

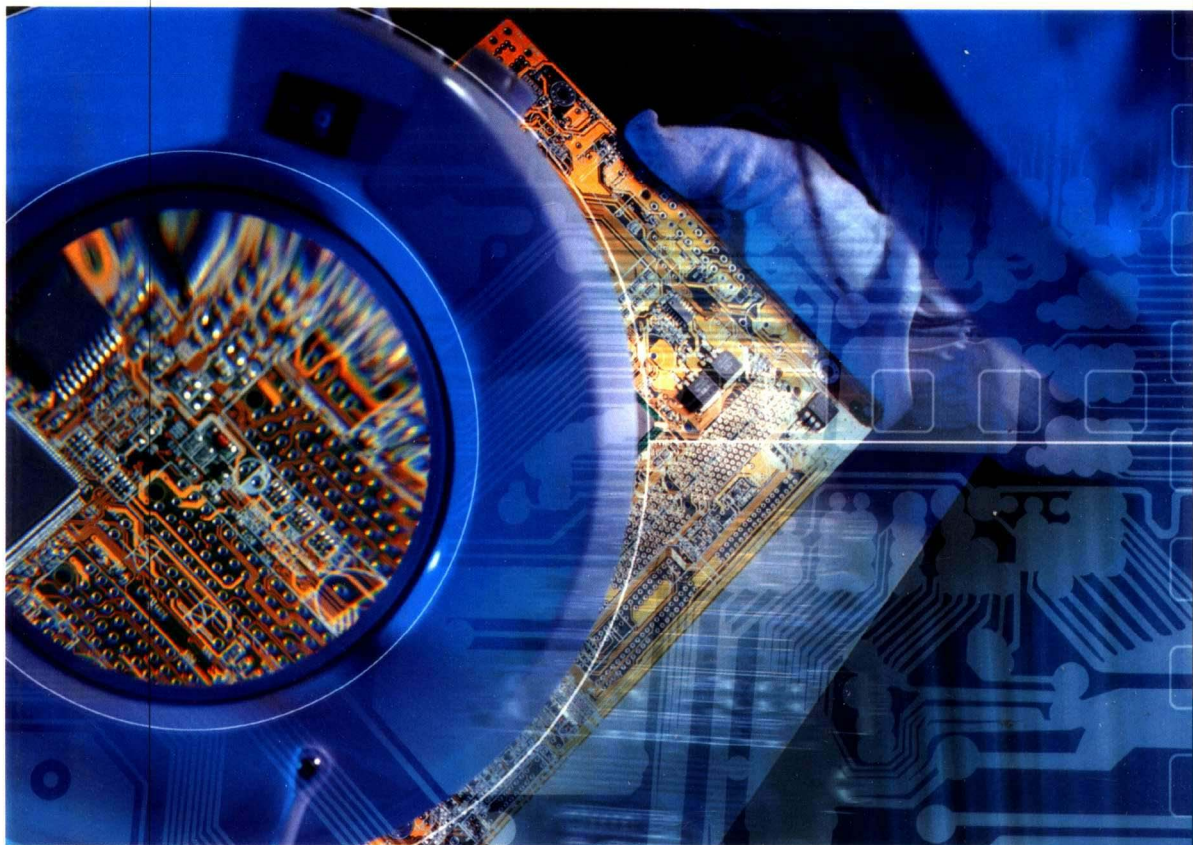


应用型本科人才培养创新教材出版工程

# 印制电路板电路设计 实训教材

■ 主 编 张锡鹤 盛鸿宇

■ 副主编 江 杰



410.2-43

12

 科学出版社  
www.sciencep.com

---

●应用型本科人才培养创新教材出版工程

---

# 印制电路板电路设计 实训教材

主 编 张锡鹤 盛鸿宇

副主编 江 杰

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书通过许多设计实例,详细地介绍了使用 Protel 99SE 软件绘制电路原理图、设计印制电路板图、进行电路仿真的基本方法。

