



随书附赠一张光盘

盘中包括Multisim11试用版软件
以及其他仿真软件的联合使用

Multisim11

电路设计及应用

王冠华◎编著

本书特色

对比Multisim10，本书增加了Ice仿真器，支持ICE元件级仿真。
介绍了Ultiboard11，使电路仿真和PCB制作合成一体。



国防工业出版社
National Defense Industry Press

Multisim 11 电路设计及应用

王冠华 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

Multisim 11 电路设计及应用 / 王冠华编著. —北京:国防工业出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-118-07185-6

I. ①M… II. ①王… III. ①电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—应用软件, Multisim 11 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 211885 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
国防工业出版社印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 13 3/4 字数 310 千字
2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 33.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在当今的信息化社会里,电子产品在性能上不断增强,而且更新换代的频率也越来越快,造成这种现象的主要因素是生产制造技术和电子设计技术的发展。就目前的情况而言,电子设计技术的核心就是 EDA 技术,EDA 是以计算机为工作平台,融合电子技术、计算机技术等方面最新成果而研制成的通用软件。它主要能辅助集成电路设计和电子电路设计。

EDA 软件的种类多种多样,本书只介绍基于电路级仿真的 Multisim 11 电路仿真软件。Multisim 11 是美国国家仪器(NI)公司推出的用于电子电路仿真的虚拟电子工作台软件。与以前的版本比较,Multisim 11 的功能更加强大。Multisim 11 不仅继承了早期版本用户界面友好和使用直观的虚拟仪表的优点,还大大地丰富和加强了各类分立器件和集成芯片。Multisim 11 还将最新的安捷伦测试仪器引入虚拟仪器中,这些优良的安捷伦测试仪器是其他仿真软件所没有的。安捷伦测试仪器的控制面板界面与实际的安捷伦测试仪器完全一样,使用户在使用 Multisim 11 时能产生身临其境的感觉。而且,为配合嵌入式系统的仿真测试,Multisim 11 中还增加了对含有微控制器的电路的仿真处理模块,通过该模块,用户不仅可以进行硬件原理测试,还可以进行软件的编程、调试,大大缩短了嵌入式电路的设计时间。另外,美国 NI 公司还向用户提供了 PCB 软件 Ultiboard 11,用 Multisim 11 进行仿真设计后的电路内容可以连接到 Ultiboard 11 中进行 PCB 的设计。

Multisim 11 是一个优秀的电子技术训练工具,是能够替代电子实验室中的多种传统仪器的虚拟电子实验室,具有灵活、成本低、高效率等特点。

为了使读者能够快速地了解 Multisim 11 的使用方法,本书在内容上做了如下的安排:第 1 章介绍 Multisim 11 的背景和用户初次使用 Multisim 11 所必须进行的基本操作,在此基础上还结合实例对 Multisim 11 的所有菜单项进行了介绍;第 2 章介绍 Multisim 11 为用户提供的虚拟分析的方法;第 3 章介绍 Multisim 11 为用户提供的虚拟仿真仪器。第 4 章~第 8 章介绍 Multisim 11 在电路分析、模拟电子线路、数字电子线路、高频电子线路、MCU 电路的电路设计和仿真分析时的应用,也是对第 2 章内容上的补充;最后一章介绍后端软件 Ultiboard 11 的使用,将 Multisim 11 和 Ultiboard 11 联合起来进行电路仿真设计和 PCB 的制作的方法进行了简要的说明。

本书的主要内容都是完全围绕 Multisim 11 的使用而展开的,采取层层深入的方法,

从基本操作到高级操作,简单的操作放在前面章节,复杂的操作放在后面章节并辅以实例,从易到难,基本将 Multisim 11 的所有菜单项和工具一栏的使用都做了详细的介绍,便于读者能较快地掌握 Multisim 11 的使用方法。

为了便于读者自学,书中所使用的电路均为常用的电子线路,并配以必要的原理和功能解释,以方便读者对 Multisim 11 的仿真结果的检验。

在这里特别感谢 NI 公司在中国上海总部为本书提供的 NI Multisim 11 试用版软件和相关文档。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编著者
2010 年 7 月

