

EDA 实践补充教材

多模块新能源小车 红外传感模块 (试用版)

清华大学基础工业训练中心

虚拟仪器实验室

2015 年

比较器，过零比较器和非过零比较器的区别是阈值电压 U_T 是否等于 $0V$ ，所以下面以单限比较器中的过零比较器为例介绍其工作原理。

过零比较器，其阈值电压 $U_T=0V$ ，过零比较器及其电压传输特性如图 3.2.-1 所示，集成运放工作在开环状态，其输出电压为 $+U_{OM}$ 或 $-U_{OM}$ 。当输入电压 $U_i<0V$ 时， $U_o=+U_{OM}$ ；但 $U_i>0V$ 时， $U_o=-U_{OM}$ 。若想获得 U_o 跃变方向相反的电压传输特性，则因在电路中将反相输入端接地，而在同相输入端接输入电压。

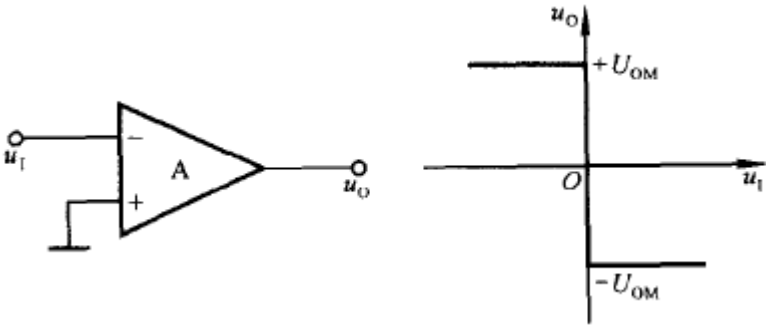


图 3.2.1 过零比较器及其电压传输特性

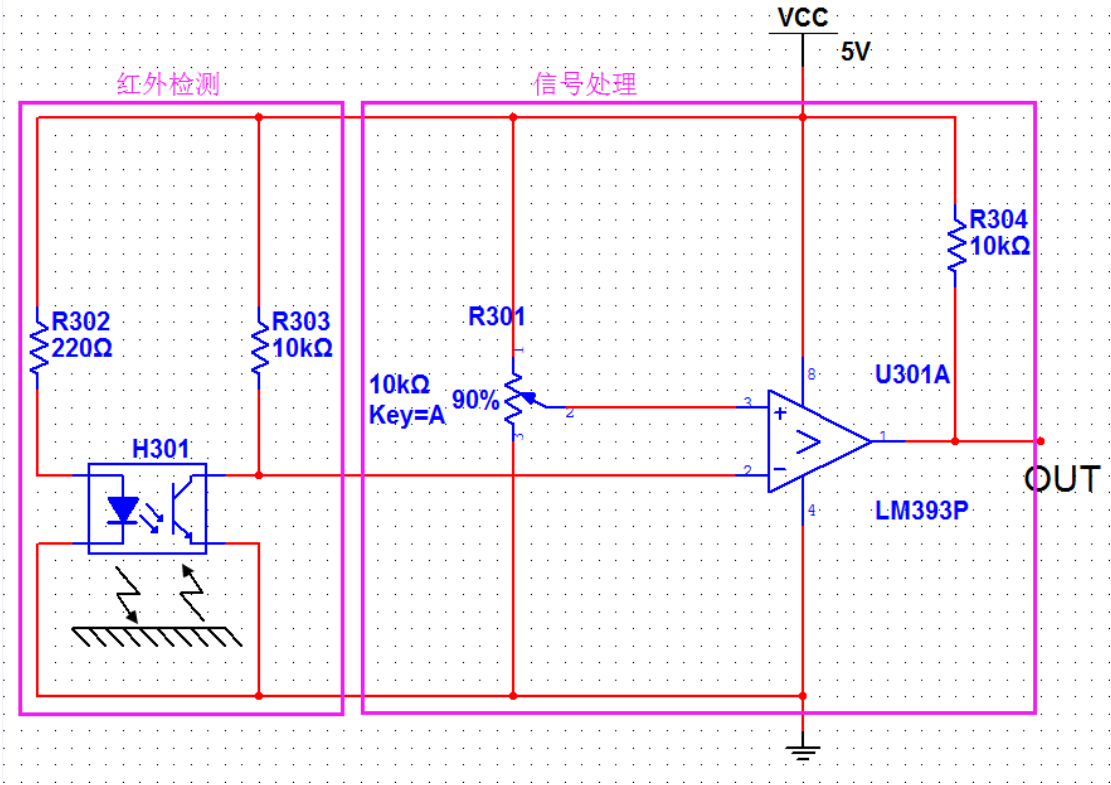


图 3.2-2 电路原理图构成模块

红外检测主要运用 TCRT5000 红外对管实现，红外反射式对管传感器由 1 个红外发射管（发射器）和 1 个光电晶体三极管（接收器）构成。红外发射管发出的红外光在遇到反光性较强的物体（表面为白色或近白色）后被折回，被光电晶

体三极管接收到，引起光电晶体三极管光生电流的增大。将这个转为电压信号，就可以被信号处理接受并处理，进而实现对反光性差别较大的两种颜色（如黑白两色）的识别。小车在行驶过程中不断地向地面发射红外光，当红外光遇到白色地面时发生漫反射，反射光被接收管接收；如果遇到黑线则红外光被吸收，则接收管接收不到信号。

由于红外反射式传感器属于接近式传感器，其光电晶体三极管光生电流随所受到的反射光的强度而连续变化，因而会引起其两端电压的连续变化。因此若直接把这个电压信号供给给处理器，容易产生误读情况，所以如电路原理图所示，用电位器(R1)产生一个阈值电压，当光电晶体三极管的光生电流超过某一值时，运放（LM393P）的反相输入端电压高于阈值电压时，运放的输出电压就发生跃变，输出低电压，该信号就可以被处理器处理。通过对阈值电压的调整，可以调整传感器的灵敏度和探测距离。

