

# 显示器原理与维修

李上林 王 娜 等 编著  
王晋东 张明清



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

# 显示器原理与维修

李上林 王 娜 等编著  
王晋东 张明清

国防工业出版社

·北京·

**图书在版编目(CIP)数据**

显示器原理与维修/李上林等编著. —北京:国防工业出版社, 2004. 10

ISBN 7-118-03599-8

I. 显... II. 李... III. ①微型计算机—显示器—理论②微型计算机—显示器—维修 IV. TP364.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097469 号

**国防工业出版社** 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 356 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 25.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: 68428422 发行邮购: 68414474

发行传真: 68411535 发行业务: 68472764

# 前 言

从世界上第一台电子计算机诞生到现在,历时近 60 年。这个世纪最伟大的科技成果迅速发展成现代信息技术的核心,极大地推动了世界经济的飞速发展,掀起了世界范围内新技术革命的浪潮。随着微电子技术的发展,各种轻型、高速、存储量大、配置完善、价格低廉的微型计算机迅速走进千家万户,成为人们获取信息、处理信息的最主要设备,也是人们工作、学习和娱乐的主要工具。

作为计算机系统中最大的外部设备、人一机的对话窗口——显示器,其发展也是日新月异。各种技术先进、性能优良的显示设备如雨后春笋,令人目不暇接。然而令人遗憾的是,与千家万户息息相关的显示设备维护、维修技术却显得相对滞后。这一方面是设备发展太快,各种技术的应用使维修工作来不及消化;另一方面,由于技术保密或认识上的误区等原因,有关显示器新技术、新工艺的原理、结构等技术资料极少出现在出版物中。

目前市场上有关显示器原理与维修的著作很多,各有特色。本书力求在以下两个方面做些尝试。首先是追求显示器原理的系统性、通俗性,便于初学者自学。书中将组成显示器的各功能部分各自成章,在先行介绍基本原理的基础上尽量多地结合目前流行机型的实际电路进行分析,而不局限于某一种机型,以求扩展读者的视野,特别是尽量多地接触新技术。其次是力求维修技术的实用性。本书对故障分析能力予以特别重视。为此尽量避免通过某一具体机型电路进行故障分析,而是通过一般显示器的结构、原理从总体上予以把握,以培养读者敏锐的判断能力。众所周知,敏锐的判断力正是维修技术的基本功。

由于编写时间仓促,更兼编者学识有限,书中疏漏在所难免,敬请读者谅解指正,愿本书能对读者有所裨益。

本书主要由李上林、王娜、王晋东、张明清、程国民、刘伟兵、寇红召、陈宇编写。参与绘制插图和整理资料的还有王娜、陈宇、李红、李伟、何远、何仝、何华京、刘后、刘兵、陈戈林、周丽萍、黄宁、陈亮、潘静、张建中同志。

特别感谢杨星豪和张景生先生在本书编写过程中所给予的指导和帮助。

编 者  
2004 年 8 月于北京

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 显示设备的分类及其发展概况.....	1
第二节 CRT 显示器件与电子扫描 .....	3
一、CRT 显示器件的结构及其控制特性 .....	4
二、电子扫描与光栅的形成 .....	6
第三节 CRT 显示系统 .....	8
一、字符显示适配器的基本结构与工作原理 .....	9
二、CRT 显示器的组成 .....	13
<b>第二章 显示器直流电源</b> .....	15
第一节 开关型稳压电源的基本结构与分类 .....	15
一、基本结构.....	15
二、分类.....	16
第二节 开关电源单元电路分析 .....	19
一、交流输入滤波电路.....	19
二、自动消磁电路的结构功能.....	20
三、工频整流滤波电路.....	24
四、开关调整电路.....	25
五、续流输出电路.....	32
六、采样控制电路.....	32
第三节 开关电源的附属电路 .....	34
一、保护电路.....	34
二、节能控制电路.....	39
第四节 多频显示器开关电源的特殊问题 .....	46
一、多频显示器概念及其对电源的要求.....	46
二、多频显示器副电源的结构形式及其特点.....	47
第五节 开关电源实际电路分析 .....	50
一、戴尔显示器的开关电源电路分析.....	50
二、日立 PC-DC3556 彩显电源电路分析 .....	54
三、长城 C-1524 彩显电源电路分析 .....	59
四、厦华 MC-1498 彩显电源电路分析 .....	62
五、三星 ETJ 系列彩显电源电路分析 .....	66
六、联想 LXH-GJ556 彩显电源电路分析 .....	69

