



## 第3章

# 仿真技术的基础知识

本章将通过一个简单的方波、三角波、正弦波发生器的仿真,来介绍该软件电路仿真部分的使用方法。

### 3.1 Protel 99 的运行环境

需要在 Windows 95, Windows 98, Windows NT 4.0 或者更高版本的操作系统上运行 Protel 99。考虑到运行速度的因素,为充分发挥 Protel 99 的强大功能,操作系统的机器性能越高越好。因此应至少具备以下的硬件配置。

CPU: Pentium 100 以上,或者其他公司同等级的 CPU;

RAM: 32MB 或者更大;

硬盘: 剩余空间 300MB 以上;

显卡: 显卡内存 1MB 以上;

显示器: 分辨率 800×600 以上。

### 3.2 Protel 99 仿真的基本界面

#### 3.2.1 建立仿真原理图文件名

启动 Protel 99 后可看到如图 3.1 所示的 Design Explorer 窗口,选择图 3.1 中的 File 菜单命令,然后在弹出的下拉菜单中,选择 New,则会出现如图 3.2 所示的 New Design Database 对话框。

在图 3.2 中的 Database File Name 框中定义一个文件名,例如:“实验一”。单击 Browse 按钮选择该文件名的存储路径。单击 OK 按钮后则出现如图 3.3 所示的“实验一”窗口。



图 3.1 Design Explorer 的窗口

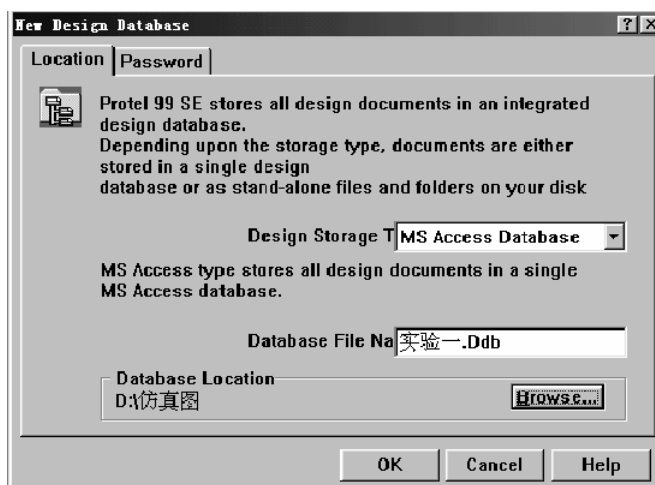


图 3.2 New Design Database 的窗口



图 3.3 实验一对话框

直接选择图 3.3 中 File 下拉菜单中的 New 命令,或双击 Documents 进入该目录后再重复此步骤,则会出现如图 3.4 所示的“新建仿真文件”对话框。

双击图 3.4 所示“新建仿真文件”的 Schematic Document 图标,会出现如图 3.5 所示的新建图标,将其命名为“原理图”。双击该图标,进入图 3.6 所示“设计原理图”的主界面。



图 3.4 新建仿真文件



图 3.5 新建图标

通过使用键盘的 PageUp 和 PageDown 两个按键可将图 3.6 中的画图纸放大和缩小。



图 3.6 设计原理图的主页面

3.2.2 Protel 99 仿真的常用工具栏

选择图 3.6 中的 View 菜单命令,在弹出的下拉菜单中的 Toolbars 项中单击 Main Tools,Wiring Tools,Drawing Tools,Power Tools 等项即可把常用的画图工具置于主视窗口中,如图 3.7 所示常用工具栏,制图者可根据需要进行画图,完成仿真和设计。

