


单片机综合设计

实 用 教 程

张元良 高艳 吕艳 郎庆阳 周志民 等编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



单片机综合设计实用教程

张元良 高 艳 吕 艳 郎庆阳 周志民 等编著



机械工业出版社

本书通过不同的实际案例，从不同的侧重点介绍了单片机的结构、中断系统、定时/计数器、串口、系统扩展及实用 I/O（输入/输出）接口技术等基本原理及实际应用。通过实例向读者展示了单片机开发应用软件（Keil、Protel 99 SE、Proteus）的使用方法和程序下载技术（ISP、JTAG），使得读者在学习实例的同时掌握各个软件的使用方法。本书实例按照由浅入深的顺序排列，符合读者的学习思路，方便读者尽快地掌握单片机开发系统的设计方法和流程。

本书具有大量的实例设计电路和程序，特别方便读者学习单片机，适合作为单片机原理及应用课程设计教材以及单片机爱好者自学用书，也可作为单片机应用开发技术人员、智能仪表开发技术人员及相关专业研究生的设计参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

单片机综合设计实用教程/张元良等编著. —北京：机械工业出版社，2013. 8

ISBN 978-7-111-43308-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 158429 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：徐明煜 责任编辑：徐明煜 顾 谦 版式设计：常天培

责任校对：闫玥红 封面设计：赵颖喆 责任印制：李 洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 384 千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-43308-8

定价：39.90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 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

目前，单片机的开发类图书大致分为两大类：一类是基础知识类，单纯地介绍单片机的基本结构、原理和外设等，读者看起来比较乏味，很难深入理解单片机各个功能的具体应用；另一类就是实例类，这类图书只是列举了一些开发实例，但是缺少基础知识的介绍，对于刚刚接触单片机的读者不太实用，他们很难深入理解每个例子的知识点。对于单片机爱好者、单片机开发应用技术人员以及高校相关专业的学生，他们希望能够克服单纯基础知识的枯燥无味，又能够很好地理解单片机的知识点。

鉴于此，本书从最简单的实例入手，结合单片机基础知识，简单明了地讲解单片机。书中既有基础知识的介绍，又有各种实用且精巧的实例，从基本到复杂，适合各种层次的读者。刚开始接触单片机的读者可以从本书中学习到单片机最基本的应用和理论，会让读者产生兴趣，进而去系统地学习；而需要用单片机来做项目的读者，也可以从本书中的一些较复杂的实例中找到相关的资料，达到事半功倍的效果。本书用实例贯穿了整个单片机的基础知识，又以基础知识为线索贯穿了所有实例。

在实例开发过程中，读者都希望能在开发工具软件上进行调试和仿真，这样将显著加深他们对单片机原理的理解，并极大地激发他们的学习热情。所以，本书在第1章就介绍了单片机开发过程中需要使用的绘图软件（Protel）、编程软件（Keil）、仿真软件（Proteus）的安装和使用方法，还介绍了程序下载技术（ISP、JTAG）。第1章最后还通过一个实例详细介绍了以上各个软件的使用方法，使得读者很容易入门，并且带动了读者的兴趣。

第2~6章主要是基础实例，通过这些实例介绍了单片机的中断、I/O（输入/输出）口、定时器/计数器，串口及电源系统、复位电路等单片机相关的基础知识，并且在最后都配有相应的实例练习，方便读者检验自身的学习成果。

第7~18章用一系列较复杂的不同工程实例，描述单片机外围电路和接口的设计方法、扩展方法、单片机应用开发中的各类知识、实际问题的分析解决方法等，从而使读者融会贯通，逐渐将单片机应用开发知识系统化，具备系统的概念，树立单片机应用系统开发的整体概念。

第19章和第20章的实例设计分别使用了比较常用的MPS430单片机和AVR单片机，旨在让读者了解不同单片机之间系统设计的区别和联系。通过这两章的学习，读者会轻松地将前面章节学到的知识应用到不同类型单片机应用项目的设计过程中，从而使设计人员的设计水平得到进一步提升。

需要注意的是，由于书中的电路图、编程图、仿真图均由Protel、Keil和Proteus软件生成，为与实际相符，本书并未按国标统一图形和文字符号。

本书可作为科研人员、工程技术人员、单片机应用开发技术人员及智能仪表设计开

发者的自学用书和设计参考用书，也可作为大学相关专业高年级本科生、研究生等相关课程（“仪表设计”、“自动化与智能测试技术”等）的教学用书。

本书主要由张元良（大连理工大学）、高艳（中国第一汽车股份有限公司技术中心）、吕艳（大连工业大学）、郎庆阳（辽宁科技学院）、周志民（大连测控技术研究所）、李涛、刘淑杰、刘伟崑、李剑中编写。参加编写工作的还有夏召辉、刘希、李季、姜鹏森、张贵杰、刘国宏、赵嘉旭、盛菲菲、邵蕾、王金龙、张浩、刘进晨、侯洪福、张敏等，在此表示感谢！

