

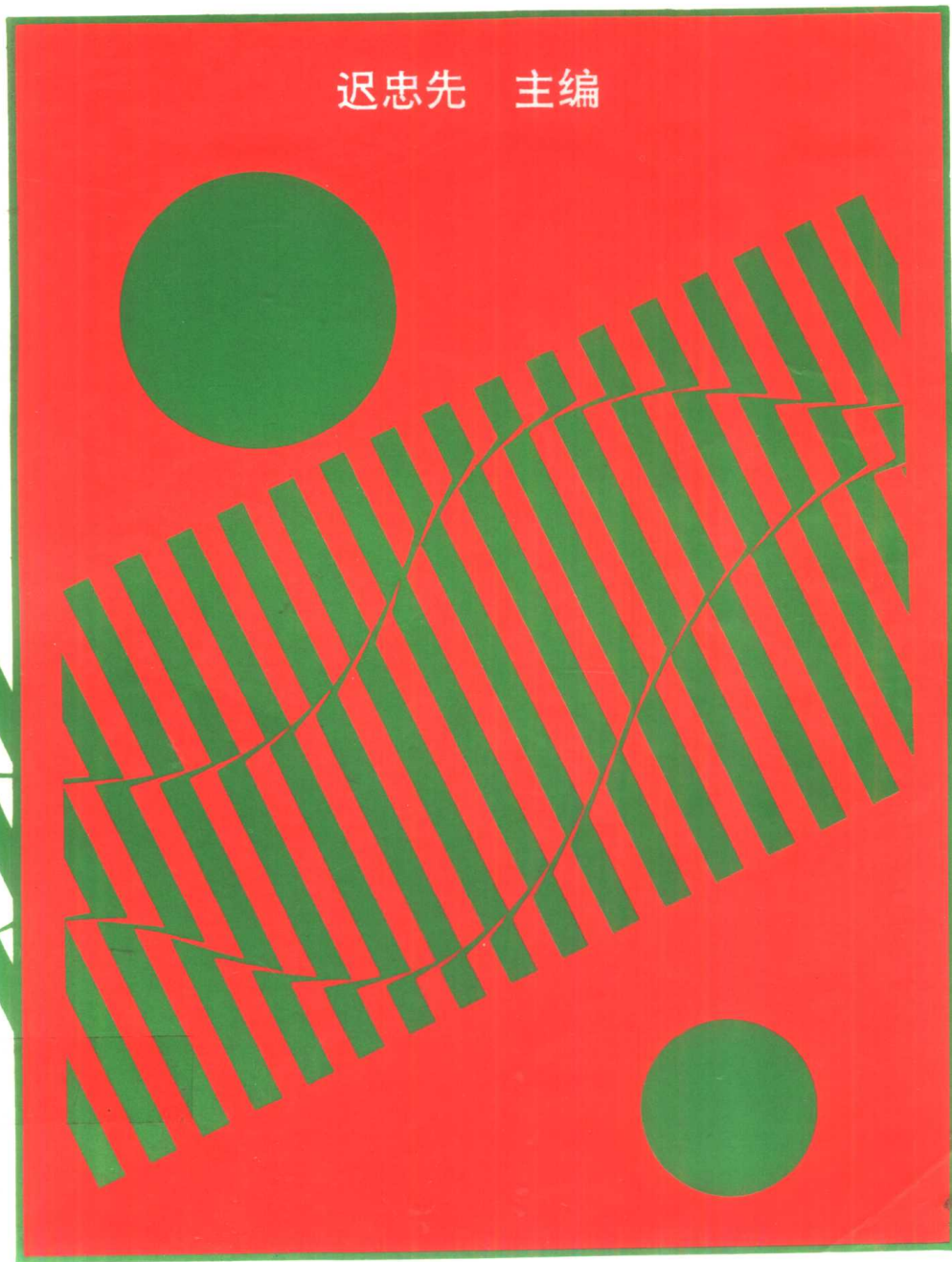
fei ji suan ji zhuan ye xi lie jiao cai

非计算机专业系列教材

实用图形处理技术

SHI YONG TU XING
CHU LI JI SHU

迟忠先 主编



大连理工大学出版社

非计算机专业系列教材

实用图形处理技术

迟忠先 主编

大连理工大学出版社

(辽)新登字 16 号

内容提要

本书是根据作者多年从事图形系统研制和教学经验而写成的。全书从实用的目的出发,以微机图形系统为背景,以 C 语言为工具,深入浅出的介绍图形处理的基本概念、原理和方法。包括图形学的硬件基础、图形学算法,用 C 语言绘图,汉字的处理,图像处理和图形系统与数据库的结合等内容。书中提供了大量的 C 语言程序,读懂和调通这些程序是学习本书的重要方法。全部程序(包括本书中出现的和省略的)均收集在软盘内,可与本书配合使用。

