

五年制高等专科学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

单片机原理及实践

刘雪雪 赵良法 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

五年制高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

单片机原理及实践

刘雪雪 赵良法 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是五年制高等教育电子信息类、电气控制类专业系列教材之一。主要内容包括:概述、MCS-51 单片机原理、MCS-51 单片机指令系统、汇编语言程序设计、定时器/计数器、中断系统、串行通信接口、MCS-51 单片机系统的扩展、接口技术、单片机应用系统的开发和 MCS-51 单片机开发系统。

本书可作为高等职业院校非计算机专业教材,同时也可作为计算机培训班教材以及从事单片机应用的广大科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及实践/刘雪雪,赵良法主编. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019706-5

I. 单... II. ①刘...②赵... 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 043170 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	特约编辑	李险峰	封面设计	于涛
责任绘图	朱静	版式设计	张岚	责任校对	杨凤玲	责任印制	尤静

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 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 27
字 数 660 000

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 33.10 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 19706-00

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



前言

单片机(Single Chip Computer)是应控制领域应用的需求而出现的,因此亦称微控制器(Microcontroller)。随着单片机的迅速发展,它在家用电器、办公设备、智能仪表、数据采集系统、工业控制系统、机电一体化产品和航空航天电子系统等领域得到了广泛的应用。

由于单片机技术在各个领域的广泛应用,世界上许多集成电路生产厂家相继推出了各种类型的单片机。在单片机家族的众多成员中,MCS-51系列单片机以其高性能、成熟的技术及高性价比等成为国内单片机应用领域的主流。随着单片机产品的多样化,MCS-51单片机亦推出了更多具有增强功能的新产品。

尽管当前有关MCS-51系列单片机的书籍品种繁多,但侧重面各不相同。本书是为高等职业院校非计算机专业学生编写的教材,同时也可作为计算机培训班教材以及从事单片机应用的广大科技人员的参考书。因此,在编写本书时力求简明扼要、通俗易懂,内容新颖,并注重理论联系实际,着重实际应用,深入浅出。书中提供了大量实用电路和程序,并列举了单片机应用系统的设计方法、开发过程等重点应掌握的内容,便于读者举一反三,触类旁通,同时提供了实践环节,把学习单片机基础知识与应用实践结合起来,有助于理论联系实际,培养兴趣,增强动手能力。每章附有习题,便于考察读者对相关内容的了解、掌握的程度。

本书第1~7章及第11章由无锡高等职业技术学校刘雪雪编写,第8~10章由东南大学赵良法编写。

本书由高等教育出版社章浩平编审审阅,还得到黄慧春老师和华斌杰、钟秋申等学生的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2006年2月

于东南大学

目 录

第 1 章 单片机概述	1	§ 2.5.1 P0 口	24
§ 1.1 单片机的发展概况	1	§ 2.5.2 P1 口	24
§ 1.2 单片机的应用范围	2	§ 2.5.3 P2 口	24
§ 1.3 单片机的分类	2	§ 2.5.4 P3 口	24
§ 1.4 MCS-51 单片机的简介	3	§ 2.6 特殊功能寄存器	25
§ 1.5 计算机中的数制和编码	5	§ 2.7 位处理器	29
§ 1.5.1 数制	5	§ 2.8 时钟电路与复位电路	30
§ 1.5.2 带符号的二进制数	7	§ 2.8.1 单片机的时钟电路与	
§ 1.5.3 二-十进制编码——		CPU 时序	30
BCD 码	8	§ 2.8.2 单片机的复位电路	31
§ 1.5.4 ASCII 码	8	§ 2.9 单片机的低功耗方式	32
习题	9	§ 2.10 AT89C2051 单片机	33
第 2 章 MCS-51 单片机原理	10	§ 2.10.1 AT89C2051 单片机的主要	
§ 2.1 MCS-51 单片机系统的		特性	33
结构	10	§ 2.10.2 AT89C2051 单片机的引脚	
§ 2.2 MCS-51 单片机的内部		及功能	34
组成和结构	10	§ 2.10.3 存储器组织	36
§ 2.2.1 MCS-51 单片机的内		§ 2.10.4 AT89C2051 单片机的低功耗	
部组成	10	运行模式	36
§ 2.2.2 MCS-51 单片机内部		§ 2.11 单片机认知与实践	36
结构	11	§ 2.11.1 单片机控制一盏灯亮	36
§ 2.3 AT89C51 单片机	14	§ 2.11.2 单片机控制一盏灯闪烁	37
§ 2.3.1 AT89C51 单片机的主要		§ 2.11.3 单片机控制八盏灯闪烁	38
功能特性	14	§ 2.11.4 八个按键控制八盏灯	39
§ 2.3.2 AT89C51 单片机的引脚		§ 2.12 小制作	40
功能	15	§ 2.12.1 单片机控制一盏灯闪烁	40
§ 2.4 MCS-51 单片机的存储器	17	§ 2.12.2 单片机控制八盏灯闪烁	41
§ 2.4.1 单片机的存储空间	17	§ 2.13 小知识:89 系列单片机的	
§ 2.4.2 半导体存储器	18	型号编码	42
§ 2.4.3 程序存储器	19	习题	43
§ 2.4.4 数据存储器	21	第 3 章 MCS-51 单片机指令系统	45
§ 2.5 并行 I/O 口	23	§ 3.1 MCS-51 单片机指令系统	

