

///

高等学校规划教材
普通高等教育电气工程实践技术系列教材

EDA工程实践技术

付家才 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校规划教材
普通高等教育电气工程实践技术系列教材

EDA 工程实践技术

	付家才	主 编
韩春艳	宣丽萍	副主编
	郭黎利	主 审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

EDA 工程实践技术 / 付家才主编. —北京: 化学工业出版社,
2004.12

高等学校规划教材

普通高等教育电气工程实践技术系列教材

ISBN 7-5025-5781-4

I. E… II. 付… III. 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123592 号

高等学校规划教材
普通高等教育电气工程实践技术系列教材

EDA 工程实践技术

付家才 主编

韩春艳 宣丽萍 副主编

郭黎利 主审

责任编辑: 唐旭华

文字编辑: 廉 静

责任校对: 陈 静 周梦华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http: // www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 330 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5781-4/G · 1551

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

根据教育部本科应用型人才培养目标的精神,为满足本科电类相关专业实践能力培养的需要,我们组织编写了一套电气工程实践技术系列教材,涵盖电子、电机、电气控制、工业控制、单片机、DSP、应用电子、EDA 等内容。

本套教材立足于本科教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要,突出应用性和针对性,以加强工程实践能力、工程设计能力为培养原则,与专业基础课、专业课的理论教材相配套,作为理论教材的扩展和延伸。这套教材集设计、制作、工程实践操作、工程应用、工程训练等能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。本套书的特点归纳为:内容先进性、教学适用性、灵活选择性、突出实用性、强调实践性。本套教材取材上充分考虑了内容的先进性,以新技术、新元件、新材料充实到各门实践教材中;在整体规划上尽力保证了与专业基础课、专业课内容的衔接,与理论教材的配套,体现了专业的系统性和完整性,利于课程的整合;为适应电类各专业的需要,对选用实践教材进行多种方案组合;为便于学生学习,本套教材中既注意到一般设计方法和过程介绍,同时对工业设计和过程也进行了具体的介绍,作为通向现场的一座桥梁。本套教材很多内容来源于科研和生产实践,通过对科研和生产单位的广泛调研,搜集了大量有实用意义的资料,使内容更加贴近现场,贴近实践。本套教材既注重工程设计能力的传授,以动手能力、工程实践能力为培养主线,重点放在电气操作技能的训练上,培养学生分析和解决实际问题的能力,又遵循循序渐进的原则,由基础实践技能到综合实践技能,采用由浅入深、深入浅出的培养方法。

本套教材有《工业控制工程实践技术》、《电子工程实践技术》、《电机工程实践技术》、《电气控制工程实践技术》、《单片机控制工程实践技术》、《DSP 控制工程实践技术》、《EDA 工程实践技术》、《应用电子工程实践技术》8 本。

《EDA 工程实践技术》主要介绍 EDA 在工程实践中的应用,结合大量的实例,系统详尽地介绍了 PSPICE、EWB、SCH99DXP 的使用方法和应用技巧,以电路模拟的实际步骤为主线,结合实例掌握电子、电路模拟仿真方法。通过在线可编程实验装置,掌握 VHDL 和在线可编程器件的开发与应用。本书共分为 5 章,第 1 章介绍电子电路仿真的设计,第 2 章介绍在线可编程实验装置,第 3 章介绍 VHDL 应用,第 4 章介绍 EDA 综合应用,第 5 章介绍 EDA 工程实践方法。

本书由付家才教授主编,韩春艳、宣丽萍任副主编。第 1 章、第 2 章 2.1~2.2 节由宣丽萍编写;第 3 章、第 4 章 4.1~4.2 节由韩春艳编写;第 2 章 2.3~2.4 节、第 4 章 4.3~4.8 节由侯晓秋编写;第 5 章由冯新宇编写。全书由付家才策划和统稿。

本书由哈尔滨工程大学郭黎利教授主审,在审阅中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 11 月

内 容 提 要

本书详细地介绍了 EDA 在工程实践中的应用, 通过大量实例讲述 PSPICE、EWB、SCH99DXP 的电路仿真方法。主要包括电子电路仿真设计、在线可编程实验装置、VHDL 应用、综合应用、EDA 工程实践方法等内容。

