

刘贵栋 主编



TN702/179

2008

电子电路的 Multisim 仿真实践

刘贵栋 主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书旨在为高等学校学生学习“电子技术基础”课程提供一种仿真实验方法,帮助学生更好地学习“电子类”课程,为学生快速进入 EDA 设计领域提供一本合适的教材。

全书分为 6 章;第 1~2 章主要介绍 Multisim 7 的基本特点、安装方法和基本操作;第 3~4 章通过实例介绍 Multisim 7 的使用方法和主要仿真分析方法;第 5~6 章通过实例介绍 Multisim 7 在模拟电子电路和数字电子电路中的应用,并设有综合性电路的分析和设计。本书力图用大家熟悉的例子帮助读者快速掌握 Multisim 7 的使用方法,既可作为“电子技术基础”课程的仿真实验教材,也可作为学生学习“电子技术基础”课程的同步辅导书,同时也可供从事电子设计的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路的 Multisim 仿真实践/刘贵栋主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-5603-2298-8

I. 电… II. 刘… III. 电子电路 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TN710 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 138440 号

责任编辑 王桂芝

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 9.25 字数 230 千字

版 次 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2298-8

定 价 18.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

“电子技术基础”是高等院校工科专业的重要专业技术基础课,具有很强的理论性和实践性。理论教学与实验教学的紧密结合,是提高该课程教学质量和学习质量的关键环节。

随着电子技术的高速发展,新技术和新方法如雨后春笋,不断涌现,这就要求我们不断改进实验内容、实验方法和实验手段,引入包括 Multisim 在内的计算机仿真软件,将计算机仿真技术融入到“电子技术基础”课程的学习中,让学生充分发挥主观能动性,激发学生的学习兴趣,提高学生的动手实践和创新能力。

Multisim 是 Electronics Workbench(EWB)的升级版本。加拿大的 Interactive Image Technologies(IIT)公司早在 20 世纪 80 年代后期就推出了用于电路仿真与设计的 EDA 软件 EWB,目前国内常见的版本有 EWB 5.0。从 EWB 6.0 版本开始,仿真设计模块更名为 Multisim,国内常见的有 Multisim 2001、Multisim 7、Multisim 8 和 Multisim 9。相对于其他 EDA 软件, Multisim 提供了万用表、示波器、信号发生器等虚拟仪器,软件的界面直观,易学易用。它的很多功能模仿了 Spice 的设计,分析功能也较强。可以毫不夸张地说, Multisim 是迄今为止使用最方便、最直观的仿真软件。因此,国内许多重点大学采用该软件进行教学和实验。其中 Multisim 7 因其功能完善,应用广泛,所以本书着重介绍 Multisim 7 在“电子技术基础”课程中的应用。本书编写的初衷在于将电子技术理论教学与实验环节有机地结合起来,实现“理论—仿真实验—动手实验”这一过程,加深学生对基础理论的理解,提高动手能力。因此,为了配合“电子技术基础”理论课的教学,书中精心编排了相关知识和内容,既有基础验证型仿真实验,又有提高设计型仿真实验。这样,本书既可作为“电子技术基础”课程学习的辅导教材,又可作为仿真实验教材。

全书内容分为 6 章:第 1 章主要介绍 Multisim 7 的基本特点和安装方法;第 2 章主要介绍 Multisim 7 的基本操作;第 3 章通过实例介绍 Multisim 7 的使用方法,引导初学者入门;第 4 章通过实例介绍 Multisim 7 的主要仿真分析方法;第 5 章通过实例介绍 Multisim 7 在模拟电子电路中的应用;第 6 章通过实例介绍 Multisim 7 在数字电子电路中的应用。同时,在第 5 章和第 6 章中均设有综合性电路的分析和设计。

全书由刘贵栋主编。哈尔滨工业大学王淑娟教授在百忙之中详细地审阅了本书样稿,并给予许多指导和帮助。本书在编写过程中得到了哈尔滨工业大学出版社王桂芝编辑的大力支持,同时得到了北京掌宇公司冯洁经理的帮助,并获得掌宇公司的授权,在此,向他们及所有在该书出版过程中给予过帮助的朋友们表示衷心感谢。

由于我们水平有限,且对于功能强大的 Multisim 仿真软件,我们也正处于学习、研究阶段,书中缺点及疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2007 年 9 月

