

DANPIANWEIXINGJI YUANLI JI YINGYONG

单片微型机 原理及应用

徐淑华 程退安 姚万生 编

哈尔滨工业大学出版社



TP368.1

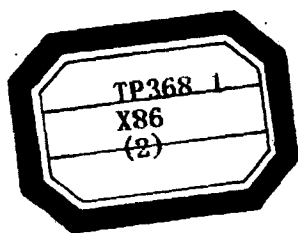
X86

(2)

434646

单片微型机原理及应用

徐淑华 程退安 姚万生 编



10

哈尔滨工业大学出版社

JS143/20
内 容 提 要

本书共十一章,前三章概述计算机的基本原理、结构和一些基础知识;第四章以单片机为主,介绍典型微处理器的结构和原理;第五章介绍半导体存储器及单片机存储器;第六章~第七章介绍 MCS-51 系列单片机的指令系统及汇编语言程序设计的基本知识和方法;第八、九章重点介绍单片机与其它设备相连接的输入、输出、中断和接口技术;第十、十一章从单片教学机的硬件结构和软件设计入手,建立整机概念;通过十六个教学实验,使读者从硬件和软件的结合上理论联系实际,全面地掌握单片机,以达到举一反三的目的。

本书可作为大中专院校非计算机专业的教材,也可作为从事计算机应用工作的工程技术人员培训和自学的参考书。



单 片 微 型 机 原 理 及 应 用

Danpian Weixingji Yuanli ji Yingyong

徐淑华 等编

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

肇 东 粮 食 印 刷 厂 印 刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 423 千字

1994 年 6 月第 2 版 1999 年 1 月第 10 次印刷

印数 100 001 ~ 120 000

ISBN 7-5603-0637-3/TP·48 定价: 13.80 元

前 言

随着计算技术的发展和微型化,单片计算机的推广和应用引起了各行各业的很大关注。单片计算机由于其功能强、体积小、价格低、稳定可靠等优点,目前在计算机外部设备、通讯、智能仪表、过程控制、家用电器等方面获得广泛应用。它特别适合于组成机、电、仪一体化的智能设备,并有着广大的工业和民用市场,这充分显示了其强大的生命力和应用的广阔前景。

为了进一步普及单片机和推广其应用,我们在近几年从事单片机的教学和科研工作的基础上,编写了《单片微型机原理及应用》一书。本书较全面地介绍单片机的软硬件及其应用,适合作为大中专院校非计算机专业的教材,同时也是各行各业科技工作者有价值的参考书。

在编写本书过程中,我们参考了目前国内比较优秀的有关单片机方面的书刊,在此谨向有关作者表示谢意。

本书第五、六、七、十一章由徐淑华编写,第四、八、九、十章由程退安编写,第一、二、三章由姚万生编写。全书由徐淑华统编,邓伟霖教授审阅。

为了满足教材急需,本书编写较仓促,难免有错误及不足之处,恳请读者提出批评指正。

编 者

1994 年 12 月

目 录

第一章 计算机概述	1
§ 1. 1 计算机的产生和发展.....	1
§ 1. 2 计算机的组成与工作原理.....	3
§ 1. 3 计算机软件.....	7
§ 1. 4 计算机的特点与主要技术指标	10
§ 1. 5 微型机的组成	11
§ 1. 6 单片计算机	16
§ 1. 7 单片机的应用	20
思考题与习题	22
第二章 数制和编码	23
§ 2. 1 进位计数制	23
§ 2. 2 数制的转换	25
§ 2. 3 计算机中数的表示法	27
§ 2. 4 编码	31
思考题与习题	33
第三章 运算方法	34
§ 3. 1 二进制定点数加减法运算	34
§ 3. 2 二进制定点数乘法运算	36
§ 3. 3 二进制定点数除法运算	38
§ 3. 4 逻辑运算	40
思考题与习题	41
第四章 微处理器	42
§ 4. 1 微处理器的组成及工作原理	42
§ 4. 2 单片机处理器的结构	47
思考题与习题	55
第五章 存储器	56
§ 5. 1 半导体存储器	56
§ 5. 2 单片机存储器的组织	63
§ 5. 3 单片机存储器的扩展	67
思考题与习题	85

