



高等院校应用型特色规划教材

微机原理 与接口技术

王宇晓 刘永华 王成端 主 编
魏先民 张淑玉 副主编



清华大学出版社

高等院校应用型特色规划教材

微机原理与接口技术

刘永华 王成端 主 编
王宇晓 魏先民 张淑玉 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以培养学生应用能力为主线,力求理论与实际相结合,并注意反映微型计算机技术的最新发展。全书共 11 章,包括概述、微处理器、8086/8088 的指令系统、汇编语言程序设计、总线技术、地址译码技术与存储器接口、中断处理技术与 DMA 技术、并行接口与定时/计数技术、串行通信接口、人机交互设备接口、模拟接口技术等内容。

本书可作为应用型本科院校计算机科学与技术专业、高职高专计算机应用及相关电子类专业的专业课教材,同时也可作为相关工程技术人员的学习参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术/刘永华,王成端主编;王宇晓,魏先民,张淑玉副主编. —北京:清华大学出版社,2006.8

(高等院校应用型特色规划教材)

ISBN 7-302-13384-0

I.微… II.①刘…②王…③王…④魏…⑤张… III.①微型计算机—理论—高等学校—教材 IV.TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077580 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:刘建龙

文稿编辑:刘 颖

排版人员:李 欣

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:23 字数:547 千字

版 次:2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-13384-0/TP·8397

印 数:1~4000

定 价:31.00 元

前 言

微型计算机从诞生至今已有 30 余年,其应用已涉及各个领域。与此同时,微机原理与接口技术也得到了飞速发展。显然,掌握微机原理与接口技术是对计算机及自动控制等专业人才的基本要求。鉴于现今微机原理与接口技术的教材内容大多比较陈旧,最新的接口技术内容较少,既不适合计算机专业本科学生使用,也不适合高职高专学生的教学要求。为培养合格的技术应用型人才,并根据教育部规划教材编写的指导思想与原则要求,我们编写了这本教材。

本书以培养学生应用能力为主线,理论与实际相结合。其主要特色如下:

(1) 兼顾完整性,注重实用性。对基本理论不追求深刻广泛,对常用接口芯片增加了应用举例的介绍,使学生在学完后能自己动手设计接口电路和编写接口程序。

(2) 跟踪新技术,保持先进性。在现有教材的基础上,适当增删内容,对部分章节进行了合理的合并。例如增加了实用的地址译码技术和存储器扩展接口,将中断技术与 DMA 技术合并为一章,并行接口技术与定时/计数技术也合并为一章,微处理器单独作为一章,该章增加了 80386 保护模式和 Pentium 微处理器的介绍;在总线技术这章中,增加了 USB 总线和 Fire Wire 串行总线;减少 DMA 的内容,增添应用性较强的新内容,使教材能反映计算机技术的最新发展水平,也适应社会的需求。

(3) 全书内容重点突出,层次分明。书中并未对微机原理与接口技术的所有内容泛泛而谈,而是针对教学对象的特点进行内容的合理分配。由浅入深,循序渐进,对应用性较强的内容进行重点描述,而实际使用较少的内容则只做简单介绍。所举例题注意综合性与设计性相结合,使学生做到学以致用。

全书共分 11 章。第 1 章概述,简要介绍微机基本构成、接口的基本概念以及基本功能。第 2 章主要介绍微处理器,包括 8086/8088 微处理器、80386 微处理器以及 Pentium 微处理器。第 3 章是 8086/8088 指令系统。第 4 章是汇编语言程序设计,主要介绍汇编语言语句,伪指令和汇编语言的程序结构。第 5 章总线技术,主要介绍总线的基本概念和分类,对常用的系统总线和外部总线也作了系统的介绍。第 6 章地址译码技术及存储器接口,包括 I/O 端口的常用译码方法, GAL 器件在地址译码中的应用, SRAM、DRAM、ROM 的存储容量扩展以及 CPU 的连接。第 7 章中断处理技术与 DMA 技术,中断处理技术主要介绍中断的基本概念与中断系统的结构,并以 8259A 中断控制器为例介绍了其内部结构、特性、命令字、中断操作、初始化编程及应用举例等;DMA 技术主要介绍 DMA 的基本概念、8237A 芯片结构、初始化编程和 8237A 的应用举例。第 8 章并行接口与定时/计数技术,介绍并行接口的基本概念、并行接口组成、数据传送方式和 8255A 的内部结构,8255A 的编程方法及应用举例;定时/计数器的基本概念和分类,然后以 8253-5 为例,介绍其内部结构、各种工作方式和初始化编程方法,结合实例应用编程。第 9 章串行通信接口,主要介绍串行通信的基本概念、接口标准、IBM-PC/XT 机异步通信接口技术及应用,简单介绍通信接口的 BIOS 与 DOS 调

