



全国中等职业技术学校电工类专业通用教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUOXIAO DIANGONGLEI ZHUANYE TONGYONG JIAOCAI

电工EDA

 中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电工类专业通用教材

电工 EDA

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工 EDA/都晔凯主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

全国中等职业技术学校电工类专业通用教材

ISBN 978-7-5045-6529-7

I. 电… II. 都… III. 电子电路-电路设计:计算机辅助设计-专业学校-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128985 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 487 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价: 27.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

本书封面轧有我社社标和英文缩写的暗纹

否则即为盗版,请读者举报

举报电话: 010-64954652

前 言

为了更好地适应全国中等职业技术学校电工类专业的教学要求，劳动和社会保障部教材办公室组织全国有关学校的教师和行业专家，对中等职业技术学校电工类专业教材进行了修订（新编）工作。

这次教材修订（新编）工作的重点主要在以下几个方面。

第一，坚持以能力为本位，重视实践能力的培养，突出职业技术教育特色。根据电工类专业毕业生所从事职业的实际需要，合理确定学生应具备的能力结构与知识结构，对教材内容的深度、难度作了较大程度的调整，同时，进一步加强实践性教学内容，以满足企业对技能型人才需求。

第二，吸收和借鉴各地中等职业技术学校教学改革的成功经验，部分专业课教材的编写采用了理论知识与技能训练一体化的模式，使教材内容更加符合学生的认知规律，易于激发学生的学习兴趣。

第三，根据科学技术发展，合理更新教材内容，尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，力求使教材具有较鲜明的时代特征。同时，在教材编写过程中，严格贯彻了国家有关技术标准的要求。

第四，努力贯彻国家关于职业资格证书与学生证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，力求使教材内容涵盖有关国家职业标准（中级）的知识和技能要求。

第五，在教材编写模式方面，尽可能使用图片、实物照片或表格形式将各个知识点生动地展示出来，力求给学生营造一个更加直观的认知环境。同时，针对相关知识点，设计了很多贴近生活的导入和互动训练等，意在引导学生参与到实践中来。

第六，我们还特别注意了教辅资源的开发，除了有配套习题册和教学参考

书外，还重点开发了多媒体教学光盘、电工专业考试题组卷系统，力求为教学工作的开展构建一个更加完善的辅助平台，为教学提供方便。

这次修订（新编）的教材包括：《电工基础（第四版）》《电子技术基础（第四版）》《机械与电气识图（第二版）》《机械知识（第四版）》《电工仪表与测量（第四版）》《电机与变压器（第四版）》《安全用电（第四版）》《电工材料（第四版）》《可编程序控制器及其应用（第二版）》《电力拖动控制线路与技能训练（第四版）》《企业供电系统及运行（第四版）》《维修电工技能训练（第四版）》《电工技能训练（第四版）》《电工 EDA》。

本套教材可供中等职业技术学校电工类专业使用，也可作为职工培训教材。

本次教材的修订（新编）工作得到了北京、天津、辽宁、江苏、浙江、山东、四川、河南、广东等省、直辖市劳动和社会保障厅（局）及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

《电工 EDA》的主要内容有：初识 Protel DXP 2004、走进 Protel DXP 2004、简单电路原理图的绘制、机床电气线路原理图的绘制、复杂电子线路原理图的绘制、层次原理图的绘制、印制电路板的设计基础、人工布线单面板的制作、人工布线双面板的制作、自动布线制作 PCB 板、具有自建元件封装的 PCB 制作。

本书由都晔凯、恽文卫编写，都晔凯主编。

劳动和社会保障部教材办公室

2007 年 3 月

目 录

第一篇 Protel DXP 2004 入门

第一章	初识 Protel DXP 2004	(1)
第二章	走进 Protel DXP 2004	(7)

第二篇 电路原理图设计

第三章	简单电路原理图的绘制	(28)
第四章	机床电气线路原理图的绘制	(83)
第五章	复杂电子线路原理图的绘制	(127)
第六章	层次原理图的绘制	(165)

