

Practices of Circuit Design Based on
OrCAD & PADS Layout

OrCAD 和 PADS Layout
电路设计与实践

魏雄 陆玲 编著

内容简介



OrCAD和PADS Layout 电路设计与实践

魏雄·陆玲 编著

西安电子科技大学出版社



内 容 简 介

本书是一本电子线路 CAD 技术指导书, 包括利用 OrCAD 软件绘制电路原理图和利用 PADS Layout 软件设计 PCB 两方面内容。本书遵循循序渐进的思维方式编排内容, 按照“创建元件库和元件→绘制电路原理图→后续处理”的顺序介绍利用 OrCAD 软件绘制电路原理图, 按照“创建元件库和制作 PCB 封装→布局→布线→设计检查和 CAM 输出”的顺序介绍利用 PADS Layout 软件设计 PCB, 力求使读者花最少的时间和精力掌握这两方面知识的基本方法与技巧。

本书既可作为高等院校电子、电气、通信、计算机等专业和相关专业教材, 也可作为工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

OrCAD 和 PADS Layout 电路设计与实践/魏雄, 陆玲编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-5606-2520-1

I. ① O… II. ① 魏… ② 陆…

III. ① 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—应用软件, OrCAD、PADS Layout

IV. ① TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246620 号

策 划 陈 婷

责任编辑 秦志峰 陈 婷

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20.25

字 数 478 千字

印 数 1~3000 册

定 价 38.00 元(含光盘)

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2520 - 1/TN · 0588

XDUP 2812001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

计算机辅助设计在电子线路设计中的应用,通常被称为电子线路 CAD 技术。该技术是一名电子工程师必须具备的基本技能之一。

“工欲善其事,必先利其器”。功能强大、操作简单的电子线路 CAD 软件,不仅有助于减轻劳动强度、减少工作量,还能提高产品质量、缩短产品开发周期,因此受到了电子工程师的欢迎。目前已有多种电子线路 CAD 软件得到了广泛应用。依作者多年的使用经验,在这些软件中,Protel 软件的性能比较差,但在国内是最早流行的,并且普及面很广;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 在设计 PCB 方面功能卓越。

从 2000 年开始使用 Protel 99 到 2002 年使用 OrCAD、PowerPCB,再到使用它们的升级版本——Protel DXP(Altium Designer)、Cadence OrCAD、PADS Layout 2007,本书的作者已经深谙上述软件各个版本的优劣。实践证明,利用 OrCAD 软件绘制电路原理图,再利用 PADS Layout 软件设计 PCB,是扬长避短的最佳组合模式。

本书是一本电子线路 CAD 技术指导书,包括利用 OrCAD 软件绘制电路原理图和利用 PADS Layout 软件设计 PCB 两方面内容,力求使读者花最少的时间和精力掌握这两方面知识的基本方法与技巧。本书内容的编排遵循循序渐进的思维方式,对于初学者,既不可跳跃某些章节去学习,也不可囫圇吞枣式地学习,必须依章节顺序学习。

本书由魏雄、陆玲共同编写。各章节内容的安排是:先按照“创建元件库和元件→绘制电路原理图→后续处理”的顺序介绍利用 OrCAD 软件绘制电路原理图,再按照“创建元件库和制作 PCB 封装→布局→布线→设计检查和 CAM 输出”的顺序介绍利用 PADS Layout 软件设计 PCB。

本书既可作为高等院校电子、电气、通信、计算机等专业和相关专业教材,也可作为工程技术人员的参考书。

与本书配套的学习指导可参考作者的另外两本书:《OrCAD 电路原理图设计入门与提高》(西安电子科技大学出版社,2009 年 7 月,魏雄等编著)、《PADS Layout 2007 印制电路板设计与实例》(电子工业出版社,2009 年 1 月,王仁波、魏雄等编著)。

