



银领工程系列

单片机 应用技术

张 晔 王玉民 主 编
倪志莲 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

银领工程系列

单片机应用技术

张 晔 王玉民 主 编

倪志莲 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书以 80C51 单片机为主线,从实际应用的角度出发,通过大量实例和课题设计,指导读者学习和使用单片机。

全书共分 10 章,包括:绪论,80C51 单片机基础,单片机指令系统,单片机编程技术,中断系统和定时/计数器,串行口与通信,80C51 的系统扩展,80C51 的测控技术,单片机系统的抗干扰技术,综合设计实例,综合实训(课程设计)。

本书的内容编排和组织较为合理,结构新颖,语言通俗,实用性强,能够使读者循序渐进地学习单片机、应用单片机。本书可作为高职高专电气及自动化、电子信息技术、计算机等专业的教材,也可作为相关工程技术人员和许多单片机初学者的参考书。相信书中大量的应用实例会对读者有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/张晔,王玉民主编. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019227-6

I.单… II.①张… ②王… III.单片微型计算机-高等学校:技术学校-教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 036996 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 康兆华 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京北苑印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.25
字 数 440 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 6 月第 1 版
印 次 2006 年 6 月第 1 次印刷
定 价 21.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19227-00

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自 2001 年 10 月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004 年 9 月

前言

本书是高职高专教育规划教材。编者根据高职教育的培养目标,从高职学生的特点和认知规律出发,参阅了大量国内外文献资料,并结合自己多年来的教学与实践经验,编写此书。与目前国内大量单片机教材相比,该书具有以下特色。

1. 体现“知识为技能服务,技能为综合能力和素质服务”的编写思想。

该书以单片机应用能力培养为主线,淡化理论难度和深度,强化单片机各个功能部件的使用,力求通过大量实例,使学生达到即学即用,尽快缩短从初学到使用之间的距离。

2. 适应学生认知能力,遵循“宽、浅、新、用”的原则。

“宽”是指知识面宽,针对两年高职教育兼顾三年,组织了部分选学内容和课外阅读资料,以拓宽学生视野,培养学习能力;“浅”是指点到为止、够用为度、通俗易懂;“新”是指要体现单片机应用的新知识、新技术和新工艺,如对 I^2C 总线的阐述、对CAN总线和 8×8 点阵的介绍以及增加串行口与通信部分书中所占比重等;“用”是指注重应用、面向实践。

3. 以课题形式开展教学,便于加强学生的创新意识和实践能力的培养。

书中课题实例选材新颖、循序渐进、易于实现,体现了较强的直观性和可操作性。

4. 采用“学、练、用”相结合的构架,使读者能够循序渐进地学习单片机、应用单片机。

本书的编写完全体现了这种风格。其思路是:学习一部分基础知识,马上开展课题训练,在必要的知识和能力环节结束后,能够综合运用所学知识进行单片机系统的基本设计和调试。实践证明,这种教学形式,可以及时地将理论转化成学生的实践成果,使他们在提高能力的同时品味成功的喜悦,增强学习的主动性,而这对于普遍认为比较难学的单片机课程来说是非常重要的。

5. 以市场为导向,面向职业岗位群,具有前瞻性。

该书以目前在市场上应用最为普遍的80C51系列单片机为例进行讲述,在介绍具体型号时选用了美国ATMEL公司的AT89系列产品,使得所培养的学生在毕业后就能适应具体岗位的需要。

本书可作为高职高专电气自动化、电子信息技术、计算机等专业的教材,也可作为相关工程技术人员和许多单片机初学者的学习参考书。相信书中大量的应用实例会对读者有所帮助。

本书由张晔、王玉民主编,倪志莲任副主编。全书体现了大庆职业学院单片机教学改革成果。全书由张晔、王玉民共同制定编写提纲,王玉民、张晔统稿,王玉民定稿。绪论部分由大庆职业学院张晔、王玉民共同编写,第1章、第2章、第6章由张晔编写,第3章至第5章、第7章和附录D、附录E由王玉民编写,九江职业技术学院的倪志莲编写了第9章、第10章和第8章的8.1~8.4节,邹立君编写了第8章的8.5节。大庆职业学院图书馆的董巍娜进行了大量的资料搜集和整理工作,并编写了附录A至附录C。王玉民对书中大部分课题与实训进行了调试。

