



高等职业教育“十二五”规划教材

单片机技术应用实训

◎ 李晓艳 主编

- ✓ 以QSWD-PBD3型单片机综合实验装置为典型设备，以Keil μ Vision2集成开发环境为软件平台
- ✓ 设计了4个软件实训、13个硬件实训和8个综合实训



赠电子课件
巩固与拓展练习答案

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育“十二五”规划教材

单片机技术应用实训

主 编 李晓艳

副主编 董艳艳 陈晓宝 刘丽娜

参 编 唐国锋 任利华 郭三华 侯立芬



机械工业出版社

本书作为单片机课程的配套使用实验教材,以浙江求是科教设备有限公司的 QSWD-PBD3 型单片机综合实验装置为典型设备,以 Keil Software 软件公司的 Keil μ Vision2 集成开发环境为软件平台,着重介绍了有关 51 单片机的实验原理和应用实验,对应设计了 4 个软件实训、13 个硬件实训和 8 个综合实训。

本书可作为高职高专相关专业师生及自学者的教科书,也可供电子技术、计算机应用方面的工程技术人员阅读、参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、巩固与拓展练习答案等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电 (010-88379564) 或邮件 (cmpqu@163.com) 索取。有任何技术问题也可通过以上方式联系。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术应用实训/李晓艳主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 10

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-36027-8

I. ①单… II. ①李… III. ①单片微型计算机 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 200908 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海 王 琪

版式设计:霍永明 责任校对:常天培

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 10.75 印张 · 264 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36027-8

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

单片机是20世纪70年代中期发展起来的一种将CPU、RAM、ROM、I/O接口和中断系统集成于一块硅片上的大规模集成电路芯片,又称为微控制器。单片机的开发应用已经成为高科技领域的一项重要技术。“单片机原理及应用”是电子信息、通信类专业的核心专业课程之一,也是各职业院校电子信息、通信类专业的必开课程。学生应通过学习、熟悉单片机应用系统的设计与调试,掌握单片机在工业、经济和日常生活中的应用,为将来踏上工作岗位后进行电子产品的设计、生产、检测和维护奠定坚实的基础。

本书根据单片机教学大纲编写,符合高职高专应用型人才培养目标,是单片机学习的辅助教材。

本书共分为5章,第1章做总体介绍,介绍单片机的总体情况、Keil μ Vision2 集成开发环境、QSWD-PBD3 型单片机综合实验装置、TKS-52B 型仿真器和汇编语言等。第2章根据4种汇编程序结构设计了4个软件实训项目。第3章、第4章根据各部分硬件特点设计了13个硬件实训项目。第5章设计了8个综合实训项目,每个实训项目包括实验目的、实验内容与原理、实验仪器与器件、实验步骤、参考程序和实验报告6部分。每个实验之前都有相关知识介绍,并设计了巩固与拓展练习,帮助学生进一步巩固实验知识,学会应用。

本书在编写过程中,参考了企业专家和工程师的建议,针对现代企业选用人才的特点,培养学生在掌握必需、够用的基础知识的前提下,具备较强的技术应用能力。本书既可作为高职高专相关专业单片机课程的实验辅导书,也可作为各类工程技术人员和单片机爱好者的参考书。

本书由李晓艳担任主编,董艳艳、陈晓宝和刘丽娜担任副主编。李晓艳统筹策划全书并编写了第2章和第3章,陈晓宝和李晓艳共同编写了第1章,董艳艳和李晓艳共同编写了第4章,刘丽娜和李晓艳共同编写了第5章,参加编写的还有唐国锋、任利华、郭三华、侯立芬。

在本书编写过程中,许多企业的工程师和学校的老师提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。同时编者也参考了很多的文献资料,在此向各位文献资料作者表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请使用本书的教师同仁和同学们批评指正。

目 录

前言

第1章 单片机实验基础知识	1	知识	52
1.1 单片机基础知识	1	3.1.2 51 系列单片机 I/O 接口实验	53
1.1.1 单片机概述	1	3.1.3 巩固与拓展练习	55
1.1.2 89S51 单片机介绍	3	3.2 51 系列单片机定时器/计数器	55
1.1.3 单片机的结构	5	3.2.1 51 系列单片机定时器/计数器 基础知识	55
1.2 Keil μ Vision2 集成开发环境介绍	9	3.2.2 51 系列单片机定时器/计数器 实验	57
1.3 实验平台介绍	16	3.2.3 巩固与拓展练习	59
1.4 仿真器介绍	24	3.3 51 系列单片机中断系统	59
1.5 汇编语言介绍	26	3.3.1 51 系列单片机中断系统 基础知识	59
1.5.1 汇编语言指令格式	26	3.3.2 51 系列单片机中断系统实验	62
1.5.2 51 系列单片机的寻址方式	26	3.3.3 巩固与拓展练习	65
1.5.3 汇编语言指令系统	28	3.4 51 系列单片机串行通信	65
1.5.4 汇编语言程序设计	35	3.4.1 51 系列单片机串行通信基础 知识	65
第2章 51 系列单片机软件实训	43	3.4.2 51 系列单片机串行通信实验	68
2.1 分支程序设计	43	3.4.3 巩固与拓展练习	70
2.1.1 分支程序基础知识	43	第4章 51 系列单片机外部扩展实训	71
2.1.2 分支程序实验	43	4.1 51 系列单片机存储器扩展	71
2.1.3 巩固与拓展练习	45	4.1.1 51 系列单片机存储器扩展基础 知识	71
2.2 循环程序设计	45	4.1.2 51 系列单片机外部数据存储器 扩展实验	74
2.2.1 循环程序基础知识	45	4.1.3 51 系列单片机外部程序存储器 扩展实验	77
2.2.2 循环程序实验	46	4.1.4 巩固与拓展练习	80
2.2.3 巩固与拓展练习	47	4.2 51 系列单片机 I/O 接口扩展	80
2.3 查表程序设计	47	4.2.1 51 系列单片机 I/O 接口扩展 基础知识	80
2.3.1 查表程序基础知识	47	4.2.2 51 系列单片机 I/O 接口 扩展实验	82
2.3.2 查表程序实验	48	4.2.3 巩固与拓展练习	87
2.3.3 巩固与拓展练习	49		
2.4 子程序设计	49		
2.4.1 子程序基础知识	49		
2.4.2 子程序实验	50		
2.4.3 巩固与拓展练习	51		
第3章 51 系列单片机硬件实训	52		
3.1 51 系列单片机的 I/O 接口	52		
3.1.1 51 系列单片机 I/O 接口基础			

