



教育部高职高专规划教材

微机原理 与接口技术

王海春 主编 刘军 朱宁 副主编
骆云麟 主审

-43-



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

微机原理与接口技术

王海春	主 编
刘军 朱宁	副主编
骆云麟	主 审

化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理与接口技术/王海春主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.1
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3331-1

I. 微… II. 王… III. ①微型计算机-基础理论-高等学校: 技术学校-教材 ②微型计算机-接口-高等学校: 技术学校-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 093726 号

教育部高职高专规划教材
微机原理与接口技术

王海春 主 编
刘军 朱宁 副主编
骆云麟 主 审
责任编辑: 何 丽
责任校对: 马燕珠
封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13 字数 318 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3331-1/G·884

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据教育部关于加强五年制高职教育教材建设规划和专门课课程基本要求，由全国五年制高等职业教育专门课开发指导委员会组织编写的专门课教材。目前各高等职业技术学院的电类和机电类专业，都相继开出了计算机原理与应用课程。有的以讲系统机为主，有的以讲单片机为主，但目标只有一个，即培养学生用计算机设计应用系统的能力。我们认为，对于高等职业技术学院的学生来说，开设微机原理与接口技术课程的目的有两个：一是对学生进行计算机基础知识和基本概念的教育，使学生能比较深入地了解 and 掌握计算机的组成结构和工作原理，为学生今后的发展打下坚实的基础；二是培养学生运用微型计算机去解决生产实际中的具体问题。本书就是本着这两个目的而编写。本书较为详细地从概念上讲述了计算机的基本组成和工作原理，特别是用模型机来比较形象直观地介绍了计算机的主要工作过程，使学生对计算机的原理和运行机制有较深刻的理解。在此基础上，用单片机实例具体而详尽地讲述了各种计算机应用系统的软硬件设计知识。多年来的教学实践证明，用这种模式培养的学生，不但可以承担由单片机组成的计算机控制系统的设计工作，而且可以得心应手地设计系统机接口电路和软件，发展潜力很大。

全书共分为十章。每章后均配有一定量的思考题与习题；书后还以附录的形式给出了实验指导书，以方便教师开设相关实验。

本书由成都航空职业技术学院王海春任主编，并编写第一，二，三章及全部实验指导书和大部分章节的思考题与习题；上海电机高等专科学校刘军任副主编，并编写第七章；包头职业技术学院朱宁任副主编，并编写第四，五章；九江职业技术学院黄河编写第八，九章；郑州铁路职业技术学院耿长清编写第六章；四川工程职业技术学院李智勇编写第十章。

本书由四川电力职业技术学院骆云麟副教授主审。

由于时间仓促和水平有限，书中一定存在一些错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2001 年 11 月

内 容 提 要

本书是教育部高职高专规划教材,由全国五年制高等职业教育专门课开发指导委员会组织编写的专门课教材。全书在讲述微型计算机基础知识和工作原理的基础上,详尽介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统和应用实例。本书在讲述理论知识的同时,结合实例介绍了大量计算机应用系统的硬件电路和软件程序,力求使理论与实际更好地结合起来。为方便学生学习和教师教学,每章均安排了一定量的思考题和习题。附录中还给出了相关实验指导书。

