

21世纪高等学校计算机专业
核心课程规划教材

汇编语言 程序设计教程

(第4版)

◎ 卜艳萍 周伟 编著



清华大学出版社

世纪高等学校计算机专业
心课程规划教材

汇编语言 程序设计教程

(第4版)

◎ 卜艳萍 周伟 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 IBM PC 机型和 80x86 指令系统为对象,全面而系统地介绍微型计算机系统的结构及汇编语言程序设计的方法。全书由 10 章组成。第 1 章和第 2 章介绍汇编语言基础知识和微型计算机的体系结构;第 3 章详细介绍 IBM PC 的寻址方式和指令系统;第 4 章介绍伪指令、汇编语言程序格式等知识;第 5 章讲述典型汇编语言程序结构的设计方法;第 6 章详细介绍子程序设计及参数传递的方法;第 7 章介绍输入/输出程序设计技术和方法;第 8 章介绍宏汇编、重复汇编和条件汇编等高级汇编技术;第 9 章讲述 DOS 功能调用和 BIOS 功能调用知识;第 10 章是汇编语言上机环境及程序设计实例分析。

本书可作为普通高等院校本科和应用型本科计算机及相关专业学生的教学用书,也可作为从事计算机应用的工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言程序设计教程/卜艳萍,周伟编著. —4 版. —北京:清华大学出版社,2016
(21 世纪高等学校计算机专业核心课程规划教材)
ISBN 978-7-302-43742-0

I. ① 汇… II. ① 卜… ② 周… III. ① 汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ① TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 089229 号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:刘 键

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫丰华彩印有限公司

经 销:全国新华书店

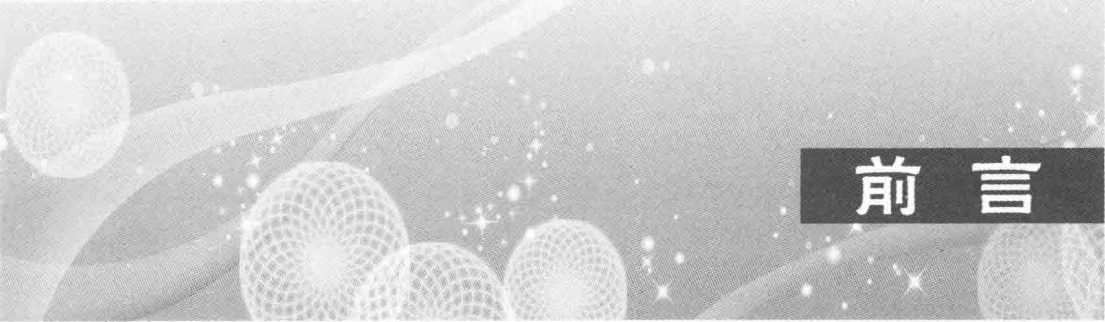
开 本:185mm×260mm 印 张:21 字 数:508 千字

版 次:2004 年 6 月第 1 版 2016 年 10 月第 4 版 印 次:2016 年 10 月第 1 次印刷

印 数:39001~41000

定 价:39.50 元

产品编号:069631-01



前言

计算机技术及电子技术的迅猛发展,使得人们的学习、工作、生活越来越离不开计算机,计算机知识及其应用技能已经成为人类知识结构的重要组成部分。微型计算机技术的发展,不断涌现新技术、新产品。本书以 IBM PC 作为背景,系统地介绍微机原理的基础知识及汇编语言程序设计的方法和技术。

本次再版在前三版《汇编语言程序设计教程》的基础上,修改并增加了部分内容。在教材编写过程中,参照了国内多所高校本科“汇编语言程序设计”课程的教学大纲,兼顾相关专业的教学要求和特点,并充分考虑到了微型机技术的发展、教学方法的完善以及教学手段的改进等因素。

全书共分 10 章。第 1 章和第 2 章介绍汇编语言基础知识和微型计算机的体系结构;第 3 章详细介绍 IBM PC 的寻址方式和指令系统;第 4 章介绍伪指令、汇编语言程序格式等知识;第 5 章讲述典型汇编语言程序结构的设计方法;第 6 章详细介绍子程序设计及参数传递的方法。第 7 章介绍输入/输出程序设计技术和方法;第 8 章介绍宏汇编、重复汇编和条件汇编等高级汇编技术;第 9 章讲述 DOS 功能调用和 BIOS 功能调用知识,通过大量程序设计实例分析系统功能调用的实现;第 10 章是汇编语言上机环境及程序设计实例分析,给出学生上机练习的要求。

