

普通高等院校电子电气类“十二五”规划系列教材

单片机原理及实用技术

DANPIANJI YUANLI JI SHIYONG JISHU

蓝天 陈永 王婷 贺清 编著

DANPIANJI YUANLI JI SHIYONG JISHU



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

普通高等院校电子电气类“十二五”规划系列教材

单片机原理及实用技术

蓝 天 陈 永
王 婷 贺 清 编著

西南交通大学出版社

内容简介

本书以使用最广泛的 MCS-51 系列单片机为对象,以单片机应用系统设计为主线,首先详细介绍了单片机系统结构与性能,内容涉及内部结构、I/O、CPU 时序、定时器与中断系统等。然后,对汇编指令系统和 C51 编程进行了详解,旨在使读者能够理解编程思路。接着,以仿真软件 Protel、Keil C51、Proteus 为核心,从实验、实践、实用的角度,通过丰富的实例详细介绍了上述软件在理论教学和应用产品开发过程中的应用。最后,以 STC89C52 最小系统板为例,讲解典型项目案例和应用实训,使读者可以在该系统下学习和开发单片机软硬件系统。本书在编写时力求通俗、易懂,内容安排以“紧密结合实践”为特色,通过大量的实训案例,配以相应的实现过程,使读者能够快速掌握单片机设计理论和实现方法。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及实用技术 / 蓝天等编著. — 成都:
西南交通大学出版社, 2014.1
普通高等院校电子电气类“十二五”规划系列教材
ISBN 978-7-5643-2732-3

I. ①单… II. ①蓝… III. ①单片微型计算机—高等
学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 251765 号

普通高等院校电子电气类“十二五”规划系列教材 单片机原理及实用技术

蓝天 陈永 编著
王婷 贺清

责任编辑	李芳芳
助理编辑	宋彦博
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	25.75
字 数	676 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版
印 次	2014 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2732-3
定 价	46.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

单片微型计算机简称单片机,是典型的嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)。它是一种集成电路芯片,是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计时器等功能(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路)集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统,在工业控制领域的应用十分广泛。

MCS-51 系列单片机应用广泛,是学习单片机技术较好的平台,同时也是单片微型计算机应用系统开发的一个重要系统。本书参考了国内外关于单片机、电子科学、计算机仿真等的最新文献资料,以作者数年来为本科生、研究生授课的讲稿为基础,并结合作者带队参加全国电子设计大赛、全国电脑鼠走迷宫竞赛、全国嵌入式设计大赛、“博创·恩智浦”杯全国大学生嵌入式物联网设计大赛获奖比赛项目为案例,经过多次修订后形成。

本书以目前国内使用最广泛的 MCS-51 系列单片机为对象,以单片机应用系统设计为主,首先详细介绍了单片机系统与性能结构,内容涉及单片机内部结构、组织形式、输入/输出接口、CPU 时序、定时器与中断系统等。然后,对 MCS-51 单片机汇编指令系统和 C51 编程进行了讲解,旨在使读者能够理解编程思路,掌握两种语言的编程方法,为学习其他型号的单片机打下良好基础。接着,以目前流行的软、硬件仿真软件 Protel、Keil C51、Proteus 为核心,从实验、实践、实用的角度,通过丰富的实例详细介绍了上述软件在 51 单片机课程教学和单片机应用产品开发过程中的应用。这部分主要介绍 51 单片机系统的设计及相关软件的使用,总结了系统设计的流程和步骤及常用软硬件设计技术等。最后,本书以 STC89C52 最小系统板为例,讲解具有很强实用性的典型单片机设计实例和应用系统设计案例,使读者可以在最小系统板上学习和开发单片机软硬件系统。

