

# ***EAGLE***

***EASILY APPLICABLE GRAPHICAL LAYOUT EDITOR***

## **用户指南**

### **第 5 版**

*Linux*®、*Mac*®、*Windows*®系统下的  
原理图 – **PCB** 设计 – **Autorouter** 自动布线器

***CadSoft Computer***  
***www.cadsoftusa.com***

**第 7 次修订**

*010045110*

***CadSoft Computer*** 公司版权所有 © 2010

**保留所有权利**

***CadSoft Computer*** 是 ***Newark*** 公司的贸易子公司。

如果您有任何疑问请通过以下方式与我们联系：

美国和其他美洲国家：

电话：+1 (954) 237 0932  
传真：+1 (954) 237 0968  
网站：[www.cadsoftusa.com](http://www.cadsoftusa.com)  
电子邮件：[Info@cadsoftusa.com](mailto:Info@cadsoftusa.com)

德国和其他欧洲国家：

电话：+49 (0)8635 6989-10  
热线：+49 (0)8635 6989-30  
传真：+49 (0)8635 6989-40  
网站：[www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)  
电子邮件：[Info@cadsoft.de](mailto:Info@cadsoft.de)

请记住我们的客户可以使用免费的热线电话！

CadSoft Computer 公司版权所有 2010。在全球范围内保留所有权利。

在没有经过 CadSoft Computer 公司预先同意的情况下，该文档中的任何部分均不允许在公共文件服务器中复制或保存，或者以任何格式或方式，包括电子、手工、复印、记录、扫描、数字化以及其他方式进行转移。

针对个人应用而言允许打印该手册。

Windows 是 Microsoft 公司的注册商标。

Linux 是 Linus Torvalds 公司的注册商标。

Mac 是 Apple Computer 有限公司的注册商标。

# 目录

1 用户指南介绍.....	6
2 EAGLE 的特性.....	7
系统要求.....	7
专业版.....	7
概述.....	7
PCB 编辑器.....	8
原理图编辑器.....	8
Autorouter 自动布线模块.....	8
标准版.....	9
免费试用版.....	9
简化版.....	9
3 安装.....	10
Windows 系统.....	10
Linux 系统.....	11
Mac OS X.....	12
4 语言设置.....	13
Windows 系统下设置语言.....	13
Linux 和 Mac OS-X 系统下设置语言.....	13
5 EAGLE 个人设置.....	14
脚本文件 eagle.scr.....	14
用户界面.....	14
功能键.....	14
层颜色.....	15
6 EAGLE 用户界面介绍.....	16
选择菜单项.....	16
鼠标单击.....	16
多种输入选择.....	16
组合键的使用.....	17
弹出菜单.....	17
通过命令框输入命令和参数.....	17
7 Control Panel.....	20
EAGLE 文件.....	20
备份文件.....	21
创建 EAGLE 项目.....	21
8 加载文件和选择放大功能.....	23
9 选择需要显示的.....	25
10 设置栅格和单位.....	26
11 连线、圆形、弧形、长方形和文本.....	27

WIRE 命令.....	27
修改线宽.....	28
将对象移动到其他层.....	28
撤销 / 恢复功能.....	28
CIRCLE 命令.....	29
ARC 命令.....	29
RECT 命令.....	29
TEXT 命令.....	30
特殊 Text 变量.....	31
12 使用元件库.....	32
ADD 命令.....	32
USE 命令.....	33
INVOKE 命令.....	34
13 绘制原理图.....	35
Grid 栅格.....	35
在原理图中添加外框.....	35
添加和修改文本.....	35
绘制原理图.....	36
NET 命令.....	37
NAME 命令.....	37
LABEL 命令.....	38
DELETE 命令.....	38
JUNCTION 命令.....	38
SHOW 命令.....	38
MOVE 命令.....	39
历史功能.....	39
完成原理图.....	39
SMASH 命令.....	40
VALUE 命令.....	41
电气规则检查 (ERC) .....	41
从原理图生成电路板.....	42
BUS 命令.....	42
14 自动正反向标注 Forward&Back Annotation.....	44
15 设计印刷电路板.....	45
在没有原理图的情况下设计电路板.....	45
设计电路板外形.....	45
元件放置栅格.....	45
放置元件.....	45
放置 SMD 元件.....	46
提供名称.....	46
提供值.....	46
定义信号.....	47
定义网络簇.....	47

从原理图创建电路板.....	48
生成电路板文件.....	48
元件放置.....	48
Autorouter：简单实例.....	48
手动布线.....	49
Follow-me 布线器.....	50
电路板的修改.....	50
PCB 编辑器的其他作用.....	51
DISPLAY 命令.....	51
MOVE 命令.....	51
GROUP 命令.....	52
SPLIT 命令.....	52
CHANGE 命令.....	53
ROUTE 命令.....	53
RIPUP 命令.....	53
SHOW 命令.....	54
刷新屏幕.....	54
Undo/Redo 撤销/恢复功能.....	54
内部层.....	54
电源层.....	54
使用 POLYGON 命令来敷铜.....	55
16 Autorouter 自动布线器.....	57
17 设计规则检查.....	59
18 元件库.....	60
电阻 Package.....	60
电阻 Symbol.....	61
电阻 Device.....	62
19 绘图与制造数据的输出.....	65
使用 PRINT 命令输出原理图.....	65
生成图像文件用于存档.....	66
使用 CAM 处理程序生成 Gerber 数据.....	66
生成钻孔数据.....	66
其他制造数据.....	66
20 数据交换.....	67
EAGLE 用户语言.....	67
脚本文件 – 一种灵活的输入接口.....	67

## 1 用户指南介绍

---

该用户指南对 EAGLE 电路板设计软件包进行了简单的介绍。

该指南介绍了 EAGLE 原理图编辑器、PCB 编辑器、以及 Autorouter 自动布线器。该指南将以原理图编辑器到电路板设计，再到自动布线操作的常用顺序来向您依次介绍。通读该文档后您将感到获益匪浅。

您需要对您的操作系统的使用具有一定的熟悉程度。诸如最大化编辑窗口之类的叙述将不会进行额外的解释。

在阅读完该指南后您将能够着手进行一系列的设计项目。但是当您刚开始创建设计时仍然需要经常使用帮助功能和 EAGLE 手册来了解更多的详细信息。这样您就可以最大限度得发挥 EAGLE 的功能。

尽管该指南并没有对让 EAGLE 发挥强大功能和灵活性的所有特性进行介绍 - 例如 SET、SCRIPT 和 RUN 命令的使用（请参考帮助页面），但您仍然可以学习到大部分程序命令的使用方法。

在开始之前您需要阅读 README 文件以及 *eagle/doc* 目录下文件名为 \*.txt 的文件。Linux、Mac、Windows 系统下的 EAGLE 版本之间的差别很小。

### **EAGLE 元件库简要声明：**

*EAGLE* 附带的元件库作为向我们的客户提供的额外支持，已经做了严格的编辑工作。然而，这些元件和元件的供应商数量巨大，意味着无法避免偶然的错误。因此请注意，*Cadsoft* 对于元件库中所含信息的完全准确性不承担任何责任。

## 2 EAGLE 的特性

---

### 系统要求

EAGLE 是针对原理图和 PCB 设计的一款强大的图形编辑器。为了正常运行 EAGLE，需要满足以下条件：

- ◆ Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, 或者 Windows 7 系统
- ◆ 采用 Intel 处理器的计算机以及基于 kernel 2.x 的 Linux 系统，最低色深为 8 bpp 的 libc6 和 X11 软件包
- ◆ Mac OS X 系统 10.4 版或以上(针对使用 Power PC 或 Intel 处理器的计算机)
- ◆ 最少 100 MByte 空闲空间的硬盘
- ◆ 显卡分辨率最低要求 1024 x 768
- ◆ 推荐使用 3 键鼠标

### 专业版

#### 概述

- ◆ 最大绘图尺寸 64 x 64 英寸(约 1600 x 1600 毫米)
- ◆ 分辨率 1/10,000 毫米 (0.1 微米)
- ◆ 毫米或英寸网格单位
- ◆ 最大 255 个绘图层
- ◆ 命令（脚本）文件
- ◆ 用于数据输入和输出的类 C 用户语言以及自定义命令
- ◆ 轻松编辑元件库
- ◆ 通过拖拽的方式来合并自定义元件库和软件自带的元件
- ◆ 通过拖拽的方式从其他元件库中轻松生成新的封装
- ◆ 封装可自由旋转（最小 0.1 度）
- ◆ 具有强大元件搜索功能的元件库浏览器
- ◆ 支持不同的技术工艺特性（比如 74L00、74LS00 等）
- ◆ 轻松的对已经标注的绘制框进行定义
- ◆ 在元件库和原理图或 PCB 设计图中对元件属性进行自由定义
- ◆ 集成 PDF 文件输出功能
- ◆ 图形文件输出功能（BMP、TIF、PNG 文件等）
- ◆ 通过操作系统打印驱动程序进行打印，带有打印预览功能
- ◆ 通过数据库生成元件列表（*bom.ulp*）
- ◆ Control Panel 中的拖拽功能
- ◆ 对于所有对象支持带有面向对象命令的弹出菜单，可通过单击鼠标右键实现
- ◆ 可通过弹出菜单访问和编辑对象属性

- ◆ 自动备份功能

#### **PCB 编辑器**

- ◆ 支持所有的 SMD 焊盘
- ◆ 支持盲孔和埋孔
- ◆ 对象任意角度旋转（最小 0.1 度）
- ◆ 元件可锁定以防止移动
- ◆ 可任意方向放置文本
- ◆ 在对 PCB 布线时支持信号线路动态计算
- ◆ 磁性焊盘功能
- ◆ 线路可绘制成任意半径的圆形转角
- ◆ 可圆滑线路结点边角
- ◆ 针对电路板进行设计规则检查（比如检查重叠、焊盘尺寸或线宽）
- ◆ 敷铜（接地层）
- ◆ 支持多种封装
- ◆ 支持用户自定义的、可自由编程的用户语言，用于为装配设备、测试设备、铣床生成数据文件以及生成其他数据格式的文件
- ◆ 通过 CAM 处理程序为绘图仪和钻孔机提供制造数据

#### **原理图编辑器**

- ◆ 每个原理图最多支持 999 个页面
- ◆ 页面图标预览
- ◆ 通过拖拽实现原理图页面排序
- ◆ 网络交叉关联
- ◆ 自动生成触点交叉关联
- ◆ 简单的元件复制操作
- ◆ 支持元件替换功能的同时保持原理图和 PCB 设计的一致性
- ◆ 原理图和电路板之间同步正反向标注
- ◆ 自动生成电路板
- ◆ 自动生成供电信号线路
- ◆ 电气规则检查（原理图中的错误检查以及原理图与 PCB 设计之间的一致性检查）

#### **Autorouter 自动布线模块**

- ◆ 完全集成到基础程序中
- ◆ 使用 PCB 设计规则来检查 PCB 设计
- ◆ 可随时在手动和自动布线之间切换
- ◆ 一种在手动布线中为您提供支持的工具，也是跟随布线器的基本引擎；能够自动计算所选信号的走线
- ◆ 删除布线和重试算法
- ◆ 考虑成本因数的用户自定义策略
- ◆ 布线网格宽度最低至 0.8 mil（0.02 毫米）

- ◆ 对元件放置没有限制
- ◆ 最多 16 个信号层（支持用户自定义排序）
- ◆ 最多 14 个供电层
- ◆ 完全支持盲孔和埋孔
- ◆ 支持各种不同的网络簇

## 标准版

标准版受到以下限制：

- ◆ PCB 板设计尺寸为 160 x 100 毫米（约 6.3 x 3.9 英寸）。在该尺寸范围外无法放置封装和绘制信号线路
- ◆ 最多支持 6 个信号层（顶层、Route2、Route3、Route14、Route15 和底层）
- ◆ 一个原理图最多可支持 99 个页面

## 免费试用版

免费试用版是指以免费 + 可选收费模式使用的版本，该版本需要在 <http://www.element-14.com/eagle-freemium> 页面上注册才能使用，并且具有以下限制：

- ◆ 电路板区域尺寸最大 100x80mm（约 3.9x3.2 英寸），与一张欧洲信用卡的一半大小相同。
- ◆ 只能使用 4 个信号层（顶层、Route2、Route15、底层）。
- ◆ 原理图可以包含最多 4 页。
- ◆ 免费授权仅限于单个用户和计算机，并且需要连接到互联网以便正常运行。
- ◆ 该授权有效期为安装后 60 天内。

## 简化版

以下是 EAGLE 简化版的功能限制：

- ◆ 电路板面积最大 100 x 80 毫米（约 3.9 x 3.2 英寸）。在该范围之外不能放置封装和绘制信号线路。
- ◆ 只能使用两个信号层（没有内部层）。
- ◆ 一个原理图只支持一个页面。

低版本的 EAGLE 也可以打印面积较大的 PCB 设计和原理图。其附带的 CAM 处理程序也能够生成制造数据。

不同版本的功能模块不能合并使用！  
简化版是针对测试、评估和非商业用途的免费软件。

## 3 安装

---

### Windows 系统

EAGLE 针对 Windows 系统的安装文件是一个自解压文件，文件名为 `eagle-win-5.7.0.exe`。双击该文件将出现 WinZip 自解压软件窗口。安装程序随着安装文件的解压而启动。请单击 *Setup* 按钮开始安装。

根据当前版本的不同，文件名所显示的版本号可能有所差异。

当安装正式开始时，请按照指示分步骤安装。

当安装即将完成时会询问您希望以什么方式获得 EAGLE 的授权：

使用授权文件

该选项是指您已经购买了一份 EAGLE 授权文件的情况。这时请按照对话提示的要求指定您的授权文件 *license.key* 的位置以及输入您从 CadSoft 公司获得的个人安装码。

使用免费码

如果您已经在 <http://www.element-14.com/eagle-freemium> 页面中注册并获取了免费码，请选择该选项。

运行免费版

该选项是指 EAGLE 将以功能有限的简化版的形式获得授权。可以在任何时候并且不需要重新安装的情况下通过购买授权来进行升级。

现在暂不获得授权

在 EAGLE 第一次启动时推迟授权。

现在 Windows 的开始菜单上程序选项中就包含了 *EAGLE Layout Editor 5.7.0* 的新启动项，并且附带 PDF 文件格式的用户指南和手册。

## Linux 系统

EAGLE 针对 Linux 系统的安装文件是带有安装对话功能的自解压程序化脚本（shell script）。您可以用 *Root/Administrator* 或者普通 *User* 的方式进行安装。在文件管理器中双击该程序化脚本 *eagle-lin-5.7.0.run* 来启动安装程序。

请在安装前检查该文件是否标记为可执行文件（*executable*）。如果不是，您可以在控制台中使用 *chmod* 命令来修改其属性。

您也可以通过控制台来启动该程序化脚本，只需输入：

```
/path_to_file/eagle-lin-5.7.0.run
```

根据当前 EAGLE 版本的不同，文件名中显示的版本号可能有所差异。

安装程序随着安装文件的解压而启动。然后正式开始安装。请按照指示分步骤安装。

当安装即将完成时会询问您希望以什么方式获得 EAGLE 的授权：

使用授权文件

该选项是指您已经购买了一份 EAGLE 授权文件的情况。这时请按照对话提示的要求指定您的授权文件 *license.key* 的位置以及输入您从 CadSoft 公司获得的个人安装码。

使用免费码

如果您已经在 <http://www.element-14.com/eagle-freemium> 页面中注册并获取了免费码，请选择该选项。

运行免费版

该选项是指 EAGLE 将以功能有限的简化版的形式获得授权。可以在任何时候并且不需要重新安装的情况下通过购买授权来进行升级。

现在暂不获得授权

在 EAGLE 第一次启动时推迟授权。

要启动 EAGLE，请在安装目录下的 *bin* 文件夹中执行名为 *eagle* 的文件。

PDF 文件格式的用户指南和手册也复制到了系统中。可以在 EAGLE 安装目录下的 *doc* 目录中找到这两个文件。

## Mac OS X

EAGLE 针对 Mac OS X 系统的安装文件是通过二进制程序（Universal Binary）并且可以在基于 Power-PC 和 Intel 的计算机上运行。要启动安装程序，请双击代表 EAGLE 文件的图标，比如图标名称为 *eagle-mac-5.7.0.zip*。该文件将自动解压。这时在桌面上将会出现一个名为 *eagle-mac-5.7.0.pkg* 的文件夹。用鼠标单击该文件夹以便启动安装程序。

