

面向
21世纪

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

计算机辅助电路设计 Protel 2004

主 编 马安良
副主编 陈晓娥 姜有奇 赵亚转
主 审 赵红仪



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

计算机辅助电路设计 Protel 2004

主 编 马安良

副主编 陈晓娥 姜有奇 赵亚转

主 审 赵红仪

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书从实用的角度出发,全面介绍了计算机辅助电路设计软件 Protel 2004 的界面、基本组成、使用环境和软件的安装方法,着重介绍了电路原理图的绘制、印制电路板的设计与制作、电路仿真及信号分析、集成元件库的创建等方面内容。本书图文并茂,使用了大量的实例,将 Protel 2004 的各项功能结合起来进行了细致的介绍。只要按照书中精心提炼的实例步骤去操作,即可很容易地掌握 Protel 2004 的使用方法。

本书可作为高职、高专院校电子类、电气类、自动化及机电一体化专业的教材,也可作为从事相关工作的工程技术人员进行电子、电气计算机辅助设计的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助电路设计 Protel 2004 / 马安良主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2008.8

面向 21 世纪高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2086-2

I. 计… II. 马… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 2004—高等学校:技术学校—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 105976 号

策 划 马乐惠

责任编辑 杨丕勇 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17.25

字 数 399 千字

印 数 1~4000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978-7-5606-2086-2/TP · 1073

XDUP 2378001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

编委会名单

主任委员：唐政平

副主任委员：周 雪 白乃平 王 瑛 郭宗智 张慧玲

委 员：(按姓氏笔画排列)

马安良 方 彦 冯彦炜 毕恩兴 朱晓红

张凌云 肖志锋 吴生有 苏生荣 郭宗智

郭继文 程民利

前 言

计算机辅助电路设计就是将电路设计中的各种工作交由计算机来协助完成,这是现代电子技术设计中不可缺少的一项技术,也是从事电子类专业工作人员必须掌握的内容。

Protel 2004 是 Altium 公司在 2004 年推出的产品。作为桌面板级设计系统,它将所有设计工具集成于一身,可完成从电路原理图到最终的印制电路板(PCB)设计的全部过程。用户从最初项目规划到最终形成生产数据都可以按照自己的设计方式实现,从而真正享受方便、快捷、形象的自动化设计,并从繁琐的电路设计中解脱出来。

本书由多年来从事高职教学的教师编写,理论与实践并重,从实用角度出发,通过实例,系统介绍了 Protel 2004 的功能和操作方法。按照本书的编排,读者可以轻松快速地掌握 Protel 2004 的使用方法并达到灵活应用的目的。

全书共 8 章。第 1 章为 Protel 2004 概述,第 2、3 章为电路原理图设计,第 4、5 章为印制电路板设计,第 6 章为集成元器件库的创建,第 7 章为电路仿真,第 8 章为综合实例。

本书的第 1、3、6 章及附录由陈晓娥编写,第 2 章由赵亚转编写,第 4、5 章由马安良编写,第 7、8 章由姜有奇编写。在本书的编写过程中,作者参考了多位专家的著作和文献,并得到了同行的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第 1 章 Protel 2004 概述	1
1.1 Protel 的发展历程	1
1.2 Protel 2004 的组成与特点	2
1.2.1 Protel 2004 的组成	2
1.2.2 Protel 2004 的特点	2
1.3 Protel 2004 的运行环境	2
1.4 Protel 2004 的安装与卸载	3
1.4.1 Protel 2004 的安装	3
1.4.2 Protel 2004 的卸载	5
1.5 Protel 2004 文件的组织与管理	5
1.5.1 项目文件	6
1.5.2 自由文件	6
1.5.3 存盘文件	7
1.6 Protel 2004 的主窗口	8
1.6.1 Protel 2004 的启动	8
1.6.2 Protel 2004 的主窗口	9
1.7 Protel 2004 工作面板的操作与控制	11
1.7.1 激活面板	11
1.7.2 面板的显示状态	11
1.7.3 面板不同显示方式之间的转换	12
1.8 各类设计文件的创建	12
1.8.1 工程组的创建	13
1.8.2 项目文件的创建	14
1.8.3 原理图文件的创建	15
1.8.4 PCB 文件的创建	16
1.8.5 原理图库文件的创建	17
1.8.6 PCB 库文件的创建	17
1.8.7 各类编辑器之间的切换	19
1.8.8 工作窗口的拆分与合并	19
1.9 PCB 设计流程	21
1.9.1 方案分析阶段	21
1.9.2 原理图设计阶段	21
1.9.3 原理图与 PCB 的同步更新	22

