

21 世纪高职高专规划教材·计算机系列

单片机原理及应用

梅丽凤 主 编

郝万新 副主编

清华大学出版社

北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是根据教育部高职高专培养目标及对单片机教学的基本要求精心编写的高职高专规划教材。

本书以 MCS-51 系列单片机为主,深入浅出地讲述了单片机的原理、接口及应用技术。主要内容包括 MCS-51 单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时器及应用、串行口及串行通信。从应用角度出发,详细介绍了单片机系统扩展技术、单片机测控接口及单片机应用实例。书中引入了大量例题,例题的每条指令均给出注释,每章后配有适量习题和思考题。

本书考虑到高职教育的特点,在内容编排上力求内容精练,通俗易懂;难点分散,由浅入深,循序渐进;例题实用,可读性好;易于掌握。

本书适用于高职高专机电技术应用、自动化控制、应用电子技术等专业使用,还可供有关工程技术人员学习参考或作为培训班的教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 /梅丽凤主编. —北京:清华大学出版社,北京交通大学出版社,2008.1
(21世纪高职高专规划教材·计算机系列)

ISBN 978-7-81123-166-3

I. 单... II. 梅... 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(2007)第 202054 号

责任编辑:韩 乐 特邀编辑:李晓敏

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:14.75 字数:368 千字

版 次:2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-166-3/TP·397

印 数:1~4000册 定价:22.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043,51686008;传真:010-62225406;E-mail:press@bjtu.edu.cn。

21 世纪高职高专规划教材·计算机系列
编审委员会成员名单

| | | | | | |
|-------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员 | 李兰友 | 边奠英 | | | |
| 副主任委员 | 周学毛 | 崔世钢 | 王学彬 | 丁桂芝 | 赵伟 |
| | 韩瑞功 | 汪志达 | | | |
| 委员 | (按姓名笔画排序) | | | | |
| | 马春荣 | 马辉 | 万志平 | 万振凯 | 王一曙 |
| | 王永平 | 王建明 | 尤晓晔 | 丰继林 | 尹绍宏 |
| | 左文忠 | 叶华 | 叶伟 | 叶建波 | 付晓光 |
| | 付慧生 | 冯平安 | 江中 | 佟立本 | 刘炜 |
| | 刘建民 | 刘晶 | 刘颖 | 曲建民 | 孙培民 |
| | 邢素萍 | 华铨平 | 吕新平 | 陈国震 | 陈小东 |
| | 陈月波 | 陈跃安 | 李长明 | 李可 | 李志奎 |
| | 李琳 | 李源生 | 李群明 | 李静东 | 邱希春 |
| | 沈才梁 | 宋维堂 | 汪繁 | 吴学毅 | 张文明 |
| | 张宝忠 | 张家超 | 张琦 | 金忠伟 | 林长春 |
| | 林文信 | 罗春红 | 苗长云 | 竺士蒙 | 周智仁 |
| | 孟德欣 | 柏万里 | 宫国顺 | 柳炜 | 钮静 |
| | 胡敬佩 | 姚策 | 赵英杰 | 高福成 | 贾建军 |
| | 徐建俊 | 殷兆麟 | 唐健 | 黄斌 | 章春军 |
| | 曹豫莪 | 程琪 | 韩广峰 | 韩其睿 | 韩劼 |
| | 裘旭光 | 童爱红 | 谢婷 | 曾瑶辉 | 管致锦 |
| | 熊锡义 | 潘玫玫 | 薛永三 | 操静涛 | 鞠洪尧 |

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,它的根本任务是培养生产、建设、管理和
服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高技术应用型专门人才,所培养的学生在掌握必
要的基础理论和专业知识的基础上,应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业
技能,因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要,在教育部的指导下,
我们在全国范围内组织并成立了“21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”(以下简称
“教材研究与编审委员会”)。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办
学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二
级职业技术学院,其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量,“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21世纪高
职高专规划教材编审委员会”(以下简称“教材编审委员会”)成员和征集教材,并要求“教材编
审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一
线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选,对列选教材
进行审定。

目前,“教材研究与编审委员会”计划用2~3年的时间出版各类高职高专教材200种,范
围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部
按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写,其中部分教材是教育部《新世纪
高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教
材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则并重组系列课程教材结构,力求反映高职高专
课程和教学内容体系改革方向,反映当前教学的新内容,突出基础理论知识的应用和实践技能
的培养,适应“实践的要求和岗位的需要”,不依照“学科”体系,贴近岗位群,淡化学科,在兼
顾理论和实践内容的同时,避免“全”而“深”的面面俱到,基础理论以应用为目的,以必要、够用为
度,尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法,以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与
创新能力的培养。