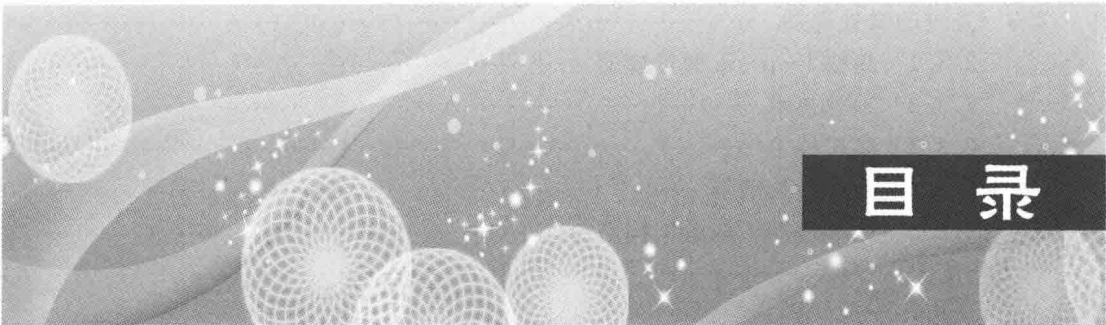
本书每章后均有思考与练习,可以作为巩固相关知识的课后作业。第 5~10 章有大量的例程分析,以帮助学生掌握汇编语言程序设计的步骤和方法。在附录部分提供了 DOS 功能调用、BIOS 功能调用和 80x86 指令系统的汇总,供读者学习过程中查阅。

本书由上海交通大学卜艳萍老师和华东理工大学周伟老师共同编著。周伟编写第 5~8 章、第 10 章和附录 A。卜艳萍编写第 1~4 章、第 9 章、附录 B 和附录 C,并负责全书的统稿工作。由于编者水平有限及时间仓促,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

作者联系邮箱: ypbu@sjtu.edu.cn。

作 者

2016 年 5 月



目 录

第 1 章 汇编语言基础知识	1
1.1 计算机基础知识	1
1.1.1 计算机的发展史	1
1.1.2 计算机的特性	3
1.1.3 计算机的分类与应用	4
1.1.4 计算机的主要技术指标	5
1.2 计算机的基本结构与组成	7
1.2.1 计算机的硬件	8
1.2.2 计算机的软件	11
1.2.3 计算机的程序设计语言	12
1.2.4 计算机系统的层次结构	13
1.3 计算机中的数制与码制	15
1.3.1 数制及数制转换	15
1.3.2 机器数的编码	17
1.3.3 定点数与浮点数	19
1.3.4 码制	21
思考与练习	26
第 2 章 微型计算机体系结构	27
2.1 80x86 微处理器	27
2.1.1 8086/8088 的功能结构	27
2.1.2 8086/8088 的寄存器组织	29
2.1.3 8086/8088 的存储器组织	32
2.1.4 80x86 微处理器的发展	35
2.2 IA-32 CPU	36
2.2.1 IA-32 CPU 功能结构	36
2.2.2 IA-32 CPU 寄存器组	38
2.2.3 IA-32 CPU 存储器管理	42



2.3 先进的微处理器	44
2.3.1 高档 Pentium 微处理器	44
2.3.2 迅驰技术	46
2.3.3 多核技术	47
2.3.4 专用微处理器	50
2.3.5 微处理器领域的架构革命	51
思考与练习	53
第3章 微型计算机的指令系统	54
3.1 寻址方式	54
3.1.1 操作数的种类	54
3.1.2 8086/8088 的机器代码格式	55
3.1.3 与数据有关的寻址方式	56
3.1.4 与转移地址有关的寻址方式	60
3.2 8086/8088 指令系统	61
3.2.1 数据传送类指令	62
3.2.2 算术运算类指令	69
3.2.3 逻辑操作类指令	79
3.2.4 程序控制类指令	84
3.2.5 串操作类指令	89
3.2.6 处理器控制类指令	94
3.2.7 输入/输出类指令	96
3.3 80x86 指令系统介绍	97
3.3.1 80x86 寻址方式	97
3.3.2 80286 指令系统新增指令	98
3.3.3 80386 指令系统新增指令	101
3.3.4 80486 指令系统新增指令	104
3.3.5 Pentium 指令系统新增指令	106
思考与练习	108
第4章 伪指令与汇编语言程序结构设计	111
4.1 汇编语言语句类型和格式	111
4.2 伪指令	116
4.2.1 表达式赋值伪指令	116
4.2.2 数据定义伪指令	117
4.2.3 LABEL 伪指令	119
4.2.4 段定义伪指令	120
4.2.5 简化段定义伪指令	124
4.2.6 过程定义伪指令	125