用。第10章人机交互设备接口,主要讲述键盘、LED显示器、LCD显示器、CRT显示器及其接口技术,对多媒体的音频、视频等处理技术及鼠标、笔式输入设备、触摸屏、图像扫描仪的工作原理与接口也作了简单介绍。第11章模拟接口技术,主要介绍D/A转换原理、D/A转换器性能指标、D/A转换芯片及其接口、A/D转换原理、A/D转换器性能指标、A/D转换芯片及其接口、多路模拟开关及采样保持电路等,并举例说明数据采集系统的设计方法。

建议本课程课堂教学时间为72学时,实验与实践教学单独安排。

本书由刘永华、王成端担任主编,王宇晓、魏先民、张淑玉担任副主编。其中,第1、5、7章由刘永华编写,第2、4章由魏先民编写,第6、8章由张淑玉编写,第3、9章由王成端编写,第10、11章由王宇晓编写,王丰、李晓波、邢维岩等老师参与部分文稿编写及录入排版和绘图工作,在此表示感谢。全书由刘永华负责统稿。

本书适于应用型本科院校计算机科学与技术专业、高职高专计算机应用及相关电子类专业作为专业课教材使用,同时也可作为工程技术人员的学习参考书。

山东大学的石冰教授对全书进行了审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 概述..... 1	
1.1 微型计算机基本构成..... 1	
1.1.1 硬件系统..... 1	
1.1.2 软件系统..... 2	
1.1.3 微型计算机的工作过程..... 2	
1.2 数据表示与运算..... 3	
1.2.1 进位计数制与不同基 数制之间的转换..... 3	
1.2.2 二进制数和十六 进制数运算..... 5	
1.2.3 数据表示..... 6	
1.2.4 定点数与浮点数..... 9	
1.3 计算机语言基本概念..... 9	
1.3.1 机器语言..... 10	
1.3.2 汇编语言..... 10	
1.3.3 高级语言..... 11	
1.4 微机接口基本概念..... 11	
1.4.1 接口的定义..... 11	
1.4.2 为什么要专门研究接口..... 12	
1.4.3 接口的分类..... 12	
1.5 习题..... 13	
第 2 章 微处理器..... 15	
2.1 8086/8088 微处理器..... 15	
2.1.1 8086CPU 的内部结构..... 15	
2.1.2 8086CPU 寄存器组织..... 18	
2.1.3 8086 CPU 引脚功能..... 20	
2.1.4 8086/8088CPU 的存储器 组织和 I/O 组织..... 25	
2.1.5 最小方式和最大方式下 的基本配置..... 28	
2.1.6 8086CPU 内部时序..... 30	
2.2 80386 微处理器..... 33	
2.2.1 80386 CPU 的内部结构..... 33	
2.2.2 80386 CPU 的寄存器结构..... 35	
2.2.3 80386 CPU 的引脚功能..... 39	
2.2.4 80386 的总线周期 和内部时序..... 41	
2.2.5 80386 系统的存储器 结构和 I/O 结构..... 42	
2.3 80486 到 Pentium IV 微处理器..... 43	
2.3.1 Intel 80486..... 43	
2.3.2 Pentium..... 46	
2.3.3 Pentium Pro..... 47	
2.3.4 Pentium MMX..... 47	
2.3.5 PentiumII..... 48	
2.3.6 Pentium III..... 49	
2.3.7 Pentium IV..... 49	
2.4 习题..... 50	
第 3 章 8086/8088 的指令系统..... 51	
3.1 寻址方式..... 51	
3.1.1 操作数类型..... 51	
3.1.2 寻址方式..... 52	
3.2 指令系统..... 60	
3.2.1 数据传送指令..... 60	
3.2.2 算术运算指令..... 65	
3.2.3 逻辑运算指令..... 75	
3.2.4 移位指令..... 76	
3.2.5 转移指令..... 80	
3.2.6 字符串操作指令..... 85	
3.2.7 处理器控制指令..... 89	
3.2.8 输入/输出指令..... 90	
3.2.9 中断指令..... 91	
3.3 习题..... 92	