本书可作为高职、高专、成教、电大的电类和机类专业的计算机专门课教材。也可供从事计算机应用系统硬件和软件设计工作的工程技术人员参考。

目 录

第一章 计算机基础知识	1	一、系统控制信号线	27
第一节 概述	1	二、I/O 线及功能	27
一、微处理器和微计算机的发展概况	1	三、电源与时钟信号	30
二、微型计算机的主要特点	2	思考题与习题	30
三、微型计算机的应用	2	第四章 指令系统	31
第二节 计算机的数制与码制	3	第一节 指令系统简介和指令格式	31
一、常用进位计数制	4	一、指令系统简介	31
二、二进制数与十进制数、十六进制数		二、指令格式	32
的相互转换	5	第二节 指令系统寻址方式	32
三、常用信息单位及换算	6	一、立即寻址	33
四、字符的 ASCII 编码	7	二、直接寻址	33
五、有符号的数在计算机中的表示		三、寄存器寻址	34
方法	8	四、寄存器间接寻址	34
第三节 计算机的组成与工作原理	9	五、变址寻址	35
一、数字计算机的基本组成及工作		六、相对寻址	36
原理	9	七、位寻址	36
二、微型计算机的组成	10	第三节 数据传送类指令	37
三、指令与程序的概念	12	一、内部 RAM 单元之间及特殊功能寄存	
四、计算机工作过程	13	器之间的数据传送(共 16 条)	37
思考题与习题	14	二、涉及外部存储器的数据传送指令	
第二章 单片微型计算机基础知识	16	(共 6 条)	39
第一节 微处理器、微型计算机、单片计		三、堆栈操作指令(共 2 条)	39
机的概念	16	四、数据交换指令(共 5 条)	40
第二节 单片机的结构特点	16	第四节 算术运算指令	40
第三节 单片机的主要品种及系列	17	一、加法指令(共 4 条)	41
一、MCS-51 系列单片机	18	二、带进位加法指令(共 4 条)	42
二、Motorola 公司 68H 系列单片机	18	三、减法指令(共 4 条)	42
三、Intel 公司十六位单片机	19	四、加 1 指令(共 5 条)	43
第四节 单片机的应用	19	五、减 1 指令(共 4 条)	43
第五节 单片机的开发系统	20	六、乘除指令和其他运算指令(共 3 条)	44
思考题与习题	21	第五节 逻辑运算及移位指令	45
第三章 单片机的结构和原理	22	一、逻辑与运算指令(共 6 条)	46
第一节 MCS-51 系列单片机	22	二、逻辑或运算指令(共 6 条)	46
第二节 MCS-51 单片机的内部结构原理	23	三、逻辑异或运算指令(共 6 条)	47
一、MCS-51 单片机的基本组成	23	四、累加器清零及取反指令(共 2 条)	47
二、8051 单片机存储结构	23	五、移位指令(共 4 条)	48
第三节 MCS-51 单片机的 I/O 端口及总线		第六节 控制转移指令	48
结构	26	一、无条件转移指令(共 4 条)	48

二、条件转移指令 (共 8 条)	50	一、外部数据存储器的扩展方法与时序 ...	99
三、子程序调用及返回指令 (共 4 条) ...	53	二、外部数据存储器的扩展	100
四、空操作指令 (1 条)	55	第四节 外部 I/O 接口的扩展	102
第七节 布尔变量操作指令	55	一、8255A 可编程并行 I/O 接口的扩展 ...	102
一、位传送指令 (共 2 条)	56	二、8155H/8156 可编程并行 I/O 扩展	
二、位置位指令 (共 4 条)	56	电路	109
三、位运算指令 (共 6 条)	56	第五节 键盘、显示接口电路	113
四、位控制转移指令 (共 5 条)	57	一、键盘接口	113
思考题与习题	58	二、显示接口电路	119
第五章 汇编语言程序设计	60	第六节 A/D、D/A 接口电路	126
第一节 汇编语言源程序格式	60	一、A/D 转换器接口电路	126
第二节 伪指令	61	二、D/A 转换器接口电路	131
第三节 汇编语言源程序的人工汇编	64	思考题与习题	136
第四节 MCS-51 程序设计举例	66	第八章 定时器/计数器	137
一、简单程序	66	第一节 8051 定时器的基本知识	137
二、分支程序	67	一、定时器的组成及可编程操作原理	137
三、循环程序	69	二、定时器的可编程寄存器及工作	
四、查表程序	72	方式	139
五、子程序	74	第二节 定时器的应用举例	140
思考题与习题	76	思考题与习题	145
第六章 中断系统	78	第九章 串行接口	146
第一节 中断的概念	78	第一节 串行通信中的基本概念	146
一、中断	78	一、串行传输过程	146
二、中断处理流程	79	二、串行传输的同步问题	147
第二节 MCS-51 的中断系统	80	三、串行通信系统模型	149
一、中断源	80	四、串行通信中的几个术语	150
二、中断控制	81	第二节 8051 串行接口	150
三、中断响应	83	一、串行接口的基本组成及操作特点	150
第三节 中断系统应用举例	85	二、串行接口中的可编程特殊功能寄	
一、主程序	85	存器	151
二、中断服务程序	86	三、串行接口的工作方式	152
思考题与习题	87	四、波特率的设置	153
第七章 MCS-51 单片机的系统扩展与		第三节 8051 串行接口的应用与编程	154
接口电路	89	一、波特率的设置	154
第一节 单片机系统扩展概述	89	二、硬件连线方式	154
一、MCS-51 系列单片机的外围扩展性能 ...	89	三、简单的串行发送、接收实例	154
二、总线驱动能力及扩展方法	91	思考题与习题	161
第二节 程序存储器的扩展	92	第十章 微机应用系统实例	162
一、外部程序存储器扩展原理及时序	92	第一节 微机应用系统的研制方法	162
二、外部程序存储进行扩展时的问题	93	一、需求分析	162
三、EPROM 扩展电路	95	二、系统分析和总体设计	163
四、EEPROM 的扩展电路	97	三、系统设计开发	164
第三节 数据存储的扩展	99	四、系统调试	164
		五、系统定型	164