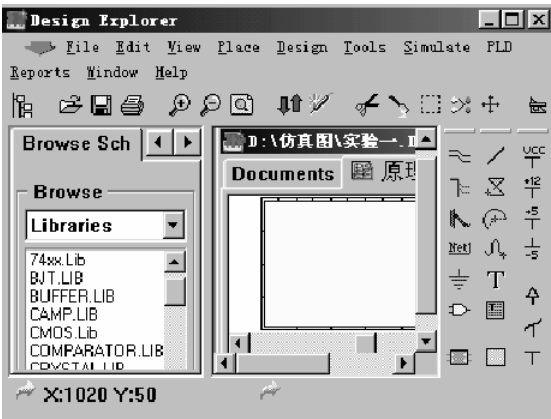


图 3.7 常用工具栏

3.2.3 Protel 99 仿真的常用元器件库

Protel 99 仿真的常见元器件库见表 3.1。

表 3.1 Protel 99 仿真的常用元器件库

| 库 名             | 所含元件            | 库 名                     | 所含元件                 |
|-----------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| 7SEGDISP. LIB   | 多种颜色的 LED 七段显示器 | Relay. Lib              | 五种继电器                |
| BJT. LIB        | 多种双极型晶体管        | SCR. LIB                | 多种晶闸管整流器             |
| BUFFER. LIB     | 多种集成缓冲器         | SWITCH. LIB             | 八种压控、流控开关            |
| CAMP. LIB       | 多种集成电流放大器       | TIMER. LIB              | 四种 555 定时器           |
| COMPARATOR. LIB | 多种集成比较器         | TRANSFORMER. LIB        | 多种变压器                |
| IGBT. LIB       | 多种双极型绝缘栅晶体管     | TRANSLINE. LIB          | 三种传输器                |
| JFET. LIB       | 多种结型场效应管        | TRIAC. LIB              | 多种三端双向晶闸管开关          |
| MATH. LIB       | 多种数学函数发生器       | TUBE. LIB               | 多种电子管器件              |
| MESFET. LIB     | 多种 MES 场效应管     | UJT. LIB                | 四种单结型晶体管             |
| MOSFET. LIB     | 多种 MOS 场效应管     | Simulation Symbols. Lib | 多种电阻、电容、电感、激励源       |
| Misc. Lib       | 多种混合器件          | 74xx. Lib               | 多种 74 系列 TTL 逻辑器件    |
| OpAmp. Lib      | 多种集成放大器         | CRYSTAL. LIB            | 多种晶体振荡器              |
| OPTO. LIB       | 两种光电隔离,即光耦合器件   | CMOS. Lib               | 多种 4000 系列 CMOS 逻辑器件 |
| REGULATOR. LIB  | 六种集成稳压器         | DIODE. LIB              | 多种类型的二极管元器件          |

## 3.3 Protel 99 仿真的基本操作方法

### 3.3.1 加载库文件

要使用仿真库中的元件,必须在设计文档中加载 Sim. ddb 文件,操作如下:在仿真原理图编辑器中选择 Browse Sch 选项卡,在 Browse 的下拉框中选择 Libraries 选项,单击 Add/Remove 按钮,进入 Change Library File List 对话框,使用库元件如图 3.8 所示。选择 C:\Design Explorer 99SE\Library\Sch\Sim. ddb,单击 Add 按钮后在 Selected Files 框中加入该文件,最后单击 OK 按钮则加载成功。

