

An aerial photograph of a parking lot. The lot is filled with rectangular parking spaces, each outlined with a yellow border. Some of these yellow-outlined spaces are further defined by a white border, creating a grid-like pattern. The parking spaces are arranged in several rows, with some rows being more complete than others. The overall layout is organized and systematic.

```

34: IF M>A-J6CSUB
      200:B(Y,X)=S:U
      =U+1:GOSUB 200
      :B(Y,X)=1
36: IF N>A-1:LET U=
      W:GOSUB 200:R(
      Y,X)=-S:U=W+1:
      GOSUB 200:B(Y,
      X)=-T
39: NEXT I
41: LPRINT :PRINT
      "LL-":LL:BEEP
      5:WAIT :PRINT
      "CHAIN (CHAIN
596:LB=X(0)-X(R):X
      1=Y(Q)-Y(R):S1
      =I(LB<2-X1+2):
      T1=OSH-(X1<S1)

```

PC-1500 机 BASIC 程序设计与测量计算程序

吴俊昶 等 编

湖南人民出版社

PC-1500机
BASIC程序设计与测量计算程序
吴俊昶 等 编

测绘出版社出版
北京市怀柔县王史山胶印厂印刷
新华书店北京发行所发行

开本787×1092 1/16·印张46.25·字数1117千字·

1986年1月第一版·1988年6月第二次印刷

印数7,301—9,800册·定价10.40元

ISBN 7-5030-0133-x/p·55

内 容 提 要

本书内容分上、下编。上编共六章，结合PC 1500机详细地介绍了BASIC语言，着重阐述语法与语义的基本概念及有关程序设计的基础知识。下编共八章，介绍测绘生产中常用的地形测量计算、常规大地测量计算、天文和重力测量计算以及高程和平面控制网的平差计算程序，并详细地介绍了这些程序的功能、数学模型、输入信息、输出成果及实际操作步骤，同时还给出了计算示例。

本书可作为广大测绘工作者的测量计算手册和工程技术人员自学的参考书，也可作为大专院校和计算机学习班的教材。

前 言

PC-1500 计算机是一种采用BASIC语言进行程序设计、整机体积小、对工作环境要求不高的袖珍计算机。它几乎具有一般计算机的功能,而且可以像普通计算器一样适宜于外业队携带使用。所以,它一出现就在测绘部门、其它工程技术部门和教学科研单位受到了普遍欢迎。

在测绘生产中,有许多规模不很大,但相当复杂的计算工作,有些计算工作还需要在外业及时完成。单靠人工作这些计算要拖延很长时间,而送回城市用大计算机计算往返又不很方便。例如,某项工程建设急需测图或施工,然而这些工作必须在完成首级控制网的平差计算之后才能开展。在这种情况下,如使用预先编制的程序在PC-1500 机上计算,可就地很快地完成这些计算,从而大大加快了工作进程、提高了经济效益。

PC 1500 机与大计算机相比,它的内存容量较小,运算速度较慢,因而在解题范围上受到一些限制。但如果能灵活运用本机的BASIC语言,在程序设计中认真考虑节省存贮单元、提高运算速度,可以在一定条件下充分发挥本机在生产建设中的作用,解决许多以往只有大计算机才能完成的复杂计算工作,其解题范围也是十分可观的。例如,用普通的方法编制按高斯消去法解算对称线性方程组的程序时,在有16K字节存贮模块的情况下,只能解45阶的方程,但采用一定的技巧之后,使本机所解的对称线性方程组可达63阶。因此,使用本机也有利于提高工程技术人员程序设计的技能。

目前,我国已有许多测绘生产单位和其它工程技术部门装备了PC-1500 机,迫切需要有一本适合我国工程技术人员阅读的参考书,测绘单位还需要有一些能够直接用于生产的测量计算程序,本书就是为适应这种需要而编写的。

本书分上编和下编两部分。上编的第一章至第五章系统介绍PC-1500 机的使用方法、本机的BASIC语言以及应用本机的BASIC语言进行程序设计的方法。在编写中,既考虑适合于从事测绘工作的工程技术人员,也考虑适合于从事其它工作的工程技术人员。在内容的安排上注意了由浅入深,由易到难和理论联系实际的原则;在叙述中注意了语法与语义上的基本概念和程序设计的基本训练。为了使读者进一步提高程序设计的技能,在第六章较详细地介绍了几个程序的设计思想和方法。

