

计算机屏幕绘图与 数字仿真

王强如 李兰友 编著



41
2/1

天津大学出版社

TP391.01
122R/1

计算机屏幕绘图 与 数字仿真

王强如 李兰友 编著



天津大学出版社

内 容 提 要

本书全面系统介绍了APPLE I、IBM-PC微机屏幕绘图和数字仿真的原理及应用。全书共分十一章。一至八章叙述计算机图形显示的基本原理和技巧、二维三维图形变换、动画技术以及图形中字符和汉字的显示、图形信息存贮打印。九至十一章叙述控制系统数字仿真及CAD绘图软件包的组成、功能和特点，详细介绍了仿真原理和算法。全书给出100多个有实用价值的典型程序，读者可直接使用。

本书可供从事计算机绘图、计算机辅助设计和系统仿真等科技人员、大专院校师生、中小学教师使用，也可做为教材。

JS310/06

计算机屏幕绘图与数字仿真

王强如 李兰友 编著

※

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本：787×1092毫米1/16 印张：23³/₈ 字数：580千字

1987年11月第一版

1987年11月第一次印刷

印数：1—10000

ISBN 7-5618-0021-5

统一书号：15401·13

定 价：5.10元

前 言

随着微型计算机技术的迅速发展, 计算机图形显示技术已逐渐深入到科学技术和社会生活的各个领域。在计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助教学 (CAI) 中, 在科学和工程计算、仿真、信息处理、过程控制、参数检测、办公自动化以及艺术、出版、广告中, 都已使用计算机进行图形设计和处理。

为了推动微型计算机在各个领域的应用, 我们在多年教学和科研的基础上, 结合国内外有关文献资料编写了本书。本书针对我国广泛应用的APPLE II、IBM-PC微型计算机, 从实用角度, 以高分辨率、中分辨率图形为重点, 对图形的生成原理、变换、输出、数据结构及存贮、图形中的文字、动画技术等做了系统阐述。

书中还介绍了控制系统数字仿真及CAD绘图软件的组成、功能与特点, 介绍了在控制系统数字仿真中应用图形显示技术的处理方法和实例。这些软件包能在多次改变参数时自动生成多层次的曲线簇, 能计算、绘制控制系统的伯德图、奈奎斯特图、根轨迹图和其他波形图等。

为了帮助读者尽快掌握计算机绘图原理及软件使用方法, 各章都配有程序实例, 并对程序做了说明。书中还给出了100多个有实用价值的程序, 如绘制各种花型图案、花边图案的小型软件包。在附录中给出了控制系统数字仿真及CAD绘图软件的程序清单。这些程序全部采用BASIC语言编制, 易学、易懂、易用。实用程序都存贮在与本书配套的软盘上, 读者可直接在APPLE II 和 IBM-PC 机上运行这些程序。

本书一至四章、九至十一章由王强如编写, 五至八章由李兰友编写。全书由王强如定稿。天津大学赵自谦副教授和胡人文副教授审阅了全稿, 并提出许多宝贵意见。编写过程中, 天津纺织工学院傅景义副教授也给予了很多支持, 韩启睿同志协助输入了部分程序, 在此一并致谢。由于编者水平有限, 书中难免有不当之处, 敬希读者批评指正。

目 录

第一章 APPLE II 绘图原理	(1)
§ 1-1 APPLE II 存储器的分配和使用.....	(1)
§ 1-2 绘图屏幕的显示方式.....	(3)
§ 1-3 基本图形语句.....	(4)
§ 1-4 屏幕软开关与两页图形的轮换.....	(10)
§ 1-5 汇编语言绘图.....	(13)
第二章 APPLE II 造型表与图形中的文字	(18)
§ 2-1 造型表绘图.....	(18)
§ 2-2 高分辨率图形中的文字.....	(24)
§ 2-3 《超级绘图》软件中的造型表文字.....	(34)
§ 2-4 图形汉字工具软件.....	(38)
第三章 图形变换与 APPLE II 几何图形	(42)
§ 3-1 二维图形变换.....	(42)
§ 3-2 解析几何与APPLE II 绘图.....	(47)
§ 3-3 几何图案集锦.....	(56)
第四章 APPLE II 图形显示及操作技巧	(60)
§ 4-1 常用图形操作技巧.....	(60)
§ 4-2 动画技巧.....	(69)
§ 4-3 数据文件的使用.....	(77)
第五章 IBM-PC 绘图基础	(81)
§ 5-1 IBM-PC 显示屏幕.....	(81)
§ 5-2 屏幕显示语句.....	(83)
§ 5-3 基本图形语句.....	(85)
§ 5-4 二维视见变换.....	(91)
第六章 IBM-PC 绘图应用实例	(96)
§ 6-1 统计图表.....	(96)
§ 6-2 纺织物组织和花型图案.....	(106)