第4章 汇编语言程序设计	95
4.1 汇编语言语句.....	95
4.1.1 语句的类别与结构.....	95
4.1.2 指令语句的操作数.....	97
4.1.3 指令语句中的 运算符和操作符.....	98
4.2 伪指令.....	102
4.2.1 数据定义与符号 定义伪指令.....	103
4.2.2 段定义伪指令.....	105
4.2.3 模块定义与通信伪指令.....	107
4.2.4 过程定义伪指令.....	108
4.2.5 其他伪指令.....	108
4.3 汇编语言程序的结构.....	109
4.3.1 汇编语言程序的构造.....	109
4.3.2 程序正常返回 DOS 的方法.....	111
4.4 高级汇编语言技术.....	111
4.4.1 条件汇编.....	111
4.4.2 宏汇编.....	113
4.4.3 结构.....	115
4.4.4 记录.....	116
4.5 习题.....	116
第5章 总线技术	118
5.1 概述.....	118
5.1.1 总线的类别.....	118
5.1.2 总线的优点.....	119
5.2 系统总线.....	119
5.2.1 IBM PC 总线.....	119
5.2.2 ISA 总线.....	122
5.2.3 EISA 总线.....	123
5.2.4 PCI 总线.....	124
5.2.5 STD 总线.....	126
5.2.6 AGP 总线.....	129
5.3 外部总线.....	130
5.3.1 IEEE-488 总线.....	130
5.3.2 SCSI 总线.....	134
5.3.3 IDE 总线.....	136
5.3.4 USB 总线.....	137
5.3.5 Fire Wire 串行总线 (IEEE-1394).....	141
5.4 习题.....	144
第6章 地址译码技术及存储器接口	145
6.1 I/O 端口的寻址方式.....	145
6.1.1 I/O 端口.....	145
6.1.2 端口地址编址方式.....	146
6.1.3 端口访问指令.....	146
6.1.4 I/O 端口地址分配和选用.....	149
6.2 I/O 端口地址译码.....	150
6.2.1 I/O 端口地址译码方法.....	150
6.2.2 固定式端口地址译码.....	151
6.2.3 开关式可选端口 地址译码.....	153
6.3 GAL 器件在 I/O 地址译码 电路中的应用.....	154
6.3.1 GAL 器件的特点.....	154
6.3.2 GAL 器件的开发 过程及工具.....	156
6.3.3 采用 GAL 的 I/O 地址 译码电路设计.....	158
6.4 半导体存储器接口.....	161
6.4.1 半导体存储器接口 的基本技术.....	161
6.4.2 静态 RAM 与 CPU 的连接.....	164
6.4.3 动态 RAM 与 CPU 的连接.....	166
6.4.4 ROM 存储器与 CPU 的连接.....	168
6.5 习题.....	170
第7章 中断处理技术与 DMA 技术	172
7.1 中断的基本概念.....	172
7.1.1 中断的定义.....	172
7.1.2 中断的处理过程.....	173

