

EDA 软件电路设计经典丛书

# Protel 2004

## 电路设计 入门与应用

于学禹 郝梅 等编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



TN410.2/118

2008

EDA软件电路设计经典丛书

# Protel 2004 电路设计入门 与应用

于学禹 郝梅 等编著



机械工业出版社

本书从实用的角度出发,系统地介绍了 Protel 2004 的基本操作环境,重点介绍了原理图的设计、PCB 的设计和元件库的设计,同时对电路仿真、信号完整性分析、FPGA 的设计也进行了详细介绍。书中结合大量的设计实例,穿插介绍了许多 Protel 2004 的使用技巧,可以使读者轻松地掌握使用 Protel 2004 设计印制电路板的方法。另外,书中还给出了一些重要的设计指导规则,来帮助用户完成高质量的电路设计。

本书结构合理、内容详实、实例丰富,既适合于初、中级的 Protel 2004 用户,对高级用户也有一定的指导借鉴作用。它既可作为广大电路设计工程师的工具书或者培训教材,也可以作为高等学校相关专业师生的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 2004 电路设计入门与应用/于学禹等编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 9

(EDA 软件电路设计经典丛书)

ISBN 978-7-111-22159-3

I. P… II. 于… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 2004 IV. TN410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 127887 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:朱 林 版式设计:霍永明

责任校对:李 婷 封面设计:马精明 责任印制:杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·28.25 印张·699 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22159-3

定价:50.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

# 前言

随着现代电子工业的发展和大规模集成电路的使用,印制电路板(PCB)日趋精密复杂。因此,熟练使用电子设计自动化(EDA)工具已成为电路设计人员的基本要求。Protel 作为我国最流行的 EDA 软件,其在我国的普及程度是其他 EDA 软件所不能比拟的。而 Protel 2004 作为 Altium 公司推出的完整的板级全方位设计系统,不仅兼容以前版本的 Protel 软件,而且集成了更多的工具。它不仅可以完成从原理图设计到 PCB 生产文件输出的整个过程,而且其提供的电路仿真和信号完整性分析功能也为电路设计工程师提供了正确设计保证。相对于以前版本的 Protel 软件,Protel 2004 还提供了与 FPGA 芯片制造商无缝连接的 FPGA 设计系统。

当今图书市场上已经出版了大量关于 Protel 设计的图书,但是这些图书要么只是介绍 Protel 软件的使用,缺乏相关实例和设计流程方面的介绍,要么只是一些简单实例的堆积,缺乏软件使用的系统性介绍。读者在学习这些软件时,可能往往手头上同时需要有几本书互相参考才能达到真正学通的目的。因此,读者迫切需要一本既介绍 Protel 软件使用,又有大量实例可以参考,同时又对基本概念、电路设计的总体流程有清晰讲解的书籍。本书正是从这个角度出发,力求能满足读者的实际需要,为读者进行实际设计提供一些帮助。

本书作为一本 EDA 软件使用指导方面的书,共分 15 章,分别从元件库的设计、原理图的设计、电路仿真、PCB 设计、信号完整性分析、FPGA 设计等方面来介绍 Protel 2004。在章节的安排上,考虑到一般读者的需求是掌握利用 Protel 2004 进行原理图和 PCB 的设计,因此将电路仿真、信号完整性分析、FPGA 设计放在了本书的后面。另外,为了提高读者阅读的兴趣,将比较枯燥的元件库的设计放在了 PCB 设计的后面,利用 Protel 2004 自带的例子先带领读者通过原理图设计和 PCB 设计熟悉整个系统,然后再进行元件库制作的介绍。实际上,在印制电路板设计过程中,应当按照原理图元件库(本书中所说的元件均包含各种元件和器件)的设计、原理图的设计、电路的仿真分析、PCB 封装的设计、PCB 设计、信号完整性分析的步骤进行。另外,考虑到现场可编程门阵列(FPGA)设计作为 Protel 2004 的一大特点,虽然很多用户可能在初步学习时并不需要使用这个功能,本书还是对其进行了简单介绍,希望能对读者起到一个引领入门的作用。本书后面的两个完整实例都是相对较为简单的实例,目的是使读者在完成本书的学习后,能够按照前面介绍的内容,独立地进行整个设计。

相信通过本书的学习,读者不仅能够掌握 Protel 2004 软件的使用,而且能够掌握电路设计各方面的内容,从而成为一名合格的电路设计工程师。

本书由于学禹和郝梅等共同编写,书中包含着作者使用 Protel 2004 开发工程项目的经验总结。参与本书编写工作的人员还有俞一鸣、齐霞、田雪、林丽君、贾建收、王雅琴、张玲

