



21世纪电气与电子信息类新编系列规划教材

◆ 主编 刘教瑜 舒 军

Principle and Application of SCM

单片机 原理及应用

(第2版)

21 世纪电气与电子信息类新编系列规划教材

单片机原理及应用

(第 2 版)

主 编:刘教瑜 舒 军

副主编:甘月红 谢长君

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了单片机基础知识、MCS-51 指令系统及汇编程序、Keil 集成开发环境及 PROTEUS 仿真实验室,并在 Keil 集成开发及 PROTEUS 仿真环境下,完成 MCS-51 功能模块的编程与仿真、MCS-51 的常用接口设计、MCS-51 应用系统设计,遵循“理论—实践—再理论—再实践”的认知规律,使学生能边学边实践,将书本知识有效地转换为动手能力。随后介绍了单片机常用软件设计,使学生更全面地掌握单片机系统开发技术。

本书可作为高等学校有关专业单片机课程教材以及嵌入式系统开发工程师参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/刘教瑜,舒军主编. —2 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2014. 8
ISBN 978-7-5629-4690-8

I. ①单… II. ①刘… ②舒… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 173194 号

项目负责人:陈军东

责任编辑:陈军东

责任校对:彭佳佳

装帧设计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:14

字 数:359 千字

版 次:2014 年 8 月第 2 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

第 2 版前言

本书第 1 版正式出版以来,在教学实践中作为教材多年使用。使用过程中,充分体现了本教材“把单片机仿真虚拟实验搬上讲台”的教学特点,使学生不仅颇有兴趣地掌握了单片机的硬件软件知识,还明白了如何去实现单片机硬件软件的设计方法、调试过程,达到了“即学即用”的目的,收到了良好的教学效果。

第 2 版在第 1 版的基础上,删去了部分不常用的知识内容,增加模数和数模转换的相关内容,并修改了第 1 版中的文字错误。第 2 版的编写工作主要由刘教瑜(武汉理工大学)、舒军(湖北工业大学)、甘月红(南昌航空航天大学)、谢长君(武汉理工大学)、田嵩(湖北理工学院)完成,由刘教瑜教授统稿并定稿。

再次感谢使用本教材的师生,并诚恳地欢迎继续关注本教材的完善工作。

编 者
2014 年 7 月

第 1 版前言

单片机是一种应用较为广泛的嵌入式微控制器,具有集成度高、功能强、可靠性高、应用灵活、性价比高、易于学习和掌握等优点,在工业测控、机电一体化、智能仪表、航空航天、军事装备、通信终端、家用电器等领域得到了广泛应用。由单片机构成的嵌入式系统设计已成为电子技术产业发展的一项重要内容。单片机技术的应用能力已成为电子技术及电气信息类专业学生必须掌握的主要能力之一。

本书的编写立足于工程实践能力的培养,在详尽分析了单片机系统结构、原理及常用算法设计的基础上,着重于实际应用系统的开发能力培养,真正做到让学生在有限的时间内掌握单片机原理及应用技术。为了达到这一目的,书中所选用的实例均为实际工程中经常用到的功能模块。主要的功能模块均在 C 语言和汇编语言的环境下实现。对让工程师感到困惑的系统抗干扰技术也花了大量的篇幅用专门的章节进行了分析讨论。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020 年)的精神内容:深入贯彻落实科学发展观、实施科教兴国战略和人才强国战略、办好人民满意的教育、建设人力资源强国,为实现这一人才战略的宏伟目标,我们必须推进课程改革,加强教材建设,改革教学内容、方法、手段,更新以往多以教师教学为主导的教材内容,坚持以能力为重,注重学思结合,尊重教育规律,为学生提供适合的教育,培养高素质劳动者、专门人才和拔尖创新人才,以适应经济社会发展和科技进步的要求。因此本书编写的目的是,坚持以能力为重,倡导边学边做,注重学思结合。

本教材是由武汉理工大学出版社组织长期从事本课程教学并具有丰富教学经验的多所高校教师编写的。针对单片机原理及应用课程实践性较强的特点,本教材力争做到:讲清基本原理和基本方法,并随即在 Keil 集成开发环境下编程调试并利用 EDA 软件 PROTEUS 对所学内容进行仿真实验,不仅要教会学生基本知识,更要教会学生如何应用基本知识。只有理论和实践相结合才能真正把书本知识转化为学生的能力。