本书的内容涵盖单片机设计的各个方面,选材新颖,点面结合,不仅能体现单片机开发的理论知识性,还能体现实践性、趣味性。本书通过“理论介绍→软件设计→硬件设计”的主线,做到理论和实践相结合。同时,本书注重各专业、学科间知识的相关性,还选取了自动控制、交通工程、自动化等领域的应用实例。全书共 10 章,第 1 章概述了单片机的基础知识。第 2 章主要讲解了 MCS-51 单片机系统结构和编程接口。第 3 章讲解了 MCS-51 单片机的汇编指令系统,主要包括寻址方式、操作指令、控制指令等。第 4 章介绍了单片机 C51 程序设计,包括基本语法、程序基本结构、函数、C51 构造数据类型,以及 Keil C51 单片机 C 程序开发流程等内容。第 5 章介绍如何使用 Protel 99SE 软件进行电路设计,主要内容包括:电路板基础知识、电路板设计基本步骤、电路设计案例。第 6 章通过典型应用案例介绍如何利用 Proteus 电子仿真软件进行单片机仿真联调实验。第 7 章讲解了 MCS-51 单片机内部资源编程,包括:并行输入/输出接口编程、定时器/计数器编程、外部中断编程、串行接口编程。第 8 章介绍了 MCS-51 单片机常用接口。第 9 章主要介绍了 MCS-51 单片机扩展,包括:SPI 接口扩展、I²C 总线扩展、A/D 及 D/A 转换、8255A 并行接口编程。第 10 章详细介绍了 MCS-51 单片机应用系统设计。

该书可用作高等学校计算机、通信、电子信息、电子技术、自动化等专业本科生及研究生的教材，也可作为相关领域工程技术人员的参考用书。

本书第 1~3 章由王婷编写，第 4~6 章由陈永编写，第 7~8 章、9.1 节、9.2 节由蓝天编写，9.3 节、9.4 节及第 10 章由贺清编写。全书由蓝天、陈永统稿及定稿。

本书在编写过程中得到了西南交通大学、兰州交通大学有关部门的帮助和支持，在此一并表示感谢。

同时，本书的编写得到了国家自然科学基金（61163009）、西南交通大学出版社图书出版基金、兰州交通大学青年科学基金项目（2011001）的支持。

由于作者的水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

作者

2013 年 7 月

目 录

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 单片机简介	1
1.2 单片机的发展状况	2
1.3 单片机的特点及应用领域	3
1.4 单片机的发展趋势	3
练习与思考	4
第 2 章 MCS-51 单片机系统结构和性能	5
2.1 MCS-51 单片机的性能参数	5
2.2 MCS-51 单片机内部结构	5
2.3 MCS-51 单片机的引脚描述	9
2.4 MCS-51 单片机存储器的组织形式	12
2.5 MCS-51 单片机的输入/输出接口	20
2.6 MCS-51 单片机的复位与 CPU 时序	36
2.7 MCS-51 单片机的定时器与时钟	40
2.8 MCS-51 单片机的中断系统	45
练习与思考	54
第 3 章 MCS-51 单片机的汇编指令系统	55
3.1 汇编指令系统概述	55
3.2 MCS-51 单片机的寻址方式	58
3.3 MCS-51 单片机的数据传送指令	64
3.4 MCS-51 单片机的算术操作指令	73
3.5 MCS-51 单片机的逻辑与移位指令	80
3.6 MCS-51 单片机的程序控制流指令	86
3.7 MCS-51 单片机的位操作指令	95
练习与思考	100
第 4 章 单片机 C51 程序设计	101
4.1 C51 语言概述	101
4.2 C51 语言的基本语法	102
4.3 C51 程序基本结构及基本语句	109
4.4 函 数	115
4.5 C51 构造数据类型	120

4.6 Keil C51 编程基础	123
4.7 Keil C51 开发实例	128
练习与思考	135
第 5 章 Protel 99SE 电路设计	136
5.1 认识电路板	136
5.2 电路板设计的基本步骤	139
5.3 电路板类型的选择	139
5.4 Protel 99SE 简介	140
5.5 启动常用的编辑器	143
5.6 绘制电路原理图	148
练习与思考	168
第 6 章 Proteus 电子仿真软件	169
6.1 Proteus7 Professional 界面介绍	169
6.2 绘制电路原理图	172
6.3 Proteus VSM 与 μ Vision2 的联调	176
6.4 Proteus 仿真实例——P1 口的应用	179
6.5 Proteus 仿真实例——闪烁灯	185
6.6 Proteus 仿真实例——流水灯	191
6.7 Proteus 仿真实例——模拟交通信号灯	195
练习与思考	201
第 7 章 MCS-51 单片机内部资源编程	202
7.1 并行输入/输出接口编程	202
7.2 定时器/计数器编程	217
7.3 外部中断编程	234
7.4 串行接口编程	246
练习与思考	260
第 8 章 MCS-51 单片机常用接口	261
8.1 MCS-51 单片机最小系统	261
8.2 矩阵键盘接口	265
8.3 继电器接口	274
8.4 74HC164 串转并接口	279
8.5 74HC165 并转串接口	284
8.6 1602 LCD 接口	288
练习与思考	303
第 9 章 MCS-51 单片机扩展	304
9.1 SPI 接口 (93C64 EEPROM 读写)	304
9.2 I ² C 总线 (24C04 EEPROM 读写)	318

