

高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

# 单片机原理及应用 系统设计

卫晓娟 主 编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

# 单片机原理及应用系统设计

主 编 卫晓娟  
副主编 陈智文 肖海红 李宁洲  
参 编 张 劼 陈引娟 董海棠  
主 审 蒋兆远



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了含 51 内核的 AT89C52 单片机的结构、工作原理、接口技术及采用 AT89C52 的应用系统设计方法和典型应用实例。

全书共分 8 章, 主要内容包括: 绪论, AT89C52 单片机的硬件基础知识, AT89C52 单片机指令系统, 单片机软件设计基础知识, AT89C52 单片机中断系统与定时器, AT89C52 单片机的串行口及应用, AT89C52 单片机外部功能扩展, AT89C52 单片机应用系统设计实例, Proteus 电子设计软件简介。各章均有一定数量的习题, 可供读者通过练习巩固所学知识。

本书内容阐述清楚、通俗易懂、便于自学, 是一本重在原理及应用、兼顾理论的实用教程。既可作为高等院校有关专业的本科生及高职高专学生教材, 也可作为工业、交通领域从事单片机应用的广大工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用系统设计/卫晓娟主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 8

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-111-38374-1

I. ①单… II. ①卫… III. ①单片微型计算机—理论—高等学校—教材②单片微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 139831 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王雅新 责任编辑: 王雅新 任正一

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.5 印张 · 572 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-38374-1

