

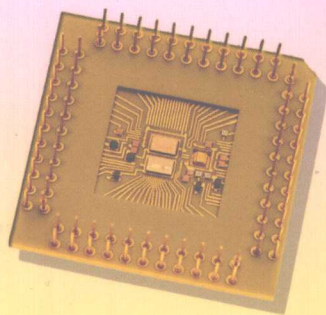
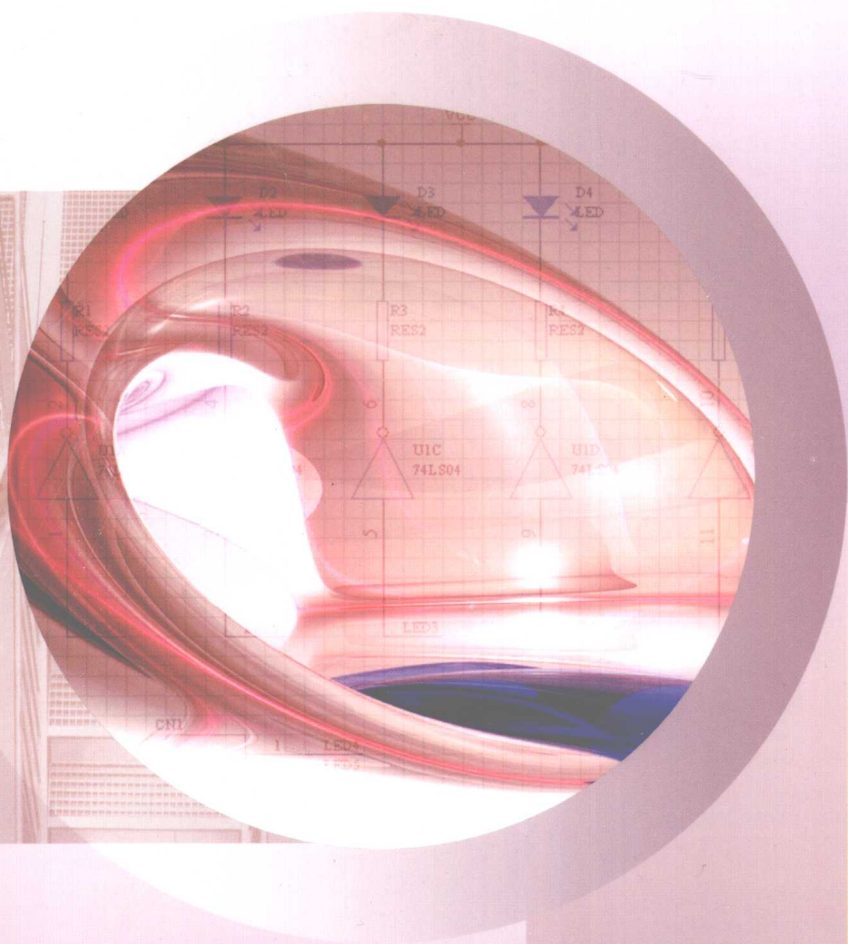


中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

Protel 99SE 基础教程

姚年春 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

Protel 99SE 基础教程

姚年春 编 著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

Protel 99SE基础教程 / 姚年春编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 4

中等职业学校机电类规划教材. 电子技术应用专业系列

ISBN 978-7-115-19630-9

I. P… II. 姚… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 99SE—专业学校—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第013519号

内 容 提 要

Protel 99SE 是一款功能十分强大的 EDA 软件, 在电子电路设计领域占有极其重要的地位。本书以丰富的电路设计实例为基础, 以电路板设计的基本流程为主线, 由浅入深、循序渐进地讲解了从电路原理图设计到印制电路板设计的整个流程。通过本书的学习, 读者可以从 Protel 99SE 的入门开始, 快速掌握电路原理图的绘制和印制电路板 (PCB) 制版的方法。

本书的实例简单实用, 步骤讲解详细清楚, 可作为中等职业学校、电子信息类以及通信技术类相关专业的教材, 也可作为相关岗位培训教材或技术人员学习 Protel 99SE 的自学参考书。