第二节 交通信号灯模拟控制	164	实验三 乘法指令及程序	178
一、系统需求分析	164	实验四 数据排序	180
二、系统总体设计	165	实验五 A/D 转换程序	182
三、软硬件设计	165	实验六 D/A 转换程序	183
第三节 温度控制	168	实验七 定时器/计数器应用	185
一、微机 DDC 系统的组成和特点	168	实验八 串行通信应用	187
二、温度控制实例	169	附录二 MCS-51 系列单片机指令汇总	193
思考题与习题	173	表 1 数据传送指令	193
附录	175	表 2 算术运算指令	194
附录一 MCS-51 系列单片机实验	175	表 3 逻辑运算和移位指令	195
实验一 数据传输指令	175	表 4 控制转移指令	196
实验二 多字节二进制加/减法	177	表 5 位操作指令	197

第一章

计算机基础知识

本章主要介绍微处理器及计算机的发展与应用概况, 计算机的数制与码制以及微计算机的组成及其工作原理。

通过本章学习, 你将能够:

- 了解微处理器和微型计算机的基本概念;
- 进行十进制、二进制和十六进制之间的转换;
- 明确补码在微机中的应用;
- 了解微机的基本结构和工作过程。

第一节 概 述

一、微处理器和微计算机的发展概况

随着计算机技术和大规模集成电路的发展, 微型计算机应运而生。自从 1971 年美国 INTEL 公司研制成功以 I 4004 微处理器为核心的四位微计算机以来, 短短的十几年里得到了突飞猛进的发展, 微处理器 (CPU) 的集成度差不多每两年翻一番, 且性能增长一个数量级。因此, 完全可以名副其实地讲, 微处理器及微计算机的发展正是日新月异。纵观其发展, 至今已经历了四代产品的演变。

第一代: (1971 年至 1972 年)

美国 INTEL 公司首先研制成功 I 4004, 它是四位的处理器。以它为基础再配以相应的 RAM、ROM 和 I/O 接口芯片就构成了 MCS-4 微计算机。

第二代: (1973 年至 1977 年)

代表产品是美国 INTEL 公司的 I8080, MCS-80 和 MOTOROLA 公司的 6800, 它们是八位机的中档机。

1976 年至 1977 年, 美国 ZILOG 公司研制的 Z80 和 INTEL 公司研制的 I8085, 一般称之为第二代半的产品, 它们是高性能的八位微处理器。

第三代: (1978 年至 1981 年)

代表产品是美国 INTEL 公司的 I8086、ZILOG 公司的 Z8000 和 MOTOROLA 公司的 M68000, 它们是 16 位微处理器, 又称第一代超大规模集成电路的微处理器。

第四代: (1981 年以后)

代表产品是美国 INTEL 公司的 IAPX432, BELL 研究所的 MAC-32, NS 公司的 NS16032, 它们是 32 位的微处理器, 又称超级微处理器。

当前微处理器与微计算机正朝着以下几个方向发展：

- (1) 发展高性能的 16 位和 32 位微处理器；
- (2) 发展专用化的单片微计算机；
- (3) 发展带有软件固化的微计算机；
- (4) 发展多微处理器系统和局部网络；
- (5) 充实和发展外围接口电路。