北京联合大学的叶自爱老师认真细致地审阅了全书并提出了许多宝贵意见；大庆普乐科技开发有限公司的李生工程师对全书的提纲制定给予了很大的帮助；谢婷婷参与了部分资料的搜集、整理和编写工作，在此一并表示衷心的感谢。在成书过程中，编者参考了许多文献资料（见参考文献），在此向各文献资料的作者表示感谢。

由于编者水平有限，且成书时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。对本书所提出的意见和建议，请发至编者电子邮箱 zhangye-1969@163.com。

编 者

2006年1月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

绪论	1	本章小结	34
第1章 80C51 单片机基础	6	思考题与习题	34
本章学习目标	6	第2章 单片机指令系统	36
1.1 单片机及其发展应用	6	本章学习目标	36
1.1.1 单片机的产生及发展	6	2.1 指令系统概述与寻址方式	36
1.1.2 单片机、单片机系统及单片机应用系统	8	2.1.1 指令系统概述	36
1.1.3 常用单片机简介	9	2.1.2 寻址方式	38
1.1.4 单片机的应用	10	2.2 数据传送指令	41
1.1.5 课题与实训1 单片机应用系统的开发演示	11	2.2.1 通用传送指令	41
1.2 80C51 单片机的内部结构	13	2.2.2 特殊传送指令	42
1.2.1 80C51 单片机和 80C51 系列单片机	13	2.3 算术运算指令	45
1.2.2 80C51 单片机的基本组成	13	2.3.1 加法指令	45
1.2.3 80C51 典型产品的资源配置	14	2.3.2 减法指令	48
1.2.4 80C51 的内部结构	15	2.3.3 乘法指令	49
1.2.5 80C51 引脚功能	17	2.3.4 除法指令	49
1.3 80C51 单片机的存储器结构	19	2.4 逻辑运算与循环类指令	49
1.3.1 程序存储器 ROM	19	2.4.1 逻辑“与”运算指令	49
1.3.2 数据存储器 RAM	20	2.4.2 逻辑“或”运算指令	50
1.3.3 特殊功能寄存器	22	2.4.3 逻辑“异或”运算指令	50
1.4 80C51 单片机的并行 I/O 接口	25	2.4.4 累加器清零和取反指令	50
1.4.1 并行 I/O 接口的结构特点	26	2.4.5 逻辑运算指令的典型应用	51
1.4.2 并行 I/O 接口的应用特性	27	2.4.6 累加器循环移位指令	51
1.4.3 并行 I/O 接口的负载能力	28	2.4.7 课题与实训3 流水灯及系统脱机运行	52
1.4.4 课题与实训2 单灯点亮	29	2.5 控制转移类指令	53
1.5 时钟与时序	30	2.5.1 无条件转移	53
1.5.1 时钟电路	31	2.5.2 条件转移	55
1.5.2 CPU 时序	31	2.5.3 调用与返回	57
1.6 复位电路	33	2.6 位操作指令	58
1.6.1 复位方式	33	2.6.1 位传送指令	58
1.6.2 复位方法	34	2.6.2 位变量修改指令	58
		2.6.3 位逻辑运算指令	59