本书结构合理、内容翔实、实例丰富,具有很强的实用性,特别适合初学者学习使用,也可供自学和研究者使用,同时可作为相关专业工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

印制电路板电路设计实训教材/张锡鹤,盛鸿宇主编. —北京:科学出版社,2005.1

应用型本科人才培养创新教材出版工程  
ISBN 7-03-014479-1

I. 印… II. ①张…②盛… III. 印制电路-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 106273 号

责任编辑:许 远 余 丁 / 责任校对:张 琪  
责任印制:安春生 / 封面设计:王壮波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年1月第一版 开本:B5(720×1000)  
责任编辑:许远余 丁 责任校对:张琪  
责任印制:安春生 封面设计:王壮波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

# 前 言

Protel 99SE 是设计印制电路板的专业软件，是从事电子产品设计人员不可缺少的工具。近 20 年来，科学技术发展突飞猛进，全球的电子业发展速度更是惊人。电子产品从设计生产到投放市场的周期越来越短，设计的复杂性、高密度性也越来越强，因此，对即将从事电子设计的人员要求也越来越高。

为了使从事 PCB 设计的工程师或即将从事此类工作的大专院校的学生，能够在较短时间内掌握利用 Protel 99SE 软件绘制电路原理图、设计印制电路板的基本方法，作者编写了此书。

全书共分 10 章：第 1 章至第 5 章介绍电路原理图的绘制方法；第 6 章至第 9 章介绍单、双面印制电路板的设计方法；第 10 章介绍电路仿真方法。

完全掌握 Protel 99SE 绝非是一朝一夕的事，特别是印制电路板设计，设计者不但要懂得电路原理、仿真方法，而且还要熟悉电子元件的封装及布线规则。在有限的时间内，要求学生们掌握单、双面印制电路板设计的基本知识，为今后进一步学习 Protel 99SE 打下良好的基础。

本书由北华大学张锡鹤、北京联合大学盛鸿宇、内蒙古科技大学江杰编写。限于编者的能力和水平，加上时间仓促，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第 1 章 Protel 99SE 简介</b> .....	1
1.1 Protel 99SE 的特点 .....	1
1.2 Protel 99SE 的运行环境 .....	2
<b>第 2 章 初识 Protel 99SE</b> .....	3
2.1 电路板设计步骤 .....	3
2.2 启动 Protel 99SE .....	3
2.3 Protel 99SE 主窗口菜单栏 .....	5
2.4 创建一个新的设计文件 .....	5
2.5 打开数据库文件夹 .....	6
2.6 启动各种编辑器 .....	7
2.7 文件管理 .....	11
<b>第 3 章 原理图设计系统</b> .....	16
3.1 原理图的设计步骤 .....	16
3.2 画面简介 .....	17
3.3 原理图设计基本操作 .....	17
<b>第 4 章 层次原理图</b> .....	40
4.1 有关层次原理图的一些概念 .....	40
4.2 层次原理图的设计 .....	41
4.3 层次原理图间的切换 .....	47
4.4 在层次原理图中定义网络符号的有效范围 .....	48
<b>第 5 章 原理图元件库编辑</b> .....	50
5.1 启动原理图元件库编辑器 .....	50
5.2 原理图元件库绘图工具及命令介绍 .....	51
5.3 原理图元件库管理命令介绍 .....	55
5.4 制作一个自己的元件 .....	59