下编共有八章,介绍测绘生产中常用的测量计算程序。包括地形控制计算、常规大地测量计算、天文和重力测量计算以及高程和平面控制网的平差计算程序。详细地介绍了这些程序的功能、数学模型、输入信息、输出成果及实际操作步骤,并且都给出了计算示例。这些程序大部分在生产或教学中使用过,有些程序通过了技术鉴定,认为它们具有先进性、新颖性和实用性。因此,这些程序可供实际生产应用和参考。

本书上编由吴俊昶编写,刘大杰、刘家彬审核。参加下编编写工作的有武汉测绘学院的孙祖述、徐绍铨、张学廉、陈恒录、李堃、李仁俊、董挹英、吴俊昶、刘家彬、于正林、刘

大杰、曹新华、杨振涛、李叶才、余绍熙、刘正国等同志，由刘大杰、吴俊昶、刘家彬审核。书中的插图由冯秦珍同志描绘。

由于编者水平有限，且编写时间仓促，书中的缺点错误在所难免，有的程序尚未经受多种实例的考验；且程序的优化是无止境的。恳切地希望读者指正。

编 者
一九八四年十月

目 录

上 编

绪 言	(1)
第一章 PC-1500机及其运算	(2)
§ 1-1 PC-1500袖珍机简介	(2)
§ 1-2 计算机使用的数制与本机使用的数	(5)
§ 1-3 本机的键盘和显示屏	(10)
§ 1-4 本机设置的标准函数	(14)
§ 1-5 PC-1500机的一般运算	(19)
§ 1-6 PC-1500机的程序运算	(22)
第二章 本机BASIC语言的基本符号和表达式	(29)
§ 2-1 本机语言使用的基本符号	(29)
§ 2-2 常量、变量及变量名	(30)
§ 2-3 表达式	(33)
第三章 本机使用的BASIC语句	(38)
§ 3-1 赋值语句 (LET)	(38)
§ 3-2 输入语句 (INPUT, DATA, READ, RESTORE)	(40)
§ 3-3 输出语句 (PRINT, PAUSE, LPRINT) 和输出格式 (WAIT, TAB, USING, CURSOR, LCURSOR)	(43)
§ 3-4 说明语句 (DIM)	(48)
§ 3-5 转向语句 (GOTO)	(50)
§ 3-6 条件语句 (IF THEN) 和复合语句	(52)
§ 3-7 循环语句 (FOR NEXT)	(58)
§ 3-8 暂停语句 (STOP)、继续运行命令 (CONT)、注释语句 (REM)、终止语句 (END)	(69)
§ 3-9 子程序及转子语句 (GOSUB)、返回语句 (RETURN)	(71)
§ 3-10 控制转移语句 (ON GOTO, ON GOSUB, ON ERROR GOTO)	(74)
第四章 本机使用的命令、扩展语句以及程序的调试	(78)
§ 4-1 标号 (定义) 键 (DEF)、自读语句 (AREAD) 和自启程序语句 (ARUN)	(78)
§ 4-2 点型显示语句 (GPRINT)、列定位语句 (GCURSOR) 和点型函数 (POINT)	(80)

§ 4-3	其它命令与扩展语句 (CLEAR, CLS, LOCK, UNLOCK, RANDOM, BEEP, LIST, LLIST, NEW)	(83)
§ 4-4	程序调试的基本方法	(87)
§ 4-5	程序调试的例子	(92)
第五章	PC-1500机的扩展功能	(101)
§ 5-1	打印机与使用的语句、命令 (GRAPH, TEXT, LF, CSIZE, COLOR, TEST, GLCURSOR, ROTATE, SORGN, LINE, RLINE)	(101)
§ 5-2	磁带机与使用的语句、命令 (RMT ON, RMT OFF, CSAVE, CLOAD?, CLOAD, INPUT#, PRINT#, CSAVE-1, CLOAD?-1, CLOAD-1, INPUT#-1, PRINT#-1, CHAIN, MERGE, CHAIN-1, MERGE-1)	(116)
§ 5-3	贮存备用系统及其用键 (F1~F6, $\blacktriangle$, RCL)	(127)
§ 5-4	存贮模块	(129)
第六章	程序设计示例	(131)
§ 6-1	法方程解算和系数阵求逆	(131)
§ 6-2	多条线形锁计算程序	(143)
§ 6-3	三角网间接平差程序	(155)

