

DIANGONGDIANZIFANGZHENSHEXUN

电工电子仿真 实验与实训

冯继青 班善军 魏 鹏 编著



河北大学出版社

本教材为 2009 年度北京市房山区优秀人才资助项目
“电工电子实践课程建设”成果之一

电工电子仿真实验与实训

冯继青 班善军 魏 鹏 编著

河北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子仿真实验与实训/冯继青,班善军,魏鹏
编著. —保定:河北大学出版社,2010.6
ISBN 978—7—81097—357—1

I. ①电… II. ①冯… ②班… ③魏… III. ①电工试
验—计算机仿真—高等学校—教材②电工技术—实验—计
算机仿真—高等学校—教材 IV. ①TM—33②TN—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 111767 号

选题策划:马 力
责任编辑:韩立霞
封面设计:王占梅
责任印制:蔡进建
出版发行:河北大学出版社
地 址:河北省保定市七一东路 2666 号
邮 编:071002
印 刷:河北新华印刷一厂
经 销:全国新华书店
规 格:1/16 (880mm×1230mm)
印 张:9.5
字 数:210 千字
版 次:2010 年 6 月第 1 版
印 次:2010 年 6 月第 1 次
书 号:ISBN 978—7—81097—357—1
定 价:18.00 元

前 言

电工电子实验与实训是高等职业院校机电、应用电子及相关专业学生重要的实践性环节,对于培养学生理论联系实际水平,掌握基本实验技能,应用电工和电子技术基本理论,提高学生的创新能力、解决实际问题的技能起着十分重要的作用。

本教材是在电工电子实验教学改革与实践基础上,结合多年教学实践经验编写而成的。从加强实践性教学环节出发,对原来的实验和综合训练内容作了较大的修改和更新,使之更符合电子信息时代的要求。

本教材系统介绍了电工电子技术仿真实验与综合实训的方法、步骤和过程。主要内容包括电子电路设计自动化软件 Multisim 8 的使用方法、电子技术实验仿真实例、电子技术综合训练实例以及面包板的使用方法、常用元器件及集成电路的有关知识和参数,使本书除可作为实验指导书之外,对学生参与电工电子方面的实践活动也有一定的参考价值。

仿真实验介绍了 Multisim 8 的特点和基本操作方法;编写了 13 个仿真实例,在内容的编排上与硬件实验是相辅相成、互相匹配的,体现了传统硬件实验与虚拟仿真实验虚实结合、软硬兼顾的特点,很好地实现了二者的优势互补。通过这些实验,使学生能够初步掌握常用电工和电子方面工程软件的使用,使学生具有一定的电工电子方面的设计能力。

综合训练实例编写了 10 个类型不一、应用不同、由易到难的实训课题。要求学生在教师指导下独立进行查阅资料、选择方案、设计电路、组织实验、实际电路制作与调试、撰写报告等环节,通过电路组装、调试、故障排除等训练,提高实践动手能力,系统进行电子电路工程训练。

本书内容全面、实例丰富、系统性强、具有很强的应用性。在实验内容上力求符合学生的认知规律,内容设置由浅入深、由简单到复杂、循序渐进,以培养学生独立的实验能力和综合运用所学知识的能力。

本书由北京理工大学房山分校的冯继青、班善军、魏鹏编写,冯继青编写了第二章(第 5、7、8、10、11 节)、第三章(第 1、2、3 节)、第四章(第 3 节)、第五章(第 3 节)及附录 A;班善军编写了第二章(第 2、3、4、9 节)、第四章(第 1、2 节)、第五章(第 4 节);魏鹏编写了第一章、第二章(第 1、6、12、13 节)、第三章(第 4 节)、第四章(第 4 节)、第五章(第 1、2 节)及附录 B,冯继青负责全书的策划和统稿工作,

在编写的过程中,本书得到了北京理工大学房山分校刘卫军校长和北京理工大学高等职业技术学院张德平院长的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。另外,在本书的编撰过程中,参考了大量的电子电路方面的书籍和技术资料,在此对原作者一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些错误和不足之处,恳请读者予以批评指正。

