# Protel

# 电路分析习题精解

刘 坤 主编 兰珥峻 编著

国防工业出版社
http://www.ndip.cn

高等学校专业课程计算机解题指导

# Protel 电路分析习题精解

刘　坤　主编

兰珥峻　编著

国防工业出版社

# 内 容 简 介

Protel 软件是目前国内最为流行的电子设计自动化(EDA)软件,本书所介绍的 Protel DXP 软件是 Altium 公司(前 Protel 公司)所开发的基于 Windows 操作系统的 EDA 软件,它是 Protel 系列软件的最新版本。

本书所介绍的电路包括基本放大电路、集成运算放大器电路、正弦波振荡电路、稳压电路、整流电路、数模转换器电路等实用电路。书中不仅介绍了 Protel DXP 软件的基本操作,还选用了国际上比较有代表性的电子电路进行设计分析。

本书首先介绍最新版本 Protel DXP 软件的基本功能和最新发展,以及采用 Protel DXP 软件进行电子电路的原理图设计;接着讲解基本放大电路和集成运算放大器电路的基本原理知识和电路设计,并选用几个有代表性的电路进行设计分析;随后选择多个实用性比较强的振荡电路、稳压电路、整流电路、数模转换器电路、大规模集成电路等电路实例进行分析;最后介绍了印制电路板制作、电路仿真设计分析、拓扑自动电路布线等 Protel DXP 设计分析知识。

本书读者对象为广大电子电路设计工作者和大中专院校师生,也可以作为电路设计和印制电路板人员的培训教材。

**图书在版编目(CIP)数据**

Protel 电路分析习题精解/刘坤主编;兰珥峻编著 .
北京:国防工业出版社,2005.1
(高等学校专业课程计算机解题指导系列)
ISBN 7-118-03546-7

Ⅰ.P... Ⅱ.①刘...②兰... Ⅲ.印刷电路-计算机辅助设计-应用软件,Protel-高等学校-解题
Ⅳ.TN410.2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078718 号

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)
(邮政编码 100044)
涿中印刷厂印刷
新华书店经售
*
开本 787×1092 1/16 印张 20 458 千字
2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷
印数:1-4000 册 定价:27.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:68428422 发行邮购:68414474
发行传真:68411535 发行业务:68472764

# 前　言

在当今世界，随着信息技术的发展，现在已经进入到了“信息时代”，作为信息技术的基础，电子电路几乎无处不在，无孔不入，从本质上来说，现在还是“电子时代”。由于个人电脑、移动电话和数据传输设备的快速发展需求，电子厂商采用 Protel 软件进行电路设计和分析已经成为当今电路设计发展的潮流，本书精选了大量国内外最新的应用电路，采用 Protel DXP 软件进行电路分析设计。

随着计算机业的发展，20 世纪 80 年代中期计算机应用开始进入各个领域。在这种背景下，1988 年美国 ACCEL Technologies Inc 推出了第一个应用于电子线路设计软件包——TANGO，这个软件包开创了电子设计自动化（EDA）的先河。这个软件包现在看起来比较简陋，但在当时给电子线路设计带来了设计方法和方式的革命，人们纷纷开始用计算机来设计电子线路，直到今天，在国内许多科研单位还在使用这个软件包。

随着电子业的飞速发展，TANGO 日益显示出其不适应时代发展需要的弱点。为了适应科学技术的发展，Protel Technology 公司以其强大的研发能力推出了 Protel For DOS 作为 TANGO 的升级版本，从此 Protel 这个名字在业内日益响亮。

20 世纪 80 年代末，Windows 系统开始日益流行，许多应用软件也纷纷开始支持 Windows 操作系统。Protel 也不例外，相继推出了 Protel For Windows1.0、Protel For Windows1.5 等版本。这些版本的可视化功能给用户设计电子线路带来了很大的方便，设计者再也不用记一些繁琐的命令，也让用户体会到资源共享的乐趣。90 年代中期，Windows 95 开始出现，Protel 也紧跟潮流，推出了基于 Windows 95 的 3.X 版本。3.X 版本的 Protel 加入了新颖的主从式结构，但在自动布线方面却没有什么出众的表现。另外由于 3.X 版本的 Protel 是 16 位和 32 位的混合型软件，所以不大稳定。Protel 软件随后发展为 Prote198、Prote199 及 Protel99SE 等版本。Protel DXP 是 Altium 公司（前 Protel 公司）推出的第一套将所有的设计工具集成于一身的设计系统，真正实现在单个应用程序中的集成。从最初的项目模块规划到最终形成生产数据，都可以按照设计者自己的设计方式实现。

