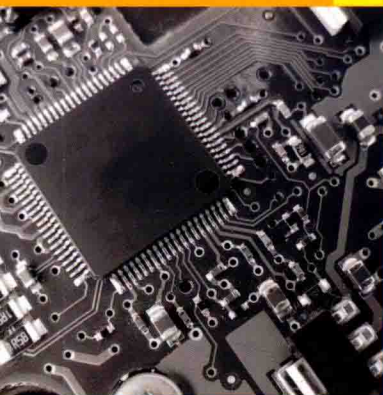


第2版

PADS Logic/Layout

原理图与 电路板设计

周润景 邵绪晨 等编著



非外借



免费相关范例



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书配有相关范例，可免费获取。

PADS Logic/Layout

原理图与电路板设计

第2版

周润景 邵绪晨 等编著



机械工业出版社

本书以 Mentor Graphics PADS VX.2 为基础,以具体电路为范例详尽讲解了元器件建库,原理图设计,电路板布局、布线、仿真,CAM 文件输出等电路板设计的全过程。原理图设计采用 PADS Logic 软件,讲解元器件符号的创建、元件管理及原理图设计;电路板设计采用 PADS 软件,详尽讲解元器件建库、电路板布局、布线;输出采用 CAM350 软件,讲解如何进行导出与校验等。此外,为了增加可操作性,本书附有网络版电子资源包,其中的相关范例可以使读者尽快掌握相关软件工具并能设计出高质量的电路板电路。

本书适合从事电路板设计的技术人员阅读,也可作为高等学校相关专业的教学用书。本书配有相关范例,可免费获取。

(需要本书范例的读者,请实名向本书责任编辑索取,邮箱: jinacmp@163.com)

图书在版编目(CIP)数据

PADS Logic/Layout 原理图与电路板设计:第2版/
周润景等编著. —2版. —北京:机械工业出版社,
2017.9

ISBN 978-7-111-57820-8

I. ①P… II. ①周… III. ①电路设计—计算机辅助
设计—应用软件 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 206766 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 陈瑞文 王小东
封面设计:张静 责任校对:刘秀芝
责任印制:李昂
北京宝昌彩色印刷有限公司印刷
2017 年 10 月第 2 版第 1 次印刷
184mm×260mm·24 印张·580 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-57820-8
定价:59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务

服务咨询热线:010-88379833
读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com
机工官博:weibo.com/cmp1952
金书网:www.golden-book.com
教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着电路设计规模的不断扩大以及高速电路越来越被广泛地使用,普通的 EDA 设计工具已经不能满足日益缩短的产品设计周期和复杂的电路功能的要求。PADS 软件是基于 PC 平台开发的,完全符合 Windows 的操作习惯,具有高效率的布局、布线功能,是解决电路中复杂的高速、高密度互连问题的理想平台。

Mentor Graphics 公司已经推出 PADS 软件的最新版本 PADS VX.2。PADS 软件因其功能强大且易于使用而受到全球电路设计者的喜爱和信赖,被广泛应用于不同领域的电子产品设计中。为了使广大的电路设计者能够对 PADS 中最新的功能有一个初步的了解和认识,加强对 PADS 高级应用功能的了解和掌握,特编写本书。本书共 17 章,分 3 个部分,包括 PADS Logic、PADS Layout 和 CAM350。

本书介绍的电路系统设计工具包含以下 4 个模块。

(1) 原理图设计 (PADS Logic): PADS Logic 是 Mentor Graphic 公司的 PADS 电路设计软件的一个主要模块。该软件模块主要用来设计绘制原理图,产生 PCB 设计所需要的网络表。该模块与后端的 Layout 模块不论在界面还是操作方法上都有着极大的相似性,这样的优势使得原理图以及 PCB 的设计能够高度统一,使用户的操作更加简便,且得心应手。新版本增强了 PADS Logic 中从库中更新封装的功能——允许用户只更新选中的 CAE Decal 和 Pin Decal。

(2) PCB 库元件编辑工具: 可简便、直观、快速、准确地编辑各种标准与非标准封装库文件。在 PADS VX.2 版本中, PADS Decal Wizard (封装向导) 工具增强,通过输入参数建立封装,自动建立焊盘栈、器件外形框以及阻焊和钢网,产生的封装基于 IPC-7351B 标准。

(3) PCB 设计、布线工具: 手工布线与自动布线具有推挤布线,支线、总线布线,差分对、等长、均匀间隔布线等功能。自动布线具有很高的布线速度、布通率和布线质量,可以保证信号的完整性和电磁兼容性。新版本中, PADS Layout 和 Router 的同步功能更加方便与完善,并且两者环境可以自由切换,使操作更加简便; PADS Layout 过去忽略了差分间距,现在将差分网络作为线与线之间的间距来处理; 设计验证将会报告任何违反线与线间距的问题,避免误报线与线的间距冲突; 新版本增加了输出 ODB++, 首选的制造输出文档; 同时, Layout 可输出 PDF 格式的文件,输出的 PDF 文件支持搜索元件参考位号、引脚号、属性标签,可建立书签,支持自定义输出方案,并可复用,支持装配变量; 此外,新版本的 DXF 导出功能增强, Flat DXF 可以让用户自己选择数据输出,这样 Flat DXF 可以给出更小的、更易管理的文件,DXF 更易集成到机械。同时增加了走线与在焊盘上显示网络名的功能,使得工程师在布线过程中更容易掌握走线规则; 并且, ECO (工程变更) 更新功能以及差分对布线功能也都得到了很大的改进。

