

计算机图形学 入门

jisuan jituxingxue
rumen
jisuan jituxingxue
rumen



电脑小百科丛书

计算机图形学入门

江苏科学技术出版社

电脑小百科丛书

计算机图形学入门

蔡士杰 编著 张福炎 审校

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：常熟印刷厂

开本787×1092毫米1/32 印张8.625 插页2 字数186,000

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数1—5,200册

书号:15196·202 定价:1.50元

前 言

中国有句俗话：“一张好画能抵千言万语”。在计算机逐步进入各个领域的过程中，人们越来越多地使用计算机来显示图形，也日益认清了图形显示技术在计算机应用中的重要作用。计算机图形学已成为计算机科学的一个分支学科。

大规模集成电路的发展使微型计算机迅速取代了以前的中、小型计算机的地位，大大地促进了计算机的推广应用。近几年来，计算机图形学也随着微型计算机的普及进入了各种应用领域，它在计算机辅助设计、计算机辅助教学、计算机模拟、数据处理及办公室自动化等方面均起着极重要的作用。越来越多的人已经或将要成为计算机图形系统的用户或开发者。

本书是为计算机图形学的初学者编写的。为了做到通俗易懂，深入浅出，本书以苹果Ⅱ微型计算机为背景，列举大量程序实例来配合有关概念的介绍。书中列举的六十个程序实例均用BASIC语言写成，并可在苹果Ⅱ（或紫金Ⅱ等）机上运行。程序本身不一定十分完善，但它们能帮助读者理解和掌握书中内容。即使没有机会使用这类机器的读者，也能

从程序实例中得到不少帮助。

编著者在编写本书的过程中，自始至终地得到了张福炎副教授的指导和帮助。书稿完成后，又承张福炎同志审阅了全书，并提出了许多宝贵的修改意见。借此机会，谨致衷心感谢。

限于编著者的水平，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 著 者

于南京大学计算机科学系

1985年6月

《电脑小百科丛书》

出版说明



被誉为新技术革命精英的电脑，正在走向社会生活的各个领域。亲爱的读者，你了解电脑吗？你会使用电脑吗？

如果你对电脑还不熟悉，这套丛书将为你译写一些介绍电脑历史、作用和发展前景，以及以电脑为研究手段的新兴学科的通俗知识读物。

如果你正在学习如何与电脑打交道，这套丛书将为你准备一些学会电脑操作和程序设计的技能训练读物。

如果电脑已经成为你工作和学习的助手，这套丛书将为你提供各种必备的实用手册和开发电脑应用新领域的技术入门书籍。

顾名思义，这是一套以电脑为主题、以各方面读者为服务对象的百科小丛书。我们企望它能给有志祖国振兴事业、追求现代科学知识的读者，带来一些最新的信息和实际的帮助。

编 者

电脑小百科丛书

电脑史话

电脑使社会改观

电脑知识手册

计算机汉字编码手册

大众BASIC速成

实用BASIC一百例

计算机图形学入门

医院自动化信息处理

江苏科学技术出版社

目 录



第一章 图形显示器的基本工作原理

- 1. 1 光栅显示器成象的基本原理.....〔 1 〕
- 1. 2 屏幕缓冲存储器 and 计算机存储器.....〔 3 〕
- 1. 3 文字显示模式.....〔 8 〕
- 1. 4 图形显示模式.....〔 11 〕
- 1. 5 显示模式的选择.....〔 20 〕

第二章 显示基本图形的BASIC语句

- 2. 1 点的显示.....〔 25 〕
- 2. 2 线段和折线的显示.....〔 30 〕
- 2. 3 曲线的显示.....〔 39 〕
- 2. 4 小结.....〔 41 〕

第三章 二维图形的显示和变换

3. 1	二维图形的裁剪	[48]
3. 2	视见转换	[56]
3. 3	二维图形的缩放变换	[64]
3. 4	图形的平移	[68]
3. 5	图形的旋转	[72]
3. 6	变换算法的矩阵表示及齐次坐标 变换	[76]
3. 7	复合变换算法的矩阵表示	[80]
3. 8	变换矩阵的应用	[87]