七、长城 GW-500 型彩显开关电源电路分析	72
八、K-180 VGA 型显示器开关电源电路分析	75
第六节 显示器开关电源故障分析	75
一、显示器开关电源故障特点	77
二、开关电源正常工作的条件及主要检测点	77
三、开关电源典型故障分析举例	78
第三章 显示器的行扫描电路	81
第一节 概述	81
一、行扫描电路的作用与要求	81
二、行扫描电路的基本结构	82
三、行扫描电路的特点	82
第二节 行扫描电路的基本单元电路及其工作原理	83
一、同步振荡级	83
二、行推动级	84
三、行输出级	85
第三节 水平光栅失真与行输出级的波形校正电路	90
一、锯齿电流的非线性失真及校正	90
二、光栅的边缘延伸性失真及其 S 校正	91
三、光栅的枕形失真与校正	92
四、行中心位置校正	95
第四节 多频显示器行扫描的频率跟踪系统	97
一、多频显示器的特点	97
二、行频自动跟踪系统	98
第五节 多频显示器的行幅自动调整及 S 校正电容自动调整电路	111
一、多频显示器的行幅自动调整	111
二、多频显示器的 S 校正电容自动调整电路	114
第六节 行扫描实际电路分析	117
一、戴尔显示器行扫描电路分析	117
二、厦华 MC-1498 显示器的行扫描电路	120
三、联想 LX-GJ1456A 显示器行扫描电路分析	123
第七节 行扫描电路的典型故障分析	126
一、无光栅且无高压反应,但主电源正常	127
二、屏幕无显示,开机瞬间有高压,随即消失	128
三、开机有显示,但随即出现吱吱声,显示消失,行输出管发热	129
四、水平光栅异常	129
五、行不同步	130
第四章 显示器的场扫描电路	132
第一节 场扫描电路概述	132
一、场扫描电路的功能与特点	132

二、场扫描电路结构 .....	132
三、对场扫描电路的要求 .....	133
第二节 场扫描基本电路及工作原理 .....	133
一、锯齿波形成原理 .....	133
二、激励级与输出级 .....	134
三、场幅自动调整及非线性失真校正 .....	136
第三节 典型场扫描电路分析 .....	136
一、戴尔显示器场扫描电路分析 .....	136
二、厦华 MC-1498 显示器的场扫描电路分析 .....	138
三、联想 LX-GJ1456A 显示器的场扫描电路分析 .....	140
第四节 场扫描电路故障分析 .....	142
一、水平一条亮线 .....	142
二、光栅垂直幅度小,但无失真 .....	142
三、光栅垂直幅度小且失真,有时卷边或扫描成稀疏不均 .....	143
四、图像在垂直方向出现漂移或分裂 .....	143
<b>第五章 视频通道及显像管附属电路</b> .....	144
第一节 显示器视频通道概述 .....	144
一、视频通道的基本结构 .....	144
二、对视频通道的主要要求 .....	144
第二节 视频信道中的信号处理基本电路及工作原理 .....	145
一、输入电路 .....	145
二、黑白平衡及其调整原理 .....	146
三、对比度控制电路及其原理 .....	149
四、末级视放及输出电路 .....	149
第三节 实际视频通道电路分析 .....	150
一、戴尔显示器视频通道电路分析 .....	150
二、厦华 MC-1498 显示器的视频通道电路分析 .....	153
三、联想 LX-GJ1456A 显示器的视频通道电路分析 .....	154
第四节 显像管的附属电路 .....	156
一、亮度控制电路 .....	156
二、行、场扫描逆程消隐电路 .....	157
三、关机消亮点电路 .....	159
四、X 射线保护电路 .....	161
第五节 视频通道及显像管附属电路故障分析 .....	162
一、有高压,但无光栅、无显示 .....	162
二、光栅正常,无图像显示 .....	163
三、有图像显示,但出现偏色失真 .....	163
四、荧屏亮度失控,但图像正常 .....	163
五、荧屏上出现回扫线 .....	164

六、图像正常,但局部地方(特别是边、角部分)有不规则彩斑 .....	164
七、关机后出现中心亮点,迟迟不灭 .....	164
<b>第六章 显示器的控制系统及整机电路分析</b> .....	165
<b>第一节 戴尔显示器的控制系统</b> .....	165
一、控制芯片 SL606 的结构与控制功能简介 .....	165
二、戴尔显示器控制系统 .....	165
<b>第二节 厦华 MC-1498 显示器的控制电路</b> .....	167
一、WT8045 特点和引脚功能 .....	167
二、厦华 MC-1498 显示器的控制系统 .....	168
<b>第三节 联想 LX-GJ1456 显示器的控制系统</b> .....	170
一、NT68P61A 引脚功能 .....	170
二、联想 LX-GJ1456 显示器的控制系统 .....	170
<b>第四节 戴尔显示器整机电路分析</b> .....	172
一、电源部分 .....	172
二、行、场扫描电路部分 .....	173
三、视频通道部分 .....	174
四、显像管及附属电路部分 .....	174
<b>第七章 液晶显示器</b> .....	175
<b>第一节 概述</b> .....	175
一、液晶显示技术的发展 .....	175
二、液晶显示器的特点 .....	176
三、液晶显示器的分类 .....	177
<b>第二节 液晶的应用物理性质</b> .....	178
一、热致液晶的晶格结构 .....	179
二、液晶的异向性 .....	180
三、液晶的电光效应 .....	182
<b>第三节 液晶显示器件及显示原理</b> .....	186
一、液晶显示器件的基本构造 .....	186
二、液晶显示原理 .....	189
<b>第四节 液晶显示器的驱动与控制</b> .....	193
一、静态驱动方式及原理 .....	193
二、动态驱动方式及原理 .....	195
三、液晶显示器的控制与驱动系统 .....	199
<b>第五节 液晶显示器件的采光</b> .....	201
一、自然采光 .....	201
二、背光源采光技术 .....	202
<b>第八章 显示器的维修</b> .....	207
<b>第一节 维修前的准备与维修注意事项</b> .....	207
一、维修前的准备 .....	207



