



跨世纪计算机实用技术丛书

微机显示技术及应用

傅德胜 夏德深 编著

东南大学出版社

微机显示技术与应用

傅德胜 夏德深 编著

东南大学出版社

内 容 提 要

这是一本全面、系统地介绍微机显示技术及其相关应用的书籍,全书分两个部分。第一部分详细介绍了各类微机图形插件卡的内在结构、显示技术和功能调用。第二部分以程序设计的方式,阐述了微机显示技术在数字图像处理、图形生成与变换等领域的广泛应用,内容涉及数字图像的灰度处理、图像滤波、边缘锐化、特征提取、面积变换、纹理分析、统计图表,以及图形生成、几何变换(平移、比例、旋转、错切、反射等)和投影变换(三视图、轴测投影、透视投影)等。对每一种应用,均给出相应的源程序,并附有丰富的应用图例。

本书的特色在于将介绍微机显示技术与应用融为一体。阅读本书后,读者可比较全面地掌握微机显示技术与应用思路,借鉴、移植提供的程序,能较顺利地开发出相应的应用软件。本书是初学者的指南,也是从事系统开发者的良师益友。本书既可作为大专院校有关专业的教材,亦可作为所有从事计算机图形/图像处理、多媒体技术、计算机辅助设计、系统开发人员的参考书。

责任编辑 陈天授

责任校对 刘士中 王小然

责任印制 陈 跃

微机显示技术及应用

傅德胜 夏德深 编著

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 15.375 字数 394 千

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月第 1 次印刷

印数:1-4000 册

ISBN 7-81050-258-1/TP·37

定价:19.50 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

《跨世纪计算机实用技术》丛书总序

我们正处在一个世纪之交的伟大历史时期。当今社会的计算机应用出现了很多新的特征:办公自动化系统和管理信息系统的实现使社会、生产的管理完全改变了传统的方式;集计算机辅助设计、制造和决策管理为一体的计算机集成制造系统使生产制造过程得到新的飞跃;计算机网络 INTERNET 将世界连成一体,并以一种神奇的方式推动着社会的变革;计算机进入出版业,出现了排版印刷技术的革命;多媒体技术融入社会,更以一种非同寻常的力量推动着信息社会的发展,人们就在这瞬息万变的发展中即将跨入一个新的世纪。

随着 21 世纪的临近,人们面临着各种严峻的挑战,我们必须把人才的培养作为迎接挑战最紧迫的对策。为了适应世纪之交计算机人才培养的需要,我们向读者奉献一套《跨世纪计算机实用技术丛书》。作者编写这套丛书的宗旨为:

1. 介绍 20 世纪最后 10 年计算机技术在其重要应用领域的现状、发展方向以及前景展望。希望读者从这套丛书中,得到感知,获得鼓舞和力量。

2. 力求面向实际,作为实用技术的工具和指南。希望读者得益于它,在世纪之交的计算机应用工作中,能够得到具体的帮助,取得实效。

3. 从本世纪之末到下世纪之始,计算机科学与技术领域新事物肯定层出不穷,本丛书将不断把新颖实用的内容奉献给读者,作者们将与读者一起跨越世纪,在各领域计算机应用中不断前进。

这一套丛书的内容涉及数据库系统、网络通信、多媒体、图像处理、电子出版、系统仿真、计算机辅助设计、计算机硬件及软件新平台、操作系统以及语言等方面。我们尽了很大的努力期望本丛书能很好地为读者服务,但由于水平所限,难免有错误和疏漏之处,希望读者和专家们不吝赐教。

《跨世纪计算机实用技术丛书》编委会

1997 年 5 月

《跨世纪计算机实用技术》丛书

编委会名单

主 编：徐福培

副主编：夏德深 孙志挥

编 委：(以姓氏笔划为序)

孙志挥	吴乐南	陈天授
陈廷标	陈金水	周先华
夏德深	范建新	徐福培
黄凤英	傅德胜	

前 言

伴随着现代科学的迅猛发展,微机图形显示系统正以日新月异的面貌展现在世人面前。从第一代 DMA 单色插件卡,到目前占主导地位的分辨率可达 1024×768 、256 色的 VGA 系列彩色图形插件卡,也不过是近 10 年的事。