7.1.3 中断源、中断识别 及其优先级.....	174	8.2.4 带有联络信号的 输入/输出	227
7.1.4 中断向量.....	175	8.2.5 中断式输入	228
7.2 8086/8088 的中断系统	177	8.2.6 简单并行接口芯片 8212	228
7.2.1 8086/8088 的中断 系统结构.....	177	8.3 8255A 可编程并行接口芯片	232
7.2.2 内部中断.....	179	8.3.1 8255A 引脚介绍.....	232
7.2.3 外部中断.....	181	8.3.2 内部结构	233
7.3 8259A 中断控制器	184	8.3.3 工作方式控制字	235
7.3.1 8259A 的外部特性和 内部结构.....	185	8.3.4 3 种工作方式	236
7.3.2 8259A 的控制字及 中断操作功能.....	189	8.3.5 8255A 编程.....	241
7.4 8259A 的应用举例	196	8.3.6 8255A 应用举例.....	243
7.4.1 8259A 在 PC/XT 及 PC/AT 系统中的初始化编程.....	196	8.4 定时/计数器概述	248
7.4.2 8259A 的应用举例.....	198	8.4.1 定时/计数器的基本概念	248
7.5 DMA 技术概述	200	8.4.2 定时/计数器的分类	248
7.5.1 基本概念.....	200	8.5 可编程定时/计数器 8253-5	249
7.5.2 DMA 控制器	201	8.5.1 8253-5 主要特性	249
7.6 DMA 控制器 8237A	202	8.5.2 8253-5 的引脚与 功能结构	249
7.6.1 主要特性.....	202	8.5.3 8253-5 的内部结构	251
7.6.2 8237A 引脚及结构.....	203	8.5.4 8253-5 方式控制字	252
7.6.3 8237A 的软件命令.....	211	8.5.5 8253-5 的 6 种工作方式	253
7.6.4 8237A 的工作时序.....	211	8.5.6 8253-5 编程	258
7.7 8237A 初始化编程	213	8.5.7 8253-5 应用举例	260
7.8 8237A 应用实例	214	8.6 习题	263
7.8.1 初始化.....	214	第 9 章 串行通信接口	264
7.8.2 应用实例.....	215	9.1 串行通信的基本概念	264
7.9 习题	218	9.1.1 串行通信的特点	264
第 8 章 并行接口及定时/计数技术.....	220	9.1.2 数据通信方式	265
8.1 并行接口概述	220	9.1.3 串行通信方式	265
8.1.1 并行接口概念.....	220	9.1.4 信息的校验方式	269
8.1.2 握手联络信号.....	221	9.1.5 传输速率与传送距离	269
8.2 简单并行接口	222	9.1.6 信号的调制与解调	270
8.2.1 并行输入.....	222	9.1.7 串行接口的基本结构 和基本功能	271
8.2.2 并行输出.....	224	9.2 串行接口标准	274
8.2.3 双向式输入/输出	226	9.2.1 EIA-RS-232C 接口标准.....	274
		9.2.2 RS-422、RS-423 和 RS-485 接口标准	280

9.3 IBM-PC/XT 机异步通信接口	282	10.4.4 图像扫描仪及其接口	327
9.3.1 异步通信适配器的组成	282	10.5 习题	329
9.3.2 INS 8250 的结构 和外部特性	283	第 11 章 模拟接口技术	330
9.3.3 INS 8250 的内部寄存器 及其编程方法	284	11.1 D/A 转换器接口	330
9.3.4 INS 8250 的编程	290	11.1.1 D/A 转换器工作原理	330
第 10 章 人机交互设备接口	301	11.1.2 D/A 转换器性能指标	331
10.1 PC 机与键盘的接口	301	11.1.3 D/A 转换芯片	332
10.1.1 键盘的工作原理	301	11.1.4 D/A 转换器的接口	335
10.1.2 PC 系列键盘及 其接口电路	305	11.2 A/D 转换器	339
10.2 PC 机与显示器的接口	308	11.2.1 A/D 转换器的工作原理	339
10.2.1 LED 显示器及其接口	308	11.2.2 A/D 转换器的 主要性能指标	342
10.2.2 LCD 显示器及其接口	311	11.2.3 A/D 转换芯片	342
10.2.3 CRT 显示器及其接口	313	11.2.4 A/D 转换器的接口	346
10.3 多媒体技术及其接口	318	11.3 多路模拟开关及采样保持电路	348
10.3.1 多媒体计算机概述	318	11.3.1 多路模拟开关	348
10.3.2 多媒体音频处理技术	320	11.3.2 采样/保持电路	350
10.3.3 多媒体视频处理技术	321	11.4 数据采集系统设计	352
10.3.4 多媒体其他技术	322	11.4.1 数据采集系统构成	352
10.4 其他常用人机输入接口	324	11.4.2 应用实例	353
10.4.1 鼠标及其接口	324	11.4.3 数据采集接口 设计注意事项	354
10.4.2 笔式输入设备及其接口	325	11.5 习题	355
10.4.3 触摸屏及其接口	326	参考文献	357

