



21世纪普通高等院校规划教材 • 信息技术类

WEIXING JISUANJI
YUANLI JI YINGYONG

微型计算机 原理及应用

主编 岐世峰 主审 高宏力



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

微型计算机原理及应用

主 编 岐世峰

副主编 陈林秀 邹承俊

主 审 高宏力

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书以 8086 为主线, 结合 8088 和现代微处理器, 全面、系统地介绍了微型计算机的基本知识、微处理器结构及组成、指令系统、汇编语言及程序设计方法、存储器的系统与设计、输入输出的控制方式、中断系统、可编程的接口芯片、A/D 和 D/A 转换器及接口技术、总线技术及系统结构。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理及应用: 含实验指导 / 岐世峰主编.
成都: 西南交通大学出版社, 2009.8
21 世纪普通高等院校规划教材——信息技术类
ISBN 978-7-5643-0392-1

I. 微… II. 岐… III. 微型计算机 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 149258 号

21 世纪普通高等院校规划教材——信息技术类 微型计算机原理及应用 (含实验指导)

主编 岐世峰

*

责任编辑 李晓辉

特邀编辑 张 阅

封面设计 本格设计

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>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 总印张: 27.75

总字数: 694 千字 印数: 1—3 000 套

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0392-1

套价: 48.00 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”课程是高等院校本科信息技术相关专业的一门专业基础课程。在信息技术高速发展和得到广泛应用的时代,为了使学生更好地学习和掌握本课程的核心内容,适应培养信息时代高素质人才的需要,编者根据多年来从事本课程的教学实践经验,编写了本教材。

本书以 Intel 公司的 8086 为主线,结合 8088 和现代微机技术,按照先理论后实践、理论与实践紧密结合的编写原则进行编写。全书共分九章,第一章介绍了微型计算机的基础知识,包括数制、码制及其计算等;第二章介绍了微处理器及其体系结构及高性能微处理器及其先进技术;第三章和第四章介绍了 8086 的指令系统、汇编语言及程序设计;第五章讲述了存储器系统及主存储器的设计方法;第六章介绍了输入输出的控制方式及 DMA 控制器 8237;第七章介绍了中断系统及中断控制器的应用;第八章介绍了可编程的接口芯片及其应用;第九章介绍了总线技术、微型计算机的系统结构和 USB 通用接口。在内容的安排上,也注意了体现现代微机发展的新技术、新知识。本书同时编写了实验指导以供教学时配套使用。

本教材的编写力求深入浅出,并在每章之后附有习题,以启发和引导学生更好地掌握各章内容。本书重点突出,内容全面系统,可读性好,有比较好的层次结构,语言简洁,图文并茂,通俗易懂,符合学生的认知规律。

本书由岐世峰担任主编,陈林秀、邹承俊任副主编,高宏力副教授担任主审。参加编写的教师有秦振涛、李艳华、陈尧、何中勇、袁媛、杨晓芳。其中第一章、第二章由何中勇编写,第三章由岐世峰编写,第四章由陈尧编写,第五章由张俊坤编写,第六章由陈林秀编写,第七章由秦振涛编写,第八章由李艳华编写,第九章由杨晓芳编写,附录由邹承俊编写。

由于编者水平有限,书中难免出现不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

第一章 微型计算机的基础知识	1
第一节 微型计算机系统概述	1
第二节 数制及其转换	7
第三节 计算机中数的表示及运算	10
第四节 数的定点与浮点表示	17
第五节 字符编码	19
习题一	21
第二章 微处理器及其体系结构	22
第一节 8086 微处理器的基本结构	22
第二节 8086 引脚功能及工作方式	27
第三节 8086 的操作及其时序	32
第四节 8086 与 8088 的异同	36
第五节 高性能微处理器及其先进技术	37
习题二	41
第三章 8086 指令系统	42
第一节 概 述	42
第二节 8086 的寻址方式	42
第三节 8086 指令系统	47
习题三	74
第四章 汇编语言程序设计	78
第一节 汇编语言程序格式	78
第二节 伪指令及宏指令	81
第三节 表达式及运算符	91
第四节 系统功能调用	94
第五节 汇编语言程序的上机过程	96
第六节 汇编语言程序设计方法	101
习题四	119
第五章 存储器系统	123
第一节 概 述	123