本书可作为非计算机专业本科生学习图形处理技术的教材,并可供软件开发人员工作时参考,亦可供计算机本科生和研究生参考。

实用图形处理技术

Shiyong Tuxing Chuli Jishu

迟忠先 主编

* * *

大连理工大学出版社出版发行

(邮政编码:116023)

大连理工大学印刷厂印刷

* * *

开本:787×1092 1/16 印张:16 $\frac{1}{8}$ 字数:379 千字

1994 年 12 月第 1 版

1994 年 12 月第 1 次印刷

印数:0001—5000 册

责任编辑:李鸽

责任校对:关山

封面设计:孙宝福

ISBN 7-5611-0978-4
TP·70

定价:12.50 元
20.00 元(带盘)

前 言

计算机图形学是由于将计算机技术用于图形处理而发展起来的一门新兴学科。随着计算机及其外部设备的迅速发展、软件技术水平的不断提高,计算机图形学已成为相当成熟的学科。

本书从实用的观点出发,以微机的图形系统为背景,C语言为工具,介绍计算机图形学的基本原理和技术。

在第一章绪论中简要介绍计算机图形学的产生和发展,有关的基本概念,研究的主要内容及其应用领域。第二章介绍图形处理技术的硬件基础,即进行图形处理所需要的硬件设备及其驱动程序的编写。初学者可以先略去关于设备驱动部分,只阅读有关硬件的描述。第三章是计算机图形学的理论基础。介绍各类基本图形的生成算法,图形的基本变换的原理和数学描述。第四章介绍开发图形软件的有力工具——C语言,重点在如何使用C语言所提供的图形函数库来构造图形软件。因而要求读者要有一定的C语言基础。可以看到利用本章所介绍的方法,可以快速构造起一个小型图形软件来。第五章介绍汉字处理方法和汉字系统的构成。汉字本身就是一种图形,对汉字(包括点阵汉字和矢量汉字)的处理是图形处理技术的典型应用。特别是,本章给出了一个嵌入式汉字系统,可作为任何应用图形系统的组成部分,从而使该应用系统不需借助于专门的汉字操作系统就能处理汉字。此外本章的内容还可有助于读者来汉化西文软件。第六章介绍图像处理,重点是讨论各种图像压缩算法和各种存贮格式以及相应的显示程序。书中给出的程序都已调试通过,读者可以直接嵌入到自己的应用程序中使用。第七章所介绍的图形数据库系统GDS是作者们用C语言开发的一个空间数据库的原型,可用以建立小型的地理信息系统GIS。在房地产、基建、规划、地下管网领域中有广泛的应用。在本系统中不仅有关于图形(二维)的输入、存贮、变换、编辑、显示绘制的处理方法而且具有将图形与数据库记录连接起来的机制和图形与数据库联合查询,交叉引用的方法;可作为学习图形技术的一个总结性的实例。其中许多程序都富有启发性,稍加修改就可用于自己的应用系统中。

本书可作为非计算机专业大学本科学习计算机图形处理技术方面的教材和参考书,并可供计算机软件工作者在开发应用系统时参考。书中提供了大量C语言程序,既可作为学习C语言的实例,亦可作为本书的上机实用的例题。既学习了图形技术,又熟练了C语言编写技巧。许多程序略加改动即可嵌入读者自己的程序中去。这正是本书实用之处。由于篇幅的限制,书中省略的程序都收集在软盘中,这些程序是从作者们多年开发图形、图像软件中精选出来的,为便于读者学习特将目标和源码一起提供,可与本本书配合使用。

本书由迟忠先主编,参加编写的有王占杰、姚卫红、王振才、王忠、丁磊、王丽达、焉冰梅。由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者惠于指正。

1994.12 于大连理工大学

2013.6.13

目 录

第一章 绪论	1
1.1 计算机图形学的产生和发展	1
1.2 计算机图形学与图形处理技术	2
1.3 图形处理的基本内容及研究方向	2
1.4 图形处理技术的应用领域	3
1.5 图形处理的工具	4
第二章 计算机图形学硬件基础及其编程	6
2.1 计算机图形显示原理	6
2.1.1 显示器工作原理	6
2.1.2 基本概念	7
2.1.3 EGA/VGA/TVGA 显示卡简介	8
2.2 显示卡编程的语言基础	9
2.2.1 高级语言调用汇编语言	9
2.2.2 直接 I/O 操作	11
2.2.3 内存地址的直接操作.....	12
2.2.4 高级语言使用中断调用.....	12
2.3 EGA/VGA/TVGA 直接程序设计	13
2.3.1 EGA/VGA 的显示内存结构	13
2.3.2 EGA/VGA 显示卡寄存器	17
2.4 EGA/VGA BIOS 程序设计	34
2.4.1 与 CGA、MDA 兼容的子功能调用。	35
2.4.2 对颜色寄存器的操作.....	37
2.4.3 对字符发生器操作.....	39
2.4.4 其它扩展功能.....	41
2.4.5 EGA/VGA BIOS 数据	42
2.5 输入输出设备编程方法.....	43
2.5.1 键盘.....	43
2.5.2 鼠标器.....	47
2.5.3 数字化仪.....	51
2.5.4 打印机.....	51
2.5.5 绘图仪.....	56
2.6 虚拟图形设备驱动程序的编写.....	60
2.6.1 虚拟图形设备及其优点.....	60