二、维修注意事项 .....	208
第二节 显示器常用检测方法 .....	209
一、观察法 .....	209
二、断电条件下的电阻测量法 .....	209
三、电压跟踪测量法 .....	210
四、电流测量法 .....	211
五、示波器波形观察法 .....	211
六、替代法 .....	212
七、干扰法 .....	212
八、其他方法 .....	213
第三节 显示器故障维修实例 .....	214
一、加电后,显示器无任何反应 .....	214
二、开机后保护电路动作,无光栅,无图像 .....	216
三、开机后电源批示灯正常发亮,无光栅,无显示 .....	218
四、光栅异常 .....	220
五、其他故障 .....	221
附录 显示器常用集成电路选录 .....	223
一、开关电源 PWM 集成电路 .....	223
二、行、场扫描集成电路 .....	230
参考文献 .....	237

# 第一章 概 述

## 第一节 显示设备的分类及其发展概况

人们生存于自然界,生活于社会,每时每刻都要与外界交流信息。“信息”一词已经成为当今时代最为显著的特点。人们随时随地通过自身感官从外界获取信息,其中视觉所获取的信息占总量的70%以上,而听觉、嗅觉、味觉、触觉等所获信息的总和还不足30%。可见,最大量、最丰富的信息是由眼睛获得的。视觉信息不仅数量大,而且最为准确、及时、可靠。正如人们所说“耳听为虚,眼见为实”、“百闻不如一见”,恰如其分地说明了视觉信息的重要性。因此,长久以来人类一直致力于将各种信息转换为视觉信息,这种将各种信息转化为视觉信息示之于人的过程,就称之为“显示”。而这种转化的技术和设备就称之为显示技术和显示设备。

现代显示技术追求的目标是清晰、准确、实时、直观、方便、节能、携带信息量大,甚至要求彩色和立体化。它的最大特点是光与电的结合,是光与近代科学成就的结合。它将各种非电量的信息如声、光、热、力、数等信息源通过一定的传感器、处理器进行感知和变换,最后由显示器件转换为人类视觉可识别的信息形式。在信息显示技术中,人们发现了信息数字化的重要意义和作用,数字化后的信息更准确,更易于传输和处理。很多信息可以直接由数字表示,因而数字显示成为信息显示的一个重要内容。但仅仅依靠数字显示远不能将纷杂的信息表达清楚,所以进一步又发展了一类字符显示,它把人类特有的语言文字用于显示,这种显示用途极广。但是这并不能概括所有人们希望的目标,人们还希望能用图形、图像进行显示,希望显示的内容五彩缤纷,图像可以实时活动等。人们的这种希望和需要,目前已经都变成了现实。在社会生活的所有领域,都可以见到各种各样的显示技术成果。无论是在身边、在家里,还是在办公室、商店、码头、车站;小到电子表、计算器、手机、计算机,大到巨型广告显示牌、电视墙,各种各样的显示设备大小不一,林林总总,似夏夜星空,争相辉映。人们无时无刻不在享受着现代显示技术提供的服务。

对计算机系统而言,显示设备是不可缺少的外部设备。计算机通过显示器,将载荷信息的电信号转为肉眼能直接看到的光信号,如字符、图形和图像。其快速、直观、无机械噪声等突出特点,使之成为人机对话的重要窗口。设想如果没有显示设备,操作者输入到计算机的指令数据、计算机给操作者提供的提示信息以及运算结果,都将无法及时得到。此外,在计算机图形技术(包括窗口技术)、CAD/CAM技术及办公自动化技术(OA)等方面,更是须臾离不开显示设备。

显示设备的种类繁多,各类设备的性能、结构各不相同,工作原理差异也很大。

按照显示的内容、功能分类,可以分为字符显示设备、图形显示设备和图像显示设备3种。字符显示设备用来显示字母、数字、汉字和特定的符号。配合主机可以对字符进行

灵活的实时处理和加工;图形显示器用来显示各种线条和图形,在主机软件的支持下,可以对图形灵活的加工处理,广泛地应用在 CAD 和过程控制系统中;图像显示设备则用于需要显示有丰富的中间灰度的图像,主要应用于电视、多媒体、气象、遥感、医学等领域。

