

电子实习指导书

张尧 廖丹 赵进超

郑州轻工业学院

计算机与通信工程学院

二〇〇四年四月

前 言

“电子实习”是电子信息、计算机科学、自动控制、通信工程、机械电子等专业的重要实践教学环节。为了保证本教学环节的教学质量,在本“电子实习指导书”中,共安排了三部分内容:

1、PCB 电路板设计与加工工艺。使学生在学习、实践 PCB 设计理论的同时掌握电路 EAD 的概念和具体软件的使用方法,使学生在制作 PCB 电路板的过程中理解电子产品设计中应考虑的若干问题。

2、电子制作实训。在该部分中共精选了 9 项电子设计、制作的素材,不但可以满足不同专业学生的实践教学要求,也为学生灵活选择设计、制作课题提供了较宽裕的条件。同时,这些素材还可以作为“开放实验室”的实验参考资料。

3、金加工常识和实践。由于任何实用的电子产品设计都少不了外壳和包装设计环节,了解金加工的基本常识,掌握一些基本的钳工技能对于电子、计算机类的大学生也是非常必要的。为此,在本指导书中也占有了一定篇幅。它既可以作为电子实践教学的补充,也给予有此兴趣的学生以有效帮助。

在本指导书交付印刷的时候,我们对教务处教材科、实践学科和设备处领导的关心和支持表示感谢。

由于本类实习教学在我系还是新生事物,我们还没有充分的教学经验,本指导书中教学内容的组织和教学内容的描述都会存在许多不当之处。为了使该指导书的内容逐步完善起来,敬请各位老师和各位同学提出宝贵意见。我们先在此表示感谢。

编者

2004 年 4 月

目 录

第 1 章 Protel 99se 基础知识	1
1.1 Protel 99se 的基本组成和特点	1
1.2 Protel 99se 的安装	2
1.3 电子线路原理图设计	2
1.4 设计方法汇总	11
1.4 PCB 简介及 PCB 编辑器应用	13
1.4.3 手工设计绘制 PCB 图	17
1.4.4 PCB 图打印输出	21
1.4.5 双面 PCB 图设计简介	22
第 2 章 印制电路板的制作工艺	23
2.1 印制电路板的常用术语	23
2.2 制电路板所用的基材	25
2.3 印制电路板的热负荷	26
2.4 印制电路板的其它问题	27
2.5 印制电路板的制作工艺	28
2.6 印制电路板的焊接	28
2.7 印制电路板的制作	31
第 3 章 电子制作实训	35
3.1 指针万用表的工作原理	35
3.1.5 万用表实训步骤	36
3.2 逆计时数显定时器	37
3.3 单片机系统中的红外通信接口	39
3.4 单通道红外遥控发射机、接收机	42
3.5 函数波形发生器	44
3.6 采用 LCD 显示的数字电压表设计与制作	46
3.7 触摸调光灯	48
3.8 装饰流水灯	50
3.9 壁灯控制器	51
第 4 章 钳工实习	53
4.1 钳工工作环境简介	53
4.2 锯削操作	54
4.3 锉削	56
4.4 錾削	59
4.5 钻削	60
4.6 热处理工艺简介	62
4.7 钳工操作实训	63
第 5 章 常用机械加工设备简介	64

第 1 章 Protel 99se 基础知识

1.1 Protel 99se 的基本组成和特点

Protel 99se 主要由原理图设计系统、印刷电路板设计系统、信号模拟仿真系统、可编程逻辑设计系统和 Protel 99se 内置编辑器等几个部分组成。

1. 原理图设计系统简介

原理图设计系统是用于电子线路原理图设计的 Advanced Schematic 系统，主要包括原理图编辑器 Sch 和修改、生成电子零件参数的零件库编辑器 SchLib 两个部分。

原理图设计部分的基本操作窗口如图 1-1 所示。

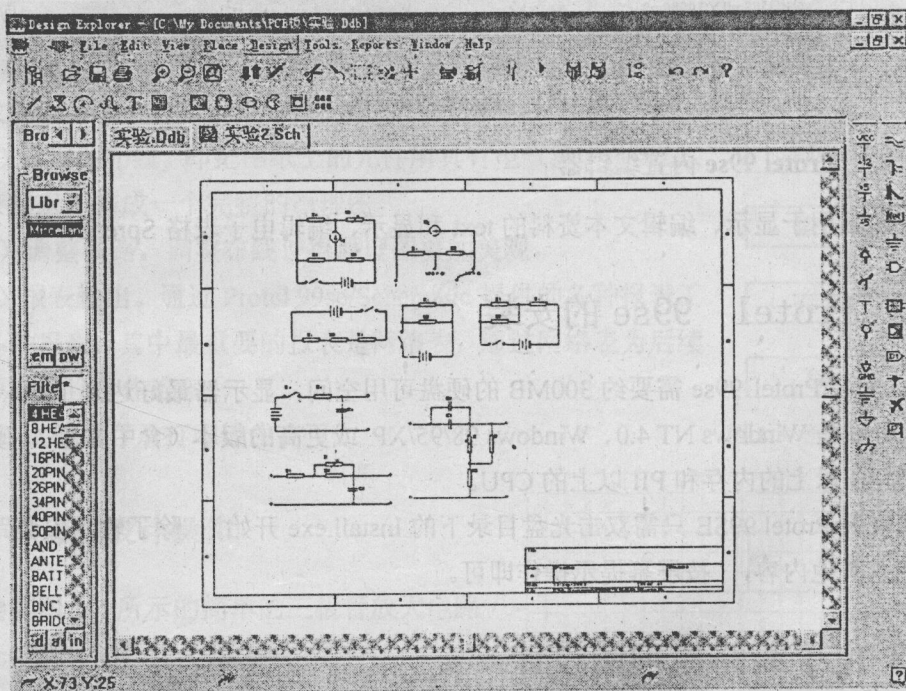


图 1-1 Protel 99se 原理图设计窗口

2. 印刷电路板设计系统

印刷电路板设计系统是用于电路板设计的 Advanced PCB。这部分包括电路板编辑器 PCB 和零件封装编辑器 PCBLib。它的基本操作窗口如图 1-2 所示。

