

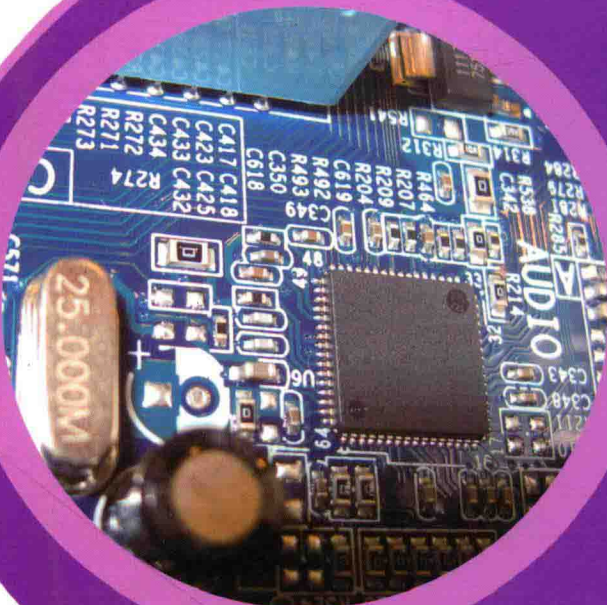
EDA JISHU XIANGMU JIAOCHENG



21 世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

EDA技术项目教程

主 编 樊辉娜
副主编 唐燕影 程 珊



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

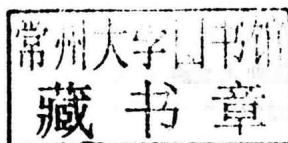
21 世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

EDA 技术项目教程

主 编 樊辉娜

副主编 唐燕影 程 珊



北京邮电大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书根据高等职业学院电子设计自动化课程的教学基本要求,以实施“项目教学”、注重“工作过程”为教学方式,依据高职 EDA 教学中的教学实践经验编写。

本书通过六大项目实例,阐述 EDA 技术在电子设计中的应用。本着项目教学在“学中做,做中学”的宗旨,把理论知识融入到项目工程的操作中去学,让学习目的更加明确、知识的应用能力更加突出。本书内容通俗易懂,叙述深入浅出,注重理论联系实际,突出应用研究能力的培养。

本书可以作为高职院校电类等相关专业课程的教材,也可供相关专业技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术项目教程 / 樊辉娜主编. --北京:北京邮电大学出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5635-4266-6

I. ①E… II. ①樊… III. ①电子电路—电路设计—计算机辅助设计—高等职业教育—教材
IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 303815 号

书 名: EDA 技术项目教程

主 编: 樊辉娜

责任编辑: 彭 楠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 386 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4266-6

定 价: 32.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

近年来职业教育飞速发展,已为社会培养了大批的高技能实用型人才。21 世纪是信息经济时代,掌握最先进的信息技术是把握时代经济命脉、国家繁荣富强的重要标志。这也为高职教育确定了发展的方向,即培养“以市场为导向,以能力为本位”的创新型高技能人才。在电子技术领域,科技的发展、技术的更新表现在:以微电子技术为基础、以计算机技术为载体、以软件技术为核心的 EDA 技术飞速发展,改变了传统电子系统的结构和设计开发方法。这也对 21 世纪新一代电子技术人员提出了新的要求。他们既必须具备坚实的电子技术理论基础,又必须掌握先进的电子系统设计技术和方法——EDA 技术,具备开发电子系统的综合设计能力和创新能力。

项目教学法是以学生的自主性、探索性学习为基础,采用类似科学研究及实践的方法,促进学生主动积极发展的一种新型的教学方法。在教学活动中,教师将需要解决的问题或需要完成的任务以项目的形式交给学生,在教师的指导下,以小组工作方式,由学生自己按照实际工作的完整程序,共同制订计划,共同或分工完成整个项目。在项目教学中,学习过程成为一个人人参与的创造实践活动,注重的不是最终的结果,而是完成项目的过程。学生在项目实践过程中,理解和把握课程要求的知识和技能,体验创新的艰辛与乐趣,培养分析问题和解决问题的能力、团队精神和合作能力等。

