



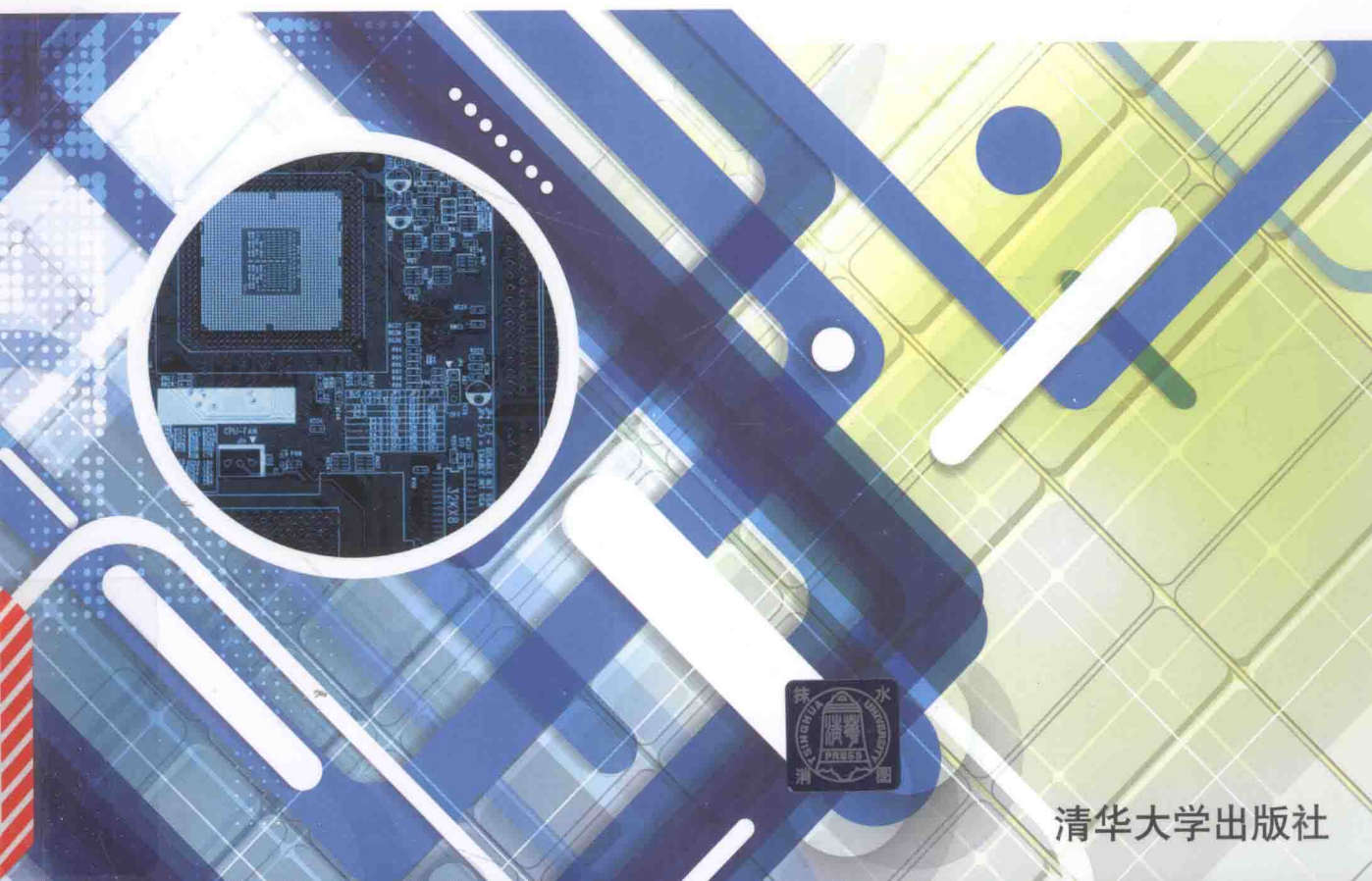
- 通过多个实例由浅入深、从易到难地讲述了 Altium Designer 16.0 的知识精髓，使读者能快速掌握软件的设计技巧。
- 配备资源包括**1152**个源文件和结果文件以及**43**段长达**500**分钟的语言视频教程文件，通过扫二维码进行下载，方便读者快速使用并学习。

