



高等学校计算机专业“十一五”规划教材

微型计算机原理及应用

王庆利 主 编
李 珍 副主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校计算机专业“十一五”规划教材

微型计算机原理及应用

主 编 王庆利

副主编 李 珍

参 编 王新颖 踪念品

王 健 赵 晨

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

微机原理与接口技术是高等院校理工科各专业的一门重要的计算机技术基础课程。

本书以 8086(8088)为对象, 主要介绍微型计算机的基本结构、指令系统、汇编语言程序设计、基本的程序设计方法及汇编语言与 C 语言的连接、半导体存储器、I/O 接口技术及典型芯片的使用、人机接口技术等。

本书内容充实、概念清晰、重点突出、实例丰富, 先进性与实用性并重。为了巩固所学知识, 每章均有小结和思考题与习题。

本书既可作为高等院校各专业的教材使用, 也可供工程技术人员参考使用。

★ 本书配有电子教案, 有需要者可与出版社联系, 免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理及应用 / 王庆利主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.9

高等学校计算机专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2309-2

I. 微… II. 王… 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(2009)第 126754 号

策 划 杨 璠

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 21.75

字 数 517 千字

印 数 1~4000 册

定 价 31.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2309 - 2/TP · 1170

XDUP 2601001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

微机原理与接口技术是高等院校理工科各专业的一门重要的计算机技术基础课程。

本书以 16 位微处理器为基础,全面介绍了微机的基本结构、工作原理、硬件配置、接口器件和接口种类等。考虑到目前高等院校理工科各专业学生都具有一定的 C 语言程序设计能力以及 C 语言在各种微机检测和控制系统中的广泛应用,本书特增加了汇编语言与 C 语言连接的内容,为读者开发微机控制系统使用 C 语言进行程序设计打下初步基础。同时考虑到理工科各专业学生使用 PC 机的实际需要,本书中也增加了人机接口的内容,目的是使学生通过学习,获得在相应专业领域内应用微型计算机的初步能力。

全书共分 9 章,分属 3 个模块。第 1、2 章属第一模块,主要介绍计算机的运算基础及软、硬件系统组成,特别是硬件系统结构和微处理器结构,使读者了解计算机所采用的各种进位制及数在机器中的表示方法、编码方法和运算方法,并使读者初步建立起计算机的整体概念,明确计算机的工作过程。第 4、5 章为第二模块,主要介绍汇编语言助记符表示的指令和伪指令,以及顺序程序、分支程序、循环程序和子程序的编制方法,使读者学会运用指令系统编写出解决实际问题的应用程序。第 3 章及第 6~8 章属第三模块,主要介绍主机与外部设备间的信息交换方式、存储技术、中断控制技术和常用的接口芯片,使读者掌握必要的接口技术,并具有组成各种各样应用系统的初步能力。第 9 章属第 2 模块的扩展,主要介绍汇编语言与 C 语言的连接,可根据专业的具体情况作为选学内容,因此将该章放在本书的最后。

本书由王庆利、李珍、王新颖、踪念品、王健、赵晨等老师共同编写,其中第 1、2 章由王新颖编写,第 3 章由赵晨编写,第 4、5 章由李珍编写,第 6 章由踪念品编写,第 7、9 章由王健编写,第 8 章由王庆利编写。王庆利担任主编并负责全书统稿,李珍担任副主编。由于作者水平有限,加之时间仓促,书中定有不少缺点,恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 6 月

目 录

第 1 章 微型计算机概述 1	2.4 Pentium 级微处理器的功能结构 46
1.1 基本概念..... 1	2.4.1 Pentium 的功能结构..... 47
1.1.1 微处理器、微型计算机、 微型计算机系统..... 1	2.4.2 Pentium 的内部寄存器..... 48
1.1.2 微型计算机的发展和分类..... 2	2.4.3 Pentium 微处理器的新发展..... 49
1.1.3 微型计算机系统的主要技术指标..... 5	本章小结..... 51
1.2 微型计算机中的数据类型..... 6	思考题与习题..... 51
1.2.1 常用数据类型..... 6	第 3 章 存储器及其与 CPU 的接口 52
1.2.2 各种数制之间的转换..... 8	3.1 存储器概述..... 52
1.2.3 带符号数的表示..... 10	3.1.1 存储器分类..... 52
1.2.4 常用的编码..... 12	3.1.2 半导体存储器分类..... 53
1.3 微型计算机系统的组成..... 15	3.2 半导体存储器的主要技术指标..... 55
1.3.1 微型计算机的硬件..... 15	3.3 随机存取存储器..... 56
1.3.2 微型计算机的软件..... 17	3.3.1 SRAM..... 56
本章小结..... 17	3.3.2 DRAM..... 60
思考题与习题..... 18	3.4 只读存储器..... 63
第 2 章 微处理器结构及基本原理 19	3.4.1 掩膜 ROM..... 63
2.1 微处理器的结构及工作原理..... 19	3.4.2 可擦除可编程的只读存储器..... 64
2.1.1 微处理器的基本结构..... 19	3.4.3 电可擦除可编程的只读存储器..... 67
2.1.2 微处理器的基本工作原理..... 20	3.4.4 可快速擦写编程的 ROM..... 68
2.2 8086 微处理器的功能结构..... 20	3.5 内存储器与 CPU 接口电路..... 69
2.2.1 总线接口部件..... 21	3.5.1 存储芯片的扩展..... 69
2.2.2 执行部件..... 22	3.5.2 内存储器与 CPU 的连接..... 71
2.2.3 8086 CPU 的引脚功能..... 22	3.6 外存储器..... 73
2.2.4 8086 寄存器组..... 25	本章小结..... 76
2.2.5 8086 基本时序..... 28	思考题与习题..... 76
2.2.6 8086 存储器组织..... 34	第 4 章 8086/8088 寻址方式与 指令系统 78
2.3 80X86 微处理器的功能结构..... 35	4.1 8086/8088 微型机的指令格式..... 78
2.3.1 80286 微处理器..... 36	4.2 微型机指令的寻址方式..... 79
2.3.2 80386 微处理器..... 39	4.2.1 立即寻址..... 79
2.3.3 80486 微处理器..... 43	4.2.2 寄存器寻址..... 80