(4) 报表生成 (CAM350): 可以生成完善齐全的报表,输出加工 PCB 所需的文档。

本书共 17 章,邵绪晨编写了第 6 章,其余的内容主要由周润景负责编写,全书由周润景统稿、定稿。此外,刘波、李楠、崔婧、任自鑫、李艳、邵盟、韩亦佺、刘艳珍、白

灵、王洪艳、姜攀、托亚、贾雯、何茹、张红敏、张丽敏、周敬、宋志清也参与了本书的编写，在此表示感谢！

本书的出版得到了 Mentor Graphics 公司的大力支持，在此表示感谢！

为帮助读者尽快掌握这套软件，本书的全部范例均采用网络版的形式提供给读者，请读者登录机械工业出版社的中国科技金书网（www.golden-book.com）注册下载，或发送邮件至 Jinacmp@163.com 索取。

由于作者水平有限加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

前 言

第 1 章 印制电路板的基础知识 1

1.1 印制电路板概述 1

1.1.1 印制电路板的结构 1

1.1.2 元件封装 1

1.1.3 铜膜导线 2

1.1.4 助焊膜和阻焊膜 3

1.1.5 层 3

1.1.6 焊盘和过孔 3

1.1.7 丝印层 4

1.1.8 覆铜 4

1.2 PCB 设计流程 4

1.3 PCB 设计的基本原则 6

1.3.1 布局 6

1.3.2 布线 7

1.3.3 焊盘大小 8

1.3.4 PCB 电路的抗干扰措施 9

1.3.5 去耦电容配置 9

1.3.6 各元件之间的接线 10

1.4 PCB 制造材料 11

1.5 PCB 的结构 12

1.6 PCB 的叠层设计 15

1.6.1 多层板 15

1.6.2 6 层板 16

1.6.3 4 层板 17

1.6.4 叠层设计布局快速参考 17

1.7 PCB 的布线配置 18

1.7.1 微带线 18

1.7.2 带状线 19

1.8 PCB 设计和电磁兼容 20

1.9 PCB 设计常用术语 22

练习题 23

第 2 章 PADS Logic 基础 24

2.1 PADS Logic 概述 24

2.2 PADS Logic 的设计环境 25

2.2.1 PADS Logic 设计图形界面 25

2.2.2 PADS Logic 的菜单命令 26

2.2.3 PADS Logic 的常用工具栏命令 30

2.2.4 右键快捷菜单 31

2.2.5 无模命令 31

2.2.6 状态窗口和状态条 31

2.3 设置 PADS Logic 的环境参数 32

2.3.1 全局参数设置 32

2.3.2 原理图设计参数的设置 34

2.3.3 字体和文本的设置 36

2.3.4 线宽的设置 37

2.4 PADS Logic 的视图操作 37

2.4.1 使用查看菜单命令 37

2.4.2 使用鼠标 40

2.4.3 使用快捷键 40

2.4.4 使用状态窗口 40

2.5 设置原理图的颜色 41

2.6 PADS Logic 的文件管理 42

练习题 43

第 3 章 PADS Logic 原理图设计 44

3.1 原理图的设计步骤 44

3.1.1 电路设计的一般步骤 44

3.1.2 原理图设计的一般步骤 44

3.2 建立原理图和设置图纸 45

3.2.1 建立新的原理图文件 45

3.2.2 设置图纸 46

3.2.3 原理图的多张图纸设计 46

3.3 添加和删除元件 47

3.3.1 添加元件 47

3.3.2 调整元件的方向 49

3.3.3 删除元件 49

3.4 元件库管理 49

3.4.1 元件库管理器 50

3.4.2 加载元件库 50

3.4.3 导入元件库的数据 51

3.4.4 导出元件库的数据	52	4.1.3 设置电气层数	82
3.4.5 创建新的元件库文件	53	4.1.4 设置层的厚度	82
3.4.6 向元件库添加新的图元	54	4.1.5 设置非电气层数	83
3.4.7 从元件库删除图元	54	4.2 设计规则定义	83
3.4.8 编辑元件库的某个图元	54	4.2.1 默认的规则	84
3.4.9 复制元件库的某个图元	55	4.2.2 类规则	88
3.4.10 打印库的图元	55	4.2.3 网络规则	89
3.5 编辑元件	56	4.2.4 条件规则	90
3.5.1 编辑元件的流水号和类型	56	4.2.5 差分对规则	91
3.5.2 设置元件的 PCB 封装	57	4.2.6 设置规则报告	93
3.5.3 设置文本的可见性	58	4.3 生成材料清单和其他报表	93
3.5.4 设置元件的属性	58	4.3.1 生成材料清单	93
3.5.5 设置未使用的引脚	59	4.3.2 生成其他报告内容	97
3.6 设置电阻、电容和电感值	59	4.4 生成 SPICE 网络表	97
3.7 元件位置的调整	61	4.5 生成网络表	99
3.7.1 对象的选取	61	4.5.1 生成 PCB 网络表	99
3.7.2 元件的移动	62	4.5.2 网络表导入 PADS Layout	100
3.7.3 元件的旋转	62	练习题	101
3.7.4 复制粘贴元件	63	第 5 章 制作元件与建立元件库	102
3.8 连接线路	63	5.1 元件编辑器	102
3.8.1 新的连线	63	5.1.1 CAE 图形编辑器	103
3.8.2 在不同页面间连线	64	5.1.2 元件编辑器	104
3.8.3 悬浮连线	66	5.1.3 元件类型编辑器	105
3.8.4 选择连线	67	5.2 创建元件的 CAE 图形	105
3.8.5 删除连线	67	5.2.1 手动绘制 CAE 图形	106
3.9 放置电源与接地元件	67	5.2.2 添加元件管脚	106
3.10 添加并连接总线	68	5.2.3 保存 74LS14 元件的 CAE 图形	108
3.10.1 添加总线	68	5.2.4 使用向导创建 CAE 图形	108
3.10.2 连接总线	70	5.3 创建并设置元件	109
3.10.3 快速连接总线	71	5.3.1 创建 CAE 图形	109
3.11 添加网络	73	5.3.2 设置管脚号	110
3.12 添加文本	74	5.3.3 设置管脚名称	111
3.12.1 添加自由文本	74	5.3.4 设置管脚类型	112
3.12.2 添加字段	74	5.3.5 设置门交换值	113
3.13 电路图示意	75	5.3.6 设置管脚顺序	113
练习题	78	5.3.7 调整标签的位置	113
第 4 章 层、设计规则和报表	80	5.3.8 添加或设置标签	114
4.1 设置电路板层	80	5.3.9 保存元件	114
4.1.1 显示层信息	80	5.4 设置元件的电气属性	115
4.1.2 设置层类型	81	5.4.1 设置元件的逻辑类型	116