用微处理器构成的计算机称为微型计算机。中国是 1974 年开始研制微计算机的，于 1977 年研制出了第一台微计算机 DJS-050，同年决定研制 DJS-050 和 DJS-060 两个系列的计算机，它们的中央处理单元，前者相当于 INTEL 公司的 8080A 微处理器系列，后者相当于 MOTOROLA 公司的 M6800 微处理器系列。1981 年又正式确定以 Z80CPU 为核心组建的微计算机系统为 8 位微计算机发展的系列之一，其型号为 DJS-040 系列。总之，随着形势的发展，我国微计算机的研制与生产发展很快，一位机、四位机以及 16 位机等相继涌现。

二、微型计算机的主要特点

微计算机和普通计算机没有本质上的差别，同样具有快速、精确、记忆、逻辑判断能力以及程序控制等特点。

此外，它还具有下列特点。

- (1) 价格低、体积小、重量轻、功耗低和可靠性高。

这个特点使得一些中、小型的或廉价的设备都能用上微处理器和微计算机，从而使它深入到过去计算机所无法深入的领域。

- (2) 方便灵活、通用性能。

由于微计算机的体系结构采用总线结构形式，因而它十分机动灵活，容易构成各种各样的系统，即能根据需要来选择总体布局，能大能小，小到将微机作为一个部件组装在应用设备中，使设备电脑化；大到与大型计算机和外部设备互联成一个网络，彼此进行通信并共享资源。总之，它能方便地进行扩展与集散，因此适应面广，可以面向各行各业。另外，目前构成微计算机的基本部件大多数已经标准化，而且机器结构是大同小异的，所以它们特别适合用户的需要。更重要的是微计算机通用性和灵活性特点，当任务改变时，无需对硬件进行重新设计，只需通过重新编制程序就能执行不同的任务。当然，微计算机也有其缺陷，主要是低档机的处理速度较低，储存容量较小，指令系统比较简单，配套的外部设备的种类和数量较少，支持软件不够丰富等。但是，随着近年来性能更强的新一代微计算机的出现，上述缺陷将会逐步得到克服。

三、微型计算机的应用

微处理器与微计算机以其上述显著的特点，迅速地得到了广泛的应用，它正在渗透到各个部门，并深入到家庭日常生活之中。目前，微机主要应用在过程的自动控制、机床的数值控制、智能终端、智能仪表以及过去计算机无法深入的其他领域如家用电器的控制和教育用装置等。

以下分几个方面介绍微机的典型应用。

- (1) 微机促进和加速了产品的更新换代，使一大类产品朝着数字化、智能化、多功能和易使用的方向发展。

例如,各种仪器仪表由于装入了微处理器,使其结构和功能发生了根本性的变革,从而具有精度高、自动控制功能强、结构规范化和接口简单的特点。

又如在通讯设备中使用了微机技术以后,将从原来的音频通讯转变为音频与数字之间的混频通讯,从而使通讯质量大大提高。

微机在消费类产品中的应用尤为引人注目,从照相机、录音机到缝纫机、电冰箱等正在形成新一代的智能消费电子产品。与此同时,电子游戏机,语言学习机等新的消费产品也正在不断出现。

(2) 微机在生产过程的控制、检测和监视中的应用

目前正在从使用传统小型机为主的集中控制向使用多台微机的集中分散型控制转变,即将生产过程分段由微机进行监视和控制,各微机之间又用小型机或高性能的微机来集中指挥,从而实现生产过程的自动控制,这样比集中系统具有更好的灵活性和可靠性。

(3) 微机在企、事业事务管理中的应用

在企、事业单位中,数据信息的收集、处理、存储、综合和检索是管理工作中最基本的要求,而这些工作又最适合计算机来完成,依靠计算机及时提供管理信息,以便提高决策过程中业务处理的正确性和迅速性,从而获得巨大的经济效益。目前使用微机来进行事务处理的内容大致有库存管理、销售管理、总账会计和分析决策等。

