



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等应用型人才培养规划教材

微机原理与接口技术

(第4版)

李 芷 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等应用型人才培养规划教材

微机原理与接口技术

(第4版)

李 芷 主编

杨文显 卜艳萍 万春晖 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 Intel 80x86 微处理器为背景,从应用角度系统介绍 16/32 位微机的系统结构、微处理器、存储器、中断系统、输入/输出接口、控制器接口、数/模和模/数转换接口、总线接口的工作原理及其应用技术。

全书共 11 章。本书首先介绍微机的基本组成,软件、硬件技术基础,然后分别阐述微机系统的微处理器、汇编语言程序设计、存储器、中断系统、专用控制器、并行/串行通信、数/模和模/数转换器、总线接口的组成、工作原理和应用技术,并对微机系统常用的可编程接口给出应用实例分析。本书还给出 7 个通用接口应用实验示例,供微机课程教学实验选用。

本书可作为本科院校、高等职业院校计算机、通信及相关专业教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 李芷主编. —4 版. —北京:电子工业出版社,2015.6

高等应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-121-26101-5

I. ①微… II. ①李… III. ① 微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 106000 号

策划编辑:吕 迈

责任编辑:郝黎明 特约编辑:张燕虹

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:15 字数:384 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版

2015 年 6 月第 4 版

印 次:2015 年 6 月第 1 次印刷

定 价:34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书曾被教育部先后列入普通高等教育“十五”和“十一五”国家级规划教材。

“微机原理与接口技术”是计算机科学与技术专业学生必修的一门专业课程，也是与计算机相关工程类各专业学生在计算机应用方面的一门重要选修课程。本书适用面广，可作为高等学校计算机专业、通信工程专业和工科类其他各专业“微机原理与接口技术”课程的教材，也可作为计算机（偏硬件技术）等级考试的培训教材，还可供从事微机系统设计和应用的技术人员自学和参考。

这是一本内容充实，综合性和应用性强，编写很有特色的教材。编者结合长期教学实践，注重基础性、系统性、实用性和新颖性，并通过大量的应用实例分析，力求深入浅出地阐述微机系统和接口的工作原理、使用方法。本书还介绍了接口软、硬件技术结合应用的新技术。

“微机原理与接口技术”是一门实践性很强的课程。本书根据对学生的培养目标要求，侧重于培养学生在微机系统和接口的分析、设计及开发应用等方面的能力。要求加强习题练习、实验环节和课程综合设计项目的实践教学，使学生具有一定的微机系统分析、设计能力和较强的接口技术应用能力。

本书既是计算机专业先修基础课程——“计算机组成原理”、“汇编语言程序设计”等课程的综合应用，又可以作为计算机专业后续课程——“计算机通信”、“计算机网络”等课程的技术基础，因此，它具有较强的实用性。

本书教学参考课时数为 80~90 学时。

本书共 11 章。第 1 章介绍微机的软件、硬件技术基础，微机系统组成和结构特点，以及微机应用技术要点；第 2 章介绍 Intel 80x86 微处理器为背景的微机系统结构；第 3 章介绍 8086/8088 汇编语言程序设计；第 4 章介绍半导体存储器组织和现代微机存储器体系结构；第 5 章介绍微机接口技术的基本要点，包括接口的功能和分类、I/O 接口的组成、接口数据传输的控制方式等；第 6 章介绍微机的中断系统、中断管理和现代微机的中断技术；第 7 章介绍专用控制器——中断控制器，DMA 控制器，定时/计数器的组成原理和应用；第 8 章介绍并行通信和串行通信的接口应用技术；第 9 章介绍数/模和模/数转换接口应用技术；第 10 章介绍当今流行的微机系统总线接口；第 11 章介绍微机接口实验，给出 7 个通用的接口应用实验示例，供微机课程教学实验选用。

本书还给出了习题 1~习题 9 中部分应用性习题的参考答案。

本书由李芷主编，杨文显、卜艳萍、万春晖副主编。第 1、2、3、5、6、7、9、10、11 章由李芷编写；第 4 章由李芷和卜艳萍编写；第 8 章由杨文显编写；附录由李芷整理。其他参编人员有陈晔、齐宁超、吴奕斐、刘剑、夏辉、吴强、张永建、高晶、刘珍、王辉。全书由袁晓宁审校。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大读者不吝指正。

