

WEI JI JI SHU

微机技术

● 周明德 陶龙芳 编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 183 号

微 机 技 术

周明德 陶龙芳 编

*

中央广播电视大学出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
北京顺义北方印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张30.75 千字704

1992年2月第1版 1992年2月第1次印刷

印数 1-10000

定价 11.50 元

ISBN 7-304-00670 6/TP·35

前 言

计算机技术是 20 世纪发展最为迅速的一种新兴的科学技术，特别是 1971 年以来，微型计算机兴起，并迅速发展，在短短的 15 年内已经历了四代，性能有极大的提高而价格又急剧下降。到 1990 年，全世界个人计算机的年产量已超过 2500 万台，装机总数已超过一亿台。

微型计算机的兴起，大大促进了计算机的应用。它早已走出国防、军工的领域，进入了工业生产、金融财务、事务管理、办公自动化等领域，渗透到国民经济、人民日常生活的各个方面，极大地促进了国民经济的发展。

我国自 80 年代以来，重点发展了微型计算机，年产量已近 10 万台，总装机台数已超过 50 万台，在国民经济的各个领域起了巨大的作用。我国的四个现代化建设，要求进一步发展微型计算机的生产和应用，用计算机对生产技术进行改造，提高生产力和经济效益。

微型计算机 15 年来已由 4 位机发展到 8 位、16 位、32 位机，但每一种芯片仍在各种不同的领域得到广泛的应用。4 位机在机电一体化产品、智能化仪器仪表和家电产品，如冰箱、全自动洗衣机、计算器中应用量很大；8 位机在工业过程控制、传统产业的改造中仍得到广泛的应用；16 位、32 位机则在事务管理、数据处理、办公自动化领域中广泛应用。

本教材是为机电类专业编写的，重点是针对计算机在工业过程控制、传统产业的改造、智能化产品的开发和生产中的应用，阐述计算机(主要是微型计算机)的基本概念、基本知识和基本技能。以 8 位微型计算机为主要对象，以最常用的 8 位微处理器——Z 80-CPU 为主，兼顾主要的 8 位单片机——Intel 8051 系列，也简要地介绍了最常用的 IBM-PC 计算机。本教材以第三章指令系统和汇编语言程序设计、第四章微机接口技术为重点，介绍了计算机应用中最重要的基本知识和基本技能与方法。第五章是为应用单片机打基础的。

本书的第三章由中央电大陶龙芳副教授编写，其它各章均由周明德编写。

本书由中央电大邀请了北京航空航天大学陈望梅教授、北京理工大学张治中副教授、北京计算机学院吕景瑜副教授、中软总公司何绍德高级工程师进行审定，他们对书稿提出了许多宝贵意见。在此对他们表示深深的感谢。

限于作者的水平，本书会有不少的缺点与错误，恳请读者批评指正。

周 明 德

1991 年 8 月 30 日

目 录

第一章 计算机基础	(1)
内容提要	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 计算机中的数和编码系统	(2)
一 计算机中的数制	(2)
二 二进制编码	(5)
三 二进制数的运算	(7)
四 带符号数的表示法	(10)
第三节 计算机基础	(16)
一 计算机的基本结构	(16)
二 常用的名词术语	(17)
三 指令程序和指令系统	(17)
四 初级计算机	(18)
第四节 计算机的硬件和软件	(25)
一 系统软件	(25)
二 支撑软件	(26)
三 应用软件	(26)
内容小结	(26)
习题	(27)
第二章 微型计算机基本组成	(31)
内容提要	(31)
第一节 Z80-CPU结构	(31)
一 Z80的内部结构	(31)
二 Z80的引脚及其功能	(34)
第二节 Z80-CPU的时序	(36)
一 指令周期、机器周期和T周期	(36)
二 CPU的时序和存储器以及外设的时序	(37)
三 取指令码(M ₁ 周期)	(39)
四 存储器读或写周期	(41)
第三节 半导体存储器	(43)
一 半导体存储器的分类	(44)
二 读写存储器RAM	(46)