概述	45	实践	78
§ 3.1.1 指令分类	45	§ 3.5 控制转移类指令	82
§ 3.1.2 指令格式	46	§ 3.5.1 无条件转移类指令	82
§ 3.1.3 寻址方式及常用符号注释	46	§ 3.5.2 条件转移指令	84
§ 3.1.4 单片机执行指令的过程	49	§ 3.5.3 子程序调用与返回指令	89
§ 3.2 数据传送指令	49	§ 3.5.4 控制转移类指令应用实 例分析	90
§ 3.2.1 内部数据传送指令	49	§ 3.5.5 控制转移类指令编程与 实践	91
§ 3.2.2 外部 RAM 数据传送指令	52	§ 3.6 位操作类指令	94
§ 3.2.3 程序存储器数据传送指令	53	§ 3.6.1 位赋值指令	94
§ 3.2.4 堆栈操作指令组	55	§ 3.6.2 位传送指令	95
§ 3.2.5 数据交换指令组	56	§ 3.6.3 位逻辑指令	95
§ 3.2.6 数据传送类指令应用实 例分析	57	§ 3.6.4 位操作类指令应用实 例分析	95
§ 3.2.7 数据传送类指令编程与 实践	58	§ 3.6.5 位操作类指令编程与 实践	96
§ 3.3 算术运算类指令	64	§ 3.7 小制作	100
§ 3.3.1 不带进位位的加法指令	64	§ 3.7.1 蜂鸣器的使用	100
§ 3.3.2 带进位位的加法指令	65	§ 3.7.2 霓虹灯	101
§ 3.3.3 加 1 指令	66	习题	104
§ 3.3.4 十进制调整指令	67	第 4 章 汇编语言程序设计	111
§ 3.3.5 带借位减法指令	68	§ 4.1 单片机使用的程序设计语言	111
§ 3.3.6 减 1 指令	68	§ 4.2 伪指令	111
§ 3.3.7 乘法指令	69	§ 4.3 汇编语言程序设计方法	113
§ 3.3.8 除法指令	69	§ 4.3.1 程序设计步骤	113
§ 3.3.9 算术运算类指令应用实 例分析	69	§ 4.3.2 程序的基本结构	113
§ 3.3.10 算术运算类指令编程与 实践	70	§ 4.3.3 子程序	122
§ 3.4 逻辑运算类指令	73	§ 4.4 程序设计的实例分析	126
§ 3.4.1 逻辑与指令	73	§ 4.4.1 寻找最大数	126
§ 3.4.2 逻辑或指令	74	§ 4.4.2 排序程序	127
§ 3.4.3 逻辑异或指令	75	§ 4.4.3 查表程序	130
§ 3.4.4 累加器清零和取反指令	76	§ 4.5 程序设计的实践	131
§ 3.4.5 移位指令	77	§ 4.5.1 顺序结构的程序设计实践	131
§ 3.4.6 空操作指令	77	§ 4.5.2 分支结构的程序设计实践	132
§ 3.4.7 逻辑运算类指令应用实 例分析	77	§ 4.5.3 循环结构的程序设计实践	134
§ 3.4.8 逻辑运算类指令编程与		§ 4.5.4 查表程序设计实践	137
		§ 4.5.5 子程序设计实践	138

