

全国计算机等级考试指导（三级A）

# 微机原理及应用

黄丽雯 主编

赵明富 张兢 编著  
李文杰 魏光明



重庆大学出版社

T/36  
ZMF/1

全国计算机等级考试指导(三级 A)

# 微机原理及应用

黄丽雯 主编

赵明富 张 兢  
李文杰 魏光明 编著

重庆大学出版社

0052233

## 内 容 提 要

本书是根据国家教委计算机基础课程教学指导委员会制定的非计算机专业“微型计算机原理及应用”课程大纲的要求编著的,同时兼顾了全国计算机等级考试三级 A(面向测控技术)的考试大纲要求。全书的深度和广度符合等级考试大纲的要求。

本书系统介绍了微型计算机原理、汇编语言程序设计、微型计算机接口技术以及微型计算机在测控领域的应用等内容。全书共十章,主要包括:微型计算机基础知识、Intel 8088/8086 微处理器、汇编语言程序设计、中断技术、存储器技术、常用接口芯片的原理及应用、串行通信接口及应用、键盘和显示器接口及应用、模/数和数/模转换、面向测控领域的应用等。各章均有例题分析和习题。

本书可作为大专院校非计算机类各专业的微机原理与应用教材,也可作为计算机等级考试三级 A 的应试教材,同时对工程技术人员学习微机原理及从事微机系统开发应用也是一本很实用的参考书。

全国计算机等级考试指导(三级 A)

### 微机原理及应用

黄丽雯 主编

赵明富 张 兢 编著

李文杰 魏光明

责任编辑 曾令维

\*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:399千

1998年11月第1版 1998年11月第1次印刷

印数:1—3500

ISBN 7-5624-1850-0/TP·196 定价:20.00元

## 前 言

当今世界正在进行着一场以微电子技术、计算机技术和通信技术为核心的信息革命。其中计算机技术的飞速发展,促进了国民经济的快速发展。如今计算机技术已经应用到社会的各个领域,成为各行各业最基本的工具之一,各行各业、各个层次的人都应掌握计算机技术,解决其各专业领域的计算机应用问题。现在高校的各类专业基本上都开设了有关计算机技术方面的课程,为了普及计算机知识,尽快提高全民族整体的计算机应用水平,国家教委考试中心推出了全国计算机等级考试制度。为了满足教学需要,我们根据国家教委计算机基础课程教学指导委员会制定的非计算机专业“微型计算机原理及应用”课程大纲的要求编写了这本教材,同时兼顾了全国计算机等级考试三级 A(面向测控技术)的考试大纲要求。

本书以 Intel 8088/8086 CPU 为基本出发点,以 PC/XT 微型机为实例,详细论述了有关微处理器及其指令系统的概念和汇编语言的程序设计方法,介绍了构成微型计算机的存储器、中断系统及 I/O 接口部件的工作原理和应用实例,包括定时器/计数器 8253、通用并行接口 8255A、串行通信接口 8251A、数/模和模/数转换器以及键盘和显示器接口等,并介绍了微机在测控领域的应用。

在编写本书的过程中编者参考了大量的文献资料,吸取众家之长,并融合了编者多年来从事微型计算机教学和计算机应用研究方面的实际经验,对全书内容作了精心组织编排,在注重完整性和系统性的前提下,坚持少而精的原则,重点突出,力求实用。为了便于学生掌握讲述的内容,每章均有例题分析和习题,主要类型参考三级 A 考试试题,并注重学生的能力培养,使学生从应用角度出发,了解微机的工作原理,建立微机工作的整体概念,从理论与实践的结合上掌握汇编语言程序设计和微机接口技术,并在此基础上掌握微型计算机在测控领域的应用,具备软、硬件开发的能力。

全书共分十章,其中第三、五章由黄丽雯编写,第一、十章由赵明富编写,第六、九章由张兢编写,第二、四章由李文杰编写,第七、八章由魏光明编写。

黄丽雯任本书的主编,赵明富、张兢任本书的副主编。余成波博士(教授)审阅了全部书稿,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,错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

