

## 第 1 章 概述

电路设计自动化 ( Electronic Design Automation ) EDA 指的就是将电路设计中各种工作交由计算机来协助完成。如电路图 ( Schematic ) 的绘制, 印刷电路板 ( PCB ) 文件的制作执行电路仿真 ( Simulation ) 等设计工作。随着电子工业的发展, 大规模、超大规模集成电路的使用是电路板走线愈加精密和复杂。电子线路 CAD 软件产生了, Protel 是突出的代表, 它操作简单、易学易用、功能强大。

### 1.1 Protel 的产生及发展

1985 年 诞生 dos 版 Protel

1991 年 Protel for Widows

1998 年 Protel 98 这个 32 位产品是第一个包含 5 个核心模块的 EDA 工具

1999 年 Protel 99 既有原理图的逻辑功能验证的混合信号仿真, 又有了 PCB 信号完整性分析的板级仿真, 构成从电路设计到真实板分析的完整体系。

2000 年 Protel 99se 性能进一步提高, 可以对设计过程有更大控制力。

2002 年 Protel DXP 集成了更多工具, 使用方便, 功能更强大。

2003 年 Protel 2004 对 DXP 进行完善。

2006 年 Altium Designer 6.0 集成了更多工具, 使用方便, 功能更强大, 特别在 PCB 设计这一块性能大大提高。

### 1.2 Altium Designer 6.0 主要特点

- 1、通过设计档包的方式, 将原理图编辑、电路仿真、PCB 设计, FPGA 设计及打印这些功能有机地结合在一起, 提供了一个集成开发环境。
- 2、提供了混合电路仿真功能, 为设计实验原理图电路中某些功能模块的正确与否提供了方便。
- 3、提供了丰富的原理图组件库和 PCB 封装库, 并且为设计新的器件提供了封装向导程序, 简化了封装设计过程。
- 4、提供了层次原理图设计方法, 支持“自上向下”的设计思想, 使大型电路设计的工作组开发方式成为可能。
- 5、提供了强大的查错功能。原理图中的 ERC (电气法则检查) 工具和 PCB 的 DRC (设计规则检查) 工具能帮助设计者更快地查出和改正错误。
- 6、全面兼容 Protel 系列以前版本的设计文件, 并提供了 OrCAD 格式文件的转换功能。
- 7、提供了全新的 FPGA 设计的功能, 这好似以前的版本所没有提供的功能。

### 1.3 PCB 板设计的工作流程

#### 1、方案分析

决定电路原理图如何设计, 同时也影响到 PCB 板如何规划。根据设计要求进行方案比较、选择, 元器件的选择等, 开发项目中最重要的一环。

#### 2、电路仿真

在设计电路原理图之前, 有时候会对某一部分电路设计并不十分确定, 因此需要通过电路仿真来验证。还可以用于确定电路中某些重要器件参数。

#### 3、设计原理图组件

Altium Designer 6.0 提供了丰富的原理图组件库, 但不可能包括所有组件, 必要时需动手设计原理图组件, 建立自己的组件库。

#### 4、绘制原理图

找到所有需要的原理组件后,开始原理图绘制。根据电路复杂程度决定是否需要使用层次原理图。完成原理图后,用 ERC (电气法则检查) 工具查错。找到出错原因并修改原理图电路,重新查错到没有原则性错误为止。

#### 5、设计组件封装

和原理图组件库一样, Altium Designer 6.0 也不可能提供所有组件的封装。需要时自行设计并建立新的组件封装库。

#### 6、设计 PCB 板

确认原理图没有错误之后,开始 PCB 板的绘制。首先绘出 PCB 板的轮廓,确定工艺要求(使用几层板等)。然后将原理图传输到 PCB 板中来,在网络表(简单介绍来历功能)、设计规则和原理图的引导下布局 and 布线。(设计规则检查)工具查错。电路设计时另一个关键环节,它将决定该产品的实用性能,需要考虑的因素很多,不同的电路有不同要求。

#### 7、文档整理

对原理图、PCB 图及器件清单等文件予以保存,以便以后维护、修改。

### 第 2 章 Altium Designer 6.0 设计管理器

Altium Designer 6.0 的所有电路设计工作都必须在 Design Explorer (设计管理器) 中进行,同时设计管理器也是 Altium Designer 6.0 启动后的主工作接口。设计管理器具有友好的人机接口,而且设计功能强大,使用方便,易于上手。因此本章将对设计管理器的使用进行详尽的介绍。

#### 2.1 Altium Designer 6.0 设计管理器

##### 2.1.1 Altium Designer 6.0 的主工作面板



图 2-1 Altium Designer 6.0 启动画面

## 1 启动 Altium Designer 6.0

启动后进入图 2-2 所示的 Altium Designer 6.0 设计管理器窗口。Altium Designer 6.0 的设计管理器窗口类似于 Windows 的资源管理器窗口。设有主菜单、主工具栏，左边为 Files Panels（文件工作面板），右边对应的是主工作面板，最下面的是状态条。

设计管理器中分成如下几个选项：

### ① Pick a task 选项区域

Pick a task 选项区域选项设置及功能如下：

- Create a new Board Level Design Project：新建一项设计项目。

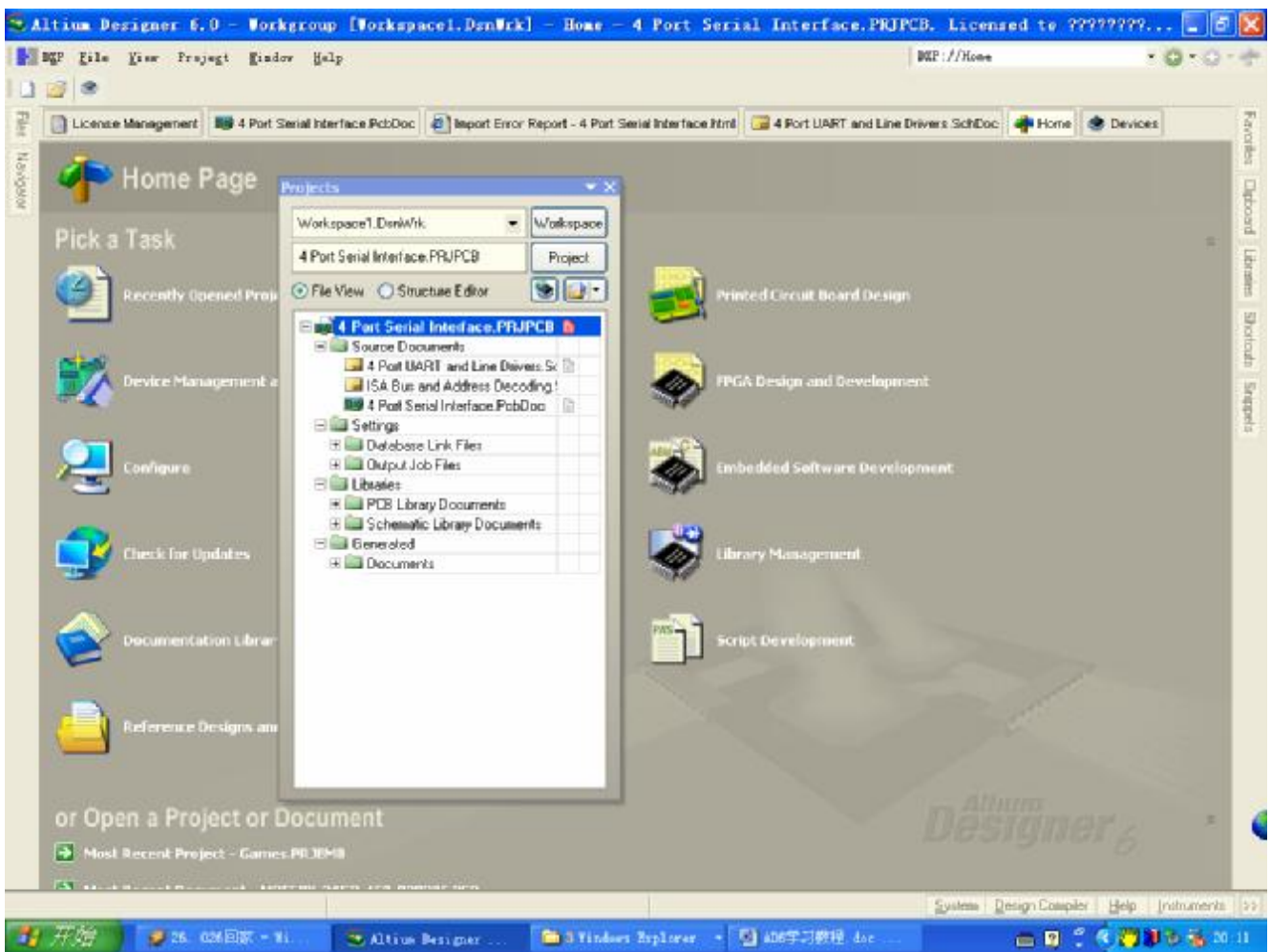


图 2-2 Altium Designer 6.0 设计管理器窗口

Altium Designer 6.0 中以设计项目为中心，一个设计项目中可以包含各种设计文件，如原理图 SCH 文件，电路图 PCB 文件及各种报表，多个设计项目可以构成一个 Project Group（设计项目组）。因此，项目是 Altium Designer 6.0 工作的核心，所有设计工作均是以项目来展开的。介绍一下使用项目的好处。

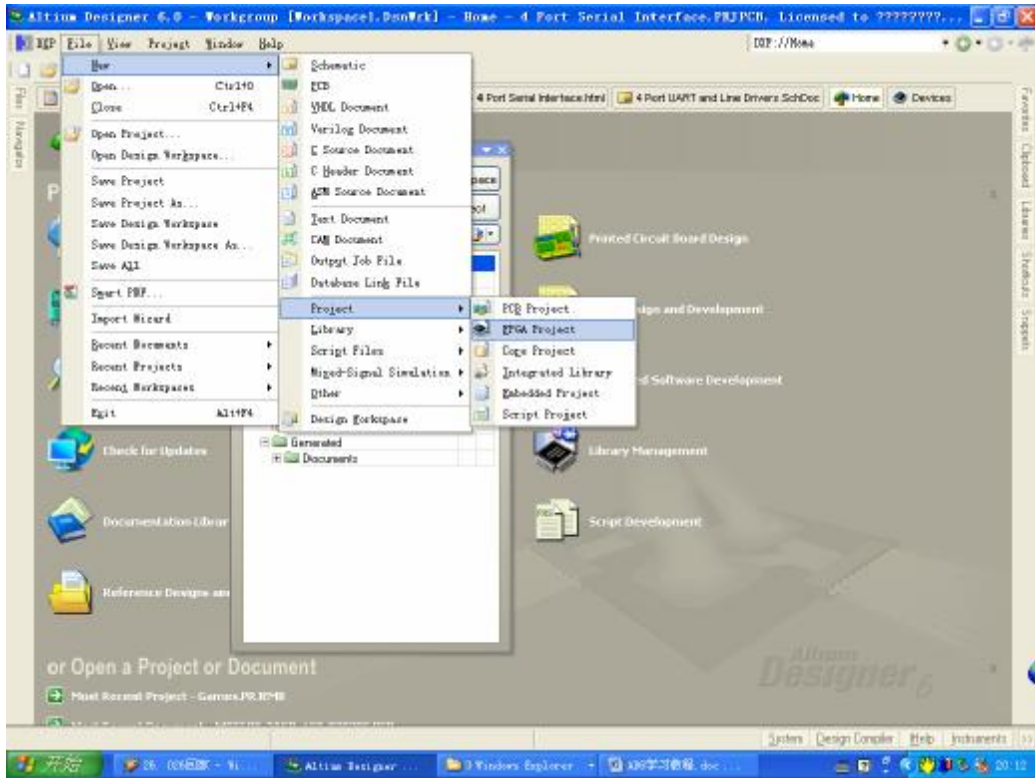


图 2-3 新建 FPGA 项目设计档工作

- Create a new FPGA Design Project : 新建一项 FPGA 项目设计。单击 Create a new FPGA Design Project 选项，将弹出如图 2-3 所示的新建 FPGA 项目设计的档工作面板。
- Create a new integrated Library Package : 新建一个集成库。
- Display System Information : 显示系统的信息。显示当前所安装的各项软件服务器，若安装了某项服务器，则能提供该项软件功能，如 SCH 服务器，用于原理图的编辑、设计、修改和生成零件封装等。
- Customize Resources : 自定义资源。包括定义各种菜单的图标、文字提示、更改快捷键，以及新建命令操作等功能。这可以使用户完全根据自己的爱好定义软件的使用接口。
- Configure License : 配置使用许可证。可以看到当前使用许可的配置，用户也可以更改当前的配置，输入新的使用许可证。

② Or open a project or document 选项区域

Or open a project or document 选项区域中的选项设置及功能如下：

- Open a project or document : 打开一项设计项目或者设计档。单击该选项，将弹出如图 2-4 所示对话框。

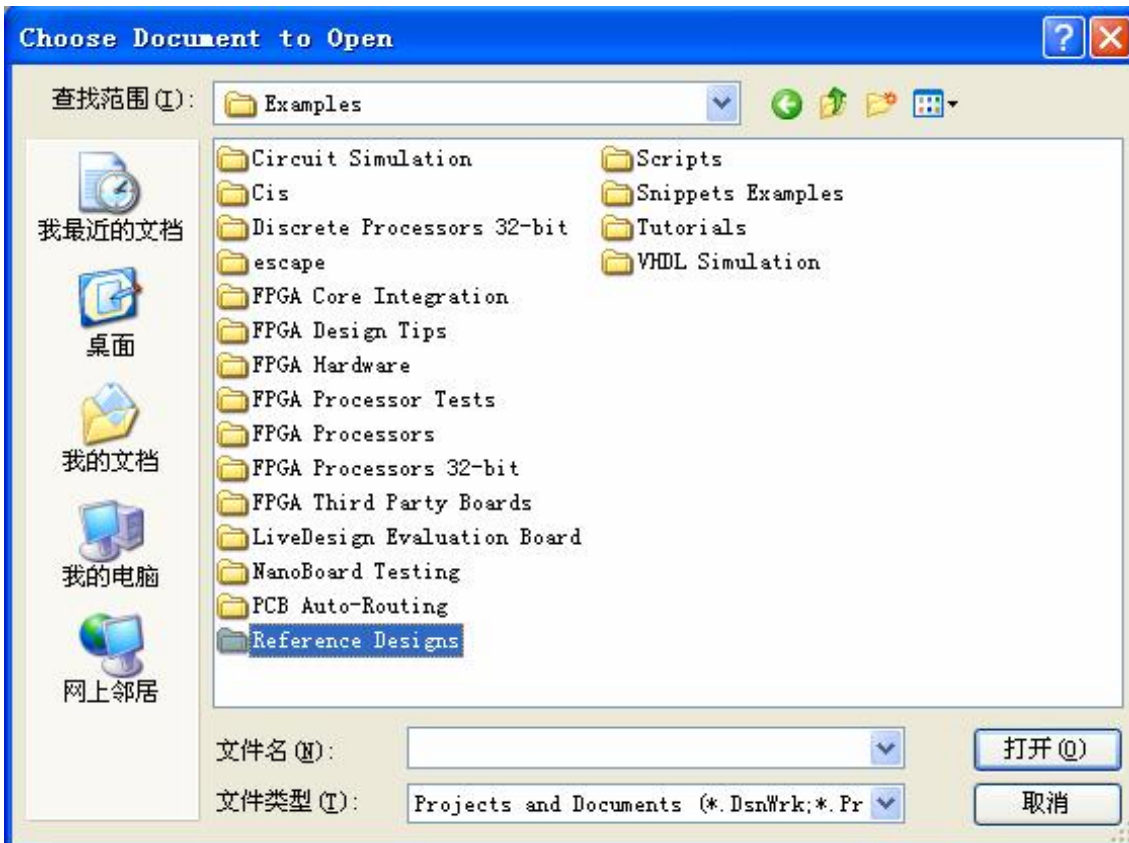


图 2-4 打开一个项目或者文件对话框

- Most recent project : 列出最近使用过的项目名称。单击该选项，可以直接调出该项目进行编辑。
- Most recent document : 列出最近使用过的设计文件名称。

③ Or get help 选项区域

Or get help 选项区域用于获得以下各种帮助。

- DXP Onl ine help : 在线帮助。
- DXP Learning Guides : 学习向导。
- DXP Hel p Advi sor : DXP 帮助指南。
- DXP Knowl edge Base : 知识库。

2.1.2 主菜单和主工具栏

主菜单和主工具栏如图 2-5 所示。Al ti um Designer 6.0 的主菜单栏包括 File（文件）、View（视图）、project（项目）、Window（窗口）和 Help（帮助）等。

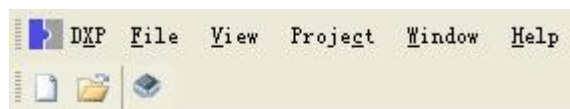


图 2-5 主菜单和主工具栏

文件菜单包括常用的文件功能，如打开文件、新建档等，也可以用来打开项目档、保存项目文件，显示最近使用过的档和项目、项目组以及退出 Altium Designer 6.0 系统等。

视图菜单包括选择是否显示各种工具条，显示各种工作面板（ workspace panels ）以及状态条的显示，使用接口的定制等。

项目菜单包括项目的编译（ Compile ）、项目的建立（ Build ），将档加入项目和将档从项目中删除等。

窗口菜单可以水平或者垂直显示当前打开的多个文件窗口。

帮助菜单则是版本信息和 Altium Designer 6.0 的教程学习。

主工具栏的按钮图标包括打开文文件，打开已存在的项目文件等。

## 2.2 原理图设计系统

当对整个 Altium Designer 6.0 的开发接口有了初步的了解之后，将以新建 SCH 电路原理图为例说明工作面板的使用。

### 2.2.1 设计项目的建立

在图 2-3 所示的设计管理器主工作面板中将鼠标移动到 Create a new Board Level Design Pro0ject 选项，使鼠标变成手形状后，单击该选项将弹出如图 2-6 所示的 Projects 文件工作面板。

新建的设计项目默认为处于 ProjectGroup1. Prj Grp 工作组下，默认的项目文件名为 PCB Project 1.Prj PCB 。

注意：

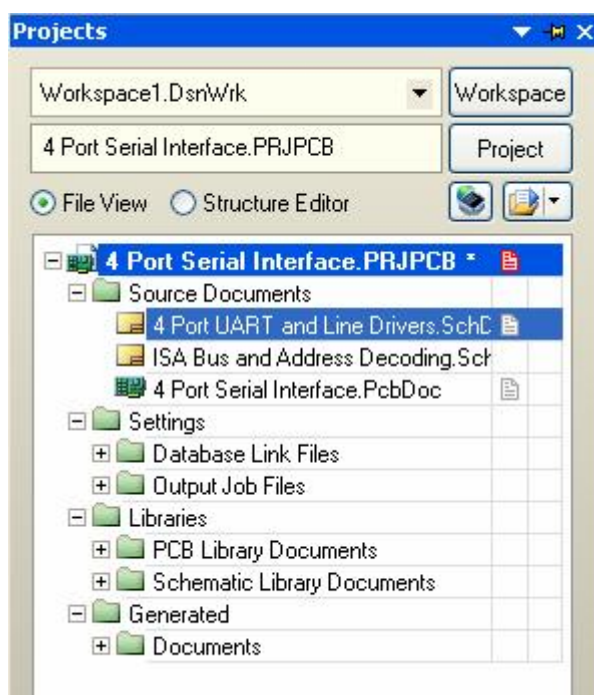
Altium Designer 6.0 中，默认的工作组的文件名后缀为 .Prj Grp ，默认的项目文件名后缀为 .Prj PCB 。如果新建的是 FPGA 设计项目，建立的项目档称后缀为 .Prj Fpg 。

### 2.2.2 设计文档的建立和保存

在图 2-6 的文件工作面板中有两个按钮： Group 和 Project ，先在下面用鼠标选中 PCB Project1. Prj PCB ，然后单击 Group 按钮，将弹出如图 2-7 所示菜单。

也可以用鼠标选中 PCB Project1. Prj PCB 选项右击，也将弹出如图 2-7 所示的右键菜单。

在图 2-7 中单击 New 子菜单，将弹出如图 2-8 所示的下一级菜单。



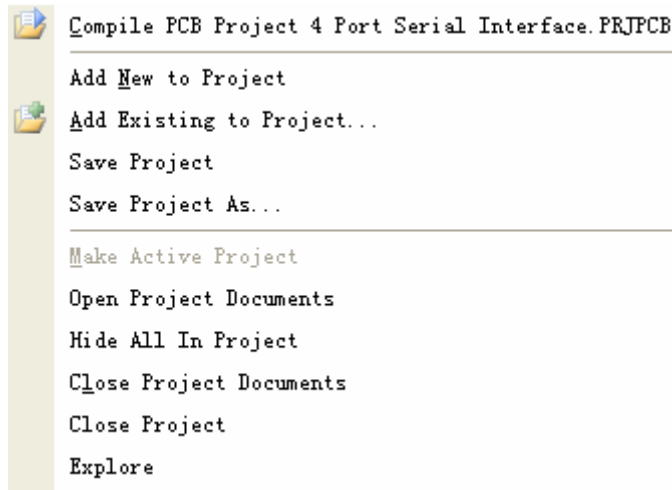


图 2-6 PCB 文件工作面板 图 2-7 Group 菜单 图 2-8 New 菜单的子菜单

其中可以新建 SCH 电路原理图、VHDL 设计文档、PCB 文文件、SCH 原理图库、PCB 库、PCB 专案等。在进入图 2-8 所示的子菜单后，选择 Schematic 选项，在当前项目 PCB Project1. PrjPCB 下建立 SCH 电路原理图，默认文件名为 Sheet1. SchDoc，同时左右边的设计窗口中打开 Sheet1. SchDoc 的电路原理图设计接口。

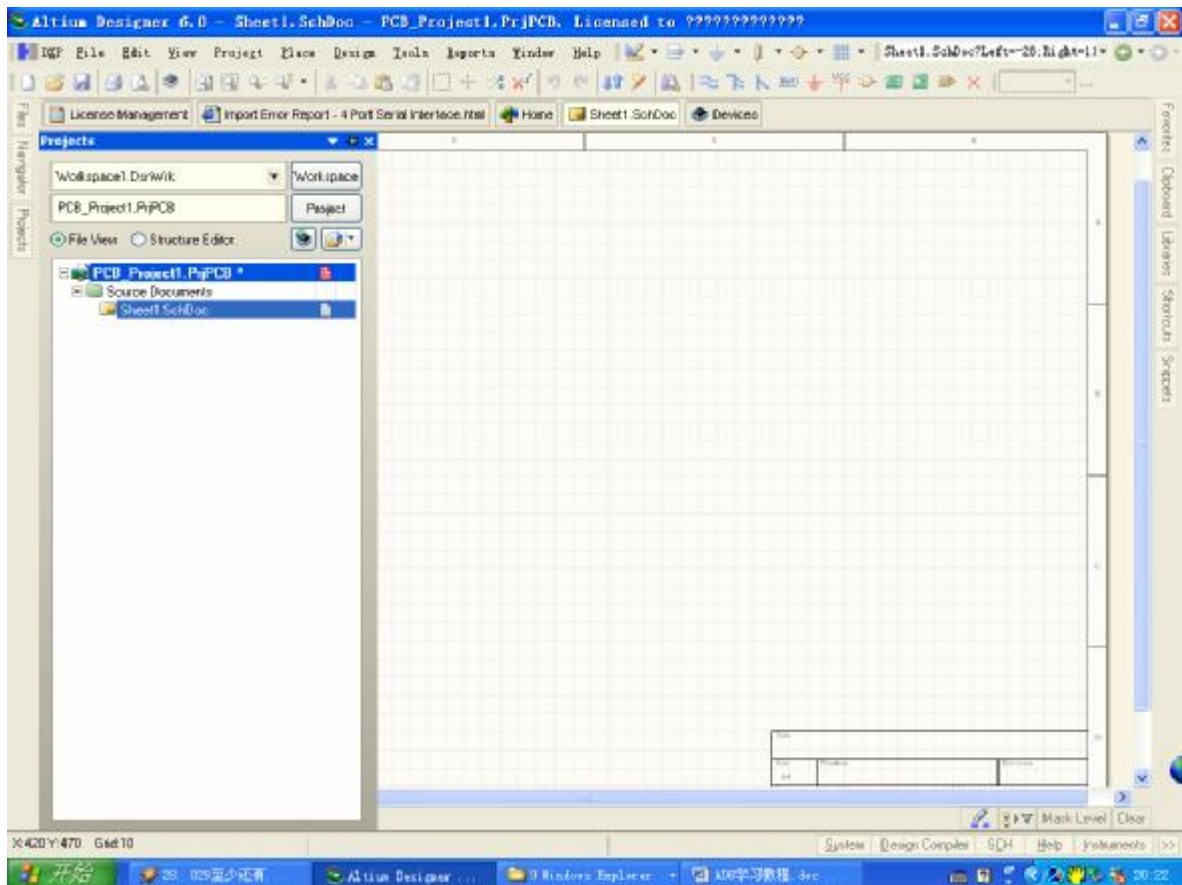


图 2-9 SCH 电路原理图编辑接口

### 2.2.3 设计项目的打开和保存

选中图 2-7 所示文件工作面板中的 PCB Project1.PrjPCB 选项。单击右键，在弹出的快捷菜单中选择 Close Project 选项，将弹出询问是否保存当前项文件的对话框，单击 Yes 按钮，将弹出如图 2-10 所示的保存项目文件对话框。

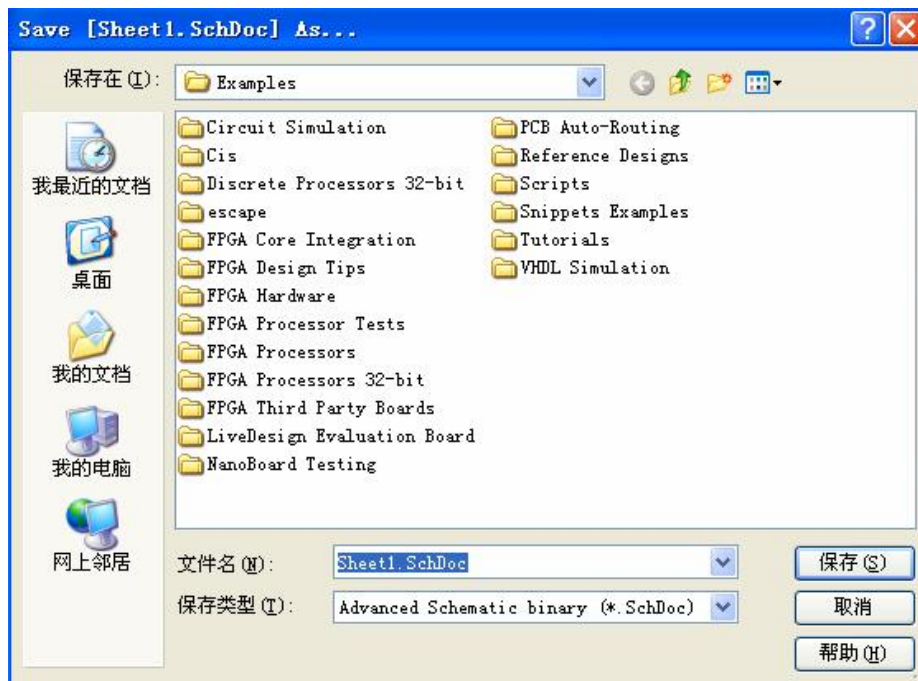


图 2-10 保存若干文件对话框

在保存项目文件对话框中，用户可以更改设计项目的名称、所保存的文件路径等，文件默认类型为 PCB Projects，后缀名为 .PrjPCB。

## 2.3 原理图环境设置

原理图环境设置主要指图纸和游标设置。绘制原理图首先要设置图纸，如设置纸张大小、标题框、设计文件信息等，确定图纸档的有关参数。图纸上的游标为放置组件、连接线路带来很多方便。

### 2.3.1 图纸大小的设置

#### 1. 打开图纸设置对话框

- 在 SCH 电路原理图编辑接口下，执行菜单命令 Design/Options，将弹出 Document Options（图纸属性设置）对话框，如图 2-11 所示。
- 在当前原理图上单击右键，弹出右键快捷菜单，从弹出的右键菜单中选择 Document Options 选项，同样可以弹出如图 2-11 所示对话框。



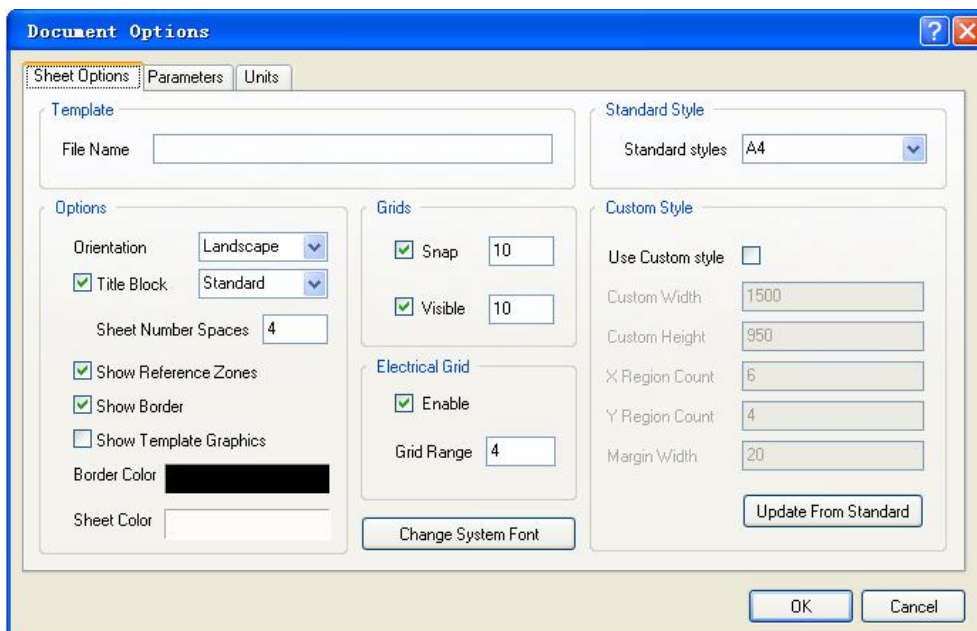


图 2-11 图纸属性设置对话框

## 2. 图纸大小的设置

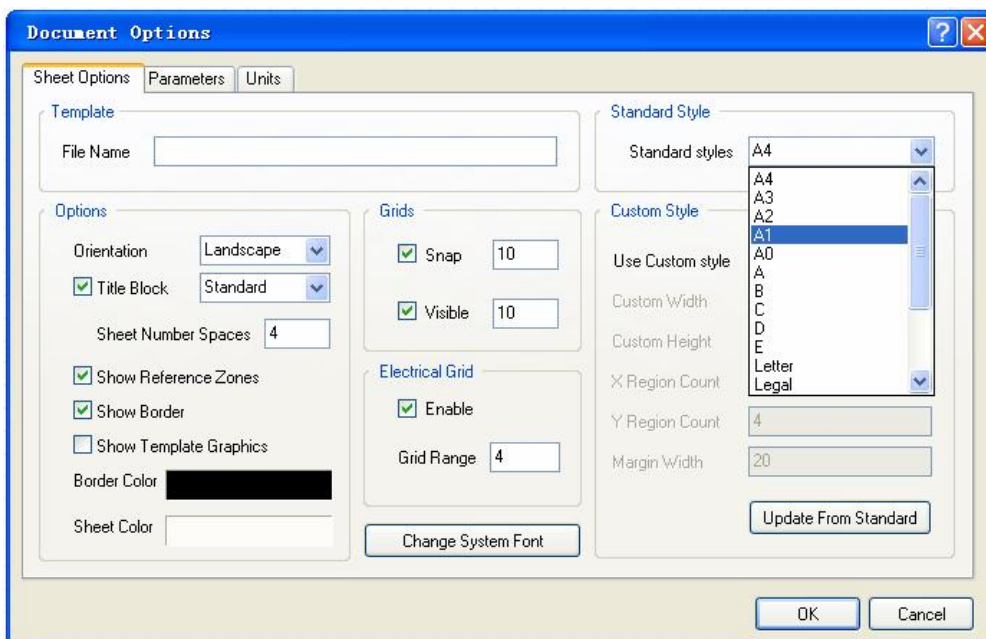


图 2-12 设置标准图纸样式

如用户要将图纸大小更改成为标准 A4 图纸。将游标移动到图纸属性设置对话框中的 Standard Style（标准图纸样式），用鼠标单击下拉按钮启动该项，再用游标选中 A4 选项，单击 OK 按钮确认，如图 2-12 所示。

Altium Designer 6.0 所提供的图纸样式有以下几种：

- 美制：A0、A1、A2、A3、A4，其中 A4 最小。
- 英制：A、B、C、D、E，其中 A 型最小。

● 其它： Protel 还支持其它类型的图纸，如 Orcad A 、 Letter 、 Legal 等。

### 3 . 自定义图纸设置

如果图 2-12 中的图纸设置不能满足用户要求，可以自定义图纸大小。自定义图纸大小可以在 Custom Style 选项区域中设置。在 Document Options 对话框的 Custom Style 选项区域选中 Use Custom Style 复选项，如果没有选中 Use Custom Style 项，则相应的 Custom Width 等设置选项灰化，不能进行设置。

#### 2.3.2 格点和游标的设置

##### 1 . 格点形状和颜色的设置

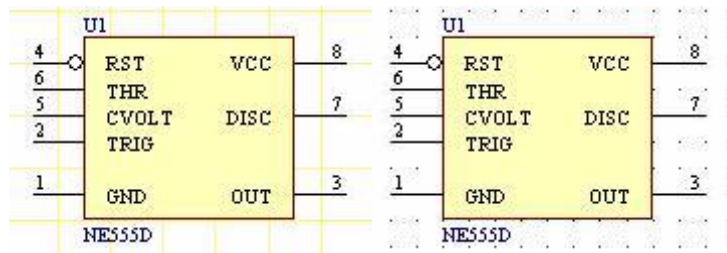


图 2-13 线状格点 图 2-14 点状格点

Altium Designer 6.0 提供了两种格点，即 Lines（线状格点）和 Dots（点状格点），分别如图 2-15 和图 2-16 所示。

设置点状格点和线状格点的具体步骤如下：

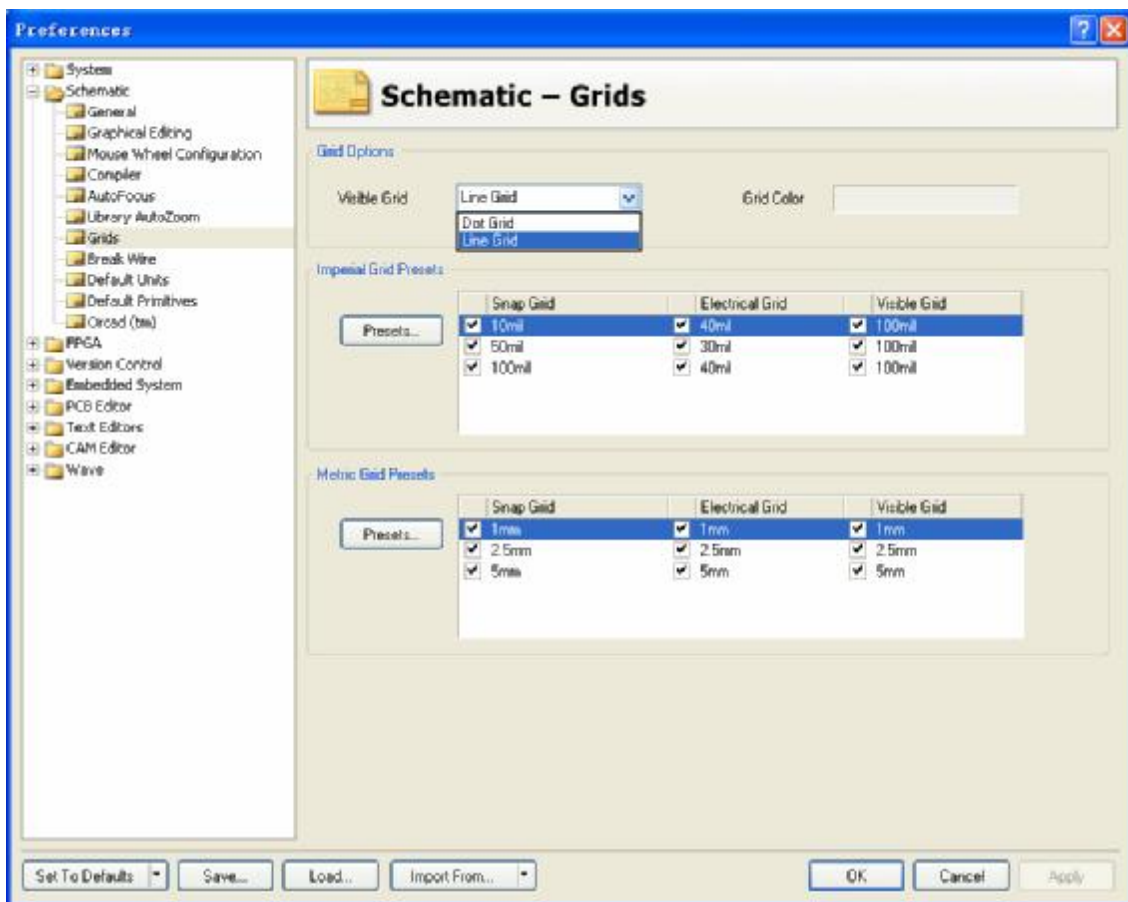


图 2-15 Preferences 对话框

( 1 ) 在 SCH 原理图图纸上右击, 在弹出的快捷菜单中选择 Preferences 选项, 将弹出如图 2-15 所示的 Preference 对话框。或者执行菜单命令 Tool/Preferences , 也可以弹出 Preferences 对话框。单击 Grids 卷标, 打开 Grids 选项卡。

( 2 ) 在 Visible Grid 选项的下拉列表中有两个选项, 分别为 Line Grid 和 Dot Grid 。如选择 Line Grid 选项, 则在原理图图纸上显示如图 2-14 所示的线状格点; 如选择 Dot Grid 选项, 则在原理图图纸上显示如图 2-14 所示的点状格点。

( 3 ) 在 Color Options 选项中, Grid Color 项可以进行格点颜色设置。

## 2. 使用图纸属性设置对话框进行格点设置

在 Document Options ( 图纸属性设置 ) 对话框 ( 如图 2-11 所示 ) 的 Sheet Options 选项卡中, 设有 Grid 选项区域, 和 Electrical Grid 选项区域。

### ( 1 ) Grid 区域设置选项区域

Grid 选项区域中包括 Snap 和 Visible 两个属性设置:

- Visible : 用于设置格点是否可见。在右边的设置框中键入数值可改变图纸格点间的距离。默认的设置 为 10 , 表示格点间的距离为 10 个像素点。

- Snap : 用于设置游标移动时的间距。选中此项表示游标移动时以 Snap 右边设置值为基本单位移动, 系统的默认设置是 10 。例如移动原理图上的组件时, 则组件的移动以 10 个像素点为单位移动。未选中此项, 则组件的移动以一个像素点为基为单位移动, 一般采用默认设置便于在原理图中对齐组件。

### ( 2 ) Electrical Grid 区域设置选项区域

Electrical Grid 选项区域其设有 Enable 复选框和 Grid Range 文本框用于设置电气节点。设有 Enable 复选框和 Grid Range 文本框如果选中 Enable , 在绘制导线时, 系统会以 Grid Range 文本框中设置的数值为半径, 以游标所在位置为中心, 向周围搜索电气节点, 如果在搜索半径内有电气节点, 游标会自动移到该节点上。如果未选中 Enable , 则不能自动搜索电气节点。

## 2.3.3 图纸属性设置对话框的其它设置

Parameters 选项卡的设置

在 Document Options 对话框中单击 Parameters 卷标, 即可打开 Parameters 选项卡, 如图 2-17 所示。提供的信息主要有:

- Address1 : 第一栏图纸设计者或公司地址。
- Address2 : 第二栏图纸设计者或公司地址。



图 2-16 更改系统字体对话框

- Address3 : 第三栏图纸设计者或公司地址。

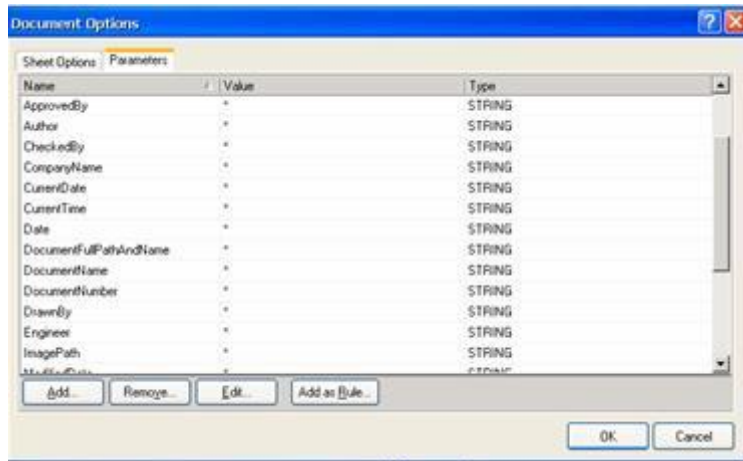


图 2-17 Parameters 选项卡设置

- Address4: 第四栏图纸设计者或公司地址。
- Approvedby : 审核单位名称。
- Author : 绘图者姓名。
- DocumentNumber : 文件号。

## 2.4 Altium Designer 6.0 系统参数设置

在 Altium Designer 6.0 原理图图纸上右击鼠标，选择 Preferences 选项，对话框如图 2-18 所示。



图 2-18 系统参数设置对话框

## 2.4.1 Schematic 选项卡设置

### 1. Pin Options 选项区域设置

其功能是设置元器件上的引脚名称、引脚号码和组件边缘间的间距。其中 Pin Name Margin 设置引脚名称与组件边缘间的间距，Pin Number Margin 用于设置引脚符号与组件边缘间的间距。在图 2-19 中分别给出引脚符号与组件边缘的间距和引脚名称与组件边缘的间距。

### 2. Alpha Numeric Suffix 选项区域设置

用于设置多组件的组件标设后缀的类型。有些组件内部是由多组组件组成的，例如 74 系列器件，Sn7404 就是由 6 个非门组成，则通过 Alpha Numeric Suffix 区域设置组件的后缀。

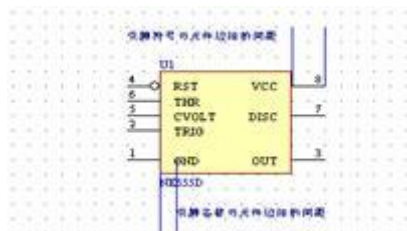


图 2-19 组件引脚符号、名称的位置设置

选择 Alpha 单选项则后缀以字母表示，如 A、B 等。选择 Numeric 单选项则后缀以数字表示，如 1、2 等。下面以组件 Sn7404 时，原理图图纸就会出现一个非门，如图 2-20 所示，而不是实际所见的双列直插器件。

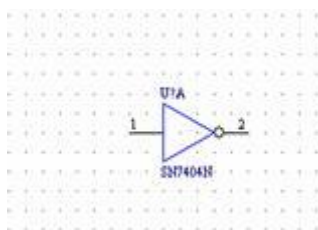


图 2-20 7404 原理图

在放置组件 Sn7404 时设置组件属性对话框，假定设置组件标识为 U1，由于 Sn7404 是 6 路非门，在原理图上可以连续放置 6 路非门（如图 2-21 所示）。此时可以看到组件的后缀依次为 U 1A、U1B 等，按字母顺序递增。

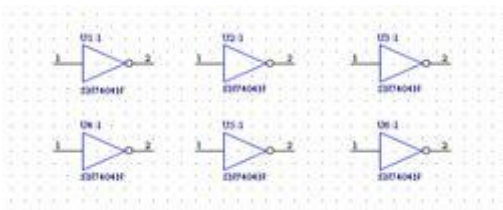


图 2-21 选择 Alpha 后的 Sn7404 原理图

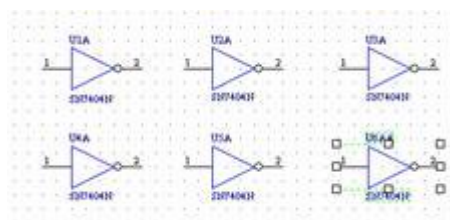


图 2-22 选择 Numeric 后的 Sn7404 原理图

在选择 Numeric 情况下，放置 Sn7404 的 6 路非门后的原理图如图 2-25 所示，可以看到组件后缀的区别。

### 3 . Copy Footprint From To 选项区域设置

Copy Footprint From To 选项区域用于在其列表框中设置 ORCAD 加载选项，当设置了该项后，用户如果使用 ORCAD 软件加载该文件时，将只加载所设置域的引脚。

### 4 . Include With Clipboard and Prints 选项区域设置

Include With Clipboard and Prints 选项主要用来设置使用剪切板或打印时的参数。

- 选定 No-ERC Markers 复选项，则使用剪切板进行复制操作或打印时，对象的 No-ERC 标记将随对象被复制或打印。否则，复制和打印对象时，将不包括 No-ERC 标记。

- 选定 Parameter Sets 复选项，则使用剪切板进行复制操作或打印时，对象的参数设置将随对象被复制或打印。否则，复制和打印对象时，将不包括对象参数。

### 5 . Options 选项区域设置

Options 选项主要用来设置连接导线时的一些功能，分别介绍如下：

- Auto Junction（自动放置节点）：选定该复选项，在绘制导线时，只要导线的起点或终点在另一根导线上（T 型连接），系统会在交叉点上自动放置一个节点。如果是跨过一根导线（十字型连接），系统在交叉点处不会放置节点，必须手动放置节点。

- Drag Orthogonal（直角拖动）：选定该复选项，当拖动组件时，被拖动的导线将与组件保持直角关系。不选定，则被拖动的导线与组件不再保持直角关系。

- Enable In-Place Editing（编辑使能）：选定该复选项，当光标指向已放置的组件标识、文本、网络名称等文本文件时，单击鼠标可以直接在原理图上修改文本内容。若未选中该选项，则必须在参数设置对话框中修改文本内容。

- Optimize Wires & Buses（导线和总线最优化）：选定该复选项，可以防止不必要的导线、总线覆盖在其它导线或总线上，若有覆盖，系统会自动移除。

- Components Cut Wires：选定该复选项，在将一个组件放置在一条导线上时，如果该组件有两个引脚在导线上，则该导线被组件的两个引脚分成两段，并分别连接在两个引脚上。

### 6 . Default Power Object Names 选项区域设置

Default Power Object Names 选项区域用于设置电源端子的默认网络名称，如果该区域中的输入框为空，电源端子的网络名称将由设计者在电源属性对话框中设置，具体设置如下：

- Power Ground：表示电源地。系统默认值为 GND。在原理图上放置电源和接地符号后，打开电源和接地属性对话框，如图 2-23 所示。如果此处设置为空，那么在原理图上放置电源和接地符号后，打开电源和接地属性对话框，如图 2-24 所示。注意在 Net 栏的名称区别。

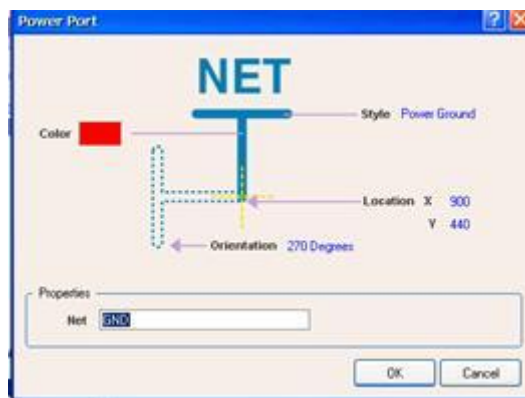


图 2-23 采用系统默认设置的电源属性对话框

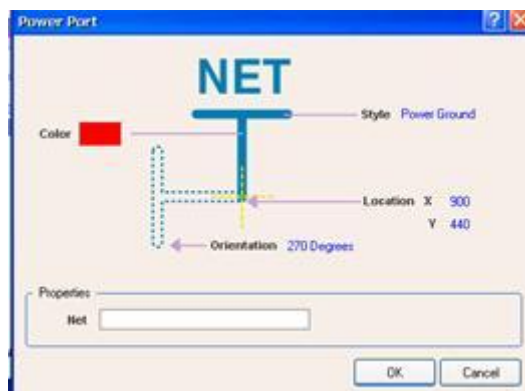


图 2-24 设置 Power Ground 为空的电源属性对话框

● Signal Ground : 表示信号地，系统默认设置为 SGND 。

● Earth : 表示接地，系统默认设置为 EARTHA 。

#### 7. Document scope for filtering and selection 选项区域设置

Document scope for filtering and selection 选项区域用于设定给定选项的适用范围，可以只应用于 Current Document（当前文档）和用于所有 Open Documents（打开的文档）。

#### 8. Default Template name 选项区域设置

default Template Name 选项用于设置默认模板文件。当一个模板设置为默认模板后，每次创建一个新文件时，系统自动套用该模板，适用于固定使用某个模板的情况。

#### 2.4.2 Graphical Editing 选项卡的设置

在图 2-18 系统参数设置对话框中，单击 Graphical Editing 标签，将弹出 Graphical Editing 选项卡，如图 2-25 所示。

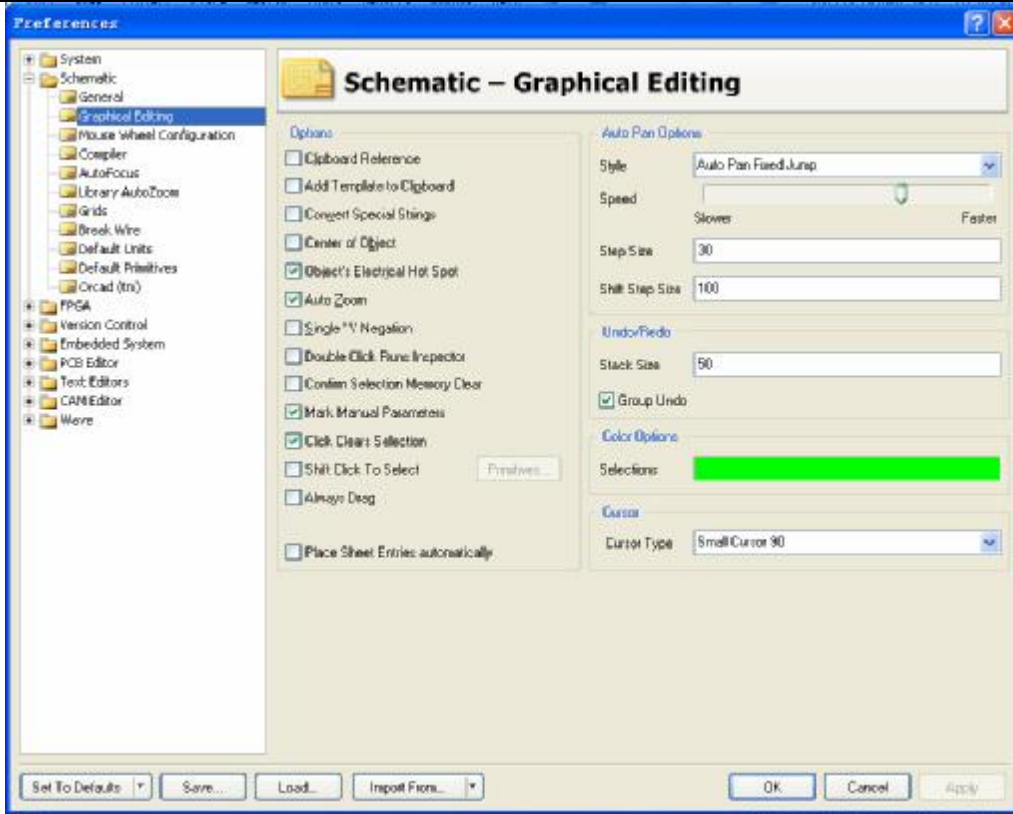



图 2-25 Graphical Editing 选项卡

## 1. Options 选项区域设置

Options 选项区域主要包括如下设置：

- **Clipboard Reference**: 用于设置将选取的组件复制或剪切到剪切板时，是否要指定参考点。如果选定此复选项，进行复制或剪切操作时，系统会要求指定参考点，对于复制一个将要粘贴回原来位置的原理图部分非常重要，该参考点是粘贴时被保留部分的点，建议选定此项。
- **Add Template to Clipboard**: 加模块到剪切板上，当执行复制或剪切操作时，系统会把模板文件添加到剪切板上。当取消选定该复选项时，可以直接将原理图复制到 Word 文档。系统默认为选中状态，建议用户取消选定该复选项。
- **Convert Special Strings** : 用于设置将特殊字符串转换成相应的内容，选定此复选项时，在电路图中将显示特殊字符串的内容。
- **Display Printer Fonts** : 选定该复选项后，可以看到哪些文本可以与打印出来的文本一致。
- **Center Of Object** : 该复选项的功能使设定移动组件时，游标捕捉的是组件的参考点还是组件的中心。要想实现该选项的功能，必须取消 Object's Electrical Hot Spot 选项的选定。
- **Object's Electrical hot Spot** : 选定该复选项后，将可以通过距对象最近的电气点移动或拖动对象。建议用户选定该复选项。
- **Auto Zoom** : 用于设置插入组件时，原理图是否可以自动调整视图显示比例，以适合显示该组件。
- **Single '\ ' Negation** : 选定该复选项后，可以 '\ ' 表示对某字符取反。
- **Click Clears Selection** : 该选项可用于单击原理图编辑窗口内的任意位置来取消对象的选取状态。不选定此项时，取消组件被选中状态需要执行菜单命令 Edit/Deselct 或单击工具栏图标按钮 取消组件的选中状态。选定该选项时取



消组件的选取状态可以有两种方法：其一、直接在原理图编辑窗口的任意位置单击鼠标左键，就可以取消组件的选取状态。其二、执行菜单命令 Edit/Deselct 或单击工具栏图示  按钮来取消组件的选定状态。

- Double Click Runs Inspector：选定该复选项，当在原理图上双击一个对象组件时，弹出不是 Component Properties（组件属性）对话框，而是如图 2-29 所示 Inspector 对话框。建议读者不选定该选项。

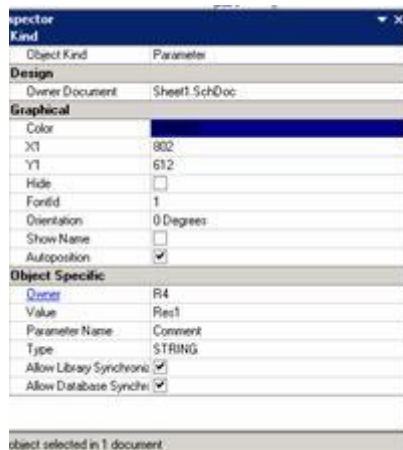


图 2-26 Inspector 对话框

## 2. Color Options 选项区域设置

Color Options 选项区域主要包括如下设置：

- Selections：用于设置所选中的对象组件的高亮颜色，即在原理图上选取某个对象组件，则该对象组件被高亮显示。单击其右边的颜色属性框可以打开颜色设置对话框，选择高亮显示颜色。
- Grid Color：用于设置原理图上栅网格线的颜色。

## 3. Auto Pan Options 选项区域设置

Auto Pan Options 选项区域主要包括如下设置：

- Auto Pan Options 选项：用于设置系统的自动摇景功能。自动摇景是指当鼠标处于放置图纸组件的状态时，如果将光标移动到编辑区边界上，图纸边界自动向窗口中心移动。
- Style 下拉菜单：单击该选项右边的下拉按钮，弹出如图 2-27 所示下拉列表，其各项功能如下：

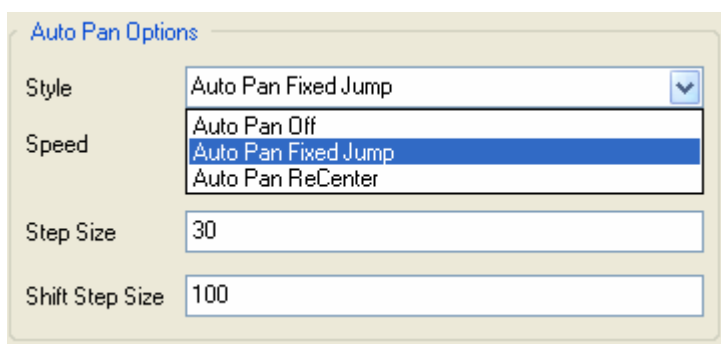


图 2-27 Style 下拉列表

- Auto Pan Off。取消自动摇景功能。
- Auto Pan Fixed Jump。以 Step Size 和 Shift Step Size 所设置的值进行自动移动。

- Auto Pan Recenter 。重新定位编辑区的中心位置，即以游标所指的边为新的编辑区中心。

- Speed 选项：用于调节滑块设定自动移动速度。

- Step Size 文本框：用于设置滑块每一步移动的距离值。

- Step Size 文本框：用于设置加速状态下的滑块第五步移动的距离值。

#### 4 . Cusor/Grid Options 选项区域设置

Cusor/Grid Options 选项区域用于设置游标和格点的类型，主要包括如下设置：

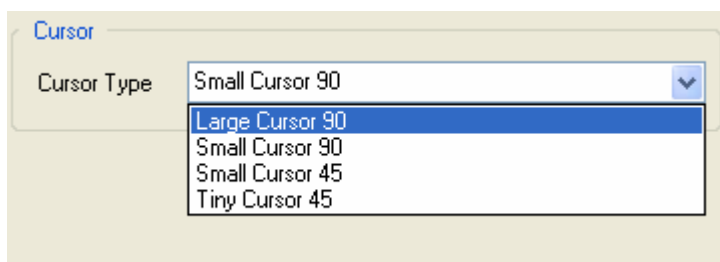


图 2-28 Cursor Type 下拉列表

- Cursor Type ：用于设置组件和拖动组件时出现的游标类型设置。单击右边的下拉按钮，将弹出如图 2-28 所示下拉列表。其设置如下：

- Large Cursor 90 ：将游标设置为由水平线和垂直线组成的 90 o 大游标。

- Small Cursor 90 ：将游标设置为由水平线和垂直线组成的 90 o 小游标。

- Small Cursor 45 ：将游标设置为 45 o 相交线组成的小游标。

- Visible Grid ：该选项的下拉列表中有 Line Grid 和 Dot Grid ，分别用设置线状格点和点状格点。

#### 5. Undo/Redo 选项区域设置

Undo/Redo 选项区域中的 Stack Size 框，用于设置的堆栈次数。

##### 2.4.3 Default Primitives 选项卡的设置

在 Preferences （系统参数设置）对话框中，单击 Default Primitives 标签，将弹出 Default Primitives 选项卡，如图 2-29 所示。

