北极光

EDA 精品智汇馆

PADS 软件基础与应用实例

黄杰勇　杨　亭　林超文　编著

- 业界一本真正由大学导师和一线PCB设计师联合编写的以PADS9.5为基础的电子线路CAD方面的教材
- 系统介绍了PADS Logic、PADS Layout、PADS Router三大功能模块，工程实用性强
- 这是一本有技术支持的EDA实战书籍

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

EDA 精品智汇馆

PADS 软件基础与应用实例

黄杰勇　杨　亭　林超文　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 Mentor Graphics 最新推出的 PADS 9.5 中的 PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 为基础，介绍了 PADS 9.5 原理图与 PCB 设计的方法和技巧，并结合设计实例，配合大量的示意图，以实用、易懂的方式介绍原理图设计和印制电路板设计流程。

本书注重教学情境的设计，采用以学生为中心的“项目教学法”编写风格，充分体现理论和实践的结合。全书共 11 个项目，主要内容包括：PADS 软件的概述和安装；PADS Logic 认知一：绘制单级共射放大电路原理图；PADS Logic 认知二：元件库管理；PADS Layout 认知一：元件库管理；PADS Layout 认知二：单管放大电路 PCB 的设计；PADS Layout 认知三：相关文件输出；开关电源转换电路 PCB 的设计；PADS Router 认知：布线操作；LED 摇摇棒制作实例；TDA2030 加音调音响放大器；USB HUB 制作实例。

本书适合从事电路原理图与 PCB 设计及相关工作的技术人员阅读，也可作为高等院校电子技术应用、电子电器和机电技术应用、数控自动化等相关专业的教学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

PADS 软件基础与应用实例 / 黄杰勇，杨亭，林超文编著. —北京：电子工业出版社，2015.2
（EDA 精品智汇馆）
ISBN 978-7-121-25286-0

Ⅰ. ①P… Ⅱ. ①黄… ②杨… ③林… Ⅲ. ①印刷电路－计算机辅助设计－软件包 Ⅳ. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 303404 号

责任编辑：王敬栋（wangjd@phei.com.cn） 文字编辑：张 迪
印 刷：北京天宇星印刷厂
装 订：北京天宇星印刷厂
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开 本：787×1092 1/16 印张：15.5 字数：396.8 千字
版 次：2015 年 2 月第 1 版
印 次：2015 年 2 月第 1 次印刷
印 数：3 000 册 定价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

作 者 简 介

黄杰勇：电子科技大学中山学院教师，硕士毕业于电子科技大学，主讲《基于PADS 电路板设计》、《传感器原理及工程应用》。长期从事嵌入式系统应用开发、工业控制器设计，有近10年PCB设计经验。发表论文十多篇，获得实用新型专利2项、外观设计专利1项，主持过横向项目3项，参与多个国家及省级科研项目研发。

杨　亭：广东省职业技能鉴定指导中心电子CAD专家组组长，全国优秀教师，南粤优秀教师，高级讲师。长期从事智能控制技术及应用，工业控制过程优化控制技术研究，以及电子技术专业教学等工作，在广东省内多所大中专院校担任电子CAD技能鉴定、培训及竞赛指导等工作。主编《电子CAD职业技能培训教程》、《单片机C51程序设计教程辅导与实验》、《Protel DXP 实训教程》、《光电技术综合实训指导》等多部教材，有十多篇论文在国家一级以上刊物上发表，如《真空断路器永磁机构智能控制系统》等，参与多个国家级及省级科研项目研发。

林超文：EDA365论坛荣誉版主，目前负责EDA365论坛PADS和AD版块的管理与维护。兴森科技CAD事业部二部经理，有十余年高速PCB设计与EDA软件培训经验；长期专注于军用和民用产品的PCB设计及培训工作，具备丰富的PCB设计实践和工程经验，擅长航空电子类、医疗工控类、数码电子类产品的设计，曾在北京、上海、深圳等地主讲多场关于高速PCB设计方法和印制板设计技术的公益培训和讲座。同作者作品及后续著作：《PADS9.5 实战攻略与高速PCB设计》、《Altium Designer 实战攻略与高速PCB设计》、《高密度PCB设计实战攻略》、《Hyperlynx 软件基础与应用实例》、《PCB设计实战与应用-平板电脑篇》、《PCB设计实战与应用-智能手机篇》

前　言

电路板设计也叫 PCB 设计，它以电路原理图为根据，实现电路设计者所需的功能。PADS 软件是 Mentor Graphics 公司的电路原理图和 PCB 设计工具软件。目前，该软件是国内从事电路设计的工程师和技术人员主要使用的电路设计软件之一，是 PCB 设计高端用户最常用的工具软件。PADS 作为业界主流的 PCB 设计平台，以其强大的交互式布局布线功能和易学易用等特点，在消费电子、半导体、通信、医疗电子等当前最活跃的工业领域得到广泛的应用。

本书由高校教师与从事 PCB 设计一线工程师合力编写。作为一线的教学人员，作者具有丰富的教学实践经验与教材编写经验，多年的教学工作使他们能够准确地把握学生的学习心理与实际需求。同时，从事多年 PCB 设计的工程师参与本书编写工作，他们年富力强，实践经验丰富，能够在编写工作中紧紧结合具体项目，理论结合实例。在本书中，处处凝结着教育者与工程师的经验与体会，贯穿着他们的教学思想与工程经验，希望能够给广大读者的学习（尤其是自学）提供一个简捷、有效的捷径。

本书以 Mentor Graphics 最新推出的 PADS 9.5 中的 PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 为基础，重点介绍 PADS 9.5 原理图与 PCB 设计的方法和技巧。本书通过“项目教学法”进行编写，通过实施一个完整的项目进行教学，把理论与实践教学有机地结合起来，充分发掘学生的潜能，提高学生解决实际问题的综合能力。全书共 11 章，主要内容包括：

- PADS 软件的概述和安装；
- PADS Logic 认知一：绘制单级共射放大电路原理图；
- PADS Logic 认知二：元件库管理；
- PADS Layout 认知一：元件库管理；
- PADS Layout 认知二：单管放大电路 PCB 的设计；
- PADS Layout 认知三：相关文件输出；
- 开关电源转换电路 PCB 的设计；
- PADS Router 认知：布线操作；
- LED 摇摇棒制作实例；
- TDA2030 加音调音响放大器；
- USB HUB 制作实例。

在介绍的过程中，注意由浅入深，从易到难，图文并茂，语言简洁，思路清晰。通过对本书的学习，读者可以真切地体会出 PADS 在电路板设计内在的规律以及原理图和 PCB 设计的思路，从而进行电路板设计实践，提高电路板设计能力。

本书既可作为电路板设计初学者的入门教材，也可作为高等院校电子技术应用、电子信息工程、机电技术应用、数控自动化等相关专业的教学参考书。

在本书编写过程中，还得到电子工业出版社分社社长王敬栋先生和 EDA365 论坛热心网友刘昊辉等人提供的帮助和支持。在生活上，父母和爱人给予了充分的理解和大力支持。同时，在编著者技术领域的成长过程中，得到了众多同事、朋友的大力帮助。在此，向他们表示衷心的谢意。

由于编著者水平有限，书中不足之处在所难免，望广大读者批评指正。

编著者

2014 年 12 月 10 日

目　　录

第1章 PADS 软件的概述和安装

情境

随着电路设计规模的不断扩大以及高速电路越来越广泛的应用，手工设计电子产品的PCB（印制电路板）已不能满足我们日益缩短的产品设计周期和复杂电路功能的要求。所以，我们必须借助于计算机来完成 PCB 的设计工作，这就为 CAD（Computer Aided Design，计算机辅助设计）软件的发展提供了空间。

本项目以国内流行的PCB设计软件之一 ——PADS 9.5 来讲解印制电路板的设计与应用。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）掌握 PADS 软件安装方法； 2）PADS 软件中英文界面切换	学生上机操作，教师指导、答疑	1 课时
知识目标	1）认识 PADS 软件； 2）了解 PADS 9.5 新功能及特点； 3）电子线路设计流程	教师讲授	1 课时

1.1 基本技能

1.1.1 认识 PADS 软件

在开始学习 PADS 9.5 之前，用户会有这样的疑问："为什么要选择 PADS，它又有哪些特点呢？"这就是任务一要解决的问题。

PADS 9.5 的新功能及特点如下：

- 底视图：PADS 9.5 允许从底部显示设计文件。所有的功能（如放置、编辑、走线）都可以在顶视图或底视图模式下完成。通过查看菜单、无模命令【B】或【Alt+B】快捷键来切换顶视图和底视图。
- 自动化接口增强：在 Layout 和 Router 中，添加了一些自动化方法用于设置和获取当前层；运行无模命令 Z*（*为目标层），例如 Z26，表示打开并将当前层切换到 26 层。
- 虚拟引脚（Virtual Pins）：PADS 9.5 中添加了支持虚拟引脚的功能，进一步增强了在 PADS 中实现多片 DDR*走线方面的功能。虚拟引脚也被称为 T 点和分支点。PADS 9.5 允许用户定义一个点，通常从驱动器到这个点"分支"出去再到多个接收器。可以定义独特的间距和高速设计规则到这个新的拓扑结构。虚拟引脚在 PADS 中是一个独特的实体。可以通过弹出菜单添加虚拟引脚到设计/网络中，

它具有 PADS 中其他对象的典型特性（移动、删除、固定、选择、添加测试点、查看特性，以及过滤器对话框）。连接到虚拟引脚的连线，可以通过交互式或自动的方式来走线。

- 封装中定义放置禁区：现在可以直接在封装编辑器中定义放置禁区。在 Layout 和 Router 中，这些禁区会被在线 DRC 和设计校验识别。
- PADS Viewer 中的平面层连接：现在，PADS Viewer 允许对覆铜和平面区域重新覆铜，而不是像以前一样，只是还原上次的覆铜。
- 中文菜单：PADS Layout、Router、Logic 和 DxDesigner 所有的菜单和对话框都可切换到简体中文、英文、日文、葡萄牙（巴西）语。
- 可直接打开 Orcad、DXP 和 AD 版本的设计文件：从 PADS 9.4.1 版本以后，PADS 支持直接打开 Orcad、DXP 和 AD 的设计文件，兼容性更好。
- Logic 下可以同时修改多个 Part：PADS 9.3 以上版本支持在 Logic 中选取多个元件，通过右键菜单进入属性对话框进行编辑、修改。
- 关联网络（Associated Nets）：Layout 和 Router 下都可设置 Associated Nets，电阻（排阻）两端网络的等长工作变得更为简单。
- Router 增加 Find 功能：可以在 Router 实现 Find 功能，不用再切换到 Layout 中。
- Router 的跟随走线：跟随已布的线走线，无论光标放在哪里，都会跟随上面的走线；如果跟随板框，无论光标放哪里，都会紧贴着板框走线。
- Layout 的 2D 线捕获和 Snap 自动捕捉：可以进行 2D 线和板框的闭合、打断。在电路设计中，会遇到更改结构图的情况，利用 Snap 自动捕捉则可以让新结构图与旧板框对齐。

1.1.2 PADS 软件的安装和模块介绍

1. PADS 软件的安装

PADS 9.5 是一个完全独立的安装包，更新了用于 Layout 和 Router 设计的数据库和 ASCII 格式。PADS 9.5 的库格式没有改变。PADS Logic ASCII 和数据库格式与 PADS 9.x 相同。PADS 9.5 安装路径仍然是 C:\MentoGraphics，为避免覆盖老版本，最好使用一个新文件夹来安装。在安装 PADS 9.5 版本之前，请备份老版本 PADS 设计和元件库。如果计算机里没有旧版 PADS，那么请忽略此段。

建议操作系统：

- Windows XP；
- Windows VISTA（2007.2 以上版本）；
- Windows 7。

建议硬件配置：

- CPU 至少要 Pentium III 500 MHz；
- 内存容量建议 512 MB 以上；
- 三键或滚轮鼠标器；

➢ 1024×768 分辨率，256 色显示；

➢ 建议 1.5 GB 以上硬盘空间。

（1）将 PADS 9.5 的安装光盘放入光驱，双击安装文件，等待进入如图 1-1 所示的安装界面。

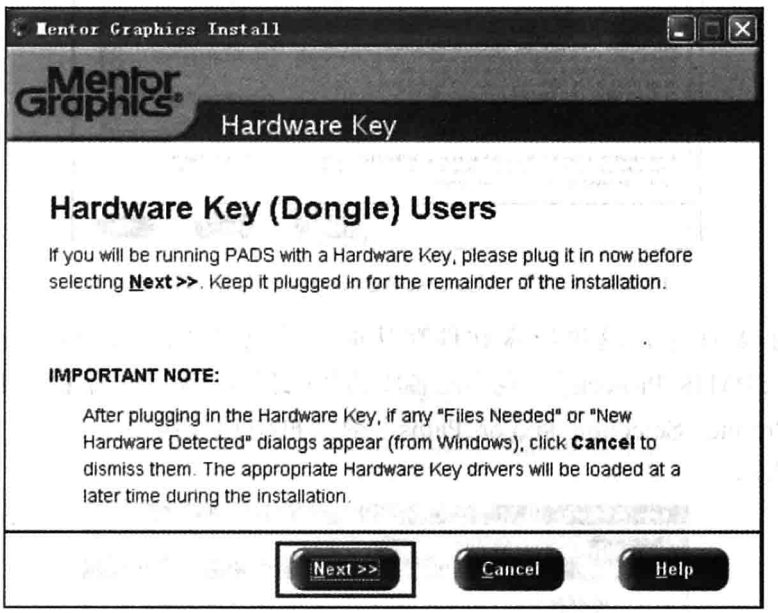


图 1-1　PADS 9.5 安装界面

（2）单击【Next】按钮，系统弹出“Welcome to PADS Installation”对话框，如图 1-2 所示，提示当前没有检测到 License 文件，单击【Skip】按钮继续下一环节。

图 1-2　“Welcome to PADS Installation”对话框

（3）如图 1-3 所示，单击【Agree】按钮，同意许可协议，进入下一个安装界面。

图 1-3 “License Agreement”对话框

（4）如图 1-4 所示，这里出现软件默认的安装路径“C:\MentorGraphics”和 PADS Projects 路径“C:\PADS Projects”。我们准备将路径改到 D 盘，单击【Modify】按钮，在弹出的“Modify Product Selection and/or Paths”对话框中选择需要安装的产品组件（推荐全选），如图 1-5 所示。

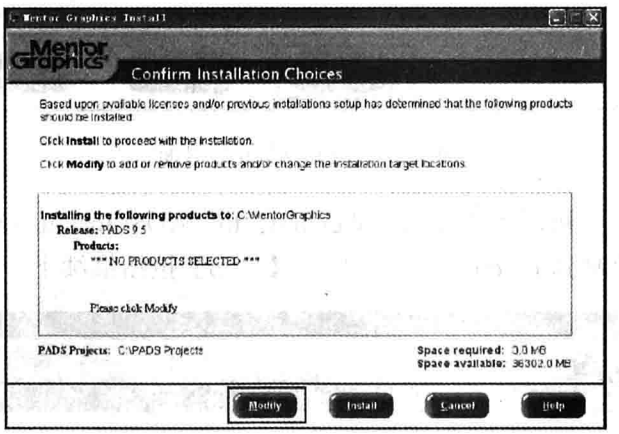


图 1-4 “Confirm Installation Choices”对话框

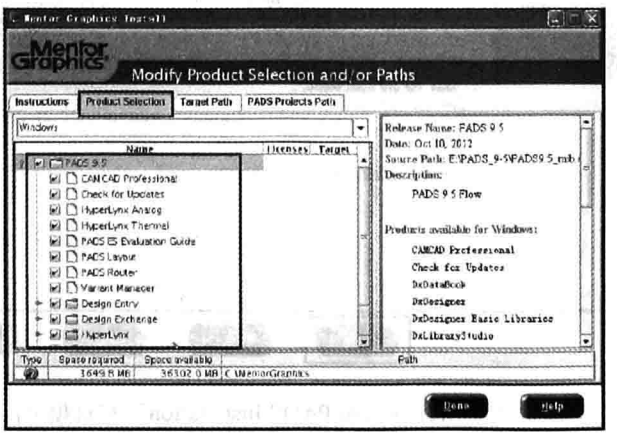


图 1-5 “Modify Product Selection and/or Paths”对话框

（5）单击“Target Path”标签，如图 1-6 所示，改变安装路径。单击“PADS Projects Parth”标签，如图 1-7 所示，改变文件的有效路径，然后单击【Done】按钮。

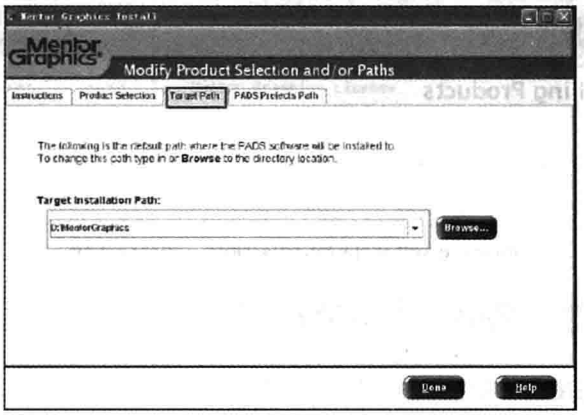


图 1-6　改变安装路径对话框

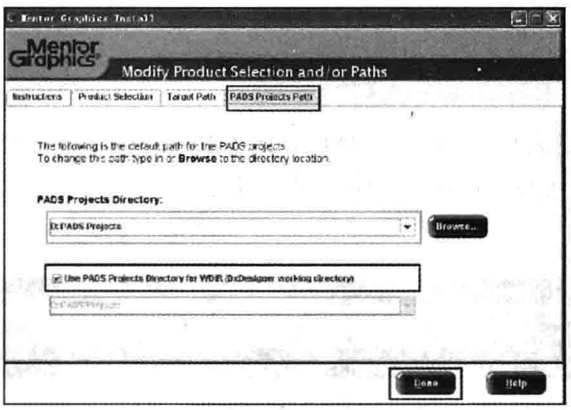


图 1-7　改变文件存放路径对话框

（6）返回到“Confirm Installation Choices”对话框，其中列出了安装所需的磁盘空间大小。如果出现红色提示“WARNING: space required exceeds space available!!”，则表示所要安装的磁盘空间不足，需要回到上一步另外选择安装路径；如果没有提示，则单击【Install】按钮，进入下一环节，如图 1-8 所示。

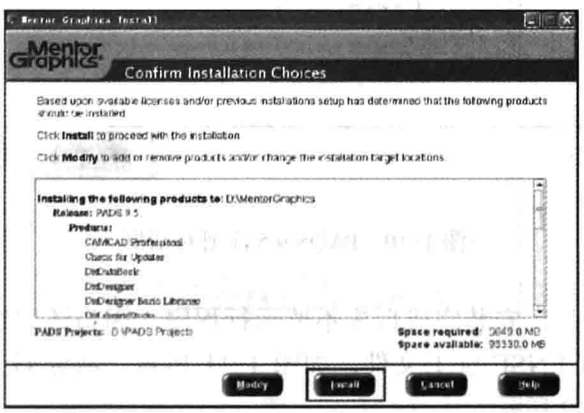


图 1-8　设置安装路径后的“Confirm Installation Choices”对话框

（7）进入软件自动安装界面（需要等待 10～15 分钟），如图 1-9 所示。

图 1-9　自动安装对话框

（8）当进程 100%完成后，弹出“PADS Installation Complete”对话框，提示我们是否现在注册。选择“at a later time”选项并单击【Done】按钮完成软件的安装，如图 1-10 所示。

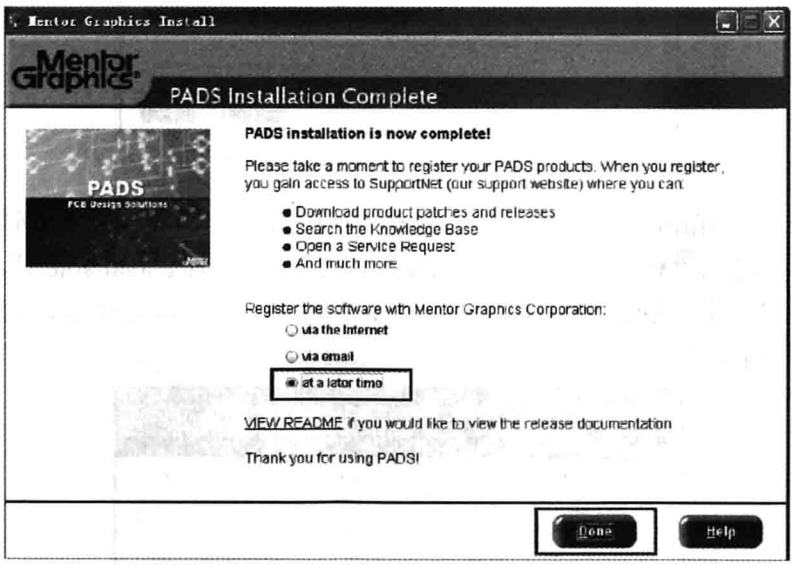


图 1-10　PADS 9.5 注册对话框

☺ 需要特别注意的是，安装完成后先不要运行程序，因为还要继续配置 License 文件。

（9）找到授权的 LICENSE 证书文件，如图 1-11 所示。将证书文件另存到 PADS 9.5 软件安装目录下，如图 1-12 所示。

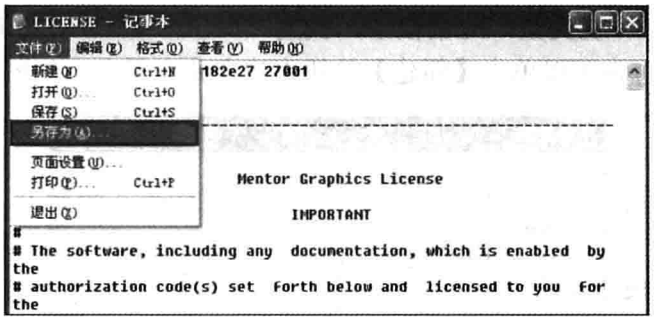


图 1-11　授权的 LICENSE 证书

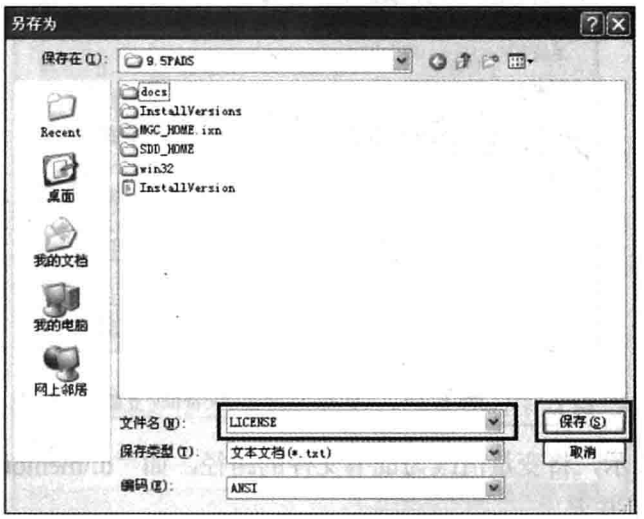


图 1-12　证书“另存为”对话框

（10）用鼠标右键单击“我的电脑”图标，在弹出的快捷菜单上选择【属性】命令，在打开的“系统属性”对话框中单击“高级”标签，单击其中的【环境变量】按钮，如图 1-13 所示。

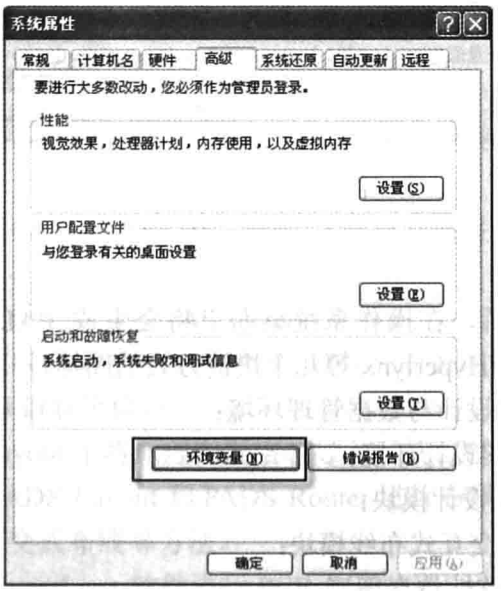


图 1-13 “系统属性”对话框

（11）在弹出的“环境变量”对话框中，找到“MGLS_LICENSE_FILE”选项并双击。如果没有找到此变量，也可以单击【新建】按钮来建立此变量名，如图 1-14 所示。

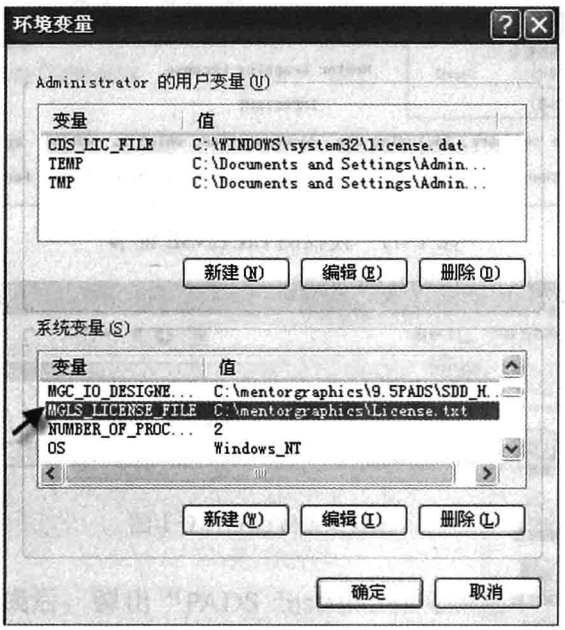


图 1-14 “环境变量”对话框

（12）如图 1-15 所示，将变量值改为证书文件的路径，如“d:\mentorgraphics\ License.txt”，然后单击【确定】按钮并退出。

至此，整个 PADS 9.5 软件的安装过程全部完成。

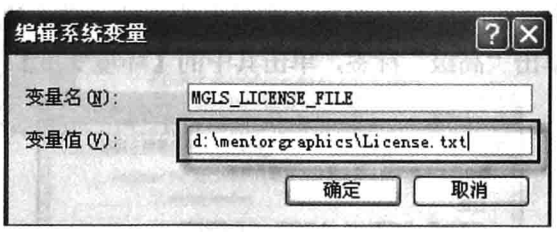


图 1-15 变量值设置

2. PADS 模块介绍

PADS 软件安装完成后，在操作系统桌面上将会生成 PADS Logic、PADS Layout、PADS Router、Dxdesinger、Hyperlynx 等几个快捷方式的图标。

- Dxdesigner：原理图设计与数据管理环境；
- PADS Logic：原理图设计环境；
- PADS Layout：PCB 设计模块；
- PADS Router：智能交互式布线模块；
- Hyperlynx：信号完整性仿真环境。

1.2　基本知识

1.2.1　PADS 软件中英文界面切换

目前业界很多 PCB 设计人员仍然习惯于英文界面，PADS 9.5 支持中英文菜单切换。打开 PADS Logic\Layout\Router 软件，执行菜单命令【工具】→【自定义】，进入“Customize”对话框，可将界面语言设置为“Chinese Simplified”（中文简体）或“English”（英文），如图 1-16 所示。

图 1-16　中英文菜单切换

☺ 当中英文菜单切换后，必须重启 PADS 软件，应用的语言才能生效。

1.2.2　电子线路设计流程

通常，进行一个 PADS 项目的设计流程如下：概念→原理设计→分析→布局→布线→验证→加工。

（1）概念。在准备阶段可以通过 PADS Logic 工具建立文件、准备元件、进行逻辑关系验证等工作。

（2）原理设计。原理设计可以通过 PADS Logic 进行。

（3）分析。可以通过生成网络表并导入 PCB 软件，对原理图设计进行前期错误分析，如单接网络、没有分配 PCB 封装等检查。

（4）布局。在 PADS Layout 中将原理图网络表导入后就可以进行元件布局。

（5）布线。可以通过 PADS Layout 和 PADS Router 进行布线工作。PADS Router 功能强大，可以采用自动布线和互交式布线等方法。

（6）验证。可以通过 HyperLynx 软件进行 PCB 仿真验证。

（7）加工。在完成 PCB 设计后，进行 CAM 输出成光绘文件，然后到 PCB 工厂进行 PCB

生产。

学习评价

1．思考练习题

（1）列出几种你知道的电子线路 CAD 软件。

（2）PADS 软件由哪些功能模块组成？

2．技能训练题

任务一：安装 PADS 软件；

任务二：PADS Logic 中英文界面切换；

任务三：PADS Layout 中英文界面切换；

任务四：PADS Router 中英文界面切换。

3．技能评价评分表

班级:_____ 学号：_____ 姓名：_____ 成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1．说明 PADS9.5 的新功能和优点	10				
	2．说明电子线路设计的基本流程	10				
实操技能	1．安装 PADS	15				
	2．配置 LISENCE 文件	10				
	3．PADS Logic 中英文界面切换	15				
	4．PADS Layout 中英文界面切换	15				
	5．PADS Router 中英文界面切换	15				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4．个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第2章 PADS Logic 认知一：绘制单级共射放大电路原理图

情境

某高校电子系的小强同学对电子专业课很感兴趣，经常喜欢分析电路图，更喜欢画出那些自己喜欢的电路图，在学习完项目一后，就迫不及待地去画课本上的电路图，结果遇到了很多问题：找不到元件怎么办?

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）了解 PADS Logic 的启动，主窗口的组成及作用； 2）掌握 PADS 元件库加载、移除方法； 3）掌握原理图元件的放置、属性的设置及导线的连接； 4）熟悉单级共射放大电路原理图的绘制	学生上机操作，教师指导、答疑。 重点：原理图元件的放置、属性的设置及导线的连接	2 课时
知识目标	1）了解项目文件管理 2）原理图的一般设计流程和基本原则	教师讲授	1 课时

2.1 基本技能

2.1.1 PADS Logic 的启动和操作界面认知

在动手绘制原理图文件之前，需要对软件的操作界面和基本知识有所认识，这就是任务一要解决的问题。

1. PADS Logic 的启动

PADS 软件安装完成后，在操作系统桌面上，将会生成 PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 等快捷方式的图标，如图 2-1 所示。单击【PADS Logic】快捷图标（如图 2-2 所示），将进入 PADS Logic 主窗口。

图 2-1　PADS 桌面图标

图 2-2 【PADS Logic】快捷图标

2．PADS Logic 主窗口的认知

启动 PADS Logic 后，即可进入 PADS Logic 的主窗口。PADS Logic 主窗口主要由菜单栏、常用工具栏、工作区域、状态栏和命令行等组成，如图 2-3 所示。

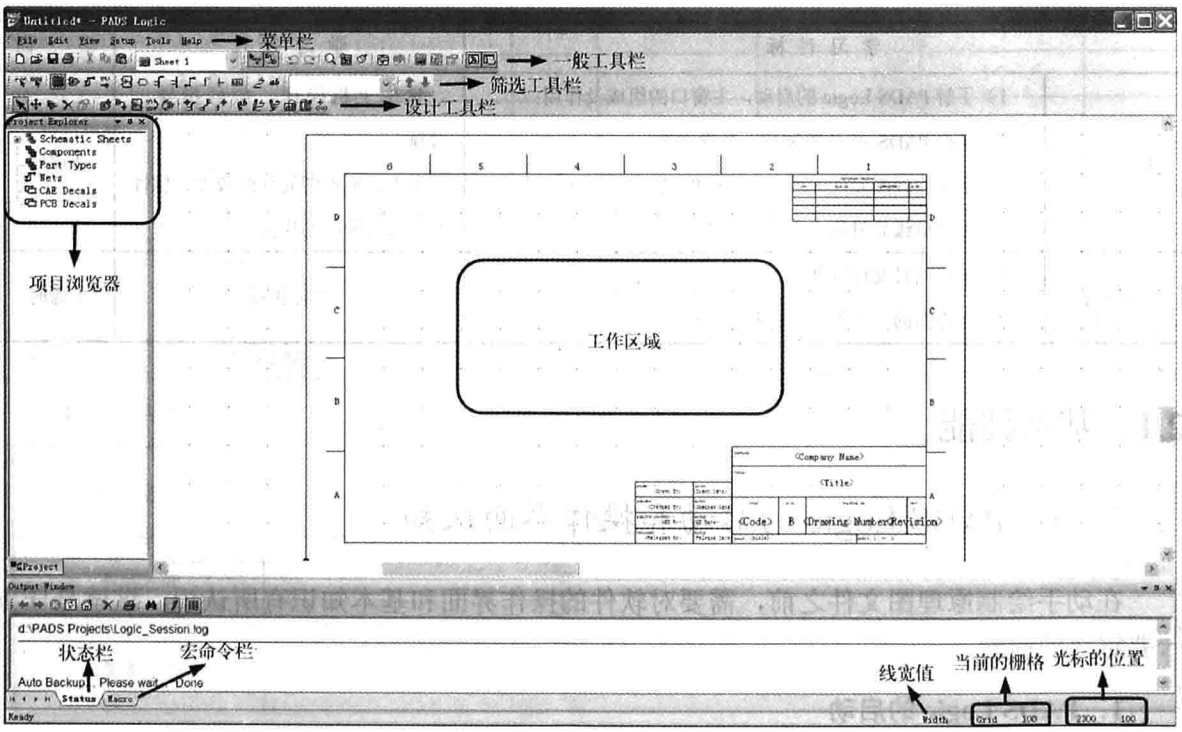


图 2-3　PADS Logic 的主窗口管理面板

3．工具栏介绍

PADS Logic 的一般工具栏如图 2-4 所示。

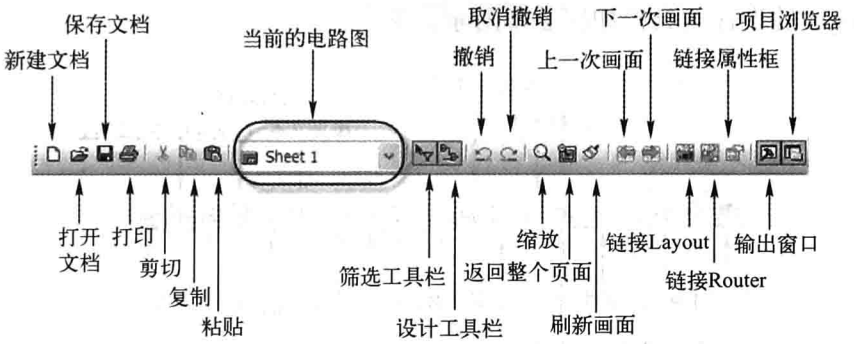


图 2-4　PADS Logic 的一般工具栏

PADS Logic 的筛选工具栏如图 2-5 所示。也可以在工作区域中单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【筛选条件】命令，在弹出的“选择筛选条件”对话框中，选择需要选取的元素，如图 2-6 所示。

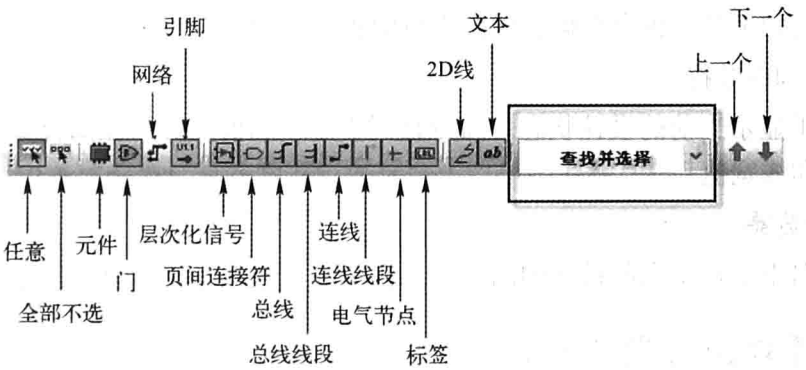


图 2-5　PADS Logic 的筛选工具栏

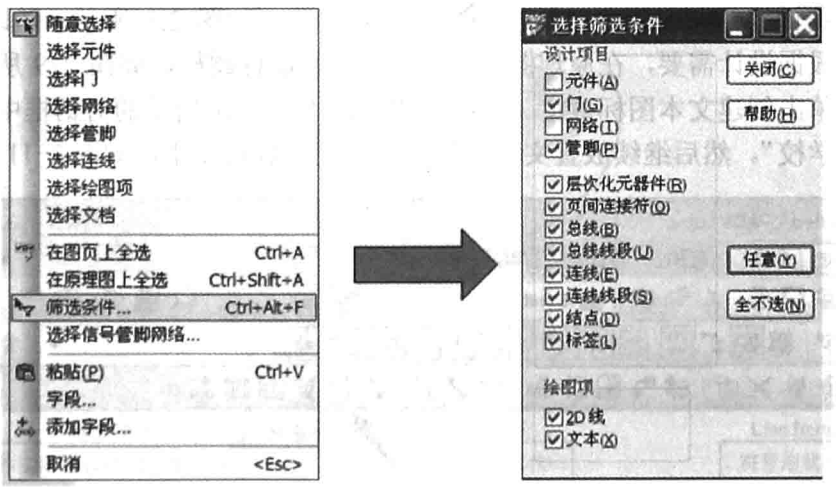


图 2-6　PADS Logic 的右键筛选命令

PADS Logic 的设计工具栏如图 2-7 所示。

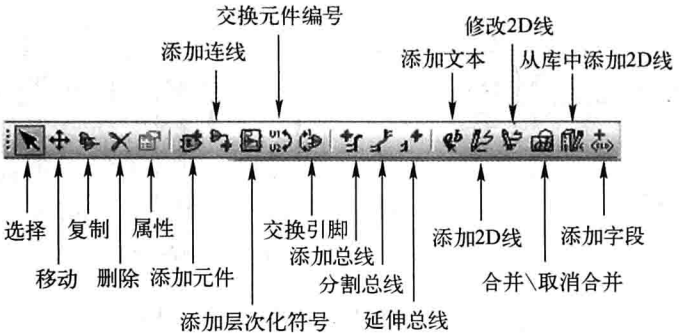


图 2-7　PADS Logic 的设计工具栏

4. 工作区域

工作区域是指设计工程文档的编辑窗体，各种类型文件在打开时都会有自己的设计窗口，同时菜单栏和工具栏也会根据文档的类型做相应的调整。

5. 状态栏和命令行

状态栏用于显示当前的设计状态。命令行用于显示当前光标所在的位置，以及当前设计所使用的栅格和线宽值。

6. 项目浏览器

项目浏览器用于显示当前设计的图页、元件个数、网络名称和封装信息。

2.1.2　原理图标题栏制作

在设计电路时，标题栏可以使用系统自带的模板，也可以制作适合自己特点的标题栏模板。

在原理图编辑工具栏中单击“创建 2D 线”图标，如图 2.8 所示，随即进入绘制 2D 线操作命令。根据设计需要，在原理图文档的右下角绘制标题栏，如图 2-9 所示。在原理图编辑工具栏中单击创建文本图标，在随后弹出的如图 2-10 所示的对话框中输入需要放置的文本，如“学校”。然后继续放置文本，将所需的文本放置完毕，如图 2-11 所示。

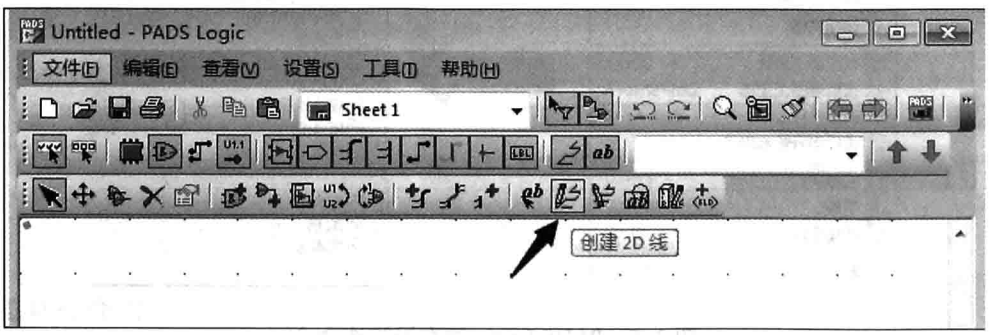


图 2-8　选择“创建 2D 线”图标

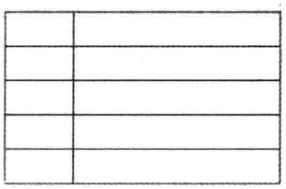


图 2-9　绘制标题栏

图 2-10　“添加自由文本”对话框

学校	
班级	
姓名	
日期	
版本	

图 2-11　放置所需的文本

2.1.3　加载和卸载元件库

1. 元件库

在绘制原理图文件之前，首先要分析原理图中所用到的元件属于哪个元件库，然后将其添加到 PADS Logic 的当前元件库列表中。

在 PADS 软件中，一个完整的元件由两部分组成：电路 Logic 符号和 PCB Decal 实际封装。例如电阻元件，原理图上的电阻符号看上去都是一样的，但把网络表导入 PCB 软件后，电阻可能是表贴片元件，也可能是通孔元件。再比如，电阻和电容在原理图的符号是完全不同的，但是在 PCB 软件中却可能是一样的 0603 表贴封装。下面我们用一个图示来理解一下 PADS 元件库的概念，如图 2-12 所示。

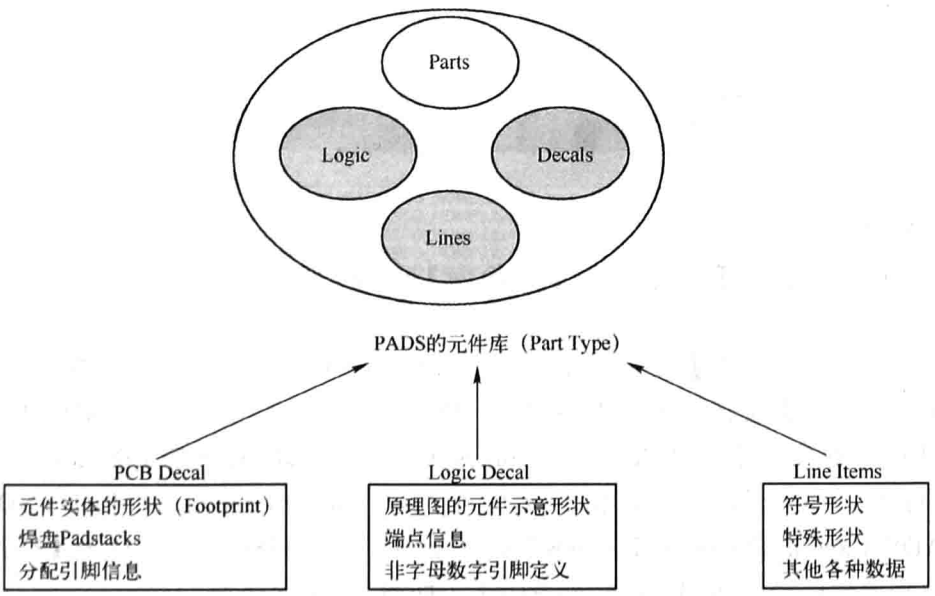


图 2-12　PADS 元件库结构

软件默认情况下，已经载入了常用的元件库。一般电阻、电容、二极管、三极管等位于 Misc 和 Common 库中，常用的接插件位于 Connector 中，我们对这些库中的元件应非常熟悉，这样才能快速地调取相应的元件。

建议读者制作和保存自己的元件库，在后面的章节中将会单独介绍如何制作和保存自己的元件库。

2．认识库管理器

执行菜单命令【文件】→【元件库】，可以打开库管理器，如图 2-13 所示。在库选择框中可以选择“All Libraries”，在过滤器中输入要选择的元件名特征字符串（字符不详的位置用“*”或“？”代替），可使“元件类型浏览框”中只显示当前库中带该特征字符串的元件名。

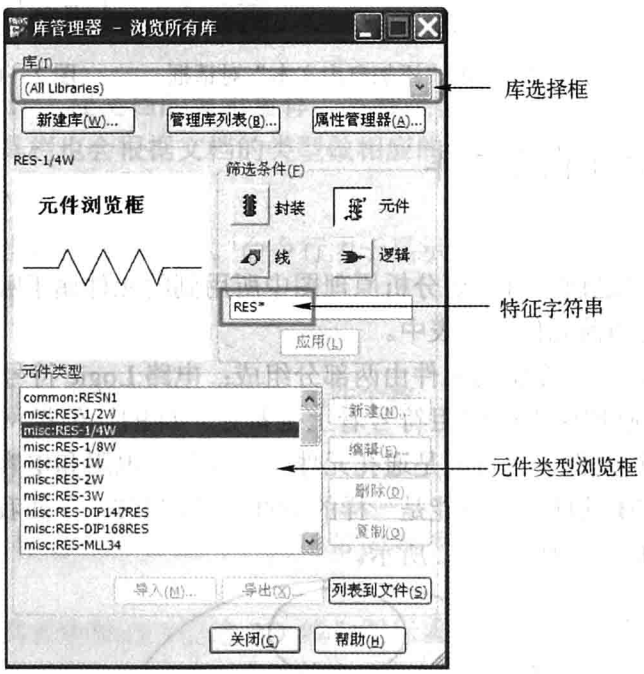


图 2-13　元件库管理器

3．加载元件库

（1）执行菜单命令【文件】→【元件库】，可以打开元件库管理器，如图 2-13 所示。

（2）单击【管理库列表】按钮，弹出如图 2-14 所示的“库列表”对话框。

（3）单击【添加】按钮，弹出“添加库”对话框，如图 2-15 所示。PADS Logic 的常用元件库默认保存在安装盘的“\MentorGraphics\9.5PADS\SDD_HOME\Libaries”下，选中要加载的元件库，此处设置要加载的元件库为“\MentorGraphics\9.5PADS\SDD_HOME\Libaries\PADS_Layout_Extended_Libraies”目录下的“BGA7351B.pt9”,单击【打开】按钮，此时可以看到该库已经添加到元件库列表中了，如图 2-16 所示。

图 2-14 “库列表”对话框

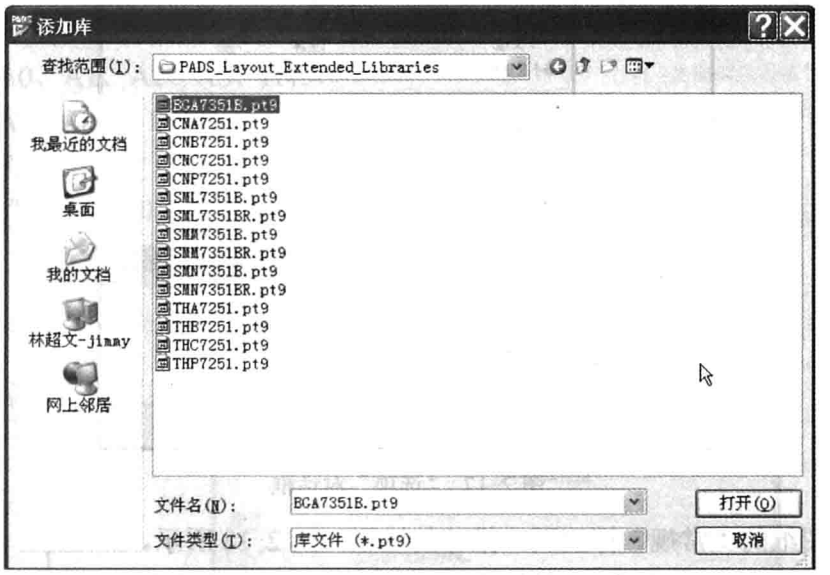


图 2-15 “添加库”对话框

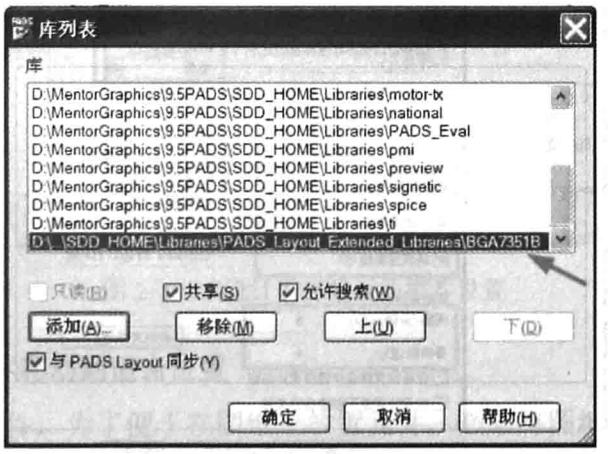


图 2-16　添加元件库后的“库列表”对话框

（4）单击【确定】按钮后，回到库管理器中，在元件库下拉列表中已经有了刚添加的元件库“BGA7351B.pt9”，可以使用该库中的元件。

4. 移除元件库

如果想将已经添加的元件库删除，可以在图 2-14 所示对话框中选中要删除的元件库名，然后单击【移除】按钮即可。

2.1.4 放置原理图元件

1. 设置图纸

（1）执行菜单命令【工具】→【选项】，弹出如图 2-17 所示的“选项”对话框。

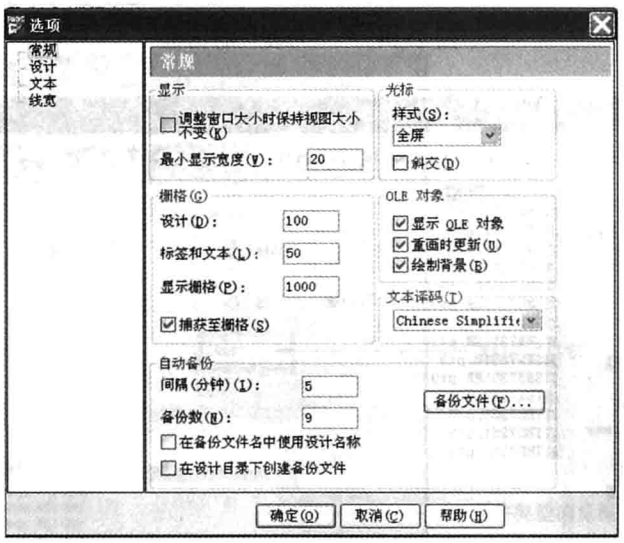


图 2-17 “选项”对话框

（2）设置图纸的“常规”标签页，推荐的设置如图 2-18 所示。

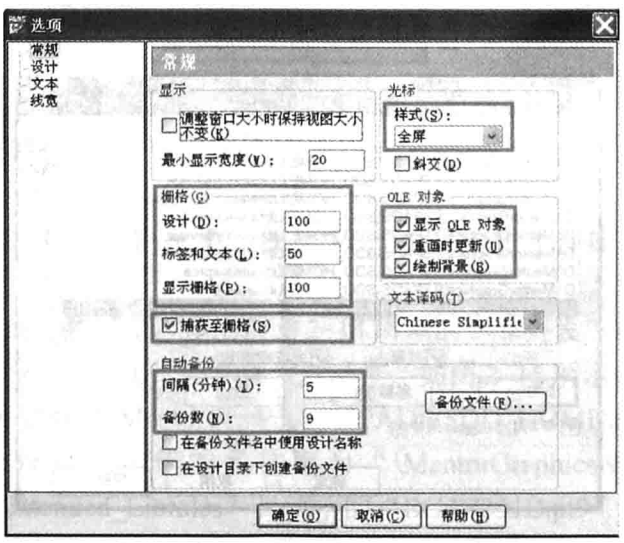


图 2-18 “常规”标签页推荐设置

图纸栅格指为了绘图方便，将图纸按照设定的单位所划分的许多小方格。使用栅格可以使绘制的图纸美观、整齐，可以根据实际情况选择栅格大小。栅格分为设计栅格和显示栅格两种。

“设计”文本框：设置电气网络可以在元件放置和连线时自动搜索的电气节点。推荐设置为 100。

“显示栅格”文本框：将图纸放大后可以看到的小方格，默认值为 1000 个单位。推荐设置为 100。

另外推荐勾选“捕获至栅格”选项。

（3）“设计”标签页的推荐设置如图 2-19 所示。

图页尺寸决定了图纸的大小，用户可以根据原理图的复杂程度和元件数量的多少确定图纸的大小。在“尺寸”下拉列表中选定一种图纸尺寸即可，如英制 B；相应的“图页边界线”选定“SIZEB”。

PADS Logic 提供的标准图纸有以下几种：

- 公制：A0、A1、A2、A3、A4；
- 英制：A、B、C、D、E；
- 其他：F。

（4）“文本”标签页和“线宽”标签页按软件默认设置即可。

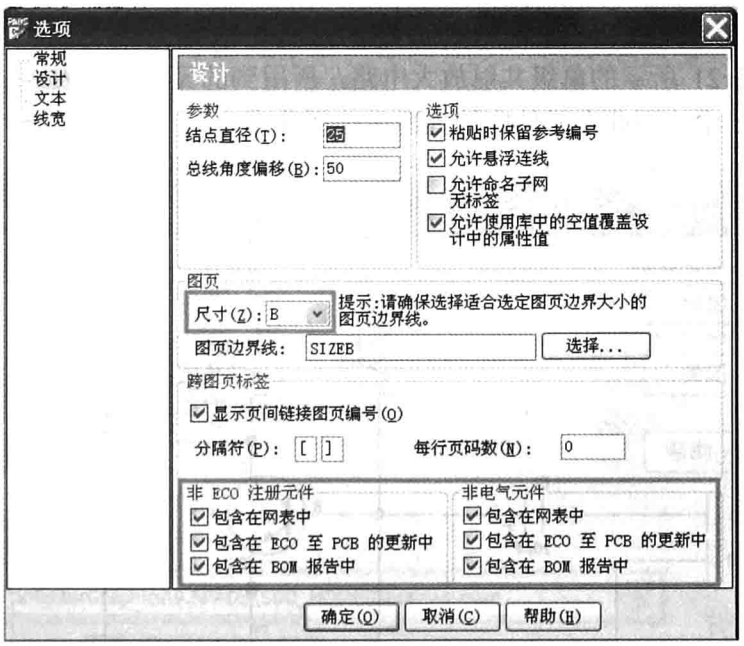


图 2-19 “设计”标签页的推荐设置

2. 将原理图放大并移动到适当位置

新建一个原理图文件，为了便于在图纸上放置元件，必须将图纸按适当比例放大并移动到适当位置。

图纸显示比例可以使用工具栏中的缩放图标，在需要放大或缩小的地方单击鼠标左

键。也可以使用快捷键【Page Up】和【Page Down】，每按一次，图纸的显示比例放大或缩小一次，可以连续使用。

建议读者使用鼠标指令进行放大或缩小操作，PADS Logic 提供了灵活、方便的鼠标指令，通过鼠标就可以进行相应的操作，从而提高设计效率。鼠标指令如图 2-20 所示。

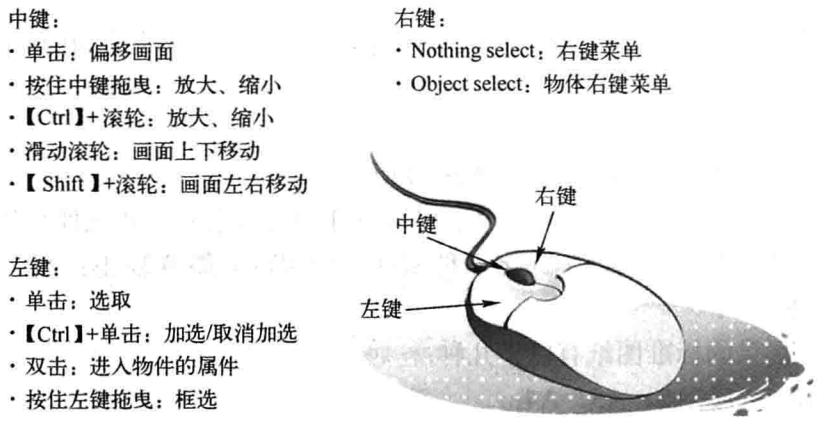


图 2-20　鼠标指令

3. 放置元器件并设置属性

（1）选择所需的元件库。

要绘制如图 2-21 所示的单级共射放大电路，所用到的元器件如表 1-1 所示。它们都位于常用元件库 misc 中，因此在元件库管理器中选择此库。

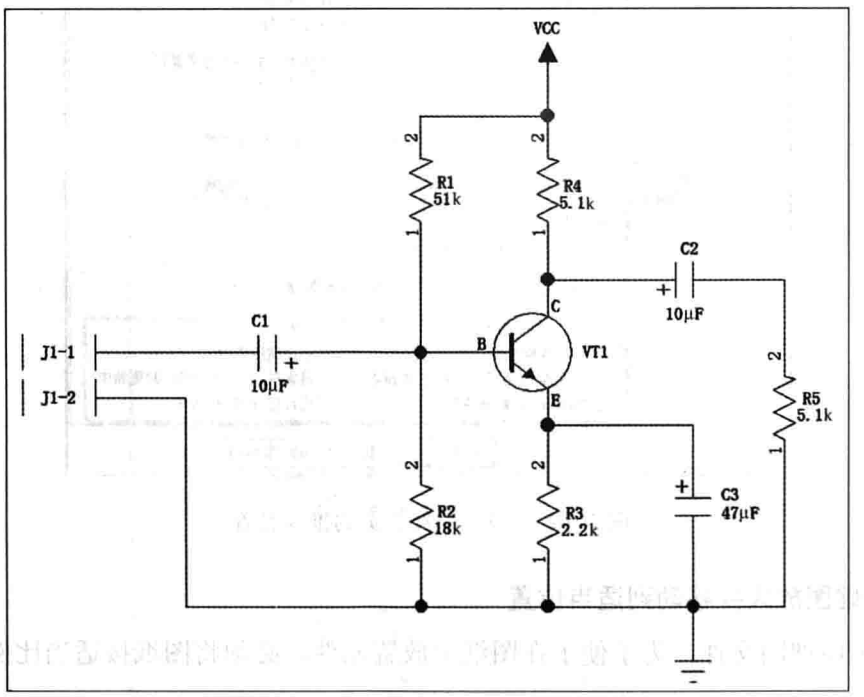


图 2-21　单级共射放大电路

表 2-1　单级共射放大电路元器件清单

元 件 编 号	描　　述	原理图元件名称	元　件　库
R1	电阻，40kΩ，0805	RES0805	misc
R2	电阻，40 kΩ，0805	RES0805	
R3	电阻，40 kΩ，0805	RES0805	
R4,R5	电阻，40 kΩ，0805	RES0805	
C1,C2	电解电容，10μF/50V	CAP-CX02-C	
C3	电解电容，47μF/50V	CAP-CX02-C	
VT1	三极管，NPN，2N2222A	P2N2222A	motor-tx
J1	插座，2pin	CON-SIP2-156	connect

（2）放置元器件。

单击设计工具栏的添加元件图标，弹出“从库中添加元件”对话框。为了加快寻找元件的速度，可以使用关键字过滤功能，在“项目”文本框中输入元件的名称，如“RES*”或“*RES”（*为通配符，可以表示任意多个字符），即可找到所有含有字符“RES”的元件，如图 2-22 所示。此时选中 RES0805 后，再单击【添加】按钮，RES0805 元件将自动粘附在光标上。把光标移动到原理图适当位置并单击鼠标左键，即可将电阻放置在图纸上。用同样的方法添加其他元器件。完成后如图 2-23 所示。

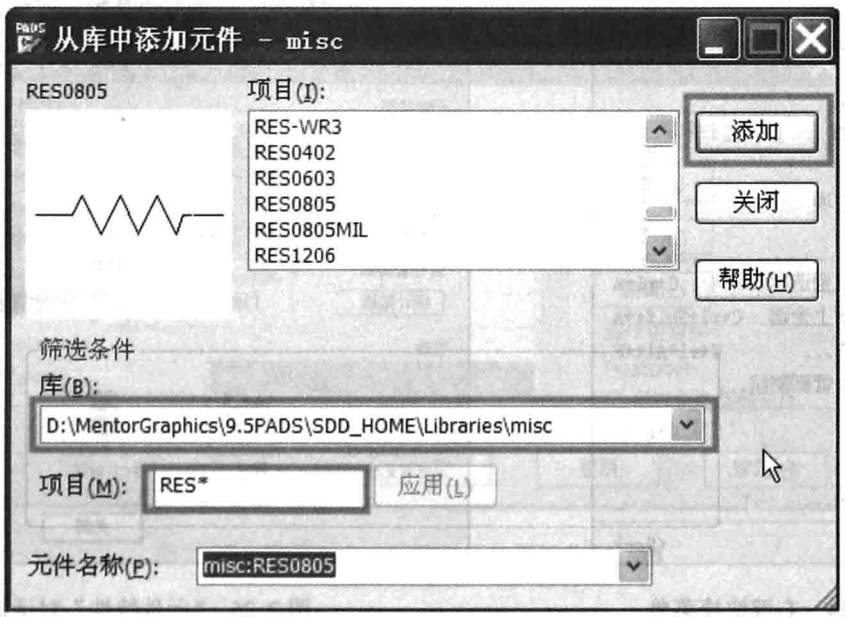


图 2-22　从库中添加电阻元件

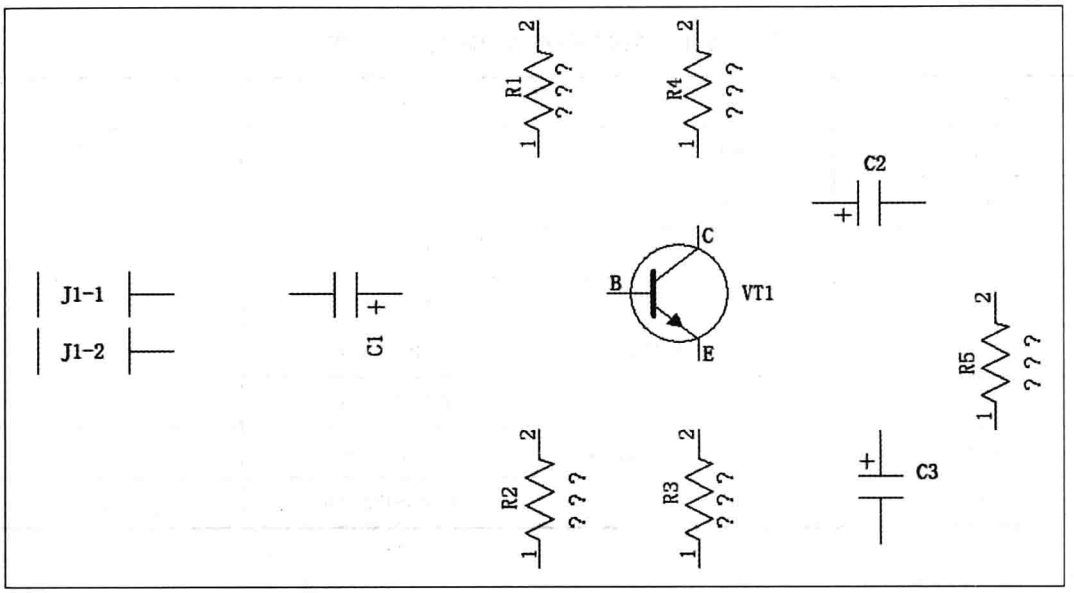


图 2-23　成功放置元器件后的原理图

（3）设置元器件属性。

从原理图库中取出并放置后的元器件还没有输入参数等属性，在原理图空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择元件】命令，如图 2-24 所示。然后用鼠标左键双击元件（如 R1），将弹出“元件特性”对话框，如图 2-25 所示。

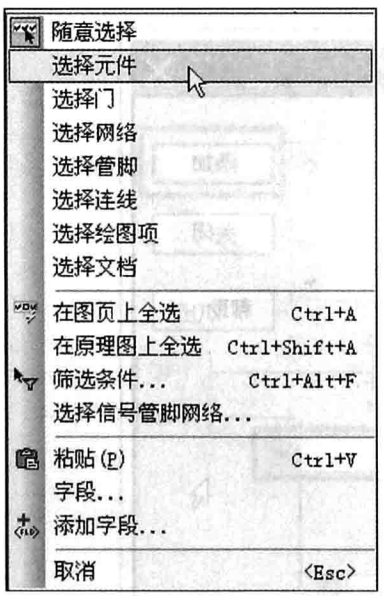


图 2-24　右键快捷菜单

图 2-25　“元件特性”对话框

在图 2-25 中选择图标  ，进入“元件属性”对话框，如图 2-26 所示。

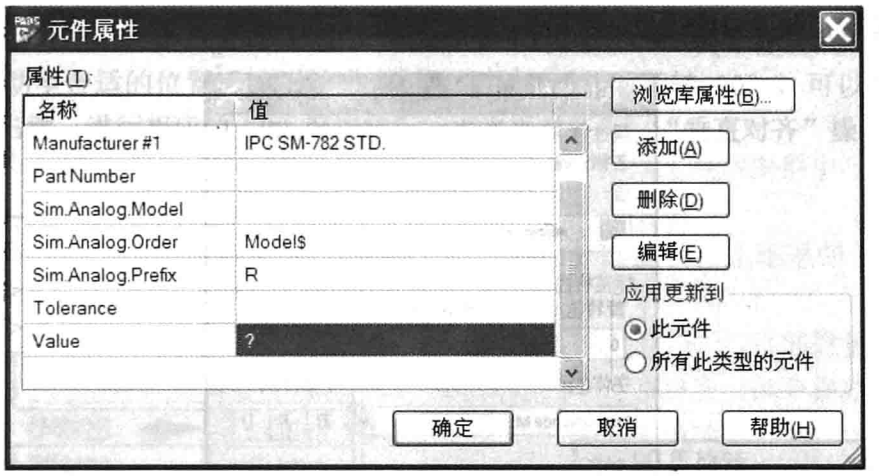


图 2-26 “元件属性”对话框

元件属性的常用设置有如下几项：

- Description：元件注释；
- Manufacturer#1：元件的生产厂家；
- Part Number：元件编码；
- Value：元件参数，如电阻的阻值、电容的容量等；
- Cost：元件的价格。

根据原理图的需要，设置电阻 R1 的 Value 值为“40k”。在图 2-26 中，用鼠标左键双击 Value 右边那一栏，并输入“40k”，完成后如图 2-27 所示。单击【确定】按钮完成设置。

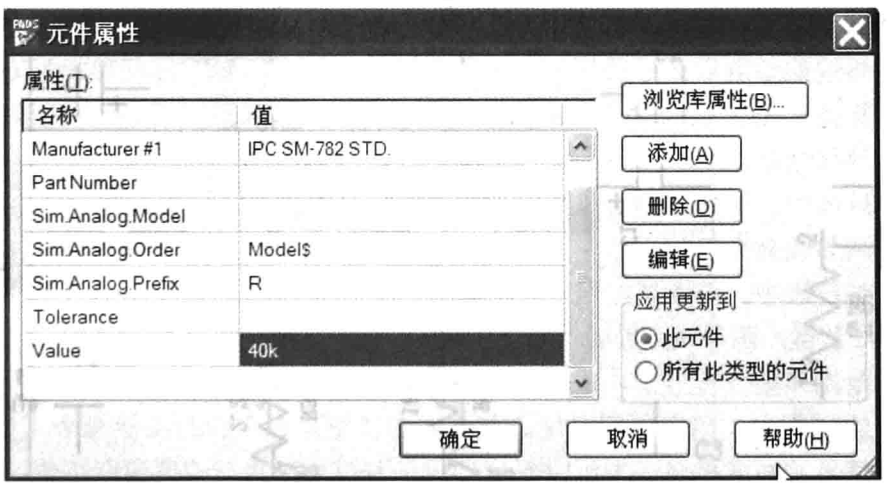


图 2-27　修改 Value 后的“元件属性”对话框

【编者推荐】设计元件 Value 值的另外一种快捷的方法：在原理图空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【随意选择】命令。然后在 R1 器件处的“？？？”位置双击鼠标左键，即可弹出如图 2-28 所示的“属性特性”对话框。在这个对话框中我们可以将

“值”进行修改，如“51k”。

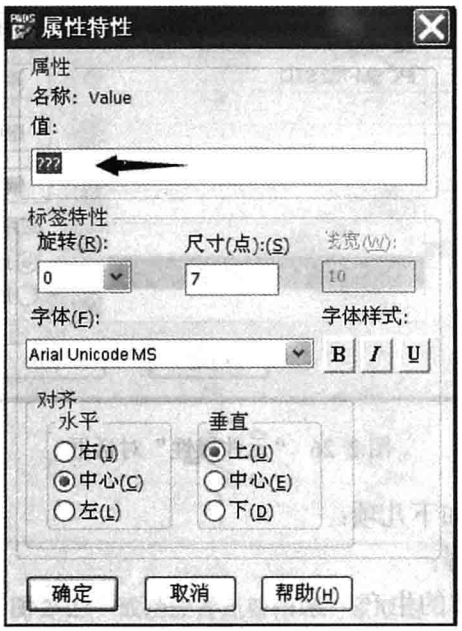


图 2-28 “属性特性”对话框

用同样的方法设置单级共射放大电路其他元器件的参数，结果如图 2-29 所示。

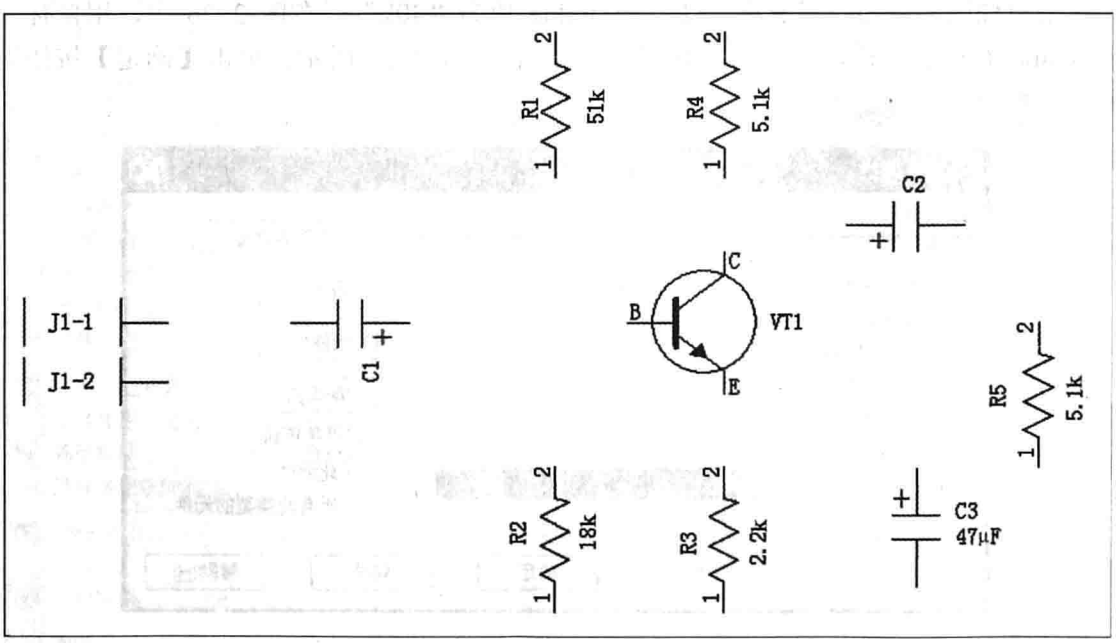


图 2-29 设置好参数的电路图

在图 2-29 中我们可以看到，元器件的编号如 R1、C1、VT1 的方向并不一致，这会影响到用户的看图视觉。我们需要将元器件的编号摆放整齐。在原理图空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【随意选择】命令，然后选择 R1 编号并单击鼠标右键，选择【移

动】命令（也可以用快捷键【Ctrl+E】），如图 2-30 所示。R1 编号将会粘附在光标上，我们就可以移动至合适的位置后，再单击左键放置即可。如需翻转 90°，可以在移动的过程中单击鼠标右键，进行相应的“90 度旋转”、“水平对齐”、“垂直对齐”操作，如图 2-31 所示。

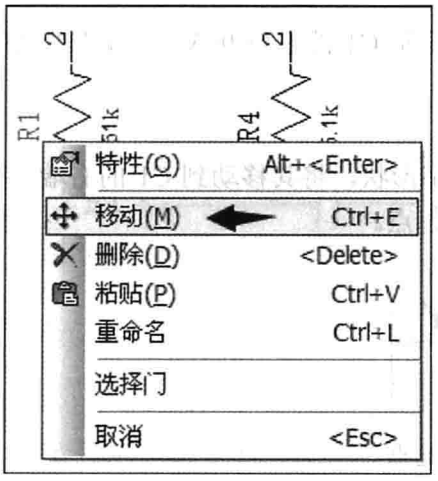


图 2-30　元件右键快捷菜单

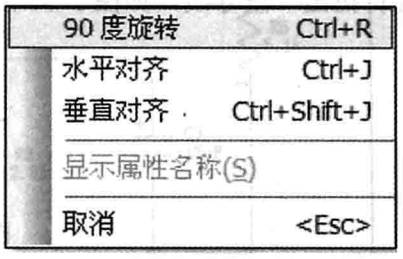


图 2-31　移动过程中的右键快捷菜单

用同样的方法移动元器件编号，完成后的效果如图 2-32 所示。

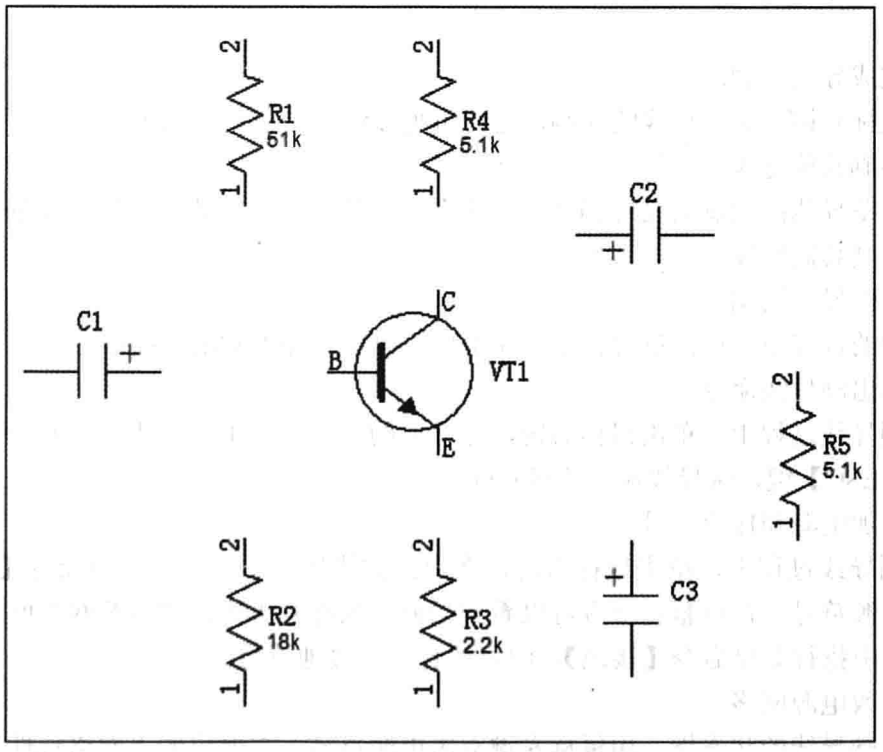


图 2-32　完成移动编号后的电路图

2.1.5 原理图元件的连线

1. 放置导线

导线是表示电路中两点之间的电气连接关系的符号。可以单击工具栏中的绘制导线图标来放置导线。

在图 2-32 的基础上进行绘制导线的工作，从绘制 C1 的右侧和 VT1 的基极之间的导线开始。

（1）确定导线起点。

执行画导线命令后，光标处右下角出现一个 V 字形状，将其移动到 C1 的右端，单击鼠标左键将拉出一段导线，如图 2-33 所示，确定导线起点。

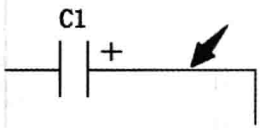


图 2-33 确定导线起点

（2）画导线。

移动鼠标光标的位置拖动线头，在导线的末端即 VT1 的基极，单击鼠标左键，确定导线的终点。在导线的转折处也要单击鼠标左键，在拖动线头过程中移动鼠标的方向可以改变导线形式。

（3）完成导线绘制。

单击鼠标右键，完成导线的绘制，这时可见导线的颜色变为深色。

（4）绘制其他导线。

完成一条导线的绘制后光标仍然为“十”字形状，系统仍处于绘制导线命令状态，利用它可继续绘制其他导线。

（5）暂停导线绘制。

在走线的过程中，如需进行暂停绘制工作，可在暂停处双击左键即可。

（6）退出画导线命令。

在绘制导线过程中，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【取消】命令或按下键盘左上角的【ESC】键，画导线命令即可解除。

（7）添加电源和接地符号。

在绘制导线过程中，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【电源】，即可放置一个电源符号。在屏幕左下方可以看到当前电源符号所代表的电源网络值。如果在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【接地】，即可放置一个接地符号。

（8）修改电源网络

在退出画导线的状态下，用鼠标左键双击电源符号，在弹出的“网络特性”对话框中可以修改电源网络名称。

这样，三极管单管放大电路就绘制完毕了，如图 2-34 所示。

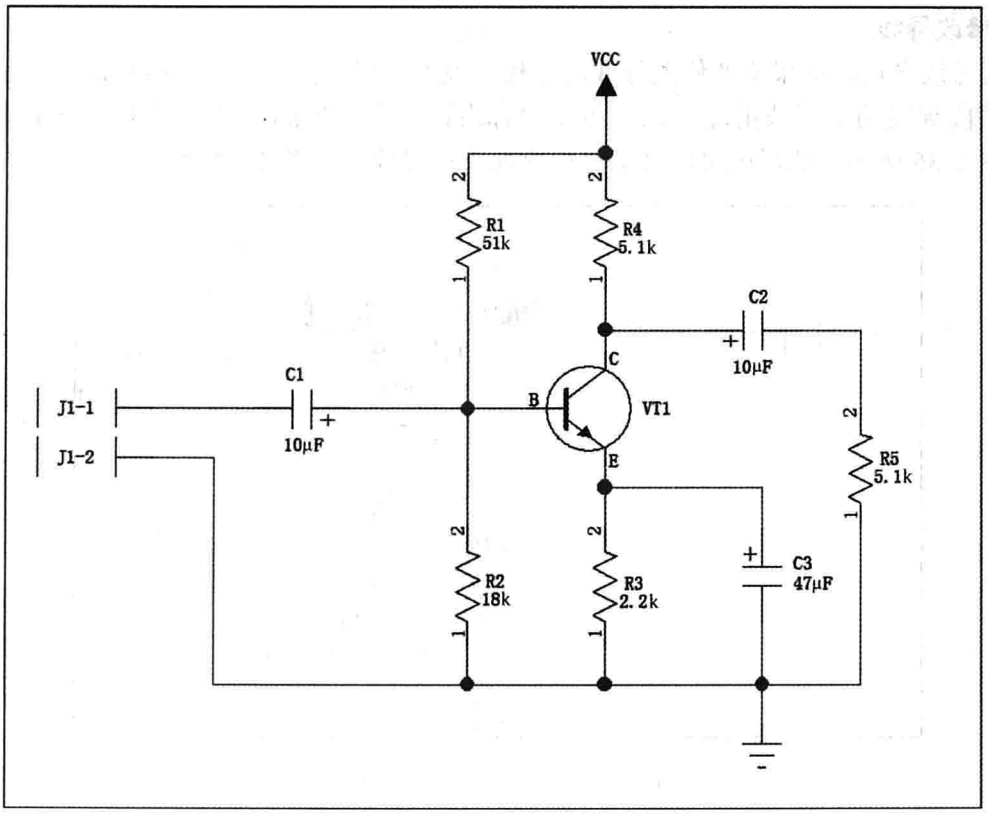


图 2-34　三极管单管放大电路

2．设置导线的网络名称

绘制导线之后，用鼠标左键双击某一导线，打开“网络特性”对话框，如图 2-35 所示，可以更改导线的网络名称。

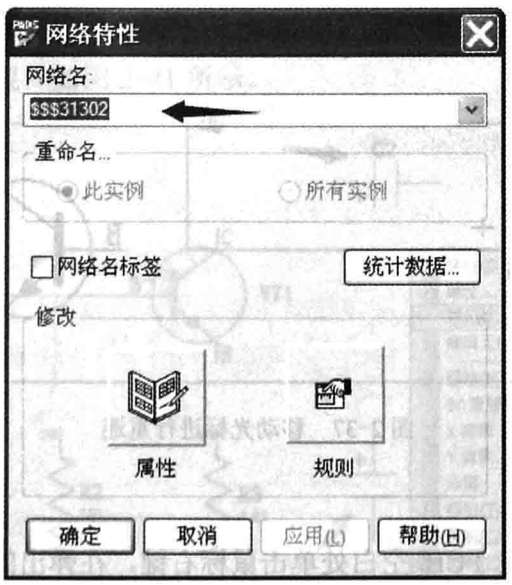


图 2-35 “网络特性”对话框

3．修改导线

绘制导线之后，如果需要修改导线的连接，或者发现之前的导线连接有错误，可以单击并选中某段导线的末端或前端，然后单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【移动】命令，如图 2-36 所示。然后就可以移动光标重新连接导线，如图 2-37 所示。

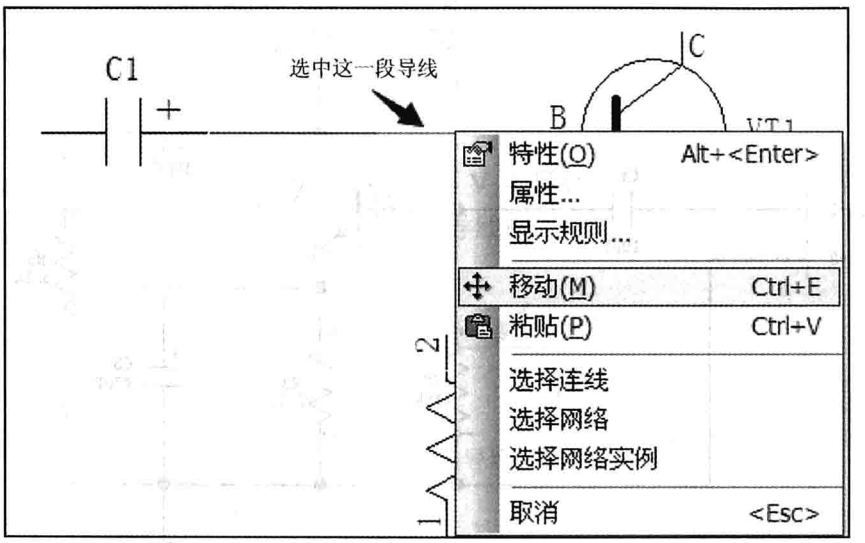


图 2-36　选中导线后的右键菜单

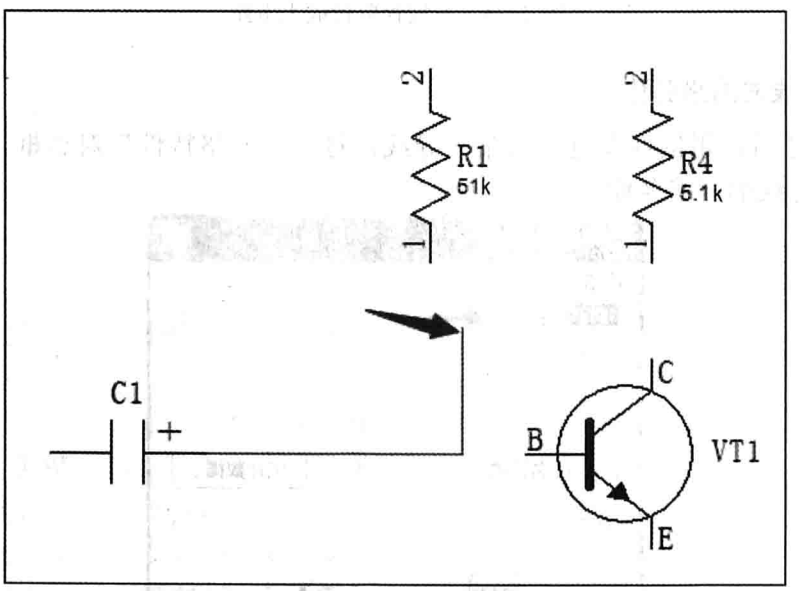


图 2-37　移动光标进行重连

4．删除导线

如需删除某段导线，在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择连线】命令，如图 2-38 所示。然后在原理图编辑工具栏中单击图标 ✕，再单击需要删除的导

