
《计算机辅助设计（电子 CAD）》

实验指导书

姓 名：_____

院 系：_____

班 级：_____

学 号：_____

2013 年 1 月

目录

实验一	Protel 99SE 使用基础.....	3
实验二	绘制原理图——555 震荡电路.....	5
实验三	绘制原理图——晶体测试电路.....	7
实验四	元件库的制作.....	10
实验五	生成电路原理图报表.....	12
实验六	工程实例——绘制 I/V 信号变换调理电路原理图.....	15
实验七	熟悉 PCB 编辑环境 and 设计系统.....	17
实验八	人工布线制作 PCB——555 震荡电路.....	20
实验九	自动布线制作 PCB——晶体测试电路.....	24
实验十	PCB 元件库的制作.....	28
实验十一	工程实例——绘制 I/V 信号变换调理电路 PCB.....	29
实验十二	电路仿真.....	32

实验一 Protel 99SE 使用基础

一、实验目的

- 1、熟悉 Protel 99 SE 的设计界面，熟练掌握对设计数据库中的文件夹和文件的操作。
- 2、掌握设计数据库的概念，以及建立、打开和关闭等操作。
- 3、熟练原理图设计环境。
- 4、熟悉原理图管理器的功能。
- 5、常见参数的设置。
- 6、设计文档的操作和管理。

二、实验内容

第一部分：

- 1、新建一个设计数据库，选择 MS Access Database 保存类型，名称为：实验 1. ddb。
- 2、关闭第 1 题中新建的设计数据库文件“实验 1. ddb”后，再打开。
- 3、在一个设计数据库下，新建一个文件夹，并在该文件夹下，分别创建原理图和 PCB 文件，所有名称均采用系统默认名。
- 4、将上面新建的文件夹和两个文件分别更名为 FDDL、YLT.Sch 和 DLB.PCB。
- 5、在工作窗口或文件管理器，练习打开和关闭文件夹或文件的操作。
- 6、练习三种保存文件的操作，并比较它们之间的区别。
- 7、将前面建立的 FDDL 文件夹下的两个文件 YLT.Sch 和 DLB.PCB 导出到 C:\ 下。
- 8、新建一个设计数据库 MyDesign1.ddb，将刚才导出的两个文件 YLT.Sch 和 DLB.PCB，导入到该设计数据库中的 Documents 文件夹下。（特别提示：原理图和 PCB 文件中应该包含图件，才能正常导入导出）
- 9、在设计数据库 MyDesign.Ddb 下，新建一个文件夹 FDDL1。然后将 FDDL 中 YLT.Sch 文件复制到 FDDL1 中；将 DLB.PCB 移到 FDDL1 中。
- 10、在设计数据库 MyDesign.Ddb 下，将文件夹 FDDL1 下的文件全部删除。然后进入回收站，将 YLT.Sch 文件彻底删除，将 DLB.PCB 文件还原。

第二部分：

1、启动 Protel 99SE，在 D 盘新建一个文件夹，用自己的班级和学号后三位命名，并在文件夹中建立一个名为 MyDesign1.ddb 数据库。

2、建立名为 First.sch 的原理图，并进入原理图设计窗口。

3、熟悉设计管理器、元件库管理器的功能。

第三部分：

（一）原理图设计环境设置

1、显示状态栏

Protel 99 SE 默认的绘图环境状态栏应该是存在的，如果没有显示，执行【View】/【Status Bar】菜单命令。

2、定义图纸大小

Protel 99 SE 默认的图纸大小是 B2，执行【Design】/【Options】菜单命令，可以定义图纸大小。

注：图纸可以在画图过程中根据实际图纸大小随时自定义。

3、设置图纸标题栏

参照教材第 2 章——2.4 标题栏。

4、栅格大小的设置，改变三种栅格大小，观察变化。

（二）原理图设计管理器

原理图设计管理器（Browse Sch）可以对原理图元件（Libraries）和原理图对象（Primitives）实行管理。

1、添加或者移去原理图元件库

参照第 3 章——3.1 载入元件库。

2、放置元件

方法 1：在 Filter 栏目里输入元件名称，回车，定位元件；

方法 2：在元件列表区查找到元件，选中元件，单击【Place】按钮，移动鼠标到作图区，单击鼠标左键放置元件，单击鼠标右键取消放置。

注意：元件名称（类型，part type），元件编号（part designator），管脚名称，管脚编号。

3、编辑元件属性。

参照第 3 章——3.4 编辑元件属性。

三、思考题

1、Protel 99 SE 中的设计保存类型分几种方式？它们之间有何不同？

2、Protel 99 SE 中提供的文件类型有哪几种？

3、对于设计数据库，文件的链接和文件的导入有何区别？使用导出文件功能有何优点？

实验二 绘制原理图——555 振荡电路

一、实验目的及要求

- 1、掌握布线工具的使用；
- 2、掌握绘图工具的使用。

二、实验内容

- 1、绘制一个 555 振荡电路的原理图，它主要由 555 芯片、电容、电阻等组成的基本电路，如图 2-1 所示。

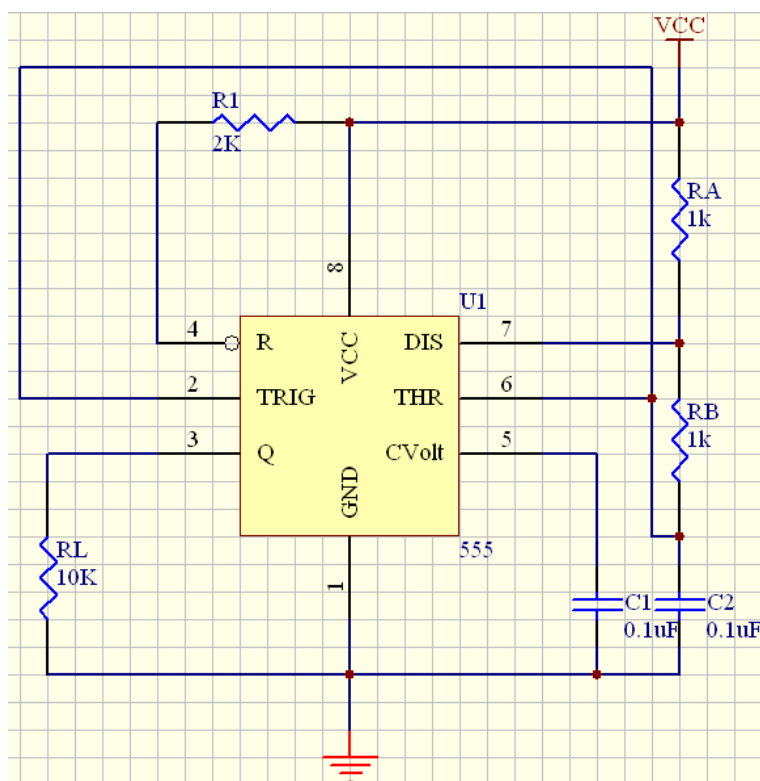


图 2-1 555 振荡电路的原理图

三、思路分析

绘制一张原理图之前，需要对元件类型、元件序号有个整体规划，对每个元件的参考库和参考元件有所了解。

555 振荡电路由一个 555 芯片、4 个电阻和 2 个电容组成，它们分别对应的元件类型、元件序号、参考库和参考元件如下表所示。

表 2-1 参考元件模型

元件类型	元件序号	参考库	参考元件
Part Type	Designator		
555	U1	Protel DOS Schematic Linear.lib	555
2k	R1	Miscellaneous Devices.lib	RES1
1k	RA	Miscellaneous Devices.lib	RES1
1k	RB	Miscellaneous Devices.lib	RES1

10k	RL	Miscellaneous Devices.lib	RES1
0.1u	C1	Miscellaneous Devices.lib	CAP
0.1u	C2	Miscellaneous Devices.lib	CAP

四、实验步骤

1、双击 protel 99SE 的快捷菜单，进入 protel 99SE 开发环境。单击 File 文件/New 新建打开新建文件数据库对话框，在该对话框中，将文件名修改为“555”，并且修改路径，单击确定；

2、参照表 2-1，在参考库中找到相应的元件放置在原理图上，同时对元件的位置做适当的调整，使它们布局合理，如图 2-2 所示。

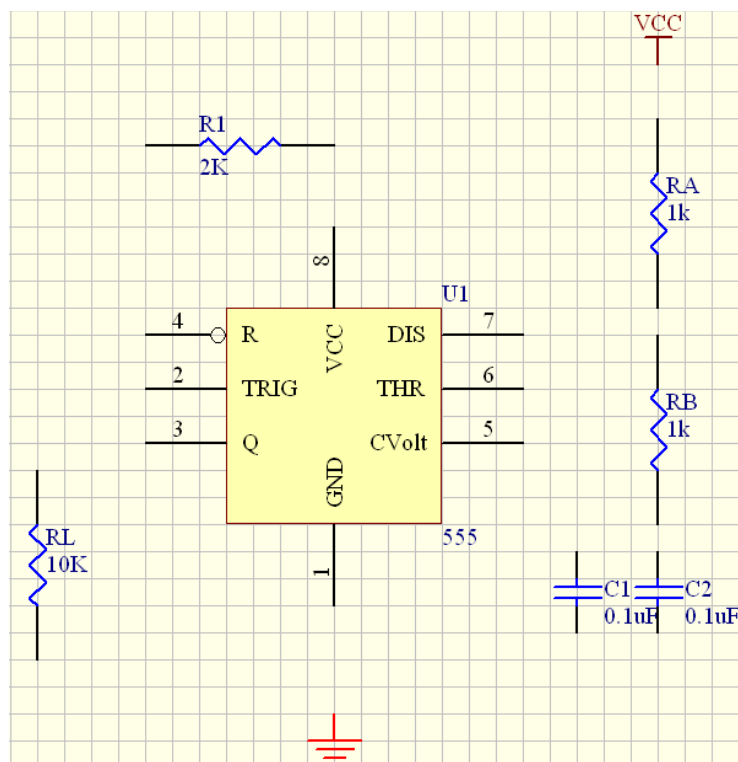


图 2-2 元件放置后的电路图

3、单击 Wiring Tool 工具栏上的 ，运行绘制导线命令，执行该命令后，光标变成一个十字状，将光标移动到电阻 RL 的上端引脚，单鼠标左键确定导线的起始点。

4、确定导线的起始点后，移动鼠标开始绘制导线，拖动光标到合适的位置，单击鼠标左键确定该导线的终点，将导线拖动到 555 的 3 管脚，单击鼠标右键或者 Esc 键，完成当前导线的绘制。

5、完成一条导线绘制后，仍然处于绘制导线的命令状态。重复上述操作，可以继续绘制其他的导线。

6、如果需要对某段导线的属性作修改，可以双击该导线，打开 Wire 对话框，在这里对导线的宽度，颜色等参数进行设计。如果用户要延长某段导线或改变导线上转折点的位置，可以不必重新绘制导线。只要在该段导线上单击左键，导线各个转折点就会出现黑色小方块，然后移动修改即可。

