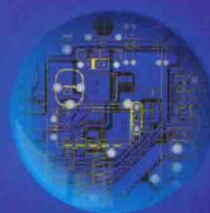


高职高专“十二五”规划教材

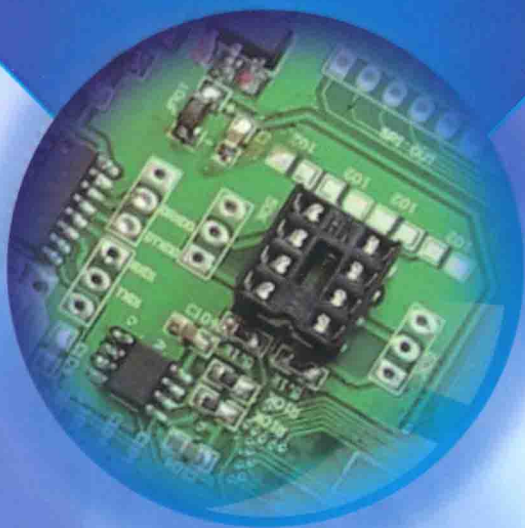
DIANZI XIANLU JISUANJI FUZHU SHEJI

电子线路 计算机辅助设计



裴玉玲 主编

王静 陈昕 副主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

电子线路计算机辅助设计

裴玉玲 主 编

王 静 陈 昕 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据电子、通信和机电一体化等专业核心能力的要求,整合校企智力资源和技术资源,突出能力(技能)培养,在一门教材中包含 Protel 99 SE 和 Protel DXP 两种软件,突出实用性和适用性。本书共分 10 个项目,主要包括 Protel 99 SE 和 Protel DXP 2004 原理图设计基础、层次图设计、电路仿真设计、印制电路板的设计、PCB 基本组件的编辑与放置、PCB 特殊编辑技巧、元件封装设计、输出与报表、综合设计举例等内容。

本书可作为普通高等院校和高职高专院校电子类、电气类、计算机类、自动化类及机电类各专业的电子设计自动化(EDA)教材,可作为计算机辅助设计(Protel 平台)职业资格证书考试用书,也可作为计算机、电子产品、仪器仪表等方面的工程技术人员及电子爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路计算机辅助设计/裴玉玲主编. —北京:化学工业出版社, 2011.7

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-11259-0

I. 电… II. 裴… III. 印刷电路-计算机辅助设计-应用软件, Protel-高等职业教育-教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 088376 号

责任编辑:王听讲

文字编辑:吴开亮

责任校对:宋 玮

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 399 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

Protel 作为电子设计自动化 EDA 软件之一,早在 20 世纪 80 年代中期就已经进入电路设计领域,期间历经多种版本的更新。随着计算机技术的快速发展,Protel 软件以它完美的功能和方便的应用性赢得越来越多电路设计人员和各院校师生的青睐,是电子工程师进行电子设计的得力助手。本书根据电子、通信和机电一体化等专业核心能力的要求,整合校企智力资源和技术资源,共建符合职业岗位要求,体现工作内容与流程,反映当前先进技术,突出能力(技能)培养,具有工学结合特色。本书包含 Protel 99 SE 和 Protel DXP 两种软件,突出实用性和适用性。按工作过程导向,以工学结合为切入点设计各个教学部分。

本书以软件应用、原理图绘制、电路仿真及 PCB 布线技术为重点教学内容,从简单到复杂安排项目,读者按照工作任务步骤去做,就会看到最后设计完成的产品,使读者真正掌握电子 CAD 的设计技能。

本书共 10 个项目。项目 1~项目 3 介绍 Protel 99 SE 原理图和层次图设计,主要内容有:电路原理图设计的方法、步骤、设计工具的使用和技巧,ERC 测试和生成网络表等文件,原理图元件的制作和元器件库的建立,层次原理图的绘制。项目 4~项目 6 介绍 Protel 99 SE 电路仿真设计,主要内容有:电路仿真的设置与运行。项目 7~项目 8 介绍 Protel 99 SE 的印制电路板设计,主要内容有:PCB 设计的方法、步骤、设计工具的使用和技巧,PCB 元器件的自动布线和手动调整布线,PCB 元器件的制作和元器件封装库的建立。项目 9~项目 10 介绍 Protel DXP 2004 及其使用方法,主要内容有:在 Protel DXP 2004 平台上完成电路原理图、层次图设计和 PCB 设计。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案,需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由重庆工业职业技术学院的裴玉玲主编,重庆电子工程职业学院的王静和安徽电子信息职业技术学院的陈昕担任副主编。其中裴玉玲负责编写项目 1~项目 7,裴玉玲和中国电子科技集团第 24 研究所的庞佑兵共同编写项目 8,陈昕编写项目 9,王静编写项目 10。另外,重庆工业职业技术学院的易谷、杨乐、连艳、黄蕙、黄伟、敖朝华和吴德操等老师也参加了本书的编写工作。全书由裴玉玲统稿。