目 录

第 1 章	NI Multisim 11 的基本功能与基本操作	1
1.1	NI Multisim 11 简介	1
1.2	Multisim 11 的基本操作界面	1
1.3	Multisim 11 的菜单项和工具栏	7
第 2 章	Multisim 11 的分析方法	39
2.1	直流静态工作点分析	39
2.2	交流分析	42
2.3	单一频率交流分析	45
2.4	瞬态分析	46
2.5	傅里叶分析	47
2.6	噪声分析	50
2.7	噪声系数分析	52
2.8	直流扫描分析	53
2.9	灵敏度分析	55
2.10	最坏情况分析	56
2.11	参数扫描分析	60
2.12	温度扫描分析	61
2.13	零—极点分析	63
2.14	传输函数分析	65
2.15	蒙特卡罗分析	67
2.16	线宽分析	69
2.17	批处理分析	70
2.18	用户自定义分析	71
第 3 章	Multisim 11 的虚拟仪器使用方法	74
3.1	数字万用表	74
3.2	函数信号发生器	76

3.3	瓦特表	77
3.4	双踪示波器	78
3.5	四通道示波器	80
3.6	波特图仪	81
3.7	频率计	83
3.8	字信号发生器	84
3.9	逻辑分析仪	86
3.10	逻辑转换仪	87
3.11	IV 分析仪	88
3.12	失真分析仪	89
3.13	频谱分析仪	91
3.14	网络分析仪	92
3.15	安捷伦仪器	94
3.15.1	安捷伦万用表	94
3.15.2	安捷伦示波器	96
3.15.3	安捷伦函数发生器	100
3.16	LabVIEW	102
第4章	Multisim 11 在电路分析中的应用	105
4.1	基尔霍夫定律	105
4.1.1	基尔霍夫电流定律	105
4.1.2	基尔霍夫电压定律	106
4.2	电路分析方法的验证	106
4.3	常用电路定理的验证	107
4.3.1	戴维南定理	107
4.3.2	诺顿定理	108
4.3.3	特勒根定理	109
4.4	Multisim 11 在谐振电路中的应用	109
4.5	Multisim 11 在二端口网络中的分析应用	112
4.6	Multisim 11 在含耦合电感电路中的分析应用	114
第5章	Multisim 11 在模拟电路中的应用	117
5.1	单管放大电路的分析	117
5.1.1	静态工作点的分析	117
5.1.2	晶体管单管放大电路的动态分析	118
5.1.3	定制放大电路	120

5.1.4	Multisim 11 的电路后处理功能	122
5.2	Multisim 11 在集成电路中的应用	125
5.2.1	同相比例放大集成电路	125
5.2.2	多级同相比例放大集成电路	125
5.3	分析滤波电路	129
5.3.1	滤波电路的分析	129
5.3.2	滤波电路的定制	132
5.4	Multisim 11 在运算电路中的应用	134
5.4.1	比例运算电路	135
5.4.2	基本运算电路	136
5.4.3	微分和积分运算电路	136
5.5	Multisim 11 在反馈电路中的应用	138
第 6 章	Multisim 11 在数字电路中的应用	140
6.1	分析组合逻辑电路	140
6.1.1	组合逻辑电路的分析	140
6.1.2	组合逻辑电路的设计	143
6.2	时序逻辑电路的分析应用	145
6.2.1	计数器的仿真	145
6.2.2	分频器的仿真	151
6.3	Multisim 11 在 555 定时器电路中的应用	153
6.3.1	555 定时器的创建	153
6.3.2	定制 555 定时器电路	155
6.4	Multisim 11 在 A/D 和 D/A 转换中的应用	159
第 7 章	Multisim 11 在非线性电路中的应用	164
7.1	在振荡电路中的应用	164
7.1.1	LC 振荡电路	164
7.1.2	晶体振荡电路	168
7.2	调制解调电路的仿真	169
7.2.1	普通调制电路	169
7.2.2	单边带调制电路的仿真	171
7.2.3	解调电路	173
第 8 章	Multisim 11 在 MCU 电路中的应用	179
8.1	基于汇编语言的 MCU 电路的仿真应用	179