实验三 绘制原理图——晶体测试电路

一、实验目的及要求

- 1、进一步掌握布线工具的使用；
- 2、进一步掌握绘图工具的使用。

二、实验内容

- 1、绘制一个晶体测试电路的原理图，它主要由场效应管、三极管、普通二极管、发光二极管、电感、电容、电阻与被测晶体等组成的基本电路，如图 3-1 所示。

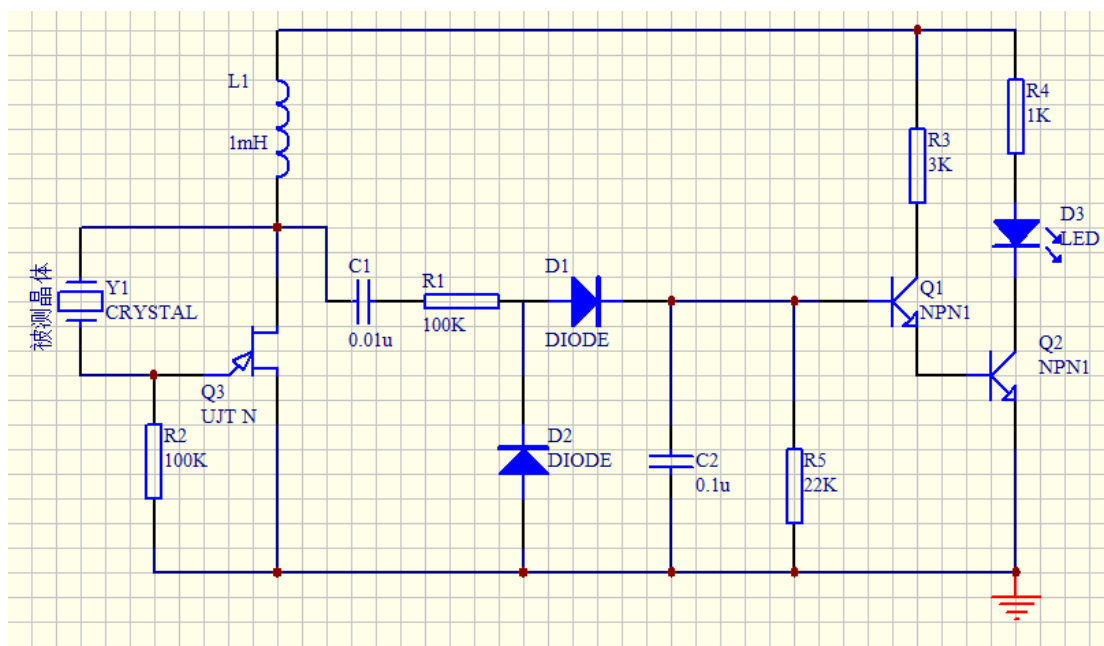


图 3-1

三、思路分析

晶体测试电路由1个场效应管、1个被测晶体、2个三极管、2个普通二极管、1个发光二极管、1个电感、2个电容、5个电阻，它们分别对应的元件类型、元件序号、参考元件库和参考元件如表3-1所示。

表 3-1 参考元件模型

元件类型	元件序号	参考元件库	参考元件
Part Type	Designator		
UJT N	Q3	Miscellaneous Devices.lib	UJT N
100k	R1	Miscellaneous Devices.lib	RES2
100k	R2	Miscellaneous Devices.lib	RES2
3k	R3	Miscellaneous Devices.lib	RES2
1k	R4	Miscellaneous Devices.lib	RES2
22k	R5	Miscellaneous Devices.lib	RES2
1mH	L1	Miscellaneous Devices.lib	INDCUTOR1
0.01u	C1	Miscellaneous Devices.lib	CAP
0.1u	C2	Miscellaneous Devices.lib	CAP

DIODE	D1	Miscellaneous Devices.lib	DIODE
DIODE	D2	Miscellaneous Devices.lib	DIODE
LED	D3	Miscellaneous Devices.lib	LED
NPN1	Q1	Miscellaneous Devices.lib	NPN
NPN1	Q2	Miscellaneous Devices.lib	NPN
CRYSTAL	Y1	Miscellaneous Devices.lib	CRYSTAL

四、实验步骤

- 1、新建一个原理图文件，将其命名为实验3。参照表 3-1，在参考元件库中找到相应的元件放置在原理图上，修改每个元件的元件类型和元件序号，同时对元件的位置做适当的调整，使它们布局合理，如图 3-2 所示。

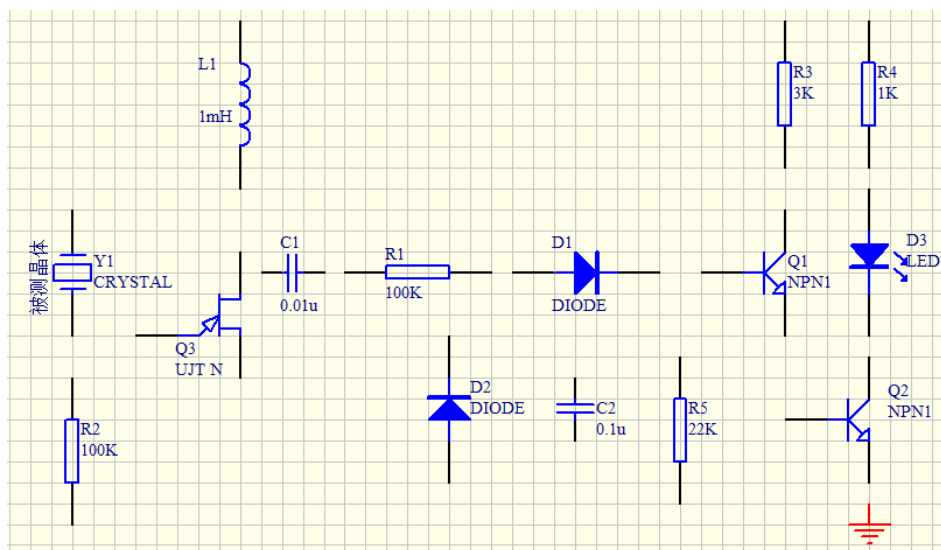


图 3-2

- 2、单击 Wring Tool 工具栏上的  图标，运行绘制导线命令，光标变成十字状，将光标移动到元件一端引脚，单击鼠标左键确定导线的起始点移动鼠标开始绘制导线，拖动光标到合适的位置，单击鼠标左键确定该导线的终点，然后单击鼠标右键或者按【Esc】键完成当前导线的绘制，如图 3-3 所示。

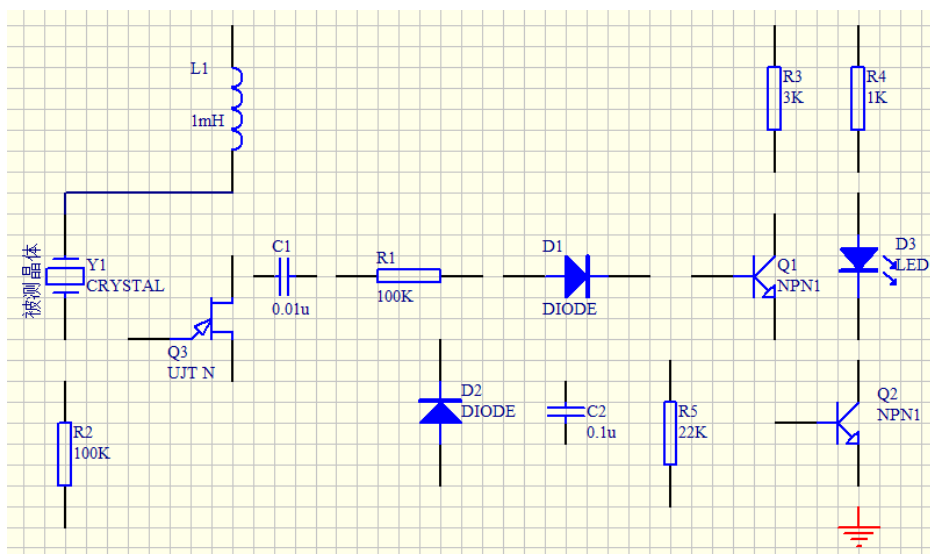


图 3-3

- 3、完成一条导线绘制后，仍然处于绘制导线的命令状态。重复上述操作，可以继续绘制其他的导线，绘制完所有导线的结果如图 3-4 所示。

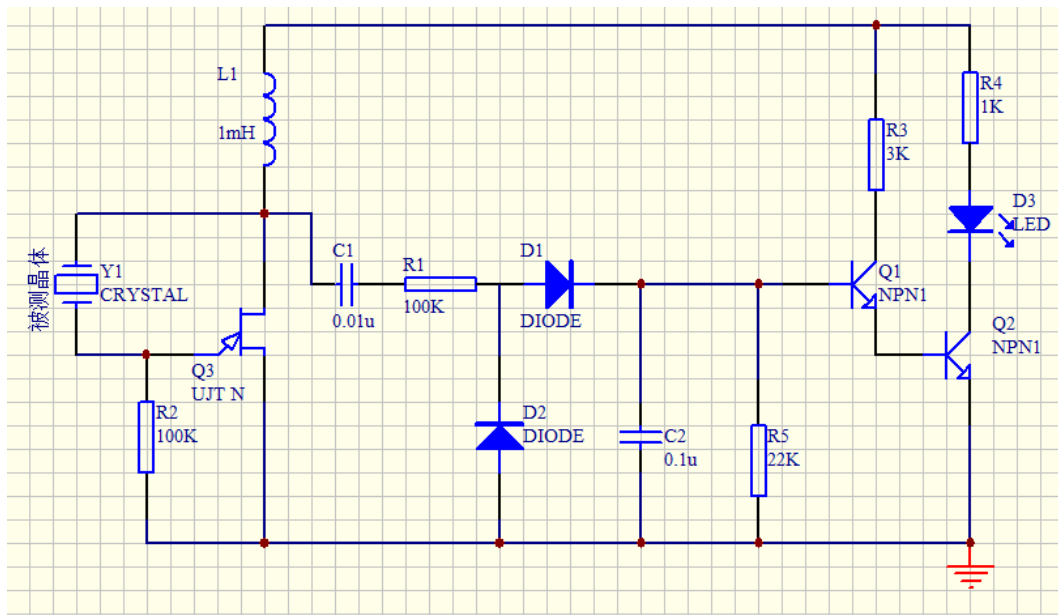


图 3-4

实验四 元件库的制作

一、实验目的

- 1、元件库编辑器的使用；
- 2、掌握绘制元件符号的方法；
- 3、掌握原理图元件库的管理。

二、实验内容

在元件库编辑器编辑环境中制作一个如图 4-1 所示的七段数码管（LED）。

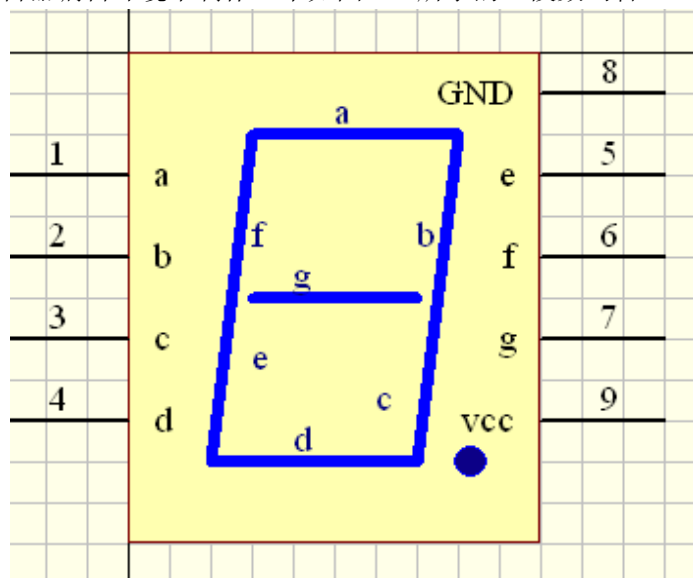


图 4-1 七段数码管

三、实验步骤

- 1、双击桌面的快捷菜单，进入到 Protel 99 SE 的开发环境，单击菜单命令 File 文件/New 新建，建立一个命名为“实例 4-1”的设计数据库，单击 OK 按钮。
- 2、单击菜单命令 File 文件/New 新建文件，从弹出的新建文件对话框中选择原理图库文档，双击该图标，系统将会自动创建一个默认名为 schlib.lib 的元件库文件。
- 3、双击 schlib.lib 文件，进入到元件编辑器。
- 4、使用菜单命令 View 视图/Zoom In 放大（键盘操作 Page Up）和菜单命令 View 视图/Zoom Out 缩小（键盘操作 Page Down）将元件绘图区域四个象限的交点调节到合适的程度。在绘图的四个象限中，一般元件都放置在第四象限，四个象限的交点，作为元件的基准点。
- 5、选择菜单命令 Place 放置/Rectangle 矩形或者绘图工具栏上的  按钮来绘制一个直角矩形，此时鼠标的形状变成一个带十字架的箭头。将十字架的中心移到坐标原点（基准点），以该点作为左上角，移动鼠标的光标到合适的位置，单击右键，结束直角矩形的绘制。本实例设置直角矩形的大小为 10 格×13 格。
- 6、执行菜单命令 Place 放置/Pins 管脚或者绘图工具栏上的  按钮，此时鼠标旁边多了一个大十字符号和一条直线。在放置时可以按空格键使引脚旋转 90 度，如果在放置引脚前按 Tab 键，则会出现引脚属性编辑对话框，也可以先单击鼠标左键，放置引脚后，然后

