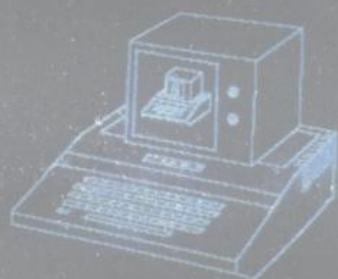


微 电 脑 图 形 学

[美] R.E. 迈尔斯 著 刘志成 刘焜 译



科学普及出版社

微 电 脑 图 形 学

〔美〕 R. E. 迈尔斯 著

刘志成 刘 焜 译

科 学 普 及 出 版 社

内 容 提 要

本书详尽而系统地介绍了电脑绘图的基本知识及程序编写的技巧。书中列举了80个完善的BASIC语言绘图程序供读者参考。这些程序可在苹果Ⅱ型微电脑以及具有绘图功能的其他微电脑上展示各种奇妙图像(平面的、立体的、动态的;黑白或单色的、彩色的),而且具有较强的直观性和启发性。

现今,电脑绘图已应用于电子游戏和飞行员的模拟飞行训练,并已作为一种有广泛用途的辅助设计手段,如用来帮助工程师设计电路,或进行桥梁的设计与分析等。

本书可作为具有BASIC语言知识的中学教师、学生、工程技术人员及微电脑用户学习电脑绘图的一本入门书。

Microcomputer Graphics

Roy E. Myers

Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1982

微 电 脑 图 形 学

[美]R. E. 迈尔斯 著

刘志成 刘 焜 译

责任编辑:赵兰慧

封面设计:赵一东

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京怀柔燕东印刷厂印刷

开本:850×1168毫米1/32 印张:9.5 字数:250千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数:1—4,600册 定价:2.15元

统一书号:15051·1208 本社书号:1348

前 言

亚里斯多德在沙地上绘图；达·芬奇把他的解剖学和工程学研究成果用墨水绘成图形；幼儿学会讲话之前用铅笔及蜡笔绘画以表达感情和思想，这说明图形无论是通过什么媒介表达，人类很早就认识到它的价值。真可谓“一图抵千语”。

现在，已届电脑控制汽车、立体音响系统和宇宙飞船的时代。如果不用电脑来绘制和显示图象，这一切将是不可想象的。电脑绘图的应用范围是广泛的，从电脑游戏，到电脑辅助设计，及显示“旅行者2号”飞船经过土星时所拍摄的图片等等。

电脑绘图始于50年代。尽管那时这一技术已有较大的进展，但没有人能够使用电脑绘图。而昂贵的设备，使绝大多数电脑用户只能望而兴叹！但是新时代已经到来。现在，一台电脑绘图系统价值只有几千美元。商业界、教育界和个人都已发现，电脑绘图并不神秘，而又是非常有用的，能增长智慧的，使人感到乐趣的技术。

尽管用廉价的微电脑绘图系统还远远达不到艺术品创造的水平，但却能在需要时为有使用程序能力的用户提供有用的图象。由于更完善的绘图系统超出微电脑所具有的功能，因此为了得到高质量的图象，微电脑用户应该设法使绘图的硬件及绘图语言进一步完善。

本书的宗旨在于介绍微电脑图形学有关的数学及程序编制方法。这里所介绍的数学处理过程适用于任何电脑系统。书中用BASIC语言书写的程序是为苹果II型机而编制的；其中的许多程序也可用其他语言编写，也适用于其他微电脑。

我们的目的不是讲授BASIC语言。但要求本书的读者熟悉BASIC语言，并阅读过苹果软件BASIC程序设计参考手册及苹

果Ⅱ型机参考手册。本书所列举的程序，采用带有一个磁盘驱动器的48K的系统，其中大部分经修改后可放在更小的系统中。对于没有磁盘驱动器的苹果Ⅱ型电脑的用户，可改用磁带存储程序。在苹果Ⅱ型电脑上，存储能力只限于提供高分辨率绘图页，但用HGR:POKE—16302，0代替HGR2，就具有可使用大部分程序的功能。

