

◎主 编 张伯虎
◎副主编 孔海颖
◎参 编 卢占秋 陈 强 王可山

Protel

电路设计 100 例



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

Protel

电路设计 100 例

○ 主 编 张伯虎
○ 副主编 孔海颖
○ 参 编 卢占秋 陈 强 王可山



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以应用广泛的 Protel 99 SE 为基础,详细讲述了由电路原理图直至生成印制电路板图的全部过程。与其他 Protel 书籍不同的是,本书采用 100 余个实例进行讲解,使读者一目了然,容易上手操作。

本书共分 11 章,主要包括:原理图文件应用实例,原理图设计应用实例,原理图元件制作实例,原理图电气规则检查及报表文件的生成,层次原理图制作实例,原理图制作技巧及打印输出,印制电路板文件操作及设计规则,印制电路板元件制作实例,印制电路板应用实例,印制电路板制作技巧,印制电路板报表文件及打印输出。

本书适合 Protel 初学者自学使用,对于有一定基础的读者可提高其软件使用水平,同时也适合电子类大中专院校及 Protel 电子线路设计培训班使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

Protel 电路设计 100 例 / 张伯虎主编. —北京: 中国电力出版社, 2012.2

ISBN 978-7-5123-2709-2

I. ①P… II. ①张… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel 99 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 024143 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 5 月第一版 2012 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 341 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

Protel 99 SE 是一款基于 Windows 环境下的电路板设计软件，其易学易用、功能强大，应用十分广泛。本书以 Protel 99 SE 为基础，详细讲述了由电路原理图直至生成印制电路板图的全部过程。全书采用 100 余个取自于实际应用的实例贯穿始终进行讲解，使读者一目了然，容易上手操作。

本书共分 11 章。第 1 章原理图文件应用实例，主要讲解原理图文件及原理图元件的应用；第 2 章原理图设计应用实例，主要通过原理图实例详细讲解原理图的制作过程；第 3 章原理图元件制作实例，主要讲解原理图元件的制作方法；第 4 章原理图电气规则检查及报表文件的生成，主要讲解电气规则检查的使用，原理图报表的生成；第 5 章层次原理图制作实例，主要讲解层次原理图的制作方法；第 6 章原理图制作技巧及打印输出，主要讲解原理图制作过程中的一些应用技巧，以及原理图制作完毕后如何打印输出；第 7 章印制电路板文件操作及设计规则，主要讲解印制电路板的基本操作以及制作印制板时的设计规则；第 8 章印制电路板元件制作实例，主要讲解印制电路板元件即元件封装的制作方法；第 9 章印制电路板应用实例，通过印制电路板制作实例讲解了电路板的制作过程；第 10 章印制电路板制作技巧，主要讲解在制作印制板时的一些应用技巧；第 11 章印制电路板报表文件及打印输出，主要讲解如何生成印制电路板的报表文件以及如何打印输出电路板文件。

本书由张伯虎任主编，孔海颖为副主编，卢占秋、陈强、王可山参与了本书的编写工作。本书在编写过程中，参阅了相关书籍和资料，在此向其原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者朋友批评指正。

编 者

目 录

前言

1 原理图文件应用实例	1
1.1 原理图文件操作	1
例 1 原理图文件的建立	1
例 2 原理图文件的打开	1
例 3 原理图文件的关闭	1
例 4 原理图文件的保存	1
例 5 原理图文件的删除	2
1.2 原理图元件操作	2
例 1 装载/移除元件库	2
例 2 放置元件	4
例 3 选择/撤消选择元件	5
例 4 移动元件	7
例 5 旋转元件	8
例 6 删除元件	9
例 7 排列元件	9
例 8 剪切、复制元件	11
例 9 查找元件	12
例 10 设置元件属性	13
2 原理图设计应用实例	16
例 1 反相器电路原理图设计实例	16
例 2 简易应急照明灯电路原理图设计实例	18
例 3 简易三态逻辑测试笔电路原理图设计实例	19
例 4 顺时定时器电路原理图设计实例	22
例 5 延时定时器电路原理图设计实例	25
例 6 十挡触摸调光灯电路设计实例	27

