

21 世纪计算机科学与技术系列教材

单片机原理与应用

主 编 曹立军 吕 强

副主编 周 强 李素梅

杨志敏 石 燕

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/曹立军,吕强主编.-成都:电子科技大学出版社,2005.9

(21世纪计算机科学与技术系列教材)

ISBN 7-81094-908-X

单... .曹... 吕... 单片微型计算机
-高等学校-教材 .TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第090470号

21世纪计算机科学与技术系列教材

单片机原理与应用

主编 曹立军 吕强

出版	电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号 邮编 610054)
责任编辑	张致强
发行	新华书店
印刷	安徽蚌埠广达印务有限公司
开本	787×1092 1/16 印张 17.25 字数 442千字
版次	2005年9月第一版
印次	2005年9月第一次印刷
书号	ISBN 7-81094-908-X/ TP·474
印数	1-5000册
定价	25.00元

前 言

随着电子技术的迅速发展和计算机工程的实际需求,单片机在计算机工程应用中正起着越来越重要的作用。从计算机的应用发展来看,通用计算机和嵌入式系统应用已成为两大热门发展技术。单片机具有体积小、重量轻、应用灵活且价格低廉等特点,越来越得到广泛的应用。特别是在工业测控、智能家电和通信终端等应用领域,单片机更是无处不在。单片机取代了过去复杂的电路设计,完善了系统的功能,大大提高了系统的可靠性,降低了成本,这使得单片机系统的开发应用成为计算机工程应用的一个重要领域,而且打破了计算机专业人员垄断计算机工程应用的局面。计算机软、硬件技术的发展使工程技术人员掌握计算机应用系统设计、组装和调试等变得非常容易。单片机应用系统已成为电子工程师实现工程设计的常规首选方案。

目前,单片机技术已成为高等学校测控、仪表、计算机和通信电子等专业本、专科学生的一门重要课程。工科院校教学的一个重要目标是培养学生的实际工作能力。要培养符合社会需要的专业技术人员,缩小学生所学理论与实际工作需求的距离,缩短学生毕业后的不适应期,教材编写必须紧密跟踪当前单片机发展应用的新动态,使学生既懂得基本工作原理,又培养其实际应用技能。

在全国高等工科院校中,已普遍开设单片机及相关课程。许多单片机类课程教材都是以 MCS-51 系列为基础来讲授单片机原理及其应用的,这是因为 MCS-51 系列单片机奠定了 8 位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。可以预言,8 位单片机在今后相当长的时期内,在单片机应用领域仍会占据主导地位,鉴于此,本教材仍以 80C51 系列为基础进行讲述。

基于以上考虑,本书在编写时力争做到:

- 1 原理叙述清楚。对单片机的基本组成和工作原理通过图解和详细的文字说明解释清楚。使学生通过本课程的学习,确实掌握单片机的基本工作原理,为灵活应用打下良好的基础。

- 2 注重实际应用。在基本组成结构和工作原理清楚的基础上,培养学生具有实际应用单片机的能力。在内容选择上,紧密跟踪当前单片机的实际应用,选择新颖、实用的范例详细讲解,使学生懂得单片机的应用,从而使学生能够适应社会的需要。

- 3 在整体结构上做到理论和实际相结合、软件和硬件相结合、课堂学习和作业及实验相结合,使学生真正掌握单片机的开发应用技能。

- 4 本教材不但适合作为高等院校本、专科教材,而且适合高职院校学生学习,同时也可作为广大工程技术人员进行单片机学习和开发应用参考用书。

全书共分 10 章内容。第 1 章为计算机基础,主要讲述计算机的基本概念和工作原理。通过本章的学习,即使测控、仪表等专业的学生没有学过计算机组成原理课程,也能对计算机的基本工作原理和工作过程有所了解,为进一步学习单片机打下基础。第 2 章介绍 80C51 单片机结构与工作原理。第 3 章介绍 MCS-51 指令系统。第 4 章是汇编语言程序设计基础。第 5 章是定时器/计数器原理与应用。第 6 章介绍中断系统。第 7 章介绍单片机串行口及应用。第 8 章是单片机系统扩展。第 9 章介绍应用系统设计基础。第 10 章是其他单片机简介。

本书由曹立军、吕强主编,周强、李素梅、杨志敏和石燕担任副主编。其中,曹立军编写第 3、4、8 章;吕强编写第 6、7、9 章;周强编写了第 5、10 章;李素梅编写第 2 章;杨志敏编写第 1 章;石燕编写了附录。全书由曹立军统稿,杨志敏教授主审。

本书在编写过程中,编者参考了国内外有关书刊、资料,在此谨对相应的作者和出版者致以谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者不吝批评指正。

