

高等学校电子信息类系列教材

单片机原理及应用

	方 方	主 编
	周 伟	副主编
周建斌	任家富	编 著
刘 易	丁卫撑	

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书详尽地介绍了 MCS-51 系列 8 位单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、C51 程序设计混合编程、系统功能扩展、单片机系统设计方法及应用实例，最后介绍了国内几款高性能单片机的类型及其基本特征。

本书共分 10 章，内容由浅入深，叙述循序渐进，服务教学及应用。同时书中各章节均配备了习题以巩固学生所学的知识。

本书可用作高等院校电子信息类专业“单片微机原理及应用”课程的教材，也可供从事单片机开发应用的技术人员阅读、参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目 (CIP) 数据

单片微机原理及应用/方方主编. —北京：清华大学出版社；北京交通大学出版社，2007.7
ISBN 978-7-81123-004-8

I. 单… II. 方… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 066699 号

责任编辑：刘洵

出版发行：清华大学出版社 邮编：100084 电话：010-62776969

北京交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686414

印刷者：北京东光印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印张：19.25 字数：477 千字

版 次：2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-81123-004-8/TP·350

印 数：1~4 000 册 定价：29.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043, 51686008；传真：010-62225406；E-mail:press@bjtu.edu.cn。

前 言

单片微机的全称是单片微型计算机,简称单片机,也称为微控制器(MCU)。

随着电子技术的飞速发展和社会需求的不断增长,单片机在更加广泛的领域内得到了应用,并且有着稳定增长的市场。而且可以看到,Flash 技术、在线可编程、高速度、低功耗、低价格、大规模集成是单片机的发展方向。目前,在众多单片机生产厂家推出的产品系列中已经出现了 16 位和 32 位的高端单片机,但是 8 位单片机仍然是嵌入式应用领域的主流机型。而 MCS-51 系列的 8 位单片机既是初学者接触单片机的基础及后续学习其他类型单片机的铺垫,也是众多单片机应用领域的首选机型。

Atmel 公司是全球著名的半导体公司之一。20 世纪 90 年代初,Atmel 率先将 MCS-51 内核与 Flash 技术相结合,推出了片内带有程序存储器的 AT89 系列单片机,成为单片机发展历程中重要的里程碑之一。21 世纪初,Atmel 又推出了具备在系统编程(ISP,即 In-System Programmable)功能的 AT89S 系列单片机。目前,Atmel 推出的单片机产品系列中既包括基于 MCS-51 内核的单片机,也包括全新配置的精简指令集(RISC)单片机,简称 AVR 系列单片机(Advanced RISC)。鉴于此,本书在第 9 章中以 Atmel 公司的 AT89 系列 8 位单片机作为教学对象,既方便了课堂教学,也注重了实际应用。

本书共分 10 章。第 1 章单片机基础,介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构。第 2 章 MCS-51 系列单片机指令系统,介绍了 MCS-51 系列单片机的寻址方式、指令系统和伪指令。第 3 章汇编语言程序设计。第 4 章输入/输出、中断、定时器、串行通信,介绍了单片机内部功能部件的应用知识。第 5 章单片机系统扩展,介绍了单片机系统的 I/O 扩展和存储器扩展。第 6 章接口芯片与接口技术,介绍了显示器接口、键盘接口、D/A 和 A/D 转换接口等硬件电路和软件设计。第 7 章单片机应用系统设计与开发。第 8 章 Keil C51 程序设计,介绍了单片机 C 语言基础和 C51 语言与汇编语言混合编程的方法。第 9 章几种典型的单片机。第 10 章 RTOS 原理及应用简介。

本书第 1 章的第 1 节和第 7 章的第 1、2、3 节由方方编写;第 1 章的第 2、3、4、5 节,第 2 章和第 9 章的第 2 节由周伟编写;第 3 章、第 7 章的第 4 节和第 10 章由任家富编写;第 4 章和第 5 章由刘易编写;第 6 章和第 9 章的第 1、3 节由丁卫撑编写;第 8 章由周建斌编写。编写大纲经与陆坤教授详细讨论,全书由方方、周伟统稿,李琳琳、王敏、黄平、方同秀参加了部分章节的审校工作。因成书时间仓促,加之水平有限,错误之处在所难免,诚请广大读者指正,以便再版时予以修订。

本书是在多年教学和科研实践的基础上,在四川省《单片微机原理及应用》精品课程建设中完成的,编写中得到了成都理工大学、核技术与自动化工程学院、信息工程学院领导和老师及北京交通大学出版社刘洵编辑的支持和帮助,在此表示衷心感谢!