例 7	无频闪触摸调光灯电路原理图设计	30
例 8	台灯电路原理图设计实例	32
例 9	串联型稳压电源电路原理图设计	35
例 10	AT89C51 烧录板电路原理图设计	37
3	原理图元件制作实例	40
3.1	原理图元件库文件基本操作	40
3.2	元件库绘图工具应用	43
3.3	原理图元件制作实例	45
例 1	5 脚变压器元件制作	45
例 2	常闭开关元件制作	47
例 3	运算放大器元件 74ALS02 制作	48
例 4	三端稳压元件 78L05 制作	50
例 5	七段显示数码管元件制作	51
例 6	整流桥元件制作	52
例 7	电解电容元件制作	53
例 8	电感元件制作	54
4	原理图电气规则检查及报表文件的生成	57
4.1	电气规则测试	57
例 1	Multiple net names on net (同一网络命名多个网络名称)	58
例 2	Unconnected net labels (未实际连接的网络标号)	59
例 3	Unconnected power objects (未实际连接的电源图件) 与 Floating input pins (输入引脚浮接)	59
例 4	Duplicate component designators (元件编号重号)	60
4.2	报表文件	60
例 1	网络表文件	60
例 2	元件列表文件	66
例 3	层次式设计列表文件	69
例 4	交叉参考表文件	69
例 5	网络比较表文件	70
例 6	引脚列表	71
5	层次原理图制作实例	72
5.1	层次原理图制作	72

例 1	自上而下绘制层次原理图	72
例 2	由下而上绘制层次原理图	77
5.2	层次原理图的切换	77
6	原理图制作技巧及打印输出	79
6.1	原理图制作技巧	79
例 1	元件的自动编号	79
例 2	同时移动元件及其连接导线	82
例 3	位置标记的应用	83
例 4	原理图模板的应用	83
例 5	原理图的导出	85
例 6	原理图项目元件库的应用	85
例 7	原理图元件引脚名称与引脚序号位置的调整	86
例 8	元件特殊引脚名称的标识	89
例 9	捕获网格的应用	90
例 10	将 Protel 原理图转换至 Word 文档	90
6.2	原理图文件的打印输出	91
7	印制电路板文件操作及设计规则	93
7.1	印制电路板文件操作	93
例 1	创建印制电路板文件	93
例 2	打开印制电路板文件	94
例 3	保存印制电路板文件	94
例 4	关闭印制电路板文件	94
7.2	PCB 设计原则	94
8	印制电路板元件制作实例	122
8.1	印制电路板元件库文件操作	122
8.2	元件库绘图工具应用	125
例 1	走线	126
例 2	焊盘	127
例 3	过孔	128
例 4	特殊字符串	129
例 5	位置坐标	130

例 6 尺寸标注	131
例 7 边缘法绘制圆弧	132
例 8 中心法绘制圆弧	133
例 9 角度旋转法绘制圆弧	133
例 10 圆	133
例 11 填充	134
例 12 阵列粘贴	134
8.3 元件封装的制作	135
例 1 发光二极管元件封装制作	136
例 2 变压器元件封装制作	138
例 3 双列直插元件封装制作	139
例 4 电感元件封装制作	141
例 5 金手指元件封装制作	145
9 印制电路板应用实例	148
例 1 反相器电路印制电路板设计实例	148
例 2 台灯电路印制电路板设计实例	153
例 3 十挡触摸调光灯电路印制电路板设计实例	155
例 4 AT89C51 烧录板电路印制电路板设计实例	157
10 印制电路板制作技巧	164
例 1 元件拆线布线实例	164
例 2 印制电路板元件参数隐藏实例	165
例 3 电源/接地线面积加宽实例	165
例 4 包地线的应用实例	167
例 5 信号输入/输出端制作实例	168
例 6 定位孔的制作实例	168
例 7 放置尺寸标注实例	169
例 8 添加网络连接应用实例	169
例 9 制作跨接导线实例	170
例 10 制作泪滴焊盘实例	170
例 11 添加中文注释应用实例	175
例 12 元件标号更新的应用实例	177