2.6.2 虚拟图形设备的功能	62
2.6.3 设备驱动程序的编制方法	63
第三章 图形学算法基础	66
3.1 坐标系统	66
3.2 画直线算法	68
3.3 画圆算法	71
3.4 多边形填充	76
3.5 图形变换	82
3.5.1 基本变换	83
3.5.2 矩阵表示和齐次坐标	84
3.5.3 复合变换	86
3.5.4 其他二维变换	89
3.5.5 图形变换的光栅化方法	91
3.5.6 三维几何变换	92
3.6 裁剪	95
3.6.1 二维裁剪基础	95
3.6.2 显式二维裁剪算法	97
3.6.3 Sutherland—Cohen 分割线裁剪算法	98
3.6.4 中点分割算法	100
3.7 消隐算法	101
第四章 用C语言开发图形	106
4.1 低级图形程序实例	106
4.2 图形模式	107
4.2.1 设置显示模式	107
4.2.2 读取显示模式	108
4.3 调色板	109
4.3.1 CGA 调色板	109
4.3.2 VGA 调色板	110
4.3.3 EGA 调色板	110
4.4 图形字库	111
4.4.1 图形字库概述	111
4.4.2 图形字库使用步骤	112
4.5 坐标系统	113
4.5.1 物理坐标系	113
4.5.2 视口坐标系	114
4.5.3 窗口坐标系	115
4.6 低级图形函数	116
4.6.1 控制显示模式	116

4.6.2	改变颜色	118
4.6.3	画点、线和其它图形	119
4.6.4	定义模式	123
4.6.5	对图像进行操作	124
4.6.6	对字体进行操作	126
4.7	使用图形函数绘图实例	127
4.8	表示图形函数	132
4.8.1	表示图形的基本概念	132
4.8.2	表示图形函数	134
4.8.3	如何编写表示图形程序	136
第五章	图形系统中的汉字处理	138
5.1	汉字的计算机表示形式	138
5.1.1	计算机内如何表示汉字	138
5.1.2	汉字的各种编码	138
5.1.3	汉字的输入	140
5.1.4	汉字的输出	141
5.2	点阵汉字的显示	142
5.2.1	点阵汉字的原理	142
5.2.2	点阵字库的文件结构和读取方法	143
5.2.3	点阵汉字的显示	145
5.2.4	关于提高字库读取速度的讨论	146
5.3	矢量汉字	147
5.3.1	矢量汉字的原理	147
5.3.2	矢量字库文件结构及其读取	147
5.3.3	矢量汉字的显示	149
5.3.4	矢量汉字与点阵汉字的相互转换	155
5.4	内嵌式汉字系统的构成	156
5.4.1	汉字系统的基本组成	156
5.4.2	内嵌汉字系统的基本构成	159
5.4.3	内嵌式汉字系统键盘输入的处理过程	160
第六章	图像处理技术	163
6.1	概述	163
6.2	图像的编码与压缩	165
6.2.1	行程长度压缩	166
6.2.2	霍夫曼编码压缩方法	169
6.2.3	LZW 压缩方法	173
6.2.4	算法压缩和 JPEG 压缩	179
6.3	常用图像文件格式	180

6.3.1 关于图像文件格式	180
6.3.2 Microsoft Windows 3.0 位图文件格式 BMP	188
6.3.3 PC Paintbrush 文件格式 PCX	197
6.3.4 图形交换格式 GIF	206
第七章 图形系统与数据库的结合	223
7.1 GDS 简介	223
7.2 图形、数据相结合	224
7.2.1 图形的存贮	224
7.2.2 数据记录的存贮	225
7.2.3 图元与数据信息联系的实现	226
7.3 图形数据操作功能	226
7.3.1 查询子系统	226
7.3.2 分类子系统	228
7.3.3 核对子系统	231
7.4 图形文件的显示	233
7.5 图形的放大、旋转、平移	236
7.6 图形的编辑	238
7.6.1 图元实体的移动、复制和旋转	238
7.6.2 图元实体的删除	246
7.6.3 增加新图元实体	247
7.6.4 图形的存盘	247

