



全国高等职业教育规划教材

单片机原理与控制技术 ——双解汇编和C51 第3版

张志良 主编

- 双解汇编和C51两种程序
- 每条指令/语句均给出注释
- 零基础学习C51编程
- Proteus虚拟硬件仿真
- 无需硬件板, 全计算机软件实验操作
- 有配套教辅书, 提供全部习题解答
- 免费下载仿真DSN文件和hex文件
- 便于教学, 便于学生课后自学练习



电子教案下载网址www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

单片机原理与控制技术

——双解汇编和 C51

第3版

张志良 主编

邵菁 参编

邵瑛



机械工业出版社

本书主要包括：微型计算机系统基本知识，80C51 单片机片内结构和工作原理，80C51 指令系统，汇编语言程序设计，C51 程序设计，80C51 片内功能部件，80C51 片外扩展，常用外围设备接口电路，单片机常用开发工具等。

本书根据职业技术教育的要求和学生的特点，从方便教学出发，精选内容，突出重点；降低难度，多举例题，每条程序/指令均给出注释；并编有与本书配套的《单片机学习指导及习题解答——双解汇编和 C51 第 2 版》，给出全部习题解答（均通过 Keil 调试或 Proteus 虚拟仿真）；无需硬件板，学生就可据此课后练习，实验操作。

本书可作为高等职业技术教育电子类专业“单片机原理与应用”课程的教材，也适用于其他专业、其他类型学校（包括应用型本科）的单片机课程使用，并可供工程技术人员学习参考。

本书配套授课电子教案，需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：1239258369，电话：010-88379739）。

另有配套的<单片机实验仿真 50 例>，含有 Proteus 仿真电路 DSN 文件和驱动程序 hex 文件，可从网上免费下载。

图书在版编目（CIP）数据

单片机原理与控制技术——双解汇编和 C51 / 张志良主编. —3 版.

—北京：机械工业出版社，2013.8

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-42393-5

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机-计算机控制-高等职业教育-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 092322 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：王 颖

责任印制：李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2013 年 9 月·第 3 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19 印张·470 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-42393-5

定价：39.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：（010）88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：（010）68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：（010）88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：（010）88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材

电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

第3版前言

本书第2版自2005年1月出版至今,承蒙广大读者青睐,目前已印销十几万册。随着单片机技术的飞速发展,书中部分内容已不能完全适应教学的需要,本次改版,主要体现在以下几个方面。

1) 增加C51程序设计内容。

由于C51程序设计的明显优势,80C51系列单片机的应用程序设计和教学,多数已从原来的汇编编程转向C51编程。因此,第3版单独增加一章C51程序设计,并在随后章节的例题中,除保留原汇编语言程序外,给出具有同等功效的C51程序。

由于选用本书的部分读者不一定学过C语言,或虽学过但未学通,因此,本书在编写过程中,力求达到让读者从零基础起点学习C51编程的应用。

2) 增加介绍Keil C51和Proteus软件应用的内容。

Keil C51和Proteus是当前最为流行、常用的仿真软件。在无单片机实际硬件的条件下,利用PC,实现单片机软件和硬件的同步仿真,使学习单片机的应用和教学变得相对容易和简单。本书除介绍Keil C51和Proteus软件内容外,还给出了各种不同类型的Keil C51调试例题,涉及外围电路元器件时,给出Proteus ISIS虚拟仿真电路、调试步骤和运行结果。

3) 编写与第3版配套的《单片机学习指导及习题解答——双解汇编和C51第2版》。

与编写第2版时相同,编者也编写了与第3版配套的《单片机学习指导及习题解答——双解汇编和C51第2版》,给出了学习指导和全部习题解答。编程习题均给出汇编和C51两种程序(每条指令/语句给出注释),给出Keil调试方法提示,涉及外围电路元器件时,给出Proteus ISIS虚拟仿真电路、调试步骤和运行结果,以便读者练习和参考。

4) 编有配套的、可从网上免费下载的<单片机实验仿真50例>。

50例全部取自于本书例题和习题,提供Proteus仿真电路DSN文件和驱动程序hex文件,全部通过Keil调试和Proteus虚拟仿真。基本上能适用和满足绝大多数院校的实验需求,许多例题和习题还可用于课程作业和毕业设计。读者可在PC机上,不涉及具体硬件实验设备,用Keil和Proteus软件,模拟目标程序的调试、纠错和运行。既能演示观赏,又可边学边练、实验操作。是一种有效而简便的学习方法和途径,也可大大提高学生的学习兴趣和学习效果。<单片机实验仿真50例>可登陆www.cmpedu.com免费下载。