2.6.4 条件转移类指令	59	4.3 定时/计数器	98
*2.6.5 位操作指令用于交流电机的 启动与停止控制	59	4.3.1 定时/计数器结构	98
本章小结	61	4.3.2 定时/计数器控制	100
思考题与习题	61	4.3.3 定时/计数器工作方式	101
第3章 单片机编程技术	64	4.4 定时/计数器应用与训练	104
本章学习目标	64	4.4.1 应用指导	104
3.1 程序设计方法及技巧	64	4.4.2 基本训练——初始化训练	105
3.1.1 程序设计流程	64	4.4.3 应用实例	105
3.1.2 汇编语言编程技巧	65	4.4.4 课题与实训 8 简易方波发生器	108
3.1.3 汇编语言的语句格式	65	4.5 中断与定时/计数器综合应用举例	111
3.2 源程序的编制	66	4.5.1 概述	111
3.2.1 源程序的编辑和汇编	66	*4.5.2 课题与实训 9 音乐门铃	111
3.2.2 伪指令	67	*4.6 外部中断源的扩展	116
*3.3 基本程序结构	69	4.6.1 利用定时器溢出中断扩展 外部中断源	116
3.3.1 顺序程序	70	4.6.2 利用中断与查询相结合的 方式扩展外部中断源	117
3.3.2 分支程序	71	本章小结	118
3.3.3 循环程序	73	思考题与习题	118
3.4 程序设计实例	77	第5章 串行口与通信	121
3.4.1 数据极值查找程序	77	本章学习目标	121
3.4.2 数码转换程序	77	5.1 串行通信基础知识	121
*3.4.3 课题与实训 4 程序设计	79	5.1.1 串行通信的制式	122
3.4.4 课题与实训 5 交通灯的设计	80	5.1.2 串行通信的方式	122
3.4.5 课题与实训 6 以循环方式实现 流水灯	83	5.1.3 串行通信的传输速率	124
本章小结	85	5.1.4 调制解调器	124
思考题与习题	86	5.2 串行口的基本结构和工作方式	125
第4章 中断系统和定时/计数器	88	5.2.1 串行口的基本组成	125
本章学习目标	88	5.2.2 串行口的特殊功能控制寄存器	126
4.1 中断系统	88	5.2.3 串行口的四种工作方式	126
4.1.1 中断系统的基本概念	88	5.3 串行通信的常用标准接口	128
4.1.2 中断源	90	5.3.1 RS-232C 接口	128
4.1.3 中断控制	90	5.3.2 RS-485 接口	131
4.1.4 中断响应	93	5.4 串行口应用与训练	132
*4.1.5 中断嵌套	94	5.4.1 应用指导	132
4.2 中断的应用	94	5.4.2 基本训练	134
4.2.1 中断应用指导	94	5.4.3 课题与实训 10 串行输出控制 彩灯	135
4.2.2 课题与实训 7 中断控制流水灯	96		

5.5 单片机串行口应用举例	137	6.6.3 I ² C 总线应用实例	183
5.5.1 单片机与显示器的串行通信	137	本章小结	185
5.5.2 课题与实训 11 双机通信	139	思考题与习题	185
5.5.3 多机通信	142	第 7 章 80C51 的测控技术	187
5.6 课外阅读——CAN 总线介绍	142	本章学习目标	187
5.6.1 CAN 总线的发展前景	143	7.1 数/模转换接口	188
5.6.2 CAN 总线简介	143	7.1.1 DAC0832 的结构	188
本章小结	146	7.1.2 DAC0832 与 80C51 的接口与编程	189
思考题与习题	146	7.1.3 课题与实训 15 由 DAC0832 构成的 简易波形发生器	190
第 6 章 80C51 的系统扩展	148	7.2 模/数转换接口	193
本章学习目标	148	7.2.1 ADC0809 的结构	193
6.1 系统扩展概述	148	7.2.2 ADC0809 与 80C51 的接口	195
6.1.1 系统扩展的概念	148	7.2.3 ADC0809 应用指导	196
6.1.2 扩展系统总线结构	148	7.2.4 ADC0809 应用实例	197
6.2 存储器扩展	149	*7.2.5 串行 A/D 转换芯片 TLC1549	197
6.2.1 存储器的分类	150	7.2.6 课题与实训 16 简易数字电压表	199
6.2.2 常用存储器扩展芯片	151	7.3 电动机控制	202
6.2.3 扩展 EEPROM 程序存储器	152	*7.3.1 直流电动机控制芯片——TA7257P	202
6.2.4 扩展 EEPROM 数据存储器	153	7.3.2 步进电动机及其控制	204
6.2.5 存储器的综合扩展	154	本章小结	207
6.3 并行 I/O 口扩展	156	思考题与习题	208
6.3.1 I/O 接口简介	156	第 8 章 单片机系统的抗干扰技术	209
6.3.2 并行 I/O 口的简单扩展	156	本章学习目标	209
6.3.3 可编程 I/O 扩展芯片 8155	158	8.1 干扰的来源	209
6.4 显示器接口技术	164	8.2 主要干扰通道及抗干扰措施	210
6.4.1 LED 数码显示器	164	8.2.1 供电系统干扰及抗干扰措施	210
6.4.2 点矩阵显示器	168	8.2.2 过程通道干扰及抗干扰措施	211
6.4.3 课题与实训 12 交通路口读秒 计时显示器	170	*8.3 印制电路板及电路的抗干扰设计	215
6.4.4 课题与实训 13 小小显示屏	172	8.3.1 印制电路板的尺寸及元件的选择	216
6.5 键盘接口	174	8.3.2 印制电路板的合理布局	217
6.5.1 独立式按键	174	8.3.3 印制电路板的合理布线	217
6.5.2 矩阵式键盘	176	*8.4 软件的抗干扰设计	219
*6.5.3 课题与实训 14 矩阵式键盘的 扩展	178	8.4.1 控制状态失常的软件对策	219
*6.6 I ² C 总线扩展	180	8.4.2 程序运行失常的软件对策	220
6.6.1 I ² C 总线基础	180	8.4.3 数据采集误差的软件对策	223
6.6.2 I ² C 总线原理	181	8.5 课外阅读	223
		8.5.1 固态继电器的基本应用	223