5.4.2 设置元件的普通信息	116	7.2.7 设置显示颜色	194
5.4.3 设置元件的逻辑门数	117	练习题	196
5.4.4 分配元件的管脚	118	第 8 章 PADS Layout 的基本操作	197
5.4.5 设置元件的电源管脚	119	8.1 视图控制方法	197
5.4.6 设置元件的 PCB 封装	120	8.2 PADS Layout 的 4 种视图模式	197
5.4.7 设置元件的属性	120	8.3 无模式命令和快捷键	198
5.5 创建新的元件库	122	8.4 循环选择	202
练习题	123	8.5 过滤器基本操作	202
第 6 章 PADS Layout 的属性设置	124	8.5.1 鼠标右键菜单过滤器	203
6.1 PADS Layout 界面介绍	124	8.5.2 “选择筛选条件”窗口	204
6.2 “设置启动文件”功能简介	127	8.6 元器件基本操作	205
6.3 PADS Layout 的菜单	129	8.6.1 属性设置	205
6.3.1 “文件”菜单	129	8.6.2 添加新标签	206
6.3.2 “编辑”菜单	130	8.7 绘图基本操作	207
6.3.3 “查看”菜单	136	8.7.1 绘制板框	207
6.3.4 “设置”菜单	139	8.7.2 绘制 2D 线和标注文本	207
6.3.5 “工具”菜单	141	8.7.3 绘图模式下的右键快捷菜单	210
6.3.6 “帮助”菜单	146	第 9 章 元器件类型及库管理	212
6.4 PADS Layout 与其他软件的链接	146	9.1 PADS Layout 的元器件类型	212
练习题	150	9.2 封装编辑器界面简介	212
第 7 章 定制 PADS Layout 环境	151	9.3 封装向导	213
7.1 “选项”参数设置	151	9.3.1 DIP 封装向导	214
7.1.1 “全局”选项卡设置	151	9.3.2 SOIC 封装向导	217
7.1.2 “设计”选项卡设置	154	9.3.3 “四分之一圆周”封装向导	218
7.1.3 “栅格和捕获”选项卡设置	157	9.3.4 “极坐标”封装向导	219
7.1.4 “显示”选项卡设置	158	9.3.5 “极坐标”SMD 封装向导	220
7.1.5 “布线”选项卡设置	159	9.3.6 BGA/PGA 封装向导	220
7.1.6 “热焊盘”选项卡设置	164	9.4 不常用元器件封装举例	222
7.1.7 “分割/混合平面”选项卡设置	166	9.5 建立元器件类型	227
7.1.8 “绘图”选项卡设置	167	9.6 库管理器	236
7.1.9 “尺寸标注”选项卡设置	170	练习题	240
7.1.10 “过孔样式”选项卡设置	173	第 10 章 布局	241
7.1.11 “模具元器件”选项卡设置	175	10.1 布局前的准备	241
7.2 “设置”参数设置	175	10.1.1 绘制电路板边框	241
7.2.1 设置“焊盘栈”参数	175	10.1.2 组件隔离区的绘制	242
7.2.2 设置“钻孔对”参数	178	10.1.3 元器件的散布	243
7.2.3 设置“跳线”参数	179	10.1.4 与布局相关的设置	245
7.2.4 设置“设计规则”参数	180	10.2 布局应遵守的原则	247
7.2.5 设置“层”参数	191	10.3 手工布局	248
7.2.6 设置原点	193	10.3.1 移动、旋转等操作	248