微机图形显示技术的发展,极大地推动了计算机图形学和图像处理技术的发展与应用。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机模拟与仿真等新技术已深入到建筑、机械、电子等行业,以计算机图像处理为基础的 X 射线断层扫描技术、金属无损探伤技术、遥感资料处理技术及多媒体技术正广泛应用于医疗、工业、农业、地矿、林业、气象、水文、军事和管理领域。这些新技术的诞生和普及,带来了处理方法和手段的革命,促进了人类文明的进步。

为了便于人们了解微机图形显示部件的组成、基本原理和显示技术,由浅入深地掌握微机图形显示技术在实际中的应用,特编著此书。

全书共分八章,第 1 章叙述微机图形显示系统的结构、工作原理;第 2 章介绍 EGA 和 VGA 系列图形插件卡的主要组成及功能;第 3 章讨论了 BIOS 显示中断;第 4 章介绍从显示存储器中读取内容和向显示存储器写入数据的方式;第 5 章讨论数字图像的显示技术和统计图表的制作;第 6 章介绍数字图像增强、滤波、锐化、特征提取、纹理分析的原理、方法及程序设计思想;第 7 章讨论二维图形程序设计,主要涉及二维图形的生成和平移、比例、旋转、反射等变换;第 8 章介绍三维图形的表示、生成、几何变换(包括平移、比例、旋转、错切等)和投影变换(三视图、轴测投影、透视投影等)。

在编写本书的过程中,笔者试图探索一种新的思路,即将介绍微机图形显示技术与应用有机地结合起来。于是,除第 1、2、4 章外,其余各章均附有相应的 Turbo C 程序。我们真诚企盼读者在阅读本书后,能对微机图形显示技术有一个比较全面的了解,同时从中认识微机图形显示技术的广泛用途,在借鉴书中示例程序的基础上,比较顺利地编制出有关的应用软件。

本书可作为大专院校相关课程的教材,亦可作为从事计算机图形/图像处理、计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助教学、多媒体技术和影视创作人员及工矿企业办公室自动化管理人员的参考书。

本书由南京气象学院傅德胜和南京理工大学夏德深合作编写。其中,第 1~4 章由夏德深执笔,第 5~8 章由傅德胜执笔,傅德胜对全书进行统稿。承蒙南京气象学院孙勇鹤教授悉心审稿,郑关胜老师绘制了书中的大部分附图,在此谨表示深切的谢意。

限于水平和经验,书中可能存在这样或那样的缺点和不足,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1997 年 7 月于南京

目 录

1 微机图形显示系统组成概论	1
1.1 概述	1
1.2 图形显示系统结构	2
1.3 显示器原理与技术	3
1.3.1 常规的 CRT 显示器的原理	4
1.3.2 液晶显示器原理	8
1.4 图形插件卡	11
1.4.1 PC 机图形插件卡的结构	11
1.4.2 显示存储器	14
1.5 PC 机早期使用的显示插件卡及显示器	15
1.5.1 MDA 单色插件卡(Monochrome Display Adapter)	15
1.5.2 HGC 图形插件卡(Hercules Graphics Card)	15
1.5.3 CGA 彩色插件卡(Color Graphics Adapter)	17
1.5.4 PC 机早期连接的显示器	18
2 EGA/VGA 图形插件卡结构	21
2.1 概述	21
2.2 图形方式下显示存储器的组织	21
2.2.1 EGA 图形插件卡在图形方式下的内存组织	23
2.2.2 VGA 图形插件卡在图形方式下的内存组织	24
2.3 EGA/VGA 图形插件卡的寄存器组织	25
2.3.1 外部寄存器组	26
2.3.2 CRT 控制器寄存器组	26
2.3.3 图形控制器寄存器组	31
2.3.4 操作定序寄存器组	33
2.3.5 属性控制器寄存器组	35
2.4 TVGA 图形插件卡的组织结构	38
2.4.1 TVGA 的显示存储器	39
2.4.2 TVGA 的寄存器组织	39
3 EGA/VGA 的 BIOS 显示中断	42
3.1 什么是 ROM 的 BIOS	42
3.2 BIOS 的视频功能	43