1.9.4 PCB 设计阶段	22
1.9.5 各类文档的生成与整理阶段	22
习题	22
第 2 章 电路原理图设计基础	23
2.1 原理图设计流程	23
2.1.1 电路板设计的一般步骤	23
2.1.2 电路原理图设计的一般步骤	23
2.2 原理图文件创建	24
2.2.1 手动生成原理图文件	24
2.2.2 利用模板文件创建原理图文件	25
2.3 原理图设计界面	26
2.3.1 工具栏	26
2.3.2 主菜单栏	27
2.3.3 状态显示栏	28
2.3.4 命令状态栏	28
2.4 原理图设计环境设置	28
2.4.1 原理图图纸设置	28
2.4.2 Schematic Preferences 选项卡设置	31
2.5 装载元件库	37
2.5.1 打开元件库管理器	37
2.5.2 添加和删除元件库	37
2.5.3 搜索元件	39
2.6 元件放置编辑操作	40
2.6.1 放置元件	40
2.6.2 元件属性编辑	42
2.6.3 元件的自动编号	43
2.7 布线工具	46
2.7.1 绘制导线	47
2.7.2 绘制总线	48
2.7.3 绘制总线分支	48
2.7.4 放置网络标号	48
2.7.5 放置电源和接地符号	49
2.7.6 放置线路节点	50
2.7.7 放置电路输入/输出端口	51
2.7.8 放置 No ERC 测试点	52
2.7.9 放置 PCB 布线指示	53
2.8 图形工具	53
2.8.1 Drawing Tools 工具栏	54

2.8.2 利用 Drawing Tools 工具栏画图	54
2.8.3 使用其他方式画图	57
2.9 原理图对象的编辑	58
2.9.1 对象的选取	58
2.9.2 对象的移动	60
2.9.3 对象的删除	61
2.9.4 元件选择的取消	61
2.9.5 对象的复制/剪切与粘贴	61
2.9.6 对象的旋转	62
2.9.7 元件的镜像	63
2.9.8 对象的排列对齐	63
2.10 整体编辑	66
2.11 原理图的视图操作	69
2.12 ERC 设置及原理图文件的编译	71
2.12.1 电气规则检测(ERC)的设置	71
2.12.2 原理图文件编译	73
2.13 原理图报表文件生成	74
2.13.1 网络表	74
2.13.2 元件清单报表	77
2.13.3 项目层次列表	79
2.13.4 元件交叉参考列表	79
2.14 原理图输出	81
2.15 原理图绘制实例	82
2.15.1 绘制图电源电路	82
2.15.2 绘制显示电路	87
习题	95
第3章 层次电路原理图设计	98
3.1 层次原理图设计概念	98
3.2 层次原理图设计方法	98
3.2.1 自上而下方式设计	99
3.2.2 自下而上方式设计	102
3.3 层次原理图切换	104
3.3.1 直接用 Project 面板切换文件	104
3.3.2 上层电路文件切换到下层电路文件	105
3.3.3 由下层电路切换到上层电路文件	105
习题	106