3.3 红外模块原理图设计与仿真

1、 红外模块示例电路仿真测试原理图工作原理和元器件清单

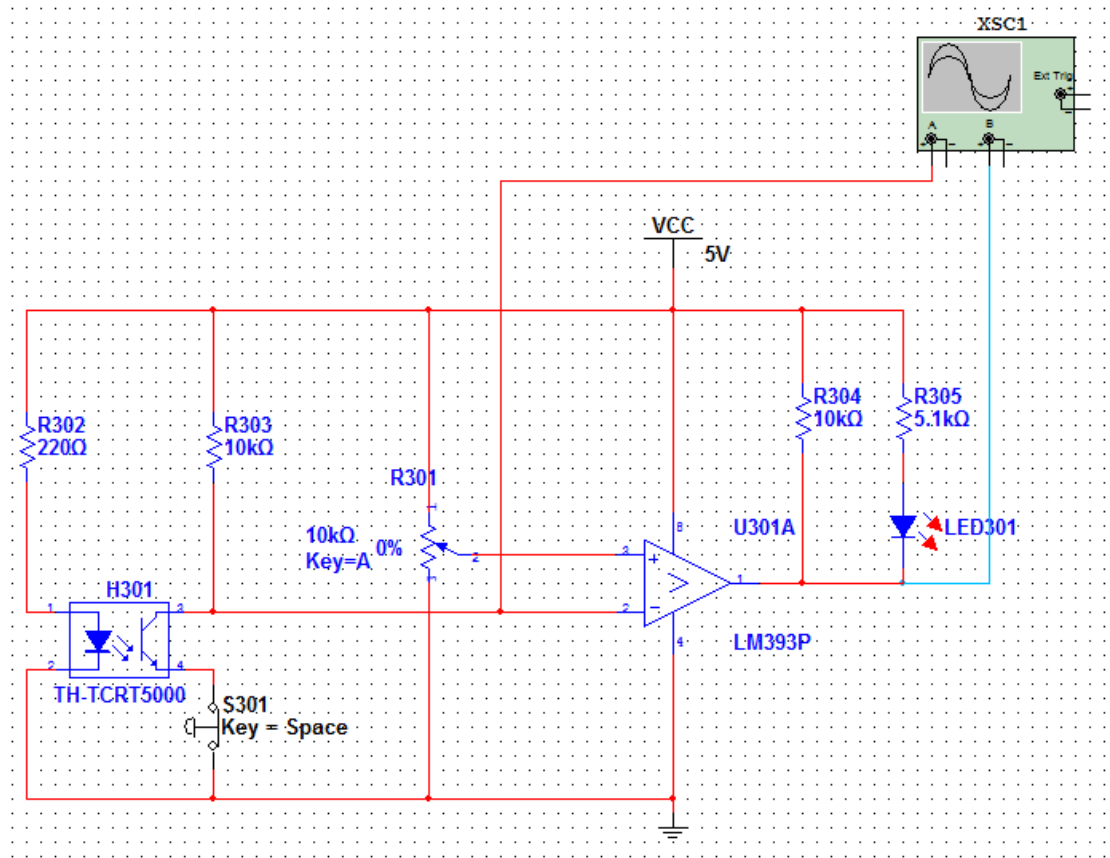


图 3.3-1 红外模块示例电路仿真测试原理图

图 3.3-1 为红外模块示例电路仿真测试原理图，仿真过程中用开关 S301 模拟仿真在传感器在线路上（即黑线上），通过 LED1 也可以判断该传感器是否在线路上，如果在黑线上则灯亮，否则等灭。

表 3.3-1 为红外模块示例元器件清单（包括制版原理图部分的元件清单）。

表 3.3-1 红外模块示例元器件清单

| No | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| RefDes | | R302~ R329 | R301 | H301~ H307 | U301~ U304 | LED301 ~ LED307 | S301 | J301 |
| Quantity | | 28 | 1 | 7 | 4 | 7 | 1 | 1 |
| Multisim | Component | * Ω | 10k | TH-TCRT 5000 | LM393P | LED_red | MUSHR OOM_H EAD | HDR1X9 |
| | Database | Master Databas e | Master Databas e | Corpora te Databas e | Corpora te Databas e | Master Databas e | Master Databas e | Corpora te Databas e |
| | Group | Basic | Basic | Misc | Analog | Diodes | Electro_ Mechani cal | Basic |
| | Family | RESISTO R | POTENTI OMETER | SENSOR | OPAMP | LED | MOMEN TARY_S WITCHE S | CONNEC TORS |
| Ultiboard | Footprint type | TH-RES0 .5 | TH-TSR- 065 | TH-IRS | TH-DIP8 | / | / | TH-HDR 1X9 |
| | Database | Corpora te Databas e | Corpora te Databas e | Corpora te Databas e | Corpora te Databas e | / | / | Corpora te Databas e |
| | Group | THDZGY -V1.1 | THDZGY -V1.1 | THDZGY -V1.1 | THDZGY -V1.1 | / | / | THDZGY -V1.1 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

2、电路仿真

打开 LED301 属性对话框，选中 value 选项卡，将 On Current (Ion) 中的值修改为 0.5mA，如图 3.3-2 所示。

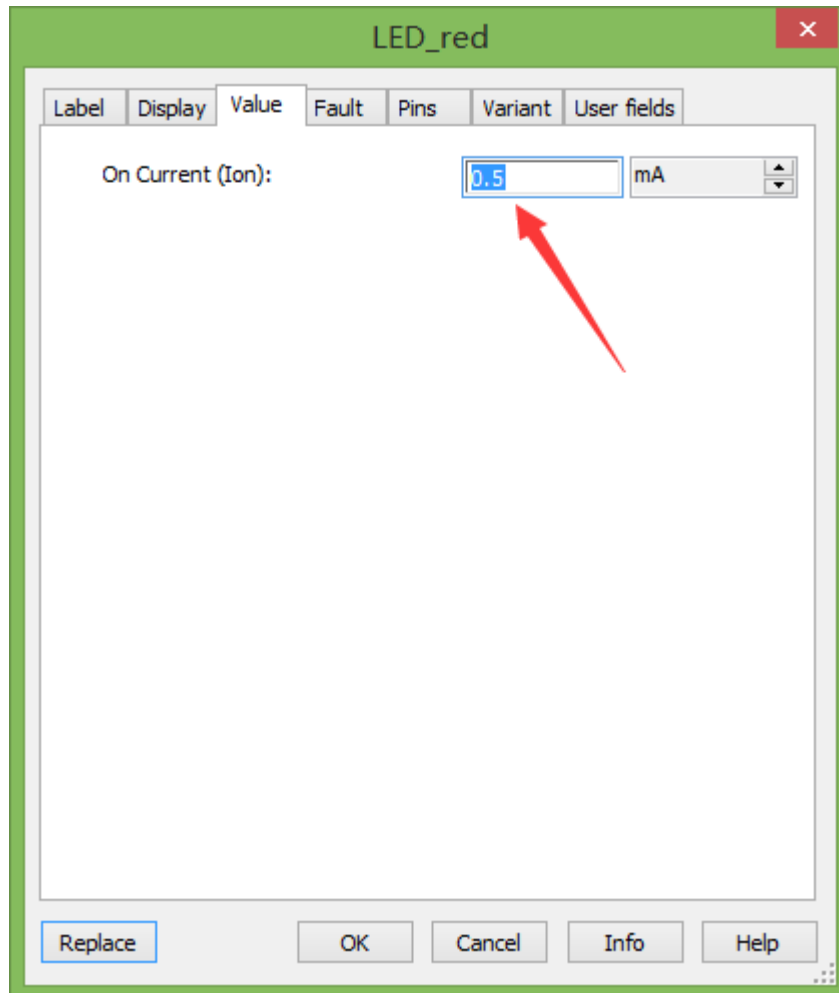


图 3.3-2 LED 参数修改

验证电路的工作原理：电源接通后，S301 开关是闭合时红外接收管接收到被折回的红外信号，H301 的 3 输出低电平，LM393P 的 1 脚（或 7 脚）输出高电平，此时 LED 是灭的；当 S301 开关打开时红外接收管没有接收到被折回红外信号，光生电流为 0，此时 H301 的 3 脚输出高电平，LM393P 的 1 脚（或 7 脚）输出低电平，此时 LED 是亮的。红外模块的仿真波形图如图 3.3-3 所示。