§ 4.5.6 实用程序设计实践	140	§ 6.7.3 计数中断实践	187
§ 4.6 小制作	140	§ 6.7.4 中断嵌套实践	189
§ 4.6.1 七段数码管显示器的使用 ...	140	习题	191
§ 4.6.2 按钮的使用	143	第7章 串行通信接口	193
习题	145	§ 7.1 串行通信概述	193
第5章 定时器/计数器	148	§ 7.1.1 串行通信中的几个概念 ...	193
§ 5.1 定时器/计数器概述	148	§ 7.1.2 串行通信时必须解决的技术	
§ 5.2 定时器/计数器结构与功能 ...	148	问题	195
§ 5.3 定时器/计数器的控制	150	§ 7.2 MCS-51 单片机串行接口 ...	196
§ 5.4 定时器/计数器的工作方式 ...	151	§ 7.2.1 串行口的结构	196
§ 5.5 定时器/计数器的规划	154	§ 7.2.2 串行口数据的发送与接收 ...	197
§ 5.6 定时器/计数器的初始化	154	§ 7.2.3 串行口的控制	197
§ 5.6.1 定时器/计数器的初始化		§ 7.3 串行接口工作方式	199
步骤	154	§ 7.4 波特率的设置	200
§ 5.6.2 定时器/计数器初值的		§ 7.5 串行总线标准及接口	201
计算	154	§ 7.5.1 RS-232C 接口	202
§ 5.7 定时器/计数器的实例分析 ...	157	§ 7.5.2 RS-485 接口	204
§ 5.7.1 广告灯左移右移	157	§ 7.6 串行接口芯片	206
§ 5.7.2 计数器实例分析	158	§ 7.7 串行接口实例分析	207
§ 5.8 定时器/计数器的实践	161	§ 7.7.1 单片机串行口扩展并行	
§ 5.8.1 定时器控制输出方波	161	输出口	207
§ 5.8.2 广告灯的左移右移	162	§ 7.7.2 单片机串行口扩展并行	
§ 5.8.3 计数器	163	输入口	208
习题	164	§ 7.7.3 单机通信	210
第6章 中断系统	166	§ 7.7.4 双机通信	212
§ 6.1 中断概述	166	§ 7.7.5 多机通信	218
§ 6.2 MCS-51 中断系统的结构 ...	166	§ 7.8 串行接口实践	222
§ 6.3 中断控制	168	§ 7.8.1 单片机串行口扩展并行	
§ 6.4 中断响应过程	171	输出口	222
§ 6.5 中断服务程序设计	173	§ 7.8.2 单片机串行口扩展并行	
§ 6.6 中断系统的实例分析	175	输入口	223
§ 6.6.1 定时中断实例	175	§ 7.8.3 单机通信	225
§ 6.6.2 计数中断实例	180	§ 7.8.4 双机通信	226
§ 6.6.3 中断嵌套实例	181	§ 7.8.5 单片机与 PC 机间的串行	
§ 6.6.4 外部中断源的扩展	183	通信	227
§ 6.7 中断系统实践	184	§ 7.8.6 多机通信	229
§ 6.7.1 定时中断实践	184	习题	229
§ 6.7.2 工业顺序控制实践	185	第8章 MCS-51 单片机系统的扩展	232

