

最新显示器电路原理与维修技术

最新 显示器电路原理 与维修技术

任典毅 编

951
16

出版
社



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: <http://www.phei.com.cn>

最新显示器电路原理与维修技术

任典毅 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书针对计算机显示器的主流机型,深入浅出地介绍了显示器的结构特性和系统控制机理、主要信号流程、着重分析了行、场扫描电路,视频放大及显像管附属电路,显示器电源电路,模式识别与控制电路及整机分析电路。书中还介绍了常见与疑难故障的检修思路、流程、技巧方法和具体的检修实例,具有系统性、启发性、实用性。

读者对象:家电维修爱好者、维修人员、培训班老师及学员。

未经许可,不得以任何方式抄袭或复制本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

最新显示器电路原理与维修技术/任典毅编. - 北京:电子工业出版社,1990.11

ISBN 7-5053-5194-X

I. 最… II. 任… III. ①电子计算机-显示器-电子电路-理论②电子计算机-显示器-维修 IV. TP334.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 27733 号

书 名:最新显示器电路原理与维修技术

编 者:任典毅

责任编辑:高 平

特约编辑:知 明

排版制作:海天计算机公司照排部

印 刷 者:北京李史山胶印厂

装 订 者:

出版发行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 插页:8 页 字数:410 千字

版 次:1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-5194-X
TN·1245

印 数:6000 册 定价:26.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

由于计算机技术的迅速发展、多媒体技术的出现,再加上成本的不断下降,使计算机普及的速度大大加快了,它既可以用于企事业单位的事务管理和工业上的自动控制,也可用于家庭的娱乐和教育,可见计算机的应用已渗透到了社会各个领域,这是前所未有的。在这种情况下,计算机维修工作的重要性和紧迫性也就突出出来,为了满足这方面的需要,本书着重介绍计算机维修的一个方面——显示器的维修。

显示器是计算机重要的外部终端设备,起输出作用,是人机交流的窗口,它能够显示计算机输出的图形、图像、文本等信息,使计算机成为可交互的,因此显示器同 CPU、内存、主板一样也是衡量计算机整机性能的一个重要方面。

对于人类而言,70%以上的信息是通过视觉获得的,可见图形、图像的显示技术是很重要的,为此人们一直致力于这个领域的研究,并开发出了多种图形、图像信息重现的方法,目前已实际应用的有液晶显示、等离子显示、阴极射线管(英文简称 CRT)显示等。其中采用 CRT 作为显示部件的比较多,如绝大部分的民用电视机。而就目前的计算机显示器市场而言,除一小部分便携式计算机采用液晶显示器外,多数还是采用 CRT 显示器,这是因为它的技术成熟,分辨率高、显示质量好、价格低。由于其使用的普遍性,本书也只介绍 CRT 显示器的原理与维修上的一些方法,并且以彩色显示器为主,同时兼顾单色显示器。

显示器技术的发展是比较快的,早期的显示器可以用一般的电视机来代替,两者之间没有多大差别,但随着计算机技术的不断发展,对图形、图像信息处理的要求越来越高,这样使显示器同电视之间的差别越来越大,成为一种更加专业化的显示设备。比如显示器的分辨率是很高的,14 英寸的最高分辨率达 1024×768 ,屏幕再大一些的可达 1600×1200 ,这使显示器同电视相比在技术细节上有很大差异,在电路构成上有各自的特点。

在显示器的维修上有几个方面的困难,第一个是显示器的技术发展较快,新机型不断推出;第二个是缺少维修资料,没有电路原理图;第三个是显示器作为计算机系统的一部分,因此在视频显示方面既有显示器本身的硬件故障,也存在主机的软件或硬件故障,而且主机软件设置不当,也可能引发显示器不能正常工作。基于以上的诸原因,本书注重讲清显示器的基本原理及计算机主机同显示器之间的关系,同时也有大量的实际电路和整机电路分析,这样做的目的就是使读者能够理清脉络,抓住各种显示器的共性,即使在维修时遇到缺乏维修资料的新机型时,也有个人手处。本书在内容上以 SVGA、XGA 显示器为主,这是目前的主流显示器,而且对较新的数控技术及其实现的方法也做了介绍,并分析了实际电路。

本书在编写过程中得到了刘奎、乔毅等同志的热情帮助,在此表示感谢。显示器技术发展是比较快的,由于资料缺乏,编写时间仓促,加之本人的水平也有限,书中肯定有不少错误和值得商榷之处,希望广大读者谅解,并不吝赐教。

目 录

第1章 计算机显示器的基本知识	(1)
1.1 彩色显示的基本原理——三基色原理和扫描原理	(1)
1. 三基色原理	(2)
2. 扫描原理	(4)
1.2 单色显像管及偏转系统	(7)
1. 单色显像管的构造	(8)
2. 单色显像管的性能参数及特性	(11)
3. 单色显像管偏转系统	(12)
1.3 彩色显像管及其偏转系统	(19)
1. 彩色显像管的特点及要求	(19)
2. 彩色显像管的分类	(20)
3. 自会聚彩色显像管	(21)
4. 自会聚管的动态会聚原理	(23)
5. 自会聚显像管色纯度和静会聚的调整原理	(27)
6. 彩色显像管的消磁	(28)
7. 彩色显像管的故障	(30)
1.4 有关计算机显示器的常识	(32)
1. 显示器和计算机主机之间的关系	(32)
2. 显示标准	(32)
3. 显示器的分类	(35)
4. 有关显示器的其他一些概念	(36)
5. 显示器电路的组成	(38)
第2章 场扫描电路	(40)
2.1 场扫描电路的功能和组成	(40)
1. 场扫描电路的功能及性能要求	(40)
2. 场扫描电路的组成	(40)
2.2 场振荡与场锯齿波电压产生电路	(41)
1. 锯齿波电压的形成方法	(41)
2. 场振荡电路原理	(43)
2.3 场扫描输出电路	(46)
1. 互补对称型 OTL 场输出电路	(46)
2. 分流调整型 OTL 场输出电路	(50)
3. 双电源 OTL 场输出电路	(52)
2.4 场扫描线性补偿电路	(55)
1. 场扫描线性失真对显示图像的影响	(55)

