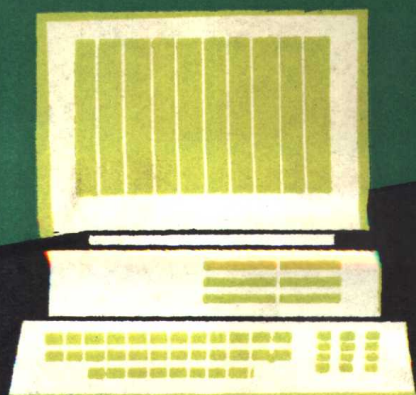




微型计算机原理 与程序设计

丁正全 蒋怀义 编著

四川大学出版社

微型计算机原理与程序设计

丁正全 蒋怀义 编著

四川大学出版社

一九八六年成都

内 容 简 介

本书共十三章。其内容可分为三部份：第一部份 1—7 章，讲解数字电子计算机和微型计算机的基本工作原理。该部份内容具有一定的完整性与独立性，可作为 40—50 学时的计算机原理课或微型计算机原理课的教材。第二部份 8—10 章，进一步讨论微型计算机的程序设计。十分详细地分析和解剖了一种单板机的监控程序，以此作为进一步学习微型机程序设计的重要手段。第三部份 11—13 章，介绍 A/D、D/A 变换器与计算机接口，软磁盘驱动器与计算机接口以及磁盘文件管理的基本原理与方法。

本书选材具有代表性和系统性，讲解由浅入深，概念清楚，例题短小精练，书末附有习题以供练习和参考。本书适于高等院校电子类专业作为“计算机原理”或“微型计算机原理”课的教材或教学参考书，也可以作为微型计算机培训班的教材或工程技术人员的自学参考书。

四川大学出版社出版

四川新华书店发行 各地新华书店经售

成都军区军医学院印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 23.81印张 550,000字

1986年3月第一版 1986年3月第一次印刷

印张：1—6000册

统一书号：15404·1 定价：4.40元

前 言

自1971年世界上第一个微处理器问世以来，在短短的十余年时间里，由于大规模和超大规模集成电路技术的迅猛发展，8位、16位、32位微处理器相继出现。目前高档微型机已赶上甚至超过某些小型计算机的性能。由大量微处理器构成的阵列式超级计算机以及微机局部网络正在不断发展，这使微型计算机进入了一个崭新的时代。微型机因其价廉，功能强，能耗小，使用极为方便灵活，而被广泛地用于生产过程控制、各种科学研究以及国民经济的管理之中。“微型计算机”课已经成为各大专院校计算机、电子、电气、自动控制、化工、机械、信息技术、企业与经济管理等有关专业的必修课。本书以目前应用最广，功能较强的Z-80CPU为处理器的单板计算机为主要对象，采用软件硬件相结合的方法，讲解电子计算机的基本工作原理，接口技术与程序设计方法。

本书是作者在四川大学计算机科学系和无线电电子学系讲授“微型计算机”课和“计算机原理”课的教材，经过几届试用修改而成。选材具有代表性，教学上的系统性较好。同时也考虑了一般科技人员的需要，选择的程序设计例题比较典型精练，具有较强的实用性。

本书由成都气象学院院长张世均副教授主审，为本书提出了许多宝贵的建设性的意见。四川大学无线电电子学系许祖谦同志仔细校阅了全书，为书搞补偏救弊作了大量工作，四川大学计算机系赖小仪同志在教学过程中亦为本书提出过宝贵意见。此外在成书的过程中得到四川大学计算机系各位领导和学校有关同志的诸多关心与支持。在此谨向他们表示由衷的感谢。

由于编著者水平有限，书中一定有不少缺点和错误，，敬请批评指正。

编著者

1985、9、

目 录

第一章 绪 论

第一节 电子计算机发展简述	(1)
第二节 电子计算机的应用	(2)
第三节 电子计算机的基本工作方式	(3)
第四节 电子计算机系统	(7)