感谢您使用本书,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

编 者
2010 年 7 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 电子线路 CAD 技术	1
1.2 常用的 CAD 软件	1
1.3 电路原理图的基本组成要素和设计的基本过程	2
1.4 印制电路板的基本知识	3
1.4.1 印制电路板的发展历史	3
1.4.2 印制电路板的种类	4
1.4.3 印制电路板的制造工艺简介	5
1.5 印制电路板的设计流程	7
第 2 章 在 OrCAD Capture CIS 中创建元件	8
2.1 OrCAD Capture CIS 的窗口界面和文件管理	8
2.2 创建自己的元件库	10
2.3 单一元件和复合元件	10
2.4 元件设计窗口的基本操作和栅格设置	11
2.4.1 新建元件	11
2.4.2 元件设计窗口的基本操作	13
2.4.3 元件设计窗口的栅格设置	13
2.5 创建元件举例	14
2.5.1 创建 DM74LS125A 单一元件	14
2.5.2 创建 DM74LS125A 复合元件	16
第 3 章 电路原理图绘制	20
3.1 电路原理图设计窗口的界面和参数设置	20
3.1.1 电路原理图设计窗口的界面	20
3.1.2 设置模板的页面尺寸(page size)	21
3.1.3 电路原理图设计窗口的参数设置	22
3.2 电路原理图设计窗口的基本操作	23
3.2.1 视图的控制	23
3.2.2 【Place Part】对话框中元件库的添加与移动	24
3.2.3 放置元件、电源符号和地符号	25
3.2.4 元件的基本操作	25
3.3 电路连接的基本操作	26
3.3.1 绘制电连线	26
3.3.2 绘制总线和总线分支	27

3.3.3	放置页连接符号	28
3.3.4	放置网络标号	28
3.3.5	放置不连接符号	29
3.3.6	放置线路节点	30
3.4	修改元件的编号和名称	31
3.5	绘制无电气性能的图形	31
3.6	修改元件的技巧和重新调用修改过的元件	33
3.7	创建阶层模块电路图	33
3.7.1	OrCAD Capture CIS 电路原理图的三种结构	34
3.7.2	阶层模块电路图的设计	35
3.7.3	阶层模块与它对应的电路原理图之间的切换	38
3.7.4	阶层模块与它对应的电路原理图之间的自动更新	38
3.8	设计电路原理图的后续处理	39
3.8.1	元件的重新编号	39
3.8.2	在页连接符号和阶层端口旁边标注页码	41
3.8.3	材料清单的生成	42
第 4 章	OrCAD 原理与 PADS Layout 印制电路板的接口	46
4.1	在 OrCAD Capture CIS 中绘制电路原理图	46
4.2	在 OrCAD Capture CIS 中生成网络表	47
4.3	在 PADS Layout 中导入网络表	48
第 5 章	制作 PCB 封装的预备知识	52
5.1	PCB 封装基本知识	52
5.2	封装制作窗口的界面	53
5.3	无模命令	55
5.4	系统参数设置	55
5.4.1	栅格的设置	55
5.4.2	设计单位的设置	56
5.4.3	光标形式的设置	57
5.4.4	拖动操作的设置	58
5.5	封装制作窗口的基本操作	58
5.5.1	打开元件库里的一个 PCB 封装	58
5.5.2	视图的操作	59
5.5.3	对象的选择	59
5.5.4	复制、粘贴、剪切和删除	61
5.5.5	移动与定位	61
5.6	PCB 封装和元件类型的关系	62
5.7	元件的管理和元件库的操作	63
5.7.1	元件的管理	63
5.7.2	新建一个元件库	64