3. 信号模拟仿真系统

信号模拟仿真系统是用于在原理图上进行信号模拟仿真的 SPICE 3f5 系统，能够即时地辅助设计人员发现设计失误，指导进行设计修改。

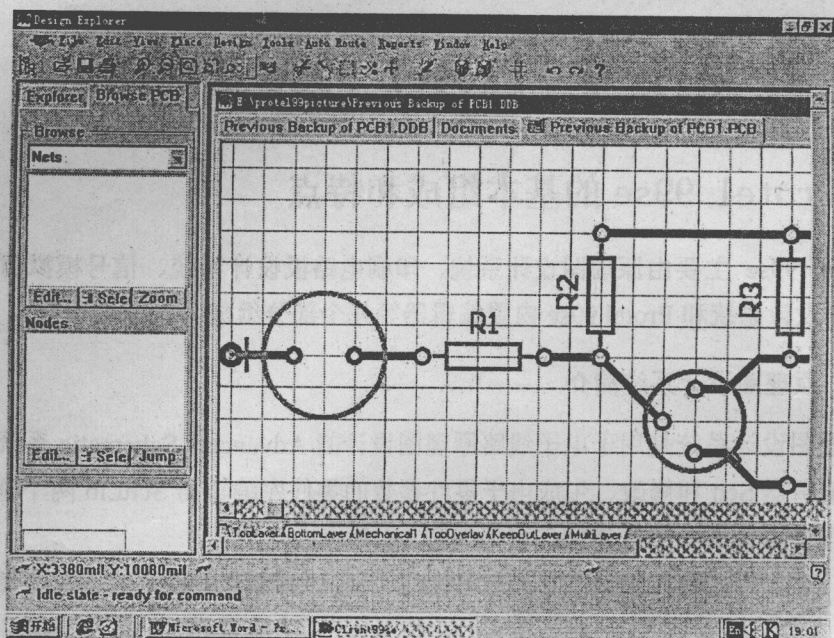


图 1-2 Protel 99se PCB 图设计窗口

4. Protel 99se 内置编辑器

包括用于显示、编辑文本资料的 text 和显示、编辑电子表格 Spread。

1.2 Protel 99se 的安装

安装 Protel 99se 需要约 300MB 的硬盘可用空间，显示器最好达到 1024×768。操作系统可以是 Windows NT 4.0、Windows 98/95/XP 或更高的版本（含中文版）。硬件环境要求 32MB 以上的内存和 PII 以上的 CPU。

安装 Protel 99SE 只需双击光盘目录下的 Install.exe 开始，除了输入安装路径外，不需输入其他内容，按屏幕提示操作即可。

1.3 电子线路原理图设计

1.3.1 电路板设计步骤

一般而言，设计电路板最基本的过程可以分为三大步骤。

1. 电路原理图的设计

电路原理图的设计就是应用 Protel99se 的原理图设计系统（Advanced Schematic）绘制一张电路原理图。主要在于充分利用各种原理图绘图工具和各种编辑功能。

2. 产生网络表

网络表是电路原理图设计 (SCH) 与印制电路板设计 (PCB) 之间的一座桥梁, 它是电路板自动布线的灵魂。网络表可以从电路原理图中获得, 也可从印制电路板中提取。

3. 印制电路板的设计

印制电路板的设计主要是完成电路板上的布线设计。

1.3.2 绘制简单电路图的过程

原理图的设计过程如图 1-3 所示, 简单介绍下:

- (1) 设计图纸大小。即依据设计对象和机壳大小构思零件布局图, 确定图纸尺寸。
- (2) 设置 Protel 99se/Schematic 设计环境。即设置栅格、光标的大小和类型等。一般情况下可以使用系统默认值。
- (3) 选择、放置零件。即根据电路图从零件库里取出所需的零件并放置到图纸上, 并设定零件的序号、封装等。
- (4) 原理图布线。即把图纸上的元件用具有电气意义的导线、符号连接起来, 构成一个完整的原理图。
- (5) 调整线路。调整布线使得原理图更加美观。
- (6) 报表输出。通过 Protel 99se/Schematic 提供的各种报表工具生成各种报表, 其中最重要的报表是网络表, 通过网络表为后续的电路板布线设计作准备。
- (7) 文件保存及打印输出。

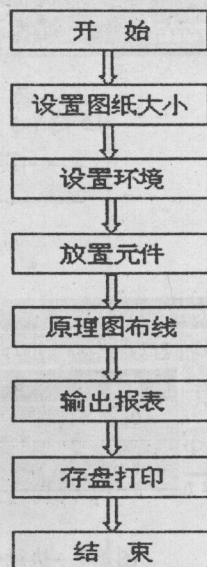


图 1-3 原理图设计过程

1.3.3 原理图设计操作

以绘制图 1-4 所示的简单的三极管放大电路为例, 介绍具体的操作步骤。

1. 进入原理图编辑器 SCH

(1) 新建一个设计库

启动 Protel 99se, 在闪现如图 1-5 所示的启动界面后即进入图 1-6 所示的 Protel 99se 任务选择操作界面, 在该界面选取菜单 File/New 弹出如图 1-7 所示的菜单, 选 New 菜单项后, 单击鼠标左键或按回车键进行确认即可。