Protel DXP 软件能充分发挥 Windows XP 和 Windows 2000 平台的优势，具有更稳定、更强大的图形处理和更友好的用户界面，使设计者可进行更轻松、更高效的设计。它在优化了的设计浏览器平台上运行，具备了所有当今先进的设计特点，以便处理各种复杂的 PCB 设计过程。通过把设计输入仿真、

PCB 绘制编辑、拓扑自动布线、信号完整性分析和设计输出等技术的融合，Protel DXP 为用户提供了全线的设计解决方案。众所周知，电子系统的集成化，不仅可以使所设计系统的体积小、重量轻、功耗低，而且使系统的稳定性和可靠性大大提高，采用 Protel 软件进行电路设计和分析已经成为当今电路设计发展的潮流。

本书的最大特点是，着眼于 Protel DXP 软件的实际应用，结合实例讲解了常用的菜单和命令操作。为了使读者增强对 Protel DXP 软件基本操作的理解，对 Protel DXP 的菜单和命令进行了详细的介绍，并且编写了大量的例题，所选用的电路从基本的放大电路原理图开始，到具有特定运算功能的集成运算放大器电路，还有实际生活中所使用的家用电器电路，这些精选的电路均具有设计思路新颖、功能完善、实用性强的特点，使读者可以更好地掌握 Protel DXP 的操作。

在内容的安排方面，本书系统地介绍了 Protel DXP 软件的工作界面、模块组成及其基本操作，其各章节是按照电子电路的基本分类组成进行安排的，其中包括基本放大电路、集成运算器放大电路、正弦波振荡电路、稳压电路、整流电路、数模转换器电路等实用电路。本书精选了大量国内外最新的应用电路，然后详细地介绍了采用 ProtelDXP 软件对这些实用电路进行电路原理图的设计、印制电路板的设计、电路仿真设计，并详细介绍了其基本的设计原理和操作技巧。

本书深入浅出，循序渐进，不仅适用于 Protel DXP 软件初学者的入门，使其在较短的时间内掌握 Protel DXP 软件的使用方法，而且对 Protel DXP 的老用户也有一定的参考价值。

本书电路图采用美国软件来绘制，基于软件本身的限制，元器件的名称表示格式与电阻值的表示与国标规定有区别，如名称 R1、R2、C1、C2、VCC、VDD 等的国标表示应为 $R_1$、$R_2$、$C_1$、$C_2$、$V_{CC}$、$V_{DD}$，电阻值 4.7K 的国标应为 4.7kΩ，电容值 0.01μF 的国标应为 0.01μF。为使叙述更清楚、图文一致，本书均按图中符号来统一，与国标不一致（包含公式），在此特别说明，请读者阅读时加以注意。

另外，软件中部分元器件符号采用国外流行符号，其与国标符号的对照表参见附录所示。

由于作者的水平和经验有限，书中难免有不当之处，恳请读者多加指正。

编　者

2004 年 11 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

# 目　录


第 1 章　Protel DXP 概述 ..... 1

1.1　Protel DXP 的发展及特点 ..... 1
1.2　Protel DXP 组成 ..... 1
1.3　Protel DXP 运行界面 ..... 2
1.3.1　Protel DXP 的启动 ..... 2
1.3.2　Protel DXP 的菜单栏 ..... 3
1.3.3　Protel DXP 的工作窗口 ..... 8
1.3.4　Protel DXP 的状态栏 ..... 9