例 13 电路板调整实例 179

11 印制电路板报表文件及打印输出 182

11.1 印制电路板报表文件 182

 例 1 引脚信息报表文件 182

 例 2 电路板信息报表文件 183

 例 3 元件报表文件 183

 例 4 NC 钻孔报表文件 189

 例 5 网络状态报表文件 193

 例 6 设计层次报表文件 193

 例 7 信号完整性报表文件 194

11.2 印制电路板的打印 194

参考文献 197

原理图文件应用实例

主要内容

本章主要介绍原理图文件的一些基本操作，如建立、打开、保存文件等，同时详细讲解了原理图元件的操作。在电路原理图文件中，元件与元件间的连线构成一个完整的电路，不难看出元件在电路原理图所占的分量，能轻松自如地操作元件，对绘制电路原理图来说非常重要。通过本章的学习，可使读者快速掌握原理图元件的各种操作。

1.1 原理图文件操作

例 1 原理图文件的建立

创建电路原理图文件，首先要创建或打开一个项目数据库文件，然后在数据库文件中执行菜单命令“File→New”（文件→新建），在弹出的新建文档对话框中选择 **Schematic Document**（原理图文件），单击 **OK** 按钮，创建一个名为 **Sheet1.sch** 的原理图文件。若要更改其名称，可在创建文件后文件名称处于选中状态时直接修改，或在文件上单击右键选择 **Rename**（重命名）命令进行修改。创建及打开的电路原理图文件如图 1-1 所示。

