

邮电高等函授教材

微型计算机原理

杨廷善 杜飞龙 编

YOU DIAN GAO DENG

YOU DIAN GAO DENG

HAN SHOU

HAN SHOU JIAO CAI

YOU DIAN GAO DENG HAN SHOU

JIAO CAI

GAO HAN

前 言

自从微型计算机问世以来,在二十多年的时间里,发展异常迅猛。目前,微型计算机已在各行各业得到广泛的应用。可以预见,今后微型计算机将进一步普及应用。

PC 机(IBM PC 及许多兼容机的总称)的功能很强,自它的第一代产品出现以来,又在不断地更新和提高其性能,因此它得到了广泛的应用。为了适应教学的要求,本教材主要解决 PC 机的结构(包括“中断”结构)、汇编语言程序设计两个大问题。至于有关外部设备与主机之间的衔接问题,我们将在另一门课程“微机接口技术”中加以介绍。

学习汇编语言的难度较大,但它是学习计算机技术不可少的一个部分。掌握它的必要性可大致归结为两点:第一,通过它可以掌握微机的工作过程和原理;第二,它本身能解决高级语言无法解决的问题。对于计算机应用人员来说,如果不掌握汇编语言知识,工作将不会做得很出色。

本教材根据 1993 年通过的《微型计算机原理》教学大纲编写而成。

本教材供邮电高等函授本科与专科各专业使用。教学时可作针对性取舍。

本教材着重逻辑上的系统性和对基本概念的阐述,举例丰富,图文并茂,便于自学。为了加强实践环节,我们还将配合本教材编写实验指导书,供学生上机实习之用。

参加本教材编写工作的有:北京邮电大学函授学院杨廷善(第一、二、六章,并任主编);北京邮电大学函授学院杜飞龙(第三~五章)。

由于本教材编写时间仓促,加之编者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者

1995 年 5 月

目 录

第一章 计算机基础知识	1
自学指导.....	1
第一节 计算机概况.....	1
第二节 计算机中的数制	12
第三节 计算机中的码制	31
第四节 信息的编码	39
本章小结	41
习题	42
第二章 微型计算机组成原理	45
自学指导	45
第一节 微型计算机的结构	46
第二节 PC 微型计算机系统组成	55
第三节 存储器	71
第四节 8086 微处理器	100
第五节 8086 最小和最大模式	129
第六节 8086 总线周期	139
本章小结.....	146
习题.....	149
第三章 8086 指令系统	152
自学指导.....	152
第一节 指令的格式.....	152
第二节 8086 寻址方式	155
第三节 8086 指令系统	176
第四节 8086 指令编码简介	274
本章小结.....	286

习题	287
第四章 8086 汇编语言	294
自学指导	294
第一节 8086 汇编语言伪指令	294
第二节 8086 汇编语言语句	316
第三节 汇编语言程序上机步骤	330
第四节 调试程序 DEBUG 简介	344
本章小结	354
习题	354
第五章 8086 汇编语言程序设计	358
自学指导	358
第一节 程序设计的基本方法	359
第二节 顺序程序的设计	367
第三节 分支程序的设计	374
第四节 循环程序的设计	388
第五节 子程序的设计	409
第六节 8086 宏汇编简介	422
第七节 汇编语言程序与高级语言程序的连接	432
本章小结	439
习题	440
第六章 微型计算机的输入与输出	443
自学指导	443
第一节 PC 机的 I/O 通道	444
第二节 CPU 与外设的数据传送方式	459
第三节 PC 机的中断系统	468
第四节 BIOS 和 DOS 中断	476
本章小结	486
习题	487
参考书目	488

附录一	ASCII 码表	489
附录二	8086/8088 指令系统一览表	490
附录三	伪指令表	510
附录四	中断向量地址一览表	517
附录五	DOS 功能调用	520
附录六	BIOS 中断	528
附录七	DEBUG 主要命令	535
附录八	汇编程序出错信息	541

第一章 计算机基础知识

自学指导

本章将介绍计算机的基本知识。基础知识是学习计算机技术必不可少的内容。

除了简要地介绍计算机的发展过程及它的主要用途外,着重阐述了计算机的最基本的工作过程(程序的执行),同时还介绍了硬件和软件的概念。计算机中使用的数制、码制以及数据(数值数据与字符数据)的编码等是本章的主要内容。