#### 1 . Primitive List 选项区域设置

在 Primitive List 选项区域中，单击其下拉按钮，将弹出如图 2-30 所示下拉列表。选定下拉列表的某一类别，该类型所包括的对象将在 Primitives 框中显示。其中 All 指全部对象； Wiring Objects 指绘制电路原理图工具栏所放置的全部对象； Drawing Objects 指绘制非电气原理图工具栏所放置的全部对象； Sheet Symbol Objects 指绘制层次图时与子图有关的对象； Library Objects 指与组件库有关的对象； Other 指上述类别所没有包括的对象。

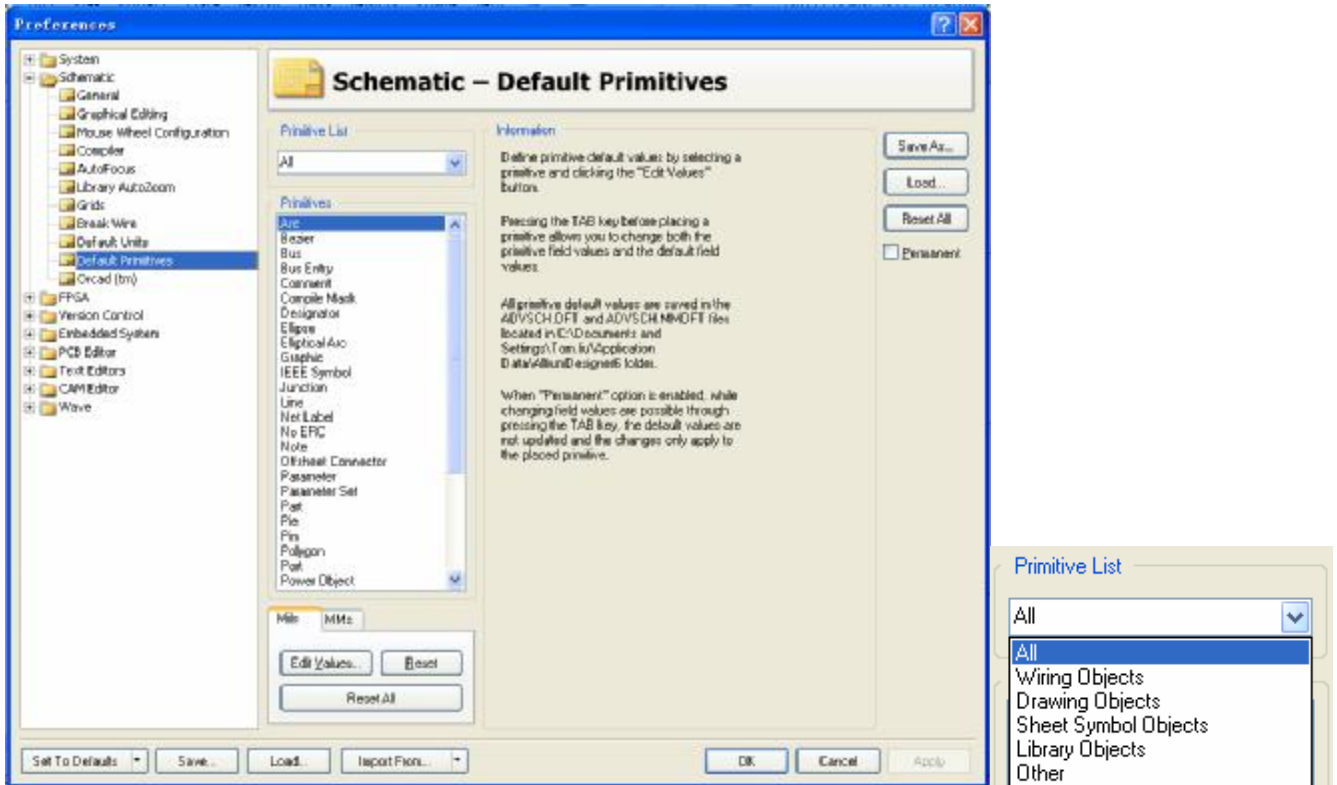


图 2-29 Default Primitives 选项卡 图 2-30 Primitive List 下拉列表

## 2. Primitives 选项区域设置

可以选择 Primitives 列表框中显示的对象，并对所选的对象进行属性设置或复位到初始状态。

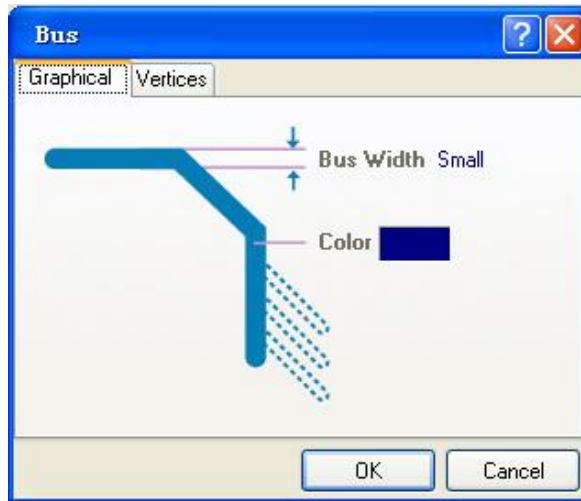


图 2-31 Bus 属性设置对话框

在 Primitives 列表框中选定某个对象，例如选中 Bus，单击 Edit Values 按钮，将弹出 Bus 属性设置对话框，如图 2-31 所示。修改相应的参数设置，单击 OK 按钮返回。

如果在此处修改相关的参数，那么在原理图上绘制总线时默认的总线属性就是修改过的总线属性设置。

在 Primitives 窗口选中某一对象，单击 Reset 按钮，则该对象的属性复位到初始状态。

### 3 . 功能按钮的使用

保存默认的原始设置：当所有需要设置的对象全部设置完毕，单击 Save as... 按钮，弹出文件保存对话框，保存默认的原始设置。默认的文件扩展名为 .dft 。

加载默认的原始设置：要使用以前曾经保存过的原始设置，单击 Load 按钮，弹出打开文件对话框，选择一个默认的原始设置档就可以加载默认的原始设置了。

恢复默认的原始设置：单击 Reset All 按钮，所有对象的属性都回到初始状态。

### 4 . Permanent 选项设置

选定 Permanent 复选项，在原理图编辑环境下，只可以改变当前属性，以后在放置该对象时，其属性仍然是原始属性。不选定 Permanent 选项，在原理图编辑环境下，可以在放置和拖动一个对象时，按 Tab 键修改该对象的属性，以后再放置该对象，其属性仍是修改后的属性。

### 小结

本章详细介绍了原理图环境设置，包括窗口、图纸、格点、游标以及系统参数设置等。这些设置主要是在 Document Options 和 Preferences 对话框中进行的。了解原理图环境设置将会给绘制电路原理图带来很大的方便。

原理图设计是电路设计的基础，只有在设计好原理图的基础上才可以进行印刷电路板的设计和电路仿真等。本章详细介绍了如何设计电路原理图、编辑修改原理图。通过本章的学习，掌握原理图设计的过程和技巧。

### 3.1 电路原理图设计流程

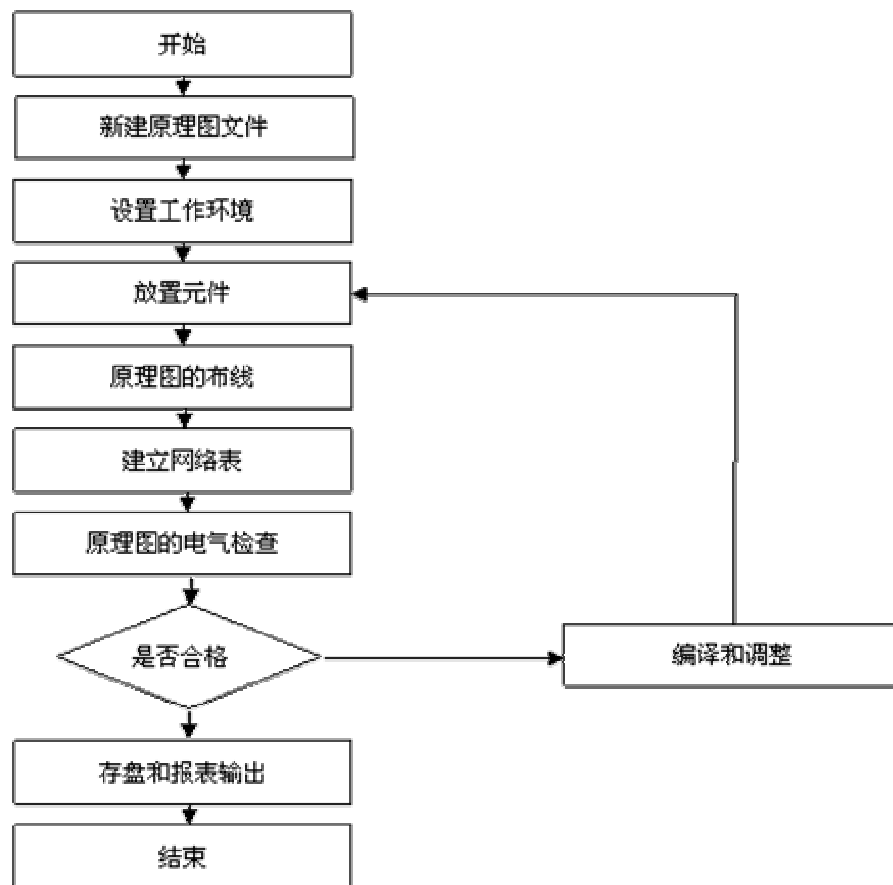


图 3-1 原理图设计流程

原理图的设计流程如图 3-1 所示。

原理图具体设计步骤：

( 1 ) 新建原理图文件。在进入 SCH 设计系统之前，首先要构思好原理图，即必须知道所设计的项目需要哪些电路来完成，然后用 Altium Designer 6.0 来画出电路原理图。

( 2 ) 设置工作环境。根据实际电路的复杂程度来设置图纸的大小。在电路设计的整个过程中，图纸的大小都可以不断地调整，设置合适的图纸大小是完成原理图设计的第一步。

( 3 ) 放置组件。从组件库中选取组件，布置到图纸的合适位置，并对组件的名称、封装进行定义和设定，根据组件之间的走线等联系对组件在工作平面上的位置进行调整和修改使得原理图美观而且易懂。

( 4 ) 原理图的布线。根据实际电路的需要，利用 SCH 提供的各种工具、指令进行布线，将工作平面上的器件用具有电气意义的导线、符号连接起来，构成一幅完整的电路原理图。

( 5 ) 建立网络表。完成上面的步骤以后，可以看到一张完整的电路原理图了，但是要完成电路板的设计，就需要生成一个网络表文件。网络表是电路板和电路原理图之间的重要纽带。

(6) 原理图的电气检查。当完成原理图布线后，需要设置项目选项来编译当前项目，利用 Altium Designer 6.0 提供的错误检查报告修改原理图。

(7) 编译和调整。如果原理图已通过电气检查，那么原理图的设计就完成了。这是对于一般电路设计而言，尤其是较大的项目，通常需要对电路的多次修改才能够通过电气检查。

(8) 存盘和报表输出：Altium Designer 6.0 提供了利用各种报表工具生成的报表（如网络表、组件清单等），同时可以对设计好的原理图和各种报表进行存盘和输出打印，为印刷板电路的设计做好准备。

### 3.2 原理图的设计方法和步骤

为了更直观地说明电路原理图的设计方法和步骤，下面就以图 3-2 所示的简单 555 定时器电路图为例，介绍电路原理图的设计方法和步骤。

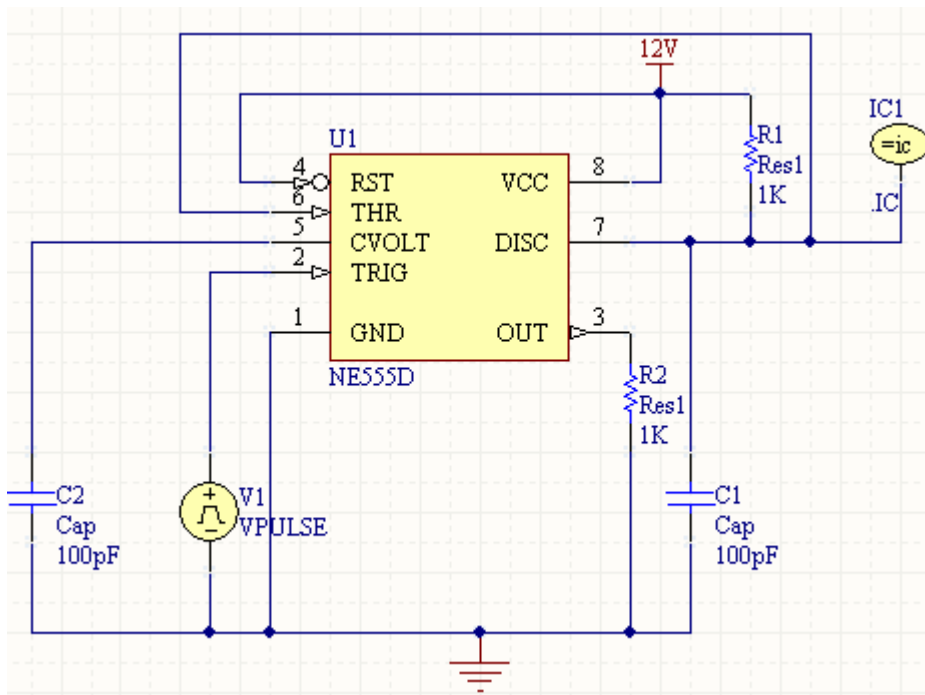
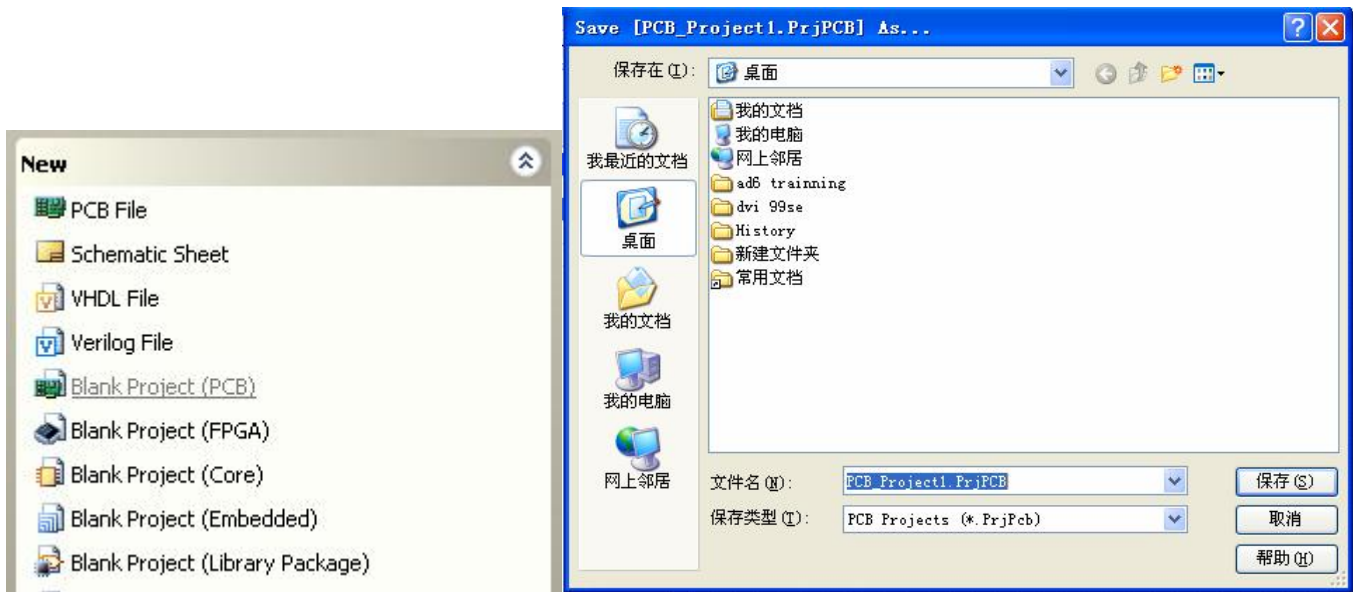


图 3-2 555 电路原理图

#### 3.2.1 创建一个新项目

电路设计主要包括原理图设计和 PCB 设计。首先创建一个新项目，然后在项目中添加原理图文件和 PCB 文件，创建一个新项目方法：

- 单击设计管理窗口底部的 File 按钮，弹出如图 3-3 所示面板。
- New 子面板中单击 Blank Project (PCB) 选项，将弹出 Projects 工作面板。



建立了一个新的项目后，执行菜单命令 File/Save Project As ，将新项目重命名为 “ myProject1.PriPCB ” ，保存该项目到合适位置，如图 3-4 。

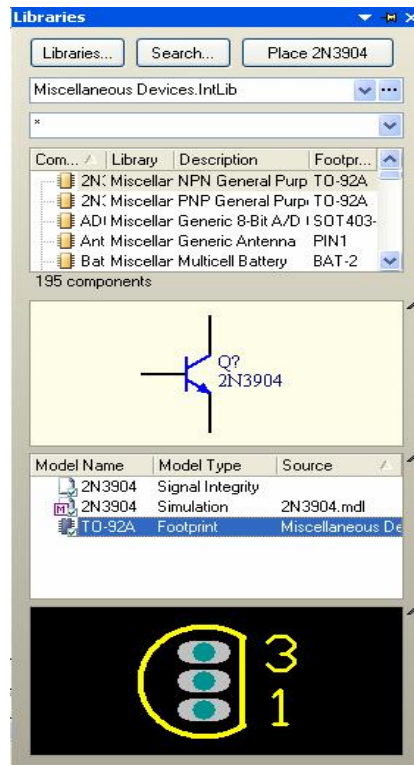
图 3 — 3 Files 面板 图 3 — 4 保存项目对话框

### 3.2.2 创建一张新的原理图图纸

执行菜单命令 New / Schematic 创建一张新的原理图文件。

可以看到 Sheet1 . SchDoc 的原理图文件，同时原理图文件夹自动添加到项目中。

执行菜单命令 File/Save As ，将新原理图文件保存在用户指定的位置。同时可以改变原理图文件名为 555 . SchDoc 。此时看到一张空白电路图纸，打开原理图图纸设置对话框。



对于本例而言，没有特殊要求，只需要设置成 A4 图纸就可以了。单击原理图设置对话框的 OK 按钮页面设置完成。原理图工作环境采用默认设置即可。

### 3.2.3 查找组件

Altium Designer 6.0 库提供了大量组件的原理图符号，在绘制一副原理图之前，必须知道每个组件对应的库。对于 555 电路原理图的每个组件应该在哪个库呢？可以采用什么办法找到组件的原理图符号呢？

利用 Altium Designer 6.0 提供的搜索功能来完成查找组件，操作步骤如下：

（1）SCH 设计接口的下方有一排按钮，单击 Libraries（库）按钮，弹出如图 3—5 所示的库对话框。

（2）单击图 3—5 对话框中的 Search 按钮，弹出如图 3—6 所示的库搜索对话框，利用此对话框可以找到组件 555 在哪个库中。

（3）在 Scope 选项区域中确认设置为 Libraries on Path，单击 Path 右边的打开图标按钮，找到安装的 Altium Designer 6.0 库的文件夹路径，如 C:\Program Files\Altium\Library。同时确认 Include subdirectories 复选项被选定。

（4）在 Search Criteria（搜索标准）选项区域中可以使用 Name、Description、Model Type、Model Name 组合来说明要搜索的组件，例如要搜索和 555 组件相关的可以在 Name 文本框中键入 \*555\*。

图 3—5 库对话框

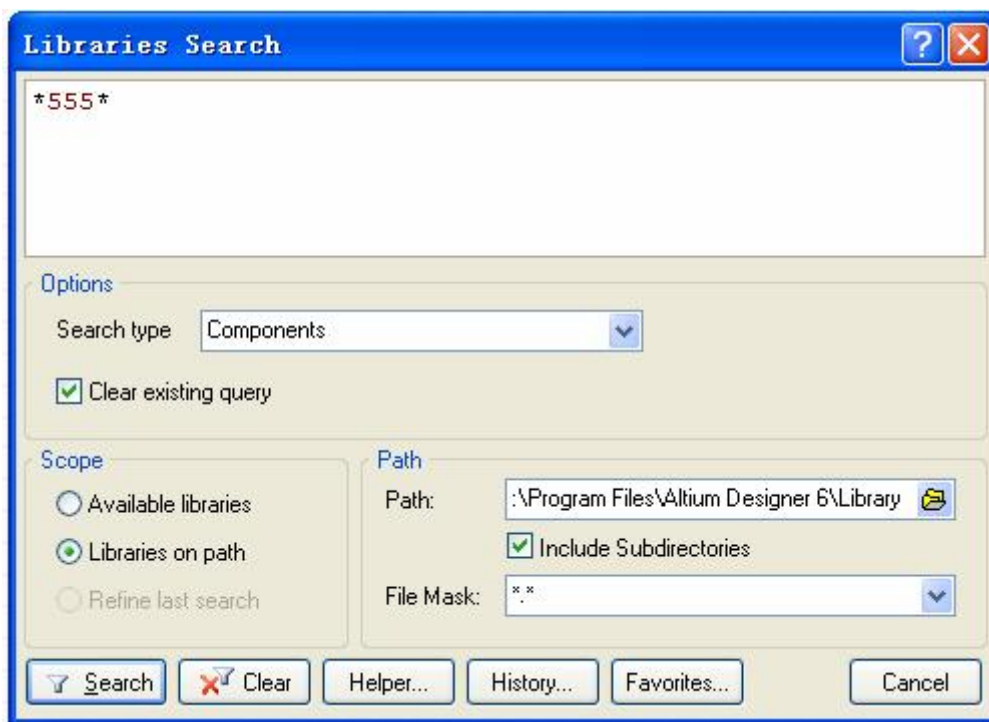


图 3—6 库搜索对话框

（5）单击 Search 按钮开始搜索，查找结果会显示在 Result 对话框中，如图 3—7 所示。



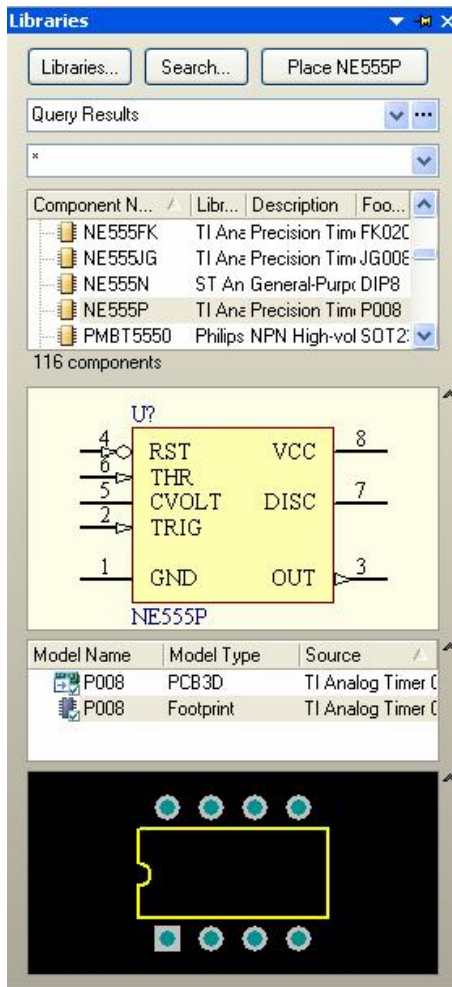


图 3 — 7 搜索结果对话框

可以看到很多匹配搜索标准的芯片型号，选择一款适合的组件原理图符号和封装。这里选择组件 NE555D，属于 TI Analog Timer Circuit . IntLib 库。能否找到所需要的组件关键在于输入的规则设置是否正确，一般尽量使用通配符以扩大搜索范围。

( 6 ) 单击 Install Library 按钮，TI Analog Timer Circuit . IntLib 库就添加到当前项目中。在当前项目中就可以取用该库中的所有组件。

在完成了对一个组件的查找后，可以按照 555 电路原理图的要求，依次找到其它组件所属组件库，见表 3 — 1 所示。

表 3 — 1 555 原理图的组件列表

组件名称	组件库	组件符号	组件属性
NE555D	TI Analog Timer Circuit.IntLib	U1	NE555D
CAP	Miscellaneous Devices.IntLib	C1	1u
CAP	Miscellaneous Devices.IntLib	C2	0.1u
RES	Miscellaneous Devices.IntLib	R1	27k
RES	Miscellaneous Devices.IntLib	RL	10k
.IC	Simulation Sources.IntLib	IC1	0v
VPULSE	Simulation Sources.IntLib	V1	VPULSE

注：在 Altium Designer 6.0 中，电阻组件单位默认以 k 代表 k，电容组件单位默认以 u 代替 uF。△

### 3.2.4 添加或删除组件库

已经介绍了当不知道组件在哪个库中，如何查找并把组件库添加到项目中的问题，当知道组件所属的库时，可以直接添加库到设计项目中，添加组件库的步骤如下：

(1) 在如图 3—6 所示对话框中单击 Libraries 按钮，弹出如图 3—8 所示对话框，其中 Ordered List of Installed Libraries 列表框中主要说明当前项目中安装了哪些组件库。

(2) 添加组件库。单击 Add Library 按钮，将弹出查找文件夹对话框，选择安装 Altium Designer 6.0 组件库的路径。然后根据项目需要决定安装哪些库就可以了。例如本例中安装了 Miscellaneous Device.IntLib、TI Analog Timer Circuit.IntLib 等。在当前组件库列表中选中一个库文件，单击 MOVE UP 按钮可以使该库在列表中的位置上以一位，MOVE DOWN 相反。组件库在列表中的位置影响了组件的搜索速度，通常是将常用组件库放在较高位置，以便对其先进行搜索。

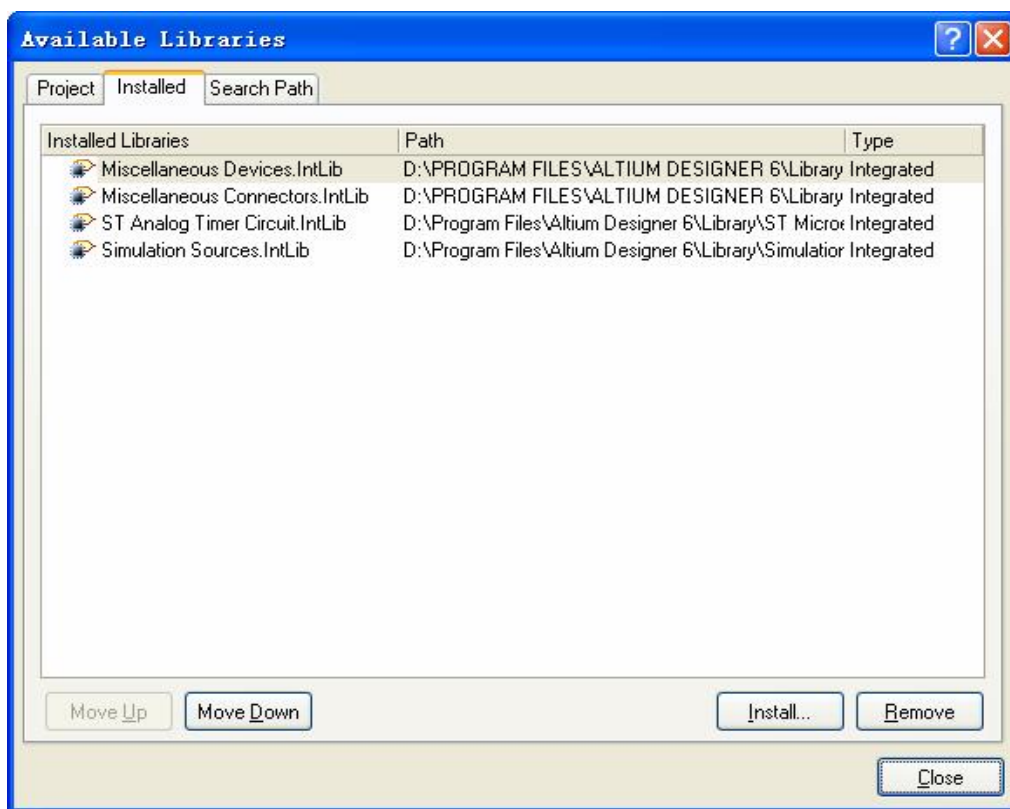


图 3—8 添加、删除组件库

(3) 删除组件库。当添加了不需要的组件库时，可以选中不需要的库，然后单击 Remove 按钮就可以删除不需要的库。

### 3.2.5 在原理图中放置组件

在当前项目中添加了组件库后，就要在原理图中放置组件，下面以放置 NE555D 为例，说明放置组件的步骤如下：

(1) 执行菜单命令 View / Fit Document，或者在图纸上右击鼠标，在弹出的快捷菜单中选择 Fit Document 选项，使原理图图纸显示在整个窗口中。可以按 Page Down 和 Page Up 键缩小和放大图纸视图。或者右击鼠标，在弹出的快捷菜单中选择 Zoom in 和 Zoom out 选项同样可以缩小和放大图纸视图。

(2) 在组件库列表下拉菜单中选择 TI Analog Timer Circuit.IntLib 使之成为当前库，同时库中的组件列表显示在库的下方，找到组件 NE555D。

(3) 使用过滤器快速定位需要的组件，默认通配符 (\*) 列出当前库中的所有组件，也可以在过滤器栏键入 NE555D，NE555D 显示出来避免了在当前库很多组件中查找的困难。

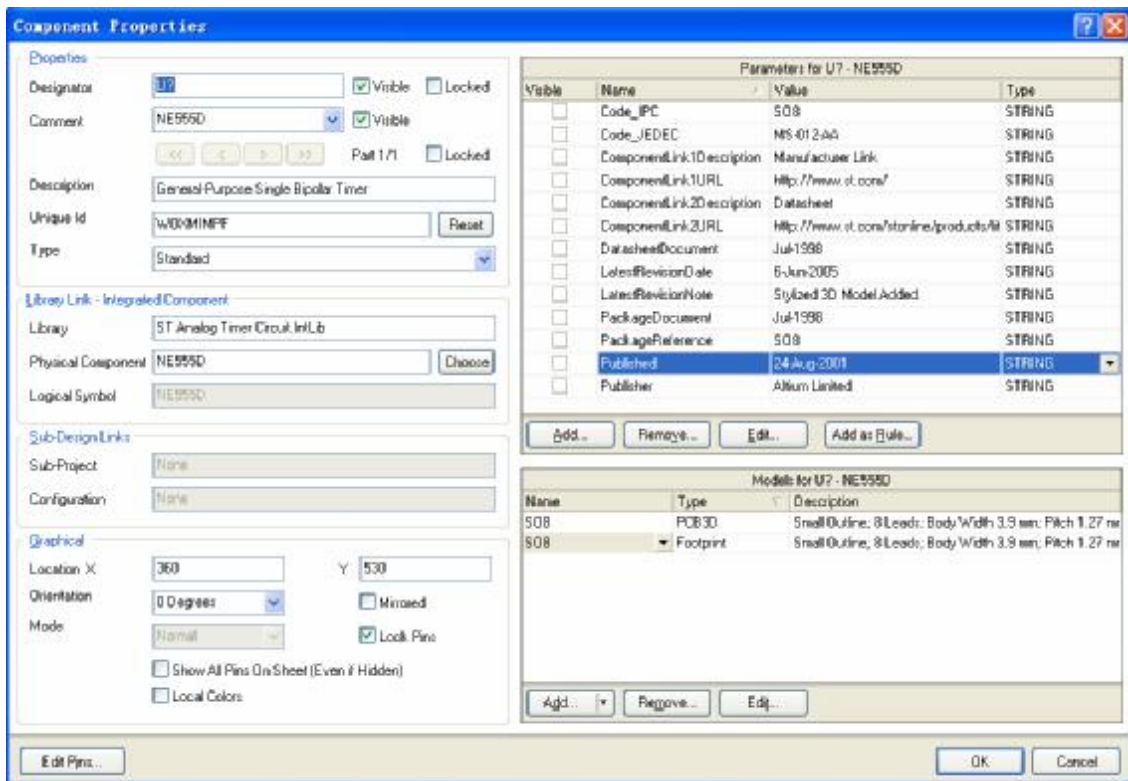


图 3 — 9 组件属性对话框

( 4 ) 选中 NE555D 选项，单击 Place NE555D 按钮或双击组件名，光标变成十字形，游标上悬浮着一个 555 芯片的轮廓，按下 Tab 键，将弹出 Component Properties (组件属性) 对话框进行组件的属性编辑，如图 3 — 9 所示。在 Designator 框中键入 U1 作为组件符号。可以看到组件的 PCB 封装为右下方的 Footprint 一栏设置 Dip — 8 / D 11 。

( 5 ) 在当前窗口移动光标到原理图中放置组件的合适位置，单击鼠标把 NE555D 放置在原理图上。按 PageDown 和 PageUp 键缩小和放大组件便于观看组件放置的位置是否合适，按空格键使组件旋转，每按一下旋转 90° 来调整组件放置的合适位置方向。

( 6 ) 放置完组件后，右击鼠标或者按 ESC 键退出组件放置状态，游标恢复为标准箭头。

下面放置两个电阻、两个电容、脉冲电压源 ( VPULSE ) 和静态电压源 ( IC ) ，其步骤如下：

( 1 ) 电阻组件在 Miscellaneous Devices.IntLib 中，在库对话框选中 Miscellaneous Devices.IntLib 作为当前库。

( 2 ) 在库对话框的过滤器一栏中键入 Res ，将在组件列表中显示相关组件。选中 Res1 组件，然后单击 Place 按钮，此时电阻悬浮在游标上，按 Tab 键，在打开的“组件属性”对话框中设置组件符号和组件属性的值，在 Designator 文本框中键入 R1 ，单击 OK 按钮完成电阻 R1 的属性设置。

(3) 移动游标到电路图中合适位置，单击鼠标完成电阻 R1 的放置。

( 4 ) 同时移动游标到另一位置，单击鼠标放置组件 R2 ，系统自动增加组件序号。

( 5 ) 在过滤器栏中键入 Cap ，放置电容 C1 、 C2 的方法与放置电阻的方法相同。

(6) 在库对话框中选中 Simulation Sources.IntLib 作为当前库，在过滤栏中键入 Vpulse ，在组件列表中显示脉冲电压源符号，单击 Place 按钮使组件处于选取状态，打开组件属性对话框，在 Designator 中键入 V1 即可。

( 7 ) 在过滤栏中键入 . IC ，组件列表中显示静态电压源符号，与脉冲电压源选取相似。

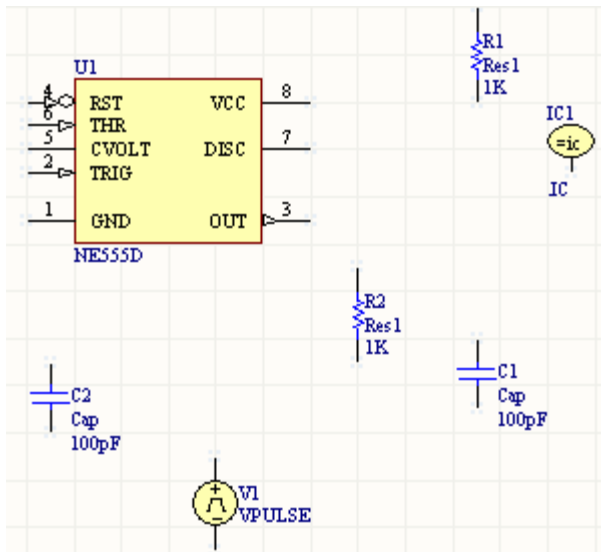


图 3 — 10 组件选取完成后的图纸

( 8 ) 已经放置完所有的组件，单击右键退出组件放置模式，此时图纸上已经有了全部的组件，如图 3 — 10 所示。

### 3.2.6 设置组件属性

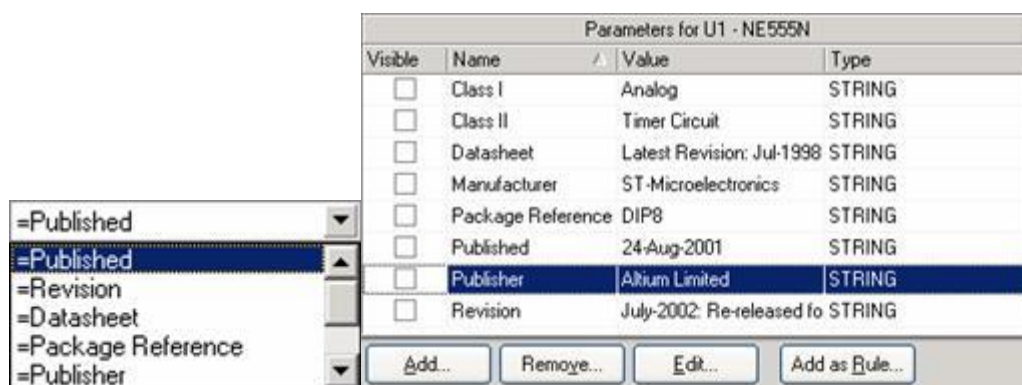
双击相应的组件打开 Component Properties 对话框，Component Properties 对话框 (图 3 — 9 ) 的设置：

#### 1 . Properties (组件属性) 选项区域设置

组件属性设置主要包括组件标识和命令栏的设置等，分别介绍如下：

- Designator (组件标识) 的设置：在 Designator 文本框中键入组件标识，如 U1 、 R1 等。Designator 文本框右边的 Visible 复选项是设置组件标识在原理图上是否可见，如果选定 Visible 复选项，则组件标识 U1 出现在原理图上，如果不选中，则组件序号被隐藏。

- Comment (命令栏) 的设置：单击命令栏下拉按钮，弹出图 3 — 11 所示对话框，其中 Class 指组件类别，可以看出 NE555D 属于仿真器件；Manufacturer 是指制作厂商；Pushlshed 是指组件出厂时间；Pushished 是指销售厂商；Subclass 是指子类，例如 NE555D 是仿真器件中的定时器这种子类组件。Comment 命令栏右边的 Visible 复选项是设置 Comment 的命令在图纸上是否可见，如果选中 Visible 选



项，则 Comment 的内容会出现在原理图图纸上。在组件属性对话框的右边可以看到与 Comment 命令栏的对应关系，如图 3 — 12 所示。Add 、 Remove 、 Edit 、 Add as Rule 按钮是实现对 Comment 参数的编译，在一般情况下，没有必要对组件属性进行编译。

图 3 — 11 Comment 的下拉菜单 图 3 — 12 Comment 参数设置

- Library Ref (组件样本) 设置: 根据放置组件的名称系统自动提供, 不允许更改。例如 NE555D 在组件库的样本名为 NE555D。

- Library (组件库) 设置: 例如 NE555D 在 TI Analog Timer Circuit . IntLib 库中。

- Description (组件描述)、Unique id (Id 符号)、Subdesign 设置: 一般采用默认设置, 不作任何修改。

## 2. Graphical (组件图形属性) 选项区域设置

Graphical 选项主要包括组件在原理图中位置、方向等属性设置, 分别介绍如下:

- Location (组件定位) 设置: 主要设置组件在原理图中的坐标位置, 一般不需要设置, 通过移动鼠标找到合适的位置即可。

- Orientation (组件方向) 设置: 主要设置组件的翻转, 改变组件的方向。

- Mirrored (镜像) 设置: 选中 Mirrored, 组件翻转 180°。

- Show Hidden Pin (显示隐藏引脚): NE555D 不存在隐藏的引脚, 但是 TTL 器件一般隐藏了组件的电源和地的引脚。例如非门 74LS04 等门电路的原理图符号就省略了电源和接地引脚。

一般情况下, 对组件属性设置只需要设置组件标识和 Comment 参数即可, 其它采用默认设置。

### 3.2.7 放置电源和接地符号

555 电路图有一个 12V 电源和一个接地符号, 下面以接地符号为例, 说明放置电源和接地符号的基本操作步骤。放置接地符号的基本操作步骤:

(1) 执行菜单命令 View/Toolbars / Schematic standard, 将弹出如图 3—13 所示的 Power Object (电源符号图标) 对话框。



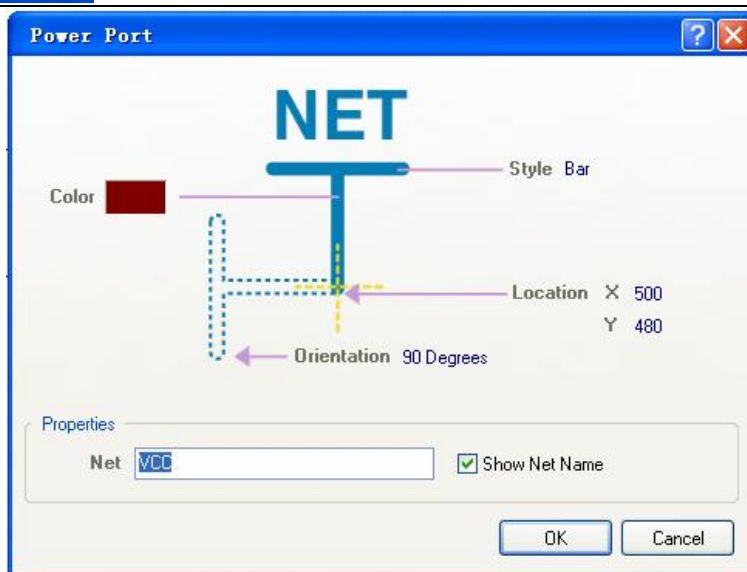
图 3—13 电源符号图标

(2) 有几种接地符号, 根据需要选择, 这里选择如图 3—14 所示的接地符号。



图 3—14 接地符号

(3) 选中接地符号, 出现十字游标, 同时游标上悬浮着接地符号的轮廓, 此时按 Tab 键, 出现 Power Port (接地符号属性) 对话框, 如图 3—15 所示, 这里需要注意网络名称是否正确。单击 OK 按钮完成网络名称设置。



3 — 15 接地符号属性对话框

( 4 ) 移动游标到图纸上合适的位置单击鼠标，接地符号就显示在图纸上。12V 电源放置与接地放置基本相同。

### 3.2.8 绘制原理图

#### 1. 绘制导线

组件放置在工作面板上并调整好各个组件的位置后，接下来的工作是对原理图进行布线。对原理图布线的步骤如下：

( 1 ) 为了使原理图图纸有很好的视图效果，可以使用以下三种方法，执行菜单命令 View / Fit All Objects；第二种在原理图图纸上右击鼠标，在弹出的菜单中选择 Fit All Objects 选项；第三种是使用热键 ( V , F )。

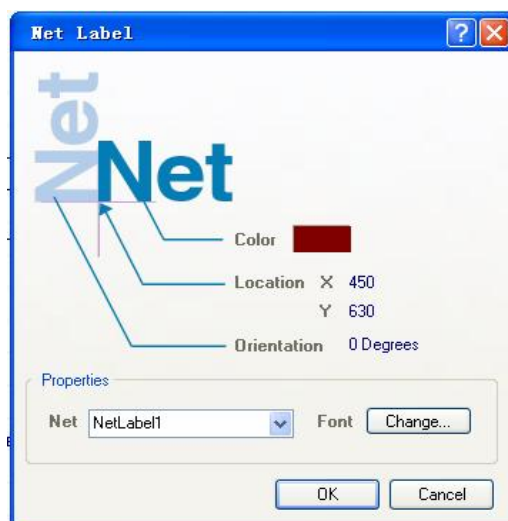
( 2 ) 执行主菜单命令 Place / Wire，进入绘制导线状态，并绘制原理图上的所有导线。

以连接 R1 与 NE555D 第七脚之间的联机为例，把十字形游标放在 R1 的引脚上，把游标移动到合适的位置时，一个红色的星形连接标志出现在游标处，这表明游标在组件的一个电气连接点上。

( 3 ) 单击鼠标固定第一个导线点，移动鼠标会看到一根导线从固定点处沿鼠标的方向移动。如果需要转折，在转折处单击鼠标确定导线的位置，每转折一次都需要单击鼠标一次。

( 4 ) 移动鼠标到 NE555D 第七脚，中间有一个转折点，单击鼠标，当移动到 NE555D 第七脚时，游标又变成红色的星形连接标志，单击鼠标完成了 R1 与 NE555D 第七脚之间的连接。

( 5 ) 此时游标仍然是十字形，表明仍是处于画线模式，可以继续画完所有的连接线。



(6) 连接完所有的联机后, 右击鼠标退出画线模式, 游标恢复为箭头形状。

## 2. Net and Net Label (网络与网络名称)

彼此连接在一起的一组组件引脚称为网络 (net)。

例如 555 电路图中的 NE555D 的第七脚、第六脚、R1、C1 是连在一起的称为一个网络。网络名称实际上是一个电气连接点, 具有相同网络名称的电气连接表明是连在一起的。网络名称主要用于层次原理图电路和多重式电路中的各个模块之间的连接。也就是说定义网络名称的用途是将两个和两个以上没有相互连接的网络, 命名相同的网络名称, 使它们在电气含义上属于同一网络。在印刷电路板布线时非常重要。在连接线路比较远或线路走线复杂时, 使用网络名称代替实际走线使电路图简化。

在 555 电路图中, 由于走线比较简单, 所以没有必要图 3—16 网络名称属性对话框

放置网络名称。全部使用导线实现了线路的连接, 但是可以看到 NE555D 的第六脚和第七脚的联机就比较远, 使用网络名称的方法可以代替这段导线, 下面以此为例介绍如何放置网络名称:

按照第 2 章介绍的方法放置网络名称并打开 Net Label (网络名称属性) 对话框, 如图 3—16 所示。这里仅在 Properties 选项区域的 Net 文本框中键入 NE555D\_6, 其它采用默认设置即可。

移动游标到 NE555D 的第六脚, 单击鼠标完成第一个网络名称设置。移动游标到 R1 和 C1 与 NE555D 的第 7 脚连接点处, 按 Tab 键定义网络名称为 NE555D\_6。完成了利用网络名称代替一段导线, 使视图更加美观。

现在一副完整的 555 电路原理图已经完成了, 执行菜单命令 File/Save 保存文件。

### 3.3 设置项目选项

项目选项包括错误检查规则、连接矩阵、比较设置、ECO 启动、输出路径和网络选项以及用户指定的任何项目规则。

当项目被编译时, 详尽的设计和电气规则将应用于设计验证。例如一个 PCB 文件, 项目比较器允许用户找出源文件和目标文件之间的差别, 并在相互之间进行更新。

所有与项目相关的操作, 如错误检查、比较档和 ECO 启动均在 Options For Project 对话框中设置。

所有的项目输出, 如网络名称、仿真器、文件打印、集合和输出报表均在 Outputs For Projects 对话框中设置。

执行菜单命令 Project / Project Options, 打开 Options for Project (规则检查设置) 对话框, 如图 3—17 所示。

接下来, 对规则检查设置对话框中各个选项卡进行相应的介绍:

#### ◆ Error Reporting (错误报告) 选项卡

Error Reporting 用于报告原理图设计的错误, 主要涉及下面几个方面: Violations Associated with Buses (总线错误检查报告)、Violations Associated with Components (组件错误检查报告)、Violations Associated with Documents (档错误检查报告)、Violations Associated with With Nets (网络错误检查报告)、Violations Associated with Others (其它错误检查报告)、Violations Associated with Parameters (参数错误检查报告)。对每一种错误都设置相应的报告类型, 例如选中 Bus indices out of range, 单击其后的 Fatal Error 按钮, 会弹出错误报告类型的下拉列表。一般采用默认设置不需要对错误报告类型进行修改。

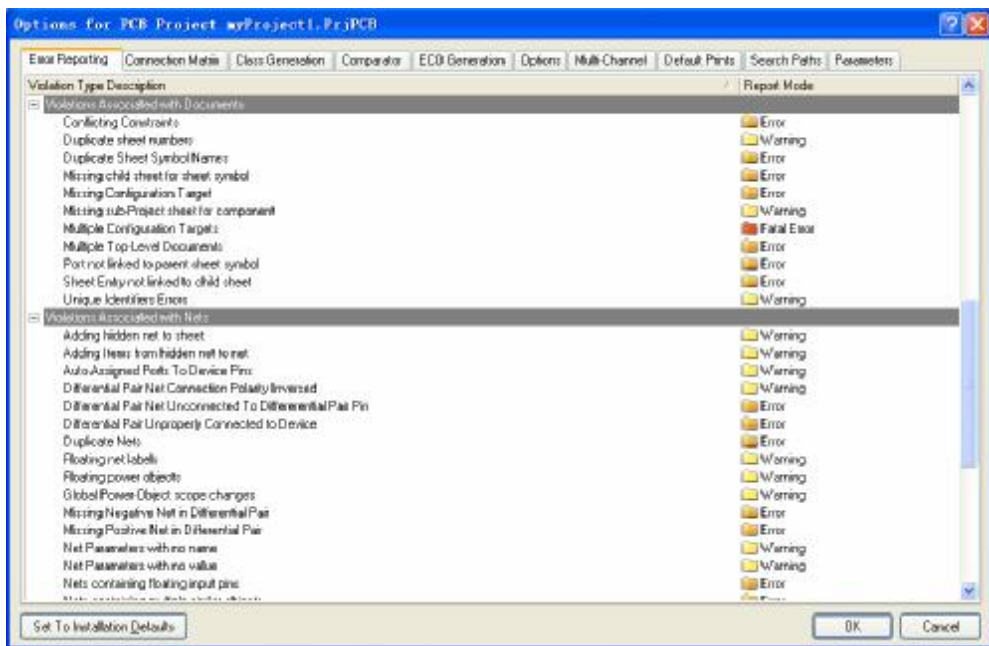


图 3 — 17 规则检查设置对话框

◆ Connection Matrix （连接矩阵）选项卡

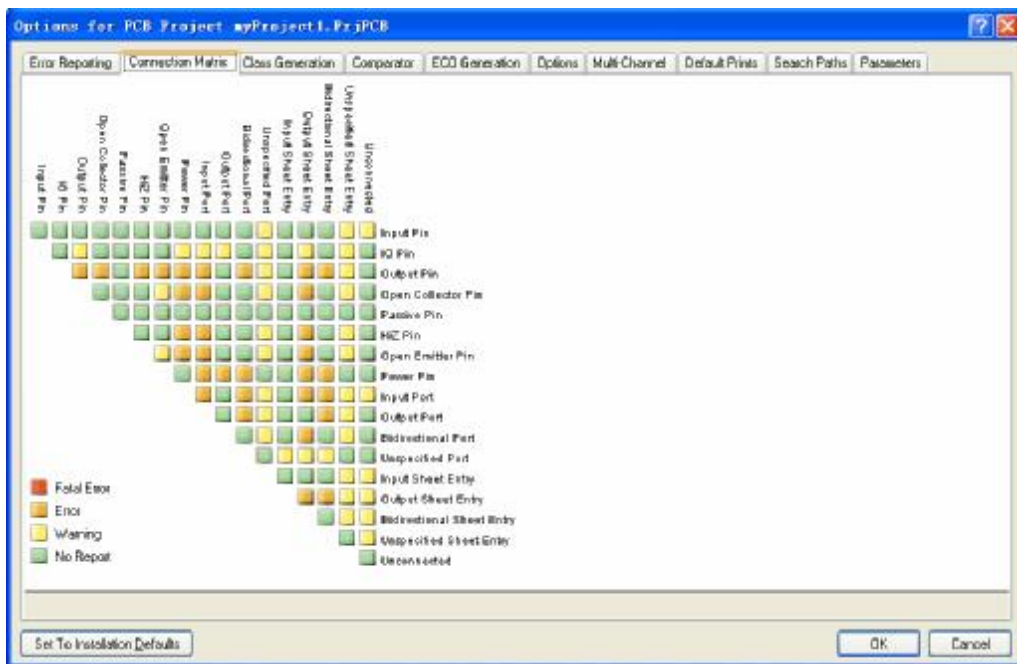


图 3 — 18 Connection Matrix 选项卡

在规则检查设置对话框中单击 Connection Matrix 卷标，将弹出 Connection Matrix 选项卡，如图 3 — 18 所示。连接矩阵卷标显示的是错误类型的严格性。这将在设计中运行“错误报告”检查电气连接如引脚间的连接、组件和图纸的输入。连接矩阵给出了原理图中不同类型的连接点以及是否被允许的图表描述。

- 如果横坐标和纵坐标交叉点为红色，则当横坐标代表的引脚和纵坐标代表的引脚相连接时，将出现 Fatal Error 信息。
- 如果横坐标和纵坐标交叉点为橙色，则当横坐标代表的引脚和纵坐标代表的引脚相连接时，将出现 Error 信息。
- 如果横坐标和纵坐标交叉点为黄色，则当横坐标代表的引脚和纵坐标代表的引脚相连接时，将出现 Warning 信息。
- 如果横坐标和纵坐标交叉点为绿色，则当横坐标代表的引脚和纵坐标代表的引脚相连接时，将不出现错误或警告信息。



如果想修改连接矩阵的错误检查报告类型，比如想改变 Passive Pins（电阻、电容和连接器）和 Unconnected 的错误检查，可以采取下述步骤：

（1）在纵坐标找到 Passive Pins，在横坐标找到 Unconnected，系统默认为绿色，表示当项目被编译时，在原理图上发现未连接的 Passive Pins 不会显示错误信息。

（2）单击相交处的方块，直到变成黄色，这样当编译项目时和发现未连接的 Passive Pins 时就给出警告信息。

（3）单击 Set To Defaults 按钮，可以恢复到系统默认设置。

#### ◆ Comparator（比较器）选项卡

在规则检查设置对话框中单击 Comparator 卷标，将弹出 Comparator 选项卡如图 3 - 19 所示。

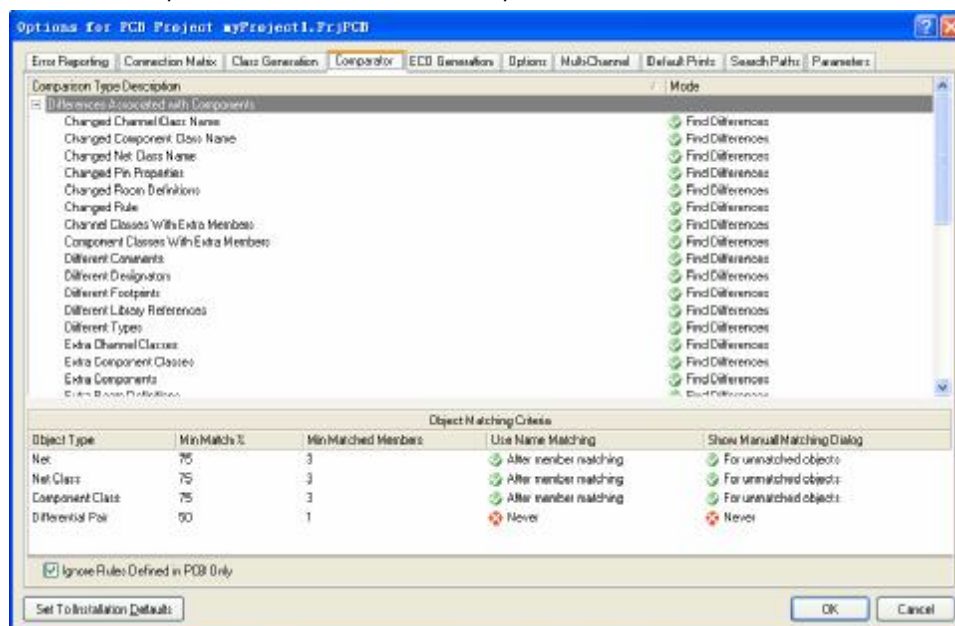


图 3 - 19 Comparator 选项卡

Comparator 选项卡用于设置当一个项目被编译时给出档之间的不同和忽略彼此的不同。在一般电路设计中不需要将一些表示原理图设计等级的特性之间的不同显示出来，所以在 Difference Associated With Components 单元找到 Changed Room Definitions、Extra Room Definitions 和 Extra Components Classes，在这些选项右边的 Mode 下拉列表选择 Ignore Differences。

#### ◆ ECO Generation（电气更改命令）选项卡

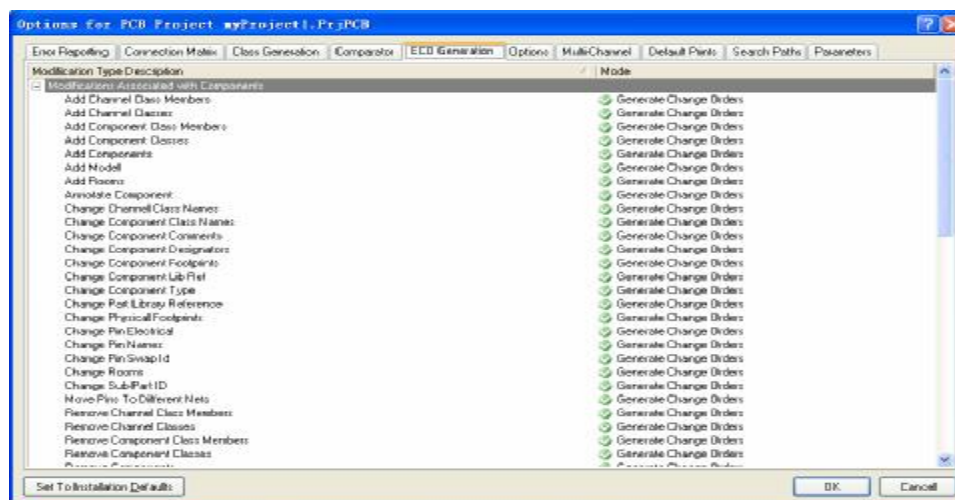


图 3 — 20 ECO Generation 选项卡

在规则检查设置对话框中单击 ECO Generation 卷标，将弹出 ECO Generation 选项卡，如图 3 — 20 所示。

通过在比较器中找到原理图的不同，当执行电气更改命令后，ECO Generation 显示更改类型详细说明。主要用于原理图的更新时显示更新的内容与以前档的不同。

ECO ( Engineering Change Order ) Generation 主要设置与组件、网络和参数相关的改变，对于每种变换都可以通过 Mode 列表框的下拉列表中选择 Generate Change Orders (检查电气更改命令) 还是 Ignore Differences (忽略不同)。单击 Set To Defaults 按钮，可以恢复到系统默认设置。