4.3 51 系列单片机键盘接口	87	4.6.1 51 系列单片机模-数、数-模转换器 基础知识	118
4.3.1 51 系列单片机键盘接口 基础知识	87	4.6.2 51 系列单片机 ADC0809 型 ADC 模-数转换实验	120
4.3.2 51 系列单片机键盘接口实验	89	4.6.3 51 系列单片机 DAC0832 型 DAC 数-模转换实验	125
4.3.3 巩固与拓展练习	95	4.6.4 巩固与拓展练习	127
4.4 51 系列单片机显示器接口	95	第 5 章 综合实训	128
4.4.1 51 系列单片机显示器接口 基础知识	95	5.1 电子琴项目	128
4.4.2 51 系列单片机 LED 数码管显示器 接口实验	96	5.2 电子时钟项目	131
4.4.3 51 系列单片机 LCD 数码管显示器 接口实验	101	5.3 交通灯模拟控制项目	138
4.4.4 巩固与拓展练习	107	5.4 点阵 LED 数字显示项目	144
4.5 51 系列单片机 I ² C 总线	107	5.5 微型打印机项目	149
4.5.1 51 系列单片机 I ² C 总线基础 知识	107	5.6 汽车转弯灯模拟控制项目	151
4.5.2 51 系列单片机 I ² C 总线实验 ...	110	5.7 步进电动机控制项目	154
4.5.3 巩固与拓展练习	117	5.8 直流电动机控制项目	157
4.6 51 系列单片机模-数、数-模转 换器	118	附录 51 系列单片机指令集	162
		参考文献	166

第 1 章 单片机实验基础知识

单片机是把微型计算机中的微处理器、存储器、I/O 接口(简称 I/O 口)、定时器/计数器、串行接口(简称串口)、中断系统等集成在一块集成电路芯片上形成的微型计算机,因而被称为单片微型计算机,简称为单片机。对单片机的学习需要理论和实践相结合,在学习单片机基本结构、工作原理的基础上,动手设计电路,并编写相应程序控制电路实现功能,以加深对理论知识的理解。

1.1 单片机基础知识

1.1.1 单片机概述

1. 单片机的特点

1) 种类多、型号全。很多单片机厂家有针对性地推出了一系列产品,使系统开发工程师有很大的选择余地。大部分产品有较好的兼容性,保证了已开发产品能顺利移植,较容易地使产品进行升级换代。

2) 提高性能、扩大容量、性能价格比高。目前,单片机集成度已经达到 300 万个晶体管以上,总线速度达到数十微秒到几百纳秒,指令执行周期已经达到几微秒到数十纳秒,以往的片外 RAM 现已在物理上存入片内,ROM 容量已经扩充达 32KB、64KB、128KB,以至更大的空间,价格从几百到几元不等。

3) 增加控制功能,向真正意义上的“单片”机发展。单片机把原本是外围接口芯片的功能集成到一块芯片内,在一片芯片中构造了一个完整的功能强大的微处理应用系统。

4) 低功耗。现在新型单片机的功耗越来越小,供电电压从 5V 降低到了 3.2V,甚至 1V,工作电流从毫安级降到微安级,工作频率从十几赫兹到几十千赫兹。特别是很多单片机都设置了多种工作方式,这些工作方式包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等。

总体来说,单片机具有集成度高、体积小、功耗低、成本低廉、控制能力强、速度快、抗干扰能力强、易开发等优点,使得单片机以非常快的速度发展起来,并广泛地运用在各个领域。

2. 单片机的应用

(1) 单片机在智能仪器仪表中的应用 单片机用于各种仪器仪表的硬件结构,可以减小体积、提高其性价比,典型应用有温度智能控制仪表、医用仪表、汽车电子设备、数字示波器。

例如,在普通模拟示波器的基础上用单片机进行改造而成的数字存储示波器,克服了普通模拟示波器的缺点,并增加了许多功能,如可以显示大量的预触发信息,可以长期存储波形,可以在打印机或绘图仪上制作硬拷贝以供编制文件使用,可以将采集的波形和由操作人员手工或示波器全自动采集的参考波形进行比较,波形信息可用数字方法进行处理。