第 1 章 概 述

教学目标

本章主要介绍微机原理与接口技术的基本概念。通过本章学习，读者应该掌握以下内容：

- 微型计算机的基本构成。
- 进位计数制及其相互转换。
- 计算机语言的基本概念。
- 微机接口的基本概念。

1.1 微型计算机基本构成

1.1.1 硬件系统

微型计算机的硬件系统概念框图如图 1.1 所示。

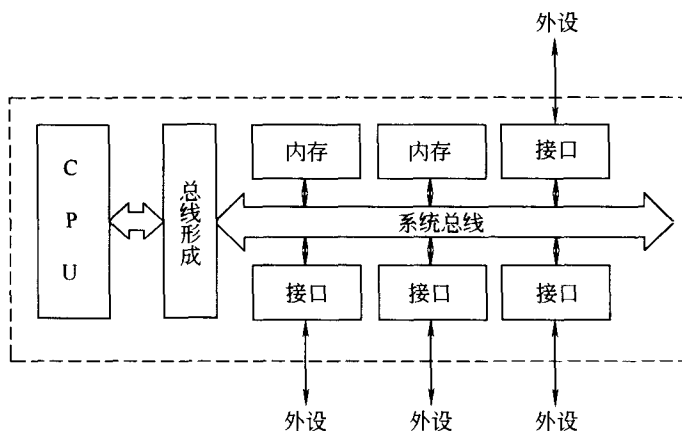


图 1.1 微型计算机硬件系统概念框图

微型计算机主要由如下几个部分组成：微处理器或称中央处理单元(CPU)、内部存储器(简称内存)、输入/输出接口(简称接口)及系统总线。

1. CPU

CPU 是一个复杂的电子逻辑元件,它包含了早期计算机中的运算器、控制器及其他功能,能进行算术、逻辑及控制操作。

2. 内存

顾名思义,所谓内存就是指微型计算机内部的存储器。

3. 系统总线

所谓系统总线就是用来传送信息的一组通信线。由图 1.1 可以看到系统总线将构成微型计算机的各个部件连接到一起,实现了微型计算机内部各部件间的信息交换。由于这种总线在微型计算机内部,故也将系统总线称为内总线。

4. 接口

微型计算机广泛地应用于各个部门和领域,所连接的外部设备是各式各样的。它们不仅要求不同的电平、电流,而且要求不同的速率,有时还要考虑是模拟信号,还是数字信号。

1.1.2 软件系统

1. 系统软件

系统软件用来对构成微型计算机的各部分硬件,如 CPU、内存、各种外设进行管理和协调,使它们有条不紊、高效率地工作。

2. 应用软件

应用软件是针对不同应用、实现用户要求的功能软件。例如,Internet 网点上的 Web 页、各部门的 MIS(管理信息系统)程序、CIMS(计算机集成制造系统)中的应用软件以及生产过程中的监测控制程序等。

1.1.3 微型计算机的工作过程

CPU 进行简单的算术运算或逻辑运算,如从存储器取数、将数据存放于存储器,或由接口取数、向接口送数。这些都是一些基本操作,也称为 CPU 的操作。

例如用微型计算机求解“ $7+10=?$ ”这样一个极为简单的问题时,必须利用指令告诉计算机该做的每一个步骤,先做什么,后做什么。具体步骤就是:

```
7→AL  
AL+10→AL
```

其含义就是把 7 这个数送到 AL 里面,然后将 AL 中的 7 和 10 相加,把获得的结果存放在 AL 里。

1.2 数据表示与运算

1.2.1 进位计数制与不同基数制之间的转换

1. 二进制数、八进制数和十六进制数

1) 二进制数

日常生活中我们一般采用十进制进行计数，但计算机只能识别 0、1 代码，也就是说计算机采用二进制进行计数。二进制数只有 0、1 两个数码，其基数为 2，遵循逢二进一的原则，它的第 k 位权以 2^k 表示。

二进制数 $a_n a_{n-1} \cdots a_0 b_{-1} b_{-2} \cdots b_{-m}$ 的值是：

$$a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \cdots + a_0 \times 2^0 + b_{-1} \times 2^{-1} + b_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + b_{-m} \times 2^{-m}$$