---

<b>第 6 章 印制电路板的设计</b> .....	63
6.1 印制电路板基础知识 .....	63
6.2 印制电路板设计过程 .....	67
6.3 印制布线图的基本设计方法和原则要求 .....	70
6.4 Protel 99SE SE PCB 编辑器 .....	72
<b>第 7 章 电路板的设计</b> .....	76
7.1 设计前的准备工作——规划电路板 .....	76
7.2 网络表与元件的装入 .....	79
7.3 元件布局 .....	83
7.4 自动布线 .....	86
7.5 手工调整 .....	98
<b>第 8 章 双面板的设计</b> .....	104
8.1 双面板布线的准备工作 .....	104
8.2 自动布线过程 .....	112
8.3 输出报表 .....	130
<b>第 9 章 创建 PCB 元件</b> .....	143
9.1 元件库编辑器 .....	143
9.2 创建一个 PCB 元件 .....	144
9.3 利用 PCB 元件向导创建新元件 .....	148
<b>第 10 章 电路仿真</b> .....	154
10.1 电路仿真设计流程 .....	154
10.2 仿真元件知识 .....	155
10.3 仿真项目设置 .....	176
10.4 仿真实例 .....	185

# 第 1 章 Protel 99SE 简介

随着科学技术的发展，现代电子工业也取得了长足的进步。大规模、超大规模集成电路的应用使印制电路板日趋精密和复杂。为了解决这个问题，各类电路 CAD（计算机辅助设计）软件应运而生，Protel 就是这类软件的杰出代表。Protel 是 Protel Technology 公司的产品，Protel 99SE 是这个系列软件的最新版本。

## 1.1 Protel 99SE 的特点

Protel 99SE 主要由两大部分组成：

### (1) 原理图设计系统 (Schematic 99)

它主要用于电路原理图的设计，为印制电路板的设计打好基础，图 1-1 就是一个用 Protel 99SE 设计的原理图实例。

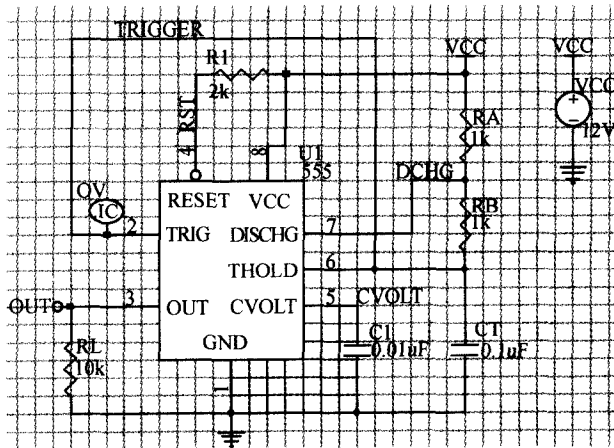


图 1-1 原理图设计实例

### (2) 印制电路板设计系统 (PCB 99)

它主要用于印制电路板的设计，产生最终的 PCB 文件，直接联系到印制电路板的生产。图 1-2 所示的 PCB 图就是用 Protel 99SE 设计完成的。

原理图设计系统和印制电路板设计系统紧密联系，相互影响。用户的大部分工作将在这两个设计系统中完成。

## 第 2 章 初识 Protel 99SE

### 2.1 电路板设计步骤

一般而言，设计电路板最基本的过程可以分为三大步骤。

#### (1) 电路原理图的设计

电路原理图的设计主要是利用 PROTEL99 的原理图设计系统 (Advanced Schematic) 来绘制一张电路原理图。在这一过程中，要充分利用 PROTEL99 所提供的各种原理图绘图工具、各种编辑功能，来实现我们的目的，即得到一张正确、精美的电路原理图。

#### (2) 产生网络表

网络表是电路原理图设计 (SCH) 与印制电路板设计 (PCB) 之间的一座桥梁，它是印制电路板设计中自动布线的基础的灵魂。网络表可以从电路原理图中获得，也可从已有的印制电路板中提取出来。

#### (3) 印制电路板的设计

印制电路板的设计主要是针对 PROTEL 99SE 的另外一个重要的部分 PCB 而言的，在这个过程中，我们借助 PROTEL 99SE 提供的强大功能实现电路板的版面设计。

简而言之，电路板的设计过程首先是绘制电路原理图，然后由电路原理图文件生成网络表，最后在 PCB 设计系统中根据网络表完成自动布线工作。也可以根据电路原理图直接进行手工布线而不必生成网络表。完成布线工作后，可以利用打印机或绘图仪进行输出打印。除此之外，用户在设计过程中可能还要完成其他一些工作，例如创建自己的元件库、编辑新元件、生成各种报表等。

