

DANPIANJI SHIYAN YU SHIJIAN JIAOCHENG

单片机实验与实践教程

杨 琳 闻绍飞 编著



东北大学出版社
Northeastern University Press

4105 2

建德 (CIP) 日期标志图

4. 4105, 并赠出半大北市: 附书一 喜融了附国, 相新\ 赠赠家书\ 基\ 附书一

4105 2 3217-0368-4

单片机实验与实践教程

杨琳 闻绍飞 编著

东北大学出版社

© 杨琳 闻绍飞 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机实验与实践教程 / 杨琳, 闻绍飞编著. —沈阳: 东北大学出版社, 2014. 4
ISBN 978 - 7 - 5517 - 0568 - 4

I. ①单… II. ①杨… ②闻… 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 (2014) 第 065037 号

善 美 才 聚 同 振 興

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024 - 83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024 - 83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 11.5

字 数: 280 千字

出版时间: 2014 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 4 月第 1 次印刷

策划编辑: 孙 锋

责任编辑: 刘 莹

封面设计: 刘江旻

东北大学出版社 责任校对: 辛 思
责任出版: 唐敏志

ISBN 978 - 7 - 5517 - 0568 - 4

定 价: 20.00 元

单片机技术在家用电器、机器人、仪器仪表、工业控制、通信、机械设备等行业得到了越来越广泛的应用。单片机原理及应用是一门实践性很强的课程，只有通过大量的实验与实践才能很好地掌握和理解这门课程。为了配合单片机课堂教学，提高本科生的实验、综合应用和研发能力，在博采众长的基础上，编者融汇多年在单片机实验教学过程中的经验与体会，编写了这本实验教程。

本教程分为三大部分，第一部分为单片机硬件及软件实践，侧重于 51 单片机内部结构和工作原理的学习实践，侧重于汇编语言和 C51 语言的编程实践；第二部分为单片机接口技术实践，侧重 51 单片机外围芯片及其应用的实践，侧重 I2C 总线和 SPI 总线接口的实践。第三部分为实践与实验报告部分，该部分以活页方式装订，便于不同专业学生选择学习，并便于其提交实验报告。

学好单片机及其编程语言，亲自独立实践是非常重要的，所以编写本书的基本指导思想是充分调动学生的主观能动性。作者希望通过本实验教材，一使学生真正动手动脑，在实验过程中有事可做，在教材引导之下，完成实验程序的编制；二使学生在有限的实验学时中最大化地获得知识。基于上述想法，作者在本书的编写形式上，力求打破以往实验教材的写作风格、传统模式，以新颖独特的方式引领学生走进神奇的“单片机世界”。主要体现在以下几点：

1) “课前预习”以概括总结相关知识点的形式给出，并将课堂已讲授过的、或属于基础性实验的预习内容，加入“填空”形式。学生需通过阅读和理解实验原理后，经过深入思考，才可完成填空，从而进一步巩固学到的单片机知识。

2) 实验程序不是全部给出，需要学生根据要求、程序流程图、程序注释和给出的部分程序，动手填写程序指令、语句或部分程序段后，才能得到一个完整的实验程序。只有经过调试和运行后，方能得到正确的实验结果。

3) 在实验程序和实验原理中加入了提问环节，以引导学生思考问题、观察问题和分析问题。在回答问题过程中弄清楚易混淆概念，体会程序指令的运用技巧，加深对知识点的理解。

本教程以当今普遍应用的80C51单片机为核心,基于自制“微控制器原理及接口技术”实验平台,从初学者角度出发,由浅入深,由易到难,循序渐进地展开实验内容。实验内容既包括基础性实验,又包括提高性实验,如涵盖I²C总线知识点的应用实践等。本实验教程既能使读者掌握好单片机技术的基础知识,又能充分启发和培养学生独立思考及动手能力。本书中的基础性实验都配有电路图、程序流程图、汇编和C51两种语言程序供学生参考。另外,为了充分锻炼学生的独立编程能力,本书中的实验环节大都配备了“编程实践”内容。

本书第1章由闻绍飞、杨琳编写,第2~6章由杨琳编写。

特别感谢东北大学李鸿儒教授、袁平副教授、石亚和副教授对本书提出了宝贵的建议和意见,感谢研究生张健同学的支持和帮助,感谢微控制器原理及接口技术实验平台的设计者提供的资料。

