

General Education

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WEIJI YUANLI YU
JIEKOU JISHU

微机原理与 接口技术

马宏锋 主编
党建武 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WEIJI YUANLI YU
JIEKOU JISHU

微机原理与 接口技术

主 编 马宏锋
编 写 李宇红 贾志成
曹建文 蔺 鹏
主 审 党建武



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书以 Intel 8086 为基础，共分为 10 章，主要介绍微型计算机结构、典型微处理器、存储器技术、指令系统、汇编语言程序设计、输入输出接口技术、微机总线技术、人机交互设备及接口等知识，对微型计算机应用系统的设计和嵌入式系统也给予介绍，以扩充读者的知识面。本书以微型计算机的关键技术，如 Cache、存储管理、中断、DMA、系统总线、异步接口等，作为教材的重点，结合实例分析和实践，使读者熟练掌握关键技术要点和应用方法。同时，本书编写了相应的实验实习指导书，通过对上述基本知识的学习和实践，引导读者逐步培养计算机硬件电路分析、应用和程序设计能力。

本书可作为应用型本科和高职高专计算机、电气电子等信息学科相关专业的“微机原理与接口技术”课程教材，也可作为成人教育、在职人员培训、高等教育自学人员和从事微型计算机硬件、软件开发的工程技术人员学习和应用的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理与接口技术/马宏锋主编. —北京：中国电力出版社，2006

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 7 - 5083 - 4579 - 7

I. 微... II. 马... III. ①微型计算机—理论—高等学校：技术学校—教材②微型计算机—接口—高等学校：技术学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 084893 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 460 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.50 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

“微机原理与接口技术”课程是工科院校计算机、电气电子等信息学科相关专业的重要专业基础课程。该课程不仅是有关专业计算机应用的硬件基础类课程,也是一门应用性很强的专业技术课。

微型计算机技术随着其软件、硬件的不断升级换代,教学内容也在不断更新,要求不断推出适应课程教学特点和满足不同层次学生学习的教材。本书的编写目的就是适应了高等教育的快速发展,满足教学改革和课程建设的需求,体现应用型本科和高职高专教育的特点,注重面向应用型人才的专业技能和实用技术的培养。

基于这种指导思想,本教材以基本概念为基础、以技术发展为主线、以关键技术为重点,特别加强对关键部件的逻辑与时序的分析,强调系统扩展和设计案例分析,紧密结合实验教学,逐步培养微型计算机应用和研发人员所必须掌握的资料阅读能力、时序分析和接口设计能力,以及系统设计、软件编程和硬件调试能力。

在表达上以实例引出概念、提出问题,然后通过阐述与分析,进行归纳总结,做到层次清晰、脉络分明;在内容组织上,以 8086 微型计算机为基础,多讲实例、多介绍和现代微型计算机密切相关的技术,力求循序渐进、举一反三、突出重点,通俗易懂。

本教材的参考学时为 80~90 学时(含实验),可按照实际情况进行调整。全书共分 10 章,第 1 章概述微型计算机的发展历程和系统组成;第 2 章讲述典型微处理器 8086 的编程结构、引脚功能、总线操作,以及系统配置和存储管理;第 3 章介绍存储器系统的层次结构、存储容量的扩展和新型存储器技术;第 4 章围绕 8086 指令系统和寻址方式,介绍基本概念和各类指令的使用;第 5 章介绍汇编语言程序设计的基本方法,包括循环、分支和子程序等基本结构,宏汇编技术, DOS 功能调用等内容;第 6 章介绍微型计算机输入输出处理技术的概念和应用实例,包括 I/O 接口、中断、DMA 和异步通信等关键技术;第 7 章介绍总线的基本概念及主要类型,讨论 PCI 总线、RS-232C 总线和 USB 总线的结构及使用方法;第 8 章介绍常用人机交互设备的工作原理和编程方法等;第 9 章通过应用实例说明典型微型计算机应用系统的开发设计方法;第 10 章为实验实习指导,从实践的角度引导读者逐步培养计算机硬件电路分析、应用和程序设计能力。

