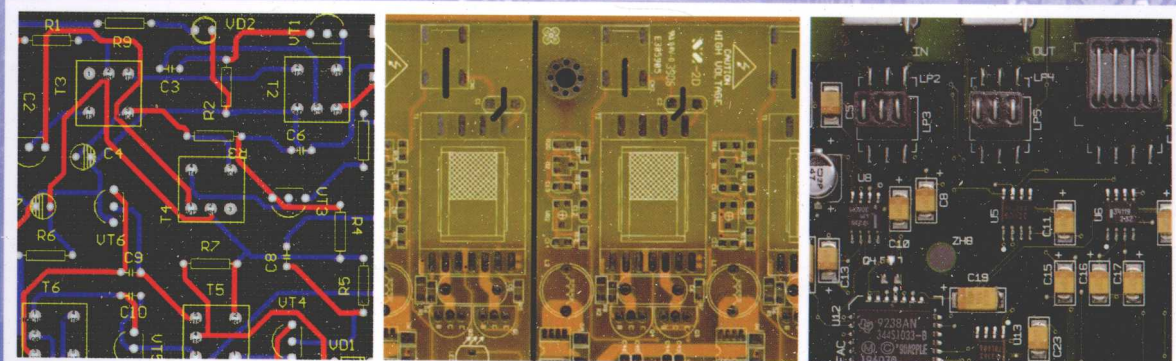


Protel 99 SE

原理图与 PCB 设计及仿真

邓奕 主编

马双宝 余愿 邓在辉 张清勇 编著



配套光盘内容

- 实例源文件
- 视频教学文件
- PPT 课件
- 实验指导书



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

013031731

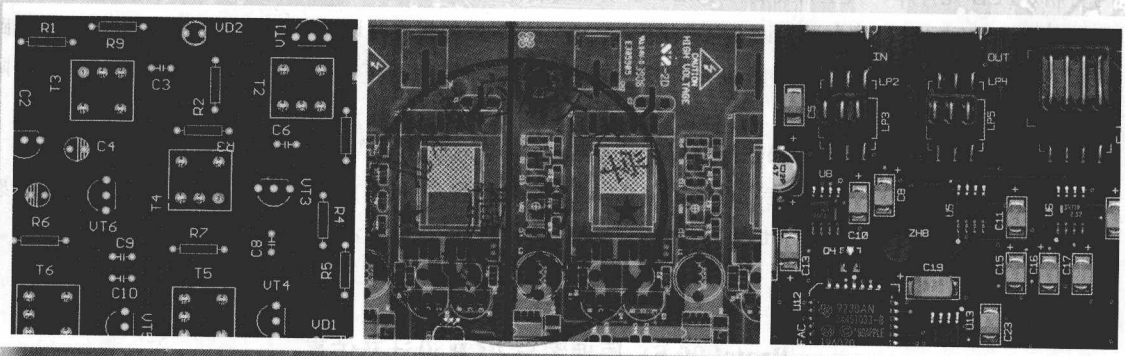
TN410.2
248

Protel 99 SE

原理图与 PCB 设计及仿真

邓奕 主编

马双宝 余愿 邓在辉 张清勇 编著



北航

C1636612

人民邮电出版社

北京

187180810

图书在版编目(CIP)数据

Protel 99 SE原理图与PCB设计及仿真 / 邓奕主编 ;
马双宝等编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2013.3
ISBN 978-7-115-30249-6

I. ①P… II. ①邓… ②马… III. ①印刷电路—计算
机辅助设计—应用软件 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第025328号

内 容 提 要

本书从初学者的角度出发,以全新的视角、合理的布局系统地介绍了 Protel 99 SE 的各项功能和提高作图效率的使用技巧,并以具体的实例详细介绍了电路板设计及制作的流程。

本书共分 14 章,循序渐进地介绍了 Protel 99 SE 概述、原理图设计快速入门、原理图的绘制、原理图的检查和常用报表的生成、元件库的建立、电路原理图工程设计实例、PCB 设计环境、PCB 设计规划与信号分析、PCB 元件库、人工布线制作 PCB、自动布线制作 PCB、PCB 工程设计实例、电路仿真等。除了各章节的操作实例之外,本书还为读者精心挑选了“小型调频发射机电路设计”以及“I/V 信号转换调理电路设计”两个工程实例,这两个实例均是在实际工程中经常使用的电路,读者可以自己在此基础上完成实际电路的设计和产品的制作。