9.3 A/D、D/A 转换芯片 PCF8591.....	335
9.4 并行 I/O 接口 (8255A)	359
练习与思考	366
第 10 章 MCS-51 单片机应用系统设计.....	367
10.1 单片机应用系统开发的基本过程	367
10.2 单片机应用系统的硬件系统	368
10.3 DS1302 实时时钟	371
10.4 DS18B20 数字温度计	384
练习与思考	397
附录 1 MCS-51 单片机汇编指令对标志位的影响	398
附录 2 MCS-51 单片机指令系统简表.....	399
参考文献	404

第1章 单片机基础知识

本章讲解单片机的基本概念,以及单片机在不同领域的运用,并对单片机的发展趋势进行介绍。

1.1 单片机简介

单片机也被称为微控制器 (microcontroller unit), 常用英文缩写 MCU 表示。它最早被用在工业控制领域。单片机由芯片内仅有 CPU 的专用处理器发展而来。其最早的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中,使计算机系统更小,更容易集成到复杂的而对体积要求严格的控制设备当中。Intel 的 Z80 是最早按照这种思想设计出的处理器。从此以后,单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。

早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 Intel 的 8031, 因为其简单可靠且性能良好而获得了极大的好评。此后,在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机系统。基于这一系统的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高,出现了 16 位单片机,但因为其性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后期,随着消费电子产品大发展,单片机技术得到了巨大提高。随着 Intel i960 系列,特别是后来的 ARM 系列的广泛应用,32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位,并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,处理能力比起 20 世纪 80 年代的产品提高了数百倍。目前,高端的 32 位单片机主频已经超过 300 MHz,性能直追 90 年代中期的专用处理器。当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统,因此它得到了最多的应用。事实上单片机是世界上数量最多的计算机。现代人类生活中所用的几乎每件电子和机械产品中都集成有单片机。手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等电脑配件中都配有 1~2 台单片机。而个人计算机中也有为数不少的单片机在工作。汽车上一般配备四十多台单片机,复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作。单片机的数量不仅远远超过 PC 机和其他计算的总和,甚至比人类的数量还要多。

由于单片机的结构及功能均按工业控制要求设计,所以又称它为单片微控制器 (single chip microcontroller)。它将组成微型计算机所必需的部件[中央处理器 (CPU)、程序存储器 (ROM)、数据存储器 (RAM)、输入/输出 (I/O) 接口、定时/计数器、串行口、系统总线等]集成在一个超

大规模集成电路芯片上,只要外加少许电子元件便可以构成一套简易的计算机控制系统,故又称为单片微型计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜,为学习、应用和开发提供了便利条件。

1.2 单片机的发展状况

1971年,Intel公司的霍夫研制成功世界上第一块4位微处理器芯片Intel 4004,标志着第一代微处理器问世,微处理器和微机时代从此开始。因为发明了微处理器,霍夫被英国《经济学家》杂志列为“二战以来最有影响力的7位科学家”之一。

1971年11月,Intel推出MCS-4微型计算机系统,包括4001 ROM芯片、4002 RAM芯片、4003 移位寄存器芯片和4004微处理器。其中4004微处理器包含2300个晶体管,尺寸规格为 $3\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,计算性能远远超过当年的ENIAC,最初售价为200美元。

1972年4月,霍夫等人开发出第一个8位微处理器Intel 8008。由于8008采用的是P沟道MOS管,因此仍属第一代微处理器。

1973年8月,霍夫等人研制出8位微处理器Intel 8080,以N沟道MOS管取代了P沟道MOS管,第二代微处理器就此诞生。主频2 MHz的8080芯片运算速度比8008快10倍,可存取64 KB存储器,使用了基于 $6\text{ }\mu\text{m}$ 技术的6000个晶体管,处理速度为0.64 MIPS (Million Instructions Per Second)。