例 2 原理图文件的打开

若系统中存有已操作过的原理图文件，可直接打开进行编辑、修改操作。

打开原理图文件可执行菜单命令“File→Open”（文件→打开），在弹出的“打开文件对话框”中找到需要操作的文件双击打开。

除此方法外，还可单击原理图系统主工具栏的打开按钮“”或直接在保存目录下找到文件打开。

例 3 原理图文件的关闭

关闭原理图文件，可在打开的原理图标签上单击右键，然后在弹出的快捷菜单中选择“Close”（关闭）命令即可。

例 4 原理图文件的保存

保存原理图文件可执行菜单命令“File→Save”（文件→保存）或直接单击原理图系统主工具

栏的保存按钮“”。

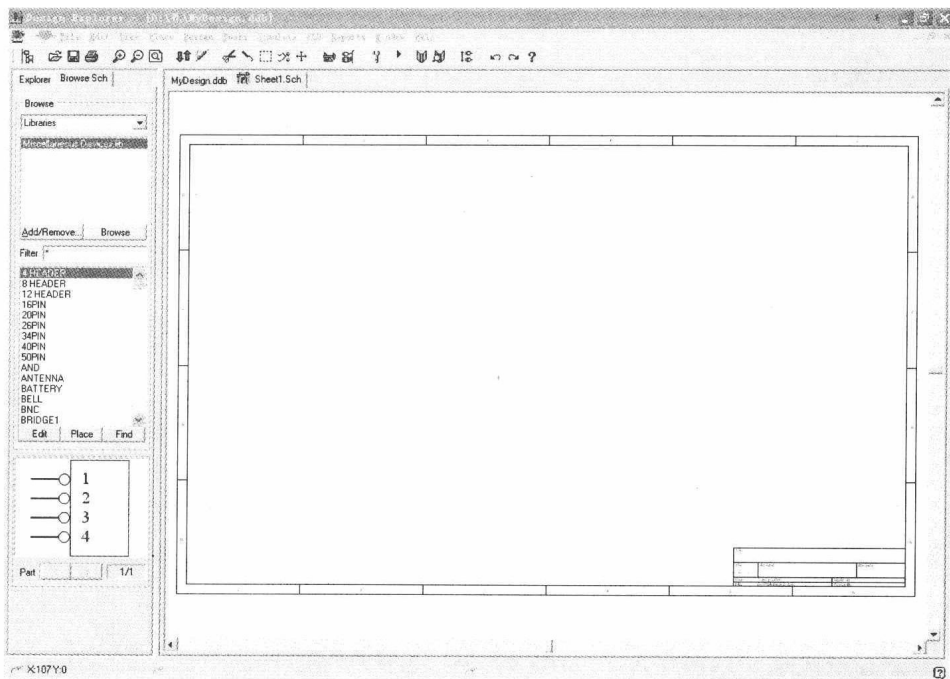


图 1-1 原理图文件界面

例 5 原理图文件的删除

在删除原理图文件前，一定要确保被删除的文件处于关闭状态。然后打开数据库文件，在要删除的文件上右击选择“Delete”（删除）命令。

注意： 该删除操作是将原理图文件放入了数据库文件的回收站中，若想彻底将其删除，还应打开数据库中的回收站，再次选择该文件执行删除操作。



1.2 原理图元件操作

例 1 装载/移除元件库

电路原理图是由原理图符号即元件，以及元件之间的连线所构成的。而 Protel 软件中的元件都存放在元件库中，若要将元件放置到图纸上，必须先加载该元件所在的元件库。

下面以使用电容元件为例，加载及移除电容元件所在的元件库的操作如下：

1. 装载元件库

(1) 在“Browse sch”浏览器的“Browse”栏下选择“Libraries”（元件库），然后单击“Add/Remove”（添加/移除）按钮，弹出如图 1-2 所示的“Change Library File List”（更改库文件列表）对话框。

(2) 对话框显示在“Sch”位置下。该位置下的.ddb 文件，即为原理图元件库文件，若要加载某个文件，只需单击选中所需文件，再单击对话框下方“Add”按钮或左键双击文件名即可。

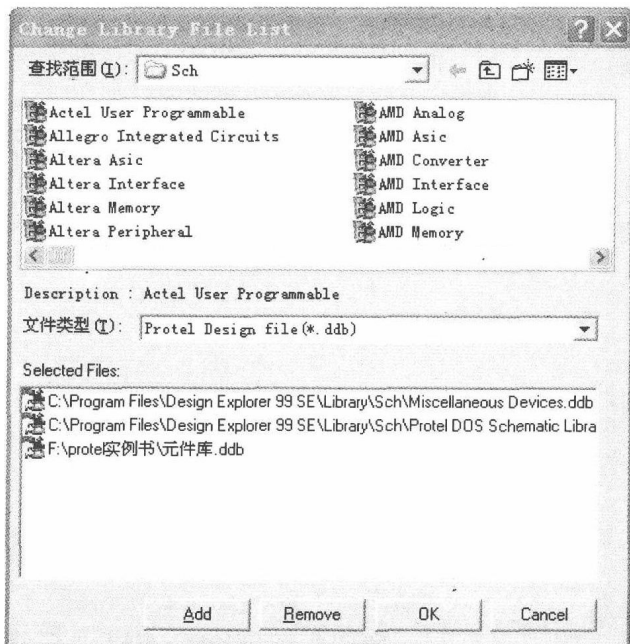


图 1-2 更改库文件列表对话框

注意： 系统库文件夹的位置应在安装目录下的“Library”文件夹中，例：C:\Program Files\Protel 99 se\Library\sch。

提示： 加载元件库时，可一次向原理图文件中加载多个。加载过程中，只需将用到的元件库载入即可，不用的尽量不要加载，以免占用过多的系统资源，使查找元件速度变慢。

(3) 当文件选择完毕后，再单击对话框下方的“OK”按钮，完成元件库的加载。返回原理图系统中，在 Browse sch 浏览器中即可见到加载的元件库及元件库中的元件，如图 1-3 所示。

注意： Protel 99 SE 中比较常用的元件库为：Miscellaneous Devices.ddb（混合元件库，一般系统自动加载）、Protel DOS Schematic Libraries（DOS 版本下的元件库，包含大量集成电路）、Sim.ddb（仿真元件库，做电路原理图的仿真必须应用该库中的元件进行连线）、PLD.ddb（可编程逻辑器件库，包含进行逻辑器件设计所需要的元器件）。

2. 移除元件库

(1) 在“Browse sch”浏览器的“Browse”栏中单击“Add/Remove”按钮，弹出“Change Library File List”（更改库文件列表）对话框。

