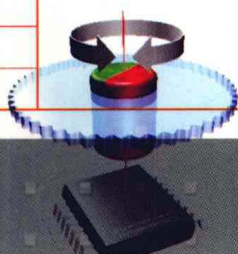


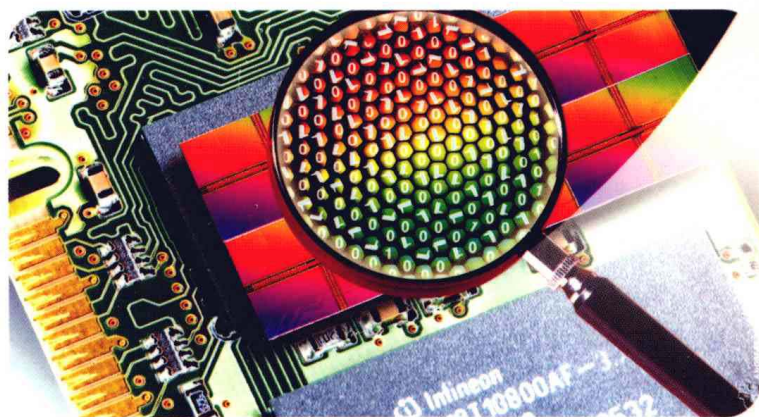
C51

基础与应用实例

◎ 常喜茂 孔英会 付小宁 编著



<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

C51 基础与应用实例

常喜茂 孔英会 付小宁 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书通过多个典型应用实例详细地介绍了 C51 单片机各种应用设计, 首先介绍了 C51 单片机开发的基础知识, 然后通过多个非常具有实际应用价值的实例来介绍 C51 单片机各个模块的应用, 最后介绍 C51 单片机的几个典型的高级应用。

本书语言通俗、实例丰富、代码分析详尽, 有较强的实用性和参考价值, 适合大专院校计算机、电子、电气、控制及相关专业学生学习参考, 也可供单片机开发人员和系统设计人员参考使用。

本书源代码可从华信教育资源网(教育网: www.huaxin.edu.cn 或公共网: www.huaxin.com.cn) 免费注册后下载。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

C51 基础与应用实例/常喜茂, 孔英会, 付小宁编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.1
ISBN 978-7-121-08052-4

I. C… II. ①常…②孔…③付… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 210385 号

责任编辑: 田宏峰

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.5 字数: 678 千字

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

C51 单片机由于其出色的性价比, 以及具备简捷实用、系统完善的开发工具, 使它的应用遍及各个领域。

(1) 在智能仪表中的应用。单片机广泛应用于各种仪器仪表, 使仪器仪表实现智能化, 并提高了测量的自动化程度和精度; 简化了仪器仪表的硬件结构, 提高了其性价比。

(2) 在机电一体化中的应用。机电一体化是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体, 具有智能化的特征, 这是机械工业发展的方向。单片机作为产品中的控制器, 发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点, 极大地提高了机器的自动化、智能化程度。

(3) 在实时控制中的应用。单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如, 利用单片机作为控制器, 在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统应用, 可使系统保持在良好的工作状态, 并提高系统的工作效率和产品质量。

(4) 在分布式多机系统中的应用。在复杂的系统中, 通常采用分布式多机系统。多机系统通常由若干台功能各异的单片机组成, 它们通过串行通信相互联系、协调工作, 并完成各自特定的任务。

(5) 在人们生活中的应用。在人们的日常生活中, 洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器都应用了单片机, 提高了智能化程度, 增加了功能, 使人们的生活更加方便和舒适, 得到了人们的广泛接受。

从上述五个方面可以看出, 单片机的应用正在从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法, 它已经替代了以前很多必须由模拟电路或数字电路实现的控制。随着单片机应用技术的推广普及, 微控制技术必将不断发展, 日益完善, 更加充实。

本书是一本基础加实例的图书, 各章的内容包括: 第 1 章 C51 单片机基础, 重点介绍 C51 单片机的硬件基础知识; 第 2 章 Keil 8051 C 编译器, 主要介绍 C51 的集成开发环境 μ Vision3; 第 3 章 RTX51 实时操作系统, 主要介绍 RTX51 实时操作系统。第 4 章常用的单片机芯片介绍, 主要介绍常用的 8 位单片机芯片; 第 5 章键盘与显示实例, 介绍几种典型的键盘与显示实例设计; 第 6 章 C51 单片机控制实例, 主要介绍 C51 单片机的一些典型的控制应用实例; 第 7 章数据采集系统实例, 主要介绍 C51 单片机数据采集的应用实例; 第 8 章通信实例, 介绍几种典型的单片机通信实例; 第 9 章综合应用实例, 选择了一些 C51 单片机典型的综合应用实例, 包括 I²C、GPS、USB、以太网等, 这些实例具有很高的实际应用价值。本书源代码可从华信教育资源网 (教育网: www.huaxin.edu.cn 或公共网: www.huaxin.com.cn) 免费注册后下载。

本书主要由常喜茂、孔英会、付小宁编著, 参加编写的人员还有姜艳波、兰婵丽、赵光、王波波、刘文涛、刘群、赵辉、吴丽、王烁、宋盟、丁玲、王丽娟、胡桂桃、姚国玲、王维晶、赵光, 在此表示感谢!