编 者

2005 年 9 月

目 录

第 1 章 计算机基础.....	(1)
1.1 计算机的发展史及应用	(1)
1.2 计算机组成及工作原理	(5)
1.3 计算机的主要性能指标.....	(11)
思考与练习	(12)
第 2 章 80C51 单片机结构与工作原理	(14)
2.1 80C51 单片机系统结构组成.....	(14)
2.2 存储器结构.....	(20)
2.3 80C51 时序	(26)
2.4 80C51 的工作方式.....	(31)
2.5 I/O 口结构分析	(38)
2.6 引脚功能和电气指标.....	(43)
思考与练习	(46)
第 3 章 MCS-51 指令系统	(47)
3.1 汇编语言.....	(47)
3.2 指令系统.....	(58)
思考与练习	(84)
第 4 章 汇编语言程序设计基础	(87)
4.1 程序设计.....	(87)
4.2 汇编语言的编辑与汇编.....	(96)
4.3 程序设计示例	(103)
思考与练习.....	(113)
第 5 章 定时器/计数器原理与应用	(115)
5.1 80C51 定时器/计数器的结构组成	(115)
5.2 定时器/计数器的工作原理.....	(116)
5.3 定时器/计数器的工作方式及应用.....	(119)
思考与练习.....	(130)
第 6 章 中断系统.....	(132)
6.1 中断系统的结构及工作原理	(132)
6.2 中断处理过程	(135)
6.3 外部中断扩充方法	(139)
6.4 中断系统的应用举例	(143)
思考与练习.....	(148)

第 7 章 单片机串行口及应用.....	(149)
7.1 串行口的结构与工作原理	(149)
7.2 工作方式与波特率的设置	(152)
7.3 I ² C 总线及虚拟 I ² C 总线	(161)
7.4 串行口应用举例	(179)
7.5 RS-232C 与 USB 简介.....	(189)
思考与练习.....	(193)
第 8 章 单片机系统扩展.....	(194)
8.1 片外总线结构和最小应用系统	(194)
8.2 外围扩展	(200)
8.3 应用接口扩展	(214)
8.4 采用可编程器件的扩展简介	(228)
思考与练习.....	(229)
第 9 章 应用系统设计基础.....	(231)
9.1 系统设计原则	(231)
9.2 应用系统设计举例	(234)
9.3 可靠性及测试	(239)
思考与练习.....	(241)
第 10 章 其他单片机简介	(242)
10.1 单片机发展的新特点.....	(242)
10.2 51 系列单片机	(243)
10.3 96/98 系列单片机	(249)
10.4 PIC16C5X 单片机简介	(252)
10.5 AVR 系列单片机简介	(253)
10.6 基于 ARM 架构的微处理器	(253)
10.7 数字信号处理器(DSP)简介	(258)
思考与练习.....	(260)
附录 A MCS-51 指令表	(261)
附录 B MCS-51 指令矩阵(汇编/反汇编)表	(266)
附录 C ASC-II(美国标准信息交换码)字符表	(267)
参考文献.....	(268)

第 1 章 计算机基础

计算机是 20 世纪最重要的科学技术发明之一，它对人类社会的生产和生活都有着极其深刻的影响。它在程序的控制下能快速、高效地自动完成信息的处理、加工、存储或传送，因此，计算机极大地提高了生产效率并改善了人类生活。

在当今的信息社会中，计算机的影响更是遍及人类社会的各个领域，其应用可以说是几乎达到了“无孔不入”的地步。计算机科学技术不仅发展成为一门先进的独立学科，而且提升为对人类的生产方式、生活方式及思维方式都发生极其深远影响的文化现象。由计算机技术和通信技术相结合而形成的信息技术是信息社会最重要的技术支柱，计算机文化(也称为信息文化)不仅极大地推动了当代社会生产力的发展，而且将进一步促进人类创造更加灿烂辉煌的文明。

§ 1.1 计算机的发展史及应用

1.1.1 计算机的发展史

1. 计算机的产生

1946 年 2 月，世界上第一台电子计算机在美国宾夕法尼亚大学问世，取名 ENIAC（即电子数字积分计算机的英文缩写）。这台计算机的研制历时长达 3 年，是美国军方为适应第二次世界大战对新式火炮的需求，美国陆军阿伯丁弹道试验室出资 40 万美元，由宾夕法尼亚大学电气工程师埃克特和物理学家莫厅莱博士等人，在解决导弹试验中复杂的弹道计算问题的前提下研制成功的。该机重达 30 吨，功耗 150 kW，占地 170 m²，使用了 18 800 个电子管，其运算速度为 5 000 次 / 秒。按照设计者的初衷，从计算工具的意义讲，电子计算机 ENIAC 不过是人类传统计算工具（算盘、计算尺及机械计算机等）在历史新时期的替代物。

计算机 ENIAC 有一个很大的缺点是它的存储容量小，只能存 20 个字长为 10 位的十进制数，所以只能用线路连接的方法来编排程序，每次解题都要依靠人工来改变接线，准备时间大大超过实际计算时间。

在研制 ENIAC 的同时，以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（John Von Neumann）为首的研制小组提出了“存储程序控制”的计算机结构。

冯·诺依曼计算机具有以下基本特点：

- ① 计算机由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成。
- ② 计算机内部采用二进制来表示指令和数据。
- ③ 存储器线性编址，按址访问其单元，单元的位数固定。存储器用来存放指令和数据。