目 录

第1章 概 述	1
1.1 Multisim 的特点	1
1.2 Multisim 7 的安装	2
1.2.1 安装环境要求	3
1.2.2 安装 Multisim 7 程序	3
第2章 Multisim 7 的基本操作	8
2.1 Multisim 7 窗口界面	8
2.2 定制 Multisim 7 界面	11
2.2.1 改变当前的显示方式	11
2.2.2 设置默认的用户喜好	12
2.2.3 定制工具栏	15
2.3 操作元件	15
2.3.1 取用实际元件	15
2.3.2 取用虚拟元件	16
2.3.3 设置元件属性	17
2.3.4 元件连线	20
2.3.5 创建一个电路	20
2.4 虚拟仪器仪表	22
2.4.1 数字万用表	23
2.4.2 信号发生器	23
2.4.3 示波器	24
2.4.4 波特图仪	26
2.4.5 IV 分析仪	28
2.4.6 瓦特表	30
2.4.7 失真分析仪	30
2.4.8 字信号发生器	32
2.4.9 逻辑分析仪	34
第3章 电子电路的 Multisim 仿真过程	37
3.1 建立电路	37
3.1.1 建立电路文件	37
3.1.2 定制用户界面	38
3.1.3 在电路窗口中放置元件	38
3.1.4 修改元件属性	38

3.1.5 编辑元件	39
3.1.6 连接线路与自动放置节点	40
3.1.7 给电路增加文本	40
3.2 仿真测量电路	41
3.2.1 用数字万用表测量静态工作点	41
3.2.2 用示波器观察电压波形以及测量中频电压放大倍数	43
3.2.3 用波特图仪观察电压放大倍数的频率特性	45
第4章 Multisim 仿真分析方法	47
4.1 分析方法简介	47
4.2 静态工作点分析	49
4.2.1 Output variables 页	49
4.2.2 Miscellaneous Options 页	50
4.2.3 Summary 页	50
4.3 交流分析	50
4.4 瞬态分析	52
4.5 直流扫描分析	53
4.6 参数扫描分析	54
4.7 传递函数分析	56
第5章 模拟电子电路的分析与应用	58
5.1 仿真实验报告的书写	58
5.2 单管分压偏置放大电路	58
5.2.1 实验目的	58
5.2.2 实验要求	58
5.2.3 实验内容	59
5.3 多级放大电路	64
5.3.1 实验目的	64
5.3.2 实验要求	64
5.3.3 实验内容	65
5.4 差分放大电路	66
5.4.1 实验目的	66
5.4.2 实验要求	66
5.4.3 实验内容	67
5.5 功率放大电路	69
5.5.1 实验目的	69
5.5.2 实验要求	69
5.5.3 实验内容	69
5.6 运放的线性应用	73
5.6.1 实验目的	73

5.6.2 实验要求	73
5.6.3 实验内容	73
5.7 运放的非线性应用	77
5.7.1 实验目的	77
5.7.2 实验要求	77
5.7.3 实验内容	77
5.8 负反馈放大电路	82
5.8.1 实验目的	82
5.8.2 实验要求	82
5.8.3 实验内容	82
5.9 RC 正弦波振荡电路	88
5.9.1 实验目的	88
5.9.2 实验要求	88
5.9.3 实验内容	89
5.10 非正弦波产生电路	90
5.10.1 实验目的	90
5.10.2 实验要求	90
5.10.3 实验内容	90
5.11 串联稳压电源	94
5.11.1 实验目的	94
5.11.2 实验要求	95
5.11.3 实验内容	95
5.12 精密整流电路	96
第 6 章 数字电子电路的分析与应用	98
6.1 逻辑转换	98
6.1.1 实验目的	98
6.1.2 实验内容	98
6.2 门电路逻辑功能测试	103
6.2.1 实验目的	103
6.2.2 实验内容	104
6.3 组合逻辑电路	107
6.3.1 实验目的	108
6.3.2 实验内容	108
6.4 触发器	119
6.4.1 实验目的	119
6.4.2 实验内容	119
6.5 中规模计数器	121
6.5.1 实验目的	121

6.5.2 实验内容	121
6.6 555 定时器及应用	128
6.6.1 实验目的	128
6.6.2 实验内容	128
6.7 综合性电路	130
6.7.1 能自启动的四位环形计数器	130
6.7.2 八位顺序脉冲发生器	132
6.7.3 编码译码电路	134
6.7.4 交通灯控制器	135
6.7.5 用与非门构成滞回比较器	136
6.7.6 数字钟	138
参考文献	140

