

全国高职高专电子信息类专业规划教材

Protel 2004 电路设计与制作教程

PROTEL 2004 DIANLU SHEJI YU ZHIZUO JIAOCHENG

陈学平 彭克发 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国高职高专电子信息类专业规划教材

Protel 2004 电路设计与制作教程

陈学平 彭克发 主编

陈学昌 周 兵 参编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书用简洁的语言、清晰的图示和典型的实例,详细地介绍了使用 Protel 2004 进行电路原理图设计、印制电路板(PCB)设计、信号完整性分析和电路仿真的基本操作方法和技巧等。其内容具有很强的实用性和指导性,可以引导读者快速掌握该软件的使用方法。

本书是指导初学者学习 Protel 2004 电路板设计软件的入门图书,可作为高职高专、中职中专等各层次电子信息类相关专业的教材,也可供广大电路设计人员以及爱好者自学。

图书在版编目(CIP)数据

Protel 2004 电路设计与制作教程/ 陈学平, 彭克发
主编. —北京: 中国铁道出版社, 2011. 8
全国高职高专电子信息类专业规划教材
ISBN 978-7-113-13088-6

I. ①P… II. ①陈… ②彭… III. ①印刷电路—计算机
辅助设计—应用软件, Protel 2004—高等教育—
教材 IV. ①TN410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 165241 号

书 名: Protel 2004 电路设计与制作教程
作 者: 陈学平 彭克发 主编

策划编辑: 王春霞
责任编辑: 翟玉峰
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
版式设计: 刘 颖
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)
网 址: <http://www.tdpress.com>, <http://www.edusources.net>
印 刷: 北京东海印刷有限公司
版 次: 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 18.75 字数: 456 千
印 数: 1~3 000 册
书 号: ISBN 978-7-113-13088-6
定 价: 30.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材研究开发中心批销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 63549504

当前,信息产业已经成为我国国民经济第一大支柱产业,从而使在这一产业中起着至关重要作用的印制电路板(PCB)越来越多地被重视,市场规模迅速扩大,技术急速提升。随着现代电子工业的发展,大规模集成电路的应用使印制电路板日趋精密复杂,传统的手工设计已经无法完成各种复杂的PCB设计了,因此,熟练应用EDA(电子设计自动化)工具成为了电路板设计人员的基本要求。Protel 2004 是进行智能化PCB设计的一款大众化软件,能够借助于计算机真正实现电子设计自动化。

行业的发展使越来越多的人准备从事电路设计工作,而PCB设计工具的使用是敲门砖。对于广大的初学者来说,如何在短期内掌握用EDA软件进行电路板设计的方法和技巧至关重要,其次他们希望能够学以致用,因此本书所举例子都是实际工作中的真实范例,并将软件使用与电路知识结合起来介绍电路板设计方法。

本书力争通过具体的电路设计实例,系统地介绍Protel 2004 软件的功能和使用方法。本书以初学者为主要对象,主要有以下特点:

- 实例贯穿全书:所选实例典型,难度由浅入深,讲解透彻,力求使读者能够快速入门。
- 重点突出:有重点地介绍该设计工具最常用、最主要的功能,不求面面俱到,便于读者抓住学习重点。
- 技巧性强:具体讲解案例时,会介绍一些实际操作中的技巧及一些常见问题的处理方法。
- 可操作性强:书中所举例子均经充分验证,按所述步骤可实现最终结果。

本书共14章,由重庆电子工程职业学院的陈学平、彭克发老师担任主编,其中第1章由重庆电子工程职业学院的彭克发编写,第2章由重庆电子工程职业学院的陈学昌编写,第3章由重庆航凌电路板工程师周兵编写,第4~14章由重庆电子工程职业学院的陈学平编写,陈学平对全书进行了统、校。此外,书中参考和引用了一些电路设计资料,在此对这些资料的作者表示深深的感谢!

需要说明的是,本书插图中的元器件符号仍沿用设计软件图库中的元器件符号(有的不符合国家标准),目的是便于用户对照使用软件。

由于编者水平有限,错误在所难免,敬请广大读者谅解,并给予批评指正。

读者在学习本书的过程中,如遇到什么问题或者需要技术上的帮助,可以通过以下方式与作者交流。

QQ: 41800543 QQ群: 33071690

陈学平

2011.06 于重庆

第 1 章 电路设计简介 1

- 1.1 电路设计的最终结果——
印制电路板 1
 - 1.1.1 什么是 PCB 1
 - 1.1.2 PCB 的层次组成 2
 - 1.1.3 常用的 EDA 软件 3
- 1.2 PCB 设计流程 3
 - 1.2.1 PCB 设计准备工作 4
 - 1.2.2 原理图的绘制 4
 - 1.2.3 网络报表的生成 4
 - 1.2.4 PCB 设计 5
- 1.3 Protel 2004 简介 5
 - 1.3.1 Protel 的历史 5
 - 1.3.2 Protel 2004 的新特点 6
 - 1.3.3 Protel 2004 的安装及卸载 7
 - 1.3.4 Protel 2004 开发系统介绍 9
 - 1.3.5 Protel 2004 的文件
管理系统 14
 - 1.3.6 Protel 2004 的原理图
和 PCB 设计系统 15
- 本章小结 18
- 思考与练习 18