编 者
2015 年 4 月

目 录

第 1 章 微型计算机概述	1
1.1 微型计算机	1
1.1.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统	1
1.1.2 微型计算机性能指标	1
1.1.3 微型计算机的组成	3
1.1.4 微机的分类及其应用	4
1.2 微机的软/硬件基础	5
1.2.1 微机中的数和运算	5
1.2.2 微机的总线结构	10
1.2.3 微机的技术特点	11
1.2.4 微机中常用的数字部件	12
习题 1	15
第 2 章 80x86 微处理器及其系统结构	16
2.1 8086/8088 微处理器	16
2.1.1 8086/8088 微处理器结构	16
2.1.2 8086/8088 的总线周期	18
2.1.3 8086/8088 的引脚特性	19
2.2 8086/8088 的系统组成	21
2.2.1 8086/8088 系统结构	21
2.2.2 8086/8088 最小模式系统组成	21
2.2.3 8086/8088 最大模式系统组成	21
2.3 现代微处理器系统	23
2.3.1 80x86 高档微处理器	23
2.3.2 32 位微处理器的寄存器	25
2.3.3 32 位微处理器的工作方式	26
2.3.4 现代微机的系统结构	26
习题 2	29
第 3 章 汇编语言程序设计	30
3.1 汇编语言的指令系统	30
3.1.1 指令和指令系统	30
3.1.2 8086/8088 指令语句	31
3.1.3 8086/8088 指令系统	33

3.2 汇编语言程序	41
3.2.1 汇编语言语句格式	41
3.2.2 汇编指示性(伪)指令	43
3.2.3 汇编过程	45
3.3 汇编语言程序设计	46
3.3.1 顺序程序设计	46
3.3.2 分支程序设计	47
3.3.3 循环程序设计	51
3.3.4 子程序设计和系统调用	55
习题 3	61
第 4 章 微机存储器	63
4.1 半导体存储器	63
4.1.1 半导体存储器的性能指标	63
4.1.2 半导体存储器的分类及其特点	64
4.1.3 存储器芯片的基本组成	65
4.2 存储器与系统的连接	67
4.2.1 数据线、地址线和读/写线的连接	67
4.2.2 存储器容量的扩充	68
4.2.3 片选信号的产生	69
4.2.4 微机内存储器组织	70
4.3 现代存储器体系结构	72
4.3.1 并行主存储器结构	72
4.3.2 高速缓冲存储器	73
4.3.3 虚拟存储器	74
习题 4	75
第 5 章 微机接口概述	76
5.1 微机接口	76
5.1.1 微机接口与接口技术	76
5.1.2 接口的分类	76
5.1.3 接口的功能	78
5.2 I/O 接口的基本结构	79
5.2.1 接口与外设之间的信息	79
5.2.2 I/O 接口的基本组成	80
5.3 接口数据传送的控制方式	81
5.3.1 程序方式	82
5.3.2 中断方式	84
5.3.3 直接存储器存取(DMA)方式	85
习题 5	87

第 6 章 微机中断系统	88
6.1 中断和中断系统	88
6.1.1 中断系统功能	88
6.1.2 中断处理过程	89
6.1.3 中断判优（排队）逻辑	90
6.2 8086/8088 中断结构	92
6.2.1 向量中断	92
6.2.2 8086/8088 中断分类	94
6.2.3 8086/8088 中断管理过程	96
6.3 现代微机的中断技术	97
6.3.1 保护方式的中断	97
6.3.2 I/O 控制中心（ICH）的中断	98
6.3.3 APIC 中断	99
习题 6	99
第 7 章 控制器接口	100
7.1 中断控制器 8259A	100
7.1.1 8259A 的功能和内部结构	100
7.1.2 8259A 的中断管理方式	102
7.1.3 8259A 的编程设置	104
7.2 DMA 控制器 8237A	109
7.2.1 8237A 的特性和内部结构	109
7.2.2 8237A 的工作方式	112
7.2.3 8237A 的编程设置	113
7.2.4 8237A 的应用例	117
7.3 定时/计数器 8253	118
7.3.1 定时/计数器工作原理	118
7.3.2 8253 的功能和内部结构	119
7.3.3 8253 的工作方式	121
7.3.4 8253 的应用例	124
习题 7	126
第 8 章 并行/串行通信接口	127
8.1 可编程并行 I/O 接口 8255A	127
8.1.1 8255A 的内部结构	128
8.1.2 8255A 的工作方式	129
8.1.3 8255A 的编程设置	131
8.1.4 8255A 的应用例	133