第二节 半导体存储器	127
第三节 主存与 CPU 的连接	140
第四节 高速缓冲存储器 Cache	143
习题五	149
第六章 输入输出及 DMA 接口技术	151
第一节 I/O 概述	151
第二节 I/O 指令和 I/O 地址译码	155
第三节 8237DMA 控制器	158
习题六	170
第七章 中断系统和中断控制器 8259A	171
第一节 中断和中断系统	171
第二节 中断的处理过程	172
第三节 中断控制器 8259A	176
第四节 80x86 PC 机的中断系统和中断指令	185
第五节 可屏蔽中断服务程序的设计	188
习题七	196
第八章 可编程接口芯片	197
第一节 可编程并行通信接口芯片 8255A	197
第二节 可编程串行通信接口芯片 8251A	209
第三节 可编程计数器/定时器 8253	219
第四节 D/A 与 A/D 转换器接口	232
第五节 人机交互接口	244
习题八	262
第九章 总线技术及系统结构	264
第一节 总线及其规范	264
第二节 微机总线	264
第三节 微型计算机的系统结构	276
第四节 通用外设接口标准 USB	279
习题九	281
参考文献	282

第一章 微型计算机的基础知识

计算机作为 20 世纪最伟大的发明之一,其应用越来越广泛。尤其是在个人计算机普及后,可以说,计算机已经无处不在。

随着半导体技术的迅速发展,运算器、控制器可以集成于一个芯片中,从而于 1971 年诞生了第一片微处理器芯片,使得以微处理器为核心的微型计算机成为现实。

微处理器经过 30 年的发展,已历经 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机四个时代,现在正朝着 64 位机、128 位机迈进。可以预见,功能更为强大、速度更快、性能价格比更为优越的微型计算机将不断涌现。

本章主要介绍了微型计算机的发展、分类,重点介绍了计算机的数制和码制以及信息的编码方式,了解微型计算机的概况和信息在计算机中的编码方法。这些是进一步深入学习微机原理的必要内容。

第一节 微型计算机系统概述

一、微型计算机的发展与现状

从第一台电子计算机出现至今,已大致经历了电子管式计算机、晶体管式计算机、集成电路式(中、小规模)计算机、大规模集成电路计算机四个时代。现在世界上许多国家正在研制以人工智能、神经网络为主要特征的新一代计算机。

以微处理器(中央处理器, CPU)为核心,配上由大规模集成电路制作的存储器、输入/输出接口电路及系统总线所组成的计算机,简称微型计算机。以微型计算机为中心,配以相应的外围设备、电源和辅助电路以及指挥微型计算机工作的系统软件,就构成了微型计算机系统。

自从微处理器问世以来,按 CPU 的字长和功能划分,它已经历了如下的演变过程:

第一代(1971—1972 年)是 4 位和低档 8 位微机。代表产品是美国 Intel 公司的推出的微处理器 Intel4004/8008,其集成度约为每片 2 000~3 500 个晶体管,时钟频率为 1 MHz,指令周期约为 10~20 μs ,主要采用机器语言和简单的汇编语言,是低档的微处理器和微型计算机。

第二代(1973—1977 年)是中高档 8 位微机。典型产品有 Intel 公司的 8080、Motorola 公司的 MC6800 以及 Zilog 公司的 Z80,此外还有 Intel8085、MC6802。此时的 CPU 代表特征是字长为 8 位,集成度约为每片 9 000 个晶体管,时钟频率为 2 MHz,指令周期约为 2 μs ,16 根地址线,可寻址 64 K 个存储单元。

第三代(1978—1984年)的典型产品有 Intel8086、Motorola 的 MC6809 和 Zilog 的 Z8000 等。其代表特征是字长为 16 位,采用 HMOS 高密度工艺,集成度为每片几万至几十万个晶体管,时钟频率为几十至几百 MHz,指令周期小于 $0.5\ \mu\text{s}$,赶上和超过了 70 年代小型机的水平,使传统的小型机受到严峻的挑战。在 8086 推出一年后,Intel 推出了 8088,而 IBM 选择 8088 作为其首台个人计算机 IBM-PC/XT 的 CPU。从此,微型计算机进入一个高速发展的时代。

第四代(1985 年至今)的典型产品有 Intel80386 和 Motorola 的 MC68030 等。其代表特征是字长为 32 位,集成度约为每片 27.5 万个晶体管。Intel 公司还陆续不断地推出了 80486、80586 (通常称为 Pentium, 中文名为奔腾)、80686 (称为 Pentium pro, 中文名为高能奔腾)、PIII 及 PIV 等。这时的 CPU 可满足多用户/多任务系统要求,支持虚拟存储体系。