4.2.3 存储器寻址.....	80	6.3 直接存储技术.....	174
4.2.4 隐含寻址.....	84	本章小结.....	184
4.2.5 I/O 端口寻址.....	84	思考题与习题.....	185
4.3 8086/8088 指令系统.....	85	第7章 总线	186
4.3.1 数据传送指令.....	85	7.1 概述.....	186
4.3.2 算术运算指令.....	91	7.1.1 总线分类.....	187
4.3.3 逻辑运算和移位指令.....	100	7.1.2 总线体系结构.....	188
4.3.4 控制转移指令.....	104	7.1.3 总线操作.....	190
4.3.5 串处理指令.....	109	7.1.4 总线传输方式.....	192
4.3.6 控制指令.....	113	7.1.5 总线仲裁.....	197
4.3.7 各种机型提供的新指令.....	114	7.1.6 总线的主要性能参数和总线标准.....	202
本章小结.....	115	7.2 系统总线.....	202
思考题与习题.....	115	7.2.1 ISA 总线.....	203
第5章 汇编语言程序	118	7.2.2 EISA 总线和 VESA 总线.....	205
5.1 汇编语言语法.....	118	7.2.3 PCI 总线.....	206
5.1.1 汇编语言程序的格式.....	118	7.2.4 显卡插槽标准.....	217
5.1.2 汇编语言指令格式.....	119	7.3 外部通信总线.....	219
5.1.3 伪指令.....	121	7.3.1 并行总线 IEEE 488.....	220
5.2 汇编语言程序设计.....	126	7.3.2 IDE 总线和 EIDE 总线.....	223
5.2.1 汇编语言程序设计的基本步骤.....	126	7.3.3 SCSI 总线.....	224
5.2.2 顺序程序.....	127	7.3.4 USB 串行通信总线.....	229
5.2.3 分支程序.....	128	7.3.5 IEEE 1394 高速串行总线.....	233
5.2.4 循环程序.....	131	本章小结.....	236
5.2.5 子程序及过程定义.....	134	思考题与习题.....	237
5.2.6 系统功能调用.....	139	第8章 常用输入/输出接口芯片应用	238
本章小结.....	143	8.1 计数器/定时器 8253.....	238
思考题与习题.....	143	8.1.1 概述.....	238
第6章 微型计算机输入和输出技术	147	8.1.2 8253 的工作原理.....	239
6.1 输入/输出接口基础.....	147	8.1.3 8253 的工作方式.....	242
6.1.1 接口电路的功能.....	147	8.1.4 8253 的应用举例.....	245
6.1.2 I/O 接口的基本组成.....	147	8.2 可编程并行接口 8255A.....	246
6.1.3 I/O 端口及其编址方式.....	149	8.2.1 8255A 的内部结构和引脚信号.....	246
6.1.4 CPU 与外设间的数据传送方式.....	150	8.2.2 8255A 的控制字.....	248
6.2 中断和中断系统.....	152	8.2.3 8255A 的工作方式.....	250
6.2.1 中断概述.....	152	8.2.4 8255A 的应用举例.....	253
6.2.2 中断的处理过程.....	154	8.3 可编程串行通信接口芯片 8251A.....	255
6.2.3 中断管理.....	155	8.3.1 串行通信的基本概念.....	255
6.2.4 微型机的基本中断系统.....	157	8.3.2 串行通信接口及其标准.....	259
6.2.5 中断控制器 8259A 简介.....	159	8.3.3 8251A 串行通信接口.....	262