第三篇 印制电路板设计

第七章	印制电路板的设计基础	(191)
第八章	人工布线单面板的制作	(205)
第九章	人工布线双面板的制作	(232)
第十章	自动布线制作 PCB 板	(251)
第十一章	具有自建元件封装的 PCB 制作	(291)

第一篇 Protel DXP 2004 入门

第一章 初识 Protel DXP 2004

学习要点

- Protel DXP 2004 的发展历史。
- Protel DXP 2004 的特点。
- Protel DXP 2004 的安装和卸载。

任务及基础知识

一、任务及分析

本课题的主要任务是了解 Protel DXP 2004 软件的发展历程、特点，以及如何在计算机上安装该软件。

二、基础知识

1. Protel DXP 2004 的发展历程

随着计算机技术的不断发展，电子设计自动化（EDA）技术已经应用到了各行各业。以设计电路原理图（SCH：Schematic）和印制电路板（PCB：Print Circuit Board）为目标的 EDA 软件，以其惊人的速度在不断地更新换代。目前，比较流行的此类软件有 Protel，Orcad，Viewlogic，PowerPCB 等，其中 Protel 是当今世界最先进，应用最广泛的 EDA 软件之一。

Protel 软件主要经历了以下的发展历程：

- 20 世纪 80 年代末，随着计算机技术不断应用到各个领域以及电子技术的发展，传统的手工设计和制作印制电路板的方式显得越来越难以适应形式的发展。在这种背景下，1988 年，美国 ACCEL Technologies 公司最先推出了 Protel 的前身 TANGO 软件包，开创了电子设计自动化的先河，它考虑了当时电子设计人员的需求，效果是令人满意的。随后 Protel Technologies 公司又及时推出了 Protel for DOS 软件包作为 TANGO 的升级版本。

- 进入 20 世纪 90 年代以后，随着个人微型计算机硬件性能的提高和 Windows 操作系统的推出，Protel Technologies 公司推出了 Protel for Windows 1.0 版，这是世界上第一款基于 Windows 操作系统的 PCB 设计软件。

- 1994 年 Protel Technologies 公司首创了 EDA Client/Server 体系结构，实现了各种 EDA 工具的无缝链接，随后又陆续推出了 Protel for Windows 2.0、Protel for Windows 3.0 版本。

- 1996 年底, Protel Technologies 公司推出了 EDA Client 的第三代 Protel 版本。
- 1998 年, Protel Technologies 公司推出了 Protel 98, 随后经过引进 MicroCode Engineering 公司的仿真技术和 IncaSEs Engineering GmbH 公司的信号完整性分析技术, 于 1999 年正式推出了 Protel 99。
- 2000 年, Protel Technologies 公司兼并了美国著名的 EDA 公司 ACCEL, 随后推出了 Protel 99SE。
- 2001 年, Protel Technologies 公司更名为 Altium 公司, 并于 2002 年推出了 Protel DXP。
- 2004 年, Altium 公司推出了 Protel DXP 2004。
- 2006 年, Altium 公司推出了 Protel DXP 2004 的升级版本 Altium Designer 6.0。

2. Protel DXP 2004 的特点

Protel DXP 2004 是 Altium 公司于 2004 年推出的, 它是一款基于 Windows NT/XP 的全 32 位板级电路设计系统。该软件采用了全新的设计管理器 (Design Explorer), 为用户提供了一个集原理图设计、PCB 电路板设计、电路仿真、信号完整性分析和逻辑电路设计等功能为一体的工作平台, 使用户能在简洁明快的环境里轻松地完成电子线路设计的全过程。

Protel DXP 2004 的主要特点如下。

(1) 软件设计环境人性化

- 高度集成的设计环境

Protel DXP 2004 构建在 Altium 的 Design Explorer 集成平台上。该平台允许 Protel DXP 2004 系统的各个功能模块在一起交互工作, 各种设计工具之间无缝集成, 同步化程度高, 操作界面采用 Windows 风格, 界面统一, 更易操作。