编 者

2007 年 7 月

于成都理工大学

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

目 录

第 1 章 单片机基础.....	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 单片机的产生和发展	(1)
1.1.2 单片机的应用	(2)
1.2 MCS-51 单片机基本结构	(3)
1.2.1 MCS-51 单片机系列	(3)
1.2.2 MCS-51 系列单片机内部结构	(4)
1.2.3 MCS-51 系列单片机外部引脚	(5)
1.3 中央处理器 CPU	(7)
1.3.1 运算部件	(7)
1.3.2 控制部件	(8)
1.3.3 CPU 时序	(8)
1.3.4 CPU 复位	(11)
1.3.5 布尔处理器	(12)
1.4 MCS-51 单片机存储器结构	(12)
1.4.1 MCS-51 单片机存储器分类及配置	(12)
1.4.2 程序存储器	(12)
1.4.3 内部数据存储器	(13)
1.4.4 外部数据存储器	(16)
1.5 MCS-51 单片机输入/输出端口	(17)
1.5.1 P0 端口	(17)
1.5.2 P1 端口	(18)
1.5.3 P2 端口	(19)
1.5.4 P3 端口	(20)
习题	(21)
第 2 章 MCS-51 系列单片机指令系统	(22)
2.1 MCS-51 单片机汇编语言与指令格式	(22)
2.1.1 单片机的汇编语言	(22)
2.1.2 指令格式	(22)
2.1.3 指令中常用符号	(23)
2.2 寻址方式.....	(24)
2.2.1 立即寻址	(24)
2.2.2 直接寻址	(24)
2.2.3 寄存器寻址	(25)

2.2.4	寄存器间接寻址	(25)
2.2.5	变址寻址	(25)
2.2.6	相对寻址	(25)
2.2.7	位寻址	(26)
2.3	MCS-51 单片机指令系统	(27)
2.3.1	数据传送类指令	(27)
2.3.2	算术运算类指令	(32)
2.3.3	逻辑运算及循环移位类指令	(35)
2.3.4	控制转移类指令	(37)
2.3.5	位操作类指令	(41)
2.4	伪指令	(44)
	习题	(45)
第3章	汇编语言程序设计	(48)
3.1	概述	(48)
3.1.1	机器语言	(48)
3.1.2	汇编语言	(48)
3.1.3	高级语言	(49)
3.2	汇编程序基本结构	(49)
3.2.1	顺序结构程序设计	(50)
3.2.2	分支结构程序设计	(51)
3.2.3	循环结构程序设计	(53)
3.3	子程序结构程序设计	(55)
3.3.1	子程序及其调用	(55)
3.3.2	代码转换程序设计	(56)
3.3.3	运算程序设计	(57)
3.3.4	查表程序设计	(61)
3.3.5	散转程序设计	(63)
	习题	(65)
第4章	输入/输出、中断、定时器、串行通信	(67)
4.1	I/O 概述	(67)
4.1.1	I/O 接口电路的作用	(67)
4.1.2	接口与端口	(68)
4.1.3	I/O 端口的编址方式	(68)
4.2	输入/输出传送方式	(69)
4.2.1	无条件传送方式	(69)
4.2.2	查询方式	(69)
4.2.3	中断方式	(69)
4.3	MCS-51 单片机的中断系统	(70)
4.3.1	中断的基本知识	(70)

4.3.2	MCS-51 单片机的中断系统结构	(74)
4.3.3	中断程序举例	(74)
4.4	MCS-51 单片机的定时/计数器	(75)
4.4.1	MCS-51 定时/计数器的功能	(75)
4.4.2	定时/计数器的结构及工作原理	(76)
4.4.3	定时/计数器的控制寄存器	(76)
4.4.4	定时/计数器的工作方式	(77)
4.4.5	定时/计数器应用举例	(79)
4.5	串行通信接口	(82)
4.5.1	MCS-51 单片机的串行口	(82)
4.5.2	串行通信应用举例	(86)
	习题	(88)
第5章	单片机系统扩展	(89)
5.1	系统扩展概述	(89)
5.1.1	单片机最小应用系统	(89)
5.1.2	系统扩展的内容及方法	(91)
5.2	存储器扩展	(92)
5.2.1	程序存储器扩展	(92)
5.2.2	数据存储器扩展	(96)
5.2.3	Flash 存储器扩展	(99)
5.3	I/O 驱动及扩展	(103)
5.3.1	I/O 总线驱动	(103)
5.3.2	I/O 口扩展	(105)
	习题	(107)
第6章	接口芯片与接口技术	(108)
6.1	概述	(108)
6.2	可编程并行 I/O 接口芯片 8255A	(108)
6.2.1	8255A 的内部结构与外部引脚	(108)
6.2.2	8255A 的工作方式	(110)
6.2.3	8255A 的控制字与初始化	(111)
6.2.4	8255A 和 MCS-51 单片机接口电路	(113)
6.2.5	8255A 应用举例	(114)
6.3	I ² C 总线应用	(115)
6.3.1	I ² C 总线介绍	(115)
6.3.2	24C 系列 E ² PROM 应用举例	(118)
6.4	LED 显示器接口	(123)
6.4.1	LED 显示器的基本结构	(123)
6.4.2	LED 显示器的接口电路及驱动方法	(124)
6.4.3	LED 显示器的应用举例	(126)

