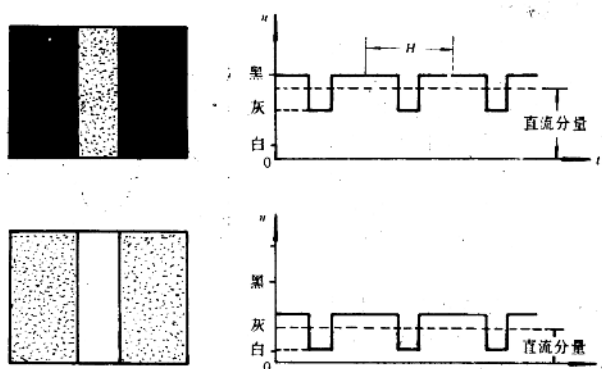


图 1-8 图象的背景亮度和图象信号的平均分量

所示两个图象及其信号电压波形中看出，对应于黑色背景中央有一灰色竖条的图象，其信

号波形的直流分量大；而在灰色背景中央有一白色竖条的图象，对应的信号波形直流分量小。如果去掉直流分量，则两个图象的信号波形就没有区别了，这将造成重现图象的背景亮度失真。由此得出结论，图象信号的最低频率是由直流分量决定的。对于静止图象，背景亮度不变，直流分量也不变，对应的图象信号最低频率为 0Hz。对于活动图象，背景亮度也在变化，即直流分量也在变化，不过，实际电视图象背景亮度变化是很慢的，因此仍可认为图象信号的最低频率接近于 0Hz。于是，图象信号带宽就由最高频率决定了。

图象信号最高频率对应于复杂的图象细节。最复杂的图象为黑白相间的棋盘图形，极限情形下，每一个像素就是一个棋盘格，电子束扫过相邻两个像素，电流就变化一次。这种极限情形如图 1-9 所示，设画面宽高比为 4:3，垂直方向分解为 625 行，棋盘格为正方形，则水平方向可分解为 $625 \times 4/3$ 条竖线，一帧图象的像素为 $625 \times 625 \times 4/3 \approx 52$ 万个。实际上每场扫描逆程占去了 25 行，一帧图象有效行数约 575 行，像素约 48 万个，每秒传送 $25 \times 48 \times 10^4 = 12 \times 10^6$ 个，相应的图象最高频率约为 6MHz。这只是粗略分析的结果，严格分析太复杂也不需要。我国电视标准采用的标称图象信号带宽为 6MHz。

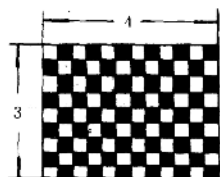


图 1-9 棋盘格图形

1.2.2 复合消隐信号和复合同步信号

一、复合消隐信号

在摄象管和显象管中电子束的扫描运动是依靠偏转线圈中流过锯齿波电流实现的。正程期间电子束从左到右、从上到下以均匀速度扫描屏幕，传送图象内容；逆程期间快速回到起点准备下一行或下一场扫描，所以逆程扫描不应在屏幕上留下痕迹。为此，必须在摄象管和显象管中加入消隐信号，使电子束在逆程时截止，以消除逆程回扫线。消隐信号是一些矩形脉冲串，在行逆程期间加入行消隐脉冲，在场逆程期间加入场消隐脉冲，如图 1-10 所示。这两种信号混合在一起，常称为复合消隐信号。

按我国电视标准每帧有 625 行，行频 $f_H = 15625\text{Hz}$ ，行周期 $T_H = 64\mu\text{s}$ ，正程 $52\mu\text{s}$ ，逆程 $12\mu\text{s}$ ，即行消隐脉冲宽度为 $12\mu\text{s}$ 。而场频 $f_V = 50\text{Hz}$ ，场周期 $T_V = 20\text{ms}$ ，正程约 18.4ms ，逆程约 1.6ms ，即场消隐脉冲宽度为 1.6ms ，等于 25 个行周期。

应该指出，消隐信号是和图象信号混合在一起传送的，要保证消隐期间能截止电子束，屏幕变黑，消隐信号幅度必须为黑色电平。

二、复合同步信号

要保证接收端显象管屏幕正确重现原来的图象，显象管电子束的扫描必须与发送端严格同步，这就要求发送端在发送图象信号的同时也发送行、场同步信号。

同步信号是一些脉冲串。显然，同步信号的加入不能对图象造成干扰，因此是在扫描逆程期间与消隐信号一起传送的。为了能区分同步脉冲和消隐脉冲，确定同步脉冲电平高于黑色电平。电视标准中规定同步脉冲处于电视信号的最高电平，即 100% 的电平高度。