10.3.2 对齐操作	252	13.2.5 旋转标注方式	299
10.3.3 元器件的推挤	253	13.2.6 角度标注方式	300
练习题	254	13.2.7 圆弧标注方式	300
第 11 章 布线	255	13.2.8 引出线标注方式	301
11.1 布线前的准备	255	第 14 章 工程修改模式操作	303
11.2 布线的基本原则	258	14.1 工程修改模式简介	303
11.3 布线操作	259	14.2 ECO 工程修改模式操作	304
11.3.1 增加布线	259	14.2.1 增加连接工具	305
11.3.2 动态布线	262	14.2.2 删除连接工具	305
11.3.3 草图布线	263	14.2.3 增加走线工具	306
11.3.4 自动布线	264	14.2.4 增加元器件工具	306
11.3.5 总线布线	264	14.2.5 删除元器件工具	307
11.3.6 添加拐角	265	14.2.6 更改元器件封装工具	308
11.3.7 分割布线	265	14.2.7 元器件标号更改工具	309
11.3.8 添加跳线	265	14.2.8 网络名称更改工具	309
11.3.9 添加测试点	266	14.2.9 删除网络工具	310
11.4 控制鼠线的显示和网络颜色的设置	272	14.2.10 交换引脚工具	310
11.5 自动布线器的使用	275	14.2.11 交换门工具	310
11.5.1 自动布线器的界面	275	14.2.12 自动重新编号工具	310
11.5.2 自动布线器使用实例	276	14.2.13 自动交换工具	312
11.5.3 自动布线器 Layout 与 Router 的同步	281	14.2.14 自动终端分配工具	312
练习题	283	14.2.15 增加复用模块工具	313
第 12 章 覆铜及平面层分割	284	14.3 比较和更新	315
12.1 覆铜	284	练习题	318
12.1.1 铜箔	284	第 15 章 设计验证	319
12.1.2 灌铜	286	15.1 设计验证简介	319
12.1.3 灌铜管理	289	15.2 设计验证的使用	319
12.2 平面层	290	15.2.1 间距验证	320
练习题	293	15.2.2 连接性验证	323
第 13 章 自动标注尺寸	294	15.2.3 高速验证	323
13.1 自动标注尺寸模式简介	294	15.2.4 验证平面层	326
13.1.1 两个端点的捕捉方式	294	15.2.5 测试点验证	327
13.1.2 两个端点引出的边界模式	295	15.2.6 制造方面错误的验证	328
13.1.3 标注基准线的模式	295	练习题	329
13.2 尺寸标注操作	297	第 16 章 定义 CAM 文件	330
13.2.1 自动标注方式	297	16.1 CAM 文件简介	330
13.2.2 水平标注方式	298	16.2 光绘输出文件的设置	332
13.2.3 垂直标注方式	298	16.2.1 “布线/分割平面”类型	335
13.2.4 对齐标注方式	299	16.2.2 “平面”类型	336
		16.2.3 “丝印层”类型	338

16.2.4 “助焊层”类型	340
16.2.5 “阻焊层”类型	342
16.2.6 “装配”类型	344
16.2.7 “钻孔”类型	344
16.2.8 “数控钻孔”类型	345
16.3 打印输出	347
16.4 绘图输出	347
练习题	348

第 17 章 CAM 输出和 CAM Plus	349
17.1 CAM350 用户界面介绍	349
17.1.1 CAM350 的菜单	350
17.1.2 CAM350 的工具栏	356
17.2 CAM350 的快捷键及 D 码	356
17.3 CAM350 中 Gerber 文件的导入	360
17.4 CAM 的排版输出	362
17.5 CAM Plus 的使用	370

第 1 章 印制电路板的基础知识

原理图的设计目标主要是进行后续的 PCB 设计，在学习具体的原理图设计和 PCB 制作之前，了解基本的 PCB 知识是很重要的。

1.1 印制电路板概述

首先了解印制电路板的结构，理解一些基本概念，尤其是涉及布线规则时，这些概念很重要。

1.1.1 印制电路板的结构

一般来说，印制电路板的结构有单面板、双面板和多层板 3 种。

(1) 单面板 单面板是一种一面有覆铜，另一面没有覆铜的电路板，用户只可在覆铜的一面布线并放置元件。单面板由于其成本低，不用打过孔而被广泛应用。但由于单面板走线只能在一面上进行，因此，它的设计往往比双面板或多层板困难得多。

(2) 双面板 双面板包括顶层 (Top Layer) 和底层 (Bottom Layer) 两层，顶层一般为元件面，底层一般为焊锡层面。双面板的双面都可以覆铜，都可以布线。双面板的电路一般比单面板的电路复杂，但布线比较容易，是制作电路板比较理想的选择。

(3) 多层板 多层板就是包含了多个工作层或电源层的电路板，一般指三层以上的电路板。除了上面讲到的顶层和底层以外，还包括中间层、内部电源或接地层等。随着电子技术的高速发展，电子产品越来越精密，电路板也就越来越复杂，多层电路板的应用也越来越广泛。

1.1.2 元件封装

通常设计完印制电路板后，将它拿到专门制作电路板的单位制作电路板，取回制好的电路板后，要将元件焊接上去。那么，如何保证取用元件的引脚和印制电路板上的焊盘一致呢？那就得靠元件封装了。

元件封装是指元件焊接到电路板时所指的外观和焊盘位置。既然元件封装只是元件的外观和焊盘位置，那么纯粹的元件封装仅仅是空间的概念，因此，不同的元件可以共用同一个元件封装；另一方面，同种元件也可以有不同的封装，如电阻元件，它的封装形式可以是针脚式或表贴式封装，所以在取用焊接元件时，不仅要知道元件名称，还要知道元件的封装。元件的封装可以在设计原理图时指定，也可以在引进网络表时指定。

注意：通常在放置元件时，应该参考该元件生产单位提供的数据手册，选择正确的封装形式，如果 PADS 没有提供这种封装，则可以自己按照数据手册绘制。

1. 元件封装的分类

元件的封装形式可以分成两大类，即针脚式元件封装和 SMT (表面贴装技术) 元件封装。针脚式封装元件焊接时要先将元件针脚插入焊盘导通孔，然后再焊锡。由于针脚式元件封装