下 编

第七章	地形控制测量计算程序	(181)
§ 7-1	单一附和导线计算程序	(181)
§ 7-2	闭合导线计算程序	(185)
§ 7-3	前方交会计算程序	(188)
§ 7-4	侧方交会计算程序	(190)
§ 7-5	后方交会计算程序	(193)
§ 7-6	测边交会计算程序	(196)
§ 7-7	线形三角锁计算程序	(199)
§ 7-8	大地四边形计算程序	(203)
§ 7-9	中点多边形计算程序	(206)
§ 7-10	三、四等水准测量外业观测记录计算程序	(210)
第八章	大地测量计算程序	(218)
§ 8-1	高斯中纬度大地主题正、反算程序	(218)
§ 8-2	嵌套系数法解算大地主题正、反算程序	(222)
§ 8-3	高斯投影正、反算及换带计算程序	(235)
§ 8-4	三角测量边长精度估算程序	(244)
§ 8-5	全圆方向及天顶距观测记录程序	(251)
§ 8-6	JCY-3、RM-3激光测距仪测距程序	(261)

§ 8-7 JCY-2A激光测距仪测距程序	(272)
§ 8-8 ME-3000精密测距仪测距程序	(281)
§ 8-9 解算测距仪加常数、乘常数程序	(290)
§ 8-10 一、二等水准测量外业观测记录计算程序	(299)
§ 8-11 距离归算程序	(306)
§ 8-12 三角测量概算程序	(311)
第九章 天文测量计算程序	(336)
§ 9-1 无线电时号法、太阳天顶距法测定经度和方位角程序	(337)
§ 9-2 太阳时角法测定方位角程序	(347)
§ 9-3 无线电时号法、太阳天顶距法测定经度程序	(356)
§ 9-4 太阳天顶距法测定纬度程序	(365)
§ 9-5 北极星任意时角法测定方位角程序	(374)
§ 9-6 北极星高度法测定纬度程序	(383)
§ 9-7 观测北极星同时测定方位角和纬度程序	(391)
§ 9-8 无线电时号法、东西星天顶距法测定经度程序	(401)
第十章 重力测量计算程序	(410)
§ 10-1 相对重力测量记录和计算程序	(410)
§ 10-2 多架仪器多条测线联测计算程序	(421)
§ 10-3 双次三程观测记录和计算程序	(423)
§ 10-4 重力固体潮理论值计算程序	(430)
第十一章 高程控制网平差程序	(434)
§ 11-1 水准网平差程序	(434)
§ 11-2 三角高程网平差程序	(443)
§ 11-3 复测水准网动态平差程序	(465)
第十二章 平面基本图形平差程序	(487)
§ 12-1 测角大地四边形条件平差程序	(487)
§ 12-2 测边大地四边形条件平差程序	(498)
§ 12-3 测角中点多边形条件平差程序	(509)
§ 12-4 测边中点多边形条件平差程序	(520)
§ 12-5 单一附(闭)合导线条件平差程序	(530)
第十三章 平面控制网平差程序	(547)
§ 13-1 三角网与边角网平差程序	(547)
§ 13-2 三边网与边角网平差程序	(588)
§ 13-3 导线网相关平差程序	(610)
§ 13-4 秩亏平面控制网平差程序	(645)
§ 13-5 三角网分区平差程序	(667)
§ 13-6 绘平面控制网及误差椭圆图程序	(688)
第十四章 解算线性方程组的几个程序	(694)
§ 14-1 共轭斜量法解对称线性方程组程序	(694)

§ 14-2 豪斯霍特 (Householder) 法解误差方程程序	(699)
§ 14-3 求广义逆矩阵及线性方程组的最小二乘最小范数解程序	(709)
附录一 出错代码一览表	(722)
附录二 语句、命令一览表	(726)
主要参考文献	(731)

上 编

绪 言

电子数字计算机是一种能够按照人们给定的程序，自动地以极高的速度进行大量计算工作的电子机器。它的发明是二十世纪科学技术的卓越成就之一。电子数字计算机的科学技术水平、生产规模和应用程度，已经成为衡量现代化水平的显著标志。

