



高等学校“十一五”精品规划教材

# 单片机原理及 接口技术

主编 史庆武 王艳春 李建辉  
主审 田思庆

DANPIANJI YUANLI JI JIEKOU JISHU



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

高等学校“十一五”精品规划教材

---

# 单片机原理及 接口技术

主 编 史庆武 王艳春 李建辉  
副主编 姜永成 周 杨 王 磊 田 静  
主 审 田思庆



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书详细地介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构、指令系统, 并从应用的角度介绍汇编语言程序设计、单片机与各种硬件接口设计、各种常用的数据运算和处理程序、接口驱动程序以及单片机应用系统的设计, 本书选取的内容具有实用性、典型性。主要内容包括单片机组成结构与工作原理、指令系统与程序设计、单片机内部器件、外部功能扩展与接口技术、应用系统的设计及 C51 语言入门简介。本书具有较丰富的实例, 深入浅出, 阐述清晰。

本书可作为工科院校本科生单片机课程的教材以及毕业设计的参考书, 也可供从事自动控制、计算机、电子及机电一体化等各类 MCS-51 单片机应用的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及接口技术/史庆武, 王艳春, 李建辉主  
编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008  
高等学校“十一五”精品规划教材  
ISBN 978-7-5084-5806-9

I. 单… II. ①史…②王…③李… III. ①单片微型计算  
机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接  
口—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 117525 号

|      |                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 高等学校“十一五”精品规划教材<br><b>单片机原理及接口技术</b>                                                                                                                                                                                                 |
| 作 者  | 主编 史庆武 王艳春 李建辉<br>主审 田思庆                                                                                                                                                                                                             |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www. waterpub. com. cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sales @ waterpub. com. cn">sales @ waterpub. com. cn</a><br>电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                                 |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                                                                                                                      |
| 印 刷  | 北京市兴怀印刷厂                                                                                                                                                                                                                             |
| 规 格  | 184mm×260mm 16 开本 18 印张 427 千字                                                                                                                                                                                                       |
| 版 次  | 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                                    |
| 印 数  | 0001—4000 册                                                                                                                                                                                                                          |
| 定 价  | <b>32.50 元</b>                                                                                                                                                                                                                       |

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

单片机自问世以来,由于具有集成度高、处理功能强、可靠性好、系统结构简单、价格低廉、易于使用等优点而发展迅速,已对人类社会产生了巨大的影响。尤其是美国 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机,在我国已经得到广泛的应用,在智能仪器仪表、工业检测控制、电力电子、机电一体化等方面取得了令人瞩目的成果。尽管目前各种高性能的、不同型号的单片机不断问世,但由于 MCS-51 单片机易于学习、掌握,性能价格比高,所以仍在我国单片机应用领域占有重要的地位。

本书由具有丰富教学经验的教师编写,以 MCS-51 系列单片机为主线,全面系统地讲述了单片机的原理、系统结构、软件编制、接口技术、系统开发及应用实例。在编写本书时,本着够学够用的原则,力求深入浅出,通俗易懂,并注重理论联系实际,着重实际应用。

全书共分 10 章。第 1 章介绍了单片机的历史及发展趋势;第 2 章介绍了单片机的内部结构及原理;第 3 章和第 4 章分别介绍了 MCS-51 指令系统及其程序设计;第 5 章介绍 MCS-51 单片机内部器件,包括中断系统、定时器/计数器及串行口;第 6 章介绍了 MCS-51 单片机的系统扩展技术及应用;第 7 章介绍 MCS-51 单片机与 ADC、DAC 的接口设计;第 8 章介绍了 MCS-51 单片机与键盘、显示器的接口设计;第 9 章是单片机应用系统的开发过程和典型实例;第 10 章介绍了 MCS-51 单片机 C 语言程序设计。

参加本书编写的单位有:佳木斯大学、齐齐哈尔大学等。其中,周杨编写第 1 章和第 2 章,史庆武编写第 3 章和第 4 章,姜永成编写第 5 章,王艳春编写第 6 章,李建辉编写第 7 章和第 8 章,王磊编写第 10 章,田静编写第 9 章和附录。参加本书编写的还有唐海龙、田胜飞等。史庆武负责全书的统筹和定稿。

本书在编写的过程中得到了佳木斯大学信息学院田思庆老师的大力支持,他认真地审阅了全书,提出了很多很好的建议和意见;同时,本书参考了大量的文献,限于篇幅不能一一列出,在此对主审及参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于时间和编者水平的限制,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 6 月