限于作者的水平和经验，书中难免存在错误和不足之处，欢迎广大读者给予指正。

作 者

2013年5月

目 录

前言

第 1 章 单片机开发工具及设计流程 1

- 1.1 Protel 99 SE 电路图设计软件 1
 - 1.1.1 Protel 99 SE 软件安装 1
 - 1.1.2 Protel 99 SE 软件使用 4
- 1.2 Keil 程序设计软件 8
- 1.3 Proteus 仿真软件 12
 - 1.3.1 Proteus ISIS 功能简介 13
 - 1.3.2 绘制原理图的方法 16
 - 1.3.3 程序载入 19
 - 1.3.4 仿真调试 19
- 1.4 烧写技术简介 20
 - 1.4.1 ISP 20
 - 1.4.2 JTAG 21
- 1.5 单片机项目设计方法及流程 21
 - 1.5.1 项目分析 21
 - 1.5.2 制定总体方案 21
 - 1.5.3 硬件和软件细分设计 23
 - 1.5.4 系统的 Proteus 仿真和调试 24
 - 1.5.5 系统调试 27

第 2 章 流水灯 28

- 2.1 项目分析 28
- 2.2 相关知识介绍 28
 - 2.2.1 复位电路 28
 - 2.2.2 单片机时钟和时序 29
 - 2.2.3 单片机最小系统 30
 - 2.2.4 单片机电源系统 31
 - 2.2.5 I/O 结构 32
- 2.3 硬件设计 34
- 2.4 软件设计 35
- 2.5 项目小结及实时练习 35
 - 2.5.1 项目小结 35
 - 2.5.2 实时练习 36

第 3 章 按键输入与 LED 显示 37

- 3.1 项目分析 37
- 3.2 相关知识介绍 37
 - 3.2.1 按键 37

3.2.2 I/O 口输入、输出方式 41

3.2.3 中断结构和控制 41

3.2.4 中断处理过程 44

3.2.5 中断函数 45

3.3 硬件设计 45

3.4 软件设计 47

3.5 项目小结及实时练习 50

3.5.1 项目小结 50

3.5.2 实时练习 50

第 4 章 多位数码管显示 51

4.1 项目分析 51

4.2 相关知识介绍 51

4.2.1 串行通信基本知识 51

4.2.2 认识 74HC164 52

4.2.3 MCS-51 系列单片机的串口 53

4.2.4 波特率设定 56

4.3 硬件设计 56

4.4 软件设计 59

4.5 项目小结及实时练习 61

4.5.1 项目小结 61

4.5.2 实时练习 62

第 5 章 秒表设计 63

5.1 项目分析 63

5.2 相关知识介绍 63

5.2.1 定时/计数器的结构和工作原理 63

5.2.2 定时/计数器的控制寄存器 64

5.2.3 定时/计数器的工作方式 67

5.3 总体方案设计 69

5.4 硬件设计 69

5.5 软件设计 71

5.6 项目小结及实时练习 74

5.6.1 项目小结 74

5.6.2 实时练习 75

第 6 章 LED 阵列动态显示设计 76

6.1 项目分析 76

6.2 相关知识介绍 76

6.2.1 认识 74HC595 76

6.2.2 点阵 LED	77	10.4 硬件设计	109
6.3 总体方案设计	79	10.5 软件设计	109
6.4 硬件设计	79	10.5.1 多功能电子万年历主程序 流程	109
6.5 软件设计	79	10.5.2 多功能电子万年历程序源 代码	109
6.5.1 程序流程	79	第 11 章 零件计数器	120
6.5.2 程序源代码	80	11.1 项目分析	120
6.6 项目小结及实时练习	81	11.2 相关知识	120
6.6.1 项目小结	81	11.2.1 RS-485 总线	120
6.6.2 实时练习	81	11.2.2 漫反射式红外光电开关	121
第 7 章 基于单片机的音乐播放器	82	11.3 总体方案设计	122
7.1 项目分析	82	11.4 硬件设计	122
7.2 相关知识介绍	82	11.5 软件设计	123
7.2.1 蜂鸣器	82	11.5.1 零件计数器程序流程	123
7.2.2 单片机产生声音的原理	82	11.5.2 零件计数器程序源代码	123
7.3 硬件设计	83	11.5.3 上位机 VB 程序的实现	126
7.4 软件设计	84	第 12 章 表盘指针驱动设计	128
第 8 章 PC 控制多位数码管显示	88	12.1 项目分析	128
8.1 项目分析	88	12.2 相关知识	128
8.2 相关知识	88	12.2.1 步进电动机工作原理	128
8.2.1 RS-232 通信简介	88	12.2.2 步进电动机驱动芯片 TA8435	130
8.2.2 MScComm 控件介绍	89	12.3 总体方案设计	132
8.3 总体方案设计	90	12.4 硬件设计	133
8.4 硬件设计	91	12.5 软件设计	134
8.5 单片机软件设计	91	12.5.1 程序流程	134
8.6 VB 软件设计	93	12.5.2 程序源代码	134
第 9 章 数字温度计	95	第 13 章 无线温度遥控器	136
9.1 项目分析	95	13.1 项目分析	136
9.2 相关知识介绍	95	13.2 相关知识	136
9.2.1 DS18B20 的结构	95	13.2.1 射频无线通信介绍	136
9.2.2 DS18B20 的原理及应用	96	13.2.2 编/解码芯片 PT2262/2272	136
9.2.3 一线式总线	97	13.2.3 EEPROM 简介与显示器	138
9.3 总体方案设计	98	13.2.4 SMS0301C3 液晶显示模块	139
9.4 硬件设计	98	13.3 总体方案设计	139
9.5 软件设计	99	13.4 硬件设计	140
第 10 章 多功能电子万年历	102	13.5 软件设计	141
10.1 项目分析	102	13.5.1 软件流程	141
10.2 相关知识	102	13.5.2 发送程序源代码	142
10.2.1 实时时钟芯片 DS12C887 的 结构和原理	102	13.5.3 接收程序源代码	150
10.2.2 DS12C887 的寄存器	103	第 14 章 小型红外遥控风扇	152
10.2.3 液晶显示器 LCD1602	106	14.1 项目分析	152
10.3 总体方案设计	108		

