

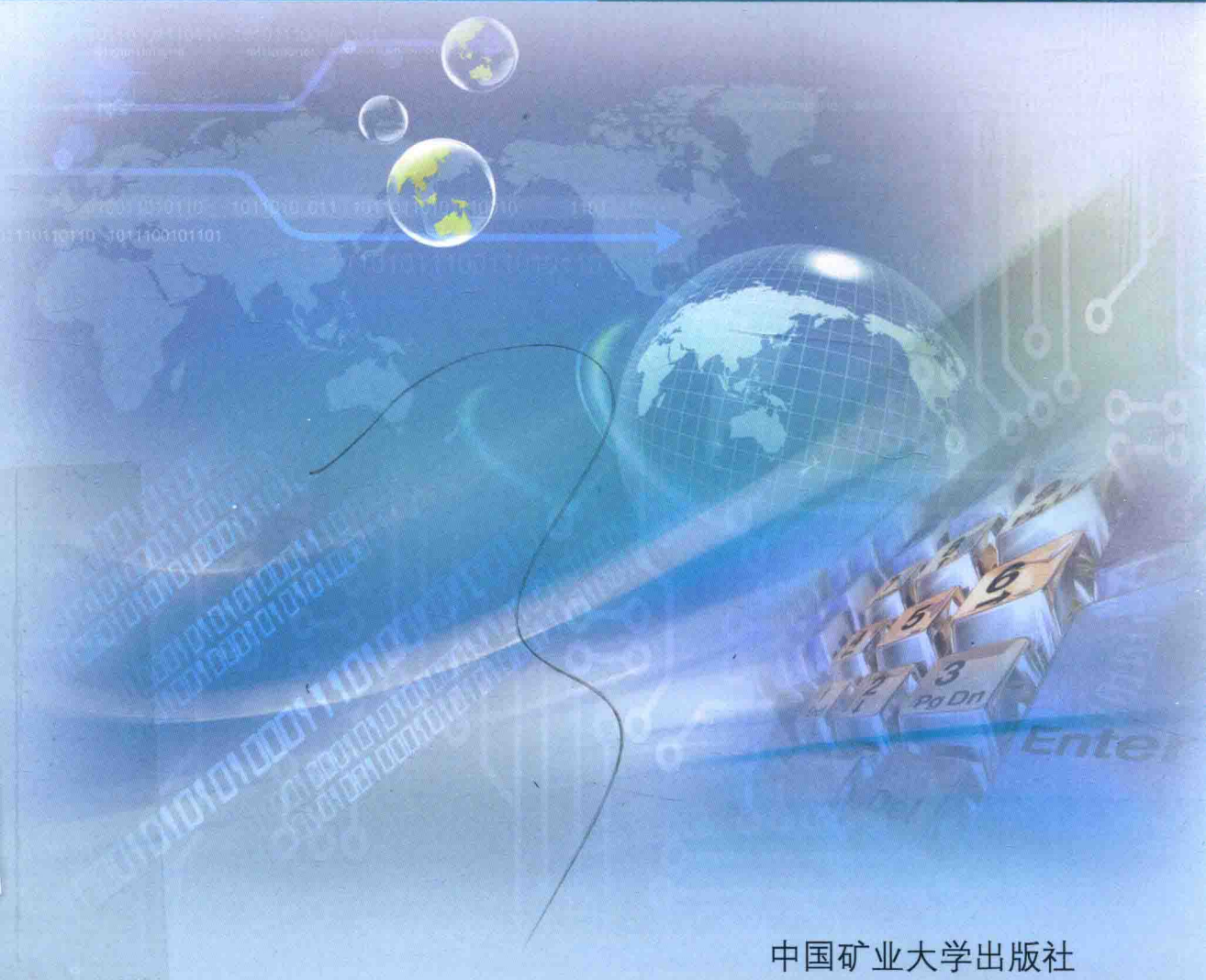
中国矿业大学卓越采矿工程师教材

微机原理与应用

贾存良 编著

Weiji Yuanli Yu Yingyong

Weiji Yuanli Yu Yingyong



中国矿业大学出版社

微机原理与应用

贾存良 编著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与应用 / 贾存良编著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2016. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3178 - 9

I. ①微… II. ①贾… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 160464 号

书 名 微机原理与应用

编 著 贾存良

责任编辑 仓小金

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 393 千字

版次印次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书为“卓越工程师培养计划”(简称“卓越培养”)所设《微机原理与应用》课程教材,适合于信息和电气工程相关专业。“卓越培养”是国家教育部推行的重大教育改革项目,其主旨是通过深化本科教学模式,培养造就一大批具有较强工程实践能力、优秀创新能力和良好综合素质,适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才。本书以“卓越培养”为导引,在内容选排上,以培养学生“厚基础、宽口径、重应用、善创新”为目的。

20 世纪 70 年代以来,单片机技术的发展突飞猛进,8 位、16 位、32 位单片机品种繁多,其应用无处不在,遍及航空航天、军事装置、工业机器人、医用设备、智能仪器仪表以及家用电器等领域。单片机的组成要件与 PC 机并无根本区别,前者强调将尽可能多的硬件资源集成到一个芯片上,体积小巧而又能够配合软件完成必要的测控功能,后者主要追求较高的运算速度和海量的数据处理能力。单片机属于嵌入式系统的入门微处理器,应用上一般不使用操作系统。单片机知识是嵌入式系统(如 STM32 等)进阶学习的良好基础。