在行逆程期间传送行同步脉冲，在场逆程期间传送场同步脉冲，为了使接收端收到这

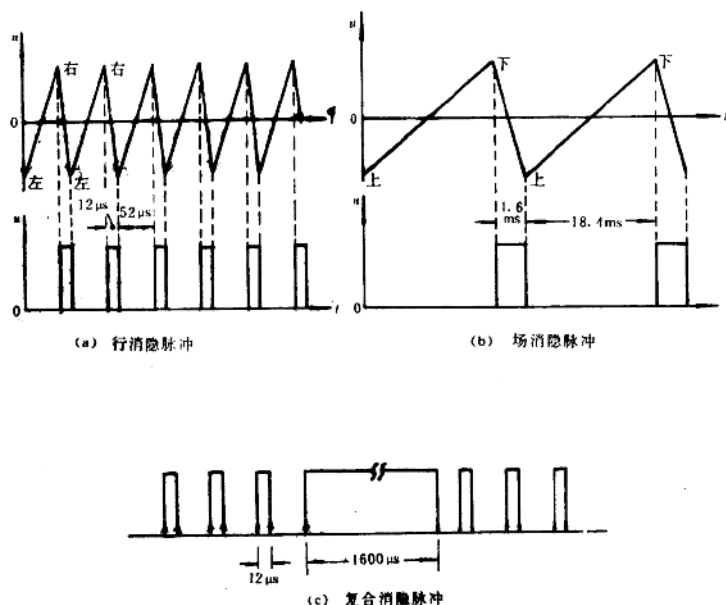


图 1-10 消隐信号

两种同步脉冲后能将它们分离开来分别去同步行扫描和场扫描，所以行、场同步脉冲的宽度不同。我国电视标准规定行同步脉冲宽度为 $0.073H$ (H 即 T_H ，为 $64\mu s$)，即 $4.7\mu s$ ；场同步脉冲宽度为 $2.5H$ ，即 $160\mu s$ 。如图 1-11 所示。

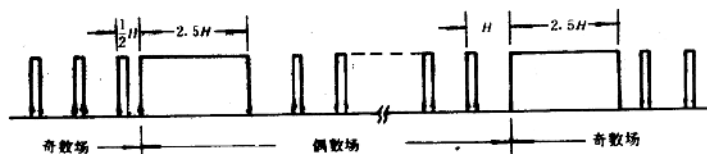


图 1-11 简化的复合同步信号

图 1-11 中还示出了隔行扫描奇数场和偶数场的区别。在奇数场，最后一行只扫描了半行，而偶数场末尾扫完了一整行。

实际的同步信号还要复杂一些。稍加注意便可发现，场同步脉冲很宽，在此期间没有出现行同步信号，会使行扫描失去同步。解决办法是在场同步脉冲上开槽，让槽脉冲起行同步信号的作用。同时还发现，由于采用了隔行扫描，在奇数场和偶数场的场同步脉冲前

后，行同步脉冲的分布不均衡，这将使得在接收机中用积分电路分离场同步信号时，奇数场同步脉冲达到场振荡的同步触发电平 U_p 所产生的延时量 Δ_1 比偶数场同步脉冲延时量 Δ_2 大，如图 1-12 所示。这就造成偶数场时间比奇数场时间长 $\Delta = 2(\Delta_1 - \Delta_2)$ ，其后果是产生并行现象，即偶数场光栅扫描线不是均匀镶嵌在奇数场光栅扫描线之间，这将严重降低图象清晰度。最严重的情形是，当 $\Delta = \frac{1}{2}H$ 时，两场光栅扫描线完全重叠。

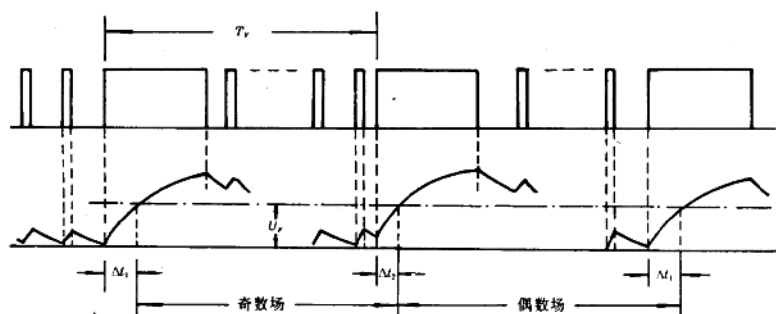


图 1-12 积分电路输出的场同步信号奇偶场不同

为了使相邻两场的场同步脉冲经积分电路输出后，上升沿延时相等，即 $\Delta_1 = \Delta_2$ ，以保证隔行扫描的准确性，在每个场同步脉冲的前后插入 5 个均衡脉冲，分别称为前均衡脉冲和后均衡脉冲。