8.4 数/模(D/A)与模/数(A/D)转换技术 及其接口.....	270	9.2.1 C语言调用汇编语言子程序的 主要步骤.....	306
8.4.1 D/A 转换接口设计.....	271	9.2.2 C语言调用汇编语言子程序的 约定规则.....	307
8.4.2 A/D 转换接口设计.....	277	9.2.3 编译和连接方法.....	309
8.5 人机接口技术.....	285	9.2.4 参数的传递方法.....	313
8.5.1 键盘及其接口.....	285	9.3 汇编语言调用C语言程序模块.....	322
8.5.2 鼠标器.....	288	9.3.1 汇编语言调用C语言程序的 主要步骤.....	322
8.5.3 显示器及其接口.....	289	9.3.2 汇编语言调用C语言程序的 约定规则.....	322
8.5.4 打印机及其接口.....	295	9.3.3 程序实例.....	325
本章小结.....	296	本章小结.....	328
思考题与习题.....	297	思考题与习题.....	329
第9章 汇编语言与C语言的连接	298	附录A 标准ASCII码字符集	331
9.1 在C语言中嵌入汇编语言语句.....	298	附录B 8086/8088汇编指令一览表	332
9.1.1 在C语言中嵌入汇编语言的 两种格式.....	299	参考文献	340
9.1.2 数据访问规则.....	301		
9.1.3 嵌入汇编语言的编译方法.....	303		
9.2 C语言调用汇编语言程序模块.....	306		

第1章 微型计算机概述

本章学习目标

- 掌握微处理器、微型计算机、微型计算机系统的基本概念。
- 掌握微型计算机系统的组成。
- 掌握微型计算机中的数据类型。
- 了解微型计算机的发展和分类。

1.1 基本概念

1.1.1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

微处理器是微型计算机进行控制和处理的核心,通常也直接用CPU(中央处理单元)表示微处理器。微处理器主要由算术逻辑单元(ALU)、控制部件和寄存器三部分组成,其中:

- ALU 用来进行算术运算和逻辑运算。
- 控制部件用来产生一定的时序控制信号,控制指令的执行。
- 寄存器用于存放指令、操作数、中间结果及地址信息等。

这三部分通过微处理器的内部总线相连。

随着微电子技术的发展,特别是大规模集成电路技术的发展,微处理器的性能越来越强,工作频率越来越高。从 Intel 公司生产的世界上第一个四位微处理器 4004 发展到功能强大的 Pentium 4,微处理器的处理能力越来越强大。现在的微型计算机的处理能力已经赶上或超过早期小型机或中型机的处理能力,有些甚至与早期大型机的处理能力相差无几。

微型计算机通常称为微型机,由微处理器、主存储器、I/O 接口和总线四部分组成,其中:

- ① 微处理器是微型计算机执行指令,进行控制和运算的核心部件。
- ② 主存储器是存储信息的部件,用来存储当前正在使用的程序和数据。
- ③ 微型计算机和外部设备之间的联系以及数据传输通过 I/O 接口实现,如显示器的接口、外存储器的接口等。
- ④ 总线是连接微处理器和其他部件的通路。总线分为地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB),分别用于传输地址、数据和控制信息。

微型计算机系统可以分为硬件系统和软件系统。

(1) 硬件系统由微型计算机和电源、辅助电路及外部设备组成。常见的外部设备有键盘、鼠标、显示器、硬盘、打印机等。

(2) 软件系统包括系统软件、编译程序、数据库管理软件和各种应用程序。系统软件用于有效地管理计算机的各种资源,合理地组织计算机的工作流程,并为用户提供友好的人机接口。操作系统是最常见的系统软件。

微型计算机系统只有在硬件系统与软件系统相互配合下才能正常而有效地工作。

1.1.2 微型计算机的发展和分类

自 20 世纪 40 年代世界上第一台计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学研制成功以来,电子计算机经历了几次重大的技术革命,得到了突飞猛进的发展。通常按照电子计算机采用的电子器件来进行划分,可将电子计算机的发展分为 4 个阶段,习惯上称为四代。

第一代:电子管计算机时代(1946 年第一台计算机问世~20 世纪 50 年代后期)。这一时期的计算机采用电子管作为基本器件。在这一时期,计算机主要为军事与国防尖端技术的需要而研制,并逐步扩展到民用,转为工业产品,形成了计算机工业。

第二代:晶体管计算机时代(20 世纪 50 年代中期~20 世纪 60 年代后期)。在这一时期,作为计算机主要器件的电子管逐步被晶体管所取代,使得整机的体积缩小,功耗降低,可靠性和运算速度得到提高,且价格下降。并且随着磁芯存储器的使用,计算机速度得到进一步提高。计算机的应用领域由军事与尖端技术领域扩大到气象、工程设计、数据处理以及其他科学研究等领域。

第三代:集成电路计算机时代(20 世纪 60 年代中期~20 世纪 70 年代前期)。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件,功耗、体积、价格进一步下降,而速度和可靠性进一步提高,使计算机的应用领域进一步扩大,更多地应用于数据处理领域。

第四代:大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代(20 世纪 70 年代以后)。这一时期的计算机采用大规模和超大规模集成电路作为基本器件,芯片集成度和微处理器的工作速度基本按摩尔定律发展,大体上每 2~3 年翻两番。半导体存储器取代磁芯存储器,并不断向大容量、高速度发展。微型计算机和计算机网络的产生和发展,使计算机的应用更加普及,并深入到社会生活各方面。