1998 年 10 月

# 目 录

第一章 计算机的基础知识 .....	1
§ 1.1 计算机的发展及特点 .....	1
§ 1.2 计算机的组成及工作过程 .....	3
§ 1.3 计算机中数和字符的表示 .....	5
§ 1.4 计算机中的基本逻辑运算 .....	10
§ 1.5 有关微机的概念 .....	15
习题 .....	19
第二章 微机硬件的组成及工作原理 .....	21
§ 2.1 微型计算机的硬件组成 .....	21
§ 2.2 8086/8088微处理器的功能结构 .....	25
§ 2.3 8086/8088的寄存器结构 .....	27
§ 2.4 微机的内存组织特点 .....	32
§ 2.5 8086/8088的外部结构 .....	40
§ 2.6 最小方式下引脚定义和系统总线结构 .....	43
§ 2.7 最大方式下引脚定义和系统总线结构 .....	47
习题 .....	53
第三章 汇编语言程序设计 .....	55
§ 3.1 汇编语言基本概念 .....	55
§ 3.2 在 DOS 环境下建立和运行汇编语言程序的过程 .....	55
§ 3.3 8086/8088汇编程序基础 .....	58
§ 3.4 Intel 8086/8088指令系统 .....	66
习题 .....	93
第四章 存储器技术 .....	97
§ 4.1 概述 .....	97
§ 4.2 常用芯片实例 .....	99
§ 4.3 内存储器的连接和扩展 .....	101
习题 .....	109
第五章 IBM-PC 微机的中断系统 .....	111
§ 5.1 输入/输出系统的发展 .....	111
§ 5.2 中断的基本概念 .....	113
§ 5.3 中断的处理过程 .....	114
§ 5.4 中断向量 .....	116
§ 5.5 8086/8088的专用中断 .....	120
§ 5.6 中断的优先权管理 .....	121

§ 5.7	8259A 可编程中断控制器 .....	124
§ 5.8	PC DOS 的系统功能调用与常用 BIOS 中断调用 .....	137
	习题 .....	146
<b>第六章</b>	<b>常用接口芯片 .....</b>	<b>147</b>
§ 6.1	可编程定时器/计数器芯片8253 .....	147
§ 6.2	可编程并行输入/输出接口芯片8255A .....	154
	习题 .....	164
<b>第七章</b>	<b>串行接口 .....</b>	<b>165</b>
§ 7.1	串行通信的基本概念 .....	165
§ 7.2	8251可编程串行接口 .....	170
	习题 .....	180
<b>第八章</b>	<b>人机交互接口 .....</b>	<b>181</b>
§ 8.1	8279可编程键盘显示器接口 .....	181
§ 8.2	CRT 显示及其接口 .....	193
	习题 .....	212
<b>第九章</b>	<b>模数(A/D)、数模(D/A)转换 .....</b>	<b>214</b>
§ 9.1	概述 .....	214
§ 9.2	D/A 转换器 .....	215
§ 9.3	A/D 转换器 .....	221
	习题 .....	228
<b>第十章</b>	<b>面向测控领域的应用 .....</b>	<b>229</b>
§ 10.1	微型计算机控制系统概念 .....	229
§ 10.2	微型计算机控制系统的组成 .....	232
§ 10.3	测控系统中的测量与处理技术 .....	234
§ 10.4	数字滤波与数据处理 .....	238
§ 10.5	测控系统设计原则与分析方法 .....	241
§ 10.6	面向控制领域的应用实例分析 .....	245
	习题 .....	247
	参考文献 .....	248

# 第一章 计算机的基础知识

**【内容提要】** 本章从计算机的基本结构和工作过程入手,着重介绍微处理器的基本概念、组成形式、特点、名词术语和应用形式,是学习本课程的基础知识,使学习者对计算机系统的结构和组成有一个初浅的认识,以此引出本课程的学习内容,明确需要达到的要求。

电子计算机(简称计算机)的发明是本世纪重大科学成就之一,它标志着人类文明已进入了一个新的历史阶段。从1946年第一台电子计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)问世以来,计算机科学技术一直飞速发展。在推动计算机发展的诸因素中,电子器件是最活跃的因素。基于器件的更新换代,计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路的四个发展阶段,目前还向着智能信息处理的第五代计算机发展。

目前,计算机的广泛应用开拓了极其广阔的前景。计算机特别是微型计算机的技术水平、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,计算机像火车头一样带动着社会的前进,并已转化成推动社会前进的巨大生产力。

## § 1.1 计算机的发展及特点

### 一、计算机的发展史

1939年12月阿坦纳索夫制成了世界上第一台以二进制逻辑为核心的计算机,1945年麻彻利和埃卡特利用阿坦纳索夫发明中的构想研制成了编制弹道特性表的计算机,命名为ENIAC,1946年2月交付使用,这台计算机使用了18 000多只电子管,重30t,体积90m<sup>3</sup>,加法运算速度5 000次/秒。由于习惯原因,人们在为计算机技术划代时,仍然把1946年作为起始点。依照采用的物理器件的变化,通常把计算机的发展分为四代。

