

## 第四部 布线详细规则与操作步骤

此篇将围绕设计操作规程中的布线展开。我们将对示例JOB进行实际布线演示。通过布线操作规程学习掌握多层板布线规则，多层板布线检查手段，DRC检查时的注意事项等。观看这一部教程您将重点学习、掌握下列内容：

- 了解布线前的各种设置如 VIA、内层信号、布线规则等学习掌握布线准备工作。
- 系统学习信号线布线的布线规则与注意事项
- 系统学习电源、GND 信号的布线规则与注意事项
- 学习内层负片设计时的操作步骤与设计注意事项
- 通过观看实际操作熟悉 PowerPCB 的布线方法与技巧
- 系统介绍布线检查手段，避免布线错误等等

# 目 录

## 第一章 学习布线相关操作规程与设计基准

### 第 1 节 布线操作规程

#### 布线操作规程

1. 准备工作
2. 信号布线
3. 电源、GND 布线
4. 内层负片布线
5. 其它
6. 布线 DRC 检查等

### 第 2 节 多层板设计基准与示例 JOB 布线要求

#### 一、多层板设计基准

1. 多层板内层焊盘尺寸
2. DIP 元件内层焊盘安全设置基准——负片设置时内层 Clearance
3. 内层 Thermal 设置
4. 导体线宽及安全(绝缘)间隔基准

## 二、客户布线设计要求

1. 4层布线，内层负片设计，L2 GND, L3 VCC。
2. 线宽、安全间距等采用 PIN 2 设计要求。
3. 信号 VIA 采用 Middel, 电源系用标准 VIA
4. 布线泪滴处理
5. Y100 处信号等长布线 公差±1mm

## 第二章 进行设计准备

学习布线预设置方法，减少不必要的返工操作，提高设计效率。

### 第 1 节 按照客户资料要求设置 VIA、层、布线规则等

多媒体预备演示教程（1） （4 分钟）

### 第 2 节 按照客户资料要求设置内层信号、外形等

多媒体预备演示教程（2） （4 分钟）

## 第三章 示例JOB内、外层布线

本章内容主要以多媒体形式展开，第三节介绍一般外层布线设置与布线手法、第四节的内容与外层大面积敷铜设计及电源、地线的内层连接相关。具体请参见下列说明：

多媒体 演示教程（3） （13 分钟）

多媒体演示教程[（3）] 主要内容：

- 学习 PowerPCB 中高速电路规则，如等长布线的设置方法
- 对各重要信号进行特别设置，布线层、自动 VIA 选择等
- 与自动布线软件相对应的设置
- PowerPCB 的手工布线方法
- PowerPCB 的手工布线最常用技巧
- 部分线段复制方法
- 按照布线规则对示例 JOB 进行布线师范
- 布线修改技巧等

多媒体 演示教程（4） （12 分钟）

多媒体演示教程[（4）] 主要内容：

- 负片基本常识
- 电源、地 PIN 的内层连接方法

- PowerPCB 自动敷铜 Copper Pour 的设置方法
- 必须进行大面积接地处理的布线规则操作方法与步骤

## 第 1 节 设计规则检查概述

## 第 2 节 布线完成后对示例 JOB 进行检查

多媒体 演示教程 (5) (6-7 分钟)

多媒体演示教程[ (5) ] 主要内容:

- 内层图面介绍
- Copper Pour 的其它相关操作
- PowerPCB 设计规则对话框与设计检查
- 连接检查师范
- 错误更正、消除方法等

# 第四章 布线检查简介

## 第 1 节 设计规则检查概述

## 第 2 节 布线完成后对示例JOB进行检查

多媒体 演示教程 (5) (6-7 分钟)

多媒体演示教程[ (5) ] 主要内容:

- 内层图面介绍
- Copper Pour 的其它相关操作
- PowerPCB 设计规则对话框与设计检查
- 连接检查师范
- 错误更正、消除方法等

# 第五章 自我测试

一组多媒体形式的测试题供您自我检测本篇内容的掌握情况——

多媒体形式测试教程 (6) (7 分钟)

