

高等职业学校教材

Gaodeng Zhiye Xuexiao Jiaocai

# 单片机 原理与应用

沈克永 罗中华 主 编  
罗木贵 张 华 副主编

高等职业学校教材

# 单片机原理与应用

沈克永 罗中华 主 编

罗木贵 张 华 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用 / 沈克永, 罗中华主编. —北京:  
人民邮电出版社, 2007.9  
高等职业学校教材  
ISBN 978-7-115-16660-9

I. 单… II. ①沈…②罗… 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 122538 号

## 内 容 提 要

本书以 MCS-51 系列单片机芯片为主, 深入浅出地讲述单片机原理、接口及其应用技术。主要内容包括单片机概述、MCS-51 系列单片机的硬件结构、MCS-51 单片机的指令系统、汇编语言程序设计、中断系统和定时器应用、串行通信接口及串行通信、单片机基本系统及扩展、单片机应用系统的设计。本书通过系统应用实例的方式, 对单片机应用系统的设计方法和步骤进行详细的介绍。

本书内容丰富, 通俗实用, 并在相应的章节后配有实训内容, 最后一章中配有综合实训, 特别适合高职高专院校及应用型本科院校的电子信息技术、工业自动化、计算机应用、电气工程及机电一体化专业的单片机课程的教材, 也可供从事单片机应用产品开发的工程技术人员参考。

高等职业学校教材

## 单片机原理与应用

◆ 主 编 沈克永 罗中华  
副 主 编 罗木贵 张 华  
责任编辑 赵慧君

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京华正印刷有限公司印刷  
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18  
字数: 432 千字 2007 年 9 月第 1 版  
印数: 1—3 000 册 2007 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16660-9/TP

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

## 编者的话

单片机作为嵌入式微控制器在工业测控、智能仪器和家用电器中得到了广泛应用。虽然单片机的种类很多,但 MCS-51 系列单片机仍是当前单片机的主流机型。本书以 MCS-51 系列单片机为主,系统全面地介绍单片机的原理与应用,深入浅出,循序渐进,力求在项目的选材与构建上结合实际应用,体现理论知识和实践能力并重,突出高职教育的特点。

单片机原理及应用是一门实践性、综合性很强的专业应用课程。作为单片机应用系统的开发应用人员,不仅要掌握单片机应用的基本原理和基本指令,还应具有单片机应用系统的硬件设计、综合分析与调试能力,较强的分析程序和编制程序的能力。也只有在应用项目的设计、分析与调试过程中不断演练,才能在实践中不断积累经验,提高单片机应用的各种能力。本书以培养学生的项目开发应用能力为目的,在介绍完单片机的基本知识和指令系统后,以实训的方式巩固课程内容,通过典型实训项目,使读者逐步成为熟练运用相关知识并掌握单片机应用系统的设计、调试技能的高级专业人才。

本书力图改变以往以理论教学为核心,以实验教学辅助理论教学的模式,按照教育教学的认识规律,采用更适合高职教育特点的“以专业技术应用能力培养为核心,以实践教学为主线”的思路,在教材的编写过程中,将理论体系与操作实践相互结合,努力把握“管用,够用”的原则,以实际应用为目标,激发学生的成就感和学习兴趣,从而达到巩固理论教学的成果,夯实应用能力培养的效果。

本书的第 1 章、第 8 章由罗木贵老师编写,第 2 章、第 3 章由张华老师编写,第 4 章、第 5 章由罗中华、王涛老师编写,第 6 章、第 7 章由凌士晓老师编写;全书由沈克永、张朋两位老师负责整理和统稿。在本书的编写过程中得到了许多专家和同行的大力支持和热情帮助,他们对本书提出了许多建设性的建议和意见,在此一并表示衷心的感谢。