6.4.4	液晶显示器接口	(129)
6.5	键盘接口	(135)
6.5.1	键盘的分类及实现	(135)
6.5.2	键盘接口电路的工作原理	(136)
6.5.3	键盘扫描程序	(138)
6.5.4	键盘接口的抗干扰	(144)
6.6	键盘、显示接口芯片 8279	(145)
6.6.1	8279 电路工作原理	(145)
6.6.2	管脚引线功能	(147)
6.6.3	命令功能与命令字	(148)
6.6.4	8279 的工作方式	(151)
6.6.5	状态字	(152)
6.6.6	8279 的数据输入/输出	(152)
6.6.7	8279 的内部译码与外部译码	(153)
6.6.8	8279 的接口电路与应用举例	(153)
6.7	D/A 转换器接口	(155)
6.7.1	D/A 转换器工作原理	(155)
6.7.2	D/A 转换器的性能指标	(156)
6.7.3	DAC0832 基本特征	(157)
6.7.4	DAC0832 与 MCS-51 单片机接口实现	(159)
6.7.5	DAC0832 应用举例	(161)
6.8	A/D 转换器接口	(163)
6.8.1	A/D 转换器分类及工作原理	(164)
6.8.2	A/D 转换器的性能指标	(165)
6.8.3	ADC0809 基本特征	(166)
6.8.4	ADC0809 与 MCS-51 单片机接口实现	(167)
6.8.5	ADC0809 应用举例	(169)
	习题	(170)
第7章	单片机应用系统设计与开发	(171)
7.1	单片机应用系统设计与开发概述	(171)
7.1.1	单片机应用系统设计的基本原则	(171)
7.1.2	单片机应用系统的一般设计方法	(172)
7.1.3	单片机应用系统开发的基本过程	(173)
7.1.4	单片机仿真开发系统介绍	(175)
7.2	单片机应用系统的调试	(176)
7.2.1	单片机应用系统的调试工具	(176)
7.2.2	单片机应用系统的一般调试方法	(177)
7.3	单片机应用系统的可靠性设计	(180)
7.3.1	干扰的来源	(180)

7.3.2 抗干扰措施	(180)
7.4 单片机应用系统设计与开发实例	(182)
7.4.1 实例一：氢气采样自动控制器	(182)
7.4.2 实例二：单片机系统板及功能的设计	(186)
习题	(195)
第8章 Keil C51 程序设计	(196)
8.1 概述	(196)
8.2 程序设计基础	(197)
8.2.1 标识符与关键字	(197)
8.2.2 C51 程序的基本语法	(199)
8.2.3 C51 程序的基本语句	(210)
8.3 函数	(212)
8.3.1 函数的定义	(212)
8.3.2 函数的调用	(213)
8.3.3 中断服务程序	(215)
8.3.4 程序预处理	(217)
8.4 数组与指针	(220)
8.4.1 数组的定义与引用	(220)
8.4.2 指针变量的定义与引用	(220)
8.5 混合编程	(226)
8.6 μ Vision2 集成开发环境	(229)
8.6.1 μ Vision2 的使用	(229)
8.6.2 μ Vision2 中程序调试	(235)
8.6.3 μ Vision2 的函数	(245)
8.7 程序应用举例	(247)
习题	(254)
第9章 几种典型的单片机	(255)
9.1 AT89C2051 单片机	(255)
9.1.1 AT89C2051 主要性能	(255)
9.1.2 AT89C2051 引脚配置	(256)
9.1.3 AT89C2051 特殊功能寄存器 (SFR)	(257)
9.1.4 某些指令的条件约束	(258)
9.1.5 程序存储器的加密	(258)
9.1.6 低功耗工作模式	(259)
9.2 ATmega8 单片机	(259)
9.2.1 ATmega8 的结构与主要特点	(259)
9.2.2 ATmega8 的封装与引脚配置	(261)
9.3 C8051Fxxx 系列单片机	(262)
9.3.1 CIP-51 CPU 内核	(263)

9.3.2 增加的功能	(263)
9.3.3 可编程数字 I/O 和数字交叉开关	(264)
9.3.4 其他	(264)
第 10 章 RTOS 原理及应用简介	(266)
10.1 RTOS 系统概述	(266)
10.2 Small RTOS51 原理及应用	(267)
10.2.1 Small RTOS51 原理	(268)
10.2.2 基于 Small RTOS51 的编程实例	(274)
10.3 μ C/OS-II 系统原理及应用	(275)
10.3.1 μ C/OS-II 原理	(276)
10.3.2 μ C/OS-II 系统的移植	(281)
10.3.3 基于 μ C/OS-II 的应用实例	(284)
附录 A MCS-51 系列单片机汇编指令	(289)
附录 B ASCII 码字符表与控制符功能	(292)
参考文献	(294)

第 1 章 单片机基础

[本章要点]

- ① 单片机定义。
- ② MCS-51 系列单片机基本配置、内部结构、引脚定义与 I/O 引脚结构。
- ③ MCS-51 系列单片机存储器结构。

1.1 概述

单片微机的全称是单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer), 简称单片机, 也称为微控制器 (MCU——Micro-Controller Unit)。它在一块半导体芯片上集成了中央处理器 CPU、存储器 (RAM、ROM 和 EPROM)、各种 I/O 接口电路 (并行接口和串行接口)、定时/计数器和中断控制器等功能部件。