本书是电气工程实践技术系列教材之一, 既适用于大中专院校相关专业的实习与实践技能培训, 又可作为相关工程技术人员的参考书。

目 录

1 电子电路的仿真设计	1
1.1 PSPICE 电路设计与仿真	1
1.1.1 PSPICE 概述	1
1.1.2 模拟电子线路的设计与仿真	4
1.2 Multisim2001 电路设计与仿真	16
1.2.1 Multisim2001 概述	16
1.2.2 电工基础电路的设计与仿真	18
1.2.3 模拟电子电路的设计与仿真	27
1.2.4 数字电子电路的设计与仿真	35
1.3 Protel DXP 电气原理图设计与仿真	38
1.3.1 概述	38
1.3.2 Protel DXP 电气原理图的设计与仿真	39
本章小结	61
习题与思考题	61
2 在线可编程实验装置	63
2.1 概述	63
2.2 硬件结构	64
2.2.1 伟福 EDA2000 实验装置的结构	64
2.2.2 外部设备	66
2.2.3 FPGA/EPLD 适配板	70
2.2.4 实验装置的模式设置	77
2.3 EDA 的设计流程	78
2.4 EDA2000 软件使用	89
2.4.1 系统功能选择按钮及时钟	90
2.4.2 结构框图窗口	91
2.4.3 逻辑分析窗口	94
2.4.4 存储器窗口	96
2.4.5 外部设备窗口	98
2.4.6 IO 端子定义窗口	98
2.4.7 工作模式设置	98
本章小结	101
习题与思考题	101
3 VHDL 应用	102
3.1 门电路	102
3.1.1 两输入与门电路实例	102

3.1.2	两输入或门电路实例	102
3.1.3	非门电路实例	103
3.1.4	带有使能端的三态门电路实例	104
3.1.5	用 oc 门实现线与功能实例	104
3.1.6	两输入与非门电路实例	105
3.1.7	两输入或非门电路实例	105
3.1.8	两输入异或门电路实例	106
3.1.9	两输入同或门电路实例	107
3.2	触发器	107
3.2.1	对 RS 触发器的 VHDL 描述实例	107
3.2.2	对 JK 触发器及时钟信号的 VHDL 描述实例	108
3.2.3	对 D 触发器及时钟信号的 VHDL 描述实例	109
3.2.4	对 T 触发器及时钟信号的 VHDL 描述实例	109
3.3	逻辑电路	110
3.3.1	对 8 线—3 线优先编码器的 VHDL 描述实例	110
3.3.2	对 3 线—8 线译码器的 VHDL 描述实例	112
3.3.3	对 BCD 七段显示译码器的 VHDL 描述实例	113
3.3.4	对自然二进制数与循环二进制数进行代码转换的 VHDL 描述实例	115
3.3.5	四选一数据选择器的 VHDL 描述实例	116
3.3.6	一位半加器与全加器的 VHDL 描述实例	117
3.3.7	四位全加器的 VHDL 描述实例	118
3.3.8	补码生成电路的 VHDL 描述实例	118
3.3.9	数值比较器电路的 VHDL 描述实例	119
3.3.10	移位寄存器电路的 VHDL 描述实例	120
3.3.11	双向移位寄存器电路的 VHDL 描述实例	120
3.3.12	异步二进制加法计数器电路的 VHDL 描述实例	121
3.3.13	同步十进制加法计数器电路的 VHDL 描述实例	122
3.3.14	带允许端的十二进制计数器电路的 VHDL 描述实例	124
3.3.15	双时钟脉冲同步十六加/减进制计数器电路的 VHDL 描述实例	125
3.3.16	同步二十九进制计数器电路的 VHDL 描述实例	127
3.3.17	六十进制计数器电路的 VHDL 描述实例	129
3.3.18	模数可变计数器电路的 VHDL 描述实例	130
3.3.19	用状态机的方法实现十三进制计数器电路的 VHDL 描述实例	131
3.4	存储器	133
3.4.1	只读存储器电路的 VHDL 描述实例	133
3.4.2	静态随机存储器电路的 VHDL 描述实例	134
3.4.3	后入先出堆栈电路的 VHDL 描述实例	136
本章小结		138
习题与思考题		138
4	综合应用	140

4.1 数字锁	140
4.1.1 设计任务	140
4.1.2 设计思路	140
4.1.3 实现数字锁的电路	140
4.1.4 源程序	140
4.2 交通灯控制器	143
4.2.1 设计任务	143
4.2.2 设计思路	143
4.2.3 实现交通灯控制器的电路	144
4.2.4 源程序	144
4.3 乒乓游戏机	151
4.3.1 设计任务	151
4.3.2 设计思路	151
4.3.3 实现乒乓游戏机的电路	151
4.3.4 源程序	151
4.4 三层电梯控制器	156
4.4.1 设计任务	156
4.4.2 设计思路	157
4.4.3 三层电梯控制器的电路	157
4.4.4 源程序	157
4.5 智力抢答器	162
4.5.1 设计任务	162
4.5.2 设计思路	162
4.5.3 实现智力抢答器的电路	162
4.5.4 源程序	163
4.6 数字钟	167
4.6.1 设计任务	167
4.6.2 设计思路	167
4.6.3 数字钟电路	168
4.6.4 源程序	168
4.7 数字频率计	175
4.7.1 设计任务	175
4.7.2 设计思路	175
4.7.3 数字频率计的电路	175
4.7.4 源程序	175
4.8 出租车计费器	181
4.8.1 设计任务	181
4.8.2 设计思路	181
4.8.3 出租车计费器的电路	181
4.8.4 源程序	181