### 2.2 启动 Protel 99SE

启动 Protel 99SE 的方法非常简单，只要运行 Protel 99SE 的执行程序就可以。方法如下：

如图 2-1 所示，在 Windows 桌面选择【开始】/【程序】/【Protel 99SE】/【Protel 99SE】选项，即可启动 Protel 99SE。



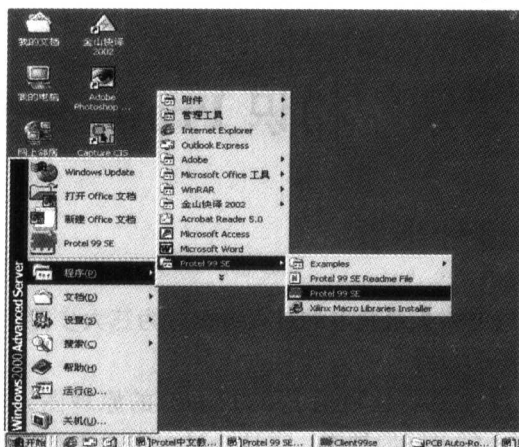


图 2-1 启动 Protel 99SE

启动 Protel 99SE 应用程序后会出现图 2-2 所示的界面。



图 2-2 Protel 99SE 启动画面

接下来便进入图 2-3 所示的 Protel 99SE 主窗口。

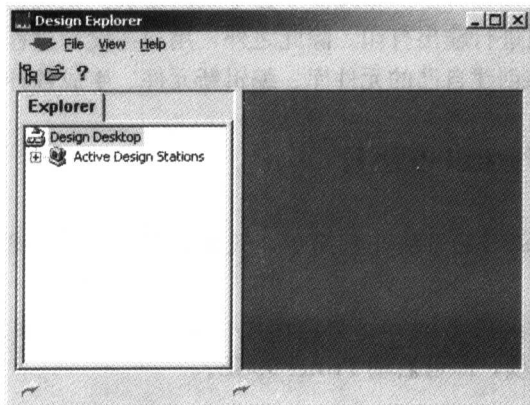


图 2-3 Protel 99SE 主窗口

除此之外，启动 Protel 99SE 还有其他的简便方法：用户可以直接双击 Windows 桌面上 Protel 99SE 的图标来启动应用程序，或者直接单击 Windows 【开始】菜单中的 Protel 99SE 图标。

## 2.3 Protel 99SE 主窗口菜单栏

Protel 99SE 主窗口菜单栏包括 【File】、【View】、【Help】3 个下拉菜单。

### (1) 【File】菜单

【File】菜单主要用于文件的管理，包括文件的信件、打开等。

【File】菜单的各个选项及功能如下：

- 【New】：新建一个空白文件，文件的类型为 Protel Design File，文件后缀名为 .ddb (Design database)。
- 【Open】：打开并装入已经存在的设计数据库文件 (.ddb)。
- 【Exit】：退出 Protel 99SE。

### (2) 【View】菜单

【View】菜单用于设计管理器、状态栏、命令行的打开与关闭。

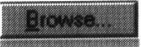
### (3) 【Help】菜单

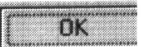
【Help】菜单用于打开帮助文件。

## 2.4 创建一个新的设计文件

在 Protel 99SE 主窗口出现后，我们创建一个新文件，其过程可以按照如下步骤进行。

(1) 执行菜单命令 【File】 / 【New】，将光标移到菜单 【File】 / 【New】处，单击或按回车键即可。执行命令 【File】 / 【New】后，会出现如图 2-4 所示的 【New Design database】（创建设计数据库文件）对话框。