三 只读存储器(ROM).....	(54)
第四节 输入和输出接口	(58)
内容小结	(61)
习题.....	(62)
第三章 汇编语言程序设计	(64)
内容提要	(64)
第一节 Z80 指令系统	(64)
一 Z80 指令系统基础	(64)
二 Z80 寻址方式	(66)
三 Z80 指令系统	(73)
第二节 汇编语言.....	(113)
一 计算机语言	(114)
二 汇编语言简介	(116)
三 汇编语言程序	(126)
四 汇编	(129)
第三节 基本程序设计方法	(138)
一 程序设计的步骤	(138)
二 流程图	(142)
三 顺序程序设计	(143)
四 分支程序设计	(153)
五 循环程序设计	(164)
六 盒子程序的程序设计	(195)
内容小结	(201)
习题.....	(209)
第四章 微机接口技术	(223)
内容提要	(223)
第一节 概述	(223)
一 CPU 寻址外设的方式	(223)
二 CPU 与外设间的接口信息	(224)
三 输入输出时序	(225)
四 CPU 与接口电路间数据传送的形式	(225)
第二节 CPU 与 I/O 的控制方式	(227)
一 查询(Polling)传送方式	(227)
二 中断(Interrupt)传送方式	(230)
三 直接数据通道传送(DMA)方式	(241)
第三节 接口电路.....	(243)
一 可编程并行数据接口电路——Z80-PIO	(243)

二 Intel 8255 A	(260)
三 定时器计数器电路——Z 80-CTC	(271)
四 D/A 转换器接口	(285)
五 A/D 转换器接口	(294)
六 键盘接口电路	(304)
七 LED 显示器接口	(312)
内容小结	(315)
习题	(316)
第五章 单片计算机	(318)
内容提要	(318)
第一节 概述	(318)
第二节 MCS—51 单片机的组成和结构	(319)
一 MCS—51 单片机的内部结构框图	(319)
二 CPU 结构	(319)
三 存储空间和存储器	(322)
四 I/O 口及相应的特殊功能寄存器	(329)
五 MCS—51 单片机的引脚和 CPU 的时序	(336)
第三节 指令系统	(341)
一 MCS—51 的助记符语言	(341)
二 寻址方式	(344)
三 数据传送类指令	(346)
四 逻辑操作类指令	(351)
五 算术运算类指令	(354)
六 位操作指令	(358)
七 控制转移类指令	(361)
第四节 MCS—51 单片机的中断	(367)
一 中断源	(367)
二 开中断、关中断和中断优先级	(368)
三 MCS—51 对中断的响应	(370)
四 中断程序举例	(371)
第五节 MCS—51 片内定时/计数器	(373)
一 定时/计数器的结构	(373)
二 定时/计数器的方式和控制寄存器	(374)
三 定时/计数器的工作方式	(375)
四 定时/计数器编程举例	(376)
第六节 MCS—51 的串行通讯接口	(377)
一 可编程的串行数据接口	(377)
二 MCS—51 中的片内串行通讯电路	(383)

*第七节 单片机系统的扩展	(395)
一 系统扩展概述	(395)
二 扩展程序存储器	(398)
三 扩展数据存储器	(398)
四 扩展并行 I/O 口	(399)
五 A/D、D/A 的扩展	(401)
*第八节 MCS—51 单片机的开发和开发系统简介	(403)
一 单片机开发的特点	(403)
二 单片机开发装置简介	(403)
内容小结	(406)
习题	(407)
第六章 微型计算机应用系统实例	(408)
内容提要	(408)
第一节 MCS—51 通用数据采集和处理系统	(408)
一 主要功能	(408)
二 硬件结构	(409)
三 模数转换	(409)
第二节 单片机在交、直流拖动系统中的应用	(414)
一 高分辨率数字触发器	(415)
二 数字测速	(418)
三 在交、直流调速系统中的应用	(419)
内容小结	(424)
第七章 IBM-PC 系列及基本配置	(426)
内容提要	(426)
第一节 IBM-PC 系列机的基本配置	(427)
一 CPU 采用 Intel 8088	(427)
二 主板上的内存存储器结构	(429)
三 DMA 控制器	(429)
四 定时器/计数器电路	(429)
五 盒带、扬声器和键盘接口	(429)
六 I/O 扩展槽	(429)
第二节 文件	(429)
一 什么是文件	(429)
二 文件名	(431)
三 文件目录	(432)
四 DOS 2.00 中的目录结构	(433)
第三节 DOS 的主要命令	(435)
一 DOS 命令的类型	(435)