本章中的两大重点内容是:数制的转换与补码的运算。读者应熟练掌握。

第一节 计算机概况

微型计算机作为计算机家族中的一员,其工作原理与大型、中型与小型计算机,并无本质差别(它们都是按照“存储程序”的方式而工作的)。因此,我们首先来介绍一下有关计算机的一些基本知识。

一、计算机的发展概述

1946年,世界上第一台计算机(如果不加说明,“计算机”一词就是指电子数字计算机)在美国制成。它主要是用来计算火炮的弹道,其名字是“ENIAC”(Electronic Numerical Integrator And Calculator,即电子数字积分计算机)。世界上第一台商用计算机在1951年制成(用于人口统计)。此后,由于计算机的巨大潜力逐步为人们所认识,因而计算机便迅速地发展起来。从计算机问世至今的近五十年

中,它已经历了以下四个发展阶段(即“四代”):

第一代:电子管计算机时代(约从1946年到1957年)。这一代计算机中的逻辑器件是电子管,因而体积巨大、耗电多、运算速度慢、存储容量小、可靠性差,而且使用起来很不方便(只有机器语言、非专家无法使用)。这一代计算机通常只用于军事及科研方面。

第二代:晶体管计算机时代(约从1958年到1964年)。这一代计算机中的逻辑器件已由晶体管取代电子管,其体积、耗电、运算速度、可靠性能便大为提高。使用计算机也方便得多(已由机器语言发展到汇编语言和程序语言,因而非专家也可使用)。又由于这时计算机外部设备已由几种发展到十几种,因此,第二代计算机便较广泛地应用于工程计算、数据处理和工业控制诸方面。可以说,晶体管计算机已开始渗透到军事、科技和工业等领域。

第三代:集成电路计算机时代(约从1965年到1970年)。这一代计算机中的逻辑器件已由中、小规模集成电路担任,这样,计算机的性能便得到大幅度提高。同时,程序语言更加完善和丰富,提高机器工作效率的“操作系统”也不断出现和完善,因而计算机使用起来更为方便和可靠。另外,由于集成电路计算机的价格较前两代计算机要低得多,这样计算机的应用范围进一步扩大了。

第四代:大规模集成电路计算机时代(从七十年代开始至今)。大规模集成电路的出现使计算机的体积缩小,存储容量加大,这样便可进行更复杂的运算及处理更大量的数据。计算机的功能更全面、运算速度更快,规模也更加巨大。通常我们称这类计算机为大型机、巨型机。这类计算机常用于高精度、高速度的科学计算及担任计算机网络的中心机。

另一方面,由于大规模集成电路的发展,使得其价格不断下降,由它组成的功能中等的计算机体积也远比第三代计算机小。目前,已有由几个大规模集成电路芯片或单芯片构成的计算机,通常我们称之为“微型计算机”。微型计算机在工作原理方面没有什么新意,然而它却在应用范围方面取得了巨大的突破。这是由于它在价格、体积等

方面的优势,致使它深入到社会的各个领域:军事、工业、农业、商业、办公室、医务,已开始进入家庭生活。

计算机今后的发展趋势,主要是研究新型计算机(其中包括超大规模集成电路计算机)、智能模拟计算机和光计算机等。

二、计算机的用途

计算机不同于一般的“计算工具”。首先,它的工作过程不需要人的直接干预,当使用者将其意图告诉计算机并为其所接受后,以后的工作过程便是自动地完成的;其次,计算机除了能够进行一般的算术运算外,还能够进行逻辑运算,特别是具有逻辑判断的能力。

虽然计算机只能执行许多简单的命令(指令或语句),但是,对于各式各样的实际应用问题,只要我们能利用计算机能执行的命令将它们描述出来(即编制程序),计算机就能将该问题解决。计算机是一种通用性很强的工具,因而它的用途是很广泛的。通常我们将计算机的用途归纳为三个大的方面。

1. 数值计算

在近代科学技术工作中,存在着大量的数值计算的问题。当问题的复杂程度太高或者是其计算量太大而又有时限时,用人力无法胜任的话,那么使用计算机就会迎刃而解。

另外,工程设计中的方案选择,可利用计算机来得到最佳方案,而不致于花费过多的人力和时间。显然,最佳方案不仅是经济效果最佳,而且还意味着工程质量最佳,这是十分重要的。

微型计算机由于其字长、存储容量和运算速度还有待于进一步提高,因而在数值计算方面还不够理想,不过,在规模不大的场合,它仍然是科技工作者的有力助手。

2. 数据处理

所谓数据处理,是指按不同的使用要求,将收集来的大量数据进

行转换、分类、组织、存储、提取等“加工”。有时还可根据需要,绘制数据分布曲线或印出各式各样的统计表格。数据处理一般不涉及复杂的数据问题而只作简单运算即可,数据量却很大,且有一定的时限。

