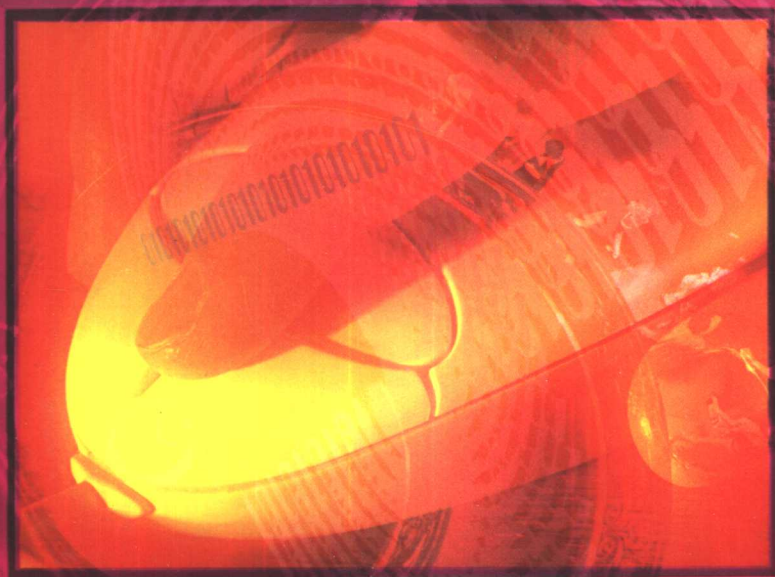


高职高专计算机类规划教材

计算机组成原理与 汇编语言程序设计

赵晓玲 主编

朱丽敏 副主编



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机专业系列教材

计算机组成原理与 汇编语言程序设计

张朝晖 主编

清华大学出版社



清华大学出版社

高职高专计算机类规划教材

计算机组成原理与汇编 语言程序设计

主 编 赵晓玲

副主编 朱丽敏

参 编 刘丽莉

张东辉

主 审 刘学军



机械工业出版社

本教材是高职高专计算机类规划教材之一，系统地介绍了计算机组成原理和汇编语言程序设计，从计算机整机系统的角度出发，体现计算机软硬件的结合。本教材共分 10 章，内容包括：计算机系统概述、计算机中的数和编码、运算方法及运算器、指令系统、中央处理器、汇编语言程序、汇编语言程序设计、主存储器、输入输出系统和外围设备。

本教材充分考虑高等职业教育的特点，内容丰富，知识广泛，由浅入深，重点突出，每章均有习题。本教材可作为高职高专计算机专业的教材，也可以作为其他专业的相关教材以及计算机爱好者自学使用。

图书在版编目（CIP）数据

计算机组成原理与汇编语言程序设计 / 赵晓玲主编.
—北京：机械工业出版社，2002.1
高职高专计算机类规划教材
ISBN 7-111-08548-5

I. 计... II. 赵... III. ① 计算机体系结构—高等学校：技术学校—教材 ② 汇编语言—程序设计—高等学校：技术学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 081823 号
机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
责任编辑：王小东
封面设计：姚 毅 责任印制：付方敏

三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·11 875 印张·458 千字

0 001—5 000 册

定价：29.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

前 言

本教材是高职高专计算机类规划教材之一，是根据机械职业教育计算机专业教学指导委员会规划教材出版计划，按照高职高专培养目标进行编写和审定的。

《计算机组成原理》和《汇编语言程序设计》是计算机专业的两门主要课程，针对当前计算机软硬件技术的发展趋势以及高等职业技术教育的特点，本教材将这两门课程结合在一起组织成一门课程，探索在高职高专的教学体系和课程上的改革，其目的是从计算机整机系统的角度，掌握计算机的基本结构、工作原理和程序设计等，体现计算机软硬件的结合，使学生对计算机系统有比较清晰、完整的概念，为后续课程的学习以及今后的实际工作打下一个具有一定专业深度的应用基础。