其中 a_n 、 b_m 为 0、1 两个数码中的 1 个。二进制的描述是在其尾部加注字母 B，例如：

$$10100101\text{B} = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 128 + 32 + 4 + 1 = 165$$

N 位二进制数可以表示 2^N 个数。例如 3 位二进制数可以表示 8 个数，如表 1.1 所示。

表 1.1 3 位二进制与十进制数对应表

二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111
相应的十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7

4 位二进制数则表示十进制的 0~15 共 16 个数，如表 1.2 所示。

表 1.2 4 位二进制与十进制数对应表

二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
相应的十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制数	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
相应的十进制数	8	9	10	11	12	13	14	15

从表 1.2 可以看出位数越多二进制数越长，不便于人们阅读、书写和记忆，因此人们经常使用八进制数或十六进制数来表示二进制数。它们的基数和数码表示如表 1.3 所示。

2) 八进制数

八进制数有 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数码，其基数为 8，遵循逢八进一的原则，它的第 k 位权以 8^k 表示。八进制数的描述是在其尾部加注字母 O 或 Q。

八进制数 $a_n a_{n-1} \cdots a_0 b_{-1} b_{-2} \cdots b_{-m}$ 的值是：

$$a_n \times 8^n + a_{n-1} \times 8^{n-1} + \cdots + a_0 \times 8^0 + b_{-1} \times 8^{-1} + b_{-2} \times 8^{-2} + \cdots + b_{-m} \times 8^{-m}$$

$$\text{例如：} 534\text{Q} = 5 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 4 \times 8^0 = 5 \times 64 + 3 \times 8 + 4 \times 1 = 348$$

3) 十六进制数

十六进制数有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数码，其

中 A、B、C、D、E、F 表示 10 到 15 六个数码，其基数为 16，遵循逢十六进一的原则，它的第 k 位权以 16^k 表示。十六进制的描述是在其尾部加注字母 H。

十六进制数 $a_n a_{n-1} \cdots a_0 b_{-1} b_{-2} \cdots b_{-m}$ 的值是：

$$a_n \times 16^n + a_{n-1} \times 16^{n-1} + \cdots + a_0 \times 16^0 + b_{-1} \times 16^{-1} + b_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + b_{-m} \times 16^{-m}$$

例如：2ACH = $2 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 2 \times 256 + 10 \times 16 + 12 \times 1 = 684$

表 1.3 列出了几种常用的进位制的基数和数码。

表 1.3 几种常用的进位制的基数和数码

进位计数制	基 数	数 码
十六进制数	16	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F
十进制数	10	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9
八进制数	8	0、1、2、3、4、5、6、7
二进制数	2	0、1

2. 不同基数制之间的转换

1) 非十进制数转换为十进制数

各非十进制数码乘以其对应的权之和即为该数对应的十进制数。例如：

$$1011100.1011\text{B} = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} = 92.6875\text{D}$$

$$\text{A031H} = 10 \times 16^3 + 3 \times 16^1 + 1 \times 16^0 = 41009$$

$$1001\text{Q} = 1 \times 8^3 + 1 \times 8^0 = 513$$

2) 十进制数转换为非十进制数

十进制数转换为非十进制数，一般整数部分采用除基数取余法，小数部分采用乘基数取整法。除基数取余法的具体操作是把待转换的十进制数的整数部分不断除以要转换为的非十进制基数，并记下余数，直到商为 0 时为止；乘基数取整法的具体操作是把待转换的十进制数的小数部分不断乘以要转换为的非十进制基数，逐次记下乘积整数部分的值，直到小数部分为 0 为止。

现以十进制数转换为二进制数为例进行说明，二进制数的“基数”为 2，就成了除 2 取余法和乘 2 取整法，即对整数部分的处理是把待转换的十进制数的整数部分不断除以 2，并记下余数，直到商为 0 时为止；对小数部分的转换是把待转换的十进制数的小数部分不断乘以 2，逐次记下乘积整数部分的值，直到小数部分为 0 为止。