鉴于编者的水平有限,书中错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2007 年 7 月

# 目 录

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 第1章 单片机概述 .....                         | 1  |
| 1.1 单片机的基本概念 .....                      | 1  |
| 1.1.1 单片机的特点及其应用 .....                  | 1  |
| 1.1.2 当前流行的几种单片机类型 .....                | 3  |
| 1.2 单片机的发展趋势 .....                      | 4  |
| 习题 .....                                | 5  |
| 第2章 MCS-51 单片机的硬件结构 .....               | 6  |
| 2.1 MCS-51 单片机的结构 .....                 | 6  |
| 2.1.1 MCS-51 单片机系统结构框图 .....            | 6  |
| 2.1.2 MCS-51 单片机芯片内部结构 .....            | 7  |
| 2.1.3 MCS-51 单片机的信号引脚 .....             | 8  |
| 2.2 MCS-51 单片机的内部存储器 .....              | 11 |
| 2.2.1 内部数据存储器低 128 单元 .....             | 11 |
| 2.2.2 内部数据存储器高 128 单元 .....             | 13 |
| 2.2.3 MCS-51 的堆栈 .....                  | 17 |
| 2.2.4 内部程序存储器 .....                     | 18 |
| 2.2.5 MCS-51 单片机系统的存储器结构特点 .....        | 18 |
| 2.3 MCS-51 单片机的组成电路 .....               | 19 |
| 2.3.1 电源电路 .....                        | 19 |
| 2.3.2 复位电路 .....                        | 19 |
| 2.3.3 输入输出 (I/O) 口电路 .....              | 20 |
| 2.3.4 单片机的时钟电路与时序 .....                 | 21 |
| 2.4 MCS-51 单片机最小系统 .....                | 23 |
| 2.5 实验与实训 .....                         | 23 |
| 2.5.1 DVCC-5286JH+单片机仿真实验系统的认识与演示 ..... | 23 |
| 2.5.2 构建单灯左移的单片机系统 .....                | 25 |
| 习题 .....                                | 25 |
| 第3章 MCS-51 单片机基本指令系统 .....              | 28 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| 3.1 MCS-51 单片机指令格式   | 28        |
| 3.2 MCS-51 单片机寻址方式   | 29        |
| 3.3 MCS-51 单片机寻址方式小结 | 33        |
| 3.4 MCS-51 单片机指令分类   | 33        |
| 3.4.1 指令格式中符号意义说明    | 33        |
| 3.4.2 数据传送类指令        | 34        |
| 3.4.3 算术运算类指令        | 38        |
| 3.4.4 逻辑运算及移位类指令     | 43        |
| 3.4.5 控制转移类指令        | 46        |
| 3.4.6 位操作类指令         | 51        |
| 3.5 实验与实训            | 53        |
| 3.5.1 数据传送实验         | 53        |
| 3.5.2 算术运算和逻辑运算指令实验  | 55        |
| 3.5.3 控制转移指令实验       | 57        |
| 3.5.4 编制程序实现单灯左移     | 57        |
| 习题                   | 59        |
| <b>第4章 汇编语言程序设计</b>  | <b>63</b> |
| 4.1 汇编语言基本概念         | 63        |
| 4.1.1 程序设计语言         | 63        |
| 4.1.2 汇编程序设计概述       | 64        |
| 4.2 MCS-51 汇编语言的伪指令  | 65        |
| 4.3 汇编               | 68        |
| 4.4 汇编语言程序设计的基本结构    | 69        |
| 4.4.1 顺序程序设计         | 70        |
| 4.4.2 分支程序           | 71        |
| 4.4.3 循环程序           | 75        |
| 4.4.4 延时程序           | 76        |
| 4.4.5 子程序            | 77        |
| 4.4.6 查表程序           | 79        |
| 4.4.7 数据极值查找程序       | 82        |
| 4.4.8 数据排序程序         | 82        |
| 4.5 汇编语言程序设计举例       | 83        |
| 4.5.1 算术运算程序         | 83        |
| 4.5.2 逻辑运算程序         | 88        |
| 4.5.3 码制转换程序         | 88        |
| 4.5.4 综合应用程序举例       | 91        |
| 习题                   | 92        |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第5章 MCS-51 单片机基本系统及应用</b>     | 94  |
| 5.1 基本 I/O 端口及其应用                | 94  |
| 5.1.1 基本 I/O 端口的结构               | 94  |
| 5.1.2 基本 I/O 端口的应用               | 97  |
| 5.2 MCS-51 的中断系统                 | 99  |
| 5.2.1 中断概述                       | 100 |
| 5.2.2 MCS-51 中断系统及控制             | 101 |
| 5.2.3 MCS-51 中断处理过程              | 104 |
| 5.2.4 MCS-51 中断程序的应用             | 105 |
| 5.2.5 MCS-51 中断源的扩展              | 109 |
| 5.2.6 外部中断的应用                    | 111 |
| 5.3 MCS-51 定时器/计数器               | 112 |
| 5.3.1 定时器概述                      | 112 |
| 5.3.2 定时器/计数器的控制                 | 113 |
| 5.3.3 定时器的工作方式                   | 114 |
| 5.3.4 定时器/计数器的应用                 | 116 |
| 5.4 MCS-51 的串行接口及串行通信            | 119 |
| 5.4.1 串行通信基本知识                   | 119 |
| 5.4.2 RS-232-C 标准                | 120 |
| 5.4.3 MCS-51 串行口的结构特点及工作原理       | 122 |
| 5.4.4 MCS-51 串行口的应用              | 128 |
| 5.5 实验与实训                        | 132 |
| 5.5.1 定时与中断系统实验                  | 132 |
| 5.5.2 秒表的设计                      | 133 |
| 5.5.3 串行通信接口实验                   | 136 |
| 5.5.4 单片机和计算机的串口通信实践训练           | 137 |
| 习题                               | 138 |
| <b>第6章 MCS-51 单片机系统扩展及接口技术</b>   | 139 |
| 6.1 MCS-51 单片机系统扩展概述             | 139 |
| 6.1.1 单片机系统的三总线                  | 139 |
| 6.1.2 系统扩展常用芯片                   | 141 |
| 6.1.3 并行扩展的寻址方法                  | 143 |
| 6.2 MCS-51 存储器的扩展                | 143 |
| 6.2.1 存储器的扩展概述                   | 143 |
| 6.2.2 程序存储器的扩展                   | 144 |
| 6.2.3 数据存储器 RAM 的扩展              | 146 |
| 6.3 I <sup>2</sup> C 总线在系统扩展中的应用 | 147 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 6.3.1 I <sup>2</sup> C 总线的特点及工作原理 | 148        |
| 6.3.2 芯片 AT24Cxx 的功能特性            | 149        |
| 6.3.3 AT24C16 与 MCS-51 的连接        | 151        |
| 6.4 接口扩展                          | 154        |
| 6.4.1 简单的并行 I/O 扩展                | 155        |
| 6.4.2 可编程并行 I/O 接口电路的扩展           | 156        |
| 6.4.3 应用串行口扩展并行 I/O 接口            | 160        |
| 6.4.4 键盘/按键及其接口应用                 | 161        |
| 6.5 LED 显示及其接口技术                  | 165        |
| 6.5.1 LED 的结构与原理                  | 165        |
| 6.5.2 LED 的显示方式                   | 166        |
| 6.5.3 LED 与单片机的接口                 | 167        |
| 6.6 LCD 接口                        | 169        |
| 6.7 A/D、D/A 转换器与单片机的接口            | 171        |
| 6.7.1 D/A 转换器的基本用法及其与单片机的连接       | 171        |
| 6.7.2 A/D 转换器与基本用法及其与单片机的连接       | 174        |
| 6.8 实验与实训                         | 177        |
| 习题                                | 180        |
| <b>第 7 章 单片机应用系统的设计</b>           | <b>181</b> |
| 7.1 单片机应用系统的设计                    | 181        |
| 7.1.1 应用系统的组成                     | 181        |
| 7.1.2 设计的内容                       | 181        |
| 7.2 应用系统的抗干扰技术                    | 183        |
| 7.2.1 干扰源及其传播途径                   | 183        |
| 7.2.2 外部干扰及抗干扰措施                  | 183        |
| 7.2.3 单片机系统抗干扰措施                  | 186        |
| 7.3 单片机开发工具及使用                    | 187        |
| 习题                                | 191        |
| <b>第 8 章 单片机应用系统开发设计和综合实训课题</b>   | <b>192</b> |
| 8.1 课题简要介绍                        | 192        |
| 8.2 智能时钟                          | 193        |
| 8.2.1 智能时钟功能要求                    | 193        |
| 8.2.2 采用单片机设计智能时钟的整体思路            | 193        |
| 8.2.3 总体设计                        | 194        |
| 8.3 点矩阵显示器及单片机点矩阵字幕机              | 215        |
| 8.3.1 点矩阵的种类及结构                   | 215        |
| 8.3.2 一个 5×7 点矩阵显示器               | 216        |