编 者

2008 年 11 月

目 录

第 1 章 C51 单片机基础	(1)
1.1 C51 单片机基本介绍	(1)
1.1.1 引脚功能说明	(2)
1.1.2 C51 单片机的特点	(4)
1.2 C51 单片机的内部结构	(5)
1.2.1 CPU	(5)
1.2.2 存储器结构	(12)
1.2.3 片内并行接口	(18)
1.3 C51 单片机定时/计数器	(20)
1.3.1 定时/计数器结构	(20)
1.3.2 定时/计数器的方式控制字	(21)
1.3.3 定时/计数器工作方式	(22)
1.4 单片机的工作方式	(24)
1.4.1 单片机的复位方式	(25)
1.4.2 程序执行方式	(26)
1.4.3 节电工作方式	(27)
1.4.4 EPROM 编程和校验方式	(29)
1.5 C51 单片机的指令系统	(30)
1.5.1 计算机语言	(31)
1.5.2 C51 单片机的寻址方式	(32)
1.5.3 C51 单片机的指令系统	(38)
1.5.4 指令系统中的符号说明	(39)
第 2 章 Keil 8051 C 编译器	(54)
2.1 系统概述	(54)
2.2 使用 Keil 开发	(56)
2.2.1 μ Vision3 项目管理窗口简介	(56)
2.2.2 Keil C51 开发过程	(60)
2.2.3 Keil 的调试	(66)
2.3 汇编语言与 C 语言的混合使用	(73)
2.3.1 汇编语言与 C 语言的比较	(73)
2.3.2 C 语言中嵌入汇编语言	(76)
2.3.3 汇编语言程序调用 C 语言程序	(79)
第 3 章 RTX51 实时操作系统	(82)
3.1 RTX51 操作系统简介	(82)
3.1.1 实时操作系统 (RTOS)	(82)

3.1.2	RTX51 实时操作系统	(82)
3.2	软硬件需求与定义	(89)
3.3	RTX51 的功能函数	(92)
3.3.1	信号控制函数	(93)
3.3.2	任务控制函数	(95)
3.3.3	延时控制函数	(96)
3.4	建立 RTX51 Tiny 应用程序	(98)
第 4 章	常用的单片机芯片介绍	(100)
4.1	HOLTEK 公司 HT48XX 系列单片机介绍	(100)
4.1.1	HT48R05A-1	(100)
4.1.2	HT48R50A-1	(101)
4.1.3	HT48C50-1	(103)
4.2	Motorola 公司的 MC68HC08 系列单片机	(104)
4.2.1	MC68HC08AS32CFN	(104)
4.2.2	MC68HC08AS32FU	(105)
4.3	Philips 公司推出的改进型 C51 单片机	(107)
4.3.1	产品性能	(107)
4.3.2	内部框图及引脚说明	(108)
4.4	Atmel 公司的 AT89S 系列单片机	(110)
4.4.1	AT89S 系列单片机的特点	(110)
4.4.2	AT89S 系列单片机的引脚图及内部结构框图	(111)
第 5 章	键盘与显示实例	(113)
5.1	七段数码管显示	(113)
5.1.1	实例说明	(113)
5.1.2	七段数码管介绍	(113)
5.1.3	硬件电路设计	(114)
5.1.4	软件设计	(116)
5.2	单片机键盘程序 (4×4 矩阵式)	(118)
5.2.1	实例效果说明	(118)
5.2.2	硬件电路设计	(119)
5.2.3	软件程序设计	(119)
5.3	单片机控制 LCD 显示	(126)
5.3.1	实例说明	(126)
5.3.2	芯片介绍	(126)
5.3.3	硬件设计	(129)
5.3.4	软件设计	(129)
5.4	带有存储功能的数显温度计	(139)
5.4.1	实例说明	(140)
5.4.2	芯片介绍	(140)