本书以广为流行的 MCS-51 系列单片机为背景,系统地介绍了单片机基础知识(由南昌航空航天大学甘月红编写)、MCS-51 指令系统及汇编程序、Keil 集成开发环境及 PROTEUS 仿真实验室、MCS-51 功能模块的编程与仿真(此三章由电子科技大学曾勇编写)、MCS-51 的常用接口设计(由湖北工业大学舒军编写)、单片机应用系统设计实例、单片机常用算法设计(此两章由武汉理工大学刘教瑜编写)、高速 SOC 单片机 C8051F 及单片机中的抗干扰技术(由武汉理工大学谢长君编写)等内容。

感谢所有为编写本教材做出辛勤努力的老师和研究生,同时感谢本书所引用参考文献的作者。由于作者水平有限且时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正,以便不断完善。

编 者
2010 年 10 月

目 录

第 1 章 单片机基础知识	(1)
1.1 单片机的概念	(1)
1.1.1 单片机的发展	(1)
1.1.2 单片机的应用	(2)
1.1.3 单片机的主要生产厂商及其产品特性	(3)
1.2 MCS-51 内核单片机	(4)
1.2.1 单片机的基本组成	(4)
1.2.2 单片机的 CPU 结构	(5)
1.2.3 单片机的外部引脚	(5)
1.2.4 单片机的存储器	(7)
1.2.4 单片机的时钟电路和时序	(13)
1.2.5 单片机的复位和复位电路	(14)
1.3 存储器扩展	(15)
1.3.1 概述	(15)
1.3.2 程序存储器扩展	(16)
1.3.3 数据存储器扩展	(18)
1.4 AT89S51 最小系统	(19)
1.5 单片机应用系统设计的一般方法	(20)
1.5.1 单片机的选型考虑	(20)
1.5.2 单片机应用系统的设计过程	(22)
1.5.3 单片机应用系统的仿真与调试	(24)
习题	(25)
第 2 章 MCS-51 指令系统及汇编程序	(26)
2.1 汇编语言	(26)
2.1.1 指令的格式	(26)
2.1.2 指令系统中常使用的符号	(26)
2.1.3 指令系统的寻址方式	(27)
2.2 MCS-51 系列单片机的指令系统	(29)
2.2.1 数据传送指令	(29)
2.2.2 算术运算类指令	(33)
2.2.3 逻辑运算与循环类指令	(35)
2.2.4 程序转移类指令	(38)
2.2.5 调用子程序及返回指令	(40)
2.2.6 位操作指令	(41)

2.2.7 空操作指令	(41)
2.3 汇编语言程序设计	(41)
2.3.1 常用的伪指令	(41)
2.3.2 程序设计的步骤	(43)
习题	(53)
第3章 Keil 集成开发环境及 PROTEUS 仿真实验室	(56)
3.1 Keil C 软件的使用	(56)
3.2 PROTEUS 仿真软件	(64)
3.3 Keil C 与 PROTEUS 的联合仿真	(70)
习题	(73)
第4章 MCS-51 功能模块的编程与仿真	(74)
4.1 单片机的并行输入/输出端口	(74)
4.2 中断系统	(80)
4.2.1 中断的概述	(80)
4.2.2 MCS-51 的中断系统	(81)
4.2.3 MCS-51 中断的应用举例	(85)
4.3 MCS-51 的定时/计数器	(90)
4.3.1 定时/计数器的工作原理	(90)
4.3.2 定时/计数器的控制	(91)
4.3.3 定时/计数器的工作方式	(92)
4.3.4 定时/计数器的初始化	(93)
4.3.5 定时/计数器的应用举例	(94)
习题	(97)
第5章 MCS-51 的常用接口设计	(99)
5.1 人机接口——键盘和 LED 显示接口	(99)
5.1.1 键盘接口	(99)
5.1.2 LED 显示器接口	(105)
5.2 串行接口	(113)
5.2.1 串行通信基本知识	(113)
5.2.2 MCS-51 串行口及控制	(114)
5.3 LCD 显示接口	(126)
5.3.1 液晶的显示原理	(126)
5.3.2 LCD 控制器 KS0108 介绍	(127)
5.3.3 LCD 显示应用举例	(131)
5.4 并行接口的扩展	(136)
5.4.1 74 系列器件扩展并行口	(137)
5.4.2 8255 扩展并行口	(137)
5.5 模数转换与数模转换接口	(143)
5.5.1 模数转换	(143)
5.5.2 数模转换	(151)
5.6 常用传感器接口	(154)