# Altium Designer (Protel)

## 原理图与PCB设计

## 精讲教程

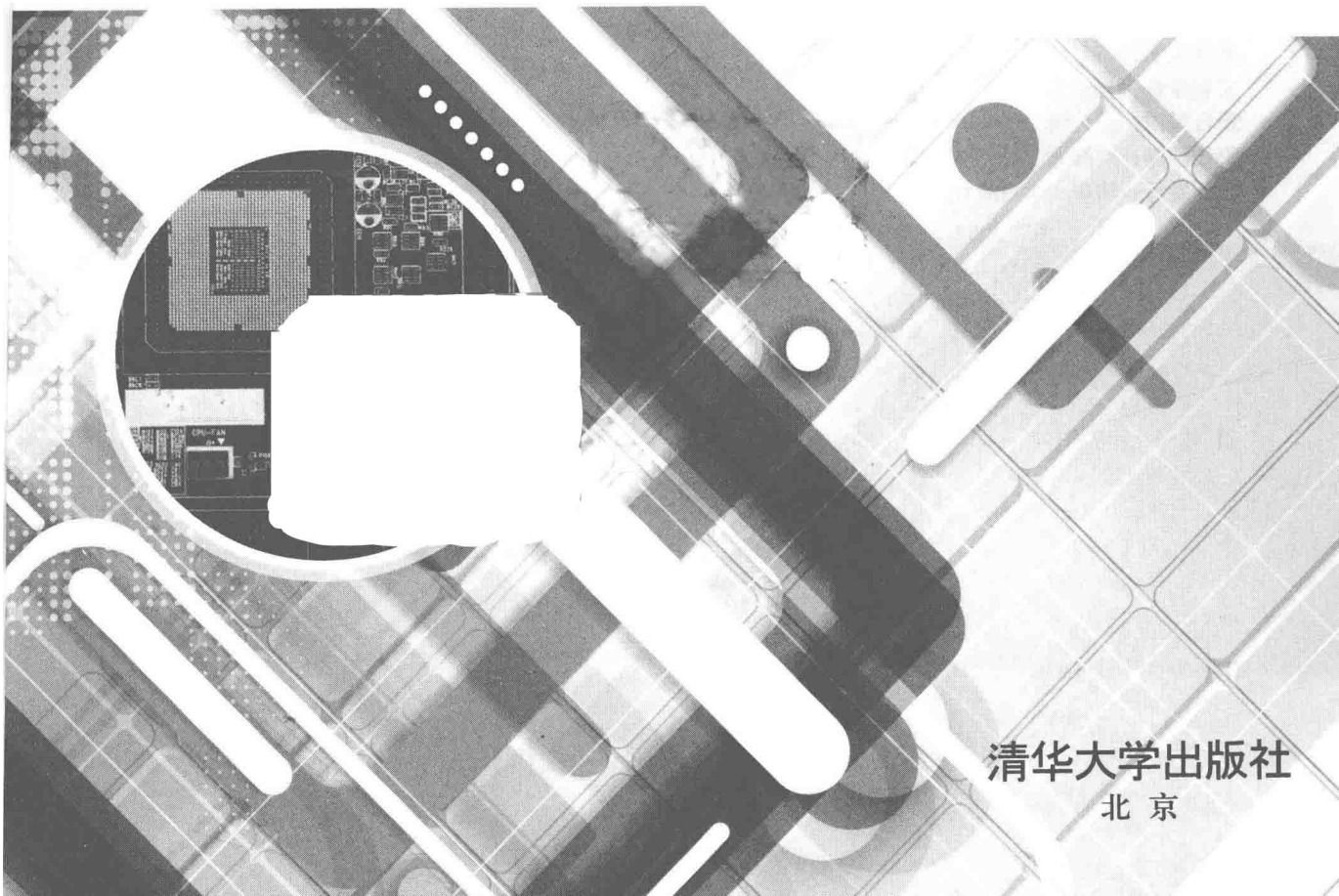
边立健 李敏涛 胡允达 编著



清华大学出版社

# Altium Designer (Protel) **原理图与PCB设计 精讲教程**

边立健 李敏涛 胡允达 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书通过众多实例,由浅入深、从易到难地讲述了 Altium Designer 16.0 的知识精髓,使读者能快速掌握使用该软件进行设计的技巧。

本书按知识结构分为 17 章,主要包括 Altium Designer 16.0 概述、电路原理图设计基础、层次化原理图设计、电路原理图的后续处理、PCB 设计基础、创建元器件库、PCB 设计规则的设置、元器件封装的制作与管理、PCB 元器件库的管理、信号完整性、原理图与 PCB 图的交互验证、PCB 的后续处理、PCB 的高级设计、电路仿真设计等内容,最后通过三个综合实例,详细介绍了使用 Altium Designer 16.0 的设计过程。

本书提供网络下载资源,内容包括书中所有实例的源文件和结果文件,以及实例操作过程的视频文件。

本书入门简单、层次清楚、内容翔实、图文并茂、由浅入深,不仅可用作本科、高职等院校相关专业的教材,而且也适合 Altium Designer 16.0 的初、中级学习者作为自学教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer(Protel)原理图与 PCB 设计精讲教程/边立健,李敏涛,胡允达编著. —北京:清华大学出版社,2017

ISBN 978-7-302-46210-1

I. A… II. ①边… ②李… ③胡… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 020026 号

责任编辑:韩宜波

装帧设计:杨玉兰

责任校对:宋延清

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:190mm×260mm 印 张:28.25 字 数:690 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版 印 次:2017 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:66.00 元

---

产品编号:067330-01

Altium Designer 是原 Protel 软件开发商 Altium 公司推出的一体化的电子产品开发系统，一直以易学易用的特点，深受广大电子产品设计者的喜爱。

Altium Designer 16.0 作为 Altium 公司最新版本的电子设计软件，不仅全面继承了包括 Protel 99SE、Protel DXP 2004 在内的先前版本的功能与优点，而且还增加了大量的新功能与改进功能，如可视化的安全边界、智能化元器件布局系统、更智能的 xSignals 向导、网络颜色同步、3D 模型生成向导等，能够帮助设计者在很短的时间内进一步提升设计效率，制作出更加优良、更加低成本的电子产品。

Altium Designer 16.0 可以轻松地定义材料选择，智能地完成刚柔结合板的布局和布线，在美观的、原生 3D PCB 模式中展现所设计的工程艺术作品。而且通过 Altium Designer 16.0 的集中元器件库管理功能，可以建立一个来源唯一的、可信赖的、共享的元器件库，并可以在所有的项目中立刻使用、管控和复用一切有价值的元器件。

Altium Designer 16.0 的原生 3D 可视化与间距检查功能，能够确保电路板在第一次安装时，即可与外壳完美匹配，不再需要昂贵的设计返工。在 3D 编辑状态下，电路板与外壳的匹配情况可以实时展现，可以在几秒钟内解决电路板与外壳之间的碰撞冲突问题，使用起来十分方便。

Altium Designer 16.0 具有广阔的工程应用范围，可以将使用者的设计与动态、智能的数据管理相连，掌控设计数据和 workflows 的效率，发掘专业创建设计内容的潜力，节省创建和管理元器件库的时间。

本书共分为 17 章，各章的内容如下。

第 1 章：Altium Designer 16.0 概述。

第 2 章：电路原理图设计基础。

第 3 章：层次化原理图的设计。

第 4 章：电路原理图的后续处理。

第 5 章：PCB 设计基础。

第 6 章：创建元器件库。

第 7 章：PCB 设计规则的设置。

第 8 章：元器件封装的制作与管理。

第 9 章：PCB 元器件库的管理。

第 10 章：信号完整性。

第 11 章：原理图与 PCB 图的交互验证。

第 12 章：PCB 的后续处理。



## 前言

第 13 章：PCB 的高级设计。

第 14 章：电路仿真设计。

第 15 章：单片机实验板电路图的设计。

第 16 章：报警器电路的设计。

第 17 章：数码管显示电路的设计。

本书提供网络下载资源，内容包括书中所有实例的源文件和结果文件，以及实例操作过程的视频文件，读者可以通过多媒体形式方便直观地学习本书的内容。

本书内容由浅入深，图文并茂，对关键的界面功能均采用中英文对照方式编排，兼顾了实际需求；每一章的知识点都配有案例讲解，以加深读者对知识点的理解；每章的最后，通常还配有一些实例，帮助读者进一步巩固并综合运用所学知识。

本书可以作为大中专院校汽车电子类、电气类、计算机类、电气自动化类及机电一体化类专业的 EDA 授课教材，也可作为从事电子产品设计的工程技术人员与电子制作爱好者的参考书。