本书由上海电子信息职业技术学院退休高级讲师张志良任主编,邵菁、邵瑛参编。其中第1、2、3章由邵菁编写,第4、5、6章由邵瑛编写,其余部分由张志良编写。全书由张志良统稿。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正(编者的Email: zzlls@126.com),有信必复。

编 者

目 录

出版说明

第3版前言

第1章 微型计算机系统基本知识	1
1.1 微型计算机和单片机概述	1
1.1.1 微型计算机发展概况	1
1.1.2 80C51 单片机概述	2
【复习思考题】	3
1.2 计算机中数的表示方法及运算	4
1.2.1 二进制数和十六进制数基本概念	4
1.2.2 数制转换	6
1.2.3 二进制数和十六进制数运算	8
1.2.4 原码、反码和补码	10
【复习思考题】	13
1.3 常用编码	13
1.3.1 8421 BCD 码	13
1.3.2 ASCII 码	14
【复习思考题】	15
1.4 习题	15
第2章 80C51 单片机片内结构和工作原理	17
2.1 片内结构和引脚功能	17
2.1.1 片内结构	17
2.1.2 引脚功能	18
【复习思考题】	20
2.2 存储空间配置和功能	20
2.2.1 程序存储器 (ROM)	21
2.2.2 外部数据存储器 (外 RAM)	21
2.2.3 内部数据存储器 (内 RAM)	22
2.2.4 特殊功能寄存器 (SFR)	23
2.2.5 程序计数器 PC	26
【复习思考题】	26
2.3 I/O 端口结构及工作原理	27
【复习思考题】	29
2.4 时钟和时序	29

2.4.1	时钟电路和机器周期	29
2.4.2	时序	30
	【复习思考题】	33
2.5	复位和低功耗工作方式	33
2.5.1	复位方式	33
2.5.2	低功耗工作方式	35
	【复习思考题】	36
2.6	习题	36
第3章	80C51 指令系统	38
3.1	指令系统基本概念	38
3.1.1	指令基本格式	38
3.1.2	指令系统中的常用符号	39
3.1.3	寻址方式	39
3.1.4	指令分类	41
	【复习思考题】	42
3.2	指令系统	42
3.2.1	数据传送类指令	42
3.2.2	算术运算类指令	48
3.2.3	逻辑运算及移位指令	51
3.2.4	位操作类指令	53
3.2.5	控制转移类指令	54
	【复习思考题】	57
3.3	习题	57
第4章	汇编语言程序设计	63
4.1	汇编语言程序设计基本概念	63
4.1.1	汇编	63
4.1.2	伪指令	64
4.1.3	程序设计的基本步骤	65
	【复习思考题】	66
4.2	汇编程序设计举例	66
4.2.1	顺序程序	66
4.2.2	分支程序	67
4.2.3	循环程序	69
4.2.4	查表程序	72
4.2.5	散转程序	74
	【复习思考题】	74
4.3	习题	74
第5章	C51 程序设计	77
5.1	C51 概述	77

【复习思考题】	80
5.2 C51 数据与运算	80
5.2.1 数据与数据类型	80
5.2.2 变量及其定义方法	85
5.2.3 运算符和表达式	90
5.2.4 数据类型转换和运算顺序的优先级、结合性	93
【复习思考题】	96
5.3 C51 基本语句	96
5.3.1 语句基本概念	96
5.3.2 选择语句	97
5.3.3 循环语句	101
【复习思考题】	106
5.4 C51 构造类型数据	106
5.4.1 数组	106
5.4.2 指针	109
【复习思考题】	114
5.5 C51 函数	114
5.5.1 函数概述	114
5.5.2 函数的参数和返回值	116
5.5.3 函数的调用	120
5.5.4 常用库函数	122
【复习思考题】	126
5.6 习题	126
第 6 章 80C51 片内功能部件	129
6.1 80C51 中断系统	129
6.1.1 中断概述	129
6.1.2 中断源和中断控制寄存器	130
6.1.3 中断处理过程	132
6.1.4 中断系统的应用	136
6.1.5 中断 C51 编程	138
【复习思考题】	140
6.2 80C51 定时/计数器	140
6.2.1 定时/计数器概述	140
6.2.2 定时/计数器的控制寄存器	141
6.2.3 定时/计数器工作方式	142
6.2.4 定时/计数器的应用	144
【复习思考题】	149
6.3 80C51 串行口	149
6.3.1 串行通信概述	149