(2) 单片机在工业测控中的应用 机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

单片机广泛用于导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、计算机的网络通信与数据传输、机器人、工业自动化过程的实时控制和数据处理。在这些实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器,单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以在环境恶劣的前端工作。

(3) 单片机在计算机网络与通信技术中的应用 单片机与通信技术相结合促使通信设备的智能控制水平大大提高,广泛应用于通信的各个领域,如调制解调器、传真机、复印机、打印机、移动电话机、固定电话等。

例如,传统的电话机只能实现简单的拨号、响铃、通话等功能,使用单片机后,可以开发出来电显示、存储电话号码、时钟显示、免提、重拨、声控等功能。功能更多的无绳电话机、录音电话机、可视电话机等多功能电话机也已经走进人们的生活。

(4) 单片机在日常生活及家用电器中的应用 传统的家电配上单片机以后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱,典型应用有洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机、微波炉、电视机、录像机、音响设备、程控玩具、洗衣机等。单片机使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

例如,单片机控制的全自动洗衣机集洗涤、脱水于一体,能自动完成洗衣全过程,并有多多种洗涤程序供用户自由选择,能任意调节工作时间,能显示工作状态、洗涤时间和脱水时间,能自动处理脱水不平衡的故障,具有各种故障和高低电压自动保护功能,工作结束或电源故障会自动断电以确保安全。目前,有的全自动洗衣机还采用了模糊技术,即洗衣机能对传感器提供的信息进行逻辑推理,自动判断衣服质地、重量、脏污程度,从而自动选择最佳的洗涤时间、进水量、漂洗次数、脱水时间,并显示洗涤剂的用量,达到整个洗涤过程自动化,使用方便,节约用水。

3. 单片机的发展

(1) 单片机的发展历史 单片机技术发展十分迅速,整个单片机技术发展过程可以分为以下5个主要阶段:

第一阶段(1974~1975年)——初始阶段,以4位单片机为主,功能比较简单,如1974年美国Fairchild公司生产的第一台单片机F8,采用双片形式,功能简单。

第二阶段(1976~1978年)——探索阶段,单芯片形式,低档8位单片机,如1976年美国Intel公司生产的MCS-48系列单片机,这是第一台完全的8位单片机。MCS-48的推出是在工控领域的探索,此后,各种8位单片机纷纷应运而生。

第三阶段(1979~1982年)——完善阶段,提高了电路的集成度,增加了8位单片机的功能,如Intel公司在MCS-48基础上推出了完善的高档8位单片机(MCS-51系列)。

第四阶段(1983~1990年)——巩固和发展阶段,巩固发展了8位单片机,推出了16位单片机,向微控制器发展,强化了智能控制器的特征,如将ADC、DAC、PWM、WDT、DMA集成到单片机。

第五阶段(1991至今)——全面发展阶段,出现了适合不同领域要求的单片机,如各种高速、大存储容量、强运算能力的8位/16位/32位通用型单片机,还有用于单一领域的廉价的大容量单片机。

(2) 单片机的发展趋势 单片机的发展趋势如下:

CMOS化——单片机将具有更低的功耗,由更低的电压驱动。

高性能化——精简指令集结构和流水线技术将得到广泛应用。

高可靠性——提高单片机的抗电磁干扰能力。

大容量化——扩大片内存储器容量。

多功能化——把众多的各种外围功能器件集成在片内,如模-数转换器(A-D转换器)、数-模转换器(D-A转换器)、液晶显示驱动器等。

串行扩展技术——SPI、I²C、Microwire、1-Wire等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化。

1.1.2 89S51 单片机介绍

1. 51 系列单片机概况

MCS-51系列单片机是美国Intel公司于1980年推出的产品,典型产品有8031、8051和8751等通用产品。8031内部没有程序存储器,实际使用方面已经被市场淘汰;8051采用HMOS工艺,功耗是630mW,是早期最典型的单片机代表。由于MCS-51系列单片机影响极深远,许多公司都推出了兼容系列单片机,就是说MCS-51内核实际上已经满足一个8位单片机的标准,其在实际使用方面也已经被市场淘汰。

其他公司的51系列单片机产品都是和MCS-51内核兼容的产品,同样一段程序在各个单片机厂家的硬件上运行的结果都是一样的,如Atmel的89C51(已停产)、89S51,PHILIPS(飞利浦)和WINBOND(华邦)等。由于89C51不支持ISP(在线更新程序)功能,必须加上ISP功能等新功能才能更好延续MCS-51系列单片机的发展,在这样的背景下89S51取代了89C51。89S51目前已经成为了实际应用市场上的新宠,市场占有率第一的Atmel公司已经停产AT89C51,将用AT89S51代替。89S51在工艺上进行了改进,采用新工艺,成本降低了,而且功能提升了,增加了竞争力。89S××可以向下兼容89C××等51系列芯片。