14.2 相关知识	152	17.5 软件设计	196
14.2.1 红外通信简介	152	17.5.1 软件流程	196
14.2.2 红外发射芯片 TC9012	153	17.5.2 程序源代码	196
14.2.3 红外接收头 HS0038	155	第 18 章 闭眼平衡测试仪	206
14.2.4 双 H 桥电动机驱动芯片 L298N	156	18.1 项目分析	206
14.2.5 脉冲宽度调制	157	18.2 相关知识	206
14.3 总体方案设计	158	18.2.1 光电发射电路	206
14.4 硬件设计	159	18.2.2 光电接收电路	207
14.5 软件设计	160	18.2.3 锁相环芯片 LM567	207
14.5.1 软件流程	160	18.3 总体方案设计	208
14.5.2 程序源代码	161	18.3.1 测量方法的选择	208
第 15 章 超声波测距仪	167	18.3.2 系统解决方案	209
15.1 项目分析	167	18.3.3 系统各部分组成功能介绍	210
15.2 相关知识	167	18.4 硬件设计	210
15.2.1 超声波测距原理	167	18.4.1 多通道光电测量系统	214
15.2.2 超声波测距模块介绍	167	18.4.2 通信接口的设计	215
15.3 总体方案设计	169	18.4.3 液晶显示接口	215
15.4 硬件设计	169	18.5 软件设计	216
15.5 软件设计	169	18.5.1 闭眼平衡测试仪主程序流程	216
第 16 章 空气压缩机参数打印 记录仪	174	18.5.2 开始计时检测程序流程	216
16.1 项目分析	174	18.5.3 停止计时检测程序流程	218
16.2 相关知识	174	第 19 章 高精度红外测温仪	219
16.2.1 微型打印机的工作原理	174	19.1 项目分析	219
16.2.2 存储器 X5045	175	19.2 相关知识	219
16.3 总体方案设计	176	19.2.1 红外热电堆传感器 TS118-3	219
16.4 硬件设计	176	19.2.2 运算放大器 MAX4483	220
16.5 软件设计	177	19.2.3 A-D 转换芯片 AD7705	220
16.5.1 软件流程	177	19.2.4 Nokia 5110 液晶显示模块	221
16.5.2 程序源代码	178	19.2.5 单片机 MSP430F2132	222
第 17 章 电动机参数检测仪设计	188	19.3 总体方案设计	223
17.1 项目分析	188	19.4 硬件设计	224
17.2 相关知识	188	19.5 软件设计	225
17.2.1 光电编码器的原理及选型	188	19.5.1 主程序流程	225
17.2.2 光耦合器的原理及选型	190	19.5.2 AD7705 接口程序流程	225
17.2.3 电流互感器的原理与使用 方法	191	19.5.3 Nokia 5110 接口控制流程	226
17.2.4 电压传感器的原理与使用 方法	192	第 20 章 门式起重机起重量限制器	227
17.3 总体方案设计	193	20.1 项目分析	227
17.4 硬件设计	193	20.2 相关知识	227
		20.2.1 电流变送器	227
		20.2.2 A-D 转换器 TLC2543	227
		20.2.3 D-A 转换器 TLC5617	228
		20.2.4 键盘显示芯片 ZLG7289	228