第四章 常用几何图形的显示及图形的着色

4. 1	直线的显示	[95]
4. 2	圆的显示	[98]
4. 3	正多边形的显示	[105]
4. 4	椭圆的显示	[106]
4. 5	抛物线的显示	[115]
4. 6	双曲线的显示	[118]
4. 7	函数 $Y = F(x)$ 的曲线的显示	[120]
4. 8	极坐标曲线的显示	[121]
4. 9	图形的着色	[122]

第五章 三维图形的变换与显示

- 5. 1 三维坐标系.....[135]
- 5. 2 三维图形的变换.....[138]
- 5. 3 三维图形在二维屏幕上的显示.....[144]
- 5. 4 单物体显示时隐藏面、线的消除.....[164]
- 5. 5 两个物体同时显示时隐藏线、面的
消除.....[174]
- 5. 6 曲面 $Z=F(x, y)$ 的隐藏线的消除.....[190]

第六章 计算机动画技术

- 6. 1 动画的显示.....[194]
- 6. 2 正弦动点和弹跳的小球——动点的
显示.....[196]
- 6. 3 翘翘板——动线的显示.....[198]
- 6. 4 变化的矩形——变动多边形的显示.....[199]
- 6. 5 时钟——实时动画的显示.....[201]
- 6. 6 转动的棱锥体——三维动画的显示.....[204]

第七章 图形输入输出设备及交互式图形系统接口设计

- 7.1 图形输出设备.....〔211〕
- 7.2 图形输入设备.....〔217〕
- 7.3 交互式图形系统的接口设计.....〔227〕

第八章 计算机图形显示技术的应用

- 8.1 计算机图形显示技术在计算机
辅助设计中的应用.....〔239〕
- 8.2 计算机图形显示技术在信息管理
上的应用.....〔248〕
- 8.3 计算机图形显示技术在计算机辅助
教学中的应用.....〔258〕

第一章 图形显示器的基本工作原理

用计算机来显示图形的技术，已被广泛地应用于各个领域。比如，在计算机辅助设计中显示电路图、建筑图、机械零件图等；在计算机辅助教学中显示反映物理、化学现象的图形，显示表达数学函数的图形等；在计算机模拟中显示飞机飞行环境模拟图等。另外，在信息管理和办公室自动化等方面，计算机图形显示技术也有着重要的应用。

计算机通过图形显示，更简明而形象地给出各种信息，并能给出用文字无法表达的信息（如动画等）。那么，计算机是怎样显示各种图形的呢？本书将从几个方面来阐述这个问题。这一章先介绍图形显示器的基本工作原理。

1.1 光栅显示器成象的基本原理

大多数微型计算机使用一个光栅显示器来显示图形。光栅显示器的屏幕可以看作一个由许多行、每行由许多点所组成的矩阵。该矩阵中的每一个点称为一个“象元”，它可以由程序来显示或擦去。一幅图形的显示，是通过显示器产生的电子束从左往右、自上而下地逐行进行扫描，显示与该图形对应的所有象元来实现的。图 1.1 给出了光栅显示器屏幕上显示的点与被显示图形的对应关系。这里，要显示的图形是一所房子的一个侧面轮廓，屏幕上显示出的是那些对应于

该侧面轮廓的象元。

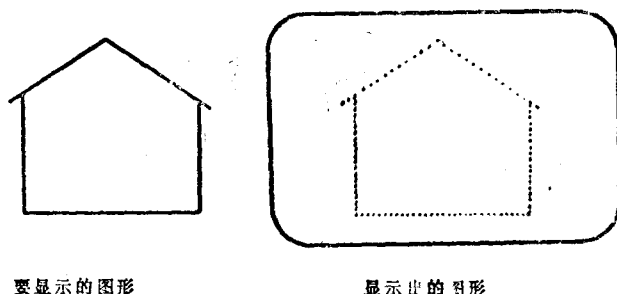


图1.1 光栅显示器屏幕图形成象原理

为了清楚地说明光栅显示器的成象原理，图 1.1 有意地加大了屏幕上相邻各点之间的距离。在实际的显示器屏幕上，相邻点之间的距离要小得多。因此，显示出的线条能具有实线条或接近于实线条的效果。