本章小结	187
习题与思考题	187
5 EDA 工程实践方法	189
5.1 EDA 工程实践内容	189
5.1.1 设计实践的目的与要求	189
5.1.2 设计实践的教学过程	189
5.2 PSPICE 仿真选题设计	190
5.2.1 单极共射极放大器电路性能分析	190
5.2.2 电压增益的幅频响应、相频响应特性分析	190
5.2.3 功率放大电路	191
5.2.4 共射极放大电路分析	192
5.2.5 放大电路分析	192
5.3 EWB 仿真选题设计	193
5.3.1 直流工作点分析	193
5.3.2 交流频率分析	194
5.3.3 瞬态分析	195
5.3.4 与门电路	195
5.3.5 三态门逻辑功能测试	196
5.4 SCH99DXP 设计选题	196
5.4.1 超高输入阻抗低增益放大电路	197
5.4.2 混合放大器	197
5.4.3 喇叭保护电路	198
5.4.4 高输入阻抗差动放大电路	198
5.4.5 截波器电路	198
5.4.6 周期 AD 转换器电路	199
5.4.7 低功耗蜂鸣电路	199
5.4.8 音频分布放大器	200
5.4.9 超小型耳机放大器	201
5.4.10 长条形伏特表电路	201
5.4.11 绘制零件图	202
5.5 VHDL 应用选题	202
5.5.1 二选一电路设计	203
5.5.2 8 位奇偶校验电路	203
5.5.3 四选一电路设计	203
5.5.4 时序逻辑电路设计	204
5.5.5 其他设计	204
本章小结	205
参考文献	206

1 电子电路的仿真设计

1.1 PSPICE 电路设计与仿真

PSPICE 是当今世界上著名的电路仿真标准工具之一, 本节以 MicroSim 公司出版的基于 Windows 平台的 PSPICE9.1 为例介绍其组成和使用。

1.1.1 PSPICE 概述

(1) PSPICE 的基本功能

PSPICE 可以对电路进行如下一些工作。

① 制作实际电路之前, 仿真该电路的性能, 如计算直流工作点 (Bias Point), 进行直流扫描 (DC Sweep) 与交流扫描 (AC Sweep), 显示检测点的电压、电流波形等。

② 估计元器件变化 (Parametric) 对电路造成的影响。

③ 分析一些较难测量的电路特性, 如进行噪声 (Noise)、频谱 (Fourier)、器件灵敏度 (Sensitivity)、温度 (Temperature) 分析等。

④ 优化设计。

(2) PSPICE 的组成

PSPICE 主要包括 Schematics、Pspice、Probe、Stmed (Stimulus Editor)、Parts 5 个软件包。Schematics 是一个电路模拟器, 它可以直接绘制电路图, 自动生成电路描述文件; 并可对电路进行直流分析、交流分析、瞬态分析、傅里叶分析、环境温度分析、蒙特卡罗分析和灵敏度分析等多种分析; 而且还可以对元件进行修改和编辑。Pspice 是一个数据处理器, 它可以在 Schematics 中所绘制的电路进行模拟分析, 运算出结果并自动生成输出文件和数据文件。Probe 是图形后处理器, 相当于一个示波器。它可以将 Pspice 运算的结果在屏幕或打印设备上显示出来, 模拟结果还可以接受由基本参量组成的任意表达式。Stmed 是产生信号源的工具, 它在设定各种激励信号时非常方便、直观, 而且容易查对。Parts 是对器件建模的工具, 它可以半自动地将来自厂家的器件数据信息或用户自定义的器件数据转换为 Pspice 中所用的模拟数据, 并提供它们之间的关系曲线及相互作用, 确定元件的精确度。

(3) PSPICE 的原理图编辑窗口界面

在 Windows 界面下的 PSPICE 程序组中双击 Schematics, 进入如图 1.1 所示的原理图编辑窗口。

原理图编辑窗口的最上方是标题栏, 用于显示当前的应用程序及电路文件名称及页号。接着下一行是菜单栏, 再下一行及原理图编辑窗口界面的左边是工具栏。中部最大的区域是绘图工作区, 用于绘制电路原理图。原理图编辑窗口界面的最下方是状态栏。

① 菜单栏 它包括 11 组菜单, 分别是 File (文件)、Edit (编辑)、Draw (画图)、Navigate (定向)、View (窗口显示)、Options (选项)、Analysis (分析)、Tools (工具)、Markers (标识)、Window (窗口)、Help (帮助)。

