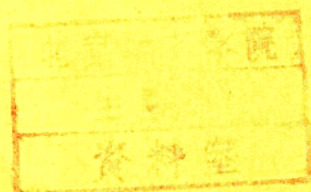


全国高等师范院校电化教育课
教师进修班讲义

教育电视技术基础

黄宝文 编写



西北师范学院电化教育中心

一九八二年

目 录

第一章 黑白电视基础.....	(1)
§1—1 从镶嵌图到电视的发明	(1)
§1—2 图像的光电转换与电光转换	(2)
§1—3 逐行扫描	(3)
§1—4 隔行扫描	(6)
§1—5 每一行电视信号	(8)
§1—6 图像频率(视频频率)	(9)
§1—7 残留边带传送方式	(10)
§1—8 电视频道的划分	(12)
§1—9 黑白电视接收机原理方框图	(14)
第二章 彩色电视基础.....	(17)
§2—1 光与色	(17)
§2—2 人眼与彩色三要素	(18)
§2—3 三基色原理	(19)
§2—4 加法法	(19)
§2—5 减法法	(20)
§2—6 杨格—黑姆霍兹 (Young—Helmholtz) 学说	(21)
§2—7 光的量度	(23)
§2—8 配色实验	(25)
§2—9 $r-g$ 色度图	(26)
§2—10 $x-y$ 色度图	(29)
§2—11 彩色电视的分色系统与显像管	(32)
§2—12 彩色电视的传送方式	(36)
§2—13 彩色电视的频带问题	(38)
§2—14 γ 校正.....	(41)
§2—15 亮度信号 Y'	(45)
§2—16 色差信号 $(R'-Y')$ 和 $(B'-Y')$	(46)
§2—17 彩条的亮度信号与色差信号	(49)
§2—18 色度信号的编码变换	(51)
§2—19 平衡调幅	(52)
§2—20 NTSC制的基本内容.....	(54)
§2—21 NTSC制的彩色信号压缩问题.....	(57)

§ 2—22	NTSC制的色同步信号	(60)
§ 2—23	NTSC制彩色接收机原理方框图	(63)
§ 2—24	PAL制的基本内容	(65)
§ 2—25	PAL制的彩色同步	(68)
§ 2—26	PAL制彩色副载波频率的选择	(69)
§ 2—27	PAL制的彩色矢量图	(71)
§ 2—28	PAL制编码器原理方框图	(72)
§ 2—29	PAL制彩色接收机原理方框图	(74)
§ 2—30	PAL制解码器原理方框图	(75)
§ 2—31	SECAM制简介	(78)
§ 2—32	关于 NTSC、PAL、SECAM 三种制式	(79)
第三章 教育电视录像系统		(82)
§ 3—1	CVM—1850CH 彩色电视监视器	(82)
§ 3—2	TV广播电视彩色测试卡	(83)
§ 3—3	VP—2030彩色放像机	(85)
§ 3—4	放像系统	(88)
§ 3—5	VO—2630录像机	(89)
§ 3—6	TV电视录像系统	(91)
§ 3—7	磁带复制系统	(97)
§ 3—8	DXC—1610P 彩色电视摄像机	(98)
§ 3—9	DXC—1610P室内摄录系统	(100)
§ 3—10	VO—3800P便携式录像机	(101)
§ 3—11	DXC—1610P 室外便携摄录系统	(103)
§ 3—12	DXC—1610P、VO—3800P 室内摄录系统	(104)
§ 3—13	DXC—1200P 彩色摄像机	(105)
§ 3—14	DXC—1200P 室内摄录系统	(108)
§ 3—15	SEG—200P彩色特技信号发生器	(108)
§ 3—16	MD—1200P多信号分配器	(110)
§ 3—17	主控系统	(113)
第四章 教育电视录像软件制作		(117)
§ 4—1	VO—2860P (具有电子编辑功能的) 录像机	(117)
§ 4—2	VO—2860P的机箱拆卸图	(122)
§ 4—3	文字稿本是教学电视片的制作依据	(124)
§ 4—4	电视教学片的分镜头稿本	(131)
§ 4—5	素材的拍摄	(132)
§ 4—6	RM—430CE自动编辑器	(133)
§ 4—7	自动编辑 (或组合编辑)	(135)
§ 4—8	插入编辑	(139)

第一章 黑白电视基础

在这一章里，我们简略地讲解一下有关黑白电视的基础知识；其目的，是为以后的各章节打基础。

本章所要讲述的内容，共有4个：1、像素与光电转换，计二节。2、扫描与电视信号，计三节。3、图像频率与残留边带传送，计二节。4、频道的划分与黑白电视接收机原理方框图，计二节。

本章的主要参考资料如下：

- 1、朱鸿鹄、翁默颖、梁子南、刘耀琪等编著《晶体管电视接收机原理与设计》（上下册）。
- 2、张世耀、李执强主编《电视机原理与维修》。
- 3、刘寿昕编著《黑白电视与彩色电视》。
- 4、王庆林编著《电视技术基础》。
- 5、北京东风电视机厂、太原工学院无线电技术教研组编著《晶体管黑白电视机原理和调试》。
- 6、王良中编著：《黑白电视基础》。
- 7、中央广播事业局北京服务部编：《电视机的原理与维修》。
- 8、王基兆编：《电视机的使用与维修》。

§1—1 从镶嵌图到电视的发明

电视的发明，首先应归功于保尔·尼帕可夫（Paul Nipkow）。1883年他提出电视设想的时候，才只是一个二十三岁的学生。

那是一个圣诞节的晚上，柏林的家家户户都在热热闹闹地过节，而小尼帕可夫却一个人孤独地坐在一个静寂的小房里，伴着他的只是小火炉的微光。柏林距离他的家乡波美拉尼亚，是那么远，他是无钱回去的。他只好坐着幻想：在他的眼前，他似乎看到了一幅图画，那是他的家，圣诞树正立在桌子上，树上还挂着五彩缤纷的蜡烛呢！啊，好象远处的一张镶嵌图。

“镶嵌”这两个字，就象一股强大的电流，一下子把他的全部心灵都点燃起来了。镶嵌！镶嵌！整个问题竟在这里迎刃而解了：假如一个艺术家坐在家，用一千块着色的小瓷块，构成一幅图画，比如是圣诞树吧，以后再用两根电话线告诉我们那幅图画是怎样构成的，我们难道不可照着他说的，也用着色的小瓷块构成一幅同样的图画吗？