### Options (选项) 选项卡

在规则检查设置对话框中单击 Options 卷标，将弹出 Options 选项卡，图 3 — 21 所示。

● **Output path (输出路径) 区域:** 可以设置各种报表的输出路径。默认的路径是系统在当前项目文件所在档夹内创建。对于文件路径的选择主要考虑用户是希望设置单独的档夹保存所有的设计项目，还是为每个项目中设置一个档夹。

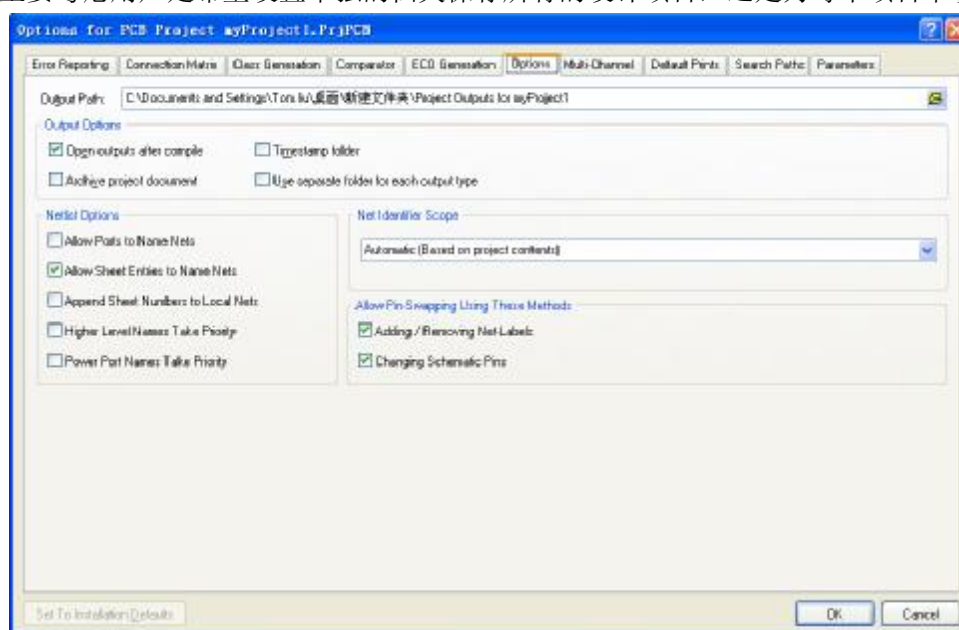


图 3 — 21 Options 选项卡

● **Output Options 区域:** 有四个复选项设置输出档。Open outputs after compile (编译后输出文件)、Timestamp folder (时间信息文件夹)、Archive project document (存档项目档)、Use separate folder for each output type (对每个输出类型使用独立的档夹)。

● **Netlist Options 区域:** 有两个复选项分别为 Allow ports to Name Nets 和 Allow Sheet Entries to Name Nets。Allow ports to Name Nets 表示允许用系统所产生的网络名来代替与输入输出端口相关联的网络名。如果所设计的项目只是简单的原理图文文件，不包含层次关系，可以选择此项。Allow Sheet Entries to Name Nets 表示允许用系统所产生的网络名来代替与子图入口相关联的网络名。该项为系统默认设置选项。

**3.4 编译项目**  
编译项目就是在设计文文件中检查原理图的电气规则错误。执行菜单命令 Project / Compile PCB Project，系统开始编译 Myproject1. Prj PCB。当项目被编译时，在项目选项中设置的错误检查都会被启动，同时弹出 Message 窗口显示错误信息。如果原理图绘制正确，将不会弹出 Message 窗口。

下面以 Myproject1 . Prj PCB 的 555 原理图为例，删除 NE555D 的第四脚与电源连接的导线，并说明如何设置项目选项和编译项目，其步骤如下：

(1) 如果正确绘制 555 原理图，执行菜单命令 Project/Compile PCB Project，将不会弹出 Message 窗口。

( 2 ) 选中 NE555D 的第四脚与电源连接的导线，然后删除这段导线。

( 3 ) 然后再执行菜单命令 Project/Compile PCB Project ， 将弹出错误检查报告， 如图 3 — 22 所示。

Class	Document	Source	Message	Time	Date	No.
[Error]	555.SchDoc	Compiler	Net NetU1_4 contains floating input pins (Pin U1-4)	21:46:30	2006-2-1	1
[Warning]	555.SchDoc	Compiler	Unconnected Pin U1-4 at 250,530	21:46:30	2006-2-1	2
[Warning]	555.SchDoc	Compiler	Net NetU1_2 has no driving source (Pin U1-2,Pin V1-1)	21:46:30	2006-2-1	3
[Warning]	555.SchDoc	Compiler	Net NetU1_4 has no driving source (Pin U1-4)	21:46:30	2006-2-1	4

图 3 — 22 错误检查报告

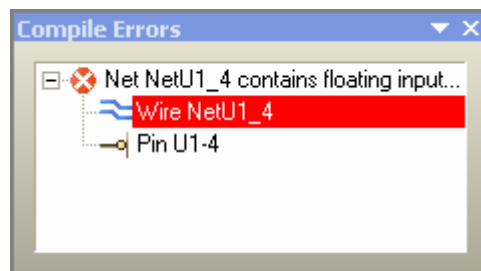


图 3 — 23 Compile Error 对话框

( 4 ) 通过错误报告中叙述的错误类型可以修改在原理图的错误。在 Message 对话框中单击一个错误，打开 Compile Error 对话框，如图 3 — 23 所示。同时在 Compile Error 对话框显示错误的详细信息。从 Compile Error 对话框中单击错误跳转到原理图的违反对象进行检查或修改。此时修改对象高亮显示，电路图上的其它组件和导线模糊。修改完成后，可以单击图纸有下方的 Clear 按钮，清除图纸的模糊状态。

( 5 ) 修改完成后，重新编译项目，直至不再显示错误为止。保存项目档，为 PCB 档设计作好准备。

### 小结

本章围绕绘制一幅 555 原理图展开对电路设计流程的具体分析，尽管 555 原理图非常简单，但是读者不妨按照本节介绍的具体操作步骤，另找一份比较复杂的原理图试着绘制自己的第一张原理图，就能基本上领会原理图设计的基本方法和技巧。

第 3 章已经简要叙述了原理图设计的基本流程，本章将详细介绍如何在原理图上放置组件、原理图编辑器的使用和组件位置的编辑。

#### 4.1 组件库的管理

完成原理图工程环境设置以后，接下来的步骤是在原理图上放置组件，组件库为用户取用组件、查找组件提供了很大的方便。

##### 4.1.1 打开组件库管理器

**Altium Designer 6.0 集成库的概念：** Altium Designer 6.0 与 Protel 99 最明显的区别就是集成库。集成库就是将原理图组件与 PCB 封装和信号完整性分析联系在一起，关于某个组件的所有信息都集成在一个模块库中，所有的组件信息被保存在一起。Protel 将组件分类放置在不同的库中。放置组件的第一步就是找到组件所在的库并将该库添加到当前项目中。在完成了原理图工作环境的设置以后，出现如图 4-1 所示的空白原理图图纸接口。由于设置工作环境的不同，主菜单和主工具栏也可能会有所不同。

打开 Libraries（组件库管理器）主要有两种方法：

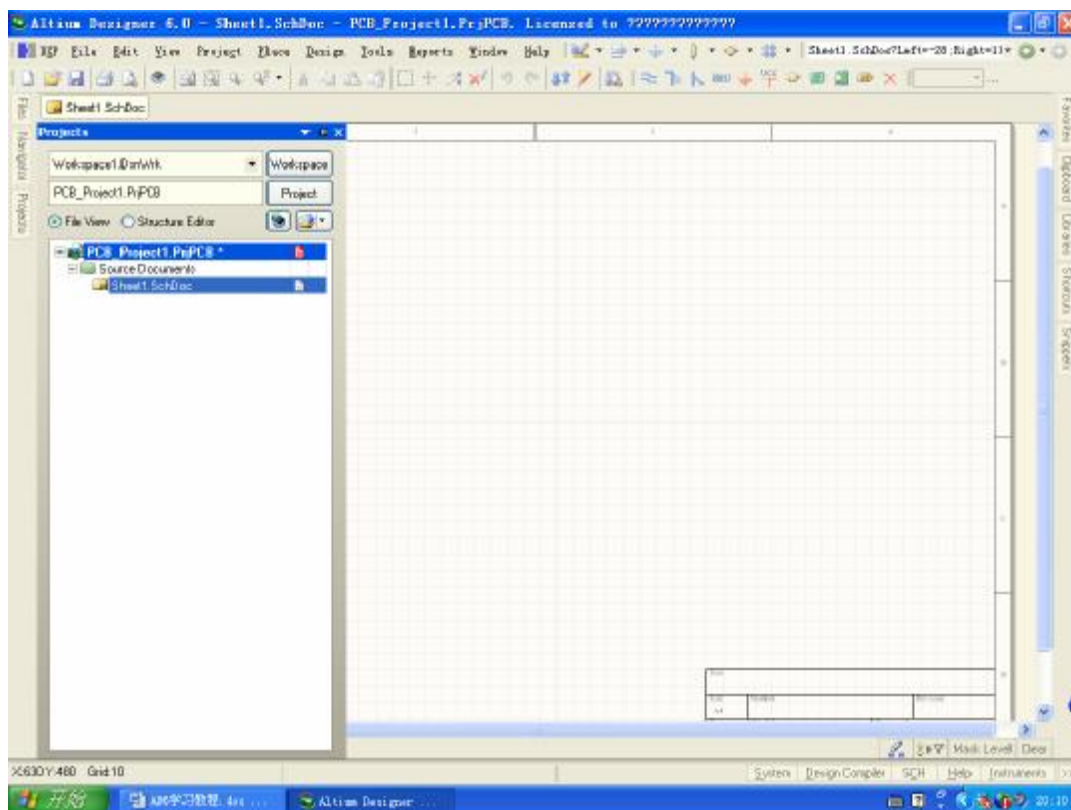


图 4-1 空白原理图图纸接口

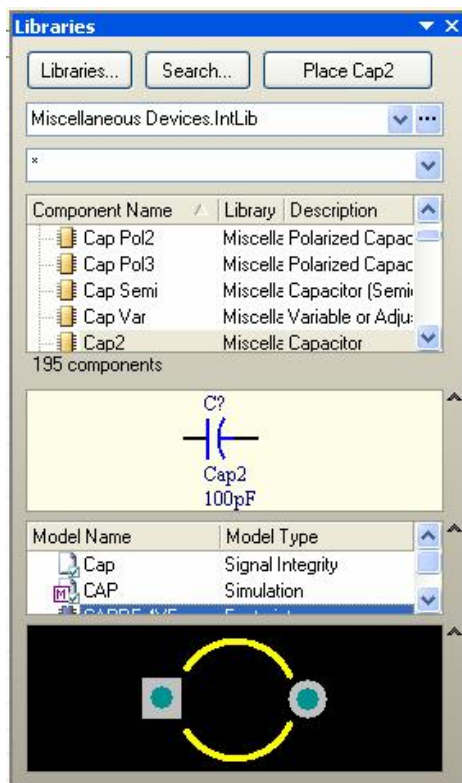


图 4-2 组件库管理器对话框

在图 4-1 的下方有一排工具按钮，单击 Libraries 按钮，将弹出如图 4-2 所示组件库管理器对话框。

● 执行主菜单命令 Design/Browse Library，也同样弹出如图 4-2 所示组件库管理器对话框。

#### 4.1.2 添加组件库

组件库管理器主要实现添加或删除组件库、在组件库中查找组件和在原理图上放置组件。单击组件库管理器中的 Libraries 按钮，将弹出如图 4-3 所示对话框。

单击图 4-3 中的 Add Library 按钮，将弹出打开组件库文件对话框，如图 4-4 所示。在一般情况下，组件库文件在 Altium\library 目录下，Altium Designer 6.0 主要根据厂商来对组件分类。选定某个厂商，则该厂商的组件列表会被显示。

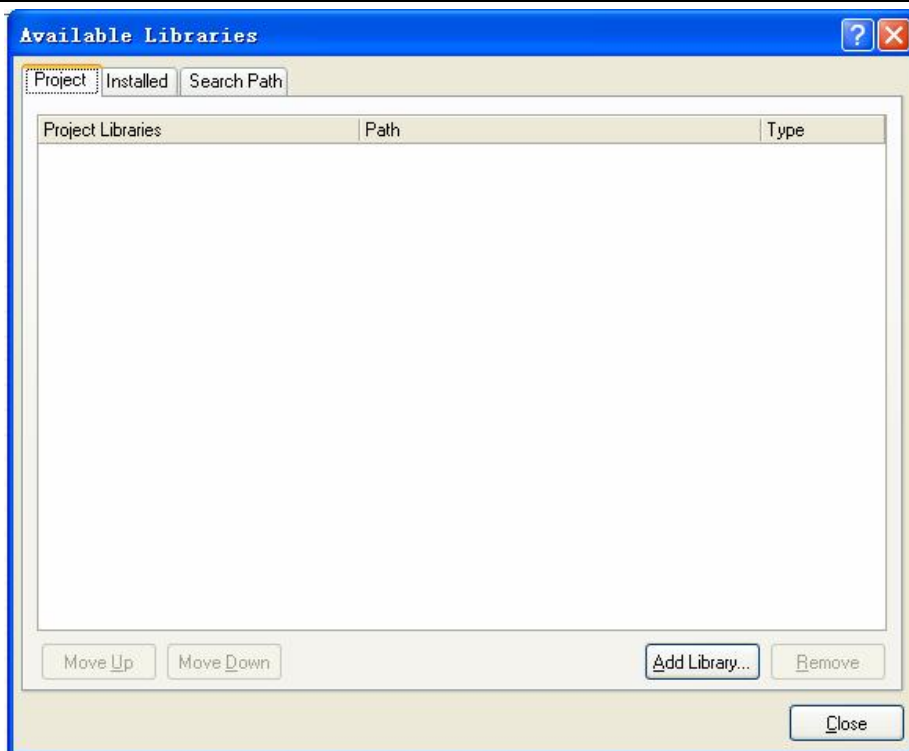


图 4-3 添加组件库对话框

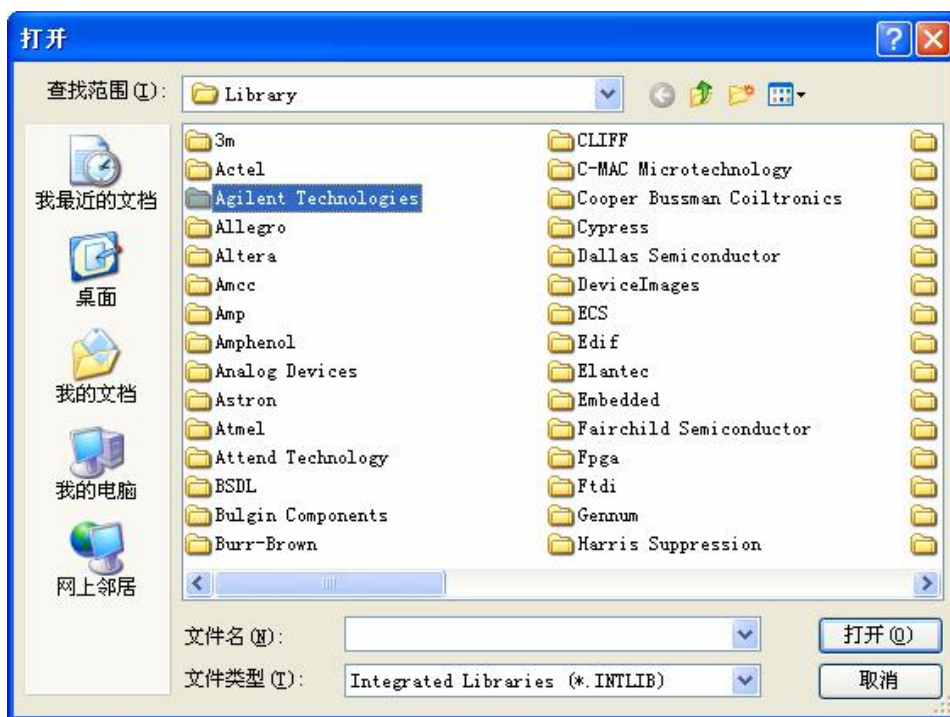


图 4-4 组件库文件对话框

在图 4-4 所示组件库文件对话框中，根据原理图的需要选中希望加载的组件库。例如选中 Burr-Brown，双击该档夹或单击打开按钮，可以看到 Burr-Brown 公司的组件分类，选中 BB Amplifier Buffer. IntLib，单击打开按钮，完成了组件库的加载。值得一提的是，Miscellaneous connectors. IntLib（杂件库）主要包括电阻、电容和接插件，在一般情况下，杂件库都是必须加载的。加载了杂件库和 Burr-Brown 公司的 BB Amplifier Buffer. IntLib 后的组件库管理器，如图 4-5 所示。

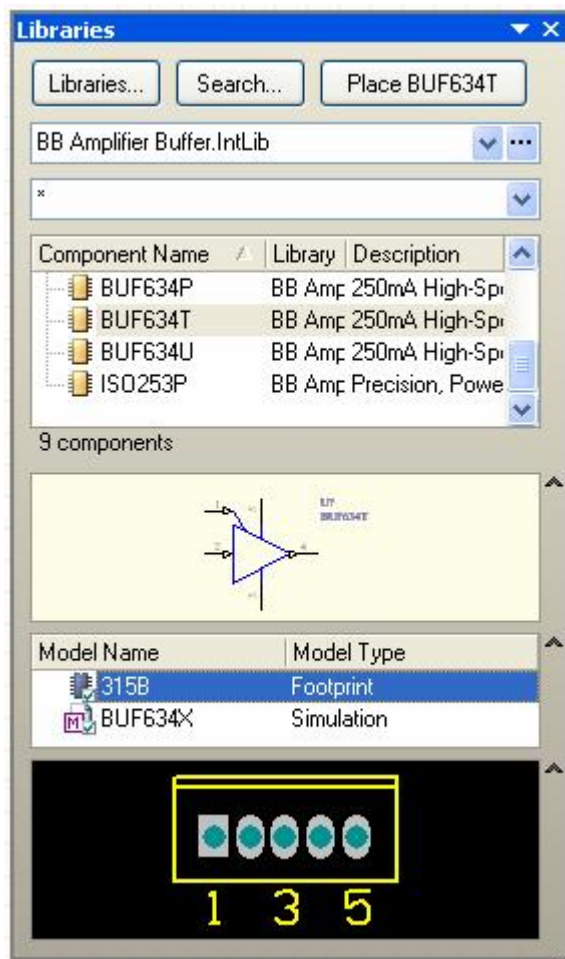
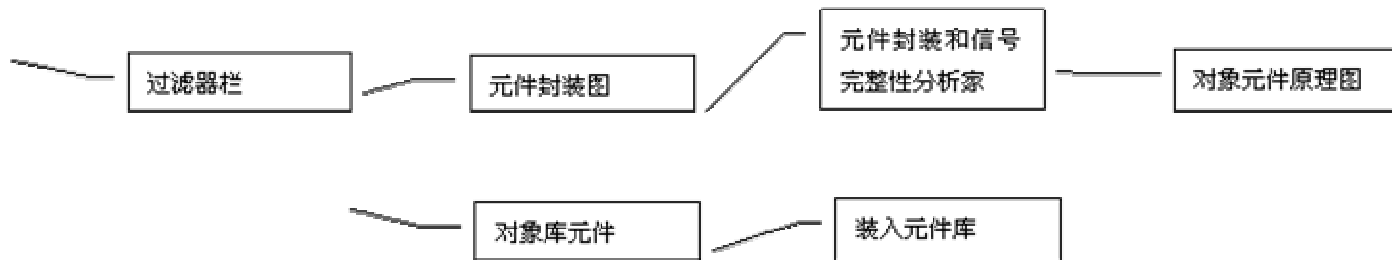


图 4-5 Components 组件库管理器

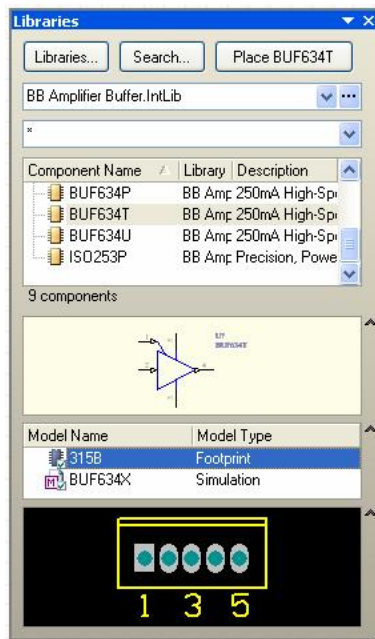
#### 4.1.3 组件库管理器面板

##### 1. Components 单选项

在图 4-5 中，Libraries 选项下方有两个单选项，Components（组件）、Footprints（封装）。选中 Components，在装入的组件库栏中选中 BB Amplifier Buffer.IntLib，过滤器栏采用通配符设置，则在对象库组件栏中显示该库所有的组件。例如选中对象库中的组件 BUF634T，在对象组件原理图栏显示该组件的原理图符号。在组件封装和信号完整性分析栏中显示对应的该组件的封装和信号完整性分析。

##### 2. 过滤栏的设置

过滤栏的功能是筛选组件，一般默认的设置是通配符“\*”。如果在过滤栏中键入相应的组件名如 BU\*，则在对象库组件栏中显示以 BU 字母开头的组件。



4-6 Footprints 组件库管理器

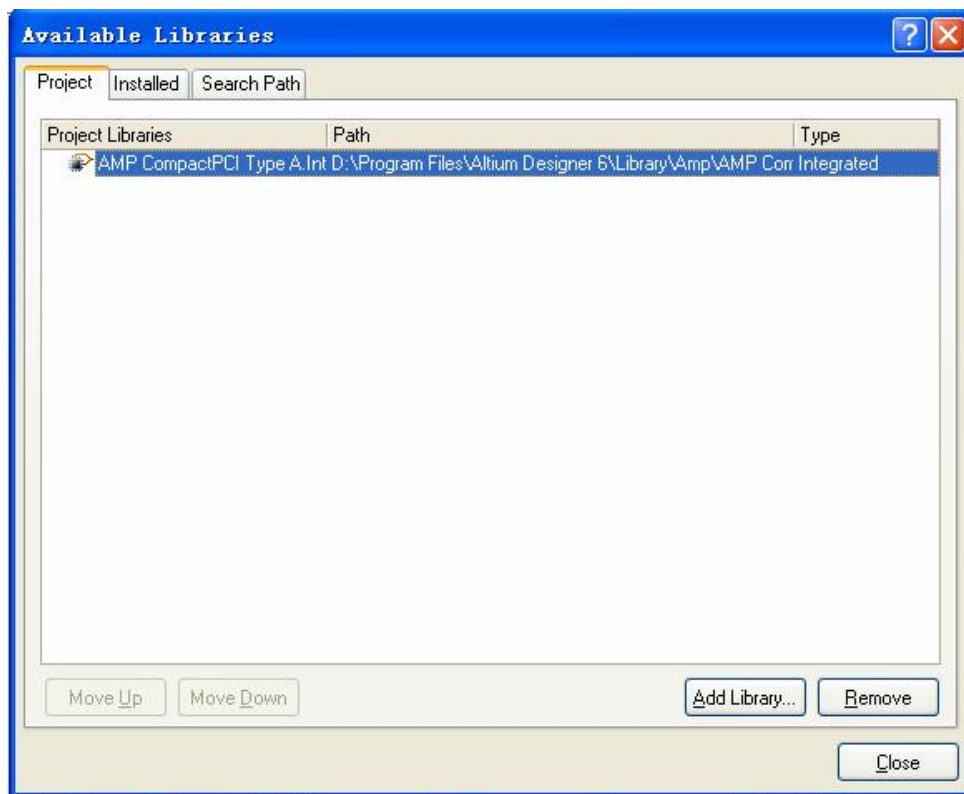


图 4-7 删除组件库对话框

3. Footprints 单选项，对应的组件管理器如图 4-6 所示。如果在过滤器栏采用通配符设置，则在 Footprint Name 栏显示对象库中的所有组件封装。在 PCB 图栏显示对象库中组件的 PCB 封装图。图 4-6 所示的对象库封装中显示了 BB Amplifier Buffer. IntLib 库中的所有封装，在 PCB 图中显示了 DIP-8 的 PCB 图。

#### 4.1.4 删除组件库

如果想删除已加载过的组件库，那么单击组件库管理器的 Libraries 按钮，将弹出如图 4-7 所示对话框。



与图 4-3 不同的是显示了已加载的组件库列表。图 4-3 没有加载任何组件库，所以没有组件库列表，同时图 4-3 中的 Remove 按钮灰化。

在组件库列表中选中 Miscellaneous Connectors. IntLib，单击 Remove 按钮，则该组件列表从当前项目中被删除，双击也可以删除所选中的库档。

Move Up 和 Move Down 可以改变组件列表的顺序。

#### 4.1.5 搜索组件

组件库管理器对话框中 Search（搜索）按钮用于在库中查找想要的组件，Altium Designer 6.0 提供很强的组件搜索功能。打开搜索组件对话框主要有两种方法：

- 在组件管理器对话框（图 4-2）中，单击 Search 按钮，将弹出如图 4-8 所示 Search Libraries（搜索组件）对话框。

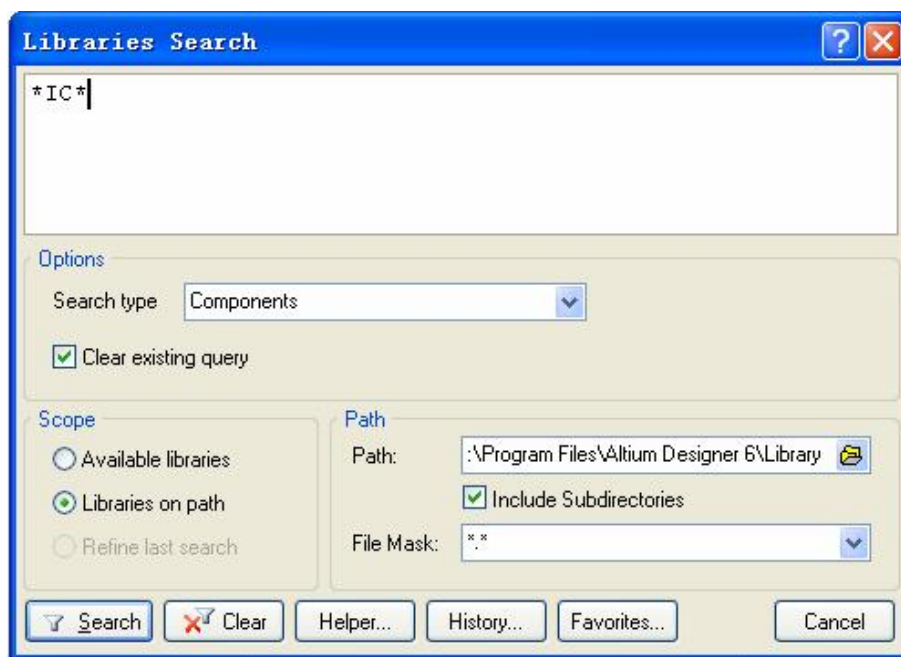


图 4-8 搜索组件对话框

- 执行菜单命令 Tool / Find Component，同样弹出搜索组件对话框。

Search 选项卡主要包括下面三个部分：Scope（搜索范围）选项区域、Path（搜索路径）选项区域、Search Criteria（搜索标准）选项区域。

- Scope 区主要有两个选项：Available Libraries 和 Libraries On Path。选定 Available Libraries 单选项，则搜索路径按钮灰化。系统仅搜索 Altium/Library 目录下的内容。选定 Libraries On Path 单选项，则可以确定搜索路径。系统默认的选择是 Libraries On Path。

- Path 区域主要由 Path 和 File Mask 选项组成。单击 Path 路径右边的打开文件按钮，将弹出浏览文件夹对话框，可以选中相应的搜索路径。一般情况下选中 Path 下方的 Include Subdirectories（包括子目录）。File Mask 是文件过滤器的功能，默认采用通配符。如果对搜索的库档比较了解，可以键入相应的符号减少搜索范围。

- Search Criteria 区设置搜索组件的标准。如 Name、Description、Model Type、Model Name。一般情况下设置组件名称进行搜索即可。例如想搜索 Motorola 公司的静态内存 Mcm6264，那么就可以在搜索路径上设置 Altium\\Library\\Motorola，在搜索组件名中键入 \*6264\*，键入通配符是为了更好的搜索关于 6264 相关芯片的信息。

一般在搜索组件时都需要键入通配符。如果不知道组件是什么公司的产品，在搜索路径中不设置公司名，仅设置 Altium\Library 即可。

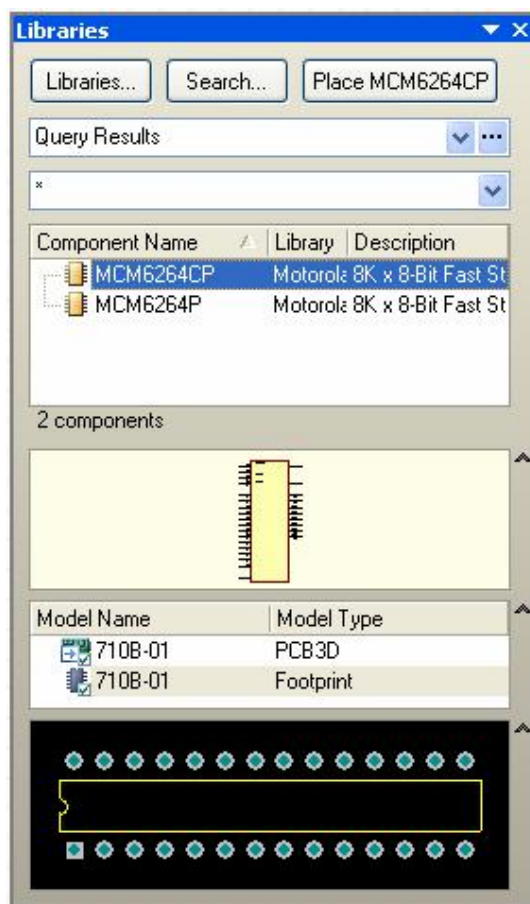


图 4-9 搜索 \*6264\* 的结果对话框

设置完成后，单击 Search 按钮，系统进入搜索状态。搜索结果显示在 Results 选项卡中。以搜索 6264 结果为例，说明“Results”选项对话框的内容。搜索 \*6264\* 的结果如图 4-9 所示。

Results 选项卡对话框包括四部分：

- Component Name 区：在设定路径中搜索与 \*6264\* 相关的组件名和对应的组件库。
- Model Name 区：显示选中 MCM6264CP 的相关模块信息
- 原理图和 PCB 图显示区：显示选中的组件 MCM6264CP 原理图符号和 PCB 封装。
- 单击 Install Library 按钮，将选中的组件库加载到当前项目中。

在搜索完组件 MCM6264CP，并在当前项目中加载了 Motorola Memory Static RAM. IntLib 组件库后，单击 Close 按钮关闭搜索组件对话框。

#### 4.1.6 利用组件库管理器放置组件

绘制原理图首要的问题是放置组件，要放置组件就必须知道组件所在的库并从中取出。放置组件主要有两种方法：

- 利用组件管理器放置组件。
- 利用菜单命令放置组件。

利用菜单命令放置组件将在 4.2 节中介绍。这里介绍利用组件库管理器放置组件。

将组件库添加到当前项目中主要采用三种方法：

- 在已知组件所在相应库的情况下，按照 4.1.2 添加组件库中所介绍的方法将组件库添加到当前项目中。

● 在不知道组件属于哪个相应的组件库的情况下，按照 4.1.5 节搜索组件中介绍的方法，利用 Altium Designer 6.0 强大的搜索功能找到组件及其对应的组件库。并将相应的组件库加载到当前项目中。例如可以将 Motorola Memory Static RAM IntLib 加载到当前项目中。

● 在上面两种方法都无法找到相应的组件库的情况下，只有采取手动方法从 Altium Designer 6.0 提供的库档中查找或者手动创建一个组件的库文件，并将库档添加到当前项目中。

放置组件的步骤如下：

( 1 ) 将组件库添加到当前项目中。在组件库管理器的装入组件库栏中显示已加载的组件库。如图 4-10 所示已载入 Motorola Memory Static RAM. IntLib 到当前项目中。

( 2 ) 选中相应的组件，如 MCM6264CP 。

( 3 ) 单击 Place MCM6264CP 按钮，光标变成十字形，同时组件 MCM6264CP 悬浮在游标上。移动游标到图纸的合适位置，单击鼠标完成组件的放置。

( 4 ) 单击装入的组件库一栏的下拉按钮，选择其它已加载的组件库，继续放置其它组件。放置完所有组件后，右击鼠标退出组件放置状态，光标变成箭头。

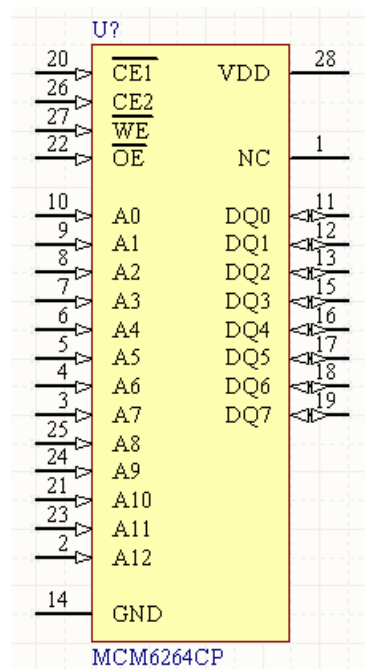
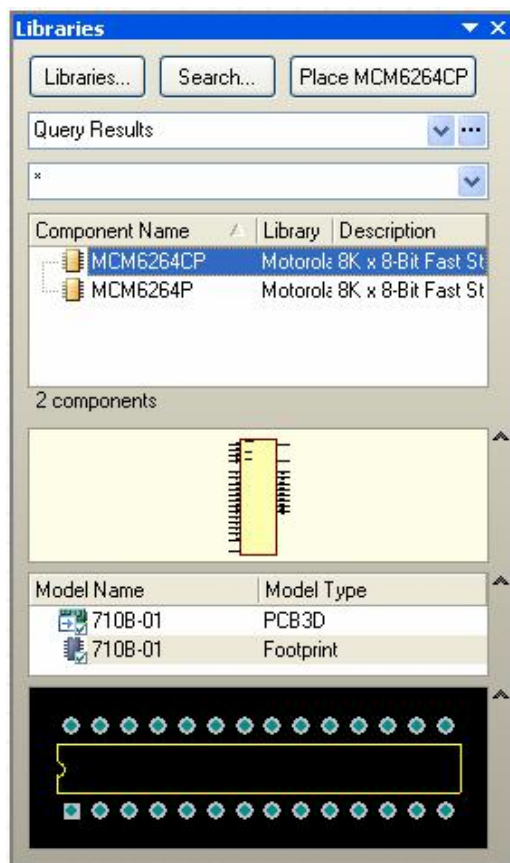


图 4-10 组件库管理器对话框 图 4-11 放置组件 MCM6264CP 后的原理图

按照原理图工作环境的方法完成了一张空白原理图纸的设置。按照上述方法，实现了在原理图上放置组件 MCM6264CP 。放置组件 MCM6264CP 后的原理图如图 4-11 所示。

#### 4.2 电路图绘制工具的使用。

绘制电路原理图主要通过电路图绘制工具来完成，因此，熟练使用电路图绘制工具是必须的。启动电路图绘制工具的方法主要有两种。

##### 1. 使用电路图工具栏

执行单命令 View/Tool bars/Wiring, 如图 4-12 所示, 打开 Wiring (电路图) 工具栏, 如图 4-13 所示。

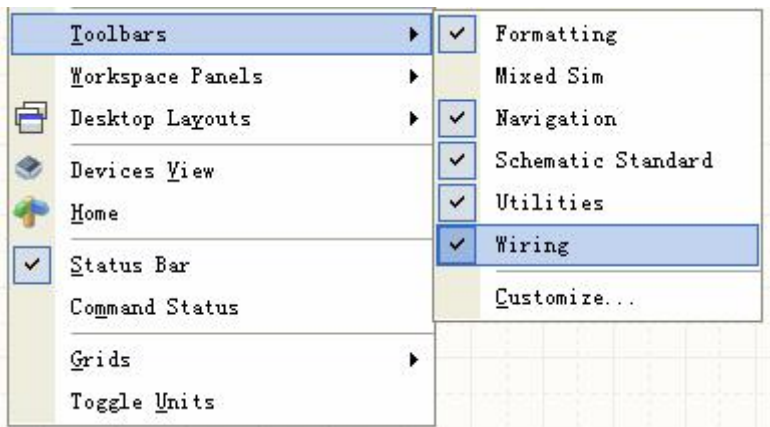


图 4-12 打开电路图工具栏的菜单命令



图 4-13 电路图工具栏

## 2. 使用菜单命令

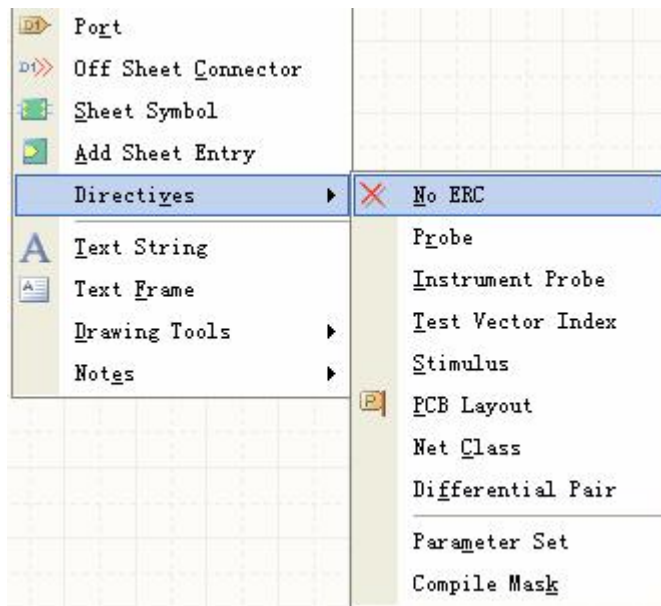


图 4-14 Place 菜单的画电路图命令

执行菜单 Place 下的各个菜单命令。这些菜单命令与电路图工具栏的各个按钮相互对应, 功能完全相同。Place 菜单下的画电路图菜单命令如图 4-14 所示。

### 4.2.1 绘制导线

导线是电气组件图最基本的电气组件之一。原理图中的导线具有电气连接意义。下面介绍绘制导线的具体步骤和导线的属性设置。

#### 1. 启动绘制导线命令

启动绘制导线命令如下四种方法:

- 在电路图工具栏中单击 按钮进入绘制导线状态。
- 执行菜单命令 Place/Wire, 进入绘制导线状态。
- 在图纸上右击鼠标, 选择 Wire 选项。
- 使用快捷 P+W。

一般启动绘图工具栏的菜单都可以采用上面的四种方法, 但是常用的方法是第一和第二种, 其中第一种方法更加方便易用。

## 2. 绘制导线的步骤

进入绘制导线状态后，光标变成十字形，系统处于绘制导线状态。绘制导线的具体步骤如下：

（1）将游标移动到所绘制导线的起点，如果导线的起点是组件的引脚，当游标靠近组件引脚时，自动移动到组件引脚，同时出现一个红色的 X 表示电气连接的意义。单击鼠标确定导线起点。移动鼠标到导线折点或终点，在导线折点处或终点处单击鼠标确定导线的位置，每转折一次都要单击鼠标一次。

（2）绘制出第一条导线后，右击鼠标退出绘制第一根导线。此时系统仍处于绘制导线状态，将鼠标移动到新的导线的起点，按照第一步的方法继续绘制其它导线。

（3）绘制完所有的导线后，双击鼠右键退出绘制导线状态。光标由十字形变成箭头。

## 3. 导线属性设置

在绘制导线状态下，按 Tab 键，将弹出 Wire（导线）属性对话框，如图 4-15 所示。或者在绘制导线完成后，双击导线同样弹出导线属性对话框。

在导线属性对话框中，主要对导线的颜色和宽度设置。单击 Color 右边的颜色框，将弹出颜色属性对话框，选中便于视图的颜色作为导线的颜色即可。导线的宽度设置是通过右边的下拉按钮设置导线的粗细。有四种选择：Smallest（最细）、Small（细）、Medium（中等）、Large（粗）。一般不需要设置导线属性，采用默认设置即可。

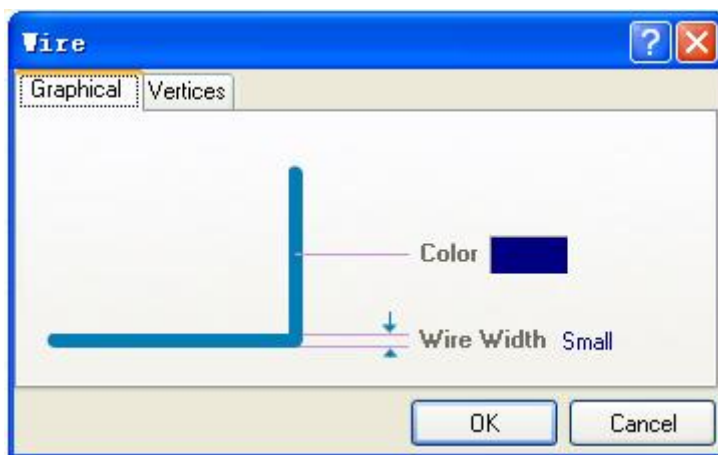


图 4-15 导线属性对话框

## 4. 绘制导线的实例

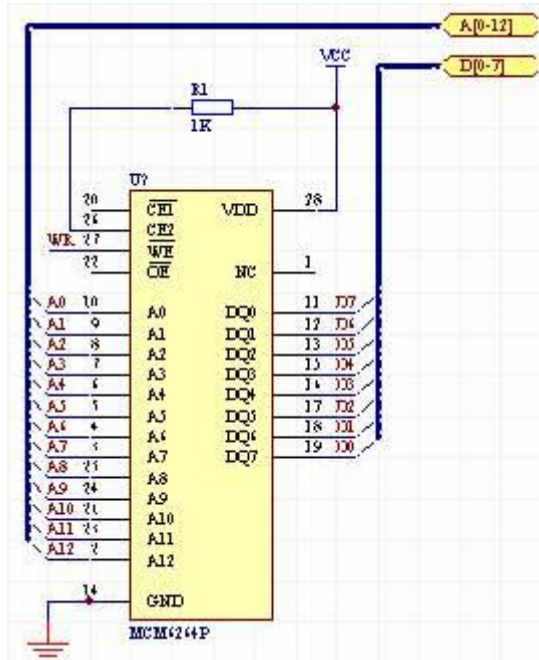
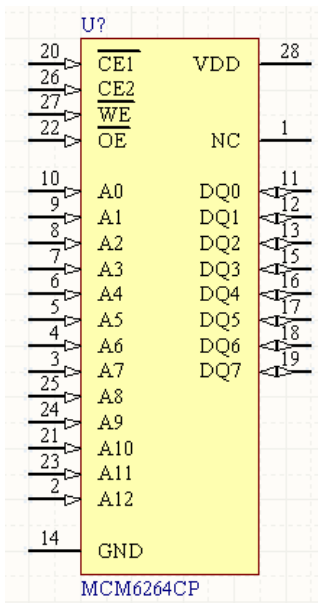


图 4-16 6264 原理图

以 6264 原理图为例说明绘制导线工具的使用和技巧。6264 原理图如图 4-16 所示。在后面介绍的绘图工具的使用都以 6264 原理图为例。



在 4.1.6 节中介绍了如何在原理图上放置组件 MCM6264CP，并在空白原理图上放置了组件 MCM6264CP，如图 4-11 所示。下面利用画电路图工具栏命令完成对 6264 原理图的绘制。

在 6264 原理图中，主要绘制两根导线。分别为 GND 与电源地的连接和 VDD 与电源（VCC）的连接。其它地址总线 and 数据总线可以连接一小段导线便于后面网路标号的放置。首先启动绘制导线命令，光标就成十字形。将游标移动到 MCM6264CP 的 GND 引脚。在 GND 的引脚上出现一个红色的 X，单击鼠标确定。拖动鼠标到导线的终点（电源地），游标上再次出现红色的 X，单击鼠标确定，第一根导线绘制完毕，右击鼠标退出绘制第一根导线状态。此时游标仍然是十字形，移动游标到 MCM6264CP 的 VDD 引脚，在 VDD 到 VCC 之间有一个导线的转折。在转折处图 4-17 绘制导线后的 6264 原理图

必须单击鼠标确认。只要游标是十字形，就处于绘制导线命令状态下。如果想退出绘制导线状态，右击鼠标两次即可，光标变成箭头后，才表示退出该命令状态。导线绘制完成后的 6264 原理图如图 4-17 所示。

#### 4.2.2 绘制总线

总线就是用一条线来表达数条并行的导线。这样做是为了简化原理图，便于读图。如常说的数据总线、地址总线等。总线本身没有实质的电气连接意义，必须由总线接出的各个单一导线上的网络名称来完成电气意义上的连接。由总线接出的各个单一导线上必须放置网络名称来完成电气意义上的连接。由总线接出的各外单一导线上必须放置网络名称，具有相同网络名称的导线表示实际电气意义上的连接。

##### 1. 启动绘制总线的命令

启动绘制总线的命令有如下两种方法：

- 单击绘图工具栏的总线图标
- 执行主菜单命令 Place/Bus。

##### 2. 绘制总线的步聚

启动绘制总线命令后，光标变成十字形，在恰当的位置单击鼠标确定总线的起点，绘制方法与绘制导线相同，也是在转折处单击鼠标或在总线的末端单击鼠标确定，绘制总线的方法与绘制导线的方法基本相同。

##### 3. 总线属性的设置

在绘制总线状态下，按 Tab 键，将弹出 Bus（总线）属性对话框，如图 4-18 所示。

在绘制总线完成后，如果想修改总线属性，就双击总线，将弹出总线属性对话框。

总线属性对话框的设置与导线设置相同，都是对总线颜色和总线宽度的设置。一般情况下采用默认设置即可。

##### 4. 绘制总线的实例

绘制总线的方法首先要绘制数据总线，进入绘制总线状态后，在恰当的位置（D6 空一格的位置，空的位置是为了绘制总线分支）单击鼠标确认总线的起点，然后在总线转折处单击鼠标确认总线的走向。绘制数据总线和地址总线后的 6264 原理图如图 4-19 所示。

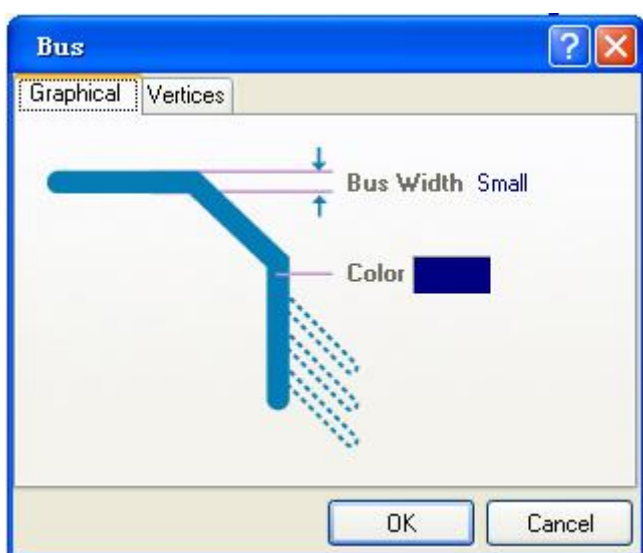


图 4-18 总线属性对话框

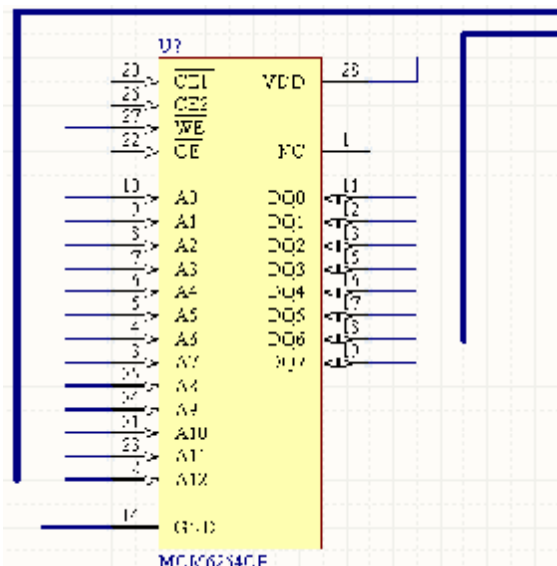



图 4-19 绘制总线后的 6264 原理图

#### 4.2.3 绘制总线分支

总线分支是单一导线进出总线的端点。导线与总线连接时必须使用总线分支，总线和总线分支没有任何的电气连接意义，只是让电路图看上去更有专业水平，因此电气连接功能要由网路标号来完成。

## 1. 启动总线分支命令

启动总线分支命令主要有以下两种方法:

- 单击绘图工具栏中的总线分支图标 。
- 行主菜单命令 Place/Bus Entry。

## 2. 绘制总线分支的步骤

绘制总线分支的步骤如下:

(1) 执行绘制总线分支命令后,光标变成十字形,并有分支线“/”悬浮在游标上。如果需要改变分支线的方向,仅需要按空格键就可以了。

(2) 移动游标到所要放置总线分支的位置,游标上出现两个红色的十字叉,单击鼠标即可完成第一个总线分支的放置。依次可以放置所有的总线分支。

(3) 绘制完所有的总线分支后,右击鼠标或按 Esc 键退出绘制总线分支状态。光标由十字形变成箭头。

## 3. 总线分支属性的设置

在绘制总线分支状态下,按 Tab 键,将弹出 Bus Entry (总线分支)属性对话框,或者在退出绘制总线分支状态后,双击总线分支同样弹出总线分支对话框,如图 4-20 所示。

在总线分支属性对话框中,可以设置颜色和线宽, Location (位置)一般不需要设置,采用默认设置即可。

## 4. 绘制总线分支的实例

进入绘制总线分支状态后,十字游标上出现分支线“/”或“\”。由于在 6264 原理图中采用“/”分支线,所以通过按空格键调整分支线的方向。绘制分支线很容易,只需要将十字游标上的分支线移动到合适的位置(如 D7 的导线末端),单击鼠标就可以了。然后相应的移动鼠标到 A0-A12、D0-D6 的导线末端单击鼠标。就完成了绘制数据总线和地址总线的总线分支。完成了总线分支的绘制后,右击鼠标退出总线分支绘制状态。这一点与绘制导线和总线不同。双击鼠标右键退出导线和总线绘制状态,右击鼠标表示在完成当前导线和总线绘制完成后,开始下一段导线或总线的绘制。绘制完总线分支后的 6264 原理图如图 4-21 所示。

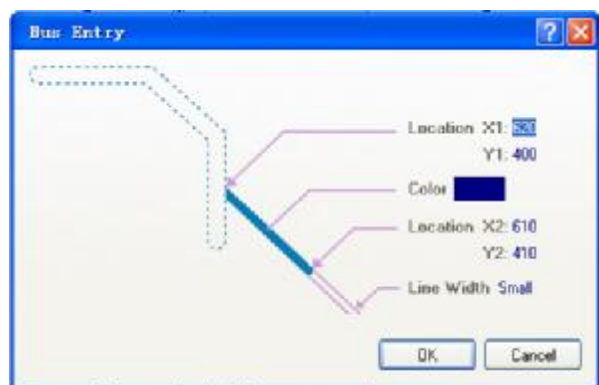


图 4-20 总线分支属性对话框

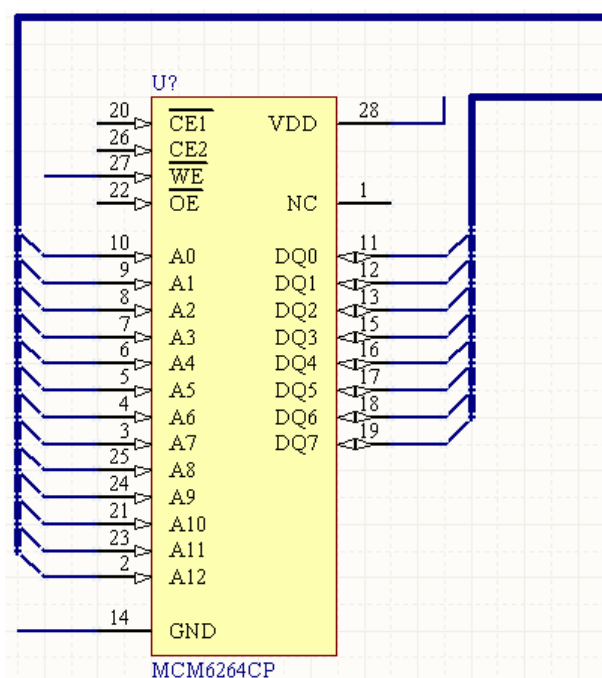


图 4-21 绘制总线分支后的 6264 原理图



#### 4.2.4 网络与网络名称

##### 1. 启动执行网络名称命令

启动执行网络名称命令，有两种方法：

- 执行菜单项 Place/Net Label，光标变成十字形，一个虚线框悬浮在游标上。
- 单击绘图工具栏中的 ( Net ) 图示。

##### 2. 放置网络名称的步骤

放置网络名称的步骤如下：

( 1 ) 启动放置网络名称命令后，游标将变成十字形，并出现一个虚线方框悬浮在游标上。此方框的大小、长度和内容由上一次使用的网络名称决定的。

( 2 ) 将游标移动到放置网络名称的位置（导线或总线），游标上出现红色的 X，单击鼠标就可以放置一个网络名称了，但是一般情况下，为了避免以后修改网络名称的麻烦，在放置网络名称前，按 Tab 键，设置网络名称属性。

( 3 ) 移动鼠标到其它位置继续放置网络名称（放置完第一个网路标号后，不按鼠标右键）。在放置网络名称的过程中如果网络名称的末尾为数字，那么这些数字会自动增加。

( 4 ) 右击鼠标或按 Esc 键退出放置网络名称状态。

##### 3. 网络名称属性对话框

启动放置网络名称命令后，按 Tab 键打开 Net Label（网络名称属性）对话框。或者在放置网络名称完成后，双击网络名称打开网络名称属性对话框，参见图 3-19 所示。

网络名称属性对话框主要可以设置以下选项：

- Net（网络名称）：定义网络名称。
- Color（颜色设置）：单击 Color 选项，将弹出 Choose Color（选择颜色）对话框，可以选择用户喜欢的颜色。
- Location（坐标设置）：Location 选项中设置 X、Y 表明网络名称的水平和垂直坐标。
- Orientation（方向设置）：单击 Orientation 栏中的 0 degrees 下拉菜单可以选择网络名称的方向。也可以用空格键实现方向的调整，每按一次空格键，改变 90°。
- 字体设置：单击 Font 中的 Change 按钮，将弹出字体对话框，可以改变字体设置。

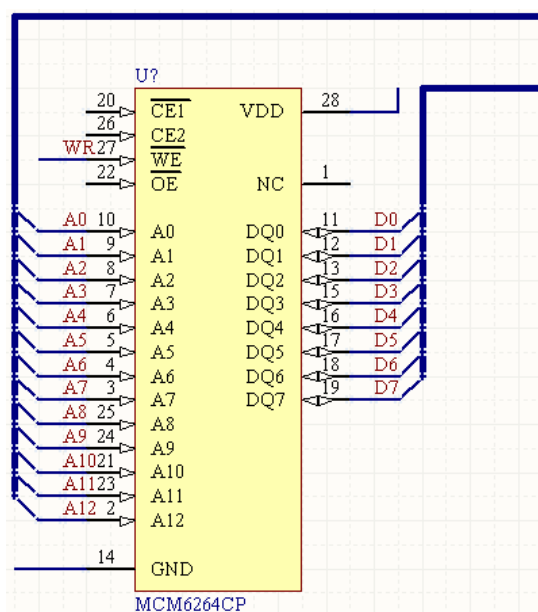


图 4-22 绘制完网络名称后的 6264 原理图

#### 4. 放置网络名称实例

在 6264 原理图中，主要放置 WR、数据总线（D0-D7）和地址总线（A0-12）的网络名称。首选取进入放置网络名称状态，按 Tab 键将弹出网络名称属性对话框，在网络名称栏中键入 D0，其它采用默认设置即可。移动鼠标到 MCM6264CP 的 D0 引脚，游标出现红色的 X 符号，单击鼠标，网络名称 D0 的设置完成了，依次移动鼠标到 D1-D7，会发现网络名称的末位数字自动增加。单击鼠标完成 D0-D7 的网络名称的放置。用同样的方法完成其它网络名称的放置，右击鼠标退出放置网络名称状态。完成放置网路标号后的 6264 原理图如图 4-22 所示。

#### 4.2.5 放置电源和接地符号

放置电源和接地符号一般不采用绘图工具栏中的放置电源和接地菜单命令。通常利用电源和接地符号工具栏完成电源和接地符号的放置。下面首先介绍电源和接地符号工具栏，然后比较性的介绍绘图工具栏中的电源和接地菜单命令。


##### 1. 电源和接地符号工具栏

执行主菜单命令 View/Tool bars，选择 Power Objects 选项，打开电源和接地符号工具栏，如图 3-13 所示。

在电源和接地工具栏中，单击图 3-13 中的电源和接地图标按钮，可以得到相应的电源和接地符号，非常方便易用。

##### 2. 放置电源和接地符号

放置电源和接地符号主要有两种方法：

- 单击绘制电路图工具栏中的  图示。
- 执行主菜单命令 Place/Power port。

放置电源和接地符号的步骤如下：

（1）启动放置电源和接地符号后，光标变成十字形，同时一个电源和接地符号悬浮在游标上。按 Tab 键弹出 Power Port（电源和接地符号）属性对话框如图 4-23 所示。

