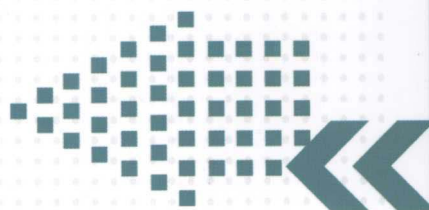




普通高等教育“十二五”计算机类规划教材

微机原理、汇编语言 与接口技术

◎ 主 编 韩晓茹
◎ 副主编 刘 芳 马学文



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”计算机类规划教材

微机原理、汇编语言 与接口技术

主 编 韩晓茹
副主编 刘 芳 马学文



机械工业出版社

本书以培养学生应用能力为目标组织编写,强调实用性,首先介绍了微型计算机系统的基本概念,然后以 Intel 80x86 的 16 位处理器为核心,以图文并茂的形式来介绍汇编语言的基础知识和程序设计,接着介绍分析存储器、简单 I/O 接口、中断、可编程串行接口、定时器/计数器接口、DMA 控制器、A-D 和 D-A 转换技术的基本原理及应用方法,同时给出了各部件之间综合应用的实例,然后通过总线技术的介绍,加深读者对微型计算机系统的理解。在本书的最后一章,集中介绍了 IA-32 处理器的内部结构、工作方式、存储管理、I/O 组织、中断管理及微机系统的构成。通过以上内容的学习,读者便可以掌握微型计算机的基本工作原理,初步掌握用微型计算机构建应用系统的基本方法。

本书的特点是面向非重点院校的学生,内容自成体系,不仅适合计算机专业,还适合无计算机基础的非计算机专业学生的学习,书中大量的应用实例在加深学生对理论的理解的同时,有助于提高学生动手能力,尤其是汇编语言部分的编写风格大大降低了读者学习的难度。本书语言通俗易懂,深入浅出,注重理论联系实际。

本书可作为本科计算机专业及电类专业“微机原理及应用”、“微机原理及汇编语言”、“汇编语言与接口技术”、“微机原理与接口技术”等课程的教材或参考书,也非常适合非电类“微机原理及应用”课程的教学,同样也是科技人员学习微型计算机技术的参考书。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师发邮件到 jinacmp@163.com 索取,或登录 www.cmpedu.com 下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理、汇编语言与接口技术/韩晓茹主编. —北京:机械工业出版社, 2012.11

普通高等教育“十二五”计算机类规划教材
ISBN 978-7-111-40228-2

I. ①微… II. ①韩… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材②汇编语言—程序设计—高等学校—教材③微型计算机—接口技术—高等学校—教材
IV. ①TP36②TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 257253 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 王琪 刘丽敏
版式设计:赵颖喆 责任校对:陈延翔
封面设计:张静 责任印制:乔宇
北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)
2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·19.75 印张·549 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-40228-2
定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

当今数字技术、计算机技术已渗透至各种领域。掌握和应用计算机技术的能力已经成为衡量一名专业技术人员素质的标准之一，学习和运用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课程。

虽然微机技术发展异常迅速，微处理器已经从32位过渡到64位时代，但是对于各种控制系统，常用的8位、16位等接口技术就可以满足应用需求，所以以32位乃至64位微处理器来讲解微型计算机的工作原理对一般院校是不适合的。本书以16位微处理器为模型，讲述计算机的基本原理和接口技术，它的基本概念、基本思路和基本方法与32位处理器是相同的，便于学习和理解，本书的第12章对32位微型计算机的相关技术作了概括性的讲解。

本书主要面向非重点院校计算机专业和机电控制类专业以及非电类专业的学生，注重理论联系实际和工程应用，引入了生活中很多浅显易懂的例子来帮助读者理解微机的基本概念。在讲完各种接口芯片的工作原理后，作者给出了多个可以直接应用的实例，并给出实现某些功能的不同解决方法。本书介绍的各种芯片都是在微机中普遍使用的芯片。

本书共分12章。第1章概述计算机系统的基础知识；第2章以图文并茂的形式介绍8086/8088内部结构及汇编语言基础知识；第3章介绍汇编语言程序设计方法；第4章介绍16位微处理器的对外引脚及读写时序；第5章首先介绍半导体存储器的工作原理和对外特性，然后重点介绍存储器地址译码和存储器扩展；第6章介绍I/O接口的基本组成、读写技术以及数据传送方式；第7章介绍中断的概念和8259A芯片的功能及编程应用；第8章介绍可编程并行接口芯片8255A、串行接口芯片8251A和定时/计数芯片8254的内部结构及编程应用；第9章介绍DMA控制器8237A及其在输入/输出系统中的应用；第10章介绍模-数转换和数-模转换的基本概念及常用的转换器件DAC0832与ADC0809在微机系统中的典型应用；第11章介绍了微机中的常用总线；第12章介绍32位微处理器及微型计算机系统的构成。

本书内容全面，自成体系，将汇编语言程序设计部分与微机原理和接口技术有机地结合在一起，通过适当选择，既适合计算机专业的学生使用，也适合非计算机专业的学生使用。对于先修过汇编语言程序设计，课时为60~75的计算机专业的学生，简单介绍第1章后，重点学习第4章~第12章的内容。对于没有先修过汇编语言内容的计算机专业或非计算机专业的学生，第1章~第4章、第6章~第8章是重点学习内容，课时允许的情况下可增加第5章、第9章和第11章的部分内容。

本书由韩晓茹主编，刘芳、马学文担任副主编。其中，第1、7章及第12章12.1~12.4、12.6、12.7节由韩晓茹编写；第2、3章由刘芳编写；第4、5、6、11章及第12章12.5节由马学文编写；第8章由曾兰玲编写；第9、10章由东北农业大学成林学院的孙凤玲编写。

在编写本书的过程中，作者参考了很多优秀的教材，在此衷心感谢这些教材的作者，参考文献中如有遗漏，也对作者表示感谢！另外，本书的撰写得到了国家教学质量工程物联网专业综合改革试点项目和江苏大学教学改革重点项目的支持，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，编写中出现的不足和不当之处，敬请读者批评指正。教材使用过程中如遇到问题可与作者联系，E-Mail: zjhr@163.com。