|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 8.3.3 4个字的字幕机分批显示 .....        | 219 |
| 8.3.4 4个字的字幕机数据分批显示并左移 .....   | 221 |
| 8.4 单片机温度巡回检测系统 .....          | 223 |
| 8.4.1 系统硬件设计 .....             | 223 |
| 8.4.2 系统软件设计 .....             | 227 |
| 8.5 脉冲调制型异步电动机变频调速的单片机控制 ..... | 232 |
| 8.5.1 脉宽调制 (PWM) .....         | 232 |
| 8.5.2 系统硬件电路图 .....            | 233 |
| 8.5.3 系统软件设计 .....             | 238 |
| 8.6 步进电动机单片机控制系统 .....         | 240 |
| 8.6.1 步进电动机的概述 .....           | 240 |
| 8.6.2 步进电动机单片机控制系统 .....       | 242 |
| 附录 1 常用芯片引脚图 .....             | 255 |
| 附录 2 MCS-51 单片机指令汇总 .....      | 258 |
| 附录 3 Keil 软件开发平台 .....         | 264 |
| 参考书目 .....                     | 276 |

# 第 1 章

## 单片机概述

随着计算机技术的迅速发展以及计算机技术和产品对其他行业的广泛渗透,以计算机技术为基础,针对具体的控制应用系统,对功能、可靠性、成本、功耗等方面有着严格要求的单片机系统得到了广泛的应用。单片机控制技术成为计算机应用的一个重要分支。那么什么是单片机?它有什么特点?它的应用情况如何?它的发展趋势怎样?本章就这些问题进行简单的介绍。