为便于学习,每章开始时均有导学说明,配有学习目标和学习重点,结束时有本章小结,指明教学基本要求,区分应该熟练掌握和一般了解的内容,进行重点难点分析和讲解。

本书由兰州工业高等专科学校马宏锋担任主编,并负责策划和统稿,由兰州交通大学教授、博士生导师党建武老师担任主审。各章编写分工如下:第 1、2、3 章由贾志城编写,第

4、5 章由马宏锋编写，第 6 章由李宇红编写，第 7、8 章由曹建文编写，第 9、10 章由蔺鹏编写。此外，经过多年建设，本课程已获 2006 年省级精品课程，与主教材配套的还有多媒体教学课件、网络学习系统、学习指导、综合测试、实习实训指导、在线答疑和学习资源等，课程资源网站为<http://210.26.16.44/C25/course/index.htm>。

由于计算机技术发展非常迅速，加之时间仓促，编者水平有限，错误不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2006 年 6 月

目 录

前言

第1章 微型计算机系统概述	1
1.1 微型计算机发展	1
1.2 数据表示与数字信息编码	3
1.2.1 数据格式及机器数	3
1.2.2 数字信息编码的概念	5
1.3 微型计算机系统的基本组成	6
1.3.1 微型计算机的硬件结构	6
1.3.2 微型计算机的软件系统	8
本章小结	8
习题	9
第2章 典型微处理器	10
2.1 8086 CPU内部结构	10
2.1.1 8086 CPU的内部功能结构	10
2.1.2 存储器组织	13
2.2 8086 CPU的引脚功能	15
2.2.1 8086/8088的引脚信号和功能	15
2.2.2 8086芯片构成最大/最小系统	17
2.2.3 8086CPU的主要操作功能	23
2.3 80x86/Pentium系列CPU技术发展	26
2.3.1 80x86/Pentium系列CPU的功能结构	26
2.3.2 80x86/Pentium系列CPU的指令系统	29
本章小结	29
习题	30
第3章 存储器技术	31
3.1 存储器简介	31
3.1.1 存储器分类	31
3.1.2 存储器的主要性能参数	32
3.1.3 存储系统的层次结构	33
3.2 读写存储器	33
3.2.1 静态读写存储器 SRAM	33
3.2.2 动态读写存储器 DRAM	34
3.2.3 EPROM	37
3.2.4 EEPROM(E ² PROM)	38

3.2.5 闪存 E ² PROM(Flash)	39
3.2.6 存储器的连接	42
3.3 存储器管理	45
3.3.1 IBM PC/XT 中的存储空间分配	45
3.3.2 扩展存储器及其管理	46
3.4 内部存储器技术的发展	48
3.5 外部存储器	50
3.5.1 硬盘及硬盘驱动器	50
3.5.2 光盘存储器	52
本章小结	53
习题	54
第 4 章 8086 CPU 指令系统	55
4.1 指令格式与寻址方式	55
4.1.1 指令格式	55
4.1.2 寻址方式	56
4.2 8086/8088 CPU 指令系统	59
4.2.1 数据传送类指令	59
4.2.2 算术运算类指令	63
4.2.3 位操作类指令	70
4.2.4 串操作类指令	74
4.2.5 控制转移类指令	79
4.2.6 处理器控制类指令	85
本章小结	86
习题	86
第 5 章 汇编语言程序设计	89
5.1 汇编语言的程序与语句	89
5.1.1 汇编语言源程序的格式	89
5.1.2 汇编语言的语句	90
5.2 汇编语言的伪指令	96
5.2.1 符号定义伪指令	96
5.2.2 数据定义伪指令	97
5.2.3 段定义伪指令	98
5.2.4 过程定义伪指令	102
5.3 汇编语言程序设计基础	103
5.3.1 程序设计的一般步骤	103
5.3.2 程序设计的基本方法	104
5.3.3 子程序设计与调用技术	108
5.3.4 DOS 功能子程序的调用	111
5.4 中断服务程序设计	118

