



全国高等职业教育规划教材

单片机学习指导及习题解答 ——双解汇编和C51 第2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
- Proteus 虚拟硬件仿真
- 无需硬件板, 全计算机软件实验操作
- 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

单片机学习指导及习题解答 ——双解汇编和 C51

第2版

张志良 主编

邵 菁 参编

邵 瑛



机械工业出版社

本书是根据张志良主编的《单片机原理与控制技术——双解汇编和 C51 第 3 版》编写的教辅书,但也自成体系,可单独使用。章名及其顺序与教材书相同,每章均给出了内容提要、基本要求和学习指导、典型例题解析、复习思考题解答和习题解答。编程例题和习题均给出了汇编和 C51 两种程序(每条指令/语句均有注释),给出了 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。读者可参照这些例题和习题,用纯软件(除 PC)进行课后练习和实验操作。

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”课程的教学辅导书,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。

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

单片机学习指导及习题解答——双解汇编和 C51 / 张志良主编. —2 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 978-7-111-42431-4

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 094569 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:乔 宇

三河市国英印刷有限公司印刷

2013 年 9 月·第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·365 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-42431-4

定价:35.00 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 2 版前言

单片机课程既涉及单片机芯片内部结构及功能应用,又涉及软件编程,还涉及电子技术和相关应用领域的专业知识。因此,对高职高专层次的学生来说,这是一门比较难学的课程,需要借助教辅书帮助学习。

本书第 1 版是张志良主编的《单片机原理与控制技术第 2 版》配套的教辅书,承蒙广大读者青睐,目前已印销 1 万多册。现在《单片机原理与控制技术第 2 版》改版为第 3 版,本书随之改版为与之配套的第 2 版,但也自成体系,可单独使用。改版主要有以下几个方面。

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,本书除保留原汇编语言程序外,还给出了具有同等功效的 C51 程序。鉴于选用本书的读者不一定学过 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 编程的目的。

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) 保留原书的特色,并将各种题目整合为典型例题解析、复习思考题解答和习题解答。

其中,复习思考题是针对一些重要的基本概念、学生不易理解和容易混淆的概念,给出较为详尽的解说,有利于学生理解和辨析。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 例全部取自于本书与配套教材书的例题和习题,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2版前言

第1章 微型计算机系统基本知识	1
1.1 内容提要	1
1.2 基本要求和学习指导	2
1.3 典型例题解析	3
1.4 复习思考题解答	4
1.5 习题解答	6
第2章 80C51 单片机的内部结构和工作原理	8
2.1 内容提要	8
2.2 基本要求和学习指导	9
2.3 复习思考题解答	9
2.4 习题解答	15
第3章 80C51 系列单片机指令系统	17
3.1 内容提要	17
3.2 基本要求和学习指导	18
3.3 典型例题解析	19
3.4 复习思考题解答	24
3.5 习题解答	26
第4章 汇编语言程序设计	34
4.1 内容提要	34
4.2 基本要求和学习指导	35
4.3 典型例题解析	35
4.4 复习思考题解答	43
4.5 习题解答	44
第5章 C51 程序设计	52
5.1 内容提要	52
5.2 基本要求和学习指导	54
5.3 典型例题解析	55
5.4 复习思考题解答	60
5.5 习题解答	64