二	DOS 命令的格式	(435)
三	常用的 DOS 命令	(437)
第四节	DOS 的支撑软件简介	(448)
一	字处理软件	(448)
二	数据库管理系统	(449)
三	电子报表	(449)
四	组合软件	(449)
内容小结	(449)
附录	(450)
附录 1	ASCII(美国标准信息交换码)表	(450)
附录 2	Z 80 指令功能表	(451)
附录 3	Z 80 指令的机器周期表	(469)
附录 4	MCS—51 系列单片机的指令表	(474)

第一章 计算机基础

内 容 提 要

1. 概要地介绍微型计算机的发展和本课程的主要特点。

2. 计算机最早是一种数字计算工具,计算机的数字系统是计算机的基础。目前在计算机中采用的都是二进制计数系统。因为二进制系统实现起来简单可靠,运算规则简单。本章介绍了微型机中最常用的二进制、十六进制以及十进制计数制及其相互转换;介绍了二进制的算术运算和逻辑运算;介绍了计算机中数的代码制。

3. 计算机除了表示数以外,还必须能表示各种符号、各种文字(包括汉字)。本章简要介绍了常用的代码系统。

4. 本章介绍了计算机中最基本的概念、术语,介绍了计算机的硬件、软件的基本知识。

5. 本章通过一个模型机,介绍了计算机的工作过程、计算机的最基本的原理和程序的基本知识。

第一节 引 言

随着计算机应用的推广和普及,随着大规模集成电路技术的飞速发展,70年代初诞生了一代新型的电子计算机——微型计算机(Microcomputer)。它利用大规模集成电路技术把计算机的中央处理单元(CPU——Central Processing Unit)即计算机的运算器和控制器集成在一个芯片上,称为微处理器(Microprocessor)。在1975年前后产生了三大8位微处理器系列,即Intel公司的8080、8085, Motorola公司的M6800和Zilog的Z80。在80年代微处理器发展到了16位和32位,最著名的是Intel公司的8086(16位)、8088(内部16位、外部8位)、80286(16位)和80386(32位)、80486(32位); Motorola公司的MC 68000(16位)、68020(32位)、68030及68040(32位)。片上的集成度已由70年代初的2000个管子,发展到20万个(1985年)及1000000个(1988年)管子,集成度提高了100多倍。同样,利用大规模集成电路技术制造了容量相当大的内存贮器(Memory)芯片,70年代的产品典型的有1K×4位的静态存贮器,16K×1位的动态存贮器;到了80年代已发展到256K×4位的静态存贮器和1M×1位的动态存贮器。同时又把各种通用的或专用的、可程序的接口电路(与外部设备相连接的电路)集成在一个片子上。这样,把CPU配上一定容量的读写存贮器RAM、只读存贮器ROM以及接口电路(例如并行接口电路PIO,串行接口电路SIO等)和必要的外设(通常包括CRT终端、打印机、软盘或硬盘(温盘)驱动器等等)就形成了一个微型计算机。

在有些专用的场合,还把CPU、一定容量的RAM和ROM以及若干个输入输出接口电路,都集成在一个芯片上,形成单片计算机(Single Chip Computer)。或把CPU、RAM和ROM、输入输出接口装在一块印刷电路板上,形成单板计算机(Single Board Computer)。

总之,微型计算机以利用大规模和超大规模集成电路技术为特征,大大缩小了计算机的体积,同时也大大降低了成本,从而使计算机(特别是微型计算机)渗透到工农业生产、国防、文教、科研以及日常生活各个领域,大大提高了生产率,促进各行各业发生深刻的变化。

在广阔的微型机应用领域中,4位、8位、16位、32位微处理器芯片和各种类型的微型计算机,小到单片机、单板机,大到多用户微机系统、工程工作站以及微机网络,各显其能、各放异彩。在信息量很大的管理信息系统或办公自动化系统中,大量使用16位(如IBM PC/XT、AT,长城、浪潮系列等)或32位(各种80386多用户系统正在迅速发展)微机。但是,在教育系统,在信息检测、采集,在工业控制领域,在自动化、智能化的仪器、仪表中,大量使用4位和8位微机,还大量使用着单片机。