编 者

2010 年 4 月

目 录

第一部分 Multisim 仿真实验

第一章 Multisim 8 软件的使用方法	(2)
1.1 Multisim 8 的基本界面	(2)
1.2 Multisim 8 的基本操作方法	(10)
第二章 电工电子仿真实例	(17)
2.1 戴维南定理和诺顿定理的仿真分析	(17)
2.2 电路过渡过程的仿真分析	(19)
2.3 谐振电路的仿真分析	(23)
2.4 交流电路的功率及功率因数的仿真分析	(27)
2.5 三相交流电路的仿真分析	(29)
2.6 共射极放大电路的仿真分析	(32)
2.7 负反馈放大电路的仿真分析	(39)
2.8 差动放大电路的仿真分析	(42)
2.9 集成运放电路的仿真分析	(44)
2.10 逻辑门与组合逻辑电路的仿真分析	(53)
2.11 触发器与时序逻辑电路的仿真分析	(57)
2.12 555 定时器及其应用的仿真分析	(61)
2.13 数/模和模/数转换电路的仿真分析	(66)

第二部分 综合实训和电子工艺实习

第三章 模拟电路实训课题	(72)
3.1 光控开关和报警电路	(72)
3.2 触摸延时电路	(74)
3.3 声控闪烁发光电路	(76)
3.4 函数信号发生器	(78)
第四章 数字电路实训课题	(82)
4.1 四人抢答器电路	(82)
4.2 病床呼叫报警电路	(86)
4.3 数字钟电路	(89)

4.4 简易电子琴电路	(93)
第五章 电子工艺实习	(99)
5.1 常用元器件的识别与选用	(99)
5.2 实验电路焊接技能训练	(114)
5.3 数字万用表的组装	(116)
5.4 开关电源的焊接	(127)
附录 A 面包板的使用方法	(132)
附录 B 常用元器件和集成电路参数	(134)
参考文献	(146)

第一部分 Multisim 仿真实验

第一章 Multisim 8 软件的使用方法

随着对电子技术新的需求和计算机技术的发展,传统的电子电路设计方法早已被 EDA 技术所取代。EDA 是 Electronic Design Automation 的缩写,即电子设计自动化。EDA 技术借助于计算机的强大功能,使得复杂、庞大的电子电路,从系统设计到 PCB 板制作的全过程变得轻而易举。

其中 Multisim 8 软件是加拿大 Interactive Image Technologies 公司通过对其原有的 EWB(Electronics Workbench)软件(专门用于电路板设计及电路仿真的 EDA 软件)进行扩展和升级开发出来的。Multisim 8 具备了 EWB 界面形象直观、操作方便、易学易用等优点,而且功能更加强大,被大专院校师生在电路、电子技术等信息课程中广泛使用。学生在个人计算机上安装了 Multisim 8 软件就如同把电子实验室搬回了家。在 Electronics Workbench 公司的网站上,还有专门的 Student 版本,供学生使用。有关内容可登陆到其公司网站(<http://www.electronicworkbench.com>)查找。

1.1 Multisim 8 的基本界面

启动 Multisim 8,出现如图 1.1.1 所示的基本界面,包括:标题栏、菜单栏、系统工具栏、设计工具栏、实际元器件工具栏、虚拟元器件工具栏、仿真电源开关、虚拟仪器工具栏和电路设计窗口等。这个基本界面就相当于是一个虚拟电子实验平台。