的焊盘要过孔贯穿整个电路板,因此其焊盘的属性对话框中,PCB 的层属性必须为 Multi Layer (多层)。SMT 元件封装的焊盘只限于表面层,在其焊盘的属性对话框中,Layer 层属性必须为单一表面,如 Top layer 或者 Bottom layer。

下面讲述最常见的两种封装,它们分别属于针脚式元件封装和 SMT (表面贴装技术) 元件封装。

(1) DIP 双列直插封装,简称 DIP (Dual In-line Package),属于针脚式元件封装,如图 1-1 所示。DIP 封装结构具有适合 PCB 穿孔安装、易于对 PCB 布线和操作方便的特点。

DIP 结构形式有多层陶瓷双列直插式 DIP、单层陶瓷双列直插式 DIP、引线框架式 DIP (含玻璃陶瓷封装式、塑料包封结构式和陶瓷低熔玻璃封装式)。

(2) 芯片载体封装 属于 SMT 元件封装。芯片载体封装有陶瓷无引线芯片载体 (Lead-less Ceramic Chip Carrier, LCCC) 封装 (见图 1-2)、塑料有引线芯片载体 (Plastic Leaded Chip Carrier, PLCC) 封装 (见图 1-3, 与 LCCC 相似)、小尺寸封装 (Small Outline Package, SOP) (见图 1-4)、塑料四边引出扁平封装 (Plastic Quad Flat Package, PQFP) (见图 1-5) 和球栅阵列 (Ball Grid Array, BGA) 封装 (见图 1-6)。与 PLCC 封装或 PQFP 封装相比, BGA 封装更节省电路板的面积。

说明: SOP 和 PQFP 一般采用 SMT。

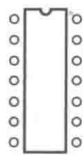


图 1-1 DIP



图 1-2 LCCC 封装

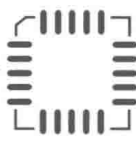


图 1-3 PLCC 封装

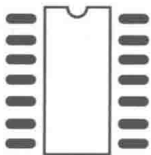


图 1-4 SOP

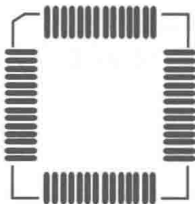


图 1-5 PQFP

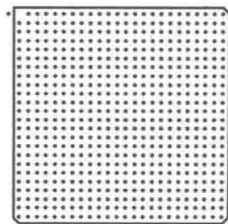


图 1-6 BGA 封装

2. 元件封装的编号

元件封装的编号一般为元件类型+焊盘距离 (焊盘数)+元件外形尺寸。可以根据元件封装编号来判别元件封装的规格。例如, RES1206 表示此元件为 SMT 元件, 两焊盘的几何尺寸为 1206; DIP16 表示双排引脚的元件封装, 两排共 16 个引脚。

说明: PADS 可以使用两种单位, 即英制和公制。英制单位为 in (英寸), 在 PADS 中一般使用 mil, 即微英寸, 等于 1/1000in。公制单位一般为 mm (毫米), 1in=25.4mm, 而 1mil=0.0254mm。本书中可能会出现 mil 和 mm 两种单位, 请注意换算。

1.1.3 铜膜导线

铜膜导线也称为铜膜走线, 简称导线, 用于连接各个焊盘, 是 PCB 最重要的部分。PCB

设计都是围绕如何布置导线来进行的。与导线有关的另外一种线，常称之为飞线。即预拉线。飞线是在引入网络表后，系统根据规则生成的，用来指引布线的一种连线。

飞线与导线有本质的区别，飞线只是一种形式上的连线。它只是在形式上表示出各个焊盘间的连接关系，没有电气的连接意义。导线则是根据飞线指示的焊盘间的连接关系而布置的，是具有电气连接意义的连接线路。

1.1.4 助焊膜和阻焊膜

各类膜(Mask)不仅是PCB制作工艺过程中必不可少的，而且更是元件焊装的必要条件。按“膜”所处的位置及其作用，“膜”可分为元件面(或焊接面)助焊膜(TOP或Bottom Solder)和元件面(或焊接面)阻焊膜(TOP或Bottom Paste Mask)两类。助焊膜是涂于焊盘上提高可焊性能的一层膜，也就是在绿色板子上比焊盘略大的浅色圆。阻焊膜的情况则正好相反，为了使制成的板子适应波峰焊等焊接形式，要求板子上非焊盘处的铜箔不能粘锡，因此在焊盘以外的各部位都要涂覆一层涂料，用于阻止这些部位上锡。可见，这两种膜是一种互补关系。

1.1.5 层

PADS的层不是虚拟的，而是PCB材料本身实实在在的铜箔层。现今，由于电子线路的元件密集安装、抗干扰和布线等特殊要求，一些较新的电子产品中所用的PCB不仅上下两面可供走线，在板的中间还设有能被特殊加工的夹层铜箔，例如，现在的计算机主板所用的PCB材料大多在4层以上。这些层因加工相对较难而大多用于设置走线较为简单的电源布线层(Ground Dever和Power Dever)，并常用大面积填充(如Fill)的办法来布线。上下位置的表面层与中间各层需要连通的地方用过孔(Via)来沟通。要提醒的是，一旦选定了所用PCB的层数，务必关闭那些未被使用的层，以免布线出现差错。