随着工农业生产和经济活动的不断扩大,计算机的数据处理应用会越来越广泛。从国民经济计划的制定到各单位的财务管理,都可以使用计算机来处理。

微型计算机由于其存储容量有限,在作数据处理应用时,通常用于规模较小的场合,或者作为数据处理终端机来使用。

3. 自动控制

在工业生产中,无论是蒸汽机的发明,还是电力机械的出现,生产过程中的操作总是离不开人。由计算机来担任指挥生产过程的“控制机”,就可以使生产过程实现自动化。自动化的目的不仅是为了节省人力,而且还有助于产品质量的提高。高度自动化的“工业机器人”还可以代替人到那些不适宜于人活动的场所去工作。例如,深水打捞作业,辐射场所的工作,深井采掘等等。

自动控制可以分成两个大类别,一类是过程控制,另一类是顺序控制。前者主要是控制生产过程中的“参量”,使其处于最佳状况,此类控制常用于冶金、化工等场合。后者主要是控制生产过程中的“动作”,使其按预先规定的顺序进行。

对于控制参量的“过程控制”,由于其控制规模较复杂且时间响应要求较高,因而常使用中型或大型计算机来作控制机(当然,视具体情况,有时亦可采用高档微型计算机)。

对于控制动作的“顺序控制”,通常因其控制规律不复杂,且速度较慢,因此这种控制方式最宜采用微型计算机来作控制机。在工业生产中,应用顺序控制方式的场合极其广泛。从食品生产流水线到电梯,都可以用微型计算机来加以控制。

另外,微型计算机还可用于测量仪器仪表之中,使之成为智能仪器仪表。

以上介绍了计算机三个方面的用途。当然,计算机还可用于文字识别、机器证明、教学等等方面,这里就不一一列举了。

三、计算机的工作过程

计算机是怎样代替人而工作的?现举一最简单的算题过程来加以说明。

计算机是人发明的,实际上,机器算题的过程就是对人算题过程的“模仿”。人算题的过程大致可归纳成以下几步(假设用算盘计算 $2+3\times4=?$):

第一步,根据题目安排好计算的顺序:先做 $3\times4=12$,然后再做 $2+12=14$ (这种安排应该记录在纸上,以免遗忘或弄错)。

第二步,按照上面安排好的计算顺序,在算盘上进行计算:先做乘法运算得到 12,再做加法运算得到最后结果 14。

第三步,将算盘上得到的最后结果“14”写在纸上,整个算题过程便完成了。

从上述解题的过程中可以看出,如果要用机器来代替人进行算题,则机器的结构应该具有以下的几种部件:

(1) 运算器:用来完成对数据的运算,相当于手算过程中的“算盘”。

(2) 存储器:用来将算题的步骤、原始数据、中间结果以及最后结果加以记录的部件,相当于手算过程中的“纸”。

(3) 控制器:用来指挥整个算题过程正确进行的装置,相当于手算过程中的“人”。

(4) 输入和输出设备:用来将原始数据和算题步骤送入机器以及将最后的算题结果从机器取出来供人阅读,相当于手算过程中的书写工具。

按照以上的考虑,我们便可以将计算机的组成框图画成如图 1.1 所示。构成计算机的这些物理的部件,称为计算机的硬件。(Hardware)。

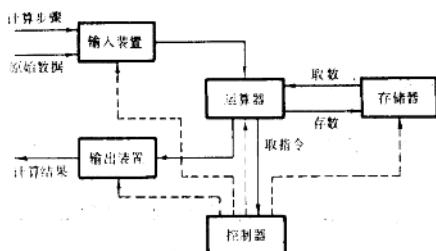


图 1.1.1 计算机的组成框图

我们来看看由图 1.1.1 组成的计算机,其算题过程又是怎样的呢? (计算 $2+3\times 4=?$)

首先,应将算题的步骤安排好,例如,我们可将该算题的过程安排成表 1.1.1。

表 1.1.1 计算机算题步骤

算题步骤	操作内容
(1)	从存储器取出乘数 4 送到运算器中
(2)	从存储器取出被乘数 3 送到运算器并在其中进行 3×4 的乘法运算
(3)	从存储器取出加数 2 送到运算器并在其中进行 $2+12$ 的加法运算
(4)	将运算器中的结果 14 存入存储器
(5)	输出打印计算结果 14