第 6 章 80C51 片内功能部件	74
6.1 内容提要	74
6.2 基本要求和学习指导	76
6.3 典型例题解析	77
6.4 复习思考题解答	94
6.5 习题解答	98
第 7 章 80C51 片外扩展	110
7.1 内容提要	110
7.2 基本要求和学习指导	112
7.3 典型例题解析	112
7.4 复习思考题解答	123
7.5 习题解答	126
第 8 章 常用外围设备接口电路	130
8.1 内容提要	130
8.2 基本要求和学习指导	132
8.3 典型例题解析	133
8.4 复习思考题解答	163
8.5 习题解答	167
第 9 章 单片机常用开发工具	176
9.1 Keil C51 编译软件介绍	176
9.1.1 软件安装	176
9.1.2 项目建立和设置	177
9.1.3 程序编译运行	183
9.1.4 常用窗口介绍	185
9.1.5 程序调试实例	189
9.2 Proteus ISIS 仿真软件介绍	194
9.2.1 用户编辑界面	194
9.2.2 电路原理图设计和编辑	197
9.2.3 虚拟仿真	205
9.2.4 Proteus 与 Keil 联合仿真调试	208
9.3 单片机应用虚拟仿真实例	210
9.3.1 循环灯虚拟仿真	210
9.3.2 示波器显示 4 种周期的脉冲方波	210
9.3.3 串行扩展虚拟仿真	211
9.3.4 双机串行通信	214
9.3.5 读写 I ² C AT24C02	215
9.3.6 LED 数码管显示虚拟仿真	216

9.3.7 LCD1602 显示虚拟仿真 220

9.3.8 键盘接口虚拟仿真 221

9.3.9 并行 A-D 0808 虚拟仿真 222

9.3.10 串行 A-D 0832 虚拟仿真 224

9.3.11 DAC0832 虚拟仿真 225

9.3.12 时钟 1302 虚拟仿真 226

9.3.13 步进电动机虚拟仿真 227

参考文献 228

第1章 微型计算机系统基本知识

1.1 内容提要

1. 微型计算机与 80C51 单片机

(1) 微型计算机发展概况

微型计算机发展形成两大分支：一类是 PC，另一类是嵌入式微处理器（单片机）。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。

(2) 80C51 单片机

单片机具有体积小、功耗低、重量轻、价格低、可靠性高和开发使用简便等一系列优点，自问世以来得到了非常广泛的应用。其中，80C51 系列单片机在我国推广应用最为广泛。

80C51 系列单片机属于 Intel 公司 MCS-51 系列单片机，CHMOS 工艺，功耗低，性能优良，世界许多著名 IC 制造厂商以 80C51 为内核，融入了自身的优势，推出了许多与 80C51 兼容的 8 位单片机，强化了微控制器的特征，进一步巩固和发展了 8 位单片机的主流地位。在我国，80C51 系列单片机因其性能价格比高、开发装置多、国内技术人员熟悉和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，得到了极其广泛的应用。

单片机广泛应用于智能化家用电器、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、尖端武器等各种领域，几乎到了无孔不入的地步。

2. 计算机中数的表示方法及运算

单片机系统中常用的数制是二进制和十六进制，表达形式有原码、反码和补码，可使计算机中二进制数的四则运算归结为加法和移位二种操作。

(1) 二进制数和十六进制数基本概念

二进制数及其编码是所有计算机的基本语言，即计算机只能“识别”二进制数。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。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 表示，但通常十进制数尾缀 D 可省略。

(2) 二进制数、十进制数和十六进制数相互转换

1) 二进制数及十六进制数转换成十进制数时，只要将二进制数或十六进制数按权展开，然后相加即可。

2) 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，整数部

分转换用“除 2 取余法”和“除 16 取余法”；小数部分转换用“乘 2 取整法”和“乘 16 取整法”。

(3) 二进制数与十六进制数相互转换，按 1 位十六进制数对应于 4 位二进制数转换。

(3) 二进制数和十六进制数运算

二进制数加减运算时，先将相同权位对齐，然后按运算规则从低到高逐位相加减，加法满二进一，减法借一当二。乘法由“加”和“移位”两种操作实现。十六进制数加法满十六进一，减法借一当十六。

