

高等职业教育电子与信息技术应用专业规划教材

电子设计自动化技术

教育部机械职业教育教学指导委员会

组编

中国机械工业教育协会

主 编 钱金法

副主编 李怀甫

参 编 朱文武 吕红芳 毕秀梅

主 审 章彬宏



机械工业出版社

电子设计自动化(EDA)技术是将计算机技术应用于电子设计过程的一门新技术,为电子系统的设计带来了革命性的变化。本书着重介绍运用EDA技术进行电子系统设计的有关知识和相关EDA工具的应用,即如何应用Protel 99 SE、Altera Quartus II、Xilinx ISE等EDA工具及Verilog语言完成电路设计与仿真、印制电路板设计、可编程逻辑器件设计与应用等,从而对EDA技术有一个较全面的了解。

本书紧密结合高职高专特点,主动适应社会实际需要,突出应用性、针对性和可操作性。编写时重点突出了开发工具的使用方法和应用实例,叙述上力求深入浅出,将知识点与能力点有机结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。内容编排力求简洁明快、形式新颖、目标明确,利于促进学生的求知欲和学习主动性。

本书可作为高等职业教育三年制、五年制电子类、通信类、电气自动化类等相关专业的教材及社会相关技术的培训教材,同时亦可作为电子设计人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化技术 金法主编 北京:机械工业出版社, 2009
高等职业教育电子与信息技术应用专业规划教材
I. ①电... II. ①金... III. ①电子电路 原电路设计:计算机辅助设计 原高等学校:技术学校 原教材 IV. ①... ②...

I ①电... II ②线... III ③电子电路 原电路设计:计算机辅助设计 原高等学校:技术学校 原教材 IV ④... ⑤...

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第...号

机械工业出版社(北京市百万庄大街...号 邮政编码...)

策划编辑 王世刚 于宁

责任编辑:于宁 版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

...年...月第...版第...次印刷

...印张·...千字

定价:...元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) ...

封面无防伪标均为盗版

机电类高等职业技术教育教材建设
领导小组人员名单

顾问：郝广发

组长：杨黎明

成员：刘亚琴 李超群 惠新才 王世刚

姜立增 李向东 刘大康 鲍风雨

储克森 薛 涛

电子与信息技术应用专业教材编审委员会

焦 斌 储克森 黄家善 薛 涛 赵 辉

王成安 文国电 钱金法 章彬宏 于淑萍

杨海祥 石小法 曹克澄 曹振军 杨清学

童建华 易培林 孟凤果 于 宁

前 言

为贯彻《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》有关精神，积极支持教育部面向 21 世纪高职高专教材建设，全国高等职业教育院校协作编写了本教材，供应用电子技术、电子工程、通信、电子设备制造与维修、电气自动化类等相关专业使用。

本套教材紧密结合高职高专特点，主动适应社会实际需要，突出应用性、针对性。内容叙述力求深入浅出，将知识点与能力点有机结合，注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力，内容编排力求简洁明快、形式新颖、目标明确，利于促进学生的求知欲和学习主动性。

从 20 世纪中叶到 21 世纪初，电子系统的设计经历了手工设计、计算机辅助设计、计算机辅助工程设计及电子设计自动化四个阶段，而电子设计自动化（EDA）技术的发展更是给电子系统设计带来了革命性的变化。将 EDA 技术更好地引入高等职业技术教育的电子类教学中是编写此书的目的。

本书着重介绍运用 EDA 技术进行电子系统设计的有关知识和相关 EDA 工具的应用，即如何应用 EDA 工具完成电路设计与仿真、印制电路板设计、可编程逻辑器件设计与应用等，从而对 EDA 技术有一个较全面的了解。

本书第 1 章介绍如何应用 EDA 工具完成电路设计与仿真。第 2 章主要介绍利用 EDA 工具进行印制电路板的设计。第 3 章主要介绍可编程逻辑器件及其应用。第 4 章主要介绍 VHDL 的编程与应用。第 5 章主要介绍了 Altera 公司的 EDA 工具进行数字电路的设计与仿真。编写时重点突出了开发工具的使用方法和应用实例，即突出了实用性和操作性。

本书由江苏常州机电职业技术学院钱金法老师担任主编，并编写第 1 章，由四川电子工业学校李怀甫老师任副主编并编写第 2 章，第 3 章由上海电机高等专科学校吕红芳老师编写，第 4 章由安徽机电职业技术学院朱文武老师编写，第 5 章由辽宁机电职业技术学院毕秀梅老师编写。最后由钱金法老师进行了统稿。