5.7.3	元件库列表的基本操作	65
5.7.4	元件的复制、粘贴等操作	66
5.7.5	元件库的导入导出	67
第6章 利用 Wizard 向导器制作 PCB 封装		70
6.1	PADS Layout 系统自带元件库中常见的 PCB 封装	70
6.2	绘图子工具栏	74
6.3	利用【DIP】标签页制作双列直插式封装	75
6.3.1	【DIP】标签页简介	75
6.3.2	制作串口电平转换芯片 SP3223UEP 的 PCB 封装	76
6.4	利用【SOIC】标签页制作小外形封装	80
6.4.1	【SOIC】标签页简介	80
6.4.2	制作 RAM 存储器 A62S6308V-10S 的 PCB 封装	82
6.5	利用【QUAD】标签页制作四方引出扁平封装	85
6.5.1	【QUAD】标签页简介	85
6.5.2	制作 C51 系列单片机 C8051F023 的 PCB 封装	86
6.6	利用【Polar】标签页制作圆周引出引脚直插式封装	90
6.6.1	【Polar】标签页简介	90
6.6.2	制作晶体管 2N3866 的 PCB 封装	91
6.7	利用【Polar SMD】标签页制作圆周引出引脚表贴式封装	95
6.8	利用【BGA/PGA】标签页制作 BGA 封装	96
6.8.1	【BGA/PGA】标签页简介	97
6.8.2	制作嵌入式微处理器 PXA255 的 PCB 封装	98
6.9	跳线的封装设计	102
第7章 手工制作 PCB 封装的技巧与实例		103
7.1	放置和定位引脚	103
7.2	引脚形状的制作	109
7.3	快速交换引脚编号	114
7.4	绘制 PCB 封装的丝印外框	115
7.5	制作 DC 电源插座的 PCB 封装	116
7.6	安装孔的 PCB 封装的制作及其调用	122
7.7	与元件类型相关的操作	124
第8章 PCB 设计窗口的界面和基本操作		129
8.1	进入 PCB 设计窗口的方法	129
8.2	PCB 设计窗口的界面	130
8.2.1	整体用户界面	130
8.2.2	菜单系统	130
8.2.3	主工具栏	136
8.2.4	子工具栏	136
8.3	PCB 设计窗口的颜色设置	138

8.4	过滤器的使用	139
8.5	鼠标选中对象的操作	141
8.6	视图的操作	142
8.6.1	视图的放大与缩小	142
8.6.2	特定要求的显示	142
8.6.3	视图的移动	143
第9章	布局和布线预备知识	144
9.1	设计单位的设置	144
9.2	栅格的设置	145
9.3	板外形、尺寸和电路板层	146
9.4	PCB 的分层堆叠策略	147
9.4.1	4 层板的堆叠策略	148
9.4.2	6 层板的堆叠策略	148
9.4.3	10 层板的堆叠策略	149
9.4.4	多电源层的设计	149
9.4.5	几点忠告	150
9.5	CAM Plane 层和 Split/Mixed Plane 层	150
9.6	设置印制电路板的分层参数	151
9.7	过孔的概念	157
9.8	过孔及其焊盘的设计	157
9.9	定制并使用需要的过孔	159
9.10	反焊盘、散热焊盘、花孔和花焊盘基本知识	162
9.11	工作原点设置	164
9.12	设计规则设置	164
9.13	On-line DRC(在线设计规则检查)模式设置	171
9.14	布线泪珠设置	172
第10章	布局设计	174
10.1	布局规划	174
10.1.1	PCB 的美观	174
10.1.2	布局要符合 PCB 的可制造性	175
10.1.3	按照电路的功能单元进行布局	176
10.1.4	特殊元件的布局	176
10.1.5	元件封装的选择	176
10.1.6	布局检查	177
10.2	手工布局的一般步骤	177
10.3	与电路板框相关的操作	178
10.4	Keepout 区域绘制	182
10.5	元件的操作	183
10.5.1	选择元件、对齐元件	184