双击需要编辑的引脚打开引脚属性编辑对话框，在对话框中对引脚的属性进行修改。

- 7、放置管脚并对管脚的属性进行修改，修改内容参考表 4-1，其余都选择默认值，管脚通过直接移动的方法放置到合适的位置，这样更加直观、方便。



确定。

读者在设计之前，需要对每个管脚的电气类型进行查询和

表 4-1 放置管脚的属性

管脚号	管脚名称	管脚角度(度)	电气类型	X、Y 向位置
管脚 1	a	180	输入	(0, -30)
管脚 2	b	180	输入	(0, -50)
管脚 3	c	180	输入	(0, -70)
管脚 4	d	180	输入	(0, -90)
管脚 5	e	0	输入	(100, -30)
管脚 6	f	0	输入	(100, -50)
管脚 7	g	0	输入	(100, -70)
管脚 8	GND	0	电源	(100, -10)
管脚 9	VCC	0	电源	(100, -90)

- 8、绘制隐藏管脚，本实例中 LED 的 DP(小数点)管脚是隐藏管脚，按照步骤 7 的方法放置管脚，同时修改管脚的属性，单击确认。
- 9、选择菜单 Place 放置/Line 线或者执行 view 视图/Toolbars 工具条/Drawing Toolbar 绘图工具条的菜单命令打开绘图工具栏，选择绘图工具栏  图标。这时光标变成一个十字架，按 Tab 键将弹出 PolyLine 的属性对话框，对线条颜色以及大小进行修改，在合适的位置单击左键，移动鼠标放置线条。
- 10、选择菜单 Place 放置/Ellipses 椭圆或者执行 view 视图/Toolbars 工具条/Drawing Toolbar 绘图工具条的菜单命令打开绘图工具栏，选择  绘图工具栏图标，这时光标变成一个十字状，按 Tab 键将弹出属性对话框，对椭圆的属性进行修改。在合适的位置单击左键，放置椭圆。
- 11、选择菜单 Place 放置/Text 字符串或者执行 view 视图/Toolbars 工具条/Drawing Toolbar 绘图工具条的菜单命令打开绘图工具栏，选择  绘图工具栏图标。这时光标变成一个虚线框，移动鼠标放置字符串 GND 和 VCC，这时元件绘制完毕。
- 12、保存已经绘制好的元件，执行菜单命令 Tool 工具/rename Component 元件重命名，打开 New Component Name 对话框，将元件名改为 LED，然后执行菜单命令 File 文件/Save 保存将元件保存到当前元件库中，随后元件的显示区中出现一个名字为 LED 的元件，该元件被保存在 Schlib1 中，而该库是被自动保存在“实例 4-1. ddb”数据库文件中。

实验五 生成电路原理图报表

一、实验目的

- 1、掌握生成电气规则检查报表的方法；
- 2、掌握生成网络表的方法；
- 3、掌握生成元件清单的方法；
- 4、学会创建原理图层次列表的方法；
- 5、掌握生成元件交叉参考表的方法。

二、实验内容

绘制一张闪光灯控制器电路原理图，如图 5-1 所示，命名为：flash.Sch，对其进行电气规则检查，同时生成电气规则检查报告、交叉参考表、网络表、元件清单等。

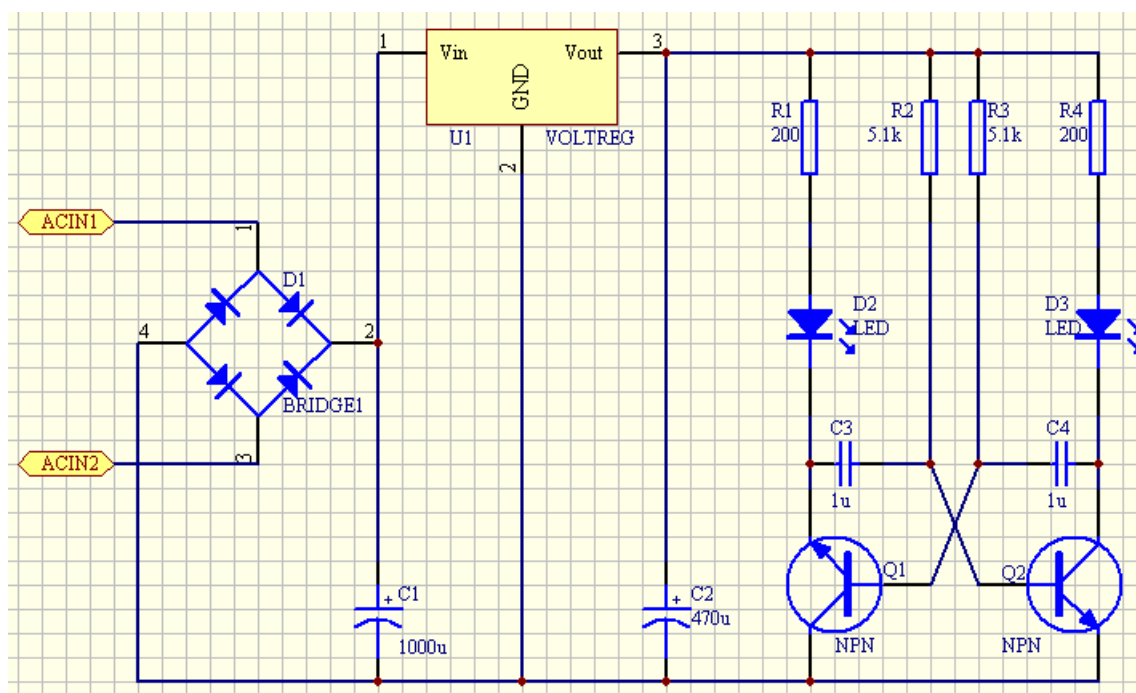


图 5-1 闪光灯控制器电路原理图

三、实验步骤

- 1、按照绘制一般原理图的方法，按照图 5-1 所示，绘制闪光灯控制器电路原理图，将其命名为：flash.Sch。
- 2、添加元件封装。整流桥、三端稳压电源、发光二极管、电解电容、无级性电容、电阻、三极管分别对应的封装为：D-44、T0220、DIODE0.4、RB.3/.6、RAD0.1、AXIAL0.3、T092。双击原理图中的电阻，弹出如图 4-51 所示对话框，在 Footprint 后面添加电阻的封装 AXIAL0.3。运用同样的方法，添加其他元件的封装。
- 3、执行菜单 Tools 工具中的 ERC 命令，屏幕上出现如图 5-2 所示的电气规则检查设置对话框，单击【OK】按钮，生成的 ERC 报告如图 5-3 所示。
- 4、选择【Design】/【Create Netlist】命令创建网络表，系统将弹出网络表设置对话框，如图 5-4

