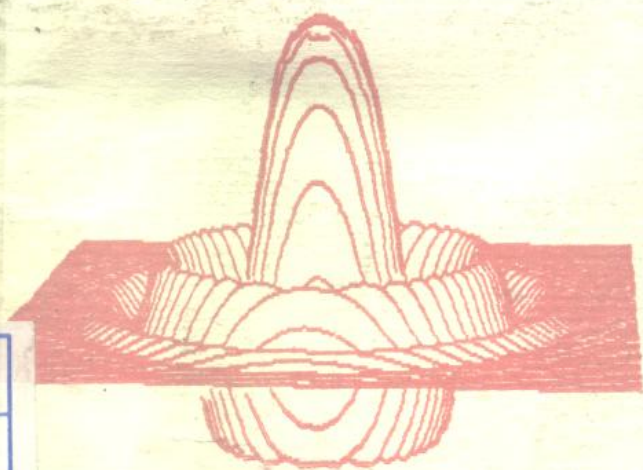


微型计算机图形学

● 陈 桂 芳 编

● 北京理工大学出版社



微型计算机图形学

陈桂芳 编

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书以通俗易懂的语言,由浅入深地对微型计算机图形学的研究对象、各种算法和所要解决的问题作了深入的论述。全书内容有:微型计算机图形学硬、软件环境,图形功能较强的BASIC语言,图形变换技术,描绘各种曲线和图表的算法,三维图形的几何表示,隐藏线消除技术和动态显示技术。对这些技术都给出了一些典型算法,并用大家熟知的BASIC语言程序实现了这些算法,通过在IBM PC(长城3860)系列微机上运行,得到了令人满意的结果。

本书可作为大专院校电类、机械类、建筑和管理类以及其它有关专业的教材和教学参考书,也可供从事CAD、CAM、CAI以及计算机图形学工作的科技人员阅读。

微型计算机图形学

陈桂芳 编

北京理工大学出版社

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京通县同阳印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.75印张 171千字

1989年2月第一版 1989年2月第一次印刷

ISBN 7-310-13-141-9/TP·14

印数:1—3000册 定价:2.55元

前 言

本世纪40年代计算机诞生之后,于50年代开始的计算机图形学的研究,近年来获得了迅速的发展,使得计算机的处理对象,从数值计算中的数值,数据处理中的字符,过程控制中的信号,拓宽到了各种应用中的图形和图象。微型计算机,特别是高档微型计算机的出现,将计算机图形学的研究同价格便宜、使用方便的微型计算机结合起来,产生了各种应用系统(图形工作站),在计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助教学(CAI)及其它领域中获得了广泛的应用。

本书从计算机图形学的基本理论出发,详细地讨论了微型计算机图形学的有关技术。对各种技术提供了一些典型算法,并用 BASIC 语言加以实现。此外,选用了国内流行的 IBM PC 系列,长城 0520 系列以及其它的兼容机作为本书的实验系统。因此,书中提供的算法和程序可以直接或稍加改进即可应用于机关、厂矿企业的事务管理,办公室自动化、机械制造及各类工程和科研等领域。对于书中的一些典型算法,备有一张微型计算机图形学算法库软盘,读者可向太原海军电子工程学院一系联系选用。

全书按40学时编写,共分七章,内容包括:微型计算机图形学的硬、软件环境;图形功能较强的 BASIC 语言;图形显示与变换技术;各种图形的描绘、三维图形的几何表示;隐藏线消除技术;动态显示等。

在本书的编写过程中，太原机械学院陈立潮，中国地质科技管理干部学院张思发、分别参与第二、三章的编写，谭洛明同志做了大量的工作。全书由海军电子工程学院计算中心孙玉歧副教授审校，并提出许多宝贵意见。在此一并致谢。由于编者水平所限，难免有错误及不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

1988.3.