本书举例用的程序，其目的在于介绍绘图方法，而不是介绍编程的技术。书中给出的不是完美的程序，聪明的用户自己可以去找省机时的方法，以编制出更完善的程序。本书的程序都已校验过并消除了错误。使用中如果程序执行不下去，多半是键盘输入程序时操作有错误。

本书的全部程序已经存入软盘。此外还附有一些用机器语言一级编写的程序（备有说明书），这些程序可处理一些费时的三维运算及隐线的清除问题。

目 录

第一篇 引言	1
第一章 微电脑绘图范围	1
扫描线和象素	1
小结	11
提示和建议	11
第二篇 电脑	3
第二章 苹果II型微电脑的绘图特点	13
存储分配和用法	13
显示用的内存地址分配	16
文本 (TEXT)	20
低分辨率绘图 (GR)	20
高分辨率绘图 (HGR)	21
提示和建议	24
颜色	24
分辨率	26
什么是线?	27
颜色置定	28
软转换开关	31
移动存储区	35
附加的绘图页	39
文本第2页	42
底板图形	45
程序设计手段	45
读键盘	45
长程序	46
提示和建议	47
第三章 绘图屏幕中的文本	49

比特图样的文本	49
字符	49
实施	54
提示和建议	59
文本的图形表	61
提示和建议	69
第三篇 二维绘图	71
第四章 电脑绘图的软件手段	71
屏幕定标	71
剪切和视见区	72
剪切	73
视见区	77
变换	77
引言	77
变换的矩阵表示法	80
等同转换	80
比例	83
反射	85
切变	85
旋转	86
齐次坐标	90
平移	91
组合变换	92
提示和建议	99
第五章 解析几何和电脑绘图	101
坐标轴	101
线	103
圆	106
矩形坐标法	106
用角增量方法画点	108
递归法算点	109
剪切	111

椭圆.....	112
以(0, 0)点为中心的椭圆.....	113
平移和旋转.....	114
更多的变换.....	116
参数方程.....	117
抛物线.....	119
双曲线.....	121
极坐标曲线.....	122
$Y = F(X)$ 型的曲线	123

第四篇 三维绘图 125

第六章 三维绘图学基础 125

坐标系	125
变换.....	130
比例变换.....	130
旋转.....	130
平移.....	131
反射.....	132
连续变换.....	132
逆矩阵.....	134
坐标系变换.....	135
投影.....	136
三维物体的二维图形.....	138
程序的编制.....	143
观察点和透视.....	145
图形变换.....	149
提示和建议.....	153
$Z = F(X, Y)$ 型的表面	154

第七章 被遮线和被遮面程序 157

引言.....	157
面的方位.....	158
操作理论.....	159

方位矢量	159
可见度	161
顶点数组	161
面数组	164
法线数组	166
可见度检验	167
边数组	169
绘图	170
提示和建议	174
两物体时抹去被遮部分	175
两物体时对分查找法	177
两物体, 任意观察点的情况	180
操作理论	180
顶点数组	184
面数组	185
法线数组	187
边数组	188
物体的优先度问题	191
优先度为 1 的各边	191
优先度为 2 的各边	192
边的端点可见度状态	194
部分被遮边的剪切	195
提示和建议	203
$Z = F(X, Y)$ 型表面的被遮线抹除法	204
提示和建议	210
第五篇 动画	211
第八章 动画图像	211
用HPLOT画动画图像	211
转动方块	212
三维动画图像	215
图形表动画	220
提示和建议	223

第六篇 外部设备及软件.....225

第九章 系统组成.....225

输入的硬件设备和软件.....225

游戏操纵杆和按钮.....225

光笔.....227

图形数字化板.....227

输出硬件设备和软件.....229

绘图仪.....229

绘图打印机.....230

附录.....232

附录 1 二进制、十进制和十六进制数系统.....232

二进制数.....233

十六进制数.....234

十六进制数和二进制数的关系.....237

附录 2 图形表.....238

图形和图形表.....239

关于程序A2.2的说明.....243

使用图形.....245

程序A2.2 (建立图形).....247

附录 3 矢量.....254

矢量的倍乘.....255

线的矢量表示法.....255

三维空间中的矢量.....257

矢量点乘.....257

矢量叉乘.....259

半平面.....259

附录 4 矩阵.....261

矩阵乘积.....262

附录 5 角的弧度表示法.....263

附录 6 封面图形的程序.....261

封面：左上图（程序A6.1）	265
封面：右上图（程序A6.2）	272
封面：左下图（程序A6.3）	274
封面：右下图（程序A6.4）	278
封底：左图（程序A6.5）	279
封底：右图（程序A6.6）	281
图5.1的程序（程序A6.7）	283

