

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WEIXINGJISUANJI YUANLI
JI YINGYONG

微型计算机原理 及应用

杨凌霄 主 编
王 莉 胡治国 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WEIXINGJISUANJI YUANLI
JI YINGYONG

微型计算机原理 及应用

主 编 杨凌霄
副主编 王 莉 胡治国
编 写 苏 珊 崔立志 张玉均
主 审 薛钧义



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 简 介

全书共分9章,内容安排上注重系统性、先进性与实用性,各章前后呼应,着眼于如何设计一个实用的微型机系统。前四章介绍了微型计算机组成的一般概念及必备知识,以8086/8088为蓝本介绍了微型机系统的组成原理、体系结构、编程模型、工作模式、操作时序、寻址方式、指令系统、汇编语言程序设计方法,并介绍了从80X86到Pentium系列的寄存器及指令的扩充;第五章讨论存储器的原理和使用,并对内存条及闪存存储器作了适当介绍;第六、七章论述中断系统和I/O接口技术,重点分析了中断控制器8259A、计数器/定时器8253/8254、通用并行接口82C55、通用串行接口16C550、DMA控制器8237A、串行A/D转换器MAX1148及I²C总线模/数转换器ADS1100,逐一讲解了各关键接口部件的原理和应用,并以CPLD/FPGA来实现这些器件的部分功能;第八章以Pentium为对象介绍现代微机系统,着重对存储管理技术、虚拟存储技术、流水线技术以及32位微型机系统的高速缓存技术作了详尽的阐述,并在此基础上对Pentium的技术特点作了说明和总结;第九章论述汇编语言高级编程,尤其是C/C++与汇编混合编程技术,可视之为对前面所学知识的总结和提高。

本书可作为大专院校电类非计算机专业和其他相近专业本科生的教材,也可作为计算机III级考试的培训教材,还可供从事微型计算机系统设计和应用的技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用/晏寄夫主编. —3版. —成都:西南交通大学出版社,2008.8

(21世纪教改系列教材)

ISBN 978-7-5643-0043-2

I. 微… II. 晏… 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(2008)第132373号

责任编辑 张华敏

封面设计 陈旭文 翟瑾 钟波

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸:185mm×260mm 印张:27.75

字数:691千字 印数:8 001—12 000册

2003年2月第1版 2005年11月第2版

2008年8月第3版 2008年8月第4次印刷

ISBN 978-7-5643-0043-2

定价:39.80元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562



前言

《微型计算机原理及应用》是高等院校工科专业大学生必修的一门重要专业基础课程。本课程的目的是使学生对微型计算机系统的组成、工作原理及应用有全面深入的认识,初步掌握微型计算机接口的特点及使用方法,能够读懂微型计算机系统原理图及简单的接口硬件原理图和相关控制程序,并在此基础上使学生具有微机应用系统软、硬件开发的初步能力。本书基于上述基本指导思想,结合多年的教学实践、以 8086/8088 CPU 为机型,从原理和应用两方面进行介绍和分析。

本书由浅入深、循序渐进地对微型计算机各组成部件的基本概念、结构、功能及工作原理进行了讲解。

全书分为 9 章,第一章从电子计算机的基本结构和工作原理入手,着重介绍了微处理器和微型计算机的基本概念、组成和应用;第二章主要介绍了几种常用的数制及其转换方法、数据在计算机中的表示方法和常用编码形式;第三章对 8086/8088 CPU 的编程结构、工作原理及其所构成的微型计算机系统进行了分析和介绍;第四、五章介绍了 8086 的指令系统和汇编语言程序设计;第六章介绍了存储芯片的结构及存储器的扩展方法;第七章介绍了中断的基本概念,重点介绍 8086 的中断系统,并对典型的中断接口芯片 8259A 的组成及应用进行了介绍;第八章对输入输出接口技术的基本概念进行介绍,并介绍了典型的可编程接口芯片 8255A 和 8253 及它们在实际中的应用;第九章介绍了计算机串行通信的基本概念及串行接口芯片 8251A 的结构和应用。

本书在编写中注重理论联系实际,首先力求将基本原理讲清讲透,使学生掌握基本概念,在这个前提下强调用基本概念、基本方法去分析和解决实际问题,以培养学生的实际应用能力。在叙述上力求概念清楚、文字简洁、例证丰富。为便于巩固学习效果,每章的后面都配有相应的习题。

本书由河南理工大学电气工程与自动化学院教师编写,杨凌霄任主编,王莉、胡治国任副主编。书中第一章和第四章由胡治国编写;第二章及附录由张玉均编写;第三章由崔立志编写;第五章、第六章由王莉编写;第七章、第八章由杨凌霄编写;第九章由苏珊编写。余发山教授和王福忠教授为本书的编写提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