1.1.6 焊盘和过孔

(1) 焊盘(Pad) 焊盘的作用是放置焊锡、连接导线和元件引脚。焊盘是PCB设计中最常接触也是最重要的概念，但初学者却容易忽视它的选择和修正，在设计中千篇一律地使用圆形焊盘。选择元件的焊盘类型要综合考虑该元件的形状、大小、布置形式、振动和受热情况、受力方向等因素。PADS在封装库中给出了一系列不同大小和形状的焊盘，如圆、方、八角、圆方和定位用焊盘等，但有时这还不够用，需要自己编辑。例如，对发热且受力较大、电流较大的焊盘，可自行设计成“泪滴状”。一般而言，自行编辑焊盘时除了以上所讲的内容外，还要考虑以下原则：

- 1) 形状上长短不一致时，要考虑连线宽度与焊盘特定边长的大小差异不能过大。
- 2) 需要在元件引脚之间走线时，选用长短不对称的焊盘往往事半功倍。
- 3) 各元件焊盘孔的大小要按元件引脚粗细分别编辑确定，原则是孔的尺寸比引脚直径大0.2~0.4mm。

(2) 过孔(Via) 为连通各层之间的线路，在各层需要连通的导线的交汇处钻上一个公共孔，这就是过孔。过孔有3种，即从顶层贯通到底层的穿透式过孔、从顶层通到内层或从内层通到底层的盲过孔以及内层间的隐藏过孔。

过孔从上面看上去，有两个尺寸，即通孔直径和过孔直径，如图1-7所示。通孔和过孔之间的孔壁，用于连接不同层的导线。

一般而言,设计线路时对过孔处理有以下原则:

1) 尽量少用过孔,一旦选用了过孔,务必处理好它与周边各实体的间隙,特别是容易被忽视的中间各层与过孔不相连的线与过孔的间隙。

2) 需要的载流量越大,所需的过孔尺寸就越大,如电源层和地层与其他层连接所用的过孔就要大一些。

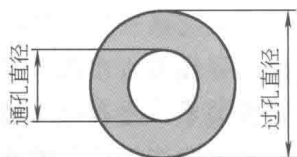


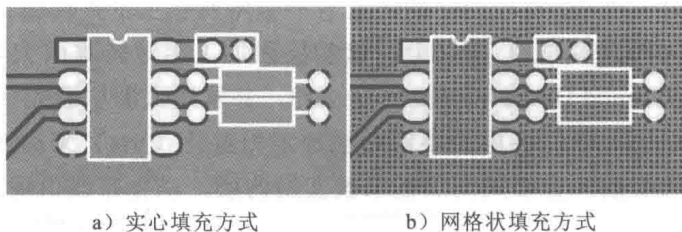
图 1-7 过孔尺寸

1.1.7 丝印层

为方便电路的安装和维修,在 PCB 的上下两表面印上所需要的标志图案和文字代号等,如元件标号和标称值、元件外廓形状和厂家标志、生产日期等,称为丝印层 (Silkscreen Top/Bottom Overlay)。不少初学者在设计丝印层的有关内容时,只注意文字符号放置得整齐美观,而忽略了实际制出的 PCB 效果。在他们设计的 PCB 上,字符不是被元件挡住就是侵入了助焊区而被抹除,还有的把元件标号打在相邻元件上,如此种种的设计都将给装配和维修带来很大不便。

1.1.8 覆铜

对于抗干扰要求比较高的 PCB,常常需要在 PCB 上覆铜。覆铜可以有效地实现 PCB 的信号屏蔽作用,提高 PCB 信号的抗电磁干扰的能力。通常覆铜有两种方式:一种是实心填充方式;另一种是网格状的填充,如图 1-8 所示。在实际应用中,实心式的填充比网格状的更好,建议使用实心式的填充方式。



a) 实心填充方式

b) 网格状填充方式

图 1-8 覆铜的填充方式

注意: 建议对抗干扰要求比较高的 PCB 进行覆铜处理。

1.2 PCB 设计流程

PCB 的设计就是将设计的电路在一块板上实现。一块 PCB 上不但要包含所有必需的电路,而且还应该具有合适的元件选择、元件的信号速度、材料、温度范围、电源的电压范围以及制造公差等信息,一块设计出来的 PCB 必须能够制造出来,所以 PCB 的设计除了满足功能要求外,还要求满足制造工艺要求以及装配要求。为了有效地实现这些设计目标,我们需要遵循一定的设计过程和规范。

图 1-9 所示为一个完整 PCB 项目设计的基本流程,包含了从设计功能要求开始直到产品的制造以及文档的形成的整个过程。这个过程充分利用计算机辅助工具,从而可以确保设计的顺利进行。

(1) 产生设计要求和规范。通常,一个新的设计要从新的系统规范和功能要求开始。产生了设计的系统规范和功能要求等说明后,就可以进行功能分析,并且产生成本目标、开发

计划、开发成本、需要应用的相关技术以及各种必须的要求。例如,一个电动机控制系统的开发项目,它的设计要求和规范可能包括控制电动机的类型[永磁同步电动机(PMSM)]、电动机的功率(100W)、电压和电流的要求(24V, 5A)、控制精度要求、平均无故障时间(MTBF)、通信接口的要求、应用环境等。这些设计规范将是整个设计的起点,后续的设计过程将严格满足这些规范要求。

(2) 生成系统的组成结构框图。一旦获得了系统的设计规范,那么就可以产生为实现该系统所要求的主要功能的结构框图。这个系统组成的结构框图描述了所设计的系统是如何进行功能分解的,以及各个功能模块之间的关系如何。