(2) 单击 “” 按钮选择文件的存储位置。Protel 99SE 默认文件名 “MyDesign.ddb”，也可以根据自己的需要在相应位置改变文件名。

(3) 单击 “” 按钮后，Protel 99SE 的主窗口改变，如图 2-5 所示。

这样我们就创建了一个新的设计数据库文件，以后与该设计相关的各种文件及信息都将包含在这个数据库中。

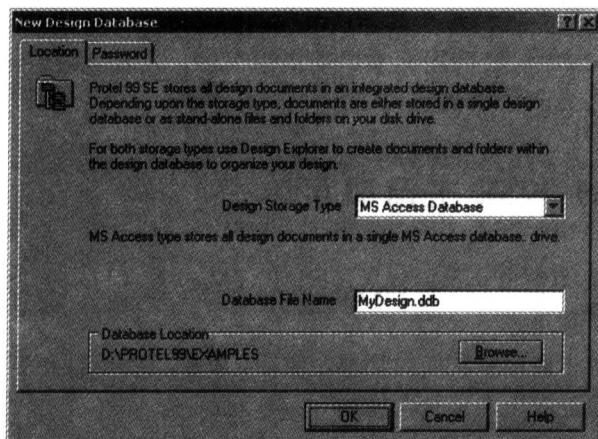


图 2-4 创建设计数据库文件对话框

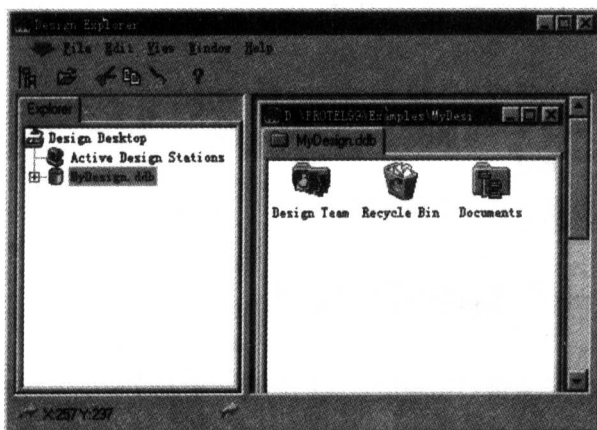


图 2-5 设计数据库文件主窗口

## 2.5 打开数据库文件夹

为了便于管理，我们通常将一个设计项目所包含的各种文件都保存在同一个或几个文件夹中。打开文件夹可以按照如下步骤进行。

(1) 双击图 2-5 所示设计数据库文件主窗口中设计数据库文件“MyDesign. ddb”来打开该数据库，打开后的管理器窗口如图 2-6 所示。

(2) 单击“MyDesign. ddb”下的文件夹即可打开数据库文件夹，比较图 2-5 会发现工作窗口上多了一个【Documents】标签，如图 2-7 所示。



图 2-6 打开后的设计管理器窗口

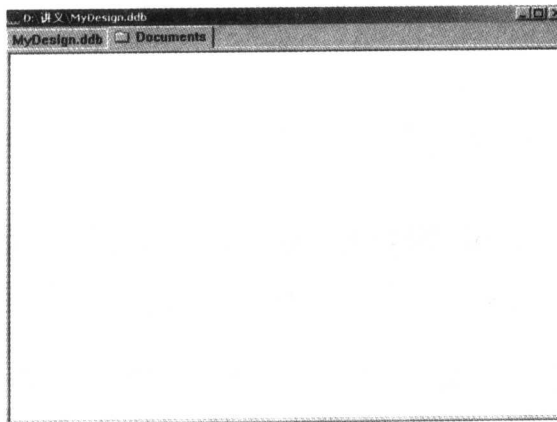


图 2-7 打开文件夹后的工作窗口

## 2.6 启动各种编辑器

Protel 99SE 利用智能工具技术 (SmarTool) 集成了各种设计工具, 在主工作平台上包括非常丰富的设计工具即各种编辑器, 其中针对最常用的操作和文件的编辑器共有 8 个, 它们分别是:

- 文件夹编辑器 (Document Folder)。
- 印制电路板编辑器 (PCB Document)。
- 印制电路元件库编辑器 (PCB Library Document)。
- 原理图编辑器 (Schematic Document)。

- 原理图元件库编辑器 (Schematic Library Document)。
- 表格编辑器 (Spread Sheet Document)。
- 文字编辑器 (Text Document)。
- 波形编辑器 (Waveform Document)。

不同的编辑器可以生成上述不同类型的文件。例如，通过印制电路板编辑器可以进行印制电路板的设计。下面我们着重介绍一下启动原理图编辑器和印制电路板编辑器的步骤。对于启动其他类型的编辑器，用户可以参照启动这两个编辑器的步骤进行操作。

### 2.6.1 启动原理图编辑器

在创建并打开一个数据库文件后，我们就可以在该文件夹中创建原理图文件并启动原理图编辑器。原理图编辑器实际上是一个原理图设计系统，用户可以在该系统中进行电路原理图的设计并生成相应的网络表，为后面印制电路板的设计做好准备。

启动原理图编辑器可以按照如下步骤进行。

(1) 执行菜单命令【File】/【New】后，会出现如图 2-8 所示的选择文件类型对话框。

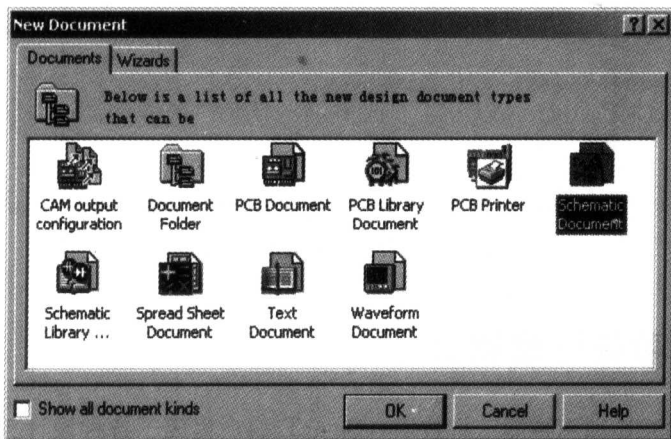




图 2-8 选择文件类型对话框

(2) 双击“”图标后，即可完成新的原理图文件的创建，如图 2-9 所示。

(3) 双击工作窗口中的原理图文件图标“”，即可启动原理图编辑器，如图 2-10 所示。

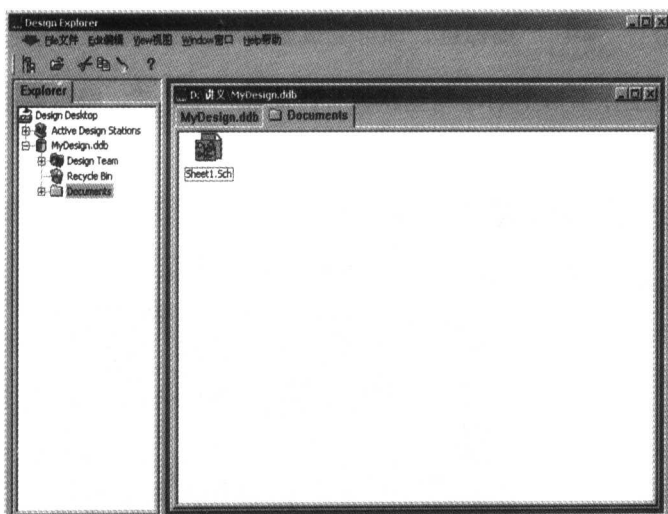


图 2-9 创建新的原理图文件

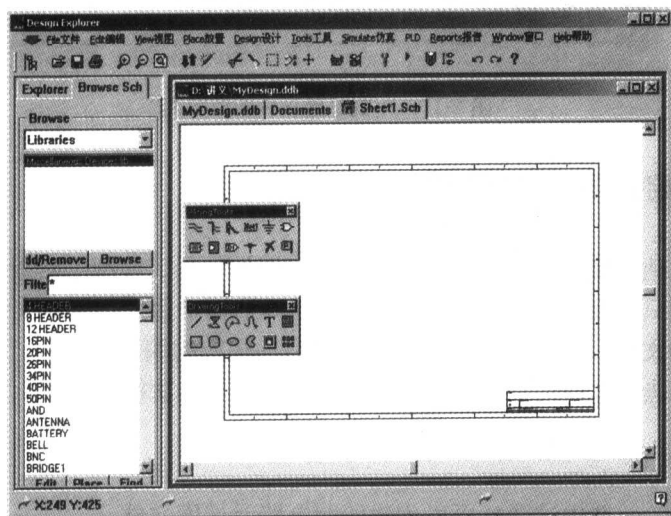




图 2-10 原理图编辑器界面

## 2.6.2 启动印制电路板编辑器

启动印制电路板编辑器可以按照如下步骤进行。