本书突出工程实践应用能力,以新技术、新知识和新工艺为重点,以“项目工程”为载体展开叙述,将理论知识融入每个项目的实施和任务的执行中,并逐步总结出一般的方法,做到完成一个任务让学生掌握一个知识点,在内容上做到深入浅出,便于学生理解和掌握。在编写的过程中,作者融入了多年的教学经验和教改研究成果,选用经典实例,注重实用性和操作性,为学习者提供了一种快速有效的入门工具和一个有效的工作平台。本书共分为 3 篇:第 1 篇(项目 1、项目 2),介绍 Protel DXP 的应用及印制电路板的设计与制作;第 2 篇(项目 3、项目 4),介绍 Multisim 2001 软件应用及电路仿真设计;第 3 篇(项目 5、项目 6),介绍 Quartus II 软件应用及 VHDL 语言电路设计。本书通过 6 个项目将 Protel DXP、Multisim 2001、Quartus II 这三种最常用的 EDA 工具,在书中作了系统介绍,并引导读者通过实际电子设计项目,学习 EDA 技术在电子设计中的应用,力争使读者通过本书的学习,掌握最基本的 EDA 技能,为以后走上工作岗位打下坚实的基础。

参与教材的编写、调试工作的老师具有丰富的教学实践经验,本书由江西机电职业

技术学院的樊辉娜任主编,唐燕影和程珊任副主编。在编写任务分配上,唐燕影编写了第 1 篇(项目 1、项目 2),程珊编写了第 2 篇(项目 3、项目 4),樊辉娜编写了第 3 篇(项目 5、项目 6),并负责全书统稿工作。

在教学安排上,本课程可集中在 1 个学期授课,也可以分成 2~3 个学期授课,本课程参考学时为 120 小时,建议授课学时为 40 小时,上机学时为 80 小时。

由于时间仓促,书中难免存在不妥之处,敬请读者指正,并提出修改意见。

编 者

目 录

第 1 篇 Protel DXP 应用与印制电路板设计	1
Protel DXP 软件概述	1
项目 1 电源电路的原理图设计与制板	9
任务 1-1 Protel DXP 文件管理	9
任务 1-2 Protel DXP 原理图设计环境的设置	14
任务 1-3 Protel DXP 的原理图绘制	21
任务 1-4 生成原理图报表及打印原理图	33
任务 1-5 元件符号的制作与建立元件库	41
任务 1-6 元件封装制作与建立封装库	55
任务 1-7 印制电路板的设计	64
项目 2 四端口串行接口层次电路的设计	86
任务 2-1 四端口串行接口电路的层次原理图	86
习题	97
第 2 篇 Multisim 2001 设计仿真	100
Multisim 2001 软件概述	100
项目 3 直流稳压源与放大电路的设计仿真	107
任务 3-1 直流稳压电源的设计与仿真	107
任务 3-2 单管放大电路的仿真	115
项目 4 数字钟的设计与仿真	124
任务 4-1 六十与二十四进制计数器的设计与仿真(用芯片 74160 实现)	124
任务 4-2 数字钟的设计与仿真	131
习题	137
第 3 篇 Quartus II 软件应用及 VHDL 语言设计	140
FPGA/CPLD 简介	140
VHDL 语言	147
项目 5 基于 VHDL 语言的数字钟的设计	160