第 2 章 Protel 2004 电路原理图的绘制 .. 19

- 2.1 原理图设计简介 19
 - 2.1.1 原理图的总体设计过程 19
 - 2.1.2 原理图的组成 19
- 2.2 Protel 2004 原理图设计系统 21
 - 2.2.1 创建原理图文件 21
 - 2.2.2 主菜单 22
 - 2.2.3 主工具栏 23
 - 2.2.4 工作面板 24
- 2.3 原理图绘制流程 25
- 2.4 原理图图纸的设置 26

- 2.4.1 原理图图纸的设置 26
- 2.4.2 自定义图纸格式 28
- 2.4.3 设置图纸参数 28
- 2.5 元件的放置 29
 - 2.5.1 元件库的引用 30
 - 2.5.2 元件的搜索 32
 - 2.5.3 元件的放置 34
 - 2.5.4 元件属性设置 36
 - 2.5.5 元件说明文字的设置 42
- 2.6 原理图视图操作 42
- 2.7 对象编辑操作 44
 - 2.7.1 对象的选择 45
 - 2.7.2 对象的删除 47
 - 2.7.3 对象的移动 47
 - 2.7.4 操作的撤销和恢复 48
 - 2.7.5 对象的复制、
剪切和粘贴 48
 - 2.7.6 元件对齐 49
- 2.8 电路绘制 51
 - 2.8.1 电路绘制工具 51
 - 2.8.2 导线的绘制 52
 - 2.8.3 放置电路节点 54
 - 2.8.4 放置电源/地符号 55
 - 2.8.5 放置网络标号 56
 - 2.8.6 绘制总线 and 总线分支 57
 - 2.8.7 放置端口 60
 - 2.8.8 放置忽略 ERC 检查点 61
- 2.9 原理图绘制实例 62
- 本章小结 71
- 思考与练习 72

第 3 章 原理图操作工具 73

- 3.1 Protel 2004 中的文件操作 73
 - 3.1.1 在项目中打开/关闭文件 73

3.1.2	在项目中加入文件	74
3.1.3	在项目中移出文件	75
3.2	原理图的注释	75
3.2.1	注释工具介绍	75
3.2.2	绘制直线和曲线	76
3.2.3	绘制不规则多边形	77
3.2.4	放置单行文字和 区块文字	78
3.2.5	放置规则图形	80
3.2.6	放置图片	81
3.2.7	阵列式粘贴	82
3.2.8	图件的层次转换	82
3.3	原理图的打印	82
3.4	Protel 2004 提供的其他工具	85
3.4.1	文本的查找和替换	85
3.4.2	原理图上的快速跳转	86
3.4.3	元件的自动标号	87
	本章小结	89
	思考与练习	89

第 4 章 Protel 2004 高级电路原理图设计

4.1	层次化原理图	90
4.1.1	层次化原理图的优点	90
4.1.2	原理图的层次化	90
4.2	层次化原理图的设计方法	90
4.2.1	层次化设计的两种方法 ..	91
4.2.2	复杂分层的层次化 原理图	91
4.3	自顶向下的层次化原理图设计 ...	91
4.3.1	自顶向下层次化 原理图设计流程	91
4.3.2	自顶向下层次化 原理图的绘制	92
4.4	自底向上的层次化原理图设计 ..	97
4.4.1	自底向上层次化 原理图设计流程	97
4.4.2	自底向上层次化 原理图设计	97

4.5	高级电路图设计实例	98
	本章小结	103
	思考与练习	103

第 5 章 设计原理图元件

5.1	元件符号概述	104
5.2	元件库的创建	105
5.2.1	元件符号库的创建	105
5.2.2	元件符号库的保存	105
5.3	元件设计界面	106
5.4	简单元件绘制实例	107
5.4.1	设置图纸	107
5.4.2	新建/打开一个 元件符号	108
5.4.3	示例元件的信息	109
5.4.4	绘制边框	110
5.4.5	放置引脚	111
5.4.6	编辑引脚属性	112
5.4.7	IEEE 说明符号	115
5.4.8	绘制其他符号	116
5.4.9	定义元件的属性	116
5.4.10	在原理图中元件的 更新	117
5.4.11	为元件符号添加模型	117
5.5	复杂元件的绘制	120
5.5.1	分部分绘制元件符号	120
5.5.2	示例元件说明	120
5.5.3	新建元件符号	121
5.5.4	示例元件的引脚分组	121
5.5.5	元件符号中一个 部分的绘制	121
5.5.6	新建 / 删除一个部分	122
5.5.7	设置元件符号属性	122
5.5.8	分部分元件符号在 原理图上的引用	122
5.6	元件的检错和报表	123
5.6.1	元件符号信息报表	123
5.6.2	元件符号错误 信息报表	123