编 者

目 录

前言	
第 1 章 微型计算机系统概述 1	
1.1 微型计算机发展及应用 1	
1.1.1 电子计算机发展历程 1	
1.1.2 微型计算机的发展 2	
1.1.3 微型计算机的应用 3	
1.2 微型计算机系统的组成 5	
1.2.1 微型计算机硬件系统 5	
1.2.2 微型计算机软件系统 6	
1.2.3 微机系统的主要性能指标 7	
1.3 计算机中的数与编码 8	
1.3.1 进位计数制与进制间的转换 8	
1.3.2 计算机中数的表示 11	
1.3.3 计算机中的编码 13	
1.4 微型计算机中的常用逻辑部件 14	
1.4.1 基本逻辑门电路 14	
1.4.2 译码器 15	
习题 16	
第 2 章 汇编语言基础 17	
2.1 汇编语言概述 17	
2.2 8086/8088 微处理器编程结构 19	
2.2.1 8086/8088 的功能结构 19	
2.2.2 8086/8088 的存储器组织 21	
2.2.3 8086/8088 的寄存器结构 25	
2.3 汇编语言程序上机调试 29	
2.3.1 简单汇编语言源程序 29	
2.3.2 编辑 30	
2.3.3 汇编 30	
2.3.4 连接 31	
2.3.5 运行和调试 31	
2.4 汇编语言源程序组织 36	
2.4.1 汇编语言的语句 36	
2.4.2 汇编语言源程序格式 37	
2.5 汇编语言中的操作数 41	
2.5.1 常量 41	
2.5.2 变量和标号 41	
2.5.3 表达式 45	
2.5.4 符号定义 47	
2.6 8086/8088 的寻址方式 48	
2.6.1 立即寻址 49	
2.6.2 寄存器寻址 50	
2.6.3 直接寻址 50	
2.6.4 寄存器间接寻址 51	
2.6.5 寄存器相对寻址 51	
2.6.6 基址变址寻址 52	
2.6.7 相对基址变址寻址 52	
2.7 8086/8088 指令系统 53	
2.7.1 数据传送类指令 54	
2.7.2 算术运算类指令 60	
2.7.3 逻辑运算和移位类指令 66	
2.7.4 程序控制类指令 69	
2.7.5 处理器控制指令 78	
2.7.6 串操作类指令 78	
2.8 基本 I/O 功能调用 81	
2.8.1 键盘功能调用 (INT 21H) 81	
2.8.2 显示功能调用 (INT 21H) 84	
习题 86	
第 3 章 汇编语言程序设计 90	
3.1 顺序程序设计 90	
3.2 分支程序设计 91	
3.2.1 单分支程序结构 91	
3.2.2 双分支程序结构 92	
3.2.3 多分支程序结构 93	
3.3 循环程序设计 95	
3.3.1 计数循环 96	
3.3.2 条件循环 97	
3.3.3 多重循环 99	
3.4 子程序设计 101	
3.4.1 子程序的编写与应用 102	
3.4.2 子程序的参数传递 107	
习题 111	
第 4 章 16 位微处理器的外部特性 113	
4.1 8086/8088 的外部特性 113	
4.1.1 8086/8088 的工作模式 113	
4.1.2 8086 的引脚 113	
4.2 8086 的总线操作 117	
4.2.1 8086 总线周期的构成 117	
4.2.2 8086 的总线时序 118	
4.3 8086 的微处理器子系统 120	
4.3.1 最小模式下的 8086 子系统 120	

4.3.2 最大模式下的 8086 子系统	121	6.3.2 16 位 I/O 组织	155
4.4 8088 的外部特性	122	6.4 接口与主机间信息传送的控制方式	156
4.5 80286 的外部特性	123	6.4.1 程序控制方式	156
习题	124	6.4.2 程序中断方式	159
第 5 章 存储器及存储体系	125	6.4.3 直接存储器存取 (DMA) 方式	159
5.1 存储器概述	125	6.4.4 通道方式	159
5.1.1 基本概念	125	6.5 开关量输入/输出	160
5.1.2 存储器的分类	126	6.5.1 开关量输出	160
5.1.3 存储器的性能指标	127	6.5.2 开关量输入	162
5.2 半导体随机访问存储器	127	习题	165
5.2.1 静态随机访问存储器	127	第 7 章 微型计算机的中断系统	166
5.2.2 动态随机访问存储器	128	7.1 中断系统的基本概念	166
5.3 半导体只读存储器	131	7.1.1 中断的基本概念	166
5.3.1 掩膜只读存储器	131	7.1.2 中断系统的功能	167
5.3.2 一次可编程只读存储器	131	7.1.3 中断处理过程	167
5.3.3 可擦除可编程只读存储器	131	7.2 8086CPU 中断系统	169
5.3.4 电可擦除可编程只读存储器	132	7.2.1 8086 中断的分类	169
5.3.5 Flash ROM	133	7.2.2 中断向量表	171
5.4 存储器扩展	133	7.2.3 8086 对中断的响应	172
5.4.1 扩展方式	133	7.3 中断控制器 8259A	172
5.4.2 片选信号的生成	136	7.3.1 8259A 的引脚信号	173
5.4.3 片选译码电路的实现方式	137	7.3.2 8259A 的内部结构	173
5.5 存储器组织	140	7.3.3 8259A 的工作过程	175
5.5.1 8 位存储器组织	140	7.3.4 8259A 的工作方式	175
5.5.2 16 位存储器组织	140	7.3.5 8259A 的初始化命令字和 初始化编程	177
5.6 存储空间的划分	142	7.3.6 8259A 的操作命令字及应用	181
5.7 CMOS RAM、BIOS ROM、 SHADOW RAM	143	7.4 中断应用举例	184
5.8 存储体系	145	习题	186
习题	145	第 8 章 可编程接口芯片	188
第 6 章 微型计算机输入 和输出技术	147	8.1 可编程并行接口芯片 8255A	188
6.1 I/O 接口概述	147	8.1.1 8255A 的内部结构	188
6.1.1 I/O 接口的功能	147	8.1.2 8255A 的引脚功能	189
6.1.2 I/O 接口的组成	148	8.1.3 8255A 的工作方式	190
6.1.3 端口的编址方式	149	8.1.4 8255A 的控制字	193
6.1.4 接口的分类	150	8.1.5 8255A 的应用	194
6.2 I/O 接口的读写技术	150	8.2 串行通信与串行接口	200
6.2.1 IN、OUT 指令	150	8.2.1 串行通信的方式	200
6.2.2 端口的组成	151	8.2.2 串行通信分类	200
6.2.3 接口中的地址译码	153	8.2.3 串行通信的速率	202
6.2.4 端口的读写控制	153	8.2.4 串行接口标准 RS-232C	202
6.3 I/O 组织	155	8.3 可编程串行接口 8251A	205
6.3.1 8 位 I/O 组织	155	8.3.1 8251A 的内部结构	205