5.5 模块化程序设计	122
5.5.1 模块化程序设计概述	122
5.5.2 多模块程序设计	123
5.5.3 汇编程序与 C 语言程序的连接	127
本章小结	131
习题	131
第 6 章 输入/输出技术	133
6.1 输入/输出接口概述	133
6.1.1 输入输出接口电路	133
6.1.2 CPU 与外设数据传送的方式	135
6.1.3 I/O 端口的编址方式	138
6.2 中断系统	139
6.2.1 中断系统基本概念	139
6.2.2 可编程中断控制芯片 8259A	146
6.2.3 8259A 的应用举例	153
6.3 并行接口	155
6.3.1 并行通信与并行接口	155
6.3.2 可编程并行通信接口芯片 8255A	156
6.3.3 8255A 的编程及应用	161
6.4 串行接口	164
6.4.1 串行通信及串行接口	164
6.4.2 可编程串行通信接口芯片 8251A	166
6.4.3 8251A 的编程及应用	171
6.5 DMA 控制技术	174
6.5.1 可编程 DMA 控制器 8237A	174
6.5.2 8237A 的编程及应用	178
6.6 定时器/计数器	180
6.6.1 可编程定时器/计数器 8253A	180
6.6.2 8253A 的编程及应用	183
6.7 A/D 及 D/A 接口	185
6.7.1 D/A 转换器及其与 CPU 的接口	186
6.7.2 A/D 转换器及其与 CPU 的接口	189
本章小结	192
习题	192
第 7 章 微型计算机总线技术	194
7.1 总线基本知识	194
7.1.1 微型计算机总线概述	194
7.1.2 微型计算机总线技术的现状	195
7.1.3 计算机总线技术的未来发展趋势	197

7.1.4 总线分类和总线标准	198
7.2 系统总线	200
7.2.1 PCI 总线	200
7.2.2 AGP 总线	202
7.2.3 新型总线 PCI Express	204
7.3 外总线	206
7.3.1 RS-232C 总线	206
7.3.2 IEEE-488 总线	207
7.3.3 SCSI 总线	207
7.3.4 USB 总线	208
7.3.5 IEEE1394 总线	214
本章小结	216
习题	216
第8章 人机交互设备及接口	217
8.1 显示接口	217
8.1.1 CRT 显示系统	217
8.1.2 LCD 显示及其接口	221
8.1.3 LED 显示器及其接口	223
8.2 键盘、鼠标接口	225
8.2.1 键盘接口	225
8.2.2 鼠标接口	228
8.3 并行打印机接口	230
8.3.1 常用打印机及工作原理	230
8.3.2 主机与打印机接口	231
8.3.3 打印机编程应用	233
8.4 其他外设	238
8.4.1 扫描仪	238
8.4.2 数码相机	238
8.4.3 光盘存储器	240
8.4.4 光盘刻录机	241
8.4.5 DVD-ROM	241
8.4.6 磁盘接口	242
8.4.7 外围设备发展方向	242
本章小结	243
习题	243
第9章 微型计算机应用系统	244
9.1 微型计算机应用系统设计	244
9.1.1 概述	244
9.1.2 微型计算机应用系统设计举例	246

9.2 PCI总线、USB总线接口设计	249
9.2.1 PCI总线与DSP通信接口电路设计	250
9.2.2 USB总线与DSP通信接口电路设计	253
9.3 Windows驱动程序设计	256
9.3.1 驱动程序概述	257
9.3.2 PCI设备VXD驱动程序设计	260
9.3.3 USB设备WDM驱动程序设计	264
9.4 嵌入式系统	265
9.4.1 嵌入式系统概述	266
9.4.2 嵌入式系统硬件概述	267
9.4.3 嵌入式系统软件开发	269
本章小结	270
习题	270
第10章 实验、实习指导	271
10.1 汇编语言程序运行环境	271
10.1.1 编辑、汇编与连接	271
10.1.2 程序的调试与DEBUG	274
10.2 汇编语言部分实验	277
实验一 数码转换实验	277
实验二 运算类编程实验	279
实验三 分支程序设计实验	280
实验四 子程序设计实验	281
实验五 显示器显示控制实验	281
10.3 硬件接口实验	282
实验六 中断特性及8259应用编程实验	283
实验七 8255并行接口应用实验	284
实验八 8253定时/计数器应用实验	284
实验九 DMA特性及8237应用实验	285
实验十 8251串行接口应用实验	286
实验十一 存储器扩展实验	286
实验十二 A/D和D/A转换实验	287
10.4 实习指导	288
实习项目一 交通信号灯控制设计	288
实习项目二 动画程序设计	289
实习项目三 模拟电梯控制设计	290
实习项目四 七段码电子表显示设计	291
本章小结	292
参考文献	293