后来 Intel 公司推出了 Celeron、Celeron II、Celeron III、Celeron D,主要用于高档微机和服务器。其他公司也推出了相同档次的 CPU,如 K6 系列、Duron 系列。

微机所采用 CPU 的不同决定了它的档次,但它的综合性能在很大程度上还要取决于系统的其他配置。其中最重要的配置包括内存存储器的容量、外存储器的种类、容量和速度,显示系统的类型和速度等。相同档次的微机,由于配置不同,性能也不相同,价格也会有很大差异,这些在选购微机时都应特别注意。

目前,计算机正向着微型化的方向发展,同时也在向网络化和智能化方向发展。

二、微型计算机系统组成

从系统组成上看,一个完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统两部分。

1. 硬件系统

图 1.1 所示是典型微机硬件系统的结构框图,包括中央处理器(CPU)、存储器、输入输出接口和输入输出设备等部件,各个部件之间通过总线相连,构成一个有机的整体。

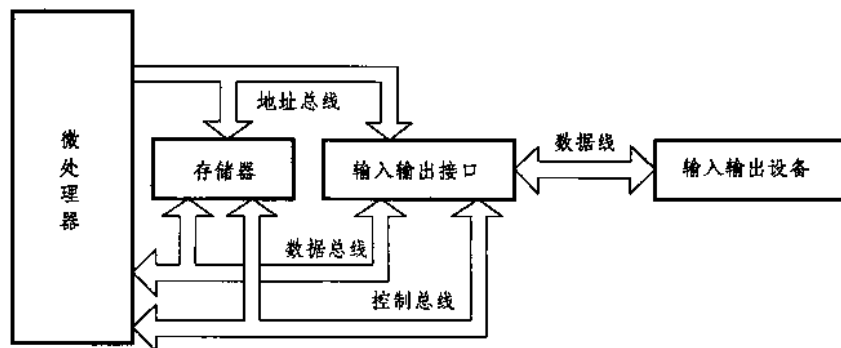


图 1.1 微型计算机基本系统结构

1) 中央处理器(CPU)

中央处理器是微型计算机的核心,其基本功能是进行数据的算术运算和逻辑运算,暂存数据并控制和指挥其他部件协调一致地工作。

2) 存储器

微型计算机的存储器分内存储器和外存储器两大类。内存储器是集成度高、容量大、体积小、功耗低的半导体存储器。内存储器根据信息存取方式不同分为随机存取存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM) 两类。

外存储器包括硬盘、光盘、U 盘、软盘等。

3) 输入输出 (I/O)

I/O 子系统一般包括 I/O 接口电路与 I/O 设备。I/O 接口电路是介于计算机和外部设备之间的电路。

I/O 接口电路基本功能:

- (1) 缓存数据, 使各种速度的外部设备与计算机速度相匹配。
- (2) 信号变换, 使各种电气特性不同的外部设备与计算机相连接。
- (3) 联络作用, 使外部设备的输入输出与计算机操作同步。

4) 总线

总线是一组公共的信息传输线, 用以连接计算机的各个部件。内部总线位于芯片内部, 外部总线把中央处理器、存储器和 I/O 设备连接起来, 用来传输各部件之间的通信信息。微型计算机总线按功能可分为地址总线、数据总线和控制总线。

(1) 数据总线 (Data Bus, DB)。用于各部件之间传输数据信息, 数据可朝两个方向传送, 属于双向总线。

(2) 地址总线 (Address Bus, AB)。用于传输通信所需的地址, 指明数据的来源和目的, 属于单向总线。

(3) 控制总线 (Control Bus, CB)。用于传送 CPU 对存储器或 I/O 设备的控制命令和 I/O 设备对 CPU 的请求信号, 使微型计算机各部件能协调工作。

微型计算机采用标准总线结构, 使整个系统中各部件之间相互关系变为面向总线的单一关系。凡符合总线标准的功能部件和设备可以互换和互联, 提高了微机系统的通用性和可扩充性。

2. 软件系统

软件系统包括系统软件和应用软件两部分。

1) 系统软件

系统软件是指管理、监控和维护计算机资源 (包括硬件和软件) 的软件。常见的系统软件有操作系统、各种语言处理程序以及各种工具软件等。常用操作系统有 DOS、UNIX 和 Windows 等。