(4) 二进制数的正负

在最高位分别用“0”和“1”表示，“0”表示正数，“1”表示负数。

(5) 原码、反码和补码

1) 对于正数： $[X]_{\text{原}} = [X]_{\text{反}} = [X]_{\text{补}}$

2) 对于负数： $[X]_{\text{反}} = [X]_{\text{原}}$ 数值位取反，符号位不变。

$$[X]_{\text{补}} = [X]_{\text{反}} + 1$$

引入补码是为了将减法运算转换成加法运算。

3. 常用编码

单片机系统中常用编码有 BCD 码和 ASCII 码。

(1) BCD 码

8421 BCD 码也称为二-十进制数，是一种十进制数，逢十进一，只是数符 0~9 用 4 位二进制码 0000~1001 表示而已。每 4 位以内按二进制进位；4 位与 4 位之间按十进制进位。其加减运算按二进制进行，因此有时会出错，需要修正。

(2) ASCII 码

在微机系统中，世界各国普遍采用 ASCII 码来表示一些特殊的字符，如英文 26 个字母、标点符号、空格和换行等。

1.2 基本要求和学习指导

1. 微型计算机与 80C51 单片机

(1) 了解微型计算机的发展概况。

(2) 了解 80C51 系列单片机的发展概况。

2. 计算机中数的表示方法及运算

(1) 建立二进制数和十六进制数概念。

(2) 学会二进制数、十进制数和十六进制数相互转换的方法，熟记 0~16 的二进制数、十进制数和十六进制数的对应关系和相互转换。

(3) 熟悉二进制数和十六进制数加、减、乘、除以及“与”、“或”运算的方法。

(4) 了解二进制数原码、反码和补码的表示方法。

3. 常用编码

(1) 了解 BCD 码的编码方法、转换关系和加减法运算时出错的原因。

(2) 了解 ASCII 码和查表换算的方法。

本章是学习后续章节的基础，若已具备这些基本知识，则可跳过。从上述基本要求“了

解”、“学会”、“熟悉”、“熟记”中，读者自会掌握学习要求的分寸。

1.3 典型例题解析

【例 1-1】 试将十进制数 123.45 转换成二进制数。

解：十进制数转换成二进制数，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。

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 止，依次记下的各个余数。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 1-1a 所示， $123=(b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0)B=1111011B$ 。

十进制小数转换成二进制小数用“乘 2 取整法”。逐次用 2 乘小数部分，依次记下所得到的整数部分，直到积的小数部分为 0 止。第一个整数是二进制小数的最高位，最后一个整数是二进制小数的最低位，如图 1-1b 所示， $0.45=0.(b_{-1}b_{-2}b_{-3}b_{-4}b_{-5}b_{-6})B=0.011100\dots B$ 。

因此，转换结果： $123.45=1111011.0111B$ 。

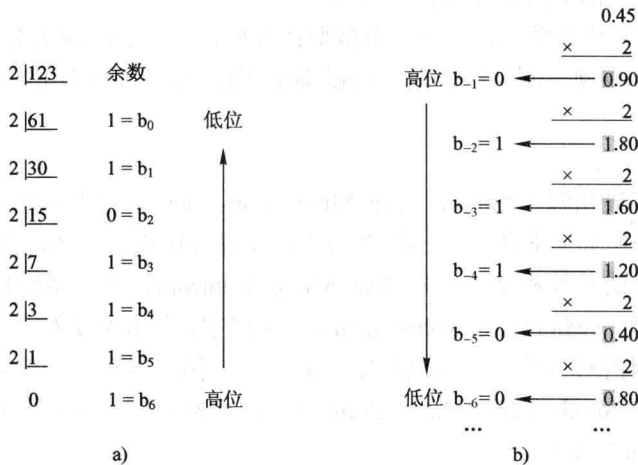


图 1-1 十进制数转换成二进制数

a) 整数部分转换 b) 小数部分转换

需要指出的是：十进制整数，都可以用二进制数或十六进制数准确地表示。但对于十进制小数，有可能不能准确地表示，只能转换成二进制或十六进制的无限小数。遇到这种情况，一般可根据精度要求取其足够的位数。