本书还配备了每个实例的操作视频演示和语音讲解,动画以章为单位。

本书内容系统,实用性、专业性强,主要面向从事原理图和 PCB 设计的专业人员和电路设计感兴趣的电子爱好者。同时,本书也可作为大学或者专业培训机构的教材。

Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计及仿真

- ◆ 主 编 邓 奕
- 编 著 马双宝 余 愿 邓在辉 张清勇
- 责任编辑 李永涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.5
字数: 561 千字 2013 年 3 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2013 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30249-6

定价: 49.00 元(附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

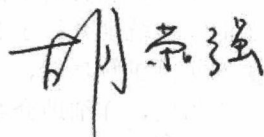
序

电路板设计是电子产品设计的重要环节之一，任何电路都需要被安装在一块电路板上才可以实现其功能，因此设计和制作出布局合理、性能稳定、外观精美的电路板是电子工程师必备的本领。

Protel 99 SE 是基于 Windows 平台的 32 位 EDA 开发工具，是建立在 PC 环境下的 EDA 电路集成设计系统，具有强大的编辑功能、有效的检测手段、完善灵活的设计管理方式，它作为电路设计自动化软件中的佼佼者，一直受到广泛的欢迎。

本书作者具有丰富的电路板设计经验，以创新求实的作风，在电路板设计过程中不停地探索着、实践着。全书以实际操作为例，全面介绍了从初次接触 Protel 99 SE 软件到熟练制作各种电路板的具体操作方法；按照电路设计的一般流程，采用一步一图的形式讲述了 Protel 99 SE 使用方法和实际应用技巧；通过具体的设计实例详细介绍电路原理图设计、网络表生成、单面和双面印制电路板的设计方法、实践步骤及操作技巧等内容。同时配备了每个实例的源文件及操作视频文件，能够使读者较快地学会并使用 Protel 99 SE 软件设计电路板。

谨祝本书与您分享的电路板设计及制作经验能够对您今后的学习和工作有所帮助！



武汉理工大学自动化学院教授、博导
全国高等学校机电类教学指导委员会委员

湖北省暨武汉市自动化学会常务理事

湖北省系统工程学会常务理事

湖北省高新技术产业发展战略研究专家组成员

全国大学生电子设计大赛湖北赛区专家组成员

内容和特点

随着电子、信息、汽车、计算机等各个行业的飞速发展，电子线路的设计也日趋复杂，传统的人工设计方式早已无法适应时代的发展，取而代之的是便捷和高效的计算机辅助设计方式，因此各种各样的电子设计自动化软件也应运而生。Protel 99 SE 就是这些软件中的典型代表。在众多计算机辅助设计工具云集的今天，尽管当前 Protel 软件不停地发展和升级，但是历经各种考验的 Protel 99 SE 仍以其稳定、易用、高效等优点赢得了众多电子设计者的青睐。

本书以实例讲解为核心，既注重软件操作细节的介绍也注重工程设计经验的讲解，因此可以使读者在学习时有的放矢，避免了空洞的理论说教。

本书作者有着丰富的电路设计经验和 Protel 99 SE 软件操作经验。内容安排上，一方面全面、系统地介绍了 Protel 99 SE 中各类命令的功能、操作方法和使用技巧，同时用多个简单的实例讲解功能、方法和技巧，让读者有直观的了解；另一方面，以两个具体的工程实际电路为例，详细地介绍了电路板设计的全过程，这对初次涉及电路板设计的工程人员是十分有利的。同时本书还配备了实例的操作视频演示和语音讲解，读者学习时可以参考。

本书分为 14 章和 1 个附录，主要内容介绍如下。

- 第 1 章 概述。本章主要对 Protel 99 SE 做概要性的介绍，使读者对 Protel 99 SE 的特点、安装和运行环境有一个基本的了解，简要介绍电路板的设计和制作步骤，使读者对电路原理图和印制电路板的设计工作流程有一个整体的把握。
- 第 2 章 原理图设计快速入门。本章首先介绍 Protel 99 SE 的参数设置和如何新建一个设计数据库 (*.ddb)，然后介绍如何向新建的工程中添加原理图设计文档，以及原理图的基本操作方法、技巧和管理等。
- 第 3 章 原理图的绘制。本章主要学习如何加载元件库，元件的查找、放置和属性编辑等。通过对布线工具的学习，学会一般电路原理图的绘制；通过对绘图工具的学习，学会绘制多边形、圆弧、贝赛尔曲线等。
- 第 4 章 原理图的检查和常用报表的生成。本章主要介绍如何通过电气规则检查实现对电路图的检查，检查无误后，就可以生成网络表和元件清单等常用报表以备后用。
- 第 5 章 元件库的建立。本章主要讲解如何使用元件库编辑器来生成元件和建立元件库，并生成元件库报表。
- 第 6 章 电路原理图工程设计实例。本章主要结合两个工程实例：I/V 信号变