5.4.3	硬件电路设计	(145)
5.4.4	软件设计	(146)
5.5	单片机实现数字电压表显示	(155)
5.5.1	实例说明	(155)
5.5.2	设计思路分析	(155)
5.5.3	硬件电路设计	(155)
5.5.4	软件设计	(156)
第 6 章	C51 单片机控制实例	(160)
6.1	基于 ISD4004 芯片的语音录放设计	(160)
6.1.1	实例说明	(160)
6.1.2	ISD4004 介绍	(160)
6.1.3	硬件设计	(168)
6.1.4	软件设计	(168)
6.2	单片机密码锁设计	(174)
6.2.1	实例说明	(174)
6.2.2	设计思路分析	(174)
6.2.3	硬件电路设计	(177)
6.2.4	软件设计	(179)
6.3	利用单片机 P1 口控制直流电动机	(192)
6.3.1	实例效果说明	(192)
6.3.2	74HC244 介绍	(192)
6.3.3	直流电动机	(194)
6.3.4	硬件设计	(194)
6.3.5	软件设计	(195)
6.4	单片机实现智能充电器的设计	(197)
6.4.1	实例说明	(197)
6.4.2	设计思路分析	(198)
6.4.3	芯片介绍	(199)
6.4.4	硬件电路设计	(204)
6.4.5	软件设计	(206)
6.5	基于 DS12C887 芯片的实时时钟日历显示	(209)
6.5.1	实例说明	(209)
6.5.2	DS12C887 芯片说明	(209)
6.5.3	硬件电路图设计	(213)
6.5.4	软件设计	(214)
6.6	单片机实现步进式 PWM 信号输出	(217)
6.6.1	实例说明	(217)
6.6.2	设计思路分析	(217)
6.6.3	硬件电路设计	(223)

6.6.4	软件设计	(224)
第 7 章	数据采集系统实例	(227)
7.1	基于 ADC0809 的并行 A/D 转换	(227)
7.1.1	实例说明	(227)
7.1.2	ADC0809 芯片介绍	(227)
7.1.3	硬件电路设计	(230)
7.1.4	软件设计	(231)
7.2	基于 TLC549 的串行 A/D 转换	(232)
7.2.1	实例说明	(233)
7.2.2	A/D 转换简介	(233)
7.2.3	TLC549 芯片介绍	(236)
7.2.4	硬件电路设计	(238)
7.2.5	软件设计	(239)
7.3	基于 MAX532 的串行 D/A 转换	(241)
7.3.1	实例说明	(241)
7.3.2	D/A 转换	(241)
7.3.3	MAX532 芯片介绍	(242)
7.3.4	硬件原理图的设计	(244)
7.3.5	程序设计	(245)
7.4	基于 DS18B20 的数字温度计设计	(248)
7.4.1	实例效果说明	(248)
7.4.2	DS18B20 芯片介绍	(248)
7.4.3	MAX7219 芯片介绍	(252)
7.4.4	硬件原理图的设计	(253)
7.4.5	软件设计	(255)
7.5	基于双口 RAM 的单片机间通信	(261)
7.5.1	实例分析	(261)
7.5.2	IDT7005 芯片介绍	(261)
7.5.3	硬件设计	(265)
7.5.4	软件设计	(267)
第 8 章	通信实例	(272)
8.1	单片机实现点对点的数据传输	(272)
8.1.1	实例说明	(272)
8.1.2	串行通信	(272)
8.1.3	MAX3232 芯片介绍	(274)
8.1.4	硬件原理图的设计	(275)
8.1.5	软件设计	(277)
8.2	单片机实现短距离无线通信	(283)
8.2.1	nRF401 介绍	(283)

8.2.2	PTR2000 的介绍	(287)
8.2.3	硬件设计	(288)
8.2.4	软件设计	(290)
第 9 章	综合应用实例	(297)
9.1	I ² C 总线接口技术在 IC 卡上的应用	(297)
9.1.1	实例说明	(297)
9.1.2	I ² C 接口技术	(297)
9.1.3	芯片 24LC01B 的介绍及应用	(299)
9.1.4	硬件设计	(300)
9.1.5	软件设计	(301)
9.2	C51 单片机实现 GPS 定位设计	(306)
9.2.1	实例效果说明	(306)
9.2.2	GPS 的介绍	(306)
9.2.3	GARMIN GPS 25LP 介绍	(307)
9.2.4	硬件设计	(308)
9.2.5	软件设计	(309)
9.3	USB 总线接口设计	(314)
9.3.1	实例说明	(314)
9.3.2	USB 简介	(315)
9.3.3	USB 接口芯片 PDIUSB012 介绍	(316)
9.3.4	硬件设计	(319)
9.3.5	软件设计	(320)
9.4	基于 RTL8019AS 的以太网接口实验	(335)
9.4.1	实例说明	(335)
9.4.2	设计思路分析	(336)
9.4.3	以太网协议	(336)
9.4.4	芯片概述	(338)
9.4.5	硬件电路设计	(348)
9.4.6	软件设计	(350)
9.5	低频信号发生器输出	(354)
9.5.1	实例说明	(354)
9.5.2	DAC0832 介绍	(354)
9.5.3	硬件设计	(359)
9.5.4	软件设计	(360)
9.6	基于 8255A 芯片的微型打印机接口	(366)
9.6.1	实例说明	(366)
9.6.2	8255A 介绍	(366)
9.6.3	硬件设计	(370)
9.6.4	软件设计	(371)

