



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 机电一体化技术专业

# 单片机与 可编程控制器 应用技术

· 陈富安 主 编 · 朱运利 申 毅 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·机电一体化技术专业

# 单片机与可编程控制器 应用技术

陈富安 主编

朱运利 申 毅 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书共分三篇十一章, 主要内容包括: 单片机结构和原理, 单片机指令系统与接口技术, 单片机系统的扩展; 可编程控制器的基本知识和工作原理, 几种主要可编程控制器产品简介; 单片机应用系统和可编程控制器应用实例以及单片机和可编程控制器实验。

本书体现了理论够用、重在实践的特点, 注重理论联系实际, 实用性强, 浅显易懂, 便于学习和掌握。

本书既可作为高职高专的教材, 也可供从事运行与控制专业工作和相关专业的技术人员参考与自学。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机与可编程控制器应用技术/陈富安主编. —北京: 电子工业出版社, 2003.8

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材. 机电一体化技术专业

ISBN 7-5053-8753-7

I. 单… II. 陈… III. ①单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP368.1 ②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 068155 号

责任编辑: 吕 迈 特约编辑: 王银彪

印 刷: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18 字数: 461 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 22.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。  
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

## 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

|              |                |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院    | 广州大学科技贸易技术学院   |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院     |
| 江西蓝天职业技术学院   | 江西工业工程职业技术学院   |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院     |
| 保定职业技术学院     | 广东轻工职业技术学院     |
| 安徽职业技术学院     | 西安理工大学         |
| 杭州中策职业学校     | 辽宁大学高职学院       |
| 黄石高等专科学校     | 天津职业大学         |
| 天津职业技术师范学院   | 天津大学机械电子学院     |
| 福建工程学院       | 九江职业技术学院       |
| 湖北汽车工业学院     | 包头职业技术学院       |
| 广州铁路职业技术学院   | 北京轻工职业技术学院     |
| 台州职业技术学院     | 黄冈职业技术学院       |
| 重庆工业高等专科学校   | 郑州工业高等专科学校     |
| 济宁职业技术学院     | 泉州黎明职业大学       |
| 四川工商职业技术学院   | 浙江财经学院信息学院     |
| 吉林交通职业技术学院   | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院    | 南京金陵科技学院       |
| 天津滨海职业技术学院   | 无锡职业技术学院       |
| 杭州职业技术学院     | 西安科技学院         |
| 重庆职业技术学院     | 西安电子科技大学       |
| 重庆工业职业技术学院   | 河北化工医药职业技术学院   |

石家庄信息工程职业学院  
三峡大学职业技术学院  
桂林电子工业学院高职学院  
桂林工学院  
南京化工职业技术学院  
湛江海洋大学海滨学院  
江西工业职业技术学院  
江西渝州科技职业学院  
柳州职业技术学院  
邢台职业技术学院  
漯河职业技术学院  
太原电力高等专科学校  
苏州工商职业技术学院  
金华职业技术学院  
河南职业技术师范学院  
新乡师范高等专科学校  
绵阳职业技术学院  
成都电子机械高等专科学校  
河北师范大学职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
常州机电职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院  
安徽电子信息职业技术学院  
浙江工商职业技术学院  
河南机电高等专科学校  
深圳信息职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
湖南信息职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
沈阳电力高等专科学校  
温州职业技术学院  
温州大学  
广东肇庆学院  
湖南铁道职业技术学院  
宁波高等专科学校  
南京工业职业技术学院  
浙江水利水电专科学校  
成都航空职业技术学院  
吉林工业职业技术学院  
上海新侨职业技术学院  
天津渤海职业技术学院  
驻马店师范专科学校  
郑州华信职业技术学院  
浙江交通职业技术学院

# 前 言

本书是电子工业出版社策划、组织编写的高职高专运行与控制类专业系列教材之一。在本书编写过程中,作者总结了多年的教学实践经验,本着“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”的原则,力求简单易懂、精炼实用,以充分体现高职高专教育的特点。