定价: 37.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

# 目 录

## 前言

## 第1章 绪论 ..... 1

### 1.1 单片机概述 ..... 1

#### 1.1.1 单片机的定义 ..... 1

#### 1.1.2 单片机的一般结构及特点 ..... 1

#### 1.1.3 单片机的分类 ..... 2

### 1.2 单片机的发展与应用领域 ..... 2

#### 1.2.1 单片机的发展 ..... 2

#### 1.2.2 单片机的应用领域 ..... 3

### 1.3 AT89C52 单片机的主要功能特性 ..... 3

### 习题 ..... 4

## 第2章 AT89C52 单片机的硬件基础知识 ..... 5

### 2.1 AT89C52 单片机的内部结构及引脚 ..... 5

#### 2.1.1 AT89C52 单片机的内部结构 框图和主要组成部分 ..... 5

#### 2.1.2 AT89C52 单片机的引脚及功能 ..... 6

### 2.2 AT89C52 单片机的存储器配置 ..... 8

#### 2.2.1 AT89C52 单片机存储器配置特点 ..... 8

#### 2.2.2 AT89C52 单片机的数据存储器 ..... 10

#### 2.2.3 AT89C52 单片机的程序存储器 ..... 15

### 2.3 AT89C52 单片机的堆栈操作 ..... 16

### 2.4 AT89C52 单片机时钟电路与时序 ..... 18

#### 2.4.1 时钟信号的产生 ..... 18

#### 2.4.2 AT89C52 单片机的时序 ..... 19

### 2.5 AT89C52 单片机的复位方式与复位 电路 ..... 20

### 习题 ..... 22

## 第3章 AT89C52 单片机指令系统 ..... 23

### 3.1 AT89C52 单片机指令系统概述 ..... 23

#### 3.1.1 指令系统的基本概念 ..... 23

#### 3.1.2 AT89C52 单片机指令格式 ..... 24

### 3.2 AT89C52 单片机的寻址方式 ..... 25

### 3.3 AT89C52 单片机指令分类详述 ..... 29

#### 3.3.1 数据传送指令 ..... 29

#### 3.3.2 算术运算指令 ..... 36

#### 3.3.3 逻辑运算及移位指令 ..... 43

#### 3.3.4 控制转移指令 ..... 47

#### 3.3.5 位操作指令 ..... 55

#### 3.3.6 I/O 口访问指令使用说明 ..... 58

### 3.4 AT89C52 单片机指令小结 ..... 59

### 习题 ..... 59

## 第4章 单片机软件设计基础知识 ..... 62

### 4.1 单片机汇编语言程序设计基础 ..... 62

#### 4.1.1 汇编语言的语句格式及伪指令 ..... 62

#### 4.1.2 汇编语言程序设计步骤和方法 ..... 65

#### 4.1.3 汇编语言程序的基本结构形式 ..... 67

### 4.2 单片机汇编语言程序设计实例 ..... 77

#### 4.2.1 汇编源程序的编辑与编译 ..... 77

#### 4.2.2 汇编语言程序设计实例 ..... 80

### 4.3 单片机 C51 程序设计语言 ..... 82

#### 4.3.1 C51 的数据类型与存储类型 ..... 83

#### 4.3.2 C51 对单片机资源的定义 ..... 88

#### 4.3.3 C51 的运算符和表达式 ..... 91

#### 4.3.4 C51 的函数 ..... 92

#### 4.3.5 内部资源操作类程序 ..... 98

#### 4.3.6 数据运算处理类程序 ..... 104

### 习题 ..... 110

## 第5章 AT89C52 单片机中断系统与 定时器 ..... 111

### 5.1 单片机中断系统概述 ..... 111

#### 5.1.1 中断的基本概念 ..... 111

#### 5.1.2 中断的主要功能 ..... 113

### 5.2 AT89C52 单片机的中断系统及应用 实例 ..... 114

#### 5.2.1 中断源 ..... 114

#### 5.2.2 中断系统结构及中断控制 ..... 115

#### 5.2.3 中断响应的条件及过程和时间 ..... 118

#### 5.2.4 中断优先级 ..... 120

#### 5.2.5 中断应用实例 ..... 121

### 5.3 AT89C52 单片机的定时器/计数器及 应用实例 ..... 123

#### 5.3.1 定时器/计数器概述 ..... 123

#### 5.3.2 定时器/计数器 0/1 结构及工作

|                                             |            |                                              |            |
|---------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|------------|
| 原理 .....                                    | 125        | 7.2.1 外部存储器扩展概述 .....                        | 185        |
| 5.3.3 定时器/计数器 0/1 的控制<br>寄存器 .....          | 126        | 7.2.2 程序存储器的扩展 .....                         | 187        |
| 5.3.4 定时器/计数器 0/1 工作方式<br>及应用 .....         | 127        | 7.2.3 数据存储器的扩展 .....                         | 191        |
| 5.3.5 定时器/计数器 0/1 工作方式<br>小结 .....          | 136        | 7.2.4 基于 Proteus 软件的数据存储器<br>扩展实例 .....      | 196        |
| 5.3.6 定时器/计数器 2 的控制<br>寄存器 .....            | 137        | 7.2.5 基于 Proteus 软件的程序存储器<br>扩展实例 .....      | 198        |
| 5.3.7 定时器/计数器 2 的工作方式 .....                 | 138        | 7.3 I/O 口扩展及应用 .....                         | 199        |
| 5.3.8 基于 Proteus 仿真软件的定时器/<br>计数器应用实例 ..... | 142        | 7.3.1 I/O 口扩展概述 .....                        | 199        |
| 习题 .....                                    | 146        | 7.3.2 可编程并行接口芯片 8255A 及<br>应用实例 .....        | 204        |
| <b>第 6 章 AT89C52 单片机的串行口及<br/>应用 .....</b>  | <b>148</b> | 7.3.3 键盘与 LED 显示器接口设计 .....                  | 215        |
| 6.1 串行通信基础知识 .....                          | 148        | 7.3.4 基于 Proteus 软件的键盘及 LED<br>显示器接口实例 ..... | 225        |
| 6.1.1 串行通信基本概念 .....                        | 149        | 7.4 单片机与数模及模数转换器的接口<br>及应用 .....             | 229        |
| 6.1.2 串行通信总线标准及接口技术 .....                   | 154        | 7.4.1 单片机与 A/D 转换器的接口<br>及应用 .....           | 229        |
| 6.2 AT89C52 单片机串行口及控制<br>寄存器 .....          | 162        | 7.4.2 单片机与 D/A 转换器的接口<br>及应用 .....           | 238        |
| 6.2.1 串行口寄存器的结构 .....                       | 163        | 习题 .....                                     | 246        |
| 6.2.2 串行通信控制寄存器 .....                       | 163        | <b>第 8 章 AT89C52 单片机应用系统设计<br/>实例 .....</b>  | <b>248</b> |
| 6.3 AT89C52 单片机串行口工作方式 .....                | 165        | 8.1 单片机应用系统设计基础 .....                        | 248        |
| 6.3.1 串行工作方式 0 .....                        | 165        | 8.1.1 单片机应用系统的一般构成 .....                     | 248        |
| 6.3.2 串行工作方式 1 .....                        | 166        | 8.1.2 单片机应用系统的设计步骤 .....                     | 250        |
| 6.3.3 串行工作方式 2 .....                        | 167        | 8.2 单片机应用系统常用数据处理算法 .....                    | 256        |
| 6.3.4 串行工作方式 3 .....                        | 167        | 8.2.1 数字滤波算法 .....                           | 256        |
| 6.4 单片机之间的串行通信及设计实例 .....                   | 168        | 8.2.2 系统误差的处理思路 .....                        | 260        |
| 6.4.1 单片机点对点异步通信实例 .....                    | 168        | 8.3 单片机应用系统设计实例 .....                        | 261        |
| 6.4.2 基于 Proteus 软件的单片机双机<br>通信实例 .....     | 176        | 8.3.1 基于 Proteus 软件的超声测距仪<br>设计 .....        | 261        |
| 6.5 PC 机与单片机之间的串行通信及设计<br>实例 .....          | 179        | 8.3.2 基于 Proteus 软件的交通信号灯<br>模拟控制 .....      | 269        |
| 6.5.1 PC 机与多单片机串行通信协议的<br>制定 .....          | 180        | 8.3.3 基于 Proteus 软件的点阵式 LCD<br>显示系统设计 .....  | 276        |
| 6.5.2 PC 机与多单片机串行通信的<br>实现 .....            | 180        | 8.3.4 机务设备检修装置的显示系统<br>设计 .....              | 287        |
| 习题 .....                                    | 183        | 8.3.5 烘干炉温度控制系统设计 .....                      | 295        |
| <b>第 7 章 AT89C52 单片机外部功能<br/>扩展 .....</b>   | <b>184</b> | 习题 .....                                     | 298        |
| 7.1 外部功能扩展概述 .....                          | 184        | <b>附录 .....</b>                              | <b>299</b> |
| 7.2 外部存储器的扩展 .....                          | 185        | 附录 I AT89C52 单片机指令系统 .....                   | 299        |

---

|                                  |     |                                    |     |
|----------------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| 附录 II Proteus 电子设计软件 .....       | 304 | II. 3. 1 Proteus ISIS 编辑环境设置 ..... | 311 |
| II. 1 Proteus 软件简介 .....         | 304 | II. 3. 2 Proteus ISIS 系统参数设置 ..... | 312 |
| II. 1. 1 Proteus 软件组成 .....      | 304 | II. 4 基于 Proteus 的电路设计 .....       | 313 |
| II. 1. 2 Proteus 软件资源 .....      | 304 | II. 4. 1 设计流程 .....                | 313 |
| II. 1. 3 基于 Proteus 产品设计方法 ..... | 307 | II. 4. 2 设计实例 .....                | 313 |
| II. 1. 4 Proteus 软件应用 .....      | 308 | II. 5 基于 Proteus 的电路仿真 .....       | 315 |
| II. 2 Proteus 软件基本操作 .....       | 308 | II. 5. 1 单片机应用系统交互式仿真 .....        | 316 |
| II. 2. 1 Proteus ISIS 操作界面 ..... | 308 | II. 5. 2 基于图表的仿真 .....             | 318 |
| II. 2. 2 Proteus 软件基本操作 .....    | 309 | 参考文献 .....                         | 320 |
| II. 3 Proteus ISIS 参数设置 .....    | 311 |                                    |     |