2. 89S51 单片机简介

AT89S51是美国Atmel公司生产的低功耗、高性能CMOS8位单片机,片内含有4KB的可系统编程的Flash只读程序存储器,器件采用Atmel公司的高密度、非易失性存储技术生产,兼容标准8051指令系统及引脚。AT89S51集Flash只读程序存储器及通用8位微处理器于单片芯片中,既可在在线编程也可用传统方法进行编程。Atmel公司的技术强大,低价位AT89S51单片机也可应用于许多高性价比的应用场合,可灵活应用于各种控制领域。

(1) 主要性能参数 主要性能参数如下:

① 与MCS-51系列产品的指令系统完全兼容;

② 4KB在系统编程Flash闪存存储器;

- ③ 1000 次擦写周期;
- ④ 4.0 ~ 5.5V 的工作电压范围;
- ⑤ 全静态工作模式下, 工作频率为 0 ~ 33MHz;
- ⑥ 三级程序加锁;
- ⑦ 128 × 8B 内部 RAM;
- ⑧ 32 个可编程 I/O 口线;
- ⑨ 2 个 16 位定时器/计数器;
- ⑩ 6 个中断源;
- ⑪ 全双工串行 UART 通道;
- ⑫ 低功耗空闲和掉电模式;
- ⑬ 中断可从空闲模式唤醒系统;
- ⑭ 看门狗(WDT)及双数据指针;
- ⑮ 掉电标志和快速编程特性;
- ⑯ 灵活的在系统编程(ISP 字节或页写模式)。

(2) 功能特性概述 AT89S51 提供以下标准功能: 4KB Flash 闪速存储器、128B 内部 RAM、32 个 I/O 口线、看门狗(WDT)、双数据指针、2 个 16 位定时器/计数器、一个 5 向量两级中断结构、一个全双工串行通信口、片内振荡器及时钟电路。同时, AT89S51 具有可降至 0Hz 的静态逻辑操作, 并支持两种软件可选的节点工作方式。空闲方式下, AT89S51 会停止 CPU 的工作, 但允许 RAM、定时器/计数器、串行通信口及中断系统继续工作; 掉电方式下, AT89S51 保护 RAM 中的内容, 但振荡器停止工作并禁止其他所有部件工作, 直到下一个硬件复位。

(3) 引脚功能说明 89S51 芯片引脚如图 1-1 所示。引脚功能说明如下:

1) VCC: 电源电压引脚。

2) GND: 地。

3) P0 口: 一组 8 位漏极开路型双向 I/O 口, 即地址/数据总线复用口。用做输出口时, 每位能驱动 8 个 TTL 逻辑门电路, 对端口写“1”可用做高阻抗输入端; 在访问外部数据存储器或程序存储器时, 这组口线分时复用传递地址(低 8 位)和数据, 在访问期间激活内部上拉电阻; 在 Flash 编程时, P0 口接收指令字节, 而在程序检验时输出指令字节。校验时, P0 口要求外接上拉电阻。

4) P1 口: 一组带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, 其输出缓冲级可驱动 4 个 TTL 逻辑门电路。对 P1 口写“1”时, 它们被内部的上拉电阻拉到高电平并可作为输入口。P1 口用做输入口时, 因为内部存在上拉电阻, 所以某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流。Flash 编程和程序校验期间, P1 口接收低 8 位地址。P1 口的高 3 位具有如下第二功能:

① P1.5——MOSI(用于 ISP 编程);

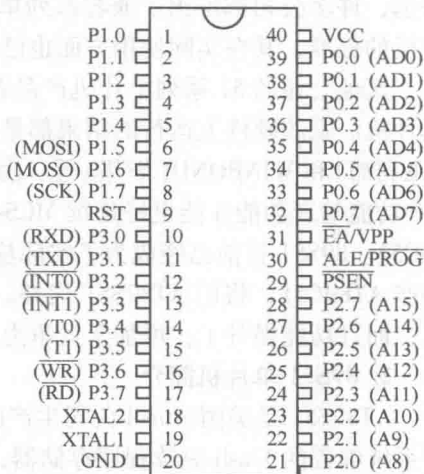


图 1-1 89S51 芯片引脚

② P1.6——MOSO(用于ISP编程);

③ P1.7——SCK(用于ISP编程)。

5) P2口:一组带有内部上拉电阻的8位双向I/O口,其输出缓冲级可驱动4个TTL逻辑门电路。对P2口写入“1”时,它们被内部的上拉电阻拉到高电平并可作为输入口。P2口作输入口使用时,因为内部存在上拉电阻,某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流。在访问外部程序存储器或16位地址的外部数据存储器时,P2口送出高8位地址数据。在访问8位地址的外部数据存储器时,P2口线上的内容在整个访问期间不改变。Flash编程或校验时,P2口也接收高位地址和其他控制信号。

6) P3口:一组带有内部上拉电阻的8位双向I/O口,其输出缓冲级可驱动4个TTL逻辑门电路。对P3口写入“1”时,它们被内部上拉电阻拉高并可作为输入口。作输入口使用时,被外部拉低的P3口将用上拉电阻输出电流。P3口除了作为一般的I/O口线外,更重要的用途是它的第二功能:

① P3.0——RXD(串行输入口);

② P3.1——TXD(串行输出口);

③ P3.2—— $\overline{\text{INT0}}$ (外部中断0);

④ P3.3—— $\overline{\text{INT1}}$ (外部中断1);

⑤ P3.4——T0(定时器/计数器0外部输入);

⑥ P3.5——T1(定时器/计数器1外部输入);

