

<http://www.phei.com.cn>

实例讲解系列

PADS Layout 2007 印制电路板 设计与实例

◎ 王仁波
◎ 魏 雄 编 著
◎ 李跃忠



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

含光盘1张

实例讲解系列

PADS Layout 2007 印制电路板 设计与实例

王仁波 魏雄 李跃忠 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

PADS Layout 2007 是 PowerPCB 的最新版本,既可以与 PADS Logic 配合使用,也可以与 OrCAD 配合使用。本书按照循序渐进的学习过程和实际的 PCB 设计流程来安排章节,首先介绍了如何使用 PADS Layout 的向导器 Wizard 制作 PCB 封装、手工制作 PCB 封装的技巧,接着详细介绍了在 PADS Layout 中如何导入 OrCAD 电路原理图生成的网络表,然后详细介绍了 PCB 设计的参数设置、规则定义、布局、自动布线和手工布线,最后介绍了设计检查和 CAM 输出。

本书适合电路板设计技术人员,以及高等院校电子、电气、通信、计算机等专业和相关专业师生阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PADS Layout 2007 印制电路板设计与实例/王仁波,魏雄,李跃忠编著. —北京:电子工业出版社,2009.1
(实例讲解系列)

ISBN 978-7-121-07993-1

I. P… II. ①王… ②魏… ③李… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, PADS Layout 2007
IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 199122 号

责任编辑:刘海艳(lhy@phei.com.cn)

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

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: 24 字数: 630 千字

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.00 元(含光盘 1 张)

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。

前 言

“工欲善其事，必先利其器”，从众多的电子线路 CAD 软件中选择一款高性能的软件，是每一个电子工程师孜孜以求的事情。Protel 功能比较少，但是在国内最早流行并且普及程度广；Cadence 系统的 OrCAD 软件在绘制电路原理图方面功能强大，简单易学；PADS Layout 设计 PCB 的功能卓越超群。这就是本书作者多年使用各种电子线路 CAD 软件的体会。

从最早使用 Protel 99，到使用 OrCAD、PowerPCB，再到使用它们的升级版本——Protel DXP (Altium Designer)、Cadence OrCAD、PADS Layout，本书作者已经较清楚各个软件各个版本的优劣。利用 OrCAD 绘制电路原理图，再利用 PADS Layout 设计 PCB，这是扬长避短的最佳组合。

PowerPCB 升级到 PADS Layout 2005、PADS Layout 2007，功能增强了很多，界面更加友好，操作更加方便。本书是《PowerPCB 5.0.1 印制电路板设计与实践》（电子工业出版社，2006 年 10 月，魏雄）的修订版，相比较于旧版，新版的内容更加详细，实例更多，章节顺序的安排更加合理，力求达到读者以最少的时间和精力掌握 PADS Layout 2007 设计 PCB 的基本方法与技巧。具体来说，本书具有以下特色：

(1) 实践性强，是作者多年工作经验和教学经验的结晶。

(2) 易学好用，完全按照循序渐进的方式安排各章内容。

(3) 实例性强，所有的例子都是本人科研项目的部分内容和指导学生所做的部分项目，并且本书附有光盘。

(4) 系统性强，重点突出，简洁明了。作者长期使用 Protel、OrCAD、PowerPCB 从事科研与教学工作，了解电子线路 CAD 技术的难点和重点，能较好地把握教与学的规律，并且有编写经验。

本书由王仁波、魏雄、李跃忠共同编写，周书民、吴永鹏、满在刚、王冬霞、沈克镇、吴光文、卢伟华、张俊、邹金胜、陈发才、宋振灿在资料收集、整理和实验方面做了大量工作。

感谢您选用了本书，也请您把对本书的宝贵意见和建议告诉作者（E-mail: weixiong2001@163.com, QQ: 263651038）或编辑刘海艳（E-mail: lhy@phei.com.cn, QQ: 80560191）。