2. 场扫描线性不良的原因及其补偿办法	(55)
3. 积分电路对线性失真的矫正作用	(57)
4. 微分负反馈矫正	(58)
2.5 场扫描电路的其他几个问题	(58)
1. 场消隐	(58)
2. 场中心调整电路	(58)
3. 场幅调整	(59)
2.6 场扫描实际电路分析	(60)
1. TDA1170N(或 TDA1175)场扫描集成电路	(60)
2. TDA1170N 构成的典型场扫描电路	(60)
3. TDA1675(TDA1670)集成场扫描电路	(62)
4. 由 TDA9102 和 TDA8172 构成的场扫描电路	(64)
5. HA11423 和 μ PC1498 组成的场扫描电路	(65)
6. HA11235 构成的场扫描电路	(67)
第 3 章 行扫描电路	(69)
3.1 行扫描电路的作用和构成	(69)
1. 行扫描电路的作用	(69)
2. 行扫描电路的组成	(69)
3.2 行输出电路	(70)
1. 行输出电路的构成及偏转线圈中锯齿波电流的形成	(70)
2. 行扫描畸变及补偿	(74)
3. 行输出变压器及高、中压产生电路	(80)
4. 自举升压式行输出电路	(81)
5. 行中心调整及行幅调整电路	(83)
3.3 行激励电路	(85)
3.4 自动频率控制(AFC)电路	(86)
1. AFC 电路的作用及构成	(86)
2. 平衡型 AFC 电路的工作过程	(87)
3. 积分滤波器	(90)
3.5 具有左右枕形失真校正作用的新型行输出电路——DDD 型电路	(90)
3.6 实际电路分析	(92)
1. 由 TDA1180P 构成的行振荡电路	(92)
2. 由 LM1391 构成的行扫描电路	(95)
3. LA7851 构成的行振荡电路	(96)
4. HA11423 组成的行振荡电路	(96)
第 4 章 视频放大及显像管附属电路	(101)
4.1 视频放大及显像管附属电路的组成和基本功能	(101)
4.2 视放输出级电路	(103)
1. 对视放输出级的性能要求	(103)
2. 视放输出级的基本电路	(103)

3. 视放末级的频率补偿电路	(105)
4. 视放末级实际电路举例	(106)
4.3 预视放电路及常用芯片	(107)
1. LM1203 的电路结构和工作原理	(107)
2. 视频信号预处理芯片 M51387	(110)
3. 由 CXA1044 构成的视放电路	(113)
第 5 章 显示器电源电路	(116)
5.1 串联线性调整型电源的基本原理	(116)
5.2 开关式稳压电源的基本工作原理与特点	(119)
1. 开关式稳压电源的基本原理与特点	(119)
2. 开关电源的种类	(120)
5.3 显示器电源电路的特点	(126)
1. 显示器电源电路的特点	(126)
2. 电源中的保护电路	(127)
5.4 实际电路分析	(128)
1. 双频单显 1489D 开关电源工作原理	(128)
2. 由 UC3842 构成的电源	(131)
3. 由 TDA4605 构成的开关稳压电源	(133)
4. TVSTAR TY1415 型显示器电源	(136)
第 6 章 模式识别与控制电路	(139)
6.1 显示模式的概念	(139)
6.2 显示模式转换对显示器工作状态的影响	(142)
1. 行频变化对电路工作状态的影响及消除方法	(142)
2. 场频变化的影响及消除方法	(143)
6.3 显示模式识别方法	(143)
1. VGA 显示器的模式识别与控制电路	(143)
2. 早期 SVGA 显示器的模式识别与控制处理电路	(145)
3. 其他形式的模式识别与控制电路	(150)
第 7 章 整机电路分析	(151)
1. 14 英寸 SR348 型 SVGA 彩色显示器整机电路分析	(151)
2. AST 整机电路分析	(155)
3. EMC14 英寸 1438 型 SVGA 彩色显示器	(158)
4. 厦华 15 英寸数控彩显	(161)
第 8 章 显示器常见故障现象分析及维修实例	(167)
8.1 常见故障现象分析及检修方法	(167)
1. 行不同步	(167)
2. 无光栅且电源指示灯亮	(168)
3. 图像上叠有回扫线	(169)
4. 行、场都不同步	(169)
5. 场不同步	(169)

6.场线性失真·····	(170)
7.图像上部压缩·····	(170)
8.水平一条亮线·····	(170)
9.垂直一条亮线·····	(170)
10.光栅水平幅度变大·····	(170)
11.光栅水平幅度不足·····	(171)
12.光栅上部暗下部亮·····	(171)
13.光栅有暗角·····	(171)
14.光栅S形扭曲·····	(171)
15.光栅暗淡·····	(171)
16.关机后有一亮点·····	(171)
17.聚焦差·····	(171)
18.光栅为某一基色,且有回扫线·····	(172)
19.光栅缺某一基色·····	(172)
20.色纯度不良·····	(172)
21.光栅上有断续的黑白点或水平短黑线干扰·····	(172)
22.S型失真·····	(172)
23.枕形失真或桶形失真·····	(173)
24.一种显示模式下同步,而在其他显示模式下则不同步·····	(173)
25.一条水平亮带·····	(173)
26.有光栅,但联机时无图像或字符显示·····	(173)
27.垂直中心位置偏移,调节场中心电位器也不能使光栅居中·····	(173)
28.光栅呈梯形·····	(173)
8.2 电源电路检修方法·····	(173)
8.3 显示器维修的原则与维修举例·····	(175)
1.显示器维修的原则·····	(175)
2.维修举例·····	(176)
附录A 显示器常用集成电路功能说明 ·····	(182)
1.行、场振荡集成电路·····	(182)
2.电源用集成电路·····	(189)
3.预视放芯片·····	(193)
4.其他芯片·····	(195)
附录B 常用英文术语 ·····	(199)
附录C 几种常见机型的电原理图 ·····	(203)