9.7	单片机实现智能电热水器设计.....	(371)
9.7.1	实例效果说明	(372)
9.7.2	水温与流量、加热功率的关系	(372)
9.7.3	硬件设计	(372)
9.7.4	软件设计	(375)
9.8	红外遥控器的设计.....	(385)
9.8.1	实例效果说明	(386)
9.8.2	系统框图	(386)
9.8.3	硬件电路的设计	(387)
9.8.4	软件设计	(390)
附录 A	C51 库函数	(399)
附录 B	语法信息	(403)
B.1	致命错误信息	(403)
B.2	语法和语义错误信息	(404)
参考文献		(414)

第 1 章 C51 单片机基础

单片机的全称是单片微型计算机，是一种单硅片上集成微型计算机主要功能部件的集成芯片。C51 单片机在我国拥有庞大的用户群体。本章将重点介绍 C51 单片机的硬件基础知识。

1.1 C51 单片机基本介绍

在 1970 年微处理器研制成功之后，就出现了单片机。1976 年 9 月 Intel 公司的 MCS-48 单片机问世，在这短短的十几年内，单片机平均每二三年便要更新一代，其集成度也增加了一倍，功能更是翻了一番。

C51 系列 8 位单片机是在 20 世纪 80 年代初推出的新产品，它的主要的技术特征是扩大了片内存储容量、外部寻址空间，程序存储器和外部数据存储器的寻址都增加为 64 KB。内部程序存储器为 4KB×8 ROM，用来存放系统程序、用户程序和固定常数。

8031、8751 与 8051 都属于 C51 单片机，它们的内部结构基本相同，区别在于 8031 内部不含有程序存储器，必须由外部扩展。8751 内部程序存储器为可编程、可擦写的只读存储器 EPROM，其内部程序由用户自行写入。

片内数据存储器采用 8 位地址，寻址范围为 256 B，其中 00H~7FH 为 128 B 的内部 RAM，用来存放用户的随机数；在 80H~FFH 范围内离散地分布着 21 个特殊功能寄存器，其中的 11 个特殊功能寄存器具有位寻址能力。在内部 RAM 中，00H~1FH 可分为 4 个寄存器工作区，由选择指令来切换寄存器工作区，从而有效地提高了 CPU 的现场保护能力和实时响应速度。20H~2FH 单元可进行位寻址。

并行口增强，并增设了全双工串行口 I/O：4 个 8 位并行 I/O 接口可用于地址和数据的传送，也可与 8243、8155 等连接，来扩展外部 I/O 接口。串行 I/O 接口是一个全双工串行通信接口，可用于数据的串行接收和发送。

两个定时/计数器均为 16 位（比 8048 多 1 倍），有 4 种工作方式，提高了定时/计数范围，并让用户使用更加灵活方便。

当 C51 的单片微型计算机进入到 80C51 的 MCU 时代后，就形成了可满足大量嵌入式应用的单片机系列产品。基于 Flash ROM 的 ISP/IAP 技术，改变了单片机应用系统的结构模式以及开发和运行条件。Atmel 公司的 AT89C××系列最早实现了 Flash ROM 技术。

将各厂家生产的与 51 兼容的单片机系列都称为 80C51 系列，它们都采用 CMOS 工艺，并与 C51 兼容。80C51 系列单片机保留了 C51 单片机的所有特性，内部组成基本相同，并增设了两种可以用软件进行选择的低功耗工作方式：空闲方式和掉电方式，其最主要技术特点是向外部接口电路扩展，以实现微控制器（microcontroller）完善的控制功能，另外还增加了一些外部接口功能单元，如 A/D、PWM、WDT（监视定时器）、高速 I/O 接口、PCA（可编程计数器阵列）、计数器的捕获/比较逻辑等。