第一章 绪论

计算机图形学(Computer Graphics)是近 30 年才发展起来的一门新兴学科。尽管它的产生与形成历史不长,但却显示了极其强大的生命力。随着计算机技术的迅速发展,特别是微机的普及,计算机图形学已渗透到计算机应用的各个领域,得到了广泛的应用。

1.1 计算机图形学的产生和发展

图形是描述客观事物的空间位置、几何形状和形态的一种手段。这种手段比起语言、文字或数据来具有直观、形象、易于理解的特点,因而被广泛地采用着。例如,数学中的几何图形,工程技术中的图纸(加工图、施工图、平面图、剖面图、电路图、地图、交通图),生活中的照片、画像、录像、绘画、动画等,无不是采用图形(静态的或动态的)来描述事物的。它的强大的描述能力和感染力是不言而喻的。

从信息论的观点来看,图形不过是载送信息的一种媒体。它与语言、文字、数据、声音等一样,是人们交流信息的一种工具,而且是重要的,不可缺少的工具。

众所周知,计算机用于数据处理已取得巨大的成功,在语言文字处理方面也取得很大的成绩。那么,能否将计算机用于图形处理则一直是人们非常感兴趣的课题。

早在 50 年代,人们根据数控机床的原理,以绘图笔代替刀具,发明了第一台平板式数据绘图机,从而使应用计算机来自动绘图成为可能。60 年代,由于阴极射线管(CRT)的发明,为图形显示提供了硬件基础。从而使计算机绘图的研究进入一个新的发展阶段。在经历了设备研制,理论探讨,系统建立和应用研究等阶段以后,逐渐形成了一门新的学科——计算机图形学(CG)。

70 年代是 CG 学科的成熟时期。1973 年在美国召开了首次 CG 国际会议,并决定以后每年举行一次,一直延续至今。70 年代后期,由于与图形处理的外部设备的发展和商品化以及有关的理论和算法的研究成果,使得 CG 成为计算机科学中一个极为活跃分支之一。

80 年代,CG 得到进一步的发展。主要体现在以下三方面:第一,几个大型著名的计算机图形系统相继问世。特别值得一提的是 GKS(Graphics Kernel System)核心系统。GKS 原是西德研制的,后于 1982 年经国际标准化组织 ISO 讨论,修改并定为准二维图形 ISO 标准系统。这是计算机图形学的第一个国际标准。随后(1983 年)经美国国家标准局(ANS)将 GKS 扩充,提出 ANS-GKS 图形系统。此外美国还开发了 CORE 系统作为二维、三维图形软件标准。这个系统虽然未被 ISO 批准为国际标准,但它在美国、日本影响很大,其软件已商品化,并拥有众多用户。第二,随着硬件技术的发展,高分辨率彩色图形显示器的研制成功,三

维图形显示达到更高水平。可以动态显示物体的表面的光照程度、颜色浓淡和阴影变化,具有很强的真实感。第三,由于微机性能不断提高,外设不断完善,图形软件功能不断增强,已使得微机图形系统在许多领域内可以取代中、小型机系统,产生了交互微机图形学。计算机图形学得到更加广泛的应用。

90年代的计算机图形学向着更高阶段发展,它的许多技术已成为当今最热门的多媒体技术的重要组成部分。在计算机向人性化方向发展的进程中图形学扮演着重角色。它的理论、方法和工具也必将得到更大的发展。它的应用领域也将越来越宽广。

1.2 计算机图形学与图形处理技术

什么是计算机图形学?许多专家对此给出了各自的定义。例如德国的 Wolfgang k Giloi 定义是:计算机图形学=数据结构+图形算法+语言。美国的丁 James Fale y 的定义是:计算机图形学是运用计算机产生、存贮、处理对象的物理模型和它们的画面。ISO 数据处理字典则将计算机图形定义为“通过计算机完成数据与图形之间相应转换的方法和技术”等等。尽管各种定义不尽相同,但其核心内容都是研究如何利用计算机来处理图形。它是图形语言、数学与先进的计算机技术相结合的一门崭新边缘学科。

所谓图形处理技术就是关于图形的输入、存贮、加工、变换、显示和输出的一整套原理、方法和工具。根据输入和输出的形式可以将计算机图形学(广义的)分为以下三类:

(1)输入的是关于图形的描述(非图形数据)经计算机处理后产生图形或图像,这一类称为计算机绘图(Computer Graphics),即狭义的计算机图形学。

(2)输入的是图形,经计算机处理后产生新的图形或图像,这一类称为图像处理(Image Processing)。

(3)输入的是图形,经计算机处理后产生关于图形的描述,这一类称为图像识别(Image Recognition)。

通常是把计算机图形学、图像处理和图像识别看成三个独立的分支,它们所研究的对象和技术各有侧重,本书只涉及到前两个分支中的一些实用技术。

按照图形本身的特征可分为:

(1)二维图形(图像)处理(如二维线图(矢量图))带连续灰度的二维实面积图:二维彩色实面积图(二维灰度和彩色图像)。

(2)三维图形图像处理:如

三维线架(矢量)图,消去隐藏面的三维图形;三维逼真图形。

本书只涉及二维图形

1.3 图形处理的基本内容及研究方向

1. 图形的输入

这个问题主要依赖于外部设备来解决。早期只能用键盘按图形中点的坐标形式输入。如今虽然各种新型输入设备不断出现,但键盘输入仍然是最基本输入方法。对于复杂的图形,

例如工程图纸,则需要用一种专用的设备——数字化来输入。以上图形均是静态的。对于动态的图,例如摄像机、录放像机及电视中的动态画面,则可通过多媒体卡及相应的驱动程序来输入,这是当今多媒体技术研究的课题之一。

2. 图形的存贮

对于用各种不同输入设备输入的图形,在计算机内存贮的形成也不同。一般地,用键盘或数字化仪输入的图形是以“矢量”的形成存贮的。即存贮的不是图形本身而是关于它的一种描述(例如,关于图中线段的起点终点坐标值,线的颜色、宽度等)。图形的矢量形式存贮具有许多优点,如存贮开销低,宜于图形的变换加工等。缺点是它不适于存贮图片等。

采用扫描仪输入的图形是以“点阵”形式存贮的。通常把以点阵形式存贮的图形称为图像,点阵形式存贮可以保存图像的更多的信息,如灰度、颜色等级等。缺点是所需的存贮量大。因此图像存贮的关键问题是研究较好的压缩算法以减少存贮开销。图形和图像存贮格式的标准化也是研究的课题之一。

至于动态图像的压缩存贮是通过研制专用压缩卡来实现。

3. 图形的显示

图形显示依赖于显示器的分辨率和显示适配卡的分辨率以及相应的显示软件。对于矢量和点阵存贮的图形其显示程序显然是不同的。需要根据它们的存贮格式专门设计。如何提高图形显示分辨率,真实感和显示速度是重要的研究课题之一。

4. 图形的输出

图形输出指的是通过一定的外部设备将图形绘制在纸上或胶片上。最常用的输出设备就是绘图机。但它只适用于输出矢量图形。对于点阵图像,特别是彩色图像,则需用高分辨率的彩色打印机(如 600 线以上的激光彩色打印机可达到彩色照片的质量)。

5. 图形的加工处理

这是图形处理技术的核心。由于图形的存贮形式不同(矢量形式与点阵形式)所用的处理技术也不同。对点阵形式的图形的加工属图像处理范畴。它包括图像的压缩存贮,图像的各种存贮格式的转换,灰度图像的数字化和处理,图像的细化和矢量化等等。对矢量图形的处理属计算机绘图范畴。包括二维图形的变换、编辑;三维图形的变换、编辑、隐藏线处理。计算机图形学的高级研究课题包括三维实体造型、真实感图形显示、浓淡处理,以及计算动画等。

1.4 图形处理技术的应用领域

图形处理技术是关于图形的输入、显示、输出、存贮以及加工的原理、方法和工具。它不仅在构造图形系统中有用,而且可以广泛应用于其他领域中。

1. 计算机辅助设计(CAD)

这是CG应用得最早和最广泛,且效益非常明显的领域。CG与CAD已经十分密切以致于人们经常并列地称呼他们:CG&CAD。CAD技术广泛用于汽车、飞机、各种机械、电路、建筑物的设计与绘图,发挥了极大的作用。

2. 科学研究

在科学研究中,CG 常用于模拟复杂的过程和处理数据,以图形方式表达试验的结果,使研究工作可视化。例如利用计算机动画可以清楚地演示三维分子结构。

3. 管理决策

在企业管理决策中经常利用图形作为预测和分析的工具和结果。特别是在数据的统计和分析中起重要作用。因而形成了“统计图形学”。

4. 医学

在医学中,更多应用的是图像处理技术。例如 X 射线图像分析,CT 图像分析,心电图、脑电图分析等用以帮助医生作出正确的诊断。

5. 软件的图形用户界面(GUI)

图形学广泛地用于现代软件工程中,用作软件的开发工具,如数据流图、框图等特别是用作软件的用户界面,如窗口、按钮、对话框、位图等等,使软件的界面良好,易于用户学习和使用。

6. 地理信息系统(GIS)