换调理电路原理图和小型调频发射机电路原理图，一步一步详细讲解，让读者能轻松设计一般电路。

- 第 7 章 PCB 编辑环境。本章将结合实例，根据所设计的原理图产生网络表，在 PCB 设计中引入网络表，从而开始印制电路板的制作。
- 第 8 章 PCB 设计系统的操作。本章主要介绍制作 PCB 的操作，在制作过程中如何正确使用各个操作按钮，并介绍如何正确设置各元件的参数，以便为印制电路板设计打下基础。
- 第 9 章 PCB 设计规则与信号分析。本章主要介绍 PCB 的设计规则，包括电气规则、布线规则、布局规则、高速电路设计规则、信号完整性规则等，只有熟练掌握了这些设计规则，才能设计出高性能的电路板。
- 第 10 章 人工布线制作 PCB。本章主要介绍人工布线制作 PCB 的方法，人工布线制作 PCB 主要有两步：（1）定义电路板；（2）放置设计对象。
- 第 11 章 自动布线制作 PCB。本章将结合具体实例讲解自动布线制作 PCB 的方法和步骤，虽然涉及的知识比较多，工作比较复杂，但是相信读者能轻松掌握。
- 第 12 章 制作元件封装。本章主要介绍使用 PCB.LIB 制作元件封装的两种方法，即手工制作元件封装和利用向导制作元件封装。
- 第 13 章 制作 PCB 工程实例。本章将结合两个工程实例：I/V 信号变换调理电路 PCB 和小型调频发射机电路 PCB，具体讲解如何制作和生成 PCB。首先根据设计的原理图产生网络表文件，在 PCB 编辑器中引入网络表文件，然后将元件封装都添加到 PCB 的电气边界线内，通过布线制作印制电路板。主要包括：生成网络表、建立 PCB 文件、确定 PCB 尺寸大小、导入网络表、元件布局、PCB 布线、补泪滴和覆铜、DRC 规则检查等。
- 第 14 章 电路仿真。本章主要讲解 SIM 仿真库中的主要元件、SIM 仿真库中的激励源、仿真器的设置和电路仿真，最后详细讲解二极管伏安特性电路的仿真，希望读者能通过这个实例掌握电路仿真的基本方法。
- 附录。主要包括热转印法自制 PCB 的方法与技巧，快捷键列表和常见元件封装。

读者对象

本书内容系统，实用性、专业性强，主要面向从事原理图和 PCB 设计的专业人员和电路板设计感兴趣的电子爱好者。同时，本书还可以作为各类培训班及高等院校相关专业的教材。

附盘内容

为了方便读者学习，本书附有一张光盘，光盘中的主要内容介绍如下。

一、实例

本书实例所涉及的原始文件、实例结果文件，都按章收录在光盘的“实例”文件夹下，

读者可以调用。

二、动画文件

本书所有实例的操作过程都录制成了“*.avi”动画文件，收录在光盘的“AVI”文件夹下，读者在操作实例的过程中遇到问题，可以参考动画文件。

提示：播放动画文件前，请安装光盘根目录下的 tscs.exe 插件。

三、教学大纲和实验大纲

结合课程特点，以本书的内容为蓝本，制订了 Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计及仿真的教学大纲和实验大纲供教师参考。

四、配套电子课件

制作了本书配套的电子课件，一方面方便教师课堂教学，另一方面方便学生快速了解 Protel 99 SE 原理图与 PCB 设计及仿真的主要内容。

五、配套实验指导书

根据课程的实验特点，结合作者多年的教学经验，编写了与本书相配套的实验指导书。

本书由邓奕、马双宝、余愿、邓在辉和张清勇共同编写，邓奕任主编并统稿。在本书的编写过程中，得到了很多前辈、家人、同事、朋友的支持和帮助，在此深表感谢。

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，请读者谅解。读者在学习、实践或者教学过程中有任何建议或者问题，均可通过电子邮件 402345008@qq.com 与我们交流。