8.5.2 由光电隔离器构成的电流环电路	225	9.3.4 程序设计	236
本章小结	226	本章小结	246
思考题与习题	226	思考题与习题	246
第 9 章 综合设计实例	227	第 10 章 综合实训 (课程设计)	248
本章学习目标	227	本章说明	248
9.1 单片机应用系统设计过程	227	课题一 水温控制系统设计	248
9.1.1 单片机应用系统设计的基本要求	227	课题二 用 8×8 点阵显示器制作电子	
9.1.2 单片机应用系统的组成	227	显示屏	255
9.1.3 单片机应用系统的研制开发过程	229	课题三 电子万年历的设计与制作	261
9.2 单片机的选型	232	附录 A 80C51 单片机指令表	270
9.2.1 单片机的性能指标	232	附录 B ASCII 码表	274
9.2.2 单片机的选型原则	233	附录 C 常用芯片引脚	275
9.3 设计实例——多功能数字钟	234	附录 D 仿真器的使用	276
9.3.1 设计要求	234	附录 E 固化器的使用	277
9.3.2 设计方案	234	参考文献	279
9.3.3 硬件原理	234		

绪 论

单片机是一种应用十分广泛的单芯片微型计算机, 在我国的普及应用已有若干年, 上至航天飞机, 下至电动玩具, 都能见到它的身影。因此, 几乎所有工科高等院校都把单片机类课程作为一门十分重要的必修课。

随着我国现代化建设的发展, 单片机的应用愈加广泛, 单片机技术已经成为当今社会许多工程技术人员和求职人员迫切需要掌握的一种技术。

许多学过单片机的人都会说, “单片机很难学。”事实果真如此吗? 笔者认为, 只要掌握科学的方法, 学习单片机其实并不难! 如何学好它呢? 下面就从学好单片机的学习方法、教学方法、单片机的准备知识三方面加以介绍。

一、学习单片机的方法建议

单片机是一门课程, 因此, 学习单片机与学习其他课程的基本方法是一样的, 就是要加强理解、强化记忆, 做到在理解的基础上记忆。单片机更是一门技术, 学习它的最终目标是要用好它, 要能用它来解决实际问题。因此, 实践环节尤其重要, 只有通过实践, 才能展现单片机的价值, 体会到单片机的精髓, 激发学好这门课程的动力。

1. 加强理解

理解是学习和记忆一切知识的前提。学习单片机尤其要强调理解。许多学生学不好单片机, 抱怨单片机太难, 其根本原因就是方法不得当, 还像中学阶段那样死记硬背。为了做到加强理解, 通常要完成以下 3 个步骤。

(1) 课前预习, 便于理解

高等职业教育的一个突出特点就是学时压缩, 所以老师讲课的进度可能比较快, 而单片机课程本身又确实比较抽象, 因此建议大家养成课前预习的好习惯。在预习的过程中建立初步印象, 听课的效率会大有提高。

(2) 课后复习, 巩固理解

大家常有这样的体会: 在课堂上感到挺明白的内容, 课下时间一久就忘记了。因此课后必须及时巩固, 加深理解。

(3) 勤做练习, 深入理解

高等职业院校有些学生不愿意做练习、习题。可能他们认为, 高等职业教育培养的是动手能力, 做题是应试教育的事情。笔者认为, 这种想法有失偏颇。高等职业教育所培养的动手能力是建立在一定基础之上的, 而多做题、多动脑恰恰是形成思路、打好基础的一种重要手段。

2. 强化记忆

学习单片机, 仅做到理解还不行, 该记的内容一定要记。不记忆单片机一些基本和必要的内容就谈不上应用。试想, 一个连指令都记不住的人, 能编出程序吗? 至少编不出好的程序。