本书编写历时一年,几易其稿,精益求精,但书中难免有不妥之处,敬请各位同仁赐教,以便进一步改进提高。

编者

2013年12月

目

录

第1章 实验平台简介	1
1.1 实验平台硬件组成	1
1.2 实验平台硬件资源	3
1.2.1 基本实验电路	3
1.2.2 扩展实验电路	3
1.2.3 辅助单元	4
1.3 接口电路的地址分配	4
1.4 各开关定义列表	5
1.5 集成开发环境的操作	6
1.5.1 集成开发环境启动	6
1.5.2 建立项目文件	7
1.5.3 建立源文件	8
1.5.4 编译、链接文件	9
1.5.5 运行调试观察结果	9
1.6 常用调试命令	11
第2章 软件实验	13
2.1 汇编语言程序设计训练实验	13
2.1.1 汇编语言认识实验	13
2.1.2 数据传送程序设计	15
2.1.3 数据处理程序设计	17
2.1.4 数制转换程序设计	21
2.1.5 算术运算程序设计	25
2.2 C51 语言认识实验	28
第3章 内部结构实验	31
3.1 片内并行 I/O 接口	31
3.2 外部中断	33
3.3 定时/计数器	35
3.4 串行通信	38

第4章	简单接口实验	41
4.1	简单并行 I/O 接口	41
4.2	可编程并行 I/O 接口 8255	43
4.3	8 位 LED 数码管显示器	45
4.4	矩阵式键盘	49
4.5	键盘/显示器接口 8279	51
4.6	模/数转换器 ADC0809	54
4.7	数/模转换器 DAC0832	56
第5章	复杂接口实验	60
5.1	步进电机	60
5.2	LCD 液晶显示器	63
5.3	实时日历时钟 DS12887	66
5.4	直流电机测速	69
5.5	I ² C 总线接口	71
5.5.1	串行存贮器 AT24C02	71
5.5.2	存储卡	73
第6章	实践与实验报告	75
6.1	汇编语言程序设计训练实践与实验报告	75
6.1.1	汇编语言认识实验	75
6.1.2	数据传送程序设计	77
6.1.3	数据处理程序设计	81
6.1.4	数制转换程序设计	87
6.1.5	算术运算程序设计	89
6.2	C51 语言认识实践与实验报告	95
6.3	内部结构实践与实验报告	99
6.3.1	片内并行 I/O 接口	99
6.3.2	外部中断	105
6.3.3	定时/计数器	109
6.3.4	串行通信	117
6.4	简单接口实践与实验报告	121
6.4.1	简单并行 I/O 接口	121
6.4.2	可编程并行 I/O 接口 8255	125
6.4.3	8 位 LED 数码管显示器	129
6.4.4	矩阵式键盘	133
6.4.5	键盘/显示器接口 8279	137
6.4.6	模/数转换器 ADC0809	143

6.4.7 数/模转换器 DAC0832	145
6.5 复杂接口实践与实验报告	147
6.5.1 步进电机	147
6.5.2 LCD 液晶显示器	153
6.5.3 实时日历时钟 DS12887	157
6.5.4 直流电机测速	163
6.5.5 串行存储器 AT24C02	165
6.5.6 存储卡	171
参考文献	176