§ 6-3 装饰图案.....	(118)
第七章 屏幕图形存贮及动画.....	(129)
§ 7-1 IBM-PC内存分配及图形信息的磁盘存贮.....	(129)
§ 7-2 IBM-PC图形中的文字与图形打印.....	(133)
§ 7-3 字符动画.....	(136)
§ 7-4 图形方式动画.....	(139)
§ 7-5 快速动画.....	(141)
第八章 IBM-PC三维图形显示和处理.....	(148)
§ 8-1 三维绘图基础.....	(148)
§ 8-2 物体模型及数据构造.....	(150)
§ 8-3 三维几何变换.....	(155)
§ 8-4 三维投影变换.....	(161)
§ 8-5 三维投影变换实例.....	(166)
第九章 控制系统数字仿真及CAD绘图软件.....	(180)
第十章 具有高分辨率图形输出的数字仿真.....	(188)
§ 10-1 连续系统的数学模型与微分方程求解.....	(188)
§ 10-2 面向微分方程的数字仿真程序.....	(191)
§ 10-3 连续系统离散相似法数字仿真.....	(200)
§ 10-4 连续系统离散相似法数字仿真程序.....	(203)
§ 10-5 离散相似法仿真曲线组合程序.....	(218)
第十一章 应用微机绘图的控制系统CAD.....	(227)
§ 11-1 双环调速系统的设计与仿真.....	(227)
§ 11-2 伯德图校正设计与绘图.....	(245)
§ 11-3 奈奎斯特图及其他波形图的绘制.....	(254)
参考文献.....	(261)
附录A 控制系统数字仿真及CAD绘图软件 (APPLE II 机) 部分程序清单.....	(263)
一、面向微分方程的仿真程序 (DESI) 清单.....	(263)
二、离散相似法仿真程序 (WHA) 清单.....	(268)
三、仿真曲线簇组合程序 (RHA(C)) 清单.....	(278)
四、仿真曲线簇组合程序 (RHA) 清单.....	(283)
五、双环调速系统的设计与仿真程序 (CLPC) 清单.....	(288)
六、伯德图校正设计与绘图程序 (BODE) 清单.....	(300)

七、奈奎斯特图绘制程序 (NYQUIST) 清单	(309)
八、KZ-D调速系统电压波形绘制程序 (SCR-D) 清单	(315)
附录B 控制系统数字仿真及CAD绘图软件 (IBM-PC机) 部分程序清单	(319)
一、面向微分方程的仿真程序 (DESI) 清单	(319)
二、离散相似法仿真程序 (WHA) 清单	(323)
三、仿真曲线簇组合程序 (RHA(C)) 清单	(332)
四、仿真曲线簇组合程序 (RHA1) 清单	(337)
五、奈奎斯特图绘制程序 (NYQUIST) 清单	(341)
六、有环流可逆调速系统电压波形绘制程序 (SCR-DU) 清单	(346)
七、KZ-D调速系统电压波形绘制程序 (SCR-D) 清单	(348)
八、双环调速系统设计与仿真程序 (CLPC) 清单	(351)
附录C ASCII码	(362)
附录D APPLESOFT保留字及代表数字	(363)
附录E IBM-PC特殊字符对照表	(364)