苹果 I 微型机的显示屏幕由 192 行、每行 280 个象元组成。这就是说，它的分辨率是 280×192 。纵向的 192 行按从上到下的次序编成第 0 行、第 1 行、……，第 191 行，每一行横向的 280 个象元从左向右编成第 0 列、第 1 列、……、第 279 列。这样就定义了一个二维屏幕坐标系（见图 1.2）。屏幕上的每一象元均和该坐标系中的一个二维坐标（ X, Y ）相对应，其中 Y 表示该象元所在行的行号， X 表示该象元所在列的列号。

给定了有效范围内（ $0 \leq X \leq 279, 0 \leq Y \leq 191$ ）的一个二维屏幕坐标（ X, Y ），就指定了一个屏幕象元。这样，有关命令可通过对应的屏幕坐标来显示或擦去某个象元，也

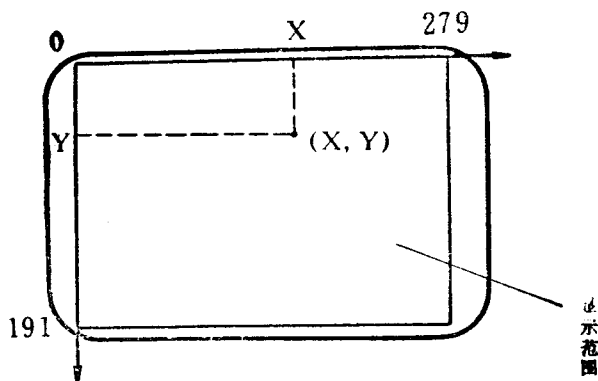


图1.2 苹果Ⅱ屏幕坐标系

可以通过对应的两个坐标来显示或擦去两个象元之间连线上的所有有关象元，从而显示或擦去该线段。

1.2 屏幕缓冲存储器和计算机存储器

光栅显示器在屏幕上显示一幅图形时，扫描装置按某一固定方式扫描荧光屏。图 1.3 是一种常用的扫描方式，其中实线表示扫描路径，虚线表示回扫路径。当扫描到与图形对应的象元时，显示器就发出电子束去激励荧光屏幕，使该点发光。一帧扫描之后，所有被激励的光点的全体便构成了一幅完整的图形。

荧光屏幕被激励后发光的时间是很短的。因此，要使屏幕上的图形持续发亮而无闪烁，必须对屏幕上的整幅图形以每秒三十次以上的频率反复激励。这就需要有一个获得图形

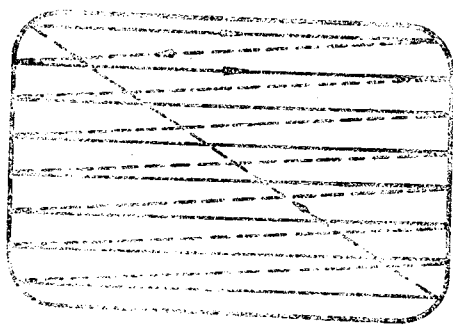
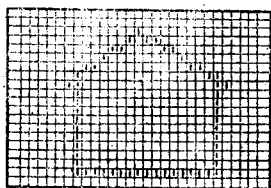
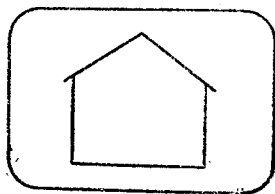