本书由西安交通大学薛钧义教授主审,并提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望读者批评指正。

编者

2008 年 5 月于河南理工大学

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 电子计算机的基本组成和工作原理	1
第二节 微处理器、微型计算机、微处理器系统	3
第三节 微型计算机的发展	5
第四节 微型计算机的应用	6
习题	7
第二章 计算机中的数制与编码	8
第一节 数制及其转换	8
第二节 计算机中数的表示方法	11
第三节 常用的编码方法	14
习题	17
第三章 微处理器及其结构	19
第一节 8086/8088 微处理器的内部结构	19
第二节 8086/8088 微处理器的外部特性	25
第三节 存储器组织	30
第四节 8086 微处理器的工作时序	34
第五节 Intel 80x86 微处理器简介	37
习题	40
第四章 8086/8088 CPU 指令系统	41
第一节 8086/8088 CPU 寻址方式	41
第二节 8086/8088 指令码格式	46
第三节 数据传送指令	47
第四节 算术运算指令	55
第五节 逻辑运算和移位指令	63
第六节 串操作指令	68
第七节 控制转移指令	71
第八节 处理器控制指令	80
习题	82
第五章 汇编语言程序设计	84
第一节 程序设计语言的演变	84
第二节 汇编语言程序结构与语句格式	85
第三节 伪指令	90
第四节 汇编语言程序设计	95
第五节 常用 DOS 功能调用	110

第六节 汇编语言源程序上机过程	112
习题	118
第六章 存储器系统	120
第一节 概述	120
第二节 半导体存储器芯片	123
第三节 存储器扩充方法	131
第四节 存储器与微处理器的连接	133
第五节 提高主存储器性能的措施	138
习题	139
第七章 中断技术	141
第一节 概述	141
第二节 8086/8088 的中断系统	145
第三节 可编程中断控制器 8259A	148
习题	164
第八章 输入/输出接口技术	165
第一节 概述	165
第二节 CPU 与接口之间传送信息的方式	168
第三节 可编程并行接口芯片 8255A	172
第四节 可编程计数器/定时器 8253	182
习题	192
第九章 串行通信技术及其接口芯片	194
第一节 串行通信概述	194
第二节 串行通信接口标准	198
第三节 串行通信接口的基本原理	203
第四节 可编程串行接口芯片 Intel 8251A	205
习题	212
附录	213
参考文献	221

第一章 概 述

本章从电子计算机的基本结构和工作原理入手,简要介绍微处理器和微型计算机的基本概念、组成和应用,是学习本课程的基础知识。

通过本章学习,要求读者了解微型计算机的发展和应用;掌握微处理器的基本概念,总线的概念及分类;理解冯·诺依曼计算机工作原理;熟悉微型计算机系统的组成,为今后的学习起到提纲挈领的作用。

半个多世纪来,计算机的产生、发展带动着人类在科学大道上迅猛前进。1946年,美国宾夕法尼亚大学研制出世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 以来,其发展速度相当惊人。随着采用器材(件)从电子管、晶体管、中小规模集成电路发展到大规模集成电路、超大规模集成电路,20世纪70年代初出现了第一台微型计算机。

最初的计算机只是作为一种现代化的计算工具,而微型计算机的出现为计算机的应用开拓了极为广阔的前景,展示了它在信息社会中日益显要的地位。计算机特别是微型计算机的科学水平、生产规模和应用程度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。计算机已经不只是一种计算工具,它已经渗透到国民经济及社会生活的各个领域,成为信息时代的重要标志。

第一节 电子计算机的基本组成和工作原理

一、电子计算机的基本组成

电子计算机的硬件系统是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个部分组成,如图1-1所示。

1. 运算器

运算器又称作算术逻辑单元(ALU),它是计算机中负责对数据进行运算处理的部件。主要功能是完成各种算术运算和逻辑运算,如加、减、乘、除、逻辑判断、逻辑比较等。运算器的运算速度是计算机的主要性能指标之一。

2. 控制器

控制器相当于计算机的指挥中心,它负责控制和指挥计算机中的各个部件协调工作。主要功能是从存储器中取出指令、分析指令,并且按照先后顺序向计算机中的各个部件发出控制信号,指挥它们完成各种操作。

控制器和运算器组成中央处理器——CPU。CPU是由一块或多块大规模或超大规模集成

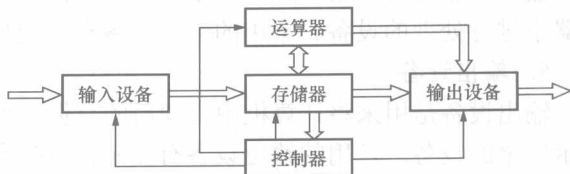


图 1-1 电子计算机的组成框图

电路芯片组成,它的性能好坏对计算机的档次起决定的作用。比如,字长是反映 CPU 性能的重要指标之一,它指的是 CPU 一次可以处理的二进制位数。字长越长,其运算精度越高。现在的计算机字长一般为 8 位、16 位、32 位、64 位等。反映 CPU 能力的另一重要指标是时钟频率,即主频。主频很大程度上决定了计算机的运算速度。

