



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Beginning Protel 99 SE

Protel 99 SE 实用教程 (第 2 版)

— 赵景波 张伟 主编
李滨 徐东昊 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering

Information Planning

Beginning Protel 99 SE

Protel 99 SE 实用教程 (第2版)

赵景波 张伟 主编

李滨 徐东昊 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 99 SE实用教程 / 赵景波, 张伟主编. — 2
版. — 北京: 人民邮电出版社, 2012.6
21世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
ISBN 978-7-115-28650-5

I. ①P… II. ①赵… ②张… III. ①印刷电路—计算
机辅助设计—应用软件—高等学校—教材 IV.
①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第211153号

内 容 提 要

Protel 99 SE 是目前应用广泛的 EDA 设计软件之一。本书从学习和认知电路板设计的规律开始讲解, 首先介绍电路板设计的基础知识, 然后通过丰富的实例介绍原理图设计与 PCB 电路板设计的基本流程, 内容包括电路板设计基础、原理图编辑器基础、原理图设计、原理图符号制作、原理图编辑器报表文件、PCB 编辑器、元器件布局、电路板布线、元器件封装的制作和多层电路板设计, 最后通过一个典型的综合实例和两个课程设计, 综合应用前面所有的基础知识和操作技巧。

本书重视基础知识的介绍和动手能力的培养, 可作为普通高等院校计算机、电子技术、电子信息、通信工程、自动化等专业 Protel、EDA 设计等课程的教材, 也可作为各类培训班及大专院校相关专业的学习用书。

21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

Protel 99 SE 实用教程 (第 2 版)

◆ 主 编 赵景波 张 伟
副 主 编 李 滨 徐东昊
责任编辑 李海涛

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.25

字数: 427 千字

2012 年 6 月第 2 版

2012 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28650-5

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



第2版前言

《Protel 99 SE 实用教程》第1版于2008年出版，至今已印刷几万册，但为了适应教学改革的需要，同时为了让学生能参加由人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心在全国统一组织实施的全国计算机信息高新技术考试中的 Protel 模块考试，本书进行了修订。

现就修订的具体情况作如下说明。

(1) 就国内印制电路板企业的现状，在三五年内，软件类型 Protel 99 SE 可能还要继续使用，所以本次修订仍以 Protel 99 SE 为背景。况且在有限的学时内，无论对哪个软件，都只能以给读者铺垫今后自学的基础为目的。

(2) 本次修订为了学生能很快适应职业资格考试，在习题中增加了标准化试题的选择题和填空题题型。同时在第11章电路板设计典型综合实例中增加了原理图设计技巧和电路板设计技巧内容，目的是使学生们灵活应用，以提高自己的开发能力。

(3) 为方便教学和自学，免费提供课件“Protel 99 SE 实用教程”。

本次修订工作由赵景波、张伟、李滨、徐东昊完成。参与本书编辑、修改和整理的还有沈精虎、黄业清、宋一兵、谭雪松、向先波、冯辉、计晓明、董彩霞、滕玲、管振起等。在此对以上人员致以诚挚的谢意！

实用、易读、经验、全面是本书的编写宗旨。限于编者水平，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2012年6月

电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 是 20 世纪 90 年代初从 CAD (计算机辅助设计)、CAM (计算机辅助制造)、CAT (计算机辅助测试) 和 CAE (计算机辅助工程) 的概念发展而来的一项新技术, 它提供了基于计算机的电路设计方法。EDA 技术的发展和推广, 极大地推动了电子产业的发展。目前, 随着计算机、通信、电子等产业的飞速发展, 对于 EDA 人才的需求越来越大。具有 EDA 基础知识并能够进行简单的 EDA 设计, 已经成为目前企业对高等院校相关专业毕业生的重要能力要求。

Protel 99 SE 设计系统是建立在 IBM 兼容 PC 环境下的 EDA 电路集成设计系统, 具有高度的集成性和拓展性, 由于其人机界面友好, 易于学习, 已经成为目前众多 EDA 设计软件中用户最多的产品之一。

本书共分 11 章。第 1 章介绍了电路板设计的基础知识, 如电路板的类型及选择, 常用工作层面、图件和电气构成, 电路板设计基本步骤、常用编辑器、Protel 99 SE 的基础知识等。第 2 章~第 5 章介绍原理图编辑器的基本功能、原理图的设计方法、原理图符号的制作方法以及有关原理图设计的报表文件等内容。第 6 章~第 9 章介绍 PCB 编辑器的基本功能以及元器件布局、电路板布线、元器件封装等知识。第 10 章简要介绍了多层电路板的设计方法。第 11 章以无线电发射和接收电路的电路板设计为例, 详细介绍数字电路和模拟电路的电路板设计, 通过实践练习, 总结和巩固全书所学的知识。全书的最后附有两个课程设计内容, 电源模块电路设计和电子开关电路设计, 供学生们巩固提高或老师测试考核使用。

本书主要以实例教学的形式展开, 重视学生实际动手能力的培养。对于每一个知识点, 本书都配有实例指导和图片说明, 目的是使学生们能够真正掌握 Protel 99 SE 的使用方法。与此同时, 本书还穿插介绍了一些实用的设计技巧, 供学生们灵活应用以提高自己的开发能力。

本书一般的授课课时为 32 学时, 建议在机房授课或匹配 10~16 学时的上机实验。

本书主要由赵景波、张伟、李滨、徐东昊编写, 参与本书编辑、修改和整理的还有沈精虎、黄业清、宋一兵、谭雪松、向先波、冯辉、计晓明、董彩霞、滕玲、管振起等。在此对以上人员致以诚挚的谢意!