玲、尤晓丽、吴雪、渠丽娜、王涛和王巧芳；另外，秦冀、蒋伟、曹霖、董凯、曾妍、曲佩、姜海燕、孙玉林、张博、李晓凯、丁海波和王国玉进行了全书的图片处理和文字校对工作，这里，对所有工作人员的辛勤劳动表示衷心的感谢！同时在本书的编写过程中，作者参考了很多专家和学者的著作、学术论文和经验总结等，另外也参考了网络上的一些电路设计方面的资料，在此对这些资料的作者也表示深深的感谢。

由于作者的理论水平和实际经验有限，错误在所难免，敬请广大读者谅解并能够给予批评指正。

作 者



# 目录

## 前言

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>第1章 Protel 2004 概述</b>           | 1  |
| 1.1 Protel 的发展历史                    | 1  |
| 1.2 Protel 2004 的组成与特点              | 2  |
| 1.3 Protel 2004 的运行环境               | 3  |
| 1.4 Protel 2004 的安装与卸载              | 4  |
| 1.5 PCB 的设计流程                       | 9  |
| 1.5.1 PCB 的总体设计流程                   | 9  |
| 1.5.2 原理图的详细设计流程                    | 10 |
| 1.5.3 PCB 的详细设计流程                   | 11 |
| 1.6 小结                              | 12 |
| <b>第2章 Protel 2004 简介</b>           | 13 |
| 2.1 启动 Protel 2004                  | 13 |
| 2.2 Protel 2004 的操作环境               | 13 |
| 2.2.1 菜单栏                           | 14 |
| 2.2.2 工具栏                           | 21 |
| 2.2.3 状态栏和命令行                       | 21 |
| 2.2.4 工作窗口                          | 21 |
| 2.2.5 工作窗口面板                        | 22 |
| 2.3 Protel 2004 的系统参数               | 26 |
| 2.3.1 【General】选项卡的参数设置             | 26 |
| 2.3.2 【View】选项卡的参数设置                | 28 |
| 2.3.3 【Transparency】选项卡的参数设置        | 29 |
| 2.3.4 【Navigation】选项卡的参数设置          | 30 |
| 2.3.5 【Backup】选项卡的参数设置              | 30 |
| 2.3.6 【Projects Panel】选项卡的参数设置      | 32 |
| 2.3.7 【File Types】选项卡的参数设置          | 33 |
| 2.3.8 【Installed Libraries】选项卡的参数设置 | 33 |
| 2.4 Protel 2004 的文件管理               | 35 |
| 2.4.1 项目文件                          | 35 |
| 2.4.2 自由文件                          | 35 |

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| 2.4.3 存盘文件 .....               | 36        |
| 2.5 小结 .....                   | 36        |
| <b>第3章 原理图设计基础 .....</b>       | <b>37</b> |
| 3.1 创建原理图文件 .....              | 37        |
| 3.1.1 创建项目工程文件 .....           | 37        |
| 3.1.2 启动原理图编辑器 .....           | 38        |
| 3.2 Protel 2004 原理图编辑器简介 ..... | 38        |
| 3.2.1 菜单栏 .....                | 38        |
| 3.2.2 工具栏 .....                | 39        |
| 3.2.3 【Projects】面板 .....       | 40        |
| 3.2.4 【Libraries】面板 .....      | 42        |
| 3.2.5 【Navigator】面板 .....      | 43        |
| 3.3 原理图的视图管理 .....             | 44        |
| 3.3.1 原理图的放大和缩小 .....          | 44        |
| 3.3.2 原理图的格点 .....             | 45        |
| 3.4 原理图的图纸参数设置 .....           | 45        |
| 3.5 加载、卸载原理图符号库 .....          | 47        |
| 3.6 元件的放置与编辑 .....             | 50        |
| 3.6.1 放置元件 .....               | 50        |
| 3.6.2 编辑元件 .....               | 53        |
| 3.6.3 放置元件实例 .....             | 61        |
| 3.7 电路原理图的绘制 .....             | 62        |
| 3.7.1 绘制原理图的主要方法 .....         | 62        |
| 3.7.2 绘制导线 .....               | 63        |
| 3.7.3 绘制总线 .....               | 65        |
| 3.7.4 绘制总线分支线 .....            | 65        |
| 3.7.5 放置电路节点 .....             | 66        |
| 3.7.6 放置电源及接地符号 .....          | 67        |
| 3.7.7 放置网络标号 .....             | 69        |
| 3.7.8 放置电路的输入/输出端口 .....       | 70        |
| 3.7.9 放置忽略 ERC 测试点 .....       | 71        |
| 3.7.10 放置 PCB 布线指示 .....       | 72        |
| 3.7.11 原理图绘制实例 .....           | 73        |
| 3.8 图形工具栏的使用 .....             | 74        |
| 3.8.1 绘制图形的主要方法 .....          | 74        |
| 3.8.2 绘制直线 .....               | 75        |
| 3.8.3 绘制多边形 .....              | 76        |
| 3.8.4 绘制椭圆弧 .....              | 77        |
| 3.8.5 绘制贝塞尔曲线 .....            | 78        |