这个方法并不困难。只要艺术家坐在家，从镶嵌图画的左角开始挨次地告诉我们每块小瓷块的颜色和位置，好象电报发报员把某个消息一个字一个字发到远地去一样，我们便可

以按照他的指示，把小瓷块一块一块地摆出来，构成一幅与艺术家的家里那幅完全一样的彩色图。比方说：第一行全用白色；第二行从第一块到三十三块用白色，第三十四块用绿色，其余各块也用白色；……。这样，圣诞树的尖端就出现了。接着，再进行第二行、第三行……。这样，整个图画岂不是可以用两个电线传到几百公里之外的地方去了吗？

假如我们把一个非常细非常细的网盖在一件东西上边，把那件东西分成上万个小块，然后把所有的小块告诉远方的一位朋友，叫他也依次地记录下来。当然要完成这件事情，也许要费上十天半个月的时间；但无论如何不能说是不可可能的。用这一办法，任何一张画面，都可以被传送出去。

基本概念算有了，但，这是一个新的伟大发现呢，还是一个毫无意义的幻想呢？当时的许多人都认为，这只是一个不着边际的幻想罢了，因为除了疯子以外，谁肯花那么大的精力、那么多的时间，去搞一个什么“镶嵌”图呢？

但，无论如何尼帕可夫的想法毕竟是一个划时代的伟大发现。在他五十年之后，由于电子阴极射线管的出现，电子束在1/25秒的时间内，可以轻而易举地将一幅图画上的几十万个光点，全部扫描完毕。因而，尼帕可夫的设想可以实现了，电视也就随之而诞生了。

§1—2 图象的光电转换与电光转换

人眼看到了周围的景物，看到了红的花、绿的树，看到了天上的飞鸟、湖中的游鱼，看到了日、月、星辰，看到了蓝的天、白的云，看到了一座座的桥梁、一栋栋的厂房……。

人眼所以能看到周围的景物，是因为人眼感受了从这些景物上反射出来或发射出来的光线。周围的景物，就是图像，图像上反射出来或发射出来的光线，就是光信号。

电视发射台用摄像管把图像的光信号变成电信号，电信号经过放大等加工后送到图像发射机；在发射机内又经过调制、放大等一系列加工，最后送到电视发射天线以高频电磁波的形式发射出去。

电视接收机收到电视台发来的高频电磁波（也叫高频信号）后，立即对它进行放大、变频、解调等一系列加工，最后显像管又把电信号变成光信号。

上两段的中心意思是：在摄像管中，把图像的光信号变成图像的电信号；在显像管中，又把图像的电信号变成图像的光信号。这，就叫做图像的光电转换与电光转换。

拿出一张报纸，仔细地观察一下报纸上登载的照片，我们会看出报纸上的照片原来是由许许多多大小不等、疏密不同的黑点子所组成。与此同理，我们在电视接收机屏幕上所看到的电视图像，也是由许多不同亮度的小单元或明暗不同的光点所组成的。这些小单元，就叫做像素。像素越多，图像就越清晰；在同等面积上，像素越少，图像就越模糊。黑白电视机的总像素数约为44万。

如果你在墙上画两个小黑点。如果我们距墙较近，这二点是清晰可辨的；但是，随着距离的增大，这二点对于人眼所构成的视角 θ 逐渐减小，当 θ 小到 $1.5' \sim 1.0'$ 时，那两个小黑点就混在一块分辨不清楚了。 θ 的这个极限值表征眼睛的分辨本领。所以，画面上的像素越多，人眼距画面越远， θ 就越小，原来画面上分离的一点点的像素就会越容易地构成一幅完整的画面。

根据上面的分析，我们可以设想把一幅画面分解成许多像素。为了较为真实地传送图像，图像必须有相当的数目，然后把每个像素看成是一个明暗随着时间变化的光点。我们可以把这个光点的明暗变化转变成相应的电信号，然后用电磁波传送出去；在电视接收机收到这种信号以后，经过适当处理，使在显像管屏幕的相应位置上，再把电信号转换成明暗不同的光信号，就能复现原来的图像。问题是怎样来传送各个像素的信息。最容易想到的办法，是象广播声音那样，每一个像素都采用一个电路来传送，但实际上这是绝对办不到的，因为一幅画面要分割成约44万个像素，就要求有44万个通道。为此必须另寻其它的传送像素的办法。

既然电影可以利用人眼的视觉惰性，把连续活动的场面取瞬时的“静止”画面，然后一幅幅地顺序放映；那么，在电视里我们当然也可以把要播送的活动景象按时间的顺序分成若干幅，例如每秒25幅来播送；而在播送每一幅图像的时候，我们可以进一步再把这幅图像分割成约44万个像素，只要在1/25秒的时间里顺序播完这些像素。把收到的这些像素在接收机的荧光屏上按播送的顺序再显示出来，由于荧光屏的余辉作用以及人眼的视觉惰性，就可复现出播送端的景象。这样就可以不必用约44万个通道来同时传送这约44万个像素的信息了，而只要一个通道来依次传送一幅画面上的像素的信息。这样就象声音的广播一样，在每一时刻只要传送一个像素的信息，这在技术上就容易实现了。

在摄像机里，要播送的图像通过光学系统成像在摄像管的光电靶上，然后利用电子束依次地轰击靶上的各点，根据被轰击点的明暗程度，转变成强弱不同的视频信号。电子束的这种作用，称为“扫描”。可见扫描的过程，实际上就是把图像进行分解的过程；它是把一帧图像分解成约44万个像素，并把每个像素的亮度信号通过光电转换变成电信号。因为电视机中显像管的屏幕是长方形的，所以采用直线扫描是比较方便的。所谓直线扫描就是让电子束沿着略为倾斜的水平方向，从左向右，匀速地扫过光电靶，电子束到达右端以后，迅速折回左端，再以匀速向右运动……。当一帧图像扫完以后，电子束又迅速地折回左上角，继续第二帧的扫描。通过扫描，以空间分布的像素信息就转变为按时间分布的像素信息（视频信号），此后即可通过一般的调制原理，把此信号调制成高频载波，然后通过放大等设备送到发射机以无线电波的形式发送出去。