# 目 录

## 前言

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 单片机概述</b> .....               | 1   |
| 1.1 单片机概念及发展概况 .....                   | 1   |
| 1.2 单片机的特点及应用领域 .....                  | 3   |
| 1.3 MCS-51 系列单片机 .....                 | 5   |
| <b>第 2 章 MCS-51 单片机内部硬件结构及原理</b> ..... | 8   |
| 2.1 MCS-51 单片机的内部结构及引脚功能 .....         | 8   |
| 2.2 MCS-51 单片机的微处理器及工作原理 .....         | 13  |
| 2.3 存储器的结构 .....                       | 14  |
| 2.4 并行端口 .....                         | 22  |
| 2.5 CPU 时序及时钟电路 .....                  | 25  |
| 2.6 复位和复位电路 .....                      | 30  |
| <b>第 3 章 MCS-51 单片机的指令系统</b> .....     | 32  |
| 3.1 指令系统简介 .....                       | 32  |
| 3.2 指令系统的寻址方式 .....                    | 33  |
| 3.3 指令系统分类介绍 .....                     | 37  |
| 3.4 MCS-51 汇编语言的伪指令 .....              | 58  |
| <b>第 4 章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计</b> .....  | 62  |
| 4.1 概述 .....                           | 62  |
| 4.2 汇编语言程序设计 .....                     | 64  |
| 4.3 查表程序设计 .....                       | 74  |
| 4.4 子程序设计 .....                        | 77  |
| 4.5 运算类程序设计 .....                      | 82  |
| <b>第 5 章 MCS-51 单片机内部器件</b> .....      | 93  |
| 5.1 MCS-51 单片机的中断系统 .....              | 93  |
| 5.2 MCS-51 单片机定时器/计数器 .....            | 108 |
| 5.3 MCS-51 单片机串行口 .....                | 118 |
| <b>第 6 章 MCS-51 单片机的系统扩展应用</b> .....   | 136 |
| 6.1 系统扩展概述 .....                       | 136 |

|               |                                        |            |
|---------------|----------------------------------------|------------|
| 6.2           | 存储器的扩展 .....                           | 146        |
| 6.3           | 并行 I/O 口扩展 .....                       | 168        |
| <b>第 7 章</b>  | <b>MCS-51 单片机与 ADC、DAC 的接口设计 .....</b> | <b>190</b> |
| 7.1           | 常用 ADC 芯片及单片机与 ADC0809 的接口 .....       | 190        |
| 7.2           | 常用 DAC 芯片及单片机与 DAC0832 的接口 .....       | 199        |
| <b>第 8 章</b>  | <b>MCS-51 单片机与键盘、显示器的接口设计 .....</b>    | <b>208</b> |
| 8.1           | 键盘接口 .....                             | 208        |
| 8.2           | LED 显示器接口 .....                        | 215        |
| 8.3           | 键盘/显示器接口设计实例 .....                     | 221        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>单片机应用系统的开发过程和典型实例 .....</b>         | <b>227</b> |
| 9.1           | 单片机应用系统的研制步骤和方法 .....                  | 227        |
| 9.2           | MCS-51 单片机与日历时钟芯片的接口设计 .....           | 231        |
| 9.3           | MCS-51 单片机在温度测控系统中的应用实例 .....          | 235        |
| 9.4           | 单片机与步进电机接口设计实例 .....                   | 241        |
| <b>第 10 章</b> | <b>C51 程序设计语言基础 .....</b>              | <b>249</b> |
| 10.1          | C 语言在单片机开发中的应用 .....                   | 249        |
| 10.2          | C51 语言的数据类型与运算 .....                   | 251        |
| 10.3          | C51 语言的构造数据类型及预处理指令 .....              | 255        |
| 10.4          | C51 语言的函数 .....                        | 261        |
| 10.5          | C51 语言的库函数 .....                       | 263        |
| 10.6          | C 语言与汇编语言混合编程 .....                    | 264        |
| 10.7          | Keil IDE 开发环境 $\mu$ Vision2 .....      | 266        |
| 10.8          | C51 语言程序设计范例 .....                     | 268        |
| <b>附录</b>     | <b>MCS-51 系列单片机指令表 .....</b>           | <b>276</b> |
| <b>参考文献</b>   | <b>.....</b>                           | <b>280</b> |

# 第1章 单片机概述

## 1.1 单片机概念及发展概况

### 1.1.1 单片机的概念

单片微型计算机（以下简称单片机）是微型计算机发展中的一个重要分支，其发展十分迅速，是一种集成度更高，性能价格比更为优越，体积、重量大为减小的微型计算机。因将 CPU、数据存储器 RAM、程序存储器 ROM 或 EPROM、定时器/计数器及各种 I/O 接口等多个功能部件集成在一块芯片上而得名。由于单片机具有可靠性高、集成度高、价格低廉和容易产品化等特点，因此在智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端、通信设备、医疗器械、汽车电器、农机、家用电器和儿童玩具等领域得到了广泛的应用。

相对于微型计算机，单片机扩展了各种功能，如 A/D 转换、PWM（脉冲宽度调制，Pulse Width Modulation）、计数器的捕获/比较逻辑/高速 I/O 口、WDT（看门狗，Watch Dog Timer）等，突破了微型计算机的传统内容，所以更准确地反映其本质的称呼应该是微控制器。单片机主要用于嵌入式应用，故又被称为嵌入式微控制器（Embedded MicroController）。国际上常把单片机称为微控制器（MCU，Micro Controller Unit），而国内则比较习惯称为“单片机”。

### 1.1.2 单片机的发展历史与发展趋势

#### 1. 单片机的发展历史

单片机按其用途可分为两大类，即通用型单片机和专用型单片机。人们通常所说的单片机和本书所介绍的单片机均为通用型单片机。

通用型单片机将可开发资源，如存储器、输入输出接口等全部提供给设计者或使用，可根据实际需要自主开发，灵活运用。因此在仪器仪表、工业测控、家电产品等各个领域都有广泛应用。

专用型单片机是指其硬件结构和指令程序均针对某一特定的应用场合而专门设计的单片机。通常这种专用型单片机一旦制成，人们只能按其功能使用，因此它的应用范围常受到一定的限制。