【例 1.1】 将 $N=137.8125\text{D}$ 转换为二进制数。

整数部分为 137D，按除 2 取余法有：

137/2=68	$(a_0=1)$
68/2=34	$(a_1=0)$
34/2=17	$(a_2=0)$
17/2=8	$(a_3=1)$
8/2=4	$(a_4=0)$
4/2=2	$(a_5=0)$
2/2=1	$(a_6=0)$

$$1/2=0$$

$$(a_7=1)$$

故 $137D=10001001B$

小数部分为 $0.8125D$ ，按乘 2 取整法有：

$$0.8125 \times 2 = 1.625$$

$$(b_1=1)$$

$$0.625 \times 2 = 1.25$$

$$(b_2=1)$$

$$0.25 \times 2 = 0.5$$

$$(b_3=0)$$

$$0.5 \times 2 = 1.0$$

$$(b_4=1)$$

故 $0.8125D=0.1101B$

所以 $N=137.8125D=10001001.1101B$

十进制数转换为十六进制数和八进制数的方法与十进制数转换为二进制数的方法类同。

3) 十六进制数与二进制数之间的转换

因为 $16=2^4$ ，所以一个十六进制数中的每一位可以用 4 位二进制数表示，便可形成相应的二进制数。

【例 1.2】

C

B

9

A

1100

1011

1001

1010

即 $CB9AH=1100101110011010B$

反之，二进制数只要把它从低位到高位每 4 位组成一组，再用十六进制数来表示就可以了。

【例 1.3】

0111

0101

1011

1111

7

5

B

F

即 $0111010110111111B=75BFH$

1.2.2 二进制数和十六进制数运算

1. 二进制数的运算

加法规则：

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=10 \text{ (1 为进位)}$$

乘法规则：

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

2. 十六进制数的运算

1) 十六进制加法

十六进制数的运算按照逢十六进一的规则进行，即当两个 1 位数之和 S 小于 16 时，与十进制数同样处理，如两个 1 位数之和 $S \leq 16$ 时，则应该用 $S-16$ 及进位 1 来取代 S 。

【例 1.4】

$$\begin{array}{r} 15C3H \\ + 3D45H \\ \hline 5308H \end{array}$$

2) 十六进制数的减法

与十进制数类似，够减时可以直接相减，不够减时服从向高位借 1 为 16 的规则。

$$\begin{array}{r}
 \text{【例 1.5】} \quad 3DA6H \\
 -0FC3H \\
 \hline
 2DE3H
 \end{array}$$

1.2.3 数据表示

计算机内的数据有多种形式，其中最主要的是数值数据和字符数据。

1. 数值数据的表示

数值数据可以用不同的码制来表示，常用的有原码、补码和反码表示法。由于加减运算时补码表示法的符号位可以参加运算，而且不影响运算结果的正确性，所以多数机器的有符号整数都采用补码表示法。这里只介绍补码表示法。

1) 数的补码表示

(1) 补码表示法中正数的表示

正数采用符号-绝对值法表示，即数的最高有效位为 0 表示符号为正，数的其余部分则表示数的绝对值。

例如：假设机器字长为 8 位，则

$$\begin{aligned}
 [+0]_{\text{补}} &= 00000000B \\
 [+1]_{\text{补}} &= 00000001B \\
 [+100]_{\text{补}} &= 01100100B
 \end{aligned}$$

(2) 补码表示法中负数的表示

用补码表示法来表示负数时可以采用“求反加 1”的方法来完成：先写出与该负数相对应的正数的补码表示(用符号-绝对值法)，然后将其按位求反(即 0 变为 1，1 变为 0)，最后在末位(最低位)加 1，就可以得到该负数的补码表示了。

【例 1.6】 机器字长为 8 位，写出 $N=-27$ 的补码表示。

$+27D$ 可表示为 0001 1011
 按位求反为 1110 0100
 末位加 1 后为 1110 0101
 用十六进制数表示为 E5H。
 即 $[-27]_{\text{补}} = E5H$ 。

【例 1.7】 机器字长为 16 位，写出 $N=-32768$ 的补码表示。

$32768D$ 可表示为 1000 0000 0000 0000
 按位求反为 0111 1111 1111 1111
 末位加 1 后为 1000 0000 0000 0000
 用十六进制数表示为 8 0 0 0
 即 $[-32768]_{\text{补}} = 8000H$

