



世特软件科技有限公司

Sprint-Layout 5.0

简体中文汉化版使用教程

目 录

第1 章 Sprint-Layout 5.0 PCB 软件安装	3
1.1 前言	3
1.2 软件简介及安装事项	3
第2 章 软件功能及工具总览	5
2.1 软件界面总览及主功能分区说明	5
2.2 工具栏详细说明及快捷键操作	6
第3 章 使用 Sprint-Layout 设计一个完整的PCB	9
3.1 PCB 设计软件的图层说明	9
3.2 实战制作：设计一个简单的PCB	10
3.2.1 设置 PCB 尺寸	11
3.2.2 设置网格规则	12
3.2.3 在画板中放置元件	13
3.2.4 排列元件位置和调整元件的摆放角度	14
3.2.5 进行网络连线	15
3.2.6 进行布线	15
3.2.6.1 自动布线	15
3.2.6.2 手工布线	16
3.2.7 调整线条的位置、线宽	16
3.2.8 放置铺铜	17
3.2.9 放置文本	18
3.2.10 自定义元件并添加到元件库	18
3.2.10.1 获得元件的封装数据	19
3.2.10.2 调整网格参数	20
3.2.10.3 放置焊盘	20
3.2.10.4 调整焊盘位置和参数	21
3.2.10.5 编组锁定焊盘	22
3.2.10.6 绘制元件边框和符号	22
3.2.10.7 完成编辑并保存为元件	23



3.3 利用 DRC 快速查错	23
3.4 打印设计好的 PCB 图	24
3.5 撰后记	25
3.6 关于网友的常见问题的回答	27
3.6.1 问：如何输入中文文字？	27
3.6.2 问：元件的焊盘如何与接地层完成链接？	27
3.6.3 如何一次性统一修改布线线宽，焊盘过孔等的参数？	27
第4章 附录：参考资料	28
4.1 附录 1：常用 PCB 板标准布线宽度参考表	28
4.2 附录 2：PCB 设计指南——PCB 布线	28
4.3 附录 3：布线工程师谈 PCB 设计	30
4.4 附录 4：绘制 PCB 中的一些经验点滴	32
4.5 附录 5：快速腐蚀印刷板的方法	33
4.6 附录 6：业余制作电路板的方法	33
4.6.1 业余条件下能完成的 PCB 制作工艺	33
4.6.2 感光电路板制作 PCB 实例详解	34
4.6.2.1 准备的材料	34
4.6.2.2 打印输出需要的各 PCB 图层	34
4.6.2.3 裁板	35
4.6.2.4 曝光	37
4.6.2.5 配制显影液和蚀刻液	39
4.6.2.6 显影液配制	39
4.6.2.7 蚀刻液配制	39
4.6.2.8 显影	40
4.6.2.9 蚀刻	41
4.6.2.10 清洗感光层	42
4.6.2.11 制作阻焊	43
4.6.2.12 钻孔	46
4.6.2.13 成品	46
4.6.3 热转印制板的详细过程	48

世特软件科技有限公司 版权所有 制作人：李强

WWW.ST-ERP.NET WWW.STERP.NET

2008 年 6 月初撰，2011 年 11 月 26 日最终修订版



第1章 Sprint-Layout 5.0 PCB 软件安装

1.1 前言

相信有很多初学电子制作的过程经常碰到跟笔者一样的问题：PCB(印刷板)制作的难题。因此更多时候业余都是使用洞洞板(万能板)来进行自己需要的印刷板的制作。笔者也经常使用洞洞板，但是总是感觉不方便，飞线多，焊接麻烦。能完成一张漂亮的 PCB 制作就成了业余爱好者的追求。专业级的 EDA 软件如 Protel、PowerPCB 等对于业余爱好者使用要掌握不容易，所以笔者一直努力寻找一款业余条件下简单易用的 PCB 软件。在这个过程中，试用了各种的简单的软件数十种，用过几天时间的 PCB Editor 2.2/3.0 版本(全称：PCB Developer's Individual Assistant)也觉得其不错，它与本文要介绍的 Sprint-Layout 5.0 相比具有的优点：元件库使用数据库管理，自动布线功能较强。但是绘图区易出现显示异常。最终被我淘汰。

网上的软件众多，因此寻找一个适合自己的软件实质也是一个累人的事情，经过不懈的努力和寻找最终笔者于 07 年在一个俄罗斯的网站上找到了一款名为 Sprint-Layout 的 4.0 版软件。在用其顺利完成了数个简单的 PCB 后，认为该软件完全满足了自己业余的需求：简单易用，界面友好，掌握轻松，工作稳定。08 年其网站上发布了 5.0 版，发现增加了不少实用的新功能：如简单的 DRC 规则校验，新增的功能让笔者喜之更甚。

好东西不敢独享，在此将自己使用这个软件摸索总结的一些使用方法写成一篇简单的教程发布出来与广大与笔者一样喜欢业余电子制作的朋友分享。

对于附录中的内容对于业余制作 PCB 很有用，除感光板的制作过程教程外，其它的教程是我从网上摘录的。个人建议业余制板使用感光板或热转印。

1.2 软件简介及安装事项

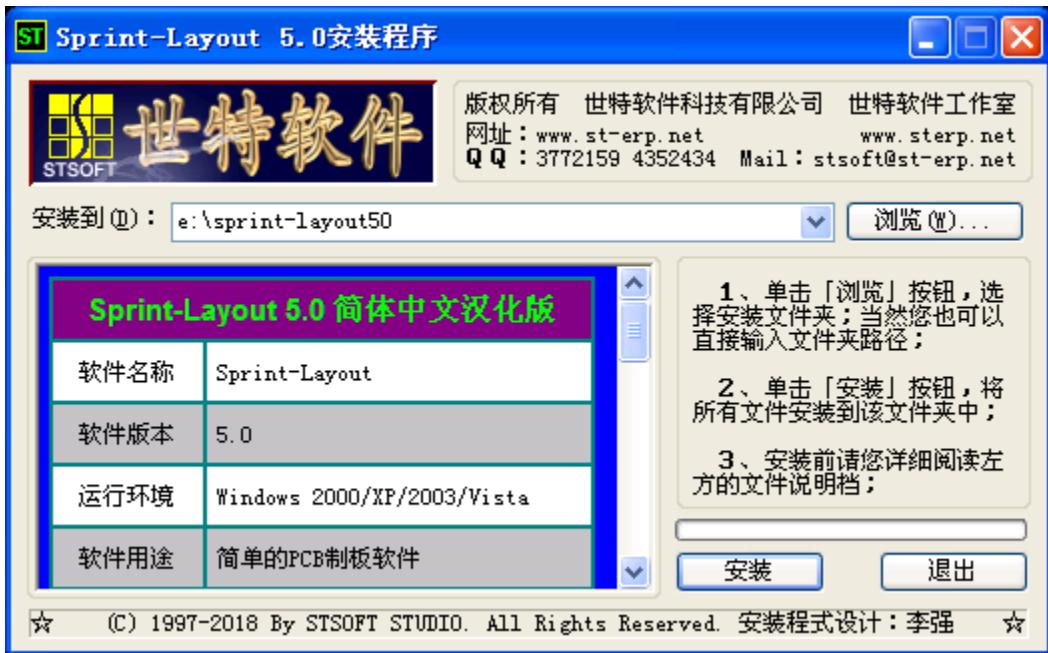
Sprint-Layout 5.0 版本是其目前已发布的最新版本，官方网址：<http://www.abacom-online.de/>。软件主要用途：简单的 PCB 制作，其支持最多 4 层板的设计。在输出功能上支持分层打印，另外相比其它一些小型的软件来讲，其提供的 CNC 雕刻机的专用 HPGL 代码生成，对于有雕刻机的朋友制板可以方便很多。其它的导出位图，JPG 图用于交流都是非常实用的功能。可以利用本软件设计 PCB 后，通过雕刻机直接刻板，或通过打印机输出使用热转印法或感光印刷板的方法制作漂亮的 PCB。

你可以从其网站上下载该软件的原始版本，该软件提供有俄文，德文和英文三种语言的版本。如果你外文不错，直接使用其外文版本即可。笔者使用该软件在无聊之余，将其进行了较完善的汉化，以方便自己的使用。

该软件本身为 Delphi 开发的多语言版(无中文)，使得汉化的工作非常麻烦，不象普通的 C 程序制作的软件资源提取容易，汉化容易。汉化过程中经常出现了误改造成软件的不能使用，汉化的工具除使用专用汉化工具完成主界面汉化外，还使用 UltraEdit 来硬性的进行字符型的全手工完成汉化，硬性汉化的字串由于德方的原因，有些描述进行了缩减，有些又可能译得冗余了，部分英文太短占位不够的无法汉化的只好放弃不汉化，比如 SMD-Pads 刚好够译为贴片焊盘，但某些地方 SMD-Pad 则只能译为 SMD 焊盘了。(笔者并非专业的 PCB 工程师，因此对其的一些术语翻译力求简单易懂，但并不一定符合标准 EDA 软件的术语，敬请见谅。)

个人喜欢绿色的软件，所以没有将其做成标准的 SETUP 安装包，而直接使用 WinRAR 打包成了简易的自解压型安装包，按提示安装后即可使用，安装包内提供了本教程使用的示例的 PCB 文件，另包括了笔者使用过程中自制的一此元件封装。

软件支持目前主流的 Windows 2000/XP/2003/Vista/2008 的操作系统。直接运行 SPRINT50 安装程序进行安装(汉化版安装界面如图一)，汉化版默认安装到 E:\PCBTOOLS\Sprint-Layout50(笔者原用的文件夹)，可以按你的需要变更安装文件夹。

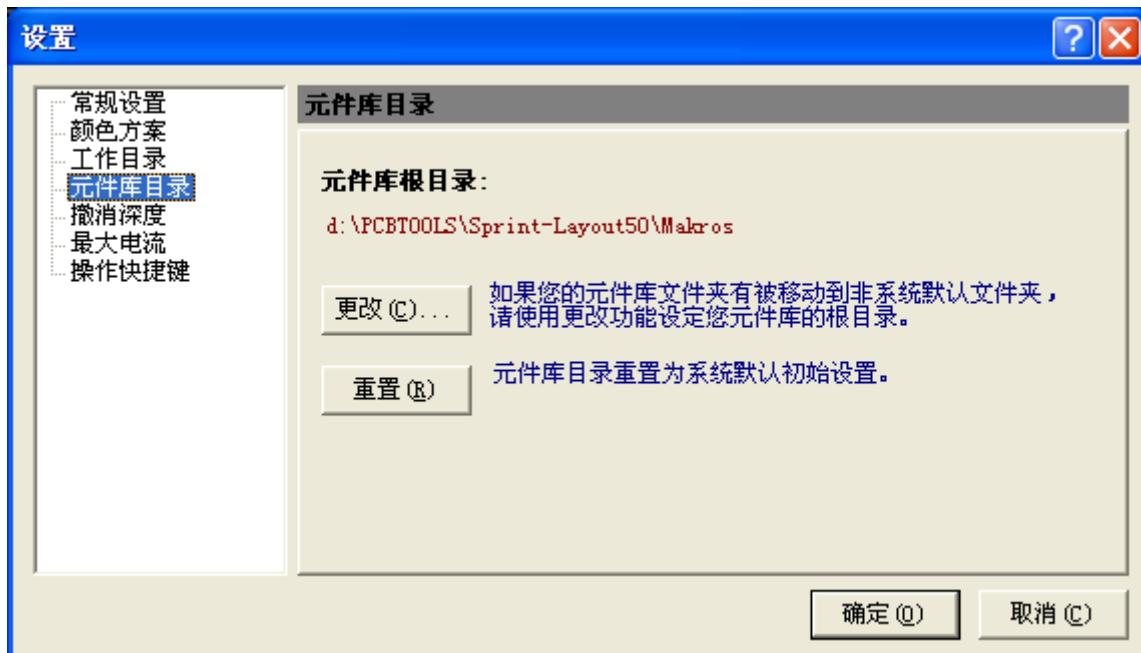


图(一) Sprint-Layout 5.0 汉化版安装界面



安装程序完成后会自动在桌面上创建 Sprint-Layout 50 中文版的快捷方式，并自动在开始菜单建立 PCBTool\Sprint-Layout\下三个快捷方式(包括主程序快捷方式，本说明帮助文档和原版英文帮助的快捷方式)。

如果你在安装时有更改安装文件夹。使用非默认的安装文件夹安装后可能造成系统找不到元件库根目录问题，需要在启动软件后的菜单/常规选项设置里重新指定元件库根目录位置，如图二所示：重新设定一下该参数和系统默认的工作目录参数方可正常使用。



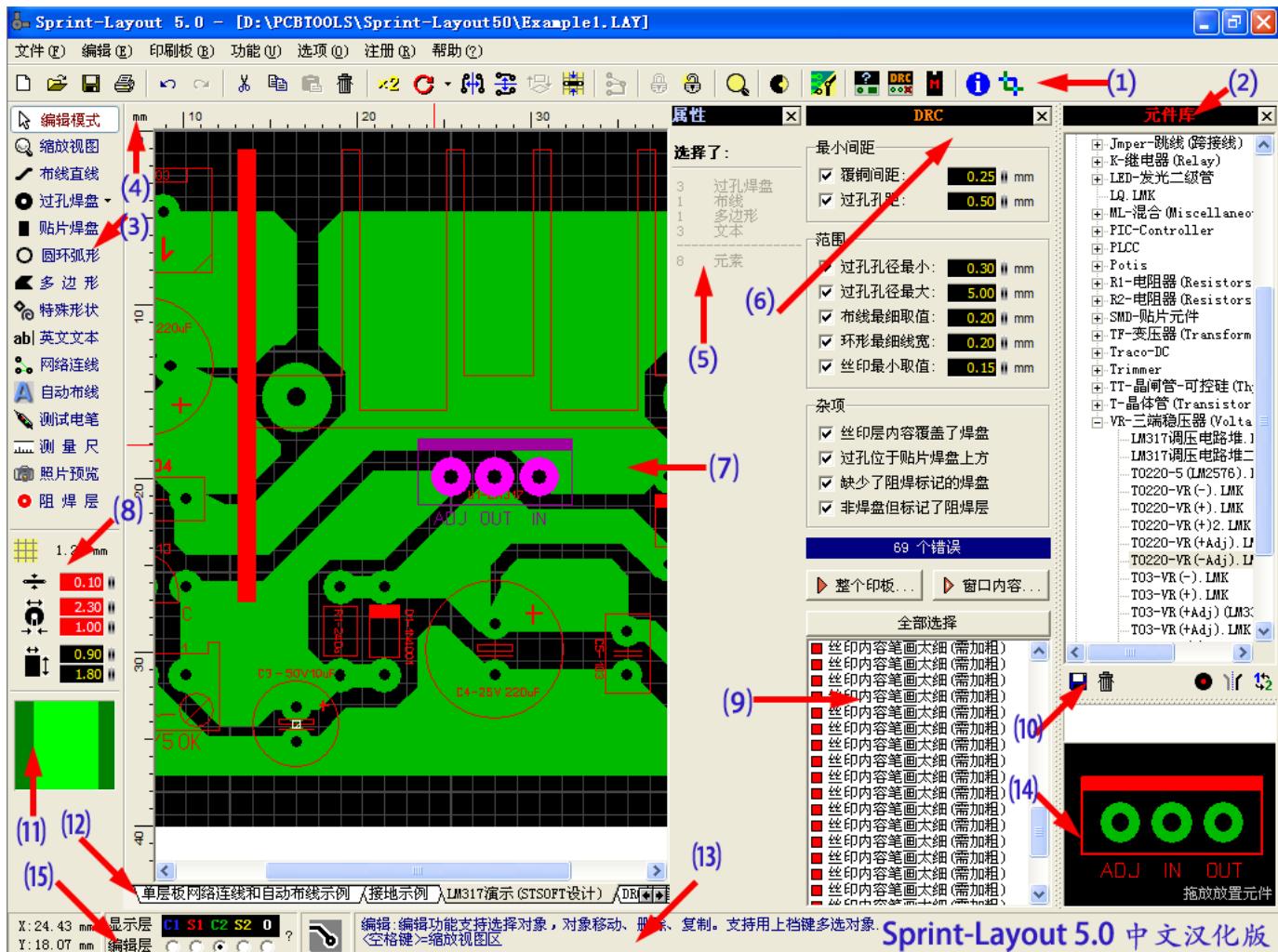
图(二) 重新设定 Sprint-Layout 5.0 元件库文件夹

在进行了上述安装步骤后，确认元件库文件夹参数的设置正确，即可正常使用本软件了。



第2章 软件功能及工具总览

2.1 软件界面总览及主功能分区说明



图(三) Sprint-Layout 5.0 界面总览图

各功能区说明：

- (1) 系统功能菜单和主工具栏
- (2) 元件列表目录选择区
- (3) 设计工具栏区
- (4) 坐标参考尺，单击左上角的mm/mil标记可以在公制毫米/英制 转换坐标系
- (5) 对象属性窗口(列出当前选择的对象的一些属性参数)
- (6) DRC校验规则窗口(5.0新功能，4.0没有，非常有用的一个功能)
- (7) 印刷板主设计区
- (8) 参数调整区(主要调整具体对象的布线参数，焊盘参数和覆铜参数)
- (9) DRC校验出错信息列表区(双击对应的出错信息主工作区自动显示出错区位置)
- (10) 元件库工具栏(删除，保存，标注)
- (11) 鹰眼区(显示当前窗口显示的内容位于整个PCB的区域，可以快速定位主窗显示内容)
- (12) 多印制版选项卡(每一个对应一个独立的设计板)
- (13) 操作提示信息栏(操作时多看看该提示有帮助引导作用)



- (14) 当前元件预览区(拖放操作可进行放置到主绘图区)
- (15) 当前编辑层选择区: C1/C2对应覆铜层顶层顶层和底层(单层板一般为C2层为覆铜层) S1/S2对应丝印顶层和底层(单层板为用S1层), 绘出比如零件的外形, 边界等。 I1/I2层为多层版内铜层(业余一般不使用该层)

2.2 工具栏详细说明及快捷键操作

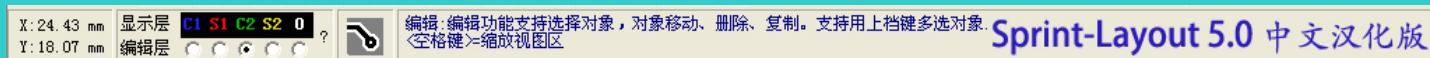
主工具栏及其常用用途 (快捷键为系统默认值, 可以在软件菜单中的选项/常规选项/快捷键中更改该设置, 系统默认设置如下):

工具栏图标	功能说明	常用用途	默认快捷键
下列所述为系统左侧绘图工具栏工具, 依其次序列表, 可对照软件界面中的实图查看			
	编辑 / 标准模式	移动或调整对象的位置	ESC
	缩放显示	缩入绘图区的显示比例	Z
	直线工具	绘制两点间的直线, 常用于电路布线或画边框	
	焊盘工具	放置过孔焊盘(其下拉子菜单可选择不同种类的过孔焊盘, 如八角形, 圆角方形, 矩形等, 另有是否双层焊盘的选项)	P
	放置 SMD 贴片焊盘	放置 SMD 贴片元件用焊盘	S
	绘制圆形弧形	在工作区中绘制圆形环, 可通过参数调整成为扇形	R
	多边形	绘制一个实心的多边形, 常用于手工铺铜或者接地层的隔离区	F
	特殊形状	使用向导生成有规则的正多边形或者螺旋形图案	N
	文本字符	放入字符到绘图区, 注意只能是英文, 不支持中文字符	T
	网络连线	在两个焊盘间的单击可完成网络连线, 用于自动布线(或为了避免自己在调整元件位置时忘记其该连接的节点, 方便查看)	C
	自动布线	在已完成的网络连线上单击可自动布线或还原成网络连线形式	A
	电笔工作	在覆铜层上单击铜对象(如焊盘)可以显示所有与这个铜对象连通的位置图。	X
	测量尺工具	用于绘图时直接测量显示两点间的距离和角度	M
	PCB 快照预览	查看当前编辑的印刷板的预览图形, 可看效果(二维)	V
	阻焊层标记	可设置对象是否阻焊或不需要阻焊, 系统默认焊盘都是属于阻焊	O
	网格规则	当前坐标系使用的网格规则, 经常需要调整, 比如放置元件时常用 1.27mm 的网格规则, 而做铺铜或绘制元件边框时常用 0.1mm 或 0.01mm 的网格规则	
	线宽参数	设置修改已选中对象或将要绘制的对象线宽度	



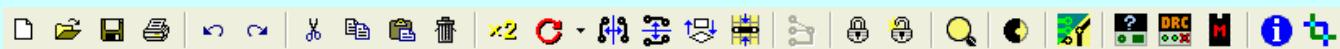
	焊盘参数 2.30 1.00	设置修改已选中对象的过孔焊盘或将要放置的焊盘参数(直径, 孔径)	
	贴片(SMD) 焊盘参数 0.90 1.80	设置修改已选中对象的 SMD 焊盘或将要放置的 SMD 焊盘参数(宽度, 高度)	
	鹰眼区	移动绿色块可迅速的在移动主绘图区的位置, 以利绘图	

以下所述工具为系统左下角和底部信息区的工具



	坐标位 X: 24.43 mm Y: 18.07 mm	此处显示你当前光标位置绘图区间的坐标位置	
	层选工具 显示层 C1 S1 C2 S2 0 ? 编辑层 (空格键)=缩放视图区	单击单选按钮改变当前编辑的层, 点击层编号数字改变该层的显示和隐藏, 点击?号可获得系统对于图层信息的立面示意图。	
	地层工具	设置开启或关闭覆铜层做为接地层绘图	
	提示栏	在你操作的时候注意看这个提示栏可以引导你的操作行为	

以下所述工具位于系统主菜单下方常用工具栏列表



	新建	新建一个新的印制板项目文档	
	打开	打开已保存的印制板项目文档	
	保存	保存当前编辑的印刷线路板	
	打印	打印当前的印刷板(可以分层, 镜像打印)	
	撤消	撤消上一次的操作(允许深度可调, 请调整选项/常规选项相关设置)	Ctrl-Z
	重做	重做上次撤消的操作	Ctrl-Y
	剪切	有选中对象是剪切对象到剪贴板	Ctrl-X
	复制	复制选择的对象到剪贴板	Ctrl-C
	粘贴	粘贴剪贴板中的对象到当前位置	Ctrl-V
	删除	删除选中的对象	DEL
	复建	创建选中的对象的一个副本到当前工作区	Ctrl-D