按照显示器件是否自身发光,显示设备可以分为主动显示型和被动显示型两大类。主动显示型是指显示器材料自身能够发光,显示信号控制其发光程度来实现显示,属于此类的显示设备有阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)显示器、等离子显示器(PDP)、半导体发光二极管(LED)显示器、荧光显示器(VFD)、辉光显示器、有机电致发光(OEL)显示器等。被动显示型的显示器件材料本身并不发光,它是通过对外界光进行调制来实现显示的,属于此类显示设备的主要有液晶显示器(LCD)、电致变色显示器(ECD)、压电陶瓷显示器(PLIT)等。

按照显示屏的结构形式显示器可分为 CRT 显示器和平板显示器两大类。上述举例中除 CRT 显示设备外,其他所有显示器件的显示屏在结构上都可以做成真正的平面结构,故往往称它们为平板显示设备。

阴极射线管是发展最早的大信息量显示器。它具有清晰明亮、色彩鲜艳、对比度强等优良性能,而且其制造技术十分成熟,加上经久耐用、价格低廉等一系列特点,使之长久以来一直是显示设备中的主流产品,广泛地用于各类计算机和工作站。由于 CRT 显示器的体积和重量较大,又工作在高压(几万伏)大功率状态,不能和大规模集成电路直接匹配,因而限制了它在便携式计算机中的应用。

CRT 显示器是发展最早、应用最广、技术最成熟的显示设备。随着计算机技术的发展和应用领域的拓展,CRT 显示器的发展也十分迅速,其种类和档次也越来越多。

CRT 显示器可以依显像管所显示的颜色分为单色和彩色。其中,单色又可以分为纸白色、黄色、琥珀色和绿色等。单色显示器色调柔和,价格低廉,适于字符显示。彩色显示器色彩鲜艳,显示效果好且也能显示单色,所以尽管价格较高,仍然受到人们的喜爱,因此目前几乎都选用彩色显示器。

CRT 显示器还可按显示内容、功能分为字符显示器、图形显示器或图像显示器。但在实际应用中,人们更习惯于以显示器所连主机的显示适配器(显卡)来进行分类。因为这种分类方法不仅反映了显示器的显示功能,也反应了显示器的显示方式和档次。换句话说,也就是按显示标准进行分类。具体可分为:

MDA(Monochrome Display Adapter) 显示器:单色字符显示器,支持 A/N(Alphabet/Number)显示方式,黑白颜色,为 IBM 公司 1981 年制定的 PC 显示系统的第一个标准;

CGA(Color Graphics Adapter)显示器:彩色图形显示器。与 MDA 显示器相比,增加了彩色和图形显示功能。支持 A/N 和全点可寻址显示(All Point Addressable, APA)方式,显示图形的彩色可达 4 种;

EGA(Enhanced Graphics Adapter)显示器:增强型图形显示器。它除兼容 MDA 显示器和 CGA 显示器外,增加了多种显示模式,并提高了分辨率,能显示的图形彩色达到 16 种;

VGA(Video Graphics Array)显示器:视频图形阵列显示器。这种显示在兼容 EGA 显示器所有标准的基础上增加了多种高性能工作模式,由于采用了数/模转换器,增强了彩色显示能力,显示的图形彩色可达 256 种;

SVGA(Super Video Graphics Array)显示器:超视频图形阵列显示器。它除兼容 VGA 的显示模式外,新增加的显示模式可获得更高分辨率和更多彩色显示的选择。

显示设备是伴随着计算机技术的发展而发展的,CRT 显示器也不例外。

CRT 显示器近年来面临着平板显示器特别是液晶显示器的强有力挑战,之所以仍能保持其霸主地位,一方面在于 CRT 显示器具有显示质量优良,性能稳定可靠且价廉等优势,在这些优势丧失之前,其地位不会改变;另一方面,随着技术的进步,CRT 显示器也在不断地被改进,性能和质量在不断地提高。其发展趋势主要体现在以下几个方面。首先是进一步提高分辨率,也就是提高像素密度。目前主要采取的技术措施是通过细束电子枪和小孔径荫罩板来减小像素尺寸,降低像素间距和点距。目前像素间距已从以前的 0.6mm 以上发展到 0.21mm 以下,扫描频率从 15.8kHz 发展到 120kHz 以上,分辨率也从 320×200 发展到 1024×768,有的甚至达到 1600×1200 以上,使显示效果更加清晰逼真。其次,进一步扩展荧屏尺寸的范围,也就是面向小型、超小型和大型、超大型方向扩展。众所周知,作为电真空器件,过大和过小在技术上都有困难。随着技术的改进,目前制造 3 英寸、3.5 英寸高清晰彩色 CRT 显示器已不成问题,而 29 英寸以上的大屏幕 CRT 显示器也已商品化。再者,为了克服 CRT 显示器体积上的缺陷,发展平面化的 CRT 显示器也是一个发展方向。这是与平板显示器竞争的一个重要课题。目前,一种采用“电子束弯曲”技术可将 CRT 器件做成扁平盒状,用这种平板化 CRT 制作的显示器已经上市。此外,CRT 显示器还从其他方面改进内在质量,如减小反光、眩光的黑色屏幕技术、高保真技术、低辐射和向方便用户方向发展。在电路方面,目前国外的一些厂商已推出具有记忆和自动跟踪功能的智能化显示器。