2) 应用软件

应用软件是指除了系统软件以外的所有软件, 它是用户利用计算机及其提供的系统软件为解决各种实际问题而编制的计算机程序。

常见的应用软件有以下几种:

- (1) 各种信息管理软件。
- (2) 办公自动化系统。
- (3) 各种文字处理软件。

(4) 各种辅助设计软件以及辅助教学软件。

(5) 各种软件包，如数值计算程序库、图形软件包等。

微型计算机硬件系统和软件系统的层次关系可以用图 1.2 来描述。

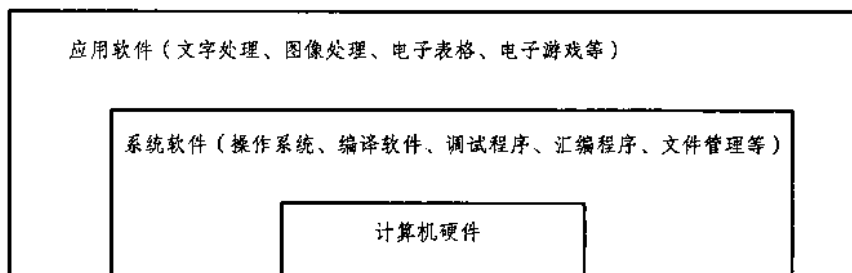


图 1.2 计算机硬件和软件的关系

三、微机的工作原理

1. 程序的概念

计算机无论做什么事情，也无论事情复杂与否，都必须执行相应的程序。

程序是人们为解决某个实际问题而事先设计好的具体的操作步骤，它由指示计算机执行具体操作的有序命令（即指令）序列组成，并被存储在存储器中。计算机的整个工作过程就是周而复始地从存储器中取出指令、分析指令和执行指令。典型的指令有传送、移位、算术运算、逻辑运算、停机等。一种型号的计算机所能执行的所有指令的集合就是该种计算机的指令系统。不同计算机的指令系统也不尽相同，指令系统表征了计算机的基本操作，反映了机器功能的强弱，是在设计计算机时就确定下来的。

2. 指令的执行过程

要解决某一问题，必须对其进行具体分析，提出解决问题的方法和步骤，即算法；然后用该计算机指令系统中的指令来描述该算法，即设计程序。

程序设计一般分为 3 级：机器语言程序设计、汇编语言程序设计和高级语言程序设计。

机器语言程序是计算机能够理解和直接执行的程序，由一系列二进制编码组成。汇编语言程序是用助记符语言表示的程序，计算机不能直接“识别”，需经过称之为汇编程序的翻译把它转换为机器语言方能被计算机执行。机器语言指令与汇编语言指令基本上——对应，都是面向机器的。而高级语言是不依赖于具体机型只面向过程的程序设计语言，用它编写的程序，需经过编译程序或解释程序的翻译方能被计算机执行。

下面我们用汇编语言进行程序设计，计算“ $05H + 2CH = ?$ ”。

用汇编指令实现该计算用到如下指令：

```
MOV    AL, 05H
ADD    AL, 2CH
HLT
```

第1条指令“MOV AL, 05H”是把操作数 05H 送入累加器 AL；第2条指令“ADD AL, 2CH”是把 AL 中的值同操作数 2CH 相加，再把结果 31H 送回 AL；第3条指令“HLT”是暂停指令。