本书在编写过程中得到了化学工业出版社的大力支持,也参考了相关专著和资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,本书难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者
2011 年 4 月

目 录

项目 1 整流滤波稳压电路原理图设计	1
1.1 相关知识	1
1.1.1 Protel 99 SE 环境	1
1.1.2 Protel 99 SE 操作环境	3
1.1.3 整流滤波稳压电路原理图设计	17
1.2 项目训练	27
1.2.1 进行互补推挽改善电路原理图设计	27
1.2.2 运算放大器原理图设计	28
1.3 任务实施	28
1.4 任务拓展	30
1.5 学习思考	31
项目 2 振荡器和积分器原理图设计	33
2.1 相关知识	33
2.1.1 原理图的设计步骤	33
2.1.2 振荡器和积分器原理图设计	33
2.1.3 电气检查	37
2.1.4 生成网络表	39
2.1.5 输出材料清单	39
2.1.6 手工创建元件	41
2.2 项目训练	44
2.3 任务实施	45
2.4 任务拓展	46
2.4.1 设置网络标号	46
2.4.2 画总线	47
2.4.3 画总线分支	47
2.4.4 制作电路的输入/输出端口	48
2.5 原理图课程设计	49
2.6 学习思考	50
项目 3 多频彩显电路层次图设计	51
3.1 相关知识	51
3.1.1 层次原理图设计的工作流程	51
3.1.2 多频彩显电路层次图设计	55
3.2 任务实施	61
3.3 任务拓展	61
3.3.1 苹果机电源部分层次原理图课程设计	61
3.3.2 将原理图转换成 Word 文档形式	61
3.4 学习思考	68

项目 4 差动放大电路仿真设计	69
4.1 相关知识	69
4.1.1 电路仿真设计步骤	69
4.1.2 差动放大电路仿真设计	69
4.2 项目训练	77
4.3 任务实施	78
4.4 学习思考	79
项目 5 整流滤波稳压电路仿真设计	80
5.1 相关知识	80
5.2 项目训练	84
5.3 任务实施	85
5.4 任务拓展	86
5.5 学习思考	87
项目 6 振荡器和积分器电路仿真设计与制作	88
6.1 相关知识	88
6.1.1 振荡器和积分器电路仿真步骤	88
6.1.2 其他仿真分析	91
6.1.3 制作振荡器和积分器仿真电路	93
6.2 项目训练	94
6.3 任务实施	95
6.4 学习思考	96
项目 7 电平转换电路单面印制电路板设计与制作	97
7.1 相关知识	97
7.1.1 印制电路板 (PCB) 设计流程	97
7.1.2 PCB 报表文件	108
7.1.3 制作电平转换电路单面印制电路板	114
7.2 项目训练	114
7.3 任务实施	115
7.4 任务拓展	116
7.4.1 放置工具栏	116
7.4.2 利用向导创建元件封装	116
7.4.3 设置电路板工作层面	119
7.4.4 PCB 板的 3D 显示	125
7.5 学习思考	126
项目 8 CPU 时钟电路双面印制电路板设计与制作	127
8.1 相关知识	127
8.1.1 CPU 时钟电路印制电路板 (PCB) 设计步骤	127
8.1.2 自动布线设计规则设置	128
8.1.3 设置双层印制电路板	132
8.1.4 自动布线	132
8.1.5 放置安装孔	134
8.1.6 输出设计规则检查报告	134
8.1.7 PCB 报表文件	134

8.1.8	制作 CPU 时钟电路双面印制电路板	137
8.2	项目训练	137
8.3	任务实施	139
8.4	任务拓展	140
8.4.1	手工创建元件封装的工具栏	140
8.4.2	手工创建元件封装	140
8.4.3	PCB 编辑器的画面管理	142
8.4.4	元件自动布局	144
8.4.5	信号完整性分析概述	145
8.4.6	信号完整性分析规划设置	146
8.4.7	PCB 设计规则检查	150
8.4.8	内部信号完整性仿真器	152
8.5	实践项目综合训练	152
8.5.1	基本知识点	152
8.5.2	注意事项和重要建议	155
8.6	学习思考	158
项目 9	两级运算放大电路原理图设计	159
9.1	相关知识	159
9.1.1	两级运算放大电路的功能	159
9.1.2	Protel DXP 的窗口界面及文件管理	159
9.1.3	两级运算放大电路 DXP 原理图设计	161
9.1.4	DXP 两级运算放大电路层次原理图设计	168
9.2	项目训练	171
9.3	任务实施	172
9.4	任务拓展	172
9.4.1	添加其他元件库	172
9.4.2	库元器件的快速查询	173
9.5	学习思考	175
项目 10	555 非稳态多谐振荡器 PCB 设计	176
10.1	设计 PCB 板的准备工作	176
10.1.1	555 非稳态多谐振荡器原理图设计	176
10.1.2	添加元件的封装	177
10.1.3	编译项目 (检查原理图中的错误)	178
10.2	创建一个新的 PCB 文件	178
10.2.1	用 PCB 向导来创建 PCB 文件	178
10.2.2	用另一种方法来创建空白的 PCB 板	181
10.2.3	设置 PCB 板	181
10.3	将原理图导入 PCB 文件	182
10.4	DXP 印刷电路板 (PCB) 设计	184
10.4.1	设置设计规则	184
10.4.2	在 PCB 文档中放置元件	187
10.4.3	修改元件封装	188
10.4.4	手动布线	188