作 者

2008 年 12 月 19 日

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 印制电路板的基础知识	1
1.1.1 印制电路板的发展历史	1
1.1.2 印制电路板的种类	2
1.1.3 印制电路板的制造工艺简介	4
1.2 印制电路板的设计流程	5
1.3 PADS2007 的功能与特点	8
1.4 安装 PADS2007	8
第 2 章 制作 PCB 封装的预备知识	14
2.1 PCB 封装	14
2.1.1 PCB 封装的概念	14
2.1.2 元器件封装的分类	15
2.1.3 PCB 封装的命名	16
2.1.4 设计单位：毫米和密尔	16
2.2 进入封装制作窗口	16
2.3 封装制作窗口的界面	18
2.4 无模命令 (Modeless commands)	19
2.5 系统参数的设置	20
2.5.1 栅格 (Grid) 的设置	21
2.5.2 设计单位的设置	22
2.5.3 鼠标形式的设置	23
2.5.4 拖动操作的设置	23
2.6 封装制作窗口的基本操作	23
2.6.1 打开元件库里的一个 PCB 封装及视图的操作	23
2.6.2 对象的选择	26
2.6.3 复制、粘贴、剪切与删除	28
2.6.4 移动与定位	28
2.7 元件类型、PCB 封装和逻辑封装三者的关系	29
2.8 元件的管理及元件库的操作	31
2.8.1 元件的管理	31
2.8.2 新建一个元件库	32
2.8.3 对元件库列表的基本操作	33
2.8.4 元件属性的增加与删除	35
2.8.5 元件的复制、粘贴等操作	36

2.8.6	元件库的导入、导出	38
第 3 章	利用 Wizard 向导器制作 PCB 封装	42
3.1	PADS Layout 系统自带元件库中常见的 PCB 封装	42
3.2	通过【Library Manager】对话框进入封装制作窗口	45
3.3	利用【DIP】标签页制作双列直插式封装	46
3.3.1	【DIP】标签页简介	46
3.3.2	制作串口电平转换芯片 SP3223UEP 的 PCB 封装	48
3.4	利用【SOIC】标签页制作小外形封装 (SOP)	52
3.4.1	【SOIC】标签页简介	52
3.4.2	制作 RAM 存储器 A62S6308V-10S 的 PCB 封装	53
3.5	利用【QUAD】标签页制作四方引出扁平封装 (QFP)	56
3.5.1	【QUAD】标签页简介	56
3.5.2	制作 C51 系列单片机 C8051F023 的 PCB 封装	58
3.6	利用【Polar】标签页制作圆周引出引脚直插式封装	61
3.6.1	【Polar】标签页简介	61
3.6.2	制作晶体管 2N3866 的 PCB 封装	62
3.7	利用【Polar SMD】标签页制作圆周引出引脚表贴式封装	66
3.8	利用【BGA/PGA】标签页制作 BGA 封装	68
3.8.1	【BGA/PGA】标签页简介	68
3.8.2	制作嵌入式微处理器 PXA255 的 PCB 封装	69
3.9	跳线的封装设计	73
第 4 章	手工制作 PCB 封装的技巧与实例	74
4.1	放置和定位单个引脚	74
4.2	快速准确地放置多个引脚	77
4.3	引脚的形状制作	81
4.4	快速交换引脚编号	85
4.5	绘制 PCB 封装的丝印外框	86
4.6	制作 DC 电源插座的 PCB 封装	87
4.7	制作低压差线性稳压器 LT1086CM-3.3 的 PCB 封装	91
4.8	制作安装孔的 PCB 封装	95
4.9	与元件类型相关的一些操作	97
第 5 章	OrCAD 原理图与 PADS Layout 印制电路板的接口	101
5.1	OrCAD Capture 设计的电路原理图	101
5.2	生成电路原理图的网络表	105
5.3	在 PADS Layout 中导入网络表	107
5.4	一个简单明了的实例	112
5.5	将元件的 Value 显示在 PCB 设计窗口	116
第 6 章	PCB 设计窗口的界面和基本操作	120
6.1	进入 PCB 设计窗口	120

6.2	PCB 设计窗口的用户界面	121
6.2.1	整体用户界面	121
6.2.2	菜单系统	122
6.2.3	主工具栏	129
6.2.4	子工具栏	130
6.3	PCB 设计窗口的颜色设置	131
6.4	过滤器 (Filter) 的使用	133
6.5	用鼠标选中对象	137
6.6	有关视图的操作	138
6.6.1	视图的放大与缩小	139
6.6.2	特定要求的显示	139
6.6.3	视图的上下左右移动	139
第 7 章	参数设置	140
7.1	系统参数	140
7.1.1	全局 (Global) 参数	141
7.1.2	设计 (Design) 参数	142
7.1.3	布线 (Routing) 参数	145
7.1.4	散热焊盘 (Thermals) 参数	148
7.1.5	自动标注尺寸 (Auto Dimensioning) 参数	150
7.1.6	泪珠 (Teardrop) 参数	153
7.1.7	绘图 (Drafting) 参数	154
7.1.8	栅格 (Grids) 参数	155
7.1.9	分割/混合层 (Split/Mixed Plane) 参数	157
7.1.10	模具元件 (Die Component) 参数	159
7.1.11	过孔形式 (Via Patterns) 参数	159
7.2	设计规则 (Design Rules)	160
7.2.1	默认 (Default) 规则	161
7.2.2	类 (Class) 规则	167
7.2.3	网络 (Net) 规则	168
7.2.4	组 (Group) 规则	169
7.2.5	引脚对 (Pin Pairs) 规则	170
7.2.6	封装 (Decal) 规则	170
7.2.7	元件 (Component) 规则	171
7.2.8	条件规则 (Conditional Rules)	171
7.2.9	差分对 (Differential Pairs) 规则	172
7.2.10	报表 (Report)	173
7.3	焊盘 (Pad Stacks) 参数	174
7.4	钻孔层对 (Drill Pairs) 参数	176
7.5	跳线 (Jumpers) 参数	176

