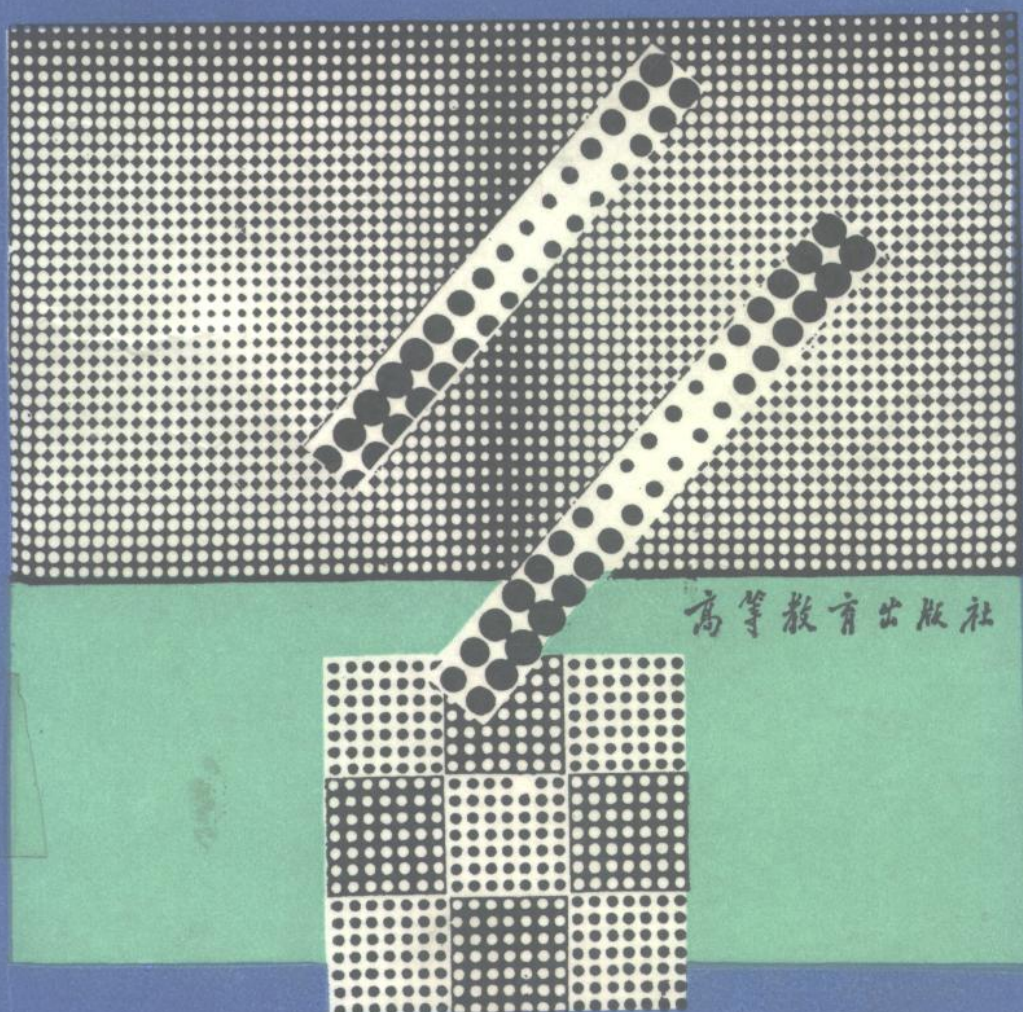


高等学校教学参考书

实用 计算机绘图

曾大民 编



高等教育出版社

高等学校教学参考书

实用计算机绘图

·曾大民 编

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 提 要

本书是作者在多年来对计算机绘图的研究和教学实践基础上写就的。本书内容突出了“实用”的特点，将 BASIC 语言学习、APPLE- II 及 IBM-PC 微机使用操作、计算机绘图方法和程序编制有机地结合起来，以图形绘制为主线进行叙述，文字通俗易懂，便于自学。

本书内容包括：绪论，执行方式和数学运算，直线图形，正多边形、圆和椭圆，程序的修改、编辑、存储和打印，圆弧、虚线和点划线，圆弧连接，图形的剪裁和剖面线，平面曲线，坐标变换，投影变换，空间曲线与曲面，隐藏线的消除，内存地址和图形表，人—机对话及活动图形，彩色绘图，绘图机绘图等共 17 章。全书例题（附有程序）约 80 个，都通过上机测验，可供参考使用。

本书可供高等学校工科各类专业作为教材或参考书，也可供有关工程技术人员参考。

高等学校教学参考书

实 用 计 算 机 绘 图

曾大民 编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

高等教育出版社激光照排技术部照排

高等教育出版社印刷厂印装

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 22.25 字数 550 000

1992 年 9 月第 1 版 1992 年 9 月第 1 次印刷

印数 0 001 — 1 598

ISBN 7-04-003574-X / TP·92

定价 8.35 元

代 序

曾大民教授是我国较早从事研究“计算机图学”的学者之一，本书是在他讲授研究生学位课程《计算机绘图及图象显示》的讲稿基础上整理而成的，也是他多年来从事计算机图学研究成果中的一部分。

早在1986年，作为本书的前身《实用计算机绘图》在原华南工学院印成油印讲义，作为该校研究生和中青年教师培训的教材，深受读者欢迎。后来，曾大民教授对该书又进行了修改、整理，补充了新的教学、科研成果，使内容更为丰富，完成了本书第一至第十二章的定稿工作。可惜全稿的修改定稿工作尚未完成，他便于1989年9月不幸因病去世。