8.2 基于 C 语言的 MCU 电路的仿真应用	185
第 9 章 Ultiboard 11 在电路仿真中的应用	189
9.1 Ultiboard 11 的基本工作界面	189
9.2 Ultiboard 11 中的常用操作	190
9.2.1 标准工具栏的常用功能	190
9.2.2 View 工具栏	191
9.2.3 Main 工具栏	191
9.2.4 Select 工具栏	197
9.3 器件属性的编辑	197
9.3.1 电路板的属性编辑	198
9.3.2 元器件的属性编辑	198
9.4 Ultiboard 11 与 Multisim 11 的组合使用	201
附录 光盘内容简介	208
参考文献	209

第 1 章 NI Multisim 11 的基本功能 与基本操作

1.1 NI Multisim 11 简介

在当代社会中,计算机技术发展迅猛,并在全世界得到了广泛地普及。人类的许多活动都或多或少地依赖或借助于计算机的应用。与这个趋势相对应,用于使电子设计自动化的 EDA 技术随之而产生。EDA 技术借助于计算机的强大功能,使电子电路的设计、性能参数的仿真以及印制电路板(PCB)等繁琐的任务变得轻而易举。

用于电路仿真的 EDA 工具有很多种,美国国家仪器公司(NI)下属的 Electronics Workbench Group 最近发布的 Multisim 11.0 和 Ultiboard 11.0——交互式 SPICE 仿真和电路分析软件的最新版本,专用于原理图捕获、交互式仿真、PCB 设计和集成测试。这个平台将虚拟仪器技术的灵活性扩展到了电子设计者的工作台上,弥补了测试与设计功能之间的缺口。

NI Multisim 11 是早期的 Electronic Workbench(EWB)的升级换代的产品。早期的 EWB 与 Multisim 11 在功能上不能同日而语。Multisim 11 提供了功能更强大的电子仿真设计界面,能进行射频、PSPICE、VHDL、MCU 等方面的仿真。Multisim 11 提供了更为方便的电路图和文件管理功能。更重要的是, Multisim 11 使电路原理图的仿真与完成 PCB 设计的 Ultiboard 11 仿真软件结合起来一起构成新一代的 EWB 软件,使电子线路的仿真与 PCB 的制作更为高效。通过将 NI Multisim 11.0 电路仿真软件和 LabVIEW 测量软件相集成,需要设计制作自定义 PCB 的工程师能够非常方便地比较仿真数据和真实数据,规避设计上的反复,减少原型错误并缩短产品上市时间。

下面将对 Multisim 11 的基本功能与基本操作做一个简单的介绍,使读者能够较快地熟悉 Multisim 11 的基本的操作。

1.2 Multisim 11 的基本操作界面

在完成 Multisim 11 的安装之后,便可以打开安装好的应用程序,进行所需要的电路仿真、电路分析和综合等内容。

Multisim 11 和 Windows 的操作界面极其类似,和 EWB、Multisim 2001、Multisim 10 等前身一样具有操作极其简便、易于使用的特点。

在打开 Multisim 11 以后, Multisim 11 以图 1-1 的形式呈现出来。这就是 Multisim 11 的基本操作界面,新产生的电路原理图文件以 Multisim 11 默认的名称 Design1 来命名。从图 1-1 可以看到, Multisim 11 的基本操作界面包括:电路工作区、菜单栏、工具栏、元器