8.2 串行通信和串行 I/O 接口	135
8.2.1 串行通信方式	135
8.2.2 串行通信规程	136
8.2.3 串行 I/O 接口的基本结构	138
8.3 可编程串行 I/O 接口 8251A	138
8.3.1 8251A 的功能和内部结构	139
8.3.2 8251A 的工作过程	141
8.3.3 8251A 的编程设置	141
8.3.4 8251A 的应用例	143
习题 8	145
第 9 章 数/模、模/数转换接口	147
9.1 数/模 (D/A) 转换	147
9.1.1 D/A 转换原理	147
9.1.2 D/A 转换器性能参数	149
9.1.3 DAC0832 及其接口电路	150
9.2 模/数 (A/D) 转换	154
9.2.1 A/D 转换过程	154
9.2.2 A/D 转换方法	154
9.2.3 A/D 转换器性能参数	156
9.2.4 ADC0809 及其接口电路	157
9.3 数/模、模/数通道设计	159
9.3.1 多路模拟开关	160
9.3.2 采样/保持器	160
9.3.3 A/D、D/A 通道的结构形式	161
9.3.4 A/D、D/A 通道的应用例	162
习题 9	164
第 10 章 微机总线接口	165
10.1 总线技术	165
10.1.1 总线和总线结构	165
10.1.2 总线类型和总线标准	166
10.1.3 总线技术	167
10.2 系统总线	170
10.2.1 PC/XT 总线	170
10.2.2 ISA 和 EISA 总线	172
10.2.3 高速局部总线	174

10.3 常用的串行总线·····	176
10.3.1 EIA-RS-232 总线·····	176
10.3.2 USB 总线·····	177
习题 10·····	178
第 11 章 微机接口应用实验 ·····	179
11.1 微机实验系统·····	179
11.1.1 实验系统（台）的组成·····	179
11.1.2 TDN 86/51 教学实验系统·····	180
11.1.3 微机实验的操作·····	183
11.2 微机接口实验·····	185
11.2.1 8259A 中断控制器实验·····	185
11.2.2 8237A DMA 控制器实验·····	187
11.2.3 8253 定时/计数器实验·····	188
11.2.4 8255A 并行接口实验·····	190
11.2.5 8251A 串行接口实验·····	191
11.2.6 DAC0832 和 ADC0809 实验·····	193
11.2.7 时间数码显示系统实验·····	195
部分习题参考答案·····	198
附录 A 8086/8088 指令系统表·····	214
附录 B BIOS 中断调用表·····	220
附录 C DOS 功能调用（INT 21H）表·····	223
参考文献·····	227

第 1 章 微型计算机概述

以大规模集成电路工艺和计算机技术为基础的微处理器和微型计算机的问世，是计算机发展史上重要的里程碑，它标志着计算机经历了从电子管→晶体管→中、小规模集成电路→大、超大规模集成电路的演变，并进入了微型计算机时代。

本章介绍微处理器、微型计算机的基本组成、结构特点和应用概论，使读者对微型计算机和微型计算机技术获得一个概括的了解，为本书后面微型计算机原理和接口技术的学习和应用打下基础。

1.1 微型计算机

微型计算机与大、中、小型计算机相比，从其基本结构和工作原理上说，并没有本质上的区别，而主要区别是它广泛采用了集成度相当高的器件和部件，使其体积大为减小，故称为微型化的电子计算机——微型计算机。

1.1.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统

运算器和控制器合称为中央处理器（CPU）。随着半导体集成工艺的提高，可以将整个 CPU——由成千上万个各种门、触发器等电子元器件构成的复杂电路，做成一片大规模集成电路芯片，通常芯片尺寸只有十几至几十平方厘米大小。这种微缩的 CPU 大规模集成电路称为微处理器（MP，MicroProcessor）。微处理器在微型计算机中也可以称为 CPU 或 MPU。

微处理器由算术逻辑部件（ALU）、控制部件（CU）、寄存器（R）组、片内总线等组成，执行算术/逻辑运算和控制整个微机自动地、协调地完成操作。微处理器本身不构成独立的工作系统，只有与存储器、输入/输出设备的接口电路，以及其他一些辅助电路有机地结合在一起，才具有一台完整的计算机功能。

微型计算机（MC，MicroComputer）是以微处理器为核心部件，再加上半导体存储器（如随机存储器 RAM，只读存储器 ROM 等），输入和输出（I/O，Input/Output）接口电路，以及相应的辅助电路（如时钟发生器、各类译码器、缓冲器等）而构成的微型化计算机装置，简称微机或电脑。

微型计算机系统（MCS，MicroComputer System）是以微型计算机为主体，配上一定规模的系统软件和外部设备而构成的。系统软件包括操作系统和一系列系统实用程序，为用户使用微型计算机提供各种手段，从而更好地发挥微型计算机系统硬件功能。