④ 指令在存储器中按其执行顺序存储。指令由操作码和地址码组成，程序计数器指明将要执行的下一条指令的地址。

冯·诺依曼对计算机界的最大贡献在于“存储程序控制”概念的提出和实现，50多年来计算机的发展速度是惊人的，但就其结构原理来说，目前绝大多数计算机仍建立在存储程序概念的基础上，符合存储程序概念的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。随着计算机技术的不断发展，目前已出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机，统称为非冯结构计算机，例如数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。

电子计算机的问世，开创了一个时代——计算机时代，引发了一场由工业化社会发展到信息化社会的新技术产业革命浪潮，从此揭开了人类历史发展的新纪元。计算机问世以后，经过半个多世纪的飞速发展，已经由早期单纯的计算工具发展成为在信息社会中举足轻重、不可缺少的具有强大信息处理功能的现代化电子设备。

2. 电子计算机发展史的分代

计算机发展史的分代，通常以计算机所采用的逻辑元件作为划分标准。计算机发展迄今已经历四代，正向新一代计算机过渡。

(1) 第一代电子计算机（1946~1956年）

第一代电子计算机采用电子管作为基本逻辑元件。存储器早期采用水银延迟线，后期采用磁鼓或磁芯。编程语言使用低级语言，即机器语言或汇编语言。第一种高级语言FORTRAN于1954年问世，并开始初期应用。

由于采用电子管，第一代计算机体积大、耗电多、价格贵，运行速度和可靠性都不高，主要用于科学计算。

(2) 第二代电子计算机（1957~1964年）

第二代电子计算机开始采用晶体管作为逻辑元件。晶体管与电子管相比，具有体积小、寿命长、开关速度快、省电等优点。内存主要采用磁芯存储器，外存开始使用磁盘。在这个时期，计算机的软件也有很大发展，操作系统及各种早期的高级语言（COBOL、FORTRAN、BASIC等）相继投入使用。

由于采用了晶体管，第二代电子计算机的体积大大缩小，运算速度及可靠性等各项性能大为提高。计算机的应用已由科学计算扩展到数据处理、过程控制等领域。

(3) 第三代电子计算机（1965~1970年）

第三代电子计算机开始采用集成电路作为逻辑元件。半导体存储器取代了沿用多年的磁芯存储器。这一时期的中、小规模集成电路技术，可将数十个、成百个分离的电子元件集中制作在一块硅片上。集成电路体积更小、耗电更省、寿命更长、可靠性更高，这使得第三代电子计算机的总体性能较第二代电子计算机有了大幅度的提高。电子计算机的设计出现了标准化、通用化、系列化的局面，软件技术也日趋完善，电子计算机得到了更加广泛的应用。

(4) 第四代电子计算机（1970年以后）

开始采用大规模集成电路作为逻辑元件是第四代计算机的主要特征。这个时期是电子计算机发展最快、技术成果最多、应用空前普及的时期。大规模集成电路技术的应用，不仅极大地提高了电子元件的集成度，而且可将计算机最核心的部件运算器和控制器集中制作在一块小小的芯片上。在这样的技术背景下，第一代微处理器以及以它为核心的微型计算机在美

国问世。微型计算机的“异军突起”是电子计算机发展史上的重大事件。作为第四代电子计算机的一个机种，微型计算机以其机型小巧、使用方便、价格低廉、性能完善等特性赢得了广泛的应用。尤其是单片机、便携式微型机（膝上机、笔记本电脑等）、超级微型机（工作站等）也都已经取得长足进展，20世纪90年代涌现出的多媒体PC（PC即个人计算机，是微型机的一个大类）也日益普及。

第四代电子计算机在运算速度、存储容量、可靠性及性能/价格比等诸多方面都是前三代电子计算机所不能企及的。在这个时期，计算机软件的配置也空前丰富，操作系统日臻成熟，数据管理系统普遍使用，新一代计算机语言C++及Java等问世，软件工程已成为社会经济的重要产业。电子计算机的发展呈现出多极化、网络化、多媒体、智能化的趋势，计算机的应用进入了以网络化为特征的时代。

（5）新一代计算机

新一代计算机过去习惯上称为第五代计算机，是对第四代计算机以后的各种未来型计算机的总称。电子计算机从第一代到第四代，尽管发展速度令人瞩目，但其基本的设计思想和工作方式仍一脉相承，即采用冯·诺依曼的“存储程序原理”。从本质上讲，计算机尽管被称为“电脑”，但仅是一种机器，没有思维，不具有智能，它只能在人们事先设计好的程序的控制下工作，部分、有限地模仿人的智能。而新一代计算机在这方面有重大突破，它能够最大限度地模拟人类大脑的机制，具有人类大脑所特有的联想、推理、学习等某些功能，具有对语言、声音、图像及各种模糊信息的感知、识别和处理能力。新一代计算机是从20世纪80年代开始研制的未来型计算机，现已提出智能计算机、神经网络计算机、生物计算机及光子计算机等各种设想和描述，在实际研制过程中也取得一些重要进展。综合看来，计算机的发展将有以下趋势：