20 世纪 80 年代, Intel 公司首先推出了 8051 单片机, 至今已有 20 多年的历史。目前, 单片机以其体积小, 质量轻, 抗干扰能力强, 对环境要求低, 性价比和可靠性高, 易于开发等优点, 被广泛地应用于工业控制、数据采集、自动检测、智能仪器仪表、家用电器、军工产品、电力电子、机电一体化设备等领域。并且可以看到, 随着电子技术的发展和市场对产品功能和性能要求的不断提高, Flash 技术、在线可编程、高速度、低功耗、低价格、大规模集成是单片机的发展方向。

1.1.1 单片机的产生和发展

单片机出现的历史不算短了, 但是近十年的发展速度十分迅猛。它的产生与发展 and 微处理器的产生与发展大体同步, 自 1971 年美国 Intel 公司首先推出 4 位微处理器以来, 它的发展到目前为止大致可分为 5 个阶段。

第 1 阶段 (1971—1976): 单片机发展的初级阶段。1971 年 11 月 Intel 公司首先设计出单芯片内集成 2 000 只晶体管的 4 位微处理器 Intel 4004, 并配有 RAM、ROM 和移位寄存器, 构成了第一台 MCS-4 微处理器, 而后再推出了 8 位微处理器 Intel 8008, 其他公司也相继推出了 8 位微处理器。它们虽说还不是单片机, 但从此拉开了研制单片机的序幕。

第 2 阶段 (1976—1980): 低性能单片机阶段。以 1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 系列为代表, 采用将 8 位 CPU、8 位并行 I/O 接口、8 位定时/计数器、RAM 和 ROM 等集成于一块半导体芯片上的单片结构, 虽然其寻址范围有限 (不大于 4 KB), 也没有串行口, RAM 和 ROM 容量小, 中断系统也较简单, 但其功能可满足一般工业控制和智能化仪器仪表

表等的要求。这种采用将 CPU 与计算机外围电路集成到一块芯片上的技术，标志着单片机与通用 CPU 发展方向的分隔，在构成新型工业微控制器方面取得了成功，为进一步发展单片机开辟了成功之路。

第 3 阶段（1980—1983）：高性能单片机阶段。这一阶段推出的高性能 8 位单片机普遍带有串行接口，有多级中断处理系统，多个 16 位定时/计数器。片内 RAM 和 ROM 的容量加大，且寻址范围可达 64 KB，个别片内还带有 A/D 转换接口。其典型产品为 1980 年 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机，其他代表产品有 Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这类单片机拓宽了单片机的应用范围，使之能用于智能终端、局部网络的接口等。因而，它是目前国内外产品的主流，各生产厂家仍在不断地改进和发展它。

第 4 阶段（1983—20 世纪 80 年代末）：16 位单片机阶段。1983 年 Intel 公司推出了高性能的 16 位单片机 MCS-96 系列，由于其采用了最新的制造工艺，使芯片集成度高达 12 万只晶体管/片。CPU 为 16 位，支持 16 位算术逻辑运算，并具有 32 位除 16 位的除法能力；片内 RAM 和 ROM 容量更进一步增大；除两个 16 位定时/计数器外，还可设定 4 个软件定时器；具有 8 个中断源；片内带有多通道高精度 A/D 转换和高速输入/输出部件（HSIO）；运算速度和控制功能也大幅度提高，具有很强的实时处理能力。

第 5 阶段（20 世纪 90 年代至今）：单片机在集成度、功能、速度、可靠性、应用领域等方面向更高水平发展。如：CPU 的位数有 8 位、16 位、32 位，而结构上更进一步采用双 CPU 结构或内部流水线结构，以提高处理能力和运算速度；时钟频率高达 20 MHz，使指令执行速度相对加快；提供新型的串行总线结构，为系统的扩展与配置打下良好的基础；增加新的特殊功能部件（如 PWM 输出、看门狗定时器 WDT、可编程计数器阵列 PCA、DMA 传输、调制解调器、通信控制器、浮点运算元等）；半导体制造工艺的不断改进，使芯片向高集成化、低功耗方向发展等。以上这些方面的发展，使单片机在数据的实时处理、高级通信系统、数字信号处理、复杂工业过程控制、高级机器人及局域控制网络等领域得到大量应用。

1.1.2 单片机的应用

由于单片机具有体积小、重量轻、价格便宜、功耗低、易扩展、可靠性高、控制功能强及运算速度快等特点，在国民经济建设、军工产品及家用电器等各个领域均得到了广泛的应用。

1. 工业自动化

在自动化技术中，无论是过程控制技术、数据采集还是测控技术，都离不开单片机。在工业自动化领域中，机电一体化技术将发挥越来越重要的作用，在这种集机械、微电子和计算机技术为一体的综合技术（例如机器人技术）中，单片机发挥着非常重要的作用。

2. 智能仪器仪表

目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。在智能仪器仪表中，单片机应用十分普及。单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度，简化结构、减小体积使之易于携带和使用，加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化方向发展。