a. File (文件) 菜单主要用于管理电路文件, 如新建、打开、关闭、保存、打印、退出等。

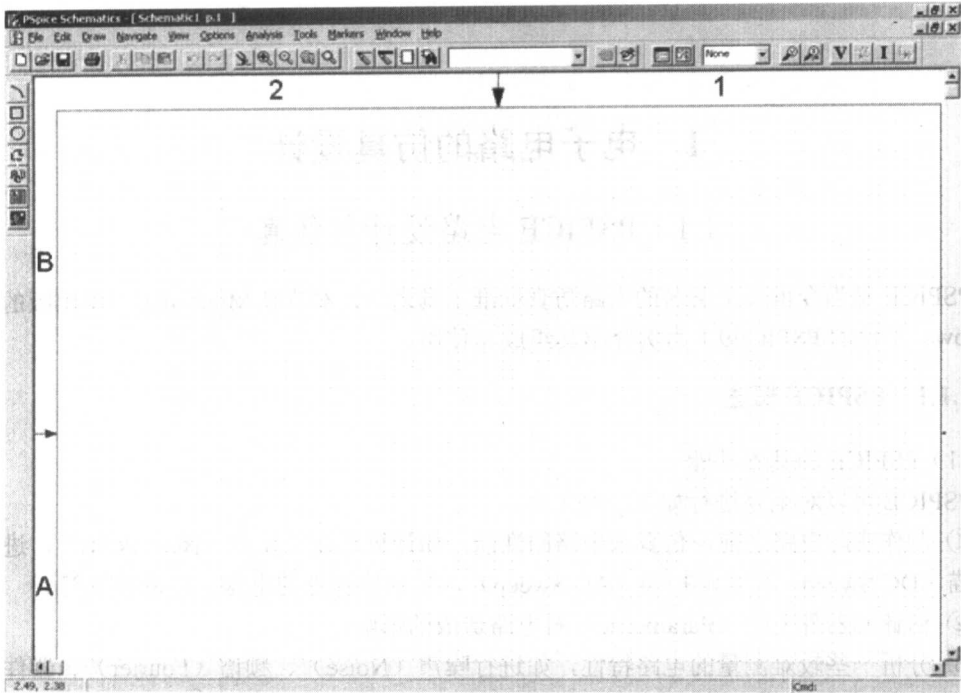


图 1.1 原理图编辑窗口

b. Edit (编辑) 菜单主要用于在电路绘制过程中, 对电路及电路符号进行各种处理操作, 如撤销、剪切、复制、粘贴、删除、旋转等。

c. Draw (画图) 菜单主要完成绘制电路图的各种操作, 如取元件、放元件、连线、加文字注释等。

d. Navigate (定向) 菜单主要用于分层式电路图, 主要完成从子电路图回到上一层子电路图或主电路图, 从上一层子电路图或主电路图进入下一层子电路图。

e. View (视图) 菜单主要用于设置整图显示、电路图的缩放、重新定位电路图中心及设置工具条和状态栏。

f. Options (选项) 菜单主要用于设置电路界面和设定电路的某些功能, 如自动重复功能、自动标注、自动滚动功能等。

g. Analysis (分析) 菜单用于检查电路和设置分析选项等。

h. Tools (工具) 菜单主要用于设置与外部印制板设计软件的接口和连接、启动电路优化器。

i. Markers (标识) 菜单用于设置各种输出测试标识符。

j. Window (窗口) 菜单主要用于打开、关闭和排列窗口。

k. Help (帮助) 菜单主要用于显示 Schematics 帮助的有关信息。

② 工具栏 PSPICE9.1 的原理图编辑窗口提供了多种工具栏, 如系统编辑工具栏、画图工具栏、仿真工具栏、图解注释工具栏, 主要由一些常用命令的快捷按钮组成。这些工具栏可任意移动或改变放置方向。

a. 系统编辑工具栏。如图 1.2 所示, 其按钮从左到右分别是新建、打开、保存、打印、剪切、复制、粘贴、撤销、重做、刷新、放大、缩小、局部放大、满屏显示。

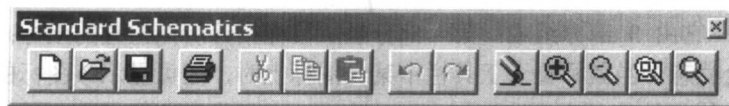


图 1.2 系统编辑工具栏

b. 画图工具栏。如图 1.3 所示，其按钮从左到右分别是连线、连总线、画电路块、取元件、最近取用的元件列表、编辑属性、编辑新符号。

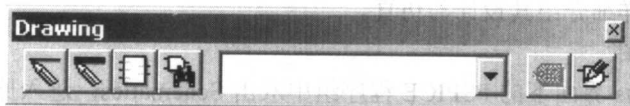


图 1.3 画图工具栏

c. 仿真工具栏。如图 1.4 所示，其按钮从左到右分别是设置分析类型、仿真分析、设置观测标识的颜色、加电压观测标识、加电流观测标识、消隐或显示直流工作点电压值、消隐或显示某一节点直流工作点电压值、消隐或显示直流工作点电流值、消隐或显示某一节点直流工作点电流值。

d. 图解注释工具栏。如图 1.5 所示，其按钮从左到右分别是画弧、画长方形、画圆、画多边形、加文字注释、画文本框、插入图片。

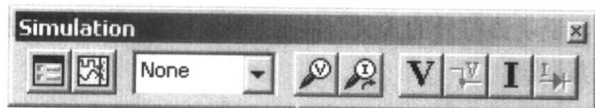


图 1.4 仿真工具栏

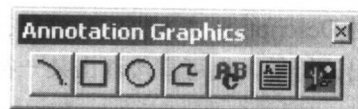


图 1.5 图解注释工具栏

③ 绘图工作区 它是一块均匀划分的网格区域，网点之间的默认间隔是 2.50mm。绘图工作区的设置可通过打开 Options（选项）下拉菜单，点击 Display Options 选项，打开如图 1.6 所示的显示方式对话框来设置。