- 可定制的操作环境

Protel DXP 2004 为用户提供了个性化的操作环境设置方案。具体表现在: 工作面板的固定、浮动或自动隐藏模式设置; 工具条的拖动及浮动方式显示; 自行设定、修改、添加和删除菜单命令、工具按钮; 支持双层显示器设置等。

- 人性化的过滤功能

在原理图编辑和 PCB 编辑时, 通过 Protel DXP 2004 提供的过滤功能, 当选中图中的某个对象时, 未被选中的部分会变成半透明显示。这样, 用户可更清晰地看到选中的对象, 效果如图 1—1 所示。

(2) 灵活的文件管理模式

Protel DXP 2004 软件提供了三种文件管理模式: 将各文件存入单一数据库文件, 即 Protel 99SE 的 ddb 文件; 一般的单一文件形式, 即不需要数据管理系统 (ODBC) 即可存取该文件; 混合模式, 即在数据库外另存为独立的 Windows 文件。

(3) 完善的集成元件库

Protel DXP 2004 的元件库包括集成元件库 (Integrated Library)、原理图元件库 (Schematic Library)、PCB 封装库 (PCB Footprint Library) 和 PCB3D 库。

在集成元件库中采用了整合式的元件, 在一个元件里连接了元件符号 (Symbol)、元件封装 (Footprint)、SPICE 元件模型 (电路仿真使用)、SI 元件模型 (信号完整性分析使

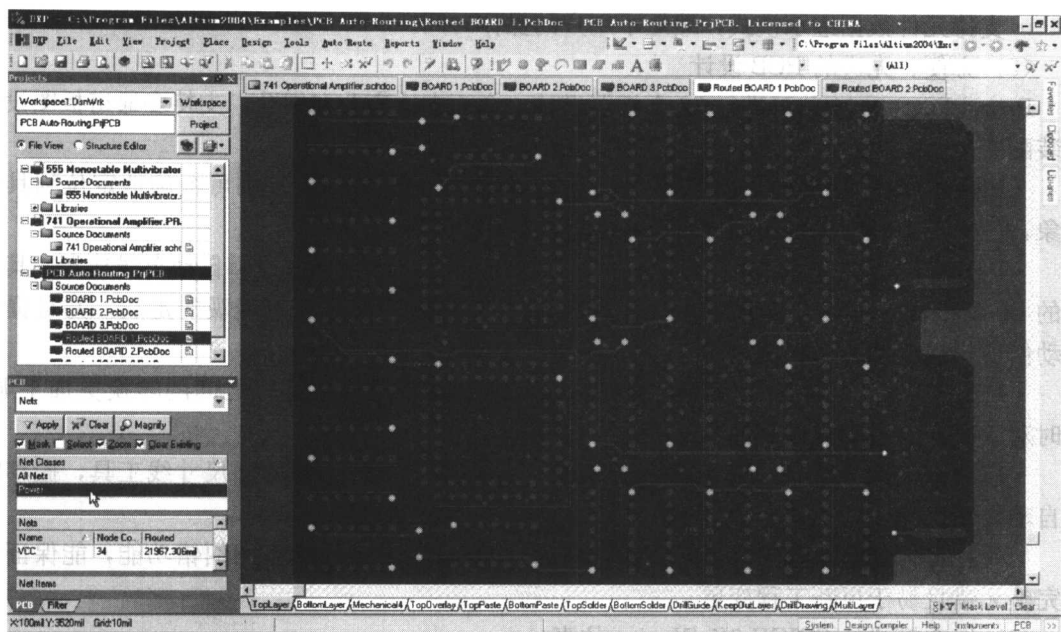


图 1—1 过滤效果显示图

用)，如图 1—2 所示，集成库保证了用户在需要的时候能够获取各种元件模型数据。此外，Protel DXP 2004 还提供了强大的库元件查询功能，并且支持以前低版本的元件库，能向下兼容。