### 1.1 单片机的基本概念

单片机因将微型计算机的中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、只读存储器(Read Only Memory, ROM)、随机存储器(Random Access Memory, RAM)、中断系统、定时器/计数器以及 I/O (Input/Output) 接口电路等主要部件集成在一块芯片上而得名。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看它具有计算机系统的属性,因此称它为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, SCMC),简称单片机。

单片机主要应用于控制领域,以实现各种控制和测试目的。为了强调其控制属性,也可以把单片机称为微控制器(Micro controller Unit, MCU)。在国际上“微控制器”的叫法更通用一些,但在我国则比较习惯于“单片机”这一名称,因此,本书采用“单片机”一词。

#### 1.1.1 单片机的特点及其应用

单片机的特点很多,下面从应用的角度讨论如下几个方面。

(1) 控制功能强。单片机主要是面向控制用的计算机,虽然结构简单,但“五脏俱全”,已经具备了足够的控制功能。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统均有丰富的条件分支转移指令、I/O 口逻辑操作及位处理指令,并且这种逻辑控制功能及运算速度均高于同一档次的微处理器。

(2) 易扩展。受集成度的限制,其片内存储器容量较小,一般 ROM 小于 8KB、RAM 小于 256B,但可进行外部扩展,通常 ROM、RAM 均可扩展到 64KB。芯片内部有计算机正常运行的基本部件,芯片外部有可供扩展用的总线及并行、串行的输入/输出引脚,因此,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(3) 体积小、结构简单,价格便宜。把计算机各个功能部件集成在一块芯片上的单片机的内部采用总线结构,减少了部件之间的连线。

(4) 可靠性高。应用程序、常数和表格固化在 ROM 中不易被破坏,因此,单片机的故

障率较低。另外,芯片是按照工业测控环境要求设计,其抗工业噪声干扰能力优于一般通用CPU,对于强磁场环境容易采取屏蔽措施,适应于恶劣环境下工作。

由于单片机构成的控制系统硬件结构简单、开发周期短、控制功能强、可靠性高,因此,面对同样的功能要求,用单片机开发的控制系统比用其他类型的微型计算机开发的控制系统价格更便宜,具有优异的性价比。

单片机自身的特点决定了其应用的广泛性。单片机的应用分为单机应用和多机应用。

### 1. 单机应用

所谓单机应用是指在一个应用系统中只使用一块单片机。在单机结构中,系统的运行完全依靠单片机来控制,系统的功能强弱取决于单片机的功能。这是目前应用最多的方式,适应于小规模单片机应用系统。应用的主要领域如下。

(1) 工业控制。工业自动化能使工业产品的生产处于最佳状态,是提高经济效益、改善产品质量和减轻劳动强度有效的科技手段。单片机广泛应用于工业自动化控制系统中,无论是数据采集、过程控制,还是生产线上的机器人系统,单片机都融入其中并发挥着重要作用。在工业自动化的领域中,机电一体化是一种新技术、新趋势,在这种集机械、微电子和计算机技术于一身的综合技术中,单片机的核心作用更是突出。

(2) 智能家电。当前,家用电器产品的一个重要发展趋势是不断提高智能化程度,而家电的智能化就有赖于单片机。常有洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电视机等家用电器的厂商标榜其产品是由“电脑控制”来提高产品的形象和档次。这里所说的“电脑”其实就是单片机。

(3) 智能仪器仪表。在各类仪器仪表中引入单片机可使仪器仪表向数字化、智能化、多功能和柔性化方向发展。以单片机为核心的智能化仪器仪表集数据采集、测量、处理和控制功能于一体,不但提高了仪器仪表的精度和准确度,而且便于增加显示、报警和控制的功能,还可以简化结构、减小体积及重量而便于携带和使用,为降低成本、增强抗干扰能力创造条件。

(4) 信息和通信技术。信息产品的自动化和智能化程度较高,自然离不开单片机的应用。例如,计算机的许多外围设备如终端、音像处理设备等多采用单片机进行管理和控制。在通信接口中采用单片机,可容易实现数据的编码、解码、分配管理以及接收和发送的控制。

(5) 军事装备方面。现代战争体现国家的综合实力,科技强军和国防现代化离不开计算机。在飞机、军舰、坦克、大炮、导弹、火箭和雷达等各种军用装备上,都有单片机应用其中。

单机结构系统具有设计简单、可靠性高和较优的性价比等特点,但面对复杂的控制任务时其难以满足多任务及高速处理的要求,此时,必须采用多机系统。

### 2. 多机应用

多机结构是指由多个单片机组成的单片机应用系统。各个单片机在中央处理机的统一协调下通过通信方式进行工作。在多机系统中,系统的任务被分配给各个单机结构的单片机去完成,中央主机对各单机的反馈信息进行综合处理,并根据处理结果向各单机发出控制信息。这种结构能够在多任务情况下分别控制各个被控对象,可以提高系统的工作速度及可靠性。