⑦ P3.6—— $\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写选通);

⑧ P3.7—— $\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读选通)。

P3口还接收一些用于Flash编程和程序校验的控制信号。

7) RST:复位输入。当振荡器工作时,RST引脚出现两个机器周期以上的高电平将使单片机复位。复位有上电复位和人工按键复位两种。RST还可以作为备用电源输入端,当主电源 V_{CC} 发生故障而降低到规定值时,RST上的备用电源自动供电,以防止信息丢失。

8) ALE/ $\overline{\text{PROG}}$:当访问外部程序存储器或数据存储器时,ALE(地址锁存允许)输出脉冲用于锁存地址的低8位字节。即使不访问外部存储器,ALE仍以时钟振荡频率的1/6输出固定的正脉冲信号,因此它可对外输出时钟或用于定时。

9) PSEN:外部程序存储器的读选通信号。当AT89S51由外部程序存储器取指令时,每个机器周期有两次PSEN信号有效,即输出两个脉冲。当访问外部数据存储器时,没有两次有效的PSEN信号。

10) EA/ $\overline{\text{VPP}}$:访问程序存储器控制信号。欲使CPU仅访问外部程序存储器,EA端必须保持低电平。需注意的是:若加密位LB1被编程,则复位时内部会锁存EA端状态。Flash存储器编程时,该引脚加上12V的编程电压 V_{PP} 。

11) XTAL1:振荡器反相放大器及内部时钟发生器的输入端。

12) XTAL2:振荡器反相放大器的输出端。

1.1.3 单片机的结构

1. 总体结构

单片机由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统主要由CPU(运算器和控制器)、

存储器、I/O 口和 I/O 设备组成,各组成部分之间通过地址总线(Address Bus,AB)、数据总线(Data Bus,DB)、控制总线(Control Bus,CB)联系在一起;软件系统是单片机的灵魂,单片机通过软件控制硬件进行工作,与硬件系统相辅相成,共同构成单片机控制系统。51 系列单片机的内部结构如图 1-2 所示,CPU 系统包括 8 位 CPU、时钟电路和总线控制逻辑电路;存储器系统包括 4KB 的程序存储器、128B 的数据存储器和特殊功能寄存器 SFR;单片机还包括 4 个并行 I/O 口、2 个 16 位定时器/计数器、一个全双工串行 I/O 口和中断系统(5 个中断源,2 个优先级)。

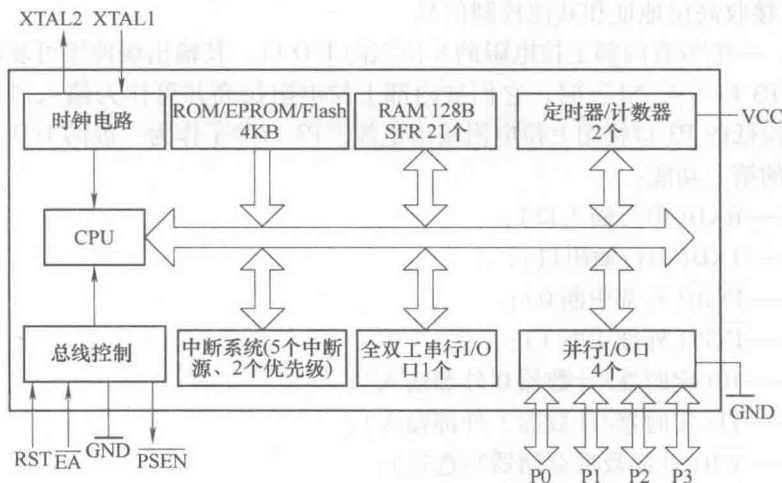


图 1-2 51 系列单片机的内部结构

2. 数据存储器和程序存储器

51 系列单片机的片内存储器与一般微机的存储器的配置不兼容。一般微机的 ROM 和 RAM 安排在同一空间的不同范围,称为普林斯顿结构;而 51 系列单片机的存储器在物理上设计成程序存储器和数据存储器两个独立的空间,称为哈佛结构。

51 系列单片机片内有 4KB 的程序存储器,片外可以扩展 64KB 的 RAM 和 ROM。程序存储器是片内还是片外靠 EA 引脚的状态来区分,当该引脚为高电平时低 4KB 地址指向片内,当该引脚为低电平时 4KB 地址指向片外。

51 系列单片机的数据存储器有 64KB 的寻址区,在地址上和程序存储器重合。单片机通过不同的信号线来选通 ROM 或 RAM,若从外部 ROM 取指令,则采用选通信号 PSEN;若从外部 RAM 读/写数据,则采用读/写信号 RD 或者 WR 来选通。因此虽然两种存储器的寻址区地址相同,但不会出现读/写数据和读指令混乱的情况。

51 系列单片机的片内数据存储器容量是 256B(含特殊功能寄存器),可分为 4 个区,见表 1-1。

表 1-1 片内数据存储器的分区

第 N 区	名 称	地 址 范 围	第 N 区	名 称	地 址 范 围
1 区	工作寄存器区	00H ~ 1FH	3 区	数据存储区	30H ~ 7FH
2 区	位寻址区	20H ~ 2FH	4 区	特殊功能寄存器区	80H ~ 0FFH