在电视接收机里，收到电视台发来的电磁波后，经过放大和检波，先还原成视频信号，将此视频信号加到显像管的阴极（或栅极）上。显像管里的电子束也按摄像管里电子束同样的方式进行扫描，在荧光屏上形成一幅长方形的光栅。由于阴极（或栅极）受到视频信号的控制，于是荧光屏上便可复现播送端的图像。可见显像管的作用过程，就是把视频信号转变成亮度信号，并把摄像管分解成像素的图像信号重新合成为图像的过程。

重要的是显像管的扫描规律必须与摄像管的扫描规律完全一致，使图像上的每一个像素都能复现在荧光屏的对应位置上。这种使发射端和接收端保持相同扫描规律的作用，叫做“同步”。如果接收机与摄像机不同步，那么荧光屏上当然无法重现图像。

§1—3 逐行扫描

显像管中的电子扫描是这样实现的：在显像管的管颈上，装有两种偏转线圈，一个叫行

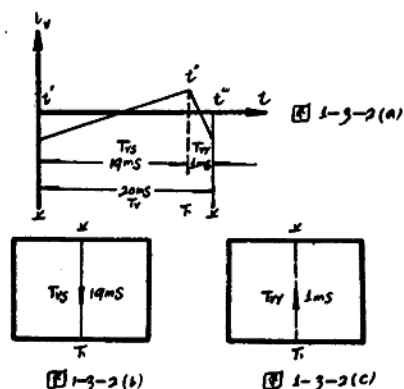
偏转线圈（也叫水平偏转线圈），另一个叫场偏转线圈（也叫垂直偏转线圈）。偏转线圈中通以锯齿波电流。

行偏转线圈分成两部分，分别放在显像管管颈接近圆锥体部分的上、下方。因为行偏转线圈的平面，是水平放置的，所以它产生的磁场是垂直方向的；根据左手定则，在这种磁场的作用下，电子束将做水平方向偏转，即沿着水平方向扫描。这种扫描，叫做水平扫描，或行扫描。

假如在水平偏转线圈中通以图 1—3—1 (a) 所示的锯齿波电流，电流的幅值因显像管型号、偏转线圈型号而异。图 1—3—1 (a) 中的 $t_1 \sim t_2$ 对应于水平偏转线圈里的电流线性增长段，此时电子束在偏转磁场的作用下，做自左向右的匀速运动；这段运动叫做行扫描正程，需要的时间约为 $52\mu\text{s}$ ，见图 1—3—1 (b)。行扫描正程结束后 (t_2)，电子束扫描到显像管的右端。紧接着偏转电流将很快地减小，见图 1—3—1 (a) 的 $t_2 \sim t_3$ 段，这对应于水平偏转线圈里的电流线性减少段，此时电子束在偏转磁场的作用下，做自右向左的匀速运动；这段运动叫做行扫描逆程，需要的时间约为 $12\mu\text{s}$ ，见图 1—3—1 (c)。电子束做水平扫描时，显像管的荧光屏上将只是一条水平亮线。

垂直线圈绕在磁环上，并安放在管颈的左右两侧，当线圈中流过电流时，它所形成的磁是水平方向的；在此磁场的作用下电子束将沿着垂直方向扫描。这种扫描，叫垂直扫描，或叫做帧扫描，也叫场扫描。

假如在显像管的垂直偏转线圈中通以图 1—3—2 (a) 所示的锯齿波电流，电流的幅值因显像管型号、

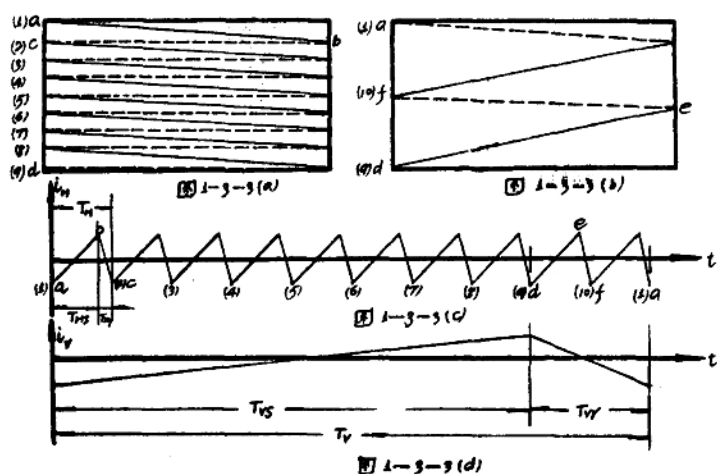


偏转线圈型号而异。图 1—3—2 (a) 的 $t' \sim t''$ 对应于垂直偏转线圈里的电流线性增长，此时电子束在偏转磁场的作用下，做自上而下的匀速运动；这段运动叫做场扫描的正程，需要的时间约为 $(20\text{ms} - 25\text{H})$ ，见图 1—3—2 (b)。行扫描正程结束后 (t'')，电子束扫描到显像管的下端。紧接着偏转电流很快地减小，见图 1—3—2 (a) 中的 $t'' \sim t'$ 段，这对应于垂直偏转线圈里的电流线性减少段，此时电子束在偏转磁场的作用下，做自下而上的匀速运动；这段运动叫做场扫描的逆程，需要的时间约为 25H (有的书认为是 1ms)，见图 1—3—2 (c)。电子束做垂直扫描

时，显像管的荧光屏上将只是一条垂直亮线。

如果电子束只有水平扫描而没有垂直扫描，显像管的荧光屏上将只呈现一条水平亮线；如果电子束只有垂直扫描而没有水平扫描，显像管的荧光屏上将只呈现一条垂直亮线。假如在显像管的水平偏转线圈和垂直偏转线圈里，相应地加以周期不同的锯齿波电流，则电子束在水平偏转磁场和垂直偏转磁场合成磁场的作用下，一方面作水平的运动，同时还有垂直的

运动。不过因为水平扫描周期 T_H 短, 频率 f_H 高, 所以实际电子束的运动是水平略有倾斜的, 见图 1—3—3 (a)。



水平扫描的锯齿波形如图 1—3—3 (c) 所示, T_{Hs} 为行扫描正程所需的时间, T_{Hr} 为行扫描逆程所需的时间, T_H 为行扫描周期。垂直扫描的锯齿波形如图 1—3—3 (d) 所示, T_{Vs} 为场扫描正程所需的时间, T_{Vr} 为场扫描逆程所需的时间, T_V 为场扫描周期。