6.3.2	串行口特殊功能寄存器	151
6.3.3	串行工作方式	153
	【复习思考题】	161
6.4	习题	161
第7章	80C51 片外扩展	165
7.1	并行扩展	165
7.1.1	并行扩展概述	165
7.1.2	并行扩展外 ROM	167
7.1.3	并行扩展外 RAM	169
7.1.4	并行扩展 I/O 口	171
	【复习思考题】	174
7.2	串行扩展	175
7.2.1	串行扩展概述	175
7.2.2	80C51 同步移位寄存器串行扩展	177
7.2.3	I ² C 串行总线	181
7.2.4	虚拟 I ² C 扩展 AT24CXX 系列 E ² PROM	186
	【复习思考题】	191
7.3	习题	192
第8章	常用外围设备接口电路	194
8.1	LED 数码管显示接口电路	194
8.1.1	LED 数码管和编码方式	194
8.1.2	静态显示方式及其典型应用电路	197
8.1.3	动态显示方式及其典型应用电路	200
	【复习思考题】	202
8.2	LCD 1602 显示屏接口电路	202
	【复习思考题】	207
8.3	键盘接口电路	207
8.3.1	键盘接口概述	208
8.3.2	独立式按键及其接口电路	209
8.3.3	矩阵式键盘及其接口电路	210
	【复习思考题】	213
8.4	A/D 转换接口电路	213
8.4.1	A/D 转换的基本概念	213
8.4.2	并行 ADC0809 及其接口电路	214
8.4.3	串行 ADC0832 及其接口电路	217
	【复习思考题】	220
8.5	D/A 转换接口电路	221
8.5.1	D/A 转换的基本概念	221
8.5.2	DAC 0832 及其接口电路	222

【复习思考题】	226
8.6 开关量驱动输出接口电路	226
【复习思考题】	228
8.7 时钟 DS 1302 接口电路	228
【复习思考题】	235
8.8 步进电动机接口电路	235
【复习思考题】	239
8.9 习题	239
第9章 单片机常用开发工具	244
9.1 Keil C51 编译软件介绍	244
9.1.1 软件安装	244
9.1.2 项目建立和设置	245
9.1.3 程序编译运行	251
9.1.4 常用窗口介绍	253
9.1.5 程序调试实例	257
9.2 Proteus ISIS 仿真软件介绍	262
9.2.1 用户编辑界面	262
9.2.2 电路原理图设计和编辑	265
9.2.3 虚拟仿真	273
9.2.4 Proteus 与 Keil 联合仿真调试	276
9.3 单片机应用虚拟仿真实例	277
9.3.1 循环灯虚拟仿真	278
9.3.2 示波器显示周期脉冲方波	278
9.3.3 串行扩展虚拟仿真	279
9.3.4 双机串行通信	282
9.3.5 读写 I ² C AT24C02	282
9.3.6 LED 数码管显示虚拟仿真	283
9.3.7 LCD 1602 显示虚拟仿真	286
9.3.8 键盘接口虚拟仿真	286
9.3.9 并行 A/D 0808 虚拟仿真	287
9.3.10 串行 A/D 0832 虚拟仿真	288
9.3.11 DAC0832 虚拟仿真	289
9.3.12 时钟 1302 虚拟仿真	290
9.3.13 步进电动机虚拟仿真	291
附录 80C51 反汇编指令表	292
参考文献	293

第1章 微型计算机系统基本知识

1.1 微型计算机和单片机概述

电子计算机是20世纪人类最伟大的发明之一。自从1946年第一台电子计算机在美国诞生以来,计算机得到了飞速的发展和广泛的应用,它对人类社会的发展起到了极大的推动作用。然而,真正使计算机的应用能够深入到社会生活的各个方面,导致人类社会大步跨入计算机时代的一个重要原因,则是由于微型计算机的产生和发展。