【例 1-2】 试将十进制数 654.321 转换成十六进制数。

解：十进制数转换成十六进制数，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。

十进制数整数转换成十六进制数用“除 16 取余法”。将十进制数连续用基数 16 去除，直到商为 0 止，依次记下的各个余数。第一个余数是转换后的十六进制数的最低位，最后一个余数是最高位。如图 1-2a 所示， $654=(h_2h_1h_0)H=28EH$ 。

十进制小数转换成十六进制小数用“乘 16 取整法”。逐次用 16 乘小数部分，依次记下所得到的整数部分，直到积的小数部分为 0 止。第一个整数是十六进制小数的最高位，最后

一个整数是十六进制小数的最低位。如图 1-2b 所示, $0.321=0.(h_{-1}h_{-2}h_{-3})H=0.522H$ 。

因此, 转换结果: $654.321=28E.522H$ 。

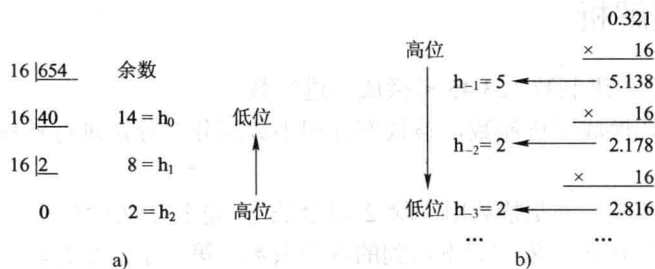


图 1-2 十进制数转换成十六进制数

a) 整数部分转换 b) 小数部分转换

1.4 复习思考题解答

1.1 PC 和单片机都是微型计算机, 两者有什么区别?

答: PC 和单片机都是微型计算机, 是微型计算机技术发展的两大分支。PC 以满足海量高速数值计算为主, 兼顾控制功能。单片机以满足测控对象的测控功能, 嵌入式应用为主, 兼顾数据处理能力。

1.2 什么是单片机?

答: 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, 突破了传统意义的计算机结构, 发展成 Micro Controller 的体系结构, 目前国外已普遍称之为微控制器 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。由于国内对单片机一词已约定成俗, 因此仍沿用至今。但是, 对“单片机”一词的理解, 不应再限于“Single Chip Micro Computer”, 而应接轨于国际上对单片机的标准称呼“Micro Controller Unit” (MCU)。

1.3 为什么 80C51 系列单片机能成为 8 位单片机应用主流?

答: 80C51 单片机属于 Intel 公司 MCS-51 系列单片机, MCS-51 系列单片机最初是 HMOS 制造工艺, 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 系列芯片, 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。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, 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、保证程序可靠运行的 WDT、引入使用方便且价廉的 Flash ROM 等, 开发出上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。

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、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。成了事实上的标准 8 位 MCU 芯片。

1.4 在计算机中为什么要用二进制数和十六进制数？

答：计算机只能“识别”二进制数。二进制数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。

1.5 为什么二进制数减法有时差值会大于被减数？

答：这种情况通常发生在无符号二进制数减法中。在数字电路和计算机中，无符号二进制数减法可无条件向高位借位，借位后仅作了借位标记，不出现负数（二进制负数另有表达方法）。因此，当被减数小于减数时，会出现差值比被减数还要大的现象。

1.6 在 8 位计算机中，数的正、负号如何表示？

答：在计算机中，数的正、负在最高位分别用“0”和“1”表示。对于 8 位有符号数，微型计算机中约定，最高位 D7 表示正、负号，其他 7 位表示数值，D7=1 表示负数，D7=0 表示正数。