根据当前 EAGLE 版本的不同，文件名中的版本号可能有所差异。

请按照指示分步骤安装。

如果您同意 EAGLE 软件授权协议的内容，请单击 *Continue* 进行确认。如果不同意，您可以单击 *Go back* 按钮来终止安装。

下一步指定 EAGLE 安装的目标文件夹或者目标逻辑盘。如果您接受推荐的目录，请单击 *Continue*。您也可以单击 *Choose* 来为 EAGLE 选择其他的文件夹路径。在确认安装路径后，文件将被复制到该指定文件夹中。

安装完成后，您可以通过单击 *Finder's Applications/EAGLE* 目录下的 *EAGLE* 图标来启动 EAGLE。

在第一次启动 EAGLE 时将询问您希望以什么方式获得 EAGLE 的授权：

### 使用授权文件

该选项是指您已经购买了一份 EAGLE 授权文件的情况。这时请按照对话提示的要求指定您的授权文件 *license.key* 的位置以及输入您从 CadSoft 公司获得的个人安装码。

### 使用免费码

如果您已经在 <http://www.element-14.com/eagle-freemium> 页面中注册并获取了免费码，请选择该选项。

### 运行免费版

该选项是指 EAGLE 将以功能有限的简化版的形式获得授权。可以在任何時候并且不需要重新安装的情况下通过购买授权来进行升级。

PDF 文件格式的用户指南和手册也安装到了系统中并且可以在 EAGLE 安装目录下的 *doc* 文件夹中找到这两个文件。

如果您要从计算机中卸载 EAGLE，只需要将 *Finder's Applications* 文件夹中的 *EAGLE* 目录删除即可。

## 4 语言设置

---

EAGLE 根据操作系统的语言来决定其自身所使用的语言。例如操作系统语言为德语，则 EAGLE 就会使用德语。如果您要设置其他语言，可以通过以下方法来进行修改。

### Windows 系统下设置语言

EAGLE 根据变量 *LANG* 来识别所选择的语言。修改该参数时请进入 Windows 的控制面板 > 系统 > 高级 > 环境变量，新建一个名为 *LANG* 的变量。当需要的语言为英文时将该变量的值设置为 *en\_US* 或者 *en\_GB*。当需要的语言为德文时则设置为 *de\_DE*、*de\_DE*、或 *de\_AT*。

如果您想要通过批处理文件来启动 EAGLE，则该文件的命令行如下所示：

```
SET LANG=en_US  
cd c:\program files\eagle-5.x.x\bin  
start eagle.exe
```

该批处理文件用于当其他应用程序会受到 *LANG* 参数影响的时候。此时使用批处理文件只会对 EAGLE 产生作用。

### Linux 和 Mac OS-X 系统下设置语言

在 Windows 系统下所进行的设置也可以在 linux 和 Mac OS-X 系统中实现。这时您需要使用操作系统的 *EXPORT* 命令来定义变量。

您也可以借助一个脚本文件来启动 EAGLE：

```
LANG=en_US  
/home/user/eagle-5.x.x/bin/eagle
```

EAGLE 正在准备支持更多的语言。请参考 *UPDATE.txt* 文件，以便了解当前所支持的语言种类。

## 5 EAGLE 个人设置

除了基本的安装外，EAGLE 还能够让用户自定义特定的程序功能，比如配置菜单、功能键或者屏幕颜色。许多这样的设置都可以在 Control Panel 或者任一编辑器窗口中的 Options 菜单中进行修改。

### 脚本文件 **eagle.scr**

在这种特殊的命令文件（脚本文件）*eagle.scr* 中可以通过 EAGLE 命令的形式为原理图编辑器、PCB 编辑器和元件库编辑器设定预设值。需要使用这种功能的用户应该首先熟悉 EAGLE 命令语言。在 EAGLE 的帮助页面中可以找到每一条 EAGLE 命令的语法。

### 用户界面

用户界面可以单独进行设置。请单击 Control Panel 或者任一编辑器窗口中的 Options/User interface 菜单。该指南假设您使用的是默认设置。

### 功能键

不同的命令已经预先定义了不同的功能键。这些定义可以由用户在任何时间进行修改。但是操作系统的特殊功能键（比如 Windows 系统中 F1 代表帮助功能）不能修改定义。当前的功能键分配可以通过 Options/Assign 菜单进行查看。

以下功能键为默认设置：

<i>Alt</i> +BS	UNDO	撤销操作
<i>Shift</i> + <i>Alt</i> +BS	REDO	恢复操作
<i>F2</i>	WINDOW;	刷新窗口内容
<i>Alt</i> + <i>F2</i>	WINDOW FIT;	缩放到适合窗口
<i>F3</i>	WINDOW 2	放大两倍
<i>F4</i>	WINDOW 0.5	缩小 0.5 倍
<i>F5</i>	WINDOW (@);	将鼠标所处位置作为窗口中心点
<i>F6</i>	GRID;	显示/隐藏栅格线
<i>F7</i>	MOVE	激活 MOVE 命令
<i>F8</i>	SPLIT	激活 SPLIT 命令
<i>F9</i>	UNDO	撤销操作
<i>F10</i>	REDO	恢复操作

## 层颜色

层颜色可以任意设置。通过菜单 *Options/Set* 访问 *Color* 标签，您可以对颜色值进行设置。您需要同时定义一对颜色值：

层的普通色和高亮色。高亮色用于突出显示执行 *SHOW* 或 *MOVE* 命令时选中对象。请通过 *DISPLAY* 菜单上的 *Change* 按钮并使用 *Color* 选项来分配层颜色。

在帮助页面中可以找到关于配置的其他信息。请查看 *SET*、*ASSIGN*、*User Interface*、*CHANGE* 和 *Project* 的有关信息。

## 6 EAGLE 用户界面介绍

EAGLE 在内部已经进行了设置，任何操作都可以通过命令行来启动。通常用户可以单击菜单项或工具栏图标来激活这些命令。参数值一般需要在适当的文本框中输入。

另一种方法是在某个对象上单击鼠标右键并且从弹出菜单中选择一个针对对象的命令。

内部命令语言的学习对于通过 EAGLE 来成功设计原理图和电路板并不是必须的。但是这些知识能够让 EAGLE 成为您的一个更加灵活的工具：

例如，任何命令都可以用文本命令行的形式输入或者从某个文件中读取。另外，命令行可以单独分配给不同的功能键（ASSIGN 命令）。这样就能够让用户通过敲击一个按键或者单击几次鼠标来执行命令序列（请参考 SCRIPT 命令）。本指南使用简单的符号来表示 EAGLE 中各种不同的操作，并在以下实例中进行解释。

### 选择菜单项

符号  $\Rightarrow$  表示在菜单中进行选择。例如

$\Rightarrow$  *File/Save*

意思是：鼠标左键单击 *File* 菜单然后单击 *Save*。

### 鼠标单击

单击鼠标左键来执行的操作由一个点来表示。例如：

- MOVE and F1

意思是：鼠标左键单击 MOVE 命令然后按下功能键 F1。

双击鼠标左键来执行的操作由两个点来表示。例如：

- • linear.lbr

意思是：从菜单中用鼠标左键双击 *linear.lbr* 文件。


某些命令与 *Shift*、*Ctrl* 和 *Alt* 键结合使用可以实现特殊功能。请参考帮助页面中关于命令的详细信息。

Mac OS-X 系统用户需要使用 *Cmd* 键来代替 *Ctrl* 键！

### 多种输入选择

EAGLE 命令可以通过键盘、单击图标或者单击菜单项来输入。


例如以下操作将执行 MOVE 命令：

- ◆ 单击图标 ，然后单击要移动的对象
- ◆ 在命令框中输入 MOVE 命令并按下 *Enter* 键，然后单击要移动的对象
- ◆ 在命令框中输入 MOVE 命令和对象名称，然后按下 *Enter* 键，例如：  
MOVE IC1

- ◆ 在对象上单击鼠标右键来弹出菜单，然后选择 *Move*
- ◆ 按下分配给 MOVE 命令的功能键 *F7*。
- ◆ 选择菜单项  $\Rightarrow$  *Edit/Move*

在本指南中我们主要使用工具栏进行操作。为了清晰明了的演示，命名的输入为以下文本格式：

- MOVE

意思是：单击 MOVE 图标 

## 组合键的使用

符号+表示按住第一个键的情况下再按下第二个键。例如：

`Alt+F2`

表示按住 *Alt* 键然后按下 *F2*，然后再放开这两个键。

## 弹出菜单

您也可以通过右键单击某个对象来打开弹出菜单，该菜单能够提供针对对象的命令。

另外弹出菜单还包含了 *Properties* 选项，通过该选项您可以对对象的某些属性进行修改。通过该选项打开的窗口也可以使用 *INFO* 命令打开。

## 通过命令框输入命令和参数

使用 *Enter* 键结尾的操作由符号←表示。例如

`USE ←`

意思是：在命令框中输入 *USE* 然后按下 *Enter* 键。

比如下文本命令：

`CHANGE WIDTH 0.024 ←`

一般来说 EAGLE 不区分大小写。因此您可以用一下方式输入将上面的命令

`change width 0.024 ←`

您也可以使用简写。上面的命令可简写为

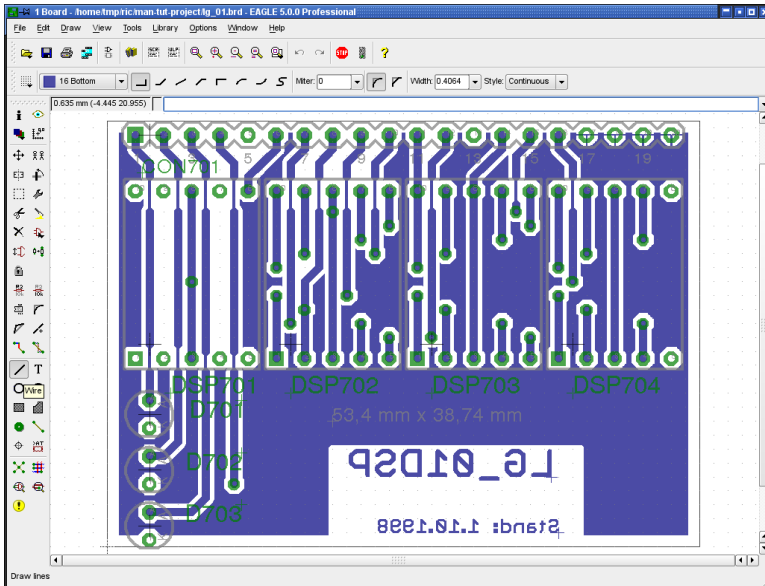
`cha wid 0.024 ←`

但是在本指南中都使用完整语句。

以下图片展示了使用不同的工具栏图标来激活相应的命令。当鼠标在某个图标上停留一定时间后会弹出帮助气泡以便提供额外的帮助信息。该信息将显示图标对应的命令。

从上到下的顺序依次是：显示 EAGLE 版本信息的标题栏、菜单栏、操作工具栏、动态参数工具栏、坐标显示栏以及相邻的命令输入框。

左边是命令工具栏。其中的帮助气泡显示 *WIRE* 图标对应的命令。最下方的状态栏显示当前命令的简单描述。



► PCB 编辑窗口

这些工具栏可以通过 *Options/User interface* 菜单进行显示或隐藏。另外还可以使用文本菜单来代替所显示的命令工具栏。

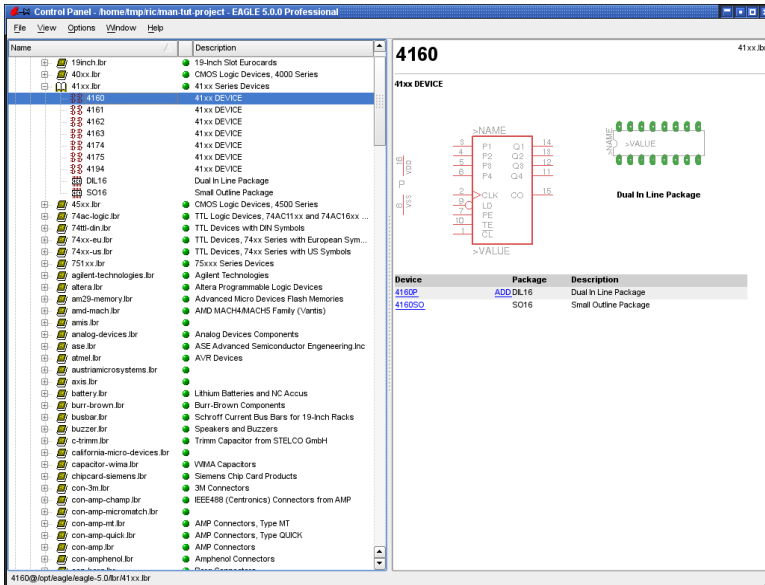
PCB 编辑器所显示的电路板与制造为成品的电路板相同。您的视角是从上方俯视。

Info		Show	Info		Show
Display		Mark	Display		Mark
Move		Copy	Move		Copy
Mirror		Rotate	Mirror		Rotate
Group		Change	Group		Change
Cut		Paste	Cut		Paste
Delete		Add	Delete		Add
Pinswap		Replace	Pinswap		Replace
Gateswap			Lock		
Name		Value	Name		Value
Smash		Miter	Smash		Miter
Split		Invoke	Split		Optimize
Wire		Text	Route		Ripup
Circle		Arc	Wire		Text
Rect		Polygon	Circle		Arc
Bus		Net	Rect		Polygon
Junction		Label	Via		Signal
Attribute			Hole		Attribute
Erc		Errors	Ratsnest		Auto
			Erc		Drc
			Errors		

➤ 原理图编辑器（左）和 PCB 编辑器（右）的命令工具栏

## 7 Control Panel

在启动 EAGLE 后将会打开 Control Panel 窗口。它能够让您加载和保存项目以及设置某些程序参数。在树形浏览框的 *Projects* 分支下用鼠标右键单击某个项目会出现弹出菜单，通过该菜单可以建立一个新的项目 ( $\Rightarrow$  New/Project)。该树形浏览框中可以对 EAGLE 的元件库进行快速浏览。如果在该分支中展开某个元件库项，比如 *40xx.lbr*，则会显示该元件库中的内容。选中某个 Device 或者 Package 项会在窗口右方显示该对象的预览。



### ► Control Panel : 元件库内容预览

Control Panel 中也能查看用户语言程序、脚本文件和 CAM job。请尝试选择不同的项目。在窗口右方您将会看到相关描述。

Control Panel 支持常用的拖拽操作。在树形浏览框中的任一项目上单击鼠标右键会出现一个弹出菜单，该菜单提供了 Print、Open、Copy 和 Rename 等选项。

键盘方向键能够用来在树形浏览框中高效率的进行导航。右方向键可以展开某个分支。左方向键则回到上一级分支。再次按下左方向键可关闭该分支。上下方下键可以选择上一项或下一项。

树形查看窗口中每个分支的路径可以在 *Options/Directories* 菜单中设置。

## EAGLE 文件

以下表格列出了 EAGLE 所能编辑的最重要的文件类型：

类型	窗口	名称
电路板文件	PCB 编辑器	*.brd
原理图文件	原理图编辑器	*.sch
元件库	元件库编辑器	*.lbr
脚本文件	文本编辑器	*.scr
用户语言程序	文本编辑器	*.ulp
任意文本文件	文本编辑器	*.*

EAGLE 只是用小写字母来表示文件扩展名！

## 备份文件

EAGLE 能够为原理图、电路板和元件库建立备份数据。这些数据将保存为不同扩展名的文件：

.brd 修改为.b#1、.sch 修改为.s#1、以及.lbr 修改为.l#1。

最多可以保存 9 个备份文件。

也可以在特定的时间间隔上保存 EAGLE 文件。这时文件扩展名为 b##、s## 或 l##。将这些文件扩展名修改为以前的扩展名后就可以再次使用了。

所有关于备份的设置都可以通过 Control Panel 的 Options/Backup 菜单来实现。

## 创建 EAGLE 项目

首先我们来创建一个新的项目。在启动程序后，先左键单击 Projects 分支的 + 符号，然后单击树形分支下的 examples 和 tutorial 项。这时会显示 tutorial 目录的内容。再右键单击 tutorial，在弹出菜单中选择 New Project 选项。然后为新项目命名，比如 MyProject，并按下 Enter 键。通过该方法您就可以在 tutorial 下创建一个名为 MyProject 的子目录。该目录用于保存属于您的项目的所有数据文件。当然您也可以定义更多的子目录。