第一章 APPLE II 绘图原理

APPLE II 在DOS系统中用整数BASIC (INTEGER BASIC) 和浮点 BASIC (APPLESOFT BASIC) 语言绘图, 也可用6502汇编语言绘图。

APPLE II 有低分辨率绘图和高分辨率绘图两种方式, 都有第一页和第二页图形。这里的“页”是指内存贮器中特定的显示缓冲区。要显示的图形信息存放在缓冲区的各个单元中。绘图时, 程序将这些信息依次传送到显示屏上。

用BASIC语言绘图, 程序编写简单, 但执行速度慢; 用汇编语言编程调用ROM中的绘图子程序, 可大大提高图形显示速度。本章重点讨论APPLESOFT绘图原理, 对汇编语言绘图作一般介绍, 内容主要包括存贮器的分配与使用、屏幕的显示方式、基本绘图语句等。

§ 1—1 APPLE II 存贮器的分配和使用

一、存贮器及分类

存贮器是计算机的重要组成部分。它用来存贮程序和数据。存贮器由许多单元组成, 每个单元都有编号, 叫内存地址 (简称地址)。内存地址用16进制 (或10进制) 数表示。APPLE II 的每个内存单元可以存放八位二进制数。

存贮器分随机存贮器 (RAM) 和只读存贮器 (ROM) 两大类。RAM用来存放输入输出数据、计算结果、与外存交换的信息和用作堆栈。RAM存贮单元的内容既可读出, 也可写入或改写。ROM一般用来存放固定程序, 如微机管理监控程序、汇编程序等。ROM的信息在使用时不能改变, 即只能读出, 不可写入。

二、APPLE II RAM存贮器的分配和使用

APPLE II 有48KB RAM, 16KB ROM, 共64KB内存。64KB即 $64 \times 1024 = 65536$ 个单元。65536个单元以10进制数表示的编号为0~65535, 16进制数表示的编号为\$0~\$FFFF。

一个APPLE II 内存单元的地址用两个8位字节表示。如\$1B82, 称\$1B (27) 为“高位字节”, 而\$82 (130) 为“低位字节”。\$1B82的10进制数为: $27 \times 256 + 130 = 7042$ 。

如果把存贮器看成一本书, 这本书共有256页, 每页有256个存贮单元。单元地址的高位字节便是页次号码, 低位字节则表示该单元在此页的位置。例如\$3000~\$30FF之间的256个单元为一页, 页次为\$30 (48)。

RAM从零页的底部开始, 一直到第191页的末尾 (\$0~\$BFFF)。RAM的内存分配如图1—1所示。由图可知, 引导DOS系统后, 允许使用的内存最高地址被设置为38400 (\$9600), 最低地址被设置为2048 (\$800)。

APPLE II 微型机RAM中各页地址及用途见图1—1。

191	\$ BFFF (49151)	DOS系统	RAM最高位 (48K)
150	\$ 9600 (38400)	(引导后)	
149	\$ 95FF (38399)	APPLESOFT字符串由 HIMEM开始往下存放	引导DOS后, HIMEM 设置在\$ 9600
96	\$ 6000 (24576)		
95	\$ 5FFF (24575)	高分辨率图形第二页	
64	\$ 4000 (16384)		
63	\$ 3FFF (16383)	高分辨率图形第一页	
32	\$ 2000 (8192)		
31	\$ 1FFF (8191)	↑ BASIC变量由LOMEM起 向上存放	
12	\$ C00 (3072)	↑	
11	\$ BFF (3071)	低分辨率 图形与文 本第二页	APPLESOFT程序行使 LOMEM向上推进
8	\$ 800 (2048)		FP (硬件) 和INT 把LOMEM设置在\$ 800
7	\$ 7FF (2047)	低分辨率图形与文本第一页	
4	\$ 400 (1024)		
3	\$ 3FF (1023)	供机器语言程序使用	
	\$ 300 (768)		
2	\$ 2FF (767)	键盘字的缓冲区	
	\$ 200 (512)		
1	\$ 1FF (511)	系统堆栈	
	\$ 100 (256)		
0	\$ FF (255)	系统监控和BASIC工作区	
	\$ 00 (0)		
页次	地 址	用 途	