相较于传统的单片机课程教学,本教材希望在以下几点对读者有所帮助:

(1) 依然介绍汇编指令,这对于理解微处理器结构及其工作原理是有帮助的;

(2) 由于 C 语言程序设计的优势,单片机的开发应用大多已从汇编语言转向 C 语言,因此从实际出发,本书介绍了单片机 C51 语言,并在多处同时给出了汇编和 C51 程序段;

(3) Keil C 和 Proteus 是当前最为流行的微处理器应用仿真软件,在不需要实际单片机硬件的条件下,可以通过 PC 机及仿真软件快速实现单片机硬、软件的同步仿真,经济、方便、快捷。本书给出了该仿真软件的调试运行方法。

本书涉及单片机基本结构及其工作原理、MCS-51 单片机指令系统、AT89S51 单片机内、外部系统资源及其扩展、软件应用编程以及仿真运行等诸多环节。为使繁杂的内容看起来尽可能清晰有序,根据相关环节知识点内在的关联顺序,本教材共分为 10 章,第 1~2 章介绍单片机概述和 MCS-51 单片机基本组成;第 3 章介绍 MCS-51 单片机汇编指令集(111 条)以及基于汇编指令的

汇编语言程序设计;第4章介绍C51语言程序设计和MCS-51单片机开发工具,首先给出C51基础,在此基础上介绍了相关C51程序设计方法,最后给出了仿真软件的调试运行方法;第5章介绍AT89S51单片机内部资源及其使用方法,主要为4个8位并行I/O口、中断源以及内部定时/计数器;第6章介绍AT89S51单片机的系统扩展,首先介绍了存储器扩展,然后介绍了并行I/O接口的扩展;第7章为AT89S51单片机HMI扩展,包括键盘、显示器与单片机的接口两部分;第8章为AT89S51单片机的模拟量接口,分别介绍了并行和串行ADC的应用方法;第9章为AT89S51单片机的串行通信技术,主要介绍了半双工串行通信机制及其编程实现;第10章为MCS-51单片机串行通信技术扩展,分别介绍了SPI、I2C和1-Wire总线及其应用。

本教材是在编者多年“微机原理与应用”课程教学和微处理器应用科研经验的基础上编写而成的,力求深入浅出、简明扼要,具有良好的可读性,在全面分析单片机工作原理的基础上,注重单片机先进性和实用性技术的介绍,利于读者提高单片机的工程应用能力。

本书编写过程中,编者引用了部分参考文献和书籍的相关内容,在此对相关作者表达崇高的敬意和衷心的感谢。

在本书编写过程中,邓世建教授以及其他同行授课教师提出了不少有益的建议,中国矿业大学教务部给予了大力支持,同时,也得到了中国矿业大学出版社的热情帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2016年8月

目 录

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机概念及其主要特点	1
1.2 单片机的发展趋势	1
1.3 单片机的分类	4
1.4 单片机课程学习方法及软件工具	5
习 题	8
第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构	9
2.1 典型 MCS-51 单片机功能配置和性能	9
2.2 AT89S51 单片机的硬件构成	10
2.3 AT89S51 单片机的内部结构	10
2.4 AT89S51 单片机存储器	13
2.5 AT89S51 单片机的封装与引脚	18
2.6 MCS-51 单片机最小系统及片外总线结构	20
2.7 MCS-51 单片机的时序	21
2.8 AT89S51 单片机工作方式	23
习 题	25
第 3 章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计	26
3.1 MCS-51 单片机指令系统概述	26
3.2 MCS-51 单片机指令系统	30
3.3 MCS-51 单片机汇编语言语句及伪指令	46
3.4 MCS-51 单片机汇编语言程序设计	48
习 题	59
第 4 章 C51 程序设计和 MCS-51 单片机开发工具	62
4.1 C51 程序设计	62
4.2 MCS-51 单片机开发软件工具	81
习 题	92
第 5 章 AT89S51 单片机的内部资源及应用	93
5.1 AT89S51 单片机内部并行端口	93
5.2 AT89S51 单片机的中断系统	97

5.3 AT89S51 单片机的定时/计数器	108
习 题	124
第 6 章 AT89S51 单片机的系统扩展	125
6.1 外部存储器的扩展	126
6.2 并行 I/O 接口的扩展	139
习 题	151
第 7 章 键盘、显示器及其与单片机的接口	153
7.1 键盘及其与单片机的接口	153
7.2 LED 显示器及其与单片机的接口	160
7.3 LCD 液晶显示器及其与单片机的接口	167
习 题	176
第 8 章 AT89S51 单片机的模拟量接口	177
8.1 数/模转换器 DAC 及其接口	178
8.2 模/数转换器 ADC 及其接口	184
习 题	194
第 9 章 AT89S51 单片机的串行通信技术	195
9.1 串行通信基础	195
9.2 AT89S51 单片机串行口结构及工作原理	198
9.3 AT89S51 单片机的串行口控制寄存器	199
9.4 AT89S51 单片机串行口波特率设定	201
9.5 AT89S51 单片机串行口的四种工作方式及应用	202
9.6 多机通信	205
9.7 串行通信的编程	206
9.8 串行通信应用举例	206
习 题	213
第 10 章 MCS-51 单片机串行通信技术扩展	214
10.1 MCS-51 单片机点对点串行通信实用技术	214
10.2 单片机串行总线扩展技术	215
习 题	239
附录	240
参考文献	245