本教材共分 10 章。第一章和第二章讲述计算机的基础知识，内容包括计算机系统概述、计算机中采用的数和编码；第三章讲述运算方法和运算指令功能的逻辑实现；第四章讲述指令系统的指令格式、寻址方式、指令类型和 8086/8088 指令系统；第五章讲述中央处理器的组成和功能以及组合逻辑控制器和微程序控制器的实现；第六章讲述汇编语言指令格式、伪操作、宏汇编和汇编语言程序的上机过程；第七章讲述顺序、分支、循环和子程序的程序设计方法；第八章讲述主存储器、高速缓冲存储器和虚拟存储器；第九章和第十章讲述输入输出系统和外围设备，内容包括输入输出方式、外围设备的工作原理和相应的输入输出程序设计。

本教材参考学时为 90 学时，可作为高职高专计算机专业的教材，也可以作为其他专业的相关教材以及计算机爱好者自学使用。

本教材由赵晓玲任主编，朱丽敏任副主编，刘学军任主审。第一、二、三、五章由赵晓玲编写并负责全书的统稿，第六、七章由朱丽敏编写，第四、

IV

八章由刘丽莉编写，第九章由张东辉编写，第十章由赵晓玲和朱丽敏编写。
本教材的编写得到了董少明和杨晓斐的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于编写时间仓促、作者水平有限，本教材中难免存在不足和疏漏之处，
恳请广大读者批评指正。

编者

2001年9月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 计算机系统	1
一、计算机系统的硬件和软件	1
二、计算机程序和语言	2
三、计算机系统的层次结构	4
第二节 计算机的基本组成和工作过程	5
一、计算机的基本组成	5
二、计算机基本部件的功能	6
三、计算机的基本工作过程	8
第三节 计算机的主要性能指标	11
一、字长	11
二、存储容量	11
三、运算速度	12
四、硬、软件配置	12
五、系统的可靠性	12
六、性能价格比	13
习题	13
第二章 计算机中的数和编码	14
第一节 数制与转换	14
一、进位计数制	14
二、进位计数制的表示方法	14
三、不同进位计数制之间的转换	16
第二节 数值在计算机内的表示	19
一、真值与机器数	19
二、数的定点表示法和数的浮点表示法	20
第三节 带符号数的表示方法	22

一、原码	22
二、反码	23
三、补码	23
四、移码	25
五、BCD 码	26
第四节 文字符号代码的表示	27
一、文字符号代码	27
二、校验码	28
三、汉字编码	31
习题	34
第三章 运算方法及运算器	36
第一节 算术逻辑运算部件	36
一、加法器	36
二、算术逻辑运算部件	39
三、运算器的基本结构	41
第二节 定点加减法的运算方法与逻辑实现	42
一、补码定点加减法运算方法	42
二、补码定点加减法的实现	44
三、溢出及其判别	45
第三节 定点乘除法的运算方法与逻辑实现	46
一、定点一位乘法运算	46
二、定点一位除法运算	52
第四节 浮点数的运算方法	56
一、浮点数的加减法运算	56
二、浮点数的乘除法运算	58
习题	58

第四章 指令系统	60	第一节 中央处理器的组成和	
第一节 指令格式	60	功能	98
一、指令字长度	60	第二节 控制器的功能与组成	99
二、指令操作码	61	一、控制器的功能	99
三、指令地址码	62	二、控制器的组成	100
第二节 寻址方式	63	三、指令的执行过程	103
一、立即寻址	64	第三节 控制方式及时序系统	104
二、直接寻址	65	一、同步控制方式及其时序	
三、间接寻址	65	信号	104
四、寄存器寻址	66	二、异步控制方式	106
五、寄存器间接寻址	67	三、联合控制方式	106
六、变址寻址	67	第四节 组合逻辑控制器	107
七、基址寻址	68	一、组合逻辑控制器的组成	107
八、相对寻址	69	二、组合逻辑控制器的设计	109
九、基址变址寻址	69	第五节 微程序控制器	116
第三节 指令类型	69	一、微程序控制的基本概念	116
一、数据传送指令	70	二、微程序控制器的工作	
二、堆栈及堆栈操作指令	70	原理	118
三、算术运算指令	71	三、微指令的编码方式	118
四、逻辑运算指令	72	第六节 典型 CPU 介绍	121
五、移位指令	72	一、8086/8088CPU	121
六、程序控制指令	72	二、80386CPU	123
七、输入/输出指令	73	三、80486CPU	125
八、处理机控制指令	73	四、Pentium CPU	127
第四节 指令系统举例	74	习题	129
一、8086/8088 指令格式	74	第六章 汇编语言程序	131
二、8086/8088 的寻址方式	77	第一节 汇编语言指令格式	131
三、8086/8088 指令系统	79	一、概述	131
第五节 精简指令系统——RISC		二、汇编语句格式	131
技术	93	第二节 伪操作	132
一、RISC 与 CISC	93	一、数据定义及存储器分配	
二、RISC 的主要特点	94	伪操作	133
习题	95	二、符号定义伪操作	134
第五章 中央处理器	98	三、段定义伪操作	136

