



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

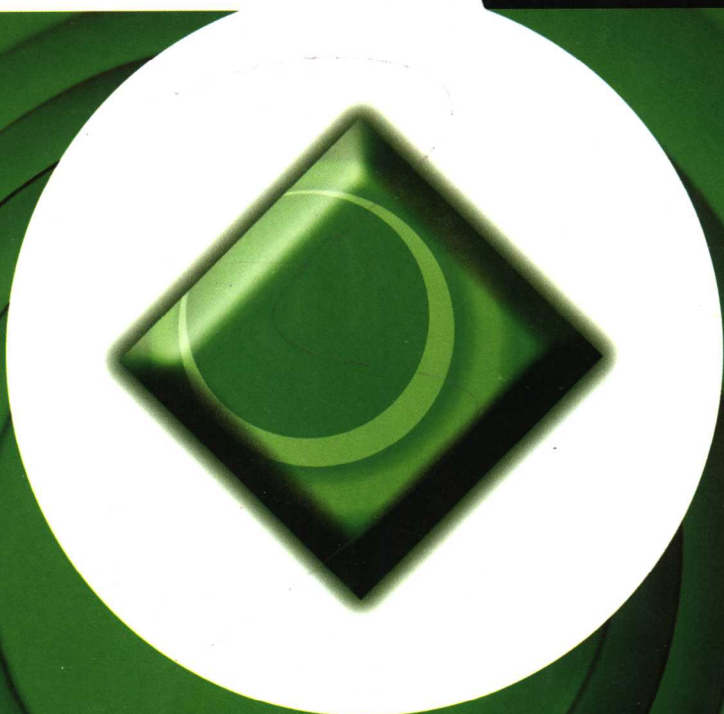
高等工程专科学校教材

MCS-51 系列单片机

原理及接口技术 第2版

邹振春 主编

赠电子教案



TP368.1
290

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等工程专科学校教材

MCS-51 系列单片机原理 及接口技术

第2版

主 编 邹振春
副主编 董国增
参 编 邓立新
主 审 陈至坤



机械工业出版社

本书共分9章,系统地介绍了MCS-51系列单片机的基本结构及基本工作原理。书中用较大篇幅介绍了MCS-51单片机的指令系统及汇编语言程序设计方法;常用的系统接口技术;C51语言编程方法。在本书的最后一章简单介绍了常用的其他类型的51单片机的基本工作原理。

本书可作为计算机专业、自动化专业及电气技术专业的教学用书,也可供从事单片机应用技术开发的有关技术人员参考。

本书配有实验和训练指导教材《MCS-51单片机接口及应用实验和训练指导》,并配套电子教案,辅助教学和自学。电子教案请登录www.cmpbook.com免费下载,或联系编辑(kongxijun@163.com)索取。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51系列单片机原理及接口技术 / 邹振春主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2006. 8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等工程专科学校教材.

ISBN 7-111-07107-7

I. M... II. 邹... III. ①单片微型计算机—理论—高等学校:技术学校—教材②单片微型计算机—接口—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(2006)第075645号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:孔熹峻 版式设计:冉晓华 责任校对:刘志文

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2006年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·13.5印张·332千字

0001—4000册

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书共分9章，前6章介绍了MCS-51单片机的基本结构、工作原理及其指令系统。第7章为单片机接口技术，由存储器扩展、I/O口扩展、C/T扩展、A/D及D/A接口技术以及键盘显示接口等内容组成。第8章介绍了51单片机常用的开发语言C51语言程序设计方法。第9章介绍了其他类型的51单片机的基本原理。在每一章（除第9章外）的后边附有习题。

与第1版相比，本书增加了常用串行存储器、串行A/D转换器、C51语言程序设计及其他类型的51单片机等方面的内容；删减了汇编语言程序设计；删除了96系列单片机的有关内容。全书按照教学时数为80学时编写，使用时可根据具体情况对教学内容进行增删。本书可作为计算机专业、自动化专业及电气技术专业的“单片机原理及应用”课程的教学用书，也可供从事单片机应用技术开发的有关技术人员参考。

本书由邹振春任主编，董国增任副主编。第1~5章由董国增编写，第6章、第8章和第9章由邓立新编写，第7章由邹振春编写。全书由邹振春统稿。河北理工大学陈至坤教授认真地审阅了全部书稿，并提出了宝贵的修改意见。