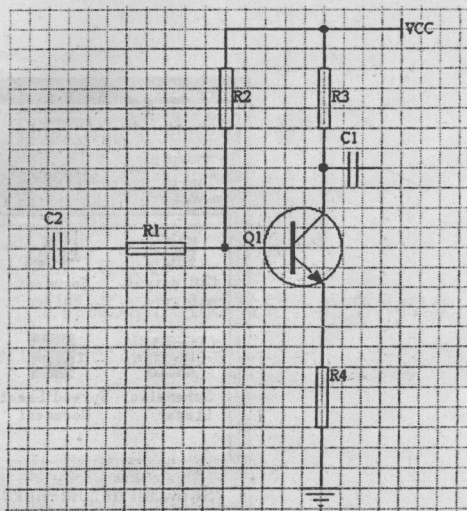


图 1-4 三极管放大电路

选取 File/New 后打开的选择文件类型对话框如图 1-8 所示。在该对话框中填写文件

名后用鼠标选中并单击 OK 图标即可以进入到如图 1-9 所示原理图编辑器选择窗口。



图 1-5 启动界面

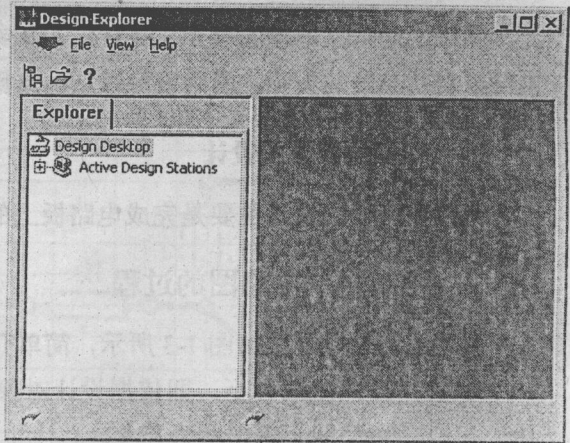


图 1-6 启动后的界面

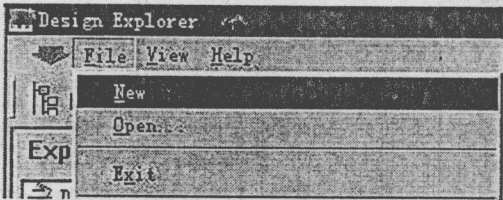


图 1-7 执行 File/New 菜单

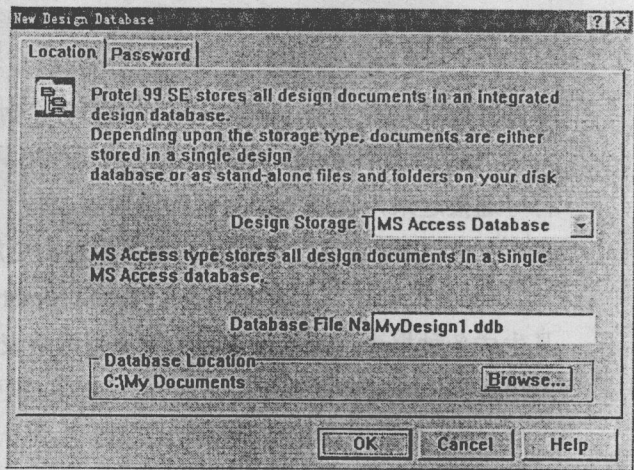


图 1-8 文件类型选择对话框

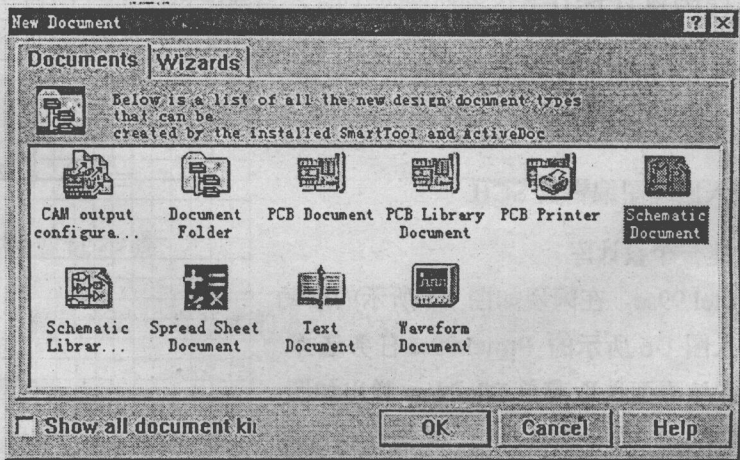


图 1-9 选择进入原理图设计界面的对话框

在图 1-9 所示原理图设计界面对话框中用鼠标选择表示原理图设计的图标，再单击

按钮 OK 后即可进入如前面图 1-1 所示的原理图编辑器。

可直接用鼠标单击屏幕左侧的 EDA 编辑列表中的 SCH 也可进入原理图的编辑环境。

2. 添加元件库

在放置元件之前必须先将该元件所在的元件库载入内存才行。如果一次载入过多的元件库，将会占用较多的系统资源，同时也会降低应用程序的执行效率。所以，通常只载入必要而常用的元件库，其它特殊元件的元件库当需要时再载入。添加元件库的步骤如下：