随着大规模和超大规模集成电路制造技术的发展,20 世纪 70 年代初期,已经能把原来体积很大的中央处理器电路集成在一片面积仅十几平方毫米的微处理器(MP, Microprocessor)电路芯片上。微处理器的出现开创了微型计算机的新时代。所谓微型计算机,是指以微处理器为核心再配上半导体存储器、输入/输出(I/O)接口电路、系统总线及其他逻辑电路组成的计算机。微型计算机的出现,为计算机技术的发展和普及开辟了崭新的途径,是计算机科学技术发展史上的一个新的里程碑。由于微型计算机具有体积小、质量轻、价格便宜、耗电少、可靠性高、通用性和灵活性强等突出特点,再加上超大规模集成电路技术的迅速发展,微型计算机技术得到极其迅速的发展和广泛的应用。从 1971 年美国 Intel 公司首先研制成功世界上第一块微处理器芯片 4004 以来,差不多每隔 2~3 年就推出一代新的微处理器产品。微处理器是微型计算机的核心部件,它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此,微型机的发展是以微处理器的发展而更新换代的。目前,以 Pentium Pro(P6)为代表的微处理器已进入第六代。

1. 第一代(1971~1973年): 4位或低档8位微处理器

第一代微处理器是以4位微处理器和低档8位微处理器为代表的,典型的产品有美国Intel公司1971年推出的Intel 4004,它是实现4位并行运算的单片微处理器,构成运算器和控制器的所有元件都集成在一片大规模集成电路芯片上。以它为核心构成的微型计算机代表是MCS-4。1972年3月Intel公司推出了低档8位通用微处理器Intel 8008,以Intel 8008为核心构成的微型计算机代表是MCS-8。第一代微处理器的芯片采用PMOS(Metal-Oxide Semiconductor,金属氧化物半导体)工艺,集成度约为2000管/片,时钟频率为1MHz,平均指令执行时间为20 μ s。

第一代微型计算机的特点是指令系统简单,运算功能单一,但价格低廉,使用方便。

2. 第二代(1974~1978年): 中高档8位微处理器

微处理器问世后,众多公司纷纷研制微处理器逐步形成以Intel公司、Motorola公司和Zilog公司产品为代表的3大系列微处理器。中高档8位微处理器的典型产品有:1973年Intel公司推出的Intel 8080及其改进型8085;1974年美国Motorola公司推出的MC6809;1975年Zilog公司推出的Z-80,它是国内曾经最流行的单板微型机TP801采用的微处理器;MOS公司推出的MOS 6502,它是IBM PC问世之前世界上最流行的微型计算机Apple II(苹果机)的微处理器。第二代微处理器的芯片采用NMOS工艺,集成度达到5000~9000管/片,微处理器的性能技术指标有明显改进,时钟频率为2~4MHz,运算速度加快,平均指令执行时间为1~2 μ s。

第二代微型计算机的特点是具有多种寻址方式,指令系统较完善。在系统结构上,已经具有典型计算机的体系结构,具有中断、DMA(Direct Memory Access,直接存储器存取)等控制功能,设计考虑了机器间的兼容性、端口的标准化和通用性,配套外围电路的功能和种类齐全。在软件方面,除汇编语言外,还有高级语言和操作系统。

3. 第三代(1978~1983年): 16位微处理器

20世纪70年代后期,超大规模集成电路研制成功和制造技术的成熟,进一步推动微处理器和微型计算机生产技术向更高层次发展,出现了16位微处理器。这一时期最典型的产品是Intel公司1978年推出的16位微处理器Intel 8086,以及与8086内部结构相同,但外部总线只有8位的准16位微处理器8088。除8086/8088外,这一时期的典型产品还有Zilog公司的Z-8000和Motorola公司的MC68000等。第三代微处理器采用HMOS高密度集成工艺技术,集成度为2~7万管/片,时钟频率为4~8MHz,数据总线宽度为16位,地址总线宽度为20位,可寻址内存空间达1MB,运算速度比8位机提高2~5倍。1981年,IBM公司推出的以8088为微处理器的个人计算机IBM PC/XT投入市场后迅速占领市场,形成了使用16位个人计算机的高潮。1982年,Intel公司又推出80286微处理器,它是16位微处理器中的高档产品,其集成度达到10万管/片,时钟频率为10MHz,平均指令执行时间为0.2 μ s,速度比8086提高5~6倍。

第三代微型计算机的特点是具有丰富的指令系统、多种寻址方式以及多种数据处理形式,并采用多级中断,有完善的操作系统。其微处理器(80286)含有多任务系统必需的任务

转换功能、存储器管理功能和多种保护机构，以支持虚拟存储体系结构。

4. 第四代(1983~1993年): 32位高档微处理器

1983年以后,以 Intel 公司为代表的一些世界著名半导体集成电路生产商先后推出了 32 位微处理器,这一时期的典型产品有:1983 年 Zilog 公司推出的 Z-80000;1984 年 Motorola 公司推出的 MC68020;1985~1989 年 Intel 公司推出的 Intel 80386 和 Intel 80486;NEC 公司推出的 V70 等。32 位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代,无论是从结构、功能还是从应用范围等方面看,都可以说是小型机的微型化。第四代微处理器采用先进的高速 CMOS(HCMOS)工艺,集成度为 1~120 万管/片,具有 32 位数据总线和 32 位地址总线,直接寻址能力高达 4 GB,同时具有存储保护和虚拟存储功能,虚拟空间可达 64 TB(2^{64} B),时钟频率达到 16~33 MHz,平均指令执行时间约 0.1 μ s,运算速度为 300~400 万条指令/秒,即 3~4 MIPS(Million Instruction Per Second,每秒百万条指令)。