此外,为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性,我们希望全国从事高职高专
教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来,推荐“教材编审委员会”成员和有
特色、有创新的教材。同时,希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们,以便对已出版
的教材不断修订、完善,不断提高教材质量,完善教材体系,为社会奉献更多更新的与高职高专
教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联
合出版。适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业
技术学院使用。

21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会
2008年1月

前 言

单片机是计算机系列的一个重要分支,随着单片机技术的飞速发展,单片机的应用已渗透到工业自动化、测控、家用电器、航空航天、卫星遥感等各个领域,不少设备、仪器已把单片机作为核心部分。由于自动化控制、智能化控制均离不开单片机的应用,因而各大专院校工科类专业普遍开设了单片机原理及应用课程。

作者经过多年来对单片机课程的教学、科研实践,根据单片机技术的发展状况,针对学生在学习过程中出现的问题和难点,考虑现有单片机课程的特点,依据教育部高职高专培养目标及对单片机教学的基本要求,结合全国高等职业技术教育机电技术类专业系列教材研讨会的精神,精心编著了这本教材。

本书强调突出高职高专培养高等技术应用型人才的特色,严格按照教育部高职高专规划教材的要求编写,遵循以应用为目的,以必需、够用为度的教学原则,着重体现如下特色。

1. 在内容编排上,力求由浅入深,循序渐进,可读性强。如在介绍指令系统之后,再介绍汇编语言程序设计,这样,既有利于对指令系统的巩固和加深,也为讲授定时器、串行口及中断系统应用打下坚实的软件基础。

2. 分散难点。先介绍定时/计数器、串行接口,然后介绍中断系统。这样,避免了难点过于集中,适合于高职高专学生对定时器中断、串行口中断等关键性问题的理解和掌握。

3. 突出实用性。在单片机系统扩展、单片机测控接口及系统应用设计中,除介绍典型电路和典型程序外,还对学生在日常生活中可接触到的实际问题进行了选编、设计,以便学生理解和接受。

4. 每章后都配有思考题和习题,便于学生掌握和巩固所学知识。

全书共分10章。第1章概述单片机的产生、特点、应用及51系列单片机;第2章介绍单片机的内部结构和原理;第3章讲述指令系统;第4章介绍程序设计方法;第5章介绍定时器及应用;第6章介绍串行接口及应用;第7章介绍中断系统及应用;第8章介绍存储器扩展电路、并行I/O接口扩展电路、键盘显示器接口电路;第9章介绍单片机系统中常用的A/D转换器、D/A转换器接口电路及开关量接口电路;第10章介绍单片机应用系统设计方法和实例。

本书适用于高职高专机电技术应用、自动化控制、应用电子技术等专业使用,还可供有关工程技术人员学习参考或作为培训班的教材。

本书第1、2、10章由郝万新编写,第3~7章由梅丽凤编写,第8、9章由刘彬编写。

在本书的编写过程中,参阅了大量的教材和参考文献,在此谨向其作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的错误及疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。殷切希望得到读者的宝贵意见与建议。编者的E-mail:mlf1121@163.com