本书由江苏常州机电职业技术学院章彬宏老师主审，在此对他提出的许多中肯而宝贵的意见表示诚挚的谢意。

由于 EDA 技术发展快，更新快，加之作者水平有限，疏漏或错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第 1 章 电子设计自动化概述	1
1.1 电子设计自动化	1
1.2 本书的主要内容和学习方法	1
1.3 本章小结	1
1.4 思考题与练习题	1
第 2 章 电子设计自动化电路仿真软件基础	2
2.1 电子设计自动化基本界面	2
2.2 电路仿真基本操作	2
2.3 子电路的使用	2
2.4 虚拟仪器及其使用	2
2.5 电路设计与仿真实例	2
2.6 本章小结	2
2.7 思考题与练习题	2
第 3 章 常用电路仿真分析方法	3
3.1 仿真元器件的设计	3
3.2 仿真分析的基本操作	3
3.3 本章小结	3
3.4 思考题与练习题	3
第 4 章 电子设计自动化原理图编辑软件	4
4.1 原理图绘制基本界面及编辑器	4
4.2 原理图绘制入门	4
4.3 层次电路图的设计	4
4.4 电气规则检查与报表文件的生成	4
4.5 元器件库编辑器	4
4.6 原理图输出	4
4.7 本章小结	4
4.8 思考题与练习题	4
第 5 章 印制板基本知识	5
5.1 印制板概述	5
5.2 印制板布局原则	5
5.3 印制板布线原则	5
5.4 本章小结	5
5.5 思考题与练习题	5
第 6 章 电子设计自动化印制板设计软件	6
6.1 电子设计自动化印制板设计流程	6
6.2 印制板设计基本操作	6
6.3 设计规则设置与自动布线	6
6.4 印制板元器件设计	6
6.5 印制板设计技巧	6
6.6 印制板输出	6
6.7 印制板设计实例	6
6.8 本章小结	6
6.9 思考题与练习题	6
第 7 章 可编程逻辑器件	7
7.1 概述	7
7.2 复杂可编程逻辑器件 (CPLD)	7
7.3 现场可编程逻辑门阵列 (FPGA)	7
7.4 可编程逻辑器件的设计流程	7
7.5 本章小结	7
7.6 思考题与练习题	7
第 8 章 交叉网入门	8
8.1 交叉网的基本结构	8
8.2 构造体的描述方式	8
8.3 交叉网的数据类型与操作运算符	8
8.4 交叉网的主要描述语句	8
8.5 基本逻辑电路的设计方法	8
8.6 本章小结	8
8.7 思考题与练习题	8
第 9 章 电子设计自动化译码器	9
9.1 电子设计自动化译码器逻辑输入方法	9
9.2 电子设计自动化译码器的编译仿真及定时分析	9
9.3 应用实例	9
9.4 本章小结	9
9.5 思考题与练习题	9
附录	10
附录 A 电子设计自动化菜单	10
附录 B 电子设计自动化元器件图形库	10
附录 C 电子设计自动化菜单命令	10

附录 阅	原理图常用元器件图形样本	圆	附录 郟	常用元器件非标符号与国标符号	
附录 耘	常用元器件菜单命令	圆		对照	圆
附录 云	常用元器件封装图形样本	圆	参考文献	圆

第 4 章 电子设计自动化概述

人类社会已进入到高度发达的信息化社会，信息社会的发展离不开电子产品的进步。现代电子产品在性能提高、复杂度增大的同时，价格却一直呈下降趋势，而且产品更新换代的步伐也越来越快，实现这种进步的主要原因就是生产制造技术和电子设计技术的发展。前者以微细加工技术为代表，目前已进展到深亚微米阶段，可以在几平方厘米的芯片上集成数千万个晶体管；后者的核心就是 EDA 技术。EDA 是指以计算机为工作平台，融合了应用电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果而研制成的电子 CAD 通用软件包，主要能辅助进行三方面的设计工作：逻辑设计、电子电路设计以及 PCB 设计。没有 EDA 技术的支持，想要完成上述超大规模集成电路的设计制造是不可想象的，反过来，生产制造技术的不断进步又必将对 EDA 技术提出新的要求。20 世纪 80 年代以来，我国电子工业取得长足的进步，现已进入一个新的发展时期，面临着新的机遇与挑战。电子设计自动化技术的研究、开发和推广应用必将进一步推动我国电子工业的发展。

4.1 电子设计自动化

电子电路的设计一般要经过设计方案提出、方案验证和修改三个阶段，甚至需要经历多次反复。随着计算机技术的发展，某些特殊类型的电路可以通过计算机来完成电路设计，但目前能实现完全自动化设计的电路类型不多，大多数情况下要以“人”为主体，借助计算机来完成设计任务，这种设计模式称作计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称 CAD）。

电子设计自动化（Electronic Design Automation，简称 EDA 技术，是在电子 CAD 技术的基础上发展起来的计算机辅助设计系统。利用 EDA 工具，电子设计师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统，大量工作可以通过计算机完成，并可以将电子产品从电路设计、性能分析到设计印制电路板（简称 PCB）的整个过程在计算机上自动处理完成。