件栏、仿真开关、电路元件属性视窗等。简言之,此基本操作界面就相当于一个虚拟电子实验平台。下面对操作界面的各部分一一加以介绍。

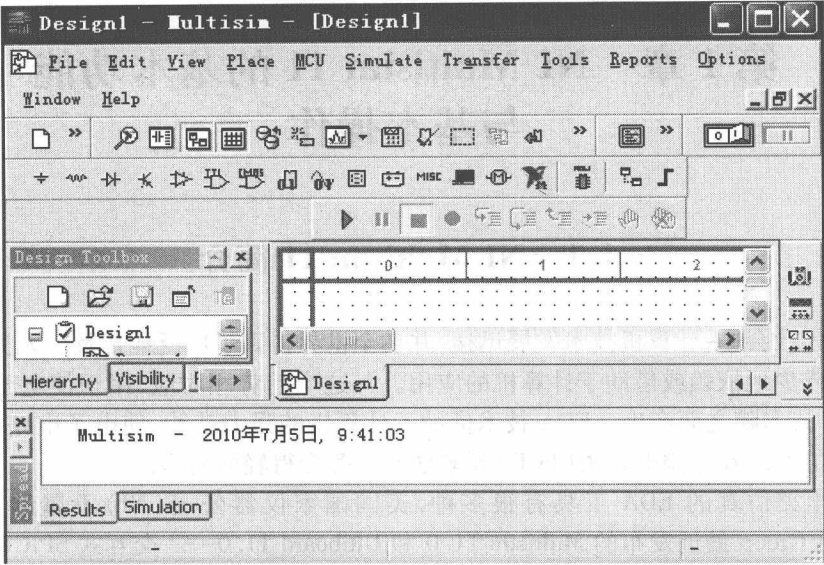


图 1-1

1. 菜单栏

Multisim 11 的菜单栏如图 1-2 所示。在菜单栏中提供了文件操作、文本编辑、放置元器件等选项。

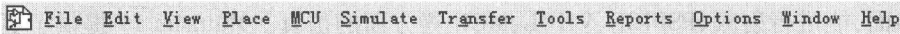


图 1-2

1) File 菜单

此菜单提供了打开、新建、保存文件等操作,用法与 Windows 类似,在此不再叙述。

2) Edit 菜单

此菜单提供了 Undo、Redo、Cut、Copy、Paste、Delete、Find 和 Select All 等选项,用法与 Windows 类似,不再叙述。

3) View 菜单

此菜单提供了以下功能:全屏显示,缩放基本操作界面,绘制电路工作区的显示方式,以及扩展条、工具栏、电路的文本描述、工具栏是否显示。

4) Place 菜单

此菜单提供绘制仿真电路所需的元器件、节点、导线、各种连接接口,以及文本框、标题栏等文字内容。

5) MCU 菜单

此菜单提供了带有微控制器的嵌入式电路仿真功能。目前 Multisim 11 能支持的微控制器芯片有 80C51 和 PIC 两种类型。对于 MCU 菜单的使用,在第 8 章中有专门地介绍。

6) Simulate 菜单

此菜单提供了启停电路仿真和仿真所需的各种仪器仪表;提供了对电路的各种分析选项(如放大电路的静态工作点分析);可设置仿真环境及进行 PSPICE 和 VHDL 等方面的仿真操作。

7) Transfer 传送菜单

此菜单提供了仿真电路的各种数据同 Ultiboard 11 的数据互相传送的功能。

8) Tools 菜单

此菜单主要提供各种常用电路,如放大电路、滤波器、555 时基电路的快速创建向导,用户可以通过 Tools 菜单快速创建上述电路。另外,各种电路元器件都可以通过 Tools 菜单修改其外部形状。

9) Reports 菜单

此菜单用于产生指定元件存储在数据库中的所有信息和当前电路窗口中所有元件的详细参数报告。

10) Options 菜单

此菜单提供了根据用户需要设置电路功能、存放模式以及工作界面的选项。

11) Window 菜单

此菜单提供了对一个电路的子电路以及各个不同的仿真电路同时浏览的功能。

12) Help 菜单

单击 Help 菜单,可以打开 Help 窗口,其中含有帮助主题目录、帮助主题索引以及版本说明等选项。

2. 设计工具箱 (Design Toolbox)

设计工具箱如图 1-3 所示,此图位于基本工作界面的左半部分,主要用于层次电路的显示。例如,Multisim 11 刚刚启动时,自动默认命名的 Design1 电路就以分层化的形式展示出来。

Hierarchy 标签用于对不同电路的分层显示。单击图 1-3 的  将生成 Design2 电路,两个电路以层次化的形式表现。

Project View 标签用于显示同一电路的不同页。

Visibility 标签用于设置是否显示电路的各种参数标识。如集成电路的引脚名、引脚号。

3. 扩展条 (SpreadSheet View)

扩展条位于图 1-1 中的最下方。它的作用是:当电路存在错误时用于显示检验结果以及作为当前电路文件中所有元件的属性统计窗口,还可以通过该窗口改变元件部分或全部的属性。

4. 工作电路区

工作电路区是基本工作界面的最主要部分,用来创建用户需要检验的各种实际电路。下面将以具体实例来演示。

例 1-1 电阻串联分压电路。

第一步:选取元件:一个 12V 电源,参考接地点一个,以及一个 20kΩ 电阻和一个 30kΩ 电阻。为建立该实验仿真电路,单击菜单栏中的 Place/Component。弹出图 1-4 所