第四代微型计算机的特点是内部采用流水线控制(80386 采用 6 级流水线),使取指令、指令译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。Intel 80486 片内增加了协处理器和 8 KB 的片内高速缓存(即一级 Cache),支持配置外部高速缓存(即二级 Cache)。内部数据总线宽度有 32 位、64 位和 128 位,分别用于不同单元间的数据交换。采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)技术,使微处理器可以在一个时钟周期内执行一条指令;采用突发总线(Burst BUS)技术与外部 RAM 进行高速数据交换,大大加快了数据处理速度。

5. 第五代(1993年后): 准 64 位高档微处理器

第五代微处理器的推出,使微处理器技术发展到了一个崭新阶段,这一时期的典型产品有:1993 年 Intel 公司推出的 Pentium;1995 年 IBM 公司、Motorola 公司、Apple 公司联合推出的 Power PC;AMD 公司推出的 K5。第五代微处理器采用亚微米(0.6 μ m)的 CMOS 工艺制造,集成度高达 310 万管/片,采用 64 位外部数据总线,使经总线访问内存数据的速度高达 528 MB/s,是主频为 66 MHz 的 80486-DX2 最高速度(105 MB/s)的 5 倍,36 位地址总线使可寻址空间达 64 GB。

第五代微型计算机采用了全新的体系结构,内部采用超标量流水线设计,在微处理器内部有 U、V 两条流水线并行工作;允许 Pentium 在单个时钟周期内执行两条整数指令,即实现指令并行;Pentium 芯片内采用双 Cache 结构,即指令 Cache 和数据 Cache,每个 Cache 为 8 KB,数据宽度为 32 位,避免了预取指令和数据可能发生的冲突。数据 Cache 还采用了回写技术,大大节省了处理器的处理时间;采用分支指令预测技术,实现动态预测分支程序的指令流向,大大节省了处理器用于判别分支程序的时间。

6. 第六代(1995年后): 64 位微处理器

1995 年 2 月,Intel 公司推出第六代微处理器 Pentium PRO (P6)。P6 采用 0.6 μ m 工艺,集成度为 550 万管/片,具有两个一级高速缓存(即 8 KB 的指令 Cache 和 8 KB 的数据 Cache),256 KB 的二级 Cache,内部采用 12 级超标量流水线结构,一个时钟周期可以执行 3 条指令,同时它在 CISC(复杂指令集)/RISC 的混合使用、乱序执行等方面都有新的特点。随后,Intel 公司对 P6 的性能作了进一步的改进和提升,2000 年末 Intel 公司又推出了 Pentium 4。Pentium 4 采用 0.18 μ m 工艺,集成度为 4200 万管/片,具有两个一级高速缓存(即 64 KB 的指令 Cache

和 64 KB 的数据 Cache), 512 KB 的二级 Cache, 其电源电压仅为 1.9 V, 主频为 1.3~3.6 GHz。由于 Pentium 4 内部采用了 20 级超标量流水线结构, 并增加了很多新指令, 因此更加有利于多媒体操作和网络操作。

第六代微处理器性能优异, 适应当前对多媒体、网络、通信等多方面的要求。随着科学技术的发展, 会不断地对微处理器提出新的要求, 新型、新概念的微处理器定会层出不穷。

1.1.3 微型计算机系统的主要技术指标

一台微机性能的优劣, 主要是由它的系统结构、硬件组成、系统总线、外部设备以及软件配置等因素来决定的, 具体表现在以下几个主要技术指标上。

1. 字长

微机的字长是指微处理器内部一次可以并行处理二进制代码的位数, 它与微处理器内部寄存器以及 CPU 内部数据总线宽度是一致的。字长越长, 所表示的数据精度就越高。在完成同样精度的运算时, 字长较长的微处理器比字长较短的微处理器运算速度快。大多数微处理器内部的数据总线与微处理器的外部数据引脚宽度是相同的, 但也有少数例外, 如 Intel 8088 微处理器内部数据总线为 16 位, 而芯片外部数据引脚只有 8 位; Intel 80386 SX 微处理器内部为 32 位数据总线, 而外部数据引脚为 16 位。对这类芯片仍然以它们的内部数据总线宽度为字长, 但把它们称作“准 XX 位”芯片。例如, 8088 被称为“准 16 位”微处理器芯片, 80386SX 被称作“准 32 位”微处理器芯片。