微型化——便携式、低功耗；

巨型化——尖端科技领域的信息处理，需要超大容量、高速度；

智能化——模拟人类大脑的思维和交流方式，多种处理能力；

系列化、标准化——便于各种计算机硬、软件兼容和升级；

网络化——网络计算机和信息高速公路；

多机系统——大型设备、生产流水线集中管理（独立控制、故障分散、资源共享）。

1.1.2 计算机应用领域及特点

正是由于计算机的高速发展，才促进了计算机的全面应用。在信息社会中，计算机的应用极其广泛，已遍及经济、政治、军事及社会生活的各个领域。计算机的早期应用和现代应用可归纳为以下几个方面：

1. 科学计算

科学技术及工程设计应用中的各种数学问题的计算统称为科学计算。采用计算机进行计算不仅能减轻繁杂的计算工作量，而且解决了过去无法解决或不能及时解决的问题。

科学计算又称为数值计算，是计算机的传统应用领域。在科学研究和工程技术中，有大量的复杂计算问题，利用计算机高速运算和大容量存储的能力，可进行浩繁而复杂、人工难

以完成或根本无法完成的各种数值计算。例如，有数百个变元的高阶线性方程组的求解；宇宙飞船运动轨迹和气动干扰问题的计算；人造卫星和洲际导弹发射后，正确制导入轨的计算；天文测量和天气预报计算；在现代工程中，电站、桥梁、水坝、隧道等最佳设计方案的选择；等等。科学计算是计算机成熟的应用领域，由大量经过“千锤百炼”、精益求精的实用计算程序组成的软件包早已商品化，成为计算机应用软件的一部分。

2. 数据处理

对数据进行加工、分析、传送、存储及检测等操作都称为数据处理。数据处理又称为信息处理，是目前计算机应用的主要领域。据统计，在计算机的所有应用中，数据处理方面的应用，约占全部应用的3/4以上。

所谓数据处理，是指用计算机对原始数据进行收集、存储、分类、加工、输出等处理过程。数据处理是现代管理的基础，广泛地用于情报检索、统计、事务管理、生产管理自动化、决策系统、办公自动化等方面。数据处理的应用已全面深入到当今社会生产和生活的各个领域。

3. 过程控制

过程控制也称为实时控制，是指用计算机作为控制部件对单台设备或整个生产过程进行控制。其基本原理为：将实时采集的数据送入计算机内与控制模型进行比较，然后再由计算机调节和控制整个生产过程，使之按最优化方案进行。用计算机进行控制，可以大大提高自动化水平、减轻劳动强度、增强控制的准确性、提高劳动生产率，因此，在工业生产的各个行业及现代化战争的武器系统中都得到广泛应用。特别是单片计算机，在工业过程控制、消费类电子器具和仪器仪表等领域都得到了广泛应用。

4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统是指能够部分或全部代替人完成各项工作（如设计、制造及教学等）的计算机应用系统，目前主要包括计算机辅助设计（CAD, Computer Aided Design）、计算机辅助制造（CAM, Computer Aided Manufacturing）和计算机辅助教学（CAI, Computer Aided Instruction）。

CAD可以帮助设计人员进行工程或产品的设计工作，采用CAD能够提高设计工作的自动化程度，缩短设计周期，并达到最佳的设计效果。目前，CAD已广泛应用于机械、电子、建筑、航空、服装、化工等行业，成为计算机应用最活跃的领域之一。

CAM是指用计算机来管理、计划和控制加工设备的操作（如用数控机床代替工人加工各种形状复杂的工件等）。采用CAM技术可以提高产品质量，缩短生产周期，提高生产率，降低劳动强度并改善生产人员的工作条件。CAD与CAM的结合产生了CAD/CAM一体化生产系统，再进一步发展，即形成计算机制造集成系统。

CAI是指利用计算机来辅助教学工作。CAI改变了传统的教学模式，更新了旧的教学方法。多媒体课件的使用，为学生创造了一个生动、形象、高效的全新学习环境，大大提高了学习效果。CAI与计算机管理教学（CMI）的结合，形成了计算机辅助教育（CAE）这一现代教育技术，计算机在教育领域将日益发挥更大的作用。

5. 人工智能

人工智能是用计算机模拟人的智能，以代替人的脑力劳动。在人工智能应用中所要研究和解决的问题难度很大，都是需要进行判断以及推理的智能性问题，因此，人工智能是计算机在更高层次上的应用，主要有以下几个方面：

① 机器人：机器人可分为两类：一类称为“工业机器人”，只能完成规定的重复动作，通常用在车间生产的流水作业线上完成装配、焊接、喷漆等工作；另一类称为“智能机器人”，具有一定的感知和识别能力，能说一些简单话语，这类机器人可以从事更复杂的工作，如在展览会上迎宾、月球探测等。