(1) 点击设计管理器中的 Add/Remove 按钮，屏幕将出现如图 1-10 所示的“元件库添加、删除”对话框。

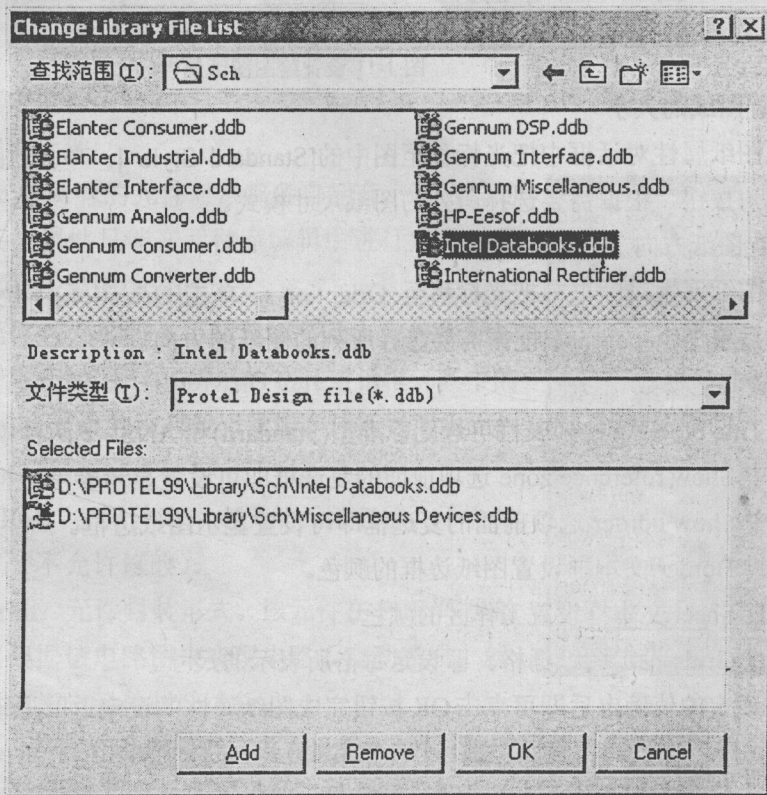


图 1-10 “元件库添加/删除”对话框

(2) 在 Sch 文件夹下选取元件库文件，然后双击鼠标或点击 Add 按钮，此元件库就会出现在 Selected Files 框中，如图 1-10 的下部 Selected Files 窗口所示。

(3) 点击 OK 按钮即完成该次元件库的添加。

3. 设置图纸样本文件

在绘制原理图时要首先设置图幅（即确定原理图纸的尺寸）、图纸方向、底色边框、标题栏等各项参数。

图幅大小的设置可按以下步骤进行操作：

(1) 选择菜单命令[Design][Options]会出现如图 1-11 所示的设置图纸属性对话框。

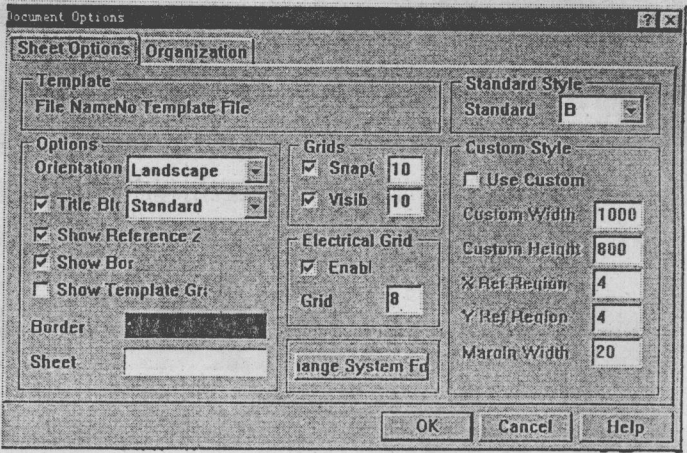


图 1-11 设置绘图图纸属性

(2) 设置图纸的大小

在设置图纸属性对话框中把光标移至图中的[Standard Style]，单击[Standard]下拉列表框的下三角按钮，根据需要选择所列的图纸尺寸模式。

(3) 设置图纸方向

在设置图纸属性对话框中把光标移至 Orientation，单击[Orientation]下拉列表框的下三角按钮，然后单击[Landscape]根据需要选择所列的图纸的方向。

(4) 设置其他参数

- a) 用 Title block 下拉列表栏可选则标准型(Standard)和 ANSI 型两种模式之一。
- b) 选中 Show reference zone 选项前面的复选框即可设置显示参考边框。
- c) 选中 Show border 选项前面的复选框即可设置显示图纸边框。
- d) 通过 Border 文本框设置图纸边框的颜色。
- e) 通过 Sheet 文本框设置工作区的颜色。
- f) 通过 Grids 设定图纸栅格。即设定每格所表示的尺寸。

所有要设定的值确定后即可点击 OK 按钮完成图纸属性的设定返回原理图编辑界面。

4. 添加元件

由于电路是由元件(含属性)及元件间的连线所组成的，所以先将所有可能使用到的元件都放到空白的绘图页上。通常用下面两种方法来选取元件。

(1) 输入元件编号来选取元件。即通过菜单命令 Place/Part 或直接点击电路绘制工具栏上的按钮，打开如图 1-12 所示的“Place Part”对话框，并在该对话框中输入元件名称。