第1章 单片机概述

1.1 单片机概念及其主要特点

自1946年2月世界上第一台电子计算机(名为ENIAC)问世以来,随着微电子技术的不断进步,计算机性能大大提高,价格不断降低,计算机深入应用于生产过程的各个领域与日常生活的各个方面。

一个典型的微型计算机主要由运算器、控制器、存储器以及I/O接口等模块组成,其中,运算器、控制器通常制作在一块集成电路芯片上,称为中央处理器(CPU),是计算机的核心。运算器负责完成计算机的算术、逻辑运算;控制器负责指挥计算机各部件协调完成规定的任务;存储器是计算机信息存储的载体,包括用于存储程序的只读存储器(ROM)和用于数据随机存取的数据存储器(RAM);接口是计算机与外设进行信息交换的桥梁,由相关电路完成诸如信号电平转换、功率匹配等功能。目前,微型计算机大多采用冯·诺依曼结构,其程序代码与数据存储在空间,各模块之间通过三总线[数据总线(DB)、地址总线(AB)和控制总线(CB)]实现协调控制和信息传递。

作为微型计算机的一个分支,单片机产生于20世纪70年代,单片机是指将中央处理器(CPU)、存储器(ROM+RAM)、基本输入/输出接口(I/O)以及定时/计数器等集成在一块集成电路芯片上,从而形成一部小而完善的微型计算机。单片机是单片微型计算机的简称。国际上一般称单片机为“微控制器”单元(MicroController Unit,MCU)。

虽然具备完整微型计算机的属性,但单片机在功能上与PC机相比依然差距较大,单片机更侧重于测控领域的应用。单片机面向测控系统,大多集成常用功能模块,如A/D转换器、LCD显示驱动器、PWM脉冲输出以及各种通信总线等,因此,微控制器更能反映单片机的本质。以单片机为核心,可方便地搭建各种测控装置,单片机体积小、功耗低、可靠性高,加之其开发方便快捷、成本低廉的特点,使单片机在控制领域的数据采集、状态监控、仪器仪表智能化、汽车电子和家用电器等方面获得了广泛应用。

1.2 单片机的发展趋势

1.2.1 单片机的发展阶段

随着微处理器技术的发展,单片机经历了4位机、8位机、增强型8位机、16位机以及32位机等主要阶段。

(1) 1971年,美国Intel公司推出世界第一款单片机4004,为4位微处理器。由于4位机控制功能较弱,目前已较少使用。

(2) 1976年,Intel公司推出MCS-48系列8位单片机,标志着真正意义上的单片机诞

生。但该单片机 I/O 口线较少,定时/计数器也只有 8 位,寻址范围最大为 4 KB,且没有串行通信接口。

(3) 1978~1982 年为 8 位机完善阶段。单片机内 ROM、RAM 容量增加,寻址范围可达 64 KB,定时/计数器升至 16 位,增加了串行通信接口。该阶段比较著名的有 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机, Motorola 公司的 MC68 系列单片机, Zilog 公司的 Z8 系列单片机等。

(4) 1982~1992 年为 8 位机功能加强和 16 位机发展阶段。为了更好地提高集成度和测控性能,8 位单片机集成了更多的功能接口电路和存储器单元,这些变化在以 MCS-51 为内核的非 Intel 公司产品的 51 指令兼容单片机上体现更为明显,如 Philips 公司 P 系列以及 Atmel 公司 AT89 系列 51 内核单片机。增加的片上功能接口主要为模数转换器(ADC)、脉宽调制信号输出(PWM)、看门狗电路(WDT)、串行接口(SPI)、串口扩展总线(I²C)、CAN BUS 等。另一方面,将必要容量的存储器,如 EPROM(紫外线擦除可编程 ROM)、EEPROM(电擦除可编程 ROM)集成于单片机芯片上,避免了早期单片机芯片构成单片机最小系统时,必须片外扩展程序存储器的弊端,进一步减少了单片机应用系统的元件数目和应用系统体积,增强了抗干扰能力和可靠性。与此同时,为获取更高的数据处理速度和能力,一些公司相继推出了 16 位甚至是 32 位单片机,如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机, Acorn(ARM 前身)公司的 32 位 RISC(精简指令集)单片机等。

(5) 1993 年至今,出现了众多的单片机品种。随着微电子技术创新的不断加快,众多的微处理器芯片厂家,在各自原有单片机内核的基础上,针对不同用途,在单片机内嵌入了不同功能的外围接口电路,形成了名目繁多的单片机新产品。其中,以 MCS-51 单片机为内核进行功能扩充而性能提升的 51 兼容 8 位单片机,获得了广泛的应用。