第二章 数和符号在计算机中的表示方法

第一节 进位计数制	(9)
第三节 不同进位制之间的转换	(10)
第三节 带符号的数在计算机中的表示方法	(13)
第四节 定点数与浮点数	(21)
第五节 十进制数的运算	(23)
第六节 ASCII码	(25)

第三章 微型计算机组成

第一节 微型计算机硬件组成	(27)
第二节 中央处理机的组成	(29)
第三节 内存贮器的组成	(32)
第四节 总线组成	(33)
第五节 输入输出接口	(34)
第六节 计算机组成框图及工作过程	(34)

第四章 微型计算机的指令系统与程序设计初步

第一节 指令及其格式	(36)
第二节 指令的操作性质	(37)
第三节 寻址方式	(38)
第四节 Z-80 CPU的基本指令	(41)
第五节 程序设计初步	(51)

第五章 半导体存贮器

第一节 半导体存贮器的类别	(68)
第二节 只读存贮器	(69)
第三节 读/写存贮器	(73)

第六章 计算机的输入与输出

第一节 输入输出传送方式	(80)
第二节 一般程序传送方式	(80)
第三节 程序中断传送方式	(83)

第四节	查询式中断·····	(85)
第五节	向量中断·····	(87)
第六节	直接存贮器存取·····	(89)
第七章	Z-80微型计算机	
第一节	Z-80 CPU·····	(92)
第二节	并行输入/输出接口芯片Z-80 PIO·····	(117)
第三节	计数器/定时器芯片Z-80 CTC ·····	(130)
第四节	单板机的原理与结构·····	(136)
第八章	Z-80 汇编语言程序设计	
第一节	汇编语言程序设计·····	(152)
第二节	程序设计举例·····	(157)
第九章	浮点运算	
第一节	浮点数及其在机器中的表示方法·····	(168)
第二节	浮点数的运算·····	(171)
第十章	单板机监控程序	
第一节	监控程序(BUG)概述·····	(189)
第二节	监控程序结构·····	(190)
第三节	监控程序中的一些通用子程序·····	(193)
第四节	初始化程序·····	(197)
第五节	显示程序·····	(199)
第六节	键分析程序·····	(202)
第七节	键处理程序·····	(207)
第八节	监控程序中的命令处理程序及若干重要子程序·····	(210)
第九节	单板计算机与录音机的连接·····	(252)
第十一章	A/D、D/A 变换器与计算机接口	
第一节	概述·····	(269)
第二节	D/A变换器·····	(274)
第三节	A/D变换器·····	(278)
第十二章	软盘驱动器与计算机接口	
第一节	软磁盘·····	(286)
第二节	软磁盘驱动器·····	(291)
第三节	驱动器接口控制器·····	(292)
第四节	磁盘操作程序举例·····	(300)
第十三章	磁盘文件管理简介	
第一节	盘区登记与管理·····	(306)
第二节	文件目录·····	(309)
第三节	磁盘文件管理中的基本操作·····	(312)

第四节 磁盘文件操作举例.....	(318)
附录一 微型计算机原理与程序设计习题.....	(323)
附录二 Z-80指令系统表.....	(341)
附录三 Z-80指令的机器周期表.....	(371)

第一章 绪 论

电子计算机是一种能够高速地、自动地进行大量计算工作和信息处理的电子机器。由于它的工作方式和人脑思维过程有许多相似的地方，所以有人又把它叫做“电脑”。它的发明和发展是二十世纪最伟大的科学成就之一，也是现代科学技术发展水平的一重要标志。

电子计算机可以分为三类：

(1) 电子数字计算机。它是在算盘的基础上发展起来的，数量的大小以有限长度的数字来表示，数字的运算由数字电路按位进行。

(2) 电子模拟计算机。它是采用连续变化的电流或电压来代表被运算的量，运算过程由模拟电路实现，并且是连续进行的。

(3) 混合式电子计算机。它是既采用模拟技术也采用数字技术，并把它们灵活地结合起来构成的电子计算机。

在上述的三种计算机中，以电子数字计算机应用最广。所以，一般所说的电子计算机通常是指电子数字计算机。

第一节 电子计算机发展简述

一、发展简史

从1946年第一台电子计算机诞生以来，它的发展经历了四个时期，大体划分如下：

第一代，从1946年到1959年。它的主要特点是：逻辑元件采用电子管，软件主要使用机器语言，符号语言已经出现并开始使用，应用以科学计算为主。当时计算机的速度很低，一般为每秒几千次到几万次。而且体积十分庞大，耗电多，可靠性低，成本也很高。