- Color（颜色设置）：设置电源和接地符号的颜色。
- Orientation（方向设置）：设置电源的和接地符号的方向，从下拉菜单中选择所需要的方向，有 0 Degrees、90 Degrees、180 Degrees、270 Degrees。方向的设置可以通过在放置电源和接地符号时按空格键实现，每按一次空格键就变化 90°。
- Location（定位设置）：可以定位 X、Y 的坐标，一般采用默认设置即可。
- Style（电源类型）：单击电源类型的下拉菜单按钮，出现七种不同的电源类型如图 4-23 所示。和电源与接地工具栏中的图示存在一一对应的关系。读者不妨自己试试看一下相互的对应关系。

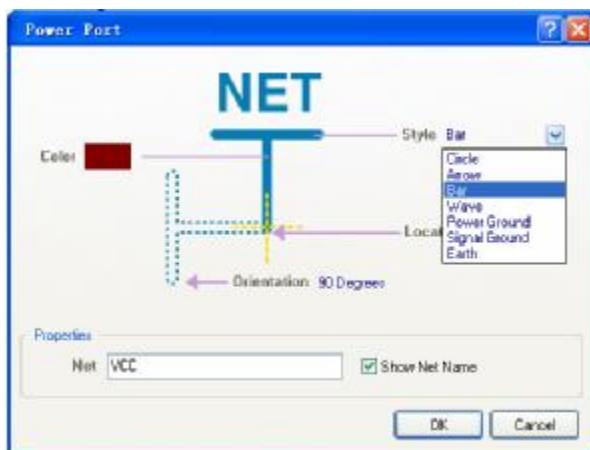


图 4-23 电源和接地符号对话框

● Properties（属性设置）：在网络名称中键入所需要的名字，比如 GND、VCC 等


（2）在适合的位置单击鼠标或按 Enter 键，放置电源和接地符号。

（3）右击鼠标退出电源和接地放置状态。

### 3. 放置电源与接地符号实例

在 6264 原理图中，主要有 GND 与电源地的连接和 VDD 与电源（VCC）的连接。利用电源与接地符号工具栏和绘图工具栏中放置电源和接地符号的命令分别完成电源和接地符号的放置，并试比较两者优劣。

### 4. 利用电源和接地符号工具栏绘制电源和接地符号

单击电源和接地符号工具栏的 VCC 图标 ，光标变成十字形，同时有 VCC 图标悬浮在游标上，移动游标到合适的位置，单击鼠标，完成 VCC 图标的放置。接地符号的放置与电源符号的放置完全相同，不再叙述。但是每次只能放置一个电源符号，不能连续放置。

### 5. 利用绘图工具栏的放置电源和接地符号菜单

单击绘图工具栏的放置电源和接地符号按钮，光标变成十字形，同时一个电源图示悬浮在游标上，其图示与上一次设置的电源或接地图示相同。按下 Tab 键，在图 4-25 的 Net 栏键入 VCC 作为网路标号，同时 Style 栏选中 Bar，其它采用默认设置即要，单击鼠标，VCC 图标就出现在原理图上。此时系统仍处于放置电源和接地符号状态，可以移动鼠标到合适的位置继续放置电源和接地符号。右击鼠标退出放置电源和接地状态。完成放置电源和接地符号后的 6264 原理图，如图 4-24 所示。

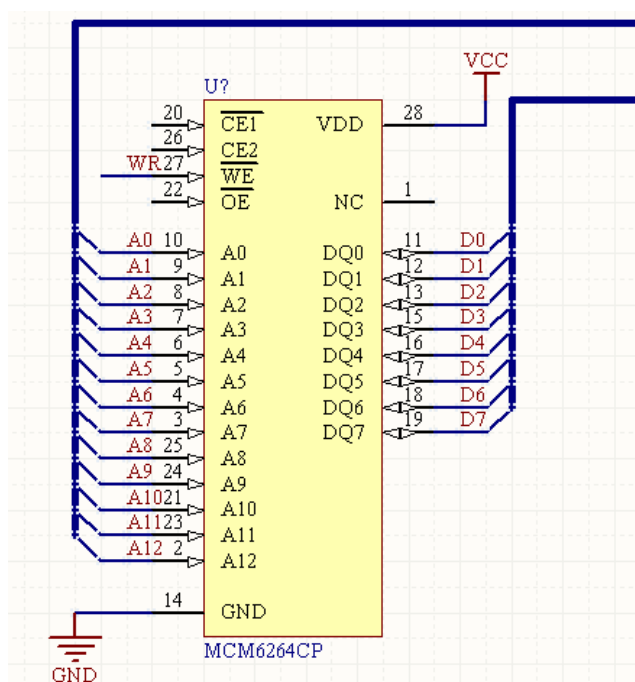


图 4-24 绘制完电源和接地符号后的 6264 原理图


## 4.2.6 放置组件

在前面已经介绍过利用组件库管理器放置组件，非常简单实用，一般都采用这种方法放置组件。如果用户对 Protel 的组件库非常熟悉的情况下可以利用下面的介绍的利用菜单命令放置组件的方法。

### 1. 启动放置组件命令

启动放置组件命令有两种方式：

● 执行菜单命令 Place/Part。

- 单击画电路图工具栏中的  图标，弹出 Place Part （放置组件）对话框如图 4-25 所示。

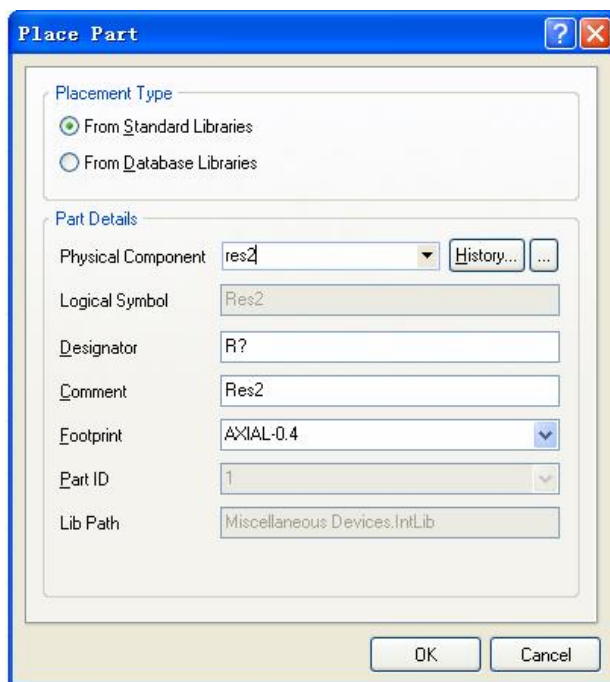



图 4-25 放置组件对话框

## 2. 加载组件所属的组件库

首先知道组件在 Protel 库中的名称，并且知道组件对应的组件库。在 Lib Ref 一栏中键入组件在 Protel 库中的名称，在 Designator 文本框中键入想设置的组件在电路原理图的序号。在 Footprint 文本框中键入组件的封装，如 AXIAL-0.3。如果想设置更多的档，可以单击 Lib Ref 栏的右边按钮 ，将弹出如图 4-26 所示的浏览组件库对话框。

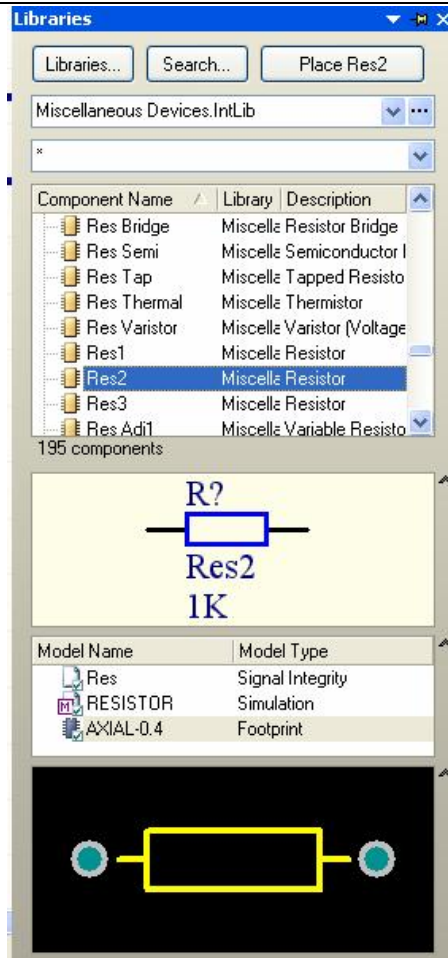

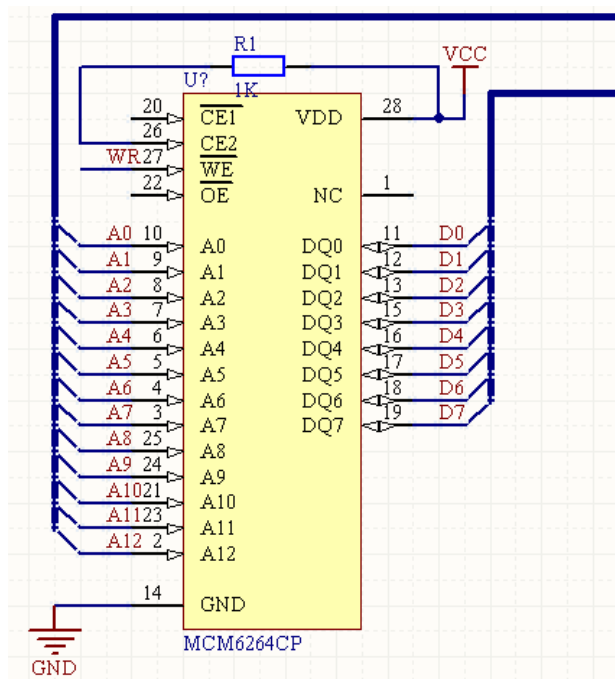


图 4-26 浏览组件库对话框

单击 Find 按钮将弹出 Search Results 对话框，按照前面叙述的方法去搜索组件。单击  按钮，在弹出的添加删除库对话框中单击 Libraries 一栏下拉按钮可以看到当前项目中所使用的组件库。



在图 4-25 的 Lib Ref 栏键入了组件库样本名和 Designator 文本框中键入组件序号以后，单击 OK 按钮，光标变成十字形，同时电阻悬浮在游标上。按 Tab 键编辑组件属性，移动游标到合适的位置单击鼠标，将组件定位。

### 3. 放置组件实例

在 6264 原理图中放置电阻 R1 实现上拉 CE2 管脚。首先按照 4.1.2 节添加组件库中介绍的方法加载杂件库，然后在 Lib Ref 一栏中键入 Res2，在 Designator 一栏中键入电阻在电路原理图中的序号 R1。在 Footprint 一栏中键入组件的封装，如 AXIAL-0.3。单击 OK 按钮，光标变成十字形，电阻 R1 悬浮在游标上，移动光标到原理图合适位置，单击鼠标完成电阻 R1 的放置。双击鼠标右键退出放置组件状态。同时绘制电阻 R1 与 MCM6264CP 的 CE 和电源 VCC 的导线，完成后的 6264 原理图如图 4-27 所示。

### 4.2.7 制作电路的 I/O 口

在设计电路原理图时，一个网络与另一个网络的电气连接有三种形式：

- 可以通过实际导线连接。
- 以通过相同的网络名称实现两个网络之间的电气连接。图 4-27 放置电阻后的 6264 原理图
- 相同网络名称的输入、输出埠（I/O 口），也认为在电气意义上是连接的，输入输出端口是层次原理图设计中不可缺少的组件。

#### 1. 启动制作输入输出埠命令

启动制人和输入输出埠命令主要有两种方法：

- 单击画电路图工具栏 图示。
- 执行主菜单命令 Place/Port。

#### 2. 制作输入输出埠

制作输入输出埠的步骤如下：

- （1）启动制作输入输出端口命令后，光标变成十字形，同时一个输入输出端口图示悬浮在游标上。
- （2）移动光标到原理图的合适位置，在游标与导线相交处会出现红色的 X，表明实现了电气连接。单击鼠标即可定位输入输出埠的一端，移动鼠标使输入输出端口大小合适，单击鼠标完成一个输入输出埠的放置。
- （3）右击鼠标退出制作输入输出埠状态。

#### 3. 输入输出端口属性设置

在制作输入输出埠状态下，按 Tab 键，或者在退出制作输入输出埠状态后，双击制作的输入输出端口符号，将弹出 Port Properties（输入输出端口属性设置）对话框，如图 4-28 所示。

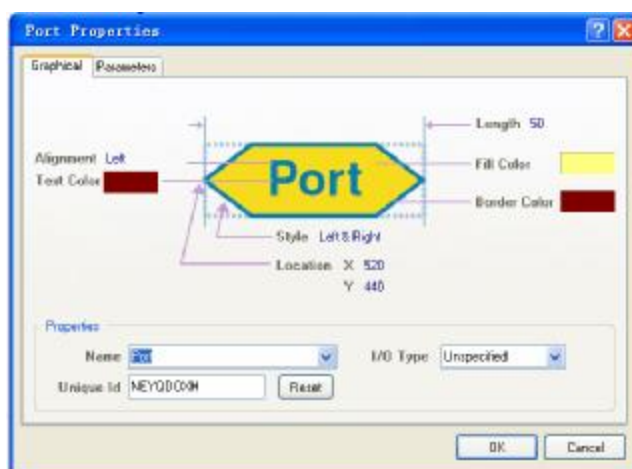


图 4-28 输入输出端口属性设置对话框

输入输出端口属性对话框主要包括如下属性设置:

- **Alignment** : 用于设置输入输出端口名称在端口符号中的位置, 可以设置 **Left**、**Right** 和 **Center** 三种。
- **Text Color** : 用于设置端口内文字的颜色。
- **Style** : 用于设置埠的外形, 读者可以依次选择下拉菜单, 可以改变端口的外形, 默认的设置是 **Left&Right** 。
- **Location** : 用于定位埠的水平和垂直坐标。
- **Length** : 用于设置埠的长度。
- **Fill Color** : 用于设置埠内的填充色。
- **Border Color** : 用于设置埠边框的颜色。
- **Name** 下拉列表: 用于定义埠的名称, 具有相同名称的 I/O 埠在电气意义上是连接在一起的。
- **I/O Type** 下拉列表: 用于设置埠的电气特性。埠的类型设置有: 未确定类型 ( **Unspecified** )、输出埠类型 ( **Output** )、输入埠类型 ( **Input** )、双向埠类型 ( **Bi directional** ) 四种。

#### 4. 制作输入输出端口实例


启动制作输入输出端口命令后, 光标变成十字形, 同时输入输出端口图示悬浮在游标上。移动游标到 6264 原理图数据总线的终点, 单击鼠标确定输入输出端口的一端, 移动游标到输入输出端口大小合适的位置单击鼠标确认。右击鼠标退出制作输入输出埠状态。此处图示里的内容是上一次制作输入输出埠时的内容。双击制作的输入输出端口图示, 弹出输入输出端口属性对话框。在 **Name** 一栏键入 **D[0-7]**, 其它采用默认设置即可。地址总线的输入输出端口设置不在叙述, 制作输入输出埠后的 6264 原理图如图 4-16 所示。

#### 4.2.8 放置电路节点

线路节点是用来表示两条导线交叉处是否连接的状态。如果没有节点, 表示两条导线在电气上是不相通的, 有节点则认为两条导线在电气意义上连接的。

##### 1. 启动放置电路节点命令

启动放置电路节点命令有两种方式:

- 执行主菜单命令 **Place./Junction** 。
- 单击画电路图工具栏中的  图示。

##### 2. 放置电路节点

启动放置电路节点命令后, 光标变成十字形, 并且游标上有一个红色的圆点。移动光标在原理图的合适位置单击鼠标完成一个节点的放置。右击鼠标退出放置节点状态。

Altium Designer 6.0 提供了两种放置节点的方法:

- 在联机的交叉处自动加入节点, 如图 4-29 所示。

一般在布线时都是使用自动加入节点的方法, 免去手动放置节点的麻烦, 自动加入节点的命令可以通过下面的步骤完成:

- ( 1 ) 在图纸上右击鼠标, 在弹出的菜单中选择 **Preferences** 命令。
- ( 2 ) 在弹出的 **Preferences** 对话框的 **Options** 区域中选中 **Auto Junction** 复选项, 系统会在联机的交叉处自动加入节点。

启用自动放置节点功能时, 如果在并不需要节点的地方放置了节点, 就需要删除多余的节点, 删除节点只需要用鼠标单击该节点, 此时节点周围出现虚框, 然后按 **Delete** 键即可。

- 在联机的交叉处不自动加入节点, 如图 4-30 所示。

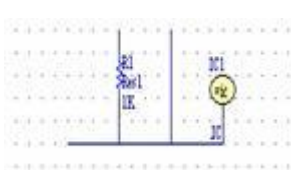


图 4-29 自动加入节点

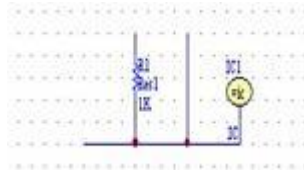


图 4-30 不自动加入节点

如果选用在联机的交叉处不自动加入节点，即不选中 Option 区域中的 Auto Junction 复选项，这样在联机的交叉处就需要手动放置节点。

### 3. 节点属性对话框

在放置电路节点状态下，单击 Tab 键，弹出 Junction（节点属性）对话框如图 4-31 所示，或者在退出放置节点状态后，双击节点打开节点属性对话框。可以改变节点的颜色和大小，单击 Color 选项可以改变节点的颜色，在 Size 下拉菜单中设置节点的大小，Location 一般采用默认的设置，如果选定 Locked 锁定属性，当在 Auto-Junction 状态下所画导线经过已存在的线路节点时，Altium Designer 6.0 会认为不该有此节点，而将该节点删除，所以一般采用默认设置，设置 Locked 选项无效。

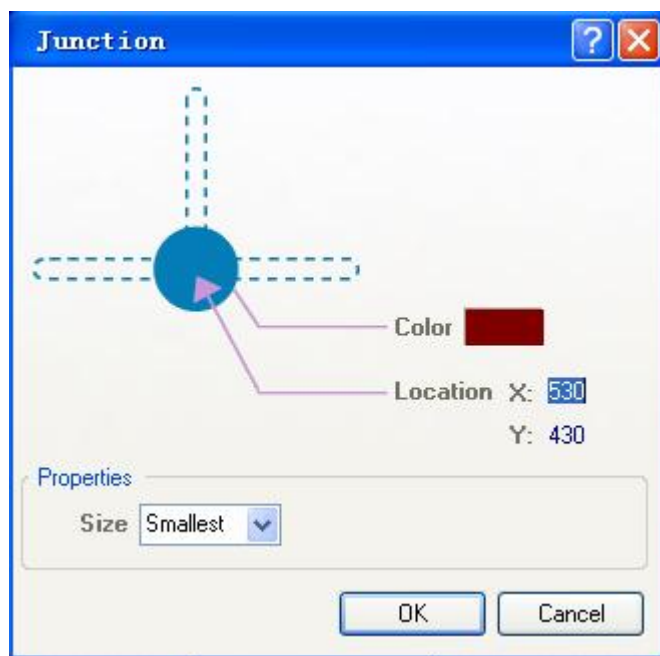


图 4-31 节点属性对话框

#### 4.2.9 放置忽略 ERC 测试点

放置忽略 ERC 测试点的主要目的是让系统在进行电气规则检查（ERC）时，忽略对某些节点的检查。例如系统默认输入型引脚必须连接，但实际上某些输入型引脚不连接也是常事，如果不放置忽略 ERC 测试点，那么系统在编译时就会生成错误信息，并在引脚上放置错误标记。

##### 1. 启动放置忽略 ERC 测试点命令

启动放置忽略 ERC 测试点命令，主要有两种方法：

- 单击绘制电路图工具栏中的 图示。
- 执行主菜单命令 Place/Directives/NO ERC。

##### 2. 放置忽略 ERC 测试点的步骤



启动放置忽略 ERC 测试点命令后，光标变成十字形，并且在游标上悬浮一个红叉，将游标移动到需要放置 NO ERC 的节点上，单击鼠标完成一个忽略 ERC 测试点的放置。右击鼠标退出放置忽略 ERC 测试点状态。

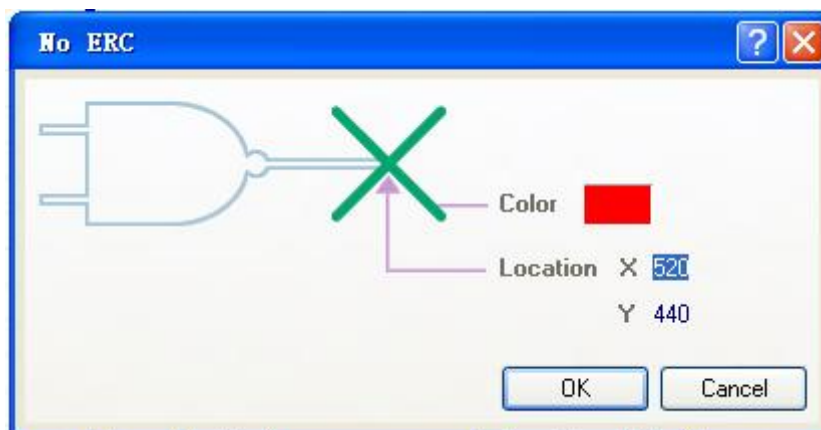


图 4-32 NO ERC 属性设置对话框

### 3 . NO ERC 属性设置

在放置 NO ERC 状态下按 Tab 键，弹出 NO ERC 属性设置对话框，如图 4-32 所示。主要设置 NO ERC 的颜色和坐标位置设置，采用默认设置即可。

图

#### 4.2.10 放置 PCB 布线指示

Altium Designer 6.0 允许设计者在原理图设计阶段来规划指定网络的铜膜宽度、过孔直径、布线策略、布线优先权和布线板层属性。如果用户在原理图中对某些特殊要求的网络设置 PCB 布线指示，在创建 PCB 的过程中就会自动在 PCB 中引入这些设计规则。

要使在原理图中标记的网络布线规则信息能够传递到 PCB 文档，在进行 PCB 设计时应使用设计同步器来传递参数。若使用原理图创建的网络表，所有在原理图上的标记信息将丢失。

1 . 启动放置 PCB 布线命令，主要有两种方法：

- 单击绘制电路图工具栏 图示。
- 执行主菜单命令 Place/Directives/PCB Layout 。

2 . 放置 PCB 布线批示的步骤

启动放置 PCB 布线批示命令后，光标变成十字形， PCB Rule 图标悬浮在游标上，将游标移动到放置 PCB 布线指示的位置，单击鼠标，完成 PCB 布线指示的放置。右击鼠标，退出 PCB 布线指示状态。

3 . PCB 布线指示属性设置

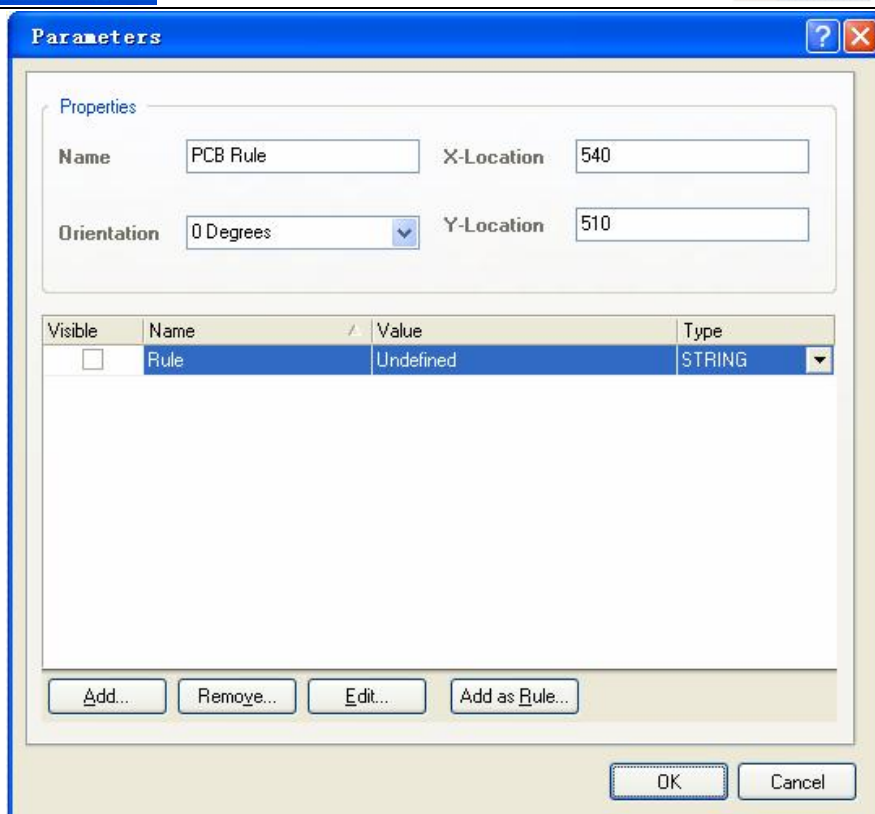


图 4-33 Parameters 属性设置对话框

在放置 PCB 布线指示状态下，按 Tab 键弹出 Parameters 属性设置对话框，如图 4-33 所示。或者在已放置的 PCB 布线指示上双击鼠标。

#### ① Properties 选项区域

Properties 选项区域用于设置 PCB 布线指示的名称、放置位置和角度。其中 Name 栏用来设置 PCB 布线指示名称；X-Location 和 Y-Location 用来设置 PCB 布线指示的坐标，一般采用移动鼠标实现；Orientation 输入栏用来设置 PCB 布线指示的放置角度，可以按空格键实现。

#### ② 变量列表窗口

列出选中 PCB 布线指示所定义的变量及其属性。同时 Add...、Remove...、Edit... 和 Add as Rule... 按钮可以对当前定义的变量进行编辑。

### 4.3 原理图编辑

组件放置到工作平面（原理图图纸）后，利用画电路图工具完成原理图的绘制。但是绘制原理图中会涉及到组件位置的调整和组件的添加、删除等。

#### 4.3.1 组件的选取

##### 1. 最简单、最常用的组件选取方法

最简单、最常用的组件选取方法如下：

- **拖动鼠标法：**在原理图图纸的合适位置按住鼠标不放，光标变成十字形，移动鼠标到合适位置，直接在原理图图纸上拖出一个矩形框，框内的组件（包括导线等）就全部被选中，在拖动过程中，千万不可将鼠标松开。在原理图上判断组件是否被选取的标准是被选取的组件周围有绿色的边框。

- **使用 Shift 键：**按住 Shift 不放，单击想选取的组件，选取完毕，释放 Shift 键。

##### 2. 主工具栏中的选取工具

执行主菜单命令 View/Toolbars 选中 Schematic Standard, 在原理图图纸上出现主工具栏, 如图 4-34 所示, 一般默认设置时主工具栏已显示在工具栏中。

在主工具栏中涉及到组件的选取。分别为区域选取工具、取消选取工具和移动被选取组件工具, 如图 4-34 所示。一般默认设置时主工具栏已显示在工具栏中。



图 4-34 主工具栏

在工具栏中有三个图标涉及到组件的选取。分别为区域选取工具、取消选取工具和移动被选取组件工具, 如图 4-34 所示。

- 区域选取工具: 区域选取工具的功能是选中区域里的组件。单击区域选取工具图标后, 光标变成十字形, 在图纸的合适位置单击鼠标左键, 确认区域的起点, 移动游标到合适位置单击鼠标形成矩形框。与拖动鼠标法惟一不同的是不需要一直按着鼠标不放。
- 取消选取工具: 取消选取工具的功能是取消图纸上被选取的组件。单击取消选取工具图示。图纸上所有全部被选取的组件取消被选取状态, 组件周围的绿色边框消失。
- 移动被选取组件工具: 移动被选取工具的功能是移动图纸上被选取的组件。单击移动被选取组件工具图标后, 光标变成十字形, 单击被选中的区域, 图纸上被移动区域的所有组件都随游标一起移动。

### 3. 菜单的选取命令

执行主菜单命令 Edit/Select, 如图 4-35 所示, 其各项分别介绍如下:



图 4-35 菜单中的组件选取命令

- Inside Area( 区域选取命令 ): 与主工具栏里的区域选取命令功能相同。
- Outside Area( 区域外选取命令 ): 选取区域外的组件, 功能与区域选取命令功能相反。

执行 Outside Area 命令后, 光标变成十字形, 移动光标在原理图上形成一个矩形框, 则框外的组件被选中。

All( 选取所有 ): 选取当前打开的原理图的所有组件。

Connection( 选取联机 ): 选定某导线, 则原理图上所有与该导线相连的导线都被选中。具体方法是执行 Connection 命令后, 光标变成十字形, 在某个导线上单击鼠标, 则与该导线相连的导线被选中, 选中的导线周围有绿色的边框。

**Toggle Selection( 切换选取 )**：执行命令 **Toggle Selection** 后，光标变成十字形，在某个组件上单击鼠标，如果组件已处于选取状态，则组件的选取状态被取消，如果组件没被选取，则执行该命令后，组件被选取。

#### 4. 菜单中的取消组件命令

执行主菜单命令 **Edit/Deselect**，弹出以下五个选项，分别介绍如下：

- **Inside Area( 取消区域选取命令 )**：取消区域内组件的选取状态。
- **Outside Area( 取消区域外选取命令 )**：取消区域外组件的选取状态。
- **All On Current Document( 取消当前文档选取 )**：取消当前文文件中所选取的一切组件。
- **All Open Document( 取消打开文档选取 )**：取消当前项目打开的文档中所选取的一切组件。
- **Toggle Selection( 切换选取 )**：与组件选取命令中的 **Toggle Selection** 命令功能相同。

#### 4.3.2 组件的移动

组件放置到原理图上，有时需要对组件的位置进行调整，组件的移动包括将组件移动到合适的位置和将组件旋转成合适的方向。

移动组件的方法主要有两种：鼠标移动法和菜单命令移动法。最简单和常用的方法就是鼠标移动法，其中单个组件的移动和多个组件的移动略有不同。

##### 1. 鼠标移动法：

###### 单个组件的移动

单个组件的移动等同于菜单命令中的 **Move** 命令。单个组件的移动方法非常简单，首先在原理图上选取组件，按住鼠标左键不放，移动游标到合适位置释放即可。如果需要改变组件的方向，可以在按住鼠标左键不放时，按空格键就可以改变组件的方向。

###### 多个组件的移动

有时一组组件的相对位置已经调整好，但是与其它组件的位置需要调整，此时就涉及到多个组件的移动。多个组件移动的步骤如下：

按照 4.3.1 节介绍的方法选取要移动的一组组件，具体操作步骤如下：

先按下 **Ctrl** 不放，然后单击选取的组件，拖动鼠标就可以实现选取的组件和选取组件相连的导线（导线没有被选取）跟随游标一起移动，将游标移动到合适位置，单击鼠标确认即完成组件的拖动。同样按空格键实现一组组件的方向改变。

###### 单个组件的拖动：

单个组件的拖动等同于菜单中的 **Drag** 命令，具体操作步骤如下：

- （1）按照 4.3.1 节介绍的方法选取要移动的单个组件。
- （2）先按下 **Ctrl** 键不放，然后单击选取的组件，拖动鼠标就可以实现选取的组件和选取组件相连的导线（导线没有被选取）跟随游标一起移动，将组件移动到合适位置，单击鼠标确认即完成组件的拖动。

##### 2. 菜单移动法

菜单命令移动法是执行主菜单命令 **Edit/Move**，弹出 **Drag( 拖动命令 )**、**Move ( 移动命令 )**、**Move Selection ( 选定组件移动 )**、**Drag Selection ( 选定组件拖动 )**、**Move To Front ( 移动上层组件 )**、**Bring To Front ( 移动组件到重选组件的上层 )**、**Send To Back ( 移动组件到重选组件的下层 )**、**Bring To Front Of ( 移动组件到组件的上层 )**、**Send To Back Of ( 移动组件到组件的下层 )** 命令。

#### 4.3.3 组件的剪贴

组件的剪贴包括复制、剪切、粘贴切操作，这些操作是通过操作系统的剪贴板实现资源共享。

- 使用菜单命令实现组件的剪贴

执行主菜单命令 Edit，如图 4-36 所示，其主要常用命令如下：

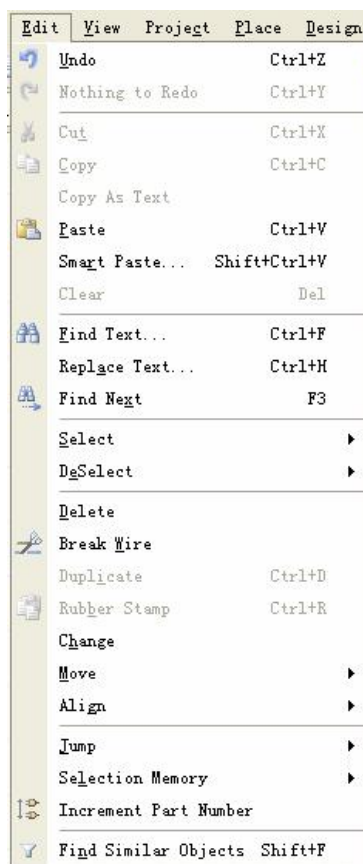


图 4-36 菜单中剪贴命令

- Cut 命令：将选取的组件移入剪贴板，电路图上被选取的组件被删除。
- Copy 命令：将选取的组件作为副本，放在剪贴板中。
- Paste 命令：将剪贴板的内容作为副本，放入原理图中。
- Duplicate 命令：复制所选取的组件。具体操作步骤为首先选取需要复制的组件，然后执行命令 Duplicate，复制的组件显示在被选取的组件的旁边。同时复制的组件处于选取状态而源选取组件则取消选取状态，拖动复制的组件到合适的位置即可。
- Rubber Stamp 命令：用于复制一个或多个被选取的组件，与 Copy 命令不同的是可以多次实现粘贴。主要操作步骤为首先选取用户希望复制的组件，然后执行菜单命令，光标变成十字形，单击选取的组件，则选取的单个或多个组件悬浮在游标上，移动游标到合适的位置，单击鼠标或按 Enter 键，确认即可，此时游标仍然为十字形，选取的单个或多个组件仍悬在游标上，可以实现多次复制，这是与 Copy 命令最大的不同此处，Copy 命令仅能粘贴一次。右击鼠标退出 Rubber Stamp 命令状态。

## 2. 使用工具栏命令图示

在主工具栏中有相应的组件剪贴命令图标，如图 4-37 所示。



图 4-37 主工具栏的剪贴按钮

## 3. 组件的删除

组件的删除方法如下：

- 组件删除的快捷方式：组件的删除可以通过按 **Delect** 键实现。首先选取要删除的组件，按 **Delect** 键就可以删除选取的组件。
- 在 **Edit** 菜单命令中还有两个删除命令，即 **Delect** 和 **Clear** 命令。
- **Delect** 命令：**Delect** 命令的功能是删除组件，执行菜单命令后，光标变成十字形，将游标移动到所要删除的组件上，单击鼠标即可删除组件。
- **Clear** 命令：**Clear** 命令的功能是删除已选取的组件。执行 **Clear** 命令之前不需要选取要删除的组件。执行 **Clear** 命令后，选取的组件立即被删除。

#### 4.3.4 组件的排列和对齐

执行主菜单命令 **Edit/Align**，弹出如下组件排列和对齐的菜单命令，其各项叙述如下：

- **Align Left**：将选取的组件向最左边的组件对齐。
- **Align Right**：将选取的组件向最右边的组件对齐。
- **Center Horizontal**：将选取的组件向最左边组件和最右边组件的中间位置对齐。
- **Distribute Horizontally**：将选取的组件在最左边组件和最右边组件之间等距离放置。
- **Align Top**：将选取的组件向最上面的组件对齐。
- **Align Bottom**：将选取的组件向最下面的组件对齐。
- **Center Vertical**：将选取的组件向最上面组件和最下面组件的中间位置对齐。
- **Distribute Vertically**：将选取的组件在最上面组件和最下面组件之间等距离放置。

执行菜单命令 **Align**，将弹出 **Align Objects**（组件对齐）设置对话框，如图 4-38 所示。组件对齐设置对话框主要包括三部分。

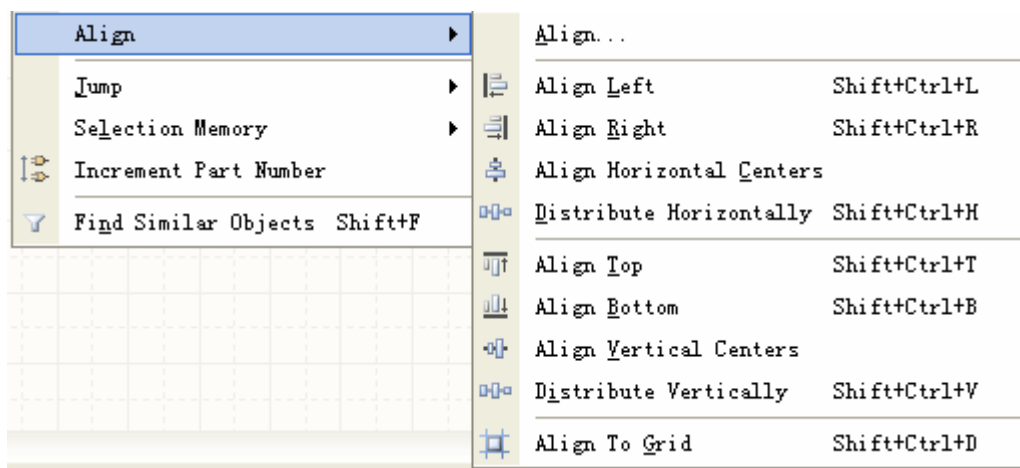


图 4-38 组件对齐设置对话框

**Horizontal Alignment**（水平对齐）选项区域包括下面几种设置：

- **No Change**：保持原状。
- **Left**：等同于 **Align Left** 命令。
- **Centre**：等同于 **Center Horizontal** 命令。
- **bottom**：等同于 **Align Bottom** 命令。
- **Distribute Equally**：等同于 **Distribute horizontally** 命令。

Vertical Alignment（垂直对齐）选项区域与 Horizontal Alignment（水平对齐）选项区域设置基本相同，这里不再赘述。

Move primitives to grid 单选项用于设定组件对齐时，是否将组件移动到格点上。

#### 4.3.5 数组式粘贴

数组式粘贴一次可以按指定间距将同一个组件重复粘贴到图纸上。

##### 1. 启动数组式粘贴

启动数组式粘贴有如下两种方法：

- 执行菜单命令 View/Toolbars/Drawing，打开画图工具栏，单击画图工具栏中的按钮，将弹出 Setup Paste Array（数组式粘贴）对话框，如图 4-39 所示。

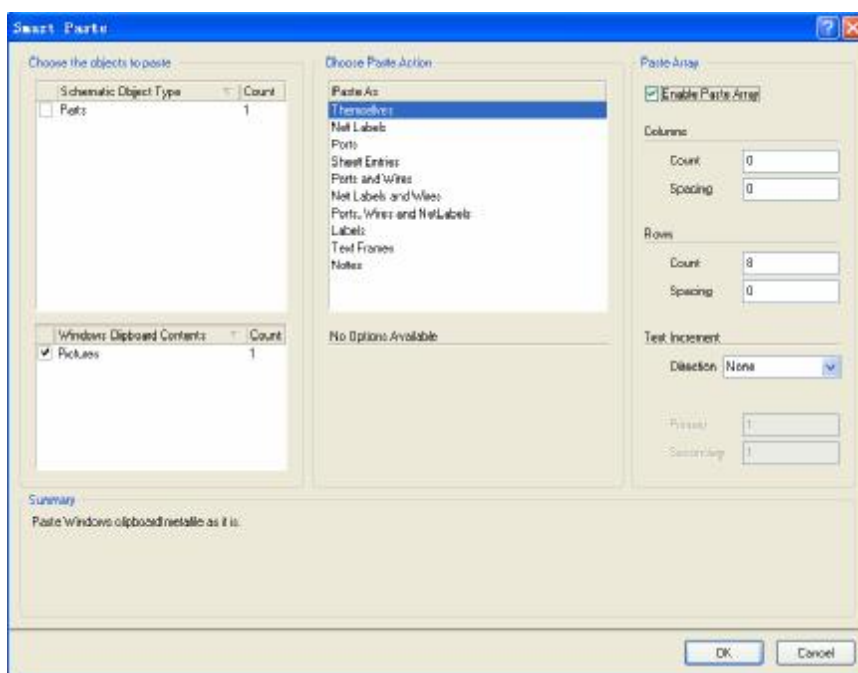


图 4-39 数组式粘贴对话框

- 执行主菜单命令 Edit/Paste Array，也将弹出数组式粘贴对话框。

##### 2. 数组式粘贴对话框的设置

数组式粘贴对话框的设置如下：

- Placement Variables 选项区域的设置：Item Count 用于设置所要粘贴的组件个数；TextIncrement 用于设置所要粘贴的组件序号的增量值，例如设置增量值为 1，如果剪贴板上组件的序号为 R1，则重复放置的组件，序号依次为 R2、R3。

- Spacing 选项区域的设置：Horizontal 用于设置所要粘贴的组件间的水平间距；Vertical 用于设置所要粘贴的组件的垂直间距。

##### 3. 数组式粘贴具体操作步骤

数组式粘贴具体操作步骤如下：

- （1）每次使用数组式粘贴前，必须通过复制和粘贴命令将选取的组件剪贴在原理图上。
- （2）执行数组式粘贴命令，设置数组式粘贴对话框，可以实现选定组件的数组式粘贴。

#### 4.3.6 撤销和恢复命令

##### 1. 撤销命令

执行撤销命令有如下两种方法:

- 执行菜单命令 Edit/Undo，撤销最后一步操作，恢复到最后一步操作之前的状态，如果想恢复多步操作，只需多次执行该命令即可。
- 利用主工具栏的撤销命令按钮，如图 4-40 所示。

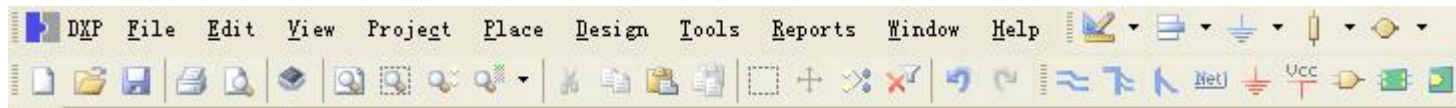


图 4-40 主工具栏中的撤销和恢复按钮

## 2. 恢复命令

恢复命令方法如下:

- 执行主菜单 Edit/Redo 命令，恢复到撤销前的状态，如果想恢复多步操作，只需多次执行该命令即可。
- 单击主工具栏的恢复命令按钮，恢复到撤销前的状态。

### 4.4 多个对象的选择和编辑

PCB 设计是捕捉原理图逻辑设计的过程，然后在 PCB 设计中将原理图设计中的逻辑块分成都市系列的组件。即使对很小的逻辑电路块来说，原理图中也包括很多组件，每个组件都有很多参数设置。为了在电路设计过程中可以对逻辑块电路的属性进行修改以满足设计要求，Altium Designer 6.0 提供一个新的数据编辑系统去查找、选择、修改多个对象。

多个对象的编辑可以有多种方法，主要的方法是通过 Navigator 面板和 Find Similar Objects 对话框实现。

#### 4.4.1 Navigator 面板

多个对象编辑中最简便的方法当属利用 Navigator 面板来实现。利用 Navigator 面板可以浏览组件、网络、引脚等。首先打开任意一张电路原理图文件，单击原理图编辑器下方的 Navigator 按钮，将弹出 Navigator 面板如图 4-41 所示。单击 Analyse 按钮，可以在原理图文件名区域、组件名区域、管脚名区域显示当前打开的原理图上的相应信息。可以在组件名区域选择多个对象，则多个对象会在原理图上以高亮显示，实现对多个对象的编辑。

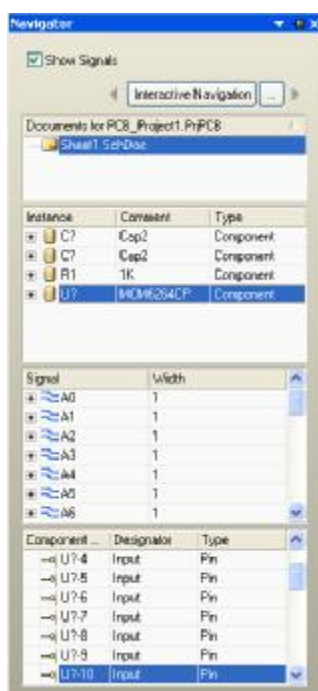


图 4-41 Navigator 面板



#### 4.4.2 Find Similar Objects 对话框

使用 Find Similar Objects 对话框可以设置查找相似对象的条件，同时所有符合条件的对象将以高亮显示的模式显示在原理图编辑窗口上。可以对多个对象同时进行编辑。

以图 4-42 为例，打开 Find Similar Objects 对话框可以采取以下步骤：将游标指向一个对象例如电路 C1，右击鼠标，在弹出的快捷菜单中选择 Find Similar Objects 选项，将弹出 Find Similar Objects 对话框，如图 4-43 所示。

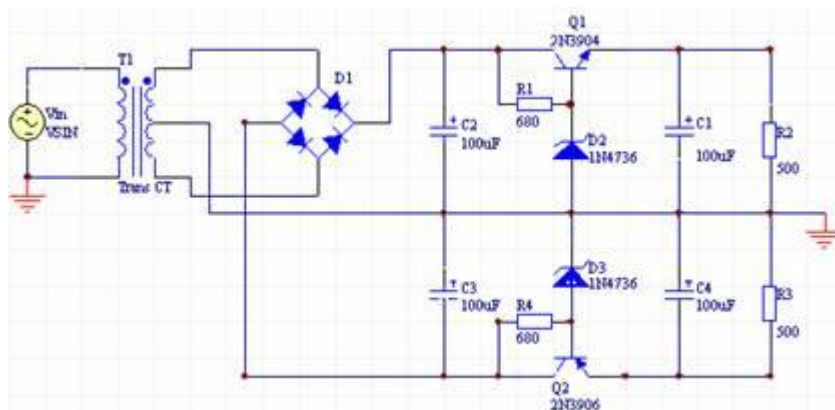


图 4-42 电源电路

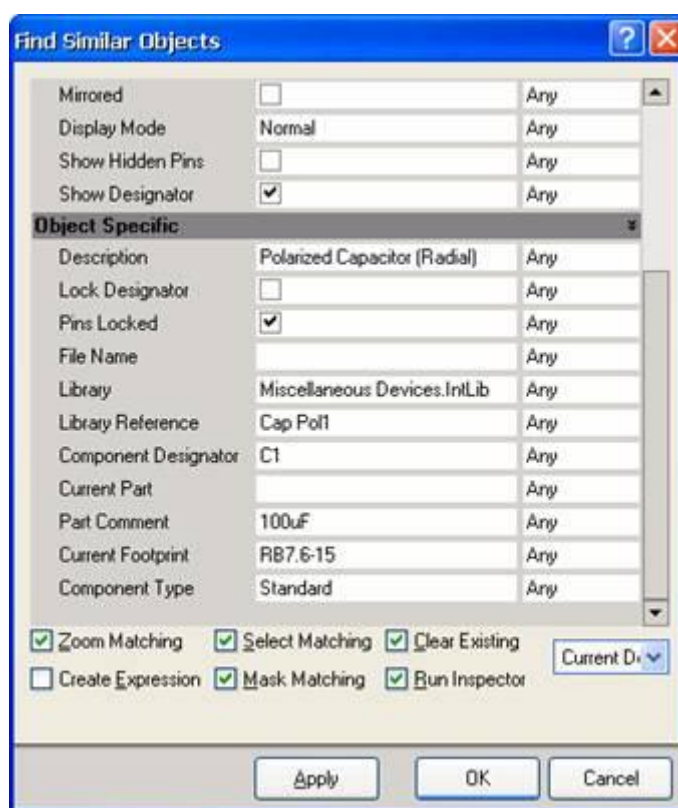


图 4-43 Find Similar Objects 对话框

下面 find Similar Objects 对话框中各个区域设置的含义。

- Kind 选项区域：可以显示当前对象的类别（组件、导线、引脚等）。单击右边的选择下拉列表显示 Same（相同）、Different（不同）、Any（任意）三种。表示所要搜索的对象类别和当前对象的关系。
- Design 选项区域：显示文件设计信息，例如文件名。

- **Graphical** 选项区域: 可以设置对象的图形参数, 例如位置( X1 、 Y1 )、旋转角度( Orientation )、镜像( Mirrored )、显示被隐藏的引脚 ( Show Hidden Pins )。同样在每个选项的右边选择下拉列表设置图形参数作为搜索条件。
- **Object Specific** 选项区域: 设置对象的详细参数例如 Description (对象描述)、 Lock Designator (锁定组件标识)、 Pins Locked (锁定引脚) 等。
- **Zoom Matching** 复选项: 用于设置是否将条件相匹配的对象以最大显示模式显示在原理图编辑窗口上。
- **Select Matching** 复选项: 用于设置是否将符合条件的对象选中。
- **Clear Existing** 复选项: 用于设置是否清除已存在的过滤条件。
- **Create Expression** 复选项: 用于设置是否自动创建一个表达式。
- **Mask Matching** 复选项: 用于设置是否在显示条件相匹配的对象的同时, 屏蔽其它对象。
- **Current Document** 下拉按钮: 可以用于设置 Current Document (当前文档)、 Open Documents (所有打开文档)。

#### 4.4.3 选中多个物件

以图 4-42 为例, 对与电容 C1 相匹配的多个对象进行选择 and 编辑。对 Find Similar Objects 对话框采用如图 4-44 所示设置以搜索与电容 C1 相匹配的对象。选中 Zoom Matching 、 Select Matching 、 Clear Existing 、 Mask Matching 复选项、其它采用默认设置。

单击 OK 按钮, 关闭 Find Similar Objects 对话框, 电容 C1 、 C2 、 C3 、 C4 高亮显示在原理图图纸上。

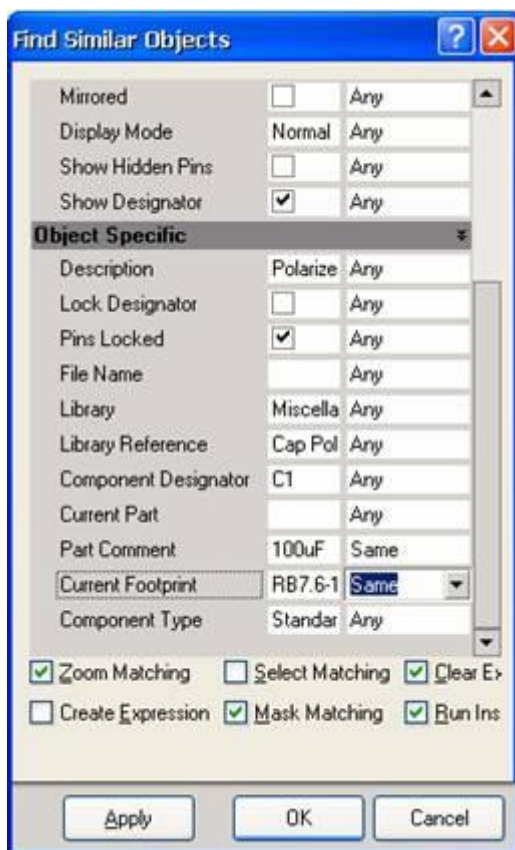


图 4-44 搜索与电容 C1 相匹配组件的设置

#### 4.4.4 多个对象的编辑举例

##### 1. 更改多个对象的封装

在原理图上选定多个对象后, 最方便的编辑多个对象的方法就是打开 Inspector 面板。按 F11 键将弹出 Inspector 面板, 如图 4-45 所示。改变所需要的值, 例如将封装改为 AXIAL-0.3 , 按 Enter 键将选中的四个电容封装统一编辑。

关闭 “ Inspector ” 面板，单击原理图下方的 Clear 按钮，取消组件选中状态。

## 2. 更改接地类型

首先在原理图编辑窗口上单击电源地符号，将弹出 Find Similar Objects 对话框，设置 Text 按钮的下拉列表为 Same，单击 OK 按钮，完成 Find Similar Objects 对话框的设置。

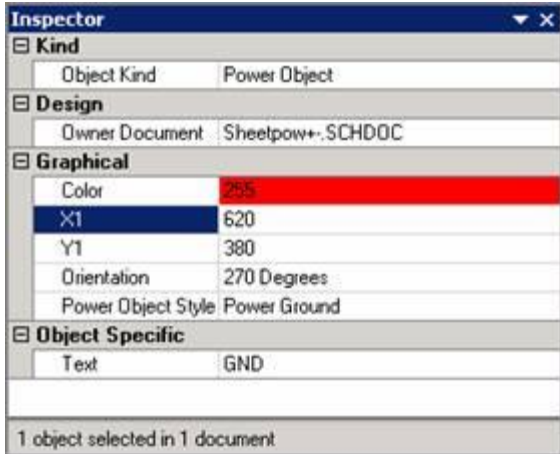


图 4-45 Inspector 面板

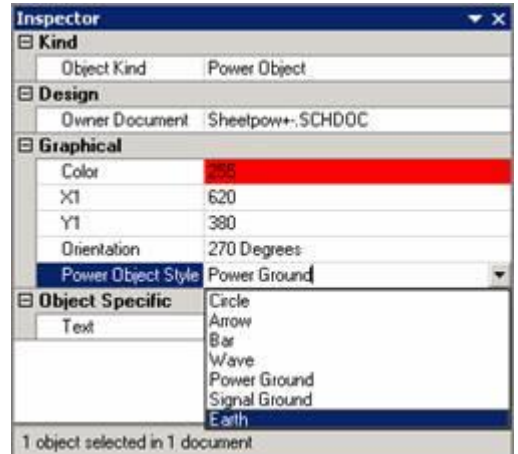


图 4-46 改变接地符号的 Inspector 面板

按 F11 键，将弹出 Inspector 面板，如图 4-46 所示。在 Power Object Style 的下拉列表中选择接地符号的类型，就可以对当前打开文档中的所有接地符号全部修改。

## 3. 改变原理图中组件引脚的长度

首先在原理图编辑窗口上，在任意一个组件引脚上右击鼠标，在弹出的快捷菜单中选择 Find Similar Objects 选项，将弹出 Find Similar Objects 对话框。如图 4-47 所示设置组件引脚长度为 Same。单击 APPLY 按钮完成设置。同时原理图上所有的组件引脚高亮显示。

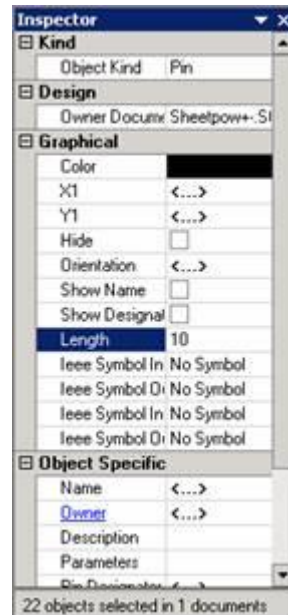


图 4-47 改变引脚长度的 Find Similar Objects 对话框 图 4-48 改变引脚长度的 Inspector 面板

按 F11 键弹出 Inspector 面板，如图 4-48 所示。在 Length 一栏键入相应的组件引脚长度，按 Enter 完成组件引脚长度的编辑，在原理图图纸上显示修改后的组件引脚。

## 小结

本章主要讲述了组件库管理、绘图工具的使用和原理图编辑，这些内容对完成原理图绘制非常重要。组件是原理图的基本组件，在 4.1 节中详细讲述了如何添加删除组件库和查找组件等。绘图工具的使用则是将组件紧密联系在一起，使各个组件之间具有电气意义上的连接。原理图编辑能够使原理图锦上添花，使原理图更加美观和便于视图。

## 第 5 章 PCB 电路设计

本章介绍印刷电路板（PCB 板）设计的一些基本概念，如电路板、导线、组件封装、多层板等，并介绍印刷电路板的设计方法和步骤。通过这一章的学习，使读者能够完整地掌握电路板设计的全部过程。

### 5.1 PCB 电路板的基本概念

#### 5.1.1

##### PCB 电路板的概念

在学习 PCB 电路板设计之前，首先要了解一些基本的概念，对 PCB 电路板有一些了解。

一般所谓的 PCB

电路板有 Single Layer PCB（单面板）、Double Layer PCB（双面板）。

四层板、多层板等。



单面板是一种单面敷铜，因此只能利用它敷了铜的一面设计电路导线和组件的焊接。

● 双面板是包括 Top（顶层）和 Bottom（底层）的双面都敷有铜的电路板，双面都可以布线焊接，中间为一层绝缘层，为常用的一种电路板。

● 如果在双面板的顶层和底层之间加上别的层，即构成了多层板，比如放置两个电源板层构成的四层板，这就是多层板。通常的 PCB 板，包括顶层、底层和中间层，层与层之间是绝缘层，用于隔离布线层。它的材料要求耐热性和绝缘性好。早期的电路板多使用电木为材料，而现在多使用玻璃纤维为主。

在 PCB 电路板布上铜膜导线后，还要在顶层和底层上印刷一层 Solder Mask（防焊层），它是一种特殊的化学物质，通常为绿色。该层不粘焊锡，防止在焊接时相邻焊接点的多余焊锡短路。防焊层将铜膜导线覆盖住，防铜膜过快在空气中氧化，但是在焊点处留出位置，并不覆盖焊点。

对于双面板或者多层板，防焊层分为顶面防焊层和底面防焊层两种。

电路板制作最后阶段，一般要在防焊层之上印上一些文字元号，比如组件名称、组件符号、组件管脚和版权等，方便以后的电路焊接和查错等。这一层为

Silkscreen Overlay（丝印层）。多层板的防焊层分 Top Overlay（顶面丝印层）和 Bottom Overlay（底面丝印层）。

#### 5.1.2 多层板概念

一般的电路系统设计用双面板和四层板即可满足设计需要，只是在较高级电路设计中，或者有特殊需要，比如对抗高频干扰要求很高情况下才使用六层及六层以上的多层板。多层板制作时是一层一层压合的，所以层数越多，无论设计或制作过程都将更复杂，设计时间与成本都将大大提高。