(4) 微机在教育部门和家庭中的应用

教育部门利用微机可以来辅导解题,辅助教学,辅助实验模拟和辅助教学管理等,目前不仅是大学而且各级中、小学甚至幼儿园也竞相购买微机,用来改革教学方法,提高教育质量。

家用计算机除了供家庭文化娱乐(如电子游戏)外,还可辅导儿童学习,进行家庭日常财务管理等。

(5) 微机在工程计算、产品设计和科学实验等方面的应用

由于16位、16/32位微计算机的研制成功和投入使用,微机在这方面的应用也正在逐步得到推广。

中国微机的应用虽然时间不长,但是已经充分显示出它强大的生命力,应用的领域已涉及到工业、农业、商业、交通、运输、教育和邮电等部门,而且各方面都有很好的应用事例。

本书从应用的角度出发,主要介绍在目前使用较广泛的8051单片微型计算机的原理及应用。在叙述方法上注意到微机硬件和软件结合十分紧密的特点,从使用的角度去讲解必须掌握的硬件知识。

第二节 计算机的数制与码制

电子计算机是处理信息的机器。计算机内部是以二进制代码作为其工作信息的,计算机只能识别由“0”和“1”组成的二进制代码,这是与组成电子计算机的电子元件的开关状态相对应的。因此,任何需要计算机处理的信息,如数字、字符及汉字都要用二进制代码系统来表示。本节将对计算机中的数制和字符编码做些简要介绍。

一、常用进位计数制

根据不同的进位原则，可得到不同的进位计数制。在日常生活中，人们习惯使用十进制，而在计算机内部多采用二进制。

1. 十进制数

(1) 十进制数有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数码，即基数（在进位计数制中，所有不同数码的个数，称为基数）为 10。

(2) 进位规则：逢十进一。

(3) 十进制数中，每一位的大小都对应着这位数码乘上一个固定的数，这个固定的数就是这位上的权数。十进制的位权是一个以 10 为底的幂指数，例如，对于十进制数 895.13 有

	8	9	5	.	1	3
各位权数	10^2	10^1	10^0		10^{-1}	10^{-2}

任何一个十进制数可用其位上的数码与其相应位权的乘积之和来表示（按权展开）。如十进制 895.13 可写成：

$$(895.13)_{10} = 8 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$$

2. 二进制数

(1) 二进制数有 0、1 两个数码，即基数为 2。

(2) 进位规则：逢二进一。

如 $3 + 2 = 5$ 在二进制中的运算为：

被加数	11
加数	10
和	101

(3) 类似于十进制，二进制的位权是一个以 2 为底的幂指数。例如，对于二进制数 1101.11 有

1	1	0	1	.	1	1
各位权数：	2^3	2^2	2^1		2^{-1}	2^{-2}

按权展开式为：

$$(1101.11)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

3. 十六进制数

(1) 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，即基数为 16。

(2) 进位规则：逢十六进一。

(3) 类似于十进制，十六进制的位权是一个以 16 为底的幂指数。例如，对于十六进制数 20AF. 1B 有

2	0	A	F	.	1	B
各位权数：	16^3	16^2	16^1		16^{-1}	16^{-2}

按权展开式为：

$$(20AF. 1B)_{16} = 2 \times 16^3 + 0 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2}$$

表 1-1 给出了常用进位计数制的对应关系。

表 1-1 几种进位计数制的对应关系

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制
0	0	0	0.5	0.1	9	1001	9	2K	2 ¹¹
1	1	1	0.25	0.01	10	1010	A	4K	2 ¹²
2	10	2	0.125	0.001	11	1011	B	8K	2 ¹³
3	11	3	32	2 ⁵	12	1100	C	16K	2 ¹⁴
4	100	4	64	2 ⁶	13	1101	D	32K	2 ¹⁵
5	101	5	128	2 ⁷	14	1110	E	64K	2 ¹⁶
6	110	6	256	2 ⁸	15	1111	F	128K	2 ¹⁷
7	111	7	512	2 ⁹	16	10000	10	256K	2 ¹⁸
8	1000	8	1024 (1K)	2 ¹⁰					

注：1K = 1024

二、二进制数与十进制数、十六进制数的相互转换

人们通常都使用十进制数，而计算机内部都采用二进制数，因此必须把十进制数转换成二进制数送计算机处理。计算机处理后结果是二进制数，又需要把它转换成十进制数后再输出，所以经常会发生二进制数与十进制数之间的转换问题。