随着电子和计算机技术的发展，电子产品的智能化程度日益提高，电路的集成度越来越高，新的电路芯片层出不穷，而产品的更新周期却越来越短。EDA 技术使得电子电路的设计人员能在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试、芯片设计直至印制板的自动设计。目前 EDA 技术已为世界上各大公司、企业和科研单位广泛使用。图 4-1 为 EDA 技术的范畴和功能。

随着计算机技术的发展，EDA 工具层出不穷，目前常用的并具有广泛影响的 EDA 软件有 Protel 99 SE、Allegro、Cadence、Pspice、Mentor Graphics、Synopsys 等。

Protel 99 SE（原名 Protel 95 SE）是美国 Protel 公司于 20 世纪 90 年代开发的电路模拟分析软件，可以进行模拟分析、模拟数字混合分析、参数优化等，该公司还开发了印制电路板和可编程逻辑电路（PLD）的设计软件。

Allegro 9.2（原名 Allegro）软件是加拿大 Altera 公司于 20 世纪 90 年代末、21 世纪初推出的专门用于电子电路仿真的“虚拟电子工作台”软件，可以将不同类

型的电路组合成混合电路包括数字电路，并进行电路仿真。它不仅完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性与非线性分析、噪声分析、失真分析、离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析和电路容差分析等共计 10 多种电路分析方法，可以进行故障模拟和数据储存等功能，还提供了增强型的 IC 设计功能，能支持和模拟杂项 IC 元件模型等。

该软件是一个大型的电子电路 CAD 软件包，该公司的产品包括原理图设计、印制板设计、元件库管理等软件包。

该软件包是 20 世纪 80 年代初由澳大利亚 90 年代初期由澳大利亚公司研制开发的电路 CAD 软件，它在我国电子行业中知名度很高，普及程度较广。该软件是应用于 80 年代后期发展起来的 CAD 设计软件，它采用设计库管理模式，可以进行联网设计。它包括远大组件：原理图设计系统、印制板设计系统、自动布线系统、可编程逻辑电路设计系统、电路仿真系统、印制板信号完整性分析及印制板信号完整性分析。它可以完成电路原理图的设计与绘制、印制板设计、自动布线、可编程逻辑电路设计和电路仿真设计等。