3. 存储器

存储器是用来存储数据和程序的“记忆”装置,相当于存放资料的仓库。计算机中的全部信息,包括数据、程序以及运算的中间数据和最后的结果都要存放在存储器中。

存储器由若干个存储单元组成,信息可以按地址写入(存入)或读出(取出)。存储器的基本存储单位为字节(Byte),并约定 8 位二进制数为 1 个字节,字节用 B 表示。存储单位还有千字节(KB)、兆字节(MB)、千兆字节(GB),它们之间换算公式如下:

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

存储器分为两大类:一类是内部存储器,简称内存储器、内存或主存;另一类是外部存储器或辅助存储器,简称外存储器、外存或辅存。

(1) 内存储器(主存)。内存储器是计算机主机中的一个组成部分,内存储器可直接与 CPU 交换信息。内存储器一般都采用大规模或超大规模集成电路工艺制造的半导体存储器,具有体积小、重量轻、存取速度快等特点。

内存储器又可分为随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。

随机存取存储器(Random Access Memory, RAM):简称随机存储器或读写存储器,是一种既能写入又能读出数据的存储器。但当机器掉电或关机时,存储器中存储的信息会立即消失。计算机中的内存一般指的就是随机存储器。

只读存储器(Read Only Memory, ROM):是计算机内部一种只能读出数据信息而不能写入信息的存储器。当机器掉电或关机时,只读存储器中的信息不会丢失。计算机主板上的 BIOS 芯片就是只读存储器。

(2) 外存储器(辅助存储器)。外存储器一般用来存放需要永久保存的或是暂时不用的程序和数据信息。外存储器不直接与 CPU 交换信息。当需要时可以调入内存和 CPU 交换信息。现在计算机中广泛采用价格较低、存储容量大、可靠性高的磁介质作为外存储器,如常用的有硬盘等;采用激光技术存储信息的光盘存储器,如只读型光盘(CD-ROM)和可读写型光盘(CD-RW)等;采用半导体作为存储介质的 U 盘。

4. 输入设备

输入设备是将数据信息和程序通过计算机接口电路转换成电信号,顺序地送入计算机存储器中进行处理的设备。常用的输入设备有:键盘和鼠标等。

5. 输出设备

输出设备是用来将计算机中处理后的数据、程序和图形等转换成为人们能够识别的形式显示出来的设备。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

二、电子计算机的工作原理

电子计算机的工作原理为:首先把原始数据和程序通过输入设备存入存储器的一个个单元里,然后操作计算机让其启动,所存的程序一条一条地被取到控制器中,控制器根据每条指令的不同发出不同的控制命令,自动进行全部运算,最后通过输出设备输出计算结果。在运算过程中,数据从存储器取到运算器中进行运算,得到的中间结果和最后结果也可存入存

储器，也可由输出设备输出。

下面以计算机执行“ $12 \times 13 + 255 \div 15$ ”的过程为例，将计算机的工作过程归纳如下：

第一步：由输入设备将事先编好的程序（即解题步骤）和原始数据——12、13、255 和 15 输入到存储器指定编号的单元存放起来；

第二步：命令计算机从第一条指令开始执行程序，计算机将在程序控制下自动完成解题的全过程。该过程包含以下操作：

（1）将第一个数据“12”从存储器中取到运算器（取数操作）；

（2）把第二个数“13”从存储器取到运算器，进行“ 12×13 ”的运算，得到结果“156”（乘法运算）；

（3）将运算器中的中间结果“156”送入存储器中暂时存放（存数操作）；

（4）把第三个数据“255”从存储器中取到运算器（取数操作）；

（5）把第四个数“15”从存储器取到运算器，进行“ $255 \div 15$ ”的运算，得到结果“15”（除法运算）；

（6）将运算器中的中间结果“15”送入存储器中暂时存放（存数操作）；

（7）将暂存的两个中间结果先后取入运算器，进行加法运算“ $156 + 15$ ”，得到最后结果“271”（加法运算），并存入存储器（存数操作）；

（8）将最后结果“271”直接由运算器或存储器经输出设备输出，如打印在纸上；

（9）停机。

以上就是迄今为止电子计算机所共同遵循的程序存储和程序控制的工作原理，这种原理是 1945 年由冯·诺依曼提出的，所以又称冯·诺依曼型计算机原理。

第二节 微处理器、微型计算机、微处理器系统

一、微处理器

微处理器又称微处理机，它是将运算器、控制器和寄存器等部件集成在一块大规模集成电路芯片上作为中央处理部件，简称为 μP 或 MPU，或直接用 CPU 表示，如图 1-2 所示。

