

# 第一章 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 Protel98 这个 32 位产品是第一个包含 5 个核心模块的 EDA 工具

1999 年 Protel99 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 Protel99se 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。

## 1.2 Protel DXP 主要特点

1 、通过设计文件包的方式，将原理图编辑、电路仿真、 PCB 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元件库和 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环节。

#### 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、设计原理图元件

Protel DXP 提供了丰富的原理图元件库，但不可能包括所有元件，必要时需动手设计原理图元件，建立自己的元件库。

#### 4、绘制原理图

找到所有需要的原理元件后，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、设计元件封装

和原理图元件库一样，Protel DXP 也不可能提供所有元件的封装。需要时自行设计并建立新的元件封装库。

#### 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 Protel DXP 设计管理器

protel DXP 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 Protel DXP 启动后的主工作界面。设计管理器具有友好的人机界面，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 Protel DXP 设计管理器

#### 2.1.1 Protel DXP 的主工作面板



#### 1 启动 Protel DXP

启动后进入图 2-2 所示的 Protel DXP 设计管理器窗口。Protel DXP 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。

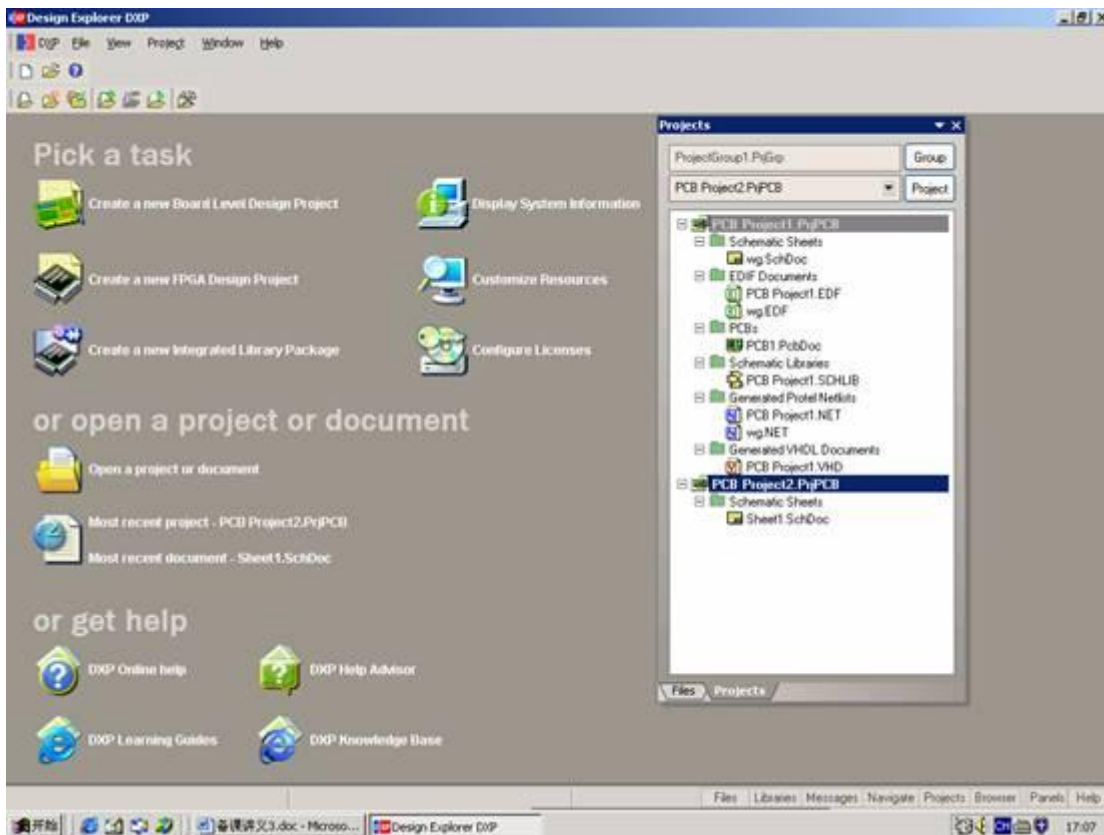
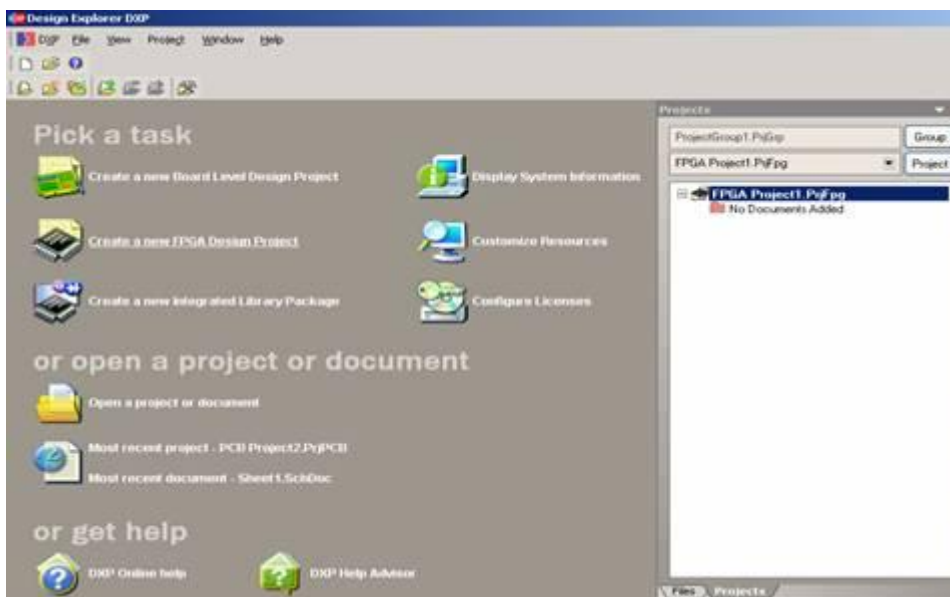


图 2-2 Protel DXP 设计管理器窗口

Protel DXP 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 Protel DXP 工作的核心，所有

设计工作都是以项目来展开的。介绍一下使用项目的好处。



● **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 项目设计的文件工作面板。

图 2-3 新建 FPGA 项目设计文件工作

- **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界面。
- **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文件。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 Online help** : 在线帮助。

- **DXP Learning Guides** : 学习向导。

- **DXP Help Advisor** : DXP 帮助指南。

- **DXP Knowledge 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。Protel DXP 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、新建文件等, 也可以用来打开项目文件、保存项目文件, 显示最近使用过的文件和项目、项目组以及退出 Protel DXP 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, 使用界面的定制等。

项目菜单包括项目的编译 ( Compile )、项目的建立 ( Build ), 将文件加入项目和将文件从项目中删除等。

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 Protel DXP 的教程学习。

主工具栏的按钮图标包括打开文档, 打开已存在的项目文件等。

## 2.2 原理图设计系统

当对整个 Protel DXP 的开发界面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 ProObject** 选项，使鼠标变成为手形状后，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. PrjGrp** 工作组下，默认的项目文件名为 **PCB Project 1.PrjPCB**。

注意：

Protel DXP 中，默认的工作组的文件名后缀为 **.PrjGrp**，默认的项目文件名后缀为 **.PrjPCB**。如果新建的是 **FPGA** 设计项目，建立的项目文件称后缀为 **.PrjFpg**。

### 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. PrjPCB**，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.PrjPCB** 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。

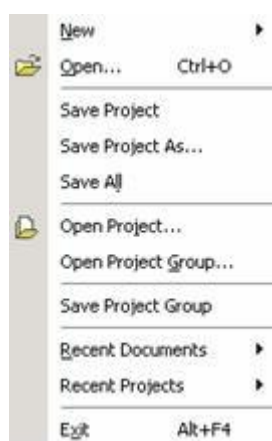






图 2-6 PCB 文件工作面板 图 2-7 Group 菜单 图 2-8 New 菜单的子菜单

其中可以新建 SCH 电路原理图、VHDL 设计文档、PCB 文档、SCH 原理图库、PCB 库、PCB 项目等。

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 的电路原理图设计界面。

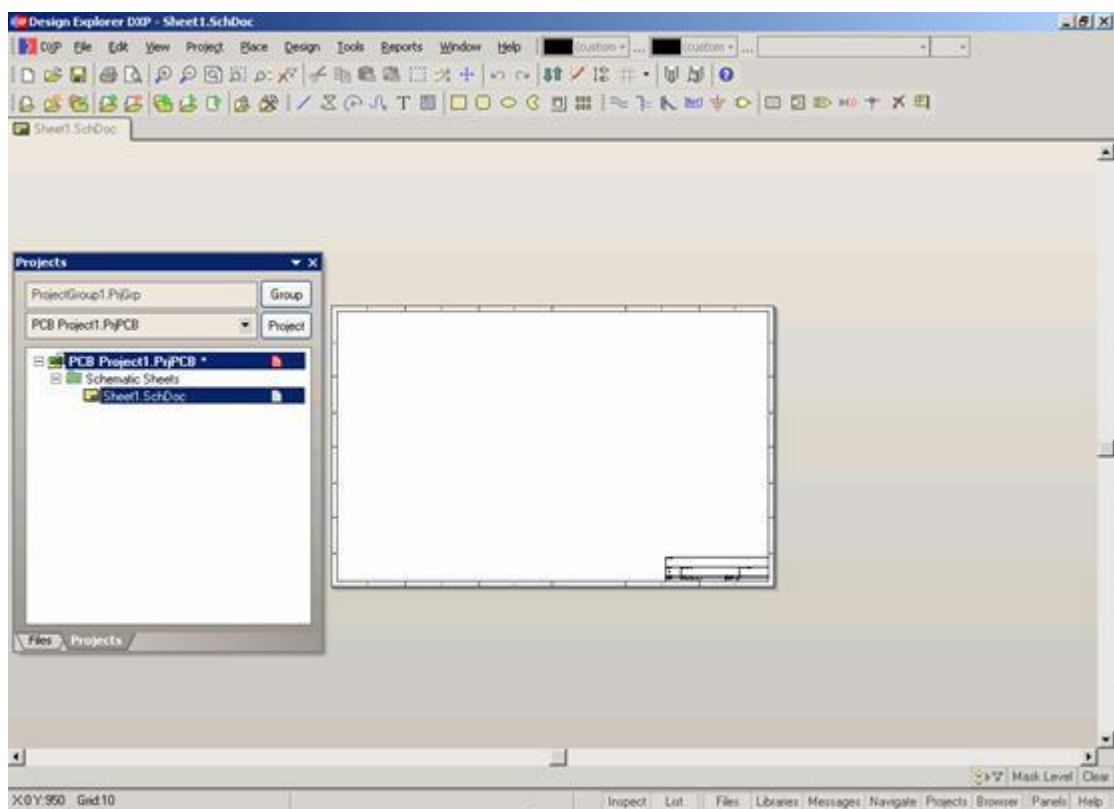


图 2-9 SCH 电路原理图编辑界面

### 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光标设置。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,确定图纸文件的有关参数。图纸上的光标为放置元件、连接线路带来很多方便。

### 2.3.1 图纸大小的设置

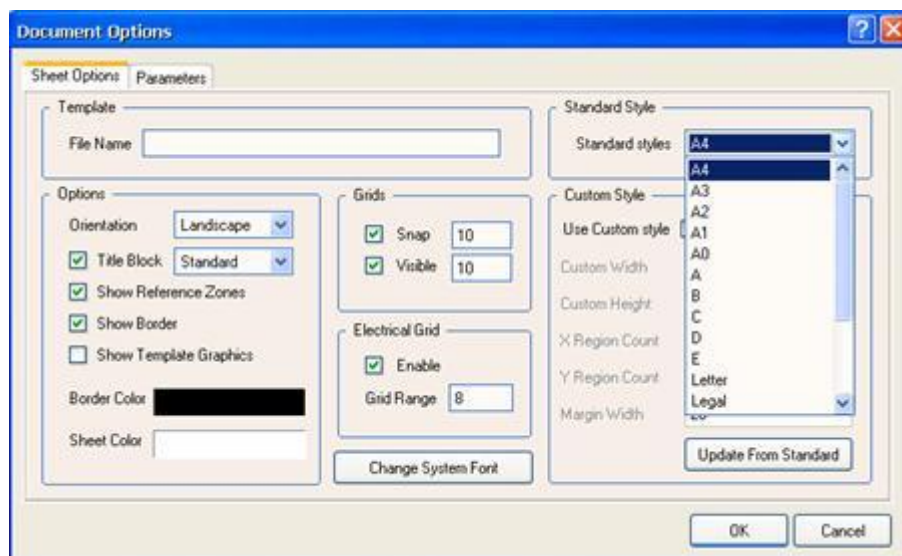
#### 1 . 打开图纸设置对话框

- 在 SCH 电路原理图编辑界面下,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



如用户要将图纸大小更改成为标准 A4 图纸。将光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激活该项，再用光标选中 A4 选项，单击 OK 按钮确认，如图 2-12 所示。

图 2-12 设置标准图纸样式

Protel DXP 所提供的图纸样式有以下几种：

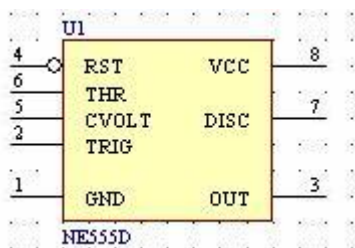
- 美制：A0、A1、A2、A3、A4，其中 A4 最小。
- 英制：A、B、C、D、E，其中 A 型最小。
- 其他：Protel 还支持其他类型的图纸，如 Orcad A、Letter、Legal 等。

### 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 格点和光标的设置

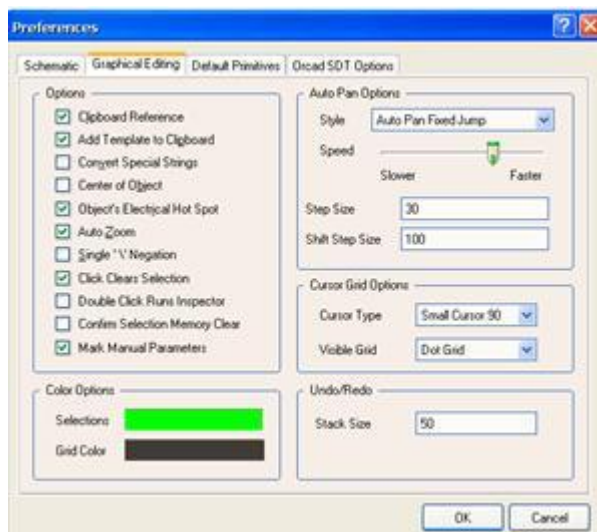
##### 1. 格点形状和颜色的设置



Protel DXP 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。

图 2-13 线状格点 图 2-14 点状格点

设置点状格点和线状格点的具体步骤如下：



（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 Graphical Editing 标签，打开 Graphical Editing 选项卡。

图 2-15 Preferences 对话框

（2）在 Cursor Grid Options 选项区域中的 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 2-15 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**：用于设置光标移动时的间距。选中此项表示光标移动时以 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元件时，则元件的移动以 10 个像素点为单位移动。未选中此项，则元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元件。

### （ 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，以光标所在位置为中心，向周围搜索电气节点，如果在搜索半径内有电气节点，光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他设置

### Parameters 选项卡的设置

在 Document Options 对话框中单击 Parameters 标签，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。



- **Address3**：第三栏图纸设计者或公司地址。

图 2-16 更改系统字体对话框

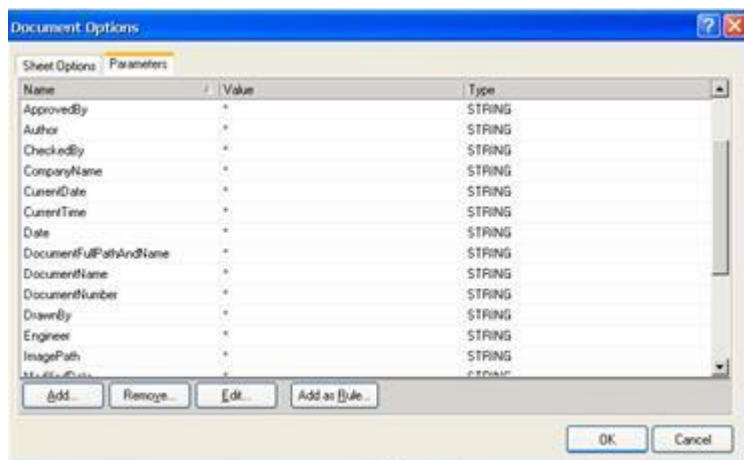


图 2-17 Parameters 选项卡设置

- 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 Protel DXP 系统参数设置

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

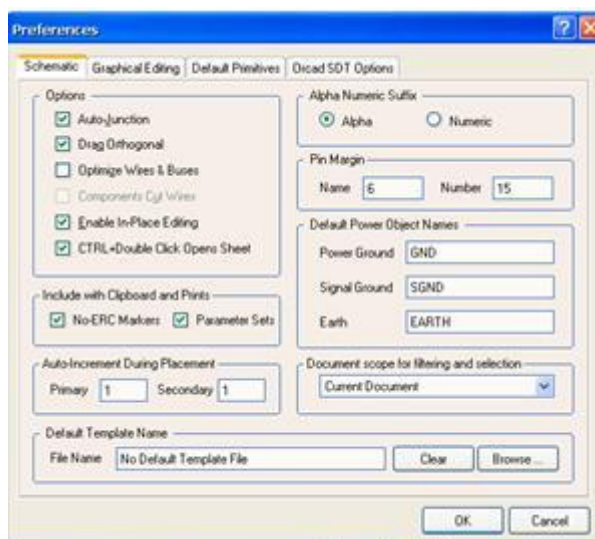


图 2-18 系统参数设置对话框



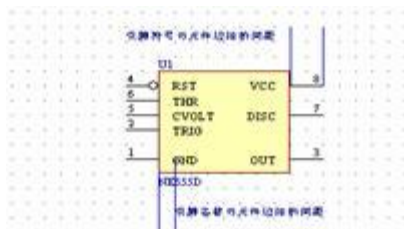
### 2.4.1 Schematic 选项卡设置

#### 1 . Pin Options 选项区域设置

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

#### 2 . Alpha Numeric Suffix 选项区域设置

用于设置多组件的元件标设后缀的类型。有些元件内部是由多组元件组成的，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。



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。下面以元件 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。

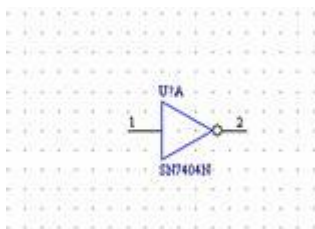
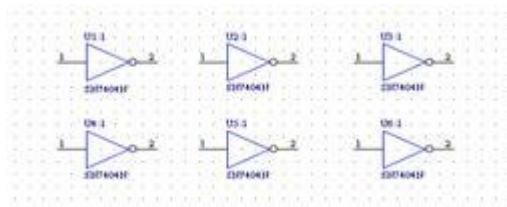


图 2-19 元件引脚符号、名称的位置设置 图 2-20 7404 原理图

在放置元件 Sn7404 时设置元件属性对话框，假定设置元件标识为 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。





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。

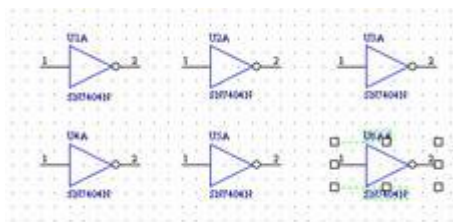


图 2-21 选择 Alpha 后的 Sn7404 原理图 图 2-22 选择 Numeric 后的 Sn7404 原理图

### 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，当拖动元件时，被拖动的导线将与元件保持直角关系。不选定，则被拖动的导线与元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元件标识、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、总线覆盖在其他导线或总线上，若有覆盖，系统会自动移除。

● **Components Cut Wires**：选定该复选项，在将一个元件放置在一条导线上时，如果该元件有两个引脚在导线上，则该导线被元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。

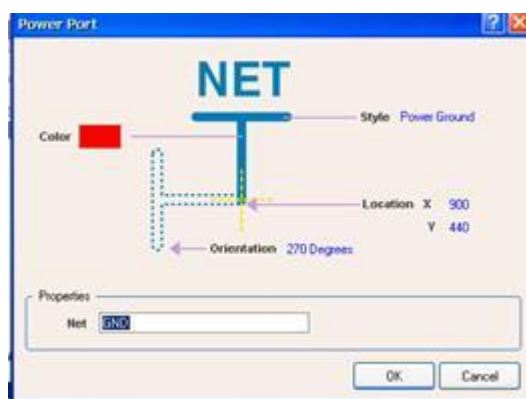


图 2-23 采用系统默认设置的电源属性对话框

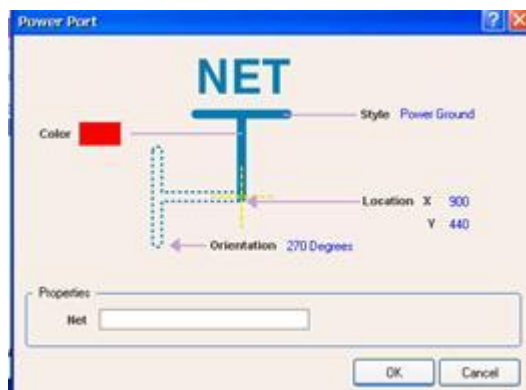


图 2-24 设置 Power Ground 为空时的电源属性对话框

● 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。

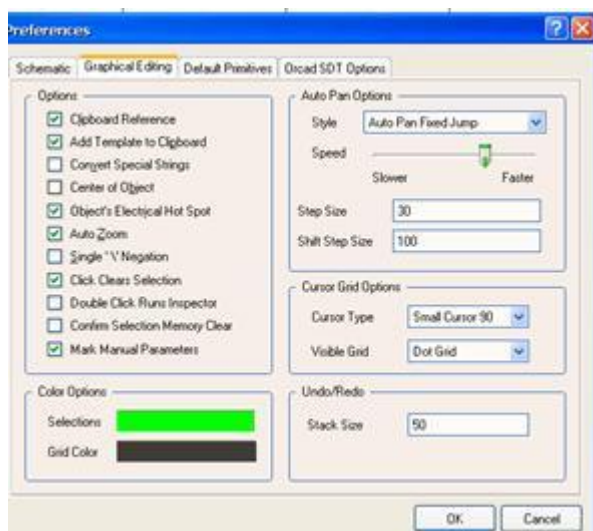


图 2-25 Graphical Editing 选项卡

### 1 . Options 选项区域设置

Options 选项区域主要包括如下设置:

● Clipboard Reference: 用于设置将选取的元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元件时，光标捕捉的是元件的参考点还是元件的中心。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** : 用于设置插入元件时，原理图是否可以自动调整视图显示比例，以适合显示该元件。
- **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，取消元件被选中状态需要执行菜单命令 **Edit/Deselect** 或单击工具栏图标按钮 取消元件的选中状态。选定该选项时取消元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，就可以取消元件的选取状态。其二、执行菜单命令 **Edit/Deselect** 或单击工具栏图标 按钮来取消元件的选定状态。
- **Double Click Runs Inspector** : 选定该复选项，当在原理图上双击一个对象元件时，弹出不是 **Component Properties** (元件属性)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。

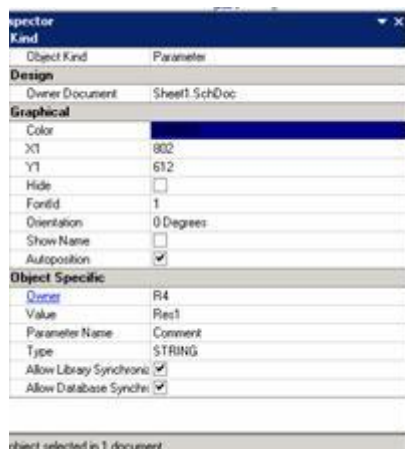


图 2-26 Inspector 对话框

## 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元件的高亮颜色，即在原理图上选取某个对象元件，则该对象元件被高亮显示。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：

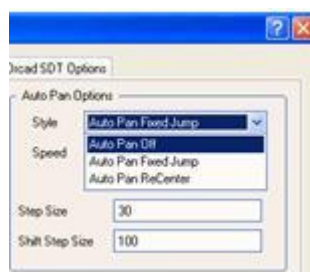


图 2-27 Style 下拉列表

- 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，即以光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 选项区域用于设置光标和格点的类型，主要包括如下设置：



- Cursor Type : 用于设置元件和拖动元件时出现的光标类型设置。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：

图 2-28 Cursor Type 下拉列表

- Large Cursor 90 : 将光标设置为由水平线和垂直线组成的 90 o 大光标。
- Small Cursor 90 : 将光标设置为由水平线和垂直线组成的 90 o 小光标。
- Small Cursor 45 : 将光标设置为 45 o 相交线组成的小光标。
- Visible Grid : 该选项的下拉列表中设有 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** 指与元件库有关的对象；**Other** 指上述类别所没有包括的对象。

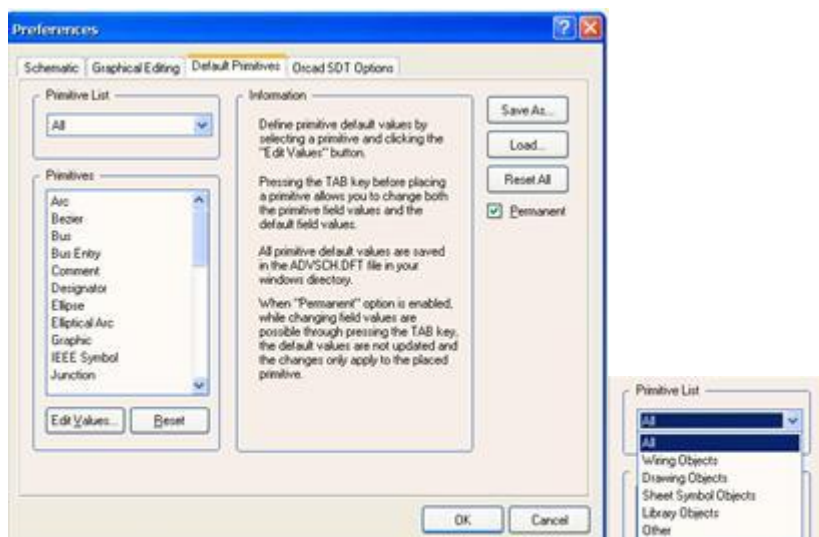
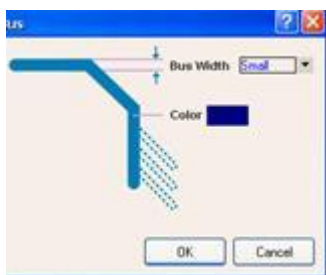


图 2-29 Default Primitives 选项卡 图 2-30 Primitive List 下拉列表

## 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。



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。

图 2-31 Bus 属性设置对话框

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文件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。