第二代，从1959年到1964年。它的主要特点是：逻辑元件采用晶体管，以磁芯存储器作为主存储器，开始使用磁盘作为外存，开始使用高级语言和操作系统等软件，应用以数据处理为主，计算机已开始用于过程控制。

与第一代计算机比较，可靠性和速度都提高了一个数量级，体积缩小了，成本也降低了。

第三代，从1964年到六十年代末。其主要特点是：逻辑元件采用集成电路，主存储器主要还是磁芯存储器。计算机在存储容量、运算速度和可靠性方面，比第二代又提高了一个数量级。小型多功能计算机开始出现并得到迅速发展，外设种类齐全，大大促进了计算机应用的发展。此时，计算机已和通讯密切结合起来，并广泛用于工业控制、数据处理和科学计算的各个方面。

第四代，从1971年开始，全面使用大规模集成电路。1970年研制成功并于1971年正

式投产的IBM370系列机，首先使用大规模集成电路作为主存储器。由于大规模集成电路技术的发展能够把运算器和控制器集成在一块半导体芯片上，从而出现了微处理器以及由它为核心构成的微型计算机。

二、发展趋势

计算机目前的发展趋势是全面地向大规模和超大规模集成电路时代迈进，向巨型机、微型机、计算机网络和计算机智能模拟等方面发展。

巨型机是一种高速度大容量的计算机，例如我国自行设计和制造的“银河”亿次向量计算机。巨型机的发展体现了计算机科学研究水平，它可以推动计算机系统结构、硬件处理技术、软件理论与技术、计算数学与计算机应用等多学科分支的发展。

微型机是1971年出现的，由于大规模集成电路的发展，把计算机的中央处理单元集成在一片或几片芯片上，这就构成了微处理器。微处理器再加上其它部件，例如时钟脉冲发生器、存储器、接口电路等，便构成了微型计算机。微型计算机自出现以后，发展极为迅速，差不多每两年就有一次重大发展，它已经经历了若干代产品。1973年以前为第一代产品，它以INTEL4004、8008为代表；1973年以后进入了第二代，它以8位微处理器INTEL8080以及M6800为代表；1976年以后进入了第三代，它以INTEL8085、Z-80等为代表；1978年以后又出现了16位结构的微处理器，例如Z-8000、INTEL8086以及M68000等。1981年后出现32位微型机，并正在向64位微型机发展。

微型机的发展向小型计算机提出了挑战。一方面加速了小型机微型化的发展，例如国外流行的NOVA和PDP系列的小型机均有相应的微型化产品；1979年投入市场的LSI-11/23CPU就具有PDP-11/34小型机的全部指令系统。另一方面，小型机本身也在向高性能的方向发展，一个高档的小型机（超级小型机）足以满足一个相当规模的科学实验单位的要求。

计算机网络就是把若干独立的计算机用通讯线路相互连接起来，资源可以共享，负担可以均分，应用于经济管理、气象预报、情报检索以及学术交流等。

计算机智能模拟是指使用计算机来模仿人的思维与判断过程，进行图象和物体的识别以及定理的证明等工作，进而使计算机具有听觉、视觉，理解人的自然语言，具有像人一样说话的功能等，这些都是人们很向往的事情。但就智能而言，计算机还处于年幼时期，有待将来进一步发展。