1.1.2 微型计算机性能指标

微型计算机的性能指标涉及诸多因素，如指令系统、系统结构、硬件组织、外设配置、软件配置等。对于微机的使用者来说，至少要了解以下评估微机性能的主要指标。

1. 字长

计算机中所有的信息都是用二进制数码(0, 1)表示的, 其最小单位是一个二进制数位(bit)。CPU 在处理和传送信息时, 往往把一组二进制数码作为一个整体并行操作, 这并行处理的一组二进制数称为一个字(Word), 字所含有的二进制数位的位数称为字长。字长通常与微处理器的寄存器、运算器、数据传输线的位数一致, 因此, 字长定义为微处理器并行处理的最大位数。

字长是微机的重要性能指标, 也是微机分类的主要依据之一。字长越长, 表示计算机运行的精度越高, 当然相应的硬件线路也越多。从某个角度也可以说, 字长位数的增加提高了并行处理速度。例如, 一个 16 位二进制数的传送, 8 位机需分两次完成, 而 16 位机则只需一次完成, 其优越性是显而易见的。高档微机字长已达到 32 位、64 位。

微机中普遍使用字节(Byte)单位, 一个字节由 8 位二进制数位组成, 通常用 $D_7, D_6, \dots, D_0$, 从最高位(MSB)到最低位(LSB)表示其各个数位。字长的位数, 也常以字节为单位, 例如, 字长 8 位, 也可说成字长 1 字节; 字长 16 位, 也可说成字长 2 字节, 用 $D_{15}, D_{14}, \dots, D_0$ 表示其各数位, 或分别说成高位字节($D_{15} \sim D_8$)和低位字节($D_7 \sim D_0$)。

2. 存储容量

存储器(通常指主/内存储器)是微机存放二进制信息的“仓库”, 由若干存储单元组成。存储单元一般以字节为单位, 即一个存储单元中存放一个字节信息, 读出或者写入均是 8 位一起操作。存储单元的编号称为存储地址(二进制编码, 但常用十六进制来描述)。微机系统能够直接访问的存储单元数目, 称为存储容量。存储容量也可以定义为存储器能够存放信息的最大字节数。

存储单元数目是由传送存储地址的传输线条数决定的。如果是 16 条地址线, 有 $2^{16}=65\,536$ 种组合的地址编码, 由此可区分 65 536 个存储单元; 如果是 20 条地址线, 有 $2^{20}=1\,048\,576$ 个单元地址码。微机中把 $2^{10}=1024$ 规定为 1K, $2^{20}=1024K$ 规定为 1M, 2^{30} 规定为 1G, 2^{40} 规定为 1T。所以, 16 条地址线可寻址 64K 存储单元, 20 条地址线可寻址 1M 存储单元。

由于存储器是以字节(Byte)为单位的, 微机存储容量为 64K 字节, 或 1M 字节, 或 1G 字节等, 分别称为 64KB、1MB、1GB 等。

3. 运算速度

计算机完成一个具体任务所花费的时间就是完成该任务的时间指标, 时间越短, 表明计算机的速度越高。不断提高运算速度, 是微机多年发展所努力追求的目标之一。

早期, 人们选用加法指令作为基本指令(因为加法指令是使用频率最高, 最基本的运算指令), 以基本指令的执行时间, 或者以每秒执行基本指令的条数来大致地反映计算机的运算速度。多数选择后一种表示方法, 以百万条/秒(MIP/s)为单位。

现在一般用计算机的主频——系统时钟的频率(每秒时钟个数)来表示运算速度, 以 MHz(10^6 Hz)为单位。主频越高, 表明运算速度越快。高档微机的主频达到 80~300 MHz。

4. 系统配置

一台微机的配置除了保证正常工作之外, 还必须提供必要的人-机联系手段, 这包括配置

相应数量的外部设备（如键盘、显示器、磁盘驱动器、打印机等）和配置实现计算机操作的相应软件。当然，外设配置档次越高，软件配置越丰富，微机的使用越便利，工作效率也就越高。特别是系统软件和应用软件的配置，在很大程度上决定了微机功能的发挥。

5. 性能/价格比

性能/价格比是选购微机时考虑的重点。用户应该根据实际使用的需求，从性能和价格两个方面进行综合考虑，仔细权衡与比较，取性能/价格比高的微机系统。

1.1.3 微型计算机的组成

微机是借助于大规模集成电路技术发展起来的计算机。它在组成原理和结构上与一般电子计算机是有许多共性的。其中，最大的共同之处：是由硬件（Hardware）和软件（Software）两大部分组成的、相辅相成的一个系统。硬件是指那些为组成计算机而有机联系在一起的电子、电磁、机械、光学的元件、部件或装置的总和，是计算机的物理实体——机器系统。软件相对于硬件而言，是方便用户使用和发挥计算机效能的各种程序（Program）和相关文档资料的总称，是计算机的程序系统。