受曾大民教授家属的委托，遗稿未了部分由我们两人继续整理完成。部分教师和研究生协助抄写、描图工作。书中插图，第三到第八章由曾大民教授亲自绘出，其余大部分由他的女儿曾灵珣描绘。

本书承蒙清华大学石光源教授审阅，提出了宝贵意见，在此表示感谢。

由于整理者水平所限，书中错误在所难免，望读者不吝指正。

仅以完成此书的未了工作向曾大民教授表示深切悼念！

李诚琨 黎 龙

1990.11

目 录

第一章 绪论

- § 1-1 计算机及计算机绘图的发展..... (1)
- § 1-2 电子计算机系统(2)
- § 1-3 计算机语言(7)
- § 1-4 计算机的数(8)
- § 1-5 开机和关机(10)
- § 1-6 小结和建议(10)
- § 1-7 IBM-PC 微机高级 BASIC 语言(12)

第二章 执行方式和数学运算

- § 2-1 执行方式(13)
- § 2-2 变量名和赋值语句(15)
- § 2-3 数学运算(17)
- § 2-4 数学函数(19)
- § 2-5 综合举例(19)
- § 2-6 小结和建议(21)
- § 2-7 IBM-PC 微机的高级 BASIC 语言(22)

第三章 直线图形

- § 3-1 高分辨度绘图(24)
- § 3-2 画点和画直线(26)
- § 3-3 绘画矩形的主程序和子程序(30)
- § 3-4 小结和建议(33)
- § 3-5 IBM-PC 微机高级 BASIC 语言(36)

第四章 正多边形、圆和椭圆

- § 4-1 正多边形、圆和椭圆的子程序 ... (38)
- § 4-2 图形的旋转(41)
- § 4-3 画M个均布于圆上的螺栓的子程序(45)
- § 4-4 画圆的另一种方法(47)
- § 4-5 小结和建议(48)
- § 4-6 IBM-PC 微机高级 BASIC 语言(50)

第五章 程序的修改、编辑、存储和打印

- § 5-1 程序的修改与编辑(52)
- § 5-2 磁盘的使用(53)
- § 5-3 针式打印机的使用(58)
- § 5-4 小结和建议(59)
- § 5-5 IBM-PC 微机高级 BASIC 语句(62)

第六章 圆弧、虚线和点划线

- § 6-1 画圆弧的子程序(64)
- § 6-2 画虚线的子程序(69)
- § 6-3 画点划线的子程序(71)
- § 6-4 画虚线圆弧的子程序(73)
- § 6-5 画点划线圆弧的子程序(76)
- § 6-6 小结和建议(79)
- § 6-7 IBM-PC 微机高级 BASIC 语言(80)

第七章 圆弧连接

- § 7-1 圆弧连接所应用的数学计算(82)
- § 7-2 用圆弧连接两已知直线的子程序(87)
- § 7-3 圆弧连接两已知圆弧的子程序 ... (90)
- § 7-4 圆弧连接一已知点和一已知圆弧... (101)
- § 7-5 圆弧连接已知直线和已知圆弧的子程序(102)
- § 7-6 直线切两已知圆弧的子程序(108)
- § 7-7 小结和建议(114)

第八章 图形的剪裁和剖面线

- § 8-1 数据输入(118)
- § 8-2 数组的应用(120)
- § 8-3 圆和椭圆的剪裁(122)
- § 8-4 直线图形的剪裁(124)
- § 8-5 剖面线(128)
- § 8-6 小结和建议(139)

第九章 平面曲线

- § 9-1 函数曲线(144)
- § 9-2 曲线拟合(149)
- § 9-3 用曲线段组合成自由曲线(160)

§ 9-4 小结和建议	(164)	§ 12-12 小结和建议	(257)
第十章 坐标变换		第十三章 隐藏线的消除	
§ 10-1 矩阵和矩阵运算	(168)	§ 13-1 单个平面体	(259)
§ 10-2 二维变换	(171)	§ 13-2 组合平面体	(266)
§ 10-3 三维变换	(180)	§ 13-3 函数曲面	(272)
§ 10-4 小结和建议	(192)	§ 13-4 小结和建议	(276)
第十一章 投影变换		第十四章 内存地址和图形表	
§ 11-1 三视图	(197)	§ 14-1 计算机的内存分配	(278)
§ 11-2 正轴测投影	(201)	§ 14-2 特定功能的地址	(280)
§ 11-3 斜轴测投影	(203)	§ 14-3 图形表	(285)
§ 11-4 透视投影	(207)	§ 14-4 在绘图荧光屏上书写字符	(293)
§ 11-5 小结和建议	(214)	§ 14-5 图形表的自动编制	(298)
第十二章 空间曲线与曲面		§ 14-6 小结和建议	(302)
§ 12-1 单叶回转双曲面	(219)	第十五章 人 - 机对话及活动图形	
§ 12-2 柱轴垂直于投影面的正圆柱	(221)	§ 15-1 人 - 机对话的实现	(308)
§ 12-3 圆柱表面上的素线和纬圆	(225)	§ 15-2 信息的输入	(308)
§ 12-4 锥轴垂直于投影面的正圆锥 和正圆台	(225)	§ 15-3 项目单的提供和选择	(310)
§ 12-5 圆锥和圆台表面上的素线和 纬圆	(234)	§ 15-4 活动图	(315)
§ 12-6 圆球及圆球面上的纬圆、子午 圆和赤道	(234)	§ 15-5 小结和建议	(322)
§ 12-7 圆柱螺旋面	(239)	第十六章 彩色绘图	
§ 12-8 圆锥螺旋面	(240)	§ 16-1 高分辨度彩色图	(325)
§ 12-9 轴线倾斜于投影面的正圆柱 和圆台	(242)	§ 16-2 低分辨度绘图	(334)
§ 12-10 回转面正轴测投影的轮廓线	(248)	§ 16-3 小结和建议	(339)
§ 12-11 曲面的透视图	(255)	第十七章 绘图机绘图	
		§ 17-1 绘图机的指令	(342)
		§ 17-2 绘图机指令的使用	(344)
		§ 17-3 小结和建议	(348)