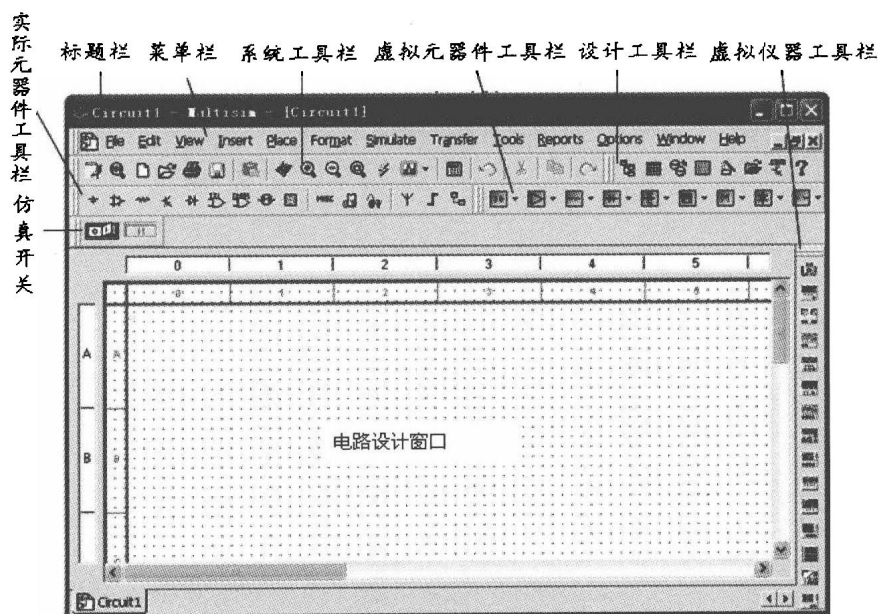


图 1.1.1 Multisim 8 基本界面

以下将详细介绍软件中各个部分名称。

一、标题栏

标题栏位于基本界面的最上部,显示当前运行的软件名称。

二、菜单栏

标题栏的下面是菜单栏,通过菜单可以对 Multisim 8 的所有功能进行操作。有 File、Edit、View、Insert、Place、Format、Simulate、Transfer、Tools、Reports、Options、Window、Help 等菜单,单击各个菜单便有相应命令显示。