编者

2008年1月

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论..... | 1 |
| 1.1 单片机的特点及应用领域 | 1 |
| 1.1.1 单片机的特点 | 1 |
| 1.1.2 单片机的应用领域..... | 1 |
| 1.2 常用单片机系列介绍 | 2 |
| 1.2.1 Intel 公司 MCS-51 系列单片机 | 2 |
| 1.2.2 与 MCS-51 系列兼容的单片机 | 3 |
| 1.3 计算机中的数与编码 | 5 |
| 1.3.1 计算机中数的表示方法 | 5 |
| 1.3.2 计算机常用编码 | 10 |
| 思考题与习题 | 13 |
| 第 2 章 MCS-51 系列单片机的结构及原理 | 14 |
| 2.1 MCS-51 系列单片机的基本结构及引脚功能 | 14 |
| 2.1.1 8051 型单片机的基本结构 | 14 |
| 2.1.2 8051 型单片机引脚功能 | 15 |
| 2.1.3 单片机的三总线结构 | 17 |
| 2.2 MCS-51 单片机存储器配置 | 17 |
| 2.2.1 程序存储器 | 18 |
| 2.2.2 数据存储器 | 18 |
| 2.2.3 特殊功能寄存器 | 19 |
| 2.3 并行 I/O 端口结构 | 22 |
| 2.3.1 P0 口的结构 | 22 |
| 2.3.2 P1 口的结构 | 23 |
| 2.3.3 P2 口的结构 | 24 |
| 2.3.4 P3 口的结构 | 24 |
| 2.4 单片机的时钟电路与时序..... | 25 |
| 2.4.1 时钟电路..... | 25 |
| 2.4.2 时序定时单位 | 26 |
| 2.5 单片机的复位状态与复位电路..... | 27 |
| 2.5.1 单片机的复位状态 | 27 |
| 2.5.2 单片机的复位电路 | 27 |
| 思考题与习题 | 30 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 第3章 MCS-51 系列单片机的指令系统 | 31 |
| 3.1 指令系统概述 | 31 |
| 3.1.1 指令概述 | 31 |
| 3.1.2 指令格式 | 31 |
| 3.1.3 指令中常用符号说明 | 32 |
| 3.2 寻址方式 | 32 |
| 3.2.1 立即寻址 | 32 |
| 3.2.2 直接寻址 | 33 |
| 3.2.3 寄存器寻址 | 33 |
| 3.2.4 寄存器间接寻址 | 33 |
| 3.2.5 变址寻址 | 34 |
| 3.2.6 相对寻址 | 35 |
| 3.2.7 位寻址 | 35 |
| 3.3 数据传送类指令 | 36 |
| 3.3.1 内部 RAM 数据传送指令 | 36 |
| 3.3.2 外部 RAM 数据传送指令 | 38 |
| 3.3.3 读 ROM 指令 | 38 |
| 3.3.4 数据交换指令 | 39 |
| 3.3.5 堆栈操作指令 | 40 |
| 3.4 算术运算类指令 | 41 |
| 3.4.1 加法指令 | 41 |
| 3.4.2 带进位加法指令 | 41 |
| 3.4.3 带借位减法指令 | 42 |
| 3.4.4 加 1 指令 | 43 |
| 3.4.5 减 1 指令 | 43 |
| 3.4.6 乘、除法指令 | 44 |
| 3.4.7 十进制调整指令 | 44 |
| 3.5 逻辑运算及移位类指令 | 45 |
| 3.5.1 逻辑与运算指令 | 45 |
| 3.5.2 逻辑或运算指令 | 46 |
| 3.5.3 逻辑异或运算指令 | 47 |
| 3.5.4 累加器清零、取反指令 | 47 |
| 3.5.5 循环移位指令 | 47 |
| 3.6 控制转移类指令 | 48 |
| 3.6.1 无条件转移指令 | 48 |
| 3.6.2 条件转移指令 | 50 |
| 3.6.3 子程序调用及返回指令 | 51 |
| 3.6.4 空操作指令 | 53 |
| 3.7 位操作类指令 | 53 |