图 1-3

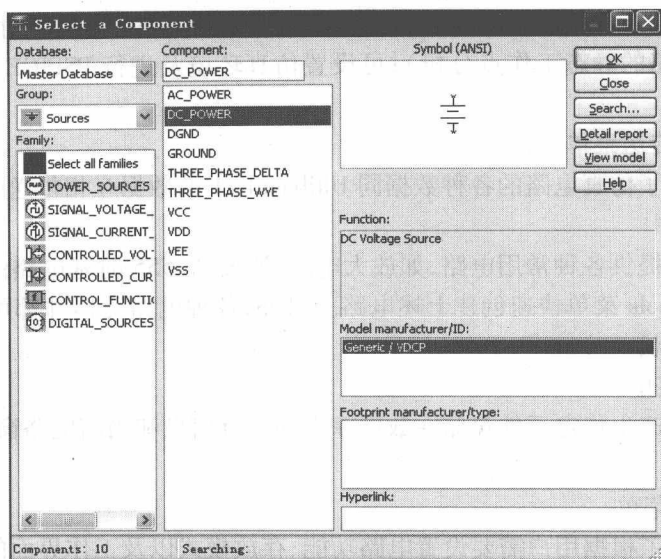


图 1-4

示的对话框。此对话框中包含以下几个部分。

(1) Database 下拉列表框。单击该框后可以看到 3 个选项,如图 1-5 所示。其中,Master Database 表示主元器件库,Corporate Database 表示公司元器件库,User Database 表示用户元器件库。其中主元器件库中存储了大量常用的元器件,仿真时所需的器件基本都能从主元器件库中找到。后两者是为用户的特殊需要而设计的。

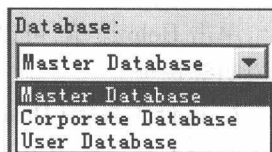


图 1-5

(2) Group 下拉列表框。Group 即为某一元器件库中的各种不同族元件的集合。如图 1-6 所示。图中一共表示出了 17 种元件族。它们分别为:电源器件族、基本元件族、二极管族、晶体管族、模拟器件、TTL 器件族、CMOS 器件族、MCU 模块、高级外设模块、数字器件、数模混合器件、指示仿真结果器件、电源相关器件、其他器件、射频器件、机械电子器件族和 NI 元器件族。

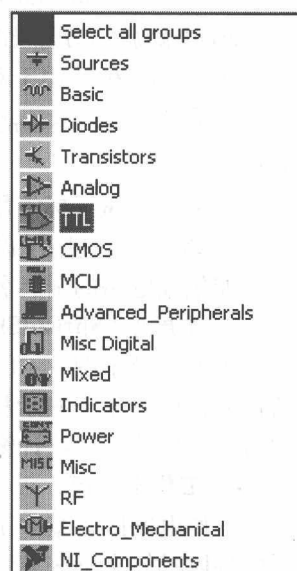


图 1-6

从中可以看出选择元器件时,首先应确定某一数据库,然后确定元件族,接着确定某种系列。在本例中,首先选择 +12V 直流电源,在 Database 框中选中 Master Database,在 Group 框中选择 Sources,这时在 Family 框中出现了 Select all families 选项和对应于电源器件族的 7 种不同的系列——依次分别为直流电压源、单信号交流电压源、单信号交流电流源、受控电压源和受控电流源、控制函数、数字时钟源。对于本例,自然选择 POWER_SOURCE 系列。选中后对话框变为图 1-4 所示,这时在 Select a Component 对话框中的 Component 框中一共列出来 10 个具体元件。单击每

一个选项,右侧的 Symbol、Function、Model Manufacture 等文本框都会给出元器件的外型、功能、封装模式等描述。

本例中按图 1-4 完成选择设置,然后单击 OK 按钮,我们会看到在用户的绘制电路工作区有一个直流电源的虚影在随着鼠标移动,将鼠标移到相应位置后单击鼠标左键,此时,一个直流电源已经放置在工作区中。