② 定理证明：借助计算机来证明数学猜想或定理，这是一项难度极大的人工智能应用。在这方面已取得一些成果，最著名的例子是“四色猜想”的证明。

③ 模式识别：模式识别是通过抽取被识别对象的特征，与存放在计算机内的已知对象的特征进行比较及判别，从而得出结论的一种人工智能技术。其重点是图形识别及语言识别。

④ 专家系统：专家系统是一种能够模仿专家的知识、经验、思想，代替专家进行推理和判断，并做出决策处理的人工智能软件。

人工智能除了上述应用外，还包括自然语言处理、机器翻译、智能检索等方面的应用。

6. 多媒体技术应用

随着电子技术特别是通信和计算机技术的发展，人们已经有能力把文本、音频、视频、动画、图形和图像等各种媒体综合起来，构成一种全新的概念——“多媒体”（Multimedia）。随着网络技术的发展，计算机的应用进一步深入到社会的各行各业：通过高速信息网实现数据与信息的查询，高速通信服务（电子邮件、电视电话、电视会议、文档传输），电子教育，电子娱乐，电子购物（通过网络选看商品、办理购物手续、质量投诉等），远程医疗和会诊，交通信息管理，等等。计算机的应用将推动信息社会更快地向前发展。

7. 计算机仿真

所谓计算机仿真，即对各种类型系统的必要信息，建立数学模型或描述模型，并在计算机上加以体现和试验，从而达到分析、研究该系统的目的。仿真的主要内容有离散事件系统仿真、一体化仿真、连续系统仿真、仿真语言等。仿真是工程设计、系统开发、自然科学、经济和社会问题研究以及进行训练等的有力手段。

§ 1.2 计算机组成及工作原理

1.2.1 计算机的基本结构

电子计算机是一种不需要人工直接干预，能够自动、高速、准确地对各种信息进行高速处理和存储的电子设备。完整的计算机系统包括两大部分，即硬件系统和软件系统。所谓硬件是指构成计算机的物理设备，即由机械、电子器件构成的具有输入、存储、计算、控制和

输出功能的实体部件。软件也称“软设备”，广义地说，软件是指系统中的程序以及开发、使用和维护程序所需的所有文档的集合。我们平时讲到“计算机”一词，都是指含有硬件和软件的计算机系统。计算机系统的组成如图1-1所示。