7.6	ECO 参数 (ECO Options)	177
第 8 章	布局和布线前的预备知识和准备工作	179
8.1	设计单位的设置	179
8.2	栅格的设置	180
8.3	板外形、尺寸和电路板层	180
8.4	过孔的概念	182
8.5	PCB 的分层堆叠策略	182
8.5.1	4 层板的堆叠策略	182
8.5.2	6 层板的堆叠策略	183
8.5.3	10 层板的堆叠策略	183
8.5.4	多电源层的设计	184
8.5.5	几点忠告	184
8.6	关于 CAM Plane 层和 Split/Mixed Plane 层	185
8.7	在 PADS Layout 中设置印制电路板的分层参数	186
8.8	过孔及其焊盘的设计	191
8.9	在 PADS Layout 中定制并使用符合需要的过孔	193
8.10	反焊盘、散热焊盘、花孔和花焊盘的基本概念	196
8.11	工作原点的设置	197
8.12	On-line DRC (在线设计规则检查) 的模式设置	198
第 9 章	布局设计	199
9.1	布局规划	199
9.1.1	PCB 的美观	199
9.1.2	布局要符合 PCB 的可制造性	200
9.1.3	要按照电路的功能单元进行布局	201
9.1.4	特殊元件的布局	201
9.1.5	元件封装的选择	202
9.1.6	检查布局	202
9.2	手工布局的一般步骤和原则	202
9.3	与电路板框相关的操作	207
9.4	Keepout 区域的绘制	210
9.5	关于元件的操作	212
9.5.1	选择元件、对齐元件	212
9.5.2	查找元件、正反面翻转元件	213
9.5.3	移动和定位元件、胶住 (Glued) 元件	215
9.5.4	更换元件的 PCB 封装	217
9.5.5	现场修改元件的 PCB 封装	218
9.5.6	增加或删除元件	218
9.5.7	更改元件的编号	220
9.5.8	推挤重叠在一起的元件	220

9.5.9	径向移动元件	221
9.5.10	交换元件的位置	222
9.5.11	关于元件组合 (Union) 的操作	223
9.6	关于文本对象的操作	227
9.6.1	显示或删除文本对象	227
9.6.2	改变文本对象的字体	228
9.7	拼板技巧	229
第 10 章	PADS Router 全自动布线器	231
10.1	PADS Router 的特点	231
10.2	PADS Router 的用户界面	232
10.2.1	5 个子窗口	232
10.2.2	状态栏和鼠标	233
10.2.3	常用菜单	234
10.2.4	工具栏	235
10.3	子窗口的界面和功能	236
10.3.1	输出子窗口	236
10.3.2	项目管理子窗口	236
10.3.3	导航子窗口	237
10.3.4	帮助子窗口	240
10.3.5	电子表格子窗口	240
10.4	根据全自动布线的结果修改布局	240
10.5	设置设计的单位	243
10.6	设置设计的栅格	243
10.7	设置特殊网络的颜色	245
10.8	设置布线选项	246
10.9	设置设计性能	248
10.10	局部的全自动布线	252
10.11	整体的全自动布线	254
10.11.1	布线策略中各种布线类型的含义	254
10.11.2	设置每一遍布线过程的优先顺序 (Routing Order)	255
10.11.3	【Strategy】标签页中其他设置的含义	256
10.12	PADS Router 的快捷键	257
第 11 章	手工布线	259
11.1	布线的基本知识	259
11.2	布线的基本操作	262
11.2.1	查找网络、选中网络和删除网络布线	263
11.2.2	增加走线 (Add Route)	264
11.2.3	动态布线 (Dynamic Route)	267
11.2.4	草图布线 (Sketch Route)	268