单片机技术和可编程控制器技术是实用性很强的专业课,也是从事运行与控制类专业工作的技术人员不可缺少的重要技能。本书在内容的安排上充分体现了理论够用、重在实践的特点,基本概念叙述准确,基本原理简单明了,并以浅显易懂、有趣实用的例子,介绍了单片机和可编程控制器的应用、开发方法,便于学习和掌握。

全书内容分为3篇:

第1篇单片机技术(第1~6章)。以MCS-51系列单片机为基础,从外部引线和应用方法入手,由表及里,系统介绍了单片机的基本结构、指令系统、汇编语言程序设计、系统扩展技术和系统接口技术。每章配有比较实际的例题、习题与思考题,便于课堂教学与自学。

第2篇可编程控制器技术(第7~9章)。以比较典型、实用的三菱FX系列和西门子S7-200系列小型PLC为例,介绍了可编程控制器的基本原理、组成结构和编程使用方法。书中例题、习题由浅入深,简单实际,培养兴趣;既可作课堂教学及书面练习,也可供上机实际操作。

第3篇应用与实训(第10~12章)。以工程实践为背景,详细介绍了两个单片机应用系统实例和两个可编程控制器应用系统设计实例;配有10个单片机实验,5个可编程控制器实验。实验以操作训练为目的,培养学生的基本动手能力。应用实例以系统性、实用性为主,培养学生的综合分析、应用能力,也可作为本课程的综合实训项目使用。

本书由陈富安主编,并编写了第1,4,7,10,11章,朱运利编写了第2,3章,申毅编写了第8章,杨雯编写了第5,6章,郭广灵编写了第9,12章。全书由陈富安统稿、定稿。

由于时间紧迫和编者水平有限,书中的错误和缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2003年5月



## Contents

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第 1 篇 单片机技术             | (1)  |
| 第 1 章 绪论                | (1)  |
| 1.1 概述                  | (1)  |
| 1.1.1 单片机的产生与发展         | (1)  |
| 1.1.2 MCS-51 系列单片机产品简介  | (3)  |
| 1.1.3 单片机的应用领域          | (4)  |
| 1.2 MCS-51 系列单片机外形引脚及功能 | (5)  |
| 1.3 单片机应用与开发            | (6)  |
| 1.3.1 单片机应用系统           | (6)  |
| 1.3.2 单片机开发(仿真)系统       | (8)  |
| 本章小结                    | (9)  |
| 思考与练习题 1                | (10) |
| 第 2 章 MCS-51 单片机结构和原理   | (11) |
| 2.1 MCS-51 系列单片机结构      | (11) |
| 2.2 MCS-51 存储器配置        | (12) |
| 2.2.1 程序存储器             | (13) |
| 2.2.2 片内数据存储器           | (13) |
| 2.2.3 片外数据存储器           | (17) |
| 2.3 输入/输出端口结构           | (18) |
| 2.3.1 P1 口              | (18) |
| 2.3.2 P3 口              | (18) |
| 2.3.3 P2 口              | (18) |
| 2.3.4 P0 口              | (19) |
| 2.4 时钟信号及复位电路           | (19) |
| 2.4.1 时钟电路及 CPU 的工作时序   | (19) |
| 2.4.2 复位电路              | (22) |
| 2.5 定时/计数器              | (23) |
| 2.5.1 相关专用寄存器           | (23) |
| 2.5.2 定时/计数器的工作方式       | (24) |
| 2.6 中断系统                | (27) |
| 2.6.1 中断的概念             | (27) |