程 序

1.1	天 空	(2)
1.2	反弹 球	(2)
1.3	宇宙飞 船	(3)
1.4	波 纹	(4)
1.5	彩 线	(5)
1.6	曲 线	(6)
1.7	圆	(6)
1.8	环	(7)
1.9	艺术家 的 工具	(8)
2.1	比特图样	(22)
2.2	显示多字符的二进制图样	(23)
2.3	颜色的第 1 个问题	(24)
2.4	混合颜色引起的问题	(25)
2.5	高分 辨 率	(26)
2.6	置 定颜色	(29)
2.7	颜色 控制的 改进	(30)
2.8	闪烁X 和 方 框	(33)
2.9	动画 方 块	(34)
2.10	存储区移 动 子程序	(37)
2.11	复印名 字	(38)
2.12	附加 的绘 图页	(40)
2.13	两 页 文 本	(44)
3.1	字母文件的比特 图 样	(55)
3.2	绘图页中文本 比特 图样	(58)
3.3	图形表字母 文 件	(62)
3.4	绘图页的文本 图 形表	(67)

4.1	剪切	(75)
4.2	矩形 1	(77)
4.3	矩形 2	(78)
4.4	矩形	(78)
4.5	矩阵	(81)
4.6	齐次坐标	(94)
4.7	六角形	(98)
4.8	六角形设计	(99)
5.1	线	(103)
5.2	剪切线	(104)
5.3	线	(105)
5.4	圆 1	(105)
5.5	圆 2	(108)
5.6	圆 3	(110)
5.7	剪切圆	(111)
5.8	椭圆 1	(114)
5.9	椭圆 2	(115)
5.10	椭圆 3	(116)
5.11	参数	(118)
5.12	抛物线	(120)
5.13	抛物线的旋转	(120)
5.14	双曲线	(122)
5.15	极坐标	(122)
5.16	曲线	(124)
6.1	立方体	(144)
6.2	观察点	(147)
6.3	变换的正立方体	(152)
6.4	表面	(153)
7.1	用面方位法抹去被遮线	(171)
7.2	抹被遮线, 两物体时抹去被遮部分	(175)
7.3	两物体时抹除被遮线的对分查找法	(177)

7.4	两物体时抹被遮线, 任意观察点的情况	(198)
7.5	面	(204)
7.6	被遮线 ($Z = F(X, Y)$ 型面)	(206)
8.1	旋转的方块	(212)
8.2	旋转角锥	(216)
8.3	蚯蚓	(221)
9.1	操纵杆读数	(225)
9.2	电写笔	(226)
9.3	改进的电写笔	(226)
A1.1	基数转换 (十六进制转换为十进制)	(236)
A1.2	基数转换 (十进制转换为十六进制数)	(237)
A2.1	雷达	(247)
A2.2	建立图形	(249)
A6.1	封面左上图: 苹果II型机	(265)
A6.2	封面右上图: 余弦曲面	(272)
A6.3	封面左下图: 曲面/平面	(275)
A6.4	封面右下图: 极坐标图案	(278)
A6.5	封底左图: 扇面图	(279)
A6.6	封底右图: 房子	(282)
A6.7	图5.1: 心形图	(286)

第一篇 引言

第一章 微电脑绘图范围

《电脑图形学》对不同行业的人有不同的用途，有些人用它做电脑游戏；有些人用电脑进行飞行模拟并用它训练飞行员；对于一个建筑师来说，电脑绘图可为建筑物设计提供图像显示，这是建筑设计的一种手段；工程师可以用电脑绘图进行电路或桥梁的设计与分析。