(1) 执行菜单命令【File】/【New】后，会出现如图 2-8 所示的选择文件类型对话框。

(2) 双击“”图标后,即可完成新的印制电路板文件的创建。

(3) 双击工作窗口中的印制电路板文件图标“”,即可启动印制电路板编辑器,如图 2-11 所示。

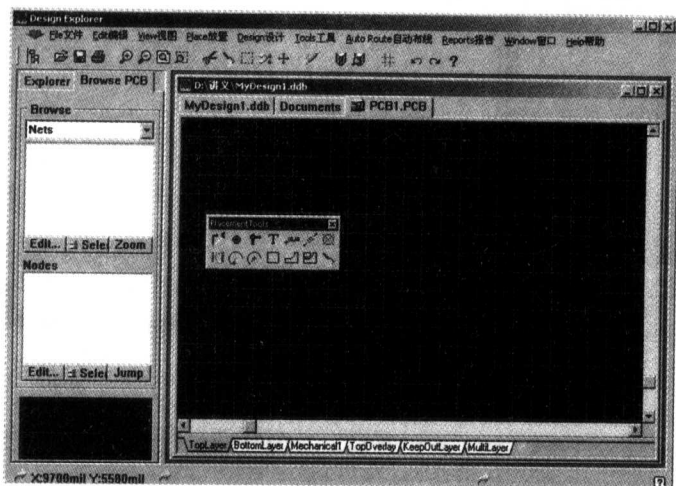








图 2-11 印制电路板编辑器界面

### 2.6.3 启动其他编辑器

启动其他类型编辑器的方法与启动原理图编辑器、印制电路板编辑器的方法类似,区别只是在于在图 2-8 选择文件类型对话框中选择不同的文件类型,即可创建不同的文件,随后再双击该文件即可启动相应的编辑器。

图 2-8 选择文件类型对话框中的文件类型图标功能如下:

-  : 选中该图标可以创建新文件夹。
-  : 选中该图标可以创建印制电路元件库文件。
-  : 选中该图标可以创建原理图元件库文件。
-  : 选中该图标可以创建表格文件。
-  : 选中该图标可以创建文本文件。
-  : 选中该图标可以创建波形文件。

## 2.7 文件管理

当完成一张原理图的设计工作后，需要对其进行保存。在以后的工作中，如果需要对以前的设计进行重新编辑、修改，就必须打开相应的文件。修改完毕并进行保存后，还要关闭相应的文件。有时，还需要对文件进行移动、复制、重命名、删除等操作。上述操作都属于文件管理的范围。

在介绍文件管理的各项内容之前，我们首先要对 Protel 99SE 的文件特点进行说明。在 Protel 99SE 中，文件的存储形式与以往版本的 Protel 软件有很大的不同。在以前，各种文件是以不同的形式单独存储的，例如，原理图文件 (\*.sch)、印制电路板文件 (\*.pcb) 等。而在 Protel 99SE 中，所有与设计有关的各种信息都存储在一个设计数据库 (Design DataBase) 中，该数据库以 \*.ddb 为后缀名保存在用户的硬盘上或其他存储介质上，所有与设计有关的文件都存储在一个单独的、集成化的数据库中，而不是像以前一样单独存储，用户在计算机中只能查找到相应的设计数据库文件。