单片机已经经历了如下五个发展阶段。

第一阶段是 1974~1976 年单片机的初级阶段，由于工艺水平和集成度的限制，单片机采用双片形式，且功能比较简单，如 Fairchild 公司 1974 年推出的 8 位单片机 F8。

第二阶段是 1976~1979 年低性能单片机阶段，已经是 8 位真正意义上的单片机，以 1976 年 Intel 公司推出的符合世界标准的 MCS-48 系列单片机为先导，将单片机推向了市场，促进了单片机的应用和发展。

第三阶段是 1979~1982 年高性能单片机阶段，仍是 8 位单片机，但品种多、功能强，一般片内 RAM、ROM 都相对增大，寻址可达 64KB，并有串行输入输出接口，还可以进

行多级中断，如 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机、Motorola 公司的 6801 单片机等，使单片机技术和应用跃上了一个新的台阶。

第四阶段是 1982~1990 年 16 位高档单片机阶段，其最大特点是实时处理能力，如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机，集成度达 12 万个晶体管/片，主频为 12MHz，片内 RAM 有 232B，ROM 有 8KB，有 8 个中断源的处理功能，而且有多通道 10 位 A/D 转换和高速输入输出部件 HSIO (High Speed Input/Output)，特别适用于实时控制。

第五阶段是 1990 年至今 32 位高档单片机阶段，1990 年 2 月美国推出的 i80860 超级单片机轰动了整个世界，其运算速度达 12 亿次/s，可进行 32 位整数运算、64 位浮点运算，同时片内具有一个三维图形处理器，可构成超级图形工作站。

目前，较高档单片机还因具有通信接口，在计算机网络与通信设备中发挥了积极的作用，如在微波通信、光纤通信、程控交换等通信设备中都能找到此类单片机。由此可见，单片机几乎在人类生活的各个领域都表现出了强大的生命力，使得微型计算机的应用范围达到了前所未有的广度和深度。可以预见，随着半导体技术的进一步发展，巨型计算机的单片化也将成为现实。

## 2. 单片机的发展趋势

单片机的发展非常迅速，就通用型单片机来说，目前世界上一些著名的计算机生产厂家投放市场的产品已有 50 多个系列，400 多个品种，单片机的产量已占整个微机（含一般的微处理器）产品的 80% 以上，其中 8 位单片机的产量又占整个单片机产量的 60% 以上。

单片机的发展趋势将向大容量、高性能化、外围电路内装化等方面发展，各生产厂家为满足用户的要求，竞相研制开发出满足不同需求的产品。

### (1) CPU 改进

改进后的 CPU 及其效果是：

- 1) 采用双 CPU 结构，以增强单片机实时快速处理多重任务的能力。
- 2) 增加数据总线宽度，使单片机数据处理能力加强。
- 3) 采用流水线结构，使指令以队列形式出现在 CPU 中，且具有很高的运算速度，更加有利于对数字信号的处理。
- 4) 改进串行总线结构，使单片机引线减少，进一步降低单片机成本。

### (2) 存储器改进

改进后的存储器及其效果是：

- 1) 加大存储器容量。增加片内存储容量不仅使存取信息的周期缩短，而且可以使片内存储容量不够，向外部配置存储器的数量减少，达到简化系统电路的目的。
- 2) 片内的 EPROM 采用 E<sup>2</sup>PROM 化。这样改进后，不仅读写操作简便，而且会大大简化应用系统结构。
- 3) 程序保密化。对片内 EPROM 或 E<sup>2</sup>PROM 采用加锁方式。加锁后，无法复制其中的程序，若要复制则将抹去 E<sup>2</sup>PROM 中的信息，从而达到程序保密的目的。

### (3) 片内 I/O 接口改进

一般单片机都有较多的 I/O 接口，以满足外围设备、芯片扩展的需要；并配有串行



I/O 接口，以满足多机通信功能的要求。

1) 增加并行 I/O 接口的驱动能力，以减少外部驱动用芯片数量，简化应用系统结构。

2) 增加 I/O 接口的逻辑控制功能，加强单片机的位处理功能，实现对 I/O 接口进行位寻址及位操作，提高 I/O 接口的灵活性。

3) 根据需要设置一些特殊的串行 I/O 接口，为单片机构成网络控制系统提供便利条件。

(4) 外围电路内装化

随着集成制造工艺的不断发展，将众多不同功能的外围电路器件集成装入单片机芯片内实现系统的单片化。

(5) 低功耗化

采用 CMOS 和 HMOS 相结合的 C-HMOS 集成制造工艺，使单片机既保持 CMOS 低功耗特点，又具有 HMOS 高组装密度的特点。为了充分发挥低功耗的特点，这类单片机普遍配置有 Wait 和 Stop 两种节电工作方式。如正常运行时工作电流为十几毫安，同样条件下 Wait 工作方式时工作电流则为几毫安，进入 Stop 工作方式下其工作电流仅为几十微安。

## 1.2 单片机的特点及应用领域

### 1.2.1 单片机的特点

单片机的发展历史虽然十分短暂，但是在许多领域都得到了广泛的应用，这是因为单片机具有卓越的性能。单片机的特点如下：

#### 1. 集成度高、体积小

单片机把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口以及定时器/计数器都集成在一个芯片上，和常规的计算机系统相比，它具有体积小，集成度高的特点。如 MCS-51 系列单片机，其时钟频率可达 12MHz，具有 16 位的定时器/计数器和 4 个并行 I/O 接口，此外还提供有串行接口。