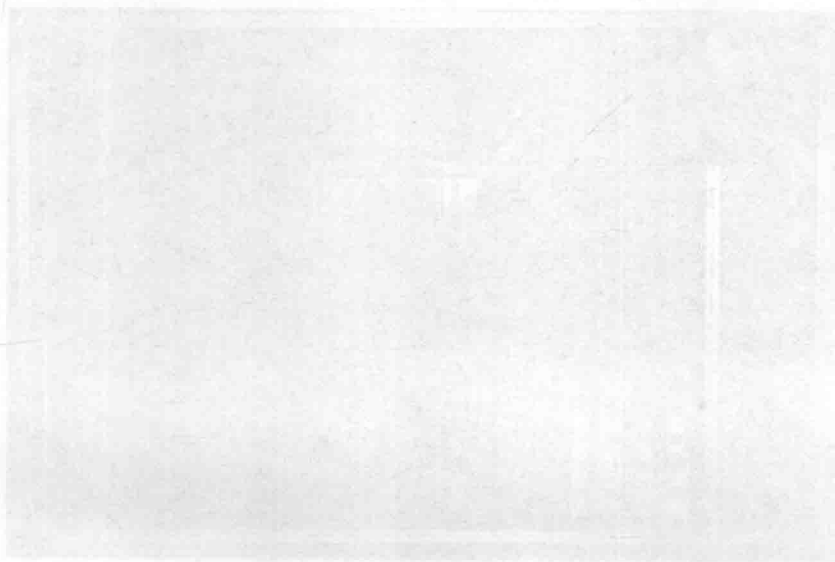


图 1-4 实验平台实物图

实验平台硬件组成

本实验平台的单片机芯片用仿真器提供编程开发支持。仿真器通过 USB 接口与计算机相连。仿真器上与之配套的集成开发环境可实现对程序代码的编辑、调试及烧录。仿真器还可与仿真器连接，由仿真器上的单片机在地运行程序。仿真器可以实时读取寄存器、内存单元及外部各个寄存器的值并显示到各个窗口中，并在窗口内设置断点。仿真器还可实时查看硬件的效果。仿真器、实验板及接口电路如图 1-2 所示。

第1章 实验平台简介

本书的实验平台采用自主研发的微控制器原理及接口技术实验系统（图 1-1）。实验平台结构设计合理，元件布局紧凑，样式美观，使用方便，集成电路尽量采用双列直插芯片，便于维护。实验平台包含 30 余个单元电路，内装 SUPER ICE51 仿真器，其仿真软件环境使用简单、功能强大。微控制器原理和接口技术实验平台及其仿真软件构成一个完整的实验与开发集成系统。

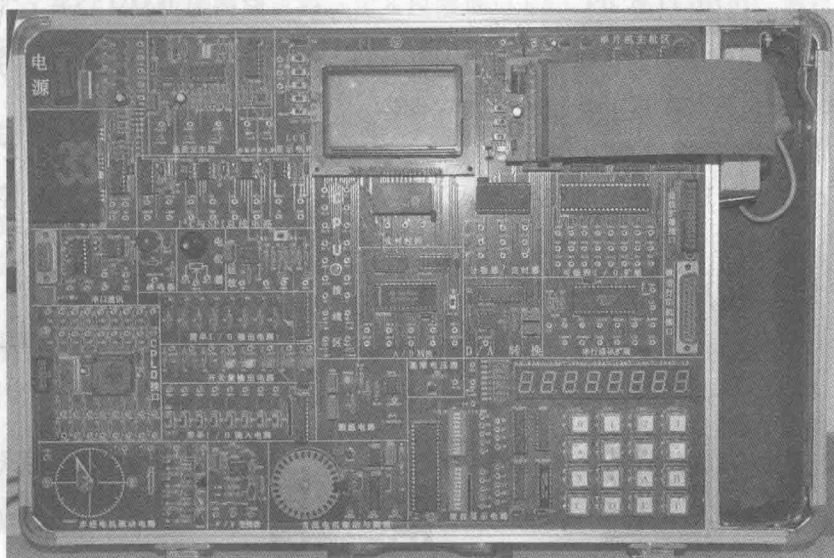


图 1-1 实验平台实物平面图

1.1 实验平台硬件组成

实验平台上的单片机芯片用仿真器提供的仿真头代替，仿真器能完成单片机全部功能。仿真器加上与之配套的集成开发环境可实现对源程序的编写、调试及仿真。当实验程序加载到仿真器中时，由仿真器上的单片机在线运行程序，同时可以通过电脑显示器直接观察到单片机内部各个寄存器中的值及单片机各个端口状态等，并在这个仿真过程中，看到单片机驱动外围硬件的效果。仿真器、实验与微型机的连接如图 1-2 所示。

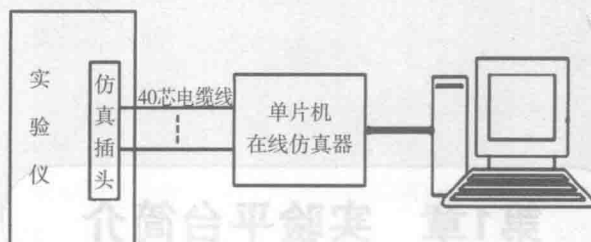


图 1-2 仿真器与实验箱、微机连接示意图

实验平台的主机区由仿真头、时钟电路、复位电路和电源 4 部分组成, 并采用上电复位或 MAX813 复位。上电复位是在单片机通电时, 对单片机硬件的初始化; MAX813 复位是当其输入脚在一段时间内没有变化时, 对单片机系统进行复位。单片机的复位操作使单片机进入初始化过程, 使 $PC = 0000H$, $P0 \sim P3 = FFH$, $SP = 07H$ 。单片机复位后, 不改变内部 RAM 区的内容。