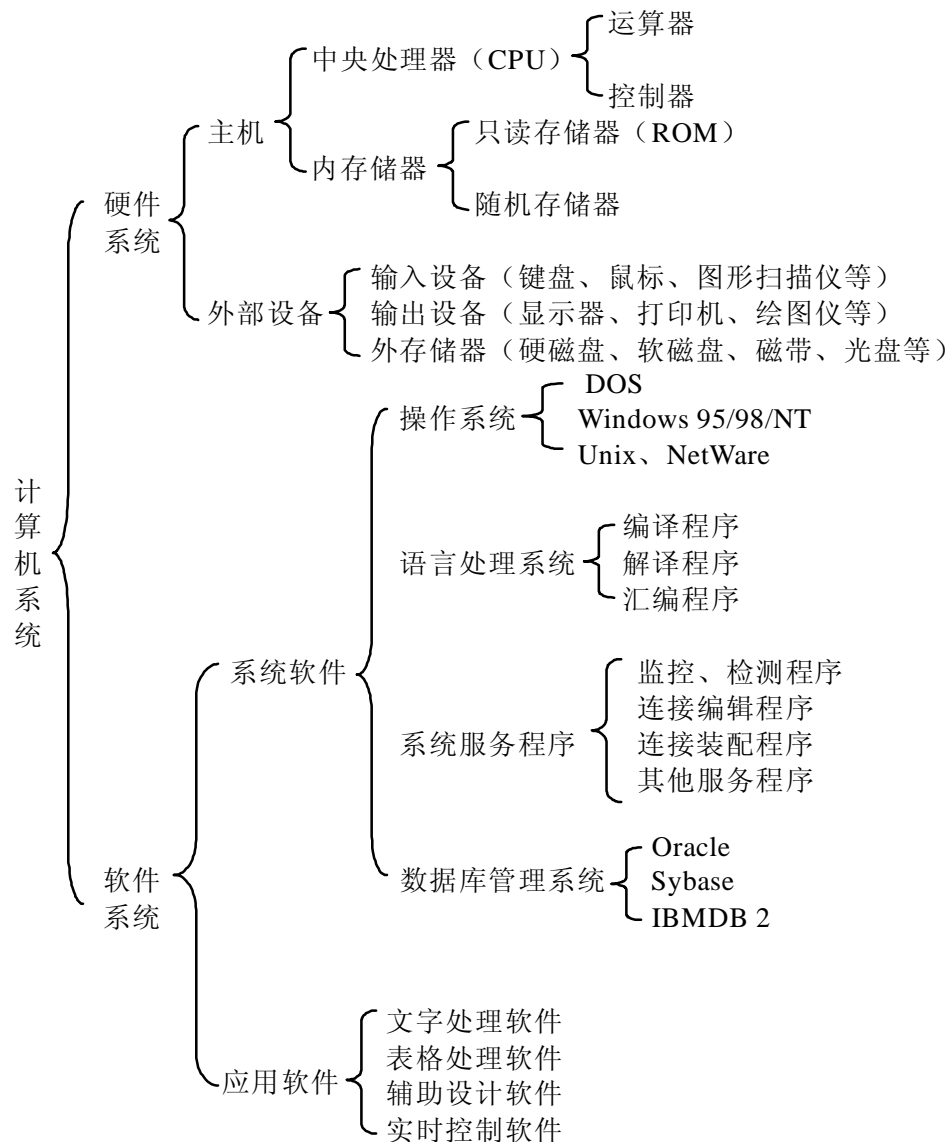


图 1-1 计算机系统组成

1.2.2 计算机的工作原理

微型计算机的工作过程，实际上就是程序的执行过程。程序是由指令所组成的序列，程序存放在微型计算机的存储器中。控制器控制程序的执行，是产生各种控制信号的关键部件，因此，它必须具备以下的基本功能：

1. 取指令

取指令是指根据程序在存储器中的存储位置，发出指令地址，在控制信号的控制下，从存储器的相应单元中取出指令。

2. 分析指令

分析指令也称为指令译码，对当前取出的指令进行分析、解释，指出它要求进行何种操作，并产生相应的操作控制命令。如果参与操作的数据在存储器中，还需要形成操作数的地址，并产生控制信号。

3. 执行指令

根据分析指令时产生的操作控制信号序列，通过运算器、存储器及输入/输出设备执行，实现每条指令的功能，其中包括对运算结果的处理以及下一条指令地址的形成等。

程序的执行过程就是不断重复上述三种基本操作的过程，即取指令、分析指令、执行指令；取下条指令、分析指令、执行指令……如此循环，直到遇到停机指令或外来干预为止。

一般说来，指令译码器没有相应的控制信号，只要指令一存入指令译码器，它就开始译码，所以，也可以将取指和译码操作合并为取指周期需要完成的工作，这样就可以把指令的执行过程分为取指和执行两个阶段。结合上面所讲的控制器的功能，指令的具体执行过程为：

(1) 取指阶段

把指令的地址置给程序计数器（PC），从指令所在的存储单元中读出指令，直到把指令传送给指令寄存器（IR），这个阶段称为取指周期。其取指过程如下：

- ① 将程序计数器的内容移到地址寄存器（AR）；
- ② 存储器进行读操作；
- ③ 程序计数器的内容加1，作为下一条指令的地址；
- ④ 从存储器读出指令，存入数据寄存器（DR）；
- ⑤ 把数据寄存器的内容传送到指令寄存器（IR）；
- ⑥ 分析指令寄存器内的操作码。

(2) 执行阶段

执行阶段的内容因为指令码的不同而有很大不同，这一点与取指阶段差别较大。这里以从主存读出数据进行相加、把运算结果写入主存、条件转移的指令功能为例介绍执行阶段的操作过程。

- ① 读出数据并相加。
 - I 把指令寄存器的地址移到数据寄存器；
 - I 开始主存的读操作；
 - I 读出的数据存入到数据寄存器；
 - I 把数据寄存器的内容和累加器的内容送至ALU；
 - I 进行加法运算；
 - I 把相加结果送回累加器；
 - I 命令终止，进入下一条指令的取指周期。
- ② 累加器内容写入主存。
 - I 把指令寄存器的地址移到地址寄存器；
 - I 开始主存的写操作；
 - I 把累加器的内容送到数据寄存器；

l 命令终止，进入下一条指令的取指周期。

③ 条件转移的过程。

l 条件满足，则把指令寄存器的地址码送到程序计数器，否则，无操作；

l 命令终止，进入下一条指令的取指周期。

4. 异常情况和某些请求的处理

当机器在运行过程中出现某些异常情况，例如算术运算时产生溢出、存储器存储出错、系统掉电；或者某些外来请求，例如定时时间到、从键盘输入命令、磁盘上的成批数据需送内存等时，由这些部件或设备发出以下相关信号：

(1) 中断请求信号

待 CPU 执行完当前指令后，响应该中断请求，中止当前执行的程序，转去执行为中断请求服务的程序。当该中断请求处理完毕后，再返回原程序中断处继续运行下去。

(2) DMA 请求信号 (Direct Memory Access)

直接存储器存取请求。在微型计算机中，数据的传送一般是通过运算器来完成的。当 I/O 设备中成批数据与存储器之间进行传送时，如果通过运算器来传送，则速度较慢，于是出现了直接存储器存取方式即 DMA，即 I/O 设备向控制器发出 DMA 请求信号，等 CPU 完成当前机器周期操作后，暂停操作，将总线使用权让给 I/O 设备，使 I/O 设备与存储器直接进行数据传送。在完成 I/O 设备与存储器之间的数据传送操作后，CPU 收回总线的使用权，从暂时中止的机器周期开始处继续执行指令。

1.2.3 计算机硬件和软件

1. 计算机硬件

从硬件体系结构来看，目前大多数计算机采用的基本上是计算机的经典结构——冯·诺依曼结构：计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个基本部分组成，也称计算机的五大部件，其结构如图1-2所示。