第一章 绪 论

§ 1-1 计算机及计算机绘图的发展

电子计算机是一种高速准确的运算设备,只要针对各式各样的现象,建立相应的数学模型,并按规定的方法输入计算机,便能在瞬间计算出所需的结果。使用计算机,可大幅度地加快设计、信息、情报、统计及管理等的运算速度,并能用数字、表格及图形显示结果,对促进科学发展、信息处理等都起着重大的作用。随着计算机技术的不断完善,各行各业和各种部门,都在应用计算机。

从 20 世纪 50 年代初,电子计算机便开始投入使用。第一代计算机由电子管、磁芯和各种电子元件构成,致使体积庞大而存储量又不能很大,同时,计算速度也较慢。1959 年至 1965 年,用晶体管取代了电子管,成为第二代计算机。这一代计算机的体积减小,存储量稍大。1965 年至 1971 年,第三代计算机研制成功,由于用集成电路取代了晶体管及部分电子元件,特别是取代了磁芯,故体积更小,计算速度加快,存储量也大为增加。1971 年至今,随着大规模集成电路的产生,计算机更趋于小型和微型,成为第四代。目前,第五代计算机正在研制中。这一代将会采用超大规模集成电路,体积将会更小,存储量和运算速度都会大幅度提高。值得一提的是,每发展一代,计算机的价格相对降低,功能更多,使用更方便。这对计算机的普及使用,起着很大的推动作用。

在开始阶段,计算机在经过运算后,只能输出离散的数据,对阅读和使用都极不方便。近十多年来,人们由于不满足于这种状况,逐步研制成功各种能输出图形的硬件和软件,可以将数据用图形的方式输出,或者绘制出各种生产上用的图纸以至艺术图画。这一发展,形成了一门新的学科——计算机图学。这门新兴学科,仍在不断地迅速发展着。

1957 年以前,宽行打印机是唯一的图形输出装置。当时,只能按照由计算机算出的坐标打印出一系列的字符,例如 $\times$ 和 $*$ 等,用来表示点和线,如图 1-1 所示。这个方法,不但占用较多的计算机时间,而且图形极为粗糙。

1963 年,第一台绘图机面世。自此,才能用线条而不是字符来表示线。第一台绘图机是较粗糙的,但其发展很快,今天的绘图系统,不但可以在图画纸或描图纸上绘画出相当精密的图形,还可在显象管荧光屏

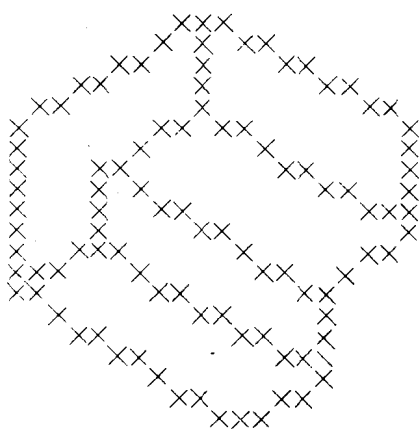


图 1-1

上显示出色彩丰富、真实感很强的图形，并能输出底片，供复制和放大之用。

目前，计算机绘图已广泛应用于各行各业。例如：在企业管理上，用以绘制各种形式的便于阅读的统计图表；在工业生产和设计上，用以绘画各种生产上用的图纸，如零件图、装配图、展开图、流程图、轴测图、透视图、地形图、房屋平面图和立面图、管路图、电子工程图……等等；在科研工作中，用以画出由计算、实验、测量等手段所获得的数据构成的曲线和曲面，以及数据分析图。此外，还能用于图案设计、服装裁剪设计、产品造型设计，以及用于画出艺术图画、漫画和动画等等。

§ 1-2 电子计算机系统

电子计算机系统总的分为硬件系统和软件系统。一台计算机的硬件系统，是由众多的电子元件和机械元件组成。按各硬件的主要功能，具体分为存储、处理、输入和输出等部分。硬件的实际布置，称为计算机结构。图 1-2 表示计算机结构的方框图。