数及数据表格；RAM 为数据存储单元，用做工作区及存放用户数据。

2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要，增设了“面向控制”的处理功能。使单片机具有很强的位逻辑处理能力。例如，位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测、中断处理等功能，增强了控制的实用性和灵活性。

3) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上引脚数目有限，为了解决实际引脚数和需要的信号线的矛盾，采用了引脚功能复用的方法，引脚处于何种功能，由指令来设置或由机器状态来区分。

4) 单片机的外部扩展能力很强。在内部的各种功能部件不能满足应用需求时，均可在外部进行扩展（如扩展 ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统等），与许多通用的微型计算机接口芯片兼容，给应用系统设计带来极大的方便。

### 1.1.3 单片机的分类

单片机按其用途可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。

通用型单片机内部资源比较丰富、性能全面、适应性强，能满足多种应用需求。而且它可将开发资源全部提供给使用者，使用者可以根据需要，通过进一步设计，组建成一个以通用型单片机芯片为核心，配以其他外围电路的单片机应用系统。

专用型单片机其硬件结构和指令系统是按照某个特定的用途设计的。但是无论其在应用上有多么专业，其原理和结构却仍然是建立在通用单片机的基础之上的。

单片机按其基本操作处理的位数可分为：1 位单片机、4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机、32 位单片机和 64 位单片机。相对来说，8 位单片机目前仍为单片机应用系统设计中的主流系列。

尽管各类单片机很多，但无论是从世界范围或是从全国范围来看，使用最为广泛的应属 51 系列单片机。MCS-51 单片机系列共有十几种芯片，见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

| 子系统    | 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   | EPROM |           |           |           | 定时器/计数器 | 并行口   | 串行口 |     |
| 51 子系统 | 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 子系统 | 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   |

## 1.2 单片机的发展与应用领域

### 1.2.1 单片机的发展

单片机的出现已经有 40 多年的历史，单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段：

第一阶段：1970 年美国 Intel 公司首先设计出集成度为每片 2000 只晶体管的 4 位微处理器 Intel 4004，并且配有随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）和移位寄存器等芯片，这些构成了第一台 MCS-4 微型计算机。1972 年 4 月 Intel 公司又研制出功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008。这些微处理器严格来说还不是完整的单片机，但从此开始了单片机技术发展的历史。

第二阶段（1976—1978）：以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器，寻址范围不大于 4KB，且无串行口。由于功能的欠缺，应用时间不长。

第三阶段（1978—1982）：在这一阶段推出的各种型号的单片机大多带有串行口，有多级中断处理系统和 16 位定时器/计数器。片内的 RAM 和 ROM 容量加大，且寻址范围可达 64KB，有的片内还带有 A/D 转换器接口。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51，Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等品种。其中 MCS-51 系列单片机由于其优良的性能价格比，特别适合我国的国情。因此，在相当一段时期内 MCS-51 系列单片机得到了广泛应用。

第四阶段（1982—1990）：8 位单片机稳定发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是，一方面发展 16 位单片机及专用单片机；另一方面不断完善 8 位单片机，改善其结构，以满足不同的用户需要。这一时期，随着 MCS-51 系列单片机的广泛应用，出现了以 80C51 为内核、且集成了多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等接口技术与电路技术的 51 兼容机。同时 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机，将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中，体现了单片机的微控制器特征。

第五阶段（1990 后）：微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用，出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机，以及小型廉价的专用型单片机。

### 1.2.2 单片机的应用领域

单片机的主要应用领域有：

#### （1）测控系统

用单片机可以构成各种工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等。例如：温室人工气候控制、水闸自动控制、电镀生产线自动控制、汽轮机电液调节系统、车辆检测系统和机器人轴处理器等。

#### （2）智能仪表

用单片机改造原有的测量、控制仪表，能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展，如温度、压力、流量、浓度显示、控制仪表等。通过采用单片机软件编程技术，使长期以来测量仪表中的误差修正、线性化处理等难题迎刃而解。

#### （3）机电一体化产品

单片机与传统的机械产品结合，使传统机械产品结构简化，控制智能化，从而构成新一代的机电一体化产品。例如，在电传打字机的设计中由于采用了单片机，从而取代了近千个机械零部件；在数控机床的简易控制机中，采用单片机可提高可靠性及增强功能，降低控制机成本。

#### （4）智能接口

在较大型的工业测控系统中，经常采用单片机进行前端数据采集、信号处理，而系统主机承担数据处理、人机界面、数据库、网络通信等工作。单片机与系统主机通过串行通信传递数据并行工作，这样就大大提高了系统的运行速度。

## 1.3 AT89C52 单片机的主要功能特性

AT89C52 是 51 系列单片机的一个型号，它是 ATMEL 公司生产的。AT89C52 是一种低电压、高性能 CMOS 8 位单片机，片内含 8KB 可反复擦写的 Flash 只读程序存储器和 256B 的随机存取数据存储器（RAM），器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产，兼容标准 MCS-51

指令系统，片内置通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元。AT89C52 单片机可在较复杂系统的控制应用场合使用。

