



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电气工程及其自动化系列

微型计算机 原理及应用

WEIXING JISUANJI YUANLI JI YINGYONG

王 霆 主编

- ◆从基础着手，逐层拓展
- ◆以案例相辅，重在应用
- ◆重调试仿真，培养能力



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列

微型计算机原理及应用

王 霆 主 编
金 晋 许秀英 副主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书以 Intel 8086 系列微处理器为对象,主要介绍微型计算机的基本结构和工作原理、存储器系统、汇编语言指令系统及程序设计、中断系统、接口技术、典型接口芯片及应用等知识。本书内容充实、新颖,从理解和应用出发,每章列举适量的应用实例及教学指导和习题。

本书注重实用性、可行性和应用性,可作为高等院校微型计算机原理课程的教材,也可作为汇编语言的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理及应用/王霆主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5603-3356-4

普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列

I. ①微… II. ①王… III. ①微型计算机
IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 160274 号

策划编辑 王桂芝 赵文斌

责任编辑 尹 凡

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14.25 字数 338 千字

版 次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3356-4

定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

普通高等教育“十二五”创新型规划教材
电气工程及其自动化系列
编 委 会

主 任 戈宝军

副主任 王淑娟 叶树江 程德福

编 委 (按姓氏笔画排序)

王月志 王燕飞 付光杰 付家才 白雪冰

刘宏达 宋义林 张丽英 周美兰 房俊龙

郭 媛 贾文超 秦进平 黄操军 嵇艳菊

序

随着产业国际竞争的加剧和电子信息科学技术的飞速发展,电气工程及其自动化领域的国际交流日益广泛,而对能够参与国际化工程项目的工程师的需求越来越迫切,这自然对高等学校电气工程及其自动化专业人才的培养提出了更高的要求。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》及教育部“卓越工程师教育培养计划”文件精神,为适应当前课程教学改革与创新人才培养的需要,使“理论教学”与“实践能力培养”相结合,哈尔滨工业大学出版社邀请东北三省十几所高校电气工程及其自动化专业的优秀教师编写了《普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列》教材。该系列教材具有以下特色:

1. 强调平台化完整的知识体系。系列教材涵盖电气工程及其自动化专业的主要技术理论基础课程与实践课程,以专业基础课程为平台,与专业应用课、实践课有机结合,构成了一个通识教育和专业教育的完整教学课程体系。

2. 突出实践思想。系列教材以“项目为牵引”,把科研、科技创新、工程实践成果纳入教材,以“问题、任务”为驱动,让学生带着问题主动学习,在“做中学”,进而将所学理论知识与实践统一起来,适应企业需要,适应社会需求。

3. 培养工程意识。系列教材结合企业需要,注重学生在校工程实践基础知识的学习和新工艺流程、标准规范方面的培训,以缩短学生由毕业生到工程技术人员转换的时间,尽快达到企业岗位目标需求。如从学校出发,为学生设置“专业课导论”之类的铺垫性课程;又如从企业工程实践出发,为学生设置“电气工程师导论”之类的引导性课程,帮助学生尽快熟悉工程知识,并与所学理论有机结合起来。同时注重仿真方法在教学中的作用,以解决教学实验设备因昂贵而不足、不全的问题,使学生容易理解实际工作过程。

本系列教材是哈尔滨工业大学等东北三省十几所高校多年从事电气工程及其自动化专业教学科研工作的多位教授、专家们集体智慧的结晶,也是他们长期教学经验、工作成果的总结与展示。

我深信:这套教材的出版,对于推动电气工程及其自动化专业的教学改革、提高人才培养质量,必将起到重要推动作用。

教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会委员
电气工程及其自动化专业教学指导分委员会副主任委员

戈宝军

2011年7月



前 言

“微型计算机原理及应用”是高等院校工科电气工程及自动化、电子信息工程、通信工程、计算机应用等专业的必修课。课程教学内容虽不深奥但较琐碎,既有共性的工作原理,又有具体应用的技术方法。

本书是在作者多年教学总结基础上编写的,全书按照“提出问题—解决问题—归纳分析”三部曲进行组织,符合读者认知规律,易于学习,有利于培养学生的应用能力。每一章都加入教学指导(学习目标和学习重点)及章小结和习题,教学指导紧密结合教学的实际需要,使得琐碎的教学内容变得清晰、有条理,并将工程、创新实践成果纳入教材中,应用实例贯穿全书,从实际问题入手,强调应用性。典型程序通过 debug 调试或 EMU8086 软件仿真,具有可执行性。不忽视应用细节,结合调试过程,针对易出现的问题和错误进行详解,是本书的突出特点。书中给出重点例题的调试过程和结果,使学习过程变得直观易懂。