从世界上出现第一台计算机至今仅三十余年，电子计算机技术有了飞跃的发展，经历了真空管、晶体管、集成电路和大规模集成电路的四代演变。目前正向巨型、微型、网络及智能模拟等方向发展。

随着大规模集成电路技术的开发和应用，出现了微型计算机和电子计算器。最近又出现了大小如电子计算器而性能又酷似微型机的袖珍计算机，它具有便于携带，使用简便的优点。它将对微型计算机的普及应用发挥积极的作用。这种袖珍计算机用8位微处理器做成，使用BASIC程序语言，从而使本机具备了微型计算机的部分功能，这是电子计算器所无法比拟的。它的代表机型是SHARP PC-1500或CASIO PB-700。

应用计算机算题，必须针对某个问题编写其相应的程序，编制程序的过程称为程序设计。在计算机出现的初期，程序设计使用的是机器能直接按此运算的机器语言。它们只是一些加、减、乘、除的基本运算或别的一些简单的操作。用机器语言编写的程序称为“手编程序”，手编程序存在难学难懂的缺点，特别是编制程序的工作量大，所化的人力和时间很多，它不能适应发展的需要。后来程序设计逐步向自动化方向发展，出现了“程序语言”。这些语言的特点是非常接近于人们习惯的书写方式，具有易学易懂的优点。它们的出现对计算机科学的发展和应，起了有力的推动作用。

第一章 PC-1500机及其运算

§ 1-1 PC-1500袖珍机简介

PC-1500袖珍机（以后简称本机）是日本夏普公司产品，这是一台功能较全、运算速度也较快（与一般的程序计算器相比），且便于携带的袖珍机。配上相应的打印机和磁带机接口CE-150及磁带机CE-152等附件，形成一袖珍计算机系统。如再配上扩充接口CE-158可进一步扩大该系统的功能。本机系统的结构示意图见图1-1-1。

本机系统的主机PC-1500由液晶显示屏、键盘、微处理器 MPU、只读存储器ROM、随机存储器RAM以及时钟信号、音响发生器等部件组成。

液晶显示屏用来显示计算结果时，只取10位尾数和2位指数，多余的位数均被舍去。此外，在屏幕上还可看到主机当前的工作方式、角度单位等小的注记字样。如RUN，PRO，RESERVE，DEG，RAD，GRAD，I，II，III，SMALL，SHIFT，这些符号的含义将在以后再作说明。

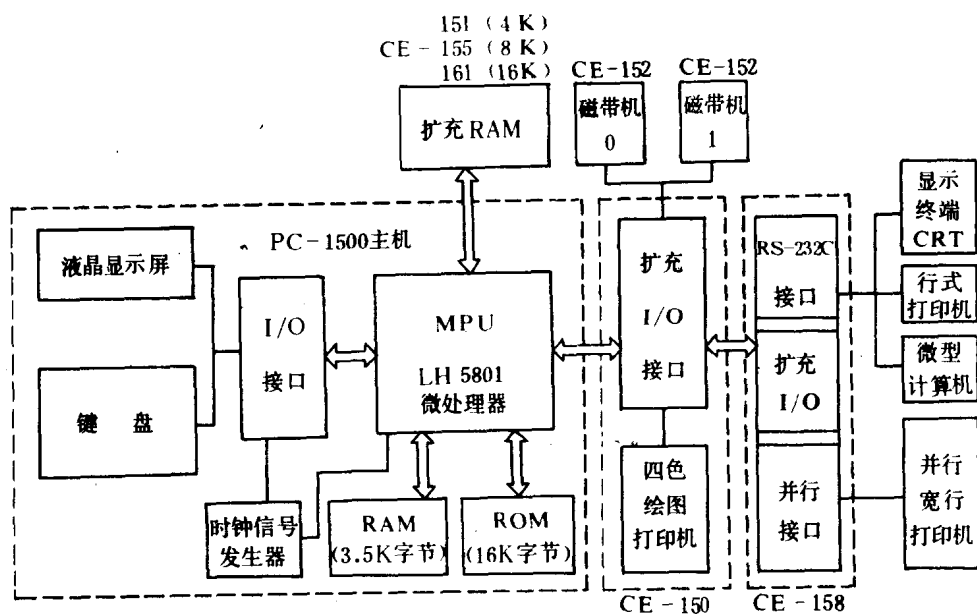


图 1-1-1 PC 1500机系统结构示意图

本机键盘包括65个按键（见图1-1-2），除了通常的26个字母键和10个数字键外，还有各种不同功能按键，它们的用途也将在下面再作介绍。使用本机运算所需的一切原始数据和程序都要通过键盘输入主机的RAM。