任务 5-1 原理图输入设计法——一位全加器的设计	160
任务 5-2 VHDL 文本输入设计法——计数器分频器的时序设计	167
任务 5-3 7 段数码显示译码器设计及动态扫描显示电路的 VHDL 设计	180
任务 5-4 层次设计法实现系统级电路设计	185
任务 5-5 数字钟的总体设计	192
项目 6 基于状态机的 8 路彩灯控制器	203
任务 6-1 基于状态机的 8 路彩灯花型循环控制模块的设计	203
任务 6-2 基于状态机的 8 路彩灯 VHDL 总体设计	216
习题	223
附录 1 VHDL 设计常用程序	224
1-1 门电路的程序设计	224
1-2 常用组合电路的设计	227
1-3 时序逻辑电路的程序设计	231
附录 2 Protel DXP 元件库集锦	237
绘图员级考试大纲	239
参考文献	241

第 1 篇 Protel DXP 应用与印制电路板设计

Protel DXP 软件概述

一、Protel DXP 软件概述

Protel DXP 是 Altium 公司新一代电路图辅助设计与绘制软件,它具有原理图设计、印制电路板设计、无网格布线、电路图混合仿真和 PCB 信号完整性分析等功能。它主要由原理图设计系统(Schematic)、印制电路板设计(PCB)、现场可编程门阵列电路设计(FPGA)、硬件描述语言(VHDL)设计编译模块等组成。

Protel 产品最早出现在 1985 年,进入 20 世纪 90 年代后,Altium 公司相继推出了 Protel 98、Protel 99 以及 Protel 99 SE 等产品。在 2002 年,Altium 公司又推出了 Protel DXP,该版本在功能和规模上都比 Protel 99 SE 有了更大的飞跃。

二、Protel DXP 用户界面

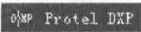
双击“Protel DXP”的程序图标“”，即可进入 Protel DXP 的管理器设计环境,如图 1 所示,所有功能都是从这个环境启动的。



图 1 Protel DXP 初始界面

Protel DXP 的设计管理器窗口类似于 Windows 的资源管理器窗口,设有主菜单、主工具栏,左边为文件工作面板,右边对应的是主工作面板,最下面是状态条。

Protel DXP 的设计管理器中分成如下几个选项。

1. Pick a task 选项区域

- Create a new Board Level Design Project:新建一项板级设计项目。Protel DXP 以设计项目为中心,一个设计项目中可以包含各种设计文件,如原理图 SCH 文件、电路图 PCB 文件及各种报表,多个设计项目可以构成一个 Project Group (设计项目组)。因此,项目是 Protel DXP 工作的核心,所有设计工作均是以项目来展开的。
- Create a new FPGA Design Project:新建一项 FPGA 项目设计。
- Create a new integrated Library Package:新建一个集成库。
- Display System Information:显示系统的信息。显示当前所安装的各项软件服务器,若安装了某项服务器,则能提供该项软件功能,如 SCH 服务器,用于原理图的编辑、设计、修改和生成零件封装等。
- Customize Resources:自定义资源。
- Configure License:配置使用许可证。

2. or open a project or document 选项区域

- Open a project or document:打开一项设计项目或者设计档。
- Most recent project:列出最近使用过的项目名称。单击选项,可以直接调出该项目进行编辑。
- Most recent document:列出最近使用过的设计文件名称。

3. or get help 选项区域

- DXP Online help:在线帮助。
- DXP Learning Guides:学习向导。
- DXP Help Advisor: DXP 帮助指南。
- DXP Knowledge Base:知识库。

Protel DXP 的文件管理一般是先建立一个项目,然后在项目中包含其他相关目标文件,包括 Schematic、PCB、FPGA、VHDL 以及相关的库(Library)文件。表 1 为 Protel DXP 的文件后缀名所对应的文件对象。

表 1 Protel DXP 设计文档扩展名

文件后缀名	文件对象	文件后缀名	文件对象
. SchDoc	原理图文件	. SchLib	原理图的库文件
. Vhd	VHDL 设计文件	. PcbLib	印制板的库文件
. PcbDoc	印制板文件	. Cam	辅助制造工艺文件
. PrjPCB	板级设计项目文件	. Txt	纯文本文件
. PrjFpg	FPGA 设计项目文件	. LibPkg	集成库项目文件