|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 3.8.6 绘制矩形 .....                      | 78         |
| 3.8.7 绘制圆角矩形 .....                    | 79         |
| 3.8.8 绘制椭圆 .....                      | 80         |
| 3.8.9 绘制扇形 .....                      | 81         |
| 3.8.10 贴图片 .....                      | 82         |
| 3.8.11 添加单行文字注释 .....                 | 83         |
| 3.8.12 添加文本框 .....                    | 84         |
| 3.8.13 绘制图形实例 .....                   | 84         |
| 3.9 电气规则检查的设置 .....                   | 85         |
| 3.9.1 【Error Reporting】选项卡的设置 .....   | 87         |
| 3.9.2 【Connection Matrix】选项卡的设置 ..... | 89         |
| 3.9.3 【Comparator】选项卡的设置 .....        | 90         |
| 3.9.4 原理图的编译和修正 .....                 | 91         |
| 3.10 原理图设计中的常见问题和使用技巧 .....           | 92         |
| 3.11 小结 .....                         | 94         |
| <b>第4章 原理图设计</b> .....                | <b>96</b>  |
| 4.1 原理图设计的原则和基本流程 .....               | 96         |
| 4.1.1 原理图设计的原则 .....                  | 96         |
| 4.1.2 原理图设计的步骤 .....                  | 96         |
| 4.2 原理图设计实例 .....                     | 97         |
| 4.2.1 创建一个原理图文件 .....                 | 97         |
| 4.2.2 设置原理图图纸信息 .....                 | 97         |
| 4.2.3 加载元件库 .....                     | 98         |
| 4.2.4 放置元件 .....                      | 100        |
| 4.2.5 绘制原理图 .....                     | 102        |
| 4.2.6 原理图的注解和修饰 .....                 | 102        |
| 4.2.7 原理图的编译和修改 .....                 | 102        |
| 4.3 层次原理图的设计 .....                    | 104        |
| 4.3.1 层次原理图的概念 .....                  | 104        |
| 4.3.2 自顶向下的层次原理图设计方法 .....            | 105        |
| 4.3.3 自底向上的层次原理图设计方法 .....            | 112        |
| 4.3.4 层次原理图之间的切换 .....                | 114        |
| 4.4 层次原理图设计实例 .....                   | 117        |
| 4.5 小结 .....                          | 119        |
| <b>第5章 原理图报表</b> .....                | <b>120</b> |
| 5.1 生成网络表 .....                       | 120        |
| 5.2 生成元件清单 .....                      | 123        |
| 5.3 生成其他报表 .....                      | 127        |
| 5.3.1 元件交叉参考报表 .....                  | 127        |