展望未来，计算机的发展必将有许多新的突破。可以预计，未来的计算机将是半导体技术、光学技术、超导技术以及电子仿生技术等相互渗透紧密结合的产物。

第二节 电子计算机的应用

目前电子计算机已经在工业、农业、财贸、经济、国防、科研以及社会生活等各个领域得到了越来越广泛的应用，归纳起来可以分为以下几个方面：

一、科学计算

计算机作为一种高速度、高精度的自动化计算工具，在现代科学技术中得到了广泛

的应用。例如每日的天气预报，因为计算工作量很大，若没有电子计算机，人工计算得用几个星期的时间才能完成，从而使日天气预报无任何实际意义。如果使用电子计算机，只需一个小时甚至几分钟就可以完成计算。又例如在设计工作中，人们从若干个设计方案选出一个最好方案，就必须对每个方案进行具体的计算、比较，如果没有计算机的帮助，也往往是无法解决的。

二、数据处理

所谓数据处理，系指用计算机对企业管理，会计、统计、实验结果分析等方面的大量数据进行加工、合并、分类、统计等工作。其特点是信息量大，时间性强。例如银行账目处理，要对当天的经营情况及时汇总、分类、结算、统计和制表，若用人工处理不但费时，而且容易出错。若用计算机则能及时、准确地对大量数据进行分析、加工，整理出各种报表和清单。

三、自动控制

利用电子计算机不仅可以进行大量复杂的科学计算和数据处理等，而且还可以实现对生产过程自动调整与实时控制。实时控制又称过程控制，它是一种能够及时搜集、检测数据，按最佳方法进行自动控制或自动调节控制对象的一种控制方式，它是实现生产过程自动化的重要手段。例如实时控制高炉的炼铁过程，可以实现以称量控制为中心的投料、出铁、出渣，以及对原料和生铁成分的管理和控制。这样不仅可以降低燃料的消耗，而且可以大大地提高产品的质量和数量，从而收到显著的经济效益。

四、人工智能

人工智能是指用计算机模仿人的高级思维活动，进行逻辑判断和推理。“机器人”就是计算机智能应用的代表。机器人能够识别控制对象和工作环境，能够进行学习，不断提高自己的本领，能够领会人的口头命令，灵活地完成控制与信息处理任务。当然，机器人只不过是人类的一个能干的工具，归根结蒂，它的智能还是人所赋予并受人控制的。

第三节 电子计算机的基本工作方式

一、电子计算机的硬件组成

人用算盘算题时，总要先把参加运算的两个数写在纸上，然后用算盘按一定的规则进行运算，最后用笔写出运算的结果。因此计算过程中要使用记录原始数据和运算结果的纸；进行运算的工具算盘；书写运算结果的工具笔；并且在进行运算时头脑中还要默默地背诵运算规则，即整个运算是在大脑的控制下完成的。计算机为了能够模仿人用算盘算题的过程，也应具有与上述功能类似的几个组成部分：

- (1) 能够进行数字运算的算盘—运算器。
- (2) 能够记录和保存原始数据、运算步骤（程序）以及运算结果的纸—存储器。
- (3) 能够书写数据、程序和运算结果的笔—输入、输出设备。
- (4) 能够控制‘算盘’、‘纸’和‘笔’协调工作的指挥者—控制器。