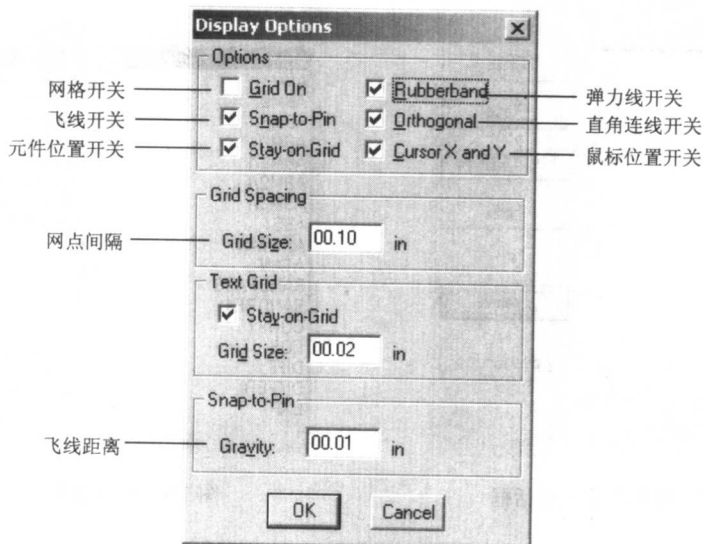


图 1.6 显示方式对话框

④ 状态栏 它由 3 部分组成：第一部分显示鼠标指针所在位置的坐标；第二部分显示当前电路图所处状态，当鼠标置于工具栏中某一图标上时，还可显示该图标的提示信息；第三部分显示当前执行的菜单命令。

1.1.2 模拟电子线路的设计与仿真

因 PSPICE 的仿真元器件以模拟元件为主，下面就以模拟电子线路中的最为简单的二极管整流电路为例，详细介绍其设计与仿真。

(1) 编辑原理图

首先在 Windows 界面下的 PSPICE 程序组中双击 Schematics，进入原理图编辑窗口。

① 取元器件 打开画图 (Draw) 下拉菜单，用鼠标单击取新元件 (Get New Part) 项，或直接单击画图工具栏中的  按钮，打开如图 1.7 所示符号名输入对话框。取元件时，可直接在对话框中拖动滚动条寻找所需要元件的符号，或直接在 Part Name 栏中输入符号名（不区分大小写）。如输入 R 可取出电阻，输入 C 可取出电容。如果对符号名不熟悉，可在此对话框中单击 Libraries... 按钮，打开如图 1.8 所示符号提取对话框。在此对话框中的 Library 区中给出了不同类型元器件库，如模拟电路元器件符号库 (analog.slb)、激励源符号库 (source.slb)、电路接口符号库 (port.slb) 等。选择不同的符号库，则该符号库中的元器件名称便显示在 Part 区中。选择某一符号后，则该符号的名称便会出现在 Part Name 文本框中，同时 Description 文本框中出现一行文字，说明该符号的含义，单击 Place & Close 按钮，便可取出该符号，也可直接双击某一符号将其取出。

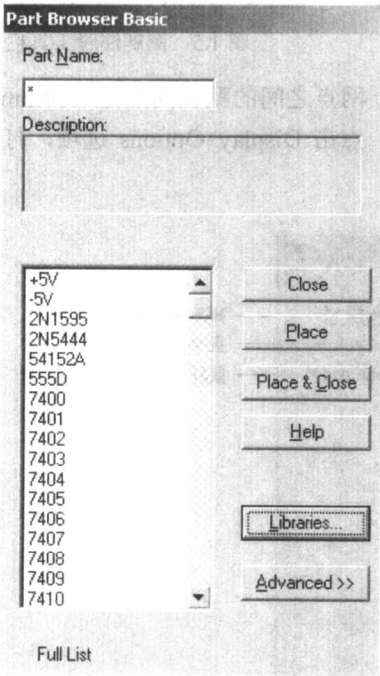


图 1.7 符号名输入对话框

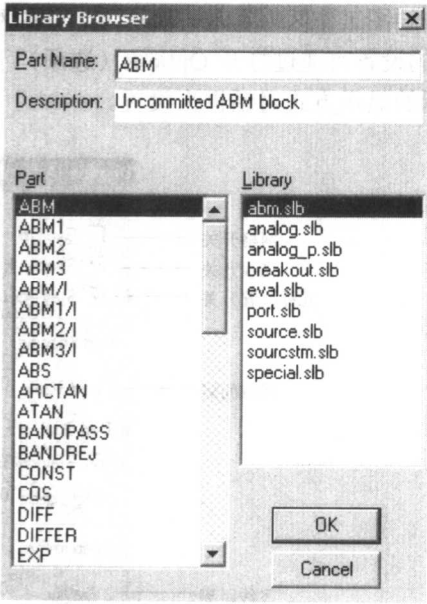


图 1.8 符号提取对话框

在符号名输入对话框中，单击 Advanced >> 按钮，可打开如图 1.9 所示高级操作对话框，在此对话框中可显示所选器件的符号，还可单击 Edit Symbol 按钮，进入符号编辑器。