|        |                       |     |
|--------|-----------------------|-----|
| 5.3.2  | 项目工程层次结构报表            | 127 |
| 5.3.3  | 单网名报表                 | 128 |
| 5.3.4  | 端口引用参考                | 128 |
| 5.4    | 原理图的打印输出              | 130 |
| 5.5    | 小结                    | 131 |
| 第6章    | 印制电路板设计基础             | 133 |
| 6.1    | PCB 的基础知识             | 133 |
| 6.1.1  | PCB 的结构               | 133 |
| 6.1.2  | 有关 PCB 的基本概念          | 133 |
| 6.2    | 创建一个 PCB 文件           | 135 |
| 6.2.1  | 通过向导生成 PCB 文件         | 135 |
| 6.2.2  | 利用模板生成 PCB 文件         | 138 |
| 6.2.3  | 利用【New】菜单生成 PCB 文件    | 138 |
| 6.2.4  | 新建一个 PCB 文件           | 139 |
| 6.3    | Protel 2004 的 PCB 编辑器 | 139 |
| 6.3.1  | PCB 编辑器界面             | 140 |
| 6.3.2  | 【PCB】面板               | 141 |
| 6.4    | PCB 编辑器的视图管理          | 144 |
| 6.4.1  | 视图的缩放与移动              | 144 |
| 6.4.2  | 窗口管理                  | 145 |
| 6.5    | PCB 设计系统的参数设置         | 146 |
| 6.5.1  | 【General】选项卡的参数设置     | 147 |
| 6.5.2  | 【Display】选项卡的参数设置     | 149 |
| 6.5.3  | 【Show/Hide】选项卡的参数设置   | 151 |
| 6.5.4  | 【Defaults】选项卡的参数设置    | 151 |
| 6.5.5  | 【PCB 3D】选项卡的参数设置      | 153 |
| 6.6    | PCB 的放置工具             | 154 |
| 6.6.1  | 绘制导线                  | 155 |
| 6.6.2  | 放置焊盘                  | 157 |
| 6.6.3  | 放置过孔                  | 159 |
| 6.6.4  | 放置字符串                 | 161 |
| 6.6.5  | 放置坐标                  | 162 |
| 6.6.6  | 放置尺寸标注                | 163 |
| 6.6.7  | 放置元件                  | 163 |
| 6.6.8  | 放置直线                  | 167 |
| 6.6.9  | 绘制圆弧                  | 167 |
| 6.6.10 | 放置矩形填充                | 169 |
| 6.6.11 | 放置多边形填充               | 170 |
| 6.6.12 | 设置坐标原点                | 173 |



|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 6.7 PCB 的编辑功能 .....                                 | 173 |
| 6.7.1 选择对象 .....                                    | 173 |
| 6.7.2 取消选择 .....                                    | 175 |
| 6.7.3 删除对象 .....                                    | 175 |
| 6.7.4 移动对象 .....                                    | 176 |
| 6.7.5 快速跳转 .....                                    | 177 |
| 6.8 小结 .....                                        | 178 |
| <b>第7章 PCB 设计</b> .....                             | 179 |
| 7.1 PCB 设计流程 .....                                  | 179 |
| 7.2 PCB 设计技术要求的提出 .....                             | 181 |
| 7.2.1 PCB 设计的总体要求 .....                             | 181 |
| 7.2.2 PCB 设计的基本原则 .....                             | 181 |
| 7.2.3 提出 PCB 设计要求 .....                             | 183 |
| 7.3 规划电路板 .....                                     | 184 |
| 7.3.1 电路板的工作层面设置 .....                              | 185 |
| 7.3.2 Protel 2004 的图层管理 .....                       | 190 |
| 7.3.3 设置环境参数 .....                                  | 193 |
| 7.3.4 设计电路板外形 .....                                 | 194 |
| 7.4 加载元件封装库和搜索元件库 .....                             | 197 |
| 7.4.1 加载元件封装库 .....                                 | 197 |
| 7.4.2 搜索元件库 .....                                   | 198 |
| 7.5 加载网络和元件 .....                                   | 200 |
| 7.6 PCB 的设计规则 .....                                 | 203 |
| 7.6.1 电气规则 .....                                    | 204 |
| 7.6.2 布线规则 .....                                    | 210 |
| 7.6.3 布局规则 .....                                    | 216 |
| 7.6.4 其他规则的设置 .....                                 | 221 |
| 7.6.5 “4 Port Serial Interface. PRJPCB” 的规则设置 ..... | 225 |
| 7.7 PCB 的元件布局 .....                                 | 226 |
| 7.7.1 元件的自动布局 .....                                 | 226 |
| 7.7.2 元件的手工布局 .....                                 | 229 |
| 7.8 PCB 的叠层设计 .....                                 | 231 |
| 7.8.1 多层电路板的叠层设计原则 .....                            | 231 |
| 7.8.2 本例的叠层方案 .....                                 | 234 |
| 7.9 PCB 的布线 .....                                   | 234 |
| 7.9.1 自动布线 .....                                    | 235 |
| 7.9.2 自动布线的手工调整 .....                               | 239 |
| 7.9.3 手工布线 .....                                    | 241 |
| 7.10 PCB 设计的后期处理 .....                              | 241 |