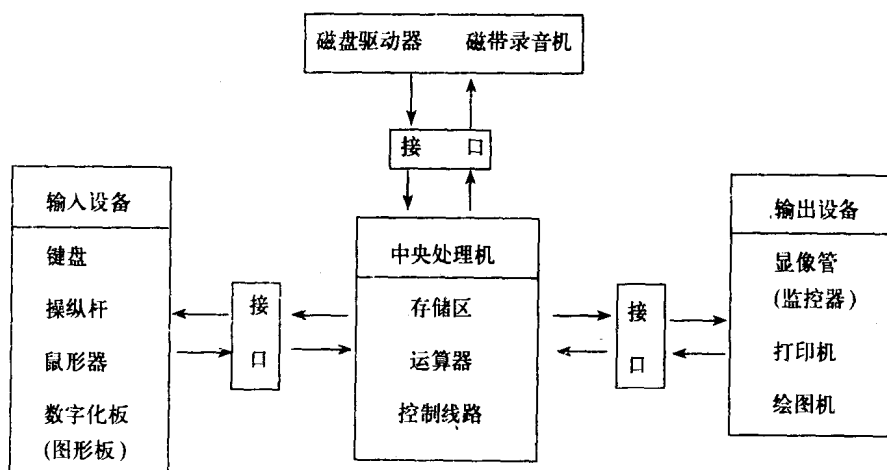


图 1-2

一台计算机的心脏是中央处理机（Central Processing Unit，缩写为 CPU）。中央处理机一般由三个主要部分组成，即存储区、运算器和控制线路。

存储区由数目庞大的“仓”组成，每组存储仓都编有号码，称为“地址”。每个存储仓只能存入由数“1”或“0”所表示的信息。一个存储仓又称为一个存储单元。占用一个存储单元的二进制数，称为一个位（Bit）。一组相连接着的位，组成一个字节（Byte）。微型计算机中，一个字节通常由 8 个位或 16 个位组成，APPLE-II 微机中，每个字节有 8 个位；IBM-PC 微机中，每个字节有 16 个位。一台计算机的存储量用若干个 K（千）字节表示。APPLE-II 微机的存储量为 48K 字节，IBM-PC 微机的存储量为 640K 字节。

存储区中，又分为两大区：只读存储区（Read Only Memory，缩写为 ROM）和随机存储

区(Random Access Memory, 缩写为 RAM)。只读存储区用来存放计算机在运行时所用到的固有指令、程序、功能等软件, 统称为系统软件。这个区所存储的信息, 在制造计算机时, 已按特定的系统软件存入, 在计算机运行时, 只容许调用, 不容许再存入其他内容。随机存储区可以按用户的设计存入程序和执行程序。这些程序, 称为用户软件。本书的内容, 主要论述如何设计和编写计算机绘图的用户软件。

运算器包括用以完成各种基本操作的处理线路, 例如加法、减法和移位等操作, 进行完成各种算术运算和逻辑运算。此外, 它还包括三种寄存器: 累加器——用以保存现时的运算数据; 现时指令寄存器——用以寄存现时需要执行的指令; 存储地址寄存器——用以寄存已经存入内容的地址。

控制线路是为存储、运算器和输入 / 输出装置之间提供必要的通道, 使各种信息能互相传递。信息的传递必须按精确的节拍(周期)进行, 使信息流能准确无误地排成队列, 按节拍传递和处理。

除中央处理机以外的其他设备, 统称外围设备。中央处理机通过相应接口与各外围设备连接。

APPLE - II 微机的输入 / 输出接口槽共有六个, IBM-PC 微机的输入 / 输出接口槽共有 8 个。各个外围设备都要通过一块相应的接口板(一种电子线路板)插入接口槽, 才能连通使用。

外围设备分输入和输出两种。各种外围设备, 可根据用户的不同要求而设置。下面对各种常用的外围设备, 分别简单介绍如下:

(一) 输入设备

1. 键盘 微机具有一定的人 - 机对话功能, 因而键盘是必要的输入设备, 用以输入指令、程序和数据, 进行人 - 机对话。键盘的外形很像英文打字机, 上面设有字符键和功能键。

字符键包括: 26 个英文字母(从 A 至 Z)、10 个阿拉伯数字(从 0 ~ 9)和 24 个符号。它们在键盘上的排列位置, 除少数符号外, 与英文打字机上的排列完全相同。上面所述的字符键, 是指 APPLE-II 微机而言, 不同的型号, 数目会有所增减。以后的所有叙述, 均针对 APPLE-II 微机进行。至于 IBM-PC 微机, 则在每章最后一节中, 讨论它与 APPLE-II 微机的异同和相互对应或等效的有关问题。

只要轻轻按下一个字符键, 荧光屏上就会在闪动的光标处显示所按字符; 同时, 光标向右移一个位置, 指示下一个字符的显示位置。当光标移至荧光屏的右端极限位置时, 会自动转至下一行左端起点位置。如果光标所处位置处已显示有字符, 则再按字符键时, 原有字符就会被新输入的字符所取代。APPLE-II 微机的光标是与字符相同大小的长方形, IBM-PC 微机的光标是位于字符下的短杠。

字符键中的 Φ , 表示数字零, 用以区分字母 O; 字符键中的 *, 表示乘号, 用以区分字母 X; 字符键中的 $\wedge$, 表示幂; 字符键中的 /, 表示除号。

键盘的字符键和功能键排列位置, 如图 1-3 所示。

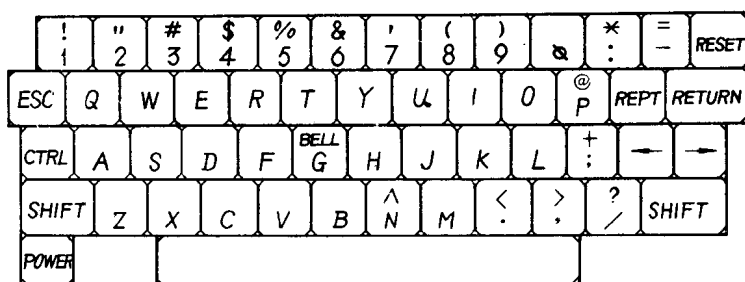


图 1-3

功能键共有 10 个。按一下功能键，荧光屏上没有显示，只完成某一特定的功能。下面对各功能键作初步的介绍：

RESET 键(重置键) 按下 RESET 键，可使中央处理机从任何状态回复到等待输入状态，正在执行的一段过程立即停止执行，已输入的程序和存入的数据仍然保留，荧光屏上随即在左下侧显示闪动的光标。注意，有些机型要同时按下 CTRL 键和 RESET 键，才能实现上述功能。