1.1.1 微型计算机发展概况

在微型计算机出现之前,计算机已经有了很大的发展。但这时的计算机主要是大、中、小型机,体积大、功耗大、价格昂贵,只用于政府部门、大学、科研部门及一些公司企业,应用范围有限,个人更不可能拥有。

随着半导体技术的发展,集成电路的集成度越来越高。1971年11月,Intel公司成功地将运算部件和逻辑控制功能部件集成在一起,制成了世界上第一片中央处理器芯片CPU (Central Processing Unit)——Intel 4004,由此揭开了微型计算机发展的序幕。

微型计算机的CPU也可称为微处理器MPU (Micro Processing Unit或Micro Processor),是一种大规模集成电路器件,其中包含了计算机的控制部件和运算部件,具有控制和运算功能。微处理器加上同样采用大规模集成电路制成的用于存储程序和数据的存储器,以及与输入输出设备相衔接的输入输出接口电路,就构成了微型计算机(Micro Computer)。

微型计算机与巨、大、中和小型计算机的主要区别是,其中央处理器是集成在一小片硅片上,而巨、大、中、小型计算机的CPU则是由相当多的电路组成的。由于微型计算机具有体积小、功耗低、重量轻、价格低、可靠性高和使用方便等一系列优点,自问世以来得到了非常广泛的发展和应用。

微型计算机的发展,按其核心器件——微处理器的功能不同或完善,大致可分为两个时期:

第一时期,微处理器的发展初期。以1971年Intel公司推出Intel 4004开始,然后Intel 8008、8080、8085, Motorola的MC6800和Zilog公司的Z80等。此时的微处理器功能逐步增强,速度不断提高,已开始具有实用意义。

第二时期,微处理器的飞速发展时期。从20世纪70年代中期起,微处理器开始形成两大分支。

一类是个人计算机,也称为PC (Personal Computer),以Intel公司的8086、80286、386、486、586、奔腾II~奔腾IV、酷睿...为代表,以满足海量高速数值计算为己任,其数据宽度不断更新,迅速从8位、16位过渡到32位、64位、双核处理器...,不断完善其通用

操作系统,突出发展高速海量数值计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体和网络通信中得到了广泛的应用。

另一类是嵌入式微处理器,通常是我们常说的单片机,以面对工业控制领域为对象,突出控制能力,实行嵌入式应用。以 Intel 公司的 MCS-48、MCS-51 (80C51)、PIC、ARM、…为代表,在工业测控系统、智能仪表、智能通信产品、智能家用电器和智能终端设备等众多领域内得到了广泛应用。

嵌入式微处理器的出现是微型计算机发展史上的一个重要里程碑。嵌入式系统和 PC 系统形成了微型计算机技术发展的两大分支。PC 系统全力实现海量高速数据处理,兼顾控制功能;嵌入式系统全力满足测控对象的测控功能,兼顾数据处理能力。同时,两大分支之间串行通信,优势互补,形成了网络控制系统,使功能更强大,更完善。两大分支的形成与发展,实现了近代计算机技术的突飞猛进。

1.1.2 80C51 单片机概述

1. 什么是单片机

单片机一词最初源于“Single Chip Micro Computer”,它忠实地反映了早期单片机的形态和本质。随后按照面向对象,突出控制功能,在片内集成了许多功能电路及 I/O 接口电路,突破了传统意义的单芯片结构,发展成微控制结构,目前国外已普遍称为微控制器 MCU (Micro Controller Unit)。鉴于它完全作为嵌入式应用,故又称为嵌入式微控制器。对“单片机”一词的理解,不应再局限于“Single Chip Microcomputer”,而应接轨于国际上对单片机的标准称呼“Micro Controller Unit”(MCU)。由于国内对单片机一词已约定成俗,因此仍沿用至今,本书中也用该词称呼。

单片机的发展有个过程,在单片机之前,曾出现过单板机形式的微型计算机。单板机是将微处理器芯片、存储器芯片和输入输出接口芯片安装在同一块印制电路板上,构成具有一定功能的计算机系统,因此称为单板微型计算机,简称为单板机。而单片机是将微处理器、存储器和输入输出接口电路集成在一块集成电路芯片上,构成具有一定功能的计算机系统,因此称为单片微型计算机,简称为单片机。

2. 单片机与嵌入式系统的关系

近年来,许多技术资料上都常见到单片机与嵌入式系统(embedded system)两个独立的名词,两者究竟有何区别?