四、指定段寄存器伪操作		一、比较指令和转移指令·····	164
ASSUME·····	137	二、分支程序设计举例·····	169
五、程序开始和结束伪操作	137	第三节 循环结构程序设计·····	179
六、指定地址伪操作·····	138	一、循环程序的结构·····	179
七、基数控制伪操作·····	139	二、串操作指令·····	180
第三节 汇编语言操作符·····	139	三、循环控制指令·····	186
一、算术运算符·····	140	四、单重循环结构程序设计	188
二、逻辑运算符·····	140	五、多重循环结构程序设计	191
三、移位运算符·····	141	第四节 子程序设计·····	196
四、关系运算符·····	141	一、子程序和主程序的概念	196
五、字节分离运算符·····	142	二、过程定义伪操作·····	197
六、数值回送操作符·····	142	三、子程序的调用和返回·····	198
七、属性操作符·····	143	四、利用堆栈保护和恢复现场	199
第四节 宏汇编·····	145	五、主程序和子程序之间	
一、宏定义·····	145	的参数传递·····	201
二、宏调用与宏展开·····	146	六、子程序的嵌套和递归·····	207
三、与宏指令有关的其他		七、子程序与宏指令的区别	209
伪操作·····	148	八、子程序设计举例·····	209
第五节 汇编语言程序的上机		第五节 BIOS 中断和 DOS 功能	
过程·····	152	调用·····	217
一、编辑源程序·····	152	一、BIOS 中断调用·····	217
二、编译·····	153	二、DOS 功能调用·····	218
三、连接·····	153	习题·····	219
四、运行·····	154	第八章 主存储器·····	222
五、调试·····	154	第一节 存储器的基本概念·····	222
六、退出 DEBUG 程序·····	155	一、存储器的主要技术指标	222
习题·····	156	二、存储器的分类·····	223
第七章 汇编语言程序设计·····	159	三、主存储器的组成·····	225
第一节 顺序结构程序设计·····	159	四、存储系统的层次结构·····	226
一、汇编语言的结构·····	159	第二节 半导体随机存储器·····	227
二、汇编语言源程序的基本		一、静态随机存储器	
结构·····	159	(SRAM)·····	228
三、顺序程序设计·····	160	二、动态随机存储器	
第二节 分支结构程序设计·····	164	(DRAM)·····	231