由图 1-2 可知，微处理器包括算术逻辑部件 ALU、寄存器组和控制部件三个部分。

ALU 主要用以完成各种指定的算术或逻辑运算。

寄存器组是主要用来存放操作数、中间结果、地址及工作状态等内容。通常寄

存器组由多个寄存器组成，是微处理器中的一个重要部件；寄存器组的存在减少了微处理器芯片与存储器和外部设备等的数据交换，从而加快了运算速度。

控制部件是整个微处理器的核心，相当于计算机中的控制器，控制部件包括指令寄存器、指令译码器以及控制信号的产生电路等。控制部件根据指令代码产生各种控制信号，它们除了协调微处理器内部各部分动作外，还提供给外部电路作控制用。

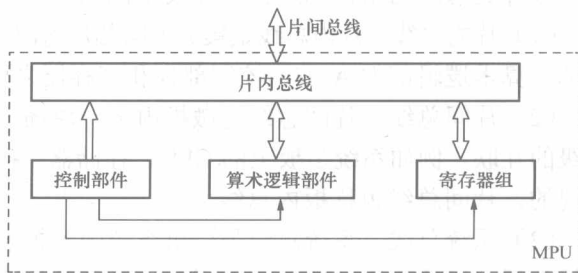


图 1-2 微处理器结构框图

ALU、寄存器组和控制部件这三个部件在微处理器内通过片内总线传递信息，并且通过片间总线与 I/O 接口电路、存储器相连。

所以微处理器本身不是计算机，而是计算机的控制和运算部分，其职能是执行算术、逻辑运算和控制整个计算机自动、协调地完成操作。

二、微型计算机

微型计算机是以微处理器为核心，配上大规模集成电路的 RAM(Random Access Memory)、

ROM (Read Only Memory)、I/O (Input/Output) 接口电路和相应的辅助电路而构成的微型化的计算机装置，简称 μC 。其基本结构框图如图 1-3 所示。

从图 1-3 可看出，微型计算机与一般计算机的组成是一致的，下面对各组成部分作简单说明。

1. 微处理器

如上所述，微处理器是执行各种运算和控制整个计算机的部件。包括算术逻辑部件 ALU、寄存器组和控制部件三个部分。

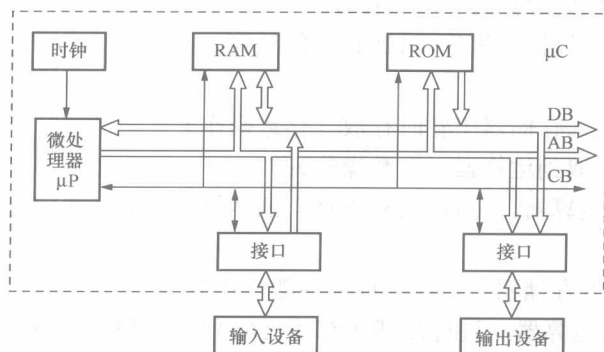


图 1-3 微型计算机基本结构框图

2. 存储器

存储器是存放程序和数据的部件，包括 ROM、RAM 等。

3. I/O 接口电路

微型计算机通过 I/O 接口电路与各种外部设备相连，是微型计算机与外部设备之间的桥梁。

4. 总线

总线是微型计算机系统中多个部件之间公用的一组连线，它是芯片、插件或系统之间的标准信息通路。

按各类总线的结构和连接对象及范围的不同，通常可分为以下 4 类总线。

(1) 片内总线。片内总线是集成电路芯片内部各功能模块之间的公共信息通道。例如 CPU 内部，算术逻辑部件 ALU、控制部件和寄存器之间传输数据所用的总线。

(2) 片间总线。片间总线是微机内部一块插件板上各个芯片之间相连接的总线，用于芯片级的互联。例如系统主板上的 CPU、存储器、接口电路之间的连接，就是采用片间总线来实现的。片间总线也称板内总线。

(3) 系统总线。系统总线是微机系统中各扩展插件板与系统板之间的公共信息通道，用于插件板一级的互联。例如 STD 总线、ISA 总线、VESA 总线、PCI 总线等。系统总线也称板间总线。

(4) 外部总线。外部总线是微型计算机之间或微型计算机与外部设备之间进行信息传输的通道，用于设备一级的互联。如 IEEE 488 总线、USB 总线和 RS-232 总线。外部总线也称为通信总线。

按功能划分，总线可以分为以下 3 类。

(1) 数据总线 DB (Data Bus)。数据总线用来传送数据信息。它是双向的，数据既可以

从 CPU 送到其他部件，又可以从其他部件送入 CPU。

(2) 控制总线 CB (Control Bus)。控制总线用来传输各种控制信号。控制信号各自独立起作用，有的从 CPU 送往其他部件，如读信号、写信号等为输出信号，有的从其他部件送入 CPU，如终端请求信号、准备好信号等为输入信号。