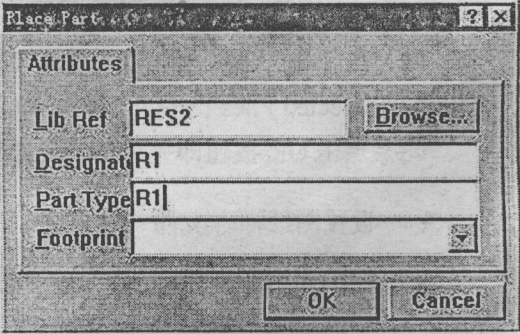


图 1-12 Place Part 对话框

(2) 从元件列表选取元件。该种操作必须通过设计库管理器窗口左边的元件库面板来进行。下面示范如何从元件库管理面板中取一个电阻元件。

如图 1-13 所示, 首先在面板上的 Library 栏中选取 Miscellaneous Devices.lib, 然后在 Components In Library 栏中利用滚动条找到 RES2 并双击选定它, 屏幕上就会出现一个随光标移动的电阻符号。这时按空格键可旋转元件; 按下 X 或 Y 即可在 X 方向或 Y 方向上镜像; 按 Tab 键可打开如图 1-14 所示编辑元件对话框。

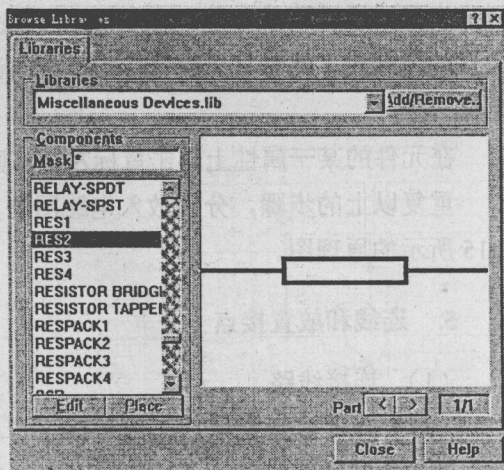


图 1-13 从元件列表选取元件

(3) 编辑元件

Schematic 中所有的元件对象都各自拥有一套相关的属性。其中某些属性只能在元件库编辑中进行定义, 另一些属性则只能在绘图编辑时定义。

在选中元件后元件符号可随鼠标移动, 此时如果按下 Tab 键就可打开如图 1-14 所示的 Part 对话框。其中的“Attributes”选项卡中的内容较为常用, 包括如下的一些选项:

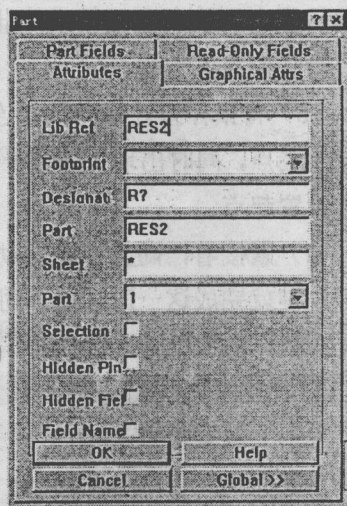


图 1-14 Part 对话框

- a) Lib Ref: 在元件库中定义的元件名称, 不会显示在绘图页中 (不允许修改)。
- b) Footprint: 元件封装形式。该元件在 PCB 库里的名称。如果要根据该电路图来实现电路板自动布线, 就一定要在本栏中指定元件封装才行。
- c) Designator: 元件序号栏。若在此输入 U1, 则所放置的元件上, 将显示 U1。
- d) Part Type: 显示在绘图页中的元件名称, 默认值与元件库中名称 Lib Ref 一致。
- e) Sheet Path: 指示以电路图定义元件的电路图名称, 也就是利用一张电路图代表该元件的内部电路。
- f) Part: 设定同一个集成块中的第几个元件, 主要是针对复合封装的元件而设的。如与门电路的第一个逻辑门为 1, 第二个为 2, 等等。
- g) Selection: 切换选取状态。
- h) Hidden Pins: 是否显示元件的隐藏引脚。
- i) Hidden Fields: 是否显示“Part Fields 1-8”、“Part Fields 9-16”选项卡中的元件数据栏。

j) Field Name: 是否显示元件隐藏栏名称。

也可以通过菜单命令 Edit/Change 改变元件的属性。该命令可将编辑状态切换到对象属性编辑模式,此时只需将鼠标指针指向该元件,然后单击鼠标左键,就可打开 Part 对话框。

在元件的某一属性上双击鼠标左键,则会打开一个针对该属性的对话框。

重复以上的步骤,分别放入电路图的其他元件,并调整他们的位置,即可得到如图 1-15 所示的原理图。

5. 连线和放置接点

(1) 连接线路

所有元件放置完毕后,就可以进行电路图中各对象间的连线(Wiring)。连线的主要目的是按照电路要求建立电路的实际连通性。

a) 要进行操作,可执行菜单 Place/Wire 将编辑状态切换到连线模式,此时鼠标指针由空心箭头变为大十字。

b) 将鼠标指针指向欲拉连线的元件引脚或导线端点,同时出现大黑点。单击鼠标左键,即可设置起点。

e) 紧接着,随光标的移动即可拉出一条线,而转弯或到了欲连接的位置时,再按鼠标左键就完成这一段连接。同时,该点也成为下一段导线的起点。若要设置新的起点,则先按鼠标右键或 Esc 键,将编辑状态切回到待命模式,再新设置起点。

f) 当我们完成了线路连接,连续按鼠标右键或 Esc 键两下,即可结束画线状态。

(2) 放置接点

在某些情况下 Schematic 会自动在连线上加上接点(Junction)。但通常有许多接点要我们自己动手才可以加上的。如默认情况下十字交叉的连线是不会自动加上接点的。

要放置接点,可执行菜单 Place/Junction,这时鼠标指针会由空心箭头变成大十字,且出现一个小黑点。将鼠标指针指向欲放置接点的位置,单击鼠标左键即可,单击鼠标右键可或按 Esc 键退出放置接点状态。