16 位单片机比 8 位单片机有更高的数据处理速度,能更好地满足自动控制实时性的要求,不少厂家相继推出了多款 16 位单片机,如 Intel 公司的 N87C196MC、TI 公司的 MSP430 系列、飞思卡尔公司的 S12 系列以及微芯公司的 PIC24 系列单片机等。16 位单片机主要用于工业测控、汽车电子以及智能化仪器仪表等领域。

32 位单片机是近年来异军突起的单片机分支,国内习惯上称其为嵌入式微处理器,其强大的数据吞吐能力、良好的操作系统平台以及众多的库函数,使之在流媒体(语音、图像)处理、工业机器人控制、无线通信等方面获得了广泛应用。32 位单片机近年来发展很快,厂家众多,产品功能多样,如微芯公司的 PIC32M 系列、飞思卡尔公司的 MCF5XXX 系列产品等,尤其是基于 ARM(Advanced RISC Machines)Cortex-MX 为内核架构的 32 位 MCU,是目前最为有名的嵌入式微处理器产品。

根据不同的应用场合和不同的控制性能要求,8 位、16 位以及 32 位单片机均有大量的应用,其中 8 位单片机因其性价比高、开发成本低、能够满足众多应用场合控制指标要求的特点,目前依然是单片机最主流产品,而随着 32 位 MCU 价格和功耗的不断降低,其速度快、性能高的优点,相较于 8 位、16 位机就体现了出来,如 ST 公司的 STM32 MCU、NXP 的 LPC MCU(均基于 ARM 的 Cortex-M3 内核)目前使用者众多,其低端低端产品的价格已逐渐接近 8 位单片机,大有取代 8 位、16 位单片机的趋势。

32 位 MCU 可结合操作系统(如 Linux、 μ COS/II 等),能够实现实时多任务操作,此时,其功能与 PC 机标准的微处理器处理方式基本一致,适合于多任务程序处理的应用场合。

1.2.2 单片机的发展趋势

1.2.2.1 低电压、宽电压、低功耗以及芯片引脚多功能复用

低电压可有效降低芯片工作功耗。CMOS 制造工艺的进步,可使单片机的工作电流降至 mA 级,休眠状态时甚至可达 μA 级;宽电压能使单片机对电源的适应性更强,应用时更为方便;引脚功能复用可进一步减少芯片引脚数目和体积,提高集成度和工作可靠性能。

1.2.2.2 功能电路内装化

将构成单片机测控系统所使用的一些数字或模拟电路直接集成在单片机芯片上,实现 CPU 芯片上的系统复位、模拟量输入/输出处理、信号捕捉/比较, PWM 输出和 WDT 监视等功能,在通用串行输入/输出基础上(UART),扩展多类型串行总线接口,如 SPI、I²C、CAN BUS,甚至 USB 接口等,更加方便于系统的扩展。

1.2.2.3 片内集成大容量 flash 存储器

flash 存储器以其读写高速、价格低廉等优势,正在取代 PROM、EPROM 甚至某些 EEPROM 大量地集成于单片机芯片内部。8 位单片机片上通常集成 4~64 KB flash RAM 用做程序存储器。在 32 位嵌入式系统中,片内 flash RAM 除可做程序存储器外,还用做数据存储。flash 存储器的优点是存取速度快且断电后信息不丢失。

1.2.2.4 指令精简化

MCS-51 单片机推出较早,共有 111 条汇编语言编程指令,指令集显得有些繁杂。目前一些主流单片机,其指令条数已精简到只有三十几条,精简后的指令集更便于掌握和使用。

1.2.2.5 缩短指令执行时间

通过进一步提高晶振频率和减少机器周期所要求的时钟周期数,来提高指令的执行速度,已是目前 MCU 普遍采取的技术手段。时钟周期即晶振振荡周期,是 CPU 内部最小时间单位。机器周期为 CPU 内部完成诸如取指令、存储器读写等一个基本操作所需要的时间。一个机器周期通常由若干个时钟周期构成,早期的 MCS-51 单片机的一个机器周期包含 12 个时钟周期。随着 CPU 内核性能的增强,单片机越来越朝一个时钟周期组成一个机器周期,且一条指令能在一个机器周期内执行完成的方向发展;同时,CPU 允许使用的晶振频率也越来越高。如 STC15 系列单片机即为单时钟机器周期、晶振频率可达 35 MHz 的 MCS-51 兼容单片机,其指令执行速度比传统 51 单片机快 7~12 倍。

1.2.2.6 ISP、IAP 在线编程技术的应用

单片机需要将所编程序固化到单片机程序存储器中才能工作,这可通过专用程序烧录器来完成。随着 flash 程序存储器的应用,目前已能通过使用很少外部元件搭建 ISP、IAP 在线编程接口电路,实现程序的快速烧写。ISP(In System Programming,在系统编程)可就地固化编程,使用特点为方便、经济、快捷。而 IAP(In Application Programming,在应用编程)技术是从结构上将 flash 存储器映射为两个存储空间,当运行其中一个存储器空间内的用户程序时,可对另一个存储空间进行重新编程,之后,可将控制权从一个空间转向另一个空间,从而实现了程序内容的动态修改,IAP 典型应用是通过网络可以远程实现程序的调整。目前大部分单片机都具备 ISP 在线编程功能,也有不少单片机同时具备 IAP 在系统编程功能,如 MCS-51 兼容单片机 STC15W4K58S4 等。