所示，单击【OK】按钮，将进入 Protel 99 SE 的记事本程序，结果将保存为.net 文件，产生如图 5-5 所示的网络表。

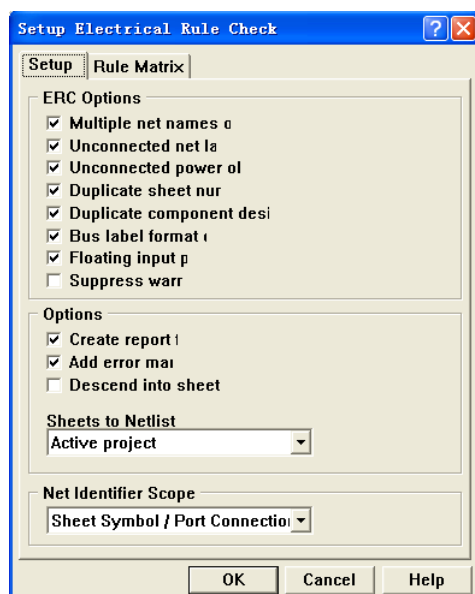


图 5-2 电气规则检查设置对话框

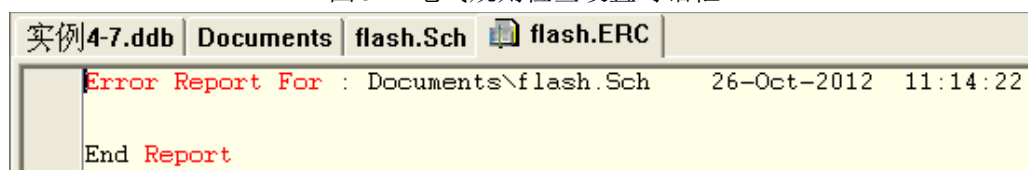


图 5-3 电气规则检查报告

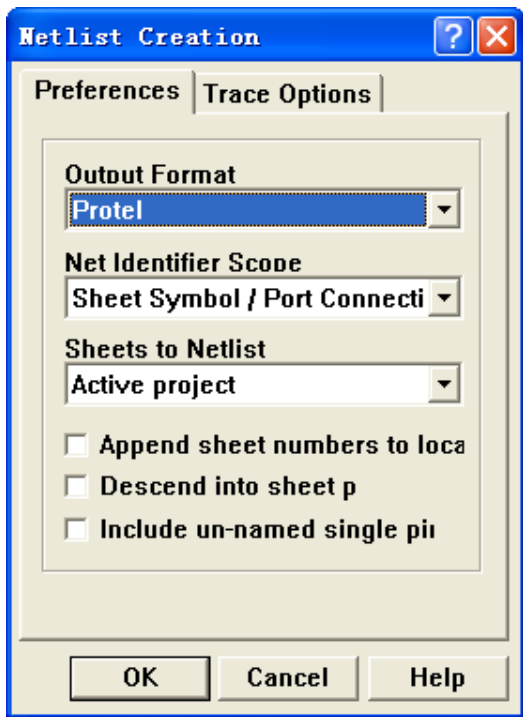


图 5-4 网络表设置对话框

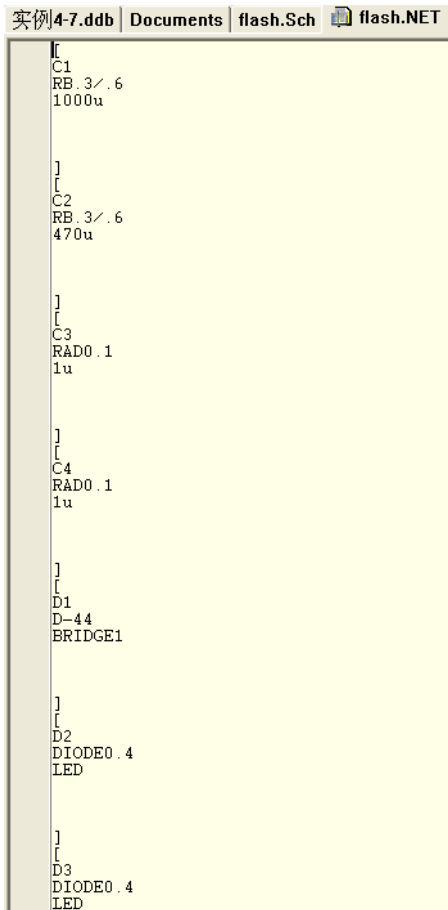


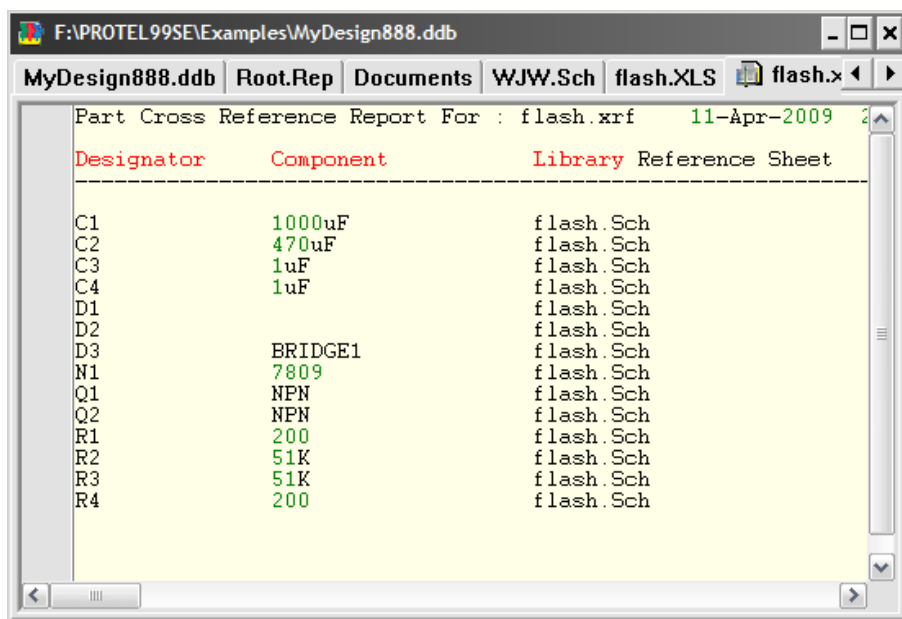
图 5-5 网络表

5、执行【Report】/【Bill of Material】菜单命令，生成图 5-6 所示原理图的元件列表。

	A	B	C	D	E	F	G
1	Part Type	Designator	Footprint				
2	1uF	C4					
3	1uF	C3					
4	51K	R3					
5	51K	R2					
6	200	R1					
7	200	R4					
8	470uF	C2					
9	1000uF	C1					
10	7809	N1	TO220H				
11	BRIDGE1	D3	BRIDGE				
12	NPN	Q1					
13	NPN	Q2					
14							
15							

图 5-6 元件列表

4、执行【Report】/【Cross Reference】菜单命令，得到交叉参考表，如图 5-7 所示。



Part Cross Reference Report For : flash.xrf 11-Apr-2009

Designator	Component	Library Reference Sheet
C1	1000uF	flash.Sch
C2	470uF	flash.Sch
C3	1uF	flash.Sch
C4	1uF	flash.Sch
D1		flash.Sch
D2		flash.Sch
D3	BRIDGE1	flash.Sch
N1	7809	flash.Sch
Q1	NPN	flash.Sch
Q2	NPN	flash.Sch
R1	200	flash.Sch
R2	51K	flash.Sch
R3	51K	flash.Sch
R4	200	flash.Sch

图 5-7 交叉参考表

实验六 工程实例——I/V 信号变换调理电路原理图

一、实验目的

进一步巩固绘制原理图的方法。

二、实验内容

在原理图设计之前，需要对设计的内容有大致的了解，做到心中有数。在控制系统及测量设备中，常需要将电流与电压相互转换，下图就是一个将电流信号转换为 A/D 所需的电压信号的信号变换调理电路。该模块主要由两个部分组成：射极跟随电路和放大电路，如图 6-1 所示，从图中我们可以看出该原理图主要是由两个运算放大器 OP07 和一些电阻、电容、二极管、滑动变阻器等元件组成。

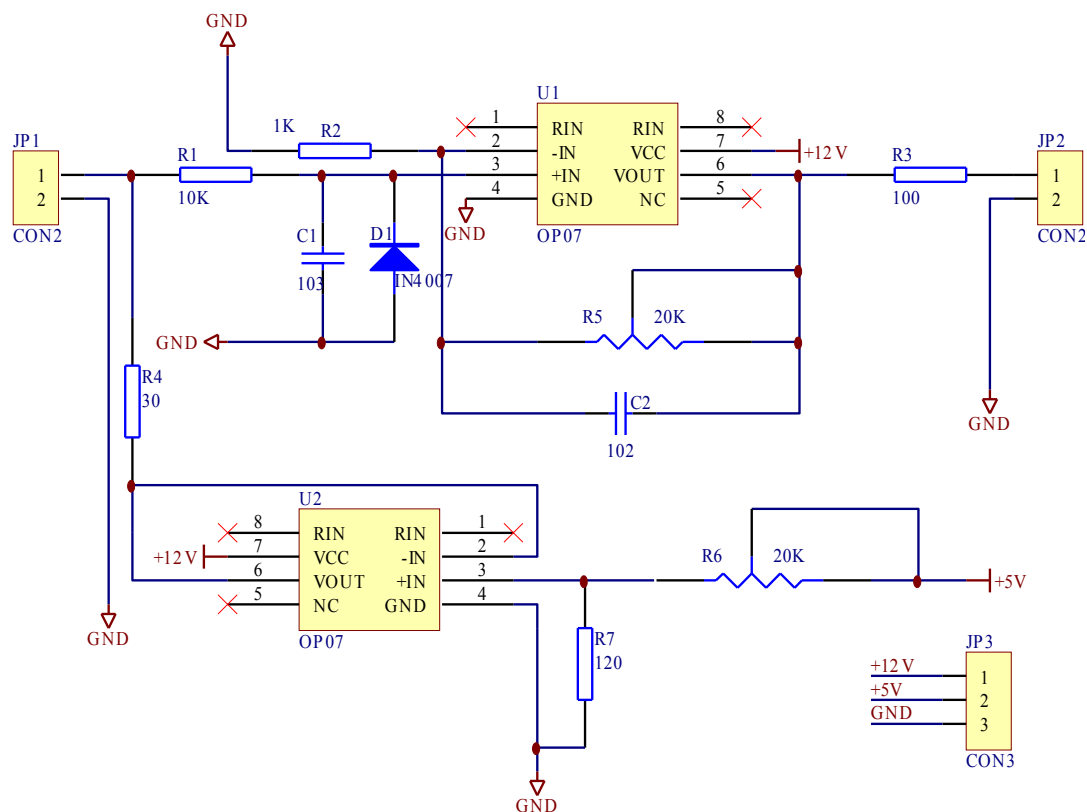


图 6-1 I/V 信号变换调理电路原理图

三、实验步骤（请参考第 6 章）

- 1、新建设计数据库。
- 2、新建一个命名为 IV. Sch 的原理图。
- 3、新建元件：OP07。
- 4、放置元件。
 - (1) 添加元件库。
 - (2) 放置元件。
- 5、调整元件布局。

在元件的调整过程中如果要整块的移动的时候，首先用鼠标拖出一个框选中要移动的一块元件，让后鼠标左键单击该模块，按住鼠标不放拖动该模块就可以整体移动，

6、元件标号。

修改元件的标号有两种方法：一是双击元件，在元件属性对话框中修改；二是用系统自动编号的方法对所有元件进行标号。这里采用系统提供的自动编号功能对元件编号，选择【Tools】/【Annotate】命令，对所有元件进行标号。

7、原理图连接。

完成上面的所有步骤之后，开始连接原理图中的元件。单击布线工具栏中的  图标开

始布线。

8、放置电源和地。

接着在原理图中添加电源和地符号，在布线工具栏中单击图标。

9、放置网络标号。

放置网络标号，首先在放置网络标号前，将插座的管脚通过绘制导线的方式延长，单击
布线工具栏上的, 运行放置网络标号命令。

10、电气规则检查。

选择【Tools】/【ERC】命令，系统会给出一个报告，如图 6-2 所示。

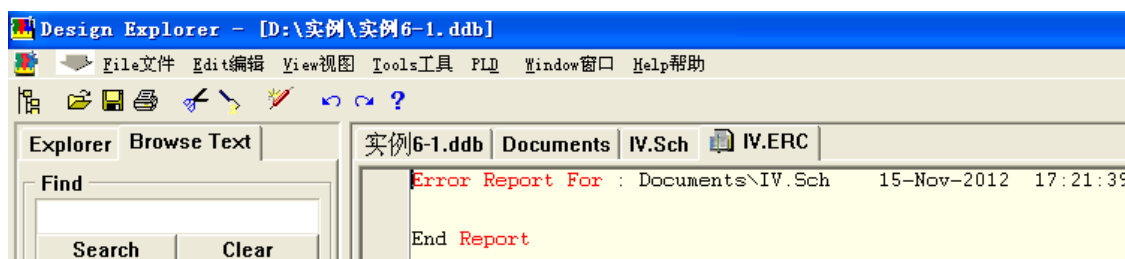


图 6-2

实验七 熟悉 PCB 编辑环境 and 设计系统

一、实验目的

- 1、了解有关印刷电路板的基础知识和对 PCB 编辑器的初步认识。
- 2、掌握 PCB 编辑器的基本操作。
- 3、掌握印刷电路板的概念、作用及分类；绘制印刷电路板图有关的元件封装、焊盘、过孔和铜膜导线等基本概念；并介绍了绘制 PCB 图的设计流程。
- 4、掌握 PCB 编辑器的启动与退出的方法；PCB 编辑器中的画面管理、窗口管理、各种工具栏、状态栏、命令栏和 PCB 管理器的打开与关闭操作。
- 5、分清 Protel 99 SE 提供的各种工作层的名称、功能，掌握根据需要如何设置工作

层的方法。

6、了解 PCB 工作参数的设置方法。

二、实验内容

- 1、利用向导规划电路板。
- 2、从 PCB 浏览器加载元件库。
- 3、定义电路板的电气边界。
- 4、掌握对 PCB 窗口的操作。
- 5、掌握放置元件与编辑其属性的方法。
- 6、学会 PCB 敷铜。
- 7、了解电路板上文字的制作。

三、实验步骤

实验内容 1——利用向导规划印制电路板的规格和尺寸，在 PCB 编辑环境中印制电路板向导，利用向导可以对电路板的各种参数进行设置，可以设计满足要求的各种多层电路板。（请参考第 7 章——7.6 典型实例）

- 1、选择【File】/【New】菜单命令，打开“New Document”对话框，有两个选项卡。
- 2、选择“Wizards”选项卡，选择“Print Circuit Board Wizard”向导。
- 3、双击“Print Circuit Board Wizard”，打开“Board Wizard”电路板向导。
- 4、单击【Next】按钮，打开选择预定义标准板对话框。在此可以选择系统已定义好的板卡类型。
- 5、选择“Custom Made Board”，单击【Next】按钮，将打开矩形印制电路板参数设置对话框。
- 6、单击【Next】按钮，打开印制电路板的边框尺寸设置对话框。把鼠标移动到相应尺寸上，则该尺寸处于编辑状态，可进行尺寸的修改。
- 7、单击【Next】按钮，打开印制电路板的四个切除角尺寸设置对话框。把鼠标移动到相应尺寸上，则该尺寸处于编辑状态，可进行尺寸的修改。
- 8、单击【Next】按钮，打开印制电路板的中间切除部分尺寸及其位置设置对话框。把鼠标移动到相应尺寸上，则该尺寸处于编辑状态，可进行尺寸的修改。
- 9、单击【Next】按钮，打开印制电路板的产品信息设置对话框。这些信息将显示在 PCB 编辑器界面的左下角。包含产品名称、公司和个人信息等。
- 10、单击【Next】按钮，打开印制电路板信号层的数量和类型设置对话框，此外还可以设置电源或接地层的数目。此处为默认值。
- 11、单击【Next】按钮，打开印制电路板过孔类型设置对话框，选中“Thruhole Vias only”复选框。
- 12、单击【Next】按钮，打开印制电路板布线技术设置对话框。选择“Surface-mount components”复选框。
- 13、单击【Next】按钮，打开印制电路板布线参数设置对话框。在此可以设置导线、过孔尺寸及导线间距等。
- 14、单击【Next】按钮，打开印制电路板模板保存对话框。在此处，可以选择是否将当前设置的印制板作为一个模板保存。
- 15、单击【Next】按钮，打开印制电路板创建完成对话框。
- 16、单击【Finish】按钮，进入 PCB 编辑器界面，并显示规划好的印制电路板。