第1章 微型计算机系统概述

学习目标

本章从微型计算机的基本结构和工作原理出发,重点介绍微型计算机的发展历程和系统组成;计算机中的数据格式及机器码、有符号数的表示、字符编码的基本知识。要求熟悉和掌握微型计算机的发展历史、发展前景、工作特点、组成分类、应用领域等相关知识,为后续章节的学习打下良好的基础。

学习重点

- (1) 微型计算机的发展过程及各代微处理器的特点。
- (2) 微型计算机系统的组成及性能评价指标。
- (3) 计算机中的数据格式及机器数表示,有符号数和无符号数的表示方法。
- (4) ASC II 码、BCD 码的概念和应用。

1.1 微型计算机发展

计算机的发明标志着人类文明进入了一个新的历史阶段。20 世纪 70 年代初期,微电子技术和超大规模集成电路技术的发展,导致了以微处理器为核心的微型计算机的诞生。微型计算机现已渗透到国民经济的各个领域,极大地改善了人类的工作、学习以及生活方式,成为信息时代的主要标志。

1. 微型计算机的发展

自 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机的发展已经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路 4 个阶段。进入 21 世纪后,随着生物科学、神经网络技术、纳米技术的飞速发展,生物芯片、神经网络技术进入了计算机领域——计算机的发展进入第 5 个发展阶段。

按体积、性能和价格来分,计算机可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型计算机是指以微处理器为核心,配以存储器、输入/输出接口电路及其设备所组成的计算机。微型计算机采用超大规模集成电路技术,将运算器和控制器——微处理器(Micro-processor),集成在一片硅片上。

随着微电子与超大规模集成电路技术的发展,微型计算机技术的发展基本遵循摩尔定律,微处理器集成度每隔 18 个月翻一番,芯片性能随之提高一倍左右。通常,微型计算机的发展是以微处理器的发展为表征的。以其字长和功能来分,微处理器的发展经历了如下几个阶段:

(1) 1971~1973 年是 4/8 位低档微处理器时代。代表芯片是 Intel 4004 和 Intel 8008,采用 PMOS 工艺,集成度为 2300 元件/片,基本指令执行时间 20~50 μ s,主频在 500kHz 以下,基本指令 48 条。第一代微处理器主要用于家电和简单控制场合。

(2) 1973~1977 年是 8 位中档微处理器时代。代表芯片是 MC6800、Z80、Intel 8080/

8085 等, 采用 NMOS 工艺, 集成度较上代提高 4 倍, 基本指令执行时间 $2\sim 10\mu\text{s}$, 主频高于 1MHz, 基本指令 70 多条。第二代微处理器主要用于电子仪器等。

(3) 1978~1984 年是 16 位微处理器时代。代表芯片是 Intel 8086/8088、MC6800、Z8000, 采用 HMOS 工艺, 集成度 $2\sim 7$ 万元件/片, 基本指令执行时间为 $0.5\mu\text{s}$, 主频 $4\sim 8\text{MHz}$; 采用这代微处理器的计算机指令系统完善, 采用流水线技术、多级中断、多种寻址方式、段寄存器等结构, 能够与协处理器相配合进行浮点运算。

(4) 1985~1992 年为 32 位微处理器时代, 它标志着微处理器跨入了第四代。代表芯片是 Intel 80386、Intel 80486、MC68040 等, 采用 HOMS/CMOS 工艺, 集成度 100 万元件/片, 基本指令执行速度 25MIPS, 主频 $16\sim 25\text{MHz}$, 引入了高速缓存和采用精简指令集, 其体系结构较 16 位机发生了概念性变化。