(3) 数的表示范围

① 有符号数的表示范围

一般说来, n 位二进制补码表示的数的表示范围是:

$$-2^{n-1} \leq N \leq 2^{n-1} - 1$$

8 位二进制数可以表示 $2^8=256$ 个数。因为在补码表示法中 0 只有一种表示, 即 00000000; 对于 10000000 这个数, 在补码表示法中被定义为 -128。这样, 8 为补码能表示的范围为 -128~127。

$n=16$ 时的数的表示范围是:

$$-32768 \leq N \leq +32767$$

② 无符号整数的表示范围

在作无符号数处理时, 我们把最高有效位作为数值处理。因此, 16 位无符号数的表示范围是 $0 \leq N \leq 65535$, 8 位无符号数的表数范围是 $0 \leq N \leq 255$ 。

2) 补码的运算

(1) 求补运算

$$([X]_{\text{补}})_{\text{求补}} = [-X]_{\text{补}}$$

【例 1.8】 $[117]_{\text{补}} = 0075\text{H}$

$$[-117]_{\text{补}} = \text{FF}8\text{BH}$$

对 $[-117]_{\text{补}}$ 作求补运算:

$[-117]_{\text{补}}$ 为	1111	1111	1000	1011
按位求反后得	0000	0000	0111	0101
末位加 1 后得	0000	0000	0111	0101

此数正是 $[+117]_{\text{补}} = 0075\text{H}$ 。

(2) 补码的加、减法运算

补码的加法规则是:

$$[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$$

补码的减法规则是:

$$[X-Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$$

其中的 $[-Y]_{\text{补}}$ 只要对 $[Y]_{\text{补}}$ 求补就可得到。

【例 1.9】 机器字长假定为 8 位, 完成下列补码加法运算。

①	十进制	二进制
	23	00010111
	+ 36	+00100100
	59	00111011
②	36	00100100
	+(-23)	+11101001
	13	(进位 1)00001101
③	23	00010111
	+(-36)	+11011100
	-13	11110011

④	$\begin{array}{r} -23 \\ +(-36) \\ \hline -59 \end{array}$	$\begin{array}{r} 11101001 \\ +11011100 \\ \hline (进位1) 11000101 \end{array}$
---	--	---

可以看出, 例 1.9 的 4 个计算结果都是正确的, 在②和④中, 从最高有效位向高位的进位由于机器字长的限制而自动丢失, 但这并不会影响运算结果的正确性。

【例 1.10】 机器字长假定为 8 位, 完成下列补码减法运算。

	十进制	补码	二进制
①	$\begin{array}{r} 23 \\ -36 \\ \hline -13 \end{array}$	$\begin{array}{r} 00010111 \\ 00100100 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 00010111 \\ +11011100 \\ \hline 11110011 \end{array}$
②	$\begin{array}{r} 36 \\ -(-23) \\ \hline 59 \end{array}$	$\begin{array}{r} 00100100 \\ 11101001 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 00100100 \\ +00010111 \\ \hline 00111011 \end{array}$
③	$\begin{array}{r} -23 \\ -(+36) \\ \hline -59 \end{array}$	$\begin{array}{r} 11101001 \\ 00100100 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11101001 \\ +11011100 \\ \hline (进位为1)11000101 \end{array}$
④	$\begin{array}{r} -23 \\ -(-36) \\ \hline 13 \end{array}$	$\begin{array}{r} 11101001 \\ 11011100 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11101001 \\ +00100100 \\ \hline (进位为1)00001101 \end{array}$

从例 1.10 可以看出, 补码减法是用对减数求补后把减法转换为加法进行的, 它能自动地得到正确的结果。

2. 字符数据的表示

计算机内的常见字符包括:

字母: A~Z a~z

数字: 0~9

标点符号: !, ?, ;, :, 等

算术运算符号: + - × /

关系运算符号: > < =

专用字符: * \$ @ % # 空格等

非打印字符: BEL(响铃), LF(换行), CR(回车)等

这些字符一般采用目前最常用的美国信息交换标准代码 ASCII 码来表示。这种代码用一个字节(8 位二进制码)来表示一个字符, 其中低 7 位为字符的 ASCII 值, 最高位一般用作校验位。