(4) 增强的原理图编辑环境

Protel DXP 2004 中的原理图编辑器除了沿袭低版本的基本功能和优点外，更是在操作环境的功能和人性化等方面作了许多改进，例如：

- 支持层次原理图设计，对原理图的数量和层次数没有限制，并且同步功能更加完善。
- 支持重复式设计，对相同的电路图只要设计一次，即可多次使用该电路图。
- 支持错误实时提示功能，能实时在错误位置显示提示符号，提示错误位置及内容。
- 支持线段动态（Highlight）功能。
- 支持在原理图编辑模式下的 PCB 设计规则功能。
- 支持淡化（Dim）模式。
- 支持实时对象提示信息小窗口，使用户能快速浏览该对象。
- 支持线段切除功能。
- 支持自动走线功能，提供了更多的走线模式。

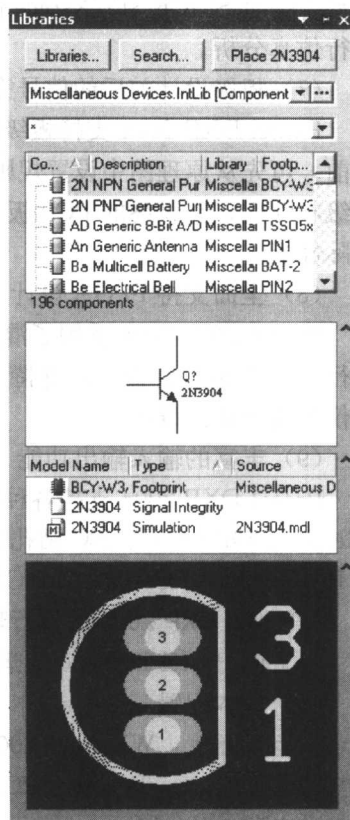


图 1—2 集成元件库

- 支持元件数据继承模式，缩短了用户的操作时间。

(5) 方便、先进的 PCB 设计

Protel DXP 2004 共可进行 72 个板层设计，全面支持盲孔和埋孔，支持多通道板图设计和装配变量。

- Protel DXP 2004 的 PCB 设计中，可定义 49 类设计规则，规则可精确地定位到具体对象，使用户对板图设计的全部细节都能充分控制。

- Protel DXP 2004 采用了 Alitium 公司的新一代 Situs 拓扑式逻辑自动布线技术，其内建的 BGA 布线策略对于高密度阶梯式 BGA 元件提供快速、具有审美观的走线，并且提供自动修剪焊点连接线的功能。

- Protel DXP 2004 强化了设计验证功能，使得电路图与电路板之间的转换更加平顺，同时对于交互参考的操作更加容易。

- Protel DXP 2004 支持圆弧形板框外形，并提供了一组超强的画尺寸线工具，搬移时能自动修正尺寸。

- 用户可自定义原理图和 PCB 之间的双向同步设计方式和强大的纠错功能，能保证设计完整无错且易于更新工程变更。

(6) 混合模式的 SPICE 3f5/Xspice 仿真

Protel DXP 2004 提供了强大的混合信号仿真功能。用户可以直接从原理图编辑环境运行混合信号 SPICE 3f5/Xspice 仿真，无需将文件输出到其他模块中进行，并且可以完整地进行仿真分析。

(7) 板级设计前后的信号完整性分析

Protel DXP 2004 支持板级设计前后的信号完整性分析功能。在实际的板图设计布局布线前，可先从原理图中设置规则，进行阻抗、反射仿真，以尽早发现潜在的板级设计缺陷。板级布线后，在最终的 PCB 板上可进行完整的阻抗、信号反射和串扰分析，以检查设计的实际性能。

(8) 全面支持 FPGA 设计

Protel DXP 2004 采用了混合的原理图/VHDL 设计技术。可直接在原理图编辑环境中进行 FPGA 的设计输入，支持 Xilinx 和 Altera 的器件库和各种宏单元的定义，并提供了虚拟仪器用于调试设计。

(9) 丰富的输入输出功能

Protel DXP 2004 支持各种文件格式的输出，包括：原理图、PCB 文件、各类结构文件 (GerBer、ODB++、NC 钻孔文件)、各类 Protel 网表文件、材料报表清单和仿真文件。支持 P-CAD、ORCAD、AutoCAD、PADS 等软件文档的导入和导出。