第六章 单片机的指令系统	86
§ 6. 1 指令系统概述	86
§ 6. 2 寻址方式	87
§ 6. 3 MCS-51系列单片机指令系统	89
思考题与习题	112
第七章 汇编语言程序设计	115
§ 7. 1 程序设计的步骤与方法	115
§ 7. 2 控制转移指令与分支程序	118
§ 7. 3 循环程序	130
§ 7. 4 子程序及其调用	132
§ 7. 5 程序设计举例	138
思考题与习题	153
第八章 输入/输出和中断	155
§ 8. 1 输入/输出设备	155
§ 8. 2 输入/输出的控制方式	156
§ 8. 3 中断的基本概念	163
§ 8. 4 MCS-51的中断系统	168
§ 8. 5 定时/计数器	178
思考题与习题	186
第九章 接口技术	187
§ 9. 1 概述	187
§ 9. 2 MCS-51的并行接口	188
§ 9. 3 串行接口	193
§ 9. 4 接口的扩展	206
§ 9. 5 D/A 和 A/D 电路接口	216
思考题与习题	225
第十章 教学用单片机系统	227
§ 10. 1 概述	227
§ 10. 2 教学机的硬件结构	227
§ 10. 3 教学机的软件设计	232
第十一章 实验	244
实验一 数据传送	244
实验二 多字节十进制加法	245
实验三 双字节乘法	246
实验四 数据排序	247
实验五 并行口输入/输出	249
实验六 并行口扩展	252
实验七 I/O 口的扩展	253

实验八 中断.....	256
实验九 定时器.....	258
实验十 十进制计数器.....	259
实验十一 多级中断.....	262
实验十二 显示器.....	265
实验十三 键盘.....	268
实验十四 A/D 转换	271
实验十五 D/A 转换	274
实验十六 双机通讯.....	275
附录 MCS-51指令编码表	279
参考文献.....	286

第一章 计算机概述

§ 1.1 计算机的产生和发展

近年来,计算机技术已经取得惊人的迅猛发展。电子数字计算机(简称计算机)已渗透到国防尖端、工业、农业、企业管理、交通运输、日常生活的各个领域,其作用和成就正日益卓著,成为现代工业水平的标志之一。计算机是发展新技术、改造旧技术的强有力武器。计算机工业已成为我国四个现代化的战略产业。

下面,让我们回顾计算机的发展史。

近四十年来,计算机的发展经历了四代,各代的划分没有严格的定义,分法也不完全相同。四代的划分及发展情况大体如下:

从 1946 年到 1957 年为第一代,第一代计算机的主要特点是:逻辑元件采用电子管;主存储器采用延迟线或磁鼓,外存储器开始采用磁带机;软件主要使用机器语言,符号语言已经出现并开始使用;应用方面主要是科学计算,应用方式是数据成批处理;代表机型为 ENIAC,这是 1946 年出现的第一台计算机,使用了 18 000 个电子管,占地面积达 150 平方米,重 30 吨,耗电量 150 千瓦,价值 40 万美元,主存储器容量 17K 位,字长 12 位,加法运算速度为 5 000 次/秒。尽管第一台计算机体积庞大,运算速度很慢,内存储器容量很小,但是,它确定了电子数字计算机的技术基础。

从 1957 年到 1964 年为第二代。第二代计算机的主要特点是:逻辑元件采用晶体管;主存储器采用磁芯存储器,外存储器开始使用磁盘;软件方面,广泛使用高级程序设计语言 FORTRAN、ALGOL、COBOL、PL/1 等,还提出了操作系统。这一代的计算机系统在各种事务数据处理方面获得了广泛的应用,并开始用于过程控制,代表机型为美国麻省理工学院的 TX-10 机,国产机为 108 乙机和 X-2 机。这一代机器比第一代体积小,耗电少,速度为 10 万次/秒至几十万次/秒,可靠性也相应有所提高。

从 1964 年到 1970 年为第三代。这一代机器起始于 IBM360 系列机,第三代机器的主要特点是:逻辑元件采用集成电路,主存储器仍为磁芯存储器,机种多样化、系列化,外部设备不断增加,品种繁多,尤其是终端和远程终端设备迅速发展,并与通讯设备结合,软件方面,操作系统进一步完善,分时系统、多道程序都有所发展并广泛使用。此外,在发展大型机的同时,小型、超小型计算机也飞速发展起来。广泛用于科学计算、工业控制、数据处理,应用方式已进入了以系统化和分时操作为特征的时代,国产机 709 机、130 机和 150 机等都属于这一代。运算速度达几十万次/秒至几百万次/秒。

