

新世纪

计算机基础教育丛书

丛书主编

谭浩强

本教材及实验装置荣获教育部科技进步二等奖

微型计算机原理及应用 (第三版)

郑学坚 周斌 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

新世纪
计算机基础教育丛书

丛书主编
谭浩强

微型计算机原理及应用 (第三版)

郑学坚
周 斌
编 著



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书第三版是根据教育部计算机基础课程教学指导委员会制定的“微型计算机原理及应用”课程大纲的精神,在第二版的基础上重新编著的。书中以 16 位机、32 位机为主讲机型,并修订了单片机的内容。主要内容有:计算机基础知识,微型计算机的基本组成电路、工作原理、指令系统、程序设计、汇编语言及汇编程序,IBM PC 微型机系统的特点及总体结构,MCS-51 系列单片计算机,微型计算机在自动控制系统中的应用等,并配有例题及习题。书末有习题答案,另有实验指导教材、实验培训装置(BH-86/51)可配合本书使用。

本书叙述由浅入深,体系结构合理,可供高等院校用做教材,也可供科技人员用做自学课本。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 微型计算机原理及应用(第三版)

作 者: 郑学坚 周 斌 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京昌平环球印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印 张:** 32 **字 数:** 734 千字

版 次: 2001 年 6 月第 3 版 2001 年 7 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04052-4/TP·2383

印 数: 10001~50000

定 价: 36.00 元

《微型计算机原理及应用》
荣膺国家教育委员会 1995 年度
优秀教材二等奖

《微型计算机原理及应用(第二版)》
及其
“三合一”教学工具
荣膺国家教育部 1998 年度
科技进步二等奖

丛书序言

Preface Preface Preface Preface

21世纪终于来临了,在新的世纪,人们自然对未来有许多美好的愿望和设想。现代科学技术的飞速发展,改变了世界,也改变了人类的生活。作为新世纪的大学生,应当站在时代发展的前列,掌握现代科学技术知识,调整自己的知识结构和能力结构,以适应社会发展的要求。新世纪需要具有丰富现代科学知识、能够独立解决面临任务、充满活力、有创新意识的新型人才。

掌握计算机知识和应用无疑是培养新型人才的一个重要环节。计算机既是现代科学技术的结晶,又是大众化的工具。学习计算机知识不仅是为了掌握一种技能,更重要的是:它能启发人们对先进科技的向往,激发创新意识,推动对新知识的学习,培养自学能力,锻炼动手实践的本领。因而它是高等学校全面素质教育中极为重要的一部分。

自20世纪80年代初以来,高等学校中计算机教育(尤其是非计算机专业中的计算机教育)发展迅速,计算机教育的内容不断扩展,程度不断提高,它所起的作用也愈来愈显著。

在实践中,大家已认识到,计算机应用人才队伍是由两部分人组成的:一部分是计算机专业出身的计算机专业人才,他们是计算机应用人才队伍中的骨干力量;另一部分是各行各业中应用计算机的人员。这后一部分人一般并非从计算机专业毕业,他们人数众多,既熟悉自己所从事的专业,又掌握计算机的应用知识,善于用计算机作为工具去解决本领域中的任务。他们是计算机应用人才队伍中的基本力量。事实上,大部分应用软件都是由非计算机专业出身的计算机应用人员研制的。他们具有的这个优势是其他人难以代替的。从这个事实可以看到在非计算机专业中深入进行计算机教育的必要性。

非计算机专业中的计算机教育,无论目的、内容、教学体系、教材、教学方法等各方面都与计算机专业有很大的不同,决不应该照搬计算机专业的模式和做法。全国高等院校计算机基础教育研究会自1984年成立以来,始终不渝地探索高校计算机基础教育的特点和规律,在80年代中期,最早提出了按层次进行教育的方案。计算机应用是分层次的,不同的人在不同的层次上使用着计算机,同样,计算机教育也是分层次的,以适应不同应用层次的要求。全国有一千多所高等学校,好几百个专业,学校