ESC 键(转换键) 按下 ESC 键之后，立即从输入状态转换为修改状态。修改完毕，再按一次 ESC 键，则又从修改状态转换为输入状态。修改的具体方法，在后面第五章中说明。

CTRL 键(控制键) 同时按下 CTRL 键和相应的字母键或功能键，可以完成不同的功能。上述的重置功能，即是一例。又如，同时按下 CTRL 键和字母 C 键，即可中断程序的执行，但并不等于重置，只是悬挂起来，待发出相应的命令，即可继续执行该程序。又如，同时按下 CTRL 键和字母 G 键，计算机的扬声器会发出“嘟”的一声响声等等。

SHIFT 键 键盘上有些字母和符号，或数字和符号合用一键，例如，数字 8 和左括号(，合用一键，左括号(标志在 8 的上方。若要输入数字 8，只需按下该键，但如果需要输入左括号(，则必须同时按下 SHIFT 键和该键，如此类推。按规定，用户所编程序中的全部指令，都应采用大写字母输入。若因某种需要，要求用小写字母输入时，可同时按下 SHIFT 键和相应的字母键，这时，荧光屏上也显示该小写字母。

RETURN 键(回车键) 每键入完一个指令或一行语句，必须按下 RETURN 键，计算机才会执行该指令或将语句存储起来。注意，按下 RETURN 键后，计算机只把光标所在位置左侧的内容输入，同时将处于光标右侧的内容取消，并把光标自动移至下一行的左端起点位置。故在修改指令或程序时，必须将光标移至要保留的内容右侧，方可按下 RETURN 键，否则便会出现错误。

← 键(左移键) 每按一次← 键，闪动的光标便会向左移动一个位置。光标所经过的位置，如果已显示有字符，光标经过后，该位置仍保留原字符。例如，在键入一个指令过程中，发现其中某一个字符错键，则可用← 键将光标移至错误字符处，重新键入正确的字符，然后用下述的→ 键将光标移至指令的右侧，继续键入以下的內容。

→ 键(右移键) 每按一次→ 键，闪动的光标便会向右移动一个位置。其余同左移键。

REPT 键(重复键) 若同时按住 REPT 键和某一字符键, 荧光屏上便会快速地重复显示该字符, 直至抬手为止。若同时按住 REPT 键和 $\leftarrow$ 键或 $\rightarrow$ 键, 光标便会快速地左移或右移, 直至抬手为止。

空置键 键盘最下方的长条形键, 便是空置键。每按一次空置键, 光标向右移动一个位置。若光标所经过的位置已显示有字符, 则光标右移后, 会同时将字符抹去。这是与 $\rightarrow$ 键功能上不同之处。

POWER 位于键盘的左下角处, 是一个指示灯, 故不能按下。当接通电源后, 该指示灯便会发亮。

不同的机型, 功能键的位置和数目略有不同。

2. 电阻控制器 一般由两个可变电阻组成。改变电阻值, 经计算机变换后, 即可作为输入两个相应的数值。例如, 可分别作为 X、Y 坐标值。电阻控制器有如下几种的形式:

旋钮式——将两个可变电阻分别装上旋钮, 转动这两个旋钮, 即可分别改变电阻值所代表的两个数值。通常其中一个控制 X 坐标, 另一个控制 Y 坐标, 外型如图 1-4 a 所示。

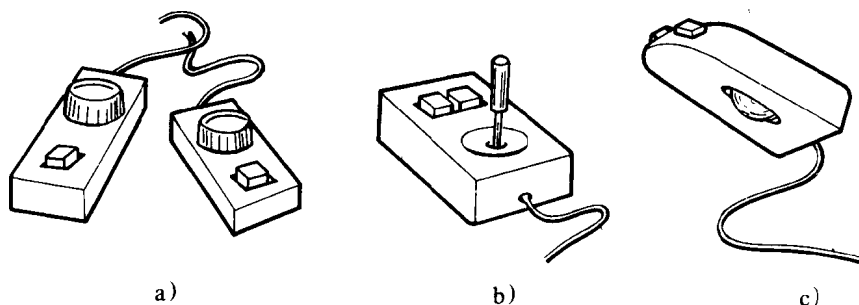


图 1-4

操纵杆式——只有一根可随意摇动的杆, 没有旋钮。将操纵杆向不同方向摇动, 即可改变两个不同的 X、Y 坐标值。外形如图 1-4 b 所示。

鼠型器——它的下底处装有一个小球, 用手轻轻按住鼠型器在平滑的桌面上向不同方向移动, 可使小球滚动而改变相应的两个电阻值。外形如图 1-4 c 所示。

所有电阻控制器都装有两个按钮, 按下相应的按钮, 可发出讯号, 指挥计算机完成一定的动作。例如, 当转动、摇动或移动到合适的数值时, 按下相应的按钮, 通知计算机把当前的数值作为输入数据, 进行下一步的运算。在 APPLE - II 微机的 CPU 线路板右上方处, 有一个标有 I/O 的特定插座, 用以插入电阻控制器的插头。

