



高职高专“十一五”规划教材
计算机系列·计算机专业基础课

单片机原理与应用

詹林 主编

王卫平 廖正和 副主编

熊一利 主审



西北工业大学出版社



高职高专“十一五”规划教材

计算机系列·计算机专业基础课

单片机原理与应用

詹 林	主 编
王卫平 廖正和	副主编
熊一利	主 审

西北工业大学出版社

高职高专“十一五”规划教材·计算机系列

编审委员会

- 顾问** 郑启华 清华大学教授
计算机教育资深专家
- 主任** 黄维通 清华大学计算机科学与技术系
全国计算机基础教育研究会副秘书长
- 副主任** 李俊 清华大学信息科学技术学院
骆海峰 北京大学软件与微电子学院
梁振方 上海交通大学电子信息与电气工程学院
- 委员** (以姓氏笔画为序)
- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 卫世浩 | 王玉芬 | 王军号 | 王建平 | 卢云宏 |
| 付俊辉 | 朱广丽 | 刘庆杰 | 刘春霞 | 江枫 |
| 李永波 | 李光杰 | 李克东 | 李学勇 | 张春飞 |
| 张岩 | 郑义 | 姚海军 | 高国红 | 徐桂保 |
| 殷晓波 | 程华安 | 谢广彬 | 詹林 | |
- 课程审定** 张歆 清华大学信息科学技术学院
战扬 北京大学软件与微电子学院
- 内容审定** 倪铭辰 清华大学信息科学技术学院
谢力军 北京大学软件与微电子学院
李振华 北京航空航天大学计算机学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的目的。

标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列和机电系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

机电系列

- 机械类
- 数控类
- 电子信息类

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

序

21 世纪是科技和经济高速发展的重要时期。随着我国经济的持续快速健康发展,各行各业对高技能专业型人才的需求量迅速增加,对人才素质的要求也越来越高。高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,在加快培养高技能专业型人才方面发挥着重要的作用。

与国外相比,我国高职高专教育起步时间短,这种状况与我国经济发展对人才大量需求的现状是很不协调的。因此,必须加快高职高专教育的发展步伐,提高应用型人才的培养水平。

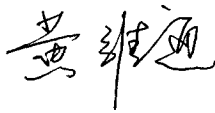
高职高专教育水平的提高,离不开课程体系的完善。相关领域人才的培养需要一批兼具前瞻性和实践性的优秀教材。教育部高教司针对高职高专教育人才培养模式提出了“以就业为导向”的指导思想,这也正是本套高职高专教材的编写宗旨和依据。

如何使高职高专教材既突出行业的需求特点,又突出职业的核心能力?这是教材编写的过程中必须首先解决的问题。本系列教材编委会深入研究了高职高专教育的课程和专业设置,并对以往的教材进行了详细分析和认真考察,力图在不破坏教材系统性的前提下,加强教材的创新和实践性内容,从而确保学生在学习专业知识的同时多动手,增强自己的实践能力,以加强“知”与“行”的结合。

同时,本系列教材在编写过程中还充分重视群体和类别的差异性,面对不同学校和专业方向的定位差异,精心设计了与其相配套的辅助实验指南及相关的习题解答等。通过这些栏目的设计,使本系列教材内容更加丰富,条理更为清晰,为老师的讲授和学生的学习都提供了很大的便利。

经过编委会的辛勤努力,本套教材终于顺利出版了,相信本套教材一定能够很好地适应现代高职高专教育的教学需求,也一定能够在高职高专教育计算机课程的改革中发挥积极的推动作用,为社会培养更多优秀的应用型人才。

全国计算机基础教育研究会副秘书长



前 言

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司最典型的单片机产品。其他系列和生产商所生产的各种型号的单片机,大都是在 MCS-51 系列单片机的基础上,对某些功能进行扩展和更新。所以,只要了解并掌握了 MCS-51 系列单片机的结构与原理,那么学习其他型号的单片机便可举一反三、触类旁通。