本书由温州职业技术学院的边立健、李敏涛、胡允达老师编著。其中，边立健老师编写了第 1~8 章内容，李敏涛老师编写了第 9~14 章内容，胡允达老师编写了第 15~17 章内容。其他参加编写的人员还有于香芝、杨旺功、江俊浩、王劲、田万勇、赵一飞、韩成斌、周艳山、田君、张博、吴艳臣、徐昱、王永忠、李明玉、武可元、于秀青等。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编者

|  |    |                                |    |
|--|----|--------------------------------|----|
| <b>第 1 章 Altium Designer 16.0 概述</b> ..... | 1  | 1.7.1 实例——非稳态多谐振荡器             | 23 |
| 1.1 Altium Designer 16.0 简介 .....          | 1  | 1.7.2 实例——滤波器电路                |    |
| 1.1.1 Altium Designer 16.0 的特点             | 2  | 仿真设计 .....                     | 27 |
| 1.1.2 Altium Designer 的发展历程                | 4  | <b>第 2 章 电路原理图设计基础</b> .....   | 32 |
| 1.1.3 Altium Designer 16.0 的               |    | 2.1 电路原理图的设计步骤 .....           | 32 |
| 新增技术 .....                                 | 5  | 2.1.1 印制电路板设计的一般步骤             | 32 |
| 1.2 Altium Designer 16.0 的安装、              |    | 2.1.2 Altium Designer 16.0 原理图 |    |
| 激活与升级 .....                                | 5  | 设计的一般步骤 .....                  | 33 |
| 1.2.1 Altium Designer 16.0 的               |    | 2.2 电路原理图图纸的设置 .....           | 34 |
| 系统需求 .....                                 | 5  | 2.2.1 创建新原理图文件 .....           | 34 |
| 1.2.2 Altium Designer 16.0 的               |    | 2.2.2 图纸操作 .....               | 35 |
| 系统安装 .....                                 | 6  | 2.2.3 原理图图纸设计信息的设置             | 38 |
| 1.2.3 Altium Designer 16.0                 |    | 2.3 电路原理画面管理 .....             | 40 |
| 系统的激活 .....                                | 8  | 2.3.1 放大与缩小 .....              | 40 |
| 1.2.4 Altium Designer 16.0 的启动             | 9  | 2.3.2 移动和刷新 .....              | 41 |
| 1.2.5 Altium Designer 16.0 系统的             |    | 2.3.3 复制与粘贴 .....              | 43 |
| 升级 .....                                   | 11 | 2.4 电路原理图工作环境的设置 .....         | 43 |
| 1.3 Altium Designer 16.0 的文件管理             |    | 2.4.1 原理图常规环境的参数设置             | 44 |
| 系统 .....                                   | 11 | 2.4.2 设置图形编辑环境参数 .....         | 47 |
| 1.3.1 项目文件 .....                           | 11 | 2.5 电路元件的电气连接 .....            | 49 |
| 1.3.2 自由文件 .....                           | 12 | 2.5.1 放置元器件 .....              | 49 |
| 1.3.3 存盘文件 .....                           | 12 | 2.5.2 编辑元器件 .....              | 53 |
| 1.4 Altium Designer 16.0 软件界面的             |    | 2.5.3 元器件位置调整 .....            | 55 |
| 设置 .....                                   | 12 | 2.5.4 绘制导线 .....               | 57 |
| 1.4.1 系统主菜单 .....                          | 13 | 2.5.5 放置电源和接地符号 .....          | 59 |
| 1.4.2 系统工具栏 .....                          | 13 | 2.5.6 放置节点 .....               | 59 |
| 1.4.3 浏览器工具栏 .....                         | 13 | 2.5.7 绘制总线 .....               | 61 |
| 1.4.4 工作区面板 .....                          | 14 | 2.5.8 绘制总线分支线 .....            | 61 |
| 1.4.5 工作区 .....                            | 14 | 2.5.9 实例——开关电路的                |    |
| 1.5 Altium Designer 16.0 系统的设置             | 15 | 原理图 .....                      | 62 |
| 1.6 Altium Designer 16.0 界面的自定义            | 21 | 2.6 实用工具绘图 .....               | 67 |
| 1.7 Altium Designer 16.0 入门 .....          | 23 | 2.6.1 实用工具 .....               | 67 |
|  |    | 2.6.2 折线的绘制 .....              | 67 |



# 目录

|            |                               |           |            |   |            |
|------------|-------------------------------|-----------|------------|---|------------|
| 2.6.3      | 椭圆与圆弧的绘制.....                 | 68        | 4.2.8      | 电路连线的编辑.....                              | 110        |
| 2.6.4      | 放置文本.....                     | 69        | 4.3        | 查找与替换操作.....                              | 111        |
| 2.6.5      | 实例——电感元器件的绘制.....             | 71        | 4.3.1      | 文本的查找.....                                | 111        |
| 2.7        | 电路原理图设计实例.....                | 72        | 4.3.2      | 文本的替换.....                                | 112        |
| 2.7.1      | 实例——设计直流稳压<br>电路图.....        | 72        | 4.3.3      | 查找下一处.....                                | 113        |
| 2.7.2      | 实例——设计定时器<br>电路图.....         | 75        | 4.3.4      | 查找相似对象.....                               | 113        |
| <b>第3章</b> | <b>层次化原理图的设计.....</b>         | <b>80</b> | 4.4        | 原理图查错及其编辑.....                            | 114        |
| 3.1        | 层次原理图的基本概念与结构.....            | 80        | 4.4.1      | 原理图的自动检测设置.....                           | 114        |
| 3.1.1      | 基本概念.....                     | 80        | 4.4.2      | 原理图的编译.....                               | 117        |
| 3.1.2      | 基本结构.....                     | 81        | 4.4.3      | 原理图的修正.....                               | 117        |
| 3.2        | 层次化原理图的设计方法.....              | 81        | 4.5        | 打印与输出原理图.....                             | 119        |
| 3.2.1      | 自上而下的设计方法.....                | 82        | 4.5.1      | 打印输出.....                                 | 119        |
| 3.2.2      | 自下而上的设计方法.....                | 87        | 4.5.2      | 网络报表.....                                 | 120        |
| 3.2.3      | 层次化原理图的切换.....                | 88        | 4.5.3      | 生成原理图文件的网络表.....                          | 121        |
| 3.2.4      | 层次设计表.....                    | 90        | 4.5.4      | 生成元件报表.....                               | 123        |
| 3.3        | 综合实例.....                     | 91        | 4.5.5      | 实例——音量控制电路的<br>输出.....                    | 125        |
| 3.3.1      | 实例——波峰检测电路层次<br>原理图的设计.....   | 91        | 4.6        | 工具的使用.....                                | 133        |
| 3.3.2      | 实例——声控变频器<br>原理图的设计.....      | 96        | 4.7        | 使用 SCHFilter 和 Navigator<br>面板进行快速浏览..... | 135        |
| <b>第4章</b> | <b>电路原理图的后续处理.....</b>        | <b>99</b> | 4.8        | 综合实例.....                                 | 137        |
| 4.1        | 在原理图中添加 PCB 设计规则.....         | 99        | 4.8.1      | 实例——门铃控制电路<br>报表的输出.....                  | 137        |
| 4.1.1      | 在对象属性中添加设计规则.....             | 99        | 4.8.2      | 实例——AD 转换电路的<br>打印输出.....                 | 140        |
| 4.1.2      | 在原理图中放置<br>PCB Layout 标志..... | 100       | <b>第5章</b> | <b>PCB 设计基础.....</b>                      | <b>145</b> |
| 4.2        | 原理图的基本编辑.....                 | 102       | 5.1        | PCB 概述.....                               | 145        |
| 4.2.1      | 选取图元.....                     | 102       | 5.1.1      | PCB 的发展和种类.....                           | 145        |
| 4.2.2      | 解除对象的选取状态.....                | 103       | 5.1.2      | PCB 编辑器的功能特点.....                         | 147        |
| 4.2.3      | 图元对象的剪切.....                  | 104       | 5.2        | PCB 的设计界面简介.....                          | 148        |
| 4.2.4      | 智能粘贴.....                     | 105       | 5.2.1      | PCB 菜单栏.....                              | 149        |
| 4.2.5      | 阵列粘贴.....                     | 107       | 5.2.2      | PCB 主工具栏.....                             | 149        |
| 4.2.6      | 删除图元对象.....                   | 108       | 5.3        | PCB 设计流程图.....                            | 150        |
| 4.2.7      | 图元对象的组合.....                  | 109       | 5.4        | PCB 的设置.....                              | 150        |
|            |                               |           | 5.4.1      | PCB 板层的设置.....                            | 150        |
|            |                               |           | 5.4.2      | PCB 板层颜色的修改.....                          | 151        |