在图形技术与数据库技术和管理信息系统相结合的地理信息系统(GIS)中,图形起着核心和控制作用。

7. 计算机动画

由于多媒体技术的发展,计算机动画的应用越来越广泛。例如它与专用设备结合可进行飞行模拟,汽车驾驶模拟,大型机械系统的操作模拟等,以便于训练驾驶员和操作员等,可节约大量资金。

1.5 图形处理的工具

图形处理技术是一项非常实用的技术,人们掌握了这种技术就可以根据图形学原理,在一定的硬件环境支持下通过编制相应的软件来解决各种与图形、图像有关的应用问题。本书重点讨论图形处理的软件。

编制图形软件的工具可以分为三类:

1. 汇编语言是编制图形软件的最基本的工具。利用汇编语言可以编制出高效、灵活的软件。特别是软件系统中的核心模块和外部设备的驱动程序等常用汇编来写,以提高系统的效率。但这需要汇编编程技巧。对于非计算机专业的应用系统开发人员来说有一定难度。

2. 使用高级语言(例如 C 语言)再加上图形函数库的方法是理想的图形编程工具。

为了适应图形软件开发的需要,各类著名的高级语言(例如 C 语言、PASCAL、FORTRAN)都扩充了对图形的处理能力。特别是 C 语言,它带有功能非常强大的图形函数库。它不仅提供了许多常用的外部设备驱动程序或接口程序,而且提供了许多基本图形绘制函数和基本的处理功能。它还可以调用图形标准 GKS 的函数,使得非计算机专业的编程人员也容易编制自己的图形处理系统。本书就是以 C 语言为基本工具(必要时也使用汇编语言)介绍各种图形处理技术。

3. 利用专用的图形系统可以方便快速的建立自己的应用系统。例如利用 AutoCAD 系统可进行机械或建筑的计算机辅助设计。用 AutoCAD 系统所提供的 Lisp 语言可以作二次

开发,以便形成自己的应用系统。目前市场上这类系统较多,可根据自己的需要选择。这种工具缺点是:每个系统都具有一定的功能限制,只适用于特定用户的需求。用户的应用系统只能在其上建立,资源开销较大,功能受到限制。专用图形系统在基本功能方面都遵循或仿照图形标准 GKS,且多数是用 C 语言开发的。其实现技术在本书中也有介绍。因此,学习本书对于深入理解专用图形系统功能和使用方法亦大有裨益。

第二章 计算机图形学硬件基础及其编程

2.1 计算机图形显示原理

2.1.1 显示器工作原理

从目前微机系统硬件配置来看,一台计算机不外乎包括以下几部分:

- 与 8086 兼容的主板,包括 286、386、486、P5。
- 软硬盘驱动器。
- 显示卡(CGA、EGA、VGA、TVGA、SVGA)。
- 单色或彩色显示器。
- 键盘及其他输入输出设备。

与计算机图形生成密切相关的有两部分,一个是显示器,也称监视器,其中大多数是 36cm 的,能够适应不同的显示模式。显示器从显示卡接收信号,经数模转换后,输出到屏幕上。另一部分是显示卡,有 CGA、MDA、EGA、VGA、TVGA、SVGA 等型号,其功能是存储显示器屏幕上的数据,并且提供读取和存放图形数据的寄存器端口,通过这些控制端口,达到人机操作图形界面的交互。

显示卡主要组成部分是图形寄存器和显示内存(或称显示缓冲区)。显示内存中存放着屏幕数据,图形寄存器端口用来控制显示内存的读写。举一例子来说,应用程序要在屏幕上(X,Y)位置处画一个颜色值为 C 的点。首先应用程序将屏幕上的位置转换为显示内存的地址,通过设置寄存器端口来设置写方式,然后将颜色值 C 存入到显示内存中。马上显示器的屏幕就有一个颜色值为 C 的光点出现。但计算机硬件内部是如何工作的呢?

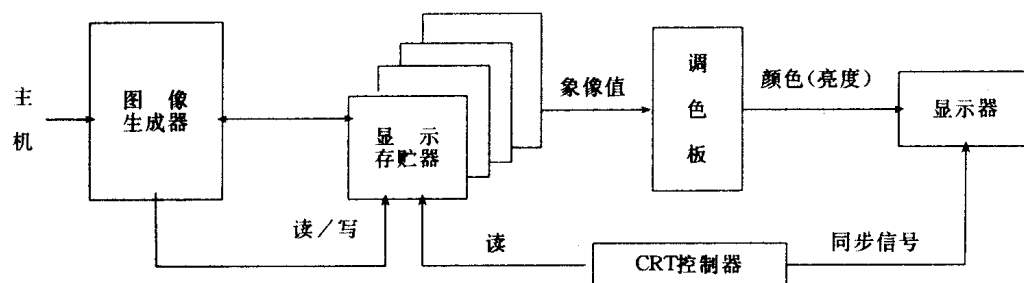


图 2-1 光栅扫描产生图形的硬件过程

图 2-1 是光栅(点阵)扫描产生图形的硬件过程。其核心是显示内存,保存着屏幕上每一个点的颜色数据。确切的说,是存放一个与位置一一对应的颜色矩阵。这个矩阵称为位图(bitmap),应用程序根据不同的画图命令,将点阵图形放在显示内存中。