AT89C52 有 40 个引脚，32 个外部双向输入/输出（I/O）端口，3 个 16 位可编程定时器/计数器，1 个全双工串行通信口，其中断系统包含 2 个外中断源。AT89C52 可以按照常规方法进行编程，但不可以在线编程（S 系列的才支持在线编程）。其将通用的微处理器和 Flash 存储器结合在一起，特别是可反复擦写的 Flash 存储器的使用明显地降低了开发成本。

AT89C52 单片机的主要功能特性如下：

- 1) 兼容 MCS-51 指令系统；8KB 可反复擦写（1000 次以上）Flash ROM。
- 2) 32 个双向 I/O 口；256 × 8bit 内部 RAM。
- 3) 3 个 16 位可编程定时器/计数器中断；时钟频率 0 ~ 24MHz。
- 4) 1 个串行中断；可编程 UART 串行通道。
- 5) 2 个外部中断源；共 6 个中断源。
- 6) 2 个读写中断口线；3 级加密位。
- 7) 低功耗空闲和掉电模式；软件设置睡眠和唤醒功能。

## 习 题

- 1-1 单片机的发展经历了哪几个阶段？
- 1-2 单片机的主要应用领域有哪些？
- 1-3 单片机按其用途可分为哪些类型？
- 1-4 单片机按其基本操作处理的位数可分为哪些类型？
- 1-5 AT89C52 单片机有几个串行口、几个定时器/计数器？
- 1-6 AT89C52 单片机有几个中断源？其中有几个外部中断源？
- 1-7 AT89C52 单片机的 ROM 和 RAM 的容量各为多少？

## 第 2 章 AT89C52 单片机的硬件基础知识

本章介绍 AT89C52 单片机的硬件基础知识，特别是面向用户的一些硬件，我们将从硬件设计和程序设计的角度，分析该单片机的基本结构，重点论述其应用特性和外部特性，即站在用户的立场上分析：该单片机向用户提供了哪些资源，如何去应用它们，使读者对 AT89C52 单片机的硬件基础有较为详细的了解。

### 2.1 AT89C52 单片机的内部结构及引脚

#### 2.1.1 AT89C52 单片机的内部结构框图和主要组成部分

AT89C52 为 8 位单片机，是按照工业标准设计制造的。其内核是基于使用多个内部寄存器结构的累加器，用于数据储存和外部设备管理。作为微型计算机的一个分类，AT89C52 单片机也包括运算器、控制器、存储器和输入/输出接口电路等基本组成部分。AT89C52 单片机的内部结构框图如图 2-1 所示。

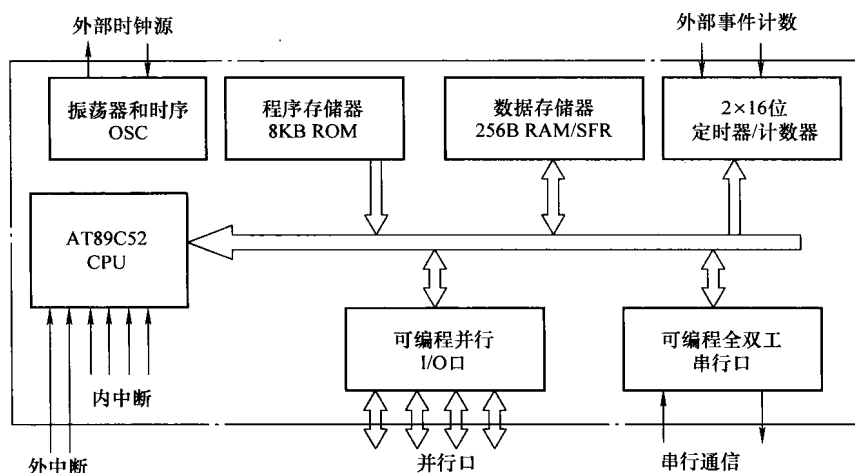


图 2-1 AT89C52 单片机的内部结构框图

#### 1. 中央处理器

中央处理器简称 CPU，是单片机的核心，用来完成运算和控制功能。中央处理器包括运算器和控制器。

##### (1) 运算器

运算器即运算电路，是单片机的运算器件，用于实现算术运算和逻辑运算。运算电路包括算术逻辑单元（ALU）、累加器（ACC）、程序状态字（PSW）、B 寄存器等。其中 ALU 是运算电路的核心。

##### (2) 控制器

控制器即控制电路，是单片机的指挥控制器件，用于发出控制信号，指挥单片机各元器件协调工作。控制电路包括程序计数器（PC）、指令寄存器、指令译码器、定时与控制电路等。

## 2. 存储器

AT89C52 单片机芯片内部有数据存储器 (RAM) 共 256B, 地址范围是 00H ~ FFH。

AT89C52 单片机芯片内部有程序存储器 (ROM), 容量为 8KB, 地址范围是 0000H ~ 1FFFH。

## 3. 定时器/计数器

AT89C52 单片机共有 3 个 16 位的定时器/计数器, 以实现定时或计数功能, 并以其定时或计数结果对计算机进行控制。

## 4. 并行 I/O 口

AT89C52 单片机共有 4 个 8 位的并行 I/O 口 (P0, P1, P2, P3), 以实现数据的并行输入输出。

## 5. 串行口

AT89C52 单片机有一个全双工 UART (通用异步接收发送器) 的串行 I/O 口 (是 P3.0 和 P3.1 口的第二功能), 用于实现单片机之间或单片机与 PC 机之间的串行通信。

## 6. 中断控制系统

AT89C52 单片机的中断功能较强, 以满足控制应用的需要。AT89C52 共有 6 个中断源 (其中有两个外部中断源), 每一个中断源都有自己的中断矢量地址、中断标志位、中断优先级和中断允许控制。