在这里, 仿真器中的单片机借给实验箱做 CPU, 仿真器中的 RAM 区 (64KB) 借给实验箱做程序存储器使用。

实验平台用 P0 口做数据总线及低 8 位地址总线, P2 口做高 8 位地址总线, 通过 P0 口和 P2 口连接单片机外部扩展的接口电路与存储器。为了保证 P0 口能分时复用, 需要在单片机外部增加地址锁存器 (如图 1-3 所示), 将单片机的地址锁存允许信号 ALE 接至地址锁存器的输入使能端 LE。在 ALE 控制信号无效期间 P0 口传送数据, 在 ALE 控制信号的有效时刻 P0 口输出的低 8 位地址值, 在 AL 锁存到外部的地址锁存器输出。

P1 口和 P3 口是开放的, 供用户使用。

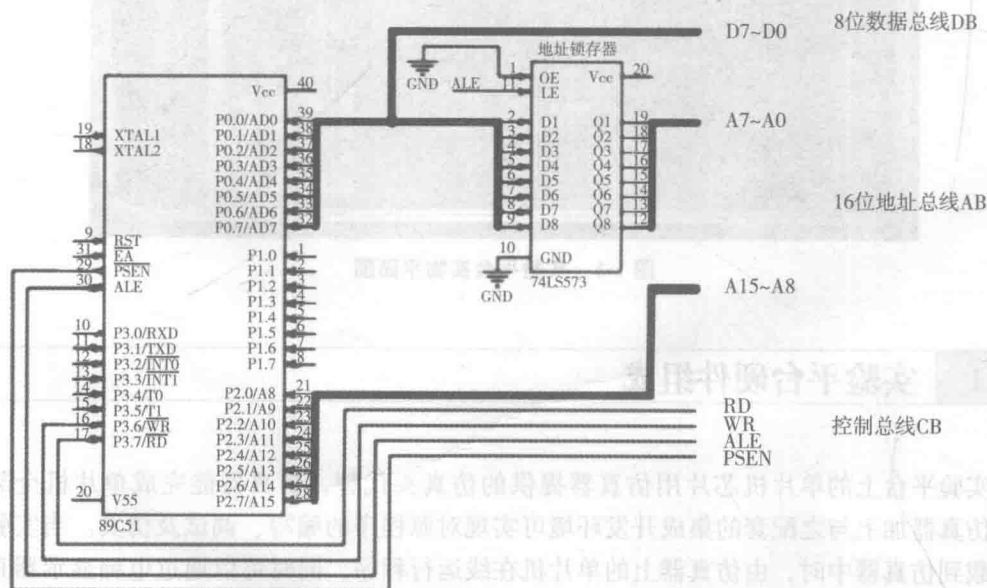


图 1-3 51 单片机三总线结构示意图

实验系统所用仿真软件,是与 SUPER ICE51 仿真器配套的集成开发环境软件,它能直接调用 Keil C51 编译器进行编译,并可以对编译后生成的代码进行调试,因此,与 Keil C51 编译器保持高度兼容。集成开发环境还增加了众多实用的功能,大大提高了调试单片

机应用程序的效率。

1.2 实验平台硬件资源

1.2.1 基本实验电路

(1) 外部数据存储器读写芯片。实验平台采用一片 Inter6264 作为单片机的外部数据存储器,其容量为 $8K \times 8\text{bit}$,地址范围为 $0000H \sim 1FFFH$ 。

(2) 简单 I/O 扩展输入。当三态输出缓冲器 74HC541 的“门”打开时,可输入 8 个拨动开关状态。

(3) 简单 I/O 扩展输出。当新锁存器 74LS573 被选中时,8 只发光二极管显示 P0 口对应位的数据输出结果。输出为“0”时,对应发光二极管亮。

(4) 8255 并行 I/O 扩展模块。将三个 8 位数据口 PA、PB 及 PC 引出,通过这 24 个插孔和适当编程,可作 I/O 口的扩展和输入、输出实验。