	顺时针旋转	顺时针旋转选中的对象	Ctrl-R
	水平镜像	水平镜象选中的对象(水平翻转)	Ctrl-H
	垂直镜象	垂直镜象选中的对象(垂直翻转)	Ctrl-T
	对齐操作	可指定选中对象顶部, 底部, 左边, 右边, 水平, 垂直对齐方式	
	对齐网格	选择对象自动与网格对齐	
	移除网络	自动检查是否有多余的重复网络连线, 如存在则自动移除	
	编组锁定	如果多选对象, 可以锁定为一个分组, 支持多层锁	
	解除锁定	如果对象是分组对象, 解除锁定对象的当前层锁 (一个元件实际就是一个或多个编组锁定的对象, 如果需要调整比如焊盘间距时解除后即可移动该元件的各个对象)	Ctrl-U
	视图察看	可选查看印刷板整体, 局部方式	
	刷新	刷新显示绘图区所有对象(如果显示异常时刷新)	
	位图	可以在图层中加载一个位图文件做为参照, 比如电路原理图等	
	对象属性	打开/隐藏 对象属性工具栏	
	DRC 规则	打开/隐藏 DRC 检验规则工具窗口	
	元件列表	打开/隐藏 元件列表选择窗口	

绘图区鼠标鼠标和键盘的操作, 支持两键或三键式鼠标。

鼠标左键: 直接点击对象则选择对象或元件

鼠标右键: 选中对象的右键属性弹出菜单

鼠标中心滚轮: 缩放绘图区

空格键: 以鼠标当前位置为中心缩放编辑区, 点左键放大, 右键缩小, 也可直接使用鼠标中心滚轮进行缩放操作。

其它编辑命令快捷键:

快捷键	功能
Ctrl+A	选中所有对象
Ctrl+W	改变对象位于印制板中的层

第3章 使用 Sprint-Layout 设计一个完整的 PCB

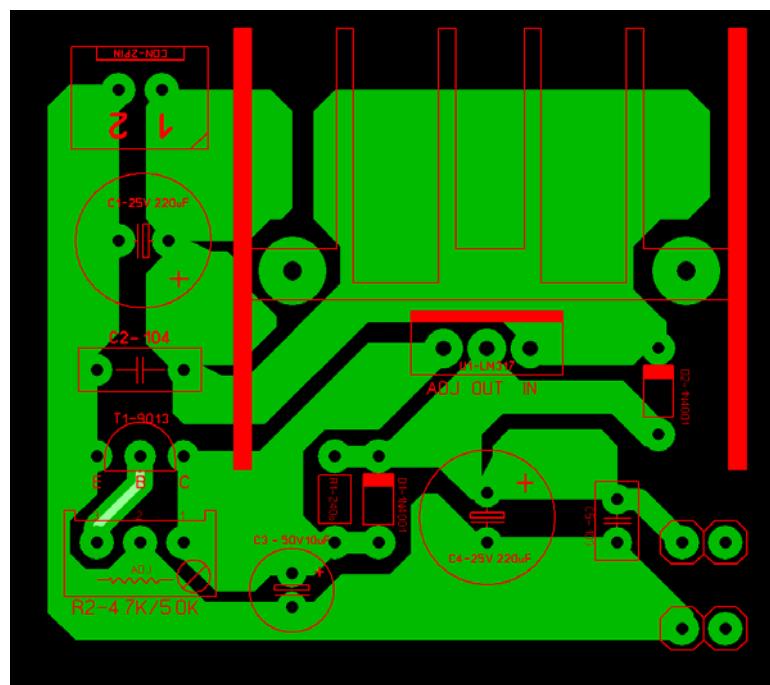
3.1 PCB 设计软件的图层说明

如果使用过 PhotoShop 或者其它的图形设计软件的朋友对此可以很好理解，但如果是初次使用 PCB 软件的朋友可能对这个概念可能会比较陌生，但我们在设计 PCB 中时必需要了解这个概念，为了让朋友们了解可以快点儿，笔者利用一个实物图来解释这个图层的概念。无论你是使用 Sprint-Layout 来制作 PCB 或者是其它的专业设计软件，都会有图层的概念，专业的软件支持的图层更多而矣。

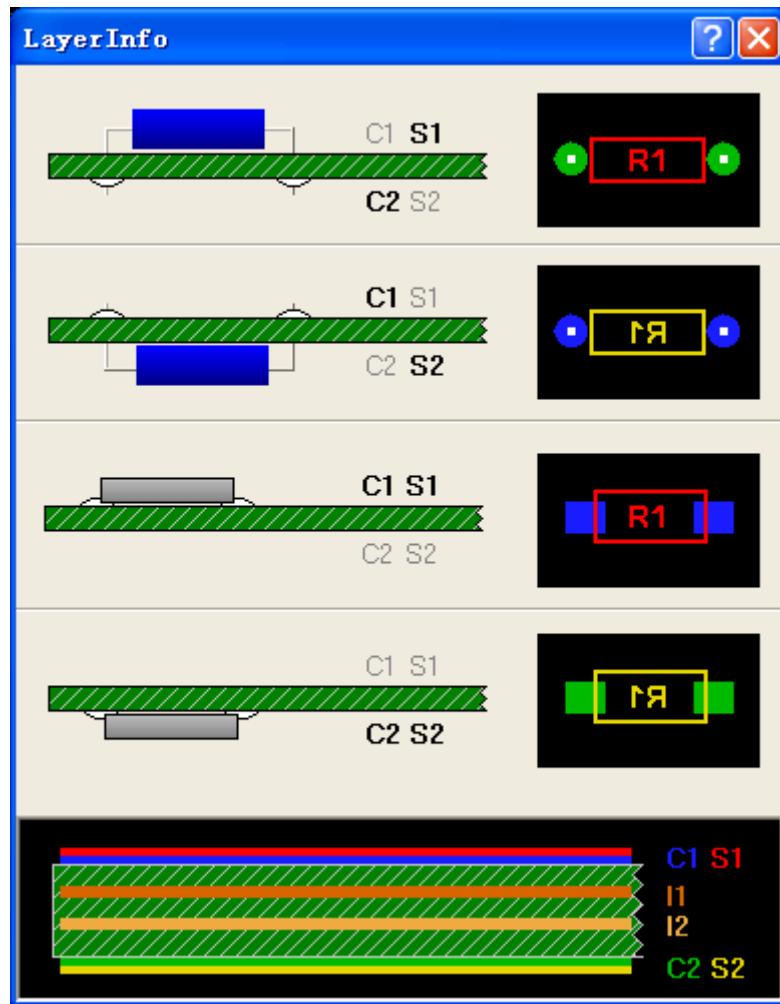


图(四) 实物装配印刷板示例图(俯视)

我们在使用 PCB 软件设计的过程中看到的平面图都是俯视图，图四所示的实物图即是商业化生产的从正面俯视看下去的效果(单面板)。业余条件下通常使用单面或双面板(上下两面都有覆铜层)。PCB 设计软件中设计过程表现出来的则是俯视图则如图五所示：



图(五) PCB 设计软件中的俯视图



图(六) 图层所在位置的示意图

在 Sprint-Layout 的绘图区我们可以看到的内容是就是俯视穿透的平面图。只要我们在画图时把所有的東西看成透明的而且是平面的来理解其应处图层的位置再画图即可。所有的 PCB 设计软件默认都使用不同的颜色来区分对象所在的图层。

图六为 Sprint-Layout 为我们示意各对象所在图层相对于印刷板剖面所在的位置和颜色。我们可以清楚的看到 Sprint-Layout 在不同层的对象表现出来的形式：S 字母表示的是英文 Silkscreen (丝印)的首字母，数字 1 指的是印刷板顶层，数字 2 指的是印刷板底层。S 丝印层一般用于绘制元件的平面外形使自己在编辑 PCB 时能有元件大小的参考位置。S1 即表示顶层丝印层(红色)，S2 即表层底层丝印层(黄色)。在图四实物中表现出来的是白色印刷文字说明和元件的边界框。业余条件下制作的 PCB 一般没有做丝印的印刷。

C 字母表示的是英文 Copper(覆铜)的首字母。同理数字 1, 2 对应顶层和底层。C 层一般用于铜层的走线，焊盘的放置。C1 即表标顶层铜层(蓝色)，C2 即表示底层铜层(绿色)。I1,I2 层是多层板的内铜层分别用褐色和土黄色表示。业余条件下由于制作原因，一般不会使用超过双面板的印刷板，故此不多做介绍。

理解了图层的概念，我们就应该知道如果是印刷板底层的焊盘所处的位置就该在 C2 层，其它的余类推。C2 层也是单层印刷板常用的层。

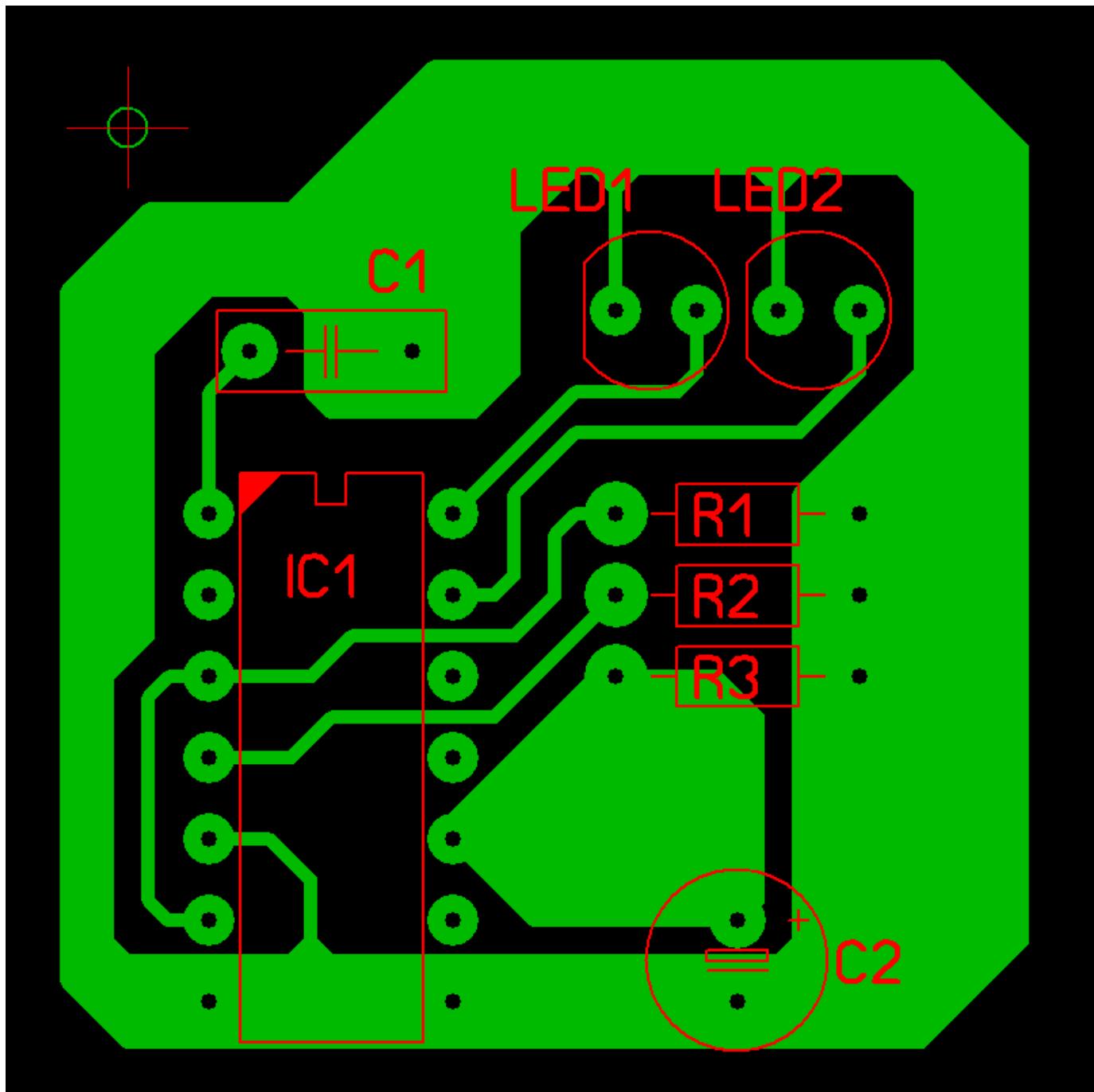
注意：当您使用绘图工具在哪一个怪上绘出图形则代表是对应层的对象。比如你用多边形在 S1 画图则就是属于丝印的内容，在 C2 画图就是属于覆铜内容了！

3.2 实战制作：设计一个简单的 PCB

下面我们将通过一个实际的印刷板设计操作来快速掌握的 Sprint-layout 5.0 PCB 制作的使用方法法。当你稍用心去操作和使用之后，你会发现 Sprint-Layout 的确是一款适合业余爱好使用的 PCB 设计软件，通过本教程最终完成的如图七所示的简易 PCB 板。本例中所示 PCB 尺寸大小为 34mm×34mm，共 8 个元件组成，均为直



插元件，故在编辑过程中仅需要使用到 C2 和 S1 层。Sprint-Layout 5.0 允许最大支持 300mm×300mm 的 PCB 板的编辑，我想这个尺寸足够业余爱好者使用了吧！



图(七) 练习制作的 PCB 图

3.2.1 设置 PCB 尺寸

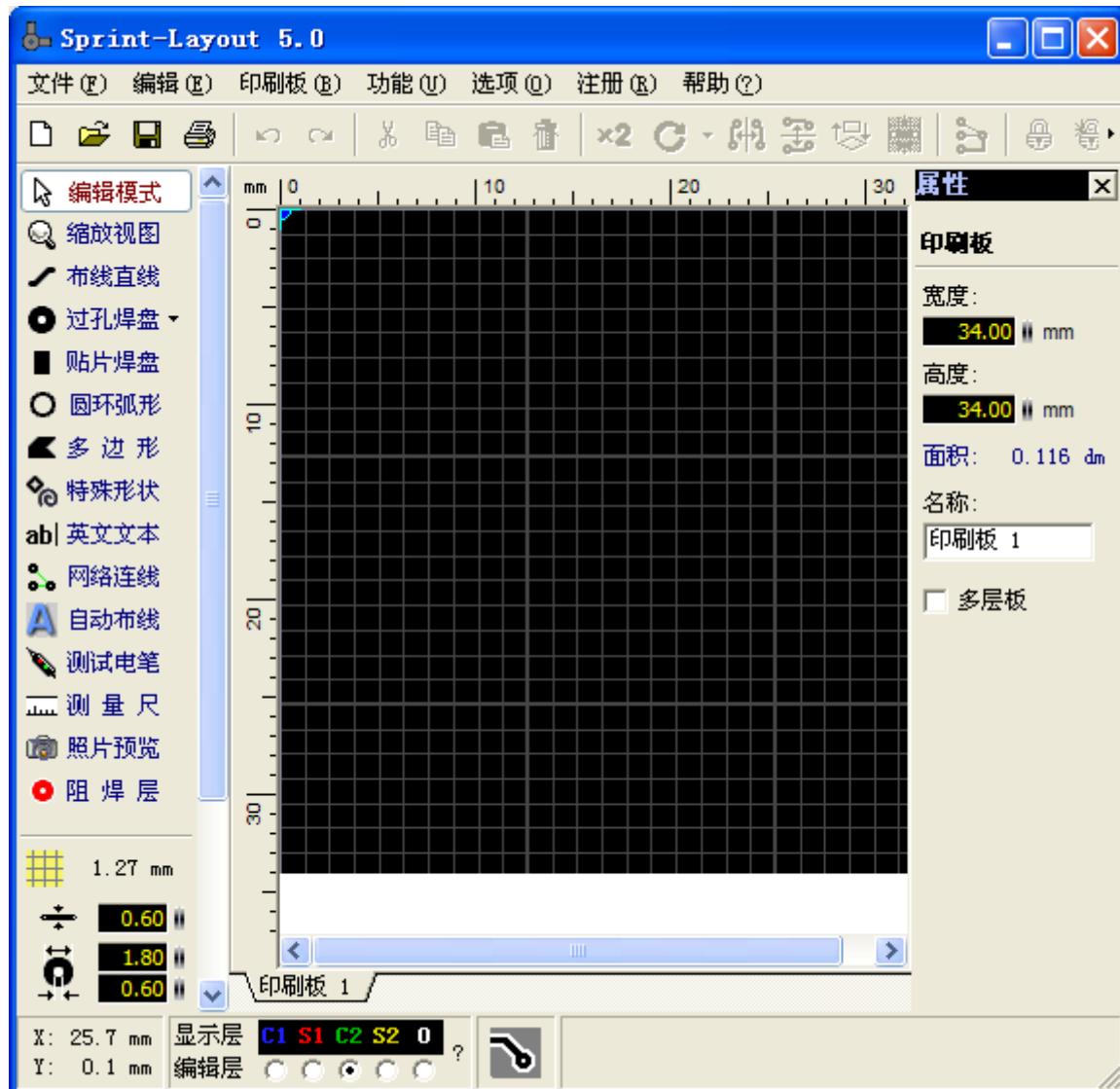
启动 Sprint-layout 之后，系统默认为你新建了一个宽度为 160mm，高度为 100mm 的 PCB 板，一般在

制作前我们应该定好要设计的 PCB 尺寸。通过菜单或工具栏属性图标 打开对象属性表，于窗口中以见看到其中显示的内容如图九所示。如果你有选中绘图区中的对象，这里将显示你选中内容的相应属性。所有属性均可以在这个窗口中对应项直接修改做出变更。如果显示的单位是 Mil 而非 mm 请点击系统标尺条左上

角的单位标尺转换按钮工具 mil 将设计单位转换为 mm(或在主菜单的 选项/常规选项 中设置默认的绘图单位为 mm)。本例设置宽度和高度均为 34mm*34mm。如果你要制作双层以上的多层板，请勾选多层印



制板选项。为了自己的查看方便，名称栏输入你需要的名称。



图(八) 设置印刷板尺寸

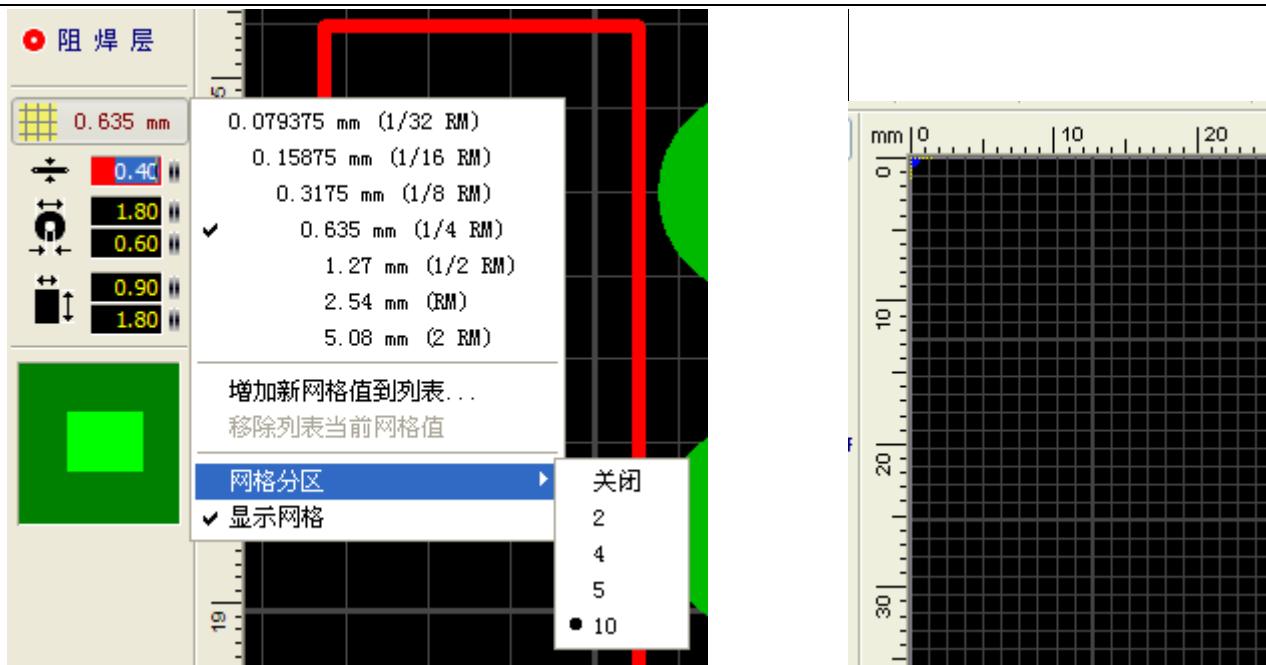
3.2.2 设置网格规则

网格可以为我们绘图时放置元件提供了位置的参考，灵活的使用网格可以使你在进行元件放置或是画线绘图创建对象是能准确的确定其位置。

系统默认的网格设置是你退出系统最后一次使用的网格规则，本例显示其网格为 1.27mm 工具栏上提示如 1.27 mm (在 PCB 设计中常用的单位有两种，一种是 mil 英制，1mil=千分之一英寸，按照我们使用公制的习惯，一般使用 mm 单位，1.27mm=50mil，业余中常用的直插元件一般都是使用的 mil 制，标准的直插元件脚距一般是以 50mil 为进行封装生产的)。业余制板直插件的一般用 1.27mm 的网格规则布板，如果是贴片型的需要使用更小的规则 20mil。

绘图区将根据你所设定的网格规则显示一个网格纸的用于我们在设计时进行位置的参考。

Sprint-Layout 的网格除了为了在绘图区显示标准线网格外，还可以设置一个大的网格分区规则，如 10 格小网格显示一个分区。如图九左所示为当前网格的设置，右侧图为实际在绘图区显示的表现形式(右侧线网格细线为标准网格间距，粗线为您设置的分区线。设置网格的目的只有一个，便于绘图坐标的参考)。



图(九) 网格参数的调整(左)和网格在绘图区的显示形式(右)

在以后的绘图过程中，如果你发现你不能将需要的对象移动到你想要的位置上，你就需要调整网格。灵活的运用网格参数，然后利用工具中的对齐到网格功能，可以帮助你快速的画出符合规范的 PCB。