§ 8.1 系统扩展概述	232	§ 9.3.3 单缓冲方式的接口设计 ...	336
§ 8.1.1 系统扩展的总线结构	233	§ 9.3.4 双缓冲同步方式的接口 设计	337
§ 8.1.2 并行扩展方式的编址技术 ...	237	§ 9.3.5 D/A 转换器接口的实例 分析	338
§ 8.2 存储器的扩展	241	§ 9.3.6 D/A 转换器接口的实践	339
§ 8.2.1 程序存储器的扩展	241	§ 9.4 A/D 转换器接口	341
§ 8.2.2 数据存储器的并行扩展 ...	246	§ 9.4.1 A/D 转换器主要技术指标与 选择要点	341
§ 8.2.3 数据存储器的串行扩展 ...	249	§ 9.4.2 A/D 转换器芯片 ADC0809 ...	344
§ 8.2.4 存储器扩展的实例分析 ...	265	§ 9.4.3 单片机与 ADC0809 的接口 设计	346
§ 8.2.5 存储器扩展的实践	266	§ 9.4.4 A/D 转换器接口的实例 分析	348
§ 8.3 并行 I/O 口的扩展	270	§ 9.4.5 A/D 转换器接口的实践 ...	349
§ 8.3.1 并行 I/O 口扩展概述	270	习题	350
§ 8.3.2 简单、无条件 I/O 口的 扩展	271	第 10 章 单片机应用系统的开发	352
§ 8.3.3 8255 可编程并行 I/O 口 的扩展	273	§ 10.1 单片机应用系统的设计	352
§ 8.3.4 8155/8156 可编程并行 I/O 口的扩展	278	§ 10.1.1 应用系统的规划与设计 ...	352
§ 8.3.5 并行 I/O 口扩展的实例 分析	284	§ 10.1.2 应用系统硬件的设计	354
§ 8.3.6 并行 I/O 口扩展的实践 ...	288	§ 10.1.3 应用系统软件的设计	354
习题	292	§ 10.1.4 应用系统的抗干扰设计 ...	355
第 9 章 接口技术	293	§ 10.2 单片机应用系统的开发	356
§ 9.1 显示器接口	293	§ 10.2.1 应用系统的开发步骤	356
§ 9.1.1 LED 显示器接口	293	§ 10.2.2 开发手段的选择	357
§ 9.1.2 LCD 显示器接口	296	§ 10.2.3 应用系统的调试	357
§ 9.1.3 显示器接口的实例分析 ...	308	§ 10.2.4 应用系统的开发过程	358
§ 9.1.4 显示器接口的实践	315	§ 10.3 应用系统的开发过程	358
§ 9.2 键盘接口	323	§ 10.4 应用系统的开发实践	366
§ 9.2.1 键盘输入应解决的问题 ...	323	§ 10.4.1 应用系统开发实例的 制作	366
§ 9.2.2 独立式按键接口	325	§ 10.4.2 学生自选题的设计制作 ...	367
§ 9.2.3 矩阵式键盘接口	325	第 11 章 MCS-51 单片机开发系统	368
§ 9.2.4 拨码盘接口	327	§ 11.1 单片机开发系统概述	368
§ 9.2.5 键盘接口的实例分析	328	§ 11.1.1 单片机开发系统的分类 ...	368
§ 9.2.6 键盘接口的实践	331	§ 11.1.2 单片机开发系统和目标 系统的连接	368
§ 9.3 D/A 转换器接口	333	§ 11.2 DVCC-5286JH 单片机实验	
§ 9.3.1 D/A 转换器主要技术指标与 选择要点	333		
§ 9.3.2 D/A 转换器芯片 DAC0832 ...	335		

系统简介	369	§ 11.4.3 模拟仿真 ISIS 界面的 简介	395
§ 11.2.1 DVCC-5286JH 单片机实验 系统组成及其硬件资源 ...	369	§ 11.4.4 Proteus 设计项目的创建 ...	396
§ 11.2.2 DVCC-5286JH 单片机实验 系统安装与启动	372	§ 11.4.5 Proteus 原理图的设计 ...	396
§ 11.2.3 操作概要	374	§ 11.4.6 Proteus 的模拟调试	401
§ 11.3 Keil 51 集成开发环境简介 ...	382	§ 11.4.7 Proteus 的实践	405
§ 11.3.1 Keil μ Vision2 软件的整体 结构	382	§ 11.5 Keil μ Vision2 与 Proteus 的 连接	411
§ 11.3.2 Keil μ Vision2 软件的 安装	382	§ 11.6 Lab TOOL-48 编程器简介 ...	413
§ 11.3.3 Keil μ Vision2 的主要 功能	383	§ 11.6.1 Lab TOOL-48 编程器的 安装	413
§ 11.3.4 Keil μ Vision2 应用基础 ...	384	§ 11.6.2 Lab TOOL-48 编程器的 简单操作	413
§ 11.3.5 项目的创建和调试范例 ...	388	附录一 ASCII(美国标准信息交换 码)表	418
§ 11.4 Proteus 简介	394	附录二 5×10 点阵字符表	419
§ 11.4.1 Proteus 的安装	395	附录三 5×7 点阵字符表	420
§ 11.4.2 Proteus 的主要功能	395	参考文献	421