线，即可成功删除导线。同理，如需删除某个元件，也可以在图 2-38 中选择【选择元件】命令，然后单击图标✕，再单击需要删除的元件即可。

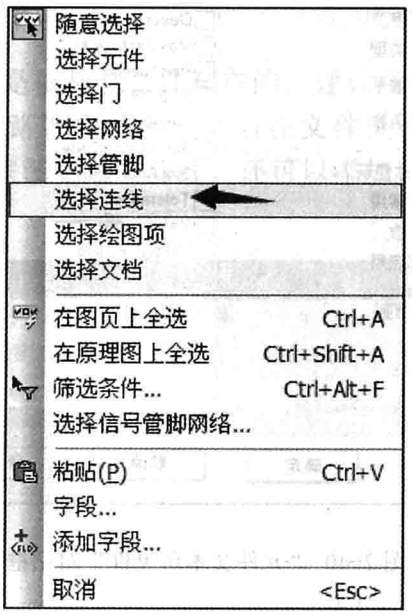


图 2-38 【选择连线】命令

5. 显示元器件参数值

对比原电路图和我们所绘制的电路图，可以发现 C1、C2、C3 的参数值（value）没有显示出来。如需显示元器件的参数值，可在图 2-38 中选择【选择元件】命令，然后单击 C1 元件，再按住【Ctrl】键继续单击 C2 和 C3 元件，即可选中这 3 个元件。随后单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【可见性】命令，如图 2-39 所示。在弹出的如图 2-40 所示的“元件文本可见性”对话框中，勾选“Value”属性，然后单击【确定】按钮，C1、C2、C3 的参数值就会在原理图中出现，如图 2-41 所示。

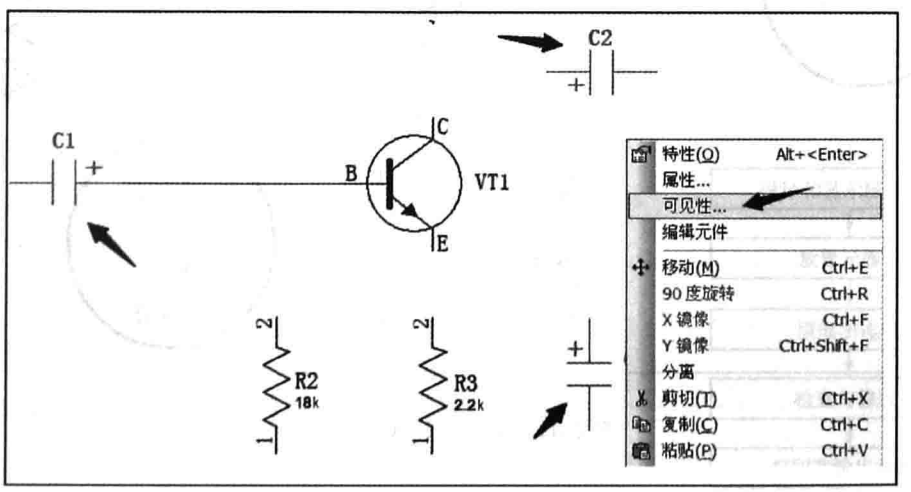


图 2-39 【可见性】命令

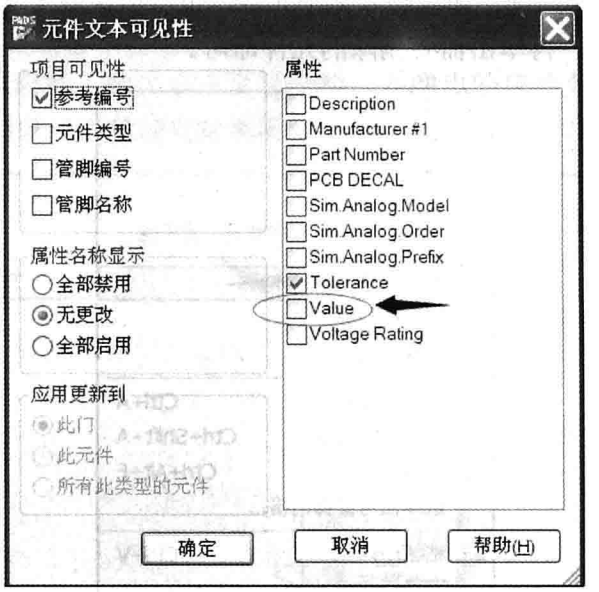


图 2-40 “元件文本可见性”对话框

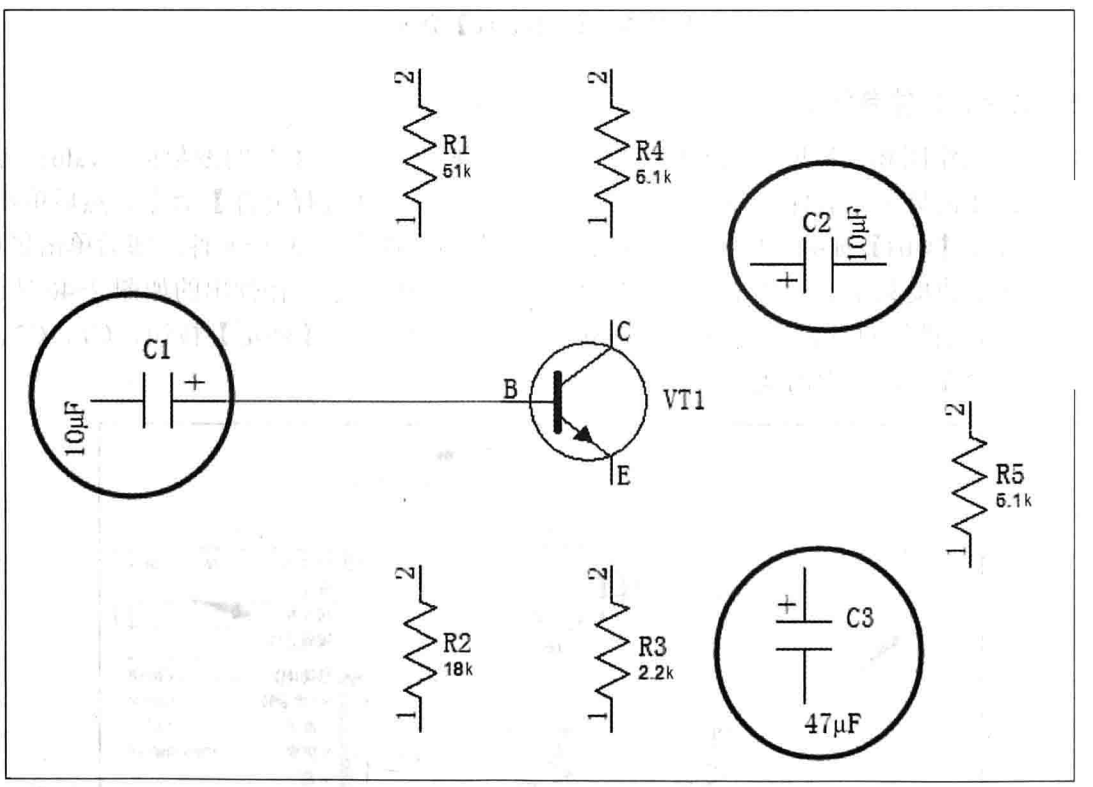


图 2-41 显示 C1～C3 参数值

至此，就完成了原理图的绘制工作。

2.2　基本知识

2.2.1　项目文件管理

由于 PADS 的设计文件是以独立文件存在的，建议用户以项目为名称创建相应的设计文件夹，如“单管放大电路”文件夹。然后在文件夹里继续创建“SCH”、“PCB”、“LIB”子文件夹等。如果原理图中途有修改，还可以添加日期编号进行区别，如图 2-42 和图 2-43 所示。

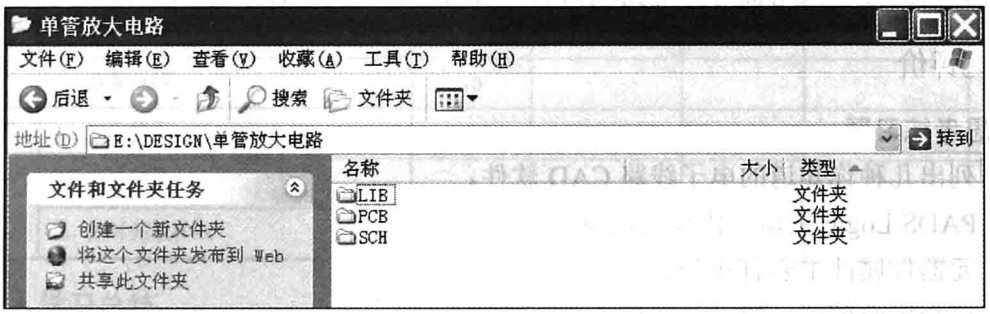


图 2-42　项目文件夹管理 1

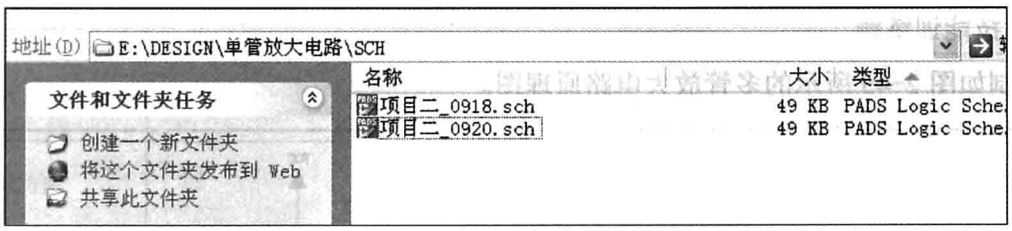


图 2-43　项目文件夹管理 2

2.2.2　原理图的一般设计流程和基本原则

1．原理图的一般设计流程

原理图是指电路中各元器件的电气连接关系示意图，重在表达电路的结构和功能。利用 PADS Logic 所提供的丰富的原理图元件库和强大的功能，可以快速绘制出清晰、美观的电路原理图。原理图的一般设计流程如图 2-44 所示。

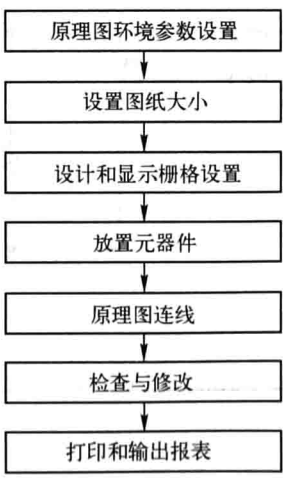


图 2-44　原理图的一般设计流程

2．原理图设计的基本原则

原理图设计的主要任务是将电路中各元器件的电气连接关系表达清楚，以便于电路功能和信号流程分析，与实际元器件的大小、引脚粗细无关。一张好的原理图，不仅

要求引脚连线正确，没有错连、漏连之外，还要求美观清晰，信号流向清楚，标注正确，可读性强。

原理图设计一般应遵循以下基本原则：

- 以模块化和信号流向为原则摆放元器件，使设计的原理图便于电路功能和原理分析；
- 同一模块的元器件尽量靠近，不同模块中的元器件稍微远离；
- 不要有过多的交叉线、过远的平行线，

充分利用总线、网络标号和电路端口等电气符号，使原理图清楚明了。

学习评价

1．思考练习题

（1）列出几种你知道的电子线路 CAD 软件。

（2）PADS Logic 主窗口由哪几部分组成？

（3）元器件属性主要有哪些？

（4）请画出原理图一般设计流程。

（5）原理图设计的基本原则是什么？

2．技能训练题

绘制如图 2-45 所示的多管放大电路原理图。

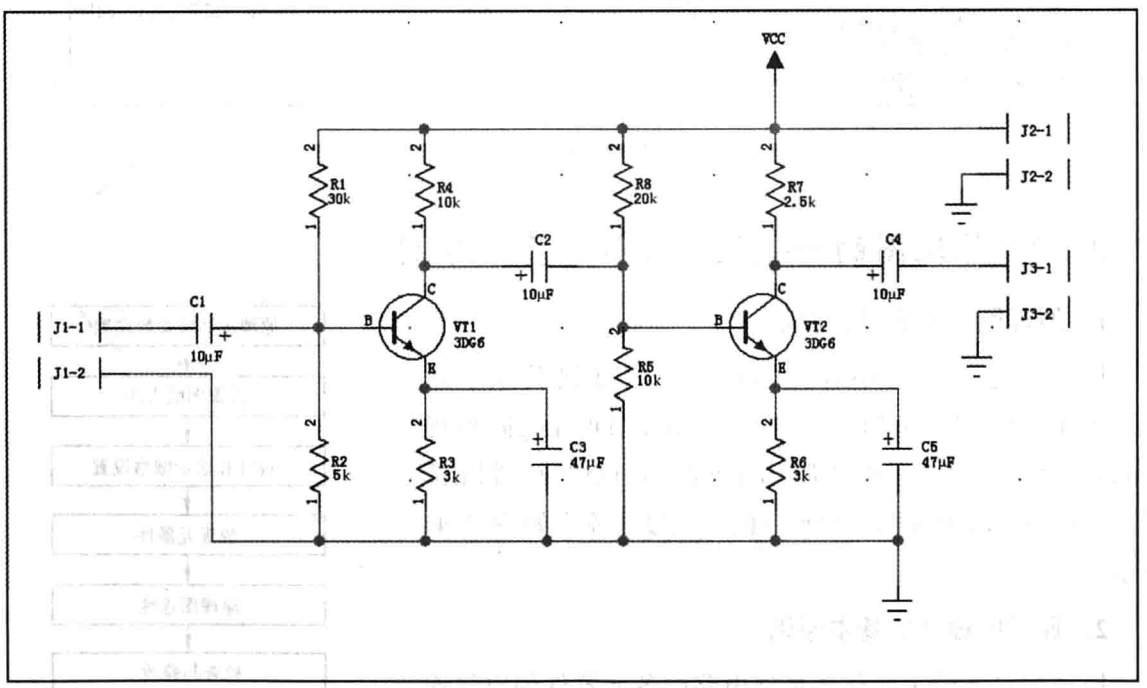


图 2-45　多管放大电路原理图

3．技能评价评分表

班级:_____　学号：_____　姓名：_____　成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1．画出原理图的一般设计流程	20				
	2．原理图设计基本原则有哪些	20				
实操技能	1．启动 PADS Logic 软件	15				
	2．元件库的加载和移除	10				
	3．元器件放置	15				
	4．放置导线	10				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4．个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第3章 PADS Logic 认知二：元件库管理

情境

小强同学经过了项目 2 的练习之后，对原理图绘制工作更加感兴趣。于是准备绘制复杂一些的电路图。这时，让小强同学头疼的问题来了。电路图中有些元件，在软件自带的元件库中找不到对应的元件封装，这可把小强同学急坏了……

元件是原理图中最重要的元素。要绘制一张原理图就必须有相对应的元件库。编者推荐用户创建自己的元件库。

本项目主要介绍 Pads Logic 元件库的创建和管理。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）了解 PADS 元件库的结构； 2）创建元件库； 3）了解创建元件类型方法和逻辑封装组成； 4）熟悉电源符号的创建和管理	学生上机操作，教师指导、答疑 难点：元件类型的组成	4 课时
知识目标	1）创建新的逻辑符号； 2）创建新的元件类型；	教师讲授	2 课时

3.1 基本技能

3.1.1 PADS 元件库的结构

在 PADS 设计软件中，一个完整的元件由两部分组成：电路 Logic 符号和 PCB Decal 实际封装。例如电阻，原理图上的电阻符号看上去都是一样的，而把网表导入 PCB 软件后，电阻可能是表贴元件，也可能是通孔元件。再如，电容和电阻在原理图的符号是完全不同的，但是在 PCB 软件中却可能是一样的 0603 的封装。下面我们用一个图例来理解一下 PADS 元件库的概念，如图 3-1 所示。

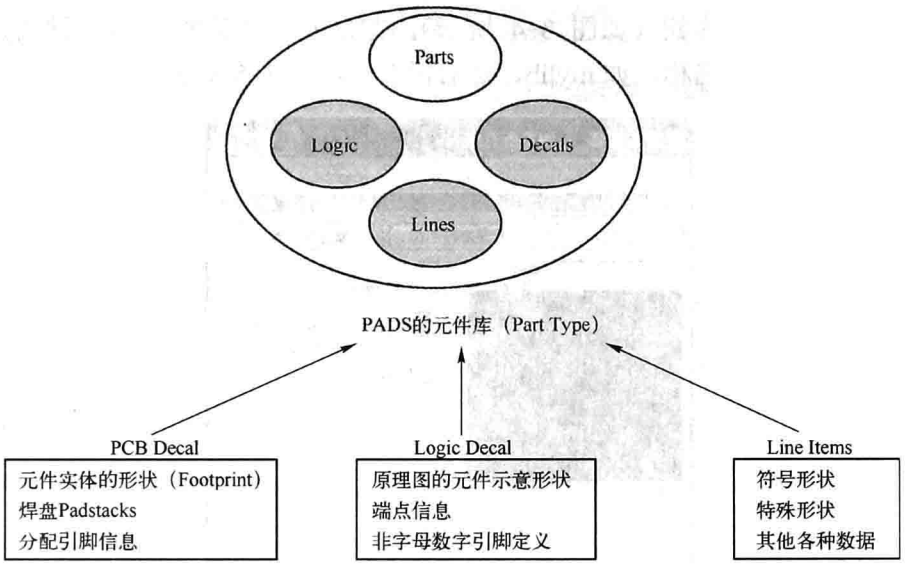


图 3-1　元件库结构

3.1.2　创建元件库

用户在将元件添加到原理图之前，元件必须是一个已经存在的元件类型 Parts。元件类型由图 3-1 所示的多种元素组成：

（1）Logic Decal（逻辑符号），表示元件的逻辑功能；

（2）PCB Decal（PCB 封装），表示元件的实际封装尺寸；

（3）电气特性，如引脚号和门的分配等。

第一步，新建元件库。

（1）执行菜单命令【文件】→【库(L)...】，如图 3-2 所示。进入“库管理器”对话框，如图 3-3 所示。

图 3-2　库菜单命令

图 3-3　库管理器

（2）单击【新建库】按钮（如图 3-4 所示），在弹出的“新建库”对话框的“文件名”文本框中输入新元件库的名称，如 mylib，然后保存，如图 3-5 所示。

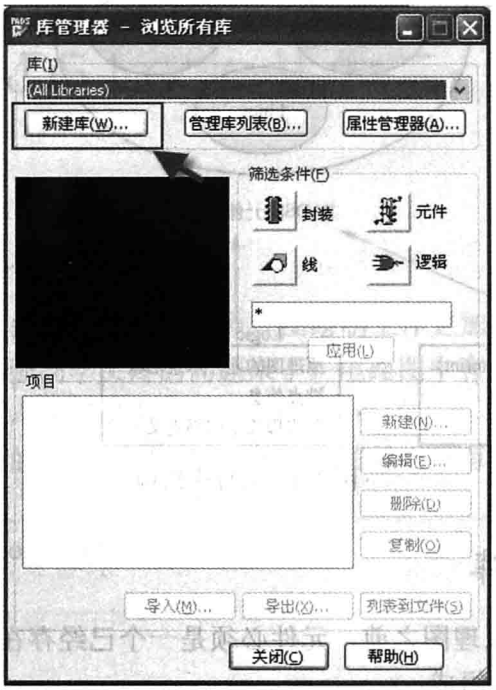


图 3-4 【新建库】按钮

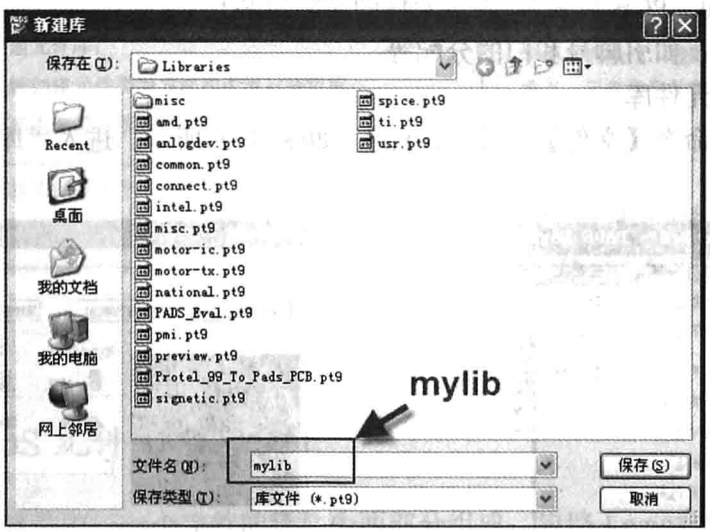


图 3-5 “新建库”对话框

☺：PADS 9.5 的元件库路径是 C:\MentorGraphics\9.5PADS\SDD_HOME\ Libraries。

第二步，编辑元件库列表。

在“库管理器”对话框单击【管理库列表】按钮，弹出“库列表”对话框。在“库列表”对话框，选中刚刚创建的 mylib 库后，单击【上(U)】命令将 mylib 移至最顶端，如图 3-6 所示。

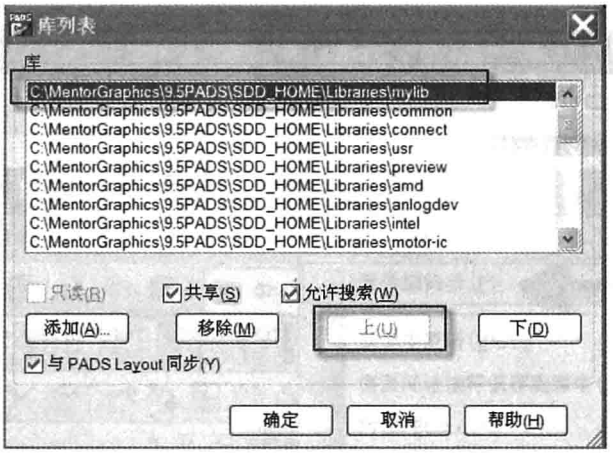


图 3-6　将 mylib 移至最顶端

☺：导入网络表时，PADS 软件会优先从位于最顶端的元件库中提取元件。元件库创建完成后，我们应该在“库列表”中将除 mylib 库之外的其余元件库全部“移除”。保证元件库的唯一性，即一个项目只对应一个元件库。

☺：同时勾选这三项：

- 与 PADS Layout 同步（Y）
- 共享
- 允许搜索

3.1.3　加载已有的元件库

用户可以加载之前已有的元件库。在“库列表”对话框，单击【添加】按钮，如图 3-7 所示。在“添加库”对话框中，选中已有的元件库，如 mylib.pt9 后，单击【打开】按钮，如图 3-8 所示，就可以将 mylib.pt9 元件库加载进来。

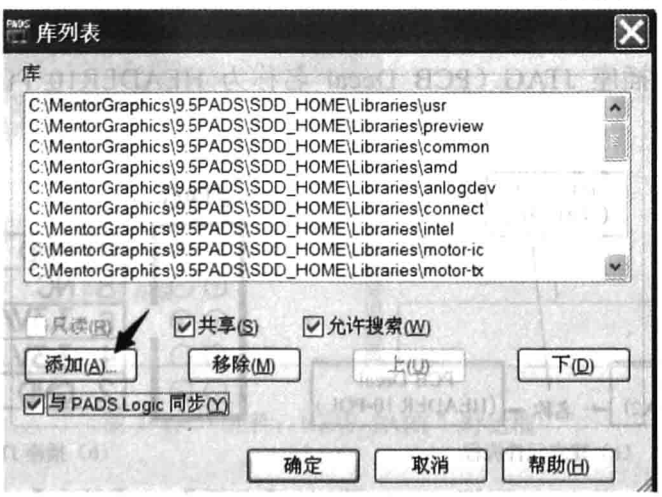


图 3-7　库列表对话框

图 3-8　添加 mylib 库

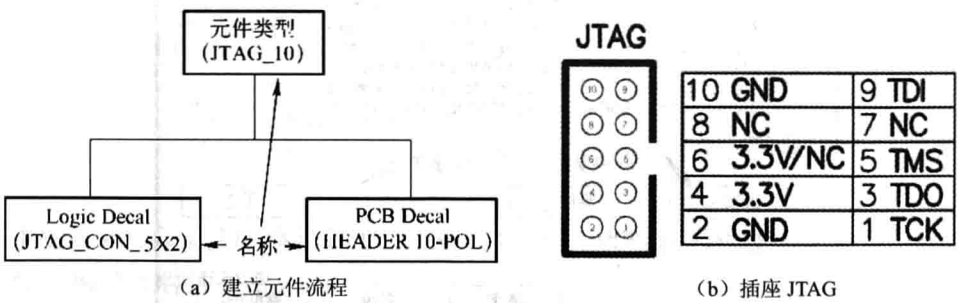
3.1.4　创建元件类型和逻辑封装

在动手绘制原理图文件之前，需要对元件的组成和基本知识有所认识。

1. 新元件类型的创建

建立元件一般会先建立 PCB Decal，然后建立 CAE Decals。而 PCB Decal 的概念相对简单，可以根据元件的 Datasheet 画出来。在后续章节的 PADS Layout 课程中会讲解创建 PCB Decal 的步骤。下面的实例都假设 PCB Decal 已经建好了。

这里以常用调试插座 JTAG（PCB Decal 名称为 HEADER10-POL）为例，如图 3-9 所示。



(a) 建立元件流程　　(b) 插座 JTAG

图 3-9　建立元件

第一步，进入 Logic 封装创建窗口。

（1）执行菜单命令【工具】→【元件编辑器】，如图 3-10 所示，进入“元件：NEW_PART”元件创建对话框，如图 3-11 所示。

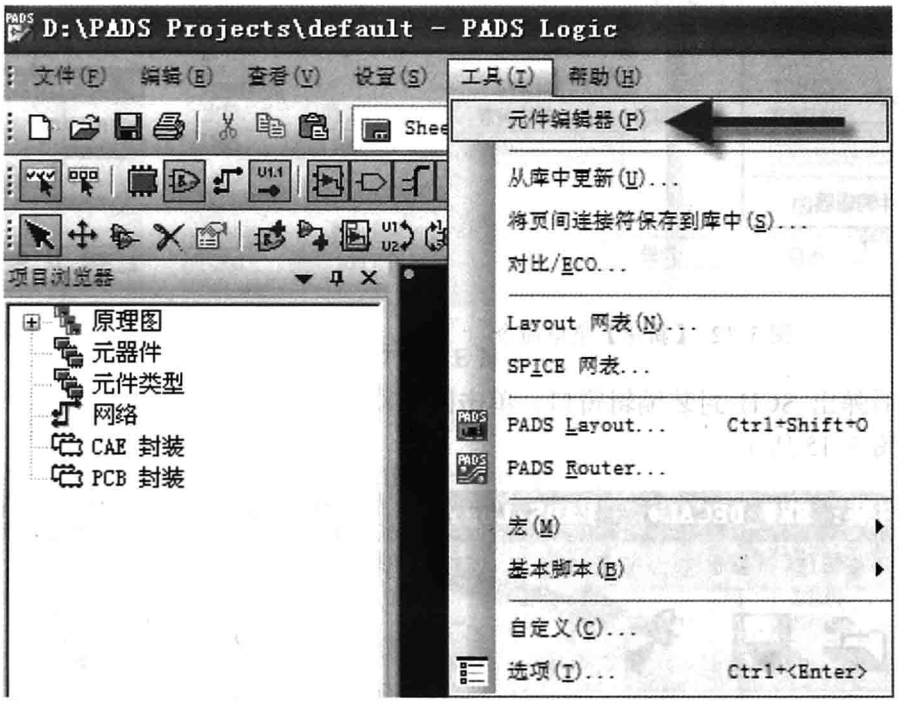


图 3-10 【元件编辑器】菜单命令

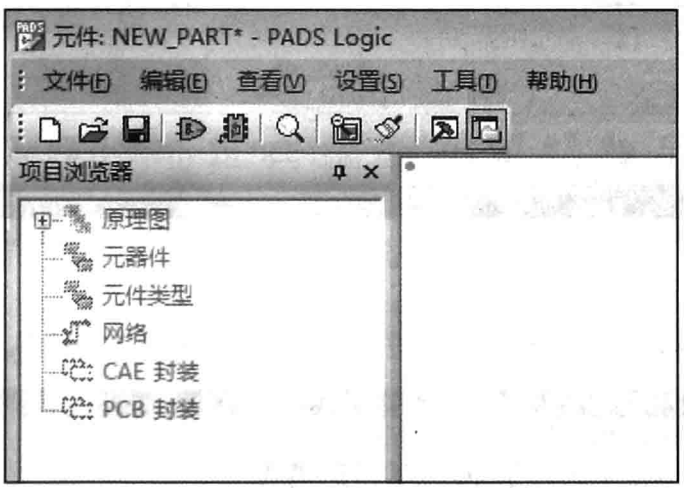


图 3-11 “元件：NEW_PART”对话框

（2）执行菜单命令【文件】→【新建】（如图 3-12 所示），在弹出的“选择编辑项目的类型”对话框中，选择“CAE 封装”选项后单击【确定】按钮，如图 3-13 所示。

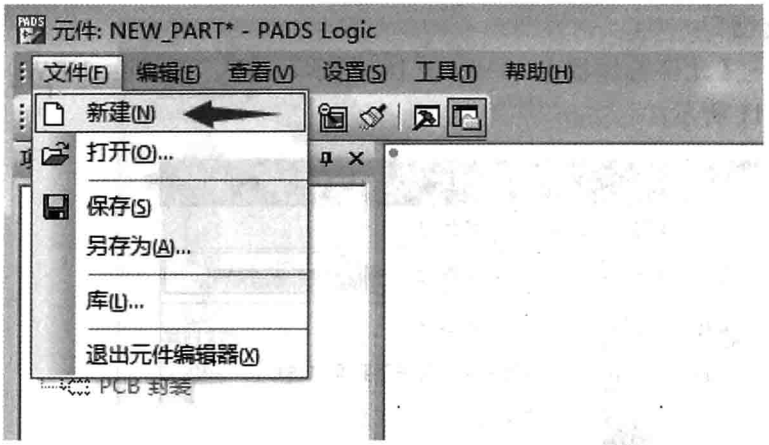


图 3-12 【新建】菜单命令

图 3-13 选择 CAE 封装

（3）随后弹出 SCH 封装编辑窗口，单击图标，如图 3-14 所示。显示“封装编辑”工具栏，如图 3-15 所示。

图 3-14 单击“封装编辑”图标

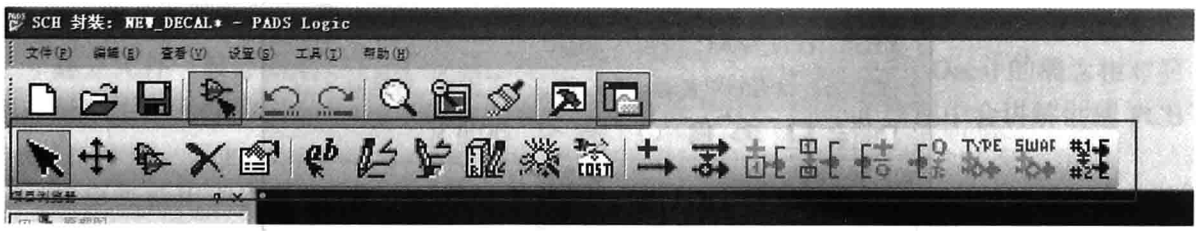


图 3-15 “封装编辑”工具栏

（4）单击图标，如图 3-16 所示。进入“CAE 封装向导”对话框，如图 3-17 所示。

图 3-16 单击 CAE 封装向导图标

图 3-17　CAE 封装向导

第二步，建立 Logic 封装。

（1）设置“CAE 封装向导”参数，如图 3-18 所示。

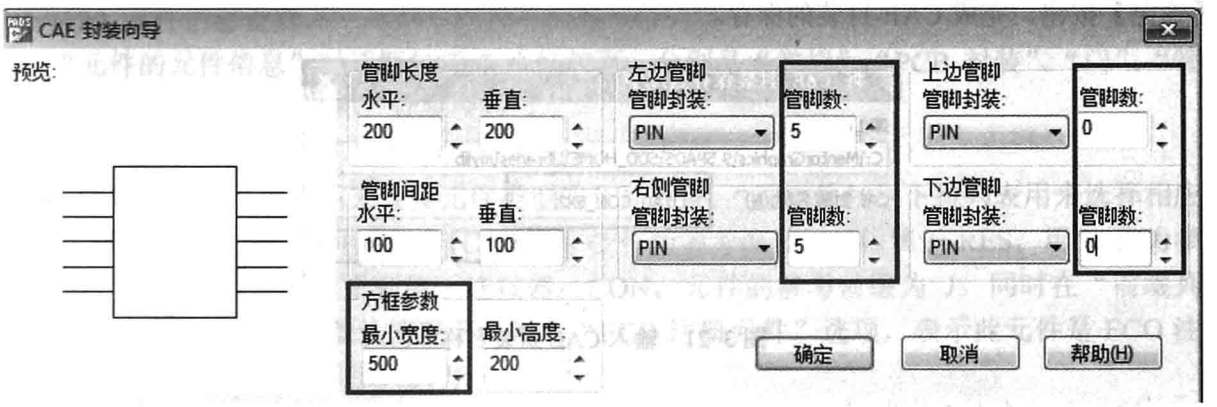


图 3-18　设置“CAE 封装向导”参数

（2）单击【确定】按钮。CAE 封装创建完成。完成后的 CAE 封装如图 3-19 所示。

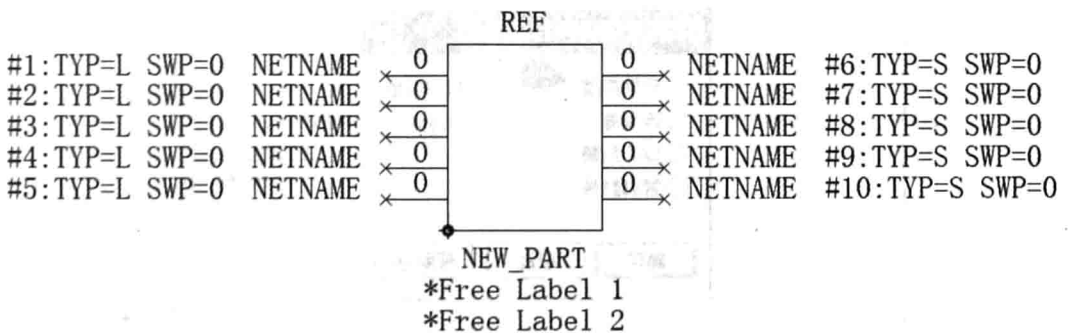


图 3-19　完成后的 CAE 封装

（3）执行菜单命令【文件】→【保存】，如图 3-20 所示。

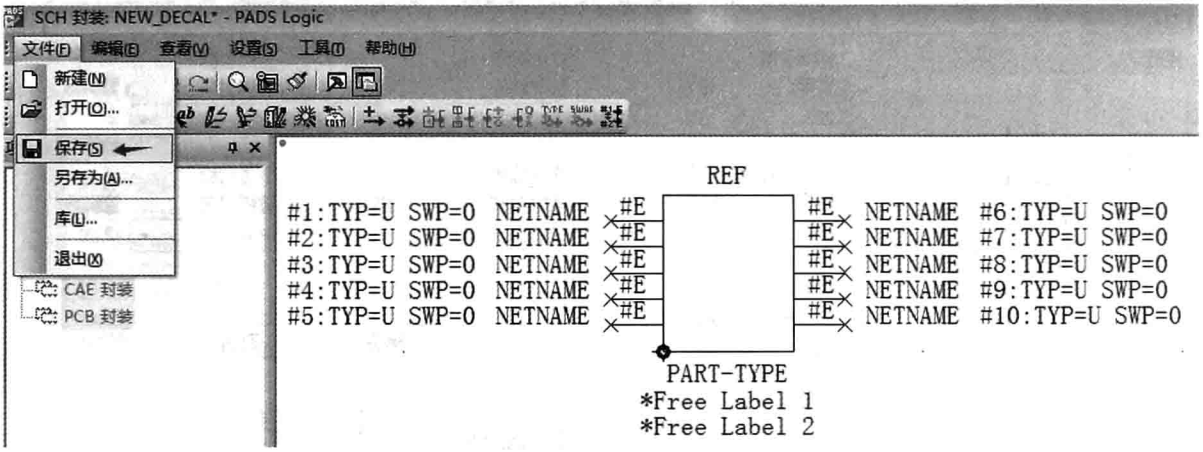


图 3-20　保存菜单命令

（4）在弹出的对话框中输入 CAE 封装名称“JTAG_CON_5X2”，如图 3-21 所示。单击【确定】按钮，完成 CAE 封装的保存。

图 3-21　输入 CAE 封装名称

第三步，建立元件类型。

（1）执行菜单命令【文件】→【新建】。在弹出的“选择编辑项目的类型”对话框中，选择“元件类型”后单击【确定】按钮，如图 3-22 所示。继续执行菜单命令【编辑】→【元件类型编辑器】，进入“元件的元件信息”对话框，如图 3-23 所示。

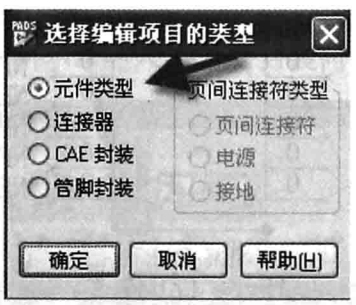


图 3-22　选择元件类型

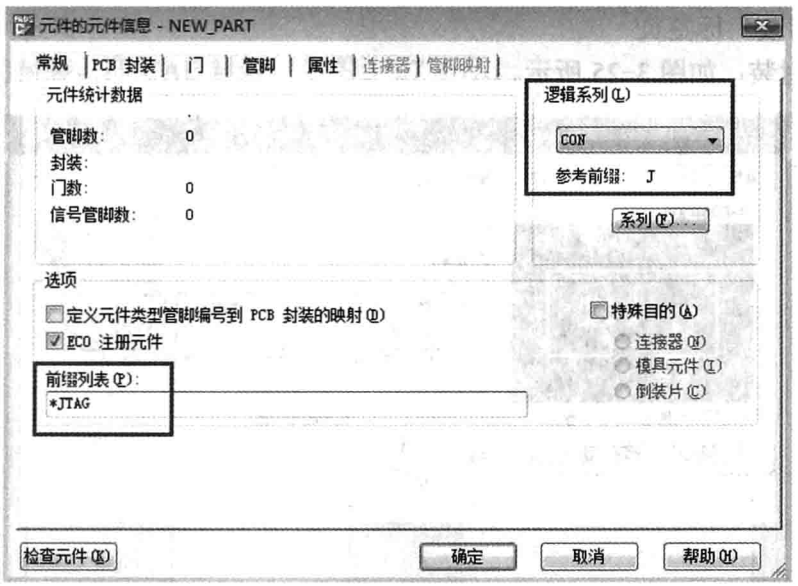


图 3-23 “元件的元件信息”对话框

（2）元件信息设置。

“元件的元件信息”对话框包括 7 个标签页，分别是“常规”、“PCB 封装”、“门”、“管脚”、“属性”、“连接器”和“管脚映射”。

● “常规”标签页

“常规”标签页主要用来设置元件类型的全局效果。“逻辑系列”下拉列表用来选择相应的元件逻辑系列。例如，电容属于 CAP，用 C 作为参考编号；电阻属于 RES，用 R 作为参考编号。本例的元件逻辑系列属于连接器：CON。元件的参考前缀为 J。同时在“前缀列表”文本框输入*JTAG。默认情况下，勾选“ECO 注册元件”选项，表示此元件是 ECO 注册元件。推荐常规设置如图 3-24 所示。

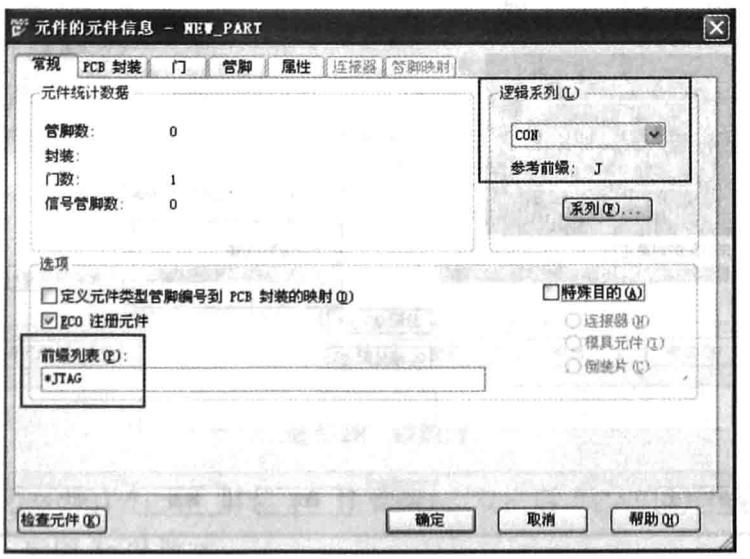


图 3-24　推荐常规设置

● “PCB 封装”标签页

分配 PCB 封装，如图 3-25 所示。

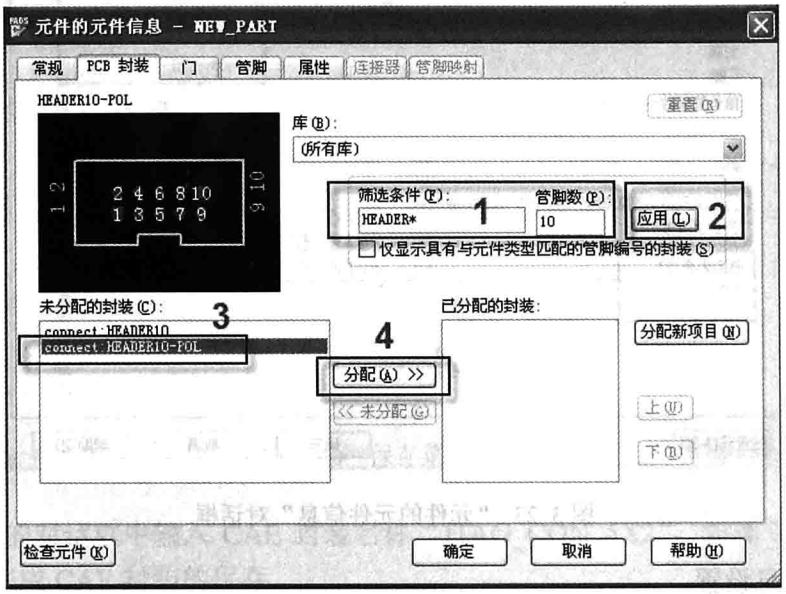


图 3-25　分配 PCB 封装过程

① 在“筛选条件”文本框输入“HEADER*”；“管脚数”文本框输入“10”。

② 单击【应用】按钮。这时“未分配的封装”列表中就会列出符合筛选条件的封装。

③ 选中正确的 PCB 封装，如 HEADER10-POL。

④ 单击【分配】按钮，将 HEADER10-POL 封装添加到“已分配的封装”列表。

⑤ 完成后如图 3-26 所示。

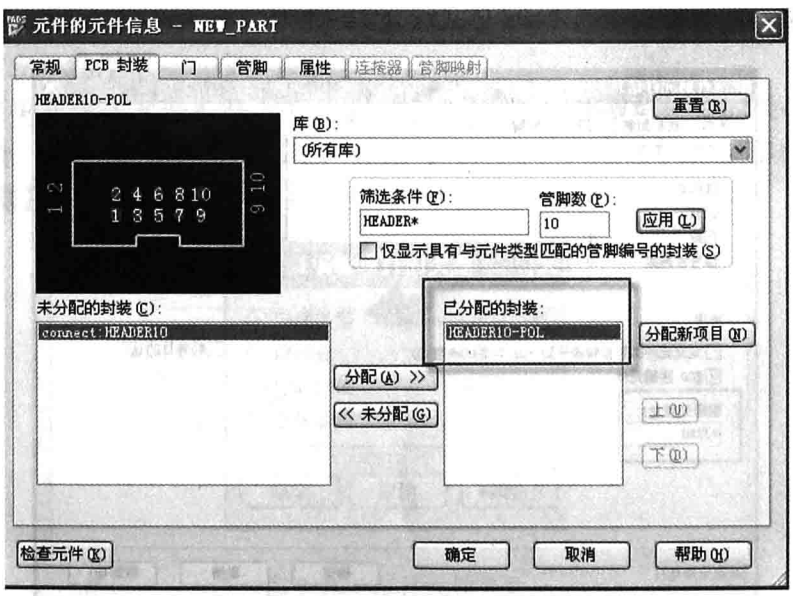


图 3-26　完成后对话框

● “门”标签页

用于设置门封装，即 CAE 封装，如图 3-27 所示。

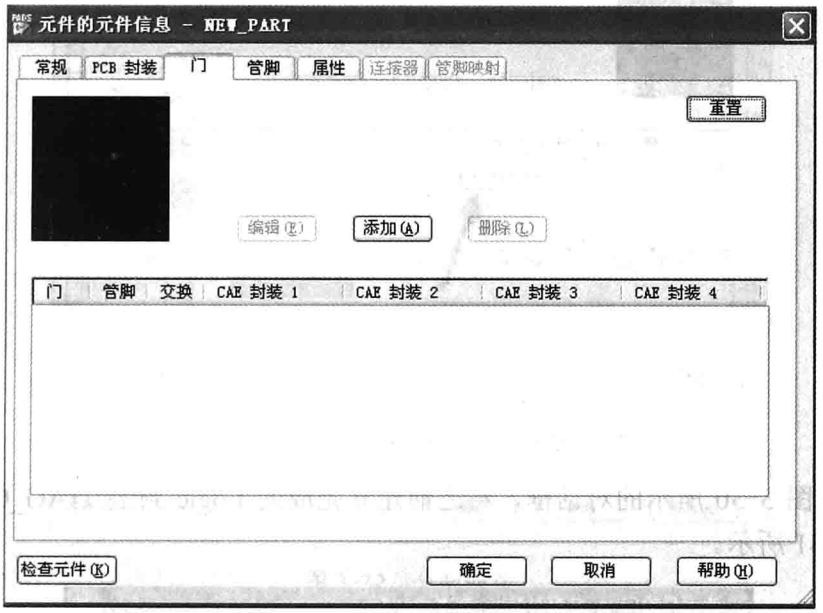


图 3-27 “门”标签页

① 单击【添加】按钮，结果如图 3-28 所示。

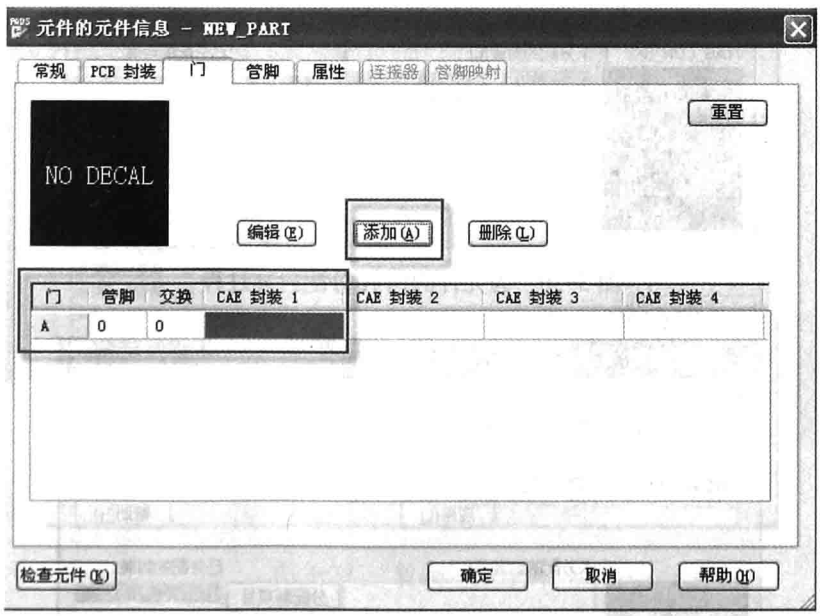


图 3-28　添加门

② 双击图 3-28 中的“CAE 封装 1”栏。双击后“CAE 封装 1”栏变成，然后单击按钮，如图 3-29 所示。

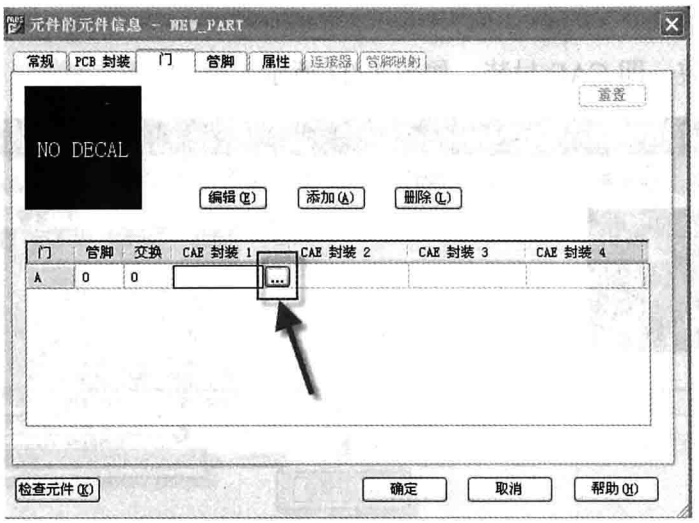


图 3-29　双击“CAE 封装 1”列表框

③ 弹出如图 3-30 所示的对话框，将之前建立完成的 Logic 封装 JTAG_CON_5X2 分配进来，如图 3-31 所示。

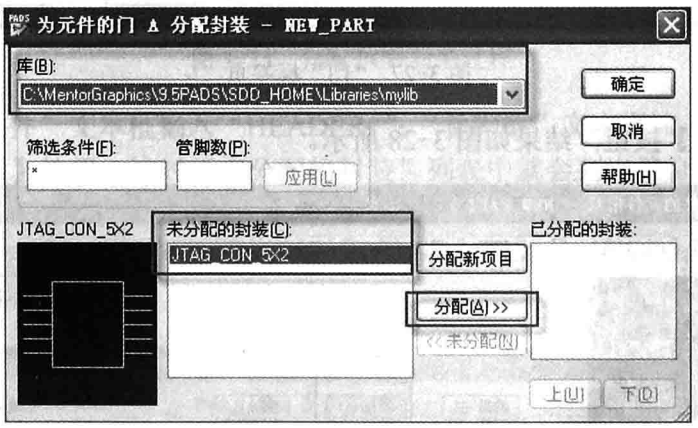


图 3-30　为元件的门 A 分配封装过程

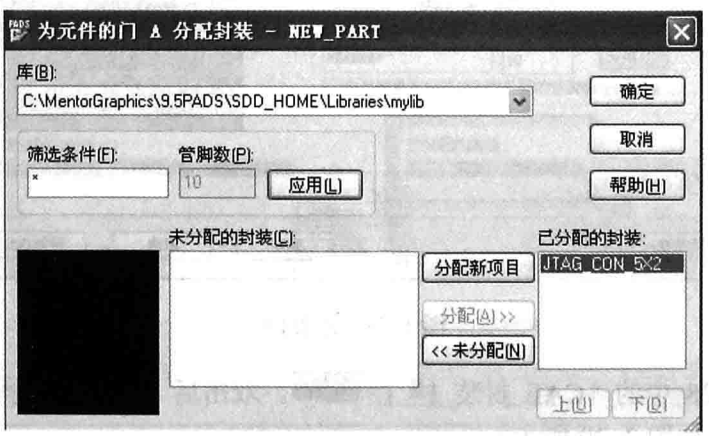


图 3-31　分配结果

④ 单击【确定】按钮，分配成功后如图 3-32 所示。这时我们已将 CAE 封装分配完毕。

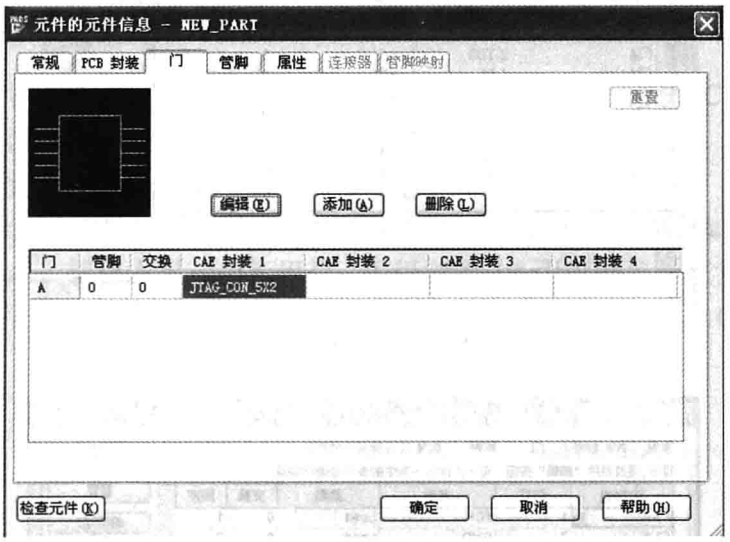


图 3-32　分配成功

● “管脚”标签页

用于将逻辑封装和 PCB 封装引脚对应起来，如图 3-33 所示。

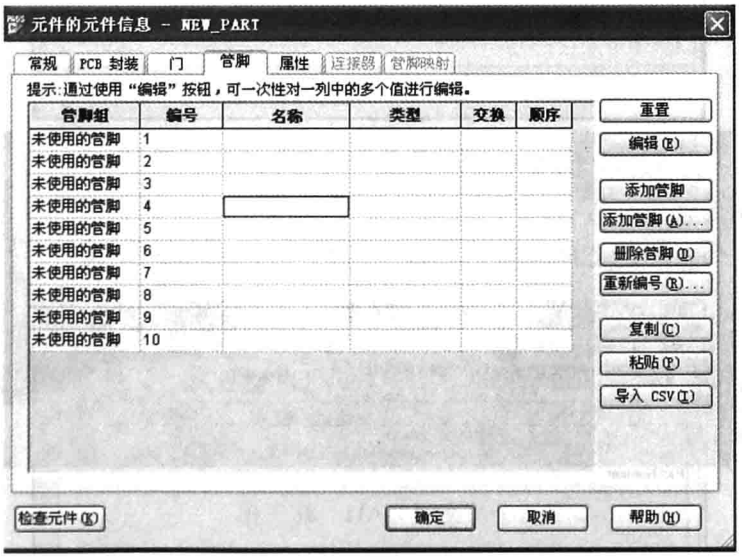


图 3-33 “管脚”标签页

这个标签页需要我们对引脚组、引脚名称、类型、引脚是否可以交换及排列顺序进行编辑。第一种方法是直接在标签页中逐项编辑，此方法效率较低。作者不推荐此种做法。

第二种方法是建立如图 3-34 所示的一个 Excel 表，输入表中的内容（其内容是根据 DataSheet 制作的），然后全选 Excel 表中的内容，复制到图 3-33 中。或者单击【导入 CSV】按钮，将 Excel 表中的内容导入。成功导入后的“管脚”标签页如图 3-35 所示。

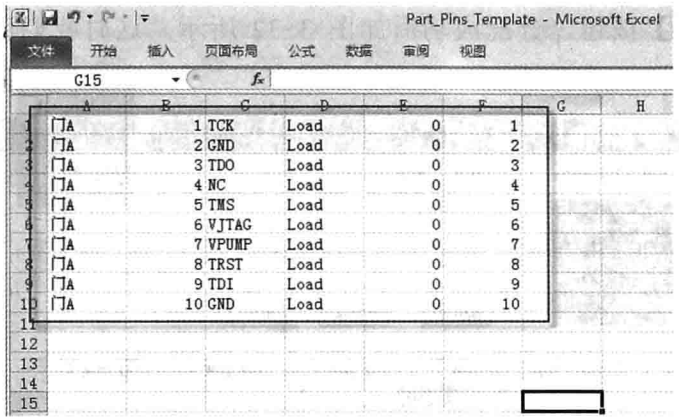


图 3-34　建立 Excel 表格

图 3-35　成功导入后的"管脚"标签页

● "属性"标签页

用于设置元件类型的制造商、价格等说明信息，如图 3-36 所示。

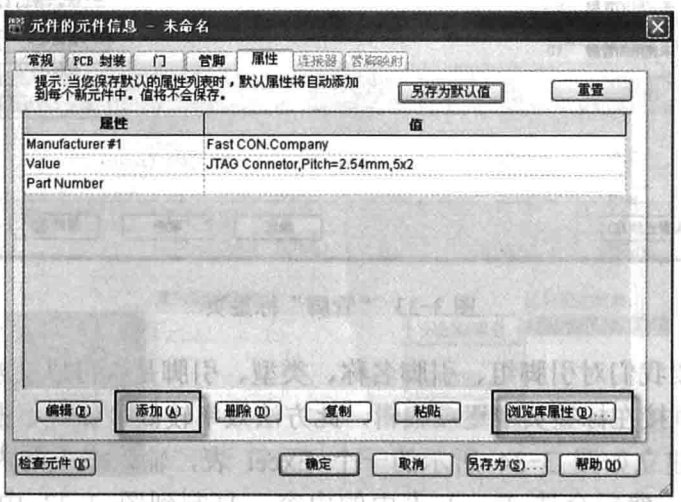


图 3-36 "属性"标签页

● “连接器”标签页

用于设置连接器的各引脚的类型和 CAD 封装类型。只有在“常规”标签页选中“连接器”选项才会被激活，本例不需要设置。

● “管脚映射”标签页

此标签页只有在“常规”标签页选中“定义元件类型管脚编号到 PCB 封装的映射”选项的时候才会被激活。本例不需要设置。

第四步，检查元件。

单击“元件的元件信息”对话框左下角的【检查元件】按钮，弹出如图 3-37 所示的含有错误信息的记事本。记事本显示的意思是：2 引脚和 10 引脚的名称重复了，都是 GND。因为本来就是两个 GND，这里不需要修改。也可以将两个引脚分别改为 GND1 和 GND2。

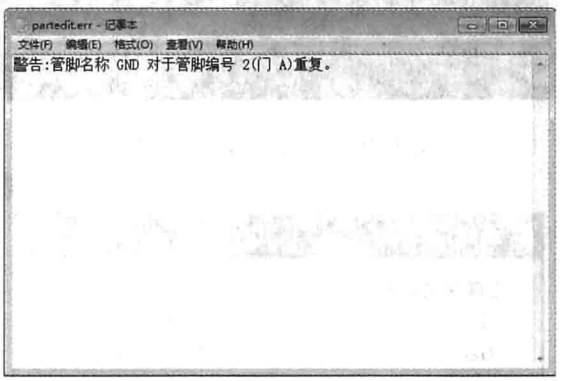


图 3-37　含有错误信息的记事本

单击【确定】按钮后就建立了 JTAG 插座元件，如图 3-38 所示。

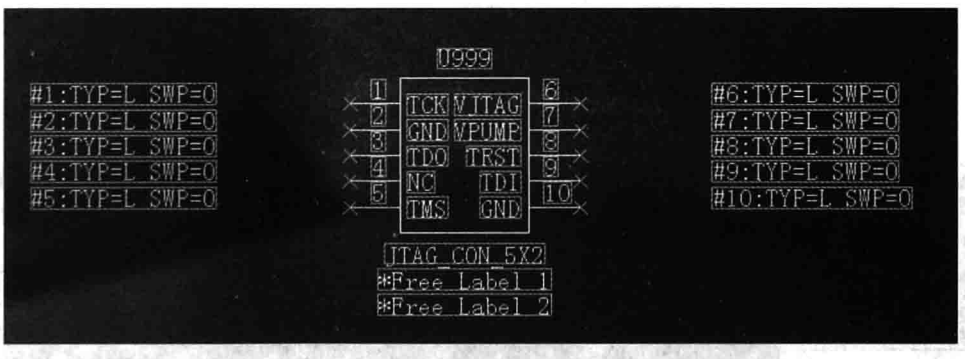


图 3-38　JTAG 插座元件

与图 3-9 核对后发现，我们建立的 CAE 封装引脚排列与实际不符。我们建立的 CAE 封装引脚排列左边从上到下是 1、2、3、4、5。而正确的引脚排列应该是 1、3、5、7、9。

2. 创建元件逻辑封装

单击 图标，如图 3-39 所示。在弹出的对话框中单击【确定】按钮，如图 3-40 所示。单击 图标，将显示“CAE 封装编辑器”工具栏，如图 3-41 所示。

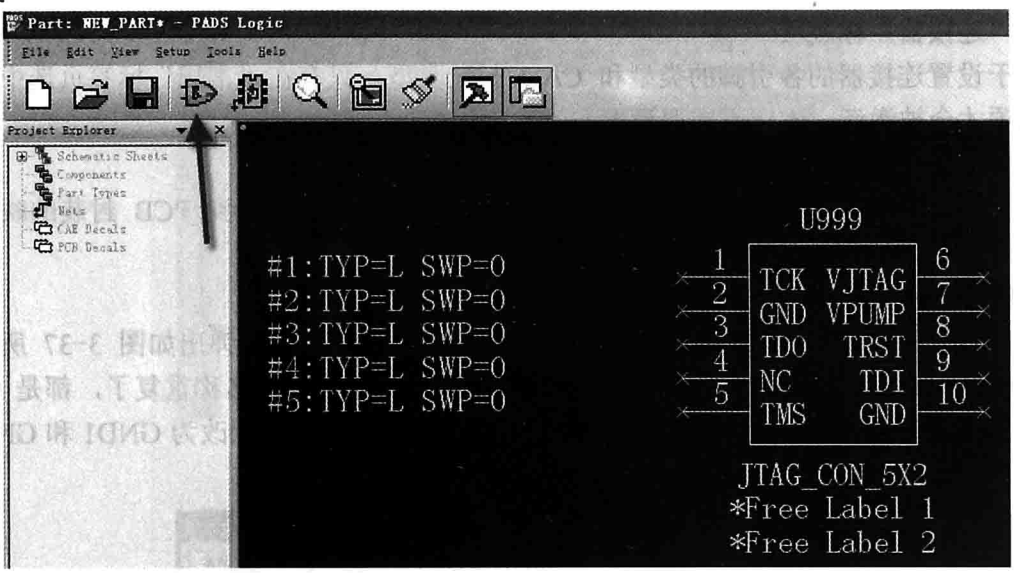


图 3-39　单击编辑封装图标

图 3-40　“选择门封装”对话框

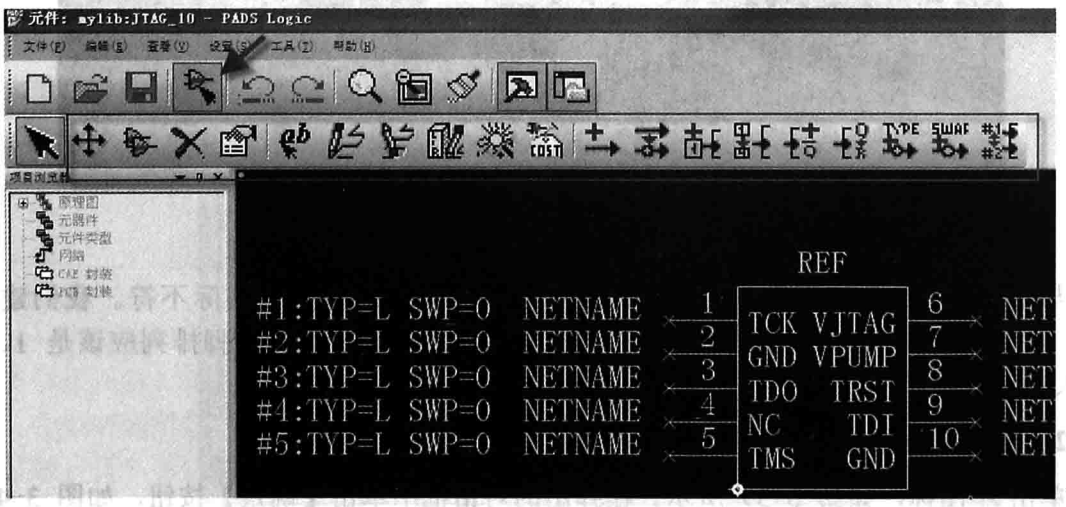


图 3-41　显示“CAE 封装编辑器”工具栏

这 4 个图标的功能如下：

- 移动
- 复制
- 删除
- 特性（进入选定目标的特性设置）

这 6 个图标的功能如下：

- 添加文本
- 添加 2D 线
- 修改 2D 线
- 从库中调取 2D 线
- 封装向导
- 添加标签

这 9 个图标的功能如下：

- 添加引脚
- 修改引脚
- 设置引脚编号
- 修改引脚编号
- 设置引脚名称
- 更改引脚名称
- 设置引脚类型
- 设置引脚交换
- 设置序号

第一步，选择引脚。

根据图 3-9 所示，我们需要将 2 脚移到原 6 脚的位置，3 脚移到原 2 脚的位置，4 脚移到原 7 脚的位置……依此类推。单击图标，然后选择 2 脚，这时 2 脚处于被选中状态（方框显示），如图 3-42 所示。

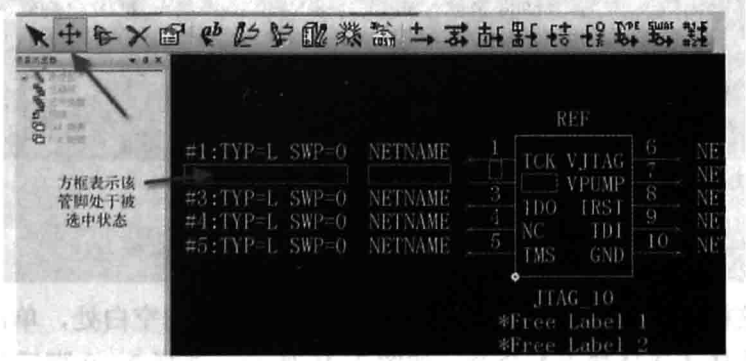


图 3-42　选中 2 脚

第二步，将相应的引脚移到正确的位置。

选中 2 脚，单击图标进行移动。在移动的时候单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【X 镜像】命令，如图 3-43 所示。

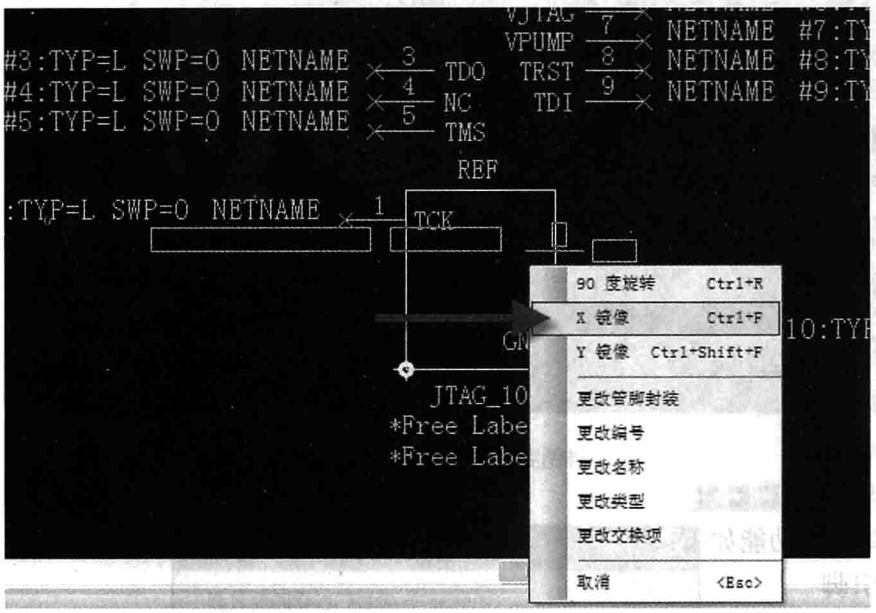


图 3-43　选择【X 镜像】命令

移到合适的位置后，单击鼠标左键进行放置，如图 3-44 所示。依次将其余引脚进行放置。放置引脚结果如图 3-45 所示。

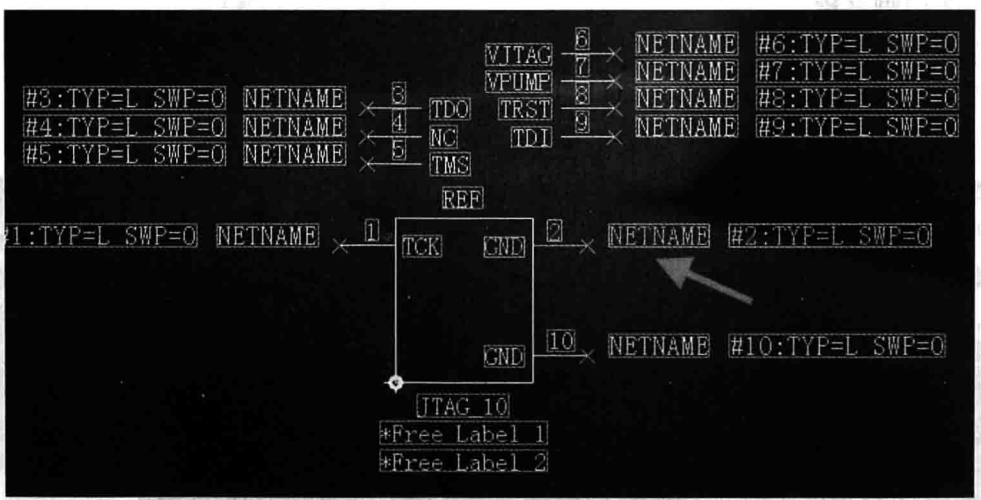


图 3-44　放置引脚 2 结果

☺：注意图 3-45 中，带的标记必须朝外。

我们也可以这样操作。在没有选中任何物体时，在界面的空白处，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择端点】命令，如图 3-46 所示。选择 2～9 脚后单击图标进行移

动操作，如图 3-47 所示。

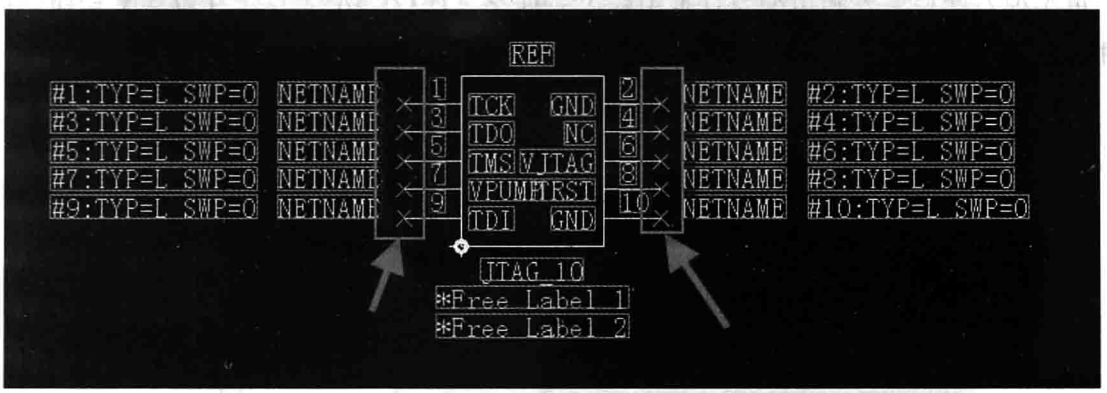


图 3-45　放置引脚后结果

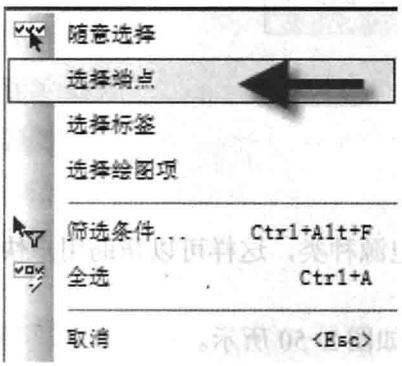


图 3-46　右键快捷菜单

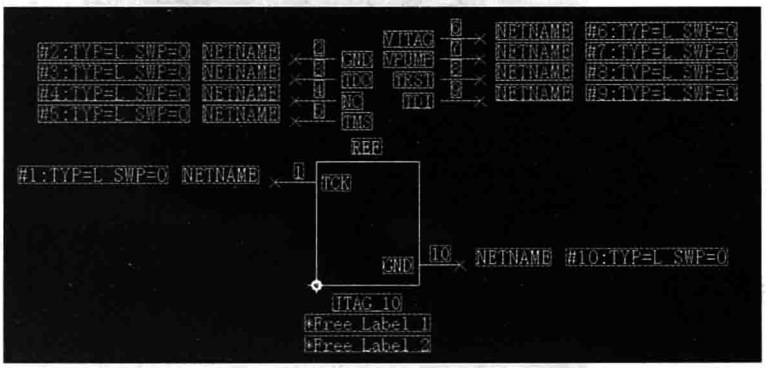


图 3-47　移动引脚

第三步，修改 2D 线。

我们看到 7 脚和 8 脚的引脚名称重叠在一起。这时需要对 2D 线进行修改。单击图标，选中右侧的 2D 线进行移动操作。同时将引脚也往右侧移动。完成后如图 3-48 所示。

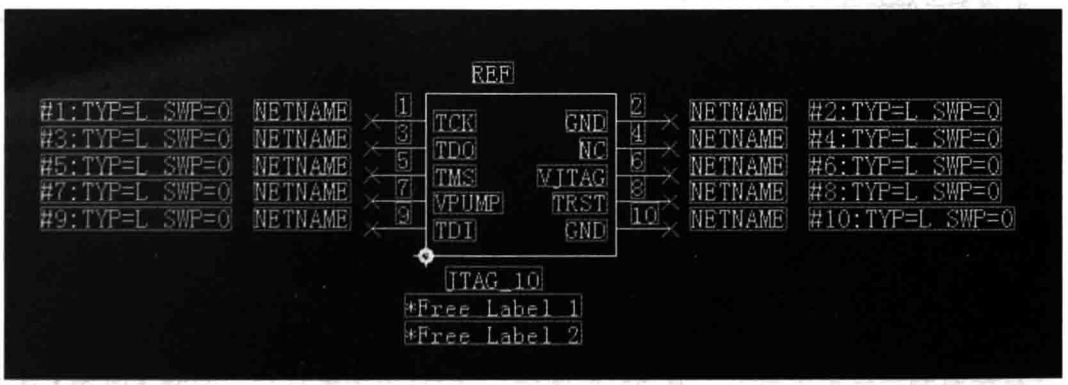


图 3-48　修改 2D 线后结果

第四步，保存元件。

单击保存图标，在弹出的对话框中输入元件名“JTAG_10”。单击【确定】按钮完成该元件的创建工作，如图 3-49 所示。

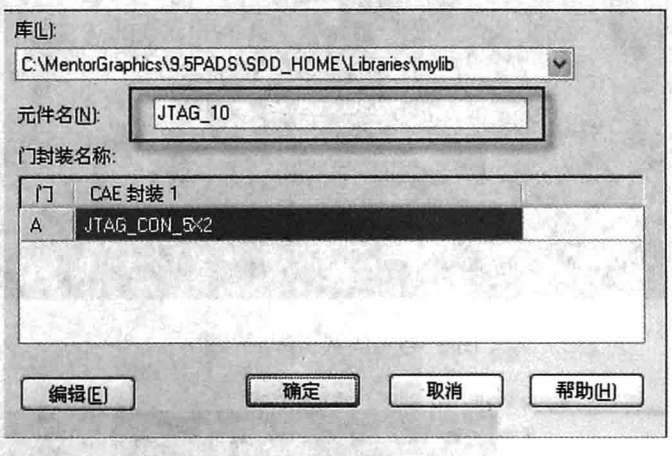


图 3-49　保存元件对话框

3.1.5　电源符号的创建和管理

在绘制原理图时，需要使用多种电源符号来区分不同的电源种类，这样可以帮助用户快速地阅读原理图。这时，就需要创建多个特殊的电源符号。

执行菜单命令【工具】→【将页间连接符保存到库中】，如图 3-50 所示。

在随后弹出的对话框中，选择“电源”选项，如图 3-51 所示。单击【确定】按钮。进入特殊元件 POWER 的编辑窗口，如图 3-52 所示。

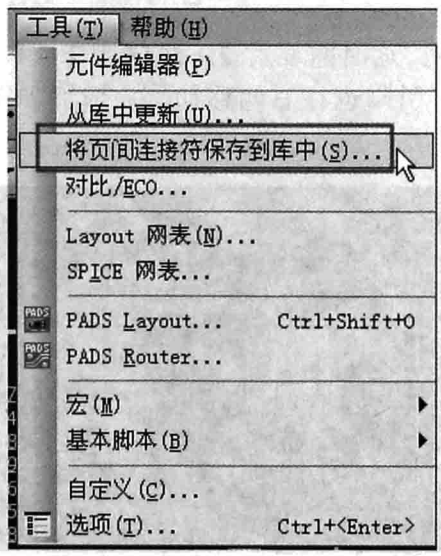


图 3-50　【将页间连接符保存到库中】菜单命令

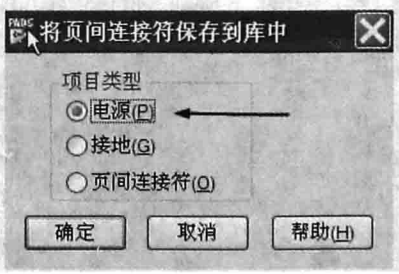


图 3-51　选择项目类型

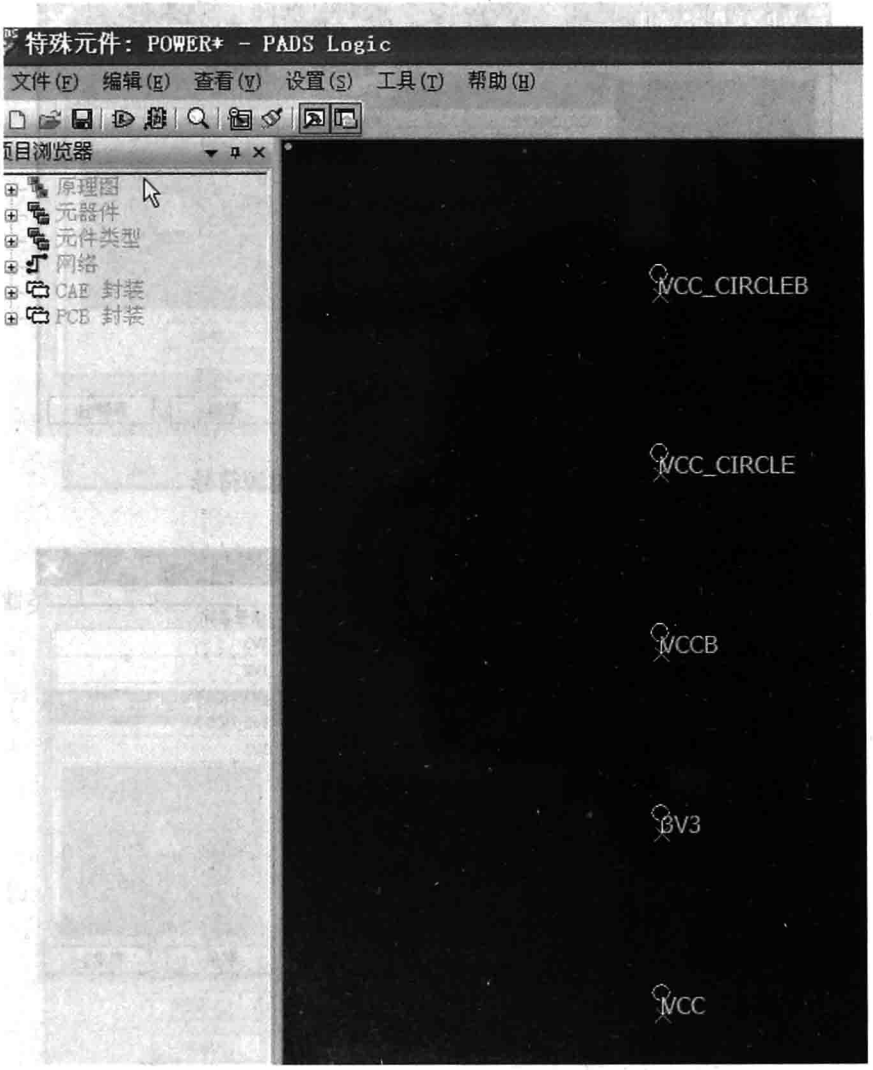


图 3-52　特殊元件 POWER 的编辑窗口

单击图标（编辑电参数），如图 3-53 所示。在随后弹出的对话框中，列表中列出了当前原理图所采用的各种电源符号，如图 3-54 所示。

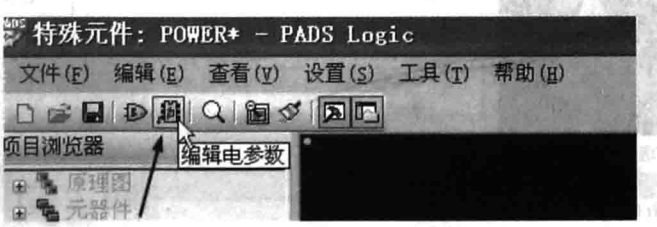


图 3-53　单击编辑电参数图标

单击【添加】按钮，之后单击图标，如图 3-55 所示，进入“浏览特殊符号”对话框，如图 3-56 所示。

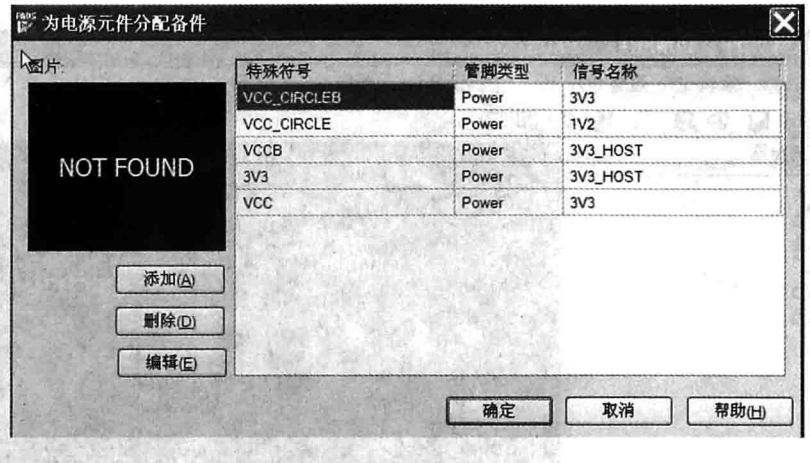


图 3-54　当前原理图所采用的各种电源符号

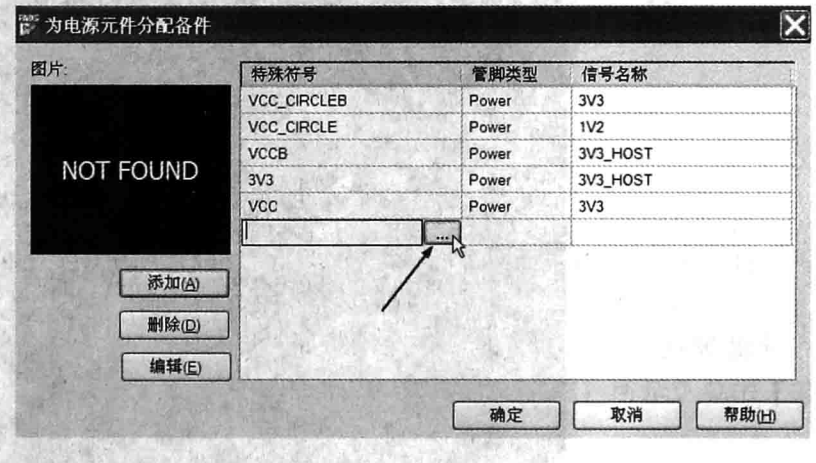


图 3-55　添加电源符号

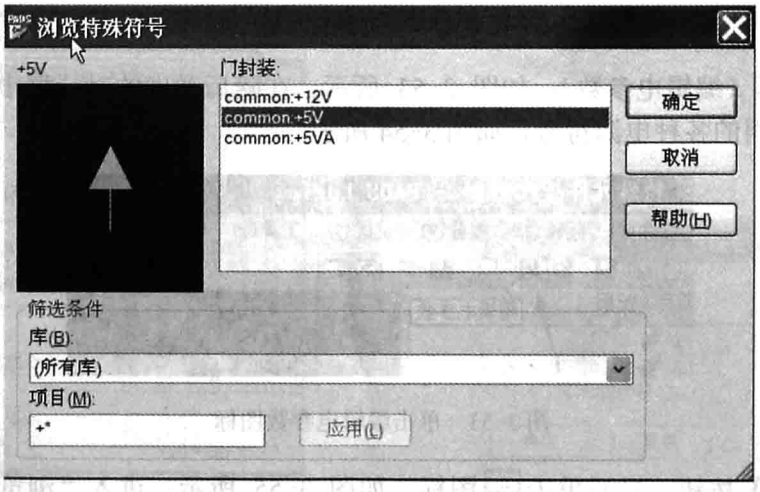


图 3-56 “浏览特殊符号”对话框

选择需要的符号，如+5V，单击【确定】按钮进行添加，如图 3-57 所示。

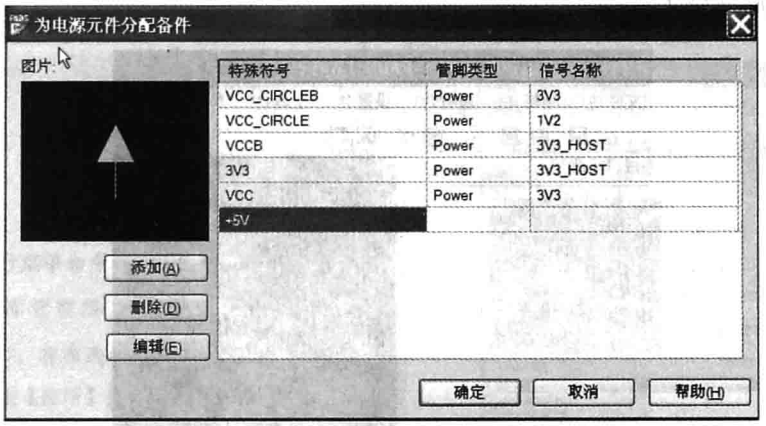


图 3-57　添加+5V 电源

在“管脚类型”下拉列表中选择“Power”，并填写信号名称（如 5V），如图 3-58 和图 3-59 所示。

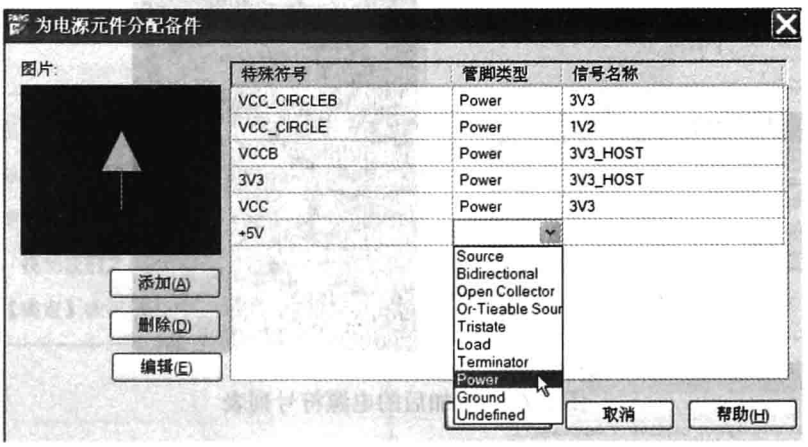


图 3-58　选择引脚类型

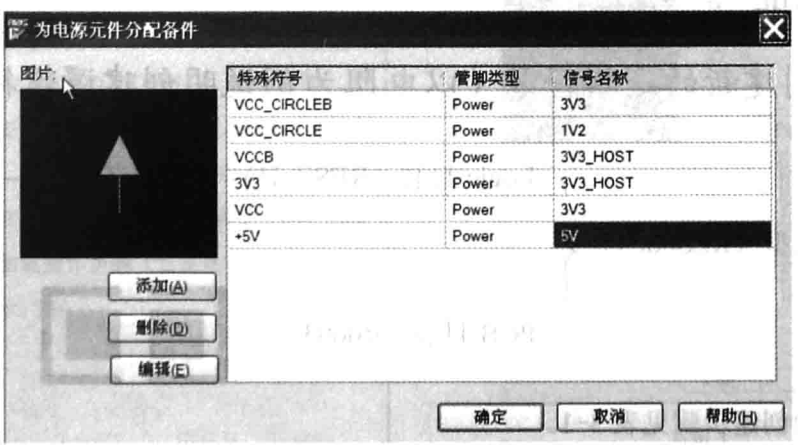


图 3-59　输入信号名称

单击【确定】按钮。成功添加后的电源符号列表如图 3-60 所示。在绘制原理图时，就可以添加新的电源符号了。

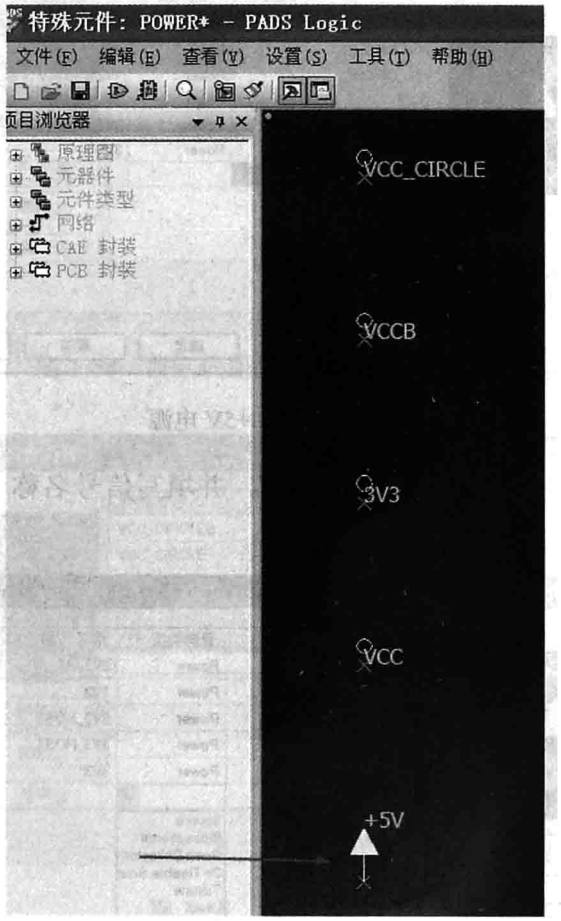
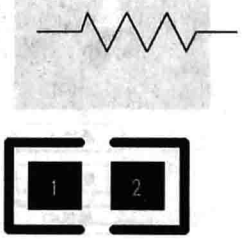