11.2.5	自动布线 (Auto Route)	268
11.2.6	总线布线 (Bus Route)	269
11.2.7	增加拐角 (Add Corner) 和分割走线 (Split)	272
11.2.8	增加跳线 (Add Jumper)	272
11.2.9	增加测试点 (Add Test Point)	273
11.3	修改电路原理的一些操作	275
11.3.1	ECO 参数设置	275
11.3.2	增加两个引脚之间的连接关系 (Add Connection)	277
11.3.3	增加元件	280
11.3.4	修改网络名和元件编号	282
11.3.5	更换元件	283
11.3.6	删除连接、网络和元件	285
11.3.7	交换同一元件的两个引脚的连接或逻辑门的连接	288
11.3.8	修改设计规则	288
11.3.9	自动重新编号	288
11.3.10	自动交换和分配	289
11.3.11	增加重用模块	289
11.4	布线设计中的小技巧	290
11.4.1	设置特殊网络的颜色	290
11.4.2	设计裸露的铜皮导线	291
11.4.3	各种对象的坐标定位以及过孔栅格的作用	293
11.5	布线过程中常用的快捷键	294
第 12 章	绘图与覆铜	295
12.1	绘图子工具栏	295
12.2	绘制电路板边框	295
12.3	绘制 2D Line 图形	298
12.4	放置文本	301
12.5	在信号层铺铜区 (Copper)	302
12.6	在信号层绘制灌铜区 (Copper Pour)	305
12.6.1	在信号层绘制灌铜区和禁止灌铜区 (Copper Pour Cut Out)	306
12.6.2	以不同的方式显示信号层的灌铜区	310
12.7	Split/Mixed Plane 层灌铜	312
12.7.1	设置特殊网络的显示颜色	312
12.7.2	Split/Mixed Plane 层的手工分割和自动分割	314
12.7.3	Split/Mixed Plane 层灌铜区的嵌套	317
12.7.4	以不同的方式显示 Split/Mixed Plane 层的灌铜区	319
12.8	添加焊盘泪珠	321
12.9	自动标注尺寸 (Auto Dimensioning)	321
12.9.1	自动标注尺寸的基本操作知识	321

12.9.2	自动标注方式	325
12.9.3	对齐标注方式	325
12.9.4	旋转标注方式	326
12.9.5	角度标注方式	327
12.9.6	圆弧标注方式	328
12.9.7	引出线标注方式	328
第 13 章	设计检查与后处理	330
13.1	设计检查 (Verify Design) 简介	330
13.2	安全间距 (Clearance) 检查	332
13.3	连通性 (Connectivity) 检查	333
13.4	高速 (High Speed) 检查	334
13.5	平面层 (Plane) 检查	335
13.6	PCB 文件与 OrCAD 原理图的差异比较	335
13.7	PCB 设计的一些后处理操作	342
第 14 章	CAM 输出	345
14.1	Gerber 文件的基本知识	345
14.2	Gerber 输出	346
14.2.1	进入 CAM 文件管理器	346
14.2.2	输出 Routing 层的 Gerber 文件	348
14.2.3	输出 Silkscreen 层的 Gerber 文件	351
14.2.4	输出 CAM Plane 层的 Gerber 文件	353
14.2.5	输出 Paste Mask 层的 Gerber 文件	355
14.2.6	输出 Solder Mask 层的 Gerber 文件	357
14.2.7	输出 Drill Drawing 层的 Gerber 文件	358
14.2.8	输出 NC Drill 层的 Gerber 文件	360
14.3	打印输出	361
14.4	绘图输出	362
附录 A	PADS Layout 中的无模命令	363
附录 B	PADS Layout 中的快捷键	366

第 1 章 概述



印制电路板广泛地应用于电子产品和设备中，如计算机的主板、电视机的电路板、收音机的电路板等。我们可以从这些常见的电子产品中接触到印制电路板。设计印制电路板，是电子线路设计过程中继绘制电路原理图之后的另一项重要工作。

1.1 印制电路板的基础知识

在绝缘基材上，按预定设计形成的印制元件、印制线路（Printed Wiring）或两者结合的导电图形称为印制电路（Printed Circuit）；在绝缘基材上提供元器件之间电气连接的导电图形称为印制线路。印制线路不包括印制元件（如印制电阻、印制电容、印制电感等），在绝缘基板上只有铜导线图形。印制电路或印制线路的产品板通常不加区别地称为印制电路板（Printed Circuit Board），缩写为 PCB。