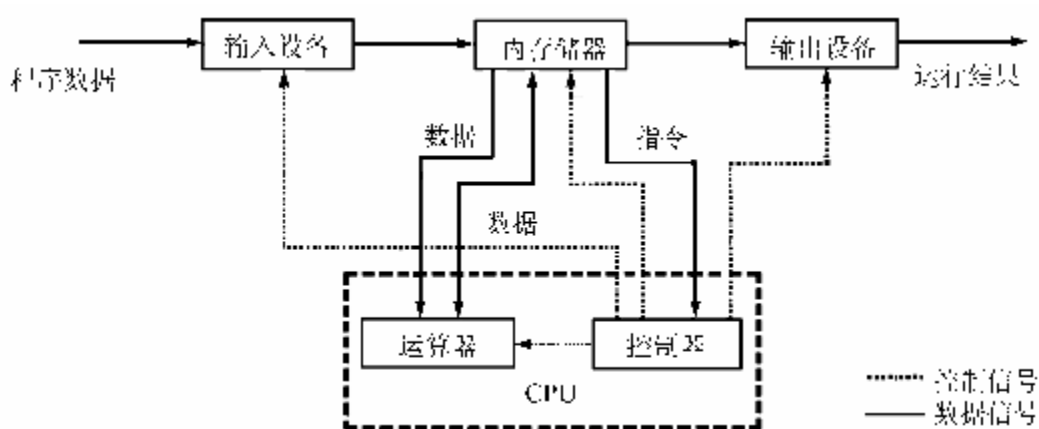


图1-2 计算机的基本结构

(1) 运算器

运算器又称算术逻辑单元 (Arithmetic Logic Unit, 简称ALU), 是计算机对数据进行加工处理的部件, 它的主要功能是对二进制数据进行加、减、乘、除等算术运算和与、或、非等基本逻辑运算, 实现逻辑判断。运算器在控制器的控制下实现其功能, 运算结果由控制器指挥送到内存储器中。

(2) 控制器

控制器主要由指令寄存器、译码器、程序计数器和操作控制器等组成, 控制器用来控制计算机各部件协调工作, 并使整个处理过程有条不紊地进行。它的基本功能就是从内存中取指令和执行指令, 即控制器按程序计数器指出的指令地址从内存中取出该指令进行译码, 然后根据该指令功能向有关部件发出控制命令, 执行该指令。此外, 控制器在工作过程中, 还要接受各部件反馈回来的信息。

(3) 存储器

存储器具有记忆功能, 用来保存信息, 如数据、指令和运算结果等。

存储器可分为两种: 内存储器与外存储器。

① 内存储器又叫内存或主存 (简称内存或主存)。

内存储器是微型计算机的存储和记忆部件, 用以存放数据 (包括原始数据、中间结果和最终结果) 和程序。

I 内存单元的地址和内容: 内存中存放的数据和程序从形式上看都是二进制数。内存是由一个个内存单元组成的, 每一个内存单元中一般存放一个字节 (8位) 的二进制信息。内存单元的总数目叫内存容量。

微型计算机通过给各个内存单元规定不同地址来管理内存, 这样, CPU 便能识别不同的内存单元, 正确地对它们进行操作。

注意: 内存单元的地址和内存单元的内容是两个完全不同的概念。

I 内存操作: CPU 对内存的操作有读、写两种。读操作是 CPU 将内存单元的内容取入 CPU 内部, 而写操作是 CPU 将其内部信息传送到内存单元保存起来。显然, 写操作的结果改变了被写单元的内容, 而读操作则不改变被读单元中原有的内容。

I 内存分类: 按工作方式不同, 内存可分为两大类: 随机存取存储器 (RAM, Random Access Memory) 和只读存储器 (ROM, Read - Only Memory)。RAM 可以被 CPU 随机地读和写, 所以又称为读写存储器, 这种存储器用于存放用户装入的程序、数据及部分系统信息, 当机器断电后, 所存信息消失, ROM 中的信息只能被 CPU 随机读取, 而不能由 CPU 任意写入, 即使机器断电, 信息并不丢失, 所以, 这种存储器主要用来存放那些固定不变、不需修改的程序和数据, 如监控程序、基本 I/O 程序等标准子程序和有关计算机硬件的数据。ROM 中的内容是由生产厂家或用户使用专用设备写入固化的。

② 外存储器 (简称外存或辅存)。

外存储器又称辅助存储器 (简称辅存), 它是内存的扩充。外存存储容量大, 价格低, 但存储速度较慢, 一般用来存放大量暂时不用的程序、数据和中间结果, 需要时, 可成批地和内存储器进行信息交换。外存只能与内存交换信息, 不能被计算机系统的其他部件直接访问。常用的外存有磁盘、磁带、光盘等。

(4) 输入 / 输出设备

输入 / 输出设备简称 I/O (Input / Output) 设备。用户通过输入设备将程序和数据输入计算机, 输出设备将计算机处理的结果 (如数字、字母、符号和图形) 显示或打印出来。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、数字化仪等。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