微机系统的硬件和软件更加密不可分，其组成可以归纳为表 1.1。

表 1.1 微型计算机的系统组成

微 型 计 算 机 系 统	硬 件	微型计算机 (单片/单板/多板)	微处理器 (MP)	算术逻辑部件 (ALU)、控制器 (CU)、寄存器阵列
			内存储器 (M)	ROM: PROM, EPROM, E ² PROM, ... RAM: SRAM, DRAM, NVRAM, ...
			I/O 接口电路 (I/O)	并行 I/O, 串行 I/O
			系统总线	地址总线 (AB)、数据总线 (DB)、控制总线 (CB)
		外围设备	外部设备	输入/输出设备: 键盘、CRT 终端、打印机…… 外存储器: 磁带、磁盘、光盘……
			过程 I/O 通道	模拟量 I/O 通道: A/D 转换器、D/A 转换器 开关量 I/O 通道
		电源		
	软 件	系统软件	监控程序、操作系统 (CP/M, DOS, UNIX, OS-2, ...)、诊断程序、编辑程序 (EDLIN, Edit, Word, ...)、解释程序、编译程序……	
		程序设计语言	机器语言、汇编语言、高级语言 (BASIC, FORTRAN, Pascal, C, ...)	
		应用软件	软件包、数据库 (dBASE) ……	

微机系统的硬件是机器的实体部分，主要包括主机和外部设备（或称为 I/O 设备）。主机主要由微处理器和内存储器组成，制成一块印制电路板，称为主机板。外部设备主要有显示器、键盘、鼠标、硬盘、软盘、光盘、打印机、绘图仪等。如果微机连网，还要配置网卡、调制解调器等通信设备。外部设备都要通过各自的接口电路（一般也以电路板形式）与主机连接。主机板和外部设备接口板往往是以多板结构形式放置在一个机箱内，合称为主机箱。

微机系统的软件主要包括系统软件、各种程序设计语言、应用软件包等。系统软件是由设计者提供给用户的、充分发挥计算机效能的一系列程序，包括操作系统、语言处理程序和各种服务程序。整个微机是通过系统软件进行管理的。应用软件包（或称为工具包）是用户

利用微机提供的系统软件、为解决实际问题而研制的一系列程序，包括用户根据需要而设计的各种程序、数据库管理系统等。

程序设计语言是人和计算机交换信息所用的编程工具语言，分为机器语言、汇编语言、高级语言三类。机器语言是计算机执行指令的二进制代码语言，编程烦琐、易错、直观性差，在实际应用中很少直接采用。微机应用者通常使用高级语言或汇编语言编写（源）程序，再用相关语言处理程序——系统软件，如编译程序、汇编程序等，把（源）程序“翻译”成机器语言程序。

1.1.4 微机的分类及其应用

微处理器的种类以百计，用不同的微处理器为核心组装成的微机更是种类繁多，将它们进行归纳分类，对用户的设计和选用极为有益。

1. 微机的分类

由于微机的性能在很大程度上取决于微处理器，因此，可以根据微处理器性能的不同对微机进行分类。按微处理器的组成形式来分，可以分为位片式、单片式、多片式；按微处理器的制造工艺来分，可以分为 MOS 型和双极型；按微机利用的形态来分，可以分为单片机、单板机、多板机等。通常是以微处理器的字长作为微机分类标准，分为 4 位、8 位、16 位、32 位微机等。下面以 Intel 系列微机为例，介绍微机的分类及其应用的大致情况。

（1）4 位微机

最初的 4 位微处理器是 Intel 4004，后来改进为 4040。常见的是 4 位单片微机，即在一个芯片内集成了 4 位 CPU、（1~2）KB ROM、（64~128）KB RAM、I/O 接口和时钟发生器。这种单片微机的价格低廉，但运算能力弱，存储容量小，程序固化在 ROM 中。4 位微机主要用于家用电器、娱乐器件、仪器仪表的简单控制和各类袖珍计算器。

（2）8 位微机

8 位微处理器的推出，表明了微机技术已经比较成熟。8 位微机的通用性较强，它们的寻址能力可以达到 64KB，有功能灵活的指令系统和较强的中断能力，还有比较齐全的配套电路。这些特点使得 8 位微机应用范围很宽，广泛用于工业控制、事务管理、教育、通信行业。