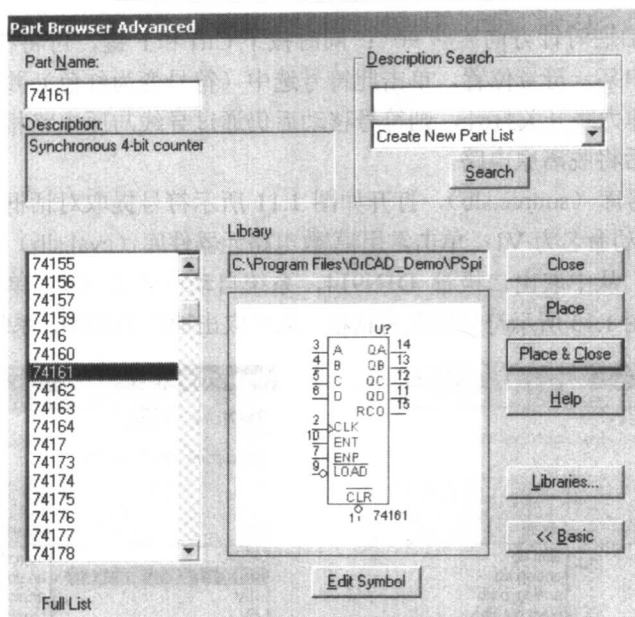


图 1.9 高级操作对话框

② 放置元器件 单击如图 1.10 所示符号提取对话框中的模拟电路元器件符号库 (analog.slb), 在 Part 区中选择电阻 R, 点击 OK 按钮, 拖动鼠标, 此电阻便跟随鼠标移动, 移动到绘图工作区的适当位置后单击鼠标, 符号摆放一次, 系统自动命名为 R1, 然后鼠标恢复成摆放前的状态, 表示可以继续摆放该符号。

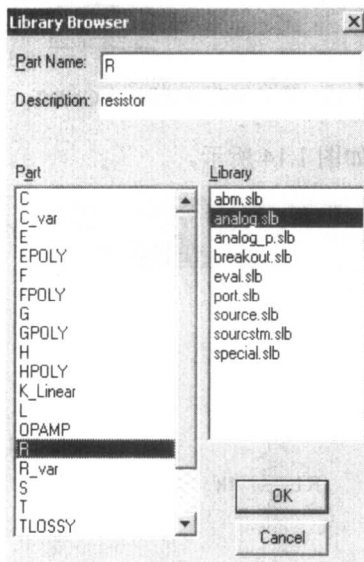


图 1.10 符号提取对话框 (R)

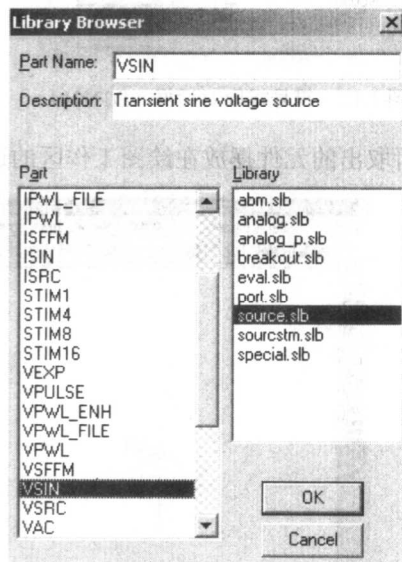


图 1.11 符号提取对话框 (VSIN)

当所选符号摆放完后, 可单击鼠标右键或双击左键结束摆放操作, 若取错符号可单击右键撤消。

为连线方便有时需对符号进行旋转或水平翻转操作, 可用键盘操作实现。同时按下 Ctrl

和 R 键，可将符号沿逆时针方向旋转 90° ；同时按下 Ctrl 和 F 键，可将符号水平翻转。

若要调整电路中某一符号位置，单击此符号选中（符号变为红色）并拖动，即可将其移动到其他位置。若弹力线开关打开，则符号移动后仍通过导线与原电路相连；若弹力线开关关闭，则符号移动后将脱离原电路。

单击激励源符号库（source.slb），打开如图 1.11 所示符号提取对话框，从中取出正弦电压源 VSIN，系统自动命名为 V1；单击常用模/数电路元器件库（eval.slb），打开如图 1.12 所示符号提取对话框，从中取出二极管 D1N914，系统自动命名为 D1；单击电路接口符号库（port.slb），打开如图 1.13 所示符号提取对话框，从中取出地线 EGND，系统自动设置为 0 点。