10.5.2	查找元件、正反面翻转元件	185
10.5.3	移动、定位和胶住元件	186
10.5.4	现场更换和现场修改元件的 PCB 封装	187
10.5.5	增加或删除元件	189
10.5.6	径向移动元件	191
10.5.7	交换元件位置	192
10.5.8	元件组合	192
10.6	文本对象	196
第 11 章 布线设计		199
11.1	布线的基本知识	199
11.2	布线的基本操作	202
11.2.1	查找网络、选中网络和删除网络布线	203
11.2.2	增加走线	204
11.2.3	动态布线	207
11.2.4	总线布线	208
11.2.5	增加拐角和分割走线	210
11.2.6	增加跳线	211
11.2.7	增加测试点	213
11.3	修改电路原理图的操作	213
11.3.1	ECO 参数设置	214
11.3.2	增加两个引脚之间的连接关系	217
11.3.3	增加元件	219
11.3.4	修改网络名和元件编号	222
11.3.5	更换元件类型或 PCB 封装	223
11.3.6	删除连接、网络和元件	226
11.3.7	自动重新编号	228
11.4	布线设计小技巧	229
11.4.1	设置特殊网络的颜色	229
11.4.2	设计裸露的铜皮和导线	230
11.4.3	各种对象的坐标定位以及过孔栅格的作用	233
11.5	布线过程中常用的快捷键	234
第 12 章 绘图与覆铜		236
12.1	绘图子工具栏	236
12.2	绘制电路板边框	236
12.3	绘制 2D Line 图形	239
12.4	放置文本	242
12.5	信号层铺铜	243
12.6	信号层绘制灌铜区	247
12.6.1	信号层绘制灌铜区和禁止灌铜区	247

12.6.2	以不同的方式显示灌铜区	251
12.7	“Split/Mixed Plane”层灌铜	253
12.7.1	设置特殊网络的显示颜色	253
12.7.2	“Split/Mixed Plane”层的手工分割和自动分割	254
12.7.3	“Split/Mixed Plane”层灌铜区的嵌套	258
12.8	添加焊盘泪珠	259
12.9	自动标注尺寸	260
12.9.1	自动标注尺寸的基本操作	260
12.9.2	自动标注方式	264
12.9.3	对齐标注方式	264
12.9.4	旋转标注方式	265
12.9.5	角度标注方式	266
12.9.6	圆弧标注方式	267
12.9.7	引出线标注方式	267
12.10	在PCB上制作公司的商标图形	268
第13章	设计检查与后处理	272
13.1	设计检查简介	272
13.2	安全间距检查	274
13.3	连通性检查	275
13.4	高速检查	276
13.5	平面层检查	277
13.6	PCB文件与OrCAD电路原理图的差异比较	278
13.7	PCB设计的后处理操作	283
第14章	CAM输出	288
14.1	Gerber文件基本知识	288
14.2	Gerber文件输出	289
14.2.1	进入CAM文件管理器	289
14.2.2	输出“Routing”层的Gerber文件	292
14.2.3	输出“Silkscreen”层的Gerber文件	295
14.2.4	输出“CAM Plane”层的Gerber文件	298
14.2.5	输出“Paste Mask”层的Gerber文件	300
14.2.6	输出“Solder Mask”层的Gerber文件	302
14.2.7	输出“Drill Drawing”层的Gerber文件	304
14.2.8	输出“NC Drill”层的Gerber文件	306
14.3	打印输出	307
14.4	绘图仪输出	308
附录A	PADS Layout中的无模命令	309
附录B	PADS Layout中的快捷键	312
参考文献		314

第1章 概 述

1.1 电子线路 CAD 技术

CAD 是“computer aided design”的缩写。电子线路 CAD 也就是利用计算机辅助设计电子线路,包括电路原理图的设计、印制电路板的设计、电子线路的仿真,等等。

CAD 最早的含义是计算机辅助绘图,随着计算机技术的不断发展,CAD 的含义发展为利用计算机辅助进行各种设计。目前,电子设计自动化(electronic design automation, EDA)这一术语逐渐包含了电子线路 CAD 的含义。

1.2 常用的 CAD 软件

国内流行的电子线路 CAD 软件很多,各有其优缺点。

最初国内很多小企业和工程师使用 Protel 软件,我国高校也长期以 Protel 软件作为授课的主要内容,以至国外很多其他更优秀的电子线路 CAD 软件只在国内一些有实力的大型专业公司使用。实际上,由于设计上的瓶颈,Protel 无法突破自身的局限性,比如不兼容 Microsoft Windows 基本操作、生成的设计文件庞大、用户界面不符合 Microsoft Windows 标准、设计原理图和布板功能比较差等,而 Protel 99 SE、Protel 2004 和 Protel DXP 等各个版本也都没有彻底改变这些缺陷。