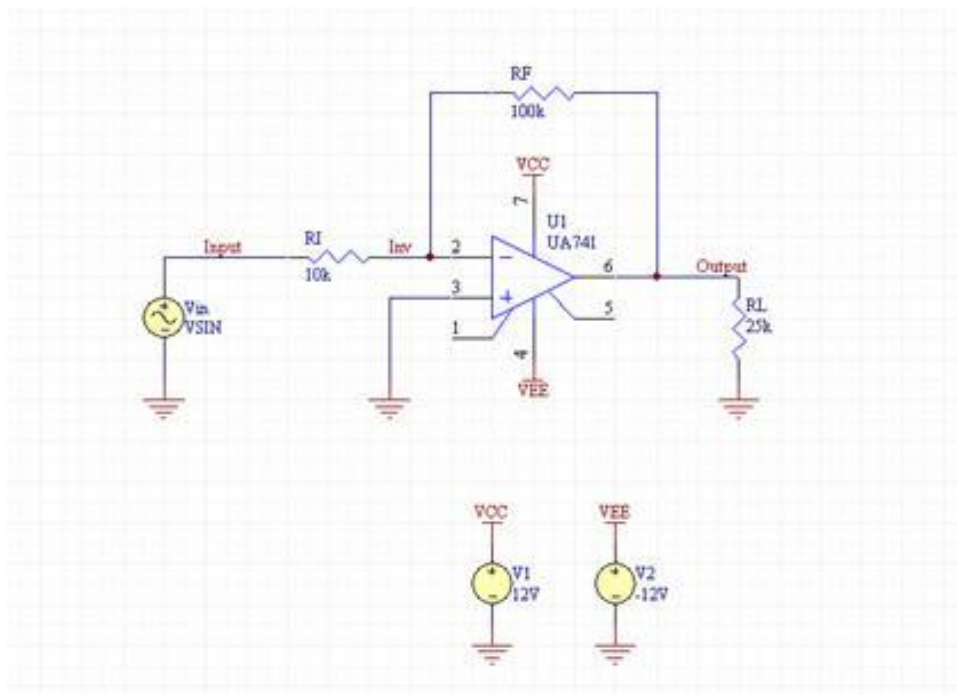
### 小 结

本章详细介绍了原理图环境设置,包括窗口、图纸、格点、光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。

### 习 题

- 1 . 熟悉设计管理器主工作面板并创建和保存一个项目和原理图文件。
- 2 . Protel DXP 的原理图环境设置主要包括哪几个部分?
- 3 . 一般应如何设置原理图图纸?
- 4 . 搞清原理图中格点和光标的设置及其意义。



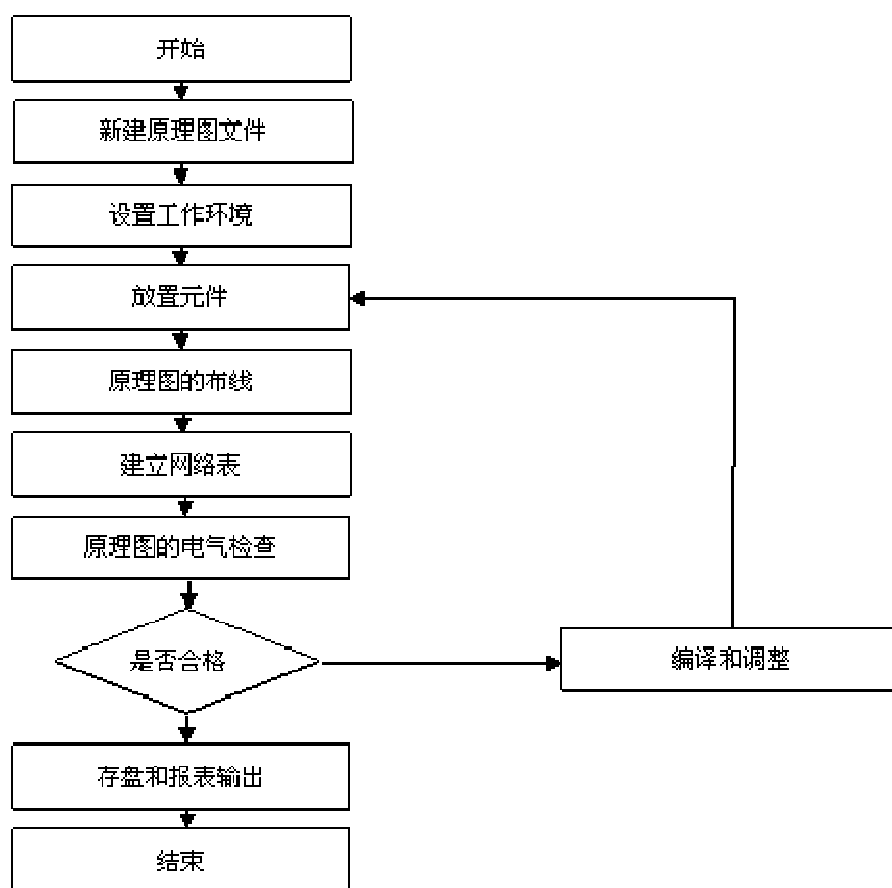


5. 通过打开 Protel DXP 提供的例子（如 Analog Amplifier. SchDoc），按照本节介绍的对原理图环境设置的各个部分进行设置，并仔细体会各种设置的意义。

## 第 3 章 电路原理图设计

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



原理图的设计流程如图 3-1 所示。

图 3-1 原理图设计流程

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 Protel DXP 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 ) 放置元件。从元件库中选取元件, 布置到图纸的合适位置, 并对元件的名称、封装进行定义和设定, 根据元件之间的走线等联系对元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 Protel DXP 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: Protel DXP 提供了利用各种报表工具生成的报表(如网络表、元件清单等), 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。

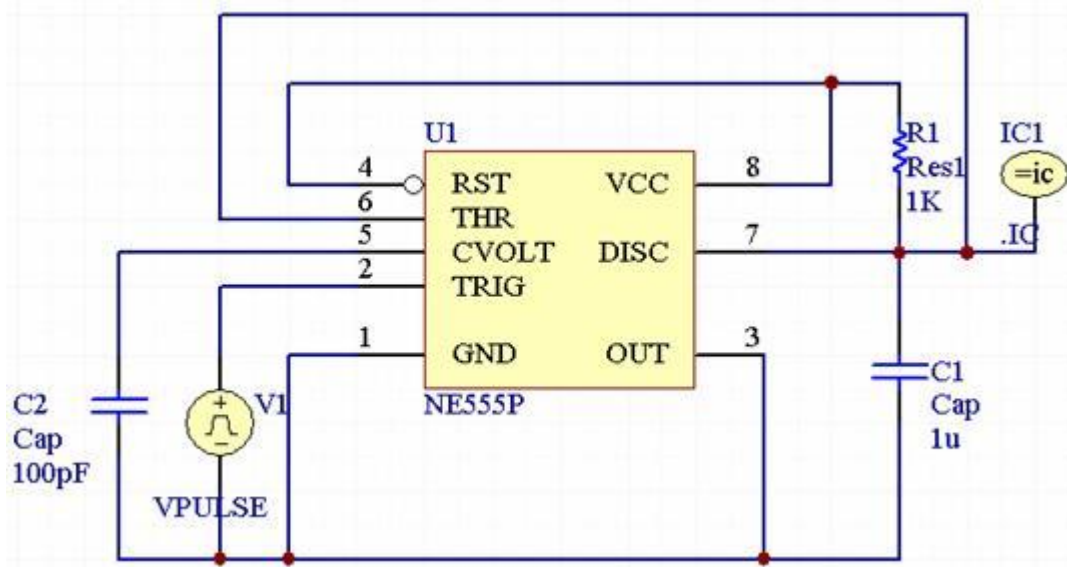
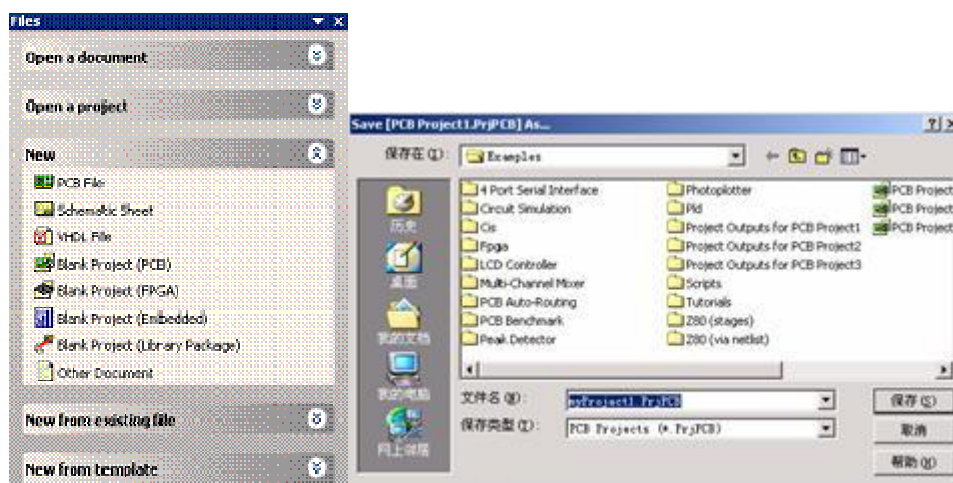


图 3-2 555 电路原理图

### 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 Proect ( 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 查找元件

Protel DXP 库提供了大量元件的原理图符号，在绘制一副原理图之前，必须知道每个元件对应的库。对于 **555** 电路原理图的每个元件应该在哪个库呢？可以采用什么办法找到元件的原理图符号呢？

利用 Protel DXP 提供的搜索功能来完成查找元件，操作步骤如下：

( 1 ) SCH 设计界面的下方有一排按钮，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元件 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 Protel DXP 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元件，例如要搜索和 555 元件相关的可以在 Name 文本框中键入 \*555\* 。

图 3 — 5 库对话框

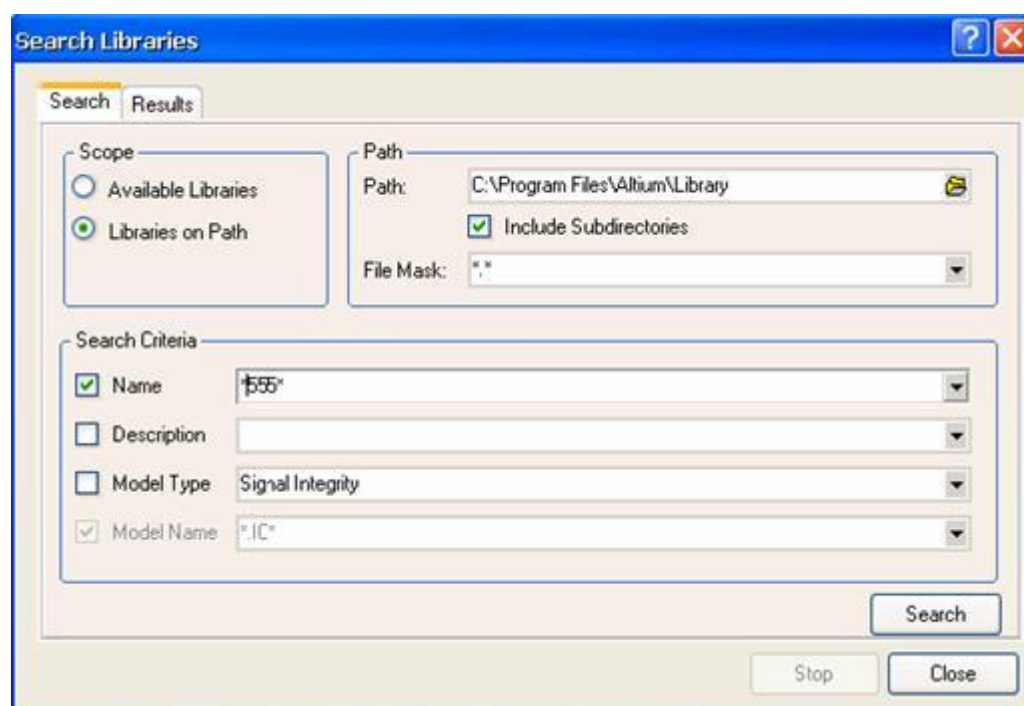


图 3 — 6 库搜索对话框

( 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。

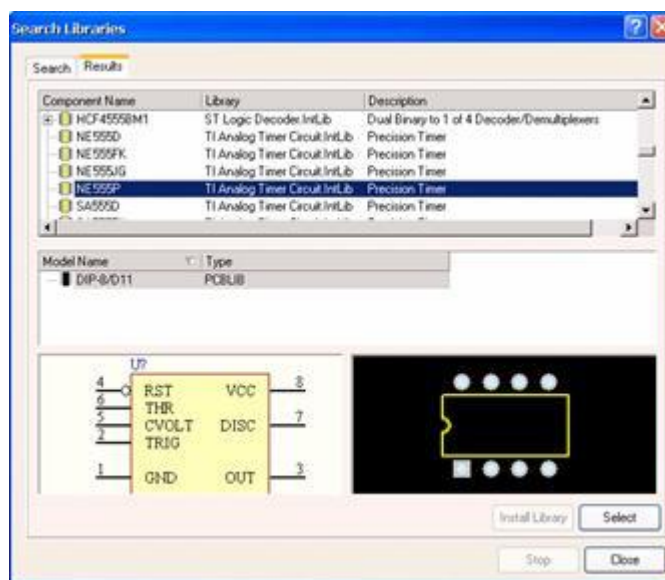


图 3 — 7 搜索结果对话框

可以看到很多匹配搜索标准的芯片型号，选择一款适合的元件原理图符号和封装。这里选择元件 NE555P，属于 TI Analog Timer Circuit . IntLib 库。能否找到所需要的元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 Crcuit . 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元件。

在完成了对一个元件的查找后，可以按照 555 电路原理图的要求，依次找到其他元件所属元件库，见表 3 — 1 所示。

表 3 — 1 555 原理图的元件列表

元件名称  
 元件库  
 元件符号  
 元件属性

NE555P  
 TI Analog Timer Circuit.IntLib  
 U1  
 NE555P

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 Protel DXP 中，电阻元件单位默认以 k 代表 k ，电容元件单位默认以 u 代替 uF 。△

#### 3.2.4 添加或删除元件库

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

（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元件库。

（2）添加元件库。单击 Add Library 按钮，将弹出查找文件夹对话框，选择安装 Protel DXP 元件库的路径。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。在当前元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。元件库在列表中的位置影响了元件的搜索速度，通常是将常用元件库放在较高位置，以便对其先进行搜索。



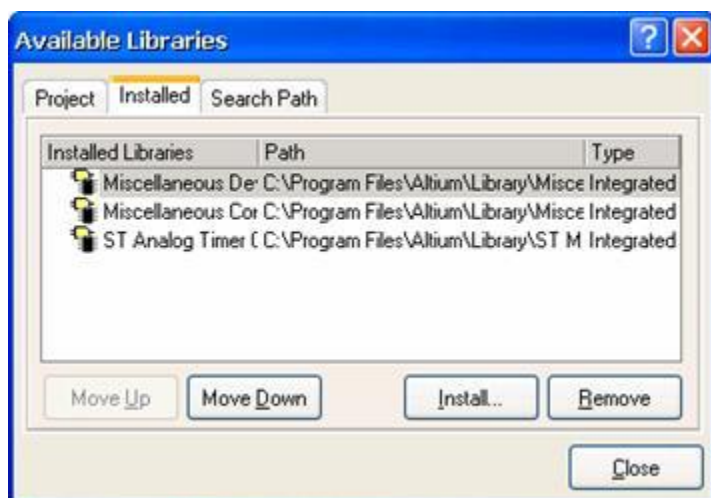


图 3 — 8 添加、删除元件库

( 3 ) 删除元件库。当添加了不需要的元件库时，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。

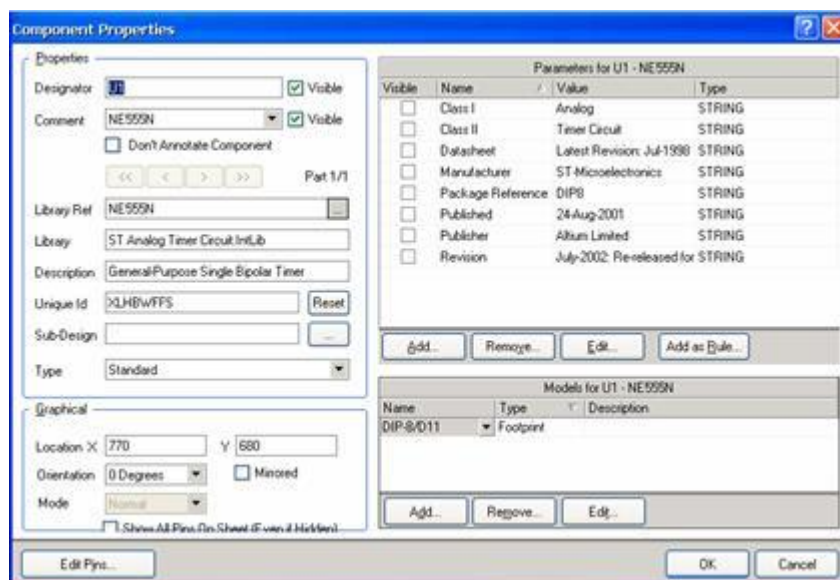
### 3.2.5 在原理图中放置元件

在当前项目中添加了元件库后，就要在原理图中放置元件，下面以放置 NE555P 为例，说明放置元件的步骤如下：

( 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 **Zom in** 和 **Zom out** 选项同样可以缩小和放大图纸视图。

( 2 ) 在元件库列表下拉菜单中选择 **TI Analog Timer Circuit.IntLib** 使之成为当前库，同时库中的元件列表显示在库的下方，找到元件 **NE555P** 。

( 3 ) 使用过滤器快速定位需要的元件，默认通配符 ( \* ) 列出当前库中的所有元件，也可以在过滤器栏键入 **NE555P** ， **NE555P** 显示出来避免了在当前库很多元件中查找的困难。



( 4 ) 选中 NE555P 选项，单击 Place NE555P 按钮或双击元件名，光标变成十字形，光标上悬浮着一个 555 芯片的轮廓，按下 Tab 键，将弹出 Component Properties (元件属性) 对话框进行元件的属性编辑，如图 3 — 9 所示。在 Designator 框中键入 U1 作为元件符号。可以看到元件的 PCB 封装为右下方的 Footprint 一栏设置 Dip — 8 / D 11 。

图 3 — 9 元件属性对话框

( 5 ) 在当前窗口移动光标到原理图中放置元件的合适位置，单击鼠标把 NE555P 放置在原理图上。按 PageDown 和 PageUp 键缩小和放大元件便于观看元件放置的位置是否合适，按空格键使元件旋转，每按一下旋转 90° 来调整元件放置的合适位置方向。

( 6 ) 放置完元件后，右击鼠标或者按 ESC 键退出元件放置状态，光标恢复为标准箭头。

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 ) 电阻元件在 Miscellaneous Devices.IntLib 中，在库对话框选中 MiscellaneousDevices.IntLib 作为当前库。

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

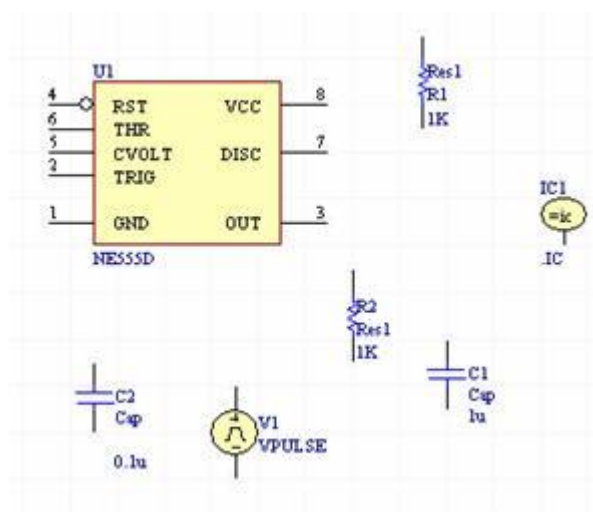
(3) 移动光标到电路图中合适位置，单击鼠标完成电阻 R1 的放置。

(4) 同时移动光标到另一位置，单击鼠标放置元件 R2，系统自动增加元件序号。

(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，在元件列表中显示脉冲电压源符号，单击 Place 按钮使元件处于选取状态，打开元件属性对话框，在 Designator 中键入 V1 即可。

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



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

图 3—10 元件选取完成后的图纸

### 3.2.6 设置元件属性

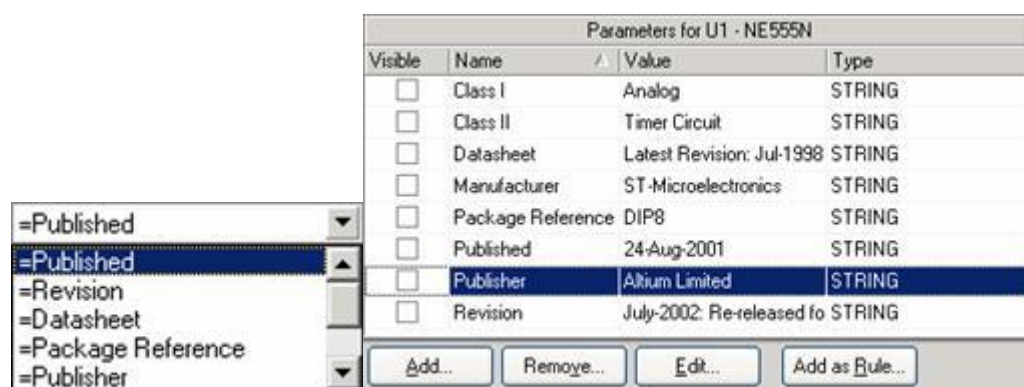
双击相应的元件打开 Component Properties 对话框，Component Properties 对话框（图 3—9）的设置：

#### 1. Properties（元件属性）选项区域设置

元件属性设置主要包括元件标识和命令栏的设置等，分别介绍如下：

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

● **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** 指元件类别，可以看出 NE555P 属于模拟器件；**Manufacturer** 是指制作厂商；**Pushished** 是指元件出厂时间；**Pushished** 是指销售厂商；**Subclass** 是指子类，例如 NE555P 是模拟器件中的定时器这种子类元件。**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。在元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** 按钮是实现了对 **Comment** 参数的编译，在一般情况下，没有必要对元件属性进行编译。

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

● **Library Ref**（元件样本）设置：根据放置元件的名称系统自动提供，不允许更改。例如 NE555P 在元件库的样本名为 NE555P。

● **Library**（元件库）设置：例如 NE555P 在 TI Analog Timer Circuit . IntLib 库中。

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

## 2. Graphical（元件图形属性）选项区域设置

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

● **Location**（元件定位）设置：主要设置元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**（元件方向）设置：主要设置元件的翻转，改变元件的方向。

● **Mirrored**（镜像）设置：选中 **Mirrored**，元件翻转 180°。

● Show Hidden Pin (显示隐藏引脚): NE555P 不存在隐藏的引脚,但是 TTL 器件一般隐藏了元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,对元件属性设置只需要设置元件标识和 Comment 参数即可,其他采用默认设置。

### 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 / Power objects , 将弹出如图 3—13 所示的 Power Object (电源符号图标) 对话框。



(2) 在图 3—13 中有几种接地符号,根据需要进行选择,这里选择如图 3—14 所示的接地符号。

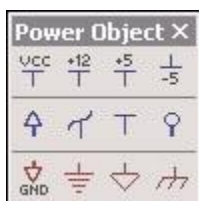
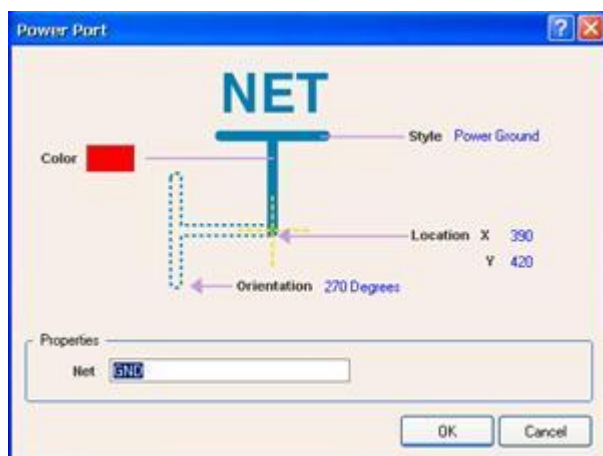


图 3—13 电源符号图标 图 3—14 接地符号

(3) 选中接地符号,出现十字光标,同时光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 ) 移动光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

元件放置在工作面板上并调整好各个元件的位置后, 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。

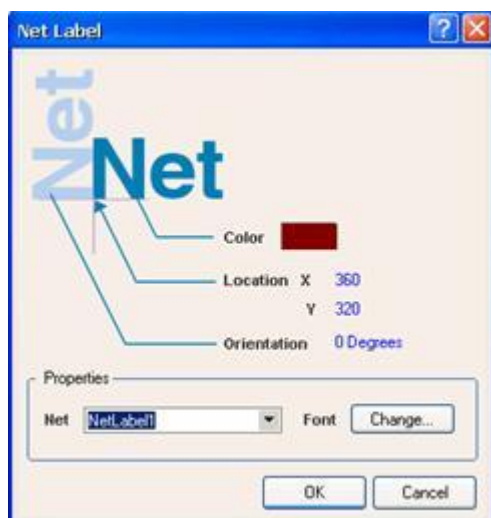
以连接 R1 与 NE555P 第七脚之间的连线为例, 把十字形光标放在 R1 的引脚上, 把光标移动到合适的位置时, 一个红色的星形连接标志出现在光标处, 这表明光标在元件的一个电气连接点上。

( 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 NE555P 第七脚, 中间有一个转折点, 单击鼠标, 当移动到 NE555P 第七脚时, 光标又变成红色的星形连接标志, 单击鼠标完成了 R1 与 NE555P 第七脚之间的连接。

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





( 6 ) 连接完所有的连线后，右击鼠标退出画线模式，光标恢复为箭头形状。

## 2 . Net and Net Label (网络与网络名称)

彼此连接在一起的一组元件引脚称为网络 ( net ) 。

例如 555 电路图中的 NE555P 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 NE555P 的第六脚和第七脚的连线就比较远，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 NE555P \_ 6 ，其他采用默认设置即可。

移动光标到 NE555P 的第六脚，单击鼠标完成第一个网络名称设置。移动光标到 R1 和 C1 与 NE555P 的第 7 脚连接点处，按 Tab 键定义网络名称为 NE555P\_ 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、比较文件和 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**（元件错误检查报告）、**Violations Associated with Documents**（文件错误检查报告）、**Violations Associated with With Nets**（网络错误检查报告）、**Violations Associated with Others**（其他错误检查报告）、**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。