# 第一章 学习布线相关操作规程与设计基准

我们在第三部教程中已完成了元件布局工作（有关详细内容阅读第三部）。

在整个 PCB 设计过程中，布线作业是完成设计 JOB 的重要的一步。我们可以这样认为，本教程的前三节从做元件到完成元件布局都是为了能顺利进行布线而进行的。PCB 设计是一整套系统化的作业，布局需要较多的电气知识与设计经验，技术难度较高；而布线所需要更多的设计技巧、工作量也最大（纯模拟电路除外）。

PCB 板有单面、双面、与多层之分；与此对应布线也有单面布线、双面布线与多层布线。它们的布线规则是既相似又有所区别，本章我们首先学习与布线相关的一些重要规则与设计标准。

## 第 1 节 学习布线操作规程

### 布线操作规程

1. 准备工作
2. 信号布线
3. 电源、GND布线
4. 内层负片布线
5. 其它
6. 布线DRC检查等

## 1. 准备工作

作业内容	操作方法及步骤	要点
<b>1.准备</b>	>在 CAD 上进行层构成设定	
	<b>VIA 设定:</b>	考虑 孔径与板厚的比例避免板裂
	>孔径、焊盘大小、Resist(阻焊设定)、非贯通孔的设定。 (工具号分开设定——Tool No.分开)。	等现象发生。
	>NET 设定 (配线线宽、间隔、配线长)。	
	>网格设定 (Grid 设定)。	考虑 L/S 的关系
	>间隔 (Clearance) 设定 (信号线, 电源, GND 等)。	铜箔厚、电镀回数等。
	>泪滴设定。	DRC 能检查识别的设计。
	>配线禁止区设定。	
<b>2.信号布线</b>	>配线的拐角处采用 45 度角配线。	为电源、GND 保留空间。
	>层设计时考虑如何减少层间 Cross talk 的配线。	
	>配线时避免 T-型连线,无法避免时,将 T-型区贴辅助铜, 增强配线强度。	
	>尽量采用宽、短的配线。	
	>输入与输出配线不要交叉。	
	>少用 VIA。	一条信号不要超过 2 个 VIA。
	>布线时避免 Loop 配线。	
	>客户有下列特殊要求的配线, 优先考虑:	
	等长配线、配线长指定、配线对布线、阻抗匹配、用地线	
	屏蔽的配线、线宽指定配线、单面配线、Clock LINE、低	
	频配线 (屏蔽线)、高频配线 (一笔划配线) 等等。	
	>总线设计:	
	地址线与数据线分开设计、地址与数据线分束屏蔽配线。	
	与其它控制信号分开 (如 CS, RW 等)。	
	输入与输出总线分开配线。	

## 2.电源、GND布线、内层负片布线

作业内容	操作方法及步骤	要点
<b>3.电源、GND</b>	>考虑电流流向，干线宽度加宽（2MM 以上）。	
	>输入部分配线加宽并增加 VIA。	根据电流大小决定 VIA 的个数。
	>模拟、低频部分采用井状配线。高频则采用树枝状配线。	
	>GND 中不要有毛刺配线（会起天线作用的部分）。	
	>低电压电路的 Clearance 0.3MM 以上。	
	>原则上元件面布 GND,反面布电源。	20H 法则。
	>滤波电容的配线应通过电容滤波后再接入驱动元件	
<b>4.内层(负片)</b>	>内层分割时,如 CAD 无内层自动检查功能时,打印出来用色笔一个一个检查!	检查 Thermal 的连接线是否在三根以上?
	>分割线在 0.5mm 以上。	
	>有无与其它地方无连接的岛状区,如无法连接,可删除。	
	>Thermal 上有无分割线?	
	>高速电路中的电源与 GND 可采用 20H 法则。	
	>保存内层检查记录。	