在图 1—3—3 (a) 中, 自 (1) a 点至 b 点, 就是行扫描的正程; 自 b 点至 (2) c 点, 就是行扫描的逆程; 到此, 结束第 1 行; 自 (1) a 点经 b 点至 (2) c 点, 所需的行扫描时间就是行扫描周期 T_H 。由于有垂直偏转线圈的作用, 所有电子束除了有水平方向的运动 (自 (1) a 到 b 点到 (2) c 点) 外, 尚有自上而下的运动, 为此 (2) c 点位于 (1) a 点的下方。第 1 行 (1) a—b—(2) c 结束后, 再进行第 2 行 (2) c—(3), ……直到第 8 行 (8)—(9) d 结束。这样在显像管的荧光屏上构成了一幅光栅。

在图 1—3—3 (b) 中, 从第 9 行的 (9) d 开始, 处在图 1—3—3 (d) 的场扫描逆程 T_{Vr} 区段, 所以电子束一方面有自 (9) d 至 e 的运动, 另一方面还有向上的运动。由于场扫描的逆程时间 T_{Vr} 比场扫描的正程时间 T_{Vs} 短, 为此场逆程扫描要快; 这样, 每行的间隔在向上扫描时比图 1—3—3 (a) 向下扫描时要大。由图 1—3—3 (b) 可见, 只要经过第 9 行 (9) d—e—(10) f 和第 10 行 (10) f—(1) a 以后, 就回到了显像管荧光屏的左上角, 而完成了第一帧的回扫过程。

图 1—3—3 (a)、(b)、(c)、(d) 只是示意图, 在这示意图中, 只绘出了 10 根扫描线; 而在实际的电视机中, 行扫描线要多的多, 例如我国采用的制式是每帧为 625 行, 其中约有 50 行是在回扫的。

电视图像实际上只在扫描的正程中传送, 逆程是不传送电视图像的。因此, 电视机里对正程扫描的线性要求较高, 而对于逆程只要求满足时间的长短即可。既然回扫线, 因此电子束在行回扫或场回扫期间, 都要设法把回扫线消去, 使它不出现在显像管的荧光屏上, 这叫消隐。

因为回扫线不传送图像, 因此回扫时间应尽可能短些。

§1—4 隔行扫描

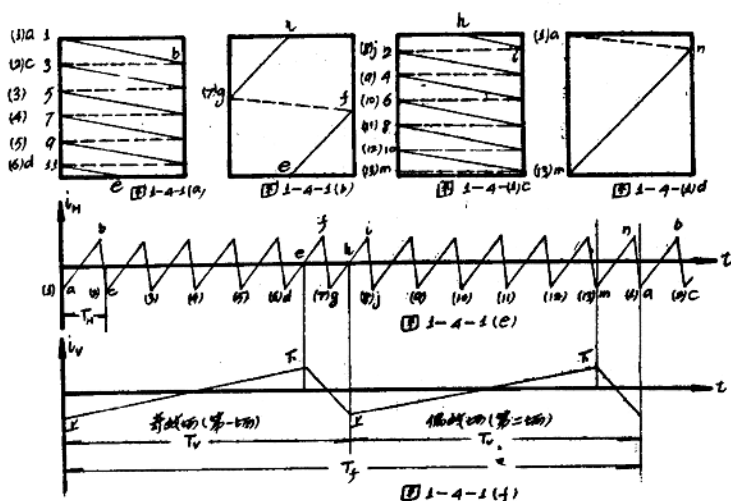
电影片实际上是由一幅幅不动的画面所构成。但相邻的两幅画面之间，内容相差不多。电影要播送的是活动的景象，而实际的电影片是由一幅幅不动的画面在连续地放映，它每秒连续放映24幅画面，这样我们看起来就变成了活动的画面。这是利用了人的视觉惰性：人眼在观察周围为客观景物的时候，尽管外界图像已经消失了，但主观的视觉却还要把这个景象保持一段短暂的时间；例如，夜间用点燃的木棍划圆圈，如果速度足够快，那么我们看到的将是一个连续的圆圈。另外，根据实验证明，放映的速度不能小于每秒24幅，否则将有明显的闪动感。

由上述的电影原理，可以想象电视也必须每秒传送24幅以上的画面，才能使人眼看起来有连续的感觉，变成活动的景象。

实践证明，如果电影每秒放映24幅画面时，看起来还存在着光颤动的现象，这叫做闪烁。要减少这种闪烁，最好是每秒放映48幅以上的画面。这样对影片和放映机都提出了更高的要求，这在实际上都存在着巨大的困难。在实践中发现，如果每秒放映24幅画面，但每幅画面放映二次，也可以消除闪烁感。也就是说，每秒放映的画面虽是24幅，但每秒放映的次数却是48次；它是利用放映机内的遮光板，把同一幅画面出现二次。

在电视里也采用类似的措施，但考虑到50Hz的交流电源，每秒不是播送24幅画面，而是播送25幅画面。每幅画面，称为一帧。在电视里，每一帧画面又分成二次播送，每次叫做一场；也就是每秒播送50场25帧。电视与电影不同之点是：在电视里并不是把每帧画面重复地播送二次，而是把每帧画面分割成不同内容的二部分来播送。如何把每帧画面分割成不同内容的二部分，这就是本节“隔行扫描”所要讲解的内容。

参考图1—4—1(a)，(b)，(c)，(d)，(e)，(f)我们以13条行扫描线为例，来说明隔行扫描。图1—4—1(e)就是行扫描锯齿波，如图所示它的周期为 T_H ， T_H 这个符号在许多场合也简写成 H ， $H = 64\mu s$ 。



见图1—4—1(a),行扫描从1(a)开始扫描第1行,到b点结束第1行的正程。图1—4—1(a), (b), (c), (d)这四个图中的标号有两种,我们要区分明白:1, 3, 5, 7, 9, 11, 2, 4, 6, 8, 10表示行扫描的行数;而(1)a, b, (2)c, (3), (4), (5), (6)d, e, f, (7)g, h, i, (8)j, (9), (10), (11), (12), (13)m, n, (1)a则表示显像管上的荧光屏上的位置。图1—4—1(a)中,从b点到(2)c点,为行扫描的第1行的逆程。(2)c点,一方面为第1行的终点,另一方面也为第3行的始点;由于有图1—4—1(f)场扫描正程的作用,故(2)c点位于(1)a点的下方。行扫描由(2)c开始第3行的扫描,经正程和逆程后,第3行结束于(3)点。同样道理,(3)点既是第3行的终点也是第5行的始点,(3)位于(2)c的下方。……。从(6)d点开始进行第11行的行扫描工作,第11行扫描到e点结束;值得注意的是,e点既不是第11行的终点(第11行的终点在图1—4—1(b)中的(7)g点),也不是第11行的正程的终点(第11行正程的终点在图1—4—1(b)中的f点),e点乃是第11行正程的中点。