1975年4月,MITS发布第一个通用型Altair 8800,售价为375美元,带有1 KB存储器。这是世界上第一台微型计算机。

1976年,Intel公司研制出MCS-48系列8位单片机,标志着单片机的问世。Zilog公司于1976年开发的Z80微处理器,广泛用于微型计算机和工业自动控制设备。当时,Zilog、Motorola和Intel在微处理器领域三足鼎立。

20世纪80年代初,Intel公司在MCS-48系列单片机的基础上,推出了MCS-51系列8位高档单片机。MCS-51系列单片机无论是片内RAM容量、I/O口功能,还是系统扩展方面都有了很大的提高。

根据单片机发展过程中不同时期的特点,其发展历史大致可划分为以下四个阶段:

第一阶段(1974—1976):单片机的初级阶段。因工艺限制,本阶段的单片机采用双片的形式,而且功能简单。

第二阶段(1976—1978):低性能单片机阶段。本阶段的以Intel公司制造的MCS-48系列单片机为代表。

第三阶段(1978—1982):高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行I/O口、多级中断处理系统、16位定时器/计数器,片内ROM、RAM容量加大,且寻址范围可达64 KB,有的还内置有A/D转换器。这类单片机的代表是Intel公司的MCS-51系列,Motorola公司的6810和Zilog公司的Z8等。

第四阶段(1982至今):8位单片机的巩固发展以及16位、32位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是:一方面发展16位、32位单片机及专用型单片机,另一方面不断完善高档8位单片机,改善其结构,以满足不同用户的需要。16位单片机的典型产品有Intel公司生产的MCS-96系列单片机。而32位单片机除了具有更高的集成度外,其振荡频率已达20 MHz或更

高,这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机快许多,性能同 8 位、16 位单片机相比,具有更高的优越性。

目前,计算机厂家已投放市场的单片机产品就有 70 多个系列,500 多个品种。单片机的产品已占整个微机(包括一般的微处理器)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,因此可以看出,8 位单片机在最近若干年里,在工业检测、控制领域将继续占有一定的市场份额。

1.3 单片机的特点及应用领域

1. 单片机的特点

- (1) 小巧灵活,成本低,易于产品化,能组装成各种智能式测控设备及智能仪器仪表。
- (2) 可靠性好,应用范围广。单片机芯片本身是按工业测控环境要求设计的,抗干扰性强,能适应各种恶劣的环境,这是其他机种无法比拟的。
- (3) 易扩展,很容易构成各种规模的应用系统,控制功能强。单片机的逻辑控制功能很强,指令系统有各种控制功能指令,可以对逻辑功能比较复杂的系统进行控制。
- (4) 具有通信功能,可以很方便地实现多机和分布式控制,形成控制网络和远程控制。

2. 单片机的应用

- (1) 工业方面:各种测控系统、数据采集系统、工业机器人、智能化仪器、机电一体化产品。
- (2) 智能仪器仪表方面。
- (3) 通信方面:调制解调器、程控交换技术等。
- (4) 消费产品方面:电动玩具、录像机、激光唱机。
- (5) 导弹与控制方面:导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、飞机导航系统。
- (6) 计算机外部设备及电器方面:打印机、硬盘驱动器、彩色与黑白复印机、磁带机等。
- (7) 多机分布式系统:可用单片机构成分布式测控系统,它使单片机应用进入了一个全新的阶段。

1.4 单片机的发展趋势

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时,功耗达 630 mW,而现在的单片机功耗普遍都在 100 mW 左右。随着对单片机功耗要求越来越严格,现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。像 80C51 就采用了 HMOS(高密度金属氧化物半导体工艺)和 CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高,而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点,更适合在要求低功耗(如电池供电)的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要方向。

2. 微型单片化

现在常规的单片机普遍都将中央处理器 (CPU)、随机存取数据存储器 (RAM)、只读程序存储器 (ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上, 增强型的单片机集成了 A/D 转换器、PMW (脉宽调制电路)、WDT (看门狗) 等, 有些单片机将 LCD (液晶) 驱动电路都集成在单一的芯片上, 这样单片机包含的单元电路就更多, 功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做, 制造出具有自己特色的单片机芯片。现在的产品普遍要求体积小、质量轻, 这就要求单片机除了功能强和功耗低外, 还要体积小。现在的许多单片机都具有多种封装形式, 其中 SMD (表面封装) 越来越受欢迎, 使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