有了电阻控制器, 可以更便于进行人 - 机对话式计算机绘图。

3. 数字化板又称为图形输入板。它是由一块带磁性的平板和一枝带开关的笔形触针组成。数字化板与计算机通过接口板接通之后, 若将触针针尖轻轻靠近磁性平板表面, 但不要压下去, 这时, 荧光屏上就会在相应的 X、Y 坐标处出现一个十字形光标。移动触针指向所需板面的位置, 十字形光标也随着移动到所需的位置上, 当用微力将触针向板面压下时, 就会触动开关, 将十字形光标所处位置的 X、Y 坐标值作为数据输入计算机, 并执行下一步程序。数字化板的外形, 如图 1-5 所示。

数字化板的功用，与电阻控制器大致相同，但更为灵活方便。

(二) 输出设备

1. 显像管(监控器)其外形像普通的电视机，用以显示字符或图形。有三种不同的显示方式：文本方式、低分辨率绘图方式和高分辨率绘图方式。

当计算机处于文本方式时，荧光屏上只显示字符或由字符组成的图(图 1-1)。这时，每按下一个字符键，随即在光标的位置处显示该字符，以便于立即进行校核有无错键。若发现错键，应立即进行修改。例如用 ← 键将光标移回错误字符处，按下正确的字符键。注意，这个修改方法，必须在未按 RETURN 键之前进行，若已按下 RETURN 键之后才发现错误，便只能按第五章所叙述的方法进行修改。

可以通过相应的指令，在荧光屏上显示运算结果的数据和变量值，以及显示整个程序或某一程序的内容。

计算机在执行已输入的指令或程序时，如果发现有错误，便会立即终止运算，并用一定的格式在荧光屏上显示错误信息，指明错误的性质及错误所在的程序行行号。

有关上面提及的指令和错误信息，将会在以后的章节中陆续介绍。

当计算机处于低分辨率绘图方式或高分辨率绘图方式时，荧光屏上可显示所要绘画的图形。显像管分单色和彩色两种，若选用彩色显像管，则可以显示彩色图形。

2. 打印机它可以按指令的要求，将荧光屏上所显示的字符和图形打印在纸上，以便保存。也可以将整个程序打印出来，或按一定的格式将运算后所获得的数据值打印出来。用打印机打印出来的图形，较为粗糙，这与计算机的分辨率有关。

打印机的接口板，一般插在 CPU 输入/输出接口槽的第一槽。打印机的外形随着型号不同而异，图 1-6 所示是其中的一种示意图。

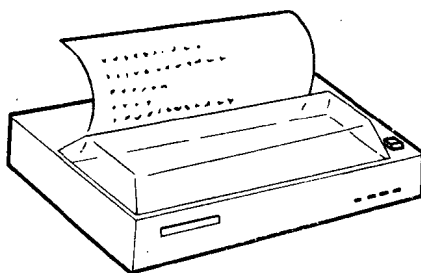


图 1-6

3. 绘图机 有平板式和开筒式两类。平板式绘图机工作时，图纸平放在绘图机的平板上并固定，由可移动的绘图笔按计算机输出的指令作 X、Y 方向移动而绘出图样。此类绘图机所能绘画的图幅大小，受平板的大小和图笔移动的最大区域所限制。开筒式绘图机工作时，要将图纸卷在一个能往复转动的开筒表面上，图纸随着开筒转动以实现直角坐标的一个方向的移动，而机上的图笔则作另一个方向的移动。此类绘图机所能绘画图幅的大小，只受到图笔移动的线性长度限制。两类绘图机都因型号不同而有不同的图幅限制、绘图精度、画线速度、图笔数目和外形。图 1-7 所示是其中的两种示意图。

(三) 磁盘和磁盘驱动器

编写好一个程序之后，便要通过键盘输入计算机，经过运行，并消除在运行过程中所发现

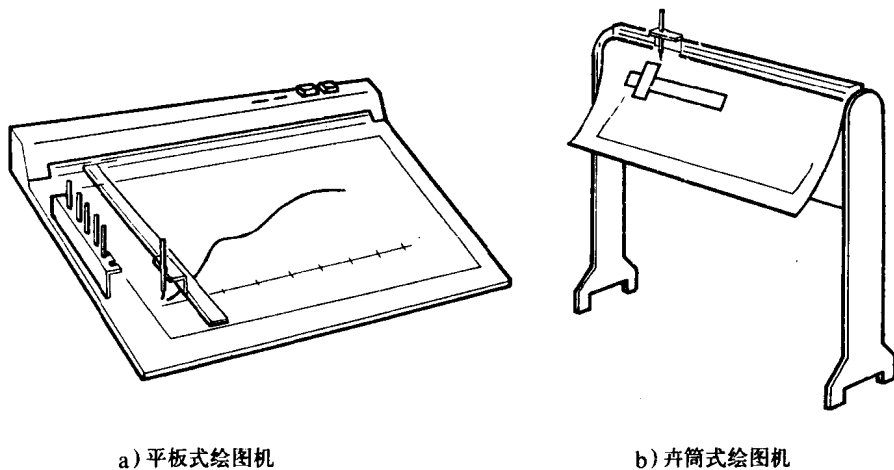


图 1-7

的全部差错和错误后，便成为一个调试好的程序。经调试并通过的程序，可通过磁盘驱动器将该程序存入一张磁盘内，以便在以后应用该程序时，再从磁盘通过磁盘驱动器输入计算机，这样，便可省去很多键入和调试时间。此外，磁盘还可以作为一个外围存储器，以扩大计算机的存储量。磁盘驱动器还可以用来复制磁盘，供其他用户使用。

微型计算机一般配置两个磁盘驱动器。磁盘驱动器的接口板，一般插在第六个输入/输出接口槽。常用的磁盘为 5 英寸软磁盘。磁盘驱动器和磁盘的外形示意图，如图 1-8 所示。