的类型、条件和基础差别很大,不可能按同一模式、同一要求、同一内容进行教学。按层次组织教学,可以使不同专业、不同学校能够根据自己的情况选择教学内容,做到“各取所需”。

经过十多年的实践,几经调整,许多高校形成了按以下三个层次组织教学的方案:第一层次为计算机公共基础,学习计算机基本知识和基本操作;第二层次为计算机技术基础,内容包括程序设计、数据库、网络和多媒体等;第三层次为计算机应用课程,结合专业应用的需要学习有关计算机应用课程。每一层次中设立若干门课程,包括必修课和选修课。

1988年起,我们根据层次教学方案,组织编写了“计算机基础教育丛书”,邀请有丰富教学经验的专家学者先后编写了20多种教材,由清华大学出版社出版。丛书出版后,迅速受到广大高校师生的欢迎,对高等学校的计算机基础教育起了积极的推动作用。广大读者反映这套教材定位准确、内容丰富、通俗易懂,符合广大非计算机专业学生的特点。许多高校都采用了我们编写的教材。丛书总发行量达到700多万册,这在全国是罕见的。

在新世纪来临之际,我们在该丛书成功的基础上组织了这套“新世纪计算机基础教育丛书”,以适应新形势的要求。本丛书有以下特点:

(1) 内容新颖。根据新世纪的需要,重新确定丛书的内容,以符合计算机科学技术的发展和教学改革的要求。本丛书除保留了原丛书中经过实践考验、且深受群众欢迎的优秀教材外,还新编写了许多新的教材,在这些教材中反映了近年来迅速得到推广应用的一些计算机新技术,以后还将根据发展不断补充新的内容。

(2) 适合按层次组织教学的需要。在新世纪大多数学校是采用层次教学模式的,但不同的学校和专业所达到的层次不同,本丛书采用模块形式,提供了各种课程的教材,内容覆盖高校计算机基础教育的三个层次。既有供理工类专业用的,也有供文科和经济类专业用的;既有必修课的教材,也包括一些选修课的教材供选用。各类学校都可以从中选择到合适的教材。

(3) 符合大学非计算机专业学生的特点。本丛书针对非计算机专业学生的特点,以应用为目的,以应用为出发点,强调实用性。本丛书的作者都是长期在第一线从事高校计算机基础教育的教授和副教授,对学生的基础、特点和认识规律有深入的研究,在教学实践中积累了丰富的经验,可以说,每一本教材都是他们长期教学经验的总结。在教材的写法上,既注意概念的严谨和清晰,又特别注意采用读者容易理解的方法阐明看来深奥难懂的问题,做到例题丰富,通俗易懂,便于自学。这一点是本丛书一个十分重要的特点。书是写给读者看的,读者如果看不懂,只能算

失败。

(4) 采用多样化的形式。除了文字教材这一基本形式外,有些教材还配有习题解答和上机指导,我们还准备采用现代教学方式,陆续制作电子出版物,以利于学生自学。

总之,本丛书的指导思想是:内容新颖、概念清晰、实用性强、通俗易懂、层次配套。简单概括为:“新颖、清晰、实用、通俗、配套”。我们经过多年实践形成的这一套行之有效的创作风格相信会受到广大读者欢迎。判别一本书的优劣,读者最有发言权。

本丛书多年来得到各方面人士的指导、支持和帮助,尤其是得到全国高等院校计算机基础教育研究会的各位专家和各高校的老师们的支持和帮助,我们在此表示由衷的感谢。

本丛书肯定有不足之处,竭诚希望得到广大读者的批评指正。

丛书主编

全国高等院校计算机基础教育研究会理事长

谭浩强

2000年1月1日

第二版序

Preface Preface Preface Preface

《微

型计算机原理及应用》一书自 1987 年第一版第一次印刷以来,至今已有 7 年,共续印 14 次,总数达到 45 万册。这是由于该书是“非计算机专业类教材”,理、工、农、医及各行各业都迫切需要学习计算机的原理及其在各自专业中的应用。这是该书畅销的一个原因。另一个原因,则是该书的确能够做到文字浅显,讲解深入浅出,内容切合需要,因而才能久盛不衰。