1. File(文件)菜单,如图 1.1.2 所示。

New...:创建新文件。

Open...:打开文件。

Close:关闭当前文件。

New Project:创建新项目组。

Close All:关闭所有文件。

Open Project...:打开项目组。

Save Project:保存项目组。

Close Project:关闭项目组。

Version Control...:版本附加控制。

Printer Setup...:打印设置。

Save:保存当前文件。

Recent Projects:最近几次打开的项目。

Print Preview:打印预览。

Print Circuit Setup...:打印电路图设置。

Print Instruments:打印当前文件中的仪表波形图。

Print...:打印。

Save As...:将当前文件另存为。

Save All:保存所有文件。

Exit:退出 Multisim 8。

2. Edit(编辑)菜单,如图 1.1.3 所示。

Breadboard Wire Color:面包板导线颜色。

Undo:取消操作。

Redo:恢复操作。

Cut:剪切。

Edit Comment:编辑注释。

Copy:复制。

Paste:粘贴。

Paste as Subcircuit:粘贴子电路。

Delete:删除。

Delete Muti-Page:多页删除。

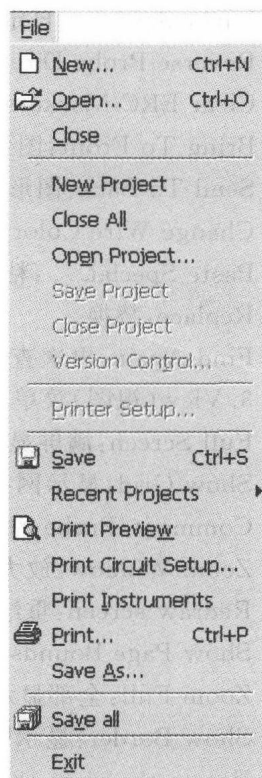


图 1.1.2 File 菜单

Select All: 全选。

Find...: 查找。

Edit Labels...: 编辑标签。

Flip Horizontal: 将所选元件水平翻转。

Flip Vertical: 将所选元件垂直翻转。

90 Clockwise: 将所选元件顺时针旋转 90 度。

90 CounterCW: 将所选元件逆时针旋转 90 度。

Edit Symbol/Title Block: 编辑符号/标题栏。

Properties: 打开所选元件属性对话框。

Layer Settings: 自定义图层。

Reverse Probe Direction: 探针反向测量。

Clear ERC Markers: 清除电气规则检测标记。

Bring To Front: 图形前置。

Send To Back: 图形后置。

Change Wire Color: 改变导线颜色。

Paste Special...: 粘贴所选择内容。

Replace: 替换。

Find Again: 再次查找。

3. View(视图)菜单, 如图 1.1.4 所示。

Full Screen: 全屏显示。

Show Grid: 显示网格。

Comment/Probe: 注释/探针。

Zoom Window: 放大窗口。

Redraw screen: 重绘屏幕。

Show Page Bounds: 显示图纸页边界。

Zoom Full: 全部显示。

Show Border: 显示图框。

Rotate the view 180 Degrees: 视图旋转 180 度。

Ruler bars: 标尺栏。

Status bar: 运行状态条。

Design Toolbox: 设计工具窗。

Spreadsheet View: 电子表格檢視窗。

Toolbars: 工具栏。

Zoom In: 视图放大。

Grapher: 仿真图形记录器。

Zoom Out: 视图缩小。

Zoom Fit to Page: 显示全图。

Show Design Toolbox: 显示设计工具窗。

Circuit Description Box: 电路描述窗。

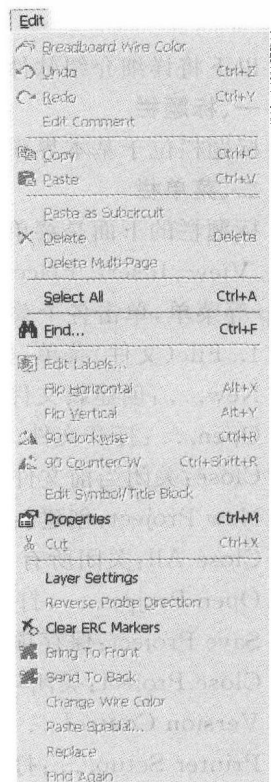


图 1.1.3 Edit 菜单

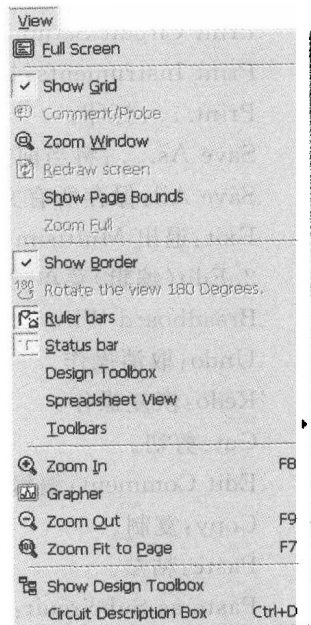


图 1.1.4 View 菜单

4. Insert(插入)菜单,如图 1.1.5 所示。

Insert label...:插入标签。

Insert Objects...:插入对象。

Insert Date...:插入日期。

5. Place(放置)菜单,如图 1.1.6 所示。

Select:选择。

Component...:放置元器件。

Junction:放置一个节点。

Wire:放置连接线。

Merge bus...:合并总线。

Bus:放置一根总线。

HB/SB Connector:放置 HB/SB 连接器。

Hierarchical Block:放置层次模块。

New Hierarchical Block:新建层次模块。

Bus HB/SB Connector:总线 HB/SB 连接器。