微处理器只能识别机器码，因此，上述指令必须以机器码形式表示为：

MOV AL, 05H —— 10110000B；为 MOV AL, n 传值指令的操作码。
00000101B；为 05H 操作数。

ADD AL, 2CH —— 00000100B；为 ADD AL, n 加法指令的操作码。
00101100B；为操作数 2CH。

HLT —— 11110100B；HLT 暂停指令的操作码。

由此可见，要完成“05H+2CH=?”运算，需要三条指令，这三条指令为 5 个字节。假设它们在存储器的存放情况如图 1.3 所示。

(1) 首先，在取指令之前先要将其地址为 00H 送 IP，然后完成第1条指令的取指操作，即取其操作码，过程如图 1.4 所示。

存储地址	存储内容
00H	10110000
01H	00000101
02H	00000100
03H	00101100
04H	11110100

图 1.3 指令的存储情况

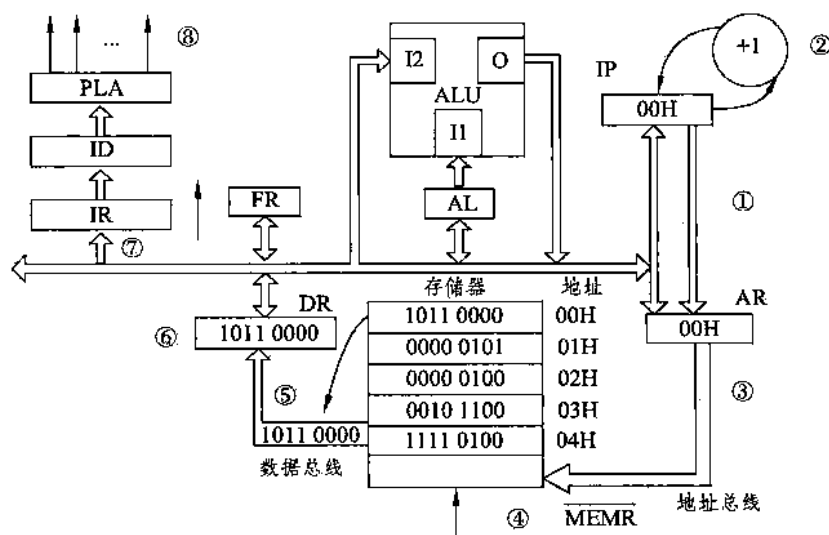


图 1.4 第1条指令取指过程

- ① IP 的值 00H 送入地址缓冲器 AR。
- ② IP 的值自动加 1，并指向下一个存储单元的地址。
- ③ AR 将 00H 通过地址线送存储器，经译码选中 00H 单元。
- ④ 微处理器发出读命令 $\overline{\text{MEMR}}$ 。
- ⑤ 将选中的 00H 单元中的数据 10110000 送上数据总线。
- ⑥ 数据总线上的数据送入数据寄存器 DR。
- ⑦ 取出的指令操作码送入到指令寄存器 IR。

⑧ IR 中的操作码经指令译码器 ID 译码后, 通过 PLA (可编辑逻辑阵列) 发出执行该指令的有关控制命令。

(2) 执行第 1 条指令 (即取第 1 条指令的第二字节) 的过程, 如图 1.5 所示。

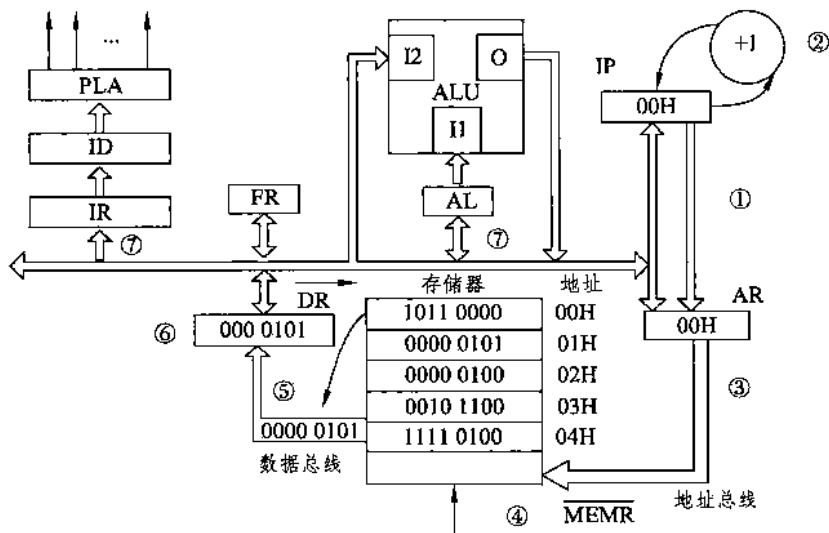


图 1.5 第 1 条指令执行过程

① 将 IP 的内容 01H 送入 AR。

② IP 的内容自动加 1 变为 02H。

③ AR 通过地址总线 AB 把地址码 01H 送到内存储器, 经地址译码后选中下一存储单元 002H。

④ 微处理器发出读命令 $\overline{\text{MEMR}}$ 。

⑤ 将选中的单元的内容 00000101 送上数据总线 DB。

⑥ DB 上的数据送入数据寄存器 DR。

⑦ 由指令操作码译码后只把该数据送往 AL, DR 的数据则通过内部总线送到 AL, 则第 1 条指令执行完毕。

对于第 2 条指令的取指令、取数过程以及执行过程都是类似操作。

四、微型计算机的性能指标

微型计算机的性能指标是对微机的综合评价, 几个主要性能指标如下。

1. 字 长

字长是计算机内部一次可以处理二进制数码的位数, 如 CPU 字长为 32 位或 64 位。字长越长, 一个字所能表示的数据精度就越高。在完成同样精度运算时, 计算机一次处理数据的能力就越高。然而, 字长越长, 计算机所付出的硬件代价也相应增加。