在 Protel DXP 的设计环境下,如图 2 所示,执行菜单命令“File”/“New”/“PCB Project”,就可创建一个新的 PCB 项目,如图 3 所示。

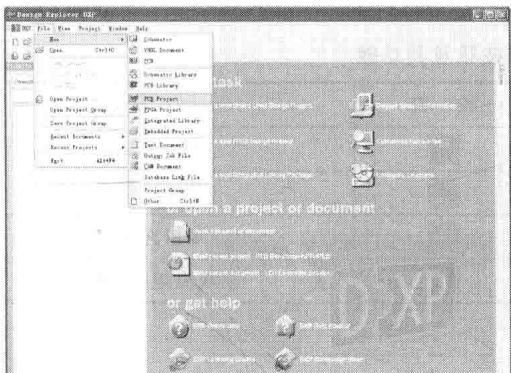


图 2 Protel DXP 菜单

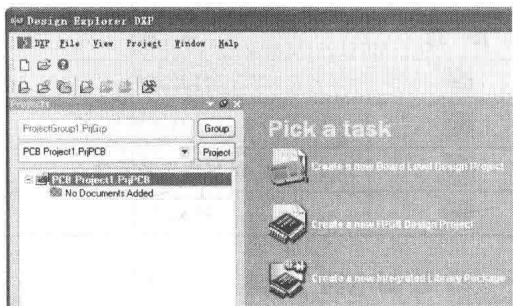


图 3 新建的项目

在如图 3 所示的项目管理器中,执行菜单命令“File”/“New”/“Schematic”,就可以直接在当前项目中添加一个新的原理图文档,如图 4 所示。

在如图 3 所示的项目管理器中,执行菜单命令“File”/“New”/“PCB”,就可以直接在当前项目中添加一个新的 PCB 文档,如图 5 所示。

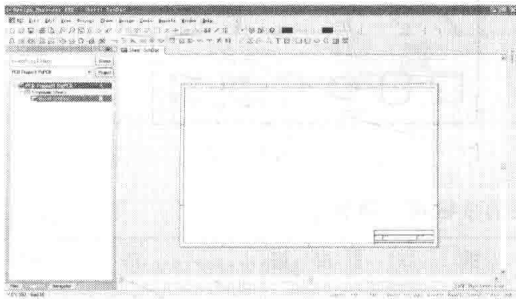


图 4 新的原理图文件

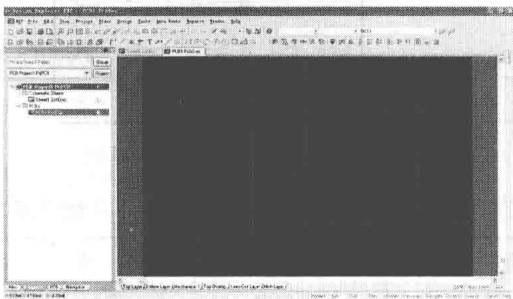


图 5 新的 PCB 文件

三、Protel DXP 各编辑器的常用工具栏

1. 原理图编辑器的常用工具栏

(1) 主菜单

包含所有功能性命令:文件(File)、编辑(Edit)、视图(View)、项目管理(Project)、放置(Place)、设计(Design)、工具(Tools)、报表(Reports)、窗口(Window)、帮助(Help)。如图 6 所示。