1.1.1 引脚功能说明

80C51 的引脚功能如图 1-1 所示。

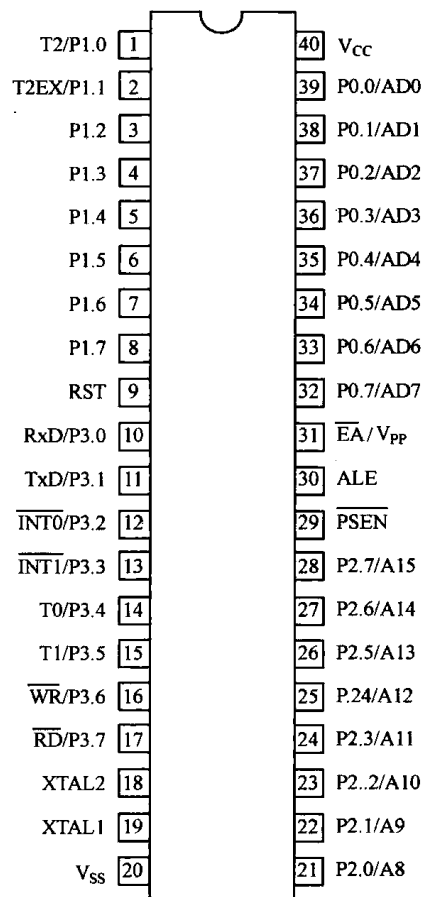


图 1-1 80C51 引脚功能图

80C51 的引脚功能说明如表 1-1 所示。

表 1-1 引脚功能说明

引 脚 名 称	引脚号 (DIP)	类 型	功 能 说 明
Vss	20	I	接地
Vcc	40	I	供电电压
P0.0~P0.7	39~32	I/O	P0 口为一个 8 位漏极开路双向 I/O 口，每个引脚可吸收 8 个 TTL 门电流。当 P1 口的引脚第一次写“1”时，被定义为高阻输入。P0 能够用于外部程序数据存储器，可以被定义为数据/地址的第 8 位。在 Flash 编程时，P0 口作为原码输入口，当 Flash 进行校验时，P0 输出原码，此时 P0 外部必须被拉高
P1.0~P1.7	1~8	I/O	P1 口是一个内部提供上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 口缓冲器能接收输出 4 个 TTL 门电流。P1 口引脚写入“1”后，被内部上拉为高，可用做输入，P1 口被外部下拉为低电平时，将输出电流，这是由于内部上拉的原因。在 Flash 编程和校验时，P1 口作为第 8 位地址接收

续表

引脚名称	引脚号 (DIP)	类型	功能说明
P2.0~P2.7	21~28	I/O	P2 口为一个内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 口缓冲器可接收、输出 4 个 TTL 门电流, 当 P2 口被写“1”时, 其引脚被内部上拉电阻拉高, 且作为输入。作为输入时, P2 口的引脚被外部拉低, 将输出电流, 这是由于内部上拉的原因。当 P2 口用于外部程序存储器或 16 位地址外部数据存储器进行存取时, P2 口输出地址的高 8 位。在给出地址“1”时, 利用内部上拉电阻, 当对外部 8 位地址数据存储器进行读/写时, P2 口输出其特殊功能寄存器的内容。P2 口在 Flash 编程和校验时接收高 8 位地址信号和控制信号
P3.0~P3.7	10~17	I/O	P3 口是 8 个带内部上拉电阻的双向 I/O 口, 可接收、输出 4 个 TTL 门电流。当 P3 口写入“1”后, 它们被内部上拉电阻拉高为高电平, 并用做输入, 作为输入时, 由于外部下拉为低电平, P3 口将输出电流 (ILL), 这是由于上拉电阻的原因
RST	9	I	复位输入。当振荡器复位器件时, 要保持 RST 引脚两个机器周期的高电平时间
ALE	30	O	当访问外部存储器时, 地址锁存允许的输出电平用于锁存地址的低位字节。在 Flash 编程期间, 此引脚用于输入编程脉冲。通常, ALE 端以不变的频率周期输出正脉冲信号, 此频率为振荡器频率的 1/6, 因此它可用做对外部输出的脉冲或用做定时目的。要注意的是: 当用做外部数据存储器时, 将跳过一个 ALE 脉冲。如果想禁止 ALE 的输出, 可在 SFR 8EH 地址上置“0”。此时, ALE 只有在执行 MOVX 和 MOVC 指令时 ALE 才起作用。另外, 该引脚被略微拉高。如果微处理器在外部执行状态 ALE 禁止, 置位无效
$\overline{\text{PSEN}}$	29	O	外部程序存储器的选通信号。在外部程序存储器取值期间, 每个机器周期两次 $\overline{\text{PSEN}}$ 有效。但在访问外部数据存储器时, 将不会出现两次有效的 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号
$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$	31	I	当 $\overline{\text{EA}}$ 保持低电平时, 则在此期间外部程序存储器的地址为 0000H~FFFFH, 无论是否有内部程序存储器。加密方式“1”时, $\overline{\text{EA}}$ 将内部锁定为 RESET; 当 $\overline{\text{EA}}$ 端保持高电平时, 此间内部程序存储器。在 Flash 编程期间, 此引脚也用于施加 12V 编程电源端 (V_{PP})
XTAL1	19	I	反向振荡放大器的输入和内部时钟工作电路的输入
XTAL2	18	O	反向振荡器的输出