图1-1 APPLEII的RAM分布图

第0页 (\$00 ~ \$FF) 系统监控约用20个单元, 其他为BASIC和DOS系统使用。

第1页 (\$100 ~ \$1FF) 系统堆栈用。

第2页 (\$200 ~ \$2FF) 留给GETLN, 做为键盘输入一行字的输入缓冲区。

第3页 (\$300 ~ \$3FF) 监控程序使用最上面的16个单元 (\$3F0 ~ \$3FF), 存放监控程序向量。其他单元可存贮短的机器语言程序。

第4 ~ 7页 (\$400 ~ \$7FF) 共1024个单元, 用960个单元作文本和低分辨率图形的显示缓冲区 (第一页), 剩下64个单元作其他用。

第8 ~ 31页 (\$800 ~ \$1FFF) APPLESOF程序从\$800开始往上存放, LOMEM值随程序的尾端上移。在LOMEM之上存放变量和数组。其中\$800 ~ \$BFF这段区域也可

作为文本和低分辨率图形的第二页显示缓冲区。

第32~63页 (\$2000~\$3FFF) 作为高分辨率图形显示缓冲区第一页。

第64~95页 (\$4000~\$5FFF) 作为高分辨率图形显示缓冲区第二页。

第96~149页 (\$6000~\$95FF) APPLESOFT字符串由HIMEM开始往下存放(机器自动在引导DOS后设定HIMEM为\$9600)。

第150~191页 (\$9600~\$BFFF) 为DOS系统占用。

三、RAM零页中部分单元的用途

地 址	用 途
\$67-\$68 (103-104)	存放APPLESOFT程序起始地址(\$67为低位字节)。
\$69-\$6A (105-106)	存放当前的LOMEM值,即简单变量存储的起始地址。
\$6B-\$6C (107-108)	数组存储的起始地址。
\$6D-\$6E (109-110)	数组存储区的结束地址。
\$73-\$74 (115-116)	存放当前的HIMEM值。
\$75-\$76 (117-118)	存放正在执行的程序行号。
\$77-\$78 (119-120)	存放在执行中被(CTRL-C、STOP、END)中断的程序行号。
\$81-\$82 (129-130)	保存最后被使用的变量名称。
\$E0-\$E1 (224-225)	存放高分辨率图形的X坐标。
\$E2 (226)	存放高分辨率图形的Y坐标。
\$E4 (228)	存放最近设定的高分辨率图形的颜色色码。
\$E6 (230)	设定要构画的绘图页次,与HGR、HGR2的方式无关。\$E6的内容为\$20(32)构画第一页,内容为\$40(64)构画第二页。
\$E7 (231)	存放造型表所绘造型的放大倍数。
\$E8-\$E9 (232-233)	指向造型表的起始地址。

§ 1—2 绘图屏幕的显示方式

一、低分辨率图形方式

低分辨率图形显示与本文显示共用同一显示缓冲区,即内存地址为\$400~\$7FF(1024~2047)的区域,叫做低分辨率(文本)第一页。低分辨率第二页显示缓冲区的地址为\$800~\$8FF。通常系统的监控自动设定在第一页。

1、低分辨率全屏幕显示方式,横向显示40、纵向显示48个方块,总共显示1920个方块。

2、图形与文字混合显示方式时,屏幕上方为低分辨率图形显示区(40×40),屏幕底部显示4行文本。

二、高分辨率图形显示方式

高分辨率图形的横向分辨率为280个点,纵向为192线,可在屏幕上显示53760(280×192)个点。显示缓冲区也分为二页,第一页的位置在\$2000~\$3FFF(8192~16383),第二页的位置在\$4000~\$5FFF(16384~24575)。

1、高分辨率图形全屏幕显示方式:整个屏幕显示192×280=53760个点。

2、高分辨率图形与文本混合显示方式:屏幕上方的(160×280)区域供图形显示用,屏幕底部为文本区,可显示4行字符。

§ 1—3 基本图形语句

一、确定文本显示方式的语句TEXT

格式 行号 TEXT

说明

执行该语句,置显示器为全屏幕的文本显示方式(24行×40列)。提示符及光标在屏幕最后一行之首。将TEXT语句放在程序中,或直接从键盘输入,能使屏幕由图形方式返回文本方式。