图 6 主菜单

(2) 主工具栏

包含常用工具按钮,如图 7 所示。



图 7 主工具栏

主工具栏常用工具按钮的功能如表 2 所示。

表 2 主工具栏常用按钮及其功能

按 钮	功 能	按 钮	功 能
	打开文件		保存文件
	显示整张图纸		剪切元件
	区域内选择元件		取消选择
	移动元件		层次原理图切换

(3) 绘制电路工具栏

该工具栏提供了绘制原理图所需要的基本连线和端口,如图 8 所示。表 3 列出了绘制电路工具栏中各个按钮的功能。

(4) 绘图工具栏

该工具栏提供了绘制原理图所需要的不具电气性能的各种图形,如图 9 所示。表 4 列出了绘图工具栏中各个按钮的功能。

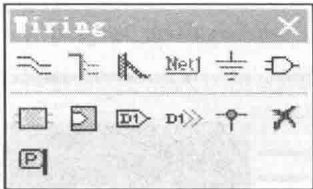


图 8 绘制电路工具栏

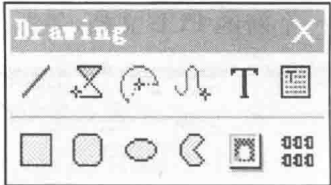


图 9 绘图工具栏

表 3 绘制电路工具栏的按钮及其功能

按 钮	功 能	按 钮	功 能	按 钮	功 能
	绘制导线		绘制总线		绘制总线分支线
	设置网络标号		绘制电源及接地符号		放置元件
	放置电路方框图		放置电路方框图 I/O 端口		放置电路 I/O 端口
	放置节点		放置 ERC 测试点		放置 PCB 布线指示

表 4 绘图工具栏的按钮及其功能

按 钮	功 能	按 钮	功 能	按 钮	功 能
	绘制直线		绘制多边形		绘制椭圆弧线
	绘制贝塞尔曲线		插入文字		插入文本框
	绘制实心直角矩形		绘制实心圆角矩形		绘制椭圆形及圆形
	绘制饼图		插入图片		将剪切板的内容矩阵排列

2. 原理图元件库编辑器的常用工具栏

(1) 绘图工具栏

如图 10 所示。表 5 列出了绘图工具栏中各个按钮的功能。

(2) IEEE 工具栏

如图 11 所示。表 6 列出了 IEEE 工具栏中各个按钮的功能。

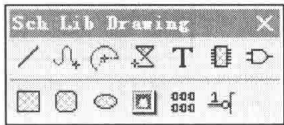


图 10 绘图工具栏

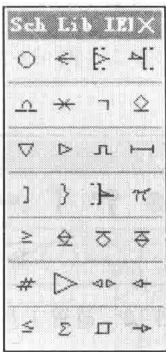


图 11 IEEE 工具栏

表 5 绘图工具栏中各个按钮的功能

按 钮	功 能	按 钮	功 能	按 钮	功 能
	绘制直线		绘制贝塞尔曲线		绘制椭圆形及圆形
	绘制多边形		插入文字		插入新元件
	添加新元件到当前显示的元器件		绘制实心直角矩形		绘制实心圆角矩形
	绘制椭圆形		插入图片		将剪切板的内容矩阵排列
	绘制引脚				

表 6 IEEE 工具栏中各个按钮的功能

按 钮	功 能	按 钮	功 能	按 钮	功 能
	放置低态触发符号		放置左向信号		放置上升沿触发时钟脉冲
	放置低态触发输入符号		放置模拟信号输入符号		放置无逻辑性连接符号
	放置具有暂缓性输出的符号		放置具有开集性输出的符号		放置高阻抗状态符号
	放置高输出电流符号		放置脉冲符号		放置延时符号
	放置多条 I/O 线组合符号		放置二进制组合的符号		放置低态触发输出符号
	放置 π 符号		放置大于等于号		放置具有提高阻抗的开集性输出符号
	放置开射极输出符号		放置具有电阻接地的开射极输出符号		放置数字输入信号
	放置反向器信号		放置双向信号		放置数据左移符号
	放置小于等于号		放置 Σ 符号		放置施密特触发输入特性的符号
	放置数据右移符号				