要定义您的项目文件夹的保存路径，请单击 ⇒ Options/Directories 并在 Projects 文本框中输入指定的路径。

右键单击该项目可以创建新的原理图、PCB 设计和元件库。每个项目目录下都包含了一个名为 eagle.epf 的文件，该文件保存了针对项目的设置和窗口位置等信息。

当前的活动项目可在 Control Panel 中查看（后方有绿色圆球）。在再次启动程序时，将会恢复到程序关闭前的状态。最后使用的项目和其他用户定义的设置保存在 ~/.eaglerc 文件（Linux 和 Mac 系统）或者 eaglerc.usr 文件（Windows 系统）中。

在开始讲解一下实例前，我们需要将 tutorial 目录下的 demo1.sch，demo2.sch 和 demo2.brd 文件复制到 MyProject 目录下。请按住 Ctrl 键并将需要的文件拖拽到 MyProject 目录中再放开鼠标左键。Ctrl 键表示对该文件执行复制操作，如果不使用该键则文件会被剪切到目标目录中。

Mac 系统下的 EAGLE 版本的区别如下：

在按住 Ctrl 键时单击某个文件项会出现一个弹出菜单。选择 Copy 项然后在文

件对话框中指定目标文件夹。

现在请双击打开 *demo1.sch* 文件。

如果您使用组合键 *Alt+X* 关闭了程序并再次启动它，则程序会恢复到您之前的设置和编辑窗口。


## 8 加载文件和选择放大功能

现在让我们来做一些练习。请启动 EAGLE 并等待出现 Control Panel。

在树形浏览框中展开选项 *Projects/examples/tutorial/MyProject*。如果 *MyProject* 目录不存在，请依照之前章节中介绍的方法来创建。


现在开始加载 *demo2.brd* 文件。您可以通过双击 *demo2.brd* 项或者从菜单  $\Rightarrow$  *File/Open/Board* 中选择该文件来进行加载。相同文件名的原理图也会随电路板文件一起打开。


请最大化 PCB 编辑窗口。

首先单击操作工具栏中的图标  以便放大绘图。该 WINDOW 命令也可以通过功能键 *F3* 来实现。如果您使用的是带滚轮的鼠标，您也可以通过转动鼠标滚轮来放大和缩小绘图。

如果您要禁用该功能，请通过 *Options/User Interface* 菜单将 *Mouse wheel zoom* 设置为 0。


单击图标  或按下 *F4* 来缩小绘图。

单击图标  后，绘图将满窗口显示（您也可以使用组合键 *Alt+F2*）。

单击图标  然后按住鼠标左键并拉动鼠标绘制一个正方形区域，然后放开鼠标左键，窗口中将显示该区域。


也可以为某个特定的绘图区域定义一个能够被 WINDOW 命令用作参数的别名。请在该图标上单击鼠标右键并选择 *New...*，然后定义别名。

要平移当前的绘图区域，只需要单击鼠标中键并移动鼠标即可。该功能也可以在某个命令执行时使用，比如在绘制 *net* 网络或 *wire* 连线时。

如果鼠标位于垂直或水平滚动条上并且您使用的是滚轮式表，则您可以通过滚动滚轮来上下或左右滚动屏幕。在特定操作中有可能发生绘图中对象消失或不完整的情况，这时可通过单击刷新图标 （请参考功能键 *F2*）来刷新屏幕。

WINDOW LAST 命令可以恢复之前显示窗口区域。

该 WINDOW 命令比其他程序中的命令功能更加多样化：

如果您想要在绘图大小不变的情况下重新选择新的中心点，请单击图标 ，然后再通过左键单击来取定中心点，最后在操作工具栏中单击交通信号灯图标。如果您想要同时选择新的中心点和缩放绘图，请同样单击第一个图标。然后通过三次鼠标单击您就可以得到需要的结果：第一次单击将指定新的中心点，后两次单击将确定缩放率。如果第三点与第一点的距离大于第二点与第一点的距离，则程序会放大绘图，反之则缩小。请进行练习以熟悉其操作过程。

其他功能可以通过 WINDOW 命令的帮助页面进行了解。帮助页面可以通过在命令框中输入以下命令来打开：


HELP WINDOW ←

## 9 选择需要显示的

---

EAGLE 的绘图所包含的对象处于不同的层中。为了获得适用的结果，多个层会被组合起来输出。例如，顶层、Pad 和 Via 层的组合用于为印刷电路板元件安装面的蚀刻而生成胶片。而底层、Pad 和 Via 层的组合则用于为电路板焊接面生成胶片。Pad 层包含了用于连接元件的通孔，Via 层包含了信号线路在不同层之间进行连接所需要的过孔。

请在 control Panel 或者 PCB 编辑器中加载电路板文件 *demo2.brd* ( $\Rightarrow$  File/Open/Board)，并单击命令工具栏中的 DISPLAY 命令图

标 。有标记的层即为当前显示的层。通过单击层编号可以启用或禁用每一层的显示。All 和 None 按钮可以启用或禁用所有层的显示。单击 Apply 后编辑器窗口中则会只显示被选中的层。

如果第 23 层 (*tOrigins*) 为显示状态，则第 1 层即顶层上的元件只能在绘图中进行移动或选择。对于第 16 层即底层和第 24 层 (*bOrigins*) 这两层来说该规则仍然有效。

请通过鼠标单击 DISPLAY 菜单中的层名称来选择特定的层。这样您就可以使用 *Change* 按钮来修改层的属性了，比如名称、颜色或者填充类型。


要恢复到最近的层选中状态，请使用 DISPLAY LAST  $\leftarrow$  命令。

请在帮助页面中参考 *Layer* 命令以便了解 EAGLE 中不同层的含义。

## 10 设置栅格和单位

由于元件库是以 0.1 英寸（2.54 毫米）的单位进行的定义，所以原理图也应该使用采用该单位的栅格的绘制。

电路板绘图栅格由所使用的元件和电路板的复杂程度决定。

栅格和单位可通过单击参数工具栏中的 GRID 图标  来进行设置。

在 GRID 图标上单击右键会打开一个弹出菜单。该菜单中包含了 *Last* 选项，用于恢复到之前使用的栅格。选择 *New..* 选项可以为特定的栅格设置赋予一个别名。该别名可以用作 GRID 命令的一个参数。这样就可以从一种栅格设置快速切换到另一种设置。

所有的赋值都以当前选中的单位为准。请在帮助页面中参考 GRID 命令以便获取更多信息。

在设计规则窗口（⇒ *Edit/Design Rules...*）中可以为所有的设置选择 mil 或者毫米作为单位（1 mil = 1/1000 英寸）。默认单位为 mil。

如果您要将单位设置为毫米，只需要在数值后输入单位即可，例如：



0.2mm




英寸 - Mil - 毫米最常见的数值对照表：

英寸	mil	毫米
0,008	8	0,2032
0,010	10	0,2540
0,012	12	0,3048
0,016	16	0,4064
0,024	24	0,6096
0,032	32	0,8128
0,040	40	1,0160
0,050	50	1,2700
0,100	100	2,5400

GRID 对话框允许设置一个备用栅格，该栅格可通过在编辑器窗口中按下 **Alt** 键来调用。

## 11 连线、圆形、弧形、长方形和文本


连线、圆形、弧形、长方形和文本可分别通过 WIRE 、CIRCLE 

、ARC 、RECTANGLE  和 TEXT  命令来创建。一方面这些对象纯粹作为符号、封装、外框等图形的绘图组件，另一方面它们也可以执行特殊的功能，比如定义限制区域。

首先请创建一个新的原理图文件。关闭所有的编辑器窗口然后在 Control Panel 中选择⇒ *File/New/Schematic*。

这样就创建了一个名为 *untitled.sch* 的新文件。通常文件名不会保存为 *untitled*，所以请使用⇒ *File/Save as...* 菜单来重新定义名称。但在该指南中不会对任何文件进行保存。现在请最大化编辑器窗口。

### WIRE 命令

 WIRE 命令用户绘制连线。



#### ► WIRE 命令的参数

在命令工具栏中单击 WIRE 图标。这时该命令的所有参数都可以在参数工具栏中进行设置。请从层选择下拉菜单中选择第 94 层 (Symbols 层)。然后在该层中绘制连线：通过鼠标左键来定义起始点。然后将鼠标移动到上方的参数工具栏中选择不同的弯折模式。在多个斜角和直角模式中您可以找到 90° 度弯折以及自由定义的弯折。

在出现直角弯折时，请单击鼠标左键来固定弯折点。绘制好四个边后将鼠标放到起始点上双击后则完成连线，这时您应该能看到一个长方形的外框。

正如以上提到的，通过点击参数工具栏中的连线弯折图标可以选择不同的弯折类型。更高效的方法是在绘制线路时使用鼠标右键。请先激活 WIRE 命令并开始绘制连线，画线时单击鼠标右键可以在不同的弯折模式间切换。

但是在原理图编辑器中的参数工具栏上有三种弯折模式不能像 PCB 编辑器中一样通过鼠标右键来选择。

按住 *Shift* 键并单击鼠标右键可反方向选择。而按住 *Ctrl* 键并单击鼠标右键可在相似的两个连线模式之间切换。

请在原理图编辑器中使用 *NET* 或 *BUS* 命令来绘制 *net* 网络或 *bus* 总线线路，而不要使用 *WIRE* 命令！

请在 PCB 编辑器中使用 *ROUTE* 命令来对鼠线进行布线，而不要使用 *WIRE* 命令。否则 *EAGLE* 不会在变换信号层时自动放置过孔。

在 PCB 编辑器中：


如果连线 (WIRE 命令) 放置在电路板的顶层、或底层、或者 Route2 到 15 中

的任一层，EAGLE 会将这些连线作为带电气属性的导线。WIRE 命令也用于在第 20 层（*Dimension* 层）上创建电路板外部轮廓。下面我们来尝试使用该命令。

## 修改线宽

在激活 WIRE 命令后，您可以从参数菜单栏的下拉菜单中选择线宽或者直接在下拉菜单中输入指定的线宽值，并且可为每一段连线分别指定线宽。

要修改一个已有对象的线宽，

- 请单击 CHANGE  图标打开弹出菜单。
- 选择 WIDTH 项后会显示另一个弹出菜单，该菜单上标记了当前线宽用鼠标左键选择需要的值，然后再单击要修改的对象。

要将线宽修改为 CHANGE 命令菜单中没有包含的值，请单击 ... 项然后在 *Change Width* 窗口中输入数值。

另外也可以使用命令行来输入线宽值，例如：

```
CHANGE WIDTH 0.017 ←
```

然后单击您想要修改的线段或者绘制新的连线。

要修改连线类型请单击 CHANGE 并单击 *Style*。选择需要的类型然后单击您要修改的连线。

诸如 *Width*、*Style* 或 *Layer* 等连线属性可以通过右键弹出菜单中的 *Properties* 项来进行修改。请用鼠标右键单击需要查看的连线来打开弹出菜单。

另一种方法是使用 *INFO* 命令来打开属性对话框。

## 将对象移动到其他层

例如要将线段移动到另一层上，请执行一下操作

- CHANGE
- LAYER

通过鼠标左键单击来选择目标层，比如第 94 层（*Symbols* 层），然后单击 OK，最后用鼠标左键单击选中的对象。请注意某些对象，比如总线或网络连线具有特殊含义，所以不能移动到其他层上。

该操作也可以对对象组生效：

- 执行 GROUP 命令然后绘制一个包含所有对象的外框
- 执行 CHANGE 命令并在弹出菜单中单击 *Layer*，然后从层列表中选择层，接着按住 *Ctrl* 键并在对象组上单击鼠标右键。

## 撤销 / 恢复功能



EAGLE 最实用的功能之一是无限制的撤销次数。您可以随意单击左边的图标来撤销之前的操作。使用右边的图标来恢复被撤销的操作。

## CIRCLE 命令

 要激活用于绘制圆形的 CIRCLE 命令，请执行以下操作

- CIRCLE

EAGLE 需要两次鼠标单击来定义一个圆形。第一次单击设置圆心，第二次单击设置半径。

请将鼠标放置与栅格中的任意点并单击左键。然后鼠标向右移动几个栅格。当圆形半径满足您的要求时，单击鼠标左键以便固定圆形和终止命令。圆形的线宽与之前描述的连线线宽修改方法相同。线宽为 0 的圆形将成为实心圆。

使用坐标值绘制圆形的实例：

绘制一个圆心坐标在  $x = 10$  和  $y = 25$ ，并且半径为 15 毫米的圆形。

首先将栅格单位设置为毫米：

```
GRID MM ←
```

然后绘制圆形：


```
CIRCLE (10 25) (10 40) ←
```

或者


第二对坐标值表示圆周上的任意位置。因此其值对于某个特定的圆形可以是不同的值。

要更多的了解 CIRCLE 命令，请在执行该命令后按下 *F1* 键或者输入以下命令

```
HELP CIRCLE ←
```

要取消命令，请单击停止图标  或者直接执行另一个命令。按下 *Esc* 通常会取消鼠标对对象的选中状态。

## ARC 命令

 要激活用于绘制弧形的 ARC 命令，请执行以下操作

- ARC

一个弧形可用过三次鼠标单击来定义：第一次单击定义起始点，第二次定义半径，第三次定义结束点。


请将鼠标放置到需要的起始点位置上并单击左键。然后将鼠标向右移动几个栅格单位同时保持鼠标的 Y 坐标值不变。这时会出现一个圆形，该圆形可用于确定弧形的半径。单击鼠标左键后该圆形则会成为一个圆弧。现在您可以用鼠标右键来改变圆弧的方向。请多次单击右键以便观察不同的变化。您也可以移动鼠标来放大或缩小圆弧。

参数 *flat* 和 *round* 用于决定圆弧端点的形状。

请练习弧形的绘制。使用帮助功能来了解 ARC 命令的更多信息。

所有这些弧形也可以通过 *WIRE* 命令来绘制！

## RECT 命令

 要激活用于创建实心长方形的 RECT 命令，请执行以下操作

- RECT

定义个长方形需要单击两次鼠标：第一次确定长方形的一个角，第二次确定对角的位置。

将鼠标移动到长方形的某个角需要放置的位置然后单击鼠标左键。将鼠标向右上方移动，当长方形达到需要的大小时单击左键固定图形。该长方形的填充颜色为当前使用的层的颜色。

请使用帮助功能来了解关于 RECT 命令的更多信息。

## TEXT 命令

**T** 要激活用于放置文本的 TEXT 命令，请执行以下操作

- TEXT

这时会打开一个输出窗口，您可以在其中输入文本。输入后左键单击 OK，然后再用左键单击来放置文本。此时鼠标上会附着你输入的文本。要停止放置文本，只需要单击另一个命令图标或者 Stop 图标即可。要放置不同的文本，请在命令框中输入该文本并按下 Enter 键。这时新的文本会显示在鼠标光标上以便您进行放置。

包含空格或者分号的文本需要使用单引号，如下所示：

```
'This is a text'
```

通过选择鼠标右键弹出菜单中的 *Properties* 项可以修改文本属性，比如 *Size*、*Ratio*、*Font*、*Layer* 以及文本本身。请使用鼠标右键单击文本来打开弹出菜单。

修改文本属性的其他方法：

要修改文本字体，请执行以下操作

- CHANGE
- FONT

EAGLE 支持向量字体、比例字体、以及固定大小的字体。

要修改字体大小，请执行以下操作

- CHANGE
- SIZE
- 菜单中的值

或者在命令框中输入需要的大小值（按下 Enter 键确定）并单击文本的左下角。翻转文本的原点可以移动到文本的右上角。原理图中的文本始终以从下到上或从左到右的形式显示。

PCB 编辑器中可以在任何方向上显示文本。在激活 TEXT、MOVE、或者 ROTATE 命令时使用参数工具栏中的 *Spin* 按钮来让文本在任意方向上都易于阅读。