（3）16 位微机

16 位微处理器不仅在集成度、处理速度和数据宽度等方面优于前几类微处理器，而且对功能和处理方法做了改进，在此基础上构成的微机足以与 20 世纪 70 年代的中档小型机匹敌。16 位微机以 Intel 8086/8088 微处理器为代表，使得个人计算机——PC 成为主流机型，不断推出的更高档微机都尽量保持对它的兼容。

（4）32 位微机

由 32 位微处理器构成的微机对小型机更有竞争性，一般作为工作站进行计算机辅助设计、工程设计，或者作为局域网中的资源站点。

2. 微机的应用特点

微机是当今计算机应用领域中最主流的机型，这是因为它具有其他计算机不可比拟的特点。

（1）形小、体轻、功耗低

采用大规模和超大规模集成电路的微处理器和系统，其芯片的体积小，重量轻。比如，

集成度为 6 800 管/片的 M6800 的芯片尺寸是 5.2cm×5.4cm, 32 位微机 HP-9000 的 MP 芯片尺寸是 6.35cm×6.35cm。外壳封装后的芯片重量一般只有十几克。使用为数不多的芯片, 在一块印制电路板上就可以组装成一台微机。微机的功耗一般只有十几瓦, 电源体积小, 而且易于散热。这个优点应用在小形电子设备、仪器仪表、家用电器、航空航天等方面特别有意义。

(2) 性能可靠

由于采用大规模集成电路, 系统内组件数大幅度下降, 印制电路板上的焊接点数和接插件数目比采用中、小规模集成电路的小型机减少 1~2 个数量级, 使微机的可靠性大大提高。微机完全可以做到工作数千小时不出故障, 而且对使用环境的要求较低。

(3) 价格便宜

由于集成电路技术的进步, 生产批量加大, 使得微机价格不断向下浮动。同时, 价格因素又促使了市场上性能/价格比更高的新品种不断涌现。

(4) 结构灵活、适应性强

微机采用总线结构, 可以灵活组装, 很方便地构成满足各种需要的应用系统, 并易于系统进一步扩充。此外, 构成微机的基本部件的系列化和标准化, 更增强了微机的通用性。更为重要的是微机具有可编程序和软件固化的特点, 使得一台标准微机仅通过改变程序就能执行不同任务。这一特点使得微机适应性很强, 研制周期也大为缩短。

(5) 应用面广

微机广泛应用于信息处理、工业过程控制、人工智能、计算机辅助设计/制造、商业流通、财政金融、办公自动化、家用电器等社会、经济、军事等各个领域, 可谓无处不用。

1.2 微机的软/硬件基础

众所周知, 微机的硬件和软件是相辅相成的。微处理器、存储器、外部设备等硬件设备, 仅仅使微机具有了计算和处理信息的能力。若要真正进行计算和处理信息, 微机还必须配有软件, 即实现各种程序的配合。

1.2.1 微机中的数和运算

计算机是由基本电路部件构成的一个电路系统。电路通常只有两种稳态: 导通与阻塞, 饱和与截止, 高电位与低电位等。具有两种稳态的电路称为二值电路, 采用二值电路来代表数或其他信息, 只能用两个数码 (0 和 1) 表示, 这样的物理实现既简单又快捷。这就是计算机的数和运算, 以及操作命令等所有信息全部采用二进制数或二进制编码的缘故。

1. 数制

数制是按进位原则进行计数的科学方法。微机常用的进位计数制是十进制、二进制和十六进制。表 1.2 给出了这三种数制类比的特性。

数制中使用的数码个数称为基 (或模), 数制的进位原则就是逢“基/模”进一。一个数码在数中的大小, 不仅与数码本身的大小有关, 而且与其在数中的位置有关。每一个数位上表示的值的的大小称为位权值 (简称位值)。一个数可以用“按位值展开” (称为位值规则) 表达式来描述。位值规则通项公式为

$$N = \sum (\text{数位 } i) \times (\text{数位 } i \text{ 的位权值})$$

其中， i 为 $n-1 \sim -m$ ，表示从整数的最高 $n-1$ 数位到小数的最低 $-m$ 数位。例如，

$$623.79 = 6 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$
$$11011.101\text{B} = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 27.625$$
$$3\text{AC}2\text{H} = 3 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = 15042$$

表 1.2 十进制、二进制和十六进制的特性

	十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
数码	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	0, 1	0~9, A, B, C, D, E, F
基（或模）	10	2	16
进位原则	逢十进一	逢二进一	逢十六进一
位权值	10^i	2^i	16^i
位值规则通项公式	$N = \sum D_i \times 10^i, i \text{ 为 } n-1 \sim -m$	$N = \sum B_i \times 2^i, i \text{ 为 } n-1 \sim -m$	$N = \sum H_i \times 16^i, i \text{ 为 } n-1 \sim -m$
数制后缀符号	D 或者省略	B	H