3. PCB 编辑器的常用工具栏

(1) 放置工具栏

如图 12 所示。表 7 列出了放置工具栏中各个按钮的功能。

(2) 元件布局工具栏

如图 13 所示。

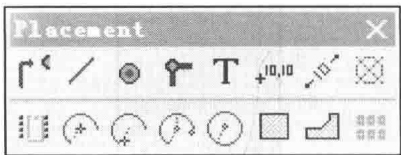


图 12 放置工具栏

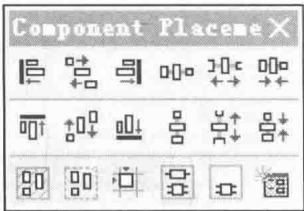


图 13 元件布局工具栏

表 7 放置工具栏中各个按钮的功能

按钮	功 能	按钮	功 能	按钮	功 能
	手工布线时连接导线		绘制线条		焊盘
	过孔		字符串		坐标
	尺寸		设置 PCB 原点		设置元器件封装
	中心圆弧		90°圆弧		任意角度圆弧
	满圆		粘贴阵列		填充区
	放置敷铜区并设置其属性				

4. PCB 元件库编辑器的常用工具栏

如图 14 所示。表 8 列出了绘图工具栏中各个按钮的功能。

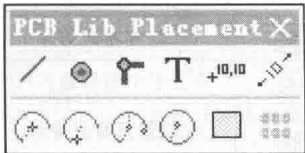


图 14 绘图工具栏

表 8 绘图工具栏中各个按钮的功能

按钮	功能	按钮	功能	按钮	功能
	绘制线条		焊盘工具		过孔工具
	字符工具		坐标工具		测量距离工具
	中心绘制圆弧工具		90°绘制圆弧工具		任意角度绘制圆弧工具
	绘制满圆工具		填充工具		阵列粘贴工具

四、Protel DXP 各编辑器中对象的基本操作

Protel DXP 的每一个编辑器都提供了元件的选取、移动、复制、删除等基本操作。这些操作命令全部包含在各个编辑器的“**Edit**”编辑菜单中。如图 15 所示。

1. 选取对象

简单选取一个对象,用鼠标左键单击该对象即可,如图 16 所示,如要选择多个对象,有很多子菜单项操作,如图 17 所示。



图 15 “Edit”编辑菜单

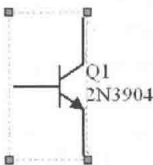


图 16 选取的对象

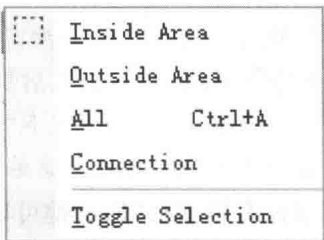


图 17 元件“Select”选择子菜单

- (1) “Inside Area”——选取区域内对象,这时可以在原理图区域拉出一个矩形选框,选框内的所有元件对象将处于选中状态。
- (2) “Outside Area”——选取区域外对象,这时可以在原理图区域拉出一个矩形选框,选框外的所有元件对象将处于选中状态。
- (3) “All Ctrl+A”——选取全部对象,这时可以选择原理图上的所有对象。
- (4) “Connection”——这时可以选择一个连线上的所有导线。
- (5) “Toggle Selection”——这时可以反转对象的选择状态。
- (6) 单击鼠标右键或按“Esc”键可以退出每次操作。

2. 取消选取对象

菜单中有一系列取消选取对象的操作,和选取对象的操作类似。也可以通过以下方法取消所有对象的选中状态。

- (1) 在原理图空白区域单击鼠标左键。
- (2) 单击工作窗口右下角的“Clear”标签。

3. 对象的移动

对象的移动操作有两种方法:鼠标的操作和“Edit/Move”子菜单操作。

鼠标操作:用鼠标左键按住要移动的对象,这时选中的对象将随鼠标一起移动,移到合适位置时松开鼠标左键即可完成移动操作。如果想移动多个对象,则要先选择要移动的所有对象,再按照上述步骤操作。