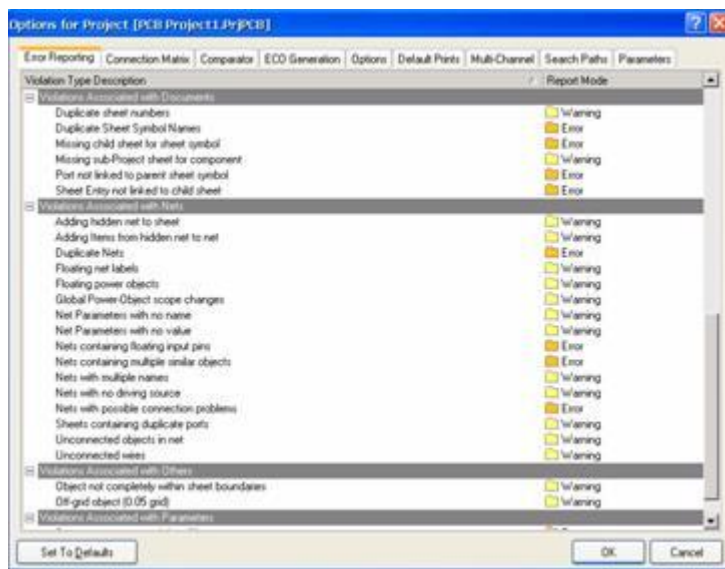


图 3 — 17 规则检查设置对话框

◆ Connection Matrix （连接矩阵）选项卡



在规则检查设置对话框中单击 Connection Matrix 标签，将弹出 Connection Matrix 选项卡，如图 3 — 18 所示。

图 3 — 18 Connection Matrix 选项卡

连接矩阵标签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、元件和图纸的输入。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，将不会出现错误或警告信息。

例如在矩阵图的横向找到 Output Pin，从列向找到 Open Collector Pin，在相交处是绿色的方块。当项目被编译时，这个绿色方块表示在原理图中从一个 Output Pin 连接到 Open Collector Pin 时将启动一个错误条件。

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 标签，将弹出 Comparator 选项卡如图 3 - 19 所示。

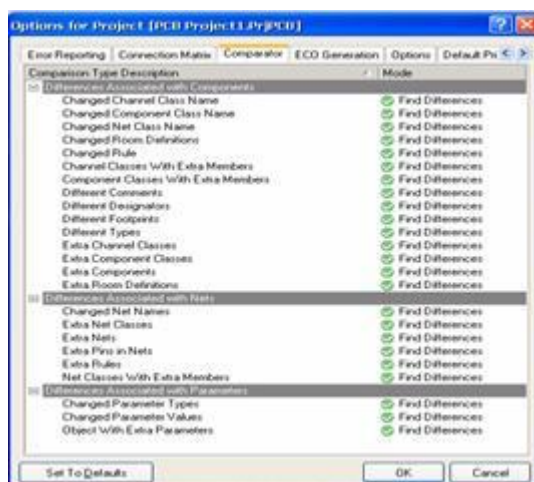
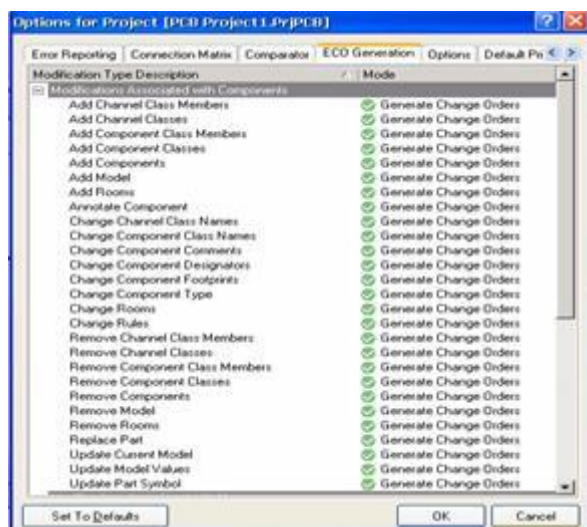


图 3 — 19 Comparator 选项卡

Comparator 选项卡用于设置当一个项目被编译时给出文件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。这样原理图设计等级特性之间的不同就被忽略。对不同的项目可能设置会有所不同，但是一般采用默认设置。

单击 Set To Default 一按钮，可以恢复到系统默认设置。

#### ◆ ECO Generation（电气更改命令）选项卡



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

图 3 — 20 ECO Generation 选项卡

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文件的不同。

ECO（Engineering Change Order）Generation 主要设置与元件、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** 标签, 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档所在文件夹内创建。对于文件路径的选择主要考虑用户是希望设置单独的文件夹保存所有的设计项目, 还是为每个项目中设置一个文件夹。

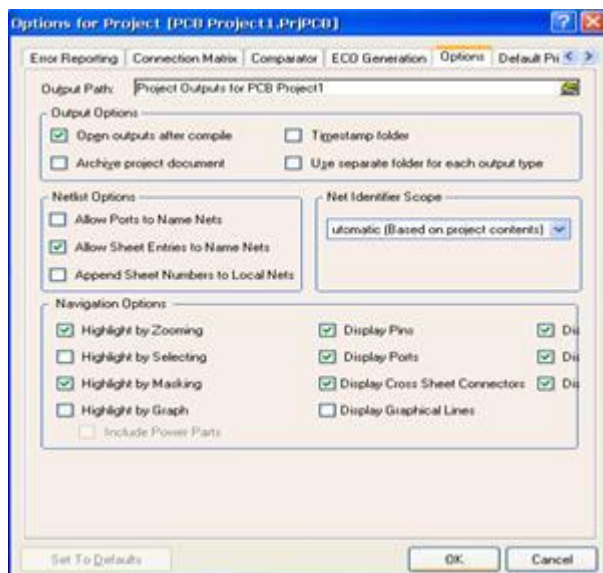


图 3 — 21 Options 选项卡

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

● **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档, 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档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. PrjPCB。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 . PrjPCB 的 555 原理图为例，删除 NE555P 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 NE555P 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。

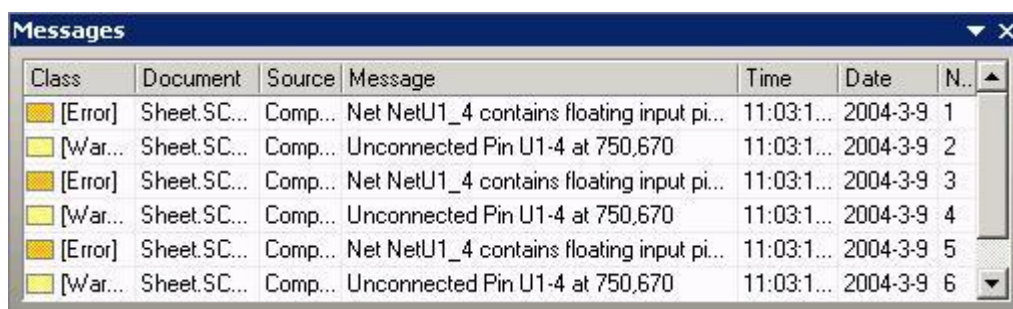


图 3 — 22 错误检查报告



(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，电路图上的其他元件和导线模糊。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。

图 3 — 23 Compile Error 对话框

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

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。

## 习 题

- 1 . 了解 Protel DXP 集成库的概念。
- 2 . 通过在原理图库文件中查找元件 (如 ADC831 ) 熟悉元件库管理器的打开方式以及如何搜索元件、添加删除元件等。
- 3 . 打开 Protel DXP 提供的例子 (如 Analog Amplifier . schdoc ) , 在同一张原理图图纸上的其他地方重新绘制 UA741 的简单放大电路。达到熟悉元件库的管理和熟练 使用绘图工具栏的目的。
- 4 . 打开 Protel DXP 提供的例子 (如 Analog Amplifier . schdoc ) , 按照 3 . 2 节介绍的具体操作方法实现对原理图中元件的选取、删除等操作。

## 第 4 章 原理图编辑

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元件、原理图编辑器的使用和元件位置的编辑。

### 4.1 元件库的管理

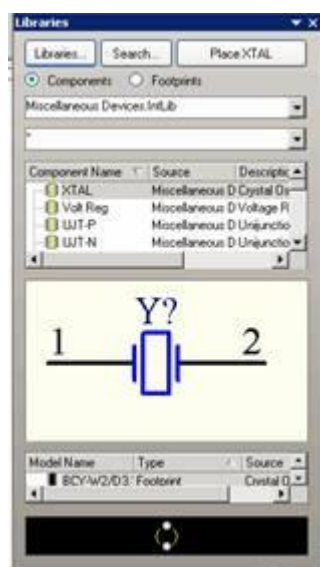
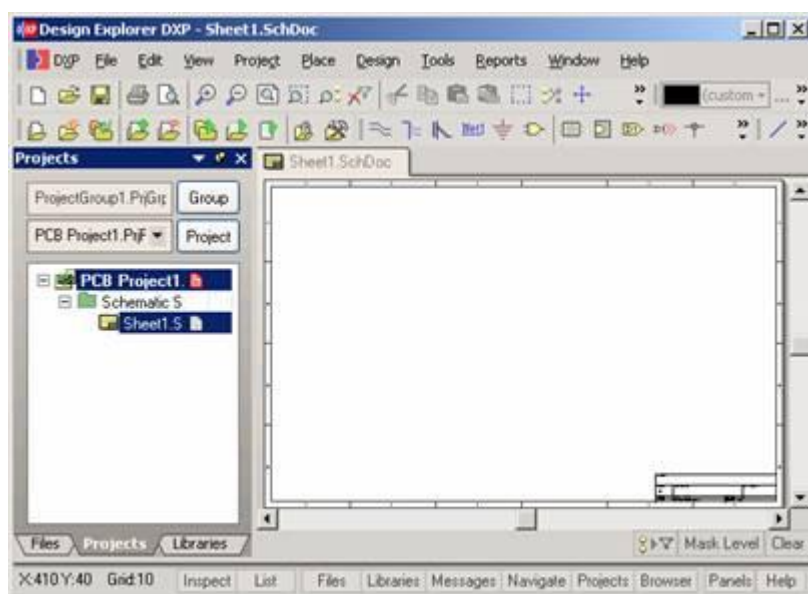
完成原理图工程环境设置以后, 接下来的步骤是在原理图上放置元件, 元件库为用户取用元件、查找元件提供了很大的方便。

#### 4.1.1 打开元件库管理器

**Protel DXP 集成库的概念：** Protel DXP 与 PoteI99 最明显的区别就是集成库。集成库就是将原理图元件与 PCB 封装和信号完整性分析联系在一起，关于某个元件的所有信息都集成在一个模块库中，所有的元件信息被保存在一起。Protel 将元件分类放置在不同的库中。放置元件的第一步就是找到元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界面。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 （元件库管理器）主要有两种方法：



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 所示元件库管理器对话框。

图 4-1 空白原理图图纸界面 图 4-2 元件库管理器对话框

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

#### 4.1.2 添加元件库

元件库管理器主要实现添加或删除元件库、在元件库中查找元件和在原理图上放置元件。单击元件库管理器中的 **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，将弹出打开元件库文件对话框，如图 4-4 所示。在一般情况下，元件库文件在 **Altium\library** 目录下，Protel DXP 主要根据厂商来对元件分类。选定某个厂商，则该厂商的元件列表会被显示。

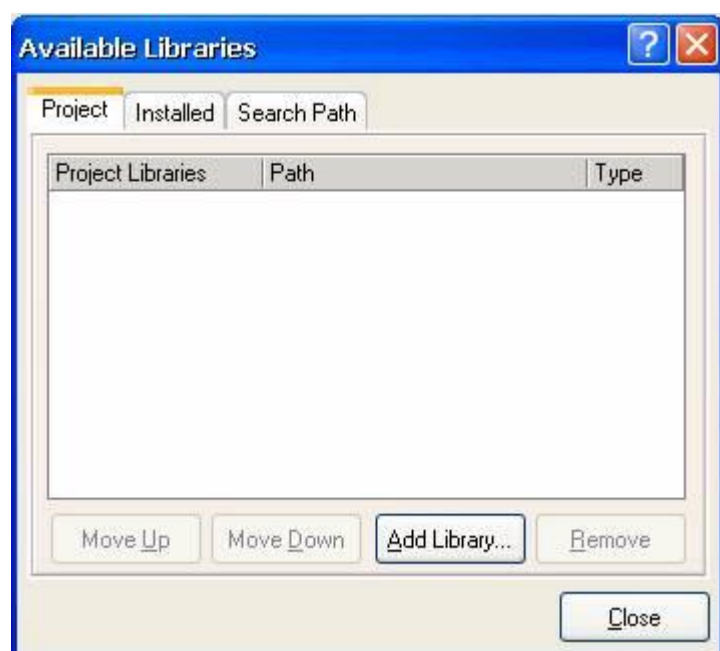


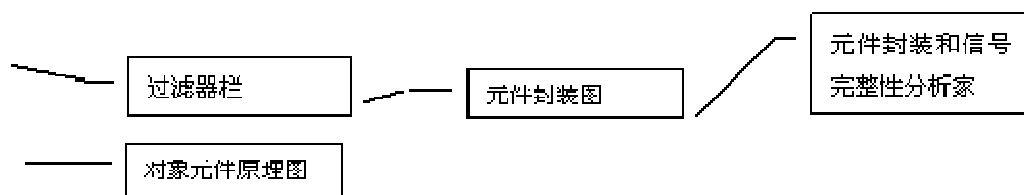
图 4-3 添加元件库对话框





在图 4-4 所示元件库文件对话框中，根据原理图的需要选中希望加载的元件库。例如选中 **Burr-Brown** ，双击该文件夹或单击打开按钮，可以看到 **Burr-Brown** 公司的元件分类，选中 **BB Amplifier Buffer. IntLib** ，单击打开按钮，完成了元件库的加载。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** 后的元件库管理器，如图 4-5 所示。

图 4-4 元件库文件对话框



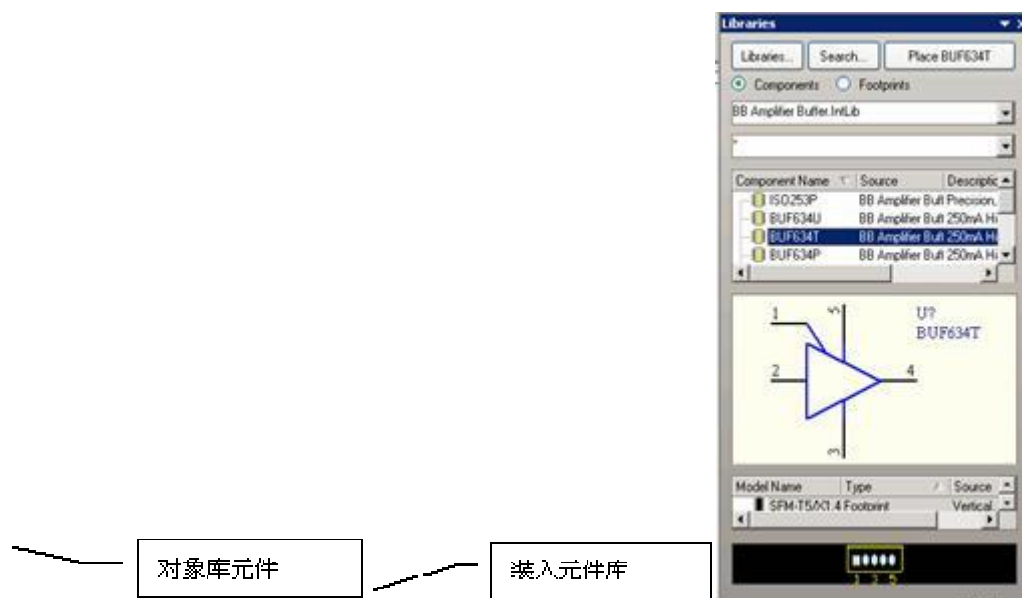


图 4-5 Components 元件库管理器

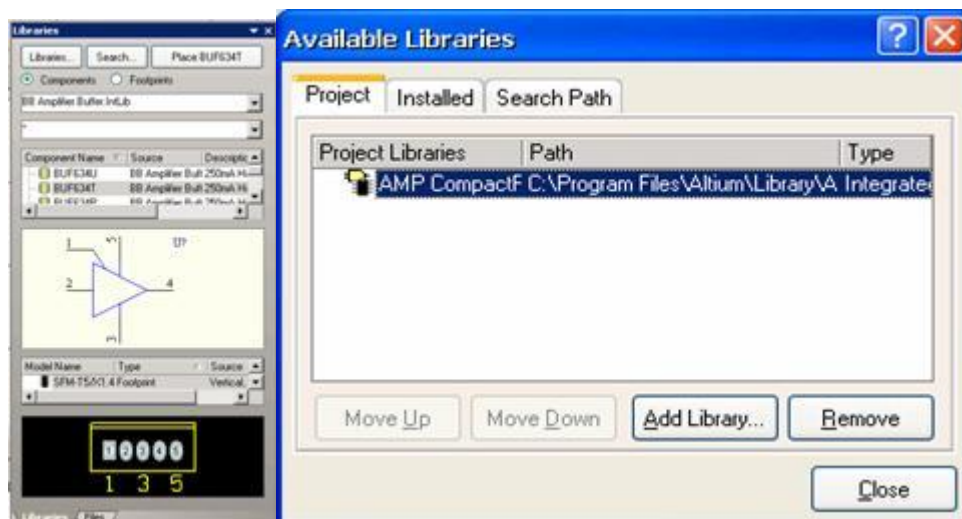
#### 4.1.3 元件库管理器面板

##### 1. Components 单选项

在图 4-5 中，Libraries 选项下方有两个单选项，Components（元件）、Footprints（封装）。选中 Components，在装入的元件库栏中选中 BB Amplifier Buffer. IntLib，过滤器栏采用通配符设置，则在对象库元件栏中显示该库所有的元件。例如选中对象库中的元件 BUF634T，在对象元件原理图栏显示该元件的原理图符号。在元件封装和信号完整性分析栏中显示对应的该元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元件，一般默认的设置是通配符“\*”。如果在过滤栏中键入相应的元件名如 BU\*，则在对象库元件栏中显示以 BU 字母开头的元件。



3. Footprints 单选项，对应的元件管理器如图 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元件封装。在 PCB 图栏显示对象库中元件的 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。

4-6 Footprints 元件库管理器 图 4-7 删除元件库对话框

#### 4.1.4 删除元件库

如果想删除已加载过的元件库，那么单击元件库管理器的 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元件库列表。图 4-3 没有加载任何元件库，所以没有元件库列表，同时图 4-3 中的 Remove 按钮灰化。

在元件库列表中选中 Miscellaneous Connectors. IntLib，单击 Remove 按钮，则该元件列表从当前项目中被删除，双击也可以删除所选中的库文件。

Move Up 和 Move Down 可以改变元件列表的顺序。

#### 4.1.5 搜索元件

元件库管理器对话框中 Search（搜索）按钮用于在库中查找想要的元件，Protel DXP 提供很强的元件搜索功能。打开搜索元件对话框主要有两种方法：

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

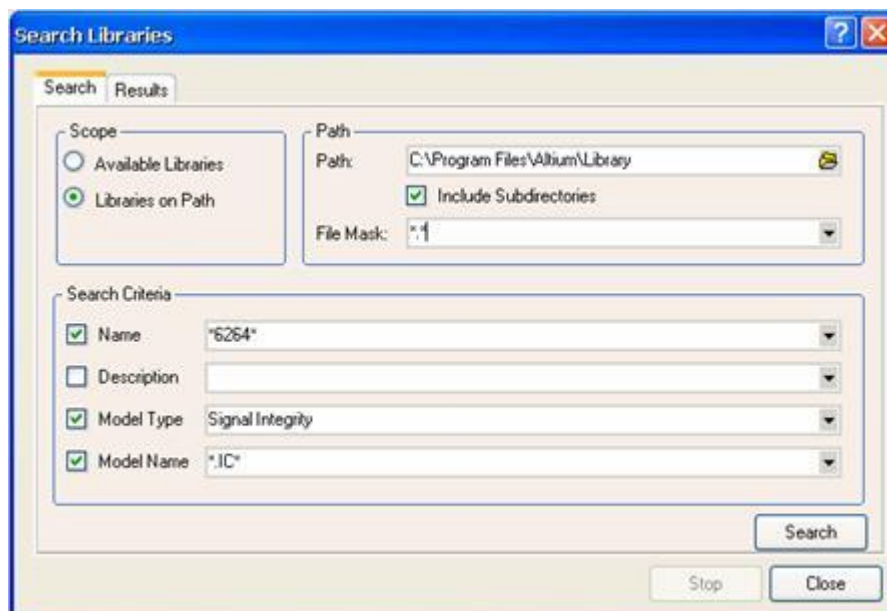


图 4-8 搜索元件对话框

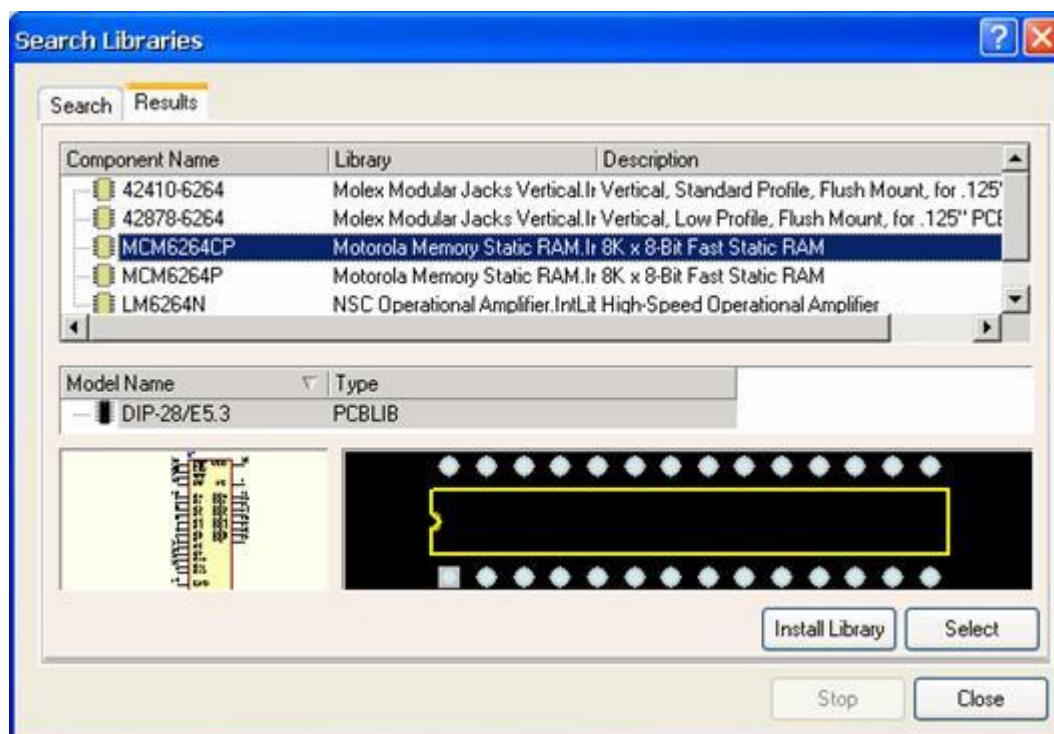
● 执行菜单命令 **Tool/Find Component**，同样弹出搜索元件对话框。

**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。如果对搜索的库文件比较了解，可以键入相应的符号减少搜索范围。

● **Search Criteria** 区设置搜索元件的标准。如 **Name**、**Description**、**Model Type**、**Model Name**。一般情况下设置元件名称进行搜索即可。例如想搜索 **Motorola** 公司的静态存储器 **Mcm6264**，那么就可以在搜索路径上设置 **Altium\Library\Motorola**，在搜索元件名中键入 **\*6264\***，键入通配符是为了更好的搜索关于 **6264** 相关芯片的信息。一般在搜索元件时都需要键入通配符。如果不知道元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。



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。

图 4-9 搜索 **\*6264\*** 的结果对话框

**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\*** 相关的元件名和对应的元件库。
- **Model Name** 区：显示选中 **MCM6264CP** 的相关模块信息
- **原理图和 PCB 图显示区**：显示选中的元件 **MCM6264CP** 原理图符号和 PCB 封装。
- 单击 **Install Library** 按钮，将选中的元件库加载到当前项目中。

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

#### 4.1.6 利用元件库管理器放置元件

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

- 利用元件管理器放置元件。
- 利用菜单命令放置元件。

利用菜单命令放置元件将在 4.2 节中介绍。这里介绍利用元件库管理器放置元件。

将元件库添加到当前项目中主要采用三种方法：

- 在已知元件所在相应库的情况下，按照 4.1.2 添加元件库中所介绍的方法将元件库添加到当前项目中。
- 在不知道元件属于哪个相应的元件库的情况下，按照 4.1.5 节搜索元件中介绍的方法，利用 Protel DXP 强大的搜索功能找到元件及其对应的元件库。并将相应的元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元件库的情况下，只有采取手动方法从 Protel DXP 提供的库文件中查找或者手动创建一个元件的库文件，并将库文件添加到当前项目中。

放置元件的步骤如下：

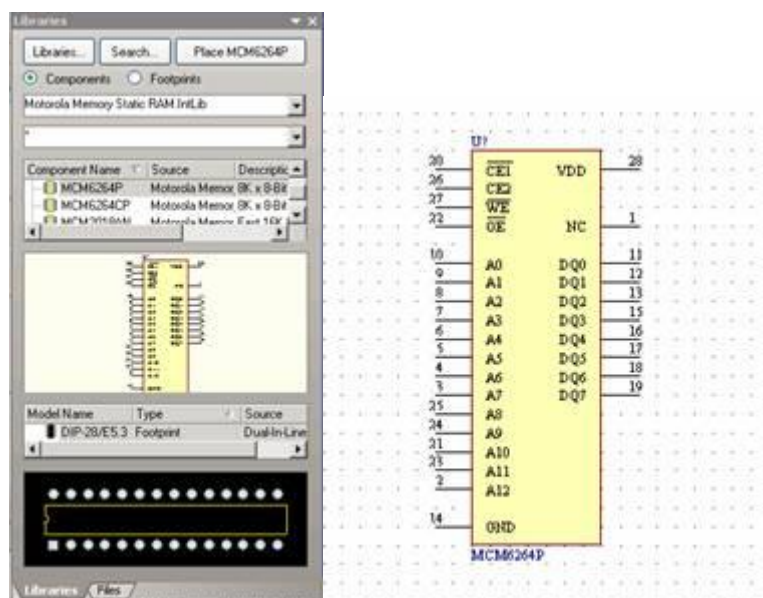
（ 1 ）将元件库添加到当前项目中。在元件库管理器的装入元件库栏中显示已加载的元件库。如图 4-10 所示已加载 Motorola Memory Static RAM. IntLib 到当前项目中。

（ 2 ）选中相应的元件，如 MCM6264CP 。

（ 3 ）单击 Place MCM6264CP 按钮，光标变成十字形，同时元件 MCM6264CP 悬浮在光标上。移动光标到图纸的合适位置，单击鼠标完成元件的放置。

（ 4 ）单击装入的元件库一栏的下拉按钮，选择其他已加载的元件库，继续放置其他元件。放置完所有元件后，右击鼠标退出元件放置状态，光标变成箭头。





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元件 MCM6264CP 。放置元件 MCM6264CP 后的原理图如图 4-11 所示。

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

### 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

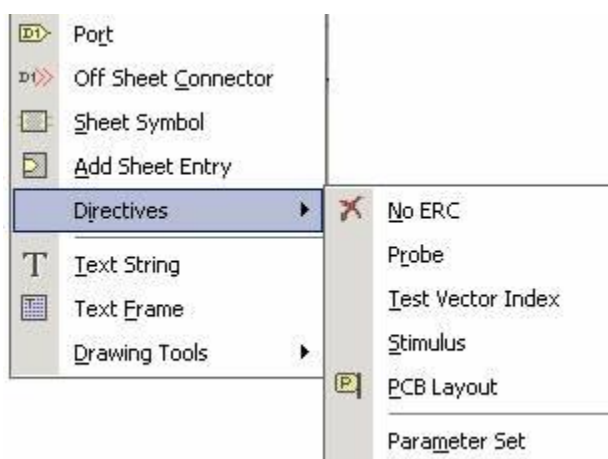
执行单命令 View/Toolbars/Wiring，如图 4-12 所示，打开 Wiring（电路图）工具栏，如图 4-13 所示。