对于场扫描图1—4—1(f)来说,图1—4—1(a)中自(1)a至e的扫描,乃是场扫描的正程;这一场,叫做奇数场,也叫第一场。

从图1—4—1(b)和图1—4—1(f)知道,从e点开始行扫描逆程回扫。为简单起见,假定场逆程回扫时间等于一个行扫描周期。这样,从e开始,经f和(7)g到h,而结束场的逆程回扫工作。值得注意的是:h点正好位于显像管荧光屏最上边的中点位置。

在图1—4—1(c)中,从h经i而到达(8)j;在显像管荧光屏上,(8)j乃是第2行的始点。从图1—4—1(c)和图1—4—1(e)和图1—4—1(f)知道,从h到(13)m构成了第2, 4, 6, 8, 10行扫描线;这些偶数扫描线对于图1—4—1(f)来说,又是场扫描的正程;这一场,叫做偶数场,也叫第二场。

从图1—4—1(d)和图1—4—1(f)知道,从(13)m点又开始了场的逆程回扫。从(13)m开始,经n到1(a),又结束了场的逆扫工作;而这个1(a)点恰好就是图1—4—1(a)中的(1)a点。从此以后又开始了奇数场的扫描。……。

根据以上的讨论知道:在隔行扫描的情况下,光栅是由二部分所组成,图1—4—1(a)的五行半,即1、3、5、7、9及半个11行,构成了奇数场;图1—4—1(c)的五行半,即前半行加上2、4、6、8、10行,构成了偶数场;偶数场恰镶嵌在奇数场当中,奇数场与偶数场合在一起就构成了一幅完整的光栅。

应该指出的是:隔行扫描的行扫描行数,必须是奇数。前面已经讲过,一幅画面分为两场,第一场扫总行数的一半(例如,在图1—4—1(a)中为5.5行),第二场扫总数的另一半(例如,在图1—4—1(c)中也为5.5行)。隔行扫描要求第一场结束于最后一行的一半。另外,不论电子束是如何折回,但它必须折回到图的最上边的中点位置,见图1—4—1(b)的h点。这样,方能保证相邻的第二场扫描刚好嵌在第一场各扫描线的中间。正由于这个原因,所以总行数必须是奇数。

我国电视制式每一帧图像的总行数是625行,分两场扫描。由于行周期为 $T_H = H = 64\mu s$, 为此行扫描频率为 $f_H = \frac{1}{H} = 15625H_z$ 。场扫描频率为 $f_v = 50H_z$, 场扫描周期为 $T_v = 20ms$ 。帧周期 T_f 为场扫描周期的二倍,为此 $T_f = 2T_v = 40ms$, 帧频率为场频率的二分之一,为此帧频

率 $f_1 = 25\text{Hz}$ 。在发送电视信号时，每一行传送图像的时间约为 $52\mu\text{s}$ （即行扫描正程时间），每一行不传送图像的时间约为 $12\mu\text{s}$ （即行扫描逆程时间）。在每一场中，总的扫描行数为 $\frac{625}{2} \approx 312.5$ 行，其中有25行做回扫不传送图像；为此，每一场中传送图像的实际行数为 $312.5 - 25 = 287.5$ 行。每一帧中，有50行不传送图像；为此，每一帧中传送图像的实际行数应为 $625 - 50 = 575$ 行。场扫描周期为 20ms ，其中场扫描正程时间约为 $(20\text{ms} - 25H)$ （有的书认为是 19ms ），而场逆程时间为 $25H$ （有的书认为是 1ms ）。

由于适应人类眼睛的特点，使与平时视野相似，故电影片、电影银幕、电视机屏幕的尺寸均为 宽：高 = 4：3。由此可以算出显像管荧光屏的一帧图像的总像素数为

$$(625 - 50) \times \frac{4}{3} \times (625 - 50) \approx 44\text{万}$$

顺便说一句。35mm 电影片每一片格约有100万个像素，16mm 电影片每一片格约有20万个像素；至于报纸照片上的像素的密度就少得多，甚至我们借助放大镜都可以数出来，所以报纸照片就粗糙的多了。

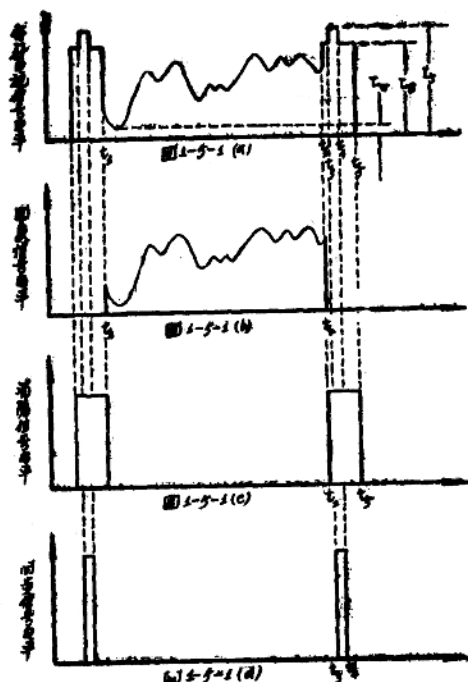
§1—5 每一行电视信号

图 1—5—1 (a) 是电视台发送出的每一行电视信号的示意图，实际上它是由三部分组成的：第一部分，是图像信号，见图 1—5—1 (b)；第二部分，是消隐信号，见图 1—5—1 (c)；第三部分，是同步信号，见图 1—5—1 (d)。同时，图 1—5—1 (a) 也正是电视接收机所接收到的每一行电视信号。

图 1—5—1 (a) 中，由 t_1 至 t_6 为行扫描周期，即 $T_H = H = t_6 - t_1$ ；前边我们讲过行扫描周期 $T_H = H = 64\mu\text{s}$ ，行扫描频率 $f_H = 15625\text{Hz}$ 。

图 1—5—1 (a) 和图 1—5—1 (b) 中，由 t_1 至 t_2 的时间，是行扫描正程时间，约为 $52\mu\text{s}$ ，行扫描正程时间，也就是图像信号时间。在扫描的正程时间里，由于图像的明暗程度的不同，相应地电子束的强弱也不同。