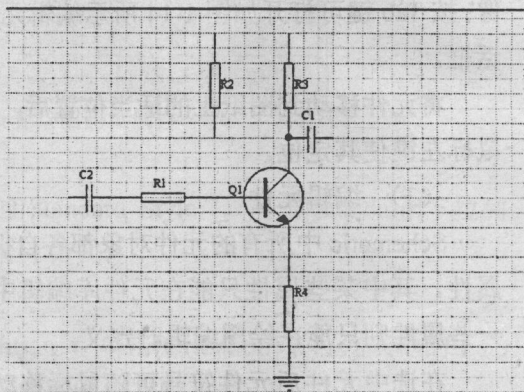


图 1-15 元件布置原理图

6. 电源与接地元件的放置

(1) 放置电源与接地元件

VCC 电源元件与 GND 接地元件有别于一般的电气元件。它们必须通过菜单 Place/Power Port 或电路图绘制工具栏上的按钮调用,这时编辑窗口中会有一个随光标指针移动电源符号,按 Tab 键,即出现 Power Port 对话框。

在 Power Port 对话框中可以编辑电源属性,在 Net 栏中修改电源符号的网络名称,

在 Style 栏中修改电源类型, Orientation 修改电源符号放置的角度。电源与接地符号在 Style 下拉列表中有多种类型可供选择, 如图 1-16 所示。

经过以上步骤, 我们已经绘制出了单三极管放大电路如图 1-17 所示。

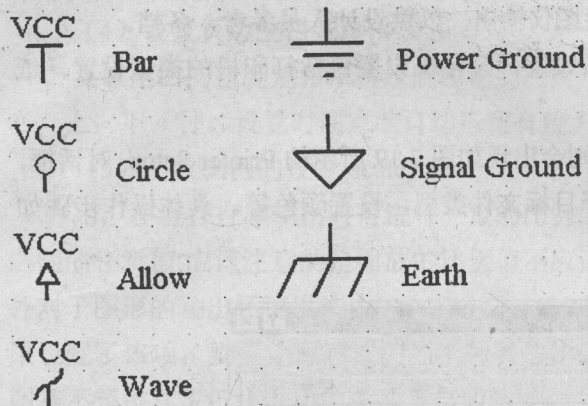


图 1-16 电源及接地符号

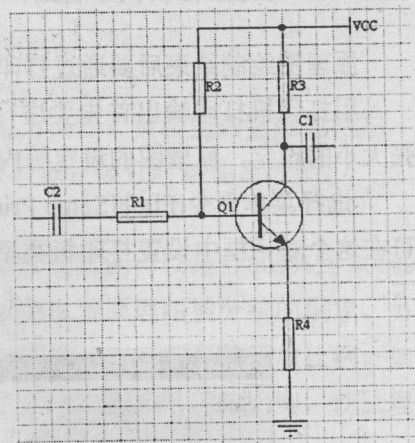


图 1-17 单三极管放大器

在此基础上进行元器件位置、连线位置的调整, 以及编辑相应的文字说明、原理图说明, 从而得到一个自己比较满意的原理图。

7. 存储文件

当打开一个旧的电路图文件并进行修改后, 执行菜单 File/Save 可自动按原文件名将其保存, 同时覆盖原先的旧文件。

在保存文件时如果不希望覆盖原来的文件, 可选择换名保存方式。具体方法是执行 File/Save Copy As... 菜单命令, 打开如图 1-18 所示的 Save Copy As 对话框, 就可以在对话框中指定新的存盘文件名。

在“Save As”对话框中打开“Format”下拉列表框, 就可以看到 Schematic 所能够处理的各种文件格式:

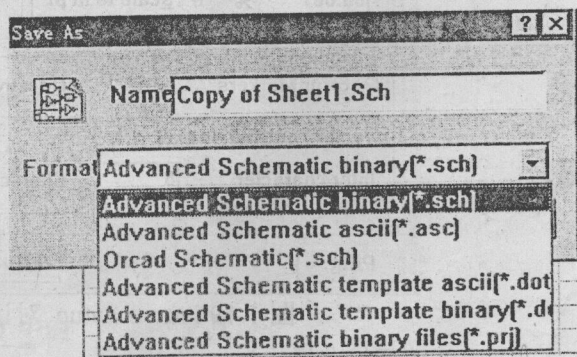


图 1-18 Save Copy As 对话框

- Advanced Schematic Binary (*.sch): 电路绘图页文件, 二进制格式。
- Advanced Schematic ASCII (*.asc): 电路绘图页文件, 文本格式。
- Orcad Schematic (*.sch): 电路绘图页文件, 二进制文件格式。
- Advanced Schematic template ASCII (*.dot): 电路图模板文件, 文本格式。
- Advanced Schematic template binary (*.dot): 电路图模板文件, 二进制格式。

f) Advanced Schematic binary files (*.prj): 项目中的主绘图页文件。

在默认情况下, 电路图文件的扩展名为.Sch。

1.3.3 原理图文件的输出

原理图绘制结束后要通过打印机或绘图仪输出, 以供设计人员参考, 备档。

用打印机打印输出首先要进行打印机设置。打印机设置包括打印机的类型设置, 纸张大小的设定, 原理图的设定等内容。

选择菜单命令[File][Setup Printer], 则会出现如图 7.19 所示的 Printer Setup 对话框, 可在这个对话框中设置打印机类型, 选择目标文件类型, 设置颜色等。具体操作步骤如下:

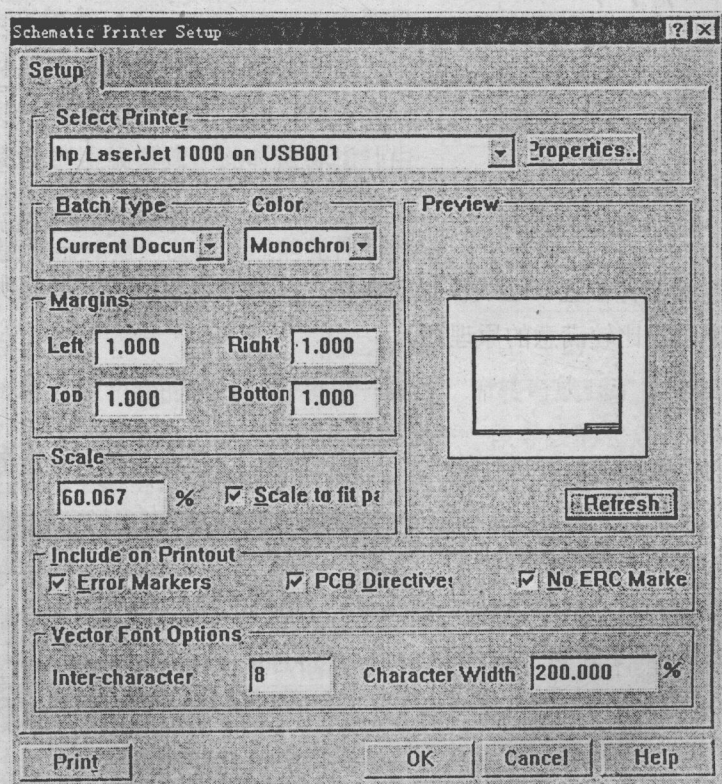


图 1-19 Printer Setup 对话框

(1) 选择打印机(select printer)

如果 Windows 操作系统设置两种以上的打印机, 用户可用鼠标单击该下拉列表框下三角按钮, 然后选择适当的打印机类型及输出接口(其中 LPT1 为并行接口 1, LPT2 为并行接口 2, COM1 为串行接口 1 等).可以根据实际的硬件情况来进行设定。

(2) 选择输出的目标图形文件(batch type)

打印输出的图形文件共有两种选择:

Current Document : 只打印当前正在编辑的图形文件:

All Documents : 打印输出整个项目中的全部图形:

(3) 输出颜色的设置(color mode)

颜色的设置分为两种: Color 彩色输出和 Monochrome 单色输出。

Monochrome : 使原来的色彩两极分化, 即打印出的结果只有黑白两色, 在一般情况下选择单色输出, 即 Monochrome。

(4) 设置页边空白宽度(Margins)

页边空白的宽度是指纸边缘到图框的距离, 其单位为英寸, 页边空白宽度包括左, 右, 上, 下 4 种。设置时注意装订边应留有较大的宽度, 以免装订时盖住原理图。

(5) 缩放比例的设置(scale)

用户在进行打印输出时可进行一定的比例缩放, 缩放的比例可以是 0.001%到 400% 之间的任意值。应该注意的是缩放的比例值不应过大, 以免出现原理图被分割的现象。另外对于图形的输出还可以选中[Scale to fit page]复选框, 即选择充满整页的缩放比例, 如果设置了该项, 则无论原理图的图纸种类是什么, 程序会计算出其精确的比例, 使原理图在不超过真正纸张大小的条件下打印结果。

打印设置完成后, 选择菜单命令[File][Print], 程序会按照以上设置进行打印工作。如果要终止打印, 可单击按钮 Cancel 即可。

1.4 设计方法汇总

在实际应用中许多操作都有多种实现方法, 将常用的简单操作介绍如下, 供大家参考:

1. 放置元件

(1) 加入元件库

方法 1: 利用设计管理器的 Add/Rmove 按钮。

方法 2: 利用设计管理器的 Find 按钮。

(2) 元件放置

方法 1: 利用下拉菜单命令 (place part)。

方法 2: 利用快捷键 PP 。

方法 3: 利用连线工具条 (WringTools) 中的  工具。

方法 4: 利用设计管理器中的 place 按钮。

2. 元件的调整

(1) 移动

单个元件的搬移: 以光标指向所要移动的元件, 按下左键不放直接拖到目的地后, 放开鼠标左键。多个元件搬移: 把所要移动的元件选定, 利用 Edit/Move/Move selection 命令。

(2) 旋转: (以光标指向元件, 按下左键不放)

