

普通高等教育机电类规划教材

微机原理及应用

第2版

胡钢 主编
王萍 张慰兮 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

微机原理及应用

第 2 版

主 编	胡 钢	
副主编	王 萍	张慰兮
参 编	田鸿发	厉荣卫
	郭 琳	
主 审	江正战	



机械工业出版社

本教材在第1版基础上进行修订,根据多年来教学使用情况及微机发展现状对部分章节进行了补充和调整。全书以16位机为主讲机型,主要内容有:计算机基础知识、8086/8088微处理器的基本组成及工作原理、指令系统、程序设计、存储器、输入/输出接口及中断、计数器/定时器、A/D转换和D/A转换接口、总线技术、32位机简介。

本教材叙述由浅入深,体系结构合理,理论联系实际,适合于高等院校非计算机类专业使用,也可作为各类成人教育学校、培训班的教材或参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用/胡钢主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2005. 1

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-02588-1

I. 微... II. 胡... III. 微型计算机—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第142621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:高文龙 版式设计:冉晓华 责任校对:樊钟英

封面设计:姚毅 责任印制:石冉

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年5月第2版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·11.75印张·456千字

定价:30.00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)68326294

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

邓海平 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓

“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色，符合一般工科院校的实际教学要求，不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想，不为教而教，要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力，为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然，本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前，但由于是一种新的探索以及其它可能尚未认识到的因素，难免有这样那样的缺点甚至错误，敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教，以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001年元月于南京

第 2 版前言

随着计算机技术的迅猛发展和广泛应用,计算机已渗透到各行各业,成为人们学习、工作、生活中不可缺少的工具。尤其是进入到 21 世纪,一场以信息技术和信息产业为中心的信息革命正在世界范围内蓬勃发展。如何尽快普及计算机应用知识、提高全民计算机应用水平,则是我们需要解决的问题之一。

由于微型计算机具有高可靠性、高运算速度、大存储容量、价格低、配置灵活、方便等特点。因此,其发展速度最快,应用范围最广。尤其对于工业测控用户而言,控制对象与微型计算机有较多的硬件联系,控制功能上也有实时要求。这就要求用户不仅能根据对象特点设计适用的软件,而且必须对微型计算机系统的硬件有深刻的认识,才能正确地组成测控系统。即使对于单纯用微型计算机进行数据处理和信息管理的用户而言,也需要对微型计算机的原理有一定程度的了解。

本书编写本着以下原则:① 重视基础 掌握基础理论,熟悉接口芯片的原理与应用,掌握汇编语言程序设计的方法;② 更新知识 了解微机现状及发展方向,加强系统概念,强调新器件的应用;③ 加强实践 通过实验巩固理论学习,训练学生技能,培养学生的创造能力。

现在的第 2 版是在第 1 版的基础上,根据教学实践和读者的建议增加了一些新的知识,如:80486、Pentium 微处理器,多媒体计算机、计算机网络等知识,以利于开拓学生的视野。

全书共分 12 章,四个模块:第一、二、三章为第一模块,主要介绍计算机基础知识、16 位机硬件系统组成及存储器组织管理。第四、五两章为第二模块,主要介绍 16 位机指令系统及程序设计。第六、七、八、九、十章为第三模块,主要介绍主机与外设的接口芯片原理及应用,并通过介绍几个典型应用实例,使读者具有组成应用系统的初步能力。第十一、十二章为第四模块,主要介绍系统总线技术及 32 位机的基本情况以及多媒体计算机、计算机网络等知识,使读者了解微型机的发展状况。

本书作为江苏省地方高校首批启动的 7 个系列课程教材建设中的一门课程,全书从硬件的角度阐述了 16 位机的基本原理、系统组成及接口芯片,并紧密结合计算机等级考试的要求,可作为高等院校机电类专业及各类成人教育的教材,也可以作为参加计算机等级考试(偏硬)考生的参考资料使用。