(5) 1993 年推出的 32 位 Pentium 微处理器 P5, 采用 $0.6\mu\text{m}$ 的静态 CMOS 工艺, 集成度 350 万元件/片, 基本指令执行时间 $0.5\mu\text{s}$, 主频 60MHz 以上, 采用扩展总线, 设置高速程序缓存、数据缓存、超流水线结构。两年后推出的 Pentium Pro 系列微处理器 P6, 主频 133MHz 以上, 设置两级缓存, 采用动态执行技术, 性能大大提高。而后又推出了具有 MMX 技术——附加多媒体声像处理指令的 Pentium II, 可用于多媒体应用领域。

截止目前, Intel 系列的微处理器中, 最高主频已达 3.8GHz。表 1-1 给出了 80x86/Pentium 系列部分 CPU 的主要性能参数。

表 1-1 Intel 80x86/Pentium 系列 CPU 的主要性能参数

微处理器	推出时间	生产 工艺 (μm)	首批时钟频 率 (MHz)	集成度 (百万个)	寄存器 位数	数据总线 宽度	最大 寻址空间	高速缓存大小
8086	1978	10	8	0.040	16	16	1MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.125	16	16	16MB	无
80386DX	1985	2	20	0.275	32	32	4GB	无
80486DX	1989	1、0.8	25	1.200	32	32	4GB	8KB L1
Pentium	1993	0.8、0.6	60	3.100	32	64	4GB	16KB L1
Pentium Pro	1995	0.6	200	5.500	32	64	64GB	16KB L1/256KBL2
Pentium II	1997	0.35	300	7.500	32	64	64GB	32KB L1/ 256KB L2
Pentium III	1999	0.18	500	9.500	32	64	64GB	32KB L1/512KB L2
Pentium IV	2000	0.13	1300	42.00	32	64	64GB	128KB L1/512KB L2

2. 微型计算机的特点

微型计算机运算速度快, 计算精度高, 高集成度使得微处理器非常稳定, 其造价低廉。又由于微型计算机硬件平台开放, 易于扩展, 适应性强, 因此微处理器的配套应用芯片和软件丰富, 更新也很快。此外, 微型计算机还具有体积小、重量轻、耗电省及维护方便等特点。

3. 微型计算机的应用

科学计算是微型计算机应用的主要领域。应用包括卫星发射控制、航天飞机制造、高层建筑设计、机械产品设计等, 以及应用于生物信息学研究、基因测序、医学病理分析与处理等。

过程控制是微型计算机在工业应用中的重要领域,应用包括大型工业锅炉控制、铁路调度控制、数控机床控制,以及由上、下位微型计算机构成的分布式工业生产自动控制系统等。嵌入式系统的发展和应用使工业控制的应用领域更加广泛,市场应用前景更加广阔。

低档的微型计算机在仪器仪表和家电的智能控制方面的应用,取代了过去的硬件逻辑电路对仪器仪表和家电的控制,用程序的重复执行以及循环控制,可以做到电路最省、控制更佳,并可通过修改程序来修改控制方案,因而灵活多变,可靠性高。

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)借助微型计算机调整、修改产品设计,CAM围绕中心数控机床及其自动化设备,用以完成部件的加工、运输、组装、测量、检查等功能,CAD与CAM的集成——CAD/CAM一体化,是今后工业自动化发展的重要方向。

人工智能的主要目标是利用计算机模拟人的大脑,实现大脑对于知识学习、理解与推理、信息处理的思维过程的研究学科。人工智能理论的新突破,特别是人工神经网络和DNA芯片技术的研究,急需大型并行计算机的模拟计算和新型计算机的研究。