5.6.1 模拟电压与电流测量接口	(155)
5.6.2 温度测量接口	(155)
5.6.3 应力测量接口	(158)
5.6.4 红外光电传感器	(159)
5.6.5 开关式霍尔传感器	(161)
习题	(162)
第6章 单片机应用系统设计实例	(163)
6.1 8051 系列单片机实现计算器功能实例	(163)
6.2 简易波形发生器设计	(166)
6.2.1 简易波形发生器硬件设计	(166)
6.2.2 简易波形发生器软件设计	(167)
6.3 简易广告屏设计	(168)
6.3.1 简易广告屏硬件设计	(169)
6.3.2 广告电子屏系统软件设计	(169)
6.4 寻迹小车的设计	(171)
6.4.1 功能介绍	(171)
6.4.2 硬件设计	(171)
6.4.3 软件程序介绍	(173)
6.5 无线呼叫系统设计	(177)
6.5.1 无线呼叫系统硬件设计	(177)
6.5.2 无线呼叫系统软件设计	(177)
习题	(184)
第7章 单片机常用算法设计	(185)
7.1 单片机滤波算法的设计	(185)
7.2 信号处理的 FFT 变换	(187)
7.3 SPWM 正弦逆变算法的设计	(189)
7.4 PID 控制算法	(192)
7.4.1 模拟 PID 调节器	(192)
7.4.2 数字 PID 控制器	(193)
7.4.3 PID 算法的程序流程	(194)
7.5 51 单片机 PID 算法程序	(195)
7.5.1 位置式 PID 控制算法	(195)
7.5.2 增量式 PID 控制算法	(198)
7.6 模糊控制算法	(200)
习题	(203)
习题参考答案	(204)
参考文献	(214)

第 1 章

单片机基础知识

1.1 单片机的概念

单片机是把中央处理器(CPU)、一定容量的存储器、各种输入/输出(I/O)接口、时钟及其他一些计算机外围电路集成在一块芯片上,组成一个单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机(SCM)。

1.1.1 单片机的发展

自美国 Intel 公司 1974 年研发出第一枚 4 位单片机至今,单片机技术已走过了近 40 年的发展历程。纵观 40 年来单片机发展历程可以看出,单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,表现出较微处理器更具个性的发展趋势,在各个领域得到了广泛的应用。

1. 8051 类单片机的发展概况

最早由 Intel 公司推出的 8051/31 类单片机是世界上用量最大的几种单片机之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 186、386、奔腾等与 PC 机兼容的高档芯片的开发上,8051 类单片机后来主要由 Philips、三星、华邦等公司生产。这些公司都在保持与 8051 类单片机兼容的基础上改善了该类单片机许多特性(如时序特性),提高了速度,降低了时钟频率,放宽了电源电压的动态范围,降低了产品价格。

2. 单片机技术的发展特点

①单片机寿命长 这里所说的寿命长,一方面是指用单片机开发的产品可以稳定、可靠地工作十年、二十年,另一方面是指与微处理器相比寿命长。随着半导体技术的飞速发展,MPU 更新换代的速度越来越快,以 386、486、586 为代表的 MPU,在很短的时间内就被淘汰,而传统的单片机如 68HC05、8051 等问世已有近 40 年了,产量仍是上升的。这一方面是由于其对相应应用领域的适应性,另一方面是由于以该类 CPU 为核心,集成有更多 I/O 功能模块的新单片机系列层出不穷,可以预见,一些成功上市的相对年轻的 CPU,也会随着 I/O 功能模块的不断丰富,有着相当长的生存周期。新的 CPU 类型的出现,给用户带来了更多的选择余地。8 位、16 位、32 位单片机共同发展,这是当前单片机技术发展的另一趋势。长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,32 位机越来越便宜,使 16 位单片机生存空间有限,而市场的实际情况显示的是 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面,近年来都有较大幅度的增长。

②单片机运算速度越来越快 MPU 发展中表现出来的速度越来越快是以时钟频率越来越高

为标志的。而单片机则有所不同,为提高单片机抗干扰能力、降低噪声、降低时钟频率而不牺牲运算速度,是单片机技术发展之追求。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的内部时序,在不提高时钟频率的条件下,使运算速度提高了很多, Motorola 单片机则使用了锁相环技术或内部倍频技术,使内部总线速度大大高于时钟产生器的频率。68HC08 单片机使用 4.9MHz 外部振荡器而内部时钟达 32MHz,而 M68K 系列 32 位单片机使用 32KHz 的外部振荡器频率,内部时钟可达 16MHz 以上。自 20 世纪 80 年代中期以来, NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺代替,功耗得以大幅度下降。随着超大规模集成电路技术由 $3\mu\text{m}$ 工艺发展到 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.35\mu\text{m}$ 工艺,进而实现 $0.2\mu\text{m}$ 工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选,都使功耗不断下降。Motorola 推出的任选的 M. CORE 可以在 1.8V 电压下以 50MHz/48MIPS 全速工作,功率约为 20mW。几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式。允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3~6V 范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7V 降至 2.2V、1.8V。0.9V 供电的单片机也已经问世。