要修改文本内容，请执行以下操作

- CHANGE
- TEXT
- 文本的原点

然后编辑文本并单击 *OK*。

通过以下操作

- `CHANGE`
- `RATIO`

您可以依据向量字体的高度来修改文本的线宽（不能是比例字体或固定大小字体）。

### 特殊 **Text** 变量

如果您放置了以下文本

`>SHEET`

则该字符串会由当前页面的编号代替，比如 *1/1*（第一页，总共一页）。

EAGLE 提供了许多相似的文本变量，比如表示文件最后修改日期/时间的变量（`>LAST_DATE_TIME`），以及绘图输出的日期和时间变量（`>PLOT_DATE_TIME`）。

对于元件库元件提供了针对名称的文本变量 `>NAME` 和元件的赋值变量 `>VALUE`。另外还可以为 Symbol 使用变量 `>PART` 和 `>GATE`。

除了预定义占位符文本，EAGLE 还会将‘>’符号开头的文本识别为用户自定义属性、针对元件的属性、或者全局属性。更多信息请参考帮助页面中的 `ATTRIBUTE` 命令。

## 12 使用元件库

---

EAGLE 附带了许多元件库，其中包括了通孔和表面贴装元件。EAGLE 的 Control Panel 中的属性查看框提供了元件库的详细信息。

在本章节中您将了解如何在绘图中插入原理图符号以及如何使用这些符号。

请打开一个具有空白绘图区的原理图，操作如下：

⇒ *File/New/Schematic*

### ADD 命令



要从一个元件库中选择符号，请在命令工具栏中单击 ADD 图标，打开弹出窗口。在窗口左方显示的是可用元件库列表。每一个元件库项目都可以通过单击 + 号来展开。展开后则会显示其中的内容。选择某一项后您将会在窗口右方看到相应的预览。

键盘方向键可以让您在元件库列表中高效的导航。右方向键可展开元件库或者元件项。左方向键可用于跳回到上一级目录。按下左方向键两次可收起元件库树形分支。上下方向键可让您查看上一项或下一项。

如果按下任意字母，则以该字母开头的第一项会处于选中状态。快速按下多个字母，比如 *con*，则以 *con* 开头的第一项会处于选中状态。

您可以在 *Search* 框中采用一种或多种的搜索方式。比如使用元件的名称或者元件描述中的任意词汇。可以使用诸如 \* 和 ? 等通配符。

如果首次使用 ADD 命令时没有看到任何项目，则表示没有加载任何元件库。

如果遇到这种情况，请参阅下一节 USE 命令的内容。

例如我们要放置元件 74LS00。在 *Search* 框中输入：

*74\*00\*或者 74LS00\**

\* 是 technology 和/或 package 变量的通配符。搜索结果会显示采用不同 technology 和 package 变量的元件。选择需要的元件并单击 OK。这样您就能够将其放置在原理图中了。

将鼠标放置在显示中心偏左的位置并单击左键。然后将鼠标移动到偏右的位置并再次单击左键来放置第二个 gate。通过这种方式来在绘图区的中心周围放置四个 gate。

现在可以在附近某个位置放置第五个 gate。请注意 EAGLE 将前面四个 gate 命名为 IC1A 到 IC1D，而第五个 gate 命名为 IC2A，这是因为该 gate 属于第二个 IC。

如果您这时要将第 93 层 (*Pins* 层)，设置为显示状态，则可以使用之前介绍的方法或者在命令框中输入

*DISPLAY PINS ←*

这时会以绿色显示更多的引脚参数。将绘图中的某个 gate 放大后，您会看到引脚标记为 Input (In) 或者 Output (Out)，并且其用编号表示出了 Swaplevel。

大于 0 的 Swaplevel 表示该引脚可以和相同元件上另一个具有相同 Swaplevel 值的引脚互换 (请参考 PINSWAP 命令)。例如 Swaplevel 为 1 的引脚可以和其他 Swaplevel 为 1 的引脚互换。Swaplevel 0 意味着该引脚不能进行互换。

第 93 层 (*Pins* 层) 通常不会打印。

当 ADD 命令处于激活状态时，鼠标光标上将始终附着 gate 符号。

现在请使用放大图标或者 *F4* 键来放大原理图。然后按下键回到 ADD 命令的选择窗口。

在 Search 框中输入以下文字：

\*555N\*或者\*555\*

然后通过双击鼠标左键从 *linear.lbr* 元件库中选择元件，例如 LM555N。单击两次鼠标右键来将该元件旋转 180 度，然后单击鼠标左键将其放置在绘图区域中的某一位置上。

其他符号的放置同样使用该方法。您会发现元件库包含了欧洲和美国标准绘制的符号。请选择您需要的符号。

在 ADD 命令处于激活状态时，您可以通过按下 *Esc* 键来返回 ADD 菜单。再次按下 *Esc* 键则会取消该命令。

将绘图中已经添加过的元件以最快的速度再次添加的方法是右键单击 ADD 图标，在弹出菜单的已放置元件列表中选择并进行放置。

在原理图中放置元件的另一种方法是从 Control Panel 的树形浏览框中拖动到原理图编辑器中。

将两个窗口分布在您能够同时看到的位置，然后从树形浏览框 (*Libraries* 分支) 的 *linear.lbr* 元件库中选择一个元件，比如 LM555N。最后用拖拽的方式将该元件放置到原理图编辑器中。

如果您选择的元件具有多个 package 或 technology 变量，则软件会要求您在放置前通过选择窗口选择一个变量。

默认情况下，EAGLE 中所有的活动状态的元件都连接到相同的电源和接地层。因此不会显示电源引脚，并且在生成电路板图时电源引脚会自动连接到电源层和接地层（除非用户将它们连接到其他信号层）。如果您想在原理图中放置电源引脚，请使用 *INVOKE* 命令。

EAGLE 中大部分的元件库元件都只定义了一个 *VCC* 和一个 *GND* 引脚，因此默认情况下电源引脚不会显示。而在某些情况下需要显示某个 IC 的电源引脚，比如在 *linear* 元件库中的 *555N*。这时就需要将电源引脚与适当的网络连接。

EAGLE 的帮助功能为 ADD 命令和用于更新原理图和 PCB 设计当前元件库中各个元件的 UPDATE 命令提供了更加详细的描述。

## USE 命令



默认设置为 ADD 命令在指定的可用元件库目录 (*Control Panel* 中的 *Options/Directories*) 中对所有的库进行搜索。您可以在 *Control Panel* 的树形浏览框中的 *Libraries* 分支内通过单击绿色圆球标记来让搜索功能将元件库排除在外。绿色标记表示正在使用，灰色表示未使用。您也可以通过在命令框

中输入 USE 命令来控制元件库的使用。

例如输入命令

USE \*

则指定元件库路径中所有的元件库都进入使用状态。在帮助页面中可以找到关于该部分的更多信息。

### INVOKE 命令



INVOKE 可用于将活动元件连接到某个电源上而不是连接到 VCC 或者 GND 信号上。操作如下

- INVOKE

并左键单击 gate IC2A 打开弹出菜单。

在菜单中左键双击 *PWRN* 后 IC2 的电源引脚则附着到光标上。现在您就可以通过单击左键来将它们放置到任何位置以及连接到任何网络

INVOKE 命令的另一个功能让您可以在 EAGLE 自动分配前对相关符号的放置顺序进行调整。假设 INVOKE 命令处于激活状态，单击 IC2A 打开弹出菜单。gate A 的灰色字体表示该 gate 以及处于使用状态。以黑体字显示的项则表示可以使用。

如果您要在放置 IC2B 之前先放置 IC2C，请在弹出菜单中双击 C。这时菜单会关闭并且 IC2C 附着到鼠标上，通过单击鼠标进行放置。放置好 IC2C 后，EAGLE 将在重新分配其他 package 前使用该 package 中剩下的 gate。

如果您要在多个页面中放置 gate，请在多个新页面中使用 INVOKE 命令并在命令框中输入元件名称。之后便会出现弹出菜单。

请尽量尝试操作不同的元件库以及放置和旋转原理图中的符号。

您可以在绘图中从任何元件库选择元件进行放置。元件都完整的保存在原理图或电路板文件中。所以当移动文件时无需附带提供元件库。


## 13 绘制原理图

本章节中您将了解到网络 net 和总线 bus 在绘图中的应用。完成本章后您将能够创建原理图。

请新建一个绘图区并最大化编辑器窗口来创建一个空白的原理图。

### Grid 栅格

原理图的标准栅格单位是 0.1 英寸。各个符号都应该放置在该规格的栅格上或者栅格单位为整数倍的栅格上，否则有可能发生网络无法连接到引脚的情况。


 将备用栅格单位设置为 0.025 英寸。这样就可以通过按下 *Alt* 键在更细的栅格中对标签进行调整。


### 在原理图中添加外框

第一步先从元件库 *frames.lbr* 中选择一个绘图外框，该元件库包含了各种形式的预定义外框。

单击 ADD 图标并在 *search* 框中输入单词 *letter* 或 *frame* 进行搜索。选择一个合适外框，比如 *LETTER\_P* 并双击它。这时鼠标上便会附着有一个带有信封格式（竖式）文档记录信息的外框。

如果您无法看到外框的整体，请按下功能键 *F4* 直到其缩小到屏幕范围内为止。然后通过鼠标单击来将它的左下角放置在坐标 (*X=0, Y=0*) 上。

放置后外框仍然附着在鼠标上。请单击停止图标  来结束 ADD 命令。按下

组合键 *Alt+F2* 或者单击操作工具栏中的图标  可以最大化该外框。

您也可以使用 *FRAME* 命令 ( $\Rightarrow$  *Draw/Frame..*) 来手动绘制一个外框。请参考帮助页面中关于 *FRAME* 命令的详细信息。

### 添加和修改文本

您可以对元件库中的预定义外框及其文本区域添加连线、文本和其他对象。

在原理图编辑器中可以直接输入各种文本，比如项目名称或者版本号。

外框在元件库中以符号的形式保存，因此可以在第 94 层 (*Symbols* 层) 上写入文本。

现在请将外框的文本区移动到编辑器窗口中使其完全可见。然后单击 *TEXT* 图标并输入以下文本

CadSoft

单击 OK 按钮后，文本则附着在鼠标上并且可以通过单击左键来进行放置。将文本移动到文本区域的第一个空白行并单击鼠标来放置。放置后文本仍然附着

在鼠标上，可通过执行另一条命令或者单击停止按钮来解除鼠标附着状态。  
如果您在使用 TEXT 命令前没有对文本大小进行定义，则可以使用 CHANGE 命令来设置大小值，请执行以下操作：

- CHANGE

从菜单中单击

- SIZE

然后会弹出一个窗口，其中显示了当前选择的文本大小。然后执行以下操作

- 0.15

并将鼠标移动到文本 CadSoft 的左下角，单击鼠标左键，这时文本大小会修改为 0.15 英寸。如果您要设置一个 CHANGE SIZE 菜单中没有提供的尺寸，比如 0.17，请直接输入：

CHANGE SIZE 0.17 ←

然后单击文本的左下角。

也可以在输入大小值的同时输入其单位。例如你选择毫米为单位，请输入：

CHANGE SIZE 3.5mm

使用点来代表小数！除非您在命令行中指定单位，否则会采用当前栅格设置的单位！

通过右键弹出菜单的 *Properties* 项也可以修改属性。

请通过在文本区域添加地址或文档编号来练习文本的操作。

*TITLE*：显示正在使用的文件名称（文本变量>*DRAWING\_NAME*）。

*DATE*：显示最近保存的日期（文本变量>*LAST\_DATE\_TIME*）。

由于 *frames* 元件库中保存的外框已经定义了适当的文本变量，因此这两个区域会在保存绘图时自动填写实际的数据。

## 绘制原理图

现在我们开始绘制原理图。我们将绘制后面参考图示的原理图。如果您不想依次放置元件，可以从 *eagle/examples/tutorial* 目录中加载 *demo1.sch* 文件。

首先请使用组合键 *Alt+F2* 或者单击缩放到满窗口显示的图标来使绘图外框符合窗口尺寸。

该原理图由以下元件组成：

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C2	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C3	10n	C-EU025-025X050	C025-025X050	rcl	1
C4	47u/25V	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rcl	1
C5	47u	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rcl	1
D1	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
IC1	PIC16F84AP	PIC16F84AP	DIL18	microchip	1
IC2	78L05Z	78L05Z	TO92	linear	1
JP1	PROG	PINHD-1X4	1X04	pinhead	1
JP2	APPL	PINHD-1X17	1X17	pinhead	1
Q1		XTAL/S	QS	special	1
R1	2,2k	R-EU_R1206	R1206	rcl	1
F1		DINA4_L		frames	1

请使用 ADD 命令来放置列出的元件。

请牢记：

不要修改原理图编辑器的默认 100 mil (=2.54 毫米) 栅格单位大小。这样才能保证网络可以连接到元件的引脚上。

您可以通过单击 GRID 图标或者直接使用 F6 键来开启或者关闭栅格的显示。显示栅格可以帮助您定位元件。

在放置元件后您可以用 MOVE 命令对元件进行移动。在命令工具栏中单击相应的图标激活 MOVE 命令，然后将鼠标光标放到您要移动的元件上并单击左键。EAGLE 会高亮显示该元件，表示该元件已经附着到鼠标上并且可以重新放置。

重新选好位置后单击左键来将元件放置到新的位置。这时 MOVE 命令仍然处于激活状态，可以继续移动另一个元件。在移动元件时单击鼠标右键可以对元件进行旋转。

如果需要复制元件，您可以使用 COPY 命令（例如，C1 和 C2）。这样您就不需要每次都是用 ADD 命令来调用每一个元件了。

当您完成元件放置后，请使用 NET 命令对它们进行连接。

请注意是使用 NET 命令，而不是 WIRE 命令来绘制网络 net 连接！

请牢记：

对某个对象单击鼠标右键会打开弹出菜单，该菜单包含了可用于该对象的所有命令。

## NET 命令



只有网络 net 被放置到引脚的连接点上时才会连接到该引脚。请使用 DISPLAY 命令来显示第 93 层 (Pins 层)，以便明确这些连接点的位置。这些连接点以绿色圆圈表示。

EAGLE 会自动命名电气网络。在本实例 demo1.sch 中 C5 的正引脚、IC2 的引脚 3(VI)、以及 JP2 的引脚 16 具有相同的网络名称。尽管网络连线并不连续，但这些引脚都连接到同一个网络上。请执行 SHOW 命令并单击一个网络段：这时整个网络都会高亮显示。

在 NET 命令处于激活状态时，下方的状态栏会显示被选网路的属性。

具有相同名称的网络相互之间存在关联！

## NAME 命令



EAGLE 会自动分配名称，比如为总线分配 B\$..、为引脚分配 P\$..、以及为网络分配 N\$..。

单击 NAME 图标然后单击与 IC1 的 OSC1 (16) 引脚相连的网络。这时会出现一

个弹出菜单，其中显示了该网络的预定义名称。请输入

OSC1

并单击 *OK*。现在该网络会立即改变为你输入的名称。

元件和总线的名称也可以用同样的方法来修改。

### **LABEL 命令**



LABEL 命令可以让您在任何位置放置总线或网络名称。单击 LABEL 图标并将鼠标放置到网络 MCLR/PGM 上，然后单击左键。

该网络的名称会附着到鼠标上并且会有一条连线连接到相关网络上最近的位置。可以将文本名称放置到任何位置。您也可以使用鼠标右键来旋转名称标签。现在请将名称标签放置在图中所示的位置上并单击左键进行固定（JP1 的引脚 3 附近）。

如果网络或总线名称被修改，则相应的标签也会变化。标签的修改并非通过 CHANGE TEXT 命令，而是执行 NAME 命令并单击网络连线或总线连线来完成的。CHANGE FONT 或 CHANGE SIZE 命令可以修改字体或文本尺寸。

如果原图包含了多个页面（简化版软件不支持），则可以对标签的 XREF 项进行设置。该项用于生成与下一页面上相关网络对应的交叉引用。该选项仅在使用 FRAME 命令绘制外框的情况下生效。关于该选项的更多信息请参考 FRAME 和 LABEL 命令的帮助信息。

### **DELETE 命令**



您可以使用该命令来删除对象。如果对 Net、Wire 或 Bus 使用该命令，则一次删除一条线段。要使用该命令，请在命令工具栏中单击 DELETE 图标，然后将鼠标移动到要删除的对象上并单击左键。