目 录

第一章 微型计算机图形学引论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 微型计算机图形学的硬件环境	(2)
1.2.1 显示器	(3)
1.2.2 存贮器	(5)
1.3 微型计算机图形学的软件环境	(13)
第二章 高级BASIC 语言的图形功能	(21)
2.1 对显示屏幕操作的语句	(21)
2.2 设置色彩的语句	(24)
2.3 画点、线、圆的语句	(25)
2.3.1 画点语句	(25)
2.3.2 画线语句	(27)
2.3.3 画圆语句	(31)
2.4 对字符串操作的画线语句	(33)
2.5 设置窗口和视口的语句	(41)
2.5.1 WINDOW语句	(41)
2.5.2 VIEW语句	(44)
2.6 点的坐标转换语句	(46)
2.7 BSAVE和BLOAD语句的使用	(48)
第三章 图形变换	(51)
3.1 二维图形的裁剪	(51)
3.1.1 线段的裁剪	(52)
3.1.2 多边形的裁剪	(58)
3.2 几何变换	(59)
3.2.1 二维变换的矩阵表示	(59)

3.2.2 齐次坐标技术	(86)
3.3 三维图形的投影、透视变换	(83)
3.3.1 坐标系的选择	(84)
3.3.2 三维物体的投影变换——三视图法	(89)
3.3.3 三维物体的二维图象	(91)
第四章 曲线的描绘	(109)
4.1 参考系的建立	(109)
4.2 直线算法	(111)
4.3 二次曲线算法	(113)
4.3.1 圆算法	(113)
4.3.2 椭圆算法	(120)
4.3.3 参量方程	(121)
4.3.4 抛物线算法	(122)
4.3.5 双曲线算法	(124)
4.4 形如 $Y=F(X)$ 的曲线	(125)
4.5 利用曲线组成各类图象	(128)
4.6 利用平面曲线模拟三维曲面	(138)
第五章 真实图形的描绘	(143)
5.1 三维物体的几何表示	(143)
5.1.1 几何表示方法	(143)
5.1.2 数据结构	(145)
5.2 消除隐藏线和隐藏面的算法	(146)
5.2.1 方向矢量法	(147)
5.2.2 折半查找算法	(163)
5.2.3 改进的方向矢量法	(170)
5.2.4 色彩置换法	(184)
5.2.5 形如 $Z=F(X, Y)$ 曲面的隐藏线消除——逐次比较法	(197)
第六章 动态显示技术	(206)
6.1 动态显示的原理	(206)
6.2 动态显示的方法	(207)
6.2.1 象点的动态显示	(208)

6.2.2	直线和多边形的动态显示	(212)
6.2.3	动态显示背景	(225)
6.2.4	文本屏幕动态显示方法	(228)
	参考文献	(237)

第一章 微型计算机图形学引论

1.1 引言

自古以来，人类已经认识到图形和图象是一种能迅速且精确地传递信息的有效方式。例如对某人的面貌，无论用什么语言进行描述，总不及一幅照片所含的信息量。因而，人们为了产生直观的图形，曾发明了各种印刷术、照像术及复制技术。直到今天，我们在日常生活中仍然利用这些技术，丰富我们的生活，扩大人们的视野。

随着科学技术的发展，计算机已进入到我们的生活、工作环境。特别是近年来，微型计算机的普及与应用，使我们迈入了计算机时代。利用计算机来绘制各种图形、图表已成为各个领域必备的手段。

计算机图形学最初应用于计算机辅助设计(CAD——Computer Aided Design)和计算机辅助制造(CAM——Computer Aided Manufacturing)。至今，这一学科的技术仍在CAD和CAM领域占据重要地位。计算机可以绘制工程图、建筑图或生产流程图，以及电子电路图和装璜美术图案。它使绘图工作人员的工作量减少了很多。同时，计算机还可以把一些数据输出转换成图形方式输出，从而使工程技术人员从分析冗长的数据这一工作中解放出来。