图 3-60 添加后的电源符号列表

3.2 基本技能

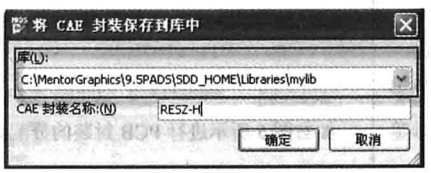
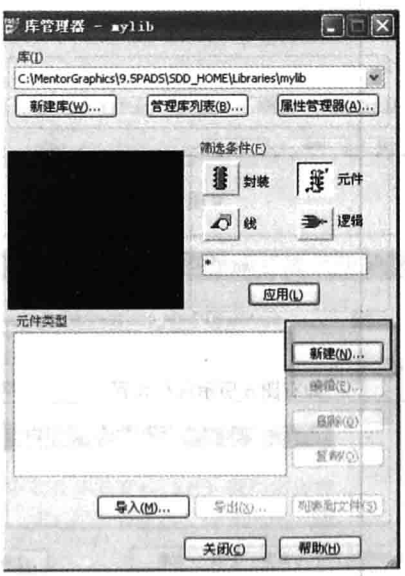
3.2.1 创建新的逻辑符号（以电阻为例说明创建逻辑符号过程）

电阻元件类型（RES0603）
- Logic 封装（RESZ-H）
- PCB 封装（R0603）



电阻元件的创建步骤见表 3-1。

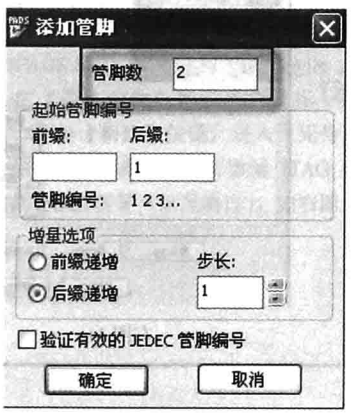
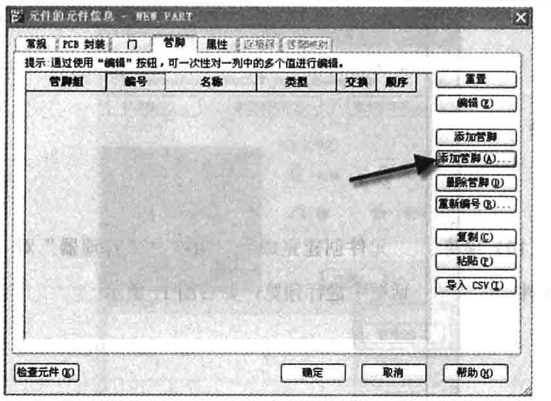
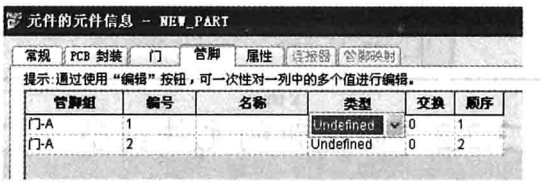
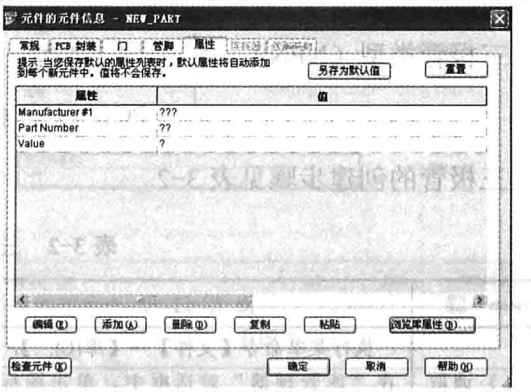
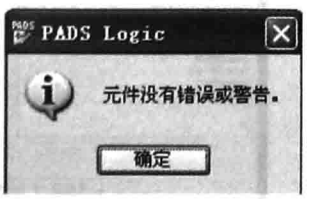
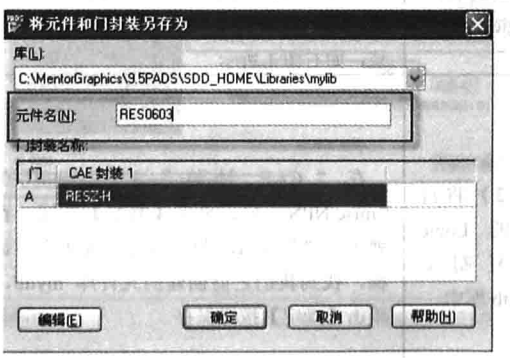
表 3-1　电阻元件的创建步骤

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（1）调取软件自带库的电阻的 Logic 封装	执行菜单命令【文件】→【库(L)...】，在“库管理器”对话框中，单击图标，在筛选条件框中输入“RESZ*”并单击【应用】按钮。这时“CAE 封装”列表中将出现所有符合筛选条件的 CAE 封装，如右图 1 所示	 右图 1
（2）将自带的 Logic 库复制至 mylib 库中	在“CAE 封装”列表中双击“misc:RESZ-H”后，单击【复制】按钮，在弹出的“将 CAE 封装保存到库中”对话框，找到我们之前创建的元件库 mylib，单击【确定】按钮保存，如右图 2 所示	 右图 2
（3）新建和编辑元件类型	在“库管理器”对话框中，选择我们之前自建库的路径，如 C:\MentorGraphics\9.5PADS\SDD_HOME\Libraries\mylib。然后在“筛选条件”栏中单击图标 元件 后，单击【新建】按钮，进入“元件的元件信息”对话框。详细可参阅 JTAG 插座的创建操作步骤（这里略过）。如右图 3 所示	 右图 3

续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（4）“常规”标签页	如右图 4 所示进行常规设置	右图 4
（5）“PCB 封装”标签页	如右图 5 所示进行 PCB 封装的分配设置	右图 5
（6）“门”标签页	如右图 6 所示进行设置	右图 6

续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（7）“管脚”标签页	如右图 7 所示，单击【添加管脚】按钮，在随后弹出的“添加管脚”对话框中按下图所示设置：  单击【确定】按钮后，“管脚”标签页设置完成，如右图 8 所示	 右图 7  右图 8
（8）“属性”标签页	设置元件属性，如元件的制造商、元件编码、Value 值，如右图 9 所示	 右图 9
（9）检查和保存元件	各标签页设置完成后，单击左下角的【检查元件】按钮。弹出下图所示的检查结果  将元件保存到库中，命名为“RES0603”，如右图 10 所示	 右图 10

续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（10）预览元件	元件创建完成后，可在“库管理器”对话框中进行预览，如右图 11 所示	 右图 11

3.2.2　创建新的元件类型

三极管类型（NPN）
- Logic 封装（NPN）　 

- PCB 封装（SOT23）　 

三极管的创建步骤见表 3-2。

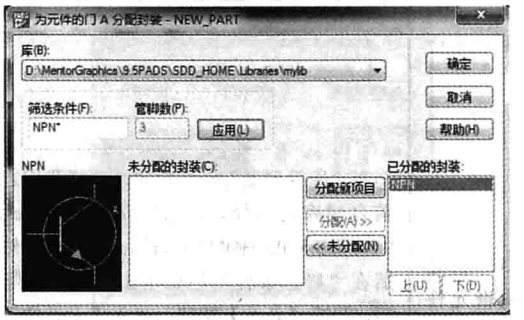
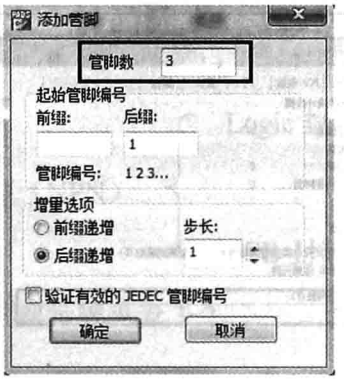
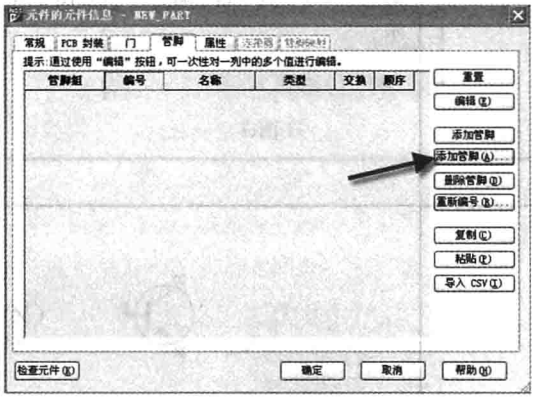
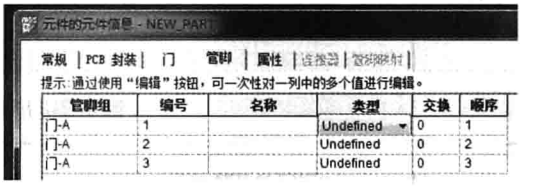
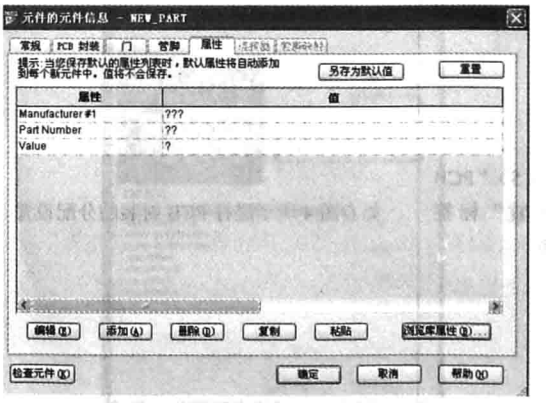
表 3-2　三极管的创建步骤

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（1）调取软件自带库的三极管的 Logic 封装	执行菜单命令【文件】→【库(L)...】，在“库管理器”对话框中，单击图标 逻辑，在筛选条件框中输入“NPN*”并单击【应用】按钮。这时“CAE 封装”列表中将出现所有符合筛选条件的 CAE 封装，如右图 1 所示	 右图 1
（2）将自带的 Logic 库复制至 mylib 库中	在“CAE 封装”列表中双击“misc:NPN”后，单击【复制】按钮，在弹出的“将 CAE 封装保存到库中”对话框，找到我们之前创建的元件库 mylib，单击【确定】按钮保存	

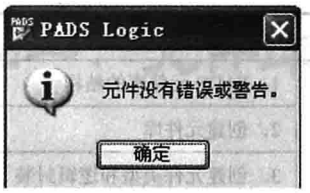
续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（3）新建和编辑元件类型	在“库管理器”对话框中，选择我们之前自建库的路径，如 C:\MentorGraphics\9.5PADS\SDD_HOME\Libraries\mylib 。然后在“筛选条件”栏中单击图标 元件 后，单击【新建】按钮，进入“元件的元件信息”对话框。详细可参阅 JTAG 插座的创建操作步骤（这里略过）。如右图 2 所示	右图 2
（4）“常规”标签页	如右图 3 所示进行常规设置	右图 3
（5）“PCB 封装”标签页	如右图 4 所示进行 PCB 封装的分配设置	右图 4

续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（6）“门”标签页	如右图 5 所示进行设置	 右图 5
（7）“管脚”标签页	如右图 6 所示，单击【添加管脚】按钮，在随后弹出的“添加管脚”对话框中按下图所示设置：  单击【确定】按钮后，【管脚】标签页设置完成，如右图 7 所示	 右图 6  右图 7
（8）“属性”标签页	设置元件属性，如元件的制造商、元件编码、Value 值。如右图 8 所示	 右图 8

续表

步　骤	操 作 过 程	操作界面图
（9）检查和保存元件	各标签页设置完成后，单击左下角的【检查元件】按钮。弹出如右图 9 所示的检查结果	 右图 9
（10）预览元件	将元件保存到库中，命名为“NPN”. 元件创建完成后，可在“库管理器”对话框中进行预览	

学习评价

1. 思考练习题

（1）画原理图前需要先做哪些准备工作？

（2）一个完整的元件类型由哪几部分组成？

（3）元件类型的命名规则是什么？

（4）练习编辑元件属性。

2. 技能训练题

（1）绘制一个如图 3-61 所示的电源符号。

图 3-61　新的电源符号

（2）创建一个电解电容元件类型，如图 3-62 所示。PCB 封装采用软件自带元件库：Common 中的“CX02-C”。

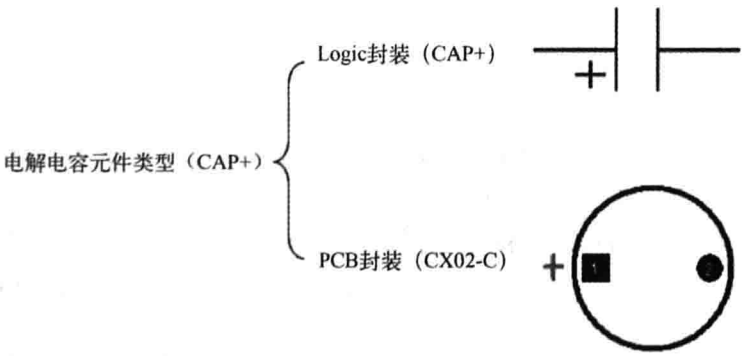


图 3-62　电解电容的元件类型

3. 技能评价评分表

班级:_____ 学号:_____ 姓名:_____ 成绩:_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1. PADS 元件库的结构	10				
	2. 创建元件库	15				
	3. 创建元件类型和逻辑封装	20				
	4. 电源符号的创建和管理	20				
实操技能	1. 创建新的逻辑符号	10				
	2. 创建新的元件类型	15				
学习态度	1. 出勤情况	3				
	2. 课堂纪律	4				
	3. 按时完成作业	3				

4. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第4章 PADS Layout 认知一：元件库管理

情境

小强同学通过项目三的学习，已经学会了如何来创建和管理元件库了。但是小强同学在找 PCB 封装的时候，经常会碰到不知道元器件封装放在哪个库文件，或者找不到合适的元器件封装等情况。对于第一种情况，小强同学知道可以利用浏览和查找元件库的方法找到合适的元器件封装；对于第二种情况，小强同学就无从下手了。

编者推荐：小强同学要学会自已动手制作元器件封装。

本项目主要以 PADS Layout 软件介绍两种创建元器件封装的方法，即利用封装向导和手工创建元器件封装。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	认识 PCB Decal； 掌握创建 PCB 封装的方法	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：PCB 封装的创建	2 课时
知识目标	一般 PCB 封装的创建 PCB 封装编辑的高级应用 快速准确创建 PCB 封装 创建 PADS 封装的注意事项	教师讲授	2 课时

4.1 基本技能

4.1.1 认识 PCB Decal

一个完整的元件由两部分组成：电路 Logic 符号和 PCB Decal 实际封装。建立元件一般会先建立 PCB Decal，然后再建立 Logic 符号。而 PCB Decal 可以根据元器件的 Datasheet（数据手册）画出来。本项目主要讲解如何建立 PCB Decal。

PCB Decal 为元器件焊接到电路板时所表示的外观和焊点的位置。与 Logic 符号不同的是，PCB Decal 要求尺寸必须准确，其为元器件在电路板中装配的真实体现，创建时需要注意根据 IPC 标准和实际生产需要进行适当的优化。

4.1.2 创建 PCB 封装

在动手绘制 PCB 文件前，我们首先要选创建合适的 PCB 封装。

1. 使用向导工具创建封装实例

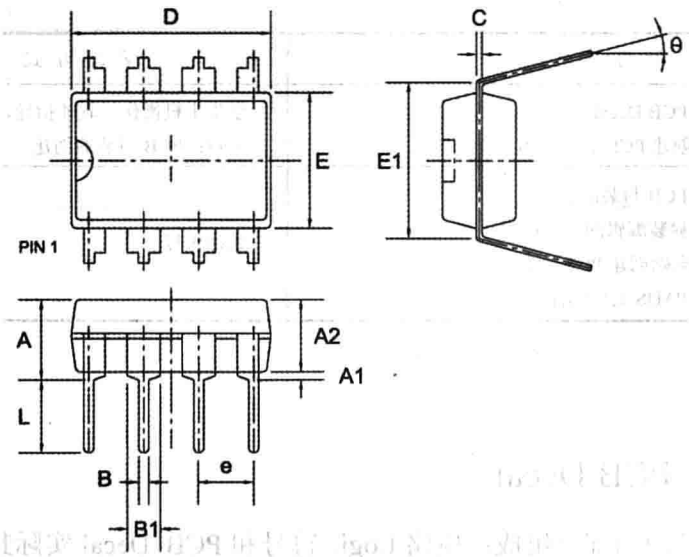
PADS Layout 自带的元件封装向导可以很方便地建立封装。执行菜单命令【工具】→【PCB 封装编辑器】，进入 PCB 封装编辑器，它提供了“双列”、“四分之一圆周”、“极坐标”、“BGA/PGA”4 种标准封装形式向导。在 PCB 封装编辑器中单击绘图工具栏的图标，如图 4-1 所示，弹出“Decal Wizard”对话框。

图 4-1 封装向导工具图标

2. DIP IC 封装的创建

在“Decal Wizard”对话框，我们进行 DIP IC 封装的向导创建工作。这里以建立 DIP-8 封装为例。DIP-8 封装尺寸如图 4-2 所示。“Decal Wizard”对话框的“双列”标签页，按图 4-3 所示进行设置。

DIP-8 DIMENSION (FIG. NO. DIM-DIP8-0103-B)



Symbol	Dimensions In Millmeters			Dimensions In Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	—	—	4.31	—	—	0.170
A1	0.38	—	—	0.015	—	—
A2	3.15	3.40	3.65	0.124	0.134	0.144
B	0.38	0.46	0.51	0.015	0.018	0.020
B1	1.27	1.52	1.77	0.050	0.060	0.070
C	0.20	0.25	0.30	0.008	0.010	0.012
D	8.95	9.20	9.45	0.352	0.362	0.372
E	6.15	6.40	6.65	0.242	0.252	0.262
E1	—	7.62	—	—	0.300	—
e	—	2.54	—	—	0.100	—
L	3.00	3.30	3.60	0.118	0.130	0.142
θ	0°	—	15°	0°	—	15°

图 4-2 DIP-8 封装尺寸

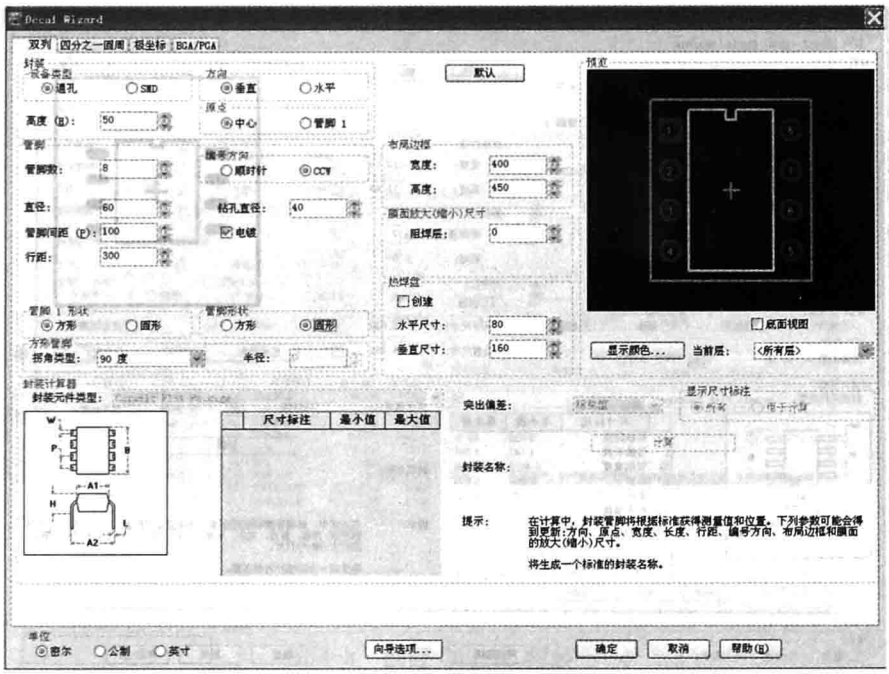


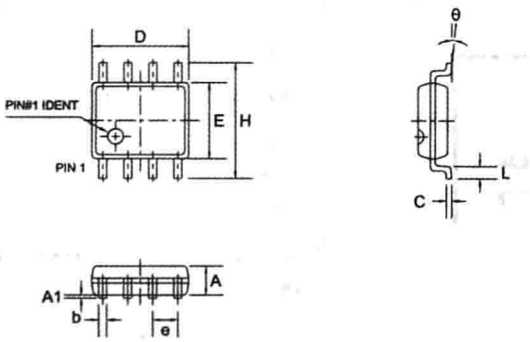
图 4-3 “Decal Wizard”对话框

在“Decal Wizard”对话框中，在左下角可以进行设计单位的切换。各项参数可以根据对话框中的中文注释输入或调整。

3. SOP IC 封装的创建

以建立 SOP-8 封装为例，SOP-8 封装尺寸如图 4-4 所示。在“Decal Wizard”对话框中的“双列”标签页按图 4-5 所示进行设置。其中设备类型需改成“SMD”。

SOP-8 DIMENSION (FIG. NO. DIM-SOP8-0103-B)



Symbol	Dimensions In Millimeters			Dimensions In Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.30	1.50	1.70	0.051	0.059	0.067
A1	0.06	0.16	0.26	0.002	0.006	0.010
b	0.30	0.40	0.55	0.012	0.016	0.022
C	0.15	0.25	0.35	0.006	0.010	0.014
D	4.72	4.92	5.12	0.186	0.194	0.202
E	3.75	3.95	4.15	0.148	0.156	0.163
e	—	1.27	—	—	0.050	—
H	5.70	6.00	6.30	0.224	0.236	0.248
L	0.45	0.65	0.85	0.018	0.026	0.033
θ	0°	—	8°	0°	—	8°

图 4-4　SOP-8 封装尺寸

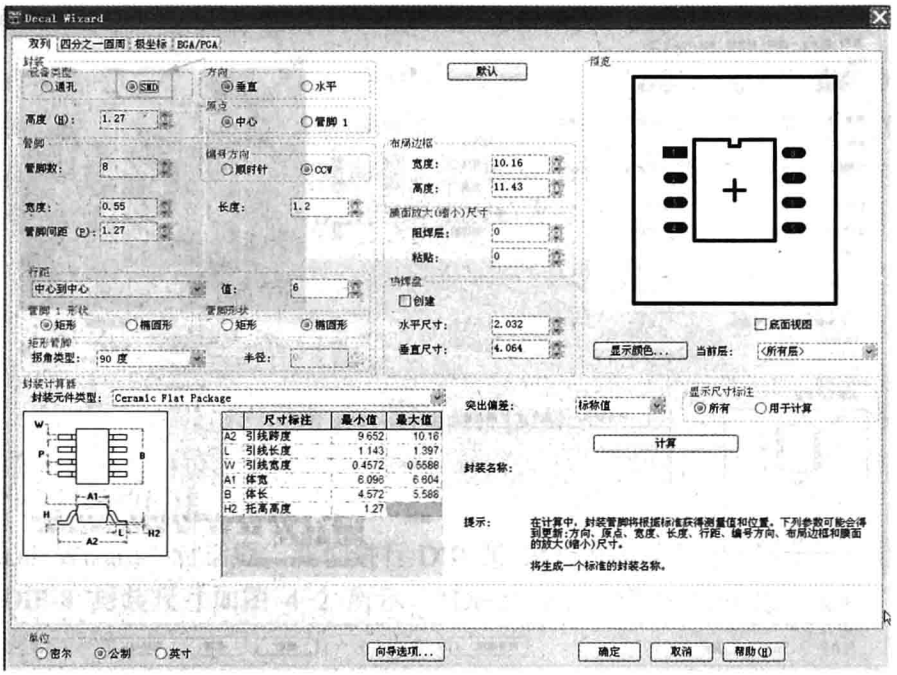


图 4-5 “双列”标签页设置

在“预览”窗口中可以看到按照图 4-5 所示参数建立的封装。其中最外面还有一圈“布局边框”，如图 4-6 所示。如果用户想删除“布局边框”，可以在图 4-5 中单击【向导选项...】按钮，在弹出的“封装向导选项”对话框中，取消勾选“布局边框”的“创建”选项，如图 4-7 所示。

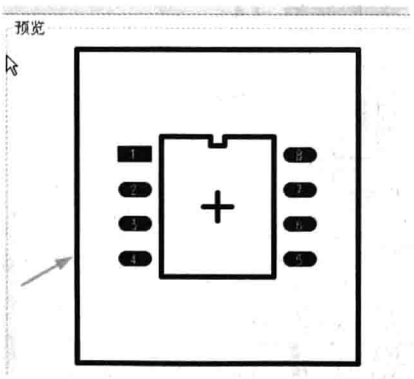


图 4-6 预览窗口

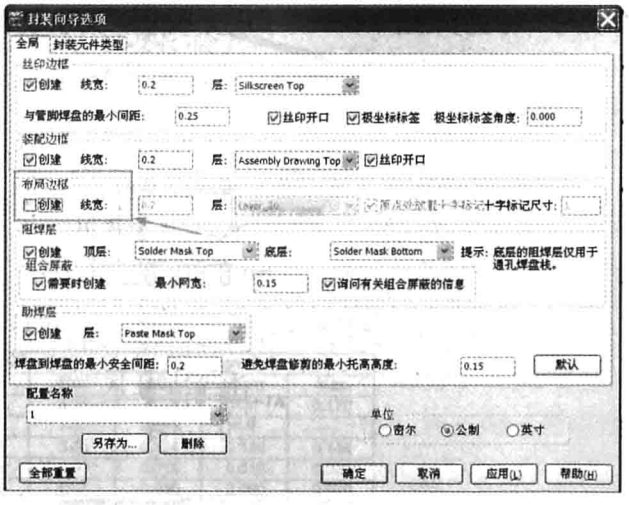


图 4-7 “布局边框”设置

4. QFP IC 封装的创建

在“Decal Wizard”对话框中的“四分之一圆周”标签页下可以建立 QFP 和 DFN 封装。按照图 4-8 所示进行设置。

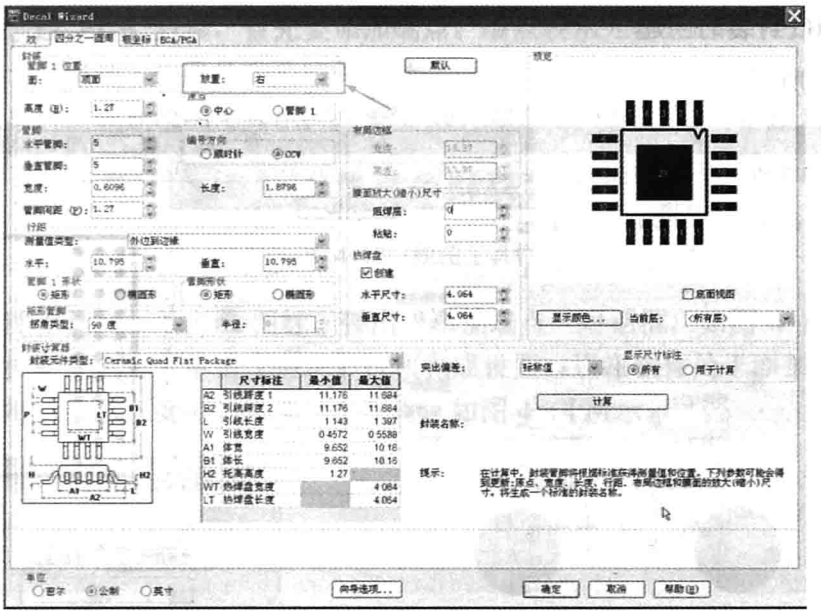
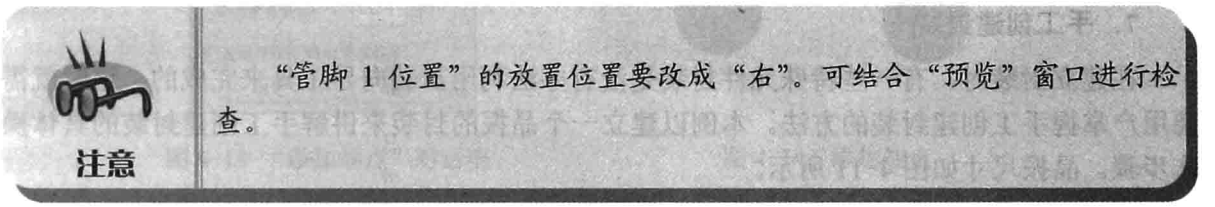


图 4-8　创建 QFP IC 封装



“管脚 1 位置”的放置位置要改成“右”。可结合“预览”窗口进行检查。

5. 极坐标封装的创建

按照图 4-9 所示进行设置即可。

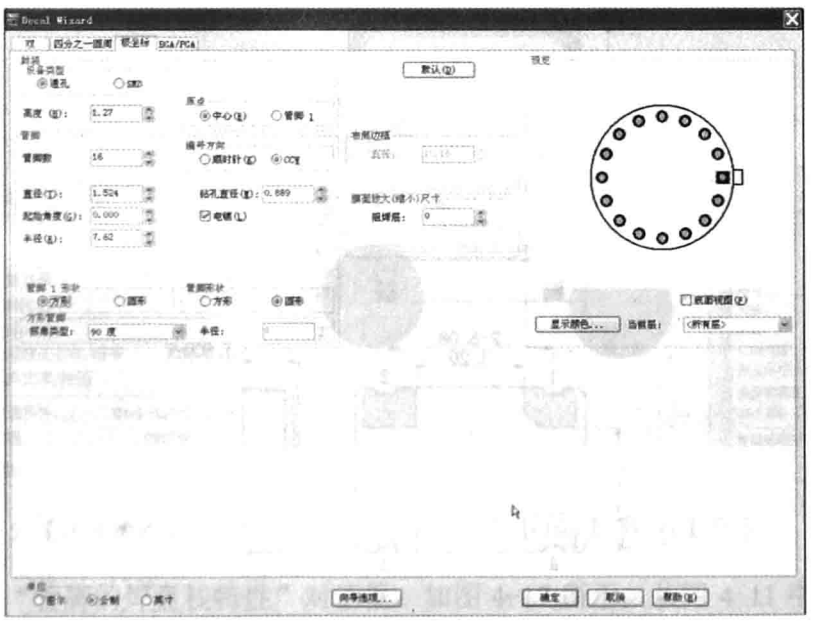


图 4-9　创边极坐标封装

6. BGA IC 封装的创建

如图 4-10 所示。

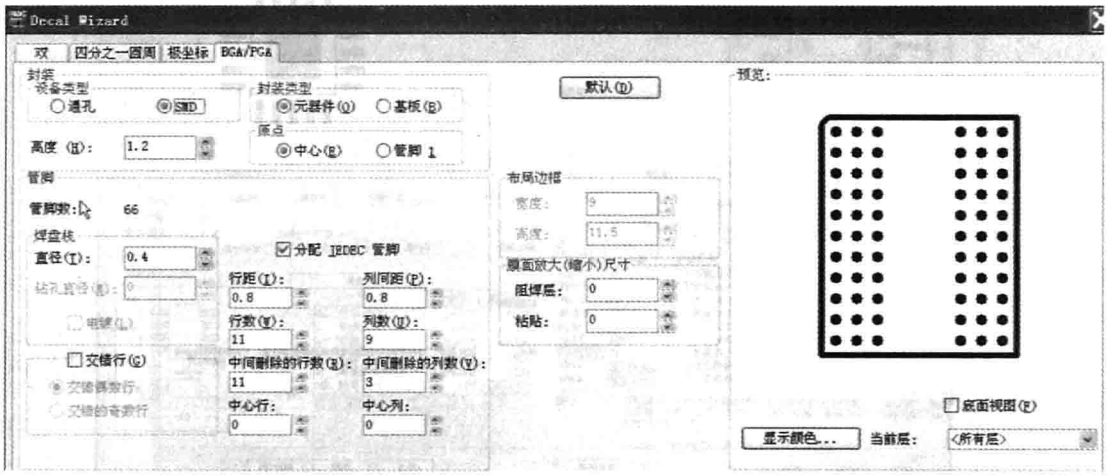


图 4-10　创建 BGA IC 封装

7. 手工创建封装

在建立封装时，有一些特殊元件封装是没有办法利用封装向导工具来完成的。这时就需要用户掌握手工创建封装的方法。本例以建立一个晶振的封装来讲解手工创建封装的具体操作步骤。晶振尺寸如图 4-11 所示。

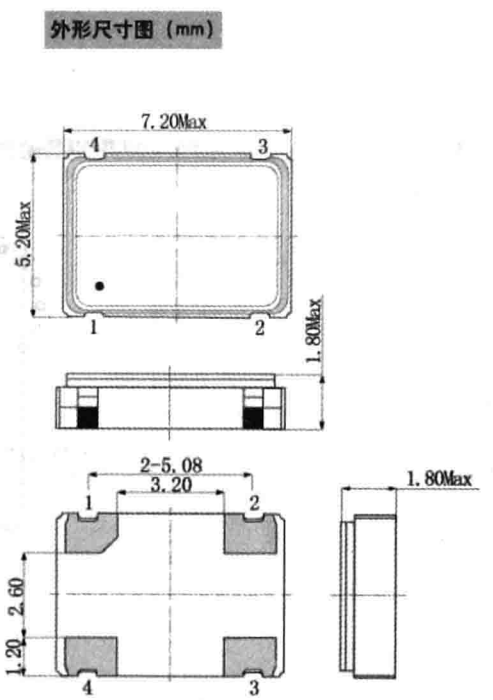


图 4-11　晶振尺寸

第一步，创建 PCB 封装，首先要添加端点。端点表示元器件的各个引脚，每个端点加到封装后都有一个编号，也就是封装的引脚号。

（1）在工具栏中选择绘图工具栏图标，弹出绘图工具栏，如图 4-12 所示。

图 4-12　绘图工具栏

（2）在绘图工具栏中单击图标，弹出“添加端点”对话框，如图 4-13 所示。设置引脚编号后（可按默认设置）单击【确定】按钮完成设置。现在软件处于添加端点的状态，鼠标在工作区中每单击一下就可以添加一个端点，如图 4-14 所示。

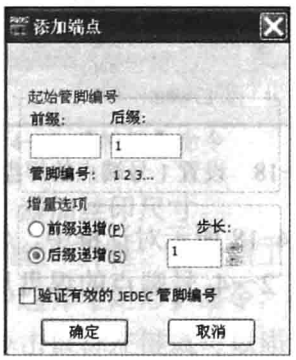


图 4-13 “添加端点”对话框

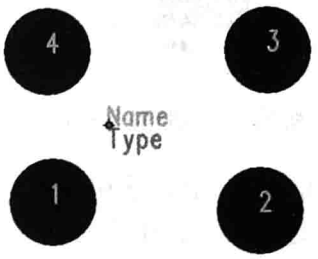


图 4-14　添加端点

第二步，修改焊盘尺寸。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的对话框中选择【选择端点】命令，如图 4-15 所示。然后选中 4 个端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【焊盘栈】命令，如图 4-16 所示。

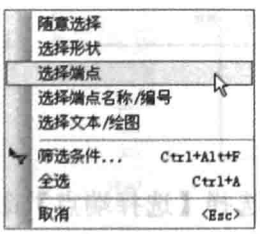


图 4-15 【选择端点】命令

图 4-16 【焊盘栈】命令

（2）进入“管脚的焊盘栈特性”对话框，如图 4-17 所示。从图 4-11 中可以估算出焊盘的尺寸为 1.2mm×2mm。在对话框中，设置 1 号端点的焊盘尺寸，如图 4-18 所示。

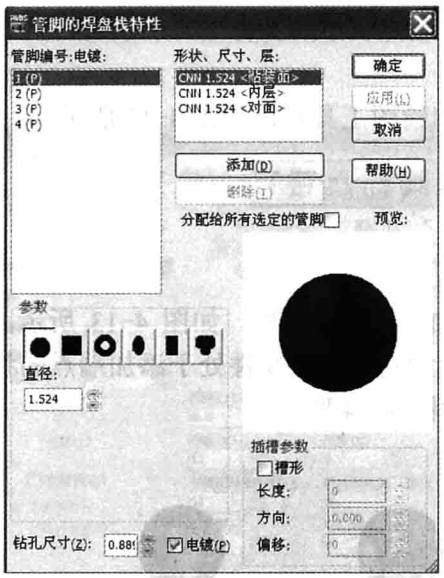


图 4-17 “管脚的焊盘栈特性”对话框

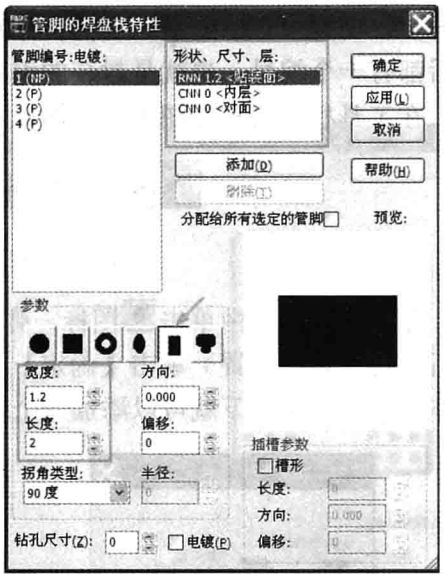


图 4-18 设置 1 号端点的焊盘尺寸

由于 2～4 号端点的焊盘尺寸和 1 号端点一致。在图 4-18 所示对话框中，勾选“分配给所有选定的管脚”选项后，再单击【应用】按钮。这时，2～4 号端点的焊盘尺寸也修改完毕，如图 4-19 所示。

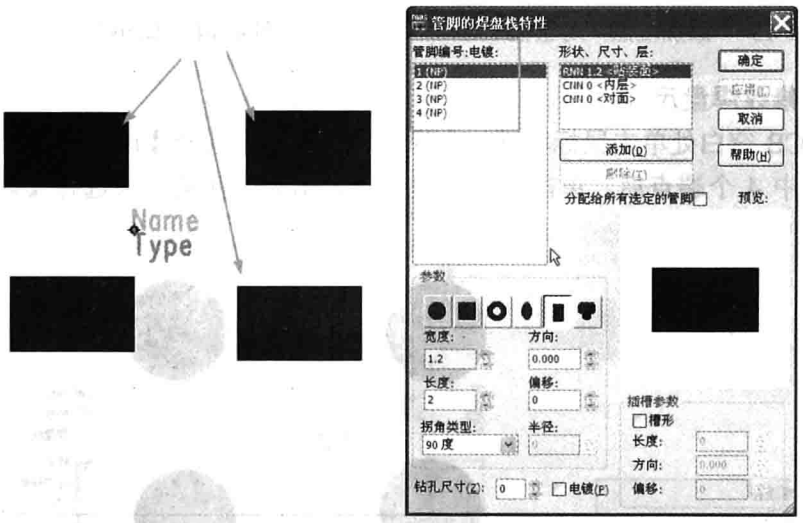


图 4-19 完成焊盘尺寸修改

第三步，修改焊盘位置。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择端点】命令，选中 1 号端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，如图 4-20 所示。在弹出的“端点特性”对话框中，输入 1 号端点的 X 轴和 Y 轴的新坐标值，如图 4-21 所示。

（2）同理，修改 2～4 号端点的 X 轴和 Y 轴的坐标。完成后如图 4-22 所示。

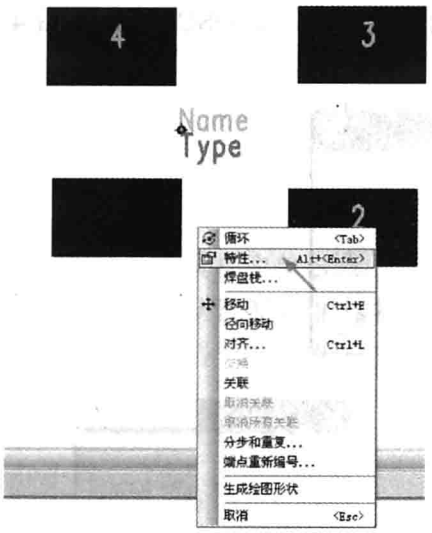


图 4-20 【特性】命令

图 4-21 “端点特性”对话框

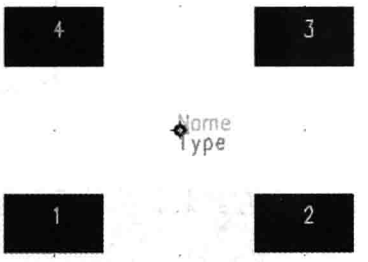


图 4-22　修改端点坐标

第四步，添加丝印尺寸。

（1）添加丝印外框。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【矩形】命令，如图 4-23 所示。现在软件处于添加矩形 2D 线的状态，在工作区中单击鼠标左键就可以添加矩形 2D 线的一个起点，再移动鼠标可以确认矩形 2D 线的结束点，如图 4-24 所示。同理，可以选中 2D 线四个边框并设置新的 X 和 Y 坐标。

（2）添加一脚标志。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【圆形】命令，在 1 号端点的旁边绘制一个圆形的一脚标志，完成后如图 4-25 所示。

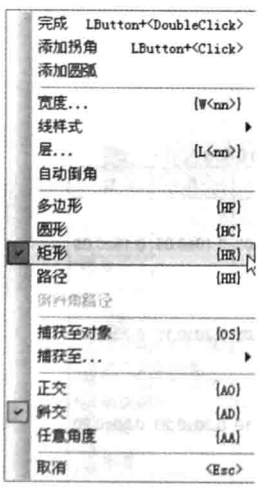


图 4-23 【矩形】命令

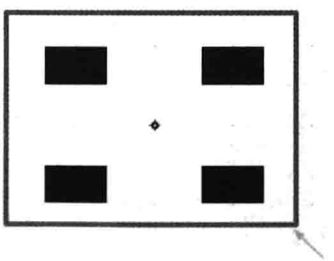


图 4-24　添加矩形 2D 线

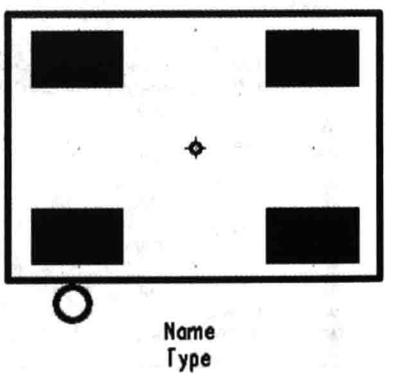


图 4-25　添加一脚标志

第五步，保存封装。

（1）执行菜单命令【文件】→【保存封装】，或者在 PADS Layout 的工具栏中单击图标，弹出“将 PCB 封装保存到库中”对话框，在“库”下拉列表中选择我们要保存的元

件库路径。在“PCB 封装名称”文本框中填入要保存的封装名称，如 OSC5X7，如图 4-26 所示。

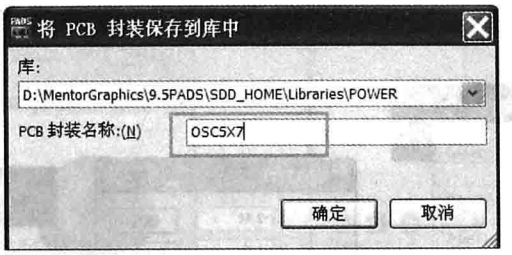


图 4-26　保存封装

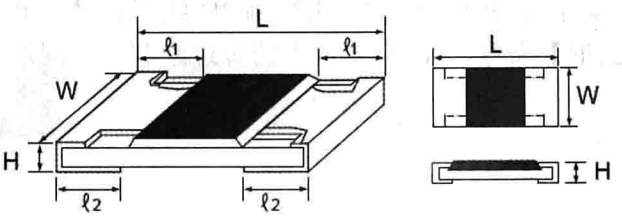
（2）保存封装。单击【确定】按钮即可保存封装。

4.2　基本技能

4.2.1　一般 PCB 封装的创建

1．电阻封装的创建

本例以项目二中的电阻封装来讲解手工创建封装的具体操作步骤。电阻尺寸如图 4-27 所示。



Type	Power Rating at 70°C	Max Working Voltage	Max Overload Voltage	Dielectric Withstanding Voltage	Tolerance %	Resistance Range	Dimension (mm) L	W	H	ℓ1	ℓ2
0201 (0603)	1/20W	0.5A	1A	-	Jumper	<50mΩ	0.60±0.03	0.30±0.03	0.23±0.03	0.10±0.05	0.15±0.05
		25V	50V	-	±1% ±2% ±5%	10Ω ~ 1MΩ 10Ω ~ 1MΩ 1Ω ~ 1MΩ					
0402 (1005)	1/16W	1A	2A		Jumper	<50mΩ	1.00±0.10	0.50±0.05	0.35±0.05	0.20±0.10	0.25±0.10
		50V	100V	100V	±1% ±2% ±5%	10Ω ~ 1MΩ 1Ω ~ 10MΩ 1Ω ~ 10MΩ					
0603 (1608)	1/10W-S 1/16W	1A	2A		Jumper	<50mΩ	1.60±0.10	$0.80^{+0.15}_{-0.10}$	0.45±0.10	0.30±0.20	0.30±0.20
		50V	100V	300V	±1% ±2% ±5%	10Ω ~ 1MΩ 1Ω ~ 10MΩ 1Ω ~ 10MΩ					
(0805) (2012)	1/8W-S 1/10W	2A	4A		Jumper	<50mΩ	2.00±0.15	$1.25^{+0.15}_{-0.10}$	0.55±0.10	0.40±0.20	0.40±0.20
		150V	300V	500V	±1% ±2% ±5%	10Ω ~ 1MΩ 1Ω ~ 10MΩ 1Ω ~ 10MΩ					

图 4-27　电阻尺寸

第一步，创建 PCB 封装，首先要添加端点。端点表示元件的各个引脚，每个端点加到

封装后都有一个编号，也就是封装的引脚号。

（1）在工具栏中选择绘图工具栏图标，弹出绘图工具栏，如图 4-28 所示。

图 4-28　绘图工具栏

（2）在绘图工具栏中单击图标，弹出“添加端点”对话框，如图 4-29 所示。设置引脚编号后（可按默认设置）单击【确定】按钮完成设置。现在软件处于添加端点的状态，鼠标在工作区中每单击一下就可以添加一个端点，如图 4-30 所示。

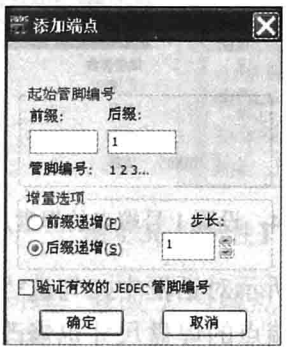


图 4-29 “添加端点”对话框

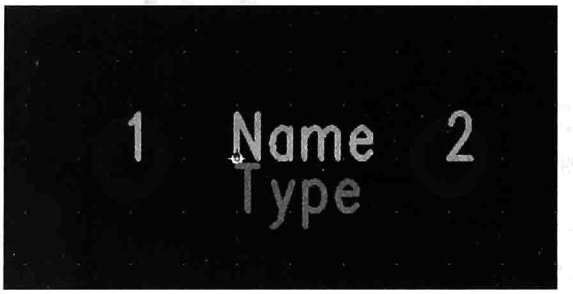


图 4-30　添加端点

第二步，修改焊盘尺寸。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的对话框中选择【选择端点】命令，如图 4-31 所示。然后选中 2 个端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【焊盘栈】命令，如图 4-32 所示。

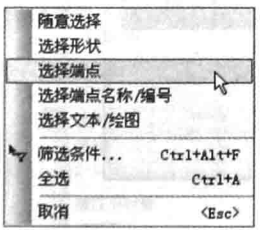


图 4-31 【选择端点】命令

图 4-32 【焊盘栈】命令

（2）进入“管脚的焊盘栈特性”对话框，如图 4-33 所示。从图 4-27 中可以估算出焊盘的尺寸为 0.6mm×1.4mm（0805 封装）。在对话框中，设置 1 号端点的焊盘尺寸，如图 4-34 所示。

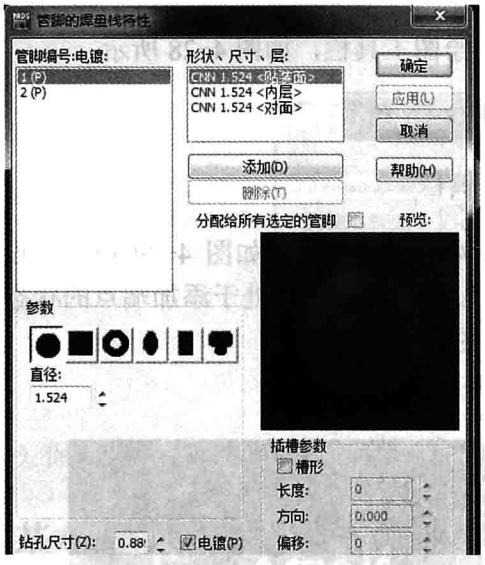


图 4-33 “管脚的焊盘栈特性”对话框

图 4-34 设置 1 号端点的焊盘尺寸

由于 2 号端点的焊盘尺寸和 1 号端点一致。在图 4-34 所示对话框中，勾选“分配给所有选定的管脚”选项后，再单击【应用】按钮。这时，2 号端点的焊盘尺寸也修改完毕，如图 4-35 所示。

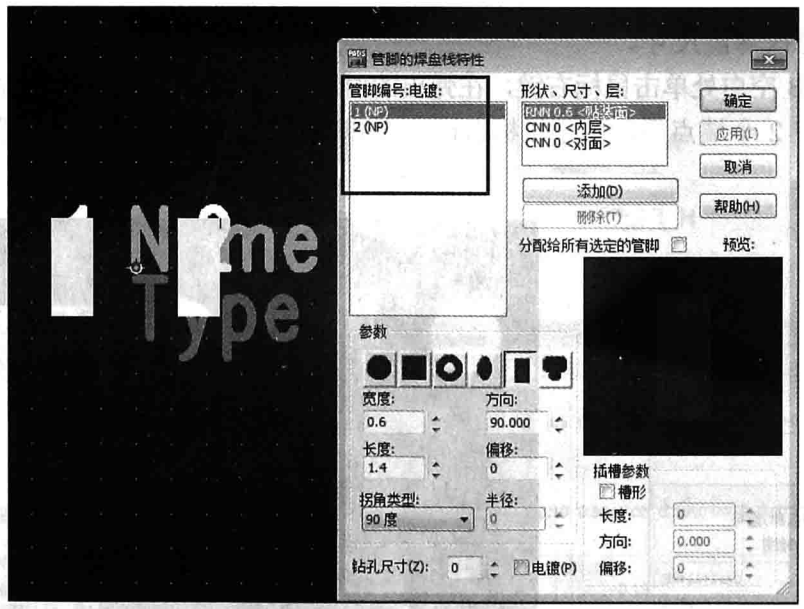


图 4-35 完成焊盘尺寸修改

第三步，修改焊盘位置。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择端点】命令，选中 1 号端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，如图 4-36 所示。在弹出的“端点特性”对话框中，输入 1 号端点的 X 轴和 Y 轴的新坐标值，如图 4-37 所示。

图 4-36 【特性】命令

图 4-37 “端点特性”对话框

（2）同理，修改 2 号端点的 X 轴和 Y 轴的坐标。完成后如图 4-38 所示。

图 4-38　修改端点坐标

第四步，添加丝印尺寸。

（1）添加丝印外框。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【矩形】命令，如图 4-39 所示。现在软件处于添加矩形 2D 线的状态，在工作区中单击鼠标左键就可以添加矩形 2D 线的一个起点，再移动鼠标可以确认矩形 2D 线的结束点，如图 4-40 所示。同理，可以选中 2D 线四个边框并设置新的 X 和 Y 坐标。

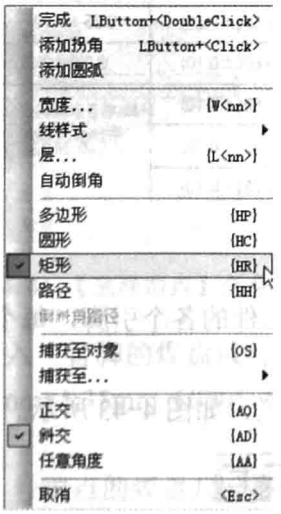


图 4-39 【矩形】命令

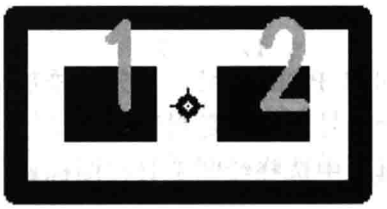


图 4-40　添加矩形 2D 线

第五步，保存封装。

（1）执行菜单命令【文件】→【保存封装】，或者在 PADS Layout 的工具栏中单击图标，弹出“将 PCB 封装保存到库中”对话框，在“库”下拉列表中选择我们要保存的元件库路径。在“PCB 封装名称”文本框中填入要保存的封装名称，如 R0805，如图 4-41 所示。

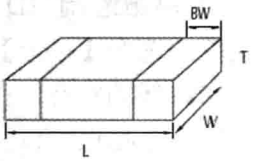
图 4-41　保存封装

（2）保存封装。单击【确定】按钮即可完成封装的保存。

2．电容封装的创建

本例以项目二中的电容封装来讲解手工创建封装的具体操作步骤。电容尺寸如图 4-42 所示。

外形尺寸图（mm）



Code	EIA Code	Dimension(mm)			
		L	W	T	BW
05	0402	1.00±0.05	0.50±0.05	0.50(±0.05)	0.25±0.10
10	0603	1.60±0.10	0.80±0.10	0.80(±0.10)	0.3±0.2
21	0805	2.00±0.10	1.25±0.10	0.60(±0.10)	0.5+0.2/-0.3
				0.85(±0.10)	
				1.25(±0.10)	

图 4-42　电容尺寸

第一步，创建 PCB 封装，首先要添加端点。端点表示元件的各个引脚，每个端点加到封装后都有一个编号，也就是封装的引脚号。

（1）在工具栏中选择绘图工具栏图标，弹出绘图工具栏，如图 4-43 所示。

图 4-43　绘图工具栏

（2）在绘图工具栏中单击图标，弹出“添加端点”对话框，如图 4-44 所示。设置引脚编号后（可按默认设置）单击【确定】按钮完成设置。现在软件处于添加端点的状态，鼠标在工作区中每单击一下就可以添加一个端点，如图 4-45 所示。

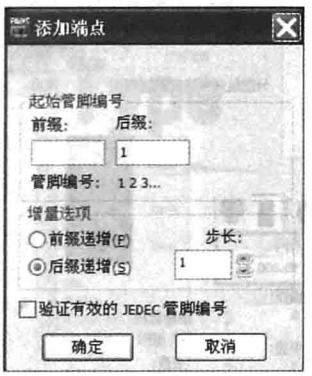


图 4-44 “添加端点”对话框

图 4-45　添加端点

第二步，修改焊盘尺寸。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的对话框中选择【选择端点】命令，如图 4-46 所示。然后选中 2 个端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【焊盘栈】命令，如图 4-47 所示。

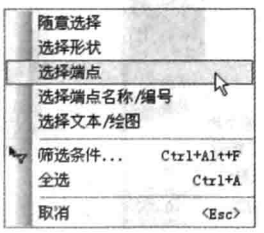


图 4-46 【选择端点】命令

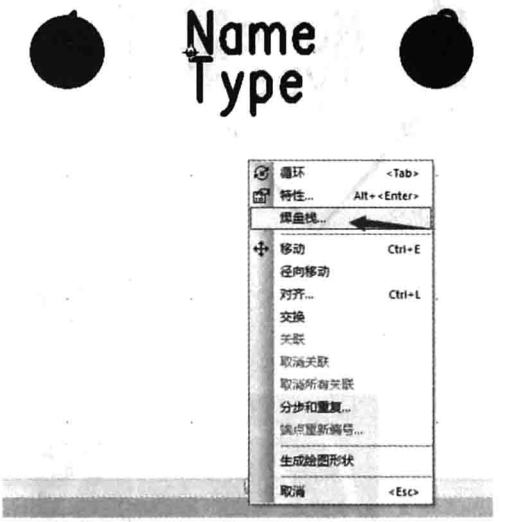


图 4-47 【焊盘栈】命令

（2）进入“管脚的焊盘栈特性”界面，如图 4-48 所示。从图 4-42 中可以估算出焊盘的尺寸为 0.7mm×1.35mm（0805 封装）。在对话框中，设置 1 号端点的焊盘尺寸，如图 4-49 所示。

由于 2 号端点的焊盘尺寸和 1 号端点一致。在图 4-49 所示对话框中，勾选“分配给所有选定的管脚”选项后，再单击【应用】按钮。这时，2 号端点的焊盘尺寸也修改完毕，如图 4-50 所示。

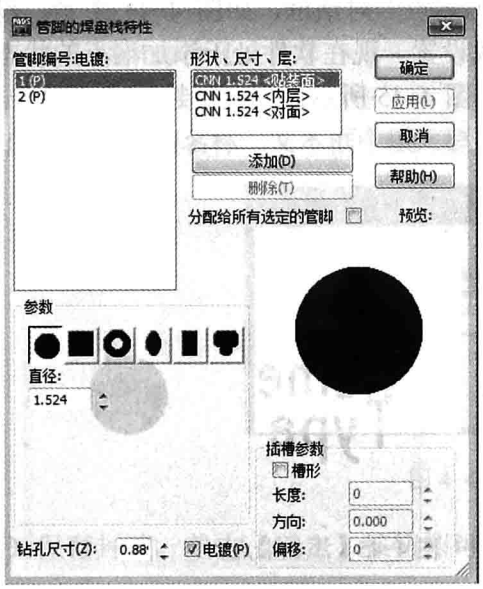


图 4-48 “管脚的焊盘栈特性”对话框

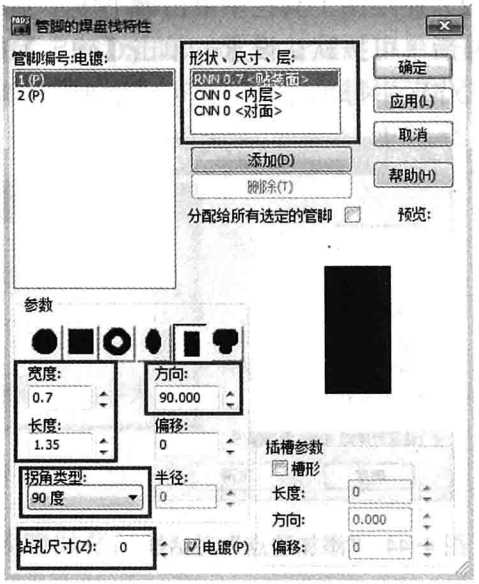


图 4-49 设置 1 号端点的焊盘尺寸

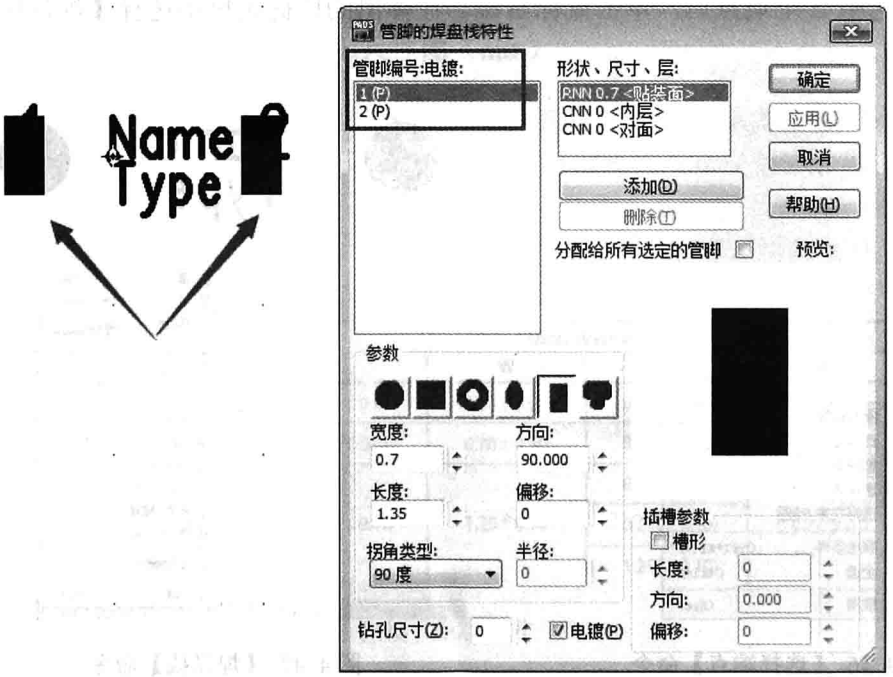


图 4-50 完成焊盘尺寸修改

第三步，修改焊盘位置。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择端点】命令，选中 1 号端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，如图 4-51 所示。在弹出的“端点特性”对话框中，输入 1 号端点的 X 轴和 Y 轴的新坐标值，如图 4-52 所示。

（2）同理，修改 2 号端点的 X 轴和 Y 轴的坐标。完成后如图 4-53 所示。

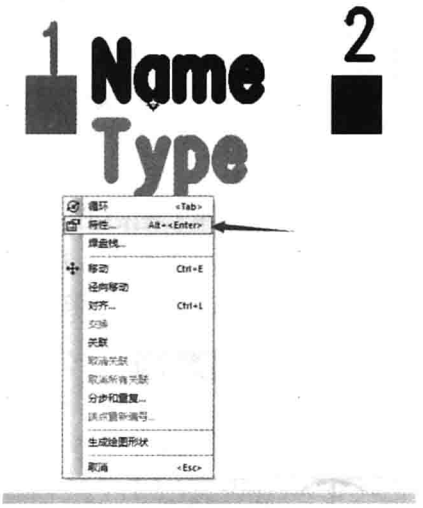


图 4-51 【特性】命令

图 4-52 “端点特性”对话框

图 4-53　修改端点坐标

第四步，添加丝印尺寸。

（1）添加丝印外框。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【路径】命令，如图 4-54 所示。现在软件处于添加路径 2D 线的状态，在工作区中单击鼠标左键就可以添加路径 2D 线的一个起点，再移动鼠标可以确认路径 2D 线的结束点，如图 4-55 所示。同理，可以选中 2D 线的边框并设置新的 X 和 Y 坐标。

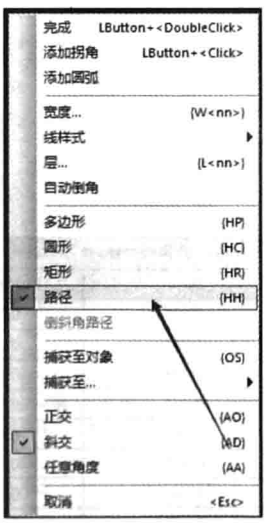


图 4-54 【路径】命令

图 4-55　添加 2D 线

第五步，保存封装。

（1）执行菜单命令【文件】→【保存封装】，或者在 PADS Layout 的工具栏中单击图标，弹出“将 PCB 封装保存到库中”对话框，在“库”下拉列表中选择我们要保存的元件库

路径。在“PCB 封装名称”文本框中填入要保存的封装名称，如 C0805，如图 4-56 所示。

（2）保存封装。单击【确定】按钮即可完成封装的保存。

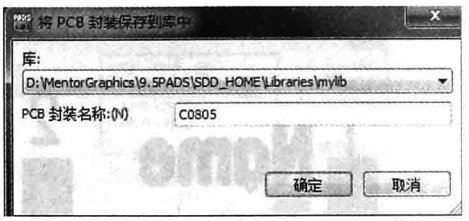


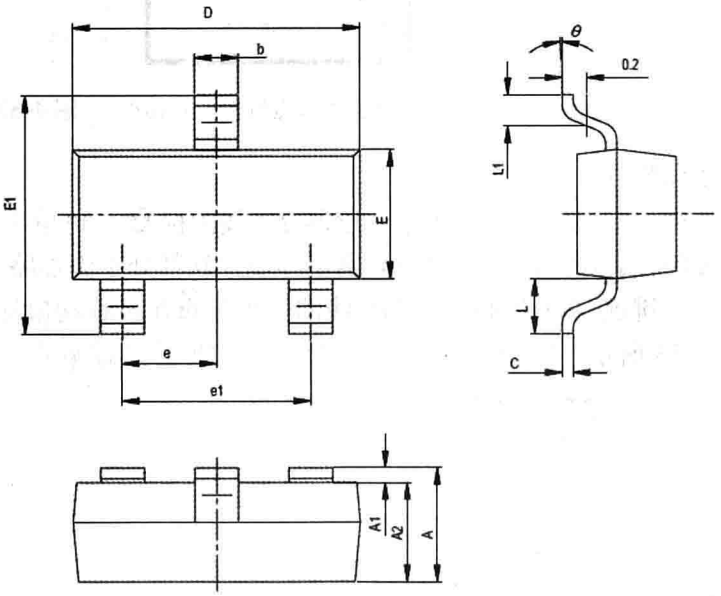
图 4-56　保存封装

3．三极管封装的创建

本例以三极管封装来讲解手工创建封装的具体操作步骤。三极管尺寸如图 4-57 所示。

外形尺寸图（mm）

SOT-23 PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.900	1.100	0.035	0.043
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	0.900	1.000	0.035	0.039
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.080	0.150	0.003	0.006
D	2.800	3.000	0.110	0.118
E	1.200	1.400	0.047	0.055
E1	2.250	2.550	0.089	0.100
e	0.950TPY		0.037TPY	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.550REF		0.022REF	
L1	0.300	0.500	0.012	0.020
θ	0°	8°	0°	8°

图 4-57　三极管尺寸

第一步，创建 PCB 封装，首先要添加端点。端点表示元件的各个引脚，每个端点加到封装后都有一个编号，也就是封装的引脚号。

（1）在工具栏中选择绘图工具栏图标，弹出绘图工具栏，如图 4-58 所示。

图 4-58　绘图工具栏

（2）在绘图工具栏中单击图标，弹出“添加端点”对话框，如图 4-59 所示。设置引脚编号后（可按默认设置）单击【确定】按钮完成设置。现在软件处于添加端点的状态，鼠标在工作区中每单击一下就可以添加一个端点，如图 4-60 所示。

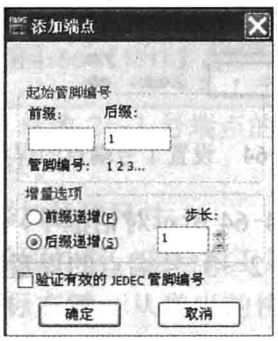


图 4-59 “添加端点”对话框

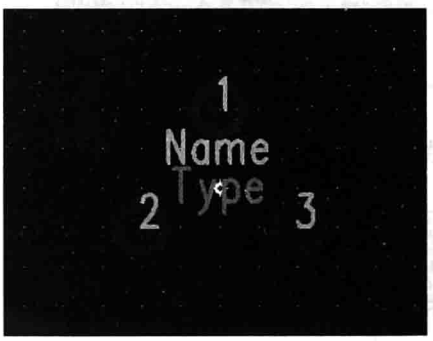


图 4-60　添加端点

第二步，修改焊盘尺寸。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的对话框中选择【选择端点】命令，如图 4-61 所示。然后选中 3 个端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【焊盘栈】命令，如图 4-62 所示。

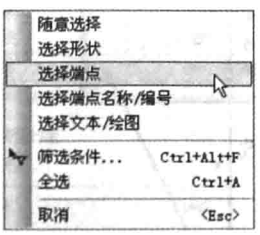


图 4-61 【选择端点】命令

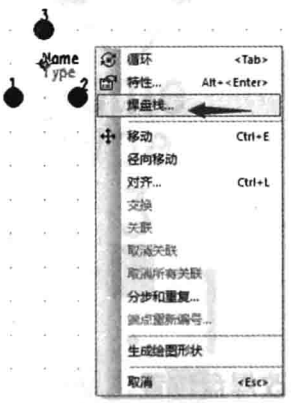


图 4-62 【焊盘栈】命令

（2）进入“管脚的焊盘栈特性”界面，如图 4-63 所示。从图 4-57 中可以估算出焊盘的尺寸为 0.8mmx1mm【宽 b 为 0.3mm+0.5mm(焊盘补偿)，长为(E1 2.55mm － E 1.4mm)÷2 + 0.5mm(焊盘补偿)=1.075mm，取其整数为 1mm】。在对话框中，设置 1 号端点的焊盘尺寸，

如图 4-64 所示。

图 4-63 “管脚的焊盘栈特性”对话框

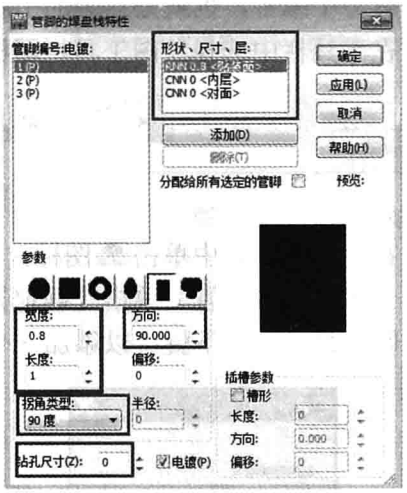


图 4-64 设置 1 号端点的焊盘尺寸

由于 2～3 号端点的焊盘尺寸和 1 号端点一致。在图 4-64 所示对话框中，勾选“分配给所有选定的管脚”选项后，再单击【应用】按钮。这时，2～3 号端点的焊盘尺寸也修改完毕，如图 4-65 所示。

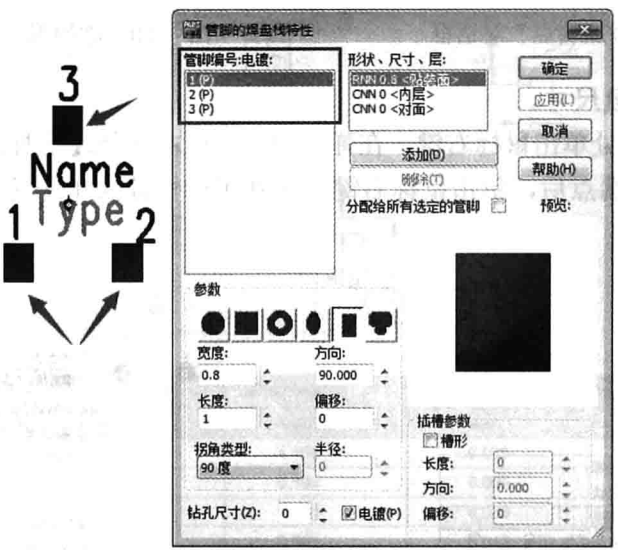


图 4-65 完成焊盘尺寸修改

第三步，修改焊盘位置。

（1）在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择端点】命令，选中 1 号端点后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，如图 4-66 所示。在弹出的“端点特性”对话框中，输入 1 号端点的 X 轴和 Y 轴的新坐标值，X 轴坐标值为 e，即 0.95mm，Y 轴坐标值为 E÷2+焊盘长度的一半，即为 0.7mm+0.5mm=1.2mm，如图 4-67 所示。

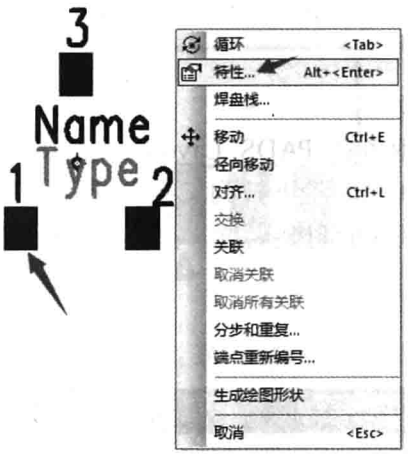


图 4-66 【特性】命令

图 4-67 “端点特性”对话框

（2）同理，修改 2～3 号端点的 X 轴和 Y 轴的坐标。完成后如图 4-68 所示。

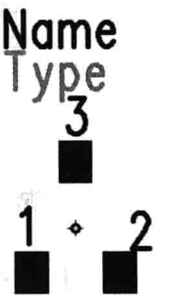


图 4-68　修改端点坐标

第四步，添加丝印尺寸。

（1）添加丝印外框。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【路径】命令，如图 4-69 所示。现在软件处于添加路径 2D 线的状态，在工作区中单击鼠标左键就可以添加路径 2D 线的一个起点，再移动鼠标可以确认路径 2D 线的结束点，如图 4-70 所示。同理，可以选中 2D 线的边框并设置新的 X 和 Y 坐标。

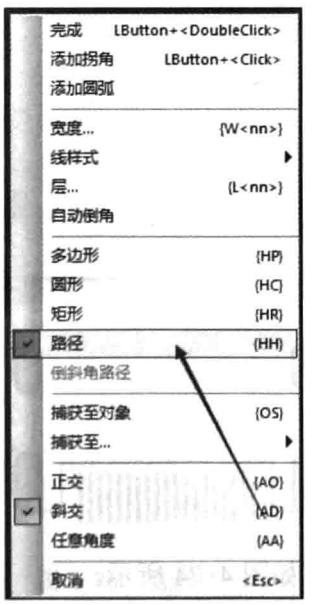


图 4-69 【路径】命令

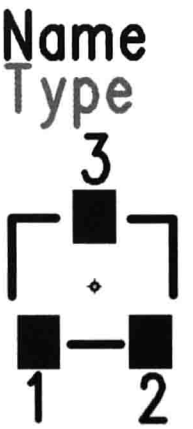


图 4-70　添加 2D 线

（2）添加一脚标志。在绘图工具栏中单击绘制 2D 线图标。再单击鼠标右键，从弹出

的快捷菜单中选择【圆形】命令，在 1 号端点的旁边绘制一个圆形的一脚标志，完成后如图 4-71 所示。

第五步，保存封装。

（1）执行菜单命令【文件】→【保存封装】，或者在 PADS Layout 的工具栏中单击图标，弹出“将 PCB 封装保存到库中”对话框，在“库”下拉列表中选择我们要保存的元件库路径。在“PCB 封装名称”文本框中填入要保存的封装名称，如 SOT_23，如图 4-72 所示。

图 4-71　添加一脚标志

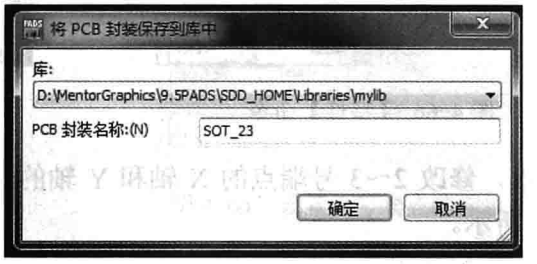


图 4-72　保存封装

（2）保存封装。单击【确定】按钮即可完成封装的保存。

4.2.2　PCB 封装的编辑

1. 异形封装的创建

根据设计的需要，偶尔会用到一些异形焊盘，如图 4-73 所示。

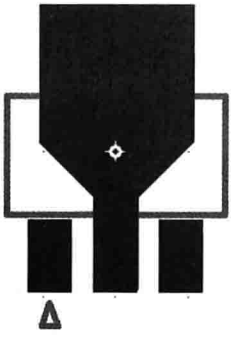


图 4-73　异性焊盘

第一步，根据前面所述的方法建立焊盘和丝印尺寸，如图 4-74 所示。

第二步，单击图标，进入绘制铜箔模式，并右键单击鼠标选择“多边形”，单击鼠标左键确定多边形铜箔的第一个起点，在需要拐角的地方单击左键确认，直至绘制出我们需要的铜箔外形，如图 4-75 所示。

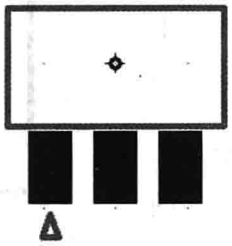


图 4-74　建立焊盘和丝印尺寸

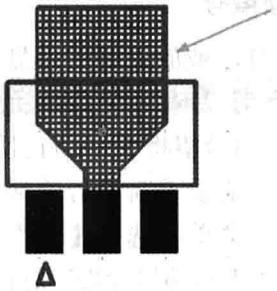


图 4-75　绘制铜箔

第三步，选中焊盘并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【关联】命令，再单击刚刚绘制的铜箔外形，这时焊盘和铜箔外形都处于高亮状态，代表关联成功，表示它们已经组合成为一个异形焊盘了。

2．槽形钻孔焊盘的创建

这里以 HDMI 插座的封装为例，介绍如何建立一个槽形钻孔的焊盘。槽形钻孔焊盘如图 4-76 所示。

第一步，在 PCB 封装编辑器中，选中 4 个定位孔的端点并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，弹出“管脚的焊盘栈特性”对话框，在“参数”栏中选择焊盘外形为椭圆形，并设置宽度和长度分别为 1.5 和 2.7（需注意在“形状、尺寸、层”栏中也同理设置内层和对面层的参数）。在“插槽参数”栏中勾选“槽形”选项，并在“长度”和“方向”文本框中输入槽形钻孔的尺寸，如图 4-77 所示。