|             |                   |            |
|-------------|-------------------|------------|
| 7.10.1      | 电源/地线调整           | 241        |
| 7.10.2      | 补泪滴处理             | 242        |
| 7.10.3      | 调整丝印标志            | 243        |
| 7.10.4      | 敷铜                | 248        |
| 7.11        | 设计规则检查            | 250        |
| 7.12        | PCB 设计的自查流程       | 253        |
| 7.13        | PCB 设计中的常见问题和使用技巧 | 255        |
| 7.14        | 小结                | 260        |
| <b>第8章</b>  | <b>生成 PCB 报表</b>  | <b>262</b> |
| 8.1         | 生成 Gerber 文件      | 262        |
| 8.2         | 生成钻孔文件            | 266        |
| 8.3         | 生成其他报表            | 269        |
| 8.3.1       | 电路板信息报表           | 269        |
| 8.3.2       | 网络状态报表            | 271        |
| 8.3.3       | 元件清单              | 272        |
| 8.4         | 小结                | 273        |
| <b>第9章</b>  | <b>集成元件库</b>      | <b>274</b> |
| 9.1         | 原理图符号库            | 274        |
| 9.1.1       | 启动原理图符号库文件编辑器     | 275        |
| 9.1.2       | 原理图符号库编辑器的菜单      | 275        |
| 9.1.3       | 创建一个新元件           | 284        |
| 9.1.4       | 生成项目的元件原理图符号库     | 289        |
| 9.2         | PCB 封装库           | 290        |
| 9.2.1       | PCB 封装的基本知识       | 290        |
| 9.2.2       | 启动 PCB 封装库编辑器     | 292        |
| 9.2.3       | PCB 封装库文件编辑器菜单    | 292        |
| 9.2.4       | 手工创建新的 PCB 封装     | 295        |
| 9.2.5       | 利用向导创建 PCB 封装     | 297        |
| 9.2.6       | 创建项目的元件 PCB 封装库   | 302        |
| 9.3         | 创建集成元件库           | 303        |
| 9.4         | 制作集成元件库的常见问题和使用技巧 | 306        |
| 9.5         | 小结                | 311        |
| <b>第10章</b> | <b>电路仿真</b>       | <b>312</b> |
| 10.1        | 电路仿真的基本概念         | 312        |
| 10.2        | 电路仿真的基本流程         | 313        |
| 10.3        | 仿真元件库             | 314        |
| 10.3.1      | 基本元件库             | 314        |
| 10.3.2      | 仿真信号源元件库          | 320        |
| 10.3.3      | 仿真传输线元件库          | 326        |





|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 10.3.4 仿真数学函数库 .....               | 327 |
| 10.3.5 仿真专用函数库 .....               | 327 |
| 10.4 设置仿真初始状态 .....                | 327 |
| 10.4.1 节点电压的设置 .....               | 328 |
| 10.4.2 初始条件的设置 .....               | 328 |
| 10.5 仿真器的设置 .....                  | 329 |
| 10.5.1 启动仿真器 .....                 | 329 |
| 10.5.2 直流工作点分析 .....               | 330 |
| 10.5.3 瞬态/傅里叶特性分析 .....            | 331 |
| 10.5.4 直流扫描分析 .....                | 332 |
| 10.5.5 交流小信号分析 .....               | 333 |
| 10.5.6 噪声分析 .....                  | 334 |
| 10.5.7 极点-零点分析 .....               | 335 |
| 10.5.8 传递函数分析 .....                | 336 |
| 10.5.9 温度扫描分析 .....                | 336 |
| 10.5.10 参数扫描分析 .....               | 338 |
| 10.5.11 蒙特卡罗分析 .....               | 339 |
| 10.6 瞬态仿真分析实例——555 双稳态电路 .....     | 340 |
| 10.7 温度扫描分析实例——晶体管放大电路 .....       | 344 |
| 10.8 电路仿真中的常见问题和使用技巧 .....         | 347 |
| 10.9 小结 .....                      | 348 |
| <b>第 11 章 信号完整性分析</b> .....        | 349 |
| 11.1 信号完整性分析的基本概念 .....            | 349 |
| 11.2 信号完整性分析的流程 .....              | 351 |
| 11.2.1 原理图的信号完整性分析 .....           | 351 |
| 11.2.2 PCB 的信号完整性分析 .....          | 353 |
| 11.3 Protel 2004 的信号完整性分析的规则 ..... | 353 |
| 11.4 信号完整性分析器 .....                | 358 |
| 11.4.1 启动信号完整性分析器 .....            | 358 |
| 11.4.2 信号完整性分析器的设置 .....           | 360 |
| 11.5 信号完整性分析实例 .....               | 365 |
| 11.5.1 层堆栈设置 .....                 | 365 |
| 11.5.2 设置信号完整性分析规则 .....           | 366 |
| 11.5.3 进行信号完整性分析 .....             | 366 |
| 11.6 信号完整性分析中的常见问题和使用技巧 .....      | 375 |
| 11.7 小结 .....                      | 376 |
| <b>第 12 章 PCB 的可靠性设计</b> .....     | 377 |
| 12.1 PCB 可靠性设计的基本原则 .....          | 377 |
| 12.1.1 确定 PCB 中的高速区域 .....         | 377 |