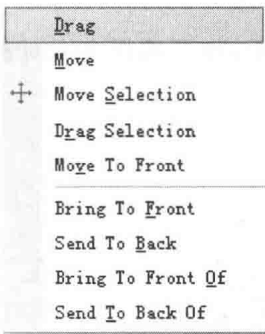


图 18 “Move”子菜单

“Move”子菜单下包括一系列菜单项。如图 18 所示。

- (1) “**Drag**”——这时鼠标变成十字形状。单击对象，元件将随着鼠标一起移动，同时保持导线与该元件的连接。移动到合适位置，单击鼠标左键完成该次操作。
- (2) “**Move**”——该操作与“**Drag**”基本一样，区别在于它只移动选择的对象，不包括与对象连接的导线。
- (3) “**Move Selection**”——该操作与“**Drag**”基本一样，但应先选择要拖动的对象。
- (4) “**Move Selection**”——该操作与“**Move**”基本一样，但也应先选择要移动的对象。

(5) 单击鼠标右键或按“Esc”键可以退出每次操作。

4. 对象的删除

对象的删除主要有 3 种方法。

- (1) 选中要删除的对象，然后执行“Edit”/“Clear”菜单命令。
- (2) 选中要删除的对象，按下“Delete”键。
- (3) 执行“Edit”/“Delete”菜单命令，移动鼠标到要删除的对象上，然后单击鼠标左键即可。单击鼠标右键或按“Esc”键可以退出该操作。

5. 对象的复制、剪切和粘贴

- (1) “**Copy** **Ctrl+C**”——对象的复制。选中要复制的对象，执行该命令，鼠标变成十字形状。在原理图编辑窗口内单击左键即可完成对象的复制。按“Ctrl+C”快捷键也可以完成复制操作。
- (2) “**Cut** **Ctrl+X**”——对象的剪切。选中要剪切的对象，执行该命令，鼠标变成十字形状。在原理图编辑窗口内单击左键即可完成对象的剪切。按“Ctrl+X”快捷键也可以完成剪切操作。
- (3) “**Paste** **Ctrl+V**”——对象的粘贴。完成复制或剪切操作后，执行该命令，鼠标变成十字形状。在原理图编辑窗口内合适位置，单击左键即可放置复制或剪切的对象。按“Ctrl+V”快捷键也可以完成粘贴操作。

6. 对象的旋转

用鼠标按住某一对象，然后每按空格键一次，元件即可逆时针旋转 90°。按“X”键可以左右翻转该元件，按“Y”键可以上下翻转该元件。
如果要旋转多个元件，应先选中要旋转的多个元件，再进行相应的操作即可。

五、画面的管理

Protel DXP 的每一个编辑器都有对编辑器画面管理的基本操作，如图纸的缩小、放大等操作。这些操作命令全部包含在各个编辑器的“**View**”编辑菜单中。以原理图编辑器为例，如图 19 所示。

- (1) “**Zoom Out** **FgDn**”——缩小整张电路原理图。

(2) “ Zoom In PgUp”——放大整张电路原理图。

(3) “ Fit Document”——在工作区内显示整张电路原理图。

(4) “ Fit All Objects Ctrl+PgDn”——在工作区内显示电路原理图上的所有元件。

(5) “ Area”——这时光标变成十字形，在电路原理图上的欲观察部分拖出一个虚框，系统即把该虚框充满的整个工作区放大显示。

(6) “ Around Point”——这时光标变成十字形，在电路原理图上的欲观察部分单击确定矩形框的中心，移动鼠标，在另外一点单击确定矩形框的一个顶点，系统即把该矩形框充满的整个工作区放大显示。