3.2.3 在画板中放置元件

Sprint-Layout 内置提供了千余种标准的封装元件库供用户使用。足够满足业余使用的需要，如果在你的软件区使用界面右侧没有列出如图十所示的元件库列表清单窗口，请点击工具栏元件库图标 打开元件库选择列表。



图(十) 元件库列表选择窗口

元件库工具列表栏上部分为所有可用的元件列表，在系统中是以文件夹和文件形式存在，系统元件库默认存放在软件安装文件夹下的 Macro 文件夹下。中间为元件说明区，你可以自己为元件添加说明的文字。底部为你选中的元件的预览图，图示为笔者之前定义的 1N5401 二极管排放的整流桥的元件。

在放置元件之前，请确保你编辑的图层是否正确。系统默认按照当前编辑的图层放置元件。在系统左下方的



图层选择工具所示 中选择需要的编辑的图层。本例中的设计的是单层 PCB，所有元件为直插件，所以我们需要编辑的是 C2 层。确认编辑层是 C2 后，即可放置元件。

从元件库中找到相应的元件封装，利用鼠标从预览区使用拖放操作拖入到绘图区中。

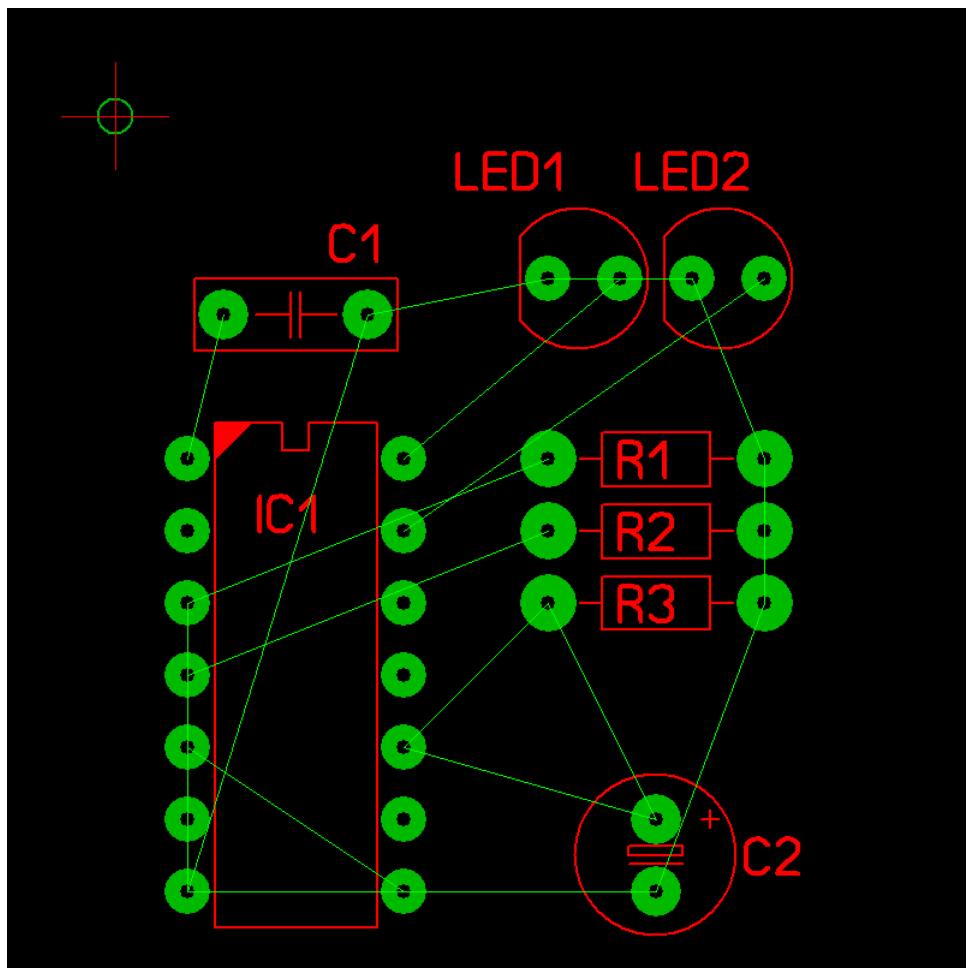
- ① 两个 5mm 的 LED(D 列表中的 LED5mm);
- ② 1 个 14pin 的直插 IC(DIL 列表中的 DIL-14);
- ③ 3 个 1/4W 的电阻(R1 电阻列表中的 R1(7.5));
- ④ 1 个直径 5 毫米，腿距 2.5mm 的电解电容(C1 电容列表中的 Eiko(RM2.5.LMK));
- ⑤ 一个腿距 5mm 的瓷片电容(C1 电容列表中的 C(RM5).LMK);

3.2.4 排列元件位置和调整元件的摆放角度

在绘图区中的元件上单击鼠标选中元件，使用拖放操作将其位置按需要排好。如果元件的摆放角度不对，



可以选中元件后使用工具栏中的旋转工具 或快捷键 CTRL+R 旋转元件，Sprint-Layout 支持任意角度的元件摆放。最后排列成如图十一所示形式：



图(十一) 摆放好的元件和完成网络连线图

3.2.5 进行网络连线

Sprint-Layout 支持简单的网络连线，并支持利用网络连线进行自动布线。如果纯手工布线可以跳过此步骤，不连网络线直接完成布线。

点击左侧工具栏中的网络连线工具 网络连线 或直接按 C 键依照正确的引脚间需连通的导线分别连线：在各焊盘之间单击完成网络连线工作，最后形成如图十一所示内容。

笔者建议如果放置的元件较多或需要布线的线多时为减少出错的机率，在排列元件时先按照原理图的大致位置排列好元件，然后使用网络连线连接各引脚间的网络。最后再移动元件到需要的位置，还可以根据网络线的交叉情况决定元件的角度。网络连线跟随移动而不会消失。

3.2.6 进行布线

Sprint-layout 支持利用网络进行自动布线和使用直线工具进行手工的布线。我们将分别予以说明。

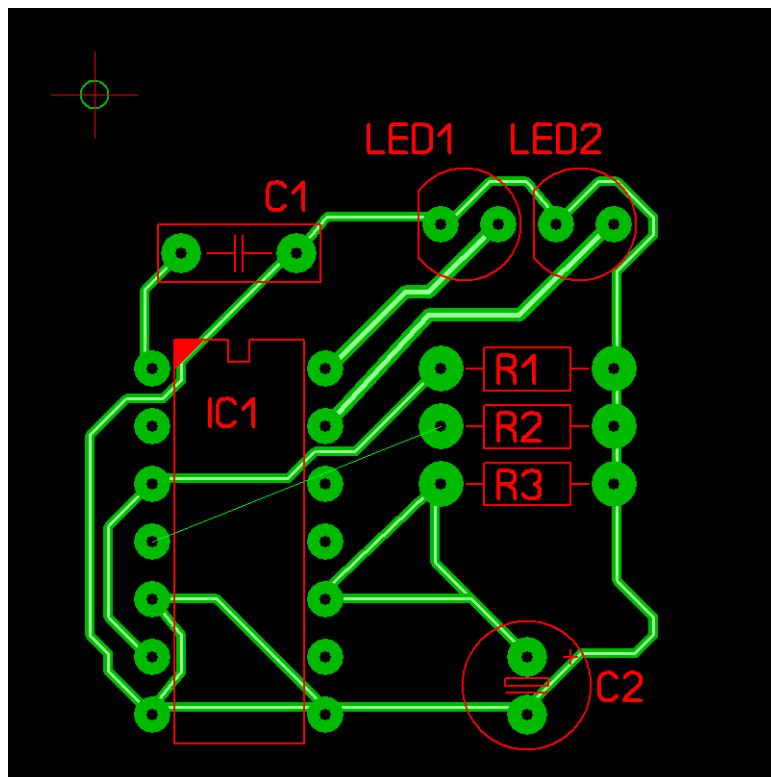
3.2.6.1 自动布线

Sprint-layout 可以根据你所设置的网络连线每次进行一条网络连线的自动布线(这个功能是相对有些弱智)，但简单易用就好。一般其简单的的自动布线均顺利布通。



选择左侧工具栏的自动布线工具 A 自动布线 或按 A 键，弹出自动布线对话框，按需要设置自动布线的宽度和自动布线的间距。

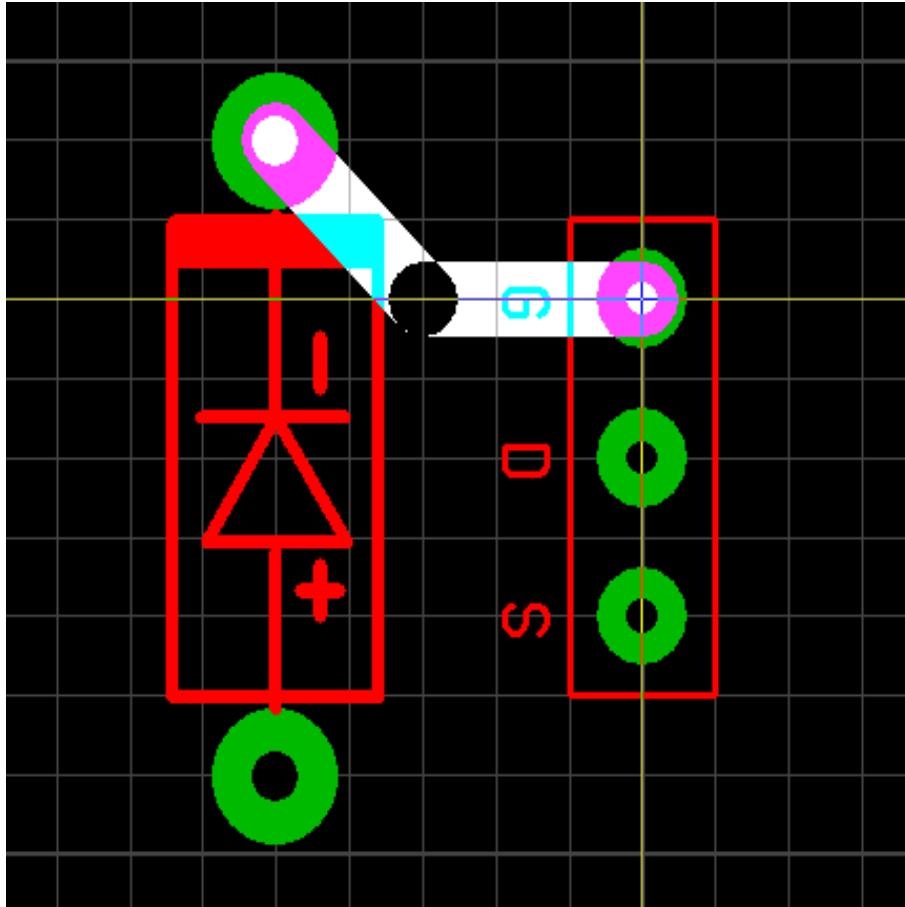
之后用鼠标单击相应的网络连线则系统会自动的为你寻找可能的捷径完成一条导线的布线工作。图十二即是利用自动布线工具在各网络连线上单击后最终完成 PCB，其中有一条没有自动布线。



图(十二) 自动完成布线的 PCB

3.2.6.2 手工布线

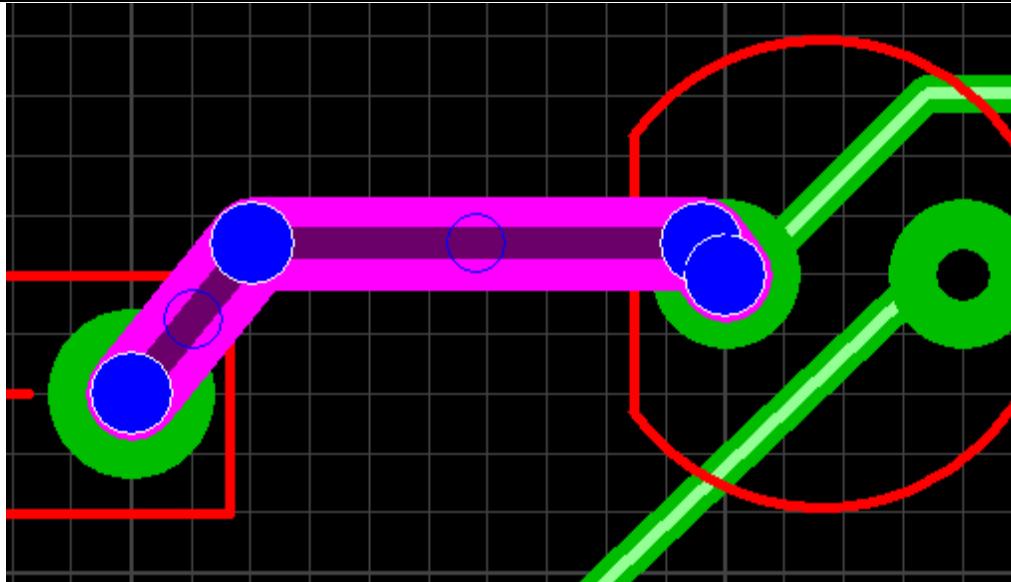
利用布线(直线)工具，我们可以方便的进行手工布线操作。点击左侧工具栏的布线工具 ，然后在绘图区中需要布线的焊盘中心点单击，移动鼠标到需要连接的焊盘，系统会依据你的走势自动规划一条线路，可以使用按空格键改变走线的方向，确认该线正确后单击鼠标即可完成。操作中状态如图十三所示。如果是在有网络连的焊盘上进行手工布线，系统会以粉红色提示所有与该焊盘连通的相关连接点。



图(十三) 手工布线操作

3.2.7 调整线条的位置、线宽

无论是自动布线或是手工布线，肯定会有这样或那样的问题需要进行调整。Sprint-Layout 提供了丰富的编辑方式来调整布线。使用左方工具栏的编辑工具 ，然后在需要调整的线条上单击选中布线的线段，将出现如图十四状态：



图(十四) 选中线段进行调整

移动线段和改变布线宽度: 使用左侧工具栏的编辑工具 ，然后单击选中要调整的线段，直接拖放粉红色区即可移动整个选中的导线。如果觉得线条的宽度不够，可以选中所有需要统一宽度的线段后修改左侧或对象属性表中的布线宽度 **0.40** 参数值即可变更线宽。

移动或添加删除节点: 拖放选中的布线蓝色实心环可以变更节点的位置。当转折的点不够的时候，选中相应的布线线段后，拖放每一段直线中心点空心蓝色环到其它位置即可增加节点。在节点上点鼠标右键会出现如图十五所示的辅助菜单，提供诸如删除节点，增加节点和自动与网格线对齐的操作菜单。按需要使用即可。



图(十五) 节点上的右键菜单

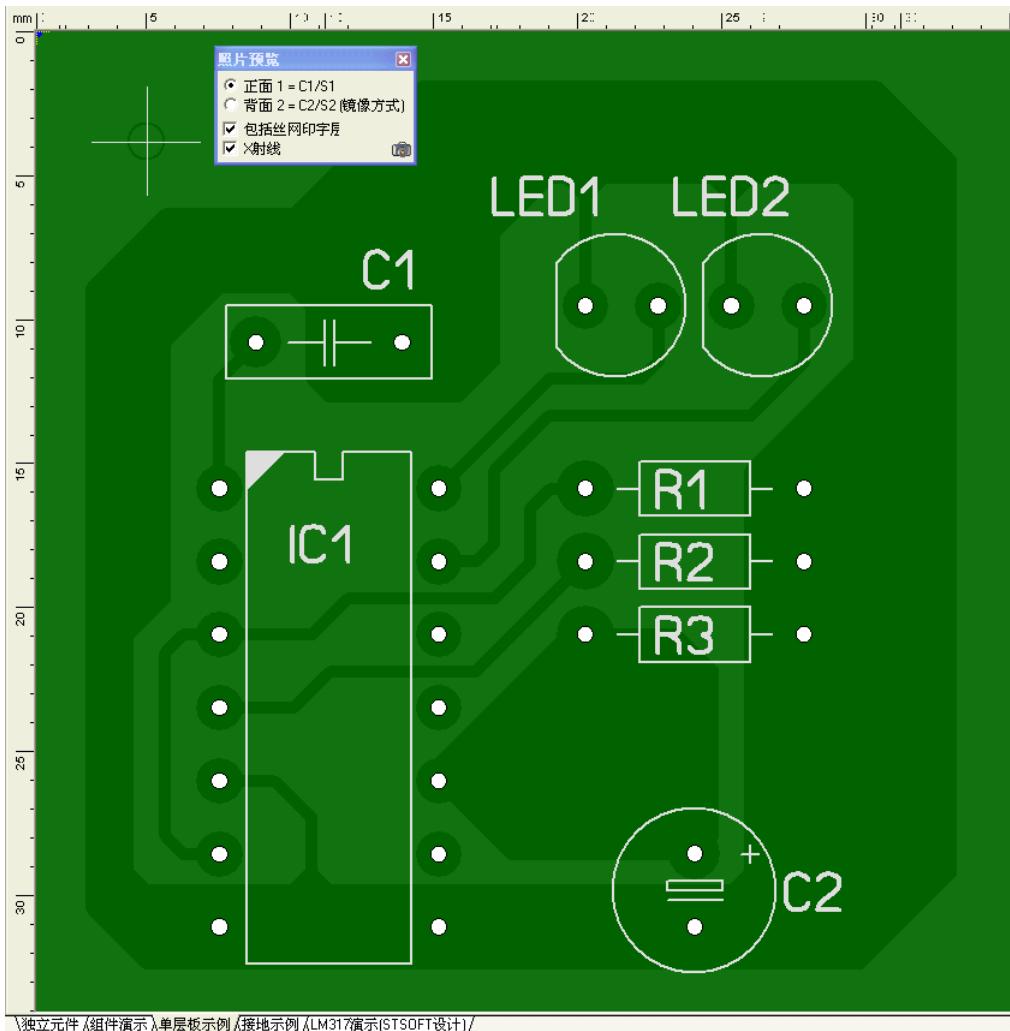
3.2.8 放置铺铜

除了导线以外，在 PCB 制作过程中经常需要大面积的铺铜。在 Sprint-Layout 中我们可以利用其多边形实心工具铺铜。点击左工具栏中的多边形工具 进行多边形绘制操作。多边形的转折调整与线段的调整

方法相同，在此不再详述。另外 Sprint-Layout 支持地层的整版自动铺铜操作，打开 接地层工具即可调出。

3.2.9 放置文本

使用文本工具 **ab| 英文文本** 在相应位置写上元件编号的信息，非常遗憾的是 Sprint-Layout 的文本工具是不支持中文的放置。最终即可以完成如前文中图七中所示的 PCB。图十六所示是预览模式下的 PCB 效果图，怎么样？还够专业吧？



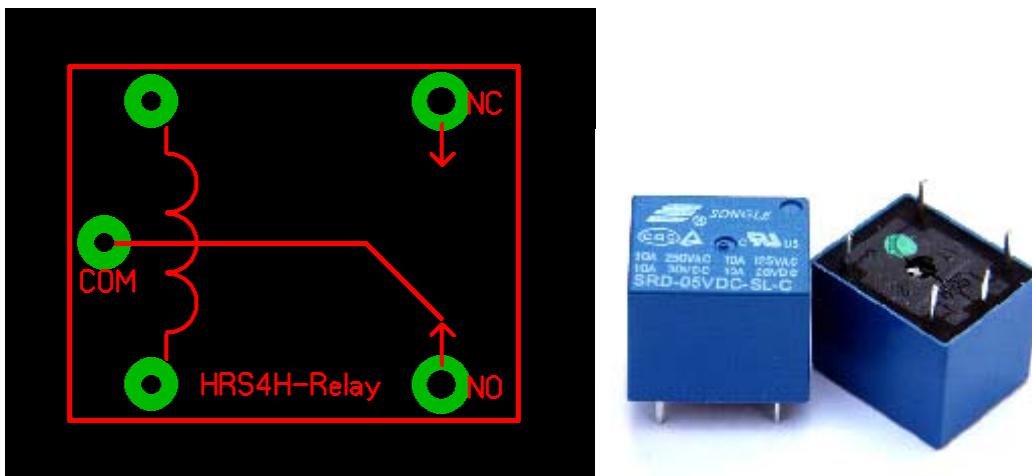
图(十六) 完成设计的 PCB 效果预览图

3.2.10 自定义元件并添加到元件库

虽然 Sprint-Layout 已提供丰富的元件库资源。但我们在制作 PCB 的过程中，经常会碰到元件库中没有的元件或者需要调整系统自带的元件封装。这时如果是经常需要使用的元件就自定义一个元件。方便我们以后制作过程中的使用。通过本节我们即可掌握自定义元件的封装，焊盘参数的更改，多脚焊盘向导的使用及 S 层的实际用途。

一个元件一般由边界和焊盘即可构成。因此自定义元件只要我们自己确保焊盘的位置和元件尺寸边界正确即可。在这里笔者再利用一个实际的封装定义讲解一下 Sprint-Layout 中的其它工具的用法。

如图十七所示的元件是业余下常用的 HRS4H 小型 5 脚继电器。该封装在原版元件库并不存在。



图(十七) 自定义 HRS4H 继电器元件封装图和实物图的对照

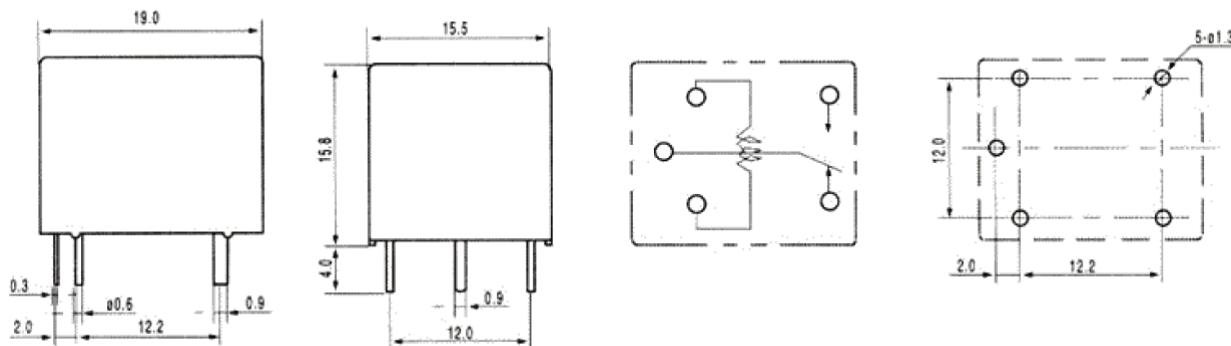
操作步骤讲解如下：

3.2.10.1 获得元件的封装数据

绘制前需要知道要定义的元件需要的焊盘数量，各个引脚间的距离参数值。插件元件还需要元件过孔的直径，元件平面的外边界数据。

方法一：通过互联网获得元件的生产厂家提供的 DataSheet(数据表)，一般均提供有 PDF 格式的电子档案文件，查看其提供的封装数据。按此数据绘制即可。笔者通过互联网搜索 HRS4H PDF 获得其封装数据如图十八：