(5) 2×8 矩阵键盘电路。采用 I/O 口方式、可编程 8279 专用芯片两种方法,实现对键盘的扫描,由 S5、S6 拨码开关进行两种方法的选择。

(6) 8 位 LED 显示电路。采用 I/O 口方式、可编程 8279 专用芯片两种方法,实现对数码管的动态扫描,由 S5、S6 拨码开关进行两种方法的选择。

(7) 模/数转换器 ADC0809 芯片。可以对 8 路 $0 \sim 5V$ 的输入模拟电压信号分时转换成数字信号。

(8) 数/模转换器 DAC0832 芯片。可以将 8 位数字信号转换成单极性模拟信号输出。

(9) 串行通信接口。实验平台采用两种标准串行通信接口 RS232 和 RS485。

1.2.2 扩展实验电路

(1) LCD 液晶显示器单元。该单元采用 RT12864HZ 汉字图形点阵液晶显示模块,该模块内置 8192 个汉字、128 个字符及 64×256 点阵显示(用于图形)。

(2) 并口时钟 DS12887 芯片。能计秒、分、时、天、星期、日、月、年,并有闰年补偿功能,该芯片与微控制器、数码显示器或液晶显示器结合,可以实现时间/日历显示功能。

(3) I^2C 总线时钟芯片 DS1302。功能同(2)。

(4) I^2C 接口 E2PROM 存储芯片 AT24C02 读写单元。

(5) SPI 接口 E2PROM 存储芯片 X5045 读写单元。

(6) IC 卡读写单元。

(7) I^2C 总线 A/D (TLC549) 接口。

(8) I^2C 总线 D/A (TLC5620) 接口。

(9) 步进电机单元。单片机通过 A、B、C、D 四相绕组插孔输入控制字控制步进电机,其相序状态由对应的四个发光二极管 A、B、C、D 显示。

(10) 直流电机驱动及测速单元。采用三极管驱动,可实现单方向调速控制。测速电

路使用光电码盘测量电机转速，输出为 40 周/转矩形波信号。可以结合定时器/计数器，实现对电机测速。

1.2.3 辅助单元

- (1) 开关电源。实验箱内置有开关电源 +5V，-5V，+12V 及 -12V 四种，实验箱外接 220V 供电。
- (2) 基准电压源。提供 2.5V 基准电源，可以通过插孔引出，供相关实验单元使用。
- (3) 蜂鸣器。其输入信号通过插孔引入，输入高电平时，蜂鸣器响。
- (4) 8 位开关量输入。实验箱上有 8 只拨动开关 S8 ~ S15，作为 I/O 口的开关量输入设备。开关拨向上方输入为“1”，拨向下方输入为“0”。拨动开关的高、低电平由 8 个插孔 VG1 ~ VG8 引出。
- (5) 8 位开关量输出。有 3 红、3 绿、2 黄共 8 只二极管，作为 I/O 口的开关量输出设备。驱动发光二极管亮灭的电平由 8 个插孔 LED1 ~ LED8 引入。
- (6) 旋钮式电位器。其三个端子都通过插孔引出，可根据实验要求接成所需方式。
- (7) 函数发生器 ICL8038 芯片。可以产生方波、三角波、正弦波三种波形信号，其周期可以通过 VR10 调节。
- (8) 测温单元 AD590。可进行室温测量，输出与温度成正比的模拟电压信号。
- (9) F/V 变换器。将频率信号转换为电压信号，可以用来将电机速度信号转换成模拟电压信号。

1.3 接口电路的地址分配

实验平台使用 3 个 3-8 译码器，对 CPU 高位地址线进行译码，形成各接口电路片选地址，如图 1-4 所示。实验平台各接口电路的地址分配如表 1-1 所示。