|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| 2.6.2 MCS-51 的中断系统结构 .....        | (28)        |
| 2.6.3 中断响应 .....                  | (30)        |
| 2.6.4 中断返回 .....                  | (31)        |
| 本章小结 .....                        | (32)        |
| 思考与练习题 2 .....                    | (32)        |
| <b>第 3 章 MCS-51 单片机指令系统 .....</b> | <b>(34)</b> |
| 3.1 指令格式与寻址方式 .....               | (35)        |
| 3.1.1 指令格式 .....                  | (35)        |
| 3.1.2 寻址方式 .....                  | (35)        |
| 3.1.3 指令系统表示符 .....               | (36)        |
| 3.2 MCS-51 指令系统 .....             | (36)        |
| 3.2.1 数据传送类指令 .....               | (36)        |
| 3.2.2 算术运算类指令 .....               | (38)        |
| 3.2.3 逻辑运算类指令 .....               | (40)        |
| 3.2.4 控制转移类指令 .....               | (42)        |
| 3.2.5 位操作类指令 .....                | (44)        |
| 3.3 常用伪指令 .....                   | (46)        |
| 本章小结 .....                        | (51)        |
| 思考与练习题 3 .....                    | (51)        |
| <b>第 4 章 汇编语言程序设计 .....</b>       | <b>(53)</b> |
| 4.1 概述 .....                      | (53)        |
| 4.1.1 机器语言 .....                  | (53)        |
| 4.1.2 汇编语言 .....                  | (53)        |
| 4.1.3 高级语言 .....                  | (54)        |
| 4.2 简单程序设计 .....                  | (54)        |
| 4.2.1 简单运算程序 .....                | (54)        |
| 4.2.2 分支程序 .....                  | (55)        |
| 4.2.3 循环程序 .....                  | (56)        |
| 4.2.4 代码转换程序 .....                | (58)        |
| 4.2.5 查表程序 .....                  | (59)        |
| 4.3 子程序 .....                     | (61)        |
| 4.3.1 子程序及其结构 .....               | (61)        |
| 4.3.2 子程序举例 .....                 | (62)        |
| 4.4 中断服务程序 .....                  | (64)        |
| 4.4.1 中断服务程序及其结构 .....            | (64)        |
| 4.4.2 中断服务程序举例 .....              | (67)        |
| 本章小结 .....                        | (69)        |
| 思考与练习题 4 .....                    | (69)        |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第5章 单片机系统的扩展</b> .....     | (70)  |
| 5.1 最小应用系统与系统总线扩展 .....       | (70)  |
| 5.1.1 最小应用系统 .....            | (70)  |
| 5.1.2 系统总线的扩展 .....           | (71)  |
| 5.2 存储器的扩展 .....              | (72)  |
| 5.2.1 程序存储器的扩展 .....          | (72)  |
| 5.2.2 数据存储器的扩展 .....          | (77)  |
| 5.3 输入/输出 (I/O) 口的扩展 .....    | (78)  |
| 本章小结 .....                    | (84)  |
| 思考与练习题 5 .....                | (85)  |
| <b>第6章 单片机接口技术</b> .....      | (86)  |
| 6.1 开关量 I/O 接口 .....          | (86)  |
| 6.1.1 光电隔离开关量输入 (DI) 接口 ..... | (86)  |
| 6.1.2 光电隔离开关量输出 (DO) 接口 ..... | (88)  |
| 6.2 显示器与键盘接口 .....            | (89)  |
| 6.2.1 显示器接口 .....             | (89)  |
| 6.2.2 键盘接口电路及其编程 .....        | (93)  |
| 6.3 模拟量 I/O 接口 .....          | (96)  |
| 6.3.1 A/D 转换器及其接口 .....       | (97)  |
| 6.3.2 D/A 转换器及其接口技术 .....     | (101) |
| 6.4 串行通信接口 .....              | (104) |
| 6.4.1 通信的基本概念 .....           | (104) |
| 6.4.2 MCS-51 串行接口 .....       | (104) |
| 6.4.3 串行口的应用 .....            | (109) |
| 本章小结 .....                    | (112) |
| 思考与练习题 6 .....                | (113) |
| <b>第2篇 可编程控制器技术</b> .....     | (114) |
| <b>第7章 可编程控制器概述</b> .....     | (114) |
| 7.1 可编程控制器的基本知识 .....         | (114) |
| 7.1.1 可编程控制器的产生和发展 .....      | (114) |
| 7.1.2 可编程控制器的定义和特点 .....      | (116) |
| 7.1.3 可编程控制器的性能指标和分类 .....    | (116) |
| 7.1.4 可编程控制器的应用领域 .....       | (117) |
| 7.2 可编程控制器的基本原理 .....         | (118) |
| 7.2.1 可编程控制器的基本结构 .....       | (118) |
| 7.2.2 可编程控制器的工作原理 .....       | (121) |
| 7.2.3 编程语言 .....              | (122) |