### 其它-布线规则 (3)

作业内容	操作方法及步骤	要点
5.其它	>不要在元件管脚旁打贯通孔 (VIA)，引到元件外形 线以外打 VIA。	
	>不要在 DIP 元件的延长线上打贯通孔，另外贯通孔的间隔不要与 DIP 元件的 Pitch 相同以防元件误插入。	
	>布线过程中元件移动的情况常有发生，别忘了配线禁止区域。	
	>布线过程中，IC 等的 PIN, GATE 交换后，应与客户联系，得到认可，并及时修改电路图和 NETLIST。	
	>软性板布线时，元件面与半田面的配线应注意位置错开。	
	>软性板布线时，配线拐角处带 R 并加泪滴。	

### 布线DRC检查等

作业内容	操作方法及步骤	要点
6.DRC	>根据需要随时进行 DRC 检查 。	
	>Clearance 检查，注意：有时信号不同,会有不同的设定。	
	>内层检查。	
	>Drill 检查。	
	>接线检查。	
	>把握电源、GND 等一点接续的地方及长孔等处出现的错误数目。	
	>在做最终 DRC 检查时，将所有电器层及相应元素全部在屏幕上显示后再做 DRC 检查!	
	>使用 CAD 的空 PIN 检查及 NET 比较等手段进行最终检查。	
	>对于出现的 DRC 错误，一一进行修改,直到错误全部消失。	

## 第 2 节 多层板设计基准与示例 JOB 布线要求

### 一、多层板设计标准

1. 多层板内层焊盘尺寸
2. DIP元件内层焊盘安全设置基准--负片设置时内层Clearance
3. 内层Thermal设置
4. 导体线宽及安全(绝缘)间隔基准

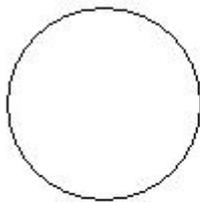
### 二、客户布线设计要求

1. 4层布线，内层负片设计，L2 GND，L3 VCC。
2. 线宽、安全间距等采用PIN 2 设计要求。
3. 信号VIA采用 Middle，电源系用标准VIA
4. 布线泪滴处理
5. Y100 处信号等长布线 公差±1mm

## 1. 多层板的内层焊盘尺寸

当内层采用 Positive 正片布线时,焊盘尺寸原则上与外层相同。此时 Mini VIA 的内层焊盘尺寸规定为  $\phi$  孔径+0.5mm 以上。

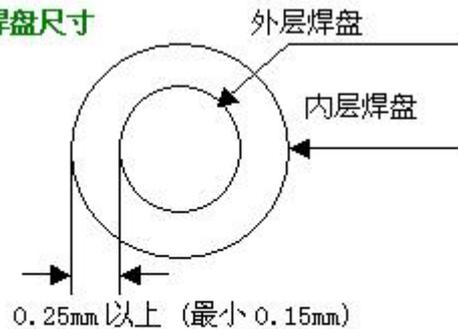
元件焊盘



内层焊盘 = 外层焊盘

内层焊盘示例图

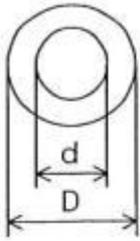
Mini VIA 的焊盘尺寸



Mini VIA 内层 焊盘示例图

## 2. DIP 元件内层焊盘安全设置基准--负片设置时内层 Clearance

多层板采用 Negative 设计时(平面设计), 内层的 Clearance 原则上按下列规定进行



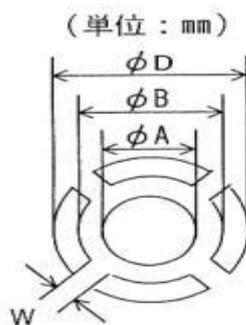
d=孔径, D=内层焊盘 Clearance

### 孔径与内层 Clearance 的关系(推荐数值)

	推荐值	通常设定值	工程极限值
标准 VIA 及元件孔	d+1.3mm	d+1.0mm	d+0.7mm
Mini VIA	d+1.0mm	d+1.0mm	d+0.7mm
安装孔	孔径+2.0mm		

## 3. 内层 Thermal 设置

内层 Thermal 的形状原则按下图规定, 图中  $\Phi A$ = 孔径,  $\Phi B$ = Thermal 内径,  $\Phi C$ = Thermal 外径。