第三代计算机在存储器容量、运算速度和可靠性方面又比第二代提高了一个数量级。系统结构方面也有了许多改进。

第四代的计算机是指全面采用大规模集成电路的机器。1970 年研制成功并于 1971 年开始生产的 IBM370 系列机首次使用大规模集成电路做主存,逻辑元件仍采用中、小规模集成电路,因此被称为三代半的计算机。1975 年研制成功的 470 V /6 型计算机和 M-190 计算机都是大规模集成电路的大型机,可以作为第四代的代表机型。

70 年代以来,是第四代机兴盛和第五代机萌芽的时代,第五代计算机将是智能计算机。这种计算机从功能上看,不但能模拟人类的神经(听、视觉甚至大脑的思维活动能力),而且具有学习机能,软件方面将采用自然语言。

目前计算机发展概况如下:

计算机的发展动向,一是向大型、巨型化,二是向小型、微型化发展。与此同时,计算机网络和智能模拟也正在兴起和发展。

1. 大型、巨型化

为适应现代科学技术发展的需要,要求计算机提高运算速度,加大主存容量,为此目的出现了大型和巨型计算机。例如我国研制的每秒运算一亿次的银河巨型机,每秒十亿次甚至百亿次的巨型机也正在出现和研制。

2. 小型、微型化

大型机速度快、容量大,解决了过去无法计算的实时和复杂的数学问题。但是,由于设备庞大、价格昂贵,给普及和应用带来了一定困难。另一方面,为适应宇航、导弹技术以及一般应用的要求,体积小、造价低、高可靠就成了问题的关键,小型机,特别是微型机的出现,有效地解决了这个问题。

随着计算机技术和大规模集成电路的发展,微计算机应运而生。自从 1971 年美国 INTEL 公司研制成功以 4004 微处理器为核心的四位微计算机以来,短短的十几年里,微型机得到了突飞猛进的发展,微处理器的集成度差不多每两年翻一番,且性能增长一个数量级。因此,完全可以名符其实地讲,微处理器及微计算机的发展正是日新月异。纵观其发展,至今微型机已经经历了四代的演变:

第一代:(1971 年至 1972 年)

美国 INTEL 公司首先研制成功 4004,它是四位的微处理器,以它为基础,再配以相应的 RAM、ROM 和 I/O 接口芯片,就构成了 MCS-4 微计算机。同年,该公司还研制出 8080,它是 8 位的微处理器。

第二代:(1973 年至 1975 年)

代表产品是美国 INTEL 公司的 8080、MCS-80 和 MOTOROLA 公司的 6800,它们是八位机的中档机。

1976 年至 1977 年,美国 ZILOG 公司研制的 Z80 和 INTEL 公司研制的 8085,一般称之为第二代半的产品,它们是高性能的八位微处理器。

第三代:(1978 年到 1981 年)

代表产品是美国 INTEL 公司的 8086,ZILOG 公司的 Z8000 和 MOTOROLA 公司的 M68000,它们是 16 位微处理器,又称第一代超大规模集成电路的微处理器。

第四代:(1981 年以后)

代表产品是美国 INTEL 公司的 IAPX432,BELL 研究所的 MAC-32,NS 公司的

NS16032,它们是 32 位微处理器,又称超级处理器,

当前微处理器与微计算机正朝着以下几个方面发展:

- ① 发展高性能的 16 位和 32 位微处理器。
- ② 发展专用化的单片微计算机。
- ③ 发展带有软件固化的微型计算机。
- ④ 发展多微处理机系统和局部网络。
- ⑤ 充实和发展外围接口电路。

我国是在 1974 年开始研制微计算机的,于 1977 年制出了第一台微计算机 DIS-050,同年决定研制 DJS-050 和 DJS-060 两个系统的微计算机,它们的中央处理单元,前者相当于 INTEL 公司的 8080A 微处理器系列,后者相当于 MOTOROLA 公司的 M6800 微处理器系列。1981 年又正式确定以 Z80 的 CPU 为核心,组建的微计算机系统为 8 位微计算机发展的系列之一,其机型定为 DJS-040 系列(现在已有新的命名法)。总之,随着形势的发展,我国微计算机的研制与生产发展很快,一位机以及 16 位机等相继涌现。目前已有一百多种型号的产品,主要有紫金 II 号微型机(与 APPLE II 兼容,其 CPU 为 6502 微处理器)、DZ-2000 汉字终端(其 CPU 为 Z80 微处理器)、0520 微型机(与 IBM-PC 兼容,其 CPU 为 8088 微处理器)以及与 TRS-80 和 CROMEMCO 相当的八位微计算机。