计算机图形学开始应用于CAD和CAM领域时，一些术语和定义不很严密。特别是CAM和CAD、计算机绘图和计

计算机图形学经常混用，也就造成了意义上的不明确。为了区分以上的几个术语，下面把它们各自的意义再强调一下。

计算机辅助设计是使用计算机来辅助设计一种零部件、分系统或整个系统。这个设计过程可以是整体设计，也可以是局部设计。

计算机辅助制造是使用计算机辅助制造或生产一个零部件，这种辅助多数是用计算机来控制各种工具机，完成某些特定的任务。

计算机绘图是用计算机来定义、存贮、操作、询问和提供图形输出。这是根据工程技术人员的要求绘制出所需要的图形和图表。

计算机图形学是一个学科，它是为计算机绘图提供理论依据和各种技术上的准备。使计算机绘出来的图形更容易为人们接受。

在国内，微型计算机图形学是近年来发展起来的一门新兴学科。它与计算机图形学有一定的共同点，同时又具有独特之处。特别是微型机廉价这一优点，使得这一学科发展十分迅速，该学科的应用也相应普及开来。本书立足于微型计算机图形学的讨论，并以美国IBM公司的PC和国产长城0520微型机作为典型机，对一些算法的编程使用人们熟悉的高级BASIC语言。

1.2 微型计算机图形学的硬件环境

随着微电子技术的发展，具有各种图形功能的微机系统应运而生。这些小的系统因价格低廉、结构紧凑、通用性强等优点，特别适宜于配置在办公室、工程设计室以及各类学

校使用。

微型计算机的基本硬件配置包括处理器、存储器、显示器、键盘和打印机。这就构成了具备图形功能的一个小的系统。也就是说，通用的微机配置，无需增加其它的硬设备，就已具有图形功能。但这一功能能否体现出来，要看采用的软件及编程语言。为了工作上的便利，在以上的基本配制下可再增加绘图仪、数字化仪等输入输出设备。

1.2.1 显示器

我们知道，IBM PC微型计算机是以 Intel8088 为微处理器的 16 位计算机。它需外接一个显示器。在配上彩色/图形监视适配器后，具有两种分辨率：320×200和640×200。在中分辨率320×200模式下，两个“调色板”共有16种颜色，由BASIC语言中的 COLOR 语句设定。16种颜色的设置如表1-1和表1-2所示。在640×200单色高分辨率模式下，只有黑白两种颜色可供使用。如果使用配有 COLOR400 的高分辨率彩色显示器，它具有640×400个像素，则显示图形的功能更强。

表1-1 背景颜色

0 黑 白	8 灰 色
1 蓝 色	9 浅蓝色
2 绿 色	10 浅绿色
3 青 色	11 浅青色
4 红 色	12 浅红色
5 品红色	13 浅品红色
6 棕 色	14 黄 色
7 白 色	15 高度白色

表1-2 调色板颜色选择

调色板 0		调色板 1	
颜色 0	背景	颜色 0	背景
颜色 1	绿色	颜色 1	青色
颜色 2	红色	颜色 2	品红
颜色 3	棕色	颜色 3	白色

大多数的微机系统采用阴极射线管(CRT)作为图形显示器。用作随机扫描或光栅扫描的一般是刷新式CRT显示器。随机扫描显示器的工作方式是使阴极发射出的电子束对着要显示图象的荧光屏部位。光栅扫描显示器是使电子束扫描整个屏幕，按所显示图象的要求改变电子束的强度。在光栅扫描系统中，电子束从上至下横向扫描显示屏幕，为了减少图象的闪烁程度，在扫描过程中按隔行的方式进行。

显示器的结构除了基本的CRT以外，还有一些其它的结构，如激光扫描显示器，发光二极管显示器和液晶显示器等。IBM PC微机系统所采用的是光栅扫描显示器。

IBM PC微型机是用光栅显示器来显示图形的。对于 320×200 中分辨率或 640×200 的单色高分辨率的显示器，显示屏显示出的图象是由许多行光栅线组成，每一行光栅线则由称为像素(图象元素或象元)的点构成。在 320×200 模式下，有200行光栅，其中每一行光栅包含320个像素。光栅行的编号是从0到199；每一行光栅内的像素编号是从0到319。每一像素由一对数字来确定位置，即光栅行号和该行中的像素号。在荧光屏上，扫描的电子束把一些像素点亮或不点亮，就可输出所要显示的图象。