图1.3 光栅扫描原理

信息的简单而快速的途径。为此，可以使用一个与屏幕象元矩阵对应的屏幕缓冲存储器来存放图形信息。屏幕缓冲存储器(或简称缓存)与屏幕象元矩阵有一一对应关系。比如，在简单的黑白图形显示中，可让缓存中每一个二进位与一个屏幕象元一一对应。当某二进位为“1”时，表示对应象元为亮；当某二进位为“0”时，表示对应象元为暗。这样，扫描装置读取缓存单元内容后，依据每一位的“1”或“0”



存储器内容



屏幕显示之图形

(除1单元以外的其余单元均为0)

图1.4 屏幕图形和缓冲存储器信息的关系

状态去激励或不激励对应的屏幕象元。图 1.4 表明了屏幕上显示的图形与屏幕缓冲存储器内容之间的对应关系。显示装置的功能就是把缓冲存储器的内容反映到屏幕上去。

由上可知，计算机要显示一个图形时，只须把屏幕缓冲存储器的某些位置成“1”，把另一些位置成“0”。比方说，当原来的缓存内容全部为“0”时，计算机将图 1.4 左边所示的那些位置成“1”以后，显示器就能显示出图 1.4 右边的图形。这就是说，计算机、屏幕缓冲存储器、显示装置和屏幕在显示图形过程中的关系是：

- 计算机的中央处理机根据用户程序的要求对屏幕缓存进行布码；

- 显示装置定期地读取缓存信息并把它反映到屏幕上去。

图 1.5 给出了这样的结构框图。

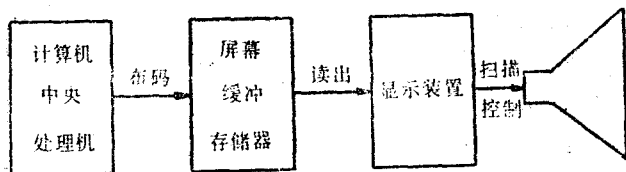


图 1.5 简单的图形生成与显示系统

在具有彩色图形显示能力的系统中，屏幕上的每一象元必须有多于 1 位的缓存单元与之对应。这样才能为该象元给出不同的色彩编码。

苹果 II 计算机的屏幕缓冲存储器设在主存储器中，就是说，苹果 II 的屏幕缓冲存储器是主存储器的一部分。计算机中央处理机可按访问主存储器的正常方式来访问屏幕缓冲

区。显示装置可以与中央处理机“同时”访问缓冲区，读取其中的信息，从而在屏幕上显示出图形来。

苹果Ⅱ计算机有容量为64K字节（1K=1024，1字节=8个二进制位）的主存储器。对主存储器存取的基本单位是一个字节。对每一个字节的存或取通过该字节的地址来进行。全部64K字节所对应的地址依次为0到65535，用十六进制表达就是\$0到\$FFFF。

苹果Ⅱ计算机主存储器的使用分配情况由图1.6给出，图中指明了几种不同的显示模式分别使用的缓冲区在主存储器中的位置。

主存储器的\$400（1024）到\$7FF（2047）部分被用作文字显示模式（即显示程序等）下第一页的缓冲区，或低分辨率图形显示模式下第一页缓冲区。

主存储器的\$800（2048）到\$BFF（3071）通常存放BASIC程序。但它也可以在把BASIC程序存到另外的地方后用作文字显示模式下第二页缓冲区，或低分辨率图形显示模式下第二页缓冲区。

类似地，主存储器\$2000（8192）到\$3FFF（16383）是高分辨率图形显示模式下第一页缓冲区，而高分辨率图形显示模式下第二页缓冲区位于主存储器\$4000（16384）到\$5FFF（24575）的部分。

因为苹果Ⅱ机的屏幕缓冲存储器就在主存储器之中，因此，存储单元的使用有时会发生冲突。比如，当缓冲区\$2000—\$3FFF正被用于显示高分辨率图形时，若数组太大就会侵入到该缓冲区，从而破坏了正在显示的图形。因此，在有可能发生冲突的情况下，应该在程序定义变量、数组之前使用