表中的每一步规定了计算机在这一步应该执行的操作。当由第一步执行到第五步后,便会得到计算的结果。就是说,计算机总共要做五个操作才能完成任务,而这每一种操作都是人给计算机下达的“命令”。通常,我们将人给机器的命令称为“指令”。显然,只要有了表 1.1.1 的五条指令,就可以完成 $2+3\times 4=?$ 的计算工作。一般来说,要完成某一特定的任务(计算、处理数据或控制机械装置等),必须也应该把“任务”变成或者说分解成一条条的指令,否则,计算机是没有办法代替人工作的。这种解决问题的一条条指令的集合,称为

“程序”。显然,程序的编制(或称为设计)是至关重要的,不能有丝毫的差错。解决各种问题的程序系统称为计算机的软件。只有硬件,计算机什么事也不能干,还必须有软件的配合。

当然,表 1.1.1 中的指令是以文字的形式出现的,计算机不能接受,因而也无法工作。但是,只要我们用一些能为计算机识别的符号来代替文字指令,问题就能解决,而这一点却是不难办到的。

在编制好算题的程序以后,就可以在计算机上进行计算了,与手算过程相仿,也可分为以下几步(参见图 1.1.1):

第一步,用输入装置将事先编制好的程序(见表 1.1.1)以及原始数据 2、3、4 都送入计算机中的存储器中存放起来。这一步相当于手算过程中的“将算题及解题步骤记录在纸上”。

第二步,启动计算机工作,于是便开始自动算题的过程(由控制器来指挥):

(1) 把存储器中已存好的解题程序中的第一条指令取出来,并送入控制器中去分析:它是什么意思呢?在控制器中专门设有识别指令的装置,经识别,这第一条指令的含意是“从存储器中取出乘数 4 送到运算器”。接着控制器中发控制信号的装置便根据该指令的含意,发出一系列控制信号来完成指令规定的操作。这样计算机便完成了第一个操作:把存储器中的数据 4 取出来,并将它放入运算器中。

至此可知道,计算机执行一条指令通常要分两个步骤:第一步是将待执行的指令从存储器中取出来;第二步是将指令中涉及到的数据从存储器中取出来进而完成指令规定的操作。第一步我们称为“取指(取指令)”,第二步称为“执指(执行指令)”。也就是说,计算机的工作过程就是不断地进行“取指”与“执指”的过程。

(2) 在第一条指令执行完毕后,就自动地转入第二条指令的执行工作。第一步是将第二条指令从存储器中取出来,送入控制器去分析(即“取指”);第二步是根据分析的结果,完成指令规定的操作(即“执指”)。第二条指令要求计算机完成的操作是:把被乘数 3 从存储器中取出,送入运算器中,并和运算器中原有的数 4 进行相乘,得到

乘积 12 并保留在运算器中。这个“12”也称为中间结果。

(3) 同样,第二条指令执行完毕后便自动地转入第三条指令的执行工作,也是“取指”和“执指”的过程。第三条指令执行:从存储器中取出加数 2 送入运算器中,并和其中原有的数 12 相加,得其和为 14 并保留在其中。

(4) 同样,第四步指令执行:从运算器中将其保留的数据再送入存储器中存放起来。

(5) 计算结果 14,由输出装置输出,供人查看(用显示器或打印机打印在纸上)。

上述计算机计算 $2+3\times 4=14$ 的全部过程可用图 1.1.2 来表示。

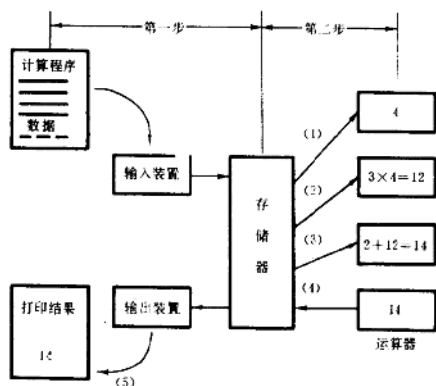


图 1.1.2 计算机解题过程示意图

四、计算机的软件系统

从上面介绍的计算机工作过程知,计算机工作必须有运算器、控制器、存储器和输入/输出设备外,还应该能让计算机工作的“工作步骤”。通常,“工作步骤”应使用计算机能够识别的语言来描述。该