4.DIMENSIONS (in mm)



图(十八) HRS4H 厂家提供的封装数据图

这个东西只要学了几何的都会看吧？呵呵。从上述数据表中我们可以清楚的获得需要的数据：4 个标准位置的引脚水平距离是 12.2mm，垂直距是 12.0mm。余下的那个左边中间的引脚是相对其侧的引脚水平距离是 2mm，垂直距离是 6mm。各个引脚的钻孔直径需要三个 0.9 和两个 1.3mm。另外元件的宽度是 19.0mm 长度是 15.5mm。高度参数对于我们绘制的平面封装定义没有意义，忽略。

方法二：直接手工测量实物获得数据，建议使用游标卡尺。如果使用普通的量尺测出来可能你需要多次调整后才能获得正确的封装。笔者手工测量经常是先拿一个洞洞板(万用板)，把元件卡上去看看能不能顺利装进去，如果能完全进去则焊盘符合通用插件标准 1.27mm 间距的规则，不能就只能是麻烦一点儿用游标卡尺测量了。对于插件元件需要的钻孔直径参数，如果在洞洞板上能穿过去的脚肯定小于 1mm，不能穿过的用卡尺测量。笔者比较爱偷懒，将自己已有的钻头从直径 0.7mm 至 5mm 的各种直径的孔依次打在了一张小小的 PCB 板上，元件需要多大的钻孔直接在板上穿孔试一下即可获得钻孔的直径数据了。

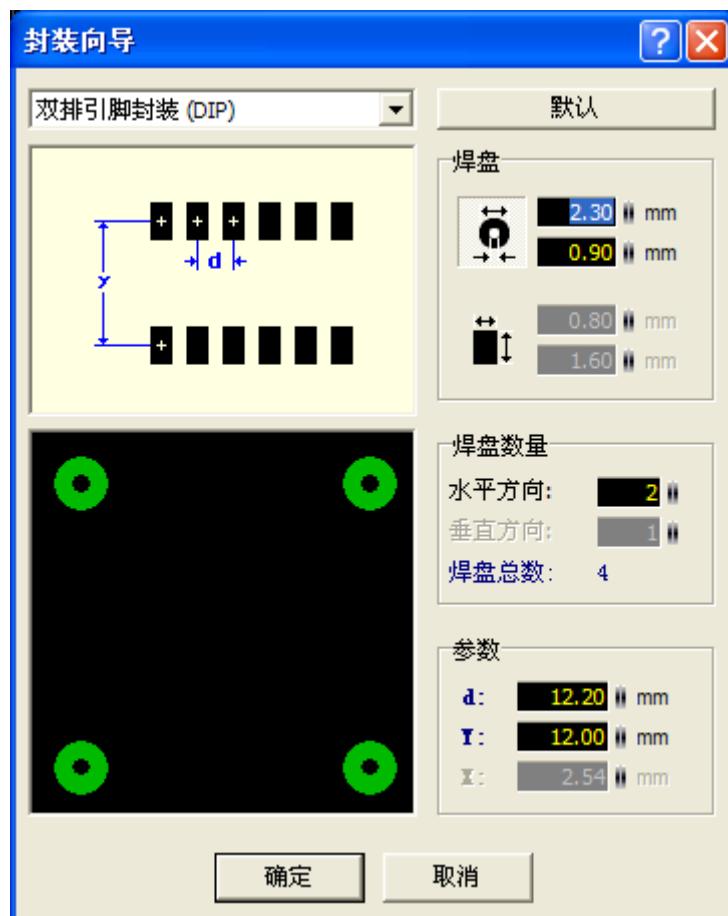
3.2.10.2 调整网格参数

从获得的数据看只能使用 0.1mm 的网格才能进行精确的定位，否则无法调整焊盘到准确的位置，因此设定网格为 0.1mm，并把绘图区比例放大，以方便自己绘图。

3.2.10.3 放置焊盘

放置焊盘之前除了确认网格正确外，保证前编辑的层是 C2 层。接着下面的操作：

使用向导放置规则焊盘组：Sprint-Layout 提供了一个方便的焊盘生成工具。对于引脚间距规则的焊盘利用封装向导放置更快。点击主菜单中的 选项/封装向导，系统弹出如图十九所示的对话框。向导可以辅助你生成五种焊盘，本例先用向导生成需要做的元件的 4 个规则的焊盘：1、选择双行形焊盘(DIP)；2、选择焊盘类型是过孔的圆形焊盘并设置其参数：焊盘直径 2.3mm，钻孔孔径 0.9mm；3、设置我们需要的焊盘数量水平方向为 2；4、生成参数值：水平间距参数 D 为 12.2，垂直间距参数 Y 为 12。预览窗口可以看到即将生成的焊盘形式。



图(十九) 多脚焊盘生成向导

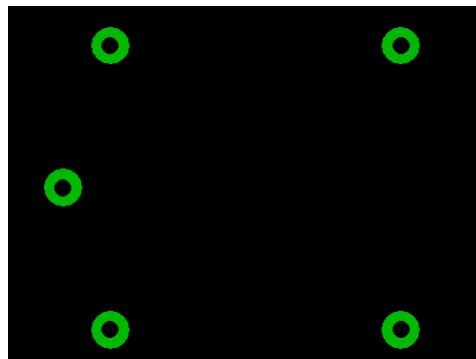
然后点击确定。在绘图区放置好向导为你生成的焊盘。

向导生成的焊盘已自动组合锁定成了一个对象，选择其中任何一个即选中这 4 个焊盘。如果发现没有与网格线对齐，选中后(粉红色显示)，然后点工具栏的与网格对齐。则焊盘的中心会对齐到网格上。

手工放置焊盘：如果是不规则间距的焊盘都需要使用本方法放置。本例中还缺少一个焊盘。点工具栏中的

PDA 焊盘工具 ，系统提供有多种焊盘，可以从工具下拉中可以选择不同的焊盘。双面板的过孔插件记得要选择双面型焊盘。

可以先在左侧工具栏中调好焊盘的参数焊盘直径 2.3mm，钻孔直径 0.9mm，然后随便将焊盘放置到需要的大概位置。形成如图二十所示的形式：

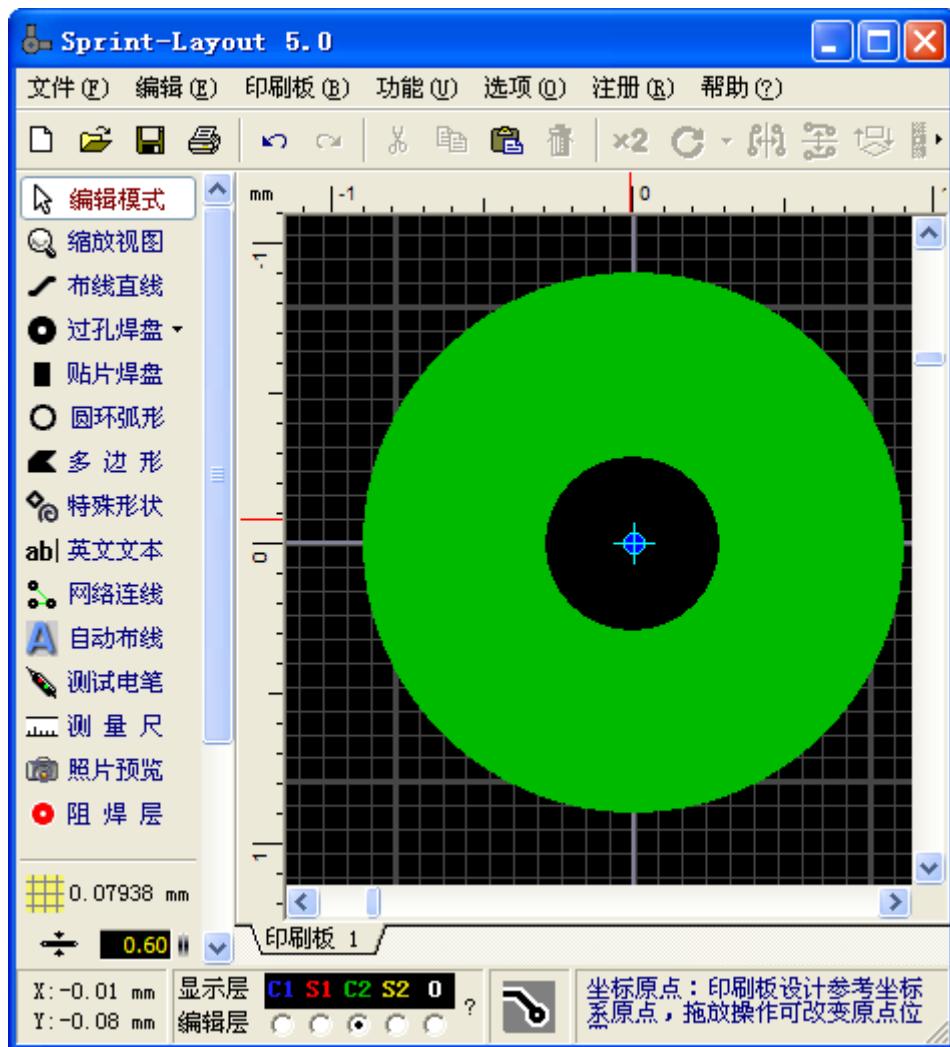


图(二十) 完成放置焊盘的自定元件

3.2.10.4 调整焊盘位置和参数

调整焊盘的操作主要是确认焊盘的间距是否正确，焊盘的大小是否合适，钻孔的直径是否合适。

改变坐标原点：为了定位的方便，我们先把坐标原点调整到 1 个焊盘的中心。在要定位坐标原点的位置单击鼠标右键，从弹出菜单中选择设坐标原点/设当前点为坐标原点。如果位置不正确，单击出现的原点对象，使用拖放操作移动到正确的位置。正确的位置如图二十一所示蓝色十字标示在左下角焊盘的中心。注意你的网格规则会束缚你可以移动的位置。

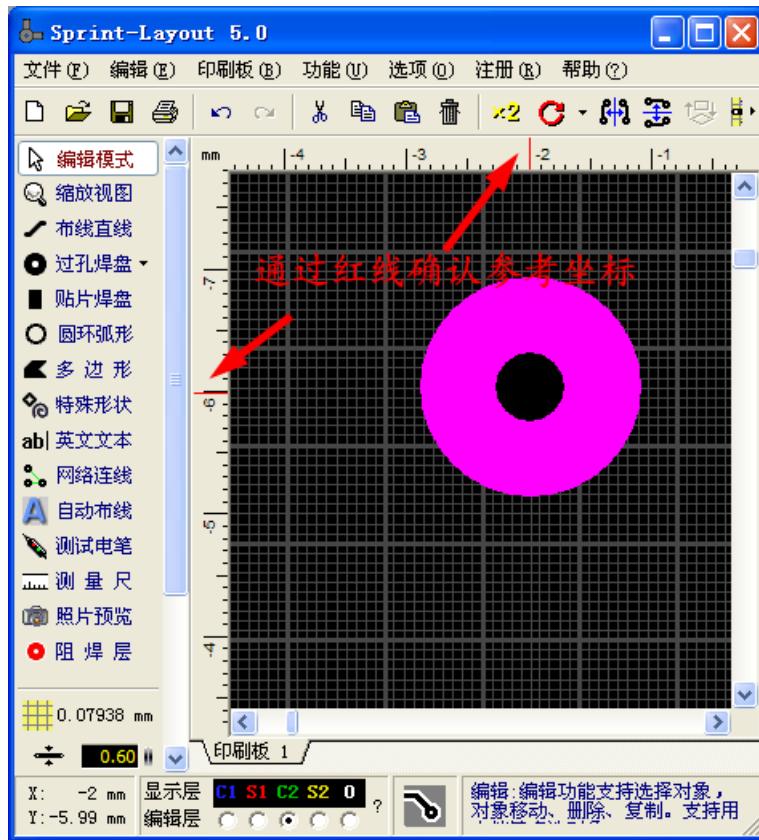


图(二十一) 重设坐标原点

拖动焊盘到正确的位罝：如图二十二所示选中的焊盘已移动到正确的位置。移动到目标位置后将鼠标放到焊盘的中心，可以直接通过观察标尺条的红色所示刻度位置确认焊盘是否移动到了正确的位置。这就是为了方



便在前面改变坐标原点的目的。可以看到相对坐标原点，该焊盘的位置为 Y 轴 6MM，位于左侧两个焊盘的正中，X 轴-2mm，符合元件数据表中的相关参数。



图(二十二) 移动到正确位置的焊盘

改变焊盘参数：根据需要通常要变更焊盘的参数，例如过孔直径业余条件一般用 0.8mm 以上的钻孔，如果要统一焊盘参数，使用多选 Shift+单击焊盘或直接框选完成选中操作，选中的对象系统以粉红色突出显示。然后直接调整工具栏左方或对象属性表里的焊盘参数即可完成参数的变更。

在前面的自动生成向导中我们生成了 4 个标准统一的焊盘，而且这 4 个焊盘被系统默认已锁定成了一个编组，直接修改焊盘参数将改变这个编组里的 4 个焊盘，本例中需要单独调整右侧两个焊盘的参数。

步骤 1：选中这 4 个焊盘，然后点工具栏中的解锁工具，解除组锁。

步骤 2：选中右方的两个焊盘，调整焊盘直径为 2.5mm, 钻孔直径为 1.3mm，完成参数的更改。

3.2.10.5 编组锁定焊盘

经过前面的操作之后，通过测量尺工具测量分别测量各个焊盘两点的距离值来确认自己所有焊盘间的距离是否正确定位。为了避免在后面的操作中由于误操作造成了位置的变更，使用框选操作选中这 5 个焊盘，然后使用工具栏中的组件锁工具将其锁定成一个编组。这样无论后续的操作如何，都不会影响的焊盘的位置参数。选择时单击其中任何一个焊盘都是选中这 5 个焊盘的内容。

3.2.10.6 绘制元件边框和符号

切换编辑层为 S1 层，点击系统左下角的编辑层活动层为 S1。然后在绘图区中相对焊盘的正确位置使用布线(直线)工具绘制元件的边界，同前文讲的布线操作方法相同，注意线条宽度不要使用太宽一般 0.2mm 宽度，绘制出元件的外边界。再使用圆形工具绘制出本例中的电感符号，选中绘制的圆环，使用对象属性窗口调整需要的半圆。使用文本工具写上文字。最终即可形成我们需要的如图十七所示的元件封装全部内容。

在 Sprint-Layout 中绘制的无论是什么类型的对象，如焊盘，线条，圆环，多边形，文字及包括已组合的对象等等，均可以进行直接的复制，粘贴，旋转，移动，镜像。仅仅是不同的对象可以调整的参数不同。自己



去画一画就能很轻松的掌握了。至于图层，在不同的层用绘图工具绘出的对象则属于该层的对象。

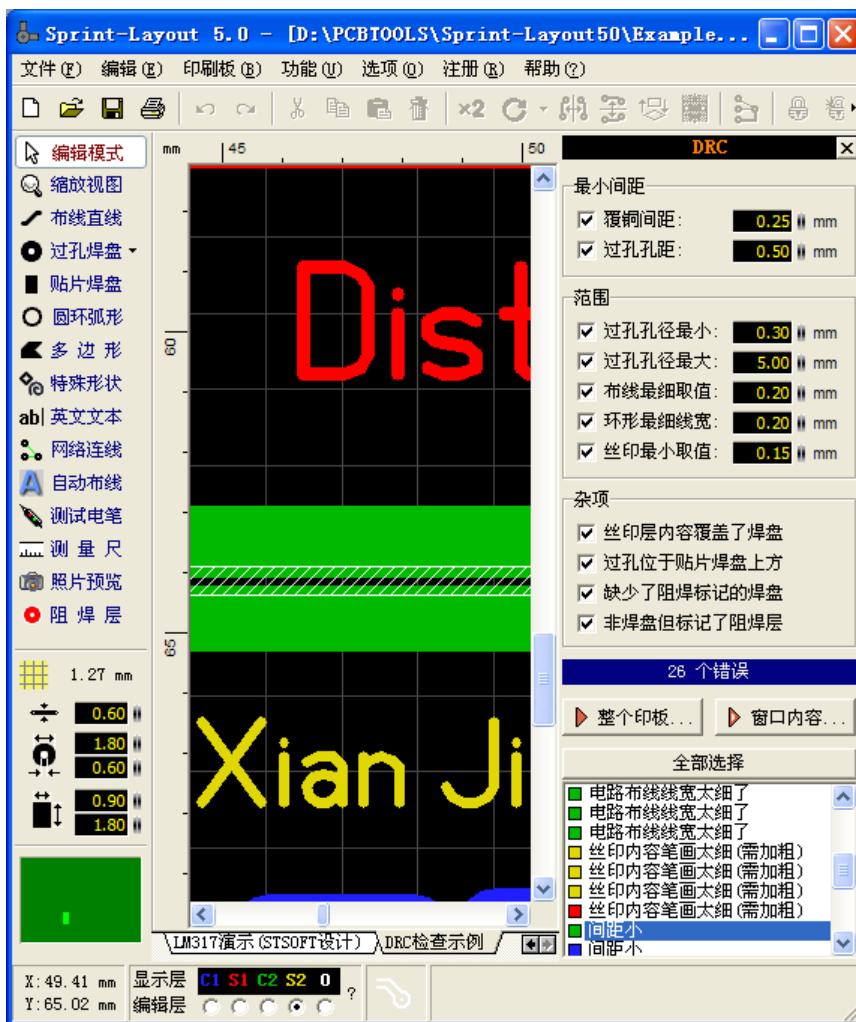
3.2.10.7 完成编辑并保存为元件

完成了前面的绘制步骤之后使用拖放操作框选已绘好的所有对象，包括边界线，文字说明，焊盘等。再次将其使用组件锁工具 锁定为组件。然后选文件 / 另存为元件，指定保存的位置。输入对应的元件名信息后保存即可。下次即可以在元件库中直接找到这个元件了。如果是你常用的一些制作好的电路块，也可以用此方法将其当成一个元件保存到元件库中即可。

如果需要修改系统已有的元件，从元件库中拖入元件到绘图板中，使用组件锁的解锁解除锁定即可对其内部的对象做调节再保存为元件即可。

3.3 利用 DRC 快速查错

Sprint-Layout 5.0 版我认为比 4.0 最有用的一个功能就是具有了简单的 DRC 查错功能。通过工具栏上的 DRC 图标或菜单打开 DRC 规则设置窗口，如图二十三所示，通过其中的选项我们可以设置，比如过孔焊盘允许的直径最小值，允许的最小间距等等。我常设置的限制焊盘最小 2.0mm，钻孔最小 0.8mm。设置好这些规则之后，整个印板就帮你检查你整个当前设计的印刷板是否有违反规则的，当前窗口限在你能看到的视图区这部分印刷板。如果有错，在其下方的列表中将会显示出错误原因，双击即可定位查看出错的位置了。按需要做出相应的修改后再检查，图中所示的错误系统已用白色条纹框标示出来，其违反了最小的覆铜间距规则。



图(二十三) DRC 查错功能的显示检查出错误的状态

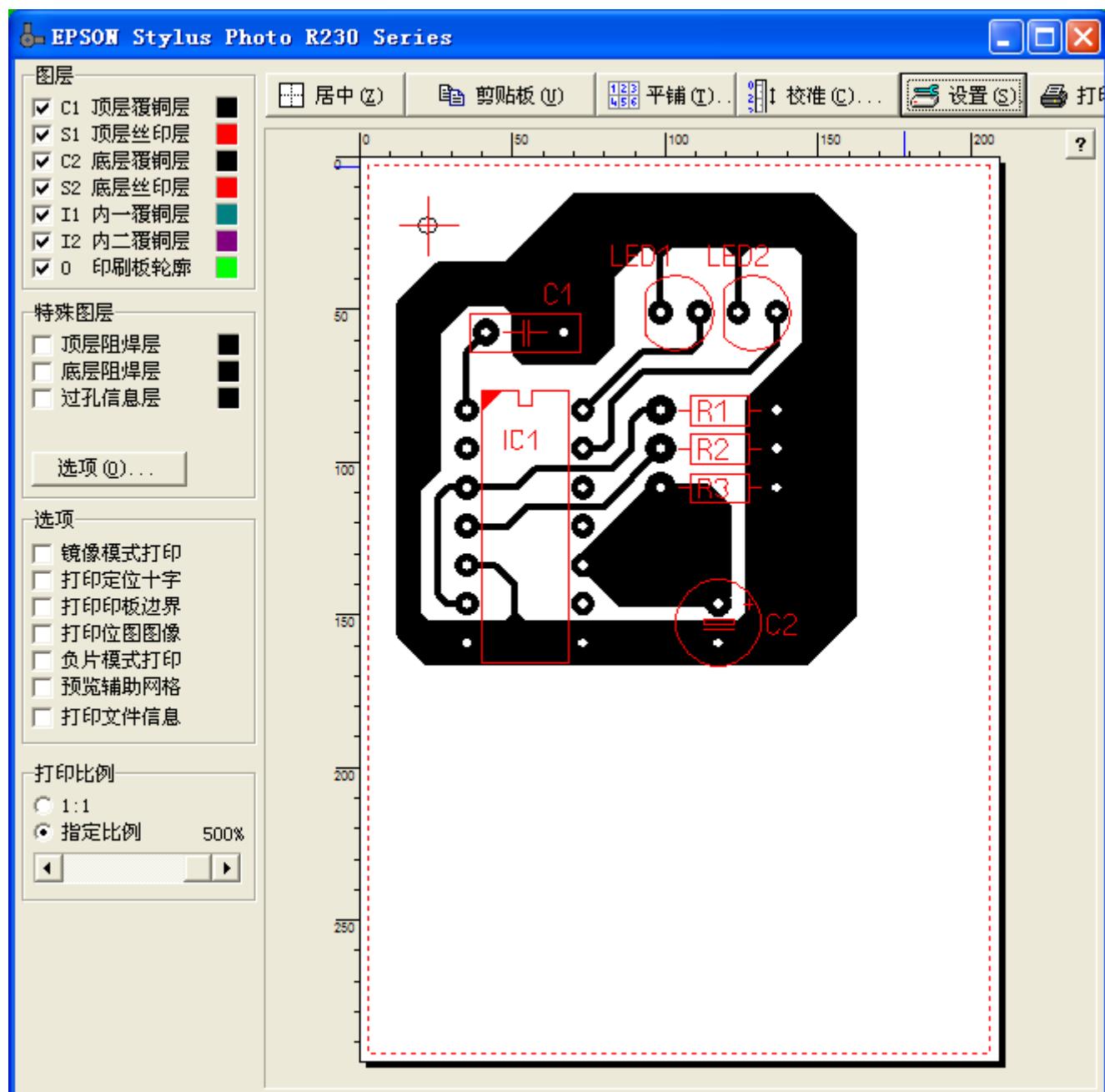
3.4 打印设计好的 PCB 图

完成了 PCB 的设计，当然就是我们最终的目的打印出图去进行我们的做印刷板制作过程了，从文件菜单中选打印，调出打印窗口如图二十四，预览窗口调整打印位置，选择你要打印的层，一般当然是只需要 C2 层底层，缩放的比例为 1:1，各层可以按你的需要分别打印，如果是用热转印制 PCB 板的，打印 C2 和 C1 层时可能需要得要镜像或反相打印，至于采用何种方式打印获得需要的打印文件。取决于你制作过程采用何种方法制作了，业余常用热转印法或感光印刷板方法制作 PCB，笔者一直是使用感光印刷板的方法制作。打印中的定位界很有用，一般要选上。如果你会绿油制作阻焊，还可以生成阻焊层用于制作阻焊。