本书以介绍 MCS-51 系列单片机为主,共分为 10 章阐述,内容安排为:第 1 章介绍单片机基础知识,包括数制和编码、单片机简介、嵌入式系统与单片机系统;第 2 章介绍 MCS-51 系列单片机的结构和工作原理;第 3 章介绍 MCS-51 系列单片机指令系统;第 4 章介绍汇编语言程序设计;第 5 章介绍单片机的并行、串行输入/输出接口;第 6 章介绍单片机的中断技术;第 7 章介绍单片机的定时器/计数器;第 8 章介绍单片机系统扩展与接口技术;第 9 章介绍单片机应用系统设计;第 10 章是实训。

本书具有以下特点:

1. 经验丰富的写作团队

所有编者均是一线任课教师,他们都有着数十年的教学经验,清楚学生学习的规律,熟练地掌握了单片机实际操作的技巧,在职业教育领域硕果累累。

2. 设置随堂提问,加强师生交流

针对课堂讲解的内容,随机设置问题,引导学生深入思考,从而能够拓展学生的思维;另外,这种方式也可以使得老师与学生之间有一个交流的过程;同时,还能够活跃课堂气氛,提高学生课堂学习质量,增加学生学习兴趣。

3. 综合实例解析,巩固学习成果

每个实例均应用了该章所有的知识点,进行集中演示以及解析,让学生有一个良好的整体观,进一步巩固前面所学的知识。

4. 适量的课后习题,检验学习效果

安排了适量的课后习题,贴近课程内容,能够更好地检验学生的学习效果。

5. 大量的综合实训,提供上机实验内容

按照综合实训的内容进行上机操作,能够提高学生的操作能力和解决实际问题的能力,从而增强学生的积极性与主动性。同时,理论与实际结合,学习效果更明显。

在编写本书的过程中,得到了许多同仁的帮助,在这里表示由衷的感谢。同时,由于编者水平有限,不当之处在所难免,恳请广大专家、读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 数制和编码	1
1.1.1 数制	1
1.1.2 编码	3
1.2 单片机简介	5
1.2.1 单片机的发展历史	6
1.2.2 单片机的特点和应用	7
1.3 微型计算机的基本概念	8
1.3.1 微型计算机的组成结构	8
1.3.2 微型计算机的软件系统	10
1.4 嵌入式系统	11
1.4.1 嵌入式系统概述	11
1.4.2 嵌入式系统与单片机系统	12
本章小结	13
习题 1	13
第 2 章 MCS-51 系列单片机的内部结构	14
2.1 MCS-51 系列单片机概述	14
2.1.1 MCS-51 系列单片机简介	14
2.1.2 MCS-51 系列单片机的组成结构	15
2.2 CPU 的内部结构	16
2.2.1 运算器	16
2.2.2 控制器	18
2.2.3 复位及复位电路	19
2.3 单片机时钟与时序	20
2.3.1 时钟电路	21
2.3.2 时序定时单位	21
2.3.3 指令时序	22
2.4 存储器	23
2.4.1 数据存储器	23
2.4.2 程序存储器	24
2.4.3 特殊功能存储器	25
2.5 MCS-51 系列单片机的外部引脚及功能	26
2.6 单片机的工作方式	28
本章小结	30
习题 2	30
第 3 章 MCS-51 系列单片机指令系统	32
3.1 MCS-51 系列单片机指令系统概述	32
3.1.1 指令格式	33