(1) 十进制整数转换为二进制整数

例如，把一个十进制整数 25 转换为二进制整数。

方法是：将十进制整数反复除以 2，一直求到商为 0 为止，每次所得的余数就是二进制数的各对应位。这种方法称为“除 2 取余法”。转换计算过程如下。

设：(25)₁₀ = (b₄b₃b₂b₁b₀)，其中，b₄b₃b₂b₁b₀ 为二进制数各位上的数码。

		余数
2	25	1 = b ₀
2	12	0 = b ₁
2	6	0 = b ₂
2	3	1 = b ₃
2	1	1 = b ₄
	0	

故(25)₁₀ = (b₄b₃b₂b₁b₀)₂ = (11001)₂

(2) 二进制数转换为十进制数

把一个二进制数转换为十进制数的方法比较简单，只要把二进制数按权“展开”，然后逐项加起来即可。例如二进制数 110101.101 转换为十进制数，即为：

(110101.101)₂ = 2⁵ + 2⁴ + 2² + 2⁰ + 2⁻¹ + 2⁻³
= 32 + 16 + 4 + 1 + 0.5 + 0.125
= (53.625)₁₀

(3) 二进制数转换为十六进制数

由于二进制数每四位对应十六进制数的一位，因而转换方法是，从二进制数的低位向高位（由右向左），每四位二进制数用一位十六进制数表示，最后不到四位则在左边添零以补足 4 位进行同样转换。

例如，二进制数 10110001010 转换为十六进制数为：

$$\begin{array}{ccc} 0101 & 1000 & 1010 \\ \hline 5 & 8 & A \end{array} = (58A)_{16}$$

(4) 十六进制数转换为二进制数

由于二进制数每 4 位对应十六进制数的一位，因而转换方法是，将每位十六进制数用 4 位二进制数表示即可

例如，十六进制数 1E820 转换为二进制数为：

$$\begin{array}{cccccc} 1 & E & 8 & 2 & 0 & \\ \hline 0001 & 1110 & 1000 & 0010 & 0000 & \end{array} = (11110100000100000)_2$$

三、常用信息单位及换算

计算机中用到的信息单位主要有位、字节、字等。

位 (Bit) 是计算机中最小的信息单位，一个位表示一位二进制数，它能表示两种状态“0”和“1”。

字节 (Byte) 是基本信息单位，它表示 8 位二进制数的长度，它能表示 256 种不同的状态。当两个字节组合在一起时，高 8 位为高位字节，低 8 位为低位字节。字节的表示如图 1-1 所示。

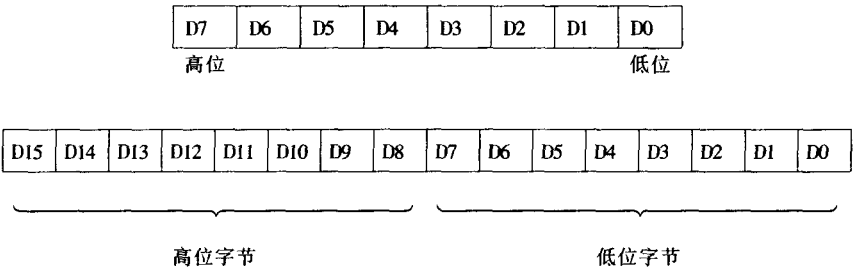


图 1-1 字节的表示

字 (Word) 是位的组合，它表示的长度是一个字节的若干倍。有的计算机上规定一个字是 8 位，有的规定是 16 位，也有的规定为 32 位或 64 位等。

字与字节的关系如图 1-2 所示。

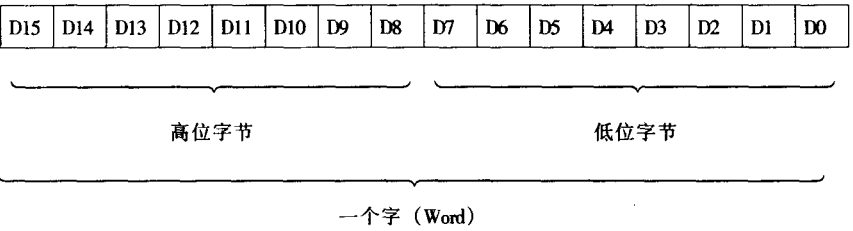


图 1-2 字与字节的关系

随着计算机技术的发展，计算机处理的信息容量越来越大，于是人们采用了更大的单位如：

- 1KB = 1024Bytes
- 1MB = 1024KB
- 1GB = 1024MB

两点说明：

- ① 今后为了便于区别不同数制表示的数，规定在数字后面用一个H表示16进制数，用Q表示八进制数（这在小型机中通常使用，其表示方法及有关转换都是与十六进制类似的），用B表示二进制数，用D（或不加标志）表示十进制数。如64H，754Q，1101B，369D分别表示十六进制，八进制，二进制和十进制数。
- ② 规定当十六进制数以字母开头时，为了避免与其他字符相混，在书写时前面加一个数0。如十六进制数B9H，应写成0B9H。