人们通常把内存储器、运算器和控制器合称为计算机主机。而把运算器、控制器制作在一个大规模集成电路芯片上称为中央处理器, 又称 CPU (Central Processing Unit)。也可以说, 主机是由 CPU 与内存储器组成的, 而主机以外的装置称为外部设备, 外部设备包括输入 / 输出设备, 外存储器等。

2. 计算机系统的软件支持

完整的计算机系统包括硬件和软件两大部分。除硬件外, 还需要软件的支持。从狭义的角度上讲, 软件是指计算机运行所需的各种程序; 而从广义的角度上讲, 还包括手册、说明书和有关的资料。软件系统主要解决如何管理和使用机器的问题。没有硬件, 谈不上应用计算机; 但是, 光有硬件而没有软件, 计算机也不能工作。这正如乐团和乐谱的关系一样, 如果只有乐器、演奏员这类“硬件”而没有“乐谱”这类软件, 乐团就很难演奏出动人的乐曲。所以, 硬件和软件是相辅相成的, 只有配上软件的计算机才成为完整的可以正常工作的计算机系统。

我们通常把计算机软件分为“系统软件”和“应用软件”两大类, 应用软件一般是指那些能直接完成具体工作的各种各样的软件, 如文字处理软件、计算机辅助设计软件、企业事业单位的信息管理软件以及游戏软件等等。应用软件一般不能独立地在计算机上运行而必须有系统软件的支持。

系统软件实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等, 其目的是方便用户, 提高计算机使用效率, 扩充系统的功能。通常将系统软件分为以下六类:

(1) 操作系统

操作系统是控制和管理计算机各种资料、自动调度用户作业程序、处理各种中断的软件。目前比较流行的操作系统有 Linux 操作系统、Unix 操作系统和 Windows 操作系统。

(2) 语言处理程序

计算机能识别的语言与机器能直接执行的语言并不一致, 计算机能识别的语言很多, 如汇编语言、BASIC 语言、FORTRAN 语言、C 语言等——它们各自都规定了一套基本符号和语法规则, 用这些语言编制的程序叫源程序。用“0”和“1”的机器代码按一定规则组成的语言, 称为机器语言。用机器语言编制的程序, 称为目标程序。语言处理程序的任务, 就是将源程序翻译成目标程序。不同语言的源程序, 对应有不同的语言处理程序。

语言处理程序有汇编程序、编译程序、解释程序三种。

(3) 标准程序库

为了方便用户编制程序, 通常将一些常用的程序按照标准的格式预先编制好, 组成一个标准程序库, 存入计算机系统中, 需要时由用户选择合适的程序段嵌入自己的程序中, 既省事, 又可靠。

(4) 服务性程序

服务性程序也称工具软件，它扩大了机器的功能，一般包括诊断程序、调试程序等。

(5) 数据库管理系统

(略)

(6) 计算机网络软件

(略)

总之，软件系统是在硬件系统的基础上为了有效地使用计算机而配置的，没有系统软件，计算机系统无法正常、有效地运行；没有应用软件，计算机就不能发挥其效能。

§ 1.3 计算机的主要性能指标

衡量计算机性能优异程度的技术指标主要有以下几个方面：

1. 字长

字长是计算机内部一次可以处理的二进制数码的位数。一般一台计算机的字长决定于它的通用寄存器、内存储器、ALU 的位数和数据总线的宽度。字长越长，一个字所能表示的数据精度就越高；在完成同样精度的运算时，数据处理速度也越快。但是，字长越长，计算机的硬件代价相应也要增大。为了兼顾精度 / 速度与硬件成本两方面，有些计算机允许采用变字长运算。

一般情况下，CPU 的内、外数据总线宽度是一致的。但有的 CPU 为了改进运算性能，加宽了 CPU 的内部总线宽度，致使内部字长和外部数据总线宽度不一致，例如 Intel 8088/80188 的内部数据总线宽度为 16 位，外部为 8 位，这类芯片，被称为“准××位”CPU。因此，Intel 8088/80188 被称为“准 16 位”CPU。

2. 存储器容量

存储器容量是衡量计算机存储二进制信息量大小的一个重要指标。在微型计算机中，一般以字节 B (Byte 的缩写) 为单位表示存储容量，并且将 1 024 B 简称为 1 KB(千字节)，1 024 KB 简称为 1 MB(兆字节)，1 024 MB 简称为 1 GB(吉字节)，1 024 GB 简称为 1 TB(太字节)。目前市场上流行的 Pentium III / Pentium IV 微机大多具有 256~512 MB 的内存容量和 40~120 GB 外存容量。

3. 主频

I 主频也叫做时钟频率，用来表示微处理器的运行速度，主频越高，表明微处理器运行越快。主频的单位是 MHz。

I 早期微处理器的主频与外部总线的频率相同，从 80 486 DX2 开始，主频=外部总线频率×倍频系数。

I 外部总线频率通常简称为外频，它的单位也是 MHz，外频越高，说明微处理器与系统内存数据交换的速度越快，因此微型计算机的运行速度也越快。