1. 第一代 电子管时代,1946年开始。由于使用电子管作为逻辑器件,这一代计算机体积大,功耗大,价格高,操作复杂,可靠性和稳定性差,维修也不方便,运算速度在每秒几千次到一万次,主要用于数值计算。

2. 第二代 晶体管时代,从1957年开始。由于采用了晶体管,使得计算机的体积减小,功耗降低,价格降低,操作趋于简单,可靠性提高,运算速度达到每秒10万次到100万次。大多用于科学计算。

3. 第三代 集成电路时代,1965年开始。所谓集成电路,是将晶体管、电阻、电容等电子元件构成的电路微型化,并集成在一块指甲大小的硅片上。由此,计算机的体积急剧减小,功耗进一步降低,价格大幅度下降,运算速度达到每秒100万次到1 000万次,数据处理方面应用增多。

4. 第四代 大规模、超大规模集成电路时代,从1971年开始至今。出现了微型计算机并在结构上出现了由多台计算机组成的计算机网络。由于集成电路的高度集成,使得计算机的体积越来越小,价格进一步降低,可靠性越来越高,操作更简单,应用范围更广泛,计算机在这个时

代得到了普及。1971年美国旧金山南部硅谷的 Intel 集成电子产品公司推出了 4004 微处理器,并用它组成了 MCS-4(Microcomputer System-4)微型计算机,到现在不过二十多年,微处理器和微型计算机(以下简称微机)的发展日新月异,产品像潮水一般涌向市场,推动着全球经济的发展。产品种类繁多,各类产品走向系列化。微机在性能上也由过去的第一代,经历第二代、第三代和第四代进入第五代(这里的第几代指的是微机的第几代,注意与计算机的第几代有区别),完全适应了各种用途的需要。这里所指的微机的第几代是按微处理器(CPU)的字长位数和功能来划分的。

(1)第一代(1971年~1973年) 4位和低档次8位微处理器时代。代表产品是 Intel 公司的:4004(1 200个晶体管/片)和由它组成的 MCS-4 微机,以及随后出现的改进产品 8008(2 000个晶体管/片)和由它组成的 MCS-8 微机。其特点是采用 PMOS 工艺,速度较低,基本指令执行时间为  $10\sim 20\mu\text{s}$ ,字长4位或8位,封装引脚为16脚或24脚。指令简单,运算能力较差,但价格低廉,主要用于面向消费的家用电器、计算器和用于简单的控制等。

(2)第二代(1973年~1978年) 8位微处理器和微机时代。代表产品有 Intel 公司的 8080、Motorola 公司的 MC6800, Mos Technology 公司的 6502 和 Zilog 公司的 Z80。其特点是采用 NMOS 工艺,采用 40 引脚(DIP),集成度比上一代提高了  $1\sim 2$  倍(8080 为 4 900 个晶体管/片,MC6 800 为 6 800 个晶体管/片,Z80 为 10 000 个晶体管/片),运算速度提高一个数量级,基本指令执行时间为  $1\sim 2\mu\text{s}$ ,指令系统比较完善,寻址能力有所增强,曾是应用的主流。主要用于教学、实验、工业控制和智能仪器中如 Appel II 微机、TRS-80 微机和 TP-801 单片微机。

(3)第三代(1978年~1981年) 16位微处理器和微机时代。代表产品是 Intel 公司的 8086(29 000个晶体管/片),Zilog 公司的 Z-8000(17 500个晶体管/片)和 Motorola 公司的 MC68000(68 000个晶体管/片)。其特点是采用高性能的 HMOS 工艺,各方面性能比第二代提高一个数量级,基本指令执行时间为  $0.5\mu\text{s}$ ,所组成的微机已达到或超过中档小型机(如 PDP11/45)的水平。鉴于其字长和处理速度弥补了 8 位微机的缺陷,因而这类微机在实时控制和实时数据处理方面开辟了广阔的应用前景,特别是 80 年代以来,汉字处理技术的发展,IBM-PC 系列微机得到了普及和应用,广泛用于数据处理、管理系统和多媒体终端等。1980 年相继出现的 Intel 公司 80286、MC68010 是超级的 16 位微处理器,集成度达到 10 万个晶体管/片,基本指令执行时间为  $0.2\mu\text{s}$ 。

(4)第四代(1981年~1989年) 32位微处理器和微机时代。这一代产品属于超大规模集成电路 SLSI(Super Large Scale Integration)。代表产品有 Intel 公司的 80386、Motorola 公司的 68020。集成度达到 15 万~45 万个晶体管/片,采用 NMOS III 工艺,时钟频率高于 20MHz,基本指令执行时间 55ns。在 80386 之后,1989 年出现的 80486 集成度达到 100 万个晶体管/片,80386 和 80486 所组成的微机在软件上与前一代的微机兼容,普遍受到用户的欢迎。