2. 数制转换

使用不同数制的数据，常需要进行数制之间的相互转换。

(1) 二进制数和十六进制数之间的转换

十六进制实际是二进制的缩写，二进制和十六进制之间有着直接的对应关系，即 $2^4=16$ 。二进制数和十六进制数之间的转换是 4 位二进制数和 1 位十六进制数的对应转换，十分简便。例如，

$$11000001\text{B} = 0\text{C}1\text{H} \qquad 7\text{F}2\text{AH} = 0111111100101010\text{B}$$

如果转换的数有小数，则以小数点为界，分别对整数、小数 4 位一组转换。例如，

$$01011101.01\text{B} = \underline{0101} \ \underline{1101}.\underline{0100}\text{B} = 5\text{D}.4\text{H}$$

(2) 二进制/十六进制数转换成十进制数

二进制/十六进制数转换成十进制数按照表 1.2 中位值规则通项公式，即“乘以位权法”展开计算。例如，

$$1010110\text{B} = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2 = 64 + 16 + 4 + 2 = 86$$
$$4\text{D}.8\text{H} = 4 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} = 64 + 13 + 0.5 = 77.5$$

(3) 十进制数转换成二进制/十六进制数

十进制数转换成二进制/十六进制数，其整数和小数的转换方法是不同的。

① 十进制整数→二进制/十六进制数采用“除基取余法”，即把整数部分辗转除以基（2 或 16），直至商等于 0 为止，得到的一系列余数作为转换数制的整数部分。注意，最先得到的余数是转换的最低有效位。例如，

$$233\text{D} = 0\text{E}9\text{H} \text{（除以 16 取余数）} \qquad 233\text{D} = 11101001\text{B} \text{（除以 2 取余数）}$$

② 十进制小数→二进制/十六进制数采用“乘基取整法”，即把小数部分辗转乘以基（2 或 16），把各次乘积的整数部分分离出来，作为二进制/十六进制的小数部分。注意，最先分离出来的整数是转换的最高小数有效位。例如，

$$0.25\text{D} = 0.01\text{B} = 0.4\text{H} \qquad 0.5\text{D} = 0.1\text{B} = 0.8\text{H}$$
$$0.625\text{D} = 0.101\text{B} = 0.\text{AH} \qquad 0.75\text{D} = 0.11\text{B} = 0.\text{CH}$$

在实际应用中，十进制数→二进制数采用十进制数→十六进制数→二进制数的方法，更为简捷。例如，将 38.625 转换成二进制数。38 辗转除以 16，两次分别得到余数 6 和 2；0.625

乘以 16，得到整数 10（十六进制数为 A）。38.625 转换成十六进制数为 26.AH，继而再转换成二进制数，即

$$38.625D = 26.AH = 100110.101B$$

3. 字符编码

除了数字以外，微机要能识别各种符号，如英文字母、运算符号……把这些符号用若干位 0 和 1 的组码描述，称为二进制字符编码。每种编码有其一定的编码规则。

微机常用的字符编码有 BCD 码、ASCII 码，我国还使用汉字编码。

(1) BCD 码

BCD 码（Binary Coded Decimal）是十进制数的二进制编码表示。1 位十进制数用 4 位二进制编码表示，0~9 的 BCD 码分别对应 0000~1001 编码。

微机中十进制数的 BCD 码表示，分两种情况：用 1 个字节存放 1 位 BCD 码（高 4 位不用），为非压缩 BCD 码；用 1 个字节存放 2 位 BCD 码，为压缩 BCD 码。例如，

10000000B（80H），压缩 BCD 码为 80，01001001B（49H），压缩 BCD 码为 49。

(2) ASCII 码

ASCII 码（American Standard Code for Information Interchange，美国信息交换标准码）是计算机中最普遍使用的 7 位字符编码。 $2^7=128$ ，它可表示 128 个字符，包括数字符、运算符、大/小写英文字母等可打印字符，以及回车、换行、响铃等控制字符。