多机结构主要由集中管理、分散监控和系统通信3大部分构成,由于篇幅所限,本书就不对多机应用多加介绍了。

### 1.1.2 当前流行的几种单片机类型

单片机分为通用型单片机和专用型单片机两类。通常所说的单片机是指通用型单片机。所谓通用型单片机，是指把所有可开发的资源全部提供给用户使用，其适应性较强，应用范围较广。而专用型单片机是针对某些特定的场合专门设计的芯片，其应用范围有一定的局限性，但它有指令执行时间短、运算速度快、精度高的优点。

Intel 公司自 1971 年的 4 位微处理器 4004 问世后，接着在 1976 年又推出了 MCS-48 系列单片机，随后，单片机的发展非常迅速。就通用型单片机而言，目前市场上的产品至少有 50 多个系列 300 多个品种。目前，国内仍然是以 8 位 MCS-51、16 位 MCS-96 为主流系列。本书以 MCS-51 系列单片机为例介绍其原理及应用，16 位微处理器请参考其他书籍。

#### 1. MCS-51 单片机系列

MCS-51 系列是 Intel 公司 1980 年推出的高档 8 位单片机，具有性能价格比高、品种多、兼容性好、开发用的仿真机较完善等优点，在国际和国内占有率相当高。表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机部分芯片的结构和性能。

按资源配置的数量，MCS-51 系列单片机分为 51 和 52 两个子系列以芯片型号的最末位数字的“1”和“2”作标记。其中，51 子系列是基本型，而 52 子系列则是增强型。从表 1-1 可以看出，52 子系列的资源比 51 系列增加了以下内容：片内 ROM 容量从 4KB 增至 8KB；片内 RAM 容量从 128B 增至 256B；定时器/计数器由 2 个增至 3 个；中断源从 5 个增至 6 个。

表 1-1 MCS-51 系列单片机芯片

| 子系列 | 片内程序存储器形式 |       |       | 片内存储器容量 |      | 片外存储器<br>寻址能力 | 定时器<br>/计数器 | 并行<br>口 | 串行口 | 中断<br>源 |
|-----|-----------|-------|-------|---------|------|---------------|-------------|---------|-----|---------|
|     | 无         | ROM   | EPROM | ROM     | RAM  |               |             |         |     |         |
| 51  | 8031      | 8051  | 8751  | 4KB     | 128B | 2×64KB        | 2×16        | 4×8     | 1   | 5       |
|     | 80C31     | 80C51 | 87C51 | 4KB     | 128B | 2×64KB        | 2×16        | 4×8     | 1   | 5       |
| 52  | 8032      | 8052  | 8752  | 8KB     | 256B | 2×64KB        | 2×16        | 4×8     | 1   | 6       |
|     | 80C32     | 80C52 | 87C52 | 8KB     | 256B | 2×64KB        | 2×16        | 4×8     | 1   | 6       |

在 52 系列的内部 ROM 中以掩膜方式集成有 8KB BASIC 解释程序，即通常所说的 8052-BASIC，这就意味着单片机已可使用高级语言。该 BASIC 与基本 BASIC 相比，增加了一些控制语句，以满足单片机控制功能的要求。

表 1-1 中单片机带字母“C”表示芯片制造采用的是 CHMOS 工艺。CHMOS 是 CMOS 工艺和 HMOS 工艺的结合，因此，CHMOS 芯片既具有 HMOS 高速度和高密度又有 CMOS 低功耗的优点，如 8051 的功耗为 630mW，而 80C51 的功耗只有 120mW。因此，CHMOS 的单片机芯片在低功耗的便携式、手提式或野外作业的仪器仪表应用方面很有优势。

按单片机芯片内 ROM 的配置状态，单片机可分为不含有内部程序存储器（标记为“无”）、掩膜型只读存储器（标记为“ROM”）、紫外线擦除可编程只读存储器（写为“EPROM”）和电擦除可编程只读存储器（标记为“E<sup>2</sup>PROM”）4 种类型。它们有各自的特点及适应场合，在使用时应根据需要进行选择。

除了 Intel 公司外，PHILIPS、ATMEL、LG 和华邦等公司相继推出了众多类型的单片机芯片，其中，ATMEL 公司的 89 系列单片机颇具特色。

## 2. ATMEL89 系列单片机

ATMEL89 系列单片机（简称 89 系列单片机）是 ATMEL 公司的 8 位 Flash 单片机系列。89 系列单片机是以 8031 为核心构成的，与 8051 系列单片机兼容，其最大的特点是片内含有 Flash 存储器，其功能特点如下。

（1）内部含有 Flash 存储器。由于其内部含有 Flash 存储器，因此在系统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，即使外部电源损坏也不影响信息的保存。