由于作者水平有限，书中错误难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

| | |
|---|----|
| 前言 | |
| 第 1 章 单片计算机概述 | 1 |
| 1.1 单片机的特点 | 1 |
| 1.2 单片机的主要品质系列 | 2 |
| 1.3 单片机的硬件特性 | 4 |
| 1.4 单片机的应用 | 4 |
| 1.5 单片机的发展趋势 | 5 |
| 习题 | 5 |
| 第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构 | 6 |
| 2.1 MCS-51 的内部结构 | 6 |
| 2.2 MCS-51 的主要性能特点 | 8 |
| 2.3 MCS-51 引脚功能描述 | 9 |
| 2.4 存储器配置 | 12 |
| 2.4.1 MCS-51 的空间配置 | 12 |
| 2.4.2 程序存储器 | 12 |
| 2.4.3 内部数据存储器 (内部 RAM) | 13 |
| 2.4.4 专用寄存器——特殊功能寄存器 (SFR) | 14 |
| 2.4.5 位地址空间 | 17 |
| 2.4.6 外部数据存储器 | 17 |
| 2.5 振荡器、时钟电路和 CPU 时序 | 18 |
| 2.5.1 时钟的基本概念 | 18 |
| 2.5.2 典型指令的取指/执行时序 | 18 |
| 2.5.3 振荡源及控制器 | 19 |
| 2.6 I/O 端口 | 20 |
| 2.6.1 P0 口 | 20 |
| 2.6.2 P1 口 | 22 |
| 2.6.3 P2 口 | 22 |
| 2.6.4 P3 口 | 23 |
| 2.6.5 各端口的一般使用方法 | 23 |
| 2.6.6 利用端口组成 8031 应用系统 举例 | 24 |
| 习题 | 26 |
| 第 3 章 MCS-51 汇编语言指令 | 27 |
| 3.1 寻址方式 | 27 |
| 3.1.1 立即寻址 | 27 |
| 3.1.2 寄存器寻址 | 28 |
| 3.1.3 直接寻址 | 28 |
| 3.1.4 寄存器间接寻址 | 28 |
| 3.1.5 基址寄存器加变址寄存器间接 寻址 (又叫变址寻址) | 28 |
| 3.1.6 相对寻址 | 29 |
| 3.1.7 寻址方式小结 | 29 |
| 3.2 MCS-51 汇编语言程序设计基础 | 29 |
| 3.2.1 MCS-51 单片机的助记符语言 | 29 |
| 3.2.2 指令格式 | 31 |
| 3.2.3 指令分类 | 31 |
| 3.2.4 符号说明 | 31 |
| 3.2.5 MCS-51 汇编语言程序设计的基本 方法 | 32 |
| 3.2.6 51 伪指令 | 32 |
| 3.2.7 程序结构 | 34 |
| 3.3 数据传送类指令 | 36 |
| 3.3.1 通用传送指令 | 38 |
| 3.3.2 外部数据存储器 (或外扩 I/O 口) 与 A 传送指令 | 41 |
| 3.3.3 程序存储器向累加器 A 传送指令 | 42 |
| 3.3.4 数据交换指令 | 43 |
| 3.3.5 栈操作指令 | 44 |
| 3.4 逻辑操作类指令 | 45 |
| 3.4.1 对累加器 A 进行的逻辑操作 | 46 |
| 3.4.2 双操作数指令 | 47 |
| 3.5 算术运算类指令 | 48 |
| 3.5.1 加减运算指令 | 49 |
| 3.5.2 乘除运算指令 | 51 |
| 3.5.3 增量、减量指令 | 53 |
| 3.5.4 二→十进制调整指令 | 54 |
| 3.6 位操作指令 | 55 |
| 3.6.1 位数据传送指令 | 57 |
| 3.6.2 位状态控制指令 | 57 |
| 3.6.3 位逻辑操作指令 | 58 |
| 3.6.4 位条件转移指令 | 59 |

| | | | |
|--|-----|--|-----|
| 3.7 控制转移类指令 | 62 | 6.1 MCS-51 单片机串行通信工作方式 | 105 |
| 3.7.1 程序转移指令 | 62 | 6.1.1 串行口控制寄存器 | 106 |
| 3.7.2 子程序调用和返回指令 | 68 | 6.1.2 串行口的工作方式 | 107 |
| 3.8 程序设计举例 | 70 | 6.1.3 串行通信波特率 | 110 |
| 3.8.1 码制转换 | 70 | 6.2 多机通信 | 110 |
| 3.8.2 程序散转 | 73 | 6.3 应用举例 | 112 |
| 3.8.3 数据运算 | 75 | 习题 | 115 |
| 3.8.4 参数传递 | 80 | 第7章 单片机接口技术 | 116 |
| 习题 | 82 | 7.1 系统扩展概述 | 116 |
| 第4章 中断 | 84 | 7.2 存储器扩展 | 117 |
| 4.1 51单片机的中断系统及其管理 | 84 | 7.2.1 程序存储器扩展 | 117 |
| 4.1.1 中断源 | 84 | 7.2.2 数据存储器的扩展 | 119 |
| 4.1.2 中断的开放、禁止及优先级 | 86 | 7.2.3 数据存储器与程序存储器的统一 编址 | 121 |
| 4.2 单片机响应中断的条件及响应过程 | 88 | 7.2.4 串行存储器扩展 | 122 |
| 4.2.1 响应条件 | 88 | 7.3 I/O口扩展 | 123 |
| 4.2.2 中断响应的过程 | 88 | 7.3.1 简单I/O口扩展 | 124 |
| 4.3 关于外部中断 | 89 | 7.3.2 8255A 可编程并行I/O扩展 接口 | 124 |
| 4.3.1 外部中断的触发方式 | 89 | 7.3.3 8155/8156 可编程并行I/O扩展 接口 | 130 |
| 4.3.2 外部中断的响应时间 | 89 | 7.3.4 通过串行口扩展并行I/O口 | 133 |
| 4.4 中断程序的编制举例 | 90 | 7.4 8253 及其与单片机接口 | 134 |
| 习题 | 92 | 7.4.1 8253 的功能及外引脚 | 134 |
| 第5章 定时/计数器 | 93 | 7.4.2 8253 的工作方式 | 135 |
| 5.1 定时/计数器的结构及工作原理 | 93 | 7.4.3 8253 的操作 | 137 |
| 5.2 定时/计数器方式和控制寄存器 | 94 | 7.4.4 8253 与单片机的接口 | 137 |
| 5.2.1 定时器工作方式控制寄存器 TMOD 的格式 | 94 | 7.5 键盘及其接口 | 138 |
| 5.2.2 定时器控制寄存器 TCON 的格式 | 95 | 7.5.1 键盘抖动及其消除方法 | 138 |
| 5.3 定时/计数器的工作方式 | 96 | 7.5.2 独立式键盘 | 139 |
| 5.3.1 方式0 | 96 | 7.5.3 矩阵式键盘 | 140 |
| 5.3.2 方式1 | 96 | 7.5.4 8279 键盘、显示接口芯片及其 应用 | 143 |
| 5.3.3 方式2 | 97 | 7.6 显示接口电路 | 149 |
| 5.3.4 方式3 | 97 | 7.6.1 七段LED显示器 | 149 |
| 5.4 定时/计数器的编程举例 | 98 | 7.6.2 LED显示器的显示方式 | 150 |
| 5.5 运行中读定时/计数数值 | 100 | 7.6.3 LED显示器与单片机接口 | 151 |
| 5.6 定时/计数器2 | 101 | 7.6.4 LED的驱动电路 | 153 |
| 5.6.1 定时/计数器方式 | 101 | 7.6.5 8279 显示电路 | 154 |
| 5.6.2 波特率发生器方式 | 102 | 7.7 A/D、D/A转换器及其接口电路 | 155 |
| 5.6.3 定时/计数器2控制寄存器 T2CON | 103 | 7.7.1 A/D转换器简介 | 155 |
| 习题 | 103 | 7.7.2 8位A/D转换器与单片机的 接口 | 156 |
| 第6章 MCS-51单片机的串行口及 应用 | 105 | | |