8.3.2	8251A 的引脚功能	206	11.6	SPI 总线	271
8.3.3	8251A 的工作方式	207	11.6.1	SPI 总线概述	271
8.3.4	8251A 的内部寄存器及 初始化编程	208	11.6.2	SPI 总线接口信号及连接	271
8.3.5	8251A 的应用	212	11.6.3	SPI 总线传输原理	271
8.4	可编程定时/计数接口芯片 8254	214	11.7	I ² C 总线	272
8.4.1	8254 的内部结构	215	11.7.1	I ² C 总线信号及设备连接	272
8.4.2	8254 的外部引脚	216	11.7.2	I ² C 总线数据传输原理	273
8.4.3	8254 的工作方式	217		习题	273
8.4.4	8254 的控制字	220	第 12 章 IA-32 微型计算机系统		275
8.4.5	8254 的应用	222	12.1	IA-32 微处理器概述	275
习题		224	12.1.1	Intel 微处理器发展概述	275
第 9 章 DMA 控制接口		226	12.1.2	典型 IA-32 处理器的内部结构	275
9.1	DMA 传输原理	226	12.2	IA-32 处理器的工作模式及 寄存器结构	277
9.1.1	DMA 传送过程	226	12.2.1	IA-32 处理器的工作模式	277
9.1.2	DMA 控制器的功能	227	12.2.2	IA-32 处理器的寄存器结构	279
9.2	DMA 控制器 8237A	228	12.2.3	系统复位后寄存器的状态	283
9.2.1	8237A 的内部结构及引脚	228	12.3	保护模式下的存储管理	283
9.2.2	8237A 的工作方式	230	12.3.1	段描述符及段描述符表	283
9.2.3	8237A 的工作时序	232	12.3.2	保护方式下的 IA-32 处理器的 地址转换	286
9.2.4	8237A 的寄存器结构	233	12.4	IA-32 处理器的指令系统	290
9.2.5	8237A 的编程及应用	237	12.4.1	寻址方式	290
习题		239	12.4.2	IA-32 处理器的扩展指令简述	291
第 10 章 模-数和数-模转换技术		240	12.5	IA-32 处理器的外部特性、存储器组织 及 I/O 组织	293
10.1	模-数转换和数-模转换概述	240	12.5.1	IA-32 处理器的外部特性	293
10.2	数-模 (D-A) 转换	241	12.5.2	IA-32 处理器的存储器组织	295
10.2.1	数-模转换的原理	241	12.5.3	IA-32 处理器的 I/O 组织	297
10.2.2	DAC0832 芯片及其应用	243	12.6	保护模式下的异常和中断	299
10.3	模-数 (A-D) 转换	248	12.6.1	中断与异常	299
10.3.1	模-数转换的原理	248	12.6.2	中断描述符	299
10.3.2	ADC0809 芯片及其应用	250	12.6.3	中断描述符表	299
习题		256	12.6.4	保护模式下中断服务程序入口 地址的求法	300
第 11 章 微型计算机总线技术		258	12.7	IA-32 微型计算机系统结构	301
11.1	总线概述	258	12.7.1	PC/XT 微型计算机结构	301
11.1.1	总线的性能指标	259	12.7.2	典型 32 位微机系统结构	302
11.1.2	总线的分类	260	习题		303
11.1.3	总线标准化	261	附录		305
11.2	ISA 总线	261	附录 A	ASCII 码表	305
11.3	PCI 总线	263	附录 B	ASCII 码表中控制字符的含义	306
11.4	PCI Express 总线	266	参考文献		307
11.5	USB	268			
11.5.1	USB 的构成	269			
11.5.2	USB 的接口信号	269			
11.5.3	USB 的传输方式	270			

第 1 章 微型计算机系统概述

【本章提要】

本章是学习其他章节的基础，首先介绍微型计算机的发展和应用领域，然后重点介绍微型计算机系统的基本概念、组成及主要性能指标等内容。计算机中的数据表示及编码和逻辑电路基础部分主要面向非计算机专业的学生，计算机专业的学生可跳过该部分。

【学习目标】

- 了解微型计算机的发展过程及应用领域。
- 掌握微处理器、微型计算机、微型计算机系统等基本概念。
- 了解微型计算机系统的基本构成及性能指标。
- 掌握十进制、二进制及十六进制之间的转换方法。
- 了解基本逻辑门电路的逻辑符号。

1.1 微型计算机发展及应用

1.1.1 电子计算机发展历程

人们通常所说的计算机 (Computer)，是指电子数字计算机。它是一种由电子元器件构成的、具有计算能力和逻辑判断能力、具有自动控制和记忆功能的信息处理设备。世界上第一台数字式电子计算机诞生于 1946 年 2 月，它是美国宾夕法尼亚大学物理学家莫克利 (J. Mauchly) 和工程师埃克特 (J. P. Eckert) 等人共同开发的电子数值积分计算机 (Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC)。

ENIAC 虽是第一台正式投入运行的电子计算机，但它不具备现代计算机“存储程序”的思想。1946 年 6 月，冯·诺依曼博士提出了“存储程序”的计算机设计方案，其特点如下：

- (1) 由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成计算机硬件系统。
- (2) 计算机内部采用二进制表示数据和指令。

(3) 工作原理的核心为：“存储程序”和“程序控制”。将程序事先存入主存储器中，计算机在工作时能在不需要操作人员干预的情况下，自动逐条取出指令并加以执行。

按照这一原理设计的计算机称为冯·诺依曼型计算机，结构如图 1-1 所示。冯·诺依曼提出的体系结构奠定了现代计算机结构理论的基础，是计算机发展史上的里程碑。冯·诺依曼给出的计算机架构是一个最小子集（一个存储器、一个控制器、一个运算器、一个输入设备和一个输出设备连接在一起），缺了任何一个就不能成为系统。目前常见的计算机除冯·诺依曼型计算机外，还有哈佛结构的计算机。哈佛结构本质上和冯·诺依曼结构没有区别，只是把数据和程序分开存储，用了两块存储器，加快系统速度的同时也增加了 CPU 外围接口。