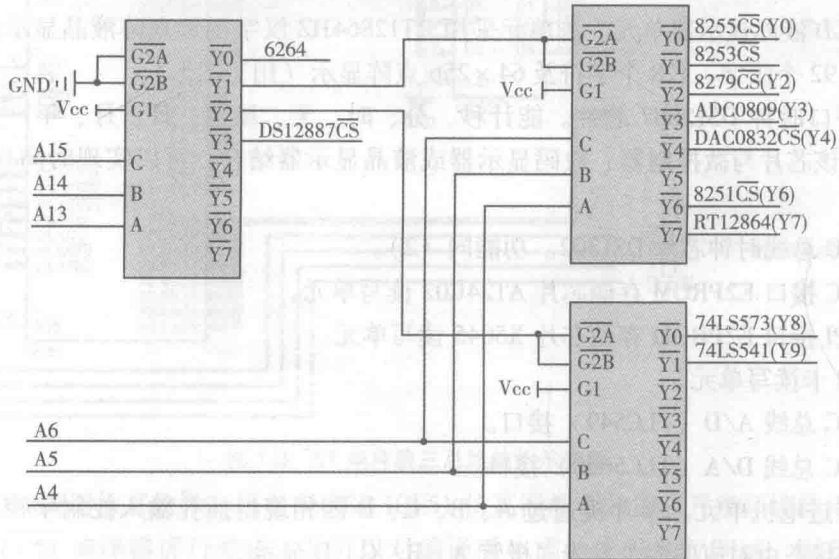


图 1-4 3-8 译码器输出地址

表 1-1

各外设地址范围

	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0000H - 1FFFH 6264 芯片	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000H - 2003H 8255 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010H - 2013H 8253 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2020H - 2021H 8279 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2030H - 2037H ADC0809 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
2040H DAC0832 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2060 - 2061H 8251 芯片	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
2070 - 2073H RT12864 接口	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
4000H 74LS573 芯片	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4010H 74LS541 芯片	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6000H DS12887 接口	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1.4 各开关定义列表

实验平台设置了若干选择开关，在做相关实验时应将选择开关拨在合适位置，见表 1-2。

表 1-2

实验箱各开关定义

开 关	位 置	功 能
S1	左	EA = 0
	右	EA = 1
S2	左	11.0592MHz
	右	6MHz
S3	左	上电复位
	右	MAX813 复位
S5	左	I/O 口管理
	右	8279 管理
S6	左	I/O 口管理
	右	8279 管理

续表 1-2

功 能	开 关	位 置
S7	上	+5V
	下	+2.5V
S8 ~ S15	上	1
	下	0
S16 ~ S18	左	RT12864 工作在串行方式
	右	RT12864 工作在并行方式
S19	左	RT12864 工作在并行方式
	右	RT12864 工作在串行方式
S20	左	LCD 指示灯亮
	右	LCD 指示灯灭
S21	左	反相放大 5 倍
	右	反相放大 1 倍

1.5 集成开发环境的操作

集成开发环境软件是基于 Windows 操作系统下的 51 单片机的集成开发环境。它集项目管理、源程序的编辑、汇编、编译、链接、程序的仿真、调试运行功能于一体。集成开发环境软件的主要操作步骤是：新建项目→单片机型号选择→新建源程序文件→编译链接→调试运行。