VIII

第三节	半导体只读存储器	233	二、中断响应过程和程序中断 的处理过程	267
第四节	用半导体存储器芯片 组成的主存储器	235	三、多重中断	268
第五节	先进的动态随机存储器 (Advanced DRAM)		四、程序中断控制方式的 基本接口	268
	组织	238	五、8086 的中断系统	270
第六节	并行主存储器	239	六、中断程序举例	273
	一、编址方式	240	第四节 DMA 控制方式	277
	二、工作原理	240	一、DMA 方式的基本概念	277
第七节	高速缓冲存储器	241	二、DMA 传送	278
	一、程序局部性原理	242	三、DMA 控制器的组成	280
	二、工作原理	242	四、DMA 的接口设计	282
	三、替换算法	243	第五节 通道控制方式与输入输出 处理机	286
	四、Intel 82385	245	一、通道的基本概念	286
	五、Cache 的应用现状	246	二、通道的分类	288
第八节	虚拟存储器	247	三、输入输出处理机 (IOP) 与外围处理机 (PP)	289
	一、虚拟存储器的概念	247	第六节 系统总线	291
	二、虚拟存储器的工作原理	248	一、概述	291
习题		251	二、总线的结构与组成	292
第九章 输入输出系统		252	三、典型标准总线	296
第一节	输入输出系统概述	252	习题	298
	一、输入输出系统的基本 功能	252	第十章 外围设备	301
	二、主机与输入输出设备之间 的信息	253	第一节 概述	301
	三、输入输出设备的编址与 输入输出指令	254	一、外围设备的概念及一般 功能	301
	四、CPU 与 I/O 设备间的数据 传递方式	256	二、外围设备的分类	301
第二节	程序直接控制方式	257	第二节 键盘	302
	一、直接输入输出方式	258	一、键盘的工作原理	302
	二、查询输入输出方式	259	二、键盘和 CPU 的通信方式	303
第三节	程序中断方式	263	第三节 CRT 显示器	306
	一、中断的概念	263	一、概述	306
			二、显示器的工作原理	308

三、字符和图形显示程序设计	313	一、多媒体应用系统的特点	335
第四节 打印设备	320	二、多媒体产品原理及技术	336
一、打印设备的分类	320	习题	340
二、打印机的工作原理	321	附录	343
三、打印机输出程序设计	325	附录 A 8086/8088 指令系统	
第五节 外存储器	327	一览表	343
一、磁表面存储器原理	327	附录 B DOS 功能调用表	349
二、磁带存储器	328	附录 C BIOS 功能调用表	354
三、磁盘存储器	329	附录 D 汇编程序出错信息	358
四、光盘存储器	333	附录 E 调试程序 DEBUG	363
第六节 多媒体配置	334	参考文献	367

第一章 概 述

第一节 计算机系统

一、计算机系统的硬件和软件

一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两大部分组成的，二者相辅相成、缺一不可。只有使计算机的硬件和软件紧密地结合起来，才能充分发挥计算机系统的功能。

所谓硬件（Hardware）指的是构成计算机系统的电子线路和物理装置。它们是一些看得见的实体，如中央处理器、存储装置和外围设备。硬件系统是计算机系统的物质基础，一般也称为计算机系统的硬资源。

软件（Software）指的是计算机系统中所使用的各种程序的集合，也称为计算机系统的软资源。软件系统包含的内容非常丰富，它给计算机带来了强大的生命活力。软件可分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件又称系统程序，它的主要功能是对整个计算机系统进行调度、管理、监控及维护服务等。它可以使计算机系统的资源得到合理的调度以及有效的利用。系统软件主要包括操作系统、计算机语言处理程序和工具软件等。

操作系统是软件系统的核心。它用于控制和管理计算机硬件、软件和数据等资源，使用户方便、有效地使用计算机，提供了软件的开发环境和运行环境。它可分为单用户操作系统、多用户操作系统和网络操作系统等。操作系统是任何计算机都需要必备的软件。

计算机语言处理程序能把用户使用高级语言编写的程序转换成计算机能直接识别的机器语言程序。一般计算机所配备的汇编语言的汇编程序、多种高级语言的解释程序或编译程序都属于计算机语言处理程序。计算机语言处理程序是在计算机上运行各种语言程序的基础。

工具软件是开发、研制各种软件以及诊断、维护计算机的工具。它们包含的内容非常广泛，例如有各种编辑程序、调试程序和诊断程序等。

应用软件也称为应用程序，它们是用户在各自的业务系统中开发和使用的各种程序。应用软件通常是针对某个具体问题而编制的，通常包括厂家出售的通用软件 and 用户利用计算机及其配备的系统软件自己研制开发的应用软