(3) 将系统按实现的功能分解到各个 PCB。主要功能确定后,就可以按照可应用的技术,将实现的电路分解到 PCB 模块中,在一个 PCB 中的功能必须可以有效地实现。各个 PCB 之间可以通过数据总线或其他通信模式进行连接。很多情况下,是通过背板上的总线将各个子 PCB 连接起来,如 PLC 系统的背板和数据采集子卡之间的连接,再如计算机的主板和内存条、显示驱动、硬盘控制器以及 PCMCIA(个人计算机存储卡接口适配器)卡的接口。

(4) 绘制 PCB 的原理图。根据各个 PCB 的功能模块,绘制 PCB 实现的原理图,从而在原理上实现其功能。在这个过程中,需要选择 PCB 实现所需要的合适元件以及元件之间的连接方式。

(5) 创建 PCB 设计所需的元件库。在设计 PCB 时,必须选择具有电气特性的元件,用来实现线路的连接。通常需要根据自己的设计要求,创建 PCB 设计所需要的元件库。这些元件库需要包含以下属性:

- 1) 封装类型,如 DIP、SOP、QEP 等。
- 2) 元件的尺寸、引脚的大小、引脚间距以及引脚序号。
- 3) 定义引脚的功能,如输入、输出或电源引脚等。
- 4) 每个引脚的电气属性,如容性、输出阻抗等。

(6) 对原理图进行仿真。目前,电子设计自动化(EDA)工具软件一般都具有仿真功能,最常用的仿真模型是基于 SPICE 软件实现的。对于设计的原理图进行仿真是 PCB 设计的重要一步,它有助于发现设计中存在的问题,以便及时修正,提高设计效率和产品的开发速度,也可以降低设计成本。只有当仿真结果符合设计要求时,才可以进入 PCB 的设计和布线环节。

(7) 确定 PCB 的尺寸和结构。确定了原理图的仿真符合要求后,就可以规划 PCB 了。可以根据电路的复杂度和成本要求,确定 PCB 的大小。PCB 的大小和层数也有关系。增加板层可以更容易地实现复杂电路的布线,从而减小 PCB 的尺寸。但是,板层的增加会增加板的成本。因此,设计人员要折中考虑,如果 PCB 的信号要求比较高,而且线路复杂,则可以考

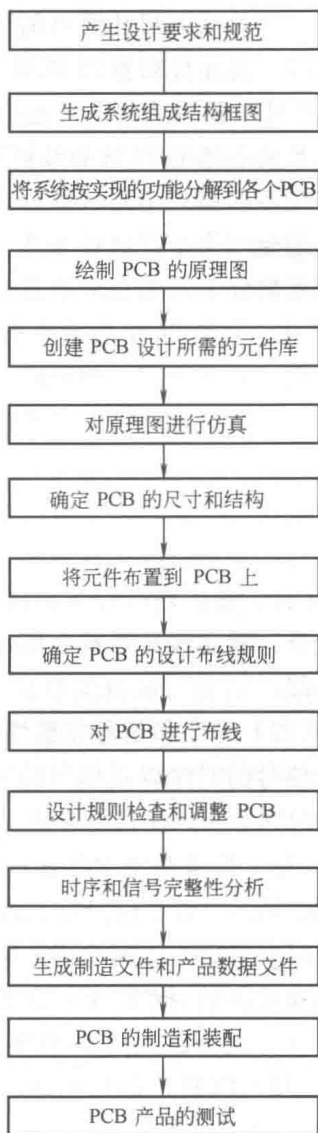


图 1-9 PCB 项目的设计流程

虑多层板。如果线路不复杂,则可以使用双面板。具体设计时,应该参考多层板和双面板的成本,以及板的尺寸等对制造成本的影响。

(8) 将元件布置到 PCB 上。在确定了 PCB 的尺寸和结构后,就可以将元件布置到 PCB 上,并且加载相关的电气连接信息,即网络表。将元件布置到 PCB 上是一个非常重要的过程,它关系到后续的 PCB 布线能否成功。在放置元件时,应该尽可能将具有相互关系的元件靠近;数字电路和模拟电路应该分放在不同的区域;对发热的元件应该进行散热处理;对敏感信号应该避免产生干扰或被干扰,如时钟信号,引线应尽可能短,所以要靠近其连接的芯片。可以使用软件工具的自动放置功能,然后进行手动调整以完成元件的放置操作。

(9) 确定 PCB 的设计布线规则。在 PCB 布线前,应该确定布线的规则,如信号线之间的距离、走线宽度、信号线的拐角、走线的最长长度等规则的设置。PCB 的布线规则最终会影响布线的成功以及走线的电气特性,是一个非常重要的步骤。

(10) 对 PCB 进行布线。通常的做法是先手动对重要的信号进行布线,以及对电源和地进行走线,然后将预布的线锁定,再使用软件工具的自动布线功能对剩下的 PCB 连接进行自动布线,最后对没有布通的少数走线可以手动处理。

(11) 设计规则检查和调整 PCB。在完成了布线后,还需要对布线后的 PCB 进行设计规则检查,看布线是否符合所定义的设计规则的电气要求。根据检查的结果可以手动调整 PCB 的走线。

(12) 时序和信号完整性分析。一个优秀的 PCB 设计,其时序应该满足设计要求。为了检查信号的时序以及信号的完整性,需要对布线后的 PCB 进行时序分析和信号完整性分析。对于时序分析,我们通常对一个关键信号的时序和信号完整性进行分析,如总线、时钟等信号。