第 2 章　Protel DXP 原理图设计 ..... 10

2.1　原理图设计一般步骤 ..... 10
2.1.1　电路设计方案 ..... 10
2.1.2　设置图纸信息 ..... 11
2.1.3　建立元器件库 ..... 16
2.1.4　放置元器件 ..... 16
2.1.5　布线 ..... 16
2.1.6　注释和调整 ..... 16
2.2　进入原理图设计环境 ..... 16
2.2.1　工具栏介绍 ..... 17
2.2.2　绘图区的缩放 ..... 18
2.3　元器件库的创建 ..... 19
2.4　电路原理图绘制方法 ..... 22
2.4.1　采用菜单操作命令 ..... 22
2.4.2　采用工具栏操作命令 ..... 35
2.4.3　采用快捷键操作命令 ..... 35
2.5　元器件报表输出 ..... 36
2.5.1　电路网络表输出 ..... 36
2.5.2　电路元器件报表的生成 ..... 40

第 3 章　基本放大电路 ..... 43

3.1 半导体器件.....43
3.1.1 半导体基础知识.....43
3.1.2 半导体二极管.....44
3.1.3 半导体三极管.....46
3.2 基本放大电路要点.....50
3.2.1 基本放大电路组成及基本原理.....50
3.2.2 基本放大电路分析.....53
3.3 放大电路实例.....54
3.3.1 低频低噪声放大器电路设计分析.....54
3.3.2 1.5V 话筒放大器.....59
3.3.3 晶体管毫伏计放大电路.....63
3.3.4 视频增强器放大电路.....67
3.3.5 电子调节放大器.....71

**第 4 章 运算放大器应用电路.....75**

4.1 概述.....75
4.2 多级放大电路.....76
4.3 差动放大电路.....77
4.4 互补功率放大电路.....79
4.5 运算放大器实例分析.....80
4.5.1 对数变换电路.....80
4.5.2 低通滤波器.....84
4.5.3 测量放大器.....88
4.5.4 音频带通滤波器.....91
4.5.5 采用运算放大器的恒流源电路.....96
4.5.6 采用运算放大器的基准电压线路.....100

**第 5 章 振荡电路.....104**

5.1 振荡电路概述.....104
5.2 压控振荡器电路设计实例分析.....104
5.3 稳定正弦波振荡器电路设计实例分析.....107
5.4 低失真正弦波振荡电路设计实例分析.....111
5.5 任意频率振荡器电路设计实例分析.....116
5.6 对称三角波发生器电路设计实例分析.....120
5.7 脉冲发生器电路设计实例分析.....124
5.8 半导体接近开关电路设计实例分析.....127

**第 6 章 稳压整流电源电路.....132**

6.1 概述.....132

6.2 开关式可调稳压电源设计分析.....132
6.3 电源电压监控器电路设计分析.....136
6.4 10V 电压电路设计分析.....141
6.5 直流倍压整流电路.....144
6.6 3A 5V 供电电源电路设计分析.....148
6.7 负压源电路设计分析.....151
6.8 串-并联组合稳压电路.....155
6.9 12V/5A 的稳压电路.....158

**第 7 章 数模转换器电路.....162**

7.1 概述.....162
7.2 数模转换器电路设计分析.....162
7.3 高精度数模转换器电路设计分析.....168
7.4 双极性数模转换器电路设计分析.....173
7.5 数模变换互补功率生成器实例分析.....177
7.6 电压/频率转换电路实例分析.....182
7.7 T 形电阻网络数-模转换器电路分析.....185

**第 8 章 调制解调电路.....190**

8.1 晶体管 FM 调制电路设计分析.....190
8.2 脉冲调制电路设计分析.....194
8.3 脉宽调制电路设计分析.....199
8.4 脉冲宽度调制电路设计分析.....202
8.5 立体声收音解调电路设计分析.....205
8.6 带寻台停止信号的调频中频放大器和解调器电路设计分析.....211

**第 9 章 PCB 印制电路板设计.....216**

9.1 印制电路板设计概述.....216
9.2 印制电路板设计步骤.....217
9.3 印制电路板的基本单元.....218
9.4 PCB 绘图环境.....220
9.4.1 PCB 设计环境.....220
9.4.2 电路板工作层设置.....221
9.4.3 电路板工作层管理.....223
9.4.4 电路板参数设置.....224
9.5 印制电路板实例设计.....228
9.5.1 原理图准备.....228
9.5.2 生成 SPICE netlist 网络表.....229
9.5.3 电路板设置.....230