根据我国的实际情况,本课程仍以8位微处理机为主,分析微型机的基本原理、微型机的结构、指令和汇编语言程序设计,介绍微型机的总线和时序、微型机与存贮器的接口,介绍微型机与外部接口间数据传送的形式和几种主要的I/O接口电路;本课程还对单片机的结构、工作原理、单片机的扩展以及单片机的应用作为较为详细的分析;最后要介绍目前最流行的个人计算机系统,介绍基本概念和几种最常用的实用软件并上机操作。

第二节 计算机中的数和编码系统

计算机最早是作为计算工具出现的,所以数的表示和运算是计算机的一个基本问题。由于计算机具有逻辑判断(逻辑运算)功能,而且有存贮器,能存贮参与运算(或操作)的信息(数据),还能存贮使计算机一步一步自动工作的命令(程序),因此计算机不仅能进行数字运算,而且还能进行文字处理,从而进行信息处理,用于管理和控制。目前的计算机已经远不只是一个计算工具,而是信息处理、事务管理、办公自动化以及自动控制的极其重要的工具。所以,计算机不但要能识别、表示和处理数,还要能识别、表示和处理文字、图像、声音……等各种信息。所有这些信息,在计算机内,目前都以若干位的二进制码的不同组合来表示的,这就是计算机中的编码系统。数在机器中是以器件的物理状态来表示的,一个具有两种不同的稳定状态且能相互转换的器件,就可以用来表示一位二进制数。所以,二进制数的表示是最简单而且可靠的,另外,二进制的运算规则也是最简单的。因此,目前在计算机中,数几乎全是用二进制表示的。

一、计算机中的数制

(一) 二进制数

一个二进制数,具有以下两个基本特点:

1. 具有两个不同的数字符号,即0和1;
2. 逢二进位。

由于是逢二进位的 所以同一个数字符号在不同的数位所表示的值是不同的。例如

111.11

小数点左边第一位的“1”代表的值就是它本身;小数点左边第二位的“1”,是由第一位逢二进上来的,所以它的值为 1×2^1 ;则左边第三位的“1”的值为 1×2^2 ; 小数点右面第一位的“1”代表 1×2^{-1} ;右面第二位的“1”代表 1×2^{-2} ……。

可见,每一个数位有一个基值与之相对应,这个基值称为权。小数点左面各数位的权是2的正次幂,小数点右面各数位的权是2的负次幂。

一个二进制数的值可以用它的按权展开式来表示,即

$$(111.11)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (7.75)_{10}$$

$$(1011.101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (11.625)_{10}$$

于是,一个任意的二进制数可以表示为

$$\begin{aligned} (B)_2 &= B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} \\ &\quad + B_{-2} \times 2^{-2} + \dots + B_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} B_i \times 2^i \end{aligned}$$

其中 n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数; B_i 的值为 0 或 1 取决于一个具体的数。

(二) 十六进制数

目前,大部分微型机的字长是 4 的整数倍,所以广泛地采用十六进制数来表示。一个十六进制数的特点为:

1. 具有 16 个数字符号,采用 0~9 和 A~F。这 16 个数字符号与十进制数和二进制数之间的关系如表 1-1 所示。

2. 逢 16 进位

由于是逢 16 进位,所以同一个数字符号,在不同的数位所代表的值是不同的,即每一个数位有一个权与之相对应。小数点左边各数位的权是 16 的正次幂,小数点右边各数位的权是 16 的负次幂。一个 16 进制数的值可以用它的按权展开式来表示,即

$$(32)_{16} = 3 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = (50)_{10}$$

$$(FF)_{16} = 15 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = (255)_{10}$$

$$(3AB.11)_{16} = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (939.0664)_{10}$$

于是,一个任意的十六进制数 D 可以表示为

$$\begin{aligned} (D)_{16} &= D_{n-1} \times 16^{n-1} + D_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + D_1 \times 16^1 + D_0 \times 16^0 \\ &\quad + D_{-1} \times 16^{-1} + D_{-2} \times 16^{-2} + \dots + D_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} D_i \times 16^i \end{aligned}$$