|               |                      |            |
|---------------|----------------------|------------|
| 12.1.2        | 电磁兼容设计               | 378        |
| 12.1.3        | 电源线、地线的设计            | 378        |
| 12.1.4        | 混合信号的 PCB 设计         | 378        |
| 12.2          | 电磁兼容设计               | 379        |
| 12.2.1        | 元件的选择                | 379        |
| 12.2.2        | 电路设计                 | 379        |
| 12.2.3        | 布局                   | 380        |
| 12.2.4        | 布线                   | 381        |
| 12.3          | 电源、地的设计              | 382        |
| 12.3.1        | 电源完整性设计              | 382        |
| 12.3.2        | 地线设计                 | 383        |
| 12.4          | 混合信号的 PCB 设计         | 383        |
| 12.5          | 热设计                  | 385        |
| 12.6          | 去耦电容配置               | 385        |
| 12.7          | 小结                   | 386        |
| <b>第 13 章</b> | <b>FPGA 的设计</b>      | <b>387</b> |
| 13.1          | 可编程逻辑器件及其设计流程        | 387        |
| 13.2          | FPGA 的设计             | 388        |
| 13.2.1        | 创建 FPGA 设计工程         | 388        |
| 13.2.2        | 创建原理图源文件             | 389        |
| 13.2.3        | 芯片的参数配置              | 392        |
| 13.2.4        | 生成 EDIF-FPGA 网络表     | 393        |
| 13.3          | 小结                   | 395        |
| <b>第 14 章</b> | <b>印制电路板设计实例 (一)</b> | <b>396</b> |
| 14.1          | 项目的提出                | 396        |
| 14.2          | 整体设计规划               | 396        |
| 14.3          | 创建项目文件               | 397        |
| 14.4          | 建立元件库                | 398        |
| 14.4.1        | 建立原理图符号库             | 398        |
| 14.4.2        | 建立 PCB 封装库           | 400        |
| 14.5          | 原理图设计                | 401        |
| 14.6          | PCB 设计               | 403        |
| 14.7          | PCB 设计的后期处理          | 408        |
| 14.8          | 生产文件输出               | 410        |
| 14.9          | 小结                   | 413        |
| <b>第 15 章</b> | <b>印制电路板设计实例 (二)</b> | <b>414</b> |
| 15.1          | 项目的提出                | 414        |
| 15.2          | 整体设计规划               | 414        |
| 15.3          | 创建项目文件               | 415        |



|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 15.4 建立元件库 .....                   | 415 |
| 15.4.1 IC1114 USB 桥接芯片 .....       | 415 |
| 15.4.2 K9F1208U0M Flash 存储芯片 ..... | 417 |
| 15.5 原理图设计 .....                   | 420 |
| 15.6 PCB 设计 .....                  | 423 |
| 15.7 PCB 设计的后期处理 .....             | 429 |
| 15.7.1 补泪滴 .....                   | 429 |
| 15.7.2 调整丝印 .....                  | 430 |
| 15.7.3 敷铜 .....                    | 430 |
| 15.8 生产文件输出 .....                  | 432 |
| 15.9 小结 .....                      | 436 |
| 参考文献 .....                         | 437 |



# 第1章 Protel 2004 概述

Protel 系列软件一向以其易学好用深受广大 EDA 用户的喜爱。在电子行业的 EDA 软件中,它当之无愧地排在众多 EDA 软件的前面,成为电子工程师的首选软件。Protel 2004 是 Altium 有限公司的最新产品,其友好的界面环境和智能化的设计可以为用户提供最优质的服务。

本章主要介绍 Protel 2004 的发展历史、组成特点、运行环境以及如何安装和卸载 Protel 2004 等,并且介绍使用该软件进行 PCB 设计的基本流程,力图使用户在阅读完本章后能够对 Protel 2004 软件、PCB 设计流程等有一个整体的认识。