因此,笔者强调在理解基础之上的记忆。那么应该记哪些东西呢?笔者认为至少有以下几个方面。

(1) 初学者要首先背诵单灯亮灭程序,使自己对程序不感到陌生,该程序将成为后续学习的有力支撑。

(2) 对内部 RAM 结构图要牢记,深入领会 80C51 的程序存储器和数据存储器的设计特色,要将其转化为头脑中的空间形象来记忆。你将在后续学习指令的过程中体会到它的好处,那就是你将很清楚指令中的数据从何而来,去往何处,因为你心中有图。

(3) 记住特殊功能寄存器 (Special Function Register, SFR) 的名称,其好处与记住内部 RAM 结构图一样。同样,你最好记住 PSW 的各位,这样你将对算术运算指令、条件转移指令领会得更深。

(4) 在理解的基础上牢记常用指令。

(5) 牢记复位入口地址和中断入口地址 (即程序存储器中所保留的存储单元)。

在记忆时,首先要树立一定能够牢记以上内容的自信心。根据笔者的教学经验,有些高职学生不是记不住而是不相信自己能记住。其次是在理解的基础上记忆,并注意要将记忆的内容转化为空间形象。

3. 多练多实践

单片机是计算机的一个分支,因此它的学习方法必然带有计算机学习的一些特点。学过计算机、用过计算机的人都有体会:计算机是“练”出来的。只学不练,用不好计算机。单片机的学习也是一样。因此要求大家一定要重视实践环节,多上机练习 (如果有条件,应该把所有作业拿到单片机系统上调试出来)。那种仅仅满足于“上课能听懂,教材能看懂”的想法是要不得的。有些问题,无论教师怎样讲,你也未必明白,拿到实验室亲手实践自然就清楚了。如同“百闻不如一见”,学习单片机是“百闻不如一练”。正是出于这种考虑,笔者把部分需要强化的知识点拿到课题和实训环节来介绍,希望在应用中加深理解,强化记忆。

二、单片机教学方法建议

“教”与“学”的协调统一,将使单片机教学进入一个新阶段。笔者对使用本书作为教材的教师提出以下几点建议,仅供参考。

(1) 最好在教学开始阶段就使学生领会程序执行的具体过程。

(2) 要在学习“中断”的概念之后,使学生进一步理解在中断情况下,程序的执行和响应过程。

(3) 对存储器扩展部分的讲解无需过细,重点在于引领思路,形成单片机体系的框架结构。

(4) 指令先行。在正式讲解指令系统之前,应结合存储器内部结构和 I/O 口的特点,多次引用典型指令,如 SETB、CLR、MOV 等,这样既有利于深入理解单片机内部资源,更为学生学好指令打下坚实的基础。从客观上讲,也可以缓解学时不足的矛盾。

(5) 对于并行接口类芯片,本书只介绍了 8155,叙述较为详尽,目的是以此帮助读者领会一般并行接口类芯片的引脚使用、接口方法和编程思路等,在教学时要尽量体现这一思想。

(6) 对于课题与实训部分的教学,建议由学生自己设计软件。本书给出所有实训软件的初衷是为独立设计软件有困难的学生和相关工程技术人员提供一种帮助,同时它也将成为学生就

业后的一种宝贵技术资料。但这有可能会束缚学生的思路,甚至增长其惰性。对此,笔者建议:实训前,要求学生看懂教材中的参考程序,并对“总结与提高”部分独立编写软件。实训时要
把参考程序和自己所设计的软件都调试出来。

(7) 单片机的发展和更新速度很快,因此在教学过程中要树立“授人以渔”的教学观念,把握好单片机的基础知识、原理和一般分析方法,注重应用能力的培养,提高学生跟踪新技术的能力。

三、单片机的准备知识——数制、编码及单片机中带符号数的表示

1. 单片机中的常用数制

数制是数的进制形式,是人们利用符号计数的一种科学方法。单片机同计算机一样,常用的数制是十进制、二进制和十六进制。

人们对十进制非常熟悉,但单片机却无法识别它,单片机只认识二进制的0和1。因此,学习单片机就要熟练掌握二进制记数法。

二进制数0和1可以表示数值的大小,如0101表示十进制数5,1111表示十进制数15;二进制数也可以用来表示各种物理状态或逻辑状态,如0可以表示低电平、开关打开、二极管截止、灯灭、电机停转等;与之相对应,1表示高电平、开关闭合、二极管饱和、灯亮、电机运转等。当然,在电路不同的情况下,0或1所表示的状态也不是一成不变的。