1) 第 1 区(00H ~ 1FH)是 4 组工作寄存器,每组占用 8B,记做 R0 ~ R7。在某一时刻单

片机只能使用其中的一组工作寄存器。工作寄存器组的选择是由程序状态寄存器 PSW 中的第 3 位和第 4 位决定的。

2) 第 2 区(20H~2FH)是位寻址区,共 16B 即 128bit。该区可以作为一般的数据 RAM 区进行读/写,还可以对每字节的每一位进行操作,并且对这些位都规定了固定的位地址。从 20H 单元的第 0 位开始到 2FH 单元的第 7 位结束,共 128 位,用位地址 00H~7FH 分别与之对应。需要进行位操作的数据,可以放在这个区。

低 128B RAM 的字节地址范围也是 00H~7FH。51 系列单片机采用不同的寻址方式来加以区分,访问低 128B 单元用直接寻址及间接寻址,而访问 128 个位地址用位寻址方式,这样就区分开了 00H~7FH 是位地址还是字节地址。

3) 第 3 区(30H~7FH)是一般的数据存储区,共 80B。

4) 第 4 区(80H~0FFH)专门用于特殊功能寄存器。

3. 特殊功能寄存器

51 系列单片机的特殊功能寄存器是用来对片内各功能模块进行管理、控制、监视的控制寄存器或状态寄存器,是一个具有特殊功能的 RAM 区。51 系列单片机一共有 21 个特殊功能寄存器,简单介绍如下:

1) A: 累加器。

2) B: 乘法(除法)寄存器。

3) PSW: 程序状态字,各位功能见表 1-2。

表 1-2 PSW 各位功能表

S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
进位 标志	半进位 标志	用户标 志位	工作寄存器组选择 控制位		溢出 标志	保留位	奇偶 校验

4) DPTR: 数据指针 DPTR 由低 8 位 DPL 和高 8 位 DPH 两个寄存器组成。DPTR 是个 16 位寄存器,可以存放一个 16 位的地址值。

5) IE: 中断允许控制器。

6) IP: 中断优先级控制器。

7) P0、P1、P2、P3: I/O 口。

8) PCON: 电源控制及波特率设置寄存器。

9) SP: 堆栈指针,是指向专门在内存中留出来的数据存储器区域的,即指示堆栈的位置。堆栈遵循“先进后出、后进先出”的原则。在使用堆栈前,要给 SP 赋一个初始值,这个初始值就是栈底。当数据存入堆栈后,堆栈指针 SP 的值就自动加一;当数据出栈时,SP 就自动减一。

10) SCON: 串行口控制器。

11) SBUF: 串行数据缓冲器,包括两个独立的寄存器,即发送缓冲器和接收缓冲器。

12) TCON: 定时器控制寄存器。

13) TMOD: 定时器方式选择寄存器。

14) TLO: 定时器 0 低 8 位。

15) TH0: 定时器 0 高 8 位。

16) TL1: 定时器 1 低 8 位。

17) TH1: 定时器 1 高 8 位。

4. 时钟电路

单片机的工作过程是：取一条指令、译码、进行微操作，再取一条指令、译码、进行微操作，由微操作按顺序完成相应指令规定的功能。各指令的微操作在时间上有严格的次序，这种微操作的时间次序称为时序。单片机的时钟信号用来为单片机芯片内部各种微操作提供时间基准。

51 系列单片机的时钟信号通常有两种方式产生：一是内部时钟方式，二是外部时钟方式。

内部时钟方式如图 1-3a 所示，在单片机内部有一振荡电路，只要在单片机的 XTAL1 和 XTAL2 引脚外接石英晶体（称为晶体振荡器），就构成了自激振荡器并在单片机内部产生时钟脉冲信号。电路中电容的作用是稳定频率和快速起振，电容量在 $5 \sim 30\text{pF}$ 之间，典型值为 30pF 。晶体振荡器的振荡频率范围在 $1.2 \sim 12\text{MHz}$ 之间，典型值为 6MHz 和 12MHz 。



图 1-3 时钟电路

外部时钟方式是把外部的时钟信号引入到单片机内，如图 1-3b 所示。外部时钟方式多用于多单片机同时工作，以便于各单片机的同步。一般要求外部时钟信号的高电平持续时间大于 20ns ，且为频率低于 12MHz 的方波。对于采用 HCMOS 工艺的单片机，外部时钟要由 XTAL2 引脚引入，而 XTAL1 引脚应悬空。

5. 复位电路

51 系列单片机在启动时都需要复位，使 CPU 系统处于确定的初始状态，并从初始状态开始工作。当单片机系统处于正常工作状态，且振荡器稳定后，每个机器周期都要对 RST 引脚进行检测，只要其有一个维持 2 个机器周期的高电平，CPU 就可以响应，使系统复位。系统复位后 $\text{PC} = 0000\text{H}$ ，程序从 0000H 开始执行。