相比之下,OrCAD 和 PADS 的操作和界面基本上符合 Microsoft Windows 标准,操作简单,功能强大,易学好用。

Cadence 公司的 OrCAD 软件系统是 CAD 软件中的佼佼者,它包括很多功能模块,能设计电路原理图,能进行 FPGA 和 CPLD 的设计与综合,能进行印制电路板的设计,等等。特别是该软件中专门用于原理图设计的 OrCAD Capture CIS 模块,功能齐全,操作简单,界面友好,赢得了广大设计者的一致好评。Capture CIS 与广大的 PCB 设计软件相兼容,它可以支持 40 多种以上 PCB Layout 软件的网络表格式,包含 OrCAD Layout、Allegro、PADS 2000、Mentor Graphics BoardStation、PADS Layout,等等。

PADS 软件的版本从 PowerPCB(Power Logic)、PADS2005,到目前的最高版本 PADS2007,一直都受到使用者的青睐。它的主要功能组件包括:PADS Logic,用于设计电路原理图;PADS Layout,用于设计印制电路板;HyperLynx,用于提供信号完整性仿真和 EMI 分析;PADS Router,用于设计印制电路板的自动布线工具。在众多的电子线路 CAD 软件中,PADS Layout 在设计印制电路板方面的功能卓越,操作简单易学。

PADS Layout 既可以与 PADS Logic 配合使用,也可以与 OrCAD 配合使用,本书着重介绍 OrCAD Capture CIS(用于电路原理图的设计)软件与 PADS Layout 2007(用于印制电路板的设计)软件配合使用完成电子线路的设计,这样不仅有强强联合、优势互补的作用,而且可提高工作效率。

1.3 电路原理图的基本组成要素和设计的基本过程

一个电子产品的电路原理图通常设计在一张或几张电路图纸上。电路原理图的基本组成要素有:元件、电连线(包括电连线的节点)、网络标号、电源和地符号、不连接符号、说明文字、标识图形,有些电路图还包括总线和总线分支、阶层模块和阶层端口、页连接符号等。

设计电路原理图的主要工作是创建元件。设计电路原理图的基本过程是:根据元件资料创建元件,将元件保存在元件库里,然后调用元件库里的元件设计电路原理图。

设计电路原理图就像总装一辆汽车,汽车的每一个零部件并不是在总装现场生产的,而是从库里面取出来的;设计电路原理图时需要的元件,也是事先创建好并存放在库里面,使用时再从库里面调出来的。电路原理图设计窗口就像一个汽车总装厂,元件编辑窗口就像一个零部件加工厂,它们的关系如图 1-1 所示。

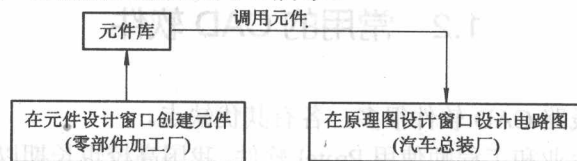


图 1-1 设计电路原理图示意图

实际上不管是 Protel, 还是 PADS Logic 和 OrCAD, 用它们设计电路原理图的基本过程都是一样的,都可以用图 1-2 所示流程图来表示。理解了这一个基本过程,学习起来就不难了。