3.1.2	寻址方式	33
3.1.3	常用指令符号说明	37
3.2	MCS-51 系列单片机的指令分类	38
3.2.1	数据传送类指令	38
3.2.2	算术运算类指令	44
3.2.3	逻辑运算及移位类指令	49
3.2.4	控制转移类指令	52
3.2.5	位操作类指令	58
3.3	实例解析	61
	本章小结	62
	习题 3	63
第 4 章	汇编语言程序设计	64
4.1	程序设计基础	64
4.1.1	汇编语言程序设计流程	65
4.1.2	汇编语言的语法结构	66
4.1.3	汇编语言的伪指令	66
4.2	顺序结构程序设计	69
4.2.1	数据传送程序设计	69
4.2.2	算术运算程序设计	70
4.2.3	延时程序设计	71
4.3	分支程序设计	72
4.4	循环程序设计	76
4.5	子程序设计	78
4.6	单片机程序设计流程	81
4.6.1	编程语言	81
4.6.2	单片机汇编语言程序开发流程	81
4.6.3	C 语言程序开发流程	81
4.7	实例解析	82
	本章小结	83
	习题 4	84
第 5 章	并行、串行输入/输出接口	85
5.1	80C51 单片机的并行通信接口	85
5.1.1	P0 口	85
5.1.2	P1 口	86
5.1.3	P2 口	87
5.1.4	P3 口	88
5.1.5	P0~P3 口的特点	88
5.1.6	并行接口应用实例	89
5.2	80C51 单片机的串行通信接口	90
5.2.1	串行通信的概念	91
5.2.2	串行接口的结构	92
5.2.3	串行接口的工作方式	94
5.2.4	多机通信系统	97

5.2.5 串行接口应用实例	99
本章小结	100
习题 5	100
第 6 章 中断系统	101
6.1 中断系统概述	101
6.1.1 中断系统的概念	101
6.1.2 单片机采用中断系统的优点	102
6.1.3 MCS-51 系列单片机中断系统的结构	102
6.2 中断源	103
6.2.1 外部中断	103
6.2.2 定时中断	104
6.2.3 串行中断	104
6.3 中断控制	104
6.3.1 定时控制寄存器 TCON	104
6.3.2 串行控制寄存器 SCON	105
6.3.3 中断允许控制寄存器 IE	106
6.3.4 中断优先级控制寄存器 IP	106
6.4 中断处理过程	107
6.4.1 中断响应	107
6.4.2 中断处理	109
6.5 中断系统的应用实例	109
6.5.1 设计思想和方法	109
6.5.2 定时器中断应用实例	110
本章小结	111
习题 6	112
第 7 章 定时器/计数器	113
7.1 定时器/计数器的功能和结构	113
7.1.1 定时器/计数器的功能	113
7.1.2 定时器/计数器的结构	113
7.2 定时器/计数器的工作原理	114
7.3 定时器/计数器的工作方式	115
7.3.1 工作方式寄存器 TMOD	115
7.3.2 定时器/计数器工作方式	116
7.3.3 计数初值的计算	118
7.4 定时器/计数器的编程	119
7.4.1 定时器的应用实例	119
7.4.2 计数器的应用实例	120
7.5 实例解析	121
本章小结	124
习题 7	125
第 8 章 单片机系统扩展与接口技术	126
8.1 扩展技术概述	126

8.1.1	MCS-51 系列单片机的最小系统	126
8.1.2	程序存储器的扩展	129
8.1.3	数据存储器的扩展	131
8.2	MCS-51 系列单片机的接口技术	133
8.2.1	键盘与单片机的接口	134
8.2.2	显示器与单片机的接口	136
8.2.3	A/D 与 D/A 转换接口	139
8.3	实例解析	143
	本章小结	150
	习题 8	150
第 9 章	单片机应用系统设计	152
9.1	单片机应用系统设计概述	152
9.1.1	单片机应用系统设计思想	152
9.1.2	单片机应用系统的分类	152
9.1.3	单片机应用系统设计的基本要求	153
9.2	单片机应用系统的设计流程	154
9.2.1	系统总体设计	154
9.2.2	系统可靠性设计	155
9.2.3	系统硬件设计	156
9.2.4	系统软件设计	157
9.2.5	系统调试	158
9.3	单片机应用系统设计实例	158
9.3.1	系统总体设计	158
9.3.2	系统硬件设计	159
9.3.3	系统软件设计	162
	本章小结	190
	习题 9	190
第 10 章	实训	191
实训一	数据传送	191
实训二	数据转换实验	192
实训三	时钟操作编程	193
实训四	计数器编程	196
实训五	数据排序实验	197
实训六	P1 口彩灯控制实验	199
实训七	数码管显示	205
实训八	键盘扫描显示	207
实训九	A/D 转换	213
实训十	D/A 转换	216
附录 I		218
附录 II		221
参考文献		224