| | | |
|--------------|----------------------------|------------|
| 7.7.3 | 12位 A/D 转换器 AD574A 与单片机的接口 | 159 |
| 7.7.4 | 串行 A/D 转换器及其接口 | 161 |
| 7.7.5 | D/A 转换器及其接口电路 | 164 |
| | 习题 | 165 |
| 第 8 章 | C51 语言程序设计 | 166 |
| 8.1 | C51 语言简介 | 166 |
| 8.2 | C51 语言语法简介 | 168 |
| 8.2.1 | 数据与数据类型 | 168 |
| 8.2.2 | C51 数据的存储类型与 8051 存储器结构定义 | 169 |
| 8.2.3 | 特殊功能寄存器及 C51 定义 | 170 |
| 8.2.4 | C51 的运算符及其表达式 | 171 |
| 8.2.5 | C51 的专用函数 | 172 |
| 8.2.6 | C51 的函数 | 173 |
| 8.2.7 | C51 的绝对地址访问 | 176 |
| 8.3 | 基本程序设计 | 176 |
| 8.3.1 | 顺序结构程序 | 176 |
| 8.3.2 | 分支结构程序 | 177 |
| 8.3.3 | 循环结构程序 | 178 |
| 8.3.4 | 函数调用 | 179 |
| 8.4 | C51 编程举例 | 179 |
| 8.4.1 | 键盘显示电路的软件设计 | 180 |
| 8.4.2 | 数据采集系统的软件设计 | 181 |
| 8.4.3 | RS232 通信软件的设计 | 182 |
| | 习题 | 184 |
| 第 9 章 | 基于 51 内核的单片机 | 185 |
| 9.1 | ATMEL 公司的 51 系列单片机 | 185 |
| 9.1.1 | AT89C51/LV51 系列单片机 | 185 |
| 9.1.2 | AT89C2051 系列单片机 | 186 |
| 9.1.3 | AT89S51 系列单片机 | 187 |
| 9.2 | Winbond 公司的 51 系列单片机 | 191 |
| 9.2.1 | W77E58 单片机的主要性能特点 | 192 |
| 9.2.2 | W77E58 单片机的引脚功能描述 | 193 |
| 9.2.3 | W77E58 的特殊功能寄存器 | 194 |
| 9.3 | 51 系列兼容单片机应用举例 | 200 |
| 9.3.1 | 双数据指针功能的应用 | 200 |
| 9.3.2 | W77E58 单片机的双串口功能的应用 | 201 |
| 9.3.3 | W77E58 单片机的看门狗定时器的应用 | 202 |
| 附录 | | 204 |
| | 附录 A ASC II 码表 | 204 |
| | 附录 B 51 单片机指令速查表 | 204 |
| 参考文献 | | 209 |

第 1 章 单片计算机概述

当代的计算机是微电子与计算数学相结合的产物。微电子学的基本元件及其集成电路构成了计算机的硬件基础；计算数学的计算方法与数据结构则成为计算机的软件基础。

从 1946 年世界上第一台电子计算机问世到现在，计算机的发展随着电子技术的发展已经历了四代，即电子管、晶体管、集成电路及超大规模集成电路。然而其结构都是冯·诺依曼结构，即计算机的组成为五部分：运算器、控制器、存储器、输入部分及输出部分。现在，大部分微机的运算器和控制器集成在一片大规模集成电路上，叫做微处理器，也称为中央处理单元 CPU (Central Processing Unit)，也有的机器把存储器和 CPU 集成在了一起。

计算机的发展随着微电子技术的发展而发展，并且由于芯片的集成度的提高而使机器微型化，出现了微型计算机 Microcomputer、单板机 Single Board Computer、单片机 Single Chip Computer 等机型。单片机，顾名思义，即一个芯片的计算机，在这一个芯片上包括了计算机的五个组成部分：运算器、存储器、控制器、输入部分及输出部分。这种把计算机的五个组成部分集成在一块芯片上的计算机又称为嵌入式微控制器。

单片机具有功能强、体积小、成本低、功耗小等特点，使它在工业控制、智能仪器、节能技术改造、通信系统、信号处理及家用电器产品中都得到了广泛应用。另外，单片机在很大程度上改变了传统的设计方法，以往采用模拟电路、数字电路实现的电路系统，大部分功能单元都可以通过对单片机硬件功能的扩展及专用程序的开发，来实现系统提出的要求，这意味着许多电路设计问题将转化为程序设计问题。