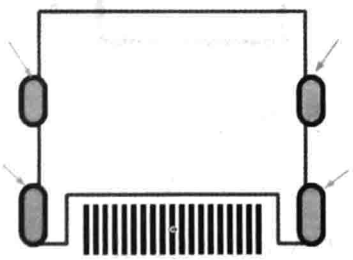


图 4-76　槽形钻孔焊盘

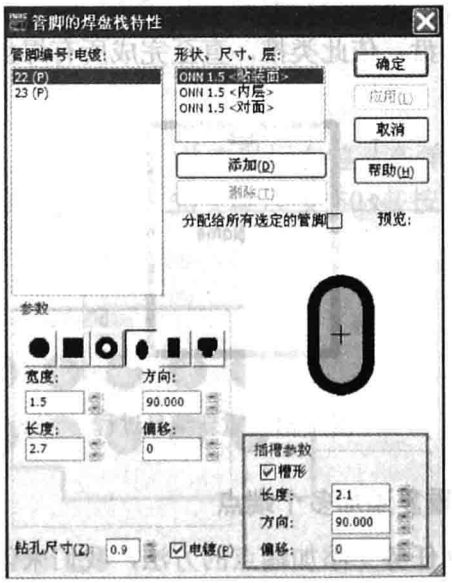


图 4-77　焊盘参数设置

第二步，在“管脚的焊盘栈特性”对话框中勾选“分配给所有选定的管脚”选项后，单击【应用】按钮，即可将第一个焊盘的特性参数应用到其余焊盘中。

3. 引脚重新编号

在放置焊盘时，被放置好的焊盘序号往往都是按顺序排下去的，但用户有时希望更改某些元器件端点的引脚号。如图 4-78 所示，我们希望将 5～8 的引脚序号进行调换。

图 4-78　原始引脚编号

第一步，选中需要重新编号的端点焊盘 8，再单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【端点重新编号】命令，如图 4-79 所示，弹出“重新编号管脚”对话框，如图 4-80 所示。

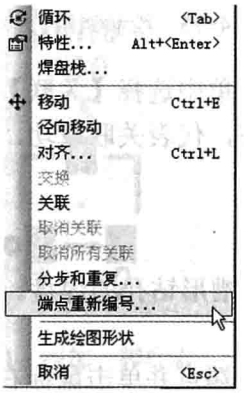


图 4-79 【端点重新编号】命令

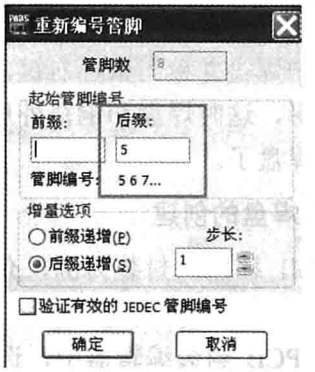


图 4-80 “重新编号管脚”对话框

第二步，在“后缀”文本框中输入重新编号的起始序号，例如输入序号 5，单击【确定】按钮，这时被选中的焊盘将被改成了新的序号，同时光标上出现一段提示文字：“正在重新编号，下一个新编号 6”，如图 4-81 所示。需要将这个序号分配给哪个焊盘就用鼠标单击哪个焊盘，依此类推，直至完成所有焊盘序号的重编号，如图 4-82 所示。

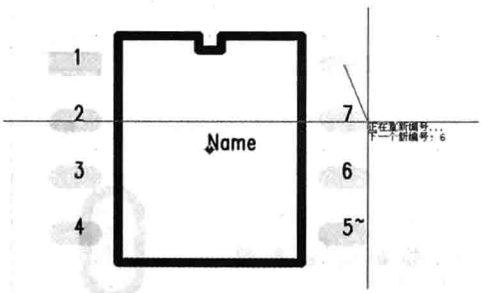


图 4-81　重新编号过程

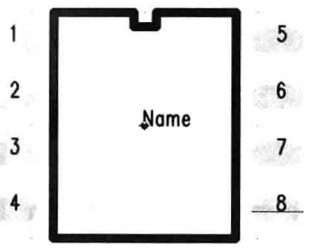


图 4-82　重新编号后效果

4. 重复添加多个端点

根据任务二添加端点的方法，我们来创建一个 20 脚 JTAG 插座的封装。

第一步，在原点处放置一个焊盘。

第二步，选中这个焊盘并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【分步和重复】命令，如图 4-83 所示。

第三步，在弹出的“分步和重复”对话框中，“方向”选上；“数量”选 1；“距离”选

100，即可往焊盘的上方放置一个序号为 2 的焊盘，如图 4-84 所示。

图 4-83 【分布和重复】命令

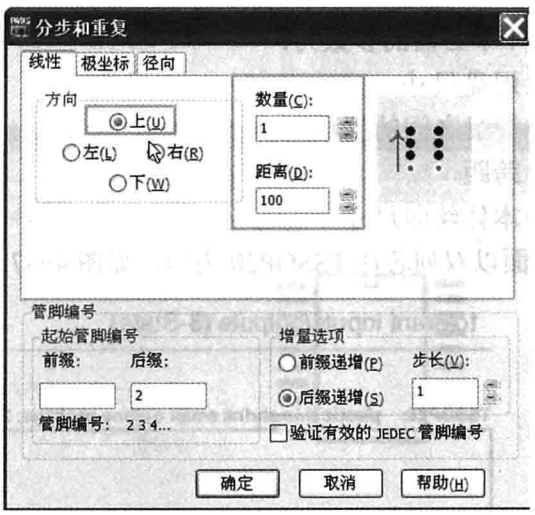


图 4-84 “分布和重复”对话框

第四步，选中序号 1 和 2 的焊盘后，重复第三步的操作。在弹出的“分步和重复”对话框中，“方向”选右；“数量”选 9；“距离”选 100，即可往焊盘的右方放置另外 9 个的焊盘，如图 4-85 所示。

图 4-85　添加多个焊盘

第五步，单击绘制 2D 线图标，进入绘制 2D 线模式。单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【多边形】命令，并将设计和显示栅格都设置为 50（输入 g 50 并按【Enter】键，输入 gd 50 并按【Enter】键）。完成后如图 4-86 所示。

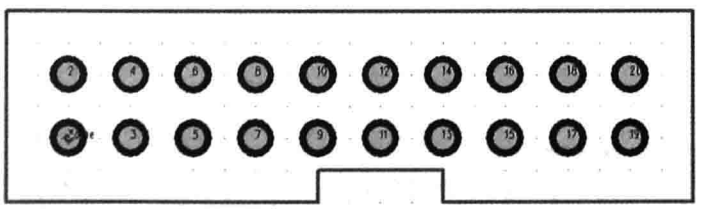


图 4-86　绘制好的多边形

4.2.3　快速、准确地创建 PCB 封装

PCB 设计师在工作中经常需要创建 PCB 封装。如果我们能够掌握一些创建 PCB 封装的捷径，就可以减少建库的时间，提高工作效率。根据编者的设计经验，只要能够快速找

到建立封装必需的 4 个参数，而无须通过烦琐的计算，即可快速准确地完成 PCB 封装的创建工作。

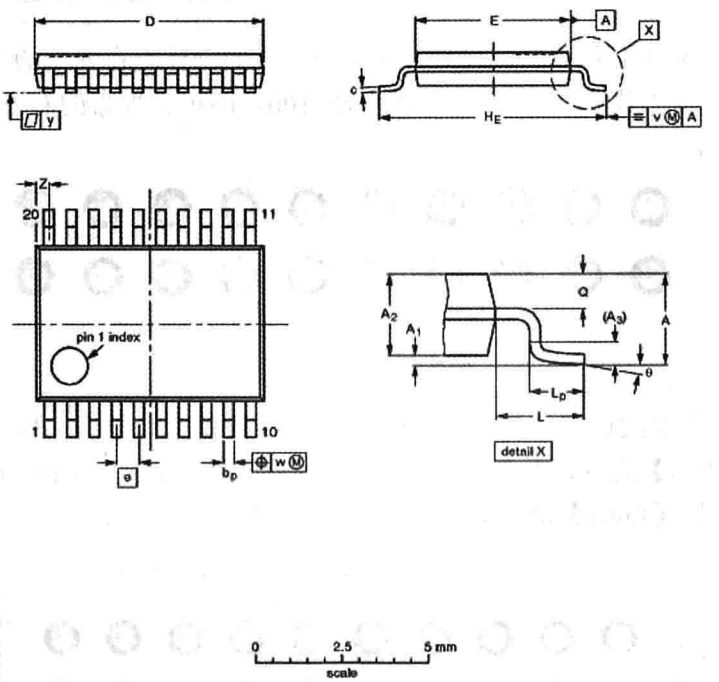
这 4 个必需的参数为：

- 焊盘尺寸
- 焊盘之间的间距
- 跨距
- 本体丝印尺寸

下面以双列芯片 TSSOP20 为例，如图 4-87 所示，来介绍如何快速准确创建 PCB 封装。

tolerant inputs/outputs (3-State) 74LVCH245A

TSSOP20: plastic thin shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm SOT360-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A max.	A_1	A_2	A_3	b_p	c	D(1)	E(2)	e	H_E	L	L_p	Q	v	w	y	Z(1)	θ
mm	1.10	0.15 0.05	0.95 0.80	0.25	0.30 0.19	0.2 0.1	6.6 6.4	4.5 4.3	0.65	6.6 6.2	1.0	0.75 0.50	0.4 0.3	0.2	0.13	0.1	0.5 0.2	8° 0°

图 4-87　双列芯片 TSSOP20 封装

从图中可以快速得到以下参数。

- 焊盘尺寸（bp）：0.19～0.3 mm（取 0.3）
- 焊盘间距（e）：0.65mm

➢ 跨距（HE）：6.2～6.6mm（取 6.2）

➢ 本体丝印：长为 6.6mm，宽为 4.5mm 可以画在焊盘内侧

进入 PCB 封装编辑器，利用封装向导，输入相关参数，如图 4-88 所示。完成后如图 4-89 所示。

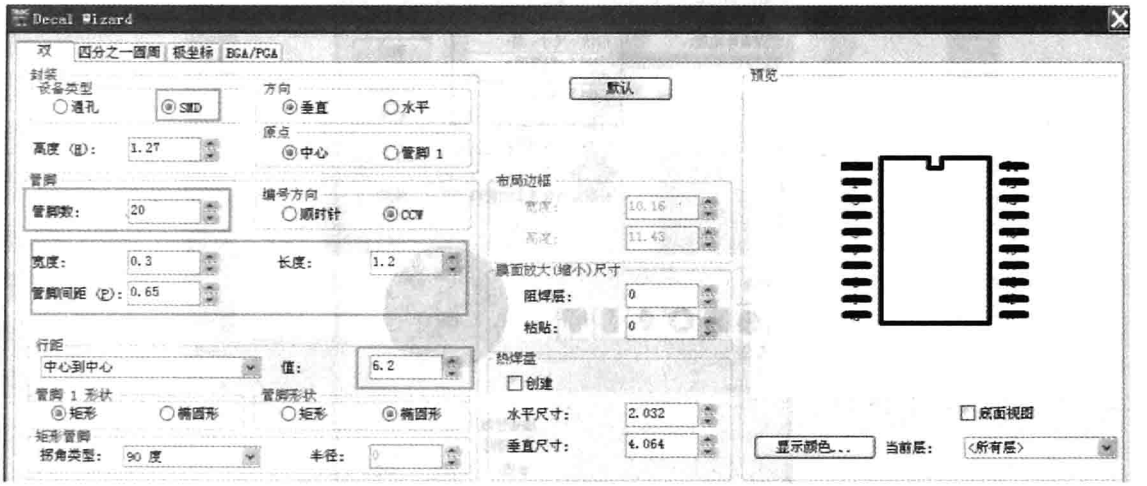


图 4-88　封装向导参数设置

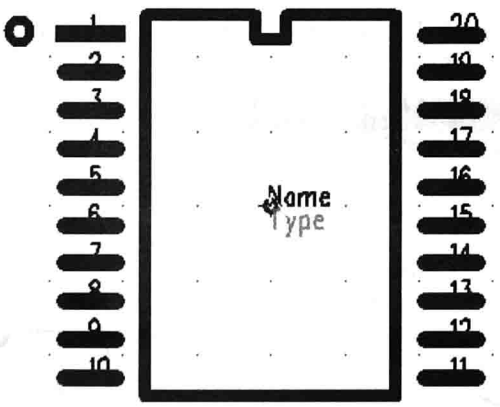


图 4-89　完成后的 PCB 封装

不到一分钟的时间用户即可创建上面的封装。主要是我们减少了很多计算的环节。如果不按编者的思路，它的工作量主要在于跨距和焊盘尺寸的确定，因为需要去计算。编者的捷径在于：

➢ 取跨距为本体外框的最小值（最大值也可以）

➢ 对于焊盘尺寸，按照实际生产经验，SMD 焊盘可适当加大 0.2～0.5mm，DIP 焊盘可适当加大 0.5～1mm

按照这种思路，用户可以去尝试创建其他类型的 PCB 封装。

4.2.4 创建 PADS 封装的注意事项

用户在创建 PCB 封装时，需要注意以下一些事项。

（1）设置非金属化孔时，需取消“Plated”（镀金）选项，如图 4-90 所示。

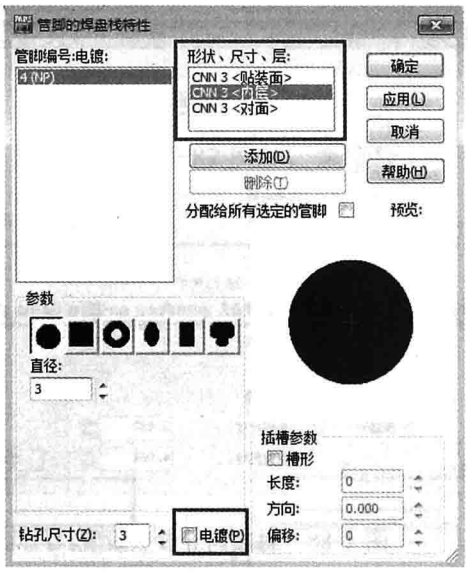


图 4-90　取消“Plated”选项

（2）应在非金属化孔的 All Layer（所有层）添加 Keepout（禁止区域）信息，如图 4-91 所示。

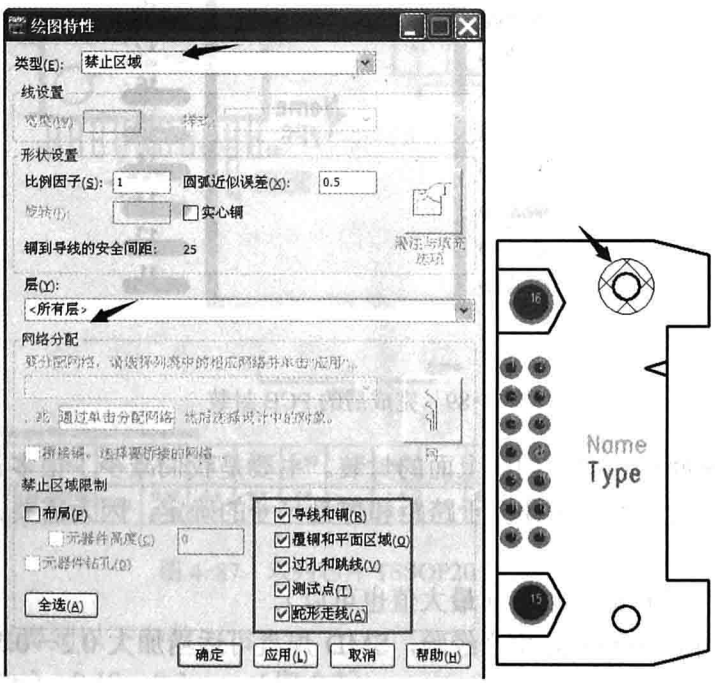


图 4-91　添加 Keepout 信息

（3）SMD 器件封装的原点应设置在器件中心，如图 4-92 所示。

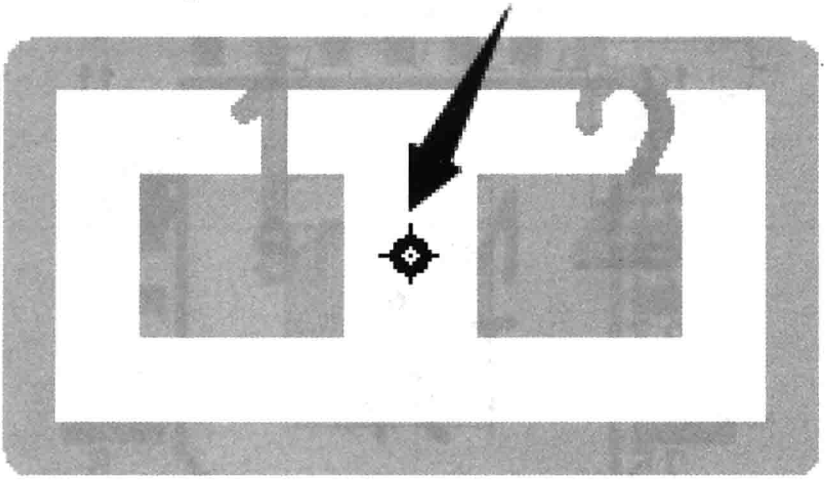
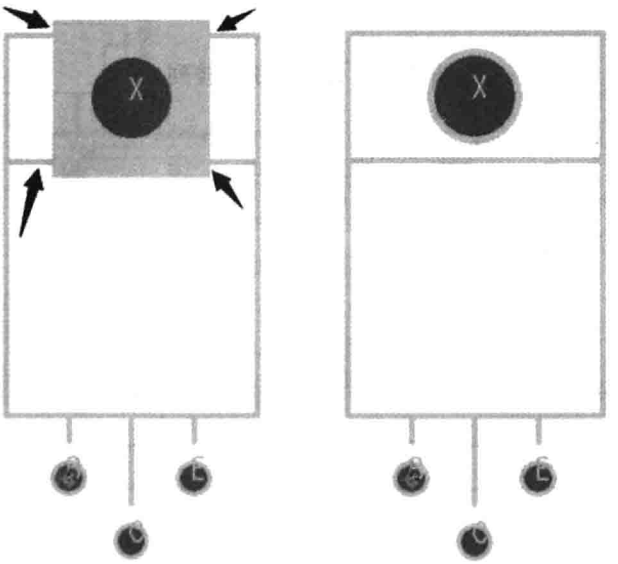


图 4-92　SMD 器件封装的原点应设置在器件中心

（4）丝印尽量不能上焊盘，如图 4-93 所示。



（a）丝印上焊盘（错误）　　（b）丝印不上焊盘（正确）

图 4-93　丝印尽量不能上焊盘

（5）注意引脚排列顺序。错误的引脚排列如图 4-94 所示。解决方法如图 4-95 所示，在封装向导中更改引脚 1 的放置方式为“右”和“CCW”（逆时针）。

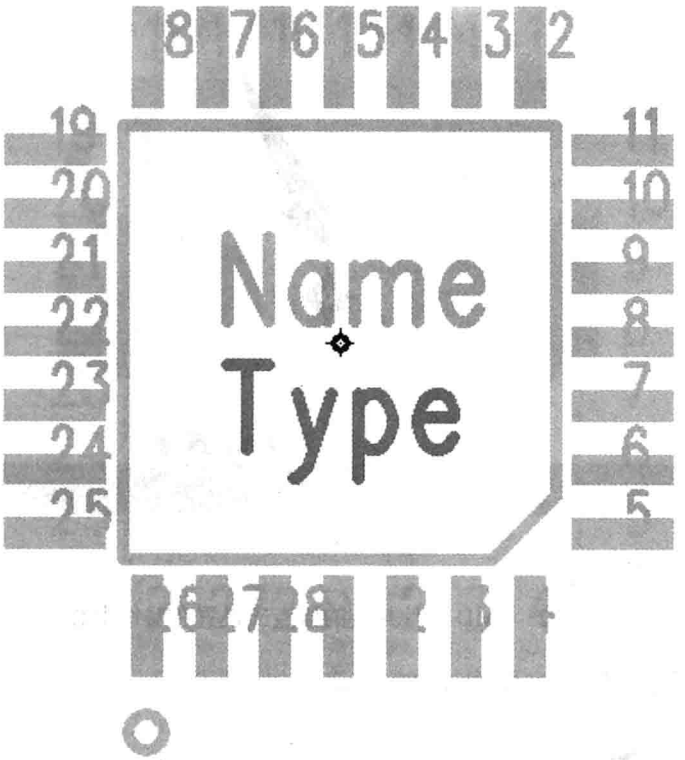


图 4-94　错误的引脚排列

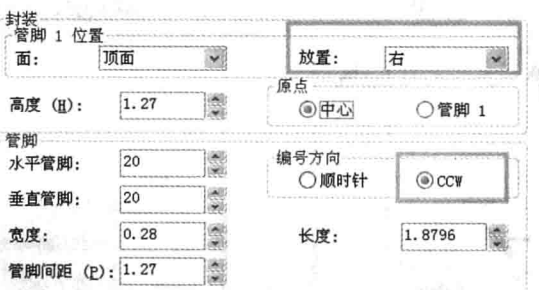


图 4-95　解决方法

学习评价

1. 思考练习题

（1）创建 PCB 封装时，元器件外框要绘制在哪一层？

（2）如何从其他的 PCB 文件提取 PCB 封装？

（3）创建 PCB 封装需要注意哪些事项？

2. 技能训练题

（1）绘制如图 4-96 所示的功率电感器封装。

■外形尺寸

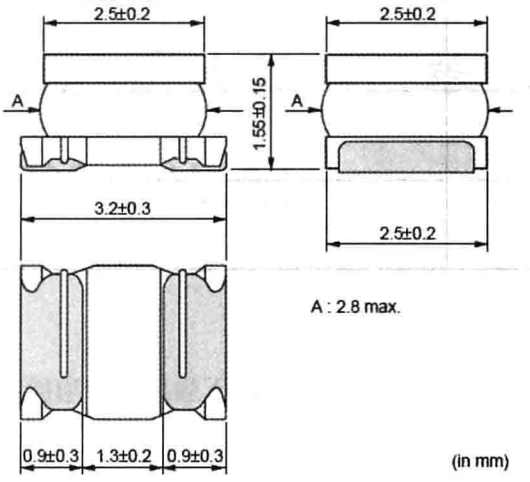


图 4-96　功率电感器封装

（2）绘制如图 4-97 所示的 DC 电源座子封装。

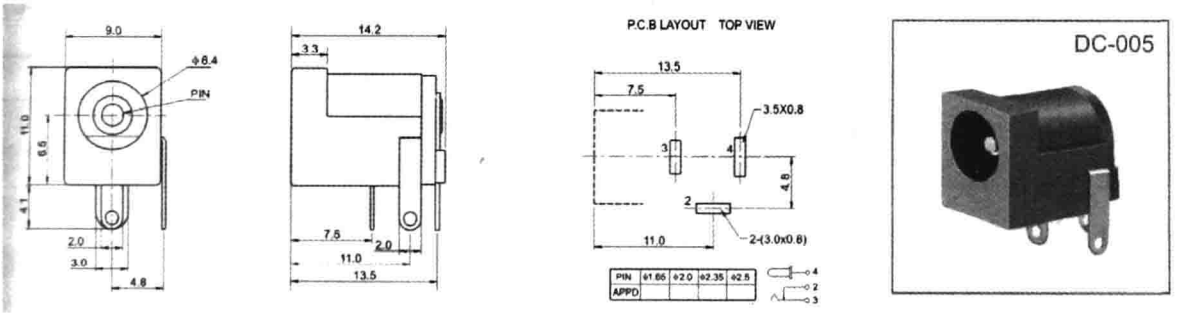


图 4-97　DC 电源座子封装

3．技能评价评分表

班级:_____　学号：_____　姓名：_____　成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1．认识 PCB Decal	20				
	2．创建 PCB 封装	20				
实操技能	1．一般 PCB 封装的创建	15				
	2．PCB 封装编辑的高级应用	10				
	3．快速准确创建 PCB 封装	15				
	4．创建 PADS 封装的注意事项	10				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第5章 PADS Layout 认知二：单管放大电路 PCB 的设计

情境

小强学会了原理图绘制和元件库的创建后，已经不再满足停留在画电路图阶段了，准备尝试自己进行 PCB 电路板的设计了。

PCB 电路板的设计是在 PCB 编辑器中进行的，因此在正式进行 PCB 电路板设计之前，需要熟练掌握 PCB 编辑器的使用。

本项目主要介绍 PCB 设计文件的创建和 PCB 设计方法。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	熟悉单管放大电路 PCB 的设计 熟悉多管放大电路 PCB 的设计	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：PCB 的设计	2 课时
知识目标	知识点一 配置元件库 知识点二 输入设计数据 知识点三 设计前准备 知识点四 元器件的布局 知识点五 元器件的布线 知识点六 灌铜处理 知识点七 设计后期处理 知识点八 设计验证	教师讲授	2 课时

5.1 基本技能

图 5-1 所示是单管放大电路的 PCB，本节任务就是要完成这个 PCB 的绘制。

1. 创建工程项目、原理图文件和 PCB 文件

（1）创建工程项目。

在计算机中的某个盘符单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择【新建】→【文件夹】命令，新建一个文件夹并重命名为“单管放大电路”。

（2）创建原理图文件。

打开 PADS Logic 软件，执行菜单命令【文件】→【另存为】命令，把原理图保存在创

建的工程项目的文件夹中，并重命名为“单管放大电路.SCH”。

（3）创建 PCB 文件。

打开 PADS Layout 软件，执行菜单命令【文件】→【另存为】命令，把 PCB 保存在创建的工程项目的文件夹中，并重命名为“单管放大电路.PCB”。

创建完成的项目文件，如图 5-2 所示。

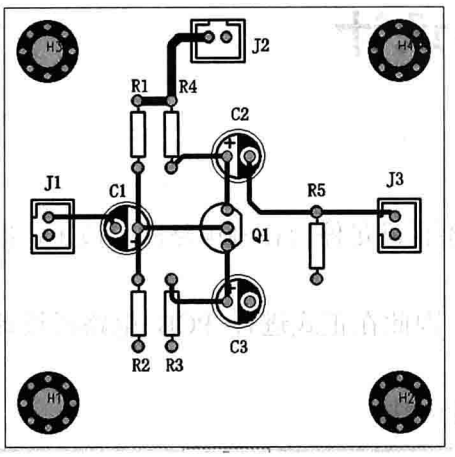


图 5-1　单管放大电路 PCB

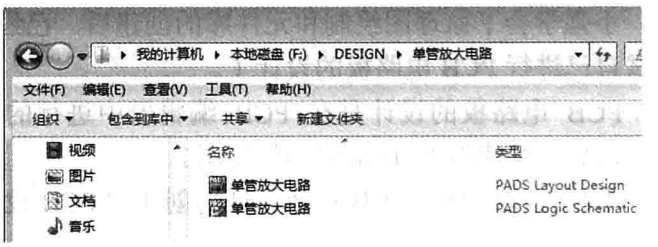


图 5-2　创建完成的项目文件

2. 绘制原理图

绘制如图 5-3 所示的单管放大电路原理图。

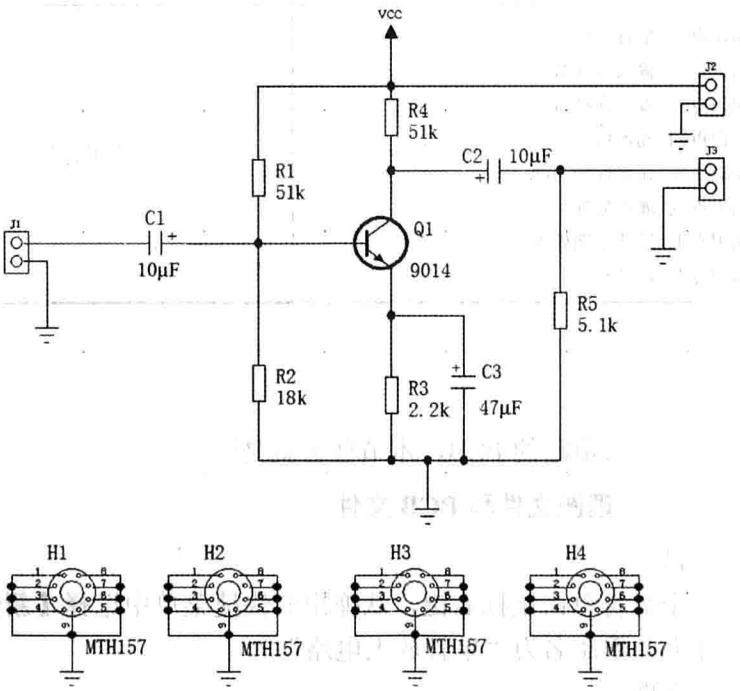


图 5-3　单管放大电路原理图

5.2　基本知识

5.2.1　配置元件库

在导入 PCB 设计数据前，需要配置元件库。元件库对于每一个 PCB 设计项目来说，它是唯一的。在元件库列表中只保留当前设计项目所需要的元件库，即可保证导入 PCB 的元件的唯一性和正确性。

（1）执行菜单命令【文件】→【库】，如图 5-4 所示。随后弹出“库管理器”对话框，如图 5-5 所示。

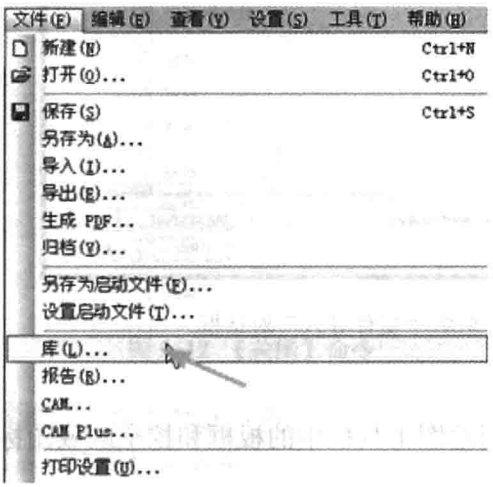


图 5-4 【库】菜单命令

图 5-5 “库管理器”对话框

（2）单击【管理库列表】按钮，弹出图 5-6 所示的“库列表”对话框。选中除 mylib 元件库之外的其余元件库，单击【移除】按钮进行移除操作，只保留 mylib 元件库。如图 5-7 所示。

图 5-6 “库列表”对话框

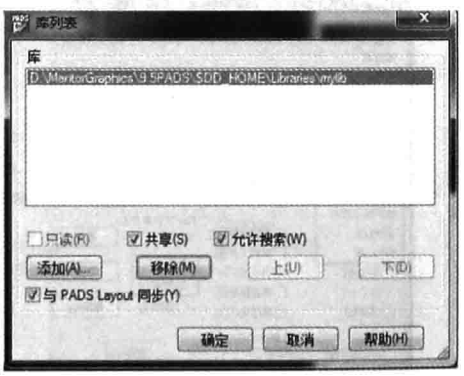


图 5-7 移除其余库后的“库列表”对话框

5.2.2 输入设计数据

1. 导入结构图确定板框

第一步，导入结构图。

Layout 可以导入.dxf 格式的文件，执行菜单命令【文件】→【导入】，如图 5-8 所示。随后弹出“文件导入”对话框，如图 5-9 所示。确定输入文件为 DXF 文件，选中需要导入的文件，单击【打开】按钮。弹出“DXF 导入”对话框，如图 5-10 所示。设置好输入项目后，单击【确定】按钮即可导入结构数据。

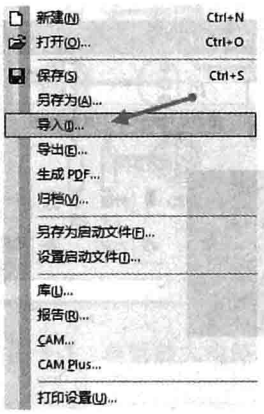


图 5-8 【导入】菜单命令

图 5-9 “文件导入”对话框

第二步，确定板框。

板框的确定有两种方法，第一种方法是利用绘图工具栏中的板框和挖空区域图标绘制板框；第二种方法是将导入的 2D 线转化为板框。

第一种方法。打开“绘图工具栏”单击图标，然后利用光标绘制一个封闭图形即为板框。如需在板框中挖去一部分，再次单击图标，弹出一个询问对话框，询问用户是否要创建板挖空区域，如图 5-11 所示。单击【确定】按钮，然后在板框中用光标绘制一个封闭的区域即为挖空区域。

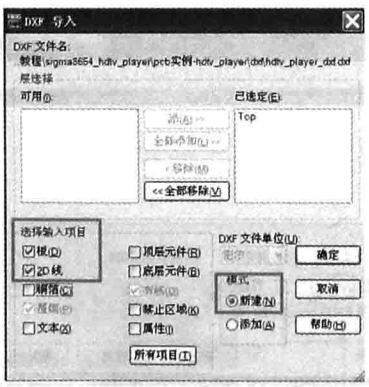


图 5-10 “DXF 导入”对话框

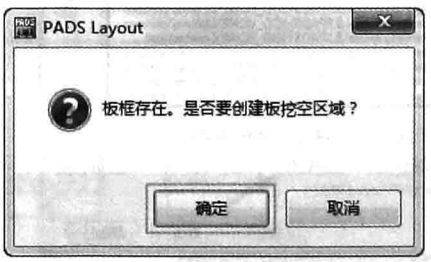


图 5-11 询问对话框

第二种方法，利用导入的结构图的 2D 线转化成板框。

（1）在导入结构图后的 PCB 中，选中需要作为板框的 2D 线后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【关闭】命令，如图 5-12 所示。这样可以将 2D 线闭合成一个封闭外形。

（2）在没有选中任何对象的状态下单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择形状】命令，如图 5-13 所示。然后选中第（1）步所产生的封闭外形，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【特性】命令，如图 5-14 所示。

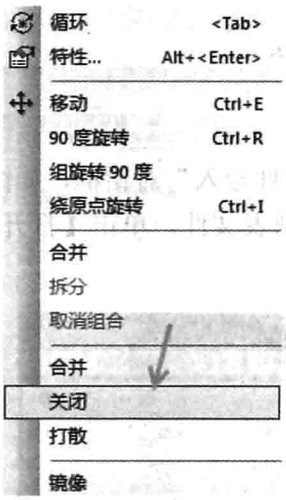


图 5-12 【关闭】命令

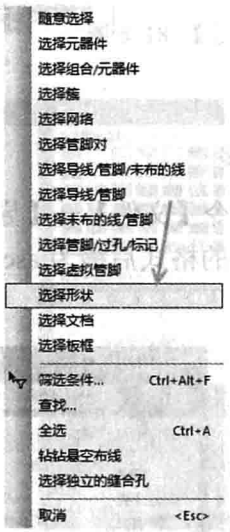


图 5-13 【选择形状】命令

随后弹出“绘图特性”对话框，如图 5-15 所示。单击“类型”的下拉列表，选择“板框”即可将 2D 线转成板框。

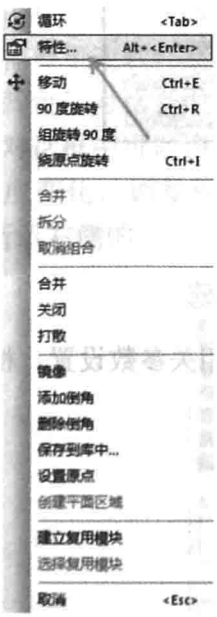


图 5-14 【特性】命令

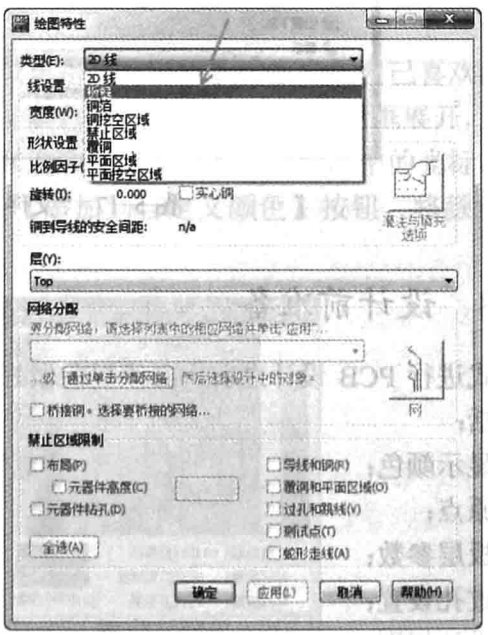


图 5-15 “绘图特性”对话框

（3）在板框中挖空的办法与上面相似，单击“类型”的下拉列表，选择“板挖空区域”，如图 5-16 所示。

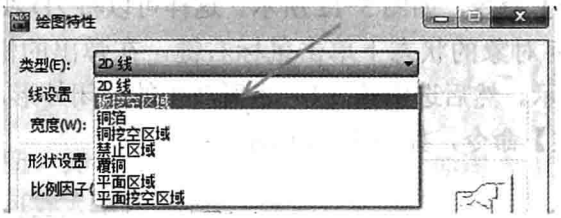


图 5-16　板挖空方法

2. 导入网表

执行菜单命令【文件】→【导入】，随后弹出“文件导入”对话框，如图 5-17 所示。确定导入网表文件的格式后缀为.asc。选择需要导入的网表文件，单击【打开】按钮即可导入网表。

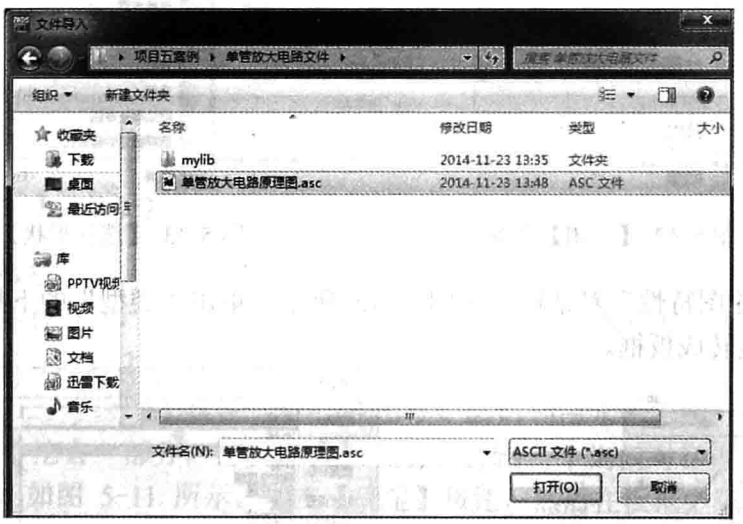


图 5-17 “文件导入”对话框

5.2.3　设计前准备

在正式进行 PCB 设计之前，必须提前做好 PADS Layout 的相关参数设置。相关参数设置主要包括：

（1）显示颜色；

（2）原点；

（3）板层参数；

（4）过孔设置；

（5）设计规则。

1. 显示颜色设置

颜色设置可以让用户对 PCB 进行直观的观察，保证了设计的可读性。

（1）执行菜单命令【设置】→【显示颜色】，如图 5-18 所示。

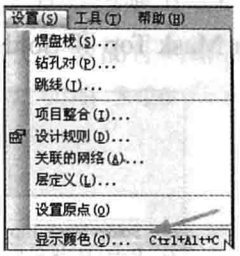


图 5-18 【显示颜色】菜单命令

（2）随后弹出“显示颜色设置”对话框，如图 5-19 所示，包括层/对象类型（如焊盘、导线等）颜色的设定和其他栏（如背景颜色、选择、亮显、板框和飞线）的颜色设定。

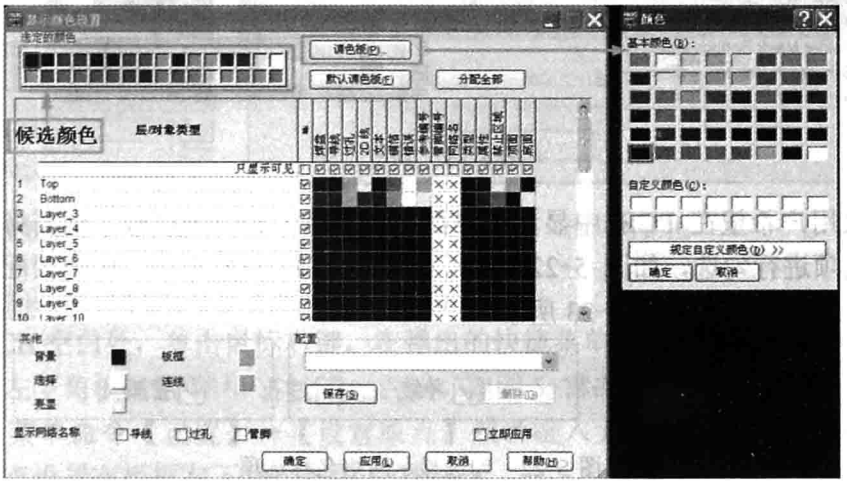


图 5-19 “显示颜色设置”对话框

“选定的颜色”（候选颜色）栏显示了 32 种颜色。在候选颜色中选择我们要使用的颜色，再单击相应的元素即可设置相应的颜色。

如果需要更改软件默认的候选颜色，可以单击【调色板】按钮定制自己喜欢的颜色。在弹出的“颜色”对话框中，单击【规定自定义颜色】按钮，“颜色”对话框展开，如图 5-20 所示。在对话框中可以调整颜色、色调、饱和度和亮度等参数。移动图中的光标，相关参数会产生相应变化，调整到满意的颜色后单击【添加到自定义颜色】按钮，将颜色添加到如图 5-19 所示右侧的“基本颜色”栏中来。

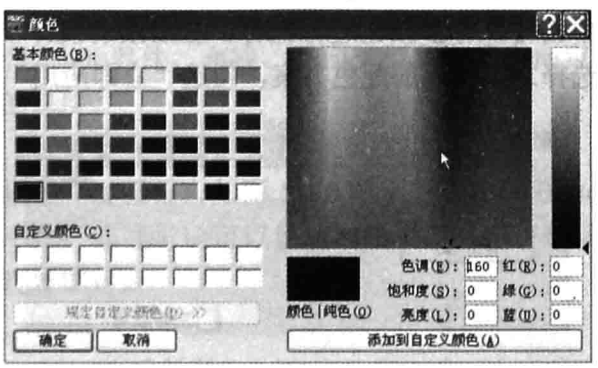


图 5-20　展开的“颜色”对话框

（3）在颜色设置中用户还需要对 Drill Drawing、Silkscreen Top、Silkscreen Bottom、Solder Mask Top 和 Solder Mask Bottom 进行设置，如图 5-21 所示。

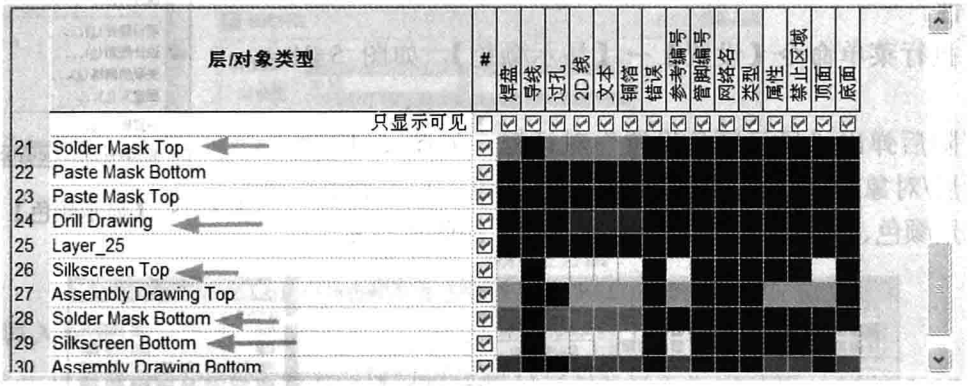


图 5-21　颜色设置

（4）如果用户希望在 PCB 中显示出焊盘上的网络名和引脚序号，则需将“显示网络名称”的三个选项进行勾选，如图 5-22 所示。同时在“层/对象类型”中也要配置“网络名”和“管脚编号”的颜色，如图 5-23 所示。

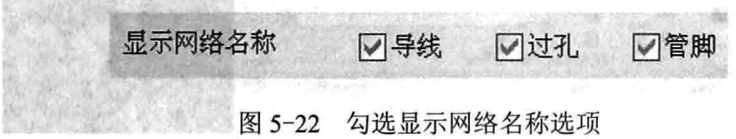


图 5-22　勾选显示网络名称选项

图 5-23　配置“网络名”和“管脚编号”颜色

（5）保存配色方案。“配置”栏可以用于保存设置完成后的配色方案，如图 5-24 所示。输入配置方案名称后，单击【保存】按钮进行保存。在后续的设计中可以调用之前保存的配色方案。在下拉列表中选择之前保存的配色方案，勾选“立即应用”选项进行应用。

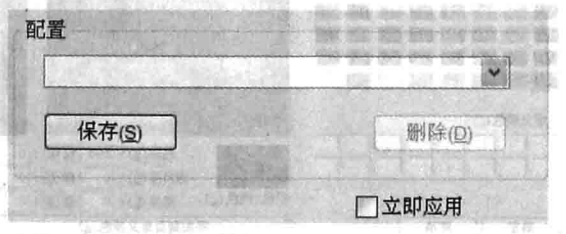


图 5-24　保存配色方案

2. 原点设置

执行菜单命令【设置】→【设置原点】，如图 5-25 所示。然后在工作区的任何地方单击鼠标左键，会弹出一个询问对话框，询问是否将相应的点设置为原点，如图 5-26 所示。单击【是】按钮，该点将被设置为原点。

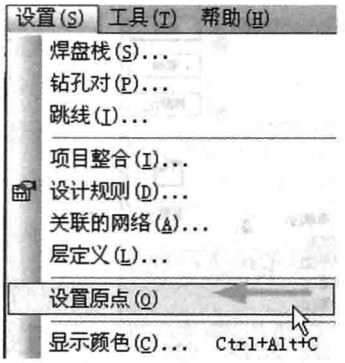


图 5-25 【设置原点】菜单命令

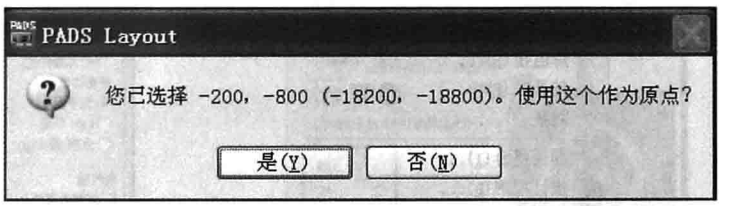


图 5-26　询问对话框

例如，我们需要将板框的左下角设置为原点。

（1）在 PCB 空白处，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择板框】命令。

（2）选中左下角板框 X 轴和 Y 轴的交点处，如图 5-27 所示。

（3）执行菜单命令【设置】→【设置原点】或者键入无模命令“SO”，并按【Enter】键，即可将原点设置在板框左下角，如图 5-28 所示。

图 5-27　选择交点

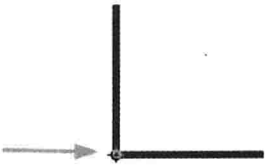


图 5-28　设置原点

3. 板层参数

“层设置”对话框可以为元器件、布线、平面类型和布线方向定义，为 CAM 输出定义板层，还可以定义板层的厚度。

（1）执行菜单命令【设置】→【层定义】，如图 5-29 所示。

（2）随后弹出“层设置”对话框，如图 5-30 所示。Top 和 Bottom 层默认定义为元器件电气层。平面类型为无平面；布线方向可以设置为水平或垂直，但此设置仅针对自动布线有效。这里按软件默认的设置即可。

4. 过孔设置

在设计前，用户需要定义所需要使用的过孔大小。目前板厂对过孔的普通制造工艺的孔

径比为 8:1，即板厚为 1.6mm，最小的钻孔尺寸为 0.2mm。国内某些制造工艺较好的板厂也可以做到最大孔径比为 14:1，当然成本也会相应地增加。用户可以根据自己单板的情况来选择合适的孔径比。

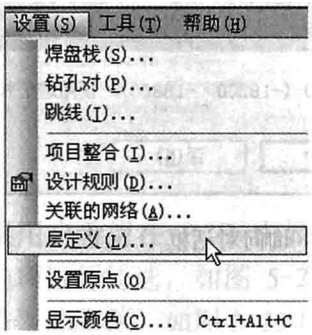


图 5-29 【层定义】菜单命令

图 5-30 “层设置”对话框

（1）执行菜单命令【设置】→【焊盘栈】，如图 5-31 所示。

（2）随后弹出“焊盘栈特性”对话框，如图 5-32 所示。在焊盘栈类型中选择：“过孔”。

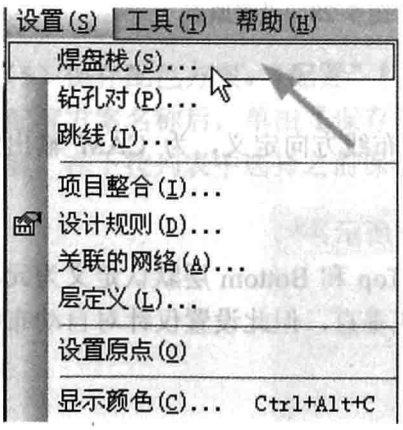


图 5-31 【焊盘栈】菜单命令

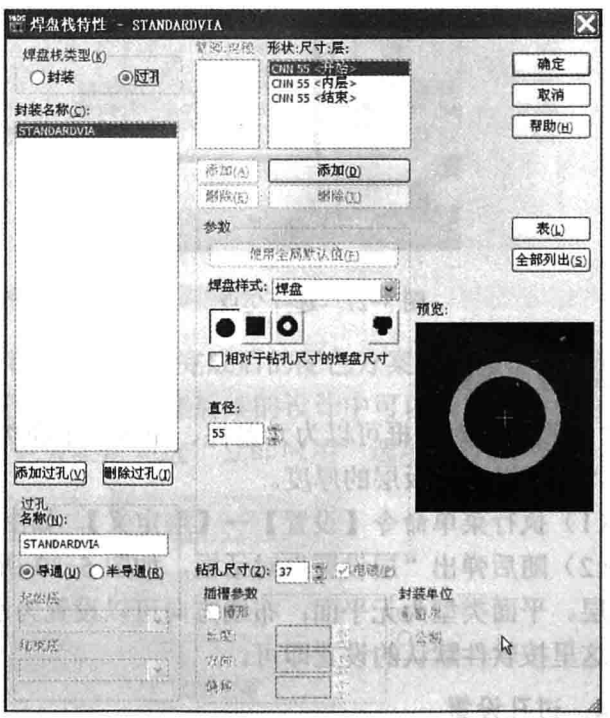


图 5-32 “焊盘栈特性”对话框

（3）这里设置一个钻孔为 16mil，孔径为 24mil 的过孔类型。单击【添加过孔】按钮，在过孔“名称”文本框中输入“16/24”，如图 5-33 所示。然后将“钻孔尺寸”、“直径”、“开始、内层、结束”按图 5-34 所示进行设置。

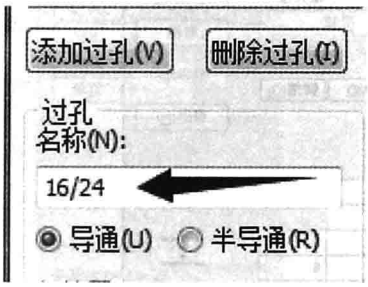


图 5-33　输入过孔名称

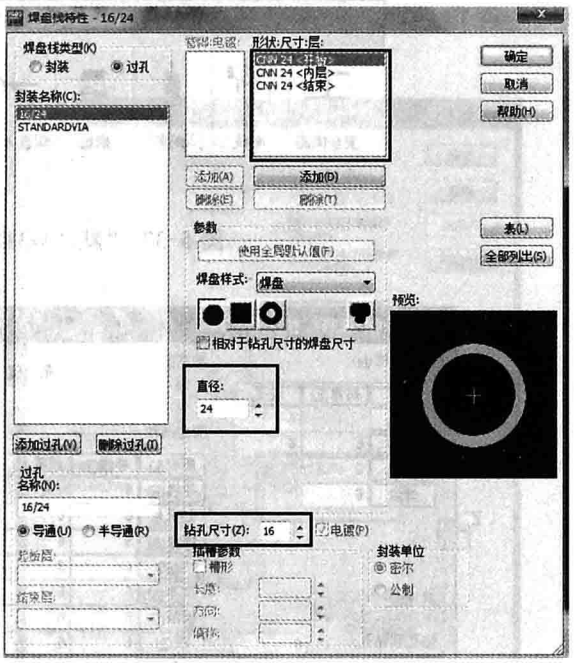


图 5-34　过孔相关设置

5. 设计规则

可以设置多种设计的规则，如设置默认的安全间距、线宽规则、布线规则和网络规则。

（1）执行菜单命令【设置】→【设计规则】，如图 5-35 所示。

（2）随后弹出“规则”对话框，如图 5-36 所示。

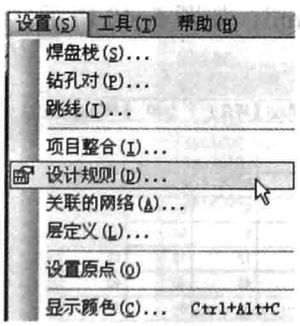


图 5-35 【设计规则】菜单命令

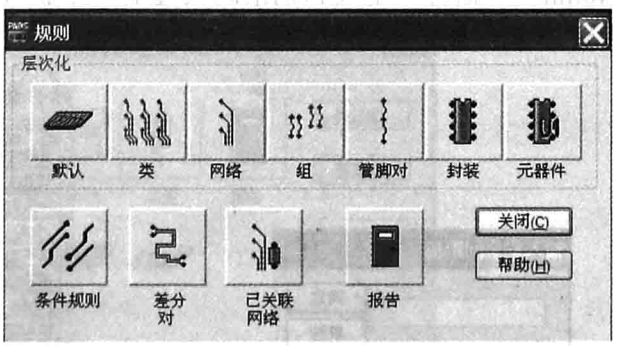


图 5-36 “规则”对话框

（3）设置默认的安全间距规则。

① 单击 图标，弹出“默认规则”对话框，如图 5-37 所示。再单击 图标，将弹

出“安全间距规则：默认规则”对话框，这个对话框中的数据用于定义各种元素之间的安全间距数值，如图 5-38 所示。

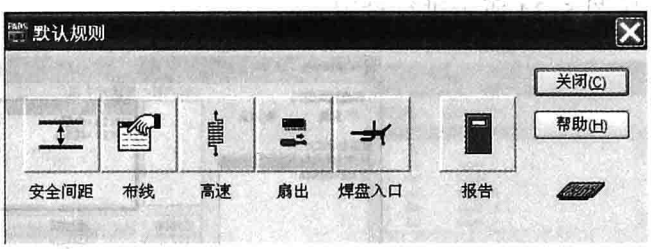


图 5-37 “默认规则”对话框

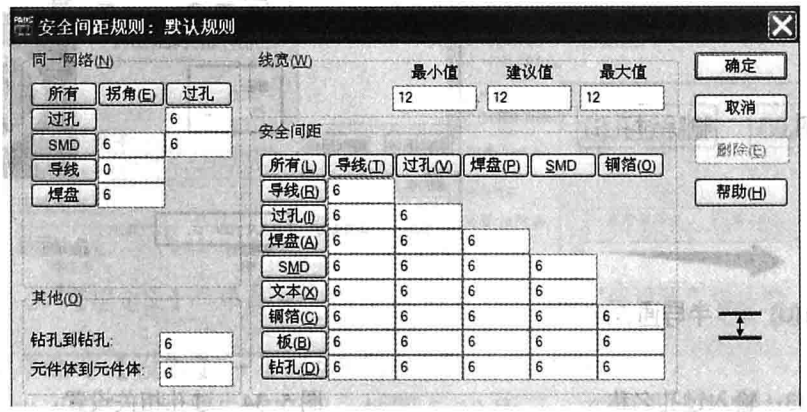


图 5-38 “安全间距规则：默认规则”对话框

② 单击“安全间距”中的【所有】按钮，将会弹出“输入安全间距值”对话框，可以设置整板的安全间距值，如图 5-39 所示。推荐安全间距值：一般低速板设置为 8mil；一般难度高速板设置为 6mil；带 BGA 的高密度板设置为 4～5mil。“板”与所有元素的安全间距设置为 40mil（即器件、走线和铜箔离板边至少保证 40mil 距离）。“铜箔”与所有元素的安全间距设置为 12～20mil，与“过孔”的安全间距设置为 5～6mil，如图 5-40 所示。

图 5-39 “输入安全间距值”对话框

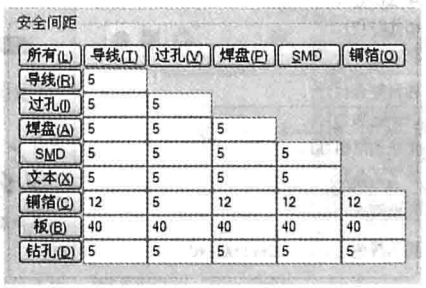


图 5-40 推荐设置

（4）设置默认的线宽。在图 5-38 所示对话框中，可以设置线宽的最小值、建议值和最大值，如图 5-41 所示。

最小值	建议值	最大值
20	20	200

图 5-41 设置默认的线宽

（5）设置“同一网络”规则和“其他”的规则。在图 5-38

所示对话框中，可以设置同一网络之间的规则和“其他”的规则，如图 5-42 所示。

（6）设置默认的布线规则。在图 5-37 所示对话框中，单击图标，随后弹出“布线规则：默认规则”对话框，如图 5-43 所示。选定布线层为顶层和底层；同时将选定的过孔设置为 16/24。

图 5-42 “同一网络”规则和“其他”规则

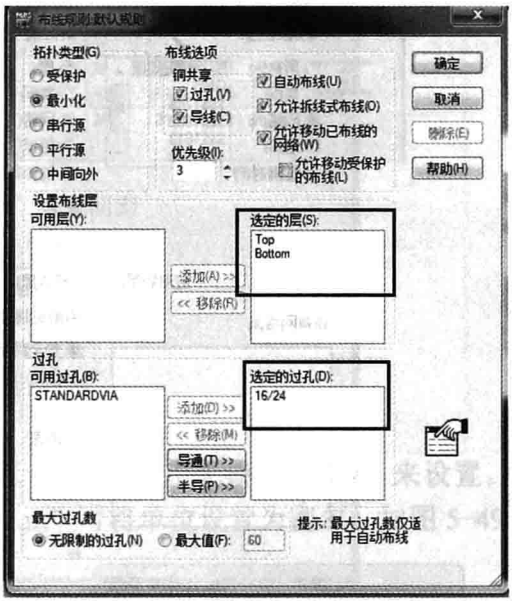


图 5-43 “布线规则：默认规则”对话框

（7）设置网络规则。在图 5-36 所示对话框中，单击图标，随后弹出“网络规则”对话框，如图 5-44 所示。在“网络”列表中选择需要设置网络规则的信号，如+5V，再单击“安全间距”和“布线”图标，进行线宽的规则设置。

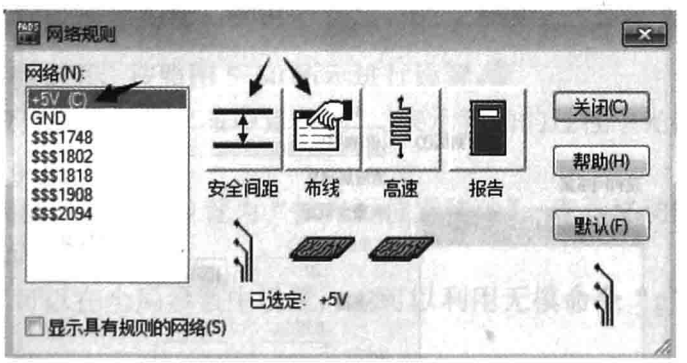


图 5-44 “网络规则”对话框

（8）设置条件规则。条件规则可以在网络、网络和类、类和类、网络和层之间进行层次化的设计规则定义。在图 5-36 所示对话框中，单击图标，随后弹出“条件规则设置”

对话框，如图 5-45 所示。例如，我们要设置+5V 与 GND 的间距为 20mil。在“源规则对象”中选择网络“+5V”，在“针对规则对象”中选择网络“GND”，单击【创建】按钮，即可在“现有网络集”中创建一个网络集，然后选中刚建立的网络集并单击【矩阵】按钮，如图 5-46 所示。在随后弹出的对话框中设置间距值，如图 5-47 所示。

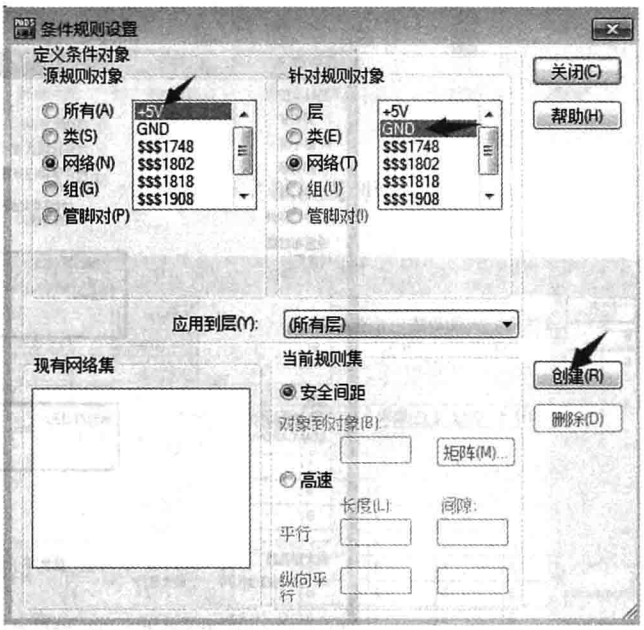


图 5-45 “条件规则设置”对话框

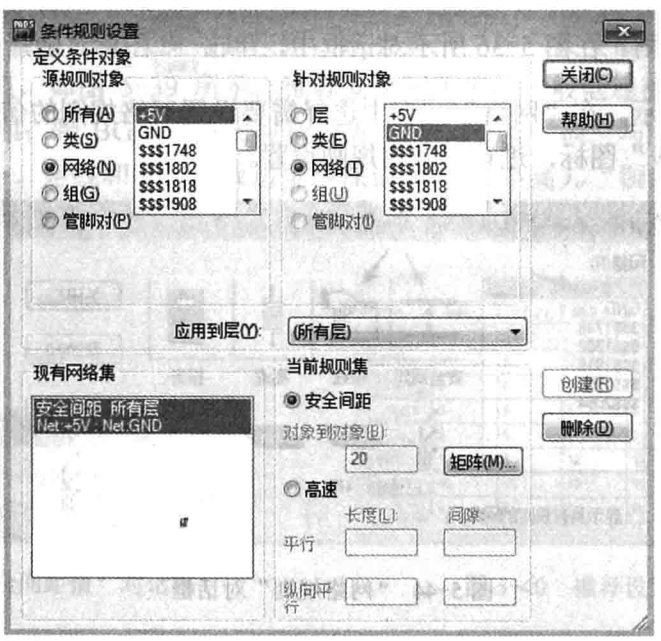


图 5-46 示例操作

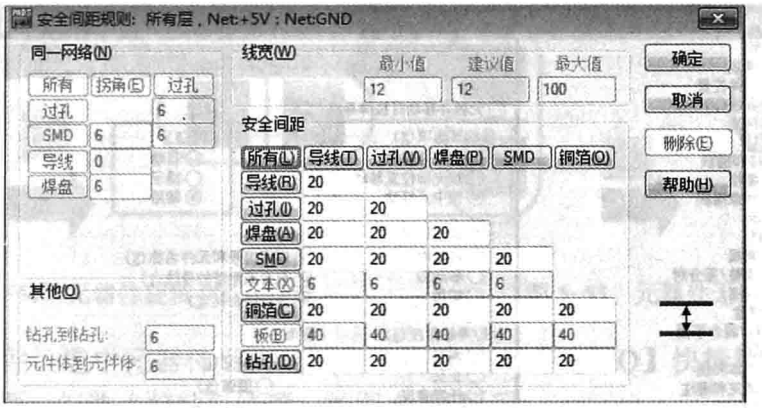


图 5-47　设置间距

5.2.4　元器件的布局

1．布局设置

PADS Layout 具有强大的布局功能。

（1）设置单位。可以在全局参数中设置，也可以利用无模命令“u”来设置。“u mm”可以将单位设置为毫米，如图 5-48 所示。“u m”可将单位设置为密尔，如图 5-49 所示。

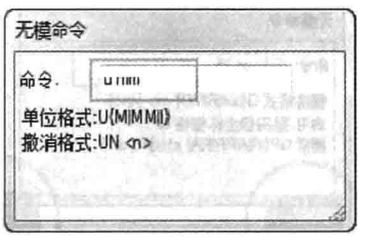


图 5-48　将单位设置为毫米

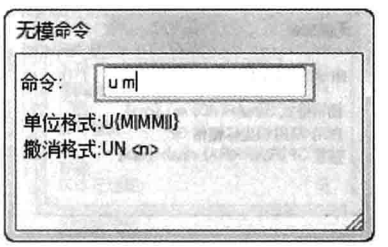


图 5-49　将单位设置为密尔

（2）移动元器件首选项参数设置。执行菜单命令【工具】→【选项】，打开“选项”对话框，选择“设计”标签页，按照图 5-50 所示进行设置。

- 在预布局阶段推荐设置为“按中点移动”，表示移动的过程中光标自动粘附在元器件的中心位置
- 在后期的布局修改时，可设置为“按光标位置移动”，表示移动的过程中元器件按照光标的位置而移动

（3）栅格设置。可以在全局参数中设置，也可以利用无模命令“g”和“gd”设置设计和显示栅格。

“g 5”可以将设计栅格设置为 5mil，如图 5-51 所示。

“gd 25”可以将显示栅格设置为 25mil，如图 5-52 所示。

2．布局基本操作

在标准工具栏中单击图标即可出现设计工具栏，如图 5-53 所示。

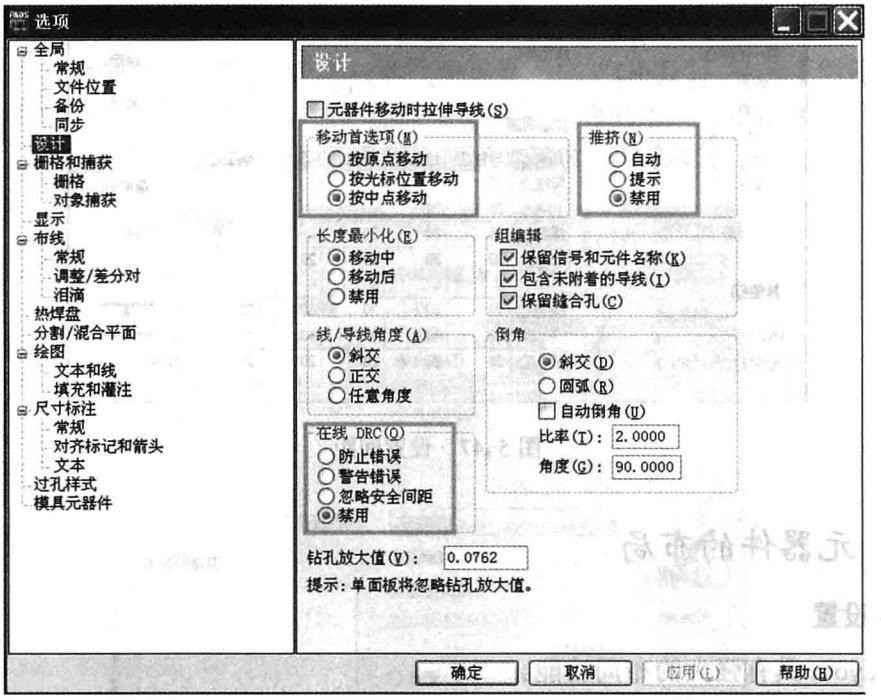


图 5-50　移动元器件首选项参数设置

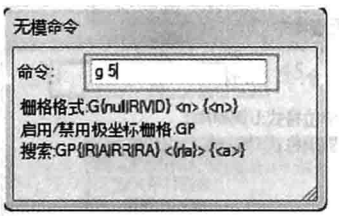


图 5-51　将设计栅格设置为 5mil

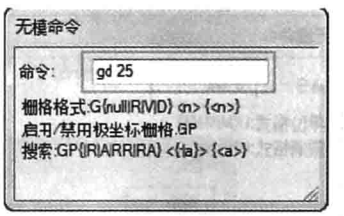


图 5-52　将显示栅格设置为 25mil

图 5-53　设计工具栏

- 移动元器件。单击移动模式图标，选中元器件后即可进行移动操作。也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+E】快捷键进行移动。
- 元器件旋转 90°。单击旋转 90° 模式图标，选中元器件后即可进行旋转 90° 操作。也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+R】快捷键进行旋转，如图 5-54 所示。
- 元器件无角度旋转。单击无角度旋转模式图标，选中元器件后即可进行无角度旋转操作。也可以先选中元器件后，单击图标进行旋转，如图 5-55 所示。
- 元器件翻面。单击翻面模式图标，选中元器件后即可进行翻面操作。也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+F】快捷键进行翻面，如图 5-56 所示。

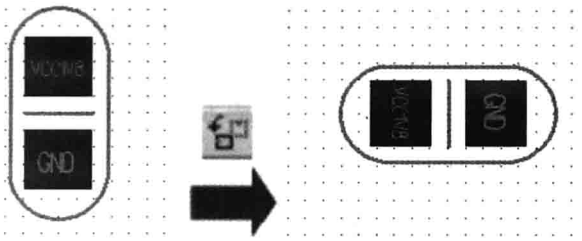


图 5-54　元器件旋转 90°

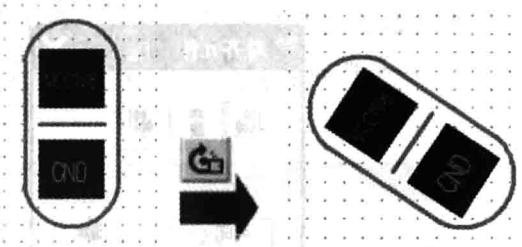
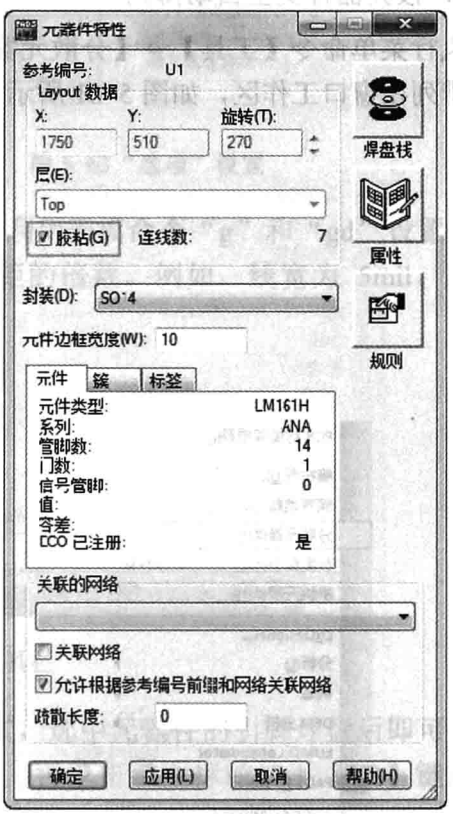


图 5-55　元器件无角度旋转

- 锁定元器件。选中元器件后快速双击左键或按下【Ctrl+Q】快捷键进入“元器件特性”对话框，勾选“胶粘”选项，如图 5-57 所示。



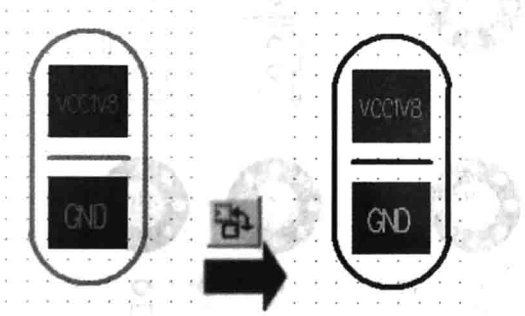


图 5-56　元器件翻面

图 5-57　锁定元器件

- 对齐元器件。同时选择要对齐的元器件，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【对齐元件】命令或使用快捷键【Ctrl+L】)，弹出“对齐元件”对话框，如图 5-58 所示。单击相应的图标即可进行相关的对齐操作。
- 推挤元器件。在布局过程中为了避免几个元器件位置发生重叠，用户可以开启推挤功能。执行菜单命令【工具】→【选项】，设置“设计”标签页下的“推挤”参数为“自动”，如图 5-59 所示。设置后，用户在布局时，如果元器件之间有重叠的话，软件将会自动推挤前一个放置完成的元器件。

图 5-58 “对齐元件”对话框

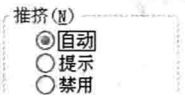


图 5-59 推挤设置

3. 按元器件类型自动排列

执行菜单命令【工具】→【分散元器件】，如图 5-60 所示，即可把元器件按照件类别整齐地排列在窗口工作区，如图 5-61 所示。

图 5-60 【分散元器件】菜单命令

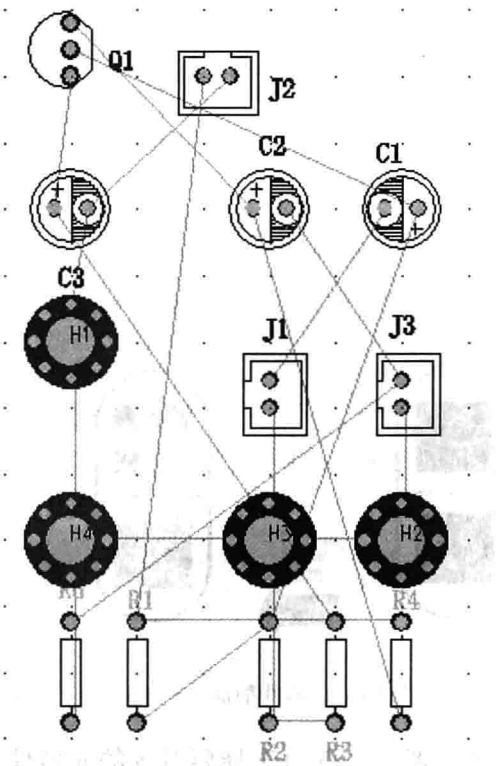


图 5-61 自动排列后的元器件

5.2.5 元器件的布线

1. 布线前设置

在开始布线之前，需要设置布线方向和相关的布线选项。

（1）执行菜单命令【工具】→【选项】，设置“设计”标签页下的“线/导线角度”选项（如图 5-62 所示）和“布线/常规”标签页下的“选项”栏（如图 5-63 所示），注意勾选“亮显当前网络”选项。

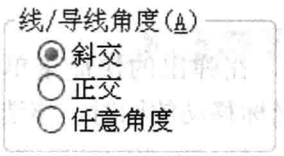


图 5-62 “线/导线角度”选项

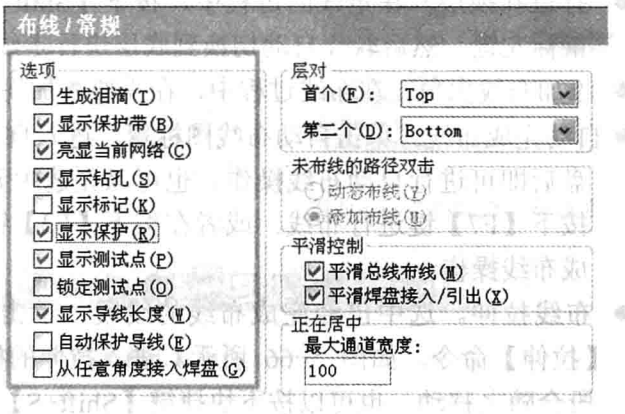


图 5-63“选项”设置

（2）栅格设置可以在全局参数中设置，也可以利用无模命令“g”和“gd”设置设计栅格和显示栅格。设置原则：栅格设置为线宽和线距的倍数。例如，线宽为 5mil，线距为 5mil，则栅格设置为 2.5mil 或 5mil 或 10mil。

“g 5”可以将设计栅格设置为 5mil。

“gd 5”可以将显示栅格设置为 5mil。

2．布线基本操作

在标准工具栏中单击图标即可出现设计工具栏，如图 5-64 所示。

图 5-64　设计工具栏

- 布线。单击布线图标，进入布线工作模式，选中元器件的引脚焊盘后即可进行布线操作。也可以先选中元器件的引脚焊盘，再单击图标或按下【F2】键进行布线。在布线时单击鼠标左键可以改变布线方向。
- 动态布线。单击动态布线图标，进入动态布线工作模式，选中元器件的引脚焊盘后即可进行布线操作。也可以先选中元器件的引脚焊盘，再单击图标或按下【F3】键进行布线。在布线时只要移动光标就可以改变布线方向，比较灵活。

注意

进行动态布线需要开启在线 DRC（可输入快捷键【DRP】）。

- 添加过孔。在布线过程中单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【以过孔结束模式】→【以过孔结束】命令，如图 5-65 所示。在走线的过程中，按下【Ctrl】键后，在需要添加过孔的地方再单击鼠标左键即可完成过孔的添加。
- 打过孔换层。在走线的过程中，按下【Shift】键后，在需要添加过孔的地方再单击鼠标左键。然后软件自动切换到底层进行走线。也可以按【F4】键。
- 添加布线拐角。在布线过程中，在需要增加拐角的地方单击鼠标左键实现。
- 自动完成布线。单击自动布线图标，进入自动布线工作模式，选中元器件的引脚焊盘后即可进行自动布线操作。也可以先选中元器件的引脚焊盘后，再单击图标或按下【F7】键进行布线。或者在按下【F2】键添加布线的过程中，双击鼠标左键完成布线操作。
- 布线拉伸。选中已经完成布线的线段，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【拉伸】命令，如图 5-66 所示。进入拉伸的模式，在光标移动的同时，该选中的线段会随之移动。也可以按下快捷键【Shift+S】来实现。

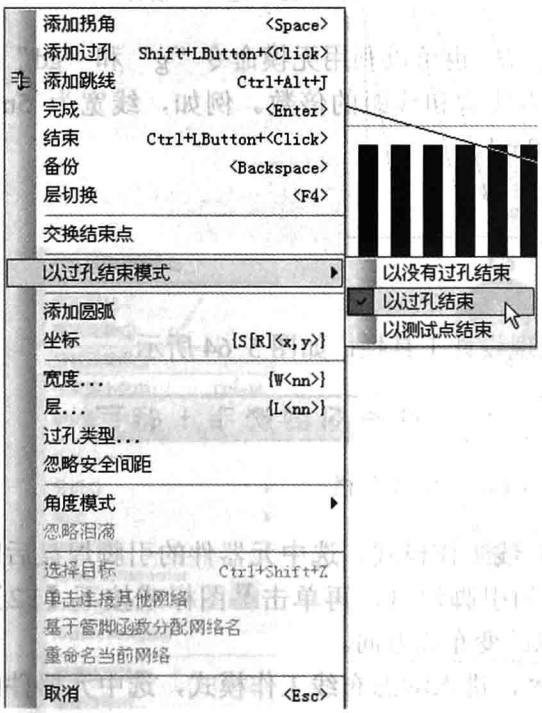


图 5-65 【以过孔结束】菜单命令

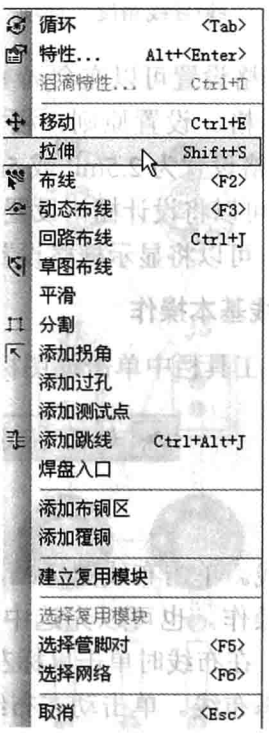


图 5-66 【拉伸】命令

在 PADS Layout 绘图工具栏中，还有其他的布线方式：添加拐角、分割布线、草图布线、总线布线、添加跳线。但是这些操作在手工进行布线时实际作用不大，本书不做详细介绍。

5.2.6 灌铜处理

（1）覆铜选项设置。执行菜单命令【工具】→【选项】，在弹出的“选项”对话框中，

设置“热焊盘”标签页的参数，如图 5-67 所示。

（2）在绘图工具栏下单击覆铜图标，并完成覆铜的绘制，完成后弹出“添加绘图”对话框，在对话框中单击【通过单击分配网络】按钮，然后单击 PCB 上这个网络的焊盘、过孔或走线即可为铜箔分配网络。

（3）覆铜灌注。单击绘图工具栏中的【灌注】图标，如图 5-68 所示，即可进入覆铜灌注模式，此时单击任何一个覆铜的区域，都会弹出图 5-69 所示的对话框，单击【是】按钮即可覆铜灌注。

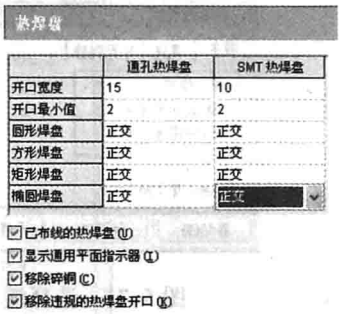


图 5-67 “热焊盘”标签页设置

图 5-68　单击【灌注】图标

选中一个覆铜区域后单击【灌注】图标可以对选中区域覆铜。

也可以利用“覆铜管理器”一次性对所有覆铜区域覆铜。执行菜单命令【工具】→【覆铜管理器】，如图 5-70 所示。弹出“覆铜管理器”对话框，灌注模式选“全部灌注”，再单击【开始】按钮即可对所有覆铜区域进行覆铜，如图 5-71 所示。

图 5-69　提示对话框

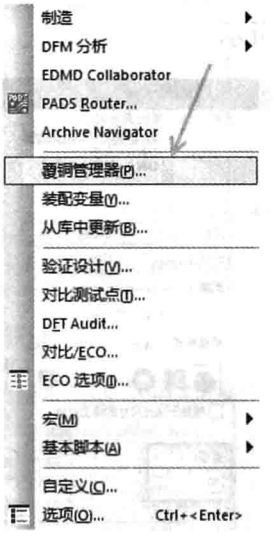


图 5-70 【覆铜管理器】菜单命令

在覆铜管理器的“填充”标签页下，如图 5-72 所示，可以对最近一次的覆铜进行恢复。

注意

建议 PCB 设计师第一次覆铜灌注先执行“全部灌注”。第二次打开文件时可以执行“全部填充”。前提是 PCB 上面没有 DRC 错误或没有进行过任何修改。

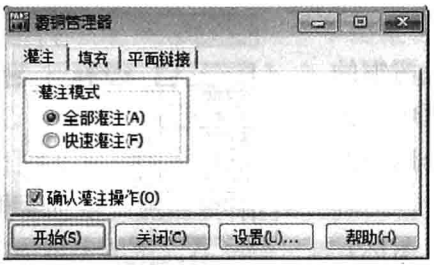


图 5-71　选择灌注模式

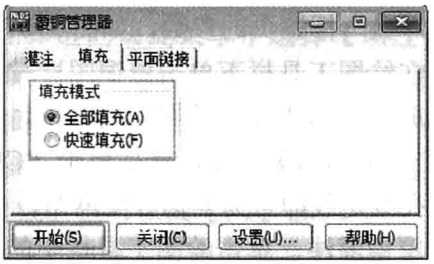


图 5-72　选择填充模式

5.2.7　设计后期处理

1. 增加测试点

在 PADS Layout 中有两种比较常用的增加测试点的方法：手工和自动。

1）自动增加测试点

（1）创建测试点。方法与创建过孔的方法类似，执行菜单命令【设置】→【焊盘栈】，弹出“焊盘栈特性”对话框，添加一个 TESTPOINT 的过孔，如图 5-73 所示

（2）设置 TESTPOINT 为默认焊盘。执行菜单命令【工具】→【DFT Audit】，如图 5-74 所示。弹出“DFT Audit”对话框，在“选项”标签页，将 TESTPOINT 设置为默认测试点过孔，如图 5-75 所示。

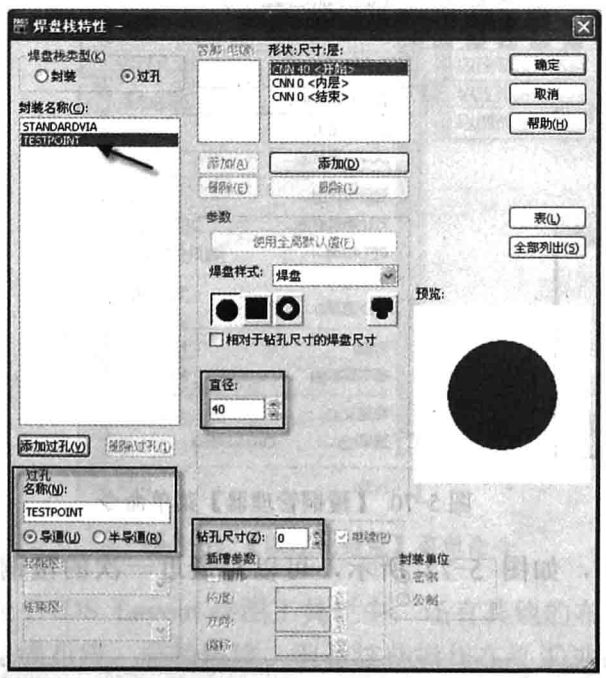


图 5-73　“焊盘栈特性”对话框

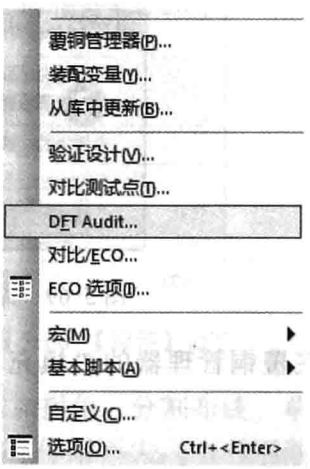


图 5-74　【DFT Audit】菜单命令

（3）分别在“DFT Audit”对话框的“特性”和“分配”标签页下根据提示做出设置，如图 5-76 和图 5-77 所示。然后单击【运行】按钮，即可自动生成需要的测试点。