印制电路板的主要功能是支撑电路元器件和互连电路元器件，即支撑和互连两大作用。

1.1.1 印制电路板的发展历史

自从印制电路板诞生至今，已经有 70 多年的历史了，它的发展大致划分为 6 个时期。

1. 印制电路板的诞生期（1936 年至 20 世纪 40 年代末期）

1936 年，Paul Eisner 博士发明了印制电路板的制作技术，印制电路板由此诞生了。在这个历史时期，印制电路板采用的制造方法是加成法，即在绝缘板表面添加导电材料来形成导电图形，采用的具体制造工艺是涂抹法、喷射法、真空沉积法、蒸发法、化学沉积法和涂覆法等。当时，采用上面所述生产技术的印制电路板曾在 1936 年底应用于无线电接收机中。

2. 印制电路板的试产期（20 世纪 50 年代）

自从 1953 年起，通信设备制造业开始对印制电路板重视起来。这时开始采用的制造工艺是减成法，它的具体制造方法是采用覆铜箔纸基酚醛树脂层压板（PP 基材），然后采用化学药品来溶解除去不需要的铜箔，这样剩下的铜箔就形成了电路。在这个历史时期，采用的腐蚀液的化学成分是三氯化铁，其代表产品是索尼公司制造的手提式晶体管收音机，它采用的是一种 PP 基材的单层印制电路板。

3. 印制电路板的实用期（20 世纪 60 年代）

在这个历史时期，印制电路板采用覆铜箔玻璃布环氧树脂层压板（GE 基材）。1960 年起，日本的公司开始大量使用 GE 基板材料。1964 年，美国光电路公司开发出沉厚铜化学

镀铜液 (CC-4 溶液), 开始了新的加成法制造工艺。日立公司引进了 CC-4 技术, 目的是用于解决 GE 基板在初期有加热翘曲变形、铜箔剥离等问题。随着材料制造商技术的逐步改进, GE 基材的质量不断提高。1965 年起, 日本有好几家制造商开始批量生产 GE 基板、工业电子设备用 GE 基板和民用电子设备用 PP 基板。

4. 印制电路板的快速发展期 (20 世纪 70 年代)

在这个历史时期, 印制电路板专业制造公司大量出现, 同时各个公司开始使用过孔来实现印制电路板之间的层间互连。1970 年起, 通信行业中的电子交换机开始使用 3 层的印制电路板; 之后大型计算机开始采用多层印制电路板, 因此多层印制电路板得到了快速的发展。这个时期, 超过 20 层的印制电路板采用聚酰亚胺树脂层压板作为绝缘基板。

这个时期的印制电路板从 4 层向 6 层、8 层、10 层、20 层、40 层以及更多工作层面发展, 同时实现了高密度化 (细线、小孔、薄板化), 具体的导线宽度和间距从 0.5mm 向 0.35mm、0.2mm、0.1mm 发展, 印制电路板单位面积上布线密度大幅提高。另外, 印制电路板上原来的插入式安装技术逐渐过渡到表面贴装技术。这个时期的另一个重要突破是实现了自动装配线, 可以自动实现印制电路板上的元器件安装。

5. 印制电路板的高速发展期 (20 世纪 80 年代)

20 世纪 80 年代, 印制电路板处于高速发展的时期, 它广泛应用于各个领域, 逐渐成为电子系统和设备制造中必不可少的一个组成部分。同时, 多层印制电路板获得了飞速发展, 它逐渐代替了单层板和双层板而成为了设计的主流。1980 年后, PCB 高密度化也明显得到提高, 这时已经可以生产出 62 层的玻璃陶瓷基印制电路板, 这种高密度化进一步促进了移动通信和计算机的发展。

6. 印制电路板的革命期 (20 世纪 90 年代至今)

20 世纪 90 年代前期, 印制电路板的发展经历了一段低谷时期。1994 年, 印制电路板开始恢复其发展, 其中挠性印制电路板获得了较大的发展。1998 年开始, 积层法印制电路板开始进入到了实用期, 产量开始急剧增加; IC 元件封装形式也开始进入到球栅阵列 (BGA) 和芯片级封装 (CSP) 等封装阶段。如今, 印制电路板的发展方向主要表现在机械化、工业化、专业化、标准化和智能化等方向。在电子工业领域中, 印制电路板已经形成了一个新兴的、强大的制造业。另外, 主导 21 世纪的创新技术的纳米技术, 将会极大地带动电子元件的研究开发、从而引起印制电路板制造工业的革命性发展。

1.1.2 印制电路板的种类

1. 按结构分

(1) 单面印制电路板 (Single-Sided Boards)

单面印制电路板大量应用于收音机、录音机、电话、玩具等各种消费类电子产品中。

单面印制电路板厚度一般为 1~2mm, 它只是在一面印制了电路, 因而只能在一面布线, 通常也只能在相反的一面放置元件。单面印制电路板适用于比较简单的电路, 具有成