3. 主流与多品种共存

目前, 虽然单片机的品种繁多, 各具特色, 但以 80C51 为核心的单片机仍占主流。兼容其结构和指令系统的有 PHILIPS 公司的产品、Atmel 公司的产品和我国台湾的 Winbond 系列单片机。所以, 以 80C51 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集 (RISC) 也有着强劲的发展势头。我国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量与日俱增, 以其低价质优的优势, 占据一定的市场分额。此外还有 Motorola 公司的产品, 日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内, 这种情形将得以延续, 将不存在某个单片机一统天下的垄断局面, 走的是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。

练习与思考

1. 什么是单片机? 单片机与计算机相比有何特点?
2. 单片机主要应用于哪些领域?
3. 单片机的特点是什么?
4. 单片机的发展趋势如何?
5. 微型单片机与传统单片机有什么区别?

第2章 MCS-51 单片机系统结构和性能

本章介绍 51 单片机的内部结构，讲解各个模块之间的关系，阐述单片机的组成。

2.1 MCS-51 单片机的性能参数

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的具有哈佛结构的 8 位单片微控制器系列。很多制造商都可提供 MCS-51 系列单片机，如 Intel、Atmel、NXP、ST、TI 等。这些制造商给 MCS-51 系列单片机加入了大量的性能和外部功能，如 I²C 总线接口、A/D 转换、看门狗、PWM 输出等，不少芯片的工作频率可达到 40 MHz，工作电压也下降到了 1.5 V。基于一个内核的这些功能使得 MCS-51 系列单片机很适合作为厂家产品的基本构架，它能够运行各种程序，而且开发者只需要学习这一个平台。

MCS-51 系列单片机的基本参数如下：

- (1) 具有一个 8 位算术逻辑单元 (ALU)，具有 8 位的累加器及寄存器。
- (2) 具有 8 位数据总线，一次操作可访问 8 位数据。
- (3) 具有 16 位地址总线，可寻址数据和程序区可达 64 KB。
- (4) 具有 128/256 B 内置 RAM，此为数据存储器。
- (5) 具有 4 KB/8 KB 的片上 ROM/EPROM，此为程序存储器。
- (6) 具有 32 个 I/O 口 (4 组 8 位端口)，可单独寻址。
- (7) 具有全双工的串行通信接口 UART。
- (8) 具有 2 个 16 位定时计数器。
- (9) 具有 5 个中断源，2 个中断优先级。

其基本结构如图 2.1 所示。

2.2 MCS-51 单片机内部结构

MCS-51 单片机内部结构如图 2.2 所示。

MCS-51 单片机内部包含作为微型计算机所需的基本功能部件，包括运算器、控制器、存储器 (ROM 及 RAM)、I/O 接口、定时计数器和中断系统等。各功能部件相互独立而融为一体，集成在同一块芯片上。