space 键: 将元件依次做 90 度旋转; X 键: 使元件左右对调; Y 键: 使元件上下对调。

3. 元件的编辑

方法: 双击该元件。

4. 元件的删除

方法 1: 点击所要删除的元件, 这时元件四周会出现虚线黑框, 按 Del 键即可删除。

方法 2: 选定所要删除的元件, 选 Edit/Clean 命令。

方法 3: 选 Edit/ Delete 命令。出现十字光标, 移动十字光标点击所要删除的元件。

5. 布线

(1) 执行画导线命令

方法 1. 利用鼠标单击 (WiringTools) 工具条中的图标  工具。

方法 2. 利用菜单命令 Place/Wire。

(2) 执行画导线的命令后, 光标变成了十字光标。

a) 单击左键, 确定导线的起点。

b) 开始画导线。

c) 移动鼠标的位置拖动线头, 在转折处都要单击鼠标左键确定导线的位置。

d) 单击鼠标右键, 完成绘制一条导线。

6. 电源及接地符号的绘制

方法 1. 用鼠标单击 WiringTools 中的按钮  工具。

方法 2. 利用 Place/Power Port 命令。

7. 剪贴技巧

(1) 元件的剪切步骤

a) 选取所要剪切的图件。

b) 激活 EDIT Cut 或按钮工具。



(2) 元件的复制步骤

a) 选取所要复制的元件。

b) 激活 EDIT Copy。 快捷键 EC。

(3) 元件的粘贴

a) 激活 EDIT Paste 或按钮工具。



b) 快捷键 EP

(4) 阵列式粘贴

a) 激活 EDIT Paste Array

b) 按 Drawing Tools (绘图工具栏) 按钮  工具。

8. 窗口操作

(1) 把所指的元件置于工作区中央。

把光标指向所要置于中央的元件, 依次按 VN 键。

(2) 放大

把光标指向所要放大的部分, 按 PageUp 键。

(3) 缩小

把光标指向所要放大的部分, 按 PageDown 键。

5. 网络标号和总线的应用

(1) 网络标号的放置操作:

a) 激活 Place Net Label 命令或按连线工具栏的按钮  工具。

b) 按 Tab 键进行属性编辑

(2) 总线的放置

a) 总线分支的放置操作:

b) 激活 Place Bus Entry 命令或  按钮, 即进入放置状态, 光标上将出

现一段斜线。

c) 按空格键或 X、Y 键能调整总线分支的方向。③如想修改线的粗细和颜色, 按 Tab 修改属性。

(3) 总线的放置操作:

a) 激活 Place Bus 命令或按钮  工具, 即进入画线状态, 光标将显为大十字。

1.4 PCB 简介及 PCB 编辑器应用

1.4.1 PCB 简介

PCB 是印刷电路板 (Print Curent Bord) 的简称。

原始的 PCB 是一块表面有导电铜层的绝缘材料板。根据电路结构, 在 PCB 上合理安排电路元器件的放置位置(称之为布局)。然后在板上绘制各元器件之间互连线(称为布线), 经腐蚀后保留作互连线用的铜层。再经钻孔等后处理, 裁剪成具有一定外形尺寸供装配元器件用的印刷电路板。一般来说, 印刷电路板可分为:

(1) 单面板。单面板是一种仅有一面带敷铜的电路板, 用户仅可在敷铜的一面布线。单面板由于其成本低而被广泛应用, 但由于只能在一面布线, 因此当线路复杂时, 其布线往往比双面板或多层板困难得多。

(2) 双面板。双面板包括顶层(Top Layer)和底层(Bottom Layer), 顶层一般为元件面, 底层接层面。双面板的两面部有效铜, 均可布线, 所以是制作电路板比较理想的选择。

(3) 多层板。多层板是包含多个工作层的电路板。一般指 3 层以上的电路板。除顶层和底层以外, 还包括中间层、内部电源层或接地层*随着电子技术的高速发展, 电子产品越来越精密, 电路板也越来越复杂, 多层电路板应用也越来越广泛。由于多层电路板的层数增加, 给加工工艺带来了难度。

1.4.2 PCB 编辑器及其应用

1、进入 PCB 的编辑器

执行 Protel 99se 的主菜单命令 “File/New”将弹出数据类型对话框如图 1-20 所示。

单击数据类型选择对话框中的 “PCB”图标并单击 “OK”按钮, 或者直接双击 “PCB”图标, (或单击左上角的 EDA 编辑器标签的 “PCB”按钮), 即可进入 PCB 的编辑器窗口。

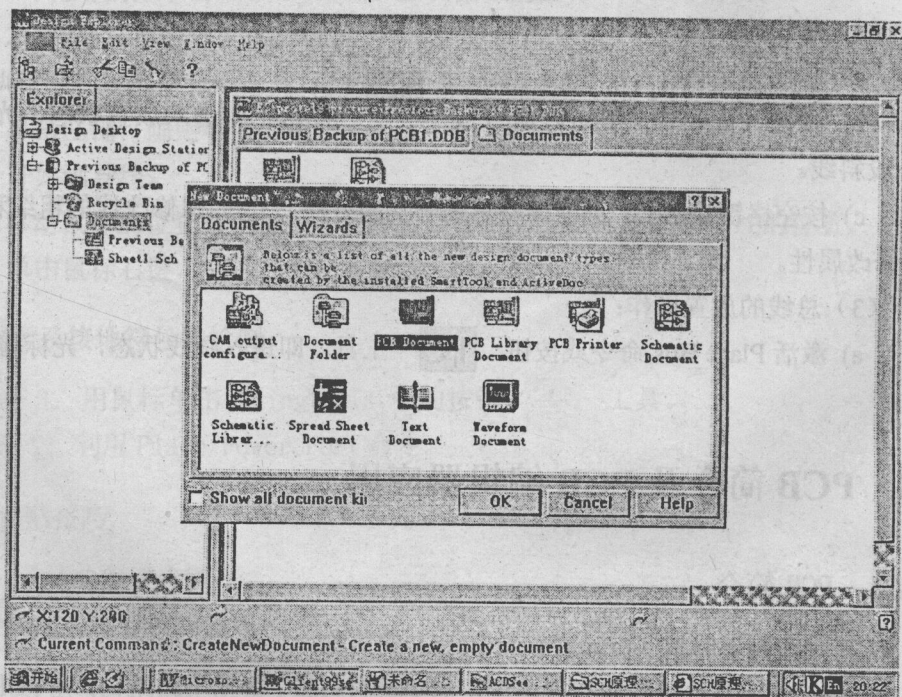


图 1-20 PCB 编辑器窗口

2、PCB 画面的管理

画面的管理就是指画面的放大, 缩小, 以及画面的刷新等操作过程。

单击主工具栏的  工具按钮, 则画面放大。