但是,由于大规模集成电路的发展、计算机技术水平的提高,教学要求也必须随着提出相应的更新。该书第一版以 8 位机(Z80)为讲解对象的内容,已不能满足近年对学习的要求和需要。第二版的内容将由 8 位(Z80)改为 16 位与 32 位(8086PC 系列)。根据国家教委公布的高等学校工科本科非计算机专业“微机原理与应用”课程教学基本要求的精神,作者重新组织力量,参考大量有关的教材和公开资料,并根据作者的教学经验和心得,编著此书的第二版(16/32 位微机版)。

新版《微型计算机原理及应用》的特点是革新内容和保持优点:内容由 8 位微机改为 16/32 位的 PC 系列微机,这是比较实用的机型;优点仍是文字浅显,讲解深入浅出,既适于教学,也易于自学。

本书首版的序中曾言“相信经过更广泛的试用,必会取得成功的经验”。现在此言已经得到验证。因此,有理由认为本书的第二版也必将得到更广泛的试用,而且也必会取得更为成功的经验。

祝贺本书作者已经取得的成就,并预祝本书新版取得更大的成功。

清华大学电子工程系

孟昭英

(1994)

首 版 序

Preface Preface Preface Preface

微型计算机自 20 世纪 70 年代出现以来,10 多年间,已被引入到科研、生产、生活以及其他各个方面。概括地说,微型计算机应用可以有两个大的类型。其一是检测控制类,其二是数据处理类。检测控制型的微型计算机应用系统的特点是其与服务对象有较多的硬件联系,控制功能上有实时要求。这就要求技术人员既要根据对象的特点设计其相应的软件(应用程序),也需要了解微型计算机的硬件特点,其中包括检测通道和控制通道的设计,放大整形环节和模数转换及数模转换环节的选用。此外,有关的接口芯片的工作原理和应用方法也要有一定的认识。

当微型计算机用来进行科学计算、辅助设计、企业管理时,应用者对微型计算机的工作原理及硬件结构有一定的了解,也是很有好处的。

因此,高等院校,尤其是理、工、农、医学院的学生和研究生应该对微型计算机的工作原理有一定深度的认识。当然,对于非计算机类专业的要求应该有别于计算机类专业。本书的编写目的就是为了满足高等院校教材在这方面的需要。

本书的作者近几年来对非电类专业的科技人员做过多次的培训工作,在教材方面也编著过《微型计算机入门及应用》(农业出版社,1984 年 7 月)和《Z80 单板计算机》(机械工业出版社,1985 年 6 月)。这两本教材在正式出版之前已广泛地被采用为各种类型的微型计算机学习班的学习资料或教材。在其出版之后曾在清华大学非电类专业研究生的“微型计算机原理及应用”选课中试用过,取得的效果是肯定的。就是在这个基础上,作者根据高等院校非计算机类专业的特点,编写出此书。相信经过更广泛的试用,必会取得成功的经验。

祝贺本书作者所取得的成就,并希望本书对广大的工程技术人员及大专院校的学生和研究生做出较大的贡献。

清华大学自动化系 郑维敏

(1986)

前言

Foreword Foreword Foreword Foreword

高等院校中很多专业逐步要求为其学生开设有关微型计算机原理及其应用的课程。“计算机原理”与“计算机高级语言”虽然都是针对计算机的,但各有所偏重。前者着重讲述计算机的基本结构、内部信息流通和指令系统的基本原理,这也是有关计算机的硬件问题的分析。后者则可以脱离计算机的硬件结构而专门讲述编写程序的技巧。

本书编写的目的就是想给大专院校提供一本“微机原理与应用”课程的教材。但由于各种专业类型很多,要求各异,难以强求一致,因此,本书只能在最基本的原理方面做一定深度的阐述。由于各专业的教学计划不可能提供更多的学时,故在应用方面也只能讲一些典型的系统结构和一两个实例。如果感到不足的话,各专业可根据实际需要而增加各自感兴趣的实例。