10.4.5	自动布线	191
10.4.6	调整布局	192
10.4.7	调整布线	193
10.5	验证 PCB 设计	194
10.6	PCB 板的设计技巧	195
10.6.1	缩小边框尺寸	195
10.6.2	放置泪滴	196
10.6.3	放置过孔作为安装孔	197
10.6.4	布置多边形铺铜区域	197
10.6.5	放置尺寸标注	200
10.6.6	设置坐标原点	202
10.7	输出 PCB 文件	202
10.7.1	生成 Gerber 文件	203
10.7.2	创建 BOM 文件	205
10.7.3	其他辅助输出文件	207
10.8	学习思考	208
附录		209
附录 A Protel 99 常用元件符号及封装形式		209
附录 B HW-3232 线路板刻制机使用说明书		212
参考文献		232

项目 1 整流滤波稳压电路原理图设计

【任务要求】

(1) 工作任务

设计整流滤波稳压电路原理图。

(2) 基本要求

利用 Protel 99 SE 的基本操作完成整流滤波稳压电路原理图设计。

(3) 学习产出

原理图。

【学习目标】

(1) 软件的安装

掌握 Protel 99 SE 软件中文、英文版的安装方法，熟悉 Protel 99 SE 的窗口界面。

(2) Protel 99 SE 的应用

掌握设计数据库的创建与管理，熟悉 Protel 99 SE 工具栏的使用，掌握 Protel 99 SE 的基本操作，进行图样设置。

(3) 原理图设计

能按照相关行业及国家规范与标准，进行整流滤波电路稳压电路原理图设计。

(4) 技术文件

学习规范原理图标题栏的填写，正确完成其他信息输入。

1.1 相关知识

1.1.1 Protel 99 SE 环境

以下说明在 Protel 99 SE 环境下，如何生成加工文件。

① 在 DDB 工程中，选中需要加工的 PCB 文件，在文件 (File) 菜单中选择 CAM 管理器 (CAMManager)，弹出如图 1-1 所示对话框。

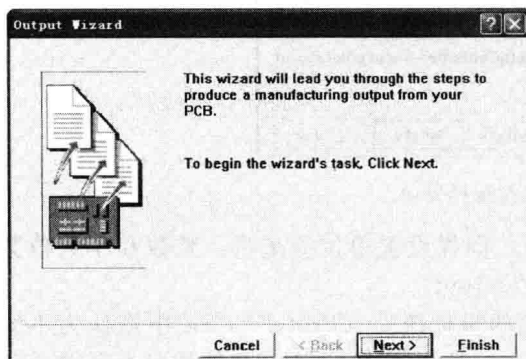


图 1-1 生成加工文件

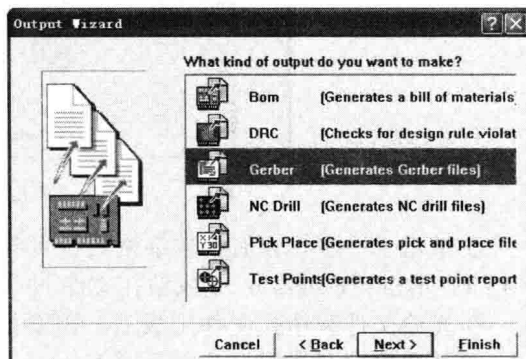


图 1-2 选择输出加工文件类型

② 单击下一步 (Next)，提示输出加工文件类型，如图 1-2 所示，首先选择 Gerber 文件格式。

③ 连续单击下一步 (Next)，到数字格式设置界面 (图 1-3)。

④ 选择图示的 Millimeter (毫米) 和 4:4 格式 (即保留 4 位整数和 4 位小数)，单击下一步 (Next) 到图层选择对话框 (图 1-4)。