20.3	总体方案设计	229	20.4.8	键盘显示电路	233
20.4	硬件设计	229	20.5	软件设计	234
20.4.1	单片机最小系统电路	229	20.5.1	主程序设计	234
20.4.2	电流变送器电路	229	20.5.2	A-D 转换器控制软件设计	235
20.4.3	电流和电压转换电路	231	20.5.3	D-A 转换器控制软件设计	235
20.4.4	A-D 转换电路	231	附录 80C51 系列单片机的特殊功能		
20.4.5	D-A 转换电路	232	寄存器表		238
20.4.6	继电器驱动电路	233	参考文献		240
20.4.7	串口通信电路	233			

第 1 章 单片机开发工具及设计流程

本章主要对单片机设计中的 Protel 软件、Keil 软件、Proteus 软件和仿真下载软件的使用方法进行详细介绍，并介绍了单片机的设计方法及流程，为读者以后的设计奠定基础。在本章中，读者主要学习单片机设计软件的使用方法和单片机设计的步骤。

1.1 Protel 99 SE 电路图设计软件

Protel 99 SE 是 ProklTechnology 公司开发的基于 Windows 环境下的电路板设计软件。该软件功能强大，人机界面友好，易学易用。其功能包括电路原理图设计、印制电路板设计、电路图仿真等。