(7) 执行菜单命令下的“50%”“100%”“200%”“400%”，可以把电路原理图按比例缩小或放大显示。

(8) “ Refresh End”——系统执行更新操作，重画电路原理图，即可消除一些残留的图案。

(9) “ Toolbars”——可以调用编辑器的各种工具栏。

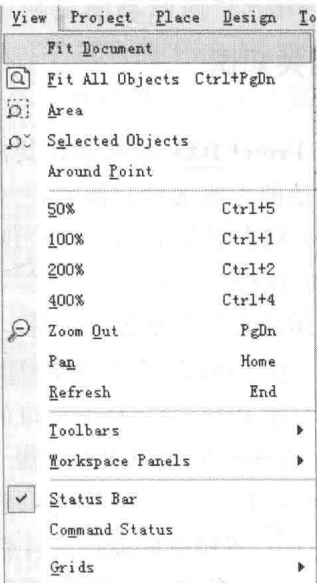


图 19 原理图编辑器的“View”菜单命令

项目 1 电源电路的原理图设计与制板

任务 1-1 Protel DXP 文件管理

一、任务分析

1. 学习目标

- (1) 掌握 Protel DXP 软件利用项目管理文件的基本操作。
- (2) 学会创建原理图文件和原理图元件库文件。
- (3) 学会相关菜单栏的操作。

2. 工作任务

- (1) 创建电源电路的项目文件。
- (2) 创建电源电路的原理图文件。

二、相关知识

1. Protel DXP 的启动和关闭

启动的方法通常有两种：

- (1) 双击桌面上的 Protel DXP 快捷图标；
- (2) 执行菜单命令“开始”/“所有程序”/“Protel DXP”。

关闭的方法通常也有两种：

- (1) 在 Protel DXP 主窗口的标题栏中单击右边的“X”按钮；
- (2) 在 Protel DXP 主窗口的菜单栏中执行菜单命令“File”/“Exit”。

2. Protel DXP 的文件管理

Protel DXP 的文件管理一般是先建立一个项目，然后建立该项目中包含的其他文件。Protel DXP 将所有的设计文件保存为独立的文件，可以用 Windows 资源管理器找到它们。项目文件的后缀名为“.PrjPCB”。

在建立了设计文件夹后，就能在各个编辑器之间转换，如原理图编辑器和 PCB 编辑器。软件将根据当前所工作的编辑器来改变工具栏和菜单。图 1-1-1 展示了当几个文件和编辑器同时打开并且窗口进行平铺时的窗口界面。

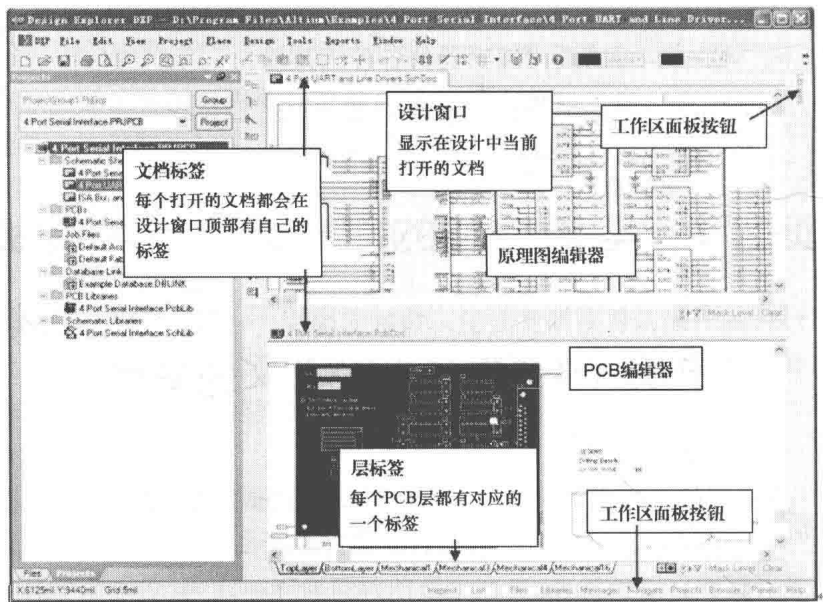


图 1-1-1 多个窗口平铺的窗口界面

三、任务实施

1. 建立新的原理图设计项目

- (1) 在 Protel DXP 的设计环境下，执行菜单命令“File”/“New”/“PCB Project”，就可创