2. 主 频

CPU 工作频率也叫主频, 用来表示 CPU 的运算速度, 单位是 MHz。CPU 的时钟频率包

括外频与倍频两部分，两者的乘积是 CPU 的主频。CPU 的主频表示 CPU 内部数字脉冲信号振荡的速度，与 CPU 实际运算能力没有直接关系。当然，主频和实际的运算速度是有关联的，但是目前还没有一个确定的公式能够实现两者之间的数值关系，而且 CPU 运算速度和 CPU 流水线的各方面性能指标也有关系。由于主频并不直接代表运算速度，因此在一定情况下，有可能会出主频较高的 CPU 实际运算速度较低的现象。主频是 CPU 性能表现的一个方面，但不代表 CPU 的整体性能。

3. 存储器容量

存储器容量是衡量计算机存储二进制信息量大小的一个重要指标。微型计算机中一般以字节 (byte, 1byte=8b) 为单位表示存储容量，其换算关系为 1 KB=1 024 B, 1 MB=1 024 KB, 1 GB=1 024 MB, 1 TB=1 024 GB。目前市场的内存条容量为 256 MB、512 MB、1 GB、2 GB 等，硬盘容量为 80 GB、120 GB、160 GB、250 GB、500 GB 等。

4. 运算速度

计算机的运算速度一般用每秒钟所能执行的指令条数表示，单位是百万次每秒。运算速度越快则计算机性能越强。

5. 存取周期

内存存储器完成一次完整的读或写操作所需的时间称为存取周期，它是影响计算机速度的一个技术指标。

6. 外设扩展能力

主要是指计算机系统配置各种外部设备的可能性、灵活性和适应性。一台计算机允许配接多少外部设备，对于系统接口和软件研制都有重大影响。

7. 软件配置情况

软件是计算机系统必不可少的重要组成部分，它的配置是否齐全、功能是否强大和方便适用等，直接关系到计算机性能的好坏和效率的高低。

第二节 数制及其转换

一、数制

数制也称计数制，是用一组固定的符号和统一的规则来表示数值的方法。通常采用的数制有十进制，在计算机中使用二进制，也常用八进制和十六进制。要全面理解数制的概念，

必须首先掌握数码、基数和位权这 3 个概念。

数码：数制中表示基本数值大小的不同数字符号。

基数：数制所使用数码的个数。

位权：数制中某一位上的 1 所表示数值的大小（所处位置的价值）。

1. 十进制数 (Decimal number)

十进制数有 10 个数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9，其基数为：10，各位的权是以 10 为底的幂，用后缀 D 表示，可以省略，如数 325.86D 或者 325.86，可以写成展开式为

$$325.86D = 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

可见，每一位上的数所代表的大小等于该位数码与该位权的乘积，各位值的累加就表示整个数的大小。

2. 二进制数 (Binary number)

二进制有 2 个数码：0、1，其基数为：2，各位的权是以 2 为底的幂，用后缀 B 表示，如数 101.01B，可以写成展开式为

$$101.01B = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 5.25D$$

3. 八进制数 (Octal number)

八进制有 8 个数码：0、1、2、3、4、5、6、7，其基数为：8，各位的权是以 8 为底的幂，用后缀 Q 表示，如数 125.76Q，可以写成展开式为

$$125.76Q = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} + 6 \times 8^{-2} = 85.96875D$$

4. 十六进制 (Hexadecimal number)

十六进制有 16 个数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F，其基数为：16，各位的权是以 16 为底的幂，用后缀 H 表示，如数 3A5.D6H，可以写成展开式为

$$3A5.D6H = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 13 \times 16^{-1} + 6 \times 16^{-2} = 933.8359375D$$