9.5.4 元器件封装导入 ..... 232
9.5.5 SPICE netlist 元器件网络表导入 ..... 233
9.5.6 自动布局元器件 ..... 234
9.5.7 手工调整元器件布局 ..... 236
9.5.8 印制电路板的三维显示 ..... 239

第 10 章 Protel DXP 电路仿真设计 ..... 240

10.1 Protel DXP 电路仿真概述 ..... 240
10.2 SIM DXP 仿真库中的元器件 ..... 240
10.2.1 电阻 ..... 240
10.2.2 电容 ..... 242
10.2.3 电感 ..... 242
10.2.4 二极管 ..... 242
10.2.5 三极管 ..... 243
10.2.6 场效应管 ..... 243
10.2.7 电压/电流控制开关 ..... 244
10.2.8 熔丝 ..... 244
10.2.9 继电器 ..... 244
10.2.10 互感器（电感耦合器） ..... 245
10.2.11 传输线 ..... 245
10.2.12 TTL 和 COMS 数字电路器件 ..... 246
10.3 SIM DXP 中的激励源描述 ..... 246
10.3.1 直流源 ..... 246
10.3.2 正弦仿真源 ..... 247
10.3.3 周期脉冲源 ..... 247
10.3.4 分段线性源 ..... 248
10.3.5 指数激励源 ..... 248
10.3.6 单频调频源 ..... 248
10.3.7 线性受控源 ..... 249
10.3.8 非线性受控源 ..... 249
10.3.9 频率/电压转换器 ..... 249
10.3.10 压控振荡器仿真源 ..... 250
10.3.11 数据输出仿真源 ..... 250
10.3.12 仿真初始状态的设置 ..... 250
10.4 仿真器的设置 ..... 251
10.4.1 进入仿真设置主界面 ..... 251
10.4.2 瞬态特性/傅里叶分析（Transient/Fourier Analysis） ..... 252
10.4.3 直流分析（DC Sweep Analysis） ..... 253
10.4.4 交流小信号分析（AC Small Signal Analysis） ..... 254

10.4.5 噪声分析（Noise Analysis）.....254
10.4.6 零极点分析（Pole-Zero Analysis）.....255
10.4.7 传递函数分析（Transfer Function Analysis）.....256
10.4.8 扫描温度分析（Temperature Sweep）.....256
10.4.9 扫描参数分析（Parameter Sweep）.....257
10.4.10 蒙特卡罗分析（Monte Carlo Analysis）.....258
10.5 电路仿真环境下原理图的设计与仿真.....258
10.5.1 电路仿真原理图设计.....258
10.5.2 仿真原理图.....259
10.6 仿真电路实例.....259
10.6.1 基本放大电路仿真.....259
10.6.2 定时器电路仿真.....265
10.6.3 模拟量放大电路仿真.....268
10.6.4 模拟量继电器电路仿真.....272
10.6.5 微分放大电路仿真.....275
10.6.6 数学函数电路仿真.....278
10.6.7 充放电电容电路仿真.....281
10.6.8 晶振电路仿真.....282

**第 11章 信号完整性分析.....286**

11.1 概述.....286
11.2 设置信号完整性分析规则.....286
11.2.1 Signal Stimulus 激励信号.....288
11.2.2 Overshoot-Falling Edge 信号过冲的下降边沿.....289
11.2.3 Overshoot-Rising Edge 信号过冲的上升边沿.....290
11.2.4 Undershoot-Falling Edge 信号下冲的下降边沿.....291
11.2.5 Undershoot-Rising Edge 信号下冲的上升边沿.....291
11.2.6 Impedance 阻抗.....292
11.2.7 Signal Top Value 信号高值.....293
11.2.8 Signal Basic Value 信号基位值.....294
11.2.9 Flight Time-Rising Edge 飞升时间的上升边沿.....294
11.2.10 Flight Time-Falling Edge 飞升时间的下降边沿.....295
11.2.11 Slope-Rising Edge 上升边沿斜率.....296
11.2.12 Slope-Falling Edge 下降边沿斜率.....297
11.2.13 Supply Nets 供电网络标号.....297
11.3 信号完整性分析与仿真.....298
11.3.1 PCB 板的 DRC 检查.....298
11.3.2 内部完整性仿真器.....299
11.4 信号完整性实例分析.....300