第 1 章

单片机概述

单片机(Single Chip Microcomputer)是单片微型计算机的简称,是计算机向微型化方向发展的产物,属第四代电子计算机。它与计算机一样包括 CPU、程序存储器、数据存储器、输入接口和输出接口,但单片机把这些部分和定时器/计数器、中断系统等集成在一块半导体芯片上,所以被称为单片机。

§1.1 单片机的发展概况

自从 1975 年美国德克萨斯仪器公司(Texas Instruments)的第一个单片机 TMS-1000 问世以来,30 多年间,单片机技术蓬勃发展。从萌芽阶段、初级 8 位机阶段、高级 8 位机阶段到 16 位单片机阶段,质量性能逐年提高,应用领域日益扩展。现在单片机技术已成为计算机技术的一个重要分支,特别是在工业自动化控制和智能化仪器仪表中扮演着极其重要的角色。

单片机除具有一般微型计算机的功能外,还具有很强的过程控制能力,所以在结构设计上主要是面向控制的需要。因此,为增强实时控制能力,大部分单片机芯片内还集成有定时器/计数器及中断系统,功能强的单片机还带有 A/D 转换器、D/A 转换器、语音控制、WDT、PWM 等功能部件。

随着单片机的需求量越来越大,世界上各大半导体公司竞相开发并生产各种系列的单片机。目前单片机的产品已达数百个系列,上千种型号。它们各具特色,阵容强大,品种齐全。其发展趋势大致如下。

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630 mW,而现在的单片机普遍都在 100 mW 左右,随着对单片机功耗要求的越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。如 80C51 系列就采用了 HMOS(即高密度金属氧化物半导体工艺)和 CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高,而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点,这些特征更适合于要求低功耗的应用场合,如电池供电的便携式智能仪器。因此,这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

2. 微型单片化

现在单片机不仅将 CPU、随机存取数据存储器(RAM)、只读程序存储器(ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路以及时钟电路集成在一块芯片上,增强型的单片机还集成了如 A/D 转换器、PMW(脉宽调制电路)、WDT(看门狗),有些单片机还将 LCD(液晶)驱动电路也集成在一块芯片上。这样,单片机包含的单元电路就更多,功能也就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的单片机芯片。

此外,现在的产品普遍要求体积小、重量轻。目前,许多单片机都具有多种封装形式,其中 SMD(表面封装)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

3. 主流与多品种共存

现在,虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以 80C51 为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有 Philips 公司的产品、Atmel 公司的产品和我国台湾的 Winbond 系列单片机等。所以,以 80C51 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集(RISC)也有着强劲的发展势头,我国台湾的 Holtek 公司近年的单片机产量与日俱增,以其低价质优的优势,占据一定的市场份额。此外,还有 Motorola 公司的产品和日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内,这种情形将得以延续,而不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的仍然是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。

单片机以它的优点——成本低、体积小、可靠性高、高附加值、通过更改软件可改变控制要求等越来越受到电子工程师的青睐。过去一个复杂的控制电路,现在可用一块单片机芯片来实现;过去用可编程控制器(PLC)来控制的电路,现在改用单片机控制后成本大大降低。单片机控制系统正以空前的速度取代经典的电子控制系统。学习单片机技术,已成为大学生、电子工程师和电子电工类技师的必备技能。

§ 1.2 单片机的应用范围

目前,单片机已渗透到人们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,汽车的电气系统,录像机、摄像机、空调、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物,等等,这些都离不开单片机,更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。