单片机与嵌入式芯片都是指微控制器,只是命名方式不同。单片机是以芯片的形态——“单片”命名,以嵌入的方式应用的微控制器;嵌入式是以应用的方式——“嵌入”命名,以单片的形态应用的微控制器。单片机系统和嵌入式系统都是嵌入到对象体系中,实现对象体系智能化控制的计算机系统。因此,编者理解,两者基本上没有区别,而嵌入式的概念范畴更宽、更准确一些。从广义角度讲,嵌入式系统还应包括嵌入式微处理器、嵌入式数字信号处理器和嵌入式片上系统。

从应用的角度看,由于嵌入式系统有过一段很长的单片机独立发展时期,大多是基于 8 位单片机,以“智能化”器件的身份,带有明显的电子系统设计模式和底层应用特点。因此,可以把嵌入式系统应用分成高端与低端两个层次,把原来的单片机应用理解成嵌入式系统的低端应用,而把基于 32 位嵌入式微控制器的应用理解为嵌入式系统的高端应用。

3. 80C51 系列单片机

单片机中,国内应用最广泛的是 80C51 系列单片机。80C51 单片机属于 Intel 公司 MCS-51 系列单片机, MCS-51 系列单片机最初用 HMOS 制造工艺,其基本型芯片根据片内 ROM 结构可分为 8031 (片内无 ROM), 8051 (片内有 4KB 掩膜 ROM), 8751 (片内有 4KB EPROM), 统称为 51 系列单片机。其后又有增强型 52 系列,包括 8032、8052 和 8752 等。

HMOS 工艺的缺点是功耗较大,随着 CMOS 工艺的发展, Intel 公司生产了 CHMOS 工艺的 80C51 芯片,大大降低了功耗,并引入了低功耗管理模式,使低功耗具有可控性。CHMOS 工艺的 80C51 芯片,根据片内 ROM 结构,也有基本型 80C31、80C51、87C51 和增强型 80C32、80C52、87C52 三种类型,引脚与 51 系列兼容,指令相同。

随后, Intel 公司将 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名 IC 制造厂商,例如 Philips、NEC、Atmel、AMD、Dallas、Siemens、Fujitsu、OKI、华邦和 LG 等。在保持与 80C51 单片机兼容的基础上,这些公司融入了自身的优势,扩展了针对满足不同测控对象要求的外围电路,如满足模拟量输入转换的 A/D、满足伺服驱动的 PWM、满足高速输入/输出控制的 HSI/HSO、满足串行扩展要求的串行扩展总线 I²C 或 SPI、保证程序可靠运行的 WDT、引入使用方便且价格低廉的 Flash ROM 等,开发出几百种功能各异的新品种。这样,80C51 单片机就变成了有众多芯片制造厂商支持的大家族,统称为 80C51 系列单片机,简称为 C51 系列单片机或 51 单片机。客观事实表明,80C51 系列单片机已成为 8 位单片机的主流,成了事实上的 8 位标准 MCU 芯片。

现在,虽然世界上 MCU 品种繁多,功能各异,且 16 位、32 位芯片肯定比 8 位芯片功能强大。但 80C51 系列单片机因其性能价格比高、操作方便的开发装置多、国内技术人员熟悉、芯片功能够用适用并可广泛选择等特点,再加上众多芯片制造厂商加盟等因素,在中、小应用系统,80C51 系列单片机仍占据主流地位。据编者估计,80C51 系列单片机可能还有较长的应用寿命。

综上所述,选择 80C51 系列单片机作为研究分析对象,既符合教学特点的典型性,又不失教学内容的先进性。

4. 单片机的应用

由于单片机有如此多的优点并且功能强大,因此其应用领域之广,几乎到了无孔不入的地步。单片机应用的主要领域有:智能化家用电器、办公自动化设备、商业营销设备、工业自动化控制、智能化仪表、智能化通信产品、汽车电子产品、医疗器械和设备、航空航天系统和国防军事、尖端武器等领域。