第 1 章 单片机基础知识

本章要点

◆ 数制和编码

◆ 嵌入式系统

◆ 单片机的发展、特点和应用

◆ 微型计算机的基本概念

随着电子技术的迅速发展,计算机的应用已渗透到生产、生活的各个方面。由大规模集成电路组成的微型计算机,不但保持了计算机的所有特点,而且体积小、价格低、不需要严格的环境条件,从而促进了微型计算机的普及。

单片机是微型计算机的一个重要分支。它发展迅速、应用广泛,在工业控制、智能化仪器仪表系统等各个领域都有重要的作用。单片机可以简单地理解为一个 CPU 与相关外设的组合,是一台计算机的浓缩体。相对于微型计算机,它的体积更小、质量更轻、价格更便宜,为学习、应用和开发提供了便利条件。在介绍单片机之前,本章先介绍一些相关的基础知识。

1.1 数制和编码

迄今为止,所有计算机都是以二进制形式进行算术运算和逻辑运算的,微型计算机也不例外。因此,对于用户在键盘上输入的十进制数字和符号命令,微型计算机必须先把它们转换成二进制形式,然后才能进行识别、运算和处理,最后再把运算结果还原成十进制数字和符号通过输出终端显示出来。

虽然上述过程十分烦琐,但这些工作都是由微型计算机在后台完成的。为了使读者清楚地了解计算机的这一工作原理,下面首先对微型计算机中常用的数制、数制之间的转换以及编码进行介绍。

1.1.1 数制

所谓数制是指数的制式,是人们利用符号表示数的一种科学方法。数制是人类在长期的社会实践中逐步形成的。数制有很多种,最常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制等。

1. 十进制

十进制(Decimal)是大家很熟悉的进位计数制,它共有 0,1,2,3,4,5,6,7,8 和 9 十个数字符号。这十个数字符号又称为“数码”,每个数码在实际数中可有两个值的概念。例如:十进制数 45 中数码 4,其本身的值为 4,但它实际代表的值为 40。在数学上,将数制中数码的个数定义为基数,故十进制的基数为 10。

十进制计数方法所能表示的数的范围可以从无限小到无限大。十进制数通常具有以下两

个主要特点:

(1)它有 0~9 十个不同的数码,这是构成所有十进制数的基本符号。

(2)它的进位规则是“逢十进一”。在十进制数计数过程中,当某位计满十时就要向它邻近高位进一,借位规则是“借一当十”。

因此,任何一个十进制数不仅和构成它的每个数码本身的值有关,而且还和这些数码在数中的位置有关。这就是说,任何一个十进制数都可以展开成幂级数形式。例如:

$$123.45 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

式中:指数 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 和 10^{-2} 在数学上称为权,10 为它的基数;整数部分中每位的幂是该位位数减 1;小数部分中每位的幂是该位小数的位数的相反数。

一般地说,任意一个十进制数 N 均可表示为:

$$N_D = d_{n-1} \times 10^{n-1} + d_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + d_0 \times 10^0 + d_{-1} \times 10^{-1} + \dots$$

式中: D 是 Decimal 的英文缩写,表示采取的数制是十进制; n 表示十进制记数的位数; d_{n-1} 表示该十进制数第 $n-1$ 位的值。

2. 二进制

二进制(Binary)是计算技术中广泛采用的一种数制。它有以下两个主要特点:

(1)它共有 0 和 1 两个数码,任何二进制数都是由这两个数码组成的。

(2)它的基数为 2,进位规则是“逢二进一”,借位规则是“借一当二”。

二进制数同样也可以展开成幂级数形式。其位权是以 2 为底的幂。例如:

$$1101.101 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

加权展开式均以 2 为基数,各位系数为 0,1。

二进制的一般表达式为:

$$N_B = b_{n-1} \times 2^{n-1} + b_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + b_0 \times 2^0 + b_{-1} \times 2^{-1} + \dots$$