§ 1.2 计算机的组成与工作原理

一、电子计算机的组成

电子计算机是一种高度自动化,能够高速进行算术运算和逻辑判断的电子设备。它的组成如下:

1. 主机

(1) 运算器(ALU-Arithmetic Logic Unit)

运算器是进行算术运算和逻辑运算的部件,它由完成加法运算的加法器(Adder)、存放操作数和运算结果的寄存器(Register)和累加器(Accumulator)等组成。

(2) 控制器(Control Unit)

它是整个计算机硬件系统的指挥中心,根据不同的指令产生不同的命令,指挥整机有条不紊地自动地进行工作。它由给出指令地址的程序计数器 PC(Program Counter)、暂存指令的寄存器 IR(Instruction Register)、将指令翻译成操作命令的指令译码器 ID(Instruction Decoder)以及微操作序列部件等组成。

(3) 主存储器(Main Memory)

主存储器又称为内存存储器(简称主存或内存),它由大量的存储单元(每个存储单元记忆一串二进制代码)组成,用以存储大量的二进制代码。这种代码和数据码,可直接给控制器提供指令或者给运算器提供操作数。目前基本存储元件是半导体电路,它所构成的存储器称为半导体存储器。磁心存储器已经退役。

运算器和控制器又称为中央处理机 CPU(Central Processing Unit)。计算机的组成框

图如图 1-1 所示。

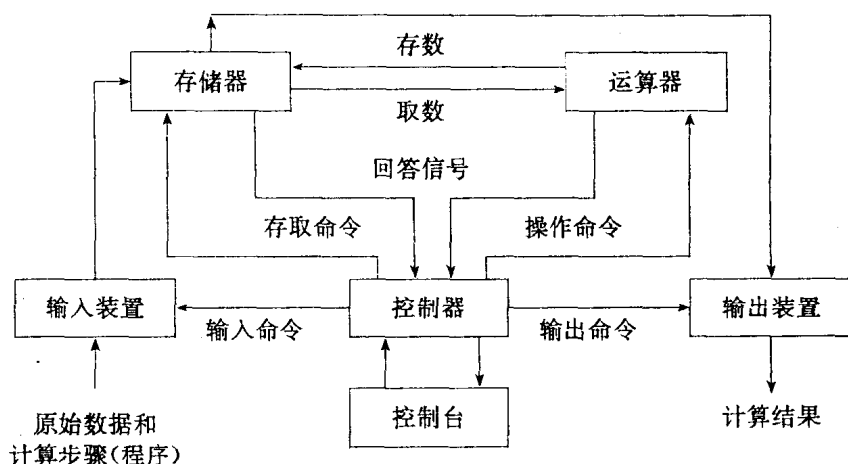


图1-1 电子计算机的组成框图

2. 外部设备(简称外设)

(1)输入设备(Input Device)

它将计算程序和原始数据转换为电信号,在控制器的控制下,按地址顺序地存入主存。

过去,通常采用纸带或卡片作为媒介,即用穿孔纸带或穿孔卡片借助于纸带输入机或卡片输入机进行输入,同时也可采用脱机输入方式,即键盘到磁带或磁盘,然后再联机,由磁带或磁盘将程序和数据调入内存。目前,常用键盘直接输入。

(2)输出设备(Output Device)

它将运算的结果以人们容易识别的形式,在控制器的控制下,由主存通过外部设备呈现给人们。输出的形式有十进制数、英文字母、汉字、图形曲线等等。输出设备有打印机、图形仪和显示器等等。

控制台打字机和键盘显示终端既可输入信息,又可输出信息。

(3)外存储器(External Storage)

外存储器(简称外存)又叫**辅助存储器**,它是主存的后备存储器,存取速度比主存慢,但容量是海量。它不和 CPU 打交道,存储主机解题时暂时用不到的那些程序和数据。常用的外存有磁鼓、磁带和磁盘。

将计算机用做工业控制,还需要配有相应的外围设备,这些设备通常有模/数(A/D)转换器和数/模(D/A)转换器,这是因为数字计算只能以数字量(离散量)进行输入和输出,而被控制对象的输入和输出是连续量的缘故。有时也需要开关量输入输出装置。

此外,计算机还应配备控制台(Console)和电源。

一台电子计算机的结构十分复杂,但实际上它所包含的电路也只有十几种。

① 逻辑门——与门、或门、非门。实际应用中常用的是它们的复合形式——与非、或非、与或非、异或等;