编者

2013 年 1 月

第 1 章 概述	1
1.1 Protel 99 SE 的组成与特点	1
1.1.1 Protel 99 SE 的组成	1
1.1.2 Protel 99 SE 的特点	6
1.2 Protel 99 SE 的安装	7
1.3 电路板的设计和制作步骤	7
1.4 电路原理图设计的工作流程	8
1.5 印制电路板设计的工作流程	8
1.6 小结	9
第 2 章 原理图设计快速入门	10
2.1 进入 Protel 99 SE 的绘图环境	10
2.1.1 Protel 99 SE 的启动	10
2.1.2 设置系统参数	11
2.1.3 新建一个设计数据库 (*.ddb)	12
2.1.4 设计数据库的管理	14
2.2 新建原理图设计文档	16
2.3 绘制原理图前的环境和参数设置	18
2.3.1 设置图纸	18
2.3.2 设置格点	19
2.3.3 设置光标	20
2.3.4 调整图纸大小	21
2.4 标题栏	24
2.4.1 两种标题栏	24
2.4.2 设置标题栏	25
2.5 Protel 99 SE 的文档管理	28
2.5.1 保存文档	28
2.5.2 文档的打开、关闭、删除和恢复	29
2.5.3 文档的导入和导出	31
2.6 小结	32

第3章 原理图的绘制..... 33

3.2 载入元件库	33
3.2.1 元件库管理面板.....	33
3.2.2 元件库的添加.....	34
3.3 元件的查找和放置.....	35
3.4 编辑元件属性	37
3.5 元件位置的调整.....	38
3.5.1 选取元件	38
3.5.2 剪贴元件	39
3.5.3 删除元件	40
3.5.4 排列和对齐元件.....	40
3.6 元件的基本布局.....	43
3.7 布线工具的使用.....	43
3.8 绘图工具的使用.....	55
3.9 绘制简单的原理图.....	60
3.10 小结	73

第4章 原理图的检查和常用报表的生成..... 74

4.1 检查电路原理图.....	74
4.1.1 检查元件序号.....	74
4.1.2 电气规则检查.....	76
4.2 生成网络表	80
4.2.1 网络表的格式及作用.....	80
4.2.2 网络表的生成.....	81
4.2.3 元件封装	82
4.3 生成元件采购列表.....	88
4.4 生成层次表	90
4.5 生成元件管脚列表.....	91
4.6 生成元件交叉参考列表.....	91
4.7 原理图文件的保存和输出.....	92
4.8 应用实例	94
4.9 小结	96

第5章 元件库的建立..... 97

5.1 元件库编辑器	97
5.1.1 加载元件库编辑器.....	97
5.1.2 元件库编辑器的界面组成.....	98

5.1.3 元件库的管理.....	99
5.1.4 元件库编辑器工具栏.....	102
5.2 生成元件库报表.....	109
5.3 小结	111

第 6 章 电路原理图工程设计实例..... 112

6.1 I/V 信号变换调理电路原理图	112
6.2 小型调频发射机电路原理图.....	124
6.3 小结	133

第 7 章 PCB 编辑环境 134

7.1 认识 Protel 99 SE 的 PCB 编辑环境.....	134
7.2 印制电路板概述.....	140
7.3 设置环境参数	143
7.3.1 图纸的设定.....	143
7.3.2 板层的类型.....	149
7.3.3 板层的设置.....	149
7.4 电路板的规划	152
7.5 PCB 设计的基本原则	152
7.6 典型实例	153
7.7 小结	160

第 8 章 PCB 设计系统的操作 161

8.1 快捷键	161
8.2 快捷菜单常用命令.....	162
8.3 窗口操作	163
8.3.1 窗口缩放操作.....	163
8.3.2 窗口排列技巧.....	164
8.3.3 工作区排列.....	165
8.4 放置元件封装及其属性编辑.....	166
8.4.1 元件封装的放置.....	166
8.4.2 元件封装的属性编辑.....	167
8.5 补泪滴的应用	168
8.6 覆铜的应用	170
8.6.1 设置覆铜	170
8.6.2 调整覆铜	172
8.7 电路板上文字的制作.....	175