二、低分辨率图形语句

1. 确定图形显示方式的语句 GR

格式 行号 GR

说明

执行GR语句后,除屏幕最底部4行被保留用于显示文字外,其余部分均被清为黑色,供图形使用。机器进入低分辨率图形和文本混合状态,光标在4行文本的左上角。要实现图形的全屏幕显示,可以在GR语句之后再使用软开关POKE-16302,0或POKE 49234,0。如果要重新返回图文混合显示状态,使用POKE-16301,0。

内存地址大于32767时,也可以写为该值与65536之差。如49234与(49234-65536=-16302)指同一内存单元。

2. 确定颜色的语句COLOR

格式 行号 COLOR=n

说明

n取值范围为0~255。在低分辨率图形方式中有16种颜色可供选择,颜色代码0~15。执行本语句时,APPLESOFT会自动除以16,取其余数决定颜色。例如,输入COLOR=195,除以16余3,被认为COLOR=3,下表是颜色与代码对照表。

代 码	颜 色	代 码	颜 色	代 码	颜 色	代 码	颜 色
0	黑	4	深 绿	8	棕	12	绿
1	深 红	5	深 灰	9	桔 红	13	黄
2	深 蓝	6	中 蓝	10	灰	14	水 蓝
3	紫	7	浅 蓝	11	粉 红	15	白

3、绘点语句 PLOT

格式 行号 PLOT X, Y

说明

以最近的COLOR语句设定的颜色, 在X、Y坐标指定的屏幕位置给出一点。原点(0,0)设在屏幕的左上角。X的范围为0~39, Y为0~47。否则, 绘出错误信息: ? ILLEGAL QUANTITY ERROR。

4、绘线语句 HLIN、VLIN

HLIN语句

格式 行号 HLIN X1, X2 AT Y

说明

X1、X2、Y为数值或算术表达式。X1、X2的范围为0~39, Y的范围为0~47。执行该语句在低分辨率状态下, 绘一条从(X1, Y)到(X2, Y)的水平线, 其颜色由执行过的最近的COLOR语句确定。

VLIN语句

格式 行号 VLIN Y1, Y2 AT X

说明

执行该语句, 从(X, Y1)到(X, Y2)绘一条垂直线。

5、显示颜色代码语句 SCRN

格式 行号 SCRN (X, Y)

说明

SCRN语句给出低分辨率图形方式下点(X, Y)的颜色代码。

三、高分辨率图形语句

1、确定图形显示方式语句

HGR语句

格式1 行号 HGR

格式2 行号 HGR, POKE-16302, 0

说明

两种格式均置屏幕为高分辨率图形第一页。格式1使屏幕处于图文混合显示方式, 将图形区清为黑色; 格式2使屏幕处于全屏图形显示, 并将全屏幕清为黑色。

HGR2语句

格式1 行号 HGR2

格式2 行号 HGR2, POKE-16301, 0

说明

两种格式均置屏幕为高分辨率图形方式第二页。格式1使屏幕处于全屏幕图形显示, 全屏幕被清为黑色; 格式2使屏幕处于图文混合方式, 只有图形区被清为黑色。

2、确定颜色语句 HCOLOR

格式 行号 HCOLOR = n

说明

(1) n 为色码, $n = 0 \sim 7$ 。用下表色码确定高分辨率图形的颜色。当 n 为 1、2 和 5 6 四种颜色随显示器种类稍有差别, 也受屏幕点的位置的影响。例如, $HCOLOR = 3$, 横坐标值为偶数时显蓝色, 横坐标值为奇数则显绿色。只有当点 (X, Y) 及点 $(X+1, Y)$ 都显示时才呈白色。