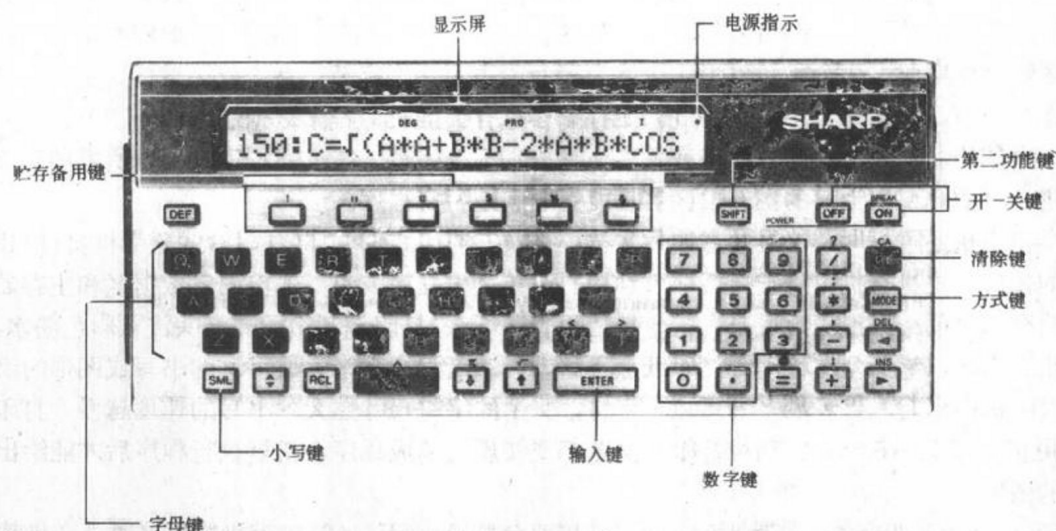


图1-1-2

主机采用LH 5801作微处理器（8位,C MOS电路），其中包括运算器、控制器和寄存器，是机器工作的核心部分。存储器是机器的仓库，用来存放程序、起算数据、计算的中间结果和最后成果。存储器又分为内存贮器和外存贮器，内存贮器中保存促使机器运行的工作程序和程序运行处理的对象（数据）。外存贮器（如磁带等）也是保存程序 and 数据的仓库，它是在内存贮器不足的情况下使用的，外存贮器中的程序和数据只有调入内存贮器后才能被执行。内存贮器又分为只读存储器ROM和随机存储器RAM。本机的ROM容量为16K（ $K = 2^{10} = 1024$ ）字节，每个字节有8个二进制数位，简称8位或8比特。ROM中保存着机器工作所需的全部软件，一般有解释程序、控制程序、管理程序等，这是厂方预先备就的。它只能在机器的管理下，在用户算题时进行工作。一般而言，ROM容量越大，其存放的内容越多，机器的性能愈佳、使用愈方便。

本机的RAM容量为3.5K字节。机器系统区占用其中的0.9K字节，而在0.9K中80字节用作输入缓冲寄存器；196字节用作堆栈存储器；646字节作为其他的一些用途。在剩下的2.6K字节的用户区中，划出624字节作为固定数据区，一是用来存放26个数字变量，变量名为A~Z，每个变量占用8字节，可存放1个数据；剩下的用来存放26个字符变量，变量名为A\$~Z\$，每个变量占用16字节，存放16个字符（如A、1、+、或*）。若编制程序时，没有使用此等固定数据区的变量，它们就闲着不能发挥作用。在2.6K字节中又划出188字节作为贮存备用区（简称贮备区），供用户利用6个贮备键（空白键）自行定义总数达18个的关键词或操作语句。2.6K字节中除去固定数据区和贮备区外还有1850字节，称为主存贮区或程序数据区。用户输入的程序或自行命名的数据变量（不属于固定数据区的）都存放在此主存贮区中；程序安排在主存贮区的前头，数据存放在主存贮区末尾，若程序和数据没有重叠，则机器能正常地进行工作，否则将出现错误信息。