5.6.3 元件符号库信息报表	124	7.5.3 通过模板生成 PCB 文件	159
5.7 元件的管理	124	本章小结	160
5.7.1 元件符号库中符号的 管理	124	思考与练习	160
5.7.2 元件符号库与当前 原理图	125	第 8 章 元器件的布局	161
本章小结	126	8.1 PCB 图纸设置	161
思考与练习	126	8.1.1 控制图纸显示	162
第 6 章 网络表	127	8.1.2 设置 PCB 图纸上的 格点	162
6.1 网络表简述	127	8.1.3 设置 PCB 图纸上的 测量单位	164
6.2 原理图的检查	127	8.1.4 设置 PCB 图纸的位置	164
6.2.1 Error Reporting 选项卡	128	8.2 导入器件与网络表	164
6.2.2 Connection Matrix 选项卡	131	8.2.1 装载元件封装库	164
6.2.3 查看原理图错误报告	131	8.2.2 设置同步器比较规则	166
6.2.4 原理图的修正	132	8.2.3 导入网络报表	167
6.3 生成网络报表	133	8.3 元件的自动布局	170
6.3.1 简单原理图的网络表	133	8.3.1 元件的自动布局	171
6.3.2 层次化原理图的 网络表	133	8.3.2 停止自动布局	173
6.4 网络表实例	134	8.3.3 推挤式自动布局	174
本章小结	135	8.3.4 导入元件的自动 布局文件	174
思考与练习	135	8.4 PCB 中的视图操作	174
第 7 章 PCB 设计基础	136	8.4.1 工作窗口的缩放	175
7.1 PCB 的组成结构	136	8.4.2 视图的刷新	176
7.2 PCB 的板层	137	8.4.3 3D 化显示 PCB	176
7.3 PCB 的设计流程	139	8.4.4 工具栏和工作 面板的打开/关闭	176
7.4 Protel 2004 的 PCB 设计	140	8.4.5 飞线的显示与隐藏	177
7.4.1 Protel 的 PCB 设计特点	140	8.5 PCB 元器件的编辑	178
7.4.2 PCB 选项设置	141	8.5.1 对象的选择	179
7.4.3 PCB 电路参数设置	143	8.5.2 对象的删除	182
7.4.4 PCB 设计界面	147	8.5.3 对象的移动	182
7.5 新建 PCB 文件	150	8.5.4 操作的撤销和恢复	183
7.5.1 通过向导生成 PCB 文件	150	8.5.5 对象的复制、 剪切和粘贴	183
7.5.2 手动生成 PCB 文件	157	8.5.6 PCB 图纸的快速跳转	186

8.6 元件的手动布局	187
8.6.1 元件的对齐	188
8.6.2 自动调整元件说明 文字位置	189
8.6.3 调整元件间距	190
8.6.4 移动元件到格点处	191
8.6.5 对元件的手动布局	191
8.7 元件布局实例	191
本章小结	202
思考与练习	203

第 9 章 PCB 元件布线 204

9.1 电路板的布线	204
9.2 自动布线	204
9.2.1 设置自动布线规则	205
9.2.2 PCB 自动布线	214
9.3 手动布线	217
9.3.1 拆除布线	217
9.3.2 手动布线	218
9.3.3 布线结果的检查	219
9.4 添加安装孔	220
9.5 敷铜	221
9.5.1 放置矩形填充	222
9.5.2 放置多边形填充	223
9.6 电路板的注释	224
9.7 PCB 布线实例	225
本章小结	228
思考与练习	228

第 10 章 PCB 设计工具 229

10.1 电路板的层管理	229
10.1.1 在电路板中 添加/删除层	229
10.1.2 设置工作层面的 显示属性	230
10.2 在已有电路板上更改	231
10.2.1 添加具有电气 特性的对象	231
10.2.2 编辑对象属性	233

10.2.3 修改网络报表	236
10.3 电路板的测量	238
10.3.1 测量电路板上 两点间的距离	238
10.3.2 测量电路板上 对象间的距离	238
10.3.3 测量电路板上 导线的长度	239
10.4 电路板的输出	239
10.4.1 文件输出	239
10.4.2 打印输出	239
本章小结	241
思考与练习	241

第 11 章 设计元器件封装 242

11.1 封装概述	242
11.1.1 封装技术的发展历史	242
11.1.2 Protel 的元件封装	243
11.1.3 绘制封装的流程	243
11.2 创建元件封装库	244
11.2.1 元件封装库的创建	244
11.2.2 元件封装库的保存	244
11.3 绘制新建封装的设计界面	245
11.4 规则封装绘制	246
11.4.1 新建/打开一个封装	246
11.4.2 示例芯片的封装信息	246
11.4.3 焊盘的尺寸	247
11.4.4 采用向导生成封装	247
11.4.5 封装的打印	249
11.5 不规则封装绘制	249
11.5.1 焊盘属性编辑	249
11.5.2 线属性编辑	251
11.5.3 示例芯片的封装信息	252
11.5.4 示例芯片的绘制	253
本章小结	254
思考与练习	254