11.4.1 DRC 检查.....300
11.4.2 信号完整性分析.....302
附录 部分常用元器件符号对照表.....309

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

# 第1章 Protel DXP概述

## 1.1 Protel DXP的发展及特点

随着当今社会电子工业的迅速发展，采用商品化的CAD软件进行电路设计和分析已得到迅速发展。自从微软公司推出MS-DOS操作系统后，计算机操作变得越来越简单，计算机应用进入了各个领域。在此背景下，1988年美国ACCEL Technologies Inc公司的DOS版软件包TANGO在电子界掀起一阵CAD热，它以其高度的集成性和可扩展性著称于世，该软件包可以说是Protel的前身。为了满足电子工业发展的要求，Protel Technology公司推出了Protel for DOS作为TANGO的升级版本。

在Windows操作系统推出后，许多应用软件公司为了适应时代潮流而开始推出基于Windows操作系统的应用软件。Protel公司在1990年推出基于DOS操作平台的终极版本（Schematic3.31和Autotrax1.61）之后，便全面转向基于Windows平台的软件开发，于1991年推出了世界上第一套将EDA引入Windows平台的EDA开发工具(即Protel for Windows 1.0)，1992年又首家推出基于Windows平台的通用电路原理图设计软件及与其他开发工具的接口软件。Protel软件随后的发展为Protel for Windows 2.0、Protel for Windows 3.0、Protel 98、Protel 99及Protel 99SE等版本。Protel DXP是Altium公司（前Protel公司）推出的Protel软件的最新版本，即本书所采用的电路设计与分析软件。

Protel DXP软件继承了Protel系列版本的优点，它与前一版本Protel 99SE相比，有很大的提高。它采用优化的设计浏览器（Design Explore），把电路原理图设计、电路仿真、PCB电路板设计、报表输出、自动布线、信号完整性分析等技术结合在一起，能够更加轻松地进行各种复杂电路设计和分析。

## 1.2 Protel DXP组成

Protel DXP的主要功能模块包括电路原理图设计系统（Schematics）、电路板设计系统（PCB）、电路信号仿真、FPGA系统和VHDL系统。

1. 电路原理图设计系统

该模块主要包括设计原理图的原理图编辑器，用于修改、生成元器件的元器件库编辑器以及各种报表生成器。

2. 电路板设计系统

该模块主要用于印制电路板的设计，主要包括用于设计电路板的电路板编辑器，用于修改、生成元器件封装的元器件封装编辑器以及电路板组件管理器。

3. 电路信号仿真

该模块主要包括数/模混合信号电路仿真器，能够提供连续的模拟信号和离散的数字信号仿真。

4. FPGA 系统

该模块主要用于可编程逻辑器件的设计，制作具备特定功能的元器件。

5. VHDL 系统

该模块主要用于硬件编程。

## 1.3 Protel DXP 运行界面

在 Protel DXP 安装完成后，接下来便是 Protel DXP 软件的使用。下面介绍 Protel DXP 软件的启动、主界面及退出。

在本书中，以下所有操作均是在 Windows XP 操作系统下进行。

### 1.3.1 Protel DXP 的启动

在 Windows XP 操作系统中，选择“开始”→“程序”→“Altium”→“Protel DXP”，便可以进入 Protel DXP 的主窗口，如图 1-1 所示。