③低噪声与高可靠性技术 为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机商家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如美国国家半导体 NS 的 COP8 单片机内部增加了抗 EMI 电路,增强了“看门狗”的性能。Motorola 也推出了低噪声的 LN 系列单片机。

3. 单片机的发展趋势

单片机的应用在后 PC 时代得到了前所未有的发展,但对处理器的综合性能要求也越来越高。综观单片机的发展,以应用需求为目标,市场越来越细化,充分突出以“单片”解决问题,而不像多年前以 MCS-51/96 等处理器为中心,外扩各种接口构成各种应用系统。单片机系统作为嵌入式系统的一部分,主要集中在中、低端应用领域(嵌入式高端应用主要由 DSP、ARM、MIPS 等高性能处理器构成),在这些应用中,目前也出现了一些新的需求,主要体现在以下几个方面:

①以电池供电的应用越来越多,而且由于产品体积的限制,很多是用纽扣电池供电,要求系统功耗尽可能低,如手持式仪表、水表、玩具等。

②随着应用的复杂,对处理器的功能和性能要求不断提高。既要外设丰富、功能灵活,又要有一定的运算能力,能做一些实时算法,而不仅仅做一些简单的控制。

③产品更新速度快,开发时间短,要求开发工具简单、廉价、功能完善。特别是仿真工具要有延续性,能适应多种 MCU,以免重复投资,增加开发费用。

④产品性能稳定,可靠性高,既能加密保护,又能方便升级。

1.1.2 单片机的应用

目前单片机的应用已渗透到国民经济的各个领域,广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分如下几个方面:

1. 在智能产品上的应用

单片机被广泛应用于实验室、交通工具、计量等各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化,提高了它们的测量精度,并简化了其结构。

2. 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如工厂流水线的智能化管理,电梯

智能化控制、各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。单片机与传统机械产品相结合,可以构成新型的机电一体化产品。

3. 在家用电器中的应用

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,如电饭煲、洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机、微波炉、空调机、彩电、游戏机等。单片机控制提高了家电的智能化程度,使得家电应用起来更为方便,因而备受人们的喜爱。

4. 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,如手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信工具以及日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信工具和无线电对讲机等。

5. 在汽车设备领域中的应用

单片机在汽车电子设备中的应用非常广泛,例如汽车中的发动机控制器、基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统等等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

1.1.3 单片机的主要生产厂商及其产品特性

1. ATMEL 单片机

ATMEL 公司的 AVR 单片机,可以将增强型 RISC(精简指令系统)、内载 Flash 的单片机,芯片上的 Flash 存储器集成在用户的产品中,可随时编程升级,使用户的产品设计更容易,更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构,使其具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令,同时 AVR 单片机可以实现耗电最优化。

2. Intel 单片机

Intel 公司是最早推出 8051/31 类单片机的公司之一,早期推出 MCS-48、MCS-51 8 位单片机和 MCS-96 16 位单片机,目前的 ARM 系列产品结构已具有 32 位嵌入式处理器。其后,多家公司购买了 8051 的内核,使得以 8051 为内核的 MCU 系列单片机在世界上产量最大,应用也最广泛。其他 51 单片机都是在 8051 基础上,增加存储器和 I/O 接口的种类和数量而形成的,其系统结构和指令系统并未改变,所以,8051 可能最终形成事实上的 MCU 芯片标准。

3. Motorola 单片机

Motorola 是最早推广单片机的公司之一,2000 年推出的 M68HC08 系列单片机,具有速度快、功能强、价格低、功耗低、指令系统丰富的特点。它的内部 ROM 采用成熟的 Flash 存储器技术,具有编程速度快、可靠性高和支持在线编程的特点。此外,它的晶振频率很低,抗干扰性比较强,往往用在恶劣的军用或者工业环境中。

4. MicroChip 单片机

MicroChip 单片机的主要产品是 PIC 16C 系列和 17C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,分别仅有 33、35、58 条指令,采用 Harvard 双总线结构,运行速度快,工作电压低,功耗低,输入/输出直接驱动能力较大,价格低,一次性编程,体积小,适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电信通信工具、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制不同领域都有广泛的应用,PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。