按住 *Shift* 键时删除对象可以删除整个网络或总线。关于该命令的更多信息请参考帮助页面。

在这里 UNDO 和 REDO 命令同样有效。

要删除整个对象组，请使用 *Ctrl* + DELETE 并且在对象组上单击鼠标右键。

### **JUNCTION 命令**



将一个网络放置到另一个网络线路上会在两个网络相连的位置生成一个连接。该连接以接点形式自动生成。通过 *Auto set junctions* 项（⇒ *Options/Set/Misc*）可以关闭自动设置接点功能。

这时可使用 JUNCTION 命令在两个相互连接的网络的交叉点上绘制一个连接点。

单击 JUNCTION 图标后鼠标上会附着一个接点符号。将该接点放置到两个网络连线的交叉点上并单击左键进行固定。

### **SHOW 命令**



现在我们来了解 SHOW 命令的功能。该命令用于显示对象的名称和其他信息。整个信号和网络连线以及元件本身都能高亮显示出来。例如要高亮显示网络 V+，请在命令工具栏中单击 SHOW 图标，然后将鼠标移动到 IC2 的 VI (3) 引脚上并单击左键即可。

请注意 EAGLE 会高亮显示网络连线和每一个与该网络连接的引脚，以及与之连接的引脚的名称。

另外在状态栏中会列出以下信号线路的信息：

```
Net: V+, Class: 1 Power
```

在 SHOW 命令处于激活状态时，即使您使用鼠标中键来平移窗口或者使用了 WINDOW 命令，网络仍然会保持高亮状态。通过单击停止图标或者按下 *Esc* 键可以取消 SHOW 命令。这时对象则不再处于高亮状态。

要显示某个特定的对象，请单击 SHOW 图标并在命令框中输入对象名称（比如 RA4）。然后按下 *Enter* 键。

之后您可以再次输入其他名称而不再需要重新执行 SHOW 命令。

```
SHOW RA4 ←
```

```
RA3 ←
```

```
RA2 ←
```

通过这种方法您就可以依次高亮显示对象。

SHOW 命令也支持占位符。例如输入

```
SHOW RA* ←
```


将所有以 RA 开头的网络标记为高亮状态。

如果您想同时高亮显示多个网络，请用左键单击一个网络，比如 RA2。然后按下 *Ctrl* 键并单击 RA3 和 RA4。这样三个网络都进入高亮状态。

在按住 *Ctrl* 键的情况下再次单击网络 RA3，该 net 将取消高亮状态。

如果 SHOW 命令没有找到要显示的对象，则会弹出 SHOW 窗口并且在其中将该对象的 Sheet 栏标记为 ‘-’ 符号。这意味着该对象在所有页面中都不存在。

## MOVE 命令

 如果您用 MOVE 命令将某个网络移动到某个引脚上，不会产生任何电器连接。

相反如果您将某个引脚移动到另一个引脚上或某个网络线路上，则会产生一个电气连接，并且网络线路会在元件继续移动时附着到该引脚上。如果您要断开网络线路，请使用 UNDO 命令。

正如之前提到的，请使用 SHOW 命令来检查连接（网络和与之相连的引脚都会高亮显示）。另外您也可以使用 EXPORT 命令导出一个网络表或者引脚列表。

## 历史功能

通过键盘的上下方向键您可以在命令框中重新调用之前使用过的命令并按下 *Enter* 键来执行。*Esc* 键可以删除命令行。

请首先用 *Alt+F2* 来将原理图调整到满窗口显示，然后输入：

```
SHOW R1 ←
```

```
SHOW C1 ←
```

```
SHOW IC1 ←
```

单击停止图标来推出 SHOW 命令。这时您可以使用键盘上下方向键来在最近使用过的命令之间滚动并通过 *Enter* 键来执行。

## 完成原理图

使用 ADD 命令来添加余下的元件和从 *supply1.lib* 库中为 +5V、V+ 以及 GND 选择符号。

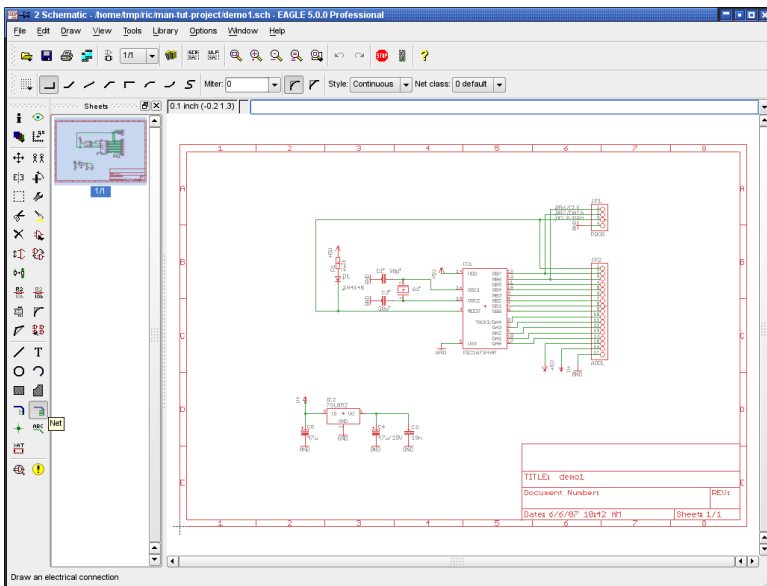
请输入搜索内容：*\*supply\**。

电源符号在您的原理图中表示电源信号，并且 ERC（电气规则检查）会对该信号进行特殊的检查。

请记住您可以使用 MOVE 命令来移动对象并且可以在对象附着到鼠标上时用单击右键来进行旋转。

在原理图中使用 NET 命令来连接元件的引脚以及将电源符号连接到相应的引脚上。在使用 NET 命令时通过单击鼠标右键来在直角弯折和斜角弯折模式之间进行切换。使用左键单击来固定线段。

如果您刚好将某个网络放置到某个接点上，则该网络会将该位置作为结束点。否则网络会继续跟随鼠标移动。



➤ 原理图 *demo1.sch*

## SMASH 命令



当您将其某个元件从水平状态旋转到垂直状态时，您会发现其名称和值的文本会一起旋转。EAGLE 提供了 SMASH 命令，可以让您单独移动和旋转元件的名称和值的文本。当移动这种被分离出来的文本时，EAGLE 会在该文本与元件的原点之间绘制一条连线，以便表示文本的归属关系。

要激活该命令，请执行以下操作

- SMASH

然后将鼠标放到元件符号上并单击左键。

您也可以直接在命令框中输入元件名称并按下 Enter 键。

还有一种执行 SMASH 命令的方法：

在元件上单击鼠标右键打开弹出菜单，选择 *Properties* 项并选中 *Smashed* 选项。

将文本从元件上分离出来后，单击 MOVE 图标并将鼠标移动到元件上，比如 D1 二极管上，然后单击左键。文本选择点以一个十字表示，并且根据文本的旋转状态不同而处于不同的位置，可以是左下角或者是右上角。这时元件名称会附着在鼠标上。可以将其移动到更合适的位置并使用鼠标右键来旋转。当您完成 D1 的旋转和重新定位后，请单击左键以固定。

在使用 SMASH 命令进行分离后，如果您想修改名称和值的文本的大小，请使用 CHANGE SIZE 命令（单击 CHANGE 图标并从菜单中选择 *Size*）。

SMASH 命令也可以用于对象组。请执行 SMASH 命令，然后按住 *Ctrl* 键并用鼠标右键单击对象组。

如果您按住 *Shift* 键并左键单击元件，则所有的文本都会返回其初始位置，并且恢复到分离之前的固定状态（即取消分离）。

取消对象组的分离状态需要同时按住 *Shift* 和 *Ctrl* 键并在对象组上单击鼠标右键。如果您只按住 *Shift* 键，则会出现弹出菜单，您需要在该菜单中选择 *Smash:Group*。

## VALUE 命令



EAGLE 允许您对诸如电阻或电容之类的元件的值进行定义或修改。对于 IC 来说，其值能够告诉您元件的型号（例如 74LS00N）。请执行以下操作

- VALUE
- 电阻

并输入新的值 2.2k，然后单击 OK。这时会将新设的值显示出来。


如果您要为多个元件定义相同的值，请用鼠标右键单击 VALUE 图标打开最近使用过的值列表。选择一项并依次单击多个元件来设置新的值。

现在您可以使用 NAME 命令来分别修改电阻、电容、IC、网络和总线的名称。您可以对网络名称进行修改，但是除了需要的情况下，你不用导出网络表。

## 电气规则检查（ERC）

如果您还没有完成原理图绘制，则请您加载 *demo1.sch* 文件。

ERC 命令用于检查原理图是否存在电气错误。检查结果会以警告和错误信息的形式显示在 ERC 提示窗口中。要启动电气规则检查请在命令工具栏中单击

ERC 图标 .

在本实例中 ERC 发出了两个警告信息：

```
POWER Pin IC1 VSS connected to GND
POWER Pin IC1 VDD connected to +5V
```

这些信息提示您电源引脚并没有连接到需要连接的信号线路上。元件库中名称为 VSS 或 VDD 的电源引脚被连接到 GND 和 +5V 信号线路上。在本指南中特

意设置了这两个错误以便演示。单击其中一条信息后，EAGLE 会在原理图中显示错误的位置。

这两个警告并不会造成任何问题并且能通过在元件库定义中修改电源引脚的名称来解决。但您也可以 *Approve* 这些警告。这样警告信息会转移到 *Approved* 分支中，而不会显示在 *Warnings* 分支中。

请注意 *ERC* 只能发现有可能造成错误的地方。*ERC* 信息是否准确仍然需要您的判断！

如果您需要更多地了解 *ERC* 命令，请在命令框中输入 `HELP ERC` ←。

## 从原理图生成电路板



在加载设计电路板所需要的原理图后，请单击操作工具栏中的 **BOARD** 图标：

这时会生成一个电路板文件，其中各个封装会放置在一个空电路板的旁边。

在设计印刷电路板章节中会进行更详细的介绍。

现在我们将介绍另一个重要命令，在原理图的设计中需要用到该命令。

## BUS 命令



请加载 `/eagle/examples/tutorial` 目录下的原理图 `bus.sch`。

这时会显示一个带有总线线路的原理图。总线的绘制需要使用 **BUS** 命令，并且总线会自动命名（比如 `B$1..`）

总线并不具有逻辑意义。它仅仅是一个绘图对象。逻辑连接（*net*）只能通过 **NET** 命令来定义。即使各段网络处于原理图的不同页面中或者看起来没有相连，但只要具有相同名称的网络即表示其都属于同一个网络。

总线的名称表示该总线所代表的信号。在该实例中总线由 **NAME** 命令命名为 `EN, VALVE[0..11]`。

该总线并没有完成，即还有一些连接需要绘制。请使用 **NET** 命令并单击总线线路将以下信号连接到 **IC7** 上：

EN	IC7	Pin 14	EN
VALVE0	IC7	Pin 16	INA
VALVE1	IC7	Pin 15	INB
VALVE2	IC7	Pin 10	INC
VALVE3	IC7	Pin 9	IND

在命令工具栏中单击 **NET** 并将鼠标移动到蓝色总线上比 **IC7-14** 引脚多出一个栅格的位置。如果您希望命名方便，则网络的连接需要以总线为起点。请单击总线来设置网络的起点，这时会出现一个包含了该总线所连接的网络名称的弹出菜单。单击 **EN** 项并将鼠标移动到 **IC7-14** 引脚，然后使用鼠标右键来切换弯折类型，直到其形状与该绘图区的其他网络线路相似。这时请单击该引脚的连接点以便固定网络线路。

对于 **VALVE0** 到 **VALVE3** 请重复以上操作。

在原理图中使用 **LABEL** 命令可以让网络名称进入可见状态。

如果您要取消某个操作，请单击 UNDO 图标或者使用 *F9* 键。无论单击 REDO 图标还是使用 *F10* 键，您都能够重新执行被取消的操作。

请使用 MOVE 命令来移动单独的总线线段。请选择线段端点的位置以便对该端点进行移动。如果选择线段的中间位置，则进行平行移动。

您可以使用 DELETE 命令来删除单独的线段。

如果您对总线进行移动，已经绘制好的网络不会同时移动。要同时移动总线和网络，您需要使用 GROUP 和 MOVE 命令。

当您需要选择某个对象并且该对象的原点与另一对象的原点距离很近时鼠标会变成带有四个箭头的十字形状。这时请单击鼠标左键来选择高亮显示的对象。如果您要选择另一个对象，请单击鼠标右键。选中的对象的信息会显示在状态栏中。

## 14 自动正反向标注 Forward&Back Annotation

---

在正反向标注功能启用时原理图中的任何修改都会同时反应在电路图中，反之亦然。某些修改既可以在电路板中也可以在原理图中进行，例如命名元件和网络等。另外的某些操作则只能在原理图中进行，例如添加元件。EAGLE 会在电路板文件中禁止这种操作并且提示您在原理图中进行该操作。

您在设计电路板时请尽量启用正反向标注控制功能；只有这样您才能确保原理图与电路板相互一致。当您加载具有相同名称并且相互一致的原理图和电路板文件时，该控制功能就被激活了。在两个文件同时存在于相同的目录下时，EAGLE 总是会同时加载这两个文件。相互一致在本文中是指网络表、元件和值都相同。

如果您加载了具有相同名称并且处于相同目录下的原理图和电路板文件，无论加载顺序的先后，EAGLE 都会执行一致性检查。如果发现有任何差别，您就需要启动 ERC 检查功能。检查结果会显示在 ERC 窗口中。*Consistency errors* 错误目录列出了原理图和电路板之间的差别。通过该信息您就能够逐步恢复两个文件的一致性。

如果仅加载了原理图或者电路板文件，则正反向标注功能会被取消。在文件中的任何修改将造成电路板和原理图文件不一致。

因此请总是遵循以下规则：

在加载电路板文件后，请不要关闭原理图窗口（但您可以最小化该窗口） - 反之亦然。

要验证正反向标注功能，请加载 *demo2.sch* 文件。这时电路板文件 *demo2.brd* 将自动加载到 PCB 编辑器中。

现在请将两个窗口尺寸调整到能够同时查看的大小，然后使用 NAME 和 VALUE 命令来修改某些名称和值。您将会看到两个窗口中的名称和值的变化。请继续尝试使用 DELETE 命令来进行试验，同时记住使用 UNDO 和 REDO 命令。

## 15 设计印刷电路板

在本章节中您将会创建一个小型的 PCB 设计并且使用 PCB 编辑器来对现有的设计进行修改。首先，请在不使用原理图的情况下创建一个电路板。

本章节主要针对没有购买原理图编辑器的用户。如果您已经拥有了原理图编辑器，则一般来说您不会用到以下部分所描述的步骤。但是由于这一部分涉及到某些实用的知识点，所以仍然请您完成本章节的阅读。


PCB 编辑器以俯视图的形式来显示电路板。请想象您将电路板放在手上并且从上方进行观察。这就是诸如文本等电路板底层上的对象以镜像显示的原因。

### 在没有原理图的情况下设计电路板

请建立一个新文件（Control Panel 上⇒ *File/New/Board*）并且最大化编辑器窗口。

#### 设计电路板外形


我们要做的第一件事是定义电路板的外形。在定义外形前，我们需要定义绘制电路板外框所使用的度量单位。在这里我们使用默认栅格，请单击参数工具栏

中的 GRID 图标 ，然后单击 *Default* 按钮并单击 *OK*。

电路板外框需要使用 WIRE 命令在第 20 层（*Dimension* 层）上进行绘制：请单击 WIRE 图标，然后从参数工具栏上的下拉菜单中选择第 20 层。

将光标放在坐标的零点上并单击以便确定外框的起始点。然后将光标向右上方移动并单击鼠标右键直到两条线成直角（90 度）。接下来将鼠标放置到坐标（4.00 3.00）附近。

在该点上左键单击来固定外框并且将光标移回坐标零点上。双击左键将会取消 WIRE 命令。这时电路板外框就完成了。

通过 MOVE 命令  可以移动外框的边，或者使用 UNDO 和 REDO 命令来恢复之前的操作并进行需要的修改。

组合键 *Alt+F2* 或者单击缩放到满窗口显示的图标能够让电路板满窗口显示。

#### 元件放置栅格

在放置元件前将栅格设置为元件放置栅格是很重要的。元件放置栅格有可能与用于绘制电路板外形的栅格不同，并且与用于布线的栅格几乎完全不同。在下面的练习中我们将使用 0.05 英寸的默认栅格。