内层 Thermal 形状示意图

### 孔径与 Thermal 焊盘直径间的关系

TH 孔径(成品尺寸) $\Phi A$	$\Phi D$	$\Phi B$	W
$\Phi 0.3$	$\Phi 1.0$	$\Phi 0.6$	0.25
$\Phi 0.4 - 0.5$	$\Phi 1.5$	$\Phi 1.0$	0.3
$\Phi 0.6 - 0.8$	$\Phi 2.1$	$\Phi 1.3$	0.4
$\Phi 0.9$	$\Phi A+1.3$	$\Phi D-0.8$	0.4

#### 4. 导体线宽及安全(绝缘)间隔基准

##### 1) 一般信号的线宽

标准信号线的线宽 (CAD 设定值)

单位 mm

		PIN 间 0 根	PIN 间 1 根	PIN 间 2 根	PIN 间 3 根	PIN 间 5 根
线宽	推荐值	0.7	0.35	0.25	—	—
	通常设定值	0.5	0.30	0.20	0.15	0.10

##### 2) 安全间距

导体安全间距

单位 mm

等级 名称	PIN 间 0 根	PIN 间 1 根	PIN 间 2 根	PIN 间 3 根	PIN 间 5 根
设计值 (CAD)	0.6	0.30	0.20	0.15	0.15
板子上的 最小间距	0.4 以上	0.25 以上	0.15 以上	0.1 以上	0.1 以上

## 第二章 进行设计准备

PCB布线方式与手段主要有以下几种：全自动布线、半自动布线、交互式手工布线。但是无论采用何种布线方式，都需要进行预设置作业即设计准备工作。特别是全自动布线时，预设置的优劣将会直接影响到布线成功率与走线的好坏。在本教程中我们主要讨论手工布线方式，虽然手工布线可以做到随时更改布线规则及其它设置，但是100%的成功预设置则可以大大减少由于人为操作错误带来的不必要的返工，从而大幅度地提高设计工作效率。

本章两节的内容都是围绕布线预设置展开的，观看下列教程学习常用设置，指导自己的实际工作。

### 第1节 按照客户资料要求设置VIA、层、布线规则等

多媒体预备演示教程(1) (4分钟)

### 第2节 按照客户资料要求设置内层信号、外形等

## 第三章 示例 JOB 内、外层布线

### 一. 手工布线的重要性

在整个设计过程中就设计工作量而言，布线作业一般要占到总工作量的 35%-50%。其中与数字电路相比，模拟电路布线所占工作量相对小一些，一般认为只要布局合理，符合电路原则，模拟电路设计过程中布线走不通的情况较少发生。但是数字电路的布线工作量与走线技巧就显得比较重要。例如对于上万PIN的大型设计，如果采用全人工布线的方法，布线时间以月为单位计算也是常有的事。

随着自动布线软件功能的不断完善，采用自动布线与人工布线相结合的方法可能是提高设计效率的最佳出路，但是其中涉及的面比较广，对设计者的要求也相对提高。因为我们知道自动布线软件一般需要进行相应的预设置才能达到预期布线要求，如果设置不当就可能出现下列问题：

**不能达到 100%的布线率其结果是需要大量的人工干预和返工作业！**

**不能按照电路设计者的要求布线最终影响电路板获得最佳性能！**

这些都是PCB设计者应该竭力避免的结局。我们认为对设计者而言首先必须掌握最基本的布线规则与技巧，这里指的当然是进行手工布线的手法技巧，只有在真正掌握了最基本的布线规则后才能灵活运用CAD软件，最终达到提够设计效率与设计质量的目的。本教程正是围绕这一主题将会重点向大家介绍PCB布线的最基本的技巧与规则。

### 二. 内层布线——PCB设计入门的必修课

随着电子技术的不断发展，单层、两层板已经远远不能满足电路发展的需求。市场对多层板设计的需求已成为PCB设计的主流，而且今后的需求还会持续增长。因此市场对PCB设计者的要求也是越来越高。只会设计单层、两层板、及采用纯DIP元件的设计已根本不能满足PCB设计市场的需求。