利用微型计算机可以构成计算机网络,实现微机系统的软硬件资源和数据资源的共享。

1.2 数据表示与数字信息编码

计算机最主要的功能之一是信息处理,这些信息包括数值、文字、声音、图形和图像等,各种信息以数字化形式传输、存储和处理。因此,各种数制与信息编码是至关重要的。

1.2.1 数据格式及机器数

1. 数据格式

计算机进行整数(小数)运算和浮点数运算。计算机中常用的数据格式有以下三种:

(1) 定点格式

在定点格式中,小数点在数据中的位置固定不变。定点格式可表示成定点小数或定点整数。通常,小数点的位置确定后,在运算中不再考虑小数点的问题,因而,小数点不占用存储空间。定点数表示简单,但数的取值范围小,精确度低。

(2) 浮点格式

采用浮点格式的机器中的数据的小数点位置可变。浮点数的一般格式为:

阶 符	阶 码	数 符	尾 数
-----	-----	-----	-----

$$N = R^e \cdot m$$

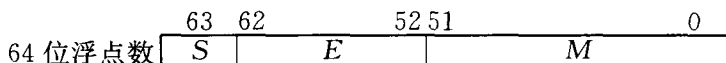
式中, N 为浮点数或实数; m 是浮点数的尾数,是纯小数; e 是浮点数的指数,是整数;基数 R 是常数。

机器中的浮点数用尾数和阶码及其符号位表示。尾数用定点小数表示,尾数给定有效数字的位数并决定浮点数的表示精度;阶码用定点整数表示,指明小数点在数据中的位置并决定浮点数的表示范围。

机器浮点数应当由阶码和尾数及其符号位组成。

为便于软件移植,按照IEEE754标准,32位浮点数和64位浮点数的标准格式为:

	31	30		23	22		0
32位浮点数	S		E			M	



上述格式中基数 $R = 2$ 。32 位的浮点数中，浮点数的符号位 S 占 1 位， $S=0$ 表示正数， $S=1$ 表示负数，尾数 M 占用 23 位，小数点放在尾数域的最前面。阶码 E 占用 8 位，阶符采用移码表示正负指数。采用移码方法有利于指数大小比较和对阶操作。采用这种方式，需将指数 e 加上偏移值 127，即 $E = e + 127$ 。

一个规格化的 32 位浮点数 x 的真值可表示为

$$x = (-1)^s \times (1.M) \times 2^{E-127} \quad e = E - 127$$

其中尾数域所表示的实值是 $1.M$ ，由于规格化的浮点数的尾数域最高有效位总是 1，可以节省一位存储。

一个规格化的 64 位浮点数 x 的真值可表示为

$$x = (-1)^s \times (1.M) \times 2^{E-1023} \quad e = E - 1023$$

浮点数的规格化表示，定义其机器码表示的惟一性。当尾数值不为 0 时，其绝对值应 ≥ 0.5 ，即尾数域的最高有效位应为 1，否则要修改阶码同时移动小数点，使其变换成符合要求的形式。

当浮点数的尾数为 0，不论其阶码为何值，或者当阶码的值遇到比它能表示的最小值还小时，不管其尾数为何值，计算机都把该数看成机器零。

(3) 带符号数和无符号数

对于整数来说最高有效位为符号位，则该数为带符号数；反之，若数的最高有效位为数值位，则为无符号数。无符号数不一定是正数，当数据处理时，若不需要考虑数的正负，则可以使用无符号数。带符号数和无符号数的取值范围不同。对于字长为 8 位的定点整数，无符号数的取值范围是 $0 \leq x \leq 255$ ，有符号数的取值范围是 $-128 \leq x \leq 127$ 。

2. 机器数表示

一个数在计算机中的表示形式叫做机器数，也称机器码，将该数本身称真值。真值可选用不同数制表示。机器数的最高位选择为符号位，用“0”代表正号“+”，用“1”代表负号“-”。机器数可以用原码、反码、补码等不同的码制来表示。