件两类。随着计算机的普及应用，应用软件的种类越来越多，名目也各不相同，用户通过应用软件尽善尽能的发挥计算机的效能。

综上所述可见，计算机系统的组成如图 1-1 所示。

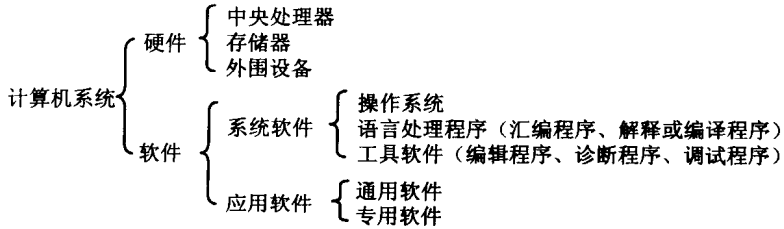


图 1-1 计算机系统的组成

二、计算机程序和语言

1. 计算机的解题过程

现代计算机解题的一般过程是用户使用计算机的高级语言编写程序，连同数据一起送入计算机中，再由计算机将其翻译成计算机能直接识别的机器语言程序，在计算机上运行后输出结果。计算机解题的过程如图 1-2 所示。

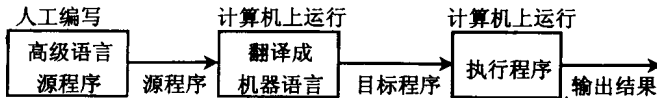


图 1-2 计算机解题过程

人们通常把用户为解决自己的问题用各种语言所编写的程序称为源程序，而把用机器语言程序表示的程序称为目标程序。

2. 计算机程序

计算机程序是为解决给定的实际问题，计算机所要执行的指令或语句的集合。

计算机执行程序的过程，实际上就是按照给定次序执行一组指令或语句的过程。

指令是指指挥计算机完成特定操作的命令。一条指令通常分为操作码和操作数两部分。操作码用于规定指令的操作性质，即该指令执行什么样的操作；而操作数则指出参与该操作的数据本身或者数所在的地址，因此也称之为地址码。通常一条指令对应着一种操作。

一台计算机所能识别和执行的全部指令，称为这台计算机的指令系统。指令系统是计算机所固有的，不同的计算机其指令系统也不同。计算机的指令系统越丰富，其功能就越强，用户使用起来即编写程序也就越方便。

3. 计算机语言

计算机语言是用户与计算机之间进行信息交流的工具。人们通过计算机语言来编写程序，指挥计算机工作。

我们把计算机能直接识别的语言称为机器语言。它实际上是由计算机本身的指令系统构成的，这种语言的语句就是使计算机完成特定操作的各种指令。机器语言中的指令是用二进制代码来表示的，也叫机器码。早期的计算机上只能使用机器语言，因此用户必须用二进制代码表示的机器语言编写程序。很显然，二进制代码所表示的指令难记忆、难理解，编写工作量大而且容易出错，所以给编写程序、阅读程序带来了很多的困难。另外，机器语言是一种面向机器的语言，要求编程人员必须熟悉所使用的计算机硬件系统，也就是掌握计算机的内部结构，因此，只有少数的专业人员可以使用机器语言。

为了提高编写程序和阅读程序的效率，20世纪50年代初出现了符号程序设计语言，也就是汇编语言。它是在机器语言的基础上，用便于记忆的符号（称为助记符）代替二进制代码表示的操作码，例如 ADD、SUB、MUL、DIV 分别表示加法、减法、乘法，除法操作，并允许使用符号表示指令以及数据的地址。但是，计算机不能直接识别汇编语言，因此用汇编语言编写的程序，计算机首先需要将它翻译成机器语言的程序，然后才能在计算机上运行。这个转换（翻译）过程称为汇编，它是由称为汇编程序的软件来实现的。其转换过程如图 1-3 所示。

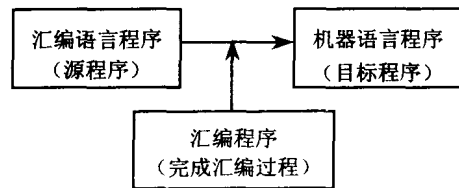


图 1-3 汇编语言的转换过程

汇编语言是在机器语言的基础上实现的面向于机器的语言，它虽然比机器语言高级，但它仍然是与特定机器相关的语言。用这种语言编写的程序，改变机种程序就必须重写，也就是说程序的执行受机种的限制。同时，这种语言与人们的传统解题方法还是相差甚远的。在人们的努力下，20世纪50年代末又出现了一种不是针对具体机种而是面向问题的计算机程序设计语言即高级语言。这种语言可以用于各种类型的计算机，不受机种的限制，而且使用计算机的人可以完全不必了解计算机的内部工作情况就可以使用它进行编程。如 BASIC 语言、C 语言、PASCAL 语言、FORTRAN 语言等。