图 1—5—1 (a) 和图 1—5—1 (c) 中，由 t_2 至 t_6 的时间，是行扫描的逆程时间；行扫描逆程时间，也就是消隐信号时间。行扫描逆程时间，约为 $12\mu\text{s}$ ；它比行扫描正程时间 $52\mu\text{s}$ 短的多，为此行扫描逆程比行扫描正程要快得多。应该指出的是，这里所说的消隐信号，严格说来只是行（扫描）



消隐信号，它所要的时间就是行扫描逆程所要的时间。此外，尚有场消隐信号，请参考图 1—3—2 (a) 和图 1—3—2 (c)，场消隐时间为 $25H$ (有的书认为是 $1ms$)。行消隐信号，也叫水平消隐信号，场消隐信号，也叫垂直消隐信号。两种消隐信号，合称为复合消隐信号。

图 1—5—1 (a) 和图 1—5—1 (d) 中，由 t_3 到 t_4 的时间，为同步信号时间。为什么需要同步信号呢？现在让我们略略讲一下这个问题。电视接收机的显像管中的电子束扫描应当与电视发射台的摄像管中的电子束扫描规律完全相同，完全合拍，决不能有任何的前后错落现象。要做到这一点，必须满足两个条件：第一个条件，是同频条件，就是要求收端和发端的行扫描、场扫描在相同的时间内扫描的次数完全相等。第二个条件，是同相条件，也就是要求收端和发端的行扫描、场扫描的相位完全一致，通俗地说，就是要求每行每场开始扫描的时刻要一丝不差。如果做到了既同频又同相，我们就说显像管电子束的扫描和摄像管电子束的扫描，获得了同步。图 1—5—1 (a) 和图 1—5—1 (d) 所示的，仅是行同步信号，除此之外，还有场同步信号，两种同步信号，合称为复合同步信号。图 1—5—1 (a) 和图 1—5—1 (d) 中从 t_3 到 t_4 的时间宽度，即行同步脉冲的宽度，约为 $4.7\mu s$ 。在图 1—5—1 (a) 中，从行消隐开始时刻 t_2 到行同步信号的前沿 t_3 ，约有 $1.3\mu s$ 的前肩，即 $t_3 - t_2 = 1.3\mu s$ 。

图 1—5—1 (a) 中的 L_B 的电平约为 75%，叫做黑色电平。 L_W 的电平约为 12.5%，叫做白色电平。介于黑色电平 L_B 和白色电平 L_W 之间的，叫做灰色电平；从图 1—5—1 (a) 中，明显地看出，一般的图像信号就是灰色电平。这种图像信号，叫做负极性图像信号。在负极性图像信号中，图像信号电压越高，表示所传送的图像越暗；图像信号电压越低，表示所传送的图像越亮。

从图 1—5—1 (a) 可以看到，消隐信号的电平为 $L_B = 75\%$ ；也就是说，消隐信号的电平，相当于黑色电平。为什么把消隐信号电平选在黑色电平呢？原因是：电子束从电视接收机显像管荧光屏的左边扫描到右边，即行扫描的正程的时间里，所传送的是图像信号，为此要求电平有高低的变化，以对应图像的暗明变化；但当电子束从电视接收机显像管荧光屏的右边回扫到左边，即扫描的逆程的时间里，乃是消隐信号，不传送图像，为此用 75% 的黑色电平，使电子束截止为好；否则，在消隐信号时间里，用白电平，使电子束较剧烈地发射，那么在显像管荧光屏上就将会出现亮线的干扰条纹，将影响观看电视的效果。

图 1—5—1 (a) 中的 $L_s = 100\%$ ，为同步信号电平，取极值，是便于分离。图像信号、复合同步信号、复合消隐信号一起，组成了黑白电视的全电视信号。

§1—6 图像频率 (视频频率)

由于所传送的图像内容不同，图像信号的频率成分也不同。现在让我们举例来说明此问题。

图 1—6—1 是一幅我们要传送的“黑白横条”信号。现在让我们计算一下它的频率。我们在 §1—4 中讲过：帧频率为 $25H_z$ ，而每一帧，又分为两场——奇数场和偶数场，为此场频率为 $50H_z$ ，场周期为 $\frac{1}{50H_z} = 20ms$ (毫秒)，也即电子束由屏幕的上边扫描到屏幕的下边，所需的时间为 $20ms$ (毫秒)，图 1—6—1 在 $20ms$ 的时间内，电压高低变化一个周

期。所以图1—6—1的“黑白横条”信号变化的周期为

$$T_1 = 20\text{ms}, \text{ 频率为 } f_1 = \frac{1}{20\text{ms}} = 50\text{Hz}。$$

图1—6—2是另一幅我们要传送的“黑白横条”信号。在此情况下,电子束由屏幕的上边扫描到屏幕的下边,所需的时间仍为20ms;但在图1—6—2情况下,在20ms的时间内,却要完成电压高低变化的两个周期(一白一黑为一周期)。为此,图1—6—2中的“黑白横条”信号变化一个周期的时间应为10ms。这样,我们就知道:图1—6—2的“黑白横条”的周期为 $T_2 = 10\text{ms}$,频率为 $f_2 = \frac{1}{10\text{ms}} = 100\text{Hz}$ 。

图1—6—3是一幅我们要传送的“黑白竖条”。现在让我们计算一下它的频率。在§1—4中我们讲过:行扫描周期为 $T_H = 64\mu\text{s}$ 。也就是说,电子束在屏幕上从左扫到右(一行)所需的时间为 $64\mu\text{s}$ (包括正程和逆程)。在 $64\mu\text{s}$ 的时间内,图1—6—3的电压高低(一白一黑为一周期)变化正为一个周期。所以,图1—6—3的“黑白竖条”信号变化的周期为 $T_3 = 64\mu\text{s}$,频率为 $f_3 = \frac{1}{64\mu\text{s}} = 15625\text{Hz}$ 。