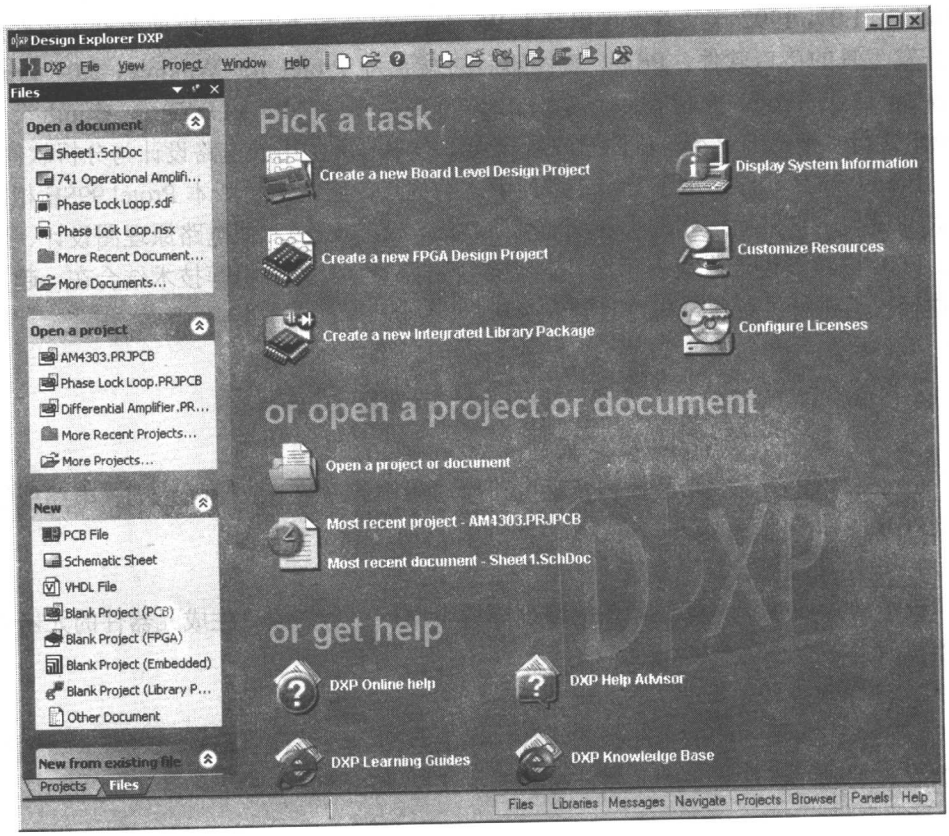


图 1-1 Protel DXP 主窗口

### 1.3.2　Protel DXP 的菜单栏

Protel DXP 菜单栏的功能是进行各种命令操作、设置各种参数、进行各种开关的切换等，它主要包括 DXP、File、View、Project、Window 和 Help 五个下拉菜单。

1. DXP 菜单

单击如图 1-1 所示的“DXP”选项，便可以得到如图 1-2 所示的 DXP 下拉菜单，该菜单用于定义 Protel DXP 的系统属性。

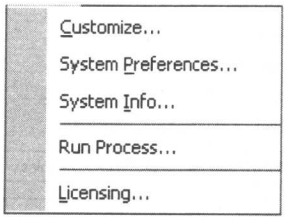


图 1-2　DXP 下拉菜单

1) Customize

单击如图 1-2 所示的“Customize”选项，便可以得到如图 1-3 所示的自定义编辑器对话框。对话框中的 Categories 为 Protel DXP 软件的各个自模块分类，Commands 项定义 Protel DXP 软件的命令属性。