目前，由于 Intel 公司向许多厂家转让了 8051 微处理器的生产权，从而派生出百余种该系列的芯片，它们既保留 8051 核心结构又增加了各个厂商的专用功能，或在原来功能上加以补充，使其速度更快、功耗更低、封装多样、资源丰富，如 Flash ROM、A/D、PWM、I²C、CAN 等专用功能模块；又由于市场上向用户提供了软件包和硬件接口，为用户使用此类型的单片机提供了很多便利条件。

1.1 单片机的特点

单片机在一块大规模集成电路芯片上集成了一台具有一定规模的微型计算机，它在硬件结构、指令设置上均有其独到之处，主要特点有：

- 1) 单片机内集成有存储器，由于受体积限制，容量不大，但可根据需要扩展。
- 2) 单片机内的程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 在空间上分开，采用不同的寻址方式，使用两个不同的地址指针 PC 及 DPTR。另外，用户根据需要可以扩展程序存储器及数据存储器，这时 CPU 可以进行操作的存储器就分成四个区域：内部程序存储器、外部程序存储器、内部数据存储器、外部数据存储器。
- 3) 单片机的输入、输出接口在程序控制下都可有第二功能。
- 4) 单片机的内部有一个全双工的串行接口，可同时发送和接收。有两个物理上独立的

接收、发送缓冲器 SBUF。有四种工作方式。

5) 单片机内部有专门的位处理机（布尔处理机），具有较强的位的处理能力。

1.2 单片机的主要品质系列

单片机分为通用型单片机及专用型单片机两大类。我们通常所说的单片机即指通用型单片机。

通用型单片机是把可开发资源全部提供给应用者的微型控制器（Microcontroller）。专用型单片机则是为过程控制、参数监测、信号处理等方面的特殊需要而设计的单片机。

从 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来，单片机的发展非常迅速，世界上一些著名的器件公司如 Motorola 公司、Zilog 公司等也竞相推出新产品。Intel 公司在 MCS-48 的基础上，又于 1980 年推出了 MCS-51 系列单片机，此后，1983 年 Intel 公司又推出了高性能的 16 位单片机 MCS-96 系列。各种系列的单片机由于其内部功能、单元组成及指令系统不尽相同，表现出各自不同的特点。如有些单片机在片内固化了 BASICA 解释程序，可以理解这种高级语言，如 MCS-51 系列中的 8052。

由于 Intel 公司的单片机问世早、产品系列齐全、兼容性强，得到了广泛的应用。目前广泛使用的是 Intel 单片机派生的产品，如 Philips 公司和 Atmel 公司的产品，其内核是 51 系列或 52 系列，但增加了不同的性能。52 子系列与 51 子系列的不同在于它具有定时/计数器 2 及具有 256B 的内部数据存储器。单片机的引脚图及逻辑符号图见图 1-1。

另外，在使用通用单片机时，必须了解单片机的供应状态。单片机的供应状态决定于片内 ROM 的配置状态，目前有四种：

1) 片内 ROM 状态，也就是单片机内带有的是掩模 ROM，用户无法自己将程序写入片内 ROM，所以这种单片机只是在用于某种大批量生产时使用（由厂家在生产时烧制而成，一般来说用户无法使用其程序，而与 8031 等同使用）。如 MCS-51 系列的 8051、8052。

2) 片内 EPROM 状态，用户可以自己通过高压脉冲将用户程序写入片内 EPROM，如 MCS-51 系列的 8751。

3) 片内无 ROM 状态，使用这种单片机时，必须在外部配置程序存储器 EPROM，其容量可以根据需要灵活配置。由于价格便宜，是目前使用最广泛的一种形式，如 MCS-51 系列的 8031、8032。

4) 目前，市场上出现了内存采用闪存的单片机，这种单片机由于不是采用 EPROM 做程序存储器，擦写速度更快，且不会像 EPROM 那样由于漏光而丢失信息。

MCS-51 单片机程序存储器配置见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 单片机程序存储器配置

| 存储器类型 | | RAM | 定时器 | ROM | | |
|--------|----|------|------|--------|-------|-----|
| | | | | 掩模 ROM | EPROM | |
| MCS-51 | 51 | 8031 | 128B | 2 | / | / |
| | | 8051 | 128B | 2 | 4KB | / |
| | | 8751 | 128B | 2 | / | 4KB |

(续)

| 存储器类型 | | RAM | 定时器 | ROM | | |
|--------|----|------|------|--------|-------|-----|
| | | | | 掩模 ROM | EPROM | |
| MCS-51 | 52 | 8032 | 256B | 3 | / | / |
| | | 8052 | 256B | 3 | 8KB | / |
| | | 8752 | 256B | 3 | / | 8KB |