P3 口也可以作为 89C51 的一些特殊功能口, 其功能如表 1-2 所示。

表 1-2 P3 口功能说明

引脚名称	特殊功能	引脚名称	特殊功能
P3.0 RXD	串行输入口	P3.4 T0	定时器 0 外部输入
P3.1 TXD	串行输出口	P3.5 T1	定时器 1 外部输入
P3.2 $\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0	P3.6 $\overline{\text{WR}}$	外部数据存储器写选通
P3.3 $\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1	P3.7 $\overline{\text{RD}}$	外部数据存储器读选通

1.1.2 C51 单片机的特点

8051 单片机包含数据总线、地址总线和控制总线三条总线及中央处理器、程序存储器 (ROM)、数据存储器 (RAM)、定时/计数器、并行接口、串行接口和中断系统等几个单元。C51 单片机的基本结构如图 1-2 所示。

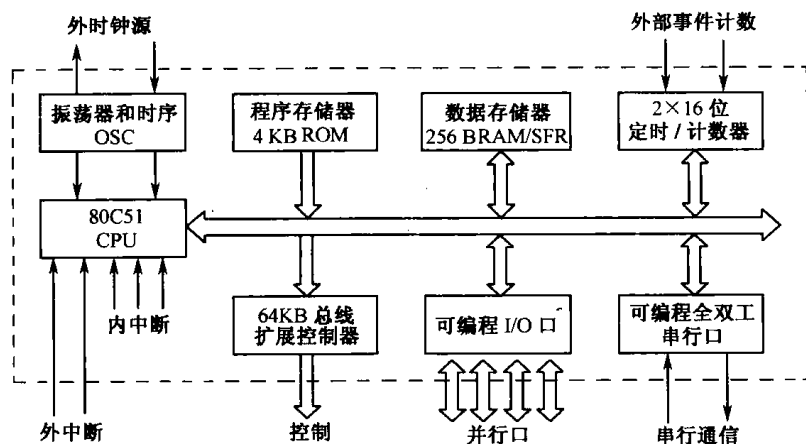


图 1-2 8051 单片机的基本结构示意图

C51 单片机是 Intel 公司推出的通用型单片机，基本的型号有 8051、8031 和 8751，它们除了 RAM 的类型不同以外，其他性能是完全相同。

C51 单片机基本特性如下：

- 8 位的 CPU；
- 片内有振荡器和时钟电路，工作频率为 1~12 MHz；
- 片内有 128/256 B RAM；
- 片内有 4 KB 程序存储器 ROM；
- 64 KB 片外数据存储器 RAM；
- 64 KB 片外程序存储器 ROM；
- 片内 21 个特殊功能寄存器 (SFR)；
- 4 个 8 位的并行 I/O 口 (PIO)；
- 1 个全双工串行口 (SIO/UART)；
- 2/3 个 16 位定时/计数器 (TIMER/COUNTER)；
- 可处理 5/6 个中断源，两级中断优先级；
- 内置布尔处理机 (位处理机)；
- C51 指令集包含 111 条指令。

C51 单片机的产品种类很多，配置如表 1-3 所示。

表 1-3 C51 单片机配置

系 列	片内存储器				定时/ 计数器	并行 I/O	串行 I/O	中 断 源
	片内 ROM			片内 RAM				
	无	有 ROM	有 EPROM					
Intel C51 子系列	8031 80C31	8051 80C51 (4 KB)	8751 87C51 (4 KB)	128 B	2×16	4×8 位	1	5
	8032 80C32	8052 80C52 (8 KB)	8752 87C52 (8 KB)	256 B	3×16	4×8 位	1	6
Intel C52 子系列	1051(1 KB)/ 2051(2 KB)/ 4051(4 KB) (20 引脚 DIP 封装)			128 B	2	15	1	5
	89C51(4 KB)/ 89C52(8 KB) (40 引脚 DIP 封装)			128/256 B	2/3	32	1	5/6