本低、不用打过孔等优点，但是实际的线路设计工作往往比双面印制电路板和多层印制电路板困难。

(2) 双面印制电路板 (Double-Sided Boards)

双面印制电路板简称为双面板，是被广泛采用的一种电路板结构。它是在绝缘基板的两面布线，采用金属化孔连接技术使两面的导线互相连接。双面板用于比较复杂的电路，使电路板的导线更加密集，体积也减小很多。

(3) 多层印制电路板 (Multi-Layer Boards)

多层印制电路板是指在绝缘基板上，印制三层以上的电路板，主要应用于导线很密集或体积很小的电路。它在双面板的基础上，增加了内部电源层、接地层或多个中间信号层。对于一些特殊封装的集成电路，如 mBGA 封装的集成电路，如果电路板上使用这种封装的集成电路，那么电路板至少是四层电路板。

印制电路板的发展动向跟随和适应集成电路的发展方向，即向高密度、高精度、细线、细间距、高可靠、多层化、高速传输、轻薄和表面贴片式技术方向发展。

2. 按基板材料分

基板材料是指可以在其上形成导电图形的绝缘材料，这种材料就是各种类型的覆铜箔层压板，简称覆箔板。覆箔板除了用作支撑各种元器件外，还能实现它们之间的电气连接或电绝缘。

覆箔板的制造过程是把玻璃纤维布、玻璃纤维毡、纸等增强材料浸渍环氧树脂、酚醛树脂等黏合剂，在适当温度下烘干至 B-阶段，得到预浸渍材料（简称浸胶料），然后将它们按照工艺要求和铜箔叠层，在层压机上经过加热加压得到所需的覆铜箔层压板。

覆铜箔层压板由铜箔、增强材料和黏合剂三部分组成。所以，按照基板材料分类，印制电路板通常分为纸基印制板、玻璃布基印制板、合成纤维印制板、陶瓷基底印制板、金属芯基印制板等。

3. 按基板的弯曲特性分

(1) 刚性印制电路板 (Rigid Printed Board)

刚性印制电路板常常称为硬板，它使用的覆铜箔基材通常有酚醛纸质层压板、环氧纸质层压板、聚酯玻璃毡层压板和环氧玻璃布层压板等。聚酯玻璃毡层压板的机械性能低于玻璃布基材，但高于纸基材料，即使在高湿度环境下，也能保持好的绝缘性能，使用温度可达到 100~105℃。环氧玻璃布层压板的机械性能（弯曲强度、耐冲击性、XYZ 轴的尺寸稳定性、翘曲度和耐焊接热冲击）特别好，电气性能也比其他材料好，使用温度可达 130℃，而且受恶劣环境（湿度）影响小。

(2) 挠性印制电路板 (Flexible Printed Board)

挠性印制电路板是用挠性基材制成的电路板，可以有无覆盖层，又称为柔性板或软板。挠性印制电路板常用的覆铜箔基材主要有聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜、环氧聚酯玻璃纤维薄膜和氟化乙丙烯薄膜等。挠性印制电路板的主要特点是：可弯曲折叠，能方便地在三维空间装连，减小了电子整机设备的体积；质量轻，配线一致性好，使电子整机设备的可靠性得到提高。

(3) 刚挠印制电路板 (Rigid-Flex Printed Board)

刚挠印制电路板是利用挠性基材并在不同区域与刚性基材结合而制成的印制电路板。在刚挠结合区, 挠性基材和刚性基材上的导电图形通常是互连的。

使用挠性印制电路板和刚挠印制电路板可以连接不同平面间的电路, 可以折叠、卷曲、弯曲, 也可以连接活动部件, 实现三维布线。根据不同的电子设备不同的使用要求, 挠性印制电路板和刚挠印制电路板采用不同的材料。常用的覆铜箔挠性基材有覆铜箔聚酯薄膜和覆铜箔聚酰亚胺薄膜两种。

除了上述 3 种分类方法外, 还有以印制板基材和结构两种结合起来的分类方法, 如单面酚醛纸质印制板、双面环氧玻璃布印制板、多层聚酰亚胺印制板等。现在又有以加工工艺方法称呼的积层多层板 (BUM), 以布线密度称呼的高密度互连板 (HDI) 等。

1.1.3 印制电路板的制造工艺简介

印制电路板的制造工序大概包括照相制板、图像转移、蚀刻、钻孔、孔金属化、表面金属涂覆以及有机材料涂覆等。制造工艺分类方法较多, 但是基本可以分为两类, 即“减成法”(也称为“铜蚀刻法”)和“加成法”(也称为“添加法”)。