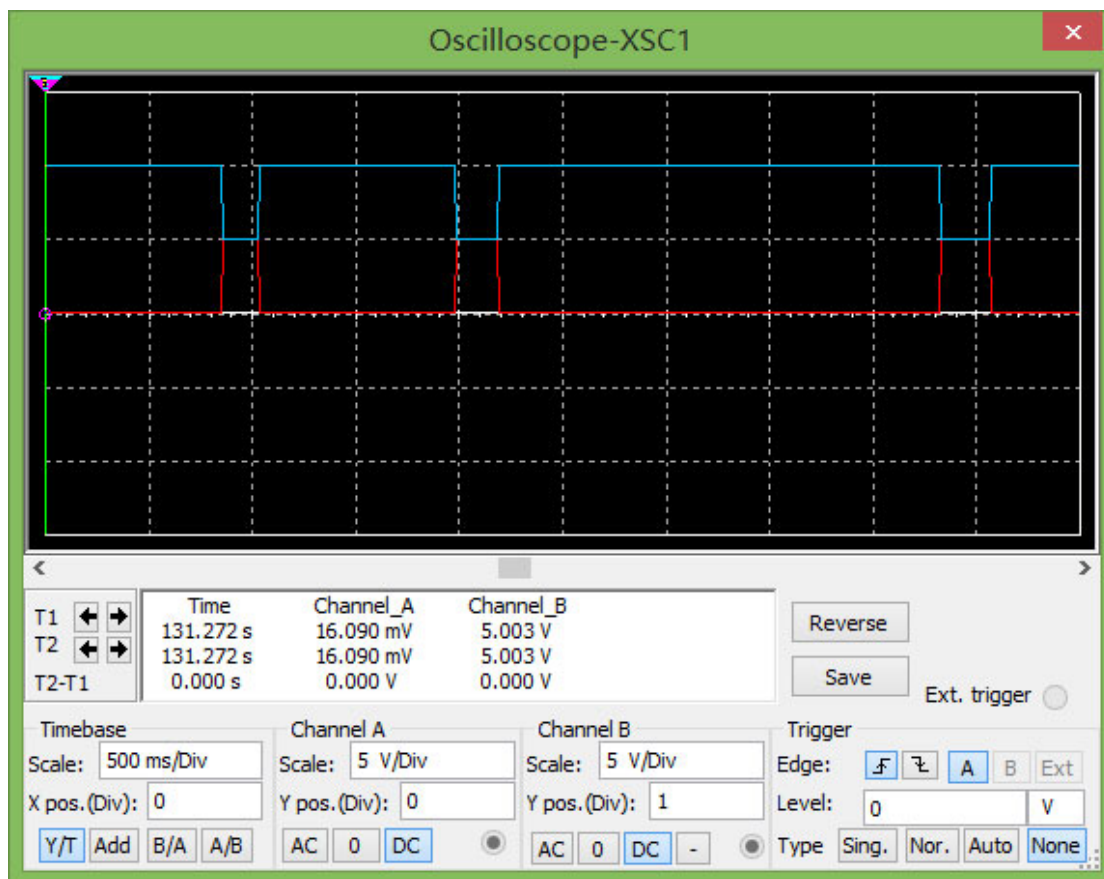


图 3.3-3 红外模块的仿真波形图

3、建立红外模块示例电路印制板设计校验原理图

为了利用原理图对 Ultiboard11 印制板设计软件设计的印制板进行校验，需要建立满足印制板设计要求对应的校验原理图。为了满足电路板设计的要求，该原理图是由 7 个相同的仿真原理图模块构成，实现一块电路板上同时有 7 个红外模块，红外模块印制板设计校验原理图如图 3.3-4 所示。

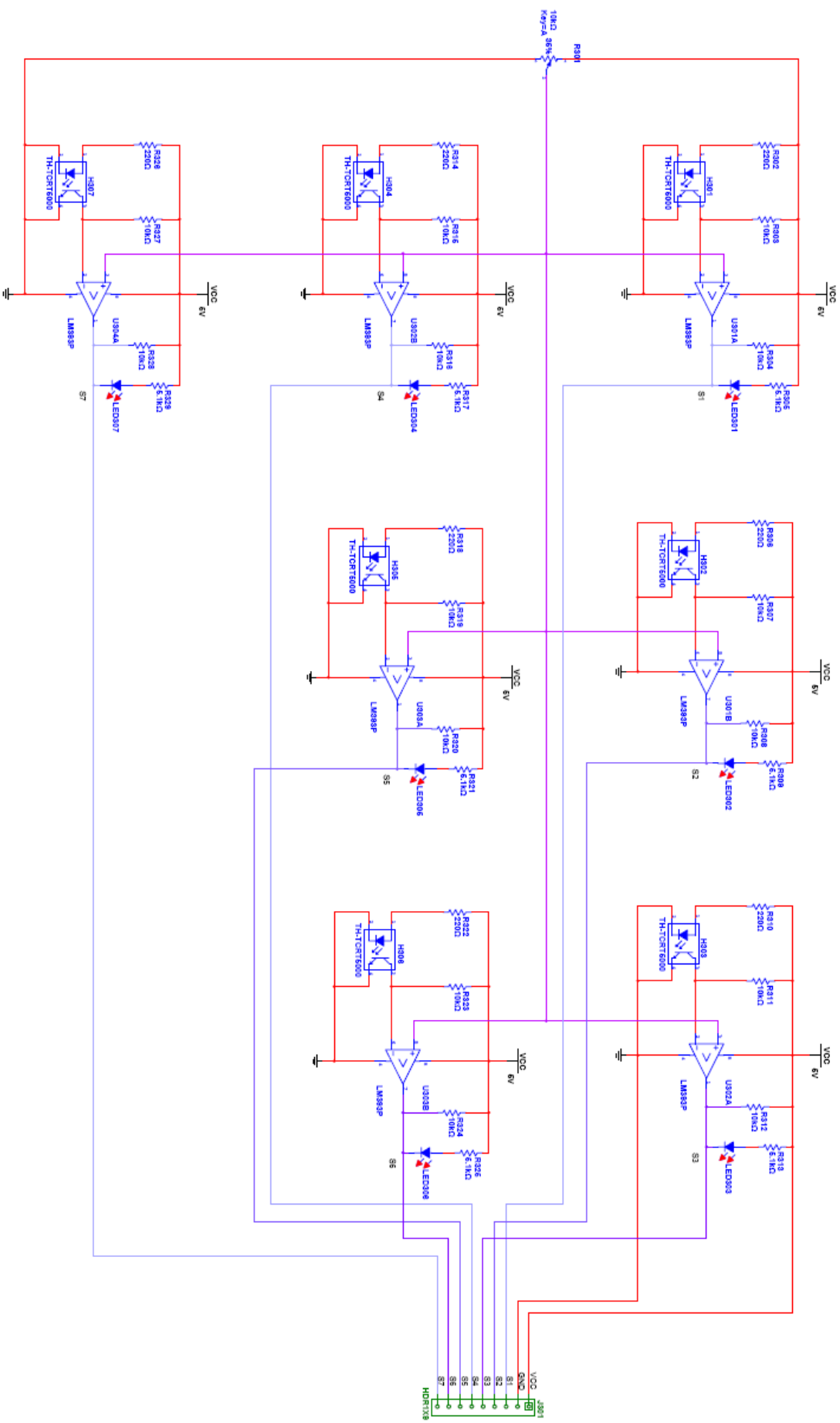
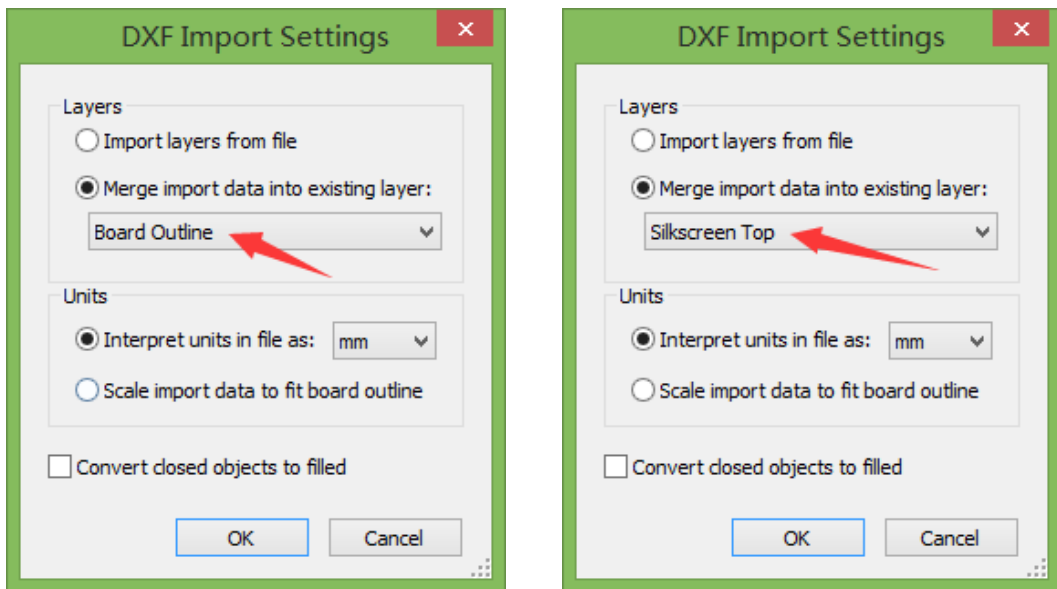