3. Protel DXP 2004 的运行环境

为了使 Protel DXP 2004 运行时能获得最佳效能，对用户的计算机要求如下：

(1) 基本配置

- 运行环境：Windows 2000 Professional
- CPU 主频：Pentium PC, 500 MHz
- 内存：128 MB
- 硬盘空间：620 MB

- 显存: 8 MB
- 显示器: 分辨率 1 024×768, 16 bit 色。

(2) 建议配置

- 运行环境: Windows XP
- CPU 主频: Pentium PC, 1.2 GHz 以上
- 内存: 512 MB
- 硬盘空间: 620 MB
- 显存: 32 MB
- 显示器: 分辨率 1 280×1 024, 32 bit 色。

任务实现

一、Protel DXP 2004 软件的安装

Protel DXP 2004 的安装方法和多数 Windows 应用程序的安装方法相类似, 只要执行安装程序中的 Setup.exe 文件, 然后根据安装向导的提示逐步做下去即可。具体步骤如下。

1. 将光盘放入 CD-ROM 中, 双击安装程序中的 Setup.exe 文件, 系统将弹出如图 1—3 所示的 Protel DXP 2004 安装向导界面。



图 1—3 安装向导界面

2. 单击 **Next >** (下一步) 按钮进入下一步, 此界面要求用户接受软件的使用许可协议。选中 ☒ **I accept the license agreement** (我接受使用许可协议) 选项, 然后单击 **Next >** 按钮进入安装向导的下一步。

3. 在如图 1—4 所示的用户使用权限对话框中, 输入用户姓名和单位信息, 选中 ☒ **Anyone who uses this computer** (计算机的所有用户) 选项, 然后单击 **Next >** 按钮。

4. 选择安装路径，安装结束后，安装向导将出现安装成功的提示信息，单击

Finish

(结束) 按钮即完成安装。

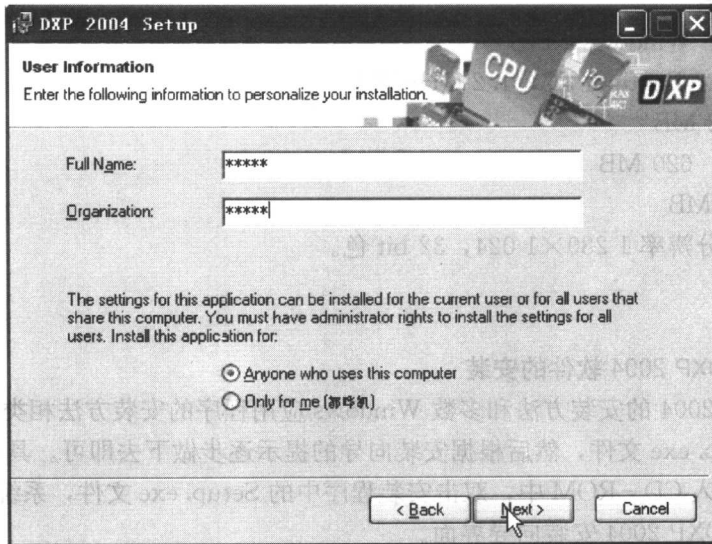


图 1—4 用户使用权限界面

第二章 走进 Protel DXP 2004

学习要点

- Protel DXP 2004 的启动方法。
- Protel DXP 2004 的设计环境。
- Protel DXP 2004 的常用环境参数的设置方法。
- Protel DXP 2004 的文件管理模式。
- 系统的个性化定义的方法。

任务及分析

本课题的主要任务是通过对软件的设计环境、环境参数的设置，文件的管理及设计环境个性化定义等操作的介绍，使用户对 Protel DXP 2004 软件有进一步的了解。