本机另附有随机存储模块，可借以扩大主存贮区容量。若在主机背面插入容量为4K字

节的模块CE-151, 则主存容量扩大到5946字节; 插入容量为8 K字节的模块CE-155, 主存容量扩大到10042字节; 插入容量为16K字节的模块CE-161, 主存容量扩大到18234字节。主存贮区贮存程序时, 1个字符占用1个字节, 行号占用4个字节; 命令或函数的定义符一般占用2个字节, 少量的占用3个字节。主存贮区贮存数据时, 一个数据需占8个字节, 另外指定一个数组名或定义一个双字符变量名还要外加7个字节。按上述程序及数据所需的字节数, 用户可估算机器当前的主存贮区容量能否顺利地执行程序。

本机主机还附有时钟信号及音响发生器, 以及与打印机CE-150 (附盒式磁带机接口) 相连接的接口。主机与打印机连接后, 可利用打印机列出程序清单, 输出固定数据区和主存贮区中的全部中间结果或最后成果。打印机使用普通纸张, 打印笔利用圆珠笔头注入彩色墨水。打印机工作时, 笔头左右移动, 打印纸上下移动, 二者配合起来完成字符的书写或图形的绘制。打印机输出时, 每秒最多书写11个字符, 采用的字符尺寸越大, 书写的速度越慢。打印机使用的纸宽只有57mm。利用打印机绘图都要按规定编成程序, 机器执行程序后才能绘出相应的图形。

CE-150上有两个盒式磁带机接口, 可以连接两台磁带机CE-152, 磁带机能用普通录音机替代。利用磁带机可以把RAM中的程序和数据写在普通盒式磁带上, 需要时又可以把写在磁带上的程序或数据读入RAM使用。尤其在执行大型程序时需要交替使用磁带机的这种读写功能。

由于本机使用CMOS (互补金属氧化物半导体) 存贮器, 保存RAM中的信息仅需极为微小的电流, 即使关机后电池仍向RAM供电, 故RAM中的信息就被长久保存着。取出主机的电池后, RAM中的信息还可保存约一个小时, 故有足够的时间来更换主机的电池而不致丢失RAM中的程序和数据。

主机使用6 V直流电源, 4节五号电池约可工作50小时。当主机与打印机相连时, 则由打印机内的镍镉蓄电池供电, 打印机在使用前应利用所附的EA-150充电器为蓄电池充电15小时, 机器即使不用, 也要隔三个月充电一次以免损坏蓄电池。如果在主机的电源开关未关闭情况下接通电源, 将出现包括【ON】键(【BREAK】键)(本书带方括号的英文字母表示键名)在内的全部按键失效, 或则按键有效, 但程序不能输入的情况。此时, 就要应用主机背面的总清键钮(【ALL RESET】)来排除这种状态。其操作方法为: 主机先接上电源或装入4节五号电池, 以左手食指按住【ON】键不放, 右手用一细木棒将ALL RESET钮压下, 约持续15秒钟。放开后屏幕上将显示

NEW 0 ? : CHECK (PRO方式)

字样, 这是正常现象, 若未出现此字样 (检查电源是否正常), 则重复进行上述操作。屏幕显示上述字样后, 先按【CL】键清显示屏, 再利用按键打入字符 NEW 0 并按【ENTER】键清程序; 接着再按【SHIFT】【MODE】两键换成 RESERVE方式, 再用按键打入字符NEW 并按【ENTER】键清贮存备用区内容。经过总清操作后, 主机就能正常工作了。总清后可以插入存贮模块, 其操作步骤为: 先按【OFF】键关机并取出电池 (拔下电源插头); 再揭开主机背面的模块盒盖, 取出准备插入的模块并摘下脚套 (手不要触及插脚), 慢慢地将模块插主机背面模块盒的插座中, 盖上模块盒盖。装入电池或接上电源, 按【ON】键开机, 利用键盘打入字符 STATUS 0 后按【ENTER】键, 若插入的是4K模块, 则屏幕上将显示5946, 这是扩充后的主存字节数; 对8 K模块将显示10042; 对16K模块将显示18234。这些数字说