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列

Protel 99SE 基础教程

◆ 编 著 姚年春

责任编辑 张孟玮

执行编辑 郭 晶

◆ 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 电子函件 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: 12.25

字数: 287 千字

2009 年 4 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2009 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19630-9/TP

定价: 19.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

中等职业学校机电类规划教材

电子技术应用专业系列教材编委会

主 任 杜德昌

副主任 金国砥 向 伟 周兴林

委 员 方张龙 费新华 耿德普 马旭洲 石秋洁
许长斌 杨海祥 易培林 于建华 俞 艳
张孟玮 周德仁



自我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研,以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》,该套教材包括六个系列,分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具设计与制造专业系列》、《电子技术应用专业系列》、《机电技术应用专业系列》、《计算机辅助设计与制造系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助资源,内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际需要。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: guojing@ptpress.com.cn, wangping@ptpress.com.cn

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065



本教材是针对 Protel 99SE 的初学者而编写的，书中详细介绍了 Protel 99SE 工具和命令的使用方法。本书在整体上是按照电路板设计的一般步骤进行规划的，就各个步骤而言，主要针对相应的工作界面进行安排。通过本书的学习，读者不仅能够了解电路板设计的全过程，而且能够快速掌握 Protel 99SE 的基本功能。本书在介绍 Protel 99SE 的每一个命令时都力求准确明了，对于一些不易理解的命令或功能采用示例进行了说明。

本教材既强调基础知识，又力求体现新知识、新技术及新工艺，教学内容与国家职业技能鉴定规范相结合。编写体例上采用新的形式、简约的文字表述以及大量范例图片，图文并茂，直观明了。注重理论和实践的结合，设置“要点提示”栏目，并通过配套的技能训练项目来加强学生技能的培养。

本教材的教学时数为 90 课时，各章的参考教学课时见下表。

章节	课程内容	课时分配	
		讲授(课时)	实践训练(课时)
第 1 章	解析电路板设计	2	2
第 2 章	原理图编辑器基本操作	2	4
第 3 章	绘制电路原理图	4	8
第 4 章	制作原理图符号	3	6
第 5 章	原理图编辑器报表文件	4	6
第 6 章	PCB 设计基础	3	6
第 7 章	元器件布局	4	6
第 8 章	电路板布线	3	6
第 9 章	元器件封装的制作	3	6
第 10 章	典型技巧与常见问题	4	8
课时总计		32	58

本书适合作为中等职业学校“Protel 99SE”课程的教材，也可作为 Protel 99SE 自学者的入门参考书。

参加本书编写工作的还有沈精虎、黄业清、宋一兵、谭雪松、向先波、冯辉、郭英文、郝庆文、计晓明、尹志超、董彩霞、腾玲。



由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者




2009 年 2 月





目 录

 第1章 解析电路板设计	1
1.1 电路板的类型	1
1.2 电路板类型的选择	3
1.3 电路板设计中常用工作层面、图件和电气构成	3
1.3.1 常用工作层面	3
1.3.2 认识电路板上的图件	6
1.3.3 电路板的电气连接方式	7
1.4 电路板设计的基本步骤	7
1.5 电路板设计过程中常用的编辑器	8
1.5.1 原理图编辑器	8
1.5.2 原理图库编辑器	9
1.5.3 PCB编辑器	9
1.5.4 元器件封装库编辑器	10
1.5.5 常用编辑器之间的关系	11
1.6 习题	11
 第2章 原理图编辑器基本操作	12
2.1 启动原理图编辑器	12
2.2 原理图编辑器	13
2.3 原理图编辑器管理窗口	14
2.3.1 载入/删除原理图库文件	14
2.3.2 查找元器件	15
2.3.3 查看原理图设计中的图件	16
2.4 原理图编辑器工具栏的打开与关闭	17
2.5 原理图编辑器的画面管理	18
2.5.1 画面的移动	18
2.5.2 画面的放大	19
2.5.3 画面的缩小	19
2.5.4 选定区域放大	20
2.5.5 显示整个图形文件	20
2.5.6 显示所有图件	21
2.5.7 刷新画面	22
2.6 习题	22