(5)第五代(1990年以后) 64位微处理器和微机时代。1993年3月 Intel 公司推出了新一代 64 位处理器 Pentium(简称 P5),集成度可达 310 万个晶体管/片,时钟频率达  $60\sim 66\text{MHz}$ 。由它组成了 Pentium 586/60 微机。在这以后,又推出了 Pentium Pro、Pentium MMX。由于 CPU 普遍采用低压供电技术,CPU 的主频大幅度提高到  $66\sim 230\text{MHz}$ 。1997 年又推出最新的 Pentium I CPU。由这些 CPU 构成的微机是现今最先进的微机。

在微处理器发展的同时,每代的单片机也得到了相应的发展。通用的单片机,如 Intel 公司



的 MCS-51 系列、MCS-96 系列和 Motorola 公司的 68HC 系列,专用的单片机,如 TI 公司的 TMS320 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列单片机也获得了极其广泛的应用。

## 二、什么是计算机

现在人们通常所说的计算机或电子计算机是指电子数字计算机。计算机是一种能自动地、高速地处理信息的电子设备。它所接受和处理的信息可以是数字、符号、声音、图像等等,并且能迅速、准确地对所处理的信息进行运算、推理、分析、判断,从而帮助人们完成部分脑力劳动。所以,人们也称电子计算机为“电脑”。

## 三、计算机的特点

计算机的主要特点有五个方面。

1. 高速性——计算机组成的物质基础主要是电子逻辑部件,电子器件的高速性使计算机具有了高速性。

2. 准确性——由于采用数字化信息编码,使计算机的运算、控制及信息处理具有极大的准确性。

3. 记忆性——计算机采用“存储程序”工作原理,把程序和数据先存入具有记忆功能的存储器件中,只需发“启动”命令,计算机就按照程序进行控制,自动连续地完成预定的任务。因此计算机具有记忆性。

4. 逻辑性——由于计算机内部所有数字化信息编码都采用二进制的形式(称基二码),即每位代码只有 0 和 1 两种形式,它既可表示数值数据,也可表示逻辑值(是与非等),从而使逻辑代数成为计算机设计与分析的工具。它与高速逻辑器件结合使计算机具有逻辑判断和逻辑运算的能力。

5. 通用性——计算机采取程序存储原理,程序可以是各个领域的用户自己编写的应用程序,也可以是厂家提供的供众多用户共享的程序,丰富的软件、多样的信息,使计算机具有相当大的通用性。

## § 1.2 计算机的组成及工作过程

### 一、计算机的基本组成

1946 年,在美籍匈牙利数学家冯·诺依曼领导的研制小组提出的计算机方案中,明确了计算机的五大组成部分,即运算器、逻辑控制装置(控制器)、存储器、输出和输入设备。图 1.1 为计算机的基本组成,下面就各部分的作用分述如下:

1. 输入设备:是人与计算机进行交往的入口,是向计算机输入原始数据、程序和其他信息的设备。常用的有键盘、鼠标等。工作时,把信息转换成计算机所能接受的二进制数或代码送入机器。

2. 存储器:是计算机信息仓库,具有记忆功能,用来存放输入设备送来的原始数据、程序以及运算器送来的运算结果等。

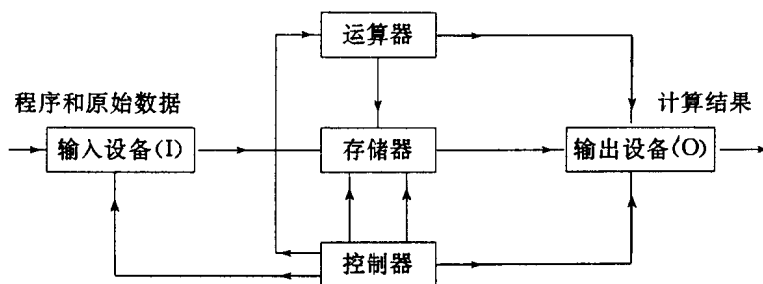


图 1.1 计算机的基本组成图

存储器采用按地址存取的方式工作,它由许多存储单元组成,每个存储单元可以存放一个数据代码。存储器好像一个巨大的旅馆,有成千上万个房间,每个房间有若干个床位。为方便旅客,把房间编上号,房间的床位也编上号,旅客根据他的房间号和床位号住宿。存储器中的“房间”称为单元。“房间”的编号称为地址,“床位”编号称为位。在计算机中,存储器包含的存储单元的总数称为容量,为了方便,以 K 字或 K 字节为单位。