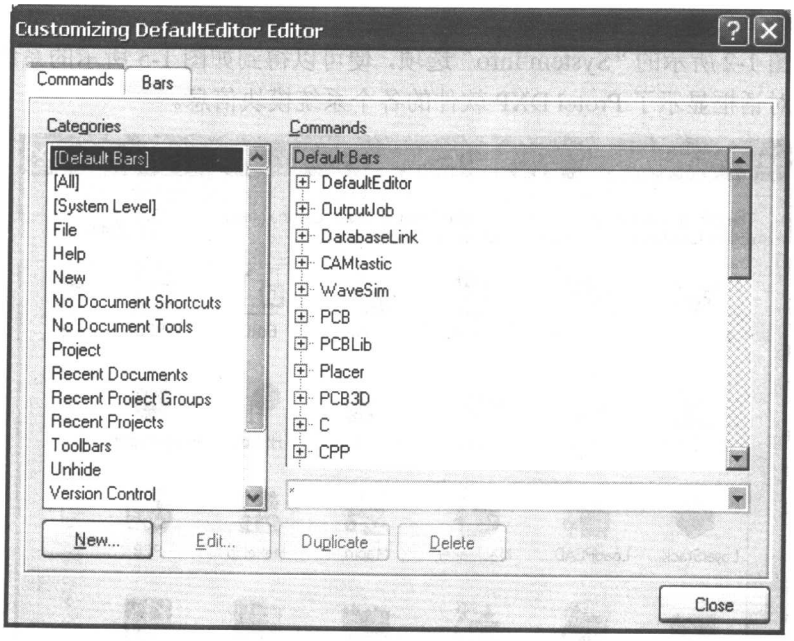


图 1-3　自定义编辑器

2) System Preferences

单击如图 1-2 所示的“System Preferences”选项，便可以得到如图 1-4 所示的系统参数设置对话框，该对话框用于定义系统的各种属性。

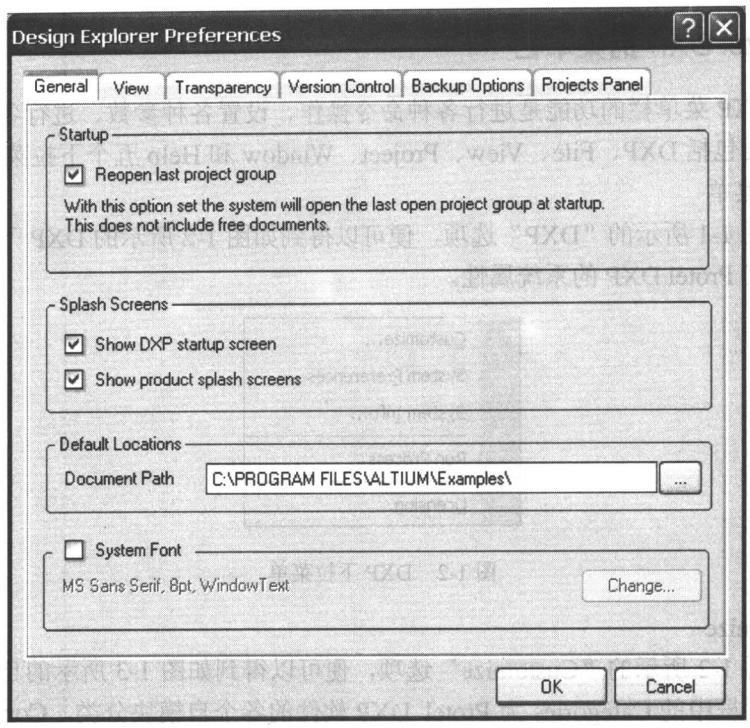


图 1-4　系统参数设置

3) System Info

单击如图 1-2 所示的“System Info”选项，便可以得到如图 1-5 所示的系统信息设置对话框，该对话框显示了 Protel DXP 软件的各个系统模块信息。

图 1-5　系统信息设置

4) Run Process

单击如图 1-2 所示的“Run Process”选项，便可以得到如图 1-6 所示的运行过程对话窗口。该对话窗口用于选择电路设计过程进行分析，单击图中的“Browse”按钮，便可以选择相应的过程进行分析；单击图示中的“Info”按钮，便可以得到所选定过程的信息。