光栅扫描的基本问题是：所采用的计算机图形语言必须

具有点亮某单个像素的能力。在本书中所使用的高级 BASIC 语言, 用 PSET 和 PRESET 语句完成这个任务。对于其它的语言、有用 POINT 语句来完成这一任务的, 关于用其它的语言绘图, 可参考有关的语言书籍。语句 PSET 和 PRESET 的用法见本书第二章。

1.2.2 存贮器

微型计算机通常使用盒式磁带、硬磁盘和软磁盘作为外存贮器。其存贮能力与它的配置有关, 大多数的硬磁盘具有 20M 字节的容量, 也有 40M 的硬盘。软磁盘可随时插入到软盘驱动器中作为输入/输出设备, 其容量可以说不受限制。下面主要介绍处理器内部的存贮器, 也就是在绘制图形时, 内存中所进行的一些操作的实质。

一、文本页面的存贮器分配情况

在上一小节中介绍了显示器, 它的显示方式由软件来控制。具体地说, 在使用高级 BASIC 语言编制图形程序时, 显示方式由 SCREEN 语句控制。SCREEN 语句的格式如下:

```
SCREEN[mode][, [burst][, [apage][, vpage]]]
```

其中: mode 是 0 则选文本显示方式;

mode 非 0 则选为图形显示方式;

burst 决定在屏幕上显示的字符是黑白还是彩色。在 mode=0 时, burst=0 为黑白, 非 0 为彩色;

apage 表示要打印的屏幕页面;

vpage 表示所显示的屏幕页面。

在屏幕的宽度设置成 80 列时, 有四个可供利用的页面; 屏幕宽度设置成 40 时, 则有八个页面可供使用。如对 apage

和vpage不指定具体的值，它们取缺省值0。

当选定文本屏幕时，它所提供的图形功能在图形屏幕上不能使用。但文本屏幕的主要优点是可以快速地产生某类图形显示，并具有多种可供选择的颜色，在产生动画图形时基本上没有闪烁。另外，程序也比较容易设计。主要缺点是不能点亮一个特定的象素，也就不能画出连接任意点的线段。在这种模式下，不能从打印机上硬拷贝屏幕所显示的图形。基于上述的特点，我们着重讨论文本页面的存贮器分配情况。

当使用彩色/图形卡时，文本屏幕和图形屏幕都是按照存贮单元&HB8000—&HBBFFF的内容进行显示。表1-3给出了40列和80列文本屏幕每一页所用的存贮器范围。

表1-3 文本屏幕的存贮器分配

40列显示		80列显示	
页面	存贮器地址	页面	存贮器地址
0	&HB8000—&HB87FF	0	&HB3000—&HB3FFF
1	&HB8800—&HB8FFF		
2	&HB9000—&HB97FF		
3	&HB9800—&HB9FFF	1	&HB3000—&HB3FFF
4	&HBA000—&HBA7FF	2	&HBA000—&HBAFFF
5	&HBA800—&HBAFFF		
6	&HBB000—&HBB7FF		
7	&HBB800—&HBBFFF	3	&HBB000—&HBBFFF

如果在文本屏幕上显示字符，则每个字符要占用存贮器的两个字节，其中一个字节用来指定该字符的ASCII码，另

一个字节用来指定显示这一字符所用的颜色。这两个存贮单元是这样定义的，每个偶数号存贮单元存放要显示字符的ASCII码；奇数号存贮单元用来存放待显示字符的颜色代码。于是，在编程时，若改变偶数号存贮单元的内容，则只改变所显示的字符，而不改变字符颜色。如果只改变奇数号存贮单元的内容，则只会改变所显示字符的颜色，而不会改变显示的字符。

如果把屏幕设置成80列的显示模式，则需要4000个字节的存贮器 $[(80 \text{ 个字符}) \times (25 \text{ 行}) \times (2 \text{ 字节/字符})]$ 表 1.3 给出了4096个字节；对40列显示模式，给出了2048个字节。这主要是从存贮器分配的整体结构考虑的。不过，多出来的这些字节数也是无用的。