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



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。

图 4-14 Place 菜单的画电路图命令

### 4.2.1 绘制导线

导线是电气元件图最基本的电气元件之一。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 ）将光标移动所绘制导线的起点，如果导线的起点是元件的引脚，当光标靠近元件引脚时，自动移动到元件引脚，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他导线。

（ 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。

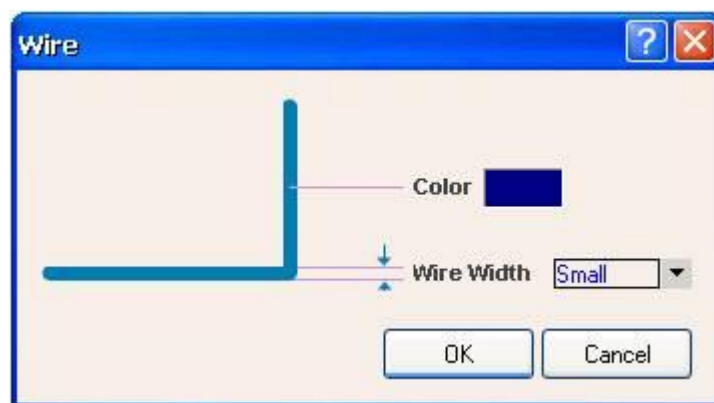
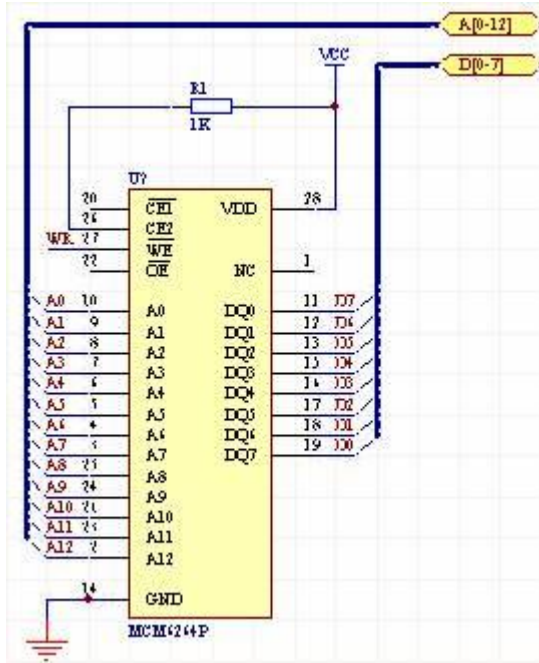


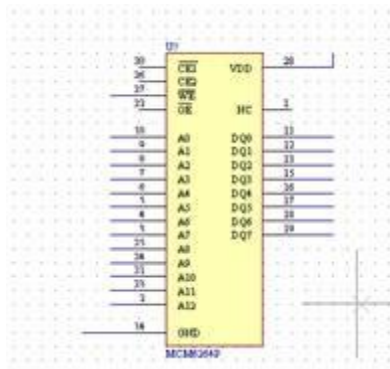
图 4-15 导线属性对话框

## 4 . 绘制导线的实例



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。

图 4-16 6264 原理图



在 4.1.6 节中介绍了如何在原理图上放置元件 MCM6264CP，并在空白原理图上放置了元件 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。其他地址总线 and 数据总线可以连接一小段导线便于后面网络标号的放置。首先启动绘制导线命令，光标就成十字形。将光标移动到 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），光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。此时光标仍然是十字形，移动光标到 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。只要光标是十字形，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 . 绘制总线的步骤

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。

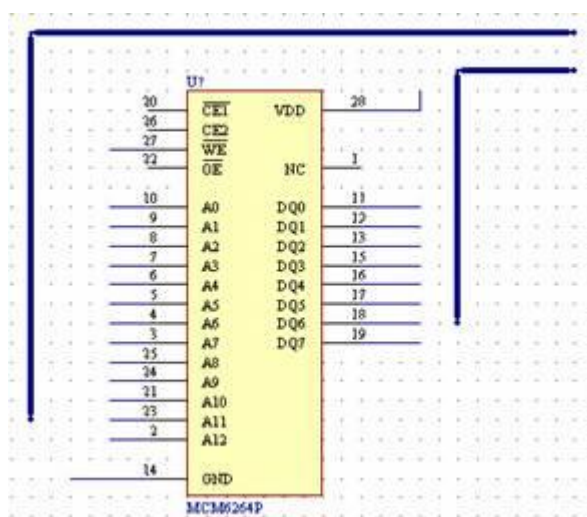
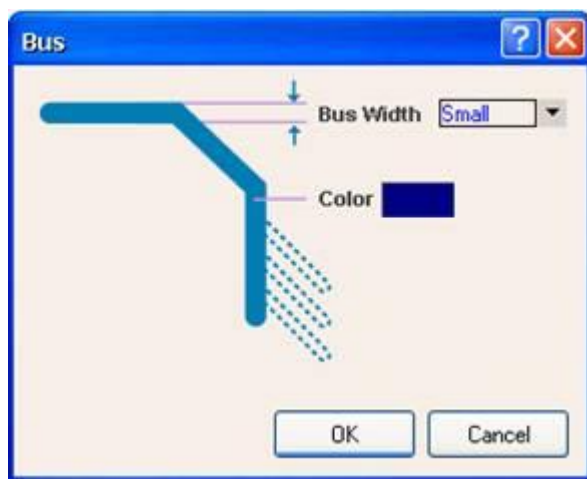


图 4-18 总线属性对话框 图 4-19 绘制总线后的 6264 原理图

#### 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络标号来完成。

##### 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 “ / ” 悬浮在光标上。如果需要改变分支线的方向, 仅需要按空格键就可以了。

( 2 ) 移动光标到所要放置总线分支的位置, 光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, 十字光标上出现分支线 “ / ” 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, 只需要将十字光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。

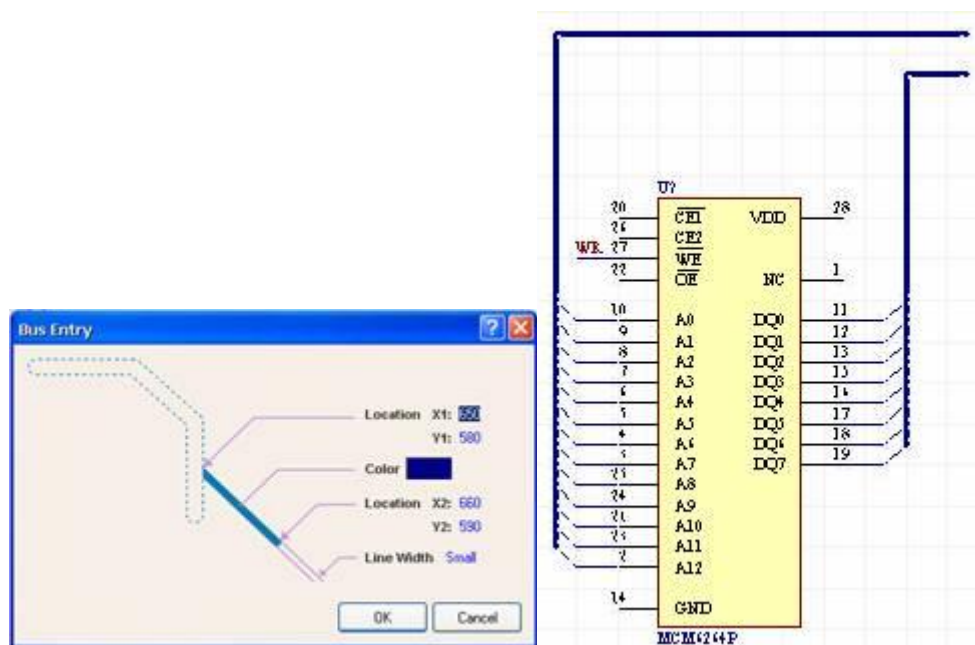


图 4-20 总线分支属性对话框 图 4-21 绘制总线分支后的 6264 原理图

#### 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：

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

##### 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，光标将变成十字形，并出现一个虚线方框悬浮在光标上。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 ）将光标移动到放置网络名称的位置（导线或总线），光标上出现红色的 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 ）移动鼠标到其他位置继续放置网络名称（放置完第一个网络标号后，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。

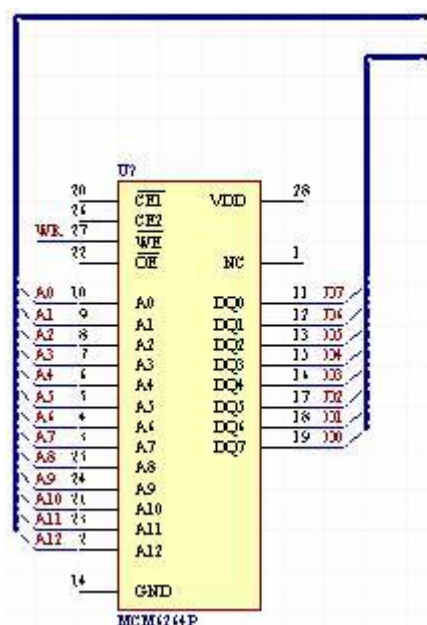
（ 4 ）右击鼠标或按 Esc 键退出放置网络名称状态。

### 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  $90^\circ$ 。
- **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。



### 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**, 其他采用默认设置即可。移动鼠标到 **MCM6264CP** 的 **D0** 引脚, 光标出现红色的 **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他网络名称的放置，右击鼠标退出放置网络名称状态。完成放置网络标号后的 6264 原理图如图 4-22 所示。

#### 4.2.5 放置电源和接地符号 图 4-22 绘制完网络名称后的 6264 原理图

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/Toolbars**，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标。
- 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光标上。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  $90^\circ$ 。
- **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标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。



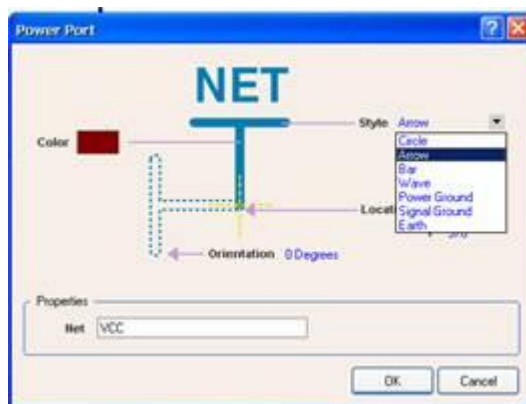


图 4-23 电源和接地符号对话框

● **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 图标悬浮在光标上, 移动光标到合适的位置, 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, 同时一个电源图标悬浮在光标上, 其图标与上一次设置的电源或接地图标相同。按下 **Tab** 键, 在图 4-25 的 **Net** 栏键入 VCC 作为网络标号, 同时 **Style** 栏选中 **Bar**, 其他采用默认设置即要, 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。

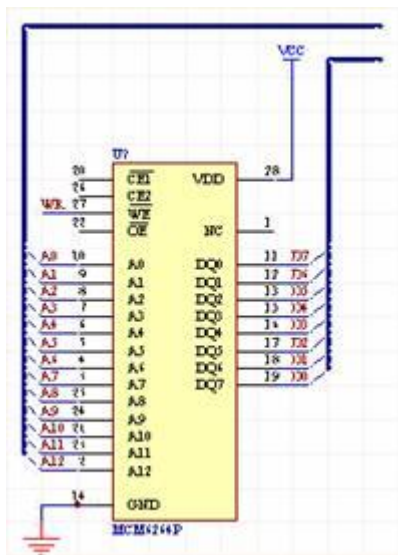



图 4-24 绘制完电源和接地符号后的 6264 原理图

#### 4.2.6 放置元件

在前面已经介绍过利用元件库管理器放置元件，非常简单实用，一般都采用这种方法放置元件。如果用户对 Protel 的元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元件的方法。

##### 1. 启动放置元件命令

启动放置元件命令有两种方式：

- 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 （放置元件）对话框如图 4-25 所示。

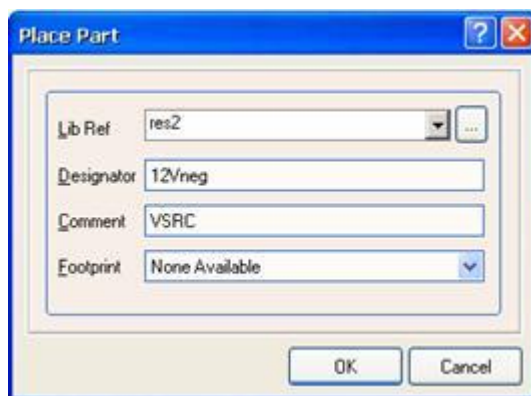


图 4-25 放置元件对话框

## 2. 加载元件所属的元件库

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

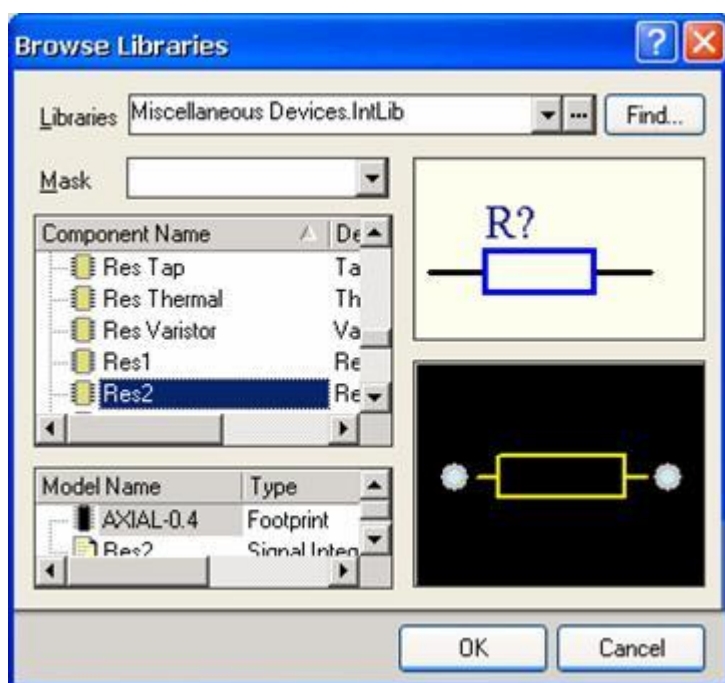

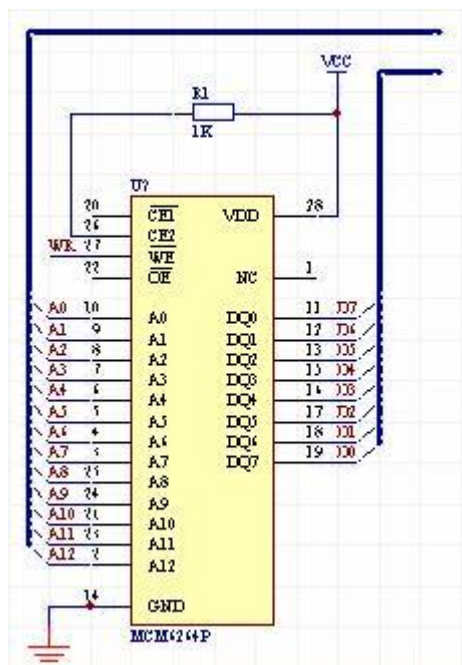


图 4-26 浏览元件库对话框

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元件。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元件库。



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

### 3 . 放置元件实例

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 节添加元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 一栏中键入元件的封装,如 AXIAL-0.3。单击 OK 按钮,光标变成十字形,电阻 R1 悬浮在光标上,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元件状态。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、输出端口 ( 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 . 启动制作输入输出端口命令

启动制人和输入输出端口命令主要有两种方法：

- 单击画电路图工具栏 图标。
- 执行主菜单命令 Place/Port 。

## 2 . 制作输入输出端口

制作输入输出端口的步骤如下：

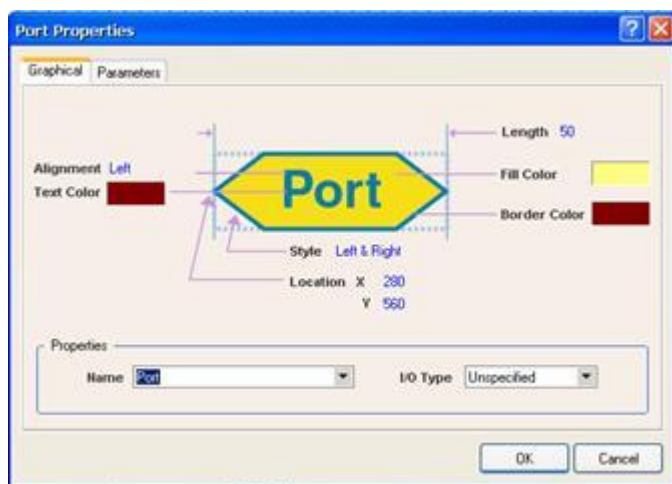
( 1 ) 启动制作输入输出端口命令后，光标变成十字形，同时一个输入输出端口图标悬浮在光标上。

( 2 ) 移动光标到原理图的合适位置，在光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端口的一端，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端口的放置。

( 3 ) 右击鼠标退出制作输入输出端口状态。

## 3 . 输入输出端口属性设置

在制作输入输出端口状态下，按 Tab 键，或者在退出制作输入输出端口状态后，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** : 用于设置端口的外形, 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** : 用于定位端口的水平和垂直坐标。
- **Length** : 用于设置端口的长度。
- **Fill Color** : 用于设置端口内的填充色。
- **Border Color** : 用于设置端口边框的颜色。
- **Name** 下拉列表: 用于定义端口的名称, 具有相同名称的 I/O 端口在电气意义上是连接在一起的。
- **I/O Type** 下拉列表: 用于设置端口的电气特性。端口的类型设置有: 未确定类型 ( **Unspecified** )、输出端口类型 ( **Output** )、输入端口类型 ( **Input** )、双向端口类型 ( **Bidirectional** ) 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标悬浮在光标上。移动光标到 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, 移动光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端口状态。此处图标里的内容是上一次制作输入输出端口时的内容。双击制作的输入输出端口图标, 弹出输入输出端口属性对话框。在 **Name** 一栏键入 **D[0-7]** , 其他采用默认设置即可。地址总线的输入输出端口设置不在叙述, 制作输入输出端口后的 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 图标。

#### 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，并且光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。

Protel DXP 提供了两种放置节点的方法：

- 在连线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，系统会在连线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。

- 在连线的交叉处不自动加入节点，如图 4-30 所示。

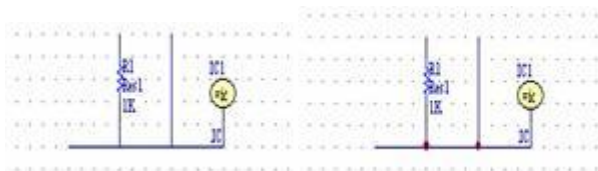


图 4-29 自动加入节点 图 4-30 不自动加入节点

如果选用在连线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，这样在连线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，**Loation** 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，Protel DXP 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。



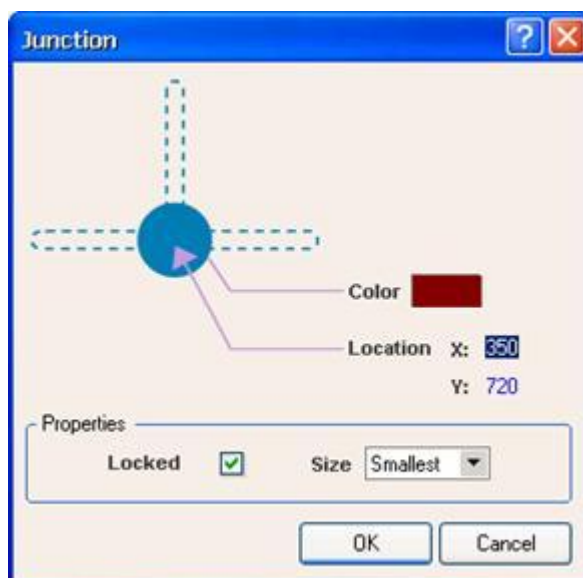



图 4-31 节点属性对话框

#### 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。

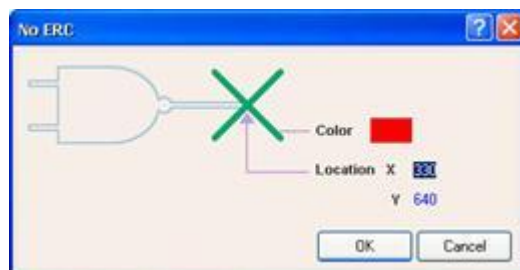
##### 1. 启动放置忽略 ERC 测试点命令

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 图标。
- 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,并且在光标上悬浮一个红叉,将光标移动到需要放置 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。





### 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 图 4-32 NO ERC 属性设置对话框

Protel DXP 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。

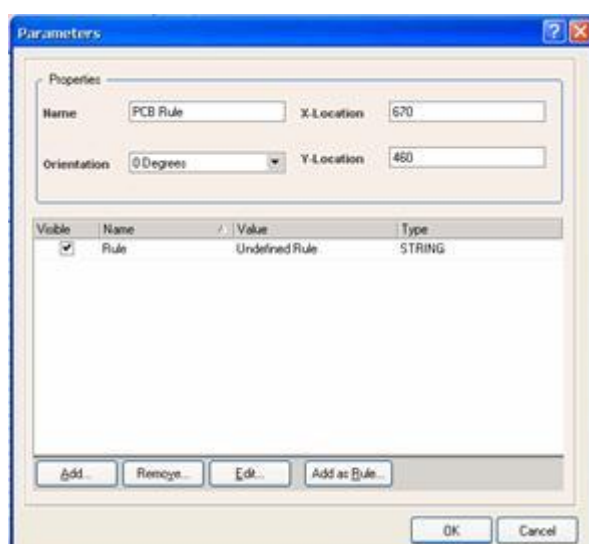
1 . 启动放置 PCB 布线命令,主要有两种方法:

- 单击绘制电路图工具栏 图标。
- 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 图标悬浮在光标上,将光标移动到放置 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



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。

图 4-33 Parameters 属性设置对话框

### 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

元件放置到工作平面（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元件位置的调整和元件的添加、删除等。

### 4.3.1 元件的选取

#### 1 . 最简单、最常用的元件选取方法

最简单、最常用的元件选取方法如下：

● 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，框内的元件（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。在原理图上判断元件是否被选取的标准是被选取的元件周围有绿色的边框。

● 使用 Shift 键：按住 Shift 不放，单击想选取的元件，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元件的选取。分别为区域选取工具、取消选取工具和移动被选取元件工具，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。

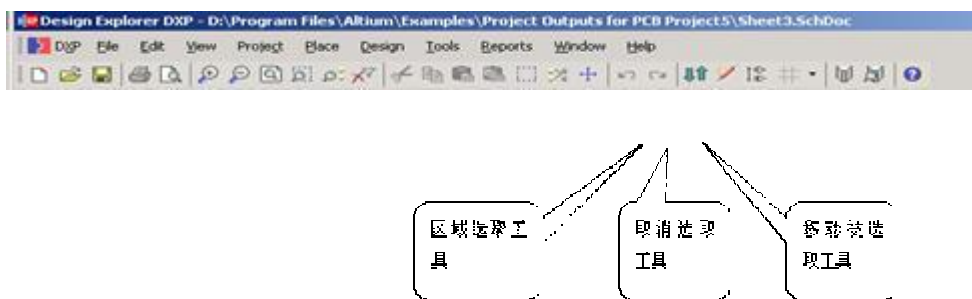


图 4-34 主工具栏

在工具栏中有三个图标涉及到元件的选取。分别为区域选取工具、取消选取工具和移动被选取元件工具，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元件。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，移动光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元件。单击取消选取工具图标。图纸上所有全部被选取的元件取消被选取状态，元件周围的绿色边框消失。

● 移动被选取元件工具：移动被选取工具的功能是移动图纸上被选取的元件。单击移动被选取元件工具图标后，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元件都随光标一起移动。

### 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：

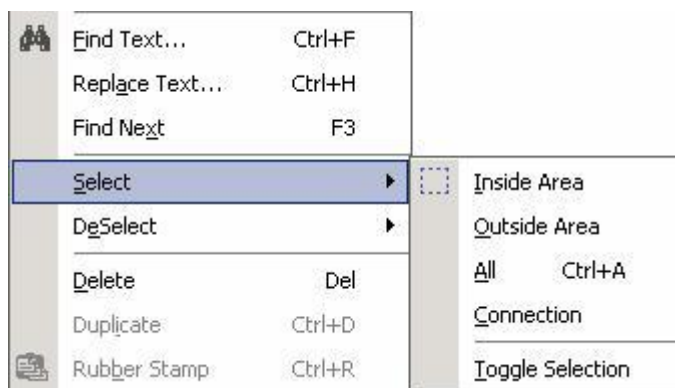


图 4-35 菜单中的元件选取命令

- **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 )** : 选取区域外的元件, 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, 则框外的元件被选中。

**All( 选取所有 )** : 选取当前打开的原理图的所有元件。

**Connection( 选取连线 )** : 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, 在某个元件上单击鼠标, 如果元件已处于选取状态, 则元件的选取状态被取消, 如果元件没被选取, 则执行该命令后, 元件被选取。

#### 4 . 菜单中的取消元件命令

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 )** : 取消区域内元件的选取状态。
- **Outside Area( 取消区域外选取命令 )** : 取消区域外元件的选取状态。
- **All On Current Document( 取消当前文档选取 )** : 取消当前文档中所选取的一切元件。
- **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元件。
- **Toggle Selection( 切换选取 )** : 与元件选取命令中的 **Toggle Selection** 命令功能相同。

#### 4.3.2 元件的移动

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

移动元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, 其中单个元件的移动和多个元件的移动略有不同。

##### 1 . 鼠标移动法:

单个元件的移动

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

### 多个元件的移动

有时一组元件的相对位置已经调整好，但是与其他元件的位置需要调整，此时就涉及到多个元件的移动。多个元件移动的步骤如下：

按照 4.3.1 节介绍的方法选取要移动的一组元件，具体操作步骤如下：

先按下 Ctrl 不放，然后单击选取的元件，拖动鼠标就可以实现选取的元件和选取元件相连的导线（导线没有被选取）跟随光标一起移动，将光标移动到合适位置，单击鼠标确认即完成元件的拖动。同样按空格键实现一组元件的方向改变。

### 单个元件的拖动：

单个元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元件。

（2）先按下 Ctrl 键不放，然后单击选取的元件，拖动鼠标就可以实现选取的元件和选取元件相连的导线（导线没有被选取）跟随光标一起移动，将元件移动到合适位置，单击鼠标确认即完成元件的拖动。

## 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 ( 选定元件移动)、Drag Selection ( 选定元件拖动)、Move To Front ( 移动上层元件)、Bring To Front ( 移动元件到重叠元件的上层)、Send To Back ( 移动元件到重叠元件的下层)、Bring To Front Of ( 移动元件到元件的上层)、Send To Back Of ( 移动元件到元件的下层) 命令。