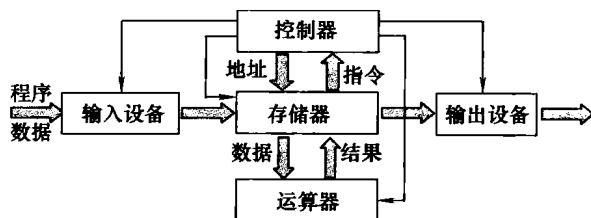


图 1-1 冯·诺依曼计算机结构图

目前常见的计算机除冯·诺依曼型计算机外，还有哈佛结构的计算机。哈佛结构本质上和冯·诺依曼结构没有区别，只是把数据和程序分开存储，用了两块存储器，加快系统速度的同时也增加了 CPU 外围接口。



从第一台电子计算机的诞生到现在，计算机已走过了半个多世纪的发展历程。在这期间，计算机的系统结构不断变化，应用领域不断拓宽。一般根据计算机所采用的主要物理器件，将计算机的发展划分成几个阶段，一个阶段称为一代，详见表 1-1。

表 1-1 计算机发展史

年代	第一代 (1946 年 ~ 1957 年)	第二代 (1958 年 ~ 1964 年)	第三代 (1965 年 ~ 1970 年)	第四代 (1971 年至今)
电子器件	电子管	晶体管	集成电路	大规模集成电路
存储器	延迟线 磁心、磁鼓磁带、 纸带	磁心、磁鼓 磁带、磁盘	半导体存储器 磁心、磁鼓 磁带、磁盘	半导体存储器 磁带、磁盘 光盘
处理方式	机器语言 汇编语言	监控程序 高级语言	实时处理 操作系统	实时/分时处理 网络操作系统
应用领域	科学计算	科学计算 数据处理 过程控制	科学计算 系统设计等 科技工程领域	各行各业
运算速度	5000 至 3 万次/s	几十万至 百万次/s	百万至 几百万次/s	几百万至 千亿次/s
典型机种	ENIAC EDVAC IBM705	UNIVAC II IBM7094 CDC6600	IBM360 PDP 11 NOVA1200	ILLIAC-IV VAX 11 IBM PC

1.1.2 微型计算机的发展

20 世纪 70 年代计算机发展中最重大的事件就是微型计算机的诞生和迅速普及。微型计算机是通过总线将微处理器、存储器和输入/输出接口 (I/O 接口) 连接在一起的有机整体。而微处理器就是冯·诺依曼机中运算器和控制器在一块芯片中的有机结合，它的出现大大促进了计算机的普及。

微型计算机开发的先驱是美国 Intel 公司中年轻的工程师马·霍夫 (M-E-Hoff)，1969 年他接受日本一家公司的委托，设计台式计算机系统的整套电路。他大胆地提出了一个设想，把计算机的全部电路做在 4 个芯片上，即中央处理器芯片、随机存取存储器芯片、只读存储器芯片和寄存器电路芯片，这就是一片 4 位微处理器 Intel4004，一片 320 位 (40B) 的随机存储器、一片 256B 的只读存储器和一片 10bit 的寄存器。它们通过总线连接起来，于是就组成了世界上第一台 4 位微型电子计算机——MSC-4，1971 年诞生的这台微型计算机揭开了微型计算机发展的序幕。从那时起，短短 40 年的时间里，微型计算机的发展已经经历了七、八个阶段。人们一般以字长和典型的微处理器芯片作为各个阶段的标志。

第一阶段 (1971 年 ~ 1973 年) 是 4 位和 8 位低档微处理器时代。这一阶段的微型计算机通常称为第一代，其典型产品是 Intel4004 和 Intel8008 微处理器和分别由它们组成的 MCS-4 和 MCS-8 微机。它们的基本特点是：主要采用机器语言或简单的汇编语言，指令数目较少 (20 多条指令)，用于家电和简单的控制场合。

第二阶段 (1973 年 ~ 1978 年) 是 8 位中高档微处理器时代。这一阶段的微型计算机通常称为第二代，其典型产品是 Intel8080/8085、Rockwell 公司的 6502、Motorola 公司的 MC6800 和 Zilog 公司的 Z80 等，以及各种 8 位单片机。它们的特点是指令系统比较完善，具有典型的计算机体系结构和中断、DMA 等控制功能。软件方面除了汇编语言外，还有 BASIC、FORTRAN 等高级语言和相应的解释程序和编译程序，在后期还出现了操作系统，如 CM/P 就是当时流行的操作系统。

这一时期比较著名的微机产品有 8 位微型计算机 TRS-80 (采用 Z80 微处理器) 和 Apple I/II (俗称“苹果机”, 采用 6502 微处理器)。此外 8085 被较多地应用于嵌入控制, 而 6502 和 MC6800 被较多地用于计算机游戏系统。

第三阶段 (1978 年~1985 年) 是 16 微处理器时代。这一阶段的微型计算机通常称为第三代, 其典型产品是 Intel 公司的 8086/8088、80286, Motorola 公司的 M6800 Zilog 公司的 Z8000 等微处理器。它们的特点是指令系统更加丰富、完善, 采用多级中断、多种寻址方式、段式存储机构、硬件乘除部件, 并配置了软件系统。

这一时期的著名微机产品有 IBM 公司的个人计算机 (Personal Computer, PC)。1981 年 IBM 推出的 IBM PC 采用 8088 CPU; 紧接着 1982 年又推出了扩展型的个人计算机 IBM PC/XT, 它对内存进行了扩充, 并增加了一个硬磁盘驱动器; 1984 年 IBM 推出了以 80286 处理器为核心组成的 16 位增强型个人计算机 IBM PC/AT。由于 IBM 公司在发展 PC 时采用了技术开放的策略, 使 PC 风靡世界。