此外，本书还有一本配套教材《微机原理应用实践》，提供了大量的思考题、习题以及参考答案，非常适合读者自学。另外，考虑到学生动手能力的提高，配套教材还提供了很多实验供学生进行技能训练。

本书第一、十一、十二章以及第三章的第四节由河海大学胡钢编写，第二、七章由扬州大学张慰兮编写，第六、八章由河海大学王萍编写，第四、九章由常州工学院田鸿发编写，第五、十章由常州技术师范学院厉荣卫编写，第三章的第一、二、三节由沙洲工学院郭琳编写。全书由胡钢统稿。东南大学江正战教授主审。在全书审定中江正战教授提出了许多宝贵意见，在此对他表示深深的感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中会有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

作者

2004.12

第 1 版前言

随着计算机技术的迅猛发展和广泛应用，计算机已渗透到各行各业，成为人们学习、工作、生活中不可缺少的工具。尤其是进入到 21 世纪，一场以信息技术和信息产业为中心的信息革命正在世界范围内蓬勃发展。如何尽快普及计算机应用知识，提高全民计算机应用水平，则是我们需要解决的问题之一。

由于微型计算机具有高可靠性、高运算速度、大存储容量、价格低、配置灵活、方便等特点。因此，其发展速度最快，应用范围最广。尤其对于工业测控用户而言，控制对象与微型计算机有较多的硬件联系，控制功能上也有实时要求。这就要求用户不仅能根据对象特点设计适用的软件，而且必须对微型计算机系统的硬件有深刻的认识，才能正确地组成测控系统。即使对于单纯用微型计算机进行数据处理和信息管理的用户而言，也需要对微型计算机的原理有一定程度的了解。

本书编写本着以下原则①重视基础：掌握基础理论，熟悉接口芯片的原理及应用，掌握汇编语言程序设计的方法；②更新知识：了解微机现状及发展方向，加强系统概念，强调新器件的应用；③加强实践：通过实验巩固理论学习，训练学生技能，培养学生的创造能力。

全书共分 12 章，四个模块：第一、二、三章为第一模块，主要介绍计算机基础知识、16 位机硬件系统组成及存储器组织管理。第四、五两章为第二模块，主要介绍 16 位机指令系统及程序设计。第六、七、八、九、十章为第三模块，主要介绍主机与外设的接口芯片原理及应用，并通过介绍几个典型应用实例，使读者具有组成应用系统的初步能力。第十一、十二章为第四模块，主要介绍系统总线技术及 32 位机的基本情况，使读者了解微型机的发展状况。

本书作为江苏省地方高校首批启动的七个系列课程教材建设中的一门课程，全书从硬件的角度阐述了 16 位机的基本原理、系统组成及接口芯片，并紧密结合计算机等级考试的要求，可作为高等院校机电类专业及各类成人教育的教材，也可以作为参加计算机等级考试（偏硬）考生的参考资料使用。此外，本书还有一本配套教材《微机原理及应用实践》，提供了大量的思考题、习题及参考答案，非常适合读者自学。另外，考虑到学生动手能力的提高，配套教材还提供了很多实验供学生进行技能训练。

本书第一、十一、十二章以及第三章的第四节由河海大学胡钢编写，第二、七章由扬州大学张慰兮编写，第六、八章由河海大学王萍编写，第四、九章由常州工学院田鸿发编写，第五、十章由常州技术师范学院厉荣卫编写，第三章的第一、二、三节由沙洲工学院郭琳编写。全书由胡钢统稿。东南大学江正战教授主审。在全书审定中江正战教授提出了许多宝贵意见，在此对他表示深深的感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中会有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