本书共分 10 章,以冯·诺依曼原理为主线展开。第 1 章是基础知识。第 2 章通过对微型计算机发展史的介绍,引出了著名的冯·诺依曼原理,并通过“基于 PC 机的电阻炉温度控制器”实例给出冯·诺依曼原理的五大组成部分,以及这五大部分的工作过程。第 3 章重点介绍中央处理器(控制器和运算器),以“基于 PC 机的电阻炉温度控制器”实例为切入点,更加深入介绍 8086 CPU 内、外部结构及工作过程,并介绍了 80286、80386、80486、Pentium 和多核 CPU 的内外部结构及所对应的存储器管理模式。第 4 章介绍存储器。第 5、6 章为汇编语言及程序设计。第 7、8、9、10 章介绍接口部分,重点介绍中断、输入输出的概念和 8255 芯片,给出完整的电阻炉控制系统的设计。

本书主编为王霆,副主编为金晋、许秀英。本书第 1、2、3、4 章及 5.1 节由金晋编写,第 5 章由刘坤编写,第 6 章由许秀英编写,第 7 章和 3.4.5、3.4.6、10.2.2 节由张福军编写,第 8、9、10 章由王霆编写,金华编写了第 1、2、3、4 章习题及课后答案,薛鹏编写了第 8、9、10 章习题,

全书最后由金晋统稿完成。

本书在编写过程中参考了大量文献,在参考文献中已尽量列出,但仍有部分资料因原始出处不详未能列出,在此向这些文献的作者表示感谢。并感谢所有作者及其家人,我们的合作是愉快的,各位家人的支持是保证本书顺利出版的前提,相信我们会为读者提供一本有参考价值的书。

编 者
2011 年 5 月



目 录

第1章 基础知识	1
1.1 计算机中数制	1
1.1.1 计算机中的数制	1
1.1.2 数制之间的转换	3
1.2 数和字符的表示	5
1.2.1 数的表示	5
1.2.2 字符的表示	6
1.3 运算	8
1.3.1 算术运算	8
1.3.2 逻辑运算	10
本章小结	11
思考与练习	11
第2章 概述	13
2.1 什么是微型计算机	13
2.2 计算机的历史及发展概况	14
2.2.1 计算机的历史及发展	14
2.2.2 微型计算机的历史及发展	15
2.3 微型计算机的应用	15
2.3.1 微型计算机的应用	15
2.3.2 微型计算机的应用实例	16
2.4 微型计算机基本组成原理与工作过程	17
2.4.1 微型计算机基本组成原理	17
2.4.2 微型计算机工作过程	18
本章小结	20
思考与练习	20
第3章 CPU	22
3.1 8086 引脚功能	22

3.1.1	工作模式	23
3.1.2	引脚介绍	23
3.2	8086 CPU 的内部结构	24
3.2.1	执行单元(EU)	25
3.2.2	总线接口单元(BIU)	27
3.3	8086CPU 内部工作过程	29
3.4	intel80x86 系列高档微处理器简介	30
3.4.1	8088 微处理器	31
3.4.2	80286 微处理器	31
3.4.3	80386 微处理器	35
3.4.4	80486 微处理器	40
3.4.5	Pentium 微处理器	41
3.4.6	多核微处理器	44
	本章小结	45
	思考与练习	45
第4章	存储器	47
4.1	存储器概述	47
4.1.1	存储器体系结构	47
4.1.2	半导体存储器的分类	48
4.1.3	半导体存储器的性能指标	49
4.2	常用半导体存储器	50
4.2.1	随机存取存储器 RAM	50
4.2.2	只读存储器 ROM	56
4.3	存储器与 CPU 的连接	65
4.3.1	存储器芯片的选择	65
4.3.2	芯片的扩充	66
4.3.3	存储器芯片与 CPU 的连接	67
4.4	存储器与 CPU 连接实例	72
	本章小结	74
	思考与练习	74
第5章	8086 指令系统	75
5.1	一个完整的程序	75
5.2	指令寻址方式	76
5.2.1	指令的书写格式	76
5.2.2	操作数的分类	77
5.2.3	寻址方式	77