微机中用一个字节表示一个 ASCII 码， D_7 位恒为 0。表 1.3 给出了 ASCII 编码表。

表 1.3 ASCII 编码（ $b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$ ）表

$b_3 b_2 b_1 b_0$	$b_6 b_5 b_4$							
	000 (0H)	001 (1H)	010 (2H)	011 (3H)	100 (4H)	101 (5H)	110 (6H)	111 (7H)
0000 (0H)	NUL(空)	DLE(数据链接码)	SP(空格)	0	@	P	\	p
0001 (1H)	SOH(标题开始)	DC1(设备控制 1)	!	1	A	Q	a	q
0010 (2H)	STX(正文结束)	DC2(设备控制 2)	"	2	B	R	b	r
0011 (3H)	ETX(本文结束)	DC3(设备控制 3)	#	3	C	S	c	s
0100 (4H)	EOT(传输结果)	DC4(设备控制 4)	\$	4	D	T	d	t
0101 (5H)	ENQ(询问)	NAK(否定)	%	5	E	U	e	u
0110 (6H)	ACK(承认)	SYN(空转同步)	&	6	F	V	f	v
0111 (7H)	BEL(报警)	ETB(组传送结束)	'	7	G	W	g	w
1000 (8H)	BS(退一格)	CAN(作废)	(	8	H	X	h	x
1001 (9H)	HT(横向列表)	M(纸尽)	)	9	I	Y	i	y
1010 (AH)	LF(换行)	SUB(减)	*	:	J	Z	j	z
1011 (BH)	VT(垂直列表)	ESC(换码)	+	;	K	[	k	{
1100 (CH)	FF(走纸)	FS(文字分隔符)	,	<	L	\	l	
1101 (DH)	CR(回车)	GS(组分分隔符)	-	=	M	]	m	}
1110 (EH)	SO(移位输出)	RS(记录分隔符)	.	>	N	^	n	~
1111 (FH)	SI(移位输入)	US(单元分隔符)	/	?	O	~	o	DEL

4. 数的表示

微机中的数是用二进制有穷数位表示的。例如，8 位（字节）数是 0~0FFH，可表示 256 个数；16 位（字）数是 0~0FFFFH，可表示 65536 个数。数有无符号数和有符号数之分。

11111111	255	无符号数 (8位)
.....	...	
10000001	129	
10000000	128	
01111111	127	
.....	...	
00000010	2	
00000001	1	
00000000	0	有符号数 (8位)
11111111	-1	
11111110	-2	
11111101	-3	
.....	...	
10000001	-127	
10000000	-128	

图 1.1 有/无符号字节数范围

(1) 无符号数

无符号数是正数，无须用符号表示，所有数位都是数值位。 n 位无符号数 N 的数值范围是 $0 \leq N \leq 2^n - 1$ 。例如，无符号字节数为 0~255（如图 1.1 中实框所示），无符号字数为 0~65535。

(2) 有符号数

绝大多数情况下，数是有正负的。有符号数把符号数值化，正号用“0”，负号用“1”表示；用最高数位做符号（ S_f ）位，其余数位为数值位。

有符号数有原码、反码、补码三种表示法。

① 原码是“数符 S_f —绝对值”表示法。例如，

0 1000011 (+67) 1 0111000 (-56)

② 正数的反码与原码表示相同。负数的反码是将它对应的正数，连同符号位一起按位取反所得。例如，

0 1000011 (+67) 1 1000111 (-56)

③ 正数的补码也与原码表示相同。负数的补码是将它对应的正数，连同符号位一起按位取反，再在最末数位上加 1 所得。简言之，负数的补码为其反码加 1。例如，

0 1000011 (+67) 1 1001000 (-56)

微机中有符号数均采用补码表示。 n 位补码表示的数 N 的数值范围是 $-2^{n-1} \leq N \leq 2^{n-1} - 1$ 。例如，有符号字节数为 -128~127（如图 1.1 中虚框所示），有符号字数为 -32768~32767。

求一个负数 X 补码的方法：先求 X 对应正数的原码（ n 位），然后“按位取反”，并在最末位+1，即，相当于做了一个 n 位的 $0-X$ 运算。例如，

-127 的补码：+127 的原码 01111111，再“按位取反+1”，得 10000001。

(3) 定点数和浮点数

如果有符号数中有小数点，微机是通过人-机约定小数点位置的。根据约定的不同，有定点和浮点两种表示法。

定点表示法是指小数点在数中的位置固定。若小数点固定在数值位后，是整数表示，称为定点整数表示；若小数点固定在符号位 S_f 后，数的绝对值必小于 1，称为定点小数表示。

为了扩大数值范围，提高运算精度，微机中的数大都采用浮点表示法。数 N 用表达式

$$N = 2^P \times S$$

表示，浮点描述格式为

D_{n-1}	D_{n-2}		D_1	D_0
P_f	P		S_f	S

其中， S 为尾数，表示全部有效数字，一般用定点小数表示， S_f 为尾数符号； P 为阶码，用定点整数表示， P_f 为阶码符号。

例如， $N = -320 = 2^6 \times (-5)$ ，浮点描述为 $N = 2^{110} \times (-101)$ ；若浮点数的阶码和尾数都规定