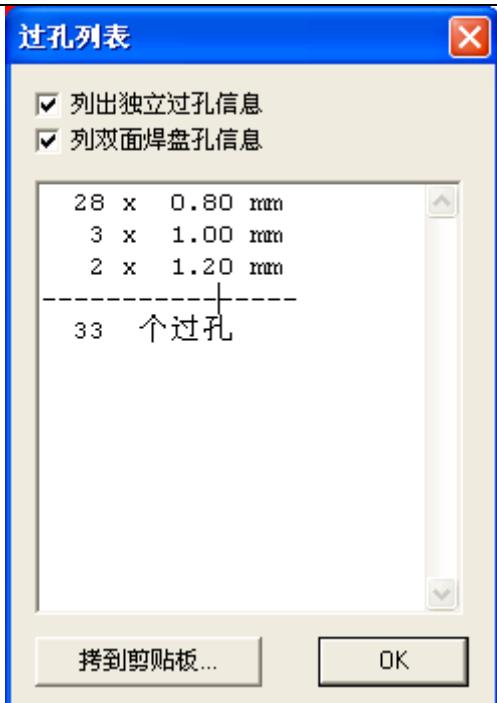
如果有初次自定义的元件，也可以利用打印 S1 和 C2 层的完整图出来与实物进行位置的比对，确保制作的元件封装位置是正确无误的。

在实际制作 PCB 时，可以通过菜单中的 选项/过孔信息表 如图二十五，获得设计的 PCB 的所有过孔和双面焊盘信息清单。

另外软件支持导出图片，雕刻机用的 HPGL 文件和生产制板用的 GERBER 格式文件。



图(二十四) 打印预览窗口



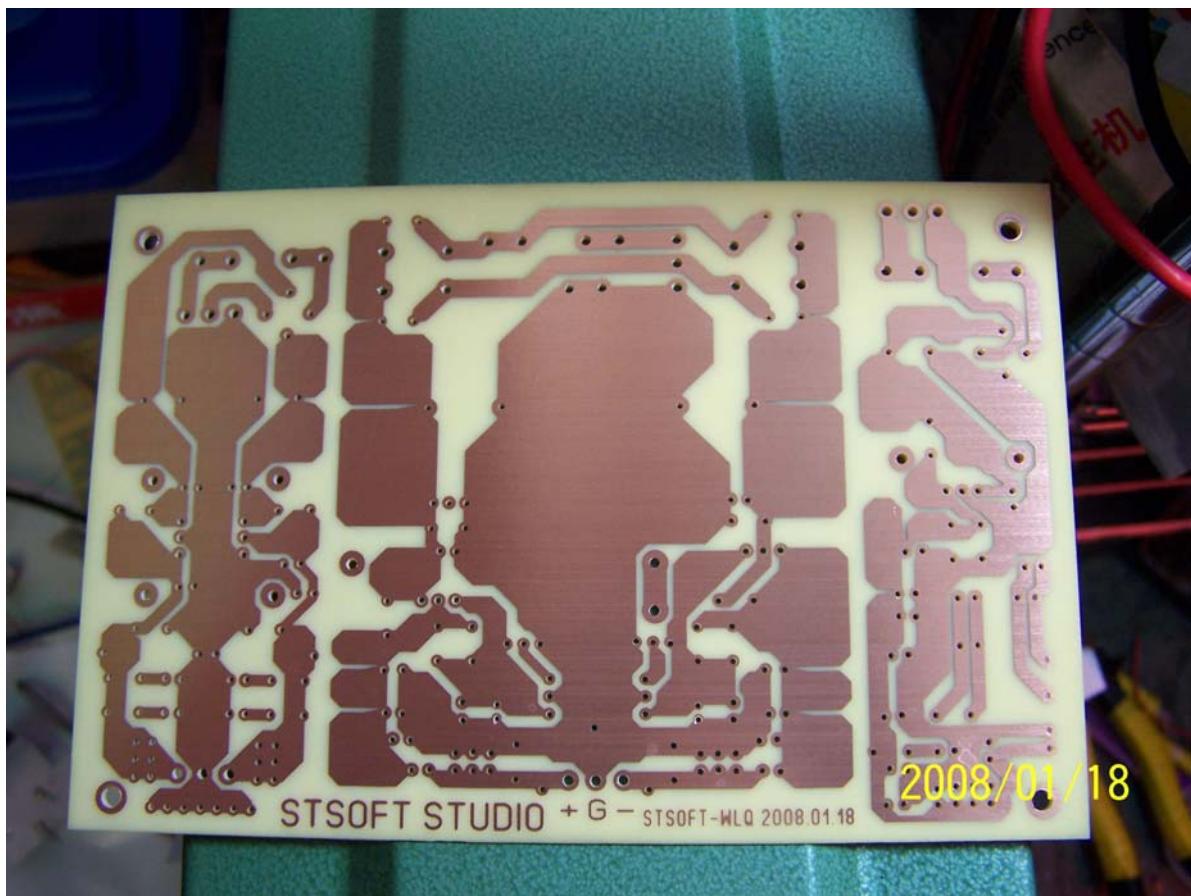
图(二十五) 软件提供的过孔和双焊盘信息

3.5 撰后记

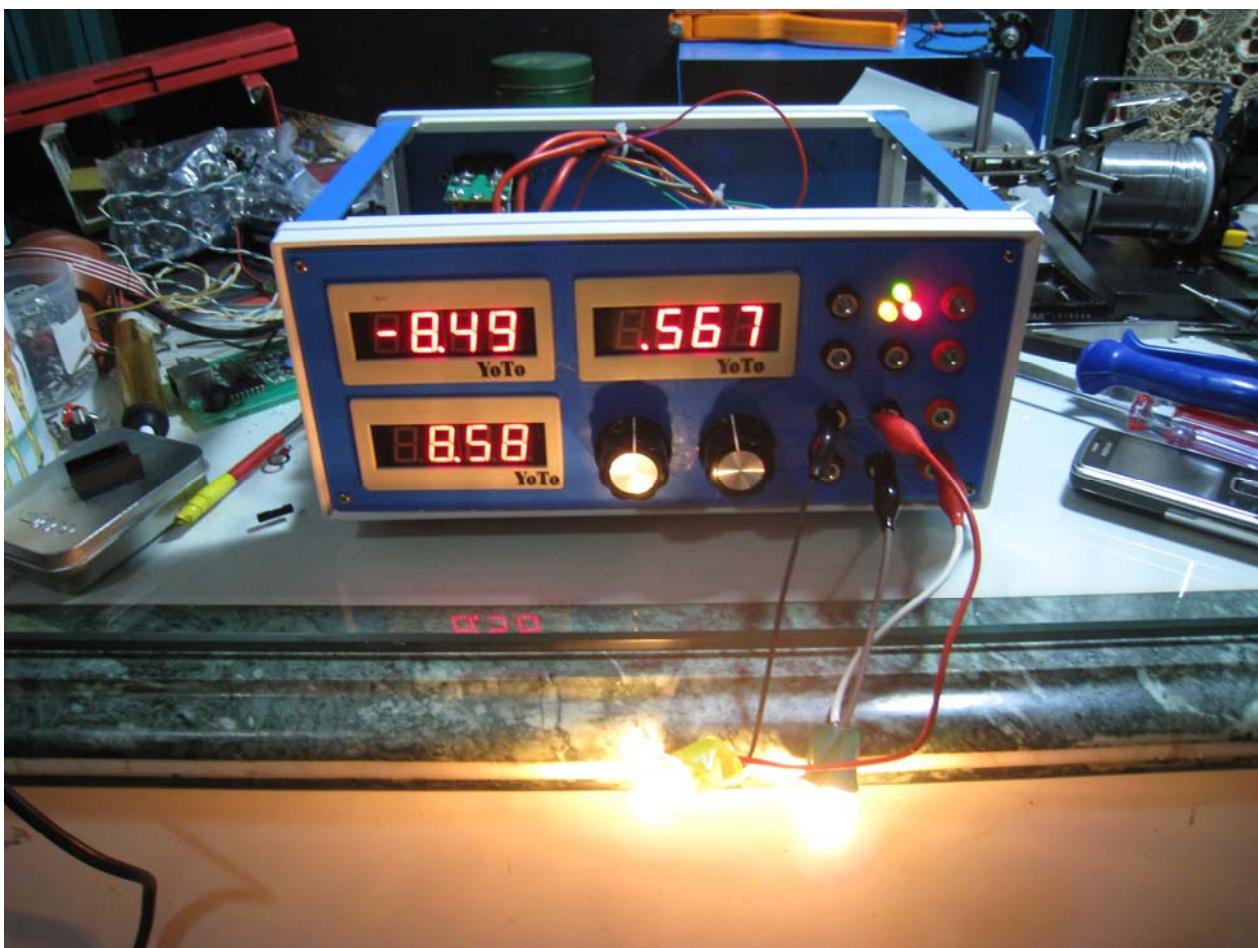
我用本软件制作的一个简易直流电源 PCB 设计图(图二十六), 腐蚀完成的 PCB(图二十七)和最终的成品(图二十八)。



图(二十六) 使用 Sprint-Layout 制作的 PCB 设计图



图(二十七) 腐蚀完成的 PCB



图(二十八) 最终制作的成品的测试



说明写得很比较简单，错误之处敬请批评指正。要掌握该软件的用法，自己去实际布一个几个零件的 PCB 即可快速的掌握。软件这东西我认为最大的好处就是不像其它物品会被整坏，因此可以自己随便去摸索。希望本文的介绍是给大家在业余制板的过程中带来了一个简便实用的工具软件。洋文好的兄弟就自己看看原软件的帮助。

STSOFT 李强

2011 年 11 月 26 日晨于 福建石狮

3.6 关于网友的常见问题的回答

3.6.1 问：如何输入中文文字？

答：软件本身是不支持中文的，但可以用其它方法来实现中文。

方法①：直接加载一个高分辨率的位图到设计视图中，选项/位图图像进行一个加载。本功能也可用于抄板。

方法②：如果想在板上有自己的名字，先加载一个黑体字的位图，然后使用 0.1mm 宽度的多边形和直线描图。将这个图存为一个元件，以后就直接放到板中使用即可。

3.6.2 问：元件的焊盘如何与接地层完成链接？

答：如果在覆铜层开启接地层功能后，所有元件自动按照接地层的间隙参数分隔，某一个焊盘需要设定为接地时。

操作方法①：将元件解除组件锁，然后选择您需要接地的焊盘，通过属性勾选十字焊盘确认为热焊盘完成与地的连接。②选中焊盘后，直接调下方接地距离参数为 0 值即可。效果如右图所示。

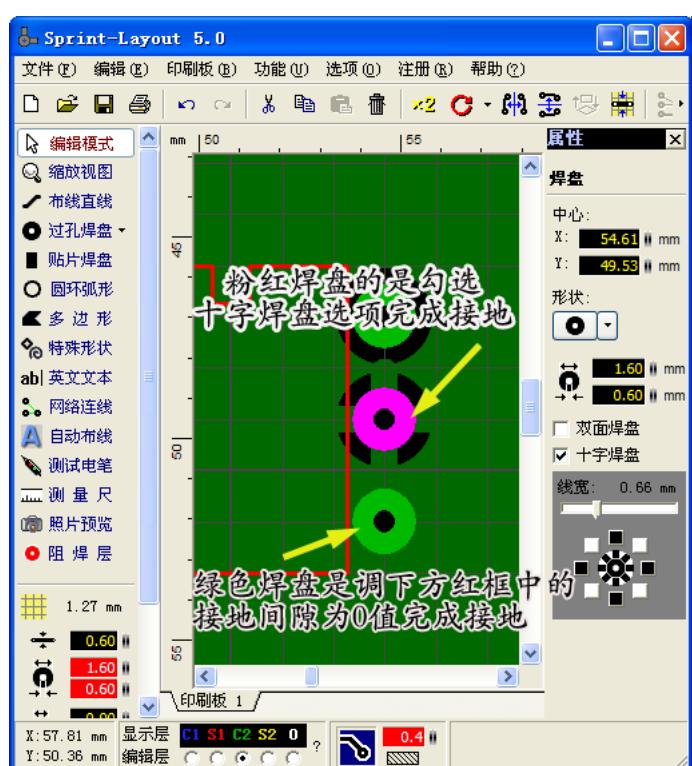
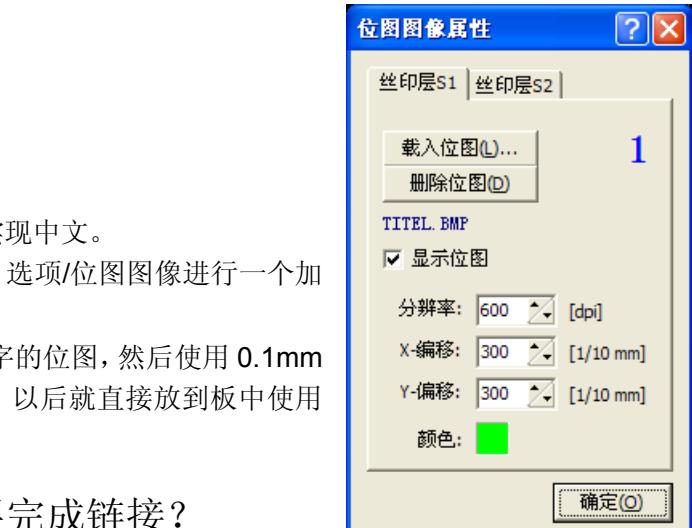
3.6.3 如何一次性统一修改布线线宽，焊盘过孔等的参数？

答：通用 Shift 多选或是鼠标框选，选中你需要调整的焊盘，布线，等，直接调左侧对应的项目参数即可一次性调整多个元件的参数。常用于统一焊盘的过孔参数，布线线宽等。

0.10 调线宽

2.30
1.00 调焊盘直径和过孔

0.90
1.80 调贴片焊盘长度和宽度。



欢迎 DIY 的朋友加 Sprint-Layout 讨论群

QQ 群：128691819



第4章 附录：参考资料

4.1 附录 1：常用 PCB 板标准布线宽度参考表

表 1：常用 PCB 板标准布线宽度参考表

单位：MM 毫米 / A 安培

铜箔厚度 35UM		铜箔厚度 50UM		铜箔厚度 70UM	
布线宽度	电流	布线宽度	电流	宽度	电流
0.15	0.20	0.15	0.50	0.15	0.70
0.20	0.55	0.20	0.70	0.20	0.90
0.30	0.80	0.30	1.10	0.30	1.30
0.40	1.10	0.40	1.35	0.40	1.70
0.50	1.35	0.50	1.70	0.50	2.00
0.60	1.60	0.60	1.90	0.60	2.30
0.80	2.00	0.80	2.40	0.80	2.80
1.00	2.30	1.00	2.60	1.00	3.20
1.20	2.70	1.20	3.00	1.20	3.60
1.50	3.20	1.50	3.50	1.50	4.20
2.00	4.00	2.00	4.30	2.00	5.10
2.50	4.50	2.50	5.10	2.50	6.00

备注说明：

- 1、用铜皮作导线通过大电流时，铜箔宽度的载流量应参考上表中的数值降额50%去选择参考宽度。
- 2、常用标准PCB板的铜箔厚度为35~40uM。
- 3、无法加宽布线时可以用加助焊条的方式来处理大电流。
- 4、一般情况下，首先应对电源线和地线进行布线，以保证印刷板的电气性能。在条件允许的范围内，尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线>电源线>信号线，通常信号线宽为：0.2~0.3mm，最细宽度可达0.05~0.07mm，电源线一般为1.2~2.5mm。对数字电路的 PCB 可用宽的地导线组成一个回路，即构成一个地网来使用（模拟电路的地则不能这样使用）。
- 5、除去在铜箔镀锡可增加通过电流外，可考虑PCB多网路增加电流，如正反双面均部同样线路，也可用加短连线的办法增加电流。
- 6、布线时需要考虑你的走线的长度.我曾经用0.63MM宽度,长度走了100MM,电流是700MA,电压是4.0V,结果造成了有0.6V的压降,这是不稳定的电路.后来我用1.2MM的走线,就不会出现这种问题,所以,要尽量根据实际情况来走线,.线的长度,宽度,厚度以及铜的介电常数,要通过的电流,产生的压降(允许值),都是要完全考虑进去的,通过这些参数,你就可以计算出你要走的线宽!!!

4.2 附录 2：PCB 设计指南——PCB 布线

在 PCB 设计中，布线是完成产品设计的重要步骤，可以说前面的准备工作都是为它而做的，在整个 PCB 中，以布线的设计过程限定最高，技巧最细、工作量最大。PCB 布线有单面布线、双面布线及多层布线。布线的方式也有两种：自动布线及交互式布线，在自动布线之前，可以用交互式预先对要求比较严格的线进行布线，输入端与输出端的边线应避免相邻平行，以免产生反射干扰。必要时应加地线隔离，两相邻层的布线要互相垂



直，平行容易产生寄生耦合。

自动布线的布通率，依赖于良好的布局，布线规则可以预先设定，包括走线的弯曲次数、导过孔的数目、步进的数目等。一般先进行探索式布经线，快速地把短线连通，然后进行迷宫式布线，先把要布的连线进行全局的布线路径优化，它可以根据需要断开已布的线。并试着重新再布线，以改进总体效果。

对目前高密度的 PCB 设计已感觉到贯穿孔不太适应了，它浪费了许多宝贵的布线通道，为解决这一矛盾，出现了盲孔和埋孔技术，它不仅完成了导过孔的作用，还省出许多布线通道使布线过程完成得更加方便，更加流畅，更为完善，PCB 板的设计过程是一个复杂而又简单的过程，要想很好地掌握它，还需广大电子工程设计人员去自己体会，才能得到其中的真谛。

1、电源、地线的处理

即使在整个 PCB 板中的布线完成得都很好，但由于电源、地线的考虑不周到而引起的干扰，会使产品的性能下降，有时甚至影响到产品的成功率。所以对电、地线的布线要认真对待，把电、地线所产生的噪音干扰降到最低限度，以保证产品的质量。

对每个从事电子产品设计的工程人员来说都明白地线与电源线之间噪音产生的原因，现只对降低式抑制噪音作以表述：

(1)、众所周知的是在电源、地线之间加上去耦电容。

(2)、尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线>电源线>信号线，通常信号线宽为：0.2~0.3mm, 最细宽度可达 0.05~0.07mm, 电源线为 1.2~2.5 mm，对数字电路的 PCB 可用宽的地导线组成一个回路，即构成一个地网来使用(模拟电路的地不能这样使用)

(3)、用大面积铜层作地线用，在印制板上把没被用上的地方都与地相连接作为地线用。或是做成多层板，电源，地线各占用一层。

2、数字电路与模拟电路的共地处理

现在有许多 PCB 不再是单一功能电路（数字或模拟电路），而是由数字电路和模拟电路混合构成的。因此在布线时就需要考虑它们之间互相干扰问题，特别是地线上的噪音干扰。

数字电路的频率高，模拟电路的敏感度强，对信号线来说，高频的信号线尽可能远离敏感的模拟电路器件，对地线来说，整个 PCB 对外界只有一个结点，所以必须在 PCB 内部进行处理数、模共地的问题，而在板内部数字地和模拟地实际上是分开的它们之间互不相连，只是在 PCB 与外界连接的接口处（如插头等）。数字地与模拟地有一点短接，请注意，只有一个连接点。也有在 PCB 上不共地的，这由系统设计来决定。

3、信号线布在电（地）层上

在多层印制板布线时，由于在信号线层没有布完的线剩下已经不多，再多加层数就会造成浪费也会给生产增加一定的工作量，成本也相应增加了，为解决这个矛盾，可以考虑在电（地）层上进行布线。首先应考虑用电源层，其次才是地层。因为最好是保留地层的完整性。

4、大面积导体中连接腿的处理

在大面积的接地（电）中，常用元器件的腿与其连接，对连接腿的处理需要进行综合的考虑，就电气性能而言，元件腿的焊盘与铜面满接为好，但对元件的焊接装配就存在一些不良隐患如：①焊接需要大功率加热器。②容易造成虚焊点。所以兼顾电气性能与工艺需要，做成十字花焊盘，称之为热隔离（heat shield）俗称热焊盘（Thermal），这样，可使在焊接时因截面过分散热而产生虚焊点的可能性大大减少。多层板的接电（地）层腿的处理相同。

5、布线中网络系统的作用

在许多 CAD 系统中，布线是依据网络系统决定的。网格过密，通路虽然有所增加，但步进太小，图场的数据量过大，这必然对设备的存贮空间有更高的要求，同时也对计算机类电子产品的运算速度有极大的影响。而有些通路是无效的，如被元件腿的焊盘占用的或被安装孔、定们孔所占用的等。网格过疏，通路太少对布通率的影响极大。所以要有一个疏密合理的网格系统来支持布线的进行。