3. 消费类电子产品

单片机在消费类电子产品的应用主要集中在家电领域。目前家电产品的一个重要发展趋

势是不断提高其智能化程度。例如，洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、手机、IC卡、汽车电子设备等。在这些设备中使用了单片机后，其产品功能得到增强，性能得到提高，并实现了智能化、最优化控制。

4. 通信方面

在调制解调器、程控交换技术及各种通信设备中，单片机均得到了广泛的应用，并收到了良好的效果。

5. 军工产品

在现代化的军工产品中，如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航空航天导航系统，都有单片机的应用深入其中。

6. 终端及外部设备控制

在计算机网络终端设备（如银行终端）及计算机外部设备（如打印机、硬盘驱动器、绘图仪、传真机、复印机等）中都使用了单片机。

7. 多机分布式系统

可用多片单片机构成分布式测控系统，这使单片机的应用进入一个新的阶段。

综上所述，目前单片机已用于工业控制、机电一体化设备、智能仪器仪表、信号处理、现代军事产品、交通能源、商用设备、医疗设备及家用电器等各个领域，随着单片机性能的不不断提高，它的应用将会更加广泛。

1.2 MCS-51 单片机基本结构

1.2.1 MCS-51 单片机系列

MCS 是 Intel 公司生产的单片机的系列符号，例如 Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。目前，MCS 系列单片机已有 10 多种产品，可分为 2 个子系列：C51 子系列和 C52 子系列。C51 子系列中主要有 8031、8051、8751 等 3 种类型。而 C52 子系列也有 3 种类型 8032、8052、8752。各子系列的基本配置如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS 单片机系列单片机配置一览表

系 列	片内存储器/字节				定时/计数器	并行 I/O	串行 I/O	中断源	制造工艺
	片内 ROM			片内 RAM					
	无 ROM	片内 ROM	片内 EPROM						
C51 子系列	8031	8051 4 K	8751 4 K	128	2×16 位	4×8 位	1	5	HMOS
	80C31	80C51 4 K	87C51 4 K	128	2×16 位	4×8 位	1	5	CHMOS
C52 子系列	8032	8052 8 K	8752 8 K	256	3×16 位	4×8 位	1	6	HMOS
	80C32	80C52 8 K	87C52 8 K	256	3×16 位	4×8 位	1	7	CHMOS

表 1-1 中列出了 MCS 系列单片机的两个子系列在性能方面的差异。从表中可以看出，在相同子系列内各类芯片的主要区别在于有无 ROM 或 EPROM；C51 与 C52 子系列间所不同的是片内程序存储器 ROM 从 4 KB 增至 8 KB；片内数据存储器由 128 个字节增至 256 个字节；定时/计数器增加了 1 个；中断源增加了 1~2 个。另外，对于制造工艺为