图 3.3-4 红外模块印制板设计校验原理图

3.4 制版电路板设计

1、边框的导入

本模块与其他模块的边框导入有些区别，**特别需要注意，本模块需要进行两次边框导入过程**，第一次导入边框层（如图 3.4-1(a) Merge import data into existing layer 选择“Board Outline”），资源文件为扩展库中的“THDZGY-EDA-V3.10A.DXF”，第二次导入丝印层（如图 3.4-1(b) Merge import data into existing layer 选择“Silkscreen Top”），资源文件为扩展库中的“THDZGY-EDA-V3.10B.DXF”，如果图 3.4-1 所示。导入完成后最终边框样式如图 3.4-2 所示。



(a) 导入边框

(b) 导入丝印

图 3.4-1 边框导入

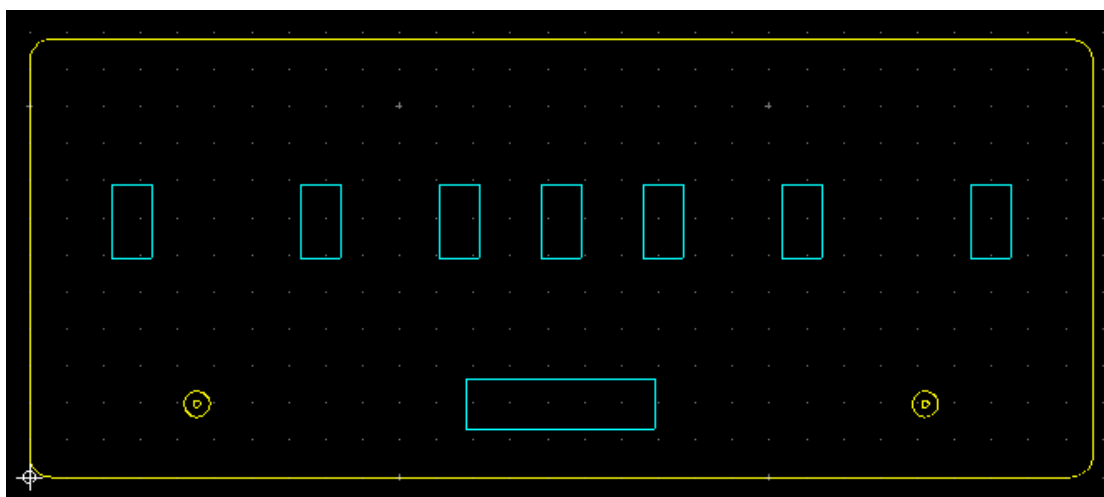


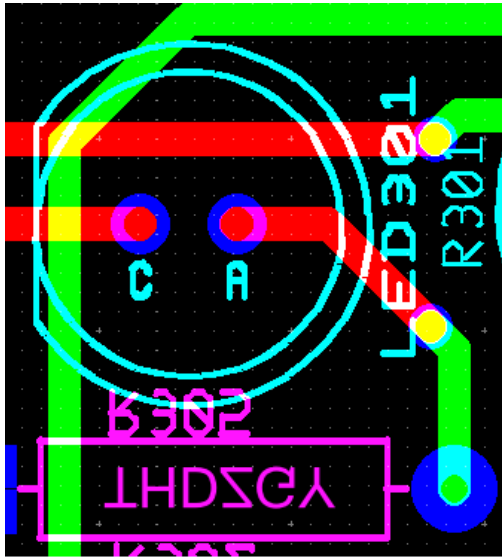
图 3.4-2 最终边框样式

2、布局注意事项

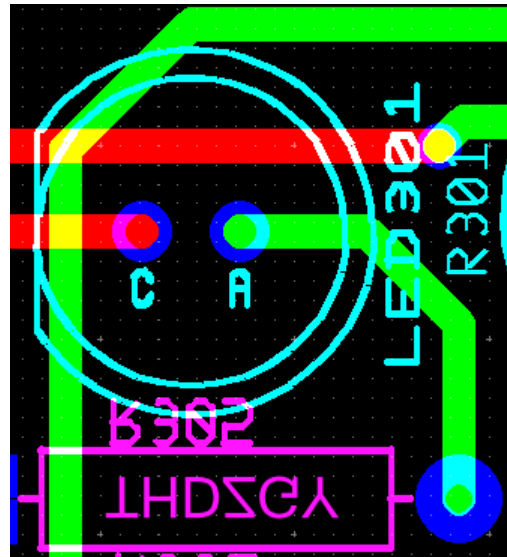
本模块设计成双面板，布局过程中必须把 H301~H307 分别放在图 3.4-2 中的 7 个小竖框中，而且元件必须放在 Bottom 层，从左到右按顺序摆放。将 J301 摆放在大的横框中，且元件必须在 Top 层。LED301~LED307 摆放在对应的 H301~H307 的上侧，且元件必须在 Top 层，R301 也必须放在 Top 层，其他元件可以自由布局。