4.2.7 模块命名、通信等伪指令	126
4.3 汇编语言源程序结构	128
4.3.1 完整段定义结构	128
4.3.2 简化段定义结构	129
4.3.3 程序段前缀结构	130
4.3.4 可执行程序结构	131
思考与练习	133
第5章 汇编语言程序设计	136
5.1 汇编语言程序设计概述	136
5.2 顺序程序设计	138
5.3 分支程序设计	140
5.3.1 双分支结构程序设计	141
5.3.2 多分支结构程序设计	145
5.4 循环程序设计	149
5.4.1 简单循环程序设计	150
5.4.2 多重循环程序设计	154
思考与练习	158
第6章 子程序设计	160
6.1 子程序的定义与调用	160
6.1.1 子程序的定义	160
6.1.2 子程序的调用	161
6.2 子程序的参数传递方法	164
6.2.1 通过寄存器传递参数	164
6.2.2 通过堆栈传递参数	167
6.2.3 通过内存单元传递参数	170
6.3 子程序的嵌套与递归	171
6.3.1 子程序的嵌套调用	171
6.3.2 子程序的递归调用	174
思考与练习	175
第7章 输入/输出程序设计	178
7.1 微机接口技术概述	178
7.2 输入/输出的控制方式	182
7.2.1 程序查询传送方式	182
7.2.2 中断传送方式	185
7.2.3 DMA 传送方式	192
7.3 输入/输出综合应用程序举例	194



思考与练习	202
第8章 高级汇编技术	204
8.1 宏汇编	204
8.1.1 宏定义与宏调用	204
8.1.2 宏汇编实例分析	211
8.1.3 宏嵌套	214
8.2 重复汇编与条件汇编	215
8.2.1 重复汇编	216
8.2.2 条件汇编	218
8.3 复杂数据结构	221
8.3.1 结构	222
8.3.2 记录	224
8.4 模块化程序设计	226
8.4.1 宏库的使用	226
8.4.2 源程序的包含文件	227
8.4.3 目标代码文件的连接	231
思考与练习	232
第9章 DOS/BIOS 功能调用	234
9.1 概述	234
9.2 DOS 功能调用	235
9.2.1 DOS 功能调用概述	235
9.2.2 DOS 功能调用程序实例	240
9.3 BIOS 功能调用	244
9.3.1 BIOS 功能调用概述	244
9.3.2 BIOS 功能调用程序实例	247
9.3.3 显示器 BIOS 中断服务	249
9.4 综合应用程序设计举例	257
思考与练习	268
第10章 汇编语言上机环境及程序设计实例	270
10.1 汇编语言程序设计上机实验相关知识	270
10.1.1 汇编程序	270
10.1.2 DEBUG 命令的使用	274
10.1.3 汇编错误信息	277
10.2 微型计算机操作系统介绍	281
10.2.1 微型机操作系统 MS-DOS	281
10.2.2 微型机操作系统 Windows	285

10.3 程序设计实例分析及实验任务	287
10.3.1 顺序程序设计	287
10.3.2 分支程序设计	288
10.3.3 循环程序设计	289
10.3.4 子程序设计	291
10.3.5 系统功能调用	293
10.4 调试程序 CodeView 的使用	295
10.5 汇编语言与 C/C++ 的混合编程	298
10.6 软件逆向工程与反汇编	303
思考与练习	304
附录 A DOS 功能调用 (INT 21H)	305
附录 B BIOS 功能调用	310
附录 C 80x86 指令系统一览表	314
参考文献	324

计算机是一种能自动对数字化信息进行算术和逻辑运算的高速处理装置。也就是说,计算机处理的对象是数字化信息,处理的手段是算术和逻辑运算,处理的方式是自动的。计算机不仅具有数据处理功能,还具有数据存储、数据传送等功能。但是,任何计算机都必须在程序控制之下进行有效的工作。为了实现使用者和计算机之间的信息交换,产生了各种各样的程序设计语言。程序设计语言是开发软件的工具,它的发展经历了由低级语言到高级语言的过程。

汇编语言是一种面向机器的低级程序设计语言。汇编语言采用助记符来表示指令的操作码和操作数,用标号或符号代表地址、常量或变量。助记符一般都是英语词的缩写,以便于阅读和书写。每条指令对应着计算机硬件的一个具体操作。利用汇编语言编写的程序与计算机硬件密切相关,程序员可直接对处理器内的寄存器、主存储器的存储单元以及外设的端口等进行操作,从而能够有效地控制硬件。

1.1 计算机基础知识

电子计算机自 1946 年 2 月诞生以来,在近 70 年的时间里得到了迅速的发展。作为 20 世纪一个伟大的发明,其应用已广泛而深入地渗透到社会的各个领域,计算机取得了科学史上最惊人的发展速度。