3.3 与 BIOS 相关的硬件	44
3.4 显示控制功能	45
3.4.1 设置显示方式	45
3.4.2 读出显示方式	46
3.4.3 设置屏幕的行数	46
3.4.4 允许/禁止 CPU 对显示存储器的访问	46
3.4.5 禁止构成屏幕	47
3.4.6 判定视频插件卡的类型	47
3.4.7 判定 EGA/VGA 的系统组成	47
3.4.8 现行显示页面的选择	48
3.5 光标控制功能	48
3.5.1 定义光标的形状	48
3.5.2 光标的定位	49
3.5.3 读出光标的位置	49
3.6 屏幕滚动功能	49
3.6.1 文本窗口向上滚屏	50
3.6.2 文本窗口向下滚屏	50
3.7 字符发生器处理功能	50
3.7.1 在当前光标处写字符	51
3.7.2 在当前光标处写具有某种色彩的字符	52
3.7.3 使用原先定义的色彩写字符	52
3.7.4 装入用户定义的字符集	52
3.7.5 装入 8×14,8×8,9×16 字符集	53
3.7.6 装入并激活用户所定义的字符集	53
3.7.7 装入并激活 8×8,8×14,9×16 字符集	54
3.7.8 读取字符产生器信息	54
3.8 调色板处理功能	55
3.8.1 设置调色板寄存器	56
3.8.2 设置所有调色板寄存器	56
3.8.3 设置屏幕边框的色彩	57
3.8.4 设置闪光特性	57
3.8.5 读出调色板寄存器	57
3.8.6 读出所有调色板寄存器和边框颜色寄存器的内容	57
3.8.7 设置单个色彩寄存器	58
3.8.8 设置一组色彩寄存器	58
3.8.9 选择色彩页面	58
3.8.10 读出单个色彩寄存器	59
3.8.11 读出色彩寄存器组的内容	59
3.8.12 设置与读出色彩寄存器	59
3.8.13 读出当前色彩子集的号码及状态	60
3.8.14 转换 DAC 色彩寄存器的内容为灰度级	60
3.9 BIOS 的视频功能应用举例	60

3.9.1 应用 BIOS 视频中断进行光标控制和字符操作的程序举例	61
3.9.2 应用 BIOS 视频中断进行 EGA 插件卡功能操作的程序举例	67
4 EGA/VGA 的读写方式	76
4.1 读方式 0	77
4.2 读方式 1	78
4.3 写方式 0	78
4.4 写方式 1	82
4.5 写方式 2	82
4.6 写方式 3	83
5 数字图像显示与统计图表	85
5.1 位面图像的显示	85
5.2 灰度图像的显示	89
5.2.1 伪彩色显示	89
5.2.2 彩色显示	93
5.2.3 灰度显示	95
5.3 压缩图像的显示	99
5.4 常用统计图表	101
5.4.1 饼形图	102
5.4.2 直方图	105
5.4.3 折线图	108
6 数字图像处理程序设计	111
6.1 图像增强	111
6.1.1 灰度级变换	111
6.1.2 灰度分布标准化	113
6.2 图像滤波	115
6.2.1 噪声消除法	115
6.2.2 邻域平均法	117
6.2.3 中值滤波	119
6.2.4 掩模匹配法	122
6.3 图像锐化	126
6.3.1 梯度法	126
6.3.2 Laplacian 算子	129
6.3.3 方向模板(Robison 模板)	130
6.3.4 高通滤波	134
6.4 图像特征提取	136
6.4.1 重心力矩	136
6.4.2 几何特征	139
6.5 图像的放大与缩小	140