作者
2001.5

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第一章 计算机基础知识 1

第一节 概述 1

第二节 计算机中的数和编码 3

第三节 微型计算机系统组成 16

第二章 8086/8088微处理器 21

第一节 8086/8088 微处理器的结构 21

第二节 8086/8088 典型时序分析 41

第三章 存储器 51

第一节 存储器的分类 51

第二节 随机存取存储器 53

第三节 只读存储器 64

第四节 外存储器 67

第四章 8086/8088的指令系统 71

第一节 指令格式 71

第二节 寻址方式 73

第三节 8086/8088 指令系统 77

第五章 汇编语言程序设计 107

第一节 汇编语言 107

第二节 伪指令 115

第三节 汇编语言程序设计 125

第四节 DOS 功能调用 142

第六章 输入/输出 150

第一节 输入/输出的编址方式 150

第二节 CPU 与外设之间的数据传送 151

第三节 中断 160

第四节 8086/8088 的中断方式 167

第五节 中断控制器 8259A 170

第七章 并行接口 184

第一节 接口的功能及分类 184

第二节 可编程并行通信接口 8255A 186

第三节 键盘接口 205

第四节 LED 显示器接口 209

第八章 串行通信及接口电路 217

第一节 串行通信的基本概念 217

第二节 可编程串行通信接口芯片 8251A 221

第三节 串行接口标准 230

第四节 串行通信应用实例 240

第九章 计数器和定时器电路 253

第一节 8253 的内部结构和工作原理 253

第二节 8253 的工作方式 259

第三节	8253 应用举例	269	第二节	ISA 总线	310
第十章	数模转换 (D/A) 和模数		第三节	EISA 总线	313
	转换 (A/D) 接口	279	第四节	其它总线	315
第一节	D/A 接口芯片	279	第十二章	计算机发展简介	317
第二节	A/D 接口芯片	284	第一节	80386 微处理器	317
第三节	CPU 与 8 位、12		第二节	80486 微处理器	329
	位接口芯片	291	第三节	Pentium 微处理器	331
第四节	数据采集系统实例	298	第四节	多媒体计算机	335
第十一章	总线技术	305	第五节	计算机网络概述	340
第一节	概述	305	附录		362
			参考文献		363

第一章 计算机基础知识

计算机作为 20 世纪最伟大的发明之一，其应用越来越广泛，现在已经渗透到工业、农业、国防、文化教育、家庭以及日常生活的各个领域。可以说，计算机已经无处不在。

随着半导体技术的迅速发展，运算器、控制器可以集成于一个芯片中，从而于 1971 年诞生了第一片微处理器芯片，使得以微处理器为核心的微型计算机成为现实。

微处理器经过 30 年的发展，已历经 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机四个时代，现在正朝着 64 位机、128 位机迈进。可以预见，功能更为强大、速度更快、性能价格比更为优越的微型计算机将不断涌现。

本章主要介绍计算机的基础知识。

第一节 概 述

一、微型计算机的产生与发展

计算机是 20 世纪发展最为迅速、普及程度最高、应用最为广泛的一种科学技术。自 20 世纪 40 年代计算机发明以来，已历经了四代。

第一代：电子管计算机——40 年代中期开始；

第二代：晶体管计算机——50 年代后期开始；

第三代：中小规模集成电路计算机——60 年代中期开始；

第四代：大规模、超大规模集成电路计算机——70 年代开始。

计算机虽然已经历了四代，功能有了极大的发展，速度、性能也有了极大的提高。但计算机的基本工作原理没有改变，仍然以由运算器和控制器构成的中央控制单元（CPU）为核心部件。半导体技术的发展，使得计算机的运算器、控制器可以集成于一个芯片中，从而于 1971 年首先由美国 Intel 公司成功研制出微处理器（Microprocessor）——Intel4004CPU 芯片。以微处理器为核心构成的计算机系统称为微型计算机（Microcomputer）。

微型计算机亦经历了四个发展时期，又称为四代。

第一代是从 1971 年到 1972 年。典型产品有 Intel4004/8008，字长为 4 位或 8 位，集成度约为每片 2000/3500 个晶体管，时钟频率为 1MHz，指令周

期约为 $10\sim 20\mu\text{s}$ 。

第二代是从 1973 年到 1977 年。典型产品有 Intel 公司的 8080、Motorola 公司的 MC6800 以及 Zilog 公司的 Z80，此外还有 Intel8085、MC6802，字长为 8 位，集成度约为每片 9000 个晶体管电路，时钟频率为 2MHz，指令周期约为 $2\mu\text{s}$ 。16 根地址线，可寻址 64K 个存储单元。