随着构造计算机的主要电子元件从电子管、晶体管、中小规模集成电路发展到大规模集成电路,计算机也经历了 4 个发展阶段。计算机的应用领域也由单纯的数值计算发展到科研、工业、农业、国防和社会生活的各个领域,如实时控制系统、数据库管理系统、计算机辅助设计、智能模拟与人工智能系统等。

1.1.1 计算机的发展史

20 世纪 40 年代,无线电技术和无线电工业的发展为电子计算机的研制准备了物质基础。1946 年 2 月 15 日,美国宾夕法尼亚大学研制成功了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer),它的名称可直译为“电子数字积分计算机”。ENIAC 是一个庞然大物,它共用了 18 000 多个电子管,耗电 150kW,重量达 30t,占地 170m²,其运算速度为 5000 次/秒左右。现在看来它性能不高,但是在计算机发展史上它成为一个重要的里程碑,被称为现代计算机的始祖。由它奠定了电子数字计算机的基础,开创了电子数字计算机的新纪元。

与 ENIAC 研制的同时,以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(Von Neumann)为首的研究

小组正在进行电子离散变量自动计算机 (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC) 的研制工作。EDVAC 采用了存储程序方案, 存储程序概念是冯·诺依曼于 1946 年 6 月在题为《电子计算机装置逻辑结构初探》的报告中提出的。

从第一台电子数字计算机问世至今, 计算机经历了迅猛的发展历程, 其发展速度是世界上其他任何学科无法比拟的。翻开计算机的发展历史, 人们感受最直接的是计算机器件的发展, 因此通常根据计算机使用的主要电子器件, 将其分成以下 4 个发展时代。

第一代: 电子管计算机时代(从 1946 年第一台计算机研制成功到 20 世纪 50 年代后期), 其主要特点是采用电子管作为基本器件。电子管是封装在玻璃外壳内的一种电真空器件, 用它设计出实现反相功能的反相器线路, 在此基础上, 再设计计算机使用的全部组合逻辑线路, 诸如加法器、译码器等线路和触发器、寄存器、计数器等各种时序逻辑线路。

在这一时期, 主要为军事与国防尖端技术的需要而研制计算机, 并进行有关的研究工作, 为计算机技术的发展奠定了基础, 其研究成果扩展到民用, 又转为工业产品, 形成了计算机工业。

第二代: 晶体管计算机时代(从 20 世纪 50 年代中期到 60 年代后期), 这时期计算机的主要器件逐步由电子管改为晶体管, 因而缩小了体积, 降低了功耗, 提高了速度和可靠性。而且价格不断下降。晶体管是指晶体三极管, 是用半导体材料制作出来、封装在一个金属壳内带有 3 个引脚的小器件, 1958 年进入批量生产阶段。用它设计出实现反相功能的反相器线路, 在此基础上, 再制作出计算机使用的全部组合逻辑线路和触发器、寄存器、计数器等各种时序逻辑线路。

在这一时期开始重视计算机产品的继承性, 形成了适应一定应用范围的计算机“族”, 这是系列化思想的萌芽。从而缩短了新机器的研制周期, 降低了生产成本, 实现了程序兼容, 方便了新机器的使用。

第三代: 集成电路计算机时代(从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代前期), 随着半导体器件生产工艺与技术上的进步, 在一片半导体基片上, 可以生产出多个晶体管, 并用它们形成具有一定处理功能的逻辑器件, 这就是集成电路。此时集成到一个芯片内的晶体管数量还相当有限, 实现的还只限于简单的、完成基础处理功能的组合逻辑门一级的电路和简单的触发器、寄存器之类的电路, 故被称为中小规模集成电路。

这时期计算机的功耗、体积、价格等进一步下降, 而速度及可靠性相应地提高, 促使计算机的应用范围进一步扩大。正是由于集成电路成本的迅速下降, 产生了成本低而功能不是太强的小型计算机供应市场。占领了许多数据处理的应用领域。

第四代: 大规模集成电路计算机时代(20 世纪 70 年代初开始), 半导体器件生产工艺的改进, 使得在一片半导体基片上, 可以生产出数量更多的晶体管, 这就形成了大规模集成电路; 若在一个芯片上的晶体管数量达到更多, 就称为超大规模集成电路; 单个芯片内的晶体管数量达到百万个时称为甚大规模集成电路; 达到一亿个时称为极大规模集成电路。

个人计算机的出现和普遍应用是这一期间的重要贡献, 计算机具有了集文字、图形、声音、图像于一体的能力, 计算机与通信技术的结合形成了各种规模的计算机网络, 从局域网、城域网、广域网到国际互联网。集成在一个芯片中的电路数量越多, 就越能够提供出更强处理能力的计算机部件, 甚至于是一个高性能的计算机处理器。更强处理能力和处理速度的工作站和精简指令系统的计算机 RISC 的出现, 进一步推动了计算机体系结构和实现技术