6.5.1	等比例二维整数倍放大	140
6.5.2	等比例二维整数倍缩小	141
6.5.3	二维图像不等比例变换	142
6.6	图像纹理分析	145
6.6.1	灰度共生矩阵	145
6.6.2	纹理特性	147
7	二维图形程序设计	152
7.1	二维图形的生成	153
7.1.1	直线型图形	153
7.1.2	曲线图形	155
7.1.3	一阶函数图形	156
7.1.4	二阶函数图形	158
7.1.5	高阶函数图形	160
7.2	二维图形的几何变换	161
7.2.1	二维图形的平移变换	162
7.2.2	二维图形的比例变换	164
7.2.3	二维图形的旋转变换	166
7.2.4	二维图形反射变换	168
8	三维图形程序设计	172
8.1	线框图构成三维图形的表示	172
8.1.1	点表	173
8.1.2	边表	173
8.1.3	面表	174
8.2	三维图形的生成	174
8.3	三维图形的几何变换	178
8.3.1	三维图形的平移变换	178
8.3.2	三维图形的比例变换	186
8.3.3	三维图形的旋转变换	192
8.3.4	三维图形的错切变换	203
8.4	三维图形投影变换	207
8.4.1	三视图	207
8.4.2	轴测投影变换	210
8.4.3	透视投影变换	213
附录 A	视频模式	218
A·1	EGA 视频模式	218
A·2	VGA 视频模式	219
A·3	TVGA 视频模式	220
A·4	RTVGA 视频模式	221

附录 B EGA/VGA/TVGA 控制寄存器概览	222
附录 C BIOS 主要功能	229
C·1 屏幕显示(INT 10H)	229
C·2 磁盘操作(INT 13H)	232
附录 D Turbo C 图形处理常用库函数	233
参考文献	236

- 发展概况 ●主要应用 ●系统结构
- 显示原理 ●插件卡组成 ●显存组织

1.1 概 述

计算机科学日新月异地迅猛发展,为各行各业的人们提供了一个有力的工具,推动各项新技术的进步和社会生产力的快速发展,这已是人们的共识。计算机这一个术语早已超过了人们所熟知的加、减、乘、除、乘方、开方乃至微积分的计算概念。计算机不仅能完成计算功能,而且能完成诸如排版、文字处理等非数值计算的功能。人们要操作计算机,了解计算机的处理过程,首先就需要有一个界面,一个让眼睛能看得见的界面,从而让大脑去思考,如何去干预机器的运行。众所周知,具有不同尺寸的屏幕显示器是最理想的人机界面。广泛流行着的 DOS 操作系统,UNIX 操作系统都有越来越好的屏幕界面,特别是近年推出的 Windows 图形系统屏幕图形界面,使计算机系统,特别是被称之为个人计算机的微机系统,成为人们多方面使用而又便利使用的工具了。操作者只需要回答屏幕上的各种提示,即可了解机器的处理过程,也可以对机器发出操作的指示。Windows 的图形界面使人机对话达到了很完美的境地。屏幕显示在计算机系统中的作用已是显而易见的了。

从本世纪 60 年代开始兴起的计算机图形学,经过 30 年的发展,至今已成为计算机科学与工程中的重要成员。建立在计算机图形学基础上的计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)和计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing)的发展,更是吸引着各行各业的工程技术人员。建筑、机械、航空、造船、电机、纺织、电子等各种行业均与 CAD 息息相关,相辅相成共同发展。早期的计算机图形学,CAD/CAM 是建立在 X-Y 绘图仪的基础之上的,图形显示器的发展大大改观与推动了图形学的进展。越来越多的学科和单位需要建立新的图形系统和 CAD/CAM 系统,开发支持软件和本行业的应用软件。为了实现上述愿望,人们需要了解计算机图形显示器的基本原理、图形显示器的组成及技术指标、计算机图形算法以及人一机交互技术、图形软件标准和评价图形显示设备的准则等方面的知识。人们在思考如何更好地利用图形显示器的功能,开发应用软件,构成高效益的应用系统。

计算机图像处理、分析和识别技术的发展,开拓了另一个新的计算机应用领域。医务人员可以在大屏幕图形显示器前观察病人的病灶,施行手术;军事指挥员在大屏幕图形显示器前,观察卫星传递过来的遥感图像,进行战术指挥;生物学家则在图形显示器上,观察电子显微镜传送过来的图像,观察各种生物细胞的形状、色彩和特征,揭示生命的奥秘。1979 年,英国科学家 HDnnsfield 因为发明头颅计算机 X 射线断层摄影装置而获得诺贝尔奖金。这是