8.7.1 放置字符串.....	175
8.7.2 字符串的基本操作.....	176
8.8 放置原点与跳跃点.....	176
8.9 库文件操作	176
8.10 打印	177
8.11 小结.....	178

第 9 章 PCB 设计规则与信号分析 179

9.1 设计规则概述	179
9.2 电气规则	180
9.3 布线规则	184
9.4 SMD 封装规则.....	190
9.5 阻焊规则	191
9.6 平面层规则	192
9.7 测试点规则	195
9.8 与制造相关的规则.....	197
9.9 高速线路规则	200
9.10 布局规则	206
9.11 信号完整性规则.....	209
9.12 PCB 设计规则检查	219
9.13 小结	220

第 10 章 人工布线制作 PCB 221

10.1 定义电路板	221
10.1.1 人工定义电路板.....	221
10.1.2 利用向导定义电路板.....	223
10.2 放置设计对象.....	223
10.2.1 元件封装的放置与属性设置.....	224
10.2.2 铜膜的放置与属性设置.....	225
10.2.3 圆弧的属性设置.....	226
10.2.4 尺寸线与其属性.....	227
10.2.5 坐标	228
10.2.6 文字的属性.....	229
10.2.7 焊盘与其属性.....	229
10.2.8 过孔与其属性.....	231
10.2.9 填充与其属性.....	231
10.2.10 覆铜与其属性.....	232
10.2.11 焊盘泪滴处理.....	233

10.3 在 PCB 编辑器中载入网络表	234
10.4 应用实例	235
10.5 小结	246

第 11 章 自动布线制作 PCB 247

11.1 布线前的准备	247
11.2 在 PCB 编辑器中载入网络表	248
11.3 元件布局	248
11.3.1 自动元件布局	248
11.3.2 手工调整元件布局	249
11.4 自动布线	252
11.4.1 自动布线之前的必要设计	252
11.4.2 自动布线的方法	257
11.4.3 自动布线后的电路板信息	259
11.5 电路板设计的一些经验	262
11.5.1 电路板材料的选择	262
11.5.2 电路板的尺寸设置	263
11.5.3 元件布局	263
11.5.4 布线	263
11.5.5 焊盘	264
11.5.6 跨接线	264
11.6 高频布线	264
11.6.1 高频布线要注意的问题	264
11.6.2 高频布线时的抗干扰问题	265
11.6.3 信号完整性分析	266
11.7 应用实例	266
11.8 小结	275

第 12 章 制作元件封装 276

12.1 制作 PCB 元件封装	276
12.1.1 制作 PCB 元件封装的步骤	276
12.1.2 启动 PCB 元件库编辑器	277
12.1.3 PCB 元件库绘制工具	277
12.1.4 PCB 元件库管理命令	278
12.2 利用向导制作 PCB 元件封装	280
12.3 创建集成元件库	284
12.4 制作简单的元件封装	285
12.5 小结	287

第 13 章 制作 PCB 工程实例	288
13.1 I/V 信号变换调理 PCB 设计	288
13.2 小型调频发射机 PCB 设计	305
13.3 小结	326
第 14 章 电路仿真	327
14.1 概述	327
14.2 SIM 仿真库中的主要元件.....	327
14.3 SIM 仿真库中的激励源	330
14.4 仿真器的设置.....	332
14.5 电路仿真	335
14.6 小结	339
附录	340
附录 1 热转印法自制 PCB 方法与技巧	340
附录 2 快捷键列表.....	343
附录 2.1 原理图编辑器与 PCB 编辑器通用的快捷键	343
附录 2.2 原理图编辑器快捷键.....	344
附录 2.3 PCB 编辑器快捷键	345
附录 3 常见元件封装.....	346
参考文献	348

第1章 概述

本章主要对 Protel 99 SE 做概要性的介绍,使读者对 Protel 99 SE 的特点、安装和运行环境有一个基本的了解;简要介绍电路板的设计和制作步骤,使读者对电路原理图和印制电路板的设计工作流程有一个整体的把握。



本章要点

-  电路板的设计和制作步骤
-  电路原理图设计的工作流程
-  印制电路板设计的工作流程

1.1 Protel 99 SE 的组成与特点

目前,电子线路 CAD 软件的种类繁多,如 AutoCAD、OrCAD、Pspice、Protel 99 SE、Protel DXP、AltiumDesigner、Cadence,等等。其中,Protel 99 SE 以其稳定、易用、高效等优点赢得了众多电子设计者的青睐,它由原理图设计模块、PCB 设计模块、自动布线器、原理图混合信号仿真模块和可编程逻辑器件设计模块组成。