二进制与控制状态之间的对应关系直观清晰,这为定义控制状态、分配控制功能带来了很大的便利。但与此同时,人们也感受到了应用二进制所带来的不便,如它的书写和记忆比较繁琐、容易出错和难以查错等。

例如,要控制16个灯(分别为LED0~LED15),要求LED0、LED2、LED6、LED10亮,其余不亮,可以用二进制状态0000 0100 0100 0101来表示(假设LED15居于高位,而且硬件结构决定1代表亮)。显然,这样书写起来太麻烦了,很容易少写一个状态或将某个状态写错。这时用十六进制表示就比较方便。将这一组数据转换成十六进制数是0445H,阅读起来方便多了。

学习单片机要熟练掌握二进制、十进制和十六进制之间的相互转换,尤其是二进制与十六进制之间的转换很常用,必须要特别熟练。

表0.1列出了部分十进制数与二进制数、十六进制数之间的对应关系,帮助大家复习。

表0.1 部分十进制数与二进制数、十六进制数之间的对应关系

十 进 制	二 进 制	十 六 进 制	十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
0	0000B	0H	8	1000B	8H
1	0001B	1H	9	1001B	9H
2	0010B	2H	10	1010B	AH
3	0011B	3H	11	1011B	BH
4	0100B	4H	12	1100B	CH
5	0101B	5H	13	1101B	DH
6	0110B	6H	14	1110B	EH
7	0111B	7H	15	1111B	FH

2. 编码

单片机只能识别 0 和 1 两种状态, 这样, 就要把所有需由单片机来处理的数和符号(如字母、字符、字符串)都转换成二进制的形式。这种转换的过程叫做编码。

(1) BCD 码(十进制数的二进制编码)

BCD 码(Binary Coded Decimal) 又称二—十进制码, 是用二进制形式所表示的十进制数代码。BCD 码的实质是十进制数, 在进行数值运算时也采用逢十进一的原则。BCD 码的种类较多, 常用的有 8421BCD 码、5421BCD 码、2421BCD 码、余三码和格雷码。其中 8421BCD 码在单片机中的应用最为广泛。

8421BCD 码用 4 位二进制数 0000~1001 分别表示 1 位十进制数符号 0~9, 如(8)_{8421BCD} 是 1000, (12)_{8421BCD} 是 0001 0010, (156)_{8421BCD} 是 0001 0101 0110, 等等。从形式上看, 这几组数字似乎是二进制数, 但通过仔细观察不难发现: 其中只有 8 的 8421BCD 码和它本身所对应的二进制数形式相同, 而 12 转换成二进制数是 1100B, 156 转换成二进制数是 1001 1100B, 所以要严格区分二进制数和 8421BCD 码。

注意: 在二进制数中能够出现的 1010~1111 组合, 在 8421BCD 码中不允许出现, 属于非法码。表 0.2 列出了常用的 8421BCD 码。

表 0.2 常用 8421BCD 码表

十进制数	8421BCD	十进制数	8421BCD
0	0000B	5	0101B
1	0001B	6	0110B
2	0010B	7	0111B
3	0011B	8	1000B
4	0100B	9	1001B

(2) ASCII 码(字符编码)

ASCII 码的全称是美国标准信息交换码(American Standard Code for Information Interchange), 是目前国际上通用的代码。

通常 ASCII 码由 7 位二进制数码构成, 可以为 128 个字符编码, 见附录 B。这 128 个字符分为两类: 图形类字符(96 个), 其中包括十进制数符 10 个、大小写英文字母 52 个和其他字符 34 个; 控制类字符(32 个), 包括回车符(CR)、换行符(LF)等。

说明: 数字字符的 ASCII 码不同于它所对应的二进制数。如字符 8 的 ASCII 码是 0011 1000B(即 38H), 它所对应的二进制数是 0000 1000B(即 08H)。

3. 单片机中带符号数的表示

数学中数的正负用符号“+”和“-”表示, 单片机(计算机)中如何表示数的正负呢? 在单片机中, 数是存放在数据存储单元中的, 通常每个单元存放 8 位二进制数(8 位机), 其中每一位要么是 0 要么是 1, 把存储数据的最高位定义为符号位, 该位为 0 时表示正数, 该位为 1 时表示负数。例如, 0100 1010B 表示+74, 1001 0011B 表示-19。有符号数有原码、反码、补码三种表现形式。在下面的描述中以 8 位二进制数为例。