② 存储电路——触发器;

③ 辅助电路——脉冲发生器、整形器、放大器以及延时电路等。

现代计算机已经采用大规模和超大规模集成电路,将成千上万个单元电路集成在一块芯片上,从而使硬件的外部联结越来越简单了。

二、电子计算机的工作过程

我们已知道,计算机是在控制器的指挥下自动进行工作的,而控制器指挥整机工作是依靠计算程序——有序的指令集合。

指令是指示机器完成某种操作的命令,指令一般由操作码(OP-Code)和操作数地址两个字段组成,操作码决定指令的操作性质,包括“+”、“-”、“ $\times$ ”、“ $\div$ ”等算术操作和“与”、“或”、“非”等逻辑运算。操作数地址指示参加运算的操作数来自何处,操作数一般为两个(如加、减法),操作数地址简称为地址码,该地址码指定操作数所在的主存单元或寄存器。所以,一般的指令格式如下:

OP-Code	Address
操作码	地址

下面以计算 $f = ax^2 + bx + c$ 为例来说明计算机的工作过程,这里 a 、 b 、 c 假定是常数且 x 为变量。

第一步,输入:即将计算程序和原始数据通过输入设备输入到主存。计算程序需要在输入之前由程序员或用户编好。对于本例可以编制成如表 1-1 所列的计算程序,在编写程序之前,先将本题算式变化一下:

$$f = ax^2 + bx + c = (ax + b)x + c$$

表 1-1 中“ $\rightarrow$ ”表示取数;“ $\leftarrow$ ”表示存数; A 代表累加器; (A) 表示 A 中存放的数,即 A 中的内容;同样,(8)为主存 8 号单元中的内容,余者类推。

表 1-1 $f = ax^2 + bx + c$ 的计算程序

指令或操作数地址	操作码	地址码	操作	说明
0	$\rightarrow$	8	$(8) \rightarrow A$	$a \rightarrow A$
1	$\times$	11	$(A) \times (11) \rightarrow A$	$ax \rightarrow A$
2	+	9	$(A) + (9) \rightarrow A$	$ax + b \rightarrow A$
3	$\times$	11	$(A) \times (11) \rightarrow A$	$(ax + b)x \rightarrow A$
4	+	10	$(A) + (10) \rightarrow A$	$(ax + b)x + c \rightarrow A$
5	$\leftarrow$	12	$(A) \rightarrow 12$	$(ax + b)x + c \rightarrow 12$
6	打印			
7	停机			
8	a			
9	b			
10	c			
11	x			
12				工作单元

第二步,运算:

① 启动,操作员通过控制台发出启动命令,使机器开始工作:

② 取指令,控制器按着控制台指定的地址(0 号单元),从主存第 0 号单元中取出第一条指令。

③ 取操作数,控制器根据这条指令所给定的操作数地址(8号单元)第二次访问主存,从第8号单元取出操作数 a 送入运算器。

④ 操作运算,控制器根据指令操作码向运算器发出操作命令,由运算器完成操作运算 $a \rightarrow A$ 。

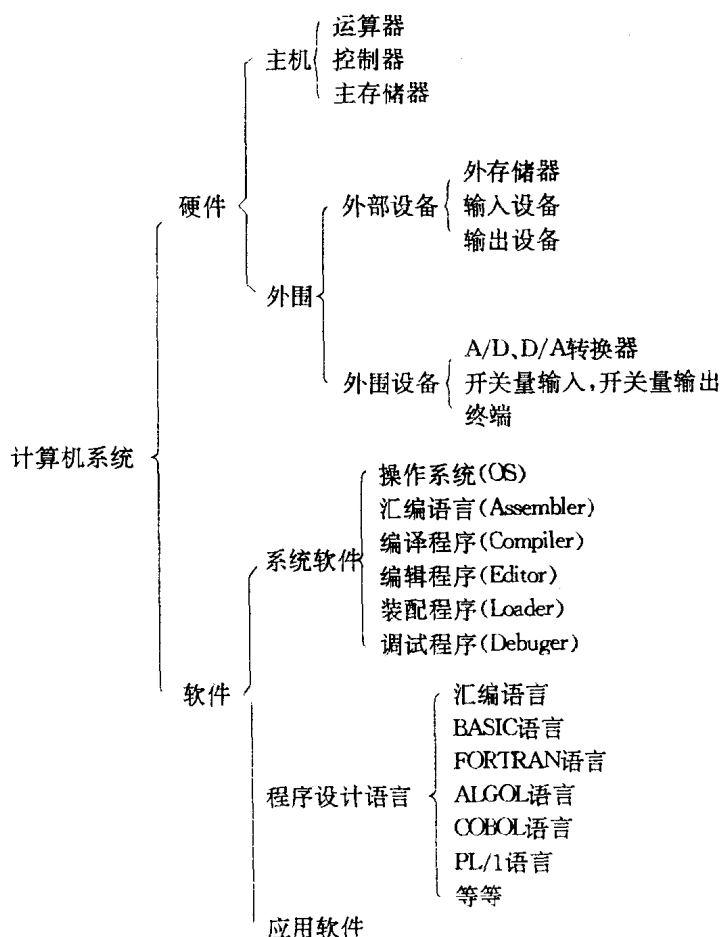
这样机器就完成第一条指令规定的全部操作。与此同时,控制器中的程序计数器PC自动“+1”,给出下一条指令的主存地址(1号单元)。机器重复执行上述过程中的②、③、④即取指令→取操作数→操作运算,完成 $ax \rightarrow A$ 的操作;类推之,相继完成 $ax+b \rightarrow A$, $(ax+b)x \rightarrow A$, $(ax+b)x+b \rightarrow A$ 等操作,最后将运算结果送入主存工作单元(12号)。