1. 减成法

减成法通常先用光化学法或丝网漏印法或电镀法在覆铜箔板的铜表面上, 将一定的电路图形转移上去, 这些图形都由一定的抗蚀材料所组成, 然后再用化学腐蚀的方法, 将不必要的部分蚀刻掉, 留下所需的电路图形。

减成法具体又分为以下几种工艺。

(1) 光化学蚀刻工艺。在洁净的覆铜板上均匀地涂布一层感光胶或粘贴光致抗蚀干膜, 通过照像底版曝光、显影、固膜、蚀刻获得电路图形。将膜去掉后, 经过必要的机械加工, 最后进行表面涂覆, 印刷文字、符号成为成品。这种工艺的特点是图形精度高、生产周期短, 适于小批量、多品种生产。

(2) 丝网漏印蚀刻工艺。将事先制好、具有所需电路图形的模板置于洁净的覆铜板的铜表面上, 用刮刀将抗蚀材料漏印在铜箔表面上, 即获得印料图形; 干燥后进行化学蚀刻, 除去无印料掩盖的裸铜部分之后去除印料, 即为所需电路图形。这种方法可以进行大规模机械化生产, 产量大, 成本低, 但精度不如光化学蚀刻工艺。

(3) 图形电镀蚀刻工艺。图形转移用的感光膜为抗蚀干膜, 其工艺流程如下:

下料→钻孔→孔金属化→预电镀铜→图形转移→图形电镀→去膜→蚀刻→电镀插头→热熔→外形加工→检测→网印阻焊剂→网印文字符号。

这种工艺现在已经成为双面板制造的典型工艺, 所以又称为“标准法”。

(4) 全板电镀掩蔽法。与“图形电镀蚀刻工艺”类似, 主要差别是: 这种方法使用一种性能特殊的掩蔽干膜(性软而厚), 将孔和图形掩盖起来, 蚀刻时作抗蚀膜用。其工艺流程如下:

下料→钻孔→孔金属化→全板电镀铜→贴光敏掩蔽干膜→图形转移→蚀刻→去膜→电镀插头→外形加工→检测→网印阻焊剂→焊料涂覆→网印文字符号。



(5) 超薄铜箔快速蚀刻工艺。又称“差分蚀刻工艺”。该工艺使用超薄铜箔的层压板,主要工艺与“图形电镀蚀刻工艺”相似。只是在图形电镀铜后,电路图形部分和孔壁金属铜的厚度约 $30\mu\text{m}$ 以上,而非电路图形部分的铜箔仍为超薄铜箔的厚度 ($5\mu\text{m}$)。对它进行快速蚀刻, $5\mu\text{m}$ 厚的非电路部分被蚀刻,仅留下有少量腐蚀的电路图形部分。这种方法可以制得高精度、高密度的印制板,是有希望和有前途的一种新型工艺技术。

2. 加成法

(1) 全加成工艺。也称 CC-4 法。它完全用化学镀铜形成电路图形和孔金属化互连,其工艺如下:

催化性层压板下料→涂催化性黏合剂→钻孔→清洗→负相图形转移→粗化→化学镀铜(后面的处理与减成法相同)→去膜→电镀插头→外形加工→检测→网印阻焊剂→焊料涂覆→网印文字符号。

(2) 半加成法。这种工艺方法是使用催化性层压板或非催化性层压板,钻孔后用化学镀铜工艺使孔壁和板面沉积一层薄金属铜(约 $5\mu\text{m}$ 以上),然后负相图形转移,进行图形电镀铜加厚(有时也可镀 Sn-Pb 合金),去掉抗蚀膜后进行快速蚀刻,非图形部分 $5\mu\text{m}$ 的铜层迅速被蚀刻掉,留下图形部分,即孔也被金属化了的印制板。

这种方法将电镀加成与快速蚀刻相结合,所以又称为“半加成法”。

(3) NT 法。这种方法使用具有催化性覆铜箔层压板,首先用一般方法蚀刻出导体图形,然后将整块板面涂环氧树脂膜(或只将焊盘部分留出),进行钻孔、孔金属化,再用 CC-4 法沉积所需厚度的铜,得到孔金属化的印制板。

(4) 光成形法。这种方法是在预先涂有黏合剂的层压板上钻孔并粗化处理,浸一层光敏性敏化剂,干燥后用负相底片曝光,然后再用 CC-4 法进行沉铜。这种方法的优点是不需印制图形,是用光化学反应产生电路图形,比较简单经济。