第4章 印制电路板设计基础	109
4.1 印制电路板的基本概念	109
4.1.1 印制电路板的结构	109
4.1.2 元器件的封装形式	109
4.1.3 铜膜导线	110
4.1.4 助焊膜和阻焊膜	111
4.1.5 层	111
4.1.6 焊盘和过孔	111
4.1.7 丝印层	111
4.1.8 敷铜	111
4.2 进入 PCB 印制电路板设计系统	111
4.2.1 利用 PCB 文件生成向导创建一个 PCB 文件	112
4.2.2 利用菜单命令创建一个 PCB 文件	115
4.3 PCB 编辑器的画面管理	115
4.3.1 画面的移动	115
4.3.2 画面的放大、缩小与刷新	116
4.3.3 窗口管理	117
4.3.4 PCB 各工具栏、状态栏、命令行及各种面板的打开与关闭	118
4.4 PCB 布线工具	118
4.4.1 PCB 工具栏的介绍	118
4.4.2 放置铜膜导线	119
4.4.3 放置焊盘	121
4.4.4 放置过孔	122
4.4.5 放置元器件封装	123
4.4.6 放置矩形填充	125
4.4.7 放置多边形填充	126
4.4.8 放置字符串	127
4.4.9 放置位置坐标	127
4.4.10 放置尺寸标注	128
4.4.11 放置坐标原点	129
习题	129
 第5章 印制电路板的制作	 130
5.1 印制电路板的制作流程	130
5.2 设置电路板的工作层面	131
5.2.1 工作层面类型说明	131
5.2.2 图层管理	132
5.2.3 设置工作层面及颜色	134
5.3 设置电路板的环境参数	135

5.3.1 设置电路板级环境参数	135
5.3.2 设置系统级环境参数	137
5.4 规划电路板	141
5.4.1 手动规划电路板物理边界	141
5.4.2 手动规划电路板电气边界	143
5.5 载入网络表和元器件封装	143
5.5.1 准备电路原理图和网络表	144
5.5.2 装入元件库	144
5.5.3 网络表和元器件封装的载入	145
5.6 元器件布局	147
5.6.1 元器件布局的原则	147
5.6.2 设置自动布局约束参数	148
5.6.3 元器件自动布局	152
5.6.4 锁定关键元器件自动布局	153
5.6.5 手工调整元器件布局	153
5.6.6 自动调整元器件布局	154
5.6.7 3D 效果图	157
5.7 印制电路板布线	157
5.7.1 印制电路板布线的原则	158
5.7.2 设置印制电路板布线参数	158
5.7.3 自动布线	164
5.7.4 手工调整布线	167
5.7.5 已布导线的加宽	168
5.7.6 印制电路板补泪滴	169
5.7.7 对印制电路板敷铜	169
5.7.8 设计规则检查(DRC)	170
5.8 PCB 图输出	171
5.8.1 文件输出	172
5.8.2 打印输出	172
5.9 快速制作印制电路板	175
习题	178
第 6 章 集成元器件库的创建	179
6.1 Protel 2004 元器件库概述	179
6.1.1 集成元器件库的概念	179
6.1.2 原理图符号模型的定义	179
6.1.3 PCB 封装模型的定义	180
6.1.4 符号模型与封装模型的对应关系	180
6.1.5 【Libraries】面板的元件组织功能	181

6.2 创建元器件库的重要性.....	182
6.2.1 自带元器件库存在的弊端.....	182
6.2.2 创建元器件库应注意的问题.....	183
6.3 集成元器件库创建的步骤.....	183
6.4 创建元器件原理图库.....	183
6.4.1 熟悉原理图库的编辑环境.....	183
6.4.2 原理图库中常用的菜单项和工具.....	185
6.4.3 创建用户自己的原理图库.....	190
6.4.4 元器件库的有关报表.....	192
6.5 创建 PCB 封装库.....	193
6.5.1 熟悉元器件 PCB 封装库编辑环境.....	194
6.5.2 完全手工创建元件封装.....	195
6.5.3 修改已有元件封装库来创建新封装库.....	197
6.5.4 利用向导创建元件封装.....	198
6.5.5 有关元件封装的报表.....	201
6.5.6 创建和修改元件封装应注意的问题.....	201
6.6 创建集成元件库.....	202
习题.....	206
 第 7 章 Protel 仿真入门与应用	208
7.1 电路仿真概述.....	208
7.1.1 仿真的基本概念.....	208
7.1.2 电路仿真的操作步骤.....	209
7.2 电路仿真入门.....	210
7.2.1 绘制仿真原理图.....	210
7.2.2 放置仿真激励源.....	215
7.2.3 放置节点网络标号.....	217
7.2.4 选择仿真方式和设置仿真参数.....	217
7.2.5 运行仿真、管理仿真结果.....	219
7.3 电路仿真应用举例.....	223
7.3.1 参数扫描分析.....	223
7.3.2 交流小信号分析.....	226
7.3.3 数字电路仿真.....	227
7.3.4 模数混合电路仿真.....	230
习题.....	232
 第 8 章 综合实例.....	233
8.1 Protel 2004 设计流程介绍.....	233
8.1.1 电子产品设计流程.....	233