2. 主存容量

主存容量是主存储器所能存储的二进制信息的总量, 它反映了微机处理信息时容纳数据量的能力。主存容量越大, 微机工作时主、外存储器间的数据交换次数就越少, 处理速度也就越快。主存容量常以字节(Byte)为单位, 并定义 KB、MB、GB、TB 等派生单位, 其中:

$$1 \text{ KB} = 1024 \text{ B}; 1 \text{ MB} = 1024 \text{ KB}; 1 \text{ GB} = 1024 \text{ MB}; 1 \text{ TB} = 1024 \text{ GB}$$

80X86 微型机能配置的最大内存容量受 CPU 所支持的物理地址空间范围的限制, 一般配置为几百 KB 到几百 MB。

3. 指令执行时间

指令执行时间是指计算机执行一条指令所需的平均时间, 其长短反映了计算机执行一条指令速度的快慢。它一方面取决于微处理器工作的时钟频率; 另一方面又取决于计算机指令系统的设计、CPU 的体系结构等。微处理器工作时钟频率指标可表示为多少兆赫[兹](或吉赫兹), 即 MHz(或 GHz); 微处理器指令执行速度指标则表示为每秒运行多少百万条指令(MIPs, Millions of Instructions Per Second)。

4. 系统总线

系统总线是连接微机系统各功能部件的公共数据通道。系统总线所支持的数据传送位数和时钟频率直接关系到整机的性能。数据传送位数越多, 总线工作时钟频率越高, 系统总线的信息吞吐率就越高, 整机的性能就越强。目前, 微机系统采用了多种系统总线标准, 如 ISA、EISA、VESA、PCI、PCI-Express 等。

5. 外部设备配置

在微机系统中,外部设备(外设)占据了重要地位。计算机信息的输入、输出、存储都必须由外设来完成,微机系统一般都配置了显示器、打印机、键盘等外设。微机系统所配置的外设,其速度快慢、容量大小、分辨率高低等技术指标都影响着微机系统的整体性能。

6. 系统软件配置

系统软件也是计算机系统不可或缺的组成部分。微机硬件系统仅是一个裸机,它本身并不能运行。若要运行,必须有基本的系统软件支持,如DOS、Windows等操作系统。系统软件配置是否齐全,软件功能的强弱,是否支持多任务、多用户操作等都是微机硬件系统性能能否得到充分发挥的重要因素。

1.2 微型计算机中的数据类型

在日常生活中,人们习惯使用十进制数来进行计数和计算。但计算机系统内部使用的所有指令或数据都采用二进制代码,并通过数字器件的不同状态来表示。二进制形式的代码是计算机唯一能识别的机器语言,因此,所有需要计算机处理的数字、字母、符号等都必须采用二进制表示。但由于二进制数难记忆,阅读和书写也不方便,因此在计算机中有时也采用其他进制,如十六进制、八进制和十进制等。本节将介绍二进制与其他进制间的转换及计算机中的编码方式。

1.2.1 常用数据类型

1. 数制

数制是人们用来表示数据的科学方法。日常生活中我们最熟悉的是十进制数,此外还有二进制数、八进制数、十六进制数等。为了区别不同的进位计数制,可以用字母表示数制,用B(Binary)表示二进制、O(Octal)表示八进制、D(Decimal)表示十进制、H(Hexadecimal)表示十六进制。

1) 十进制数

十进制数由10个数码(0、1、2、3、4、5、6、7、8、9)组成,无论数的大小,都可用这10个数码组合来表示。任何一个十进制数D,都可用权展开式表示为

$$(D)_{10} = D_{n-1} \times 10^{n-1} + D_{n-2} \times 10^{n-2} + D_{n-3} \times 10^{n-3} + \cdots + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0 \\ + D_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + D_{-m} \times 10^{-m}$$

其中, D_i 是D的第*i*位的数码,可以是0~9中的任何一个;*n*和*m*为正整数,*n*表示小数点左边的位数,*m*表示小数点右边的位数;10为基数; 10^i 称为十进制数的权。

例 1.1 十进制数4236.86可以表示为

$$(4236.86)_{10} = 4 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

2) 二进制数

二进制数中,任何数都是由0、1两个数码组成的。一个二进制数的按权展开式表示为

$$(B)_2 = B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + B_{n-3} \times 2^{n-3} + \cdots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 \\ + B_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + B_{-m} \times 2^{-m}$$

其中, B_i 是 B 的第 i 位的数码, 可以是 0 或 1 中的任何一个; n 和 m 为正整数, n 表示小数点左边的位数, m 表示小数点右边的位数; 2 为基数; 2^i 称为二进制数的权。

例 1.2 二进制数 1101.11 可表示为

$$(1101.11)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

3) 十六进制数

十六进制数由 16 个数码(0~9 和 A~F)组成, 无论数的大小, 都可用这 16 个数码的组合来表示。任何一个十六进制数 H , 都可用权展开式表示为

$$(H)_{16} = H_{n-1} \times 16^{n-1} + H_{n-2} \times 16^{n-2} + H_{n-3} \times 16^{n-3} + \cdots + H_1 \times 16^1 + H_0 \times 16^0 \\ + H_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + H_{-m} \times 16^{-m}$$