## 7. 时钟电路

AT89C52 单片机内部有一个振荡器, 可通过引脚 XTAL1 和 XTAL2 外接晶体振荡器和微调电容, 为单片机产生时钟脉冲序列。典型的晶振频率为 6 ~ 12MHz。

## 8. 总线

总线就是一组进行互连和传输信息的信号线。单片机是通过三总线 (地址总线、数据总线、控制总线) 与外部器件 (片外 RAM, 片外 ROM 和 I/O) 互联沟通信息的。在外扩存储器和外接其他设备时, AT89C52 单片机的 P0 口和 P2 口被用做地址/数据总线。其中, P0 口用于分时传送低 8 位地址或 8 位数据 (硬件以 ALE 信号区别), P2 口则用于传送高 8 位地址。

### 2.1.2 AT89C52 单片机的引脚及功能

AT89C52 单片机有 PDIP、PQFP/TQFP 及 PLCC 等三种封装形式, 以适应不同产品的需求。最常用的是 40 引脚双列直插式集成电路芯片。由于单片机是一个芯片, 体积较小, 为了增加其功能, 许多引脚具有两个功能。引脚排列如图 2-2 所示。为方便理解, 将 AT89C52 单片机的引脚按功能分为 4 部分。

#### 1. 主电源引脚 VCC 和 GND

- 1) VCC (40 脚) ——接 +5V 电源。
- 2) GND (20 脚) ——接数字电路地。

#### 2. 外接晶体引脚 XTAL1 和 XTAL2

1) XTAL1 (19 脚) ——接外部晶体的一个引脚。在单片机内部, 它是一个反向放大器的输入端, 这个放大器构成了片内振荡器。当采用外接晶体振荡器时, XTAL1 作为输入端使用。

2) XTAL2 (18 脚) ——接外部晶体的另一个引脚。在单片机内部, 它接到反向放大器的输出端。

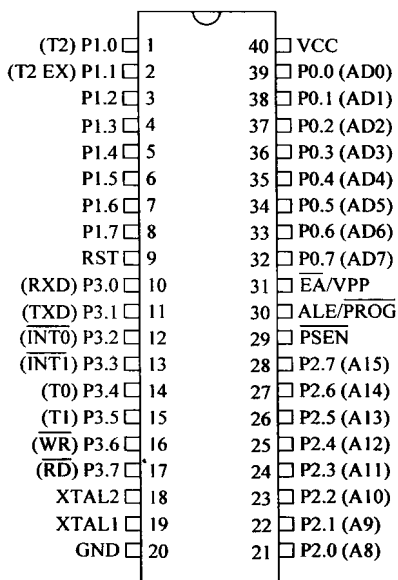


图 2-2 AT89C52 引脚图

### 3. 控制信号引脚

1) RST (9 脚) ——复位输入, 高电平有效, 使单片机回复到初始状态。上电时, 考虑到振荡器有一定的起振时间, 晶振工作后两个机器周期的高电平复位 CPU。

2) PSEN (29 脚) ——片外程序存储器读选通信号, 输出, 低电平有效。此引脚的输出作为片外程序存储器 (例如 EPROM) 的读选通信号。在访问片外数据存储器期间, PSEN 信号将不出现。

3) ALE/PROG (30 脚) ——地址锁存允许信号, 输出, 高电平有效。当访问片外存储器时, ALE (允许地址锁存) 的输出脉冲用于锁存 P0 端口 8 位复用的地址/数据总线上的 8 位地址 (16 位地址线中的低 8 位)。ALE 信号通常连接到外部地址锁存器 (例如 74HC373) 的使能引脚上。即使不访问片外存储器, ALE 信号端仍以不变的频率周期性地出现正脉冲信号 (振荡频率  $f_{osc}$  的 1/6)。因此, 它可用做对外输出的时钟, 或用于定时目的。在复位期间, ALE 被强制输出高电平。

在 Flash 存储器编程期间, 该引脚还用于输入编程脉冲  $\overline{PROG}$ 。

如有必要, 可通过对特殊功能寄存器 (SFR) 区中的 8EH 单元的 D0 位置位, 可禁止 ALE 操作。该位置位后, 只有一条 MOVX 和 MOVC 指令才能将 ALE 激活, 此外, 该引脚会被微弱拉高, 单片机执行外部程序时, 应设置 ALE 禁止位无效。

4)  $\overline{EA}/VPP$  (31 脚) ——访问程序存储器控制信号。当选用  $\overline{EA}$  信号为低电平时, 对程序存储器 ROM 的读操作限定在片外程序存储器。但对于 80C31 单片机, 由于其内部没有程序存储器, 必须扩展片外程序存储器, 此时  $\overline{EA}$  信号应为低电平, 即常接地。

当选用内部具有程序存储器的单片机时,  $\overline{EA}$  信号为高电平时, 对程序存储器 ROM 的读操作从片内 ROM 延伸到片外 ROM。此时应满足两个条件:

- ① 所选用的单片机本身内部具有一定容量的程序存储器 (ROM);
- ② 如果片内与片外的程序存储器都使用, 此时片内 ROM 与片外 ROM 的地址应衔接。