5. 东芝(Toshiba)单片机

东芝单片机门类齐全,东芝 4 位机在家电领域有很大市场,8 位机主要有 870 系列、90 系列,该类单片机允许使用慢模式,采用 32kHz 时钟,功耗降至 10 μ A 数量级。东芝的 32 位单片机采用 MIPS,3000A RISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数字相机、图像处理等市场。

6. Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品,这种单片机采用多累加器结构,有较强的中断处理能力,开发工具价廉物美。Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用市场。

此外,还有 Winbond(华邦)的 FLASH 型 51 系列单片机:W77 和 W78 $\times\times\times$ 系列,它的一个机器周期只有 4 个时钟,速度非常快。

1.2 MCS-51 内核单片机

1.2.1 单片机的基本组成

Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机是 8 位高性能单片机,也是目前我国广泛应用的一种单片机系列,表 1.1 列出了 MCS-51 系列单片机的常用产品参数。本章将主要介绍 8051 单片机的结构和原理,图 1.1 是其内部结构框图。

表 1.1 MCS-51 系列单片机常用产品特性参数

型号	片内存储器容量(B)		定时器	并行线
	程序存储器	数据存储器		
8031	无	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
80C31	无	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
8051	4K,ROM~	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
80C51	4K,ROM	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
8751	4K,EPROM	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
87C51	4K,EPROM	128	2 个 16 位	4 $\times$ 8
8032	无	256	3 个 16 位	4 $\times$ 8
8052	8K,ROM	256	3 个 16 位	4 $\times$ 8
8752	8K,EPROM	256	3 个 16 位	4 $\times$ 8