该软件是美国 90 年代初期公司研制的一种 CAD 软件开发系统，其设计目的是为用户开发、使用该公司生产的 CAD 器件提供一个基于计算机的软件开发与操作平台。

本书选用 90 年代中期软件进行电路仿真分析，选用 90 年代中期软件介绍电路原理图、印制板设计，选用 90 年代中期软件介绍可编程逻辑电路设计。

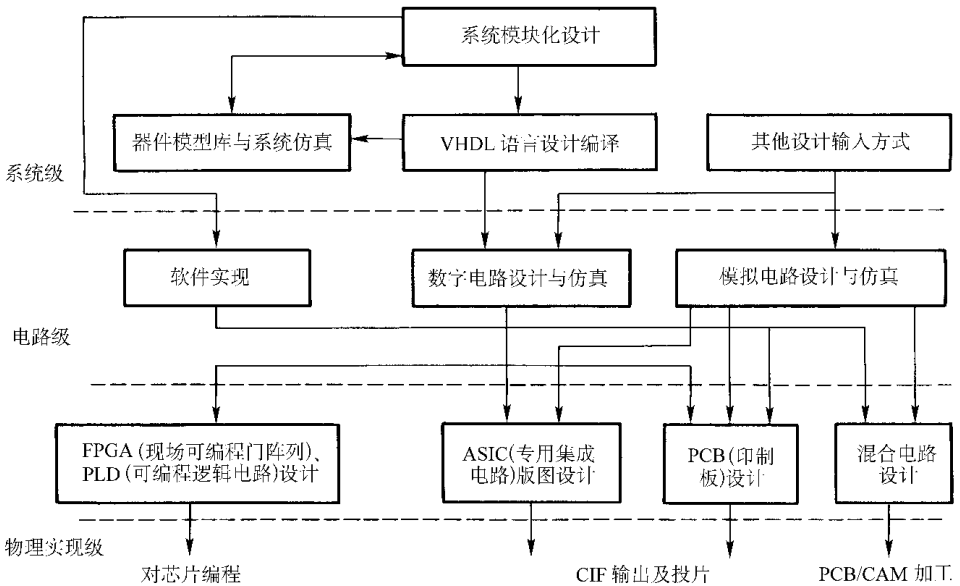


图 1.1 电路 CAD 技术的范畴与功能

1.1 本书的主要内容和学习方法

本书主要介绍电路仿真技术、印制板辅助设计和可编程逻辑电路设计，共选用了三个典型的软件。

第 0 章 电路仿真软件基础

本章主要介绍电路仿真软件 (即 计算机辅助电路仿真) 的基本界面及基本操作。

0.1 电路仿真软件基本界面

0.1.1 电路仿真软件主窗口

双击桌面 电路仿真软件快捷图标或单击任务栏上“开始”按钮，移动鼠标至程序项，然后从弹出的子菜单中选择 电路仿真软件选项，进入图 0.1.1 所示的主窗口界面。

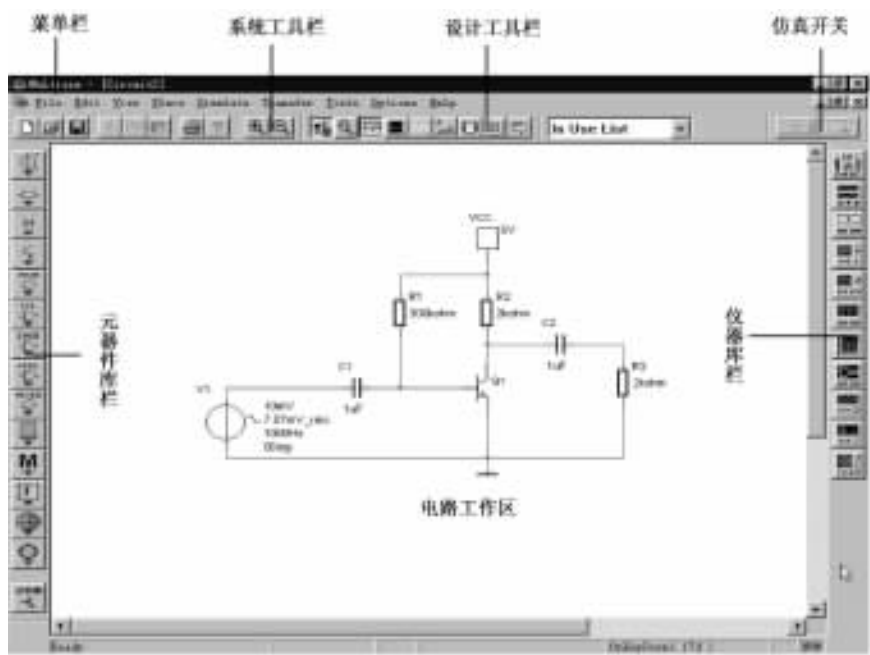


图 0.1.1 电路仿真软件主窗口界面



电路仿真软件模拟了一个实际的电子实验平台，各部分的功能简要说明如下：

(1) 电路工作区 电路工作区用于仿真电路的连接与测试。


(2) 菜单栏 菜单栏包括电路仿真所需的各种菜单命令。

(3) 工具栏 工具栏提供电路仿真的常用操作按钮，共有 5 组工具栏，分别是 系统工具栏 (系统工具栏)、 库选择 (设计工具栏)、 元件库 (仪器库栏)、 在屏 (缩放工具栏) 和 正在使用的元件清单 (正在使用的元件清单) 栏。执行“视图”→“隐藏/显示”可打开或关闭各个工具栏。

(4) 状态栏 状态栏用于显示当前的状态信息。执行“视图”→“隐藏/显示”可打开或关闭状态栏。

(缘 仿真开关 仿真开关用于控制仿真实验的操作进程。执行“文件”→“仿真开关”可打开或关闭仿真开关，默认为打开状态。其中为“暂停/恢复”按钮，为“启动/停止”按钮。

(远 元器件库栏 元器件库栏提供电路仿真所需的各种元器件。执行“文件”→“元器件库栏”可打开或关闭元器件库栏，默认为打开状态。

(苑 下载元件图标 位于元器件库栏最下方的图标，用于与www.ertongbook.com网址链接，可从网上下载元器件。

网址链接，可从网上下载元器件。

系统工具栏

系统工具栏如图 1-10 所示。

工具栏中各个按钮的名称及其功能与图 1-9 基本相同。

设计工具栏

设计工具栏如图 1-11 所示。设计工具栏共有 9 个按钮，用于完成创建电路、分析电路和电路图输出。

执行“设计”→“设计工具栏”可显示或隐藏设计栏。

元器件库栏

元器件库栏有两种工业标准：ANSI (美国标准) 和 IEC (欧洲标准) 图形符号，每种标准采用不同的图形符号表示，图 1-12 所示为元器件库栏，单击元器件库栏的某个图标即可打开该元器件库，IEC 元器件的图形详见附录 1