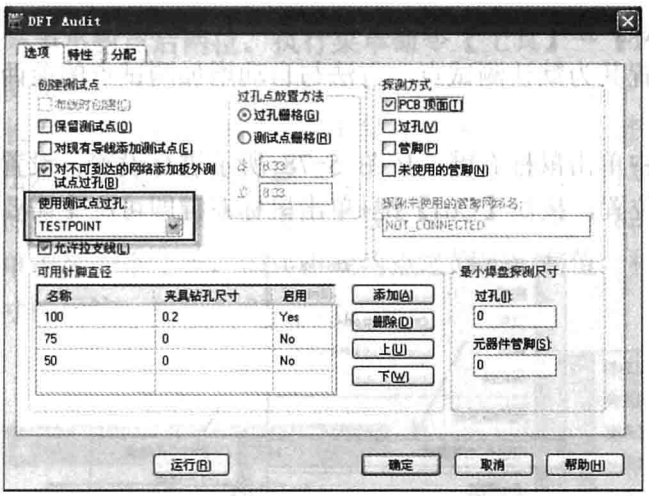


图 5-75 “DFT Audit”对话框

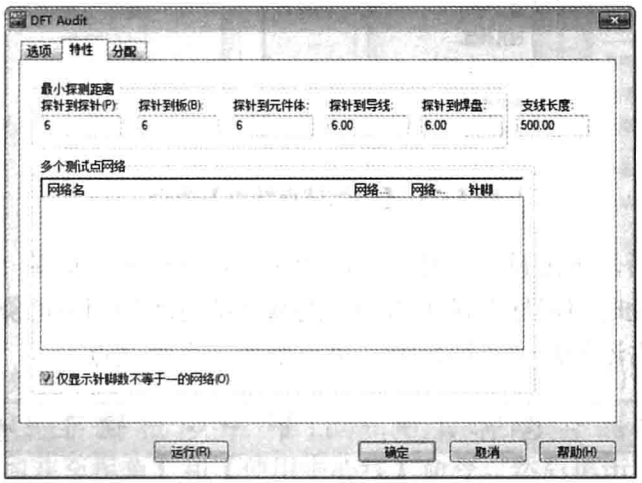


图 5-76 “特性”标签页

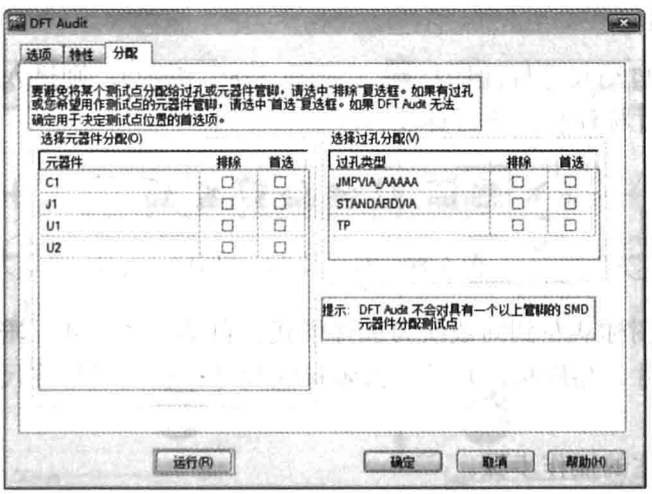


图 5-77 “分配”标签页

2）手动增加测试点

创建焊盘，并设置其为默认测试点，方法与自动增加测试点的前两步一致，而后产生测试点有两种情况。

（1）在走线过程中单击鼠标右键，按图 5-78 所示进行设置。设置完成以后，把光标移到需要产生测试点的位置，按住【Ctrl】键+单击鼠标左键即可产生需要的测试点。

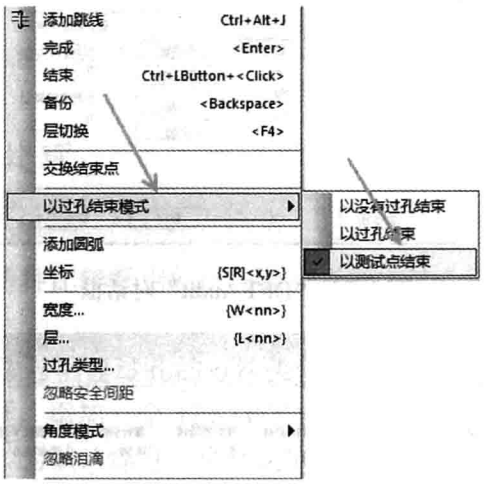


图 5-78 【以测试点结束】命令

（2）走线完成以后，单击设计工具栏的添加测试点图标，如图 5-79 所示，即可进入添加测试点的模式。此时用鼠标左键单击相应的网络即可增加相应的测试点。也可以先选择相应的网络后，再单击添加测试点图标，也可增加一个测试点。

图 5-79 工具栏中的添加测试点图标

2. 尺寸标注工具

在工具栏中单击自动尺寸标注图标（如图 5-80 所示），则进入自动尺寸标注模式，此时可以对不同的尺寸标注模式进行标注。

图 5-80 自动尺寸标注图标

在图 5-80 中，图标从左到向依次为选择模式、自动标注尺寸、垂直标注尺寸、对齐标注尺寸、旋转标注尺寸、角度标注尺寸、圆弧标注尺寸、引出线标注尺寸、打开尺寸标注选项卡。

下面介绍尺寸标注的操作步骤。

（1）设置当前设计单位为公制。输入“u mm”并按【Enter】键，即将当前设计单位设置为公制。

（2）设置标注误差为小数点后两位。执行菜单命令【工具】→【选项】，将“尺寸标注/文本”标签页下的精度设为 2，如图 5-81 所示。

（3）标注板框的长度。在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择板框】命令。然后单击水平标注尺寸图标，进入水平标注模式。再单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【捕获至拐角】和【使用中心线】命令，如图 5-82 所示。然后单击板框长边的一个交点，再单击另一个交点，即可出现两点之间的距离值，移动光标到合适的位置单击即可完成水平尺寸的标注，如图 5-83 所示。

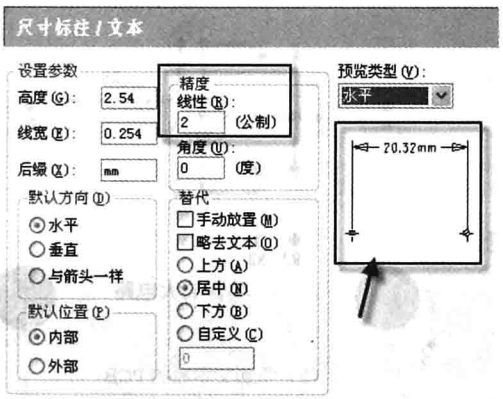


图 5-81　设置线性精度

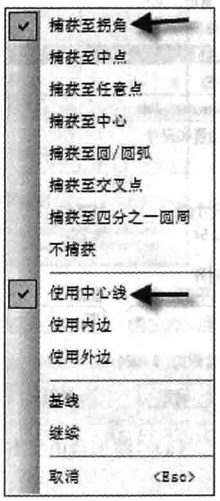


图 5-82　快捷菜单

（4）标注板框的宽度。在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【选择板框】命令。然后单击垂直标注尺寸图标，进入垂直标注模式。再单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【捕获至拐角】和【使用中心线】命令。然后单击左边板框的一个交点，再单击左边另一个交点，即可出现两点之间的距离值，移动光标到合适的位置单击即可完成水平尺寸的标注，如图 5-84 所示。

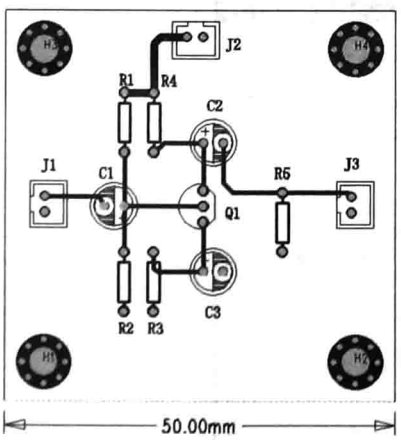


图 5-83　水平标注效果

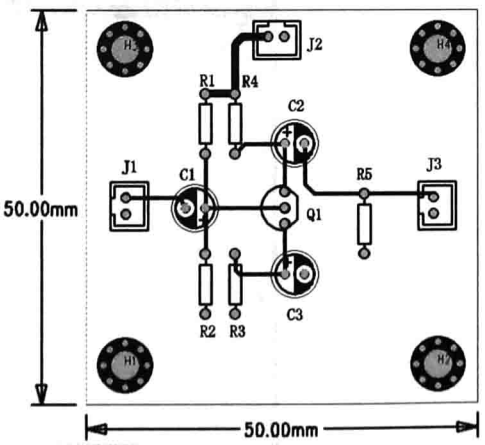
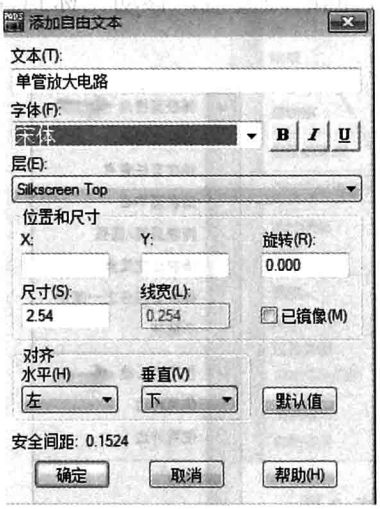


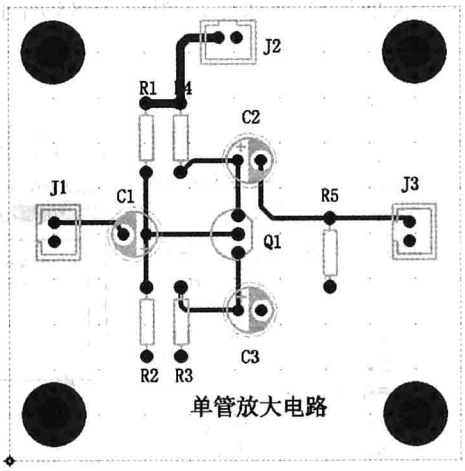
图 5-84　垂直标注效果

3. 添加中/英文文本

在绘图工具栏下，单击文本图标ab|，弹出“添加自由文本”对话框，如图 5-85（a）所示。在该对话框中可以输入需要的文本，然后单击【确定】按钮，在没有标注 X 和 Y 坐标的设置下，文本会附着在光标之上，单击鼠标左键即可将文本放置在板上相应的位置。图 5-85（b）所示为放置文本后的 PCB 效果。



（a）“添加自由文本”对话框



（b）添加文本后的 PCB

图 5-85　添加文本

5.2.8　设计验证

设计完成后，需要对设计文件进行验证。PADS Layout 提供的验证设计工具可以验证安全间距、连接性、高速、最大过孔数、平面连接、DFM 等信息。

执行菜单命令【工具】→【验证设计...】，打开“验证设计”对话框，如图 5-86 所示。单击【清除错误】按钮可以清除相关验证设计项目所产生的错误标记。

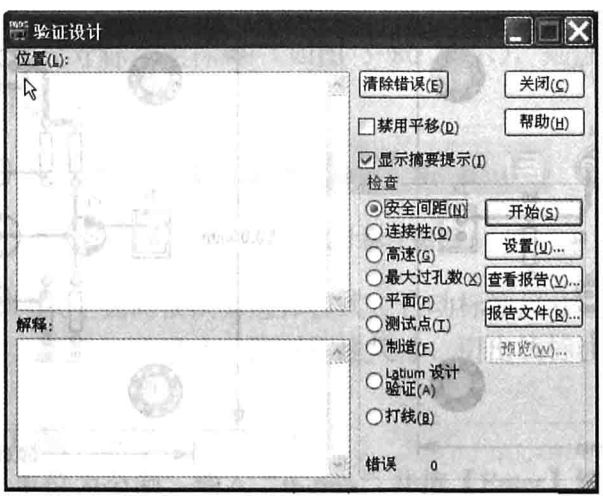


图 5-86 “验证设计”对话框

1．安全间距验证

在图 5-86 中，选择“检查”栏目中的“安全间距”选项，单击【开始】按钮即可进行安全间距的检查。在检查安全间距之前，可以单击【设置】按钮进行检查项目的设置。推荐检查项目的设置如图 5-87 所示。

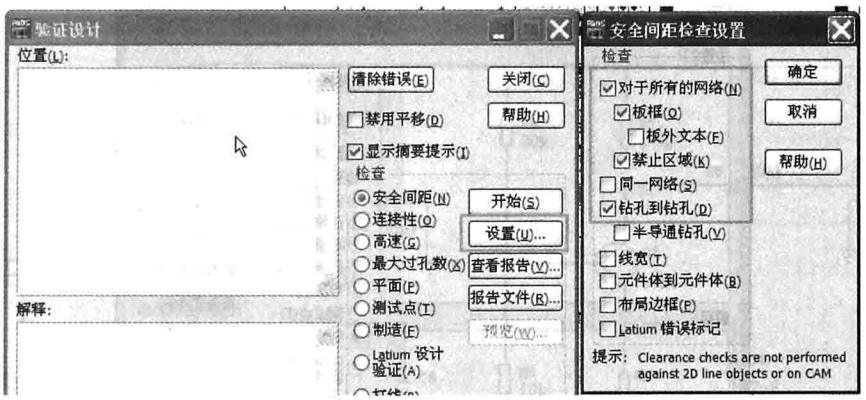


图 5-87　安全间距检查推荐设置

注意

检查安全间距之前，需要将整个 PCB 区域置于屏幕可视范围内（可以通过按下键盘的【Ctrl+B】快捷键来实现）。

2．连接性验证

在图 5-86 中，选择“检查”栏目中的“连接性”选项，单击【开始】按钮即可进行整板连通性的检查，如图 5-88 所示。

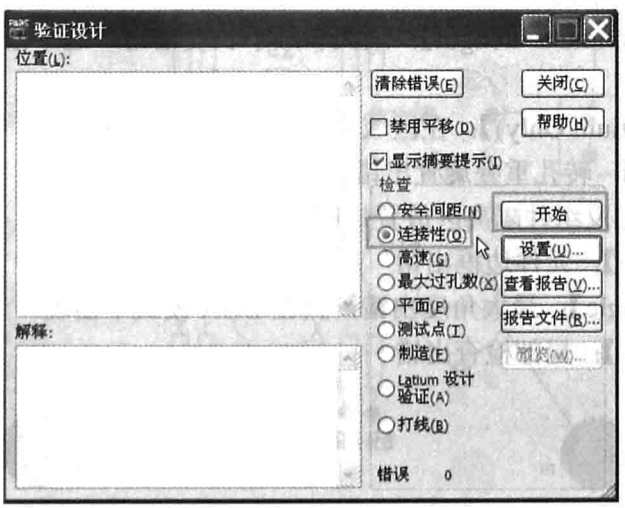


图 5-88　连接性验证操作

3. 可制造性验证

选择“检查”栏目中的“制造”选项，单击【开始】按钮即可进行可制造性方面的验证，如图 5-89 所示。此项的验证功能是利用 Router 软件来进行检查的，可参阅第 8 章 Router 章节的详细介绍。检查的错误标志将在“位置”和“解释”列表中显示。

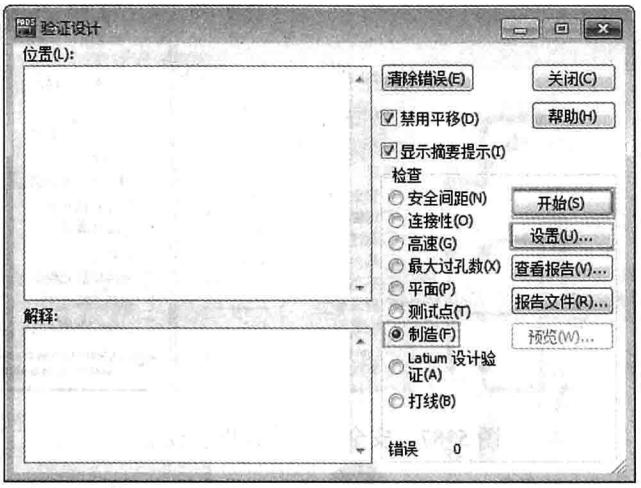


图 5-89 可制造性验证操作

4. 验证设计中的常用错误标志

PADS Layout 在验证设计出来错误后，出错的地方会出现错误标志。

常用的错误标志有 11 种，其中的含义如下：

【Clearance】：安全间距出错

【Testability and Connectivity】：可测量性和连通性出错

【High Speed】：高速特性出错

【Fabrication】：装配出错

【Minimum/Maximum Length】：最大和最小长度出错，这个错误标志符只在 BGA 模式下出现

【Assembly(Latium Only)】：在区域中集合出错

【Drill to Drill】：转孔重叠旋置出错

【Keepout】：违反组件隔离区放置规则

【Board Outline】：元件边框出错

【Maximum Angle】：最大角度出错，只在 BGA 模式下出现

【Latium Check】：局部检查出错

学习评价

1. 思考练习题

（1）PCB 设计前要做哪些准备工作？

（2）PCB 后期有什么地方需要处理？

（3）如何验证 PCB 设计？

（4）简述印制电路板的设计流程？

2．技能训练题

（1）绘制图 5-90 和图 5-91 所示的多管放大电路的原理图和 PCB 图。

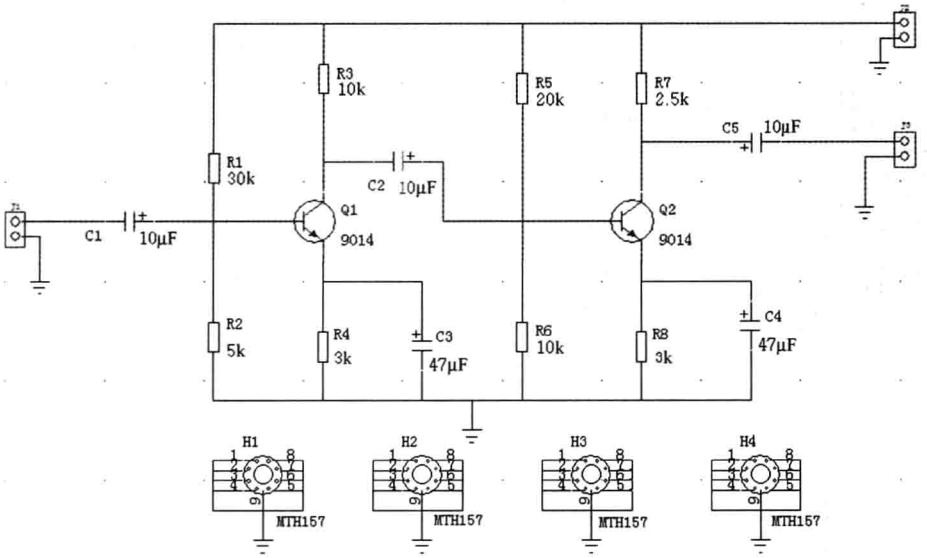


图 5-90　多管放大电路原理图

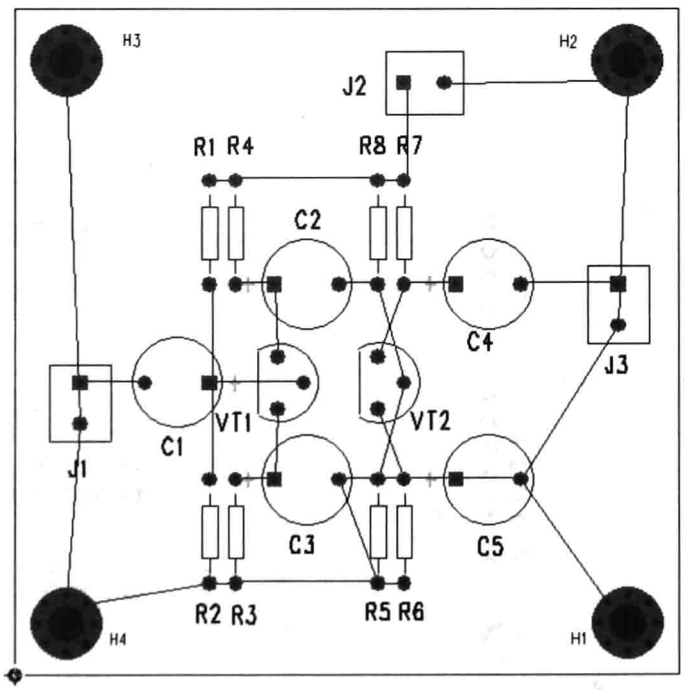


图 5-91　多管放大电路 PCB

（2）绘制并口测试板的原理图和 PCB，如图 5-92 和图 5-93 所示。

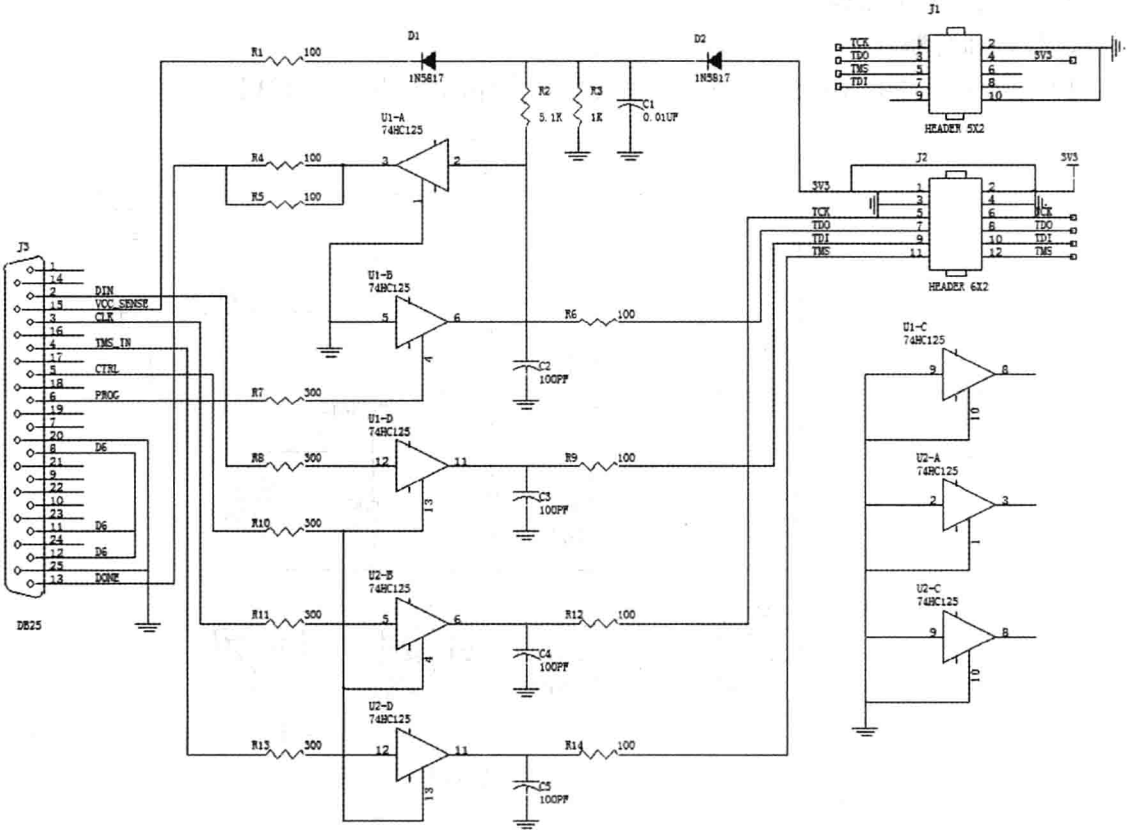


图 5-92　并口测试板的原理图

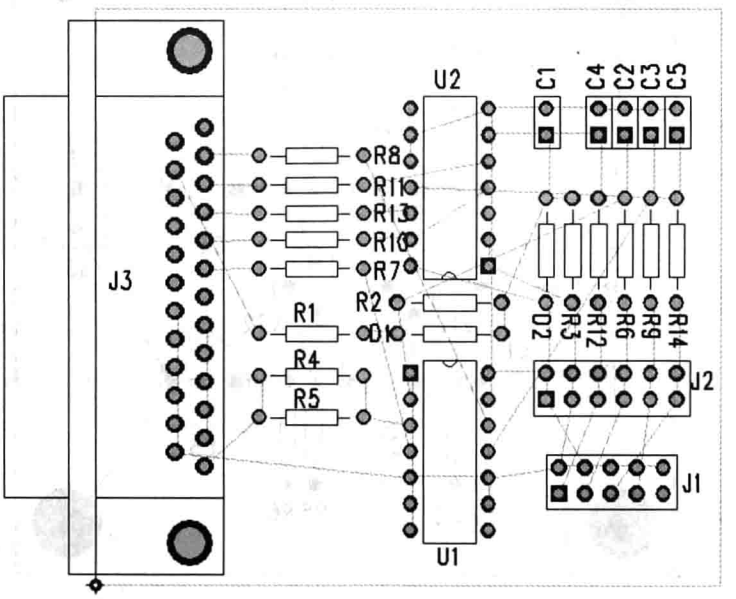


图 5-93　并口测试板的 PCB 布局

3．技能评价评分表

班级:_____　学号：_____　姓名：_____　成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1．单管放大电路 PCB 的设计	15				
	2．多管放大电路原理图和 PCB 的设计	15				
	3．并口测试板原理图和 PCB 的设计	15				
实操技能	1．创建元件库	10				
	2．输入设计数据	5				
	3．设计前准备工作	5				
	4．元器件的布局	5				
	5．元器件的布线	5				
	6．灌铜处理	5				
	7．设计后期处理	5				
	8．设计验证	5				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4．个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第6章 PADS Layout 认知三：相关文件输出

情境

小强同学经过项目 5 案例的学习和反复修改，终于成功将 PCB 设计完成，心里美滋滋的。接下来准备找一家又便宜、质量又好的 PCB 工厂进行加工，然后自己调试电路。但把 PCB 文件发给工厂后，这时候，问题就来了……

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	熟悉 PADS Layout 输出相关生产文件	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：PADS Layout 相关生产文件的输出	2 课时
知识目标	1）知识点一 光绘文件输出 2）知识点二 IPC 网表输出 3）知识点三 ODB 文件输出 4）知识点四 钢网文件和贴片坐标文件输出 5）知识点五 装配文件输出	教师讲授	2 课时

6.1 基本技能

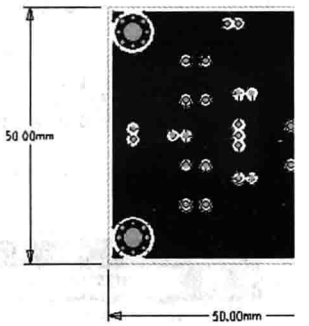
任务：PADS Layout 输出相关生产文件。

本节以项目 5 中的 PCB 文件为例，板为两层板，则 CAM 光绘文件共需要 6+2=8 个文件。接下来介绍输出 CAM 文件详细步骤。

（1）打开 PCB 文件后，将原点设置在离板框左下角的-2000mil 处，如图 6-1 所示。

（2）输出 CAM 文件前，要先执行覆铜操作。如已灌铜，可略过此步。执行菜单命令【工具】→【覆铜管理】，在弹出的“覆铜管理器”对话框中，选择“全部灌注”选项。然后单击【开始】按钮，如图 6-2 所示。

（3）执行菜单命令【文件】→【CAM】，进入“定义 CAM 文档”对话框，如图 6-3 所示。



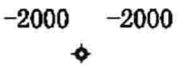


图 6-1　设置原点

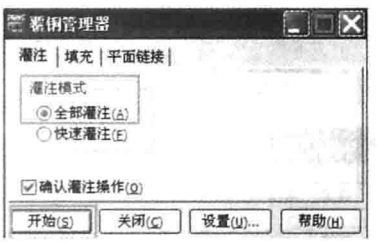


图 6-2　设置灌注模式

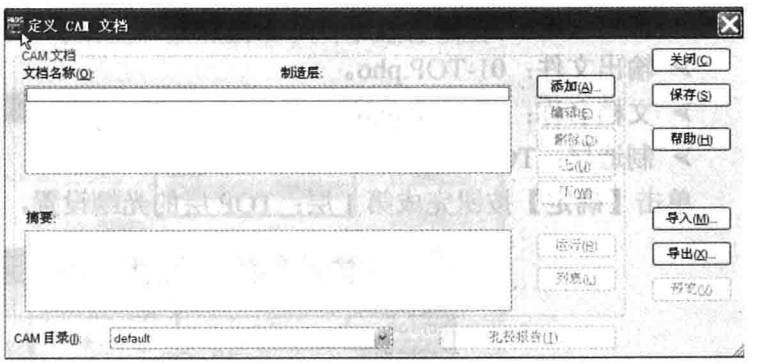


图 6-3　“定义 CAM 文档”对话框

（4）创建存放 CAM 文件的子目录。如果 PADS 安装在 D 盘，则默认的存放路径为“D:\PADS Projects\CAM”。在“CAM 目录”下拉列表中，单击下拉箭头，并单击“<创建>”，如图 6-4 所示。将弹出“CAM 问题”对话框，提示新建一个存放 CAM 文件的子目录，如图 6-5 所示。

图 6-4　创建子目录

在图 6-5 所示的对话框中输入“单管放大电路 _GERBER”，则在默认的存放路径下就多了一个“单管放大电路_ GERBER”文件夹，如“D:\PADS Projects\CAM\单管放大电路 _GERBER”，如图 6-6 所示。

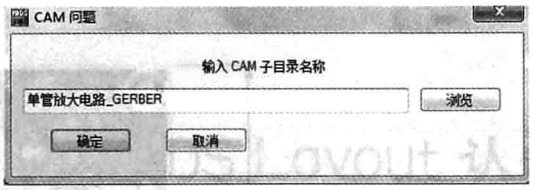


图 6-5 “CAM 问题”对话框

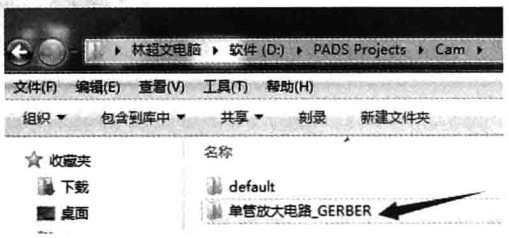


图 6-6 创建后的子目录

（5）在图 6-3 所示的对话框中，单击【添加】按钮，在弹出的对话框中进行以下选项设置：

- 文档类型：布线/分割平面，在随后弹出的对话框中选择 TOP。
- 输出文件：01-TOP.pho。
- 文档名称：01-TOP.pho。
- 制造层：TOP。

单击【确定】按钮完成第 1 层：TOP 层的光绘设置，如图 6-7 所示。

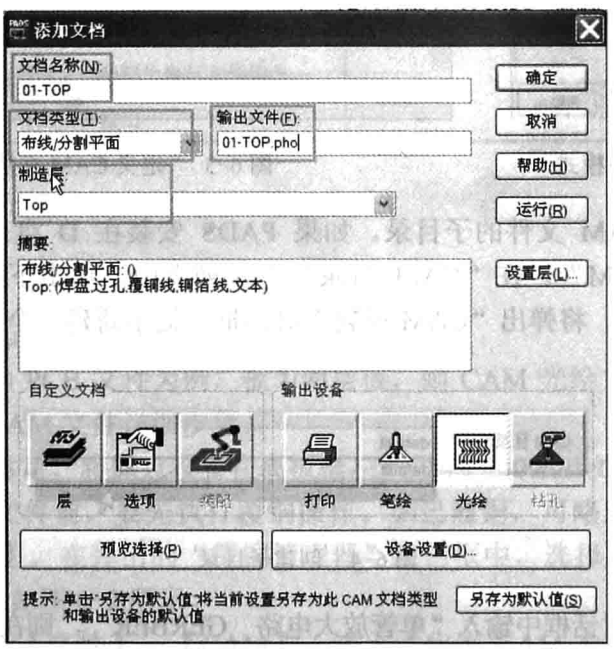


图 6-7 TOP 层的光绘设置

单击【设备设置】按钮，在随后弹出的“光绘图机设置”对话框中，将填充宽度和文本填充宽度全部改为 1mil，如图 6-8 所示。

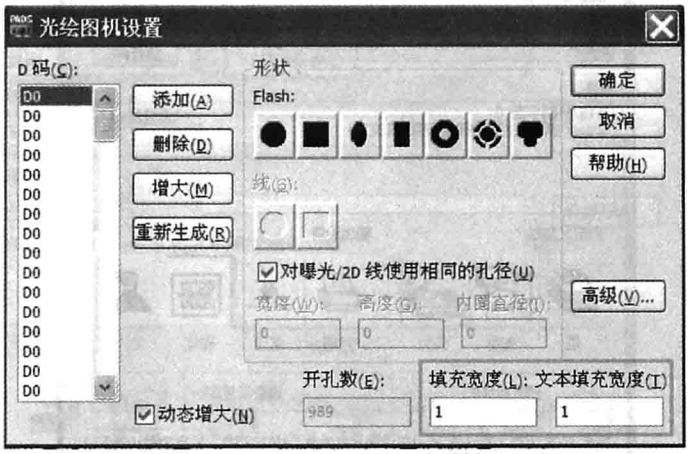


图 6-8 “光绘图机设置”对话框

单击图标，弹出“选择项目”对话框，按照图 6-9 所示进行设置。

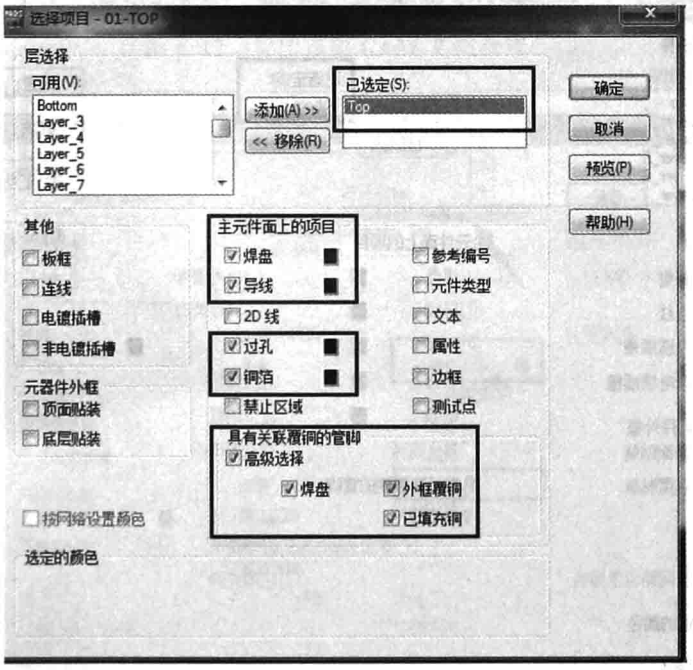


图 6-9 “选择项目”对话框

接下来，我们还需要产生底层的光绘设置，如图 6-10 至图 6-11 所示。

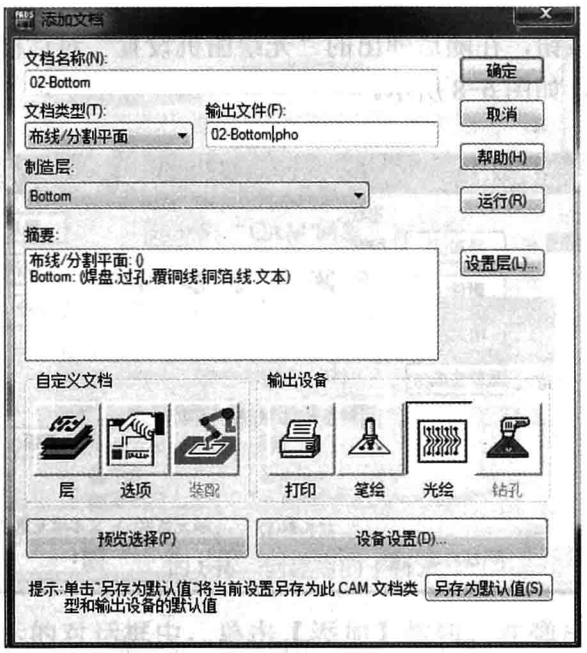


图 6-10　底层 CAM 文档设置

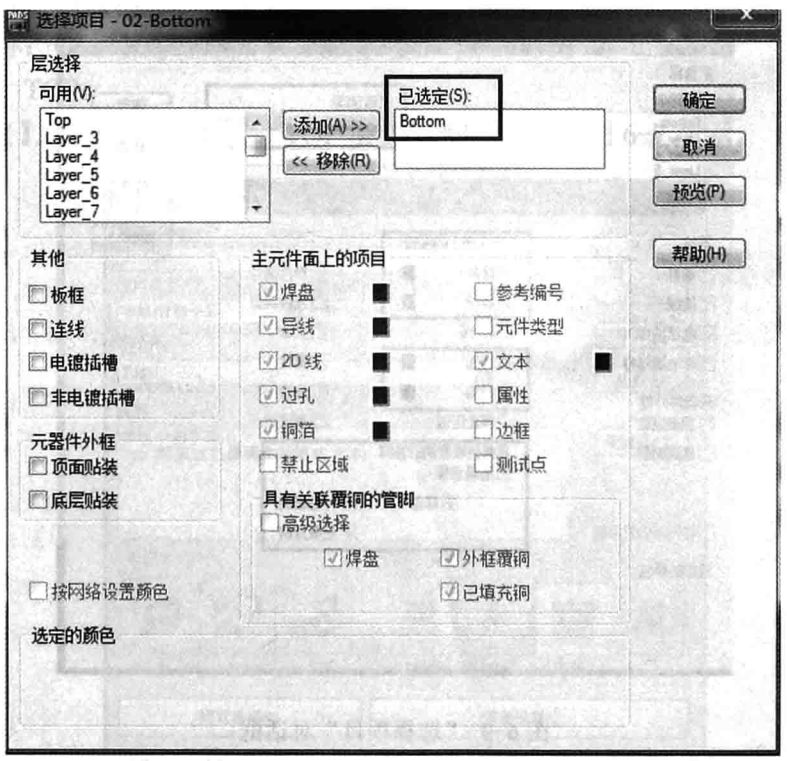


图 6-11　底层选择项目设置

（6）设置丝印顶层（Silkscreen Top），如图 6-12 至图 6-14 所示。

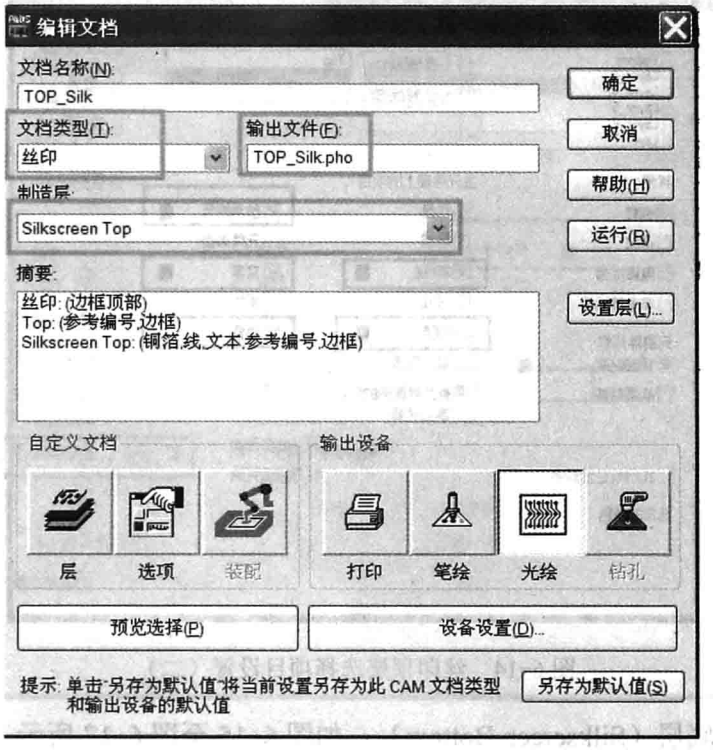


图 6-12　丝印顶层 CAM 文档设置

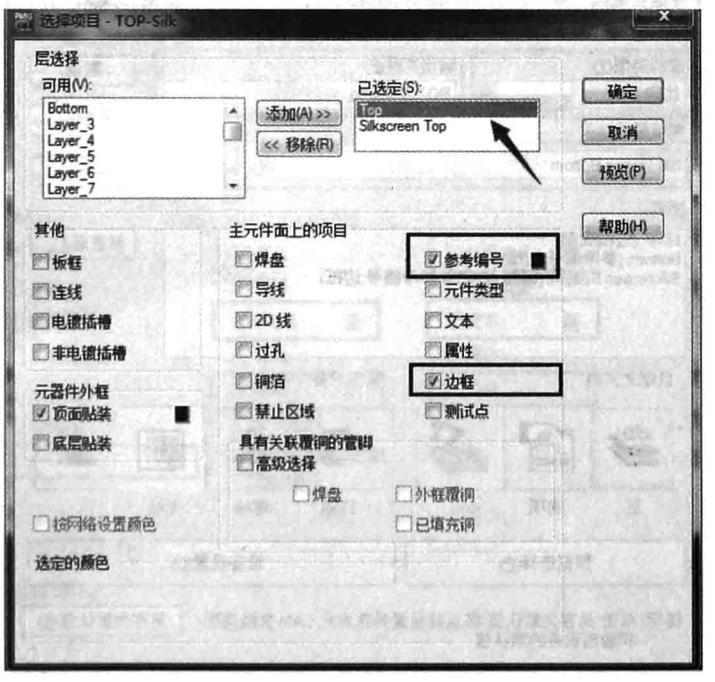


图 6-13　丝印顶层选择项目设置（一）

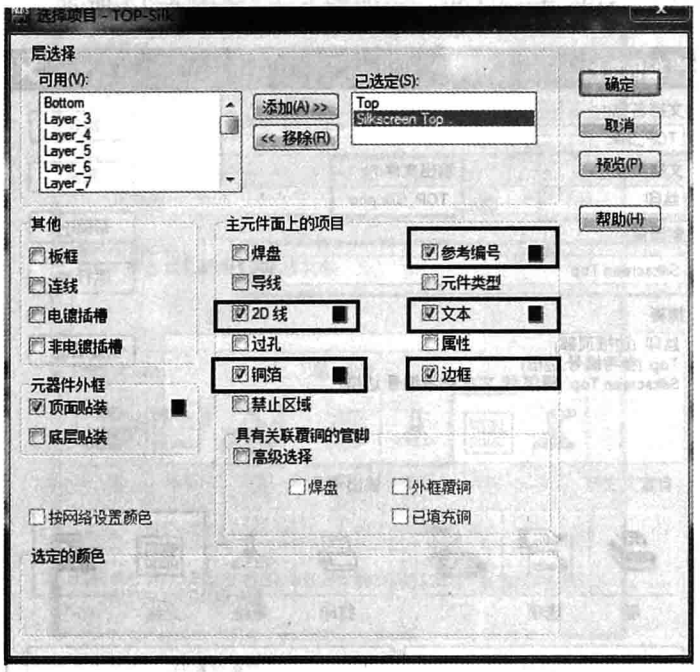


图 6-14　丝印顶层选择项目设置（二）

（7）设置丝印底层（Silkscreen Bottom），如图 6-15 至图 6-17 所示。

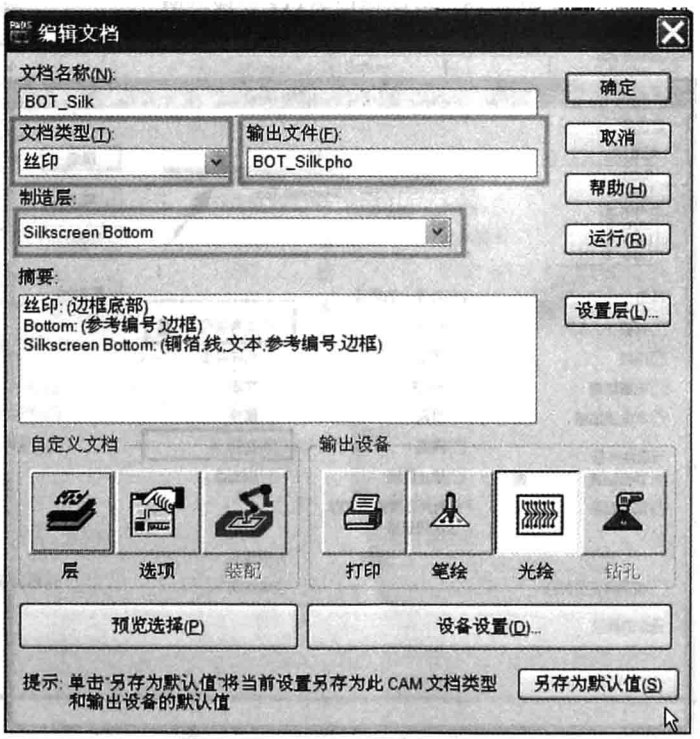


图 6-15　丝印底层 CAM 文档设置

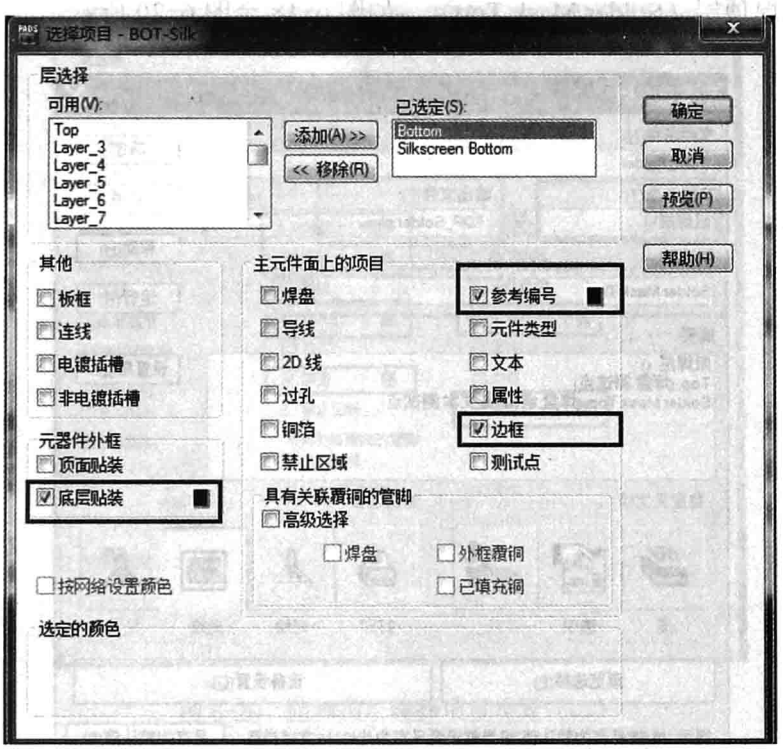


图 6-16　丝印底层选择项目设置（一）

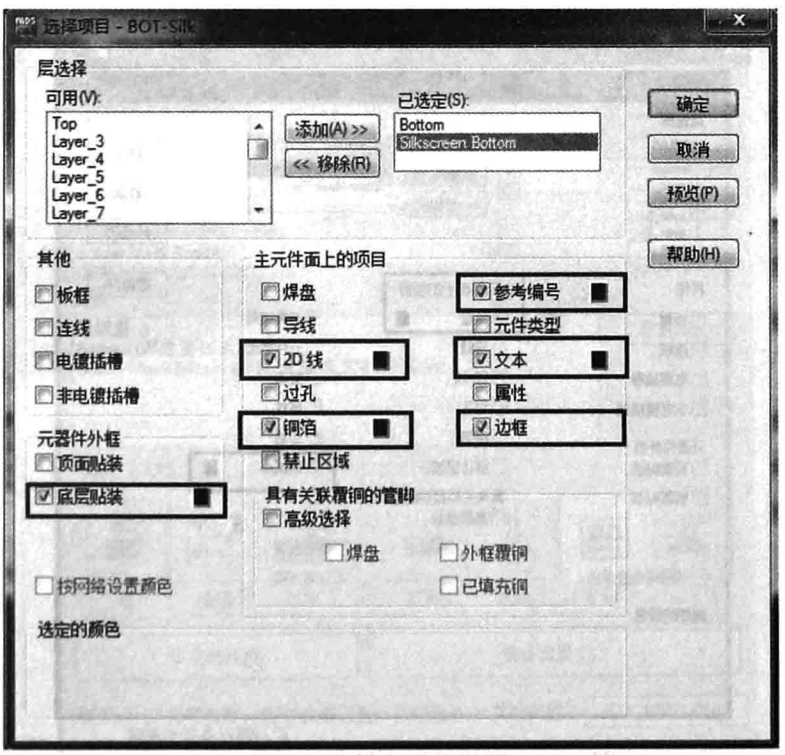


图 6-17　丝印底层选择项目设置（二）

（8）设置阻焊顶层（Solder Mask Top），如图 6-18 至图 6-20 所示。

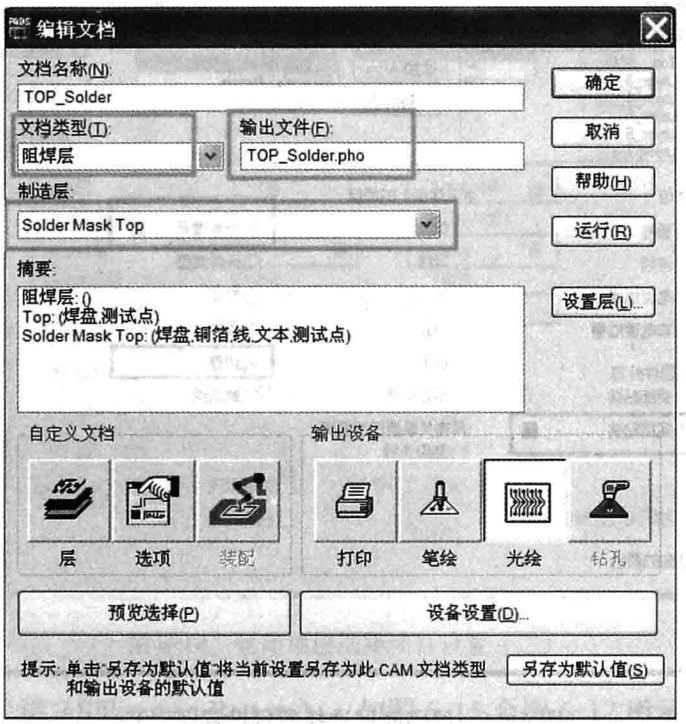


图 6-18　阻焊顶层 CAM 文档设置

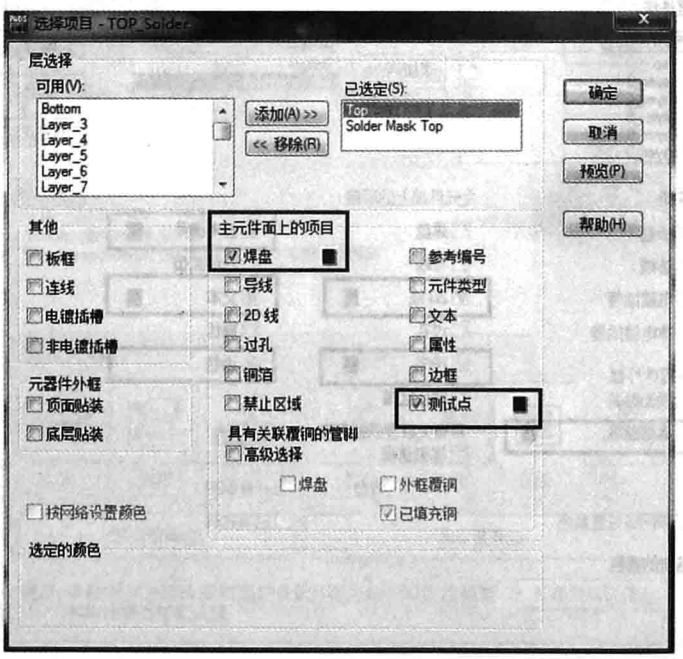


图 6-19　阻焊顶层选择项目设置（一）

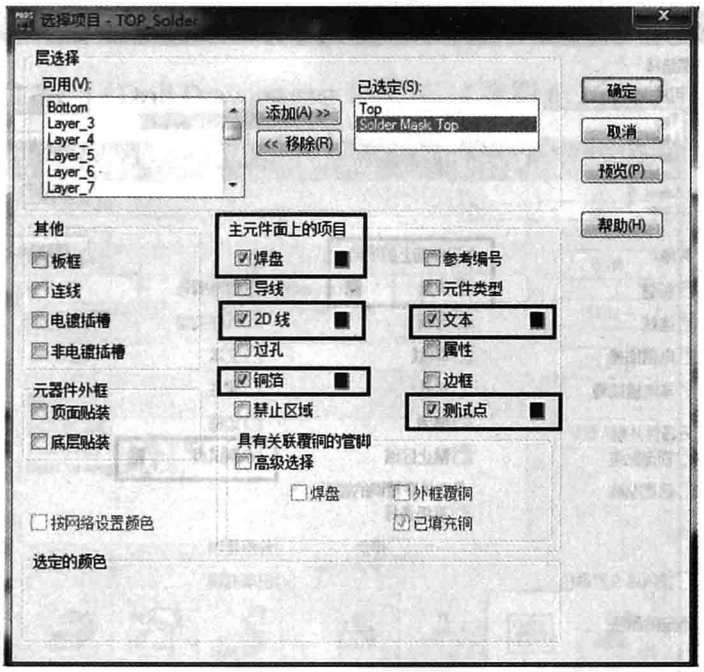


图 6-20　阻焊顶层选择项目设置（二）

在图 6-18 中，单击图标，在弹出的对话框中将“焊盘尺寸放大（缩小）至”改为 4。

（9）设置阻焊底层（Solder Mask Bottom），如图 6-21 至图 6-23 所示。

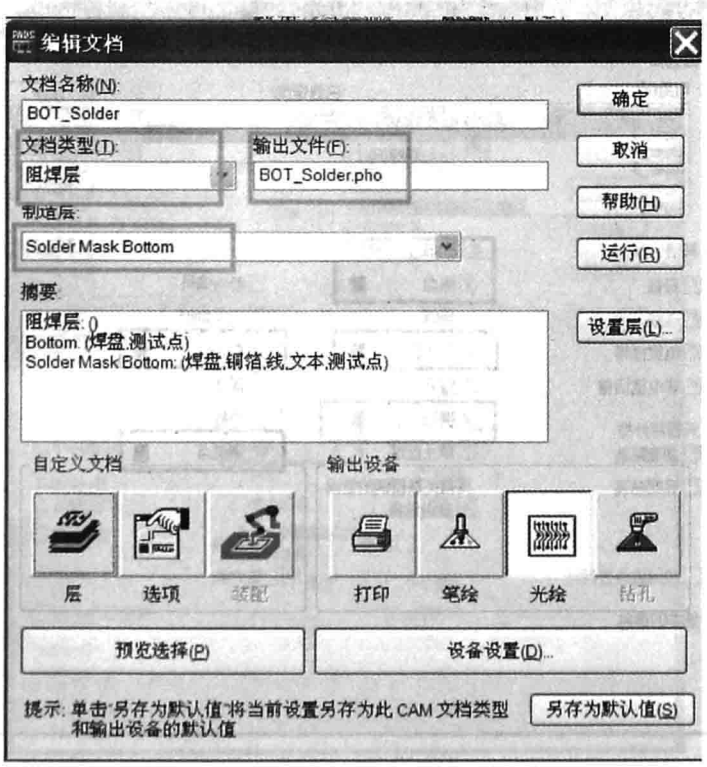


图 6-21　阻焊底层 CAM 文档设置

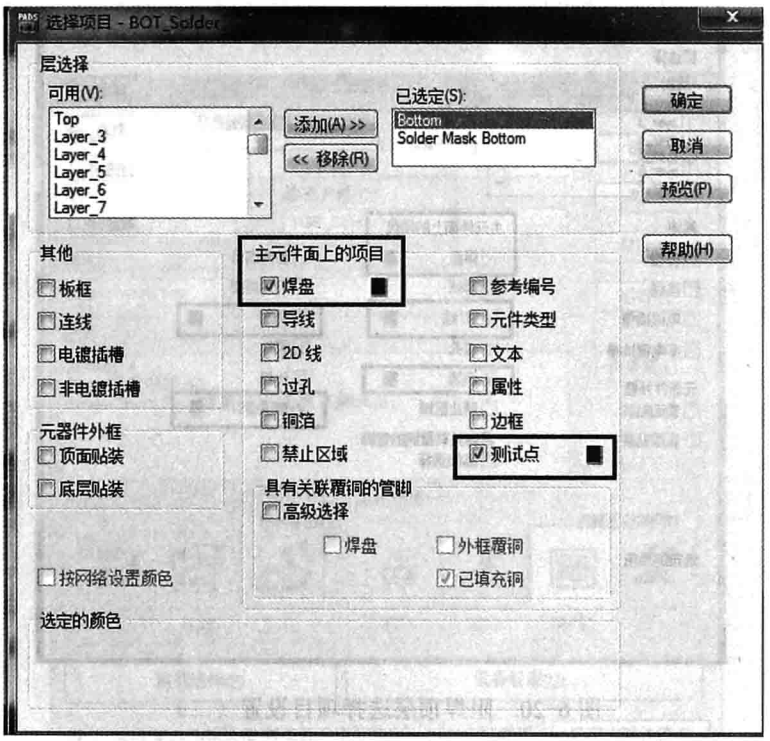


图 6-22　阻焊底层选择项目设置（一）

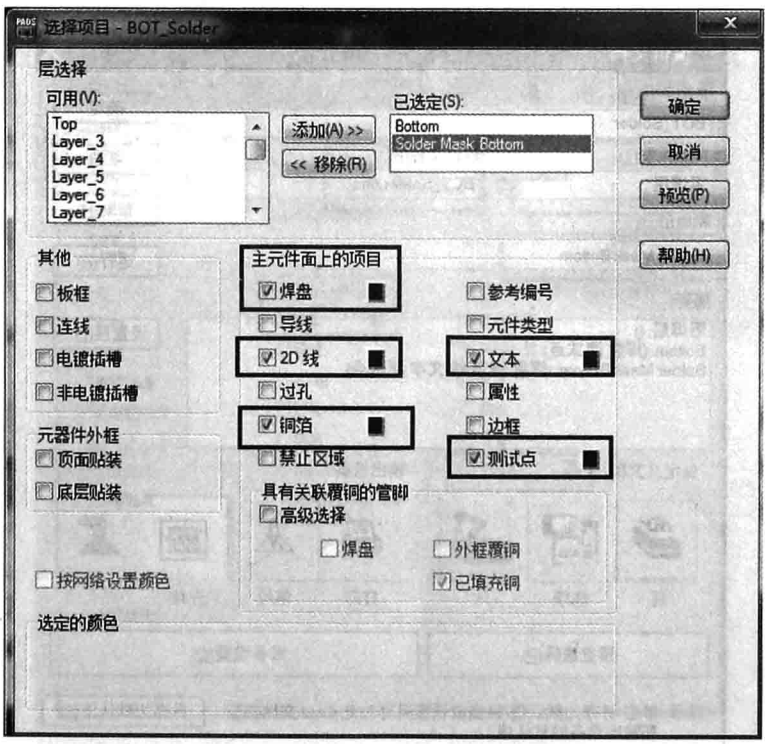


图 6-23　阻焊底层选择项目设置（二）

在图 6-21 中，单击图标，在弹出的对话框中将“焊盘尺寸放大（缩小）至”改为 4。

（10）设置钻孔参考层（Drill Drawing），如图 6-24 至图 6-26 所示。

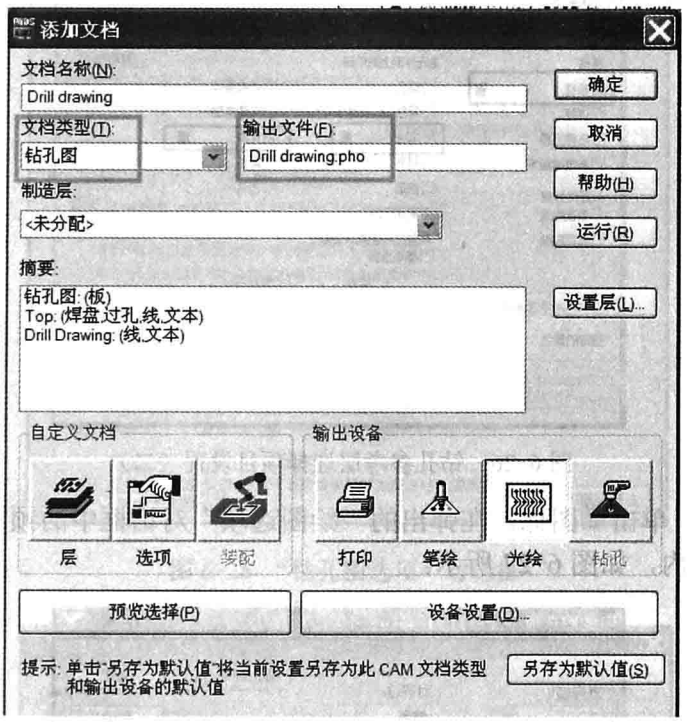


图 6-24　钻孔参考层 CAM 文档设置

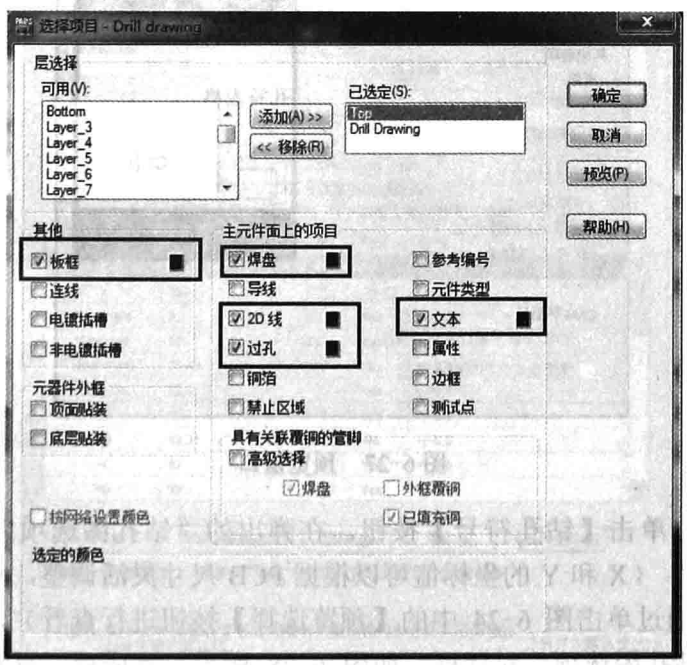


图 6-25　钻孔参考层选择项目设置（一）

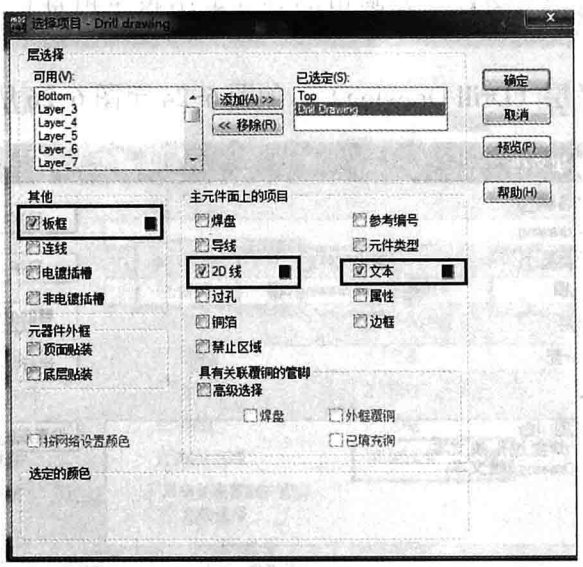


图 6-26　钻孔参考层选择项目设置（二）

在图 6-24 中，单击图标，在弹出的“绘图选项”对话框中的预览窗口可以看到：孔符表格压到了 PCB 内，如图 6-27 所示。

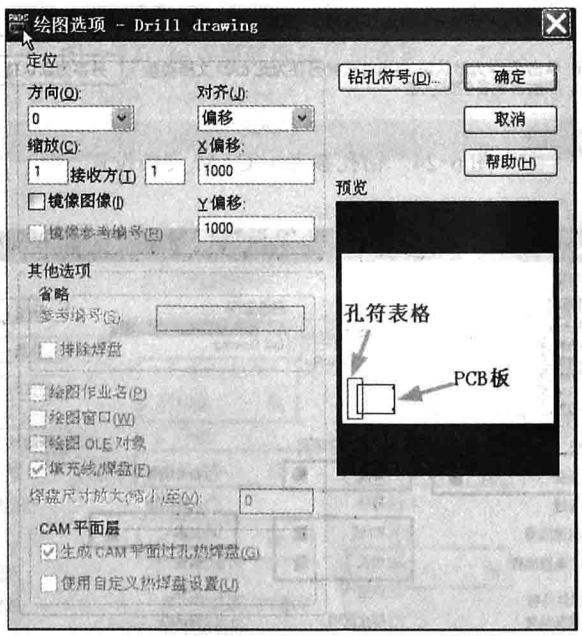


图 6-27　预览窗口

在图 6-27 中，单击【钻孔符号】按钮，在弹出的“钻孔图选项”对话框中更改位置“X:10000”和“Y:0”（X 和 Y 的坐标值可以根据 PCB 尺寸灵活调整，只要钻孔图表不压到 PCB 就可以，可以通过单击图 6-24 中的【预览选择】按钮进行查看），然后单击【重新生成】按钮，弹出“钻孔图选项”对话框，如图 6-28 所示。完成后，重新生成钻孔数据，如图 6-29 所示。

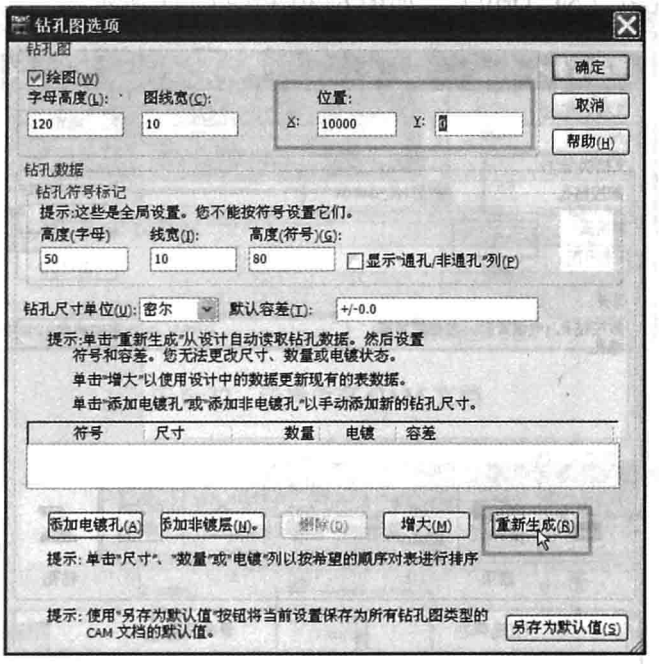


图 6-28 “钻孔图选项”对话框

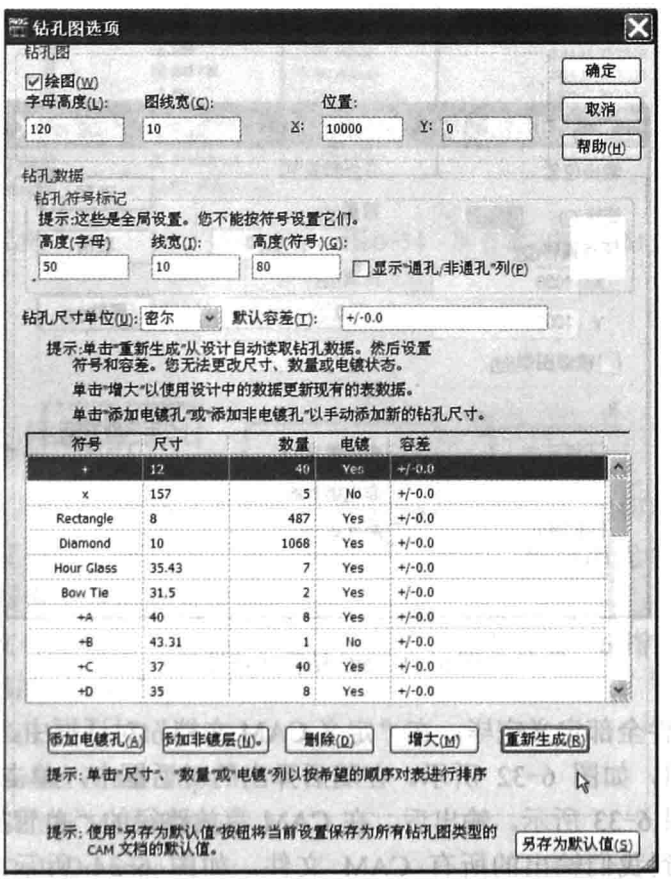


图 6-29　重新生成的钻孔数据

（11）设置 NC 钻孔（NC Drill），如图 6-30 和图 6-31 所示。

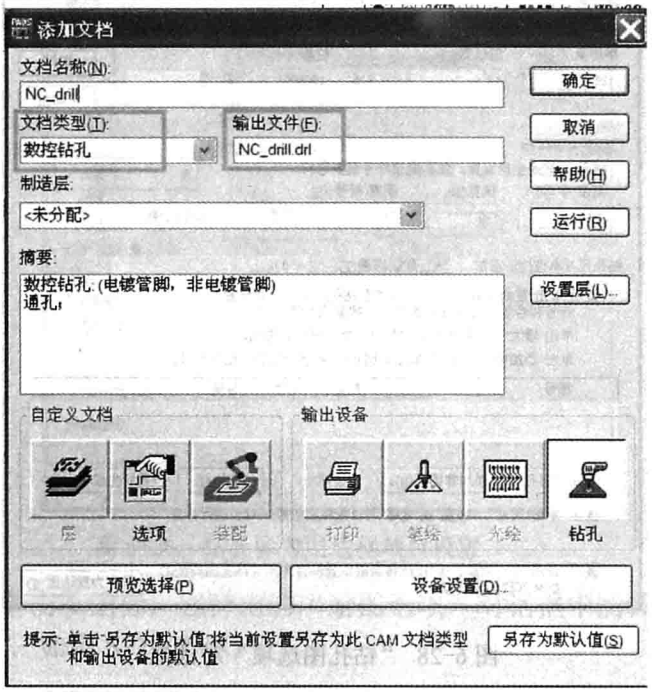


图 6-30　NC 钻孔 CAM 文档设置

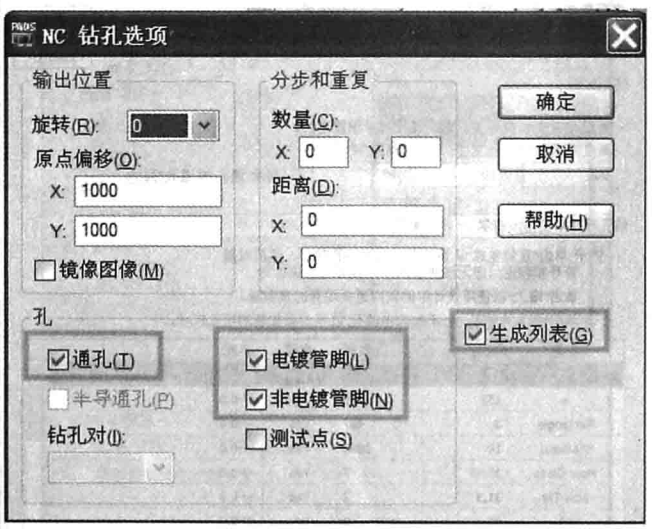


图 6-31　NC 钻孔选项设置

至此，CAM 文件全部定义完毕。在“定义 CAM 文档”对话框中，全选 CAM 文档，然后单击【运行】按钮，如图 6-32 所示。在随后弹出的对话框中，单击【是】按钮，即可输出 CAM 文件，如图 6-33 所示。输出后，在 CAM 存放路径的“单管放大电路_GERBER”文件夹中，可以看到我们输出的所有 CAM 文件，如图 6-34 所示。将“单管放大电路_GERBER”文件夹打包后就可以发给 PCB 工厂进行制造加工了。

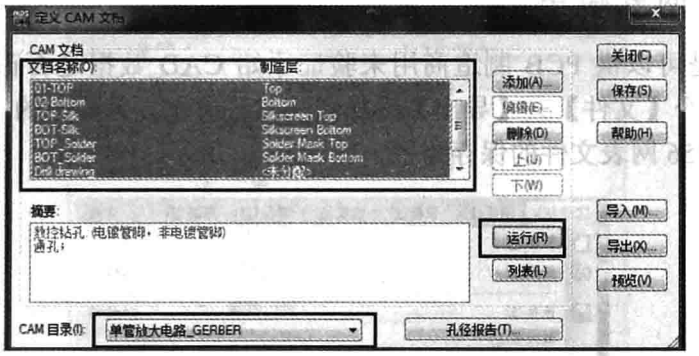


图 6-32　选择所有 CAM 文档

图 6-33　提示对话框

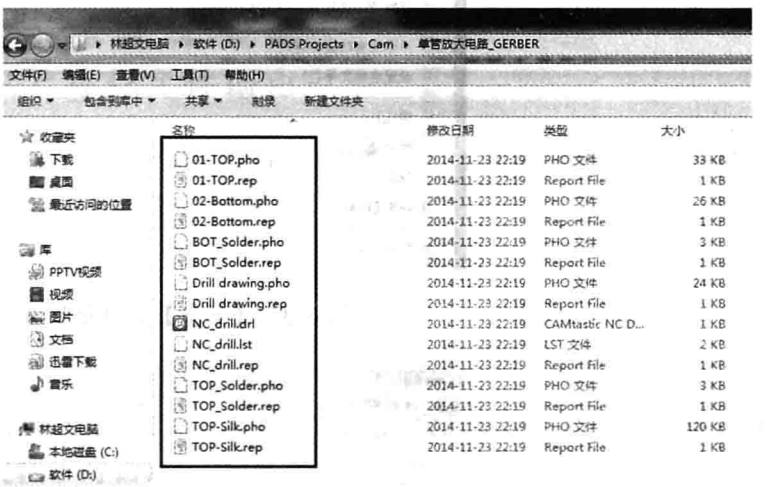


图 6-34　所有输出的 CAM 文件

6.2　基本知识

6.2.1　光绘文件输出

光绘文件又称为 Gerber、菲林（取的是英文 Film 的音译），也可称为 CAM 文件，它是 PCB 设计完成后交付板厂进行生产的最终文件。因此，在导出光绘文件之前必须保证 PCB 检查无误且所有覆铜层全部重新覆铜。

一个正常的光绘文件应包括（n+6）个文件。其中，n 指层数；6 指：

- 顶层丝印层，Silkscreen Top。
- 底层丝印层，Silkscreen Bottom。
- 顶层阻焊层，Solder Mask Top。
- 底层阻焊层，Solder Mask Bottom。
- 钻孔参考层，Drill Drawing。
- NC 钻孔层，NC Drill。

6.2.2 IPC 网表输出

IPC356 网表是可以供 PCB 制造商用来验证原始 CAD 数据是否正确的一种通用网表格式。执行菜单命令【文件】→【导出】，如图 6-35 所示。在弹出的“文件导出”对话框中，可以选择 IPC356 网表文件的保存路径，如图 6-36 所示。

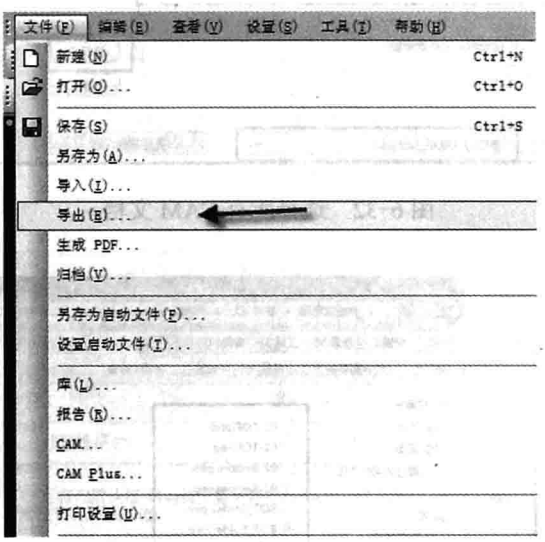


图 6-35 【导出】菜单命令

图 6-36 “文件导出”对话框

6.2.3 ODB 文件输出

ODB 是以色列奥宝公司出的一种光绘格式，全称是 Open Data Basic，它有几个版本，现在是 ODB++。ODB++是一种可扩展的 ASCII 格式，它可在单个数据库中保存 PCB 制造和装配所必需的全部工程数据。单个文件即可包含图形、钻孔信息、布线、元器件、网络表、规格、绘图、工程处理定义、报表功能、ECO 和 DFM 结果等。

执行菜单命令【文件】→【导出】，在弹出的“文件导出”对话框中，可以选择 ODB++文件的保存路径，如图 6-37 所示。

图 6-37　导出 ODB++文件

6.2.4　钢网文件和贴片坐标文件输出

钢网文件也可称为 SMT 文件。它是一种 SMT 专用模具，其主要功能是帮助锡膏的沉积，目的是将准确数量的锡膏转移到空 PCB 上的准确位置。

SMT 文件应包括：

- 顶层锡膏层，Solder Paste Top。
- 底层阻焊层，Solder Paste Bottom。
- 贴片坐标文件。

（1）执行菜单命令【文件】→【CAM】，进入“定义 CAM 文档”对话框，单击【添加】按钮，在弹出的“添加文档”对话框中进行设置。设置结果如图 6-38 所示。单击【层】图标，弹出“选择项目”对话框，按照图 6-39 和图 6-40 所示进行设置。

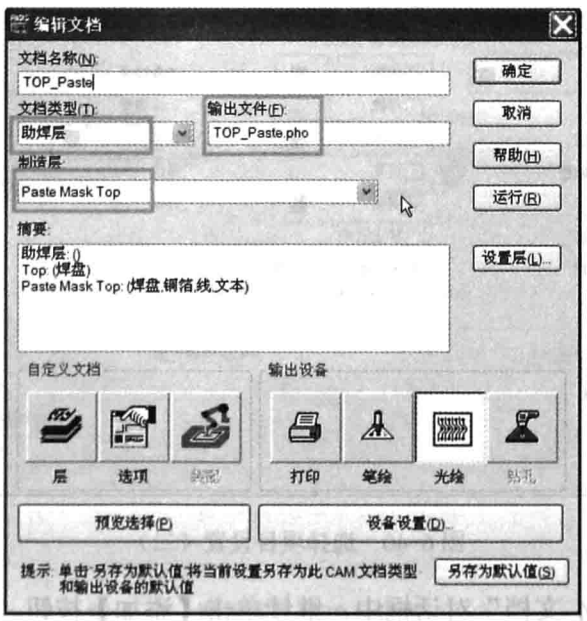


图 6-38　顶层助焊层 CAM 文档设置

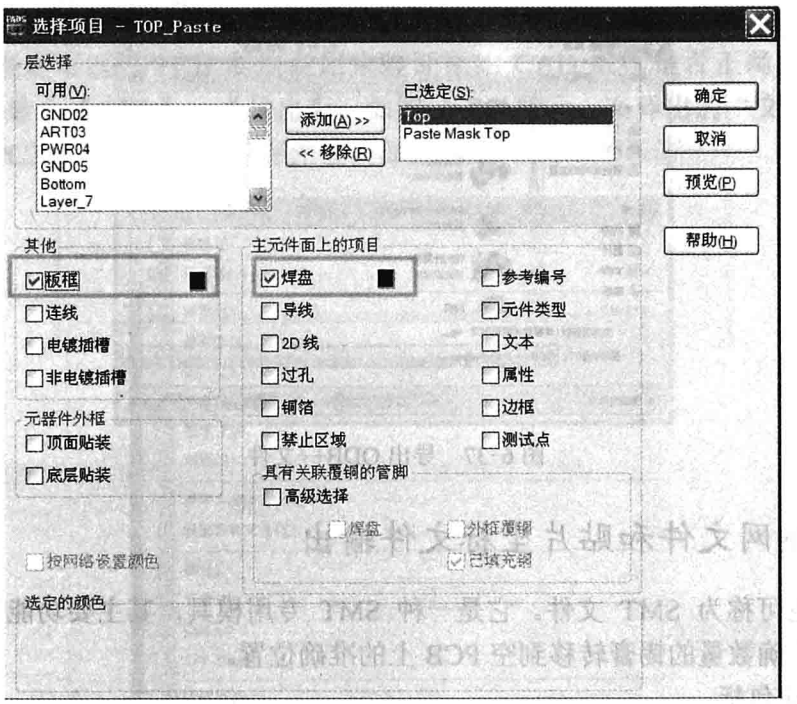


图 6-39　选择项目设置（一）

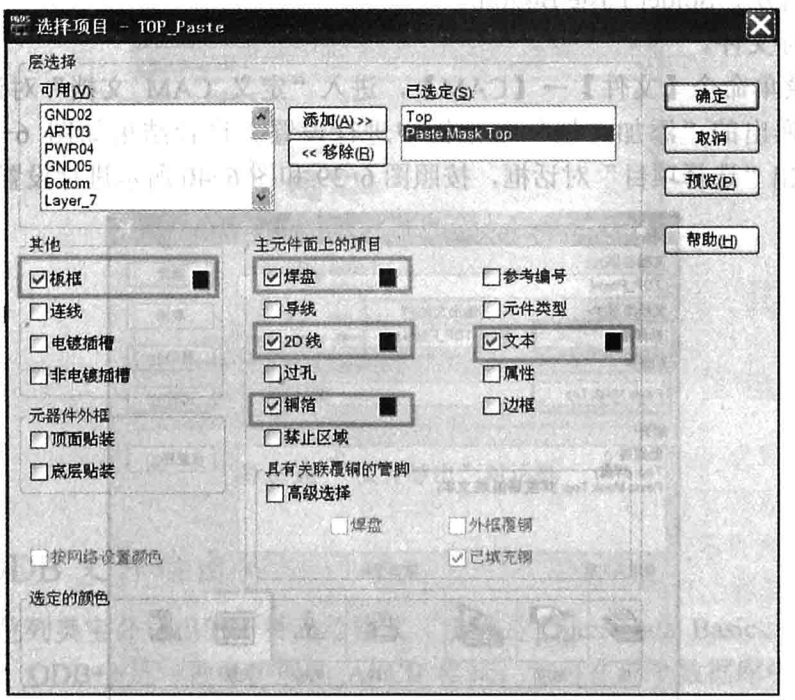


图 6-40　选择项目设置（二）

（2）在“定义 CAM 文档”对话框中，继续单击【添加】按钮，在弹出的“添加文档”对话框中进行设置。结果如图 6-41 至图 6-43 所示。

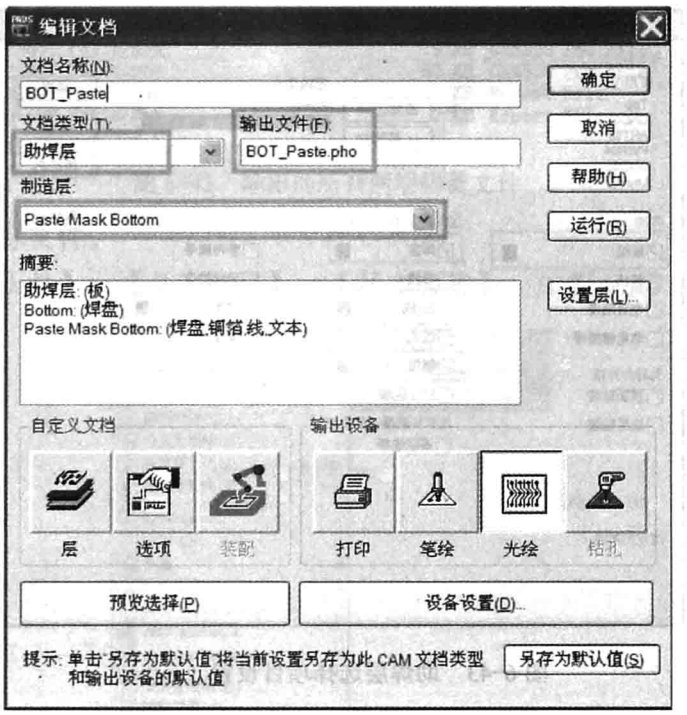


图 6-41　底层助焊层 CAM 文档设置

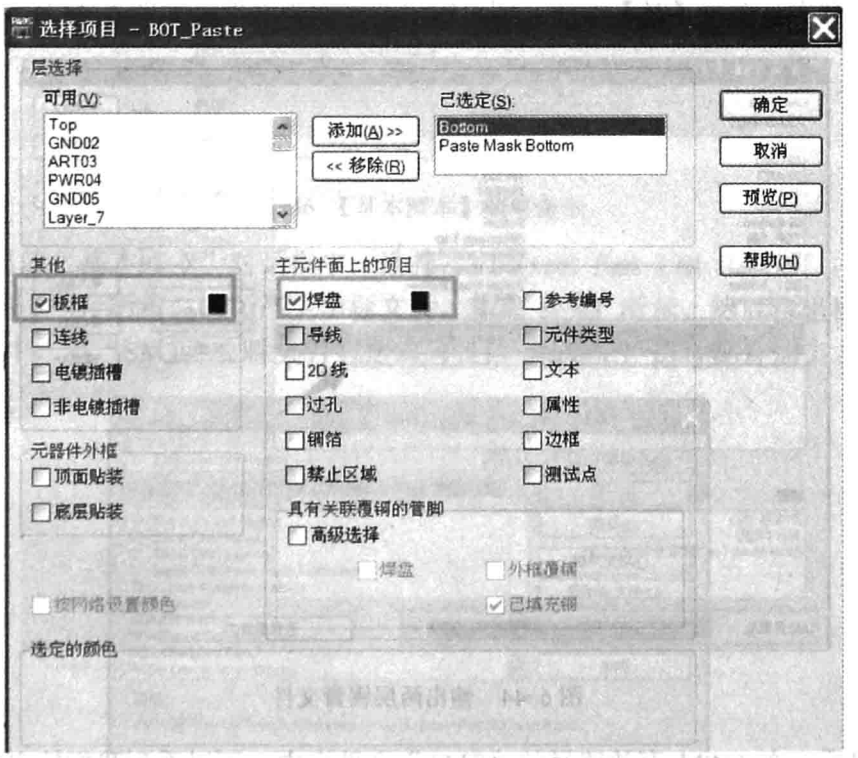


图 6-42　助焊层选择项目设置（一）

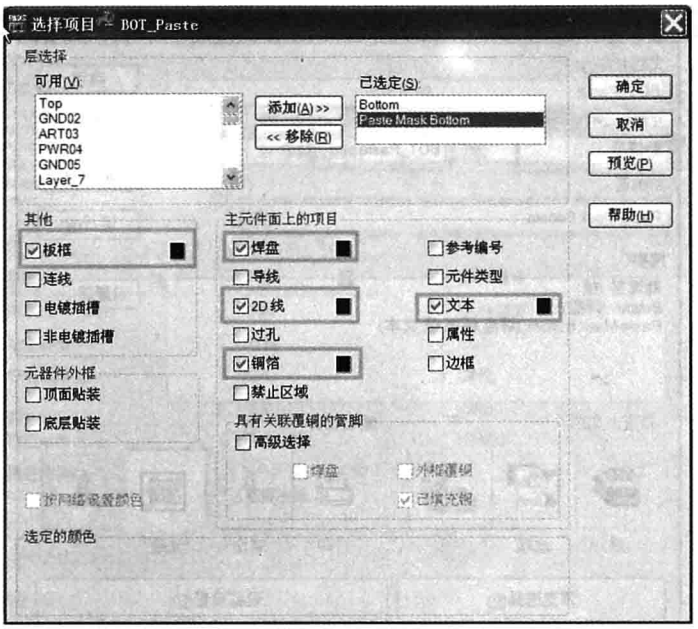
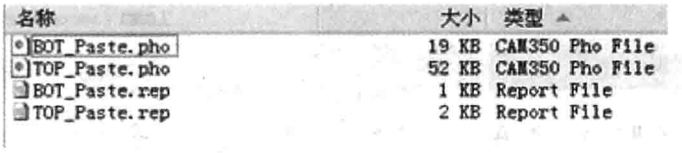