第 1 章 概 述

现代电子系统一般由模拟系统、数字系统和微处理系统三大部分组成。随着半导体技术、集成技术和计算机技术的发展,电子系统的设计方法和设计手段发生了很大的变化。特别是 EDA(Electronic Design Automation),即电子设计自动化技术的发展和普及给电子系统的设计插上了腾飞的翅膀。EDA 技术中最为瞩目的功能,即最具现代电子设计技术特征的功能是日益强大的逻辑设计仿真测试技术。EDA 仿真测试技术只需通过计算机,就能针对所设计的电子系统不同层次的性能特点,进行一系列准确的测试与仿真操作,在完成实际系统的安装后,还能对系统上的目标器件进行所谓的边界扫描测试。这一切都极大地提高了大规模系统电子设计的自动化程度。

Multisim 是 EDA 技术中优秀的仿真软件,它可以完成设计的电路原理图输入、电路仿真和 PLD 设计等功能。本书主要介绍 Multisim 在电子电路仿真实践中的应用。

1.1 Multisim 的特点

Multisim 是 Electronics Workbench(EWB)的升级版本。加拿大的 Interactive Image Technologies(IIT)公司早在 20 世纪 80 年代后期就推出了用于电路仿真与设计的 EDA 软件 EWB,目前国内常见的版本是 EWB 5.0。从 EWB 的 6.0 版本开始,仿真设计模块更名为 Multisim,国内常见的有 Multisim 2001、Multisim 7、Multisim 8 和 Multisim 9。与其他 EDA 软件相比,Multisim 提供了万用表、示波器、信号发生器等虚拟仪器,软件的界面更直观,更易学易用。它的很多功能模仿了 Spice 的设计,分析功能也较强。可以毫不夸张地说,Multisim 是迄今为止使用最方便、最直观的仿真软件,这也是国内许多重点大学采用该软件进行教学和实验的初衷。

针对不同用户需要,Multisim 发行了多个版本,分为增强专业版(Power Professional)、专业版(Professional)、个人版(Personal)、教育版(Education)、学生版(Student)和演示版(Demo)。各版本的功能和价格有着明显的差异,目前我国高校主要使用教育版,因此本书将以教育版为主进行介绍。其中 Multisim 7 因其功能完善,应用广泛,所以本书着重介绍 Multisim 7 在“电子技术基础”课程中的应用。

Multisim 与其他电路仿真软件相比,具有以下几个优点。

1. 高度集成的操作界面

Multisim 将原理图的创建、电路测试分析结果的图表显示等全部集成到同一个电路窗口中。整个操作界面就像一个实验工作台,有存放仿真元件的元件箱,有存放测试仪表的

仪器库,还有进行仿真分析的各种操作命令。

2. 丰富的元件库

Multisim 主元件库提供了一个庞大的元件模型数据库,并且用户通过新增的元件编辑器可以建立自己的元件库。

3. 类型齐全的仿真功能

在电路窗口中,既可以分别对模拟和数字电路进行仿真,也可以将模拟电路和数字电路连接在一起进行仿真。尤为值得一提的是 Multisim 中的射频(RF)分析功能,它是 Multisim 特有的分析方法,克服了 Spice 模型在射频时不能准确分析的缺点,从而解决了 Spice 模型对高频仿真不精确的问题。

4. 强大的分析功能

Multisim 提供了十几种电路的分析功能,这些分析方法基本能满足一般电子电路的分析设计要求。

5. 强大的虚拟仪表功能

Multisim 提供了双踪示波器、逻辑分析仪、波特图仪、数字万用表等十多种虚拟仪器、仪表,操作界面如同在实验室亲手操作仪器一样,虚拟的网络分析仪、逻辑分析仪更是一般实验室不可多得的高档仪器。

6. 具有 VHDL / Verilog 的设计和仿真功能

Multisim 基本器件的数学模型基于 Spice 3.5 版本,但增加了大量的 VHDL 器件模型,可以仿真更复杂的数字器件。Multisim 包含了 VHDL / Verilog 的设计和仿真功能,使得大规模可编程逻辑器件的设计和仿真与模拟、数字电路的设计和仿真融为一体,突破了可编程逻辑器件无法与普遍电路融为一体仿真的缺陷。