1.5.1 集成开发环境启动

启动后如图 1-5 所示。

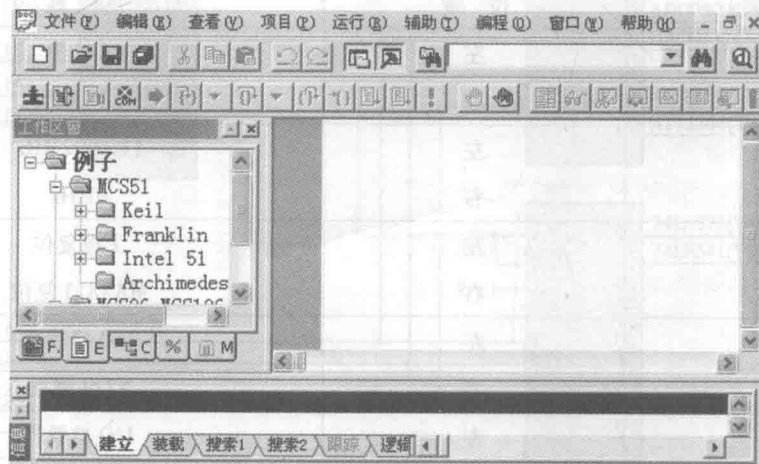


图 1-5 集成开发环境的初始界面

1.5.2 建立项目文件

在“项目”菜单中选择“新建项目”命令，则出现“新建”对话框，如图1-6所示。首先选择项目所要保存的路径，然后输入项目名称，单击“确定”按钮。

注意：项目文件名可以是英文、数字及下划线，不能使用汉字，不能有符号“-”。

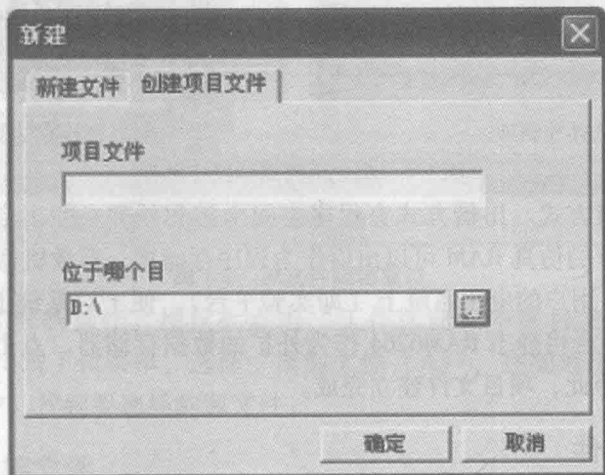
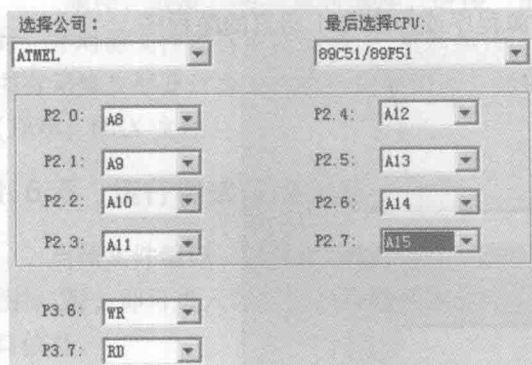


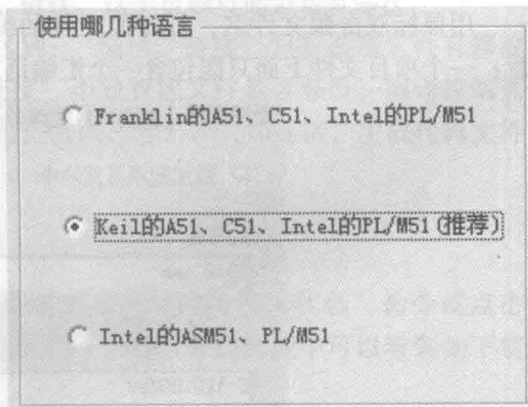
图 1-6 新建项目文件对话框

(1) 选择单片机型号。本实验平台选择 Atmel 公司的 AT89C51。单片机类型选择完毕后，再将 P2.0 ~ P2.7 分别设置为 A8 ~ A15，P3.6 和 P3.7 分别置为 WR 和 RD，单击“下一步”按钮，如图1-7(a)所示。

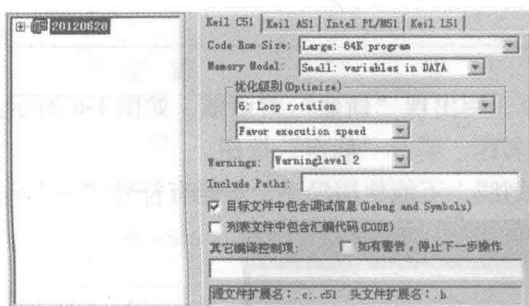
(2) 选择语言。选择编译器可使用的语言，通常选择“Keil 的 A51、C51、Intel 的 PL/M51”，如图1-7(b)所示，单击“下一步”按钮，进入“编译、连接控制项”，按图1-7(c)显示的设置即可，直接点击“下一步”按钮。



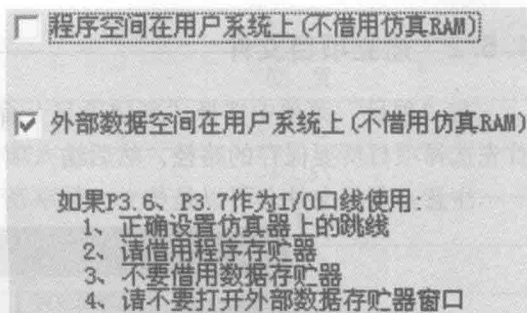
(a) 设置仿真 CPU



(b) 选择编程语言



(c) 选择控制项



(d) 选择存储器出借方式

图 1-7 建立项目文件操作过程

(3) 存储器出借方式。出借方式有程序空间出借和外部空间出借两种。SUPER 系列仿真器内有 64K 字节的仿真 RAM 可以出借作为程序存储器，存放机器码，便于调试程序；外部数据空间若设在用户的应用系统上（即实验平台），便于对系统上的 I/O、外部 RAM 进行操作。本实验平台将静态 RAM6264 作为外扩的数据存储器。点击“完成”按钮，如图 1-7 (d) 所示。至此，项目文件建立完成。