注：1KB (KiloByte) = 2^{10} = 1024B

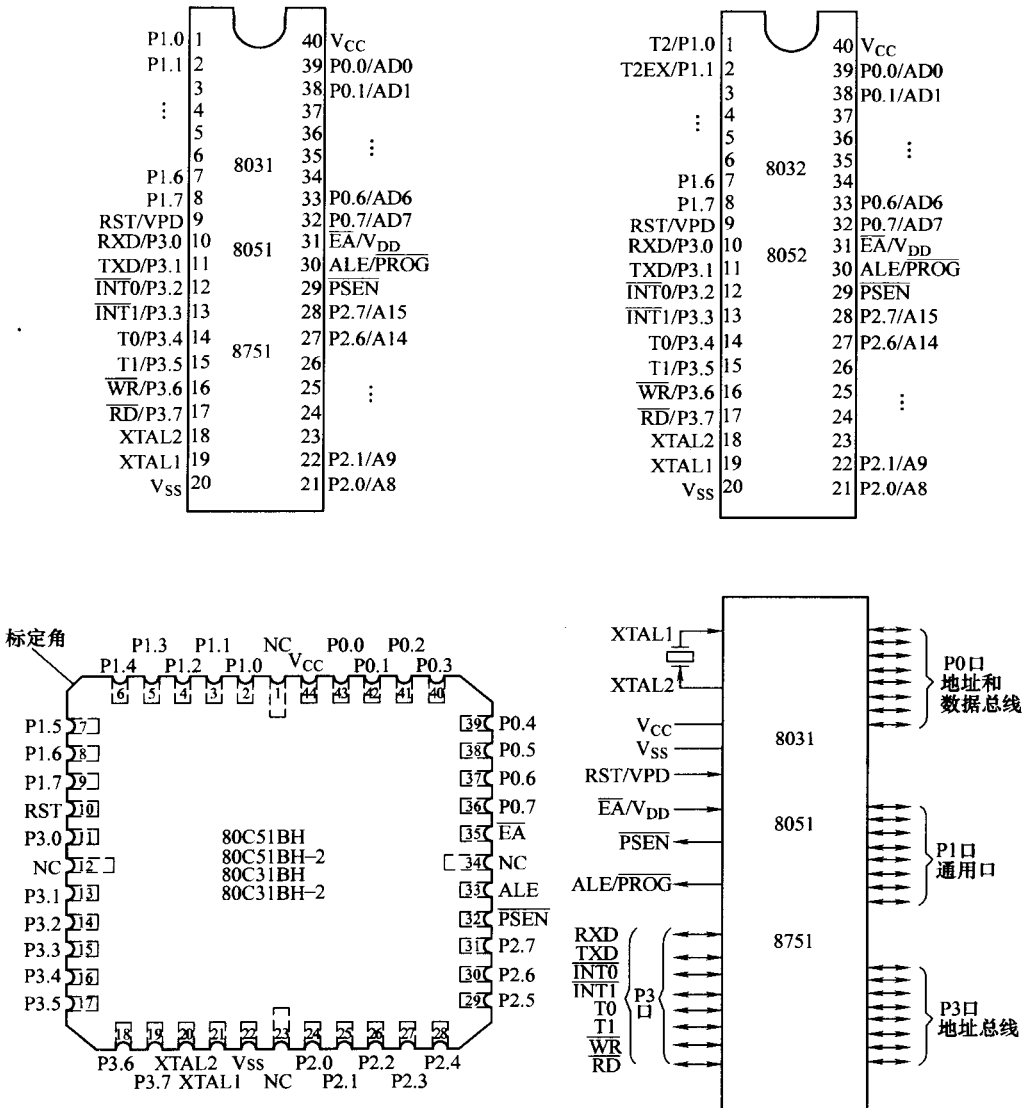


图 1-1 引脚图及逻辑符号图

1.3 单片机的硬件特性

1) 集成度高：单片机包括 CPU、4KB ROM (8031 无)、128B RAM、 2×16 位定时/计数器、 4×8 位并行口、全双工串行口。

下面简要介绍串行通信方式。根据串行通信时的数据流向定义，有三种方式（见图 1-2）：

- ① 只向一端发送或从另一端接收，称为单工通信。
 - ② 可以双向传送，但在某一时刻只能作一个方向的传送，称为半双工通信。
 - ③ 可以在同一时刻双向传送数据，称为全双工通信。
- 2) 系统结构简单，使用方便，模块化。
 - 3) 单片机可靠性高，可工作到 $10^6 \sim 10^7$ h 无故障。
 - 4) 处理功能强、速度快，即使执行最长指令，只需 $4 \mu\text{s}$ （晶振 12MHz）。

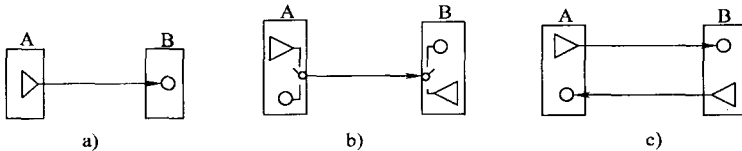


图 1-2 串行通信示意图

a) 单工通信 b) 半双工通信 c) 全双工通信

1.4 单片机的应用

单片机在各个领域、各个方面得到了广泛的应用，主要有：

1) 智能化仪器仪表：如逻辑分析仪、色谱仪、医疗器械等。单片机用于仪器仪表中，使之具有数据存储、数据处理、自动测试、自动校准及自动诊断故障的能力，扩大了仪器仪表功能，提高了测量精度和测量的可靠性。

2) 实时工业控制：如过程控制、数控机械、工业机器人等。利用单片机进行生产过程的实时控制，既可以提高自动化水平，提高控制的准确度，提高产品质量，又可以降低成本，减轻劳动强度。

3) 计算机智能终端：如计算机键盘、打印机等。单片机用于计算机智能终端，使之能够脱离主机而独立工作，尽量少占用主机时间，从而让主机有更多的时间进行其他工作，提高主机的计算速度和处理能力。

4) 通信设备：如程控交换机。计算机技术和通信技术相结合的产物——计算机通信网，不仅成为现代化通信的重要手段，且其本身也表明了近代通信与计算机技术密不可分的关系。

5) 导航系统：如飞机自动巡航系统、导弹制导控制等。单片机用于飞机、导弹的制导，能够对目标数据进行计算、分析，并向地面指挥系统传送数据及接收指令，使其能更准

确地跟踪目标。

6) 家用电器：如全自动洗衣机、自动控温冰箱、智能电饭煲。单片机用于家用电器，使其应用更简洁、方便，产品更能满足用户的高层次需求。

1.5 单片机的发展趋势

单片机的发展朝着多品种、多规格、高性能及多层次用户的方向发展。表现在：

1. 高档单片机性能不断提高

首先表现在 CPU 能力不断加强，主要体现在数据处理速度和精度方面。采用的措施有：增加 CPU 的字长、扩充硬件、提高主频、提高总线速度以及扩充指令系统和提高效率。