第三步,输出:取出存放在主存6号单元中的指令、命令,输出设备将运算结果打印出来。

第四步,停机:解题结束。

三、电子数字计算机系统的构成

现代计算机系统包括计算机硬件和计算机软件两大部分,其具体组成如下:



§ 1.3 计算机软件

从广义角度来说,软件包括各种程序设计语言、系统软件、应用软件和数据库等。

一、程序设计语言(Programming Language)

程序设计语言是指用来编写程序的语言,通常分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

1. 机器语言

机器语言是一种用二进制代码“0”或“1”形式来表示,能够被计算机识别和执行的语言。这种机器语言对各种不同的计算机来说一般是不相同的,每个计算机都有自己的指令系统(Instruction sets),它是计算机所能识别和执行的指令的集合。所谓指令是一种规定中央处理器执行某种特定操作的命令,通常一条指令对应着一种基本操作,每台计算机的指令系统就是该机器的机器语言,显然,用这种二进制代码形式表示的机器语言来编写程序,直观性差、容易出错,而且繁琐费时。

2. 汇编语言(初级语言)

汇编语言是一种用助记符来表示的面向机器的程序设计语言,这种语言比较直观,而且容易记忆和检查。但是,计算机还不能直接识别用汇编语言编写的程序——源程序(Source Program),源程序要经过汇编程序(Assembler)的加工和翻译,才能变成机器语言表示的目标程序(Object Program)。

由于汇编语言的语句与机器指令是一一对应的。对于不同的计算机,针对同一问题所编的汇编语言程序是互不通用的。由此,汇编语言虽比机器语言有所进步,但仍然比较繁琐费时。

3. 高级语言(又称为算法语言或编译语言)

为了从根本上克服初级语言的弱点,使程序设计语言适合于描述各种算法(计算机的早期应用是数值计算),而不依赖具体计算机的结构和指令系统,以便于推广计算机的应用,于是 50 年代中期,以 FORTRAN 语言为代表的各种计算机高级语言就应运而生。这里把常用的几种高级语言简述如下:

① FORTRAN(Formula Translator)。美国 IBM 公司为计算机研制的第一种高级语言,这是一种成熟的适合于科学计算的公式翻译语言,特别是它的标准程序库十分丰富,至今它仍是国际上最流行的数值计算语言。FORTRAN 语言经过不断修改和发展,现在 FORTRAN-IV 已经成为国际标准,1978 年又修改成为 FORTRAN-77 新标准。

② COBOL(Common Business Oriented Language)。面向商业的通用语言。它起源于美国,现已被广泛用于数据处理、情报检索等计算机联机系统,几乎遍及商业、银行、交通等行业。

③ BASIC(Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code)。一种小型通用的交互式会话语言。它的特点是简单易学、功能较强,在小型机、微型机上也易于实现,因此得到了广泛的应用。通常它使用解释程序,比编译程序简单,占用的存储空间较小。如为微

型机而设计的 BASIC,其解释程序占用的内存容量可以小到 2K 字节。扩充的 BASIC 可超过 12K 字节,一般都以 ROM 芯片形式销售。

④ PASCAL。1970 年研制完成的以著名数学家 Blaise Pascal 命名的高级语言。它吸取了 60 年代有关算法语言的优点,增加了较丰富的构造数据结构的方法,故又称为结构程序设计语言。