(3) 地址总线 AB (Address Bus)。地址总线用来传送地址信息。只能由 CPU 单方向输出地址信息，以寻找内存单元或 I/O 端口的地址，地址总线的宽度表明了 CPU 最大可允许寻址的存储空间的大小，例如：16 位的 CPU 的地址总线一般为 20 位，所以最大寻址空间为 2^{20} 即 1M 字节。

采用总线结构的优点：

(1) 减少机器中信息传输线的数目，从而提高机器的可靠性；

(2) 方便对存储器芯片及 I/O 接口芯片进行扩充。

三、微计算机系统

微计算机系统是在微型计算机 (μC) 的基础上，配上软件、外部设备和电源构成的。其组成如图 1-4 所示。

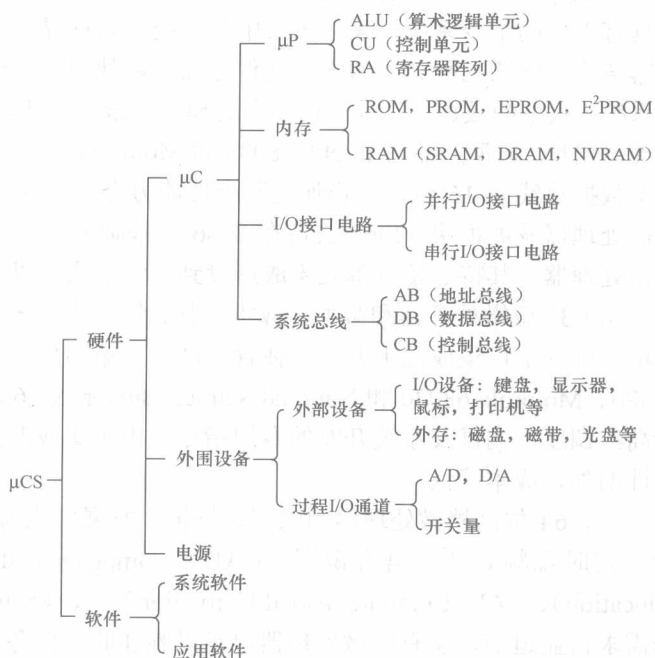


图 1-4 微计算机系统组成

第三节 微型计算机的发展

微型计算机是 20 世纪 70 年代初才发展起来的，是人类重要的创新之一。从微型机问世到现在不过 30 多年，但已经经历了以下 5 个发展阶段：

(1) 低档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1971~1973 年，是微机的问世阶段。1971 年美国 Intel 公司研制出了 4 位的微处理器 4004，并于 1972 年生产了 8 位微处理器 8008。这一代微型计算机的特点是采用 PMOS (P-channel Metal Oxide Semiconductor) 工艺，集成度为每片 2300 个晶体管，字长分别为 4 位和 8 位，运算速度较慢(基本指令执行时间 4~10 μs)，指令系统简单，运算功能较差，采用机器语言或简单汇编语言。

(2) 中档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1973~1977 年。这一代微型计算机采用 NMOS (N-channel Metal Oxide Semiconductor) 工艺，集成度提高了 1~4 倍，每片集成了 8000 个晶体管，字长为 8 位，基本指令执行时间 2 μs 左右，典型的微处理器有 1973 年的 Intel 的 8085、Motorola 6800，以及 1976 年 Zilog 公司的 Z80。这些微处理器有完整的配套接口电路，如可编程的并行接口电路、串行电路、定时/计数器，以及直接存储器存取接口电路等，并且已具备高级中断功能。软件除采用汇编语言外，还配有 BASIC、FORTRAN 和 PL/M 等

高级语言及相应的解释程序和编译程序，并在后期配上了操作系统。

(3) 16 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1977~1984 年。1977 年前后，超大规模集成电路 (VLSI) 工艺的研制成功，使一个硅片上可以容纳十万个以上的晶体管。这一代微型计算机采用 HMOS (High Performance Metal Oxide Semiconductor) 工艺，基本指令执行时间约为 $0.5\mu\text{s}$ 。典型的微处理器是 Intel 的 8086、Z8000 和 MC68000。这类 16 位微型计算机都具有丰富的指令系统，采用多级中断系统、多种寻址方式、多种数据处理形式、分段式存储器结构，电路功能大为增强。软件方面可以使用多种语言，有常驻的汇编程序、完整的操作系统、大型的数据库，并可构成多处理器系统。此外，在这一阶段还有一种称为准 16 的微处理器出现，典型产品有 Intel 的 8088 和 Motorola 6809，它们的特点是外部数据总线为 8 位，内部数据总线为 16 位，工作速度和处理能力介于 8 位机和 16 位机之间。近年来，高档 16 位微处理器发展很快，Intel 公司在 8086 的基础上又研制了 80186 和 80286 等性能更为优越的微处理器。其特点是从单元集成过渡到系统集成，以获得尽可能高的性能价格比。