#### 放置元件

在命令工具栏中单击 ADD 图标  并搜索 *DIL14*。

双击一个 14 引脚的 DIL 元件，该元件的封装会附着到光标上。可以通过鼠标右键来旋转并通过左键来放置。请放置两个 DIL14 元件。

使用 *F3* 和 *F4* 键来放大和缩小。

如果您想在 PCB 编辑器中以任意角度放置元件，可以在元件附着到光标上时通过参数工具栏中的 *Angle* 项来设置任意值。请单击该下拉菜单，输入旋转角度并按下 *Enter* 键。现在就可以对旋转后的元件进行放置了。

在元件放置到 PCB 设计图中后可以使用 ROTATE 命令来修改旋转角度。

默认情况下 ROTATE 命令支持 90 度的单位旋转量。

在该命令处于激活状态时通过在参数工具栏的 *Angle* 项输入需要的值，可以将元件旋转任意角度。现在请单击元件来对其进行旋转。在选中元件后按住鼠标不放并移动鼠标也可以进行旋转。当前角度会显示在参数工具栏中。

如果您想要使用另一个封装来替换预定义的封装（例如用 SMD 来代替通孔封装），您可以使用 REPLACE 命令。详细信息请参考帮助页面。

### 放置 SMD 元件

现在请使用 ADD 命令来在电路板上放置两个 1210 封装元件。如果您知道元件的名称，您可以在命令框中输入

```
ADD R1210 ←
```


或者

```
ADD R1210@smd-ipc ←
```

来从特定的元件库中调用该封装。

如果您想要将封装以一定的角度放置，可以直接输入数值：

```
ADD R1210@smd-ipc R22.5 ←
```

SMD 焊盘以红色表示，意味着它们位于电路板的第 1 层 (Top 层) 上。要将它们转移到底层上请使用 MIRROR 命令。请在命令参数栏中单击 MIRROR 图标  并且单击该封装或者在命令框中输入该元件的名称。


当 MIRROR 命令处于激活状态时，您可以将不同的封装转移到电路板的另一个面上。为了方便下面的练习，所有封装都放置到 Top 层 (红色) 上。

当元件放置好后并且您不会再次移动的情况下，您可以使用 LOCK 命令来锁定它们。为了便于识别，被锁定的元件的原点十字符号会以“x”的形状显示。

使用 *Shift* + LOCK 并对元件单击鼠标可以再次释放该元件。

### 提供名称

要为封装分配一个名称请执行以下操作：

在命令工具栏中单击 NAME 图标 .

将光标移动到第一个 DIL14 的原点附近并单击左键。这时会出现一个弹出窗口。请输入

```
IC1 ←
```

这样封装就分配到了一个新的名称。请重复该操作来为剩下的 IC2、R1 和 R2 命名。


也可以在命令行中对对象的名称进行修改，例如以下操作：

```
NAME R22 R2 ←
```

通过该操作 R22 被重命名为 R2。

### 提供值

要为元件分配值，请执行以下操作：

在命令工具栏中单击 VALUE 图标 。


然后将光标移动到 IC1 的原点附近并单击左键。  
这时会出现一个弹出窗口。请输入

CD4001 ←

这样 IC1 的值变为 CD4001。接下来使用 VALUE 命令来设置 IC2 的值为 CD4002，R1 的值为 100k，R2 的值为 22k。

定义信号

下一步是定义信号并使用鼠线（伸缩线）来建立它们之间的连接。首先连接接地焊盘：

单击 SIGNAL 图标  并输入

GND ←

然后单击 IC1（IC1-7）的焊盘 7 并将光标移动到 IC2-7 上，双击鼠标来结束 GND 鼠线。

现在两个焊盘都连接到 GND 信号了。

下面我们将连接 VCC。请输入

VCC ←

单击 IC1-14 并将光标移动到 IC2-14 上，双击鼠标来结束 VCC 鼠线。请使用相同的方法来定义更多的信号。

如果您在这次操作中不想指定信号名称，请单击某个焊盘来确定信号起始点然后双击某个焊盘来结束该信号（或者单击停止图标）。然后 EAGLE 会自动生成 net 名称，该名称可以通过 NAME 命令来修改。

**EAGLE 术语：***Pads* 用于传统通孔元件（在封装中使用）的管脚，是原理图符号的接线点对应的管脚。*SMD* 则是表面贴装元件的焊盘（在封装中使用）。

如果您没有使用正反向标注控制功能，则可以使用 DELETE 命令来删除鼠线（这时您需要在原理图中删除相应的网络来实现信号的删除）。

请注意在启用了正反向标注控制功能时 UNDO (F9) 和 REDO (F10) 功能也能够工作。

定义网络簇

CLASS 命令 (⇒ *Edit/Net classes..*) 可以让您为不同的网络定义不同的属性：

*Width* 定义最小线宽

*Clearance* 定义网络簇信号线路之间的最小距离

*Drill* 定义过孔的最小钻孔直径。

例如，电源信号可以使用更宽的线宽（更大的电流）或者更大的间距（更高的电压）来进行布线。

autorouter/follow-me 布线器也将依照这些值来进行布线。

所有默认属性值为 0（未定义簇）。这表示设计规则中的值对所有信号有效。

如果在设计规则中对值进行了设置，并且网络簇的值也进行了设置，则较大的值为有效值。

如果您要为每一个单独的网络簇分配不同的间距值，则可以单击 Net Classes 窗口中的 >> 按钮来在 *Clearance Matrix* 项中进行设置。


在电路板文件 *hexapodu.brd* 中使用了各种不同的簇来作为范例。

## 从原理图创建电路板

如果您拥有原理图编辑器并且已经绘制好了原理图，则您只需要几个步骤就可以得到之前章节中所实现的结果：

即一个包含了各种元件的电路板，这些元件具有各种名称和值并且焊盘或 SMD 已经由鼠线进行了连接。

### 生成电路板文件

请加载文件 *demo1.sch* 并单击 BOARD 图标 ：

通过该命令您可以创建一个名称与原理图相同 (*demo1.brd*) 的电路板文件。


请单击 OK 来对 *Create file?* 的询问进行确认。然后最大化 PCB 编辑器窗口。

作为设计的第一个步骤，我们推荐手工绘制电路板外框。该外框是用 wire 在第 20 层，Dimension 上进行绘制。


单击 WIRE 命令图标并在参数工具栏中选择细线宽，然后开始绘制电路板外框。在起点位置单击鼠标左键，然后移动光标来绘制外框。在移动过程中每次单击鼠标都会对跟随光标的线段进行固定。电路板外框的绘制终点应该与起点位置重合。

请注意免费版和免费试用版只能绘制最大面积 100mm x 80mm 的电路板。因此您无法绘制大于该限制的外框。

### 元件放置

请单击缩放到适合窗口的图标  来将绘图满窗口显示。元件则位于电路板的左边位置。

单击 MOVE 图标并单击最大的 IC 的中心位置，然后在电路板外框中移动光标。这时元件和鼠线始终附着在光标上。如果您要旋转元件请单击鼠标右键。单击左键可以选定元件的位置。请采用 MOVE 命令来放置所有的元件。

移动元件的另一种方法是通过其名称来进行选择。请单击 MOVE 图标  并在命令框中输入。

JP1 ←


该元件则会附着到光标上。

如果您要将元件锁定在某个位置，请使用 LOCK 命令。

单击 RATSNEST 图标可以计算鼠线的最短连接长度。请您重复使用该命令来检查元件放置的合理性（确保较短的鼠线、没有相互交叉的总线等）。

在使用 BOARD 命令生成电路板文件后，EAGLE 会将所有的封装放置在电路板外框内左方负坐标的区域。在简化版中您可以在 3.9 x 3.2 英寸的范围限制内放置元件。要手动布线或者使用 *autorouter* 或者 *follow-me* 布线器布线，您需要首先将所有元件放置到该区域中。

**Autorouter：简单实例**

如果您想要查看 Autorouter 的一个简单演示，请在命令工具栏单击 AUTO 命令图标 。在必要的情况下选择一个更细的布线栅格（默认 50mil）并单击 OK。


如果元件放置没有很严重的问题，则自动布线过程会很快完成（请参考状态栏信息）。如果花费时间过长，请单击停止图标来终止 Autorouter 功能并单击 Yes 来确认 Interrupt? 的询问。

如果您不接受布线结果，请单击 RIPUP 图标来恢复操作。如果您要将特定的线路恢复到鼠线状态，请单击这些线路并通过操作工具栏中的交通灯图标来启动 ripup 操作。如果您要将所有已完成布线的线路恢复到鼠线状态，请单击 RIPUP 按钮然后再单击交通灯按钮。最后单击 OK 来确认 Ripup all signals? 的询问。

无论电路板上存在的是已经布线的线路还是只有鼠线，您都可以随时启动 Autorouter。一般情况下在使用 Autorouter 前对电源信号和其他重要信号通路进行手动布线。在启动 autorouter 前完成的布线工作将不能够再修改。

如果您想要电路板单面布线，请使用 *RECT* 命令在第 41 层（tRestrict 层）上为电路板的顶层绘制一个限制区域。

**手动布线**

ROUTE 命令  可以将鼠线连接成信号线路。

请在命令工具栏中单击 ROUTE 图标。

然后单击某条鼠线的起始点或者在命令框中输入信号名称。这时线路的起始点位于当前光标位置附近。

您还可以在参数工具栏中进一步设置参数，比如线宽和层。在您选定新的线宽值后即可生效。

如果某条鼠线的起始点位于一条已经布线的线路上，并且该线路的线宽与当前选择的线宽不同，而您希望使用该线路的线宽来布线，则需要按住 Shift 键并单击该鼠线。这样新线路就会采用已存在的这条线路的线宽。

所有的值都以当前选择的 GRID 单位为准。

请执行 ROUTE 命令并单击某条鼠线，然后移动光标来对信号进行布线，接下来单击左键固定当前的线段，再次移动鼠标来改变布线方向以便绘制下一个线段。双击鼠标左键可以固定最后一条线段并在该光标位置上结束对该信号的布线操作。由于这时 ROUTE 命令仍然处于激活状态，因此您还可以继续对新的信号进行布线。

当 ROUTE 命令处于激活状态时，可以通过鼠标右键来改变两条线段之间的弯折模式。请尝试使用不同的模式，其中包括以弧形弯折进行布线（请参考 SET 命令的 *Wire\_Bend* 参数）。在参数工具栏中只有两种 *follow-me* 布线模式可用。（*wire\_bend* 8 和 9）。这两种模式将在下一章节中进行讲解。


如果您在布线过程中通过参数工具栏的下拉菜单改变了目标层，则之后的线段会在新的层上进行绘制。EAGLE 会自动设置必要的过孔。

当某条线路与另一条属于相同信号但处于不同信号层的线路的结束位置重合时，EAGLE 不会自动设置过孔。要对其中一条进行放置，请按住 *Shift* 键并结束该线路。



在布线时 EAGLE 会随时计算到下一个属于相同信号的点的最短距离并且以鼠线的形式来表示。

当您接近某个属于相同信号的焊盘或者 SMD 时，并且计算出的鼠线长度逐渐接近吸附范围 (*snap length*) 时，线路会被吸附到该焊盘或者 SMD 的中心（磁性焊盘功能）。

吸附范围的值可以在 *Options/Set/Misc* 菜单中进行设置。

使用 MITER 命令  可以改变倒角的形状。您可以将倒角形状修改为斜线或者弧形，倒角大小由倒角半径确定。某些线路的弯折模式要受到倒角半径的影响。在 MITER、SET、WIRE 命令的帮助页面中可以找到更多信息。

### Follow-me 布线器

ROUTE 命令包括两种操作模式，wire bend 8 和 9，这两种模式可以帮助您对信号进行布线。请用鼠标选中某条鼠线并通过 Follow-me 布线器来计算线路的连接。光标的位置会影响布线过程。Follow-me 布线器可以工作在 *partial* 模式  或者 *full* 模式  下，您可以从参数工具栏中选择一种模式的图标。

只有 Autorouter 功能可用的情况下才支持 Follow-me 布线器。

当在 *partial* 模式下选中了某条鼠线后，线路将会基于当前光标位置到鼠线上最近的端点之间进行计算，并且显示在屏幕上。当光标移动时 Follow-me 布线器会对新的线路进行计算。线路连接会跟随鼠标光标。如果您对布线结果满意，请单击鼠标来固定布线。然后对下一线段进行布线。将光标移动到一个新位置上后 Follow-me 布线器会再次对线路连接进行计算。

在 *full* 模式下 Follow-me 布线器会对整个连接进行计算。单击某条鼠线后，对线路的计算将从光标当前位置开始对鼠线上的两个方向进行计算。

Follow-me 布线器遵循设计规则和网络簇中设置的标准。与布线策略有关的设置位于 *Autorouter Setup* 窗口的 *General* 和 *Follow-me* 标签下。要访问该窗口

请单击 ROUTE 命令的参数工具栏中的 AUTO 图标 。该图标需要单击一个 follow-me 图标后才会显示出来。












PCB 编辑器的当前栅格设置为布线栅格。在参数工具栏中可以设置线宽、过孔的直径以及鼠标当前位置上开始绘制线路的层。

关于 Follow-me 布线器的更多信息请参考 ROUTE 命令的帮助页面和 EAGLE 用户手册。

简化版由于信号层数的限制，所以不支持盲孔和埋孔。

## 电路板的修改

在您完成电路板的布线工作后，您还可以进行修改，例如：

- ◆ 使用 MOVE  和 SPLIT  命令来移动和整理线段
- ◆ 使用 RIPUP  命令来将线路恢复成鼠线状态
- ◆ 使用 DELETE  来删除信号（只能在没有正反向标注功能的情况下使用）
- ◆ 使用 CHANGE PACKAGE  命令（也可以直接用 PACKAGE 命令）或者 REPLACE  命令来替换 Package 变量。在 *demo3.brd* 文件中 IC1 的封装已经被替换为 SMD 封装。
- ◆ 修改设计规则（例如 Restring 设置）
- ◆ 使用 SMASH  命令来将文本从元件中分离出来以便执行 MOVE 、ROTATE 、或 CHANGE  命令
- ◆ 使用 MITER  命令来修改线路倒角

## PCB 编辑器的其他作用

在本章节中您将对一个已布线的演示电路板进行修改。请加载 *demo2.brd* 文件并最大化编辑器窗口。

接下来将重复执行几个重要命令。

### DISPLAY 命令



将某些信息隐藏起来通常能够呈现更加清晰的显示效果。请执行以下操作

- DISPLAY

并取消第 21 层 (*tPlace* 层) 的选中状态，该层显示了电路板顶层的丝印层外框符号，同时取消第 23 层 (*tOrigins* 层)，第 25 层 (*tNames* 层)，第 27 层 (*tValues* 层)，以及第 51 层 (*tDocu* 层) 的选中状态。

单击 Apply  OK 以便应用所作的修改和关闭 Display 窗口。

另外也可以定义别名。别名可以让您从一种层显示设置状态快速便捷的切换到另一种层显示状态。通过 DISPLAY 图标上的右键弹出菜单可以定义别名。请同时参考 DISPLAY 命令的帮助页面。

### MOVE 命令



通过 MOVE 命令您可以对线路（连线或信号线路）等对象进行移动。选中某个线段的一个端点可以实现仅对该端点的移动操作。按住 *Ctrl* 键来选中时，该端点会在当前栅格上以一格为单位跳跃。选择线段的中间部分能够实现平移效果。如果按住键 *Ctrl* 移动则能够将线路修

改为弧形。

您也可以对过孔（连接顶层和底层线路的通孔）进行移动操作。在移动过孔时，与之相连的线路也会随之移动。

为了移动顶层上的元件，需要将第 23 层（*tOrigins* 层）设置为显示状态。对于移动底层上的元件也需要在第 24 层（*bOrigins* 层）上执行相同的设置。