按照同样的方法放置一个参考接地点,一个 $20\text{k}\Omega$ 电阻和一个 $30\text{k}\Omega$ 电阻。

第二步:连接元件之间的导线。待所有的元器件都已经放置于工作区中后,开始连接导线。将鼠标移动到所要连接的器件的某个引脚上,这时,鼠标指针会变成中间有实心黑点的十字型。单击左键后,再次移动鼠标,就会拖动出一条黑实线。将此黑实线移动到所要连接的元件的引脚时,再次单击鼠标,这时就会将两个元器件的引脚连接起来。

第三步:分析仿真电路。Multisim 11 为仿真电路提供了两种分析方法,即利用 Multisim 11 提供的虚拟仪表观测仿真电路的某项参数和利用 Multisim 11 提供的分析功能。

本例中选择第一种分析方法:单击 Simulate/Instruments/Multimeter,与放置元器件类似,此时随着鼠标指针移动的是一个万用表。完成万用表的放置后,将万用表按前述方法与电阻相连。然后双击万用表的图标,就出现图 1-7 所示的界面。也可以采用第二种分析方法,只需单击 Simulate/Analyses 即可。这两种分析方法实质上是等同的,只是对于 Multisim 11 的操作来说稍有不同。

按照上述办法连接的电路如图 1-8 所示。单击 Simulate/Run 开始仿真,结果如图 1-7 所示。

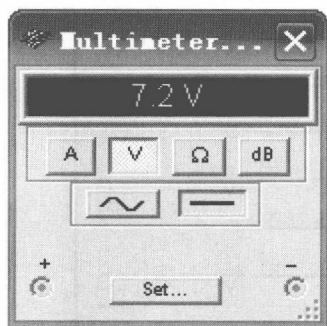


图 1-7

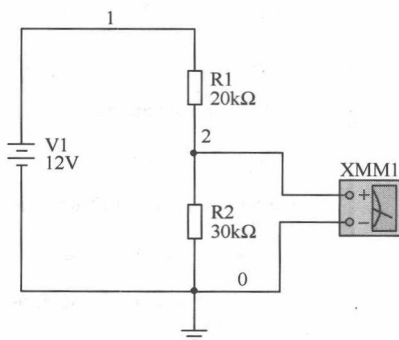


图 1-8

第四步:保存电路。创建电路、编辑电路、仿真分析等工作完成后,就可以将电路文件存盘。存盘的方法与其他 Windows 应用软件一样,第一次保存新创建的电路文件时,默认的文件名为 Design1. ms11,当然,也可以更改文件名和存放路径。

第五步:说明扩展条(电路元件属性示窗)。在 Multisim 系列软件的不同版本中创建了一个电路以后,可以通过电路元件属性示窗来查看电路元件的属性(如 Multisim 10 也提供了此功能),如图 1-9 所示。

从图 1-9 中可以看出,对于电阻分压电路来说,组成该电路的所有元器件的清单通过电路元件属性示窗展示出来。在该窗口中列出了元器件的标识号、所属的数据库和元件系列、参数值、以及封装模式等信息。如以 +12V 直流电源为例,在电路元件属性示窗

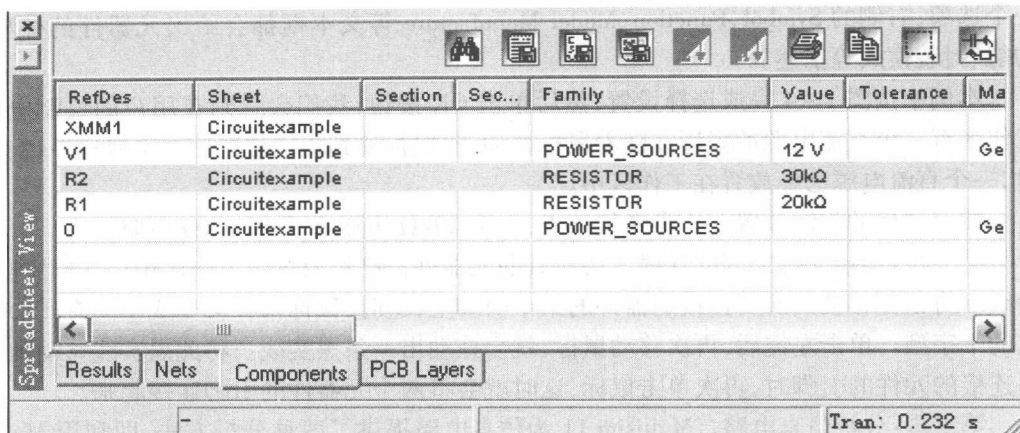


图 1-9

中可以清楚地看到:它的标识号为 V1,属于 POWER_SOURCE 系列,数值为 12V 等。还可以通过电路元件属性示窗快速地更改元件的部分或某一属性。例如,在本例中,将直流电压源的数值大小改变。可以通过电路元件属性示窗来进行。方法如下:鼠标指向电路元件属性示窗中的 Component 标签的 Value 选项后,双击 12V 字体,弹出图 1-10 所示的对话框。