2007/08



|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| 7.3 可编程控制器产品简介 .....                       | (124)        |
| 7.3.1 日本三菱 (MITSUBISHI) 公司 PLC 产品简介 .....  | (124)        |
| 7.3.2 德国西门子 (SIEMENS) 公司 PLC 产品简介 .....    | (126)        |
| 7.3.3 欧姆龙 (OMRON) 公司 PLC 产品简介 .....        | (127)        |
| 本章小结 .....                                 | (128)        |
| 思考与练习题 7 .....                             | (128)        |
| <b>第 8 章 三菱 FX 系列 PLC 结构与编程 .....</b>      | <b>(130)</b> |
| 8.1 三菱 FX 系列 PLC 概述 .....                  | (130)        |
| 8.1.1 外部结构及系统组成 .....                      | (130)        |
| 8.1.2 主单元端子接线及技术规格 .....                   | (131)        |
| 8.2 三菱 FX 系列 PLC 编程元件 .....                | (134)        |
| 8.3 三菱 FX 系列 PLC 指令与编程 .....               | (144)        |
| 8.3.1 基本指令 .....                           | (144)        |
| 8.3.2 步进指令 STL, RET .....                  | (150)        |
| 8.3.3 功能指令 .....                           | (153)        |
| 8.3.4 编程举例 .....                           | (171)        |
| 8.4 特殊功能模块简介 .....                         | (173)        |
| 8.4.1 用于模拟量输入、输出处理模块 .....                 | (174)        |
| 8.4.2 用于快速定位控制模块 .....                     | (175)        |
| 8.4.3 用于数据通信的特殊功能模块 .....                  | (176)        |
| 8.4.4 人-机界面特殊功能块 FX-20DU .....             | (176)        |
| 本章小结 .....                                 | (177)        |
| 思考与练习题 8 .....                             | (177)        |
| <b>第 9 章 西门子 S7-200 系列 PLC 结构与编程 .....</b> | <b>(179)</b> |
| 9.1 西门子 S7-200 系列 PLC 组成及性能 .....          | (179)        |
| 9.1.1 S7-200 编程系统的结构 .....                 | (179)        |
| 9.1.2 S7-200 的主要组成及性能 .....                | (179)        |
| 9.2 S7-200 系列 PLC 指令系统 .....               | (183)        |
| 9.2.1 编程语言 .....                           | (183)        |
| 9.2.2 位逻辑指令 .....                          | (183)        |
| 9.2.3 定时器及计数器指令 .....                      | (186)        |
| 9.2.4 程序控制指令 .....                         | (190)        |
| 9.2.5 传送和比较指令 .....                        | (193)        |
| 9.2.6 逻辑操作指令 .....                         | (194)        |
| 9.2.7 移位和循环移位指令 .....                      | (196)        |
| 9.2.8 数学运算指令 .....                         | (198)        |
| 9.2.9 高速计数器指令 .....                        | (203)        |
| 9.2.10 编程举例 .....                          | (209)        |