$$1K = 2^{10} = 1024$$

$$1 \text{ 个字} = 16 \text{ 位二进制数}$$

$$1 \text{ 个字节} = 8 \text{ 位二进制数}$$

存储器的基本功能是按给定的地址,将数据和操作数(称为指令),写入到相应的存储单元或读取相应单元中的数据或指令。因此,能存储大量信息的存储体是存储器的核心。

存储器在运算之前,接受外界送来的程序和数据。在运算过程中提供指令和数据信息,保存中间结果。运算结束后,报存运算结果。

3. 运算器:是计算机进行算术运算和逻辑运算的主要部件,由寄存器、加法器、移位寄存器等逻辑电路构成。衡量运算器性能的主要指标是字长和运算速度。字长是一次参加运算的二进制数的最大位数,运算速度是指计算机进行加减运算的快慢,用每秒完成的运算次数来表示。

4. 控制器:控制器是整个机器的控制中心。它通过向机器的各部分发出的控制信号来控制整台机器自动地、协调地工作。

在控制器工作过程中,还需不断地接受执行部件的反馈信息。例如运算器送来的运算结果、状态等,这些反馈信息为控制器判断下一步如何工作提供依据。

因此,控制器的工作就是根据存储器中存储的程序,周而复始地取指令,分析指令,执行指令,向运算器、存储器、输入输出设备发出控制命令,控制计算机的工作。

5. 输出设备:是计算机与人交往的出口,是计算机运算器把运算的中间结果或最终结果及其他信息以数字、字符、图形等形式表示出来的设备,常用的有打印机、数码管、显示器和绘图仪等。

人们把计算机这五部分中的存储器、运算器和控制器合称为主机,又把其中的运算器和控制器称为中央处理器(CPU),而把输入输出设备以及外存储器等称为外部设备,简称外设。

## 二、计算机的工作过程

首先,要将需要处理的问题的物理过程或工作状态用数学式表示出来,即所谓的建立数学

模型。

第二步,根据数学模型编制程序。

第三步,由输入设备将程序和原始数据送入内存存储起来。

第四步,启动计算机执行程序,于是计算机在控制器控制下,依次从内存取出操作命令和有关的数据进行运算和操作,并将处理的最终结果送内存或输出设备输出。

这里需要进一步说明的是控制到底凭什么指挥机器工作呢?实际上,控制器是根据人事先编制好的程序控制计算机工作的。先做什么,后做什么,如何处理所遇到的一切情况,都是由程序决定的。人把事先考虑好的意图表达在程序中。程序是由一条一条的操作命令组成,而控制器则按程序从内存取的操作数进行操作,直到程序执行完毕。由此可见,控制器是按人的意图(由程序体现)来指挥机器工作的,计算机的工作过程实质上就是自动执行程序中的指令或语句的过程。

### § 1.3 计算机中数和字符的表示

计算机搜集处理的信息,必须先经过数字化处理,即数据、文字符号、图形等各种信息都需要经过编码,成为计算机可以识别和处理的数字信息。因此计算机选择哪些数字系统,如何表示数据,将直接影响机器的性能和结构。数字在机器内部是用电子器件的物理状态表示的,故在工艺条件允许情况下,应尽量选择简单的数据表示形式,以提高机器的效率和通用性。第一台计算机奠定了二进制数基础并沿用至今,也就是因为二进制数只有“0”和“1”两种状态,不仅易于物理实现、数据存储、传输和处理,而且规则简单、节省设备,特别是采用二进制后,能方便地使用逻辑代数(又称开关代数或布尔代数)这一数学工具进行逻辑电路的分析、设计、综合,并使计算机具有逻辑性。因此有必要了解二进制的表示及二进制与其他进制数间的转换方法。

#### 一、进位计数制

##### (一)十进制数

十进制数有两个主要特点:

1. 由十个不同的数码 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 来表示数。

2. 由低位向高位的进位规则是“逢十进一”。因此,同一个数码在数中不同的位置代表的意义不同。例如,在 888.88 这个数中小数点左边第一位的 8 就表示“个”位,就是本身的数值 8。小数点左边第二位的 8 代表“十”位,它的值为  $8 \times 10^1$ 。小数点左边第三位的 8 代表“百”位,它的值为  $8 \times 10^2$ 。而小数点右边第一位的 8 和第二位的 8 的值分别为  $8 \times 10^{-1}$  和  $8 \times 10^{-2}$ ,因此,888.88 实际上是这个数中不同位置上数码所代表的数值相加的结果。即

$$888.88 = 8 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

##### (二)二进制数

二进制数有两个主要特点:

1. 它的数值部分只需要两个数码 0 和 1 来表示。

2. 由低位向高位是“逢二进一”,因此,同一个数码在数中处在不同的位置代表的意义也是不同的。表 1.1 列出了数码 1 在二进制数中处于不同的位置时所代表的意义(所代表的十进制的值)。数码 0 在任何位置都代表 0。

例 1.  $(1001)_B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 = (8+1)_D = (9)_D$

$(1011.101)_B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (11.625)_D$

为什么计算机要采用二进制数？这是因为二进制数只有“0”和“1”两个数码，在电学中，电位的高与低，电源的通与断，电灯的亮与灭等两种稳定状态都可以用“0”和“1”来表示。其次是因为二进制数的运算公式简单，即：

$0+0=0$        $0+1=1$        $1+0=1$        $1+1=10$   
 $0 \times 0=0$        $0 \times 1=0$        $1 \times 0=0$        $1 \times 1=1$

加法和乘法各四条，这里的乘法运算比十进制的“九九歌”简单，这样机器要懂得的规则比较少，计算机进行二进制数的运算比十进制数简单得多。再次采用二进制数也便于设计和简化计算机的结构。

表 1.1

整 数		小 数	
二进制数码 1 的 位 值	代表的十 进制的值	二进制数码 1 的 位 值	代表的十 进制的值
1	$1 \times 2^0 = 1$	0.1	$1 \times 2^{-1} = 1/2 = 0.5$
10	$1 \times 2^1 = 2$	0.01	$1 \times 2^{-2} = 1/4 = 0.25$
100	$1 \times 2^2 = 4$	0.001	$1 \times 2^{-3} = 1/8 = 0.125$
1000	$1 \times 2^3 = 8$	0.0001	$1 \times 2^{-4} = 1/16 = 0.0625$
10000	$1 \times 2^4 = 16$	0.00001	$1 \times 2^{-5} = 1/32 = 0.03125$
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
$\underbrace{\quad \quad \quad}_n$ 10.....00	$1 \times 2^n$ (n 是 1 之后 0 的个数)	$\underbrace{\quad \quad \quad}_n$ 0.00.....001	$1 \times 2^{-n}$ (n 是 1 之前 0 的个数)

(三)十六进制数

十六进制数有两个主要特点：

1. 用十六个不同的数码 0~9 和 A B C D E F 来表示数值。
2. 由低位向高位进位规则是“逢十六进一”。因此，在不同数位数码所表示的值是不同的。

例如：

$(327)_H = 3 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = (807)_D$

$(3AB.11)_H = 3 \times 16^2 + A \times 16^1 + B \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (939.06640625)_D$

表 1.2 列出了十进制数、十六进制数和二进制数之间的关系。

表 1.2

十进制数	十六进制数	二进制数	十进制数	十六进制数	二进制数
0	0	0	8	8	1000
1	1	1	9	9	1001
2	2	10	10	A	1010
3	3	11	11	B	1011
4	4	100	12	C	1100
5	5	101	13	D	1101
6	6	110	14	E	1110
7	7	111	15	F	1111

在实际应用中,为了区分所表示的数的进制,往往在数后加上一个标志符号。通常用如下方法表示:

十进制数后面加 D 或不加,如 101D 或 101;

二进制数后面加 B 或在前面加 %,如 1000B 或 %1011;

十六进制数后面加 H 或在前面加 \$,如 7AH 或 \$7A。

## 二、不同数制之间的转换

### (一)二进制数与十进制数的转换

#### 1. 二进制数转换成十进制数

将二进制数中的所有“1”数码在数中所处的位置所代表的十进制数值相加,所得的结果就是转换成的十进制数。

例 2.  $(11110)_B = (?)_D$

解:  $(11110)_B = (10000 + 1000 + 100 + 10)_B$   
 $= (16 + 8 + 4 + 2)_D$   
 $= (30)_D$

例 3.  $(0.1011)_B = (?)_D$

解:  $(0.1011)_B = (0.1 + 0.001 + 0.0001)_B$   
 $= (0.5 + 0.125 + 0.0625)_D$   
 $= (0.6875)_D$