(1) 原码

最高位用 0 表示正数，用 1 表示负数，其余 7 位用二进制数表示数值，这就是有符号数的原码形式。例如，+70 的原码是 0100 0110B，-21 的原码是 1001 0101B。在这里，所要表示的数值本身称为真值，如有符号数 0100 0110B 的真值是+70，1001 0101B 的真值是-21。

可以证明，8 位二进制数原码所表示数值的范围是-127~+127。

(2) 反码

计算机中的反码求法很简单。正数的反码与原码形式相同，负数的反码符号位为 1，其余 7 位按位求反。例如，+70 的反码是 0100 0110B，-21 的反码是 1110 1010B。

(3) 补码

计算机中的有符号数都用补码表示。正数的补码与原码形式相同，而负数的补码则是在反码的基础上末位再加 1。例如，+70 的补码是 0100 0110B，-21 的补码是 1110 1011B。8 位二进制数补码所表示数值的范围是-128~+127。表 0.3 列出了几个特殊的有符号数的原码、反码和补码。

表 0.3 几个特殊的有符号数的编码

真 值	原 码	反 码	补 码
+127	0111 1111B	0111 1111B	0111 1111B
+1	0000 0001B	0000 0001B	0000 0001B
+0	0000 0000B	0000 0000B	0000 0000B
-0	1000 0000B	1111 1111B	0000 0000B
-1	1000 0001B	1111 1110B	1111 1111B
-127	1111 1111B	1000 0000B	1000 0001B
-128	—	—	1000 0000B

如果已知一个负数的补码，要求其真值，可以对该补码再次求补，得到该负数的原码，依其原码求真值。例如，某负数的补码是 1001 1101B，对它再次求补得到原码 1110 0011B，于是可以判断真值是-99。

采用补码运算突出的特点就是能够将减法运算转换成加法运算，便于在计算机上实现。例如

$$\begin{array}{r} [28H]_{\#} \quad 0010\ 1000 \\ +[-48H]_{\#} \quad 1011\ 1000 \\ \hline \text{结果} \quad 1110\ 0000 \end{array}$$

28H-48H=-20H，用补码运算时表示为

$$[28H]_{\#} + [-48H]_{\#} = [-20H]_{\#}$$

结果 1110 0000B 为补码，求补得到原码为 1010 0000B，真值为-0010 0000B（即-20H）。

第 1 章

80C51 单片机基础

本章学习目标

本章简述单片机的概念和应用, 重点介绍 80C51 单片机的结构特点和存储器配置。通过对本章的学习, 读者应达到以下目标。

- 明确单片机的概念, 了解其发展趋势
- 了解 80C51 单片机的硬件组成和各功能部件的作用
- 总体了解 80C51 单片机的内部结构和引脚分类
- 熟悉 80C51 单片机并行 I/O 口的特点和功能
- 能画出 80C51 单片机内/外存储器的配置图
- 理解时钟和机器周期的概念, 明确时序的含义

1.1 单片机及其发展应用

单片机是微型计算机的一个重要分支。它使计算机从海量数值计算进入智能控制领域, 并由此开创了工业控制的新局面。从此, 计算机技术在两个重要的领域——通用计算机领域和微控制器领域比翼齐飞, 并逐渐融入人们的日常生活。

那么什么是单片机呢? 如果将运算器、控制器、存储器和各种输入/输出接口等计算机的主要部件集成在一块芯片上, 就能得到一个单芯片的微型计算机, 它虽然只是一个芯片, 但在组成和功能上已经具有了计算机系统的特点, 因此称之为单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer), 简称单片机。

由于单片机的设计通常是面向控制、嵌入对象体系中的, 有别于通用的微型计算机, 因此又称为微控制器 (Micro-Controller)、嵌入式微控制器 (Embedded-Micro-Controller)。

1.1.1 单片机的产生及发展

1. 单片机的产生

从 1946 年世界上第一台电子计算机诞生以来, 整个计算机产业有了迅猛的发展, 然而直到 20 世纪 60 年代, 计算机仍主要用于数值运算、逻辑运算及推理, 它在实际控制领域才刚刚崭露头角。

在工业控制领域, 人们对计算机提出了许多与传统海量高速数值计算完全不同的控制要求, 如能面向控制对象, 便于进行控制变量的输入/输出; 能适应工业现场较为恶劣的工作环境; 体积