|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 9.3 编程软件 STEP7-Micro/WIN32 ..... | (212)        |
| 9.3.1 显示界面及各部分功能 .....           | (212)        |
| 9.3.2 编程方法 .....                 | (215)        |
| 9.4 S7-200 通信及网络 .....           | (219)        |
| 9.4.1 字符数据格式 .....               | (219)        |
| 9.4.2 网络层次结构 .....               | (219)        |
| 9.4.3 通信类型及协议 .....              | (220)        |
| 9.4.4 通信设备 .....                 | (221)        |
| 本章小结 .....                       | (223)        |
| 思考与练习题 9 .....                   | (223)        |
| <b>第 3 篇 应用与实训 .....</b>         | <b>(224)</b> |
| <b>第 10 章 单片机应用系统实例 .....</b>    | <b>(224)</b> |
| 10.1 两坐标步进电机控制系统 .....           | (224)        |
| 10.1.1 系统工作原理 .....              | (224)        |
| 10.1.2 单片机硬件控制电路 .....           | (225)        |
| 10.1.3 控制软件 .....                | (226)        |
| 10.1.4 系统设计特点 .....              | (231)        |
| 10.2 单片机温度控制系统 .....             | (232)        |
| 10.2.1 控制要求 .....                | (232)        |
| 10.2.2 控制方案 .....                | (232)        |
| 10.2.3 硬件设计 .....                | (233)        |
| 10.2.4 软件设计 .....                | (234)        |
| 本章小结 .....                       | (245)        |
| 思考与练习题 10 .....                  | (246)        |
| <b>第 11 章 可编程控制器应用实例 .....</b>   | <b>(247)</b> |
| 11.1 交通信号灯控制系统设计 .....           | (247)        |
| 11.1.1 控制要求 .....                | (247)        |
| 11.1.2 PLC 选型及 I/O 接线 .....      | (248)        |
| 11.1.3 I/O 地址定义表 .....           | (248)        |
| 11.1.4 控制程序设计 .....              | (248)        |
| 11.2 机械手控制系统设计 .....             | (250)        |
| 11.2.1 控制要求 .....                | (250)        |
| 11.2.2 输入/输出分析 .....             | (250)        |
| 11.2.3 控制程序容量估计 .....            | (251)        |
| 11.2.4 PLC 选型及 I/O 接线 .....      | (251)        |
| 11.2.5 I/O 地址定义表 .....           | (251)        |
| 11.2.6 控制程序设计 .....              | (251)        |



|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| 11.2.7 选用其他 PLC 产品实现控制 .....               | (253)        |
| 本章小结 .....                                 | (253)        |
| 思考与练习题 11 .....                            | (255)        |
| <b>第 12 章 实验与实训 .....</b>                  | <b>(256)</b> |
| 12.1 单片机实验 .....                           | (256)        |
| 12.1.1 实验一 存储器块清零 .....                    | (256)        |
| 12.1.2 实验二 P1 口输入、输出实验 .....               | (257)        |
| 12.1.3 实验三 交通灯控制 .....                     | (258)        |
| 12.1.4 实验四 用 74LS273 扩展 I/O 口实验 .....      | (259)        |
| 12.1.5 实验五 串行数转换成并行数实验 .....               | (260)        |
| 12.1.6 实验六 计数器实验 .....                     | (262)        |
| 12.1.7 实验七 急救车与交通灯 .....                   | (262)        |
| 12.1.8 实验八 8255 输入、输出实验 .....              | (263)        |
| 12.1.9 实验九 七段数码管显示 .....                   | (265)        |
| 12.1.10 实验十 键盘扫描显示实验 .....                 | (267)        |
| 12.2 可编程控制器实验 .....                        | (269)        |
| 12.2.1 实验一 可编程控制器编程软件使用 .....              | (269)        |
| 12.2.2 实验二 彩灯实验 .....                      | (269)        |
| 12.2.3 实验三 交通信号灯实验 .....                   | (270)        |
| 12.2.4 实验四 三相异步电动机的 Y- $\Delta$ 启动实验 ..... | (270)        |
| 12.2.5 实验五 电梯控制 .....                      | (271)        |
| 本章小结 .....                                 | (272)        |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>(273)</b> |

# 第 1 篇 单片机技术

## 第 1 章 绪 论



### 内容提要

本章将概括地介绍什么是单片机，MCS-51 系列单片机的型号特征和外观结构，并以一个简单实例说明了如何构成单片机应用系统，并简要叙述了单片机开发(仿真)的基本知识。