5.3 8086 指令系统	81
5.3.1 数据传送类指令	82
5.3.2 算术运算类指令	86
5.3.3 逻辑运算和移位指令	89
5.3.4 串操作指令	92
5.3.5 控制转移类指令	94
5.3.6 处理器控制类指令	101
5.4 32 位机新增指令	102
5.4.1 80286 扩充与增加的指令	102
5.4.2 80386 增加的指令	103
本章小结	104
思考与练习	104
第 6 章 汇编语言程序设计	106
6.1 汇编语言的程序设计基础	106
6.1.1 汇编语言的数据	106
6.1.2 伪指令	112
6.2 汇编语言程序结构	115
6.3 汇编语言程序程序设计及举例	118
6.3.1 顺序程序设计	120
6.3.2 分支程序	122
6.3.3 循环程序设计	125
6.3.4 子程序的设计与返回	128
6.3.5 汇编语言与高级语言的连接	132
本章小结	137
思考与练习	137
第 7 章 中断	140
7.1 中断概述	140
7.1.1 中断问题的引出	140
7.1.2 中断源	141
7.1.3 中断类型	142
7.2 中断过程	142
7.3 中断优先级	145
7.3.1 中断优先级概述	145
7.3.2 软件查询方式	145
7.3.3 硬件排队	146
7.3.4 可编程中断控制器	148

7.4	8086 的中断系统	148
7.4.1	8086 的中断结构	148
7.4.2	中断向量表的组成及功能	149
7.4.3	软件中断	151
7.4.4	硬件中断	153
7.4.5	DOS 和 BIOS 服务程序调用	156
7.4.6	中断程序设计举例	163
	本章小结	164
	思考与练习	165
第 8 章	计算机和外设的数据传输	167
8.1	接口电路	167
8.1.1	为什么用接口	167
8.1.2	接口的功能	167
8.1.3	I/O 端口	168
8.2	CPU 和外设之间的数据传输方式	169
8.2.1	无条件传输方式及其应用举例	169
8.2.2	程序查询方式及其应用举例	171
8.2.3	中断方式	175
8.3	DMA 方式	176
8.3.1	DMA 传送方式的提出	176
8.3.2	DMA 方式传送接口的结构特点	176
	本章小结	177
	思考与练习	178
第 9 章	可编程并行接口芯片	179
9.1	可编程接口芯片	179
9.2	可编程并行接口 8255	179
9.2.1	8255 的结构	180
9.2.2	8255 的控制字	181
9.2.3	8255 的三种工作方式	183
9.3	8255 的实际应用	186
9.3.1	8255 基本输入输出功能的应用	186
9.3.2	8255 方式 1 的应用	187
9.3.3	8255 在多路电阻炉温度测控系统的应用	188
	本章小结	193
	思考与练习	193

第 10 章 微型计算机在自动控制系统中的作用——数字控制	195
10.1 什么是自动控制	195
10.1.1 自动控制的概念	195
10.1.2 自动控制的分类	196
10.2 数字控制	197
10.2.1 时序控制中的数字控制	197
10.2.2 反馈控制中的数字控制	198
本章小结	200
思考与练习	200
附录	201
附录 A ASCII 码表	201
附录 B 扩充字符集	202
附录 C 习题参考答案	203
参考文献	214



第1章 基础知识

学习目标:掌握计算机中的数制。

掌握无符号数、有符号数表示方法。

了解 ASCII 码的特点。

了解汉字区位码、国标码、内码的关系。

掌握算术、逻辑运算规则。

学习重点:二进制、八进制、十进制、十六进制数之间的转换。

原码、反码、补码的表示方法及相互之间的转换。

各种编码的特点和相互之间的转换。

本章简单地介绍了数、编码、运算等计算机基础知识。对于有一定基础的读者,起到复习及系统化的作用。

计算机是由各种电路搭建起来的机器,仅能识别“1”、“0”这两种状态,而大千世界是由数字、符号、汉字、图形、图像和声音等组成的,如何让仅能识别“1”、“0”这两种状态的计算机表示多姿多彩的世界呢?这就用到数制和编码。

1.1 计算机中数制

计算机最早是作为对数进行各种加工和处理的计算工具出现的。数制是人们利用符号来计数的科学方法。常用数制是十进制数,因为人的双手有 10 根手指,便于计数。计算机仅能识别“1”、“0”这两种状态,所以说计算机内部采用的是二进制数。为了便于读写,又有了八进制数、十六进制数。

1.1.1 计算机中的数制

1. 十进制数

人们在日常生活中常常采用十进制数计数,十进制数有以下特点。

(1) 由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数组成。

(2) 逢十进一。

(3) 表示方法:十进制数末尾加 D。例:7966.43D。

(4) 权为 10^i 。 i 表示该数字所在的位置,小数点左侧从右到左依次为:0, 1, 2, 3, 4, …; 小数点右侧从左到右依次为:-1, -2, -3, …