其中, n 是整数部分的位数, m 是小数部分的位数; D_i 的值在范围 0~9 和 A~F 中。

但是,在机器中,数并不是用 16 进制表示的,由于一开始提到的理由,在机器中数仍是用

表 1-1 二进制、十进制、十六进制数码对照表

十 进 制	十 六 进 制	二 进 制
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111
16	10	10000

二进制表示的。由于二进制和十六进制之间存在一种特殊关系,即 $2^4=16$ 。

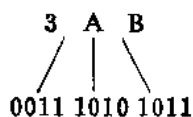
于是,一位十六进制数可以用4位二进制数表示,它们之间存在着直接的而又唯一的对应关系,如表1-1所示。

因此,二进制数和十六进制数之间的转换是十分简捷而又方便的。

1. 十六进制转换为二进制

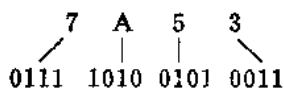
不论是十六进制的整数或小数,只要把每一位16进制的数用相应的4位二进制数代替,就可以转换为二进制数。

例: $(3AB)_{16}$ 可转换为



$$\therefore (3AB)_{16} = (0011\ 1010\ 1011)_2 = (11\ 1010\ 1011)_2$$

$(0.7A53)_{16}$ 可转换为



$$\therefore (0.7A53)_{16} = (0.0111\ 1010\ 0101\ 0011)_2$$

2. 二进制转换为十六进制

二进制的整数部分由小数点向左,每4位一分,最后不足4位的前面补0,小数部分由小

点向右,每4位一分,最后不足4位的后面补0。然后把每4位二进制数用相应的十六进制数代替,即可转换为十六进制数。

例: $(11011\ 1110\ 0011.1001\ 01111)_2$ 可转换为

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

$\therefore (11011\ 1110\ 0011.1001\ 01111)_2 = (1\ BE\ 3.978)_{16}$

总之,数在机器中是用二进制表示的。但是,一个二进制数书写起来太长,容易出错。而目前大部分微型机的字长是4位、8位、16位或32位的,都是4的整数倍,故在书写时可用十六进制表示。一个字节(8位)可用两位十六进制数表示,两个字节(16位)可用4位十六进制数表示等,书写方便且不容易出错。

二、二进制编码

如上所述,在计算机中,数是用二进制表示的。计算机中如何表示大小写英文字母、各种标点符号和各类运算符号以及汉字呢?由于计算机中的基本物理器件是具有两个状态的器件,所以各种字符只能用若干位的二进制组合(即二进制编码)来表示。

(一) 二进制编码的十进制数

因为二进制数实现容易、可靠,二进制的运算规律十分简单,所以,在计算机中采用二进制。但是,二进制数不直观,于是在计算机的输入和输出时通常还是采用十进制数表示。不过这样的十进制数要用二进制编码来表示。

一位十进制数用4位二进制编码来表示。表示的方法极多,较常用的是8421 BCD码,表-2列出了一部分编码关系。

表 1-2 BCD 编码表

十进制数	8421 BCD码	十进制数	8421 BCD码
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	0001 0000
3	0011	11	0001 0001
4	0100	12	0001 0010
5	0101	13	0001 0011
6	0110	14	0001 0100
7	0111	15	0001 0101

8421 BCD码有十个不同的数字符号,且它是逢“10”进位的,所以,它是十进制数;但它的每一位是用4位二进制编码来表示的,因此,称为二进制编码的十进制数(BCD——Binary Coded Decimal)。

BCD码是比较直观的。

例: $(0100\ 1001\ 0111\ 1000.0001\ 0100\ 1001)_{BCD}$

可以很方便地认出为:

4978.149

所以,只要熟悉了BCD的十位编码,立即可以很容易地实现十进制与BCD码之间的转换。

但是,BCD码与二进制之间的转换是不直接的,要先经过十进制。即:BCD码先转换为十进制码,然后再转换为二进制;反之亦然。

(二) 字母与字符的编码

如上所述,字母和各种字符也必须按特定的规则用二进制编码才能在机中表示。编码也可以有各种方式——即规定。目前在微型机中最普遍的是采用ASCII码(American Standard Code for Information Interchange 美国标准信息交换码),编码表见附录1。