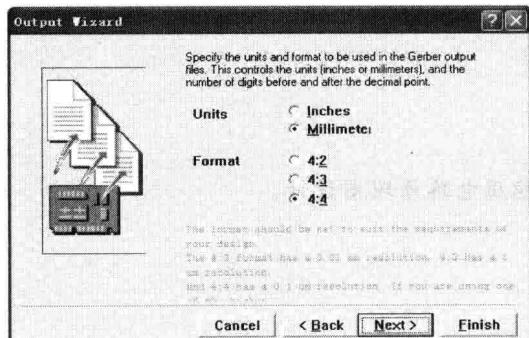


图 1-3 数字格式设置界面

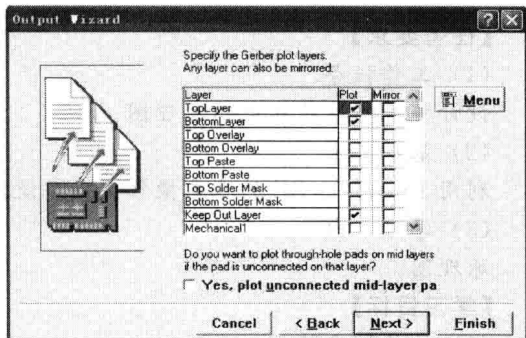


图 1-4 图层选择对话框

⑤ 选择布线中使用的图层，双面板一定要选择顶层 (TopLayer)、底层 (BottomLayer)、禁止布线层 (Keep Out Layer)，单面板一定要选择底层 (BottomLayer)、禁止布线层 (Keep Out Layer)。注意：请只在“Plot”栏中选择，“Mirror”栏不可选择，否则将输出镜像图层，不能与钻孔文件配套。单击完成 (Finish) 即生成线路板光绘文件 Gerber Output1。

⑥ 输出钻孔加工文件。在 CAM Outputs 文件栏中单击鼠标右键，选择 CAM Wizard，出现如图 1-5 所示的加工文件类型选择界面，此次选择数控钻孔文件 NC Drill。

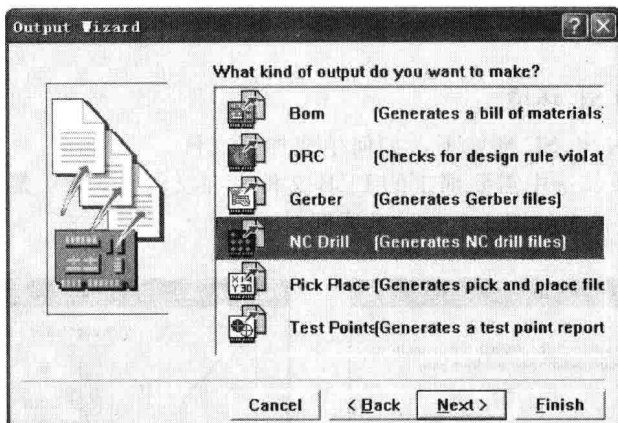


图 1-5 加工文件类型选择界面

⑦ 单击下一步，在后续数字格式设置界面中，同样设置单位为毫米，整数和小数位数为 4:4，单击“Finish”，生成钻孔文件 NC Drill Output1。

⑧ 光绘文件和钻孔文件生成后，需要把它们坐标统一 (Protel 99 SE 中默认为不统一)。因为钻孔文件的默认坐标系是 Center plots on，所以需把 Gerber 文件的坐标系改成和钻孔的一致。右键单击 Gerber output1 文件，选择属性 (Properties)，如图 1-6 所示选择高级 (Advanced) 选项卡，去掉“其他” (Other) 中的 Center plots on 选项复选框，单击“OK”即可。

⑨ sp6 的 Protel 99 SE，在 Gerber output1 的属性窗口中，在高级 (Advanced) 选项卡

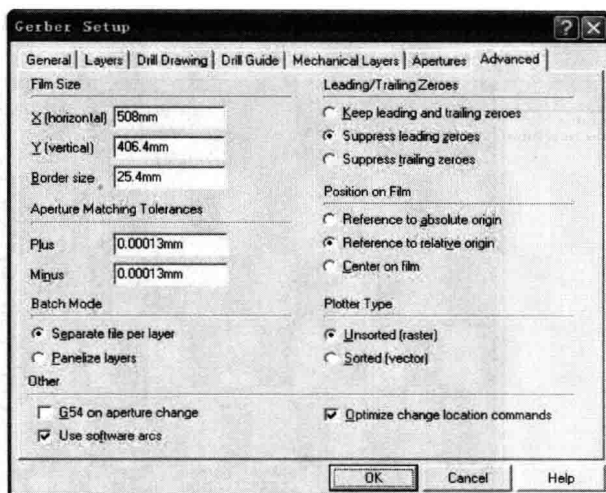


图 1-6 选择高级选项

中，选中“Reference to relative origin”，这是钻孔文件默认的坐标系。

⑩ 最后在 CAM Outputs 文件栏中，单击鼠标右键，选择生成 CAM 文件 (Generate CAM Files)，或直接按 F9，生成所有加工文件，这时，左面栏目中会出现一个 CAM 文件夹。右键点击左面栏目中的 CAM 文件夹，选择输出 (Export)，将该文件夹存放到指定位置。