加入槽脉冲和前后均衡脉冲后，实际的复合同步脉冲如图 1-13 所示。

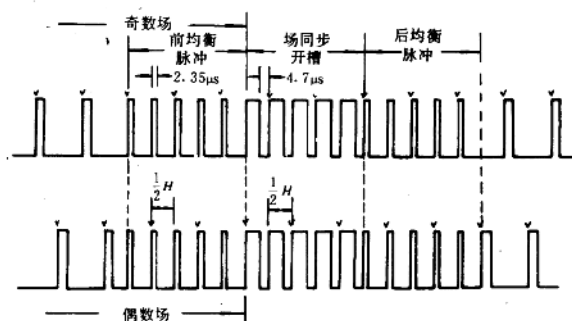


图 1-13 开槽脉冲和均衡脉冲

1.2.3 全电视信号

上述三种信号是实现活动图象传输不可缺少的,若是闭路电视,原则上可以独立传输,但在广播电视系统,必须将他们叠加在一起对一个载波进行调制,用无线电方法传送。将图象信号、复合消隐信号和复合同步信号按一定的时间关系混合在一起,便得到全电视信号,如图 1-14 所示。关于全电视信号,归纳如下几点是必要的:

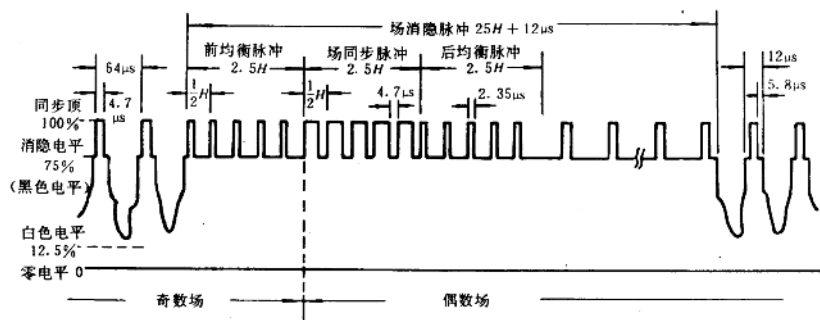


图 1-14 全电视信号

1. 时间参数: 行周期 $T_H = 64 \mu s$; 行消隐占 $12 \mu s$, 行扫描正程占 $52 \mu s$; 行同步 $4.7 \mu s$. 开槽脉冲宽度 $4.7 \mu s$, 均衡脉冲宽度 $2.35 \mu s$, 间隔均为 $\frac{1}{2}H$. 场周期 $20ms$; 场消隐占 $25H$, 场扫描正程占 $18.4ms$; 场同步 $2.5H$. 行消隐前肩宽 $1.5 \mu s$, 后肩宽 $5.8 \mu s$.

只有行、场扫描正程才传送图象内容, 逆程期间则传送消隐信号和同步信号。因此要求电视机中扫描逆程必须处在消隐脉冲持续时间之内, 确保回扫线不干扰图象。实际电视机逆程时间均小于消隐时间。

2. 电平分配: 规定标称全电视信号幅值为 100% , 行同步脉冲具有最高幅度, 即为 100% 的电平高度。 75% 的电平为黑色电平, 即为消隐脉冲幅度。 $10 \sim 12.5\%$ 的电平为白色电平, 处于白色电平与黑色电平之间的即为灰色电平。

3. 图象信号的极性: 根据 1.2.1 节关于极性的规定, 图 1-14 为负极性图象信号。读者可自行画一个正极性全电视信号进行对照。

假如电视机行扫描与发射台不同步, 电视机行频偏高, 如图 1-15(a) 所示, 这时行逆程没有对准消隐信号, 而正程的部分时间却被消隐脉冲复盖, 使屏幕变黑, 且黑色段落渐渐从屏幕左边移向右边, 形成向右倾斜的行消隐黑带。图 1-15(b) 则为行频偏低的情形。