CRT 控制器一方面产生水平方向和垂直方向的同步控制信号,并将其送到显示器去,使 CRT 电子束不断地由上而下,由左到右进行扫描,形成光栅。另一方面又根据电子束在屏幕上的行列位置,自动计算并生成显示内存的相应地址,不断的读出显示内存的颜色数据。

调色板是用来定义不同颜色值的红、绿、蓝成分的。众所周知,所有的颜色都是由 R(红)、G(绿)、B(蓝)三种原色以不同比例调和而成。调色板根据像素值从表中查出颜色的三原色成分,然后对 CRT 的红、绿、蓝三原色进行亮度调节,从而产生不同的颜色。调色板可以通过软件的方法修改,使用较为灵活,用途很大。一般的图形系统中,都将颜色 0 定义为黑色,R、G、B 分量为 0,其调色板数据如图 2-2 所示。

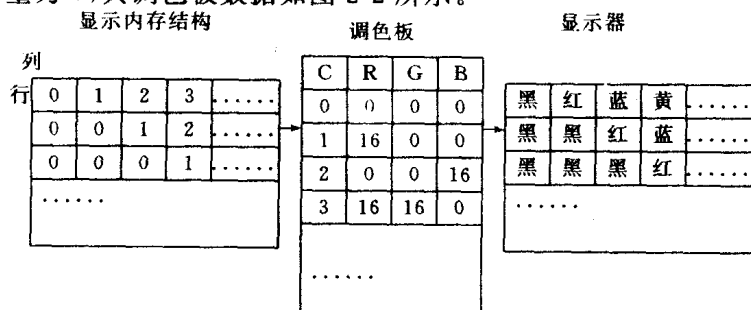


图 2-2 调色板工作原理图

计算机把一个颜色值为 C 的点放在显示内存后,形成了一个新的位图,在 CRT 的下一个刷新周期中,CRT 控制器逐个将光栅数据读出来,然后查找调色板 R、G、B 值,转化成颜色和亮度,由电子束在荧光屏上形成彩色的光点。CRT 控制器反复读取显示内存,从而使画面以一定的频率进行刷新,由于视觉暂留作用,人眼就可以看到稳定的图像。

2.1.2 基本概念

像素:指的是屏幕上每个具有颜色值的点,像素值就是其颜色值。

分辨率:一般指屏幕上水平方向可以显示多少像素(水平分辨率),和屏幕上垂直方向可以显示多少像素(垂直分辨率)。如 320×200 就是指水平分辨率为 320 个像素,垂直分辨率为 200 个像素,即水平方向可显示 320 个像素,垂直方向可显示 200 个像素。目前 VGA 一般有 320×200 、 640×350 、 640×480 分辨率。TVGA、SVGA 还有 800×600 、 1024×768 、 1280×1024 等高分辨率。

调色板:彩色显示卡的颜色数目分为两个指标:一个是显示卡可以显示的所有不同颜色的总数。如有的调色板是 18bits 的,每种颜色占 6bits,即该显示卡可以显示 2 的 18 次方种颜色。目前的真彩色卡是 24bits 的,共有 2 的 24 次方种(约 16.8M)颜色。另一个指标是同一帧画面所允许显示不同颜色的最大数目,目前 VGA 可显示颜色数目为 16 色或 256 色,TVGA 和 SVGA 还有 64K 和 16.8M 两种设置,这些颜色都是上面调色板中可显示颜色的一部分或全部。

显示模式:显示模式是上述两个概念的综合。计算机启动后进入的状态也是一种显示模式,称为文本模式(或字符模式),只能显示文本字符而不具有作图功能。和文本模式相对的模式是图形模式,可以通过画像素的方法来做图。软件可以对显示卡编程,使显示器具有一定分辨率和一定的颜色数目。如标准 VGA 的图形显示模式 12H 为 $640 \times 480 \times 16$ 色,其含义是水平分辨率为 640,垂直分辨率为 480,一帧画面显示的颜色数 16。以下是 VGA 的标准显示模式。