本书提供了与本书实例和课程设计相关的开发文件, 并制作了多媒体课件, 如有需要的老师请与人民邮电出版社联系。

由于时间仓促和作者的水平有限, 书中错误和不妥之处在所难免, 敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第1章 电路板设计基础..... 1	2.4.3 画面的缩小 35
1.1 电路板类型..... 1	2.4.4 选定区域放大 36
1.2 电路板类型选择..... 3	2.4.5 显示整个图形文件 37
1.3 常用工作层面、图件和电气构成... 3	2.4.6 显示所有图件 37
1.3.1 常用工作层面 3	2.4.7 刷新画面 38
1.3.2 认识电路板上的图件 6	2.5 巩固练习 38
1.3.3 电路板的电气连接方式 7	小结 41
1.4 电路板设计基本步骤..... 7	习题 41
1.5 常用的编辑器..... 8	第3章 原理图设计 42
1.5.1 原理图编辑器..... 8	3.1 原理图设计基本流程 42
1.5.2 原理图库编辑器..... 9	3.2 设置图纸区域工作参数 43
1.5.3 PCB 编辑器 9	3.2.1 定义图纸外观 43
1.5.4 元器件封装库编辑器..... 10	3.2.2 栅格参数设置 45
1.5.5 常用编辑器之间的关系 11	3.2.3 自定义图纸外形 46
1.6 初识 Protel 99 SE..... 11	3.3 载入原理图库 46
1.6.1 启动 Protel 99 SE..... 12	3.4 放置元器件 48
1.6.2 Protel 99 SE 设计浏览器..... 13	3.4.1 利用菜单命令放置元器件..... 48
1.6.3 Protel 99 SE 的文件存储方式... 14	3.4.2 利用快捷键  放置元器件... 49
1.6.4 启动常用编辑器..... 14	3.4.3 利用放置工具栏中的 按钮  放置元器件..... 50
1.7 自测练习 19	3.4.4 利用原理图符号列表栏 放置元器件 50
小结..... 20	3.4.5 删除元器件 51
习题..... 20	3.5 调整元器件的位置 52
第2章 原理图编辑器基础..... 21	3.5.1 移动元器件 53
2.1 启动原理图编辑器..... 21	3.5.2 元器件的旋转和翻转 54
2.2 原理图编辑器管理窗口..... 23	3.5.3 图件的排列和对齐 55
2.2.1 载入/删除原理图库文件..... 25	3.6 编辑元器件属性 58
2.2.2 查找元器件 27	3.7 原理图布线 59
2.2.3 查看原理图设计中的图件 30	3.7.1 原理图放置工具栏 59
2.3 原理图编辑器工具栏管理 31	3.7.2 原理图布线 68
2.3.1 工具栏的打开与关闭 32	3.8 巩固练习——绘制指示灯显示 电路 68
2.3.2 工具栏的排列 33	小结 70
2.4 原理图编辑器的画面管理 34	
2.4.1 画面的移动 35	
2.4.2 画面的放大 35	

习题	70	习题	111
第4章 原理图符号制作	72	第6章 PCB 编辑器	113
4.1 制作原理图符号基础知识	72	6.1 利用生成向导创建 PCB 设计文件	113
4.1.1 概念辨析	72	6.2 PCB 编辑器管理窗口	117
4.1.2 原理图符号的组成	72	6.2.1 网络标号	118
4.1.3 制作原理图符号的基本步骤	72	6.2.2 元器件	119
4.2 新建原理图库文件	74	6.2.3 元器件封装库	121
4.3 原理图库编辑器管理窗口	75	6.2.4 设计规则冲突	123
4.3.1 原理图符号列表栏	76	6.2.5 浏览设计规则	126
4.3.2 原理图符号操作栏	78	6.3 画面管理	127
4.4 绘图工具栏	78	6.4 设置 PCB 编辑器的环境参数	128
4.4.1 绘图工具栏各工具的功能	79	6.5 PCB 放置工具栏 (Placement Tools)	128
4.4.2 绘制直线	79	6.5.1 绘制导线	129
4.4.3 绘制贝塞尔曲线	80	6.5.2 放置焊盘	130
4.4.4 绘制椭圆弧	81	6.5.3 放置过孔	132
4.4.5 绘制多边形	82	6.5.4 放置字符串	132
4.4.6 添加文字注释	83	6.5.5 设置坐标原点	133
4.4.7 新建元器件	84	6.5.6 放置元器件	134
4.4.8 添加子件	84	6.5.7 放置矩形填充	135
4.4.9 绘制矩形	84	6.5.8 放置多边形填充	135
4.4.10 绘制椭圆或圆	85	6.6 编辑功能介绍	137
4.4.11 放置图片	86	6.6.1 选择图件	137
4.4.12 放置元器件引脚	88	6.6.2 取消选中图件	139
4.5 巩固练习	89	6.6.3 删除功能	139
4.5.1 制作接插件的原理图符号	89	6.6.4 修改图件属性	140
4.5.2 制作单片机 AT89C52 的 原理图符号	91	6.6.5 移动图件	141
小结	92	6.6.6 快速跳转	143
习题	93	6.6.7 复制、粘贴操作命令	144
第5章 原理图编辑器报表文件	94	6.7 巩固练习	146
5.1 电气法则测试 (ERC)	94	小结	148
5.1.1 电气法则测试	94	习题	148
5.1.2 使用 No ERC 符号	97	第7章 元器件布局	150
5.2 创建元器件报表清单	98	7.1 电路板设计的基本流程	150
5.3 创建网络表文件	100	7.2 设置电路板类型	151
5.4 生成元器件自动编号报表文件	104	7.3 规划电路板	154
5.5 电路原理图的打印输出	105	7.4 准备电路板设计的原理图文件和 网络表文件	156
5.6 巩固练习	110		
小结	111		