若选用 AT89C52, 其内部有 8KB 的 ROM, 地址范围为 0000H ~ 1FFFH, 此时, 在片外扩展的程序存储器地址应从 2000H 开始。

VPP 是使用 AT89C52 片内程序存储器时, 所用的编程电压 (+21V)。

### 4. 输入/输出端口引脚 P0、P1、P2、P3 (共 32 条口线)

#### (1) P0 口 (32 脚 ~ 39 脚)

P0 口是一组 8 位漏极开路型双向 I/O 口, 也即地址/数据总线复用口。

在访问片外数据存储器或程序存储器时, 这组口线分时转换地址 (低 8 位) 和数据总线复用, 在访问期间激活内部上拉电阻。

在 Flash 编程时, P0 口接收指令字节, 而在程序校验时, 输出指令字节, 校验时, 要求外接上拉电阻。

#### (2) P1 口

P1 口是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P1 口的输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对端口写 “1”, 通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平, 此时可作为输入口。作为输入口使用时, 因为内部存在上拉电阻, 某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流 ( $I_{IL}$ )。

与 AT89C51 不同之处是, P1.0 和 P1.1 还可分别作为定时器/计数器 2 的外部计数脉冲输入端 (P1.0/T2) 和定时器/计数器 2 的外部控制信号输入端 (P1.1/T2EX), 见表 2-1。

表 2-1 P1.0 和 P1.1 的第二功能

| 引 脚 号 | 功 能 特 性                    |
|-------|----------------------------|
| P1.0  | T2 (外部计数脉冲输入)              |
| P1.1  | T2EX (定时器/计数器 2 外部控制信号输入端) |

### (3) P2 口

P2 口是一个带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 口的输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对端口 P2 写 “1”, 通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平, 此时可作输入口, 作输入口使用时, 因为内部存在上拉电阻, 某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流。

在访问外部程序存储器或 16 位地址的外部数据存储器 (例如执行 MOVX @DPTR, A 指令) 时, P2 口送出高 8 位地址数据。在访问 8 位地址的外部数据存储器 (如执行 MOVX @Ri, A 指令) 时, P2 口输出 P2 锁存器的内容。

在 Flash 编程或校验时, P2 口亦接收高位地址和一些控制信号。

### (4) P3 口

P3 口是一组带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口。P3 口输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对 P3 口写入 “1” 时, 它们被内部上拉电阻拉高并可作为输入端口。此时, 被外部拉低的 P3 口将用上拉电阻输出电流。

P3 口除了作为一般的 I/O 口线外, 更重要的用途是它的第二功能 (见表 2-2): P3 口还接收一些用于 Flash 闪存存储器编程和程序校验的控制信号。

表 2-2 P3 口第二功能

| 引 脚  | 第 二 功 能                                         |
|------|-------------------------------------------------|
| P3.0 | $\overline{\text{RXD}}$ , 串行口输入端                |
| P3.1 | $\overline{\text{TXD}}$ , 串行口输出端                |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ , 外部中断 0 请求输入端, 低电平有效  |
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ , 外部中断 1 请求输入端, 低电平有效  |
| P3.4 | T0, 定时器/计数器 0 计数脉冲输入端                           |
| P3.5 | T1, 定时器/计数器 1 计数脉冲输入端                           |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$ , 片外数据存储器写选通信号输出端, 低电平有效 |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$ , 片外数据存储器读选通信号输出端, 低电平有效 |

说明: 1. 4 个 I/O 口 P0、P1、P2、P3 在使用时, 既可以同时 8 位使用 (组成一个字节), 也可以每一位单独做口线使用。

2. 单片机的引脚是面向用户的, 引脚表现出的是单片机的外特性或硬件特性, 所以在硬件方面, 只能使用引脚组建系统, 使用者需要熟悉各引脚的用途, 以便正确接线。

## 2.2 AT89C52 单片机的存储器配置

### 2.2.1 AT89C52 单片机存储器配置特点

#### 1. AT89C52 单片机的存储器结构

##### (1) 存储器概述

存储器是计算机系统记忆设备, 用来存放程序和数据。计算机中的全部信息, 包括输入的原始数据、计算机程序、中间运行结果和最终运行结果都保存在存储器中。它根据控制器指定的位置存入和取出信息。

存储器是单片机的一个重要组成部分, 图 2-3 为一种存储容量为 256 个单元 (256B) 的存储器的结构示意图。每个存储单元对应一个地址, 256 个单元共有 256 个地址, 用两位十六进制数

表示,即存储器的地址范围为 00H ~ FFH。AT89C52 单片机中存储器单元地址用 8 位或 16 位二进制数表示。存储器中每个存储单元可存放一个 8 位二进制信息,通常用两位十六进制数来表示,可根据需要随时改变存储器的内容。存储器的存储单元地址和存储单元的内容是不同的两个概念,不能混淆。

存储器容量和地址范围的确定方法如下:

1) 容量的确定:当地址总线包含  $x$  根地址线时:容量为  $2^x$  字节,即  $2^x$  B。

因此,当  $x=8$ ,即地址总线包含 8 根地址线时: $2^8=256$ B,共计:256B。

当  $x=16$ ,即地址总线包含 16 根地址线时: $2^{16}=64 \times 1024\text{B}=64\text{KB}$ ,共计:64KB。

2) 地址的确定:每根地址线可传送一位二进制信息(0 或 1)。

当地址总线包含 8 根地址线时,则可传送的最小数字为 00000000B = 0 = 00H,最大数字为 11111111B = 255 = FFH。所以地址范围是:00H ~ FFH。

当地址总线包含 16 根地址线时,则可传送的最小数字为 0000000000000000B = 0 = 0000H,最大数字为 1111111111111111B = 65536 = FFFFH。所以地址范围是:0000H ~ FFFFH。