（2）与 8051 系列单片机兼容。89 系列单片机的端子和 8051 系列是一样的，因此，当用 89 系列单片机取代 8051 系列单片机时，可以直接进行替换。

表 1-2 89 系列单片机的主要特性

| 型 号        | 存 储 器 |           |              | I/O 口线 |    | 中<br>断<br>源 | 定时器/<br>计数器 | M 加密<br>级 | 片内<br>振荡器 |
|------------|-------|-----------|--------------|--------|----|-------------|-------------|-----------|-----------|
|            | Flash | 片内<br>RAM | 片内<br>EEPROM | 并行     | 串行 |             |             |           |           |
| AT89C51    | 4KB   | 128B      | 无            | 4×8    | 1  | 6           | 2×16        | 3         | 有         |
| AT89C52    | 8KB   | 256B      | 无            | 4×8    | 1  | 8           | 3×16        | 3         | 有         |
| AT89C51051 | 1KB   | 64B       | 无            | 15     | 1  | 3           | 1×16        | 2         | 有         |
| AT89C2051  | 2KB   | 128B      | 无            | 15     | 1  | 6           | 2×16        | 2         | 有         |
| AT89S8252  | 8KB   | 256B      | 有            | 4×8    | 1  | 9           | 3×16        | 3         | 有         |

（3）静态时钟方式。89 系列单片机采用静态时钟方式，可以节省电能，这对于降低便携式产品的功耗十分有利。

（4）错误编程也无废品产生。一般的 OPT 产品，一旦错误编程就成了废品，而 89 系列单片机内部采用了 Flash 存储器，所以错误编程以后仍可重新编程直到正确为止。

（5）可反复进行系统试验。用 89 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最优化，而且还可以不断修改、更新系统以满足用户的最新要求。89 系列单片机的主要特性如表 1-2 所示。

## 1.2 单片机的发展趋势

从 1971 年问世以来，由于实际应用的需要，微型计算机向着两个不同的方向发展：一是向高速度、大容量、高性能的高档微机方向发展；二是向稳定、可靠、体积小和价格廉的单片机方向发展，但两者在原理和技术上是紧密联系的。如今，单片机的应用技术已发展到了一个比较成熟的阶段，但其应用程序的开发必须借助于某一仿真平台，并且难以和其他高级语言相互配合一起实现应用目的。因此，进入 20 世纪 90 年代，在分布控制、柔性制造、数字化通信和数字化家电等巨大需求的推动下，将微处理器技术（单片机和高速实时数字处理专用处理器 DSP）和实时软件系统结合，就出现了嵌入式系统。嵌入式系统一般由嵌入式硬件和软件组成，且硬件和软件是紧密集成在一起的。硬件以嵌入式微处理器为核心，集成存储器和系统专用的输入/输出设备。软件主要包括嵌入式操作系统和应用程序，这些软件有机结合在一起形成系统特有的一体化软件。因此，嵌入式系统具有比单片机更强的实时控制

功能和应用编程更为方便的特点。

嵌入式系统开辟了计算机控制技术新的发展方向,并将得到更广泛和普遍的应用。今天,手机、数码相机、VCD、数字电视、路由器和交换机等设备大多采用嵌入式系统。典型的应用如豪华轿车,其拥有约50个嵌入式微处理器,它们分别控制着发动机、传动轴等众多机械传动部件,同时也控制着先进的通信、影像、音响等设备。再如,一架先进的飞机可能有十几台嵌入式系统、上百个单片机,全方位控制飞机安全、平稳的飞行,同时又在为乘客营造舒适的环境。在不久的将来,你也许可在家中发现几十到上百个嵌入式系统在为你服务。但这是否就意味单片机将要退出历史舞台呢?笔者认为,单片机未来的发展趋势是可以继续作为单一的控制设备在各个领域发挥作用,同时又将与嵌入式系统结合在一起,并作为其配套的基础级控制设备而出现,因此,仍有必要重视它、学习它。

## 习 题

### 一、填空题

1. 除了“单片机”之外,单片机还可以称为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
2. CHMOS 工艺是\_\_\_\_\_工艺和\_\_\_\_\_工艺的结合,具有\_\_\_\_\_的特点。
3. 与 8051 比较,80C51 的最大特点是\_\_\_\_\_。
4. 嵌入式系统是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_结合。

### 二、单项选择题

1. 在家用电器中使用单片机应属于计算机的( )。  
(A) 数据处理应用 (B) 控制应用  
(C) 数值计算应用于 (D) 辅助工程应用
2. 在下列单片机芯片中使用掩膜 ROM 作为内部程序存储器的是( )。  
(A) 8031 (B) 80C51 (C) 8032 (D) 87C51
3. 单片机芯片 8031 属于( )。  
(A) MCS-51 系列 (B) MCS-48 系列  
(C) MCS-96 系列 (D) MCS-31 系列
4. 以下所列各项中不是单片机发展方向的是( )。  
(A) 适当专业化 (B) 不断提高其性能  
(C) 继续强化功能 (D) 努力增加位数
5. 使用单片机实现在线控制的好处不包括( )。  
(A) 精确度高 (B) 速度快  
(C) 成本低 (D) 能与数据处理结合