在 MOVE 命令处于激活状态时，您可以使用鼠标右键来将对象旋转 90 度或者参数工具栏上 *Angle* 下拉菜单中的任意角度。

*Spin* 按钮（仅用于 PCB 编辑器）用于决定文本在旋转 180 度时显示为上下颠倒的状态还是保持从绘图底部的角度看仍然可辨认的状态（默认）。该功能也适用于 ROTATE 命令。

状态栏会显示被选对象的相关信息。

### GROUP 命令



EAGLE 中最实用的命令之一就是 GROUP 命令。它能够让您选中多个对象、修改它们的属性并同时对它们进行移动、旋转或镜像操作。要使用 GROUP 命令请单击 GROUP 图标。然后通过鼠标左键单击和放开来绘制一个包含一组对象的多边形并使用鼠标右键来完成该多边形（请不要使用 POLYGON 命令）。这时被选中的对象处于高亮状态。

另一种方法是按住鼠标左键并拖动鼠标绘制一个正方形来标记出对象组的区域。在相应的层处于显示状态并且其中的元件没有被 LOCK 命令锁定时，使用命令 GROUP ALL 可以选中所有的对象。

在已经选择了对象组后，按住 *Shift* 键并使用鼠标选择其他对象组，这时之前已存在的对象组和之后所选择的对象组同时被选中。

按住 *Ctrl* 键并使用 GROUP 命令可以对单独的对象进行选择操作。

请确保您在可见层中进行对象选择操作。只有当第 23 层（*tOrigins* 层）为可见状态时才能选择顶层上的封装，当第 24 层（*bOrigins* 层）为可见状态时才能选择底层上的封装。请使用 *DISPLAY* 命令来显示或隐藏各层。

接下来选择 MOVE 命令，并按住 *Ctrl* 键，然后使用鼠标右键来使该对象组附着到光标上。这时您可以同时移动所有的对象。单击鼠标右键来将该对象组逆时针旋转给定的角度。旋转角度可以直接在参数工具栏上的 *Angle* 下拉菜单中指定。使用鼠标左键来固定对象组。

在使用 GROUP 命令选定了对象组后，就可以用 CHANGE 命令来修改被选中对象的属性。先选中包含了多条线路的对象组，再在命令工具栏中单击 CHANGE 按钮，选择 Width 下的 0.032。然后在按住 *Ctrl* 键的情况下在编辑器窗口中单击鼠标右键。

您可以使用 UNDO 命令来撤销这些操作。

**SPLIT 命令**

使用 SPLIT 命令可以在线路中增加弯折，请执行以下操作。

首先单击命令工具栏中的 SPLIT 图标

然后单击某条线段

稍微拖动该线段。这时您可以看到线段上出现了一个弯折。弯折的角度可以通过鼠标右键控制。请尝试多次单击鼠标右键来观察弯折的不同类型。

单击鼠标左键则可以固定该线段。这时下一段线段会附着在光标上。使用这种方法可以很轻松的对线路进行重新布线。已完成布线的线路可以删除，比如使用 MOVE 命令和 RIPUP 命令。

使用 Esc 键或单击停止图标来终止该命令。

**CHANGE 命令**

使用 CHANGE 命令来修改线宽或者将某条线路移动到另一层上。要修改线宽，请执行以下操作：

单击 CHAGNE 图标

在弹出窗口中单击 WIDTH

单击新线宽的值

然后将光标移动到需要修改的线路上并单击左键。

要将线宽修改为菜单中没有提供的数值，例如 0.23 英寸，请单击...项。在弹出窗口中您可以输入数值。

您也可以使用命令行：

```
CHANGE WIDTH .23 ←
```

然后单击要修改的线段。

要将某条线段移动到另一层上，请执行以下操作：

单击 CHANGE

单击 LAYER

单击目标层

单击线段

在需要过孔来连接完整的信号线路时，EAGLE 将自动加入过孔。如果过孔出现重复的情况，EAGLE 将自动对其进行删除。

**ROUTE 命令**

使用 ROUTE 命令来将鼠线改变为线路。您可以通过单击左键来固定某条线路的位置，然后转变方向并固定下一段线段，直到完成鼠线的转变。

请同时参考之前的手动布线章节。

**RIPUP 命令**

如果您想要将已经完成布线的 GND 信号线路和 VCC 线路转换成鼠线状态（该转换过程称为 *Ripup*），请单击命令工具栏中的 RIPUP 图标并输入：

```
GND VCC ←
```

按下 F9 键两次可以撤销这些操作。

如果您要对除了 GND 和 VCC 信号以外的线路执行 ripup 功能，请在激活 RIPUP 命令后输入：

```
! GND VCC ←
```

这时两条信号线路都高亮显示。单击 *Go* 图标来立即执行该命令。  
您也可以在命令行中加入分号来立即执行该命令：

```
! GNC VCC ; ←
```

## SHOW 命令



使用 SHOW 命令来高亮鼠线、线路或者元件。请单击缩放到满窗口显示的按钮然后单击 SHOW 按钮并输入：

```
IC1 ←
```

来定位 IC1。状态栏中会显示该对象的相关信息。

如果您要寻找某个较小的对象，尽管该对象使用高亮色显示出来，也可能发生无法辨认的情况。这时请使用 SHOW 命令和参数@：

```
SHOW @ IC1 ←
```

该命令将在该对象周围绘制一个外框并显示一条指向该对象的直线。如果同时加载了与之一致的原理图，则在原理图中相应的对象上也会出现相同的显示。

刷新屏幕



使用 *F2* 键或者单击 Redraw 按钮来刷新屏幕内容。

## Undo/Redo 撤销/恢复功能



以上提及的所有操作都可以使用操作工具栏中的 UNDO 图标 (*F9*) 来进行撤销并使用 REDO 图标 (*F10*) 来恢复。

## 内部层

内部层 (Route2 到 15) 可以像顶层和底层一样用于布线。

简化版不支持内部层！

## 电源层

只有免费版、标准版和专业版支持该层！

内部层 (Route2 到 15) 可简单地通过将层名称重命名为 *\$signalname* 来作为信号层或接地层，这时所有具有该名称的信号都会连接到该层上。请加载电路板文件 *demo2.brd* 来演示该特性，请输入：

```
SHOW GND ←
```

GND 信号将高亮显示。

然后输入：

```
RIPUP GND ←
```

GND 信号将以鼠线的形式显示。

现在我们将第 2 层重命名为 *\$GND* 以便作为接地层 (信号的名称必须以符号 \$ 表示)：

```
LAYER 2 $GND ←
```

您也可以在 DISPLAY 命令的弹出菜单中选择第 2 层，Route2 并单击 *Change* 按钮，选中 *Supply Layer* 选项，然后输入名称 GND。

单击 RATSNEST 按钮来隐藏 GND 信号的鼠线。

要查看结果请隐藏所有的层，仅保留 \$GND 层为显示状态。该功能可以通过单击 DISPLAY 图标，或者在命令框中输入以下命令来实现：

```
DISPLAY NONE $GND ←
```

请记住您可以使用小写字符和缩写。因而您可以输入：

```
dis none $gnd ←
```

这时输入：

```
SHOW GND ←
```

连接电源层和 GND 信号的 Thermal 符号将高亮显示。Annulus 符号（圆形）对不属于 GND 信号的通孔进行隔离。

在我们的实例中元件 C1 和 C2 没有与内部层连接起来。你需要使用 ROUTE 命令来从该 SMD 上引出一条较短的线路并在线路末端放置一个过孔。要实现该操作，请按住 *Shift* 键并用鼠标左键固定该线路。这时就实现了与内部层的连接。

用\$...的形式定义的电源层在绘图仪制图时以负片的形式显示，即带有电源层颜色的对象表示非敷铜区。Thermal 符号利用四个传导连线将接地层与通孔连接起来。

使用 **POLYGON** 命令来敷铜



POLYGON 命令能够用来为信号定义区域，通过 Thermal 符号将所有相关的 pad 焊盘连接到该信号上。该信号与其他信号线路之间以用户定义的距离隔开。您可以设计包含了多个多边形的层，比如不同的接地区域等，并且您还可以在多个层上绘制多边形。

为了演示 EAGLE 的这一特性，我们将电路板的顶层定义为 GND 信号。请再次加载电路板文件 *demo2.brd*，并最大化窗口，然后 ripup 电路板的 GND 信号：

```
RIPUP GND ←
```

使用 DISPLAY 命令来将第 1 层（Top 层）、第 17 层（Pads 层）、第 18 层（Vias 层）和第 20 层（Dimension 层）设置为显示状态。其他层设置为隐藏状态。

在命令栏工具栏中单击 POLYGON 图标并输入：

```
GND ←
```

以便将该多边形名称定义为 GND。这样才能使该多边形成为 GND 信号。

从参数工具栏上的下拉菜单中选择 Top 层。然后执行以下操作：

- 左键单击电路板外框的左上角，
- 左键单击右上角，
- 左键单击右下角，
- 左键双击左下角。

双击后则完成了多边形的绘制。

要启动针对敷铜区的计算，请单击 RATSNEST 图标。

多边形的外框轮廓以点状连线的形式显示。

由于该计算比较复杂，因而可能需要一些时间来完成。

与之前描述的相同，属于 GND 信号的 Pad 焊盘通过 Thermal 符号来进行连接。

请使用以下命令来检查：

```
SHOW GND ←
```

在加载电路板文件后，多边形显示为轮廓的形式。只有在执行了 *RATSNEST* 命令后才会显示敷铜区。相反的，执行 *RIPUP* 命令后单击多边形敷铜区的边缘将会让该多边形显示为轮廓的形式。

请参考帮助页面以获取关于 POLYGON 命令的更多信息。

## 16 Autorouter 自动布线器

Autorouter 功能不可能为您的电路板提供完全如您所愿的布线效果。但是它能够为您节省很多的工作量。在本章节中我们将演示如何轻松的驾驭手动和自动布线。

请加载电路板文件 *hexapodu.brd*。

使用 DISPLAY 命令将第 21 层 (*tPlace* 层)、第 23 层 (*tOrigins* 层)、第 25 层 (*tNames* 层)、第 27 层 (*tValues* 层) 以及第 51 层 (*tDocu* 层) 设置为隐藏状态, 以避免显示过多的元件。

该电路板包含了名称为 AC1 和 AC2 的手动布线的信号。第 41 层 (*tRestrict* 层) 和第 42 层 (*bRestrict* 层) 中的长方形用于创建针对 Autorouter 功能的限制区域。在这些区域中不允许 Autorouter 功能在顶层或底层上布线。元件 B1 被绘制于第 43 层 (*vRestrict* 层) 上的一个限制区域所覆盖。这表示 Autorouter 不能在这里设置过孔。



通过单击命令工具栏中的 AUTO 图标来启动 Autorouter 功能。

这时会出现一个弹出菜单, 您可以输入不同的设置 (请参考帮助页面和 EAGLE 用户手册)。

由于安装的 EAGLE 的方式不同, 有可能出现您无法使用该功能的现象。这时请您联系系统管理员或者将该文件夹中的内容复制到您拥有完全权限的计算机上。

您需要将 *hexapodu.brd* 电路板的布线栅格设置为 10 mil (0.254 毫米)。

您也可以通过单击 Load.. 按钮来从控制文件 *hexapodu.ctl* 中向该电路板文件加载 autorouter 参数。

如果我们要对所有未布线的信号进行布线, 则单击 OK。

如果您不想修改 Autorouter 的设置, 您可以在命令框中输入以下命令来执行自动布线:

```
AUTO; ←
```

这时自动布线窗口将不会出现。

请观察状态栏中显示的状态信息。这些信息能够让您了解已完成布线的信号数量, 或者当前已设置的过孔数量。您会发现随着优化进程的执行, 过孔的数量正在减少。

如果您要中断自动布线, 请单击停止图标。

布线运行的规则保存在 *hexapodu.pro* 文件中。您可以用文本编辑器打开进行查看。

由 Autorouter 功能布线的电路板与其他电路板一样可以进行编辑。如果布线结果没有达到 100% 的满意程度, 您可以将一部分关键的信号恢复为鼠线并手动进行布线。如果您想要恢复到初始状态, 使用以下命令来将已布线的线路转换为鼠线状态 (除了 AC1 和 AC2)

```
RIPUP ! AC1 AC2 ←
```

autorouter 功能使用设计规则 (⇒ *Edit/Design Rules, Sizes* tab, *Minimum width*) 中指定的线宽。如果使用了 CLASS 命令来指定不同网络簇所用的数值 (比如实例 *hexapod.brd* 中)，则 autorouter 功能会使用该数值。这时较大的数值为有效数值。


要为 autorouter 功能定义限制区域，请使用第 41 层 (*tRestrict* 层) 来实现顶层上的限制，并使用第 42 层 (*bRestrict* 层) 来实现底层上的限制。

第 43 层 (*vRestrict* 层) 用于限制过孔。

*autorouter* 无法对已布线的线路进行布线。

## 17 设计规则检查

在开始 PCB 设置时您应该考虑到设计规则。并且这些规则需要和电路板制造商进行确认。您可以通过 DRC 对话框对规则进行设置。

单击 DRC 图标  并检查或修改默认设置。单击某一个参数框会在旁边显示相应的演示图形（例如在“Restrict”标签下）。

单击 *Apply* 将设计规则保存在电路板文件中。单击 *Check* 则会启动设计规则检查功能。*Select* 按钮用于选择 PCB 上需要检查的某个指定区域。请按住鼠标左键并拖动鼠标来定义要检查的区域。

DRC 命令可以检查电路板是否与设计规则相符。

请加载 *demo3.brd* 文件。要进行检测，请单击命令工具栏中的 DRC 按钮。这时会弹出一个菜单，您可以在该菜单中对设计规则进行设置。单击 *Check* 来运行 DRC 检查。

在完成检查后状态栏中将显示 *No errors* 提示信息。这时您就可以确信电路板与您的设计规则相符。

请绘制一条红色的 wire 连线并与其他 wire 连线交叉。然后通过输入以下命令来再次启动 DRC 功能

```
DRC; ←
```

命令中的分号能避免 DRC 菜单的出现，以便立即执行检查工作。

现在状态栏中显示了错误的数量。DRC Errors 窗口会自动弹出并列出错误列表。

选中其中一个错误后，EAGLE 会在电路板中使用错误标记框来标明该错误的位置。

如果您想忽略某个错误，请单击 *Approve* 按钮。这时需要忽略的错误对应的错误标记框将被删除。

在您对 PCB 设计中的错误进行纠正后，您可以将其标记为 *Processed*。如果你要清除该错误，请单击 *Clear* 按钮。

您电路板中无法删除的对象可能是由 DRC 功能所产生的错误标记框。您可以使用 *DRC CLEAR* 命令来删除。

## 18 元件库

---

您可以将元件库中保存的元件添加到原理图和电路板中。元件库编辑器与原理图和 PCB 编辑器拥有相同的用户界面。因此，您只需要多了解一些少量的命令就可以自定义元件了。

一个元件库通常由三部分组成：

- ◆ **Package** 封装：PCB 设计中所显示的元件外形
- ◆ **Symbol** 符号：用于原理图中的元件图形
- ◆ **Device** 器件：真实的元件，包含 symbol 和 package


即使您的 *EAGLE* 授权版本没有包含单独的原理图编辑器或者单独的 *PCB* 编辑器功能，您仍然可以在元件库中定义完整的元件。


经验证在您自己的元件库文件中创建新的元件对设计是有帮助的。由 *Cadsoft* 公司提供的元件库文件不会由于您创建新元件而被修改，但元件库也可以轻松的进行替换，例如元件库更新。您自定义的元件在任何情况下都不会受到影响。


这里是创建元件库的一个简单实例：


通过 Control Panel 中的 *File/New/Library* 菜单来打开一个新的元件库文件。这时元件库编辑器窗口自动弹出。

### 电阻 Package

 通过操作工具栏中的图标来选择 package 编辑模式，然后在 *New* 文本框中输入 package 的名称 *R-10*。单击 *Create new package 'R-10'?* 询问窗口上的 *Yes* 按钮。在之后创建新 symbol 和新 device 的时候请同样选择相应询问窗口上的 *Yes* 按钮。

 使用 GRID 命令来为 pad 的放置设置一个合适的栅格尺寸。对于带有引脚线的标准元件来说通常使用 0.05 英寸（即 50 mil）的栅格。

 对于带有引脚的电阻来说，请选择 PAD 图标，并在参数工具栏中设置 pad 形状和钻孔直径。最终使用的直径数值为设计规则中指定的值。然后以您需要的间隔距离放置两个 pad。图形的原点将用作选择元件时的识别点。因此原点应该处于 device 的中心附近。