二、图形屏幕 2 对存贮器的用法

若计算机显示器设置为高分辨率① 640×200 (SCREEN 2) 模式，则显示在屏幕上的图象是逐比特(即逐位)地显示出存贮器中图形页面的内容。图形页面包含编号为 &HB8000—&HBBFFF 的 16K 的存贮单元。中分辨率(320×200)和采用彩色/图形卡的文本屏幕与高分辨率图形屏幕一样，所使用的内存范围是一致的。下面先说明高分辨率图形屏幕对内存的使用情况。

在高分辨率模式下，左上角屏幕位置由存贮单元 &HB8000 的内容控制。实际的情况是，该存贮单元的 8 个比特控制显示在第 0 行上的前 8 个象素点。比特 8 控制(0, 0)点；比特 7 控制(0, 1)点等等。例如，存贮单元 &HB8000 中包含数字 18 (这可用 BASIC 语言语句 DEF SEG = &HB8000:

①以后所讲到的高分辨率，无特殊说明均指 640×200 象素的屏幕。

POKE 0,18实现)。18 的二进制数表示为00010010, 则所显示的图形如图1-1所示。

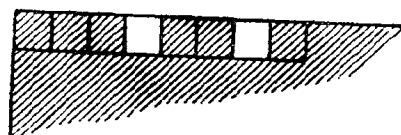


图 1-1

在高分辨率模式下, 显示在最上一行(第0行)的像素, 由存贮单元&HB8000—&HB804F的80个字节的内容控制。似乎第81个字节控制第1行的前8个像素。然而并非如此。第81到第160字节的内容控制着第2行的像素; 以及第161到第240字节的内容控制着第4行的像素。只要读者留意一下前面介绍的光栅显示器的扫描方式, 就会明白为什么是这样。

第一行的640个像素, 由存贮单元为 &HBA000 开始的80个字节控制。紧接着的80个字节控制第三行的640个像素。依此类推。

一般的情况是, 若第L行的一个像素由存贮单元S控制, 当L是偶数时, 则该像素下面一行对应的像素由存贮单元S+8192中的内容控制; 若L是奇数, 则该像素下面一行对应的像素由存贮单元S-8192中的内容控制。这就是因光栅显示器采用隔行扫描所带来的结果。

三、中分辨率图形屏幕使用存贮器的情况

中分辨率图形屏幕(SCREEN 1)使屏幕的每一行显示320个像素。它是高分辨率图形屏幕显示像素数的一半。似乎只需要一半字节的存贮单元就能正常工作。然而, 由于中分辨率图形屏幕包含有图形的彩色信息, 故必须为彩色代码

分配内存空间。

在中分辨率模式下，为了实现对象素及其颜色的控制，对每个象素必须分配两比特的空间。于是，存贮器图形页面中的每个字节控制显示屏幕上的 4 个象素。图 1-2 给出了存贮单元 &HB8000 对中分辨率屏幕第 0 行中前 4 个象素的控制情况。图形屏幕上的每个象素都是由存贮器某个字节的两比特进行控制。

		比特数							
存贮单元 &HB8000	显示屏幕 象素号数	8	7	6	5	4	3	2	1
		1	2	3	4				

图 1-2

存贮单元中的这些两比特的内容，可以作为区分象素颜色的二进制数看待。对第一个象素而言，若第 8 位和第 7 位都是 0，则该象素在当前指定的调色板下以颜色 0 来显示。这时，是以背景颜色画出这一象素，看上去什么也没有画出来。若第 8 位是 0，而第 7 位是 1，则在当前调色板上以颜色 1 $[(01)_2 = (1)_{10}]$ 画出该象素。如果第 8 位是 1，第 7 位是 0 (十进制数字 2)，则以颜色 2 显示出这一象素。若这两位都是 1，则按颜色 3 画出该象素。

由于第 0 行上前 4 个象素由存贮单元 &HB8000 中的内容控制，如果现在要想让最左边的那个象素用颜色 1 画出，其它三个象素用背景色显示，应怎样设置存贮单元 &HB8000 中的内容呢？可以这样考虑：第 1 个象素颜色由第 8 位和第 7 位组合控制，颜色 1 的二进制码为 01，即第 8 位置为 0，第 7 位置为 1，其余的象素按背景颜色，故都置为 0。于是从第 8 位至第 1 位的二进制数排列起来就是 01000000。