实验内容 2——PCB 电路板设计好即可对编辑环境进行元件库的选择，在 PCB 编辑环境中有些默认的元素封装库，也可以在 PCB 软件自带的库文件中进行选择所需的封装元件

库，从 PCB 浏览器中添加或者移除元件封装库的操作。（请参考第 7 章——7.6 典型实例）

- 1、在 PCB 编辑器界面，单击设计管理器“Browse PCB”选项，在 Browse 选项组的下拉列表框中，默认选项为 Nets(网络)。
- 2、单击 Browse 选项组的下拉列表框，选择 Libraries（元件库）。在下面的文本框中有一个默认的元件库：PCB Footprint.lib。
- 3、单击“Add/Remove”按钮，打开“PCB Libraries”对话框，选中所要加载的元件库，然后单击“Add”按钮。在“Selected Files”文本框中将看到已被添加的元件库信息。
- 4、单击“OK”按钮，完成元件库的加载，返回到 PCB 编辑界面。在 Browse 选项组下面的文本框可以看到已被添加的元件库。

实验内容 3——PCB 制作时，定义电路板的电气边界很重要，在 PCB 板编辑中有很多层的操作，PCB 板的边界定义在电气边界层中进行，利用鼠标来规划电路板的电气边界。

- 1、放置相对原点。单击 Placement Tools 中的  按钮，在编辑区任意格点交叉位置单击鼠标左键。
- 2、在状态栏中选择 Keep Out Layer 层，将当前板层切换为禁止布线层。
- 3、选择“Place→Track”命令，在适当的位置单击鼠标左键，在水平方向平行拖动鼠标，到结束位置单击鼠标左键，即可确定第一条边框的终点和第二条边框的起点。
- 4、沿垂直方向拖动鼠标，在合适的结束位置单击鼠标左键，即可确定第二条边框的终点。
- 5、依次可确定第三条边框和第四条边框，从而在工作区确定一个矩形的区域，即电路板边框。

实验内容 4——PCB 敷铜

- 1、请你自己设计一个 PCB。
- 2、选择 Place 放置菜单下的 Polygon Plane... 多边形覆铜命令，对弹出的对话框，设置完敷铜参数后点击 OK 按钮，鼠标呈现十字形状。
- 3、按住鼠标左键，拖动十字光标沿着需要敷铜的区域移动，在需要拐弯的地方点击鼠标左键，直到覆盖整个敷铜区域，点击鼠标右键，完成敷铜操作。

实验内容 5——电路板上文字的制作



- 1、打开
菜 单

Place
下 的

String 字符串 命令，或者点击快捷图标 ，出现带字符串的十字光标。

- 2、在需要放置文字的地方点击鼠标左键，出现粗线条字符串。
- 3、双击鼠标，出现字符串属性对话框，在 Text 栏中输入文字：PCB Board V1.0，点击 OK 按钮，即完成字符串的放置。

实验八 人工布线制作 PCB——555 振荡电路

一、实验目的

- 1、熟悉人工画电路板的基本方法；
- 2、熟悉制作电路板工具和电路板编辑工具。

二、实验内容

- 1、绘出下列电路图，如图 8-1 所示，并产生网络表。

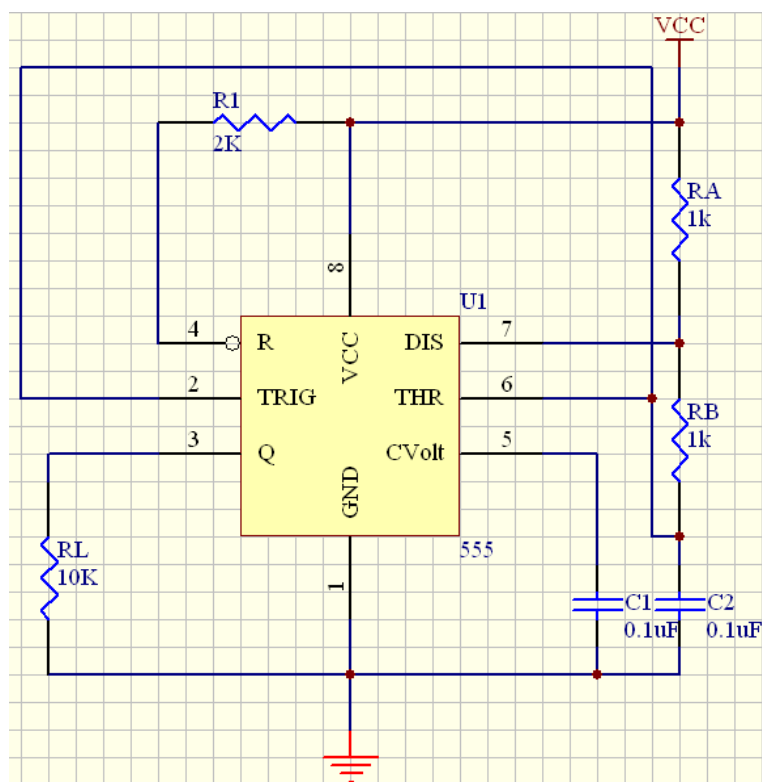


图 8-1 555 振荡电路原理图

重要提示：

原理图中封装设置：（1）555 芯片：DIP8；（2）电阻：AXIAL0.3；（3）电容：RAD0.1。

- 2、人工布线设计单面 PCB 板，如图 8-2 所示。

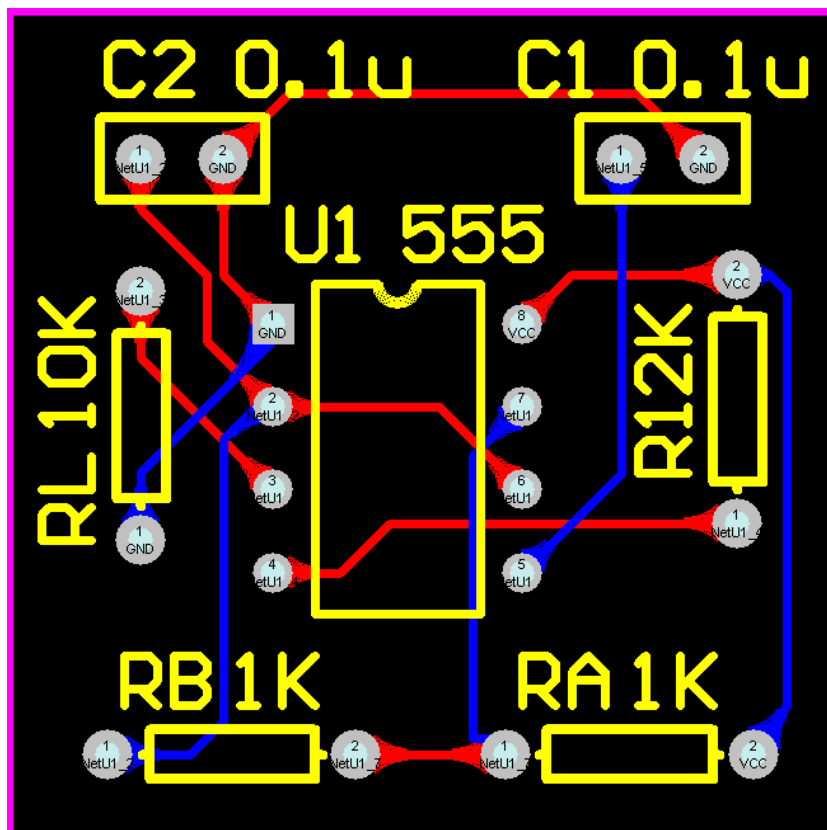


图 8-2 555 振荡电路 PCB 图

三、实验步骤

- 1、准备工作。绘制好的“555 振荡电路原理图”后，对原理图中的每一个元件定义各自的 PCB 封装。首先，双击元件会弹出一个有关于该元件属性配置的对话框，在 Footprint 一栏添加该元件的引脚封装号，本例分别选用 DIP8、AXIAL0.3、RAD0.1 分别作为 555 元件、电阻、电容的 PCB 封装，其与 PCB 编辑环境里的封装相对应。选择【Design】/【Create Netlist】命令，生成网络表。
- 2、新建 PCB 文件。待各元件的封装号都编辑完毕后，可以按配套教材 10.1 节介绍的方法建立好 PCB 文件，这里不再重复。
- 3、导入网络表。在 PCB 编辑界面中，选择【Design】/【Netlist】命令，如图 8-3 所示，弹出如图 8-4 所示的【Load/Forward Annotate Netlist】对话框，单击【Browse】按钮，选择网络表，如图 8-5 所示，然后单击【OK】按钮，随即弹出如图 8-6 所示的对话框，网络表添加成功，此时单击【Execute】按钮便可以将网络表导入 PCB 中。