我们认为对PCB设计者来说，掌握使用表面贴装元件的高密度多层板设计技术才是明智的选择与出路。所以本章要讨论的内容之一——**内层布线**可以说已成为PCB设计入门的必修课。

本章内容主要以多媒体形式展开，第三节介绍一般外层手工布线设置与布线手法、第四节的内容与外层大面积敷铜设计及电源、地线的内层连接相关。具体请参见下列说明：

#### 多媒体演示教程（3）主要内容

- 学习 PowerPCB 中高速电路规则，如等长布线的设置方法
- 对各重要信号进行特别设置，布线层、自动 VIA 选择等
- 与自动布线软件相对应的设置
- PowerPCB 的手工布线方法
- PowerPCB 的手工布线最常用技巧
- 部分线段复制方法
- 按照布线规则对示例 JOB 进行布线师范
- 布线修改技巧等

## 观看 多媒体 演示教程 (4) (12 分钟)

### 多媒体演示教程 (4) 主要内容

- 负片基本常识
- 电源、地 PIN 的内层连接方法
- 内层连接与外层信号线的处理顺序
- 增加大面积接地的技巧与布线规则
- 电源、接地 PIN 的线宽处理方法
- PowerPCB 自动敷铜 Copper Pour 的设置方法
- 必须进行大面积接地处理的布线规则操作方法与步骤等

## 第四章 布线检查简介

### 第 1 节 设计规则检查概述

**DRC Check**是PCB设计中常出现的一个词汇，其中文含义为**设计规则检查**。它的功能是检查各项设计是否完全满足PCB的设计规则，同时设计者需要确认所制定的规则能够符合印制板生产工艺的需求，保证设计数据中没有设计错误，这样才能设计出高质量的电气产品。

从原始的采用胶片贴图进行PCB设计到如今的CAD软件的普及，对PCB设计来说CAD软件所提供的**DRC Check**功能可以说是PCB行业的一次革命性的转折。CAD软件检查功能的不断完善让我们实现了PCB发展初期许多不可能实现的梦想，大大加快了电子行业发展的进程。

发展至近的CAD软件已经基本具备下述检查功能：

#### 导体间最小间距检查，如：

导线与导线，

导线与元件焊盘，

导线与贯通孔，

元件焊盘与贯通孔，

贯通孔与贯通孔之间的最小间距是否合理，是否满足生产、制造工艺要求。

#### 布线连接检查

是否完成了所有的未布线有称飞线或是Rats net，布线成功率是否为 100%

#### 内层检查

连接检查，如提示哪些信号PIN还未与内层相连

错误检查，内层短路检查等

#### 高速电路检查

线宽检查

等长布线检查  
延迟检查  
阻抗匹配检查 等等

**注：**这里列出的是CAD的软件的主要检查功能，当然不排除有些CAD 软件还不能够完全具备上述功能，有些检查仍然需要人工干预等。具体检查功能请参照所使用的CAD软件的操作手册。

虽然CAD软件所提供的DRC Check功能能够最有效地帮助设计者防止设计错误，但是软件所能做到的只是按照设计者设置的设计规则进行检查，如果规则本身不符合电路与制造要求，则CAD软件就无能为力了！就目前的软件水准而言对很多技术性的检查仍然需要人工干预。这就对设计者自身技术水平提出了要求。

值得庆幸的是我们已将设计检查要领汇总，使用本教程并结合本公司的其它配套教程在实践中学习、并快速积累经验已经不是一件困难的事。

**注：**我们在下一部(第五部)教程中将专门讨论PCB设计的全套检查手段,即将设计检查要领进行汇总,本章及下列教程中只对布线检查进行了概要介绍。有关详细检查方法等请参见下一部教程。

## 第 2 节 布线完成后对示例JOB进行检查

观看 多媒体演示教程 (5) (6-7 分钟)

**多媒体演示教程 (5) 主要内容：**

- 内层图面介绍
- Copper Pour的其它相关操作
- PowerPCB设计规则对话框与设计检查
- 连接检查师范
- 错误更正、消除方法等