| | | |
|--------------|------------------------|-----------|
| 3.7.1 | 位变量传送指令 | 53 |
| 3.7.2 | 位置位、清零指令 | 54 |
| 3.7.3 | 位逻辑运算指令 | 54 |
| 3.7.4 | 位控制转移指令 | 55 |
| | 思考题与习题 | 56 |
| 第 4 章 | 汇编语言程序设计 | 59 |
| 4.1 | 程序设计语言及设计步骤 | 59 |
| 4.1.1 | 程序设计语言简介 | 59 |
| 4.1.2 | 汇编语言程序设计步骤 | 59 |
| 4.2 | 伪指令 | 60 |
| 4.2.1 | 伪指令 | 60 |
| 4.2.2 | 源程序的编辑和汇编 | 62 |
| 4.3 | 汇编语言程序设计 | 63 |
| 4.3.1 | 顺序程序设计 | 63 |
| 4.3.2 | 分支程序设计 | 64 |
| 4.3.3 | 循环程序设计 | 67 |
| 4.3.4 | 子程序设计 | 72 |
| 4.3.5 | 运算类程序 | 76 |
| | 思考题与习题 | 79 |
| 第 5 章 | 定时 / 计数器 | 81 |
| 5.1 | 定时 / 计数器的结构和工作原理 | 81 |
| 5.1.1 | 定时 / 计数器的结构 | 81 |
| 5.1.2 | 定时 / 计数器的工作原理 | 82 |
| 5.2 | 定时 / 计数器的控制 | 82 |
| 5.2.1 | 工作方式寄存器 TMOD | 82 |
| 5.2.2 | 控制寄存器 TCON | 83 |
| 5.3 | 定时 / 计数器 4 种工作方式 | 83 |
| 5.3.1 | 方式 0 | 83 |
| 5.3.2 | 方式 1 | 84 |
| 5.3.3 | 方式 2 | 84 |
| 5.3.4 | 方式 3 | 85 |
| 5.4 | 定时 / 计数器的应用举例 | 86 |
| 5.4.1 | 定时 / 计数器使用方法 | 86 |
| 5.4.2 | 定时 / 计数器应用举例 | 87 |
| | 思考题与习题 | 89 |
| 第 6 章 | 串行接口 | 91 |
| 6.1 | 串行通信的基础知识 | 91 |
| 6.1.1 | 串行通信的两种基本方式 | 91 |
| 6.1.2 | 串行通信的数据传送方式 | 92 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 6.1.3 串行通信的校验 | 92 |
| 6.2 MCS-51 系列单片机的串行接口 | 93 |
| 6.2.1 MCS-51 单片机串行口的结构 | 93 |
| 6.2.2 MCS-51 单片机串行口的控制 | 94 |
| 6.2.3 波特率的计算 | 95 |
| 6.3 串行口工作方式 | 96 |
| 6.3.1 方式 0 | 96 |
| 6.3.2 方式 1 | 97 |
| 6.3.3 方式 2 | 97 |
| 6.3.4 方式 3 | 97 |
| 6.4 串行口应用举例 | 97 |
| 6.4.1 用串行口扩展 I/O 口 | 97 |
| 6.4.2 单片机双机通信软件设计 | 100 |
| 6.4.3 单片机多机通信原理 | 104 |
| 思考题与习题 | 105 |
| 第 7 章 中断系统 | 107 |
| 7.1 中断概述 | 107 |
| 7.1.1 中断的概念 | 107 |
| 7.1.2 中断技术的优点 | 107 |
| 7.2 MCS-51 单片机中断系统 | 108 |
| 7.2.1 中断源 | 108 |
| 7.2.2 中断请求标志 | 109 |
| 7.2.3 中断允许控制 | 109 |
| 7.2.4 中断优先级控制 | 110 |
| 7.3 中断处理过程 | 111 |
| 7.3.1 中断响应 | 111 |
| 7.3.2 中断处理 | 112 |
| 7.3.3 中断返回 | 113 |
| 7.3.4 中断响应时间 | 113 |
| 7.3.5 中断请求的撤除 | 113 |
| 7.4 中断系统应用 | 114 |
| 思考题与习题 | 128 |
| 第 8 章 MCS-51 单片机的系统扩展 | 130 |
| 8.1 存储器扩展概述 | 130 |
| 8.1.1 单片机片外总线结构 | 130 |
| 8.1.2 地址锁存器 | 130 |
| 8.2 程序存储器的扩展 | 131 |
| 8.2.1 典型程序存储器芯片介绍 | 132 |
| 8.2.2 典型程序存储器的扩展电路 | 134 |