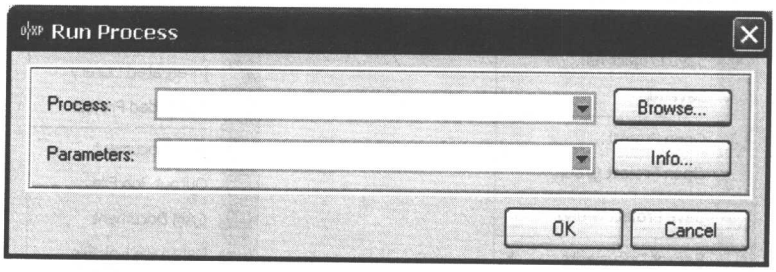


图 1-6　运行过程对话窗口

5) Licensing：

单击如图 1-2 所示的“Licensing”选项，便可以得到如图 1-7 所示的产品注册信息对话框。该对话框用于定义 Protel DXP 软件的注册信息。

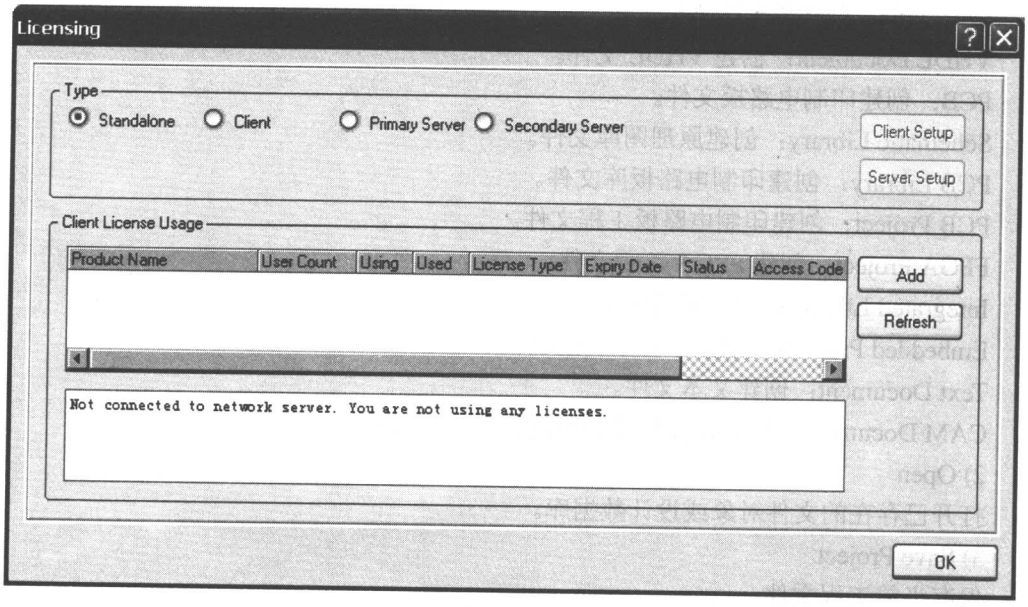


图 1-7　产品注册信息

2. File 菜单

单击如图 1-1 所示的“File”选项，便可以得到如图 1-8 所示 File 菜单，该菜单主要用于文件的管理，包括文件的打开、新建和保存等。

1) New

新建一个空白文件，以便用户根据要求进行相应的电路设计，单击如图 1-8 所示的“New”选项，便可以得到如图 1-9 所示新建文件类型子菜单。

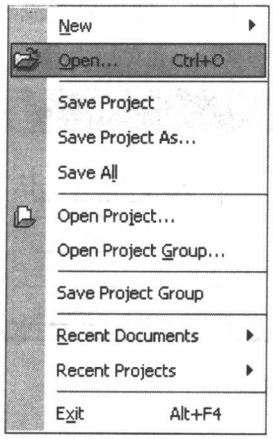


图 1-8 File 菜单

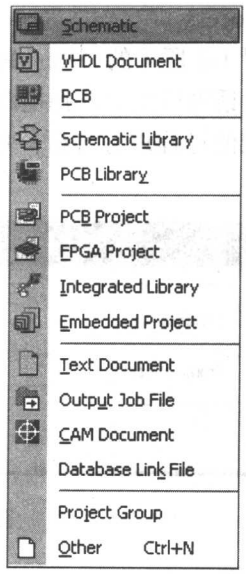


图 1-9 新建文件类型

该子菜单中所定义的主要文件类型如下：

Schematic：创建原理图文件。

VHDL Document：创建 VHDL 文件。

PCB：创建印制电路板文件。

Schematic Library：创建原理图库文件。

PCB Library：创建印制电路板库文件。

PCB Project：创建印制电路板工程文件。

FPGA Project：创建 FPGA 工程文件。

Integrated Library：创建集成库文件。

Embedded Project：创建嵌入式工程文件。

Text Document：创建文本文件。

CAM Document：创建计算机辅助制造文件。

2) Open

打开已存在的文件对象或设计数据库。

3) Save Project

保存当前工程文件。

4) Save Project As

另存当前工程。

5) Save All

保存当前所有打开的文件。

6) Open Project

打开一个已经存在的工程文件到当前设计平台。

7) Open Project Group

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com