(1) 复位电路的分类 51 系列单片机的复位电路通常有三类：一是上电复位电路，二是按键复位电路，三是复杂复位电路。

上电复位电路（见图 1-4a）中，给系统上电时，通电瞬间，电容相当于短路，电容上的电压等于 V_{cc} ，即 RST 引脚的电压也为 V_{cc} ；随着电容充电的完成，电容可看做是断路，电容电压降为 0，RST 引脚的电压为 0。由以上分析可知，RST 引脚的高电平维持时间，取决于电容的充电时间，为了保证系统安全可靠地复位，RST 引脚的高电平信号必须至少维持 2 个机器周期的时间。该电路中典型的电阻和电容参数为：晶体振荡频率为 12MHz 时，C 为 $10\mu\text{F}$ ，R 为 $8.2\text{k}\Omega$ ；晶体振荡频率为 6MHz 时，C 为 $22\mu\text{F}$ ，R 为 $1\text{k}\Omega$ 。

按键复位电路如图 1-4b 所示，其原理与上电复位相同，在单片机运行期间，还可以利用按键完成复位操作。

在工作现场干扰大，电压波动大的工作环境下，为了保持系统能够可靠地工作，需要对复位电路进行处理，设计复杂的复位电路。

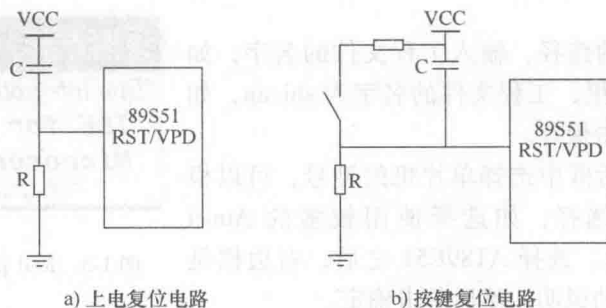


图 1-4 复位电路

(2) 复位后寄存器的状态 单片机系统复位后, P0 ~ P3 口输出高电平, 准双向口处于输入状态, 堆栈指针 SP 写入 07H, 程序计数器清零, SBUF 数值不定, 其余的寄存器清零, 片内和片外 RAM 的状态不受复位影响。单片机特殊功能寄存器的复位状态见表 1-3。

表 1-3 单片机特殊功能寄存器的复位状态

特殊功能寄存器	复 位 值	特殊功能寄存器	复 位 值
PC	0000H	IP	有效位为 0
A	00H	IE	有效位为 0
B	00H	TMOD	00H
PSW	00H	TCON	00H
SP	07H	TH0	00H
DPTR	0000H	TL0	00H
P0	0FFH	TH1	00H
P1	0FFH	TL1	00H
P2	0FFH	SCON	00H
P3	0FFH	PCON	有效位为 0
SBUF	不确定		

1.2 Keil μ Vision2 集成开发环境介绍

Keil μ Vision2 集成开发环境是 Keil software 软件公司的产品, 是众多单片机应用开发的优秀软件之一, 它集项目管理、编译工具、代码编写工具、代码调试以及完全仿真于一体, 界面友好、易学易用。这一功能强大的软件提供了简单易用的开发平台, 让开发者在开发过程中能集中精力于项目本身, 加快开发速度。下面以建立一个简单的工程为例, 介绍 Keil μ Vision2 的使用方法。

1. 建立新工程文件

1) 启动 Keil μ Vision2, 欢迎界面如图 1-5 所示。几秒后, 软件自动进入编辑界面, 如图 1-6 所示。

2) 单击“Project”菜单, 在弹出的下拉菜单中选中“New Project...”选项, 如图 1-7

所示。

3) 选择要保存的路径, 输入工程文件的名字, 如保存到“实训”目录里, 工程文件的名字为 shixun, 如图 1-8 所示, 然后单击保存。

4) 在弹出的对话框中选择单片机的型号, 可以根据使用的单片机来选择, 如选择使用较多的 Atmel 89C51, 如图 1-9 所示。选择 AT89C51 之后, 右边栏是对这个单片机的基本的说明, 然后单击确定。