| | | |
|--------|-------------------------|-----|
| 8.3 | 数据存储器的扩展 | 137 |
| 8.3.1 | 典型数据存储器芯片介绍 | 137 |
| 8.3.2 | 典型数据存储器扩展电路 | 138 |
| 8.4 | MCS-51 单片机片选方法简介 | 139 |
| 8.4.1 | 线选法 | 139 |
| 8.4.2 | 译码法 | 140 |
| 8.5 | 并行 I/O 接口的扩展 | 142 |
| 8.5.1 | 简单并行 I/O 接口的扩展 | 143 |
| 8.5.2 | 可编程接口电路的扩展 | 144 |
| 8.6 | 键盘、显示器及接口 | 148 |
| 8.6.1 | 键盘及接口 | 148 |
| 8.6.2 | 显示器及接口 | 152 |
| 8.6.3 | 键盘、显示器组合接口举例 | 156 |
| | 思考题与习题 | 159 |
| 第 9 章 | MCS-51 单片机的测控接口 | 160 |
| 9.1 | A/D 转换器及其与单片机接口 | 160 |
| 9.1.1 | A/D 转换器芯片 ADC0809 | 160 |
| 9.1.2 | ADC0809 与单片机的接口 | 162 |
| 9.2 | D/A 转换器及其与单片机接口 | 163 |
| 9.2.1 | D/A 转换器芯片 DAC0832 | 164 |
| 9.2.2 | DAC0832 芯片与单片机的接口 | 165 |
| 9.3 | 开关量接口 | 169 |
| 9.3.1 | 开关量输入接口 | 169 |
| 9.3.2 | 开关量输出接口 | 170 |
| | 思考题与习题 | 172 |
| 第 10 章 | MCS-51 单片机应用系统设计 | 173 |
| 10.1 | 单片机应用系统的设计过程 | 173 |
| 10.1.1 | 总体方案设计 | 173 |
| 10.1.2 | 硬件设计 | 173 |
| 10.1.3 | 软件设计 | 173 |
| 10.1.4 | 系统调试 | 174 |
| 10.2 | 单片机系统的可靠性设计 | 174 |
| 10.2.1 | 单片机系统的可靠性设计 | 174 |
| 10.2.2 | 单片机应用系统的抗干扰设计 | 175 |
| 10.3 | 水塔水位控制 | 177 |
| 10.3.1 | 水塔水位控制原理 | 177 |
| 10.3.2 | 水塔水位控制电路与软件设计 | 177 |
| 10.4 | 交通信号灯模拟控制 | 179 |
| 10.4.1 | 交通信号灯模拟控制的硬件设计 | 179 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 10.4.2 交通信号灯模拟控制的软件设计 | 179 |
| 10.5 火灾报警控制系统..... | 180 |
| 10.5.1 火灾报警控制系统工作原理 | 180 |
| 10.5.2 火灾报警控制电路与软件设计 | 181 |
| 思考题与习题..... | 183 |
| 附录 A 单片机原理及应用习题参考答案 | 184 |
| 附录 B MCS-51 系列单片机指令系统表 | 213 |
| 附录 C 常用芯片引脚图 | 218 |
| 参考文献..... | 222 |

第 1 章 绪 论

单片机的出现是计算机发展史上的一个重要里程碑,开辟了嵌入式计算机领域。目前,单片机已经成为工业控制领域、军事领域及日常生活中应用最广泛的计算机。

1.1 单片机的特点及应用领域

1.1.1 单片机的特点

微处理器(Microprocessor, CPU)是一种大规模集成电路器件,包括计算机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(Microcomputer, MC)。

如果将微处理器、存储器和输入输出接口电路集成在一个芯片上,则称之为单片微型计算机,简称单片机。

由于单片机的结构及其所采用的半导体工艺,使之具有显著的特点,在各种应用中得到迅猛的发展,其主要特点可以归纳如下。

(1) 优异的性能价格比。

(2) 集成度高、体积小、有很高的可靠性;单片机把各功能部件集成在一个芯片上,内部采用总线式结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,由于其体积小,在强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强大。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统均含有丰富的转移指令、I/O 口逻辑指令及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 外部总线增加了 I²C 及 SPI 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.1.2 单片机的应用领域

单片机的自身特点决定了其应用非常广泛,单片机的应用可以分为单机应用和多机应用。

1. 单机应用

单机应用是单片机应用最为广泛的一个领域,所谓单机应用是指在一个应用系统中只使用一片单片机。

(1) 智能产品。单片机与传统的机械产品相结合,使传统的机械产品结构简化、控制智能化,构成了新一代的机电一体化产品。如在电传打字机的设计中,用单片机取代了近千个机械

部件。

(2) 智能仪表。用单片机改造原有的测量、控制仪表,能促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化的方向发展,并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由单片机构成的智能仪表,集测量、处理、控制功能于一体,从而赋予测量仪表以崭新的面貌,使传统的仪器、仪表发生了根本性的变化。

(3) 测控系统。采用单片机可以构成各种工业控制系统、自适应控制系统及数据采集系统等。

(4) 数控控制机。采用单片机作为机床数控系统的控制机,可以提高机床数控系统的可靠性,增强功能,降低控制机成本,并有可能改变数控控制机的结构模式。

(5) 智能接口。在计算机系统中,特别是在较大型的工业测控系统中,除通用外部设备(打印机、键盘、磁盘驱动器、CRT)外,还有许多外部通信、数据采集、多路分配管理及驱动控制等接口,如果这些外部接口用单片机进行接口控制与管理,单片机与主机之间可以实现并行工作,大大提高系统的运行速度,同时提高接口的管理水平。

(6) 智能化家用电器。目前各种家用电器普遍采用单片机智能控制系统代替传统的电子线路控制器,产品不断升级换代,提高档次。如洗衣机、空调、电视机、录像机、微波炉、电冰箱、电饭煲及视听产品等。