n	颜色	n	颜色
0	黑 1	4	黑 2
1	绿	5	橙
2	蓝	6	蓝
3	白 1	7	白 2

(2) HGR、HGR2及RUN等语句及命令的执行, 不会改变HCOLOR设定的颜色。

3、绘点及线段语句 H PLOT

格式 1 行号 H PLOT X_1, Y_1

说明

用刚选定的颜色在屏幕 (X_1, Y_1) 坐标处显示一个点。

例:

```
10 HGR
20 HCOLOR = 7
30 H PLOT 50, 30
```

执行后, 在 $X = 50, Y = 30$ 的屏幕位置上显示一个白点。

格式 2 行号 H PLOT TO X_2, Y_2

说明

从刚才画过的最后一点, 用相同的颜色画一条直线到 (X_2, Y_2) 。如果没有前面画过的点, 则此语句无效。格式 2 必须与格式 1 配合使用。

例: 接上面的例子, 再输入

```
40 H PLOT TO 100, 40
```

执行后从 $(50, 30)$ 到 $(100, 40)$ 画一条白色斜线。

格式 3 行号 H PLOT X_1, Y_1 TO X_2, Y_2

说明

画一条由坐标 (X_1, Y_1) 到坐标 (X_2, Y_2) 的直线。

例:

```
10 HGR
20 HCOLOR = 6
30 H PLOT 30, 50 TO 140, 90
```

执行后画一条由 $(30, 50)$ 到 $(140, 90)$ 的蓝色直线。

格式 4 行号 H PLOT X_1, Y_1 TO X_2, Y_2 TO X_3, Y_3

说明

由坐标 (X_1, Y_1) 到 (X_2, Y_2) 再由 (X_2, Y_2) 到 (X_3, Y_3) 画一条折线。

例:

```

10 HGR
20 HCOLOR = 7
30 HPLOT 40, 60 TO 40, 120 TO 100, 90 TO 40, 120

```

执行后出现顶点坐标为 (40, 60)、(40, 120)、(100, 90) 的等腰三角形。

四、绘图举例

1、低分辨率图形例：书桌

程序APP1—0清单及运行结果 (图1—2)

```

1  REM APP1-0
20  GR
22  COLOR=15
25  FOR I=0 TO 39: VLIN 0,39 AT I: NEXT I
30  COLOR=0
40  HLIN 5,35 AT 4
50  HLIN 5,35 AT 6
60  HLIN 9,31 AT 12
70  HLIN 9,31 AT 14
80  VLIN 7,35 AT 6
90  VLIN 7,35 AT 8
100 VLIN 7,35 AT 32
110 VLIN 7,35 AT 34
120 PLOT 5,5
130 PLOT 35,5
140 PLOT 7,35
150 PLOT 33,35
160 COLOR=13
170 HLIN 6,34 AT 5
180 VLIN 7,34 AT 7
190 VLIN 7,34 AT 33
200 HLIN 9,31 AT 13
210 FOR I=0 TO 4
220 HLIN 9,31 AT 7+I
230 NEXT I
240 COLOR=8
250 HLIN 13,15 AT 9
260 HLIN 26,28 AT 9
270 PLOT 14,10
280 PLOT 27,10
290 COLOR=0
300 VLIN 6,11 AT 20