|        |                               |     |                                  |            |
|--------|-------------------------------|-----|----------------------------------|------------|
| 5.4.3  | PCB 编辑器的设置 .....              | 153 | <b>第 6 章 创建元器件库 .....</b>        | <b>193</b> |
| 5.5    | 在 PCB 文件中导入原理图<br>网络表信息 ..... | 155 | 6.1 创建原理图的元件库 .....              | 193        |
| 5.5.1  | 设置同步比较的规则 .....               | 155 | 6.1.1 元件库面板介绍 .....              | 193        |
| 5.5.2  | 导入网络报表 .....                  | 156 | 6.1.2 工具栏介绍 .....                | 195        |
| 5.5.3  | 原理图与 PCB 图的<br>同步更新 .....     | 158 | 6.1.3 设置元件库编辑器的<br>工作区参数 .....   | 196        |
| 5.6    | 元件的布局 .....                   | 160 | 6.1.4 库元件的绘制 .....               | 197        |
| 5.6.1  | 自动布局约束参数 .....                | 161 | 6.1.5 编辑元件属性 .....               | 200        |
| 5.6.2  | 元件的手动布局 .....                 | 164 | 6.1.6 子部件库元件的绘制 .....            | 201        |
| 5.6.3  | 推挤式自动布局 .....                 | 165 | 6.2 创建原理图元件 .....                | 202        |
| 5.6.4  | 导入自动布局文件进行<br>布局 .....        | 166 | 6.2.1 原理图 .....                  | 202        |
| 5.6.5  | 实例——单片机的<br>布局设计 .....        | 166 | 6.2.2 创建新的原理图库 .....             | 203        |
| 5.7    | 电路板的布线 .....                  | 169 | 6.2.3 创建新的原理图元件 .....            | 204        |
| 5.7.1  | 设置 PCB 自动布线的策略 .....          | 170 | 6.2.4 给原理图元件添加引脚 .....           | 205        |
| 5.7.2  | 电路板自动布线的操作 .....              | 172 | 6.2.5 设置原理图中元件的属性 .....          | 206        |
| 5.7.3  | 电路板手动布线 .....                 | 173 | 6.2.6 向原理图元件中添加模型 .....          | 207        |
| 5.7.4  | 实例——LED 显示电路的<br>布线设计 .....   | 173 | 6.2.7 向原理图元件添加<br>PCB 封装模型 ..... | 208        |
| 5.8    | PCB 基本图元对象的布置 .....           | 175 | 6.2.8 添加电路仿真模型 .....             | 209        |
| 5.8.1  | 线段布置 .....                    | 175 | 6.2.9 加入信号完整性分析模型 .....          | 211        |
| 5.8.2  | 连线布置 .....                    | 176 | 6.2.10 添加元件参数 .....              | 211        |
| 5.8.3  | 焊盘布置 .....                    | 177 | 6.2.11 间接字符串 .....               | 212        |
| 5.8.4  | 过孔布置 .....                    | 178 | 6.2.12 实例——制作变压器<br>元件 .....     | 213        |
| 5.8.5  | 填充布置 .....                    | 179 | 6.3 综合实例 .....                   | 216        |
| 5.8.6  | 字符串布置 .....                   | 180 | 6.3.1 实例——七段数码管元件 .....          | 216        |
| 5.8.7  | 元件封装布置 .....                  | 181 | 6.3.2 实例——制作 LCD 元件 .....        | 218        |
| 5.8.8  | 覆铜 .....                      | 181 | <b>第 7 章 PCB 设计规则的设置 .....</b>   | <b>224</b> |
| 5.8.9  | 补泪滴 .....                     | 183 | 7.1 PCB 设计规则简述 .....             | 224        |
| 5.8.10 | 实例——单片机覆铜制作 .....             | 183 | 7.2 电气规则 .....                   | 224        |
| 5.9    | 综合实例 .....                    | 184 | 7.2.1 安全间距 .....                 | 225        |
| 5.9.1  | 实例——整流滤波电路的<br>设计 .....       | 184 | 7.2.2 允许短路 .....                 | 226        |
| 5.9.2  | 实例——彩灯控制<br>电路设计 .....        | 188 | 7.2.3 未布线网络 .....                | 227        |
|        |                               |     | 7.2.4 未连接引脚 .....                | 227        |
|        |                               |     | 7.2.5 修改多边形 .....                | 228        |
|        |                               |     | 7.3 PCB 布线规则 .....               | 228        |