图 1-10 系统工具栏

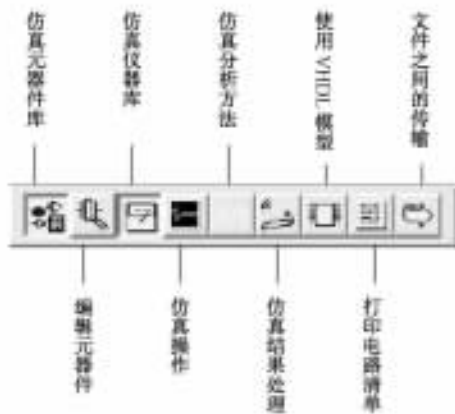


图 1-11 设计工具栏

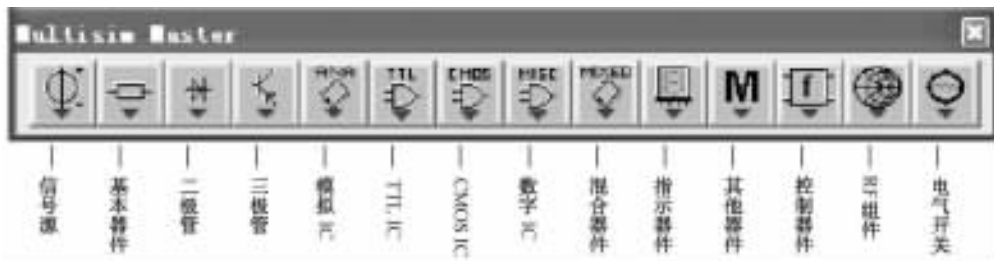


图 1-12 元器件库栏

提供有实际元器件和理想元器件，实际元器件是具有实际标称值或型号的元器件，理想元器件是用户可随意定义其数值或型号的元器件；理想元器件包括所有电源、电阻器、电容器、电感器和运放电路，在打开的部件箱中以不同的颜色显示，默认为绿色。

远

另外，理想元器件没有定义元器件封装形式，因此只能用于创建原理图，如果要输出到 PCB 软件进行制板，必须修改网络表文件中的元器件封装。

仪器库栏

配置原理图仪器库栏提供了仿真电路所需的多种测试仪器，分别是数字万用表、函数信号发生器、功率表、示波器、扫频仪、字信号发生器、逻辑分析仪和逻辑转换器，见图 4-10。

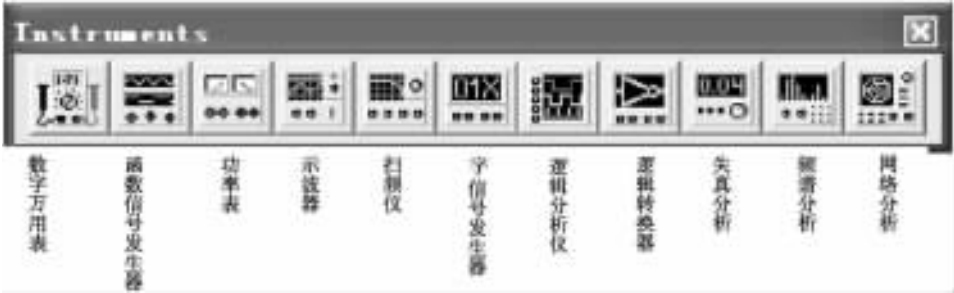


图 4-10 配置原理图仿真仪器

4.1 电路仿真基本操作

进行电路仿真实验必须先搭接好电路，仿真电路的搭接和设置主要包括以下几个过程。

- 1) 设置电路工作窗口。
- 2) 选择和放置元器件。
- 3) 连接线路。
- 4) 调用和连接仪器。
- 5) 编辑元器件，设置元器件和仪器参数。
- 6) 仿真。

4.1.1 文件建立与打开

在配置原理图主窗口，用鼠标单击“文件”菜单，进入文件管理功能。

1) 打开文件

选择“文件”→“打开”用于打开已有的电路文件。执行该命令，屏幕将弹出图 4-11 所示的对话框，在对话框内可以选择路径，准备好后，选中所需的文件并单击“打开”即可打开该电路文件。

配置原理图可以打开的文件类型有：在 PSpice 9.1 版本中以“.sch”或“.dsn”为扩展名的电路文件；在 PSpice 10.5 版本中以“.sch”为扩展名的电路文件；配置原理图以“.net”为扩展名的电路文件和其他网络表文件。

2) 新建文件

执行“文件”→“新建”，创建一个新的电路文件，屏幕出现一个新的电路工作窗口，在该窗口内可以进行仿真电路的创建。系统自动产生“原理图 1”的电路文件，1 是一个数字，是系统自动给未命名的电路文件的一个顺序号，在电路文件未保存之前，其文件名为“原理图 1.dsn”。