(2) 在对话框下方的“Selected Files”（选择的文件）栏中单击选中要移除的库文件，点击“Remove”按钮，即可将库文件移除。

除上述方法外，用户也可执行菜单命令“Design→Add/Remove Library”（设计→添加/移除元件库）来完成。

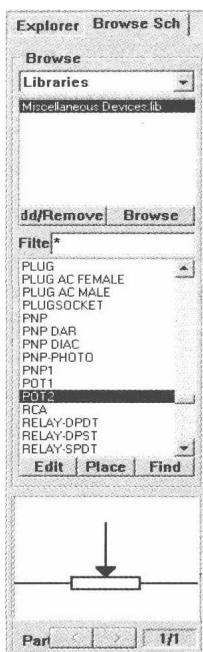


图 1-3 原理图系统装载入元件库

例 2 放置元件

元件库加载到原理图系统中，就可使用其中的元件。下面以放置电容元件为例介绍几种放置元件的方法，用户可任选其中一种。

方法一：在 Browse sch 浏览器的 Filter 栏中左键双击元件名 CAP（电容），移动鼠标到图纸上，即可见到鼠标下方出现十字光标带着电容，如图 1-4 所示。左键在图纸上单击即可连续放置元件，退出元件的放置单击右键。

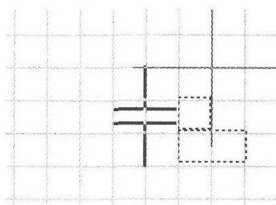


图 1-4 十字光标带着元件

方法二：在 Browse sch 浏览器的 Filter 栏中左键单击 CAP（电容），然后点击“Place”按钮，移到图纸上也可出现十字光标带着元件，如图 1-5 所示。左键单击放置元件，右键单击退出元件放置命令。

方法三：执行菜单命令“Place→Part”（放置→元件），弹出如图 1-6 所示的对话框。对话框中的内容如下：

- Lib Ref. 元件在元件库中的名称。
- Designator. 元件序号。
- Part Type. 元件本身型号。
- Footprint. 元件封装。
- Browse. 选择元件库。



图 1-5 选择并放置元件

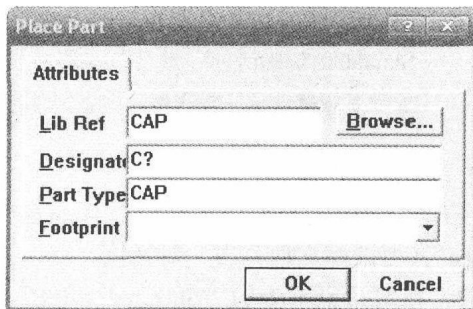


图 1-6 放置元件对话框

放置元件时单击“Browse”按钮弹出如图 1-7 所示选择元件库对话框。单击“Add/Remove”按钮加载元件库，然后在“Components（元件）”列表中选择需要的元件，点击“Close（关闭）”

按钮返回放置元件对话框，输入元件序号、型号、封装后单击“OK”按钮，在图纸上出现元件，左键单击放置。之后接着弹出放置元件对话框可连续放置，若要取消，单击“Cancel（取消）”按钮。

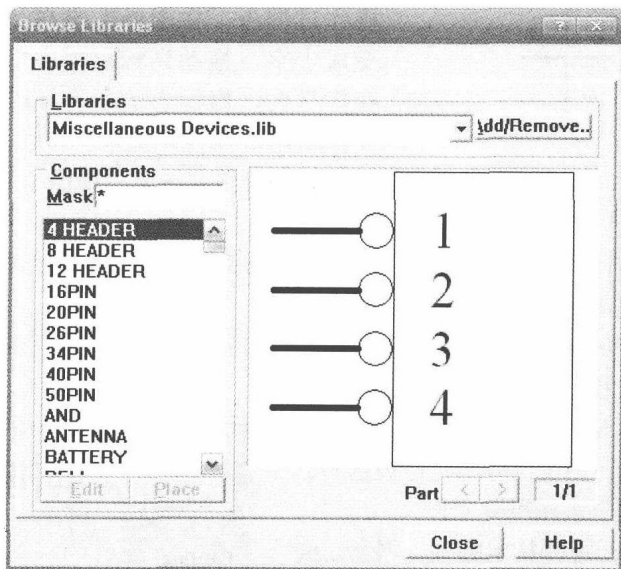


图 1-7 选择元件库对话框

注意： 若用户已知道元件在库中的名字，弹出放置元件对话框后可直接在 Lib Ref 栏输入元件名。



方法四： 单击“Wiring Toolbars（连线工具条）”上的“”按钮，也可弹出如图 1-6 所示的放置元件对话框，放置过程同方法三。

方法五： 在图纸空白处单击右键，弹出如图 1-8 所示快捷菜单。选择 Place Part 命令，弹出放置元件对话框，过程同方法三。

方法六： 执行菜单命令 View→Toolbars→Digital Objects（视图→工具条→逻辑器件），打开如图 1-9 所示逻辑器件工具栏，直接单击元件按钮即可进行元件放置。