本书第三版的主要内容包括在下述的 14 章之中。第 1 章讲述数制、逻辑电路、布尔代数以及简单的二进制运算知识,用很有限的篇幅,介绍学习本书以后各章所必备的基础知识,对于初学者暂时不必深究的某些理论则尽量删减,以免分散精力。第 2 章介绍微型计算机的基本组成电路,主要讲述算术逻辑部件(ALU)、触发器、寄存器及存储器的基本原理及其符号,同时也陆续介绍总线结构和控制字的概念以及信息流通的过程。第 3 章则以简化了的计算机为例来剖析微型计算机的工作原理,其中包括主要硬件结构、指令系统、程序设计、指令执行的过程,即例行程序和控制矩阵原理等。第 4 章介绍 16 位微处理器的结构、工作模式及操作功能,重点分析 8086/8088 型 CPU。第 5 章介绍 8086/8088 型 CPU 的助记符语言及指令系统。第 6 章讲述微型计算机的程序设计步骤及基本的程序形式。第 7 章介绍微型计算机的汇编语言及汇编程序。第 8 章讲述并行及串行接口及其输出与输入的编程方法。第 9 章介绍常用的控制器(中断、计数/定时及 DMA 控制器)。第 10 章介绍 A/D 及 D/A 转换器的原理及结构。第 11 章介绍 32 位微处理器。第 12 章介绍 PC 总线及整机结构。第 13 章为单片微型计算机(MCS-51)的简要介绍。第 15 章讲述微型计算机在自动控制系统中的应用,其中除讲述开环及闭环自动控制系统的微机应用外,还介绍了微机在多参数自动寻优系统及大惯性长滞

介绍了微机在多参数自动寻优系统及大惯性长滞后系统中的应用。最后介绍了单片机在称重仪中的应用,以体现机电仪一体化的概念。

本书章节较多,可由教师根据学员水平和专业特点有所取舍。如单片机部分,可以作为毕业设计时的补充读物,或作为学员自学的资料,以扩大其知识面。

本书各章大都有习题,附录中也有习题答案。附录中还有 IBM PC 系列的汇编语言指令表及单片机的指令表等,以便本书能够自成系统,不必到处翻阅参考资料。本书内容可供 56~80 学时的教学计划的讲授之用。

参加本书编写工作的还有马力妮及周胜梅两位同志。

由于作者的实际经验及水平的限制,本书必会有很多错误或不足之处,希读者不吝指正。

编著者

2001 年 2 月于清华大学

绪 论

世界上第一台可以由程序控制的计算机称为电子数字积分器与计算器(electronic numerical integrator and calculator, ENIAC)。它是在 1946 年为了弹道设计的需要而由美国宾夕法尼亚大学研制出来的。这台计算机的字长只有 12 位,运算速度为每秒 5 000 次加法运算,但它却是庞然大物,使用 18 800 个电子管,1 500 个继电器,占地面积为 150 平方米,重达 30 吨,耗电 150 千瓦,其造价为 100 多万美元。在今天看来,这个计算机既贵且重,字长不够长而耗电又很多。不过,它的出现,正是今天大小不一、花样繁多的各种类型计算机的先驱,为发展至今的电子计算机奠定了技术基础。此后的 30 多年,计算机的发展日新月异。如果该 ENIAC 称为第一代电子计算机的话,至今已发展至第四代的超大规模集成电路计算机了。

第一代是电子管数字计算机,其发展年代大约为 1946 年—1958 年。此时计算机的逻辑元件采用电子管,主存储器采用磁鼓、磁芯,外存储器已开始采用磁带,软件主要用机器语言来编制程序,后期逐步发展了汇编语言。当时主要用作科学计算。

第二代是晶体管计算机。其发展年代大致为 1958 年—1964 年。计算机的逻辑元件为晶体管,主存储器仍用磁芯,外存储器已开始使用磁盘,软件已开始有很大的发展,出现了各种高级语言及编译程序。此时计算机的应用已发展至各种事务的数据处理,并开始用于工业控制。