1.7 如何理解补码的含义？8 位补码表示的范围是多少？

答：8 位二进制数的模为 $2^8=256$ 。

补码的含义是： $[X]_{\text{补}} = \text{模} + X$ 。即 $[X]_{\text{补}}$ 与 $(-X)$ 互为模的补数。

以钟表为例，若正确时间为 3 点整，而钟表却错误地指在 6 点整。为了校准时钟，可有两种拨正时针的方法，除倒拨（ $6-3=3$ ）外，还可顺拨，即 $6+9=12(\text{模})+3=3$ ，其中 9 称为 (-3) 以 12 为模的补码。采用补码运算，可将减法运算化为加法运算 $6+9=3(\text{模 } 12)$ 。

8 位补码表示的范围是为： $-128 \sim +127$ 。

1.8 什么叫 BCD 码？与二进制数有何区别？

答：BCD 码 (Binary Coded Decimal Code) 也称为二-十进制数，属十进制数，即逢十进位。但每一数位采用二进制码对十进制数字编码，这种编码方式的特点是保留了十进制的权，数字则用二进制码表示。

BCD 码既适应了人们逢十进位的习惯，又适应了计算机对输入/输出数据的要求。

BCD 码与二进制数都用二进制码表示，但是有区别的。BCD 码是以 4 位二进制码表示一位十进制数，每 4 位以内按二进制进位；4 位与 4 位之间按十进制进位。例如：二进制码 $0110\ 0111\text{B}=103$ ， $[0110\ 0111]_{\text{BCD}}=67$ 。显然两者是不一样的。

1.9 什么是 ASCII 码？

答：在计算机中，除了处理数字信息外，还必须处理用来组织、控制或表示数据的字母和符号，它们必须按特定的规则用二进制编码才能在计算机中表示。ASCII 码是美国信息交换标准代码 (American Standed Code for Information Interchange)，用 7 位二进制数表示 $2^7=128$ 个常用和特殊的字符，包括数字 (0~9)，英文大、小写字母，标点符号和控制字符等。目前，在微机系统中，世界各国普遍采用 ASCII 码。

1.5 习题解答

1.1 将下列十进制数转换为二进制数 (小数取 8 位):

(1) 93 (2) 123 (3) 0.48

(4) 0.93 (5) 3.66 (6) 101.4

解: (1) $93=1011101B$ (2) $123=1111011B$ (3) $0.48=0.01111011B$

(4) $0.93=0.11101110B$ (5) $3.66=11.10101001B$ (6) $101.4=1100101.01100110B$

1.2 将下列二进制数转换为十进制数:

(1) 10110110B (2) 01101101B (3) 0.10110110B

(4) 0.11101110B (5) 11011111.01101101B (6) 11101110.011011B

解: (1) $10110110B=182$ (2) $01101101B=109$

(3) $0.10110110B=0.7109375$ (4) $0.11101110B=0.9296875$

(5) $11011111.01101101B=223.42578125$ (6) $11101110.011011B=238.421875$

1.3 将题 1.1 中十进制数直接转换为十六进制数 (小数取 2 位)。

解: (1) $93=5DH$ (2) $123=7BH$ (3) $0.48=0.7BH$

(4) $0.93=0.EEH$ (5) $3.66=3.A9H$ (6) $101.4=65.66H$

1.4 将题 1.2 中二进制数转换为十六进制数。

解: (1) $10110110B=B6H$ (2) $01101101B=6DH$

(3) $0.10110110B=0.B6H$ (4) $0.11101110B=0.EEH$

(5) $11011111.01101101B=DF.6DH$ (6) $11101110.001101101B=EE.368H$

1.5 将下列十六进制数转换为十进制数:

(1) 2AH (2) 364H (3) 0.836H

(4) 0.FFH (5) 12.34H (6) B8.8BH

解: (1) $2AH=42$ (2) $364H=868$ (3) $0.836H=0.5131835936$

(4) $0.FFH=0.99609375$ (5) $12.34H=18.203125$ (6) $B8.8BH=184.54296875$

1.6 将题 1.5 中十六进制数转换为二进制数。

解: (1) $2AH=00101010$ (2) $364H=1101100100B$

(3) $0.836H=0.100000110110B$ (4) $0.FFH=0.11111111B$

(5) $12.34H=10010.001101B$ (6) $B8.8BH=10111000.10001011B$

1.7 已知下列二进制数 X、Y, 试求 $X+Y$ 、 $X-Y$ 。

(1) $X=11011010B$, $Y=10010101B$

(2) $X=10101110B$, $Y=10011010B$

(3) $X=11100110B$, $Y=01011001B$

(4) $X=10110001B$, $Y=01111110B$

解: (1) $X+Y=101101111B$; $X-Y=01000101B$

(2) $X+Y=101001000B$; $X-Y=00010100B$

(3) $X+Y=100111111B$; $X-Y=10001101B$

(4) $X+Y=100101111B$; $X-Y=00110011B$

1.8 已知下列二进制数 X、Y，试求 $X \times Y$ 、 $X \div Y$ 。

(1) $X = 11010011B$, $Y = 1110B$

(2) $X = 11001010B$, $Y = 1101B$

解：(1) $X \times Y = 101110001010B$; $X \div Y = 1111B$, 余 1

(2) $X \times Y = 101001000010B$; $X \div Y = 1111B$, 余 111

1.9 已知下列二进制数 X、Y，试求 $X \wedge Y$ 、 $X \vee Y$ 、 $X \oplus Y$ 。

(1) $X = 11010011B$, $Y = 11100011B$

(2) $X = 11001010B$, $Y = 11011100B$

解：(1) $X \wedge Y = 11000011B$; $X \vee Y = 11110011B$; $X \oplus Y = 00110000B$

(2) $X \wedge Y = 11001000B$; $X \vee Y = 11011110B$; $X \oplus Y = 00010110B$

1.10 已知下列十六进制数 X、Y，试求 $X + Y$ 、 $X - Y$ 、 $X \wedge Y$ 、 $X \vee Y$ 。

(1) $X = ABH$, $Y = 78H$

(2) $X = 36H$, $Y = CDH$

(3) $X = 29H$, $Y = 54H$

(4) $X = F1H$, $Y = 0EH$

解：(1) $X + Y = 123H$; $X - Y = 33H$; $X \wedge Y = 28H$; $X \vee Y = FBH$

(2) $X + Y = 103H$; $X - Y = 69H$, 借位 1; $X \wedge Y = 04H$; $X \vee Y = FFH$

(3) $X + Y = 7DH$; $X - Y = D5H$, 借位 1; $X \wedge Y = 00H$; $X \vee Y = 7DH$

(4) $X + Y = FFH$; $X - Y = E3H$; $X \wedge Y = 00H$; $X \vee Y = FFH$

1.11 分别求下列各数的原码、反码和补码：

(1) +36

(2) -25

(3) +99

(4) -88

解：(1) $[+36]_{\text{原}} = 00100100B$; $[+36]_{\text{反}} = 00100100B$; $[+36]_{\text{补}} = 00100100B$;

(2) $[-25]_{\text{原}} = 10011001B$; $[-25]_{\text{反}} = 11100110B$; $[-25]_{\text{补}} = 11100111B$;

(3) $[+99]_{\text{原}} = 01100011B$; $[+99]_{\text{反}} = 01100011B$; $[+99]_{\text{补}} = 01100011B$;

(4) $[-88]_{\text{原}} = 10101000B$; $[-88]_{\text{反}} = 10100111B$; $[-88]_{\text{补}} = 10101000B$ 。

1.12 将下列十进制数转换成 BCD 码：

(1) 34

(2) 100

(3) 78

(4) 29

解：(1) $34 = [00110100]_{\text{BCD}}$

(2) $100 = [000100000000]_{\text{BCD}}$

(3) $78 = [01111000]_{\text{BCD}}$

(4) $29 = [00101001]_{\text{BCD}}$

1.13 将下列二进制数转换成 BCD 码：

(1) 10110101B

(2) 11001011B

(3) 01111110B

(4) 11111010B

解：(1) $10110101B = 181 = [000110000001]_{\text{BCD}}$

(2) $11001011B = 203 = [001000000011]_{\text{BCD}}$

(3) $01111110B = 126 = [000100100110]_{\text{BCD}}$

(4) $11111010B = 250 = [001001010000]_{\text{BCD}}$

1.14 查表写出下列字符的 ASCII 码：

(1) B

(2) 8

(3) a

(4) @

(5) =

(6) ?