§ 1.3 单片机的分类

按指令系统分:单片机分 CISC(复杂指令集)结构的单片机和 RISC(精简指令集)结构的单片机。CISC 结构的单片机数据线和指令线分时复用,即所谓冯·诺伊曼结构。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓哈佛结构。属于 CISC 结构的单片机有 Intel 的 8051 系列、Motorola 的 M68HC 系列、Atmel 的 AT89 系列、我国台湾的 Winbond(华邦)W78 系列、荷兰 Philips 的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 的 Z86 系列、Atmel 的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、我国台湾义隆的 EM-78 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电可以采用 RISC 型单片机;在控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统应采用 CISC 单片机。不过,RISC 单片机的迅速完善,使其佼佼者们在控制关系复杂的场合也毫不逊色。

根据程序存储方式的不同,单片机可分为 EPROM、OTP(一次可编程)、QTP(掩模)和 FLASH(闪存)等类型。我国一开始都采用 ROMless 型单片机(片内无 ROM,需片外配 EPROM),对单片机的普及起了很大作用,但这种强调接口的单片机无法广泛应用。如果单片

机的应用一味强调接口、外接 I/O 及存储器,便失去了单片机的特色。目前单片机大都将程序存储器置于其内,给应用带来了极大的方便。这也是单片机应用越来越广的原因之一。本书主要介绍 MCS-51 系列单片机。

§ 1.4 MCS-51 单片机的简介

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括好多品种,如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等,见表 1-1。其中 8051 是最早、最典型的产品,该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增减、改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机,而 8031 是前些年在我国最流行的单片机。

表 1-1 MCS-51 系列单片机

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无 ROM	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4 KB	128 B	2×64 KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4 KB	128 B	2×64 KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8 KB	256 B	2×64 KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8 KB	256 B	2×64 KB	3×16	4×8	1	6

单片机与通用微型计算机相比较,它在硬件结构、指令设置上均有其独到之处,主要特点如下:

- (1) 单片机中程序存储器和数据存储器是严格分工的。
- (2) 采用面向控制的指令系统。
- (3) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。
- (4) 系列齐全,功能扩展性强。
- (5) 单片机的功能是通用的。
- (6) 根据工控环境要求设计,且许多功能部件集成在芯片内部,其信号通道受外界影响小,故可靠性高,抗干扰性能优于通用微型计算机。

Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司,所以有很多公司生产以 8051 为核心的单片机。当然,其功能或多或少有些改变,以满足不同的需求,其中 AT89 系列就是近几年在我国非常流行的单片机,它是由美国 Atmel 公司开发生产的,见表 1-2。

表 1-2 AT89 系列单片机分类表

型 号	存 储 器			定时器/计数器	I/O 特性		中断源	M 加密/级	片内振荡器
	片内 Flash	片内 RAM	片内 EEPROM		并行口	串行口			
AT89C51	4 KB	128 B	无	2×16	4×8	1	6	3	有
AT89C52	8 KB	256 B	无	3×16	4×8	1	8	3	有
AT89C51051	1 KB	64 B	无	1×16	15	1	3	2	有

续表

型 号	存 储 器			定时器/ 计数器	I/O 特性		中断源	M 加密/级	片内振荡器
	片内 Flash	片内 RAM	片内 EEPROM		并行口	串行口			
AT89C2051	2 KB	128 B	无	2×16	15	1	6	2	有
AT89S51	4 KB	128 B	无	2×16	4×8	1	6	3	有
AT89S52	8 KB	256 B	无	3×16	4×8	1	8	3	有
AT89S53	12 KB	256 B	无	3×16	4×8	1	9	3	有
AT89S8252	8 KB	256 B	2 KB	3×16	4×8	1	9	3	有

AT89C 系列单片机主要有 AT89C51、AT89C52、AT89C1051 和 AT89C2051 四种,工作电压范围为 2.7~6 V。其中,AT89C51 和 AT89C52 都是 40 脚封装,编程电压为 12~5 V;AT89C1051 和 AT89C2051 都是 20 脚封装,编程电压为 5 V。