任务实现

一、Protel DXP 2004 设计环境

启动 Protel DXP 2004，进入 Protel DXP 2004 的工作界面，如图 2—1 所示。

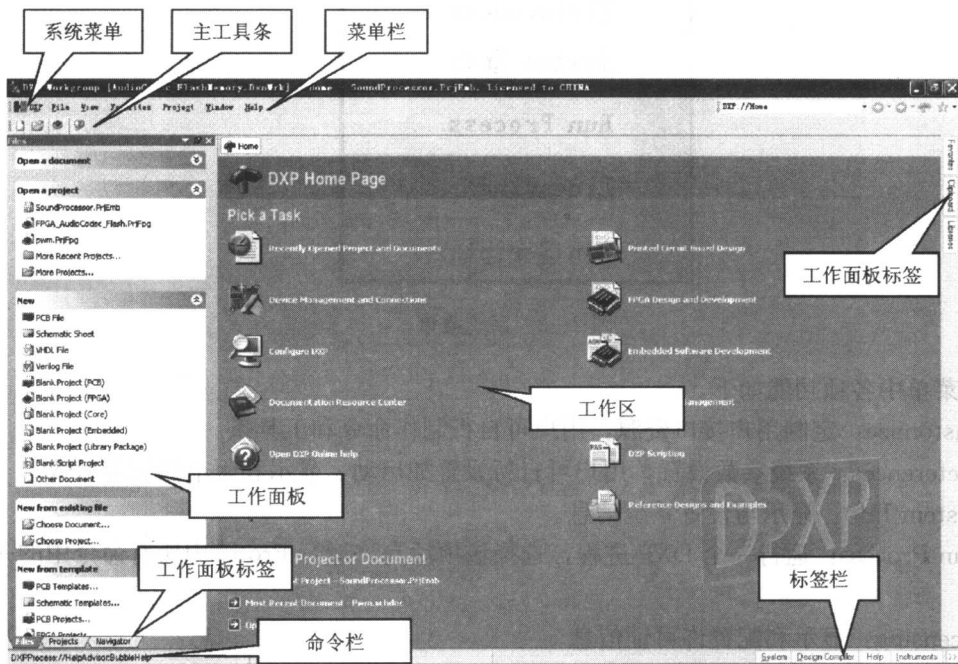


图 2-4 P

图 2—1 Protel DXP 2004 工作界面

在界面中，主窗口工作区列出了当前最常用的功能。工作面板可以显示文件、项目等诸多信息。为了方便用户操作，Protel DXP 2004 提供了资源个性化功能，允许用户根据自己的爱好和习惯来定制菜单和命令。Protel DXP 2004 的这些特点极大地方便了用户操作，提高了软件操作的人性化和工作效率。下面将进一步介绍 Protel DXP 2004 主界面的各个部分的功能。

1. 菜单栏

同多数 Windows 程序一样，Protel DXP 2004 的菜单栏也位于窗口的上方，在没有打开任何编辑器时，菜单栏包括 DXP（系统菜单）、File（文件）、View（查看）、Favorites（收藏）、Project（项目管理）、Window（视窗）、Help（帮助）六个下拉菜单，如图 2—5 所示。

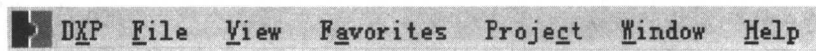


图 2—2 Protel DXP 2004 菜单栏

(1) 系统菜单

系统菜单主要用于查看系统信息，设置系统参数。单击菜单栏中的  DXP 图标打开系统菜单，如图 2—3 所示。

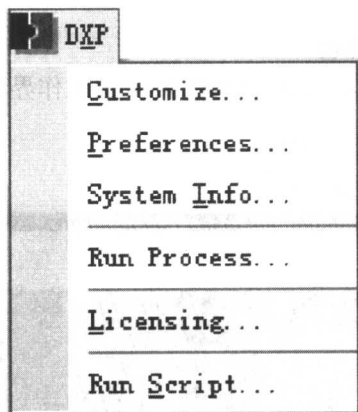


图 2—3 系统菜单

系统菜单中各项功能如下。

- Customize：定制用户接口资源，用户可自行制作命令和工具条。
- Preferences：系统参数设置，用户可自行设置如启动、显示和版本控制等参数。
- System Info：显示与设置系统信息。
- Run Process：运行一个 DXP 进程，选择该项后允许运行 Protel 中所有命令中的一个命令。
- Licensing：显示和配置许可证信息。
- Run Script：执行 DXP 脚本。