(4) 32 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1984~1993 年。20 世纪 80 年代初，在每个单片硅片上可集成几十万个晶体管，产生了第四代的 32 位微处理器。典型产品有 Intel 的 80386、Motorola 68020 和 National Semiconductor 的 16032 等。在 32 位微处理器中，具有支持高级调度、调试及系统开发的专用指令。由于集成度高，系统的速度和性能大为提高，可靠性增加，成本降低。

(5) 64 位高档微处理器和微型计算机。发展年代为 1994 年至现在。随着人们对图形图像、定时视频处理、语音识别、CAD (Computer Aided Design) /CAE (Computer Aided Education)、CAI (Computer Aided Instruction)、大规模财务分析和大流量客户/服务器应用等的需求日益迫切，现有的微处理器已难以胜任此类任务。于是，在 1993 年 3 月，Intel 公司率先推出了统领 PC (Personal Computer) 达十余年之久的第五代微处理器体系结构产品——Pentium (奔腾)，代号为 P5，也称为 80586。从它的设计制造工艺到性能指标都比第四代产品有了大幅度的提高。

第四节 微型计算机的应用

微型计算机的应用，归纳起来主要有以下几个方面：

(1) 科学计算与数据处理。这是最原始、也是占比最大的计算机应用领域。在科学研究、工程设计和社会经济规划管理中存在大量复杂的数学计算问题，如卫星轨道的计算、大型水坝的设计、航天测控数据的处理、中长期天气预报、地质勘探与地震预测、社会发展规划的制定等，常常需要涉及大量数值计算，利用计算机可快速得到较理想的结果。

(2) 生产与试验过程控制。在工业、国防、交通等领域，利用计算机对生产和试验过程进行自动实时监测、控制和管理，可提高效率和质量，降低成本。

(3) 自动化仪器仪表及装置。在仪器仪表装置中使用微处理器或微型计算机，可明显增强功能，提高性能，减小重量和体积。

(4) 信息管理与办公自动化。现代企事业单位和政府、军队各部门需要管理的内容很多，如财务管理、人事档案管理、情报资料管理、仓库材料管理、生产计划管理、信贷业务管理、购销合同管理等。采用计算机和目前迅猛发展的计算机网络技术，可实现信息管理自动化和

办公自动化。

(5) 计算机辅助设计。在航空航天器结构设计、建筑工程设计、机械产品设计和大规模集成电路设计等复杂设计活动中, 为了提高质量, 缩短周期, 提高自动化水平, 目前普遍借助计算机进行设计, 即计算机辅助设计 CAD。CAD 技术发展迅速, 应用范围不断拓宽, 目前又派生出计算机辅助测试 CAT (Computer Aided Test)、计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacture) 和将设计、测试、制造融为一体的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integration Manufacture System) 等新的技术分支。

(6) 计算机仿真。在对一些复杂的工程问题、工艺过程、运动过程、控制行为等进行研究时, 在建立数学模型的基础上, 用计算机仿真的方法对相关的理论、方法、算法和设计方案进行综合、分析和评估, 可以节省大量的人力、物力和时间。

(7) 人工智能。人工智能是用计算机系统模拟人类某些智能行为的新兴学科, 它包括声音、图像、文字等模式识别, 自然语言理解, 问题求解, 定理证明, 程序设计自动化和机器翻译, 专家系统等。

(8) 文化、教育、娱乐和日用家电。计算机辅助教学 CAI 早已成为一种重要的教学手段。今天, 电影、电视片的设计、制作, 多媒体组合音像设备的推出, 许多全自动、半自动“家电”产品的出现, 以及许多智能型儿童玩具, 无一不是微型计算机在发挥着作用。

习 题

1-1 电子计算机由哪些功能部件组成? 它们的功能是什么?

1-2 什么是微处理器、微型计算机和微型计算机系统?

1-3 总线的功能是什么? 总线分为几类?

1-4 冯·诺依曼提出的计算机工作原理是什么?