单片机应用的意义不仅在于它的广阔范围及所带来的经济效益。更重要的意义在于,单片机的应用从根本上改变了控制系统传统的设计思想和设计方法。以前采用硬件电路实现的大部分控制功能,正在用单片机通过软件方法来实现。以前自动控制中的 PID 调节,现在可以用单片机实现具有智能化的数字计算控制、模糊控制和自适应控制。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术称为微控制技术。随着单片机应用的推广,微控制技术将不断发展完善。

【复习思考题】

1.1 PC 和单片机都是微型计算机,两者有什么区别?

1.2 什么是单片机？

1.3 为什么 80C51 系列单片机能成为 8 位单片机应用主流？

1.2 计算机中数的表示方法及运算

在计算机中，最基本的功能是进行大量的“数的运算与加工处理”。但计算机只能“识别”二进制数。所以，二进制数及其编码是所有计算机的基本语言。在计算机中，用二进制数表示和处理非常方便，其基本信息只有“0”或“1”，同时可以表达一些特殊的信息，例如脉冲的“有”或“无”，电压的“高”或“低”，电路的“通”或“断”等。用“0”或“1”两种状态表示，鲜明可靠，容易识别，实现方便，计算机正是利用这种只有两种状态的双稳态电路或元器件来表示和处理这种信息的。但二进制数位多，书写和识读不便，在计算机软件编制过程中常用十六进制数替代二进制数。十进制数、二进制数、十六进制数之间的关系、相互转换和运算方法，是学习计算机必备的基础知识。

1.2.1 二进制数和十六进制数基本概念

1. 十进制数

主要特点：

① 基数是 10。由 10 个数码（数符）构成：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

② 进位规则是“逢十进一”。

所谓基数是指计数制中所用到的数码的个数。如十进制数共有 0~9 十个数码，故基数为 10，计数规则是“逢十进一”。当基数为 M 时，便是“逢 M 进一”。在进位计数制中常用“基数”来区别不同的进制。

$$\begin{aligned}\text{例如：} 1234.56 &= 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2} \\ &= 1000 + 200 + 30 + 4 + 0.5 + 0.06\end{aligned}$$

上述 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为十进制数各数位的“权”。

2. 二进制数

二进制数的特点：

① 基数是 2。只有两个数码：0 和 1。

② 进位规则是“逢二进一”。每左移一位，数值增大一倍；每右移一位，数值减小一半。

二进制数通常在数的后面紧跟一个字母 B（Binary）作为标识符，表示这个数是二进制数。

例如：二进制数 1101.01B，各位数码代表的权值如图 1-1 所示，转化为十进制数可表达为：

$$1101.01B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 13.25$$

其中， 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 称为二进制数各数位的“权”。

3. 十六进制数

十六进制数的特点：

① 基数是 16。共由 16 个数符构成：0、1、…、9、A、B、C、D、E 和 F。其中 A、

B、C、D、E 和 F 分别代表 10、11、12、13、14 和 15。

② 进位规则是“逢十六进一”。

与其他进制的数一样，同一数符在不同数位所代表的权值是不相同的。每左移一位，数值增大 16 倍；每右移一位，数值缩小 16 倍。十六进制数须要在后面加一个字母 H (Hexadecimal)，表示是十六进制数。

例如，十六进制数 13BC.48H，各位数码代表的权值如图 1-2 所示，转化为十进制数可表达为：

$$\begin{aligned} 13BC.48 &= 1 \times 16^3 + 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 12 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} \\ &= 4096 + 768 + 176 + 12 + 0.25 + 0.03125 = 5052.28125 \end{aligned}$$

其中， 16^3 、 16^2 、 16^1 、 16^0 、 16^{-1} 、 16^{-2} 称为十六进制数各数位的权。

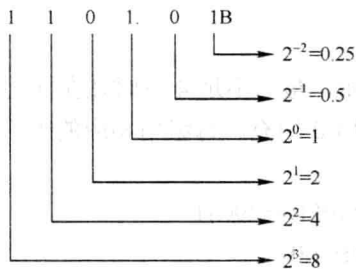


图 1-1 二进制数 1101.01B

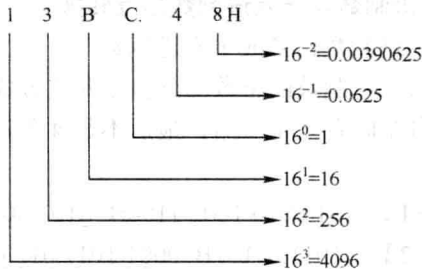


图 1-2 十六进制数 13BC.48H

十六进制数与二进制数相比，大大缩小了位数，缩短了字长。一个 4 位二进制数只需用 1 位十六进制数表示，一个 8 位二进制数只需用两位十六进制数表示。目前在计算机程序中普遍采用十六进制数表示。十六进制数、二进制数与十进制数的对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 十六进制数、二进制数与十进制数对应关系表