(7) 空格符 SP

(8) 作废符 DEL

解：(1) “B” = $1000010B = 42H$

(2) “8” = $0111000B = 38H$

(3) “a” = $1100001B = 61H$

(4) “@” = $1000000B = 40H$

(5) “=” = $0111101B = 3DH$

(6) “?” = $0111111B = 3FH$

(7) “空格符 SP” = $0100000B = 20H$

(8) “作废符 DEL” = $1111111B = 7FH$

第2章 80C51 单片机片内结构和工作原理

80C51 系列单片机包括许多类型，但其内部结构基本相同。本章主要介绍 80C51 单片机片内硬件结构，特别是面向用户的部分，重点讨论其应用特性和外部特性，也就是站在用户的角度上分析 80C51 单片机提供了哪些资源、如何去应用它们？使读者对 80C51 单片机的片内结构和工作原理有较为详细的了解。

2.1 内容提要

1. 片内结构和引脚功能

1) 片内结构：由一个 8 位 CPU、128B 内 RAM、21 个特殊功能寄存器、4 个 8 位并行 I/O 口、两个 16 位定时/计数器、一个串行输入/输出接口和时钟电路等组成。

2) 引脚功能：共有 40 个引脚。除了电源、接地、时钟端和 32 条 I/O 端线外，有 4 个控制引脚：ALE（地址锁存允许）、 $\overline{\text{PSEN}}$ （外 ROM 读选通）、RST（复位）、 $\overline{\text{EA}}$ （内外 ROM 选择）。

2. 存储空间配置和功能

80C51 有 3 个不同的存储空间，分别是 64KB ROM、64KB 外 RAM 和 256B 片内 RAM，用不同的指令和控制信号实现操作。

1) ROM 共 64KB，60KB 在片外，4KB 在片内。ROM 主要用于存放程序，CPU 读 ROM 中程序以程序计数器 PC 作为 16 位地址指针；用户读 ROM 中数据用 MOVC 指令，控制信号是 $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA}}$ 。

2) 外 RAM 共 64KB，读/写外 RAM 用 MOVX 指令，控制信号是 P3 口中的 $\overline{\text{WR}}$ 和 $\overline{\text{RD}}$ 。

3) 内 RAM 共 128B，可分为工作寄存器区（00H~1FH）、位寻址区（20H~2FH）和数据缓冲区（30H~7FH）。

4) 特殊功能寄存器（SFR）有 21 个，离散地分布在高 128B 片内 RAM 80H~FFH 中。本章先介绍的累加器 ACC、程序状态字 PSW、堆栈指针 SP、数据指针 DPTR，均有着特殊的用途和功能。

5) 程序计数器 PC 不属于特殊功能寄存器，不可访问，主要用于 CPU 读 ROM 16 位地址指针。

3. I/O 端口结构及工作原理

80C51 有 4 个 I/O 口：P0~P3 口，都能用做 I/O 口。用做输入时，均须先写入“1”；用做输出时，P0 口应外接上拉电阻。在并行扩展外存储器或 I/O 口情况下，P0 口用于低 8 位地址总线 and 数据总线（分时传送），P2 口用于高 8 位地址总线，P3 口常用于第二功能，用户能使用的 I/O 口只有 P1 口和未用做第二功能的部分 P3 口端线。

4. 时钟和时序

指挥 80C51 单片机有条不紊工作的是时钟脉冲，执行指令均按一定时序操作。机器周期