如果在 PCB 电路板的顶层和底层之间加上别的层，即构成了多层板，比如放置两个电源板层构成多层板。

多层板的 Mid-Layer

（中间层）和 Internal Plane（内层）是不相同的两个概念，中间层是用于布线的中间板层，该层均布的是导线，而内

层主要用于做电源层或者地线层，由大块的铜膜所构成，其结构如图

5 — 1 所示。

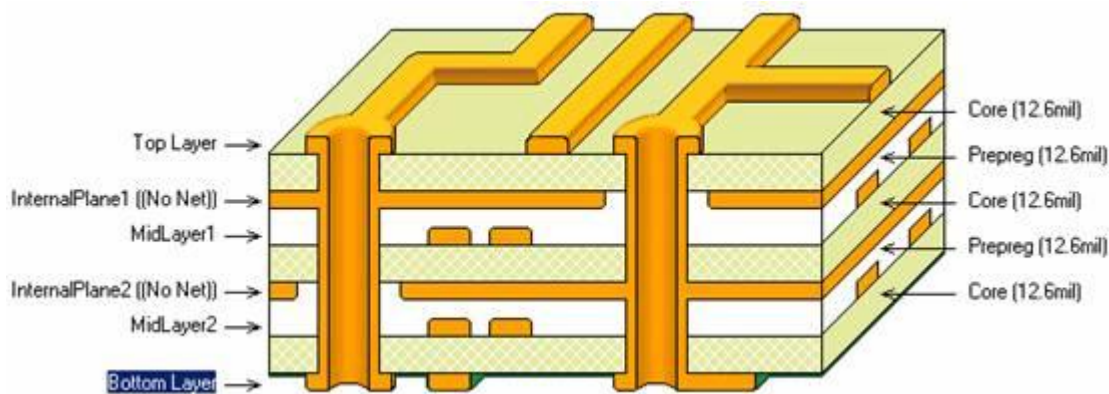


图 5 — 1 多层板剖面图

在图 5 — 1 中的多层板共有 6 层设计，最上面为 Top Layer（顶层）；最下为 Bottom Layer（底层）；中间 4 层中有两层内层，即 InternalPlane1 和 InternalPlane2，用于电源层；两层中间层，为 MidLayer1 和 MidLayer2，用于布导线。

### 5.1.3 过孔

过孔就是用于连接不同板层之间的导线。过孔内侧一般都由焊锡连通，用于组件的管脚插入。

过孔分为 3 种：从顶层直通到底层的过孔称为 Through Hole Vias（穿透式过孔）；只从顶层通到某一层里层，并没有穿透所有层，或者从里层穿透出来的到底层的过孔称为

Blind Vias（盲过孔）；只在内部两个里层之间相互连接，没有穿透底层或顶层的过孔就称为 Buried Vias（隐藏式过孔）。

过孔的形状一般为圆形。过孔有两个尺寸，即

Hole Size（钻孔直径）和钻孔加上焊盘后的总的 Diameter（过孔直径），如图 5 — 2 所示。



图 5 — 2 过孔的形状和尺寸

### 5.1.4 铜膜导线

电路板制作时用铜膜制成铜膜导线（Track），用于连接焊点和导线。铜膜导线是物理上实际相连的导线，有别于印刷板布线过程中的预拉线（又称为飞线）概念。预拉线只是表示两点在电气上的相连接关系，但没有实际连接。

### 5.1.5 焊盘

焊盘用于将组件管脚焊接固定在印刷板上完成电气连接。焊盘在印刷板制作时都预先布上锡，并不被防焊层所覆盖。

通常焊盘的形状有以下三种，即圆形（Round）、矩形（Rectangle）和正八边形（Octagonal），如图 5 — 3 所示。



图 5 — 3 圆形、矩形和正八边形焊盘

### 5.1.6 组件的封装

组件的封装是印刷电路设计中很重要的概念。组件的封装就是实际组件焊接到印刷电路板时的焊接位置与焊接形状，包括了实际组件的外型尺寸，所占空间位置，各管脚之间的间距等。

组件封装是一个空间的概念，对于不同的组件可以有相同的封装，同样一种封装可以用于不同的组件。因此，在制作电路板时必须知道组件的名称，同时也要知道该组件的封装形式。

#### 1. 组件封装的分类

普通的组件封装有针脚式封装和表面粘着式封装两大类。

针脚式封装的组件必须把相应的针脚插入焊盘过孔中，再进行焊接。因此所选用的焊盘必须为穿透式过孔，设计时焊盘板的属性要设置成

Multi — Layer，如图 5 — 4 和图 5 — 5 所示。

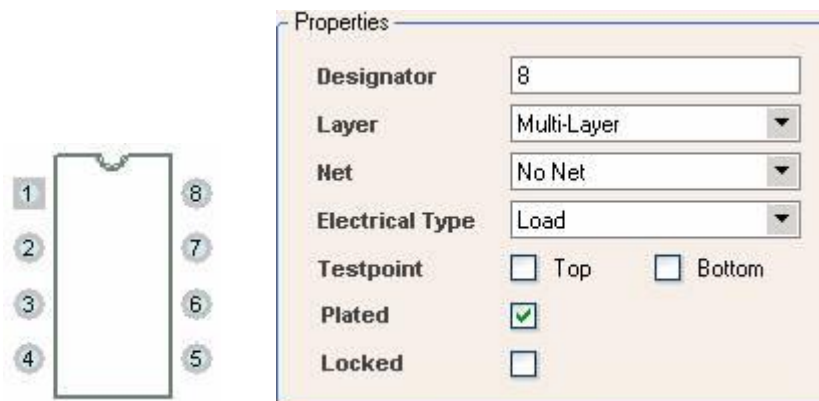


图 5 — 4 针脚式封装 图 5 — 5 针脚式封装组件焊盘属性设置

SMT（表面粘着式封装）。这种组件的管脚焊点不只用于表面板层，也可用于表层或者底层，焊点没有穿孔。设计的焊盘属性必须为单一层面，如图

5 — 6 和图 5 — 7 所示。

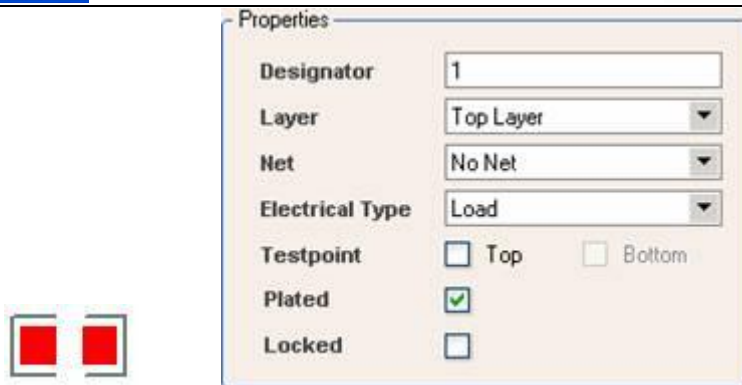


图 5 — 6 表面粘着式组件的封装 图 5 — 7 表面粘着式封装焊盘属性设置

## 2. 常见的几种组件的封装

常用的分立组件的封装有二极管类、晶体管类、可变电阻类等。常用的集成电路的封装有 DIP — XX 等。

Altium Designer 6.0 将常用的封装集成在 Miscellaneous Devices PCB . PcbLib 集成库中。

### ◆ 二极管类

常用的二极管类组件的封装如图 5 — 8 所示。

### ◆ 电阻类

电阻类组件常用封装为

AXIAL — XX ， 为轴对称式组件封装。如图 5 — 9 所示就是一类电阻封装形式。



图 5 — 8 二极管类组件封装 图 5 — 9 电阻类组件封装

### ◆ 晶体管类

常见的晶体管的封装如图 5 — 10 所示， Miscellaneous Devices PCB . PcbLib 集成库中提供的有 BCY — W3 / H.7 等。

### ◆ 集成电路类

集成电路常见的封装是双列直插式封装，如图 5 — 11 所示为 DIP — 14 的封装类型。

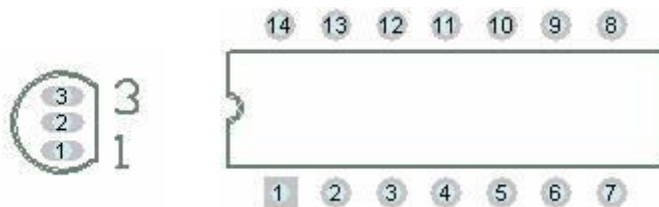


图 5 — 10 晶体管的封装 图 5 — 11 DIP — 14 封装

### ◆ 电容类

电容类分为极性电容和无极性电容两种不同的封装，如图 5 — 12 和图 5 — 13 所示。

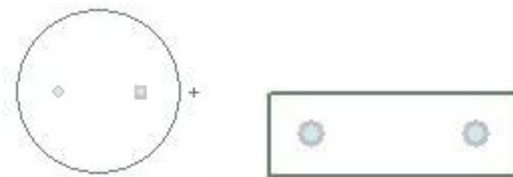


图 5-- — 12 极性电容封装 图 5 — 13 无极性电容封装

Miscellaneous Devices PCB . PcbLib 集成库中提供的极性电容封装有 RB7. 6 — 15 等，提供的无极性电容的封装有 RAD — 0.1 等。

## 5.2 PCB 电路板的设计流程

PCB 电路板设计的流程如图 5 — 14 所示。

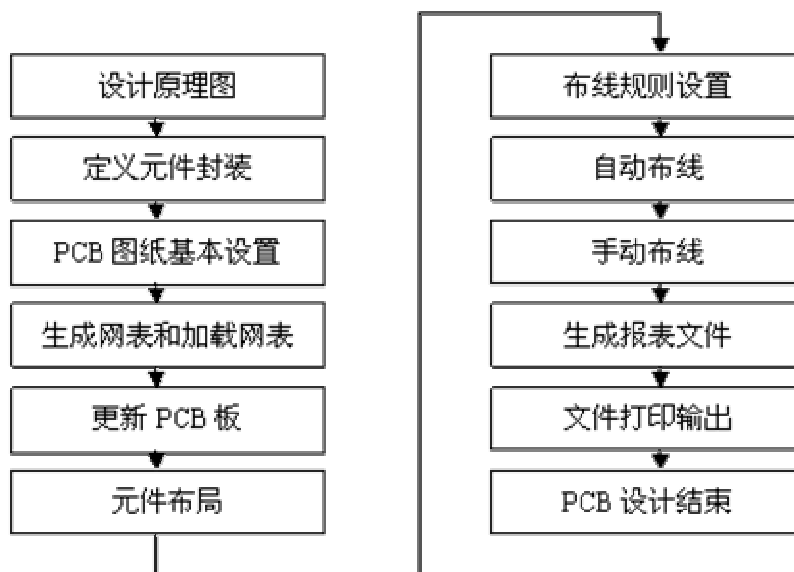


图 5 — 14 PCB 板设计流程图

### 1 . 设计原理图

这是设计 PCB 电路的第一步，就是利用原理图设计工具先绘制好原理图文件。如果在电路图很简单的情况下，也可以跳过这一步直接进入

PCB 电路设计步骤，进行手工布线或自动布线。

### 2 . 定义组件封装

原理图设计完成后，组件的封装有可能被遗漏或有错误。正确加入网表后，系统会自动地为大多数组件提供封装。但是对于用户自己设计的组件或者是某些特殊组件必须由用户自己定义或修改组件的封装。

### 3 . PCB 图纸的基本设置

这一步用于 PCB 图纸进行各种设计，主要有：设定 PCB 电路板的结构及尺寸，板层数目，通孔的类型，网格的大小等，既可以用系统提供的

PCB 设计模板进行设计，也可以手动设计 PCB 板。

### 4 . 生成网表和载入网表

网表是电路原理图和印刷电路板设计的接口，只有将网表引入 PCB 系统后，才能进行电路板的自动布线。



在设计好的 PCB 板上生成网表和加载网表，必须保证产生的网表已没有任何错误，其所有组件能够很好的加载到 PCB 板中。加载网表后系统将产生一个内部的网表，形成飞线。

组件布局是由电路原理图根据网表转换成的 PCB 图，一般组件布局都不很规则，甚至有的相互重迭，因此必须将组件进行重新布局。

组件布局的合理性将影响到布线的质量。在进行单面板设计时，如果组件布局不合理将无法完成布线操作。在进行对于双面板等设计时，如果组件布局不合理，布线时。将会放置很多过孔，使电路板走线变得复杂。

#### 5 . 布线规则设置

飞线设置好后，在实际布线之前，要进行布线规则的设置，这是 PCB 板设计所必须的一步。在这里用户要定义布线的各种规则，比如安全距离、导线宽度等。

#### 6 . 自动布线

Altium Designer 6.0 提供了强大的自动布线功能，在设置好布线规则之后，可以用系统提供的自动布线功能进行自动布线。只要设置的布线规则正确、组件布局合理，一般都可以成功完成自动布线。

#### 7 . 手动布线

在自动布线结束后，有可能因为组件布局或别的原因，自动布线无法完全解决问题或产生布线冲突时，即需要进行手动布线加以设置或调整。如果自动布线完全成功，则不必手动布线。

在组件很少且布线简单的情况下，也可以直接进行手动布线，当然这需要一定的熟练程度和实践经验。

#### 8 . 生成报表文件

印刷电路板布线完成之后，可以生成相应的各类报表文件，比如组件清单、电路板信息报表等。这些报表可以帮助用户更好的了解所设计的印刷板和管理所使用的组件。

#### 9 . 档打印输出

生成了各类档后，可以将各类档打印输出保存，包括 PCB 文件和其它报表文件均可打印，以便永久存档。

### 5.3 建立 SCH 文档

前面章节已经着重介绍了原理图的创建，这里不再详细介绍创建方法，具体设计参见第

#### 2 、 3 、 4 章相关内容。 1 . 创建原理图

在这里创建一份简单的时钟发生器原理图，并以此为例，在本章后面章节中介绍如何设计相应的 PCB 电路板。设计的主要步骤如下：

( 1 ) 从 Altium Designer 6.0 的主菜单下执行命令 File/New / PCB Project ， 建立一份 PCB 设计项目，命名为 Clock . PRJPCB 。

( 2 ) 在该设计项目下新建一份 SCH 原理图，相应的菜单执行命令为 File/New/Schematic, 将其命名为 CLOCK . SCHDOC 。

#### 2 . 定义组件封装

在设计项目中，加入集成库 Miscellaneous

Devices . IntLib 。 从中选择组件进行放置，并放置导线，完成它们之间的连接。设计完成后的效果如图 5—15 所示。

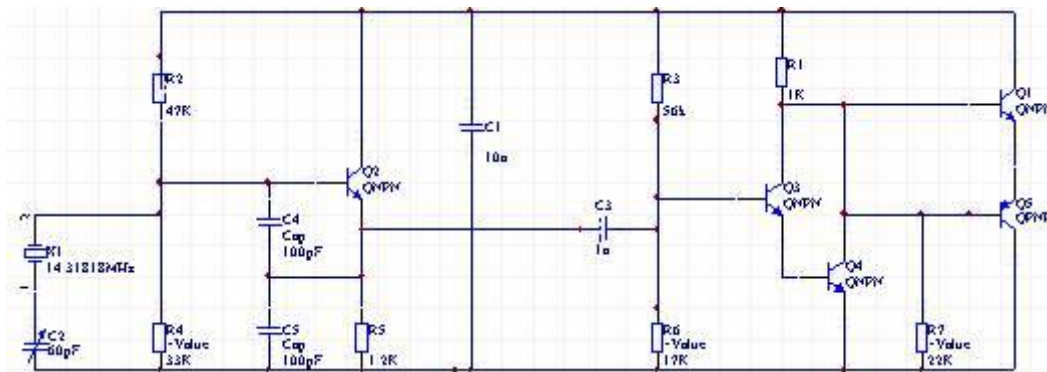


图 5 — 15 时钟发生器原理图

时钟发生器原理图中使用到的各组件封装如表 5 — 1 所示。

Designator	Description	Footprint	Comment
C1	Capacitor	c1005-0402	10n
C2	Capacitor	RAD-0.3	60p
C3	Capacitor	c1005-0402	1n
C4	Capacitor	c1005-0402	100p
C5	Capacitor	c1005-0402	100p
Q1	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPN
Q2	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPN
Q3	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPN
Q4	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPN
Q5	PNP Bipolar Transistor	BCY-W3	QPNP
Designator	Description	Footprint	Comment
R1	Resistor	AXIAL-0.4	1k
R2	Resistor	AXIAL-0.4	47k
R3	Resistor	AXIAL-0.4	56k
R4	Resistor	AXIAL-0.4	33k
R5	Resistor	AXIAL-0.4	1.2k
R6	Resistor	AXIAL-0.4	17k
R7	Resistor	AXIAL-0.4	22k
X1	Crystal Oscillator	BCY-W2/D3.1	14.31818MHz

所有组件放置和联机完成后保存文档，进入下一步设计。

#### 5.4 新建 PCB 设计文档

Altium Designer 6.0 是以一个设计项目文档来管理 PCB 的设计，在这个设计项目中，包含了单个的设计文档和它们之间的有关设置，便于文件的管理和文件的同步。

一般情况下 PCB 文文件总是和原理图设计文文件放在同一个设计项目文档中。如果此时没有 PCB 设计项目文档，则可以在档工作面板中选择 Blank Project ( PCB ) 选项，新建一个设计项目文档。

在已经有设计项目文档的情况下，则可以进入下一步，开始设计 PCB 文档。

在进行印刷板电路设计时，必须建立一个 PCB 文档。通常建立 PCB 文档的方法有两种，一种是手动创建空白 PCB 图纸，再指定 PCB 文档的属性，规划大小；另一种是采用 PCB 范本创建 PCB 文档。

### 1. 手动创建 PCB 文档

这种方法是先建立一个空白的 PCB 图纸。方法是在档工作面板中单击 PCB File 选项，创建一份空白的 PCB 图纸，如图 5—16 所示。

系统自动把该 PCB 图纸加入当前的设计项目文档中，文件名为 PCB1 . PcbDoc ，图纸中带有栅格，如图 5—17 所示。

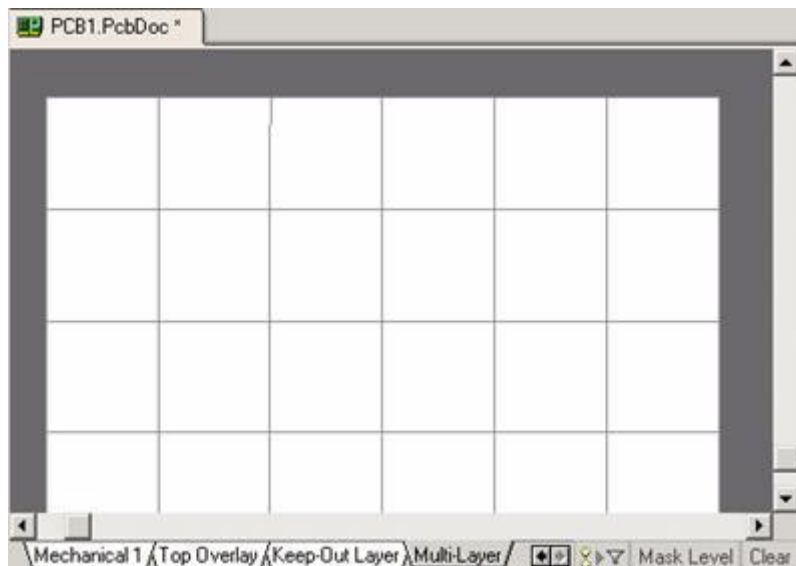


图 5—16 建立 PCB 空白图纸

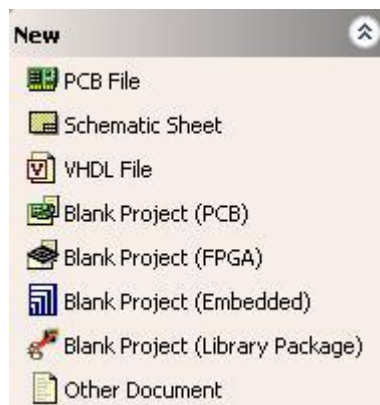


图 5—17 空白 PCB 图纸

如果原来没有建立设计项目 PCB 文档建立后则是自由文文件，系统也会自动为其建立一个设计项目来管理该文档。新建空白图纸后，可以手动设置图纸的尺寸大小、栅格大小、图纸颜色等。

### 2. 使用 PCB 模板创建 PCB 文文件

Altium Designer 6.0 提供了 PCB 设计模板向导，图形化的操作使得 PCB 的创建变得非常简单。它提供了很多任务业标准板的尺寸规格，也可以用户自定义设置。这种方法适合于各种工业制板，其操作步骤如下。

单击文件工作面板中 New from template 选项下的 PCB Board Wizard 选项，如图 5—18 所示。启动的 PCB 电路板设计向导如图 5—19 所示。



图 5 — 18 PCB Board Wizard 选项

( 2 ) 单击 Next 按钮，出现如图 5 — 20 所示接口，要求对 PCB 板进行度量单位设置。

系统提供两种度量单位，一种是 Imperial （英制单位），在印刷板中常用的是 Inch （英寸）和 mil （千分之一英寸），其转换关系是 1Inch = 1000 mil 。另一种单位是 Metric （公制单位），常用的有 cm （厘米）和 mm （毫米）。两种度量单位转换关系为 1 Inch = 25.4 mm 。系统默认使用是英制度量单位。



图 5 — 19 启动的 PCB 向导

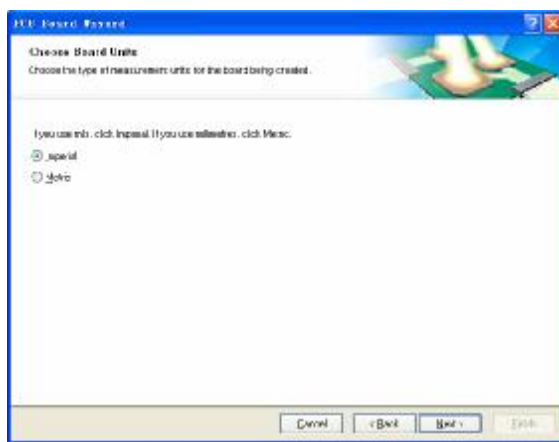


图 5 — 20 PCB 电路板度量单位设定

( 3 ) 单击 Next 按钮，出现如图 5 — 21 所示接口，要求对设计 PCB 板的尺寸类型进行指定。Altium Designer 6.0 提供了很多种工业制板的规格，用户可以根据自己的需要，选择 Custom，进入自定义 PCB 板的尺寸类型模式，在这里选择 Custom 项。( 4 ) 单击 Next 按钮，进入下一接口，设置电路板形状和布线信号层数，如图 5— 22 所示。



图 5 — 21 指定 PCB 板尺寸类型

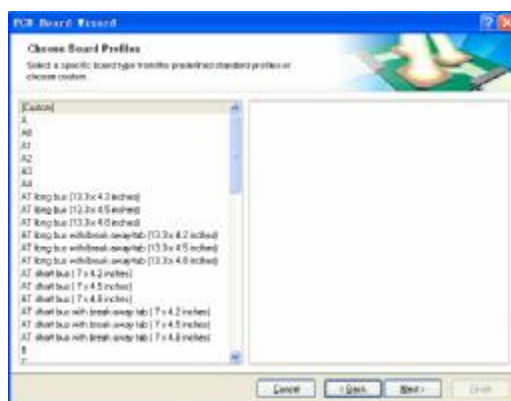


图 5 — 22 设置电路板形状和布线信号层数

在图 5 — 22 中，Outline Shape 选项区域中，有三种选项可以选择设计的外观形状，Rectangular 为矩形，Circular 为圆形；Custom 为自定义形状，类似椭圆形。常用设置如下：

- 本例中选择 Rectangular 矩形板。Board Size 为板的长度和宽度，输入 3000 mil 和 2000 mil，即 3 Inch × 2 Inch。
- Dimension Layer 选项用来选择所需要的机械加工层，最多可选择 16 层机械加工层。设计双面板只需要使用默认选项，选择 Mechanical Layer。
- Keep Out Distance From Board Edge 选项用于确定电路板设计时，从机械板的边缘到可布线之间的距离，默认值为 50 mil。
- Corner Cutoff 复选项，选择是否要在印制板的 4 个角进行裁剪。本例中不需要。如果需要，则单击 Next 按钮后会出现如图 5 — 23 所示接口要求对裁剪大小进行尺寸设计。
- Inner Cutoff 复选项用于确定是否进行印刷版内部的裁剪。本例中不需要。如果需要，选中该选项后，出现如图 5 — 24 所示的接口，在左下角输入距离值进行内部裁剪。

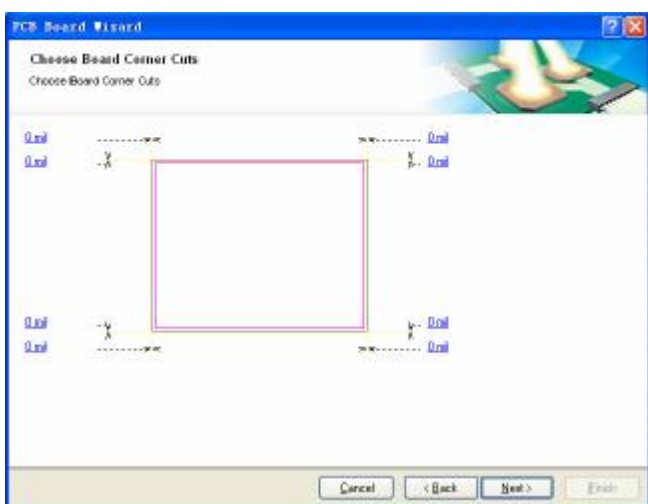
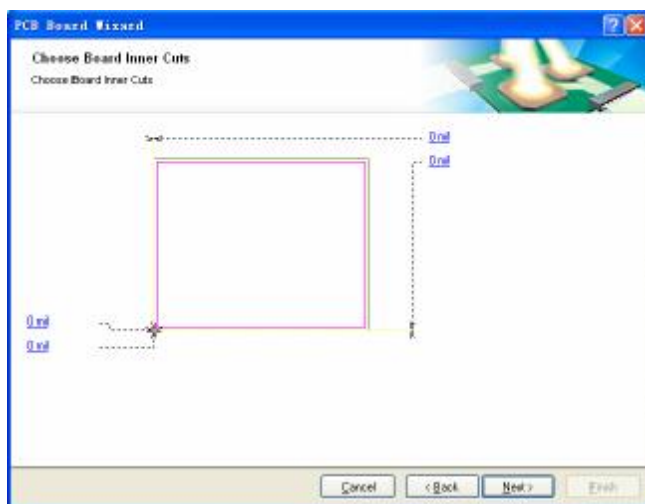


图 5 — 23 对印刷板边角进行裁剪 图 5 — 24 PCB 板内部裁剪



本例中不使用 Corner Cutoff 和 Inner Cutoff 复选项，应取消两复选项的选择。

( 5 ) 单击 Next 按钮进入下一个接口，对 PCB 板的 Signal Layer (信号层) 和 Power Planes (电源层) 数目进行设置，如图 5 — 25 所示。本例设计双面板，故信号层数为 2，电源层数为 0，不设置电源层。

(

6) 单击 Next 按钮进入下一个接口, 设置所使用的过孔类型, 这里将前面 5.1.3 节所述的 3 种过孔归为两类可供选择, 一类是 Through Hole Vias (穿透式过孔), 另一类是 Blind and Buried Vias (盲过孔和隐藏过孔), 本例中使用穿透式过孔, 如图 5 — 26 所示。

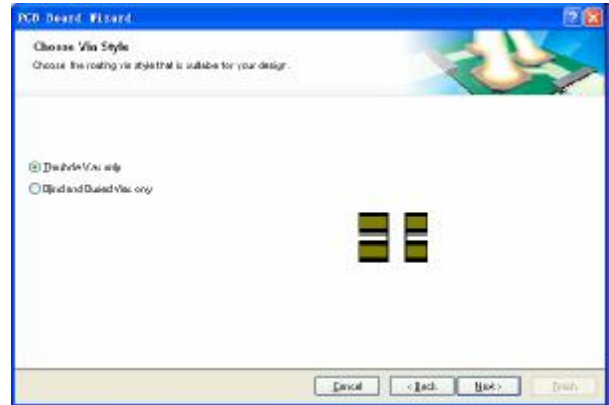
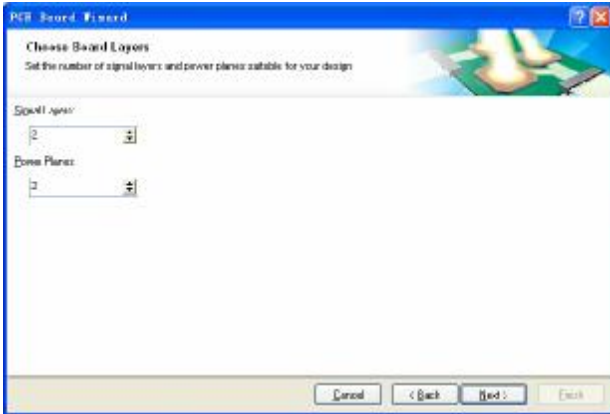


图 5 — 25 PCB 板信号层和电源层数目设置 图 5 — 26 PCB 过孔类型设置

(7) 单击 Next 按钮, 进入下一个接口, 设置组件的类型和表面粘着组件的布局, 如图 5 — 27 所示。在 The board has mostly 选项区域中, 有两个选项可供选择, 一种是 Surface — mount components, 即表面粘着式组件; 另一种是 Through — hole components 即针脚式封装组件。如果选择了使用表面粘着式组件选项, 将会出现 Do you put components on both sides of the board? 提示信息, 询问是否在 PCB 的两面都放置表面粘着式组件。

本例中使用的是针脚式封装组件, 选中此项后出现如图 5 — 28 的选择框, 在此可对相邻两过孔之间布线时所经过的导线数目进行设定。这里选择 One Track 单选项, 即相邻焊盘之间允许经过的导线为 1 条。



图 5 — 27 PCB 板使用组件类型设定 图 5 — 28 相邻过孔之间通过导线数目

( 8 ) 单击 Next 按钮, 进入下一个接口, 在这里可以设置导线和过孔的属性, 如图 5 — 29 所示。

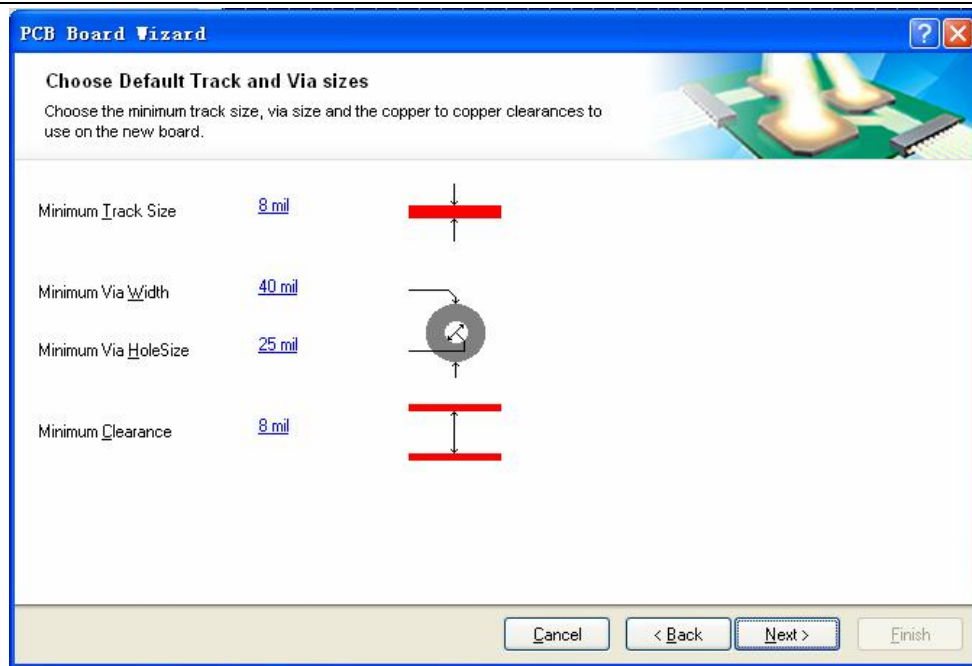


图 5 — 29 导线和过孔属性设置对话框

在图 5 — 29 中的导线和过孔属性设置对话框中的选项设置及功能如下：

- Minimum Track Size：设置导线的最小宽度，单位为 mil。
- Minimum Via Width：设置焊盘的最小直径值。
- Minimum Via Hole Size：设置焊盘最小孔径。
- Minimum Clearance：设置相邻导线之间的最小安全距离。

这些参数可以根据实际需要进行设定，用鼠标单击相应的位置即可进行参数修改。这里均采用默认值。（9）单击 Next 按钮，出现 PCB 设置完成接口，单击 Finish 按钮，将启动 PCB 编辑器，至此完成了使用 PCB 向导新建 PCB 板的设计。

新建的 PCB 文档将被默认命名为 PCB1 . PcbDeC，编辑区中会出现设定好的空白 PCB 纸。

在文件工作面板中右击鼠标，在弹出的菜单中选择 Save As... 选项，将其保存为 CLOCK . PcbDoc，并将其加入到 CLOCK . PRJPCB 项目中。

### 5.5 PCB 电路板编辑环境

在使用 PCB 设计向导进行 PCB 档的创建之后，即启动了 PCB 板编辑器，如图 5 — 30 所示。PCB 编辑环境接口与 Windows 资源管理器的风格类似。主要由以下几个部分构成：

- 主菜单栏 PCB 编辑环境的主菜单与 SCH 环境的编辑菜单风格类似，不同的是提供了许多用于 PCB 编辑操作的功能选项。
- 常用工具栏：以图示的方式列出常用工具。这些常用工具都可以从主菜单栏中的下拉菜单里找到相应命令。

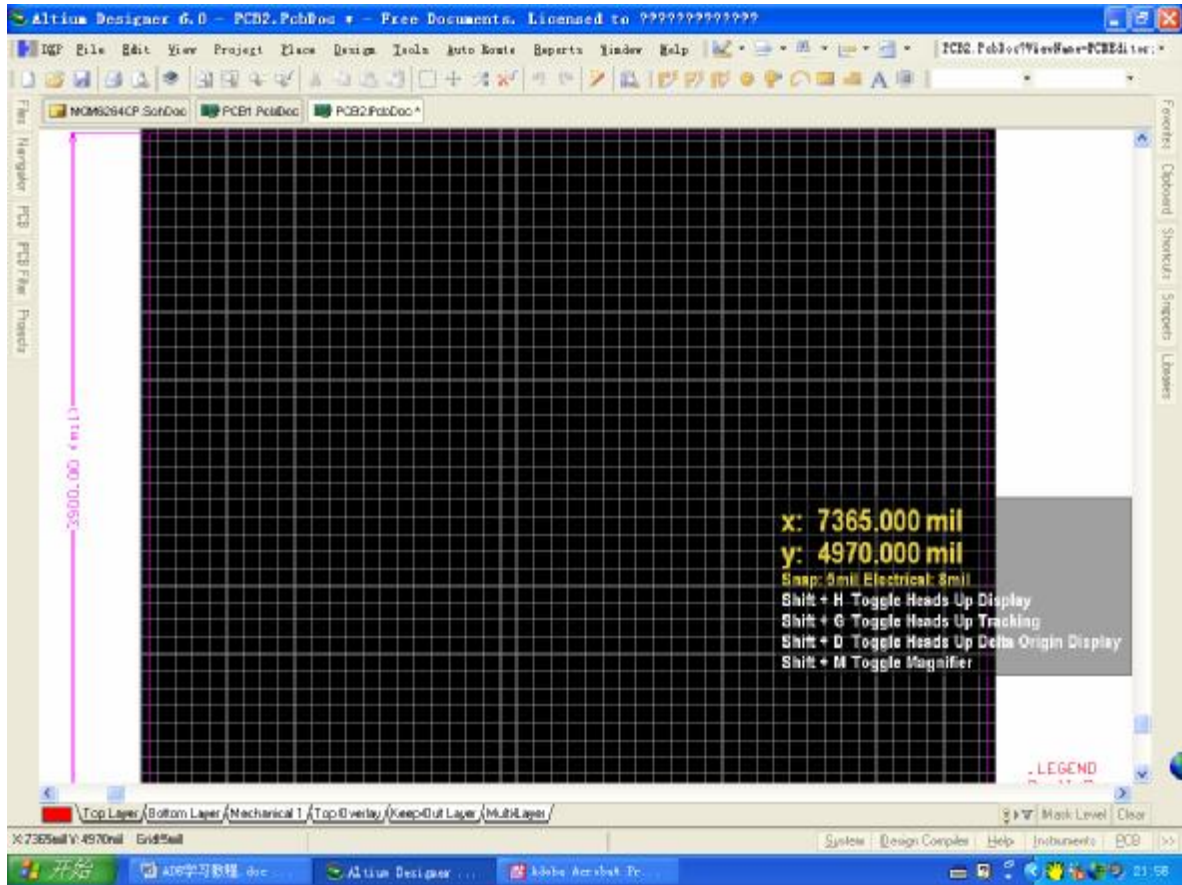
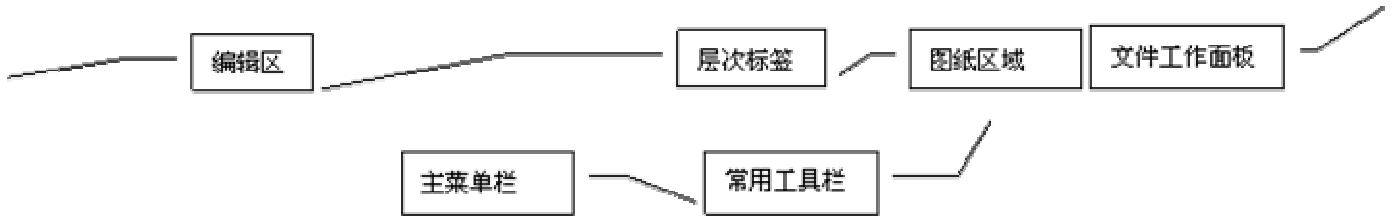


图 5 — 30 PCB 编辑环境

文件工作面板：文件工作面板显示当前所操作的项目档和设计文档。

图纸区域：图纸的大小。颜色和格点大小等都可以进行用户个性化设定。

- 编辑区：用于所有组件的布局和导线的布线操作。
- 层次卷标：单击层次卷标页，可以显示不同的层次图纸，每层组件和走线都用不同颜色区分开来，便于对多层电路板进行设计。

## 5.6 PCB 图纸基本设置和组件放置

本节介绍 PCB 图纸的布线板层和非电层的设置、图纸显示颜色的设置和网格等设置，以及组件库的添加、组件的放置和组件封装的修改。

### 5.6.1 定义布线板层和非电层

印刷电路板的构成有单面板、双面板和多面板之分。电路板的物理构造有两种类型即布线板层和非电层。

- 布线板层：即电气层。Altium Designer 6.0 可以提供 32 个信号层（包括顶层和底层，最多可设计 30 个中间层）和 16 个内层。



● 非电层：分成两类，一类是机械层，另一类为特殊材料层。

Altium Designer 6.0 可提供 16 个机械层，用于信号层之间的绝缘等。特殊材料层包括顶层和底层的防焊层、丝印层、禁止布线层等。

### ？ 设置布线板层

Altium Designer 6.0 提供了一个板层管理器对各种板层进行设置和管理，启动板层管理器的方法有两种：一是执行主菜单命令 Design / Layer Stack Manager…。二是在右侧 PCB 图纸编辑区内，右击鼠标，从弹出的右键菜单中执行 Option / Layer Stack Manager… 命令。均可启动板层管理器。启动后的接口如图 5 — 31 所示。

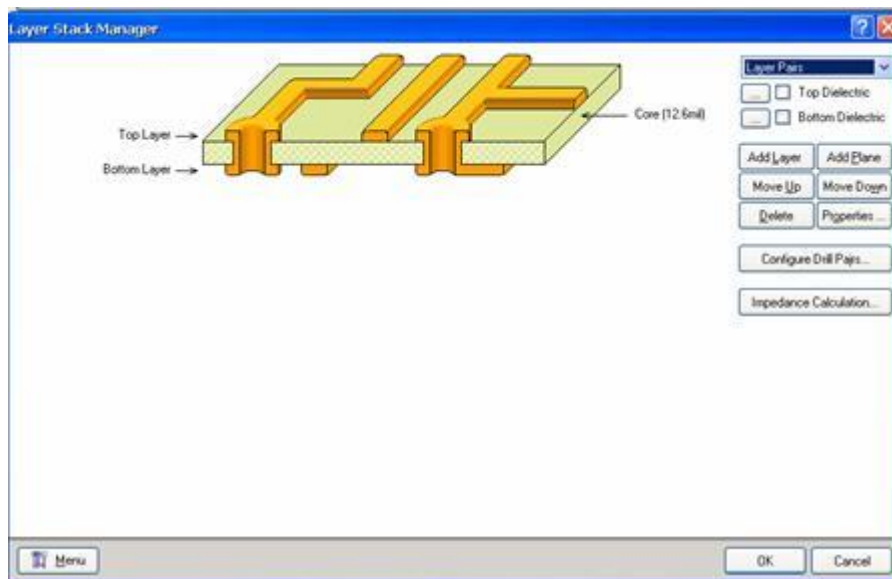


图 5 — 31 板层管理器

板层管理器默认双面板设计，即给出了两层布线层即顶层和底层。板层管理器的设置及功能如下：

- Add Layer 按钮，用于向当前设计的 PCB 板中增加一层中间层。
- Add Plane 按钮，用于向当前设计的 PCB 板中增加一层内层。新增加的层面将添加在当前层面的下面。
- Move Up 和 Move Down 按钮将当前指定的层进行上移和下移操作。
- Delete 按钮可以删除所选定的当前层。
- Properties 按钮将显示当前选中层的属性。
- Configure Drill Pairs . . 按钮用于设计多层板中，添加钻孔的层面对，主要用于盲过孔的设计中。单击 OK 按钮将关闭板层管理器对话框。

### 2 . 图纸颜色设置

颜色显示设置对话框用于图纸的颜色设置，打开颜色显示设置对话框的方式如下：

- 执行主菜单命令 Design / Board Layers… ，即可打开颜色显示设置对话框。
- 在右边 PCB 图纸编辑区内，右击鼠标，从弹出的右键菜单中选择 Option/Board Layers & Colors… ，即可打开颜色显示设置对话框，如图 5 — 32 所示。

颜色显示设置对话框中共有 7 个选项区域，分别对 Signal Layers（信号层）、Internal Planes（内层）、Mechanical Layers（机械层）、

Mask Layers（阻焊层）、Silk — Screen Layers（丝印层）、Other Layers（其它层）和 System Colors（系统颜色）用于颜色设置。每项设置中都有 Show 复选项，决定是否显示。单击对应颜色图示，将弹出 Choose Color（颜色选择）对话框，可在其中进行颜色设定。

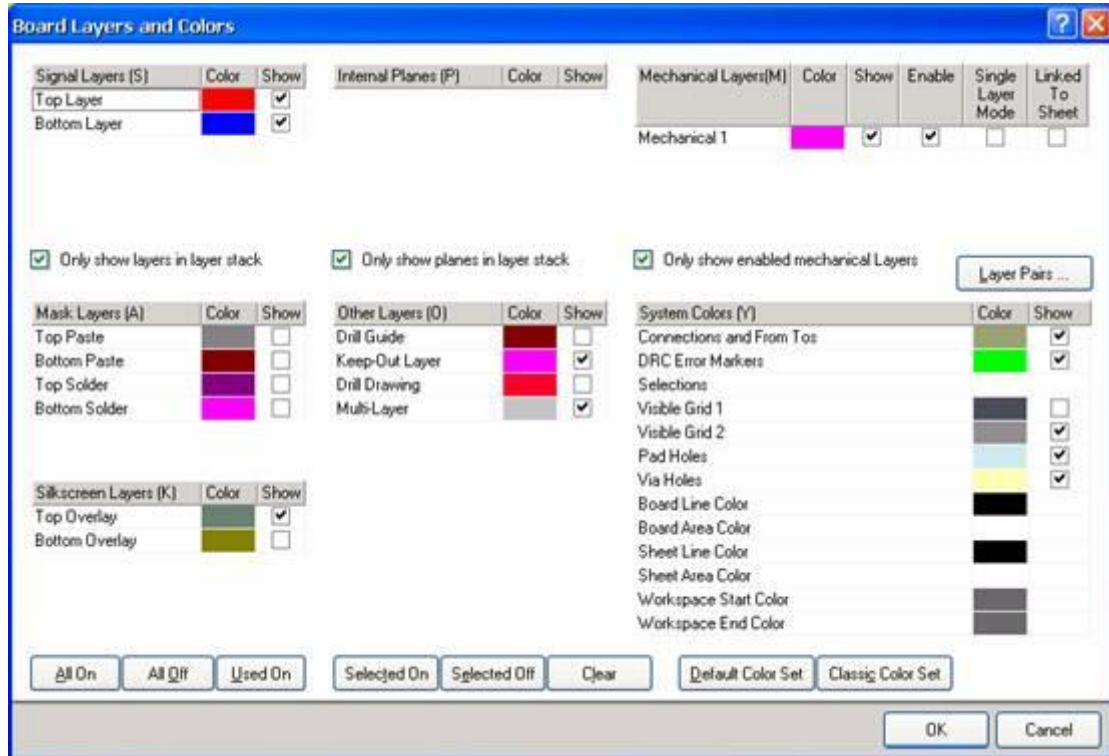


图 5 — 32 颜色显示设置对话框

### 5.6.2 图使用环境设置和格点设置

PCB 板的使用环境设置和格点设置可以在设置对话框中进行，打开该对话框的方法有如下两种：

在主菜单栏中，执行命令 Design/Board Options...，即可打开格点设置对话框。

在右边 PCB 图纸编辑区内右击鼠标，从弹出的右键菜单中选择 Option/Grids... 命令，打开的格点设置对话框，如图 5 — 33 所示。

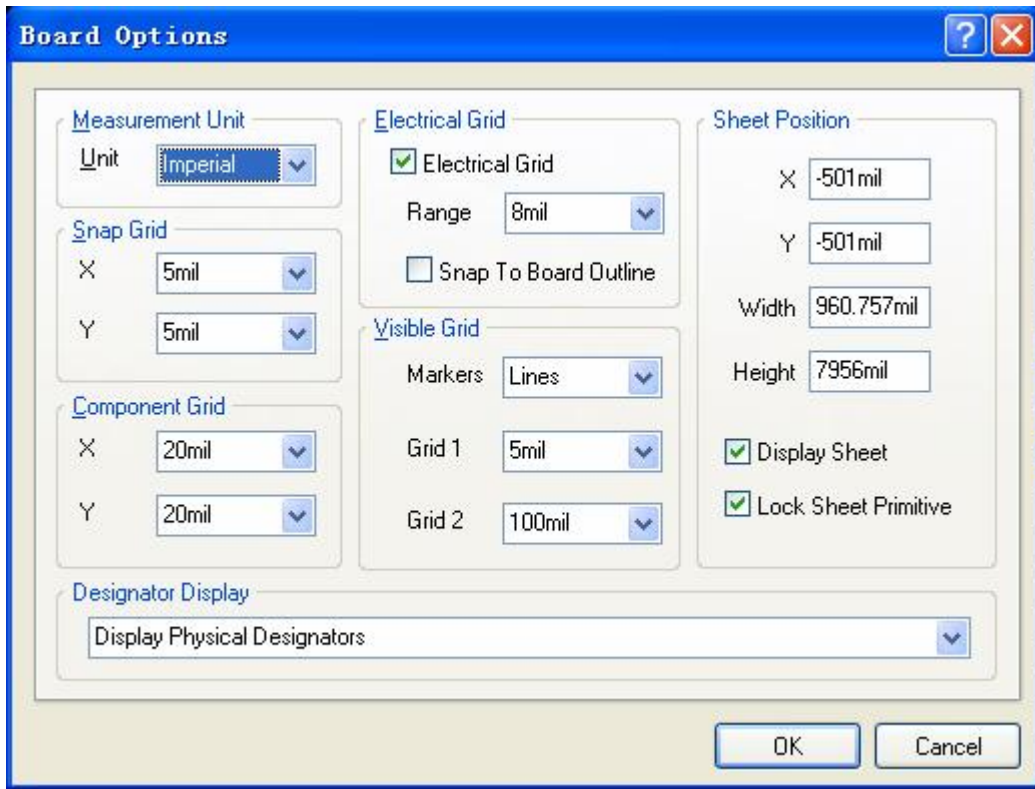


图 5 — 33 格点设置对话框

格点设置对话框中共有 6 个选项区域，分别用于电路板的设计，其主要设置及功能如下：

- **Measurement Unit (度量单位)**：用于更改使用 PCB 向导模板建立 PCB 板时，设置的度量单位。单击下拉菜单，可选择英制度量单位 ( Imperial ) 或公制单位 ( Metric )。
- **Snap Grid (可捕获格点)**：用于设置图纸捕获格点的距离即工作区的分辨率，也就是鼠标移动时的最小距离。此项根据需要进行设置，对于设计距离要求精确的电路板，可以将该值取得较小，系统最小值为 1mil。可分别对 X 方向和 Y 方向进行格点设置。
- **Electrical Grid (电气格点)**：用于系统在给定的范围内进行电气点的搜索和定位，系统默认值为 8mil。
- **Visible Grid (可视格点)**：选项区域中的 Markers 选项用于选择所显示格点的类型，其中一种是 Lines (线状)，另一种是 Dots (点状)。Grid 1 和 Grid 2 分别用于设置可见格点 1 和可见格点 2 的值，也可以使用系统默认的值。
- **Sheet Position (图纸位置)**：选项区域中的 X 和 Y 用于设置从图纸左下角到 PCB 板左下角的 x 坐标和 y 坐标的值；Width 用于设置 PCB 板的宽度；Height 用于设置 PCB 板的高度。用户创建好 PCB 板后，如果不需要对 PCB 板大小进行调整，这些值可以不必更改。
- **Component Grid (组件格点)**：分别用于设置 X 和 Y 方向的组件格点值，一般选择默认值。

### 5.6.3 组件库的加载和组件放置

Altium Designer 6.0 提供了组件库管理器进行组件的封装管理，方便用户加载组件库，同时用于查找组件和放置组件。第 4 章中已经介绍过在 SCH 原理图中对于组件所在库的添加和删除，同样对应到 PCB 电路板设计时也要添加相应的 PCB 组件封装库。

#### 1. 组件封装库的加载

组件库管理器的窗口如图 5 — 34 所示。

组件库管理器提供了 Components（组件）和 Footprints（封装）两种查看方式，单击其中某一单选按钮，即可进相应的查看方式。

其中 Miscellaneous Devices . IntLib 一栏下拉菜单显示了当前已经加载的组件集成库。

在组件搜索区域可以输入组件的关键信息，对所选中的组件集成库进行查找。如果输入“\*”号则表示显示当前组件库下所有的组件，并将所有当前库提供的组件都在组件浏览框中显示出来，包括组件的 Footprint Name（封装信息）。

如图 5—34 中所示，当在组件浏览框中选一个组件时，该组件的封装形式就会显示在组件显示区域中。

单击 Libraries...按钮，打开 Add Remove Libraries（添加删除组件库）对话框，如图 5—35 所示。在该对话框中可以对组件库进行添加和删除操作。

该对话框中列出了当前已经加载的组件库。Type 一项的属性为 Integrated，表示是 Altium Designer 6.0 的整合集成库，后缀名为 . IntLib。

选中一个组件库，可以单击 Move down 或 Move Up 按钮将它们排序。单击 Remove 按钮，可以将该集成库移出当前的项目。

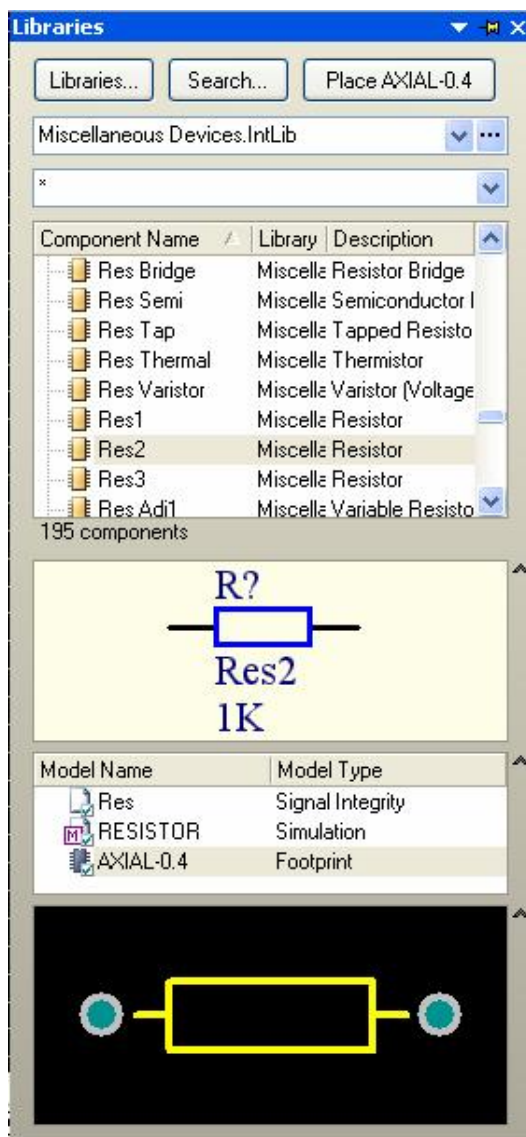


图 5—34 组件库管理器窗口

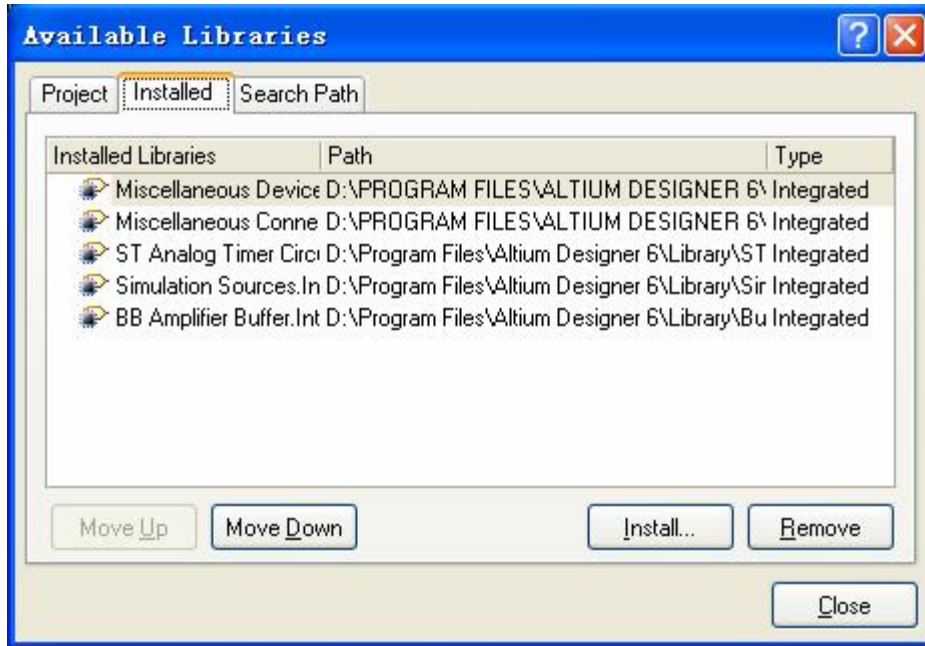


图 5 — 35 添加删除组件库对话框

单击 Add Library ...按钮，将弹出如图 5 — 36 所示的添加组件库对话框。该对话框列出了 Altium Designer 6.0 安装目录下的 Library 中的所有组件库。Altium Designer 6.0 的组件库以公司名分类，因此对一个特定组件的封装时，即可要知道它的提供商。

对于常用的组件库，如电阻、电容等元器件，Altium Designer 6.0 提供了常用杂件库：Miscellaneous Devices . IntLib。对于常用的接插件和连接器件，Altium Designer 6.0 提供了常用接插件库：Miscellaneous Connectors . IntLib。

如果不知道某一组件的提供商时，可以回到组件库管理器，使用组件库的查找功能进行搜索，取得组件的封装形式。在组件库管理器上，单击

Search 按钮，将弹出如图 5 — 37 的 Search Libranriies（组件搜索）对话框。

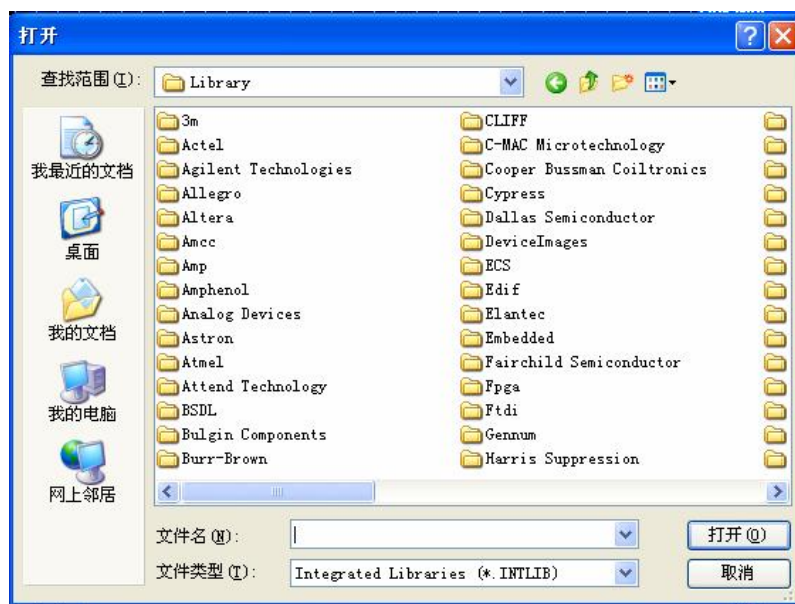


图 5 — 36 添加组件库对话框。

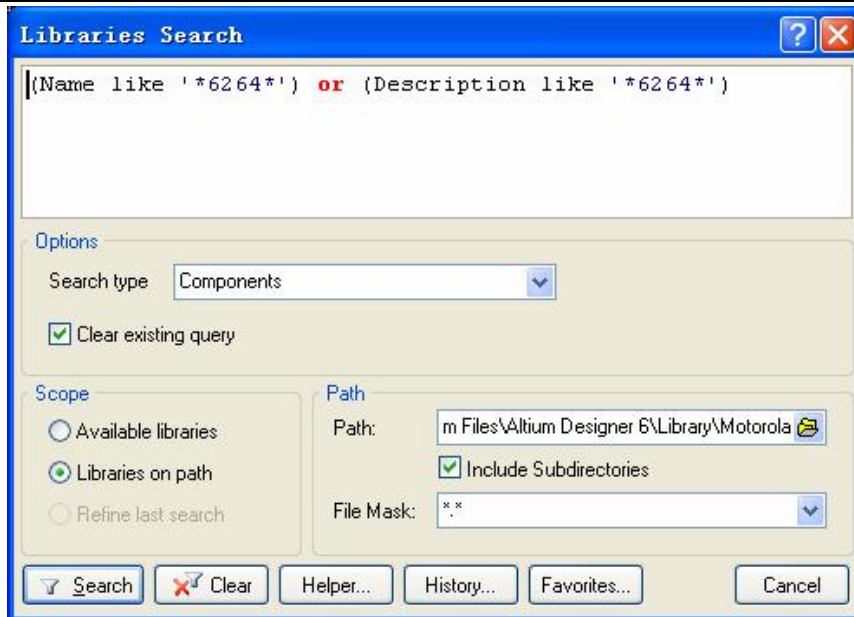


图 5 — 37 组件搜索对话框

在 Scope 选项区域中，选定 Available Libraries 单选项，即对已经添加到设计项目的库进行组件的搜索。选定 Libraries on Path 单选项，可以指定对一个特定的目录下的所有组件库进行搜索。