 第3章 绘制电路原理图	23
3.1 原理图的设计流程	23
3.2 新建原理图	23
3.3 图纸参数设置	25
3.3.1 图纸格式的设置	25
3.3.2 图纸信息的设置	26
3.4 设置栅格尺寸	26
3.5 载入元器件原理图符号库	27
3.6 放置元器件	28
3.7 线路布局调整	34
3.7.1 移动元器件	34
3.7.2 元器件的旋转和翻转	35
3.7.3 图件的排列和对齐	36
3.8 元器件属性调整	37
3.9 原理图布线	38
3.9.1 原理图放置工具栏	38
3.9.2 原理图布线	48
3.10 习题	48
 第4章 制作原理图符号	49
4.1 制作原理图符号基础知识	49
4.1.1 概念辨析	49
4.1.2 原理图符号的组成	49
4.1.3 制作原理图符号的基本步骤	50
4.2 新建原理图库文件	50
4.3 原理图元器件库管理器的使用	52
4.3.1 原理图符号列表栏	52
4.3.2 原理图符号操作栏	54
4.4 绘图工具栏应用简介	55
4.5 库元器件制作实例	57
4.6 习题	59
 第5章 原理图编辑器报表文件	60
5.1 电气法则测试 (ERC)	60
5.1.1 电气法则测试	60
5.1.2 使用No ERC符号	63
5.2 创建元器件报表清单	63
5.3 创建网络表文件	66
5.4 生成元器件自动编号报表文件	67



5.5	电路原理图的打印输出	69
5.6	根据ERC电气测试报告修改原理图设计	74
5.7	习题	75
	第6章 PCB设计基础	76
6.1	PCB概述	76
6.1.1	PCB的种类	76
6.1.2	PCB设计中的基本组件	77
6.2	Protel 99SE印制板编辑器	78
6.2.1	启动PCB编辑器	78
6.2.2	PCB编辑器的管理	79
6.2.3	工作环境设置	80
6.2.4	元器件封装库	81
6.3	PCB放置工具栏	82
6.3.1	绘制导线	83
6.3.2	放置焊盘	84
6.3.3	放置元器件	85
6.4	习题	86
	第7章 元器件布局	87
7.1	电路板设计的基本流程	87
7.2	设置电路板类型	88
7.2.1	图层堆栈管理器	89
7.2.2	设置工作层面的显示/隐藏属性	90
7.2.3	设置工作层面的颜色	91
7.3	规划电路板	92
7.4	准备电路板设计的原理图文件和网络表文件	94
7.5	载入网络表文件和元器件封装	95
7.5.1	载入元器件封装库	95
7.5.2	更新网络表文件和元器件封装	96
7.5.3	在PCB编辑器中载入网络表文件和元器件封装	98
7.6	元器件布局	99
7.6.1	元器件布局基础知识	99
7.6.2	关键元器件的布局	102
7.6.3	元器件的自动布局	102
7.6.4	元器件布局的自动调整	108
7.6.5	手工调整元器件布局	110
7.7	巩固练习	111
7.8	习题	114