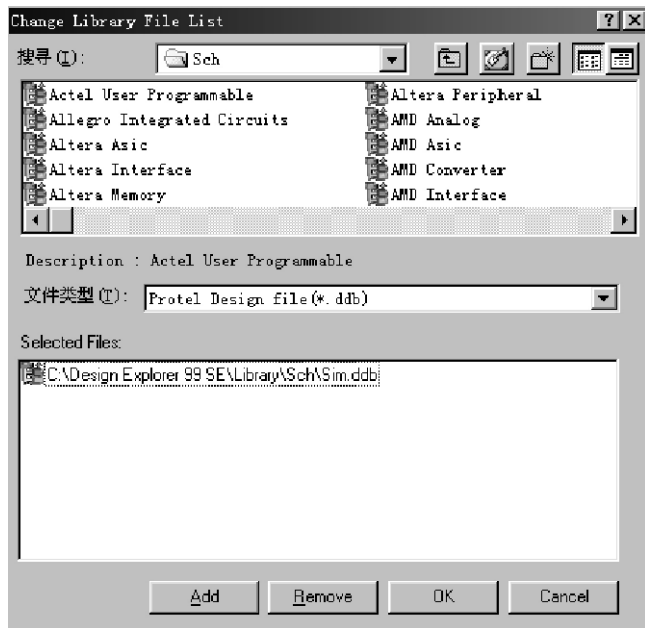


图 3.8 使用库元件

还可以通过单击工具栏上的  按钮来实现该项操作,其他操作步骤同上。

完成上述操作后,编辑器左端的对话框内会显示出仿真库中的元器件,上边框内为元器件库,下边框内为选中的元器件库中所含的元器件。

### 3.3.2 元器件的操作

#### 1. 元器件的调用

选用元器件时,首先在元器件库栏中单击包含该元器件的库名,打开该元器件库;然后在元器件库中双击该元器件,在画图纸内单击,该元器件便自动置于画图区中,连续单击,可出现若干个该元器件,直至右击方可取消该元器件的调用。

## 2. 选中元器件

要选中某个元器件可单击该元器件,要取消这个元器件的选中状态,放开左键即可;或者使用主要工具栏中的虚线方块图标来选中元器件,而这种方法常用于多个元器件的选中。单击按钮即可取消选中状态。

## 3. 元器件的移动

移动单个元器件,只需用鼠标拖动该元器件即可。

移动一组元器件,必须用主要工具栏中的虚线方块图标来选中这些元器件,然后单击并拖动其中的任意元器件,所有选中的部分就会一起移动。当然这一方法也适用于单个元器件的移动。

## 4. 元器件的旋转

为使电路便于连线、布局合理,常需要对元器件进行旋转操作。单击某一元件,然后按空格键即可实现旋转;或者双击该元件,打开“元器件属性”对话框,切换到对话框中的 Graphical Attrs 选项卡,然后单击 Orientation 框中的下三角按钮则可以设定元器件的旋转,如图 3.9 所示,单击该图所示的角度即可达到旋转元器件的目的。

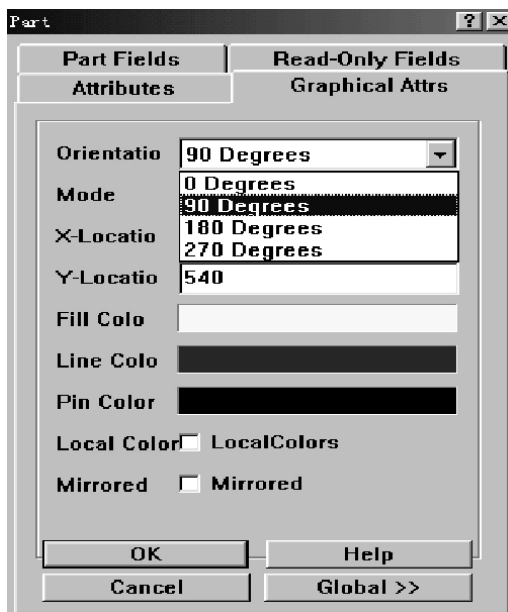


图 3.9 “元器件属性”对话框

## 5. 元器件的复制、删除

使用 Edit 下拉菜单中的 Cut, Copy, Paste, Clear 等命令可分别对选中的元器件实现剪切、复制、粘贴、删除等操作;使用快捷键 Ctrl+X, Ctrl+C, Ctrl+V, Ctrl+Del 也可分别实现剪切、复制、粘贴、删除等操作。

## 6. 常用元器件的参数设定

双击原理图中的元器件,便出现如图 3.9 所示的“元器件属性”对话框,它包含 4 个选项卡: Attributes,Part Fields,Read-Only Fields,Graphical Attrs。下面对一些常用元件作简单介绍。