1.1.1 Protel 99 SE 的组成

Protel 99 SE 是一款 Client/Server 型的应用程序,在文件组织方面既可以采用传统的 Windows 文件格式,也可以采用 Access 数据库文件格式,能实现从电学概念设计到输出物理生产数据,以及它们之间的所有分析、验证和设计数据管理。Protel 99 SE 提供了一个基本的框架窗口和相应的 Protel 99 SE 组件之间的用户接口。

Protel 99 SE 由 5 大模块组成:原理图设计模块、PCB 设计(包含信号完整性分析)模块、自动布线器、原理图混合信号仿真模块和可编程逻辑器件(PLD)设计模块。其中,原理图设计模块和 PCB 设计模块是电子设计的重点,而其他模块都是为这两个模块服务的。

一、原理图设计模块

原理图设计模块包括原理图编辑器、原理图元件库编辑器和各种文本编辑器。为用户提供智能化的高速原理图编辑方法,能够准确地生成原理图设计输出文件,包含自动化的连线工具,同时具有强大的电气规则检查(ERC)功能。其主要特点归纳如下。

(1) 强大的原理图编辑功能。

Protel 99 SE 的原理图编辑采用了标准的图形化编辑方式,用户能够非常直观地控制整个编辑过程。在原理图编辑器中,用户可以实现一些普通编辑操作,如复制、粘贴、删除和



撤销等。原理图编辑器所带电气栅格特性提供了自动连接功能,使得布线更为方便,如图 1-1 所示。

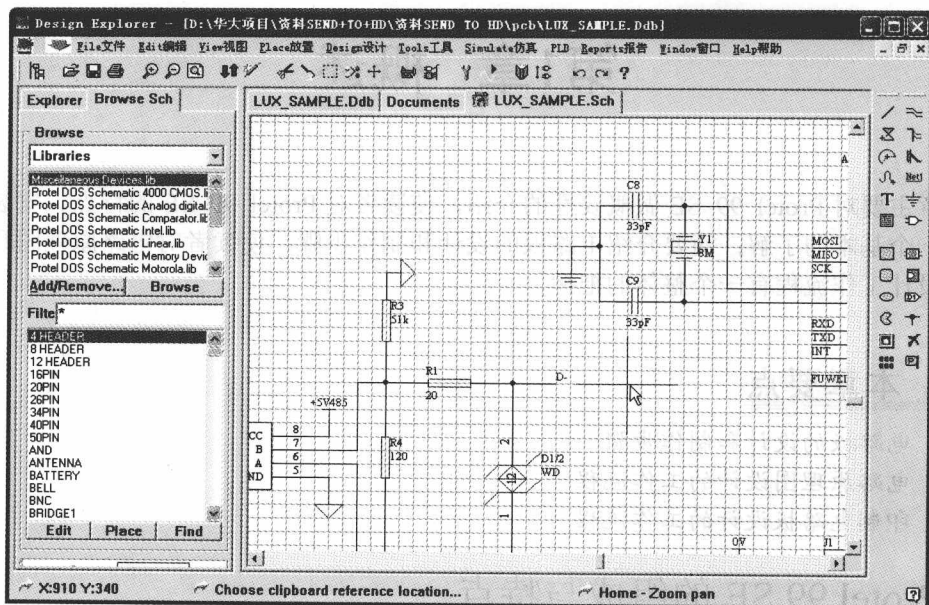


图1-1

原理图编辑器中采用了交互式的编辑方法,在编辑对象属性时,用户只需在所需编辑的对象上双击鼠标左键,即可打开对象属性对话框,直接对属性进行修改,非常直观、方便。此外,Protel 99 SE 还提供了全局编辑功能,能够对多个类似对象同时进行修改,可以通过设置多种匹配条件选择需要进行编辑的对象和希望进行的修改操作,如图 1-2 所示,为复杂电路的设计带来了极大的便利。