#### 2. 存储量大

采用 16 位地址总线的 8 位单片机可寻址外部 64KB 数据存储器 and 64KB 程序存储器。此外，大部分单片机还有片上 RAM（一般为 128~256B）和内部 ROM（一般为 2~4KB），在大多数情况下，内部存储器就已经足够了，从而减少了器件的使用数量，降低了成本。

#### 3. 性能高、速度快

为了提高速度和执行效率，单片机使用 RISC 体系结构、并行流水线操作和 DSP 等设计技术，指令运行速度大幅提高。一般单片机的时钟频率可以达到 12MHz。

#### 4. 抗干扰性强

单片机的各种功能部件都集成在一块芯片上，特别是存储器也集成在芯片内部，因此单片机布线短，大都在芯片内部传送数据，因此不易受到外部的干扰，增强了抗干扰能力，系统运行更加可靠。

#### 5. 指令丰富

单片机一般都有传送指令、逻辑运算指令、转移指令和加、减运算指令、位操作指令。

#### 6. 性价比高

由于功能强、价格便宜，应用系统的印刷电路板小，插件少，安装调试简单等一系列原因，单片机应用系统的性能价格比高于一般的微机系统。

#### 7. 容易产品化

单片机上述特点，缩短了单片机应用系统自样机至正式产品的过渡过程，使科研成果迅速转化为生产力。

### 1.2.2 单片机的应用领域

目前，虽然已经具有全电脑功能、体积小、性能价格比高等优点的 16 位和 32 位单片机出现。但由于 MCS-51 系列单片机品种多、兼容性强、价格低廉、应用软件齐全、开发技术成熟等优点，因此，它在现今的工业控制等领域仍起主导地位，在我国传统工业的改造方面已经发挥了十分重要的作用。

#### 1. 智能仪器仪表与智能传感器领域

目前各种变送器、电器测量仪表普遍采用单片机应用系统代替传统的测量系统，使测量系统具有各种智能化功能，如存储、数据处理、查找、判断、联网和语音功能等。

#### 2. 工业自动化领域

在工业自动化领域，如工业过程控制、过程检测、工业控制器及机电一体化控制系统等，单片机系统主要用来实现信号的检测、数据的采集以及应用对象的控制。这些系统除一些小型工控机外，许多都是以单片机为核心的单机或多机网络系统。

#### 3. 办公自动化领域

一台 PC 机可以嵌入多个单片机系统，如键盘、鼠标、显示器、CD-ROM、声卡、打印机、软/硬盘驱动器和调制解调器等。

现代办公室中所使用的大量通信、信息产品，如绘图仪、复印机、电话、传真机以及考勤机等，多数都采用了单片机控制系统。

#### 4. 医疗仪器领域

现代新型的医疗仪器中也大量使用了 MCS-51 单片机，由于其自动化程度高、功能强、可对所采集的数据进行较为复杂的数据运算、处理结果清晰、直观、为现代医务工作者高效、准确地诊断和治疗病人提供了极大的方便。

#### 5. 汽车电子与航空航天电子系统

通常在这些电子系统中的集中显示系统、动力检测控制系统、自动驾驶系统、通信系统以及运行监视器（黑匣子）等，都有单片机深入其中。

#### 6. 家用电器领域

洗衣机、电冰箱、空调、微波炉、电饭煲、电视机、照相机、录像机、影碟机、电子秤、电子乐器、家用防盗报警器及其他视频音像设备的控制器中已普遍采用单片机扩展电路取代传统的控制电路，极大地提高了现代人的生活质量。

### 1.3 MCS-51 系列单片机

MCS 是 Intel 公司的注册商标。Intel 公司于 1976 年推出了 MCS-48 系列单片机，于 1980 年推出了 MCS-51 系列单片机，于 1983 年推出了 MCS-96 系列单片机。凡 Intel 公司生产的以 8051 为核心单元的其他派生单片机都可以称为 MCS-51 系列，有时简称为 51 系列。MCS-51 系列单片机包括 3 个基本型 8031、8051、8751 和对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51。

20 世纪 80 年代中期以后，Intel 公司以专利转让的形式把 8051 内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家，如 ATMEL、PHILIPS、ANALOGDEVICES、DALLAS 等。这些厂家生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品，准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些兼容机与 8051 的系统结构（主要是指令系统）相同，采用 CMOS 工艺，因而，常用 80C51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机。但是，这些公司生产的以 8051 为核心的其他派生单片机却不能称为 MCS-51 系列，只能称为 8051 系列。也就是说，MCS-51 系列是专指 Intel 公司生产的以 8051 为核心单元的单片机，而 8051 系列泛指所有公司（也包括 Intel 公司）生产的以 8051 为核心单元的所有单片机。

MCS-51 系列单片机是一种高性能的 8 位单片机，它是在 MCS-48 系列单片机的基础上推出的第二代单片机。其典型产品为 8051，封装为 40 引脚。芯片内部集成有：