如果行频同步而相位不同, 则图象是稳定的, 只是消隐黑竖条出现在屏幕上将图象裂开, 如图 1-16 所示。由此可见, 所谓同步, 不仅要求频率相同, 而且相位还须一致。

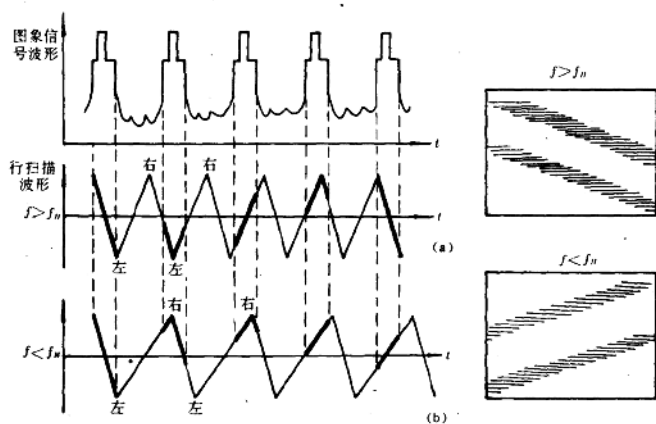


图 1-15 行频不同步的情形

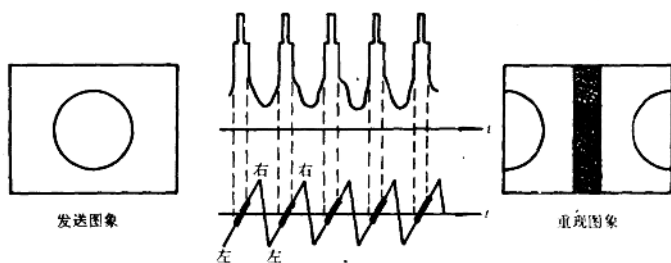


图 1-16 行不同步——同频不同相

至于场不同步的情况也不难理解，例如场频偏高，场消隐水平黑带向下滚动；场频偏低则向上滚动；场扫描相位不同步则造成图象裂成上下两半，等等。具体过程读者可自行分析。

§ 1.3 电视信号的发送

电视广播要同时发送图象信号和伴音信号，两种信号都含有很低的频率成分，因此都必须分别调制到不同的高频载波上才能发送。视频图象信号采用调幅方式，调制后的图象信号称为高频（射频）图象信号；伴音信号采用调频方式，调制后称为高频伴音信号。

1.3.1 高频图象信号

视频图象信号对高频载波进行调幅,已调波称为高频图象信号,波形如图 1-17 所示.图中调制信号为七级灰度信号(阶梯信号).

根据调幅原理,已调幅波的频谱包含载波及上下两个边带,最高频率为 $f_{sc} + F_{max}$, 最低频率为 $f_{sc} - F_{max}$, 所占带宽为 $2F_{max}$. 如图 1-18 所示. 其中 f_{sc} 为图象载波频率, F_{max} 为图象信号最高频率. 已知视频信号最高频率为 6MHz, 所以高频图象信号占有带宽 12MHz.

要发送和接收这样宽频带的信号技术上是比较复杂的,因而成本也很高. 根据调幅波性质,无论上边带或是下边带,已包含了调制信号的全部信息,因此只发送一个边带就可以了. 在无线电通信中把两个边带中的一个边带完全滤除而只发送一个边带,这种通信方式称为单边带通信. 单边带发送是压缩频带的有效方法,但对于电视信号,最低视频频率接近零赫,技术上不能做到在滤掉一个边带时而不衰减另一个边带,因此提出采用残留边带发送方式,如图 1-18 (b) 所示. 在残留边带发送方式中,保留上边带,下边带中只保留 0~0.75MHz 的低频成分,高于 0.75MHz 的视频分量被滤掉(图中打有阴影区域),但仍留有 0.5MHz 过渡带. 综合起来,残留边带传送时,高频图象信号的频带宽度为 7.25MHz. 采用残留边带发送方式的另一个优点是便于解调.

必须指出,高频图象信号的调制方式也有正负极性之分. 很明显,图 1-17(a)中,用一个负极性视频信号对高频载波调幅,所得调幅波包络与调制信号相同,仍是亮画面对应着低电平而暗画面对应着高电平,这种调制称为负极性调制. 如果是用正极性视频信号对高频载波调幅,所得已调高频图象信号波形如图 1-17(b)所示,称为正极性调制.