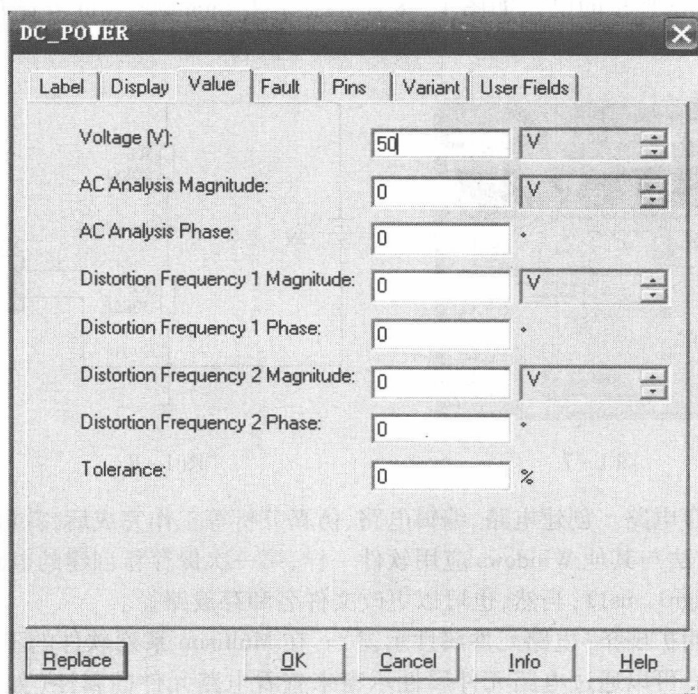


图 1-10

在图 1-10 的对话框中,选择 Value 标签。可以看到,在该对话框中可以根据需要输入电源的大小 (Voltage) 以及交流分析的幅度、相位 (Magnitude/Phase) 等参数。本例中,

在 Voltage 选项中添加 50V。然后按“OK”按钮,退出该对话框。这时上方的电路工作区中直流电源的值已经变为 +50V。

注意:不是所有元器件的任何属性都可以通过电路元件属性视窗来修改。一般此方法仅适用于理想的虚拟元器件,并且图 1-9 所示功能在有的 Multisim 11 版本中没有提供。

以上就是使用 Multisim 11 分析电路的最简单的过程,当然 Multisim 11 的功能远远不止于此,以后还将继续说明 Multisim 11 的其他更强大、更高级的用途和用法。例 1-1 只是为了说明使用 Multisim 11 的最一般的方法。即首先建立电路,然后根据给定的虚拟仪器和用户的需要对仿真电路进行分析。如果达不到实际要求,可以改动电路中的元件继续测试,直到得到正确结果。

从例 1-1 可以看到, Multisim 11 的仿真功能可以大大缩短电路的测试时间,它将以在实验教室进行的工作全部转移到计算机上,实现了用软件来代替硬件试验的功能。

1.3 Multisim 11 的菜单项和工具栏

在 1.2 节中简单地介绍了 Multisim 11 的基本操作过程,本节将比较细致地介绍 Multisim 11 的用户界面的其他基本操作和命令。

Multisim 11 的用户界面主要由菜单栏、工具栏、项目栏、状态栏以及电路元件属性视窗和电路窗口来组成。Multisim 11 的菜单栏如图 1-2 所示。下面将对其中的菜单一一介绍。

1. File 菜单

此菜单提供了打开、新建、保存等操作。用法与 Windows 类似,此处不再叙述。

2. Edit 菜单

单击 Edit,弹出图 1-11 所示菜单。其中,Undo、Redo、Cut、Copy、Paste、Delete、Find 和 Select All 选项的用法与 Windows 类似,下面介绍以下一些选项。