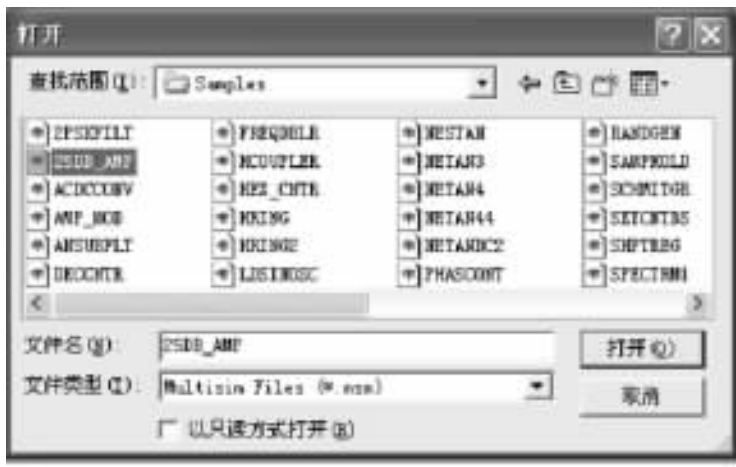


图 10-1 打开文件对话框

如果当前已经打开一个电路，并且已被修改过，则在打开新的电路工作窗口之前系统将提示是否保存当前已修改的电路，根据实际需要选择“是”、“否”或“取消”即可。

10.3.1 设置电路窗口

建立新文件后，需要对电路窗口有关选项进行设置。电路窗口设置包括图纸大小、是否显示栅格、页边缘和标题栏、电路图选项设置和元器件符号设置。

1. 设置图纸大小

执行“文件(F)”→“另存为(A)”(参考选项)。单击“工作空间(W)”选项卡，屏幕将出现如图 10-2 所示窗口。其中“标准图幅”用于设置标准图纸大小，在下拉列表框中可以选择各种标准图纸；“自定义图幅”用于自定义图纸大小，此栏中共有 4 个选项，宽度(W)和高度(H)分别用来设置图纸的宽度和高度，单位(U) (英寸)和厘米(C)用于选择单位制；“放置方向(O)”用来设置图纸放置方向，有两个选择：纵向(P) (图纸纵向放置)，横向(L) (图纸横向放置)。

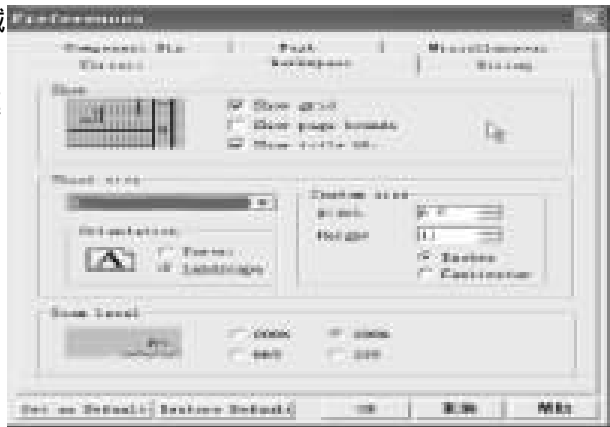


图 10-2 工作窗口设置对话框

2. 设置栅格、页边缘和标题栏显示状态

图 10-2 所示选项框中，“标准图幅”用于设置电路图栅格、页边缘和标题栏显示状态，在框中单击，打“√”则选中该项，再单击一次，则恢复原状态。

执行“文件(F)”→“另存为(A)”(显示栅格)、“文件(F)”→“另存为(A)”(显示页边缘)和“文件(F)”→“另存为(A)”(显示标题栏)可设置其显示或隐藏状态。

3. 设置电路图选项

执行“文件(F)”→“另存为(A)”，单击“工作空间(W)”选项卡，将弹出图 10-3 所示的电路图选项对

愿

话框。其中 **杂燥** 栏用于设置元器件标号、参考编号、节点号、标称值和属性显示状态；**悦燥** 燥用于设置电路图颜色，在下拉列表框中可以选择各种色彩，若选择 **悦燥燥**，可进行电路图背景、连接线、元器件颜色设置。

源设置元器件符号标准

执行“韵燥燥”→“孕燥燥燥燥燥”，单击 **悦燥燥燥燥燥** (部件箱) 选项卡，屏幕将弹出图 圆燥燥所示的对话框。其中 **杂燥燥燥燥燥** 设置元器件符号标准，选择不同的符号标准，元器件库栏中以不同的符号表示，有 **阅燥燥** 和 **粤燥燥** 两种标准，其中 **阅燥燥** 标准比较接近我国国标。



图 圆燥燥 电路图选项对话框



图 圆燥燥 元器件符号标准对话框

显示方式和元器件放置方式会影响调用和放置元器件操作，一般可使用默认值。

单击 **云燥燥** (字体) 选项卡可以设置文字的字体、字形、字号及适用的范围等。

圆燥燥 元器件操作

本节主要介绍调用、放置和选中元器件，以及在选中元器件状态下执行菜单命令完成元器件删除、复制、旋转和设置元器件特性等操作。

源调用和放置元器件

用鼠标单击元器件所在的库，即可打开相应的部件箱。在打开的部件箱中找到所需的元器件（如理想电阻），用鼠标单击该元器件，此时光标上带有一个悬浮的电阻并显示在电路工作区。移动光标至合适的位置后，再次单击鼠标，理想电阻就放置于工作区中；单击鼠标右键，可取消操作。