1.2 C51 单片机的内部结构

C51 单片机的内部结构可以划分为 CPU、存储器、并行口、串行口、定时/计数器、中断逻辑几部分。

1.2.1 CPU

C51 的 CPU 由运算器和控制逻辑组成。采用 SFR 集中控制，产生各种控制信号，用来控制存储器、I/O 口的数据传送、数据运算及位处理等操作。

C51 单片机的 CPU 内部结构如图 1-3 所示。

从图 1-3 中可看出，虚线框内的是 CPU 的内部结构，包含算术逻辑单元 ALU (arithmetic logic unit, 也称为运算器)、累加器 A (8 位)、寄存器 B (8 位)、程序状态字 PSW (8 位)、程序计数器 PC (有时也称为指令指针，即 IP, 16 位)、地址寄存器 AR (16 位)、数据寄存器 DR (8 位)、指令寄存器 IR (8 位)、指令译码器 ID、控制器等部件。

1. 运算器 (ALU)

由于 ALU 内部没有寄存器，参加运算的操作数，必须放在累加器 A 中。累加器 A 也用于存放运算结果。

例如：执行指令 ADD A, B

执行这条指令时，累加器 A 中的内容通过输入口 In_1 输入 ALU，寄存器 B 通过内部数据总线经输入口 In_2 输入 ALU，A+B 的结果通过 ALU 的输出口 Out、内部数据总线，送回到累加器 A。