# 目录

|              |                               |            |               |                                  |            |
|--------------|-------------------------------|------------|---------------|----------------------------------|------------|
| 7.3.1        | 布线线宽.....                     | 228        | 8.4.2         | 实例——制作 LED 元器件.....              | 265        |
| 7.3.2        | 布线拓扑.....                     | 229        | <b>第 9 章</b>  | <b>PCB 元器件库的管理.....</b>          | <b>268</b> |
| 7.3.3        | 优先布线.....                     | 230        | 9.1           | PCB 元件封装的管理.....                 | 268        |
| 7.3.4        | 布线层.....                      | 231        | 9.1.1         | 复制 PCB 元件封装.....                 | 268        |
| 7.3.5        | 布线转角.....                     | 232        | 9.1.2         | 导入旧版本的 PCB 封装.....               | 269        |
| 7.3.6        | 过孔类型.....                     | 232        | 9.2           | 自定义 PCB 元件封装.....                | 272        |
| 7.3.7        | 扇出类型.....                     | 233        | 9.3           | 利用向导生成 PCB 元件封装.....             | 275        |
| 7.4          | PCB 设计规则向导.....               | 234        | 9.4           | 综合实例.....                        | 277        |
| 7.4.1        | PCB 设计规则检查.....               | 236        | 9.4.1         | 实例——创建计时器集成<br>元器件库.....         | 277        |
| 7.4.2        | 取消错误标记.....                   | 237        | 9.4.2         | 实例——绘制运算单元.....                  | 280        |
| 7.4.3        | 导入与导出设计规则.....                | 237        | <b>第 10 章</b> | <b>信号完整性.....</b>                | <b>285</b> |
| 7.5          | 综合实例.....                     | 238        | 10.1          | 信号完整性概述.....                     | 285        |
| 7.5.1        | 实例——USB 鼠标<br>电路设计.....       | 238        | 10.1.1        | 信号完整性简介.....                     | 285        |
| 7.5.2        | 实例——窃听器电路板的<br>设计.....        | 243        | 10.1.2        | 自动信号分析器.....                     | 287        |
| <b>第 8 章</b> | <b>元器件封装的制作与管理.....</b>       | <b>247</b> | 10.2          | 信号完整性分析.....                     | 287        |
| 8.1          | 元器件封装简介.....                  | 247        | 10.2.1        | 启动信号完整性分析器.....                  | 287        |
| 8.2          | 常用元器件封装介绍.....                | 248        | 10.2.2        | 信号完整性分析工具.....                   | 289        |
| 8.2.1        | 元件封装编辑器.....                  | 248        | 10.2.3        | 信号完整性分析器的设置.....                 | 291        |
| 8.2.2        | 利用向导创建元器件封装.....              | 250        | 10.2.4        | 将信号完整性集成进<br>标准板卡的设计流程.....      | 294        |
| 8.2.3        | 手工创建元器件封装.....                | 253        | 10.3          | 综合实例.....                        | 294        |
| 8.3          | 创建含有多个部件的原理图元件.....           | 256        | 10.3.1        | 实例——计数器的完整性<br>分析.....           | 294        |
| 8.3.1        | 创建元件的外形.....                  | 256        | 10.3.2        | 实例——信号完整性中的<br>反射和串扰分析.....      | 298        |
| 8.3.2        | 创建一个新的部件.....                 | 258        | <b>第 11 章</b> | <b>原理图与 PCB 图的<br/>交互验证.....</b> | <b>305</b> |
| 8.3.3        | 创建部件的另一个<br>可视模型.....         | 259        | 11.1          | 以原理图和 PCB 图输出<br>PDF 文件.....     | 305        |
| 8.3.4        | 从其他库中添加元件.....                | 259        | 11.2          | 原理图与 PCB 图关联.....                | 308        |
| 8.3.5        | 复制多个元件.....                   | 259        | 11.3          | 原理图与 PCB 的交互.....                | 309        |
| 8.3.6        | 元件报告.....                     | 260        | 11.4          | PCB 与原理图的相互更新.....               | 310        |
| 8.3.7        | 库报告.....                      | 260        | 11.4.1        | 由 PCB 原理图更新 PCB.....             | 310        |
| 8.3.8        | 元件规则检查.....                   | 260        |               |                                  |            |
| 8.3.9        | 实例——制作三极管<br>2N3094 元件.....   | 261        |               |                                  |            |
| 8.4          | 综合实例.....                     | 263        |               |                                  |            |
| 8.4.1        | 实例——U 盘电路的<br>IC1114 元器件..... | 263        |               |                                  |            |

|                               |            |                            |            |
|-------------------------------|------------|----------------------------|------------|
| 11.4.2 由 PCB 更新原理图 .....      | 311        | 13.2 对象分类管理器 .....         | 342        |
| 11.5 综合实例 .....               | 312        | 13.2.1 类 .....             | 342        |
| 11.5.1 实例——风扇电路               |            | 13.2.2 组合 .....            | 344        |
| 原理图的设计 .....                  | 312        | 13.3 元件体管理器 .....          | 345        |
| 11.5.2 实例——风扇电路 PCB 的         |            | 13.3.1 选择元件体的形状 .....      | 346        |
| 设计 .....                      | 317        | 13.3.2 添加元件体到封装 .....      | 347        |
| <b>第 12 章 PCB 的后续处理</b> ..... | <b>321</b> | 13.3.3 设置元件体参数 .....       | 347        |
| 12.1 电路板的测量 .....             | 321        | 13.3.4 元件体的批处理设置 .....     | 348        |
| 12.1.1 测量电路板上两点间的             |            | 13.4 PCB 布线进阶 .....        | 348        |
| 距离 .....                      | 321        | 13.4.1 阻抗决定的线宽 .....       | 348        |
| 12.1.2 测量电路板上对象间的             |            | 13.4.2 PCB 走线切割 .....      | 350        |
| 距离 .....                      | 322        | 13.4.3 拖动时保持导线角度 .....     | 350        |
| 12.1.3 测量电路板上导线的长度 .....      | 322        | 13.4.4 蛇形线 .....           | 351        |
| 12.2 设计规则检查(DRC) .....        | 322        | 13.4.5 交互式长度调整 .....       | 353        |
| 12.2.1 在线设计规则检查 .....         | 324        | 13.4.6 撤消布线 .....          | 353        |
| 12.2.2 批处理设计规则检查 .....        | 325        | 13.4.7 屏蔽导线 .....          | 353        |
| 12.2.3 对未布线的 PCB 文件执行         |            | 13.4.8 实例——恒电位仪控制          |            |
| 批处理设计规则检查 .....               | 325        | 电路 PCB 设计 .....            | 354        |
| 12.2.4 对已布线完毕的 PCB 文件         |            | 13.5 综合实例 .....            | 358        |
| 执行批处理设计规则检查 .....             | 327        | 13.5.1 实例——读卡器             |            |
| 12.3 电路板的报表输出 .....           | 327        | PCB 设计 .....               | 358        |
| 12.3.1 PCB 图的网络表文件 .....      | 327        | 13.5.2 实例——带弱电的电路板         |            |
| 12.3.2 PCB 板信息总报表 .....       | 328        | PCB 设计 .....               | 361        |
| 12.3.3 元件报表 .....             | 328        | <b>第 14 章 电路仿真设计</b> ..... | <b>368</b> |
| 12.3.4 网络表状态报表 .....          | 329        | 14.1 电路仿真的基本概念 .....       | 368        |
| 12.3.5 实例——电路板元件              |            | 14.2 放置电源及仿真激励源 .....      | 369        |
| 清单报表 .....                    | 330        | 14.2.1 直流电压/电流源 .....      | 369        |
| 12.4 电路板的打印输出 .....           | 331        | 14.2.2 正弦信号激励源 .....       | 370        |
| 12.4.1 打印 PCB 文件 .....        | 332        | 14.2.3 周期脉冲源 .....         | 371        |
| 12.4.2 生成 Gerber 文件 .....     | 334        | 14.2.4 分段线性激励源 .....       | 371        |
| 12.5 综合实例 .....               | 335        | 14.2.5 指数激励源 .....         | 372        |
| 12.5.1 实例——PCB 图纸的            |            | 14.2.6 单频调频激励源 .....       | 373        |
| 打印输出 .....                    | 335        | 14.3 仿真分析的参数设置 .....       | 373        |
| 12.5.2 实例——生产加工               |            | 14.3.1 一般设置 .....          | 374        |
| 文件输出 .....                    | 337        | 14.3.2 静态工作点分析 .....       | 374        |
| <b>第 13 章 PCB 的高级设计</b> ..... | <b>341</b> | 14.3.3 瞬态分析 .....          | 375        |
| 13.1 布局布线空间 .....             | 341        |                            |            |