它是用7位二进制编码,故可表示128个字符,其中包括数码(0~9),以及英文字母等可打印的字符。从表中可看到,数码0~9相应用0110000~0111001来表示。因微型机通常字长为8位,所以bit 7通常用作奇偶校验位,但在机中表示时常认其为零,故用一个字长(即一个字节)来表示一个ASCII字符。于是,0~9的ASCII码为30H~39H;大写字母A~Z的ASCII码为41H~5AH。

(三) 汉字的编码

当计算机在我国应用时,特别是把计算机用于管理等事务处理领域时,就要求计算机能够输入、存贮、处理和输出汉字。显然,汉字在计算机中,也只能用若干位的二进制编码来表示。因为8位编码只能表示 $2^8=256$ 个字符,用它来表示汉字是远远不够的,那么要用多少位来表示汉字呢?这首先取决于一个计算机能输入、存贮、处理的汉字的个数。国家根据汉字的常用程度定出了一级和二级汉字字符集,并规定了编码,这就是中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码,GB 2312—80.中汉字的编码即国标码。该标准编码字符集共收录汉字和图形符号7445个,其中包括:

1. 一般符号202个,包括间隔符、标点、运算符、单位符号和制表符等。
2. 序号60个,它们是1.~20. (20个),(1)~(20)(20个),①~⑩(10个)和(-)~(+)(10个)。
3. 数字22个。它们是0~9和I~XII。
4. 英文字母52个,大、小写各26个。
5. 日文假名169个,其中平假名83个,片假名86个。
6. 希腊字母48个,其中大、小写各24个。
7. 俄文字母66个;其中大、小写各33个。
8. 汉语拼音符号26个。
9. 汉语注音字母37个。
10. 汉字6763个。这些汉字分为两级,第一级汉字3755个,第二级汉字3008个。

这个字符集中的任何一个图形、符号及汉字都是用两个7位的字节表示(在计算机中当然用两个8位字节,每个字节的最高位用0来表示)。国标码的每一个字节的定义域在21H到

7EH。如国标码的第一个汉字“啊”的国标编码为 30H、21H。即为 00110000、0010 0001 这两个字节编码。

国标码中，汉字的排列顺序为：一级汉字按汉语拼音字母顺序排列，同音字母以笔划顺序为序；二级汉字则以部首顺序排列。

在计算机中通常处理的是以 ASCII 码表示的字符，即单字节字符，一个字符在机器内以一个字节(8位)的二进制编码表示。实际上，ASCII 码只需要 7 位，故在计算机内的 ASCII 码的最高位是“0”。而汉字在计算机内至少要用两个字节表示(也有用三字节、四字节表示的)。区分汉字的编码与 ASCII 码，目前也有许多种方法，在微型机中常用的是两字节汉字内码。在机器中，汉字是以内码形式存贮和传输的。一种机器常可用若干种汉字输入方式，即有若干种输入码，但其汉字内码是统一的。两字节汉字内码，就是以汉字的国际码(两个 7 位编码)的两个字节的最高位都为“1”形成的。例如汉字“啊”，国标码为 0110000、010 0001，内码为 1011 0000、1010 0001，即为 B 0H、A 1H。

三、二进制数的运算

一种数字系统可进行两种基本的算术运算：加法和减法。利用加法和减法，就可以进行乘法、除法以及其他数值运算。

(一) 二进制加法

二进制加法的规则为：

- ① $0+0=0$
- ② $0+1=1+0=1$
- ③ $1+1=0$ 进位 1
- ④ $1+1+1=1$ 进位 1

若有两数 1101 和 1011 相加，则加法过程如下：

$$\begin{array}{r}
 \text{进位} \quad 111 \\
 \text{被加数} \quad 1101 \\
 \text{加数} \quad + 1011 \\
 \hline
 11000
 \end{array}$$

可见，两个二进制数相加时，每一位有三个数——即相加的两个数和低位的进位参加运算，用二进制的加法规则得到本位的和以及向高位的进位。

微型机中通常字长为 8 位。例：两个 8 位数相加

$$\begin{array}{r}
 \text{进位} \quad 111111 \\
 \text{被加数} \quad 10110101 \\
 \text{加数} \quad + 00001111 \\
 \hline
 \text{和} \quad 11000100
 \end{array}$$