整个电子计算机的硬件是由运算器，存贮器，输入、输出设备和控制器组成，它们之间的相互关系如图 1—1 所示。

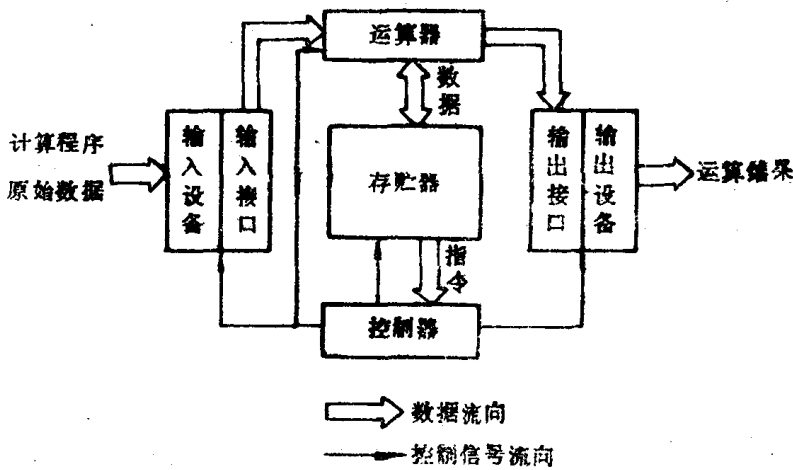


图 1—1 电子计算机硬件组成

其中运算器和控制器合在一起称为中央处理器（CPU），它和存贮器、输入输出接口一起组成计算机的主机。输入、输出设备统称为计算机的外设。

在上述硬件组成中，运算器主要用来进行算术运算和逻辑运算（如十、一、AND、OR、XOR等）。在许多微、小型计算机中它仅由加法器、移位电路以及其它控制电路组成，常称作算术逻辑单元（ALU），其工作方式如图 1—2 所示。

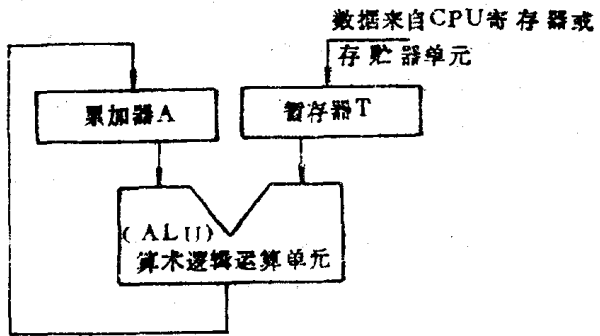


图 1—2 运算器的一种工作方式

运算器中累加器A是既能提供一个运算对象又能存放运算结果的寄存器。一个运算器中可以拥有多个累加器。

存贮器用来存放数据和程序。存贮器由许多存贮单元组成，每个存贮单元有一个单元“编号”，称为地址，地址通常用 8 进制或 16 进制数表示。一个单元所能存放的二进制数的位数称为位长。通常把八位二进制数称为一个字节（Byte）。存贮器的容量一般是用单元的多少与每个单元位长的乘积表示。例如 $64K \times 8$ ，表示有 64×1024 个单元，每个单元为一个字节（8 位），在计算机中 $1K = 2^{10} = 1024$ 。

输入设备用来输入数据和程序。输入设备与计算机之间的连接部分称为输入接口。

输入的数据和程序一般先送累加寄存器A，然后再转送到存贮器的相应单元。

输出设备用来输出运算结果。计算机与输出设备之间连接的部分称为输出接口。在最简单的情况下，输入、输出接口可以看成是一个起缓冲作用的寄存器。输入接口用来暂存输入设备产生的待送入计算机的数据；输出接口用来暂存计算机送到输出设备的数据。利用它们把高速而有节奏地工作的计算机与工作速度较慢且在时间上随机的输入、输出设备协调起来。

整个计算机在控制器的控制下，按照预先编制的程序有条不紊地工作。

二、指令与编程

我们把计算机硬件所能完成的基本操作称为指令。例如计算机执行一条加法指令（用符号ADD A, (ADDRESS)表示），就是把累加寄存器A中的内容与存贮器某单元的内容相加，并将结果再放入累加寄存器A中。一台计算机可以有几十到几百条指令，各种计算机的指令系统不完全相同，但一般说来都有如下的一些指令：

ADD A, (ADDRESS) ; $A \leftarrow A + (\text{ADDRESS})$ ，加法指令
 SUB A, (ADDRESS) ; $A \leftarrow A - (\text{ADDRESS})$ ，减法指令
 LD A, (ADDRESS) ; $A \leftarrow (\text{ADDRESS})$ ，取数指令
 LD (ADDRESS), A ; $(\text{ADDRESS}) \leftarrow A$ ，存数指令
 SLA A ; $A \leftarrow 2A$ ，算术左移
 SRA A ; $A \leftarrow A/2$ ，算术右移
 JP ADDRESS ; 转移到地址为ADDRESS的单元继续执行程序。称为转移指令