 第8章 电路板布线	115
8.1 电路板布线基础知识.....	115
8.2 设置布线设计规则.....	116
8.2.1 设置安全间距限制设计规则.....	116
8.2.2 设置短路限制设计规则.....	118
8.2.3 设置布线宽度限制设计规则.....	119
8.3 预布线.....	120
8.4 自动布线.....	121
8.4.1 自动布线器参数设置.....	121
8.4.2 自动布线.....	123
8.5 自动布线的手工调整.....	126
8.5.1 手工调整布线结果.....	126
8.5.2 利用拆线功能调整布线结果.....	127
8.6 覆铜.....	128
8.7 设计规则检验 (DRC)	130
8.8 电路板布线总结.....	132
8.9 巩固练习.....	132
8.10 习题.....	134
 第9章 元器件封装的制作	135
9.1 制作元器件封装基础知识.....	135
9.2 新建元器件封装库文件.....	136
9.3 元器件封装库编辑器.....	137
9.4 利用生成向导创建元器件封装.....	138
9.5 手工创建元器件的封装.....	141
9.5.1 环境参数设置.....	141
9.5.2 绘制元器件封装的外形.....	142
9.5.3 调整焊盘的间距.....	143
9.5.4 手工制作元器件封装.....	143
9.6 巩固练习.....	145
9.7 习题.....	146
 第10章 典型技巧与常见问题	147
10.1 文档管理技巧.....	147
10.1.1 文档的导入.....	147
10.1.2 文档的导出.....	148
10.1.3 Protel 99SE设计文件的自动备份/存盘功能.....	148
10.2 原理图设计技巧.....	150
10.2.1 原理图拼接打印.....	150



10.2.2	原理图编辑器全局编辑功能	153
10.3	PCB设计技巧	154
10.3.1	绘制不同转角形式的导线	154
10.3.2	地线网络覆铜技巧	156
10.3.3	PCB编辑器全局编辑功能	158
10.3.4	PCB的打印输出	161
10.3.5	任意角度旋转元器件	163
10.4	PCB编辑器报表文件	164
10.4.1	DRC设计检验报告	164
10.4.2	元器件明细报告	168
10.4.3	测量报告	169
10.5	元器件库管理技巧	170
10.5.1	元器件库的管理方法	170
10.5.2	有效利用系统提供的常用元器件库	170
10.5.3	创建自己的元器件库	171
10.5.4	创建项目的元器件库	173
10.6	载入元器件封装和网络表常见问题	175
10.6.1	问题现象剖析	175
10.6.2	原理图符号没有添加元器件封装	176
10.6.3	没有载入元器件封装库	178
10.6.4	原理图符号与元器件封装无对应关系	178
10.6.5	原理图设计中元器件序号重复	179
10.7	PCB设计常见问题	180
10.7.1	元器件安全间距限制设计规则	180
10.7.2	焊盘间放置导线的问题	181
10.7.3	关于方形孔的绘制	182
10.7.4	放置异形焊盘	182
10.8	习题	183

第1章 解析电路板设计

学习 Protel 99SE，制作电路板首先要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，以及认识电路板等基础知识。通过对本章的学习，读者能够从感性上认识电路板，使电路板设计不再陌生。



学习目标

- 了解电路板的类型。
- 掌握电路板选型的原则。
- 了解电路板的工作层面和电气构成。
- 掌握电路板设计的基本步骤。
- 掌握 Protel 99SE 的基本操作知识。

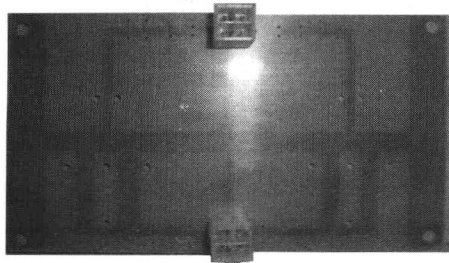
1.1 电路板的类型

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。

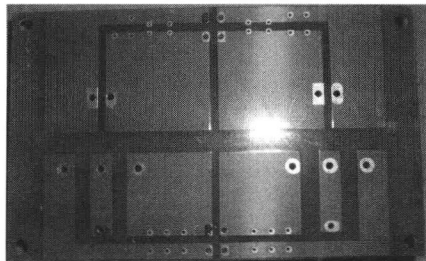
按照工作层面的多少可以分为单面板、双面板和多层板。下面对其进行简要介绍。

1. 单面板

单面板指的是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 单面板实例



一般地，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（元器件的焊盘和导线等）。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形的一面以方便焊接。

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，这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