【例 1.1】十进制数 7 9 6 6 . 4 3 D

位 置 3 2 1 0 -1 -2

权 重 $10^3 10^2 10^1 10^0 10^{-1} 10^{-2}$

(5) 值:按权展开。

【例 1.2】7966.43=()D

解 $7 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2} = (7966.43)D$

【注意】同为数字 6,但因为所在位置不同,其值也不相同!分别为 6×10^1 和 6×10^0 。

2. 二进制数

因为数字电路只有导通、截止两种稳定状态,所以计算机内部采用的是二进制数制。二进制数有以下特点。

(1) 由 0、1 两个数组成。

(2) 逢二进一。

(3) 表示方法:二进制数末尾加 B。例:10100001.011B。

(4) 权为 2^i 。 i 表示该数字所在的位置,小数点左侧从右到左依次为:0, 1, 2, 3, 4, …; 小数点右侧从左到右依次为:-1, -2, -3, …

【例 1.3】二进制数 1 0 1 0 0 0 0 1 . 0 1 1 B

位 置 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3

权 重 $2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0 2^{-1} 2^{-2} 2^{-3}$

(5) 值:按权展开。

【例 1.4】10100001.011B=()D

解 $1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 161.375D$

3. 十六进制数

二进制数书写冗长,为了便于读写采用十六进制的表示形式,十六进制数有以下特点。

(1) 由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数组成。

(2) 逢十六进一。

(3) 表示方法:十六进制数末尾加 H。例:0A1H。

【注意】凡是以字母 A~F 打头的十六进制数应在前面补一位 0,这样 A1H 应写为 0A1H,主要是为了避免和变量名混淆。A1H 既可以表示为一个合法变量名,也可以表示为一个十六进制数,编译器无法对其进行正确编译。

(4) 权为 16^i 。 i 表示该数字所在位置(同二进制、十进制)。

(5) 值:按权展开。

【例 1.5】0A1H=()D

解 $10 \times 16^1 + 1 \times 16^0 = 161D$

4. 八进制数

因为计算机经常以 8 个二进制数作为计数单位,即 1 个字节(byte)。为了方便读写就有了八进制数制。16 个二进制数,即 2 个字节,称为 1 个字(word)。八进制数有以下特点。

(1) 由 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数组成。

(2) 逢八进一。

(3) 表示方法:八进制数末尾加 Q。例如:71.6Q。

(4) 权为 8^i 。

(5) 值:按权展开。

【例 1.6】 $71.6Q = ()D$

解 $7 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} = 57.75D$

1.1.2 数制之间的转换

由于我们习惯用十进制数,总是用十进制来考虑问题,当考虑成熟后,再把问题转变成计算机能“看”懂的二进制形式,于是就需要用到数制之间的转换。

1. 二、八、十六进制数转换为十进制数

任何进制数转换成十进制数只要“按权展开”,参见例 1.4、例 1.5、例 1.6。

【注意】二进制数转换成十进制数,权是 2^i ;

八进制数转换成十进制数,权是 8^i ;

十六进制数转换成十进制数,权是 16^i 。

2. 十进制数转换为二、八、十六进制数

十进制数转换成二、八、十六进制数采用的是整数部分短除、小数部分乘的方法。

(1) 十进制数转换成二进制数

【例 1.7】 $10.25D = ()B$

解 首先,转换整数部分 10,用短除法,因为是转换成二进制数,所以短除 2,即

	余数	
2	10	0
2	5	1
2	2	0
2	1	1
	0	

; 商 5, 余数 0

; 商 2, 余数 1

; 商 1, 余数 0

; 商 0, 余数 1

; 商 0, 则短除结束

将余数从下到上排列,得 1010B,即为十进制数 10 的二进制值。

然后,转换小数部分 0.25,用乘法,因为是转换成二进制数,所以乘 2,即

0.25	
× 2	; 积的小数部分 5, 整数部分 0
0.5	
× 2	; 积的小数部分 0, 整数部分 1
1.0	; 当积的小数部分为 0 或达到所要求精度时,乘法结束。

将整数部分由上到下排列,得 01B,即为十进制数 0.25 的二进制值。

最后,将整数与小数部分合并,得到 1010.01B。

(2) 十进制数转换成八进制数

首先,转换整数部分,用短除法,因为转换成八进制数,所以短除 8;

然后,转换小数部分,用乘法,因为转换成八进制数,所以乘 8;