第 1 章 计算机显示器的基本知识

本章介绍有关显示器的预备知识，主要包括彩色显示的基本原理，显像管 CRT 的构造，计算机是如何形成视频信号的，如何控制显示器显示图像的。

§ 1.1 彩色显示的基本原理——三基色原理和扫描原理

在显示器中，图像的最终显示是由显像管来完成，它是显示器的核心部件。显像管大都采用阴极射线管，是一种真空管，英文简称 CRT (CATHODE RAY TUBE)。在显像管的前端，有一块略微凸起的矩形玻璃屏，称为荧光屏，计算机输出的图像和文本信息就显示在它的上面。

按所能显示颜色的种类分，显像管有单色和彩色两种。单色显像管只能显示一种颜色，但可有灰度等级，也就是亮度层次，如对于黑白显像管，除了可以显示黑色和白色外，还可以显示黑色同白色之间的各级灰色；彩色显像管则能重现自然界中大部分的颜色和亮暗信息。

那么显像管是怎样显示图像的呢？这一点同点阵式打印机的工作原理类似。当打印机工作时，它的某个打印针击打色带，色带上的颜色就会附着在纸上，形成一个小黑点。如果打印的小黑点比较多，并且有一定的规律，那么这些小黑点集合在一起就会组成一个文字。也就是说如把打印的文字进行分解的话，可以分解成一个个的小黑点，这也是点阵式打印机名字由来原因。在显示器中，显像管的工作原理也是这样的，屏幕上显示的图像或文字也是由一个个的小点组成的，这些小点有的发光，有的不发光，而且对于彩色显像管，小点发光的颜色也可互不相同，这样它们密密地排列在一起，就会构成一幅图像或文字。

就单色显像管而言，它的荧光屏上涂有荧光粉，显像管内部产生的一支很细的电子束以极高的速度轰击荧光屏，就会激发荧光粉发光形成一个小亮点。这些小亮点就是构成图像和字符的最小单位，称之为像素。在荧光屏上这样的像素很多，它们紧密地排列在一起。因此显像管内部的电子束对每个像素都得激发，使之发光。由于电子束的强弱是受计算机显示卡送来的视频信号控制的，电子束强，像素发的光就亮一些；电子束弱，像素发的光就暗一些，因此每个像素发光的亮暗程度是不同的。这样，大量的亮暗程度不同的像素聚合在一起就会形成一幅图像或文字，也就是说一幅图像就是由这些紧靠在一起，但彼此绝缘因而互不影响的大量像素集合而成。显然像素越多，图像愈清晰、细腻，也愈逼真。对于单色显像管而言，像素的大小可看作是由电子束的线径决定的，它的线径越小，击中屏幕后产生的光点也越小，图像也越清晰。

对于彩色显像管，情形要比单色显像管复杂些，它构成图像的基本单元也是像素，但为能够显示彩色，它的像素不是由单一颜色的荧光粉构成的，而是由红绿蓝三种颜色的荧光粉组成的，它们分别被三支电子束激发而发光，根据各自电子束的强弱，它们发出的红、绿、蓝三种颜色光的强弱也是不同的，这样混合在一起，就会产生各种不同的颜色，实现彩色显示。

以上只是对显像管图像显示原理的大致描述，要想全面、细致地了解彩色显示实现的原理、方法，还须了解本节的三基色原理、扫描原理以及下一节的显像管的构造。

1. 三基色原理

三基色原理是色度学的一个基本原理。色度学主要是研究自然界中景物颜色的实质及视觉生理学方面的知识，是所有显示技术实现的基础。

(1) 光和颜色的关系

我们观看自然界的物体时，会产生色彩和亮度两种不同的感觉。通过研究发现这两种感觉都是由物体所反射的或透射的光作用与人眼的视觉神经而引起的，也可以说对于我们的生理视觉器官眼睛而言，光有颜色和亮度两种属性。

由物理学知道光实质上也是一种电磁波。电磁波的频谱范围是很广的，它包括无线电、红外线、可见光、紫外线、X射线、宇宙射线等，如图 1-1-1 所示。其中可见光部分能够刺激视觉神经，使我们的视觉产生亮度和颜色的感觉。由图 1-1-1 可以看出，可见光只占电磁波频谱中的很小一部分，它的波长 (λ) 在 380~780 毫微米之间变化。不同波长的可见光，会引起不同的彩色视觉。由实验知道，在可见光谱范围内随着波长从长到短的变化，在人眼中引起的颜色感觉依次是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫各色。