为了表示不同进制的数，常用的方法还有为该数加一个下标，如 $(16)_8$ ，等价于 16Q。对常用的四种进制数的对比见表 1.1。

表 1.1 几种常用进制对比

	数 码	基数	位权	后缀	举例
十进制数	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	10^i	D	325.86D
二进制数	0, 1	2	2^i	B	101.01B
八进制数	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	8	8^i	Q	125.76Q
十六进制数	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F	16	16^i	H	3A5.D6H

在表 1.1 中, 其位权列是以最低整数位为第 0 位。

二、数制转换

1. p 进制转 10 进制

$$(k_n k_{n-1} \cdots k_1 k_0 . k_{-1} \cdots k_{-m})_p = k_n \times p^n + k_{n-1} \times p^{n-1} + \cdots + k_1 \times p^1 + k_0 \times p^0 + k_{-1} \times p^{-1} + \cdots + k_{-m} \times p^{-m}$$

其中 p 叫做 p 进制数的基数, $0 \leq k_i < p$, $i = -m \sim n$, k_i 叫做该 p 进制数的第 i 位, p^i 叫做第 i 位的权。具体的数制转换见表 1.2。

表 1.2 常用数制对照简表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	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
⋮	⋮	⋮	⋮

2. 10 进制转 p 进制

对于整数部分, 用除 p 取余法, 商为零止, 上低下高。

对于小数部分, 用乘 p 取整法, 积为零止, 上高下低。

【例 1.1】把 65.125 转换为 2 进制, 即 $p=2$, 则

2		67	...	1
2		33	...	1
2		16	...	0
2		8	...	0
2		4	...	0
2		2	...	0
		1	...	1

$\uparrow$

				0.125
×		2		
				0.25
×		2		...
				0.5
×		2		...
				1.0
				...

$\downarrow$

转换过程示意如上, 对于整数部分 $65=1000011\text{B}$, 对于小数部分 $0.125=0.001\text{B}$, 所以 $65.125=1000011.001\text{B}$ 。

第三节 计算机中数的表示及运算

一、二进制的运算

1. 算术运算

二进制算术运算与十进制算术运算类似, 但更为简单。

1) 加法运算

二进制加法运算法则 (3 条):

- (1) $0+0=0$
- (2) $0+1=1+0=1$
- (3) $1+1=10$ (逢二进一)

【例 1.2】求 $(1011011)_2 + (1010.11)_2 = ?$

解

	1011011
+)	1010.11
	1100101.11

则 $(1011011)_2 + (1010.11)_2 = ((1100101.11)_2$

2) 减法运算

二进制减法运算法则 (3 条):

- (1) $0-0=1-1=0$
- (2) $0-1=1$ (借一当二)
- (3) $1-0=1$

【例 1.3】求 $(1010110)_2 - (1101.11)_2 = ?$

$$\begin{array}{r}
 \text{解} \quad 1010110 \\
 -) \quad 1101.11 \\
 \hline
 1001000.01
 \end{array}$$

则 $(1010110)_2 - (1101.11)_2 = (1001000.01)_2$

3) 乘法运算

二进制乘法运算法则 (3 条):

(1) $0 \times 0 = 0$

(2) $0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$

(3) $1 \times 1 = 1$

【例 1.4】求 $(1011.01)_2 \times (101)_2 = ?$

$$\begin{array}{r}
 \text{解} \quad 1011.01 \\
 \times) \quad 101 \\
 \hline
 101101 \\
 000000 \\
 +) 101101 \\
 \hline
 111000.01
 \end{array}$$

则 $(1011.01)_2 \times (101)_2 = (111000.01)_2$

由上式可见, 二进制乘法运算可归结为“加法与移位”。

4) 除法运算

二进制除法运算法则 (3 条):

(1) $0 \div 0 = 0$

(2) $0 \div 1 = 0$

(3) $1 \div 1 = 1$

【例 1.5】求 $(100100.01)_2 \div (101)_2 = ?$

$$\begin{array}{r}
 \text{解} \quad 111.01 \\
 101 \overline{) 100100.01} \\
 \underline{-) \quad 101} \\
 1000 \\
 \underline{-) \quad 101} \\
 110 \\
 \underline{-) \quad 101} \\
 0101 \\
 \underline{-) \quad 101} \\
 0
 \end{array}$$

则 $(100100.01)_2 \div (101)_2 = (111.01)_2$

由上式可见, 二进制除法运算可归结为“减法与移位”。

2. 逻辑运算

逻辑是指条件与结论之间的关系。因此, 逻辑运算是指对因果关系进行分析的一种运算,