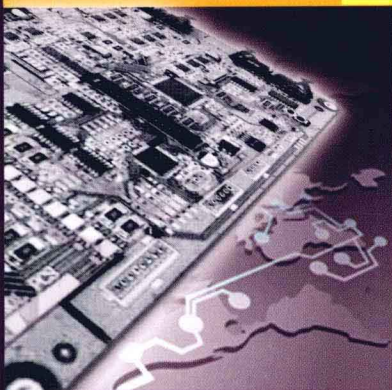


PADS Logic/Layout

原理图与

电路板设计

周润景 江思敏 等编著



本书相关范例可在
www.golden-book.com免费下载



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PADS Logic/Layout

原理图与电路板设计

周润景 江思敏 等编著



机械工业出版社

本书以 Mentor Graphics PADS 9.2 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。

图书在版编目(CIP)数据

PADS Logic/Layout 原理图与电路板设计/周润景,江思敏等编著. —北京:机械工业出版社,2011.6
ISBN 978-7-111-34019-5

I. ①P… II. ①周…②江… III. ①电子电路—电路设计:计算机辅助设计—软件包, PADS IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 057171 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 王寅生

版式设计:霍永明 责任校对:常天培

封面设计:张静 责任印制:杨曦

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.75 印张·635 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-34019-5

定价:53.00 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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

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广泛的使用,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 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 PADS9.2。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,特编写本培训教材,共 17 章,三个部分,包括 PADS Logic、PADS Layout 和 CAM350。

该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 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,这样的优势可以使得原理图以及 PCB 的设计能够高度统一,使用户的操作更加简便,及得心应手。

(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 PADS9.2 版本中增强了在 PADS Decal Wizard (封装向导) 中创建热焊盘的能力。

(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;同时增加了走线与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;此外,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,江思敏与赵建凯编写了第 1~5 章,任冠中编写了第 17 章,其余的内容由周润景负责编写,全书由周润景统稿、定稿。

此外,丁莉、王志军、苏良碧、李可洋、胡训智、解倩倩、朱晓丽、刘煜、于佳、李琳、米立国、田天、李双双、王海涛、郭佳、周计美、李彦龙等同学参与了本书的编写工作,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。