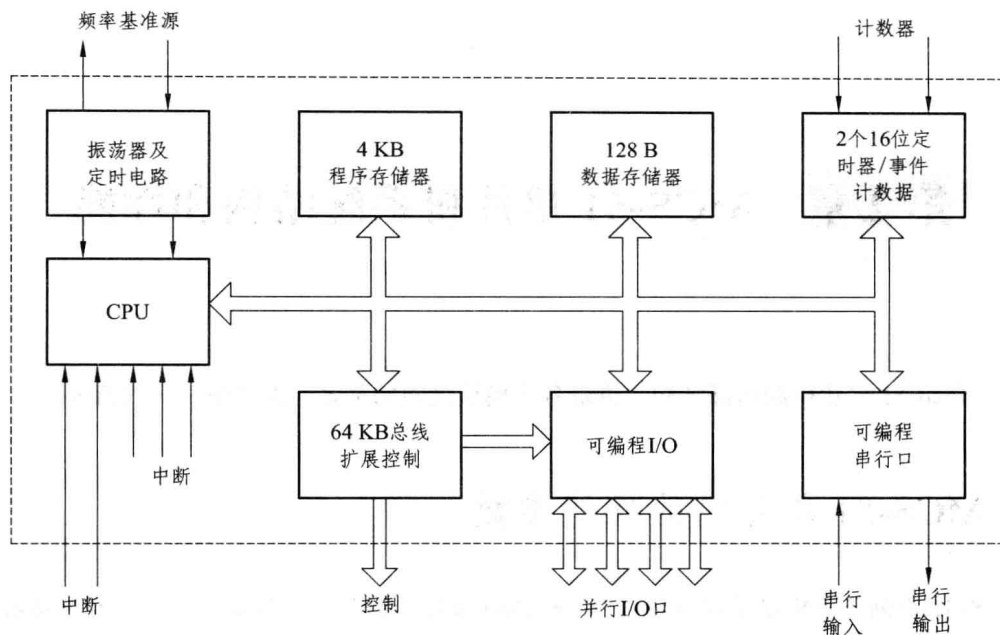


图 2.1 MCS-51 单片机系统结构框图

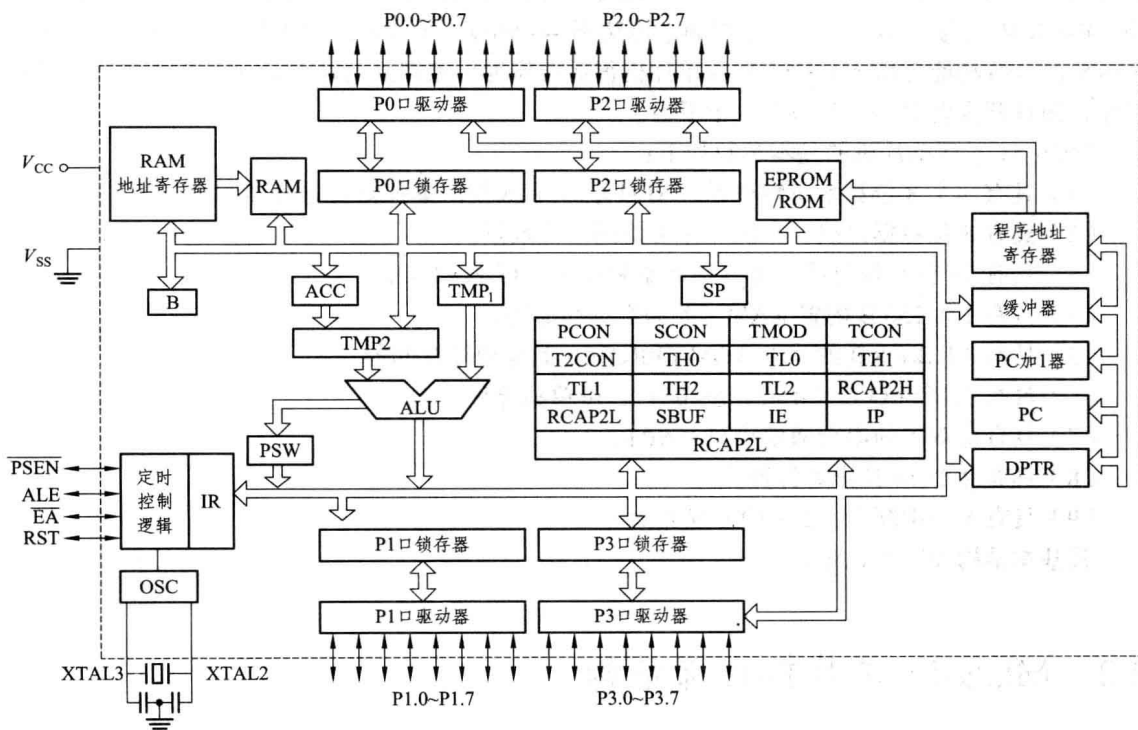


图 2.2 MCS-51 内部结构框图

CPU 是单片机的核心,是计算机的控制和指挥中心。MCS-51 内部的 CPU 是一个字长为 8 位二进制的中央处理单元,也就是说它对数据的处理是以字节为单位进行的。CPU 由运算器 (ALU) 和控制器 (定时控制逻辑等) 两部分电路组成。

2.2.1 运算器

运算器由一个加法器、两个 8 位暂寄存器、一个 8 位累加器 ACC、一个寄存器 B、一个程序状态字 (Program Status Word, PSW) 寄存器和一个布尔处理器组成。运算器的功能是进行算术运算和逻辑运算。可以对半字节 (4 位)、单字节等数据进行操作,例如,能完成加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 码十进制调整、比较等算术运算,以及与、或、异或、求补、循环等逻辑操作,操作结果的状态信息送至状态字寄存器。