2. 多机应用

多机应用是高科技领域应用的主要模式。单片机的高可靠性、控制性能及高运行速度,必然使未来的高科技工程系统应用单片机多机系统成为其主要发展方向。

单片机的多机应用系统可以分为功能弥散系统、并行多级处理系统及局部网络系统等。

1.2 常用单片机系列介绍

1.2.1 Intel 公司 MCS-51 系列单片机

Intel 公司自 1976 年推出 8 位单片机之后,又相继推出了三个系列几十个机种。其中 51 系列典型产品见表 1-1, MCS-51 系列单片机品种很多,表 1-1 所列只是其中一部分。

(1) 8031 /8051 /8751 三种型号称为 8051 子系列。这三种芯片的结构和功能相同,它们之间的区别在于片内程序存储器配置:8051 片内含有 4 KB 的掩膜 ROM,其程序是生产厂家制作芯片时,代为用户烧制的,出厂的 8051 都是具有特殊用途的单片机。因此 8051 应用于程序固定、且批量大的单片机产品;8751 片内含有 4 KB 的 EPROM,用户可以把编写好的程序采用开发机或编程器写入,需要修改时,可以先用紫外线擦除器擦除,然后再写入新的程序;8031 片内没有 ROM,使用时需外接 EPROM。

(2) 8032AH /8052AH /8752AH 是 8031 /8051 /8751 的增强型,称为 8052 子系列。其中片内 ROM 和 RAM 的容量比 8051 子系列各增加一倍,还增加了一个定时/计数器和一个中断源。

(3) 80C31 /80C51 /87C51BH 是 8051 子系列的 CHMOS 工艺芯片;80C32 /80C52 /87C52 是 8052 子系列的 CHMOS 工艺芯片。二者芯片内的配置和功能兼容。

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产,一种是 HMOS 工艺,即高密度短沟道

MOS 工艺;另一种是 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。芯片型号中带有“C”的,均为 CHMOS 工艺芯片,其特点是低功耗。另外,87C51 还带有二级程序存储器保密系统,可防止非法拷贝程序。

表 1-1 Intel 公司 51 系列单片机

| 系列 | 型号 | 片内存储器 | | 片外存储器直接寻址范围 | | I/O 口线 | | 中断源 | 定时/计数器/(个×位) | 封装 DIP | 其他 |
|------------------|---------|------------------|-----|-------------|----------|--------|------|-----|--------------|-----------|-------|
| | | ROM/ EPROM/KB | RAM | RAM/KB | EPROM/KB | 并行 | 串行 | | | | |
| MCS-51 (8 位机) | 8051 | 4K | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | |
| | 8751 | 4K | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | |
| | 8031 | — | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | |
| | 8052AH | 8K | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | |
| | 8752AH | 8K | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | |
| | 8032AH | — | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | |
| | 80C51BH | 4K | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | CHMOS |
| | 80C31BH | — | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | CHMOS |
| | 87C51BH | 4K | 128 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 5 | 2×16 | 40 | CHMOS |
| | 80C52 | 8K | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | CHMOS |
| | 87C52 | 8K | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | CHMOS |
| | 83C52 | — | 256 | 64 K | 64 K | 32 | UART | 6 | 3×16 | 40 | CHMOS |

1.2.2 与 MCS-51 系列兼容的单片机

从 Intel 公司推出 MCS-51 系列高档 8 位单片机至今 20 多年来,51 系列单片机经久不衰,并得到了极其广泛的应用。世界上很多半导体公司都生产以 8051 为内核的单片机,如 ATMEL 公司的 AT89/AT87 系列、PHILIPS 公司的 P89/P87 系列、SST 公司的 STC89/87 系列单片机。世界上各大公司所生产的 51 系列单片机均有多种型号的产品,各大公司通常以 8XC51 来命名 51 系列单片机。其中

$$X = \begin{cases} 0 & \text{掩膜 ROM} \\ 7 & \text{EPROM/OTPROM} \\ 9 & \text{Flash ROM} \end{cases}$$

在众多的 51 单片机系列中,AT89 系列单片机在我国得到了极其广泛的应用,越来越受到人们的瞩目。

AT89 系列单片机是美国 ATMEL 公司的 8 位 Flash 单片机产品。它的最大特点是在片内含有 Flash 存储器。Flash 存储器是一种可以电擦除和电写入的闪速存储器(简记为 FPEROM),在系统的开发过程中易于进行程序的修改,便于开发调试。ATMEL89 系列单片机有许多型号,可分为标准型号、低档型号和高档型号三类。