注意：其他选项均采用 Protel 软件的默认设置，同 Protel DXP 2004 一样，属性 (Properties) 窗口，坐标位置 (Coordinate Positions) 项中，Gerber 文件是忽略前导零 (Suppress leading zero)，而钻孔文件是忽略后零 (Suppress trailing zero)，切勿修改此两默认项，否则会影响加工文件的正确识别。

1.1.2 Protel 99 SE 操作环境

1. 启动 Protel 99 SE

启动 Protel 99 SE 的方法非常简单，有以下两种启动方法。

① 在 Windows 桌面选择“开始”→“程序”→“Protel 99”→“Protel 99”选项，即可启动 Protel 99 SE。

② 用户可以直接双击 Windows 桌面上 Protel 99 SE 的图标来启动应用程序。

2. 进入 Protel 99 SE

显然 Protel 99 SE 的操作环境同以前版本有着本质上的区别，它不再像以前版本那样孤立地进行文件管理，而是使用大型数据库来管理文件，这在一定程度上提高了对计算机硬件的要求，且方便了用户管理。当进入 Protel 99 SE 且还没打开任何文件时，用户面对的是一个陌生的窗口，如图 1-7 所示。

在这个环境里，除了窗口右边灰色的大块区域外，左边有个 Explorer 区域，其中显示 Protel 99 SE 设计平台里的对象，在图 1-7 中由于没有打开任何设计数据库文件，这个设计平台里就不会有什么东西了。

3. Protel 99 SE 菜单栏

Protel 99 SE 菜单栏里有各种命令操作、各种参数设置、各种开关的切换等功能，包括“File”（文件）、“View”（视图）和“Help”（帮助）3 个下拉菜单。

用户可以对“File”（文件）菜单、“View”（编辑）菜单、“Help”（帮助）菜单， 按钮、 按钮和  按钮，以及窗口右上角的 、、 等窗口操作按钮进行操作，这些工具都

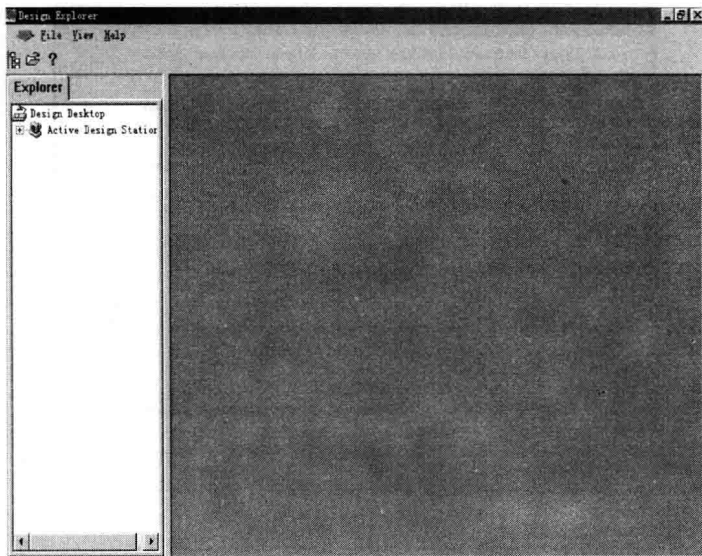


图 1-7 没打开任何文件时的操作环境

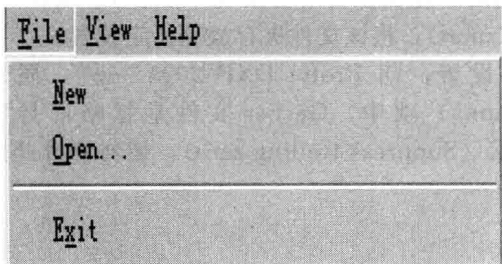


图 1-8 “File” 菜单

是当前最需要的工具，也可以从“Help”菜单中或单击  按钮获得帮助信息，程序会告诉如何操作。

首先打开文件，与文件操作相关的命令全在“File”菜单里。

(1) File 菜单

“File”菜单如图 1-8 所示。

该菜单上只有三个命令，“New”命令用于新建设计数据库文件，“Open”命令用于打开原

有的设计数据库文件，该命令与  按钮的功能完全一样；不管是新建设计数据库文件还是打开原有的设计数据库文件，都可以进入设计数据库管理环境，如图 1-9 所示。

如果要退出 Protel 99 SE，可执行“File”菜单里的“Exit”命令，或直接单击窗口右上角的  按钮。至于另外两个窗口操作按钮， 按钮的功能是将 Protel 99 SE 窗口缩小为