表 2-1 VGA 标准显示模式

显示模式	分辨率	颜色数	显示控制卡
0,1	文本 40×25 字符	彩色文本	EGA/VGA
2,3	文本 80×25 字符	彩色文本	EGA/VGA
4,5	图形 320×200	4	EGA/VGA
6	图形 640×200	2	EGA/VGA
7	文本 80×25 字符	单色文本	EGA/VGA
D	图形 320×200	16	EGA/VGA
E	图形 640×200	16	EGA/VGA
F	图形 640×350	2	EGA/VGA
10	图形 640×350	16	EGA/VGA
11	图形 640×480	2	VGA
12	图形 640×480	16	VGA
13	图形 320×200	256	VGA

2.1.3 EGA/VGA/TVGA 显示卡简介

EGA(Enhanced Graphics Adapter)增强型图形显示卡是 IBM 公司推出的第二种个人电脑图形显示器标准,既兼容于 CGA 和 MDA 的全部功能,最高分辨率可为 640×350 ,又可同时显示 16 种颜色,调色板是 6 位的,颜色总数为 64 种,显示内存容量 256KB。

VGA(Video Graphics Array)彩色显示卡是随 PS/2 一起推出的更为先进、性能更好的图形卡。它与 CGA、MDA、EGA 保持兼容,并增加了若干显示模式,显示内存容量为 256KB~512KB,最大分辨率为 640×480 ,可同时显示 16 种颜色,调色板是 18 位的,颜色总数为 2 的 18 次方种。另外还有一种显示模式 $320 \times 200 \times 256$ 色,可以显示高质量、色彩逼真、色调连续的真实感图形。

TVGA 是美国 Trident Microsystems 公司开发的与 VGA 兼容的显示卡,显示内存容量一般是 256KB~2MB。分辨率有多种选择,TVGA 8900C 有 $640 \times 480 \times 16$ 色、 $640 \times 350 \times 256$ 色、 $640 \times 480 \times 256$ 色、 $800 \times 600 \times 16$ 色、 $1024 \times 768 \times 16$ 色。TVGA 9400C 带有较多显示内存,可以显示真彩色图像,有 $800 \times 600 \times 256$ 色、 $800 \times 600 \times 64K$ 色、 $1024 \times 768 \times 256$ 色以及 $640 \times 480 \times 16.8M$ 色等显示模式,许多系统软件如 WINDOWS 和 AutoCAD 都可在高分辨率真彩色下运行,该卡的性能其他 SVGA 卡也可以达到。但由于 TVGA 与其他 SVGA 卡标准不统一,某些高分辨率的显示模式是不兼容的。

计算机图形显示卡种类很多,随着计算机的发展,其性能不断提高,体现在分辨率的提高,可显示颜色数的增多,图像刷新速度加快,成本也不断下降。所有这些,推动了计算机图形水平的发展,目前已有的显示卡有 CGA、MDA、Hercules、Color400、EGA、VGA、TVGA、

IBM8514、SVGA 等显示卡。本章选取 EGA、VGA、TVGA 显示卡,对其做简单的编程介绍。

2.2 显示卡编程的语言基础

开发图形系统应用过程中,用户需要直接访问显示器硬件,这使得某些高级语言不能够顺利操作,影响了硬件性能的发挥。目前大多数用户习惯使用 Fortran 语言或 C 语言进行系统开发。但是对图形显示卡编程最有效的语言是汇编语言,如何在 Fortran 和 C 语言中嵌入汇编语言呢?如何在高级语言中调用中断和直接访问显示内存呢?这是本节着重讨论的问题。

2.2.1 高级语言调用汇编语言

1. C 语言如何使用汇编语言

C 语言使用汇编语言有两种方法,一种是嵌入汇编的形式,另一种是调用外部汇编语言子程序。

采用嵌入汇编语言这种方法时,被嵌入的汇编语言同 C 语言写在一个文件中,并且同时进行编译连接,其语法形式颇为简单。以 Turbo C 为例,在其汇编语言前加入关键字 `asm` 便可插入到 C 语言中。如下面的写端口程序段:

```
{ .....  
asm mov al ,value;送端口值到 AL 中  
asm mov dx ,port ;送端口地址到 DX 中  
asm out dx ,al ;写端口  
.....  
}  
也可以一段汇编语言前加一个 asm 关键字。  
{ .....  
asm {  
    mov al ,value;  
    mov dx ,port ;  
    out dx ,al ;  
}  
.....  
}
```

MSC 语言的关键字为 `_asm`,使用方法与以上相同。但需要注意,有些寄存器(BP,ES)在使用时需要预先保护入栈,使用后恢复,否则将影响程序的正常运行。如果使用 Turbo C V2.0,必须使用 TCC 行编译命令,但使用 TC 的更高版本如 Borland C++时,就可以直接在集成环境下编译。

采用外部汇编子程序方法时,首先将汇编语言子程序编译成 obj 文件(目标代码文件),同时把 C 语言程序也编译成 obj 文件,然后连接起来,形成一个可执行文件。