一个划时代的成就,也就是说,医师可以利用 X 断层射线扫描,运用计算机图像重建技术在图形屏幕上直接观察到大脑的断层图像,而不需要打开头颅去观察病情。这一伟大的成就挽救了许多可能失去生命的患者,以至于计算机显示屏幕已成为医师的眼睛。

计算机越来越普及到生活的各个领域,相辅相成的图形显示技术也随之发展起来。从机场到商场,从国际会议报告厅到寻常人的家庭,大大小小,单色的或彩色的屏幕,到处可见。广告、艺术、宣传和娱乐均应用了完善的图形显示系统从而使其大显身手。计算机文字处理、信息处理技术的发展、办公自动化系统的进步等,带着各种显示画面使计算机进入了非数值计算的广泛领域。可以说,越来越丰富的图形、图像显示硬件和软件推动着技术进步,大大改善了人类社会的生活质量。80 年代出现、90 年代迅速发展的多媒体技术更使显示器占据特殊的位置。在微机上装入多媒体插件卡,图形和图像在屏幕上的显示,伴随着声音的节奏,使人们得到更高的享受。

综上所述,图形显示系统的应用领域包括下列各方面:

- 过程控制;
- 信息检索与处理;
- 计算机辅助设计和制造;
- 计算机辅助教学;
- 计算机模拟与仿真;
- 计算机美术创作与动画制作。

从当今计算机技术的领域来看,图形显示器的硬件和软件也随着技术的进步而发展。数量相当可观的科技人员在研究、改进显示系统的硬件,从阴极射线管 CRT 到液晶显示器,显示器体积大大缩小,又是一场重大的变革。而且,完善的显示系统软件,将计算机图形显示与电视技术相结合。总之,图形显示系统已经成为一个独立的分支领域,它融合了众多科技工作者的劳动。

1.2 图形显示系统结构

图形显示系统结构的发展经历了由简到繁,又由繁至简的过程。随着计算机应用领域的扩展,图形显示系统的构成呈现多样化,但若从系统的高度上来看,大体上有以下几种情形。

早期的图形显示系统如图 1.1 所示。在这种结构中,图形系统被简化为一个显示器,其图形生成电路包含在主机的接口电路中。在我国,早期的小型机系统中的图形显示系统就是基于这种模式。几乎所有的图形生成功能都是由主机的硬件和软件来承担的。

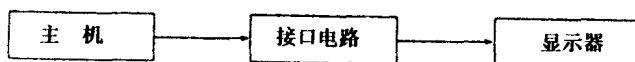


图 1.1 早期的图形显示系统

这样的模式用在一般的过程控制之中是合适的,因为过程控制计算机的输出仅仅局限于一些简单的流程图和过程变量状态的说明文字,没有更复杂的图形。由于没有更复杂的

图形,主机完成了过程控制的一些计算之后,有充分的余力来完成一些简单图形输出的处理。

上述系统适合于简单的图形输出系统,但缺点是明显的。其一是,若图形系统稍加复杂,那么主机处理器和存储器资源的负担是沉重的。其二是其接口电路比较复杂,而且可移植性差。解决的办法必然是将图形生成的功能转移到一个单独的图形子系统中去,以减轻主机的处理器和存储器的负担,而该图形子系统必须具有自己的处理器硬件和图形处理软件。

基于这种想法,目前比较通行的两种解决办法是:或者将图形生成功能集中在图形控制器之中,或者将专门的微处理器及存储器放在显示终端里,加上键盘等交互系统构成所谓智能终端。图 1.2 所示的图形系统是主机与显示器中间插入图形控制器的情形。图形控制器也称为图形板或图形插件,在微机系统,特别是工作站中,往往直接插在主机的母板上。EGA、VGA 等图形显示插件板及我国大恒公司的 UP32 和国际上流行的图形板如 AGC,就是这种情形。在图 1.2 中,显示器方框可以是一个,或几个显示屏幕。而方框中的主机可以是一个微型机的处理器和存储器,也可能是向图形控制器提供图形数据的几种信号源中的一个。图形显示信息数据可能来自海量存储器,也可能来自直接与控制器连接的数据通讯线路。然而主机在程序运行的环境中,始终保持着对图形生成过程的控制,包括对图形控制器及其辅助设备的控制。