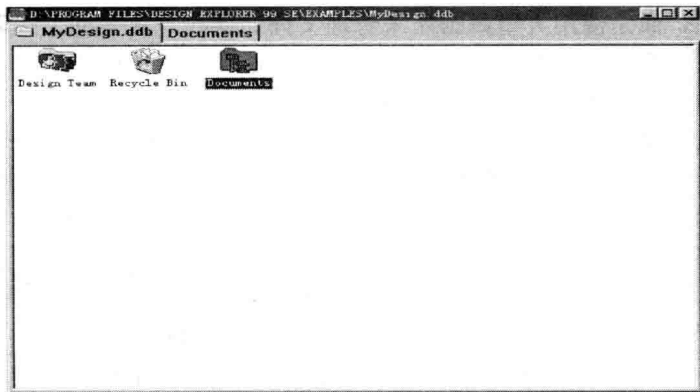


图 1-9 设计数据库管理环境

图标，而按钮的功能是将 Protel 99 SE 窗口还原为浮动的窗口。这些操作与其他 Windows 应用软件一样。

(2) View 菜单

“View”菜单是用于设计管理器、状态栏、命令行的打开与关闭，如图 1-10 所示。

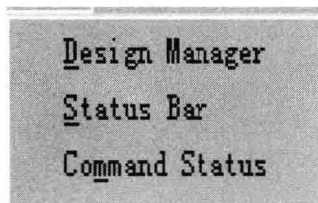


图 1-10 “View”菜单

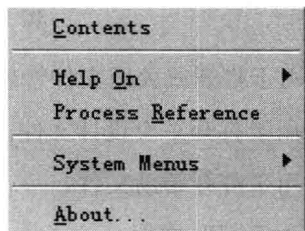


图 1-11 “Help”菜单

(3) Help 菜单

“Help”菜单用于打开帮助文件，如图 1-11 所示

4. 工具栏

Protel 99 SE 为方便原理图的绘制，提供了多种设计工具栏，不用操作菜单命令，只要轻松按动工具栏上的按钮，就可以快速方便地进行原理图设计。下面介绍原理图设计工具栏的功能与使用方法。

为了对 Protel 99 SE 原理图设计系统提供的各种工具栏有一个总体了解，现将调用工具栏的菜单命令与工具栏按钮窗口对应地摆放到平面上，如图 1-12 所示。通过该图可清楚地看到菜单命令与工具栏按钮窗口的对应关系。

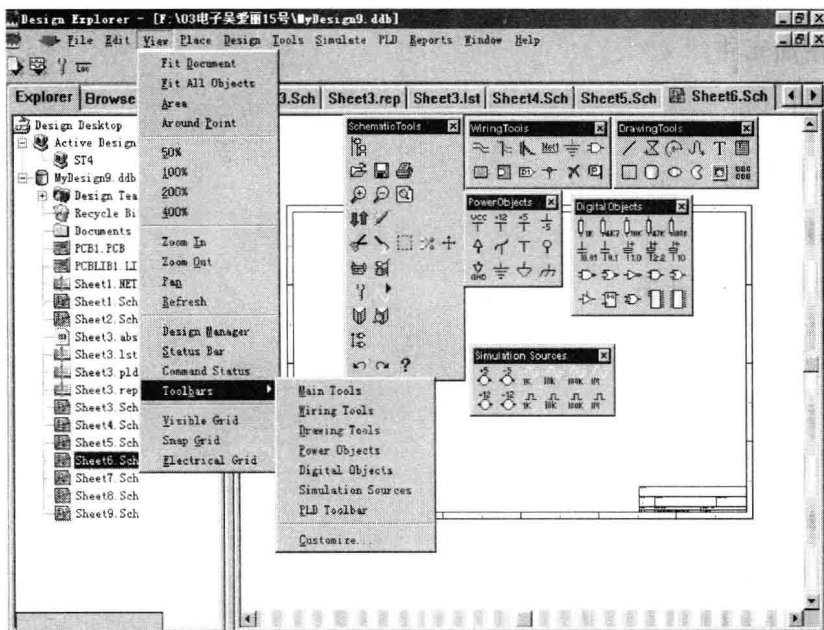


图 1-12 设计工具菜单命令与工具栏按钮窗口的对应关系

(1) “Schematic Tools”工具栏（也称“Main Tools”工具栏）

“Schematic Tools”工具栏包括绘制电路原理图过程中常用命令的按钮，如打开文件、

保存文件、打印等命令。在如图 1-12 所示的下拉菜单中,选择“Main Tools”后,在菜单栏的下方将出现一排“Schematic Tools”按钮,如图 1-13 所示。