(2) AT89C52 单片机的存储器空间结构

图 2-4 和图 2-5 所示为 AT89C52 单片机的存储器空间结构。

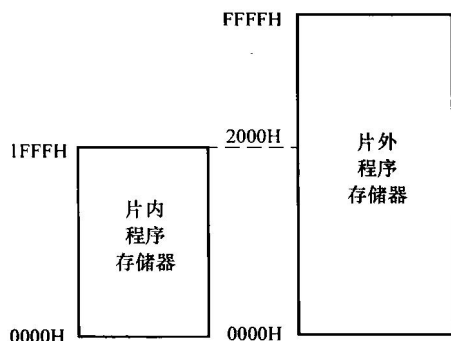


图 2-4 AT89C52 单片机程序存储器的空间结构

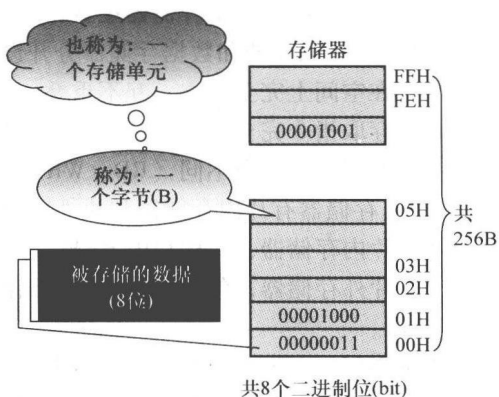


图 2-3 存储器结构示意图

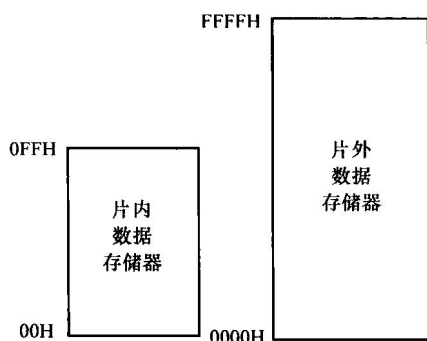


图 2-5 AT89C52 单片机数据存储器的空间结构

## 2. AT89C52 单片机的存储器分类

### (1) 按功能分类

存储器按功能分为程序存储器（简称 ROM）和数据存储器（简称 RAM），两者分开编址，并有各自的寻址机构和寻址方式。

### (2) 按物理空间分类

存储器按物理空间分为片内存储器和片外存储器，具体有 4 个相互独立的存储空间：片内数据存储器、片内程序存储器、片外数据存储器和片外程序存储器。

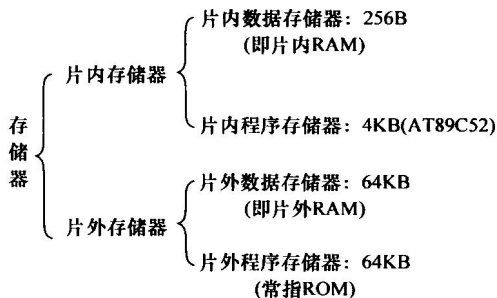


图 2-6 AT89C52 单片机存储器配置小结

AT89C52 单片机存储器配置如图 2-6 所示。

### 3. AT89C52 单片机存储器配置特点

#### (1) 程序存储器和数据存储器分开设置

- 1) 在空间上完全独立，互不重叠。
- 2) 存取指令完全不同 ( $\overline{\text{MOV}}$ 、 $\overline{\text{MOVX}}$ 、 $\overline{\text{MOVC}}$ )。
- 3) 控制信号完全不同 ( $\overline{\text{RD}}$ 、 $\overline{\text{WR}}$ ； $\overline{\text{EA}}$ 、 $\overline{\text{PSEN}}$ )。

#### (2) 存储器有片内存储器和片外存储器

- 1) 片内存储器，简称片内 RAM。
- 2) 片外存储器，包括片外数据存储器 and 片外程序存储器，也称为外扩数据存储器 and 外扩程序存储器。

【例 2-1】 AT89C52 单片机的片外程序存储器和数据存储器的地址范围可以是相同的，都是 0000H ~ FFFFH，共 64KB，那么使用时会不会出错？为什么？

答：不会出错。因为：

- 1) 程序存储器与数据存储器空间相互独立，互不重叠。
- 2) 采用了不同的存储器访问指令，访问片内或片外程序存储器时指令用“MOVC”，访问片外数据存储器时指令用“MOVX”。
- 3) 控制信号不同。访问片外程序存储器时控制信号为 $\overline{\text{PSEN}}$ ；访问片外数据存储器时控制信号为 $\overline{\text{RD}}$ 和 $\overline{\text{WR}}$ 。

## 2.2.2 AT89C52 单片机的数据存储器

AT89C52 单片机的数据存储器由读写存储器 (RAM) 组成，用于存储实时输入的数据或中间计算结果。其空间分为片内和片外两部分，片内、片外数据存储器空间不存在重叠，是两个独立的地址空间，分别单独编址，采用不同指令来访问。

### 1. 片外数据存储器 (片外 RAM)

片外数据存储器指单片机外部扩展的数据存储器，使用说明如下：

- 1) 根据地址总线宽度，用 16 位地址线编址，在片外可扩展的存储器最大容量为 64KB，地址范围是 0000H ~ FFFFH。
- 2) 片外数据存储器与程序存储器的操作使用不同的指令和控制信号，允许两者的地址相同。因此，片外要扩展的数据存储器与程序存储器各为 64KB。
- 3) 片外数据存储器与片内数据存储器的操作指令亦不同 (对片外 RAM 用“MOVX”指令)，所以也允许两者的地址相同，片内数据存储器的地址为 00H ~ FFH，外部扩展数据存储器的地址可以从 0000H 开始，范围为 0000H ~ FFFFH。
- 4) 采用 R0、R1 或 DPTR 寄存器间接寻址的方式访问片外数据存储器。当采用 R0、R1 间接寻址时只能访问片外低 256B 空间，采用 DPTR 间接寻址可访问片外整个 64KB 空间。