8.1.2 电子产品设计流程.....	234
8.2 简易无线电遥控系统设计.....	234
8.2.1 设计任务与要求.....	234
8.2.2 设计方案.....	235
8.2.3 原理图绘制.....	236
8.2.4 PCB 电路板制作.....	244
8.3 U 盘电路设计.....	251
8.3.1 设计任务与要求.....	251
8.3.2 原理图绘制.....	251
8.3.3 PCB 电路板制作.....	256
习题.....	259
附录 常用快捷键.....	260
参考文献.....	262

第1章 Protel 2004 概述

内容提要:

- ❏ Protel 2004 的功能特点及安装与卸载过程
- ❏ Protel 2004 功能强大的文件管理系统
- ❏ Protel 2004 工作面板的操作与控制
- ❏ Protel 2004 各类设计文件的创建
- ❏ 使用 Protel 2004 进行 PCB 设计的基本步骤

1.1 Protel 的发展历程

Protel 系列一直以其易学易用而深受广大电子设计者的喜爱。作为桌面板级设计系统,它将所有设计工具集成于一身,可完成从电路原理图到最终的印制电路板(PCB)设计的全部过程。用户从最初项目规划到最终形成生产数据都可以按照自己的设计方式实现,从而真正享受方便、快捷、形象的设计自动化,并从繁琐的电路设计中解脱出来。

最初的 Protel 版本是 20 世纪 80 年代运行于 DOS 下的 TANGO。80 年代后期,随着 Windows 操作系统的广泛应用,Altium 公司着手开发利用 Microsoft Windows 作为平台的电子设计自动化软件。在 1991 年推出了基于 Windows 操作系统的 PCB 设计软件——Protel for Windows,接着 Altium 公司在 1998 年推出了 Protel 98,在 1999 年推出了划时代的 Protel 99 及其升级版 Protel 99SE。目前,使用 Protel 99SE 进行 PCB 设计工作的人员数量还相当巨大,Protel 99SE 对线路板设计行业的贡献相当巨大。进入 21 世纪,Altium 公司也顺应发展,于 2003 年推出了集成更多工具,使用更方便,功能更强大的 Protel DXP,而 Protel 2004 版产品则是 Altium 公司于 2004 年推出的一套将全部设计所需功能集于一身,并在单一应用中可实现任何设计概念的全板级设计系统,是第一种认识到 FPGA 在当今电子设计中重要性不断提高的板级设计系统,其人性化的界面风格、智能化的设计理念深受业内人士的好评,成为电子设计师必备的设计软件,也是电子专业学生必学的电子 CAD 软件。2006 年,Altium 公司又成功推出了 Protel 系列的最新高端版本 Altium Designer 6.0。Altium Designer 是业界首例将设计流程、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的产品。

1.2 Protel 2004 的组成与特点

1.2.1 Protel 2004 的组成

Protel 2004 从功能上包含以下几部分: 电路原理图(SCH)设计、电路原理图仿真、印制电路板(PCB)设计、电路实现前后的信号完整性分析、可编程逻辑器件(FPGA)设计等。本书着重讲述原理图设计、电路原理图仿真及印制电路板设计三个系统工具的使用。