Replace by Hierarchical Block:替换电路层次模块。

Off-Page Connector:Off-Page 连接器。

Muti-Page:多页设置。

Graphics:绘图。

Text:放置文本。

Title Block...:放置图纸标题栏。

Replace by Subcircuit:替换子电路。

Bus Off-Page Connector:总线 Off-Page 连接器。

New Subcircuit:新建子电路。

Bus Vector Connect...:总线矢量连接。

Comment:注释。

Place Ladder Rungs:放置梯形母线。

From Database...:从元件数据库。

6. Format(格式)菜单,如图 1.1.7 所示。

Bold:字体加粗。

Insert a Bullet:插入项目符号。

Italic:斜体字。

Align Right:右对齐

Underline:下划线。

Align Center:居中。

Color:颜色。

Align Left:左对齐。

Font:字体。

Size:字体大小。

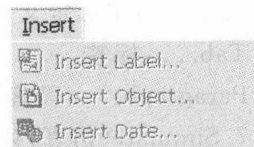


图 1.1.5 Insert 菜单

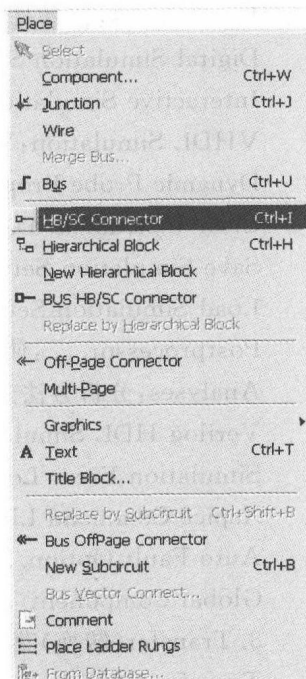


图 1.1.6 Place 菜单

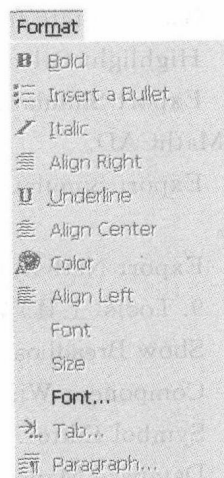


图 1.1.7 Format 菜单

Font...:字形定义。

Tab...:标签。

Paragraph...:段落。

7. Simulate(仿真)菜单,如图 1.1.8 所示。

Run:运行。

Pause:暂停。

Instruments:仪器选择。

Digital Simulation Settings...:数字电路仿真设置。

Interactive Simulation Settings...:仿真参数设置。

VHDL Simulation:VHDL 仿真。

Dynamic Probe Properties:动态探针属性。

Clear Instrument Data:清空仪器已存数据。

Save Simulation Settings...:保存仿真设置。

Load Simulation Settings...:调动仿真设置。

Postprocessor...:使用后处理器。

Analyses:分析方法选择。

Verilog HDL Simulation:Verilog HDL 仿真。

Simulation Error Log/Audit Trail:仿真出错记录/审查路径。

Xspice Command Line Interface:Xspice 命令行输入窗。

Auto Fault Option...:自动故障设置。

Global Component Tolerances...:元器件容差。

8. Transfer(转换)菜单,如图 1.1.9 所示。

Transfer to Ultiboard:转换为 Ultiboard 格式。

Transfer to other PCB Layout:转换为其他 PCB 制图格式。

Forward Annotated to Ultiboard:建立 Ultiboard 注释文件。

Backannotate from Ultiboard:修改 Ultiboard 注释文件。

Highlight Selection in Ultiboard:加亮所选择区域。

Export Simulation Results to Math CAD:将仿真结果输出到 MathCAD。

Export Simulation Results to Excel:将仿真结果输出到 Excel。

Export Netlist:输出电路网表文件。

9. Tools(工具)菜单,如图 1.1.10 所示。

Show Breadboard:显示面包板。

Component Wizard:打开元件编辑器向导。

Symbol Editor...:打开符号编辑器。

Database Management...:启动数据库管理器。

Convert Database...:数据库转换。

Merge Database:合并数据库。

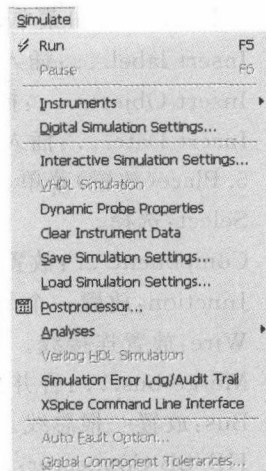


图 1.1.8 Simulate 菜单



图 1.1.9 Transfer 菜单

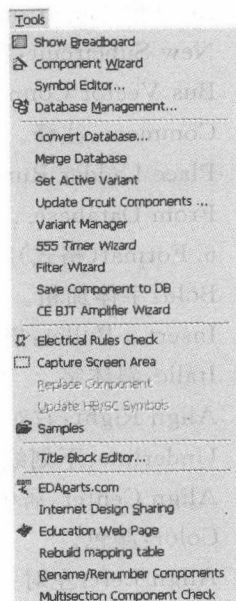


图 1.1.10 Tools 菜单

Set Active Variant:激活变量。