双面板指的是在电路板的顶层和底层都有导电图形的印制电路板，如图 1-2 所示。

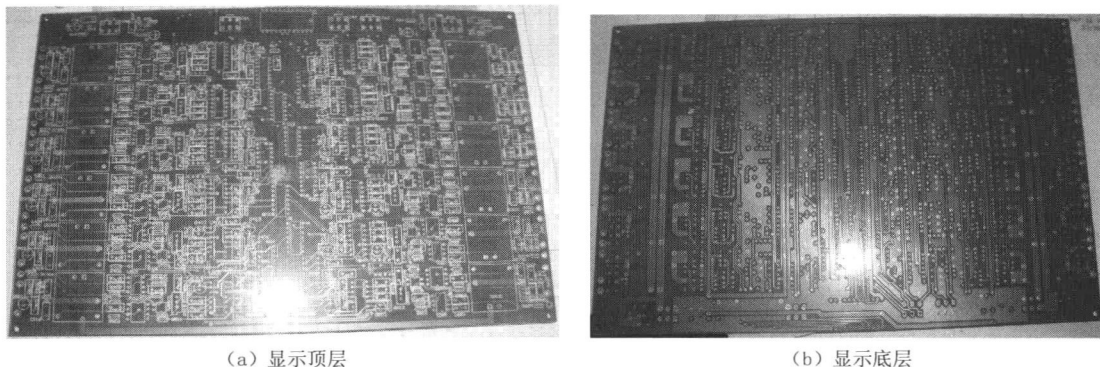


图1-2 双面板

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，这就大大地降低了布线的难度，因此是一种被广泛采用的印制电路板。

3. 多层板

多层板指的是由 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、低层、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) 为设计好的多层板。

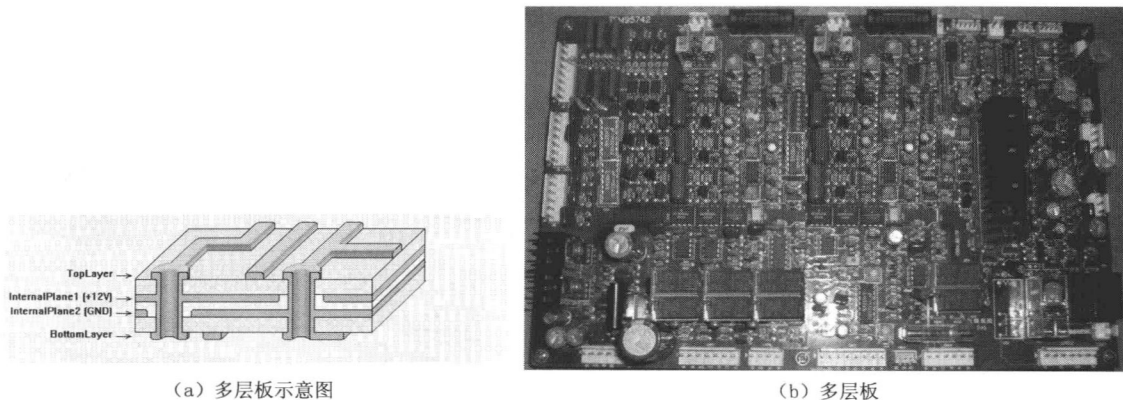


图1-3 多层板示意图



多层板由于增加了内部电源层（包括电源层和接地层），甚至增加了内部信号层（比如6层板），这样就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，多层板的应用也越来越广泛。

1.2 电路板类型的选择

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底的顺序是单面板→双面板→多层板，并且电路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，这在商品性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 电路板设计中常用工作层面、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。



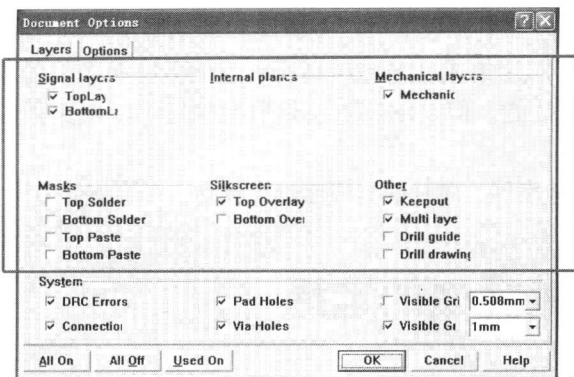


图1-4 普通双面板包含的工作层面

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。下面就如图 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。