其次表现在内部资源增加，如存储器和 I/O 端口。程序存储器 ROM 容量高达几十 KB，内部数据存储器 RAM 也可达几 KB；I/O 端口方面增加了 A/D、D/A、PWM、LED、LCD 等接口电路。

另外，提高了寻址范围，目前最高可寻址几十 MB。

2. 超小型、低功耗、廉价

出现了微巨型单片机，运算速度为 1.2 亿次/s、CPU 字长 32 位、并可运行 64 位浮点运算。

指令系统从复杂指令系统向简易指令系统过渡。

单片机开发系统向多用户、C 编译、在线实时开发方向发展。

习 题

- 1-1 什么叫做单片机？
- 1-2 单片机的特点是什么？
- 1-3 MCS-51 系列单片机包括哪些型号？
- 1-4 单片机的应用领域有哪些？
- 1-5 单片机的硬件特性是什么？

第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构

本章介绍了单片机的内部结构、性能特点、引脚功能、存储器配置、MCS-51 的 CPU 时序和 I/O 端口。学习完本章内容后，应对 MCS-51 单片机的硬件结构及各部分的工作原理有整体的了解。

2.1 MCS-51 的内部结构

我国目前广泛使用的 MCS-51 系列单片机 51 子系列及 52 子系列派生的单片机，性能价格比较好。51 子系列有 3 个版本：8031、8051、8751。

8051: 8 位 CPU、128B RAM、4KB ROM、21 个特殊功能寄存器、4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器。

8751: 仅改造 8051 的掩模式的 4KB ROM 为 4KB 的 EPROM。

8031: 不包含 ROM，严格说来 8031 不是完整的单片机。

52 子系列相对于 51 子系列而言，内部 RAM 为 256B，并增加了一个定时/计数器 2。MCS-51 单片机的基本结构见图 2-1 和图 2-2。

顾名思义，所谓单片微型计算机（单片机），其特征就是将计算机的所有部件集成到一个硅片上。它包括只读存储器、随机存取存储器、中央处理单元、并行输入输出接口、串行输入输出接口、定时/计数器、时钟电路。

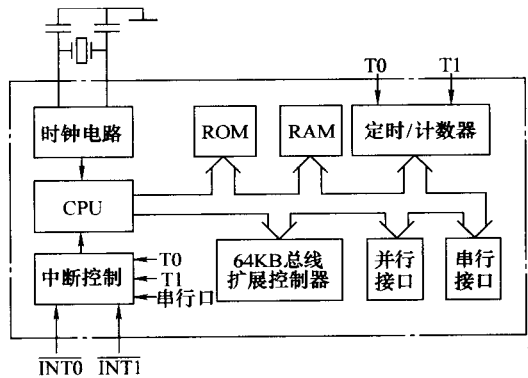


图 2-1 MCS-51 单片机的结构方块图

1. 中央处理单元 CPU（8 位）

CPU 包含有运算器和控制器，运算器进行算术运算和逻辑运算，能对 BCD 数据进行处理，还具有对 RAM 或 I/O 的某位进行测试、置位或复位的功能，即位操作功能。

(1) 运算器：图 2-2 中以 8 位的算术/逻辑运算部件（ALU, Arithmetic Logic Unit）为核心，与通过内部总线挂在其周围的暂存器 1、暂存器 2、累加器 ACC、寄存器 B、程序状态寄存器（PSW, Program Status Word）及布尔处理机组成了整个运算器的逻辑电路。

ALU 用来完成加减乘除算术运算及布尔数的逻辑运算，累加器 ACC 是一个 8 位的寄存器，是 CPU 中工作最繁忙的寄存器，所有的算术运算和大部分的逻辑运算都是通过 A 来完成的，在运算前 ACC 中暂存一个操作数，运算后保存结果。寄存器 B 除用于乘法操作外，对于其他指令只能作一个寄存器使用。PSW 用来存放运算结果的一些特征。

运算器主要完成：算术运算（加减乘除、加 1、减 1、BCD 加法的十进制调整）、逻辑

运算（与、或、异或、清0、求反）、移位操作（左、右移位）。

(2) 布尔处理机：是 CPU 中的重要组成部分，拥有相应的布尔指令子集。硬件有自己的处理单元（进位位 CY）、自己的位寻址空间和 I/O 口，是一个独立的位处理机。大部分的操作均围绕 CY 来完成。能够完成位的传送、清0、置位、求反、与、或及判位转移操作。