1. 累加器 ACC

累加器 ACC,简称累加器 A,它是一个 8 位寄存器,通过暂寄存器与 ALU 相连。在 CPU 中,累加器 A 是工作最频繁的寄存器。在进行算术和逻辑运算时,通常用累加器 A 存放一个操作数,而 ALU 的运算结果又存放在累加器 A 中。

2. 寄存器 B

寄存器 B 也是一个 8 位寄存器,一般用于乘、除法指令,它与累加器配合使用。运算前,寄存器 B 中存放乘数或除数,在乘法或除法完成后,用于存放乘积的高 8 位或除法的余数。

3. 程序状态字寄存器

程序状态字寄存器是一个 8 位寄存器,用于寄存指令执行的状态信息。其中有些位状态是根据指令执行结果由硬件自动设置的,而有些位状态则是使用软件方法设定的。程序状态字的位状态可以用专门指令进行测试,也可以用指令读出。各位定义如表 2.1 所示。

表 2.1 程序状态字

位 序	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
位标志	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

除 PSW.1 位保留未用外,其余各位的定义及作用如下:

(1) CY 或 C (PWS.7) ——进位/借位标志位。

在进行加法 (或减法) 运算时,如果运算结果的最高位 D7 有进位 (或借位) 时, $CY = 1$; 否则 $CY = 0$ 。在进行位操作时, CY 作为位累加器 C。此外,进行移位操作和执行比较转移指令也会影响 CY 标志位。

(2) AC (PSW.6) ——辅助进位标志位。

在加减运算中,当有低 4 位向高 4 位进位或借位时, AC 由硬件置位,否则 AC 位被清零。在进行十进制数运算时,需要十进制调整,此时要用 AC 位状态进行判断。

(3) F0 (PSW.5) ——用户标志位。

用户标志位的状态由用户根据自己的需要通过软件进行置位和复位。它可作为用户程序的流向标志。

(4) RS1 和 RS0 (PSW.4 和 PSW.3) ——寄存器组选择位。

8051 CPU 有 4 组各 8 个 8 位工作寄存器,每一组分别命名为 R0 ~ R7。这两位的值可决定

选择哪一组工作寄存器作为当前工作寄存器组。使用时由用户通过软件改变 RS1 和 RS0 的值来进行选择。工作寄存器 R0 ~ R7 的物理地址和 RS1、RS0 之间的关系如表 2.2 所示。

表 2.2 R0 ~ R7 的物理地址设置

RS1	RS0	寄存器组	R0 ~ R7 地址
0	0	组 0	00 ~ 07H
0	1	组 1	08 ~ 0FH
1	0	组 2	10 ~ 17H
1	1	组 3	18 ~ 1FH

8051 上电复位后, CPU 自动选择第 0 组作为当前工作寄存器组。R0 ~ R7 的物理地址变为 0H ~ 07H。

(5) OV (PSW.2) ——溢出标志位。

在带符号数的加减运算中, OV=1 表示加减运算结果超出了累加器 A 所能表示的符号数有效范围 (- 128 ~ +127), 即产生了溢出, 因此运算结果是错误的; 反之, OV=0 表示运算正确, 即无溢出产生。在乘法运算中, OV=1 表示乘积超过 255, 即乘积分别在 B 与 A 中; 反之, OV=0, 表示乘积只在 A 中。在除法运算中, OV=1 表示除数为 0, 除法不能进行; 反之, OV=0, 表示除数不为 0, 除法可正常进行。

(6) P (PSW.0) ——奇偶标志位。

奇偶标志位表明累加器 A 中 1 的个数的奇偶性, 在每个指令周期由硬件根据 A 的内容对 P 位进行置位或复位。若 1 的个数为偶数, P=0; 若 1 的个数为奇数, P=1。

4. 布尔处理器

布尔处理器主要用来处理位操作。它是以进位标志位 C 为累加器的, 可执行置位、复位、取反、等于 1 转移、等于 0 转移、等于 1 转移且清 0 以及进位标志位与其他可寻址的位之间进行数据传送等位操作, 也能使进位标志位与其他可位寻址的位之间进行逻辑与、或操作。