1.2.3 单片机的应用领域

单片机以其优良的性能广泛应用于各个领域。

① 智能仪器、仪表方面。单片机可应用于数字式流量计、成分分析仪、智能电表等各类智能检测仪器和仪表。

② 工业自动化方面。机械装置、继电-接触器电气系统与单片机结合可形成智能化的机电产品,典型的应用有工业机器人、自动生产线等,智能化的机电产品可明显提高生产效率和产品质量。通过编程,单片机可将先进的自动控制方法应用于工业过程控制、航空航天和武器系统等方面,有力地保证了被控对象的控制实时性和测控性能。

③ 消费类电子方面。全自动洗衣机、变频空调、电视机、手机、POS机、银行终端等诸多消费类电子设备中,单片机作为主设备的控制核心,大大提高了产品的智能化控制和信息化管理水平。

单片机的应用不仅限于以上三个方面,它已深入到日常生活、社会生产所需产品和设备的各个方面,它的出现和应用使我们用传统方法难以实现的信息获取、存储、处理和传输以及设备监控变得容易起来。

1.3 单片机的分类

从20世纪90年代中后期开始,单片机的发展呈现百花齐放之势,8位低端与32位高端单片机齐头并进,主要产品有几十个系列、上千个品种。由于MCS-51单片机较早进入中国市场,拥有众多的用户,因此在将单片机进行分类的时候,人们习惯于将单片机分成MCS-51兼容和非MCS-51兼容单片机两大类。

1.3.1 MCS-51 兼容单片机

Intel公司的MCS-51单片机是最早进入我国,并获得广泛应用的单片机品种之一,其开山之作作为8031。8031单片机内部没有集成程序存储器(ROM),构成单片机最小系统时需要外扩ROM,因此使用不太方便。后续发展的8051集成了一次性写入程序的4KB存储容量的PROM(可编程ROM),8751集成了可多次擦改程序的8KB EPROM,对应的低功耗产品为CHMOS工艺的80C31、80C51和87C51等。51单片机的增强型为8032、8052和8752等,增强型单片机主要体现在其CPU内部RAM(数据存储器)和ROM存储容量上有所扩大。

Intel公司在20世纪80年代中后期,将更多精力放在了高端CPU芯片的研发而淡出了8位单片机市场,但其8051内核以其成功的技术设计和较高的市场占有率,吸引了众多芯片厂商,这些芯片厂商以专利转让和技术交换形式获得了8051内核,并在此基础上采取技术手段进一步增强CPU运行速度、降低功耗和扩展功能模块,从而衍生出了与MCS-51单片机指令完全兼容的一个庞大的MCS-51单片机家族。

目前流行的MCS-51兼容单片机主要有以下产品:

① Atmel公司的AT89系列单片机,该公司在世界上最先将flash闪存技术与80C51内核结合,形成了著名的AT89系列单片机产品,其优越的综合性能使其获得了广泛的市场认可。Atmel公司在产品设计上较早给出单片机编程ISP功能,使终端产品研发工程师们使用单片机时,可以抛弃仿真器和编程器,因此在单片机应用上更为经济便捷。

② Philips公司的80C51、80C552系列单片机,其I/O接口更多,片上集成了一些常用功能模块,如A/D转换器、PWM输出等。

③ 华邦公司的 W77、W78 系列单片机,其特点是运行速度快(机器周期等于 4 个时钟周期,晶振频率最高可达 40 MHz),中断源数目多,具有 WDT 功能,性价比较高。

④ SST 公司的 SST89 系列单片机,采用 IAP 和 ISP 技术,片内 RAM 容量可达 1 KB。

⑤ Silicon Labs 公司的 C8051F 系列高速单片机,速度比标准 51 单片机快 15 倍以上。

⑥ STC 系列单片机,宏晶公司对 51 单片机进行了超强抗干扰、超级加密以及片上仿真功能增强设计,推出了多款 STC 子系列的单片机,如 STC89、STC12 和 STC15 系列,产品性能进一步提升。主要体现在功耗更低、速度更快、价格更低廉上,是 51 兼容单片机的后起之秀。

1.3.2 非 MCS-51 兼容单片机

不采用 8051 内核的单片机即为非 MCS-51 兼容单片机,这些单片机品种众多,它们以各自拥有的特点,在不同的领域获得了广泛的应用,比较常见的有以下几种。

(1) Microchip 公司的 PIC 系列单片机

PIC 单片机体积小(最小为 8 引脚),功耗低,抗干扰性能强,可靠性高,有较强的外围功能接口(A/D、PWM、多类型串口),指令 RISC 化,仅有 30 多条汇编指令。相较于市场常见的 AT89/STC89 片内没有集成 A/D、SPI 等接口的 51 单片机,PIC 单片机在某些应用中比 51 单片机更有优势。