1) 低档型单片机

低档型单片机包括 AT89C1051 和 AT89C2051 两种型号,为 20 引脚封装的产品,除并行

I/O 端口数较少之外,其他部件结构基本和 AT89C51 差不多,由于比标准型的 40 引脚少很多,功能较标准型 AT89C51 要弱,但体积的减小使其应用更加灵活。

2) 标准型单片机

标准型 89 系列单片机是以 8051 为内核,与 8051 系列单片机兼容。其内部含有 4 KB 或 8 KB 可重复编程的 Flash 存储器,可进行 1000 次擦写操作。全静态工作频率为 0~33 MHz,有三级程序存储器加密锁定,内部含有 128~256 B 的 RAM、32 条可编程的 I/O 端口、2~3 个 16 位定时/计数器、6~8 级中断,此外有通用串行接口、低电压空闲模式及掉电模式。

AT89 系列标准型单片机有 4 种型号,分别为 AT89C51、AT89LV51、AT89C52、AT89LV52,其中 AT89C51 和 AT89C52 直接与 8051 系列兼容,相当于将 8051、8052 中的 4 KB、8 KB ROM 换成相应数量的 Flash 存储器,其余结构、供电电压、引脚数量及封装均相同,使用时可直接替换。AT89LV51 是 AT89C51 低电压型号,可以在 2.7~6 V 的电压范围内工作,其他功能和 89C51 相同。

标准型 89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机在使用中可以直接替代。

3) 高档型单片机

高档型单片机有 AT89S51、AT89S52、AT89S53、AT89S8252 等型号,其中 AT89S51 有 4 KB 可下载 Flash 存储器,AT89S52、AT89S8252 有 8 KB 可下载 Flash 存储器,AT89S53 有 12 KB 可下载 Flash 存储器。下载功能是由 IBM 微型计算机通过 89 系列单片机的串行外围接口 SPI 实现的。

高档型单片机在标准型单片机的基础上增加了以下一些功能:

- ◆ 含有 9 个中断响应的能力;
- ◆ 含标准型和低档型所不具有的 SPI 接口;
- ◆ 含有 Watchdog 定时器;
- ◆ 含有双数据指针;
- ◆ 从电源下降的中断恢复;
- ◆ AT89S8252 除含有 8 KB Flash 存储器外,还含有一个 2 KB 的 EEPROM,从而提高了存储容量。

AT89 系列单片机常用特性见表 1-2。

表 1-2 AT89 系列单片机常用特性

| 型 号 | Flash ROM/B | EEPROM | RAM/B | I/O 口线 | 16-bit Timers/个 | 串行口 | Watchdog | SPI | 10-bit A/D |
|---------|-------------|--------|-------|--------|-----------------|------|----------|-----|------------|
| 89C1051 | 1 K | — | 64 | 15 | 1 | 无 | — | — | — |
| 89C2051 | 2 K | — | 128 | 15 | 2 | UART | — | — | — |
| 89C51 | 4 K | — | 128 | 32 | 2 | UART | — | — | — |
| 89C52 | 8 K | — | 256 | 32 | 3 | UART | — | — | — |
| 89S51 | 4 K | — | 128 | 32 | 2 | UART | Yes | — | — |
| 89S52 | 8 K | — | 256 | 32 | 3 | UART | Yes | — | — |
| 89S53 | 12 K | — | 256 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | — |
| 89S8252 | 8 K | 2 KB | 256 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | — |

续表

| 型 号 | Flash ROM/KB | EEPROM | RAM/KB | I/O 口线 | 16-bit Timers/个 | 串行口 | Watchdog | SPI | 10-bit A/D |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|-----------------|------|----------|-----|------------|
| 89S8253 | 12 K | 2 KB | 256 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | — |
| 89C51 R C 2 | 32 K | — | 1280 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | — |
| 89C51 R D 2 | 64 K | — | 2048 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | — |
| 89C51 A C 2 | 32 K | 2 KB | 1280 | 34 | 3 | UART | Yes | Yes | 8 路 |
| 89C51 A C 3 | 64 K | 2 KB | 2304 | 32 | 3 | UART | Yes | Yes | 8 路 |

目前,各大公司所生产的 51 系列单片机既有标准型,又有增强型。增强型是在 51 系列单片机的基础上,又集成了许多新功能,如加大存储器容量,加入串行外围接口 SPI、Watchdog 定时器、A/D 转换器,提高时钟频率,低电压、低功耗等。尽管世界上各大公司所生产的 51 系列单片机差别各异,并有许多派生機種,但基本硬件组成和指令系统仍然与 MCS-51 系列单片机兼容,因此,本书以 MCS-51 系列单片机为样机,就 MCS-51 系列单片机的硬件结构、原理、指令系统、接口技术及应用技术进行详细讨论。