电脑绘图应用广泛，用法也是各种各样的。本书的宗旨在于介绍用微电脑产生图形所应具备的起码数学知识和程序设计技术。苹果II型微电脑作为我们讨论的主要机型，所列举的全部程序都是用“苹果机软件”的BASIC语言写成的。在这一章里，我们将用实例介绍电脑的绘图能力和编制程序的过程。这些在后面的各章中还将详细介绍。

扫描线和像素

苹果机是用扫描线显示的，简单地说，屏幕是由一些水平线组成的，称为扫描线；每条水平线又是由许多称为像素的点组成的。在苹果机高分辨率绘图模式中，屏幕上有192条扫描线，每条包含280个像素。扫描线从0~191编号，每条扫描的像素从0~279编号。屏幕上的每个像素则用两个数码（扫描线的号码和扫描线上像素的号码）来识别。在绘图屏幕上产生的图像由改变像素的开与关的状态来控制。

在光栅扫描的中心部分，电脑绘图语言必须具有接通一个像素（即光点）的能力。在苹果机软件语言中，HPLLOT指令就可以完成这个任务。HPLLOT X, Y 这个语句就是把编号为Y的

扫描线上的X像素点亮。例如：HPLOT 0, 0 语句的功能是将屏幕上左上角的像素显示为亮点。HPLOT 279, 191 将点亮屏幕上右下角的像素。用这种方法很容易控制扫描线上任意位置的点。

而电脑绘制的大部分图形是由许多孤立的点组成的，这里所举第一个例子的程序显示的图形只用HPLOT指令：

程序1.1 天空

```
1  REM PROGRAM 1.1 (SPACE)
2  REM PLOTS RANDOMLY SELECTED POINTS
10 HOME : HGR : HCOLOR = 3
20 FOR I = 1 TO 100
30  X = RND (1) * 279:Y = RND (1) * 191
40  HPLOT X,Y
50  NEXT I
```

这个程序中的标号30语句是在天空中画满星星，每个星星的位置都是随机的，每改变一次程序都会画出一个新的星图。

程序1.2 反弹球

作为HPLOT语句的第二个例子是模拟反弹球。

```
1  REM PROGRAM 1.2 (BOUNCING BALL)
2  REM SIMULATES A BALL BOUNCING OFF FLOOR AND WALLS
10  DX = 4 : X = 8 : Y = 0 : A = 2 : V = 0
20  HOME : HGR
30  HCOLOR = 2 : HPLOT 2,0 TO 2,133 TO 266,133
    TO 266, 0
40  HCOLOR = 3 : HPLOT X,Y: HPLOT X+ 1,Y
50  IF Y = 132 THEN V = -V: IF V = 0 THEN
    V = -20
```

```

60 IF X>263 THEN DX = -DX
70 IF X<6 THEN DX = -DX
80 V = V + A
90 HCOLOR = 0 : HPLOT X,Y: HPLOT X + 1,Y
100 Y = Y + V:X = X + DX
110 GOTO 40

```

标号40语句画出一个小球，为了看得更清楚一些，用了两个并排的点画出白色的小球。

标号30语句，画出边墙和地板，球碰到它们时就会反弹回来。

DX表示小球的水平速度，它是恒定不变的，用可变的速度V和恒定的加速度A共同控制小球的垂直方向的运动。

标号40语句是用白点来模拟小球的运动，然后用标号90语句在同一位置上再画黑点，这便擦掉小球。

用标号100语句改变小球的X、Y坐标位置，球就被画在新的位置上，便产生了运动的感觉。

标号50~70句是用来控制球弹离墙和地板的语句。当小球反弹位置下降（ $Y = 132$ ， $V = 0$ ）时，用50语句产生加速小球运动的效果，以维持运动。

球将连续不断地反弹，直到按CTRL-C或RESET才终止。

注意：本章列举的程序所使用的技术，将在书后面各章中详细介绍。这里不考虑编程的细节。你只需欣赏绘出的图形。

程序1.3 宇宙飞船

下面的程序画出一个儿童的宇宙飞船模型。

```

1 REM PROGRAM 1.3 (SPACE SHIP)
2 REM USES HPLOT TO DRAW ELEMENTARY
  SHAPES
10 HOME : HGR2 : HCOLOR = 3

```