- 一个 8 位的微处理器（CPU）。
- 4KB 的程序存储器。
- 128B 的数据存储器。
- 64KB 的片外程序存储器寻址能力。
- 64KB 的片外数据存储器寻址能力。
- 32 根输入/输出线。
- 1 个全双工异步串行口。
- 2 个 16 位定时器/计数器。
- 5 个中断源，2 个优先级。

#### 1.3.1 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列及 80C51 单片机有多种品种。它们的引脚及指令系统相互兼容，主要在内部结构上有些区别。目前使用的 MCS-51 系列单片机及其兼容产品通常分成以下几类。

##### 1. 基本型（典型产品：8031/8051/8751）

8031 内部包括一个 8 位 CPU、128B RAM，21 个特殊功能寄存器（SFR）、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口，2 个 16 位定时器/计数器。片内无程序存储器，当在单片机芯片外扩展 EPROM 后，就相当于一片 8751，此种应用方式方便灵活。

8051 以 8031 为基础，片内又集成有 4KB ROM 作为程序存储器，是一个程序不超过 4KB 的小系统。ROM 中的程序是由单片机芯片生产厂家固化的，出厂的 8051 都是含有特殊用途的单片机，适合于大批量的产品。

8751 在 8031 基础上，增加了 4KB 的 EPROM，它构成了一个程序小于 4KB 的小系

统。单片机应用开发人员可以把编好的程序用开发机或编程器写入其中，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可以反复修改程序。但其价格相对于 8031 较贵。8031 外扩一片 4KB EPROM 就相当于 8751，价格较低。集成电路能装入片内的外围接口电路也可以是大规模的。

这 3 种芯片只是在程序存储器的形式上不同，在结构和功能上都一样。

### 2. 增强型

Intel 公司在 MCS-51 系列 3 种基本型产品基础上，又推出增强型系列产品，即 52 子系列，典型产品为 8032/8052/8752。它们的内部 RAM 增到 256B，8052、8752 的内部程序存储器扩展到 8KB，16 位定时器/计数器增至 3 个，具有 6 个中断源，串行口通信速率提高 5 倍。

### 3. 低功耗型

代表性产品为 80C31/80C51/87C51，采用 C-HMOS 工艺，功耗很低。例如，8051 的功耗为 630mW，而 80C51 的功耗只有 120mW，它们用于低功耗的便携式产品或航天技术中。此类单片机有两种掉电工作方式：

一种掉电工作方式是 CPU 停止工作，其他部分仍继续工作；另一种掉电工作方式是，除片内 RAM 继续保持数据外，其他部分都停止工作。此类单片机的功耗低，非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。

表 1-1 为 MCS-51 系列单片机常用产品特性一览表。

表 1-1 MCS-51 系列单片机常用产品特性一览表

| 型号    | 片内存储器 (B) |       | I/O 口线 | 定时器/计数器  | 片外存储器 (KB) |       |
|-------|-----------|-------|--------|----------|------------|-------|
|       | 程序存储器     | 数据存储器 |        |          | 程序存储器      | 数据存储器 |
| 8051  | 4KROM     | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 8751  | 4KEPROM   | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 8031  | 无         | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 80C51 | 4KROM     | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 87C51 | 4KEPROM   | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 80C31 | 无         | 128   | 32     | 2 个 16 位 | 64         | 64    |
| 8052  | 4KROM     | 256   | 32     | 3 个 16 位 | 64         | 64    |
| 8752  | 4KEPROM   | 256   | 32     | 3 个 16 位 | 64         | 64    |
| 8032  | 无         | 256   | 32     | 3 个 16 位 | 64         | 64    |

### 4. 专用型

如 Intel 公司的 8044/8744，它们在 8051 的基础上，又增加一个串行接口部件，主要用于利用串行口进行通信的总线分布式控制系统。

再如美国 Cypress 公司最近推出的 EZU SR-2100 单片机，它是在 8051 单片机内核的基础上，又增加了 USB 接口电路，可专门用于 USB 串行口通信。

### 5. 超 8 位型

在 8052 的基础上，采用 C-HMOS 工艺，并将 MCS-96 系列（16 位单片机）中的

一些 I/O 部件如高速输入/输出 (HSI/HSO)、A/D 转换器、脉冲宽度调制 (PWM) 和看门狗定时器 (WDT) 等移植进来构成新一代 MCS-51 产品。PHILIPS (飞利浦) 公司生产的 80C552/83C552/87C552 系列即为此类产品。目前此类单片机在我国已经得到了较为广泛的使用。

6. 片内闪烁存储器型

随着半导体存储器制造技术和大规模集成电路制造技术的发展，片内带有闪烁 (Flash) 存储器的单片机在我国已得到广泛的应用。其中，最具代表性的产品是美国 AT-MEL 公司推出的 AT89C51，是一个低功耗、高性能的含有 4KB 闪烁存储器的 8 位 CMOS 单片机，时钟频率高达 20MHz，与 8031 的指令系统和引脚完全兼容。闪烁存储器允许在线 (+5V) 电擦除、电写入或使用通用编程器对其重复编程。此外，89C51 还支持由软件选择的两种掉电工作方式，非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。片内带 EPROM 的 87C51 价格偏高，而 89C51 芯片内的 4KB 闪烁存储器可在线编程或使用编程器重复编程，且价格较低，因此 89C51 受到了应用设计者的欢迎。