Path 选项区域中的 Include Subdirectories 复选项，选中该选项则对所选目录下的子目录进行搜索。

例如，在不知道 DIP — 16 形式封装的组件位于哪个库中的情况下，可以在 Search Criteria 选项区域的 Name 文本框中输入要搜索的信息名。在这里输入 DIP — 16 ，然后单击 Search 按钮，系统将在指定的库里搜索。组件搜索的结果即出现在 Results 选项卡里，如图 5 — 38 所示。

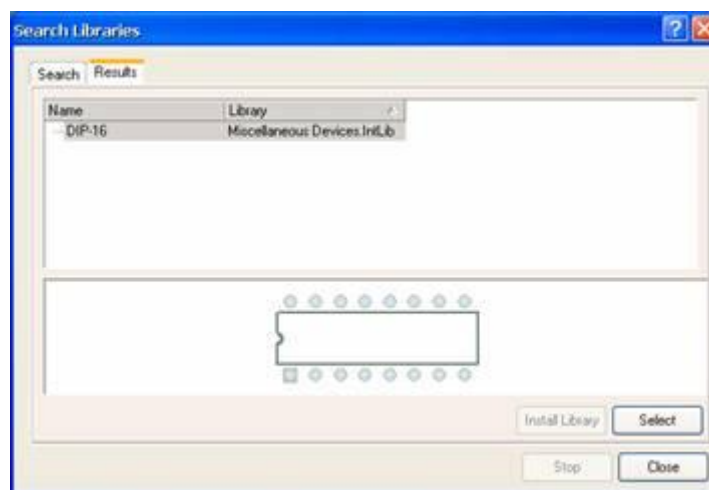


图 5 — 38 组件搜索结果对话框

在组件搜索结果对话框中，显示出搜索的组件名、组件所在库的名称，并且显示该组件的封装图标。

单击 Select 按钮，可以选中该组件，直接在 PCB 设计图纸上进行组件放置。

## 2 . 组件的放置

组件放置有如下两种方法：

- 在组件库管理器中选中某个组件，单击 Place 按钮，即可在 PCB 设计图纸上放置组件。

- 在组件搜索结果对话框中选中某个组件，单击 Select 按钮，即可在 PCB 设计图上进行组件的放置。进行组件放置时，系统将弹出如图 5 — 39 所示的 Place Component （组件放置）对话框，显示放置的组件信息。

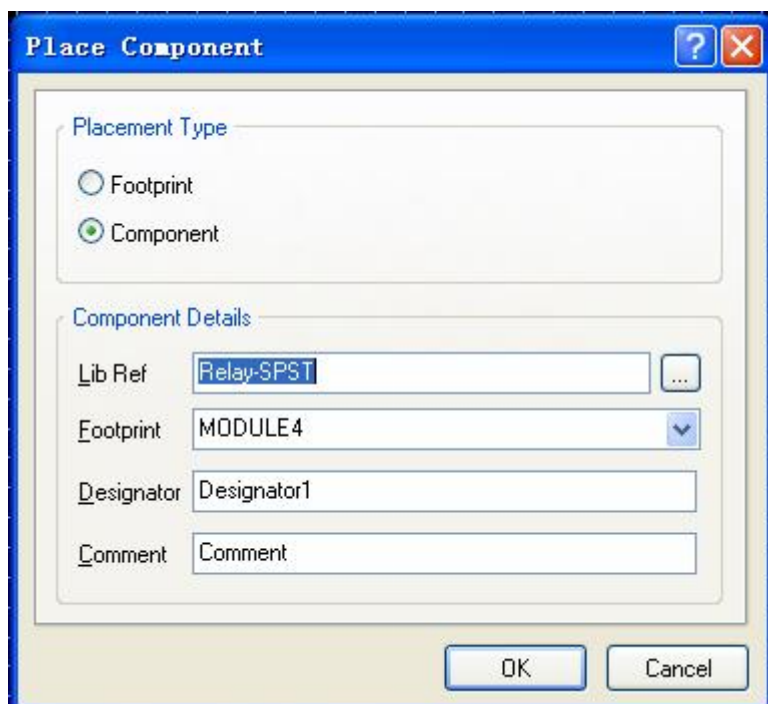


图 5 — 39 组件放置设置对话框

Place Component 设置对话框中，可为 PCB 组件选择 Placement Type （放置类型）选项区域的 Footprint 单选项。Component Details 选项区域的常用设置及功能如下：

- Footprint 文本框：为组件的封装形式。
- Designator 文本框：为组件名。
- Component 文本框：为对该组件的注释，可以输入组件的数值大小等信息。

单击 OK 按钮后，鼠标将变成十字游标形状。在 PCB 图纸中移动鼠标到合适位置、单击左键，完成组件的放置。

#### 5.6.4 组件封装的修改

组件封装的修改有如下两种方式：

- 在组件放置状态下，按 Tab 键，将会弹出 Component Designator 2 （组件属性）对话框。
- 对于 PCB 板上已经放置好的组件，可直接双击该组件，即可打开组件属性对话框，如图 5 — 40 所示。

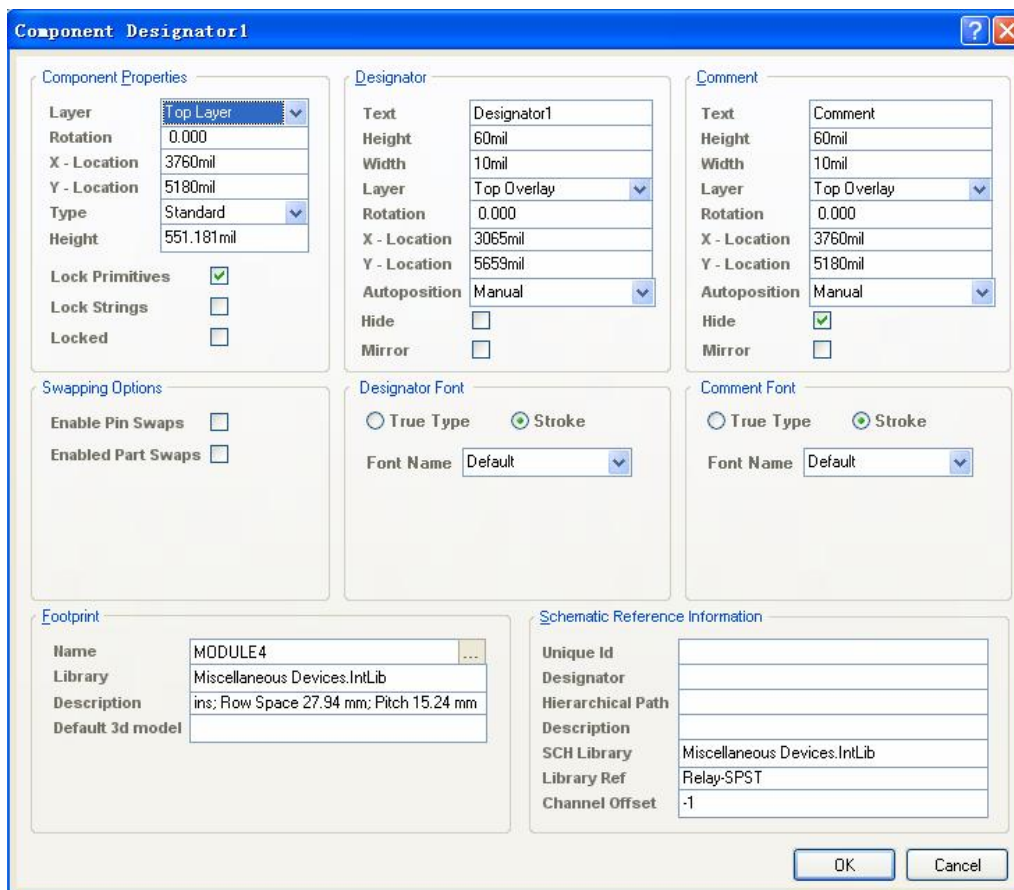


图 5 — 40 组件属性对话框

组件属性对话框中设有 Component Properties、Designator、Comment、Source Reference Links 等 4 个选项区域。

Component Properties 选项区域的设置及功能如下：

- FootPrint 文本框：用于设置组件的封装形式。
- Layer 下拉列表框：用于设置组件的放置层。
- Rotation 文本框：用于设置组件的放置角度。
- X — Location 文本框：用于设置组件放置的 X 坐标。
- Y — Location 文本框：用于设置组件放置的 y 坐标。
- Type 下拉列表框：用于设置组件放置的形式，可以为标准形式或者图形方式。
- Lock Prints 复选项：该选项即选择将组件做为整体使用，即不允许将组件和管脚拆开使用。
- Locked 复选项：选中此项即将组件放置在固定位置。

Designator 选项区域的设置及功能如下：

- Text 文本框：用于设置组件的序号。
- Height 文本框：用于设置组件文字的高度。
- Width 文本框：用于设置组件文字的宽度。
- Layer 下拉列表框：用于设置组件文字的所在层。
- Rotation 文本框：用于设置组件文字放置的角度。
- X — Location 文本框：用于设置组件文字的 X 坐标。



- Y — Location 文本框：用于设置组件文字的 y 坐标。
- Font 下拉列表框：用于设置组件文字的字体。
- Hide 复选项：用于设置是否隐藏组件的文字。
- Autoposition 下拉列表框：用于设置组件文字的布局方式。
- Mirror 复选项：用于设置组件封装是否反转。

Comment 选项区域的设置用于对组件注释文字的设置。

Source Reference Links 选项区域中的设置用于所有档库的相关设置。

## 5.7 生成网表和更新 PCB 板

在原理图设计完成后，可以生成网络表供 PCB 使用。

### 5.7.1 网表的生成

Netlist(网表)分为 External Netlist (外部网络表)和 Internal Netlist (内部网络表)两种。从 SCH 原理图生成的供 PCB 使用的网络表就叫做外部网络表，在 PCB 内部根据所加载的外部网络表所生成表称为内部网表，用于 PCB 组件之间飞线的连接。一般用户所使用的也就是外部网络表，所以不用将两种网络表严格区分。

为单个 SCH 原理图文件创建网络表的步骤如下：

( 1 ) 双击文件工作面板中对应的 SCH 原理文件，打开要创建网表的原理图文文件。

( 2 ) 执行主菜单命令 Design / Netlist / Protel ，如图 5 — 41 所示。

所产生的网络表与原项目文件同名，后缀名为 . net ，这里生成的网络表名称即为 CLOCK . NET 。图示位于文件工作面板中该项目的 Generated Protel Netlist 选项下，文件保存在 Generated Protel Netlist 档夹下，如图 5 — 42 所示。

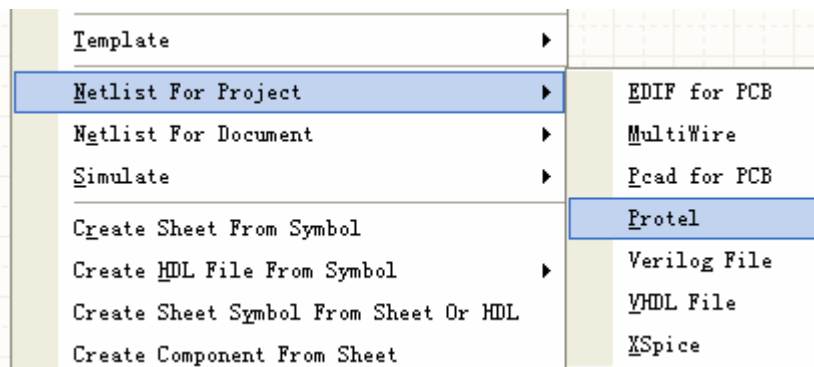


图 5 — 41 从 SCH 图生成网表操作

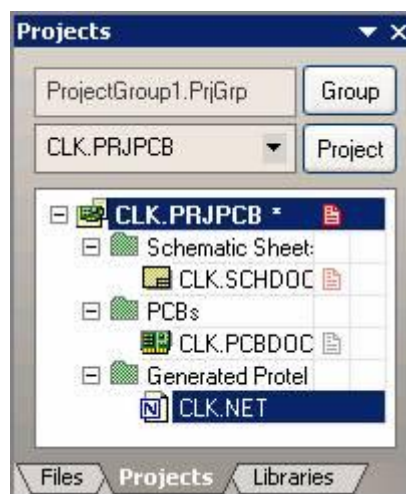


图 5 — 42 网表的生成

双击 CLOCK . NET 图标，将显示网表的详细内容。

5.7.2 Protel 的网表格式 Protel 网表的格式由两部分组成，一部分是组件的定义，另一部分是网络的定义。

#### 1. 组件的定义

网络表第一部分是对所使用的组件进行定义，一个典型的组件定义如下：

[ ; 组件定义开始

C1 ; 组件标志名称

RAD — 0 . 3 ; 组件的封装

10n ; 组件注释

]; 组件定义结束

每一个组件的定义都以符号“ [ ”开始，以符号“ ] ”结束。第一行是组件的名称，即 Designator 信息；第二行为组件的封装，即 Footprint 信息；第三行为组件的注释。

## 2. 网络的定义

网络表的后半部分为电路图中所使用的网络定义。每一个网络意义就是对应电路中有电气连接关系的一个点。一个典型的网络定义如下：

( ; 网络定义开始

NetC2\_2 ; 网络的名称

C2 — 2 ; 连接到此网络的所有组件的标志和引脚号

X1 — 1 ; 连接到此网络的组件标志和引脚号

) ; 网络定义结束

每一个网络定义的部分从符号“ ( ”开始，以符号“ ) ”结束。“ ( ”符号下第一行为网络的名称。以下几行都是连接到该网络点的所有组件的组件标识和引脚号。如 C2 — 2 表示电容 C2 的第 2 脚连接到网络 NetC2\_2 上； X1 — 1 表示还有晶振 X1 的第 1 脚也连接到该网络点上。

### 5.7.3 更新 PCB 板

生成网表后，即可将网表里的信息导入印刷电路板，为电路板的组件布局和布线做准备。Protel 提供了从原理图到 PCB 板自动转换设计的功能，它集成在 ECO 项目设计更改管理器中。启动项目设计更改管理器的方法有两种。

- 在 SCH 原理图编辑环境下，本例先打开 CLOCK . SCHDOC 文件。执行主菜单命令 Design / Update PCB CLOCK . PCBDOC ，如图 5 — 43 所示。

- 先进入 PCB 编辑环境下，本例中打开 CLOCK . PCBDOC 文件，执行主菜单命令 Design / Import Changes From CLOCK . PRJPCB ，如图 5 — 44 所示。

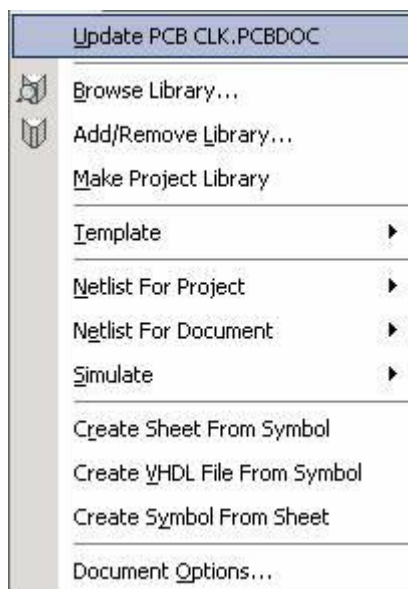


图 5 — 43 SCH 原理图编辑环境下更新 PCB 图

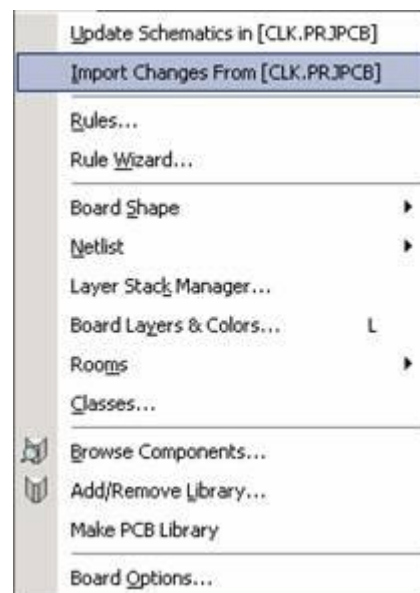


图 5 — 44 PCB 编辑环境下更新 PCB 图

执行以上相应命令后，将弹出 Engineering Change Order （更改命令管理）对话框，如图 5 — 45 所示。

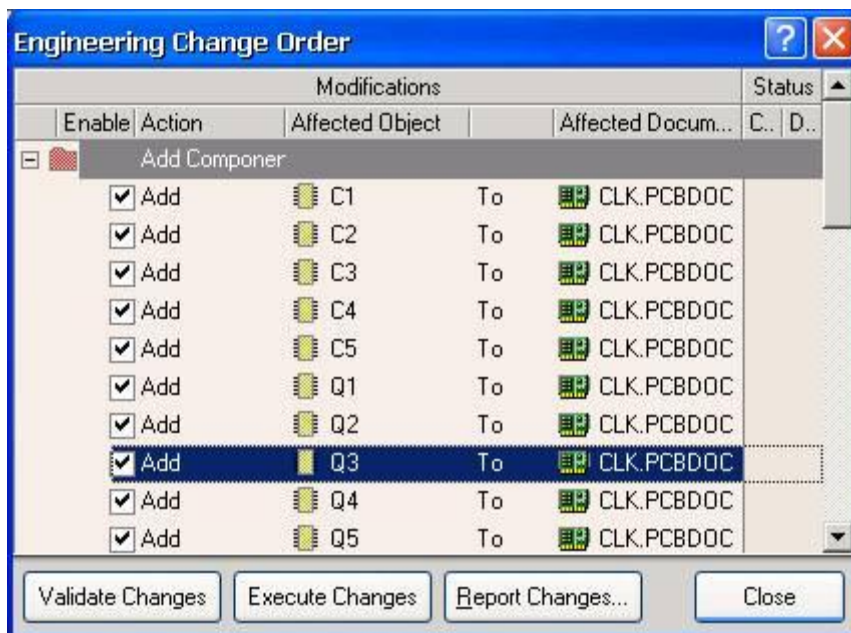


图 5 — 45 更改命令管理对话框

更改命令管理对话框中显示出当前对电路进行的修改内容，左边为 Modifications（修改）列表，右边是对应修改的 Status（状态）。主要的修改有 Add Component、Add Nets、Add Components Classes 和 Add Rooms 几类。

单击 Validate Changes 按钮，系统将检查所有的更改是否都有效，如果有效，将在右边 Check 栏对应位置打勾，如果有错误，Check 栏中将显示红色错误标识。

一般的错误都是由于组件封装定义不正确，系统找不到给定的封装，或者设计 PCB 板时没有添加对应的集成库。此时则返回到 SCH 原理图编辑环境中，对有错误的组件进行更改，直到修改完所有的错误即 Check 栏中全为正确内容为止。

单击 Execute Changes 按钮，系统将执行所有的更改操作，如果执行成功，Status 下的 Done 列表栏将被勾选，执行结果如图 5 — 46 所示。

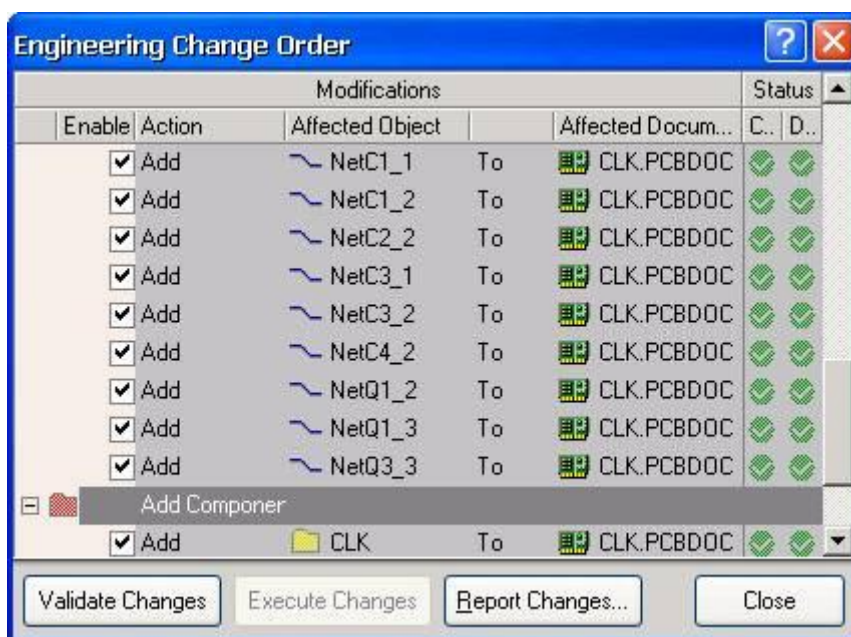


图 5 — 46 显示所有修改过的结果

在更改命令管理对话框中，单击 Report Changes ...按钮，将打开 Report Preview（报告预览）对话框，在该对话框中可以预览所有进行修改过的档，如图 5 — 47 所示。

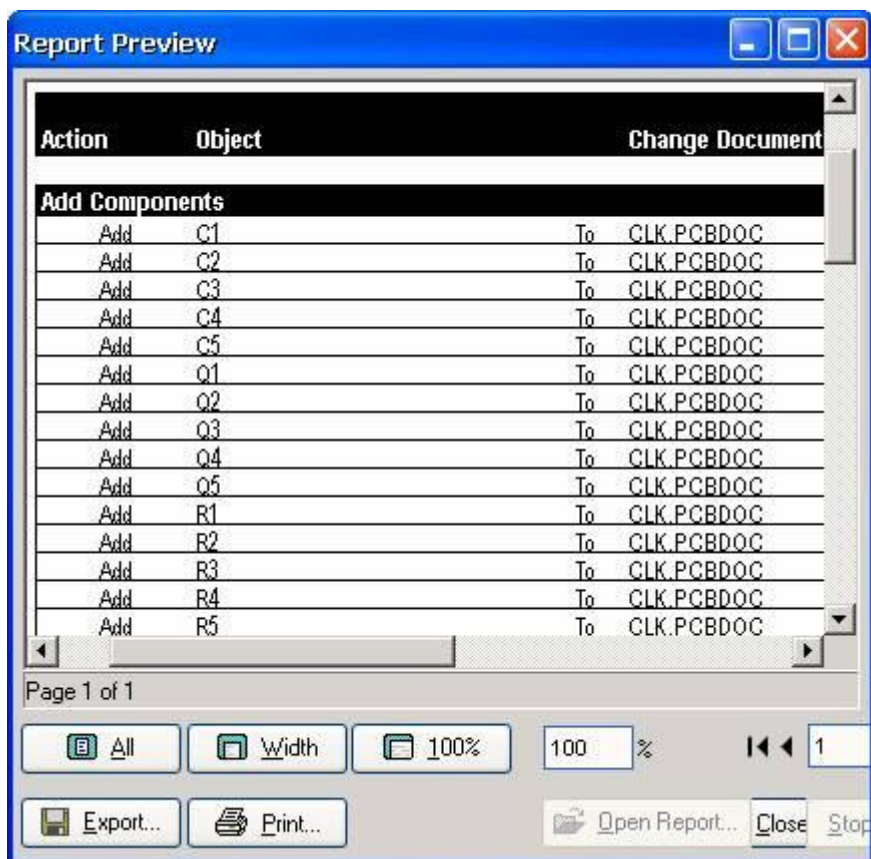


图 5 — 47 报告预览对话框

在报告预览对话框中，单击 Export ...按钮，将弹出文件保存对话框，如图 5 — 48 所示。在该对话框中，允许将所有的更改过的档以 Excel 格式保存。



图 5 — 48 ECO 报告保存对话框

保存输出文件后，系统将返回到更改命令管理对话框，单击 Close 按钮，将关闭该对话框，进入 PCB 编辑接口。此时所有的组件都已经添加到 CLOCK . PCBDOC 文件中，组件之间的飞线也已经连接。

但是所有组件几乎都重迭在一起，如图 5 — 49 所示，超出 PCB 图纸的编辑范围，因此必须对组件进行重新布局。

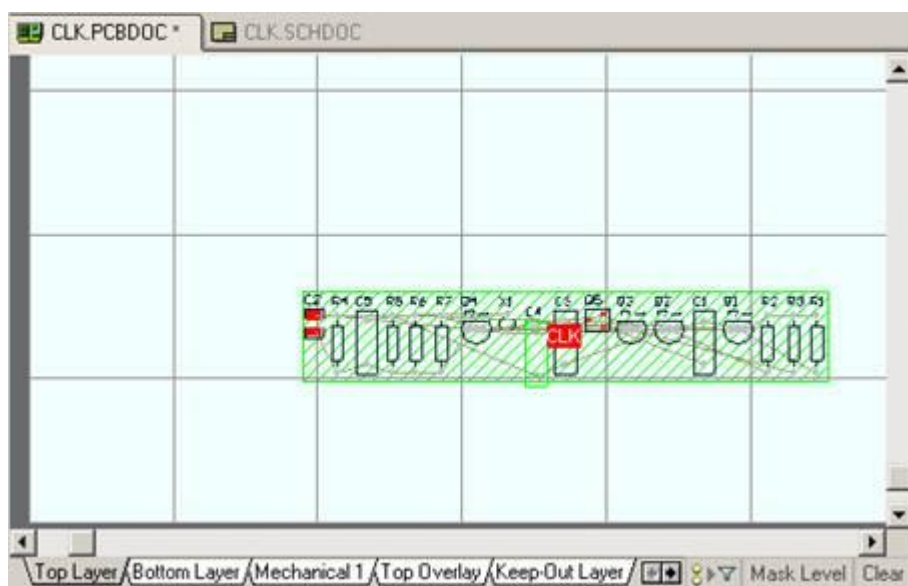


图 5 — 49 更新后生成的 PCB 图

## 5.8 组件布局

在以上步骤中，所有组件已经更新到 PCB 板上，但是组件布局过密，甚至出现重迭现象。

合理的布局是 PCB 板布线的关键。如果单面板设计组件布局不合理，将无法完成布线操作；如果双面板组件布局不合理，布线时将会放置很多过孔，使电路板导线变得非常复杂。合理的布局要考虑到很多因素，比如电路的抗干扰等，在很大程度上取决于用户的设计经验。

Altium Designer 6.0 提供了两种组件布局的方法，一种是自动布局，一种是手动布局。这两种方法各有优劣，用户应根据不同的电路设计需要选择合适的布局方法。

### 5.8.1 组件自动布局

组件的自动布局（Auto Place）适合于组件比较多的时候。Altium Designer 6.0 提供了强大的自动布局功能，定义合理的布局规则，采用自动布局将大大提高设计电路板的效率。

自动布局的操作方法是在 PCB 编辑环境下，执行主菜单命令 Tools / Auto Placement / Auto Placer ...，如图 5 — 50 所示，在弹出的 Auto Place（自动布局）对话框中，有两种布局规则可以供选择，如图 5 — 51 所示。



图 5 — 50 组件自动布局

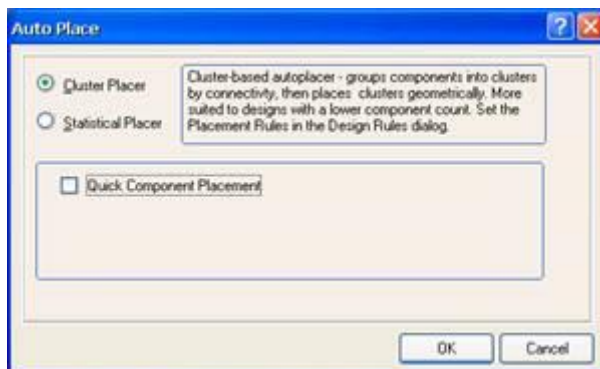


图 5 — 51 自动布局对话框

选中 Cluster Placer（集群方法布局）选项，系统将根据组件之间的连接性，将组件划分成一个个的集群（Cluster），并以布局面积最小为标准进行布局。这种布局适合于组件数量不太多的情况。选中 Quick Component Placement 复选项，系统将以高速进行布局。

选中 Statistical Placer（统计方法布局）选项，系统将以组件之间连接长度最短为标准进行布局。这种布局适合于组件数目比较多的情况（比如组件数目大于 100）。选择该选项后，对话框中的说明及设置将随之变化，如图 5 — 52 所示。

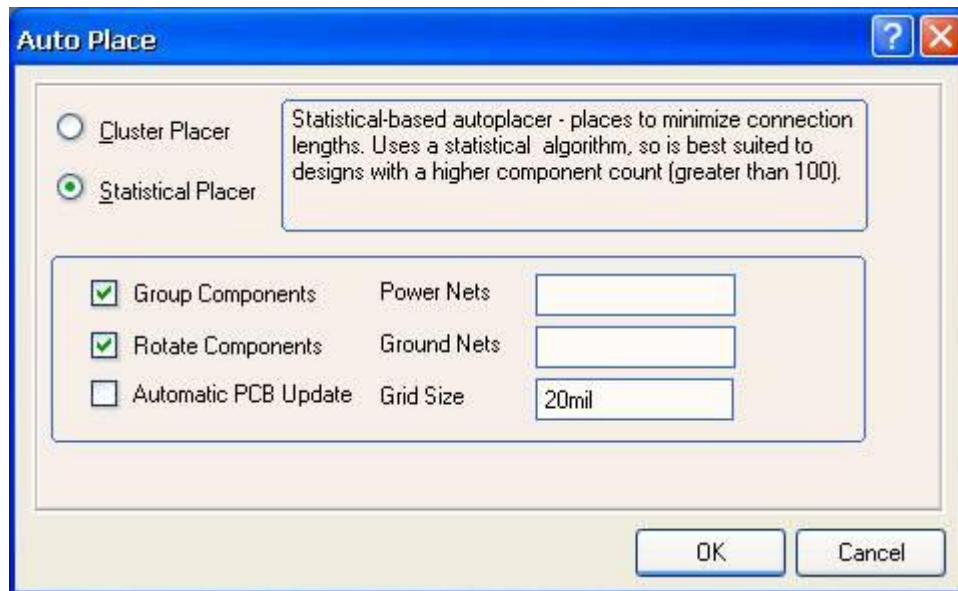


图 5 — 52 统计方法布局对话框

统计方法布局对话框中的设置及功能如下：

- Group Components 复选项：用于将当前布局中连接密切的组件组成一组，即布局时将这组组件作为整体来考虑。
- Rotate Components 复选项：用于布局时对组件进行旋转调整。
- Automatic PCB Update 复选项：用于在布局中自动更新 PCB 板。
- Power Nets 文本框：用于定义电源网络名称。

- Ground Nets 文本框：用于定义接地网络名称。
- Grid Size 文本框：用于设置格点大小。

如果选择 Statistical Placer 单选项的同时，选中 Automatic PCB Update 复选项，将在布局结束后对 PCB 板进行自动组件布局更新。

所有选项设置完成后，单击 OK 按钮，关闭设置对话框，进入自动布局。布局所花的时间根据组件的数量多少和系统配置高低而定。布局完成后，系统出现布局结束对话框，单击 OK 按钮结束自动布局过程，此时所需组件将布置在 PCB 板内部，如图 5—53 所示。

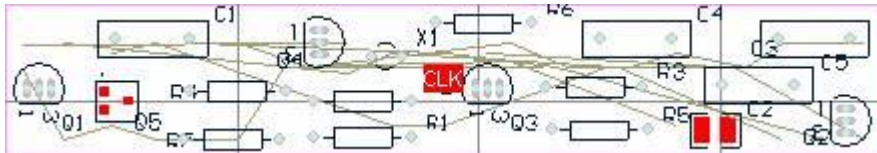


图 5—53 自动布局结果

图 5—53 中的布局结果只是将组件布置在 PCB 板中，但是飞线却没有布置。执行菜单命令 Design / Netlist / Clean All Nets ...或者执行 Clean Nets ...命令，将清除所有的网络，然后再撤销一次该操作，将在 PCB 图纸上显示飞线连接。在布局过程中，如果想中途终止自动布局的过程，可以执行主菜单命令 Tools / Auto Placement / Stop Auto Placer，即可终止自动布局。从图 5-54 中可以看到，使用 Protel 的组件自动布局功能，虽然布局的速度和效率都很高，但是布局的结果并不令人满意。组件之间的标志都有重迭的情况，有时布局后组件非常凌乱。因此，很多情况下必须对布局结果进行局部的调整，即采用手动布局，按用户的要求进一步进行设计。

### 5.8.2 组件手动布局

在系统自动布局后，手动对组件布局进行调整，自动布局功能，直接进入组件的手工布置。手动调整组件的方法和 SCH 原理图设计中使用的方法类似，即将组件选中进行重新放置。使用左键选中组件后拖动，此过程中组件之间的飞线不会断开。本例采用自动布局后的结果和又进行了手动调整后的效果比较，如图 5—54 和图 5—55 示。

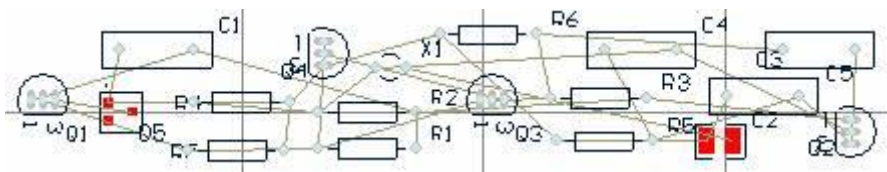


图 5—54 自动布局后 PCB 图

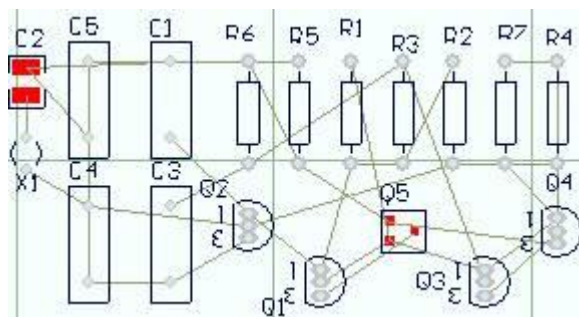


图 5—55 手动调整后的 PCB 图

## 5.9 布线规则设置

Altium Designer 6.0 提供了 10 种不同的设计规则，包括导线放置、导线布线方法、组件放置、布线规则、组件移动和信号完整性等。

电路可以根据需要采用不同的设计规则，如果设计双面板，其很多规则可以采用系统默认值，这是因为系统默认就是针对双面板布线而设置的。

进入设计规则设置对话框的方法是在 PCB 电路板编辑环境下，执行主菜单命令 Design / Rules ...，弹出如图 5—56 所示的 PCB Rules and Constraints Editor(PCB 设计规则和约束)对话框。

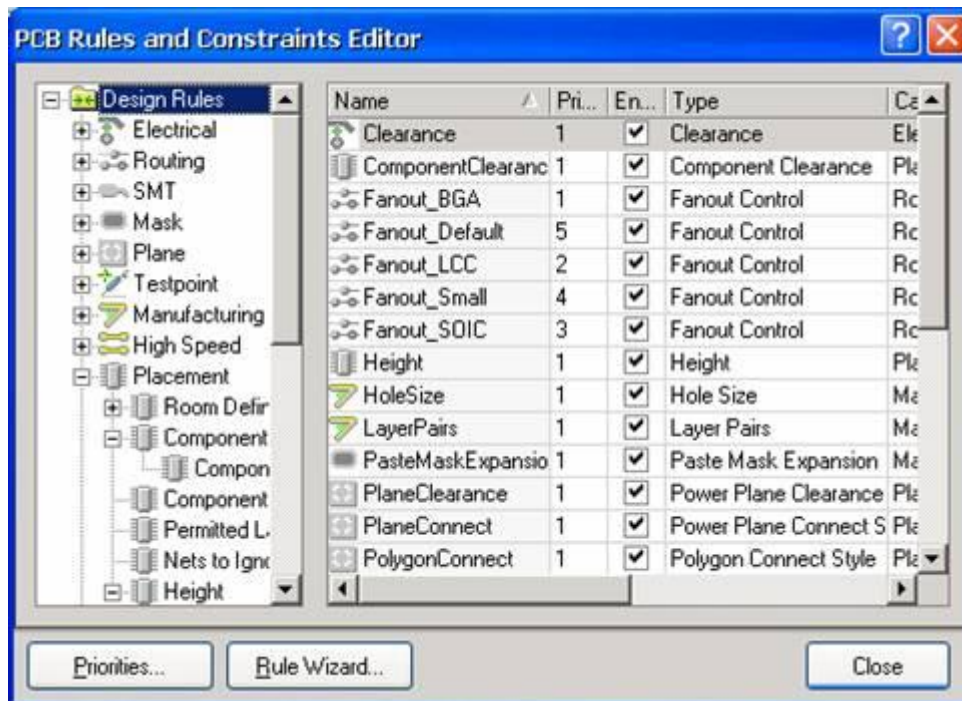


图 5—56 PCB 设计规则和约束对话框

该对话框左侧显示的是设计规则的类型，共分 10 类。包括 Electrical（电气类型）、Routing（布线类型）、SMT（表面粘着组件类型）等等。右侧则显示对应设计规则的设置属性。

该对话框左下角有按钮 Priorities，单击该按钮，可以对同时存在的多个设计规则进行优先权设置。

对这些设计规则的基本操作有几种：新建规则、删除规则、导出和导入规则等。我们将在第 6 章中，详细介绍各类设计规则的设置和使用方法。

### 5.10 自动布线和手动布线

在对布线规则进行了完整正确的设置后，还必须对所设计的印刷电路板进行网络管理操作后，才可以进行自动布线和手动布线操作。

#### 5.10.1 自动布线

在对印刷电路板进行了自动布局并且设置好布线规则后，即可给组件布线。布线可以采取自动布线和手动布线调整两种方式。Altium Designer 6.0

提供了强大的自动布线功能，它适合于组件数目较多的情况。

##### 1. 自动布线设置

利用系统提供自动布线操作之前，先要对自动布线进行规则设置。在 PCB 操作接口下，执行主菜单命令 Auto Route / Setup ...，如图 5—57 示。进入自动布线状态后，将弹出如图 5—58 所示的 Situs Routing Strategies（布线设置）对话框。





图 5 — 57 选择自动布线菜单命令

该对话框显示 Available Routing Strategies （有效布线策略），一般情况下均采用系统默认值。Routing Rules 按钮，和前面设置的布线规则操作一样，可以在此处对其修改等操作。



图 5 — 58 自动布线设置对话框

## 2 . 自动布线

自动布线菜单中几个菜单项用于对自动布线进行操作。

- All 菜单项：对整个印刷板所有的网络均进行自动布线。
- Net 菜单项：对指定的网络进行自动布线。选中后，鼠标将变成十字游标形状，可以选中需要布线的网络，再单击鼠标，系统会进行自动布线。
- Component 菜单项：对指定的组件进行自动布线。选中后，鼠标将变成十字游标形状，移动鼠标选择需要布线的特定组件，单击鼠标系统会对该组件进行自动布线。

- **Connection** 菜单项：对指定的焊盘进行自动布线。选中后，鼠标将变成十字游标形状，单击鼠标，系统即进行自动布线。
- **Area** 菜单项：对指定的区域自动布线，选中后，鼠标将变成十字游标形状，拖动鼠标选择一个需要布线的焊盘的矩形区域。
- **Room** 菜单项：给定的组件组合进行自动布线。
- **Setup** 菜单项：用于打开自动布线设置对话框。
- **Stop** 菜单项：终止自动布线。
- **Reset** 菜单项：对布过线的印刷板进行重新布线。
- **Pause** 菜单项：对正在进行的布线操作进行中断。
- **Restart** 菜单项：继续中断了的布线操作。

自动布线过程中，出现 Message 对话框，显示当前布线的信息，如图 5 — 59 所示。

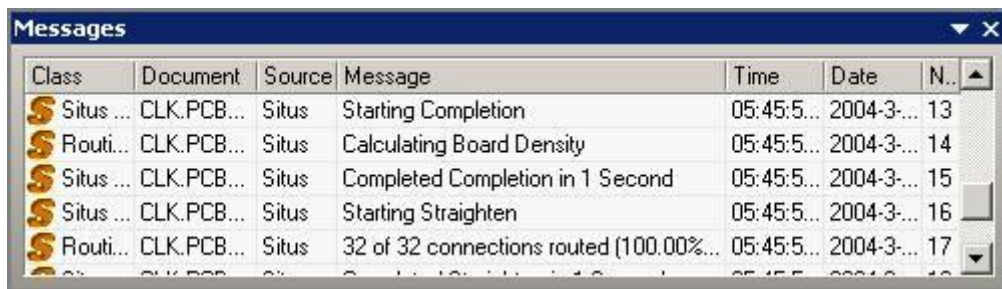


图 5 — 59 自动布线信息

在这里对已经手动布局好的 CLOCK . PCBDOC 印刷电路板采用自动布线，在 Altium Designer 6.0 主菜单中执行菜单命令 Auto Route / All 。自动布线完成后，按 End 键将刷新显示布线结果，布线结果如图 5 — 60 所示。执行菜单命令 View/Borad in3D ，则可看到如图 5 — 61 所示的 3D 效果图。

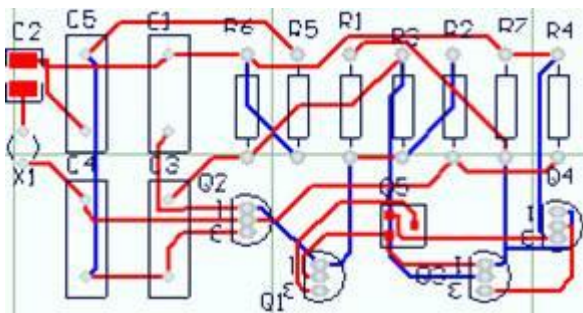


图 5 — 60 自动布线结果

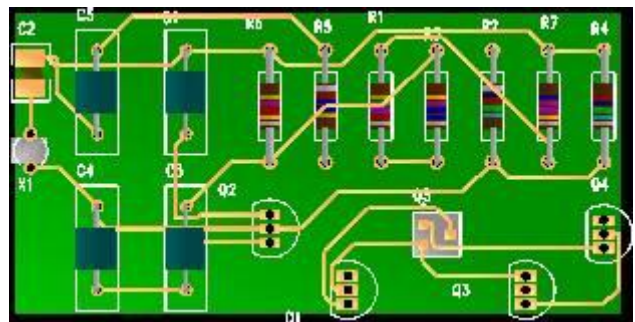


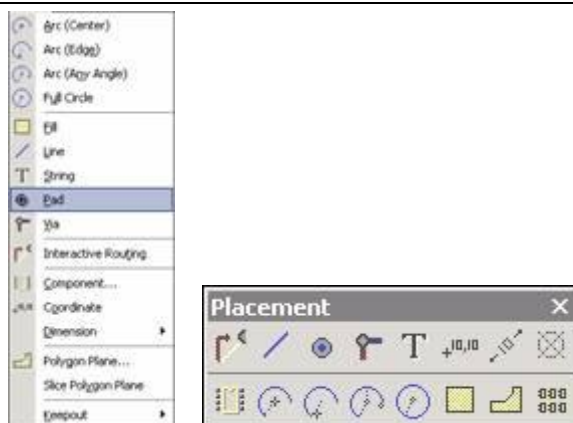
图 5 — 61 3D 效果图

### 5.10.2 手动布线

在 PCB 板上组件数量不多，联机不复杂的情况下，或者在使用自动布线后需要对组件进行布线的更改时，都可以采用手动布线方式。

使用手动布线直接打开 Place 菜单，如图 5 — 62 所示。

也以执行主菜单命令 Vi ew/Tool bars/Pl acement ，打开 Pl acemen （组件放置）工具栏，如图 5 — 63 所示。



手动布线包括放置 Arc（圆弧导线）、Track（放置导线）、String（放置文字）、Pad（放置焊盘）等。  
图 5 — 62 组件放置菜单 图 5 — 63 组件放置工具栏

### 1. 放置圆弧导线

#### ①使用 Arc（Center）菜单项放置圆弧导线

使用设置圆弧中的方法放置圆弧导线的操作步骤如下：

- （1）执行组件放置菜单命令 Place / Arc（Center）。或从组件放置工具栏中单击圆弧中心按钮
- （2）选中放置圆弧导线后，鼠标将变成十字形状，选择圆心后，单击鼠标确定，如图 5 — 64 所示。
- （3）将鼠标移动到合适位置，选择圆弧的半径，右击鼠标，如图 5 — 65 所示。

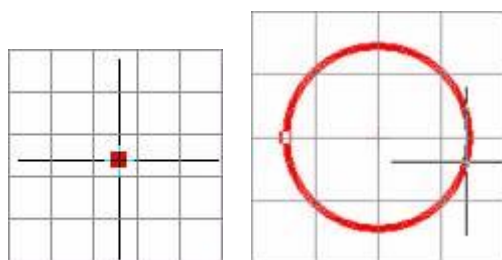


图 5 — 64 圆心选取 图 5 — 65 确定圆弧半径

- （4）移动鼠标在圆弧的开始和结尾处时都单击鼠标，确定圆弧起始位置和终止位置，如图 5 — 66 所示。
- （5）完成圆弧的绘制后，在 PCB 图纸上右击鼠标取消画圆弧状态。绘制结果如图 5 — 67 所示。

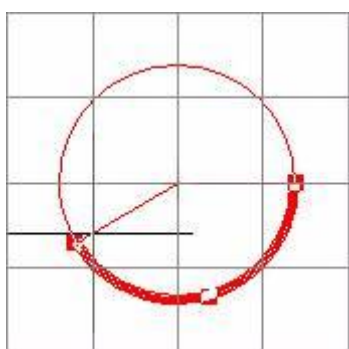


图 5 — 66 确定 Center 圆弧的起点和终点

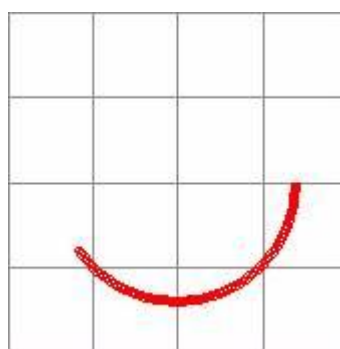


图 5 — 67 完成后的 Center 圆弧导线

#### ②使用 Arc（Edge）菜单项放置圆弧导线

使用设置圆弧端点的方法放置圆弧导线的步骤如下：

- （1）执行组件放置菜单命令 Place / Arc（Edge），或在组件放置工具栏中选圆弧端点按钮

( 2 ) 选中放置圆弧导线后，鼠标将变成十字形状，单击鼠标确定起点，移动鼠标，选择合适的圆弧终点位置后，单击鼠标结束选取，如图 5 — 68 所示。

完成圆弧的绘制后，在 FCB 图纸上右击鼠标取消画圆弧状态，绘制结果如图 5 — 69 所示。

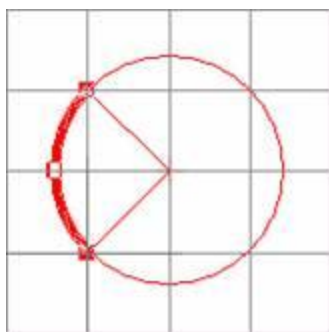


图 5 — 68 确定 Edge 圆弧起点和终点

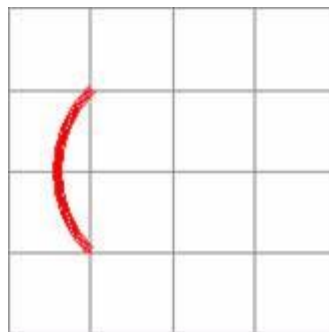


图 5 — 69 完成后的 Edge 圆弧导线

### ③使用 Arc ( Any angle ) 菜单项放置圆弧导线

放置任意角度的圆弧导线的操作步骤如下：

( 1 ) 执行组件放置菜单命令 Place / Arc ( Any Angle ) ，或在组件放置工具栏中选按钮  。

( 2 ) 选中要放置的圆弧导线后，鼠标将变成十字形状，单击鼠标确定起点。

( 3 ) 移动鼠标进行圆弧中心的选取，在合适的圆弧中心位置处单击鼠标，结束圆心和半径的选取，如图 5 — 70 所示。

( 4 ) 起点和圆心定好后，使鼠标仍保持十字游标形状，并在圆弧上移动，选择好圆弧终点后，单击鼠标，如图 5 — 71 所示。

( 5 ) 完成圆弧的绘制后，在 PCB 图纸上右击鼠标取消画圆弧状态。绘制效果如图 5 — 72 所示。

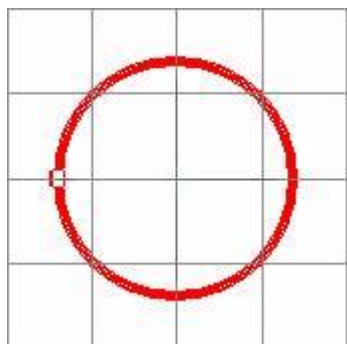


图 5 — 70 圆弧中心和半径选取

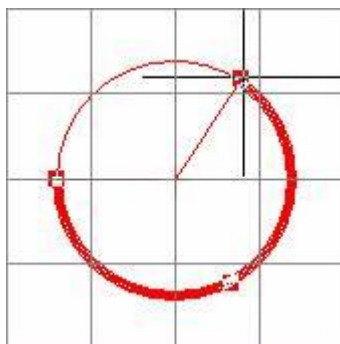


图 5 — 71 圆弧终点的选取  
导线

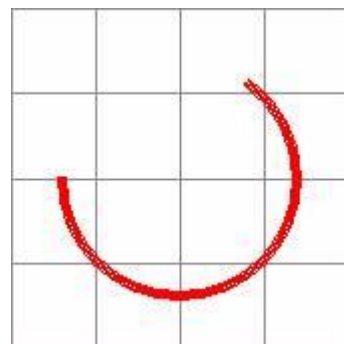


图 5 — 72 完成后任意角度圆弧  
导线

### ④使用 Full Circle 菜单项放置圆弧导线

放置完整的圆弧导线的操作步骤如下：

( 1 ) 执行组件放置菜单命令 Place/Full Circle 。或在组件放置工具栏中选按钮  。

( 2 ) 选中放置的圆弧导线后，使鼠标将变成十字形状，单击鼠标确定圆心。

( 3 ) 移动鼠标并使其保持十字游标状态，选择圆的半径，到达合适的位置后单击鼠标结束半径的选取，如图 5 — 73 所示。

( 4 ) 完成圆弧的绘制后，在 PCB 图纸上右击鼠标取消画圆弧状态。绘制效果如图 5 — 74 所示。

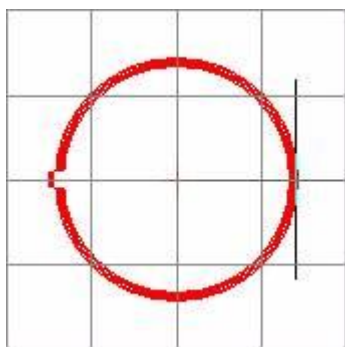


图 5 — 73 选取圆心和半径

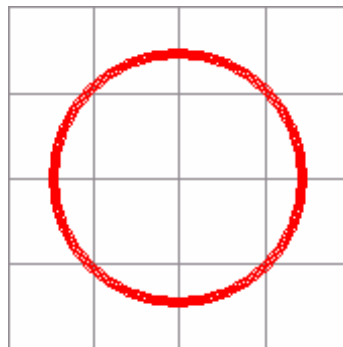


图 5 — 74 完成后的完整的圆弧导线

### ⑤设置圆弧导线属性

设置圆弧导线属性有如下两种方法：

- 在用鼠标放置圆弧导线时按 Tab 键，弹出 Arc(圆弧)属性对话框，如图 5 — 75 所示。

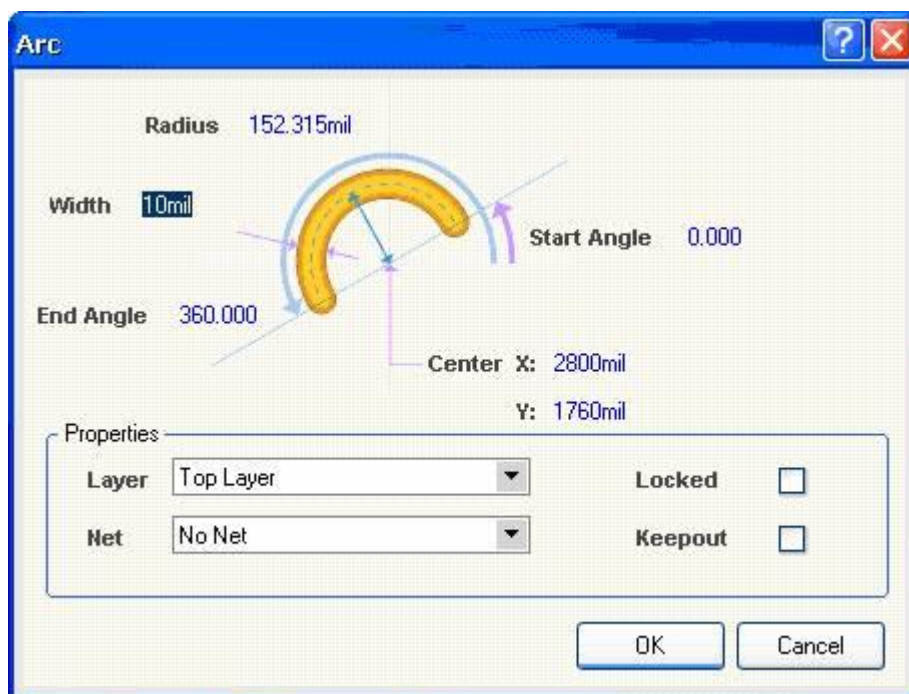


图 5 — 75 圆弧属性对话框

- 对已经在 PCB 板上放置好的导线，直接双击该导线，也将弹出圆弧属性对话框。圆弧属性对话框中有如下几项设置：
- Radius：设置圆弧的半径。
- Width：设置圆弧的导线宽度。
- Start Angle：设置圆弧的起始角度。
- End Angle：设置圆弧的终止角度。
- Center X 和 Center Y：设置圆弧的圆心位置。
- Layer 下拉选项：选择圆弧所放置的层面。
- Net 下拉选项：选择该圆弧段对应的网络名。
- Locked：设定放置后是否将圆弧的位置固定不动。
- keepout：选择是否屏蔽圆弧导线。

## 2. 放置导线

放置导线的方法：可以执行主菜单命令 Place / Interactive Routing，也可以用组件放置工具栏中的按钮 。进入放置导线状态后，鼠标变成十字游标形状，将鼠标移动到合适的位置，单击鼠标确定导线的起始点，即可放置导线，在导线绘制过程中，可以用空格键对导线方向进行调整。

将鼠标移动到终点位置，单击鼠标确定终点位置，再右击鼠标结束当前该条导线的布置。可继续进行下一条导线布线。

要删除一条导线，先选中该导线，按 Delete 键即可删除该导线，也可以执行菜单命令 Edit / Delete，使鼠标将变成十字游标形状后，将游标移动到所需要删除的导线上单击鼠标即可删除。

设置所放置的导线的属性有如下方法：

在用鼠标放置圆弧导线的时候先单击鼠标，确定导线起始点后，按 Tab 键，将弹出 Interactive Routing（交互布线）设置对话框，从中进行圆弧导线属性的设置，如图 5 — 76 所示。