7.5 载入网络表文件和元器件封装	157	习题	197
7.5.1 载入元器件封装库	157	第9章 元器件封装的制作	198
7.5.2 利用原理图编辑器设计 同步器更新网络表文件 和元器件封装	159	9.1 制作元器件封装基础知识	198
7.5.3 在 PCB 编辑器中载入网络表文 件和元器件封装	160	9.2 新建元器件封装库文件	199
7.6 元器件布局	161	9.3 元器件封装库编辑器	200
7.6.1 元器件布局基础知识	161	9.4 利用生成向导创建元器件封装	201
7.6.2 关键元器件的布局	164	9.5 手工创建元器件的封装	204
7.6.3 元器件的自动布局	165	9.5.1 环境参数设置	204
7.6.4 元器件布局的自动调整	170	9.5.2 绘制元器件封装的外形	204
7.6.5 手工调整元器件布局	172	9.5.3 调整焊盘的间距	205
7.6.6 网络密度分析	172	9.5.4 手工制作元器件封装	206
7.6.7 3D 效果图	173	9.6 巩固练习	208
7.7 巩固练习	173	小结	209
小结	177	习题	209
习题	177	第10章 多层电路板设计	210
第8章 电路板布线	179	10.1 多层电路板设计基础知识	210
8.1 电路板布线基础知识	179	10.2 浏览内电层	211
8.2 设置布线设计规则	180	10.3 设置内电层设计规则	213
8.2.1 设置安全间距限制 设计规则	180	10.4 添加内电层	214
8.2.2 设置短路限制设计规则	181	10.5 分割内电层	215
8.2.3 设置布线宽度限制 设计规则	182	10.6 巩固练习	216
8.3 预布线	183	小结	217
8.4 自动布线	185	习题	217
8.4.1 自动布线器参数设置	185	第11章 电路板设计典型综合实例	219
8.4.2 自动布线	186	11.1 电路板电气功能与机械性能 分析	219
8.5 自动布线的手工调整	189	11.2 芯片选型	220
8.5.1 手工调整布线结果	189	11.2.1 发射电路	221
8.5.2 利用拆线功能调整 布线结果	190	11.2.2 接收电路	223
8.6 覆铜	190	11.3 发射电路的电路板设计	225
8.7 设计规则检验 (DRC)	192	11.3.1 原理图符号的设计	225
8.8 电路板布线总结	194	11.3.2 绘制原理图	225
8.9 巩固练习	195	11.3.3 制作元器件封装	228
小结	196	11.3.4 电路板设计	229
		11.3.5 DRC 设计校验	232
		11.4 输出元器件明细表	233
		11.5 接收电路的电路板设计	234
		11.5.1 设计原理图符号	234
		11.5.2 绘制原理图	234

11.5.3 制作元器件封装	237	F1.2 解题思路	260
11.5.4 电路板设计	237	F1.3 绘制原理图符号	261
11.6 原理图设计技巧	242	F1.4 原理图设计	261
11.6.1 应用原理图模板创建 原理图	242	F1.5 制作元器件封装	261
11.6.2 全局编辑功能	244	F1.6 电路板设计	262
11.6.3 放置 PCB 电路板布线 规则符号	246	F1.6.1 电路板设计准备工作	262
11.6.4 原理图的拼接打印	247	F1.6.2 电路板手工设计	262
11.7 PCB 电路板设计技巧	249	F1.6.3 电路板覆铜	262
11.7.1 放置不同宽度导线	249	F1.6.4 DRC 设计校验	262
11.7.2 放置屏蔽导线	251	课程设计二 电子开关电路设计	263
11.7.3 放置泪滴	251	F2.1 设计目标	263
11.7.4 全局编辑功能	252	F2.2 解题思路	264
11.7.5 网络类的定义	255	F2.3 绘制原理图符号	264
11.7.6 设置图纸标记	257	F2.4 原理图设计	265
11.8 小结	257	F2.5 制作元器件封装	265
习题	258	F2.6 电路板设计	265
课程设计一 电源模块电路设计	259	F2.6.1 电路板设计准备工作	265
F1.1 设计目标	259	F2.6.2 电路板手工设计	265
		F2.6.3 电路板覆铜	266
		F2.6.4 DRC 设计校验	266