若放置的是实际元器件（如 **苑燥燥**），则屏幕将出现如图 圆燥燥所示的元器件浏览屏。浏览屏左边是元器件名称列表，显示该元器件所在的部件箱中所有元器件；右边显示元器件的原始信息，包括数据库名、元器件名和功能等。用鼠标移动滚动条在元器件列表中选择所需的元器件，单击 **韵燥燥** 按钮，完成调用元器件操作。

圆燥燥选中元器件

在连接电路时，经常需要对元器件进行移动、旋转、删除和设置参数等操作，操作前需要先选中该元器件，如图 圆燥燥所示为元器件被选中状态。选中元器件可采用以下两种方法实现。

(员) 用鼠标左键选取 要选择某个元器件，可使用鼠标的左键单击该元器件；要选中多

个元器件,可在按住 **Shift** 键的同时,依次单击要选中的元器件;要选中某一区域的元器件,可以在电路工作区的适当位置拖曳出一个矩形区域,则该区域内的元器件同时被选中。

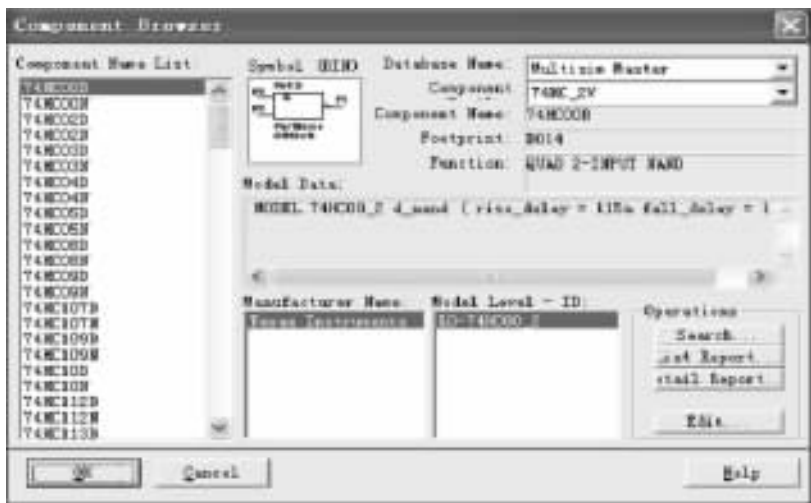


图 10-10 元器件浏览

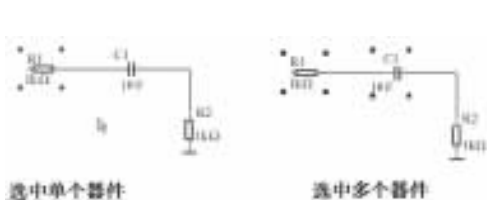


图 10-11 元器件被选中状态



图 10-12 搜索元器件

(**Alt+F**) 采用 **查找** 菜单命令 当电路中的元器件数目较多时,可通过执行菜单命令 **查找** → **查找** (搜索) 来选取。屏幕上出现图 10-12 所示的对话框,对话框中显示当前电路中的元器件,用鼠标单击来选中元器件。要选中多个元器件时,可在按住 **Shift** 键的同时,依次单击要选中的元器件,最后单击 **查找** 按钮选中元器件。

取消元器件的选中状态,单击工作区的空白处即可。

快捷旋转和翻转元器件

为了使电路布局排列合理,避免迂回绕行的连线,常需要对元器件进行旋转和翻转操作。

(**Alt+R**) 旋转元器件 用鼠标选中一个元器件,执行“**快捷** → **顺时针旋转**”或“**快捷** → **逆时针旋转**”实现旋转元器件操作。

(**Alt+T**) 翻转元器件 用鼠标选中一个元器件,执行“**快捷** → **水平翻转**”或“**快捷** → **垂直翻转**”实现翻转操作。

元器件实现旋转和翻转后,与其相连接的导线会自动重新排列,集成电路管脚也相应地随之改变。

设置元器件标号和标称值等特性

双击要设置的元器件或选中元器件并执行“菜单”→“元器件属性”（元器件特性），屏幕上将弹出元器件特性设置对话框，如图 1-10 所示，此时可以进行元器件标号、标称值、显示方式、故障模拟等设置。