Protel 2004 将原理图编辑与仿真、PCB 图绘制及打印等功能有机地结合在一起, 形成了一个集成的开发环境。在这个环境中, 所谓的原理图编辑, 就是对电子电路进行原理图设计, 它是通过原理图编辑器实现的, 同时由它生成的原理图文件为印制电路板的制作做了准备工作。所谓原理图仿真, 就是通过软件来模拟具体电路的实际工作过程, 并计算出给定条件下各个节点的输出波形, 这样可提前发现问题, 大大减少以后的调试工作量。所谓 PCB 图绘制, 就是印制电路板的设计, 它是通过 PCB 编辑器来实现的, 其生成的 PCB 文件将直接应用到印制电路板的生产中。

1.2.2 Protel 2004 的特点

Protel 2004 是第一套完整的板卡级设计系统, 真正地实现了在单个应用程序中的集成。它的主要特点如下:

(1) 通过设计文件包的方式, 将原理图编辑、电路仿真、PCB 设计及打印这些功能有机地结合在一起, 提供了一个集成开发环境。

(2) 提供了混合电路仿真功能, 为设计实验原理图电路中某些功能模块的正确与否提供了方便。

(3) 提供了丰富的原理图元件库和 PCB 封装库, 并且为设计新的器件提供了封装向导程序, 简化了封装设计过程。

(4) 提供了层次原理图设计方法, 支持“自上向下”的设计思想, 使大型电路设计的工作组开发方式成为可能。

(5) 提供了强大的查错功能。原理图中的 ERC(电气法则检查)工具和 PCB 的 DRC(设计规则检查)工具能帮助设计者更快地查出和改正错误。

(6) 全面兼容 Protel 系列以前版本的设计文件, 并提供了 OrCAD 格式文件的转换功能。

(7) 提供了全新的 FPGA 设计的功能。

1.3 Protel 2004 的运行环境

为了能够发挥出软件的最佳性能, 对 Protel 2004 的系统配置要求如下。

1. Protel 2004 的推荐配置

- Windows XP 操作系统。

- Pentium 4, 1.2 GHz 或更高主频的处理器。
- 512 MB 内存。
- 620 MB 硬盘空间。
- 图形显示系统: 1280 × 1024 屏幕分辨率、32 位色、32 MB 显存。

2. Protel 2004 的最低需求

- Windows 2000 专业版。
- Pentium 4, 500 MHz CPU。
- 128 MB 内存。
- 620 MB 硬盘空间。
- 图形显示系统: 1024 × 768 屏幕分辨率、16 位色、8 MB 显存。

在运行该程序时, 最好将多余的应用程序关掉, 这样可节省内存, 加快运行速度。

1.4 Protel 2004 的安装与卸载

1.4.1 Protel 2004 的安装

Protel 2004 是标准的基于 Windows 的应用程序。与大多数软件的安装过程一样, 只要运行软件中的“setup.exe”即可。由于该软件的容量非常大, 因此安装时所需时间要比普通软件长一些。现以 Protel 2004 在 Windows XP 中的安装为例来介绍其具体安装步骤。

(1) 在光盘驱动器中插入 Protel 2004 安装光盘, 运行 Windows 操作系统下的 Protel 2004 的“setup.exe”文件, 进入如图 1-1 所示的 Protel 2004 安装向导窗口。