图 8-3 选择【Design】/【Netlist】命令

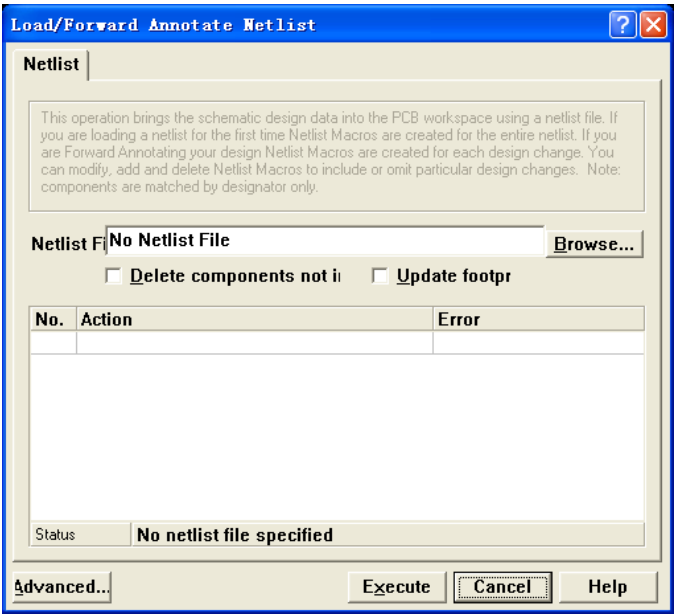


图 8-4 网络表加载对话框

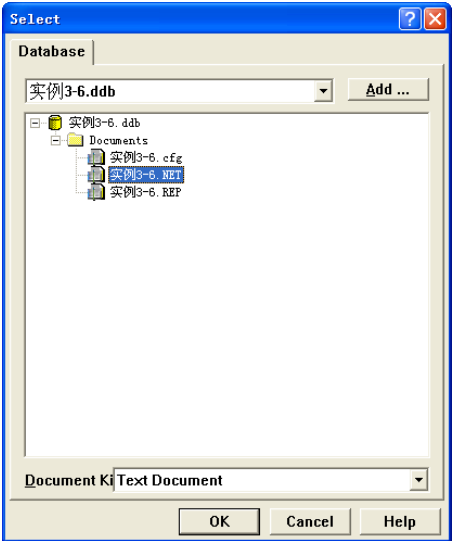


图 8-5 选择网络表

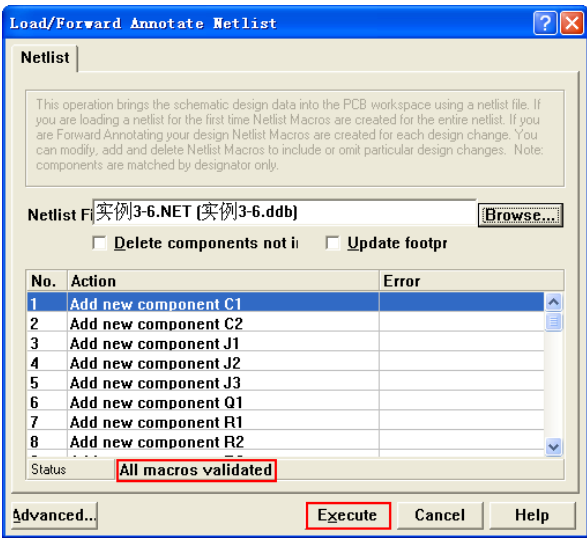


图 8-6

- 5、元件布局。打开导入网络表后的 PCB 文件，首先将所有元件封装移进电气边界线内，然后通过移动各个元件封装，使它们尽量布局合理，如图 8-7 所示。

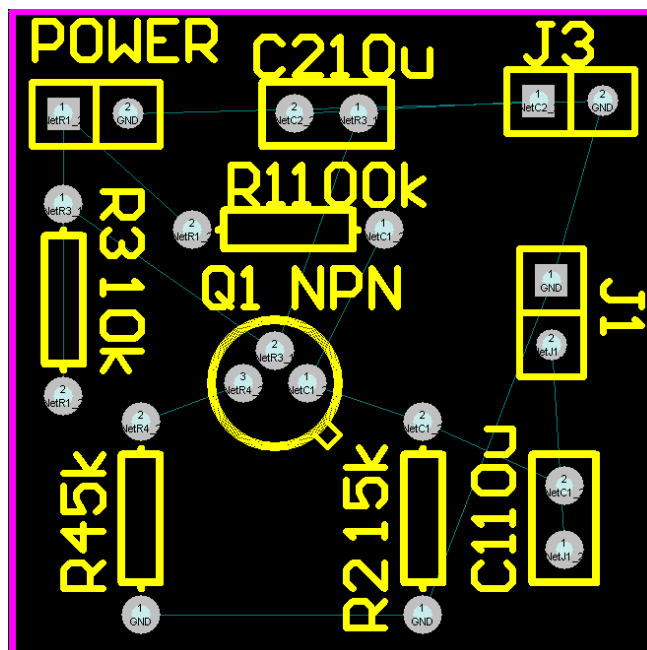


图 8-7

- 6、人工布线。对于一般的双面板来说，元件都是默认地导入“顶层 TopLayer”，如有其他需求可以双击元件选择其所在图层。当选项卡图示为“顶层 TopLayer”，则利用布线工具所布之线皆处于上层，对于默认设置来说，“顶层 TopLayer”布线为红色，“底层 BottomLayer”为蓝色，“丝印层 TopOverLayer”为黄色，“禁止布线层 KeepOutLayer”为紫色等，布线完成后如图 8-8 所示。

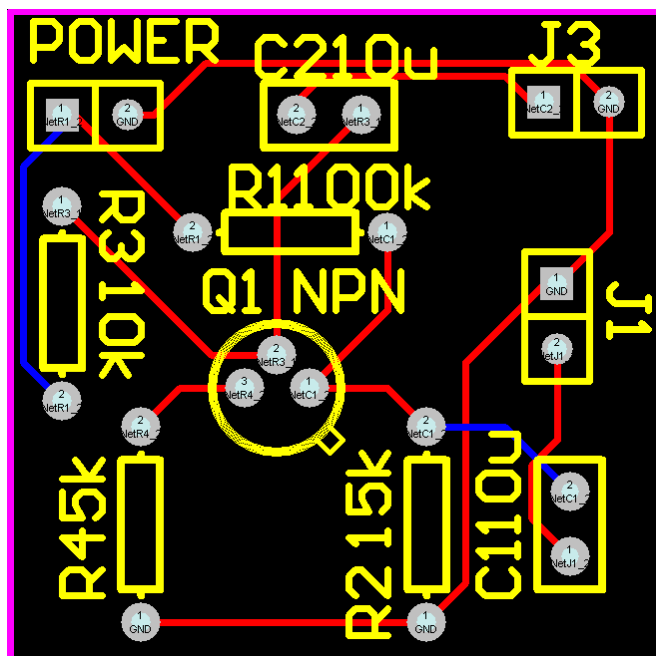


图 8-8 布线完成

- 7、在布完线后，如果线相对于焊盘来说比较细，这可以选择“滴泪”的方式过渡一下，对 PCB 进行一定的优化。选择【Tools】/【Teardrops】命令，一般默认为针对于所有元件与过孔进行滴泪。

实验九 自动布线制作 PCB——晶体测试电路

一、实验目的

- 1、进一步掌握网络表的调入与编辑；
- 2、进一步掌握自动布置元件和手工调整元件布局的方法；
- 3、进一步掌握自动布线方法。

二、实验内容

- 1、绘出下列电路原理图，并产生网络表。

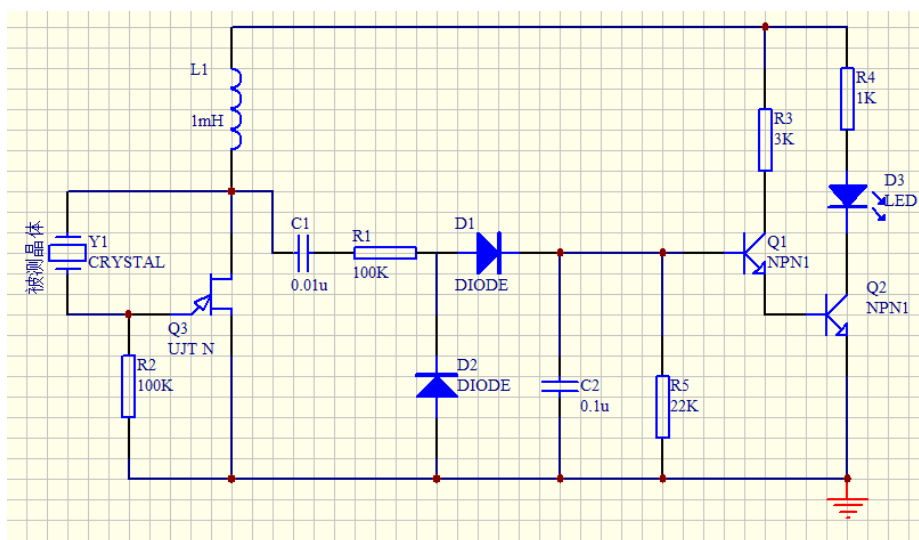


图 9-1 晶体测试电路原理图

重要提示：

原理图中封装设置：（1）电阻：AXIAL0.3；（2）无极性电容：RAD0.1；（3）普通二极管：AXIAL0.4；（4）发光二极管：DIODE0.4；（5）三极管：T0-18；（6）场效应管：T0-18；（7）晶振：XTAL1；（8）电感：0402。

- 2、自动布线设计双面 PCB 板，如图 9-2 所示。

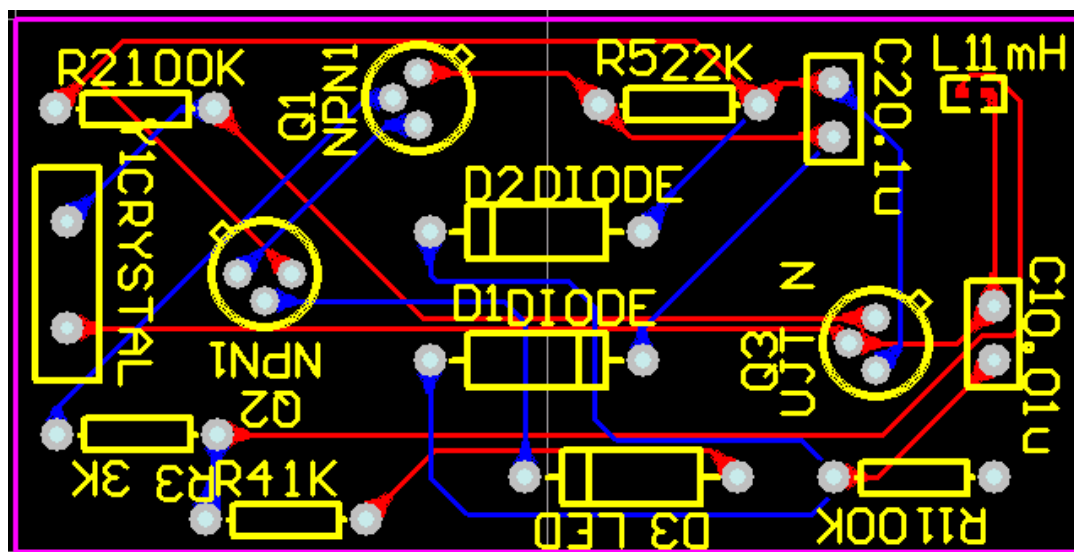


图 9-2 晶体测试电路 PCB 图

三、实验步骤

- 1、准备工作。绘制好的“晶体测试电路原理图”后，对原理图中的每一个元件定义各自的 PCB 封装。首先，双击元件会弹出一个有关于该元件属性配置的对话框，在 Footprint 一栏添加该元件的引脚封装号，本例选用 PCB 元件封装，电阻：AXIAL0.3；无极性电容：RAD0.1；普通二极管：AXIAL0.4；发光二极管：DIODE0.4；三极管：TO-18；场效应管：TO-18；晶振：XTAL1；电感：0402，使其与 PCB 编辑环境里的封装相对应。选择【Design】/【Create Netlist】命令，生成网络表。
- 2、新建 PCB 文件。待各元件的封装号都编辑完毕后，可以按配套教材 10.1 节介绍的方法建立好 PCB 文件，这里不再重复。
- 3、导入网络表。在 PCB 编辑界面中，选择【Design】/【Netlist】命令，如图 9-3 所示，弹出如图 9-4 所示的【Load/Forward Annotate Netlist】对话框，单击【Browse】按钮，选择网络表，如图 9-5 所示，然后单击【OK】按钮，随即弹出如图 9-6 所示的对话框，网络表添加成功，此时单击【Execute】按钮便可以将网络表导入 PCB 中。