其中, H_i 是 H 的第 i 位的数码, 可以是 0~9 和 A~F 中的任何一个; n 和 m 为正整数, n 表示小数点左边的位数, m 表示小数点右边的位数; 16 为基数; 16^i 称为十六进制数的权。

例 1.3 十六进制数 3FB1.A 可表示为

$$(3FB1.A)_{16} = 3 \times 16^3 + F \times 16^2 + B \times 16^1 + 1 \times 16^0 + A \times 16^{-1}$$

二进制数与十六进制数之间存在一种特殊的关系, 即 $2^4=16$, 所以一位十六进制数可以用 4 位二进制数表示, 见表 1.1。

表 1.1 十六、十、二进制对照表

十六进制(H)	十进制(D)	二进制(B)	十六进制(H)	十进制(D)	二进制(B)
0	0	0000	8	8	1000
1	1	0001	9	9	1001
2	2	0010	A	10	1010
3	3	0011	B	11	1011
4	4	0100	C	12	1100
5	5	0101	D	13	1101
6	6	0110	E	14	1110
7	7	0111	F	15	1111

4) 八进制数

八进制数由 8 个数码(0~7)组成, 无论数的大小, 都可用这 8 个数码组合来表示。任何一个八进制数 O , 都可用权展开式表示为

$$(O)_8 = O_{n-1} \times 8^{n-1} + O_{n-2} \times 8^{n-2} + O_{n-3} \times 8^{n-3} + \cdots + O_1 \times 8^1 + O_0 \times 8^0 \\ + O_{-1} \times 8^{-1} + \cdots + O_{-m} \times 8^{-m}$$

其中, O_i 是 O 的第 i 位的数码, 可以是 0~7 这 8 个符号中的任何一个; n 和 m 为正整数, n 表示小数点左边的位数, m 表示小数点右边的位数; 8 为基数; 8^i 称为八进制数的权。

例 1.4 八进制数 7320.11 可表示为

$$(7320.11)_8 = 7 \times 8^3 + 3 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 0 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$$

二进制数与八进制数之间存在一种特殊的关系, 即 $2^3=8$, 所以一位八进制数可以用 3 位二进制数表示, 见表 1.2。

表 1.2 八、二进制对照表

八进制(O)	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制(B)	000	001	010	011	100	101	110	111

1.2.2 各种数制之间的转换

人们习惯的是十进制数，计算机采用的是二进制数，编程又多用十六进制数，因此必然产生数制转换的问题。

1. 非十进制数转换为十进制数

转换方法：按位权展开，再求和。

例 1.5 将二进制数 101.11 和十六进制数 F94 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解：(1)} \quad (101.11)_2 &= 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 4 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= 5.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(2)} \quad (F94)_{16} &= 15 \times 16^2 + 9 \times 16^1 + 4 \times 16^0 \\ &= 3988 \end{aligned}$$

注意：只有十进制数的下标可以省略，其他进制数的下标不可以省略。

2. 十进制数转换为非十进制数(K 进制数)

转换方法：将十进制数的小数部分和整数部分分别转换。

① 整数部分：除 K 取余，直至商为 0，每除一次取一个余数，从低位排向高位。

② 小数部分：乘 K 取整，用转换进制的基数(K)乘以小数部分，直至小数为 0 或达到转换精度要求的位数。每乘一次取一次整数，从最高位排到最低位。

例 1.6 将十进制数 112.25 转换为等值的二进制数。

<p>解：整数部分</p> $\begin{aligned} 112/2 &= 56 & \text{余数} &= 0 \text{ (最低位)} \\ 56/2 &= 28 & \text{余数} &= 0 \\ 28/2 &= 14 & \text{余数} &= 0 \\ 14/2 &= 7 & \text{余数} &= 0 \\ 7/2 &= 3 & \text{余数} &= 1 \\ 3/2 &= 1 & \text{余数} &= 1 \\ 1/2 &= 0 & \text{余数} &= 1 \end{aligned}$	<p>小数部分</p> $\begin{aligned} 0.25 \times 2 &= 0.5 & \text{整数} &= 0 \text{ (最高位)} \\ 0.5 \times 2 &= 1 & \text{整数} &= 1 \end{aligned}$
---	---

从而得到转换结果为

$$112.25 = (1110000.01)_2$$

十进制数转换为二进制数的另一种方法是减权定位法，就是从可能转换为二进制数的最高位开始，依次将十进制数减去二进制数各位的权，够减则该位系数置 1，不够减置 0。当整数部分余数小于 16 时则可以直接写出二进制数。此方法优点是简单、快捷，但需要记住二进制数各位的权。二进制数各位的权如下：

$$\begin{aligned} 2^{-3} &= 0.125 & 2^{-2} &= 0.25 & 2^{-1} &= 0.5 & 2^0 &= 1 & 2^1 &= 2 & 2^2 &= 4 & 2^3 &= 8 & 2^4 &= 16 & 2^5 &= 32 \\ 2^6 &= 64 & 2^7 &= 128 & 2^8 &= 256 & 2^9 &= 512 & 2^{10} &= 1024 & 2^{11} &= 2048 & \cdots & 2^{16} &= 65536 & \cdots \end{aligned}$$