第 12 章 PCB 信号完整性分析 255

12.1 设置信号完整性分析规则	256
12.2 信号完整性分析与仿真	262

本章小结	265	13.6.6 参数扫描分析	276
思考与练习	266	13.6.7 蒙特卡罗分析	277
第 13 章 电路仿真	267	13.7 仿真实例	278
13.1 Protel 2004 仿真概述	267	本章小结	280
13.2 Protel 2004 电路仿真的 主要特点	267	思考与练习	280
13.3 Protel 2004 仿真的 主要步骤	268	第 14 章 综合电路设计实例	281
13.4 仿真元件	268	14.1 电路说明	281
13.5 仿真信号源	271	14.2 准备工作	282
13.6 仿真分析	272	14.2.1 原理图文件的建立	282
13.6.1 瞬态分析和傅里 叶分析	272	14.2.2 元件符号库的建立	282
13.6.2 直流扫描分析	273	14.2.3 元件封装库的建立	284
13.6.3 交流小信号分析	274	14.3 绘制原理图	284
13.6.4 噪声分析	274	14.4 生成网络报表	285
13.6.5 温度扫描分析	275	14.5 电路板设计	286
		14.6 设计输出	289
		本章小结	289
		思考与练习	289

第1章

➡ 电路设计简介

本章主要讲述了印制电路板的概念和设计流程，并对 Protel 2004 进行了简介。通过本章的学习，可以使读者了解印制电路板的概念和设计流程，了解 Protel 2004 的相关知识。

学习目标

- 了解印制电路板的概念；
- 熟悉印制电路板的设计流程；
- 了解 Protel 2004 的发展历史；
- 掌握 Protel 2004 软件的安装方法；
- 掌握 Protel 2004 软件的注册方法；
- 了解 Protel 2004 软件的主菜单、主工具栏、工作窗口和工作面板。

1.1 电路设计的最终结果——印制电路板

学习电路设计的最终目的是完成印制电路板的设计，印制电路板是电路设计的最终结果。本节将详细介绍印制电路板的概念、发展历史、组成。

1.1.1 什么是 PCB

在现实生活中，当电子产品打开外壳后，通常可以发现其中有一块或者多块印制板，在这些板上面有电阻器、电容器、二极管、三极管、集成电路芯片、各种连接插件，还可以发现在板上有印制线路连接着各种元件的引脚，这些板子被称之为“印制电路板”，即 PCB。通常情况下，电路设计在原理图设计完成后，需要设计一块印制电路板来完成原理图中的电气连接，并安装上元件，进行调试，因此可以说印制电路板是电路设计的最终结果。

在 PCB 上通常有一系列的芯片、电阻器、电容器等元件，通过 PCB 上的导线连接，构成电路，电路通过连接器或者插槽进行信号的输入或输出，从而实现一定的功能。可以说 PCB 它的主要目的是为元件提供电气连接，为整个电路提供输入或输出端口及显示，电气连通性是 PCB 最重要的特性。总之，PCB 在各种电子设备中有以下 3 点功能：

- (1) 提供集成电路等各种电子元件固定、装配的机械支撑。
- (2) 实现组成集成电路等电气元件的布线和电气连接，提供所要求的电气特性。

(3) 为自动装配提供阻焊图形，为电子元件的插装、检查、调试、维修提供识别图形，以便正确插装元件、快速对电子设备电路进行维修。

1.1.2 PCB 的层次组成

PCB 为各种元件提供电气连接,并为电路提供输出端口,这些功能决定了 PCB 的组成和分层。

图 1-1 为一块简单的 PCB 实物图,在图上可以清晰地看见各种芯片、在 PCB 上的走线、LED 指示灯以及输入/输出端口(这里采用的是通用插槽和连接器),图 1-2 为 PCB 分层和组成的示例。

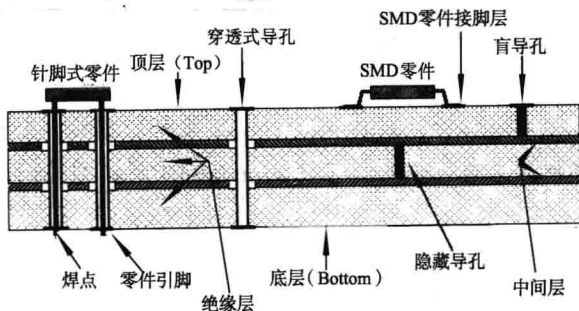


图 1-1 PCB 的外观

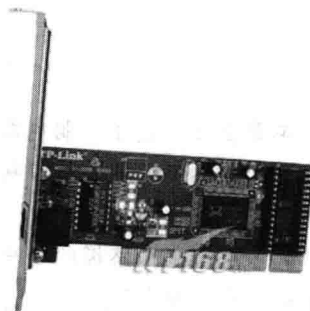


图 1-2 PCB 分层和组成示例

1. PCB 的各个层

PCB 中一般包括很多层,实际上 PCB 的制作也是将各个层分开做好,然后压制而成。PCB 中各层的意义如下:

(1) 铜箔层:在 PCB 中,印制板材料中存在铜箔层,并由这些铜箔层构成电气连接。通常,PCB 的层数定义为铜箔的层数。常见的印制板在上下表面都有铜箔,称之为双层板。现今,由于电子线路的元件有密集安装、防干扰和布线等特殊要求,一些较新的电子产品中所用的印制板不仅有上下两面走线,在板的中间还设有能被特殊加工的夹层铜箔。例如,现在的计算机主板所用的印制板材料多在 4 层以上。

(2) 丝印层:铜箔层并不是裸露在空气中,在铜箔层上还存在丝印层,可以保护铜箔层;在丝印层上,印制上所需要的标志图案和文字代号等,例如,元件标号和标称值、元件外廓形状和厂家标志、生产日期等,从而方便了电路的安装和维修。

(3) 印制材料:在铜箔层之间采用印制材料绝缘,同时,印制材料支撑起了整个 PCB。实际上,PCB 上各层对 PCB 的性能都有影响,每个层都有自己独特的东西,这些将在以后的章节中进行具体介绍。

2. PCB 的组成

PCB 的组成可以分为以下几个部分:

(1) 元件:用于完成电路功能的各种器件。每一个元件都包含若干个引脚,通过引脚将电信号引入元件内部进行处理,从而完成对应的功能。引脚还有固定元件的作用。在电路板上的元件包括集成电路芯片、分立元件(如电阻器、电容器等)、提供电路板输入/输出端口和电路板供电端口的连接器,某些电路板上还有用于指示的器件(如数码显示管、发光二极管 LED 等、网卡的工作指示灯)。

(2) 铜箔:铜箔在电路板上可以有导线、焊盘、过孔和敷铜等多种表示方式,它们各自的作用如下:

① 导线:用于连接电路板上各种元件的引脚,完成各个元件之间电信号的连接。

② 过孔：在多层电路板上，为了完成电气连接的建立，在某些导线上会出现过孔。在工艺上，过孔的孔壁圆柱面上用化学沉积的方法镀上一层金属，用以连通中间各层需要连通的铜箔，而过孔的上下两面做成普通的焊盘形状，可直接与上下两面的线路相通，也可不连。

③ 焊盘：用于在电路板上固定元件，也是电信号进入元件的通路组成部分。用于安装整个电路板的安装孔有时候也以焊盘的形式出现。

④ 敷铜：在电路板上的某个区域填充铜箔称为敷铜。敷铜可以改善电路的性能。

⑤ 丝印层：PCB 的顶层，采用绝缘材料制成。在丝印层上可以标注文字，注释电路板上的元件和整个电路板。丝印层还能起到保护顶层导线的功能。

⑥ 印制材料：采用绝缘材料制成，用于支撑整个电路。

1.1.3 常用的 EDA 软件

EDA 软件，即为电子设计自动化软件。通常情况下，在电子设计中有成百上千个焊盘需要连接，如此多的连接采用手工设计和制作 PCB 就变得不太可能。因此，各种电子设计软件便应运而生。

采用电子设计软件可以对整个设计进行科学的管理，帮助生成美观、实用、性能优越的 PCB。一般的电子设计软件应包含以下几点功能：

(1) 原理图设计功能：即输入原理图，并对原理图上的电气连接特性进行管理，统计电路上有多少电气连接，并提供对原理图的检错功能。原理图设计中还需要提供元件的封装信息。

(2) 原理图仿真功能：对绘制的原理图进行仿真，看仿真结果，检查设计是否符合要求。

(3) PCB 设计功能：根据原理图提供的电气连接特性，绘制 PCB。该功能需要提供和原理图的接口，提供元件布局，PCB 布线等功能，并负责导出 PCB 文件，帮助制作 PCB。该功能还需要提供检错功能和报表输出功能。

(4) PCB 仿真功能：对 PCB 的局部和整体进行电气特性（如信号完整性、EMI 特性）的仿真，看是否满足设计指标。该功能需要设计者提供 PCB 的各种材料参数、环境条件等数据。

常用的电子设计软件包括 Protel、PowerPCB、ORCAD 和 Cadence 等。其中的 Protel 提供了上述的所有功能，是国内最常用的 PCB 设计软件。Protel 学习方便、概念清楚、操作简单、功能完善，深受广大电子设计者的喜爱，是电子设计常用的入门软件。本书将讲述 Protel 2004 的电路设计技巧。

1.2 PCB 设计流程

在设计 PCB 时，可以直接在 PCB 上放置元件封装，并用导线将它们连接起来。但是，在复杂的 PCB 设计中，往往牵涉到大量元器件的连接，工作量很大，如果没有一个系统的管理是很容易出错的。因此在设计时，采用系统的流程来规划整个工作。通用的 PCB 设计流程包含以下 4 步：

(1) PCB 设计准备工作。

(2) 绘制原理图。

(3) 通过网络报表将原理图导入到 PCB 中。

(4) 绘制 PCB 并导出 PCB 文件，准备制作 PCB。

下面将对每个步骤进行详细说明。

1.2.1 PCB 设计准备工作

PCB 设计的准备工作包括:

- (1) 对电路设计的可能性进行分析。
- (2) 确定采用的芯片、电阻器、电容器的元件的数目和型号。
- (3) 查找采用元件的数据手册,并选用合适的元件封装。
- (4) 购买元件。
- (5) 选用合适的设计软件。

1.2.2 原理图的绘制

在做好 PCB 设计准备工作后,需要对电路进行设计,开始原理图的绘制。在电路设计软件中设置好原理图的环境参数和图纸大小。在设置好图纸后,在绘制的原理图中,主要包括以下主要部分:

(1) 元件标志 (Symbol): 每一个实际元件都有自己的标志 (Symbol)。标志由一系列的引脚和边界方框组成,其中的引脚排列和实际元件的引脚一一对应,标志中的引脚即为引脚的映射。

(2) 导线: 原理图中的引脚通过导线相连,表示在实际电路上元件引脚的电气连接。

① 电源: 原理图中有专门的符号来表示接电源和接地。

② 输入/输出端口: 它们表示整个电路的输入和输出。

简单的原理图由以上内容构成。在绘制简单的原理图时,放置上所有的实际元件标志,并用导线将它们正确地连接起来,放置上电源符号和接地符号,安装合适的输入/输出端口,整个工作就可以完成。但是,当原理图过于复杂时,在单张的原理图图纸上绘制非常的不方便,而且比较容易出错,检错就更加不容易了,所以需要将原理图划分层次,在分层次的原理图中引入了方块电路图等内容。在原理图中还包含有忽略 ERC 检查点、PCB 布线指示点等辅助设计内容。还包含有说明文字、说明图片等,它们被用于注释原理图,使原理图更加容易理解,更加美观。

原理图的绘制步骤如下:

- (1) 查找绘制原理图所需要的原理图库文件并加载。
- (2) 如果电路图中的元件,不在库文件中,则自己绘制元件。
- (3) 将元件放置到原理图中,进行布局连线。
- (4) 对原理图进行注释。
- (5) 对原理图进行仿真,检查原理图设计的合理性。
- (6) 检查原理图并打印输出。

1.2.3 网络报表的生成

设计原理图后,需要根据绘制的原理图进行 PCB 的设计,网络报表是电路原理图设计和 PCB 设计之间的桥梁和纽带。在原理图中,连接在一起的元件标志引脚构成一个网络,整个的原理图中可以提取网络报表来描述电路的电气连接特性。同时网络报表包含原理图中的元件封装信息。在 PCB 设计中,导入正确的网络报表,即可获得 PCB 设计所需的一切信息。可以说,网络报表的生成既是原理图设计的结束,又是 PCB 设计的开始。

1.2.4 PCB 设计

根据原理图绘制的 PCB 电路包含的主要有如下内容:

(1) 元件封装: 每个实际的元件都有自己的封装, 封装由焊盘和边框组成, 元件的引脚被焊接在 PCB 上的封装的焊盘上, 从而建立真正的电气连接。元件封装的焊盘和元件的引脚是一一对应的。

(2) 导线: 铜箔层的导线将焊盘连接起来, 建立电气连接。

(3) 电源插座: 给 PCB 上的元件加电后, PCB 才能开始工作。给 PCB 加电可以直接拿一根铜线引出需要供电的引脚, 然后连接到电源即可, 不需要任何的电源插座, 但是为了让 PCB 的铜箔不至于被维修人员在维修时用连接导线供电将铜箔损坏, 还是需要设计电源插座, 使产品调试维修人员直接通过插座给 PCB 供电。

(4) 输入/输出端口: 在设计中, 同样需要采取合适的输入/输出端口引入输入信号, 导出输出信号。一般的设计中可以采用和电源输入类似的插座。在有些设计中有规定好的输入/输出连接器或者插槽, 如计算机的主板 PCI 总线、AGP 插槽, 计算机网卡的 RJ-45 插座等), 在这种情况下, 需要按照设计标准, 设计好信号的输入/输出端口。

(5) 在有些设计中, PCB 上还设置有安装孔。PCB 通过安装孔可以固定在产品上, 同时安装孔的内壁也可以镀铜, 设计成通孔形式, 并与“地”网络连接, 这样方便了电路的调试。

PCB 中的内容除以上之外, 有些还有指示部分, 如 LED、七段数码显示器等。当然, PCB 上还有丝印层上的说明文字, 指示 PCB 的焊接与调试。

PCB 设计需要遵循一定的步骤才能保证不出错误, 其设计主要包括以下步骤:

- (1) 设置 PCB 模板。
- (2) 检查网络报表, 并导入。
- (3) 对所有元件进行布局。
- (4) 按照元件的电气连接进行布线。
- (5) 敷铜, 放置安装孔。
- (6) 对 PCB 进行全局或者部分的仿真。
- (7) 对整个 PCB 检错。
- (8) 导出 PCB 文件, 准备制作印制板。