(2) TI 公司的 MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机为超低功耗、低电压(1.8~3.6 V)的 16 位高性能单片机,片内集成大量外围功能电路(A/D、LCD 驱动等),特别适合于要求低功耗如电池供电的场合使用。

(3) Atmel 公司的 AVR 单片机

AVR 单片机以时钟周期为指令周期,采用增强 RISC 结构,程序执行采用一级流水线作业,其特点是指令精简、高速度低功耗,片内 flash 存储器容量大,尤其 ATmega 系列单片机获得了广泛应用。

(4) 飞思卡尔(Freescale)系列单片机

飞思卡尔的前身为摩托罗拉半导体公司,在继承摩托罗拉优秀微处理技术的基础上,飞思卡尔相继推出了 8~32 位多系列单片机,其主要特点是速度快、抗干扰能力强,适于较恶劣工作环境。MC9S12X 12 位及 Coldfire 系列 32 位单片机为其主力品种。飞思卡尔单片机占据全世界汽车微电子控制器第一地位,飞思卡尔目前已被恩智浦半导体公司收购。

1.4 单片机课程学习方法及软件工具

单片机原理及其应用是工科电类专业基础课程,也是解决设备和系统控制问题的核心课程。单片机实践性和应用性较强的特点,决定了该课程在学习方法上与其他理论课程有所不同。要想学好本课程,不能仅停留在在课上听懂课后完成作业上,而是要通过实际使用单片机,从一些具体的硬、软件设计中,逐步理解并掌握单片机的基本原理、应用技巧,只有不断尝试和实践,才能成长为一个实用的单片机研发工程师。

单片机课程的学习,可参照以下步骤进行。

1.4.1 由简入繁逐步扩展

相比较而言,51 单片机发展时间较长,可供学习的图书资料、网站众多,基本型 51 单片

机内部结构简单,芯片引脚功能定义明确,易于掌握使用。因此,51 单片机是初学者学习单片机知识的较佳对象。在学好 51 单片机基础知识并具备其基本应用开发能力的基础上,可触类旁通地学习其他种类的单片机体系结构,逐步扩展单片机应用技能的范围。

1.4.2 单片机编程语言的选择

目前单片机编程主要使用汇编语言和 C 语言,汇编语言与单片机内部硬件结构密切相关,不同的 CPU 内核其汇编语言形式完全不同,只有在较全面地掌握微处理器内部结构及其工作原理基础上,才能写出高质量的汇编语言程序。与之对应的是,采用 C 语言对单片机进行编程时,对单片机硬件结构相关知识的掌握程度要求比汇编语言低,这在一定程度上能克服单片机“原理难学,指令难记,接口难用”的实际学习问题。另外,由于几乎所有种类的单片机都可以采用 C 语言编程,因此 C 语言源程序在不同类型的单片机上具有较好的可移植性。

对于电类专业的同学来说,通过汇编语言的学习,可以更加扎实地理解单片机内部结构、部件功能及其工作原理,可为将来学习 ARM、DSP 和 FPGA 等高档次微处理器的进阶学习打下良好的基础。同时,也只有明晰了单片机硬件结构后,才能写出代码紧凑、执行效率高的应用程序,因此学习汇编语言是有意义的;C 语言编程时句法灵活高效、逻辑性强,有许多可借用的函数和较好的可移植性,是绝大部分单片机应用项目开发者优先的编程语言。

虽然采用汇编语言或 C 语言都能解决编程问题,但两种编程语言各有特点,彼此存在不能互相替代的长处,因此,建议两种编程语言都应该学习和掌握。

1.4.3 理论学习和动手实践相结合

在学习并掌握单片机基本结构和硬件功能基础上,采用“边理论边实践,学到哪做到哪”的案例学习模式,是单片机学习的有效方法。开始时可通过一些简单实例,逐渐掌握单片机的基础知识和开发过程,经过由浅入深的积累过程,最终形成较好的单片机综合应用能力。

1.4.4 单片机课程学习软件工具

单片机实践活动包括软件编程和硬件设计两部分,单片机软件仿真平台是验证程序功能及电路设计正确性的快速、经济的有力工具。MCS-51 单片机目前主要使用 Keil C51 编程软件和 Proteus 电路仿真软件。

Keil C51 是 Keil software 公司开发的 51 系列单片机编程软件,它在标准 C 语言的基础上,增加了一些与 MCS-51 单片机硬件相关的编译特性,用户可在 Windows 操作系统平台上,使用 Keil 公司推出的集成开发环境(IDE) μ vision(目前主要使用 μ vision 4 版本,2014 年已推出 μ vision 5)编写汇编语言(*.asm)或 C51 语言源程序(*.c)。该开发环境集项目管理、程序编辑、编译链接和功能仿真于一体,界面友好,易学易用,在脱离硬件目标板情况下,可通过单步、设置断点或连续等方式,实现程序仿真运行,并能监控程序运行过程中单片机相关寄存器、端口及存储单元的数值变化。该 IDE 可以将源程序生成单片机可执行的十六进制文件(*.hex)。图 1-1 即为 Keil C51 的工作界面。