第四阶段 (1985 年~1992 年) 是 32 位微处理器时代。这个阶段的微型计算机又称为第四代, 其典型产品是 Intel 公司的 80386/80486, Motorola 公司的 M68030/68040 等。它们的特点是具有 32 位地址线和 32 位数据总线。每秒可完成 600 万条指令 (Million Instructions Per Second, MIPS)。在这个阶段, 微机的功能已经达到甚至超过超级小型计算机, 完全可以胜任多任务、多用户的作业。同期, 其他一些微处理器生产厂商 (如 AMD、TEXAS 等) 也推出了 80386/80486 系列的芯片。

第五阶段 (1993 年~1995 年) 是奔腾 (Pentium) 系列微处理器时代。这个阶段的微型计算机又称为第五代, 其典型产品是 Intel 公司的奔腾系列芯片及与之兼容的 AMD 的 K6 系列微处理器芯片。它们内部采用了超标量指令流水线结构, 并具有相互独立的指令和数据高速缓存。随着 MMX (Multi Media eXtended) 微处理器的出现, 微机的发展在网络化、多媒体化和智能化等方面跨上了更高的台阶。

第六阶段 (1995 年~1999 年) 是采用 P6 架构家族的处理器和微型计算机时代。这个阶段的典型产品是 Intel 公司的 Pentium Pro、Pentium II、Pentium III 等, 内部采用 3 条超标量指令流水线结构, 工作频率越来越高, 总线频率也大大提高。支持多媒体扩展指令集 (SIMD) MMX、SSE。

第七阶段 (2000 年~2007 年) 是采用 NetBurst 架构的奔腾 4 (Pentium 4, 简称 P4 或奔 4) 系统处理器和奔腾 4 微型计算机时代。由于该系统产品性能有差异, 用处理器编号表示 Pentium 4 的产品, 典型 Pentium 4 有 5××、6××、7×× 等, 它们支持 SSE2、SSE3 和 SIMD 指令。

从 80386 到 Pentium 4 前期都属于 IA-32 架构, 通常也将 8086、8088 和 80286 作为 IA-32 的兼容形式, 没有划分 IA-16。

第八阶段 (2007 年至今) 是采用 Core 架构的酷睿 (Core) 和酷睿 II (Core 2) 系列微处理器。该产品的主要代表有 Core 2 Duo、Core 2 Quad 及 Core 2 Extreme 等。采用双核结构的 Core 2 系列微处理器, 又是一个划时代的新型微处理器, 兼顾 32 位, 又采用 EM64T (Extended Memory 64 Technology) 技术, 是典型的 32/64 位处理器。被称为 IA-32E (增加型 IA-32) 结构, 由于支持 64 位访问技术, 因此被称为 Intel64。

与第五阶段同步并行发展的还有纯 64 位处理器, 如 Intel 公司的 Itanium、Itanium II 等处理器, 它们采用 IA-64 结构。2008 年 Intel 公司推出了 64 位四内核的微处理器 Core i7。

1.1.3 微型计算机的应用

由于微型计算机具有体积小、价格低、耗电少和可靠性高等优点, 其应用领域非常广阔。目



前有如下几个应用方面。

1. 科学计算和信息处理

科学计算是指利用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。现在不少微型计算机具有较强的运算能力，特别是多个处理器构成的系统，其功能往往可与大型机相匹敌，甚至超过大型机，而成本却低到足以使大型机趋于淘汰。近年来，由于并行计算技术的发展，使多处理器构成的并行计算系统在科学计算能力上非常强大，可以实现人工无法解决的各种科学计算问题。

信息处理是指计算机对信息记录、整理、统计、加工、利用、传播等一系列活动的总称，是目前计算机应用最广泛的领域之一。例如：高考招生工作中的考生录取与统计工作，铁路、飞机客票预订系统，企业内部成本核算管理、人事管理、工资管理、财务管理、合同管理以及银行系统的业务管理等，都属于信息处理范围。

2. 计算机辅助设计、辅助制造、辅助教育及计算机辅助测试

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是利用计算机的计算、逻辑判断等功能，帮助人们进行产品设计和工程技术设计。

计算机辅助设计 (CAD) 和辅助制造 (CAM) 结合起来可直接把 CAD 的产品加工出来。近年来，各工业发达国家又进一步将计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 作为自动化技术的前沿、方向。CIMS 是集工程设计、生产过程控制、生产经营管理为一体的高度计算机化、自动化和智能化的现代化生产大系统，代表着制造业未来的发展方向。

计算机辅助教育 (Computer Based Education, CBE) 是计算机在教育领域中的应用，包括计算机辅助教学 (CAI)、计算机辅助管理教学 (CMI)。

计算机辅助测试 (CAT) 是指利用计算机进行复杂而大量的测试工作。

3. 多媒体应用及网络应用

多媒体技术开始于 20 世纪 80 年代，把声音、图像、文字处理融为一体，使计算机具有计算机、电视机、游戏机、传真机、电话机和 VCD 机的综合功能，达到了一机多能。计算机通信是近几年迅速发展起来的一个重要的计算机应用领域，通过网络可以实现信息共享以及远程控制。

4. 过程控制

过程控制是微型计算机应用最多的领域之一。现在，在制造工业和日用品生产厂家中都可以见到微机控制的自动化生产线。微型计算机在这些部门的应用为生产能力和产品质量的迅速提高开辟了广阔的前景。

5. 嵌入式应用方向

将微处理器嵌入到宿主应用系统中 (即嵌入式应用) 使其发挥作用，是微机应用的一个重要方面。单片机和数字信号处理器是这类应用的两种典型芯片。单片机在国外通称为微型控制器 (Microcontroller)，它主要面向控制，在宿主系统中充当控制中心；而数字信号处理器则主要面向大流量数字信号的实时处理，在宿主系统中充当数据处理中心。嵌入式应用的领域非常广泛，从工业生产到人们的日常生活到处都有它的身影。例如，在仪器仪表中，用微处理器替代传统的机械部件，使其具有智能化；在医学领域，出现了用微处理器作为核心控制部件的 CT 扫描仪和超声扫描仪，使网络远程会诊成为可能；在交通领域，汽车、火车中到处都有微处理器，能达到精确控制；在生活中，由微处理器控制的洗衣机、微波炉、冰箱现在已经是普及的家用电器了；微控制器控制的温控系统、自动报时、报警器也已经进入家庭；手机几乎成为每个人的必需品。