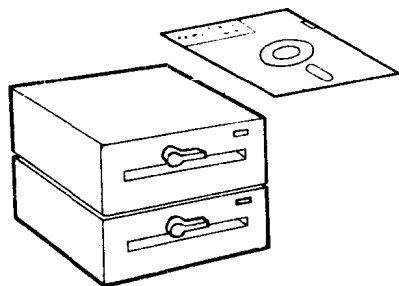


图 1-8

计算机内存储的已调试通过的程序，也可以通过普通的录放机存入普通盒式录音磁带内。存储在盒式录音磁带中的程序，同样可通过录放机调入计算机内存。作用与磁盘驱动器相同，但使用较为麻烦。

§ 1-3 计算机语言

要让计算机按照人们的意图进行运算和绘图，必须用计算机所规定的计算机语言和指令编写成程序。一般微机所使用的语言多是 BASIC 语言，它是 Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code (初学者通用符号指令代码) 的缩写。在 APPLE-II 微机中所使用的是类似 BASIC 语言的 APPLESOFT (苹果软语言)。也可以使用 INTEGER BASIC (整数 BASIC) 语言、FORTRAN (FORMula TRAN slation language 公式翻译) 语言或 PASCAL 语言等。此外，在 APPLE-II 微机中，还可以使用汇编语言或机器语言，以加快计算机的运算速度。

在本书的所有章节中，只介绍 APPLESOFT 语言的内容与运用，而在前六章的最后一节，介绍 IBM-PC 微机所使用的 BASICA 语言。

§ 1-4 计算机的数

计算机存储区的每个位，只能有两个状态，即“开”和“关”、或高电位和低电位、或带磁和不带磁等。这两个状态，在数学上用 1 和 0 表示，即每个位只有 1 和 0 两个数，这有别于人们习惯用的十进制中，每个位有从 0 至 9 十个数，因而，如果一个位中的数是 1，则再在这个位上加 1 时，由于该位不可能有比 1 大的数，故要进位。这就是逢二进一的二进制。由此可见，在计算机内存中，不能采用人们所熟识的十进制进行记数和运算，而必须由十进制翻译成二进制。当然，这个工作是由计算机内的翻译程序自行编译的，用户所输入的数据和计算机所输出的数据，仍采用十进制。不过，掌握什么是二进制，以及逢 16 进一的十六进制，并掌握它们与十进制的换算，对今后深入研究计算机和编写程序是有益的。

十进制、二进制和十六进制的区别如下：

1. 十进制：

10^4	10^3	10^2	10^1	10^0
3	2	5	7	4

$$3 \times 10^4 + 2 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 4 \times 10^0 = 32574$$

2. 二进制：

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	0	1	0

$$1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 26$$

3. 十六进制：

16^4	16^3	16^2	16^1	16^0
0	0	5	C	7

$$0 \times 16^4 + 0 \times 16^3 + 5 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = 1479$$

上面分别列出十进制、二进制和十六进制的三个数（写在框内），并在各个位的上方列出该位为 1 时相应的十进制值，框下方写出换算成十进制的算式和结果。十六进制的数以 1、2、3、4、… 9、A、B、C、D、E、F 表示十进制的数 1 ~ 15，所以 C 表示十六进制中数值 12，见表 1-1。

若将十进制换算成二进制或十六进制时，可进行逆运算如下：

1. 将 26 换算成二进制：

		余数
2	26	
2	13	0
2	6	1
2	3	0
2	1	1
	0	1

将余数从下往上写，即得二进制数11010

2. 将 1479 换算成十六进制

		余数
16	1479	
16	92	7
16	5	12
	0	5

表 1-1 三种进制若干数值相互对照表

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
1	1	1	21	10101	15
2	10	2	22	10110	16
3	11	3	23	10111	17
4	100	4	24	11000	18
5	101	5	25	11001	19
6	110	6	26	11010	1A
7	111	7	27	11011	1B
8	1000	8	28	11100	1C
9	1001	9	29	11101	1D
10	1010	A	30	11110	1E
11	1011	B	31	11111	1F
12	1100	C	32	100000	20
13	1101	D	33	100001	21
14	1110	E	34	100010	22
15	1111	F	35	100011	23
16	10000	10	36	100100	24
17	10001	11	37	100101	25
18	10010	12	38	100110	26
19	10011	13	39	100111	27
20	10100	14	40	101000	28

将余数从下往上写，即得十六进制数 5C7

表 1-1 列出十进制、二进制和十六进制相互对照的若干个数值。

APPLE-II 微机的 CPU 中，每个字节有 8 个位，按二进制计算，每个字节所能存入的数，对应于十进制是 0 ~ 255 共 256 个整数。较大的整数，便要用两个字节去存放。两个字节合起来，即能存入 0 ~ 65535 共 65536 个整数。这时，将前面的字节称为高位字节，后面的字节称为低位字节。于是，高位字节中的数乘上 256 再加上低位字节中的数，就是两个字节合起来所表示的数。

§ 1-5 开机和关机

开机之前，应明确外围设备的情况，以及各外围设备的接口板分别插在哪一个输入 / 输出接口槽内。随后插好各电源插座。开机时，应先开启监控器的电源开关，后开启 CPU 的电源开关。监控器的电源开关一般在前面荧光屏的旁边，APPLE-II 的电源开关位于机后左侧电源引入线附近。电源开关开启后，标有 POWER 的指示灯发亮，荧光屏上方中央显示 APPLE II 字样，同时，在左侧下方显示符号]，称为提醒符。提醒符的右侧紧贴着是一个闪动的矩形块，即前面所提及的光标。这时，计算机处于 APPLESOFT 状态，并等待用户用键盘输入 APPLESOFT 指令或程序。