正数的原码、反码、补码相同，即 $[x]_{\text{原}} = [x]_{\text{反}} = [x]_{\text{补}}$ 。

负数的机器数求解方法如下：

(1) 反码。将其原码符号位保持不变，数值位按位取反。

(2) 补码。将反码末位加 1。

当计算机采用不同的码制时，运算器和控制器的结构将不同。由于补码具有惟一性，因此小型计算机和微型机大都为补码机。计算机中引入补码可以使：

(1) 符号位和数值位成为一体，共同参与运算，运算结果的符号位由运算得出。

(2) 减法可以转换成加法运算来完成，乘法和除法可以通过加法和移位运算来完成。这样，二进制的四则运算只需加减法和移位运算即可完成。

由此可见，计算机中引入补码的目的是简化运算方法，从而简化运算器的结构和设计。

【例 1-1】 用 8 位字长表示 -107、45、0.625 和 -0.5 的原码、反码、补码。

解：十进制数 二进制数 原码 反码 补码

-107	-1101011	11101011	10010100	10010101
45	101101	00101101	00101101	00101101
0.625	0.101	0.1010000	0.1010000	0.1010000
-0.5	-0.1	1.1000000	1.0111111	1.1000000

1.2.2 数字信息编码的概念

所谓编码,就是用少量的基本符号,按照一定的排列组合原则,表示大量复杂多样信息的一种操作。基本符号的种类和排列组合规则是信息编码的两大要素。下面分别简单介绍计算机中信息编码和常用数据表示的几种方法。

1. 二进制编码的十进制数

计算机内部采用二进制数,而外部数据的输入输出使用十进制数。为此,采用编码方式来完成二—十进制数的转换。8421BCD 码就是用 4 位二进制数的编码来表示十进制数,如表 1-2 所示。采用 8421BCD 码可以直接使用二进制数部件完成十进制数的存储和运算。

表 1-2 常用编码形式十进制数的对应关系

十进制数	十六进制数	8421BCD	十进制数	十六进制数	8421BCD
0	0	0000 0000	8	8	0000 1000
1	1	0000 0001	9	9	0000 1001
2	2	0000 0010	10	A	0001 0000
3	3	0000 0011	11	B	0001 0001
4	4	0000 0100	12	C	0001 0010
5	5	0000 0101	13	D	0001 0011
6	6	0000 0110	14	E	0001 0100
7	7	0000 0111	15	F	0001 0101

2. 字符编码

ASC II 码 (American Standard Code for Information Interchange) 是国际通用的字符编码标准。ASC II 码采用 7 位二进制数编码表示 128 个字符,如表 1-3 所示,其中 34 个起控制作用的编码称为功能码,其余的 94 个符号称为信息码,供书写程序和描述命令之用。在确定某个字符的 ASC II 码时,先确定该字符在表中所对应的行与列,列对应着高位码 $d_6 d_5 d_4$,行对应低位码 $d_3 d_2 d_1 d_0$,高位码与低位码的组合就是该字符的 ASC II 码。

表 1-3 ASC II 码字符表

$d_3 d_2 d_1 d_0$	$d_6 d_5 d_4$							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SPACE	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t

续表

d ₃ d ₂ d ₁ d ₀	d ₆ d ₅ d ₄							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BSB	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	TAB	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

注 SPACE=空格, LF=换行, FF=换页, CR=回车, DEL=删除, BEL=振铃。

3. 汉字编码

当计算机用于汉字处理时, 可用若干位二进制编码来表示一个汉字。通常, 一个汉字的编码可用内码、字模码和外码来描述。内码是用于汉字的存储、交换等操作的计算机内部代码。一个汉字内码通常用两个字节表示, 且这两个字节的最高位均为 1, 以区别英文字符的 7 位 ASCII 码。字模码是汉字的输出编码, 字库中存放的就是字模码。外码是汉字的输入码, 用来输入汉字的编码。