3、布线注意事项

布线过程中需要注意的是只能进行单面焊接，所以必须将所有的焊接点通过过孔的方式连接到焊接面的焊盘上，如 LED301 元件在 Top 层，则焊接面在 Bottom 层，所以需要将连接焊盘的导线必须在 Bottom 层上连接焊盘上，不能在 Top 层直接连接到焊盘上，如果无法直接在 Bottom 层上连接到焊盘上，则必须通过过孔的方式转到 Bottom 层，然后再将导线连接到焊盘上，焊接面的导线连接方法如图 3.4-3 所示，(a) 是正确的连接方法，(b) 是错误的连接方法。



(a) 正确连接方法



(b) 错误连接方法

图 3.4-3 焊接面的导线连接方法

建议过孔尺寸设计要求如图 3.4-4 所示，焊盘直径 60mil，孔径 35mil。

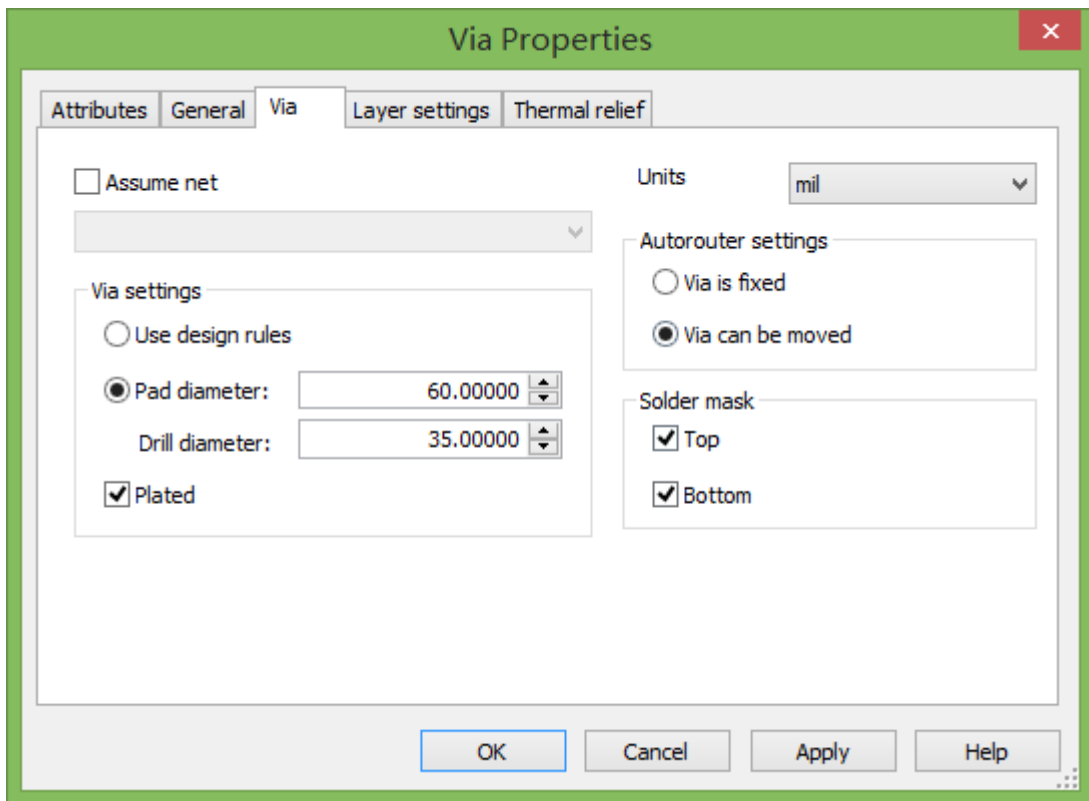


图 3.4-4 过孔尺寸设计要求

4、敷铜要求及步骤

敷铜要求：要求对 PCB 的 Top 层对地（地的网络标号一般默认为 0）敷

铜，敷铜的安全间距建议为 25mil。

敷铜步骤：

1)、点击 Ultiboard 设计窗口中左侧 Design Toolbox 窗口的 Layers 选项卡，然后双击 Copper Top 将当前工作层设置为 Top 层；

2)、点击菜单 “Place→Copper Area” 命令；

3)、在 PCB 板框内画出一个闭合区域；

4)、双击敷铜，在弹出的属性对话框中选中 Copper Area 选项卡，在页面中勾选 “Connected to net”，然后在列表框中选择地网络标号（一般默认为 0），再勾选 Thermal Reliefs 中的 “Vias”，最后点击 “Apply” 按钮，如图 3.4-5 所示。