⑤ PL/1(Programming Language/one)。1964~1969 年期间发展起来的第二代高级语言,它是一种汇集型的多用途的通用语言,兼有 FORTRAN-IV、COBOL 和 ALGOL60 的特色,还包括了实时控制的功能等,表达能力强、内容丰富,目前在国外已广泛用于科学计算、过程控制、数据处理等领域。Intel 公司为 8080 μ c 研制的微 PL/1~PL/M 以及 1978 年又为 8086 研制的 PL/M-86,都是 PL/1 的偏子集。

⑥ ALGOL(ALGOrithmic Language)。一种适合于描述数值计算过程的高级语言,具有代表性的有 ALGOL-60 与 ALGOL-68。它们曾在我国得到广泛应用。

除了以上几种国内外常用的计算机高级语言外,近年来在国外开始流行的 LISP、FORTH 以及 C 语言也正在引起人们的关注。LISP 是一种适合于表处理和人工智能的语言,它与其它大多数程序设计语言的风格迥然不同,是一种具有自编译能力的函数构造式的语言,FORTH 的英语词意是‘向前’,即:‘向着目标前进’的意思,它既是一种高级语言,又是一种汇编语言,很适合于过程控制,企业管理等场合,是一种富有生命力的语言。

C 语言是 70 年代初期由贝尔实验室的 D.M. RITCHIE 博士作为 UNIX 操作系统的一部分提出来的,它适用于描述操作系统、编译程序等软件。C 语言是一种面向结构的程序设计语言,在时间、空间和效率上,它都能和汇编语言程序媲美。自 1979 年以来,C 语言就开始在带软盘的微型机中使用。最近,它已逐渐成为微型机的主要语言。

现在还处于推广中的高级语言 Ada 语言,被称为 80 年代的计算机语言。它是在 PASCAL 语言的基础上发展起来的,作为编制实时系统的语言时比 PASCAL 更胜一筹。它有两个突出的特征:一是实现了程序设计抽象化,使用的全是抽象的数据类型,二是通过使用多任务和保护命令而实现了实时并行处理。目前它代表了软件工程技术的最新水平。

综上所述,汇编语言和高级语言各有所长,也各有所短。因此,我们在应用中应当根据具体的场合,扬长避短,选择适当的程序设计语言。

二、系统软件 (System Software)

系统软件是指为了方便用户和充分发挥计算机效能,向用户提供的一系列软件,包括监控程序、操作系统、汇编程序、解释程序、编译程序、诊断程序及程序库等。

1. 监控程序(Monitor)

它是为充分发挥计算机的效能、合理使用资源、方便用户而设计的一套程序。其主要功能有:对主机和外部设备的操作进行合理的安排;按轻重缓急处理各种中断;接受分析各种命令;实现人机联系;控制源程序的编译、编辑、装配、装入、启动等等,目前在单板微型机中,一般都配有 1~2K 字节以上的监控程序,如 SDK-85、Z80 Starter System Kit 等单板微型机的监控程序为 2K 字节,SDK-86 单板微型机的监控程序为 8K 字节。

2. 操作系统

操作系统是在管理程序的基础上,进一步扩充许多控制程序所组成的大型程序系统。其功能主要有:组织整个计算机的工作流程,管理和调度各种软硬件资源,检查程序和机器的故障,实现计算机资源供多个用户共享等等。从广义角度来说,操作系统应包括引导程序、监控程序、输入/输出驱动程序、连接程序、编辑程序、汇编程序、解释程序、编译程序等等。分时系统(Time Sharing System)是操作系统的一种类型,它能使一台计算机几乎同时为许多终端用户服务。由于对每个用户都保证足够快的响应时间,因而可以实现多用户并行工作。一个多用户分时操作系统能够支持多达 32 个用户终端,从而有效地实现计算机资源的多用户共享。操作系统通常都存放在软磁盘中,容量为十几 K 字节。

目前比较著名的微型机操作系统有:CP/M、ISIS、CDOS、UNIX 等。

3. 汇编程序

汇编程序能把用汇编语言写成的源程序翻译成机器语言的目标程序。它又分为两类:

(1)自汇编程序。这是指在计算机上能直接把汇编语言的源程序翻译成机器语言的目标程序,具有这种能力的机器也称为驻留汇编能力的微型机。需要足够的存贮容量来存放自汇编程序。