作 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 8

1.3.5 去耦电容配置 9

1.3.6 各元件之间的接线 9

1.4 PCB 制造材料 10

1.5 PCB 的结构 11

1.6 PCB 的叠层设计 14

1.6.1 多层板 14

1.6.2 6 层板 16

1.6.3 4 层板 16

1.6.4 叠层设计布局快速参考 17

1.7 PCB 的布线配置 17

1.7.1 微带线 18

1.7.2 带状线 18

1.8 PCB 设计和电磁兼容 19

1.9 PCB 设计常用术语 21

练习题 22

第2章 PADS Logic 基础 23

2.1 PADS Logic 概述 23

2.2 PADS Logic 的设计环境 24

2.2.1 PADS Logic 设计图形界面 24

2.2.2 PADS Logic 的菜单命令 25

2.2.3 PADS Logic 的常用工具栏命令 29

2.2.4 右键快捷菜单 30

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 36

2.4 PADS Logic 的视图操作 37

2.4.1 使用视图菜单命令 37

2.4.2 使用鼠标 40

2.4.3 使用的快捷键 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 41

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 49

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

3.4.5 创建新的元件库文件 53

3.4.6 向元件库添加新的图元	54	4.2 设计规则定义	82
3.4.7 从元件库删除图元	54	4.2.1 默认的规则	82
3.4.8 编辑元件库的某个图元	54	4.2.2 类规则	87
3.4.9 复制元件库的某个图元	55	4.2.3 网络规则	88
3.4.10 打印库的图元	55	4.2.4 条件规则	89
3.5 编辑元件	56	4.2.5 差分对规则	90
3.5.1 编辑元件的流水号和类型	56	4.2.6 设置规则报告	92
3.5.2 设置元件的 PCB 封装	57	4.3 生成材料清单 (BOM) 和其他报表	92
3.5.3 设置文本的可见性	57	4.3.1 生成材料清单 (BOM)	92
3.5.4 设置元件的属性	58	4.3.2 生成其他报告内容	95
3.5.5 设置未使用的引脚	58	4.4 生成 SPICE 网络表	96
3.6 设置电阻、电容和电感值	59	4.5 生成网络表	97
3.7 元件位置的调整	60	4.5.1 生成 PCB 网络表	97
3.7.1 对象的选取	61	4.5.2 网络表导入 PADS Layout	98
3.7.2 元件的移动	62	练习题	99
3.7.3 元件的旋转	62	第 5 章 制作元件与建立元件库	100
3.7.4 复制粘贴元件	62	5.1 元件编辑器	100
3.8 连接线路	63	5.1.1 CAE 图形编辑器	101
3.8.1 新的连线	63	5.1.2 元件编辑器	102
3.8.2 在不同页面间连线	64	5.1.3 元件类型编辑器	103
3.8.3 浮动连线	66	5.2 创建元件的 CAE 图形	104
3.8.4 选择连线	66	5.2.1 手动绘制 CAE 图形	104
3.8.5 删除连线	66	5.2.2 添加元件引脚	105
3.9 放置电源与接地元件	66	5.2.3 保存 74LS14 元件的 CAE 图形	107
3.10 添加总线并连接总线	67	5.2.4 使用向导创建 CAE 图形	107
3.10.1 添加总线	68	5.3 创建并设置元件	108
3.10.2 连接总线	70	5.3.1 创建 CAE 图形	108
3.10.3 快速连接总线	70	5.3.2 设置引脚号	109
3.11 添加网络	72	5.3.3 设置引脚名称	110
3.12 添加文本	73	5.3.4 设置引脚类型	111
3.12.1 添加普通文本	73	5.3.5 设置门交换值	111
3.12.2 添加变量文本	74	5.3.6 设置引脚顺序	112
3.13 电路图示意	74	5.3.7 调整标签的位置	112
练习题	77	5.3.8 添加或设置标签	113
第 4 章 层、设计规则和报表	79	5.3.9 保存元件	113
4.1 设置电路板层	79	5.4 设置元件的电气属性	114
4.1.1 显示层信息	79	5.4.1 设置元件的逻辑类型	114
4.1.2 设置层类型	79	5.4.2 设置元件的普通信息	115
4.1.3 设置电气层数	81	5.4.3 设置元件的逻辑门数	115
4.1.4 设置层的厚度	81	5.4.4 分配元件的引脚	117
4.1.5 设置非电气层数	82		

5.4.5 设置元件的电源引脚	118	第 8 章 PADS Layout 的基本操作	189
5.4.6 设置元件的 PCB 封装	119	8.1 视图控制方法	189
5.4.7 设置元件的属性	119	8.2 PADS Layout 的 4 种视图模式	189
5.5 创建新的元件库	121	8.3 无模式命令和快捷键	190
练习题	122	8.4 循环选择 (Cycle Pick)	194
第 6 章 PADS Layout 的属性设置	123	8.5 过滤器基本操作	194
6.1 PADS Layout 界面介绍	123	8.5.1 鼠标右键菜单过滤器	194
6.2 PADS Layout 的菜单	126	8.5.2 Selection Filter 对话框	195
6.2.1 File 菜单	126	8.6 元器件基本操作	196
6.2.2 Edit 菜单	130	8.6.1 属性设置	196
6.2.3 View 菜单	134	8.6.2 添加新标签	197
6.2.4 Setup 菜单	136	8.7 绘图基本操作	197
6.2.5 Tools 菜单	137	8.7.1 绘制板框	197
6.2.6 Help 菜单	141	8.7.2 绘制 2D 线和标注文本	198
6.3 PADS Layout 与其他软件的链接	141	8.7.3 绘图模式下的弹出式菜单	200
练习题	149	第 9 章 元器件类型及库管理	201
第 7 章 定制 PADS Layout 环境	150	9.1 PADS Layout 的元器件类型	201
7.1 Options 参数设置	150	9.2 Decal Editor (封装编辑器)	
7.1.1 Global 选项卡设置	150	界面简介	201
7.1.2 Design 选项卡设置	151	9.3 封装向导	202
7.1.3 Routing 选项卡设置	155	9.3.1 DIP 向导	203
7.1.4 Thermals 选项卡设置	158	9.3.2 SOIC 封装向导	206
7.1.5 Dimensioning 选项卡设置	159	9.3.3 Quad 封装向导	207
7.1.6 Teardrops 选项卡设置	162	9.3.4 Polar 封装向导	208
7.1.7 Drafting 选项卡设置	163	9.3.5 Polar SMD 封装向导	209
7.1.8 Grids 选项卡设置	165	9.3.6 BGA/PGA 封装向导	209
7.1.9 Split/Mixed Plane 选项卡设置	166	9.4 不常用元器件封装举例	211
7.1.10 Die Component 选项卡设置	168	9.5 建立元器件类型	216
7.1.11 Via Patterns 选项卡设置	168	9.6 库管理器	223
7.1.12 Display 选项卡设置	169	练习题	227
7.1.13 Tune/Diff Pairs 选项卡设置	169	第 10 章 布局	228
7.2 设置 Setup 参数	170	10.1 布局前的准备	228
7.2.1 设置 Pad Stacks 参数	170	10.1.1 绘制电路板边框	228
7.2.2 设置 Drill Pairs 参数	172	10.1.2 组件隔离区的绘制	229
7.2.3 设置 Jumpers (Single Layer Jumpers) 参数	173	10.1.3 元器件的散布 (Disperse)	230
7.2.4 设置 Design Rules 参数	174	10.1.4 与布局相关的设置	231
7.2.5 设置 Layers 参数	184	10.2 布局应遵守的原则	233
7.2.6 设置 Display Colors (显示 颜色) 及 Origin (原点)	185	10.3 手工布局	234
练习题	188	10.3.1 移动、旋转等操作	234
		10.3.2 对齐操作	238
		10.3.3 元器件的推挤	239