(13) 生成制造文件和产品数据文件。根据制造的要求,生成制造文件和产品数据文件,如 NC 钻孔文件、Gerber 光绘文件以及元件报表等。

(14) PCB 的制造和装配。完成上述步骤后,PCB 就进入制造过程,使设计完整地表现在一块实际的 PCB 上,包括所有的信号连线、封装及层等。然后就可以将芯片焊接装配到 PCB 上,这样就完成了 PCB 的设计和制造。

(15) PCB 产品的测试。最后根据设计规范,对 PCB 进行现场测试,以便评估设计是否达到设计规范要求。

以上是 PCB 设计的一般过程,在通常的设计中,我们都可以遵循这个设计流程。但是随着 EDA 软件的快速发展,虚拟的设计环境将来可能在软件平台中实现,那么这就可以更加有效地实现设计的仿真以及信号的虚拟分析,有助于设计的成功实现及产品的快速开发。

1.3 PCB 设计的基本原则

PCB 设计的好坏对电路板抗干扰能力影响很大,因此,在进行 PCB 设计时,必须遵守 PCB 设计的一般原则,并应符合抗干扰设计的要求。要使电子电路获得最佳性能,元件的布局及导线的布设是很重要的。为了设计出质量好、造价低的 PCB,应遵循下面讲述的一般原则。

1.3.1 布局

首先,要考虑 PCB 尺寸的大小。PCB 尺寸过大时,印制电路长,阻抗增加,抗噪声能力下降,成本也增加;尺寸过小时,则散热不好,且邻近线条易受干扰。在确定 PCB 尺寸后,

再确定特殊元件的位置。最后,根据电路的功能单元,对电路的全部元件进行布局。

(1) 在确定特殊元件的位置时要遵守以下原则:

1) 尽可能缩短高频元件之间的连线,设法减小它们的分布参数和相互间的电磁干扰。易受干扰的元件不能相互挨得太近,输入和输出元件应尽量远离。

2) 某些元件或导线之间可能有较高的电位差,应加大它们之间的距离,以免放电引出意外短路。带强电的元件应尽量布置在调试时手不易触及的地方。

3) 重量超过 15g 的元件,应当用支架加以固定,然后焊接。那些又大又重、发热量多的元件,不宜装在 PCB 上,而应装在整机的机箱底板上,且应考虑散热问题。热敏元件应远离发热元件。

4) 对于电位器、可调电感线圈、可变电容器、微动开关等可调元件的布局应考虑整机的结构要求。若是机内调节,应放在 PCB 上方便调节的地方;若是机外调节,其位置要与调节旋钮在机箱面板上的位置相适应。

5) 应留出 PCB 的定位孔和固定支架所占用的位置。

(2) 根据电路的功能单元对电路的全部元件进行布局时,要符合以下原则:

1) 按照电路的流程安排各个功能电路单元的位置,使布局便于信号流通,并使信号尽可能保持一致的方向。

2) 以每个功能电路的核心元件为中心,围绕它来进行布局。元件应均匀、整齐、紧凑地排列在 PCB 上,尽量减少和缩短各元件之间的引线和连接。

3) 在高频下工作的电路,要考虑元件之间的分布参数。一般电路应尽可能使元件平行排列,这样,不但美观,而且焊接容易,易于批量生产。

4) 位于 PCB 边缘的元件,离电路板边缘一般不小于 2mm。PCB 的最佳形状为矩形,长宽比为 3:2 或 4:3。当 PCB 面尺寸大于 200mm×150mm 时,应考虑 PCB 所受的机械强度。

另外,板厚也可以按照推荐指定。对于 FR4 材料来说,一般标准的 PCB 厚度为 0.062in (1.575mm)。其他典型的 PCB 厚度有 0.010in (0.254mm)、0.020in (0.508mm)、0.031in (0.787mm) 和 0.092in (2.337mm)。

1.3.2 布线

布线的方法以及布线的结果对 PCB 的性能影响也很大,一般布线要遵循以下几个原则:

(1) 输入和输出端的导线应避免相邻平行,最好添加线间地线,以免发生反馈耦合。

(2) PCB 导线的最小宽度主要由导线与绝缘基板间的黏附强度和流过它们的电流值决定。导线宽度应以能满足电气性能要求而又便于生产为宜,它的最小值由承受的电流大小而定,但最小不宜小于 0.2mm (8mil),在高密度、高精度的印制电路中,导线宽度和间距一般可取 0.3mm;导线宽度在大电流情况下还要考虑其温升问题,单面板实验表明,当铜箔厚度为 50μm、导线宽度为 1~1.5mm、通过电流 2A 时,温升很小,因此,一般选用 1~1.5mm 宽度导线就可能满足设计要求而不致引起温升。PCB 导线的公共地线应尽可能地粗,可以使用大于 2~3mm 的导线,这点在带有微处理器的电路中尤为重要,因为当地线过细时,由于流过的电流的变化,地电位变动,微处理器定时信号的电平不稳,会使噪声容限劣化。在 DIP 的 IC 引脚间走线,可应用 10-10 与 12-12 原则,即当两脚间通过两根线时,焊盘直径可设为 50mil (1mil=0.0254mm)、线宽与线距都为 10mil;当两脚间只通过一根线时,焊盘直径可设为 64mil、线宽与线距都为 12mil。