2.2.2 控制器

控制器是用来控制单片机工作的部件, 它包括程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、堆栈指示器 SP、数据指针 DPTR、时钟发生器和定时控制逻辑等。

1. 程序计数器 PC

程序计数器 PC 是一个 16 位的专用计数器, 其内容是将要执行的下一条指令的地址, 寻址范围达 64 KB。改变 PC 的内容就可以改变程序的流向。PC 具有自动加 1 功能, 以实现程序的顺序执行。当 CPU 顺序地执行指令时, 首先根据 PC 所指地址取出指令, 然后 PC 的内容自动加 1, 指向下一条指令的地址。如果跳转执行程序, 在跳转之前必须将转向指令的地址装入 PC, 然后从该处开始执行, 即完成了程序的跳转。

在 MCS-51 系列单片机中, 当系统复位后, PC = 0000H, CPU 从这一固定入口地址开始执

行程序。PC 没有地址，是不可寻址的，因此用户无法对它进行读写，但在执行转移、调用、返回等指令时能自动改变其内容，以改变程序的执行顺序。

2. 指令寄存器 IR 和指令译码器 ID

根据 PC 所指地址，取出指令，经指令寄存器 IR 送指令译码器 ID 进行译码，然后通过定时控制电路产生相应的控制信号，控制 CPU 内部及外部有关器件进行协调动作，完成指令所规定的各种操作。

3. 堆栈指针 SP

在计算机中，当要解决程序调用和中断处理等问题时，通常采用堆栈技术来存放返回地址或对现场进行保护。堆栈技术是按照“后进先出”的原则进行数据的读写。在 MCS-51 系列单片机中，堆栈是在片内 RAM 中开辟一个专用区，通常指定 07H ~ 7FH 中的一部分连续存储区作为堆栈区。堆栈示意图如图 2.3 所示。

堆栈有栈顶和栈底之分。堆栈的一端是固定的，称为栈底，另一端是浮动的，称为栈顶。当堆栈中无数据时，栈顶地址和栈底地址重合。当数据进栈时，栈顶会自动地向地址增 1 的方向浮动；当数据出栈时，栈顶又会自动地向地址减 1 的方向变化。

堆栈指针 SP 是一个 8 位寄存器，具有自动加 1 或减 1 的功能，用来存放栈顶地址。进栈时，SP 自动加 1，将数据压入 SP 所指向的地址单元；出栈时，将 SP 所指地址单元中的数据弹出，然后 SP 自动减 1。

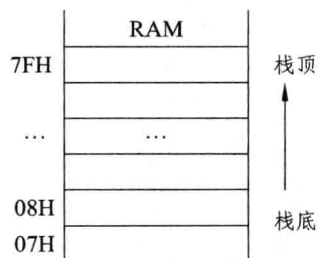


图 2.3 堆栈示意图

系统复位后，SP 初始化为 07H，指向 07H 的 RAM 单元，即堆栈区从 08H 开始的一部分连续存储单元。由于 08H ~ 1FH 单元为工作寄存器区，在程序设计中有可能用到这些区域，所以用户在设置栈区时，最好把 SP 的值设置为 30H 以上，以免与工作寄存器区发生冲突。

4. 数据指针 DPTR

数据指针 DPTR 是一个 16 位的寄存器，专门用来存放 16 位地址指针，作为间接寻址寄存器使用。在变址寻址方式中，用 DPTR 作基址寄存器，用于对程序存储器的访问。它可以对 64 KB 范围内的任一存储单元寻址。它还可以分成两个 8 位独立的寄存器 DPL 和 DPH 使用，DPH 为 DPTR 的高 8 位，DPL 为 DPTR 的低 8 位。

2.3 MCS-51 单片机的引脚描述

在 MCS-51 系列单片机中，各种芯片的引脚是相互兼容的，如 8031、8051、8751 和 80C51 均采用 40 脚双列直插封装方式。当然，不同芯片之间引脚功能略有差异。80C51 单片机是高性能单片机，因为受到引脚数目的限制，有部分引脚具有第二功能。第一功能信号与第二功能信号是单片机在不同工作方式下的信号，因此不会发生使用上的矛盾。这里以 80C51 单片机为例，