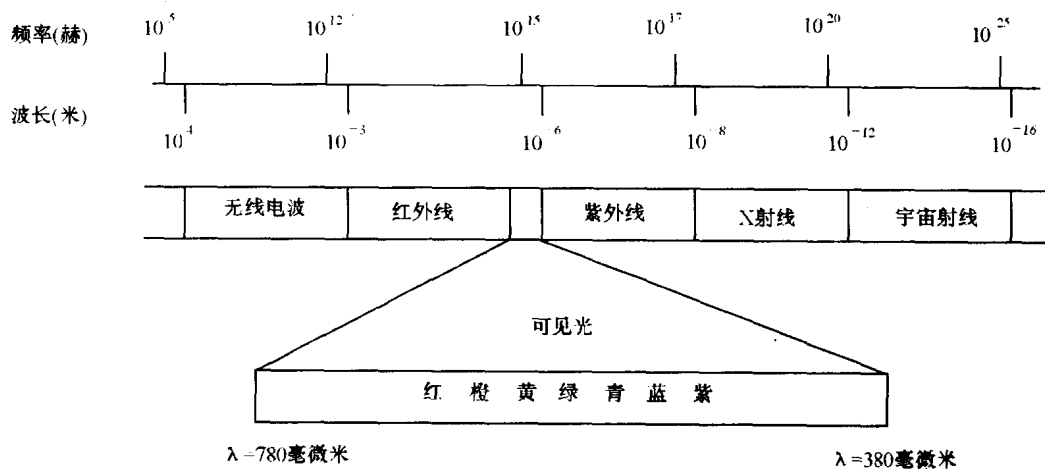


图 1-1-1 电磁波的频谱范围

我们平常所说的光，通常有两种含义：一种是指单色光，一种是指复合光。所谓单色光是单一波长的光，作用于人眼后，给人以单一颜色的感觉；而复合光则包含两种或两种以上波长的光，它给人的颜色感觉并不是其中某一单色光给人的色彩感觉，而是多个单色光共同作用的结果，给人眼以混合颜色的感觉。比如白光就不是一种单色光，它是由上述红橙黄绿青蓝紫七种单色光组成的复合光，给人眼以白色的综合感觉。

自然界中的物体之所以会呈现各自不同的颜色，归根结底也是光作用的结果。这是因为任何物体对光都有吸收与反射的作用，不同的物体对可见光谱中的某种波长的光进行反射或吸收会是不同的，因而形成了物体的颜色差异。当阳光照射到物体上，如红光被反射或透过，而其他的光谱成分被吸收，我们就会看到该物体呈现红色；如果所有的光都被吸收，则该物体就会呈黑色；如果所有的光都被反射，则会呈现白色。当然，物体呈现的颜色也同光

源的光谱成分，即光源的颜色有关。

由上面的分析可知道，光的波长决定光的颜色，不同波长的光呈现不同的颜色。光的颜色称为色调，是光的一个重要属性。除此以外光还有亮度及饱和度两个属性。亮度是指某种彩色在人眼视觉上所引起的明亮程度。亮度的感觉实际上是由光的强度决定的，光的强度越大，我们就感觉越明亮。色饱和度指颜色的深浅程度，也可以说是彩色的纯度。它同纯彩色光中掺入白光的多少有关，掺白越多，则饱和度越低。例如，当红色掺入白光后，纯红色被冲淡为浅红色（粉红色），其基本色调还是红色，但饱和度却降低了。概括地说，就是纯彩色的饱和度比淡颜色的饱和度要深。饱和度也同亮度有联系，这是因为纯彩色加入白光后，虽然饱和度降低了，但由于增加了光能，使亮度也增加了。色调、亮度、饱和度合称为光的三要素。通常把色调与饱和度合称为色度。

（2）三基色原理

要想重现图像，必须把光信号转变为电信号，然后用电信号控制显像管达到图像重现的目的。但自然界物体颜色种类很多，是千变万化的，不可能一一通过光——电转换的方法把所有的光谱成分都转换成对应的电信号，实际上也没这个必要。人们在观看重现的图像时，只要在主观感觉上能够获得与原景物相同的视觉效果就可以，而不一定需要对原景物的所有光谱成分进行重现。根据实践人们认识到可以用有限的几种单色进行混色来达到重现彩色的目的，取得与原景物相同的视觉效果。经研究发现，自然界中的各种颜色几乎都可以由选定的三种单色光以适当的比例混合得到，而且绝大多数的彩色光也可以分解成特定的三种单色光。这三种选定的颜色被称为三基色，也叫三原色，各三基色相互独立，其中任一种基色是不能由另外两种基色混合而得到，但它们相互以不同的比例混合，可以得到不同的颜色。这就是彩色显示的三基色原理。

三基色的选择在原则上是任意的，但是通过实验研究发现，人们的眼睛对红、绿、蓝三种颜色反应最灵敏，而且他们的配色范围比较广，用这三种颜色可以随意配出自然界中的大部分颜色，因此在 CRT 显示器中，选用红、绿、蓝三种颜色作为三基色，分别用 R、G、B 三个字母来表示。红绿蓝三种基色光各自有一定的波长范围，在此范围内，尽管它们的波长仍有差别，颜色也有些变化，但差别不大。为了简化和统一关于彩色问题的讨论，国际上规定红光的波长为 700nm，绿光的波长为 546.1nm，蓝光的波长为 435.8nm。

有了三基色原理，彩色信息的传送和重现就成为可能了。应用三基色原理，可先把彩色图像分解成红绿蓝三种基色图像，然后再分别转换成电信号，这样仅用三种电信号就可进行图像信息的传送。在接收端则把三种电信号还原成三基色图像，并混合在一起，这样就能重现原来的彩色图像。这一点在模拟彩色显示器中表现最明显，它的信号接口中就有红、绿、蓝三种视频信号。

（3）相加混色法

根据三基色原理，可以用相加混色法或相减混色法来配合三种基色以产生不同的颜色。其中相加混色法是在彩色电视和显示器中使用的混色方法，它是将三种基色光按不同的比例相加来得到不同彩色的方法。在图 1-1-2 中表示用等量的红绿蓝三种基色光进行相加混色的情况，图中所示的三基色光的混合规律，可表示为下列各式：