HALT ; 停机（暂停往下执行程序）指令。

一台计算机的全部指令称为该计算机的指令系统。假定我们涉及的模型机只有上述8条指令，而且存贮器最多不超过32个单元的话，则可以分别用8位二进制代码来表示

加 法	000	ADD A, (ADDRESS)
减 法	001	SUB A, (ADDRESS)
取 数	010	LD A, (ADDRESS)
存 数	011	LD (ADDRESS), A
算术左移	100	SLA A
算术右移	101	SRA A
转 移	110	JP ADDRESS
停 机	111	HALT

图 1—3 指令操作性质编码示意图

这些指令。其中可用前三位表示指令的操作性质，如图 1—3 所示；用后五位表示参加操作的数所在的存贮器单元的地址。

例如把 20 号单元的内容放到累加寄存器 A 的指令，即 LD A, (20) 可以表示成

010	10100
-----	-------

。这个八位二进制代码的前三位，表示这是一种把存贮器某个单元的内容传送到累加寄存器 A 的操作；后五位指明了是把存贮器 20 号单元的内容传送到累加寄存器 A。通常把指明操作性质的代码（如上述指令的前三位 010）称为指令的操作码；而把上述指明操作对象的代码（如上述指令的后五位 10100）称为操作数地址。一条指令一般由操作码和操作对象这两部分组成。操作对象部分可以直接给出操作数，也可以给出操作数所在的地址，而通常是后者。

电子计算机在本质上是一个数字控制系统。在它的控制器中设有一个指令寄存器及其相应的译码控制电路，只要把一条指令的二进制代码放入指令寄存器中，计算机就能自动地执行这条指令所规定的操作。指令的控制作用如图 1—4 所示。指令 LD A, (20) 执行后，A 中为原 20 号单元的内容，A 原来的内容不再存在，20 号单元的内容不变。通常把 20 号单元的内容称为源操作数，而把 A 中的内容称为目标操作数。

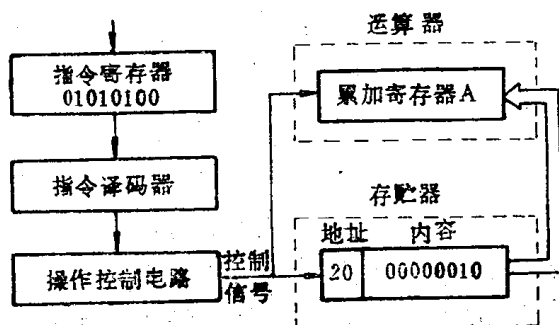


图 1—4 计算机中指令控制作用示意图

例如，要用计算机计算 $y = 10x + 2$ ，就必须利用计算机的指令写出解题步骤（即计算程序）。假定我们用到的数据如图 1—5 所示存贮在存贮器中。

地址	内 容
20	2
21	X
22	结果 y
23	中间结果 2 X
	⋮

因为 $y = 10x + 2$ 可以写成 $y = 2x + 2x \cdot 2 \cdot 2 + 2$ 。
于是可以编出相应的程序如下：

```
LD      A, (21)    ; A = x
SLA     A           ; A = 2x
LD      (23), A    ; (23) = 2x
SLA     A           ; A = 4x
SLA     A           ; A = 8x
ADD     A, (23)    ; A = 10x
```

图 1—5 数据在存贮器中的安排

```
ADD      A, (20)      ; A=10x+2
LD        (22),A       ; (22)=y
HALT                                ; 停机
```

所以，程序实际上就是一系列指令的有序集合，当它输入到计算机以后，它的每一条指令均以二进制代码的形式存放在存储器中，如图 1—6 所示。如果启动计算机，依次执行完这些指令，就能最终给出计算结果。

地 址	y=10x+2 的程序
10	010 10 101
11	100 ×××××
12	011 10111
13	100 ×××××
14	100 ×××××
15	000 10111
16	000 10100
17	011 10110
18	111 ×××××
	⋮

显然用符号编写程序比直接用二进制代码方便得多。用符号编写的程序称为汇编语言源程序；用二进制代码编写的程序称为机器语言程序或目标程序。计算机最终执行的程序总是机器语言程序。（或称目标程序）。