Keil C51 只能仿真程序的正确性,不能提供单片机及其外围扩展硬件电路的工作环境。而集模拟/数字电路搭建、PCB 线路板设计和虚拟模型仿真于一体的 Proteus 软件为单片机及其与外围电路的协同工作提供了仿真平台。Proteus 是 Labcenter electronics 公司研发的 EDA 工具软件,它不仅具备其他 EDA 工具软件的仿真功能,还能仿真 MCS-51、PIC、AVR、MSP430、ARM、DSP 以及 Cortex-M 等众多微处理器,真正实现了在计算机上完成从原理

图设计、电路分析与仿真、微处理器系统功能测试到形成 PCB 制板的研发全过程,是学习微机原理与应用知识的有效实践平台。图 1-2 即为 51 单片机流水灯 Proteus 仿真界面。

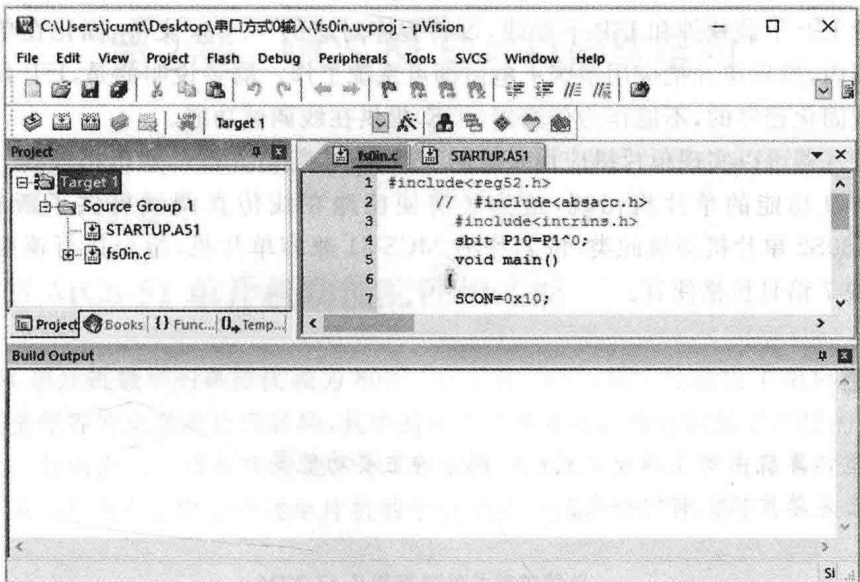


图 1-1 Keil C51 的工作界面

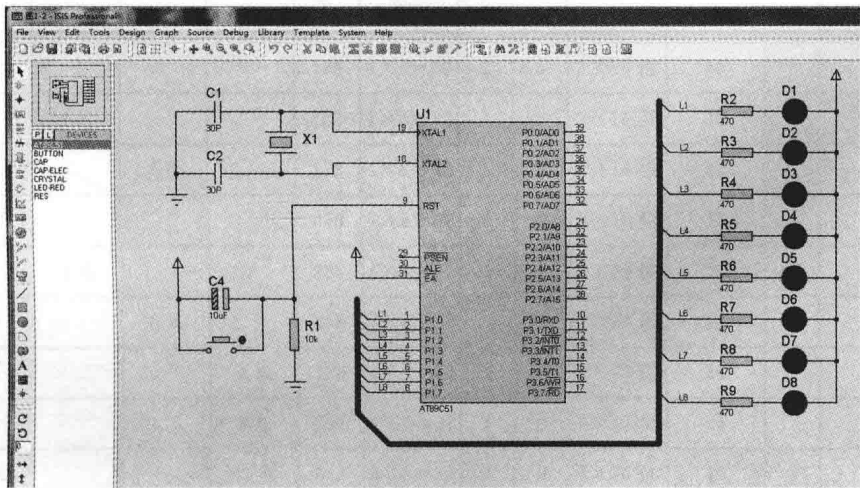


图 1-2 51 单片机流水灯 Proteus 仿真界面

结合 Keil C51 软件提供的单片机可执行文件 *.hex, Proteus 可进行单片机及其外围器件的功能验证仿真。需要说明的是,该仿真更侧重于单片机应用系统软件的测试,要想获得精确的软硬件综合性能,基于实际硬件电路板的系统调试是必做的工作。

专用仿真器(ICE)为用户在线的软、硬件联合调试及其排错提供了高效手段,利用仿真器(其仿真头插接在硬件系统 CPU 位置),可在 PC 上位机上逐条和逐段执行指令(程序),方便观察硬件电路的实时工作情况,尤其对复杂的单片机应用系统,采用仿真器调试是较为

高效的方式。

随着单片机闪存存储技术的应用,ISP、IAP 功能的单片机不断出现,为程序的下载固化提供了更为经济方便的途径。目前使用最普遍的是单片机程序的 ISP 在系统编程,通过厂家提供的 ISP 下载软件和 ISP 下载线,可将程序对应的 *.hex 文件,固化在单片机片内程序存储器内,然后单片机应用系统上电后即可系统工作。需要说明的是,ISP 仅是用来为单片机下载固化程序的,不能作为仿真器(ICE)提供在线调试功能。

使用仿真器可以实现单片机应用系统的在线调试,但仿真器一般价格较高。目前已有具备片上仿真功能的单片机出现,这为经济便捷地在线仿真调试提供了新的选项,如 STC15F2K60S2 单片机即属此类,该芯片为 MCS-51 兼容单片机,指令执行速度比普通型 51 单片机快 7 倍且价格便宜。

习 题

1. 微型计算机由哪几部分组成? 各部分的主要功能是什么?
2. 什么是单片机? 有何特点?