图 1-5 Keil μ Vision2 的欢迎界面

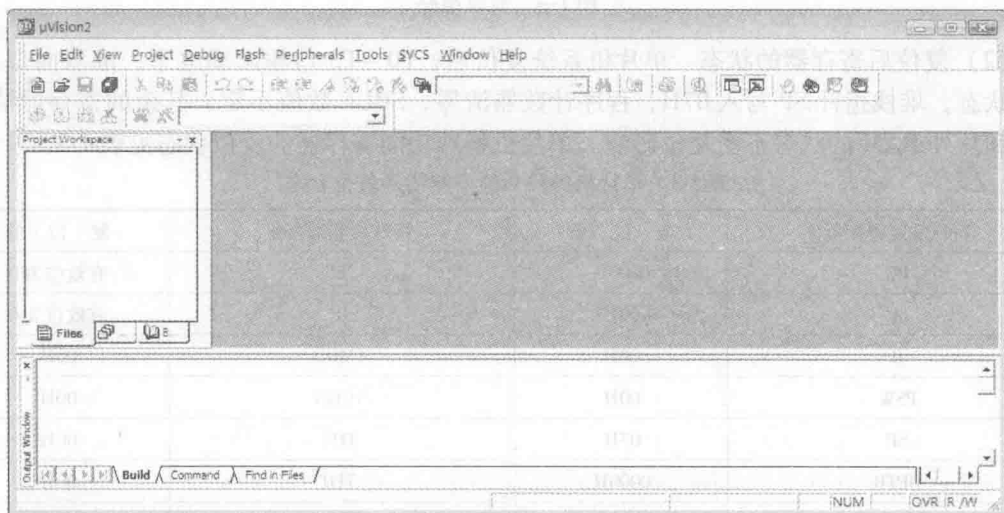


图 1-6 Keil μ Vision2 的编辑界面

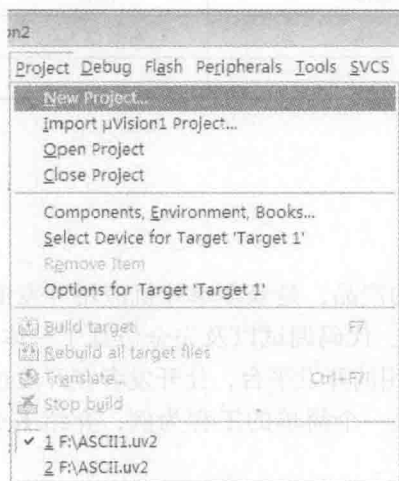


图 1-7 新建工程



图 1-8 保存工程

5) 单片机型号被选定后, 会出现对话框询问是否自动加入启动文件, 单击“否”按钮即可, 完成后的界面如图 1-10 所示。

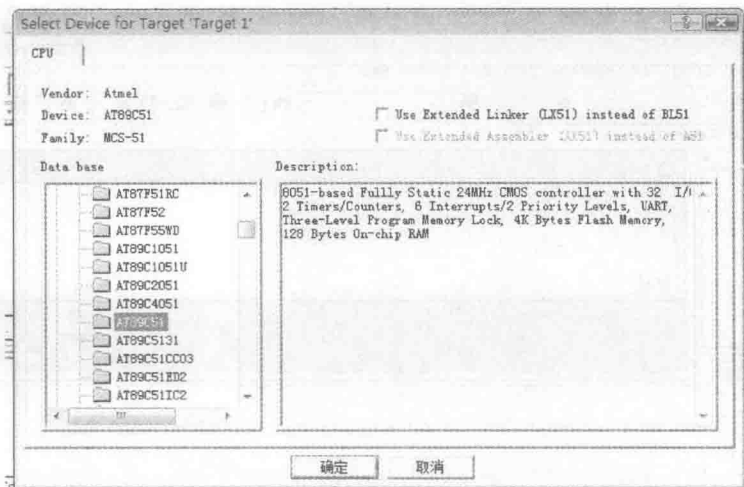


图 1-9 选择单片机型号

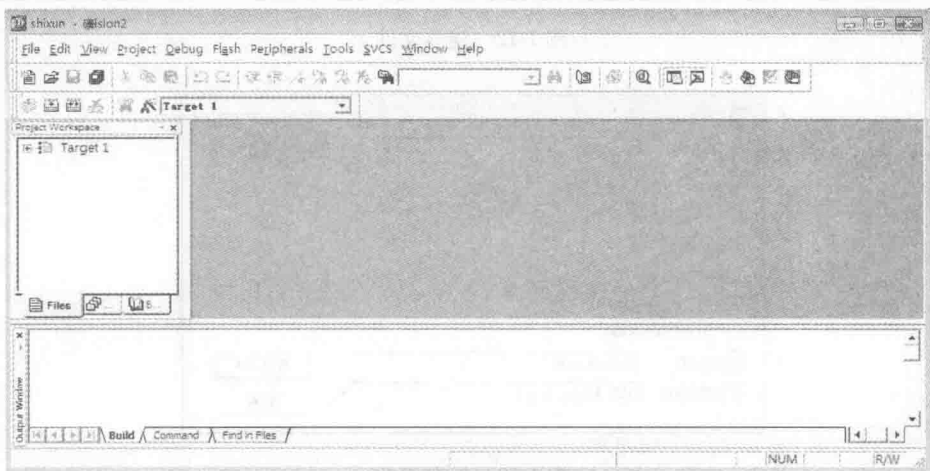


图 1-10 建立工程完成

2. 建立和加入文件

1) 单击“File”菜单，再在下拉菜单中选择“New”选项，建立一个txt文件，如图1-11所示。

2) 新建文件如图 1-12 所示，光标在编辑窗口里闪烁，用于输入源程序。

3) 保存文件，在输入源程序之前一般先保存此空白文件。单击菜单栏上的“File”，在下拉菜单中选择“Save As”选项，界面如图 1-13 所示，在“文件名”栏右侧的文本框中，键入欲使用的文件名，同时，必须键入正确的扩展名。注意因为本书介绍的是用汇编语言编写程序，所以扩展名必须为(.asm)；若为C语言编写，扩展名则为“.c”。然后，单击“保存”按钮。

4) 单击界面左侧项目管理窗口中“Target 1”前面的“+”号，然后在“Source Group 1”上单击右键，弹出下拉菜单，选择

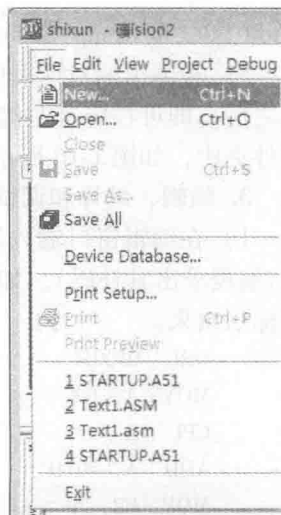


图 1-11 新建文件