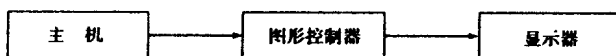


图 1.2 具有图形控制器的图形显示系统

图 1.3 为在显示终端上加入了微处理器和存储器而构成具有交互功能的所谓智能终端。在图 1.3 的组成中,显示系统往往仅是字符的显示,最多只能显示简单的图形。键盘或光笔可以完成与系统的交互功能,目前在国际上通行的电话显示终端多采用这种模式。当然构成一个完善的显示系统还应包括相应的图形软件。一般说来,图形软件应包括主机总控部分、控制器的执行部分及显示器中可编程硬件中的所有程序。加入这样的图形软件,就构成了完整的图形显示系统,如图 1.4 所示。

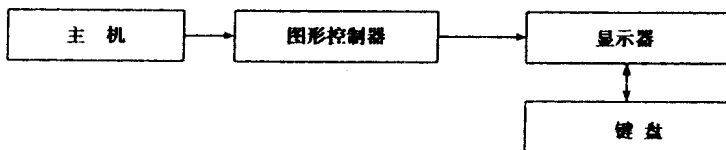


图 1.3 具有交互功能的显示系统

1.3 显示器原理与技术

目前配在微机中的显示器主要有阴极射线管和液晶显示器。阴极射线管(Cathode Ray Tube)通常简称为 CRT,市场上的统计表明,现今显示器仍有一半以上为 CRT 显示器,但由于

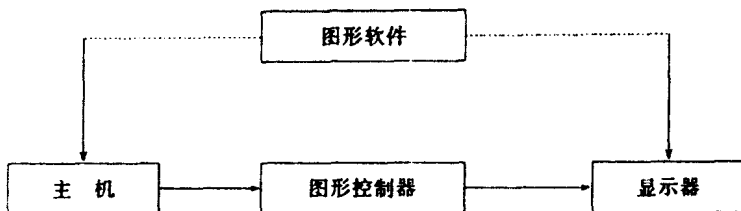


图 1.4 图形显示系统组成

大量的便携式计算机和电子仪表的上市,体积小的液晶显示器越来越多地进入显示应用领域。

1.3.1 常规的 CRT 显示器的原理

图 1.5 为常规的 CRT 显示器的原理图。它分为电子枪、偏转系统和屏幕三大部分。电子枪中的阴极加热后,发射出电子,在阳极和栅极的作用下形成的电子束,在“静电透镜”或“磁透镜”的作用下,被聚焦在显示屏幕上形成一个亮点。已聚焦的电子束在偏转机构的作用下,可以向上下左右偏转。进入屏幕区中的电子束,在高压阳极形成的均匀电场的作用下,直射 CRT 屏幕。屏幕内壁上涂有荧光粉薄层。当电子束轰击荧光粉时,其部分动能被荧光粉吸收,荧光材料中电子受激发以后跃迁到高能级上。当受激电子返回其常态能级时,放射出可见光。光子发射过程的持续时间或余辉时间因荧光材料的不同而异,约在毫秒或微秒数量级之间。