(2) File 菜单

File 菜单主要用于文件的新建、打开、保存，如图 2—4 所示。

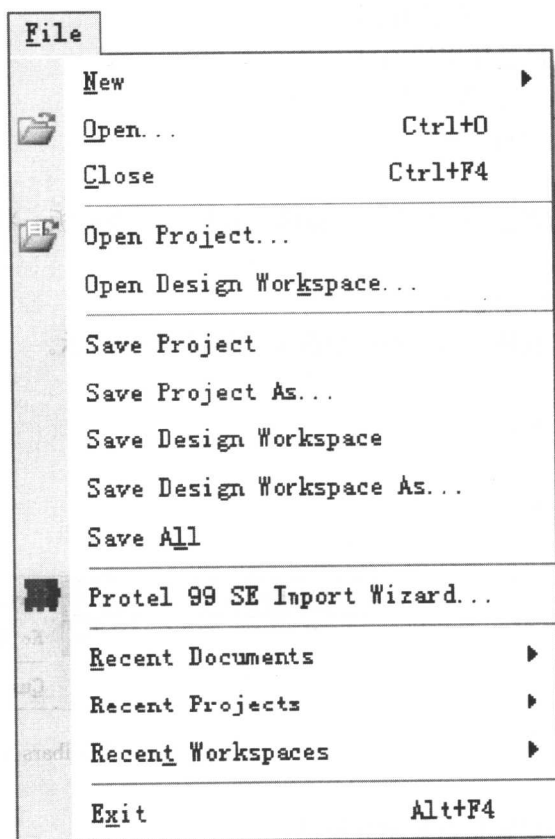


图 2—4 File 菜单

File 菜单中各项功能如下。

• New: 新建一个文件。单击该选项可以新建原理图文件 (Schematic)、VHDL 文件 (VHDL Document)、PCB 文件、原理图库文件 (Schematic Library)、PCB 库文件 (PCB Library)、PCB 项目文件 (PCB Project)、FPGA 项目文件 (FPGA Project)、集成库文件 (Integrated Library)、嵌入式项目文件 (Embedded Project)、文本文件 (Text Document)、CAM 文件 (CAM Document)。

- Open: 打开已经存在的, Protel DXP 2004 能识别的文件。
- Close: 关闭主窗口工作区窗口当前内容。
- Open Project: 打开一个已存在的工程。
- Open Design Workspace: 打开设计主窗口工作区。
- Save Project: 保存当前项目。
- Save Project As: 将当前项目文件换名保存。
- Save Design Workspace: 保存当前设计工作区。
- Save Design Workspace As: 将当前设计工作区换名保存。
- Save All: 保存所有打开文件。
- Protel 99 SE Import Wizard: Protel 99 SE 格式文件导入向导器。

- Recent Documents: 最近使用的文档。
- Recent Projects: 最近使用的项目。
- Recent Workspaces: 最近使用的设计工作区。
- Exit: 退出 Protel DXP 2004。

(3) View 菜单

View 菜单主要用来设置窗口的外观, 包括工具栏、工作面板、状态栏、命令栏等区域的显示, 如图 2—5 所示。

View 菜单中各选项的功能如下。

- Toolbars: 控制工具栏。其中有三个选项, 如图 2—6 所示。

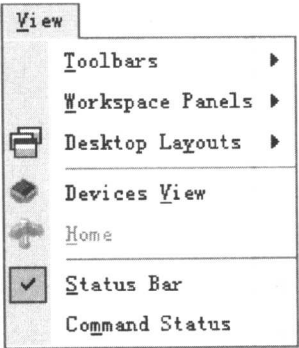


图 2—5 View 菜单

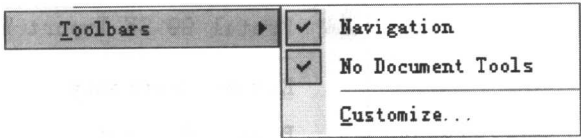


图 2—6 Toolbars 菜单

- ☒ **Navigation**: 设置是否显示导航器。
- ☒ **No Document Tools**: 设置是否显示文件工具。
- ☐ **Customize...**: 定制用户接口资源。