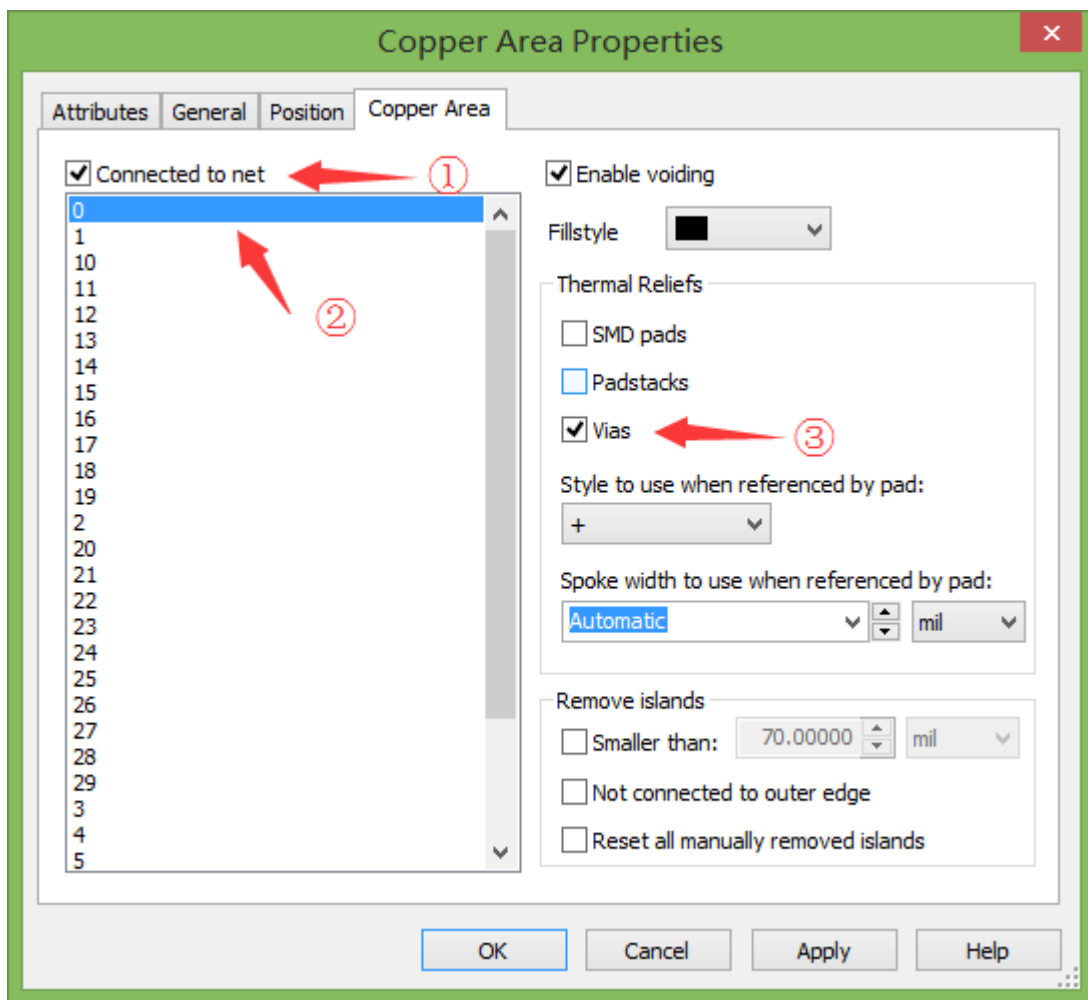


图 3.4-5 敷铜属性设置

5)、在弹出的敷铜属性对话框中选中 Position 选项卡，将 Position 中的 Layer 选择为 “Copper Top”，如图 3.4-6 所示。

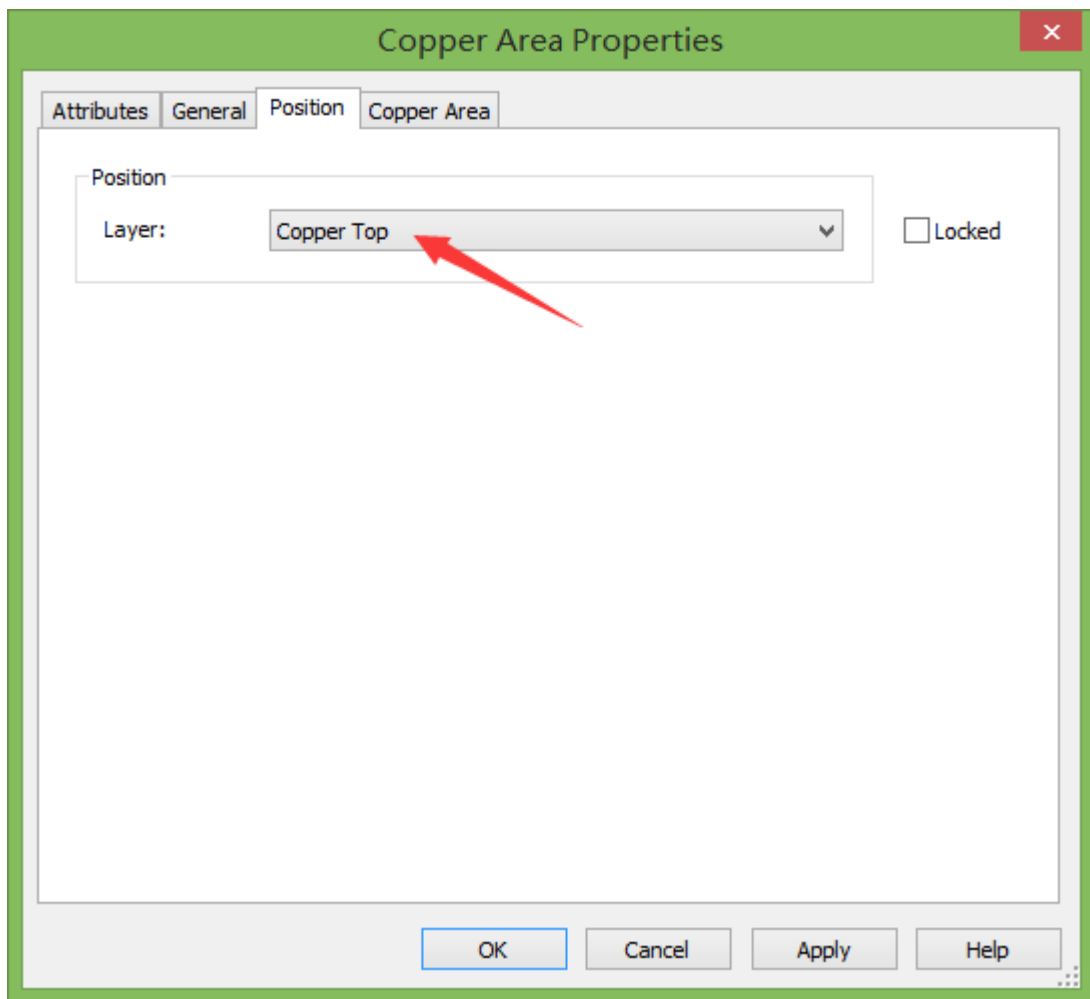


图 3.4-6 敷铜属性设置

6)、在弹出的敷铜属性对话框中选中 General 选项卡，将 Autoroute settings 中的选项选择为“Trace can be moved”，将 Clearance 中的 To trace 值设置为 25mil(此处需要注意 Units 中的单位是否为 mil)，最后点击“Ok”按钮，如图 3.4-7 所示。