当前微型计算机技术正往两个方向发展：一个是高性能、多功能的方向，从这方面不断取得

的成就是微型计算机逐步代替价格昂贵、功能优越的中、小型计算机；另一个是，价格低廉、功能专一的方向，这方面的发展使微型计算机在生产领域、服务部门和日常生活中得到越来越广泛的应用。

1.2 微型计算机系统的组成

微型计算机系统由硬件和软件组成，仅有硬件构成的计算机称为“裸机”。裸机是不能够独立运行和处理事务的。因此，硬件系统必须配备相应的软件系统才能够正常工作。

1.2.1 微型计算机硬件系统

微型计算机硬件系统是指组成计算机的各种物理设备，也就是我们看得见、摸得着的实际物理设备。它的基本结构和基本功能与大型计算机、小型计算机大致相同。但是，由于采用大规模和超大规模集成电路技术和总线结构，微型计算机在系统结构上有着简单、规范和易于扩展的特点。微型计算机由中央处理器、存储器、输入/输出接口和系统总线组成，结构如图 1-2 所示。其中中央处理器和存储器构成了最小的信息处理单位，被称为主机。

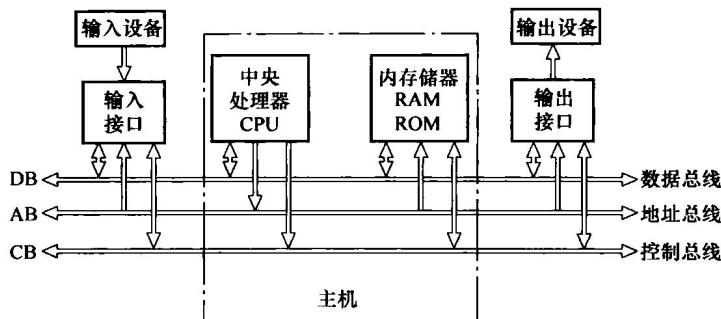


图 1-2 微型计算机的结构

1. 中央处理器

中央处理器（Central Processing Unit, CPU）也称为微处理器，是微型计算机的核心，集成了计算机中的运算器、控制器以及相关的电路，主要负责执行指令，实现算术运算和逻辑运算，控制微型计算机各个部件协调工作。

CPU 是一块超大规模集成电路，它集成了成千上万的逻辑门阵列电路。尽管各种 CPU 的性能不同，但都具有算术逻辑部件、控制器和寄存器组等 3 种基本部件。所有微处理器都是在此基础上发展而来的。新型的微处理器都具有向下兼容的特性，在上述 3 种核心部件的基础之上通过新的设计方案增加新的部件使得 CPU 具有存储管理、多媒体等功能。

2. 内存存储器

存储器的主要任务是临时或永久保存程序或数据的资源。存储器分为内存存储器和外存储器，其中内存存储器用来保存临时的或者活动的程序和数据，外存储器用来永久保存程序和数据。

内存存储器又称内存或主存，是 CPU 能直接寻址的存储空间，由半导体器件制成。内存的特点是存取速率快。我们平常使用的程序，如 Windows 操作系统、打字软件、游戏软件等，一般都是安装在硬盘等外存上的，但仅此是不能使用其功能的，必须把它们调入内存中运行，才能真正使用其功能，我们平时输入一段文字，或听一首歌，其实都是在内存中进行的。

构成内存的半导体存储器又分为只读存储器（Read Only Memory, ROM）和随机存取存储器



(Random Access Memory, RAM)。ROM 中的信息只能读出,一般不能写入,即使机器停电,这些数据也不会丢失。ROM 一般用于存放计算机的基本程序和数据,如 BIOS ROM (Basic Input Output System ROM),其物理外形一般是双列直插式 (DIP) 的集成块。RAM 中的信息既可以写入又可以读出。当机器电源关闭时,存于其中的数据就会丢失。我们通常购买或升级的内存条就是用作计算机的内存,内存条 (SIMM) 就是将 RAM 集成块集中在一起的一小块电路板,它插在计算机中的内存插槽上,以减少 RAM 集成块占用的空间。

3. 输入/输出接口

输入/输出 (I/O) 接口电路是微型计算机和外部设备的桥梁,负责数据的缓冲和格式的转换,协调主机和外部设备间数据传输的速度差异,完成数据的中转。不同的外部设备通过不同的 I/O 接口电路与主机相连,比如键盘通过键盘接口与主机相连,硬盘通过专用的硬盘控制器与主机连接。

4. 系统总线

总线 (Bus) 是计算机各种功能部件之间传送信息的公共通信干线,它是由导线组成的传输线束,连接微处理器与存储器、输入输出接口,用以构成完整的微型计算机的总线称为系统总线。系统总线上传送的信息包括数据信息、地址信息以及控制信息,因此,系统总线包含有 3 种不同功能的总线,即数据总线 (Data Bus, DB)、地址总线 (Address Bus, AB) 和控制总线 (Control Bus, CB)。

数据总线 (DB) 用于传送数据信息,实现微处理器、存储器和 I/O 接口之间的数据交换。数据总线是双向三态形式,既可以把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件,也可以将其他部件的数据传送到 CPU。数据总线的位数是微型计算机的一个重要指标,通常与微处理器的字长相一致。

地址总线 (AB) 是专门用来传送地址的,由于地址只能从 CPU 传向外部存储器或 I/O 接口,所以地址总线总是单向三态的,这与数据总线不同。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存空间大小。例如,8 位微机的地址总线为 16 位,则其最大可寻址空间为 $2^{16}\text{KB} = 64\text{KB}$; 16 位微机的地址总线为 20 位,其可寻址空间为 $2^{20}\text{KB} = 1\text{MB}$ 。一般来说,若地址总线为 n 位,则可寻址空间为 2^n 个地址空间 (存储单元)。

控制总线 (CB) 用来传送控制信号和时序信号。控制信号中,有的是微处理器送往存储器和 I/O 接口电路的,如读/写信号、中断响应信号等;也有的是其他部件送往 CPU 的,如中断申请信号、复位信号、总线请求信号等。因此,控制总线的传送方向根据具体控制信号而定,一般是双向的;控制总线的位数要根据系统的实际控制需要而定。实际上控制总线的具体情况主要取决于 CPU。