图 9-3 选择【Design】/【Netlist】命令

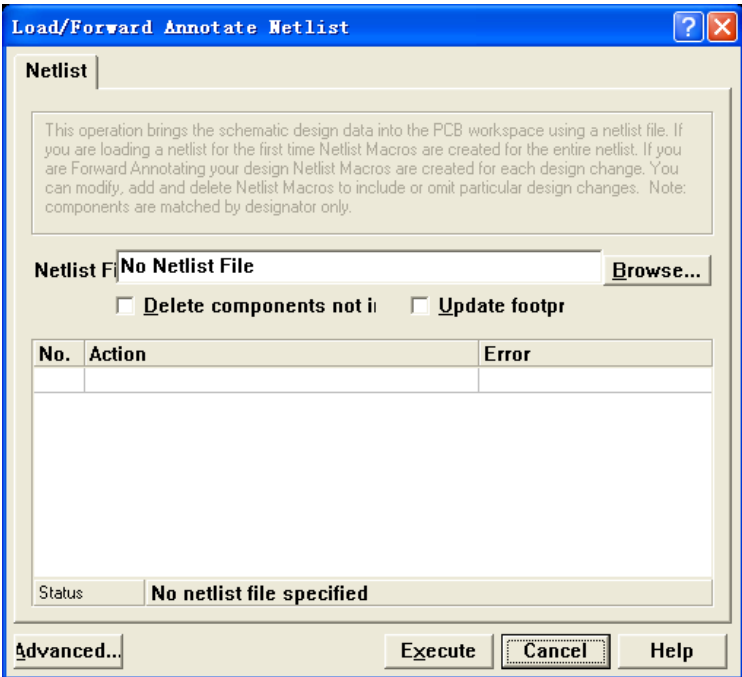


图 9-4 网络表加载对话框

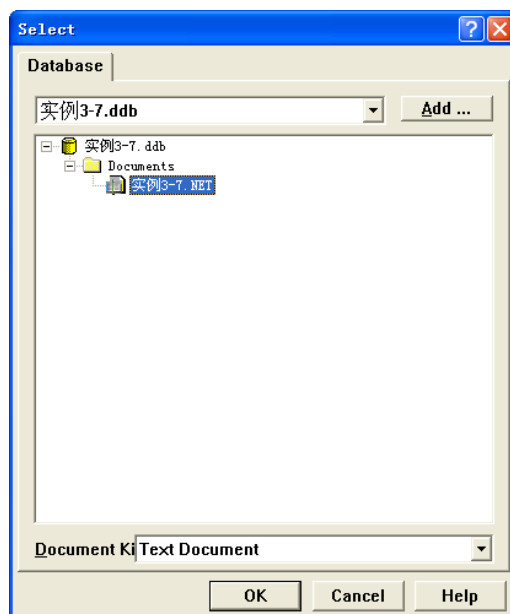


图 9-5 选择网络表

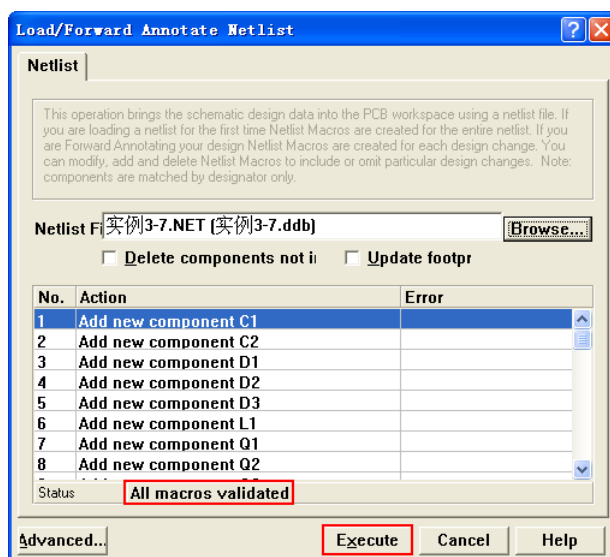


图 9-6

- 4、元件自动布局。打开导入网络表后的 PCB 文件，首先将元件封装移进电气边界线中，然后选择【Tools】/【Auto Place】命令，如图 9-7 所示，弹出如图 9-8 所示的元件自动布局器，单击【OK】按钮。如果元件自动布局后的效果不理想，那么手动调整元件的布局，布局后的效果如图 9-9 所示。



图 9-7 选择【Tools】/【Auto Place】命令

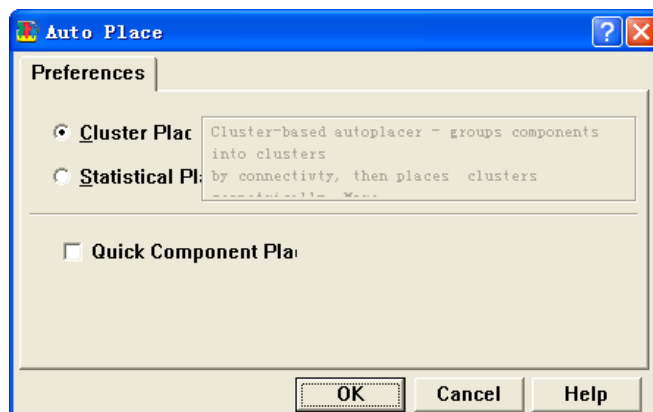


图 9-8 元件自动布局器

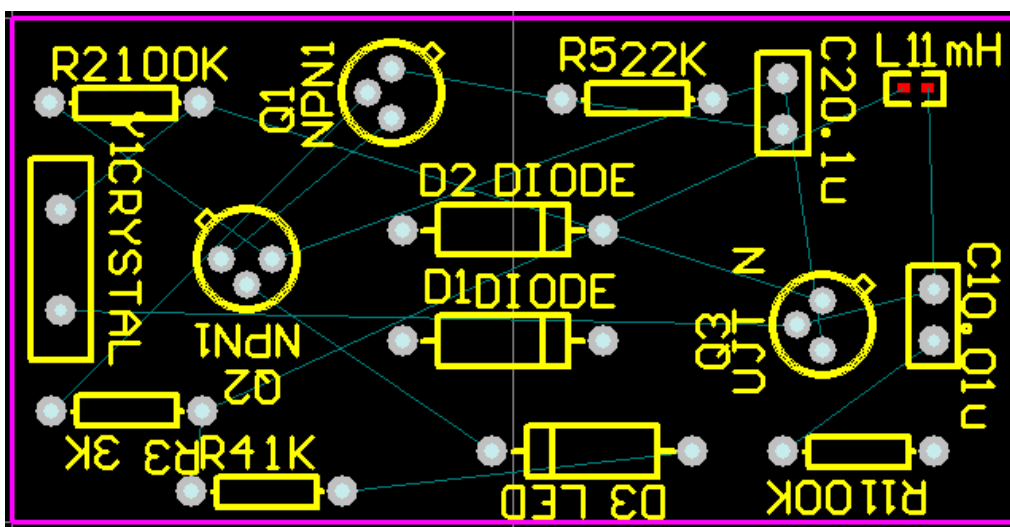


图 9-9 元件自动布局

- 5、自动布线。执行【Auto Route】/【All】菜单命令，自动布线。
- 6、在布完线后，如果线相对于焊盘来说比较细，这可以选择“滴泪”的方式过渡一下，对 PCB 进行一定的优化。选择【Tools】/【Teardrops】命令，一般默认为针对于所有元件与过孔进行滴泪，效果如图 9-10 所示。

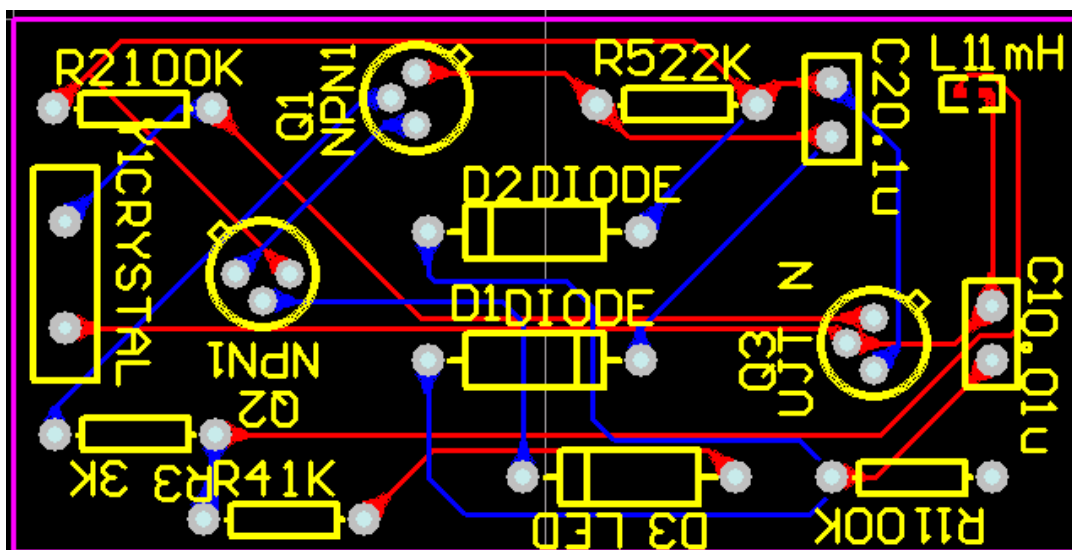


图 9-10 PCB 最终效果

实验十 PCB 元件库的制作

一、实验目的

- 1、掌握封装图制作方法；
- 2、掌握设计规则设置。

二、实验内容

- 1、制作一个 USB 接口座的封装。其实物图如图 10-1 所示，其封装图如图 10-2 所示。

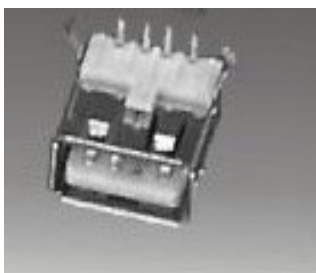
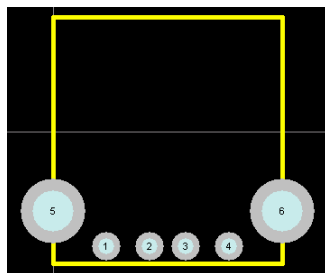


图 10-1 USB



接口座的

实物图

图 10-2 USB 接口座的封装图

三、实验步骤

- 1、测量器件具体尺寸。

对经具体测量得到参数如下：长 13mm、宽 14mm，两侧引脚距离边沿为 3mm，1、2 两引脚间距 2.5mm，2、3 引脚间距为 2mm。

- 2、新建 PCB 库文件及 PCB 文件。

进入 PCB 库文件编辑环境，新建一个 PCB 库文件，命名为 USB，同时新建一个 PCB 文件，命名为 Main。

- 3、绘制元件封装轮廓。

依照测量尺寸，绘制一个长 14mm，宽 13mm 的矩形轮廓，绘制完成的轮廓。

- 4、放置焊盘。

依照尺寸信息，放置焊盘，在焊盘的属性对话框中，修改每个焊盘的属性，如过孔大小、外径大小等，确定焊盘流水号。

- 5、保存元件封装，并修改元件封装名称，改为 USB。

- 6、打开 PCB 文件 Main，在该文件中添加 USB 封装库，可以看到库文件一栏中已经添加了 USB.LIB 封装库，同时可以在下面的浏览窗口中看到刚才绘制的 USB 接口封装。

实验十一 工程实例——绘制 I/V 信号变换调理电路 PCB

一、实验目的

进一步巩固绘制 PCB 的方法。

二、实验内容

绘制 I/V 信号变换调理电路 PCB，如图 11-1 所示。

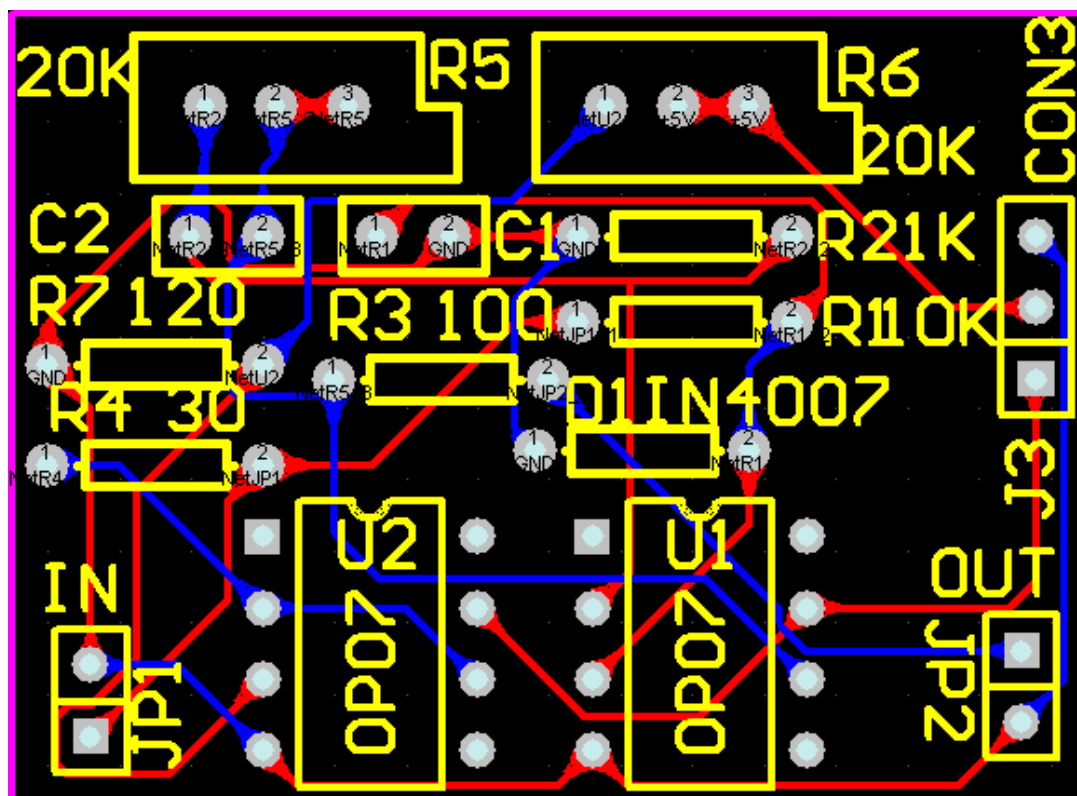


图 11-1 I/V 信号变换调理电路 PCB

三、实验步骤（读者可参考教材第 13 章的 I/V 信号变换调理 PCB 的设计）

- 1、建立 PCB 文件并确定电路板的尺寸。在 PCB 文件视图界面，如果没有看见绘图工具，可以执行菜单命令【View 视图】/【Toolbars 工具条】/【Placement Tools 放置工具】，根据设计的需要，确定电路板的尺寸大小为 6cm×6cm（2400mil×2400mil）。
- 2、绘制 PCB 封装。
- 3、生成网络表并导入 PCB。