将各种相关信息封装在一个单独的、集成化的数据库文件中是 Protel 99SE 的一个显著的特点，这不仅便于用户的管理，而且增加了安全性。

下面我们就介绍一下 Protel 99SE 的文件管理。

### 2.7.1 打开一个 Protel 99SE 中的原理图文件

在 Protel 99SE 中，与一个设计有关的所有文件都保存在一个单独的设计数据库文件中。因此，打开一个 Protel 99SE 中的原理图文件与以往的操作有所不同。操作步骤如下：

- (1) 打开该原理图文件所在的设计数据库文件。
- (2) 在项目浏览器 (Explorer) 中找到所要打开的原理图文件。
- (3) 在项目浏览器 (Explorer) 中单击该文件名，即可在工作窗口中打开该文件。

### 2.7.2 打开一个单独的原理图文件

Protel 99SE 也可以打开以往版本的 Protel 原理图文件，但是必须先将该文件导入 (Import) 到一个 Protel 99SE 的设计数据库文件中。具体操作步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 **【File】 / 【Open】**，或单击主工具栏中的打开文件“”按钮。





图 2-12 执行菜单命令【File】/【Open】

(2) 执行完该命令后, 会弹出如图 2-12 所示的打开文件对话框。在该对话框【搜寻】选项中找到文件所在的位置, 在【文件类型】选项中选择所要打开的文件类型, 在【文件名】选项或文件列表框中输入或选中所要的文件名, 这里的文件类型为原理图文件 (\*.sch), 如图 2-13 所示。

(3) 然后单击“**打开(O)**”按钮, 之后会弹出如图 2-14 所示的对话框, 提示用户将所要打开的原理图文件导入到一个 Protel 99SE 的设计数据库文件中。在该对话框中输入设计数据库文件名 (Database File Name) 并指定存储路径 (Database Location), 然后单击“**OK**”按钮即可。

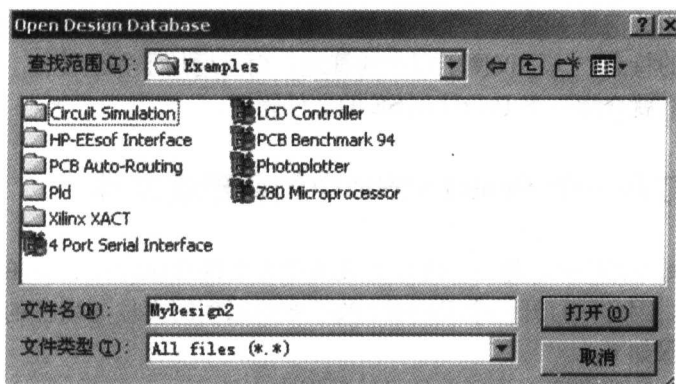


图 2-13 打开文件对话框

(4) 执行完上述操作后, 新建的设计数据库文件会出现在项目浏览器 (Explorer) 中。然后在项目浏览器 (Explorer) 中找到该原理图文件, 单击该文件名即可在工作窗口中打开该文件, 如图 2-15 所示。

这里介绍一下打开文件对话框中的各种文件类型:

- **【Design files (\*.Ddb)】**: Protel 99SE 的设计数据库文件。
- **【PCB98 files (\*.Pcb)】**: Protel 98 的印制电路板文件。
- **【Schematic98 files (\*.Sch)】**: Protel 98 的原理图文件。
- **【Schematic98 files (\*.Prj)】**: Protel 98 的项目文件。
- **【OrCAD Capture files (\*.Dsn)】**: OrCAD Capture 文件。