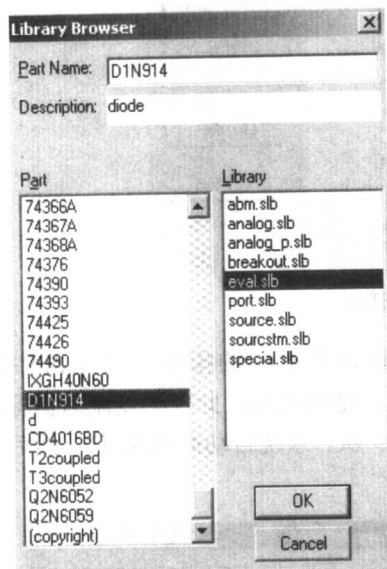


图 1.12 符号提取对话框（D1N914）

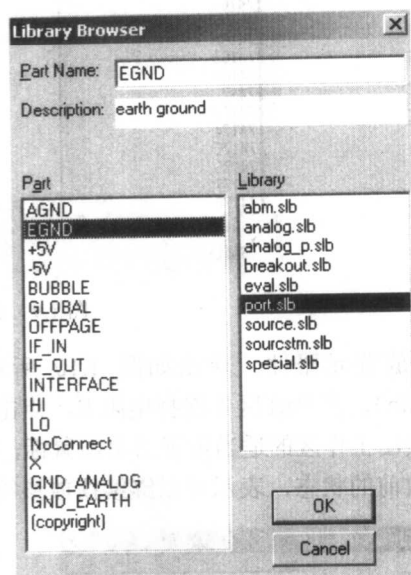


图 1.13 符号提取对话框（EGND）

把所取出的元件摆放在绘图工作区的适当位置，如图 1.14 所示。

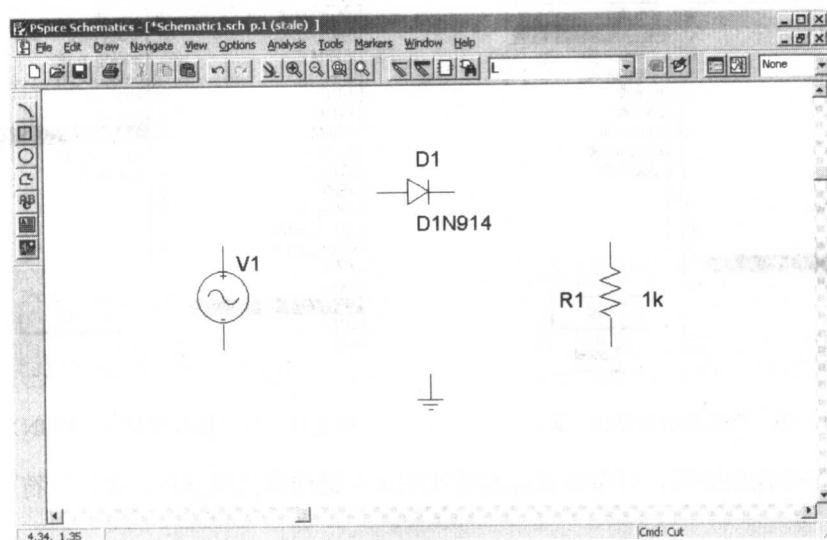


图 1.14 元件摆放后的工作窗口

③ 连线 PSPICE 有两种连线方式：水平和垂直折线连接、斜线连接。采用哪种连接方式取决于直角连线开关的设置情况。若直角连线开关处于打开状态，可在连接目标之间进行水平和垂直折线连接；若直角连线开关处于关闭状态，可在连接目标之间进行斜线连接。无论哪一种连接方式，连接方法都是一样的。

打开 Draw 下拉菜单，点击 Wire 选项，或单击画图工具栏中的  按钮，鼠标指针变成铅笔形状，然后单击连接目标的起点，将导线的一端固定在该目标上，拖动鼠标就可拉出一条导线，到达终点时单击终点就可完成连线操作。若要结束连线操作，可单击鼠标右键或双击鼠标左键。

按此方法将图中摆放后的元件连接起来，如图 1.15 所示，这样电路图的初绘就完成了。

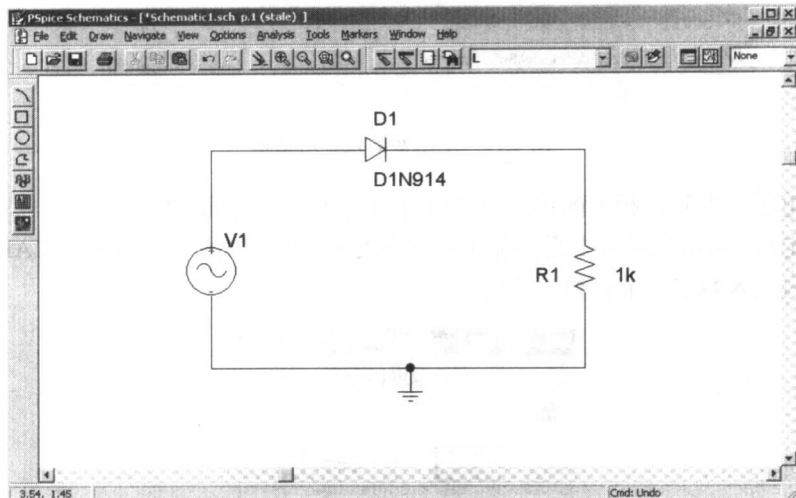


图 1.15 连线后的电路图工作窗口

④ 元件参数设置 用鼠标双击相应元件，或选中该元件后在编辑 (Edit) 菜单中用鼠标单击属性 (Attribute)，在其对话框中对相应的参数进行修改（也可以用鼠标双击相应元件处的参数框进行修改）。