1.3 计算机中的数与编码

计算机最基本的功能是进行数的计算和处理。数在微型计算机中是以器件的物理状态来表示的,为了使数的表示更为方便和可靠,在计算机中主要采用二进制数字系统。或者说,计算机只识别二进制数,即计算机要处理的所有的数,都要用二进制数字来表示;所有的字母、符号亦都要用二进制编码来表示。

1.3.1 计算机中数的表示方法

计算机中常用的数制有 3 种:二进制、十进制和十六进制。其中,只有二进制数是计算机能直接处理的,但二进制数的表达过于繁杂,因此引入十六进制数,而十进制是人们最熟悉的数制。这 3 种数制在计算机中经常使用。

1. 十进制数

一个十进制数有以下两个主要特点。

(1) 它有十个不同的数字符号,即 0, 1, 2, …, 8, 9。

(2) 它是逢“十”进位的。因此,同一个数字符号在不同的位置(或数位)代表的数值是不同的。如在 999.99 这个数中,小数点左面第一位的 9 代表个位,就是它本身的数值 9;小数点左面第二位的 9 代表十位,它的值为 9×10^1 ;左面第三位的 9 代表百位,它的值为 9×10^2 ;而小数点右面第一位的 9,它的值为 9×10^{-1} ;右面第二位的 9,它的值为 9×10^{-2} ;……所以,这个数可以写成

$$999.99 = 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

一般地说,任意一个十进制数 A,都可以表示为:

$$A = A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + A_1 \times 10^1 + A_0 \times 10^0 + A_{-1} \times 10^{-1} + A_{-2} \times 10^{-2} + \dots + A_{-m} \times 10^{-m}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} A_i \times 10^i$$

其中, i 表示数的某一位; A_i 表示第 i 位的数码, 它可以是 $0 \sim 9$ 中的任意一个, 由具体的数 A 确定; n 和 m 为正整数, n 为小数点左面的位数, m 为小数点右边的位数。式中 10 就称为计数制的底数(或称为基数), 所以, 它是十进制数。

2. 二进制数

与十进制数类似, 它也有以下两个主要特点。

(1) 它的数值部分, 只需用两个符号 0 和 1 表示。

(2) 它是逢“二”进位的。因此, 数字符号数在不同的数位所代表的值也是不同的。例如:

$$(1001)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 = (8+1)_{10} = (9)_{10}$$

$$(11011.101)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (27.625)_{10}$$

一般地说, 任意一个二进制数 B 都可以表示为:

$$\begin{aligned} B &= B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \\ &\quad B_{-2} \times 2^{-2} + \dots + B_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} B_i \times 2^i \end{aligned}$$

其中, B_i 只能取 1 或 0, 由具体的数 B 确定; n 、 m 为正整数, n 为小数点左面的位数, m 为小数点右面的位数。2 是计数制的基数, 故称为二进制。

3. 十六进制数

十六进制数也有以下两个主要特点。

(1) 它用 16 个不同的数码符号 $0 \sim 9$ 及 A、B、C、D、E、F 来表示数值, 它与十进制和二进制数之间的关系如表 1-3 所示。

(2) 它是逢“十六”进位的。因此, 数码在不同的数位所表示的值是不同的。例如:

$$(327)_{16} = 3 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = (807)_{10}$$

$$\begin{aligned} (3AB.11)_{16} &= 3 \times 16^2 + A \times 16^1 + B \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} \\ &= (939.0664)_{10} \end{aligned}$$

所以, 一个任意的十六进制数 D 可以表示为:

$$\begin{aligned} D &= D_{n-1} \times 16^{n-1} + D_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + D_1 \times 16^1 + D_0 \times 16^0 + \\ &\quad D_{-1} \times 16^{-1} + \dots + D_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} D_i \times 16^i \end{aligned}$$

其中, D_i 可取 $0 \sim F$ 之间的值, 取决于数值 D ; n 、 m 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数; 16 为计数制的基数, 故称为十六进制。

表 1-3 二进制、十进制、十六进制数码对照表

| 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 | 0 | 0000 | 9 | 9 | 1001 |
| 1 | 1 | 0001 | 10 | A | 1010 |
| 2 | 2 | 0010 | 11 | B | 1011 |