练习题	240	13.2.6 角度标注方式	284
第 11 章 布线	241	13.2.7 圆弧标注方式	284
11.1 布线前的准备	241	13.2.8 引出线标注方式	286
11.2 布线的基本原则	244	第 14 章 工程修改模式操作	287
11.3 布线操作	244	14.1 工程修改模式简介	287
11.3.1 增加布线 (Add Route)	245	14.2 ECO 工程修改模式操作	288
11.3.2 动态布线 (Dynamic Route)	248	14.2.1 增加连接工具	289
11.3.3 草图布线 (Sketch Route)	248	14.2.2 删除连接工具	289
11.3.4 自动布线 (Auto Route)	249	14.2.3 增加走线工具	290
11.3.5 总线布线 (Bus Route)	249	14.2.4 增加元器件工具	290
11.3.6 添加拐角 (Add Corner)	249	14.2.5 删除元器件工具	291
11.3.7 分割布线 (Split)	250	14.2.6 更改元器件封装工具	292
11.3.8 添加跳线 (Add Jumper)	250	14.2.7 元器件标号更改工具	293
11.3.9 添加测试点 (Add Test Point)	251	14.2.8 网络名称更改工具	293
11.4 控制鼠线的显示和网络颜色的设置	257	14.2.9 删除网络工具	294
11.5 自动布线器的使用	260	14.2.10 交换引脚工具	294
11.5.1 自动布线器的界面	260	14.2.11 交换门工具	294
11.5.2 自动布线器使用实例	261	14.2.12 自动重新编号工具	294
11.5.3 自动布线器 Router 与 Layout 的同步	267	14.2.13 自动交换工具	296
练习题	268	14.2.14 自动终端分配工具	297
第 12 章 覆铜及平面层分割	269	14.2.15 增加复用模块工具	297
12.1 覆铜	269	14.3 比较和更新	298
12.1.1 铜箔 (Copper)	269	练习题	302
12.1.2 灌铜 (Copper Pour)	271	第 15 章 设计验证	303
12.1.3 灌铜管理	273	15.1 设计验证简介	303
12.2 平面层 (Plane)	275	15.2 设计验证的使用	303
练习题	277	15.2.1 间距验证	304
第 13 章 自动标注尺寸	278	15.2.2 连接性验证	307
13.1 自动标注尺寸模式简介	278	15.2.3 高速验证	307
13.1.1 两个端点的捕捉方式	278	15.2.4 验证平面层	310
13.1.2 两个端点引出的边界模式	279	15.2.5 测试点验证	311
13.1.3 标注基准线的模式	279	15.2.6 制造方面错误的验证	312
13.2 尺寸标注操作	281	练习题	313
13.2.1 自动标注方式	281	第 16 章 定义 CAM 文件	314
13.2.2 水平标注方式	282	16.1 CAM 文件简介	314
13.2.3 垂直标注方式	282	16.2 光绘输出文件的设置	316
13.2.4 对齐标注方式	282	16.2.1 Routing/Split Plane 类型	318
13.2.5 旋转标注方式	283	16.2.2 Plane 类型	320
		16.2.3 Silkscreen 类型	322
		16.2.4 Paste Mask 类型	324
		16.2.5 Solder Mask 类型	326