正是由于 CRT 显示器的缺点,人们一直追求一种平板型、低压、低功耗、易于和大规模集成电路直接匹配,又具有 CRT 所有优点的新型显示器件。自 20 世纪 70 年代起,随着大规模集成电路的发展,这种需求日益迫切,各类平板显示器如雨后春笋,日新月异迅猛发展,特别是第一台便携式计算机(笔记本电脑)诞生以来,随着其需求量的巨增,更推动了平板显示器,特别是液晶显示器(LCD)产品的开发和技术的飞跃发展。液晶显示器是一种最有发展前景且已技术成熟的显示设备,在各类平板显示器中可谓异军突起,一枝独秀。向 CRT 显示器的主导地位发起了严峻的挑战。近年来一种观点认为,CRT 显示器在不久的将来会被平板显示器,特别是液晶显示器所取代,这是不无道理的。然而就目前的情况看,无论从市场占有率还是从性能价格比来说,液晶显示器还不足以动摇 CRT 显示器的霸主地位,更何况 CRT 显示器自身也随着技术的进步而时刻在发展着,完善着。基于此,本书将重点分析 CRT 显示器,对于后起之秀的液晶显示器,也给以适当的篇幅予以介绍。

## 第二节 CRT 显示器件与电子扫描

CRT 显示器是以阴极射线管(又称显像管)作为显示部件的显示设备。阴极射线管是一种电真空器件,它是以阴极发射的电子束扫描轰击自身的荧屏发光而实现显示的。因此,它是一种主动型显示器件。人们通过视频电信号控制其电子发射的强弱和有无,达到控制荧屏亮与不亮来获得所需的显示效果。可见,它的功能是将视频电信号转换为光

信号,最终实现字符、图形或图像的显示。亦即实现电—光转换。CRT 显示器是一个围绕显像管这个核心组成的纯电子控制系统。所谓纯电子系统,是指 CRT 显示器仅含电子电路而无任何机械传动装置。因此,CRT 显示器件的质量直接决定着显示器显示结果的清晰度、对比度和色彩的逼真度,故显像管是显示器最重要的部件。

由于 CRT 显示器有单色和彩色之分,他们的结构和要求各不相同,故分别予以介绍。

## 一、CRT 显示器件的结构及其控制特性

### 1. 单色显像管

单色显像管只能发出一种颜色的光,因为它的荧光屏是由单一荧光粉组成的,其结构简单且目前已很少使用。由于它是彩色显像管的基础,用它为例来分析显像管的工作原理更为方便。它的基本结构由管体(玻壳)、电子枪和荧光屏 3 大部分组成,如图 1-1(a)所示。

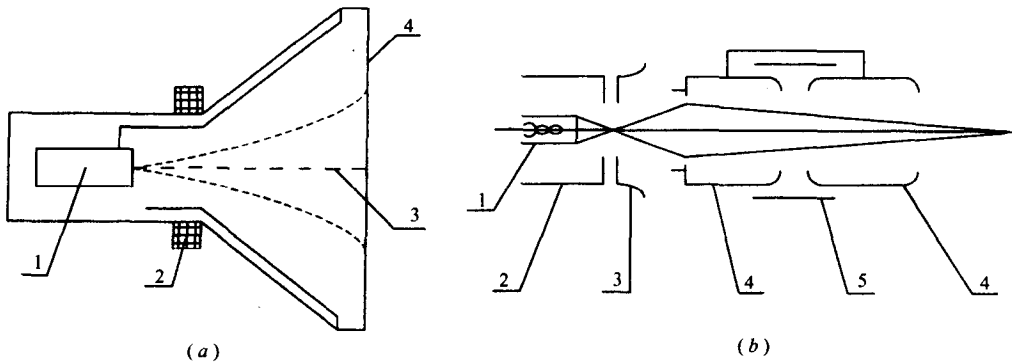


图 1-1 单色显像管的基本结构

(a)1—电子枪; 2—偏转线圈; 3—电子束; 4—荧光屏; 5—玻壳。

(b)1—阴极 K; 2—栅极 G; 3—加速极  $A_1$ ; 4—阳极  $A_2$ ; 5—聚焦极  $A_3$ 。

下面具体讲述电子枪及其加电条件。

电子枪的作用是发射一束极细的高能电子束,荧光屏在它的轰击下才能发光。它一般是由阴极(含加热用灯丝)、栅极、加速极、聚焦极和高压阳极组成,称为五极电子枪,如图 1-1(b)所示。

阴极是一个表面涂敷着一层氧化物的金属圆筒形结构,圆筒内安装着加热用的灯丝。当灯丝加电点亮(一般只需 6V 左右电压)后,阴极被加热,氧化物具有很强的电子发射能力,称为“热电子发射”。