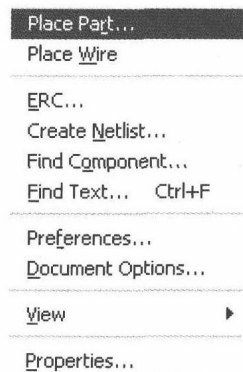


图 1-8 右键快捷菜单

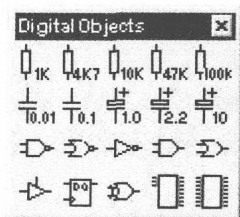


图 1-9 逻辑器件工具栏

例 3 选择/撤消选择元件

元件被放置在图纸上之后，若想对其编辑，需选中元件才可进行。选择元件可通过以下几种方法：

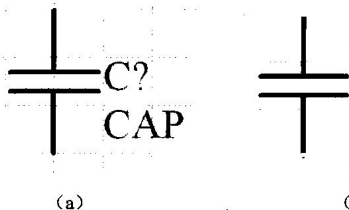


图 1-10 元件选择前、后的状态
(a) 元件选择前；(b) 元件选择后

1. 选择元件

(1) 直接选择。该方法是最简单、实用的方法。操作过程为：在图纸的空白处按住鼠标左键，光标变成十字，拖动光标出现虚框将要选择的元件包含在虚框内，虚框内的所有元件被选中。选中的元件周围将出现黄色矩形框。按住“Shift”键，左键单击元件，也可将其选中。如图 1-10 所示为元件选择前、后的状态。

(2) 利用菜单命令。通过菜单命令“Edit→Select”

(编辑→选择)下的子菜单命令，如图 1-11 所示。

- **Inside Area (区域内选择)**。用于选择区域内的元件。执行该命令后需在图纸上按住鼠标左键拖动一个范围，范围内的元件被选中。
- **Outside Area (区域外选择)**。用于选择区域外的元件。执行该命令后需在图纸上按住鼠标左键拖动一个范围，范围以外的元件被选中。
- **All (所有)**。用于选择所有元件。
- **Net (网络)**。用于选择指定的某一网络。执行该命令，只要具有同一个网络名称的导线，不管在电路图上是否有连接线，都属于同一网络，都被选中。单击该命令，光标变为十字状，在某一导线上单击鼠标，不仅将该导线和与该导线连接的所有导线选中，而且将和该导线具有相同网络名称的导线也一并选中。
- **Connection (连接)**。用于选择指定连接导线。执行该命令，只要相互连接的导线，都被选中。单击该命令，光标变成十字状，在某一导线上单击鼠标，将该导线以及与该导线具有连接关系的所有导线选中。
- **Edit→Toggle Selection (切换选择)**。执行该命令，光标变成十字状，在某一元件上单击鼠标，如果该元件以前被选中，则单击后元件的选中状态被取消；若该元件以前没有被选中，则单击后元件被选中。