尽管 MCS-51 系列单片机以及 80C51 系列单片机有多种类型，但是因为 MCS-51 系列是所有兼容、扩展型单片机的基础，因此掌握其基本型 (8031、8051、8751 或 80C31、80C51、87C51) 就显得十分重要了。

1.3.2 其他 51 系列单片机

1. AT89 系列单片机

AT89 系列单片机是美国 ATMEL 公司的 8 位 Flash 单片机产品，它以 MCS-51 为内核，与 MCS-51 系列的单片机软硬件兼容。

该系列中有 20 引脚封装的产品，体积的减小使其应用更加灵活。时钟频率的提高可使运算速度加快。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烁存储器 (简记为 FEPROM)，这使开发调试更为方便。

表 1-2 为 AT89 系列单片机常用产品特性一览表。

表 1-2 AT89 系列单片机常用产品特性一览表

| 型号      | 片内存储器     |       | I/O 口线 | 定时/计数器   | 模拟比较器 | 中断源     | 串行口  |
|---------|-----------|-------|--------|----------|-------|---------|------|
|         | 程序存储器     | 数据存储器 |        |          |       |         |      |
| 89C1051 | 1KBFEPROM | 64B   | 15     | 1 个 16 位 | 1 个   | 3 个     |      |
| 89C2051 | 2KBFEPROM | 128B  | 15     | 2 个 16 位 | 1 个   | 5 个 2 级 | UART |
| 89C51   | 4KBFEPROM | 128B  | 32     | 2 个 16 位 | 无     | 5 个 2 级 | UART |
| 89C52   | 8KBFEPROM | 256B  | 32     | 3 个 16 位 | 无     | 6 个 2 级 | UART |

2. 其他 MCS-51 系列兼容单片机

为了进一步增强 MCS-51 系列单片机的功能，一些单片机生产厂商还对 MCS-51 系列单片机的硬件进行了扩充。如 PHILIPS 的 8XC552 系列，在 80C51 的基础上增加了一个 16 位的定时器/计数器和一个 8 路输入的 10 位 A/D 转换器，并配有串行总线接口；80C51XA 使单片机位数增至 16 位；Intel 公司的 80C51GA/GB 也增加了 A/D 转换功能。

## 第 2 章 MCS-51 单片机内部硬件结构及原理

### 2.1 MCS-51 单片机的内部结构及引脚功能

#### 2.1.1 内部结构

MCS-51 单片机的片内结构如图 2-1 所示。如果按功能划分，它由 9 个部件组成，即微处理器（CPU）、数据存储器（RAM）、程序存储器（ROM/EPROM）、I/O 口（P0 口、P1 口、P2 口和 P3 口）、串行口、定时器/计数器、中断系统、内部时钟电路和特殊功能寄存器（SFR）。从基本结构图上看，它们都是通过片内单一总线连接而成，很类似一般微机的总线结构，采用 CPU 加上外围芯片的传统结构模式，区别在于单片机 CPU 的总线在 LSI 内部，其他部件挂在这总线上，并且都集成在一块 LSI 芯片内。MCS-51 单片机对各种功能部件的控制采用特殊功能寄存器（SFR）的集中控制方式。图 2-1 中的程序存储器部件如为 ROM，则为 8051 单片机；如为 EPROM，则为 8751 单片机；如无程序存储器，则为 8031 单片机。

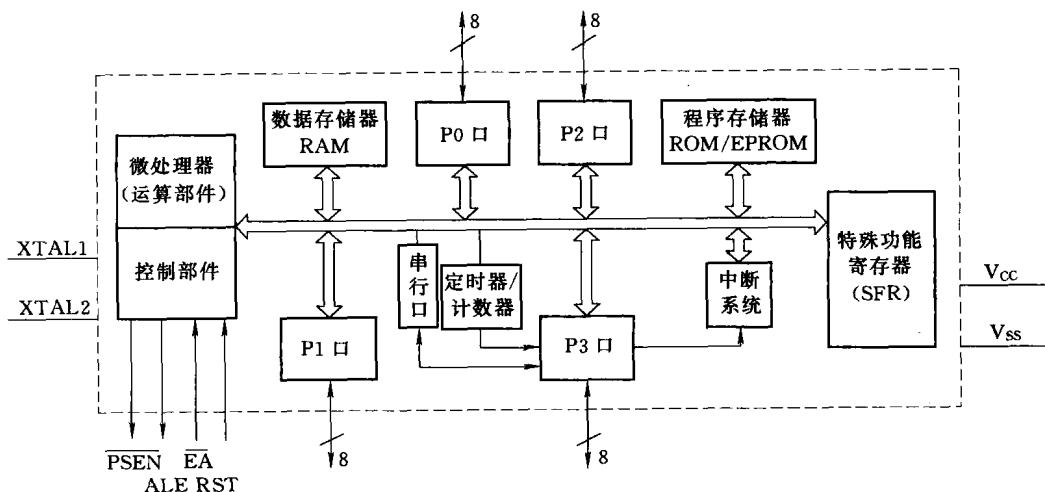


图 2-1 MCS-51 单片机片内结构

下面对各个功能部件作进一步的说明：

- 1) 数据存储器（RAM）。片内为 128B（单元），片外最多可外扩至 64KB。
- 2) 程序存储器（ROM/EPROM）。8031 无此部件；8051 为 4KB ROM；8751 则为 4KB EPROM。片外最多可外扩至 64KB。
- 3) 中断系统。具有 5 个中断源，2 级中断优先权。
- 4) 定时器/计数器。2 个 16 位的定时器/计数器，具有四种工作方式。
- 5) 串行接口：1 个全双工的串行口，具有 4 种工作方式。