Update Circuit Components...:更新电路元件。

Variant Manager:变量管理器。

555 Timeer Wizard:555 定时器应用向导。

Filter Wizard:滤波器应用向导。

Save Component to DB:保存元件到数据库。

CE BJT Amplifier Wizard:晶体管放大器应用向导。

Electrical Rules check:电气规则检测。

Capture Screen Area:屏幕复制。

Replace Component:元件替换。

Update HB/SB Symbols :升级 HB/SB 符号。

Samples:样品。

Title Block Editor...:图纸标题栏编辑器。

EDAparts.com:链接 EDAparts.com。

Internet Design Sharing:互联网设计共享。

Education Web Page:EWB 教育网站。

Rebuild mapping table:重建表格映射。

Rename/Renumber Components:重命名/重编号文件。

Multisectin Component Check:组合元件检测。

10. Reports(报表)菜单,如图 1.1.11 所示。

Bill of Materials:材料清单。

Component Detail Report:元器件详细参数报表。

Netlist Report:网络表报表。

Schematic Statistics:简要统计报表。

Spare Gates Report:未用元件门统计报表。

Cross Reference Report:元件交叉参照表。

11. Options(配置)菜单,如图 1.1.12 所示。

Sheet Properties...:电路文件界面属性设置。

Set Favorite Layers...:图层优先设置。

Global Restrictions...:软件限制设置。

Circuit Restrictions...:电路限制设置。

Preferences...:参数设置。

Set Reference Point:参考点设置。

Customize...:常规命令设置。

Simplified Version:简化版本。

Rich Edit Options...:更多编辑选项。

12. Window(窗口)菜单,如图 1.1.13 所示。

New Window:新建窗口。

Close All:关闭所有窗口。

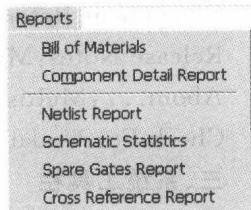


图 1.1.11 Report 菜单

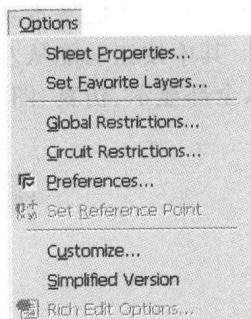


图 1.1.12 Options 菜单

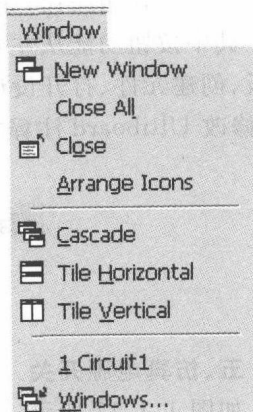


图 1.1.13 Window 菜单

Close:关闭窗口。

Arrange Icons:重新排列图标。

Cascade:层叠窗口。

Tile Horizontal:水平平铺窗口。

Tile Vertical:垂直平铺窗口。

Windows...:窗口选择。

13. Help(帮助)菜单,如图 1.1.14 所示。

Multisim Help:Multisim 在线帮助。

Component Reference:元件参考。

Release Notes:Multisim 的发行申明。

About...:Multisim 8 的版本说明。

Check For Updates...:更新检查。

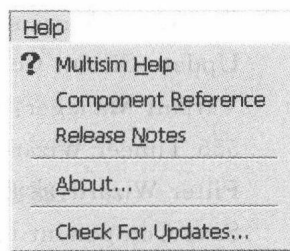


图 1.1.14 Help 菜单

三、系统工具栏

Multisim 8 提供的工具栏,可以通过 View 菜单中的选项将各种工具栏打开或关闭。或者用鼠标右击界面中灰色部分,在弹出的快捷菜单中可选择不同工具栏。系统工具栏包含了一些常用的基本功能按钮,如图 1.1.15 所示。

其中按钮功能从左到右依次为新建、打开、打印、保存、粘贴、EWB 教育网页、放大、缩小、全部显示、仿真、图形编辑器、后分析按钮、取消、剪切、复制、恢复。

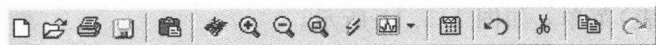


图 1.1.15 系统工具栏

四、设计工具栏

通过对设计工具栏的按钮的操作可以完成对电路从设计到分析的全部工作。设计工具栏包含一些常用按钮,如图 1.1.16 所示。

其中按钮功能从左到右依次为锁定设计工具窗、锁定电子表格窗、数据库管理、虚拟实验板、创建元件、打开设计样本电路、链接 EWB 教育网页、帮助信息、创建 Ultiboard 注释文件、修改 Ultiboard 注释文件、电气规则检验、使用中的元件清单。