在正式学习 Protel 99 SE 之前,有必要先对电路板设计有个粗略的了解,这对于提高学习效率是十分有帮助的。本章主要介绍电路板的分类、如何选择电路板、电路板设计的基本步骤、电路板设计过程中常用的编辑器,以及 Protel 99 SE 的基础知识,目的是从感性上认识电路板、电路板设计和 Protel 99 SE。

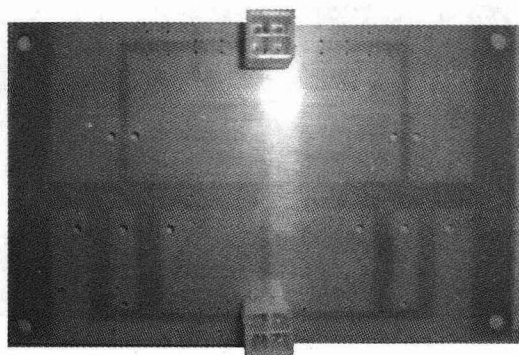
1.1 电路板类型

通常意义上说的电路板指的就是印制电路板,即完成了印制线路或印制电路加工的板子,包括印制线路和印制元器件或者由二者组合而成的电路。具体来讲,一个完整的电路板应当包括一些具有特定电气功能的元器件和建立起这些元器件电气连接的铜箔、焊盘及过孔等导电图件。

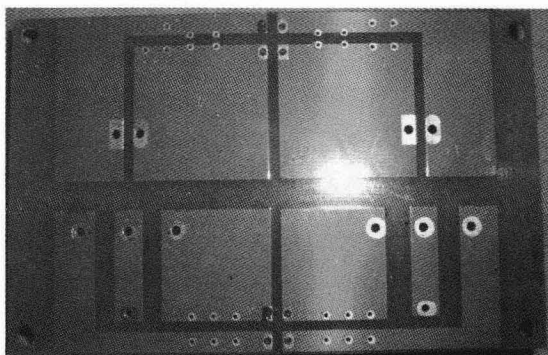
按照工作层面的多少,电路板可以分为单面板、双面板和多层板,下面对这几类电路板进行简要介绍。

1. 单面板

单面板是指仅在电路板的一面上有导电图形的印制电路板,如图 1-1 所示。



(a) 单面板顶层



(b) 单面板底层

图 1-1 单面板

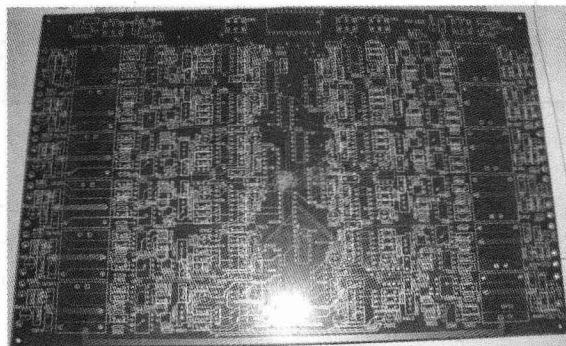
一般在电路板的顶层 (Top Layer) 放置元器件,而在底层 (Bottom Layer) 放置导电图件 (元器件的焊盘、导线等)。但是,根据用户的具体设计要求,也可以将导电图件放置在顶

层。元器件一般插在没有导电图件的一面以方便焊接。

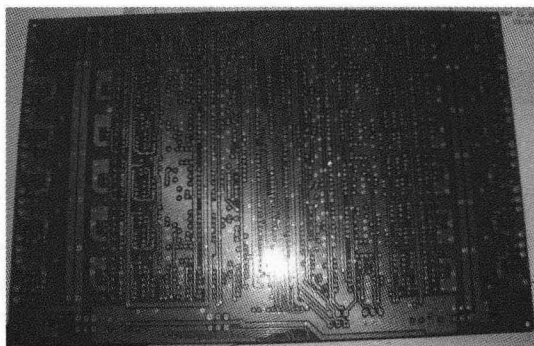
单面板只需在电路板的一个面上进行光绘和放置导线等操作, 因而其制造成本比其他类型的电路板要低得多。然而由于电路板的所有走线都必须放置在一个面上, 使得单面板的布线相对来说比较困难。通常, 单面板只适用于比较简单的电路设计。