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	00H	0000B	11	0BH	1011B
1	01H	0001B	12	0CH	1100B
2	02H	0010B	13	0DH	1101B
3	03H	0011B	14	0EH	1110B
4	04H	0100B	15	0FH	1111B
5	05H	0101B	16	10H	0001 0000B
6	06H	0110B	17	11H	0001 0001B
7	07H	0111B	18	12H	0001 0010B
8	08H	1000B	19	13H	0001 0011B
9	09H	1001B	20	14H	0001 0100B
10	0AH	1010B	21	15H	0001 0101B

二进制数用尾缀 B 表示，十六进制数用尾缀 H 表示，十进制数用尾缀 D (Decimal) 表示，但通常十进制数尾缀 D 可省略，即无尾缀属十进制数。二进制数和十六进制数则必须加尾缀，否则错。

需要说明的是,有些编译软件为便于区分英文字母与十六进制数码,要求在汇编语言中书写十六进制数时,若第一位数码为 A、B、C、D、E 或 F,就需在字母数码前加“0”。例如,ABH 要求写成 0ABH。许多教材均按此要求编写,但这不是 80C51 单片机系统本身的要求,本书在编写时,遇此情况,均不加“0”,特此说明。

1.2.2 数制转换

4 位二进制数具有 16 个状态 ($2^4=16$),而 1 位十六进制数也具有 16 个状态,所以 1 位十六进制数对应于 4 位二进制数,转换十分方便。二进制数、十进制数与十六进制数之间的转换关系如表 1-1 所示。对 0~16 之间二进制、十进制、十六进制数的对应关系和相互转换,要求熟记。

1. 二进制数与十六进制数相互转换

(1) 二进制数转换成十六进制数

只要将二进制数的整数部分自右向左分成 4 位一组,最后不足 4 位时在左面用 0 填充;小数部分自左向右 4 位一组,最后不足 4 位时在右面用 0 填充。每组用相应的十六进制数代替即可。

【例 1-1】 101 0010 1001 1100B=0101 0010 1001 1100B=529CH

【例 1-2】 11011.01101B=0001 1011.0110 1000B=1B.68H

(2) 十六进制数转换成二进制数

只要将每一位十六进制数用相应的 4 位二进制数表示。

【例 1-3】 3AFEH=0011 1010 1111 1110B=11 1010 1111 1110B

【例 1-4】 70.D4H=0111 0000.1101 0100B=111 0000.1101 01B

2. 二进制数、十六进制数转换成十进制数

二进制数及十六进制数转换成十进制数时,只要将一个二进制数或十六进制数按权展开,然后相加即可。

【例 1-5】 $1101.11B=1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}$
 $=8+4+0+1+0.5+0.25=13.75$

也可先将二进制数转换成十六进制数,然后再转换成十进制数,计算可能更加方便。

$1101.11B=DCH=13\times 16^0+12\times 16^{-1}=13.75$

【例 1-6】 $4F5H=4\times 16^2+15\times 16^1+5\times 16^0=1024+240+5=1269$

【例 1-7】 $10.101B=2.AH=2\times 16^0+10\times 16^{-1}=2+0.625=2.625$

3. 十进制数转换成二进制数、十六进制数

十进制数转换成二进制数或十六进制数,整数部分和小数部分要分别进行转换,然后将转换结果合并在一起。

(1) 整数部分的转换

【例 1-8】 将十进制数 41 转换成二进制数。

解:十进制整数转换成二进制整数用“除 2 取余法”。先用 2 去除整数,然后用 2 逐次去除所得的商,直到商为 0 为止,依次记下得到的各个余数。第一个余数是转换后的二进制数的最低位,最后一个余数是最高位。如图 1-3a 所示, $41=(b_5b_4b_3b_2b_1b_0)B=101001B$ 。

【例 1-9】 将十进制数 8152 转换成十六进制数。