标准元器件两腿之间的距离为 0.1 英寸(2.54mm), 所以网格系统的基础一般就定为 0.1 英寸(2.54 mm)或小于 0.1 英寸的整倍数，如：0.05 英寸、0.025 英寸、0.02 英寸等。

6、设计规则检查 (DRC)

布线设计完成后，需认真检查布线设计是否符合设计者所制定的规则，同时也需确认所制定的规则是否符合印制板生产工艺的需求，一般检查有如下几个方面：



(1)、线与线，线与元件焊盘，线与贯穿孔，元件焊盘与贯穿孔，贯穿孔与贯穿孔之间的距离是否合理，是否满足生产要求。

(2)、电源线和地线的宽度是否合适，电源与地线之间是否紧耦合（低的波阻抗）？在 PCB 中是否还有能过地线加宽的地方。

(3)、对于关键的信号线是否采取了最佳措施，如长度最短，加保护线，输入线及输出线被明显地分开。

(4)、模拟电路和数字电路部分，是否有各自独立的地线。

(5) 后加在 PCB 中的图形（如图标、注标）是否会造成信号短路。

(6) 对一些不理想的线形进行修改。

(7)、在 PCB 上是否加有工艺线？阻焊是否符合生产工艺的要求，阻焊尺寸是否合适，字符标志是否压在器件焊盘上，以免影响电装质量。

(8)、多层板中的电源地层的外框边缘是否缩小，如电源地层的铜箔露出板外容易造成短路。

(申明：本文摘选自网络文章，原作者不详。)

4.3 附录 3：布线工程师谈 PCB 设计

一般 PCB 基本设计流程如下：前期准备->PCB 结构设计->PCB 布局->布线->布线优化和丝印->网络和 DRC 检查和结构检查->制版。

第一：前期准备。这包括准备元件库和原理图。“工欲善其事，必先利其器”，要做出一块好的板子，除了要设计好原理之外，还要画得好。在进行 PCB 设计之前，首先要准备好原理图 SCH 的元件库和 PCB 的元件库。元件库可以用 peotel 自带的库，但一般情况下很难找到合适的，最好是自己根据所选器件的标准尺寸资料自己做元件库。原则上先做 PCB 的元件库，再做 SCH 的元件库。PCB 的元件库要求较高，它直接影响板子的安装；SCH 的元件库要求相对比较松，只要注意定义好管脚属性和与 PCB 元件的对应关系就行。PS：注意标准库中的隐藏管脚。之后就是原理图的设计，做好后就准备开始做 PCB 设计了。

第二：PCB 结构设计。这一步根据已经确定的印刷板尺寸和各项机械定位，在 PCB 设计环境下绘制 PCB 板面，并按定位要求放置所需的接插件、按键/开关、螺丝孔、装配孔等等。并充分考虑和确定布线区域和非布线区域（如螺丝孔周围多大范围属于非布线区域）。

第三：PCB 布局。布局说白了就是在板子上放器件。这时如果前面讲到的准备工作都做好的话，就可以在原理图上生成网络表（Design-> Create Netlist），之后在 PCB 图上导入网络表（Design->Load Nets）。就看见器件哗啦啦的全堆上去了，各管脚之间还有飞线提示连接。然后就可以对器件布局了。一般布局按如下原则进行：

- ①、按电气性能合理分区，一般分为：数字电路区(即怕干扰、又产生干扰)、模拟电路区(怕干扰)、功率驱动区（干扰源）；
- ②、完成同一功能的电路，应尽量靠近放置，并调整各元器件以保证连线最为简洁；同时，调整各功能块间的相对位置使功能块间的连线最简洁；
- ③、对于质量大的元器件应考虑安装位置和安装强度；发热元件应与温度敏感元件分开放置，必要时还应考虑热对流措施；
- ④、I/O 驱动器件尽量靠近印刷板的边、靠近引出接插件；
- ⑤、时钟产生器（如：晶振或钟振）要尽量靠近用到该时钟的器件；
- ⑥、在每个集成电路的电源输入脚和地之间，需加一个去耦电容（一般采用高频性能好的独石电容）；印刷板空间较密时，也可在几个集成电路周围加一个钽电容。
- ⑦、继电器线圈处要加放电二极管（1N4148即可）；
- ⑧、布局要求要均衡，疏密有序，不能头重脚轻或一头沉

——需要特别注意，在放置元器件时，一定要考虑元器件的实际尺寸大小（所占面积和高度）、元器件之间的相对位置，以保证印刷板的电气性能和生产安装的可行性和便利性同时，应该在保证上面原则能够体现的前提下，适当修改器件的摆放，使之整齐美观，如同样的器件要摆放整齐、方向一致，不能摆得“错落有致”。

这个步骤关系到板子整体形象和下一步布线的难易程度，所以一点要花大力气去考虑。布局时，对不太肯定的地方可以先作初步布线，充分考虑。



第四：布线。布线是整个 PCB 设计中最重要的工序。这将直接影响着 PCB 板的性能好坏。在 PCB 的设计过程中，布线一般有这么三种境界的划分：首先是布通，这时 PCB 设计时的最基本的要求。如果线路都没布通，搞得到处是飞线，那将是一块不合格的板子，可以说还没入门。其次是电器性能的满足。这是衡量一块印刷印刷板是否合格的标准。这是在布通之后，认真调整布线，使其能达到最佳的电器性能。接着是美观。假如你的布线布通了，也没有什么影响电器性能的地方，但是一眼看过去杂乱无章的，加上五彩缤纷、花花绿绿的，那就算你的电器性能怎么好，在别人眼里还是垃圾一块。这样给测试和维修带来极大的不便。布线要整齐划一，不能纵横交错毫无章法。这些都要在保证电器性能和满足其他个别要求的情况下实现，否则就是舍本逐末了。布线时主要按以下原则进行：

- ①、一般情况下，首先应对电源线和地线进行布线，以保证印刷板的电气性能。在条件允许的范围内，尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线>电源线>信号线，通常信号线宽为：0.2~0.3mm，最细宽度可达0.05~0.07mm，电源线一般为1.2~2.5mm。对数字电路的 PCB 可用宽的地导线组成一个回路，即构成一个地网来使用（模拟电路的地则不能这样使用）
- ②、预先对要求比较严格的线（如高频线）进行布线，输入端与输出端的边线应避免相邻平行，以免产生反射干扰。必要时应加地线隔离，两相邻层的布线要互相垂直，平行容易产生寄生耦合。
- ③、振荡器外壳接地，时钟线要尽量短，且不能引得到处都是。时钟振荡电路下面、特殊高速逻辑电路部分要加大地的面积，而不应该走其它信号线，以使周围电场趋近于零；
- ④、尽可能采用45°的折线布线，不可使用90°折线，以减小高频信号的辐射；（要求高的线还要用双弧线）
- ⑤、任何信号线都不要形成环路，如不可避免，环路应尽量小；信号线的过孔要尽量少；
- ⑥、关键的线尽量短而粗，并在两边加上保护地。
- ⑦、通过扁平电缆传送敏感信号和噪声场带信号时，要用“地线-信号-地线”的方式引出。
- ⑧、关键信号应预留测试点，以方便生产和维修检测用
- ⑨、原理图布线完成后，应对布线进行优化；同时，经初步网络检查和DRC检查无误后，对未布线区域进行地线填充，用大面积铜层作地线用，在印制板上把没被用上的地方都与地相连接作为地线用。或是做成多层板，电源，地线各占用一层。

——PCB 布线工艺要求

①. 线(Line)

一般情况下，信号线宽为 0.3mm(12mil)，电源线宽为 0.77mm(30mil)或 1.27mm(50mil)；线与线之间和线与焊盘之间的距离大于等于 0.33mm(13mil)，实际应用中，条件允许时应考虑加大距离；布线密度较高时，可考虑（但不建议）采用 IC 脚间走两根线，线的宽度为 0.254mm(10mil)，线间距不小于 0.254mm(10mil)。特殊情况下，当器件管脚较密，宽度较窄时，可按适当减小线宽和线间距。

②. 焊盘 (PAD)

焊盘 (PAD) 与过渡孔 (VIA) 的基本要求是：盘的直径比孔的直径要大于 0.6mm；例如，通用插脚式电阻、电容和集成电路等，采用盘/孔尺寸 1.6mm/0.8mm (63mil/32mil)，插座、插针和二极管 1N4007 等，采用 1.8mm/1.0mm (71mil/39mil)。实际应用中，应根据实际元件的尺寸来定，有条件时，可适当加大焊盘尺寸；PCB 板上设计的元件安装孔径应比元件管脚的实际尺寸大 0.2~0.4mm 左右。

③. 过孔 (VIA)

一般为 1.27mm/0.7mm(50mil/28mil)；

当布线密度较高时，过孔尺寸可适当减小，但不宜过小，可考虑采用 1.0mm/0.6mm(40mil/24mil)。

④. 焊盘、线、过孔的间距要求

PAD and VIA : $\geq 0.3\text{mm}$ (12mil)

PAD and PAD : $\geq 0.3\text{mm}$ (12mil)

PAD and TRACK : $\geq 0.3\text{mm}$ (12mil)

TRACK and TRACK : $\geq 0.3\text{mm}$ (12mil)

密度较高时：

PAD and VIA : $\geq 0.254\text{mm}$ (10mil)

PAD and PAD : $\geq 0.254\text{mm}$ (10mil)

PAD and TRACK : $\geq 0.254\text{mm}$ (10mil)



TRACK and TRACK : $\geq 0.254\text{mm}$ (10mil)

第五：布线优化和丝印。“没有最好的，只有更好的”！不管你怎么挖空心思的去设计，等你画完之后，再去一看，还是会觉得很多地方可以修改的。一般设计的经验是：优化布线的时间是初次布线的时间的两倍。感觉没什么地方需要修改之后，就可以铺铜了（Place->polygon Plane）。铺铜一般铺地线（注意模拟地和数字地的分离），多层板时还可能需要铺电源。时对于丝印，要注意不能被器件挡住或被过孔和焊盘去掉。同时，设计时正视元件面，底层的字应做镜象处理，以免混淆层面。

第六：网络和 DRC 检查和结构检查。首先，在确定电路原理图设计无误的前提下，将所生成的 PCB 网络文件与原理图网络文件进行物理连接关系的网络检查(NETCHECK)，并根据输出文件结果及时对设计进行修正，以保证布线连接关系的正确性；

网络检查正确通过后，对 PCB 设计进行 DRC 检查，并根据输出文件结果及时对设计进行修正，以保证 PCB 布线的电气性能。最后需进一步对 PCB 的机械安装结构进行检查和确认。

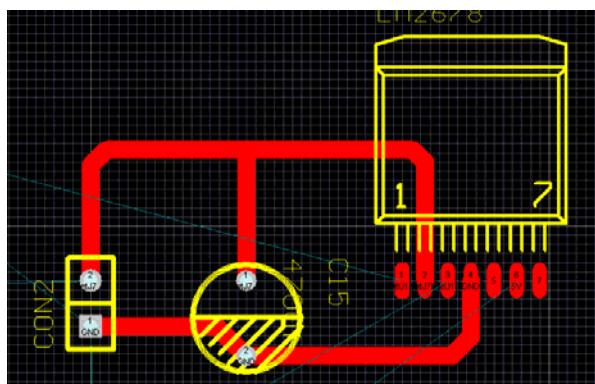
第七：制版。在此之前，最好还要有一个审核的过程。

PCB 设计是一个考心思的工作，谁的心思密，经验高，设计出来的板子就好。所以设计时要极其细心，充分考虑各方面的因数（比如说便于维修和检查这一项很多人就不去考虑），精益求精，就一定能设计出一个好板子。

4.4 附录 4：绘制 PCB 中的一些经验点滴

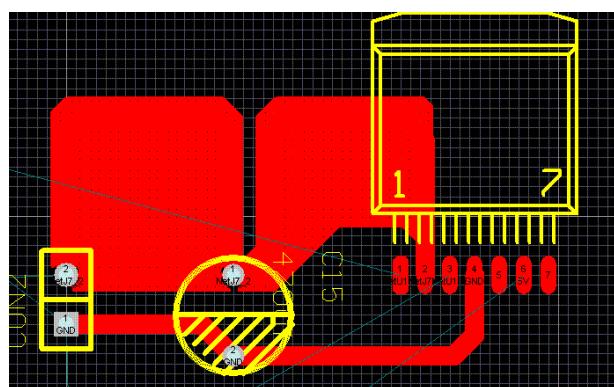
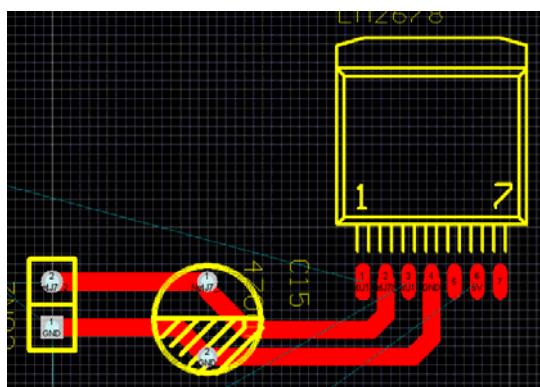
滤波电容在 PCB 中的正确布线方法：

在很多 PCB 中我发现很多朋友的滤波电容布线有问题...所以特弄几个图说明下...HE HE...希望对大家有帮助.



上图是一个错误的滤波电容接法(错误原因是：此种方式布线会造成回路太长)，电源是应该直接从电容再到 IC 那里.滤波效果才会更好。

下面两图为正确的滤波电容标准布线方法：



如果觉得左边图的布线方式不美观在布线区域有空间的情况下，可以采用上面的右图的布线方式，效果比左图更好一些，(原因：加大电源的面积，防止大电流的流过而产生的电流的波动。所以感应电压就小了)。



4.5 附录 5：快速腐蚀印刷板的方法

通常制作印刷印刷板用三氯化铁来腐蚀，但这种方法需要时间长，而且加温不便，如温度过高又会引起漆皮脱落，甚至把线路腐蚀断。现在介绍一种用过氧化氢（双氧水）与盐酸来腐蚀印刷印刷板的方法，具有操作简便、速度快、成本低等特点。特别适宜制作大面积印刷印刷板。

腐蚀液配置方法如下：

把浓度为 31% 的过氧化氢（工业用）与浓度为 37% 的盐酸（工业用）和水按 1: 3: 4 比例配制成腐蚀液。先把 4 分水倒入盘中，然后倒入 3 分盐酸，用玻璃棒搅拌再缓缓地加入 1 分过氧化氢，继续用玻璃棒搅匀后即可把用漆描绘过的（也可用透明胶带粘贴用小刀裁去线路以外的部分）铜箔板放入，一般五分钟左右便可腐蚀完毕，取出铜箔板，用清水冲洗，擦干后就可使用了。

此腐蚀液反应速度极快，应按比例要求掌握，如比例过于不当会引起沸腾以至液水溢出盘外。另外在反应时还有少量的氯气放出，所以最好在通风处进行操作。

4.6 附录 6：业余制作电路板的方法

相信各位对于现阶段的业余制板技术都有自己的心得体会，笔者在此主要介绍自己所常使用的感光电路板方法。热转印法过程是摘自网络上网友写的。

4.6.1 业余条件下能完成的 PCB 制作工艺

不要奢侈的以为，只要使用 PCB 软件来进行 PCB 设计，即可制作出如工厂中生产的一样的电路板，因为受制于业余范围下的实际制作条件，我们业余可以使用 DIY 手段完成一块电路板中的哪些层的制作和工序呢？

- 首先是材料的选择只能是工厂完成生产的覆铜板，如单层或双层板。你不可能自己用个绝缘板来加个铜皮做出整块的板来用。但是双层板无法制作镀铜的过孔。
- 利用三氯化铁来完成 CT 和 CB 层的腐蚀形成需要的 PCB。要是你会自己在家里 DIY 制作多层板，记得一定要教教我，特别是如何保证其紧密性和过孔你如何确保完成孔层之间镀铜工艺的！别跟我说你是拿的是几块单面用钉在一起的方法做的就行。
- 可以毫无问题的 DIY 阻焊层。早些年的老无线电爱好者，要完成阻焊层的制作是很困难的事情，现在可以买绿油轻松的完成 DIY 阻焊层。不知道你玩过了没有？没玩过的话，那你落伍了，本教程在实际制作中有讲到阻焊的方法，不会的包你开心爽到底。
- 钻孔工序不会有任何问题，只要自己做过 PCB 的都明白，需要你有个小电钻就可以。要是你属于焊工特好的，全用贴片元件或是有数控钻床来完成这个事情当然就免掉了这个我认为是纯体力活的事情了！羡慕中！呵呵！我自己做过一个电路板是最多的是一块板钻了 900 多个孔，从 0.8~1.3mm 的各种钻孔，我钻孔都用了几天时间去完成，那把我累得，眼睛都看花了！
- 板切割。业余中常玩的板板都是规则的，从大的铜板上用钩刀裁下需要的部分再使用。不过有时也会玩到不规则的板板的时候。这个时候用什么工具来整呢？电磨！几十块钱可以整到一支能用的电磨。笔者也经常整不规则的电路板，如改装我车车上的一些灯饰。
- 剩下的丝印层本身很简单可以实现，要想整得自己的板板漂亮的玩家玩玩热转印法或单色丝印，落后点儿也可以拿蜡纸用油墨印。不过业余制作一般都不做这一层，主要是有些麻烦，反正自己玩的，也不会说存在装错元件的问题。

4.6.2 感光电路板制作 PCB 实例详解

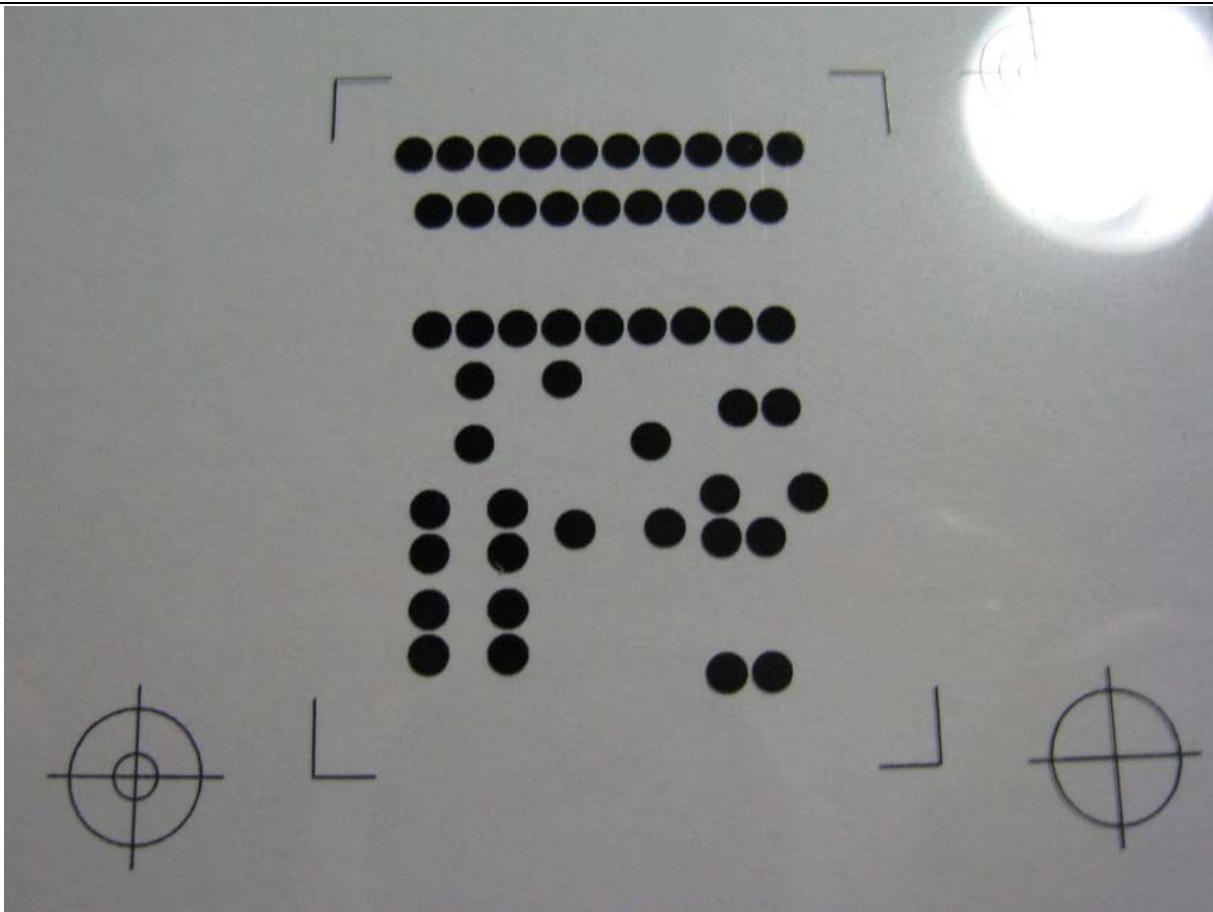
4.6.2.1 准备的材料



- 专用打印纸一张：用于打印机使用的菲林或胶片，透光效果一定要好。
- 感光电路板一片：目前市面上常见的是正性的，如果你使用的负性的感光板，你打印输出时要出负片。主要材料，这东西，现在 $100\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的一般要 7~10 元。
- 带刻度塑料量杯一个：用于配制显影液，最好是专用，超市很多，几块钱一个。
- 显像剂和三氯化铁若干：一个是用于感光板的显影，一个是用于腐蚀。这两个东西是化学的物品，朋友们使用时还是要小心，不要搞到身上和眼睛里。
- 小塑料盒两个：厚度 7CM 左右薄塑料盒，面积能容纳你要制作的电路板就够了。我一般拿了两个盒子，一个盒子专用于显影时使用，一个用于清洗电路板时使用。
- 大塑料盒一个：用于腐蚀时装三氯化铁溶液。这个盒子要深一点儿，避免溅到外面。可以用脸盆，只要是塑料的能装水就行。
- 家用电吹风一把：用于感光板显影后吹干显影的电路板，腐蚀后吹干水份。(没有无所谓)
- 塑料注射器一支：以前我是使用摇晃和温水的方法加快腐蚀，速度慢。后来发现用这个来冲电路板腐蚀更快，效果也好。注意一定要用塑料的，常用的一次性的就很好用，不需要针头。
- 裁板工具：美工刀或钩刀，建议钩刀，裁电路板很好用。
- 酒精若干，汽油若干：酒精用于当洗板水，可以洗掉完成腐蚀后，不需要的影像漆。汽油用于洗掉阻焊制作后的多余绿油。
- 紫外光固化绿油一支：这东西为业余制作阻焊提供了好材料。