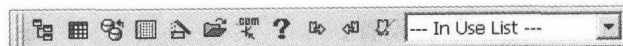


图 1.1.16 设计工具栏

五、仿真电源开关

如图 1.1.17 所示,用鼠标单击仿真电源开关,可进行“开始仿真”、“结束仿真”、“暂停仿真”等操作。



图 1.1.17 仿真电源开关

六、实际元器件工具栏

如图 1.1.18 所示, Multisim 8 提供了丰富的实际的元器件, 可以方便地从该工具栏中提取。包括 14 个分组库和 3 个其他工具。实际元器件库的特点是它所提供的元器件具有实际特性, 具有很好的真实性, 多数元器件还具有确定的系列、型号, 并可在市场上购买到。例如电阻, 其阻值均符合国家标准(包含误差), 且不能改变, 在设计实际电路时应尽量采用实际元器件。

图中所示对应的元器件库从左到右依次为: 电源库、模拟器件库、基本元器件库、三极管库、二极管库、TTL 器件库、CMOS 器件库、机电元器件库、指示器件库、杂项元器件库、其他数字器件库、模数混合器件库、射频元器件库、设置总线、设置层次模块电路、放置梯形图、放置梯形母线。



图 1.1.18 实际元器件工具栏

七、虚拟元器件库工具栏

如图 1.1.19 所示, Multisim 8 还提供了虚拟元器件。与实际元器件的区别在于: 实际元器件与实际情况有良好的对应性, 可以将设计导出到 Ultiboard 中进行 PCB 的设计; 而虚拟元器件使用时, 用户可以根据需要改变器件模型参数值, 只能用于仿真。实际元器件按钮没有底色, 而虚拟元器件有, 但在仿真实验中二者一般不加以刻意的区分。

图中所示对应的元器件库从左到右依次为: 虚拟 3D 元器件库、虚拟模拟元器件库、虚拟基本元件库、虚拟二极管库、虚拟 FET 元器件库、虚拟测量元器件库、其他虚拟元器件库、虚拟电源库、常用虚拟元器件库、虚拟信号源库。



图 1.1.19 虚拟元器件工具栏

八、仪器工具栏

如图 1.1.20 所示, 仪器工具栏列出 Multisim 8 所有的测量仪器。通过单击相应仪器的按钮, 可将该仪器添加到电路窗口中加于使用。共有 19 种测量、分析仪器, 从左到右依次为数字万用表、失真度分析仪、功率表、双踪示波器、函数信号发生器、数字频率计、四通道示波器、Agilent 信号发生器、波特图仪、字信号发生器、逻辑转换器、伏安特性分析仪、逻辑分析仪、Agilent 万用表、网络分析仪、Agilent 示波器、测量探针、频谱分析仪、Tektronix 示波器。



图 1.1.20 仪器工具栏

九、电路设计窗口

电路基本界面中最大的区域是电路设计窗口,用户可以在上面放置各种元器件,并连接电路进行操作和仿真分析。

十、状态栏

状态栏位于基本界面的最下端,用于显示当前的操作、鼠标所指条目的相关信息。

1.2 Multisim 8 的基本操作方法

利用 Multisim 8 进行电路仿真实验时,其基本操作方法主要包括以下几个过程:建立和保存电路文件、设置电路界面、放置元器件及测量仪器、连接电路、使用测量仪器仪表、进行仿真及相关分析。

一、建立和保存电路文件

1. 电路文件的建立:在 Multisim 8 的电路界面中,用鼠标单击 File→New 命令,创建新的电路文件。这时出现新的电路界面,在其中可以进行仿真电路的创建。系统自动产生文件名为“Circuit #”的电路文件,#是一个数字,是系统自动给未命名的电路文件的顺序号,用户也可自己重新命名。在电路文件未保存之前,其文件名为“Circuit #.ms8”。如果还想另外再创建一个新文件,还可单击系统工具栏中的新建按钮。

2. 电路文件的保存:在 Multisim 8 的电路界面中,用鼠标单击 File→Save 命令,保存当前的电路图;如果是第一次存盘,或者执行 File→Save As 命令,在弹出的对话框中用户可以修改保存路径和改名,然后单击“保存”将文件存盘。

关闭文件和退出编辑,可以执行 File→Close 和 File→Exit 命令。如果修改的电路图未保存,系统会提示是否保存,此时可选择保存或取消操作。

二、设置电路界面

建立新电路文件后,需要对电路界面有关选项进行设置。主要包括图纸特性设置和偏好设置两种。

1. 图纸特性设置:创建一个新的电路文件后,在电路界面单击 Options→Sheet Properties... 命令,可进入图纸特性设置窗口,如图 1.2.1 所示。图中各个选项卡说明如下:

(1)Circuit:设置元器件参数(元器件标号、参考编号、节点号、标称值和属性)、显示状态、网络名称、总线标号和图纸背景颜色等。

(2)Workspace:设置图纸边框显示、栅格显示、图纸尺寸、进行 Portrait(纵向)和 Landscape(横向)图纸方向选择、进行 Inches(英寸)和 Centimeter(厘米)单位制选择等。Custom size 用于自定义图纸大小。

(3)Wiring:设置线条宽度和总线模式。

(4)Font:设置字体。

(5)PCB:选择与制作电路板相关的命令。

(6)Visibility:可视选项。

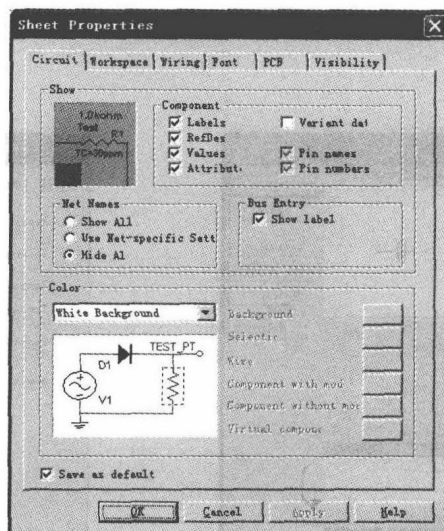


图 1.2.1 图纸特性设置窗口

2. 偏好设置:在电路界面中单击 Options→Preferences... 命令,弹出图 1.2.2 所示的偏好设置对话框,各个选项卡说明如下:

(1)Paths:用于文件路径、语言等设置。

(2)Save:用于创建文件副本、保存仿真数据等设置。

(3)Parts:用于设置元器件模式、符号标准、波形移动方向和元器件数据属性(真实/理想)等。其中 Symbol standard 用于设置元器件符号标准。元器件符号有 DIN(欧洲标准)和 ANSI(美国标准)两种,前者与我国现行的标准比较接近。

(4)General:用于一般设置,如选择矩形框属性、鼠标滚轮缩放功能等。

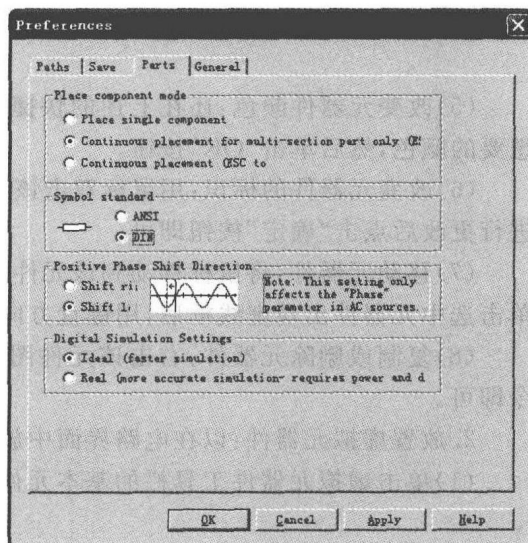


图 1.2.2 偏好设置窗口

三、放置元器件及测量仪器

Multisim 8 为用户提供了丰富的元器件和虚拟仪器仪表,用户可方便地从各个相关的工具栏中调用。如果看不见工具栏,可单击 View 菜单中的 Toolbars 命令选择所需。

1. 放置实际元器件:以电路界面中放置一个 $10\ \mu\text{F}$ 的电容为例,来说明具体步骤。

(1)单击实际元器件工具栏上基本元器件库按钮,打开 Select a Component 对话框,如图 1.2.3 所示。

(2)在其中的 Family 列表中选择 CAPACITOR,接着在 Component 列表中选择 $10\ \mu\text{F}$ 的电容,然后单击“OK”按钮。

(3)选出的电容会随鼠标在界面中移动,单击左键即可把元件放在所需位置上。

(4)旋转元器件:右击该元件图标,在弹出的快捷菜单中选择相应命令,改变放置的具体