AT89S 系列单片机是 AT89 系列中新推出的高档型系列。在这个系列中,目前已推出 AT89S51、AT89S52、AT89S53 和 AT89S8252 四种产品,工作电压范围为 1~6 V。S 档系列的功能均有了很大的增强,如片内 Flash 容量增强到 4~12 KB,并且可在线下载编程,静态工作频率最高可达 33 MHz,大大拓宽了工作频率和运算速度,还增强了其他功能,如 SPI 串行接口,可编程监视器(看门狗)等。这都为广大用户提供了极大方便。

采用 MCS-51 核心技术的 AT89 系列单片机与普通 MCS-51 系列单片机相比主要有以下的特点:

(1) 内部含 Flash 存储器

AT89 系列单片机内部含 Flash 存储器,擦写次数 1000 次。因此,在系统的开发过程中可以十分容易地进行程序的修改,大大缩短了系统的开发周期。同时,在系统工作过程中能有效地保存一些数据信息,即使外界电源损坏也不影响信息的保存。

(2) 静态时钟方式

AT89 系列单片机采用静态时钟方式,所以可以节省电能,这对于降低便携式产品的功耗十分有用。

(3) 错误编程亦无废品产生

AT89 系列单片机内部采用了 Flash 存储器,因此错误编程之后仍可以重新编程,直到正确为止,故不存在废品。

(4) 可进行反复系统试验

用 AT89 系列单片机设计的系统,可以反复进行系统试验。每次试验可以编入不同的程序,这样可以保证用户的系统设计达到最优。而且,随用户的需要和发展,还可以进行修改,使系统能不断追随用户的最新要求。

下面列举 51 系列单片机的主要生产厂和型号:

AMD: 8751H, 87C51, 87C521, 87C52T2, 87C541

Atmel: AT89F51, AT89C1051, AT89C2051, AT89C4051, AT89C51, AT89C51RC,

AT89C52, AT89C55, AT89C55WD, AT89LV51, AT89LV52, AT89LV55,
 AT89LS53, AT89LS8252, AT89S51, AT89S52, AT89S53, AT89S8252……

Intel: 87C51, 87C51FA, 87C51FB, 87C52, 87C52BH……

Philips: 87C51, 87C52, 89C52, 87C750, 87C751, 87C752, 87C550, 87C552, 87C592,
 87LPC762……

Signetics: 87C51, 87C51FA - C, 87C52, 87C54……

Winbond: W77E468, W77E58, W78E52, W78E54, W78E58, W78LE51, W78LE52,
 W77LE58, W77LE516, W77LE516B, W77LE812(该系列芯片的 ROM 比较大,
 工作频率高)。

§ 1.5 计算机中的数制和编码

§ 1.5.1 数制

在人们的日常生活中都习惯于使用十进制数,但在数字电路和计算机内部,由于只能识别电位的高低(通常用 1 和 0 表示),即只能对二进制数进行加工处理,所以计算机必须把输入的十进制数先转换成二进制数进行运算和处理,再把处理的结果转换成十进制数进行显示。这样,在使用计算机时就存在常用的十进制数与计算机中使用的二进制数进行转换的问题。又由于用二进制表示一个数所用的数码长,不但书写和阅读不方便,而且容易出错,所以书写时又常把二进制数转换为十六进制数。考虑到本书讲的 MCS-51 单片机是一种字长为 8 位的单片机,所以下面讨论二进制时都取 8 位。常用二进制、十进制、十六进制数码对照见表 1-3。

表 1-3 二进制、十进制、十六进制数码对照表

十 进 制 数	二 进 制 数	十 六 进 制	十 进 制 数	二 进 制 数	十 六 进 制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

1. 二进制与十六进制的转换

一个 8 位二进制数,可以写成 2 位的十六进制数。所以这两种进制的数进行转换时,可把每 4 位的二进制数划为一组,然后对每一组进行相应的变换。

(1) 二进制转十六进制

方法:以小数点为界,整数从小数点开始,从右向左每 4 位一组,不足补 0;小数部分则从小数点开始,从左向右每 4 位一组,不足补 0。

【例 1-1】 $1101001.101\text{B}=69.\text{AH}$

为了不使二进制、十六进制和十进制数相混淆,规定在二进制数后面加符号 B;在十六进制数后面加符号 H,还可在十六进制数前面加 0X;在十进制数后面加符号 D,因习惯使用十进制数,所以十进制数后的 D 可省略。