## 第2章

# MCS-51 单片机的硬件结构

单片机是一个集成芯片，它的功能基本上取决于单片机的内部电路结构和指令系统。要学习使用单片机，需要从了解它的硬件电路结构开始，认识它的基本逻辑性能及每个引脚具有什么样的功能。本章是学习单片机的基础，也是课程的重点章节。

## 2.1 MCS-51 单片机的结构

### 2.1.1 MCS-51 单片机系统结构框图

从原理和结构看，单片机是微型机的分支，继承了微型机的许多技术和特点，所以可以用微型机的眼光来看待单片机，用微型机的思路学习单片机。到目前为止，计算机的体系结构仍是沿用计算机的开拓者——数学家约翰·冯·诺依曼提出来的经典体系结构框架，即一台计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备以及输出设备共 5 个基本组成部分组成。可以用计算机的 5 大基本组成的观点来理解单片机的系统结构，所不同的只是单片机把那些作为控制应用所必须的内容，包括运算器、控制器、少量的存储器、最基本的输入/输出电路、串行口电路、中断和定时电路等都集成在一个尺寸有限的芯片上，各基本部件之间通过总线交接信息。只要再配置几个小零件，如电阻、电容、石英晶体、连接器等即可形成完整的微型计算机。以 MCS-51 单片机为例，其系统的逻辑结构如图 2-1 所示。

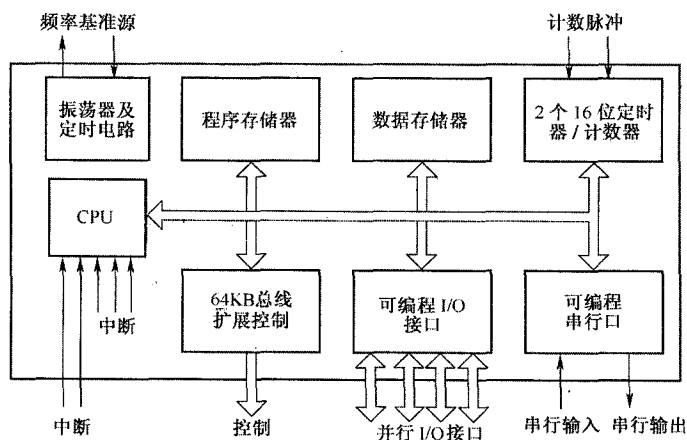


图 2-1 MCS-51 单片机基本结构示意图

要在一个极小的芯片上集成这么多电路，而且还要求结构精巧灵活、工作稳定可靠，可

见要想详细描述单片机的硬件结构和原理,不是件容易的事情。下面从应用的需要出发,只介绍那些与程序设计和系统扩展及应用有关的内容。本书凡是属于 MCS-51 系列总体内容时,就按“MCS-51…”形式来叙述,而具体到某一种芯片内容时,则写出具体的芯片的型号。当前 8 位单片机的典型代表为 80C51 系列。