图 6-43　助焊层选择项目设置（二）

（3）至此，两层锡膏文件定义完毕。在“定义 CAM 文档”对话框中，在“CAM 存放路径”下拉列表中创建“SMT”文件夹。选择两层锡膏文档，然后单击【运行】按钮。在随后弹出的对话框中，单击【是】按钮，即可输出两层锡膏文件，如图 6-44 所示。

图 6-44　输出两层锡膏文件

（4）输出后，在 CAM 存放路径的“SMT”文件夹中，可以看到我们输出的所有两层锡膏文件，如图 6-45 所示。



名称	大小	类型
BOT_Paste.pho	19 KB	CAM350 Pho File
TOP_Paste.pho	52 KB	CAM350 Pho File
BOT_Paste.rep	1 KB	Report File
TOP_Paste.rep	2 KB	Report File

图 6-45　输出的所有两层锡膏文件

（5）输出贴片坐标文件。

执行菜单命令【工具】→【基本脚本】→【基本脚本】，如图 6-46 所示。

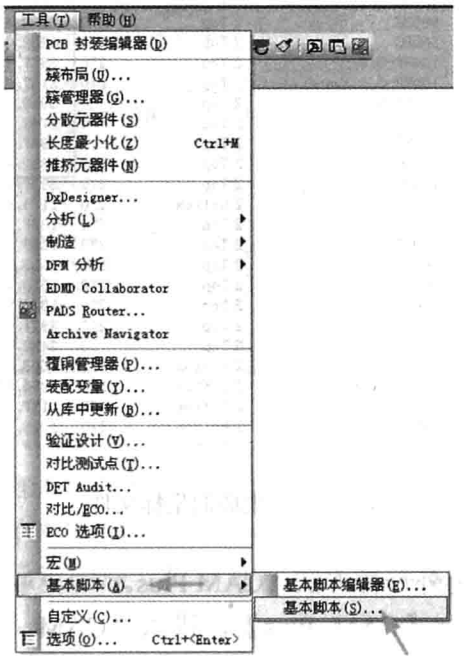


图 6-46 【基本脚本】菜单命令

在随后弹出的“基本脚本”对话框中，选择“17-Excel Part List Report”，并单击【运行】按钮，如图 6-47 所示。即可产生坐标文件，如图 6-48 所示。然后将坐标文件保存到“SMT”文件夹中。将“SMT”文件夹打包后即可发给 SMT 工厂进行贴片加工。

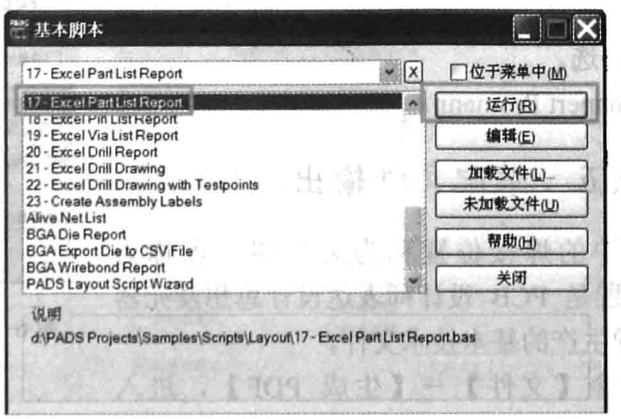
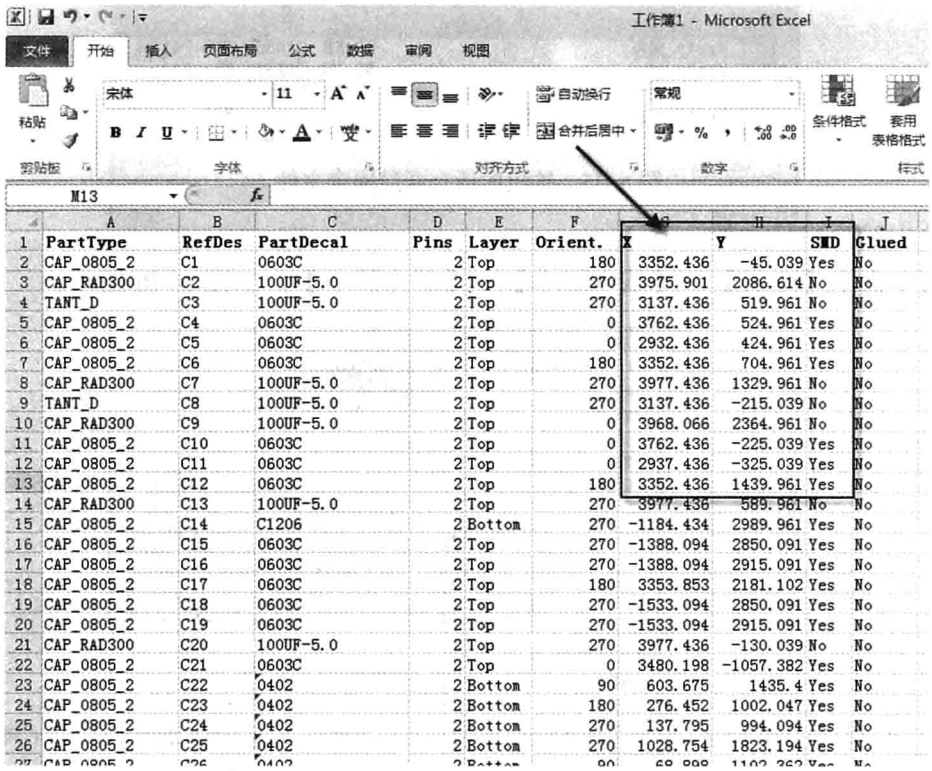


图 6-47 “基本脚本”对话框



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	PartType	RefDes	PartDecal	Pins	Layer	Orient.	X	Y	SMD	Glued
2	CAP_0805_2	C1	0603C	2	Top	180	3352.436	-45.039	Yes	No
3	CAP_RAD300	C2	100UF-5.0	2	Top	270	3975.901	2086.614	No	No
4	TANT_D	C3	100UF-5.0	2	Top	270	3137.436	519.961	No	No
5	CAP_0805_2	C4	0603C	2	Top	0	3762.436	524.961	Yes	No
6	CAP_0805_2	C5	0603C	2	Top	0	2932.436	424.961	Yes	No
7	CAP_0805_2	C6	0603C	2	Top	180	3352.436	704.961	Yes	No
8	CAP_RAD300	C7	100UF-5.0	2	Top	270	3977.436	1329.961	No	No
9	TANT_D	C8	100UF-5.0	2	Top	270	3137.436	-215.039	No	No
10	CAP_RAD300	C9	100UF-5.0	2	Top	0	3968.066	2364.961	No	No
11	CAP_0805_2	C10	0603C	2	Top	0	3762.436	-225.039	Yes	No
12	CAP_0805_2	C11	0603C	2	Top	0	2937.436	-325.039	Yes	No
13	CAP_0805_2	C12	0603C	2	Top	180	3352.436	1439.961	Yes	No
14	CAP_RAD300	C13	100UF-5.0	2	Top	270	3977.436	589.961	No	No
15	CAP_0805_2	C14	C1206	2	Bottom	270	-1184.434	2989.961	Yes	No
16	CAP_0805_2	C15	0603C	2	Top	270	-1388.094	2850.091	Yes	No
17	CAP_0805_2	C16	0603C	2	Top	270	-1388.094	2915.091	Yes	No
18	CAP_0805_2	C17	0603C	2	Top	180	3353.853	2181.102	Yes	No
19	CAP_0805_2	C18	0603C	2	Top	270	-1533.094	2850.091	Yes	No
20	CAP_0805_2	C19	0603C	2	Top	270	-1533.094	2915.091	Yes	No
21	CAP_RAD300	C20	100UF-5.0	2	Top	270	3977.436	-130.039	No	No
22	CAP_0805_2	C21	0603C	2	Top	0	3480.198	-1057.382	Yes	No
23	CAP_0805_2	C22	0402	2	Bottom	90	603.675	1435.4	Yes	No
24	CAP_0805_2	C23	0402	2	Bottom	180	276.452	1002.047	Yes	No
25	CAP_0805_2	C24	0402	2	Bottom	270	137.795	994.094	Yes	No
26	CAP_0805_2	C25	0402	2	Bottom	270	1028.754	1823.194	Yes	No

图 6-48　生成的坐标文件

（6）输出贴片坐标文件另外一种方法：CAM Plus。

执行菜单命令【文件】→【CAM Plus】，进入“CAM Plus”对话框并设置参数，如图 6-49 所示。

CAM Plus 对话框参数设置如下：

- 元件定义文件名：part.def。
- “设置”栏中的“面”：Top。
- “设置”栏中的“面”：SMT。
- 读取元件定义：勾选。
- 读取值属性：勾选。
- 输出格式：Dynapert Promann。

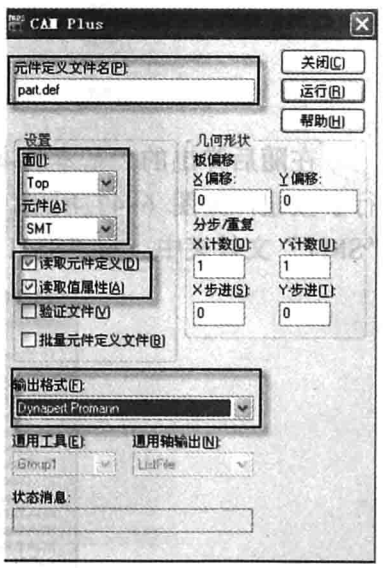


图 6-49　“CAM Plus”对话框

6.2.5　知识点五　装配文件输出

元器件在 PCB 中的焊接位置称为装配图，也称为 Assembly 文件。装配图是 PCB 设计师表达设计思想及元器件装焊的工具，是指导生产的基本技术文件。

（1）执行菜单命令【文件】→【生成 PDF】，进入“PDF 配置”对话框，如图 6-50 所示。

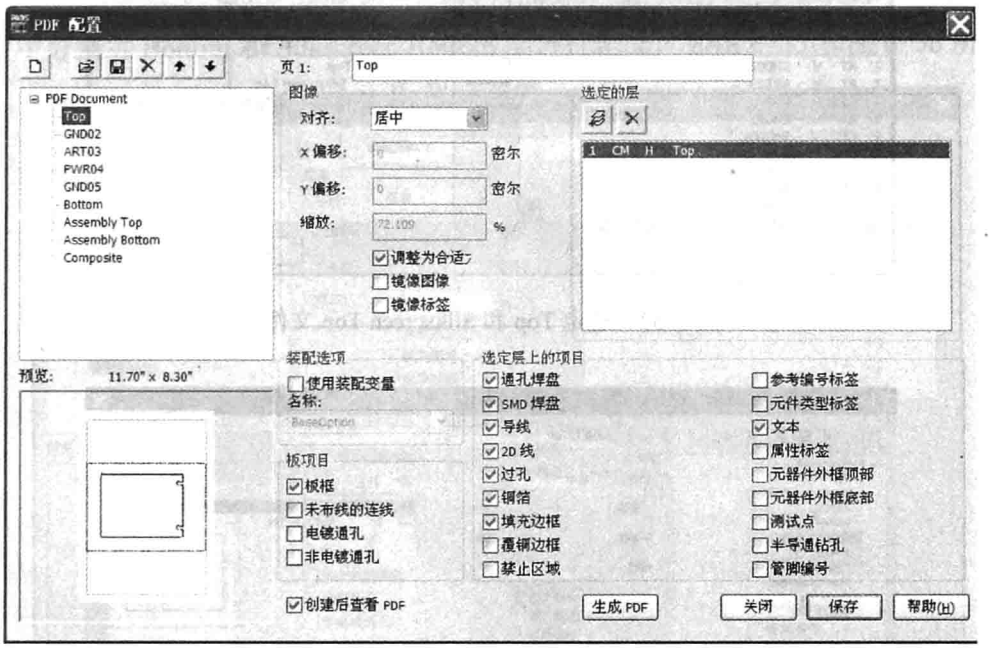


图 6-50 “PDF 配置”对话框

（2）单击 图标，弹出“页 10”对话框，并改名为“装配图 TOP”，如图 6-51 所示，并在“选定的层”栏中单击 图标。将 Top 和 Silkscreen Top 层添加进“已选定”栏中，如图 6-52 所示。然后在“选定的层”栏中分别对 Top 和 Silkscreen Top 层进行定义，如图 6-53 和图 6-54 所示。

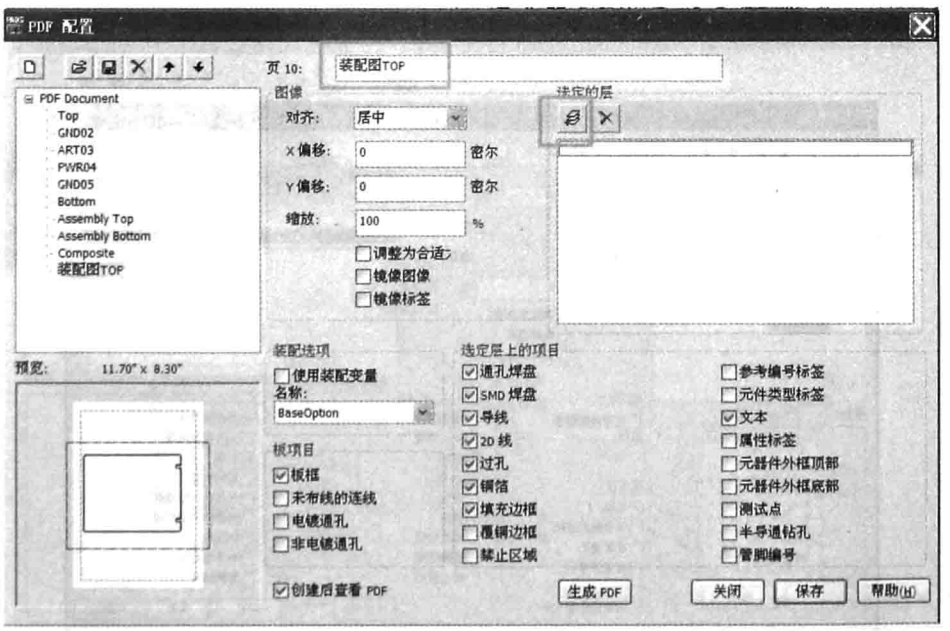


图 6-51　添加装配图 TOP 文件

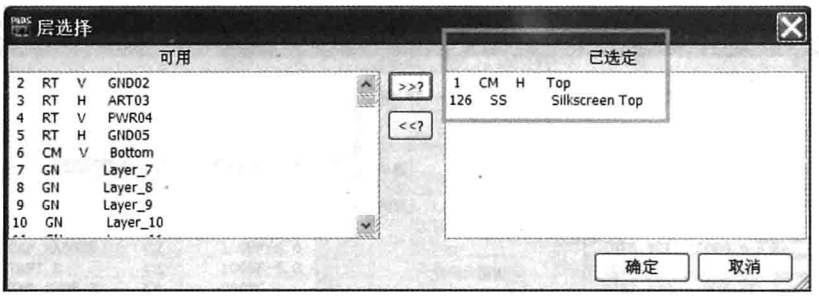


图 6-52　选定 Top 和 Silkscreen Top 文件

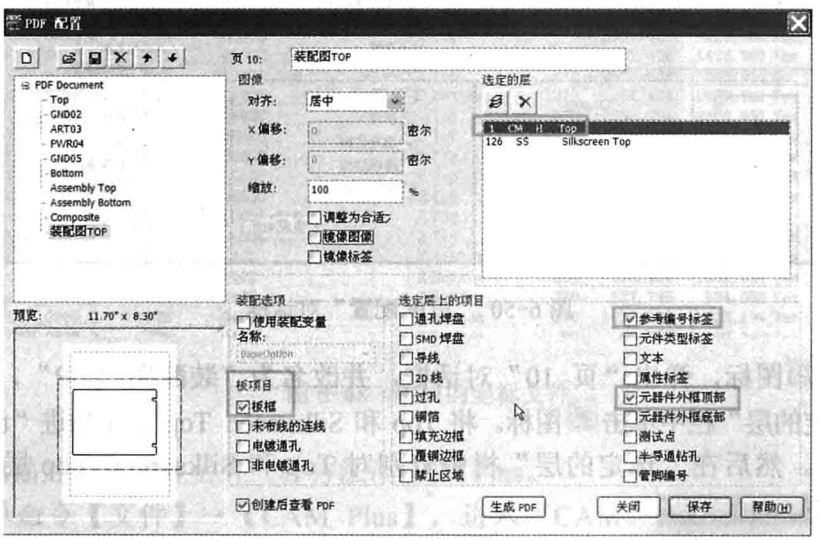


图 6-53　设定 Top 层参数

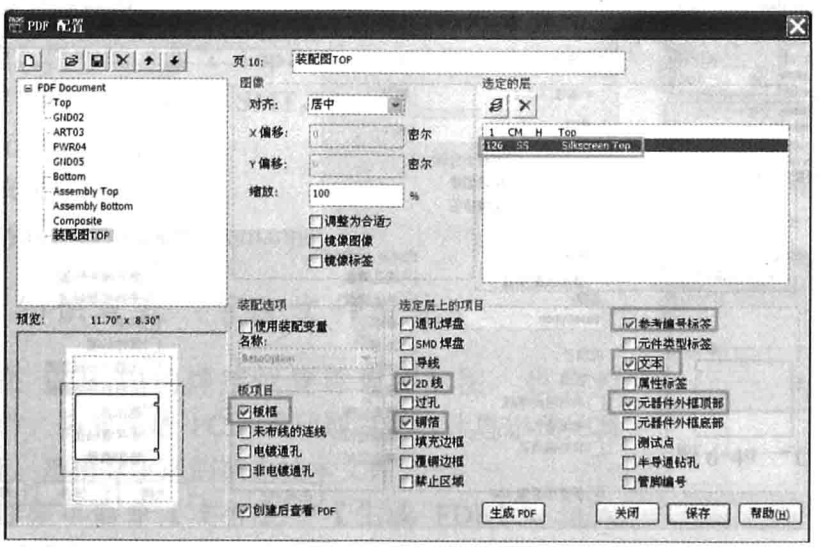


图 6-54　设定 Silkscreen Top 层参数

（3）单击图标，弹出“页 11”对话框，改名为“装配图 BoT”，并在“选定的层”栏中单击图标。将 Bottom 和 Silkscreen Bottom 层添加进“已选定”栏中。然后在“选定的层”栏中分别对 Bottom 和 Silkscreen Bottom 层进行定义，如图 6-55 和图 6-56 所示。

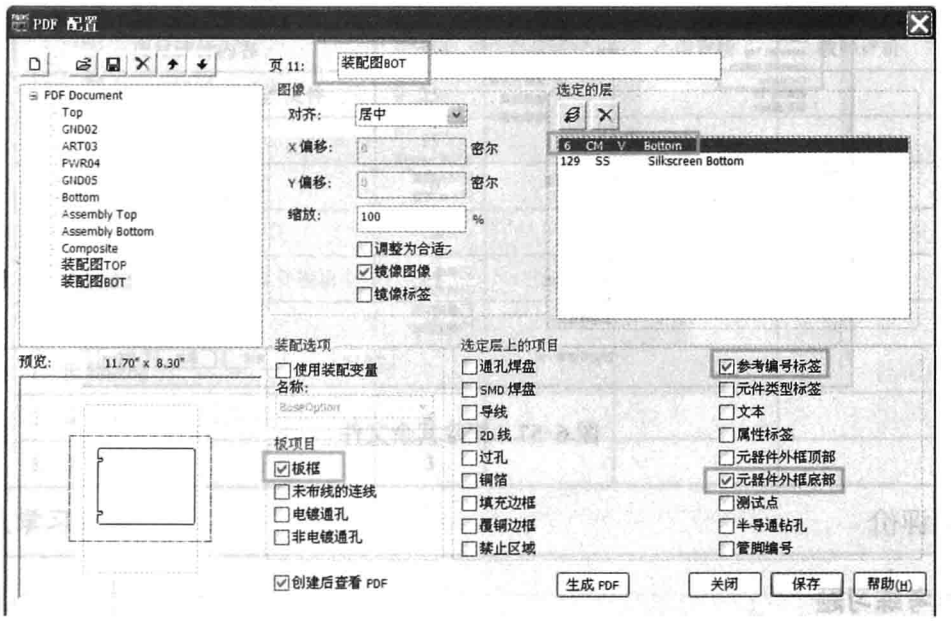


图 6-55　设定 Bottom 层参数

（4）在“PDF Document”栏中，依次选中除装配图 TOP 和装配图 BOT 之外的文件，单击图标，将其余 PDF Document 文件进行删除，如图 6-57 所示。然后单击【生成 PDF】按钮，即可创建一份 PDF 格式的装配图。

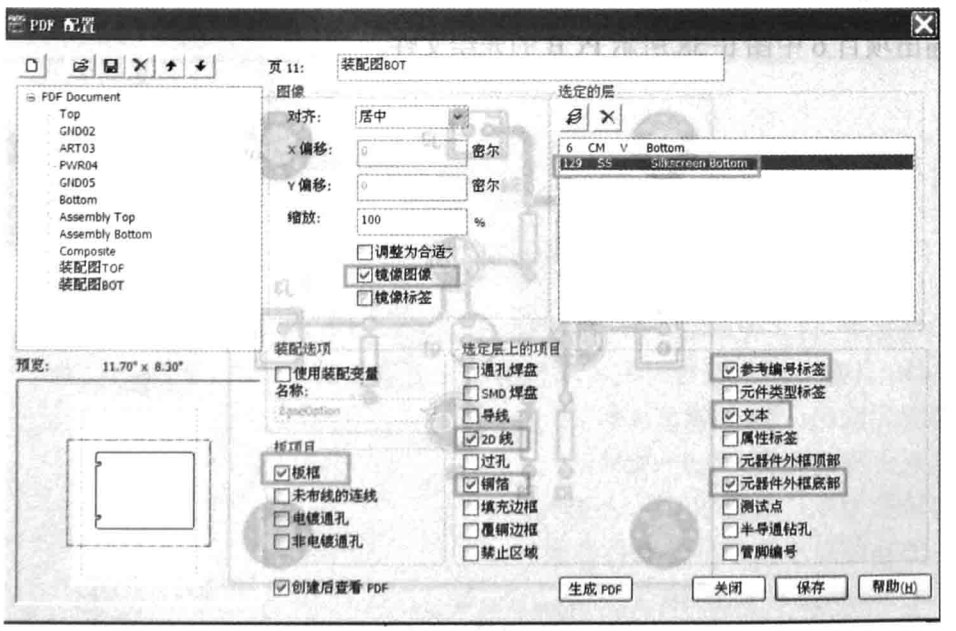


图 6-56　设定 Silkscreen Bottom 层参数

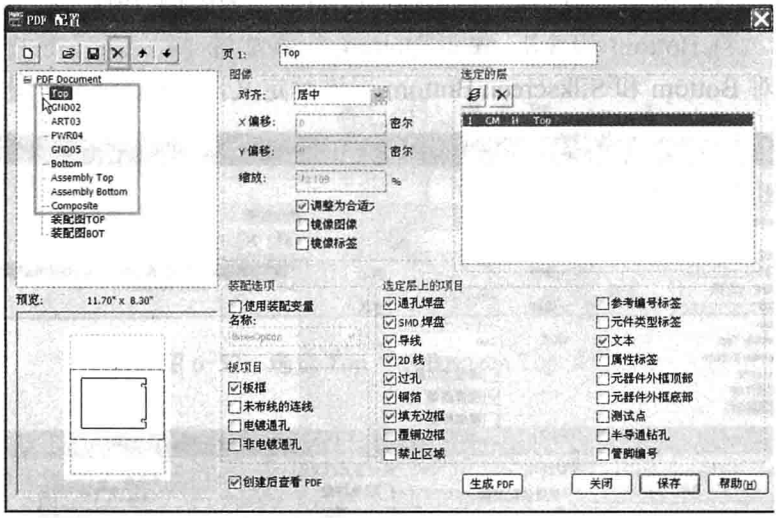


图 6-57　删除其余文件

学习评价

1. 思考练习题

（1）如何输出光绘文件？

（2）如何输出坐标文件？

（3）如何输出装配文件？

（4）为什么要提供 gerber 文件给 PCB 工厂？

2. 技能训练题

（1）输出项目 6 中图 6-58 所示 PCB 的光绘文件。

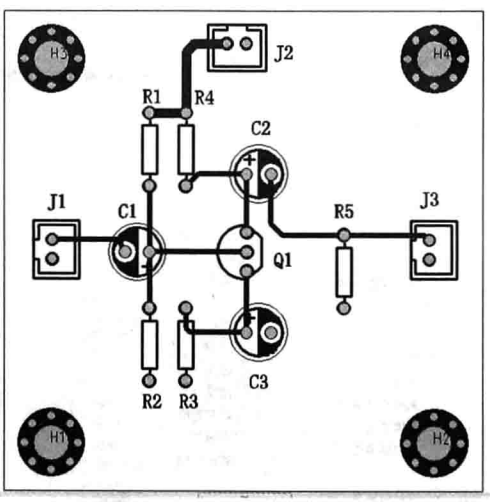


图 6-58　单管放大电路 PCB

（2）输出项目 6 中图 6-58 所示 PCB 的装配文件。

3．技能评价评分表

班级:_____　学号：_____　姓名：_____　成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	PADS Layout 输出相关生产文件	25				
实操技能	1．光绘文件输出	15				
	2．IPC 网表输出	10				
	3．ODB 文件输出	10				
	4．钢网文件和贴片坐标文件输出	15				
	5．装配文件输出	15				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4．个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第7章 开关电源转换电路PCB的设计

情境

小强同学在成功完成第一块 PCB 的设计和装配后，接下来准备调试电路了，却发现没有 5V 的电源适配器，刚开始调试时他将手机的充电器（5V、1A 输出）给电路提供 5V 的电压，这时发现手机没电了，想进行充电又不能同时调试电路，于是，小强准备再动手制作一款稳压电源器。

通过网络上一番查找，小强决定以电源 IC TPS5430 为例来制作一款 12V 转 5V 的稳压电源器。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）开关电源转换电路原理图的设计 2）开关电源转换电路 PCB 的设计	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：开关电源转换电路 PCB 的设计原则	2 课时
知识目标	1）散热过孔的处理 2）绘制和修改铜箔 3）PCB 增加螺丝孔	教师讲授，学生练习（讲练结合）	2 课时

7.1 基本技能

7.1.1 开关电源转换电路原理图设计

TPS5430 是 TI（美国德州仪器公司）推出的一款性能优越的 DC/DC 开关电源转换芯片。TPS5430 具有良好的特性，其各项性能及主要参数如下：

- 高电流输出：3A（峰值 4A）。
- 宽电压输入范围：5.5～36V。
- 高转换效率：最佳状况可达 95%。
- 内部补偿最小化了外部器件数量。
- 固定 500kHz 转换速率。

- 具有过流保护及热关断功能。
- 具有开关使能脚。
- 内部软启动。
- -40～125℃的温度范围。

TPS5430 典型应用电路如图 7-1 所示。

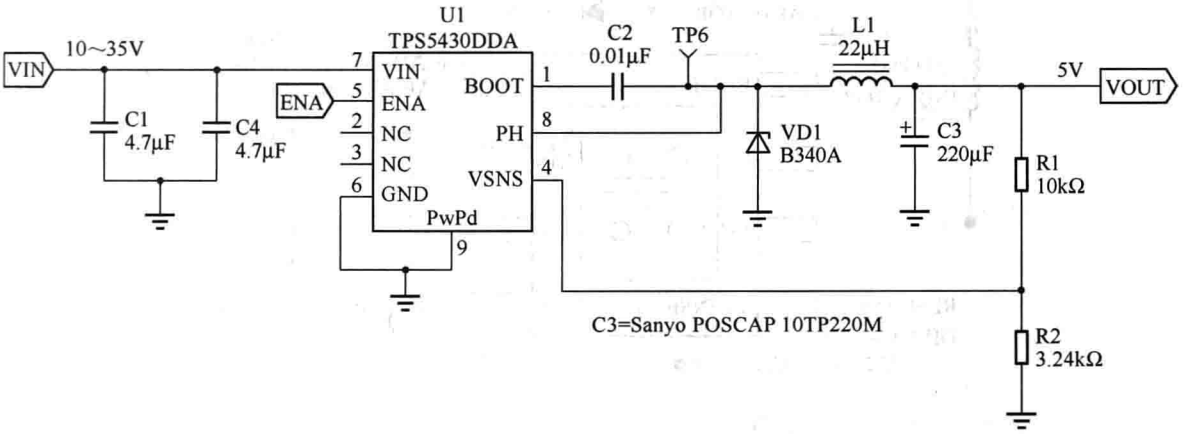


图 7-1　TPS5430 典型应用电路

接下来，我们要进行 TPS5430 电源转换电路原理图的绘制工作，其步骤如下：

（1）创建工程项目及原理图文件，操作步骤参考项目 5。

（2）绘制原理图。

绘制如图 7-2 所示的 TPS5430 电源转换电路原理图，其方法参考项目 2。

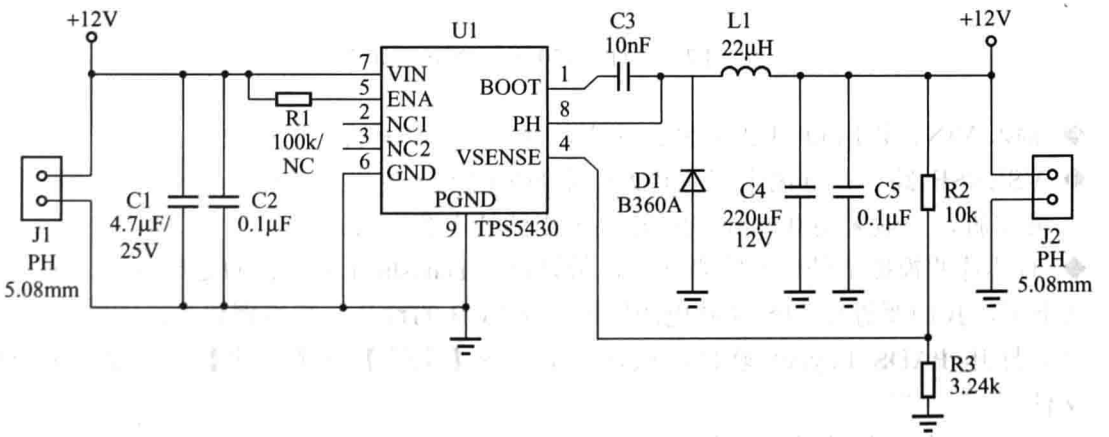


图 7-2　TPS5430 电源转换电路原理图

7.1.2 开关电源转换电路 PCB 的设计

图 7-3 所示是 TPS5430 推荐 PCB 设计。PCB 设计要点如下：

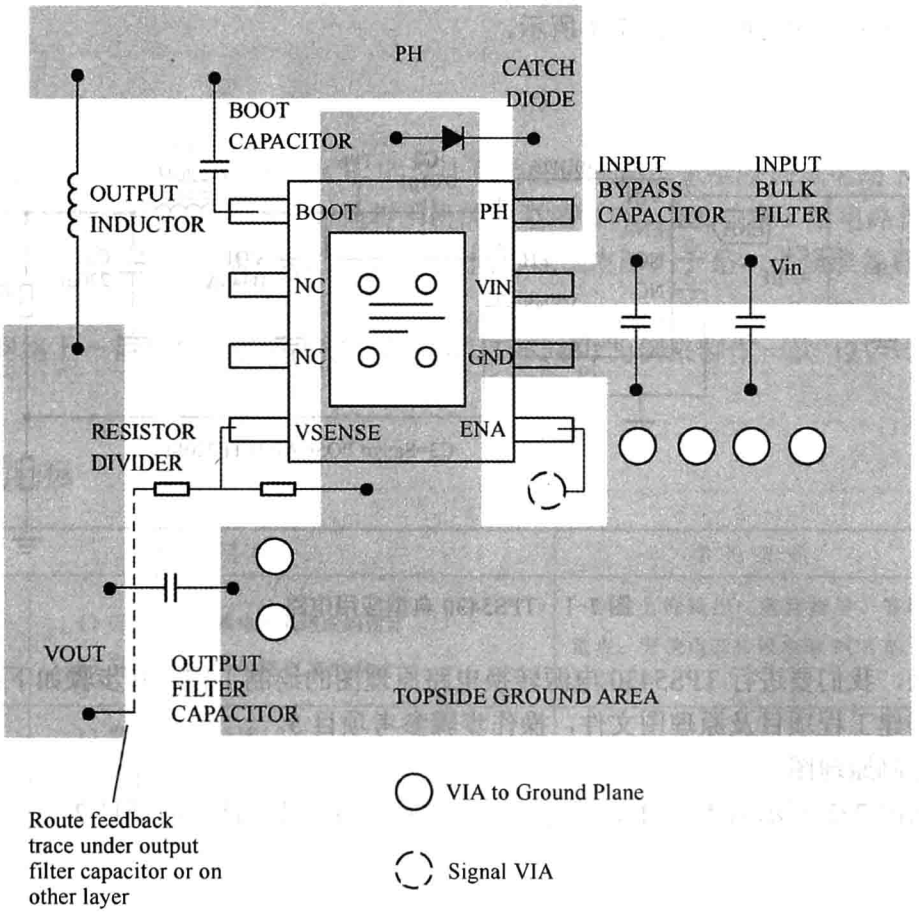


图 7-3 TPS5430 推荐 PCB 设计

◆ 输入 VIN、输出 OUT 的主回路明晰，并留出铺铜和打过孔的位置。

◆ VSENSE 路径：远离干扰源和大电流的平面上，不要直接将 Sense 线连接在开关电源引脚，一般采用 0.5mm 的线连到输出滤波电容之后。

◆ 对芯片的模拟地处理要特别注意，最好根据 Datasheet 上推荐的处理方法。

接下来，我们要进行 TPS5430 电源转换电路 PCB 的设计，其步骤如下：

（1）打开 PADS Layout 软件，执行菜单命令【文件】→【新建】，新建一个空白的 PCB 文件。

（2）载入元件、封装及元件布局。

载入元件、封装及元件布局的操作参考项目 5，元件布局结果如图 7-4 所示。

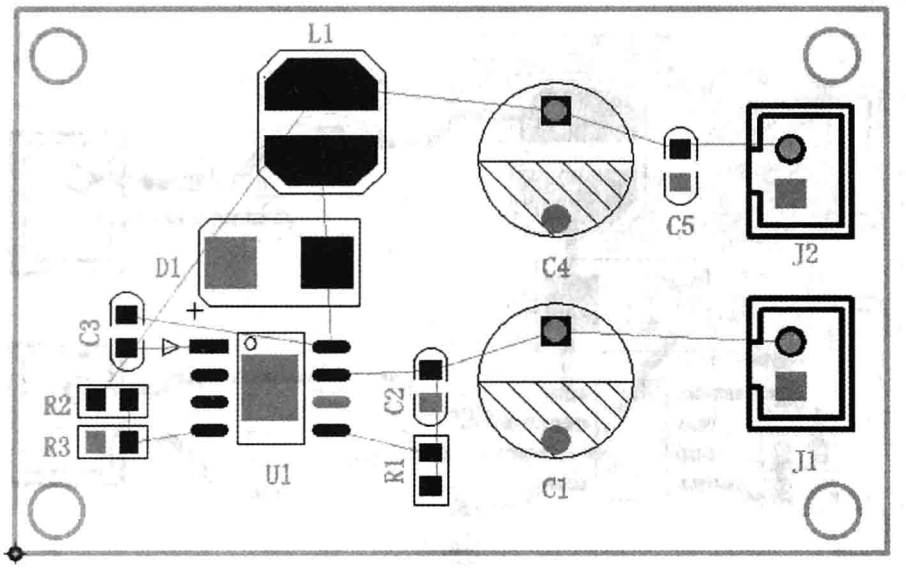


图 7-4　元件布局结果

（5）添加布线规则，如图 7-5 至图 7-7 所示。

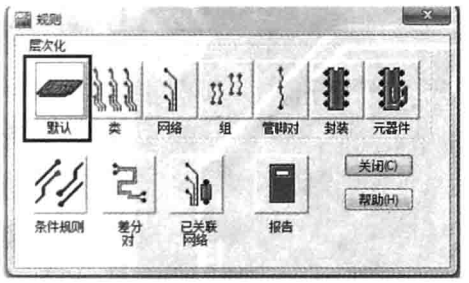


图 7-5　设置规则

图 7-6　设置安全间距

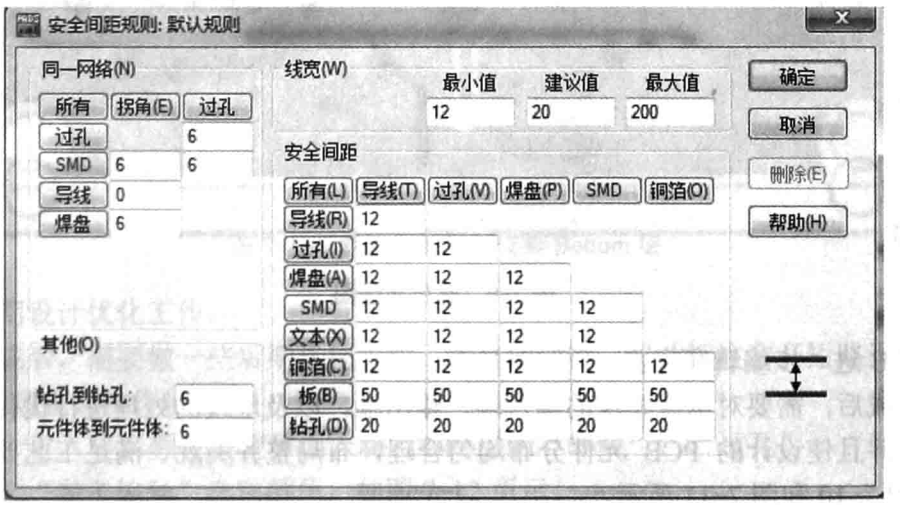


图 7-7　设置好的规则

（6）布线，布好后如图 7-8 和图 7-9 所示。

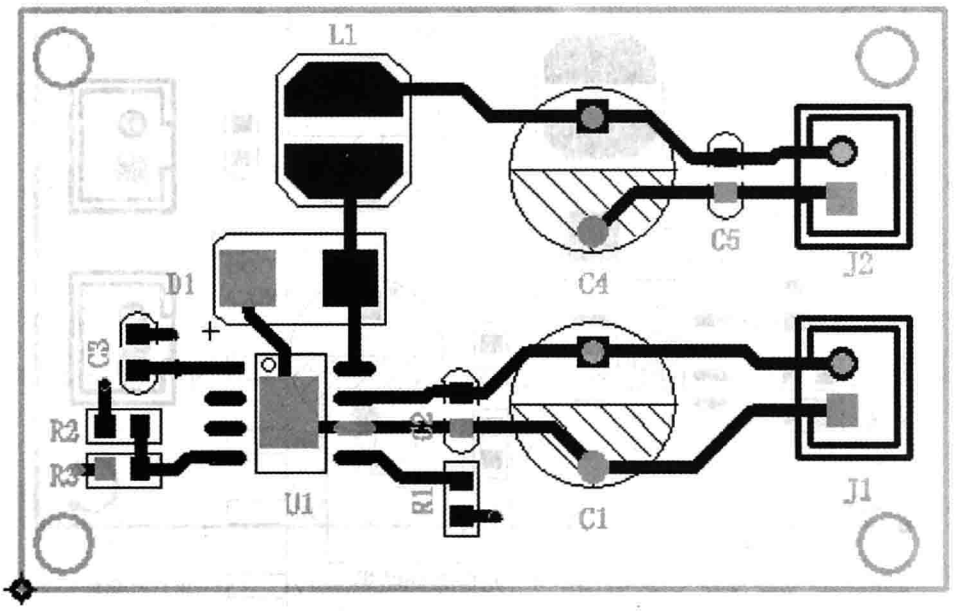


图 7-8　顶层布线图

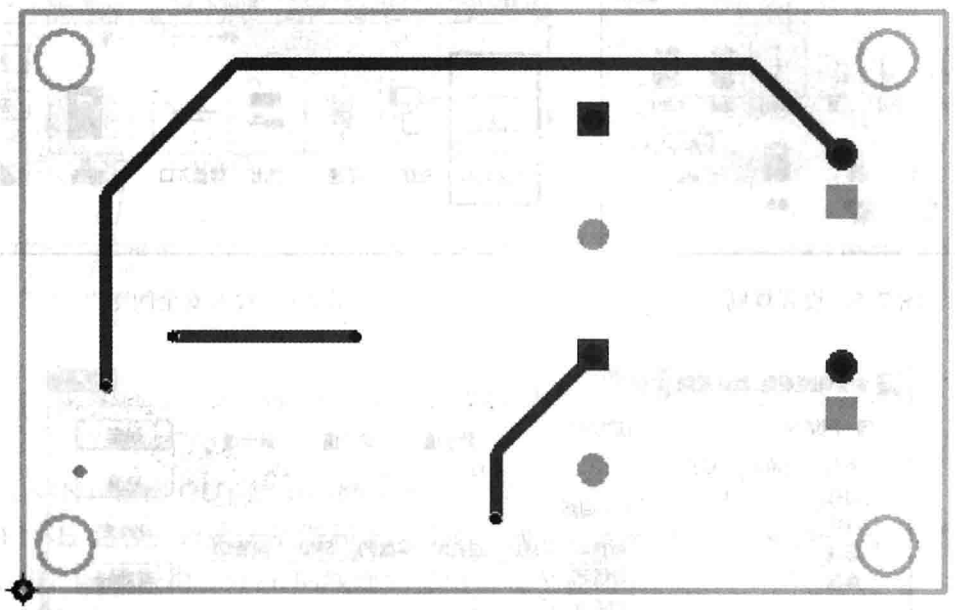


图 7-9　底层布线图

（7）PCB 进一步编辑和完善。

布线完成后，需要对电源模块的输入端、输出端，以及地线的处理进行优化，最终满足载流能力，并且使设计的 PCB 元件分布均匀合理，布局整齐美观、满足工艺要求。修改后的 PCB 如图 7-10 和图 7-11 所示。

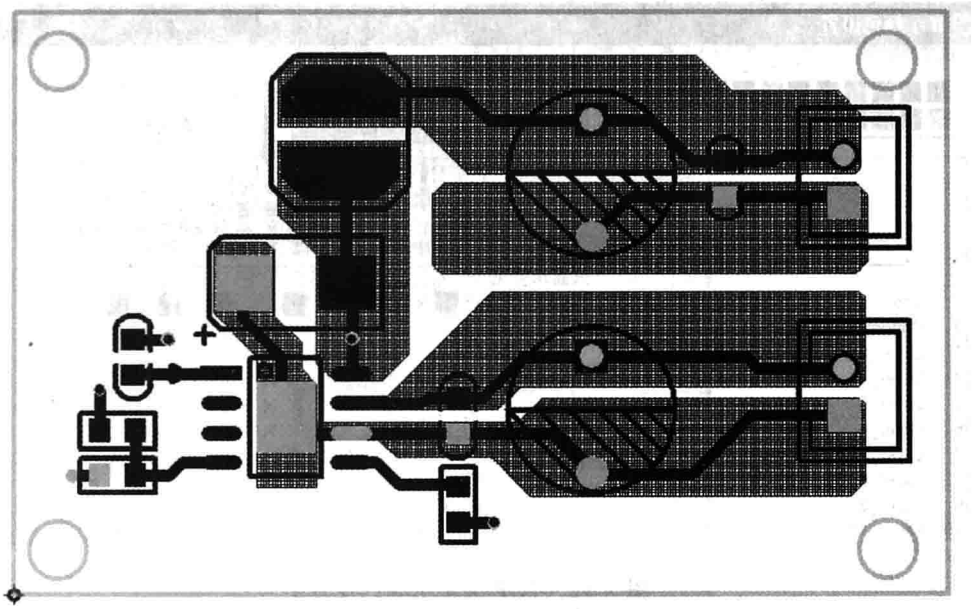


图 7-10　修改后布线图-TOP 层

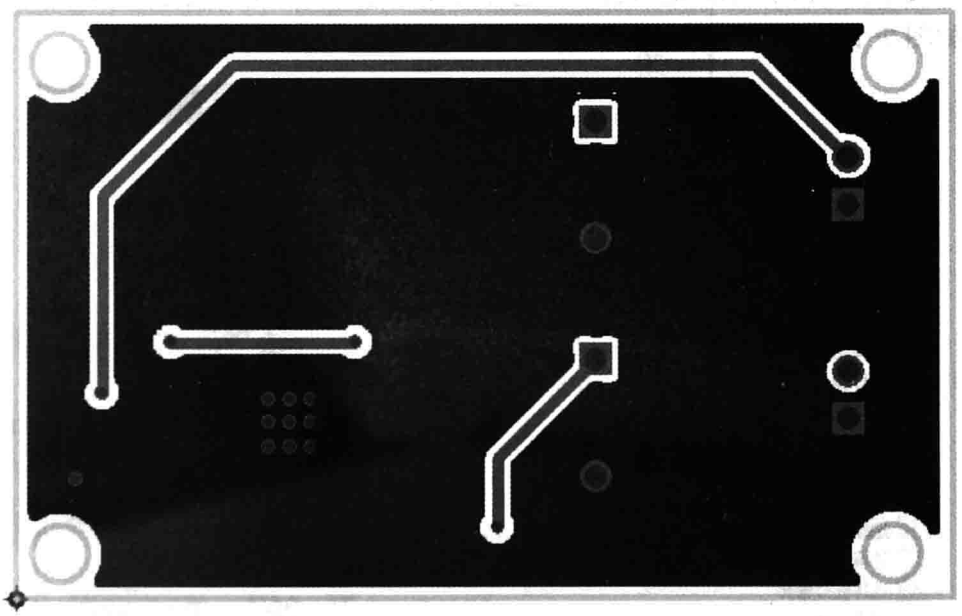


图 7-11　修改后底层布线图-Bottom 层

（8）后期设计优化工作。

设计完成后，需要做一些后期优化工作，如丝印调整、尺寸标注和开短路设计验证。

① 丝印调整的操作步骤：

第一步，进入显示颜色设置界面，将 TOP 层的“导线”、“过孔”、“铜箔”选项颜色关闭，勾选“参考编号”选项颜色，如图 7-12 所示。

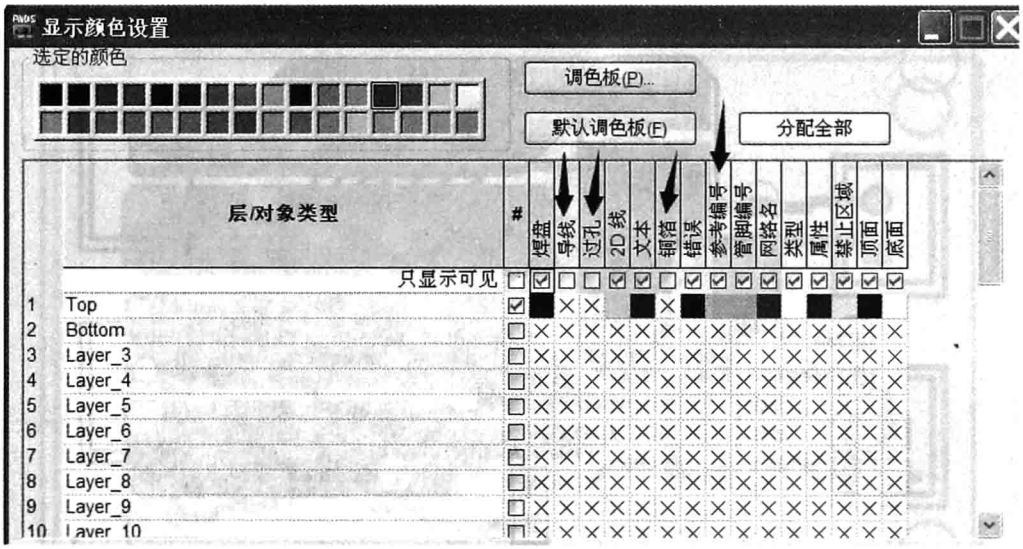


图 7-12　TOP 层显示颜色设置

第二步，在 PCB 空白处，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【筛选条件】。如图 7-13 所示。随后进入“选择筛选条件”对话框，勾选“标签”，其余选项不勾选，如图 7-14 所示。

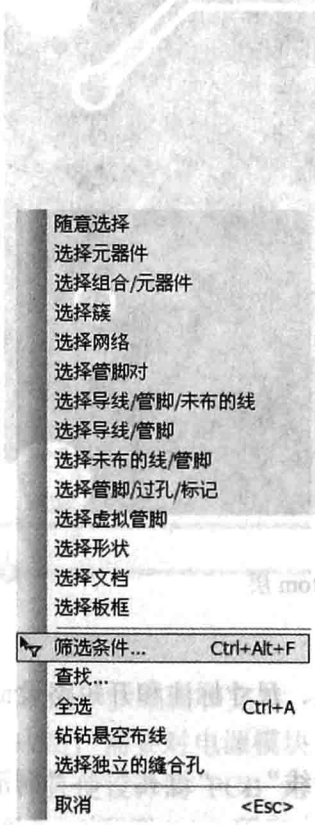


图 7-13 【筛选条件】菜单命令

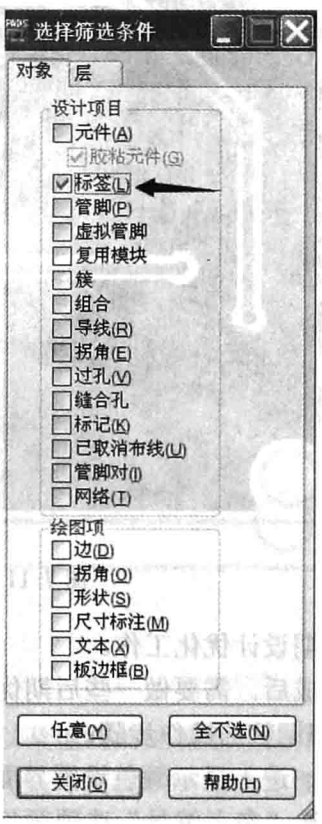


图 7-14　勾选“标签”

第三步，框选整板，或键入快捷键【CTRL+A】，将整板元器件的参考编号进行全选。再单击鼠标右键，在随后弹出的快捷菜单中执行菜单命令【特性】。进入“元件标签特性”对话框，如图 7-15 所示进行相应的设置。

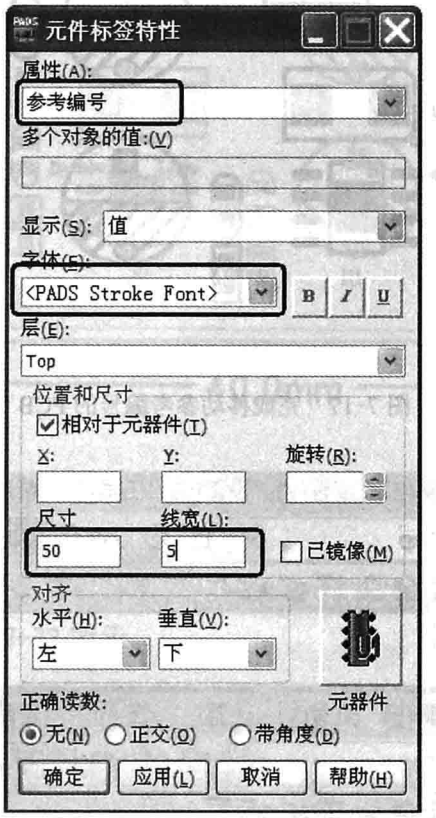


图 7-15 “元件标签特性”对话框设置

第四步，单击“确定”按钮后，返回 PCB 界面。然后单击“设计工具栏”的“移动参考编号”图标，如图 7-16 所示。选择相应的元件编号进行移动并放置。完成后的效果如图 7-17 所示。

图 7-16 “移动参考编号”图标

② 尺寸标注的操作步骤：

单击“尺寸标注工具栏”的“水平标注”图标和“垂直标注”图标，如图 7-18 所示。然后在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中勾选“捕获至拐角”和“使用中心线”，如图 7-19 所示。然后选择相应的板框拐角进行标注。完成后的效果如图 7-20 所示。

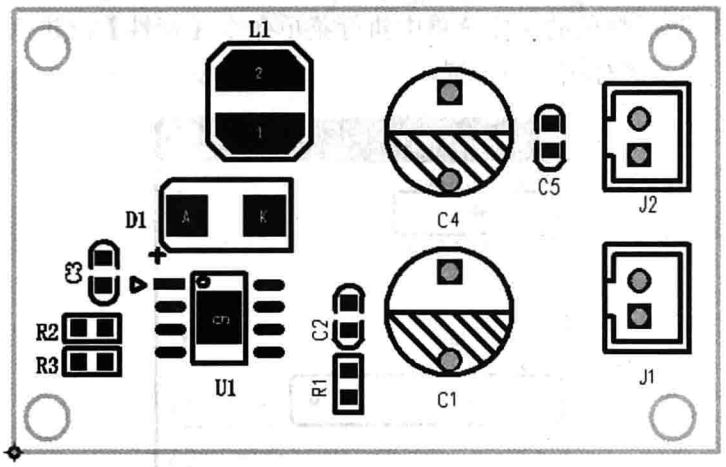


图 7-17　完成移动参考编号的 PCB

图 7-18　“水平标注”和“垂直标注”图标

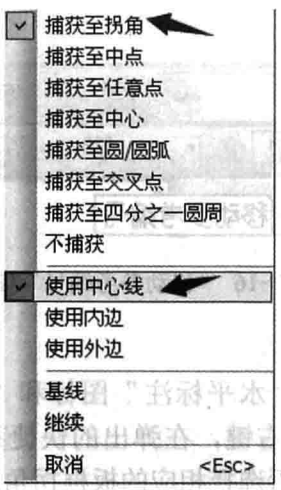


图 7-19　勾选“捕获至拐角”和“使用中心线”

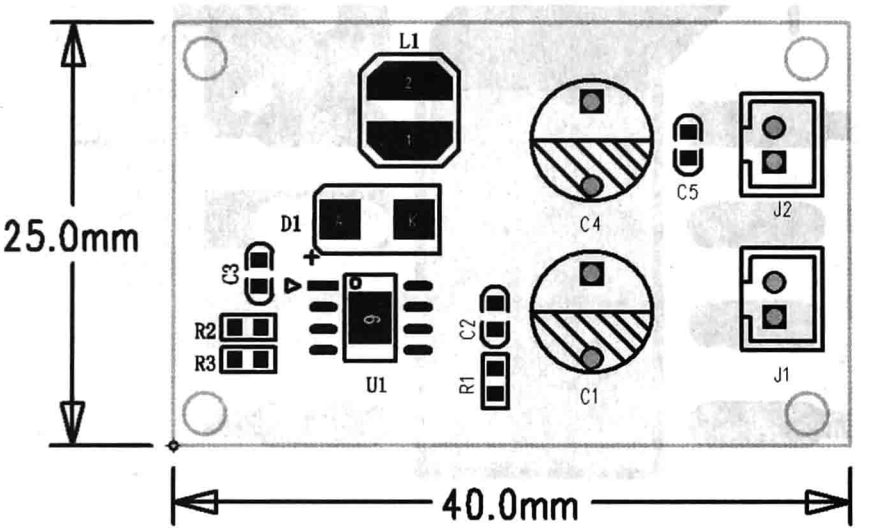


图 7-20　标注后的效果

③ 开短路验证设计的步骤：

执行菜单命令【工具】→【验证设计】，然后进行“安全间距”和“连接性”的验证。验证设计的结果如图 7-21 和图 7-22 所示。

图 7-21　安全间距检查

图 7-22　连接性检查

7.2　基本知识

7.2.1　散热过孔的处理

为了达到良好的散热效果，电源芯片正下方的焊盘还需要增加过孔进行散热。在 PCB 空白处，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【选择网络】，然后选中电源芯片正下方的焊盘，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【添加过孔】，如图 7-23 所示。然后按照一定的距离放置过孔，放置后的效果如图 7-24 所示。

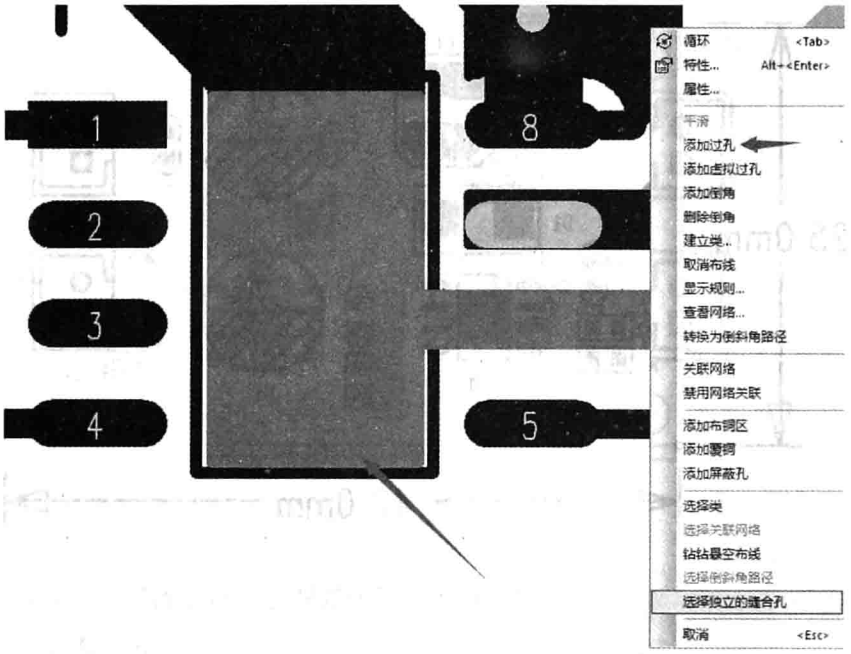


图 7-23　选中电源芯片散热焊盘后进行添加过孔选择

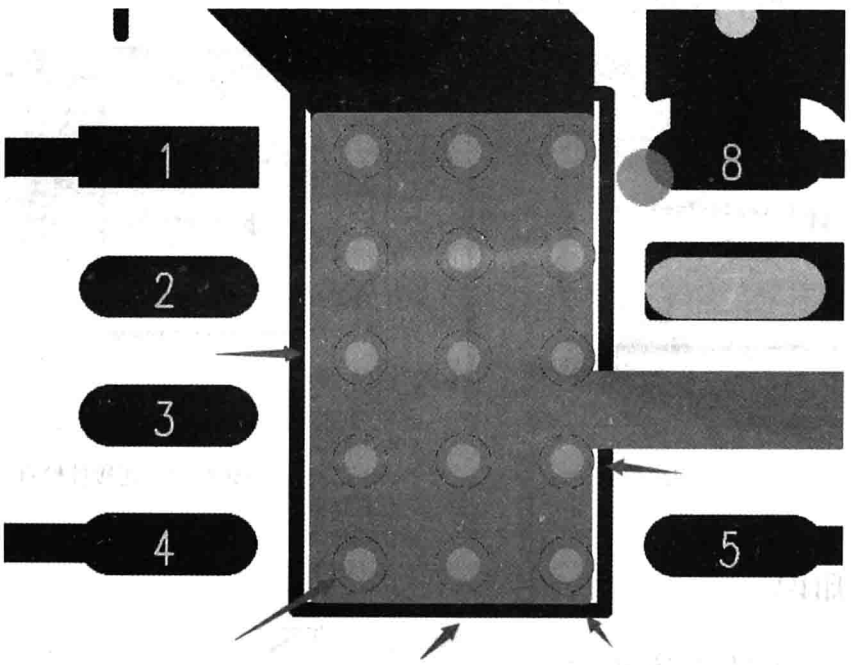


图 7-24　添加散热过孔后的效果

7.2.2　绘制和修改铜箔

TPS5430 的输入和输出电源超过 2A，在设计时还需要注意加大走线的载流能力。PADS

提供了绘制铜箔命令来解决这一问题。

1）绘制铜箔

单击绘图工具栏的“绘制铜箔”图标，进入绘制铜箔的操作命令，再单击鼠标右键，在随后弹出的快捷菜单中勾选“多边形”，如图 7-25 所示，表示我们即将绘制一个多边形的铜箔。在 J1 的 2 脚焊盘边缘单击鼠标左键后，往左移动，以确定铜箔的绘制起点，再沿着栅格一直往左移动，在需要拐弯的地方可以单击鼠标左键进行确认，沿着 J1 的 2 脚焊盘与电源芯片 7 脚焊盘互连的导线画出一个多边形，如图 7-26 所示。在快接近铜箔的绘制起点时双击鼠标左键即可完成铜箔的闭合。随后弹出“添加绘图”对话框，需要我们为刚才绘制好的多边形铜箔分配网络。如图 7-27 所示，单击【通过单击分配网络】按钮，然后用光标去选取需要该网络相关的元素，如焊盘，即可成功为铜箔分配相应的网络。

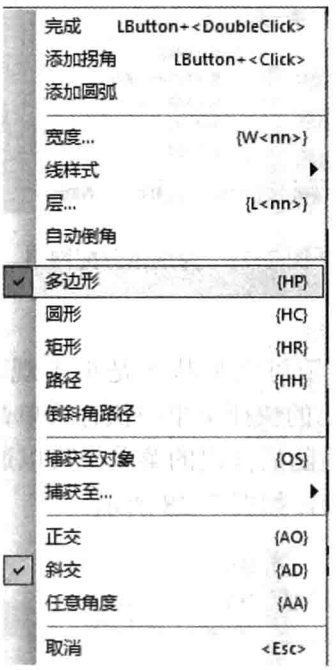


图 7-25　右键勾选“多边形”

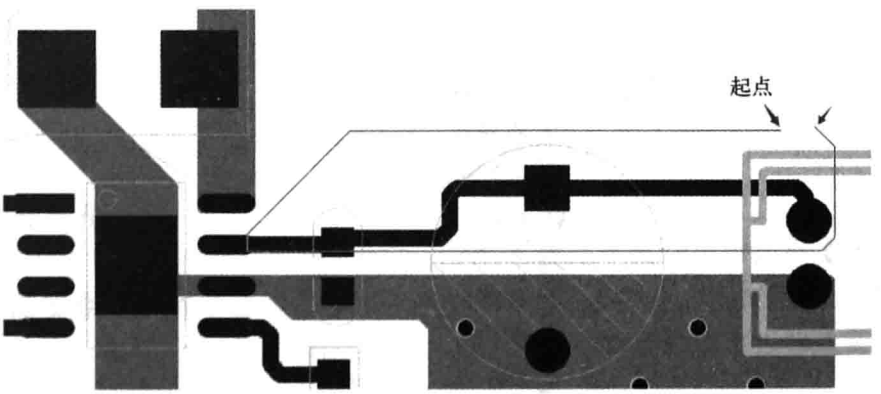


图 7-26　绘制一个多边形铜箔

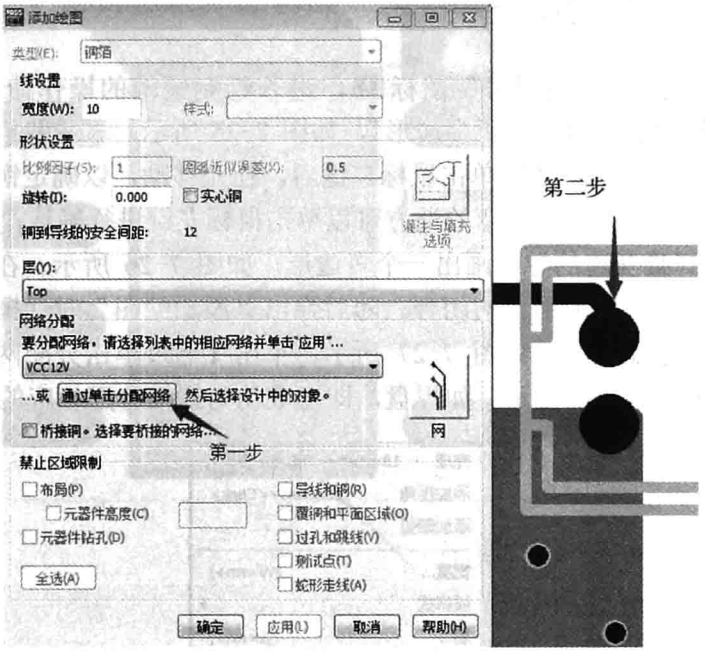


图 7-27　为铜箔分配网络

2）修改铜箔

有时候第一次绘制出来的铜箔可能形状不是很美观，这时就需要修改铜箔形状。在 PCB 空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【随意选择】。然后选择铜箔的其中一边后，单击鼠标右键，在随后弹出的菜单中可以通过这些动作来修改铜箔：移动、分割、添加拐角，移动一个角度等，如图 7-28 所示。

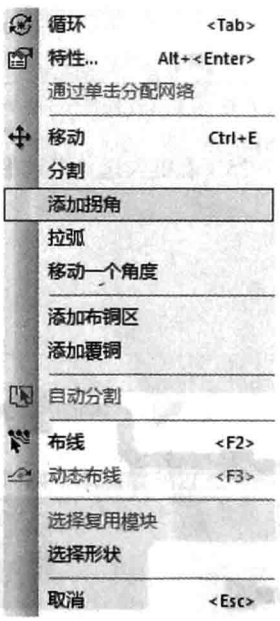


图 7-28　修改铜箔命令

7.2.3　PCB 增加螺丝孔

在之前的项目中，我们在原理图中添加了螺丝孔器件，这样在导入网络表时 PCB 自然就会有螺丝孔器件。

下面我们介绍另外一种添加螺丝孔的方法。

1）增加螺丝孔

单击绘图工具栏的“板框和挖空区域”图标，随后软件弹出一个询问对话框，询问用户当前板框已存，是否要创建板挖空区域，如图 7-29 所示。单击【确定】按钮，进入创建板挖空区域命令。再单击鼠标右键，在弹出的菜单中勾选“圆形”，如图 7-30 所示。表示将绘制一个圆形的板挖空区域。在 PCB 的四个角落处单击鼠标左键，以确定圆形板挖空区域的圆心后，再往外拉出，即可完成一个圆形的板挖空区域。

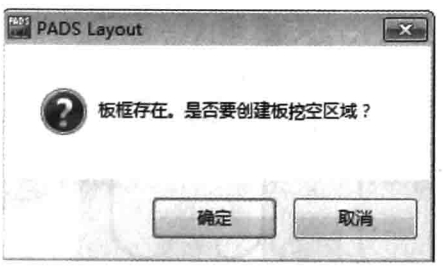


图 7-29　创建板挖空区域询问对话框

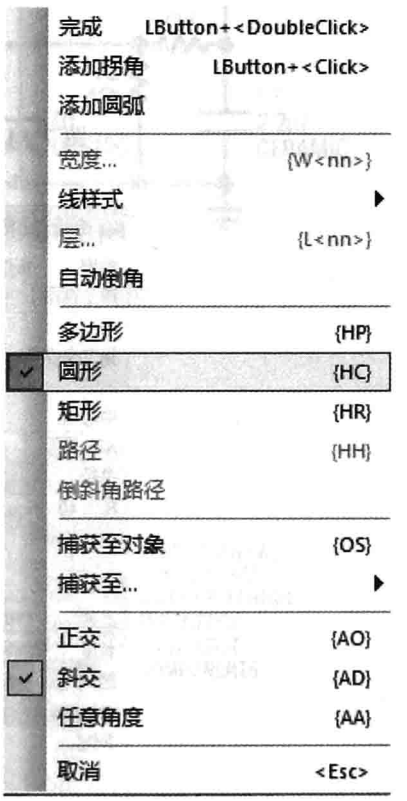


图 7-30　勾选择圆形的板挖空区域

2）修改螺丝孔

在 PCB 空白处，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【选择板框】。然后选中某个需要修改坐标或直径的螺丝孔后，单击鼠标右键，执行菜单命令【特性】，如图 7-31 所示。进入“绘图边缘特性”对话框，在这个对话框中可以修改圆形的板挖空区域的半径和 X 轴、Y 轴的坐标值，如图 7-32 所示。

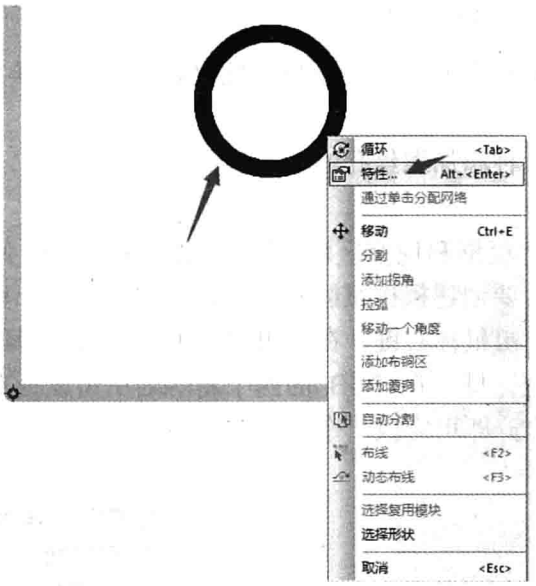


图 7-31 【特性】菜单命令

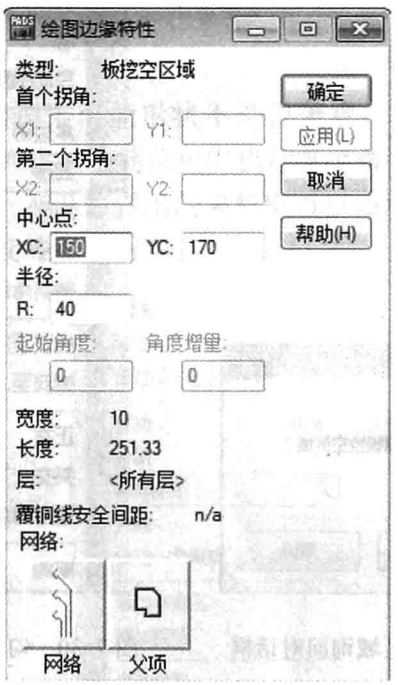


图 7-32 “绘图边缘特性”对话框

学习评价

1. 思考练习题

（1）TPS5430 开关电源有什么设计要点？

（2）如何验证 TPS5430 PCB 的设计？

（3）如何输出 TPS5430 PCB 的相关文件？

2．技能训练题

（1）绘制如图 7-33 所示的 LT1765 开关电源的电路原理图。

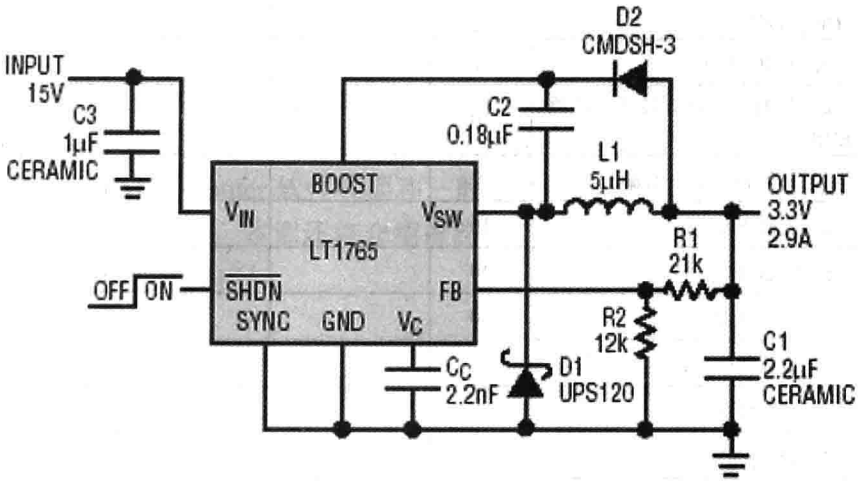


图 7-33　LT1765 开关电源的电路原理图

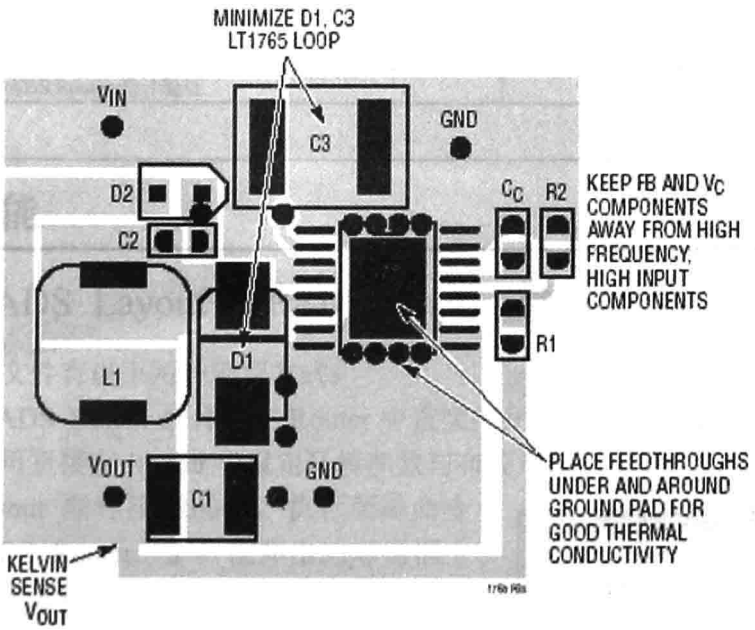


图 7-34　LT1765 开关电源的 PCB 图

3. 技能评价评分表

班级:_____ 学号:_____ 姓名:_____ 成绩:_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1. TPS5430 开关电源转换电路 PCB 的设计	15				
	2. LT1765 开关电源转换电路 PCB 的设计	15				
实操技能	1. 创建元件库	10				
	2. 绘制开关电源转换电路原理图	10				
	3. 导入 PCB 设计数据	5				
	4. PCB 布局	10				
	5. PCB 布线、绘制铜箔	10				
	6. 散热处理	10				
	7. 设计优化和验证	5				
学习态度	1. 出勤情况	3				
	2. 课堂纪律	4				
	3. 按时完成作业	3				

4. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第8章 PADS Router 认知：布线操作

情境

小强同学在熟悉了 PADS Logic 和 PADS Layout 模块后，发现 PADS Router 这个模块没有使用，于是他非常好奇地打开了电脑桌面上的 PADS Router 软件，然后……

本章主要介绍 PADS Router 软件界面和一般工具栏的使用方法，并讲解了交互式手工布线和自动布线的应用。此外，本章还将介绍电路板布线设计规则的设置、自动布线参数的设置，以及 DRC 设计检验等知识。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）PADS Layout 与 PADS Router 的连接 2）PADS Router 操作界面认知	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：PADS Router 布线的操作	2 课时
知识目标	1）PADS Router 环境参数 2）PADS Router 设计规则 3）元件布局 4）交互式手工布线 5）自动布线 6）PADS Router 设计验证	教师讲授	2 课时

8.1 基本技能

8.1.1 PADS Layout 与 PADS Router 的连接

Router 档案文件有以下两种管理方式：

（1）打开 PADS Router 软件，在 Router 中直接打开 PCB 文件（执行菜单命令【文件】→【打开】），可直接在 Router 中设定环境参数与布线策略。

（2）从 Layout 端连接 Router。执行菜单命令【工具】→【PADS Router...】，在弹出的对话框中按图 8-1 所示的进行设置。单击【继续】按钮即可将 PCB 文件全部数据传送至 Router 中。

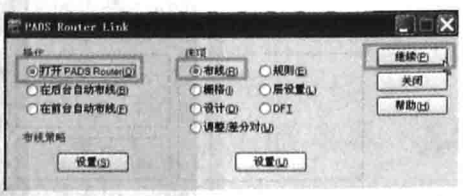


图 8-1 “PADS Router Link”对话框

注意

用户可以开启 Layout 和 Router 同步。在 PADS Layout 中，执行菜单命令【工具】→【选项】，在“选项”对话框中的“全局”标签页下，开启 Layout 与 Router 同步，如图 8-2 所示。这样可以同时在 Layout 和 Router 显示 PCB 文件，并可在两个软件之间进行 PCB 设计。

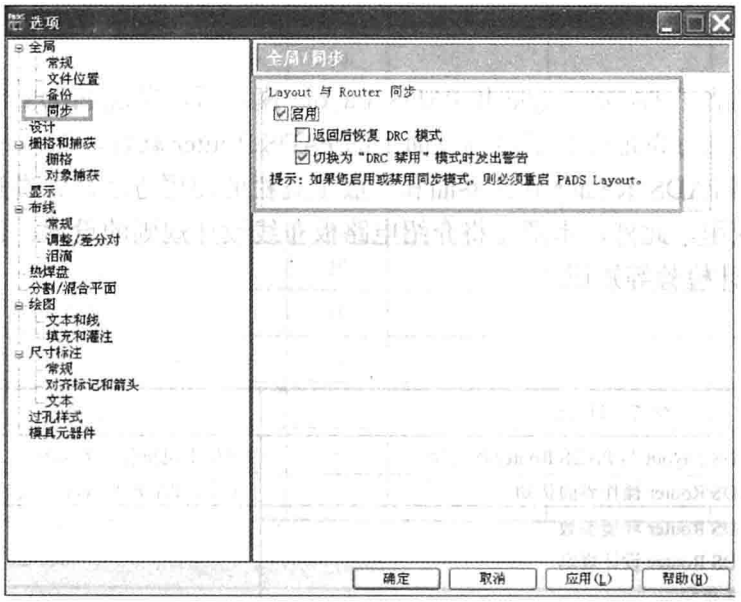


图 8-2　开启 Layout 和 Router 同步

8.1.2　PADS Router 操作界面认知

PADS Router 的用户界面由菜单栏、工作界面、一般工具栏、状态栏、项目浏览器组成，如图 8-3 所示。

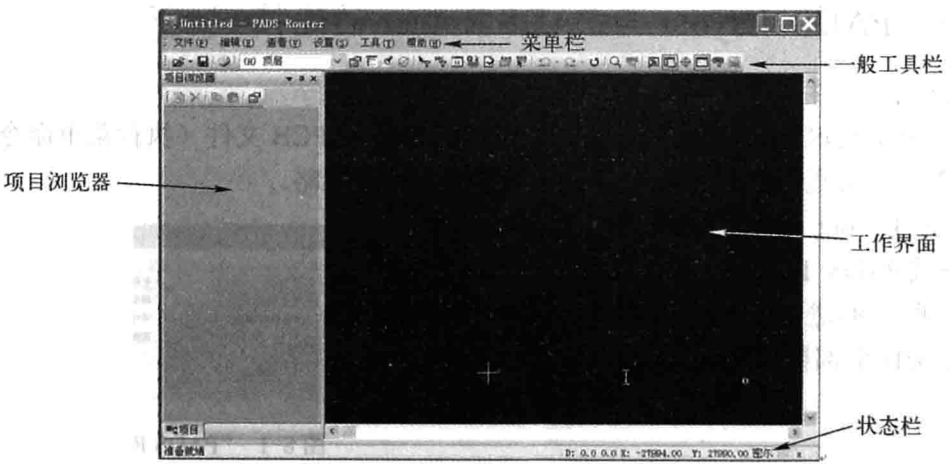


图 8-3　PADS Router 用户界面

PADS Router 的用户界面还可以开启其他窗口，如导航窗口、输出窗口、电子表格、“快捷方式”对话框等。执行菜单命令【查看】，如图 8-4 所示。其中，“快捷方式”对话框列出了 Router 软件所有自带的快捷键命令，如图 8-5 所示。