式中: B 为 Binary 的英文缩写,表示采用的是二进制的记数方式; n 表示二进制记数的总位数; b_{n-1} 表示该二进制数第 $n-1$ 位的值。

3. 十六进制

十六进制(Hexadecimal)是人们学习和研究计算机中二进制数的一种工具,它是随着计算机的发展而广泛应用的。十六进制数也有两个主要特点:

(1)它有 0,1,2,...,9,A,B,C,D,E,F 等 16 个数码,任何一个十六进制数都是由其中的部分或全部数码构成。

(2)它的基数为 16,进位规则是“逢十六进一”,借位规则是“借一当十六”。

十六进制数也可展开成幂级数形式。例如:

$$DFC.8 = 13 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 12 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1}$$

加权展开式均以 16 为基数,各位系数为 0~9,A~F。

十六进制的一般表达式为:

$$N_H = h_{n-1} \times 16^{n-1} + h_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + h_0 \times 16^0 + h_{-1} \times 16^{-1} + \dots$$

式中: H 是 Hexadecimal 的英文缩写,表示采用的是十六进制的记数方式; n 表示用十六进制记数的总位数; h_{n-1} 表示该十六进制数第 $n-1$ 位的值。

十进制、二进制和十六进制数的对照表见表 1-1。

表 1-1 十进制、二进制和十六进制数对照表

十进制	二进制	十六进制
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

思考：二进制、十六进制与十进制有哪些区别？

1.1.2 编码

计算机处理的信息都是以二进制数码的形式存在的。但人们编制程序、识别处理结果时，输入输出的信息通常都采用英文字母、阿拉伯数字和各种常用的符号。它们只有用特定的二进制形式来表示才能被计算机所识别，这种用二进制形式表示的数据就是二进制编码。

1. 计算机中正、负数的表示法

在字长为 8 位的微型计算机中，一个数用 8 位二进制数表示。如果计算机处理的是无符号数，那么 8 位二进制数都表示数值，如 00000000B, 00000001B, ..., 11111111B 分别表示无符号数 0, 1, ..., 255。

数有正负之分，这时的数就是带符号数。在计算机中符号“+”“-”要用 1 位二进制数表示。8 位微型计算机中约定，最高位 D_7 表示符号，其他 7 位表示数值，如图 1-1 所示。 $D_7=1$ 表示负数， $D_7=0$ 表示正数。

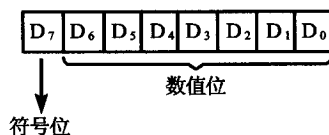


图 1-1 8 位微机中的带符号数

带符号数在计算机中可以分别用原码、反码、补码 3 种方法表示，习惯上把计算机中存放

的数称作机器数。原码、反码、补码都是机器数。其中,负数采用反码或补码表示的目的是将负数转化为正数,使减法操作转变为单纯的加法操作。目前,在计算机系统中,均采用补码表示负数。下面对计算机中的原码、反码、补码作简要的介绍。

(1)原码。正数的符号位用0表示,负数的符号位用1表示,而数值位保持原样的机器码称为原码。也就是说,正数的原码要将符号位置0,数值位保持不变;负数的原码要将符号位置1,数值位保持不变。如下所示:

$$\text{正数 } x = +4 = +0000100\text{B} \quad [x]_{\text{原}} = 00000100\text{B}$$

$$\text{负数 } y = -4 = -0000100\text{B} \quad [y]_{\text{原}} = 10000100\text{B}$$

说明: $x = +4 = +0000100\text{B}$ 中的 0000100B 指的是带符号数的 7 个数值位。8 位二进制原码表示的数的范围为: $-127 \sim +127$, 且 $+0$ 和 -0 的原码不同, 分别为 00000000B 和 10000000B。

(2)反码。在计算机中,对于正数,其反码的符号位为“0”,数值部分保持不变;对于负数,其反码除了在符号位上表示“1”外,数值部分的各位都取与它相反的数码,即“0”变“1”、“1”变“0”。也就是说:正数的反码与它的原码相同;负数的反码是符号位不变,其余位按位求反后得到。