1.5.3 建立源文件

在“文件”菜单中选择“新建”命令，或者点击图标 ，则出现“新建”对话框，如图 1-8 所示。输入文件名之前，必须首先选择源文件存放的项目文件。输入源文件名时，一定要输入文件的后缀名（.asm 或 .c）。点击“确定”按钮，则会出现源文件编辑窗口，如图 1-9 所示。在工作区窗的 File View 视窗中，包含“源文件”“头文件”“库文件”和“其它文件”。“头文件”在 C51 中用得比较多，为寄存器、常量定义等。用户创建的库文件可以添加到“库文件”列表中，编译器会自动调用。“其它文件”中通常包含该项目用途的说明文件。

用鼠标双击源文件名，打开源文件的编辑窗口，在该窗口中输入、编写源程序。注意：一个项目文件下面只能包含一个汇编语言源程序或一个 C51 语言的源程序。

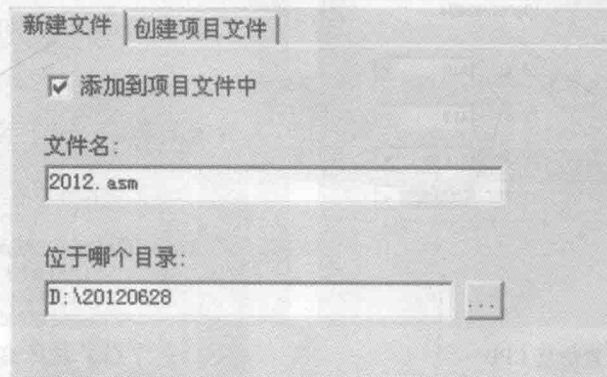


图 1-8 建立源文件对话框

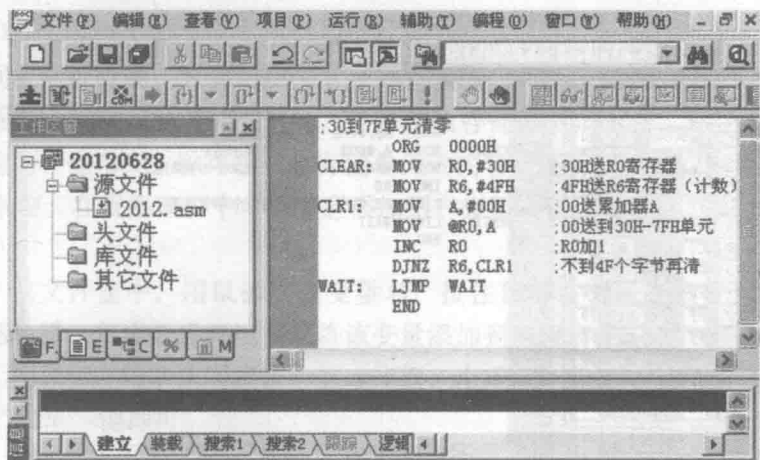


图 1-9 源文件编辑窗口

添加已编好源文件的操作。用鼠标点击“工作区窗”中项目文件名下面的“源文件”，击鼠标右键，出现下拉菜单，选择“添加文件（A）”，在随后出现的“增加文件项至项目文件”窗口中，找到要选择的源文件。

1.5.4 编译、链接文件

程序编写好后，在“项目”菜单中选择“编译、链接”命令或“重新编译、链接”命令，或者点击图标、。编译、链接过程中产生的信息显示在信息窗的“建立”视窗中。

没有编译错误时，信息窗会出现“0 error (s), 0 warnings”信息；若有错误、警告信息，可用鼠标左键双击错误、警告信息，或者将光标移到错误、警告信息行，按下“回车”键，系统会自动打开对应的出错文件，并定位到出错的源程序的相应行。这时可对源文件的错误进行相应的修改，修改后，再编译、链接，这个过程可能会重复多次。

“编译、链接”与“重新编译、链接”的区别：“编译、链接”只有在源文件有修改时，才对源文件进行重新编译。“重新编译、链接”不检查源文件是否修改，编译控制选项有无修改都要对源文件进行重新编译，如果没有错误，再与库文件连接，生成代码文件（DOB，HEX 文件）。

1.5.5 运行调试观察结果

当源文件编译、链接成功后，在“运行”菜单中选择“进入调试状态”命令或点击图标，即可进入源文件运行的调试界面，如图 1-10 所示。在该环境中可以看到如下窗口信息。