CHMOS 的单片机，由于采用 CMOS 技术制造，因此具有低功耗的特点，如 8051 功耗约为 630 mW，而 80C51 的功耗只有 120 mW。

1.2.2 MCS-51 系列单片机内部结构

MCS-51 系列单片机的内部结构框图如图 1-1 所示。MCS-51 系列单片机内部结构按其功能部件划分可以分为 8 大部分。

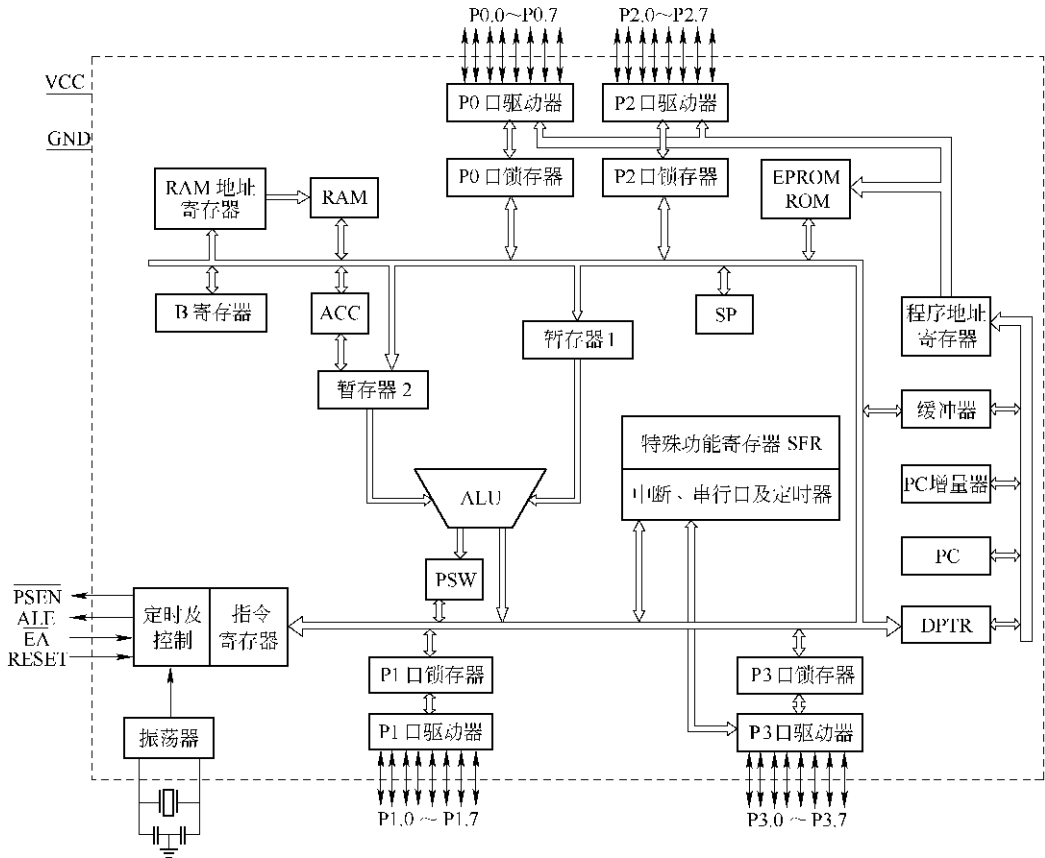


图 1-1 MCS-51 系列单片机的内部结构框图

1. 中央处理器 CPU

MCS-51 系列单片机有 1 个 8 位的 CPU，由运算部件、控制部件构成，其中包括振荡电路和时钟电路，主要完成单片机的运算和控制功能。它是单片机的核心部件，决定了单片机的主要功能特性。MCS-51 单片机的 CPU 不仅可以处理字节数据，还可以进行位变量的处理。

2. 片内数据存储器 RAM

片内带有 128 字节（C52 子系列为 256 字节）的数据存储器 RAM，其片外可寻址范围为 64 KB。数据存储器用于存储单片机运行过程中的工作变量、中间结果和最终结果等。

3. 片内程序存储器 ROM/EPROM

片内带有 4 KB（C52 子系列为 8 KB）程序存储器 ROM，其片外可寻址范围为 64 KB。8031（或 8032）单片机内部无 ROM。程序存储器既可以存放已编制的程序，也可以存放一

些原始数据和表格。

4. 特殊功能寄存器 SFR

片内有 21 个 (C52 子系列有 26 个) 特殊功能寄存器 SFR, 用以控制和管理内部算术逻辑部件、并行 I/O 口、串行 I/O 口、定时/计数器、中断系统等功能模块的工作。

5. 并行口

4 个 8 位的并行 I/O 口: P0、P1、P2、P3。

6. 串行口

1 个全双工的串行口, 可以实现单片机与外设之间数据的逐位传送。

7. 定时/计数器

片内有两个 (C52 子系列有 3 个) 16 位的定时/计数器, 可以设置为定时方式或计数方式。

8. 中断系统

具有 5 个中断源, 可编程为 2 个优先级的中断系统。

串行口、定时/计数器和中断系统的应用知识将在第 4 章中详细介绍。

1.2.3 MCS-51 系列单片机外部引脚

MCS-51 系列单片机中各种型号芯片的引脚是相互兼容的。制造工艺为 HMOS 的芯片采用双列直插 (DIP) 封装, 其引脚数为 40。而 CMOS 工艺制造的芯片也有采用方形 (PLCC) 封装的, 其引脚数为 44 (其中有 4 个未连接引脚)。图 1-2 是双列直插封装 MCS-51 系列单片机的引脚分配图。

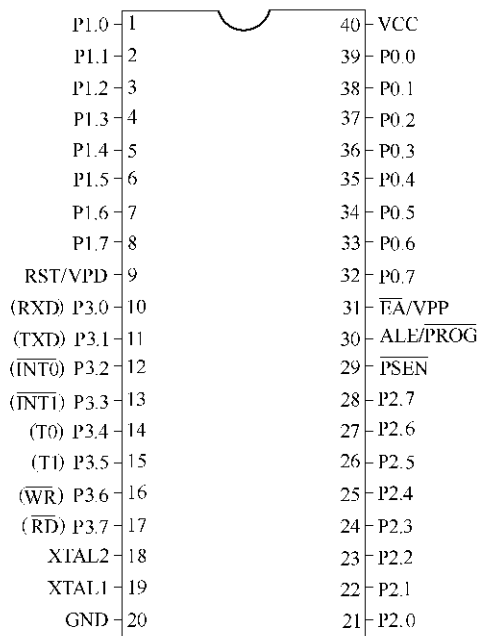


图 1-2 双列直插封装 MCS-51 系列单片机的引脚分配图

MCS-51 系列单片机的 40 个引脚中有 2 个电源引脚, 2 个时钟引脚, 4 个控制引脚, 以及 32 个输入输出 I/O 引脚。以下分为 4 部分叙述各引脚的功能。

1. 电源引脚 VCC 和 GND

- VCC (40 脚): 接 +5 V 电源。
- GND (20 脚): 接地。

2. 时钟引脚 XTAL1 和 XTAL2

• XTAL1 (19 脚): 接外部晶体的一端。在单片机内部, 它是一个反相放大器的输入端, 这个放大器构成片内振荡器。当采用外部时钟时, 对于 HMOS 单片机, 该引脚接地; 对 CHMOS 单片机, 该引脚作为外部振荡信号的输入端。