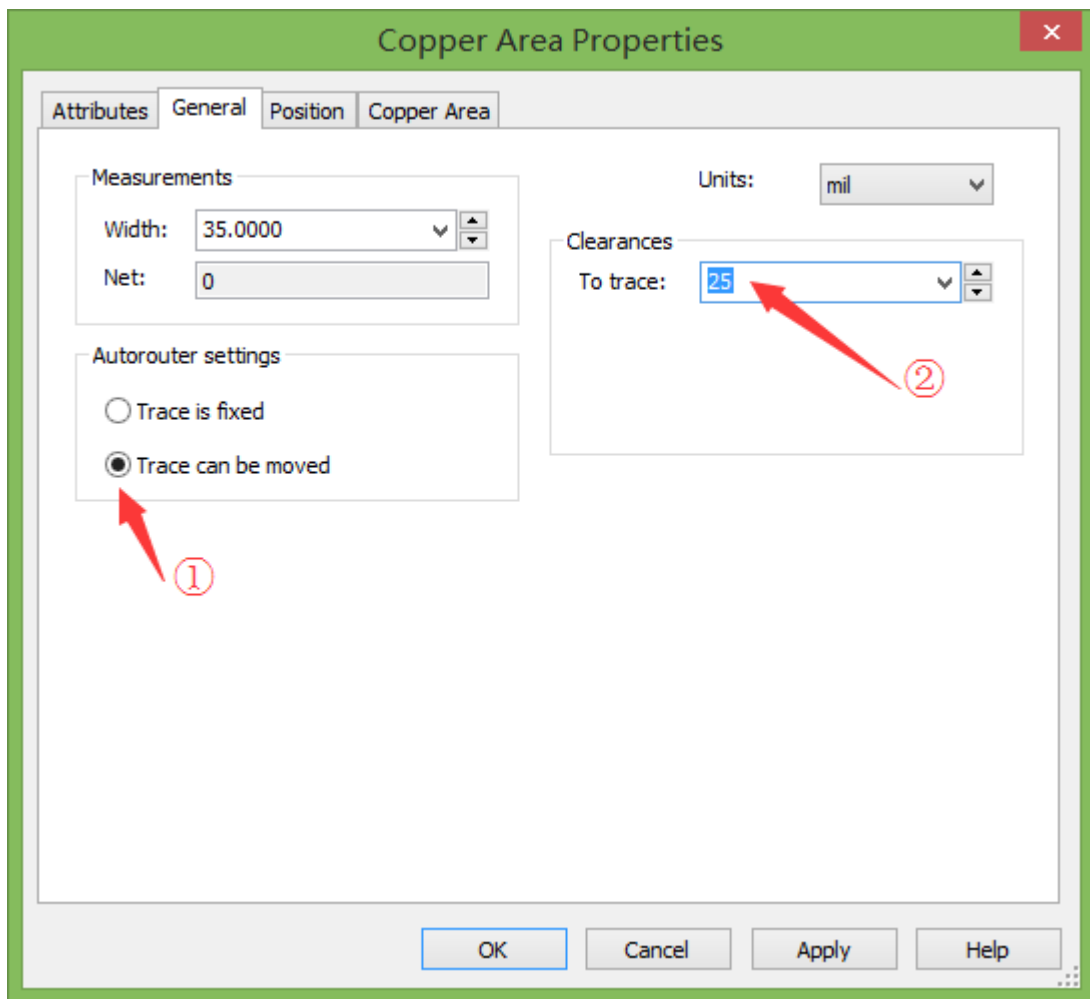


图 3.4-7 敷铜属性设置

5、转印建议及注意事项

1)、转印纸的打印：Top 层在打印转印图时必须镜像打印（打印属性窗中将“Print reflection”勾选上），Top 层打印设置如图 3.4-8 所示，Bottom 层则正常打印即可。

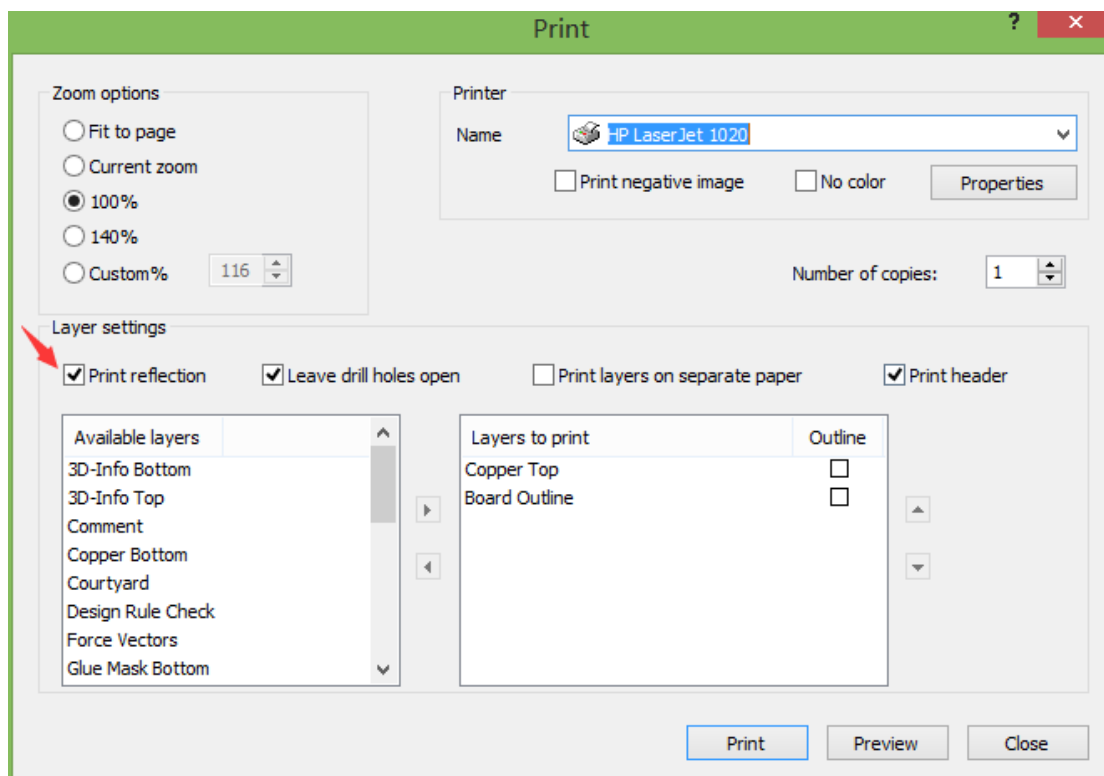


图 3.4-8 Top 层打印设置

2)、印制板转印：印制板转印建议先转印 Top 层，然后找出三个距离较远的过孔或焊盘先打孔，然后用大头针穿过这些孔和 Bottom 层转印纸的相应过孔或焊盘，对好位后固定转印纸，放入转印机转印 Bottom 层。

3.5 PCB 板钻孔建议

转印好 PCB 板腐蚀好后，对 PCB 板钻孔时，对焊盘的钻孔建议从焊接面下钻，过孔建议 Top 层朝上钻孔。

钻孔尺寸要求：1)、TCRT5000：焊盘 1.0mm、两侧固定孔 2.5mm、右下角固定孔 1.2mm

2)、微调电位器（R301）：1.0mm

3)、插座（J301）：1.0mm

4)、其他：0.8mm

3.6 PCB 板的焊接建议

焊接之前先检查 PCB 板是否有短路断路的地方，用刻刀处理好短路的地方，断路的地方用电阻腿连接好，然后用电阻腿焊接所有的过孔，然后对不同的面进行从低到高的顺序焊接好所有元器件。