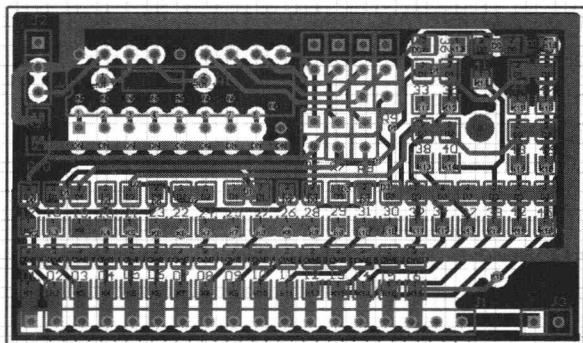


图1-5 双面板示例

在 Protel 99SE 的 PCB 编辑器中，按 **Shift+S** 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。

(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。

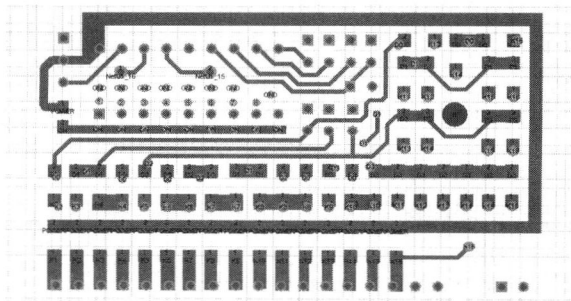


图1-6 顶层信号层



(2) 【Bottom Layer】(底层信号层)

底层信号层的功能与顶层信号层的功能相同，也是用来放置导线的，如图 1-7 所示。

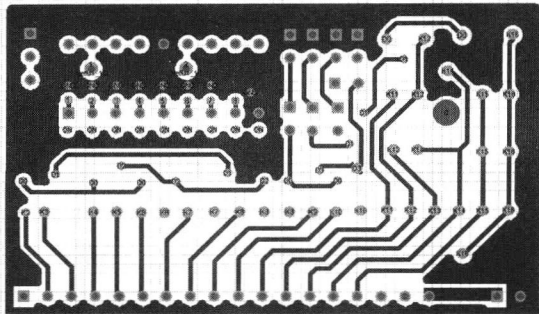


图1-7 底层信号层

要点提示

一般情况下，顶层信号层的导线为红色，底层信号层的导线为蓝色。在电路板布线时，为了提高电路板抗干扰的能力，顶层信号层布线横线居多，而底层信号层布线竖线居多。

(3) 【Mechanical1】(机械层)

机械层主要用来对电路板进行机械定义，包括确定电路板的物理边界、尺寸标注和对齐标志等。然而在电路板设计过程中，通常将电路板的物理边界等同于电路板的电气边界，而不对电路板的物理边界进行规划。

(4) 【Top Overlay】(顶层丝印层)

顶层丝印层主要用来绘制元器件的外形和注释文字，如图 1-8 所示。

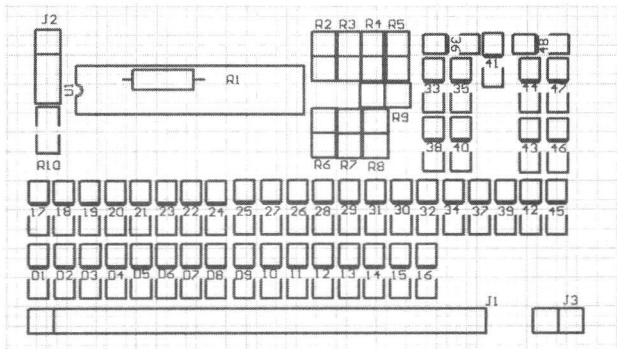


图1-8 顶层丝印层

如果在双面板的底层还放置有元器件，则设计者还应当激活【Bottom Overlay】(底层丝印层)。

(5) 【KeepOut Layer】(禁止布线层)