```

说明

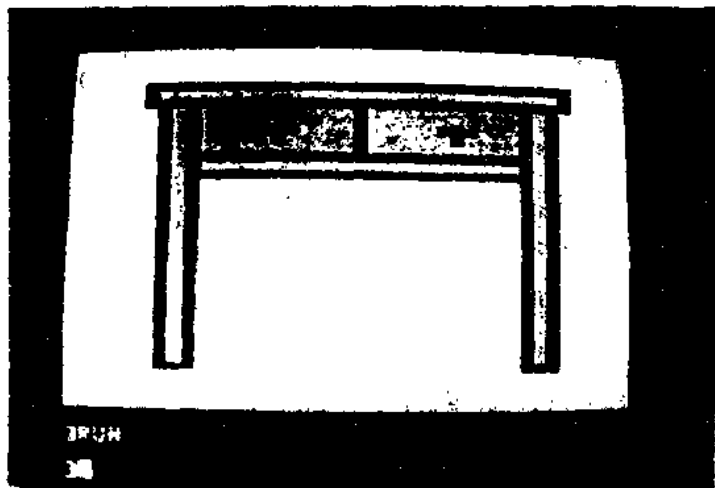


图1-2 低分辨率图例

20行 设定低分辨率图形方式。
 22~25行 将屏幕图形区变为白色。
 30行 选黑色绘图。
 40~50行 绘桌面。
 60~110行 绘桌底及桌腿。
 120~130行 为桌面的边缘, 即桌角。
 140~150行 为桌腿下端。
 160行 用黄色绘图。
 170~190行 是桌面和桌腿。
 200行 是桌底。
 210~230行 是抽屉。
 240行 是棕色。
 250~280行 为抽屉上的握柄。
 290行 用黑色绘图。
 300行 为两抽屉中间的分隔。

2、高分辨率图形例: 绘多边形对角线。

程序APP1-1清单及运行结果 (图1-3)

```

1  REM APP1-1
10  INPUT "INPUT THE NUMBERS OF SIDES?", N
20  DIM X(N), Y(N)
30  FOR I=1 TO N
40  X(I)=130+90*COS(6.28*I/N):Y(I)=90+90*SIN(6.28*I/N)
50  NEXT I
60  HGR2:HCOLOR=3
    
```

```

70 FOR I=1 TO N-1
80 FOR J=1+1 TO N
90 HPLOT X(I),Y(I) TO X(J),Y(J)
100 NEXT J,I
1000 END