 对于 SMD 封装的电阻来说，请选择 SMD 图标，并在参数工具栏中设置尺寸。您可以选择软件提供的数值，或者直接在输入框中输入长度和宽度值。即使该元件最终会放置到电路板的另一面上，这里请仍然选择 *Top* 层。SMD 元件通过 MIRROR 命令可以放置到电路板另一面上。该操作可以将名称以 t 开头的层上的元件转移到名称以 b 开头的相应的层上。

请以需要的间隔距离放置两个 SMD 焊盘（在 EAGLE 中简称为 SMD）。

要采用圆形的 SMD（BGA 封装），请首先设置为方形，然后用 CHANGE 命令来设置 *Roundness* = 100 %。



现在您可以通过 NAME 命令来为 pad 或 SMD 输入名称了，比如输入 1 和 2。

但是对于带有多于一个以数字顺序命名的 pad 的元件来说，推荐使用另一种方式：选择 PAD 命令图标，输入第一个 pad 的名称，比如输入 '1'（包括单引号），然后依次放置所有的 pad。



现在使用 WIRE 命令来在第 21 层（tPlace 层）上绘制丝印层符号。该层包含了电路板上需要印刷的内容。符号细节的多少由您自己确定。在需要的情况下请采用更细的栅格尺寸。

请参考 *library.txt* 文件中（位于 *eagle/doc* 目录中）对元件设计的描述。您也可以使用 ARC、CIRCLE、RECT 和 POLYGON 命令来绘制丝印层符号。

请注意在第 21 层（tPlace 层）上不要覆盖任何需要焊接的区域。在第 51 层（tDocu 层）上则可以实现更加形象的效果而不受该限制的影响。第 51 层（tDocu 层）并不用于电路板本身的印刷，而是一个补充的图形效果层，可以用作印刷档案资料。在电阻的实例中，可以在第 21 层（tPlace 层）上绘制符号，但是穿过 pad 的线路需要在第 51 层（tDocu 层）上进行绘制。



通过 TEXT 命令您可以在第 25 层（tNames 层）上放置文本 >NAME 以及第 27 层（tValues 层）上放置文本 >VALUE，以便在电路板上需要显示真实名称和真实值的地方显示这些文本。

放置文本后可以使用 SMASH 和 MOVE 命令来改变电路板上相应元件的文本的位置。

我们推荐以矢量字体来创建这些文本。这样您就能够确保 PCB 编辑器中看到的与印刷电路板上看到的效果完全相同。




CHANGE 命令可以用于后期修改对象的属性，比如文本的 stroke thickness（比率）、文本高度、或者对象所在的层。

如果您要一次性修改多个对象的属性，请使用 GROUP 命令来定义一个对象组，然后单击 CHANGE 图标，选择参数和值，最后按住键 *Ctrl* 并用鼠标右键单击该对象组。


例如：使用 GROUP 命令来定义一个包含了两个 pad 的对象组，然后选择 CHANGE 图标打开菜单并选择 SHAPE/SQUARE。按住 *Ctrl* 键并用鼠标右键单击绘图区。


DESCRIPTION 命令用于为 package 添加文本信息。该文本和 package 的名称都将作为 ADD 命令的搜索条件。


## 电阻 Symbol

 选择符号编辑模式，然后在 *New* 文本框中输入符号名称 *R*。该名称仅针对程序内部使用，并且不会显示在原理图中。


现在请确认栅格尺寸为 0.1 英寸。根据 EAGLE 的规定，符号中的引脚必须放置在该栅格上。

 选择 PIN 命令后，您可以在开始放置前对参数工具栏中这些引脚的属性进行设置。所有这些属性也可以在后期使用 CHANGE 命令来修改。同样使用 GROUP 命令定义对象组，然后执行 CHANGE 命令后按住 *Ctrl* 键并单击鼠标右键来修改多个对象的属性。请参考帮助页面以获得更多信息。

 NAME 命令可以对已放置的引脚进行命名。

 **T** 原理图符号是通过 WIRE 命令和其他绘图命令在第 94 层 (*Symbols* 层) 上绘制的。通过 TEXT 命令将文本 *>NAME* 和 *>VALUE* 放置在第 95 层 (*Names* 层) 和第 96 层 (*Values* 层) 上，并使这些文本放置的位置处于原理图中相应元件要求显示的位置上。要实现精确的调整请选择更细的栅格尺寸，并且可以在 TEXT 命令处于激活状态时改变栅格。之后将栅格再次修改为默认值 0.1 英寸。第 97 层 (*Info* 层) 可用于提供更详细的信息，例如描述性文本等。

## 电阻 Device

 使用该图标来创建名为 *R-10* 的新的 device。创建之后当您使用 ADD 命令来将该元件添加到原理图中时，您将可以通过该元件的名称来查找。在本实例中 package 和 device 的名称相同只是一个巧合。


要定义具有多个 technology 和 package 变量的 device，您需要在 device 名称中使用通配符来确定这些变量在名称中的位置。

\* 表示 technology 名称，? 表示 package 名称。例如定义带有两种 technology (L, LS) 的 7400 元件，正确的 device 名称为 74\*00。package 变量的名称将会自动添加到该名称的后面。如果您要显示 package 变量的名称，则在定义 device 名称时请使用符号?，比如：?74\*00。

单击 Device 编辑器窗口右下方的 *New* 按钮来指定一个 package。针对我们的实例，请选择 package *R-10*。要加入其它 package 变量，请再次单击 *New* 按钮。

PREFEX 命令用于为名称指定一个前缀。然后元件名称将在原理图中自动进行分配。对于电阻来说，很自然使用前缀 *R*。该电阻将分别自动命名为 *R1*、*R2*、*R3* 等。名称可以在任意时刻使用 NAME 命令来修改。

您可以使用 VALUE 命令在原理图或者电路板图中修改 device 的值。对于电阻来说 Value 必须设置为 *On*。对于其他 device 来说最好将 Value 设置为 *Off*。

 使用 ADD 命令来将之前定义的电阻符号添加到 device 中。

如果某个 device 包含了几个原理图符号并且可以单独放置到电路中 (EAGLE 中这些符号称为 gate)，则每个 gate 也可以通过 ADD 命令单独放置到原理图

中。

在参数工具栏中将 Addlevel 设置为 *Next* 并将 Swaplevel 设置为 0，然后将 gate 放置在原点附近。

gate 的 Swaplevel 与引脚的 Swaplevel 相似。设置为 0 表示该 gate 不能与该 device 中的其他 gate 互换。大于 0 的值则表示该 gate 可以在原理图中与该 device 中具有相同 Swaplevel 的其他 gate 进行互换。进行互换操作的命令为 GATESWAP。

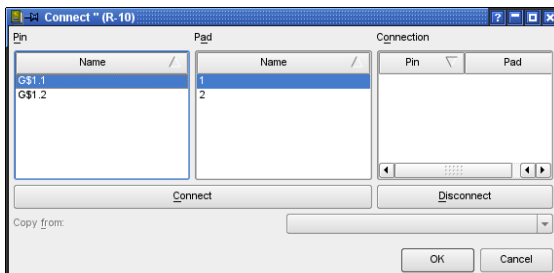


您可以使用 NAME 命令来修改 gate 的名称。对于只有一个 gate 的 device 来说，由于该名称不会显示在原理图中，因此并不重要。如果某个 device 包含了几个 gate，则在原理图中元件的名称会根据 gate 名称来进行扩展。

例如：

有 4 个 gate 的名称分别为 A、B、C 和 D，原理图中元件的名称为 IC1，因此实际名称显示为 IC1A、IC1B、IC1C 和 IC1D。通过 CONNECT 命令您可以指定与 package 焊盘对应的引脚。

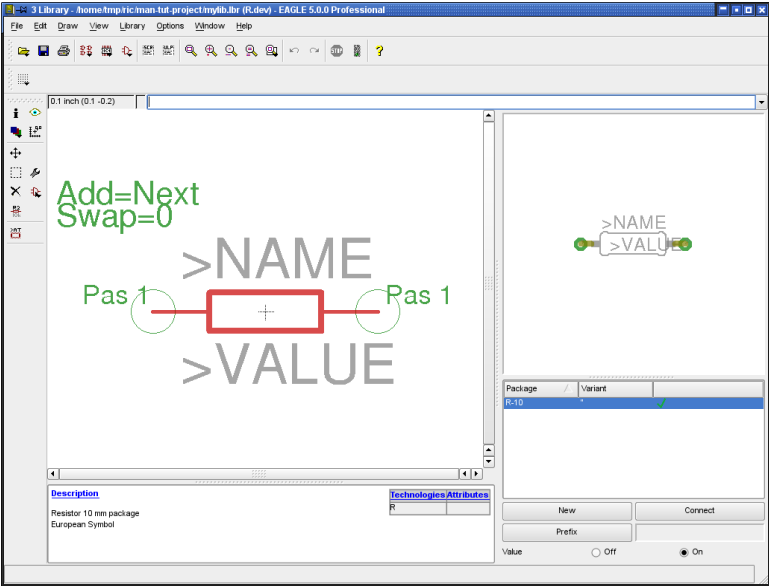
这时请单击 *Connect* 按钮。



► *Connect* 窗口

在本实例中电阻 gate 的名称自动命名为 *G\$1*。因此您会在 *Pin* 栏中看到引脚名称为 *G\$1.1* 和 *G\$1.2*。*Pad* 栏显示了 package 上的焊盘。请单击某个引脚和 pad 项，然后单击 *Connect* 按钮。如果您要解除某个引脚与某个 pad 之间的联系，请在 *Connection* 栏中选择一对对应关系，并单击 *Disconnect*。单击 *OK* 来结束该命令并关闭该窗口。

您可以单击 DESCRIPTION 按钮来为您的 device 输入描述文本。当您在 Control Panel 的树形浏览框中选中该 device 时，所输入的文本将显示在 Control Panel 中。在使用 ADD 命令时该描述文本也可以作为搜索条件。




➤ *Device* 编辑器

现在电阻的定义工作已经完成。您可以在原理图中使用该电阻。

请记住使用 *USE* 命令来加载新的元件库。否则该元件库无法为 *ADD* 命令所调用。

## 19 绘图与制造数据的输出

---

EAGLE 能够通过原理图或 PCB 编辑器上菜单 *File* 中的 PRINT 命令或者操作工具栏中的打印机图标  来输出绘图，以便用于存档或者其他用途。您操作系统的打印机驱动程序即可用于打印输出。在编辑器窗口中设置为可见的层（使用 DISPLAY 设置）将同样显示在打印输出中。

通过 PRINT 命令也可以输出 PDF 文件。

胶片和制造数据是通过 CAM 处理程序生成的。请在 PCB 编辑器窗口上的操作工具栏中单击该程序的图标来启动。

CAM 处理程序使用其自身的驱动，并且该驱动可以由用户进行定义或修改（请参考 *eagle/bin* 目录下的 *eagle.def* 文件）。

借助 EAGLE 的用户语言程序可以为元件清单、元件装配、切割或者测试机器生成相应的数据。关于用户语言程序的信息可以在该文件开头位置或者 Control Panel 中的描述中找到。

### 使用 PRINT 命令输出原理图

将原理图 *demo1.sch* 以黑白图片的形式在一张页面内进行完整的打印。

请加载 *demo1.sch* 文件并使用 DISPLAY 命令来选择需要显示在打印输出中的层。屏幕上所有可见的层都会进行打印。

在操作工具栏中单击打印机图标 。选中 *Black*、*Solid* 和 *Rotate* 多选项（即将绘图以横向排版）。多选框 *Mirror* 和 *Upside down* 不选中。

在 *Scale factor* 和 *Page limit* 文本框中都输入数值 1。这样设置表示绘图基于缩放比例 1 来输出，前提是绘图大小适合在一页中显示。如果不适合一页显示，EAGLE 会修改缩放比例，以便将绘图缩放到适合一页的大小。将 *Page limit* 设置为 0 时，绘图将使用已设定好的缩放大小 *scale factor* 来打印。

通过 *Printer* 按钮可以对打印机进行选择。

如果选中了 *Caption* 多选项，则绘图会同时打印出脚注信息，其中包含了文件名称、时间和缩放比例。

## 生成图像文件用于存档

EAGLE 可以生成 PDF 文件。请在 PRINT 对话框中选择 *PDF..* 按钮并输入 PDF 文件的名称。

要生成图像文件，请使用 EXPORT 命令 (⇒ *File/Export..*) 并选择 IMAGE 选项。您可以生成不同格式的文件 (比如 bmp、tif、png 和其他格式) 或者将图像文件输出到操作系统的剪贴板上。

## 使用 CAM 处理程序生成 Gerber 数据

无论生成胶片还是制造数据通常都需要对每一个电路板执行相同的步骤。该过程可定义为一个 CAM 处理程序的 job。

在 CAM job 的默认安装目录中可以找到 *gerb274x.cam* 文件，该文件可以为双面板自动输出最常见的 Extended Gerber 数据。

请与您的电路板制造商联系以便确认所需要的数据。

请通过双击 Control Panel 树形浏览框 (CAM Jobs 分支) 中的 *gerb274x.cam* 项，或者在 PCB 编辑器中单击 CAM Processor 图标并选择文件对话框 (⇒ *File/Open/Job*) 中的 *gerb274x.cam* 来将该 job 加载到 CAM 处理程序中。

如果您已经从 Control Panel 中启动了 CAM 处理程序，则请通过以下操作来加载 *demo3.brd* 电路板文件：⇒ *File/Open/Board* 并左键双击 *demo3.brd*。

单击 *Process Job* 按钮。这时所有必要的文件都将被写入该电路板文件所在的目录中。

这些文件具有以下含义：

<i>demo3.cmp</i>	元件安装面
<i>demo3.sol</i>	焊接面
<i>demo3.plc</i>	元件安装面的丝印层
<i>demo3.stc</i>	元件安装面的阻焊层
<i>demo3.sts</i>	焊接面的阻焊层
<i>demo3.gpi</i>	信息文件，在这里无意义

前五个文件需要发送给您的电路板制造商。

## 生成钻孔数据

钻孔数据可以通过 job *excellon.cam* 生成。该 job 仅包含了一个步骤。EXCELLON 设备生成一个包含钻孔数据和钻孔表的文件。该输出文件的扩展名为 *drd*。

该文件也需要发送给您的电路板制造商。

在 CAM 处理程序的帮助页面中和 EAGLE 用户手册中可以找到更多的信息。

## 其他制造数据

EAGLE 提供了许多用户语言程序，这些程序可以生成各种不同的数据。例如针对元件贴装机、测试设备的数据、电路板制造商的数据 (钻孔个数、元件数和层数等)、元件清单的数据、甚至切割原型板的数据。

在 Control Panel 的 *User Language Programs* 树形浏览分支中可以找到包括了所有用户语言程序的列表。

## 20 数据交换


### EAGLE 用户语言

EAGLE 集成了类 C 用户语言翻译机，可以访问几乎所有的数据（包括 EAGLE 中或者外来的文件）。用户语言程序可以创建任何类型的文件，因此能够生成其他元件或硬件所使用的任何数据格式。

能够生成元件清单的 *bom.ulp* 文件就是一个很好的例子。

通过 EAGLE 用户语言这样的强大工具能够让用户自定义命令，甚至可以将自定义的命令分配给特定的热键。

请参考扩展名为 *\*.ulp* 的文件以及用户语言部分的帮助页面，以便更多的了解该程序所包含的功能。

用户语言程序可以通过操作工具栏中的 RUN 图标  来启动。

通过我们的网站可以找到更多的用户语言程序：  
<http://www.cadsoftusa.com/download.htm>

### 脚本文件 – 一种灵活的输入接口



脚本文件是能够包含任何 EAGLE 命令的文本文件（请参考 SCRIPT 命令）。脚本文件让用户能够实现自己想要的功能。因此通过 EAGLE 的命令语法您就能够拥有一种灵活的输入接口（请参考 EAGLE 帮助页面）。

请启动元件库编辑器并使用 EXPORT SCRIPT 命令来生成一个该元件库的脚本文件。这是了解 EAGLE 命令语法的一个良好的途径。