最后,将整数与小数部分合并即可。

【例 1.8】 $57.75D = ()Q$

解 结果参考例 1.6。

(3)十进制数转换成十六进制数

首先,转换整数部分,用短除法,因为转换成十六进制数,所以短除 16;
 然后,转换小数部分,用乘法,因为转换成十六进制数,所以乘 16;
 最后,将整数与小数部分合并即可。

【例 1.9】161D=()H

解 结果参考例 1.5。

3. 二、八、十六进制之间的转换

八、十六进制数是为了方便对二进制数读写产生的,转换见表 1.1。

表 1.1 二进制数与八进制、十六进制数转换对应表

二进制	八进制	二进制	十六进制	二进制	十六进制
000	0	0000	0	1000	8
001	1	0001	1	1001	9
010	2	0010	2	1010	A
011	3	0011	3	1011	B
100	4	0100	4	1100	C
101	5	0101	5	1101	D
110	6	0110	6	1110	E
111	7	0111	7	1111	F

(1)二进制数转换成八进制数

因为 $2^3=8$,所以只要以小数点为界:

整数部分从右到左每 3 位是 1 位八进制数,位数不够在最左侧补 0;

小数部分从左到右每 3 位是 1 位八进制数,位数不够在最右侧补 0。

【例 1.10】 $(10100001.011)_2=()_8$

解 首先,3 位 1 分:10,100,001.011;

然后,整数部分最高位不够三位,补 0;小数部分正好三位,不用补:

010, 100, 001. 011

↓ ↓ ↓ ↓

2 4 1. 3

最后,对应表 1.1 得到相应的八进制数。结果 $(10100001.011)_2=(241.3)_8$ 。

(2)二进制数转换成十六进制数

因为 $2^4=16$,所以只要以小数点为界:

整数部分从右到左每 4 位是 1 位十六进制数,位数不够在最左侧补 0;

小数部分从左到右每 4 位是 1 位十六进制数,位数不够在最右侧补 0。

【例 1.11】 $(10100001.011)_2=()_{16}$

解 首先,4 位 1 分:1010,0001.011;

然后,整数部分正好四位,不用补 0;小数部分位不够四位,补 0。

1010, 0001 . 0110
 ↓ ↓ ↓
 A 1 . 6

最后,对应表 1.1 得到相应的十六进制数,结果 $(10100001.011)_2 = (A1.6)_{16}$

【注意】表 1.1 中的内容不用全部记住,只要记住几个关键点,011 对应 3,0111 对应 7,1010 对应 A 即可,其他部分可以通过关键点的加减得到。

1.2 数和字符的表示

1.2.1 数的表示

1. 无符号数的表示

无符号数只有数值的大小而无正负之分。存储无符号数时,所有位都用来存放这个数的各个位,无须考虑其符号。可以用字节、字、双字等来表示一个无符号数。无符号数的最小值是 0,最大值由其所占空间的大小来决定:一个字节的无符号数,最大值是 2^8-1 ;一个字的无符号数,最大值是 $2^{16}-1$;一个双字的无符号数,最大值是 $2^{32}-1$ 。

一个无符号数从字节扩展到字,要在其左侧补 8 个 0(字节和字相差 8 位),即零扩展。例如:一个字节的无符号数 10001010B,扩展为字的无符号数为 00000000 10001010B。同理,无符号数由字扩展为双字,用零扩展,前面要补足 16 个 0。

2. 有符号数的表示

为了让计算机表示有符号数,我们用一个二进制数的最高位表示符号位,后面的各位表示该数的绝对值:

符号位	数的绝对值
-----	-------

符号位:用 0 表示正数,用 1 表示负数。由于绝对值部分表示方法的不同,有原码、反码、补码三种表示方法。

(1) 原码的表示

符号位:0 表示正数;1 表示负数。

绝对值:就是该有符号数的绝对值的二进制表示形式。

【例 1.12】 $[+87]_{\text{原}} = 0 \quad 1010111 \text{ B} = 57\text{H}$

符号位 绝对值

【例 1.13】 $[-87]_{\text{原}} = 1 \quad 1010111 \text{ B} = \text{D7H}$

符号位 绝对值

原码表示法简单、直观,但由于用原码做二进制运算时,符号位不能参加运算,需要单独处理,使用起来很不方便,所以计算机通常不采用原码表示有符号数。

(2) 反码的表示

正数的反码:同原码。

负数的反码:符号位=1;

绝对值部分为该数绝对值的二进制表示形式按位取反。

【例 1.14】 $[+87]_{\text{反}} = [+87]_{\text{原}} = 0 \quad 1010111 \text{ B} = 57\text{H}$