### 4.3.3 元件的剪贴

元件的剪贴包括复制、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。

### ? 使用菜单命令实现元件的剪贴

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：将选取的元件移入剪贴板，电路图上被选取的元件被删除。
- **Copy** 命令：将选取的元件作为副本，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：复制所选取的元件。具体操作步骤为首先选取需要复制的元件，然后执行命令 **Duplicate**，复制的元件显示在被选取的元件的旁边。同时复制的元件处于选取状态而源选取元件则取消选取状态，拖动复制的元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元件，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元件，然后执行菜单命令，光标变成十字形，单击选取的元件，则选取的单个或多个元件悬浮在光标上，移动光标到合适的位置，单击鼠标或按 **Enter** 键，确认即可，此时光标仍然为十字形，选取的单个或多个元件仍悬在光标上，可以实现多次复制，这是与 **Copy** 命令最大的不同之处，**Copy** 命令仅能粘贴一次。右击鼠标退出 **Rubber Stamp** 命令状态。

## 2. 使用工具栏命令图标

在主工具栏中有相应的元件剪贴命令图标，如图 4-37 所示。



图 4-37 主工具栏的剪贴按钮

### 3 . 元件的删除

元件的删除方法如下：

- 元件删除的快捷方式：元件的删除可以通过按 **Delect** 键实现。首先选取要删除的元件，按 **Delect** 键就可以删除选取的元件。
- 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** 命令的功能是删除元件，执行菜单命令后，光标变成十字形，将光标移动到所要删除的元件上，单击鼠标即可删除元件。
- **Clear** 命令：**Clear** 命令的功能是删除已选取的元件。执行 **Clear** 命令之前不需要选取要删除的元件。执行 **Clear** 命令后，选取的元件立即被删除。

#### 4.3.4 元件的排列和对齐

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

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

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



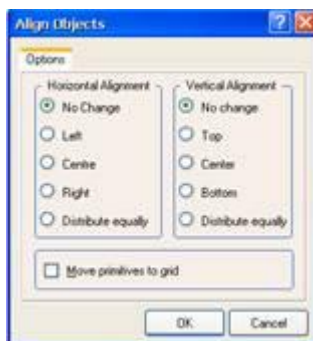


图 4-38 元件对齐设置对话框

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 单选项用于设定元件对齐时，是否将元件移动到格点上。

#### 4.3.5 阵列式粘贴

阵列式粘贴一次可以按指定间距将同一个元件重复粘贴到图纸上。

##### 1. 启动阵列式粘贴

启动阵列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（阵列式粘贴）对话框，如图 4-39 所示。



图 4-39 阵列式粘贴对话框

- 执行主菜单命令 **Edit/Paste Array**，也将弹出阵列式粘贴对话框。

## 2. 阵列式粘贴对话框的设置

阵列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元件个数；**TextIncrement** 用于设置所要粘贴的元件序号的增量值，例如设置增量值为 1，如果剪贴板上元件的序号为 R1，则重复放置的元件，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元件间的水平间距；**Vertical** 用于设置所要粘贴的元件的垂直间距。

## 3. 阵列式粘贴具体操作步骤

阵列式粘贴具体操作步骤如下：

(1) 每次使用阵列式粘贴前，必须通过复制和粘贴命令将选取的元件剪贴在原理图上。

(2) 执行阵列式粘贴命令，设置阵列式粘贴对话框，可以实现选定元件的阵列式粘贴。

### 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。

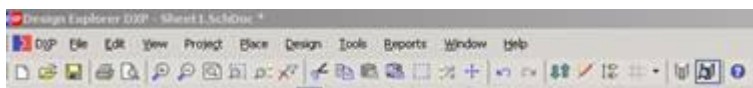


图 4-40 主工具栏中的撤销和恢复按钮

## 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元件，每个元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，Protel DXP 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很多种方法，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 面板可以浏览元件、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、元件名区域、管脚名区域显示当前打开的原理图上的相应信息。可以在元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。

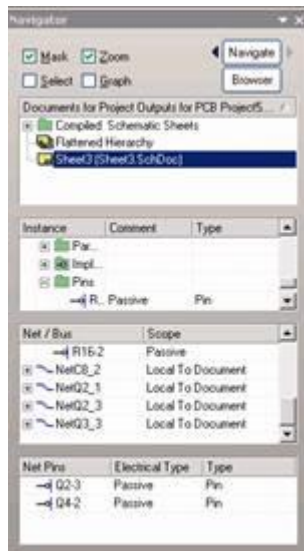


图 4-41 Navigator 面板

#### 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：将光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。

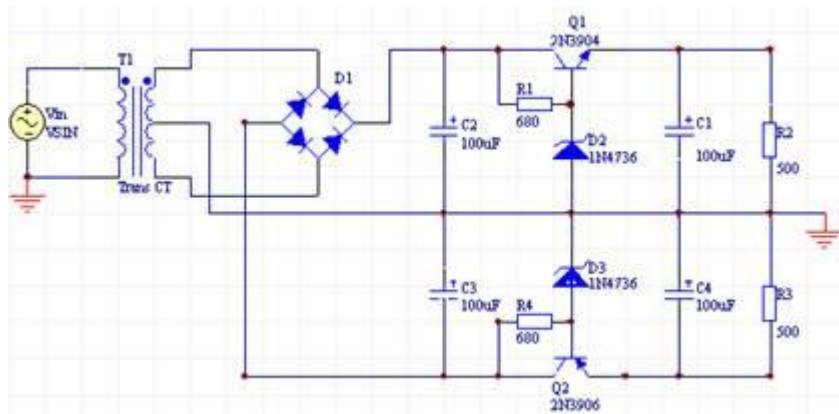


图 4-42 电源电路

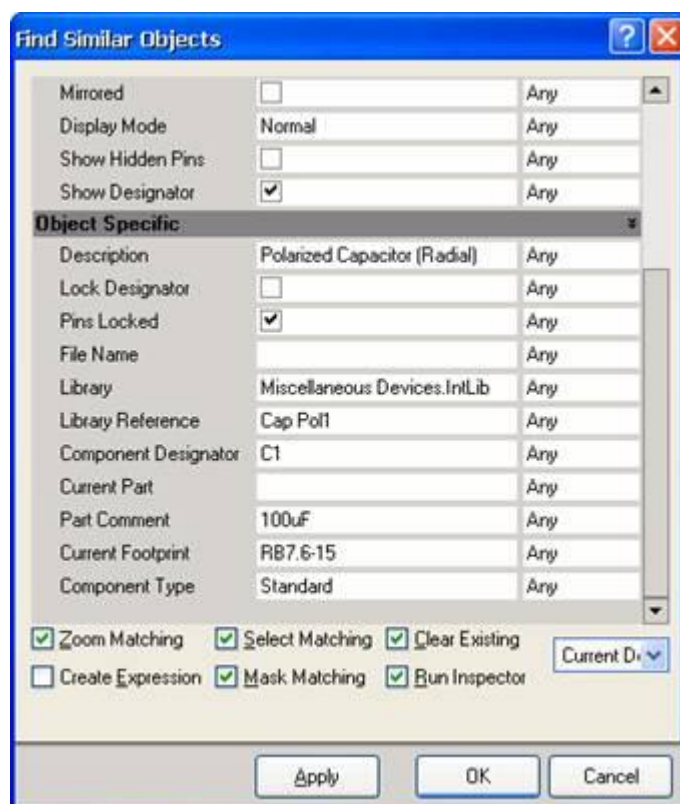


图 4-43 Find Similar Objects 对话框

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（元件、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**（锁定元件标识）、**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，屏蔽其他对象。
- **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 选中多个对象

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、其他采用默认设置。

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。

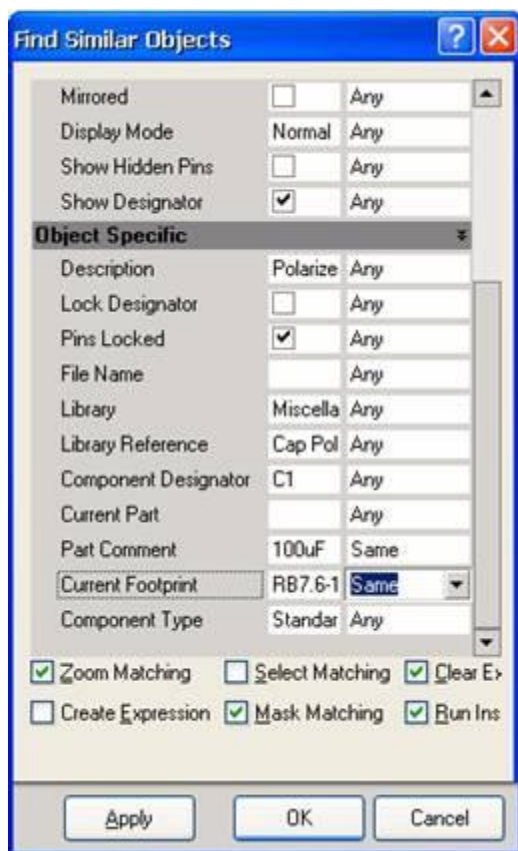


图 4-44 搜索与电容 C1 相匹配组件的设置

#### 4.4.4 多个对象的编辑举例

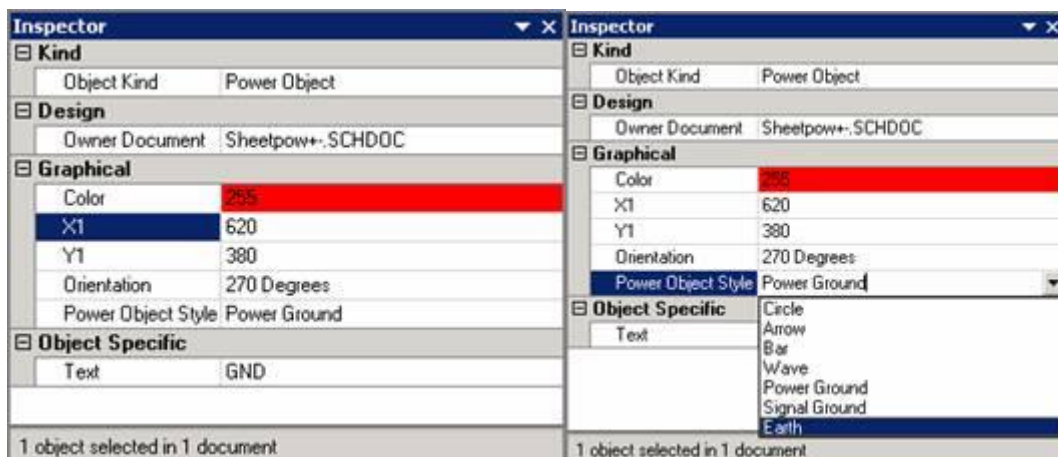
### 1 . 更改多个对象的封装

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，取消元件选中状态。

### 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。



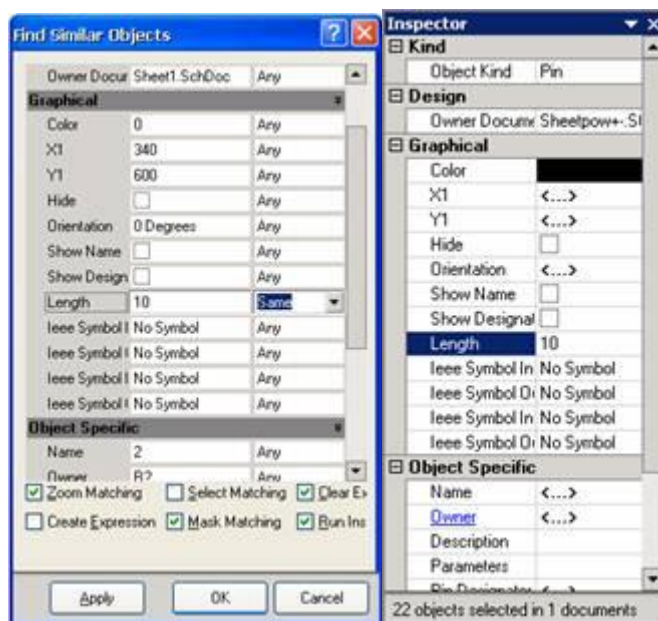
按 F11 键，将弹出 Inspector 面板，如图 4-46 所示。在 Power Object Style 的下拉列表中选择接地符号的类型，就可以对当前打开文档中的所有接地符号全部修改。

图 4-45 Inspector 面板 图 4-46 改变接地符号的 Inspector 面板

### 3 . 改变原理图中元件引脚的长度

首先在原理图编辑窗口上，在任意一个元件引脚上右击鼠标，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 所示设置元件引脚长度为 Same。单击 APPLY 按钮完成设置。同时原理图上所有的元件引脚高亮显示。





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

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

### 小结

本章主要讲述了元件库管理、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。元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元件库和查找元件等。绘图工具的使用则是将元件紧密联系在一起,使各个元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。

### 习题

1. 简要概述原理图设计的基本流程。
2. 简要概述原理图设计的方法和步骤。
3. 使用 Protel DXP 将原理图绘制出来,领会原理图设计中的技巧和方法。

## 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、元件封装、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元件的焊接。
- 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符号, 比如元件名称、元件符号、元件管脚和版权等, 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

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。

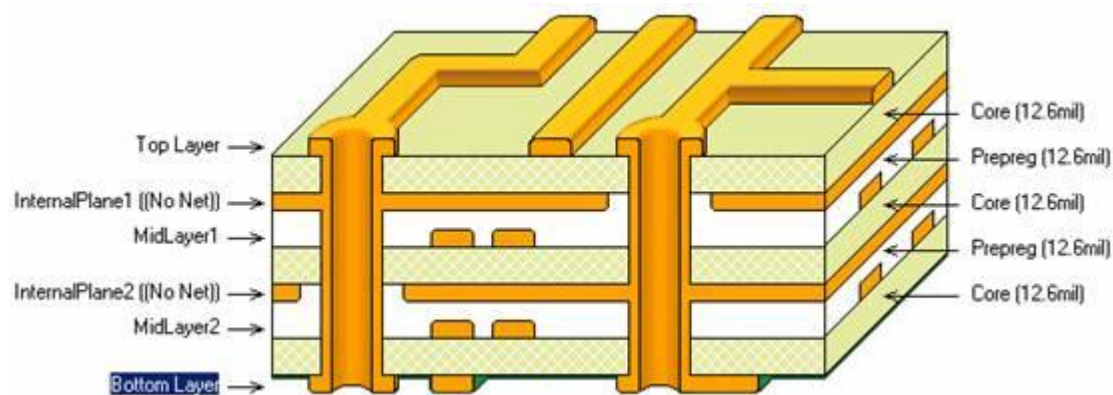


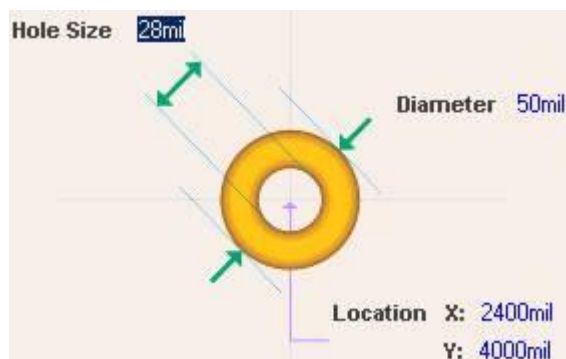
图 5 — 1 多层板剖面图

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，用于元件的管脚插入。

过孔分为 3 种：从顶层直接通到底层的过孔称为 Thnchole 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关系，但没有实际连接。

#### 5.1.5 焊盘

焊盘用于将元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。



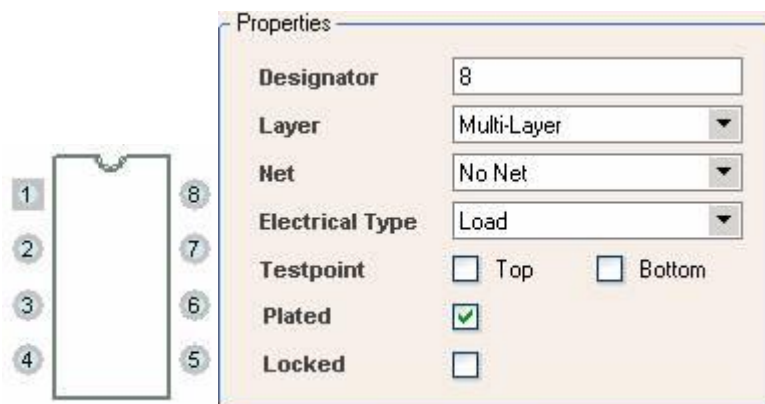
图 5—3 圆形、矩形和正八边形焊盘

#### 5.1.6 元件的封装

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

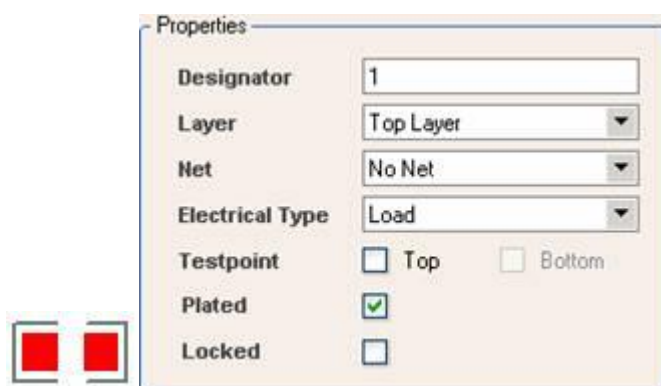
元件封装是一个空间的概念，对于不同的元件可以有相同的封装，同样一种封装可以用于不同的元件。因此，在制作电路板时必须知道元件的名称，同时也要知道该元件的封装形式。 1 . 元件封装的分类

普通的元件封装有针脚式封装和表面粘着式封装两大类。



针脚式封装的元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，设计时焊盘板层的属性要设置成 Multi — Layer，如图 5 — 4 和图 5 — 5 所示。

图 5 — 4 针脚式封装 图 5 — 5 针脚式封装元件焊盘属性设置



SMT（表面粘着式封装）。这种元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 表面粘着式元件的封装 图 5 — 7 表面粘着式封装焊盘属性设置

## 2 . 常见的几种元件的封装

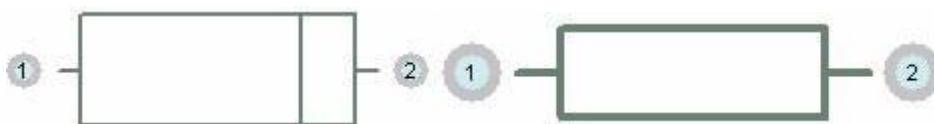
常用的分立元件的封装有二极管类、晶体管类、可变电阻类等。常用的集成电路的封装有 DIP — XX 等。

Protel DXP 将常用的封装集成在 Miscellaneous Devices PCB . PcbLib 集成库中。

### ◆ 二极管类

常用的二极管类元件的封装如图 5 — 8 所示。

◆ 电阻类



电阻类元件常用封装为 AXIAL — XX ，为轴对称式元件封装。如图 5 — 9 所示就是一类电阻封装形式。

图 5 — 8 二极管类元件封装 图 5 — 9 电阻类元件封装

◆ 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。

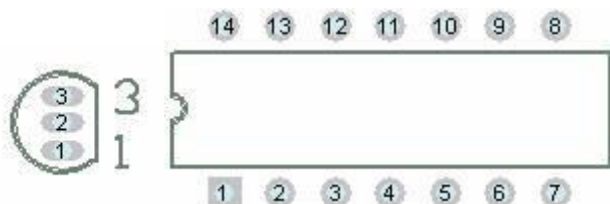


图 5 — 10 晶体管的封装 图 5 — 11 DIP — 14 封装

◆ 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。

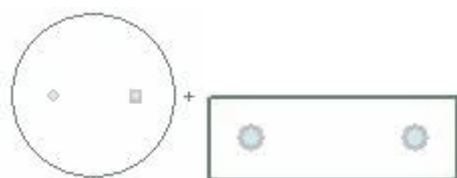


图 5 -- — 12 极性电容封装 图 5 — 13 无极性电容封装

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。

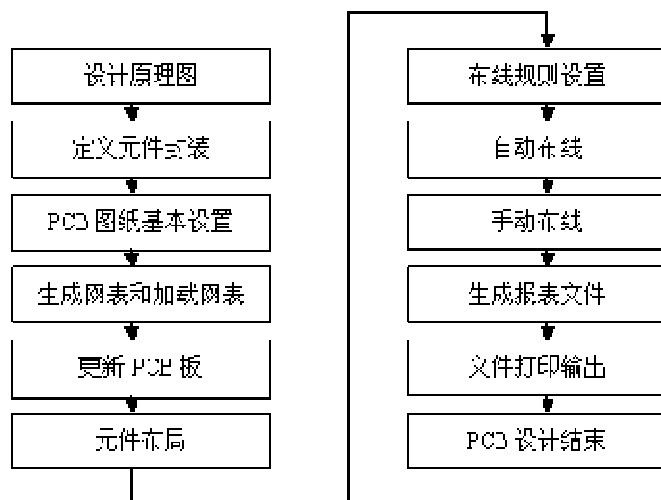


图 5 — 14 PCB 板设计流程图

### 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 . 定义元件封装

原理图设计完成后, 元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元件提供封装。但是对于用户自己设计的元件或者是某些特殊元件必须由用户自己定义或修改元件的封装。

### 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 . 生成网表和加载网表



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，其所有元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。

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

元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，如果元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，如果元件布局不合理，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

Protel DXP 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、元件布局合理，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，有可能因为元件布局或别的原因，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，则可以不手动布线。

在元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，比如元件清单、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元件。

## 9 . 文件打印输出

生成了各类文件后，可以将各类文件打印输出保存，包括 PCB 文件和其他报表文件均可打印，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。

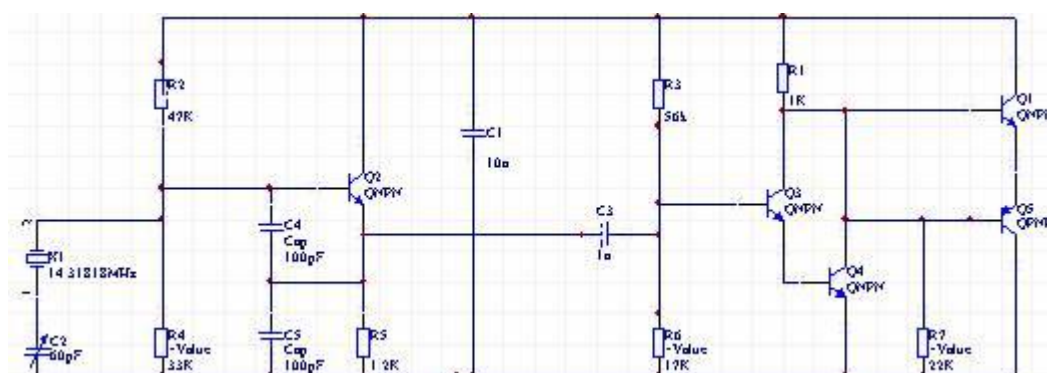
#### 1. 创建原理图

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 Protel DXP 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. 定义元件封装



在设计项目中，加入集成库 `Miscellaneous Devices . IntLib`。从中选择元件进行放置，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元件封装如表 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	QNPB
Q2	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPB
Q3	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPB
Q4	NPN Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPB
Q5	PNP Bipolar Transistor	BCY-W3	QNPB
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

所有元件放置和连线完成后保存文档，进入下一步设计。

#### 5.4 新建 PCB 设计文档

Protel DXP 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。

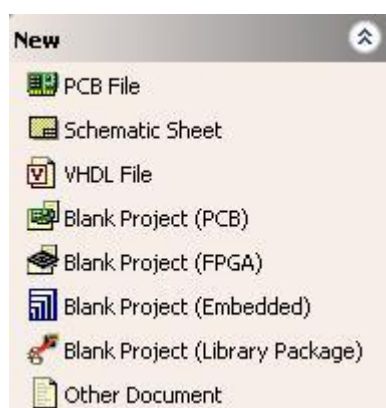
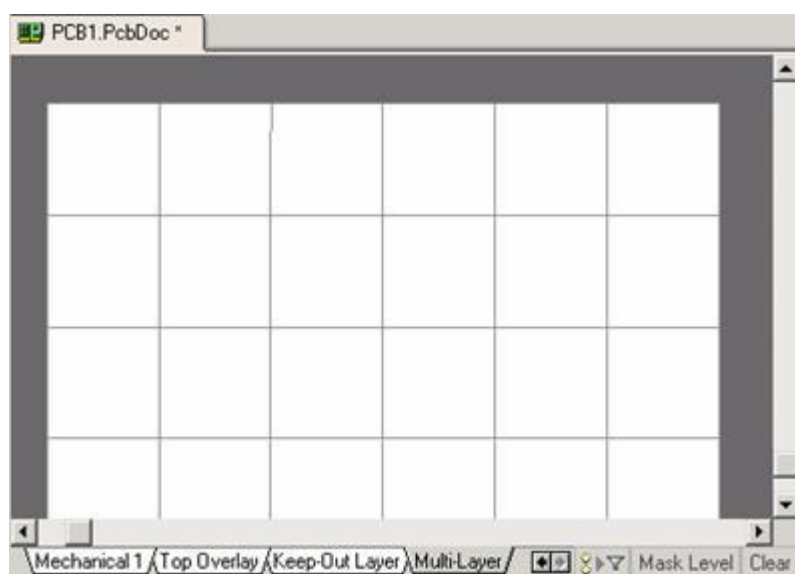
一般情况下 PCB 文档总是和原理图设计文档放在同一个设计项目文档中。如果此时没有 PCB 设计项目文档，则可以在文件工作面板中选择 **Blank Project ( PCB )** 选项，新建一个设计项目文档。

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 模板创建 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。方法是在文件工作面板中单击 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档，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 文档

Protel DXP 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。它提供了很多工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 所示界面，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  $1\text{Inch} = 1000\text{mil}$ 。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  $1\text{Inch} = 25.4\text{mm}$ 。系统默认使用是英制度量单位。

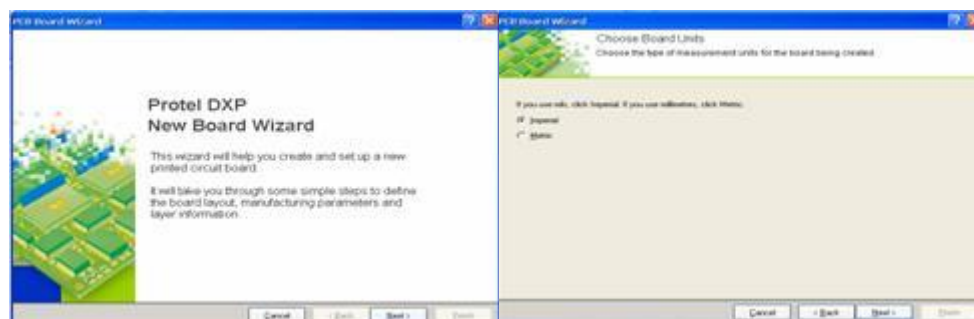


图 5 — 19 启动的 PCB 向导 图 5 — 20 PCB 电路板度量单位设定

(3) 单击 **Next** 按钮, 出现如图 5 — 21 所示界面, 要求对设计 PCB 板的尺寸类型进行指定。Protel DXP 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, 进入下一界面, 设置电路板形状和布线信号层数, 如图 5 — 22 所示。