我国电视标准规定采用负极性调制方式,它的优点是:

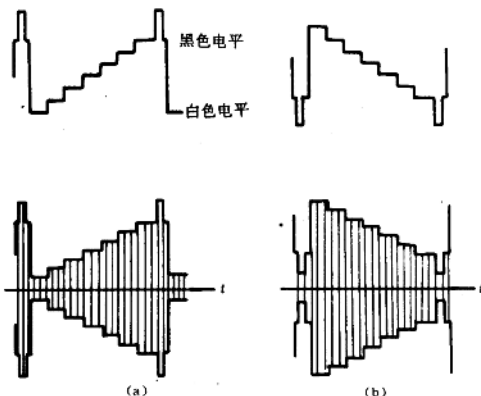


图 1-17 高频图象信号波形

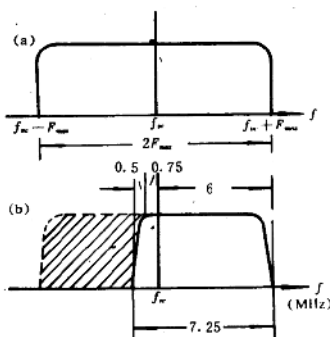


图 1-18 (a) 调幅波的频谱
(b) 残留边带高频图象信号的频谱

1. 黑色电平为高电平, 同步脉冲处于最高电平, 即比黑还黑的电平, 对于大幅度窄脉冲干扰, 在屏幕上表现为黑点, 人眼对它感觉不很明显. 如果是正极性调制, 大幅度窄脉冲干扰在屏幕上表现为白点, 对人眼刺激大感觉明显.

2. 同步脉冲处于最高电平, 为接收机进行同步分离和实现自动增益控制提供方便. 这将在以后有关章节中说明.

3. 因为一般图象白色总比黑色多, 所以大部分时间信号电流很小, 只有消隐期间电流最大, 总平均电流仍较小, 因此, 发射同一幅图象时, 用负极性调制比用正极性调制发射机的平均功率小得多, 大大节省了发射功率.

然而, 负极性调制也有不足之处, 因为干扰脉冲幅度一般高于同步脉冲, 有可能破坏同步. 因而, 在进行同步脉冲分离之前, 应加入抗干扰电路以防止干扰脉冲混染在同步脉冲内.

1.3.2 高频伴音信号

电视伴音信号频率取 $20\text{Hz} \sim 15\text{kHz}$, 采用调频方式传送. 调频波的频带宽度 $B=2(\Delta f + F_{\max})$, 国家规定最大频偏 $\Delta f = \pm 50\text{kHz}$, 所以 $B=130\text{kHz}$, 比调幅波的频带宽得多. 采用调频方式的优点是, 抗干扰性能好、频带宽音质好.

为什么抗干扰性能好呢? 因为调频波是等幅波, 调制信号的信息仅反映在已调波瞬时频率的变化规律上; 而外来干扰的作用只改变载波的振幅, 产生寄生调幅, 为此, 只须在接收端采取限幅措施就能消除, 这是调频制无法比拟的优点.

此外, 调频方式还有一个重要性质, 即输出端信噪比与调制指数有关, 而且调制指数越大, 信噪比也越大. 由于伴音信号的高频分量幅度一般都较低频分量小, 调制指数

$$m_f = \frac{\Delta f}{F} = k \frac{U_0}{F}$$

必随 F (调制信号频率) 的增大、 U_0 (调制信号幅度) 的减小而减小, 使伴音高频分量的信噪比下降, 抗干扰性能变差. 上式中 k 为调频设备的比例常数. 针对这一情形, 在伴音发送时, 把高频分量幅度增大, 称为“预加重”, 使高频分量的调频指数提高, 保证一定的信噪比. 在发送端实现“预加重”的方法是应用微分电路, 而在接收端必须恢复高频频原来的情形, 称为“去加重”, “去加重”是用积分电路进行的. 我国电视标准把“预加重”和“去加重”的时间常数定为 $50\mu\text{s}$.

1.3.3 电视信号的发送及电视频道的划分

在电视发射台, 高频图象信号和高频伴音信号是共用一副天线发射出去的, 我们把这两种信号加在一起称为高频电视信号.

高频电视信号的载频是怎样确定的呢? 分析指出, 要从调幅波中用普通检波方法将调制信号解调出来, 载波频率应至少为调制信号频率的 $3 \sim 5$ 倍. 对我们熟悉的超外差接收机, 送到检波器的是经过变频、中放后的中频信号, 而输入到变频器的高频载波频率应比中频