的发展。超标量技术和乱序执行的实现都是这一时期的重要技术成果。

1.1.2 计算机的特性

60多年来,虽然计算机制造技术发生了很大的变化,其性能有了极大的提高,计算机取得了科学史上最惊人的发展速度,但计算机的基本组成原理仍遵循着冯·诺依曼体系结构。冯·诺依曼机的主要特征有:用二进制形式表示数据和指令;采用存储程序方式保存程序和数据;由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备5个部分组成计算机系统;机器的工作在指令的控制下协调进行;可进行数据的输入/输出操作等。

计算机的特性可以归纳如下。

1. 高速

计算机的运算速度从最初的每秒几千次加法运算提高到现在的每秒万亿次,甚至百万亿次的浮点运算。为提高计算机的运算速度,研究者对计算机本身的组织结构进行了不断的改进,如RISC技术、多级Cache技术、超级流水线技术、并行处理技术等,最近几年又引入了超常指令字VLIW、显式并行指令计算EPIC、多核多线程等先进技术。正因为高速,计算机大信息量的处理与复杂运算就成为可能。

2. 高精度

计算机的运算精度随着数字运算设备的技术发展而提高,加上先进的算法,可得到很高的运算精度。例如, π 的计算,在计算机诞生前的1500多年的时间里,虽经人们不懈努力,也仅计算到其小数点后500位。而使用计算机后,目前已达到小数点后上亿位。

3. 通用

所谓通用有两层含义。一是它所处理信息的多样化。可以是非数值信息,特别是多媒体技术的发展,非数值信息可以包括文字、图形、图像、声音、视频等,计算机都把它们表示成数字化编码信息,统一处理后,再把它们转变成相应的文字、图形、图像、声音或视频信息后输出,从而得到逼真的效果。二是计算机的应用广泛。只要现实世界中某一个问题的算法,然后编制成程序,存入计算机中,计算机就可以高速、准确地解决这一问题。

4. 准确

首先计算机本身的高速、高精度为计算机的准确性提供了基础,同时用户找到现实世界中相应问题的正确算法,编制成高效、准确的程序,计算机运算就能得到准确的结果。在计算机中,所有的数值和符号、文字、图形、图像、语音等非数值信息均采用数字化的编码形式表示,保证了计算机的运算、控制及信息处理具有极大的准确性。

5. 智能化

如何从千千万万个信息中,自动找出对自己有用的信息,变成自己的知识,这是人们对计算机智能化的要求。计算机如何模拟人类智慧和智能行为,人机界面如何更自然化、智能化等。经过人们不断的努力与探索,智能化已经取得了一些阶段性成果。可以相信,随着新一代计算机的诞生,智能化特性一定会更为突出。

6. 体积小、重量轻

由于采用大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI),使微型机所含的器件数目大为减少,体积大为缩小。20世纪50年代要由占地上百平方米、耗电上百千瓦的电子计算机实现的功能,在当今,已被内部只含几片集成电路的微型机所取代。

1.1.3 计算机的分类与应用

计算机的分类方法很多。计算机按其所处理对象的表示形式不同可以分成模拟计算机与数字计算机两类。模拟计算机是对连续变量进行运算的解算装置。变量可以是连续变化的直流电压、电流或电荷,进行加、减、乘、除、微分、积分等数学运算并由相应的运算部件完成。运算部件主要由运算放大器和一些特殊的开关元件组成。数字计算机是对用离散符号表示的数据或信息进行自动处理的电子装置。目前一般意义上的计算机就是指数字计算机,其运算部件主要由高速的电子元器件组成,因此速度快、精度高,应用更广泛。

计算机按其用途来分,可以分成专用机和通用机两类。专用机是专门用于某种用途的,它对于特定用途而言最经济、最快速、最有效,但适应性差,而通用机适应性强。

通用计算机按其规模、性能和价格来分,又可分为巨型机、大型机、小型机、工作站、微型机等多种类型。

(1) 巨型机。巨型机是计算机家族中速度最快、性能最高、技术最复杂、价格也是最贵的一类计算机,也称为超级计算机。它主要用于解决大型机难以解决的复杂问题。巨型机从20世纪60年代末诞生以来,按其体系结构和技术水平的发展可以分成单指令流、多数据流 SIMD 的阵列处理机,具有流水线结构的向量机 VP,多指令流、多数据流 MIMD 的共享主存多处理机系统 SMP,大规模并行处理系统 MPP 和集群系统(Cluster)。