4.6.2.2 打印输出需要的各 PCB 图层

从 PCB 设计工具软件中，输出你要的各层胶片。注意如果本例中单层板，输出镜像的底铜层和阻焊两层的胶片。



4.6.2.3 裁板

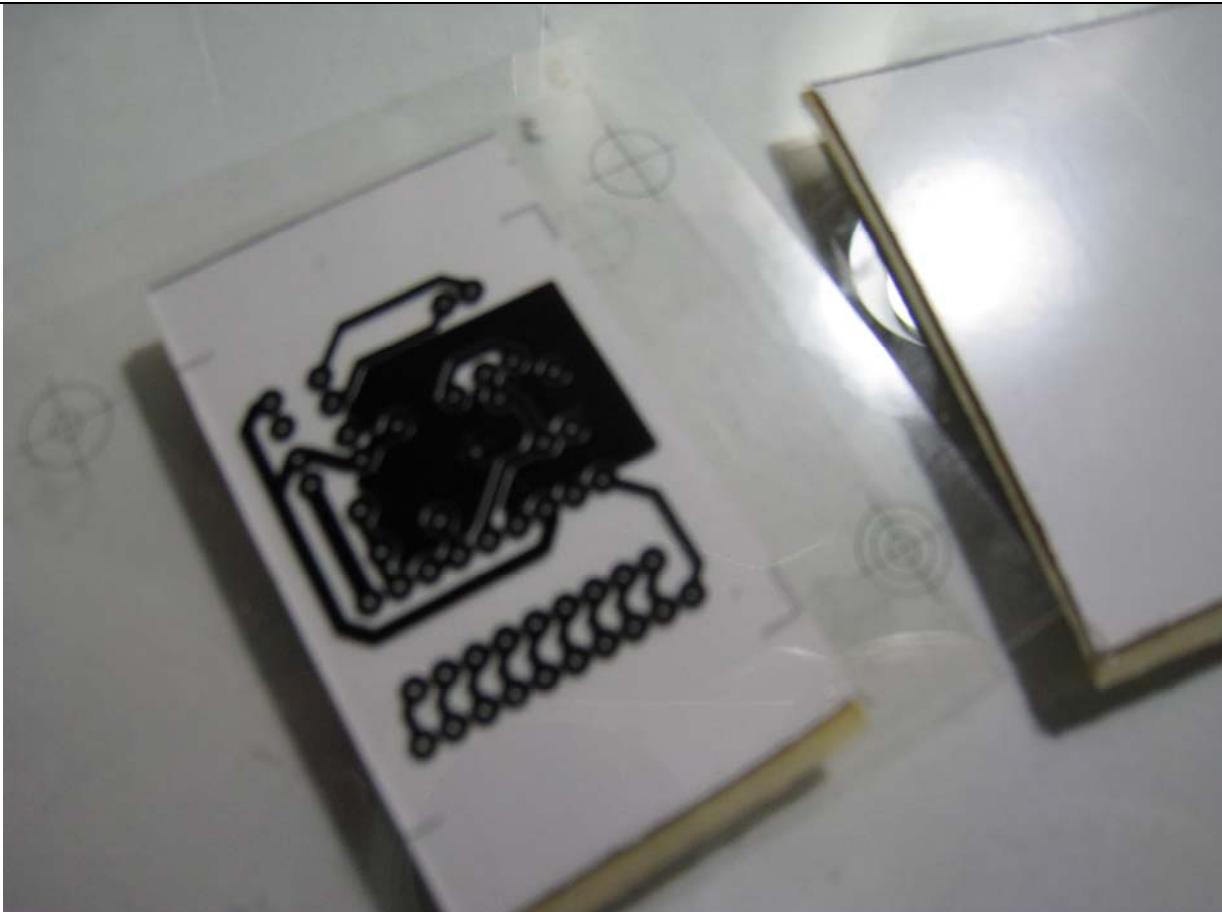
一块原厂生产的电路板可能会比较大，为了不浪费材料，在制作之前先按照需要的大小，从电路板上分割一块出来。可以用美工刀在电路板的正反两面各拉下深度 0.5mm 的痕，再轻折即可。推荐使用工具：钩刀，一种专用于亚克力材料的手工裁刀。



图(1) 用钢尺和钩刀进行裁版

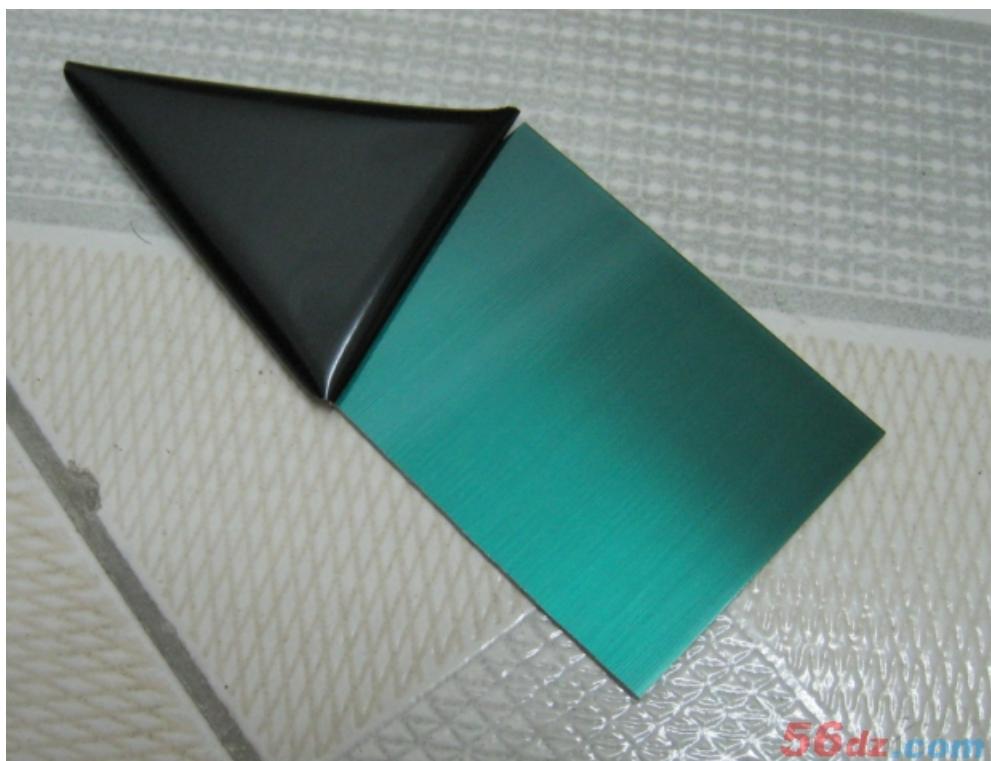


图(2) 在正反两面均拉出 0.3~0.5mm 深度的槽

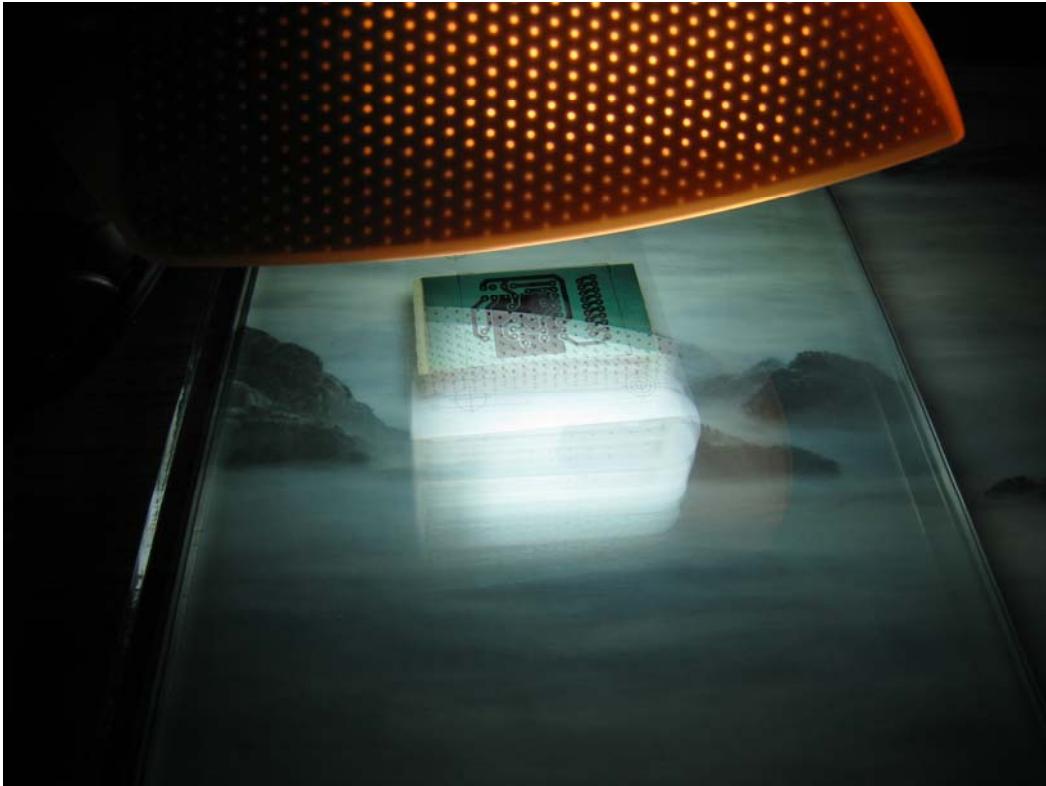


图(3) 轻折一下取下需要使用的感光板部份，与胶片对比一下是否合适

4.6.2.4 曝光



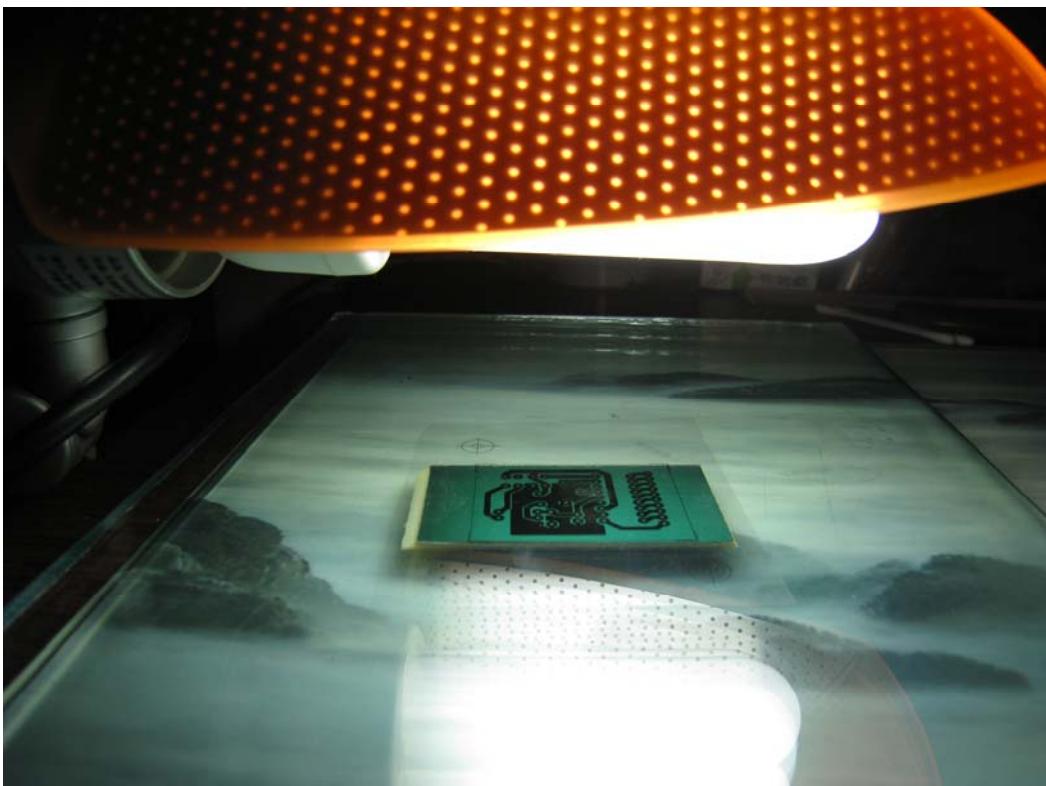
图(4) 轻轻撕开感光板的保护膜，注意不要把感光膜拉伤了



图(5) 使用节能灯曝光

- 1、将胶片打印面贴紧感光膜，对好位置。
- 2、在其上方用一块厚玻璃压紧密。
- 3、玻璃上方放置一个 20W 节能灯进行曝光(玻璃距灯离 5~10CM 均可)。

曝光时间的确立：按照你使用的感光板的要求曝光，一般标准时间是 8 分钟。距生产日期每 3 个月增加 1 分钟时间。如果不清楚其感光板需要的曝光时间，先裁一块小板做试验，摸索时间，如果在后面的操作中显影太快，则是曝光过度，不能完成显影或清晰度不够，则曝光不足。(金电子的感光板如果生产日期在三个月内，一般 6 分钟就够了，否则曝光过度)，个人认为存放期半年以上的反而好操作一些。



图(6) 继续曝光的过程

4.6.2.5 配制显影液和蚀刻液

在曝光的过程中就不要闲着啦，拿出量杯和显影剂，配制显影液和蚀刻液。

注意这两种液体在配制和使用操作过程中的安全，不可用手直接接触原料和溶液，更要避免腐蚀液溅入眼中，如不慎入眼，应用大量清水冲洗，及时就医。

4.6.2.6 显影液配制

比例：显影液配比 显影剂与水 1: 20 的比例配制。即 1g 显影剂放 20cc 的水，浓度高一些低一点儿关系不大，仅影响显影的时间长短。个人更喜欢低一点儿，易手工掌握。



图(7) 使用显影剂和塑料量杯配制显影液

注意勾兑用的水不要使用温水和纯净水，一定用自来水。一包 20 克的显影剂可以显影 10*15CM 的单片板约 8 片，如果制小板，不要浪费。仅需几克和少量的水即可。使用过后的显影液放置 3 小时后可以倒掉，不能放到下次使用。显影液的混合需要约 3~5 分钟。一般一小时后失效。

4.6.2.7 蚀刻液配制

业余条件下蚀刻液一般常见使用两种配制方法的溶液蚀刻，如下：

1、 盐酸蚀刻液

用塑料盒(或塑料盆都行)作容器，采用盐酸做腐蚀液，配制比例为：盐酸+双氧水+水(1: 1: 8)的比例，这种方法制作的蚀刻液腐蚀速度快质量好，腐蚀过程大约 3 分钟，但不注意可能会易腐蚀过头，毛边。

2、 三氯化铁蚀刻液

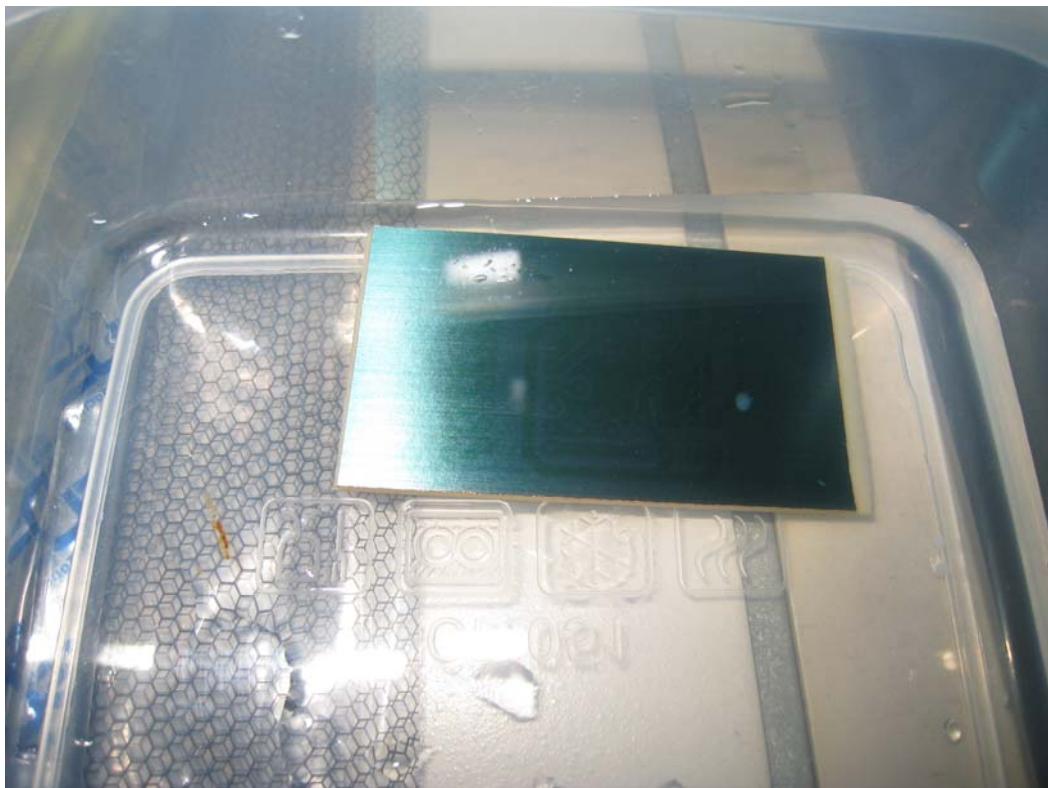
用塑料盒作容器，采用三氯化铁腐蚀液，配制比例为：三氯化铁+水(1: 3)比例配制。一般朋友们可以买到的三氯化铁是固体，可以使用热水或开水融解都没关系，如果在蚀刻时保持在 50 度左右的温度蚀刻速度会快一些。

三氯化铁溶液的蚀刻缺点是相比盐酸其速度较慢一些，一般要 15~30 分钟。但是慢工出细活儿，效果好，也易于掌握，时间多点儿也不会出现蚀刻过度造成毛边现象。

笔者建议使用三氯化铁蚀刻液方法，因为在家里使用，三氯化铁用起来相比盐酸要安全得多，而且材料也比较好买。有些网友有习惯在三氯化铁溶液里加入铁钉等可以加快其蚀刻速度，但不建议朋友们使用，会把三氯化铁溶液搞浑浊。

配制好的蚀刻液可以多次反复使用，不需要每次都重新配置，不过存放的地点一定要注意不要让家人特别是小孩触碰得到。切记切记！

4.6.2.8 显影



图(8) 开始进行显影

完成曝光后的电路板，你摸着其会较热哦。先取掉上面的图层胶片。等其稍冷一下再放到塑料盒中进行显影。注意环境亮度不要太高，不然相当于在继续曝光哦！我一般是在较暗的环境下操作，需要显影情况到亮一点儿的灯光下。显影液以能稍稍淹没过铜板 1mm~即足够了，多了不便于摇晃也是浪费。



图(9) 完成显影的电路板

在显影过程中可以轻轻摇晃塑料盒，加速显影，如果没有立即显示影像也不用着急，即使你的曝光时间

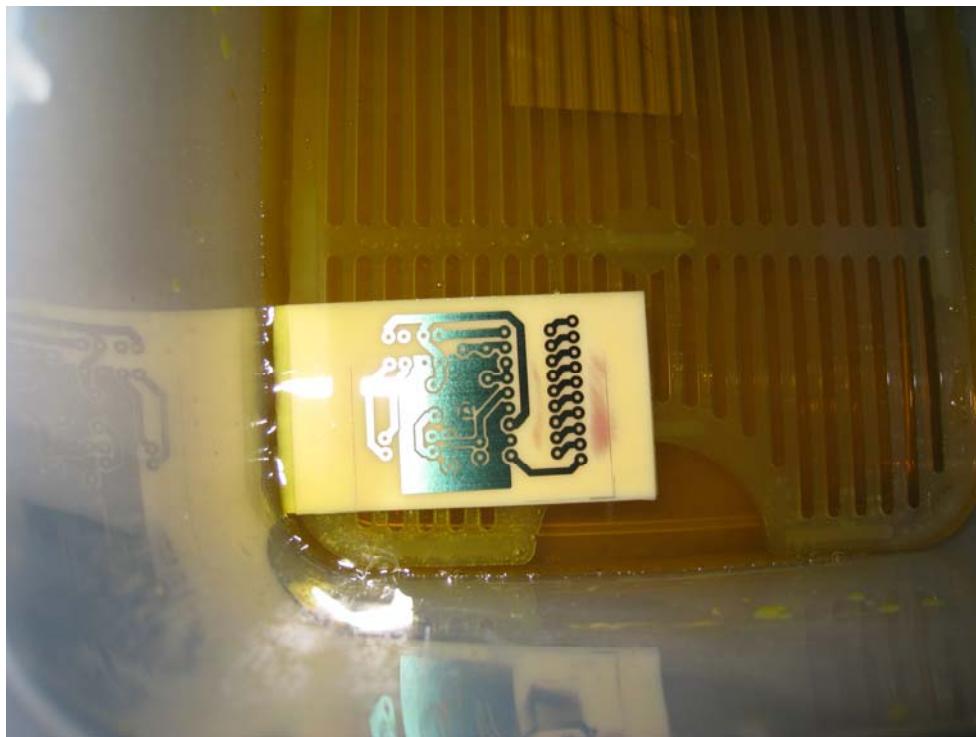
不足，一般也能正常显影，只是需要多几分钟时间。随着显影的过程，可以看到会有绿色气体冒出，直至显出清晰的铜层和需要的影像，再多等 20 秒~30 秒取出。

4.6.2.9 蚀刻



图(10) 放入三氯化铁溶液蚀刻

显影后的板不要直接放入三氯化铁溶液中蚀刻。先用清水先冲洗干净。后用电吹风将水份吹干，检查一下显现的影像是否合格，如果有不足的地方只能用油性笔修补了。之后将 PCB 的铜层面朝上放入蚀刻液中进行蚀刻。



图(11) 加速蚀刻

为了加速蚀刻过程，电路板不要全泡进三氯化铁，而是斜靠半泡，然后可以使用注射器吸入溶剂，不断



的冲刷 PCB 的铜层面(但注意不要只冲刷某点，以免此点腐蚀过量)，使溶液流动，加快腐蚀速度。

或者你可以轻晃盒子，使蚀刻液形成流动。这两种方法都能加速蚀刻速度。一般 5 分钟内可以完成蚀刻。
如果要当懒人，可以扔在盒子里不管，不过蚀刻过程可能就要几小时时间了。