# 目录

|   |                        |     |                                  |                               |     |
|---|------------------------|-----|----------------------------------|-------------------------------|-----|
| 14.3.4                                  | 交流小信号分析.....           | 376 | 16.2                             | 报警器电路原理图的设计.....              | 407 |
| 14.4                                    | 特殊仿真元器件的参数设置.....      | 376 | 16.3                             | 印制电路板的设计.....                 | 412 |
| 14.4.1                                  | 节点电压初值.....            | 376 | <b>第 17 章 数码管显示电路的设计.....417</b> |                               |     |
| 14.4.2                                  | 节点电压.....              | 377 | 17.1                             | 建立文件夹.....                    | 417 |
| 14.4.3                                  | 仿真数学函数.....            | 378 | 17.2                             | 原理图绘制前的准备.....                | 417 |
| 14.4.4                                  | 实例——电源电路的<br>仿真分析..... | 378 | 17.3                             | 建立库文件.....                    | 419 |
| 14.5                                    | 电路仿真的基本方法.....         | 382 | 17.3.1                           | 建立 AT89C2051 元件.....          | 419 |
| 14.6                                    | 综合实例.....              | 384 | 17.3.2                           | 建立 AT89C2051 元件<br>封装.....    | 422 |
| 14.6.1                                  | 实例——混合信号仿真.....        | 384 | 17.3.3                           | 创建 AT89C2051 集成<br>元器件库.....  | 423 |
| 14.6.2                                  | 实例——数字电路仿真.....        | 385 | 17.3.4                           | 建立 DpyBule-CC 元件.....         | 425 |
| <b>第 15 章 单片机实验板电路图的<br/>设计.....388</b> |                        |     | 17.3.5                           | 建立 DpyBule-CC<br>元件封装.....    | 428 |
| 15.1                                    | 新建工程.....              | 388 | 17.3.6                           | 创建 DpyBule-CC 集成<br>元器件库..... | 430 |
| 15.2                                    | 载入元器件.....             | 390 | 17.3.7                           | 编译库文件.....                    | 431 |
| 15.3                                    | 原理图输入.....             | 395 | 17.4                             | 原理图的绘制.....                   | 432 |
| 15.3.1                                  | 元件布局.....              | 396 | 17.4.1                           | 查找元件.....                     | 432 |
| 15.3.2                                  | 元件手工布线.....            | 396 | 17.4.2                           | 元件布局.....                     | 435 |
| 15.4                                    | PCB 设计.....            | 398 | 17.4.3                           | 元件手工布线.....                   | 435 |
| 15.4.1                                  | 准备工作.....              | 398 | 17.5                             | PCB 的绘制.....                  | 437 |
| 15.4.2                                  | 资料转移.....              | 399 | 17.5.1                           | 新建 PCB 文档.....                | 437 |
| 15.4.3                                  | 零件布置.....              | 400 | 17.5.2                           | PCB 板布局.....                  | 438 |
| 15.4.4                                  | 网络分类.....              | 401 | 17.5.3                           | PCB 板布线.....                  | 439 |
| 15.4.5                                  | 布线.....                | 403 | 17.5.4                           | 放置安装孔.....                    | 441 |
| 15.5                                    | 生成报表文件.....            | 405 | 17.5.5                           | 覆铜制作.....                     | 442 |
| <b>第 16 章 报警器电路的设计.....407</b>          |                        |     |                                  |                               |     |
| 16.1                                    | 电路分析.....              | 407 |                                  |                               |     |



# 第 1 章

## Altium Designer 16.0 概述

Altium Designer 是原 Protel 软件开发商 Altium 公司推出的一体化的电子产品开发系统，主要运行在 Windows 操作系统中。这款软件通过把原理图设计、电路仿真、PCB(印制电路板)的绘制编辑、拓扑逻辑自动布线、信号完整性分析和设计输出等技术完美地融合起来，为设计者提供了全新的设计解决方案，使设计者可以轻松地设计。学会并且熟练地使用这一软件，必将使电路设计的质量和效率大大提高。

### 1.1 Altium Designer 16.0 简介

随着电子制造技术的飞速发展，各种电子器件不断推陈出新，电子器件日益规模化、高密度化和小型化。电子产品对于速度、容量、体积和重量等技术指标的要求不断提高，传统的手工设计越来越难以适应市场发展的需要。因此，越来越多的设计人员开始使用一些快速、高效的 CAD 设计软件，来辅助进行电路原理图、PCB 图的设计，打印各种报表，控制电路板的生产。电路设计在方法和手段上发生了革命性的变化。

为提高设计效率，人们进而提出了电子设计自动化(Electronics Design Automation, EDA)的概念，并开发了相应的 EDA 工具软件。这种工具软件可以根据系统的行为和功能要求，自动地逐层完成电子产品设计的全过程，包括原理图和语言输入、检查错误和仿真验证、PCB 设计、信号分析和规则检查以及生成 CAM 文件等。

Altium Designer 16.0 是 Altium 公司于 2016 年初推出的 Protel 系列的最新高端版本，是一个一体化的电子产品开发系统，能实现所有电路板级的设计功能。Altium Designer 16.0 将设计流程、集成化 PCB 设计、可编程器件(如 FPGA)设计和基于处理器设计的嵌入式软件开发功能整合在一起，具备同时进行 PCB 和 FPGA 设计以及嵌入式设计的能力，能实现将设计方案从概

念转变为最终成品所需的全部功能。

Altium Designer 16.0 除了全面继承包括 Protel 99SE、Protel DXP 在内的先前一系列版本的功能和优点外，还增加了许多改进，以及很多高端功能。该平台拓宽了板级设计的传统界限，全面集成了 FPGA 设计功能和 SOPC 设计实现功能，从而使工程师能将系统设计中的 FPGA 与 PCB 设计以及嵌入式设计集成在一起。

Altium Designer 16.0 以强大的设计输入功能为特点，在 FPGA 和板级设计中，同时支持原理图输入和 HDL 硬件描述输入模式，同时支持基于 VHDL 的设计仿真、混合信号电路仿真、布局前/后信号的完整性分析。

Altium Designer 16.0 的布局布线采用完全规则驱动模式，并且在 PCB 布线中采用了无网格的 SitusTM 拓扑逻辑自动布线功能，将完整的 CAM 输出功能的编辑结合在一起。