明所插入的模块已将主存容量分别扩充到5946、10042或18234字节。主机背面的模块盒中只有一组插座，故只能插入一个存贮模块。

关于主机性能的其它一些细节，如一般运算、程序运算以及输入或修改程序的编辑功能等问题，将在有关章节中介绍。

§ 1-2 计算机使用的数制与本机使用的数

在生产实践中，使用最多的是十进制数。由于设计和制造等方面的原因，电子计算机所运算的都是二进制数。在使用计算机时，机器都能按规定的格式接受十进制数，并把它翻译成二进制数进行处理、运算；计算结束后又能将结果翻译成十进制数输出。一般来说，并不要求计算人员手工进行数制的换算。但是，为了更好地使用计算机，计算人员应该掌握电算中使用的一些数制、数制之间的换算方法以及机器接受数据的形式等问题。

一、几种数制

1. 十进制数

十进制数是一种“逢十进一、借一作十”的计数制。十进制数由0~9等十个数字组成。以“10”表示+，这个+就是它的基数。一个数中的数字由于它在该数中所处的数位不同而具有不同的值。例如某十进制数116.625₍₁₀₎，它由六个数字1，1，6，6，2，5组成，这些数字所处的数位分别为10²，10¹，10⁰，10⁻¹，10⁻²，10⁻³，这个十进制数的值就可写成

$$116.625_{(10)} = 1 \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^0 + 6 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-3}.$$

一般而言，若以 $k_n, k_{n-1}, \dots, k_1, k_0, k_{-1}, k_{-2}, \dots, k_{-m}$ 分别表示十进制数在数位10ⁿ, 10ⁿ⁻¹, ..., 10⁰, 10⁻¹, ..., 10^{-m}上的数字（k为十进制的任一数字），则该十进制数的值就是

$$x_{(10)} = k_n \cdot 10^n + k_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + k_1 \cdot 10^1 + k_0 \cdot 10^0 + k_{-1} \cdot 10^{-1} + \dots + k_{-m} \cdot 10^{-m}.$$

若以G表示基数，则该数的值为

$$x_{(G)} = k_n \cdot G^n + k_{n-1} \cdot G^{n-1} + \dots + k_0 \cdot G^0 + k_{-1} \cdot G^{-1} + \dots + k_{-m} \cdot G^{-m}, \quad (1-2-1)$$

其中k为G进制的任一数字。

2. 二进制数

二进制是一种“逢二进一、借一作二”的计数制。二进制数由0及1两个数字组成，以“10”表示“二”，二就是它的基数。这两个数字同样由于它在某数中所处的数位不同而具有不同的值。例如某二进制数为1,110,100,101₍₂₎，由(1-2-1)式得该数按十进制计数法的值

$$1,110,100,101_{(2)} = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-3} = 116.625_{(10)}.$$

由此可知，十进制数116.625与二进制数1,110,100,101的值是相等的。直观看来，用二进制表示的数写起来很长且不利于阅读。但是电算中采用二进制计数可使计算机的结构最为简单，使用元件最省，运算简便而稳定。

十进制的各个数字若用二进制表示，可列成表1-2-1。

表 1 2 1

十进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
二进制	000	001	010	011	100	101	110	111	1000	1001

3. 八进制数

八进制是一种“逢八进一、借一作八”的计数制。八进制数由0~7等八个数字组成，以“10”代表“八”，这个八就是它的基数。这些数字同样由于它在某数中所处的数位不同而具有不同的值。例如 $164.5_{(8)}$ 为八进制数，由(1-2-1)式得该数按十进制计数法的值

$$164.5_{(8)} = 1 \cdot 8^2 + 2 \cdot 8^1 + 4 \cdot 8^0 + 5 \cdot 8^{-1} = 116.625_{(10)}。$$

由此可知，八进制的 $164.5_{(8)}$ 等于十进制的 $116.625_{(10)}$ ，也等于二进制的 $1,110,100,101_{(2)}$ 。这说明同样的数值如采用不同的计数制表示就有不同的形式。八进制中的各个数字若用二进制数表示，与表1-2-1的前八个相同。