1.3 Protel 2004 简介

随着电子信息技术的发展, 大规模、超大规模集成电路的使用使印制板电路的走线愈加精密和复杂。各种厂商推出了各种电子线路 CAD 软件, Protel 由于是 Windows 操作界面, 操作简单、易学易用而深受广大用户的喜爱, 成为很多电子设计者的首选入门软件。

1.3.1 Protel 的历史

1988 年, 美国的 ACCEL Technologies Inc 推出了 TANGO 软件, 用于电子辅助设计, 它就是 Protel 的前身。

随后的几年内,电子工业的飞速发展使得 TANGO 软件包难以适应时代的发展,ProtelTechnology 公司决定推出 Protel for DOS 软件,这也是 TANGO 的升级版本,它奠定了 Protel 家族的基础。

进入 20 世纪 90 年代后,计算机技术有了飞速地发展,硬件的整体性能几乎成几何级数的增长,软件领域也推出了 Windows 这样的视窗类操作系统,极大地方便了众多计算机用户。因此,众多的软件厂商纷纷推出了其 DOS 版软件的 Windows 升级版,而 Protel Technology 公司也在 1991 年推出了 Protel for Windows 1.0,这是世界上第一个基于 Windows 操作系统的 PCB 设计工具。与它的前身 Protel for DOS 相比,无论从界面、易操作性还是设计能力等方面都有了很大的进步。

随后,Protel Technology 公司陆续推出了 Protel for Windows 2.0、Protel for Windows 3.0、Protel 98、Protel 99 SE、Protel DXP 版本。这些版本一直保持着 Protel 家族产品操作简单、功能强大的特点,深受设计者的青睐。2004 年后,Protel 家族也步入了自己的新纪元,推出了 Protel 家族中新成员——Protel 2004。

说明:现在已经发展了 Altium Designer 2009,但是现在在各个学校用得较多的还是 Protel 2004,因此,我们本书还是以 Protel 2004 来进行介绍。

1.3.2 Protel 2004 的新特点

Protel 2004 将设计从概念到完成所需的全部功能(包括那些合并并在 FPGA 器件中的功能)合并在一个应用产品中。相对于 Protel DXP 版本,Protel 2004 具有以下特性:

1. 层次化多信道原理图编辑环境

Protel 的原理图编辑环境支持针对板级 PCB 或 FPGA 级的设计解决方案,扩展的项目导航特性和错误检查允许用户以一个合理的方式,即具有从顶部到底部或从底部到顶部分割设计支持的方式进行设计。对原理图的数量和层次深度没有任何限制,用户可以实现任意复杂的设计。

2. 混合模式的 SPICE3f5 / XSpice 仿真

Protel 2004 使集成的信号仿真成为现实。用户可以直接从原理图编辑环境运行混合信号 SPICE3f5/XSpice 仿真,并且可以完整地实现仿真分析,包括例如温度和蒙特卡洛(MonteCarlo)组件误差扫描等先进的仿真分析。

3. 布局前后的信号完整性分析

初步的阻抗和反射仿真可以在最终板级布线之前的原理图中实现,允许对潜在的问题进行仿真分析,例如不匹配的网络阻抗检查。完整的阻抗、信号反射和串扰分析可以在最终的 PCB 上进行,以便检查设计的实际性能。

4. 基于 FPGA 设计的现场交互式开发

Protel 2004 版产品是第一个认识到 FPGA 在当今电子设计中重要性不断提高的板级设计系统。它具有基于 FPGA 的元件库,这些元件库可以用于原理图级的布线,使得不需要 HDL(硬件描述语言)也能完成一个基于 FPGA 的设计。

5. PCB 和 FPGA 项目之间的自动 FPGA 引脚同步

在 PCB 和 FPGA 项目之间,使 FPGA 引脚配置同步的繁重而易错的任务可以由系统自动

进行处理,并且多个 FPGA 扫描特性使用户可以自动优化基于 FPGA 的板级设计。

6. 规则驱动的板级布线和编辑

使用 Protel 的规则驱动 PCB 布线和编辑环境,用户可以完全控制板级设计过程,可以使用 49 个不同规则定义用户板,这些规则覆盖了包括布线、高速和制造等 10 个类别。Protel 使用查询来执行哪条规则用于哪个对象,并且使用户可对规则目标进行精确控制。因为规则是层次化的,用户可以控制规则应用的顺序。在布线时,Protel 可以修改线宽 (Track width) 和绝缘 (Clearance) 的规则,从而确保用户设计没有违反规则。

7. 综合集成化的库

Protel 2004 拥有 68 000 多个元件的设计库,包含用于原理图 FPGA 设计的预综合元件的集成库。集成库允许将原理图符号和它们相对应的模块结合,如 PCB 封装、SPICE 和信号完整性模块。

Protel 2004 对以前版本的 Protel 原理图和 PCB 库的格式依然支持,以确保用户自定义的库很容易导入到 Protel 2004 环境中。

8. 改进的 Situs 型自动布线

Protel 2004 采用了改进型 Situs 自动布线规则。这种改进型的布线规则以及内部算法的优化都大大提高了布线的成功率和准确率,从而使设计者可以处理高密度组件封装和板级设计。