7. 提供了多种输入输出接口

Multisim 可以输入由 Spice 等其他电路仿真软件所创建的 Spice 网表文件,并自动形成相应的电路原理图,可以把 Multisim 环境下创建的电路原理图文件输出给 Protel 等常见的 PCB 软件进行印刷电路设计。为了拓宽 Multisim 软件的 PCB 功能,IIT 也推出了自己的 PCB 软件——Ultiboard,可使电路图文件更直接、更方便地转换成 PCB 文件。正因为如此,Multisim 一经推出即受到广大电路设计人员的喜爱,特别是在教育领域得到了更广泛的应用,它是目前教学中使用最多的仿真软件之一。

1.2 Multisim 7 的安装

用户在使用 Multisim 7 软件之前,必须首先将其安装到自己的计算机上。为了帮助读者正确安装和使用,本节介绍安装 Multisim 7 的全过程。

1.2.1 安装环境要求

安装 Multisim 7 所需最低配置如下:

操作系统: Windows 98/NT4/2000/XP

CPU: Pentium III

内存: 128 MB

光驱: 配备 CD-ROM (没有光驱可通过网络安装)

显示器分辨率: 800 × 600 像素

硬盘: 可用空间至少 250 MB

以下介绍 Multisim 7 教育版在 Windows NT 环境下的安装过程。在不同版本的 Windows 操作系统下安装提示信息 and 过程略有不同,但只要按提示操作即可顺利进行。

1.2.2 安装 Multisim 7 程序

Multisim 包装中的 CD-ROM 可以自行启动运行,可按照如下步骤一步步进行安装。

如果您的 Multisim 版本提供了硬件锁,请将它插在计算机并口上(一般是 LPT1 口);如果没提供硬件锁,无须进行此步。

开始安装前请退出所有的 Windows 应用程序。Multisim 7 的安装分两个阶段。

1. 第一阶段

安装 Multisim 7 的第一阶段为升级 Windows 系统文件,其操作步骤如下:

(1) 将 Multisim 7 的光盘放入光驱,系统将自动启动安装程序。安装程序的启动画面如图 1.1 所示,图中右下角显示的是安装程序检查机器的系统环境是否满足安装 Multisim 7 的要求。