高压阳极面积较大,其金属圆筒部分和聚焦极组成所谓的电子透镜,通过弹性片与显像管内壁石墨导电层相连。其上加有 10kV 以上的高压以形成显像管体内强大的吸引电子的电场,促使电子束轰击荧光屏而发光。

聚焦级是一个直径较大的金属圆筒,其上加有数千伏次高压,其作用是配合前、后的高压阳极形成所谓的电子透镜,使电子束通过后聚焦成细束,提高显示的清晰程度,聚焦越好,电子束越细,光点也就越小,分辨率越高。一般,显示器的聚焦是在出厂时完成的,使用时一般无需调整。

加速极位于阳极前面,结构为一个金属圆盘,中间开有小口,它的作用是在电子束的

运行途中施加助推电场,用以增加穿过的电子束的前进速度,因此其上一般加有数百伏的正电压。

栅极也是一个圆筒形结构,它的顶端开有小栅格形的口子便于电子束穿过,它的作用是在栅极和阴极间形成一个控制电场,通过改变这个电场的强度来控制阴极的电子发射量,故又称之为控制级。由于电子带负电,故栅—阴电压越负,对电子束的阻挡作用越强。电子束流越小,对应荧屏的轰击点越暗,图 1-2 所示的曲线表示了这种控制特性。

由图 1-2 可见,只要能控制栅—阴两极间的电压  $V_{GK}$ ,就可控制电子束流的大小;而荧光粉的发光亮度则完全依赖于电子的强弱,故控制栅—阴电压最终将能控制荧屏上亮点的明暗程度。通常是将栅极电位固定,将控制信号即视频光点信息加在阴极上,从而改变亮点的亮度达到显示的目的。

需要说明的是,一般显像管栅—阴电压应为负值,不可为零甚至为正,否则电子束过流将导致显像管的损坏。

还必须指出,除了上述改变显像管栅—阴两极间的电压可改变荧屏亮度外,原则上改变任何一个电极上的电压,均可改变荧屏显示的亮度。只是控制的灵敏度和方便程度不如改变栅极电压而已。实际上,有时为了控制图像背景亮度,除了在栅极或阴极上设置亮度调整电路外,还在加速极设置调整电位器,用于亮度的粗调。显然,加速极电压越高,背景亮度就越大。

## 2. 彩色显像管

彩色显像管显示彩色图像是基于所谓“三基色原理”。三基色原理是指通过适当选择 3 种互相独立的单色光,将它们按不同比例进行空间相加混色,而获得各种不同彩色的方法。一般选用红色光(R)、绿色光(G)、蓝色光(B)3 种单色光作为 3 种基色光。当一组三基色光亮点(称之为一个彩色像素)互相非常靠近时,人眼感觉到的是它们混色的共同效果,而非单一的彩色效果。实践证明,三基色加法空间混色的规律是(在三基色亮度相等的情况下):

$$R + G + B = \text{白色}$$

$$R + G = \text{黄色}$$

$$R + B = \text{紫色}$$

$$G + B = \text{青色}$$

其中,R、G、B 称为三基色,黄、紫、青称为三补色。若改变它们的相互比例,可以获得无穷多种彩色。彩色混色三角形可以方便地表示这种混色关系,如图 1-3 所示。

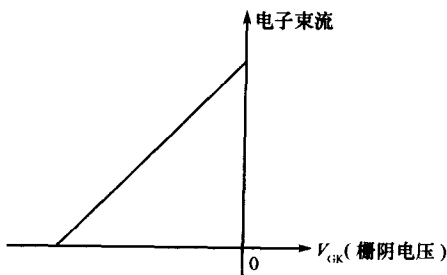


图 1-2 显像管的栅极控制特性

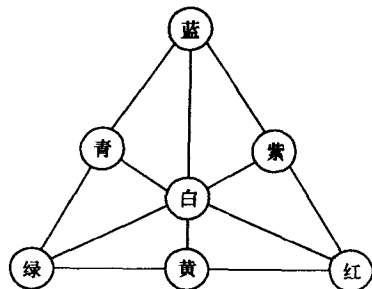


图 1-3 彩色混色三角形

彩色显像管中,发展最早的一种称为三枪三束阴罩式显像管,其结构示意图 1-4(a)所示。

由图 1-4(a)可见,按品字形排列的 3 支电子枪分别用来激发 R、G、B 这 3 种颜色的荧光粉。荧屏上的三色荧光粉每个单元也是按品字形排列,每个单元称为一个像素,为了保证这 3 支电子枪发射的电子束准确击中各自对应的三基色荧光粉,在距荧屏内侧约为 1mm 的地方设置了一块布满小孔的金属板即阴罩板,其小孔与像素一致,在安装时使 3 支电子束穿过同一小孔分别打在各自对应的荧光粉上,防止互相串色。通常把荧光屏上每个像素之间的距离定义为显像管屏幕的点距,显然这也是阴罩板上小孔间的点距,故又称为阴罩点距。阴罩点距决定了屏幕显示的最高分辨率。