第三代是集成电路计算机,其发展年代为 1964 年—1971 年。此时的计算机,其逻辑元件已开始采用小规模和中规模的集成电路,即所谓 SSI 和 MSI。主存储器仍以磁芯为主。软件发展更快,已有分时操作系统。会话式的高级语言也已出现并有相当的发展。小型计算机也随着集成电路规模的增大而很快地发展起来。应用的范围也日益扩大,企事业单位管理与工业控制都逐步引入小型计算机。

第四代是大规模集成电路发展起来之后的产物。这是从 1971 年之后发展起来的。所谓大规模集成电路(LSI)是指在单片硅片上可以集成 1 000 至 20 000 个晶体管的集成电路。由于 LSI 的体积小,耗能很少,可靠性很高,因而促使微型计算机以很快的速度在发展。

20 世纪 80 年代以来,微型计算机的类型已很多,体积越来越小,功能越来越强。在工业上已有很普遍的应用,在商业上的应用更是五花八门,有些便携式微型计算机更为有利于办公室自动化以至家庭自动化的发展。

微型计算机(microcomputer)的特点,与大、中、小型计算机的区别,就在于其中央处理器(CPU)是集中在一小块硅片上的,而大、中、小型计算机的 CPU 则是由相当多的电

路(或集成电路)组成的。为了区别于大、中、小型计算机的 CPU,而称微型计算机的 CPU 芯片为**微处理器**(microprocessing unit 或 microprocessor,MPU)。

微型计算机除有 MPU 作为中央处理器之外,还有以大规模集成电路制成的主存储器和输入输出接口电路。这三者之间是采用总线结构联系起来的。

如果再配上相应的外围设备如显示器(CRT)、键盘及打印机等,这就成为**微型计算机系统**(microcomputer system)。实际上作为数据处理的必须是较完备的微型计算机系统。作为工业控制,尤其是小型仪器仪表或小型设备的检测控制,则可只用微型计算机、单板计算机或单片计算机,甚至是一位计算机,这样可以尽量缩小机器的体积,不过此时又得增加相应的检测通道和控制通道,如放大器和 A/D 或 D/A 转换器之类的辅助元件或电路。

关于这方面的内容,正是本书在讲完微型计算机的结构与工作原理之后要详细介绍的。

微型计算机的应用范围已渐扩展,可以说已达到无孔不入的程度。现在科学技术界正在谈论 3C(communication, computer, control)和 3A(FA, factory automation; OA, office automation; HA, home automation)正是建立在微型计算机高度发展并且性能价格比越来越大的基础上的。

本书的目的就是满足广大工程技术工作者迅速掌握微型计算机知识的需要的。为此目的,在工科院校的电类专业(包括计算机、自动化、无线电以及电机电器专业)固然已经设有类似的课程,如计算机原理、微型计算机原理及应用、微型计算机控制技术等。在其他专业,包括理、工、农、医的大学生和研究生也日渐感到学习并掌握微型计算机的原理以及粗略懂得其应用的需要。本书的内容与份量就是针对这类大专院校的学生与研究生的特点而设计的。当然,在职的工程技术人员,也可采用本书作为教材,配以适当的实验设备,在有经验的教师指导下,也可以达到同样的目的。

目 录

Catalog Catalog Catalog Catalog

绪论	XXIII
----------	-------



计算机基础知识

1.1 数制	1
1.1.1 数制的基与权	1
1.1.2 为什么要用二进制	2
1.1.3 为什么要用十六进制	2
1.1.4 数制的转换方法	2
1.2 逻辑电路	4
1.3 布尔代数	5
1.3.1 “或”运算	5
1.3.2 “与”运算	6
1.3.3 “反”运算	7
1.3.4 布尔代数的基本运算规律	7
1.3.5 摩根定理	8
1.3.6 真值表及布尔代数式的关系	9
1.4 二进制数的运算及其加法电路	10
1.4.1 二进制数的相加	10
1.4.2 半加器电路	12
1.4.3 全加器电路	12
1.4.4 半加器及全加器符号	12
1.4.5 二进制数的加法电路	13
1.4.6 二进制数的减法运算	14
1.4.7 可控反相器及加法/减法电路	15
习题	17