图 1-13 “Schematic Tools”按钮

- 用于打开或关闭文件管理器。
- 用于打开一个设计文件。
- 用于打开帮助文件。
- 用于保存文件。
- 打印。
- 放大。
- 缩小。
- 整个文档显示。
- 上下层切换。
- 十字探针。
- 浏览库。
- 取消选择。
- 增加元件。
- 移动。
- 运行仿真。
- 粘贴。
- 画图工具栏开关。
- 剪切。
- 仿真设置。
- 选择。
- 连线工具栏开关。
- 元件库添加快捷键。
- 撤销快捷键。
- 恢复快捷键。

(2) “Wiring Tools” 连线工具栏

“Wiring Tools”工具栏提供了绘制原理图所需要的基本连线和端口,如“Wire”(连

线)、“Bus”(总线)、“Lab”(标号)以及“Port”(I/O端口)等,如图1-14所示。

(3) “Drawing Tools”画图工具栏

“Drawing Tools”工具栏提供了绘制原理图所需要的不具有电气特性的各种图形,如直线、曲线、多边形和文本等,如图1-15所示。

(4) “Power Objects”电源工具栏

“Power Objects”工具栏提供了一些在绘制电路原理图中常用的电源和接地符号,如+5V、+12V电源,波形输入端口,接地符号等,如图1-16所示。

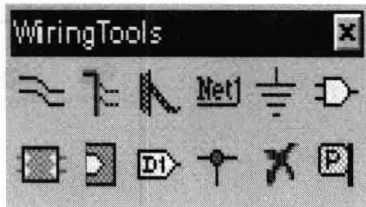


图 1-14 连线工具栏

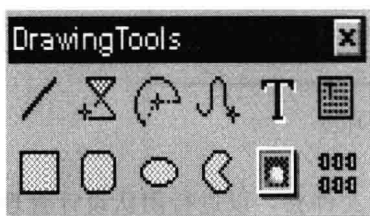


图 1-15 画图工具栏

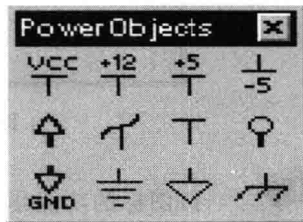


图 1-16 电源工具栏

(5) “Digital Objects”数字器件工具栏

“Digital Objects”工具栏中主要是一些常用的数字器件,如各种型号的电阻、电容、反相器、与非门等,如图1-17所示。

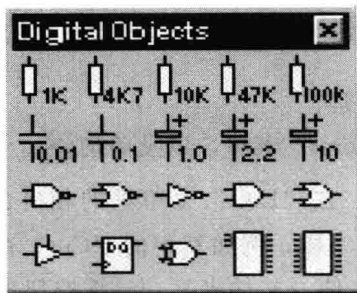


图 1-17 数字器件工具栏

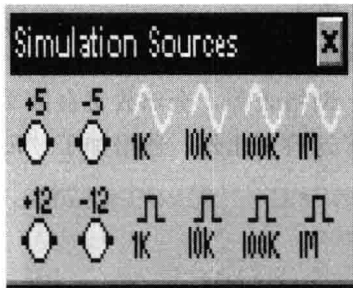


图 1-18 模拟信号源工具栏

(6) “Simulation Sources”模拟信号源工具栏

“Simulation Sources”工具栏向用户提供了各种各样的模拟信号源,包括+5V的直流电源、各种频率方波、正弦波等。此功能设置可以让用户更加方便地设计模拟电路,验证电路原理图的功能,如图1-18所示。