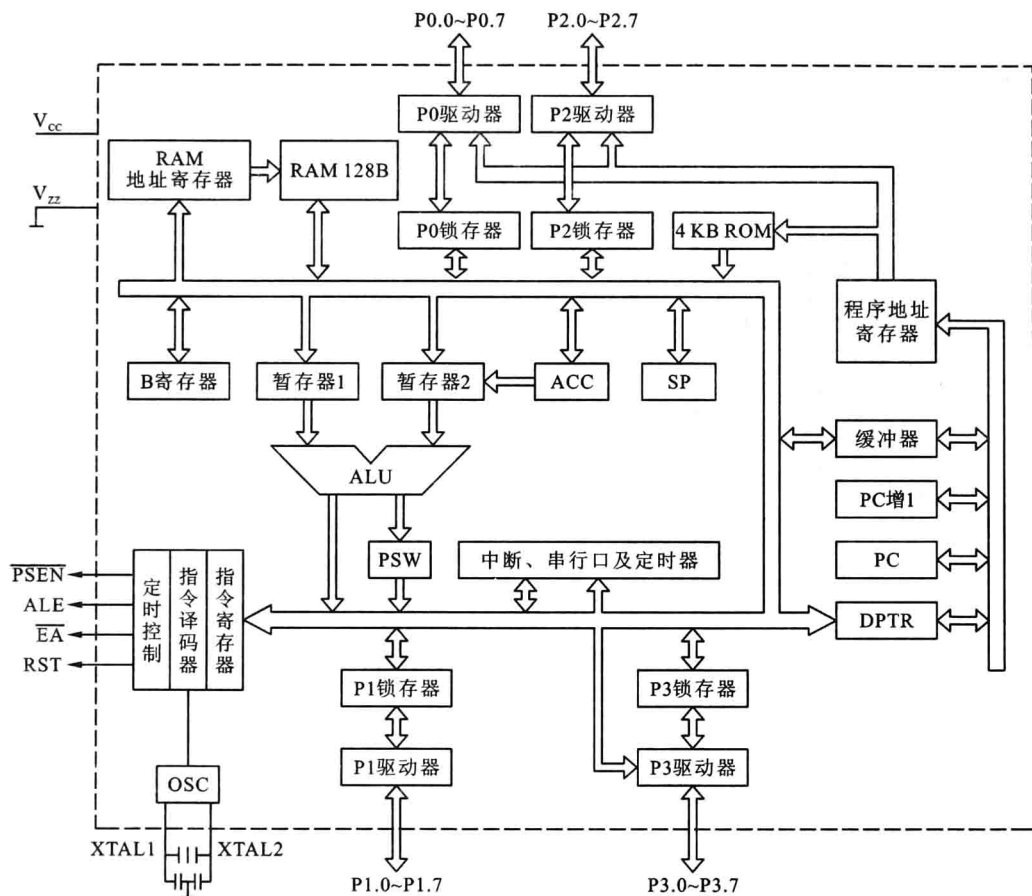


图 1.1 MCS-51 单片机的内部结构框图

1.2.2 单片机的 CPU 结构

单片机的中央处理器(CPU)是单片机的核心部件,主要由运算器和控制器两个部分组成。

1. 运算器

运算器是计算机的运算部件,可以完成各种算术运算、逻辑运算,并可进行位运算。算术逻辑部件(ALU, Arithmetic Logic Unit)是运算器的核心,此外,运算器中还有暂存器1(TMP1)、暂存器2(TMP2)、累加器(ACC, Accumulator)、B寄存器、程序状态字(PSW, Program Status Word)和布尔处理器。运算的结果将影响程序状态字中的标志位。

布尔处理器是单片机的一个重要组成部分,有自己的位累加器 Cy 和相应的指令系统及位寻址区和 I/O 空间。布尔处理器在位测试、外设的控制及复杂组合逻辑电路的求解方面提供了方便的方法。

2. 控制器

控制器是单片机的指挥控制部件,它主要包括程序计数器(PC)、指令寄存器(IR)、指令译码器(ID)、数据指针寄存器(DPTR)、堆栈指针(SP)、缓冲器及定时控制电路等。它的主要任务是对指令进行译码,通过定时和控制电路发出各种控制信号,使各部件协调工作,完成指令所需的操作。

1.2.3 单片机的外部引脚

MCS-51 单片机有 40 个引脚,一般有两种封装方式:一种采用双列直插式(DIP)封装,另一种

采用方形封装。8051 单片机的引脚和符号如图 1.2 所示,这些引脚按其功能分为四类。

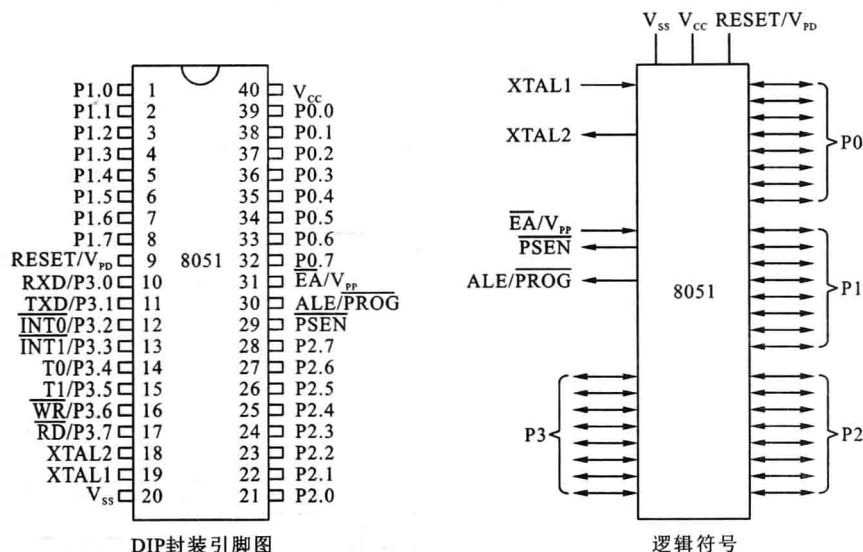


图 1.2 8051 单片机的引脚结构

1. 电源引脚(2 根)

(1) V_{CC}(40): 电源正端, 外接+5V。

(2) V_{SS}(20): 接地。

2. 时钟电路引脚(2 根)

(1) XTAL1(引脚 19): 接外部振荡晶体和微调电容的一端。在片内它是振荡电路反向放大器的输入端, 在采用外部时钟时, 该引脚接地。

(2) XTAL2(引脚 18): 来自片内反向振荡器的输出。若需采用外部时钟电路时, 该引脚输入外部时钟脉冲。8051 单片机正常工作时, 该引脚应有脉冲信号输出。

3. 控制引脚(4 根)

(1) ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (引脚 30): 地址锁存控制信号/编程脉冲输入端

当访问外部存储器时, 该引脚输出的信号作为锁存低 8 位地址的控制信号。在编程期间, 此引脚用于输入编程脉冲。在平时, 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, 因此它可用作对外部输出脉冲或用于定时目的。