下面是两个二进制数及其在计算机中的反码表示。

$$\text{正数 } x = +4 = +0000100\text{B} \quad [x]_{\text{反}} = 00000100\text{B}$$

$$\text{负数 } y = -4 = -0000100\text{B} \quad [y]_{\text{反}} = 11111011\text{B}$$

说明: 8 位二进制反码表示的数的范围为: $-127 \sim +127$, 且 $+0$ 和 -0 的反码不同, 分别为 00000000B 和 11111111B。

(3)补码。在计算机中,对于正数,其补码的符号位为“0”,数值部分保持不变;对于负数,其补码除了在符号位上表示“1”外,数值部分的各位都取与它相反的数码,然后在最低位加“1”。也就是说:正数的补码与它的原码相同;负数的补码是其反码加 1 后得到。

下面是两个二进制数及其在计算机中的补码表示。

$$\text{正数 } x = +4 = +0000100\text{B} \quad [x]_{\text{补}} = 00000100\text{B}$$

$$\text{负数 } y = -4 = -0000100\text{B} \quad [y]_{\text{补}} = [y]_{\text{反}} + 1 = 11111011 + 1 = 11111100\text{B}$$

说明: 8 位二进制补码表示的数的范围为: $-128 \sim +127$, 且 $+0$ 和 -0 的补码相同, 都为 00000000B。

2. 字符的编码

微型计算机不仅要处理数字信息,还需要处理大量的字母和符号信息。这就需要人们对这些数字、字母和符号进行二进制编码,以供微型计算机识别、存储和处理。这些数字、字母和符号统称为字符,字符的二进制编码又称为字符编码。目前计算机常用的字符编码有 ASCII 和 BCD 码。

(1)ASCII 码。ASCII 是美国标准信息交换代码(American Standard Code for Information Interchange)的缩写。它制定于 1963 年,是一种比较完整的字符编码,已经成为国际通用的标准编码,广泛用于微型计算机系统中。ASCII 码用 7 位二进制数表示数字、字母和符号,共 128 个。其中包括 26 个大写英文字母和 26 个小写英文字母、0~9 十个数字、一些专用字符(如“:”“!”“%”)以及控制字符(如换行、换页、回车)。在字长为 8 位的微型计算机中,用低 7 位表示 ASCII 码,最高位 D_7 用作奇偶校验。

(2)BCD 码。为了适应人们的使用习惯,计算机输入输出数据时仍使用十进制数。因此,十进制数必须用二进制码表示,这就形成了用二进制表示的十进制数,简称二—十进制数,又称 BCD 码(Binary Coded Decimal)。用标识符[···]BCD 表示。因为 4 位二进制数可以表示 16 种状态,而十进制数只有 0~9 十个数符,所以舍去了 1010~1111 这 6 种状态,用余下的 10 种状态来表示 0~9,它们的对应关系见表 1-2。

表 1-2 十进制、BCD 码对应表

十进制数	BCD 码	十进制数	BCD 码
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010		1010(非法)
3	0011		1011(非法)
4	0100		1100(非法)
5	0101		1101(非法)
6	0110		1110(非法)
7	0111		1111(非法)

思考: BCD 码与十进制数如何相互转换?

1.2 单片机简介

单片机又称微控制器,是单片微型计算机的简称。单片机是把中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、输入/输出端口(I/O)、定时器/计数器、中断系统等主要功能部件集成在一块半导体芯片上的数字电子计算机。纵观现代生产、生活的各个方面,从导弹的导航装置,到飞机上各种仪表的控制;从计算机的网络通信与数据传输,到工业自动化过程的实时控制和数据处理,以及生活中广泛使用的各种智能 IC 卡、电子宠物等,这些都离不开单片机。在单片机还未出现时,制作这些东西只能使用复杂的模拟电路。这种方法做出来的产品不仅体积大、成本高,还会因为长期的使用致使元器件不断老化,而造成控制精度无法达到正常标准,对生产和生活造成极大的影响。在单片机产生后,这些控制部件都变得智能化了。只需在单片机外围接一些简单的接口电路,在单片机中写入特定的程序就可以精确地控制相关设备。这样的产品体积小、成本低,而且不会出现长期使用致使精度变低的情况。