1.3 微型计算机系统的基本组成

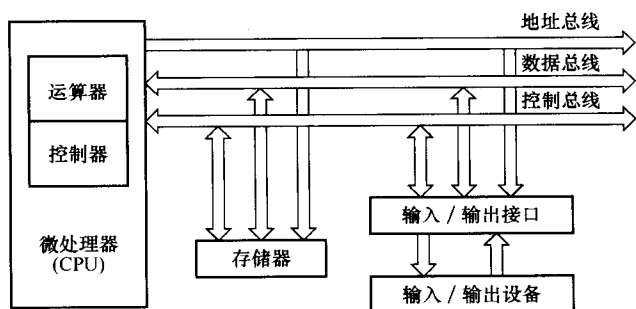


图 1-1 微型计算机的一般结构

1.3.1 微型计算机的硬件结构

微型计算机系统由硬件和软件组成。冯·诺依曼在 1946 年首次提出计算机的组成和工作方式: 计算机分为运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五大部分并通过总线 (Bus) 连接起来, 计算机内部采用二进制, 采用程序存储的工作方式。微型计算机的一般结构如图 1-1 所示。微处理器

器, 即中央处理单元 CPU (Central Processing Unit) 由运算器和控制器构成, 将控制器、运算器、存储器合称微型计算机的主机, 主机、输入输出设备以及软件就构成了微型计算机系统。

1. 运算器、控制器

运算器实现算术运算、逻辑运算和其他操作。运算器的硬件结构决定了它所能实现的功

能。控制器是指指挥计算机工作的控制中心，它通过执行指令来控制全机工作。指令是规定计算机执行特定操作的命令，通常一条指令对应着一种基本操作，一台计算机能执行什么样的操作由其指令系统决定。在使用计算机时，必须把要解决的问题编成一条条指令，这些指令的有序集合就是程序。指令通常以机器码（Machine Code）的形式存放在存储器中。为完成一条指令所规定的操作，计算机的各个部件需要完成一系列的基本动作，这些基本动作按照特定的时序完成。控制器的作用就是根据指令的规定，在不同的节拍电位将相应的控制信号送至计算机的相关部件。

2. 存储器

存储器用以存储数据和指令。在计算机内部，通常使用的半导体存储器，称为内部存储器（简称内存）。内部存储器的工作速度较高，与CPU的速度基本匹配，但内存容量是有限的。另外，断电后，内存信息将全部丢失，这就引入了外部存储器（简称外存）。外存属于外部接口设备，一般不能直接与CPU交换信息。通常，在内存存放常用的程序或正在运行的指令或数据，而其他大量的信息则存放在外存，如磁盘、磁带、光盘等存储介质中。

3. 输入/输出设备及其接口电路

输入/输出设备（Input/Output Peripheral）是计算机与外界进行信息交换的接口设备，简称I/O设备。

输入设备能够将各种形式的信息转换为计算机所能接收的数据形式。常用的输入设备有键盘、模数/数模转换器、扫描仪等。输出设备能够将计算机处理的结果转换为人或其他设备所能识别的形式，常见的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、投影仪等。

计算机的各种输入输出设备种类繁多，速度各异，需要通过输入/输出接口电路与主机相连，完成数据格式转换、速度匹配，才能实现信息的正确传输。

4. 总线

总线是计算机各个部件进行信息传输的公共通道。为保证信息能正确传递，在任意时刻，总线上只允许传递一组信息。

若按总线上传输信息的性质划分，总线可分为：

（1）地址总线（Address Bus）。用来传输CPU输出的地址信号，确定被访问存储单元、输入/输出端口地址。

（2）数据总线（Data Bus）。用来传输数据，即数据总线是在CPU与存储器或I/O接口之间、内存与I/O设备之间，以及外存储器之间进行数据传输的双向公共通道。

（3）控制总线（Control Bus）。配合数据的传输需用控制总线来传送各种控制信号、时序信号和状态信息。

总线若按其连接功能划分，可大致分为：

（1）内部总线。又称板内总线，是指把CPU、随机读写存储器、只读存储器、基本I/O接口、定时器以及总线控制器等连成一个系统的总线。

（2）系统总线。又称板间总线，是指计算机内部系统板与插件板之间的通信总线。在该总线上装有通用输入/输出扩展插槽，用以不同设备的接口电路与CPU之间的连接。系统总线有8位PC总线、16位ISA总线，32位VESA总线和32位或64位PCI总线。

（3）外部总线。用以设备与设备之间的连接。常用的外部总线有RS-232和IEEE-488。