(5) 多重布线法。这种方法使用数控布线机,将用聚酰亚胺绝缘的铜导线布设在绝缘板上,被黏合剂粘牢。钻孔后用 CC-4 法沉铜以连接各层电路。这种方法可用布线机与计算机联合工作,面线可以重叠和交叉,布线密度高,速度快,生产周期短,成本低。

加成法多用于双面板与多层板的制作,因此,每一种方法都存在孔金属化的共同问题。它与电路图形制作是一起完成的。它与减成法的主要不同之处就是无需进行蚀刻。

1.2 印制电路板的设计流程

有很多读者和学生经常问我,为什么在 PADS Layout 中导入(Import) OrCAD 生成的网络表时总是不成功?要么找不到网络表文件,要么有很多 PCB 封装根本找不到,甚至一个 PCB 封装都找不到。这里的原因各异,其中有一个主要的原因是 PADS Layout 的初学者没有理解印制电路板的设计流程。如果有很多前期工作还没有做,就开始在 PADS Layout 中导入网络表,那肯定是不成功的。

鉴于目前国内的现状是工程技术人员较喜欢使用 OrCAD 绘制原理图,然后采用 PADS Layout 设计印制电路板,同时笔者的另外两本书《OrCAD 9.2 和 PowerPCB 5.0 实用教程》(国防工业出版社,2005年8月第一版)和《OrCAD 电路原理图设计与应用》(机械工业出版

社，2008年1月第一版），都详细讲解了如何把 OrCAD 电路图生成的网络表导入到 PADS 的 PCB 软件中，所以本书提到绘制原理图，都是指采用 OrCAD 绘制原理图。

PCB 的设计工作流程主要包括几个部分：制作 PCB 封装、在 OrCAD 中生成网络表、绘制电路板边框、导入网络表、定义设计规则、元器件布局、布线、检查、输出，如图 1-1 所示。

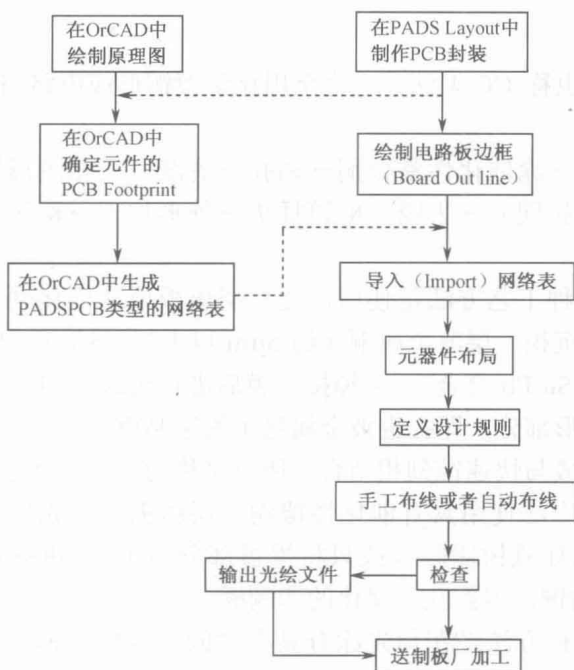


图 1-1 印制电路板设计流程

导入网络表有两种方法：一种方法是，同时打开 PADS Logic 和 PADS Layout，使用 PADS Logic 的【Tools】→【PADS Layout...】菜单命令，调出【PADS Layout Link】对话框，在该对话框中选择【Send Netlist】命令，就可以通过目标链接与嵌入（OLE）技术完成 PADS Logic 和 PADS Layout 的数据交换。这种方法的优点是保持了原理图和 PCB 图的一致，尽量减少出错可能性。另一种方法是，在 PADS Layout 中选择【File】→【Import...】菜单命令，直接将原理图生成的网络表导入到 PADS Layout 中。

在导入网络表以后，所有的元器件都会放在工作区的零点，重叠在一起。接下来的工作是把这些元器件分开，并按一些规则摆放整齐，这就是元器件布局。PADS Layout 中提供了两种方法：手工布局和自动布局。自动布局和局部电路的自动布局在大多数设计中效果并不理想，不推荐使用。

布线的方式也有两种，手工布线和自动布线。PADS Layout 提供的手工布线的功能包括自动推挤、在线设计规则检查（DRC）。自动布线是由 Specctra 的布线引擎进行。通常在设计中各取其优点，两种方法配合使用，一般的步骤是：手工布线→自动布线→手工修改布线。

检查的项目有间距（Clearance）、连接性（Connectivity）、高速规则（High Speed）和电源