(2) 大型机。大型机的处理机系统可以是单处理机、多处理机或多个子系统的复合体。其发展大致可以分成4个阶段,它们的典型产品分别是 IBM 公司的 System360、System370、System/370-XA 和 System390。

(3) 小型机。小型机是一种规模与价格均介于大型机与微型机之间的一类计算机,如 PDP-11 和 VAX-11 等。自1977年以来,在小型机基础上发展而成的超级小型机(Super-mini Computer),它们与原来的小型机软件兼容,但性能又高于小型机,典型代表有 VAX-11/780。

(4) 工作站。工作站是以个人计算环境和分布式网络计算环境为基础,其性能高于微型机的一类多功能计算机。它为特定应用领域的人员提供了一个具有友好人机界面的高效工作平台。工作站的处理功能除了具有高速度的定点和浮点运算能力以外,还有很强的处理图形、图像、声音、视频等多媒体信息的能力。

(5) 微型机。微型机是以微处理器为中央处理器组成的计算机系统。它是20世纪70年代初随着大规模集成电路的发展而诞生的,到目前为止大致可以分成4个阶段。第一阶段,以8位微处理器为基础,有较完整的指令系统和较强功能,存储容量为64KB,典型的微处理器有 Intel 8080 和 Intel 8085 等。第二阶段,微处理器以16位或准32位为基础,采用虚拟存储、存储保护等只有以前的小型或大型机才采用的技术,内存1MB,还有较大容量的软盘和硬盘。第三阶段,IBM推出了以80x86为处理器的开放式 IBM PC,这是微型机发展过程中的一个里程碑。当时,IBM PC 所用芯片(8086、8088、80286 和 80386)、操作系统(MS-DOS)和总线实际上形成了国际工业生产的主要标准,微型机应用也得到了迅速的发展。第四阶段,RISC技术的出现使微处理器的体系结构发生了重大改革,从而出现了 RISC 与 CISC 计算机相互学习、相互促进、共同发展的新局面。典型微型机有以 Pentium 和 PowerPC 为处理器的多种微型机系统。

目前计算机已经广泛应用于各行各业,极大地促进了社会的发展。下面简要介绍计算机的几个主要应用领域。

(1) 科学计算。计算机作为计算工具,完成各种复杂的科学计算是它的一个重要应用领域。

(2) 数据处理。计算机作为数据处理工具,在政府办公、企事业单位的管理等领域发挥着重要作用。

(3) 计算机控制。计算机作为具有高速和灵活的逻辑处理和推理能力的工具,广泛用于工业生产、航天发射等过程的实时控制。

(4) 人工智能。计算机作为具有高速、灵活逻辑处理和推理能力的工具,被广泛应用在人工智能领域,完成诸如数学定理证明、自然语言理解、知识表示和挖掘、计算机翻译等工作。

(5) 计算机网络。随着计算机网络的出现和发展,计算机已经成为在宽广的范围内传播信息和实现人员沟通的重要工具,极大地改变了人类的生活环境和交流方式。

(6) 计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)。对于日益复杂的工程设计项目和生产制造领域,计算机辅助设计/制造已经成为必不可少的重要手段,是提高劳动生产率、设计可靠性和产品质量的重要保障和有效方法。例如,在集成电路设计的建模、仿真、综合优化、布局布线、时序分析等各个阶段普遍使用了计算机辅助设计技术,否则,要想高效、可靠地设计超大规模、甚大规模和极大规模基础电路,几乎是不可想象的。

(7) 嵌入式应用。嵌入式计算机是指嵌入到应用系统中的计算机,如在手机等通信设备,MP4等各种消费类电子产品,以及电视机、冰箱、洗衣机等家电产品中,都有嵌入式计算机。单片机是应用非常广泛的一类嵌入式计算机。所谓单片机,即单片微型计算机,是将计算机主机(CPU、内存和I/O接口)集成在一小块硅片上的微型机。通常为工业控制和测试而设计,又称微控制器,具有集成度高、可靠性高、性价比高等优势。单片机主要应用于工业监测与控制、计算机外设、智能仪器仪表、通信设备、家用电器等领域。

未来计算机的发展呈现出以下几个发展趋势。

(1) 微型化。便携式、低功耗的计算机系统成为人们追求的目标。

(2) 高性能。尖端科技领域的信息处理,需要超大容量、高速度的计算机系统。人们对于高性能计算机的追求是无止境的。

(3) 智能化。模拟人类大脑思维和交流方式,具有多种处理能力,如智能机器人等。

(4) 系列化、标准化。便于各种计算机硬、软件兼容和升级。

(5) 网络化。这是计算机网络普及的必然结果。

(6) 多机系统。利用多个计算机构成一个更加庞大的系统,使得多个计算机之间可以并行地、协调地工作,从而提高计算机系统的整体性能,如分布式系统、网络计算等。

1.1.4 计算机的主要技术指标

一台计算机的性能如何,要由多项技术指标来综合评价,而且不同用途的计算机强调的侧面也不相同。下面介绍机器字长、速度、主频大小、存储器的容量、存储器的存取周期、可靠性及带宽等主要的计算机技术指标。