红色 + 绿色 = 黄色

绿色 + 蓝色 = 青色

蓝色 + 红色 = 紫色（品红）

红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色。

由两种等量的基色相混而产生的第三种颜色称为补色，在图 1-1-2 中黄、青、紫就是补色，即黄色是蓝色的补色，紫色是绿色的补色，青色是红色的补色。两个互补的色光，若以相等的比例相加混合，便能得到白色光。所以，也可以反过来说蓝色是黄色的补色，绿色是紫色的补色，红色是青色的补色，其互补的规律可表达为下式：

红色 + 青色 = 白色；绿色 + 品红色 = 白色；蓝色 + 黄色 = 白色

图 1-1-2 表示的是等量基色的混合规律，如进行混合的各种基色的强度发生变化，那么就会产生其他的新颜色。比如采用红色与绿色进行相加混色，当两者相等时，合成的是饱和黄色。但是绿色的强度较红色的弱时，合成的将是橙色；同样，当红色偏弱时，结果合成的将是偏绿色的黄色。

用相加混色产生其他颜色的方法有直接混色法和间接混色法两种。直接混色法是把三种基色光同时映射到一个全反射的表面上，直接混合产生各种不同的彩色光；间接混色法，是利用人眼视觉的特性，进行混色的方法。间接混色法又可分为时间混色法、空间混色法和生理混色法。

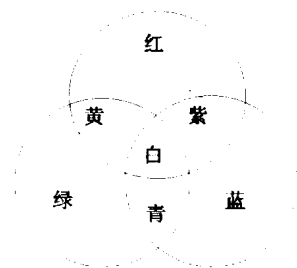


图 1-1-2 等量的三基色相加混色

时间混色法是将三种基色光按一定顺序和速度轮流照射到同一个全反射的表面上进行混色的方法。这种方法利用人们眼睛视觉的残留特性，得到与直接混色法相同的效果。所谓视觉残留特性是指在人眼观察的图像消失以后，人们仍能感觉到图像的存在，好像图像不是立即消失的，但这个持续时间很短，且随光的强度不同而不同，根据测定一般在 0.05 ~ 0.2s 之间。

空间混色法是将三个基色光同时照射同一表面相邻很近的三个点上进行混色的方法，这种方法利用人们眼睛在超过一定距离后分辨力不高的特性，产生与直接混色法相同的效果。

生理混色法是指在同一时刻，两眼分别观看两种不同彩色的同一影像时，同时获得的两种彩色图像在头脑中产生混色的效果，称为生理混色。

这几种混色方法在实际中都有应用，顺时制（SECAM 制）彩色电视广播采用时间混色法，这种制式中代表红绿蓝的三种视频信号以一定顺序轮换传送；同时制（如 PAL，NTSC 制）彩色电视广播采用空间混色法，显示器也用空间混色法，这种制式中三种视频信号同时传送；而生理混色法则在立体电视中应用。

三基色不仅适用于彩色电视机和彩色显示器，而且还适用于彩色绘画、彩色印刷和彩色摄影等各个方面，但是它们的混色方式不同，采用相减混色，它们选用的三基色也不同。

三基色原理不仅是彩色重现的基本原理，而且对于维修显示器也是有帮助的。可以根据显示器是否缺某一颜色或偏色来判断故障部位，比如屏幕底色呈紫色，而不是正常的白色，根据三基色原理就可判定是缺少绿基色，然后由这个线索就可检查是哪一部分电路出了故障。

2. 扫描原理

上面已经说过，图像是由大量的不同颜色、不同亮度的像素集合在一起构成的，也就是说每个像素都得发光才能形成图像，这就要求电子束能轰击所有的像素，而不是只轰击其中一个像素，因此还必须使电子束作某种运动，以便能够击中所有的像素。实际情况是显像管内的电子束在显像管偏转系统的作用下，以一定顺序，周期性地轰击每个像素，使每个像素

都发光，而且只要这个周期足够短，也就是说对某个像素而言电子束的轰击频率足够高，则由于人眼的视觉残留特性和荧光粉的余辉作用，我们就会看到一幅完整的图像。我们把这种电子束有规律的周期性运动叫扫描运动。荧光粉的余辉特性是指当电子束停止轰击后，荧光粉的发光并不是立即消失，而是逐渐的暗下来。因此只要扫描的周期足够短，人眼就能看到连续变化的图像。

实现扫描的方式很多，如直线式扫描，圆形扫描，螺旋扫描等。在广播电视和显示器中，都采用单向匀速直线式扫描，它的图像质量比较高，扫描设备简单可靠。直线式扫描又可分为逐行扫描和隔行扫描两种，在实际的显示系统中都有采用。

(1) 逐行扫描

电子束在屏幕上一行紧接一行从左到右的扫描方式，称为逐行扫描。我们以图 1-1-3 中六行扫描线的例子来说明逐行扫描的情况。电子束先从屏幕左上角的 1 处开始至 1' 结束扫描出第一行，然后从 1' 处返回到 2 处，再扫描出第二行，依此类推扫完全部六行，则完成了整个屏幕的扫描，屏幕上的每个像素都被电子束轰击了一次，这时电子束又应返回到 1 的位置，开始下一个周期的扫描。可以看出，逐行扫描就是电子束沿水平方向从左到右，从上到下以均匀速度依照顺序一行紧跟一行的扫描。

为了完成整个屏幕的扫描，扫描线并不是完全水平的，而是稍微倾斜的，为此电子束既要作水平方向的运动，又要作垂直方向的运动。前者形成一行的扫描，称为行扫描，后者形成一帧画面或一幅画面的扫描，称为场扫描。