四、字符的 ASCII 编码

由于计算机内部只能识别二进制数，因此，要在计算机中实现字符和汉字的存储和传输，必须给字符和汉字编上不同的二进制编码。下面仅介绍英文字符的 ASCII 编码，关于汉字编码请参考其他书籍。

字符包括英文字母、数字和符号。对它们的编码很多，但目前国际上广泛采用的是 ASCII 码。ASCII 码是美国国家信息交换用标准字符码（American Standard Codes for Information Interchange）的缩写，已被国际标准化组织（ISO）所确认。

ASCII 码（见表 1-2）规定以一个字节的二进制码表示一个字符，其低 7 位用作不同字符的编码，最高位通常作 0 处理（除非另有规定），因此，共有 128 种代码，可以表示 128 种不同的字符。

ASCII 码表中的前两列（0 列，1 列）都是控制字符，共 32 个，第 2 列至第 7 列为图形字符，共 96 个。其中，2 列 0 行的“SP”为空格键，7 列 15 行的“Del”为删除字符键，其余 94 个都是可见字符。如大写字母“A”对应的 ASCII 码用二进制表示为 1000001，用十进制数表示为 $4 \times 16 + 1 = 65$ ，其中 4 为此字符所在的列数，1 为此字符所在的行数。

表 1-2 ASCII 码表

B₃B₂B₁B₀ B₅B₄	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	、	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y

续表

B₃B₂B₁B₀ B₆B₅B₄	000	001	010	011	100	101	110	111
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

五、有符号的数在计算机中的表示方法

(一) 数的定点表示法

在计算机中，数有两种表示方法，即定点表示和浮点表示。定点表示是指小数点在数中的位置是固定不变的。浮点表示是小数点在数中的位置不是固定而是浮动的。在本书中，只考虑数的定点表示法。

定点表示也有两种方法。

方法 1：规定小数点固定在数据的末尾，即认为参加运算的数据全部为整数。

方法 2：规定小数点固定在符号位与数据位之间，即认为参加运算的数据全部均为小数。

下面用八位二进制数来说明定点数的两种表示，见图 1-3 和 1-4。

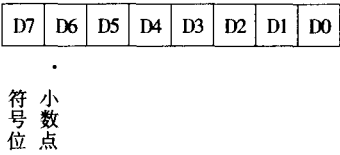
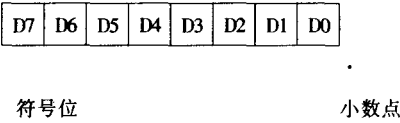


图 1-3 参加运算的数全为整数

图 1-4 参加运算的数全为小数

其中，最高位 D7 为符号位，D6…D0 为数值位，D0 为最低位。定点数的这两种表示方法在计算机中均有采用，究竟采用哪种方法，完全是事先约定。则约定采用第一种方法，即参加运算的数全部视为整数。为此，在运算之前，必须对数据进行适当的处理。

(二) 数的符号表示法

由于在计算机中，二进制数码使用双稳态元件来表示，因此，对数的符号“+”和“-”也用数码来表示。即：

用数码“0”表示正数的符号“+”。

用数码“1”表示负数的符号“-”。

【例 1-1】 二进制数 $X1 = +0001001$ 及 $X2 = -0001001$ 在定点机中的表示分别为：

$X1: 00001001$ $X2: 10001001$

这就是说，符号在机器中也数码化了。把一个数在机器中的表示形式叫机器数，而把原来的实际数本身叫机器数的真值。

【例 1-2】 已知定点机中的两个机器数为 01001001 及 10101001，则它们的真值分别为 +1001001 和 -0101001。