### 2. 片内数据存储器 (片内 RAM)

片内数据存储器指单片机芯片内部的数据存储器。相对其他存储器，AT89C52 单片机片内 RAM 配置较复杂，在使用上应遵循其功能的定义。AT89C52 单片机内部有 256 个单元的片内数据存储器，单元地址用 8 位二进制数编址，片内数据存储器除了用户 RAM 块外，还有专用区 (特殊功能寄存器，SFR)。

实际使用时应首先充分利用片内存储器，从使用角度讲，清楚片内数据存储器的结构和地址分配是十分重要的，具体如图 2-7 所示。256 个单元在物理空间上又可分成两部分：前者低 128B 是用户区，地址为 00H ~ 7FH (即 0 ~ 127)，后者高 128B 是特殊功能寄存器 (SFR) 区，地址为 80H ~ FFH (即 128 ~ 255)。二者连续而不重叠。下面分别介绍：

(1) 片内数据存储器低 128B

根据图 2-7 所示，AT89C52 单片机片内 RAM 低 128B 在使用上具体分三部分：

1) 工作寄存器区。00H~1FH 安排了 32 个存储单元作为通用寄存器区，共分四组，每组 8 个工作寄存器，用 R0~R7 来表示，具体如图 2-7 所示。

工作寄存器常用于临时寄存 8 位操作数及中间结果等，由于它们的功能及使用不作预先规定，因此称为通用寄存器，也叫工作寄存器。

在任一时刻，CPU 只能使用这四组工作寄存器中的一组，并把正在使用的那组工作寄存器称为当前工作寄存器组。要注意一点，虽然在使用上可选择不同的当前工作寄存器，但仍然用 R0~R7 表示，它们对应的单元地址却不同。

究竟选用哪一组寄存器，由程序状态字寄存器 (PSW) 中第 3 位 (RS0) 和第 4 位 (RS1) 的状态组合来决定。在这两位上设置不同的二进制数，即可选用不同的寄存器组。若已选定当前工作寄存器组，那么剩下的工作寄存器区所对应的单元可作为一般的数据缓冲区使用。

2) 位寻址区。在低 128B 单元中，还开辟有一个所谓“位地址”区，共计 128 个二进制位。位寻址区有 16B，字节地址为 20H~2FH。每字节有 8 个二进制位，每个二进制位都有各自的地址，称为“位地址”。16B 共计包含 128 个二进制位，位地址范围是 00H~7FH。该区域内不但可按字节寻址，还可按“位 (bit)”寻址。对于那些需要进行位操作的数据，可以存放到这个区域。具体位地址如图 2-7 所示。

位寻址区的每一位都可以当做软件触发器，由程序直接进行位处理。程序设计时通常把各种程序状态标志位控制变量设在位寻址区内。同样，位寻址区的 RAM 单元也可以作为一般的数据缓冲器使用。在系统设计中，经常需要用一些标志位来判断程序的运行。

3) 用户 RAM 区。30H~7FH 可供用户使用，属于用户 RAM 区。这 80 个单元只能以字节形式使用，堆栈区域也设在其中。

(2) 片内数据存储器高 128B

AT89C52 单片机片内 RAM 的高 128B，地址 80H~FFH，称为特殊功能寄存器 (Special Functional Register, SFR)，因这些寄存器的功能已作专门规定，故而也称为专用寄存器。特殊功能寄存器是用来对片内各功能模块进行管理、控制的控制寄存器和状态寄存器，反映了单片机的当前工作状态。

AT89C52 单片机共有 28 个特殊功能寄存器，它们离散地分布在片内 RAM 的 80H~FFH 中。除程序计数器 (PC) 不可寻址外，其余 27 个是有地址的，并可寻址。各特殊功能寄存器的符号和地址，具体见表 2-3。其中，有 12 个具有位寻址能力 (带 \* 号的)，用户可以通过使用位功能

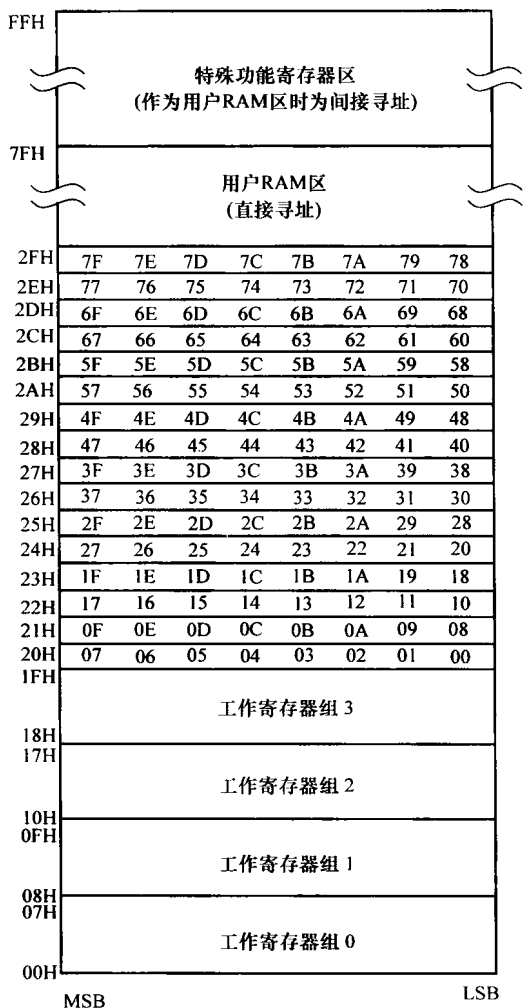


图 2-7 AT89C52 片内 RAM 地址分配