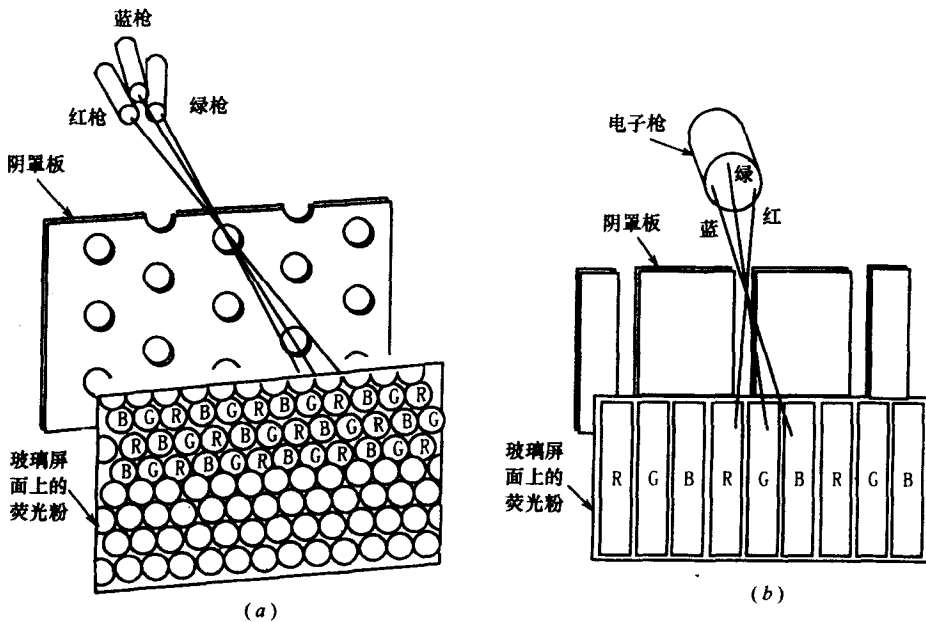


图 1-4 彩色显像管结构示意图

(a)三枪三束; (b)单枪三束。

目前广泛使用的一种彩色显像管称为单枪三束阴罩管,其结构如图 1-4(b)所示。之所以称之为单枪,是因为电子枪中的结构中除 3 个阴极(Kr、Kb、Kg)是互相独立的外,其他各极都是共用的,所以单枪能发射三束电子。此外,它的荧光像素以及阴罩板均采用条形结构,这样的结构更便于生产和调试。

## 二、电子扫描与光栅的形成

在满足显像管各种加电条件的情况下,阴极发射的电子束将高速轰击荧光屏。此时若无其他外力作用,电子束将始终轰击荧屏中心,故只有一点发光。显然,这是不能显示任何字符或图像信息的。为了显示出正常的图像,电子束必须按照显示卡的传送顺序在荧光屏上进行自左向右、自上而下的周期性的偏转运动,使光点在荧屏上展开,这就是电子扫描。这样,虽然电子束的轰击对荧屏上每一点而言是间歇的,由于荧光粉的余辉时间

和人眼的视觉暂留效果,只要扫描的周期即刷新频率满足要求,人们观察到的是全屏皆亮,在未经视频信息调制的情况下,形成稳定的、无闪烁的“光栅”。

促使电子束偏转扫描的外力可以是电场力或电磁力,相应地被称为静电偏转和电磁偏转。CRT 显示器件中一般都采用电磁偏转。

显像管的电磁偏转系统由偏转线圈和一些校正用的附加永磁片组成,它们组成一个固定的整体安装在显像管管颈外面。偏转线圈由两部分构成,一部分为行偏转线圈,是为电子束水平方向偏转扫描而设置的;另一部分为场偏转线圈,是为电子束垂直方向偏转扫描而设置的。二者互相独立且位置互相垂直。这样在它们通以电流时,产生的磁场力(又称为洛仑兹力)也是互相垂直,从而使电子束同时既做水平方向偏转,又做垂直方向偏转。偏转线圈绕制在铁氧体材料制成的骨架上,如图 1-5 所示是其结构示意图。

下面,以电子束水平偏转为例来说明电子扫描形成光栅的原理。

电子束水平偏转的原理电路如图 1-6 所示,若行偏转线圈中通以图示方向的电流  $I_H$ ,则该瞬时磁场方向垂直向下,由于电流方向与电子束流方向相反,根据右手法则,该瞬时电子束所受洛仑兹力向左,电子束向左偏转(从荧屏前看)。显然,只要改变线圈中电流的大小和方向,其偏转运动的距离和方向将随之而变,这就是电磁力促使电子束水平扫描的原理。