第二章 计算机中的数制与编码

本章主要介绍几种常用的数制及其转换方法、数据在计算机中的表示方法和常用编码形式。

通过本章学习要求读者掌握数制间的转换方法；符号数的表示方法；常用的编码形式（ASCII 码和 BCD 码）及应用，为后续内容的学习打下良好的基础。

计算机最基本的功能是对“数据”进行运算处理。根据冯·诺依曼的基本思想，数据在计算机内部是用二进制信息表示的，数据包括数值数据和非数值数据。有符号数和无符号数如何表示为二进制形式，非数值数据如何表示为二进制形式，数据表示为二进制信息后，如何运算等一系列问题，将在本章进行详细讨论。

第一节 数制及其转换

一、常用数制

日常生活中，人们习惯用十进制来表示数据，而在计算机内部，数据是用二进制表示的，但是用二进制表示数据或地址时，书写太长，易出错，人们常用十六进制表示二进制数。

1. 二进制数

二进制的特点为逢二进一，由 0、1 两个数码组成，基数为 2，各个位权为 2^i ，其中， i 为各数码在数中的位置。

任何一个二进制数 B (Binary number) 都可以按权展开：

$$\begin{aligned} B &= b_{n-1}b_{n-2}\cdots b_1b_0.b_{-1}\cdots b_{-m} \\ &= b_{n-1}2^{n-1} + b_{n-2}2^{n-2} + \cdots + b_12^1 + b_02^0 + b_{-1}2^{-1} + \cdots + b_{-m}2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} b_i 2^i \end{aligned}$$

$b_i \in \{0, 1\}$ ， m 、 n 为正整数，分别为整数部分和小数部分的位数。

2. 十六进制

十六进制的特点为逢十六进一，由 0、1、 $\cdots$ 、9、A、B、C、D、E、F 共 16 个数码组成，基数为 16，各位权为 16^i 。

任何一个十六进制数 H (Hexadecimal number) 都可按权展开：

$$\begin{aligned} H &= h_{n-1}h_{n-2}\cdots h_1h_0.h_{-1}\cdots h_{-m} \\ &= h_{n-1}16^{n-1} + h_{n-2}16^{n-2} + \cdots + h_116^1 + h_016^0 + h_{-1}16^{-1} + \cdots + h_{-m}16^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} h_i 16^i \end{aligned}$$

$h_i \in \{0, 1, \cdots, 9, A, B, C, D, E, F\}$ ， m 、 n 为正整数。

其中字母数码 A、B、C、D、E、F 分别与十进制数 10、11、12、13、14、15 相对应。

在编写计算机程序时,数据的书写可以用各种计数制来表示,为了区别不同的计数制,可以在数的右下角用数字标注该数的数制,例如,二进制数 1101.11 可以写成 $(1101.11)_2$,还可以采用数据加后缀作标识:

B 后缀表示为二进制 (Binary), 如 0111 0101B 表示二进制数 0111 0101。

D 后缀表示为十进制 (Decimal), 如 68396D 表示十进制数 68396。

H 后缀表示为十六进制 (Hexadecimal), 如 96A7B2H 表示十六进制数 96A7B2。

缺省后缀时,一般约定为十进制数,如 58740 表示十进制数 58740。

二、数制之间的转换

同一个数据可以用不同的数制来表示或书写,这就要求熟练掌握不同数制间的转换方法,转换前后两数应相等。

1. 二进制数与十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换为十进制数。这种转换比较简单,直接按权展开,并求和,即得到相应的十进制数。

【例 2-1】 将二进制数 11 0101.001B 转换为十进制数。

解 11 0101.001B

$$=1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 53.125。$$

(2) 十进制数转换为二进制数。将十进制数分成整数部分和小数部分两个部分,对于整数部分采用“除二取余”的方法进行转换,即将整数部分除以 2,可得整数商和余数,对商再除以 2,又得到整数商和余数,用同样的方法继续下去,直到商等于零为止,再将所得的一系列余数按逆序排列,即得到整数部分对应的二进制数;对小数部分采用“乘二取整”的方法进行转换,即将小数部分乘以 2,乘积保留整数部分,将小数部分乘以 2,再保留整数部分,用同样的方法继续下去,直到小数部分等于零或达到有效位数为止,然后将每次所得整数部分按顺序排列,得到小数部分对应的二进制数,最后将两部分转换的结果合起来,便得到相应的二进制数。

【例 2-2】 将十进制数 29 转换为二进制数。

2	29	余 1	↑	(最低位)
2	14	余 0		
2	7	余 1		
2	3	余 1		
2	1	余 1		
	0			
			↓	(最高位)

所以

$$29 = 11101B$$

【例 2-3】 将十进制数 0.495 转换为二进制数。

解	0.495	0.98	0.96	0.92
	× 2	× 2	× 2	× 2
	0.980	1.96	1.92	1.84
	↓	↓	↓	↓
	整数部分 0	1	1	1
	(最高位)	(最低位) →		

所以 $0.495=0.0111\text{ B}$

【例 2-4】 将十进制数 29.495 转换为二进制数。

解 在 [例 2-2] 和 [例 2-3] 中，已分别求出 29 和 0.495 的二进制数，这时，只要将它们相加即为最后结果。

所以 $29.495=1\ 1101.0111\text{ B}$

2. 二进制数与十六进制数之间的转换

二进制数与十六进制数之间的转换十分简单，因为一位十六进制数 0, ..., 9, A, ..., F 与四位二进制数之间建立了一一对应的关系，如表 2-1 所示。