## 1.1 Protel 的发展历史

Protel 系列是进入到我国最早的 EDA (电子设计自动化) 软件,一直以其方便、易学、实用等特点而深受广大电子工程师的喜爱。

下面介绍 Protel 软件的发展历史。

1) 1985 年,Protel 国际有限公司在澳大利亚宣布成立,致力于电路板 CAD 软件的研究开发工作。在随后的几年里,公司根据当时电子工程师们的需求,推出了 Protel for DOS 软件,用于替代当时十分流行的 TANGO 软件。Protel for DOS 成为当时用户最多、应用最广泛的电路板 CAD 软件。

2) 1991 年,Protel Technology 公司推出了世界上第一个基于 Windows 操作系统的 PCB 设计系统软件——Protel for Windows1.0。

3) 1992 年,Protel Technology 公司推出基于 Windows 操作系统的原理图系统软件以及相应升级产品。

4) 1994 年,Protel Technology 公司首创了 EDA Client/Server 体系结构,方便地实现了许多 EDA 软件的无缝连接。

5) 1996 年,Protel Technology 公司收购了 Neuro CAD 公司,获取了其拥有的布线技术,随后,又收购了 CUPL 公司,获取了 CPLD 技术,推出了 Protel Advanced PLD,正式进入可编程逻辑器件 (PLD) 设计领域。

6) 1998 年,Protel Technology 公司推出了 Protel 98,这是一个真正 32 位的 EDA 软件产品,是专门为 Windows NT 操作系统设计的,它包括 5 个核心模块,分别是 Advanced SCH98 (电路原理图设计)、PCB98 (PCB 设计)、Router 98 (布线器)、PLD98 (可编程逻辑器件设计)、SIM98 (原理图仿真),从而成为一个功能强大的 EDA 软件设计工具。

7) 1999 年,Protel Technology 公司在引进 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的基础上,推出了 Protel 99。Protel 99 既有验证原理图逻辑功能的混合信号仿真,又有验证 PCB 信号完整性分析的板级仿真,从而

构成一个从原理图构思设计到印制电路板分析的完整体系结构。

8) 2000 年, Protel Technology 公司收购了 ACCEL 技术公司 (PCAD), 随后推出了集成各类工具 (包括 CAM、3D 等), 并增加了设计组管理等新功能的 Protel 99SE, 使电子工程师对设计过程具有更大的发挥空间。

9) 2001 年 8 月 6 日, Protel Technology 公司更名为 Altium 有限公司, 并于 2002 年推出了一款基于 Windows NT/XP 的全 32 位电路设计系统——Protel DXP。

10) 随后几年, Altium 有限公司又相继推出了 Protel DXP 的增强版本。2004 年 Altium 公司推出了最新产品 Protel 2004, 并在 2005 年发布了 SP2 升级包。本书所介绍的即是 Protel 2004, 也可以称为 Protel DXP 2004。

## 1.2 Protel 2004 的组成与特点

Protel 2004 融合了当今 EDA 最先进的设计成果, 能处理各种复杂的 PCB 设计过程, 实现 PCB 和 FPGA 设计的多维设计输入、兼容 SPICE 的仿真技术、VHDL 仿真与综合、信号完整性分析、拓扑逻辑自动布线和 CAM 处理与验证等功能。它将所有板级设计工具集于一身, 使设计者能够按照自己的设计方式实现从最初的项目规划到最终形成生产数据的全部过程。因此, Protel 2004 以其功能强大、兼容性好、性价比高等优点成为众多 EDA 用户首选的 EDA 应用软件。

Protel 2004 的主要功能模块包括原理图设计系统、原理图仿真、印制电路板设计系统、SI 分析系统、FPGA 设计系统、集成元件库设计系统等几大部分。

1) 原理图设计系统: 它主要用于电路的原理图设计, 是电路设计的前期部分。

2) 原理图仿真: 它主要用于原理图的前期仿真。仿真是指在计算机上通过软件来模拟具体电路的实际工作, 从而在实际设计前发现问题并有效给予弥补。通过仿真, 电子工程师们可以有效地缩短开发周期, 降低成本。

3) 印制电路板设计系统: 主要用于印制电路板设计, 设计的 PCB 文件将用于印制电路板的生

4) 信号完整性 (SI) 分析系统: 它在 PCB 制板前对 PCB 进行信号完整性方面的分析, 从而发现 PCB 中可能存在的串扰、反射等传输线问题。

5) FPGA 设计系统: 它主要用于可编程逻辑器件的设计, 制作具有特定功能的元器件。

6) 集成元件库设计系统: 相对于以前版本, Protel 2004 可以将元器件的原理图符号和相关的 PCB 封装、SPICE 仿真模型、信号完整性分析模型等信息整合到一起, 在调用原理图符号的同时, 所有的相关信息都被调用, 这样可以大大加快设计进程。