第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构

本章主要介绍 MCS-51 单片机的硬件结构、引脚功能、单片机最小系统组成和存储器空间分布等内容。

2.1 典型 MCS-51 单片机功能配置和性能

MCS-51 单片机最早的典型代表为 8031、8051 和 8751，其后发展出了采用 8051 内核、指令系统完全兼容的众多单片机品种，其中的两款因其鲜明的特色获得了广泛的市场认可，这两款单片机分别为 Atmel 公司推出的 AT89XXX 系列 51 兼容单片机和 STC 系列 51 兼容单片机。表 2-1 列出了以上所述单片机的个别型号、功能配置和性能。

表 2-1 MCS-51 及其兼容单片机的特性

型号	片内存储器/B				I/O	串行口	中断源	定时/计数器	晶振频率/MHz	A/D 通道	其他特性
	PROM	EPROM	FLASH	RAM	并行口						
8031				128	4×8=32	1	5	2×16 位	12		
8051	4 K			128	4×8=32	1	5	2×16 位	12		
8751		4 K		128	4×8=32	1	5	2×16 位	12		
8032				256	4×8=32	1	5	3×16 位	12		
8052	8 K			256	4×8=32	1	5	3×16 位	12		
8752		8 K		256	4×8=32	1	5	3×16 位	12		
AT89C51			4 K	128	4×8=32	1	5	2×16 位	24		
AT89C52			8 K	256	4×8=32	1	6	3×16 位	24		
AT89C51RC			32 K	512	4×8=32	1	6	3×16 位	40		WDT
AT89C2051			2 K	128	15	1	5	2×16 位	25		
AT89S51			4 K	128	4×8=32	1	5	2×16 位	33		WDT/ISP
AT89S52			8 K	256	4×8=32	1	6	3×16 位	33		WDT/ISP
STC89C51RC			4 K	512	4×8=32	1	8	2×16 位	40		WDT/ISP/IAP
STC15W4K32S4 (可在线仿真)			32 K	4 K	多引脚可一脚多用	4	21	5×16 位	30	8	WDT/ISP/IAP/PWM

注：(1) 8031~8751 单片机已被淘汰。
(2) STC 单片机品种较多，此表仅列两种，具体可参见 STC 单片机技术手册。

本章以 AT89S51 单片机为背景,讲述 MCS-51 系列单片机内部结构和引脚功能等知识。该单片机具备价格低、功能强、使用方便灵活的特点,通过该单片机基础内容的学习,用户应该能够根据实际需求,选择合适的 51 单片机品种,搭建自己的单片机测控应用系统。

2.2 AT89S51 单片机的硬件构成

AT89S51 单片机硬件构成如图 2-1 所示,其主要功能部件有:

- ① 与 MCS-51 兼容的 8 位微处理器(CPU);
- ② 时钟和复位电路;
- ③ 片内 4 KB 可在系统编程(ISP)的 flash 程序存储器,128 字节数据存储器;
- ④ 2 个可编程 16 位定时/计数器;
- ⑤ 4 个 8 位可编程并行 I/O 接口,即 P0、P1、P2、P3;
- ⑥ 1 个全双工 UART 串行口;
- ⑦ 5 个中断源;
- ⑧ 26 个特殊功能寄存器(SFR)。

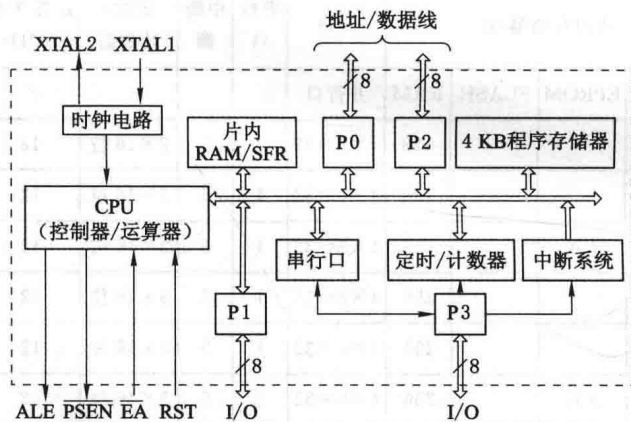


图 2-1 AT89S51 单片机硬件构成框图

2.3 AT89S51 单片机的内部结构

由图 2-1 可以看出,AT89S51 单片机主要包括中央处理器(CPU)、存放程序和数据存储器、计数器、I/O 接口、时钟电路以及中断系统等,各功能部件通过内部总线连成一体。图 2-2 为其内部结构图。

CPU 是单片机的核心,其作用是从程序存储器(ROM)中读取并分析指令,然后根据指令功能,控制单片机各部件协调工作,完成各种操作过程,CPU 由运算器和控制器两部分组成。