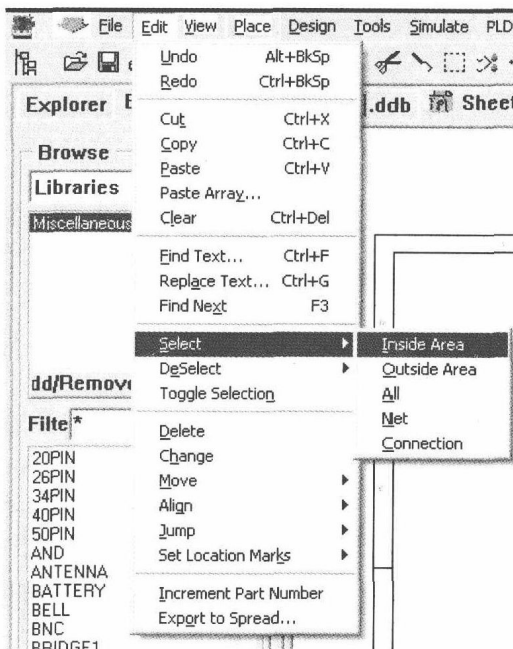


图 1-11 编辑菜单命令

(3) 主工具栏中的工具。在主工具栏中也有选择工具，即区域选择工具“”。其应用方法与直接选取时按住鼠标拖动相同。唯一的区别是：单击主工具栏的区域选择工具后，光标从开始就是十字状，在拖动形成区域的过程中，不需要一直按住鼠标。

(4) 快捷键操作。

- 区域内选择 S/I (按快捷键后，需按住鼠标左键拖动出一个范围)。
- 区域外选择 S/O (按快捷键后，需按住鼠标左键拖动出一个范围)。
- 全部选择 S/A。

2. 元件撤消选择

当元件进行完某些特殊操作后，需及时将选择状态撤消，撤消选择的方法如下：

(1) 利用菜单命令。使用菜单命令 **Edit→Deselcct** (编辑→撤消选择), 如图 1-12 所示。包含以下 3 个选项:

- **Inside Area** (区域内)。选取命令后, 需按住鼠标左键拖动一个范围, 范围以内的元件撤消选择。
- **Outside Area** (区域外)。选取命令后, 需按住鼠标左键拖动一个范围, 范围以外的元件撤消选择。
- **All** (全部)。执行该命令, 所有选中的元件被撤消选择。

(2) 主工具栏中的工具。在主工具栏中有取消选择工具, 即“”按钮, 单击该按钮所有选中的元件被撤消选择。

(3) 快捷键操作。

- 区域内撤消 X/I (按快捷键后, 需按住鼠标左键拖动出一个范围)。
- 区域外撤消 X/O (按快捷键后, 需按住鼠标左键拖动出一个范围)。
- 全部撤消选择 X/A。

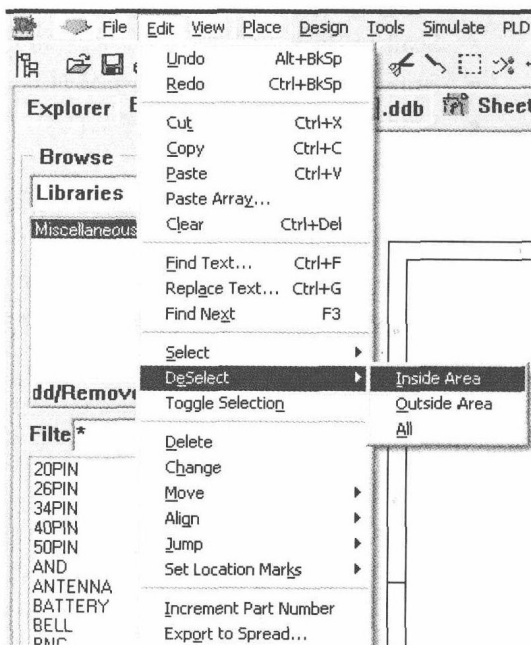


图 1-12 编辑菜单命令

例 4 移动元件

元件放置到图纸上以后, 往往根据连线的需要, 还需将其进行排列, 如图 1-13 所示,

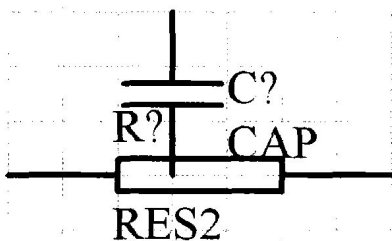


图 1-13 叠放在一起的元件

电阻与电容叠放在一起。此时用到最多的编辑操作便是移动元件。

元件的移动大体分两种情况: 一是直接在平面空间中移动元件; 二是将重叠在一起的元件分开。移动元件可按下述方法进行:

1. 直接移动

如同选择元件一样, 移动元件最快、最实用的方法也是用鼠标直接操作, 即将鼠标指向元件按住左键不放拖动, 移至合适位置松开左键即可。

2. 利用菜单命令

通过菜单“**Edit→Move**” (编辑→移动) 子菜单中的命令来进行。菜单各命令如下:

- **Drag** (拖拉)。该命令的最大优点是当元件连接好线后, 再去移动元件, 可以在移动元件的同时将元件上所有的连线一起移动, 不会断线。而且操作之前不用将元件选中。执行该命令, 鼠标变成十字光标, 在需要拖动的元件上单击, 元件就会跟着光标一起移动, 移至合适位置后, 再单击左键确定新位置, 退出右键单击。或者在操作时, 将光标移到要操作的元件上, 先按住 **Ctrl** 键, 然后左键单击元件, 再松开 **Ctrl** 键, 拖动鼠标也可实现 **Drag** 的功能。
- **Move** (移动)。用于移动元件, 而且只是移动元件, 与元件相连接的导线不会随之一起移动。
- **Move Selection** (移动选择的)。用于移动选中的元件。

- Drag Selection (拖拉选择的)。用于拖拉选中的元件。
- Move To Front (移到前面)。用于移动最上层的元件。
- Bring To Front (带到前面)。用于将元件移动到重叠元件的最上层。
- Send To Back (送到后面)。用于将元件移动到重叠元件的最下层。
- Bring To Front Of (带到某个前面)。用于将元件移动到某元件的上层。
- Send To Back Of (送到某个后面)。用于将元件移动到某元件的下层。

3. 单个及多个元件的移动

(1) 单个元件的移动。可使用前面介绍的方法：一是直接移动；二是利用菜单命令进行移动，移动过程中的状态如图 1-14 所示。

(2) 多个元件的移动。若要一次移动多个元件，首先要选中多个元件。选择完毕后，将鼠标指向其中一个元件按住左键不放拖动，到合适位置松开即可，如图 1-15 所示。

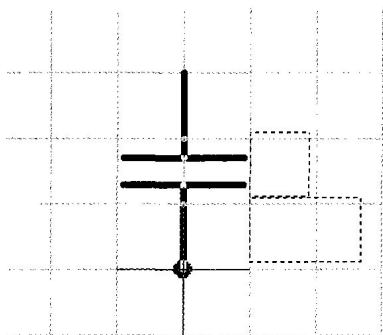


图 1-14 移动单个元件

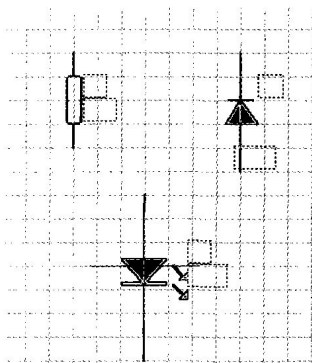


图 1-15 移动多个元件

例 5 旋转元件

所谓旋转元件就是更改其在电路图纸上的方向。操作方法如下：将鼠标指向元件，按住左键不放。按“Space”键，每按一次，元件可逆时针旋转 90°；按 X 键，元件左右对调；按 Y 键，元件上下对调。如图 1-16 所示为元件旋转前与旋转后的效果。

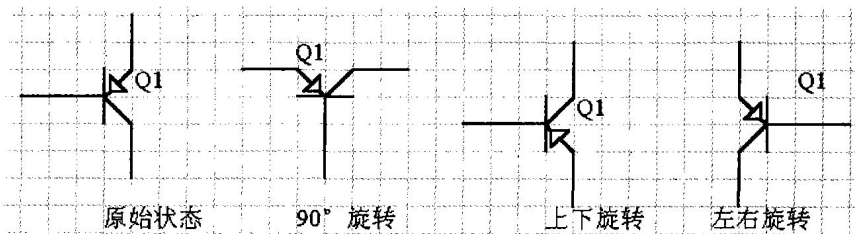


图 1-16 元件的旋转

除采用上述方法外，用户还可利用快捷菜单中的命令。方法为：在需要旋转的元件上单击右键，弹出如图 1-17 所示快捷菜单。选择 Properties 命令系统弹出 Part 对话框，在对话框中选择 Graphical Attrs 标签，如图 1-18 所示。此时更改“X-Location”(X 坐标)及“Y-Location”(Y 坐标)值，也可旋转当前的元件。