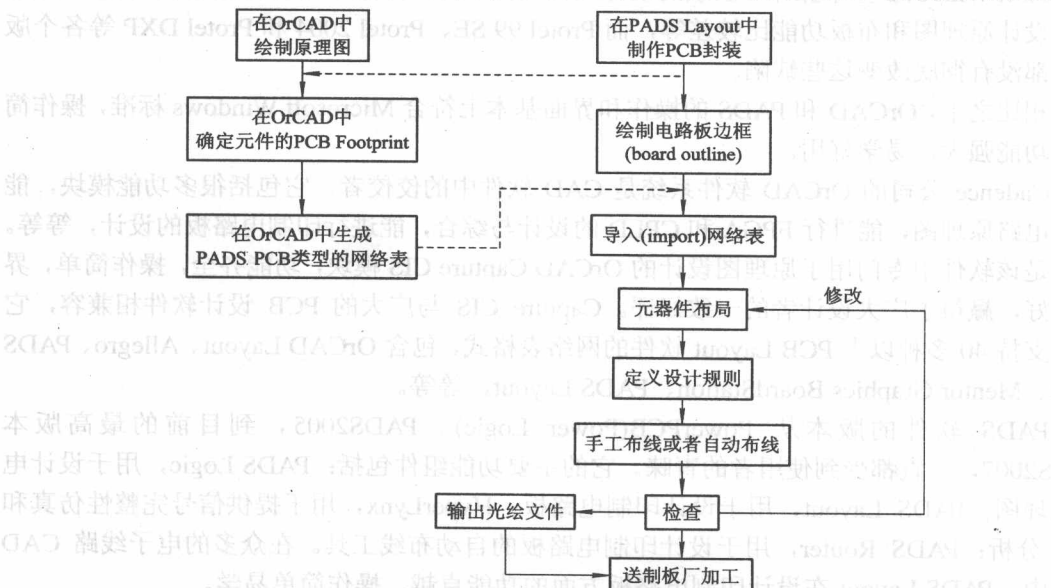


图 1-2 印制电路板设计流程图

1.4 印制电路板的基本知识

印制电路板被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。设计印制电路板,是电子线路设计过程中继设计电路原理图之后的另一项重要工作。

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。印制线路只是在绝缘基板形成的铜导线图形,不包括印制元件(如印制电阻、印制电容、印制电感等)。印制电路或印制线路的产品板通常不加区别地被称为印制电路板(printed circuit board, 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,即有支撑和互连两大作用。

1.4.1 印制电路板的发展历史

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

1. 印制电路板的诞生期(1936 年至 20 世纪 40 年代末)

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。在这个时期,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、化学沉积法和涂敷法等。当时,采用上面所述生产技术的印制电路板曾在 1936 年底被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)

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。这个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,它是一种采用 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)

20 世纪 60 年代,印制电路板采用覆铜箔玻璃布环氧树脂层压板(GE 基材)。自 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,目的是解决 GE 基板在初期的加热翘曲变形、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。从 1965 年起,日本好几家制造商开始批量生产 GE 基板。这期间工业电子设备多用 GE 基板,民用电子设备多用 PP 基板,已成为常识。

4. 印制电路板的快速发展期(20 世纪 70 年代)

20 世纪 70 年代,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。从 1970 年起,电子交换机中开始使用 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,从此多层印制电路板得到了快速的发展。在这个时期,超过 20 层的印制电路板是采用聚酰亚胺树脂层压板作为绝缘基板的。

这个时期的印制电路板从 4 层向 6 层、8 层、10 层、20 层、40 层乃至更多工作层面发展,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 0.5 mm 向 0.35 mm、0.2 mm、0.1 mm 发展,印制电路板单位面积上布线密度大幅提高。另外,印制电路板从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时期,它被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了实用期,产量开始急剧增加;IC 元件封装形式也开始进入球栅阵列(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面。在电子工业领域中,印制电路板已经形成了一个新兴的、强大的制造行业。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器件的研究开发,从而引起印制电路板制造工业的革命性发展。

1.4.2 印制电路板的种类

1. 按结构分类

(1) 单面印制电路板(single-sided boards)。单面印制电路板被大量应用于收音机、录音机、电话、玩具等各种消费类电子产品中。

单面印制电路板的厚度一般为 1~2 mm,它只是在一面印制了电路,因而只能在一面布线,通常也只能在另一面放置元件。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,主要被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。一些特殊封装的集成电路,要求使用的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. 按基板材料分类