### (1) 电阻

在电阻属性对话框中的 Attributes 选项卡的 Designator 框中输入电阻的名称,Part 框中输入阻值(单位默认为  $\Omega$ )。对于固定电阻、半导体电阻,只需输入上述两项即可;而对电位器、可变电阻,除需输入上述两项外,还需输入 Part Fields 选项卡中的相关内容,对于这两种电阻来说,Part 项中的值是最大阻值,而 Part Fields 选项卡中的 SET 值决定了电阻的实际阻值。SET 的范围为  $0\sim 1$ ,电阻的实际阻值为  $\text{Part} \times \text{SET}$ 。例如,某一电阻的最大值为  $20\text{k}\Omega$ ,SET 值为 0.4 时,其实际电阻值为  $20\text{k}\Omega \times 0.4 = 8\text{k}\Omega$ 。

### (2) 电容、电感的设置

电容、电感的设置类似于电阻。

### (3) 激励源的设置

正弦电压源见图 3.10,脉冲电压源见图 3.11。

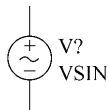


图 3.10 正弦电压源

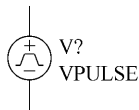


图 3.11 脉冲电压源

### ① 正弦波发生器主要设置的参数

Attributes 选项卡: Designator,Part。

Part Fields 选项卡:

DC: 为直流传输分析,设置为 0。

AC: 设为 1。

AC Phase: 默认值。

Offset: 直流分量,默认值。

Amplitude: 正弦电压幅值,单位为 V。

Frequency: 正弦电压频率,单位为 Hz。

Delay: 电源延时,单位为 s,默认值。

Damping: 阻尼值,表征振幅每秒衰减的幅度,该值为正,输出为衰减波;该值为负,输出为增幅波;该值为零,输出为等幅正弦波。默认值。

Phase: 初始相位,默认值。

### ② 周期性脉冲电源主要设置的参数

Attributes 选项卡: Designator,Part。

Part Fields 选项卡:

DC,AC,AC Phase 的设置同正弦电压源的设置相同。

Initial Value: 电压的初始值。

Pulsed: 脉冲的电压值。

Time: 电源从初始值到脉冲变化前的延时。

Rise Time: 上升时间。

Fall Time: 下降时间。

Pulse: 脉冲宽度。

Period: 脉冲周期。

Phase: 相位延时,默认值。

### 3.4 Protel 99 仿真的常用分析法

Protel 99 提供了多种分析工具,利用其可以进行多种项目的模拟分析。可供使用的分析法有:直流工作点分析、交流小信号分析、瞬态分析/傅里叶分析、噪声分析、直流传输函数分析、参数扫描分析、传输功能分析、温度扫描分析及蒙特卡罗分析等。