(二) 二进制减法

二进制减法的运算规则为：

- ① $0-0=0$
- ② $1-1=0$
- ③ $1-0=1$

④ $0-1=1$ 有借位

例: $11000100-00100101$, 列出式为:

借	位	1	1	1	1	1	1	
借位以后的被减数		1	0	1	1	1	0	1
被减数	减	1	1	0	0	0	1	0
减	数	0	0	1	0	0	1	0
	数							
差		1	0	0	1	1	1	1

与加法类似, 每一位有三个数——本位的被减数、减数和低位的借位参加运算。为便于计算, 式中列出了低位向高位的借位, 在运算时先用被减数和借位相运算, 得到考虑了借位以后的被减数, 然后再减去减数, 最后得到每一位的差以及所产生的借位。下面再举一个例子说明这样的运算过程。

例: $11101110-10111010$, 式为:

借	位	0	1	1	0	0	0	0
借位后的被减数		1	0	0	0	1	1	1
被减数	减	1	1	1	0	1	1	1
减	数	1	0	1	1	0	1	0
	数							
差		0	0	1	1	0	1	0

(三) 二进制乘法

二进制乘法的运算规则为:

- ① $0 \times 0 = 0$
- ② $0 \times 1 = 0$
- ③ $1 \times 0 = 0$
- ④ $1 \times 1 = 1$

规则是十分简单的: 只有当两个 1 相乘时积才为 1, 否则积为 0。

二进制的乘法也与十进制的类似:

被乘数	1	1	1	1	
乘数	\times	1	1	0	1
		1	1	1	1
		0	0	0	0
		1	1	1	1
		1	1	1	1
		1	1	0	0
		0	0	0	1
		1	1	0	0
		0	0	1	1

可用乘数的每一位去乘被乘数, 乘得的中间结果的最低有效位与相应的乘数位对齐。若乘数位为 1, 所得的中间结果即为被乘数; 若乘数位为 0, 则中间结果为 0。最后把这些中间结果一起加起来, 就可得到乘积。这种做法由于重复性差, 不便于在机器中实现。为了便于在机器中实现, 把运算方法改变一下:

1. 被乘数左移的方法

乘数	被乘数	部分积
1 1 0 1	1 1 1 1	0 0 0 0
① 乘数最低位为 1, 把被乘数		+ 1 1 1 1
		1 1 1 1

加至部分积上,

然后把被乘数左移 11110

② 乘数为 0, 不加被乘数,

被乘数左移 111100

③ 乘数为 1, 加被乘数(已左移后的)

$$\begin{array}{r} 1111 \\ 111100 \\ \hline 1001011 \end{array}$$

被乘数左移 1111000

④ 乘数为 1, 加被乘数

$$\begin{array}{r} 1111000 \\ 11000011 \\ \hline \end{array}$$

得乘积

从上例中可看到两个 n 位数相乘, 乘积为 $2n$ 位。在运算过程中, 这 $2n$ 位都有可能要有相加的操作, 故需 $2n$ 个加法器。

2. 部分积右移的乘法

上例中是以被乘数左移的方法来实现的, 则两个 n 位数相乘, 乘积为 $2n$ 位, 在运算过程中, 这 $2n$ 位都有可能要有相加的操作, 故需 $2n$ 个加法器。

我们也可以用部分积右移的办法来实现, 其过程如下:

	乘 数	被乘数	部分积
	1101	1111	0000
① 乘数最低位为 1, 加被乘数			$+ 1111$
部分积右移			1111
② 乘数为 0, 不加被乘数			01111
部分积右移			001111
③ 乘数为 1, 加被乘数			$+ 1111$
部分积右移			1001011
④ 乘数为 1, 加被乘数			$+ 1111$
部分积右移			11000011
			110000011

最后所得的结果相同。但是, 这种运算方法只有 n 位有相加的操作, 故只需 n 个加法器。

(四) 二进制除法

除法是乘法的逆运算。与十进制的类似, 从被除数的最高有效位 MSB(Most Significant Bit)开始检查, 并定出需要超过除数的位数。找到这个位时商记 1, 并把选定的被除数值减除数。然后把被除数的下一位下移到余数上。如果余数不能减去除数(不够减)则商 0, 把被除数的再下一位移到余数上; 若余数够减则商 1, 余数减去除数, 把被除数的下一位移到余数上……