双击正弦电压源 V1，打开如图 1.16 所示电压源参数设置对话框，其中，正弦电压源 (Vsin) 的起始电压 (VOFF) 为 0；幅值电压 (VAMPL) 为 10；频率 (FREQ) 为 10k。

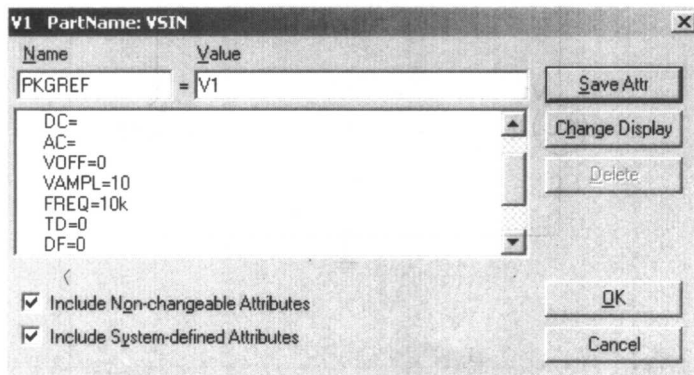


图 1.16 电压源参数设置对话框

双击电阻 R1，打开如图 1.17 所示电阻参数设置对话框，其中电阻的参数值 VALUE 设置为 100。

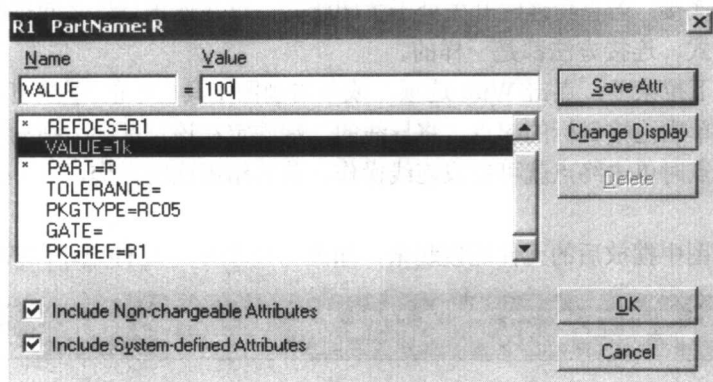


图 1.17 电阻参数设置对话框

其中，电压、电阻、频率的单位缺省值分别为伏特、欧姆和赫兹。

参数确定后，可用鼠标双击需要标注的节点连线，打开如图 1.18 所示的 LABEL 对话框。在 LABEL 内输入数字（节点数）即可。

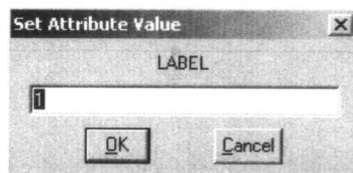


图 1.18 LABEL 对话框

至此，原理图编辑就结束了，如图 1.19 所示。

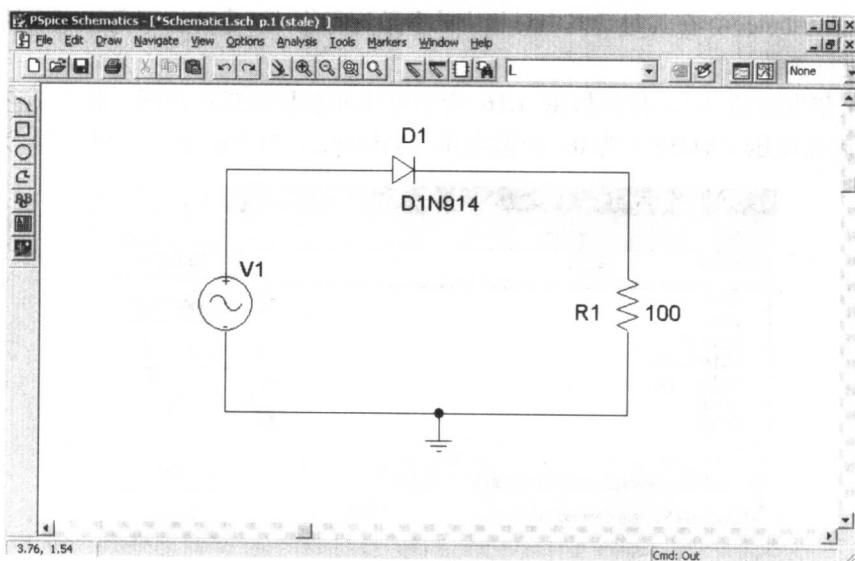


图 1.19 原理图编辑结束后的窗口