4.6.2.10 清洗感光层



图(12) 酒精清洗感光层

完成蚀刻的电路板检查无误后放到一个塑料盒中，用排笔将酒精溶液粘上，轻轻刷洗，直到清晰铜层显现。

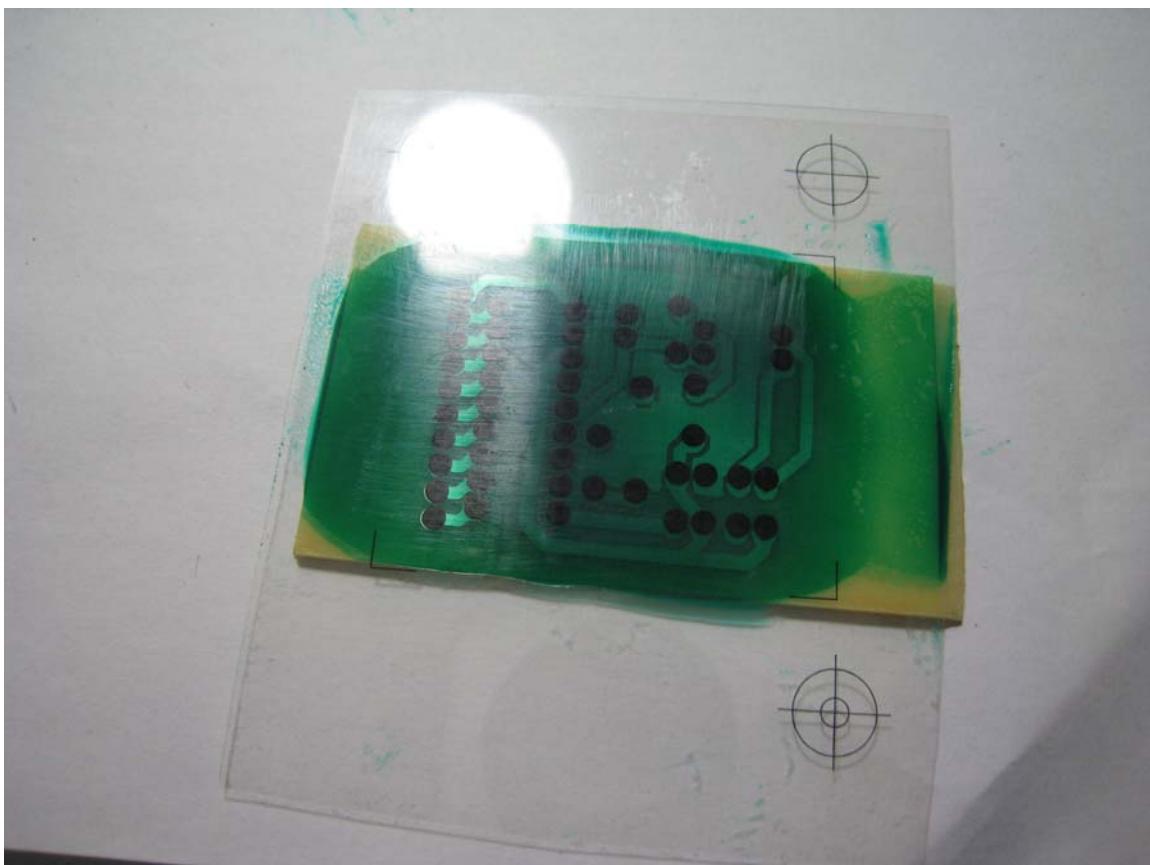
4.6.2.11 制作阻焊

- ◆ 刮绿油



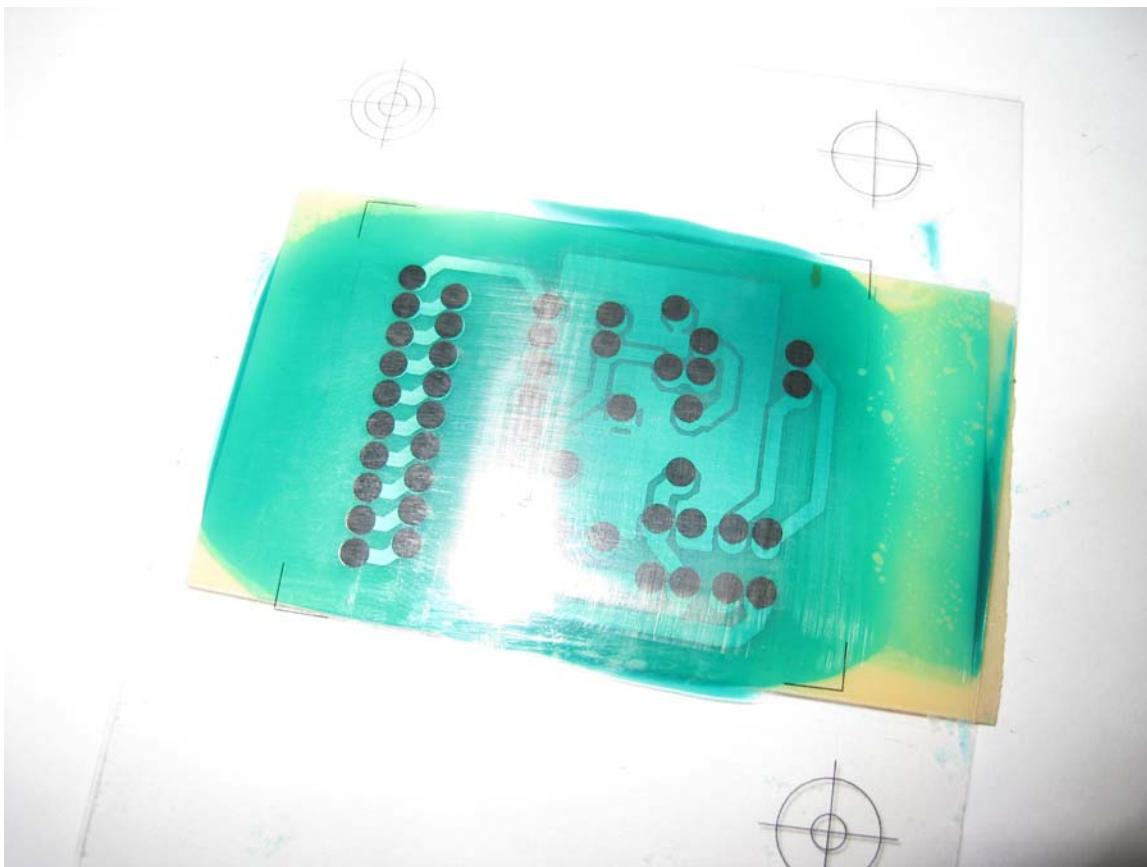
图(13) 刮绿油

将打印好的阻焊胶片和备好的绿油拿出来。在电路板的中间滴上几滴绿油(5CM*5CM 的板只需 1cc)。注意这个阻焊层的胶片要镜像打印，打印面与电路板接触，否则用卡片刮时易把打印内容刮掉。



图(14) 将阻焊的胶片盖到板上上，用一个卡片将绿油向四周推散，推开，很滑，很好推，不过推的过程中，

保证绿油能均匀分布在板上。不需要太厚。这个短时间不会固化，所以可以在台灯下操作。但不要在太阳下操作。



图(15) 检查推开的绿油是否有气泡，不合格重新再刮一下，中途可以把胶片隔起来再贴下去刮。推的过程
中尽量保持阻焊的位置和焊盘能够对得上。

- ◆ 阻焊绿油曝光固化



图(16) 固化中的电路板



刮好绿油的电路板，放到台灯下，将阻焊膜与焊盘再次把位置对准，一定要对准，不然到时焊盘上的绿油没被庶住光，硬化掉了，焊盘就不能用了。然后再采用感光板的方法将其压到玻璃下，对着日光灯曝光(距离 5~10CM)。24W 的节能灯曝 40~60 分钟，太阳下曝光 15 分钟，曝光机 1 分钟)，曝光过程中可以去凭手感感觉其绿油是否硬化，硬化通透即完成曝光。曝光完成的板用汽油进行冲洗，将焊盘部分的绿油洗净。



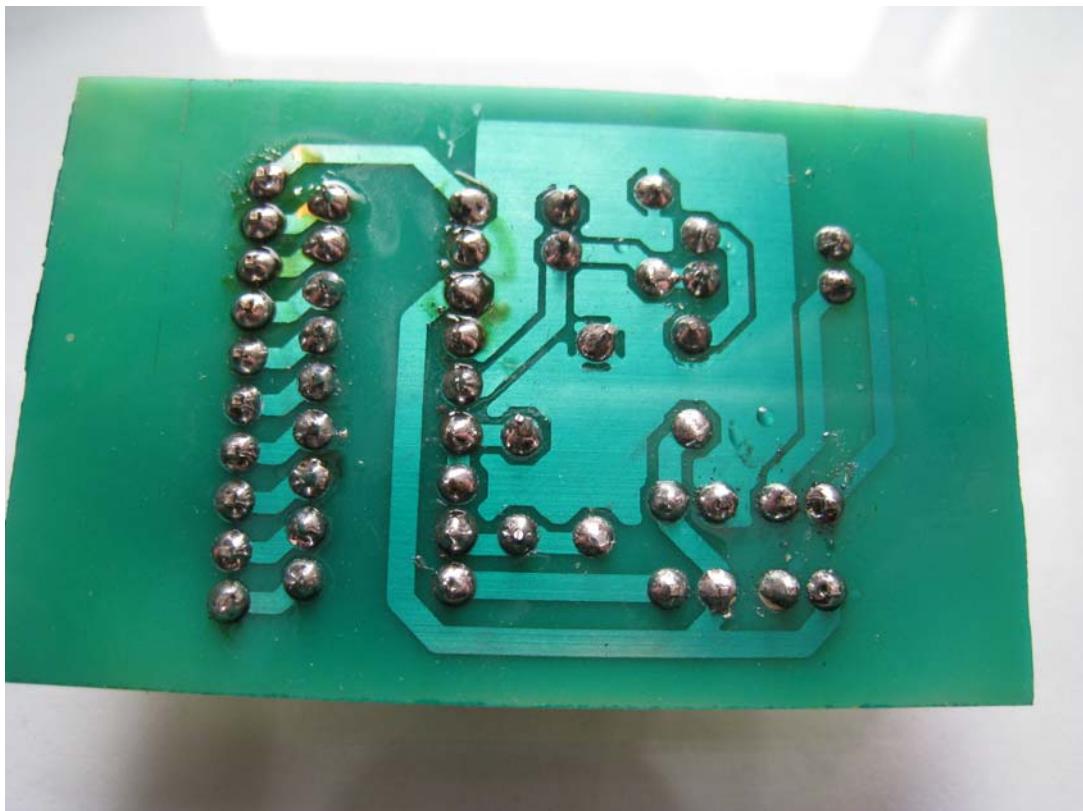
图(17) 洗净的电路板，是不是如工厂生产的一样漂亮？

4.6.2.12 钻孔

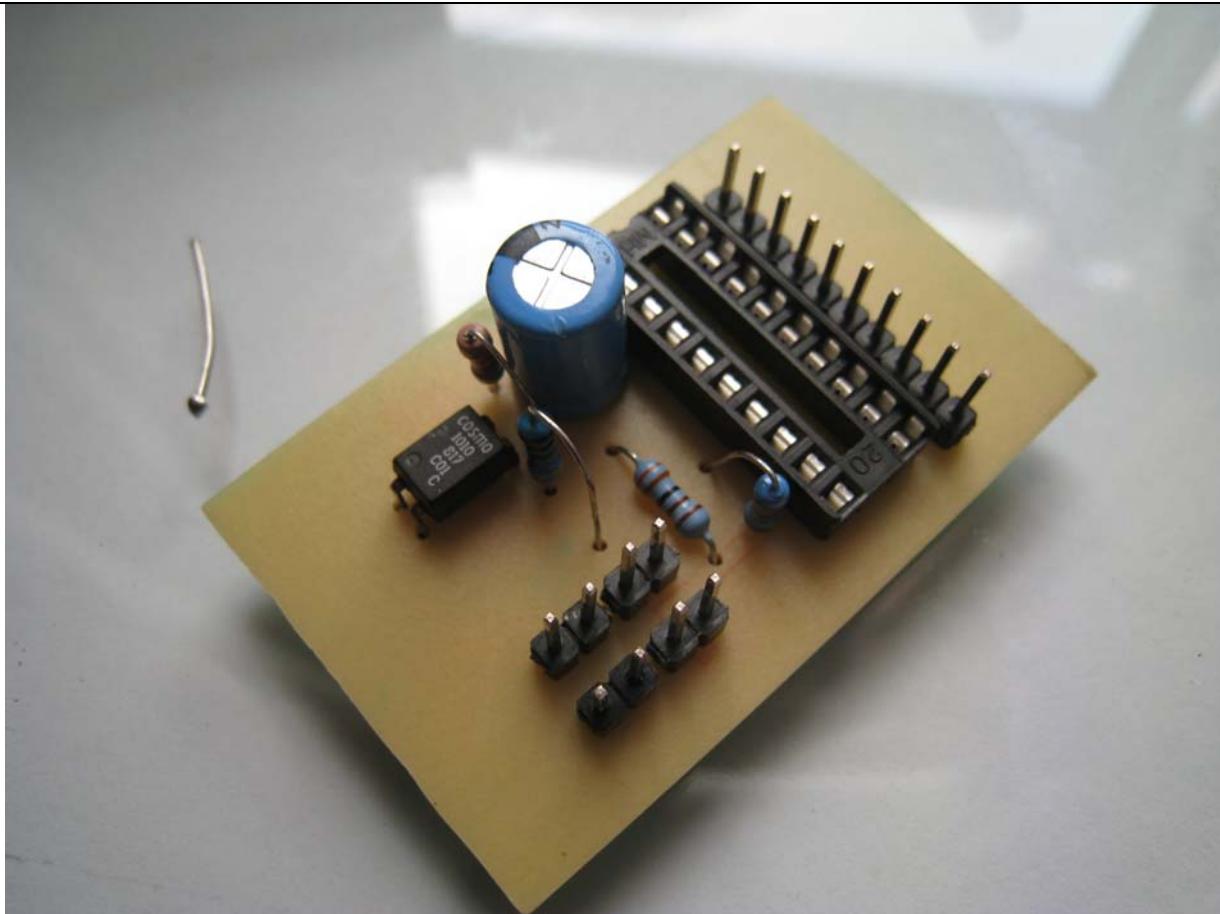


图(18) 用小电钻或台钻钻孔。对电路板不齐的边可以用电磨修整一下。

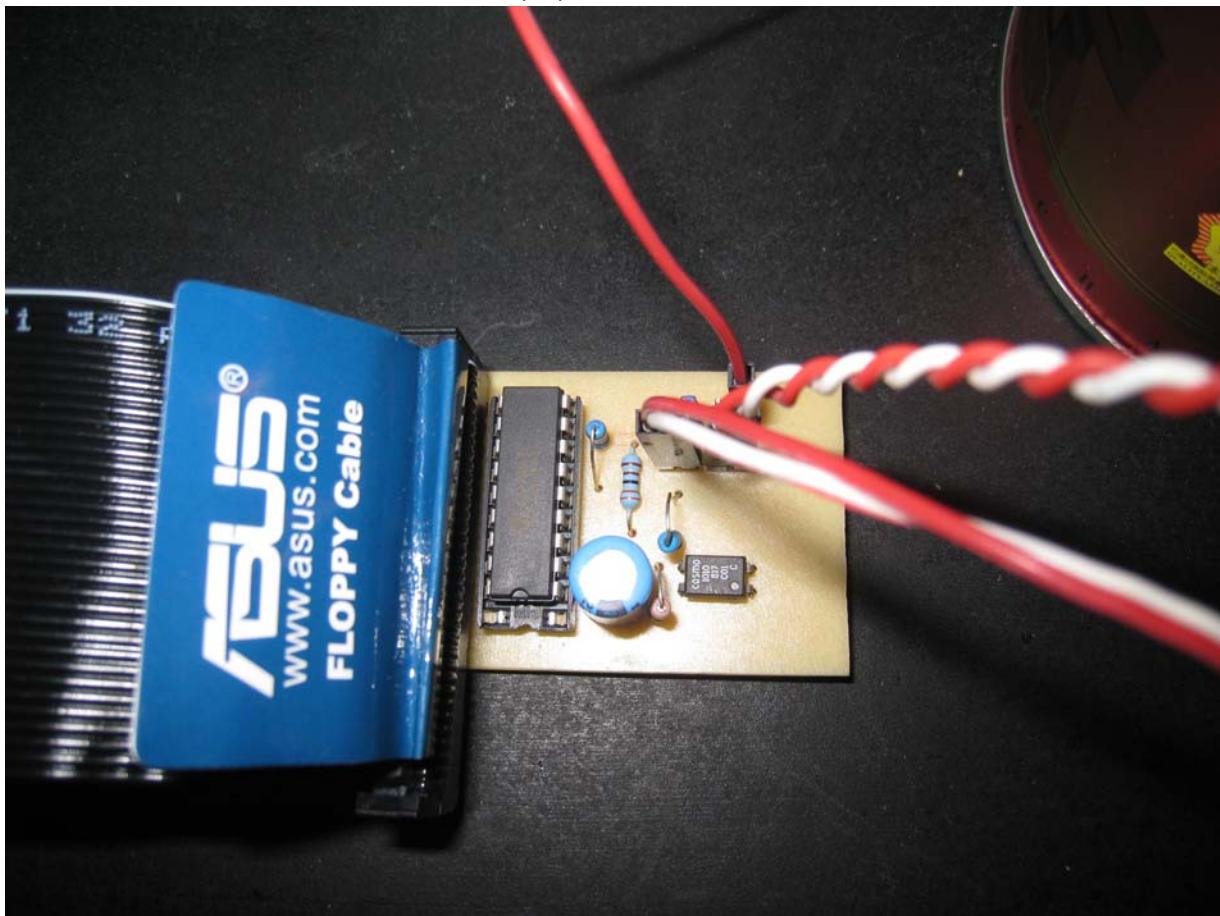
4.6.2.13 成品



图(19) 完成焊接，有阻焊就是好焊，锡不会乱跑了。



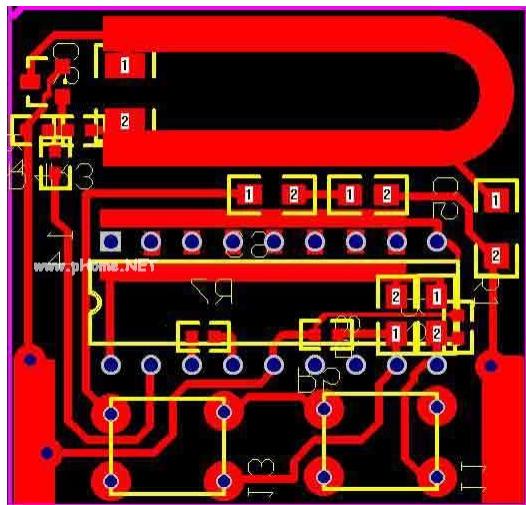
图(20) 完成焊接的正面



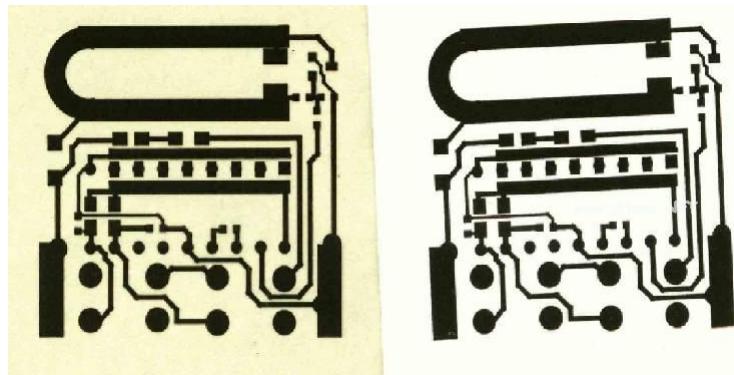
图(21) 上电测试

4.6.3 热转印制板的详细过程

- 第 1 步-利用 PCB 编辑软件设计 PCB 图



- 第 2 步-将 PCB 图打印到热转印纸上(JS 所说的热转印纸就是不干胶纸的黄色底衬!)



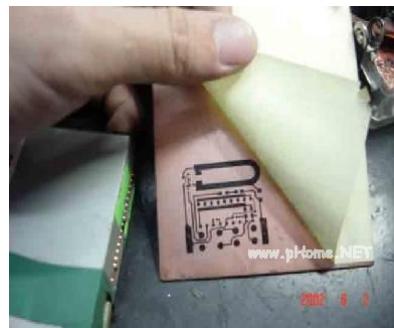
- 第 3 步：将打印好 PCB 的转印纸平铺在覆铜板(覆铜板要用 800 号以上细砂纸磨亮)上，准备转印



- 第 4 步：用电熨斗加温（要很热）将转印纸上黑色塑料粉压在覆铜板上形成高精度的防腐层



- 第 5 步：电熨斗加温加压成功转印后的效果！若你经常搞，熟练了，很容易成功！



- 第 6 步：准备好三氯化铁溶液进行腐蚀。



- 第 7 步：效果还不错吧！注意不要腐蚀过度，腐蚀结束，准备焊接。



- 第 8 步：清理出焊盘部分，剩下的部分用于阻焊。



- 热转印纸的来源问题的问与答：请问哪儿有卖热转印纸？请仔细看第二步说明：JS 所说的热转印纸就是不干胶纸的黄色底衬！具体一些：可以说是随处可见，你只要去买一些不干胶贴，揭去上面的不干胶贴剩下的黄色底衬就是所谓的热转印纸了！
- 注意事项：
 - 1：不要使电熨斗过热或者过凉，最佳温度是 140~170 之间，在这个温度范围以内，塑料碳粉的转移特性最佳。
 - 2：要等温度低一些以后再将转印纸揭下来，慢慢的揭，发现又没转印好的部分请再盖上，再次加温加压进行热转移。
 - 3：一些实在有问题的部分（比如断线）请用油性碳素笔或者指甲油，油漆什么的进行补救一下不过这种情况不是很多