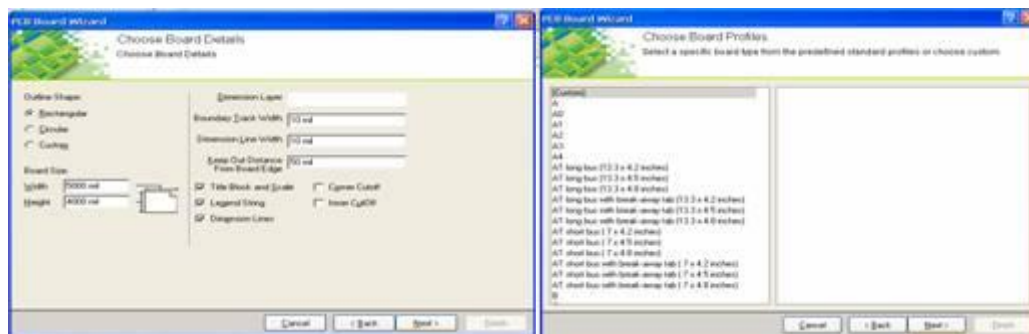


图 5 — 21 指定 PCB 板尺寸类型 图 5 — 22 设置电路板形状和布线信号层数

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 所示界面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 所示的界面, 在左下角输入距离值进行内部裁剪。

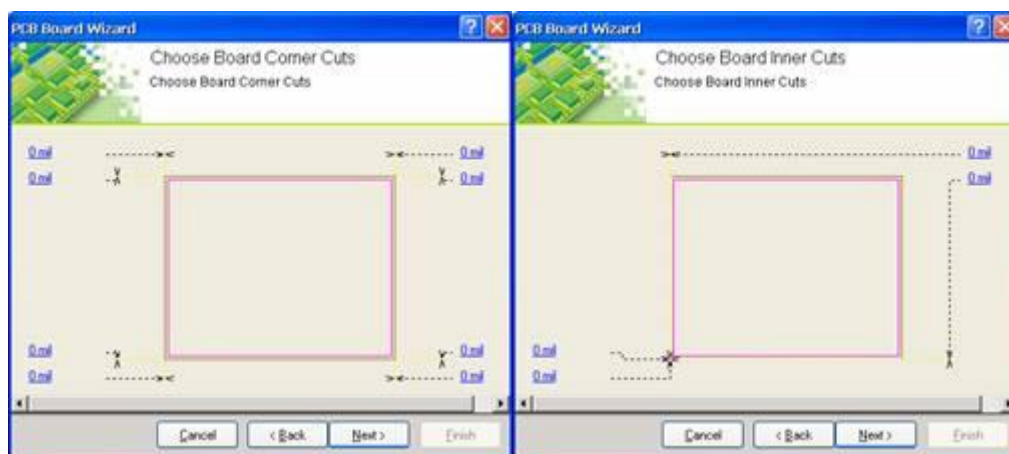


图 5 — 23 对印刷板边角进行裁剪 图 5 — 24 PCB 板内部裁剪

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 按钮进入下一个界面，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 按钮进入下一下界面，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 Thruhole 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。

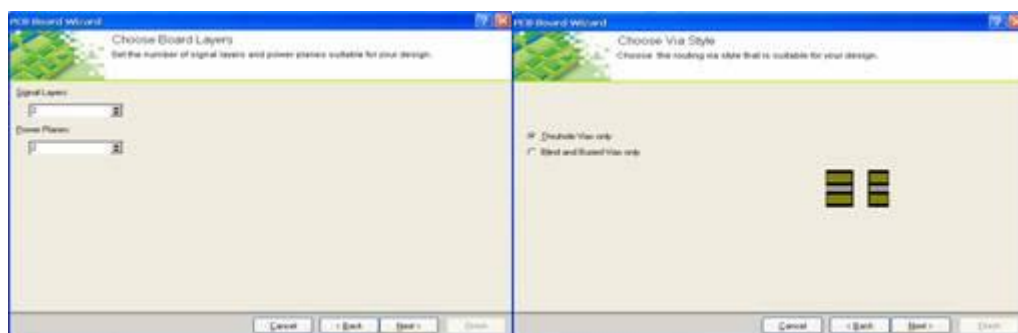


图 5 — 25 PCB 板信号层和电源层数目设置 图 5 — 26 PCB 过孔类型设置

(7) 单击 Next 按钮，进入下一个界面，设置元件的类型和表面粘着元件的布局，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，即表面粘着式元件；另一种是 Through — hole components 即引脚式封装元件。



如果选择了使用表面粘着式元件选项，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元件。

本例中使用的是针脚式封装元件，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 板使用元件类型设定 图 5—28 相邻过孔之间通过导线数目

(8) 单击 Next 按钮，进入下一个界面，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 HoleSize : 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 设置完成界面,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。

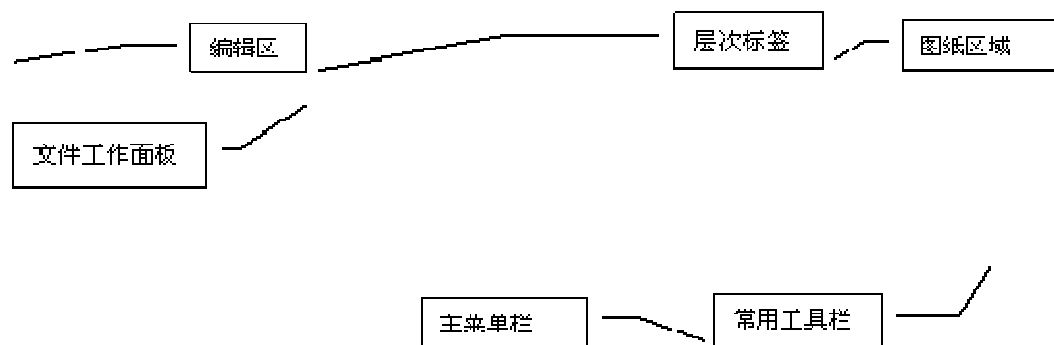
新建的 PCB 文档将被默认命名为 PCB1 . PcbDeC , 编辑区中会出现设定好的空白 PCB 纸。

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 文件的创建之后,即启动了 PCB 板编辑器,如图 5—30 所示。PCB 编辑环境界面与 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:以图标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。



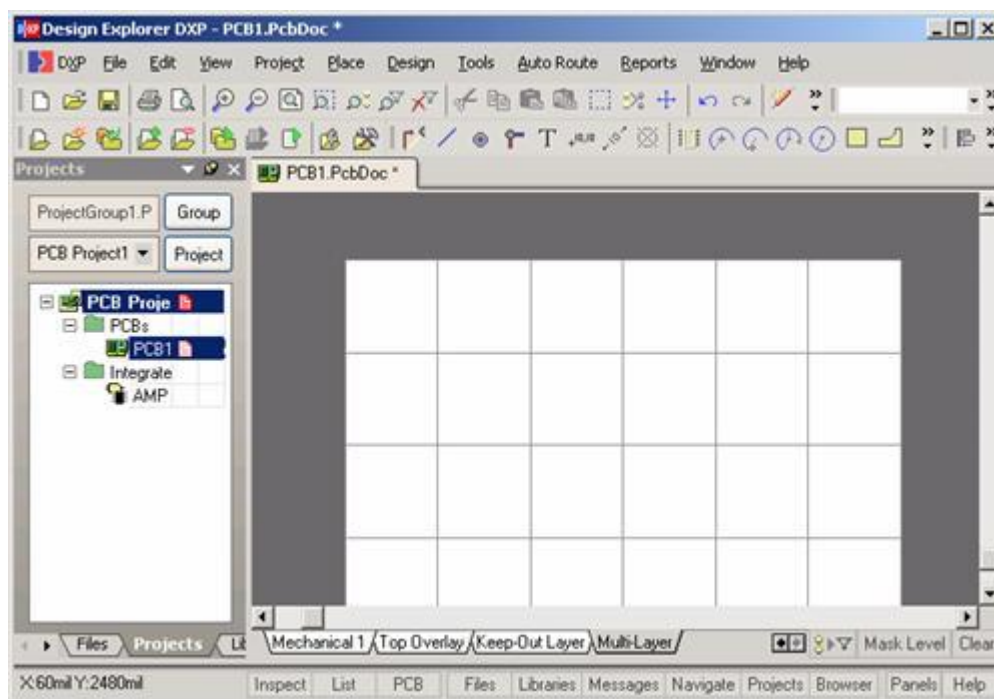


图 5 — 30 PCB 编辑环境

文件工作面板：文件工作面板显示当前所操作的项目文件和设计文档。

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：用于所有元件的布局和导线的布线操作。
- 层次标签：单击层次标签页，可以显示不同的层次图纸，每层元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 图纸基本设置和元件放置

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，以及元件库的添加、元件的放置和元件封装的修改。

### 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。Protel DXP 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。

Protel DXP 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

Protel DXP 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。启动后的界面如图 5 — 31 所示。

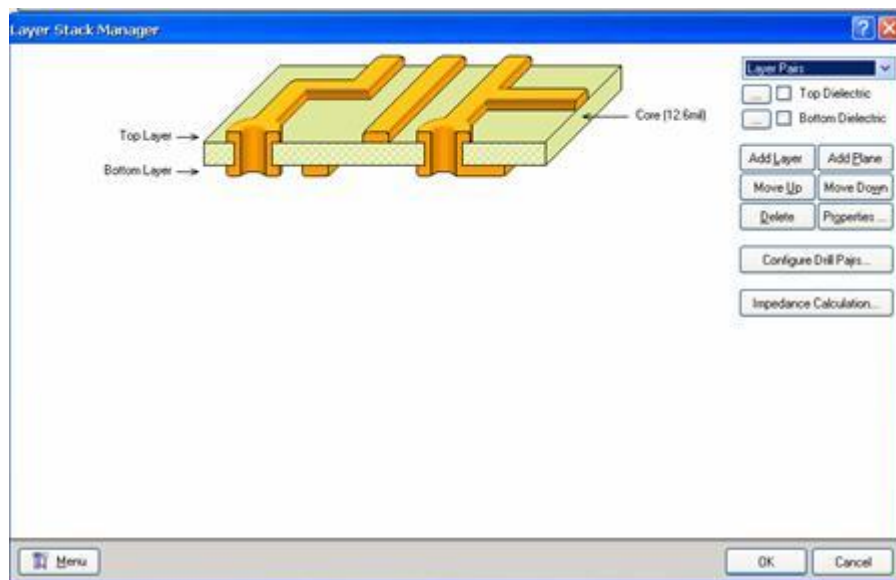


图 5 — 31 板

### 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。

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**（其他层）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。单击对应颜色图标，将弹出 **Choose Color**（颜色选择）对话框，可在其中进行颜色设定。

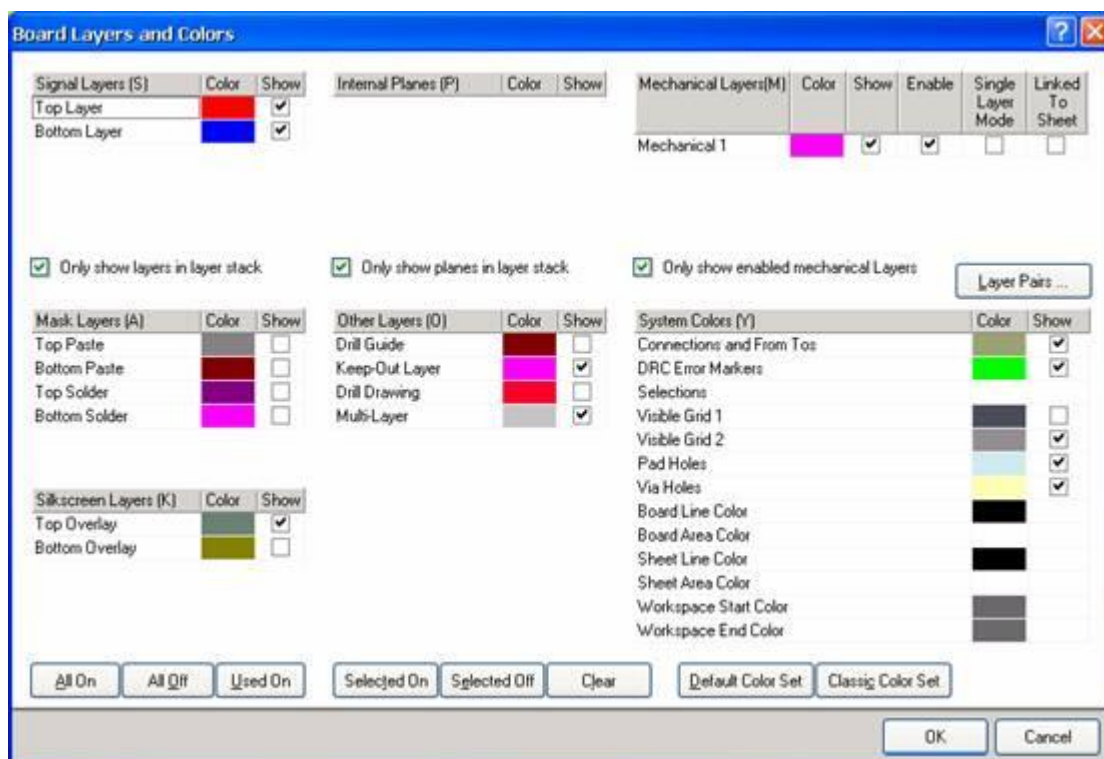
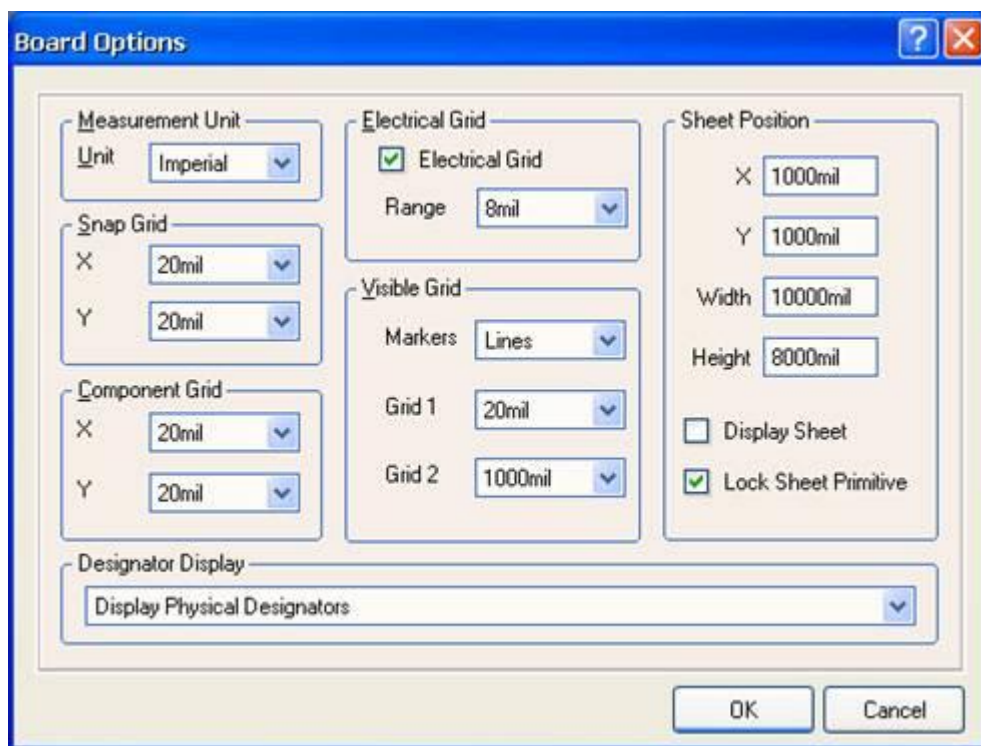


图 5 — 32 颜色显示设置对话框

## 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, 分另用于电路板的设计, 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)。**Grid1** 和 **Grid2** 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。

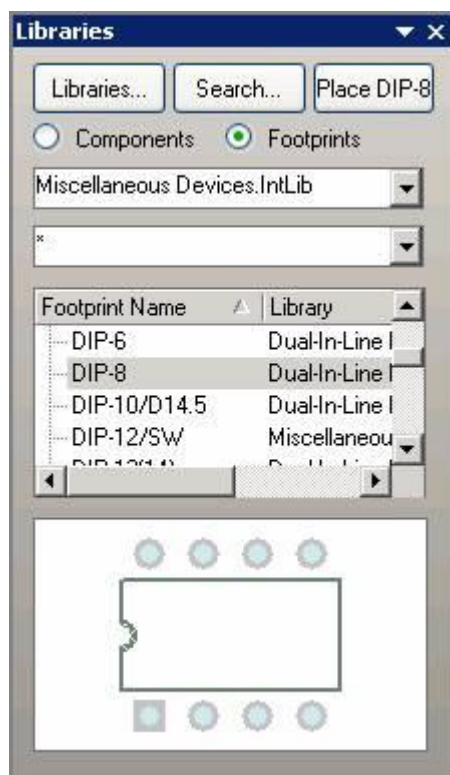
● **Component Grid**(元件格点)：分别用于设置 **X** 和 **Y** 方向的元件格点值，一般选择默认值。

**5.6.3 元件库的加载和元件放置** Protel DXP 提供了元件库管理器进行元件的封装管理，方便用户加载元件库，同时用于查找元件和放置元件。

第 4 章中已经介绍过在 SCH 原理图中对于元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 元件封装库。

### 1. 元件封装库的加载

元件库管理器的窗口如图 5—34 所示。





元件库管理器提供了 Components（元件）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元件集成库。

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

如图 5—34 中所示，当在元件浏览框中选中一个元件时，该元件的封装形式就会显示在元件显示区域中。

单击 Libraries…按钮，打开 Add Remove Libraries（添加删除元件库）对话框，如图 5—35 所示。在该对话框中可以对元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元件库。Type 一项的属性为 Integrated，表示是 Protel DXP 的整合集成库，后缀名为 . IntLib。

选中一个元件库，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。

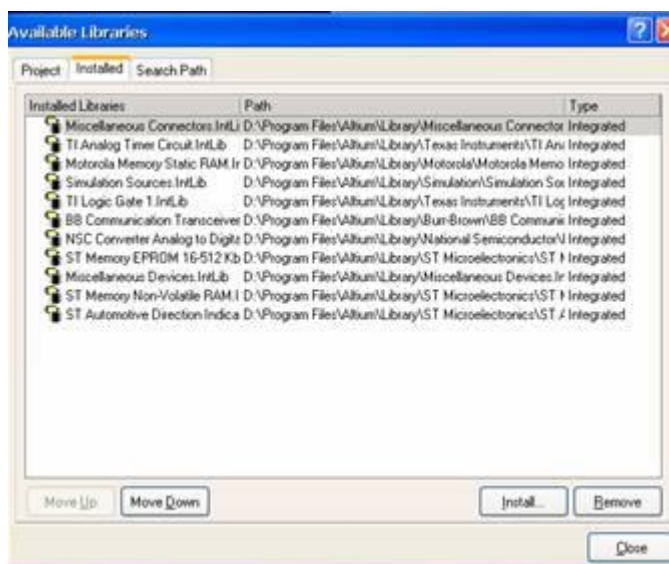


图 5—34 元件库管理器窗口

图 5—35 添加删除元件库对话框

单击 Add Library…按钮，将弹出如图 5—36 所示的添加元件库对话框。该对话框列出了 Protel DXP 安装目录下的 Library 中的所有元件库。Protel

DXP 的元件库以公司名分类，因此对一个特定元件的封装时，即可要知道它的提供商。

对于常用的元件库，如电阻、电容等元器件，Protel DXP 提供了常用杂件库：Miscellaneous Devices . IntLib 。对于常用的接插件和连接器件，Protel DXP 提供了常用接插件库：Miscellaneous Connectors . IntLib 。

如果不知道某一元件的提供商时，可以回到元件库管理器，使用元件库的查找功能进行搜索，取得元件的封装形式。在元件库管理器上，单击 Search 按钮，将弹出如图 5 — 37 的 Search Libranries （元件搜索）对话框。



图 5 — 36 添加元件库对话框。

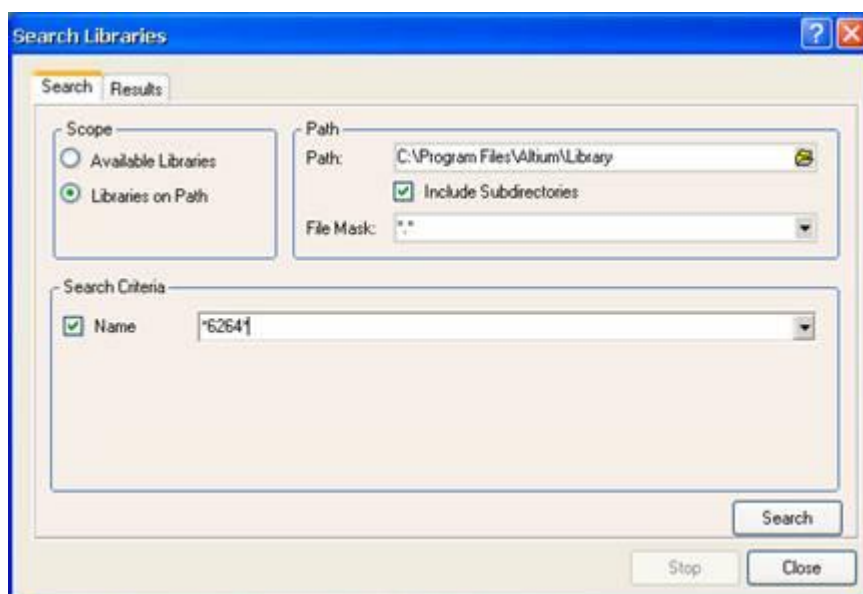
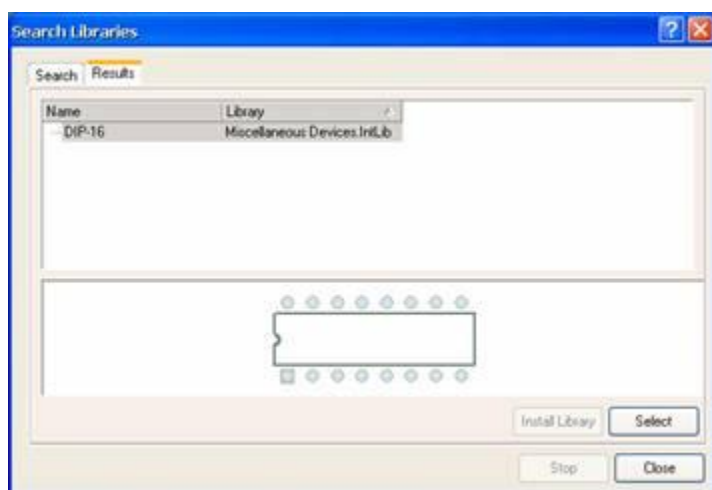


图 5 — 37 元件搜索对话框

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元件的搜索。选定 **Libraries on Path** 单选项, 可以指定对一个特定的目录下的所有元件库进行搜索。

**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** 形式封装的元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。元件搜索的结果即出现在 **Results** 选项卡里, 如图 5 — 38 所示。



在元件搜索结果对话框中, 显示出搜索的元件名、元件所在库的名称, 并且显示该元件的封装图示。

图 5 — 38 元件搜索结果对话框

单击 **Select** 按钮, 可以选中该元件, 直接在 **PCB** 设计图纸上进行元件放置。

## 2 . 元件的放置

元件放置有如下两种方法:

- 在元件库管理器中选中某个元件, 单击 **Place** 按钮, 即可在 **PCB** 设计图纸上放置元件。
- 在元件搜索结果对话框中选中某个元件, 单击 **Select** 按钮, 即可在 **PCB** 设计图上进行元件的放置。进行元件放置时, 系统将弹出如图 5 — 39 所示的 **Place Component** (元件放置) 对话框, 显示放置的元件信息。

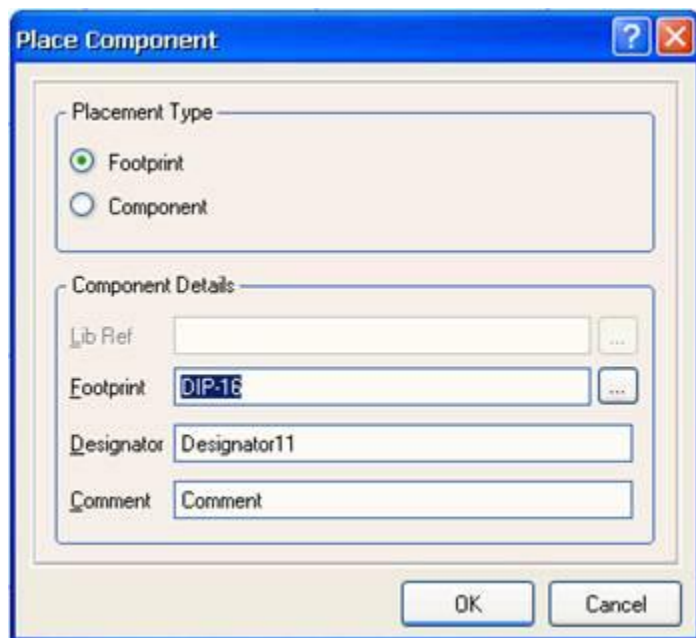


图 5 — 39 元件放置设置对话框

Place Component 设置对话框中，可为 PCB 元件选择 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：

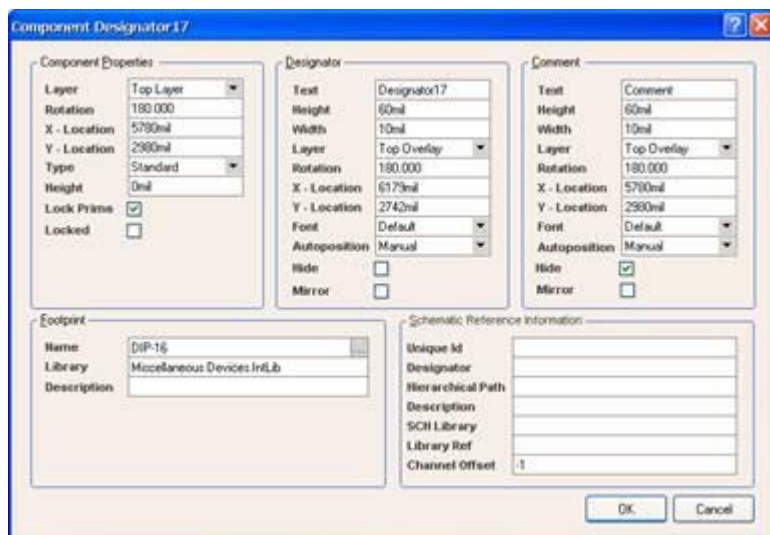
- Footprint 文本框：为元件的封装形式。
- Designator 文本框：为元件名。
- Component 文本框：为对该元件的注释，可以输入元件的数值大小等信息。