算术逻辑单元 ALU 的功能如下：

① 算术和逻辑运算，可对半字节（一个字节是 8 位，半个字节就是 4 位）和单字节数据进行操作；

- ② 加、减、乘、除、加 1、减 1、比较等算术运算；
- ③ 与、或、异或、求补、循环等逻辑运算；
- ④ 位处理功能（即布尔处理器）。

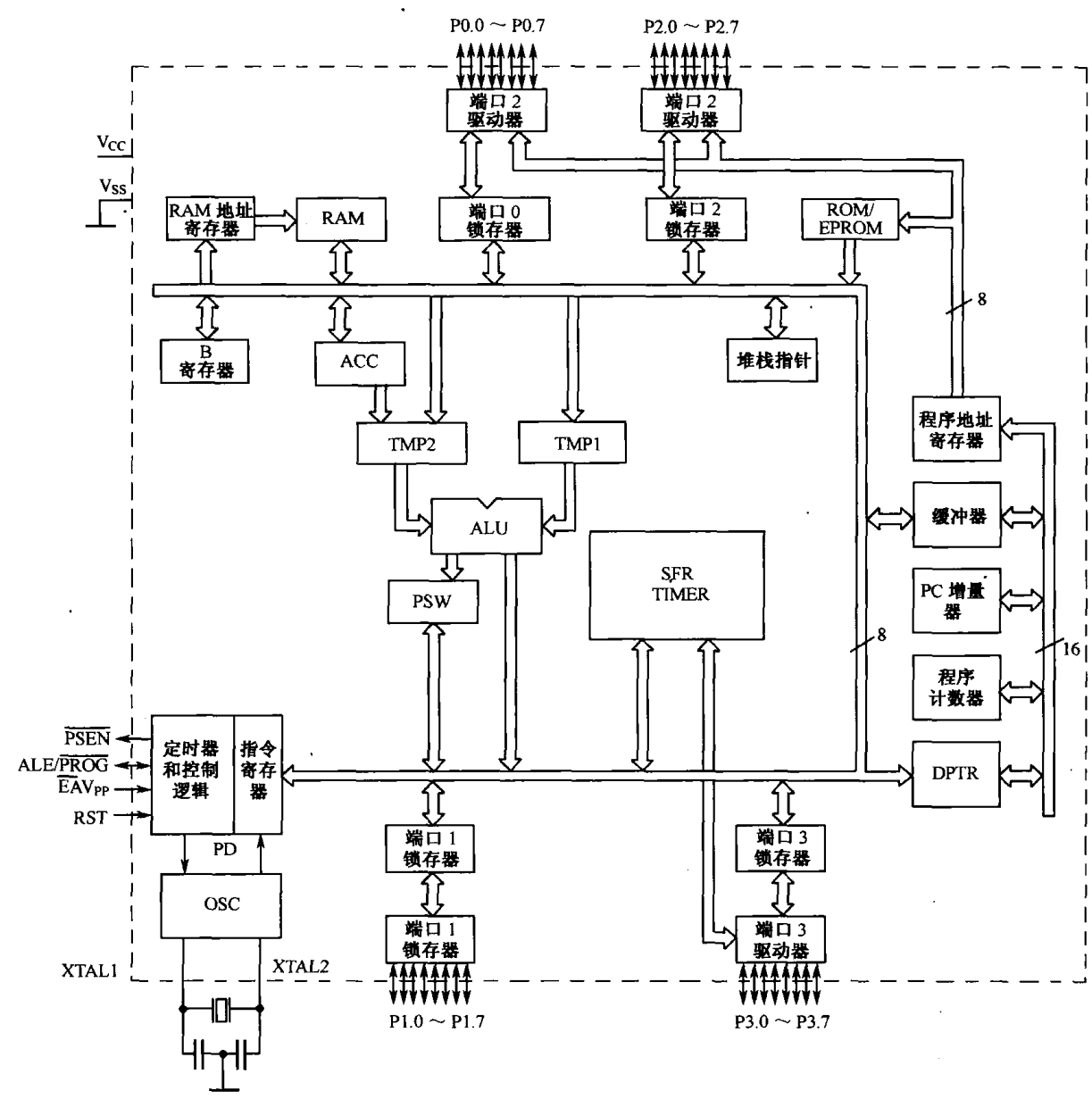


图 1-3 C51 单片机的 CPU 内部结构示意图

程序状态字寄存器 PSW 是 8 位寄存器，也称为标志寄存器，存放各有关标志，其格式和定义如表 1-4 所示。

表 1-4 程序状态字寄存器 PSW 格式

位编号	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
位地址	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
位定义名	Cy	AC	F0	RS1	RS0	0V	F1	P

程序状态字寄存器 PSW 各位的定义如下:

- Cy: 进位标志。用于表示 Acc.7 是否有向更高位进位或借位, 有进位或者借位时, Cy=1, 否则 Cy=0;
- AC: 辅助进位标志, 用于表示 Acc.3 是否有向 Acc.4 进位, 常用于十进制调整运算中;
- RS1、RS0: 工作寄存器区选择控制位;
 - RS1、RS0 = 00 —— 0 区 (00H~07H);
 - RS1、RS0 = 01 —— 1 区 (08H~0FH);
 - RS1、RS0 = 10 —— 2 区 (10H~17H);
 - RS1、RS0 = 11 —— 3 区 (18H~1FH);
- OV: 溢出标志, 表示 Acc 在有符号数算术运算中的溢出;
- P: 奇偶标志, 表示 Acc 中“1”的个数的奇偶性;
- F0、F1: 用户标志。

地址寄存器 AR (16 位) 的作用是用来存放将要寻址的外部存储器单元的地址信息, 指令码所在存储单元的地址编码, 由程序计数器 PC 产生, 而指令中操作数所在的存储单元地址码是由指令的操作数给定的。

数据寄存器 DR 用于存放写入外部存储器或 I/O 端口的数据信息。可见, 数据寄存器对输出数据具有锁存功能。数据寄存器与外部数据总线 DB 是直接相连的。

2. 控制器

控制器一般包括时钟电路、复位电路、定时控制逻辑、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、程序计数器 PC 和信息传送控制部件等。C51 的控制器在单片机内部协调各功能部件之间的数据传送、数据运算等操作, 并对单片机发出控制信息。它以主振频率为基准, 由定时控制逻辑发出 CPU 时序, 将指令寄存器中存放的指令码取出送到指令译码器进行译码, 再由信息传送控制部件发出一系列的控制信号, 控制单片机各部分的运行, 完成指令指定的功能。

(1) 时钟电路

时钟电路用于产生单片机工作所需的时钟信号。单片机在时钟信号控制下, 各部件之间协调一致地工作, 时钟信号控制着计算机的工作节奏。8051 内置的时钟电路最高频率达 12 MHz, 用于产生整个单片机运行的脉冲时序, 但 8051 单片机需要外接振荡电容。

C51 单片机内部由一个反向放大器构成振荡器, 可以由它产生时钟, 图 1-4 是 8051 内部时钟电路图。

在图 1-4 中, 引脚 XTAL1 和 XTAL2 之间跨接的晶体振荡器 (晶振) 和微调电容, 可以和芯片内部的反相放大器构成一个稳定的自激振荡器, 这就产生了时钟, 这种方式称为内部时钟源方式。电容器 C_1 和 C_2 的主要作用是帮助振荡器起振, 且电容器大小对振荡频率有微调作用, 典型值为 $C_1=C_2=30\text{ pF}$ 。振荡频率主要由石英晶振的频率确定, 当石英晶振的频率为 6 MHz 时, 时钟频率为 3 MHz。目前, C51 系列单片机的晶振频率范围 f_{osc} 为 1.2~60 MHz, 其典型值为 6 MHz、12 MHz、11.0592 MHz、20 MHz、24 MHz、33 MHz、40 MHz 等。