将例 2 和例 3 的整数部分和小数部分合并,可得:

$$(11110.1011)_B = (30.6875)_D$$

#### 2. 十进制数转换成二进制数

转换时,十进制数的整数部分和小数部分分别转换成相应的二进制数的整数部分和小数部分,然后合并在一起。

##### (1) 整数部分的转换

转换的方法是:“用 2 除取余,逆序排列”,或“除 2 倒取余”。即将十进制数的整数部分连续除以 2,可依次得到余数,将余数逆序排列便可得到二进制数。

例 4.  $(30)_D = (?)_B$

解:

2	30	余 0	↑ (低位)
2	15	余 1	
2	7	余 1	
2	3	余 1	
2	1	余 1	
	0	余 1	↓ (高位)

所以  $(30)_D = (11110)_B$

##### (2) 小数部分的转换

转换的方法是:“用 2 乘取整,顺序排列”。即将十进制数的小数部分乘以 2,得到一个乘积。再将乘积中的小数部分乘以 2,……,如此连续做下去,直到乘积的小数部分为 0 或达到一

定的精度为止。将逐次所得的乘积的整数部分顺序排列便是转换的结果。

例 5.  $(0.6875)_{\text{D}} = (?)_{\text{B}}$

0.6875		
× 2		
1.3750	.....	乘积的整数部分为1
0.3750		
× 2		
0.7500	.....	乘积的整数部分为0
× 2		
1.5000	.....	乘积的整数部分为1
0.5000		
× 2		
1.0000	.....	乘积的整数部分为1
1.0		

(高位)
(低位)

所以  $(0.6875)_{\text{D}} = (0.1011)_{\text{B}}$

将例 4、例 5 的整数部分和小数部分合并,可得:

$$(30.6875)_{\text{D}} = (11110.1011)_{\text{B}}$$

### (二) 二进制数和十六进制数的转换

因为  $16 = 2^4$ , 所以十六进制数和二进制数之间的转换存在着简单而又直接的关系: 用四位二进制数表示一位十六进制数。只要熟悉这个关系, 十六进制数和二进制数之间的转换是十分方便的。

#### 1. 十六进制数转换为二进制数

采用“一位拆四位”的方法, 实现十六进制数转换为二进制数。即无论是十六进制数的整数部分还是小数部分, 只要把每一位十六进制数用相应的二进制数代替, 就实现了转换。

例 6.  $(3AB)_{\text{H}} = (?)_{\text{B}}$

解:

3	A	B
0011	1010	1011

即  $(3AB)_{\text{H}} = (001110101011)_{\text{B}}$

例 7.  $(0.7A53)_{\text{H}} = (?)_{\text{B}}$

解:

7	A	5	3
0111	1010	0101	0011

即  $(0.7A53)_{\text{H}} = (0.0111101001010011)_{\text{B}}$

#### 2. 二进制数转换成十六进制数

采用“四位合一”的方法实现二进制数到十六进制数的转换。即二进制数的整数部分由小数点向左, 每四位为一组, 不足四位的前面补 0, 小数部分由小数点向右, 每四为一组, 不足的后面补 0。然后每四位为一组的二进制数用一位十六进制数代替, 就实现了转换。

例 8.  $(1101111100011.100101111)_B = (?)_H$

解: 

0001	1011	1110	0011	1001	0111	1000
1	B	E	3	9	7	8

所以  $(1101111100011.100101111)_B = (1BE3.978)_H$

### 三、机器数——原码、反码、补码

不考虑正、负的二进制数称为无符号数。实际上数往往是有正负的,并且用“+”和“-”来表示数的正负。而计算机是无法识别“+”和“-”的。那么,计算机中的正负符号是如何表示的呢?通常把一个数最前面的一位定为符号位,用“0”表示数的正,用“1”表示数的负。例如  $N_1 = 1110101, N_2 = -1110101$ ,在机器中可以分别表示为:

$N_1$	0	1	1	1	0	1	0	1		$N_2$	1	1	1	0	1	0	1					
符号	数值部分														符号	数值部分						

这种用 0、1 表示正负的数称为机器数,原来的数称为真值。机器数有原码、补码和反码三种。

#### (一)原码

所谓原码,就是将真值的“+”和“-”符号分别按规定用“0”和“1”取代,数值部分和真值完全相同,保持真值的“原”样。例如:

数 1: 真值 1110101 原码 01110101

数 2: 真值 -1110101 原码 11110101

表示的符号为:若真值为 X,则其原码表示为  $[X]_{原}$ 。

#### (二)反码

正数的反码和原码相同。例如:

原码 01110101

反码 01110101

负数的反码,就是将原码各位(符号位除外)的“1”换成“0”,“0”换成“1”。简言之,就是除符号位以外,将原码各位求反。例如:

原码 11110101

反码 10001010

反码的表示符号为  $[X]_{反}$ 。

#### (三)补码

正数的补码和原码相同。例如

原码 01110101

补码 01110101

负数的补码,先将原码除符号位以外的各位求反码,再将反码的最低位加“1”。例如:

原码 11110101

补码 10001011

补码的表示符号为  $[X]_{补}$ 。

表 1.3

数的性质	正 数	负 数
真 值	1110101	-1110101
原 码	01110101	11110101
反 码	01110101	10001010
补 码	01110101	10001011

表 1.4 列出了八位二进制数对应于无符号二进制数和机器数的值。

表 1.4

八位二进制数	无符号二进制数	原码	补码	反码
00000000	0	+0	+0	+0
00000001	1	+1	+1	+1
00000010	2	+2	+2	+2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
01111100	124	+124	+124	+124
01111101	125	+125	+125	+125
01111110	126	+126	+126	+126
01111111	127	+127	+127	+127
10000000	128	-0	-127	-128
10000001	129	-1	-126	-127
10000010	130	-2	-125	-126
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
11111101	253	-125	-2	-3
11111110	254	-126	-1	-2
11111111	255	-127	-0	-1

#### 四、字符的编码

字符也必须按特定的规则利用二进制编码才能为机器所接受。编码的方式很多，目前用得最普遍的是 ASCII 码。它采用七位二进制编码，共可表示 128 种代码，其中包括数码 0~9、英文字母等可打印的字符代码。数码 0~9 对应的二进制编码为 %0110000~%0111001，用十六进制读其编码值为 \$30~\$39，大写字母 A~Z 对应的二进制编码为 %1000001~%1011010，用十六进制读其编码的值为 \$41~\$5A。

### § 1.4 计算机中的基本逻辑运算

能根据逻辑关系进行因果判断的运算叫逻辑运算，实现这一运算的电路叫逻辑电路。逻辑



运算是计算机的基本功能之一,而逻辑电路则是计算机的最基本的组成部分,本节就计算机中的一些最基本的逻辑运算作一些简略介绍。

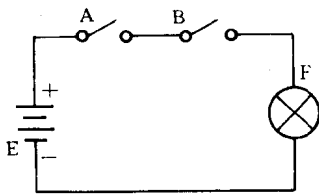
## 一、“与”、“或”、“非”逻辑

### (一)“与”逻辑

“与”逻辑运算又叫逻辑乘,其结果叫逻辑积。

可以用图 1.2 所示的开关电路来描述“与”逻辑关系。图中有两个串联的开关 A 和 B,以及一个灯泡 F,灯亮的条件是什么呢?

表 1.5



(a)			(b)		
开关 A	开关 B	灯 F	A	B	C
断	断	灭	0	0	0
断	合	灭	0	1	0
合	断	灭	1	0	0
合	合	亮	1	1	1

图 1.2 “与”逻辑示例

图中两个开关 A、B 共有四种状态组合,它们与灯亮、灭之间的逻辑关系可以用表 1.5 来描述。从表中可以看出,只有开关 A 和 B 同时合上时,灯才亮,否则灯灭。

因此,“与”逻辑关系的定义为当决定某个事件的几个条件全部具备后,这事件才会发生的逻辑关系。

若用“1”表示开关的“合”和灯的“亮”,用“0”表示开关的“断”和灯的“灭”,那么“与”逻辑关系可以用表 1.5(b)来表示,表 1.5(b)称为“与”逻辑的真值表。真值表是描述逻辑关系的常用方法之一。

“与”逻辑运算还可用如下的函数表示:

$$F = A \cdot B$$

式中的“ $\cdot$ ”为与的逻辑运算符,也可以用“ $\wedge$ ”表示。上式读作:F 等于 A 与 B。式中的“ $\cdot$ ”也可省略,则上式可写为:

$$F = AB$$

由真值表可以确定“与”逻辑运算(简称“与”运算)的运算规律:

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

数字技术中,用来实现“与”运算的电路称为“与”门,图 1.3 画出了它的逻辑符号。图中(a)为新国标,(b)为旧国标,(c)为国际通用符号。以下相同。

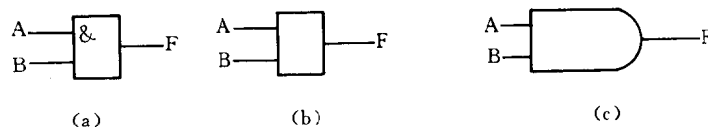


图 1.3 “与”逻辑符号图