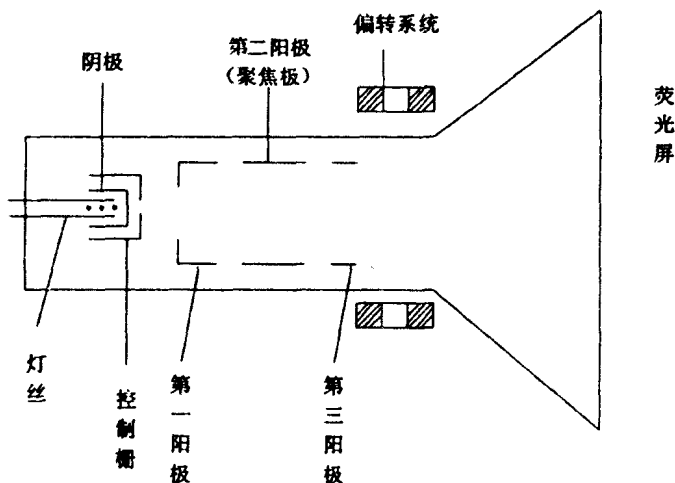


图 1.5 常规的 CRT 显示器原理图

扫描偏转电路使电子束在荧光屏上自左向右,从上向下进行扫描,在精确的时间间隔内改变其强度而形成图形或图像。电子束从左上角扫描到右下角,称为一帧或一场图像。扫完一帧之后,电子束又回扫到左上角,开始第二帧的扫描。帧频必须高于人眼临界闪烁频

率,才不会使人眼感到图的闪烁变换。目前微机显示系统多是每秒 50 帧的显示速度。电子束的扫描轨迹在屏幕上形成连续的光亮点迹,每一个光亮点迹称为一个像素(又称像元)。布满了屏幕的明亮和灰暗的像素则组合成了要显示的字符、矢量图形或类似相片的图像。在程序的控制下,屏幕上可以形成活动的图像。

电子束扫描时,必须给每个像素赋予一个亮度值。在所谓二值图像中,或在屏幕上划点、线,或显示单一色调的字符时,像素的取值只是 0 或 1。按二值图象来存储像素的值显然比较简单。但是若要每个像素具有不同的灰度,比如若要像素具有 16 个灰度级,那么就需要 4 个二进制位来表达,因此在存储器中就需要 4 个二进制位来存储一个像素的数据,也就是用一个字节八位来存储两个像素的数据。若一帧图像包括 512×512 像素阵列,那末就需要存储 262 144 个像元数据。而一帧图像若包括 1024×1024 像素阵列,那么需要存储 1 048 576 个像元数据。由此可见,常规的 CRT 显示器必须配上大容量快速存储器。而彩色显示器系统则须配上容量更大的存储器。

图形显示系统的功能是为人的眼睛服务的,或者说是为人的眼睛—大脑视觉系统服务的,它所生成的图形或图像让视觉系统感知,并传给大脑,经过处理、分析和识别来认识计算机系统送出的信息。因此,对显示系统的要求既取决于机器,也取决于人的因素。人的眼睛,更确切地说,人眼—大脑系统是一个微分输入器件。它根据色差和灰度差来取得信息。因此,反衬的色彩和灰度的反差是视觉系统得到信息的源泉,也称为对比度。从人眼—大脑的生理与心理的角度来看,分辨灰度差异的能力是视觉最基本的能力。人类眼睛的光敏细胞的四分之三是色盲细胞,在低亮度的情况下,人眼只能看到明暗的灰度,分辨不出色彩。然而,大家知道,人眼所能感知的色彩信息是非常丰富的,远远大于人眼所能感知的灰度信息量。从人眼生理与心理的角度来分析,这是有条件的,只有在合适的亮度和灰度的反差,即对比度均能保证视觉系统正常工作时才能实现。基于上述的人眼—大脑基本生理、心理功能的分析,来看看对显示器的要求。

1) 清晰度

在屏幕上显示的信息是否清晰是观察者的第一印象。因为观察者需要根据从显示的信息了解计算机内部处理的过程和结果,如果观察的结果模糊不清,那么,这样的显示系统将是低水平的,甚至是无用的。影响显示器清晰度的三个主要因素是对比度、亮度和像素的大小。在显示屏幕的尺寸为一定时,若希望显示的信息量最大,则必须让图形基本单元、线段的宽度、字符的高度达到相对于预定观察距离而言的理论最小值。没有足够的对比度和亮度,清晰度显然是无法保证的。当图形基本单元的大小为一定时,分别或同时增大对比度与亮度的值将会明显地增强显示器的清晰度。