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

#### 5.6.4 元件封装的修改

元件封装的修改有如下两种方式：

- 在元件放置状态下，按 Tab 键，将会弹出 Component Designator 2（元件属性）对话框。



● 对于 PCB 板上已经放置好的元件，可直接双击该元件，即可打开元件属性对话框，如图 5 — 40 所示。

图 5 — 40 元件属性对话框

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

Designator 选项区域的设置及功能如下：

- Text 文本框：用于设置元件的序号。
- Height 文本框：用于设置元件文字的高度。

- Width 文本框：用于设置元件文字的宽度。
- Layer 下拉列表框：用于设置元件文字的所在层。
- Rotation 文本框：用于设置元件文字放置的角度。
- X — Location 文本框：用于设置元件文字的 X 坐标。
- Y — Location 文本框：用于设置元件文字的 y 坐标。
- Font 下拉列表框：用于设置元件文字的字体。
- Hide 复选项：用于设置是否隐藏元件的文字。
- Autoposition 下拉列表框：用于设置元件文字的布局方式。
- Mirror 复选项：用于设置元件封装是否反转。

Comment 选项区域的设置用于对元件注释文字的设置。

Source Reference Links 选项区域中的设置用于所有文件库的相关设置。

## 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 元件之间飞线的连接。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档。

(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。图标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 文件夹下，如图 5—42 所示。

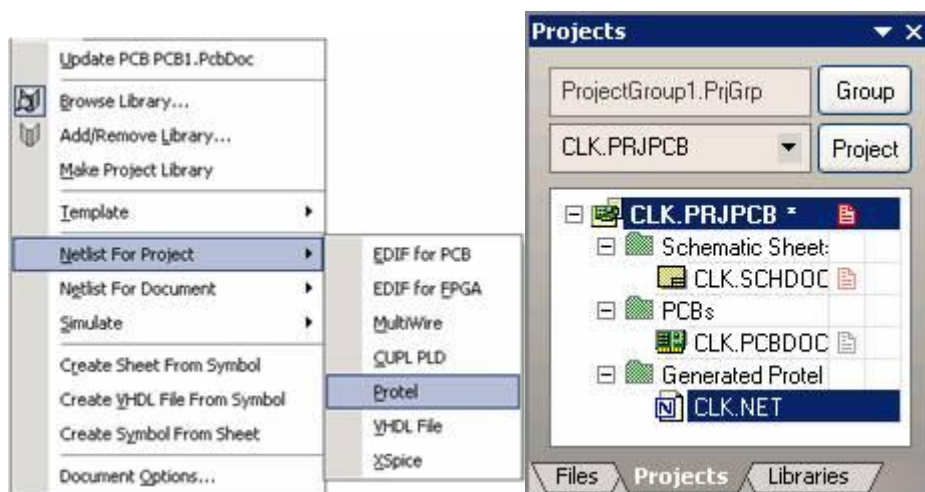


图 5 — 41 从 SCH 图生成网表操作 图 5 — 42 网表的生成

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，一部分是元件的定义，另一部分是网络的定义。

### 1 . 元件的定义

网络表第一部分是对所使用的元件进行定义，一个典型的元件定义如下：

[ ; 元件定义开始

C1 ; 元件标志名称

RAD — 0 . 3 ; 元件的封装

10n ; 元件注释

] ; 元件定义结束

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

### 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元件的标志和引脚号

X1 — 1 ; 连接到此网络的元件标志和引脚号

) ; 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元件的元件标识和引脚号。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,为电路板的元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。

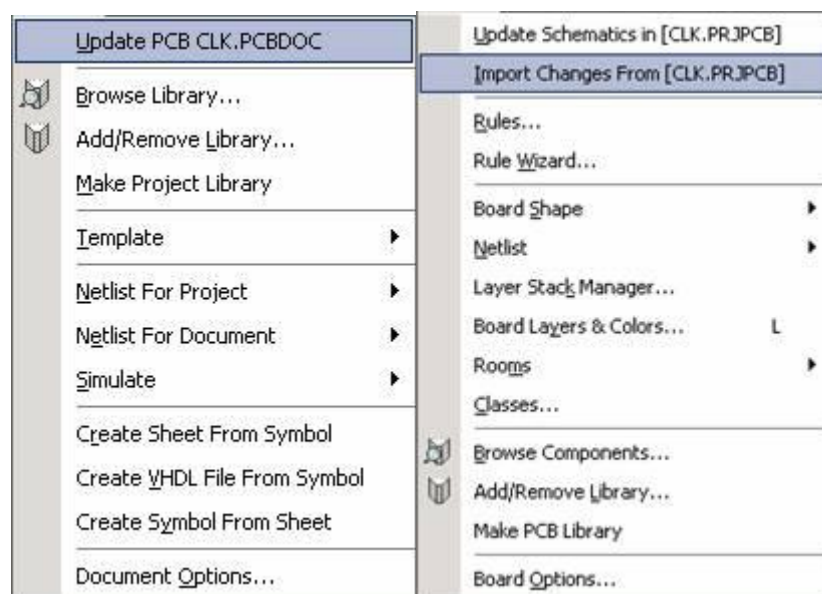
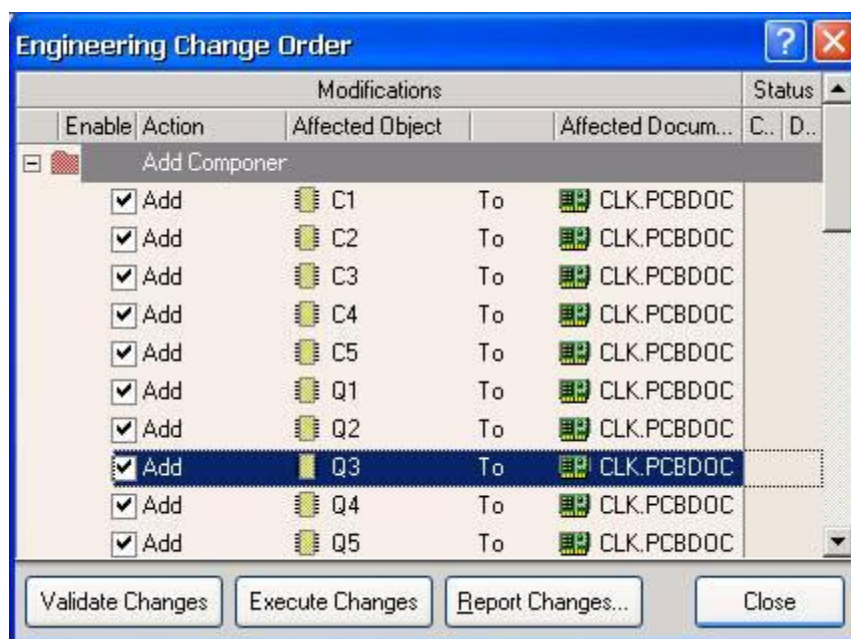


图 5 — 43 SCH 原理图编辑环境下更新 PCB 图 图 5 — 44 PCB 编辑环境下更新 PCB 图



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元件封装定义不正确，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，对有错误的元件进行更改，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。

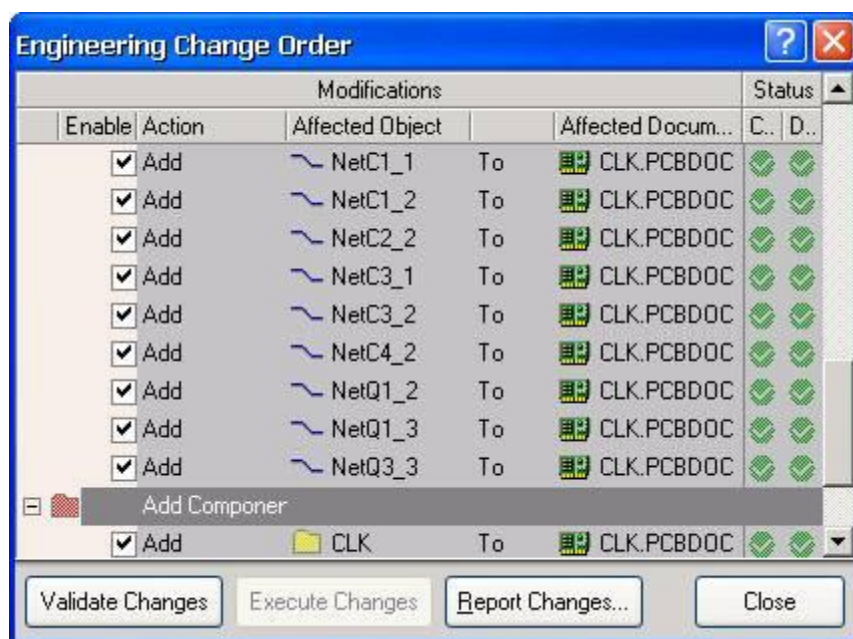


图 5 — 46 显示所有修改过的结果

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文件，如图 5 — 47 所示。

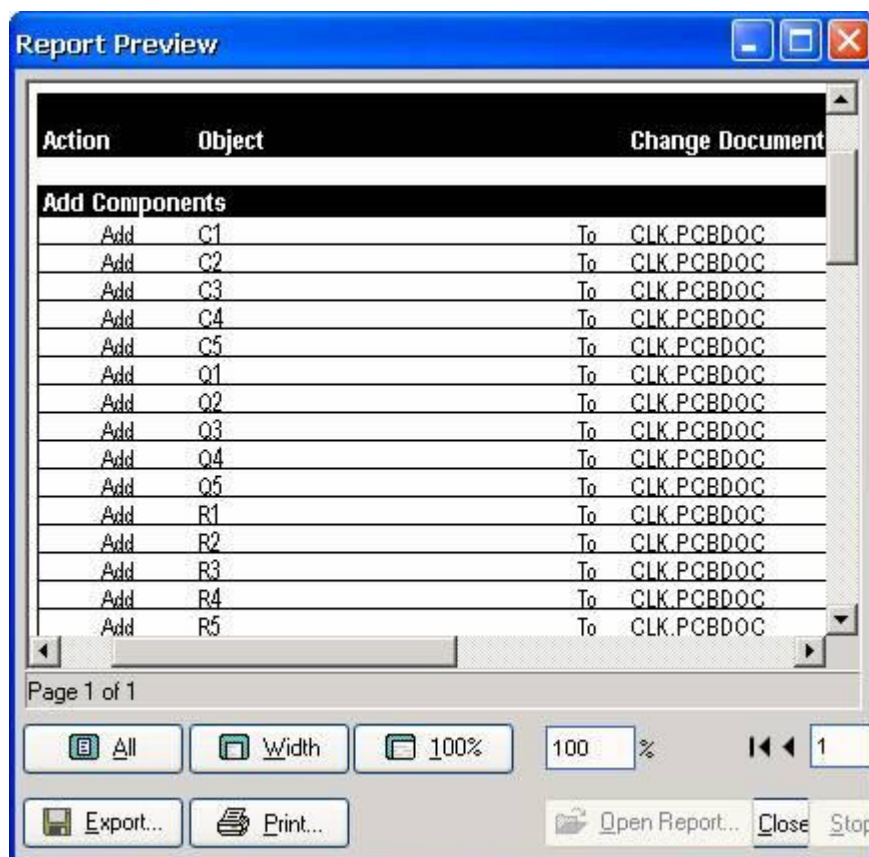


图 5 — 47 报告预览对话框

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文件以 Excel 文件格式保存。



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 编辑界面。此时所有的元件都已经添加到 **CLOCK . PCBDOC** 文件中，元件之间的飞线也已经连接。但是所有元件几乎都重叠在一起，如图 5 — 49 所示，超出 PCB 图纸的编辑范围，因此必须对元件进行重新布局。

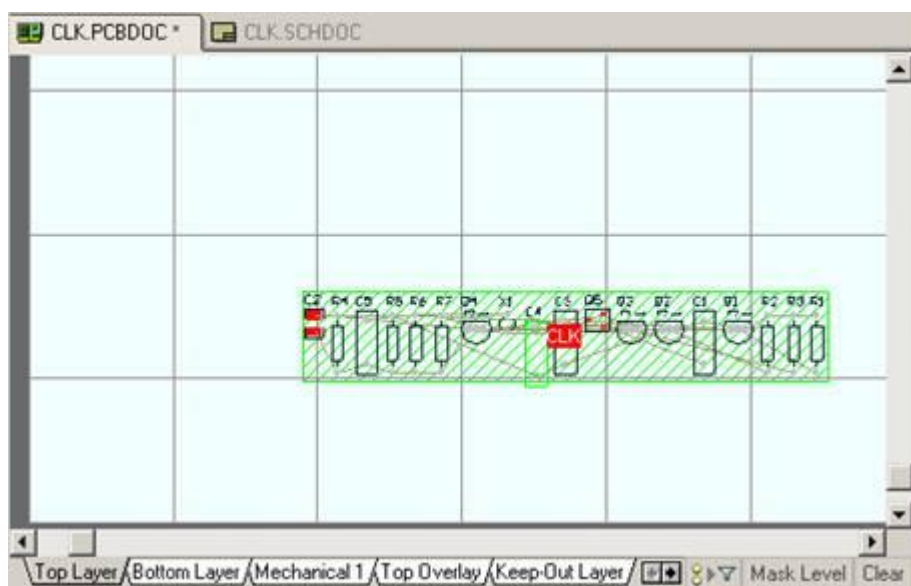


图 5 — 49 更新后生成的 PCB 图

## 5.8 元件布局

在以上步骤中，所有元件已经更新到 PCB 板上，但是元件布局过密，甚至出现重叠现象。

合理的布局是 PCB 板布线的关键。如果单面板设计元件布局不合理，将无法完成布线操作；如果双面板元件布局不合理，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。

Protel DXP 提供了两种元件布局的方法，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 元件自动布局

元件的自动布局（Auto Place）适合于元件比较多的时候。Protel DXP 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。

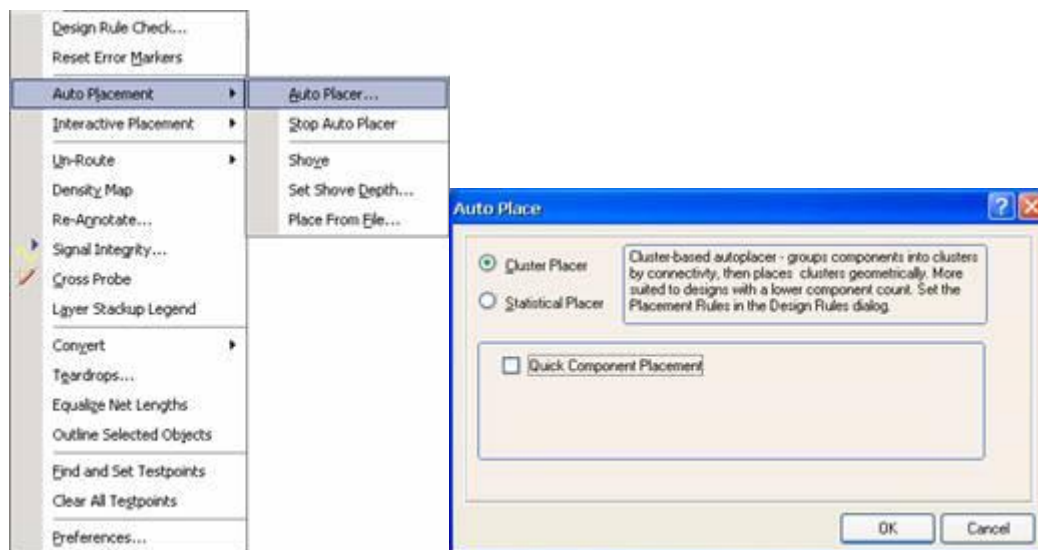


图 5 — 50 元件自动布局 图 5 — 51 自动布局对话框

选中 **Cluster Placer**（集群方法布局）选项，系统将根据元件之间的连接性，将元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。这种布局适合于元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，系统将以元件之间连接长度最短为标准进行布局。这种布局适合于元件数目比较多的情况（比如元件数



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。

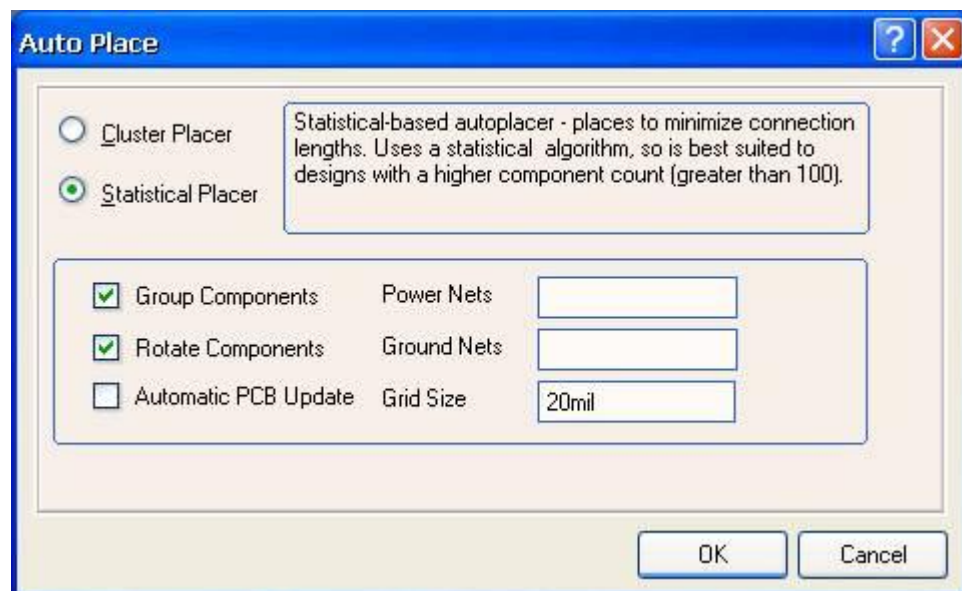


图 5 — 52 统计方法布局对话框

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元件组成一组,即布局时将这此元件作为整体来考虑。
- **Rotate Components** 复选项: 用于布局时对元件进行旋转调整。
- **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 板进行自动元件布局更新。

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元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,此时所需元件将布置在 PCB 板内部,如图 5 — 53 所示。

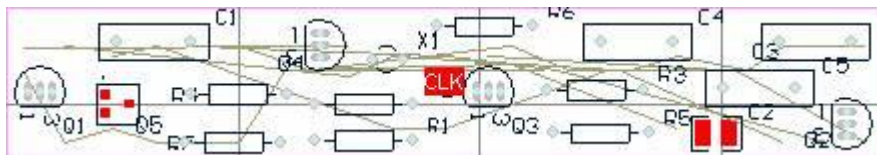


图 5 — 53 自动布局结果

图 5 — 53 中的布局结果只是将元件布置在 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 的元件自动布局功能 ，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。元件之间的标志都有重叠的情况 ，有时布局后元件非常凌乱。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 元件手动布局

在系统自动布局后，手动对元件布局进行调整，自动布局功能，直接进入元件的手工布置。手动调整元件的方法和 SCH 原理图设计中使用的方法类似，即将元件选中进行重新放置。使用左键选中元件后拖动，此过程中元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

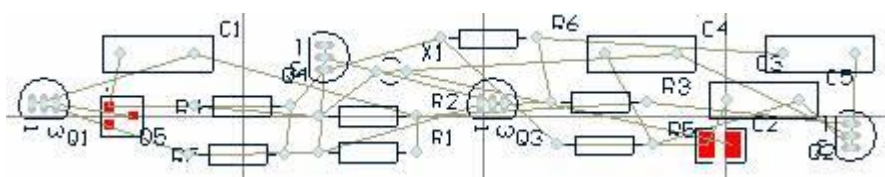
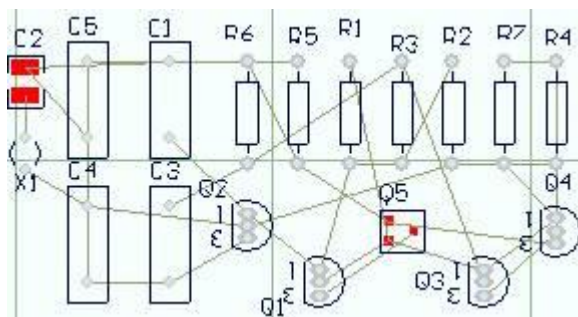


图 5 — 55 手动调整后的 PCB 图



## 5 . 9 布线规则设置



Protel DXP 提供了 10 种不同的设计规则，包括导线放置、导线布线方法、元件放置、布线规则、元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 。

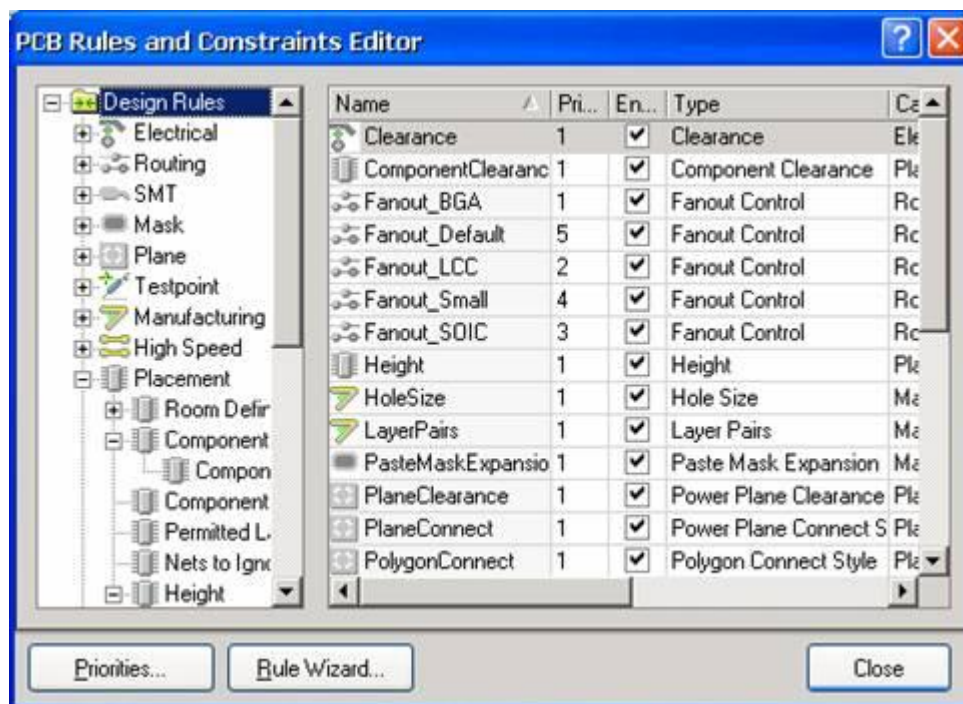


图 5 — 56 PCB 设计规则和约束对话框

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（表面粘着元件类型）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，即可给元件布线。布线可以采取自动布线和手动布线调整两种方式。Protel DXP 提供了强大的自动布线功能，它适合于元件数目较多的情况。

#### 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 操作界面下，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 **Si tus 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 **Avai lable 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。

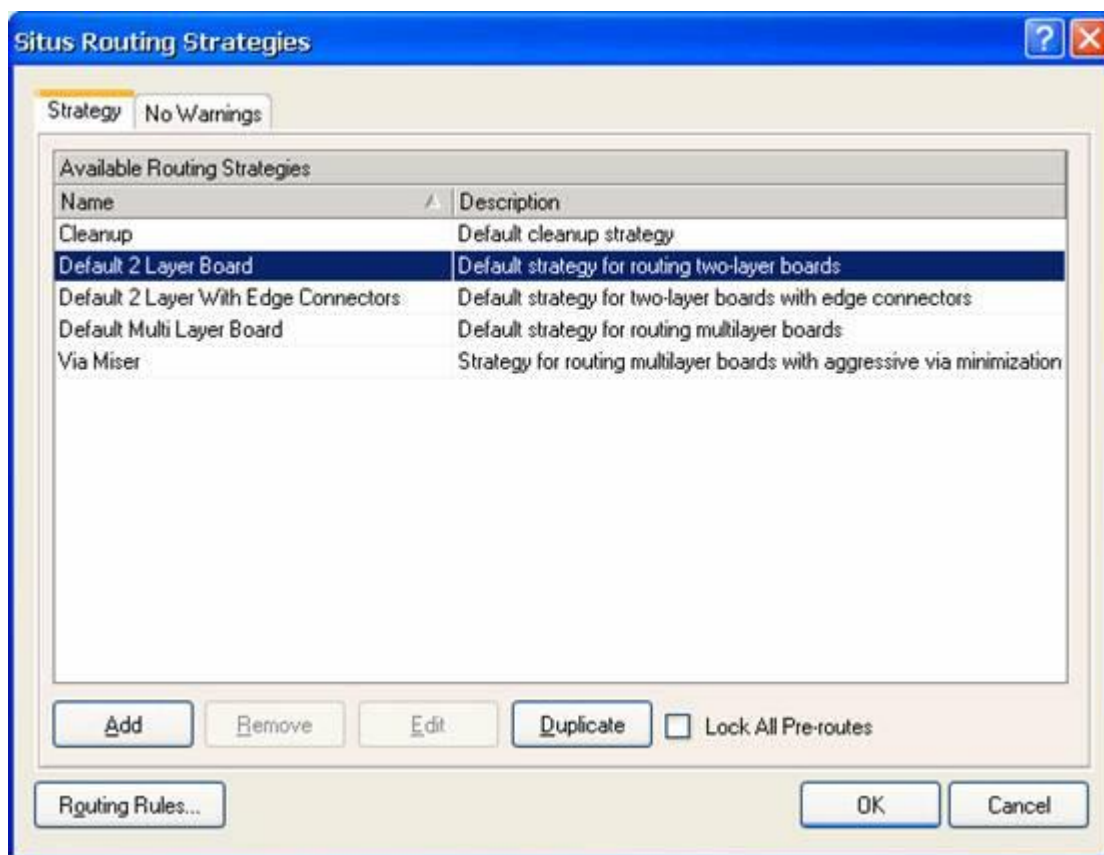


图 5 — 58 自动布线设置对话框

## 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，鼠标将变成十字光标形状，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：对指定的元件进行自动布线。选中后，鼠标将变成十字光标形状，移动鼠标选择需要布线的特定元件，单击鼠标系统会对该元件进行自动布线。
- Connection 菜单项：对指定的焊盘进行自动布线。选中后，鼠标将变成十字光标形状，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，鼠标将变成十字光标形状，拖动鼠标选择一个需要布线的焊盘的矩形区域。
- Room 菜单项：给定的元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。

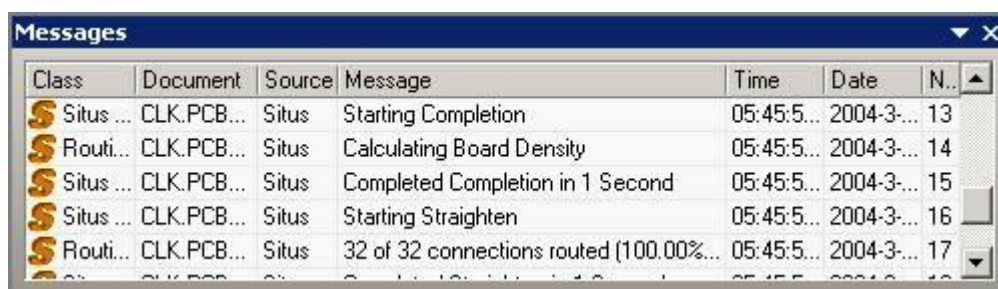


图 5 — 59 自动布线信息

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 Protel DXP 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。