1. 机器字长

机器字长是指该计算机能进行多少位二进制数的并行运算,实际上是指该计算机中的运算器有多少位,通常计算机的数据总线和寄存器的位数与机器字长一致。如某机器字长16位,表示该机器中,每次能完成两个16位二进制数的运算。由于参加运算的操作数和运算结果既可存放在处理器内部的寄存器中,也可存放在主存储器中。因此,机器字长既是运算器的长度,也是寄存器的长度,一般情况下,它也是存储器的字长。通常,机器字长越长,计算机的运算能力越强,其运算精度也越高。

衡量机器字长的单位可用“位(bit)”,位是计算机内最小的信息单位,8位构成一个“字节(byte)”,现代计算机的机器字长一般都是8位的整数倍,如8位、16位、32位、64位和128位等,即字长由2个字节、4个字节、8个字节或16个字节组成。所以也可用“字节”来表示机器字长。

2. 速度

长期以来,“速度”被认为是评价计算机性能的重要指标之一,使用计算机的人希望计算机的运算速度越快越好,这是无可非议的,但是应该如何正确地描述计算机的运算速度,也是一个值得探讨的问题。

CPU速度是指单位时间(秒)内能够执行指令的条数。速度的计算单位不一,若以单字长定点指令的平均执行时间计算,用MIPS(Million Instructions Per Second)作为单位;若以单字长浮点指令的平均执行时间计算,则用MFLOPS(Million Floating-point Operations Per Second)表示。现在,采用计算机中各种指令的平均执行时间和相应的指令运行权重的加权平均法求出等效速度作为计算机运算速度的标准。

3. 主频

主频又称为主时钟频率,是指CPU在单位时间(秒)内产生的时钟脉冲数,以MHz(兆赫兹)为单位。如486DX/66的主频为66MHz,Pentium II/350的主频为350MHz,Pentium III/550的主频为550MHz等。计算机CPU的时钟频率越高,运算速度越快,尤其是对于机器结构相同或相近的计算机。主频可用来比较运算速度的高低。

4. 存储器的容量

存储器容量的大小不仅影响着存储程序和数据多少,而且也影响着运行这些程序的速度。这是人们在购买计算机时关心的又一个关键问题。

内存储器中能够存储的总字节数称为内存(一般指RAM)的容量。度量计算机内存容量的单位有B(字节)、KB(千字节)、MB(兆字节)、GB(千兆字节)等。现代计算机的内存容量已从MB数量级增加到GB数量级。对于外存储器,通常用到的度量单位为GB和TB(兆兆字节)。它们之间的换算关系如下:

bit	Byte	KiloByte	MegaByte	GigaByte	TeraByte
位	字节	千字节	兆字节	千兆字节	兆兆字节
8bit	1024B	1024KB	1024MB	1024GB	
	2^{10} B	2^{20} B	2^{30} B	2^{40} B	

由于存储器的种类很多,因此关心存储器容量也不限于内存的大小,寄存器、高速缓存的大小,还有磁盘、光盘、磁带的容量,以及分散在显示卡、图形卡、视频卡、网络卡等上面的存储器容量都需要关心。

另外,对于磁盘存储器,除考虑它的存储容量外,还要考虑一些特殊的指标,如平均寻道时间、平均等待时间和数据传输速率等。所谓平均寻道时间,是指磁头沿着盘径移动到需要读写的那个磁道花费的平均时间。所谓平均等待时间,是指需要读写的扇区旋转到磁头下面花费的平均时间。所谓数据传输速率,是指磁头找到所需要读写的扇区后,每秒钟可以读出或写入磁盘的字节数。

5. 存取周期

存储器完成一次数据的读(取)或写(存)操作所需要的时间称为存储器的存取(或访问)时间。存储器执行一次完整的读/写操作所需要的时间称为存取周期,即从存储器中连续读或写两个字所用的最小时间间隔。内存大都由大规模集成电路制成,其存取周期目前为几十纳秒(ns)。

6. 可靠性

系统的可靠性通常用平均无故障时间 MTBF 和平均故障修复时间 MTTR 来表示。这里的故障主要指硬件故障,不是指软件误操作引起的暂时失败。MTBF 是 Mean Time Between Failures 的缩写,指多长时间系统发生一次故障。MTTR 是 Mean Time To Repair 的缩写,指修复一次故障所需要的时间。显然,如果系统的 MTBF 时间很长、MTTR 时间很短,那么该系统的可靠性就很高。