语言我们称之为“程序设计语言”，用程序设计语言描述的计算机的工作步骤的集合，称为“程序”。

我们把程序(例如汇编程序)这种计算机工作不可缺少的部分，特称为“软件”(Software)，以区别于计算机的物理组成部分——“硬件”(Hardware)。

软件已成为计算机系统的一个重要组成部分，没有软件的计算机没有多大用处。

软件可按其用途分为三类：

1. 面向用户的软件系统

这一类软件是为便于用户使用计算机解决问题而建立起来的。它有下列几种：

(1) 语言加工系统

即程序设计语言的编译系统。

(2) 辅助系统

这是用来方便程序的调整、修改及编辑而设置的。它通常是作为语言加工系统的辅助工具存在的，它包括调试程序、装配程序及编辑程序等。

(3) 应用程序库

这是为满足某种应用的需要而特意编制的一些专用程序集合。例如，科技计算程序，商业用程序及资料管理程序等。

2. 面向维修和管理的软件系统

这是为了确保计算机正常运行，协助机器维修人员及管理人员工作的软件，可分成：

(1) 诊断修复程序

通过与计算机中各部件中安装的诊断线路相配合，用来监督机器的运行。如有故障，可自行修复或通知维修人员检修。同时尚可对故障的时间、部位、原因以及修复情况等加以记录，供参考之用。

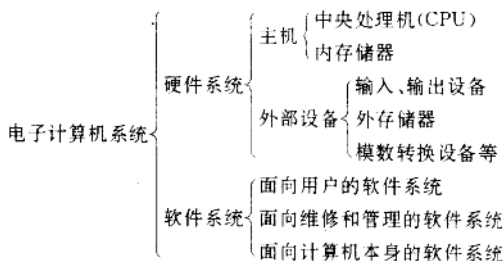
(2) 日常簿记系统

这一系统用来记录系统运行以及结算用户上机费等。

3. 面向计算机本身的软件系统

这是为提高计算机的工作效率而建立的软件系统,通常称为“操作系统”。它是一个大型的控制程序和管理程序,通常采用“多道程序”的方式来使用中央处理机(即运算器、控制器的总称),并且对外部设备采取并行工作方式。例如当运算的题目需要进行输出时,就将另一道题目交给中央处理机来运行。显然这将使计算机的效率大为提高。

综上所述,软件的作用是很大的,因此,我们现在谈到计算机时,除了关心计算机的硬设备外,计算机的软件也是必须关心的。计算机硬件加软件才真正构成为计算机系统。这样,电子计算机系统的组成,可用下表来说明:



此外,用户为了用计算机解决自己的具体问题,还要设计自己的程序,称为用户程序。有时,也可称为软件。

五、计算机程序设计语言

机器语言和汇编语言,它们都是计算机程序设计语言。程序设计语言又称计算机语言,它是人与计算机之间交换信息的工具。目前,世界上的程序设计语言多达数百种,通常可将它们分为三大类。

1. 机器语言

这是能为计算机所直接识别并执行的低级程序设计语言。用这种语言编制的程序,是以“0”和“1”代码编码的机器指令所组成(这种编码随机器的不同而异)。由于指令的编码不易记忆且易写错,因此在程序设计中很少采用。

2. 汇编语言

汇编语言是针对机器语言的缺点而加以改进的另一种低级语言。其改进主要有两点:第一,用助记符代替操作码;第二,用符号地址来代替操作数地址。因此,汇编语言写的程序就以符号的形式而出现了,因此,它又称为符号语言。

汇编语言对机器语言的上述两点主要改进,使它更易被人们所接受,得到了实际应用。由于汇编语言只是对机器语言的一种改进,只是将机器语言指令在形式上加以改装,尚无实质性的变革,因此,它仍是一种低级语言,它的指令和机器语言指令是一一对应的。

用汇编语言编制的程序,必须经过汇编(翻译)转换成机器代码后,才能被计算机所识别和执行。

3. 高级语言

高级语言是50年代中发展起来的面向问题的程序设计语言,其语句(类似低级语言的“指令”)通常采用数学语言,这使得一条语句完成的功能比一条机器指令所完成的功能要复杂得多(能解决一个问题)。另外,它已脱离开对计算机硬件操作的描述(描述问题本身),因此易于为人们掌握,而且编写的程序十分简洁。

当然,用高级语言编写的程序,同样也得经过“翻译”(称为编译或解释),转换成机器代码后才能为计算机所识别和执行。由于计算机执行的仍是用机器代码表示的程序,用高级语言编写的程序,看上去要简单得多,但其执行的速度并不比用汇编语言编写的程序快,相