第三代是从 1978 年到 1984 年，典型产品有 Intel8086、Motorola 的 MC6809 和 Zilog 的 Z8000 等，字长为 16 位，采用 HMOS 高密度工艺，集成度为每片几万至几十万晶体管，时钟频率为几十至几百 MHz，指令周期小于 $0.5\mu\text{s}$ ，赶上和超过了 20 世纪 70 年代小型机的水平，使传统的小型机受到严峻的挑战。

第四代是从 1985 年至今，典型产品有 Intel80386 和 Motorola 的 MC68030 等，字长为 32 位，集成度约为每片 27.5 万个晶体管。Intel 公司还陆续不断地推出了 80486、80586（通常称为 Pentium，中文名为奔腾）、80686（称为 Pentium pro，中文名为高能奔腾）、PⅢ及 PⅣ等。可满足多用户/多任务系统要求，支持虚拟存储体系。

近年来，Intel 公司又推出了 64 位外部数据总线 Pentium 微处理器 PS，集成度约为每片数百万个晶体管电路，在这些微处理器的基础上相继产生了各种各样的个人微型计算机、专用微型计算机。

目前，微型计算机仍继续向着微型化的方向发展，同时也在向网络化和智能化方向发展。随着微电子技术的发展，微处理器的集成度越来越高，芯片功能越来越强，从而使微型计算机的体积进一步减小，重量进一步减轻，而功能则在不断地增强。如今的高档微型机，其功能已经大大超过了小型机。

网络化是整个计算机发展的一个重要方向，无疑也是微型计算机发展的一个重要方向。所谓网络化，是用通信线路并依据共同遵守的通信协议，把不同地域的多台独立的计算机连接起来，实现信息交流和资源共享。随着信息高速公路的实施，遍及全球的各种局域网、广域网相互联接，使微型计算机作为工作站成为网络中的重要成员。如今的个人计算机可通过电话线方便地进入国际互联网，从而获得网上的各种资源。

智能化是微型计算机发展的又一重要方向。所谓智能化，是指计算机能够模拟人脑进行逻辑思维、逻辑推理、自主学习、知识积累、知识重构和自我完善。自从 L. A. Zadeh 创立模糊集合论以来，人们一直在进行着智能化计算机的研究，相继出现了专家系统、人工智能和神经网络技术。在计算机组成方面出现了模糊信息存储器、模糊控制器。这些虽然还称不上智能化计算机，但是正在向智能化的方向迈进。

二、微型计算机的组成特点

电子计算机按其组成规模和性能可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五种类型。

微型计算机的基本组成与其它任何一种计算机相同，也是由中央处理器、存储器、输入设备和输出设备组成。其特点可概括如下：

1. 结构紧凑，体积小，重量轻，使用方便灵活

随着大规模集成电路（LSI）和超大规模集成电路（VLSI）的发展，组成计算机的中央处理器 CPU、输入输出接口电路、存储器以及一些专用电路还可制作在一块集成电路芯片之中。这种集成电路芯片称为微处理器 MPU。

2. 功耗低，价格低廉

采用大规模和超大规模集成电路使得功耗大幅下降。例如，一台配置齐全的微型机，功率仅几十瓦，笔记本计算机功耗则更低，仅需电池供电。由于功耗低，价格低廉，普通家庭均可购置，因此如今的微型计算机已发展成为家庭电脑。

3. 可靠性高，应用范围广

一台微型机仅需十几至几十块集成电路芯片即可组成，减少了电路之间的外部连线，减少了焊点，从而使可靠性大幅提高。加之体积小，价格低廉，因而使用相当广泛。

本教材以 16 位机 8086/8088 为主，这是因为 8086、80286、80386、80486、奔腾同属一个系列。它们是向上兼容的。80386 以后的芯片是以 8086 为基础的，指令系统也是以 8086 的指令为基础。只有深入掌握了 8086，才能进一步掌握 80386 以后的芯片。现在的存储器芯片规模已经很大，但是它们的工作原理以及与 CPU 的接口方法仍是一样的。所以，作为工作原理、应用技术与应用方法对于现在的 PC 机仍然适用。