16.2.6 Assembly 类型.....	328	17.1 CAM350 用户界面介绍.....	333
16.2.7 Drill Drawing 类型.....	328	17.1.1 CAM 350 的菜单.....	335
16.2.8 NC Drill 类型.....	330	17.1.2 CAM350 的工具栏.....	340
16.3 打印输出.....	331	17.2 CAM350 的快捷键及 D 码.....	340
16.4 绘图输出.....	332	17.3 CAM350 中 Gerber 文件的导入.....	344
练习题.....	332	17.4 CAM 的排版输出.....	345
第 17 章 CAM 输出和 CAM Plus.....	333	17.5 CAM Plus 的使用.....	353

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

在学习使用 PADS 进行 PCB 设计之前，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、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，比如电阻元件，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 没有提供这种封装的话，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先要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，所以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 封装更加节省电路板的面积。

说明: SOP 和 PQFP 一般采用 SMT。

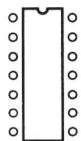


图 1-1 DIP



图 1-2 LCCC 封装

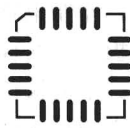


图 1-3 PLCC 封装

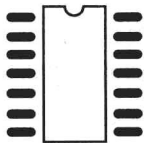


图 1-4 SOP

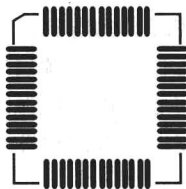


图 1-5 PQFP

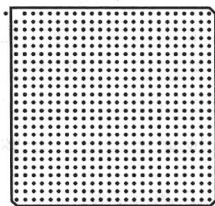


图 1-6 BGA 封装

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。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。

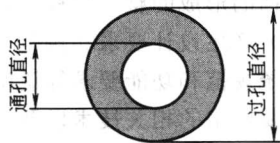


图 1-7 过孔尺寸

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

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, 例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会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。

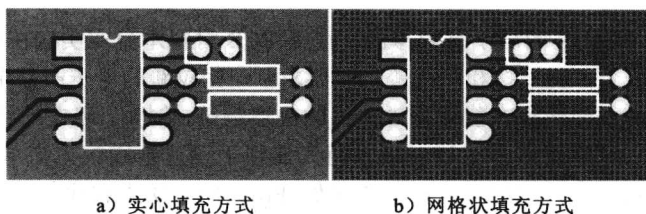


图 1-8 覆铜的填充方式

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机的类型[永磁同步电机 (PMSM)]、电机的功率 (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, 后续的设计过程将要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, 那么我们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, 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, 比如 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。通常我们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的属性:

- 1) 封装类型, 比如 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, 它可以帮助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, 可以考虑多层板。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 布线的成功。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, 比如时钟信号, 应该引线尽可能短, 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, 比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

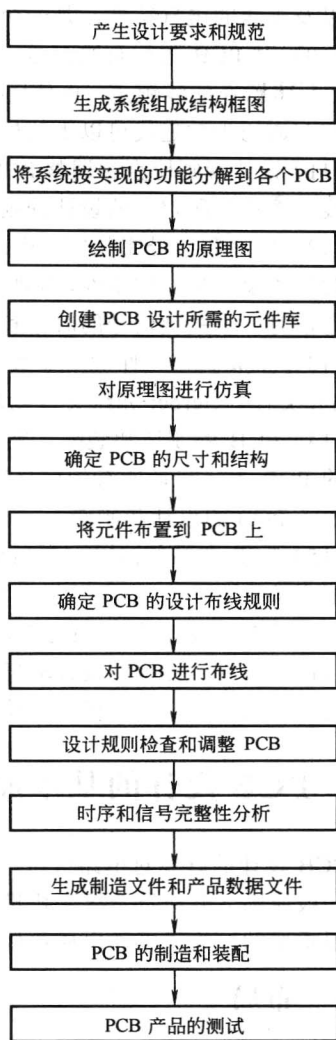


图 1-9 PCB 项目的设计流程

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, 比如总线、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, 比如 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。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，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。