6) P0 口、P1 口、P2 口、P3 口：为 4 个并行 8 位 I/O 口。

7) 特殊功能寄存器 (SFR)：共 21 个，用于对片内各功能模块进行管理、控制、监视。实际上是一些控制寄存器和状态寄存器，是一个特殊功能的 RAM 区。

8) 内部时钟电路：产生内部时钟，但晶体和微调电容需要外接，最高允许的振荡频率为 12MHz。

9) 微处理器 (CPU)：8 位的 CPU，且内含一个 1 位的 CPU (位处理器)，不仅可处理字节数据，还可以进行位变量的处理。

由上可见，MCS-51 单片机的硬件结构具有功能部件种类全、功能强等特点。特别值得一提的 MCS-51 CPU 中的位处理器，它实际上是一个完整的 1 位微计算机，这个 1 位微计算机有自己的 CPU、位寄存器、I/O 口和指令集。1 位机在开关决策、逻辑电路仿真、过程控制方面非常有效；而 8 位机在数据采集，运算处理方面有明显的长处。MCS-51 单片机中 8 位机和 1 位机的硬件资源复合在一起，二者相辅相成，它是单片机技术上的一个突破，这也是 MCS-51 在设计上的精美之处。

### 2.1.2 引脚定义及功能介绍

HMOS 制造工艺 (高密度短沟道 MOS 工艺) 的 MCS-51 单片机都采用 40 个引脚双列直插封装方式 (DIP) 的芯片，它属于高性能单片机，由于受到引脚数目的限制，所以不少引脚具有两种功能。CHMOS 制造工艺 (互补金属氧化物的 HMOS 工艺) 的 80C51/80C31 单片机除采用 DIP 方式外，还采用方形的封装方式。方形封装有 44 个引脚，但其中的 4 个引脚 (标有 NC 的引脚 1、引脚 12、引脚 23 和引脚 34) 是无用的引脚，引脚配置见图 2-2 所示。

40 个引脚按其功能来分，可以分为 3 个部分：

1) 电源及时钟引脚： $V_{CC}$ 、 $V_{SS}$ 、XTAL1、XTAL2。

2) 控制引脚： $\overline{PSEN}$ 、ALE、 $\overline{EA}$ 、RESET (即 RST)。

3) I/O 口引脚：P0、P1、P2、P3，为 4 个 8 位 I/O 口的外部引脚。

图 2-3 为引脚功能分类图，这些引脚构成了典型的三总线形式，即地址总线 (AB)、数据总线 (DB)、控制总线 (CB)。图中锁存器为外扩部件 (常用 74LS373、74LS573 或 Intel 8212)。

根据图 2-3，叙述各引脚的功能如下。

#### 1. 电源及时钟引脚

##### (1) 电源引脚

电源引脚接入单片机的工作电源。

$V_{SS}$  (20 脚)：接地。

$V_{CC}$  (40 脚)：接 +5V 电源。

##### (2) 时钟引脚

时钟引脚外接晶体与片内的反相放大器构成了一个振荡器，它提供单片机的时钟控制信号。时钟引脚也可外接晶体振荡器。

XTAL1 (引脚 19)：接外部晶体的一个引脚，在单片机内部，它是一个反相放大器的输入端，这个放大器构成了片内振荡器。当采用外部振荡器时，对 HMOS 单片机，此

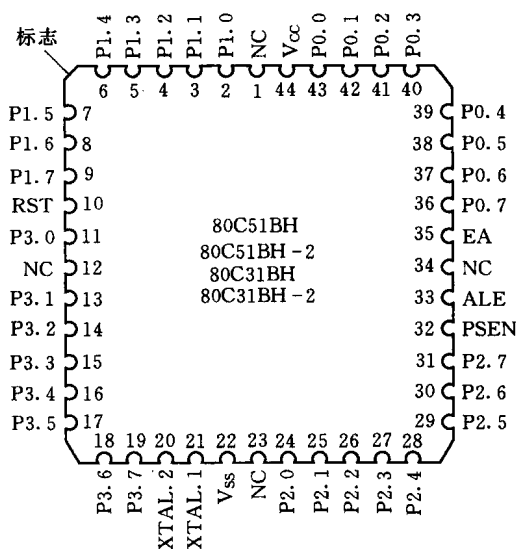
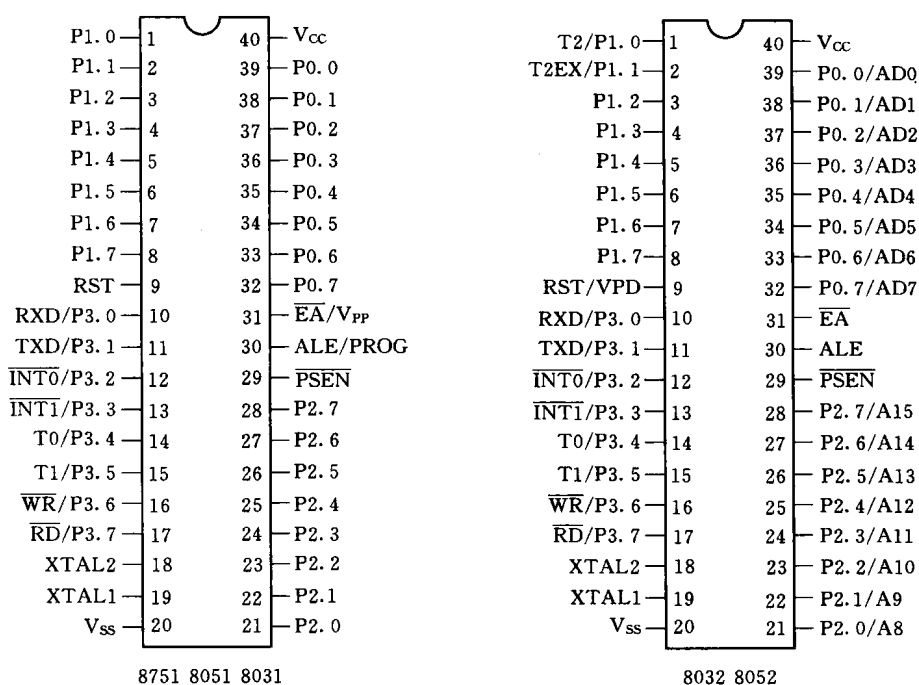