1.1.1 Protel 99 SE 软件安装

运行软件包中的 setup.exe，出现如图 1-1 所示安装界面。

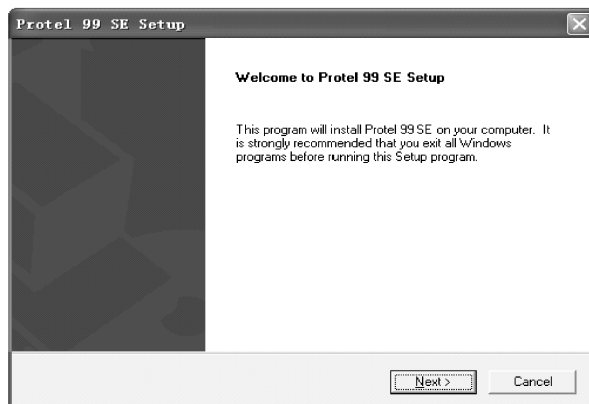


图 1-1 Protel 99 SE 安装启动界面

单击“Next”按钮，进入如图 1-2 所示界面。

这里要求填入使用者的信息，包括姓名、单位，然后需要输入安装序列号才能继续安装，输入后单击“Next”按钮，进入如图 1-3 所示界面。

这个界面是选择安装文件的存储路径，默认安装在 C 盘，单击“Browse”按钮选择路径，然后单击“Next”按钮，进入如图 1-4 所示安装界面。

在这里选择安装类型，默认即可。单击“Next”按钮，出现如图 1-5 所示界面。

在这里选择安装文件夹，默认即可。单击“Next”按钮，出现如图 1-6 所示界面。

如果想对上述步骤的设置进行修改，则单击“Back”按钮，否则单击“Next”按钮，进入安装界面，如图 1-7 所示。

安装完成后出现如图 1-8 所示界面，单击“Finish”按钮结束安装。

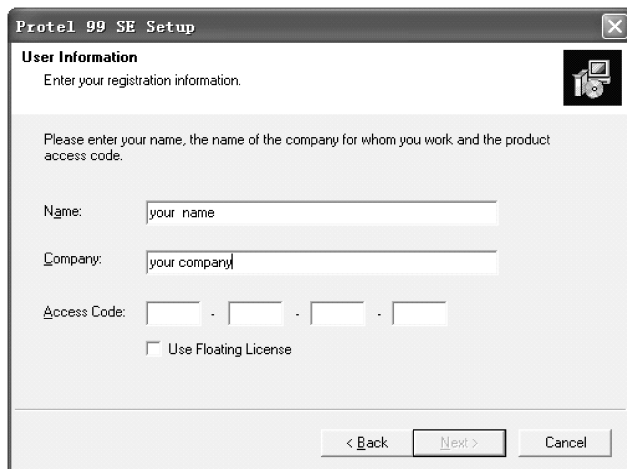


图 1-2 Protel 99 SE 安装界面

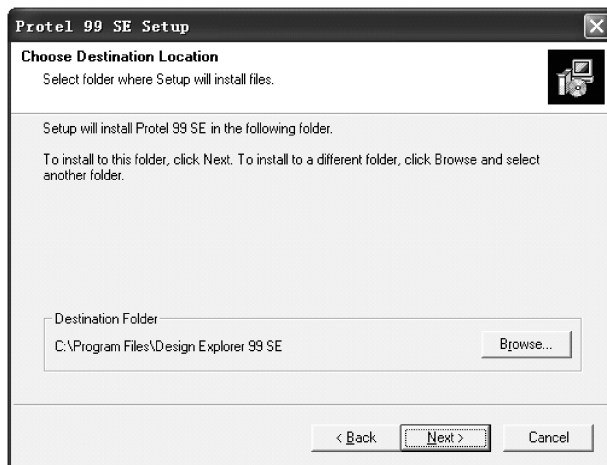


图 1-3 Protel 99 SE 安装路径选择界面

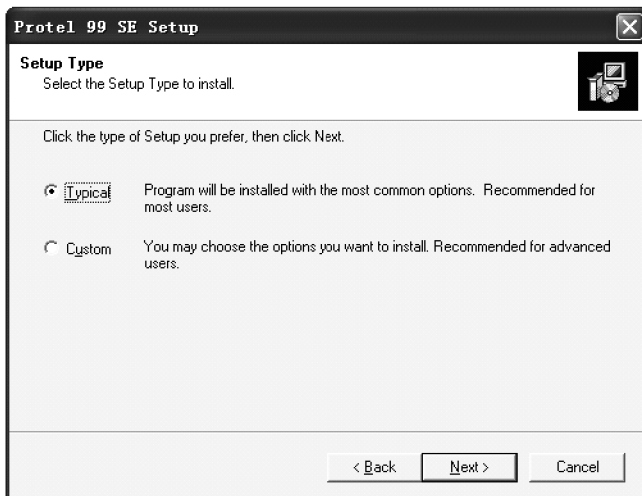


图 1-4 Protel 99 SE 安装类型选择界面

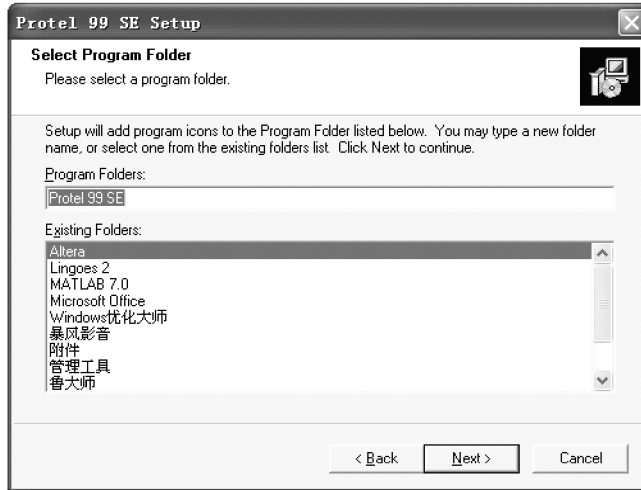