如果提醒符为 *，则表示计算机处于监控状态，等待输入机器语言。同时按下 CTRL 键和 RESET 键，便可转回 APPLESOFT 状态。

如果计算机系统接有磁盘驱动器，则开机前必须把已录有内容的磁盘插入 1 号磁盘驱动器内（放在上面的一个），并关好“门”，才好开机。如开机前没有插入磁盘，则开机后，磁盘驱动器的红灯发亮，并可听到磁盘驱动器不停地转动，荧光屏上长时间不出现提醒符和光标。这时，可同时按下 CTRL 键和 RESET 键，磁盘驱动器的红灯便会熄灭，并停止转动，荧光屏上即出现提醒符和光标。

关闭各电源开关，即可关机，但应先关 CPU，后关监控器。关机后，存储在 CPU 内的所有程序和数据随即消失。也就是说，CPU 的随机存储区只有在开机时才有存储功能。所以，绝对不要在使用过程中冒失关机。但是，如果荧光屏上出现一些杂乱的字符和条纹，或不出现提醒符和光标，即使按下 CTRL 键和 RESET 键也无法使提醒符和光标重现，这时，可把 CPU 关掉，稍稍停顿片刻再开机，问题就会解决，但要重新输入程序和指令。

打印机和绘图机的电源，可在使用该设备之前才开启。

§ 1-6 小结和建议

1. 近年来，计算机绘图的软件和硬件的发展相当迅速。目前，国内外都开发了适用于绘制各种图形的基本软件，使用时都非常方便，但还远远没有满足实际的需要。因此，开发更多更便于使用的软件，是当前迫切的任务。唯有拥有充足的软件，才能更好地发挥计算机绘图和计算机辅助设计的优越性。

2. 本书以 APPLE-II 微机作为具体的机型,讨论各种实用绘图程序的编程方法。下面所讲的内容,都是最基本的和最浅显的,熟练掌握之后,便可融汇贯通,加以丰富和改进,并结合各行各业的具体需要,编成各种专用软件。在学习过程中,应加强上机操作,调试程序,方能事半功倍。为满足学习需要,所购置的计算机系统包括 CPU、键盘、监控器和一台磁盘驱动器和适量的磁盘即可。加设一台小型绘图机,便可输出更完美的图形。如果加设一台打印机,除可打印程序、数据和表格外,还可以打印出荧光屏上所显示的图形。关于使用这些外围设备的方法和指令,将在有关章节中详细介绍。

3. 熟记 0 至 15 这 16 个数的二进制表示法和十六进制表示法,因为,在今后的章节中将要用到。至于更大的数,只掌握其换算方法便可。

4. 开机后,试按下述步骤进行操作,以熟识键盘上各按键的位置和功能。

a. 按字母排列顺序: ABCD...WXYZ, 将逐个字母键入,每键入一个字母之后,按一下空置键。随后,按同样方法,顺序键入数字 1 2 3...90。注意,当键入至字母 T 后,光标便自动转到下一行左端。这说明将来如键入长于 40 个字符(包括空格)的语句时,不必考虑大为去转行,更不应按 RETURN 键去转行。上述操作,可以熟识一下各个字母键和数字键的位置。其中最容易混淆的是 I 和 1、O 和 0,故按键时,应特别留意。键入数字 0 之后,按一下 RETURN 键。这时,原在闪动的光标消失,并在下一行处出现:

? SYNTAX ERROR

字样,同时在再下一行显示提醒符] 和光标。原因是每按一下 RETURN 键,表示要求计算机执行所键入的指令或存入所键入的语句,但前面所键入的并非指令,也不是语句,计算机不“认识”,便认为是“语法错误”,于是便显示上面的“错误”信息,提醒用户注意改正。目前,可以不加理会。

按上面的要求,再一次键入各字母和数字,在按下数字 0 之后,同时按下 CTRL 键和 RESET 键。这时,荧光屏上在数字 0 后面的光标仍然保留并闪动,而在下一行左端又出现提醒符和光标。原因是,每同时按下 CTRL 键和 RESET 键后,即告诉计算机,在最近一个提醒符之后所键入的内容作废、不必执行,也不必存储。

b. 顺次键入各个符号,如, . / : ; - 等,然后用左手手指或右手手指按住左侧或右侧的 SHIFT 键,用另一只手的手指键入符号 < > ^ ? + @ ! | # \$ % & ' () * =。这个操作,可熟识各个符号键的位置以及 SHIFT 键的功用。按下 RETURN 键,或同时按下 CTRL 和 RESET 键之后,再重复一次。熟记各字符键的位置,可大量节约键入程序的时间。建议熟习英语打字法,则效率会更高。

c. 试键入 APPKESGDT,每个字母之间不必留空格。不难看出,这个字实为 APPLESOFT 之误,其中字母 K 应修改为 L,字母 D 应修改为 F。改正的方法如下:按 ← 键,每按一次,光标左移一格,当光标到达字母 K 位置时,键入字母 L,荧光屏上即显示 L 以取代 K。随后,按 → 键,将光标移到字母 D 处,键入字母 F。最后还要按 → 键,将光标移到字母 T 之后,才可键入随后的新字符。在按下 ← 键或 → 键时,如果同时按下 REPT 键,且继续按住,光标便会很快向相应的方向连续移动。移到恰当位置时,同时抬手,光标便