## 1.1 概述

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 简称单片机，是指集成在一块芯片上的计算机。它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、重量轻、价格低等优点，在许多行业都得到了广泛的应用。在机械电子、航空航天、冶金采矿以及家用电器等许多领域，单片机都发挥了巨大的作用。

### 1.1.1 单片机的产生与发展

为了弄清楚什么是单片机，其产生、发展情况如何，以及它与其他计算机有何联系，我们先从电子计算机的发展与组成谈起。

电子计算机的产生至今已经有 50 多年的历史，随着这项技术的不断发展，其类型、品种在不断增多，功能在不断增强，性能在不断提高。但无论是哪种类型的电子计算机都是由运算器、存储器、控制器、输入部件和输出部件这五大部分组成的，其组成结构如图 1.1 所示。

早期的电子计算机是用电子管电路实现的，后来随着电子技术的不断发展，逐步由晶体管、集成电路所取代，特别是 1967 年大规模集成电路 (LSI) 的出现，更进一步推动了电子计算机的发展。1970 年人们将运算器和控制器这两部分电路集成在一块芯片上形成了中央处理单元 CPU (Central Processing Unit)，以这种 CPU 为核心，配上存储器、输入输出接口等外围电路，从而形成了电子计算机的一个新的分支——微型计算机 (Micro Computer)，而 CPU 是微型计算机的处理核心，因此也被称之为微处理器 MPU (Micro Processing Unit)。

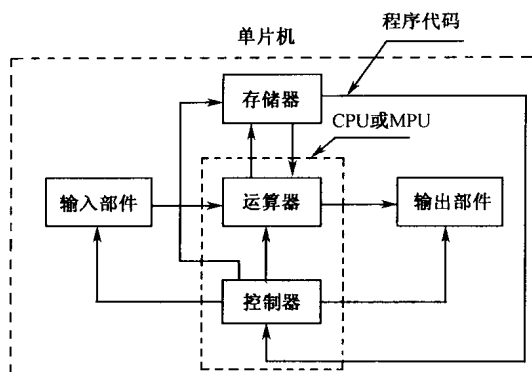


图 1.1 电子计算机的组成结构

为了进一步缩小电子计算机的体积，1971 年采用大规模集成电路（VLSI）技术将运算器、存储器、控制器和输入 / 输出接口等电路全部集成在一块芯片上，这样所形成的微型计算机叫单片微型计算机（Single Chip Microcomputer），简称单片机。

由于单片机是集成在一块芯片上的计算机，具有体积小、重量轻、可靠性高、抗干扰能力强等特点，因此更适合应用于恶劣环境和工业控制领域，在其后来的发展过程中着重扩展了各种控制功能，如位寻址、A/D、WDT 等，从而使单片机与一般的微机之间形成了较大的区别，具有较强的控制功能和系统扩展功能，所以也有人将单片机称之为微控制器 MCU（Micro Controller Unit）。

自 1971 年 Intel 公司研制出第一块单片机以来，其发展十分迅速，归纳起来，大致分为以下几个阶段。

（1）试验阶段：1971 年 11 月，Intel 公司设计出了 4 位微处理器产品 Intel 4004，所不同的是在芯片内配有 RAM、ROM 和移位寄存器，其功能虽不太完善，但结构简单，价格便宜，具有明显的竞争优势，由此吸引了众多的公司竞相研制，分别开发出 50 多个系列 300 多个品种的单片机产品。

（2）实用阶段：以 Intel 公司 1976 年推出的 MCS-48 系列单片机为代表，其特点是总线宽度为 8 位，无串行 I/O 口，片内 ROM（2KB）和 RAM（128B）容量较小，寻址范围不大于 4KB，定时/计数器为 8 位，指令功能和中断处理功能都较简单，广泛应用于微机键盘中。