图 1-5 Protel 99 SE 选择安装文件夹界面

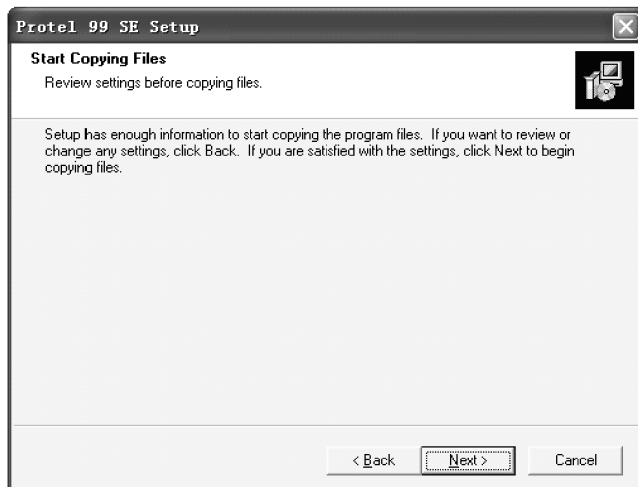


图 1-6 Protel 99 SE 安装开始界面

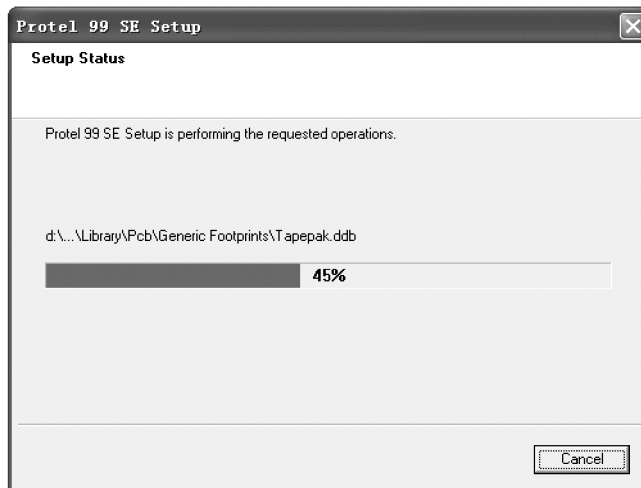


图 1-7 Protel 99 SE 安装中界面

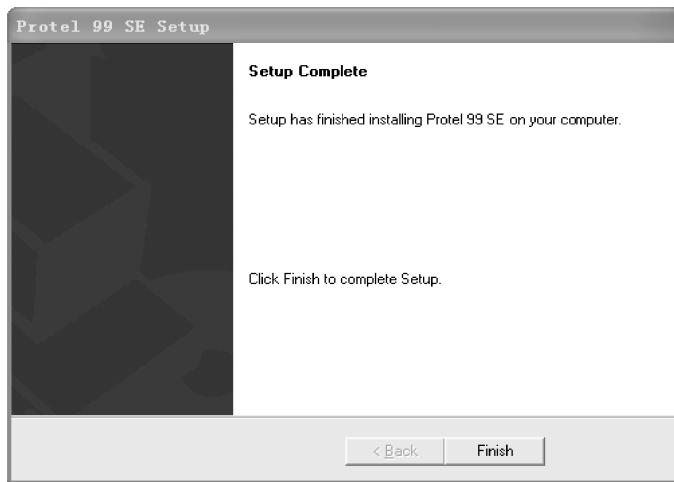


图 1-8 Protel 99 SE 完成安装界面

1.1.2 Protel 99 SE 软件使用

下面具体介绍 Protel 99 SE 软件的使用。首先启动 Protel 99 SE，出现启动界面，如图1-9所示。



图 1-9 Protel 99 SE 启动界面

启动后的窗口如图 1-10 所示。

选取菜单“File”→“New”来新建一个项目，出现如图 1-11 所示对话框。

“Database File Name”处可输入项目存盘文件名，单击“Browse”按钮改变存盘目录。单击“OK”按钮后，出现如图 1-12 所示主设计窗口。

选取菜单“File”→“New”打开“New Document”（新建文件）对话框，如图 1-13 所示，选取“Schematic Document”建立一个新的原理图文件。

双击原理图文件，出现如图 1-14 所示原理图设计界面。

在画原理图之前，先要装入元件库，点击设计管理器中的“Browse Sch”选项卡，然后单击“Add”/“Remove”按钮，屏幕将出现如图 1-15 所示的元件库添加、删除对话框。