(2) 单击 按钮进入如图 1-2 所示的注册协议许可窗口。若用户无异议则可选中【I accept the license agreement】单选按钮。

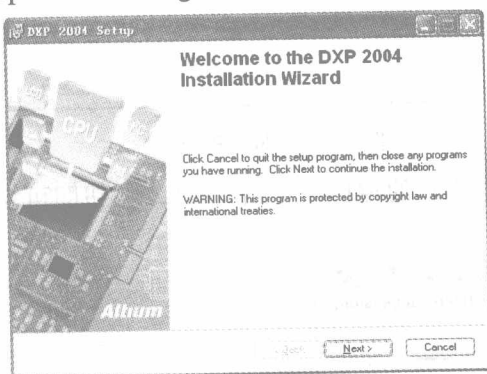


图 1-1 Protel 2004 安装向导窗口

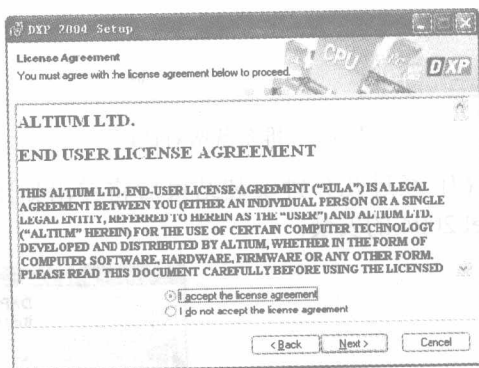


图 1-2 注册协议许可窗口

(3) 单击 按钮进入如图 1-3 所示的用户信息登记窗口。在【Full name】文本框中填写用户名, 在【Organization】文本框中填写用户所在公司名称。

(4) 单击 按钮进入如图 1-4 所示的 Protel 2004 安装路径窗口。在该窗口中用户可选择安装路径, 单击 按钮直接在硬盘中进行浏览选择。一般选择默认的缺省路径“C:\Program Files\Altium2004\”。

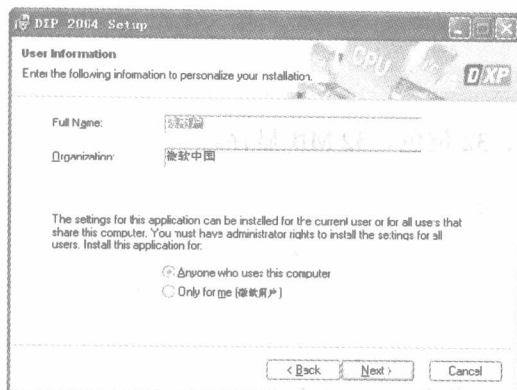


图 1-3 用户信息登记窗口

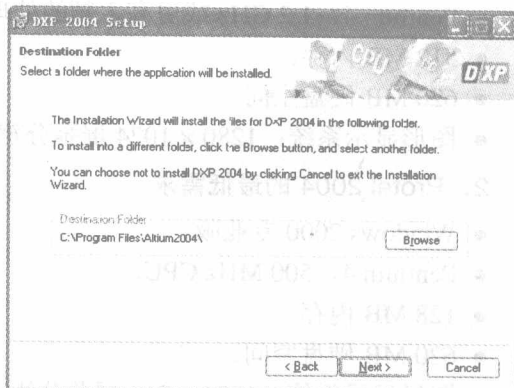


图 1-4 选择安装路径

(5) 单击 **Next >** 按钮进入如图 1-5 所示的窗口。如果用户确定所有的准备工作已完成，可单击 **Next >** 按钮开始程序安装；若用户临时改变主意，只要单击 **< Back** 按钮就可返回到上一步重新设置。