### 1.1.1 Altium Designer 16.0 的特点

作为最佳的电子开发解决方案，Altium Designer 16.0 将电子产品开发的所有技术与功能完美地融合在了一起，其所提供的设计流程效率是传统的点式工具开发技术所无法比拟的。与以前的 Protel 版本相比，Altium Designer 16.0 的主要特点及功能如下。

#### 1. 设计数据管理和发布设计数据管理系统

Altium Designer 平台用统一的数据模型来代表所设计的系统，不但可以确保让产品的性能不断增强，满足更新的要求，而且可以提供更高的数据完整性。其结果是，通过实现设计数据管理模式，可以允许对设计界和最终负责构建实际产品的供应链之间的工作环节做出正规的定义。统一的数据模型会将设计数据映射到供应链将实际构建的特定产品条目中。

#### 2. PCB 3D 视频

Altium Designer 16.0 提供了生成 PCB 3D 视频文档的功能，提供对于 PCB 板的更为生动和更为有用的文档。所看到的 PCB 3D 视频内容，实际上就是一系列关于 PCB 板三维画面的快照截图，类似于关键帧。对于这一系列按顺序排列的关键帧画面，都可以调整其缩放程度，进行平移或者旋转，调整相互之间的关键帧设置。输出时，画面帧的序列采用强大的多媒体发布器导出为视频格式，为此新增了可配置的输出媒介，以用于生成 PCB 3D 视频。其结果就是，一系列画面帧按顺序被平滑地内插入到关键帧系列中了。

#### 3. 板级实现导出到 Ansoft HFSS™

Altium Designer 对于那些需要用到 RF 和几个 GHz 频率数字信号的 PCB 设计，现在可以直接从 PCB 编辑器导出 PCB 文档到一个 Ansoft Neutral 文件格式，这种格式可以被直接导入并使用 Ansys Ansoft HFSS™ 3D Full-wave Electromagnetic Field Simulation 软件进行仿真。Ansoft 与 Altium 合作，提供了 PCB 设计及电磁场分析方面的高质量协作能力。

#### 4. 统一的光标捕获系统

Altium Designer 的 PCB 编辑器已经有了很好的栅格定义系统，通过可视栅格、捕获栅格、元件栅格和电气栅格等，都可以帮助我们有效地放置设计对象到 PCB 文档中。

随着 Altium Designer 16.0 的发布，该系统已修正，而且随着统一的光标捕获系统的到来，

达到了一个新的水平。

该系统汇集了三个不同的子系统，共同驱动，并实现将光标捕获到最优的坐标集。

- (1) 用户可定义的栅格：直角坐标和极坐标之间可按照喜好选择。
- (2) 捕获栅格：它可以自由地放置，并提供随时可见的对于对象排列进行参考的线索。
- (3) 增强的对象捕捉点：使得放置对象的时候，能自动定位光标到基于对象热点的位置。

按照我们觉得合适的方式，恰当地使用这些功能的组合，就可以轻松地在 PCB 工作区放置和排列对象了。

## 5. 可编程器件的充分利用

使用大容量可编程器件，可以把更多的设计从硬连接的平台转移到软环境中，从而节省设计时间，简化板卡设计，降低最终的制造成本。Altium Designer 16.0 系统克服了可编程逻辑设计中的障碍，延伸了可编程设计的支持功能，具体表现如下。

(1) 采用基于 FPGA 的预制器件，在原理图编辑器中以块级将它们连接在一起，创建电路设计，快速实现 FPGA 的系统功能。

(2) 提供了大量的预验证 FPGA 器件库，从通用的逻辑功能器件(如计数器、乘法器和各种逻辑门)到完整的 32 位处理器和高级外设，囊括了用户创建设计系统功能所需要的全部器件。

(3) 把可编程器件集成进物理设计中，提供了 PCB 电路板设计与板上的 FPGA 设计项目之间的无缝连接，完全支持 PCB 与 FPGA 项目间的 I/O 同步，当 FPGA 还在开发时，用户就可以使用默认 FPGA 配置开始 PCB 物理设计流程，FPGA 开发过程中更新的引脚和 I/O 分配可以随时转换到 PCB 板卡设计项目中，加速了 FPGA 的应用开发，可实现最优的系统级设计方案。

(4) 使用原理图和 HDL 源文件的组合来输入 FPGA 设计，用户可利用块级设计输入系统结构，同时保留了使用 HDL 定义逻辑块的灵活性。

(5) 增强的 JTAG 器件浏览器可以使用户在调试电路时实时查看 JTAG 器件(如 FPGA)的引脚状态，而不需要从实物上对该器件进行探测；可配置的逻辑分析器则可以用来检测 FPGA 设计内部多重节点的状态。

(6) Altium Designer 16.0 是独立于目标 FPGA 的设计环境，用户拥有使用目标器件的完全自由度，构建系统功能时，可以把设计定位于面向多个 FPGA 器件供应商，如 Actel、Altera、Lattice、Xilinx 等。在设计处理过程中，系统会根据用户所选中的目标器件，自动地在原理图源文件中为各个 FPGA 器件提取合适的模型，而一旦目标器件改变，可以为新的 FPGA 重新处理设计，而无须改变源文件。

(7) 使用基于 FPGA 的虚拟器件来测试由 FPGA 器件所构成的系统的整体功能，可以简化对系统级仿真的依赖，便于用户快速、交互地实现和调试基于 FPGA 的设计。

## 6. PCB 中类的结构

Altium Designer 16.0 在将设计从原理图转移到 PCB 的时候，已经提供了对于高质量及稳定的类(器件类和网络类)创建功能的支持。Altium Designer 16.0 将这种支持提升到一个新的水平，可以在 PCB 文档中，定义生成类的层次结构。从本质上讲，这使得我们可以按照图样层次将元件或网络类组合到从那张图纸生成的一个母类中，而这个母类本身也可以是它上面的一个母类的子类，如此，可一路追溯到我们设计中的顶层图纸。而顶层生成的母类(或叫特级类)从本质上来讲，就是类的结构层次的源头。所有这些生成的母类都被称为结构类。结构类不仅允

许在 PCB 领域中对原理图文档结构进行派生和高级导航,而且也可用于逻辑查询,例如,设计规则的范围,或者设置条件进行过滤查找。

### 7. 增强的封装比较和更新

让设计师们成功协作的重要工具,使得设计师们能够图形化地比较他们的工作成果,然后合并,以保留任何他们认为合适的更改。对于库方面的协作,Altium Designer 16.0 已经提供了在某一时间更新 PCB 到库元件最新版本的功能,而且 Altium Designer 16.0 现在包含了一个功能强大、可视化比较的工具,以协助 PCB 设计师完成更新和改变控制流程方面的工作。

### 8. 结构化的设计输入

Altium Designer 16.0 的原理图编辑器能够保证任意复杂度的结构化设计输入,支持分层的设计方法,用户可以方便地把设计分割成功能块,从上至下或者从下至上查看电路。其中,可包含的页面数目没有限制,而且分层的深度也是无限的。而多通道设计的智能处理,则能够帮助用户在项目中高效地构建重复的电路块。