5. 外部设备

外部设备指输入或输出设备,它也是微型计算机硬件系统的一个主要组成部分。输入设备指将信息传送到主机的设备的总称,它们是主机获取外部信息的手段。输出设备是接收主机信息的设备总称,它们是主机向外部发送信息的手段。最常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、光笔、条形码输入器、触摸屏等。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。外存储器也是外部设备,往往兼备输入和输出功能,称为复合设备。

1.2.2 微型计算机软件系统

在计算机系统中,计算机硬件系统是物质基础,计算机软件是灵魂。软件包含计算机工作时所需要的各种程序、数据及相关文档资料,为计算机有效运行和特定信息处理提供全过程的服务,是用户操作计算机的中介。软件和硬件相辅相成,缺一不可。在计算机发展过程中,软、硬

件系统都在不断地更新和完善。微型计算机的软件系统分为系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件是指没有特殊的应用背景,专门为了发掘硬件功能,测试硬件部件和减少用户对硬件的依赖程度等而编制的软件程序。系统软件的主要功能是调度、监控和维护计算机系统;负责管理计算机系统中各种独立的硬件,使得它们可以协调工作。系统软件使得计算机使用者和其他软件将计算机当作一个整体而不需要顾及到底层每个硬件是如何工作的。系统软件的主要类别如下。

(1) 操作系统。操作系统是计算机软件中最重要,它有效地管理整个计算机的资源,是计算机裸机与应用程序及用户之间的桥梁。没有它,用户也就无法使用某种软件或程序。典型的操作系统有 DOS、Windows98、Windows NT、Linux 和 Netware 等。

(2) 服务型程序。服务型程序是指在软件开发和硬件维护过程中,辅助计算机专业人员进行监控、调试、故障诊断等工作的专用程序,如机器的调试、故障检查和诊断程序、杀毒程序等。

(3) 各种语言的处理程序。它把用户用软件语言书写的各种源程序转换成为可被计算机识别和运行的目标程序,从而获得预期结果,如汇编程序、编译程序和解释程序。

(4) 各种数据库系统。数据库系统是用于支持数据管理和存取的软件,它包括数据库、数据库管理系统等。如 SQL Sever、Oracle、Informix、Foxpro 等。

2. 应用软件

应用软件泛指在应用领域中为解决各类应用问题而开发和使用的程序。由于系统软件不能解决某些特定的应用问题,于是产生了应用软件。应用软件以计算机为基础,在系统软件的支持下,面向用户直接为用户提供应用服务,它不仅能够充分发挥计算机硬件的功能,而且为用户提供一个宽松的工作环境,并能提供用户的工作效率。常用的应用软件如下:

(1) 用于科学计算方面的软件。

(2) 文字处理软件,如 WPS2000、Office2003 等。

(3) 图像处理软件,如 Photoshop、3DS MAX 等。

(4) 各种财务管理、税务管理、工业控制、辅助教育软件等。

1.2.3 微机系统的主要性能指标

1. 字长

字长是指微机系统中 CPU 一次能处理的二进制位数。字长越长,说明 CPU 所能处理的数据精度越高,处理速度越快,存储容量越大,通常字长是字节的整数倍。目前微机的字长主要有 32 位和 64 位。

2. 主频

CPU 的主频,即 CPU 内核工作的时钟频率 (CPU Clock Speed)。CPU 的主频的高低在很大程度上决定了 CPU 的运行速度。早期的 CPU 主频用 MHz ($1\text{MHz} = 10^6\text{Hz}$) 为单位,而当前 Pentium 的主频以 GHz ($1\text{GHz} = 10^3\text{MHz}$) 为单位。

3. 运算速度

运算速度是指微机系统每秒所能执行的指令条数。目前比较常用的衡量单位是 MIPS (Million Instructions Per Second)。

4. 主存容量和存取速度

主存容量指内部存储器能存放数据的最大字节数。主存容量越大,可存放的数据越多,可同时执行的程序也越多。主存的容量除了取决于处理器的寻址能力(地址线条数)外,还受系统



的其他硬件和软件的影响。例如，Pentium 4 有 36 根地址线，可以访问的主存的最大空间为 64GB，但是如果操作系统采用 XP，则系统只支持 4GB 的内存，如果使用 Windows Sever 2003 就可支持 64GB 的内存。

存取速度指主存完成一次读/写所需要的时间，该时间越短，存取速度就越快。

1.3 计算机中的数与编码

1.3.1 进位计数制与进制间的转换

1. 进位计数制

进位计数制是一种计数的方法。在日常生活中，人们使用各种进位计数制，如六十进制（1h = 60min, 1min = 60s）、十二进制（1ft = 12in, 1年 = 12月），但最熟悉和最常用的是十进制计数。

进位计数制是利用固定的数字符号和统一的规则来计数的方法。常用进制介绍见表 1-2。一般而言，K 进制数的基数为 K，可供选用的基本数字符号有 K 个，它们分别为 0 ~ K - 1，每个数位计满 K 就向其高位进 1，即“逢 K 进 1”。

表 1-2 常用进制介绍

进制	基数	数字符号	特点	举例
十进制	10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	逢十进一，借一当十	(123.4) ₁₀
二进制	2	0, 1	逢二进一，借一当二	(1011.1) ₂
八进制	8	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	逢八进一，借一当八	(35.7) ₈
十六进制	16	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F	逢十六进一，借一当十六	(28A.C) ₁₆

任何进制数的值都可以表示成该进制数中各位数字符号值与相应位权乘积的累加和形式，该形式称为按权展开的多项式和。一个 K 进制数 $(N)_K$ ，用按权展开的多项式和形式可表示为

$$(N)_K = D_m K^m + D_{m-1} K^{m-1} + \dots + D_1 K^1 + D_0 K^0 + D_{-1} K^{-1} + D_{-2} K^{-2} + \dots + D_{-n} K^{-n}$$

例如，十进制数 $(123.4)_{10}$ 可表示为

$$(123.4)_{10} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1}$$

二进制数 $(1011.1)_2$ 可表示为

$$(1011.1)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$$

2. 不同数制之间的转换

(1) 十进制整数转换为 K 进制数。

方法：除 K 取余数，结果倒序排列。

具体做法：将十进制数除以 K，得到一个商和一个余数；再将商除以 K，又得到一个商和一个余数；继续这一过程，直到商等于 0 为止。每次得到的余数 (0 ~ K - 1) 就是对应的 K 进制数的各位数字。