电子束自左上方向右下方一行的扫描过程称为行正程扫描，对应图 1-1-3 中实线。行正程扫描所需的时间称为行扫描正程时间，用 T_{Hr} 表示，在此期间，电子束的运动轨迹称为行扫描线。电子束从右上方向左下方的扫描过程称为行逆程扫描，对应图 1-1-3 中的虚线。它所需的时间称为行逆程扫描时间，用 $T_{Hr'}$ 表示。在此期间内，电子束的运动轨迹称为行回扫线。一个行扫描周期等于行扫描正程时间和逆程时间之和，用 T_H 表示，而且行逆程时间远小于行正程时间。行扫描周期的倒数即为行频，它表示在 1 秒的时间内电子束所能完成的扫描行数或扫描线数。

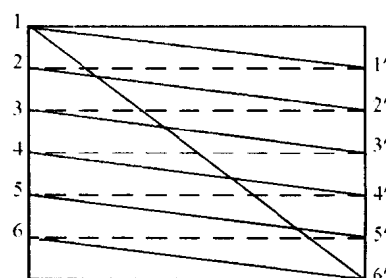


图 1-1-3 逐行扫描示意图

电子束从左上角 1 开始到右下角 6' 为止的整个扫描过程称为场扫描的正程，从 6' 返回到 1 的过程称为场逆程。它们所对应的时间分别称为场正程时间 T_{Vr} 和场逆程时间 $T_{Vr'}$ ，一个场扫描周期为两者之和，用 T_V 表示。场扫描周期的倒数即为场频，它表示 1 秒钟所能扫描的场数。在逐行扫描中要求场扫描周期 T_V 为行扫描周期 T_H 的整数倍，具体的说场正程包含的行周期数就为扫描行数，场逆程期间也包含数个或十几个行扫描周期。

经过一个场周期的扫描，屏幕上所有的像素都被电子束扫过一次，由此形成了扫描光栅，光栅实际是由一行行的扫描线集合而成，它是重现图像的基础。图 1-1-3 中所示的光栅呈矩形。

图像的视频信号是在行扫描正程和场扫描的正程期间传送和显示的，行扫描与场扫描的逆程时间是不用来显示图像信号的。这是由于电子束具有一定的截面积，其运动轨迹呈现的扫描线具有一定的宽度，正程扫描几乎覆盖了整个画面，故逆程期间无需用来拾取图像信号。另外逆程扫描线也就是回扫线的存在，会降低图像质量。为此，在行、场逆程期间，应

禁止扫描电子束轰击荧光屏，使回扫线消失，这一过程称为消隐。在显示器中设有行、场消隐电路。

(2) 隔行扫描

图 1-1-4 是一幅由 7 行扫描线组成的隔行扫描光栅。在隔行扫描中，一帧图像的扫描不是在一个场周期中完成的，而是由两个场周期完成的。在前一个场周期扫描所有奇数行，称为奇数场扫描；在后一个场周期扫描所有偶数行，称为偶数场扫描。从图 1-1-4 可以看出两场的扫描行数相等，都是整数行再加半行组成，两场光栅正好均匀镶嵌，形成一帧图像的扫描光栅。

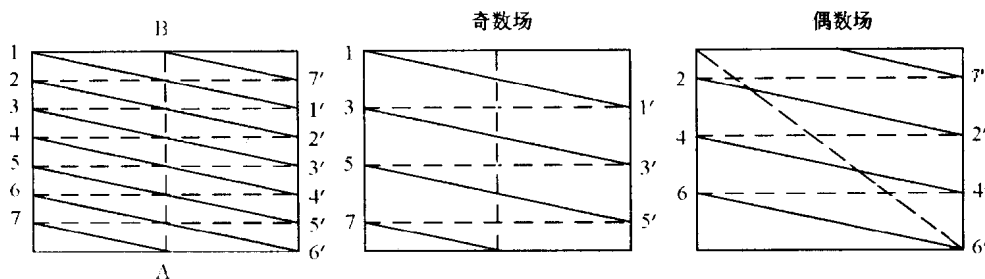


图 1-1-4 隔行扫描示意图

在隔行扫描除有场频的概念外，还有一个帧频的概念，它是指每秒钟内，所能显示完整画面的幅数。显然在隔行扫描中，场频是帧频的 2 倍，在逐行扫描中场频和帧频相等。

(3) 逐行扫描和隔行扫描的特点

通过研究发现对活动图像的重显而言，如能利用眼睛存在的视觉残留特性，在每秒钟内传送 24 幅画面，人们就能获得连续感，也就是说 24Hz 帧频。此时虽然感到图像是连续的，但由于相邻两幅图片的间隔还是比较长，所以还有闪烁存在，感觉不舒服。

在电影放映中，为了进一步消除观看图像的闪烁感，增加连续感，采用遮光的方法，在映出一幅图片中间遮光一次，使每幅图像连续投影两次，这样每秒钟就能观看到 48 幅画面，相当于 48Hz 场频，这样快的变化速度就没有闪烁的感觉了。

可见 24Hz 帧频是保证对图像活动内容的连续感觉，48Hz 场频是保证图像显示没有闪烁的感觉，这两个条件同时满足，才能显示效果良好的图像。这两个条件不仅适用于电影，同样也适用于广播电视和显示器。