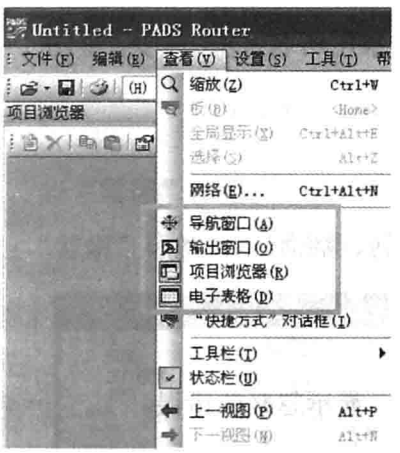


图 8-4 【查看】菜单命令

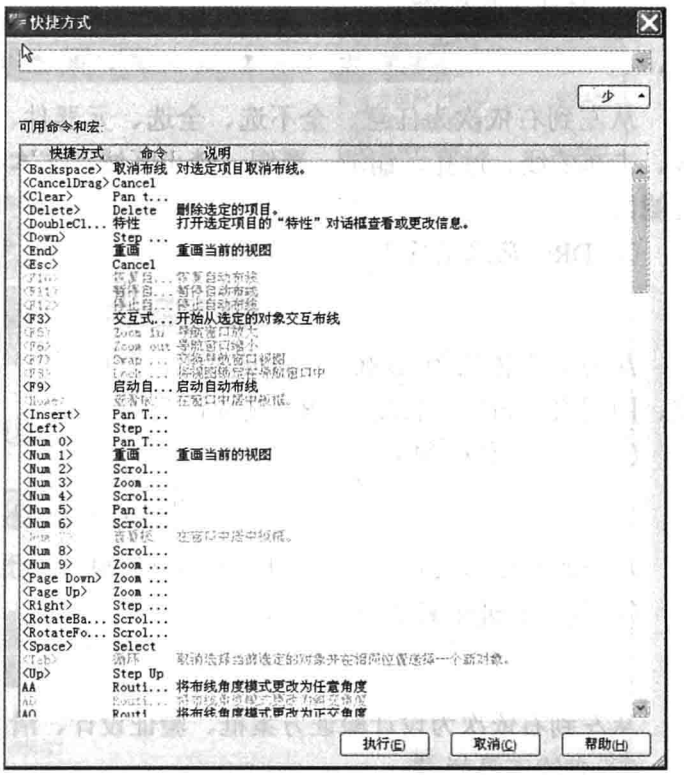


图 8-5 “快捷方式”对话框

PADS Router 支持用户自定义快捷键命令。执行菜单命令【工具】→【自定义】，进入“自定义”对话框，如图 8-6 所示。其中，“键盘和鼠标”标签页可以对软件自带的快捷键进行指定或修改；“宏文件”标签页支持调用和设置录制多动作的宏命令进行快捷键指定。

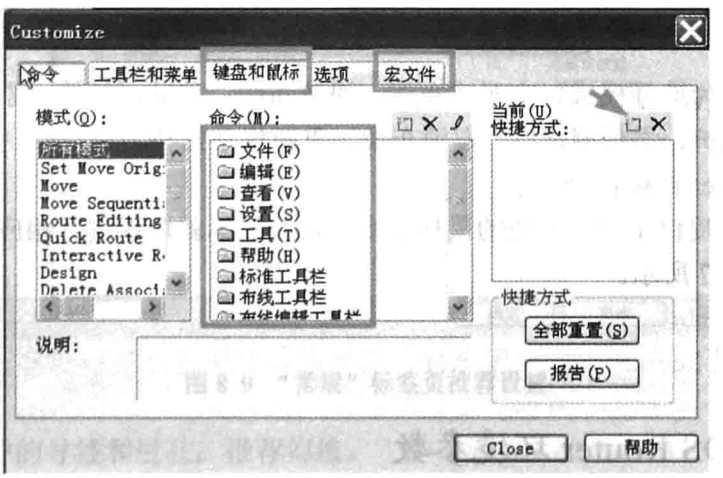


图 8-6 “自定义”对话框

1）PADS Router 的工具栏

PADS Router 的工具栏包括筛选工具栏、DRC 筛选工具栏、布局工具栏、设计验证工具栏、布线工具栏、布线编辑工具栏。

① 筛选工具栏：

从左到右依次为任意、全不选、全选、元器件、引脚、虚拟引脚、网络、引脚对、导线、未布的线、过孔、铜箔、覆铜、禁止区域、文本、错误、线段和拐角、路径、循环、层过滤器。

② DRC 筛选工具栏：

从左到右依次为 DRC 开启或关闭、启用所有 DRC、禁用所有 DRC、安全间距、线宽、同网络、布局、长度、DRC 选项设置。

③ 布局工具栏：

从左到右依次为选择模式、移动、旋转 90°、无角度旋转、翻面。

④ 设计验证工具栏：

从左到右依次为设计验证方案框、验证设计、清除错误、显示忽略的错误。

⑤ 布线工具栏：

从左到右依次为启动自动布线、恢复自动布线、暂停自动布线、停止自动布线、选择模式、布线、扇出、优化、调整、居中。

⑥ 布线编辑工具栏：

从左到右依次为选择模式、交互式布线、快速布线、移动、拉伸、添加拐角、分割、平滑、保护、解除保护、添加测试点、取消布线、重新规划拓扑。

2）PADS Router 鼠标指令

PADS Router 提供了灵活方便的鼠标指令，通过鼠标就可以进行相应的操作，从而提高工作效率，如图 8-7 所示。

8.2 基本知识

8.2.1 PADS Router 环境参数

PADS Router 的常用设计参数设置包括全局、颜色、显示、布局、布线、测试点、制

造、设计验证。执行菜单命令【工具】→【选项】，如图 8-8 所示。

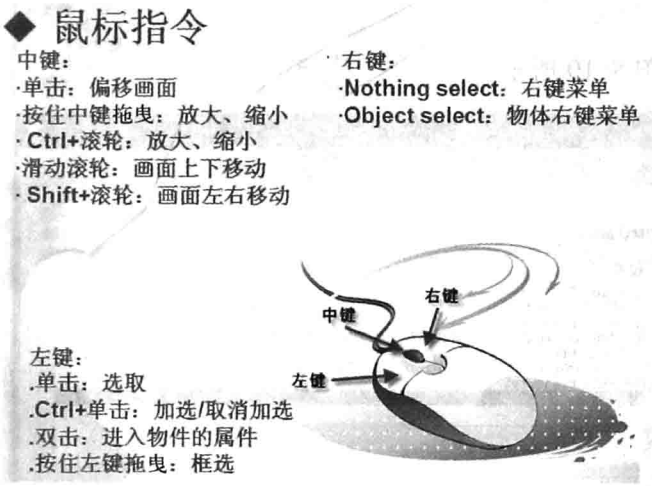


图 8-7　PADS Router 鼠标指令

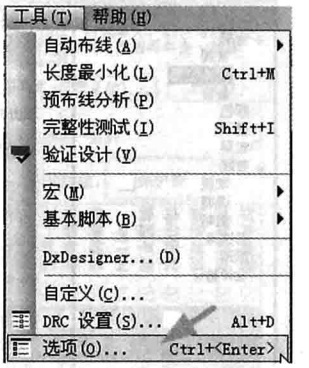


图 8-8 【选项】菜单命令

1. “常规”标签页

“常规”标签页推荐设置如图 8-9 所示。

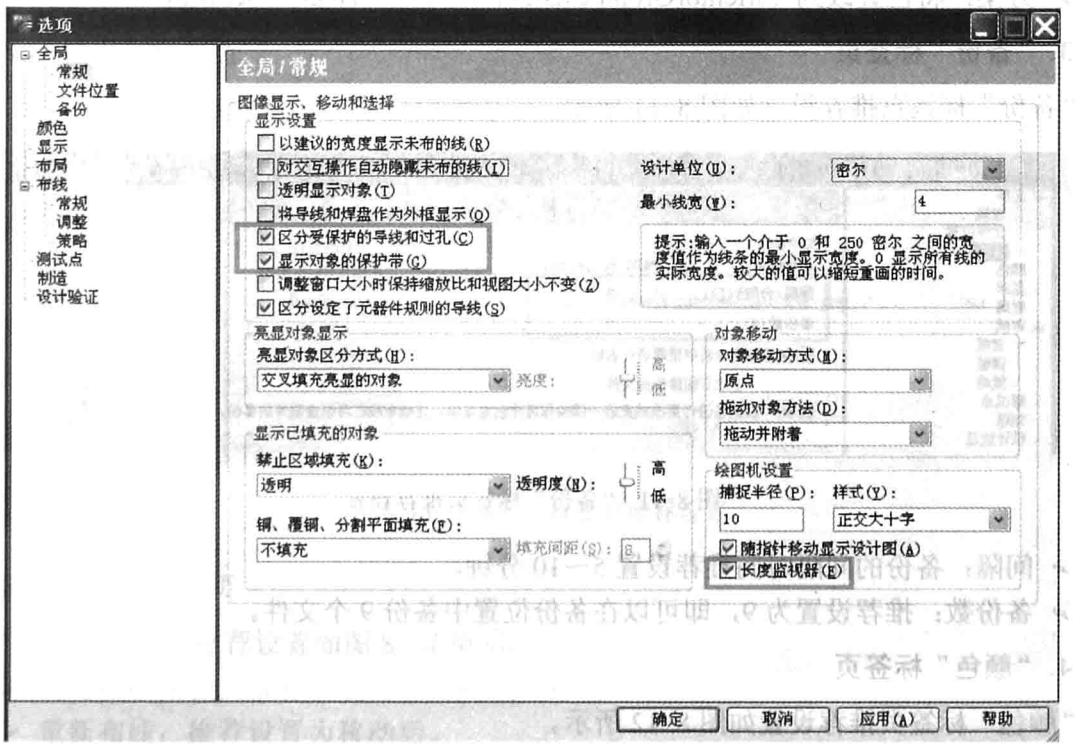


图 8-9 “常规”标签页推荐设置

- 区分受保护的导线和过孔：推荐勾选。
- 显示对象的保护带：推荐勾选。

➢ 长度监视器：推荐勾选。

2.“文件位置”标签页

“文件位置”标签页推荐设置如图 8-10 所示。

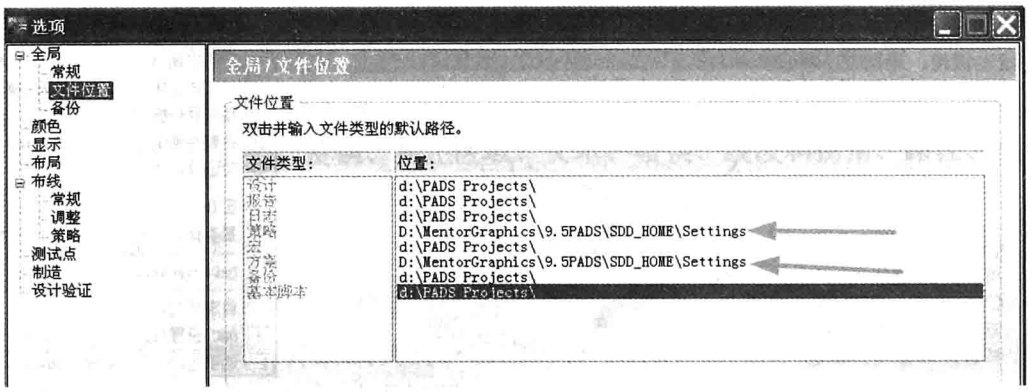


图 8-10 “文件位置”标签页推荐设置

➢ 策略：将位置改到*:\MentorGrophics\9.5PADS\SDD_HOME\Settings（*为软件安装目标盘符）。此项勾选后，Router 才可以进行 Fanout、自动布线等操作。

➢ 方案：将位置改到*:\MentorGrophics\9.5PADS\SDD_HOME\Settings。

3.“备份”标签页

“备份”标签页推荐设置如图 8-11 所示。

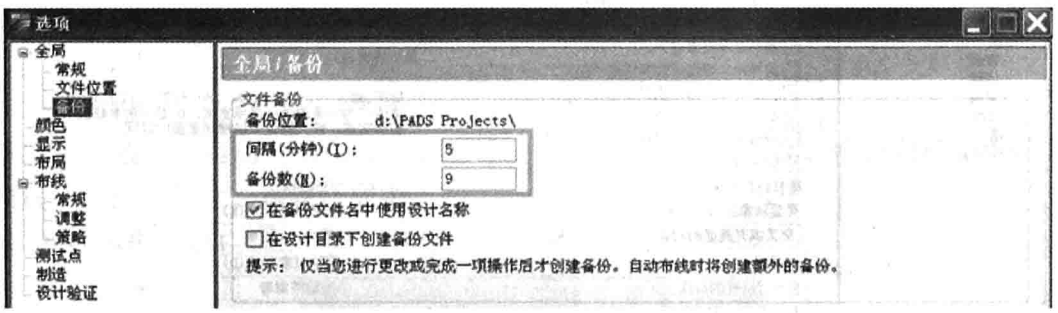


图 8-11 “备份”标签页推荐设置

➢ 间隔：备份的间隔时间推荐设置 5～10 分钟。

➢ 备份数：推荐设置为 9，即可以在备份位置中备份 9 个文件。

4.“颜色”标签页

“颜色”标签页推荐设置如图 8-12 所示。

➢ 颜色设置与 Layout 中的设置一样。也可以将颜色方案进行保存，方便下次设计时调用。

➢ 保护带：此处 Router 默认设置的颜色为黑色，推荐改成白色，布线过程中可以改为能够清晰地看到障碍物的保护带。

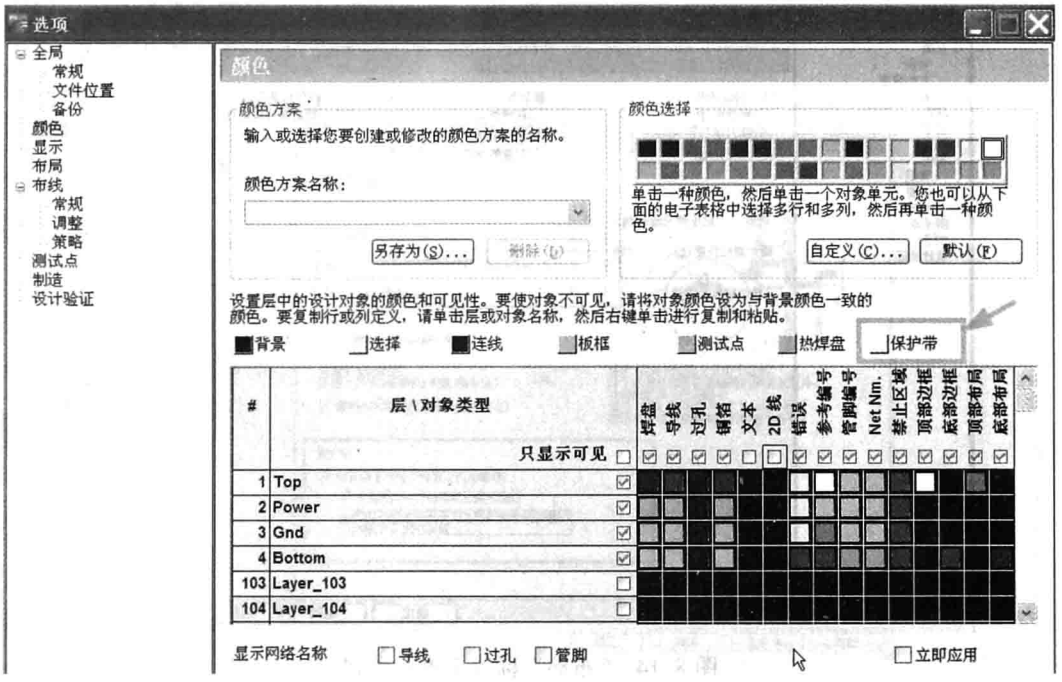


图 8-12 “颜色”标签页推荐设置

5. “显示”标签页

“显示”标签页推荐设置如图 8-13 所示。

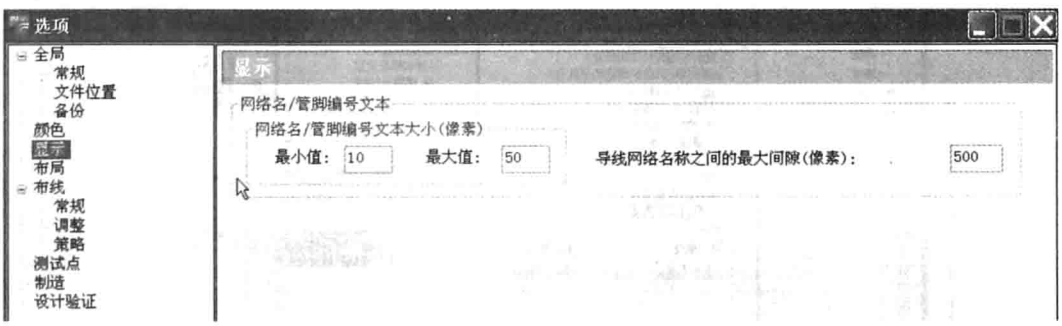


图 8-13 “显示”标签页推荐设置

6. “布局”标签页

“布局”标签页推荐设置如图 8-14 所示。

- 优化网络拓扑：推荐设置为移动后或无移动。
- 重新布线：推荐设置为移动后。

7. “布线/常规”标签页

（1）“布线/常规”标签页推荐设置如图 8-15 所示。

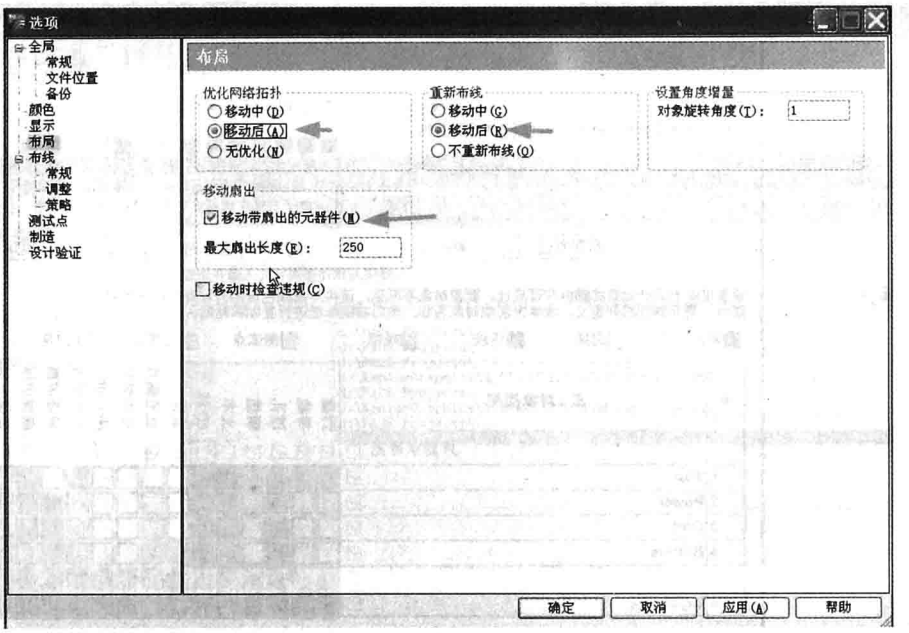


图 8-14 “布局”标签页推荐设置

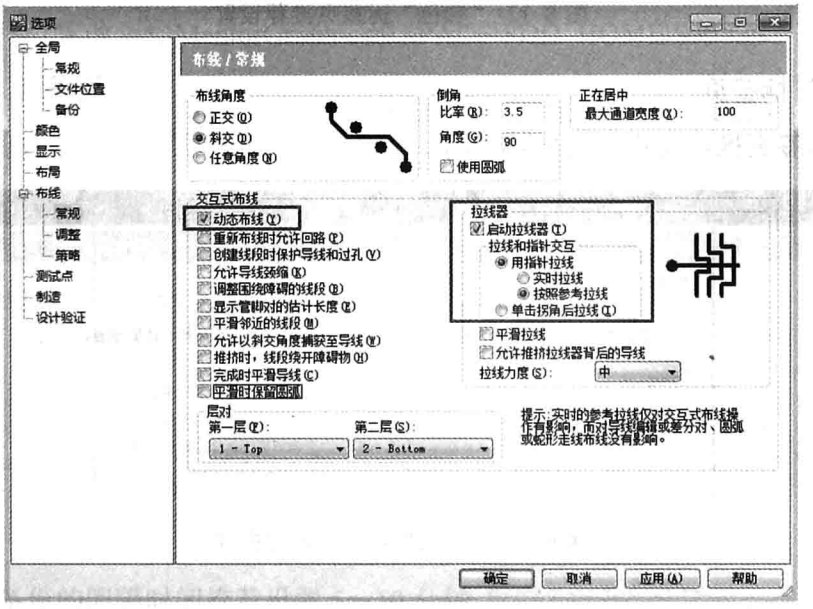


图 8-15 “布线/常规”标签页推荐设置

- 动态布线：推荐勾选。
- 允许导线颈缩：此项在进行 BGA 处布线时可以开启，即走线智能根据布线通道自动缩小线宽。
- 拉线器：软件智能推挤功能，可根据需要进行开启。
- 层对：布线层对，也可利用无模命令 PL 来设置。例如，六层板，想设置第一层和第三层的设计层对，即从第一层打孔，软件自动切换到第三层。可以在布线的过程中

输入“PL 1 3”并按下【Enter】键来实现。

（2）“布线/调整”标签页推荐设置如图 8-16 所示。

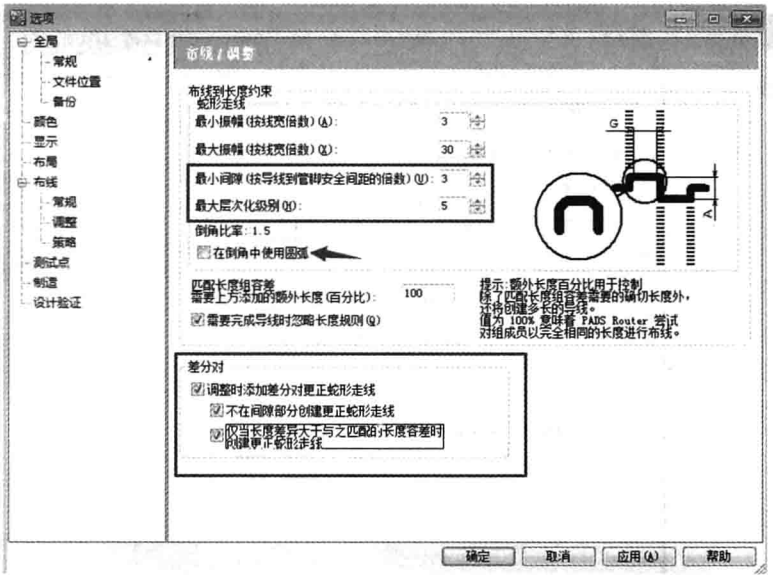


图 8-16 “布线/调整”标签页推荐设置

- 最小间隙：推荐设为 3，即 3 倍线宽，可根据布线空间调整为 2.5～3。
- 在倒角中使用圆弧：即俗称的圆弧蛇形线。如果信号线频率低于 6.125GHz，不推荐勾选。
- 调整时添加差分对更正蛇形走线：此处设置自动布线时有效。

（3）“布线/策略”标签页推荐设置如图 8-17 所示。

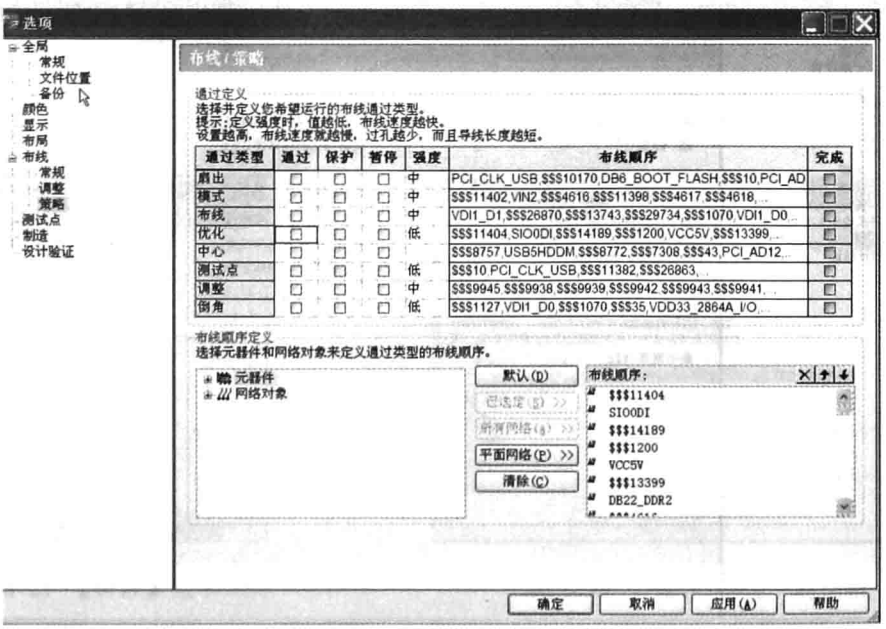


图 8-17 “布线/策略”标签页推荐设置

8. “测试点”标签页

“测试点”标签页推荐设置如图 8-18 所示。

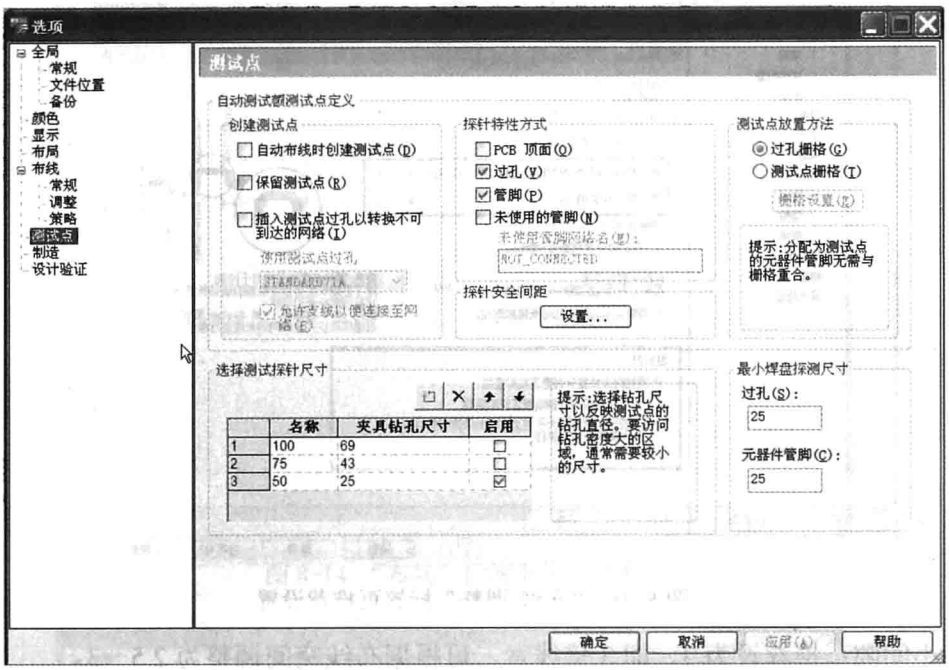


图 8-18 “测试点”标签页推荐设置

9. “制造”标签页

“制造”标签页推荐设置如图 8-19 所示。

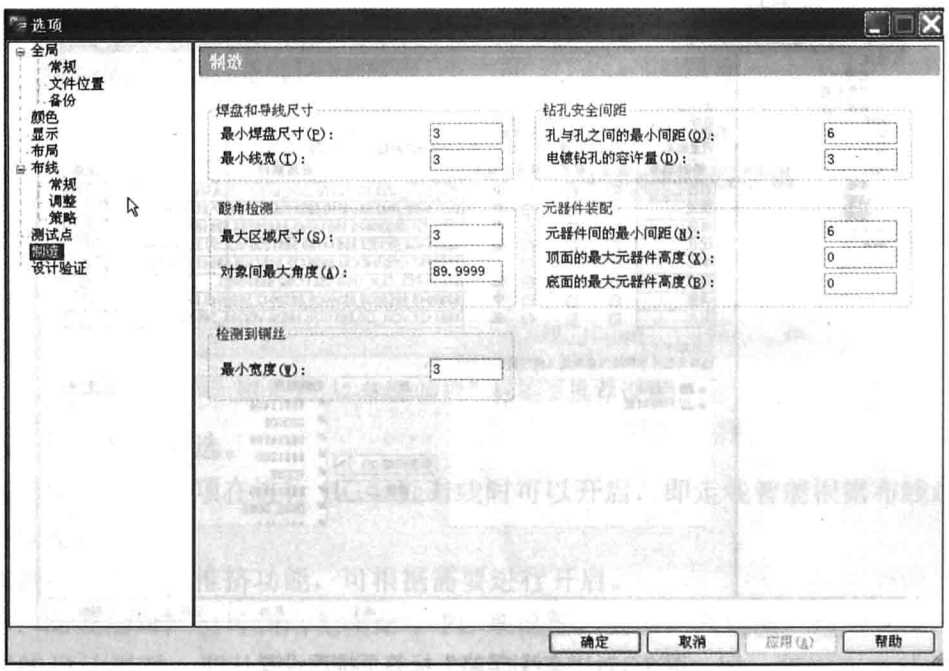


图 8-19 “制造”标签页推荐设置

10.“设计验证”标签页

“设计验证”标签页推荐设置如图 8-20 所示。

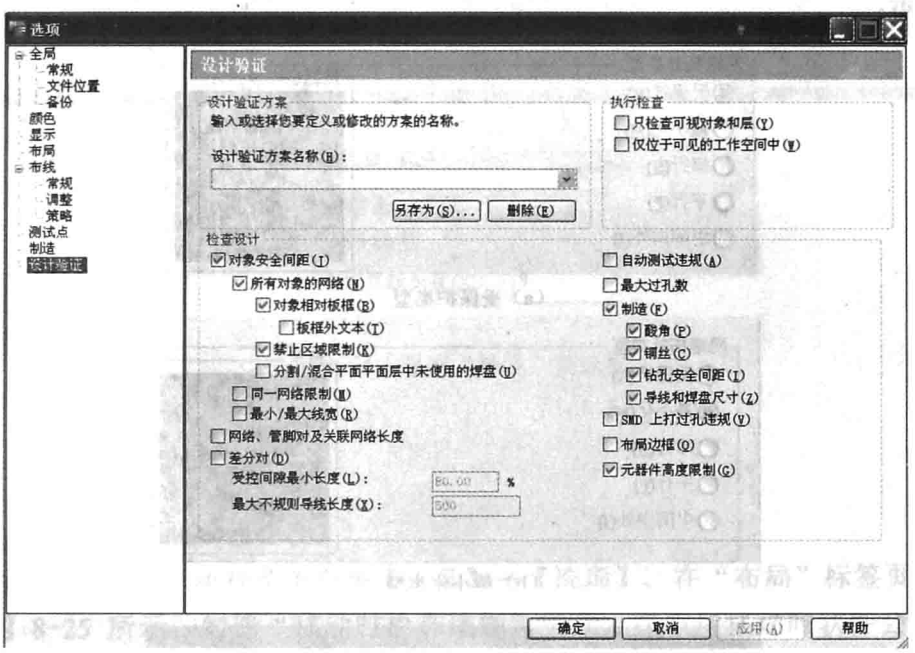


图 8-20 “设计验证”标签页推荐设置

8.2.2　PADS Router 设计规则

PADS Router 的设计规则包括安全间距、布线、过孔、层、同网络、测试点、栅格、扇出、焊盘入口、拓扑等标签页。

执行菜单命令【编辑】→【特性】，如图 8-21 所示。也可以单击一般工具栏中的特性图标，随后弹出“设计 特性”对话框，如图 8-22 所示。

图 8-21 【特性】菜单命令

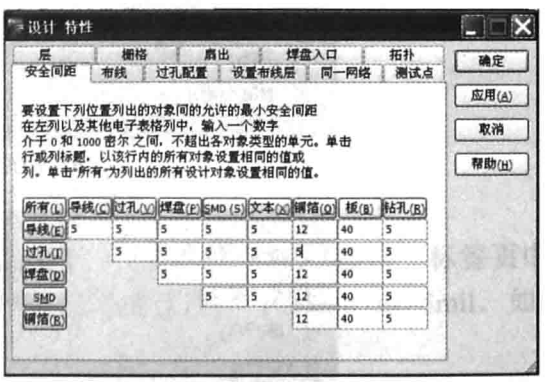
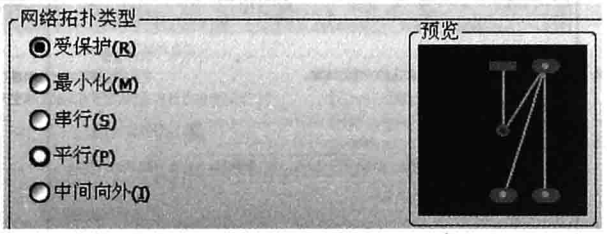


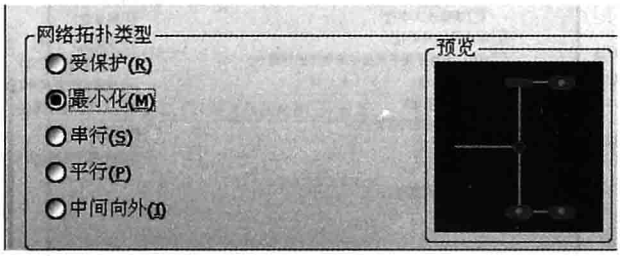
图 8-22 “设计 特性”对话框

各个标签页设置方法同 PADS Layout。读者也可以在 Layout 设置好相关设计规则参数后再连接到 Router 进行设计。

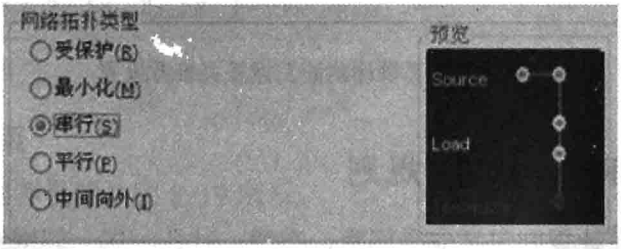
这里要特别注意“拓扑”标签页的参数设置。其中，“网络拓扑类型”中有 5 种类型。我们在设计多片 DDR2 和 DDR3 时需要提前指定网络拓扑类型。这 5 种网络拓扑类型如图 8-23 所示。



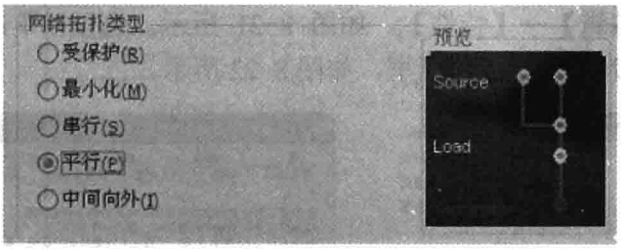
（a）受保护类型



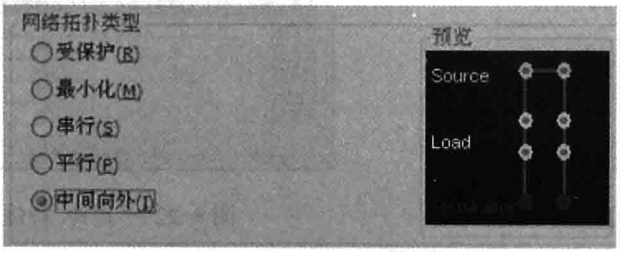
（b）最小化类型



（c）串行类型

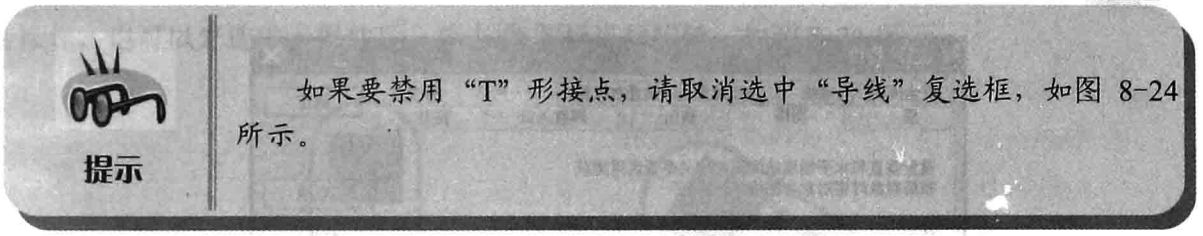


（d）平行类型



（e）中间向外类型

图 8-23　网络拓扑类型



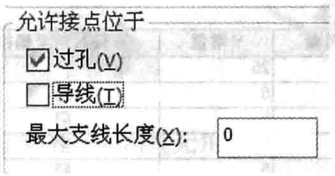


图 8-24　取消“导线”复选框

8.2.3　元件布局

在 Router 中也可进行布局操作。

（1）布局参数设定。执行菜单命令【工具】→【选项】，在“布局”标签页中进行布局设置，如图 8-25 所示。勾选“移动时检查违规”选项，在布局移动时软件会智能地进行 DRC 检查。

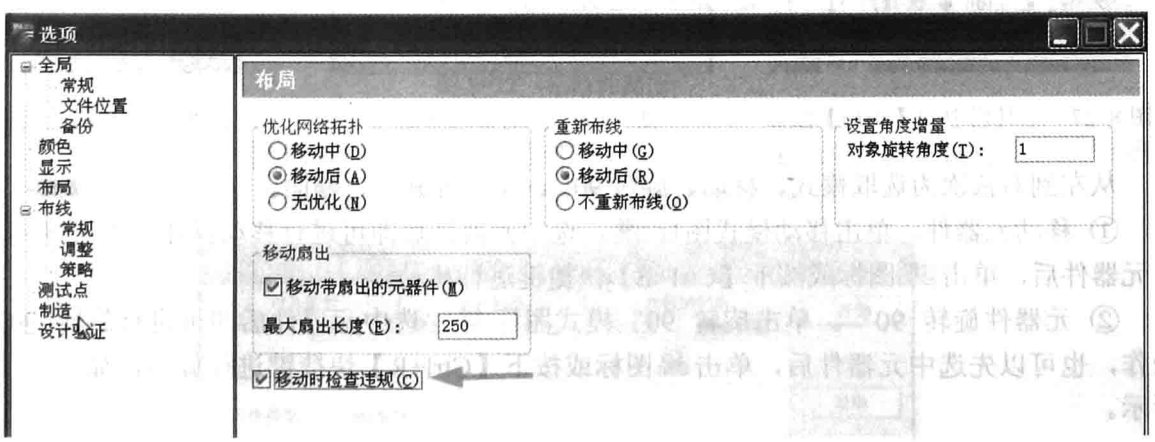


图 8-25　布局设置

（2）布局栅格设置。执行菜单命令【编辑】→【特性】，在“栅格”标签页中设置元器件布局摆放时参照的栅格。预布局的元器件栅格推荐设置为 25mil 或 5mil，如图 8-26 所示。

（3）启动 Placement（摆放）DRC 规则。单击 DRC 工具栏中的【布局】图标（图 8-27），在打开的对话框中启动布局规则，如图 8-28 所示。

（4）单击一般工具栏中的布局图标，调出布局工具栏，如图 8-29 所示。

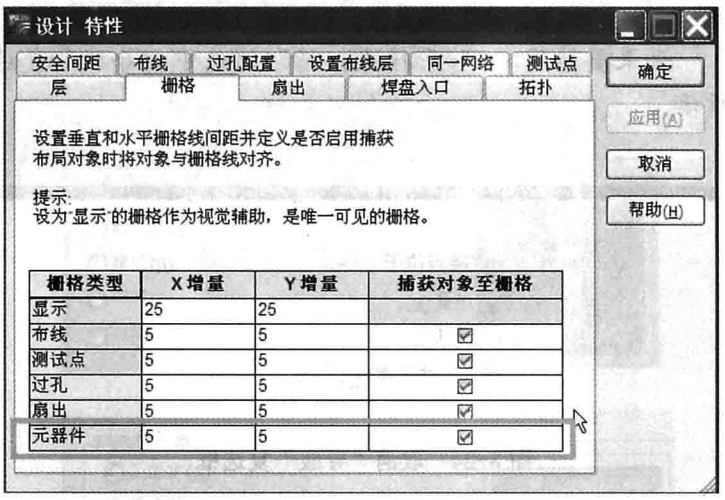


图 8-26　元器件栅格推荐设置

图 8-27　工具栏中的【布局】图标

图 8-28　启动布局规则

图 8-29　布局工具栏

从左到右依次为选取模式、移动、旋转 90°、无角度旋转、翻面。

① 移动元器件。单击移动模式图标，选中元器件后即可进行移动操作，也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+E】快捷键进行移动。

② 元器件旋转 90°。单击旋转 90° 模式图标，选中元器件后即可进行旋转 90° 操作，也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+R】快捷键进行旋转，如图 8-30 所示。

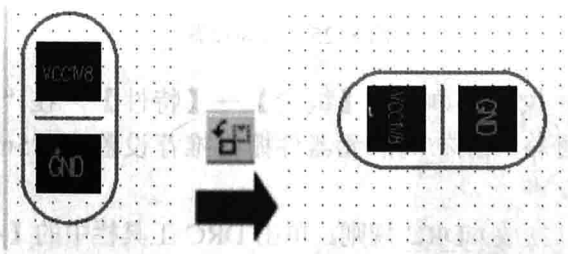


图 8-30　元器件旋转 90°

③ 元器件无角度旋转。单击无角度旋转模式图标，选中元器件后即可进行无角度旋

转操作，也可以先选中元器件后，单击图标进行旋转，如图 8-31 所示。

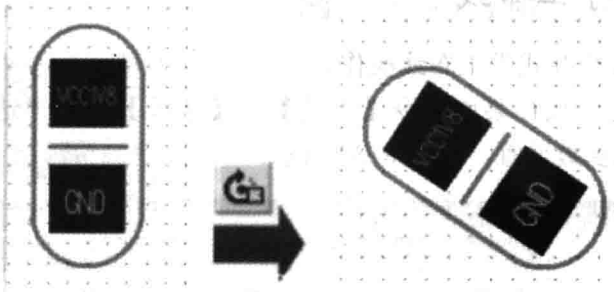


图 8-31　元器件无角度旋转

④ 元器件翻面。单击翻面模式图标，选中元器件后即可进行翻面操作，也可以先选中元器件后，单击图标或按下【Ctrl+F】快捷键进行翻面，如图 8-32 所示。

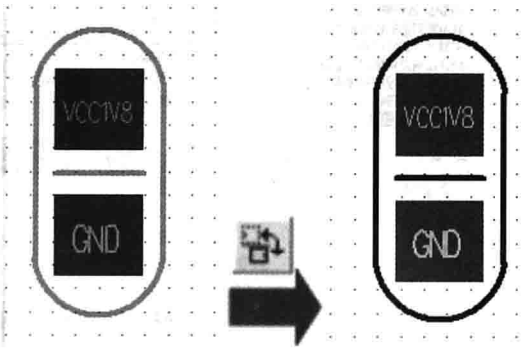


图 8-32　元器件翻面

⑤ 锁定元器件。选中元器件后快速双击鼠标左键或按下【Ctrl+Q】快捷键进入“元器件特性”对话框，勾选“保护：不允许编辑”选项，如图 8-33 所示。

图 8-33　锁定元器件

8.2.4 交互式手工布线

在 Router 中可进行交互式手工布线操作。

（1）布线参数设定。执行菜单命令【工具】→【选项】，在“选项”对话框中的“布线”标签页中进行布线参数设置，如图 8-34 所示。

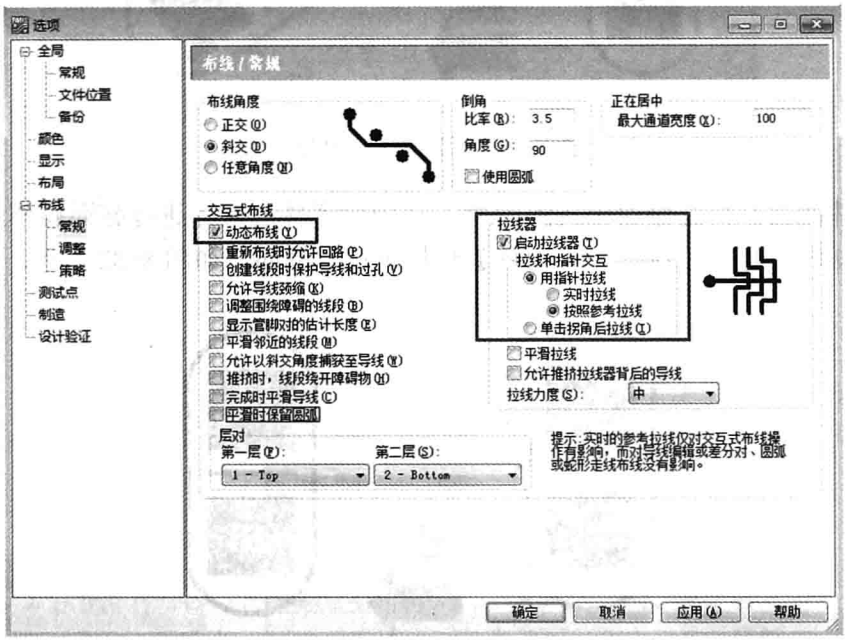


图 8-34　布线参数设置

（2）布线栅格设置。执行菜单命令【编辑】→【特性】，在弹出的“设计 特性”对话框中的“栅格”标签页中设置布线栅格，如图 8-35 所示。

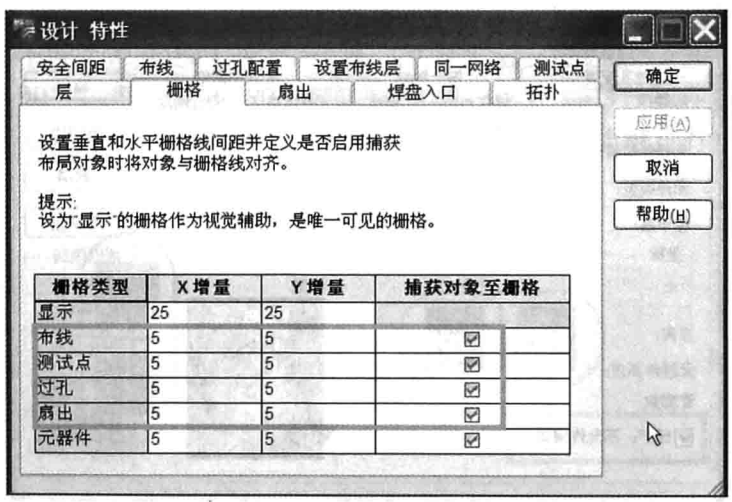


图 8-35　设置布线栅格

（3）启动布线 DRC 规则，如图 8-36 所示。

（4）单击一般工具栏中的布线编辑图标，调出布线编辑工具栏，如图 8-37 所示。

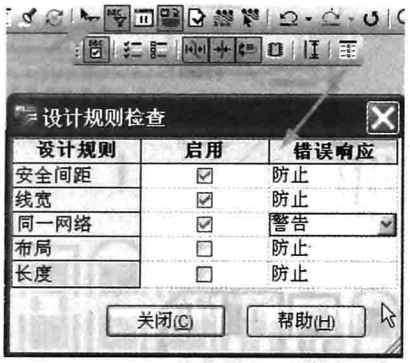


图 8-36　启动布线 DRC 规则

图 8-37　布线编辑工具栏

（5）动态走线。单击动态走线图标或按下【F3】键。在走线的过程中，也可以根据需要开启推挤功能（无模命令：PC、PP、PR）。推挤设置如图 8-38 所示。

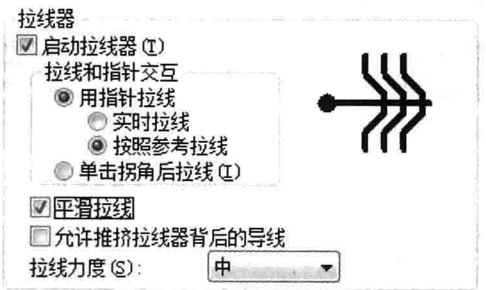


图 8-38　推挤设置

（6）删除走线。选中要删除的线段后，按下退格键【Backspace】即可完成。如果要删除连续几段走线，可以按住【Shift】键+鼠标左键进行选中，再按下退格键【Backspace】。在走线的过程中，如果删除上一步的走线，也可按下退格键【Backspace】完成。

8.2.5　自动布线

1. 交互式自动布线

单击一般工具栏中的布线工具栏图标，调出布线工具栏。

从左到右依次为布线、扇出、优化、调整、居中。

- 布线：布线指令会将所选取的对象进行交互式自动布线设计。
- 扇出：自动针对所选取的 SMT 元件、单个引脚或网络做扇出布线，并依照设定的设计规则进行分析布线。
- 优化：针对所选取的对象进行化化和调整，如将目前的布线形状态进行优化、消除不必要的 Stub（分支）线段、优化 Via 的使用量和缩短布线长度。
- 调整：可以自动改进布线长度至所需的设定长度，即自动绕等长。

➢ 居中：按照设定的设计规则自动校正线段在焊盘间的相对距离。

（1）布线：选中相关的网络，如图 8-39 所示，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【布线】，完成后如图 8-40 所示。

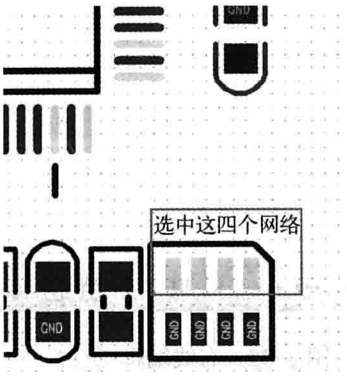


图 8-39　选中相关的网络

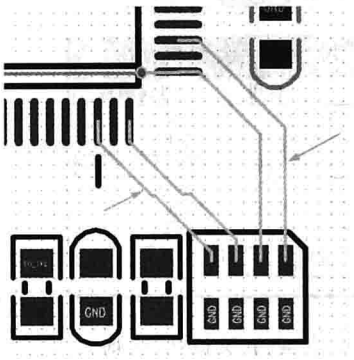


图 8-40　布线后结果

（2）扇出：选中需要扇出的引脚后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【扇出】，如图 8-41 所示。完成后如图 8-42 所示。扇出前需要设置扇出选项，如图 8-43 所示。

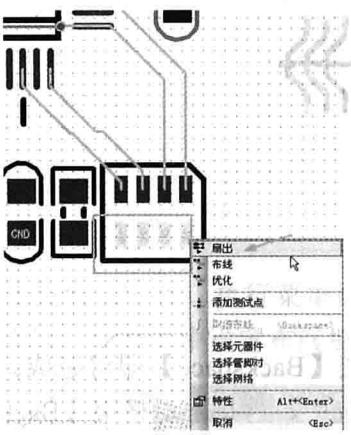


图 8-41 【扇出】菜单命令

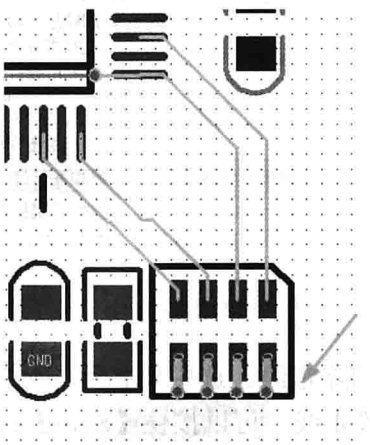


图 8-42　扇出结果

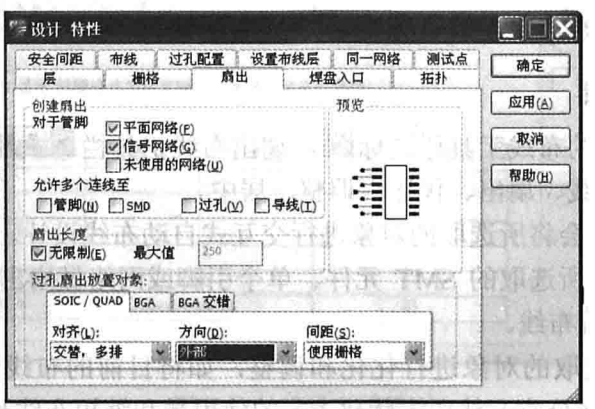


图 8-43　扇出选项设置

（3）调整：选中设定等长规则且已布线的网络，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【调整】，如图 8-44 所示。完成后如图 8-45 所示。

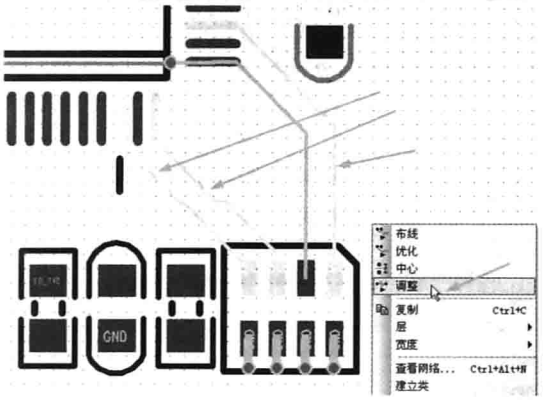


图 8-44 【调整】菜单命令

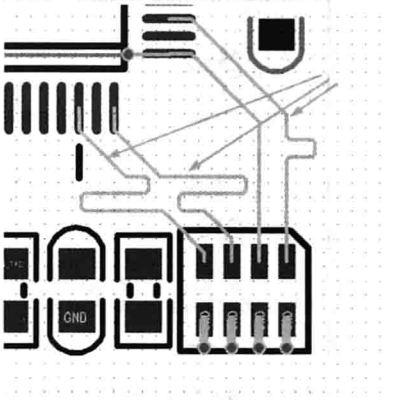


图 8-45　调整后结果

（4）居中：选中需要在两个焊盘间校正的网络，如图 8-46 所示。单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【中心】。完成后如图 8-47 所示。

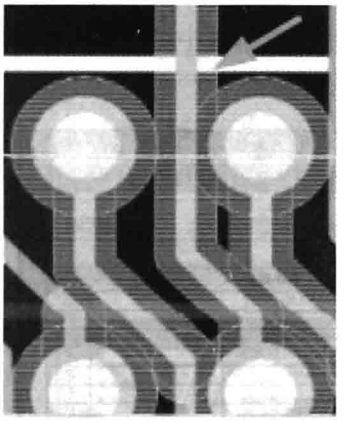


图 8-46　选择居中网络

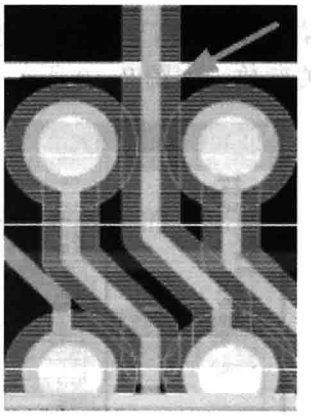


图 8-47　居中后结果

2. 完全自动布线

Router 提供整板完全自动布线功能。完全自动布线的设计思路是预布线分析→关键信号布线→设定布线策略→设定布线顺序。

3. 预布线分析

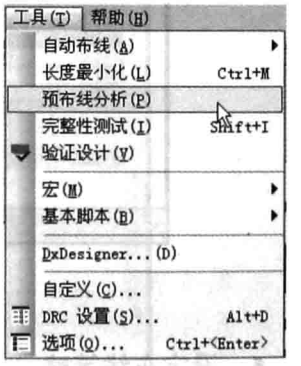


图 8-48 【预布线分析】菜单命令

执行菜单命令【工具】→【预布线分析】，如图 8-48 所示，PCB 将会进行预布线动作。预布线分析可以提供自动布线前的可改进布线方式，分析结果（包括问题与解决方式）都会记录在输出窗口中，如图 8-49 所示。用户可以根据分析结果重新制定自动布线策略、优化布局、节省自动布线时间和提高自动布线的成功率。

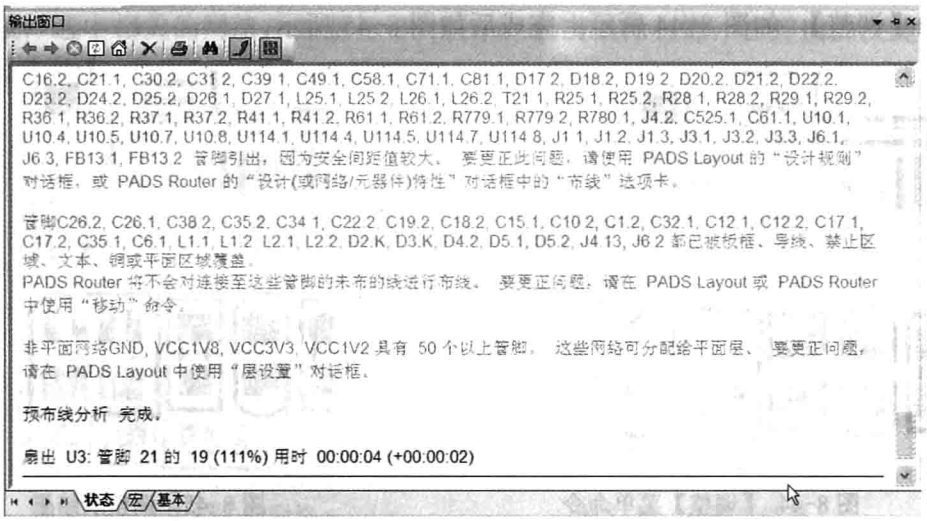


图 8-49　输出窗口

4. 关键信号布线

执行菜单命令【工具】→【选项】，在弹出的“选项”对话框中的“布线/策略”标签页下设置相关参数，如图 8-50 所示。

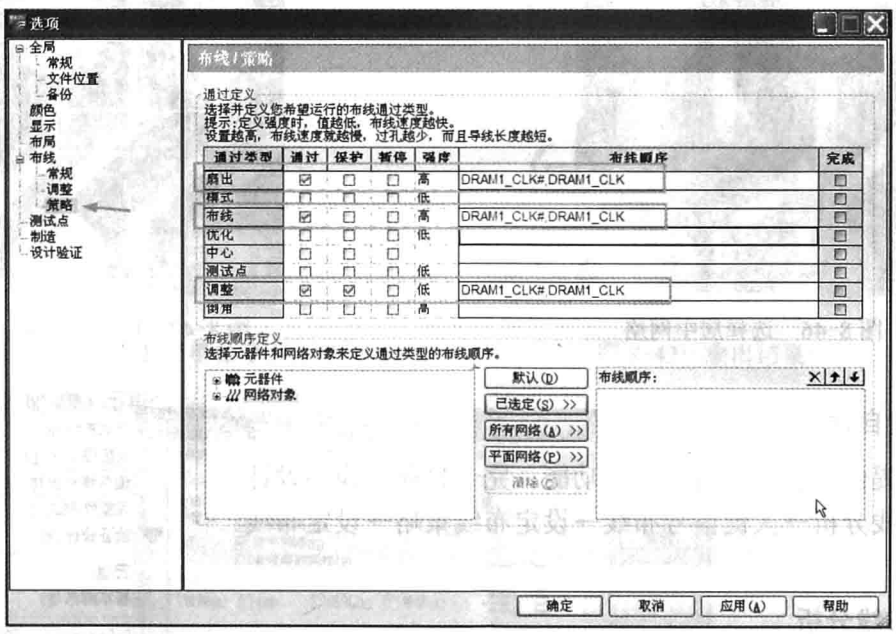


图 8-50　设置关键信号

5. 设定布线策略

执行菜单命令【工具】→【选项】，在弹出的“选项”对话框中的“布线/策略”标签页下进行设置，如图 8-51 所示。

图 8-51　设置布线策略

注意

关于“模式”：这里设置自动修正布线的形状。

关于“布线”：这里设置执行自动布线，并且用尽各种方法完成布线。

关于“强度”：值越低，布线速度越快；值越高，布线速度越慢；过孔越少，长度越短。

➢ 设定布线顺序：执行菜单命令【工具】→【选项】，在弹出的“选项”对话框中的“布线/策略”标签页下设置，如图 8-52 所示。

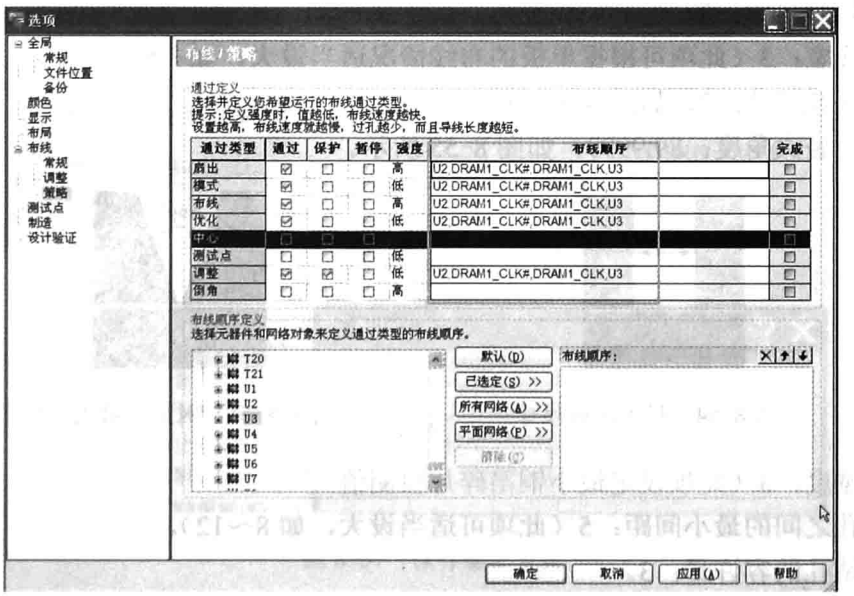


图 8-52　设置布线顺序

- 开始自动布线：单击布线工具栏下的“启动自动布线”图标，或者按下【F9】键，进行自动布线。
- 其中布线还包含有高速布线的部份，包括差分线、等长线、蛇形线，以及自动改变线宽等的设置，在项目 10 中将会有详细的介绍。

8.2.6 PADS Router 设计验证

（1）执行菜单命令【工具】→【选项】，在弹出的“选项”对话框中的“制造”标签页下设置相关参数，如图 8-53 所示。

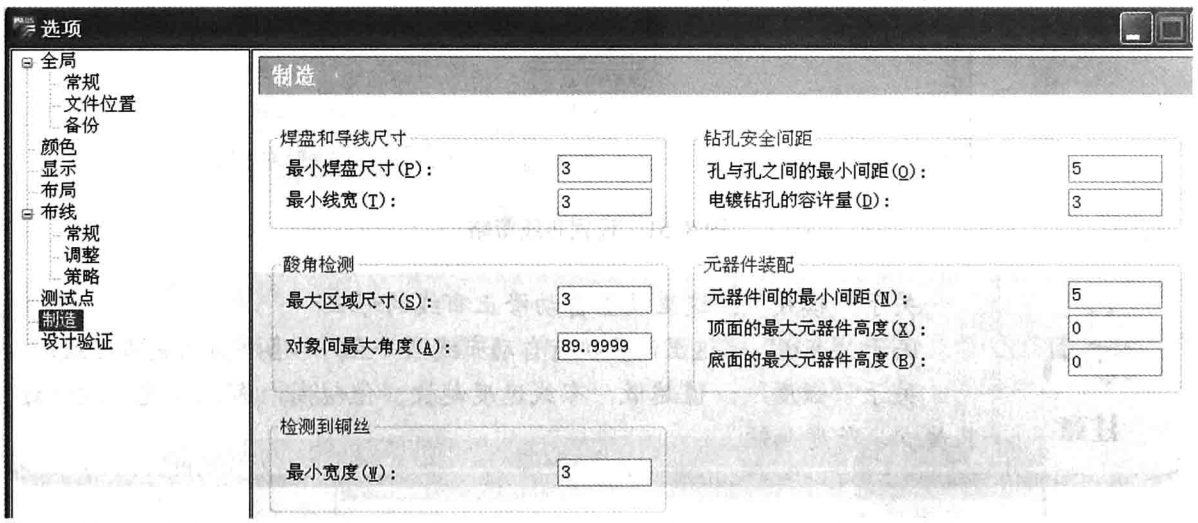


图 8-53　设置制造参数

- 最小焊盘尺寸：3。
- 最小线宽：3（此项可根据单板的布线情况适当设大，如 3.5）。
- 最大区域尺寸：3，如图 8-54 所示。
- 对象间最大角度：89.9999，如图 8-55 所示。

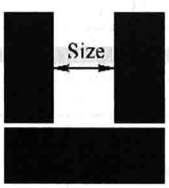


图 8-54　最大区域尺寸

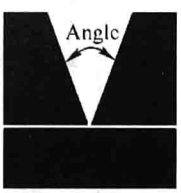


图 8-55　对象间最大角度

- 最小宽度：3（此项设定最小铜箔碎片检测值）。
- 孔与孔之间的最小间距：5（此项可适当设大，如 8～12）。
- 电镀钻孔的容许量：3。
- 元器件间的最小间距：5（此项可适当设大，如 8～12）。
- 顶面的最大元器件间高度：6（需根据结构限高而设置）。

➢ 底面的最大元器件间高度：2（需根据结构限高而设置）。

（2）设置“设计验证”标签页参数，如图 8-56 所示。

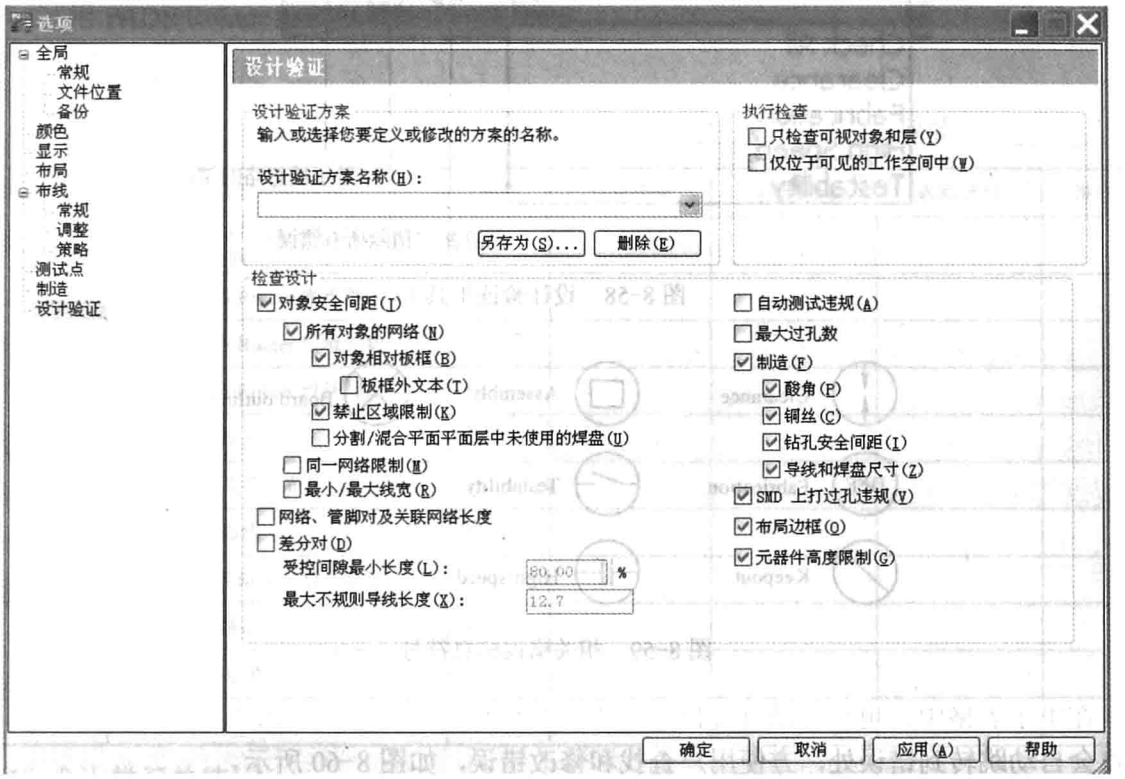


图 8-56　设计验证参数

单击【另存为】按钮可以建立检查方案模版，在弹出的对话框中输入新验证方案的名称即可，如图 8-57 所示。

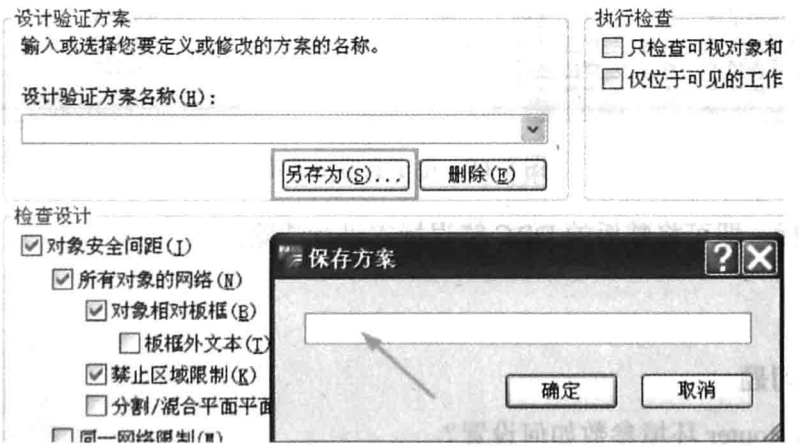


图 8-57　保存验证方案

（3）单击设计验证工具栏，调出设计验证工具，如图 8-58 所示。

单击其中一个设计验证方案，再单击检查图标，软件开始进行设计验证。验证后

PCB 界面将会在有错误的地方标记相关错误信息符号，如图 8-59 所示。

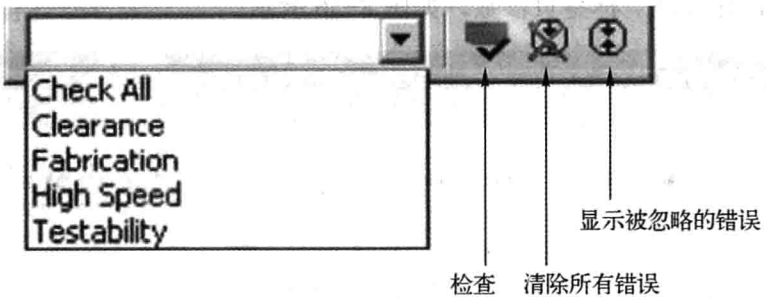


图 8-58　设计验证工具

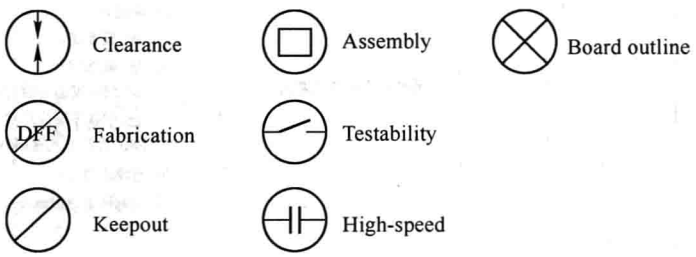


图 8-59　相关错误信息符号

在电子表格中，也会自动标注出错误类型和违反规则信息。单击“类型”栏的信息，软件将会自动跳转到错误处，方便用户查找和修改错误，如图 8-60 所示。

	类型	违反规则	层	实际	必需	标记对象
1	安全间距错误	铜箔 至 钻孔 违规	Top	0	>=0.254	□
2	安全间距错误	铜箔 至 焊盘 违规	Top	0	>=0.254	□
3	安全间距错误	铜箔 至 焊盘 违规	Top	0	>=0.254	□
4	安全间距错误	铜箔 至 焊盘 违规	Top	0	>=0.254	□
5	安全间距错误	焊盘 至 焊盘 违规	Top	0	>=0.127	□
6	安全间距错误	焊盘 至 焊盘 违规	Top	0	>=0.127	□

图 8-60　电子表格中的错误

单击图标，即可将整板的 DRC 错误标志进行清除。

学习评价

1．思考练习题

（1）PADS Router 环境参数如何设置？

（2）交互式布线参数如何设置？

（3）在 PADS Router 中如何验证设计？

2．技能训练题

（1）用 PADS Router 绘制单管放大电路 PCB。

（2）用 PADS Router 绘制多管放大电路 PCB。

3．技能评价评分表

班级:_____　学号：_____　姓名：_____　成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1．PADS Layout 与 PADS Router 的连接	10				
	2．PADS Router 操作界面认知	10				
实操技能	1．PADS Router 环境参数	10				
	2．PADS Router 设计规则	10				
	3．元件布局	10				
	4．交互式手工布线	15				
	5．自动布线	10				
	6．PADS Router 设计验证	15				
学习态度	1．出勤情况	3				
	2．课堂纪律	4				
	3．按时完成作业	3				

4．个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第9章 毕业设计1：LED摇摇棒制作实例

情境

通过前面项目的学习，小强同学已经能够较为轻松地完成电路板设计了。

为了巩固前面的学习成果，小强决定在毕业前制作一些新颖的电子产品送给同学作为纪念。在一次偶然观看电视节目后，小强发现台上明星在表演时，台下观众席都是五颜六色和各种图案的发光棒，效果非常漂亮。于是，小强通过一番查找资料后，准备制作一套基于AT89S51单片机控制、由16只高亮度LED发光二极管构成的摇摇棒，它可以配合手的左右摇晃就可呈现一幅完整的画面，可以显示字符、图片等。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）单片机AT89S51的认识和创建 2）LED摇摇棒原理图设计 3）LED摇摇棒PCB设计	学生上机操作，教师指导、答疑	4课时
知识目标	1）单面板的认识 2）布局应用技巧-固定特定元器件 3）布线应用技巧-栅格法布线 4）布线应用技巧-热焊盘设置 5）布线应用技巧-增加泪滴 6）铺铜应用技巧-铺铜效果	教师讲授，学生练习并实践	2课时

9.1 基本技能

9.1.1 单片机AT89S51的认识和创建

AT89S51美国ATMEL公司生产的低功耗、高性能CMOS 8位单片机、片内含4k Bytes ISP（In-System Programmable）的可反复擦写1000次的Flash只读程序存储器，器件采用ATMEL公司的高密度、非易失性存储技术制造，兼容标准MCS-51指令系统及80C51引脚结构，芯片内集成了通用8位中央处理器和ISP Flash存储单元，AT89S51在众多嵌入式控制应用系统中得到广泛应用。DIP封装引脚如图9-1所示。

引脚说明如下：

（1）**Vcc**：电源电压输入端。

（2）**GND**：电源地。

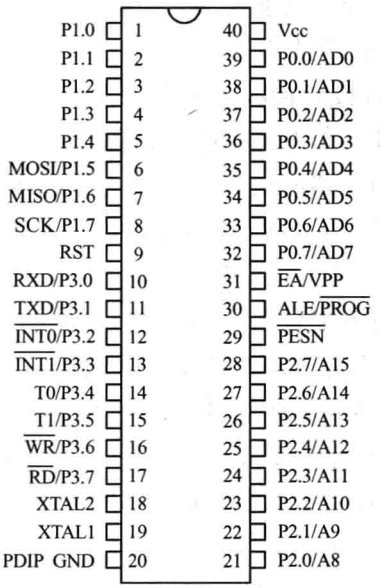


图 9-1　AT89S51DIP 封装引脚

（3）**P0 口**：P0 口为一个 8 位漏级开路双向 I/O 口，每脚可吸收 8TTL 门电流。当 P1 口的引脚第一次写 1 时，被定义为高阻输入。P0 能够用于外部程序数据存储器，它可以被定义为数据/地址的低 8 位。在 Fiash 编程时，P0 口作为原码输入口；当 Flash 进行校验时，P0 输出原码，此时 P0 外部必须被拉高。

（4）**P1 口**：P1 口是一个内部提供上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 口缓冲器能接收输出 4TTL 门电流。P1 口引脚写入 1 后，被内部上拉为高，可用作输入；P1 口被外部下拉为低电平时，将输出电流，这是由于内部上拉的缘故。在 Flash 编程和校验时，P1 口作为低 8 位地址接收。

（5）**P2 口**：P2 口为一个内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P2 口缓冲器可接收，输出 4 个 TTL 门电流，当 P2 口被写“1”时，其引脚被内部上拉电阻拉高，且作为输入。并因此作为输入时，P2 口的引脚被外部拉低，将输出电流，这是由于内部上拉的缘故。P2 口当用于外部程序存储器或 16 位地址外部数据存储器进行存取时，P2 口输出地址的高 8 位。在给出地址“1”时，它利用内部上拉优势，当对外部 8 位地址数据存储器进行读/写时，P2 口输出其特殊功能寄存器的内容。P2 口在 Flash 编程和校验时接收高 8 位地址信号和控制信号。

（6）**P3 口**：P3 口引脚是 8 个带内部上拉电阻的双向 I/O 口，可接收输出 4 个 TTL 门电流。当 P3 口写入“1”后，它们被内部上拉为高电平，并用作输入。作为输入，由于外部下拉为低电平，P3 口将输出电流（ILL），这是由于上拉的缘故。P3 口除了作为普通 I/O 口，还有第二功能：

P3.0 RXD（串行输入口）。

P3.1 TXD（串行输出口）。

P3.2 /INT0（外部中断 0）。

P3.3 /INT1（外部中断 1）。

P3.4 T0（T0 定时器的外部计数输入）。

P3.5 T1（T1 定时器的外部计数输入）。

P3.6 /WR（外部数据存储器的写选通）。

P3.7 /RD（外部数据存储器的读选通）。

P3 口同时为闪烁编程和编程校验接收一些控制信号。

I/O 口作为输入口时有两种工作方式，即所谓的读端口与读引脚。读端口时实际上并不从外部读入数据，而是把端口锁存器的内容读入到内部总线，经过某种运算或变换后再写回到端口锁存器。只有读端口时才真正地把外部的数据读入到内部总线。89C51 的 P0、P1、P2、P3 口作为输入时都是准双向口。除了 P1 口外，P0、P2、P3 口都还有其他的功能。

（7）RST：复位输入端，高电平有效。

（8）ALE/$\overline{\text{PROG}}$：地址锁存允许/编程脉冲信号端。

（9）PESN：外部程序存储器的选通信号，低电平有效。

（10）$\overline{\text{EA}}$ /VPP：外部程序存储器访问允许。

（11）XTAL1：片内振荡器反相放大器和时钟发生器的输入端。

（12）XTAL2：片内振荡器反相放大器的输出端。

接下来，我们要进行 AT89S51 单片机元件的绘制工作，其步骤如下：

（1）创建原理图封装元件及 PCB 封装元件，操作步骤参考项目 5。

（2）绘制原理图封装元件

根据图 9-1 所提供的信息，绘制如图 9-2 所示的 AT89S51 单片机原理图封装元件，其方法参考项目 3。

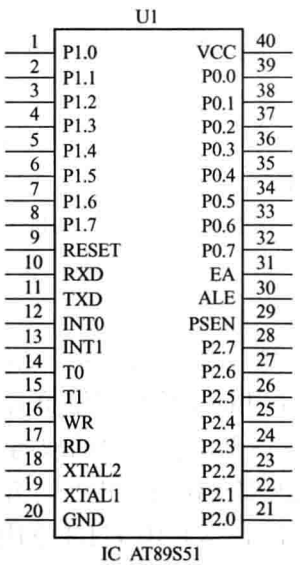
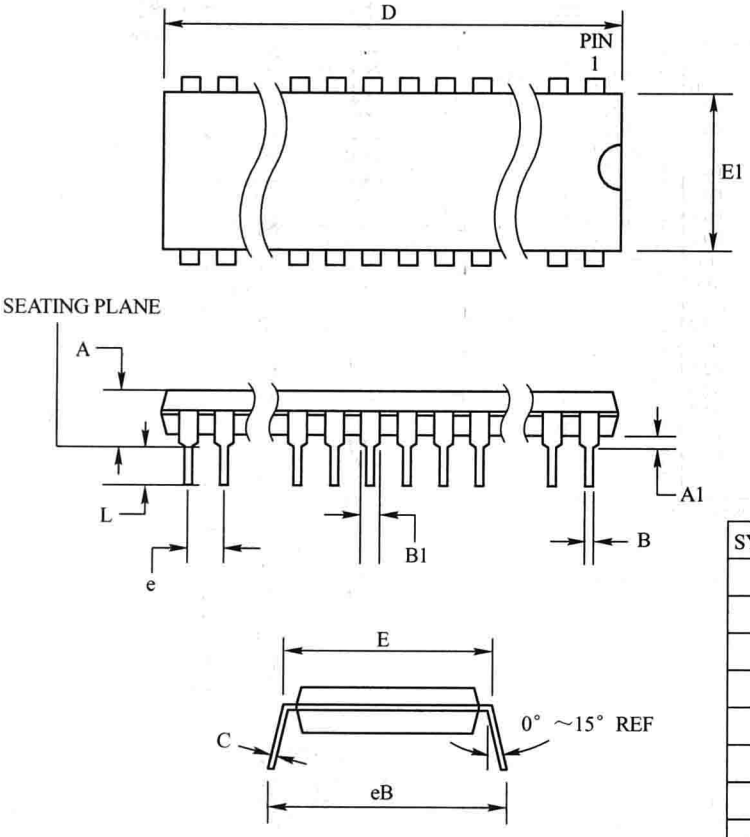


图 9-2　单片机 AT89S91 原理图封装元件

（3）绘制 PCB 封装元件。

根据图 9-3 所提供的信息，绘制如图 9-4 所示的 AT89S51 单片机 PCB 封装元件,其方法

参考项目 3。



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure=mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	4.826	
A1	0.381	–	–	
D	52.070	–	52.578	Note2
E	15.240	–	15.875	
E1	13.462	–	13.970	Note2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.041	–	1.651	
L	3.048	–	3.556	
C	0.203	–	0.381	
eB	15.494	–	17.526	
e	2.540TYP			

Notes: 1.This package conforms to JEDEC reference MS-011,Variation AC.
2.Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm(0.010")