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、纸等增强材料浸渍于环氧树脂、酚醛树脂等黏合剂中,在适当温度下烘干,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、加压得到所需要的覆铜箔层压板。

覆铜箔层压板由铜箔、增强材料和黏合剂等三部分组成。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,等等。

3. 按基板的弯曲特性分类

(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良好的绝缘性能,使用温度可达 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 。环氧玻璃布层压板的机械性能(如弯曲强度、耐冲击性、XYZ 轴的尺寸稳定性、翘曲度和耐焊接热冲击性)特别好,电气性能也比其他材料好,使用温度可达 130°C ,而且受恶劣环境(如湿度)的影响小。

(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的不同使用要求,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。

除了上述三种分类方法外,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谓的积层多层板(BUM),以布线密度称谓的高密度互连板(HDI)等。

1.4.3 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、表面金属涂敷以及有机材料涂敷等。制造工艺的分类方法较多,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

这类方法通常先用光化学法或丝网漏印法或电镀法在敷铜箔板的铜表面上,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,将不需要的部分图形蚀刻掉,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。该工艺是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,最后进行表面涂敷,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。该工艺是将事先制好、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,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。该工艺与“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→焊料涂敷→网印文字符号

(5) 超薄铜箔快速蚀刻工艺。该工艺又称“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为 $30\mu\text{m}$ 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。该工艺也称 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→涂催化性黏结剂→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→焊料涂敷→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(包括孔)就是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。该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) 光成型法。该方法是在预先涂有黏结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, 而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。该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, 被黏结剂粘牢。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。加成法与电路图形制作是一起完成的, 与减成法的不同之处就是无须进行蚀刻。

1.5 印制电路板的设计流程

鉴于目前国内的现状是工程技术人员都喜欢使用 OrCAD 软件设计电路原理图, 然后应用 PADS Layout 软件设计印制电路板, 所以本书提到的设计电路原理图, 都是指应用 OrCAD 设计电路原理图; 提到的 PCB 设计, 都是指应用 PADS Layout 2007 设计 PCB。关于应用 OrCAD 设计电路原理图, 本书只作简要介绍, 详细介绍参见《OrCAD 电路原理图设计入门与提高》(西安电子科技大学出版社 2009 年 7 月出版发行, 魏雄等编著)。

PCB 的设计工作流程主要包括制作 PCB 封装、在 OrCAD 中生成网络表、绘制电路板边框、导入网络表、设置设计规则、元件布局、布线、检查、输出等, 如图 1-2 所示。

设计 PCB 跟设计电路原理图的基本思想都是一样的, 我们也可以沿用前面讨论的例子来描述 PCB 的设计。设计 PCB 时需要的每一个元件的 PCB 封装, 也是事先制作好并存放在库里, 然后按照网络表从库里调出来的。PCB 设计窗口就像一个汽车总装厂, PCB 封装制作窗口就像一个零部件加工厂, 它们的关系如图 1-3 所示。

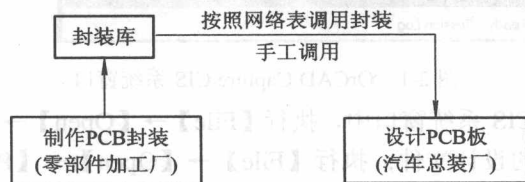


图 1-3 设计印制电路板示意图

结合图 1-2 比较图 1-1 和图 1-3, 可以发现设计电路原理图与设计印制电路板之间的差别是: 开始设计电路板时是根据网络表一次性调用库里的 PCB 封装, 此后只是在修改电路原理图时才手工调用 PCB 封装, 而采用 OrCAD 设计电路原理图时只能手工调用元件。

因为绝大部分电子线路 CAD 软件设计电路原理图和设计 PCB 的基本过程都是一样的, 所以理解图 1-1 和图 1-3 就是学好电子线路 CAD 技术的基础。