(6) 单击 **Next >** 按钮进入如图 1-6 所示的窗口。安装进度条会实时显示 Protel 2004 的安装进程。

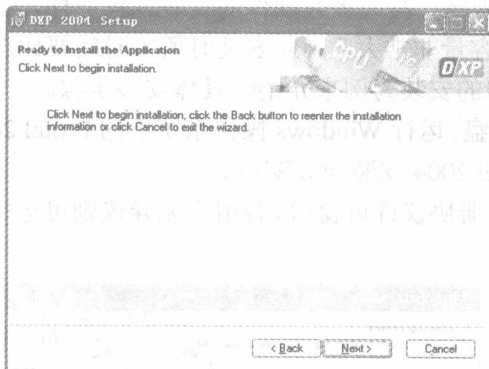


图 1-5 准备就绪对话框

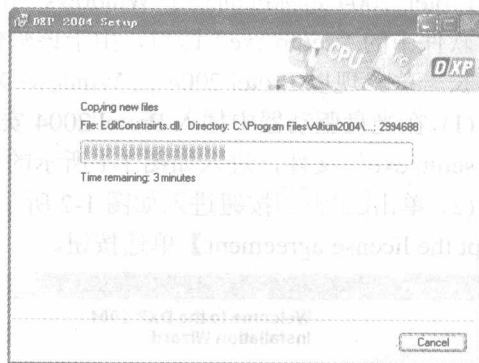


图 1-6 安装进程显示

(7) 经过几分钟安装结束后将弹出如图 1-7 所示的窗口。单击 **Finish** 按钮即可完成 Protel 2004 的安装。



图 1-7 安装结束对话框

1.4.2 Protel 2004 的卸载

与其他程序的卸载完全相同,只要进入 Windows 控制面板的【添加/删除程序】即可卸载 Protel 2004。其具体步骤如下:

(1) 单击桌面【开始】/【设置】/【控制面板】/【添加/删除程序】命令,弹出如图 1-8 所示窗口,从中选择 DXP 2004 应用软件。

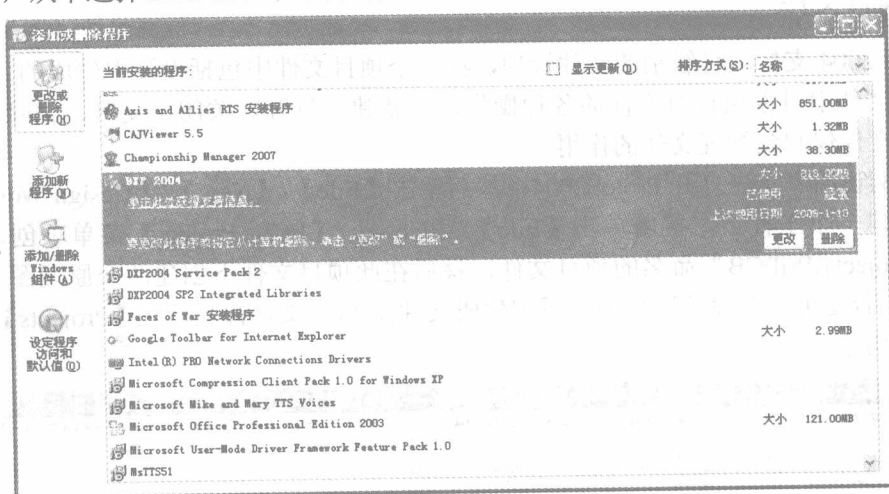


图 1-8 【添加/删除程序】对话框

(2) 单击 **删除** 按钮进入如图 1-9 所示对话框,询问“是否要删除您计算机上的 DXP 2004?”。

(3) 单击 **是(Y)** 按钮进入如图 1-10 所示对话框,系统开始卸载 DXP 2004;若单击 **否(N)** 按钮,则系统退出卸载程序。

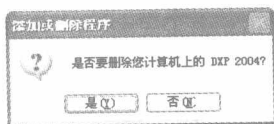


图 1-9 是否卸载 Protel 2004

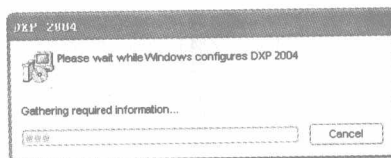


图 1-10 卸载 Protel 2004

1.5 Protel 2004 文件的组织与管理

进行一个 PCB 设计往往需要生成很多文件,包括原理图文件、PCB 文件、各种报表文件、仿真文件及库文件等,Protel 2004 提供了强大的项目级文件管理系统,通过简单的操作就可以更好地管理设计生成的各种文件。

Protel 2004 相对于以前的各个版本,在文件组织管理和结构方面有了很大的改进。Protel 2004 引入了项目设计概念,即把设计时生成的所有文件都放在一个项目文件中。在进行印制电路板的设计之前首先创建一个项目文件,该文件的扩展名为“.Prj***”(***由所创建项目的类型决定),然后在该项目文件下创建与该项目有关的各类文件,如原理图文件、PCB