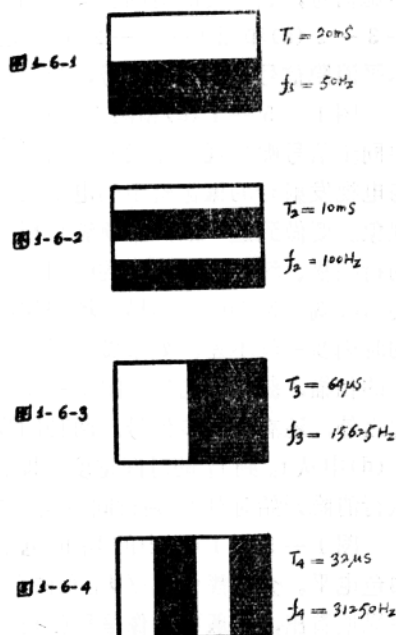
图1—6—4是另一幅我们要传送的“黑白竖条”。在这种情况下,电子束在屏幕上从左扫到右(也是一行)所需的时间,仍然是 $64\mu\text{s}$ 。但在这 $64\mu\text{s}$ 的时间内,图1—6—4的电压高低(一白一黑,又白又一黑)的变化为两个周期。所以,图1—6—4的“黑白竖条”信号变化的周期为 $T_4 = \frac{64\mu\text{s}}{2} = 32\mu\text{s}$,这个“黑白竖条”的频率为 $f_4 = \frac{1}{32\mu\text{s}} = 31250\text{Hz}$ 。

一般说来,图像信号的频率范围约为 $0 \sim 6\text{MHz}$ 。

与声音广播相仿,在电视广播中,要想把信号传出去,就先用它去调制一个频率较高的载波,然后再将这个调制后的高频信号发送到空间去。通常,载波信号的频率,要比用来调制信号的频率高10倍以上。方才讲过,图象信号的最高频率可达 6MHz ;为此我们知道载波的频率就要高达 50MHz 以上。通常采用的载波频率为 50MHz 至 220MHz 的甚高频(VHF)。

§1—7 残留边带传送方式

图像信号的调制,是采用调幅方式。所谓的调幅,就是让载波信号的振幅随着所要传送的视频信号而变。经过调制以后的合成信号中,将出现载波频率 f_0 与调制信号频率 F_1 的和频($f_0 + F_1$)与差频($f_0 - F_1$)的频率成分。此处的 $F_1 = 6\text{MHz}$, $f_0 = 50 \sim 220\text{MHz}$ 。也就是说,在载波频率 f_0 的两旁,信号都占有 6MHz 的频带,见图1—7—1。这样,频带的宽度就应当是 6MHz 的二倍,即为 12MHz 。要发送如此宽的频带,在技术上是非常困难的。



为此就要压缩频带，在实用上，是将下边带的大部分滤去，仅将上边带的全部和下边带中靠近 f_0 的一部分发射出去，见图 1—7—2。这叫做残留边带传送方式。

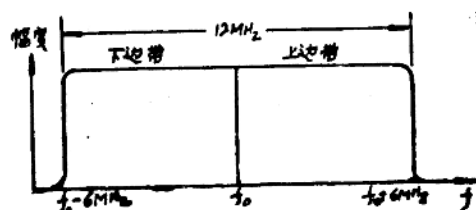


图 1—7—1

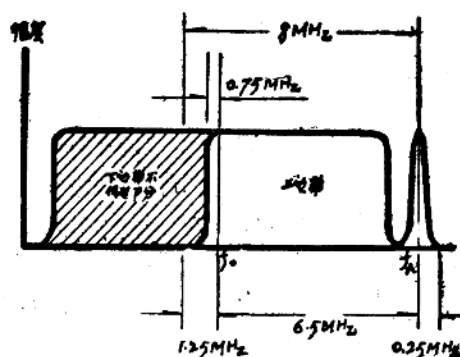


图 1—7—2

从图 1—7—2 可以看到：下边带中的大部分是不传送的，下边带中仅留下 0.75MHz 的频率成分。上边带中的 6MHz 左右的信号成分，都将被发送出去。在电视接收机中，采用适当的措施，就可以补偿信号所产生的频率失真；这样，虽然采用残留边带传送方式，也将不会影响接收的效果。但这样一来，由于采用残留边带传送方式，电视节目所占用的频率范围就可以大大地缩减，如此，在 $50\sim 220\text{MHz}$ 的频带范围内，就可以安排十几个频道。从图 1—7—2 可以看到：传送一个频道节目所需要的频率为 8MHz 。

电视广播不但要传送图像信号，而且同时还要传送伴音信号。我国电视标准规定：伴音信号的发送采用调频方式，它的载频信号频率比图像载波频率 f_0 高 6.5MHz 。以 f_A 表示伴音载波信号频率，则 $f_A - f_0 = 6.5\text{MHz}$ ，见图 1—7—2。所谓调频，就是使着高频载波信号的频率，随着所要传送的低频伴音信号（约为 $50\sim 15000\text{Hz}$ ）的波形而变化。即在调频方式中，高频载波信号的振幅是不变的，但其频率则随伴音信号的强弱而变化。当伴音信号的振幅向正方向摆动时，载波的频率就逐渐增加，当伴音信号达到正方向的峰值时，载波的频率也最高；当伴音信号的振幅向负方向摆动时，载波的频率就逐渐减少，当伴音信号达到负方向的峰值时，载波的频率也为最低。图 1—7—2 表明：伴音载波信号频率 f_A 比图像载波信号频率高 6.5MHz ，为此，在发射端可以用同一个天线来接收二者。

伴音采用调频的优点是：抗干扰能力强。一般的干扰都是使高频波的幅度发生显著的变化，为此可用“限幅器”把外来干扰排除掉，这是第一个优点。第二个优点是由于调频制的抗干扰能力强，因而可以容许伴音调制信号有较宽的频带（ $50\sim 15000\text{Hz}$ ），这样就可以得到较好的音质。第三个优点，在电视广播中，伴音信号是和已调制好的视频信号一起传送的，而伴音信号却利用调频，这样就可以消除视频信号与伴音信号间的相互干扰。

§1—8 电视频道的划分

前边讲过，送到发射机去进行调幅的图像信号，最高频率为 6 MHz 。为了保证发射机的正常调幅和接收机正常解调，一般要求图像的载波频率比图像最高频率高好多倍。为此，图像的载波频率，通常应大于 50 MHz 。

图像高频信号和伴音高频信号，占有一个较宽的频带；这个频带称为频道。我国电视标准规定：一个频道的频带宽度为 8 MHz 。每一个电视节目，必须单独使用一个频道；如果一个地区，同时播送好几套节目，那就得使用好几个频道。我国目前使用的是从 50 MHz 至 220 MHz 的甚高频（即VHF），它分为12个频道。VHF是Very High Frequency的缩写。也有一些地区（譬如上海等）在使用和试验超高频，即UHF，UHF是Ultra High Frequency的缩写；在我国UHF分为24个频道。频率分配表，见表1—8—1。