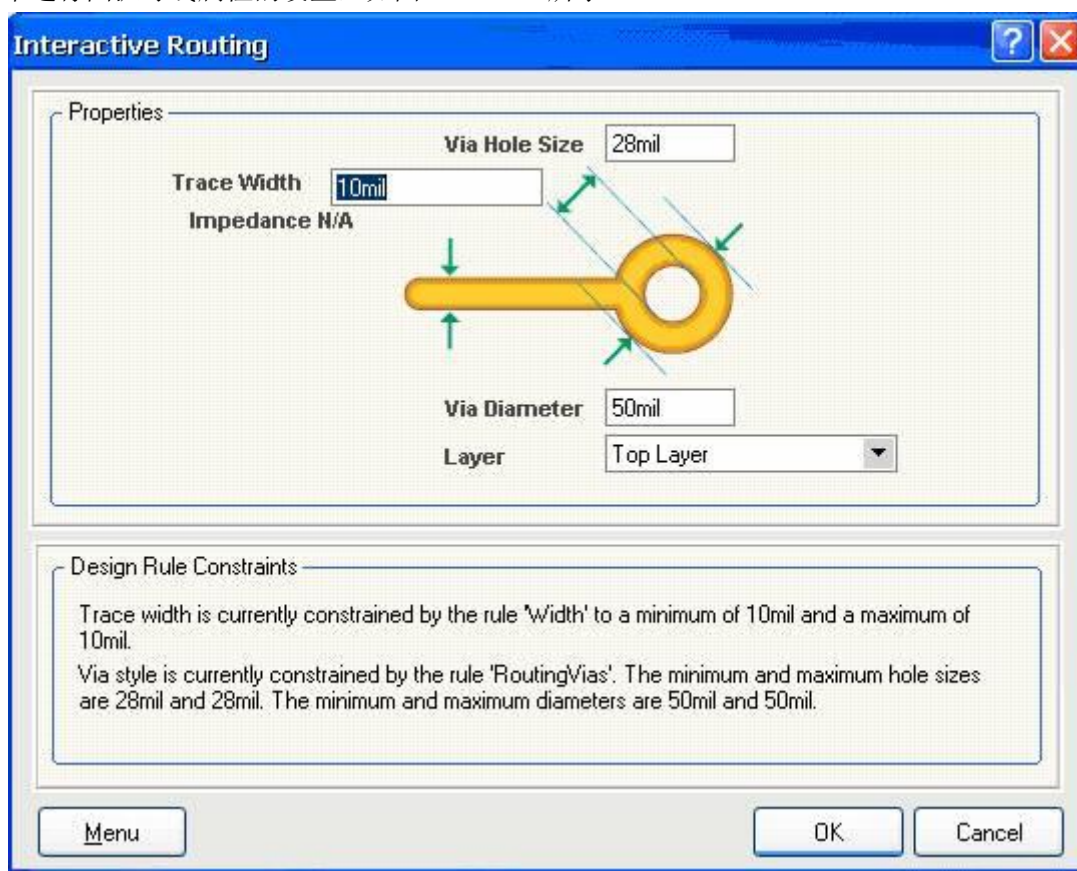


图 5 — 76 交互布线设置对话框

对已经在 PCB 板上放置好的导线，直接双击该导线，也可以弹出 track（导线属性）设置对话框，如图 5 — 77 所示。在导线属性设置对话框中有如下几项设置：

- Start X：和 Start Y：用于确定该段导线的起始位置 x 和 y 的坐标。
- Width：：用于设置导线的宽度。
- End X 和 End Y：用于设定导线的终止位置 x 和 y 坐标。
- Layer 下拉列表：用于设置放置的层面。
- Net 下拉列表：用于设置放置的网络。
- Locked 复选项：用于设定放置后是否将文字固定不动。

- keepout 复选项：用于选择是否屏蔽该导线。

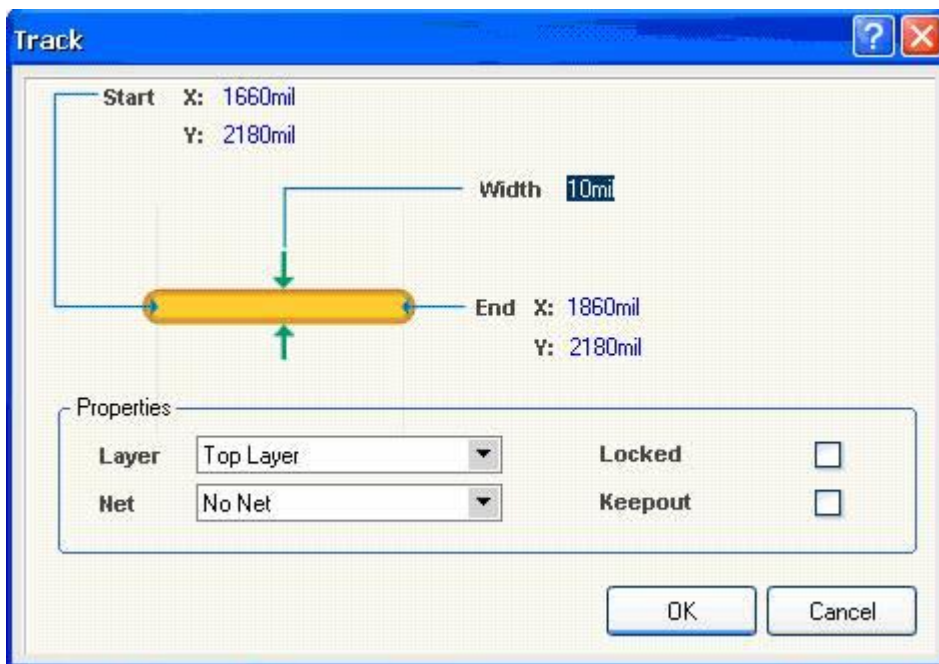


图 5 — 77 导线属性设置对话框

### 5.11 PCB 与原理图的相互更新

在印刷电路设计中，有时在原理图和 PCB 电路图都设计好的情况下，难免会对其中的组件或电路进行局部的更改，更改较多的往往是组件的封装。有时在 PCB 电路板上直接对某个组件的封装做了修改，也想自动地将更改反映到原理图上去；或者原理图上对某组件的数值大小进行修改，也希望对应更改 PCB 电路板。Altium Designer 6.0 提供了很好的 PCB 与原理图相互更新的功能。

#### 5.11.1 由 SCH 原理图更新 PCB

对 SCH 原理图进行了部分更改后，在原理图编辑环境下，执行主菜单命令 Design / Update PCB PCB2.PCBDOC，如图 5 — 78 所示，即可完成从 SCH 原理图对 PCB 电路图的更新。

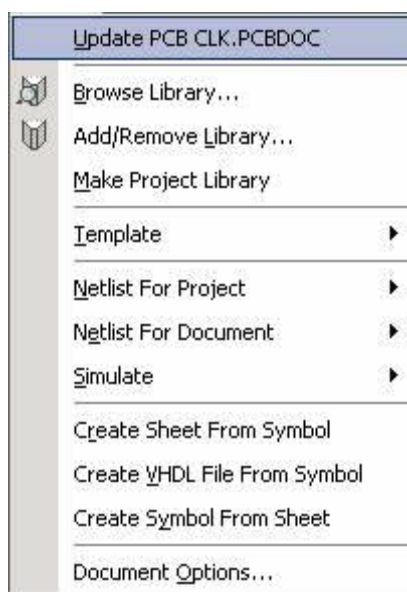


图 5 — 78 更新 PCB 菜单

例如，在 SCH 原理图中将电容 C5 的电容值从 100pF 更改为 1000pF，从 Altium Designer 6.0 的主菜单中执行 UpdatePCB CLK . PcbDoc 命令后，将弹出项目设计更改管理对话框，如图 5 — 79 所示。

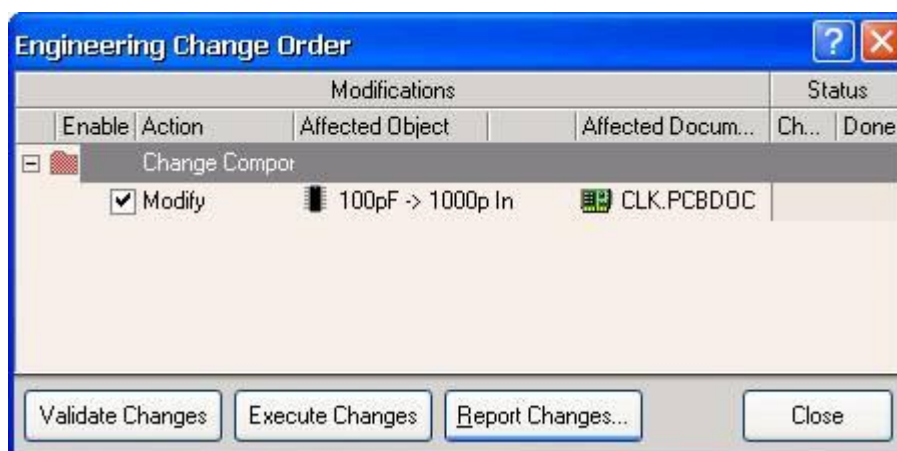


图 5 — 79 项目设计更改管理对话框

在项目设计更改管理对话框中单击 Validate Changes 按钮，检查更改，然后再单击 Execute Changes 按钮，执行更改。如果没有错误，SCH 原理图的更改将自动更新到 PCB 电路板上。更新前与更新后的 PCB 电路图，如图 5 — 80 和图 5 — 81 示。

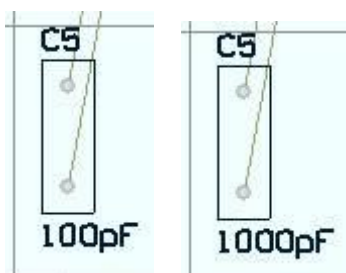


图 5 — 80 更新前的 PCB 图 5 — 81 更新后的 PCB

### 5.11.2 由 PCB 更新原理图

由 PCB 图更新 SCH 原理图与由 SCH 原理图更新 PCB 的原理图相同。在 PCB 设计环境下，执行主菜单命令 Design/Update Schematic in [ CLK. PRJPCB ]，如图 5 — 82 所示。

例如，在这里对 CLK . PCBDOC 电路板中的电阻 C5 进行更改，将电阻值从 100pF 改为 1000pF。

选中该菜单项后，也将弹出项目设计更改管理对话框。使用上述相同操作可以将 C5 的更改反映到 SCH 原理图上。更改前后的 SCH 原理图，如图 5 — 82 和图 5 — 83 所示。



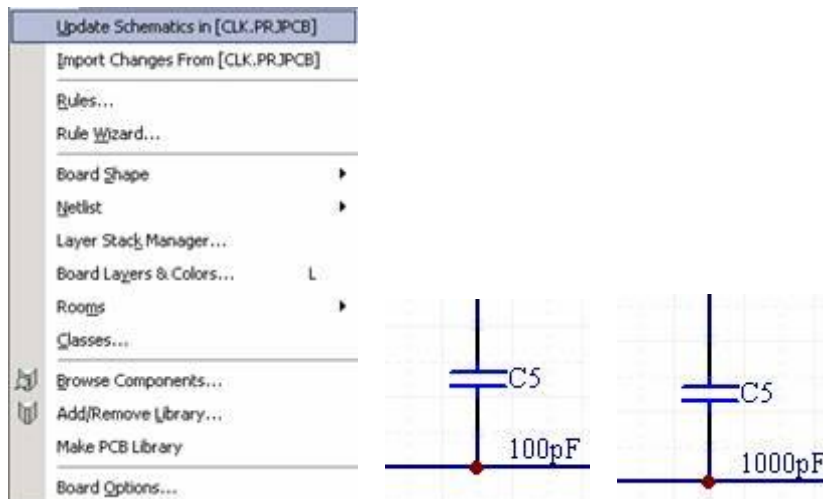


图 5 — 81 PCB 图更新 SCH 图操作 图 5 — 82 SCH 图更新前 图 5 — 83 SCH 图更新后

### 5.12 PCB 验证和错误检查

电路板设计完成之后,为了保证所进行的设计工作,比如组件的布局、布线等符合所定义的设计规则, Altium Designer 6.0 提供了设计规则检查功能 DRC ( Design Rule Check ) , 对 PCB 板的完整性进行检查。

#### 5.12.1 设计检查检查 DRC

启动设置规则检查 DRC 的方法是执行主菜单命令 Tools/Design Rule Check . . . , 将弹出 Design Rule Checker ( 设计规则检查)对话框, 如 5 — 84 所示。

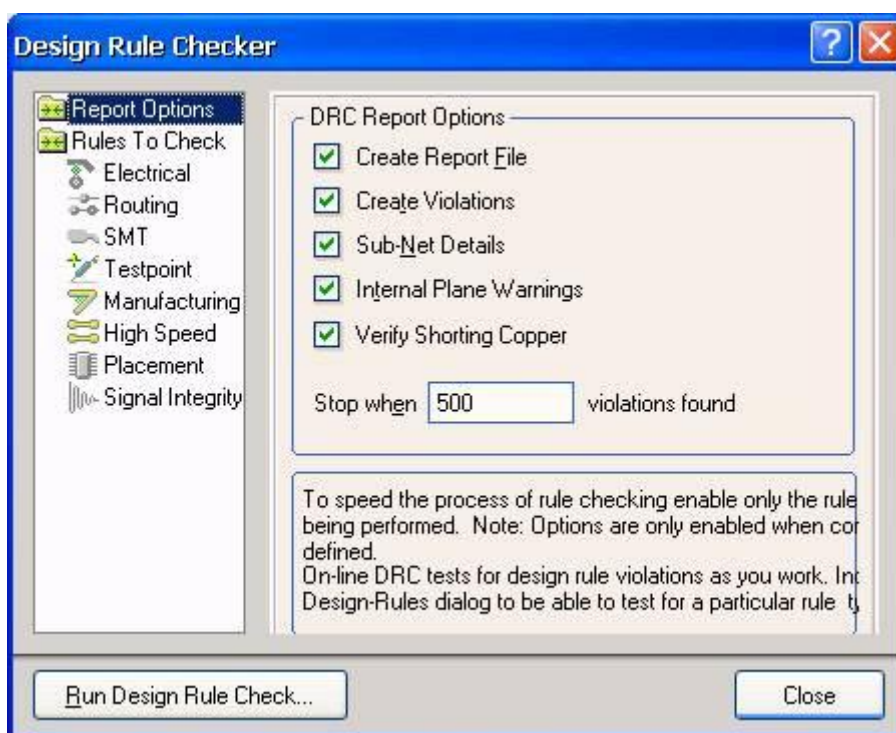


图 5 — 84 设计规则检查对话框

该对话框中左边是设计项, 右边为具体的设计内容。

#### ① Report Options 节点

该项设置生成的 DRC 报表将包括哪些选项, 由 Create Report File (生成报表文件)。

Create Violations (报告违反规则的项)、Sub-Net Details (列出子网络的细节)、Internal Plane Warnngs (内层检查) 等选项来决定。选项 Stop when ... violations found 用于限定违反规则的最高选项数, 以便停止报表生成。系统默认所有的选项都选中生成。

## ② Rules To Check 节点

该项列出了 8 项设计规则, 这些设计规则都是在 PCB 设计规则和约束对话框里定义的设计规则。单击左边各选择项, 详细内容会在右边的窗口中显示出来, 如图 5 — 85 所示。这些显示包括显示 Rule (规则名称)、Category (规则的所属种类)。

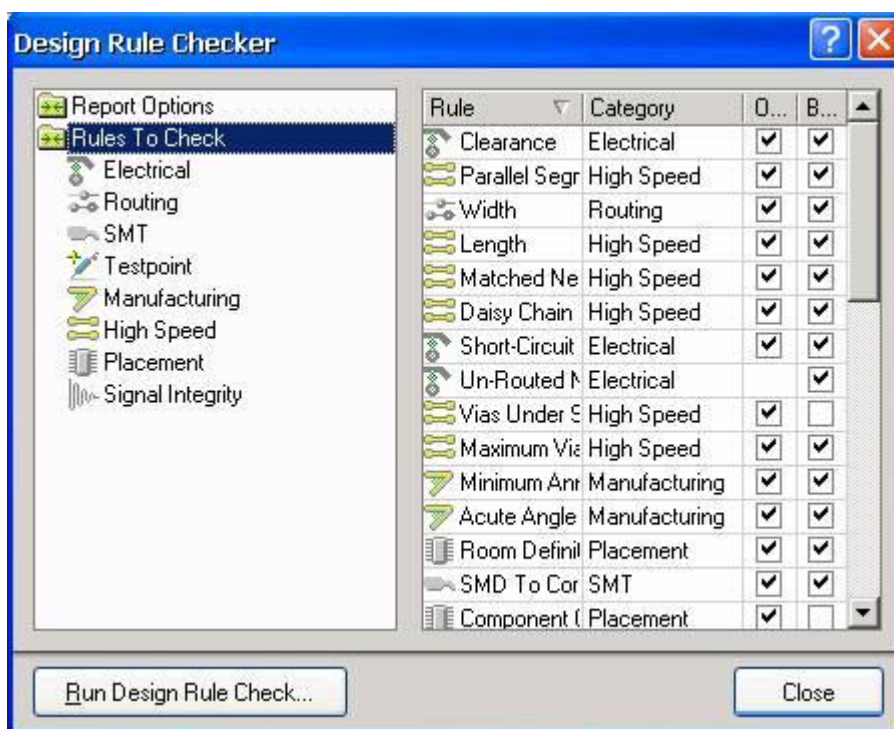


图 5 — 85 选择设计规则选项

Online 选项表示该规则是否在电路板设计的同时进行同步检查, 即在线方法的检查。

Batch 选择项表示在运行 DRC 检查时要进行检查的项目。

### 5.12.2 生成检查报告

对要进行检查的规则设置完成之后, 在 Rules To Check 对话框中单击 Run Design

Rule Check ...按钮, 进入规则检查。

系统将弹出 Messages 信息框, 在这里列出了所有违反规则的信息项。包括所违反的设计规则的种类、所在文文件、错误信息、序号等, 如图 5 — 86 所示。

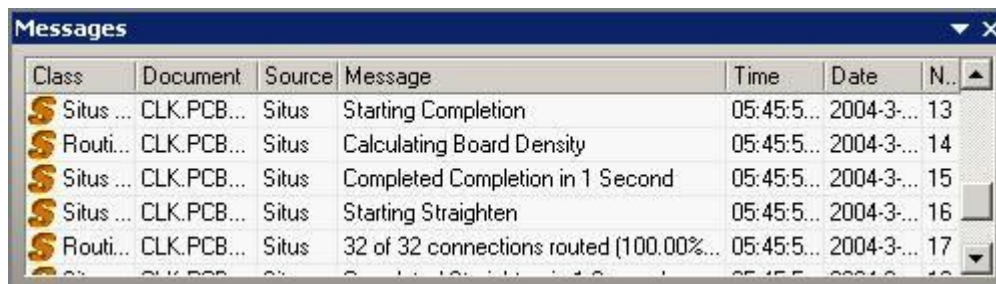


图 5 — 86 Messages 信息框

同时在 PCB 电路图中以绿色标志标出不符合设计规则的位置，用户可以回到 PCB 编辑状态下相应位置对错误的设计进行修改。再重新运行

DRC 检查，直到没有错误为止。

DRC 设计规则检查完成后，系统将生成设计规则检查报告，文件名后缀为 .DRC，如图 5 — 87 所示。

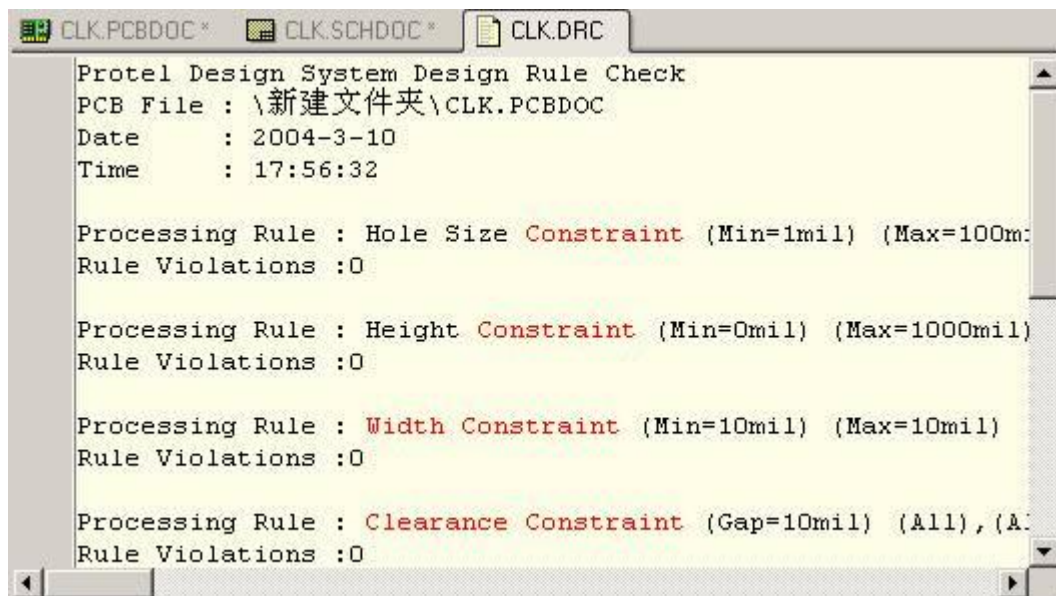


图 5 — 87 设计规则检查报告

### 小结

本章中对 PCB 电路设计的流程作了介绍，并以项目 CLOCK . PRJPCB 电路板的生成为例，讲解了生成电路板的各个步骤，使读者能对 PCB 电路设计有初步的掌握。较高级的设计技巧将在第 7 章中阐述。

## 第 6 章 布线规则设定

对于 PCB 的设计， Altium Designer 6.0 提供了详尽的 10 种不同的设计规则，这些设计规则则包括导线放置、导线布线方法、组件放置、布线规则、组件移动和信号完整性等规则。根据这些规则， Altium Designer 6.0 进行自动布局和自动布线。很大程度上，布线是否成功和布线的质量的高低取决于设计规则的合理性，也依赖于用户的设计经验。

对于具体的电路可以采用不同的设计规则，如果是设计双面板，很多规则可以采用系统默认值，系统默认值就是对双面板进行布线的设置。

本章将对 Altium Designer 6.0 的布线规则进行讲解。

### 6.1 设计规则设置

进入设计规则设置对话框的方法是在 PCB 电路板编辑环境下，从 Altium Designer 6.0 的主菜单中执行菜单命令 Design/Rules ……，系统将弹出如图 6 — 1 所示的 PCB Rules and Constraints Editor(PCB 设计规则和约束 ) 对话框。

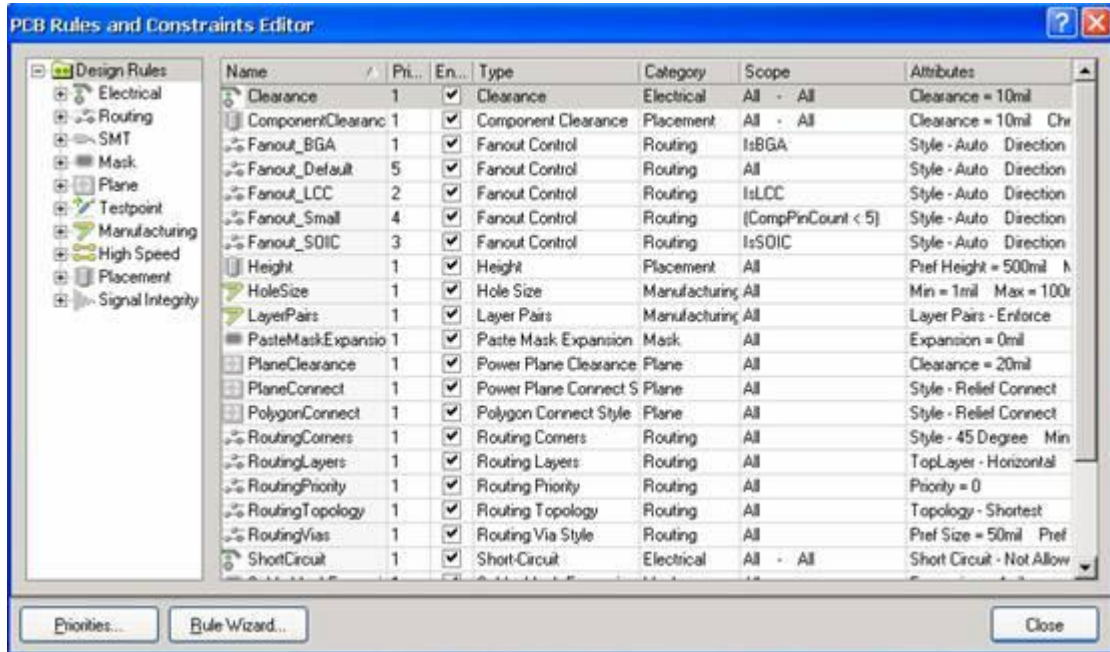


图 6-1 PCB 设计规则和约束对话框

该对话框左侧显示的是设计规则的类型，共分 10 类。左边列出的是 Design Rules( 设计规则 )，其中包括 Electrical ( 电气类型)、Routing ( 布线类型)、SMT ( 表面粘着组件类型) 规则等等，右边则显示对应设计规则的设置属性。



该对话框左下角有按钮 Priorities，单击该按钮，可以对同时存在的多个设计规则设置优先权的大小。

对这些设计规则的基本操作有：新建规则、删除规则、导出和导入规则等。可以在左边任一类规则上右击鼠标，将会弹出如图 6 — 2 所示的菜单。

在该设计规则菜单中，New Rule 是新建规则；Delete Rule 是删除规则；Export Rules 是将规则导出，将以 .rul 为后缀名导出到文件中；Import Rules 是从文件中导入规则；Report .....选项，将当前规则以报告文件的方式给出。图 6 — 2 设计规则菜单

图 6 — 2 设计规则菜单

下面，将分别介绍各类设计规则的设置和使用方法。

## 6.2 电气设计规则

Electrical ( 电气设计) 规则是设置电路板在布线时必须遵守，包括安全距离、短路允许等 4 个小方面设置。

### 1. Clearance ( 安全距离) 选项区域设置

安全距离设置的是 PCB 电路板在布置铜膜导线时，组件焊盘和焊盘之间、焊盘和导线之间、导线和导线之间的最小的距离。

下面以新建一个安全规则为例，简单介绍安全距离的设置方法。

( 1 ) 在 Clearance 上右击鼠标，从弹出的快捷菜单中选择 New Rule .....选项，如图 6 — 3 所示。

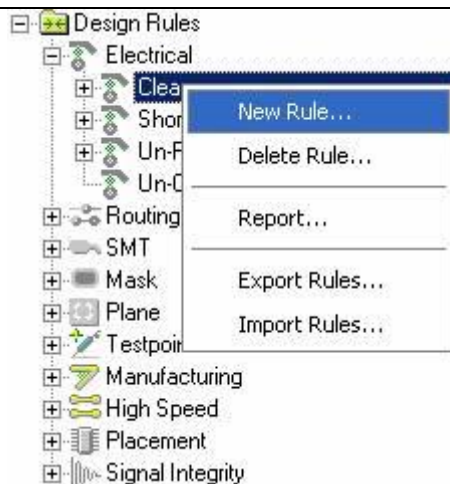


图 6 — 3 新建规则

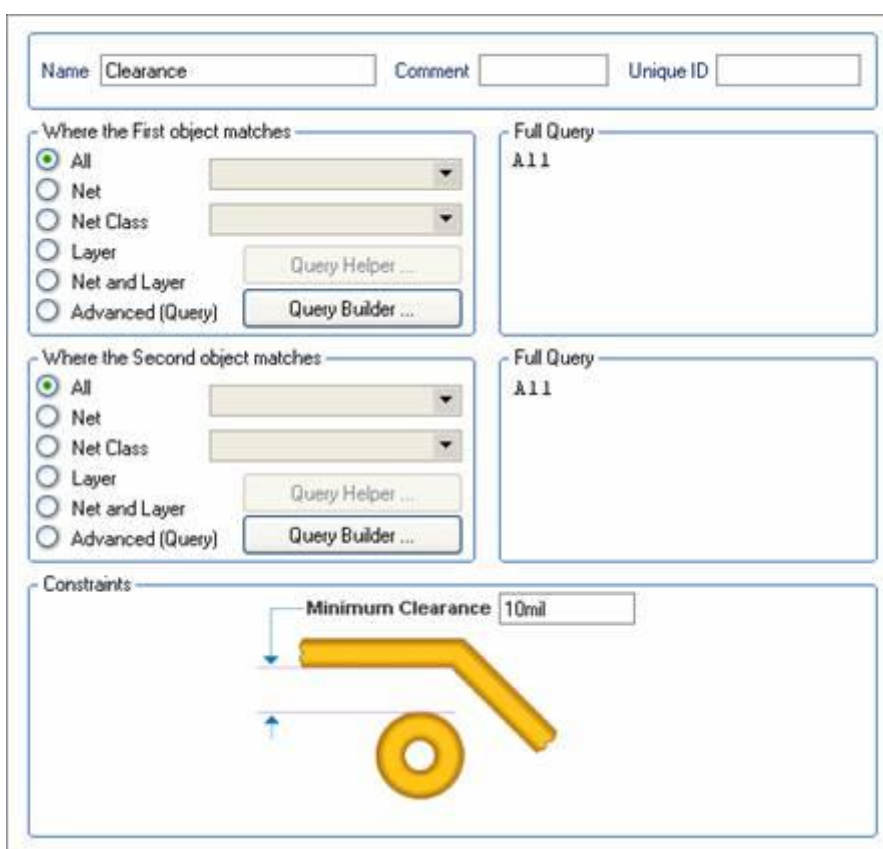


图 6 — 4 新建 Clearance\_1 设计规则

系统将自动当前设计规则为准，生成名为 Clearance\_1 的新设计规则，其设置对话框如图 6 — 4 所示。

( 2 ) 在 Where the First object matches 选项区域中选定一种电气类型。在这里选定 Net 单选项，同时在下拉菜单中选择在设定的任一网络名。在右边 Full Query 中出现 InNet ( ) 字样，其中括号里也会出现对应的网络名。

( 3 ) 同样的在 where the Second object matches 选项区域中也选定 Net 单选项，从下拉菜单中选择另外一个网络名。

( 4 ) 在 Constraints 选项区域中的 Minimum Clearance 文本框里输入 8mil 。这里 Mil 为英制单位，1mil=10<sup>-3</sup>inch  
1inch= 2.54cm 。文中其它位置的 mil 也代表同样的长度单位。

( 5 ) 单击 Close 按钮，将退出设置，系统自动保存更改。

设计完成效果如图 6 — 5 所示。

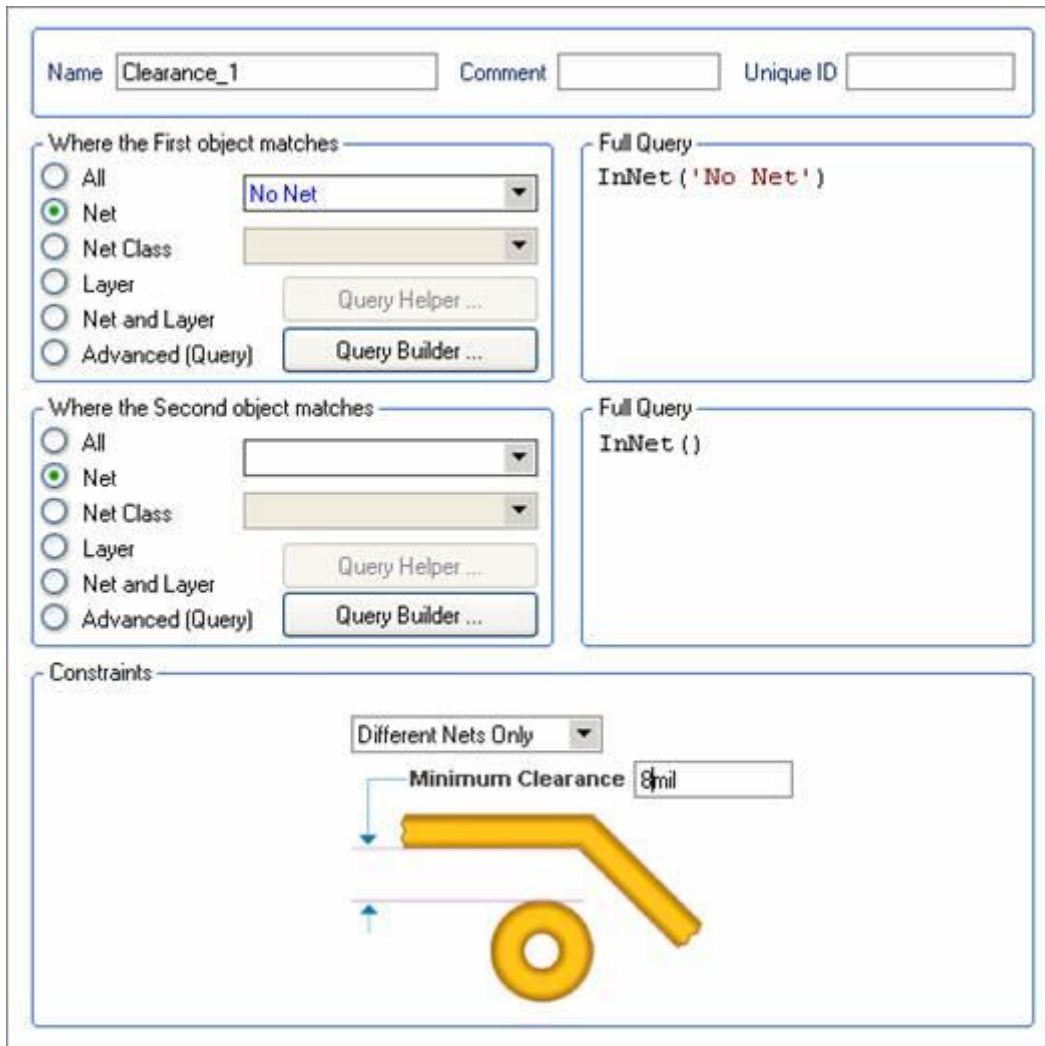


图 6 — 5 设置最小距离

## 2 . Short Circuit (短路) 选项区域设置

短路设置就是否允许电路中有导线交叉短路。设置方法同上，系统默认不允许短路，即取消 Allow Short Circuit 复选项的选定，如图 6 — 6 所示。

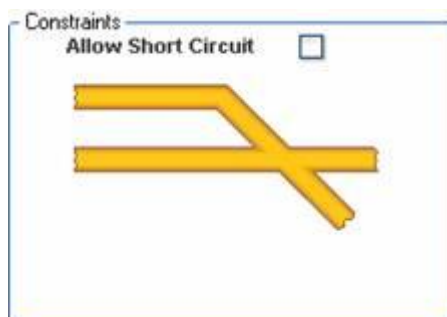


图 6 — 6 短路是否允许设置

## 3 . Un-Routed Net (未布线网络) 选项区域设置

可以指定网络、检查网络布线是否成功，如果不成功，将保持用飞线连接。

## 4 . Un-connected Pin (未连接管脚) 选项区域设置

对指定的网络检查是否所有组件管脚都联机了。

### 6.3 布线设计规则

Routing（布线设计）规则主要有如下几种。

#### 1. Width（导线宽度）选项区域设置

导线的宽度有三个值可以供设置，分别为 Max width（最大宽度）、Preferred Width（最佳宽度）、Min width（最小宽度）三个值，如图 6—7 所示。系统对导线宽度的默认值为 10mil，单击每个项直接输入数值进行更改。这里采用系统默认值 10mil 设置导线宽度。

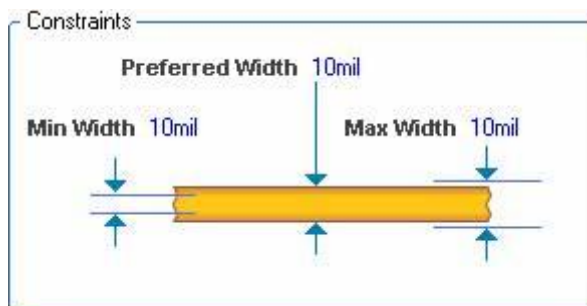


图 6—7 设置导线宽度

#### 2. Routing Topology（布线拓扑）选项区域设置

拓扑规则定义是采用的布线的拓扑逻辑约束。Altium Designer 6.0 中常用的布线约束为统计最短逻辑规则，用户可以根据具体设计选择不同的布线拓扑规则。Altium Designer 6.0 提供了以下几种布线拓扑规则。

##### ◆ Shortest（最短）规则设置

最短规则设置如图 6—8 所示，从 Topology 下拉菜单中选择 Shortest 选项，该选项的定义是在布线时连接所有节点的联机最短规则。

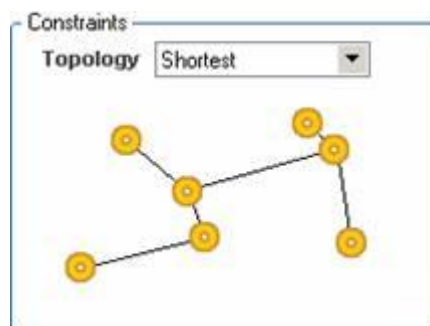


图 6—8 最短拓扑逻辑

##### ◆ Horizontal（水平）规则设置

水平规则设置如图 6—9 所示，从 Topology 下拉菜单中选择 Horizontal 选项。它采用连接节点的水平联机最短规则。

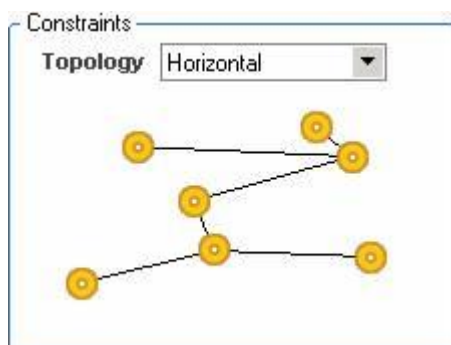


图 6 — 9 水平拓扑规则

◆ Vertical （垂直）规则设置

垂直规则设置如图 6 — 10 所示，从 Tolpoogy 下拉菜单中选择 Vertical 选项。它采和是连接所有节点，在垂直方向联机最短规则。

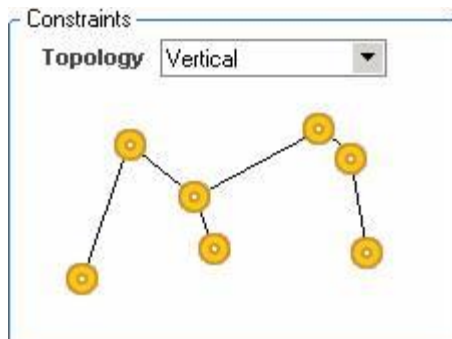


图 6 — 10 垂直拓扑规则

◆ Daisy Simple （简单雏菊）规则设置

简单雏菊规则设置如图 6 — 11 所示，从 Tolpoogy 下拉菜单中选择 Daisy simple 选项。它采用的是使用链式连通法则，从一点到另一点连通所有的节点，并使联机最短。

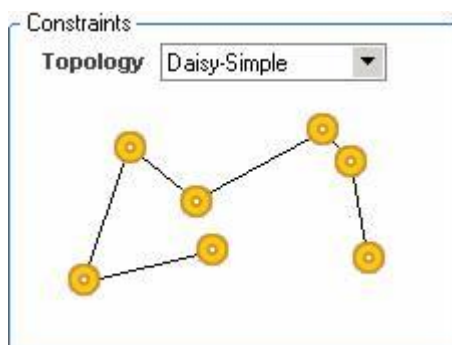


图 6 — 11 简单雏菊规则

◆ Daisy-MidDriven （雏菊中点）规则设置

雏菊中点规则设置如图 6 — 12 所示，从 Tolpoogy 下拉菜单中选择 Dai sy\_Mi dDi ven 选项。该规则选择一个 Source （源点），以它为中心向左右连通所有的节点，并使联机最短。

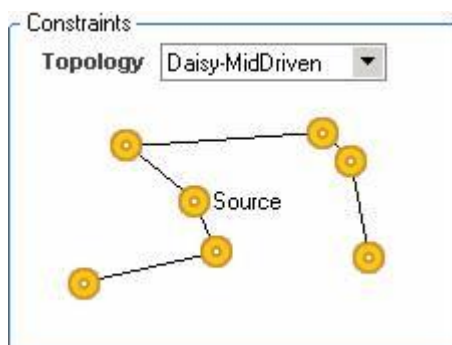


图 6 — 12 雏菊中点规则

◆ Dai sy Bal anced （雏菊平衡）规则设置



雏菊平衡规则设置如图 6 — 13 所示，从 Topology 下拉菜单中选择 Daisy Balanced 选项。它也选择一个源点，将所有的中间节点数目平均分成组，所有的组都连接在源点上，并使联机最短。

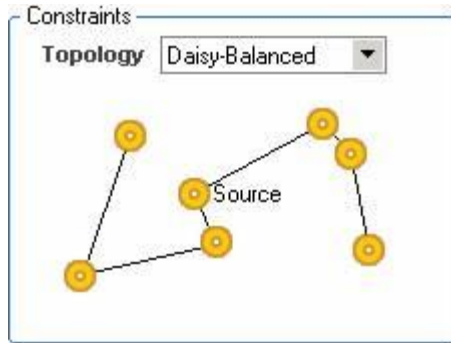


图 6 — 13 雏菊平衡规则

#### ◆ Star Burst (星形) 规则设置

星形规则设置如图 6 — 14 所示，从 Topology 下拉菜单中选择 Star Burst 选项。该规则也是采用选择一个源点，以星形方式去连接别的节点，并使联机最短。

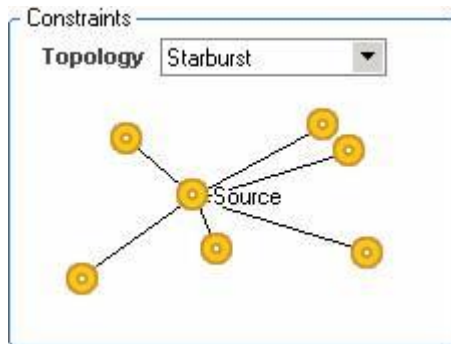


图 6 — 14 Star Burst (星形) 规则

#### 3. Routing Priority (布线优先级) 选项区域设置

该规则用于设置布线的优先次序，设置的范围从 0~100，数值越大，优先级越高，如图 6 — 15 所示。

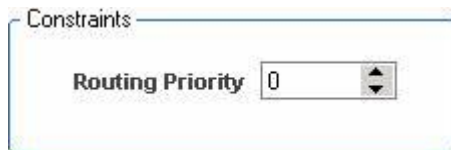


图 6 — 15 布线优先级设置

#### 4. Routing Layers (布线图) 选段区域设置

该规则设置布线板导的导线走线方法。包括顶层和底层布线层，共有 32 个布线层可以设置，如图 6 — 16 所示。

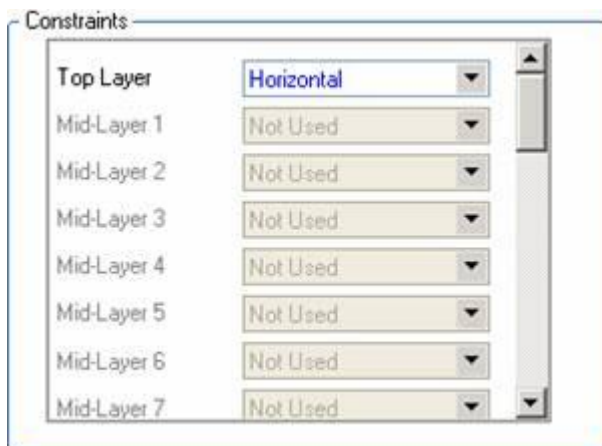


图 6 — 16 布线层设置

由于设计的是双层板，故 Mid-Layer 1 到 Mid-Layer30 都不存在的，该选项为灰色不能使用，只能使用 Top Layer 和 Bottom Layer 两层。每层对应的右边为该层的布线走法。

Prote DXP 提供了 11 种布线走法，如图 6 — 17 所示。

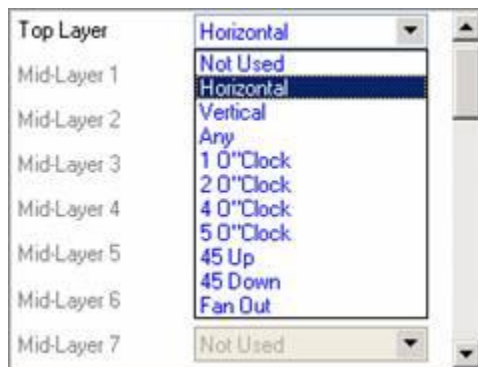


图 6 — 17 11 种布线法

各种布线方法为： Not Used 该层不进行布线； Horizontal 该层按水平方向布线； Vertical 该层为垂直方向布线； Any 该层可以任意方向布线； 10° Clock 该层为按一点钟方向布线； 20° Clock 该层为按两点钟方向布线； 40° Clock 该层为按四点钟方向布线； 50° Clock 该层为按五点钟方向布线； 45Up 该层为向上 45° 方向布线、 45Down 该层为向下 45° 方法布线； Fan Out 该层以扇形方式布线。

对于系统默认的双面板情况，一面布线采用 Horizontal 方式另一面采用 Vertical 方式。

#### 5 . Routing Corners （拐角）选项区域设置

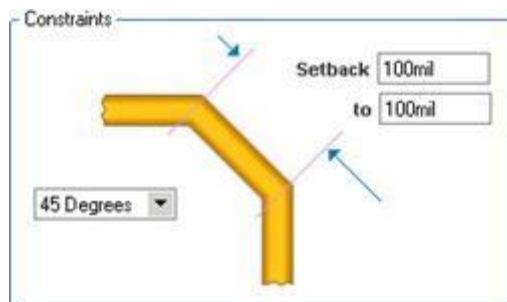


图 6 — 18 拐角设置

布线的拐角可以有 45° 拐角、 90° 拐角和圆形拐角三种，如图 6 — 18 所示。

从 Style 上拉菜单栏中可以选择拐角的类型。如图 6—16 中 Setback 文本框用于设定拐角的长度。 To 文本框用于设置拐角的大小。对于 90° 拐角如图 6—19 所示，圆形拐角设置如图 6—20 所示。

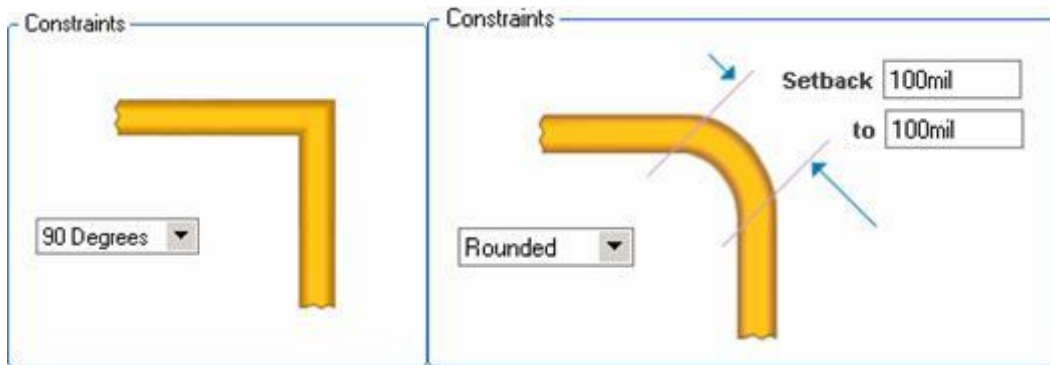


图 6—19 90° 拐角设置 图 6—20 圆形拐角设置

## 6. Routing Via Style (导孔) 选项区域设置

该规则设置用于设置布线中导孔的尺寸，其接口如图 6—21 所示。

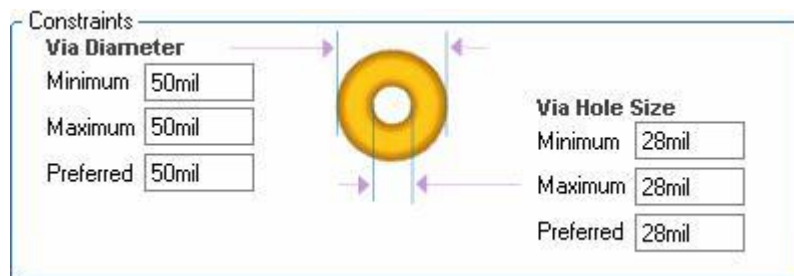


图 6—21 导孔设置

可以调协的参数有导孔的直径 via Diameter 和导孔中的通孔直径 Via Hole Size，包括 Maximum (最大值)、Minimum (最小值) 和 Preferred (最佳值)。设置时需注意导孔直径和通孔直径的差值不宜过小，否则将不宜于制板加工。合适的差值在 10mil 以上。

### 6.4 阻焊层设计规则

Mask (阻焊层设计) 规则用于设置焊盘到阻焊层的距离，有如下几种规则。

#### 1. Solder Mask Expansion (阻焊层延伸量) 选项区域设置

该规则用于设计从焊盘到阻碍焊层之间的延伸距离。在电路板的制作时，阻焊层要预留一部分空间给焊盘。这个延伸量就是防止阻焊层和焊盘相重叠，如图 6—22 所示系统默认值为 4mil, Expansion 设置预为设置延伸量的大小。

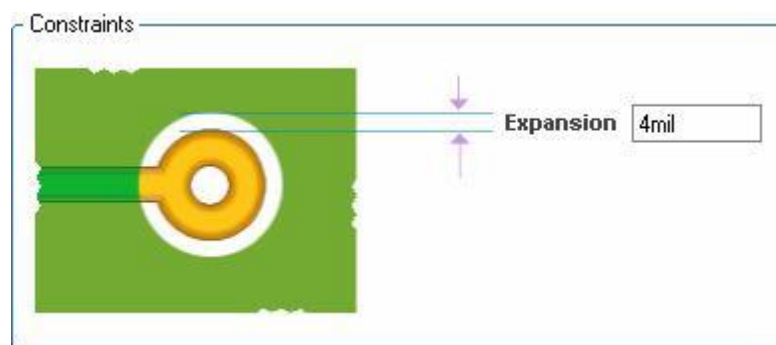


图 6—22 阻焊层延伸量设置

#### 2. Paste Mask Expansion (表面粘着组件延伸量) 选项区域设置

该规则设置表面粘着组件的焊盘和焊锡层孔之间的距离，如图 6 — 23 所示，图中的 Expansion 设置项为设置延伸量的大小。

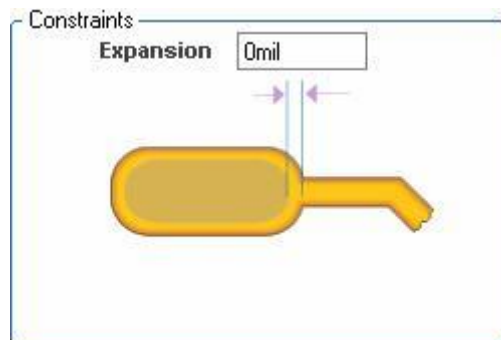


图 6 — 23 表面粘着组件延伸量设置

### 6.5 内层设计规则

Plane（内层设计）规则用于多层板设计中，有如下几种设置规则。

#### 1. Power Plane Connect Style（电源层连接方式）选项区域设置

电源层连接方式规则用于设置导孔到电源层的连接，其设置接口如图 6 — 24 所示。

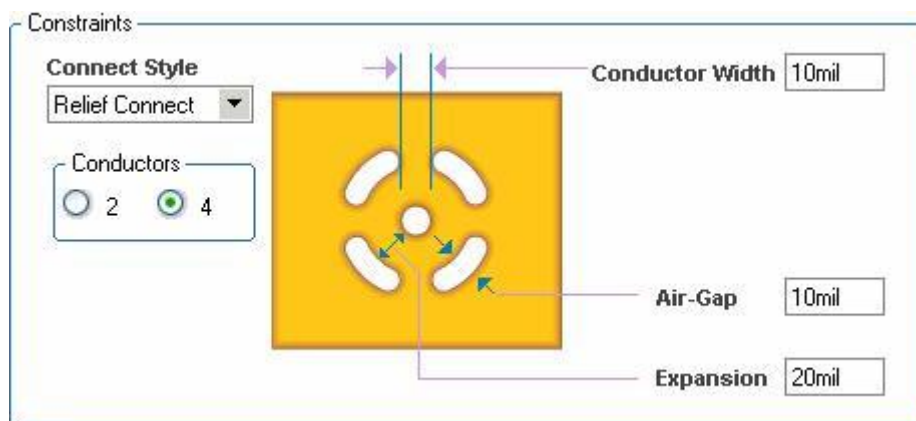


图 6 — 24 电源层连接方式设置

图中共有 5 项设置项，分别是：

- Conner Style 下拉列表：用于设置电源层和导孔的连接风格。下拉列表中有 3 个选项可以选择：Relief Connect（发散状连接）、Direct connect（直接连接）和 No Connect（不连接）。工程制板中多采用发散状连接风格。
- Conductor Width 文本框：用于设置导通的导线宽度。
- Conductors 复选项：用于选择连通的导线的数目，可以有 2 条或者 4 条导线供选择。
- Air-Gap 文本框：用于设置空隙的间隔的宽度。
- Expansion 文本框：用于设置从导孔到空隙的间隔之间的距离。

#### 2. Power Plane Clearance（电源层安全距离）选项区域设置

该规则用于设置电源层与穿过它的导孔之间的安全距离，即防止导线短路的最小距离，设置接口如图 6 — 25 所示，系统默认值 20mil。

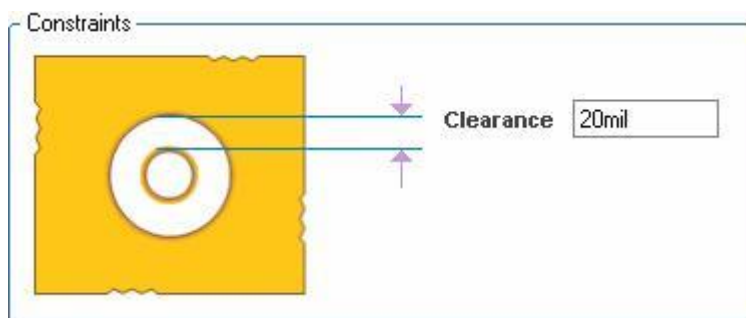


图 6 — 25 电源层安全距离设置

### 3. Polygon Connect style (敷铜连接方式) 选项区域设置

该规则用于设置多边形敷铜与焊盘之间的连接方式，设置接口如图 6 — 26 所示。

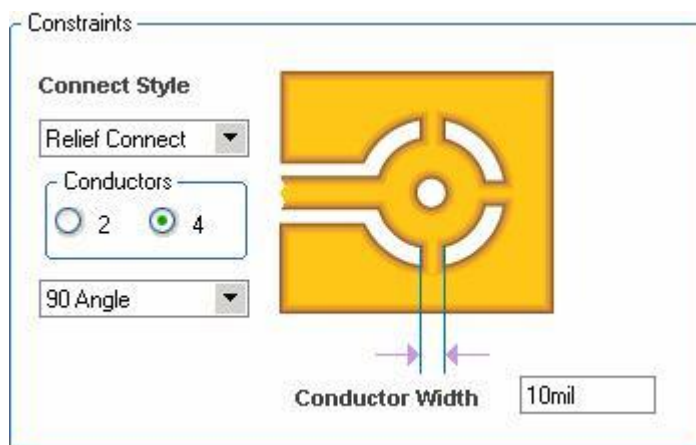


图 6 — 26 敷铜连接方式设置

该设置对话框中 Connect Style、Conductors 和 Conductor width 的设置与 Power Plane Connect Style 选项设置意义相同，在此不同志赘述。

最后可以设定敷铜与焊盘之间的连接角度，有 90angle(90°) 和 45Angle (45°) 角两种方式可选。

## 6.6 测试点设计规则

Testpoint (测试点设计) 规则用于设计测试点的形状、用法等，有如下几项设置。

### 1. Testpoint Style (测试点风格) 选项区域设置

该规则中可以指定测试点的大小和格点大小等，设置界面如图 6 — 27 所示。

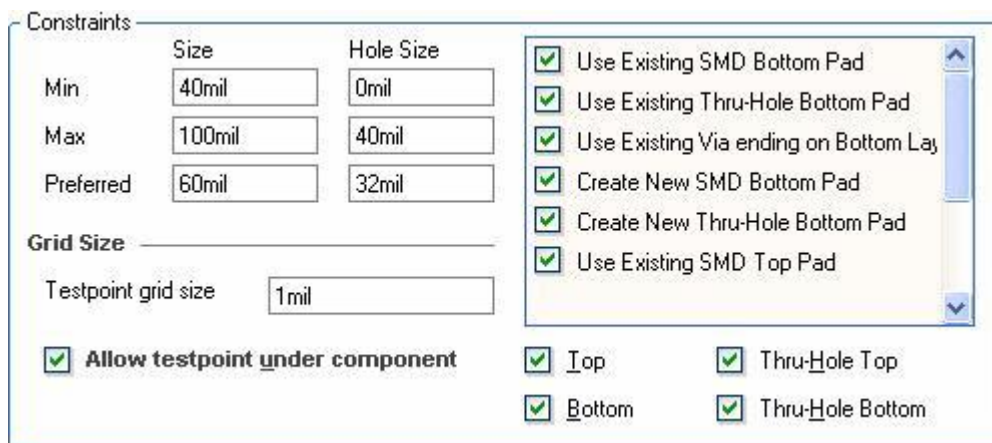


图 6 — 27 测试点风格设置

该设置对话框有如下选项：

- Size 文本框为测试点的大小， Hole Size 文本框为测试点的导孔的大小，可以指定 Min（最小值）、Max（最大值）和 Preferred（最优值）。
- Grid Size 文本框：用于设置测试点的网格大小。系统默认为 1mil 大小。
- Allow testpoint under component 复选项：用于选择是否允许将测试点放置在组件下面。复选项 Top、Bottom 等选择可以将测试点放置在哪些层面上。

右边多项复选项设置所允许的测试点的放置层和放置次序。系统默认为所有规则都选中。

## 2. Testpoint Usage（测试点用法）选项区域设置

测试点用法设置的接口如图 6 — 28 所示。

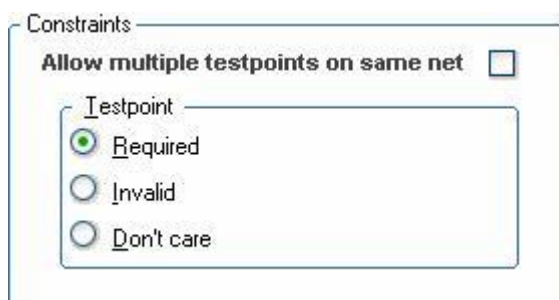


图 6 — 28 测试点用法设置

该设置对话框有如下选项：

- Allow multiple testpoints on same net 复选项：用于设置是否可以在同一网络上允许多个测试点存在。
- Testpoint 选项区域中的单选项选择对测试点的处理，可以是 Required（必须处理）、Invalid（无效的测试点）和 Don't care（可忽略的测试点）。

## 6.7 电路板制板规则

Manufacturing（电路板制板）规则用于对电路板制板的设置，有如下几类设置：

### 1. Minimum annular Ring（最小焊盘环宽）选项区域设置

电路板制作时的最小焊盘宽度，即焊盘外直径和导孔直径之间的有效期值，系统默认值为 10 mil。

### 2. Acute Angle（导线夹角设置）选项区域设置

对于两条铜膜导线的交角，不小于 90°。

### 3. Hole size（导孔直径设置）选项区域设置

该规则用于设置导孔的内直径大小。可以指定导孔的内直径的最大值和最小值。

Measurement Method 下拉列表中有两种选项：Absolute 以绝对尺寸来设计，Percent 以相对的比例来设计。采用绝对尺寸的导孔直径设置对话框如图 6 — 29 所示（以 mil 为单位）。