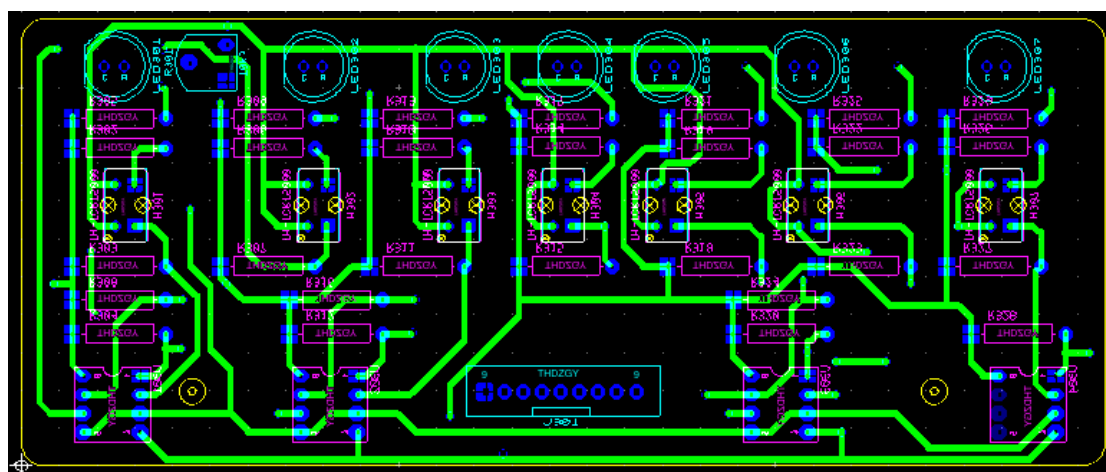
3.7 模块调试

1)、上电之前先用万用表的蜂鸣档检查 J301 的 1 脚和 2 脚是否存在电源正负极短路的情况，然后仔细检查焊接过程中有没有造成其他焊点的短路，如果有请先排除错误。

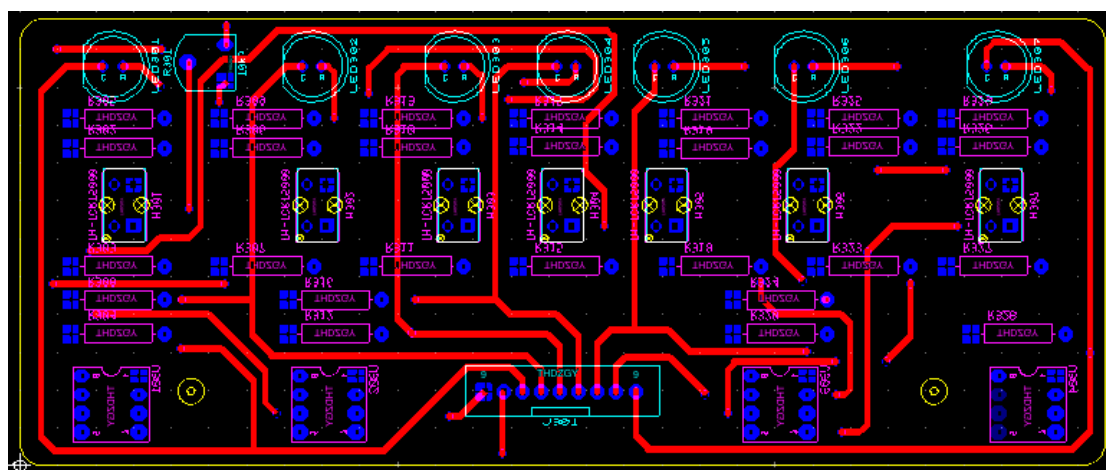
2)、接通 5V 电源，将红外传感器离黑线或白色桌面（或白纸）一定高度（1~5mm）查对应的 LED 灯是否能够正常亮灭（在黑线上 LED 灯亮，在白色物体上 LED 灯灭），如果显示正常则表示电路正常。如果没有正常显示则先微调 R301，然后再测试，如果问题还没有解决或只是部分传感器存在问题，则仔细检查存在问题的电路是否存在焊接问题或者缺焊漏焊等情况，逐一排查问题。

3.8 PCB 板参考图

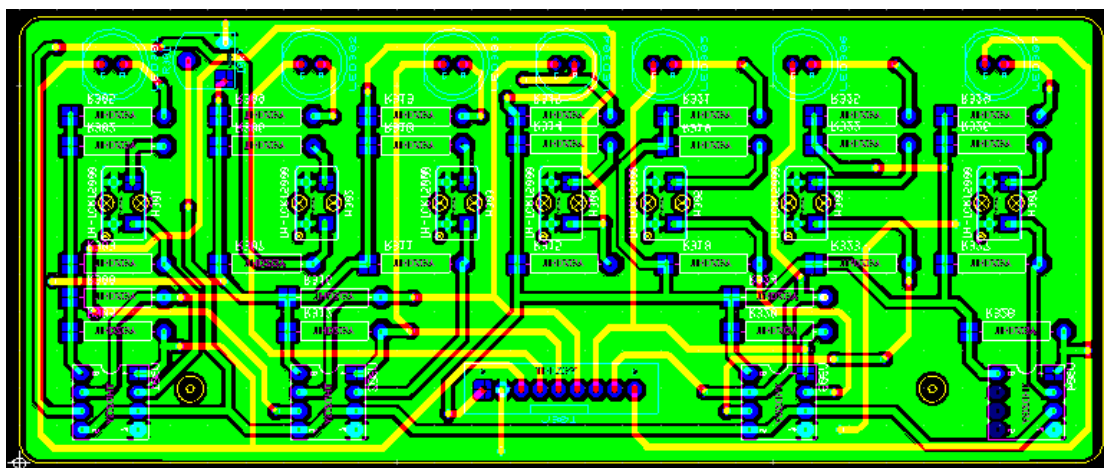
PCB 板参考图如图 3.8-1（a）、3.8-1（b）、3.8-1（c）、3.8-1（d）所示，分别是 Top 层 PCB、Bottom 层 PCB、完整 PCB 和 3D 模型图。



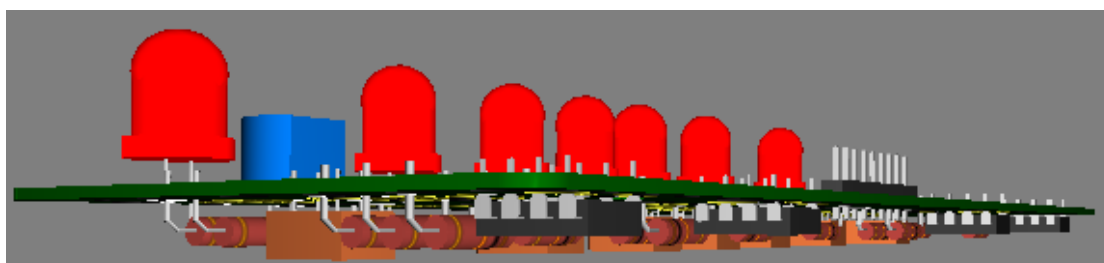
3.8-1（a） Top 层 PCB



3.8-1 (b) Bottom 层 PCB



3.8-1 (c) 完整 PCB



3.8-1 (d) 3D 模型图

课程信息

| | |
|------------|--|
| 开课单位 | 清华大学基础工业训练中心 |
| 教师姓名 | 韦思健 |
| 电子邮件 | wei@mail.tsinghua.edu.cn |
| 电话 | 62781922-1608 |
| 参考教材 | 电脑辅助电路设计____Multisim2001 电路实验与分析 测量 |
| 作业上传 (ftp) | 166.111.198.26 用户名: EDA 密码: EDA |

工程实践 求实创新 追求卓越

清华大学基础工业训练中心
虚拟仪器实验室

地址: 清华大学南门内 500 米路东

E-mail: THVILAB@mail.tsinghua.edu.cn

电话: 62781922