第二节 计算机中的数和编码

一、数制

数制是人们利用符号来计数的科学方法，数制可以有很多种，但在计算机的设计和应用中常用的则为十进制、二进制、八进制和十六进制。

数制中所使用的数码的个数称为基；数制每一位所具有的值称为权。

（一）数制简介

1. 十进制

十进制有十个不同的数字符号，即 0~9，因此其基为“10”。十进制各

位的权是以 10 为底的幂，如下面这个数：

2	3	8.	5	1
10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}

该数即为 $238.51 = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$

由上可见，每一位的值等于该位数字与该位权的乘积，各位值的累加和表示整个数的大小。

2. 二进制

一个二进制数具有以下基本特点：有两个不同的数字符号，即 0 和 1，且逢 2 进 1。

可见，二进制的基为 2，其各位的权是以 2 为底的幂。如下面这个数：

1	0	1.	0	1
2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}

该数即为 $101.01 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 5.25$ （十进制数）

二进制各位的值也是该位数字与该位权的乘积，各位值的累加和表示整个数的十进制大小。

3. 八进制

八进制的特点是：有八个不同的数字符号，即 0~7，且逢 8 进 1。八进制的基为 8，其各位的权是以 8 为底的幂。如下面这个数：

2	3	7.	5	1
8^2	8^1	8^0	8^{-1}	8^{-2}

该数即为 $237.51 = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2} = 159.640625$ （十进制数）

4. 十六进制

十六进制的特点是：有十六个不同的数学符号，即 0~9、A~F，且逢 16 进 1。十六进制的基为 16，其各位的权是以 16 为底的幂。如下面这个数：

B	1	3.	9	A
16^2	16^1	16^0	16^{-1}	16^{-2}

该数即为 $B13.9A = 11 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 9 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2} = 2835.6015625$ （十进制数）

二进制、八进制、十进制、十六进制数，可分别在数字后面加后缀 B、Q（或 O）、D、H 表示。例如，1101B、25Q、19D、2AH 分别表示二进制数

1101、八进制数 25、十进制数 19、十六进制数 2A。十进制数经常可省略后缀不写。

(二) 不同进位制间的转换

1. 二进制数转换为十进制数

由上述可知，只需将二进制数每一位的数字与该位的权相乘，便可得到该位的数值，再将各位的数值加在一起就得到了相应的十进制数。例如：

$$111010.011\text{B} = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 58.375\text{D}$$

2. 十进制数转换为二进制数

(1) 十进制整数转换为二进制整数 用 2 不断地去除要转换的十进制数，直至商为 0。每次的余数即为二进制数位，最初得到的余数是二进制结果的最低位，最后得到的余数是二进制结果的最高位，这就是所谓的“除 2 取余”法。例如：

2	78	
2	39 余 0
2	19 余 1
2	9 余 1
2	4 余 1
2	2 余 0
	1 余 0
	0 余 1

则 $78\text{D} = 1001110\text{B}$

(2) 十进制小数转换为二进制小数 用 2 不断地去乘要转换的十进制小数，直至乘积的小数部分为 0。每次所得的整数部分即为二进制数位，最初得到的整数部分即是二进制小数的最高位，这就是所谓的“乘 2 取整”法。

需要注意的是：十进制小数不能都用有限二进制小数精确表示，这时可根据精度要求取有限位二进制小数近似表示。例如：

$$\begin{array}{r} 0.6 \\ \times 2 \\ \hline 1.2 \quad \dots \text{取整数部分 } 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.2 \\ \times 2 \\ \hline 0.4 \quad \dots \text{取整数部分 } 0 \end{array}$$