表1-1列出了线宽和流过电流大小之间的关系，读者可以在后面章节学习PCB布线时参考。

(3) 对于PCB导线拐弯，一般取圆弧形或45°拐角，而直角或夹角在高频电路中会影响电气性能。此外，尽量避免使用大面积铜箔，否则长时间受热，易发生铜箔膨胀和脱落现象。必须用大面积铜箔时，最好用栅格状。这样有利于排除铜箔与基板间黏合剂受热产生的挥发性气体。

(4) PCB导线的间距。相邻导线间距必须能满足电气安全要求，而且为了便于操作和生产，间距也应尽量宽些，只要工艺允许，可使间距小于0.5~0.8mm。最小间距至少要能适合承受的电压，

表 1-1 线宽和流过电流大小之间的关系

电流/A	1oz ^① 铜的线宽 /mil	2oz铜的线宽 /mil	电阻率 / (mΩ·in)
1	10	5	52
2	30	15	17.2
3	50	25	10.3
4	80	40	6.4
5	110	55	4.7
6	150	75	3.4
7	180	90	2.9
8	220	110	2.3
9	260	130	2.0
10	300	150	1.7

① 1oz=28.3495g。

这个电压一般包括工作电压、附加波动电压以及其他原因引起的峰值电压。如果有关技术条件允许,导线之间存在某种程度的金属残粒,则其间距就会减小。因此设计者在考虑电压时应把这种因素考虑进去。在布线密度较低时,信号线的间距可适当地加大,对高、低电平悬殊的信号线,应尽可能短且加大间距。

表 1-2 列出了推荐的导线以及导体之间的间距,根据电压和导线所在位置的不同,其间距也不同。

表 1-2 推荐的导线以及导体之间的间距 (单位: mm)

电压 (DC 或 AC 峰值) /V	PCB 内部	PCB 外部 (<3050m)	PCB 外部 (>3050m)
0~15	0.05	0.1	0.1
16~30	0.05	0.1	0.1
31~50	0.1	0.6	0.6
51~100	0.1	0.6	1.5
101~150	0.2	0.6	3.2
151~170	0.2	1.25	3.2
171~250	0.2	1.25	6.4
251~300	0.2	1.25	12.5
301~500	0.25	2.5	12.5

1.3.3 焊盘大小

焊盘的直径和内孔尺寸:对焊盘的内孔尺寸,必须从元件引线直径和公差尺寸以及焊锡层厚度、孔径公差、孔金属电镀层厚度等方面考虑,焊盘的内孔一般不小于 0.6mm,因为小于 0.6mm 的孔开模冲孔时不易加工,通常情况下以金属引脚直径值加上 0.2mm 作为焊盘内孔直径,如电阻的金属引脚直径为 0.5mm 时,其焊盘内孔直径对应为 0.7mm,焊盘直径取决于内孔直径。

(1) 当焊盘直径为 1.5mm 时,为了增加焊盘抗剥强度,可采用长不小于 1.5mm,宽为 1.5mm 和长圆形焊盘,此种焊盘在集成电路引脚焊盘中最常见。对于超出上述范围的焊盘直径可用下列公式选取:

1) 直径小于 0.4mm 的孔: $D/d=0.5\sim 3$ (D ——焊盘直径, d ——内孔直径)。

2) 直径大于 2mm 的孔: $D/d=1.5\sim 2$ 。

(2) 有关焊盘的其他注意事项如下:

1) 焊盘内孔边缘到 PCB 边的距离要大于 1mm,这样可以避免加工时导致焊盘缺损。

2) 焊盘的开口:有些器件是在经过波峰焊后补焊的,但由于经过波峰焊后焊盘内孔被锡封住,使元件无法插下去,解决办法是在 PCB 加工时对该焊盘开一小口,这样波峰焊时内孔就不会被封住,而且也不会影响正常的焊接。

3) 焊盘补泪滴:当与焊盘连接的走线较细时,要将焊盘与走线之间的连接设计成水滴状,这样的好处是焊盘不容易起皮,而且走线与焊盘不易断开。

4) 相邻的焊盘要避免成锐角或大面积的铜箔,成锐角会造成波峰焊困难,而且有桥接的危险,大面积铜箔因散热过快会导致不易焊接。

1.3.4 PCB 电路的抗干扰措施

印制电路板的抗干扰设计与具体电路有着密切的关系,这里仅就 PCB 抗干扰设计的几项常用措