先看看电视的情况。我们国家规定，电视广播采用帧频为 25Hz，场频为 50Hz 的隔行扫描，而不采用逐行扫描，这主要是用来减少视频通道的带宽。图像显示的最小单位是像素，显示每个像素所需的时间为点周期，点周期的倒数为点频，它表示 1 秒钟内所能显示的点数。视频信号的最高频率就可看成是点频，而视频信号的最低频率可看成是 0Hz，因为当显示大面积、亮度均匀的背景时，其视频信号是直流电平。这样可以把点频看作是视频带宽。点频可由下式计算：

$$\text{点频} = \text{水平点数} \times \text{行频} \times \text{场频}$$

在相同的场频和分辨率下，逐行扫描的行频为隔行扫描行频的 2 倍，因此前者的视频带宽是后者的两倍，这将导致有限的电视频段容纳的频道数目减少。因此在广播电视都采用隔行扫描，而不采用逐行扫描。但是在显示器中，不存频道数目限制的问题，而且逐行扫描的

显示效果比隔行扫描要好，图像的质量高，所以都采用逐行扫描，同时为了进一步提高显示效果，使之更适合近距离观看，显示器所用的场频通常高于 50Hz。由于采用逐行扫描，增加了视频带宽和行频，因此对显示器电路的性能要求也同时增加了，使电路的设计复杂化了，对元件的要求也比较高。在显示器中也有采用隔行扫描的，主要是为了在相同的行频和视频带宽条件下获得比逐行扫描高的分辨率，但会有轻微的闪烁感。

(4) 扫描的同步问题

视频信号是以时间为顺序传送的，任何点周期时间内的视频信号都和屏幕上的一个像素点相对应，而屏幕上的像素点是排列在空间二维平面内，因此可把扫描看成是个时——空转换的过程。在转换的过程中要求对应关系必须精确，当某个点周期的视频信号到来时，必须使电子束击中对应的像素点，否则就会造成图像显示的混乱，这就是所谓的同步问题。在图像显示的过程中，存在着行扫描同步和场扫描同步，它们都是通过传送同步脉冲实现的，视频信号和同步信号是一起传送的，显示器接收到行同步脉冲后，就开始新的一行扫描。在接收到场同步脉冲后，就开始进行新的一场扫描。

§ 1.2 单色显像管及偏转系统

显像管是显示器重现图像的终端部件，是显示图像的关键，这从前面也已有了大致了解。显像管实际上是一种特殊的真空管，它主要起电-光转换作用。显像管内部的电子枪能够产生受视频信号控制的电子束，这个电子束在高压电场的作用下以极高的速度轰击其前部的荧光屏，使像素能够发光，从而把代表图像的电信号变为光信号；与其配合的偏转系统则用来使电子束偏转，作周期性的扫描运动，形成一幅完整的图像。具体来讲可以把显像管及其偏转系统的功能归结如下：

- a) 能够发射电子，以形成电子束。
- b) 提供电场，加速电子束，使之具备较高的动能，这样轰击到荧光屏上，才能有足够的能量使荧光粉颗粒发光，发光强度的大小取决于电子在打击该点瞬间电子束中所包含的电子数量及着屏时的速度。
- c) 电子束应能被视频信号调制，被调制的电子束强弱（主要指所包含的电子数目）不同，激发荧光粉使像素发光的颜色、亮暗程度也不同，形成图像。
- d) 提供聚焦功能。用特定的电场构成电子透镜，使分散的电子束在达到荧光屏时聚成很细的一束，这样击中荧光屏后，形成一个很小的发光亮点。提高图像的清晰度。
- e) 使电子束偏转的功能，以便形成光栅。此项工作由行、场偏转线圈组成的偏转系统来完成。套在管外的偏转线圈在扫描电流的作用下产生交变磁场，电子束经过磁场时，受磁场力的作用产生水平和垂直两个方向的偏转，使电子束的扫描得以实现，从而形成一幅光栅。

此外对于彩色显像管还有一些特殊的要求，首先必须能发射三支独立电子束，这三支电子束应分别被红、绿、蓝视频信号调制，而且还要采取措施保证彩色的纯正。

显示器中的电路都是以显像管和偏转系统为核心设计的，这些电路对它们实施控制，达到图像重现的目的，因此充分了解显像管及偏转系统的构造、功能、特性，对于理解显示器的原理和实际的维修工作都是很有帮助的。

根据荧光粉发光颜色的不同，单色显像管有黑白（纸白），绿色、桔黄色等。

1. 单色显像管的构造

按功能来分,显像管由玻璃外壳、电子枪和荧光屏三部分组成,外形和内部构造如图1-2-1所示。从外部看来,它的玻璃外壳呈漏斗状,玻璃壳内抽成真空,电子枪及其他零件均密封在里面。

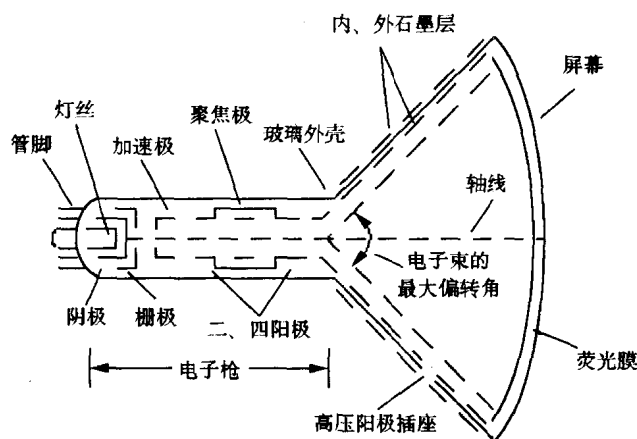


图 1-2-1 单色显像管的构造

(1) 电子枪构造和电子束运动

电子枪用于产生受控电子束,并完成电子束的加速、聚焦等功能。它由灯丝、阴极、控制栅极、加速阳极、聚焦阳极和高压阳极构成。这些电极加上适当电压,电子枪就能发射一束聚焦良好的电子束,在阳极高压的作用下以极高的速度轰击屏幕上的荧光粉,使之发光。电子枪各个电极的作用如下:

a) 灯丝 (F) 单色显像管有一组灯丝,用于加热阴极。灯丝接上额定的交流或直流电压,将会产生大电流而发热,从而加热阴极,使之发射电子。灯丝电压要求稳定,过高或过低都会影响显像管的寿命。

b) 阴极 (K) 显像管的阴极是一镍制的小圆筒,其中一端开口,灯丝从开口端伸入筒内;另一端则封闭,在这一封闭端面的中心部位,涂有一小块金属氧化物,阴极被灯丝加热后,它上面的金属氧化物就会释放出大量电子,即发射电子。阴极上通常加正电压,对电子有吸引作用。

c) 控制栅极 (G) 又称调制极 (M),是套在阴极外面的一个金属圆筒,在封闭端的中心部位开有一个小圆孔(栅孔),让阴极发射的电子束通过,这个封闭端同阴极之间相距很近。栅极通常加有负电压,对从阴极发射出来的电子有拒斥作用。

从阴极发射出来的电子,聚集在栅、阴极附近,形成空间电荷区。由于栅极与阴极很近,故它们之间的电位变化对穿过栅孔的电子数量有很大影响,因此可以通过改变栅极与阴极之间的电压差来控制电子束电流的大小。阴极正电压越高,发射的电子束越弱,包含的电子数越少;反之,阴极正电压越低,电子束越强。同理,栅极负电压越低,发射的电子束越弱,反之,栅极电压增高,电子束越强。当栅极电压与阴极电压差达到一定时,电子束就不能通过栅孔,即电子束被截止。图像的视频信号就是加在阴极或栅极上的,以此来控制电子束流大小,这一控制过程称为调制。被调制的电子束打击荧光屏,产生与信号幅度变化相对

应的亮度变化，借助扫描，就能在荧光屏上形成图像。

在显示器中图像亮度的调节也是利用这一原理，阴极的正电压越高，图像越亮，反之，图像越暗；栅极的负电压越低，图像越暗，反之，图像越亮。

d) 加速极 又称第一阳极，它是顶部开有小孔的金属圆筒，紧靠栅极。从阴极发射的电子，依靠阴极温度所获得的一点能量，还不足以远离阴极和栅极，而必须加一个正电场，以吸引这些电子，加速极就起到这种作用。加速极所产生的正电场通过栅孔，延伸到空间电荷区，电子就沿着电场作用力的方向，经过栅孔飞出，向荧光屏方向飞去，这些电子形成了电子束。

e) 聚焦极 又称第三阳极。虽然从栅极和加速极过来的电子一直在小孔中飞行，被限制在很小的范围内，但在以后的飞行中，又会因同性相斥而散开，若不加以控制，打在荧光屏上就不是很细的点，使图像模糊不清。为此在显像管中设置了聚焦极，它和其他极之间形成的特殊电场结构，迫使散开的电子向中间靠拢，使之到达屏幕时正好会聚成一点，提高图像的清晰度。

f) 高压阳极 又称第二阳极和第四阳极，这两个阳极彼此相连，其上加有很高的直流电压，单色显像管可高到 $9 \sim 15\text{kV}$ 。高电压形成的电场加速飞行中的电子，赋予电子更大的能量，让电子着屏时，以巨大的动能激励荧光粉发光。从这个意义上说，第二、四阳极是荧光粉得以发光的能量输送者。电子从进入第二阳极一直到打击荧光屏期间，都在高压电场的作用之下加速飞行。阳极高压的高低可影响到屏幕光栅的亮度及大小，阳极高压越高，电子的速度越快，屏幕也越亮，而且由于电子束的冲射速度大，因此在同样的偏转力作用下，偏转的角度小，显示的光栅也小；反之，阳极高压降低，屏幕亮度也下降，光栅尺寸也增大。

阳极高压是通过显像管管壁上的高压插座加在内壁的导电石墨层上，然后再通过同石墨层相接触的簧片加到电子枪的第二、第四阳极。高压插座通常称为高压嘴。

从电子枪发射出的电子束在内部电场的作用下沿着管轴方向径直击中屏幕的中心部位，因此要想形成图像，还必须使电子束偏转，形成扫描。在显示器中是用通电线圈产生的磁场来使电子束偏转的，这个偏转线圈套在玻璃外壳的管颈上。

g) 显像管的聚焦原理 在光学上利用光学透镜可将光线会聚成一点，在显像管内则利用电子透镜使电子束聚焦。电子透镜的静电聚焦原理如图 1-2-2 所示。A、B 两电极分别加有低电压和高电压，由于两者之间的电位差而形成电场，电力线方向由高电位到低电位。图 1-2-2 中与电力线相垂直的虚线为等电位面。电子束通过这个电场时便受电场力的作用，力的作用方向垂直于等位面。显然，电场区的左边将使电子束会聚，右边将使电子束散发。假设显像管中的电子束运动方向从左至右，当在左边时，由于电子束刚离开阴极，速度不大，所以经历时间长，会聚作用明显。电子束到达右边时由于受到不断加速，速度很快，很快就通过了，所以发散作用不明显，两者综合作用的结果，使电子束在击中屏幕时，正好聚成一点。

实际上，在显像管中起电子透镜作用的有几组极板，构成多组电子透镜，共同完成电子束聚焦的任务。第一组电子透镜由阴极、控制栅极和加速极形成，使电子束在栅极与加速极之间交叉会聚，此后电子发散。第二组电子透镜由加速极与第二阳极形成，它起辅助聚焦作用。第三组电子透镜由第二阳极和聚焦极形成，它对聚焦起主要作用，称主透镜。经过几组透镜的共同作用之后，电子束便会聚成细束。通过调节聚焦极的电压，可改变电场分布和等