(1) Delete Multi - Page:删除多页电路中的某一页文件。

(2) Merge Selected Buses:合并总线。

(3) Find:寻找元件命令。执行该命令后,弹出如图 1-12 所示的对话框。

其中,Find what 用于输入所要查找的器件名称。Search for 选项用于设置查找对象:ALL 表示当前所有电路文件;Off - Page Connectors 表示多页电路的连接;Nets 表示用于搜索网络器件;HB/SC Connectors 表示设置了连接器的电路。Search from 选项用于设置查找范围:当前的电路和所有打开的电路。其余两项用于设置搜索时字符匹配:分为任意匹配和完全匹配两种。按照图 1-12 所设置的选项进行查找,得到如图 1-13 的结果。

注意:在 Multisim 11 的不同版本中搜索时,有可能要区分元器件名称的大小写。

从图 1-13 中看到,在 Edit 菜单中进行查找操作后,结果显示于电路元件属性视窗的 Results 标签中。右键单击 Spreadsheet View 对话框的空白处,可以选择清除查找的结果。

(4) Comment:编辑仿真电路的注释。

(5) Graphic Annotation:编辑图形注释,利用它可以改变导线的颜色等设置。

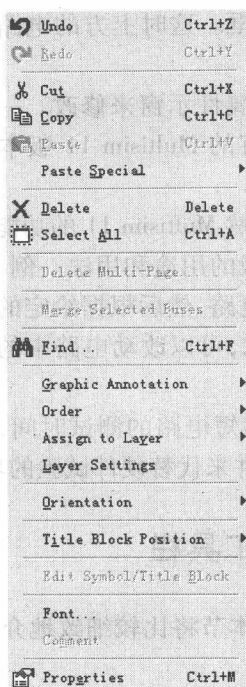


图 1-11

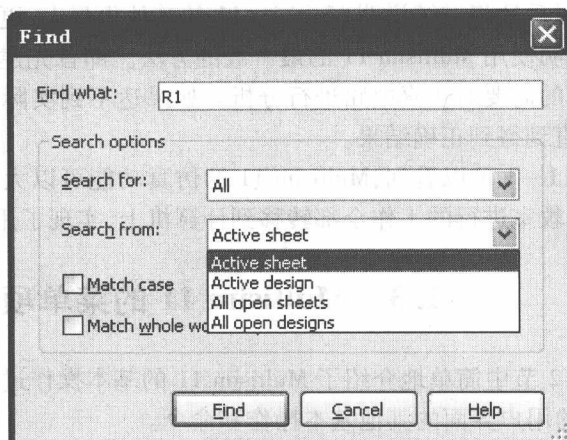


图 1-12

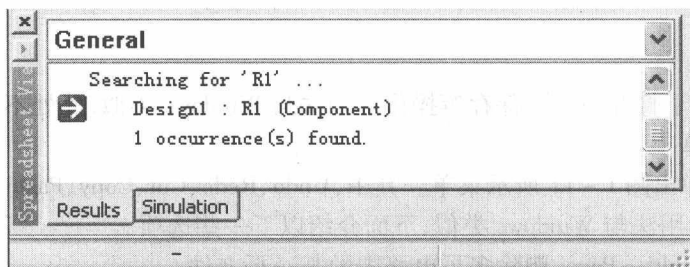


图 1-13

- (6) Order: 编辑图形在电路工作区中的顺序。
 - (7) Assign to Layer: 用于层的分配。
 - (8) Layer Settings: 用于层的设置。
 - (9) Title Block Position: 设置标题栏在电路工作区中的位置。
 - (10) Orientation: 电路元件方向的调整, 包括水平调整、垂直调整、顺时针旋转 90°、逆时针旋转 90°。
 - (11) Edit Symbol/ Title Block: 编辑电路元件的外型或标题栏的形式。在电路工作区中选中某个元件, 如图 1-14 中首先选择 74LS373N。单击 Edit Symbol/ Title Block 后, 出现图 1-15 所示的对话框, 提示操作完成后最好关闭 Symbol Editor 才能返回仿真界面。
- 待图 1-15 对话框消失后, 新弹出的界面是临时器件符号编辑界面, 此界面的下半部分为器件外型编辑窗口。以图 1-16 中的 Length 项为例: 双击图 1-16 中引脚 1D 的