图 9-3　单片机 AT89S91 DIP 封装尺寸

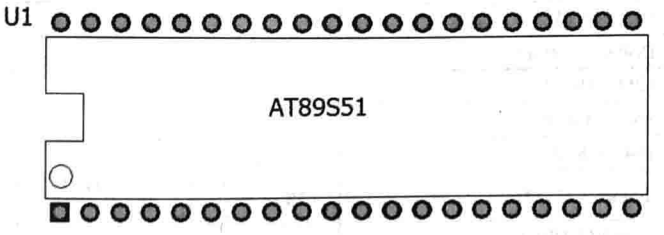


图 9-4　单片机 AT89S91 PCB 封装

9.1.2　LED 摇摇棒原理图设计

绘制如图 9-5 所示的 LED 摇遥棒原理图，其方法参考项目 2。LED 摇摇棒元件清单表如表 9-1 所示。

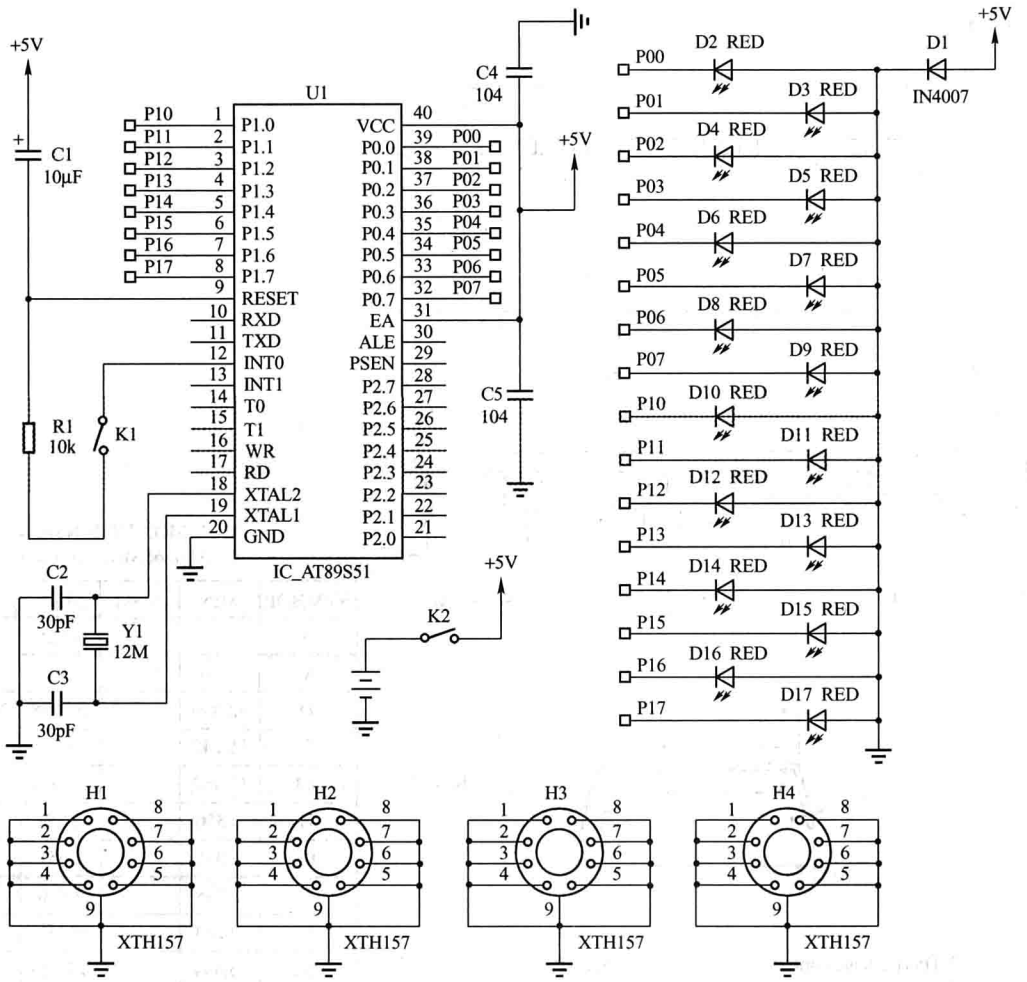


图 9-5　LED 摇摇棒原理图

表 9-1　LED 摇摇棒元件清单表

序号	名　称	元 件 规 格	数量	元 件 编 号
1	电阻	10k，1/8W	1	R1
2	二极管	IN4007，D0-41	1	D1
3	晶振	12M，HC49	1	Y1
4	瓷片电容	30pF，CK05	2	C2 C3
5	瓷片电容	104，CK05	2	C4 C5
6	发光二极管	Φ5mm，红发红	16	D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16 D17
7	单片机	AT89S51 DIP40	1	U1
8	IC 座	40pin	1	U1
9	电解电容	10uF/16V	1	C1
10	轻触开关	6*6*5	1	K1
11	电源开关	自锁六脚开关	1	K2
12	电池盒	三节 7 号	1	
13	PCB 板	覆铜板，长 220mm×宽 31mm，板厚 1.6mm	1	
14	针座	2Pin 2.0mm 间距	1	J1

9.1.3　LED 摇摇棒 PCB 设计

绘制如图 9-6 所示的 LED 摇遥棒 PCB 图，其方法参考项目 5。LED 摇摇棒装配图如图 9-7 所示。

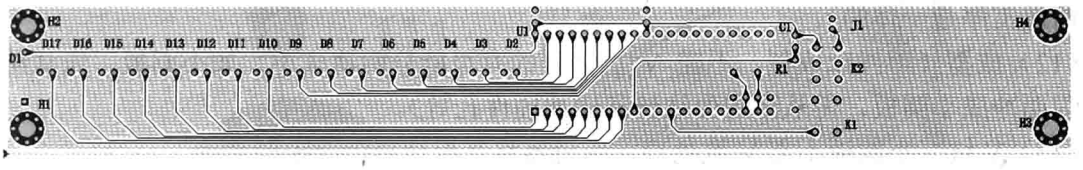


图 9-6　LED 摇摇棒 PCB 图

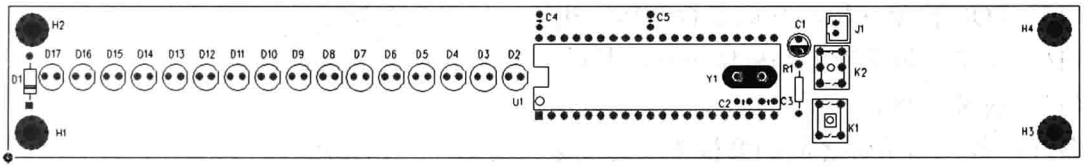


图 9-7　LED 摇摇棒装配图

9.2　基本知识

9.2.1　单面板的认识

1. 单面板的定义

单面：只有一面走线，另一面装配元件。所谓单面板，就是在最基本的 PCB 上，零件集中在其中一面，导线则集中在另一面。因为导线只出现在其中一面，所以我们就称这种 PCB 叫作单面板（Single-sided）。

2. PCB 板单面板生产工艺

（1）裁剪覆铜板（将覆有铜皮的板进行裁剪，注意裁剪规格，裁剪前需烘烤板材）。

（2）磨板（在磨板机内对裁剪的覆铜板进行清洗，使其表面无灰尘、毛刺等杂物，先磨洗后烘烤，两道工序是一体的）。

（3）印电路（在有铜皮一面印上电路图，该油墨具有防腐蚀作用）。

（4）检验（将多余油墨清除，将少印油墨的地方补上油墨，如发现大量不良，需进行调整，不良品可放在蚀刻中第二步骤进行油墨清洁，清洁干燥后可返回此道工序重新加工）。

（5）油墨待干。

（6）蚀刻（用试剂将多余的铜皮腐蚀掉，附有油墨的电路上铜皮得以保留，之后用试剂进行清洗电路上的油墨再烘干，这三道工序是一体的）。

（7）钻定位孔（将蚀刻后的板钻定位孔）。

（8）磨板（将钻好定位孔的基板进行清洗干燥，与 2 基板一样）。

（9）丝印（在基板背面印上插件元件丝印、一些标示编码，丝印后烘干，两道工序是一体的）。

（10）磨板（再进行一次清洁）。

（11）阻焊（在清洁后的基板上丝印绿油阻焊剂，焊盘处不需要绿油，印好后直接烘干，两道工序是一体的）。

（12）成型（用冲床成型，不需 V 坑处理的有可能分两次成型，如小圆板，先从丝印面往阻焊面冲成小圆板，再从阻焊面往丝印面冲插件孔等）。

（13）V 坑（小圆板不需 V 坑处理，用机器将基板切割出分板槽）。

（14）松香（先磨板，清洁基板灰尘，后烘干，再在有焊盘一面涂上薄薄一层松香，此三道工序是一体的）。

（15）FQC 检验（检验基板是否变形，孔位、线路是否为良品）。

（16）压平（将变形的基板压平整，基板平整则不需操作此工序）。

（17）包装出货。

备注：丝印与阻焊之间的磨板工序可能会被省略，可以先阻焊，再丝印，具体看基板情况。

3. 单面板制作流程概述

单面板的制作流程较为简单，具体的流程如图 9-8 所示。虽然制作流程较为简单，但是流程中的每一个步骤都有一些要注意的事项。而每一个注意事项都会影响单面板能否制作成功。

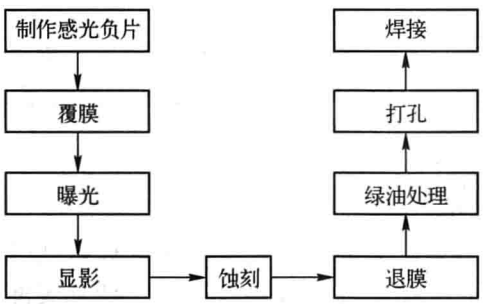


图 9-8　单面板制作流程

9.2.2　布局应用技巧-固定特定元器件

在追求质量和效率的当下，提升我们本身的设计速度尤为重要，在 PCB 布局中一般有些元器件需要固定坐标点，以方便布线和装配。例如，接插口、螺丝孔等。下面给大家介绍一下在 PADS 里面固定元器件的方法。单击鼠标右键，执行菜单命令【选择元器件】-【特性】，勾选“胶粘”单击【应用】按钮，最后单击【确定】按钮，如图 9-9 所示，固件元器件在高密度板和元器件比较多的设置中大大提高了我们的工作效率和准确性。

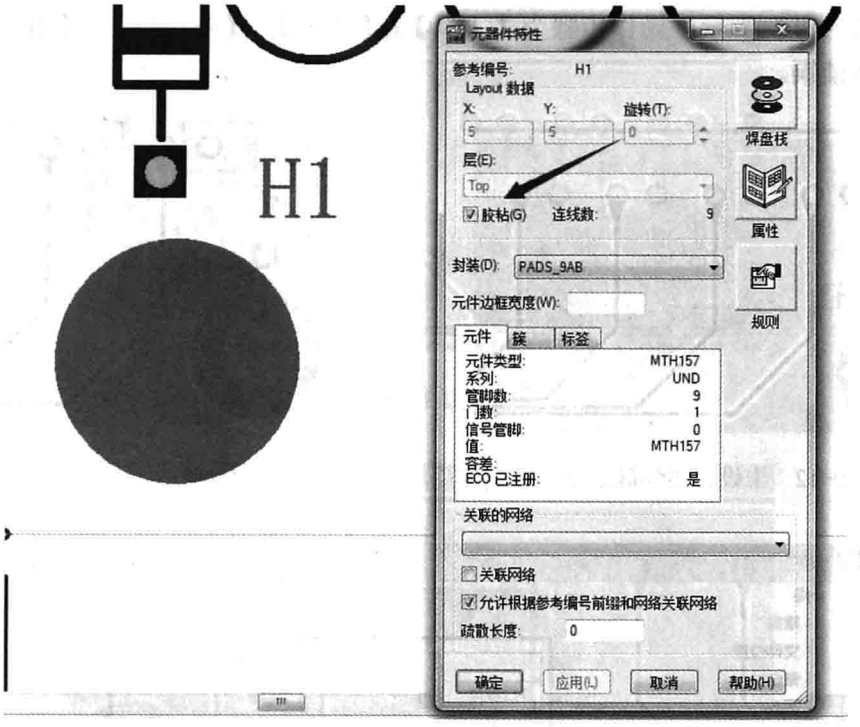


图 9-9　元器件胶粘属性

9.2.3　布线应用技巧-栅格法布线

在 PCB 设计中，为了布线的效率和美观，我们可以使用栅格来布线。例如，我们安全间距为 6mil，可以使用下面栅格参数设置。栅格设置，可以在全局参数中设置，也可以利用无模命令“G”和“GD”设置设计栅格和显示栅格。

“G 6”可以将设计栅格设置为 6mil，如图 9-10 所示。

“GD 6”可以将显示栅格设置为 6mil，如图 9-11 所示

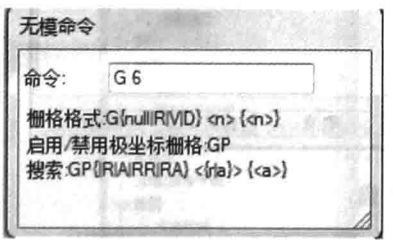


图 9-10　将设计栅格设置为 6mil

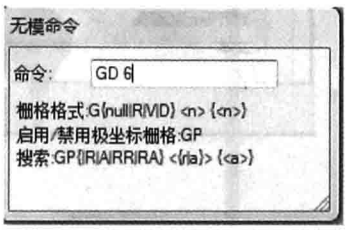


图 9-11　将显示栅格设置为 6mil

9.2.4　布线应用技巧-热焊盘设置

在 PCB 设计中，为了方便焊接，通常要增加热焊盘设置，未设置热焊盘前如图 9-12 所

示，设置热焊盘后如图 9-13 所示。设置了热焊盘，可以增加焊接时的速度和直通率。热焊盘的设置如图 9-14 所示。操作步骤为【工具】-【选项】-【热焊盘】-【斜交】，热焊盘设置后需要重新铺铜。

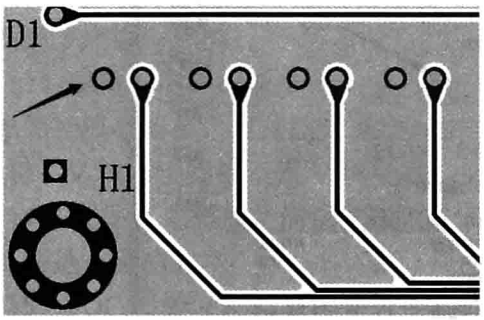


图 9-12　未设置热焊盘之前

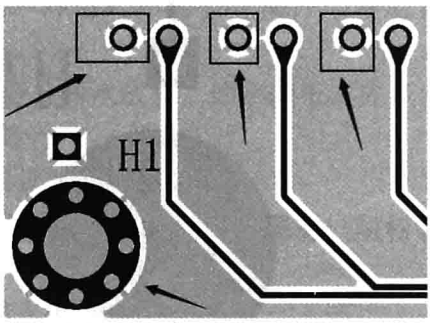


图 9-13　设置热焊盘之后

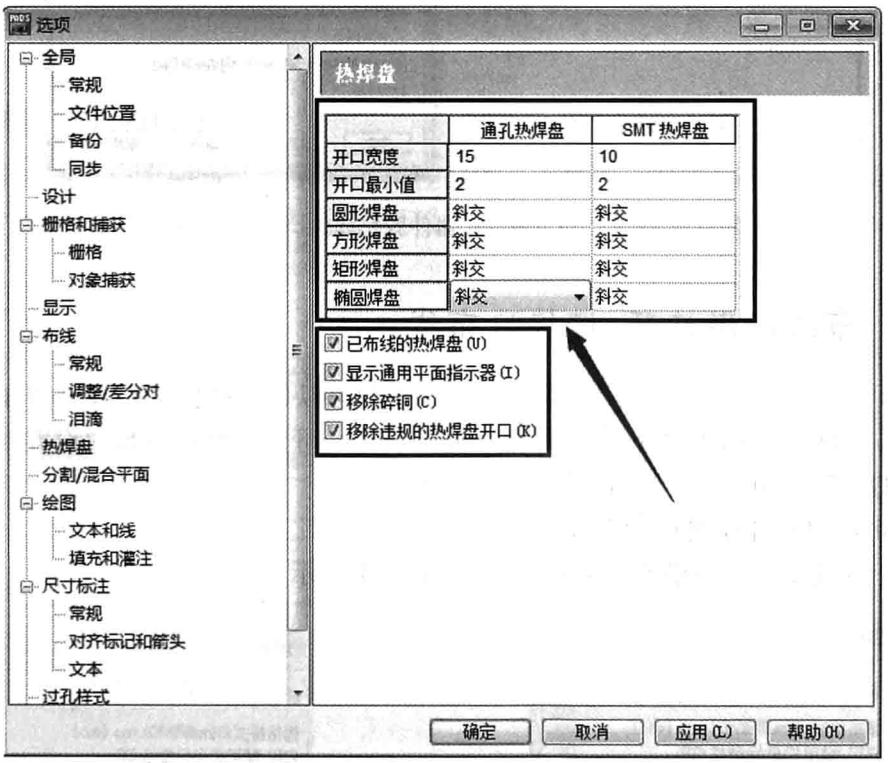


图 9-14　设置热焊盘

9.2.5　布线应用技巧-增加泪滴

在 PCB 设计中，为了增加线的附着力和牢固性，通常会将线增加泪滴的效果。未设置泪滴前的效果如图 9-15 所示，设置泪滴后的效果如图 9-16 所示。泪滴效果的设置如图 9-17 所示。操作步骤为【工具】-【选项】-【泪滴】-勾选“显示泪滴”，泪滴效果要在铺铜前增加

或在增加后重新铺铜，否则会容易选成短路或安全间距不够等的现象。

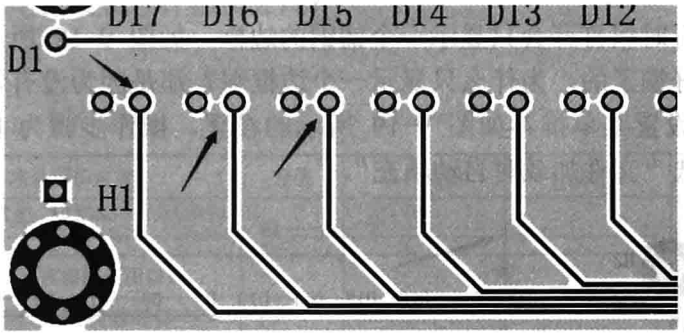


图 9-15　未设置泪滴前的效果

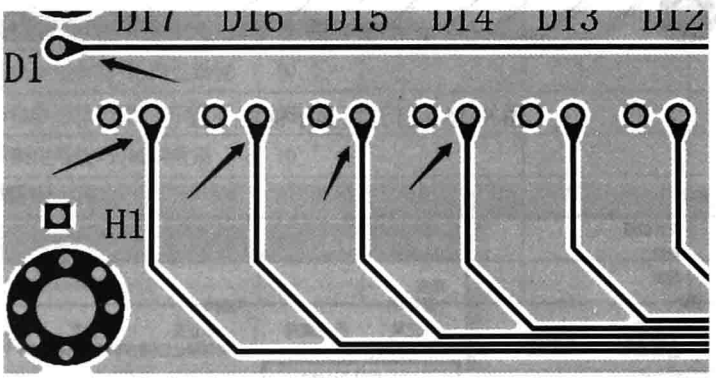


图 9-16　设置泪滴后的效果

图 9-17　设置泪滴

9.2.6 铺铜应用技巧-铺铜效果

铺好铜的文件有时候打开会只显示一个铺铜的边框，如图 9-18 所示，又要重新铺铜。但是我们明明是铺好铜了的，为什么只显示一个边框呢？那是因为没有勾选文件加载时自动填充。所以铺铜的设置菜单推荐如图 9-19 所示的设置。操作步骤为【工具】-【选项】-【填充和灌注】-勾选“文件加载时自动填充”。

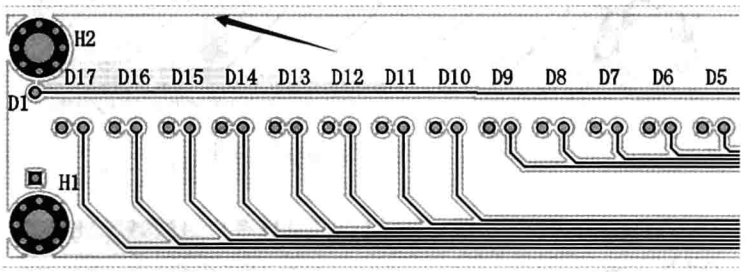


图 9-18 打开后显示铺铜外框

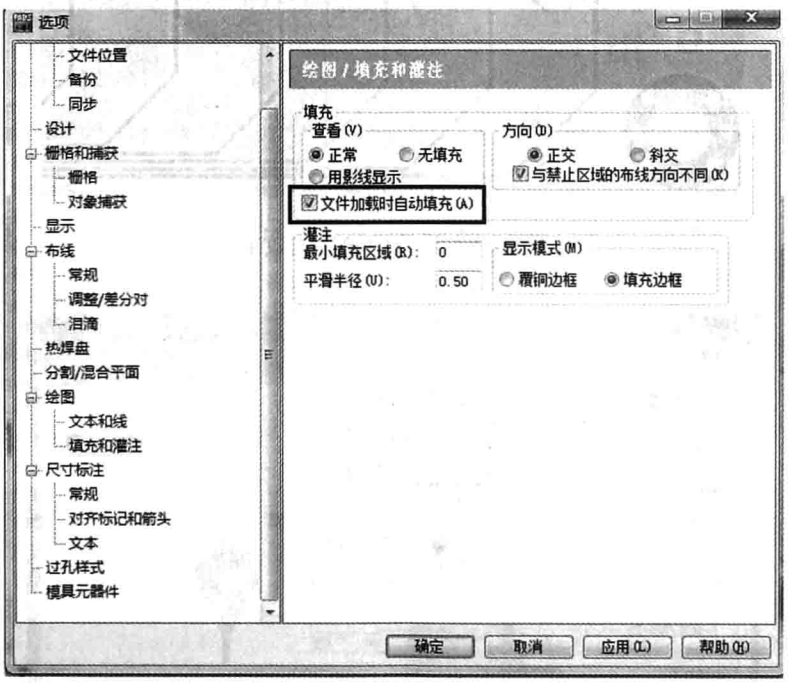


图 9-19 铺铜设置菜单

学习评价

1. 思考练习题

（1）如何锁定需要定位坐标点的元器件？

（2）如何增加泪滴效果？

（3）热焊盘有什么作用？

（4）为什么印制电路板要进行铺铜处理？

2. 技能评价评分表

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____ 成绩：_____

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	1. 单片机 AT89S51 的认识和创建	10				
	2. LED 摇摇棒原理图设计	10				
	3. LED 摇摇棒 PCB 设计	10				
实操技能	1. 单面板的认识	10				
	2. 布局应用技巧-固定特定元器件	10				
	3. 布线应用技巧-栅格法布线	10				
	4. 布线应用技巧-热焊盘设置	10				
	5. 布线应用技巧-增加泪滴	10				
	6. 铺铜应用技巧-铺铜效果	10				
学习态度	1. 出勤情况	3				
	2. 课堂纪律	4				
	3. 按时完成作业	3				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

第10章 毕业设计2：TDA2030加音调音响放大器

情境

通过前段时间的练习和实例制作，小强已经非常熟悉 PCB 的设计了，并且加入了学校的电子兴趣小组。刚进入小组不久，这次小强碰到了一个棘手的问题，那就是电子兴趣小组安排小强同学设计一款功率放大器去参加电子竞赛。小强拿到电路图纸后傻眼了，这么多的元器件，还有一些没有接触和学习过的电路……

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）制作 BOM 和元件封装类型的识别 2）熟练创建元件库 3）熟悉原理图的绘制和检查 4）规划 PCB 的整体设计思路	学生上机操作，教师指导、答疑	4 课时
知识目标	1）模拟电路布局 2）PCB 的接地设计 3）手工制作电路板 4）装焊元器件 5）半成品组装和功能调试	教师讲授，学生练习并实践	4 课时

10.1 基本技能

10.1.1 功放电路元件库的创建

用设计软件绘制音频功放电路的原理图、PCB 板图，并完成 PCB 制板、元件焊接和电路调试。本设计采用的核心元件是 TDA2030 音频功率放大器。TDA2030 采用 Pentawatt 封装形式。

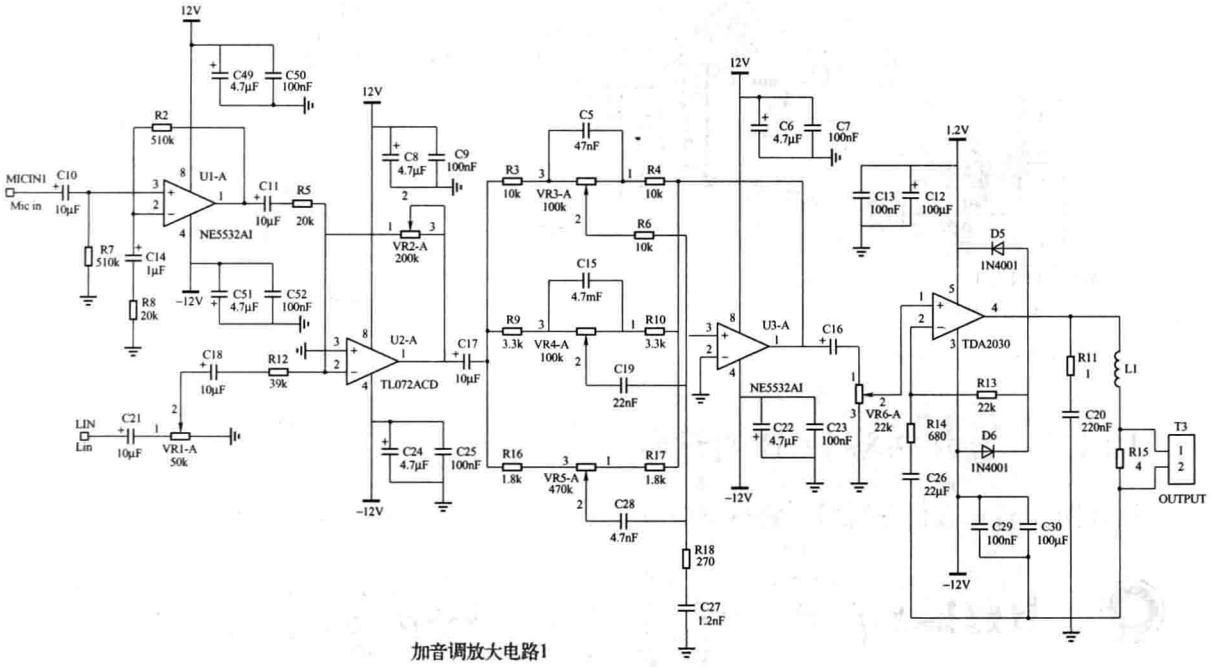
（1）需在所创建的 PCB 工程中新建原理图文件、PCB 图文件、元件库文件。

（2）根据本任务实际使用的元器件外形确定各自所采用的封装，并在元件库中创建封装。

（3）焊盘外径统一改成 1.8mm。

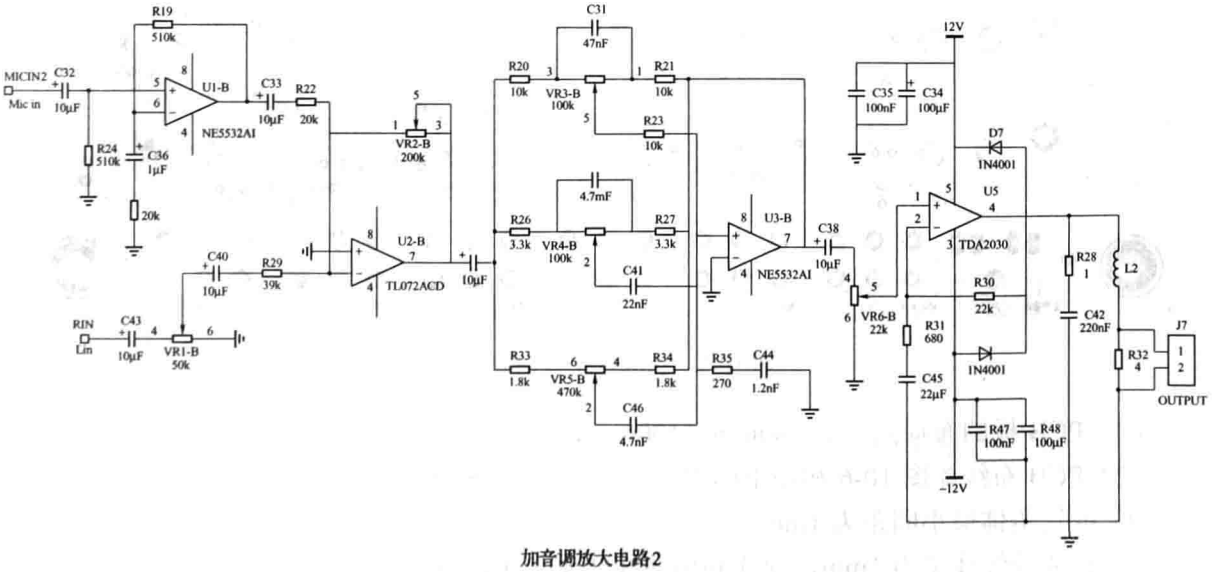
10.1.2　功放电路原理图设计

根据图 10-1 至图 10-4 所示绘制相应的原理。



加音调放大电路1

图 10-1　加音调放大电路 1



加音调放大电路2

图 10-2　加音调放大电路 2

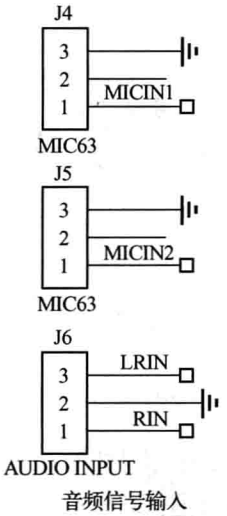


图 10-3　音频输入

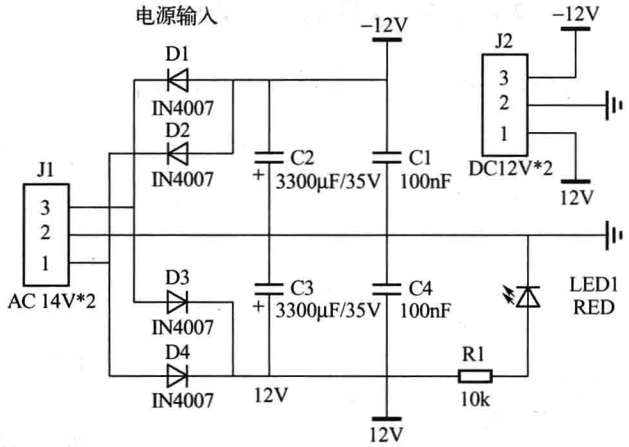


图 10-4　电源输入及转换电路

10.1.3　功放电路 PCB 的设计

原理图绘制并检查无误后，将网络表导入 PCB 中，按照图 10-5 所示进行布局。

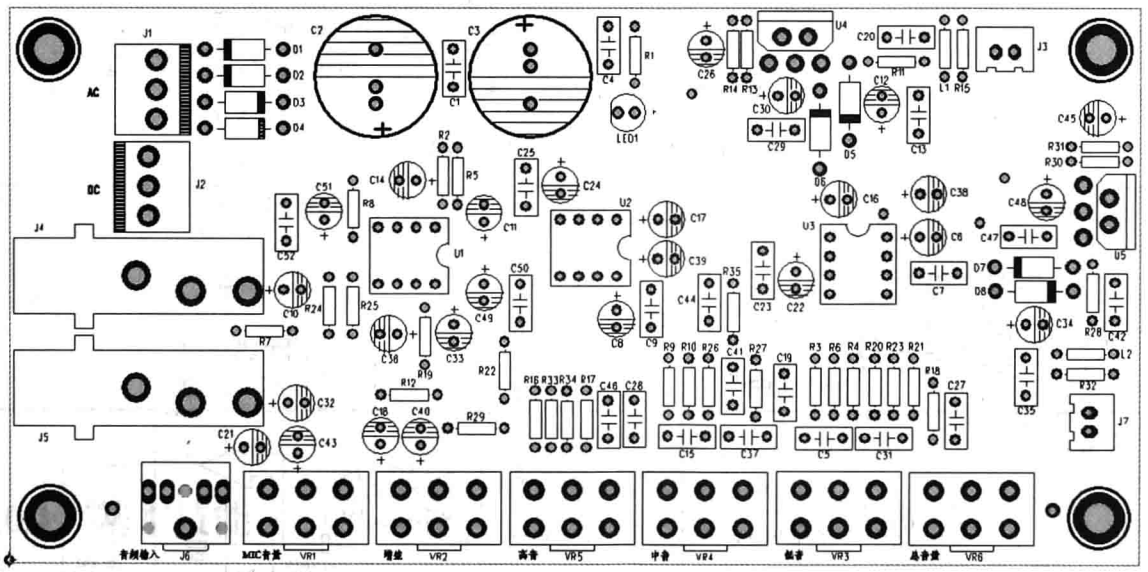


图 10-5　功放电路 PCB 布局图

（1）PCB 板的布局尺寸为 100mm×100mm。

（2）PCB 布线如图 10-6 和图 10-7 所示。布线基本规则如下：

① 电气实体最小间距为 1mm。

② 普通导线线宽为 1mm，地线和电源线线宽为 1.8mm。

③ 双面布线，主要布线层为 BottomLayer。

④ 布线的拓扑及布线的策略都采用默认的设置。

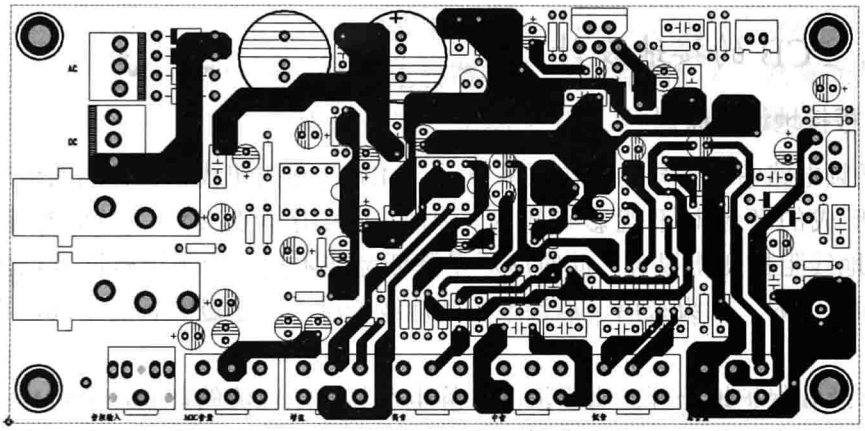


图 10-6　功放电路 PCB 布线图（TOP 层）

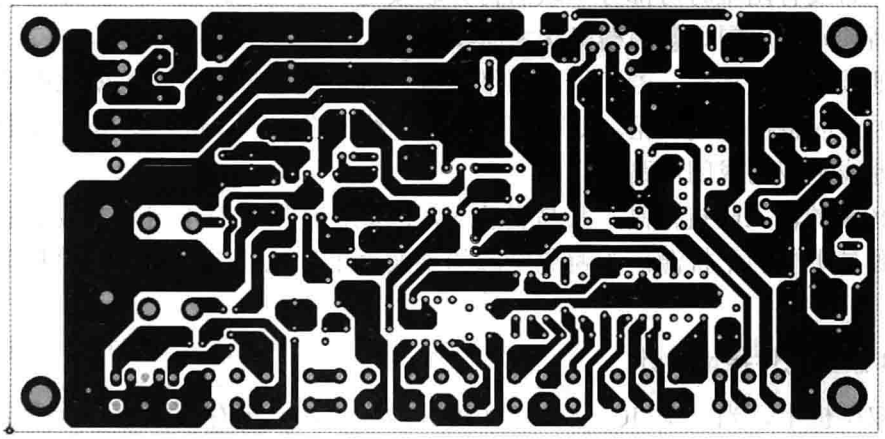


图 10-7　功放电路 PCB 布线图（Bottom 层）

10.2　基本知识

10.2.1　模拟电路布局

（1）检查器件相对于接插件的位置，确保高速器件和数字器件最靠近接插件。

（2）电路中至少要有一个地平面。

（3）使电源线比板上的其他走线宽。

（4）检查电流回路，寻找地线中的可能噪声源。这可通过确定地平面上所有点的电流密度和可能存在的噪声量来实现。

（5）正确旁路所有器件，将电容尽量靠近器件的电源引脚放置。

（6）使所有走线都尽量短。

（7）查看所有的高阻抗走线，逐条走线查找可能的电容耦合问题。

（8）确保对混合信号电路中的信号正确滤波。

10.2.2 PCB 的接地设计

1. PCB 板接地设计原则

（1）在低频电路中，信号的工作频率小于 1MHz，它的布线和器件间的电感影响较小，而接地电路形成的环流对干扰影响较大，因而应采用单点接地。当信号工作频率大于 10MHz 时，地线阻抗变得很大，此时应尽量降低地线阻抗，应采用就近多点接地。当工作频率在 1～10MHz 时，如果采用一点接地，其地线长度不应超过波长的 1/20，否则应采用多点接地法。

（2）工作地和保护地分开。由于浪涌、静电及其他过电流的影响，会造成工作地电位的漂移，影响系统正常工作，甚至造成系统瘫痪。因此保护地和工作地在单板上必须分开。若线路板上既有逻辑电路又有线性电路，应使它们尽量分开。低频电路的地应尽量采用并联单点接地，实际布线有困难时可部分串联后再并联接地。高频电路宜采用多点串联接地，地线应短而粗，高频元件周围尽量用栅格状大面积地箔。

（3）接地线应尽量加粗。若接地线用细线条，则接地电位随电流的变化而变化，使抗噪性能降低。因此应将接地线加粗。如有可能，接地线应在 2 ～3mm 或 3mm 以上。

（4）接地线不应构成闭环路。

（5）CMOS 的输入阻抗很高，且易受感应，因此在使用时对不用端要接地或接正电源。

（6）电源是主要的干扰源，为避免电源的杂波对工作地的干扰，电源地和工作地在单板上需要分开。

2. PCB 板上元件接地设计

（1）在双层板上，当一个 IC 芯片（如模数转换芯片）既有模拟地又有数字地时，元器件的数字地引脚直接接至模拟地引脚，再接至印制版的模拟地母线上。

（2）在双层板上，一个大规模 IC 芯片的多个接地引脚应尽量直接相连后再单点接到印制板的相应地线上。

（3）屏蔽装置（变压器静电屏蔽层、屏蔽板和屏蔽盒）应接到静电防护与屏蔽地或工作地。

（4）复位按钮、拨码开关、接插件的金属外壳和用于 ESD 防护的器件的接地端应接到静电防护与屏蔽地或工作地。

（5）CMOS 电路不用的输入端不能悬空，应直接接数字地（也可通过电阻接电源）。

（6）用于雷击浪涌过压保护器件的接地端必须接到保护地。

（7）箝位二极管的接地端应接到静电防护与屏蔽地或工作地。

10.2.3 手工制作电路板

1. 底片制作

底片制作是图形转移的基础，根据底片输出方式可分为底片打印输出和光绘输出，本章实例推荐采用激光打印机打印制作底片。

2．金属过孔

金属过孔被广泛应用于有通孔的双层或多层线路板中，其目的是使孔壁上非导体部分（树脂及玻纤）进行金属化，以进行后续的电镀铜制程。（线路制作）线路曝光是以对孔的方式，在线路油墨板上进行曝光，被曝光油墨与光线发生反应后，经显影后可呈现图形。这样，经光源作用将原始底片上的图像转移到线路板上。

3．线路制作

1）线路显影

显影是将没有曝光的湿膜层部分除去得到所需电路图形的过程。

2）电镀锡

化学电镀锡主要是在线路板部分镀上一层锡，用来保护线路板部分不被蚀刻液腐蚀，同时增强线路板的可焊接性。镀锡与镀铜原理一样，只不过镀铜是整板镀铜，而镀锡是线路部分镀锡。

3）去膜蚀刻

去膜蚀刻前需要把电路板上所有的膜清洗掉，漏出非线路铜层。

4）腐蚀

4．阻焊层制作

5．字符层制作

10.2.4　装焊元器件

（1）安装元件时应注意与印制线路板上的印刷符号一一对应，不能错位。

（2）在没有特别指明的情况下，元件必须从线路板正面装入（有丝印的元件面），在线路板的另一面将元件焊接在焊盘上。

（3）有极性的元件和器件要注意安装方向。

电阻立式安装时，将电阻本体紧靠线路板，引线上弯半径小于等于 1mm，引线不要过高，表示第一位有效数字的色环朝上。卧式安装时，电阻离开线路板 1mm 左右，引线折弯时不要折直弯。

10.2.5　半成品组装和功能调试

（1）按装配图正确安装元器件。电阻、集成电路均采用水平安装，贴紧印制板。电阻的色换方向应该一致。电解电容器。涤纶电容器尽量插到底，元件底面离印制板最高不能大于 4mm。电位器尽量插到底，不能倾斜，6 只脚需焊接。

（2）两片 TDA2030 集成电路要装在足够大的散热板上，散热板热阻应小于 1K/W。

（3）所有插件装配美观、均匀、端正、整齐、不能歪斜、高矮有序，剪脚留头在焊面以上 1±0.5mm，焊点要求圆滑、光亮，防止虚焊、搭焊和散锡。

（4）所有元器件安装位置、极性等检查无误后，即可通电调试。

第11章 毕业设计3：USB HUB 制作实例

情境

通过前面章节的学习，相信读者已经能够较为轻松地完成电路板设计了。

为了巩固前面的学习成果，本章将以 GL850 集成电路介绍 USB HUB 的设计。使读者在实战中提高自己的电路板设计能力。

学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1）USB HUB 原理图设计 2）USB HUB PCB 设计	学生上机操作，教师指导、答疑 重点：USB HUB 的绘制	4 课时
知识目标	1）差分线设置及布线技巧 2）Logic 与 Layout 交互布局 3）布线应用技巧-快速创建差分对 4）差分线验证设计	教师讲授	4 课时

11.1 基本技能

11.1.1 USB HUB 原理图设计

绘制如图 11-1 所示的 USB HUB 原理图。

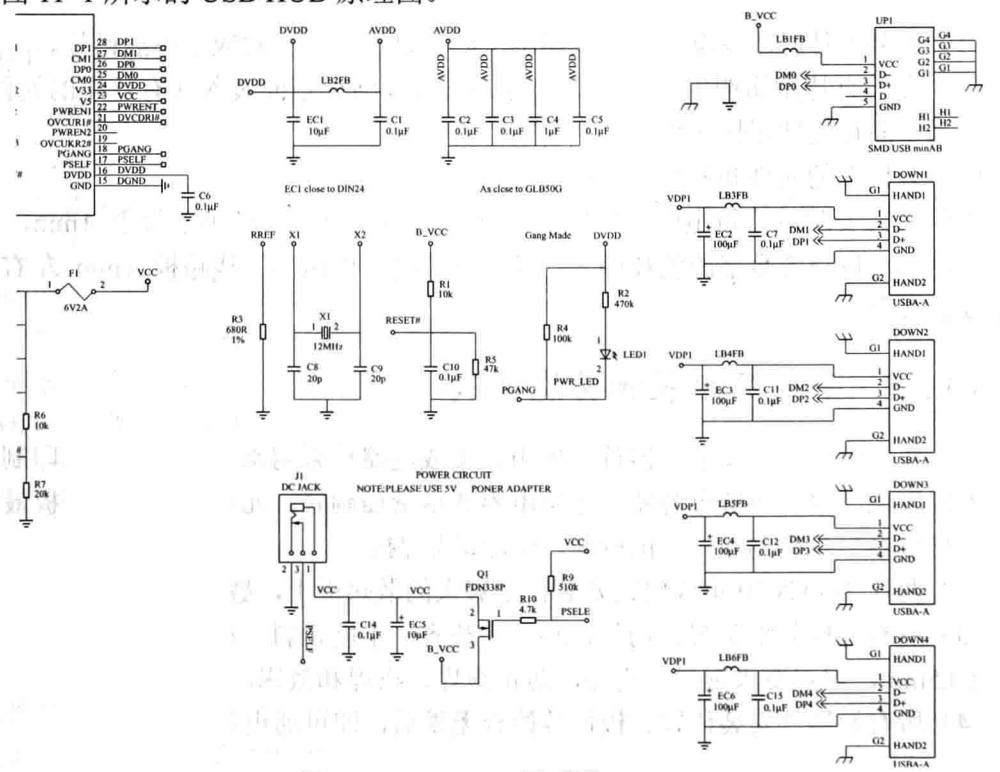


图 11-1 USB HUB 原理图

11.1.2　USB HUB PCB 设计

绘制如图 11-2 至图 11-4 所示的 USB HUB PCB 图。

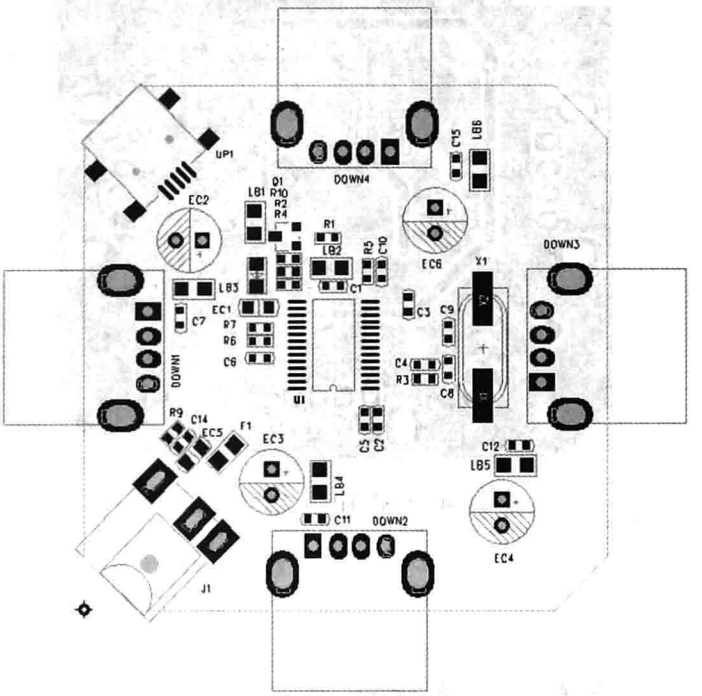


图 11-2　USB HUB 布局图

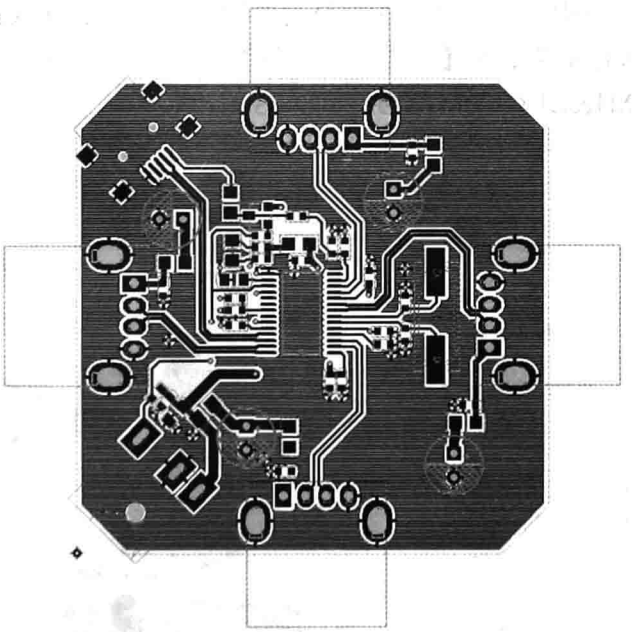


图 11-3　USB HUB 顶层布线图

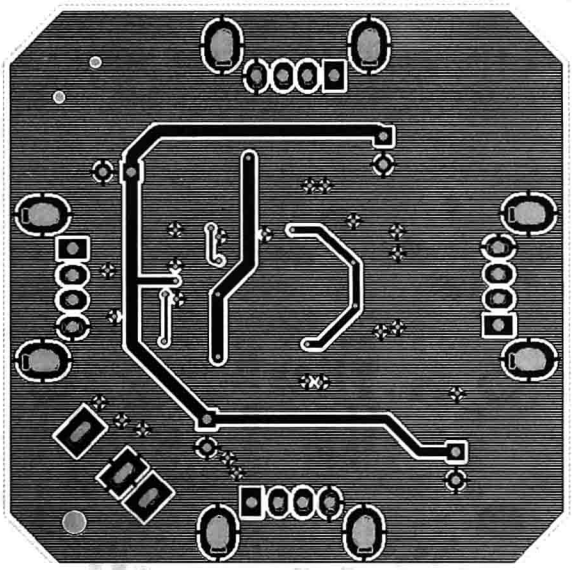


图 11-4　USB HUB 底层布线图

11.2　基本知识

11.2.1　差分线设置及布线技巧

1. 设置差分网络

在 PADS Router 中选中两根要设置成差分对的网络后，如 DM4&DP4。单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【建立差分网络】，如图 11-5 所示。依次建立其余四对差分线：DM0&DP0、DM1&DP1、DM2&DP2、DM3&DP3。

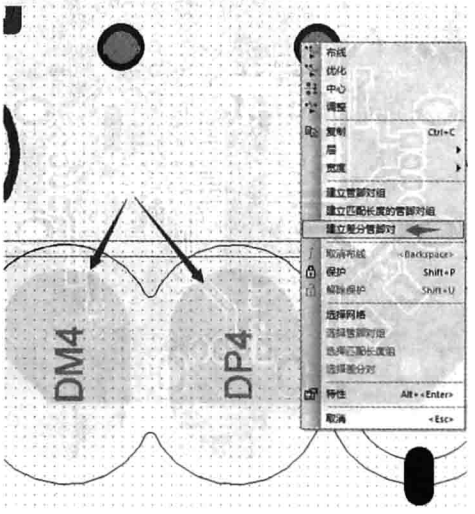


图 11-5 【建立差分网络】菜单命令

2. 设置差分对规则

在项目浏览器中，选中“差分对”中刚建立的差分网络，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【特性】，如图 11-6 所示。在“差分对特性”对话框中设置差分规则，如本例的差分线采用的线宽 8mil、线距为 10mil，如图 11-7 所示。

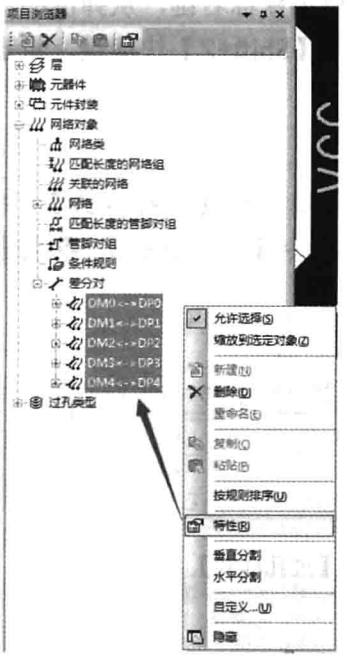


图 11-6 【特性】菜单命令

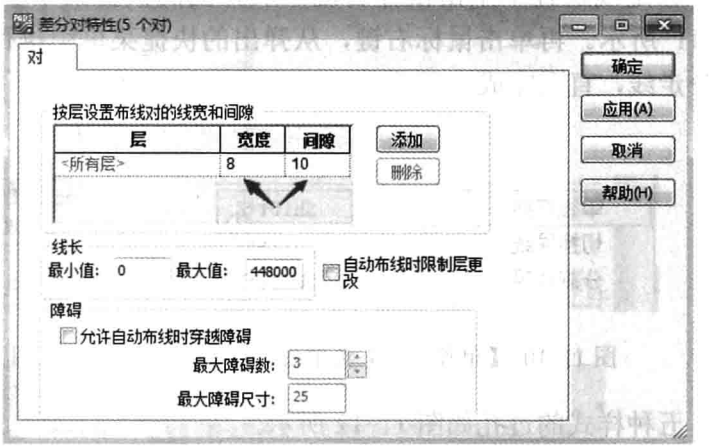


图 11-7 “差分对特性”对话框

3. 开始差分走线

在未选择任何对象状态下单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中执行菜单命令【Select Trace/Pins/Unroutes】。在标准工具栏中的层目录中选择 TOP 为当前操作层。选中差分线的源引脚后，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【交互式布线】或按下【F3】键开始走线。从源引脚拉出走线，用鼠标左键单击确定集合点，移动光标，沿着设计走线方向继续走线，如图 11-8 所示。当到达目标引脚的时候单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中执行菜单命令【完成】，如图 11-9 所示。

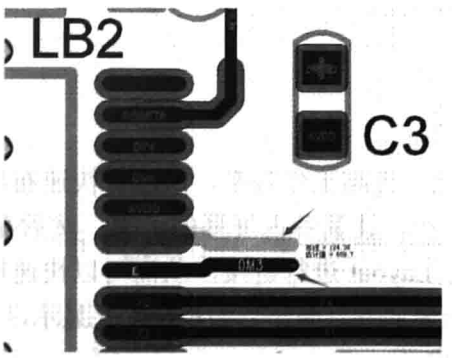


图 11-8　走线过程

图 11-9 【完成】菜单命令

4. 差分线单独走线

在差分走线过程中，有时候不能同时将两根走线绕过障碍对象，这时候我们就要将差分走线分开单独进行走线，如从排阻处走到 CPU，差分线需绕开 CPU 的过孔。选中差分线的源引脚后，单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中执行菜单命令【交互式布线】或按下【F3】键开始走线，引出走线后在将要连接到 CPU 的目标引脚时，单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中执行菜单命令【单独布线】（如图 11-10 所示），或者按下【Shift+Z】快捷键，将走线分别连到目标引脚上。

5. 差分线增加过孔

在走线过程中单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中执行菜单命令【过孔样式】，如图 11-11 所示。再单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中执行菜单命令【添加过孔】，继续进行差分走线，直至完成。

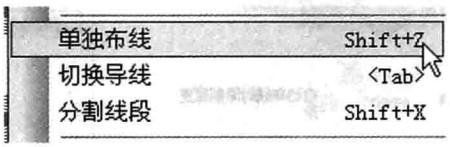


图 11-10 【单独布线】菜单命令

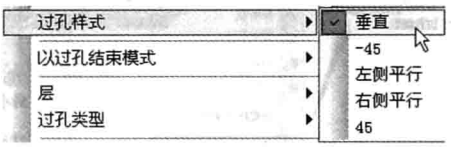


图 11-11 【过孔样式】菜单命令

五种样式的过孔如图 11-12 所示。

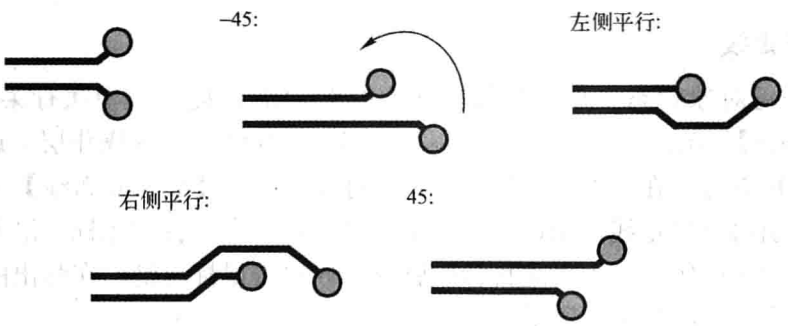


图 11-12 五种样式的过孔

11.2.2 Logic 与 Layout 交互布局

我们可以利用 Logic 与 Layout 的交互功能，提高工作效率，来进行快速布局的工作。首先打开原理图和 PCB 的文件，然后把窗口缩小，让其各占屏幕的一半，然后在 Logic 界面单击【工具】-PADS Layout link，让 Logic 与 Layout 进行链接，从而可以快速地进行布局的工作，如图 11-13 至图 11-14 所示。链接后选中元件，两个界面都会高亮显示，如图 11-15 所示，这样我们便能快速地进行 PCB 的布局工作了。

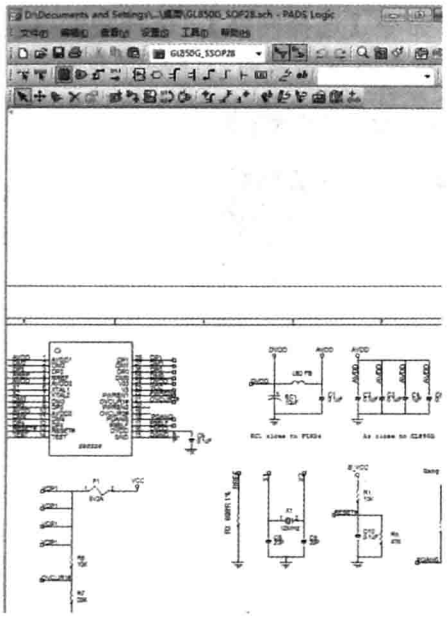


图 11-13　打开原理图文件

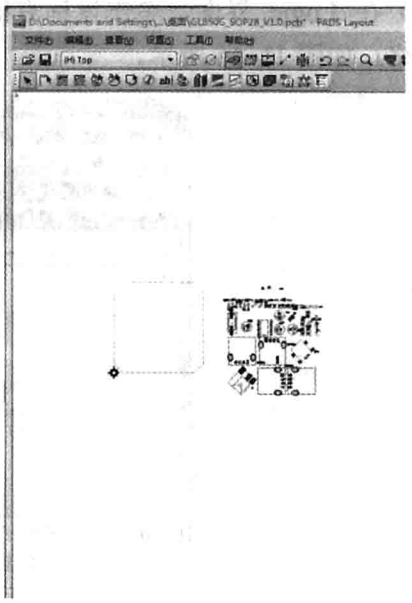


图 11-14　打开 PCB 文件

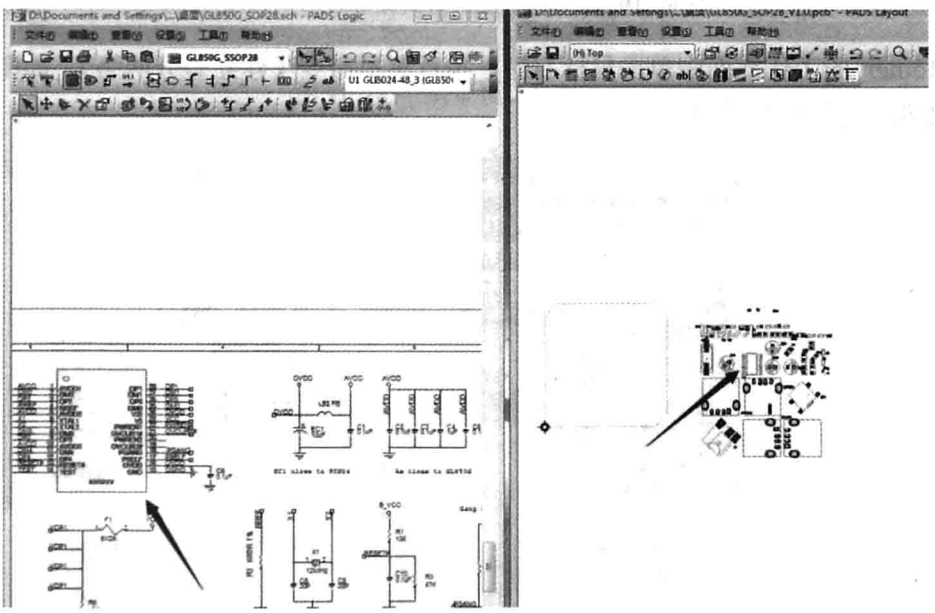


图 11-15　元件选中后同步高亮显示

11.2.3　布线应用技巧-快速创建差分对

我们可以利用 Logic 与 Router 的交互功能，提高工作效率，来进行差分对的快速创建。

（1）用 Logic 软件打开原理图文件，用 Router 打开 PCB 文件。

（2）在 Logic 软件执行菜单命令【工具】→【PADS Router link】，让 Logic 与 Router 进

行链接，从而可以快速地进行创建差分对的工作。

（3）在 Logic 界面，单击鼠标右键，执行菜单命令【选择网络】，选择我们要创建差分对的网络，如图 11-16 所示。

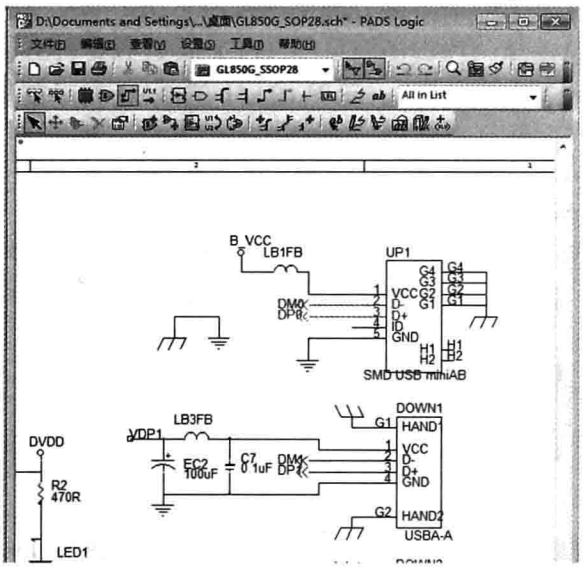


图 11-16　Logic 中选中要创建差分对的网络

（4）Router 的工作界面中单击鼠标右键，执行菜单命令【建立差分网络】，如图 11-17 所示，这样便能快速地创建差分对。

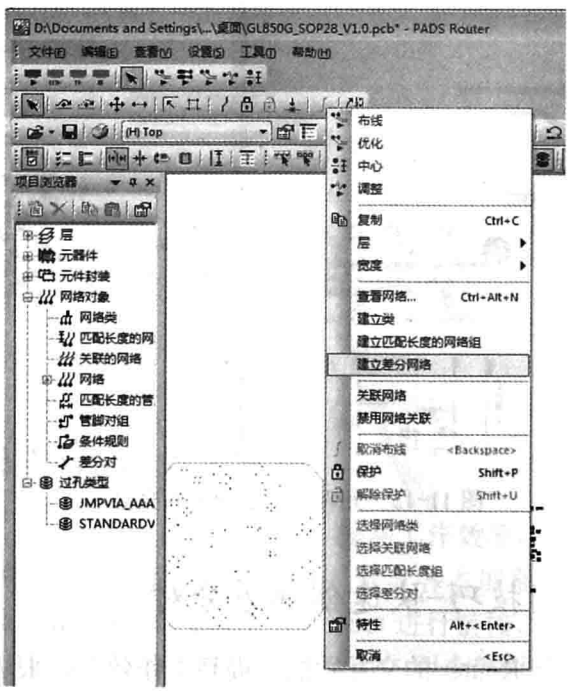


图 11-17　Router 界面中创建差分对

11.2.4　差分线验证设计

差分线设计完成后，需要验证差分线布线规则。其操作步骤是：

（1）在 PADS Layout 中，执行菜单命令【工具】→【验证设计】，进入“验证设计”对话框。

（2）在“验证设计”对话框”中，单击“Latium 设计验证”按钮，进入“Latium 检查设置”对话框，勾选“差分对”，表示将要进行差分线的设计验证，如图 11-18 所示。单击【确定】按钮，返回“验证设计”对话框。

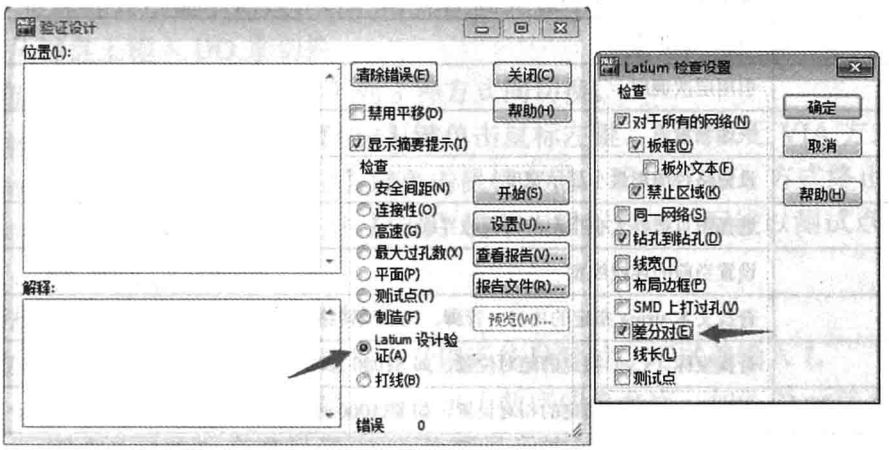


图 11-18　“验证设计”对话框

（3）在“验证设计”对话框中，单击【开始】按钮即可进行差分线验证。如果 PCB 上差分线的线宽和线距不满足要求，软件将会提示错误的位置和解释，用户可以根据错误提示进行设计优化。如图 11-19 所示。

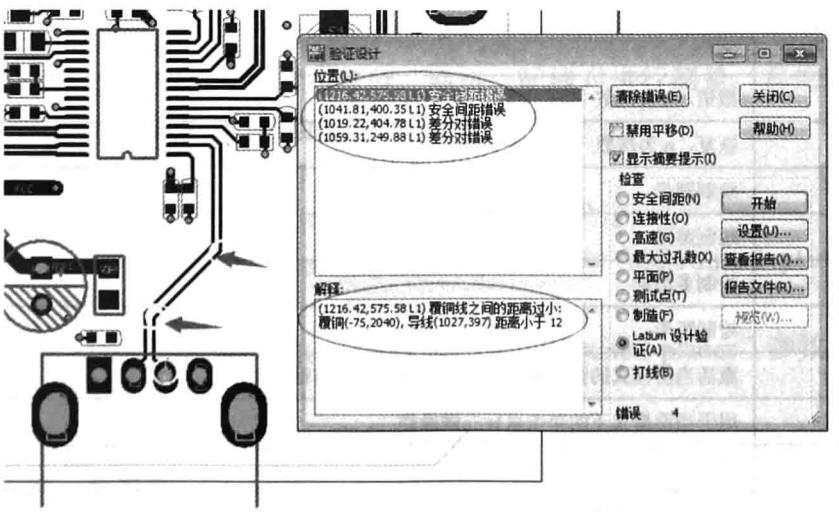


图 11-19　差分线验证设计结果

附录 1　PADS 软件设计命令及快捷键汇总表

PADS Logic 无模命令

无 模 命 令	命 令 描 述
G<n>	设计栅格设置，如 G50
GD<n>	显示栅格设置，如 GD50
HI	引用层次推进
H0	引用层次调用
Q	快速测量
R<n>	设置路径图形最小显示宽度
SH<n>	选择图页边界大小指定的图页边界线
W<n>	设置当前的连线线宽
S<string>	查找文本 string 指定的项目（管脚、元件或网络），如 S U1
S<n><n>	查找坐标（x,y）指定的绝对位置，如 S1000 1000
SR<n><n>	查找坐标（x,y）指定的相对位置，如 SR1000 −200
SRX<n>	查找 n 指定的相对于坐标（x）的位置，如 SRX200
SRY<n>	查找 n 指定的相对于坐标（y）的位置，如 SRY200
SX<n>	相对于当前的坐标（y）不变，x 移动到 n 指定的位置
SY<n>	相对于当前的坐标（x）不变，y 移动到 n 指定的位置
AA	任意角度
AD	45°
AO	90°
UN(n)	撤销，n 为次数
Re(n)	恢复，n 为次数
HC	绘制圆形
HH	绘制路径
HP	绘制多边形
HR	绘制矩形
M	激活当前模式的弹出菜单，相当于单击鼠标右键
空格键	用于当前模式下的单击鼠标左键操作
?	显示帮助
I	测试运行数据库的完整性

PADS Layout 无模命令和快捷键

PADS 全局设置命令

- C：补充格式，在内层负片设计时用来显示 Plane 层的焊盘及 Thermal。使用方法是，从键盘上输入 C 显示，再次输入 C 可去除显示。
- D：打开/关闭当前层显示。使用方法是，从键盘上输入 D 来切换。建议设计时用 D 将 Display Current Layer Last 置于 ON 的状态下。
- DO：贯通孔外形显示切换。ON 时孔径高亮显示，焊盘则以底色调显示。使用方法是，从键盘上输入 DO 来切换。
- E：布线终止方式切换，可在下列 3 种方式间切换。
  - ☐ End No Via：布线时按住【Ctrl】键单击鼠标左键，配线以无 VIA 方式终止。
  - ☐ End Via：布线时按住【Ctrl】键单击鼠标左键，配线以 VIA 方式终止。
  - ☐ End Test Point：布线时按住【Ctrl】键单击鼠标左键，配线以测试点的 VIA 方式终止。

使用方法是，从键盘上输入 E 来切换。

- I：数据库完整性测试，设计过程中发现系统异常时，可试着输入 I。
- L<n>：改变当前层到新的 n 层，<n> 可为数字或是名字，如(L 2) or (L top)。
- N<s>：用来让 NET 高亮显示，<s>为要显示的信号名。可以从堆栈方式逐个显示信号。例如，N GND 会高亮显示整个 GND；N-会逐个去除信号；N 将去除所有的高亮信号。
- O：选择用外形线来显示焊盘与配线。
- PO：自动敷铜外形线 on/off 切换。
- Q：快速测量命令。可以快速测量 dx、dy 和 d。注意：精确测量时应将状态框中的“Snaps to the design grid”选项取消。
- QL：快速测量配线长度。可对线段、网络、配线对进行测量。首先选择线段、网络或配线对，然后输入 QL 就会得到相关长度报告。
- R <n>：改变显示线宽到<n>，如 R 50。
- RV：在输出再使用文件 Reuse 时，用于切换参数设定。
- SPD：显示 split/mixed planes 层数据，该命令控制“split/mixed planes”参数对话框中的一个参数。
- SPI：显示 plane 层的 thermal。该命令控制“split/mixed planes”参数对话框中的一个参数。
- SPO：显示 split/mixed planes 层的外形线。该命令控制“split/mixed planes”参数对话框中的一个参数。
- T：透明显示切换。在复杂板子设计时很有用。
- U MM：将当前设计单位切换成公制毫米。
- U M：将当前设计单位切换成英制密尔。

- U I：将当前设计单位切换成英寸。
- X Text：文字外形线显示切换。
- W<n>：改变线宽到<n>，如 W 5。

Grid 命令

- G {}：Grid 全局设定。可同时改变设计与 VIA Grid，如 G 25 或 G 25 25。
- GD {}：屏幕上的显示 Grid 设定。第二个参数为可选项，如 GD 25 25 或 GD 100。
- GP：切换极坐标 Grid。极坐标 Grid 在设计外形为圆形，或者元件布局按极坐标方式放置时使用。
- GP r a：极坐标下的元件指定移动方式（r 为半径，a 为角度）。
- GPR r：极坐标下的元件指定移动方式，在角度不变时，改变到半径 r。
- GPA a：极坐标下的元件指定移动方式，在半径不变时，改变到角度 a。
- GPRA da：极坐标下的元件指定移动方式，在半径不变时，改变到当前角度 da。
- GPRR dr：极坐标下的元件指定移动方式，在角度不变时，改变到当前半径 r。
- GR：设计 Grid 设定，如 GR 8-1/3、GR 25 25、G 25。
- GV：贯通孔 Via Grid 设定，如 GV 8-1/3、GV 25 25、GV 25。

检索命令

- S <s>：检索元件参照名或端子，如 S U1、S U1.1。
- S <n> <n>：检索绝对坐标，如 S 1000 1000。
- SR <n> <n>：检索相对坐标 X 与 Y，如 SR -200 100。
- SRX <n>：检索相对坐标 X，如 SRX 300。
- SRY <n>：检索相对坐标 Y，如 SRY 400。
- SS <s>：检索并选中元件参数名，如 SS U10.3。

注意

SS W1 检索并选中 W1 元件，而 S SW1 则是检索 SW1 的元件。SS<s>*在检索命令中可以使用*号，进行批处理选择。该命令在进行元件布局时非常有用，如可以用 SS R*选中所有的电阻，然后通过选择右键快捷菜单中的 Move Sequential（按顺序移动）来逐个移动元件，进行布局。

- SX <n>：保持 Y 坐标不变，移动到 X 的绝对坐标 n 处，如 SX 300。
- SY <n>：保持 X 坐标不变，移动到 Y 的绝对坐标 n 处，如 SY 400。
- XP：以像素而非线宽的方式来检索和选择配线。允许用户对那些拐角处的宽度小于线宽时进行调整。

角度命令

- AA：任意角度。

- AD：45° 角度。
- AO：直角。
- UN [<n>]：用户设定 Undo 的次数。系统可以允许设置 Undo (1～100)；<n>是可选项，如 UN 2 的含义是只允许一次 Undo。
- RE [<n>]：用户设定 Redo 的次数。系统可以允许设置 Rndo(1～100)；<n>是可选项，如 RE 2 的含义是只允许一次 Redo。

设计规则检查命令

- DRP：设置系统处于防止安全间距错误状态。
- DRW：设置系统处于警告安全间距错误状态。
- DRI：设置系统处于无视安全间距错误状态。
- DRO：关闭系统 DRC（注意此时有些功能无法使用）。

布线命令

- E：布线终止方式切换，可在 3 种方式间切换。
- LD：快速设置当前层的布线方向，在水平与垂直布线层间切换。
- PL <n> <n>：设置布线层对，<n>可为层数或层名。如 PL 1 2 或 PL top bottom。
- SH：推挤方式 on/off 切换。
- V：选择 via 类型，如 V 标准 via。
- VA：自动 via 选择。
- VP：选择使用 partial via。
- VT：选择使用贯通 via。
- T：透明显示切换。在复杂板子设计时很有用。

绘图相关命令

- HC：设定为画圆形模式。
- HH：设定为画不封闭的线段模式。
- HP：设定为画线段模式。
- HR：设定为画长方形模式。

与鼠标动作相关的命令

- M 键与鼠标右键具有相同功能，打开当前状态下的快捷命令菜单（Pop-up Menu）。
- 空格键与鼠标左键有相同功能。可以用来对当前光标处的元素进行选择、完成、追加拐角等操作。

其他命令

- ?：打开英文帮助文件 Help。
- BMW：创建宏命令。
- BLT：实行基本的 Log 测试。
- F <s>：快速打开文件，这里的<s>为文件路径与文件名。

附录 2　计算机辅助设计（CAD）电类（中级）考核大纲

鉴定要求：

一、适用对象

中、高等院校电子、电气、机电技术、自动化、计算机等专业学生。
从事电子电路印制电路板设计的设计人员。

二、报名条件

文化程度：就读于中、高等院校的学生或从事本工程的设计人员。
身体状况：健康。

三、鉴定方式

技能：实际操作。
理论：面试。

四、考生与考评员比例

技能：15:1。

五、考试要求

技能要求：考试时间 2.5 小时，满分 100 分，60 分为及格。
理论要求：面试时间 0.5 小时，分优秀、良好、及格、不及格。

六、考试环境（计算机配置）

1. 建议操作系统：

- Windows XP
- Windows VISTA（2007.2 以上版本）
- Windows 7

2. 建议硬件配置：

- CPU 至少要 Pentium III 500 MHz
- 内存容量建议 512MB 以上
- 三键或滚轮鼠标器
- 1024×768 分辨率，256 色显示
- 建议 1.5GB 以上硬盘空间

3. 软件配置：

PADS 9.5

七、鉴定内容

–操作技能（比重:90%）

1. 文件管理（比重:5%）

- 项目工程文件的建立

- 文件命名、项目文件清晰

2. 原理图的绘制（比重：30%）

- 原理图的环境参数设置（图纸大小、栅格、ECO 选项设置、标题栏的设计及内容填写）
- 装载元件库
- 放置元件、编辑元件、位置调整
- 元件属性设置
- 电路绘制基本技术（绘制导线、放置电源和接地、放置端口、文字、放置网络标号）
- 原理图的绘制（包含分立元件、集成电路、网络标号、电路端口等器件的电路）
- 网络表和元件列表等文件的创建

3. 元件图形的绘制（比重：5%）

- 逻辑封装的建立
- PCB 封装的建立
- 元件类型的建立和命名

4. PCB 的设计与绘制（比重：50%）

- 建立 PCB 设计文档
- PCB 尺寸大小的设置
- PCB 环境参数设置
- PCB 叠层的设置
- 元件库的加载
- 元件的放置调整（移动、旋转、翻转）
- 元件标注文字的位置调整
- 文本的放置和位置调整
- 原理图与 PCB 的一致性
- 元件布局
- 布线和调整（要求走线短而直、对线路进行优化、无开断路）
- 对指定网络连线设置线宽

–理论知识（比重：10%）

1. 基本电子电路及印刷电路板的基本知识
2. 模拟电路的设计原则
3. PCB 的接地处理

附录 3　计算机辅助设计(CAD)电类（中级）技能鉴定评分表

单位：　　准考证号　　姓名：　　得分：

一、文件保存（10 分）

未做标题栏（10 分）		未填标题栏（5 分）		标题栏有误（2-5 分）	
文件夹或文件名称有误（5 分）		文件保存位置错误（5 分）			

二、原理图（24 分）

1．作图方法（共 14 分）

漏画、错画元件（2 分/个）		漏画、错画电线（0.5 分/条）		漏标、错标元件标号、标称值（0.5 分/个）	
漏写、错写文字（0.5 分/个）		IO 端口形状错误，属性未作设置、名称标错（1 分/个）			
电源、接地错误（2 分/个）		漏标管脚封装（1 分/个）		网络标号未标或标错（0.5 分/个）	

2．作图质量（共 10 分）

元件标称合理程度（5 分）		整体布局合理程度（5 分）	
走线合理程度（5 分）		其他	

三、电路板（50 分）

1．作图方法（共 20 分）

板边选择不合要求（5 分）		丢失元件（2 分/个）		丢失电线（1 分每条）	
布线不通（1 分/条）		封装不对（2 分/个）		电源接地错误或未加宽（3-10 分）	
元件或标称布出板外（0.5 分/个）		元件标称位置不合理（0.5 分/个）		其他	

2．作图质量（30 分）

电路板布局合理程度（15 分）		电路板布线合理程度（5 分）	
元件标号、标称值合理程度（5 分）		技巧使用及专业知识运用（5 分）	

四、电路原理图元件及元件封装的制作（共 16 分）

原理图元件（共 8 分）	管脚画错、画反或未画（8 分）		元件命名错误（2 分）		元件形状画错（2-8 分）	
管脚封装（共 8 分）	板层选择错误（8 分）		元件命名错误（2 分）		焊盘形状和名称错误（2-8 分）	

考评员签名：

年　　月　　日

附录 4　计算机辅助设计(CAD)电类（中级）样题

题号：CAD-双（双号学生考题）

说明：考试时间 2.5 小时

上交考试结果方式：先在硬盘 D 盘根目录下或由网络用户写盘根目录下，以准考证号为名字建立文件夹，将考试所得到的文件存入该文件夹。

一、设计电路原理图（45 分）

1．在指定目录下面新建一个以考生准考证号码命名的工程文件夹。例如，考生罗小华的准考证号为：110593，则文件名为“110593”。

2. 在工程文件夹中新建一个原理图设计文件，文件名为“mysch.sch”。

3. 按附图 1-1 所示尺寸画出标题栏（图中尺寸标的单位为 mil）,填写标题栏内容。（注：考生单位一栏填写考生所在的单位或学校，无单位填写“个人”。）

附图 1-1　标题栏

4．按照附图 1-2 所示绘制原理图（要求确定 PCB Decal 封装属性，元件全部为直插式元件）。

5．将原理图生成网络表。

6. 保存。

二、生成电路板

1. 在工程文件夹中新建一个 PCB 文件，文件名为“mypcb.pcb”。

2. 将附图 1-2 所示的原理图设计成双面板，电路板规格为 150mm×100 mm。

3. 要求电源和接地线宽度为 20mil。

4. 保存 PCB 文件。

三、制作原理图元件和 PCB 元件封装（10 分）

1. 在工程文件夹中新建一个元件库文件，文件名为“mylib.pt9”

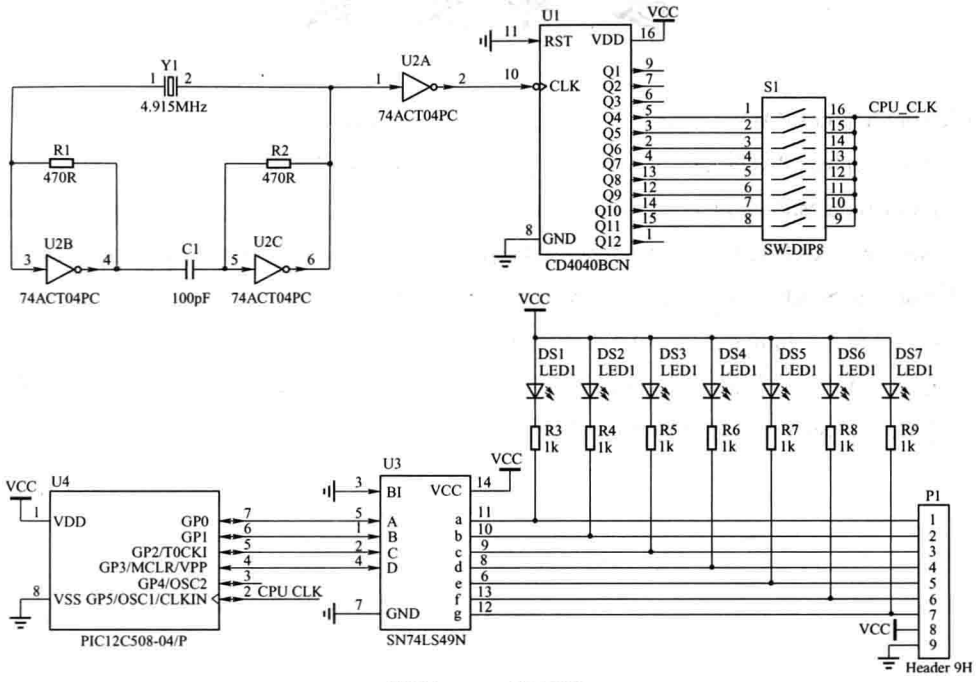
2. 绘制附图 1-3 所示的原理图封装，并对元件进行命名。

3. 绘制附图 1-4 所示元件的 PCB 封装，并对元件进行命名（图中尺寸标注的单位为 mm）

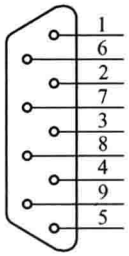
4. 新建一个元件类型，并将第二步创建的原理图封装和第三步的创建的 PCB 封装组合起来，并对元件类型命名。

5．保存以上文件。

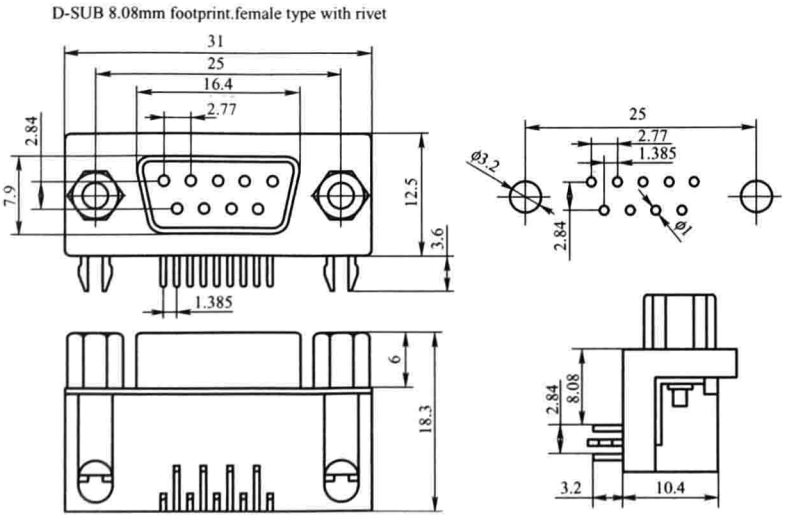
6. 退出 PADS 设计软件



附图 1-2　原理图



附图 1-3　原理图元件“DB9”



附图 1-4　PCB 封装“D-SUB”

参 考 文 献

[1] Mentor Graphics.PADS Logic Tutorials 网址：www.mentor.com

[2] Mentor Graphics.PADS Layout Tutorial 网址：www.mentor.com

[3] Mentor Graphics.PADS Layout Advanced Tasks Tutorial 网址：www.mentor.com

[4] Mentor Graphics.PADS Layout Advanced Packaging Tutorial 网址：www.mentor.com

[5] Mentor Graphics.PADS Router Tutorial 网址：www.mentor.com

[6] 曾峰，巩海宾，陈洪霞.PADS9.0 高速电路 PCB 设计与应用. 北京：电子工业出版社，2010.

[7] 周润景，赵建凯，任冠中. PADS 高速电路板设计与仿真. 北京：电子工业出版社，2011.

[8] 林超文. PADS9.5 实战攻略与高速 PCB 设计. 北京：电子工业出版社，2014.

反侵权盗版声明

EDA 精品智汇馆

PADS 软件基础与应用实例

选择本书的三大理由：

1. 这是一本真正由大学导师和一线 PCB 设计师编写的，立足于实践，结合实用案例并加以辅助分析，图文并茂，实操性强，有助于读者快速上手，可作为大中专院校电子技术应用、电子电器和机电技术应用、数控自动化等专业的教科书。同时也可以作为从事 PCB 设计的技术人员短训班的教材。
2. 本书从 PCB 设计师的角度出发，系统地介绍了 PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 三大功能模块，全面兼容 9.x 版本。
3. 这是一本有技术支持的 EDA 实战书籍。编委会与合作网站 EDA365 论坛为读者提供以下技术支持渠道：

   读者论坛交流专区：www.eda365.com PADS 版块。

   读者 QQ 群：345377375。

读者对象：

硬件设计工程师、PCB 设计工程师、电子信息及计算机专业的大中专院校学生等。

官方微信平台　EDA 设计智汇馆微信　EDA365 论坛　读者交流 QQ 群

电子信息出版分社微博
http://weibo.com/etpublish

策划编辑：王敬栋
责任编辑：王敬栋
封面设计：徐海燕

ISBN 978-7-121-25286-0

定价：39.80 元