（3）完善阶段：以 Intel 公司 1978 年推出的 MCS-51 系列单片机为代表，虽然其总线宽度仍为 8 位，但增加了串行 I/O 口，其片内 ROM（8KB）和 RAM（256B）容量增大，寻址空间可达 64KB，具有多个 16 位的定时/计数器，指令功能及中断处理功能有所增强，增加了位处理功能，更适合用做逻辑控制。由于该系列单片机功能比较完善，结构简单，性能价格比较高，因此得到了广泛的应用。类似产品有 Motorola 公司的 M6801, 6802, 6803, Zilog 公司的 Z-8 系列，华邦的 W78C51 系列，ATMEL 的 89C51 系列等。

（4）增强阶段：以 Intel 公司 1982 年推出的 MCS-96 系列为代表，除采用 16 位总线外，还增加了多路 A/D 转换、PWM 脉宽调制输出、监视定时器 WDT（看门狗 WATCH DOG TIMER）、高速 I/O 等功能，各项性能指标均有较大的提高，在高档智能化仪表、彩色复印机、录像机等领域得到了较好的应用。但是，由于其结构相对复杂，所以在简单系统中应用较少。



(5) 普及阶段：自 1990 年以来，单片机被广泛应用于各个领域，随着其应用的不断普及，刺激了更多的半导体公司参与这项竞争。除 Intel 公司之外，Philips, Siemens, Atmel, Dallas, Microchip 等公司也都先后推出了具有高速度、低功耗、大容量、小体积、功能全、价格低等特色的单片机产品。特别是 Atmel 公司推出的 89C51 系列单片机，内含 4KB~20KB 的闪速存储器（Flash ROM 即电可擦除只读存储器 E<sup>2</sup>PROM），并具有三级程序存储器保密机制，给我们使用和编程带来了极大的方便。

目前，单片机一方面朝着高性能、网络化、在线编程的通用型方向发展，另一方面朝着针对性强、简单易用、价格低廉的专用型方向发展。可以预见，随着新的单片机品种的不断出现，其应用范围将更加广泛。

### 1.1.2 MCS-51 系列单片机产品简介

尽管目前单片机品种很多，但是最具有代表性而且应用最为广泛的当属 MCS-51 系列单片机。因此，本书以 MCS-51 系列单片机为研究对象，介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。

MCS 是 Microcomputer System 的英文缩写，MCS-51 是 Intel 公司生产的单片机的一个系列名称，而目前所说的 MCS-51 系列单片机，既包括 Intel 公司生产的 8031, 8051, 8751 等产品，也包括 Philips, Siemens, Dallas, Winbond（华邦），Atmel 等公司推出的以 80C51 为核心的并与 MCS-51 兼容的单片机，其主要性能指标如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类表

| 系列     | 型 号   |       |       |                     | 片内 ROM | 片内 RAM | 定时器 / 计数器 | 串行口 | 中 断 | I/O 引脚 | 速度 MHz | 其他 特点        |
|--------|-------|-------|-------|---------------------|--------|--------|-----------|-----|-----|--------|--------|--------------|
|        | 无 ROM | ROM   | EPROM | E <sup>2</sup> PROM |        |        |           |     |     |        |        |              |
| 51 子系列 | 8031  | 8051  | 8751  |                     | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 5   | 32     | 12     |              |
|        | 80C31 | 80C51 | 87C51 |                     | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 5   | 32     | 12     | CHMOS        |
|        |       |       |       | 89C51               | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 6   | 32     | 24     | CHMOS        |
|        |       |       |       | 89LV51              | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 6   | 32     | 12     | CHMOS, 低电压   |
|        |       |       |       | 89C1051             | 1KB    | 128B   | 1         | 1   | 3   | 15     | 24     | CHMOS, 20 引脚 |
|        |       |       |       | 89C2051             | 2KB    | 128B   | 2         | 1   | 6   | 15     | 24     | CHMOS, 20 引脚 |
|        |       |       |       | 89C4051             | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 6   | 15     | 24     | CHMOS, 20 引脚 |
|        |       |       |       | 89S51               | 4KB    | 128B   | 2         | 1   | 6   | 32     | 33     | WTD, 在线编程    |
| 52 子系列 | 8032  | 8052  | 8752  |                     | 8KB    | 256B   | 3         | 1   | 6   | 32     | 12     |              |
|        | 80C32 | 80C52 | 87C52 |                     | 8KB    | 256B   | 3         | 1   | 6   | 32     | 12     | CHMOS        |
|        |       |       |       | 89C52               | 8KB    | 256B   | 3         | 1   | 8   | 32     | 24     | CHMOS        |
|        |       |       |       | 89LV52              | 8KB    | 256B   | 3         | 1   | 8   | 32     | 12     | CHMOS, 低电压   |
|        |       |       |       | 89C55               | 20KB   | 256B   | 3         | 1   | 8   | 32     | 33     | CHMOS        |
|        |       |       |       | 89LV55              | 20KB   | 256B   | 3         | 1   | 8   | 32     | 33     | CHMOS, 低电压   |
|        |       |       |       | 89S53               | 12KB   | 256B   | 3         | 1   | 9   | 32     | 24     | WTD, 在线编程    |
|        |       |       |       |                     |        |        |           |     |     |        |        |              |