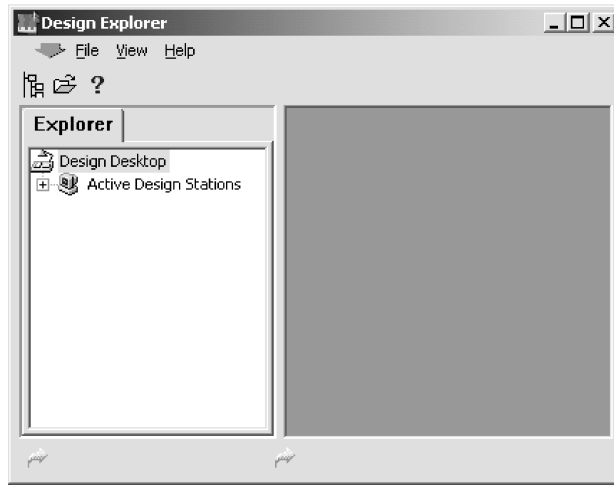


图 1-10 Protel 99 SE 启动后的窗口

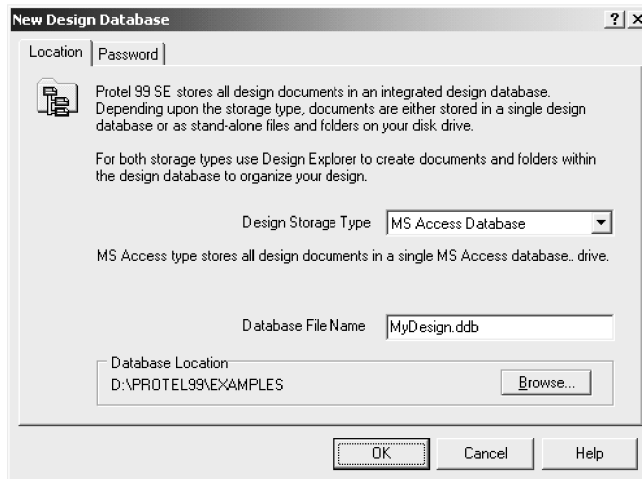


图 1-11 新建项目对话框

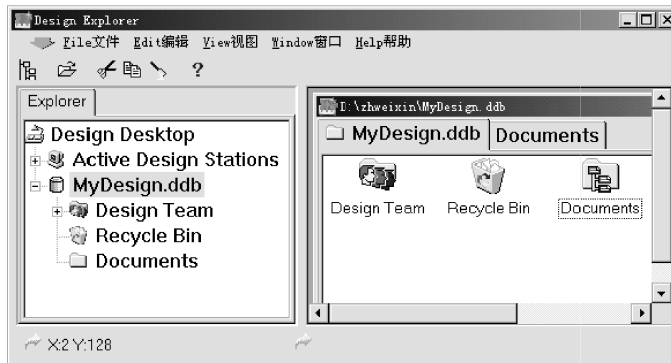


图 1-12 主设计窗口

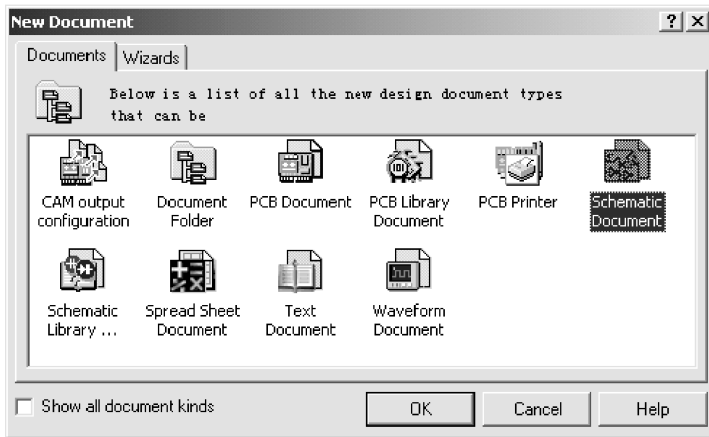


图 1-13 新建文件对话框

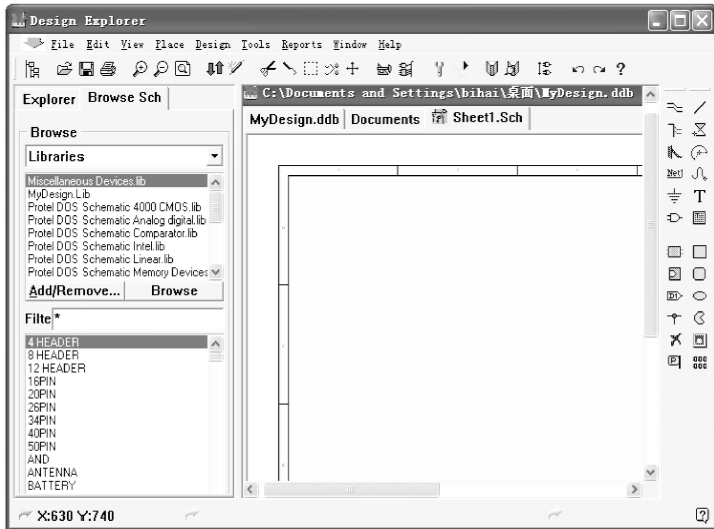



图 1-14 原理图设计界面

在 Design Explorer 99 SE\Library\Sch 文件夹下选取元件库文件，最常用的两个元件库是 Protel DOS Schematic Libraries. ddb 和 Miscellaneous Devices. ddb，然后双击鼠标或单击“Add”按钮，此元件库就会出现在“Selected Files”框中，如图 1-15 所示。然后单击“OK”按钮，完成该元件库的添加。

由于电路是由元件（含属性）及元件间的电气连线所组成的，所以现在要将所有可能使用到的元件都放到空白的绘图页上。选取元件的方法有两种，一种是通过菜单命令 Place/Part 或直接单击电路绘制工具栏上的  按钮，打开如图 1-16 所示的“Place Part”对话框，然后在该对话框中输入元件的名称及属性，如图 1-16 所示。