(2) 十六进制转二进制

方法:把每位十六进制数用相应的 4 位二进制数代替。

【例 1-2】 $\text{AB2E}.3\text{FH}=1010101100101110.00111111\text{B}$

2. 二进制与十进制的互换

(1) 二进制数转十进制数

对于二进制数,各位数的位权可以用底数为 2 的 $n-1$ 次幂来确定, n 表示该数的位数。

方法:用底数为 2,按位权展开相加。

【例 1-3】 $1011.101\text{B}=1\times 2^3+1\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}=11.625$

(2) 十进制数转二进制数

方法:整数部分除 2 取余;小数部分乘 2 取整。

【例 1-4】 $(201)_{10}=\underline{\hspace{2cm}}\text{B}$

$(0.625)_{10}=\underline{\hspace{2cm}}\text{B}$

2	201	
2	100	1
2	50	0
2	25	0
2	12	1
2	6	0
2	3	0
2	1	1
	0	1

$201=11001001\text{B}$

0.625	
$\times 2$	
1.250	1
0.250	
$\times 2$	
0.500	0
$\times 2$	
1.000	1

$0.625=0.1010\text{B}$

3. 十进制与十六进制数的互换

(1) 十六进制数转十进制数

对于十六进制数,各位数的位权可以用底数为 16 的 $n-1$ 次幂来确定, n 表示该数的位数。

方法:用底数为 16,按位权展开相加。

【例 1-5】 $1\text{EA}.1\text{BH}=1\times 16^2+14\times 16^1+10\times 16^0+1\times 16^{-1}+11\times 16^{-2}$
 $=1640.10546875$

(2) 十进制转十六进制

方法:整数部分除 16 取余;小数部分乘 16 取整。

【例 1-6】 $(100)_{10}=64\text{H}$

当然也可把十进制先转成二进制,再转成十六进制。

§ 1.5.2 带符号的二进制数

1. 带符号的二进制数与不带符号的二进制数的表示方法

(1) 带符号数的表示方法

符号位	数值部分
-----	------

机器数最高位为符号位,其余的 $n-1$ 位为数值部分。

(2) 无符号数的表示方法

数值部分

带符号数与无符号数的区分要根据它出现的场合,以及该场合的使用约定才能区分。

2. 带符号数的表示方法

(1) 原码

正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示,符号位之后表示数值的大小,这种表示方法称原码。

$$x = +0111100 \text{ B} \quad [x]_{\text{原码}} = 00111100\text{B}$$

$$x = -0111100 \text{ B} \quad [x]_{\text{原码}} = 10111100\text{B}$$

0 的原码有两个:

$$[+0]_{\text{原码}} = 00000000\text{B}$$

$$[-0]_{\text{原码}} = 10000000\text{B}$$

(2) 反码

正数的反码表示与原码相同。

负数的反码其符号位为 1,符号位不变,其余位按位取反。

$$x = +5 = +0000101\text{B} \quad [+5]_{\text{反码}} = 0000101\text{B}$$

$$x = -5 = -0000101\text{B} \quad [-5]_{\text{反码}} = 1111010\text{B}$$

0 的反码也有两个:

$$[+0]_{\text{反码}} = 00000000\text{B}$$

$$[-0]_{\text{反码}} = 11111111\text{B}$$

(3) 补码

正数的补码表示与原码相同。

负数的补码:符号不变,其余位按位取反,然后在最低位加 1。

$$[+5]_{\text{原码}} = [+5]_{\text{反码}} = [+5]_{\text{补码}} = 00000101\text{B}$$

$$[-5]_{\text{反码}} = 1111010\text{B}$$

$$[-5]_{\text{补码}} = 1111011\text{B}$$

0 的补码只有一种:00000000B

在微机中,带符号数一律用补码表示。

3. 8 位、16 位二进制数的表示范围

(1) 8 位二进制数的表示范围