图 1-10 理想元器件特性设置对话框

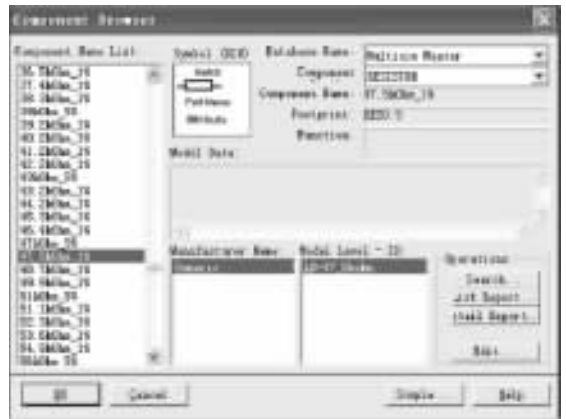


图 1-11 实际元器件特性对话框

(1) 设置元器件标称值（元器件或模型） 图 1-10 所示对话框中可以设置理想元器件的标称值。

图 1-11 所示为实际元器件标称值模型设置框，该框内显示元器件的原始信息，要改变其标称值模型（元器件模型），可单击 确定 按钮进入元器件浏览屏，选择元器件即可。

(2) 设置元器件标号（元器件） 用鼠标单击 选项卡，屏幕将弹出图 1-12 所示的对话框。选项（标号）和 参考编号 项由用户根据电路自行设定；其中 参考编号 项中的参考编号必须是唯一的，一般情况下不要修改编号。属性（属性）项由用户根据电路自行输入或修改元器件名称、标称值（标称值）和显示方式（显示方式）。



图 1-12 设置元器件标号

(3) 设置显示方式（元器件） 在元器件特性设置对话框中单击 选项卡，屏幕将弹出图 1-13 所示的对话框，用于设置元器件标号、标称值（或模型）、参考编号和属性的显示方式。在框中单击打“√”后选中该项，一般选择按“电路图选项”的设置显示。

(4) 元器件故障设置（元器件） 选项卡用于元器件的故障模拟设置，元器件故障模拟设置有开路、短路和漏阻三种类型，当选择漏阻故障类型时，可设置其漏阻阻值大小。设置故障时必须先选中故障类型，然后选择故障管脚。如图 1-14 所示，最后单击“确定”完成设置。

(5) 分析设置 对于一些元器件，如基本信号源，其元器件特性对话框中多一个“分析设置”选项，根据实际要求在框中单击选中分析类型并修改参数即可。



图 4-2-1 设置显示方式

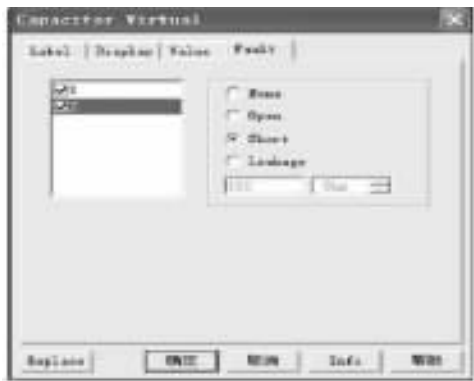


图 4-2-2 元器件故障设置

4.2.3 连线的操作

元器件布局完毕，就可以进行电路连接，配置能在电路图中有手工连线和自动连线两种连线方式。

4.2.3.1 连接导线

在元器件数目不多的情况下，可选择自动连线。自动连线是将光标指向第一个元器件的管脚上，光标变为“ \boxplus ”号时，按下鼠标左键开始连线，移动光标，屏幕将自动拖出一条连线，将光标移动到下一个元器件管脚处，再按下鼠标左键，将自动产生一条连线。在光标移动过程中，若按鼠标右键，则取消该导线连接。

为了使电路布局更加合理，有时选择手工连线。手工连线意味着可以改变导线的路径，光标移动过程中每单击一次鼠标就改变一次导线路径，在移动过程中若某一方向导线从元器件中穿过，系统将自动放弃连线。

上述连线是在两个元器件管脚之间进行的，若存在交叉连接，则在导线交叉处系统自动打上节点。

4.2.3.2 节点的使用

在连线过程中，若连线的起点不是元器件管脚或节点，则需要有人在电路中人为添加节点。执行“**菜单** → **菜单**”（放置节点），此时光标上带有一个悬浮的节点，将光标移至适当位置，单击鼠标的左键，便可完成放置节点操作。在连接过程中，一个节点最多只能连接四个方向的连线。

4.2.3.3 设置导线参数

执行“**菜单** → **菜单**”，单击 **菜单**（连线）选项卡，可以设置连线宽度和连线模式。其中 **菜单** 用于设置连线宽度；**菜单**（自动连线）栏有两种选择：**菜单**（连接处自动连线）和 **菜单**（移动中自动连线）。选择 **菜单** 元器件移动、旋转和翻转操作后，与其相连接的导线自动重新排列。

4.2.3.4 设置节点特性

配置能在电路图中系统在连线时，对电路中每一个节点自动分配一个节点号。双击连接导线，屏幕弹出节点特性设置对话框，其中节点号（**菜单**和 **菜单**）连线宽度一般不进行修改，分析栏内可选择是否对瞬态分析和直流工作点分析进行相应的节点设置。