另外一种是从元件列表中选择，该操作必须通过设计库管理器窗口左边的元件库面板来进行，如图 1-17 所示。

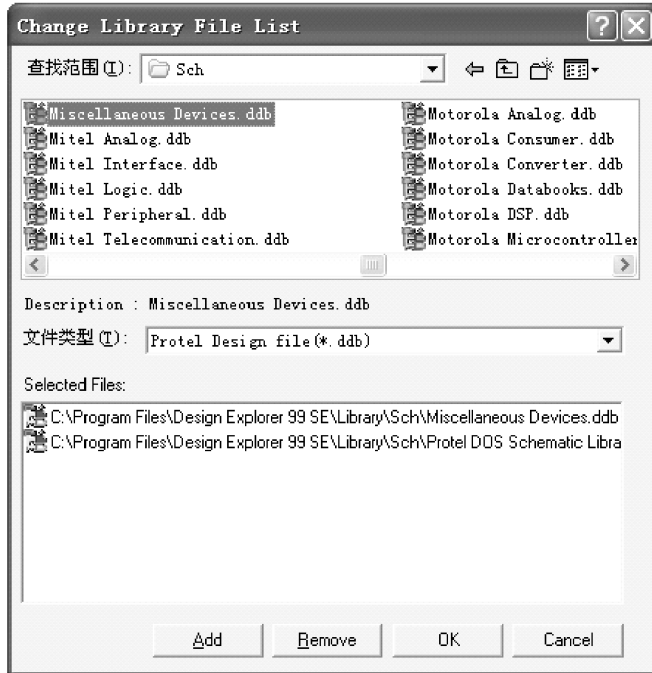


图 1-15 元件库添加/删除对话框

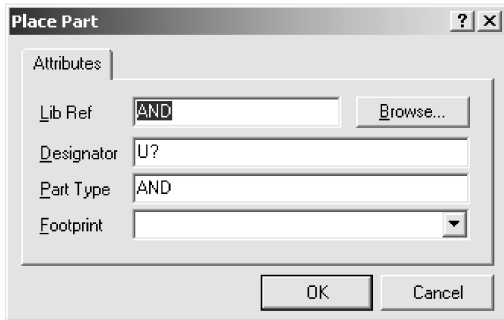


图 1-16 元件的名称及属性对话框

首先在面板上的“Library”栏中选取一个元件库，然后在“Components In Library”栏中利用滚动条找到想要的元件并选定它。接下来单击“Place”按钮，此时屏幕上会出现一个随鼠标移动的元件符号，按空格键可旋转元件，按下 X 或 Y 可在 X 方向或 Y 方向镜像，按 Tab 键可打开编辑元件对话框。将元件符号移动到适当的位置后单击鼠标左键使其定位即可。

若在元件库中没有找到想要的元件，则需要自己创建元件库，在项目文件窗口，点击菜单“File”→“New”打开“New Document”对话框，选取“Schematic Library Document”建立一个新的元件库文件。双击元件库文件，进入元件编辑界面就可以画出自己想要的元件了。

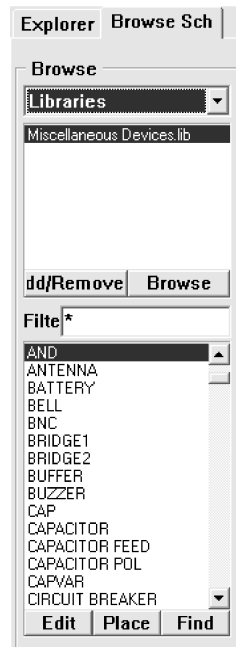


图 1-17 元件选取

1.2 Keil 程序设计软件

Keil 是一款用于单片机汇编语言和 C 语言编程的软件平台，是通用的单片机软件编写、调试的软件环境。

Keil 的安装很简单，执行安装包内的 Setup.exe，按照提示安装即可。安装完成后，打开 Keil 进入如图 1-18 所示的界面。

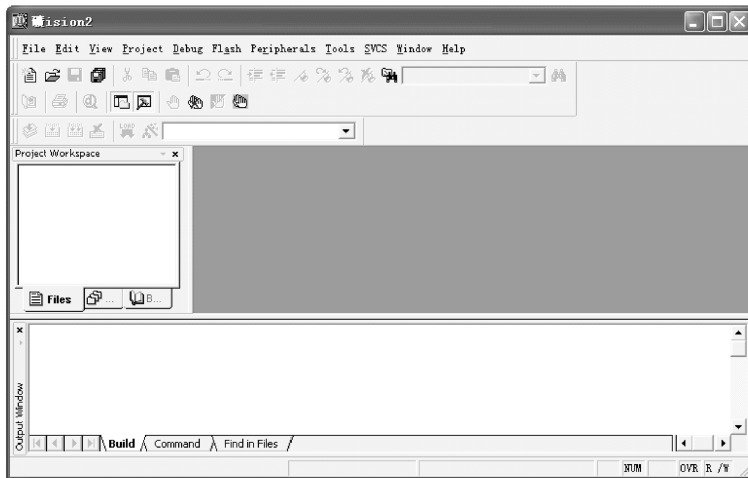


图 1-18 Keil 主界面

首先创建一个项目，运行“Project”菜单下的“New Project...”命令，屏幕上出现如图 1-19 所示的对话框。

在文件名称字段中指定所要新增的项目名称，再单击“保存”按钮，屏幕上出现如图 1-20 所示的对话框。

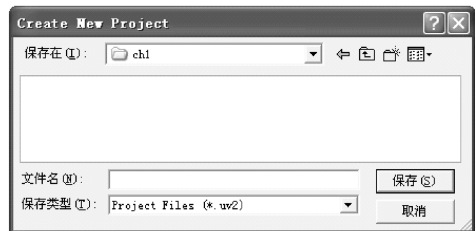


图 1-19 创建新项目对话框

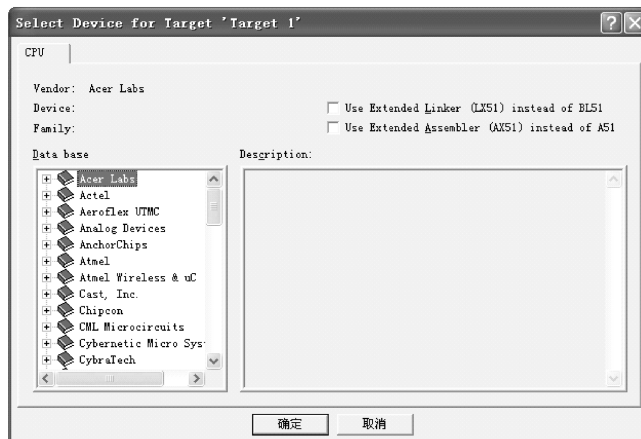


图 1-20 选择目标 CPU 对话框