(2) $\overline{\text{PSEN}}$ (引脚 29): 外部程序存储器的选通信号

当访问外部程序存储器时, 此脚输出负脉冲选通信号, PC 的 16 位地址数据将出现在 P0 和 P2 口上, 外部程序存储器则把指令数据放到 P0 口上, 由 CPU 读入并执行。在由外部程序存储器取指期间, 每个机器周期两次 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号有效。但在访问外部数据存储器时, 这两次有效的 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号将不出现。

(3) $\overline{\text{EA}}$ /V_{PP}(引脚 31): 外部程序存储器地址允许输入端/编程电压输入端

当 $\overline{\text{EA}}$ 保持低电平时, 只访问片外程序存储器, 不管是否有内部程序存储器; 当 $\overline{\text{EA}}$ 端保持高电平时, 只访问片内程序存储器, 而超过 4KB 地址则自动转到片外程序存储器 1000H 读取指令。8031 单片机片内无 ROM, 所以该引脚接地。

对于 EPROM 型单片机(8751), 在编程写入期间, 此引脚也用于施加 12V 编程电压。

(4)RESET/ V_{PD} (引脚 9):复位/备用电源输入引脚

在该引脚上输入 24 个时钟周期以上的高电平,系统即初始复位。 V_{CC} 掉电期间,此脚可接上备用电源,以保证单片机内部 RAM 的数据不丢失。

4. 输入/输出引脚

(1)P0.0~P0.7(引脚 39~引脚 32):8 位准双向并行 I/O 口

P0 口可作为通用双向 I/O 口。在外接数据、程序存储器时,可作为低 8 位地址/数据总线复用引脚。

(2)P1.0~P1.7(引脚 1~引脚 8):8 位准双向并行 I/O 口

P1 口可作为通用双向 I/O 口。

(3)P2.0~P2.7(引脚 21~引脚 28):8 位准双向并行 I/O 口

P2 口可作为通用双向 I/O 口。在外接数据、程序存储器时,可作为高 8 位地址输出引脚。P2 口在 FLASH 编程和校验时接收高 8 位地址信号和控制信号。

(4)P3.0~P3.7(引脚 10~引脚 17):8 位准双向并行 I/O 口

P3 口除了作为通用 I/O 口使用以外,每一个引脚都可以复用。

1.2.4 单片机的存储器

MCS-51 单片机程序存储器和数据存储器相互独立,在物理结构上有四个存储空间:片内程序存储器、片外程序存储器、片内数据存储器、片外数据存储器。单片机的外部数据存储器和 I/O 接口采用统一编址的方式。图 1.3 是 MCS-51 单片机存储器的空间结构图。

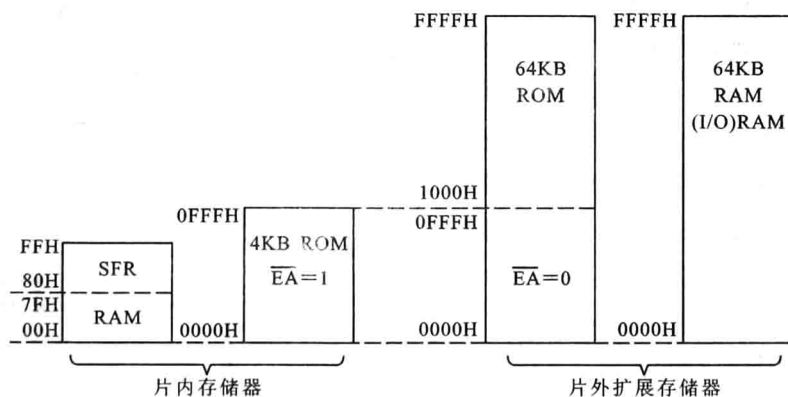


图 1.3 存储器空间分布图

1. 数据存储器

数据存储器包括内部数据存储器 and 外部数据存储器两个空间,MCS-51 单片机外部数据存储器空间大小为 64KB,地址空间为 0000H~0FFFH,内部数据存储器为 128 个字节,地址空间为 00H~7FH。

内部数据存储器 and 外部数据存储器在 00H~7FH 范围内地址会出现重叠的现象,单片机通过不同的指令格式加以区分,访问片内 RAM 使用 MOV 指令,可采用多种寻址方式。若采用间接寻址方式,间接寻址寄存器只能是 R0 或 R1。

例如: MOV A,@R0

MOV @R1,A

片外 RAM 采用 MOVX 指令,只能使用间接寻址方式。若外部存储单元的地址为 8 位二进制数,可选择 R0 或 R1 作为间接寻址寄存器。

例如:MOVX A,@R0

MOVX @R1,A

执行上述指令时,寄存器的 8 位地址将从低 8 位地址线即 P0 口输出,而数据信息将在稍后的时间出现在 P0 引脚上,并同时产生读 $\overline{RD}$ 或 $\overline{WR}$ 信号。