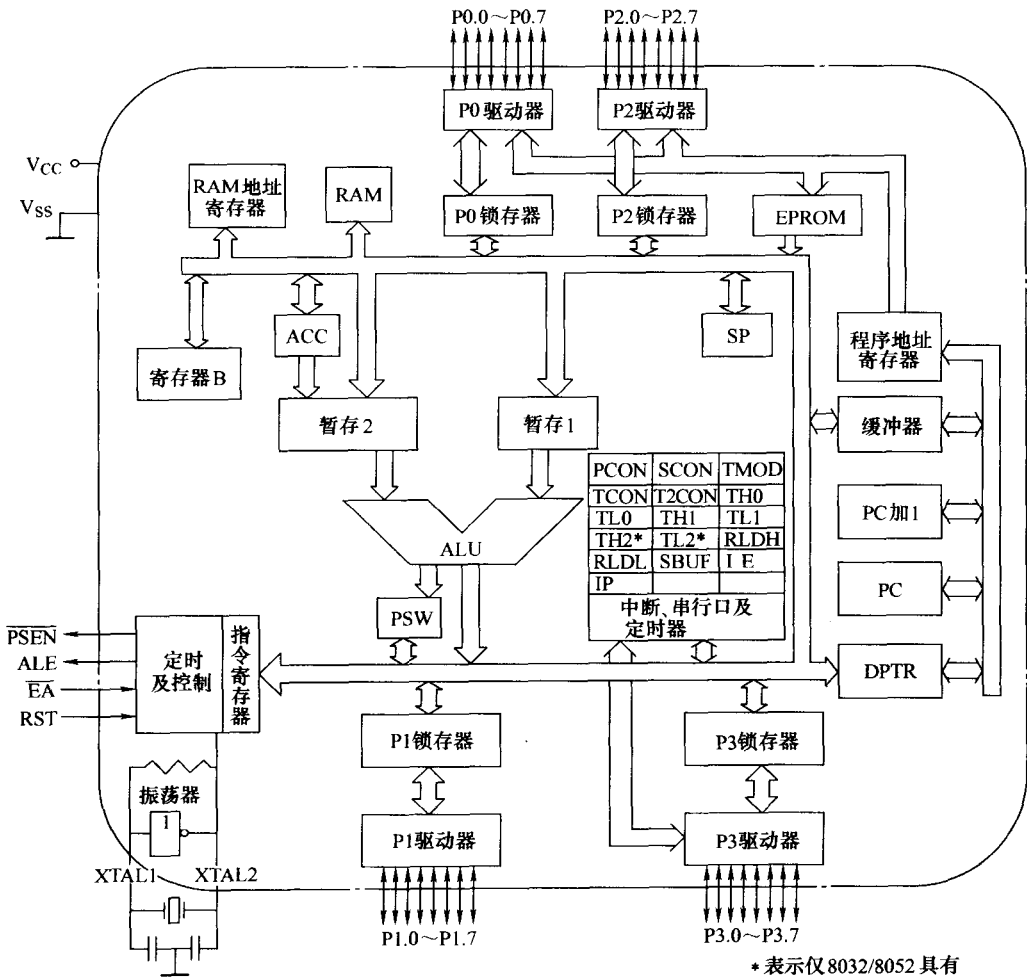


图 2-2 MCS-51 总体结构框图

(3) 控制器：控制器是 CPU 的控制中枢，包括定时控制逻辑、指令寄存器、译码器、地址指针（DPTR）、堆栈指针（SP）、程序计数器（PC）、RAM 地址寄存器及 16 位的地址缓冲器等。

2. 只读存储器

用于永久性地存储应用程序。在目前单片机中大量采用的是掩模式只读存储器 MROM

和改写只读存储器 EPROM，随着电子技术的发展，已开始采用电可读写只读存储器 EEPROM 及闪存。

3. 随机存取存储器

用于在程序运行时存储工作变量和数据。

4. 并行输入/输出口 (32 条)

每根口线可灵活地选作输入或输出，并且可以作为系统总线使用，可以扩展片外存储器和输入/输出接口芯片。

5. 串行输入/输出口 (2 条)

用于多处理机通信，或全双工 UART (通用异步收发器) 通信，也可以与一些特殊功能的芯片相连，进行输入/输出扩展。

6. 定时/计数器

单片机定时/计数器为增量计数器，当计数满时溢出中断将标志位置位。定时/计数器的作用在于：

- (1) 进行精确定时，实行实时控制。
- (2) 用于事件计数。这样作减少了软件开销。

7. 时钟电路

为内部振荡器外接晶振电路。

8. 中断系统

中断系统有 5 个中断源、2 个优先级，可以实现多个软件功能的并行运行。

2.2 MCS-51 的主要性能特点

计算机有两种基本结构：哈佛结构，即程序存储器和数据存储器分开，互相独立；普林斯顿结构，即程序存储器和数据存储器合而为一，地址空间统一编址。

单片机为哈佛结构。有如下性能特点：

- 1) 内部程序存储器：4KB。
- 2) 内部数据存储器：128B。
- 3) 外部程序存储器：可扩展到 64KB。
- 4) 外部数据存储器：可扩展到 64KB。
- 5) 输入/输出口线：32 根 (4 个端口，每个端口 8 根)。
- 6) 定时/计数器：2 个 16 位可编程的定时/计数器。
- 7) 串行口：全双工，2 根。
- 8) 寄存器区：在内部数据存储器的 128B 中划出一部分作为寄存器区，分为 4 个区，每个区有 8 个通用寄存器。
- 9) 中断源：5 个中断源，2 个优先级别。
- 10) 堆栈：最深 128B。
- 11) 布尔处理机：即位处理机，对某些单元的某位作单独处理。
- 12) 指令系统 (系统时钟为 12MHz 时)：大部分指令执行时间为 $1\mu\text{s}$ ；少部分指令执行时间为 $2\mu\text{s}$ ；只有乘、除指令的执行时间为 $4\mu\text{s}$ 。

2.3 MCS-51 引脚功能描述

掩模 MOS 制造工艺的 MCS-51 单片机都采用 40 脚的双列直插式封装 (DIP) 方式; CHMOS 制造工艺的单片机 80C31/80C51 除采用 DIP 封装外, 还采用方形的封装方式。方形封装的有 44 个引脚, 标有 NC 的 4 个引脚不连线。在 40 条引脚中有 2 条专用于主电源, 2 条外接晶振, 4 条控制或与其他电源复用的引脚, 32 条 I/O 引脚。下面分别叙述这 40 条引脚的功能。