- Workspace Panels: 设置是否显示各个主窗口工作区面板。
- Desktop Layouts: 设置显示 Protel DXP 2004 的桌面布局方式。
- Devices View: 设置是否显示器件视图。
- Status Bar: 设置是否显示状态栏。
- Command Status: 设置是否显示命令栏。

(4) Favorites 菜单

Favorites 菜单 (见图 2—7) 主要用来收藏和组织经常要访问的菜单或功能页面的快捷方式, 通过这些快捷方式, 用户可方便快捷地找到所需的内容。

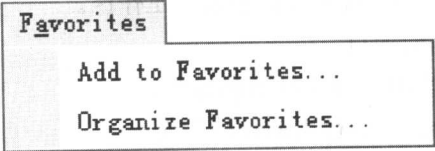


图 2—7 Favorites 菜单

Favorites 菜单的各选项功能如下。

- Add to Favorites: 用来选择将哪些所需页面加入到收藏夹。
- Organize Favorites: 用来整理收藏夹中的内容, 包括, 文件分类、创建新内容、编辑、删除等。

(5) Project 菜单

Project 菜单主要用于对项目的操作, 包括对项目的编译、比较、分析和版本控制等。在未打开项目时, 仅有四个菜单项有效 (无效菜单项以灰色显示), 如图 2—8 所示。

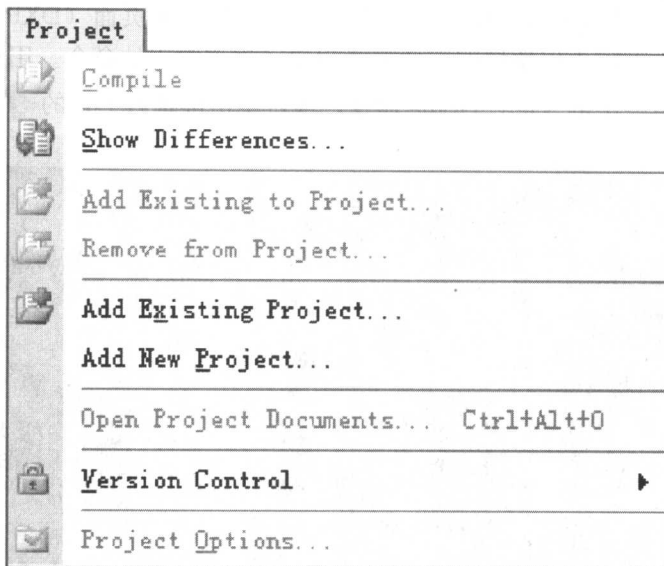


图 2—8 Project 菜单

Project 菜单的各选项功能如下。

- Show Differences: 比较显示。
- Add Existing Project: 添加一个存在的项目。
- Add New Project: 添加一个新项目。
- Version Control: 版本控制。

(6) Window 菜单

Window 菜单主要用于对窗口的管理, 如图 2—9 所示。

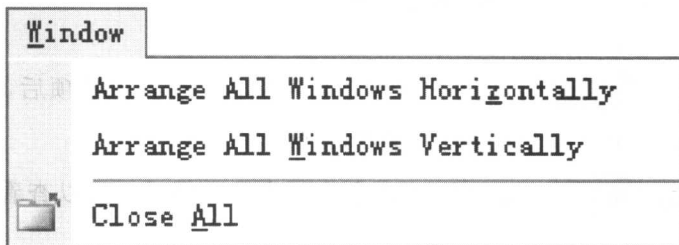


图 2—9 Window 菜单