用高级语言编写的程序，也必须先将其转换成机器语言的程序才能执行，实现转换过程的方式有两种：编译方式和解释方式。其转换过程如图 1-4 所示。

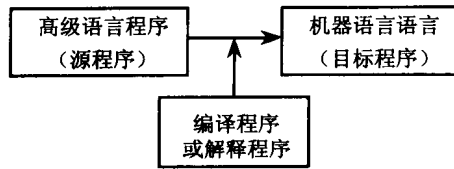


图 1-4 高级语言程序转换为机器语言程序的过程

编译方式是由编译程序也称为编译系统完成的。这种方式是将用户用高级语言编写的源程序中的全部语句转换成目标程序的机器语言程序，然后再执行机器语言程序。采用这种方式时，一个题目若要重复计算几遍，那么解决这个问题的源程序一经转换以后，只要源程序不变，就可以反复执行其机器语言的程序，不需要再经过转换的过程。所以，采用这种方式时，计算机执行程序的速度较快。但是，如果源程序有所改动，那么就需要重新经过转换的过程。PASCAL、FORTRAN 采用的就是这种编译方式。

解释程序又称为解释系统，由它完成解释方式的转换过程。解释程序采用的方法是按源程序语句的动态顺序逐句进行分析转换，也就是将源程序的一条语句转换成机器语言后立即执行这条语句，然后再翻译执行下一条语句，如此重复直到程序结束。用这种方式实现转换的高级语言，初学者学习比较方便，而且比较容易掌握。如 BASIC 语言采用的就是解释方式。

但是，也有的计算机语言是以汇编语言作为中间输出，如多数的 C 语言编译程序就是如此。由 C 语言程序转换成可执行程序的过程如图 1-5 所示。

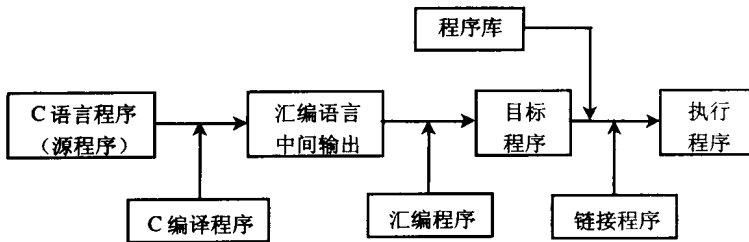


图 1-5 C 源程序转换成可执行程序的过程

首先由 C 编译程序读 C 语言源程序，并且把它变成汇编语言，再由汇编程序将汇编语言的中间输出变成机器语言，即目标程序，最后由链接程序把目标程序和存放在程序库里的有关信息链接装配在一起，产生可执行的程序。

三、计算机系统的层次结构

现代计算机系统是一个十分复杂的硬件、软件结合的整体。它们二者之

间是相辅相成、缺一不可的。计算机系统的层次结构可用图1-6来表示。

层次结构图表示了计算机系统软件、硬件的组成及相互之间的关系。没有软件系统的计算机称之为裸机，它只是具有了计算的可能，即使接上电源，也不能工作。从层次结构图外层向内层看，它表明了从用户提出任务到硬件的执行过程。通常根据给定的问题，用户使用某种高级语言编写程序，在操作系统的控制下，调用语言处理程序完成源程序转换成目标程序的过程，目标程序是用机器语言描述的，最后由硬件执行机器语言程序。从计算机的层次结构来看，操作系统是用户与计算机硬件的接口，是用户的工作平台，指令系统是裸机与软件的接口。