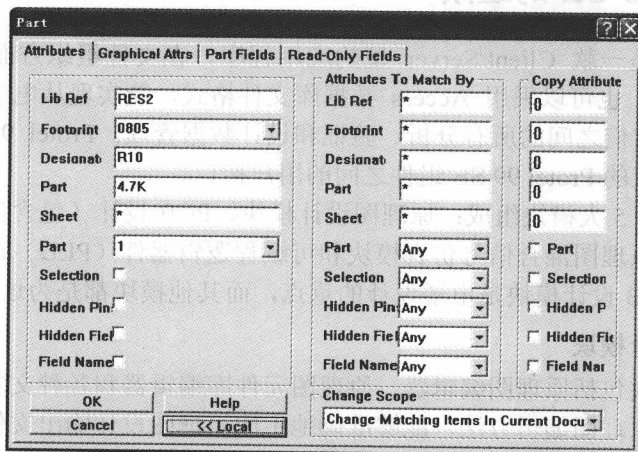


图1-2

另外,Protel 99 SE 还提供了快捷键功能,用户可以使用系统默认的快捷键设置,也可以自定义快捷键,熟练使用一些快捷键能够让设计工作更加得心应手。

(2) 强大的电气检查功能。

电路原理图设计完成后, 在进行 PCB 设计之前至少需要检查所设计的电路是否有电气连接上的错误, 避免一些不必要的错误和麻烦, 这样才能提高电路设计的效率。Protel 99 SE 提供了强大的电气规则检查功能, 能够迅速地对大型复杂电路进行电气检查。用户可以通过设置忽略电气检查点及修改电气规则等操作对电气检查过程进行控制, 检查结果会直接标注在原理图上, 如图 1-3 所示, 方便用户进行修改。

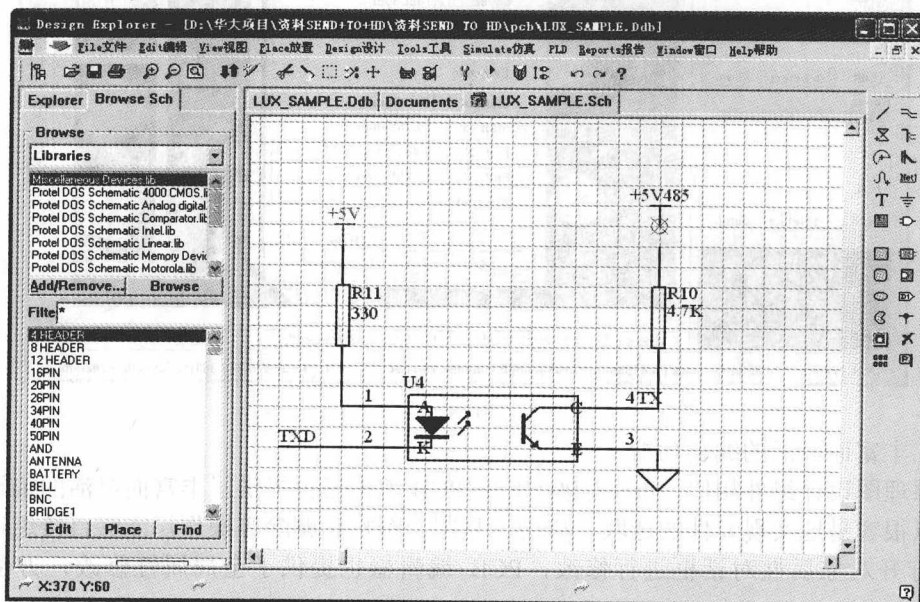


图 1-3

(3) 完善的库元件编辑和管理功能。

Protel 99 SE 提供了完善的库元件编辑和管理功能。原理图编辑器提供了丰富的元件库, 一些著名厂商 (如 Altera、Intel、Motorola 等) 的常用器件都能够在这里找到定义。如果用户在这些库中没有找到自己所需要的元件定义, 则可以使用元件库编辑器自行创建新的元件。如何创建元件的库文件, 将在第 5 章进行详细地讲解。

(4) 同步设计功能。

Protel 99 SE 具有原理图和 PCB 之间的同步设计功能, 使得原理图和 PCB 之间的变换更为简单。元件标号可双向注释, 既可以从原理图将修正信息传递到 PCB 中, 也可以从 PCB 中将修正信息传递到原理图中, 从而保证了原理图和 PCB 之间高度的一致性。

二、PCB 设计模块

进行电路设计的最终目的是要设计出一个高质量的可加工的 PCB, 这是一个电子产品和开发项目的基础。Protel 99 SE 在 PCB 设计功能上面有突出的表现, 深受用户的喜爱。