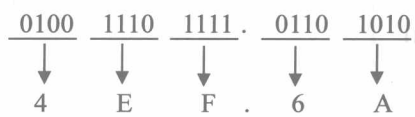
表 2-1 一位十六进制数与四位二进制数之间的关系

二 进 制 数	十 六 进 制 数	二 进 制 数	十 六 进 制 数
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	A
0011	3	1011	B
0100	4	1100	C
0101	5	1101	D
0110	6	1110	E
0111	7	1111	F

(1) 二进制数转换为十六进制数。这种转换以小数点为界线，分别向左或向右按四位二进制数进行分组，不足四位者，在前面或后面以零补足四位，再将每一组分别用相应的一位十六进制数表示，即实现转换。如果转换后的十六进制数是以字母开头的，往往在其前面添加“0”作标识。

【例 2-5】 将二进制数 100 1110 1111.0110 101B 转换为十六进制。

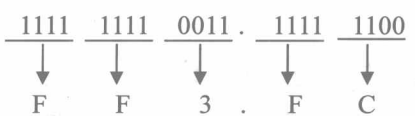
解 100 1110 1111.0110 101B 可转化为：



所以 $100\ 1110\ 1111.0110\ 101\text{ B}=0100\ 1110\ 1111.0110\ 1010\text{ B}=4\text{EF}.6\text{AH}$

【例 2-6】 将二进制数 1111 1111 0011.1111 11B 转换为十六进制。

解 1111 1111 0011.1111 11B 可以转化为：



所以 $1111\ 1111\ 0011.1111\ 11\text{ B}=1111\ 1111\ 0011.\ 1111\ 1100\text{ B}=0\text{FF}3.\text{FCH}$

(2) 十六进制数转换为二进制数。这种转换更直观，即根据表 2-1 的对应关系，将每一位十六进制数用相应的四位二进制数表示即可。

【例 2-7】 将十六进制数 3AF.85H 转换为二进制数。

解 3AF.85 可以转换为：

3	A	F	.	8	5
↓	↓	↓		↓	↓
0011	1010	1111	.	1000	0101

所以 $3AF.85H = 0011\ 1010\ 1111.1000\ 0101B = 11\ 1010\ 1111.1000\ 0101B$

3. 十进制数与十六进制数之间的转换

(1) 十六进制数转换为十进制数。直接按权展开，并求和，即得到相应的十进制数。

【例 2-8】 将十六进制数 $5B3.A8H$ 转换为十进制数。

解 $5B3.A8H = 5 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2}$
 $= 1459.65625$

(2) 十进制数转换成十六进制数。

1) 直接法。类似于十进制数转换为二进制数的方法，对整数部分采用“除 16 取余”、小数部分采用“乘 16 取整”的方法进行转换，然后进行合并。由于除 16、乘 16 的运算十分复杂，一般情况下人们很少采用此方法转换。

2) 间接法。

十进制数 $\xrightarrow{\text{转换}}$ 二进制数 $\xrightarrow{\text{转换}}$ 十六进制数

【例 2-9】 将十进制数 56.75 转换为十六进制数。

解 $56.75 = 11\ 1000.11B = 38.CH$

第二节 计算机中数的表示方法

数据是计算机的处理对象，它包括数值数据和非数值数据两类。数值数据可分为无符号数和有符号数，有符号数又有正、负之分，这些数在计算机中如何表示的呢？

一、无符号数

对于一个无正负意义的数，称为无符号数，数的各位都用来表示数值的大小。前面提到的二进制数都没有考虑正负号，所以都是无符号数。一个字节（8 位二进制数）只能表示 $0 \sim 255$ 范围内的数。因此要表示大于 255 的数，必须采用多个字节来表示，它的长度可以为任意倍字节的长度，其数据格式如图 2-1 所示。

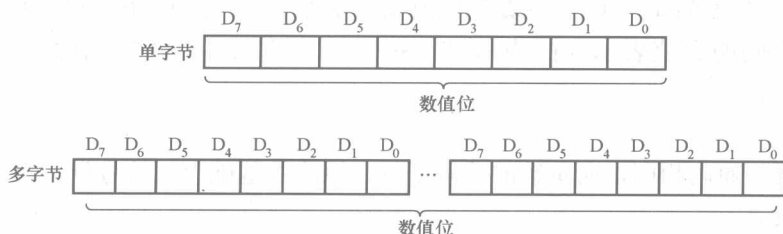


图 2-1 无符号二进制数表示格式

二、有符号数

在算术运算中，数据是有正有负的，称之为有符号数。为了在计算机中正确地表示有符号数，通常用最高位表示数的符号，正数用“0”表示，负数用“1”表示。其数据格式如图 2-2 所示。