2) 亮度

人眼的敏锐程度随着亮度的增加而提高。亮度增加使眼睛能进一步分辨细节,明显地改善显示器的清晰度。在一般的照明条件下,人眼对光照的敏锐程度可用下式衡量:

$$\text{平均敏锐度} = \text{视距} \times 0.000046 \times 2\pi$$

当视距为 45 厘米时,人眼可区分的点的直径或线的宽度的下限值约为 0.13 毫米。当亮度高于平均敏锐度值时,可区分的尺寸约减小一倍,而当亮度低于平均敏锐度值时,对可区分的尺寸必然变大。所以,亮度的大小直接影响显示器的清晰度,直接影响所观察的图形

基本单元的清晰度。

虽然,人眼的敏锐度随着亮度的增加而提高,但是,眼睛分辨亮度差异的这一重要功能将随着下降。最低可分辨的亮度差值与平均亮度的比在一个很大的范围内是一个常数,因而平均亮度越高,眼睛分辨亮度绝对差值的能力越低。

3)反差与对比度

对显示系统来说,图像和背景的相对亮度差值比其绝对亮度值更重要,这就是通常所说的对比度,也有人用反差来度量。显示器的对比度或反差是影响显示器的清晰度的主要的因素。对比度与反差对于显示系统来说在含义上有着细微的差别,其计算公式如下:

$$\text{反差} = \frac{\text{背景亮度} - \text{图像亮度}}{\text{背景亮度}}$$

$$\text{对比度} = \frac{\text{背景亮度} + \text{图像亮度}}{\text{背景亮度}}$$

在计算反差的公式中,反差可能为正或为负,因为实际画面可能是黑底白图或白底黑图,其值可能大于1或小于1。

另一种表示对比和反差特性的办法是说明显示器能够显示的灰度的层次。显示器的灰度层次的标定有一种比较粗略的方法,即规定灰度层次每层之间对比度相差1.41倍(即 $\sqrt{2}$ 倍)。人眼所能感知的图像灰度层次在15级之内。若某一显示器有12级灰度,每层对比度相差1.4倍,则第12层的灰度与第一层的灰度之间的对比度为 $(1.41)^{11} = 43.8$ 倍。

4)分辨率

显示器的分辨率是显示面上能表示的信息量的度量。在屏幕上图像元素阵列中,每个像素所占据的面积,也即像素光点的尺寸是分辨率的最基本要素,因而电子束的直径、聚焦控制电路的精度和彩色荧光点排列模式的间距等决定了显示器的分辨率。当然,显示信号的频带宽度以及显示器在每一刷新周期内的扫描线条数也直接影响着显示器的分辨率。按照人们常用的习惯看法,512×512的屏幕像素阵列代表了中等分辨率,1024×1024的像素阵列代表了高分辨率,目前市场上的显示器分辨率已大大提高,有诸如1550×1024或更高分辨率的产品。微机系统中的图形控制器,或者说图形控制插件的设计的最重要参数之一就是系统的分辨率。

5)色彩及其特性

人们的视觉系统判断亮度及光强值的能力是有限的,判断灰度的等级也是很有限的,在使用二进制编码时灰度级最高在4位代码的范围之内。然而在显示编程中,色彩编码可达到二进制编码的12位,甚至超过12位。若以12位来计,它表明可以区分4096种颜色。也就是说,若观察者不是色盲的话,虽然他并不能记住色彩代码值,但他们能区别由先验知识所赋予的丰富的色彩概念。实际上在数字图像处理技术中,若灰度值特别丰富,远远大于16级灰度,甚至达到8位二进制编码的256种灰度级,人眼是不可能很好地感知如此丰富的灰度的。人们想出的办法是将256种灰度级的图像压缩成16个灰度,这样做是难以表达图像中的细节的。例如在遥感卫星地表图像中,细节是那样的丰富,如果忽略了细节,那就丢失了许多重要的地表信息。所以,在实践中人们创造了一种伪彩色技术,就是用256种色彩来替代256种灰度。这样,灰度图像所不能表达的图像细节,在伪彩色图像中全都再现了。