- 4、元件布局。元件成功导入 PCB 后，就开始元件布局，通过手动调整后，元件重新布局。
- 5、设置布线规则。元件布局完成后，在手动布线之前，需要对布线规则进行设置，这里设置的规则主要是实践过程中需要注意和常用的。单击【Design】/【Rules】命令，在 Rule Classes 中选中 Clearance Constraint，双击该选项或者单击【Properties】按钮，设置整个电路板中导线之间的安全距离为 10mil。其它设置方法相同。
- 6、手动布线。采用的单层显示的模式分别显示，执行【Tools】/【Preference】命令，在弹出的窗口中选择 Single Layer Mode 选项，然后单击【OK】按钮完成设置。分别单击 Top Layer、Bottom Layer、Top Over Layer 选项卡，可以看到该电路板单层显示的效果图。
- 7、设置规则检查。用设计规则来检查刚设计的电路板， 执行菜单命令【Tools】/【Design Rules Check】。
- 8、补泪滴和覆铜。在 PCB 设计完成之后，要补泪滴和覆铜。执行【Tools】/【Teardrops】/【Add】命令，在窗口中设置泪滴的属性。覆铜的基本规则是覆铜的网络一定要和地网络连接起来。
- 9、生成元件清单。

实验十二 电路仿真

一、实验目的

掌握一般电路的仿真方法。

二、实验内容

通过对二极管伏安特性电路的仿真，掌握 Protel 99 SE 中仿真器的使用方法和步骤。

三、实验步骤（读者可参照教材的第 14 章）

1、绘制原理图文件。

启动 Protel 99 SE，新建一个原理图文档，在原理图浏览管理器中添加库文件 Sim.ddb，如图 12-1 所示，路径为“Protel 99 SE 安装盘\Program Files\Design Explorer 99 SE\Library\Sch\Sim.ddb”，利用仿真元件库 Sim.ddb 中相关的元件符号，绘制如图 12-2 所示的二极管伏安特性测试电路。

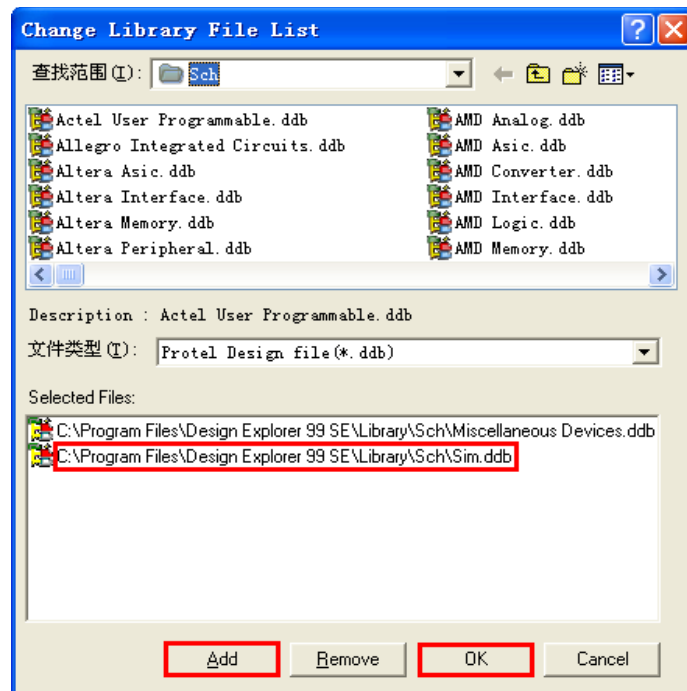


图 12-1

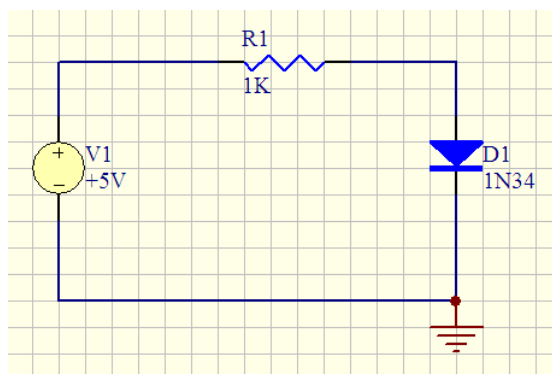


图 12-2

2、设置仿真器。

选择【Simulate】/【Setup】命令，打开【Analyses Setup】对话框，如图 12-3 所示，在【General】选项卡中勾选【DC Sweep】（直流扫描）选项，在【Available Signals】列表中选择 R1[i]为【Active Signals】（激活信号）。

单击【DC Sweep】选项卡，设置相应的扫描参数：激励源为直流“V1”，初始值为“-100”，终点值为“60”，扫描步长为“1”，如图 12-4 所示，然后单击【Close】按钮完成仿真器的设置。

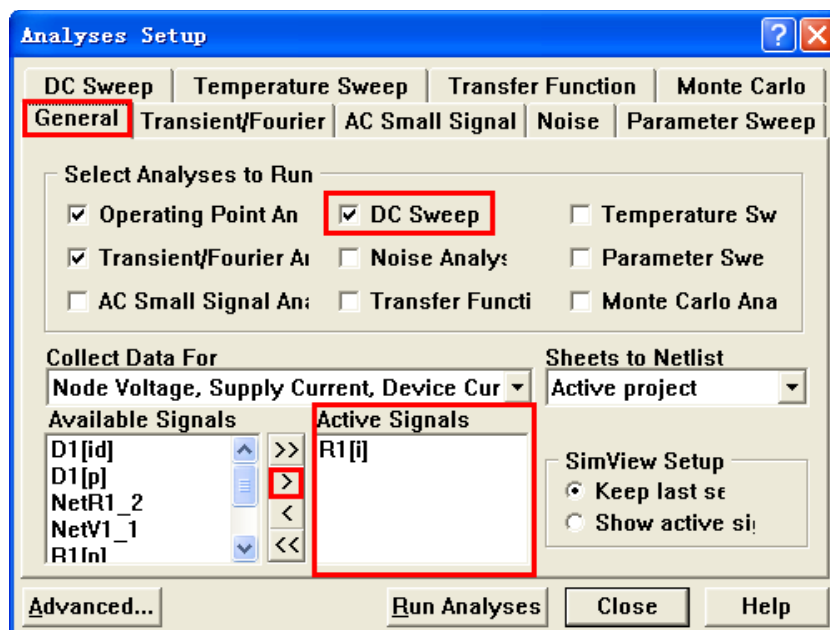


图 12-3

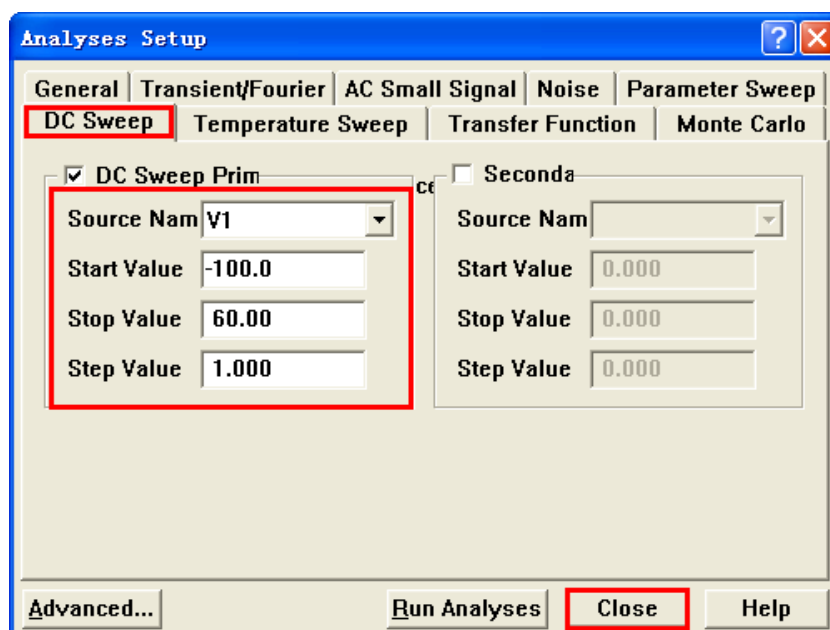


图 12-4

3、运行仿真器。

选择【Simulate】/【Run】命令运行仿真，得到如图 12-5 所示二极管的伏安特性曲线。

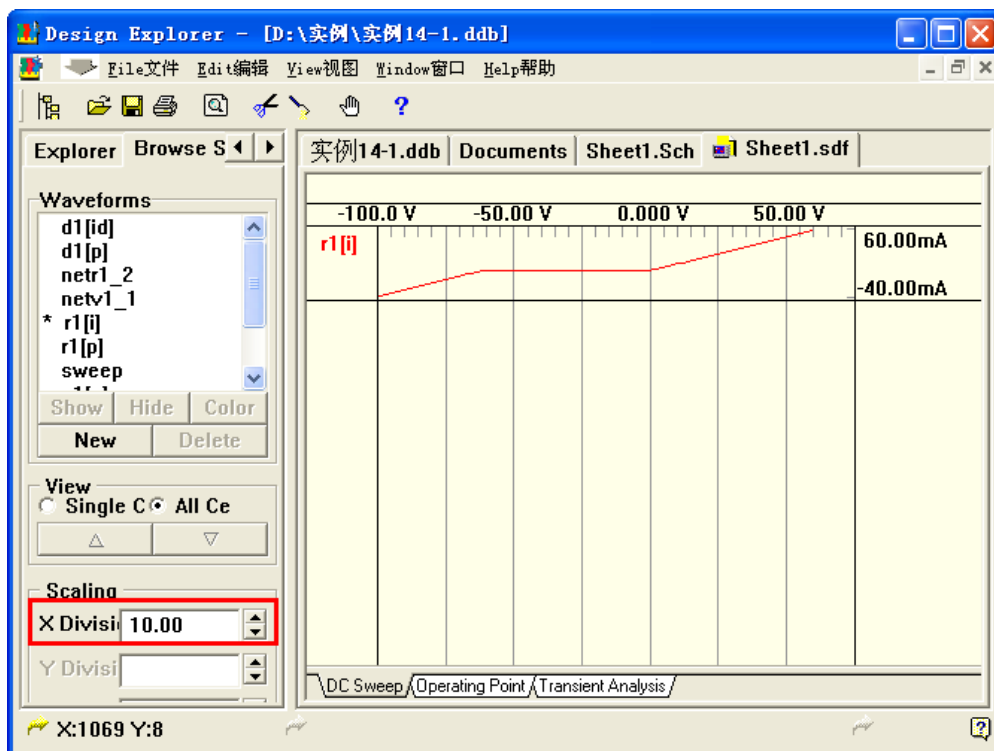


图 12-5

4、分析仿真结果。

从图 12-5 中可以看出，当二极管两端所加电压为正时，二极管正向导通，并且随着电压增大，通过二极管的电流也迅速增大；当二极管两端所加电压为负时，其通过的电流为零，即二极管反向截止；当反向电压达到一定值时，其通过的电流迅速增大，即二极管被反向击穿，通过图 12-5 可以清楚地看到该 1N34 型二极管的击穿电压为 60V。

配套和参考教材：

《Protel 99SE 原理图与 PCB 设计及仿真》，邓奕主编，马双宝、余愿、邓在辉、张清勇编著. 北京：人民邮电出版社，2013 年 2 月。