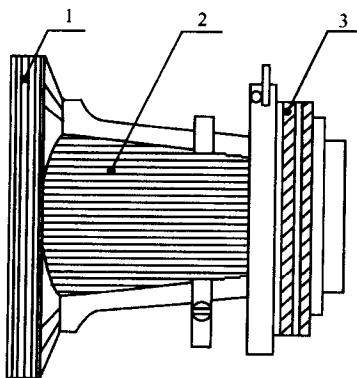


图 1-5 偏转线圈

1—行偏转线圈; 2—场偏转线圈; 3—中心调节器。

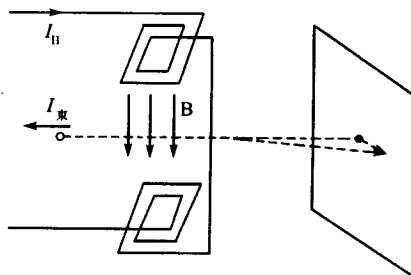


图 1-6 电子束水平偏转的原理

同理可知,场偏转线圈中通以电流将促使电子束发生垂直方向的偏转运动,这是由它们在安装时互相垂直来保证的。

将电子束水平方向的偏转称为行扫描。电子束自左至右扫描一次称为行扫描的正程,而自右返回左端称为行扫描的逆程,俗称回归,这个过程应该很短,因为在这个阶段显卡不发送信息。电子束垂直方向的偏转称为场扫描。同样,电子束从上而下扫描的过程称为场扫描的正程,而自下返回荧屏上端则称为场扫描的逆程。逆程时间相对正程时间极短,这是所谓的换帧时间。

显然,为了得到均匀稳定的光栅,必须在行、场偏转线圈中通以线性变化的周期性锯齿电流,如图 1-7 所示。

从图 1-7 中可以看到,行、场锯齿电流是同时加到行、场偏转线圈中去的,因此电子束将同时受到水平和垂直两个方向的作用力,在二者合力的作用下,电子束轰击荧屏产生的



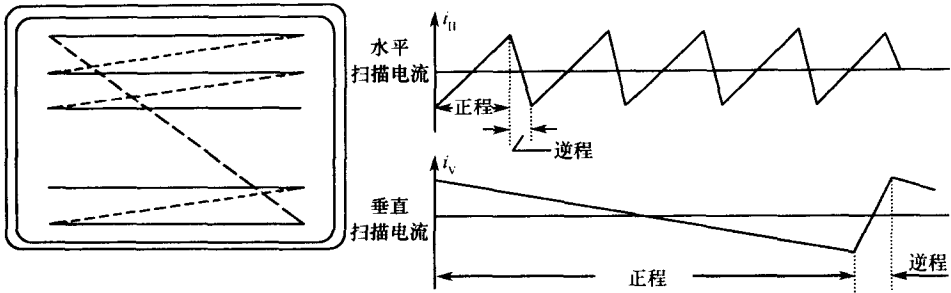


图 1-7 光栅的形成

光点构成的扫描线,实际应该是由左上向右下倾斜的。只是由于行频远远高于场频,所以这种倾斜不十分明显,看起来仍是一行行均匀的水平细线,这就是所谓光栅。

必须指出,因在显示的过程中,逆程时间即换行、换帧期间是不传送不显示信息的,故电子扫描在此期间产生的回归线(图中虚线)有害无益,它只会造成对图像的干扰,故必须消去,把消除回扫痕迹称为“逆程消隐”。具体的消隐措施及原理在后面的内容中有详细分析。正因为有了逆程消隐,所以人们实际看到的荧屏在没有显示信号输入时,将是一幅整齐均匀的白光栅。

### 第三节 CRT 显示系统

CRT 显示系统由 CRT 显示器、显示适配器及相应的驱动软件组成,如图 1-8 所示。

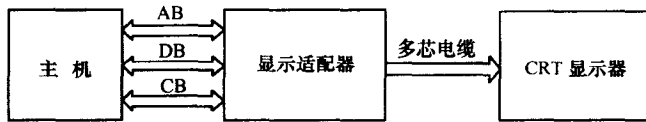


图 1-8 CRT 显示系统

无论是字符显示系统还是图形、图像显示系统,它们的显示器本身并无多大区别,主要区别在于它们的显示适配器电路不同,功能各异。至于 CRT 显示器,由于 CRT 显像管的制作已非常精密,只要在电路中加上多频扫描、自动识别和跟踪系统(一般 CRT 显示器均具有这种功能),就能适用各种显示模式要求。

随着大规模集成(LSI)电路技术的发展,各种专用的显示器控制芯片陆续出现,如 Intel 公司的 8257, MOTOROLA 公司的 M4845, Trident 公司的 TVGA8900C,相应的以这些控制芯片为核心设计制作的显示适配器具有多种显示功能。它们既能显示字符,又能显示图形和图像,且有多种可供选择的显示模式,具有广泛的兼容性。由于 CRT 显示器的显示原理是以电子扫描激发荧屏发光为基础的,即无论是显示字符、图形和图像,电子束在显示屏上实行逐点、逐行、逐帧扫描成像,因此显示适配器在控制与信息的传输方面应与之相适应,因此在介绍显示器之前,仅以字符显示适配器为例来简单介绍其基本结构与工作原理,至于功能更强的显示适配器,请参阅有关接口电路,此处不再重复。