据统计,目前我国单片机的年产量已达 1~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长。单片机在民用和工业测控领域的应用最为广泛。彩电、冰箱、洗衣机、空调、录像机、VCD、遥控器、游戏机、电饭煲等电器上,处处可见单片机发挥的巨大作用,单片机早已深深地融入我们每个人的生活之中。所以,在我国乃至全世界,单片机的应用将有着广阔的发展空间。

1.2.1 单片机的发展历史

单片机的发展历史非常短暂,但它的发展却十分迅猛,大致可以分为以下4个阶段。

1.4 位单片机阶段

1971年,美国 Intel 公司首次推出 4 位 Intel4004 单片机,紧接着美国德克萨斯仪器公司也推出了 4 位单片机 TMS-1000。随后,各个计算机生产公司竞相推出 4 位单片机。例如,美国国家半导体公司(National Semiconductor)的 COP402 系列,日本电气公司(NEC)的 μ PD75XX 系列,美国洛克威尔公司(Rockwell)的 PPS/1 系列,日本松下公司的 MN1400 系列,富士通公司的 MB88 系列等。

4 位单片机属于单片机发展的萌芽阶段。至今还有少数仍然在使用,主要应用于家用电器、电子玩具等领域。

2.8 位单片机阶段

1976 年 9 月,美国 Intel 公司首先推出了 MCS-48 系列 8 位单片机以后,其他公司的 8 位单片机系列也应运而生,例如,莫斯特克(Mostek)和仙童(Fairchild)公司共同合作生产的 3870(F8)系列,摩托罗拉(Motorola)公司的 6801 系列等。单片机的发展进入了一个新的阶段。

在 1978 年以前各厂家生产的 8 位单片机,由于受集成度(几千只管/片)的限制,一般没有串行接口,并且寻址空间的范围小(小于 8KB),从性能上看属于低档 8 位单片机。

随着集成电路工艺水平的提高,在 1978 年至 1983 年期间集成度提高到几万只管/片,一些高性能的 8 位单片机相继问世。例如,1978 年摩托罗拉公司的 MC6801 系列,齐洛格(Zilog)公司的 Z8 系列,1979 年 NEC 公司的 μ PD78XX 系列,1980 年 Intel 公司的 MCS-51 系列。这类单片机的寻址能力达到了 64KB,片内 ROM 容量达到了 4~8KB,片内除带有并行 I/O 口外,还有串行 I/O 口,甚至某些还有 A/D 转换器功能。因此,把这类单片机称为高档 8 位单片机。

20 世纪 80 年代中后期,在高档 8 位单片机的基础上,单片机功能进一步得到提高,推出了超 8 位单片机。例如,Intel 公司的 8X252, UPI-45283C152, Zilog 公司的 Super8, Motorola 公司的 MC68HC 等。它们不但进一步扩大了片内 ROM 和 RAM 的容量,同时还增加了通信功能、DMA 传输功能以及高速 I/O 功能。自 1985 年以来,各种高性能、大存储容量、多功能的超 8 位单片机不断涌现,它们代表了单片机的发展方向,在单片机应用领域发挥着越来越大的作用。

8 位单片机由于其自身的特性,被广泛用于工业控制、智能接口、仪器仪表等各个领域。

3.16 位单片机阶段

1983 年以后,集成电路的集成度可达十几万只管/片,16 位单片机逐渐问世。这一阶段的代表产品有 1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列,1987 年 Intel 公司又推出的 80C96,美国国家半导体公司推出的 HPC16040 和 NEC 公司推出的 783XX 系列等。

16 位单片机把单片机的功能又推向了一个新的阶段,如 MCS-96 系列的集成度为 12 万只管/片,片内含 16 位 CPU、8KB ROM、232B RAM、5 个 8 位并行 I/O 口、4 个全双工串行口、4 个 16 位定时器/计数器、8 级中断处理系统。MCS-96 系列还具有多种 I/O 功能,如高速输入/输出(HSIO)、脉冲宽度调制(PWM)输出、特殊用途的监视定时器(Watchdog)等。