(1) 具有 32 位高精度设计系统。

Protel 99 SE 的 PCB 设计组件是 32 位的 EDA 设计系统, 系统分辨率可达 0.0005mil (1mil=0.0254mm), 线宽范围为 0.001~10000mil, 如图 1-4 所示, 字符串高度范围为 0.012~1000mil。能够设计 32 个工作层, 最大板图为 2540mm×2540mm, 管理的元件、网络及连接的数目仅受限于实际的物理内存, 而且还能够提供各种形状的焊盘。

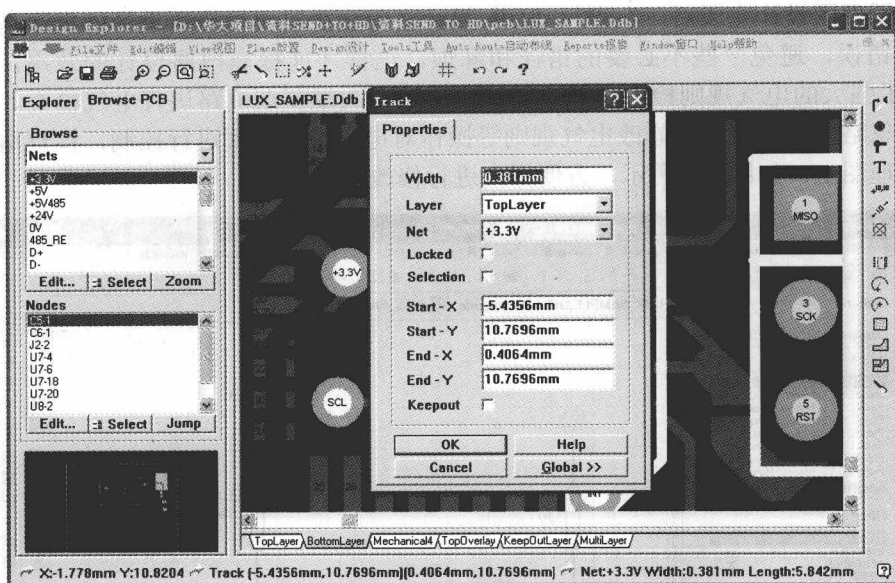


图1-4

(2) 丰富而灵活的编辑功能。

与原理图设计组件相似, Protel 99 SE 的 PCB 编辑器也提供了丰富而灵活的编辑功能, 用户可以很容易地实现元件的选取、移动、复制、粘贴和删除等操作, 能够直接通过双击鼠标左键打开对象属性对话框进行修改, PCB 编辑器也提供了全局属性修改, 方便用户操控。

(3) 功能完善的元件封装编辑和管理器。

Protel 99 SE 也提供了众多常见 PCB 元件封装定义, 用户可以方便地加载这些库元件进行使用, 同时也具备完善的库元件管理功能。用户可以通过多种方式, 如 Protel 99 SE 提供的模板或者用户自定义等, 方便快速地创建一个新的 PCB 元件封装定义, 详细的制作过程将在第 12 章进行介绍。

(4) 强大的布线功能。

Protel 99 SE 强大的布线功能是该软件的一个显著的特点。该软件有极优秀和稳定的手动布线特性, 能够自动地弯折线, 绕开障碍物, 并与设计规则完全一致, 同时结合拖拉线时, 自动抓取实体电气网络特性和预测放线特性, 能够很合理地布出带有混合元件的复杂板。Protel 99 SE 回路清除功能能够自动删除多余连线, 具有智能推挤布线功能, 同时还提供了任意角度, 如 45°角、90°角、45°角带圆弧、90°角带圆弧等多种放线方式, 可以通过 **Shift+Space** 键很方便地进行切换。

此外, Protel 99 SE 还提供功能强大的自动布线功能, 在自动布线前, 先设置设计规则, 然后设定系统进行自动布线时采用的布线策略, 能够实现设计的自动化。

(5) 完备的设计规则检查 (DRC) 功能。

Protel 99 SE 支持在线 DRC 和批量 DRC, 设计者可以通过设置选项打开在线 DRC, 设计过程中如果在布局、布线、线宽、孔径大小等方面出现了违规设计时, 系统会自动提示错误, 并以高亮显示, 方便用户发现和修改, 如图 1-5 所示。