• XTAL2 (18 脚): 接外部晶体的另一端。在单片机内部, 接至片内振荡器的反相放大器的输出端。当采用外部时钟时, 对于 HMOS 单片机, 该引脚作为外部振荡信号的输入端; 对于 CHMOS 单片机, 该引脚悬空不接。

3. 控制引脚

此类引脚提供控制信号, 有的引脚还具有复用功能。

① RST/VPD (9 脚): RST (RESET) 是复位信号输入端, 高电平有效。VPD 为备用电源。当单片机运行时, 在该引脚上出现持续时间大于 2 个机器周期的高电平, 就可完成复位操作, 使单片机恢复到初始状态。当 VCC 发生故障、降低到低电平规定值或掉电时, 可以将 +5 V 电源接入 VPD 引脚, 为内部 RAM 供电, 以保证 RAM 中的数据不会丢失。

② ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚): ALE 引脚输出地址锁存允许信号。当访问外部存储器时, ALE 以每个机器周期两次的信号输出, 用于锁存出现在 P0 口的低 8 位地址。在不访问外部存储器时, ALE 端仍以上述不变的频率 (振荡器频率的 1/6), 周期性地出现正脉冲信号, 可作为对外输出的时钟脉冲或用于定时。但要注意, 在访问片外数据存储器期间, ALE 脉冲只会出现 1 次, 此时作为时钟输出是不妥当的。

对于片内含有 EPROM 的单片机, 在对 EPROM 编程期间, $\overline{\text{PROG}}$ 引脚作为编程脉冲的输入端。

③ $\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 片外程序存储器读选通信号输出端, 低电平有效。在从外部程序存储器读取指令或常数期间, 每个机器周期内 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号两次有效, 以通过数据总线读回指令或常数。在访问外部数据存储器期间, $\overline{\text{PSEN}}$ 信号将不会出现。

④ $\overline{\text{EA}}$ / $\overline{\text{VPP}}$ (31 脚): $\overline{\text{EA}}$ 为访问外部程序存储器控制信号, 低电平有效。当 $\overline{\text{EA}}$ 端保持高电平时, 单片机访问片内程序存储器。若超出该范围时, 自动转去执行外部程序存储器的程序。当 $\overline{\text{EA}}$ 端保持低电平时, 无论片内有无程序存储器, 均只访问外部程序存储器。

对于片内含有 EPROM 的单片机, 在 EPROM 编程期间, VPP 引脚用于 12 V 编程电源。

4. 输入/输出 (I/O) 引脚 P0、P1、P2 及 P3 口

① P0 口 (39 脚~32 脚): P0.0~P0.7 统称为 P0 口。当不接外部存储器或不扩展 I/O 接口时, 它可作为准双向 8 位 I/O 接口。当接有外部存储器或扩展 I/O 接口时, P0 口为低 8 位地址/数据分时复用口, 分时候作低 8 位地址总线和 8 位双向数据总线。

② P1 口 (1 脚~8 脚): P1.0~P1.7 统称为 P1 口, 作为准双向 I/O 接口使用。对于 C52 子系列单片机, P1.0 与 P1.1 还有第 2 功能: P1.0 可用作定时/计数器 2 的计数脉冲输入端 T2; P1.1 用作定时/计数器 2 的外部控制端 T2EX。

③ P2 口 (21 脚~28 脚): P2.0~P2.7 统称为 P2 口, 可作为准双向 I/O 接口使用。当接有外部存储器或扩展 I/O 接口且寻址范围超过 256 字节时, P2 口用于高 8 位地址总线送

出高 8 位地址。

④ P3 口 (10 脚~17 脚): P3.0~P3.7 统称为 P3 口, 是双功能口。它可以作为一般的准双向 I/O 接口, 也可以将每根口线用于第 2 功能。P3 口的第 2 功能见表 1-2。

表 1-2 P3 口第 2 功能表

引 脚	第 2 功能	引 脚	第 2 功能
P3.0	RXD: 串行口接收数据输入端	P3.4	T0: 外部计数脉冲输入端 0
P3.1	TXD: 串行口发送数据输出端	P3.5	T1: 外部计数脉冲输入端 1
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$: 外部中断申请输入端 0	P3.6	$\overline{\text{WR}}$: 写外设控制信号输出端
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$: 外部中断申请输入端 1	P3.7	$\overline{\text{RD}}$: 读外设控制信号输出端

综上所述, MCS-51 单片机的 40 个引脚由 4 组 8 位的 I/O 口线和 8 个其他控制功能的引脚组成。了解单片机的引脚特征是掌握单片机整体结构特征及单片机应用系统设计的重要基础之一。