注意：第一次得到的余数是最低位，最后一次得到的余数是最高位。

【例 1-1】将十进制数 83 转换为二进制数和十六进制数。

解：转换过程如图 1-3 所示。

最后结果为 $(83)_{10} = (D_6 D_5 D_4 D_3 D_2 D_1 D_0)_2 = (1010011)_2 = (D'_1 D'_0)_{16} = (53)_{16}$

(2) 十进制小数转换为 K 进制小数。

方法：乘 K 取整，结果正序排列。

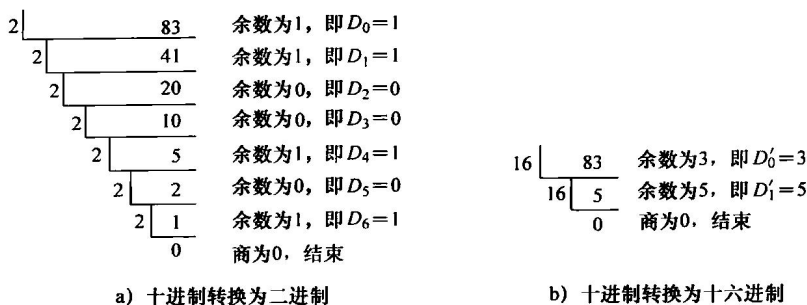


图 1-3 十进制整数到 K 进制整数转换过程

具体做法：将十进制小数乘以 K，得到一个乘积；再将乘积的小数部分乘以 K，又得到一个乘积；继续这一过程直到小数部分为 0 或者精度满足要求为止。每次得到的乘积的整数部分 (0 ~ K - 1) 就是对应的 K 进制小数的各位数字。

注意：先得到的整数是小数的高位，后得到的整数是小数的低位。

【例 1-2】将十进制小数 0.325 转换为二进制小数和十六进制小数。

解：转换过程如图 1-4 所示。

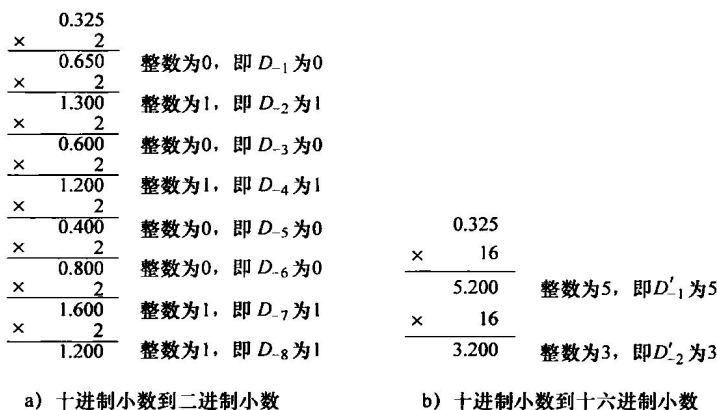


图 1-4 十进制小数到 K 进制小数转换过程

由于乘积的整数部分不可能为 0，故不再计算。小数部分的位数越多，精度越高，位数越少精度越低。

二进制结果为 $(0.325)_{10} = (0.D_{-1}D_{-2}D_{-3}D_{-4}D_{-5}D_{-6}D_{-7}D_{-8})_2 = (0.01010011)_2$

十六进制结果为 $(0.325)_{10} = (0.D'_{-1}D'_{-2})_{16} = (0.53)_{16}$

(3) K 进制数转换为十进制数。

方法：将 K 进制数按权展开。

具体做法：将 K 进制数展开为各位数字符号值与相应位权乘积的累加和，并以十进制形式进行计算，得到的数值就是十进制数。

注意：K 进制数中的某位如果为 0，展开式中可以省略该项。

【例 1-3】将 $(1010011.01010011)_2$ 转换成十进制数。

解：

$$\begin{aligned}
 (1010011.01010011)_2 &= 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-4} + 1 \times 2^{-7} + 1 \times 2^{-8} \\
 &= 64 + 16 + 2 + 1 + 0.25 + 0.0625 + 0.0078125 + 0.00390625
 \end{aligned}$$



$$= 83.32421875$$

【例 1-4】 将 $(53.53)_{16}$ 转换成十进制数。

解：

$$\begin{aligned} (53.53)_{16} &= 5 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 5 \times 16^{-1} + 3 \times 16^{-2} \\ &= 80 + 3 + 0.3125 + 0.01171875 \\ &= 83.32421875 \end{aligned}$$

(4) 二进制、八进制与十六进制之间的转换。

在计算机中，所有的信息都是以二进制形式表示，阅读和书写都不方便而且容易出错。由于 $2^3 = 8$ ，所以每 3 位二进制数等于 1 位八进制数； $2^4 = 16$ ，每 4 位二进制数等于 1 位十六进制数。因此八进制和十六进制数主要用来简化二进制的书写，它们的对应关系见表 1-3。为方便书写，二进制数以“B”为后缀，八进制数以“O”为后缀，十六进制以“H”为后缀，十进制数以“D”为后缀，没有后缀的按十进制表示。

表 1-3 计算机中常用进制间的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

方法：以小数点为界，整数部分从低位到高位按每 3 位或 4 位一组进行分割，小数部分从高位到低位按每 3 位或 4 位一组进行分割，分割后转换为八进制或者十六进制数字。

注意：分割后不足 3 位或 4 位的整数部分在高位补 0，小数部分在低位补 0。

【例 1-5】 将 $(1010011.01010011)_2$ 转换为八进制和十六进制数。

$$1010011.01010011\text{B} = \underline{001} \underline{010} \underline{011}. \underline{010} \underline{100} \underline{110}\text{B} = 123.246\text{O}$$

$$1010011.01010011\text{B} = \underline{0101} \underline{0011}. \underline{0101} \underline{0011}\text{B} = 53.53\text{H}$$

由于八进制可以方便地转换成 3 位二进制数，因此在将十进制数转换为二进制数时，可以先将十进制数转换成八进制数，再转换成二进制。