微型计算机的基本组成电路

2.1 算术逻辑单元	18
2.2 触发器	18

2.2.1	RS 触发器	19
2.2.2	D 触发器	19
2.2.3	JK 触发器	20
2.3	寄存器	22
2.3.1	缓冲寄存器	22
2.3.2	移位寄存器	24
2.3.3	计数器	26
2.3.4	累加器	28
2.4	三态输出电路	28
2.5	总线结构	30
2.6	存储器	31
2.6.1	只读存储器	33
2.6.2	随机存储器	36
	习题	39



微型计算机的基本工作原理

3.1	微型计算机结构的简化形式	40
3.2	指令系统	43
3.3	程序设计	44
3.3.1	先要有一个操作码表	45
3.3.2	存储器分配	45
3.3.3	将源程序翻译成目的程序	45
3.3.4	程序及数据的输入方法	46
3.4	执行指令的例行程序	47
3.4.1	环形计数器及机器节拍	48
3.4.2	取指周期及执行周期	48
3.5	控制部件	51
3.5.1	指令译码器	51
3.5.2	控制矩阵	52
3.5.3	其他控制电路	54
3.6	微型计算机功能的扩展	55
3.7	初级程序设计举例	58
3.8	控制部件的扩展	64
3.9	现代技术在微型计算机中的应用	67

3.9.1	流水线技术	67
3.9.2	高速缓冲存储器	69
3.9.3	虚拟存储器	69
3.9.4	现代技术的应用	70
习题		70



16 位微处理器

4.1	16 位微处理器概述	72
4.2	8086/8088 CPU 的结构	73
4.2.1	执行部件	74
4.2.2	总线接口部件 BIU	74
4.2.3	存储器结构	76
4.2.4	8086 总线的工作周期	78
4.3	8086/8088 CPU 的引脚信号和工作模式	79
4.3.1	8086/8088 的引脚信号和功能	79
4.3.2	最小工作模式	82
4.3.3	最大工作模式	88
4.4	8086/8088 的主要操作功能	95
4.4.1	系统的复位和启动操作	95
4.4.2	总线操作	96
4.4.3	中断操作	99
4.4.4	最小工作模式下的总线保持	105
4.4.5	最大工作模式下的读/写操作	106
习题		107



86 系列微型计算机的指令系统

5.1	86 系列汇编语言及指令的格式与寻址方式	109
5.1.1	86 系列汇编语言指令语句格式	109
5.1.2	86 系列 CPU 的寻址方式	110
5.2	传送类指令	114
5.2.1	通用数据传送指令	114
5.2.2	目标地址传送指令	118

5.2.3	标志位传送指令	119
5.2.4	输入/输出数据传送指令	119
5.3	数据操作类指令	120
5.3.1	算术运算类指令	120
5.3.2	逻辑运算和移位指令	124
5.4	串操作指令	128
5.4.1	字符串的传送	129
5.4.2	字符串的存和取	130
5.4.3	字符串的扫描和比较	130
5.4.4	重复前缀	131
5.5	控制类指令	132
5.5.1	程序转移的地址	132
5.5.2	条件转移指令	134
5.5.3	循环控制指令	134
5.5.4	处理机控制指令	134
	习题	135



微型计算机的程序设计

6.1	程序设计步骤	137
6.2	简单程序	138
6.3	分支程序	140
6.4	循环程序	143
6.5	子程序	146
6.6	查表程序	150
	习题	151



微型计算机汇编语言及汇编程序

7.1	宏汇编语言的基本语法	153
7.1.1	伪指令语句格式	153
7.1.2	常数、变量和标号	154
7.1.3	表达式与运算符	158
7.2	伪指令	160