提高系统可靠性的有效措施是冗余技术和预防性维护。冗余技术既可以是硬件冗余,也可以是软件冗余,或者两者兼有。它主要是采用同样的或不同的双份或多份设备。例如,目前在实时应用系统或监控系统中采用的“双机热备份”就是整机冗余措施。预防性维护是为了使系统的性能和可靠性满足要求,应定期检测、保养和调整,一旦出现故障,应立即修复,以提高平均无故障时间和降低平均维修时间。

7. 带宽

计算机的数据传输率还常用带宽表示,它反映计算机的通信能力。当然,与通信相关的设备、线路都有带宽指标。

数据传输率的单位是 bps, bps 代表每秒传输一位或一比特(bits per second)。由于 bps 太小,所以常用 Kbps 表示每秒一千比特,Mbps 表示每秒一兆比特,Gbps 表示每秒一吉比特。例如,网卡的速率为 10~100Mbps,调制解调器速率为 56Kbps 等。

理想的计算机系统要求功能和程序行为之间有良好的匹配。由于计算机性能受到多个方面的影响,如程序的算法设计、数据结构、所使用编程语言的效率、编写程序的程序员水平及编译技术等,所以机器性能将随着程序而变化。这说明在实际应用中要达到峰值性能是不可能的。

1.2 计算机的基本结构与组成

一个完整的计算机系统包含硬件和软件两大部分。硬件通常是指一切看得见、摸得到的设备实体,硬件是计算机系统的物质基础,正是在硬件高度发展的基础上,才有软件赖以生存的空间和活动场所,没有硬件对软件的支持,软件的功能就无从谈起。

计算机的软件系统是在硬件系统的基础上,为有效地使用计算机而配置的。没有系统软件,现代计算机系统就无法正常地、有效地运行;没有应用软件,计算机就不能发挥效能。

微型计算机系统的硬件部分包括微型计算机和外围设备,软件部分包括系统软件、应用软件和程序设计语言等。

微型计算机系统的组成如图 1.1 所示。

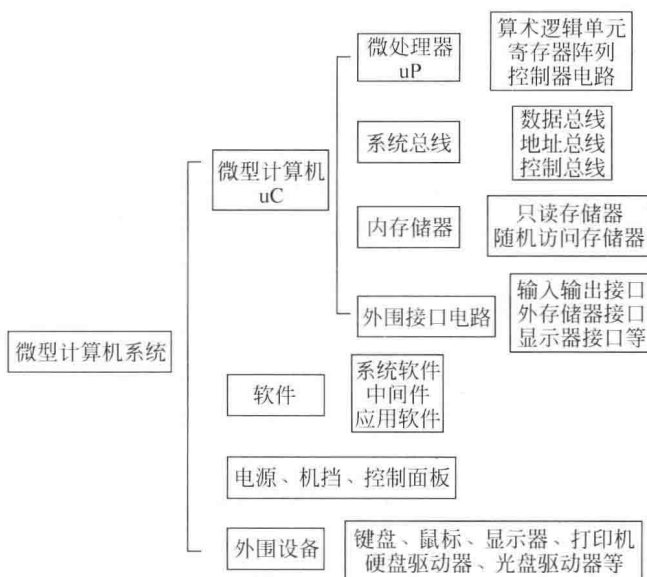


图 1.1 微型计算机系统的组成

计算机系统的功能由硬件或软件实现,现代计算机系统的硬件和软件正朝着互相渗透、互相融合的方向发展,计算机系统中没有一条明确的硬件与软件的分界线。硬件和软件的界面是浮动的,对于程序设计人员来说,硬件和软件在逻辑功能上是等价的。

1.2.1 计算机的硬件

所谓硬件系统,是指构成计算机系统的物理实体或物理装置。它由控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备等部件构成,如图 1.2 所示。

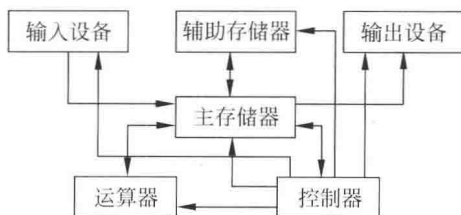


图 1.2 计算机硬件组成

1. 运算器

运算器是对信息或数据进行处理和运算的部件,可以实现各种算术运算和逻辑运算。运算器也称为算术逻辑单元 ALU(Arithmetic and Logic Unit),它由执行算术及逻辑运算的算术逻辑运算部件和用于暂存数据的寄存器两部分组成,是计算机实现高速运算的核心。它按照指令,在控制器的控制下,对信息进行算术运算、逻辑运算、移位运算等操作。