若地址为 16 位,必须选 DPTR 寄存器作为间接寻址寄存器。

例如:MOVX A,@DPTR

MOVX @DPTR,A

该指令执行时,DPTR 中的高 8 位地址线即 DPH 的内容将一直出现在单片机的高 8 位地址线即 P2 引脚上,低 8 位地址线即 DPL 的内容将从单片机的低 8 位地址线即 P0 口输出;而数据信息将在稍后的时间出现在 P0 引脚上,并同时产生 $\overline{RD}$ 或 $\overline{WR}$ 信号。

在这里要重点理解的就是,MCS-51 系列单片机的片内数据存储空间和片外数据存储空间有地址重叠现象。

单片机的指令系统可以通过不同的指令格式来解决这个重叠问题,通过不同的指令格式可以明确地知道存储数据的存取地址。至于寻址方式和指令系统,将在第 2 章详细介绍。

2. 内部 RAM

内部 RAM 共 128 个单元,可分为工作寄存器区、位寻址区和数据缓冲区,如图 1.4 所示。

(1) 工作寄存器区(00H~1FH)

该区的 32 个单元被均匀地分为四组,每组包含八个 8 位寄存器,均以 R0~R7 来命名,常称这些寄存器为通用寄存器。CPU 当前所使用的工作寄存器区是由程序状态字 PSW 中的 D3(RS0)和 D4(RS1)位来选择的。通过修改 PSW 中的 RS0 和 RS1 两位,就可选择任一组工作寄存器,这有利于提高 CPU 的效率和响应中断的速度。

(2) 位寻址区(20H~2FH)

片内 RAM 的 20H~2FH 单元为位寻址区,它们既可作为一般单元用字节寻址,也可以对其中的某位进行寻址。位寻址区共有 16 个字节,128 个位,位地址为 00H~7FH。位地址分配如表 1.2 所示。

表 1.2 内部 RAM 位寻址区地址表

单元地址	MSB←—位地址—→LSB							
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H

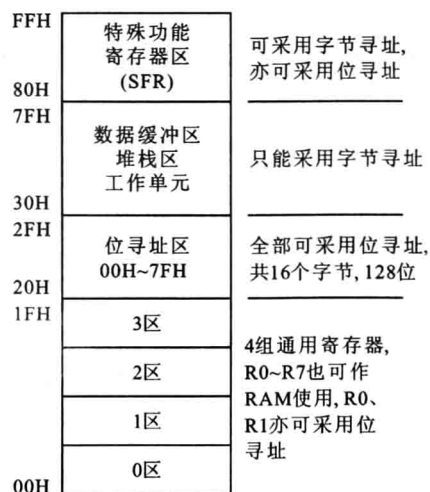


图 1.4 MCS-51 单片机内部数据存储器配置

续表 1.2

单元地址	MSB←一位地址→LSB							
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

CPU 能直接寻址这些位,执行例如置“1”、清“0”、求“反”、转移、传送和逻辑等操作。

(3) 堆栈和数据缓冲区(30H~7FH)

该区的地址范围为 30H~7FH,用于存放用户的数据,对这部分区域的使用不作任何规定和限制,堆栈一般开辟在这个区域。

3. 特殊功能寄存器(SFR, Special Function Register)

MCS-51 单片机把 CPU 中的专用寄存器,I/O 锁存器,中断、串行口与定时/计数器内的各种控制寄存器和状态寄存器都作为特殊功能寄存器,它们离散地分布在地址为 80H~FFH 的范围内,如表 1.3 所示,该范围称为特殊功能寄存器区。MCS-51 单片机有 21 个特殊功能寄存器,它们只能通过直接寻址的方式进行访问,书写时既可用寄存器符号,也可用寄存器单元地址。

表 1.3 特殊功能寄存器

寄存器符号	地 址	寄存器名称
• ACC	E0H	累加器
• B	F0H	B 寄存器
• PSW	D0H	程序状态字
SP	81H	堆栈指示器
DPL	82H	数据指针低 8 位
DPH	83H	数据指针高 8 位
• IE	A8H	中断允许控制寄存器
• IP	B8H	中断优先控制寄存器
• P0	80H	I/O 口 0
• P1	90H	I/O 口 1
• P2	A0H	I/O 口 2
• P3	B0H	I/O 口 3