三、计算机的工作过程

计算机的工作过程是：首先根据给定的问题建立数学模型，然后根据模型确定计算方法，再根据算法编制计算程序。接着把编好的计算程序连同原始数据经输入设备送入存储器保存起来，最后启动计算机从首条指令开始执行程序。这样，计算机就能按人的要求自动进行全部计算工作，中途无须人去过问。计算完毕后，通过输出设备送出计算结果。整个计算过程

图 1—6 程序在存储器中的存放

是在控制器的控制下进行的。控制器从存储器取出一条指令，放到指令寄存器，指挥计算机执行一条指令；接着再取下一条指令，执行下一条指令，周而复始，直到所有指令执行完毕，计算任务也就完成。

第四节 电子计算机系统

构成计算机的物理实体称为硬件。相对于硬件而言，我们把各种各样的（有一定功能的）程序称为软件。只有硬件和相应的软件完全具备时，计算机才能完成特定的任务。硬件的功能在于执行指令，实现输入和输出；软件的功能在于控制计算机执行指令，从而解决各种各样的问题。一个完整的计算机系统应由硬件和软件两大部分组成。

一、软件的组成与分类

如果只有硬件，计算机不能进行有效的工作。因为计算机的功能是高速地、忠实地

执行存放在存储器中的程序。没有程序，计算机是一个“死”的东西。计算机做不同的工作，需要不同程序。与一台计算机相应的各种各样的程序，称为这台计算机的软件或程序系统。

计算机的软件一般分为两类：一类叫系统软件，一类叫应用软件。系统软件是用来管理计算机工作，简化程序设计方法，提高计算机使用效率，发挥和扩大计算机功能的。它包括以下三个方面：

- (1) 管理程序或操作系统。
- (2) 各种语言处理程序如汇编程序、各种编译程序和解释程序等。
- (3) 数据库管理系统(如DBASEⅡ、DBASEⅢ等)
- (4) 各种服务性程序如编辑程序(EDITOR)，诊断程序，调试程序(DEBUG)等。

应用软件是用户利用计算机来解决某些问题而编制的程序，如工程计算程序，数据处理程序、自动控制程序等。随着计算机的广泛应用，这类应用程序将越来越多。

二、电子计算机的系统组成

一个完整的电子计算机系统，包括硬件和软件两大部分。具体组成如下：

电子计算机系统

硬件—主机：中央处理器—运算器

控制器

存储器—只读存储器(ROM)

读写存储器(RAM)

输入输出接口(INTERFACE)

外设：输入设备(键盘)

输出设备(CRT, 打印机)

外部存储器(磁带、磁盘)

模拟量输入设备(A/D)输出设备(D/A)

软件—系统软件：操作系统

各种语言处理程序(ASSEMBLER, BASIC, FORTRAN, PASCAL, COBOL)

数据库管理系统(DBASEⅡ)

服务性程序(EDITOR, DEBUG)

应用软件：各种应用程序包

一个具体的计算机系统所包括的硬件和软件与计算机的规模、应用场合以及计算机的性能有着密切的关系，必须根据具体情况而定。

第二章 数和符号在计算机中的表示方法

前面简单介绍了计算机的组成和工作过程。但是计算机究竟是怎样进行运算的？数与符号（例如英文字母、标点符号等）在计算机内部是怎样表示的？这是我们最关心的问题，也是最基本的问题。本章将简要介绍这方面的基础知识，如进位计数制以及各种编码方法等。

第一节 进位计数制

一、什么是进位计数制

按进位的方法计数称为进位计数制。如二进制、八进制、十进制、十六进制等等。其中最常用的是十进计数制，但在计算机中则主要是用二进计数制。

对于十进制，它有两个特点，即：

1. 它有十个不同的数字符号：0, 1, 2, ..., 9；

2. 逢“十”进位。即每逢“十”，低位向高位进一位。这样，同一个数字符号在不同数位上表示的数值大小是不同的。比如，第二位的数字“1”表示“10”；第三位的数字“1”表示“100”等等。由此类推，第 n 位的“1”则表示“ 10^{n-1} ”。我们把“10”称作十进制的基数；把“ 10^{n-1} ”称作它的第 n 位的权。