其中，80xx, 87xx 是 HMOS 工艺，功耗大，目前已基本淘汰；80Cxx, 87Cxx 是 CHMOS 工艺的低功耗产品，目前有一定用量；89Cxx 是以 Atmel 公司为主推出的低功耗、内含 Flash



ROM 的产品,是目前市场的主流。89Sxx是低功耗、内含 Flash ROM、具有 ISP (In-System Programmable) 功能的产品,将成为单片机发展的主要方向。

从表 1.1 可以看出,根据片内 ROM 可以将单片机产品分为:无 ROM, ROM, EPROM, E<sup>2</sup>PROM 四个类型。无 ROM 型的单片机必须外扩程序存储器;ROM 型单片机只能进行一次编程,适用于批量应用;EPROM 型为紫外线擦除,可多次编程;E<sup>2</sup>PROM (即 Flash ROM) 型为电可擦除,多次编程,使用起来最为方便。

此外, Siemens 公司型号为 C50xx, C51xx 的产品, Winbond (华邦) 公司型号为 W77xx, W78xx 的产品也都各具特色,详细信息请查阅有关资料。

### 1.1.3 单片机的应用领域

单片机的应用,主要是基于它的控制功能。由于单片机具有体积小、重量轻、耗电省、可靠性高、价格低等特点,所以特别适合应用于测量和控制领域,归纳起来可分为以下几个方面。

#### 1. 智能化仪器、仪表领域

目前各种变送器、电气测量仪表等普遍采用单片机系统替代传统的测量系统,使仪器仪表结构简化、稳定性提高,而且具有智能化和网络化的优点,如智能化温度巡检仪、智能化导航钻头、智能化电能表、智能化示波器等。

#### 2. 工业控制领域

在工业过程监测、过程控制、逻辑顺序控制、机电一体化等方面,单片机有着广阔的用武之地,如窑炉温度控制、液位控制、机床数控、机器人等。此外,可编程控制器 PLC 的控制核心一般也都是单片机。

#### 3. 汽车电子及航空、航天领域

由单片机构成集中显示系统、动力监控系统、自动驾驶系统及运行监视器(黑匣子)等。

#### 4. 办公自动化领域

在许多办公自动化产品中都使用了单片机,如复印机、传真机、考勤机、电话机以及微型计算机的键盘、硬盘驱动器、打印机等。

#### 5. 商业营销领域

在商业营销领域广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、仓库安全监测系统、保安报警系统、空调系统等都有单片机的用武之地。

#### 6. 家用电器领域

目前像空调、洗衣机、电冰箱、微波炉、电视机、录像机、VCD、音响等家用电器已经普遍采用单片机控制取代了传统的控制电路,从而极大程度地提高了家用电器的宜人性。