图 2-2 MCS-51 引脚配置图

引脚应接地；对 CHMOS 单片机，此引脚作为驱动端。

XTAL2 (引脚 18)：接外部晶体的另一端，在单片机内部，接至上述振荡器的反相放大器的输出端。采用外部振荡器时，对 HMOS，该引脚接收振荡器的信号，即把此信号直接接到内部时钟发生器的输入端；对 CHMOS，此引脚应悬浮。

## 2. 控制信号引脚

此类引脚提供控制信号，有的还具有复用功能。



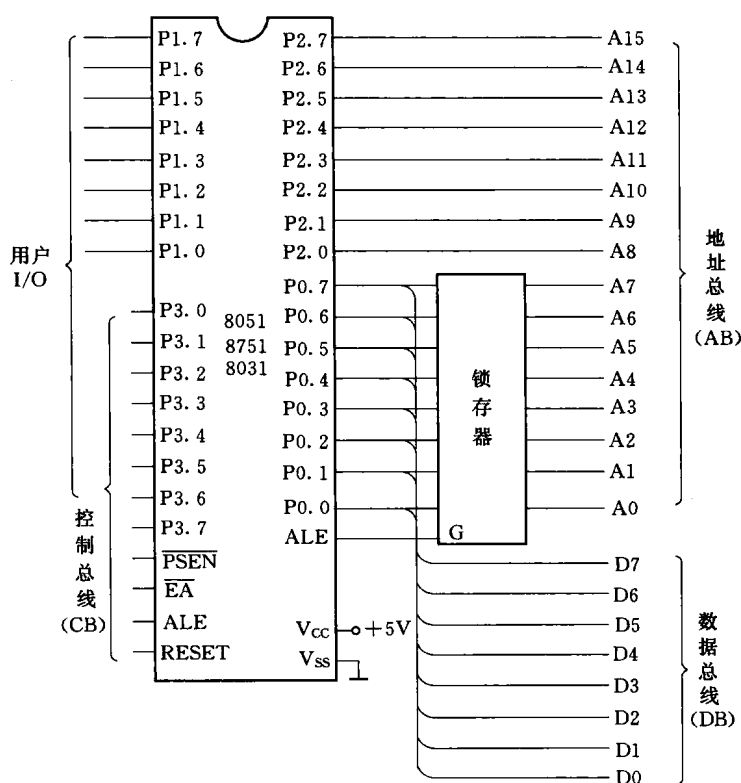


图 2-3 引脚功能分类

### (1) $\overline{EA}/V_{PP}$ (引脚 31)

内部和外部程序存储器选择线

对于 8051, 8751, 80C51 和 87C51 来说, 内部有 4KB 的程序存储器, 片外还可以有 64KB 的程序存储器。对于 8052, 8752, 80C52 和 87C52 来说, 内部有 8KB 的程序存储器, 片外还可以有 64KB 的程序存储器, 其地址均从 0 开始。

$\overline{EA}$  为高电平时, CPU 访问程序存储器有两种情况:

- 1) 地址在 0~0FFFH (51 子系列) 或在 0~1FFFH (52 子系列) 访问内部存储器;
- 2) 当地址大于上述范围时自动转向访问外部程序存储器。

$\overline{EA}$  为低电平 (接地) 时, CPU 仅访问片外程序存储器 (不论地址值的大或小)。由此可见, 8031, 80C31, 8032 和 80C32 的  $\overline{EA}$  端必须接地。

对于 EPROM 型单片机, 在 EPROM 编程时, 此引脚要加较高的编程电压  $V_{pp} = 21V$ 。

### (2) RST/ $V_{PD}$ (引脚 9)

单片机刚接上电源时, 其内部各寄存器处于随机状态。当 8051 的时钟电路工作以后, 该引脚上出现 24 个时钟周期以上的高电平, 芯片内部初始复位 (RESET), 复位以后, P0~P3 口均输出高电平, 初值 07H 写入堆栈指针 SP, 并使其余的特殊功能寄存器、程序计数器均清“0”。只要该引脚保持高电平, 8051 便循环复位。当该引脚从高电平变低