表1—8—1的第1栏，是电视频道。VHF（甚高频）波段，为12个频道；UHF（超高频）波段，是24个频道。

表1—8—1的第2栏，是每一频道的频率范围。如前所述，每一个频道的频带宽度为 8 MHz 。这也可以从第2栏的频率范围计算出来。以第2频道为例，我们算出电视频道的频带宽度为

$$64.5\text{ MHz} - 56.5\text{ MHz} = 8\text{ MHz}$$

表1—8—1的第3栏，是图像载波频率，它正是图1—7—2中的 f_0 ，以第2频道为例，
 $f_0 = 57.75\text{ MHz}$

从图1—7—2可以看到， f_0 与频道的下沿的频差为 1.25 MHz 。这一数据，我们可以从第2栏“频率范围”和第3栏“图像载波频 f_0 ”计算出来。我们还是以第2频道为例，计算如下

$$57.75\text{ MHz} - 56.5\text{ MHz} = 1.25\text{ MHz}$$

表1—8—1的第4栏，是伴音载波频率，它正是图1—7—2中的 f_A

表 1—8—1

VHF和UHF 各频道频率分配表

频 道	频率范围 (MHz)	图像载波 频率(MHz)	伴音载波 频率(MHz)	频道中心 频率(MHz)	频道中心 波长 (M)	本机振荡 频率(MHz)	备 注
V H F (甚高频) 波段	1	48.5~56.5	49.75	56.25	52.5	5.71	86.75
	2	56.5~64.5	57.75	64.25	60.5	4.96	94.75
	3	64.5~72.5	65.75	72.25	68.5	4.38	102.75
	4	76~84	77.25	83.75	80.0	3.75	114.25
	5	84~92	85.25	91.75	88.0	3.41	122.25
	6	167~175	168.25	174.75	171.0	1.75	205.25
	7	175~183	176.25	182.75	179.0	1.68	213.25
	8	183~191	184.25	190.75	187.0	1.60	221.25
	9	191~199	192.25	198.75	195.0	1.54	229.25
	10	199~207	200.25	206.75	203.0	1.48	237.25
	11	207~215	208.25	214.75	211.0		245.25
	12	215~223	216.25	222.75	219.0		253.25
U H F (超高频) 波段	13	470~478	471.25	477.75			
	14	478~486	479.25	485.75			
	15	486~494	487.25	493.75			
	16	494~502	495.25	501.75			
	17	502~510	503.25	509.75			各频道相 接
	18	510~518	511.25	517.75			
	19	518~526	519.25	525.75			
	20	526~534	527.25	533.75			
	21	534~542	535.25	541.75			
	22	542~550	543.25	549.75			
	23	550~558	551.25	557.75			
	24	558~566	559.25	565.75			
	25	604~612	605.25	611.75			
	26	612~620	613.25	619.75			
	27	620~628	621.25	627.75			
	28	628~636	629.25	635.75			
	29	636~644	637.25	643.75			各频道相 接
	30	644~652	645.25	651.75			
	31	652~660	653.25	659.75			
	32	660~668	661.25	667.75			
	33	668~676	669.25	675.75			
	34	676~684	677.25	683.75			
	35	684~692	685.25	691.75			
	36	692~700	693.25	699.75			

表1—8—1的第5栏,是频道中心频率。它是第2栏频率范围的下沿和上沿的对称中心。以第2频道为例,从表1—8—1的第二栏频率范围为 $56.5 \sim 64.5\text{MHz}$,可计算出第5栏频道中心频率为

$$\frac{56.5 + 64.5}{2} = 60.5\text{MHz}$$

表1—8—1的第6栏,是波道中心波长。众所周知,伟大的物理学家麦克斯威(Maxwell)曾经有过一个伟大的论证:光,就是电磁波,所有的电磁波的速度都相等,都等于光速C,光速C的数值,约为 $3 \times 10^8\text{km/s}$,另外,我们都知道,波长(λ)、频率(f)、波速(c)间,有如下的关系: $C = \lambda f$ 。从这一公式和第5栏频道中心频率,就可以算出

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8\text{m/s}}{50.5 \times 10^6\text{Hz}} = 5.71\text{m}$$

此处的计算, Hz (即赫芝)的单位就是1/秒。

表1—8—1的第7栏,是本机振荡频率。

不论那个频道的节目,经过变频以后,都要变成固定的中频,我国电视标准规定:图像中频载波频率固定为 37MHz (旧标准为 34.25MHz),伴音中频载波频率固定为 30.5MHz (旧标准为 27.75MHz)。为此,不同频道的本机振荡频率也不同。

从表1—8—1的第7栏本机振荡频率和第3栏图像载波频率,可以验算出图像中频载波频率。今以第2频道为例,计算如下:

$$94.75\text{MHz} - 57.75\text{MHz} = 37\text{MHz}$$

从表1—8—1的第7栏本机振荡频率和第4栏伴音载波频率,可以验算出伴音中频载波频率为

$$94.75\text{MHz} - 64.25\text{MHz} = 30.5\text{MHz}$$

从表1—8—1可以总结出以下的规律:

1、图像载波频率 $+6.5\text{MHz}$ =伴音载波频率

例如, $57.75\text{MHz} + 6.5\text{MHz} = 64.25\text{MHz}$ (2频道)

2、本机振荡频率-图像载波频率=图像中频载波频率

例如, $94.75\text{MHz} - 57.75\text{MHz} = 37\text{MHz}$ (2频道)

3、本机振荡频率-伴音载波频率=伴音载波频率

例如, $94.75\text{MHz} - 64.25\text{MHz} = 30.5\text{MHz}$ (2频道)

4、图像载波频率 -1.25MHz =频率范围下边界频率

例如, $57.75\text{MHz} - 1.25\text{MHz} = 56.5\text{MHz}$ (2频道)

5、伴音载波频率 $+0.25\text{MHz}$ =频率范围上边界频率

例如, $64.25\text{MHz} + 0.25\text{MHz} = 64.5\text{MHz}$

§1—9 黑白电视机接受机原理方框图

在接收端,图像信号和伴音信号虽然有 6.5MHz 的频率之差,但为了经济起见,图像信号和伴音信号既共用一幅天线,也共用一个接收机。

电视接收机按其电路构造的不同,可分为三种:超外差单通道式(也称超外差内载波式),