1.3 中央处理器 CPU

中央处理器 CPU 是单片机内部的核心部件, 它决定了单片机的主要功能特性。它由运算部件和控制部件两部分组成。

1.3.1 运算部件

运算部件是以算术逻辑单元 ALU 为核心, 加上累加器 ACC、B 寄存器、暂存器 1 (TMP1) 和暂存器 2 (TMP2)、程序状态字 PSW 及专门用于位操作的布尔处理器组成的, 它能实现数据的算术、逻辑运算和位操作。

1. 算术逻辑单元 ALU (Arithmetic Logic Unit)

算术逻辑单元 ALU 不仅能完成二进制数的加、减、乘、除、加 1、减 1 等算术运算, 还能对 8 位变量进行逻辑“与”、“或”、“异或”、求补、清零和循环移位等逻辑运算。

2. 累加器 ACC (Accumulator) 和 B 寄存器

累加器 ACC 是一个 8 位的寄存器, 是 CPU 中使用最频繁的寄存器, 简称累加器 A。进入 ALU 的操作数多来源于累加器 A, 运算结果也常送回累加器 A 中保存。B 寄存器是为 ALU 进行乘除法运算设置的。在执行乘法运算指令时, B 寄存器用于存放一个乘数和乘积的高 8 位数。执行除法指令时, B 寄存器中存放除数和余数。若不作乘、除运算, 则可作为通用寄存器使用。

3. 程序状态字 PSW (Program Status Word)

程序状态字 PSW 是一个 8 位的标志寄存器, 位于单片机内部 RAM 存储器的特殊功能寄存器区。它保存指令执行结果的特征信息, 供程序查询和判别。程序状态字 PSW 的格式及含义如下:

PSW. 7						PSW. 0	
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

CY (PSW.7): 进位/借位标志位。由硬件或软件置位和清零。它表示累加器 A 中的运算结果是否有进位 (或借位)。如果运算结果在最高位有进位输出 (加法时) 或有借位输入 (减法时), 则 $CY=1$, 否则 $CY=0$ 。

AC (PSW.6): 辅助进位/借位标志位, 或称半进位/借位标志位。它表示在运算过程中, 累加器 A 中低 4 位有无进位 (或借位) 的情况发生。当低 4 位相加 (或相减) 时, 若 D3 位向 D4 位有进位 (或借位) 时, 则 $AC=1$, 否则 $AC=0$ 。在 BCD 码运算的十进制调整中自动判别该标志。

F0 (PSW.5): 可由用户定义的标志位。用户在软件设计过程中可以对 F0 赋以一定的含义, 并根据 $F0=1$ 或 0 来决定程序的执行方式。

RS1 (PSW.4)、RS0 (PSW.3): 工作寄存器组选择位。可用软件置位或清零, 用以选择 4 组工作寄存器中的哪一组为当前使用的工作寄存器组 (4 组工作寄存器位于单片机内部的 RAM 存储器中, 详见 1.4.3 节)。RS1、RS0 与 4 组工作寄存器组的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 工作寄存器组选择表

RS1	RS0	所选的 4 组工作寄存器	RS1	RS0	所选的 4 组工作寄存器
0	0	0 组 (内部 RAM 区地址 00H~07H)	1	0	2 组 (内部 RAM 区地址 10H~17H)
0	1	1 组 (内部 RAM 区地址 08H~0FH)	1	1	3 组 (内部 RAM 区地址 18H~1FH)

OV (PSW.2): 溢出标志位。由硬件置位或清零。它表示运算结果是否溢出, 溢出时 $OV=1$, 否则 $OV=0$ 。溢出是指有符号数运算时, 运算结果超出了累加器 A 以补码所能表示一个有符号数的范围 ($-128 \sim +127$)。一旦出现溢出现象, 则运算结果不正确。

PSW.1: 未定义。

P (PSW.0): 奇偶标志位。在执行指令后, CPU 根据累加器 A 中 1 的个数的奇偶自动给该标志置位或清零。当累加器 A 中 1 的个数为奇数, 则 $P=1$, 否则 $P=0$ 。此标志位对串行通信中数据传输有重要的意义。在串行通信中, 常用奇偶校验的方法来检验数据传输的可靠性。

1.3.2 控制部件

控制部件是单片机的指挥核心, 它包括程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、条件转移逻辑电路及时序控制逻辑电路等部件。在单片机执行指令过程中, 控制部件先以主振频率为基准发出 CPU 的时序, 从程序存储器中读出指令送入指令寄存器 IR, 接着送到指令译码器 ID 进行译码, 译码结果送到时序控制逻辑电路, 最后发出各种控制信号, 协调单片机内部各功能部件之间的数据传送和运算等操作, 并对外发出地址锁存 ALE 信号、外部程序存储器选通 \overline{PSEN} 信号, 以及通过 P3.6 和 P3.7 发出数据存储器读 \overline{RD} 、写 \overline{WR} 等控制信号, 并且接收处理外接的复位 RST 和外部程序存储器访问控制 \overline{EA} 信号。

1.3.3 CPU 时序

1. 时钟电路

时钟电路用于产生 MCS-51 单片机工作时所必需的时钟控制信号。MCS-51 单片机内各功能部件的运行都是以时钟控制信号为基准, 严格按时序一步一步地工作。时钟频率直接影