### 3.5 Protel 99 仿真快速入门

本节以三角波、方波、正弦波信号发生器为例说明用 Protel 99 对电路原理图进行仿真的过程。

#### 3.5.1 电路原理图的绘制

对如图 3.12 所示的三角波、方波、正弦波信号发生器,其电路原理图的绘制有以下几个步骤。

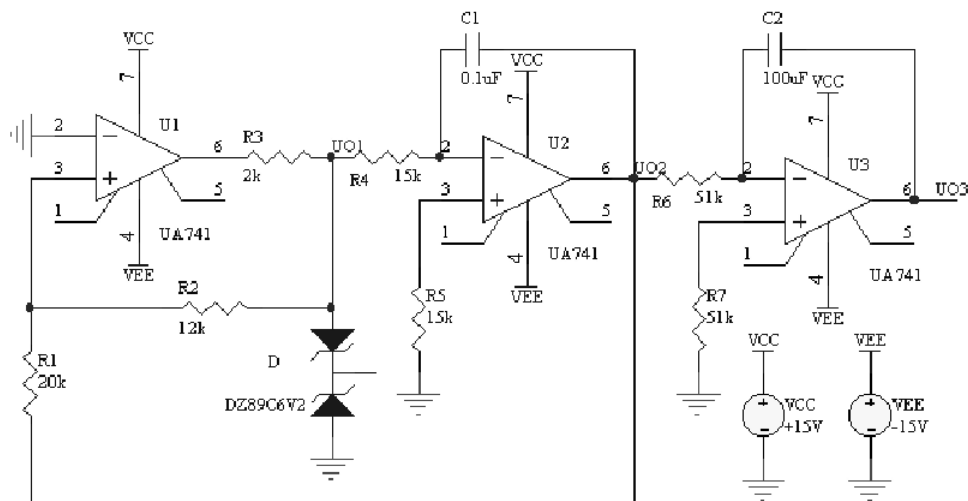


图 3.12 三角波、方波、正弦波信号发生器



### (1) 选择并加载库文件

Protel 99 自带的仿真元件库 Sim. ddb 位于 Design Explorer|Library|Sch 子目录下。Simulation Symbols. Lib 中包括多种电阻、电容、电感、激励源。另外, DIODE. LIB 中有各种类型的二极管, 三极管在 BJT. LIB 中。

### (2) 从库中调取元件放在合适位置。

### (3) 设置元件参数

双击该元件(以图 3.12 中的  $C_1$  为例), 在弹出的对话框(如图 3.13 所示的“设置元件参数”对话框)中输入 Attributes 选项卡下的内容: 在 Designator(标识)中输入标识名  $C_1$ ; 在 Part(类型)中输入电容值  $0.1\mu\text{F}$ ; Lib Ref 中为元件名。

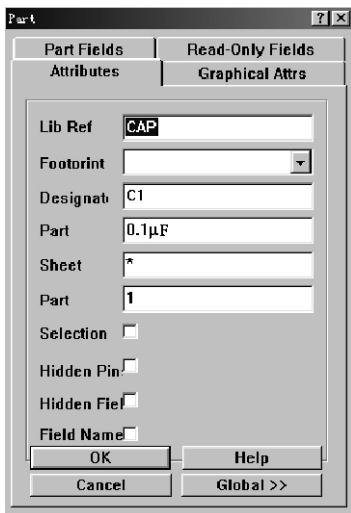


图 3.13 “设置元件参数”对话框

### (4) 用连线将各元件连接起来。

### (5) 设置电路仿真节点

单击 **Net** 并拖动到适当点放置, 然后更改节点名称, 如图 3.12 中的  $U_{O1}$ ,  $U_{O2}$ ,  $U_{O3}$ 。

## 3.5.2 仿真分析的环境设置

单击工具栏上的仿真器设置按钮  或选择仿真主页面 Simulate 菜单中的 Setup 命令, 便会打开如图 3.14 所示的“仿真分析的环境设置”对话框。首先选择分析方法, 然后在 Available Signals 框中双击待分析节点。

本例中采用了直流工作点分析和瞬态分析。需要在选项卡 Transient/Fourier 中对时间进行如图 3.15 所示的时间设置, 其中包括: 开始时间(Start Time)、终止时间(Stop Time)、步长(Step Time)及最大步长(Maximum Step)。