Protel 2004 是一款优秀的 EDA 软件, 它将设计从概念到完成所需的全部功能合并在一个产品中, 功能十分强大。下面只是简单地介绍 Protel 2004 的一些新特点, 在后续的章节中将对这些新特点加以详尽的介绍。

7) Protel 2004 的用户界面经过重新设计, 使设计更加友好直观。其独特的设计浏览器允许 Protel 2004 系统的各个模块交互工作在一起, 界面统一。它把整个设计看作一个项目工程, 其中各种文件, 如原理图文件、仿真文件、PCB 文件和库文件等都可以放在任意目录中, 同时可以创建一个用来管理其他设计文件的项目工程文件。



8) Protel 2004 具有良好的兼容性。它可以兼容低版本的 Protel 产品,支持与其他设计工具如 AutoCAD、P-CAD、OrCAD、PADS、Mentor、Allegro 格式文件的相互转换。

9) Protel 2004 支持数模混合电路仿真,它可以提供包括直流工作点分析、瞬态分析/傅里叶分析、交流小信号分析、噪声分析、零极点分析、传递函数分析和温度扫描分析等一系列详尽的仿真分析,同时支持仿真波形数据的数学转换。

10) Protel 2004 的 PCB 设计系统以“规则驱动”为核心,为用户提供了一个图形化的人机交互设计平台和一系列完备的设计规则。它能很容易地快速定义层堆栈和层结构、层的重命名、基于板层结构计算阻抗以及网络可以连接到多个内电层。它具有完备的设计规则,可覆盖电气、布线、表面贴装技术(SMT)扇出、阻焊、内部电源层、测试点、制造工艺、高速电路、元件布局、信号完整性等整个设计范围。同以前的 Protel 版本相比,Protel 2004 支持推挤布线方式,推开现有线路让出布线通道,并保持与设计规则相一致,从而可以有效地减轻设计人员工作量,加快项目进度。Protel 2004 的 PCB 设计系统既可使用集成元件库,又可使用独立的 PCB 库。

11) Protel 2004 具有强大的信号完整性前/后端分析功能,既可以进行原理图的信号完整性分析,也可以进行 PCB 的信号完整性分析,并且为信号完整性仿真提供多种 SI 参数结果。其信号完整性分析器可以提供有关 PCB 网络阻抗、过冲、下冲、延迟时间和信号斜率等真实性能的详细信息。

12) Protel 2004 全面支持 FPGA 设计,用 Protel 2004 的原理图编辑器就可以进行 FPGA 的设计输入,还能实现原理图和 VHDL 混合输入。它完全支持 Xilinx、Altera 的元件库和各种宏单元的定义,提供全套 Altera、Xilinx FPGA 系列的前端综合宏和元件库。在完成 FPGA 设计输入之后,可直接从 FPGA 原理图中编译生成电子设计交换格式(EDIF)网表文件,导入到 FPGA 器件供应商提供的布局布线工具中,同时还支持 FPGA 引脚的反向标注和说明。

13) Protel 2004 含有一个全面的集成元件库,把每个元件的原理图符号和 PCB 封装、SPICE 模型、VHDL、EDIF 和信号完整性(SI)分析模型链接在一起;集成元件库保证了设计所需要的任何类型的元件模型数据,例如仿真时需要 SPICE 模型,PCB 更新时需要封装模型。Protel 2004 支持以前版本的 Protel 原理图和 PCB 库的格式,确保用户可以方便地将用户自定义的库导入到 Protel 2004 环境中。

14) Protel 2004 支持广泛的输出类型,包括 ODB++、Gerber 和 NC Drill 等。其网络表输出格式包括 EDIF、VHDL、SPICE 和 Multiwire,同时也提供扩展的报告特性和通用的元件清单(BOM)产生功能。

### 1.3 Protel 2004 的运行环境

Protel 2004 对系统的配置要求如下。

#### 1. 推荐配置

- (1) Pentium PC, 1.2GHz 或者更高级别的处理器
- (2) 512MB 的内存
- (3) 620MB 的硬盘空间
- (4) 图形要求: 1280 × 1024 像素的分辨率、32 位色、32MB 的显存