2. 双面板

双面板是指在电路板的顶层和底层都有导电图件的印制电路板, 如图 1-2 所示。



(a) 双面板顶层



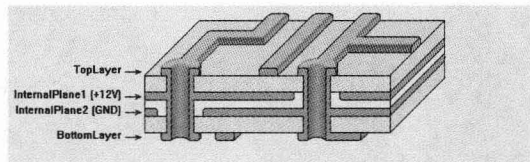
(b) 双面板底层

图 1-2 双面板

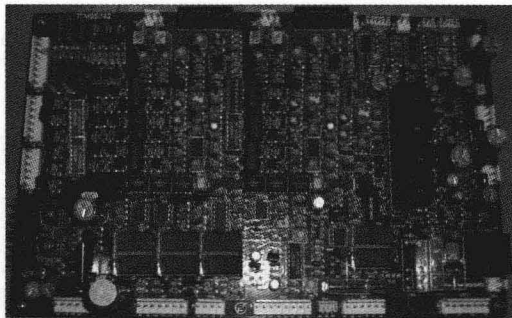
双面板是最常见、最通用的电路板。双面板在电路板的顶层和底层都可以进行走线, 元器件通常放置在电路板的顶层, 上下两层间的电气连接主要通过过孔或焊盘进行连接, 中间为绝缘层。因为双面都可以走线, 大大降低了布线的难度, 因此是一种广泛采用的印制电路板。

3. 多层板

多层板是指由 3 层或 3 层以上的导电图形层与其间的绝缘材料层相隔离、层压后结合而成的印制电路板, 其各层间导电图形按要求互连。目前, 常用的是 4 层板, 包括顶层、底层、内部电源层 (简称“内电层”) 1 (+12V) 和内电层 2 (GND), 其示意图如图 1-3 (a) 所示, 图 1-3 (b) 所示为一设计好的多层板。



(a) 多层板示意图



(b) 多层板实例

图 1-3 多层板

在电路设计中, 多层板一般是指 4 层板或 4 层以上的印制电路板。多层板由于增加了内电层 (包括电源层和接地层) 甚至增加了内部信号层 (比如 6 层板), 很好地解决了芯片集成度越来越高所引起的电路板布线困难的问题, 同时还大大提高了电路板的抗干扰性能。但是

随着电路板层数的增加,电路板的制造难度和成本也大大增加。

随着电子技术的飞速发展,芯片的集成度越来越高,多层板的应用也愈来愈广泛。

1.2 电路板类型选择

在设计电路板时,选择电路板的类型主要从电路板的可靠性、工艺性和经济性等方面进行综合考虑,尽量从这几方面的最佳结合点出发来选择电路板的类型。

印制电路板的可靠性,是影响电子设备和仪器可靠性的重要因素。从设计角度考虑,影响印制电路板可靠性的首要因素是所选印制电路板的类型,即印制电路板是选择单面板、双面板还是多层板。根据国内外长期使用这些类型印制电路板的实践证明,类型越复杂,可靠性越低。各类型印制电路板的可靠性由高到低的顺序是单面板—双面板—多层板,并且多层板的可靠性会随着层数的增加而降低。

在设计印制电路板的整个过程中,设计人员应当始终考虑印制电路板的制造工艺要求和装配工艺要求,尽可能有利于制造和装配。在布线密度较低的情况下可考虑设计成单面板或双面板,而在布线密度很高、制造困难较大且可靠性不易保证时,可考虑设计成印制导线宽度和间距都比较宽的多层板。对多层板的层数的选择同样既要考虑可靠性,又要考虑制造和安装的工艺性。

印制电路板的设计人员也应当把产品的经济性纳入设计过程中,这在商品生产竞争激烈的今天尤为必要。印制电路板的经济性与印制电路板的类型、基材选择、制造工艺方法和技术要求的内容密切相关。就电路板类型而言,其成本递增的顺序一般也是单面板—双面板—多层板。但是,在布线密度高到一定程度时,与其设计成复杂的制造困难的双面板,倒不如设计成较简单的低层次的多层板,这样也可以降低成本。

1.3 常用工作层面、图件和电气构成

在设计电路板的过程中通常要用到许多工作层面,不同的工作层面具有不同的功能。比如顶层丝印层(Top Overlay)用来绘制元器件的外形、放置元器件的序号和注释等,顶层和底层信号层则用来放置导线,以构成一定的电气连接,多层面(MultiLayer)则用来放置焊盘和过孔等导电图件。

下面以常见的双面板为例介绍一下电路板的工作层面、图件以及电路板的电气构成等。

1.3.1 常用工作层面

双面板设计过程中常用的工作层面如图 1-4 所示。

在图 1-4 中,方框区域内复选框为选中状态的工作层面即为双面板设计中常用到的工作层面。下面以图 1-5 所示的双面电路板为例简单介绍一下电路板上的工作层面。

在 Protel 99 SE 的 PCB 编辑器中,按 **[Shift]+[S]** 组合键,将电路板的显示模式切换到单层显示模式,即可逐层显示电路板的工作层面。