## 1.1.2 Altium Designer 的发展历程

1985年,澳大利亚的 Altium 公司的前身 Protel 国际有限公司推出了第一个电子线路自动化设计软件——TANGO 软件包,彻底地将电子工程师从艰苦、繁琐的电子线路设计工作中解放出来。随后不久,又推出了 Protel for DOS,这是一款基于 DOS 的 Protel PCB 软件。

1998年,Protel 公司推出了 Protel 98,它是一款 32 位的 EDA 软件,极大地改进了自动布线技术,使得印制电路板自动布线真正走向了实用。

1999年推出了 Protel 99。

2000年推出了 Protel 99SE,使得该软件成为集成多种工具软件的桌面级 EDA 软件。

2001年,Protel Technology 公司改名为 Altium 公司,整合了多家 EDA 软件公司,成为业内的巨无霸。与此同时,推出了 Protel DXP。

2004年,Altium 公司又推出了 Protel 2004,提供了 PCB 与 FPGA 双向协同设计功能。

2005年底,Altium 公司推出了 Protel 的新版本——Altium Designer 6.0。

2006年5月,Altium 公司发布了 Altium Designer 6.3。

2008年3月,Altium 公司推出了 Altium Designer 6.9。

2008年夏季,Altium 公司推出了 Altium Designer Summer 08。

2009年冬季,Altium 公司推出了 Altium Designer Winter 09。

2011年1月末,Altium 公司发布了 Altium Designer 10.0,提供了将设计数据管理置于设计流程核心地位的全新桌面平台,从新的维度,来支持器件数据的搜寻和管理,以确保输出到制造厂的设计数据具有准确性和可重复性。

2012年3月,Altium 公司宣布推出 Altium Designer 12.0。Altium Designer 12.0 在德国纽伦堡举行的嵌入式系统应用技术论坛上发布,距 AltiumLive 和 Altium Designer 10.0 平台的初次发布为时一年。

2014年6月,智能系统设计自动化、3D PCB 设计解决方案(Altium Designer)和嵌入软件开发(TASKING)的全球领导者 Altium 公司宣布推出其旗舰 PCB 设计软件 Altium Designer 的新版

本——Altium Designer 14.3。在此次升级中，Altium 公司对于来自用户群的反馈进行了积极响应，通过新功能和增强性支持，来助力工程师实现设计复用，并提高设计的效率。

2014 年 10 月，Altium 公司宣布推出专业 PCB 和电子系统级设计软件 Altium Designer 15.0，实现了高性能 PCB 设计与快速制造的无缝对接。

2015 年 9 月，Altium 公司在 PCB 设计年会 PCB West 期间发布了旗舰 PCB 设计工具 Altium Designer 的重要更新。PCB West 是在加利福尼亚州圣克拉拉举行的 PCB 年度设计大会。该年度 PCB West 大会的参与者在既定发布日期之前即可了解 Altium Designer 的所有最新特性。通过全新的设计自动化和高效设计工具，这次更新将帮助工程师更快、更准确地完成设计。2016 年初，Altium 公司推出了 Protel 系列的最新高端版本 Altium Designer 16.0。

### 1.1.3 Altium Designer 16.0 的新增技术

Altium Designer 16.0 的新增技术如下。

(1) 提高文档处理工作效率。全部的文档处理流程在 Altium Designer 16.0 统一设计环境中都可以实现。无须离开设计空间，就能轻松地传达设计意图。

(2) 简化并规范我们的文档流程。更改 PCB 电路板时，利用智能连接的设计数据，可避免在导入导出转换文件时浪费时间。

(3) 智能自动化文档处理。使用完全自定义的文件模板，轻松创建制造图纸和装配图纸。

(4) 一次即可成功传达设计意图。使用强大的文档标记工具，可以高效传达设计意图到制造厂商。

(5) 精确的 3D 测量。在原生 3D 环境中精确测量电路板布局，将设计意图清晰地传达至制造厂商。

(6) 支持 xSignals Wizard USB 3.1。使用 USB 3.0 技术将高速设计流程自动化，并生成精确的电路板布局。

(7) 设计环境增强。多种用户界面优化和稳定性的增强，使我们在设计中能够保持高效。

(8) 全新的替代元器件选择系统。此系统可以帮助设计师掌握控制、定义元器件可替换方案的全过程。

(9) 直观的间距指示。帮助设计师在 PCB 板上正确放置各种设计元素，因为可以直观地看到它们之间的距离。

(10) 智能的元器件布局系统。帮助设计师高效地在 PCB 板上实现排列整齐的元器件布局。

## 1.2 Altium Designer 16.0 的安装、激活与升级

Altium Designer 16.0 软件是标准的基于 Windows 的应用程序，它的安装过程比较简单，只须运行软件商提供的光盘中的 setup.exe 应用程序，然后按照提示步骤操作就可以了。

### 1.2.1 Altium Designer 16.0 的系统需求

#### 1. 硬件环境需求

达到最佳性能的推荐系统配置如下。



- (1) Windows XP SP2 专业版或以后的版本。
- (2) 英特尔酷睿™ 2 双核/四核 2.66GHz 或更快的处理器或同等速度的处理器。
- (3) 2GB 的内存。
- (4) 10GB 的硬盘空间(系统安装 + 用户文件)。
- (5) 双显示器, 至少 1680×1050(宽屏)或 1600×1200(4:3)的分辨率。
- (6) NVIDIA(英伟达)公司的 GeForce R 80003 系列 256MB(或更高)的显卡或同等级别的显卡。要使用包括三维可视化技术在内的加速图像引擎, 显卡须支持 DirectX 9.0c 和 Shader Model 3, 建议系统配置独立显卡。
- (7) Internet(因特网)连接, 以接收更新和获得在线技术支持。

## 2. 系统最低配置

- (1) 英特尔奔腾™ 1.8GHz 的处理器或同等处理器。
- (2) 1GB 的内存。
- (3) 3.5GB 的硬盘空间(系统安装 + 用户文件)。
- (4) 主显示器的屏幕分辨率至少是 1280×1024(强烈推荐); 次显示器的屏幕分辨率不得低于 1024×768。
- (5) 独立的显卡或者同等显卡。
- (6) USB 2.0 端口。

## 1.2.2 Altium Designer 16.0 的系统安装

下面介绍 Altium Designer 16.0 的安装、激活以及申请许可的过程。Altium Designer 16.0 可以从软件商提供的光盘安装和从硬盘安装。在这里, 我们介绍如何从硬盘安装。

具体安装步骤如下。

**Step 1** 将 Altium Designer 16.0 从安装盘复制到硬盘上, 或者直接从 Altium 官网下载。获得 AltiumDesigner16Setup.exe 安装程序, 如图 1.1 所示。



图 1.1

**Step 2** 双击 AltiumDesigner16Setup.exe 文件。首先弹出的是欢迎界面, 如图 1.2 所示。