### 2.1.2 MCS-51 单片机芯片内部结构

MCS-51 单片机芯片内部的逻辑结构如图 2-2 所示,结合图示对各组成部分介绍如下。

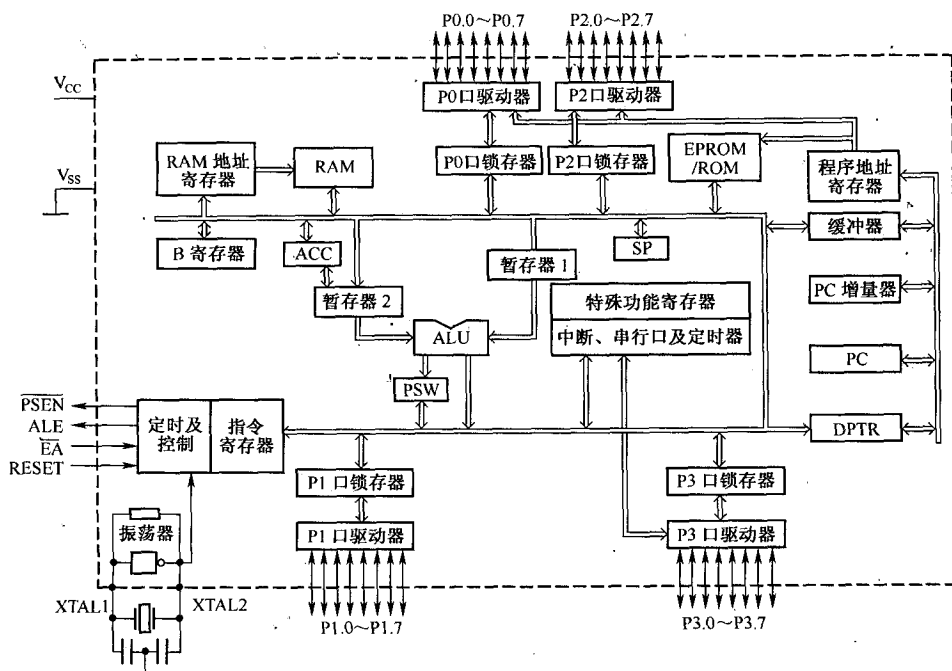


图 2-2 MCS-51 单片机芯片内部逻辑结构图

#### 1. 中央处理器

中央处理器（CPU）是单片机的核心，完成运算和控制操作。从其功能看，包括运算器和控制器两部分电路。

##### （1）运算器电路

运算器电路是单片机的运算部件，以算术逻辑运算单元（ALU）为核心，与累加器（ACC）、B 寄存器、程序状态字、两个暂存寄存器等组成运算器电路，用于实现算术运算和逻辑运算。包括加、减、乘、除、增量、减量、比较等算术运算和与、或、异或等逻辑运算，左、右移位和半字节交换等操作，运算和操作结果的状态由状态寄存器（PSW）保存。

##### （2）控制器电路

控制电路是单片机的指挥控制部件，保证单片机各部分能自动而协调地工作。由程序计数器（PC）、PC+1 寄存器、指令寄存器（IR）、指令译码器（ID）、定时与控制电路等组成控制器电路。单片机执行指令是在控制电路的控制下进行的。当 CPU 从 PC 指定的单元中取出指令后，送到 IR，再送到 ID 对指令译码并送 PLA 产生控制信号，以执行指



令的操作。

## 2. 内部数据存储器

内部数据存储器包括 RAM ( $128 \times 8$ ) 和 RAM 地址寄存器等。在 80C51 芯片中共有 256 个 RAM 单元, 但其中后 128 单元被专用寄存器占用, 供用户使用的只是前 128 单元, 用于存放可读写的数。因此, 通常所说的内部存储器是指前 128 单元, 空间地址从 00H 到 7FH, 简称“内部 RAM”。

## 3. 内部程序存储器

内部程序存储器包括 ROM ( $4K \times 8$ ) 和程序地址寄存器等。80C51 芯片中共有 4KB 掩膜 ROM, 用于存放程序和原始数据, 因此, 称之为程序存储器, 简称“内部 ROM”。

## 4. 定时器/计数器

出于控制应用的需要, 80C51 共有两个 16 位的定时器/计数器, 以实现定时或计数功能, 并以其定时或计数的结果对单片机进行控制。

## 5. 并行 I/O 接口

MCS-51 共有 4 个 8 位的 I/O 口 (P0、P1、P2、P3), 以实现数据的并行输入输出。

## 6. 串行 I/O 接口

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口, 以实现单片机和其他数据设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强, 既可作为全双工异步通信收发器使用, 也可作为同步移位器使用。

## 7. 中断控制系统

MCS-51 单片机的中断功能较强, 以实时控制能力来满足控制应用的需要。80C51 共有 5 个中断源, 接收外部中断申请、定时器/计数器中断申请和串行口中断申请。

## 8. 时钟电路

MCS-51 芯片的内部有时钟电路, 为单片机产生时钟脉冲序列, 典型的晶振频率为 12MHz。时钟电路的石英晶体和微调电容需要外接, 所以图 2-2 中时钟电路用石英晶体和电容器的符号表示。

## 9. 位处理器

单片机需要有较强的位处理功能。MCS-51 有一个功能强大的位处理器, 也称布尔处理器, 它实际上是一个完整的位处理微型计算机, 设有一些特殊的硬件逻辑结构, 通过运算器实现位处理。图 2-2 中虽未画出, 但位处理器是单片机的重要内容, 位处理功能在开关控制、逻辑电路仿真和实时控制方面非常有效。

## 10. 总线

上述这些部件通过总线连接起来, 才能构成一个完整的单片机系统。总线在图 2-2 中以带箭头的空心线表示, 系统的地址信号、数据信号和控制信号通过对应的总线传送。总线结构减少了单片机的连线和引脚, 提高了集成度和可靠性。

### 2.1.3 MCS-51 单片机的信号引脚

MCS-51 单片机除了少数 20 条引脚芯片如 89C2051 以及扩展型设计的芯片外, 大多是 40 条引脚双列直插式集成电路芯片, 由于采用较便宜的塑料封装所以又称 PDIP, 如广泛应用于学校、培训机构中的 80C51 芯片, 其引脚如图 2-3 所示。