要点提示

利用快捷键 **[Shift]+[S]** 将电路板切换到单层显示模式时,应当将输入法设置成英文的输入方式。

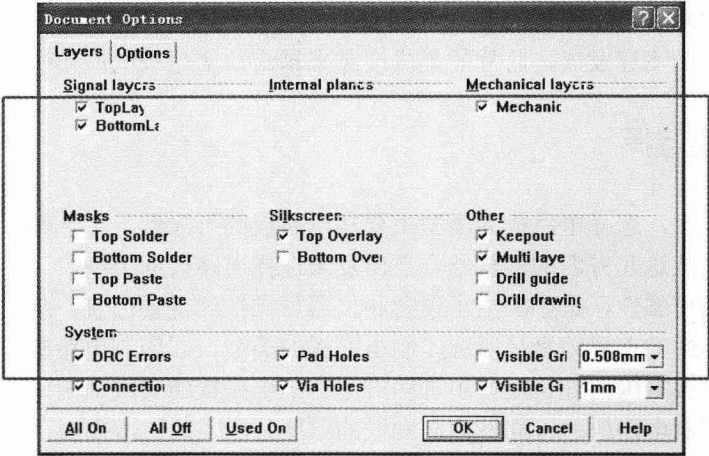


图 1-4 普通双面板包含的工作层面

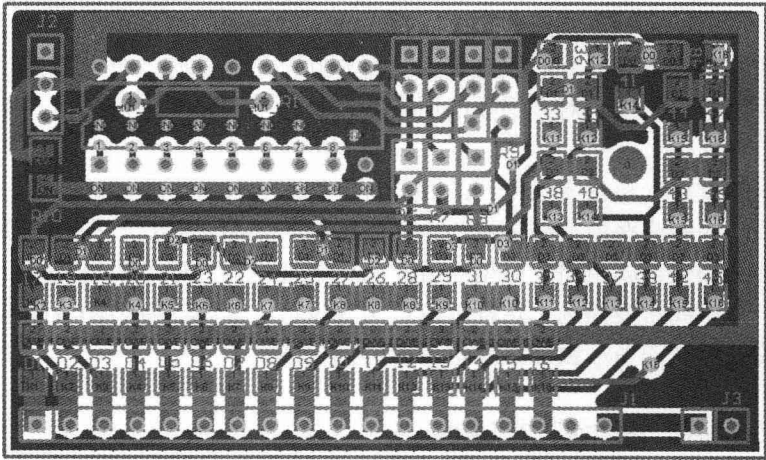


图 1-5 双面板示例

(1) **【Top Layer】**(顶层信号层)。在双面板中，顶层信号层用来放置铜箔导线，以连接不同的元器件、焊盘和过孔等实现特定的电气功能，如图 1-6 所示。

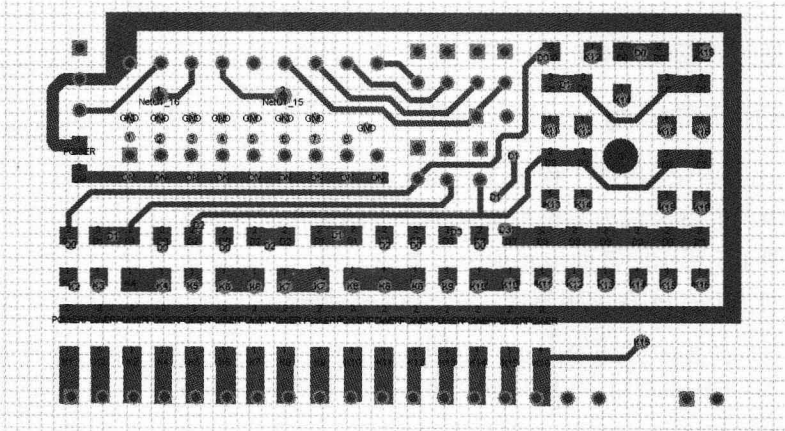


图 1-6 顶层信号层

(6) **【MultiLayer】**(多层面)。多层面主要用来放置元器件的焊盘和连接不同工作层面上的导电图件的过孔等图件,如图 1-10 所示。

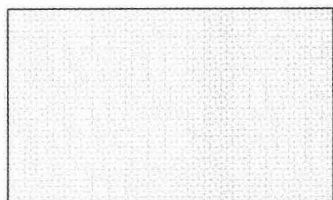


图 1-9 禁止布线层

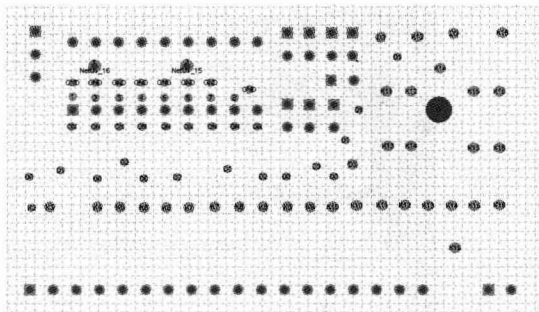


图 1-10 多层面



单面板只有一个信号层,通常选用底层信号层。而多层板,除了增加内部电源层外,对于层数较多的多面板可能还有多个信号层。

1.3.2 认识电路板上的图件

电路板上的图件包括两大类:导电图件和非导电图件。导电图件主要包括焊盘、过孔、导线、多边形填充、矩形填充等。非导电图件主要包括介质、抗蚀剂、阻焊图形、丝印文字、图形等。下面主要介绍一下导电图件。