禁止布线层主要用来规划电路板的电气边界，电路板上所有导电图件均不能超出该边界，否则系统在进行 DRC 设计校验时汇报错误。图 1-9 所示为一规划好的电路板的电气边界。

(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。

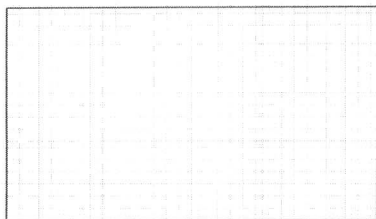


图1-9 禁止布线层

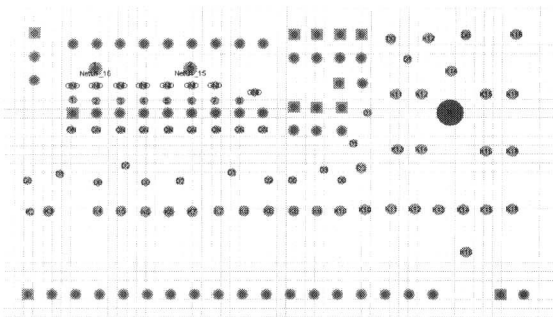


图1-10 多层面

要点提示

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。导电图件主要包括有焊盘、过孔、导线、多边形填充和矩形填充等。非导电图件主要包括介质、抗蚀剂、阻焊图形、丝印文字和图形等。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、导线和矩形填充等。下面别介绍一下这些图件的功能。

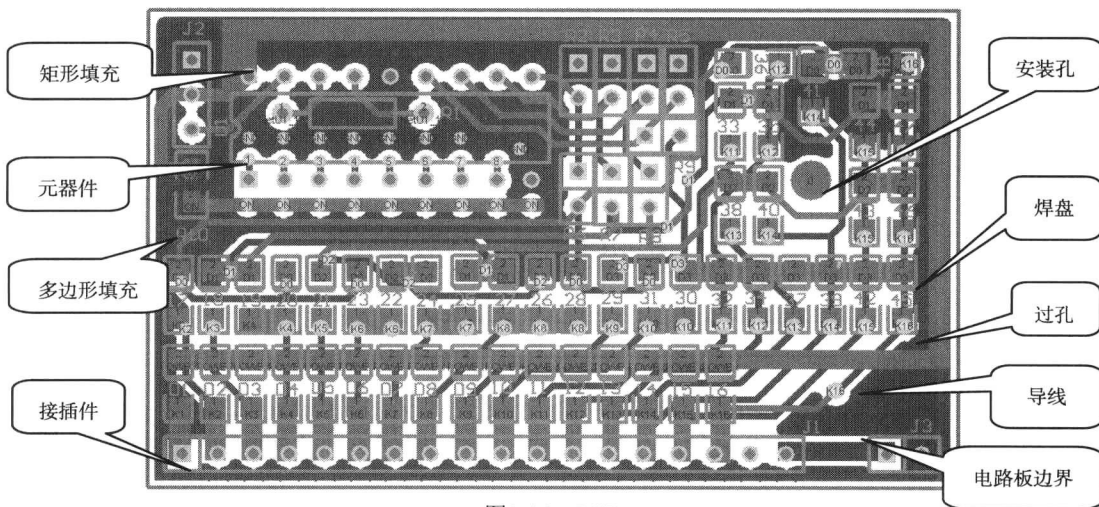


图1-11 PCB

- ❖ 安装孔：主要用来把电路板固定到机箱上，在图 1-11 中的安装孔是用焊盘制作的。
- ❖ 焊盘：用于安装并焊接元器件引脚的金属化孔。
- ❖ 过孔：用于连接顶层、底层或中间层导电图件的金属化孔。
- ❖ 元器件：这里指的是元器件封装，一般由元器件的外形和焊盘组成。
- ❖ 导线：用于连接具有相同电气特性网络的铜箔。