图 1-19 “PLD”工具栏

(7) “PLD Tools”工具栏

打开“PLD Tools”工具栏,在编辑平面上出现如图1-19所示的常用可编逻辑设计工具按钮窗口。

5. 设计数据库管理环境

如图1-20所示,当打开设计数据库后,最明显的变化是在窗口右边,原本灰色的区域里出现了一个设计数据库窗口。

以图1-20为例,其中 MyDesign1. ddb 就是一个新的设计数据库,其中包括三个图标。

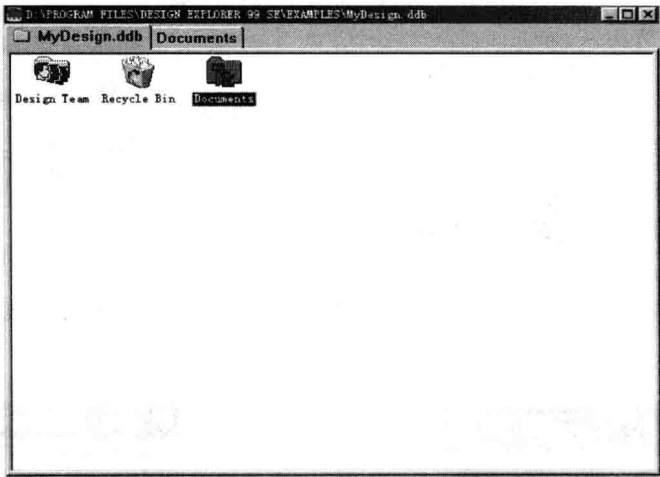


图 1-20 设计数据库管理环境

-  该图标的功能是打开团队设计管理的文件夹，以进行团队设计管理。
-  该图标的功能是打开此设计数据库的回收站，这个回收站与 Windows 的回收站类似，在该设计数据库所删除的任何文件，都会被放到该回收站里。也可以打开此回收站，选取要还原的文件，将其恢复。
-  该图标的功能是打开此设计数据库文档所处的文件夹，把所编辑的电路图、电路板、网络表等，全部放置在该文件夹中，以方便管理。

除了这些变化外，还增加了“Edit”菜单、“Windows”菜单，以及剪切、复制、

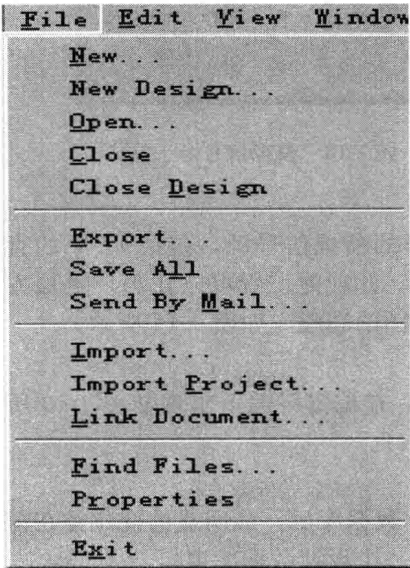


图 1-21 “File” 菜单

粘贴三个按钮。在“Edit”菜单里的相应命令，与这三个按钮的功能一样，例如其中的“Cut”命令就是要剪切所选取的文件（文件夹），与按钮的功能一样；“Copy”命令就是要复制所选取的文件（文件夹），与按钮的功能一样；“Paste”命令就是要粘贴剪贴板里的文件（文件夹），与按钮的功能一样。“Windows”菜单与一般 Windows 应用软件里的“Windows”菜单类似。在该环境中，“File”菜单中增加了不少命令，如图 1-21 所示。

下面对 File 菜单稍做介绍。

(1) New

该命令的功能是建立新文件，执行该命令后，程序将要求指定所要建立的文件的类型，屏幕出现如图 1-22 所示的对话框，选择文件类型。紧接着指定所要打开文件的类型，其中各项如下。

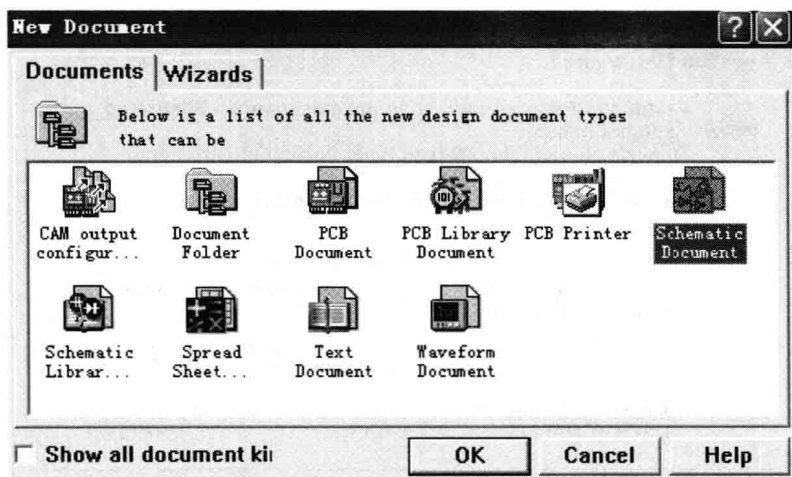


图 1-22 建立新文件对话框

-  建立新的 CAM 文件。
-  建立新的文件夹。
-  建立新的电路板文件。
-  建立新的电路板元件库文件。
-  建立一个新的电路板打印。
-  建立新的电路图文件。
-  建立新的电路图元件库文件。
-  建立新的 Protel 99 电子表格。
-  建立新的文字编辑文件。
-  建立新的波形编辑文件。

指定所要建立的文件类型后，单击 **OK** 按钮，即可产生一个新文件的图标，此时可修改该文件的名称，具体操作请看后面章节内容。

(2) New Design

该命令的功能是建立新的设计数据库，执行该命令后，屏幕出现如图 1-23 所示的对话框。

可以在“Database File Name”区域中指定所要建立的设计数据库文件的名称，如果要