4. 十六进制数

十六进制是一种“逢十六进一、借一作十六”的计数制。十六进制数由0, 1, 2, ..., 8, 9, A, B, C, D, E, F等十六个数字组成，以“10”代表“十六”，其中字母A, B, C, D, E, F分别表示十六进制中的数字(写成十进制数)10, 11, 12, 13, 14, 15。这种计数制的基数是十六。显然，一个数字由于它在某数中所处的数位不同而具有不同的值。例如 $74.A_{(16)}$ 是十六进制数，由(1-2-1)式得该数按十进制计数法的值

$$74.A_{(16)} = 7 \cdot 16^1 + 4 \cdot 16^0 + 10 \cdot 16^{-1} = 116.625_{(10)}。$$

由此得

$$1,110,100,101_{(2)} = 164.5_{(8)} = 74.A_{(16)} = 116.625_{(10)}。$$

十六进制中的前十个数字若用二进制表示与表1-2-1同，后六个数字若用二进制表示，可列成表1-2-2。

表 1 2 2

十六进制	A	B	C	D	E	F
二 进 制	1010	1011	1100	1101	1110	1111

由上述可知，同样的数值如采用不同的计数制表示，它们的形式是不同的。为了认识不同计数制表示的数的值，有时需要进行数的换算。

二、二进制数与八进制数、十六进制数的换算

计算机是用二进制数进行运算的，但用二进制表示的数书写时拖得很长，不便使用。为此，常把二进制数写成八进制或十六进制的形式。

1. 二进制数与八进制数的换算

由于

$$8 = 2^3$$

所以八进制中的每一个数字0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7可以用相应的三位二进制数字表示(见表1-2-1)。由此得八进制数换算成二进制数的规则为“一位成三位”。

例如有八进制数 $164.5_{(8)}$ ，根据一位成三位的规则，由表1-2-1得

$$164.5_{(8)} = 1\ 110\ 100.101_{(2)}。$$

又如八进制数 $515.502_{(8)} = 101\ 001\ 101.101\ 000\ 010_{(2)}。$

在以上二例中均省写了无用的零。这是将八进制数换算成二进制数。

至于二进制数换算成八进制数，可以使用“三位并一位”的规则。但是要注意，必须以小数点为基准，向左和向右把两边的每三个二进制数字划分为一组直到结束，不足三位的以零补齐。

例如有二进制数 $10\ 11\ 001.0111_{(2)}$ ，按上述规则从小数点向两侧每三位分为一组得

$$\underline{001}.011.001.011.\underline{100}，$$

按表 1-2-1 即可写出

$$1\ 011\ 001.011\ 1_{(2)} = 131.34_{(8)}。$$

由此可知，一个繁长的二进制数若用八进制表示，其形式甚为简便，而且换算方便。

2. 二进制数与十六进制数的换算

同样，由于

$$16 = 2^4，$$

所以十六进制中的每一个数字 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 可以用相应的四位二进制数字表示（见表 1-2-1 及表 1-2-2）。由此得十六进制数换算成二进制数的规则为“一位成四位”。

例如有十六进制数 $74.A_{(16)}$ ，根据一位成四位的规则，由表 1-2-1 及表 1-2-2 得

$$74.A_{(16)} = 0111\ 0100.1010_{(2)}。$$

又如十六进制数 $7ECA_{(16)} = 111\ 1110\ 1100\ 1010_{(2)}。$

至于二进制数换成十六进制数，可以使用“四位并一位”的规则。同样要注意，应以小数点为基准，分别向左右两边将每四个二进制数字划分为一组，不足四位的以零补齐。

例如有二进制数 $101\ 1001.0111_{(2)}$ ，按上述规则从小数点向两侧每四位分为一组得

$$0101, 1001.0111$$

按表 1-2-1 即可写出

$$0101\ 1001.0111_{(2)} = 59.7_{(16)}。$$

又有二进制数

$$111\ 0100.101_{(2)} = 74.A_{(16)}。$$

三、二进制、八进制、十六进制与十进制数的换算

二进制、八进制、十六进制数换成十进制数的算法可以根据（1-2-1）式进行。下面介绍将十进制数换算成八进制数、二进制数和十六进制数的方法。

1. 整数十进制换八进制

今有十进制正整数（若为负整数，只要在换算后冠以负号） $116_{(10)}$ ，要把它换算成八进制数。显然，换算后的八进制数仍应为正整数。

设换算后的八进制正整数为 $k_n, k_{n-1} \dots k_0$ (k_i 为数位 i 上的八进制数字)，按（1-2-1）