同样，对于二进制，它也有两个特点：第一、它有两个不同的数字符号：0, 1；第二、逢“2”进位。“2”称为二进制的基数，“ 2^{n-1} ”称为二进制数第 n 位的权。

一般说来，对于任意数 A ，在 R 进位计数制中可以表示为

$$A = \pm \sum_{i=m}^{n-1} K_i R^i$$

式中， R 表示所用进位计数制的基数； K_i 表示 A 在 R 进制中第 i 位的数字，它只能取0, 1, 2, ..., ($R-1$)这 R 个数中任一个； R^i 称为 R 进制数在 K_i 位的权。所以，进位计数制有两个重要因素：一是计数制的基数 R ；二是每一个位的权 R^i 。

二、进位计数制举例

由于计算机只能接受二进制信息，所以计算机的全部指令和数据在机器内部必须以二进制形式进行传送和运算。但是在编制计算程序时，人们往往习惯用十进制、八进制或十六进制等，这样比较方便。所以下面简单介绍几种常用的进位制。

例如在十进制中，因为基数 $R=10$ ，所以它的每一位上的数字 K_i 只能取0, 1, 2, ..., 9这十个数字中的任意一个； K_i 位的权为 10^i ；并且是逢十进一的。所以数563.625可以表示成：

$$563.625 = 5 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2} + 5 \times 10^{-3}$$

$$= \sum_{i=-3}^{3-1} K_i 10^i$$

在二进制中，因为基数 $R=2$ ，所以它的每一位数上的数字 K_i 只能是0、1两个数之一， K_i 位的权为 2^i ，并且是逢二进一的。于是数563.625在二进制中可以表示成：

$$\begin{aligned} 563.625 &= (1000110011.101)_2 \\ &= 1 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 \\ &\quad + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= \sum_{i=-3}^{10-1} K_i 2^i \end{aligned}$$

以此类推可以写出数563.625在八进制和十六进制中的表示式。

在八进制中，它可以表示成：

$$\begin{aligned} 563.625 &= (1063.5)_8 \\ &= 1 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} \\ &= \sum_{i=-1}^{4-1} K_i 8^i \end{aligned}$$

在十六进制中，它可以表示成：

$$\begin{aligned} 563.625 &= (233.A)_{16} \\ &= 2 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + A \times 16^{-1} \\ &= \sum_{i=-1}^{3-1} K_i 16^i \end{aligned}$$

因为十六进制的基数 $R=16$ ，所以它的每一位数上的数字 K_i 可以取0、1、2……9、A、B、C、D、E、F这十六个数字中的任意一个，其中 $A=10$ 、 $B=11$ 、 $C=12$ 、 $D=13$ 、 $E=14$ 、 $F=15$ 。

第二节 不同进位制的转换

一、十进制与二进制之间的转换

1. 十进制整数转换成二进制整数

如果把任意一个十进制整数 A 按公式 $A = \pm \sum_{i=0}^{n-1} K_i 2^i$ 展开，则诸 K_i 就是与 A 等价的

二进制数的各位数字，它可以用除2取余数的方法获得。

$$\begin{aligned} \text{设 } A &= K_{n-1} 2^{n-1} + K_{n-2} 2^{n-2} + \dots + K_3 2^3 + K_2 2^2 + K_1 2^1 + K_0 \\ &= 2 (K_{n-1} 2^{n-2} + K_{n-2} 2^{n-3} + \dots + K_2 2^1 + K_1) + K_0 \end{aligned}$$

可见， K_0 是 A 除以2所得的余数； $(K_{n-1} 2^{n-2} + \dots + K_3 2^2 + K_2 2^1 + K_1)$ 是 A 除以2所得的商。若余数为0，则 $K_0=0$ ；若余数为1，则 $K_0=1$ ，由此即可求出 K_0 。与此类