1. 主电源引脚

V_{SS} (20 脚): 接地。

V_{CC} (40 脚): 正常操作、对 EPROM 编程和验证时接 +5V 电源。

2. 外接晶振引脚

XTAL1 (19 脚): 接外部晶振的一个引脚。当采用外部振荡器时, 对 HMOS 单片机, 此引脚应接地; 对 CHMOS 单片机, 此引脚作为带动端。

XTAL2 (18 脚): 接外部晶振的一个引脚。当采用外部振荡器时, 对 HMOS 单片机, 此引脚接收振荡器的信号; 对 CHMOS 单片机, 此引脚应悬浮。

3. 控制或其他电源复用引脚

RST/VPD (9 脚): 当振荡器运行时, 在此引脚上出现两个机器周期的高电平将使单片机复位。一般在此引脚与 V_{SS} 引脚之间连接一个约 $1k\Omega$ 的下拉电阻, 与 V_{CC} 引脚之间连接一个 $22\mu F$ 的电容, 以保证可靠复位。

复位以后, $P0 \sim P3$ 口输出高电平, SP 指针重新赋值为 07H, 其他特殊功能寄存器和程序计数器 PC 被清 0。复位后各内部寄存器初态见表 2-1。

表 2-1 MCS-51 复位后内部寄存器初态

| 特殊功能寄存器 | 初始状态 | 特殊功能寄存器 | 初始状态 |
|--------------|--------------|---------|---------------|
| ACC | 00H | TCON | 00H |
| B | 00H | TH0 | 00H |
| PSW | 00H | TLO | 00H |
| SP | 07H | TH1 | 00H |
| DPL | 00H | TL1 | 00H |
| DPH | 00H | SCON | 00H |
| $P0 \sim P3$ | 0FFH | SBUF | 不定 |
| IP | * * * 00000B | PCON | 0 * * * * * B |
| IE | 0 * * 00000B | TMOD | 00H |

只要 RESET 保持高电平, 8031 就会循环复位。RESET 由高电平变为低电平后, 8031 从 0 地址开始执行程序。8031 初始复位不影响内部 RAM 的状态, 包括工作寄存器 R0 ~ R7。

常见的复位电路见图 2-3。

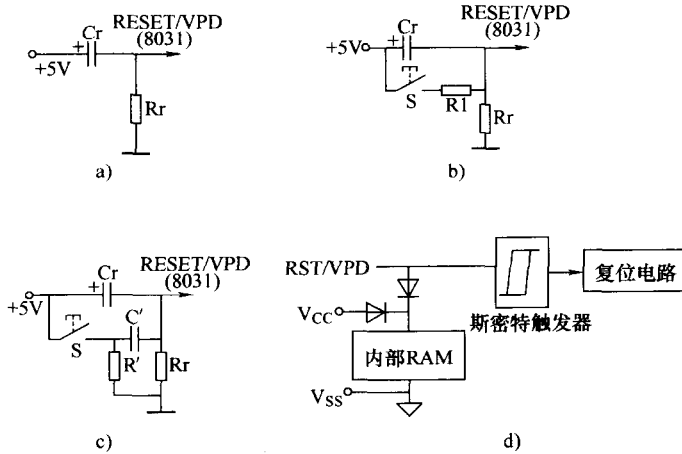


图 2-3 8031 的各种复位电路

- a) 上电复位电路 b) 电平方式开关复位电路
c) 脉冲方式开关复位电路 d) 单片机内部结构

(1) 上电复位电路: 如图 2-3a 所示。在通电瞬间, 由于 C_r 通过 R_r 充电, 在 RESET 端出现正脉冲, 8031 加电后自动复位。 C_r 、 R_r 随 CPU 时钟频率而变化, 可由实验调整。当采用 6MHz 晶体振荡器时, C_r 为 $22\mu\text{F}$, R_r 为 $1\text{k}\Omega$, 就能可靠复位。

(2) 电平方式开关复位电路和脉冲方式开关复位电路如图 2-3b、c 所示。复位电路中的电阻、电容参数和 CPU 采用的时钟频率有关, 由实验调整。在实际的 8031 应用系统中, 外部扩展的 I/O 口电路也需初始复位, 如果和 8031 的复位端相连也将影响复位电路中的 RC 参数。也可以采用独立的外围接口上电自动复位电路。

V_{cc} 断电期间, 此引脚可接上备用电源, 以保持内部 RAM 的数据。当 V_{cc} 降低到低于规定的水平, 而 VPD 在其规定的电压范围 ($5\text{V} \pm 0.5\text{V}$) 内, VPD 就向内部 RAM 提供备用电源。在用户系统中, 可以利用这一特点。一旦发现主电源有故障 (断电) 或人为迫使电源断电, 就可通过 $\overline{\text{INT0}}$ 或 $\overline{\text{INT1}}$ 向 CPU 发出中断请求。在主电源降低到低于下限工作电压之前, 中断服务程序把一些必须保护的信息转存到 RAM 中, 并把备用电源接至 RST/VPD 引脚。主电源恢复时, VPD 仍要维持一段时间, 在完成复位操作后 VPD 才能撤去。备用电源的一种可能方案的电路连接方法见图 2-4。假设主电源发生故障断电 (或人为迫使断电) 时, 断电检测电路能很快发现故障, 由 $\overline{\text{INT0}}$ 端发出中断请求, 中断服务程序把需要保护的数据送入 RAM, 然后向 P1.0 写一个 0, 此端接至一个定时电路 555 (CC7555) 的触发端 TR。图中 555 实际上构成一个单稳态触发器, 它的输出脉冲宽度取决于 R、C 和 V_{cc} 存在与否, 输出脉冲幅度决定于备用电源电压。若 V_{cc} 依然存在, 单稳态触发器被触发后, 备用电源暂时接向 RST/VPD 端, 但由于单片机内部结构 (见图 2-3d) 此电源并不能向内部 RAM 供电, 而 V_{cc} 通过