```

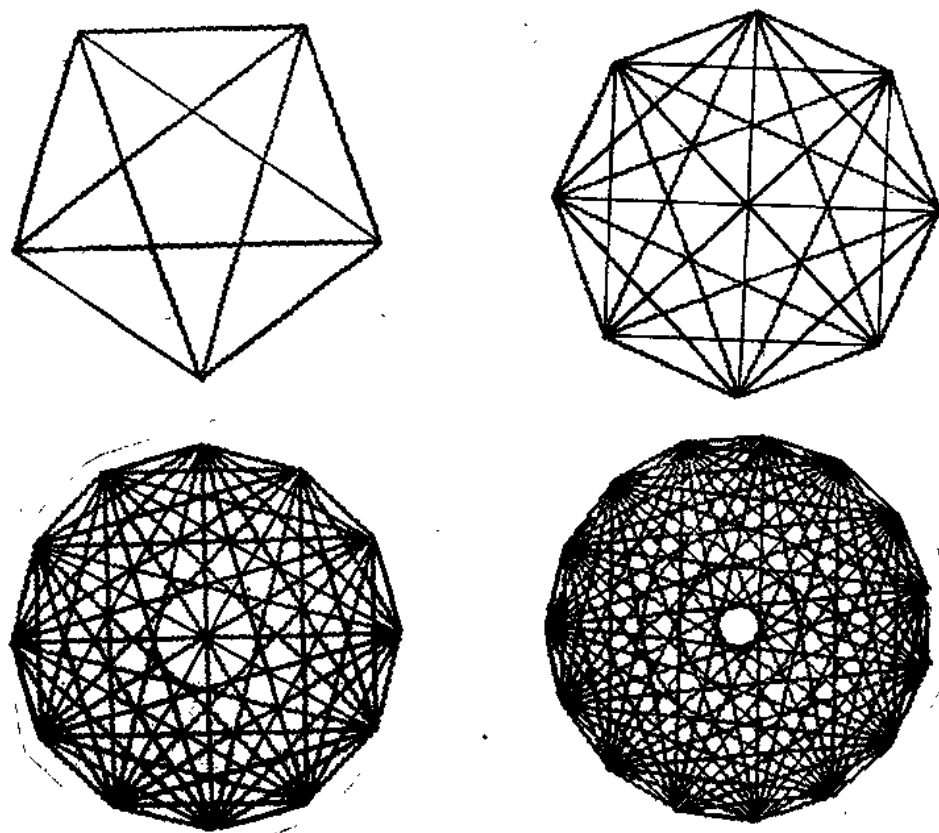


图1-3 多边形对角线图

说明

本程序将任意正多边形（四边以上）的对角线全部画出。多边形的边数通过人机对话从键盘输入。

10行 输入正多边形的边数。

20行 数组定维，各顶点的横坐标形成数组X，纵坐标形成数组Y。

30~50行 求出各顶点的X坐标及Y坐标，正n边形各顶点均落在以(130, 90)为圆心、90为半径的圆上，而且恰好n等分此圆。因此每一顶点的幅角分别为 $2\pi/n$, $2 \times 2\pi/n$, ..., $(n-1) \cdot 2\pi/n$, 2π 。再由平移公式得到第一个顶点X坐标和Y坐标的参数方程式，如程序第40行所列。

60行 设定高分辨率图形第二页，并用白色绘图。

70~100行 将多边形各边及对角线画出。其画法如图1-4所示的六边形。 A_1 、 A_2 、...、 A_6 为顶点的编号，1、2、3、...、15是各线段画出来的先后顺序。由第一个顶点 A_1 开始，与编号比它大的顶点联接，即先画 A_1A_2 、 A_1A_3 、...、 A_1A_6 ，再画 A_2A_3 、 A_2A_4 、...、 A_2A_6 。

---A₅A₆，正好画完，不重复画线。

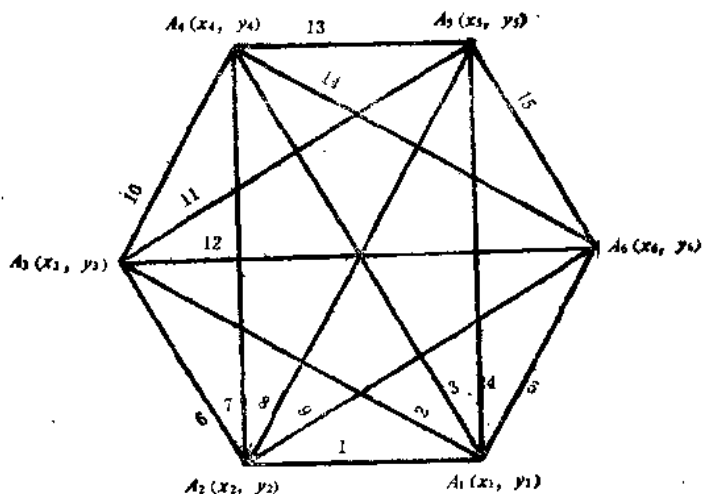


图1-4 六边形对角线的绘制

§ 1—4 屏幕软开关与两页图形的轮换

一、软开关与屏幕显示方式的控制

如要显示某一页图形而不清除屏幕原来的图象，或使两页图形在屏幕上交替显示，或在构画第二页时显示第一页，在构画第一页时显示第二页，以得到特殊效果，尤其是动画效果。但靠执行 HGR 及 HGR2 语句无法实现。因为 HGR 及 HGR2 语句都会清除相应的绘图页，使屏幕变成黑色。

为实现上述要求可用软开关控制屏幕的显示方式。所谓软开关，实际上是由 ROM 中的 8 个存储单元构成的。用 POKE 命令改变这些单元的内容，相当于扳动控制开关。这 8 个单元可组成 4 个开关：

- 1、图形-文本开关；
- 2、全屏-图文混合开关；
- 3、第一页-第二页开关；
- 4、低分辨率图-高分辨率图开关。

每个软开关只控制特定的显示方式。但 HGR 及 HGR2 指令执行一次等于同时控制几个软开关。例如，执行 HGR 等于设定开关 1 到图形位置、开关 2 到图文混合显示位置和开关 3 到第一页的位置、开关 4 到高分辨率图形位置。可以用 POKE 命令分别控制每个开关。各开关的控制指令及功能如表 1-1 所示。

4 个开关的控制是互相独立的。4 个开关可以组成十种不同的显示方式。下述指令可以显示第一高分辨率绘图页而不会清除原来的内容：

POKE - 16304, 0 设定为图形方式

POKE - 16297, 0 设定为高分辨率方式