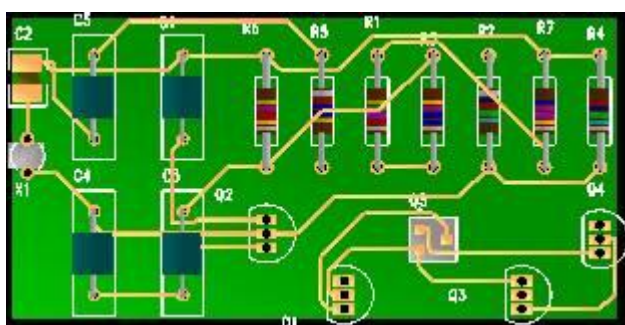
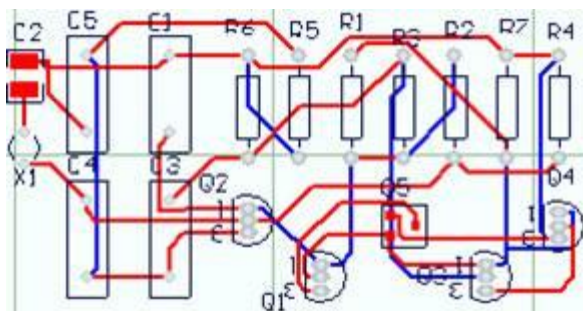


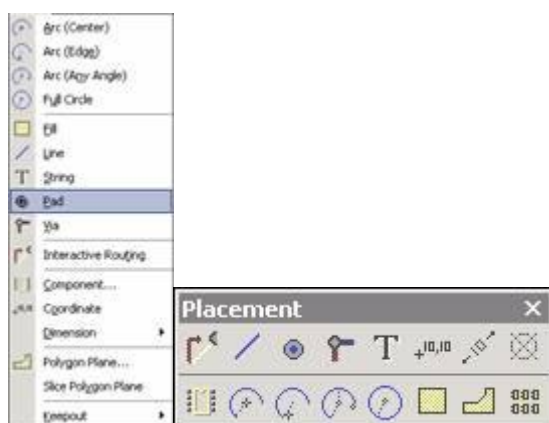
图 5 — 60 自动布线结果 图 5 — 61 3D 效果图

### 5.10.2 手动布线

在 PCB 板上元件数量不多，连线不复杂的情况下，或者在使用自动布线后需要对元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 View/Toolbars/Placement ，打开 Placemen（元件放置）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 元件放置菜单 图 5 — 63 元件放置工具栏

## 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 ) 执行元件放置菜单命令 Place / Arc ( Center ) 。或从元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。

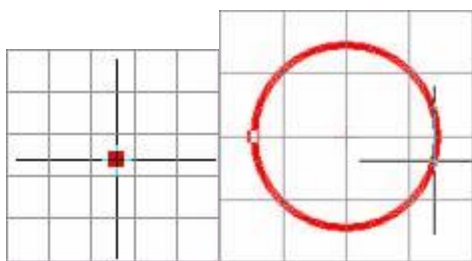


图 5 — 64 圆心选取 图 5 — 65 确定圆弧半径

( 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。

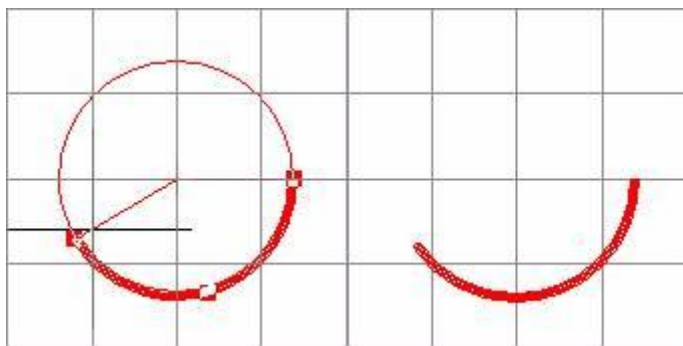




图 5 — 66 确定 Center 圆弧的起点和终点 图 5 — 67 完成后的 Center 圆弧导线

### 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 ) 执行元件放置菜单命令 Place / Arc ( Edge ) , 或在元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。

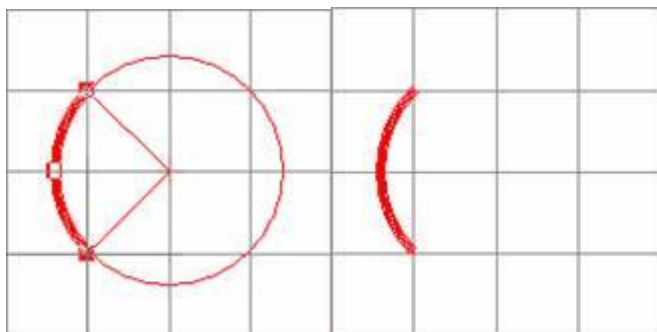



图 5 — 68 确定 Edge 圆弧起点和终点 图 5 — 69 完成后的 Edge 圆弧导线

### 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 ) 执行元件放置菜单命令 Place / Arc ( Any Angle ) , 或在元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, 使鼠标仍保持十字光标形状, 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。



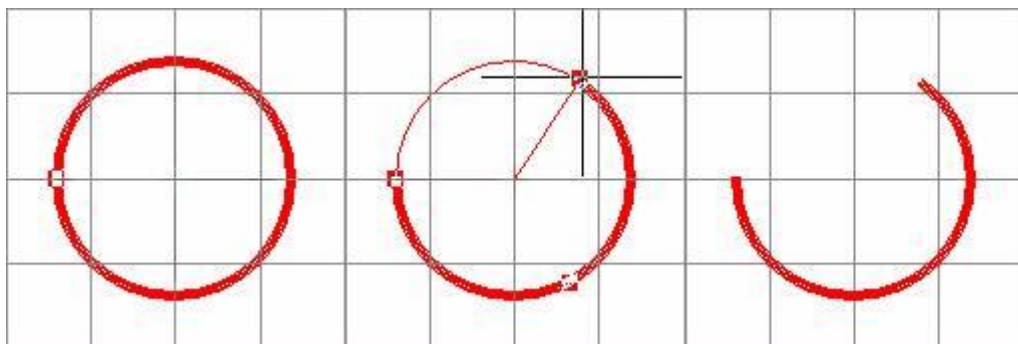


图 5 — 70 圆弧中心和半径选取 图 5 — 71 圆弧终点的选取 图 5 — 72 完成后任意角度圆弧导线

#### ④使用 Full Circle 菜单项放置圆弧导线

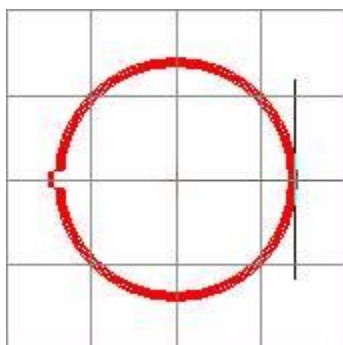
放置完整的圆弧导线的操作步骤如下：

（ 1 ）执行元件放置菜单命令 **Place/Full Circle** 。或在元件放置工具栏中单击按钮 。

（ 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光标状态，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。



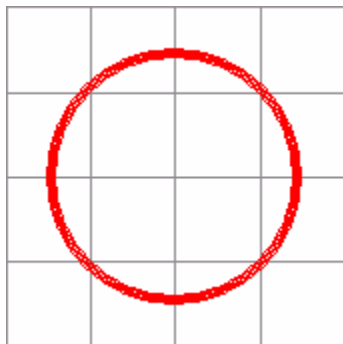


图 5 — 73 选取圆心和半径 图 5 — 74 完成后的完整的圆弧导线

### 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。

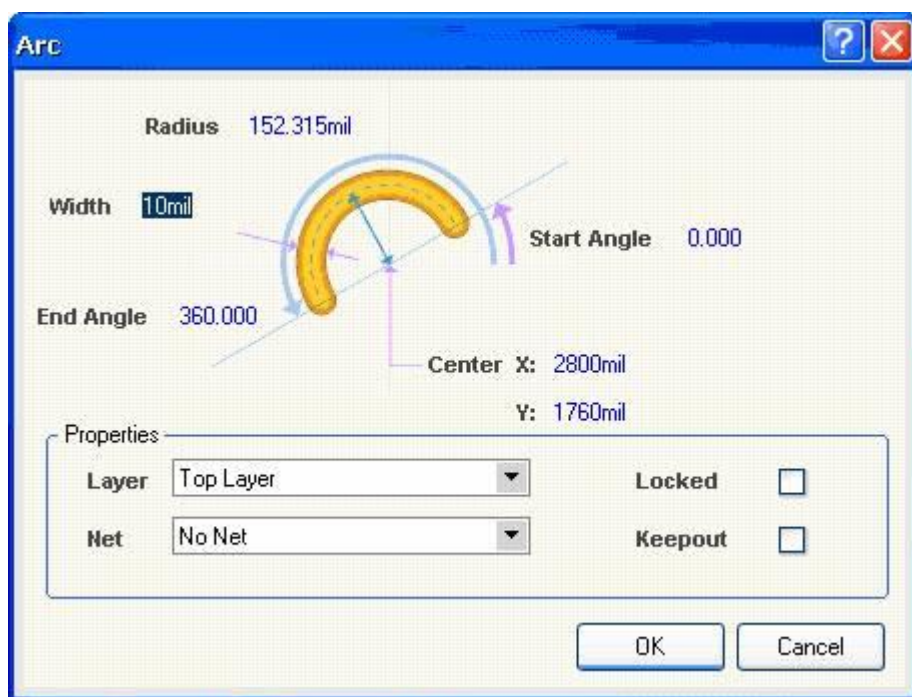


图 5 — 75 圆弧属性对话框

- 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** , 也可以用元件放置工具栏中的按钮 。

进入放置导线状态后, 鼠标变成十字光标形状, 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** , 使鼠标将变成十字光标形状后, 将光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。

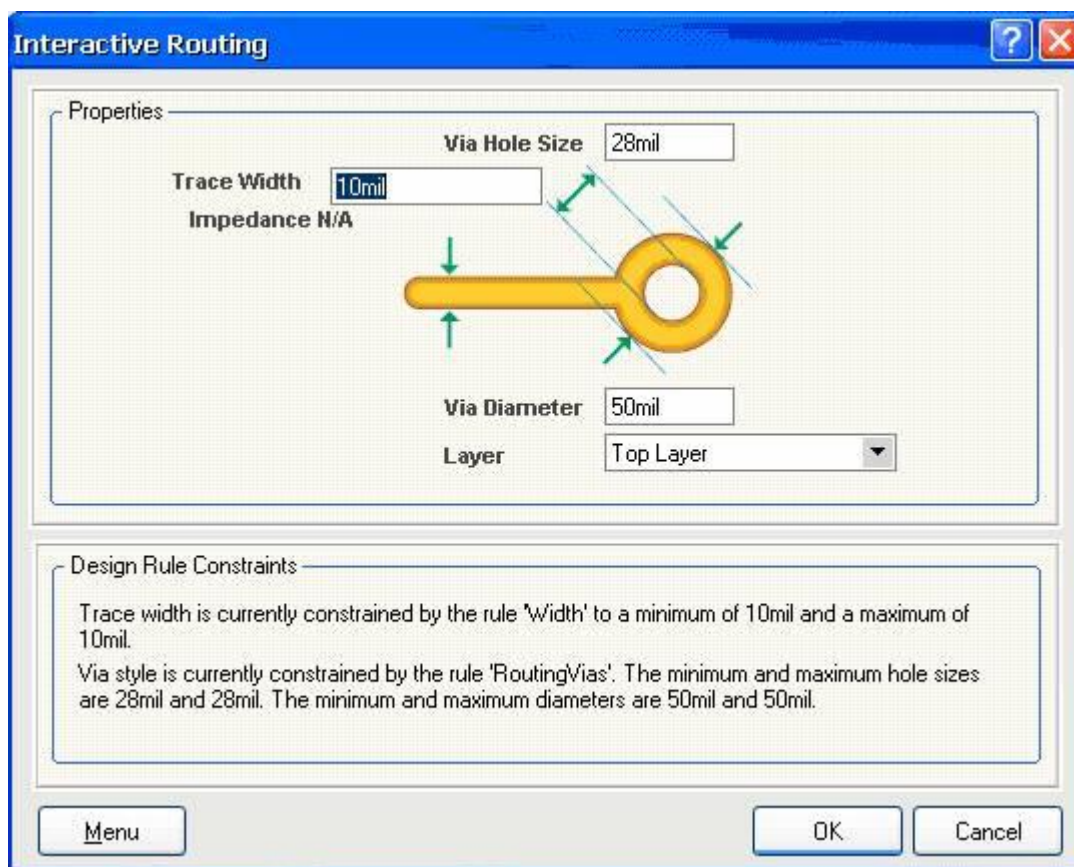


图 5 — 76 交互布线设置对话框

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。

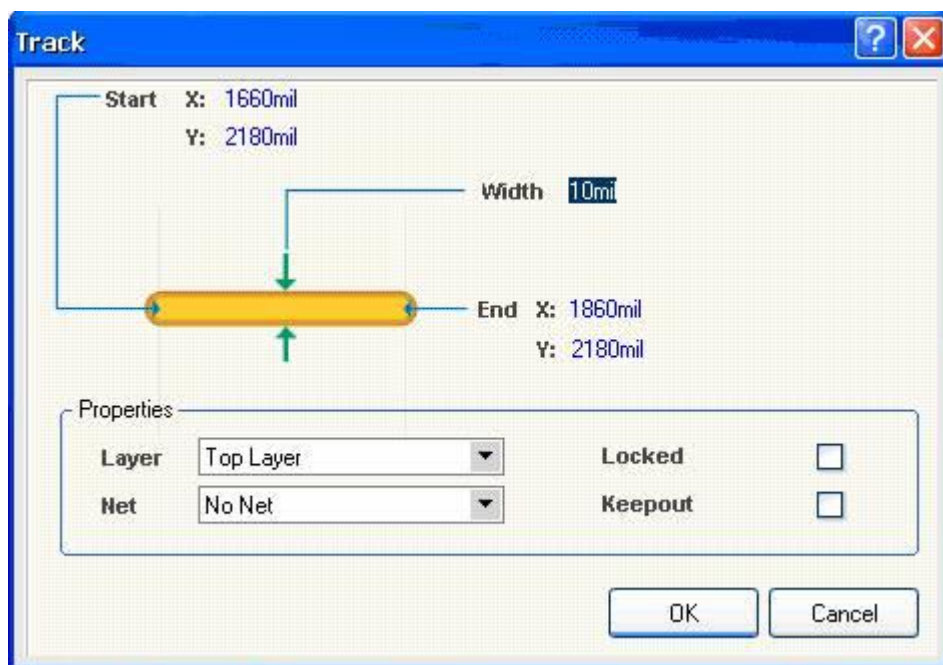


图 5 — 77 导线属性设置对话框

### 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，难免会对其中的元件或电路进行局部的更改，更改较多的往往是元件的封装。有时在 PCB 电路板上直接对某个元件的封装做了修改，也想自动地将更改反映到原理图上去；或者原理图上对某元件的数值大小进行修改，也希望对应更改 PCB 电路板。Protel DXP 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。

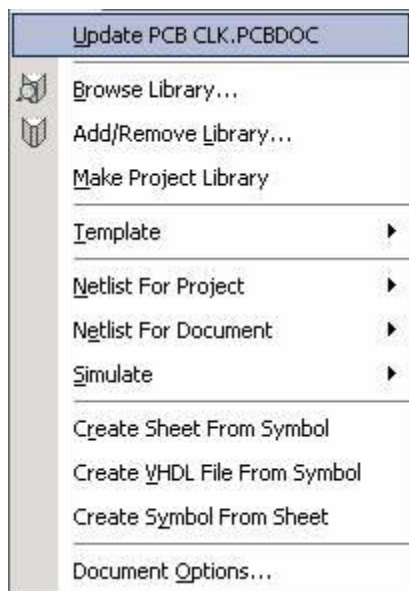


图 5 — 78 更新 PCB 菜单

例如，在 SCH 原理图中将电容 C5 的电容值从 100pF 更改为 1000pF，从 Protel DXP 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。

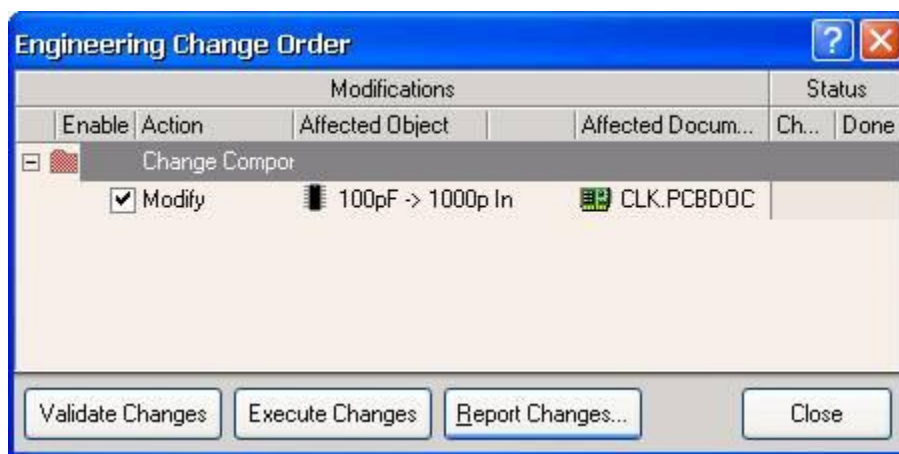


图 5 — 79 项目设计更改管理对话框

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。

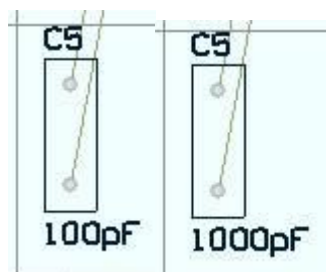


图 5 — 80 更新前的 PCB 图 5 — 81 更新后的 PCB

### 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。

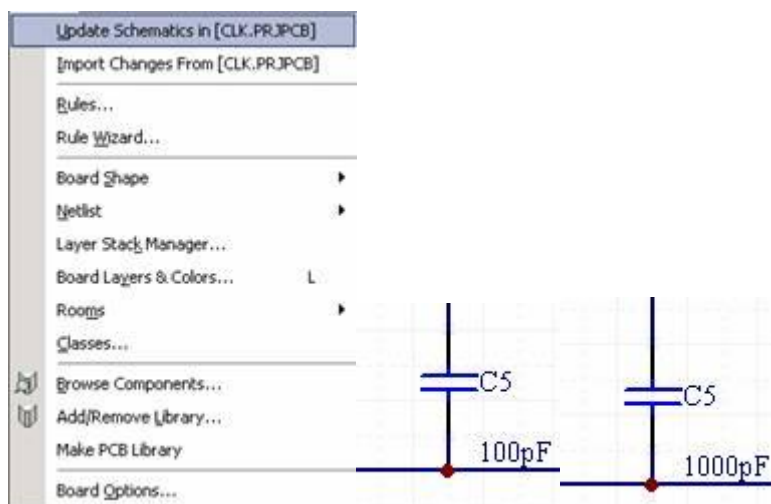


图 5 — 81 PCB 图更新 SCH 图操作 图 5 — 82 SCH 图更新前 图 5 — 83 SCH 图更新后

## 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，比如元件的布局、布线等符合所定义的设计规则，Protel DXP 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 DR C 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。

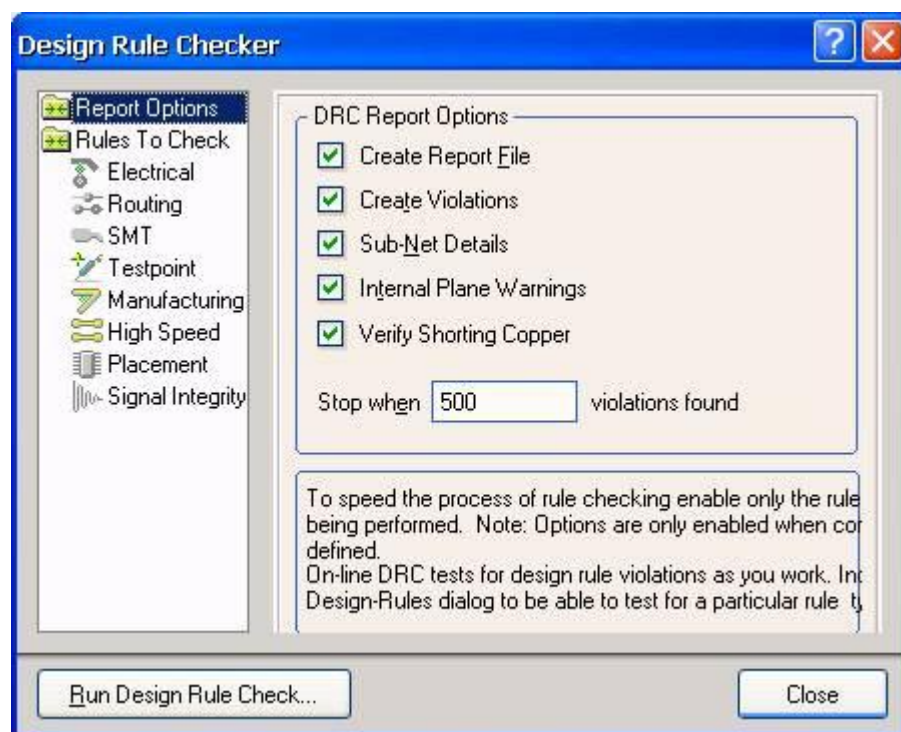


图 5 — 84 设计规则检查对话框

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 Warmngs （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）。

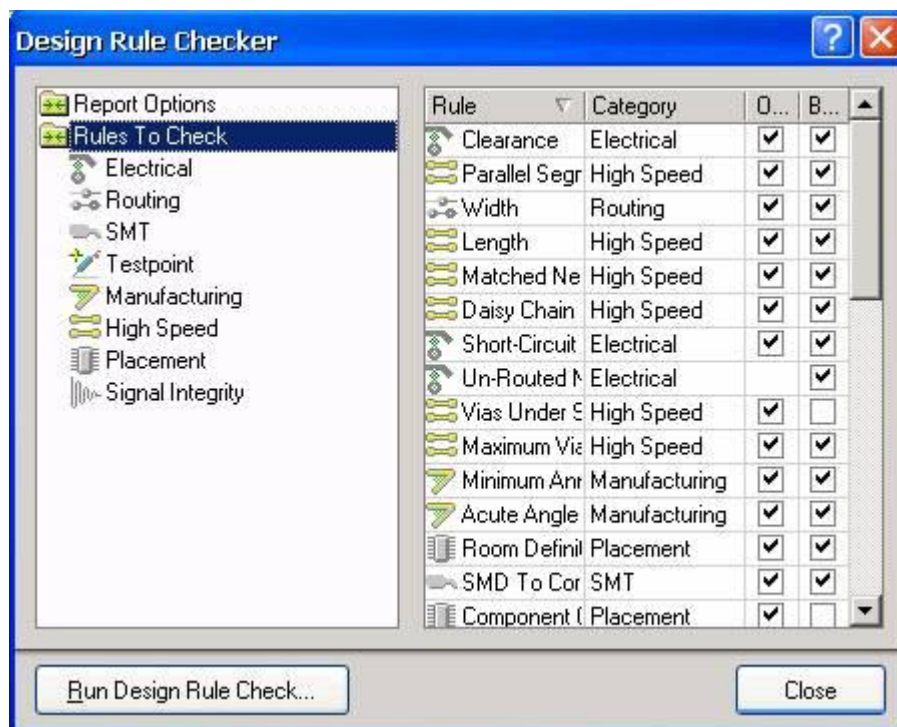


图 5 — 85 选择设计规则选项

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、所在文档、错误信息、序号等，如图 5 — 86 所示。

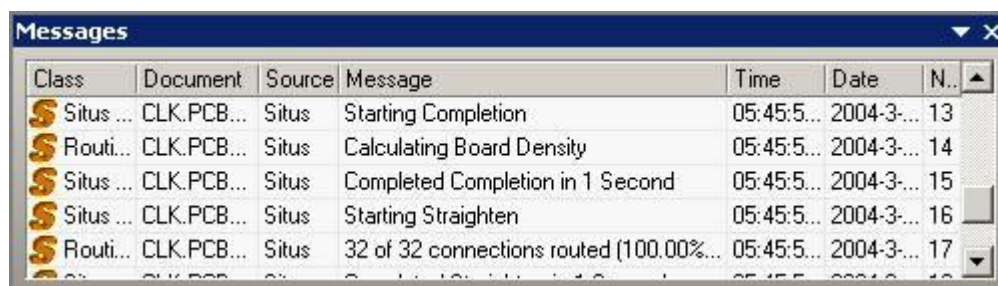


图 5 — 86 Messages 信息框

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。

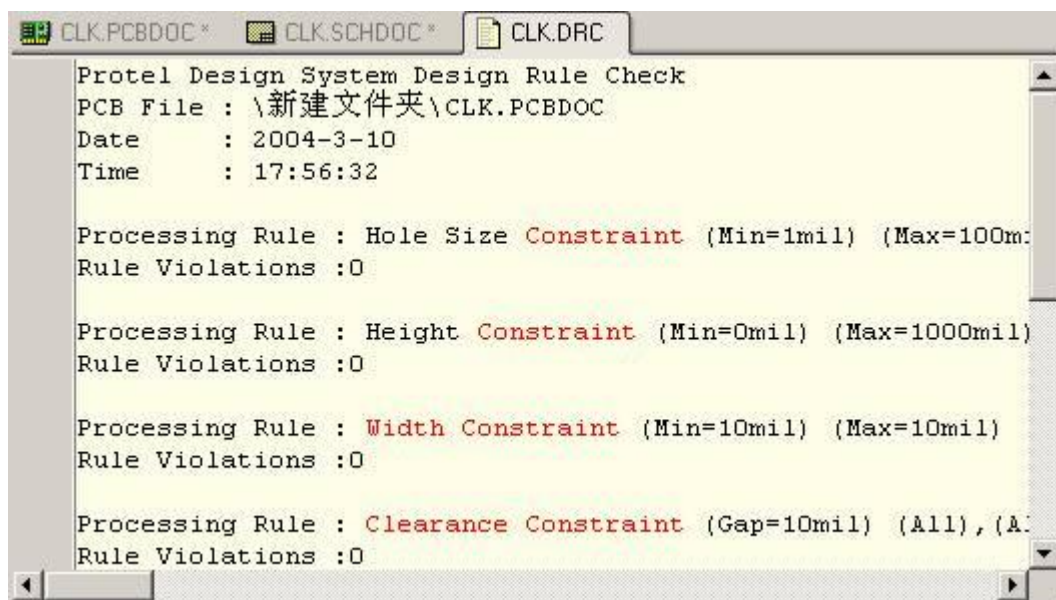


图 5 — 87 设计规则检查报告

### 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。

### 习题

- 1 . 常用印刷电路板按电路层多少可以分成哪 3 种类型的电路板？
- 2 . 常见的元件封装有哪几种形式？其电路设计时应该注意什么？
- 3 . PCB 电路板设计的流程可以分为哪几步？