图 1-11 所示为一电路板的 PCB 文件,该电路板上的导电图件主要有焊盘、过孔、导线、矩形填充等。下面分别介绍这些图件的功能。

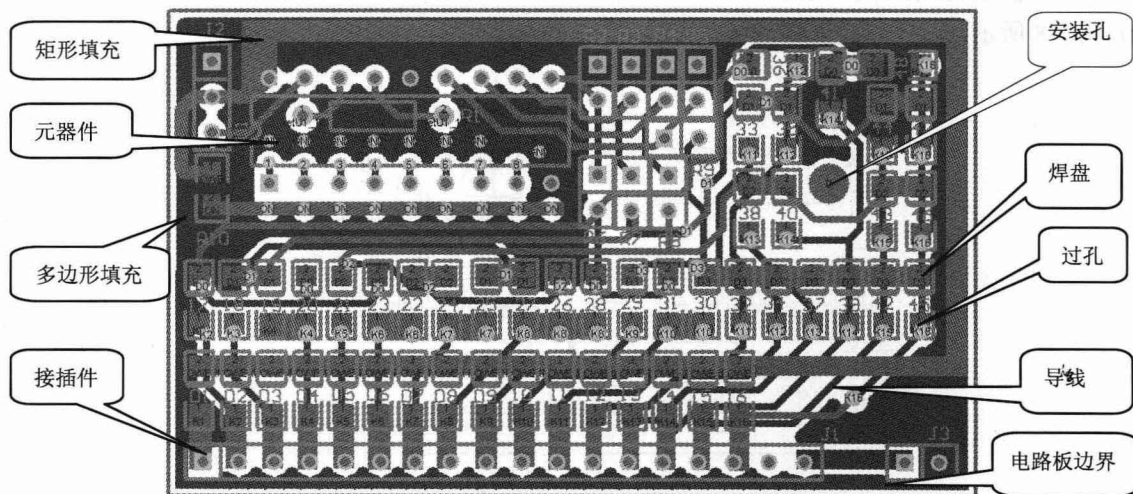


图 1-11 PCB 电路板

- (1) 安装孔: 主要用来把电路板固定到机箱上,图 1-11 中的安装孔是用焊盘制作的。
- (2) 焊盘: 用于安装并焊接元器件引脚的金属化孔。
- (3) 过孔: 用于连接顶层、底层或中间层导电图件的金属化孔。
- (4) 元器件: 这里是指元器件封装,一般由元器件的外形和焊盘组成。

(5) 导线：用于连接具有相同电气特性网络的铜箔。

(6) 矩形填充：一种矩形的连接铜箔，其作用同连接导线，将具有相同电气特性的网络连接起来。

(7) 接插件：属于元器件的一种，主要用于电路板之间或电路板与其他元器件之间的连接。

(8) 电路板边界：是指定义在机械层和禁止布线层上的电路板的外形尺寸。制板商最后就是按照这个外形对电路板进行剪裁的，因此用户所设计的电路板上的图件不能超过该边界。

(9) 多边形填充：在后续章节中，还将提到多边形填充，它主要用于地线网络的覆铜。

1.3.3 电路板的电气连接方式

电路板的电气连接方式主要有两种：板内互连和板间互连。

电路板内的电气构成主要包括两部分，电路板上具有电气特性的点（包括焊盘、过孔以及由焊盘的集合组成的元器件）和将这些点互连的连接铜箔（包括导线、矩形填充、多边形填充等）。具有电气特性的点是电路板上的实体，连接铜箔是将这些点连接到一起实现特定电气功能的手段。

总的来说，通过连接铜箔将电路板上具有相同电气特性的点连接起来就可以实现一定的电气功能，然后无数的电气功能的集合就构成了整块电路板。

以上介绍的电路板的电气连接是属于电路板内的互连，还有一种电气连接是属于电路板间的互连。板间互连主要是指多块电路板之间的电气连接，它们主要采用接插件或者接线端子进行连接。

1.4 电路板设计基本步骤

电路板设计的过程就是将电路设计思路变为可以制作电路板文件的过程，其基本步骤如图 1-12 所示。

(1) 原理图设计。在正式进入电路板设计之前，往往需要先设计原理图。原理图设计的任务就是将设计思路或草图变成规范的电路图，为电路板设计准备网络连接和元器件封装。

(2) 原理图符号设计。在原理图设计的过程中常常遇到有的原理图符号在系统提供的原理图库中找不到的情况，这时就需要自己动手设计原理图符号。

(3) PCB 电路板设计。在网络标号和元器件封装准备好后就可以进行 PCB 电路板设计了。电路板设计是在 PCB 编辑器中完成的，其主要任务是对电路板上的元器件按照一定的要求进行布局，然后用导线将相应的网络连接起来。