若设计者未输入上述各项的值, 则选中 Always set default 复选框, 会自动采用默认值。通常, 最大步长和步长取相同的值。

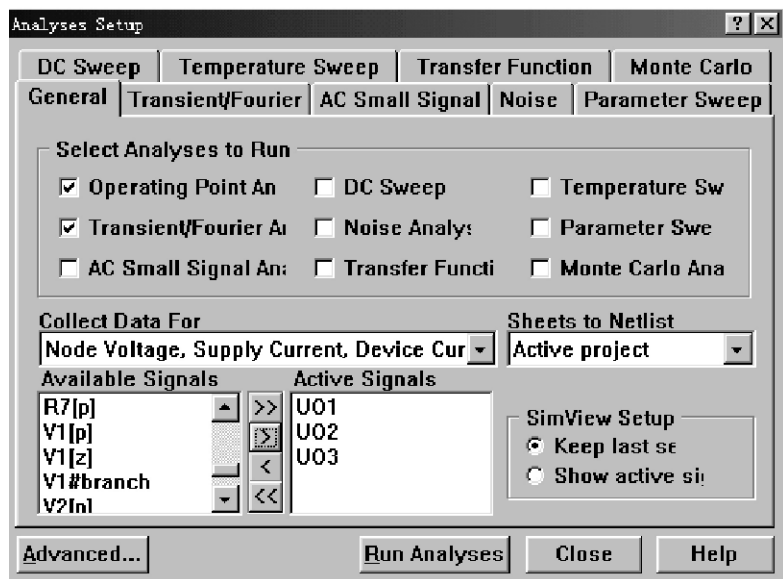


图 3.14 “仿真分析的环境设置”对话框

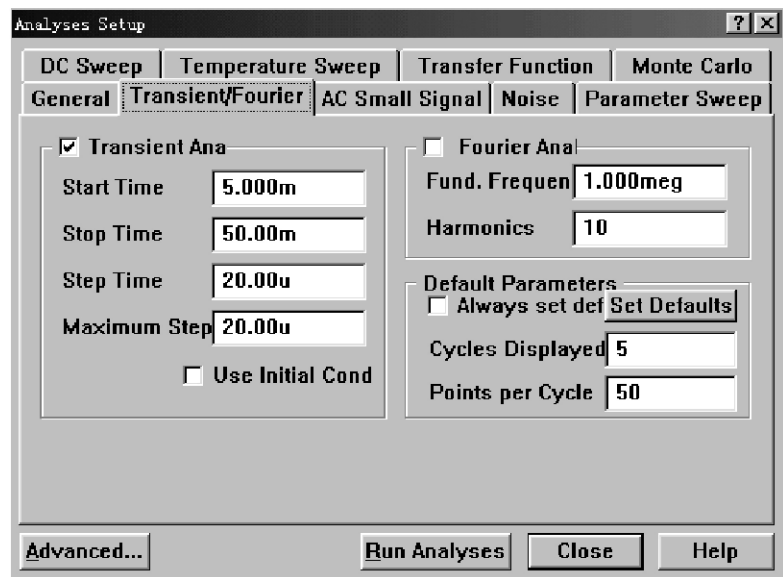


图 3.15 时间设置

### 3.5.3 仿真结果的显示

单击工具条上的按钮或在图 3.15 中单击 Run Analyses 按钮即可看到仿真输出结果。图 3.16 所示为各节点的输出波形。

需要注意,如果仿真电路原理图有错误,运行时会出现如图 3.17 所示的对话框,同时生成 \*.err 文件,该文件中会提示出错的详细信息,便于对原理图进行修改。

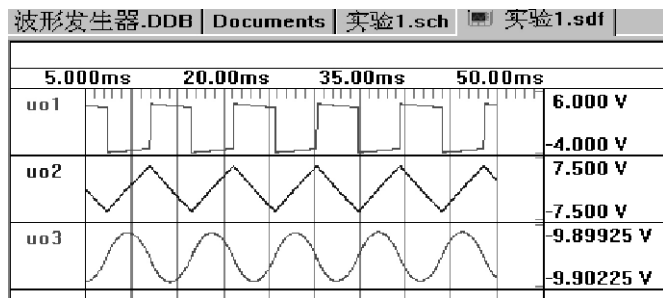


图 3.16 各节点的输出波形

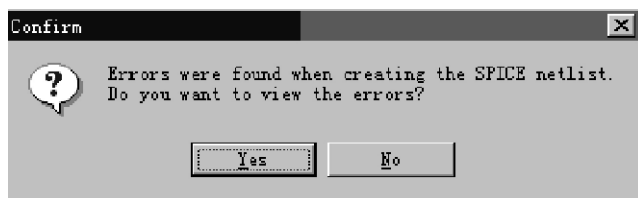


图 3.17 “出错”对话框

至此,以图 3.12 为例的仿真过程已经介绍完毕。可以看出,此电路为波形变换电路,3 个节点的输出波形周期相同。

对于不同的电路,需要作不同的分析。设计者可根据具体情况选择适当的分析方法,充分利用 Protel 99 的强大功能实现设计目标。