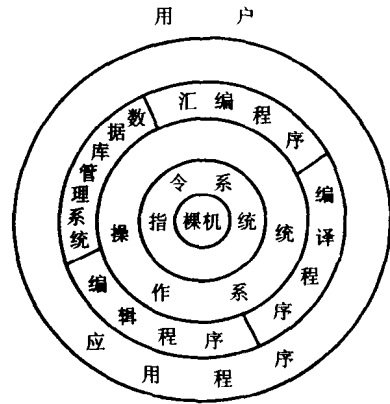


图 1-6 计算机系统的层次结构

需要强调的是，现代计算机系统的硬件和软件之间的分界线并不明显。软件与硬件具有逻辑等价性，即任何一种操作可用硬件完成，也可以用软件来完成；任何一条指令的执行可以用硬件来完成，也可以用软件来完成。随着大规模集成电路技术的发展，软件硬化的趋势倍受重视，明确划分软件和硬件之间的界线也就更加困难。计算机系统总的发展趋势是硬件和软件两者统一融合，在发展中互相促进。

第二节 计算机的基本组成和工作过程

计算机通常分为模拟计算机和数字计算机两大类。模拟计算机是以连续变化的模拟量（如温度、流量、电流和电压等）为操作对象。其运算速度很高，但是精度和通用性较差，所以模拟计算机常用来作为特殊用途的计算机。数字计算机以离散的数字和逻辑变量为操作对象，具有表示的数值范围广、运算精度高、“记忆”功能强和应用面宽等特点。由于数字计算机具有这些明显的优点，所以得到了广泛的应用。本书中简称的计算机就是这类计算机。

一、计算机的基本组成

计算机是一种能够自动、快速、准确地实现信息存储、数值计算、数据处理和过程控制等多种功能的电子机器。尽管现代计算机在规模、运算精度和价格上有很大的差异，但是其基本原理却是大体相同的。一般来说计算机

是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备这五部分组成，如图 1-7 所示。

该图所示的计算机结构是按匈牙利籍数学家约翰·冯·诺依曼（John Von Neumann）于 1946 年首先提出的“存储程序”的概念组成的，所以也称为冯·诺依曼机。可以说冯·诺依曼机奠定了现代计算机的基础。

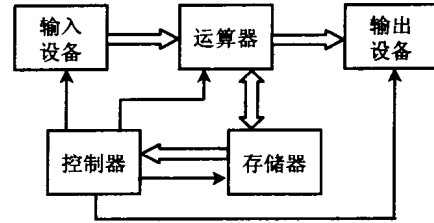


图 1-7 计算机的基本组成

“存储程序”就是把指令用代码的形式事先输入到计算机的主存储器中，即用同一装置存储记忆数据和执行运算的命令。这些指令按一定规则组成程序，当计算机被启动后，程序（指令序列）就会控制计算机按规定的顺序逐条执行指令，自动完成预定的信息处理任务，这就是“程序控制”，合起来简称为“存储程序控制”。“存储程序控制”是计算机能够自动工作的关键。

在计算机中，基本上有两种信息在流动，一种是数据信息，另一种是控制信息。数据信息是计算机加工处理的对象，包括各种原始数据、中间结果以及程序；控制信息控制计算机的工作，是以指令代码为基础由控制器译码后变为的各种控制信号。

二、计算机基本部件的功能

计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备这五个基本部件组成的。下面讨论一下基本部件的功能。

1. 运算器（ALU——Arithmetic Logic Unit）

运算器是由电子线路构成的对数据进行加工处理的部件。运算器的主要功能是执行算术运算和逻辑运算，所以也称之为算术逻辑部件 ALU，它的核心部件是加法器。除此以外，运算器还具有移位、比较等功能。

2. 控制器（CU——Control Unit）

控制器是计算机的控制中心，它统一指挥计算机的各部分协调地进行工作。它根据事先给定的命令发出各种控制信号，使整个工作过程一步一步地进行。

控制器的实现方式一般有两种，即组合控制逻辑器和微程序控制器。

组合逻辑控制器的特点是以尽量少的逻辑门来完成所需的功能，这样可以减少成本、降低功耗，但它导致了结构的非规则性，使各控制信号的组合逻辑之间存在着复杂的相互牵连的关系。微程序控制器克服了组合逻辑控制器