(4) 元器件封装设计。电路板设计经常会用到许多异形、不常用的元器件，这些元器件封装在系统提供的元器件封装库中是找不到的，也需要自己设计。

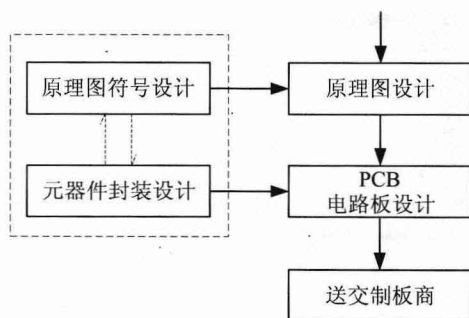


图 1-12 电路板设计的基本步骤

需要说明的是，元器件封装和原理图符号是相互对应的。在一个电路板设计中，一个原理图符号一定有与之对应的元器件封装，并且该原理图符号中具有相同序号的引脚与元器件封装中具有相同序号的焊盘是一一对应的，它们具有相同的网络标号。

（5）送交制板商。电路板设计好后，将设计文件导出并送交制板商即可制作出满足设计要求的电路板。

1.5 常用的编辑器

从电路板设计的基本步骤可以看出，电路板设计过程中常用的编辑器主要有原理图编辑器、原理图库编辑器、PCB 编辑器和元器件封装库编辑器。下面简要介绍一下这些常用编辑器的主要功能。如何启动这些常用的编辑器，将在 1.6.4 节中进行介绍。

1.5.1 原理图编辑器

在介绍电路板设计的基本流程时提到，一个完整的电路板必须经过原理图设计和 PCB 电路板设计两个阶段。电路板设计第一阶段的原理图绘制就是在原理图编辑器中完成的。原理图编辑器的操作界面如图 1-13 所示。

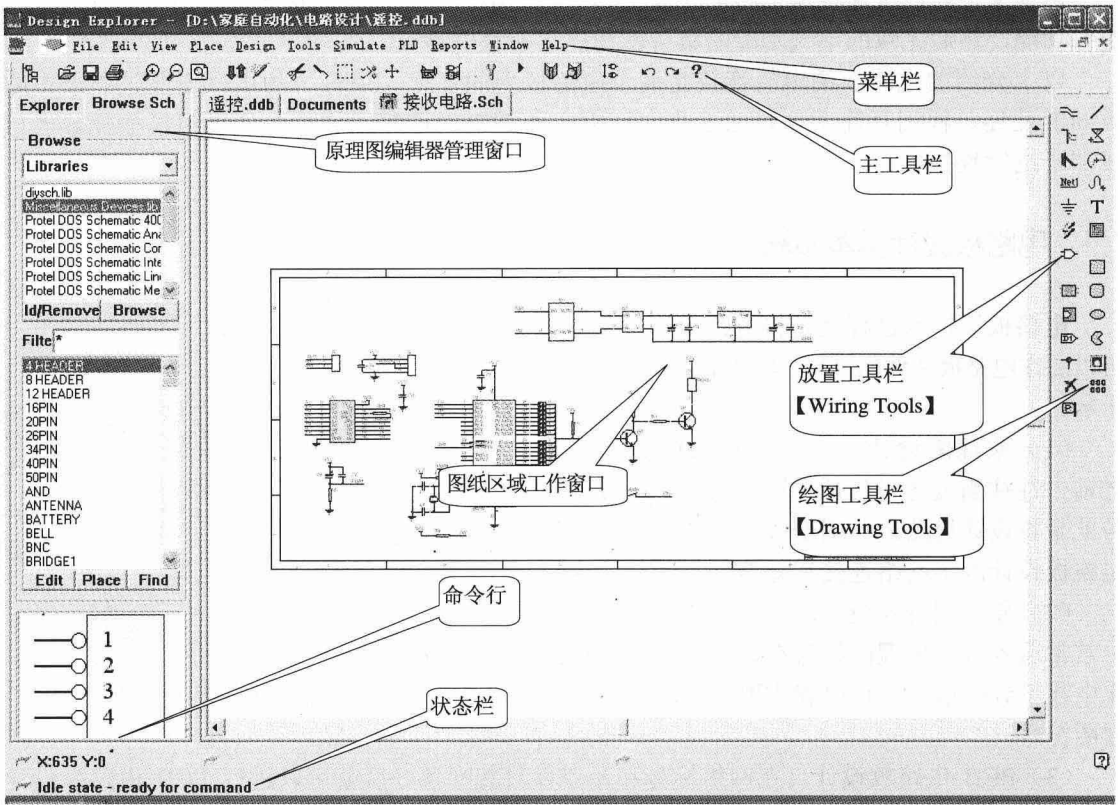


图 1-13 原理图编辑器

原理图编辑器的主要功能是设计原理图，为 PCB 电路板设计准备网络表文件和元器件封装。在原理图设计过程中，可以为每一个原理图符号指定元器件封装。在原理图设计完成后，