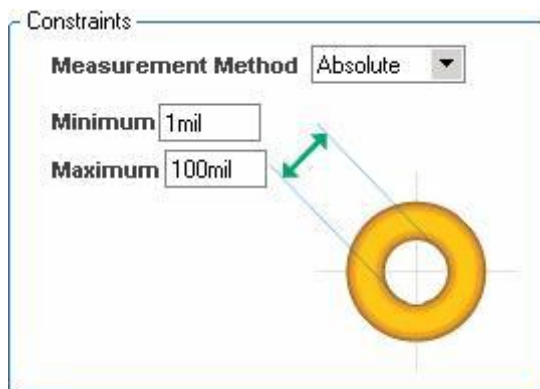


图 6 — 29 导孔直径设置对话框

#### 4. Layers Pairs (使用板层对) 选项区域设置

在设计多层板时，如果使用了盲导孔，就要在这里对板层对进行设置。对话框中的复选选项用于选择是否允许使用板层对 ( layers pairs ) 设置。

#### 小结

本章中，对 Altium Designer 6.0 提供的 10 种布线规则进行了介绍，在设计规则中介绍了每条规则的功能和设置方法。这些规则的设置属于电路设计中的较高级的技巧，它设计到很多算法的知识。掌握这些规则的设置，就能设计出高质量的 PCB 电路。

### 第 7 章 PCB 的高级编辑技巧

对于不同要求的 PCB 电路设计，Altium Designer 6.0 提供了一些高级的编辑技巧用于满足设计的需要，主要包括放置文字、放置焊盘、放置过孔和放置填充等组件放置，以及包地、补泪滴、敷铜等 PCB 编辑技巧。这些编辑技巧对于实际电中板设计性能的提高是很重要的，本章将对这些编辑技巧进行详细说明。

#### 7.1 放置坐标指示

放置坐标指示可以显示出 PCB 板上任何一点的坐标位置。

启用放置坐标的方法如下：从主菜单中执行命令 Place/Coordinate，也可以用组件放置工具栏中的 ( Place Coordinate ) 图标按钮。

进入放置坐标的状态后，鼠标将变成十字光标状，将鼠标移动到合管的位置，单击鼠标确定放置，如图 7-1 所示。



图 7-1 坐标指示放置

坐标指示属性设置可以通过以下方法之一：

- 在用鼠标放置坐标时按 Tab 键，将弹出 Coordinate (坐标指示属性) 设置对话框，如图 7-2 所示。

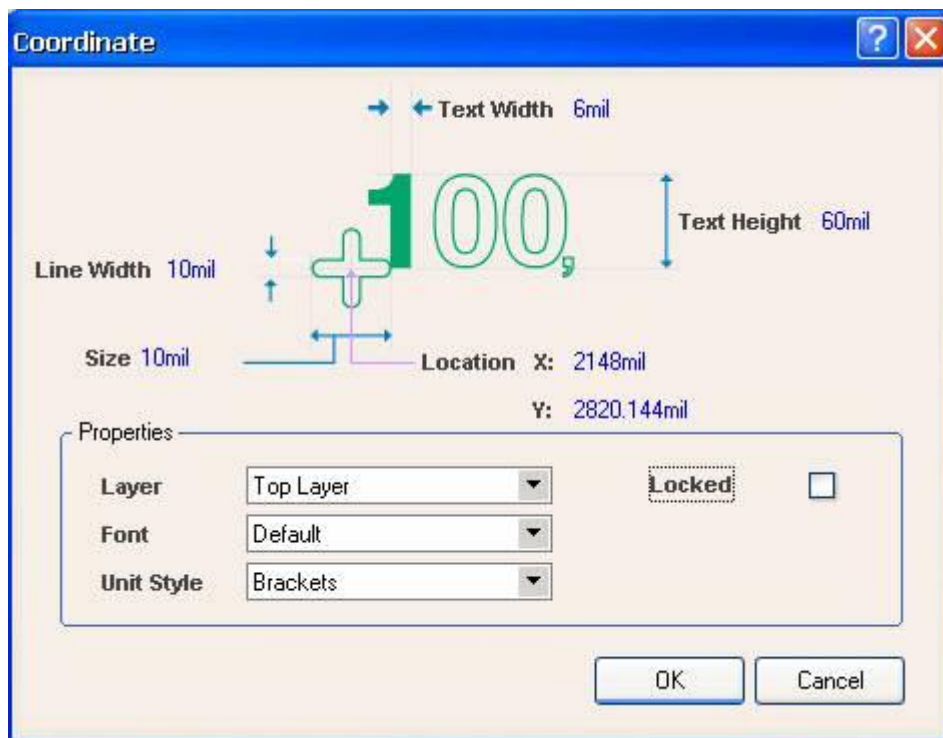


图 7-2 坐标指示属性设置

● 对已经在 PCB 板上放置好的坐标指示，直接双击该坐标指示也将弹出 Coordinate 属性设置对话框。

坐标指示属性设置对话框中有如下几项：

- Line Width: 用于设置坐标线的线宽。
- Text Width : 用于设置坐标的文字宽度。
- Text Height : 用于设置坐标标注所占高度。
- Size : 用于设置坐标的十字宽度。
- Location X 和 Y : 用于设置坐标的位置 x 和 y 。
- Layer 下拉列表: 用于设置坐标所在的布线层。
- Font 下拉列表: 用于设置坐标文字所使用的字体。
- Unit Style 下拉列表: 用于设置坐标指示的放置方式。有 3 种放置方式，分别为 None（无单位）、Normal（常用方式）和 Brackets（使用括号方式）。
- Locked 复选项: 用于设置是否将坐标指示文字在 PCB 上锁定。

## 7.2 距离标注

在电路板设计中，有时对组件或者电路板的物理距离要进行标注，以便以后的检查使用。

### 1. 放置距离标注的方法

先将 PCB 电路板切换到 Keep-out Layer 层，然后从主菜单执行命令 Place/Dimension/Dimension，也可以用组件放置工具栏中的 Place Standard Dimension 按钮。

进入放置距离标注的状态后，鼠标变成如图 7-3 所示的十字游标状。将鼠标移动到合适的位置，单击鼠标确定放置距离标注的起点位置。移动鼠标到合适位置再单击，确定放置距离标注的终点位置，完成距离标注的放置，如图 7-4 所示。系统自动显示当前两点间的距离。



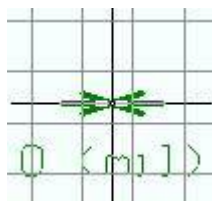


图 7-3 放置距离标注起点

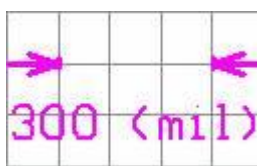


图 7-4 放置距离标注终点

## 2. 属性设置

属性设置的方法如下：

- 在用鼠标放置距离标注时按 Tab 键，将弹出 Dimension（距离标注属性）设置对话框，如图 7-5 所示。
- 对已经在 PCB 板上放置好的距离标注，直接双击也可以弹出距离标注属性设置对话框。



图 7-5 距离标注设置对话框

距离属性设置对话框中有如下几项：

- Start X 和 Y：用于设置距离标注的起始坐标 x 和 y。
- Line Width：用于设置距离标注的线宽。
- Text Width：用于设置距离标注的文字宽度。
- Height：用于设置距离标注所占高度。
- End X 和 Y：用于设置距离标注的终止坐标 x 和 y。
- Text Height：用于设置距离标注文字的高度。
- Layer 下拉列表：用于设置距离标注所在的布线层。
- Font 下拉列表：用于设置距离标注文字所使用的字体。
- Locked 复选项：用于设置该距离注释是否要在 PCB 板上固定位置。
- Unit Style 下拉列表：用于设置距离单位的放置。有 3 种放置方式，分别为 None（无单位）、Normal（常用方式）和 Brackets（使用括号方式）。效果分别如图 7-6、图 7-7 和图 7-8 所示。

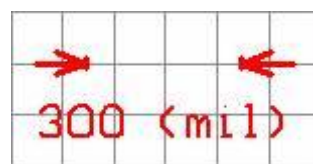
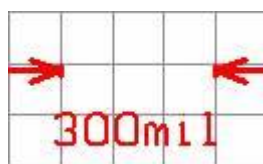
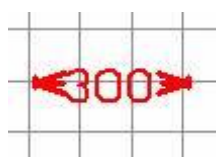


图 7-6 none 风格

图 7-7 Nomal 风格

图 7-8 Brackets 风格

### 7.3 敷铜

通常的 PCB 电路板设计中，为了提高电路板的抗干扰能力，将电路板上没有布线的空白区间铺满铜膜。一般将所铺的铜膜接地，以便于电路板能更好地抵抗外部信号的干扰。

#### 1. 敷铜的方法

从主菜单执行命令 Place/Polygon Plane ...，也可以用组件放置工具栏中的 Place Polygon Plane 按钮 。进入敷铜的状态后，系统将会弹出 Polygon Plane（敷铜属性）设置对话框，如图 7-9 所示。

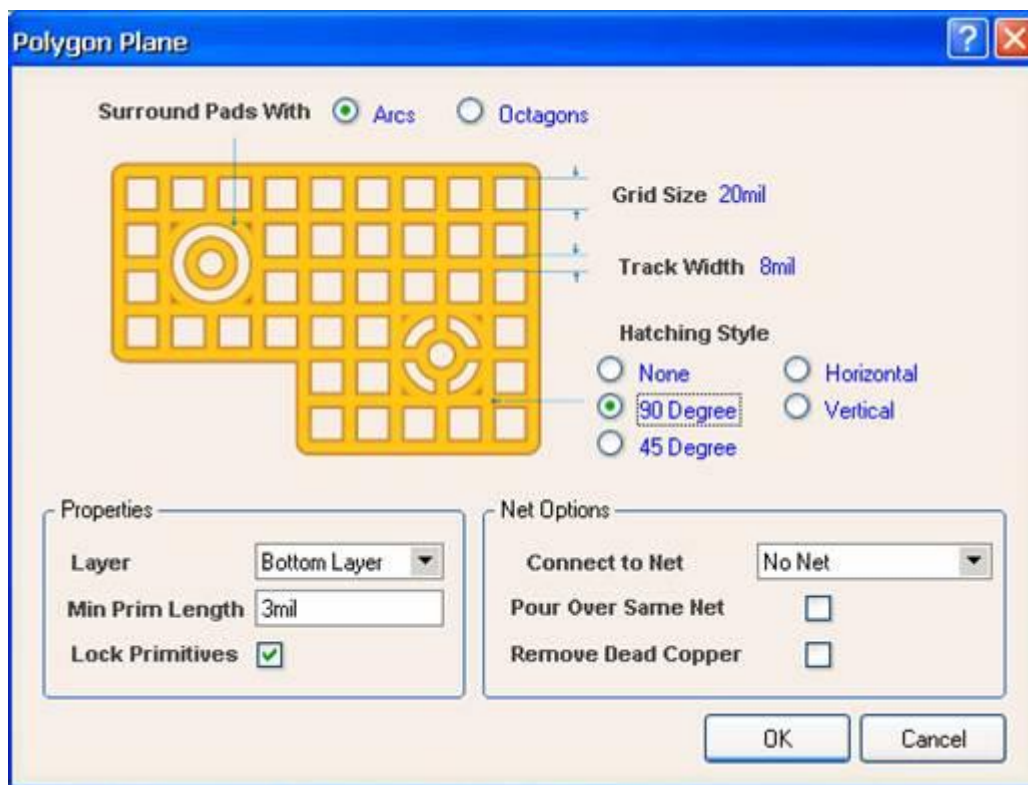


图 7-9 敷铜属性设置对话框

在敷铜属性设置对话框中，有如下几项设置：

- Surround Pads With 复选项：用于设置敷铜环绕焊盘的方式。有两种方式可供选择：Arcs（圆周环绕）方式和 Octagons（八角形环绕）方式。两种环绕方式分别如图 7-10 和图 7-11 所示。

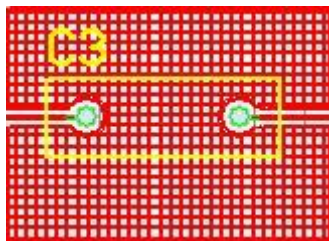


图 7-10 圆周环绕方式

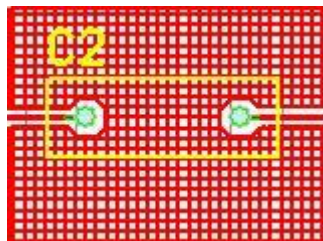


图 7-11 八角形环绕方式

- Grid Size：用于设置敷铜使用的网格的宽度。
- Track Width：用于设置敷铜使用的导线的宽度。

● **Hatching Style** 复选项：用于设置敷铜时所用导线的走线方式。可以选择 None（不敷铜）、90° 敷铜、45° 敷铜、水平敷铜和垂直敷铜几种。几种敷铜导线走线方式分别如图 7-12、7-13、7-14、7-15、7-16 所示。当导线宽度大于网格宽度时，效果如图 7-17

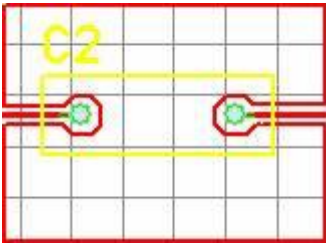


图 7-12 None 敷铜

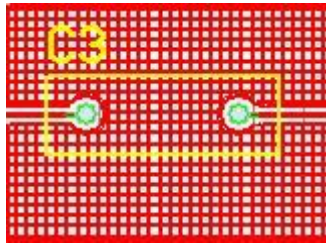


图 7-13 90° 敷铜

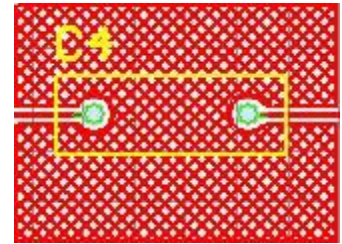


图 7-14 45° 敷铜

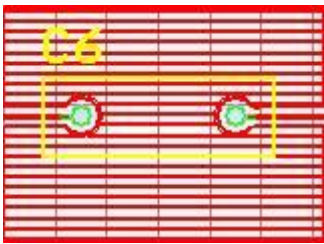


图 7-15 水平敷铜

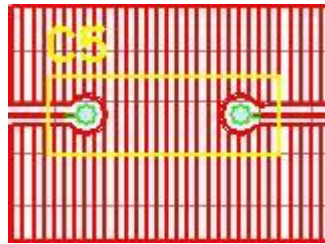


图 7-16 垂直敷铜



图 7-17 实心敷铜

- **Layer** 下拉列表：用于设置敷铜所在的布线层。
- **Min Prim Length** 文本框：用于设置最小敷铜线的距离。
- **Lock Primitives** 复选项：是否将敷铜线锁定，系统默认为锁定。
- **Connect to Net** 下拉列表：用于设置敷铜所连接到的网络，一般设计总将敷铜连接到信号地上。
- **Pour Over Same Net** 复选项：用于设置当敷铜所连接的网络和相同网络的导线相遇时，是否敷铜导线覆盖铜膜导线。
- Remove Dead Copper** 复选项：用于设置是否在无法连接到指定网络的区域进行敷铜。

## 2. 放置敷铜

设置好敷铜的属性后，鼠标变成十字光标表状，将鼠标移动到合适的位置，单击鼠标确定放置敷铜的起始位置。再移动鼠标到合适位置单击，确定所选敷铜范围的各个端点。

必须保证的是，敷铜的区域必须为封闭的多边形形状，比如电路板设计采用的是长方形电路板，是敷铜区域最好沿长方形的四个顶角选择敷铜区域，即选中整个电路板。

敷铜区域选择好后，右击鼠标退出放置敷铜状态，系统自动运行敷铜并显示敷铜结果。

### 7.4 补泪滴

在电路板设计中，为了让焊盘更坚固，防止机械制板时焊盘与导线之间断开，常在焊盘和导线之间用铜膜布置一个过渡区，形状像泪滴，故常称做补泪滴（Teardrops）。

泪滴的放置可以执行主菜单命令 **Tools/Teardrops...**，将弹出如图 7-18 所示的 **Teardrop options**（泪滴）设置对话框。



图 7-18 泪滴设置对话框

接下来，对泪滴设置对话框中的各个选项区域的作用进行相应的介绍。

### ① General 选项区域设置

General 选项区域各项的设置如下：

- All Pads 复选项：用于设置是否对所有的焊盘都进行补泪滴操作。
- All Vias 复选项：用于设置是否对所有 过孔 都进行补泪滴操作。
- Selected Objects Only 复选项：用于设置是否只对所选中的组件进行补泪滴。
- Force Teardrops 复选项：用于设置是否强制性的补泪滴。
- Create Report 复选项：用于设置补泪滴操作结束后是否生成补泪滴的报告档。

### ② Action 选项区域设置

Action 选项区域各基的设置如下：

- Add 单选项：表示是泪滴的添加操作。
- Remove 单选项：表示是泪滴的删除操作。

### ③ teardrop Style 选项区域设置

Teardrop Style 选项区域各项的设置介绍如下：

- Arc 单选项：表示选择圆弧形补泪滴。
- Track 单选项：表示选择用导线形做补泪滴。

所有泪滴属性设置完成后，单击 OK 按钮即可进行补泪滴操作。使用圆弧形补泪滴的方法操作结束后如下图 7-19 所示。

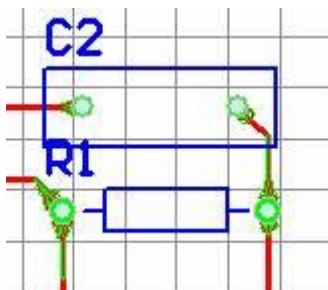


图 7-19 补泪滴效果示意图

电路板设计中抗干扰的措施还可以采取包地的办法，即用接地的导线将某一网络包住，采用接地屏蔽的办法来抵抗外界干扰。

网络包地的使用步骤如下：

( 1 ) 选择需要包地的网络或者导线。从主菜单中执行命令 `Edit/Select/Net` , 光标将变成十字形状, 移动光标一要进行包地的网络处单击, 选中该网络。如果是组件没有定义网络, 可以执行主菜单命令 `Select/Connected Copper` 选中要包地的导线。

( 2 ) 放置包地导线。从主菜单中执行命令 `Tools/Outline Selected Objects` 。系统自动对已经选中的网络或导线进行包地操作。包地操作前和操作后如图 7-20 和图 7-21 所示。

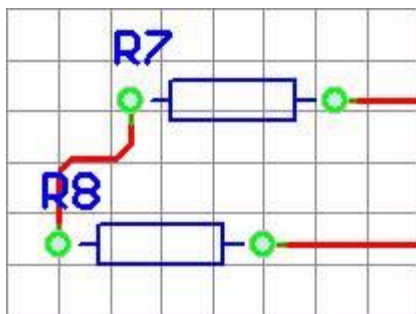


图 7-20 包地操作前效果图

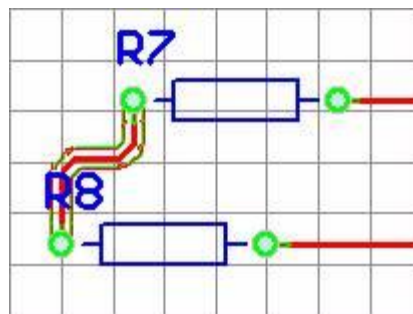



图 7-21 包地操作后效果图

( 3 ) 对包地导线的删除。如果不再需要包地的导线, 可以在主菜单中执行命令 `Edit/Select/Connected Copper` 。此时光标将变成十字形状, 移动光标选中要删除的包地导线, 按 `Delete` 键即可删除不需要的包地导线。

### 7.5 放置文字

有时在布好的印刷板上需要放置相应组件的文字 ( `String` ) 标注, 或者电路注释及公司的产品标志等文字。必须注意的是所有的文字都放置在 `Silkscreen` ( 丝印层 ) 上。

放置文字的方法包括: 执行主菜单命令 `Place/String` , 或单击组件放置工具栏中的  ( `Place String` ) 按钮。选中放置后, 鼠标变成十字光标状, 将鼠标移动到合适的位置, 单击鼠标就可以放置文字。系统默认的文字是 `String` , 可以用以下的办法对其编辑。

可用以下两种方法对 `String` 进行编辑。

- 在用鼠标放置文字时按 `Tab` 键, 将弹出 `String` ( 文字属性 ) 设置对话框, 如图 7-22 所示。

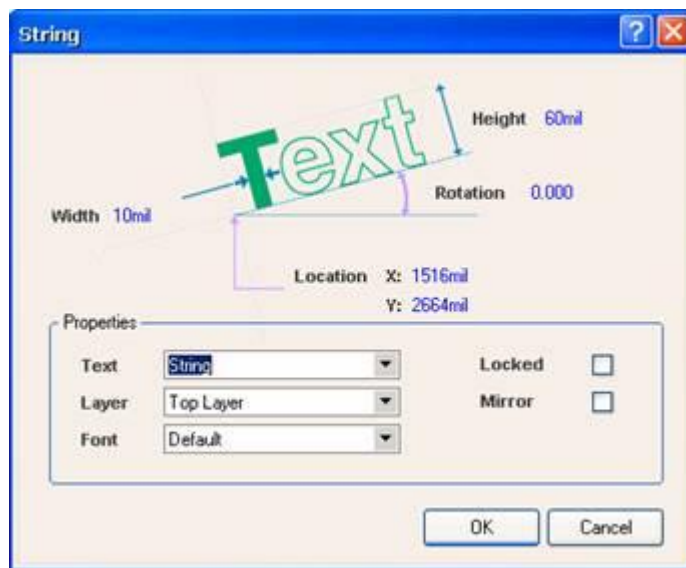


图 7-22 文字属性设置对话框

对已经在 `PCB` 板上放置好的文字, 直接双击文字, 也可以弹出 `String` 设置对话框。

其中可以设置的项是文字的 Height（高度）、Width（宽度）、Rotation（放置的角度）和入置的 x 和 y 的坐标位置 Location X/Y。

在属性“Properties”选项区域中，有如下几项：

- Text 下拉列表：用于设置要放置的文字的内容，可根据不同设计需要而进行更改。
- Layer 下拉列表：用于设置要放置的文字所在的层面。
- Font 下拉列表：用于设置放置的文字的字体。
- Locked 复选项：用于设定放置后是否将文字固定不动。
- Mirror 复选项：用于设置文字是否镜像放置。

## 7.6 放置过孔

当导线从一个布线层穿透到另一个布线层时，就需要放置过孔（Via）；过孔用于是同板层之间导线的连接。

### ① 放置过孔的方法

可以执行主菜单命令 Place/Via，也可以单击组件放置工具栏中的 Place Via 按钮。

进入放置过孔状态后，鼠标变成十字光标状，将鼠标移动到合适的位置，单击鼠标，就完成了过孔的放置。

### ② 过孔的属性设置

过孔的属性设置有以下两种方法：

- 在用鼠标放置过孔时按 Tab 键，将弹出 Via（过孔属性）设置对话框，如图 7-23 所示。

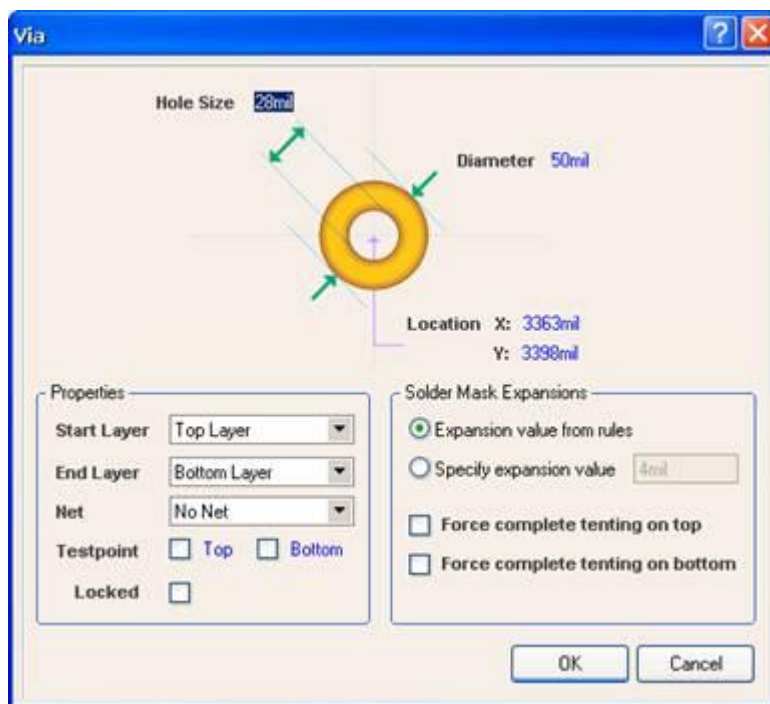


图 7-23 过孔属性设置对话框

- 对已经在 PCB 板上放置好的过孔，直接双击，也可以弹出过孔属性设置对话框。过孔属性设置对话框中可以设置的项目有：

- Hole Size：用于设置过孔内直径的大小
- Diameter：用于设置过孔的外直径大小。
- Location：用于设置过孔的圆心的坐标 x 和 y 位置。
- Start Layer：用于选择过孔的起始布线层。

- End Layer 下拉列表：用于选择 过孔 的终止布线层。
- Net 下拉列表：用于设置 过孔 相连接的网络。
- Testpoint 复选项：用于设置 过孔 是否作为测试点，注意可以做测试点的只有位于顶层的和底层的 过孔 。
- Locked 复选项：用于设定放置 过孔 后是否将 过孔 固定不动。
- Solder Mask Expansions : 设置阻焊层。

## 7.7 放置焊盘

### 1. 放置焊盘的方法

可以执行主菜单中命令 Place/Pad ，也可以用组件放置工具栏中的 Place Pad 按钮。

进入放置焊盘（ Pad ）状态后，鼠标将变成十字形状，将鼠标移动到合适的位置上单击就完成了焊盘的放置。

### 2. 焊盘的属性设置

焊盘的属性设置有以下两种方法：

- 在用鼠标放置焊盘时，鼠标将变成十字形状，按 Tab 键，将弹出 Pad （焊盘属性）设置对话框，如图 7-24 所示。

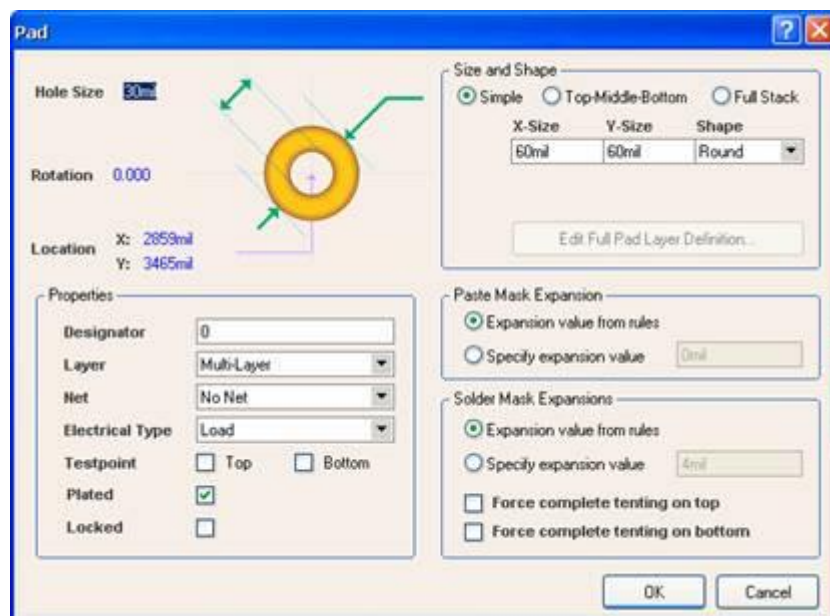


图 7-24 焊盘属性设置对话框

- 对已经在 PCB 板上放置好的焊盘，直接双击，也可以弹出焊盘属性设置对话框。在焊盘属性设置对话框中有如下几项设置：

- Hole Size : 用于设置焊盘的内直径大小。
- Rotation : 用一设置焊盘放置的旋转角度。
- Location : 用于设置焊盘圆心的 x 和 y 坐标的位置。
- Designator 文本框：用于设置焊盘的序号。
- Layer 下拉列表：从该下拉列表中选择焊盘放置的布线层。
- Net 下拉列表：该下拉列表用于设置焊盘的网络。
- Electrical Type 下拉列表：用于选择焊盘的电气特性。该下拉列表共有 3 种选择方式： Load （节点）、 Source （源点）和 Terminator （终点）。
- Testpoint 复选项：用于设置焊盘是否作为测试点，可以做测试点的只有位于顶层的和底层的焊盘。
- Locked 复选项：选中该复选项，表示焊盘放置后位置将固定不动。

- Size and Shape 选项区域：用于设置焊盘的大小和形状
- X-Size 和 Y-Size ：分别设置焊盘的 x 和 y 的尺寸大小。
- Shape 下拉列表：用于设置焊盘的形状，有 Round （圆形）、 Octagonal （八角形）和 Rectangle （长方形）。
- Paste Mask Expansions 选项区域：用于设置助焊层属性。
- Solder Mask Expansions 选项区域：用于设置阻焊层属性。

## 7.8 放置填充

铜膜矩形填充（Fill）也可以起到导线的作用，同时也稳固了焊盘。

### 1. 放置填充的方法

可以执行主菜单命令 Place/Fill ，也可以用组件放置工具栏中的 Place Fill 按钮。

进入放置填充状态后，鼠标变成十字光标状，将鼠标移动到合适的位置拖动出一个矩形范围，完成矩形填充的放置。

### 2. 填充的属性设置

填充的属性设置有以下两种方法：

- 在用鼠标放置填充的时候按 Tab 键，将弹出 Fill （矩形填充属性）设置对话框，如图 7-25 所示。

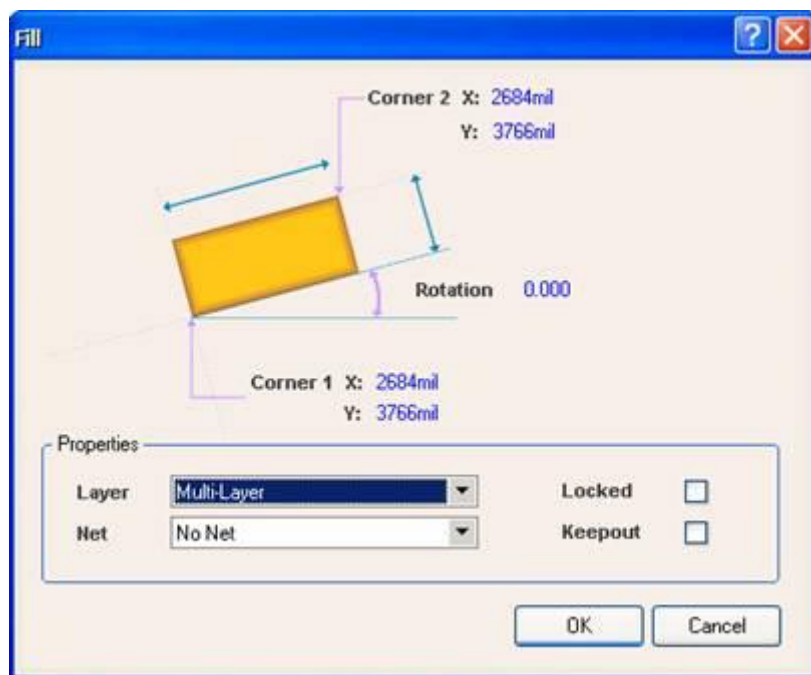


图 7-25 矩形填充属性设置

- 对已经在 PCB 板上放置好的矩形填充，直接双击也可以弹出矩形填充属性设置对话框。

矩形填充属性设置对话框。

矩形填充属性设置对话框中有如下几项：

- Corner X 和 Y ：设置矩形填充的左下角的坐标。
- Corner X 和 Y ：设置矩形填充的右上角的坐标。
- Rotation ：设置矩形填充的旋转角度。
- Layer 下拉列表：用于选择填充放置的布线层。
- Net 下拉列表：用于设置填充的网络。
- Locked 复选项：用于设定放置后是否将填充固定不动。



● Keepout 复选项：用于设置是否将填充进行屏蔽。

## 7.9 多层板的设计

在第 5 章曾介绍过多层板的概念，多层板中的两个重要概念是中间层（Mid-Layer）和内层（Internal Plane）。其中中间层是用于布线的中间板层，该层所布的是导线。而内层是不用于布线的中间板层，主要用于做电源支或者地线层，由大块的铜膜所构成。

Altium Designer 6.0 中提供了最多 16 个内层，32 个中间层，供多层板设计的需要。在这里以常用的四层电路板为例，介绍多层电路板的设计过程。

### 1. 内层的建立

对于 4 层电路板，就是建立两层内层，分别用于电源层和地层。这样在 4 层板的顶层和低层不需要布置电源线和布置地线，所有电路组件的电源和地的连接将通过盲过孔的形式连接两层内层中的电源和地。

内层的建立方法是：打开要设计的 PCB 电路板，进入 PCB 编辑状态。如图 7-26 所示是一幅双面板的电路图，其中较粗的导线为地线 GND。

然后执行主菜单命令 Design/Layer Stack Manager...，系统将弹出 Layer Stack Manager（板层管理器）对话框，如图 5-31 所示。

在板层管理器中，单击 Add Plane 按钮，会在当前的 PCB 板中增加一个内层，在这时要添加两个内层，添加了两个内层的效果如图 7-27 所示。

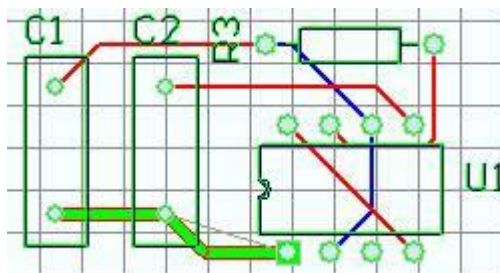


图 7-26 双面板电路图举例

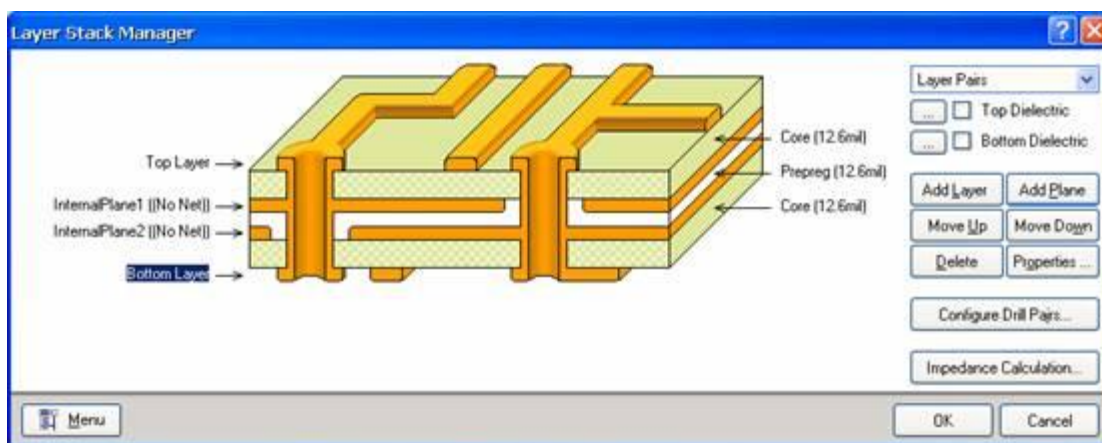


图 7-27 增加两个内层的 PCB 板

用鼠标选中第一个内层（Internal Plane1），双击将弹出 Edit Layer（内层属性编辑）对话框，如图 7-28 所示。

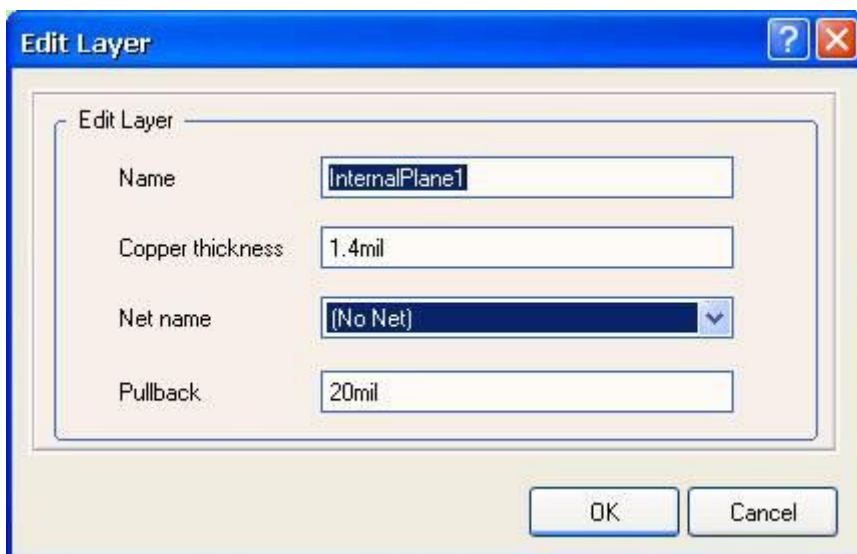


图 7-28 内层属性编辑对话框

在图 7-27 的内层属性编辑对话框中，各项设置说明如下：

- Name 文本框：用于给该内层指定一个名字，在这里设置为 Power，表示布置的是电源层。
- Copper thickness 文本框：用于设置内层铜膜的厚度，这里取默认值。
- Net Name 下拉列表：用于指定对应的网络名，对应 PCB 电源的网络名，这里定义为 VCC。
- Pullback：用于设置内层铜膜和过孔铜膜不相交时的缩进值，这里取默认值。同样的，对另一个内层的属性指定为：
- Name：定为 Ground，表示是接地层。
- Net Name：网络名字为 GND。

对两个内层的属性指定完成后，其设置结果如图 7-29 所示。

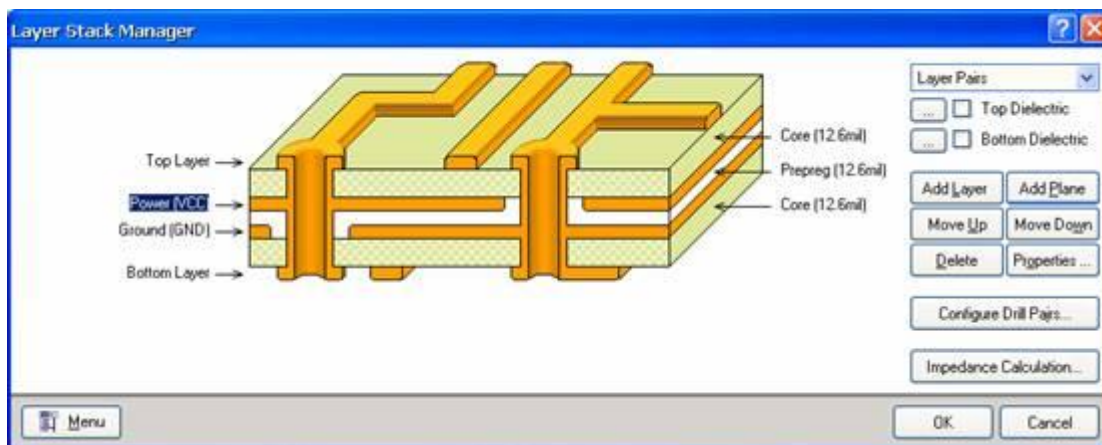


图 7-29 内层设置完成结果图

## 2. 删除所有导线

内层设置完毕后，将重新删除以前的导线，方法是在主菜单下执行菜单命令 **Tools/Un-Route/All**，将以前所有的导线删除。

## 3. 重新布置导线

重新布线的方法是在主菜单下执行菜单命令 **Auto Route/All**。Protel 将对当前 PCB 板进行重新布线，布线结果如图 7-30 所示。

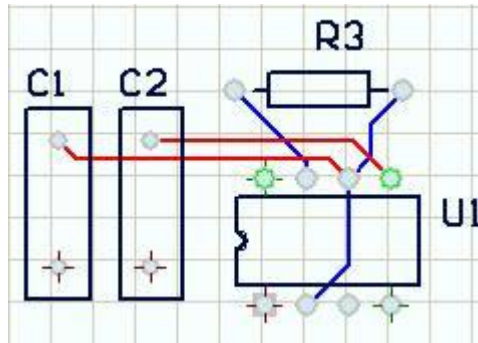


图 7-30 多层板布线结果图

从图 7-30 中可以看出，原来 VCC 和 GND 的接点都不现用导线相连接，它们都使用 过孔 与两个内层相连接，表现在 PCB 图上为使用十字符号标注。

#### 4. 内层的显示

在 PCB 图纸上右击鼠标，在弹出的右键菜单中执行命令 Options/Board Layers&Colors，系统将弹出 Board Layers and Colors（板层和颜色管理）对话框，如图 7-31 所示。

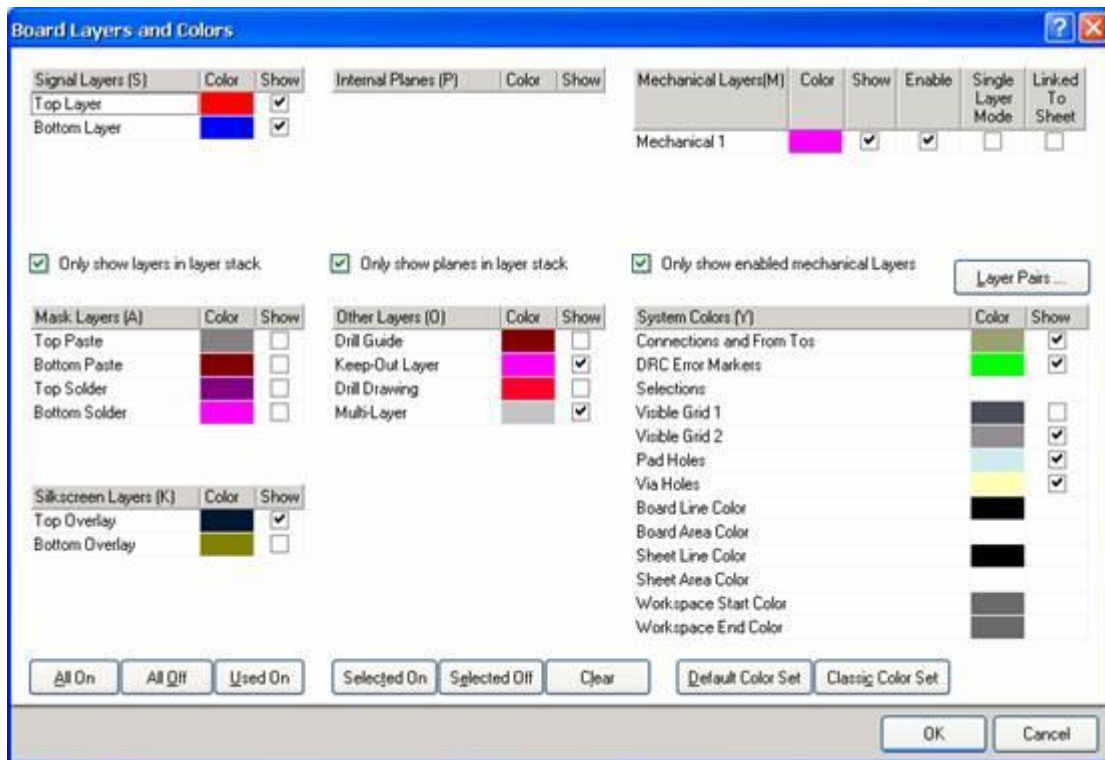


图 7-31 板层和颜色管理对话框

在板层和颜色管理对话框中，Internal Planes 栏列出了当前设置的两层内层，分别为 Power 层和 Ground 层。用鼠标选中这两项的 Show 复选按钮，表示显示这两个内层。单击 OK 后退出。

再在 PCB 编辑接口下，右击鼠标，在弹出的快捷菜单中执行命令 Options/Show/ode...，将弹出 Preferences（属性）设置对话框，并单击 Display 卷标，将出现 Display 选项卡如图 7-32 所示。

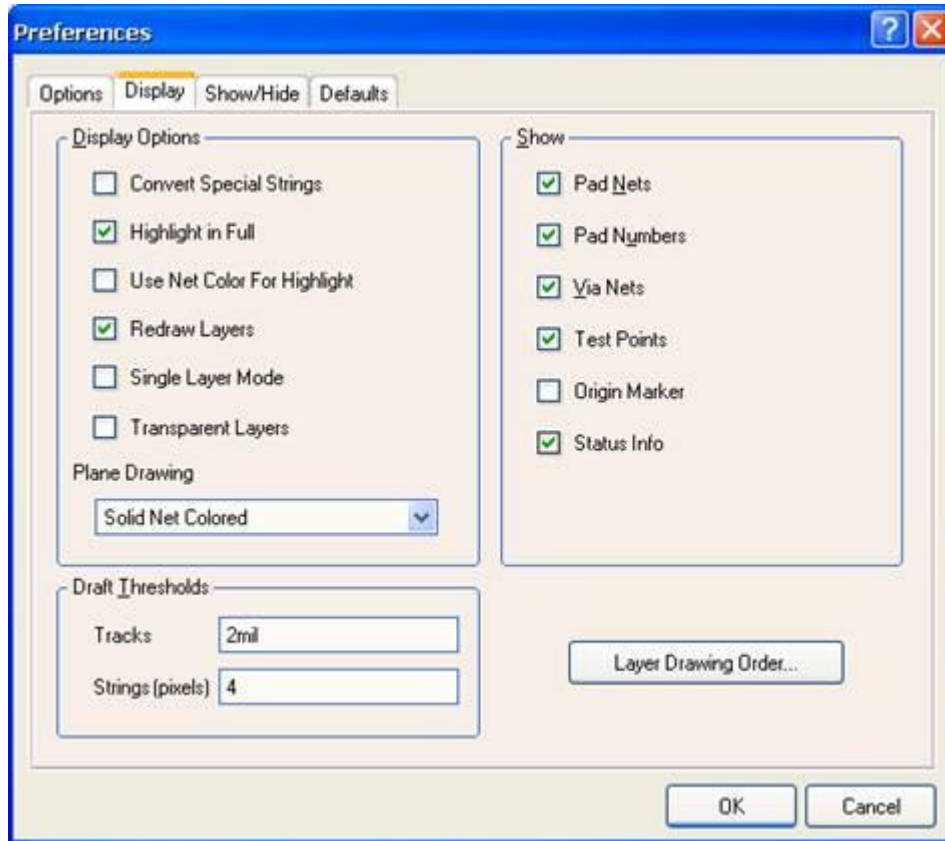


图 7-32 显示属性设置对话框

在图 7-31 中，选定 Display Options 选项区域下的 Single Layer Mode（单层显示模式）复选项，单击 OK 按钮后确定退出。

将板层切换到内层，如切换到“Power”层的效果如图 7-33 所示。

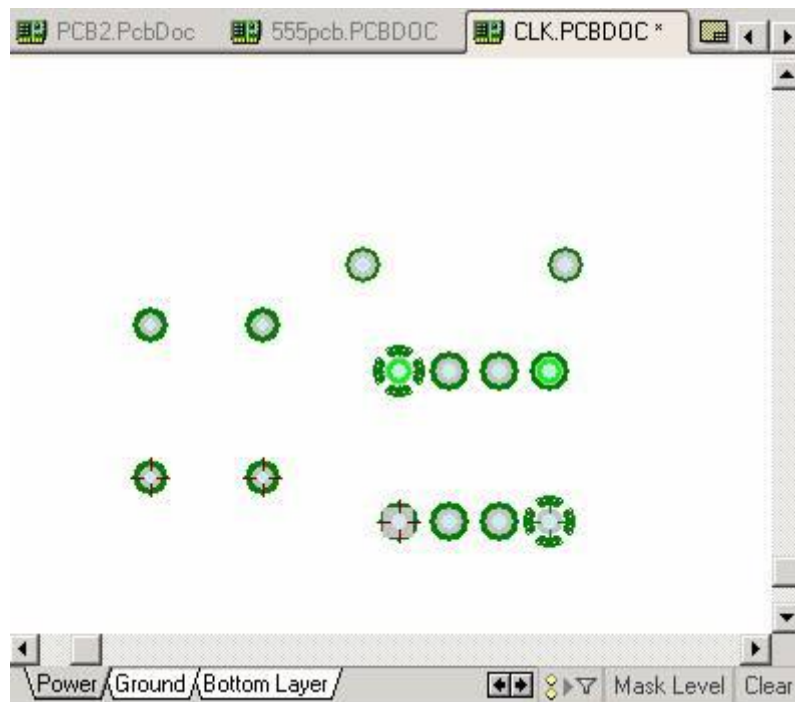


图 7-33 内层显示效果图

如图 7-32 所示，可以看到在网络名为 VCC 的网络标号的过孔处有一虚线圆，表示“VCC”电源内层的使用情况。

## 7.10 印刷电路板工艺设计

### 7.10.1 PCB 布线工艺设计的一般原则和抗干扰措施

在 PCB 设计中，布线是完成产品设计的重要步骤，PCB 布线有单面布线、双面布线和多层布线。为了避免输入端与输出端的边线相邻平行而产生反射干扰和两相邻布线层互相平行产生寄生耦合等干扰而影响线路的稳定性，甚至在干扰严重时造成电路板根本无法工作，在 PCB 布线工艺设计中一般考虑以下方面：

#### 1. 考虑 PCB 尺寸大小

PCB 尺寸过大时，印制线条长，阻抗增加，抗噪声能力下降，成本也增加；尺寸过小，则散热不好，且邻近线条易受干扰。应根据具体电路需要确定 PCB 尺寸。

#### 2. 确定特殊组件的位置

确定特殊组件的位置是 PCB 布线工艺的一个重要方面，特殊组件的布局应主要注意以下方面：

- 尽可能缩短高频元器件之间的联机，设法减少它们的分布参数和相互间的电磁干扰。易受干扰的元器件不能相互离得太近，输入和输出组件应尽量远离。
- 某些元器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。带高电压的元器件应尽量布置在调试时手不易触及的地方。
- 重量超过 15g 的元器件、应当用支架加以固定，然后焊接。那些又大又重、发热量多的元器件，不宜装在印制板上，而应装在整机的机箱底板上，且应考虑散热问题。热敏组件应远离发热组件。
- 对于电位器、可调电感线圈、可变电容器、微动开关等可调组件的布局应考虑整机的结构要求。若是机内调节，应放在印制板上便于调节的地方；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。应留出印制板定位孔及固定支架所占用的位置。

#### 3. 布局方式

采用交互式布局和自动布局相结合的布局方式。布局的方式有两种：自动布局及交互式布局，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局，完成对特殊组件的布局以后，对全部组件进行布局，主要遵循以下原则：

- 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。
- 以每个功能电路的核心组件为中心，围绕它来进行布局。元器件应均匀、整齐、紧凑地排列在 PCB 上。尽量减少和缩短各元器件之间的引线和连接。
- 在高频下工作的电路，要考虑元器件之间的分布参数。一般电路应尽可能使元器件平行排列。这样，不但美观，而且装焊容易，易于批量生产。
- 位于电路板边缘的元器件，离电路板边缘一般不小于 2mm。电路板的最佳形状为矩形。长宽比为 3:2 或 4:3。电路板面尺寸大于 200 × 150mm 时，应考虑电路板所受的机械强度。

#### 4. 电源和接地线处理的基本原则

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，对电源和地的布线采取一些措施降低电源和地线产生的噪声干扰，以保证产品的质量。方法有如下几种：

- 电源、地线之间加上去耦电容。单单一个电源层并不能降低噪声，因为，如果不考虑电流分配，所有系统都可以产生噪声并引起问题，这样额外的滤波是需要的。通常在电源输入的地方放置一个 1 ~ 10 μF 的旁路电容，在每一个元器件的电源脚和地线脚之间放置一个 0.01 ~ 0.1 μF 的电容。旁路电容起着滤波器的作用，放置在板上电源和地之间的大电容（10 μF）是为了滤除板上产生的低频噪声（如 50/60Hz 的工频噪声）。板上工作的元器件产生的噪声通常在 100MHz 或

更高的频率范围内产生谐振，所以放置在每一个元器件的电源脚和地线脚之间的旁路电容一般较小（约  $0.1\mu\text{F}$ ）。最好是将电容放在板子的另一面，直接在组件的正下方，如果是表面贴片的电容则更好。

● 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： $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ，最细宽度可达  $0.05 \sim 0.07\text{mm}$ ，电源线为  $1.2 \sim 2.5\text{mm}$ ，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。做成多层板，电源，地线各占用一层。

● 依据数字地与模拟地分开原则。若线路板上既有数字逻辑电路和又有模拟线性是中，应使它们尽量分开。低频电路的地应尽量采用单点并连接地，实际布线有困难时可部分串联后再并连接地。高频电路宜采用多点串联接地，地线应短而粗，高频组件周围尽量用栅格状大面积地箔，保证接地线构成死循环路。

## 5. 导线设计的基本原则

导线设计不能一概用一种模式，不同的地方以及不同的功能的线应该用不同的方式来布线。应该注意以下两点：

● 印制导线拐弯处一般取圆弧形，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，长时间受热时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粘合剂受热产生的挥发性气体。

● 焊盘中心孔要比器件引线直径稍大一些。焊盘太大易形成虚焊。焊盘外径（ $D$ ）一般不小于（ $d+1.2$ ） $\text{mm}$ ，其中  $d$  为引线孔径。对高密度的数字电路，焊盘最小直径可取（ $d+1.0$ ） $\text{mm}$ 。

## 7.10.2 制板的工艺流程和基本概念

为进一步认识 PCB，有必要了解一下单面、双面和多面板的制作工艺，以加深对 PCB 的了解。

### 1. 单面印制板

单面印制板实用于简单的电路制作，其工艺流程发下：

单面覆铜板 → 下料 → 刷洗、干燥 → 网印线路抗蚀刻图形 → 固化 → 检查、修板 → 蚀刻铜 → 去抗蚀印料、干燥 → 钻网印及冲压定位孔 → 刷洗、干燥 → 网印阻焊图形（常用绿油）、UV 固化 → 网印字符标注图形、UV 固化 → 预热、冲孔及外形 → 电气开、短路测试 → 刷洗、干燥 → 预涂助焊抗氧化剂（干燥） → 检验、包装 → 成品。

### 2. 双面印板

双面印板适用于比较复杂的电路，是最常见的印刷电路板。近年来制造双面金属印制板的典型工艺是图形点电镀法和 SMOBC（图形电镀法再退铅锡）法。在某些特定场合也有使用工艺导线法的。

#### ① 图形点电镀工艺

图形点电镀工艺流程如下：

覆箔板 → 下料 → 冲钻基准孔 → 数控钻孔 → 检验 → 去毛刺 → 化学镀薄铜 → 电镀薄铜 → 检验 → 刷板 → 贴膜（或网印） → 曝光显影（或固化） → 检验修板 → 图形电镀 → 去膜 → 蚀刻 → 检验修板 → 插头镀镍镀金 → 热熔清洗 → 电气通断检测 → 清洁处理 → 网印阻焊图形 → 固化 → 网印标记符号 → 固化 → 外形加工 → 清洗干燥 → 检验 → 包装 → 成品。

#### ② SMOBC（图形电镀法再退铅锡）工艺

制造 SMOBC 板的方法很多，有标准图形电镀减去法再退铅锡的 SMOBC 工艺；用镀锡或浸锡等代替电镀铅锡的减去法图形电镀 SMOBC 工艺；堵孔或掩蔽孔法 SMOBC 工艺；加成法 SMOBC 工艺等。下面主要介绍图形电镀法再退铅锡的 SMOBC 工艺和堵孔法 SMOBC 工艺流程。

图形电镀法再退铅锡的 SMOBC 工艺法的流程如下：

双面覆铜箔板 → 按图形电镀法工艺到蚀刻工序 → 退铅锡 → 检查 → 清洗 → 阻焊图形 → 插头镀镍镀金 → 插头贴胶带 → 热风整平 → 清洗 → 网印标记符号 → 外形加工 → 清洗干燥 → 成品检验 → 包装 → 成品。

堵孔法主要工艺流程如：

双面覆箔孔 → 钻孔 → 化学镀铜 → 整板电镀铜 → 堵孔 → 网印成像（正像） → 蚀刻 → 去网印料、去堵孔料 → 清洗 → 阻焊图形 → 插头镀镍、镀金 → 插头贴胶带 → 热风整平 → 清洗 → 网印标记符号 → 外形加工 → 清洗干燥 → 成品检验 → 包装 → 成品。

### 3. 多面板

多层印制板是由三层以上的导电图形层与绝缘材料层交替地经层压粘合一起而形成的印制板，并达到设计要求规定的层间导电图形互连。它具有装配密度高、体积小、重量轻、可靠性高等特点，是产值最高、发展速度最快的一类 PCB 产品。随着电子技术朝高速、多功能、大容量和便携低耗方向发展，多层印制板的应用越来越广泛，其层数及密度也越来越高，相应之结构也越来越复杂。

多层印制板的主要工艺流各如下：

内层覆铜板双面开料 → 刷洗 → 干燥 → 钻定位孔 → 贴光致抗蚀干膜或涂覆光致抗蚀剂 → 曝光 → 显影 → 蚀刻、去膜 → 内层粗化、去氧化 → 内层检查 → 外层单面覆铜板线路制作 → 板材粘结片检查 → 钻定位孔 → 层压 → 钻孔 → 孔检查 → 孔前处理与化学镀铜 → 全板镀薄铜 → 镀层检查 → 贴光致耐电镀干膜或涂覆光致耐电镀剂 → 面层底板曝光 → 显影、修板 → 线路图形电镀 → 电镀锡铝合金或金镀 → 去膜和蚀刻 → 检查 → 网印阻焊图形或光致阻焊图形 → 热风平整或有机保护膜 → 数控洗外形 → 成品检验 → 包装成品。

#### 小结

本章对常用的高级 PCB 编辑技巧进行了介绍，这些技巧包括放置文字、放置焊盘和放置过孔，还介绍了包地、补泪滴、放置填充和敷铜等 PCB 技巧。

本章最后介绍了多层电路板的设计方法，以及 PCB 印刷电路板的设计工艺的相关知识。

掌握这些编辑技巧将能更好地设计 PCB 电路板，也使设计的电路板更专业化，电路工作更为稳定。