与传统的基于形状的布线器不同,Protel 的自动布线器可以很容易以非直角方向布线路径,从而对层执行智能连接分配。

9. 完整的 CAM 输出和编辑性能

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

总之,Protel 2004 为用户带来了强大的设计增强特性。

1.3.3 Protel 2004 的安装及卸载

本节面向新用户,详细介绍了 Protel 2004 的安装及卸载。

1. Protel 2004 的安装

Protel 2004 的安装和大多数的 Windows 应用程序安装相类似,执行安装程序中的 Setup.exe 程序,将进入 Protel 2004 的安装向导,该向导将指导 Protel 2004 的安装。下面是 Protel 2004 安装的详细步骤,熟悉 Windows 系统应用程序安装的读者可以跳过本节。

Protel 2004 具体安装步骤如下:

(1) 进入 Windows 操作系统,运行 Protel 2004 安装程序中的 Setup.exe 程序,弹出图 1-3 所示的安装向导窗口。

(2) 单击 Next 按钮,弹出图 1-4 所示的窗口。该窗口详细地叙述了 Protel 2004 版本的授权协议,选中 I accept the license agreement 单选按钮,即可正式进入 Protel 2004 的安装。

(3) 单击 Next 按钮,弹出图 1-5 所示的窗口。该窗口用于记载用户信息,其中各项意义比较清楚,用户可以自行填写。

(4) 单击 Next 按钮, 弹出图 1-6 所示的窗口。该窗口用于选择 Protel 2004 的安装路径。
单击 Browse 按钮可以浏览并改变 Protel 2004 的安装路径。

(5) 单击 Next 按钮, 弹出一个提示窗口。该窗口提示进入 Protel 2004 的安装。



图 1-3 Protel 2004 安装向导

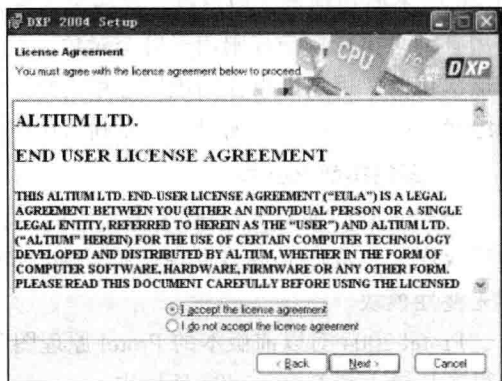


图 1-4 Protel 2004 版本的安装授权许可

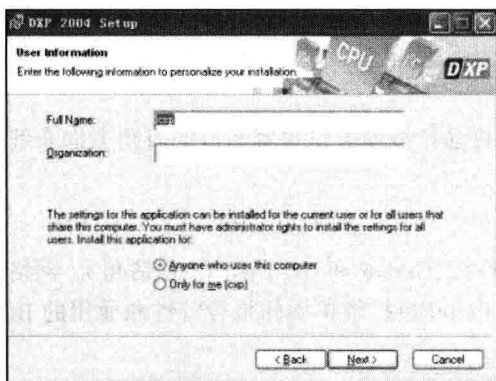


图 1-5 填写用户信息

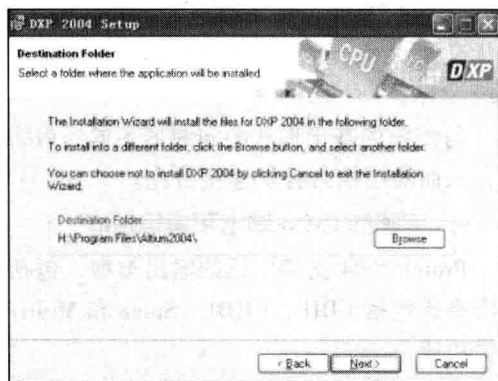


图 1-6 设定 Protel 2004 的安装路径

(6) 单击 Next 按钮, 进入 Protel 2004 的安装。系统将显示 Protel 2004 的安装进度。

(7) 安装过程可能需要几分钟, 在安装结束后, 单击 Finish 按钮, 完成 Protel 2004 的安装。

注意: 安装 Protel 2004 后需要添加注册文件才能正常使用, 注册的方法是运行, 运行 Protel 2004, 在界面右边下方选择 Available Licenses | Add license file 选项, 如图 1-7 所示。然后在弹出的对话框中选中注册文件 ProtelEvaluationLicenseEY67-2SAG.alf 文件, 单击 OK 按钮, 软件就注册完毕了, 可以正常使用。

2. Protel 2004 的卸载

(1) Protel 2004 的卸载和大多数的 Windows 应用软件相同。进入控制面板窗口, 选择“添加/删除程序”图标, 弹出图 1-8 所示窗口。该窗口中列出了所有的应用程序, 其中就包括安装过的 Protel 2004 程序。

(2) 选择 Protel 2004 选项, 单击“删除”按钮后, 弹出一个对话框, 该对话框用于确定是否真的要卸载 Protel 2004。

(3) 单击“是”按钮, 确认卸载 Protel 2004。