(2)交叉汇编程序。这是指利用一台外围设备比较完善、存贮容量比较大、功能比较强的计算机作为主机,用主机常用的程序设计语言,如 FORTRAN 语言或汇编语言,来编写目标计算机的汇编程序。这样,用户使用目标计算机的汇编语言来编写的源程序,就可以借助于主机的汇编程序翻译成目标计算机的目标程序,然后再送入目标计算机执行。

4. 解释程序

解释程序能把用某种程序设计语言编写的源程序(如 BASIC)翻译成为机器语言的目标程序,并且每翻译一句,就立即执行一句,翻译完毕,程序也执行完毕。

5. 编译程序

编译程序能把用高级语言编写的源程序,编译成某种中间语言(如汇编语言)或者机器语言的目标程序。

6. 编辑程序(Editor)

编辑程序的功能是把多个模块程序连接成一个完整的程序,它可以增加、删除或替换程序中的某些段落。

7. 诊断程序

诊断程序的功能是检查程序的错误和计算机的故障,并指示出错点等。

8. 程序库(Routine Library)

把常用的各种标准子程序,如初等函数、数制转换程序、典型的计算程序等,汇集在一起就构成了程序库,供解题程序用,程序库通常存放在磁带、磁盘上。

三、应用程序

应用程序是专门为解决某个应用领域里的具体任务,如进行生产过程控制或数据处理问题而编制的程序。随着计算机的广泛应用和普及,现已编制出许多应用程序,这些应用程序可依其功能组成不同的程序包(routine package),这样便可减少大量重复劳动。

四、数据库管理系统

在数据处理系统中,需要处理大量的数据,检索和建立各种各样的表格,这些数据和表格按一定的形式和规律加以组织,建立数据模型,实行集中管理,这就建立了数据库。对数据库中的数据进行组织和管理的软件称之为数据库管理系统(Data Base Management System)。70年代以来,数据库技术发展十分迅速,并在信息处理、情报检索和各种管理系统中日益得到广泛应用。

以上各种各样形式的程序统称为软件,丰富的软件是对计算机硬件功能的强有力的扩充,经过扩充以后的计算机系统如虎添翼,性能更强,可靠性更高,使用更方便。

§ 1.4 计算机的特点与主要技术指标

一、电子计算机的特点

如前所述,电子计算机的特点可归纳如下:

1. 运算速度快

计算机最初的计算速度是每秒几千次,而现代计算机已经达到每秒上亿次的运算速度,计算机的运算速度,通常用每秒钟能运算的次数来表示。由于执行不同的指令所需要的时间不同,因此如何计算运算速度就有不同的方法。一种是以最短指令的执行时间(如加法运算)为标准来计算的。例如 DJS-130 机的运算速度为 50 万次/秒,就是指做定点加法而言的;第二种是根据不同类型指令出现的频繁程度,乘上不同的系数,求得统计平均值,这时所指的速度是平均运算速度,这种方法称吉布森(Gibson)法;第三种是直接给出每条指令的执行时间和机器的主频。

2. 精确度高

由于计算机采用二进制数字表示方法,从理论上来说,有效位数越多,其精确度也就越高。在计算机中,一组二进制数码作为一个整体来处理或运算,称为一个计算机字,简称字(word)。计算机的每个字所包含的位数称为字长(Word Length),它表示计算机的计算精度。巨型机或大型机字长一般为 32~64 位;中型机字长多为 32 位;小型机字长一般为 16~32 位;微型机字长一般为 4~16 位,也有 32 位的,目前 16 位的占多数。通常计算机能进行双倍字长或多倍字长运算。

3. 具有“记忆”能力

计算机的存储器具有存贮、记忆大量信息的功能。存贮容量(Memory capacity)是评价计算机性能的一个重要指标,它是指存储器可以容纳的二进制数的信息量。存贮量可以按字长为单位,或按字节(byte)为单位来计算。在以字节为单位时,约定以 8 位二进制数为一个字节。每 1024 个字节(或字),简称为 1K 字节(或字)。大型机或巨型机主存储器容量一般为数十兆字节,中、小型机主存储器容量一般为数兆字节;8 位微型机主存储器容量通常为 64K 字节,16 位微型机主存储器容量可超过 1 兆字节。

4. 具有逻辑判断能力

计算机借助于数理逻辑和布尔代数,可以进行逻辑推理和判断,从而使计算机“智能