例 1.7 将 158 转换为二进制数。

解: $158 = (10011110)_2$

例 1.8 将 301.6875 转换为十六进制数。

解:	整数部分		小数部分
	$301/16 = 18$	余数 = D	$0.6875 \times 16 = 11.0000$
	$18/16 = 1$	余数 = 2	整数 = 11(D) = B(H)
	$1/16 = 0$	余数 = 1	

所以

$$301.6875 = (12D.B)_{16}$$

3. 八进制数、十六进制数转换为二进制数

由于 $2^3 = 8$, 所以 1 位八进制数可以用 3 位二进制数表示; 而 $2^4 = 16$, 所以 1 位十六进制数可以用 4 位二进制数表示。

转换方法: 按位展开。

例 1.9 将八进制数 724.5 转换为二进制数。

解: 按位: $(7 \quad 2 \quad 4.5)_8$

↓ ↓ ↓ ↓

展开: 111 010 100.101

结果: $(724.5)_8 = (111010100.101)_2$

例 1.10 将十六进制数 7FA.0E 转换为二进制数。

解: 按位: $(7 \quad F \quad A. \quad 0 \quad E)_{16}$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

展开: 0111 1111 1010.0000 1110

结果: $(7FA.0E)_{16} = (011111111010.00001110)_2$

4. 二进制数转换为八进制数、十六进制数

转换方法: 分组转换。以小数点为界, 分别向左、右, 令整数和小数部分每 3 位或 4 位一组。若整数最高位的一组不足 3 位或 4 位, 则在其左边补 0; 若小数最低位的一组不足 3 位或 4 位, 则在其右边补 0。然后将每组二进制数用对应的八进制数或十六进制数代替, 则得到转换结果。

例 1.11 将二进制数 110001100110.010 转换为八进制数。

解: 分组: $(110 \quad 001 \quad 100 \quad 110. \quad 010)_2$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

转换: 6 1 4 6 . 2

结果: $(110001100110.010)_2 = (6146.2)_8$

例 1.12 将二进制数 10010010101001110001101.110 转换为十六进制数。

解: 分组: $((0)100 \quad 1001 \quad 0101 \quad 0011 \quad 1000 \quad 1101. \quad 110(0))_2$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

转换: 4 9 5 3 8 C . B

结果: $(10010010101001110001101.110)_2 = (49538C.B)_{16}$

1.2.3 带符号数的表示

1. 机器数与真值

计算机在处理实际问题时遇到的数据通常是带符号数。数据的符号(+或-)也是用二进制数码来表示的。一般用“0”表示正数符号，用“1”表示负数符号。这样，机器中数的符号也数值化了。比如：

$$N_1 = (+1011011)_2 \quad N_2 = (-1011011)_2$$

在计算机中的表示为

$$N_1 = (01011011)_2 \quad N_2 = (11011011)_2$$

通常将符号数值化了的带符号数称为机器数，将带符号数的数值部分称为机器数的真值。机器数在计算机内也有不同的表示方法，即采用不同的码制来表示，常见的码制有原码、反码和补码等。

2. 原码表示法

原码表示法是一种简单的机器数表示法，即符号和数值表示法。设 X 为真值， $[X]_{原}$ 为机器数表示。

- ① 对于正数，设 $X = (1100110)_2$ ，则 $[X]_{原} = (01100110)_2$ 。
- ② 对于负数，设 $X = (-1100111)_2$ ，则 $[X]_{原} = (11100111)_2$ 。
- ③ 对于 0，在原码表示法中，0 有两种表示形式：

$$[+0]_{原} = (00000000)_2 \quad [-0]_{原} = (10000000)_2$$

在原码表示法中用 8 位二进制数表示的整数数据范围为 $-127 \sim +127$ 。

3. 反码表示法

- ① 对于正数，反码表示形式与原码表示形式相同，即 $[X]_{反} = [X]_{原}$ 。

例 1.13 求 $X = (+1010101)_2$ 的反码。

解：
$$[X]_{反} = [X]_{原} = (01010101)_2$$

- ② 对于负数，对符号位以外各位按位“取反”(0 变 1, 1 变 0)即可。

例 1.14 求 $X = (-1100111)_2$ 的反码。

解：
$$[X]_{反} = (10011000)_2$$

- ③ 对于 0，在反码表示法中，0 有两种表示形式：

$$[+0]_{反} = (00000000)_2 \quad [-0]_{反} = (11111111)_2$$

在反码表示法中用 8 位二进制数表示的整数数据范围为 $-127 \sim +127$ 。

4. 补码表示法

- ① 对于正数，补码表示形式与原码表示形式相同，即 $[X]_{补} = [X]_{原}$ 。

例 1.15 求 $X = (+1010101)_2$ 的外码。

解：
$$[X]_{补} = [X]_{原} = (01010101)_2$$

- ② 对于负数，对符号位以外各位按位“取反”(0 变 1, 1 变 0)，再加 1。

例 1.16 求 $X = (-1100111)_2$ 的补码。

解：
$$[X]_{补} = (10011001)_2$$