图 1.1 Multisim 7 安装程序的启动画面

(2) 检查完成后,屏幕出现简单的安装程序操作说明,如图 1.2 所示。阅读后,点击 Next 按钮以继续安装。

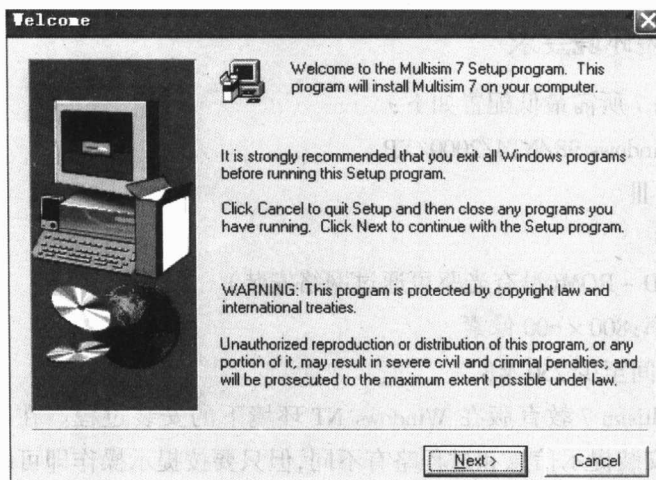


图 1.2 Multisim 7 安装程序的操作说明

(3) 点击 Next 按钮之后,将出现一个版权声明对话框,如果同意,点击 Yes 按钮之后继续安装,如图 1.3 所示。

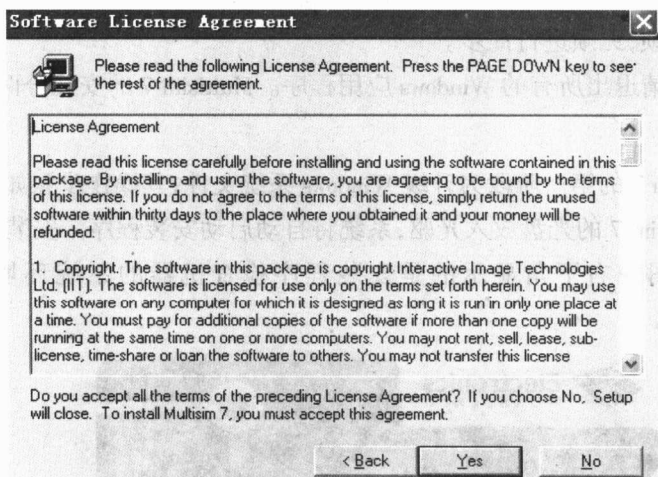


图 1.3 Multisim 7 版权声明对话框

(4) 在继续安装 Multisim 7 之前需要升级 Windows 系统文件,当系统文件更新完成后,需要重新启动计算机。重新开机后,必须重新启动安装程序。

2. 第二阶段

下面为第二阶段安装的操作步骤:

(1) 安装程序启动后,第一阶段安装过程中出现过的安装界面、安装说明、版权声明等界面或对话框还会依次出现,安装时点击其中的 Next 按钮和 Yes 按钮,直到出现 User Information 对话框,如图 1.4 所示,在 Name 栏输入用户名,Company 栏输入单位名称,Serial 栏输入软件序列号,该序列号可以在安装光盘盒上找到(包括 2 个开头字母和 18 位数

字), 点击 Next 按钮。如果序列号正确, 将出现一个对话框, 告知序列号验证的正确性。点击 Next 按钮继续下一步。

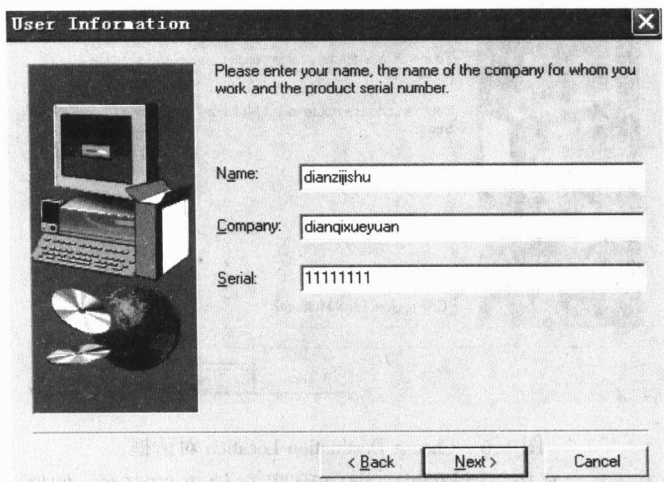


图 1.4 User Information 对话框

(2) 在 Enter Information 对话框中, 要求输入功能码, 如果您购买了附加模块, 会得到 12 位的功能码, 现在就输入第一个功能码; 如果没有得到功能码, 略去本步。单击 Next 继续进行, 如图 1.5 所示。若输入了功能码并单击了 Next, 将出现一新的输入框, 继续输入其他的功能码即可。将所有的功能码输入完后, 保持最后的输入框空白, 单击 Next 继续。

【注】功能码与系列码不同, 只有购买了附加模块才能得到功能码。

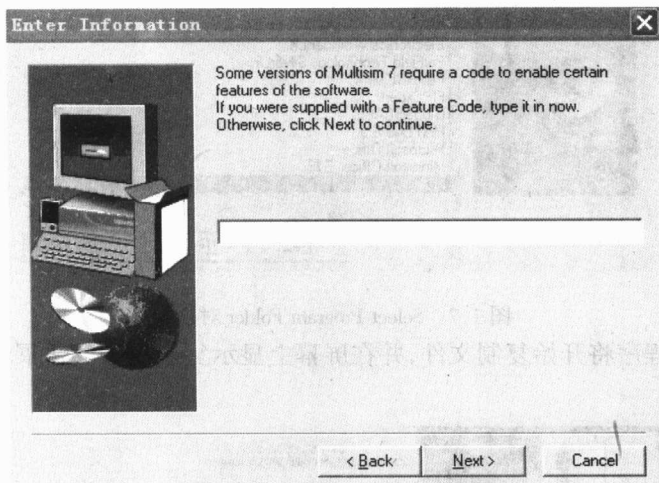


图 1.5 Enter Information 对话框

(3) 在 Choose Destination Location 对话框中, 选择安装路径。默认路径为 C \ : Program Files \ Multisim 7, 点击 Browse 按钮可进行改动, 改动完成后再点击 Next 按钮继续执行, 如图 1.6 所示。

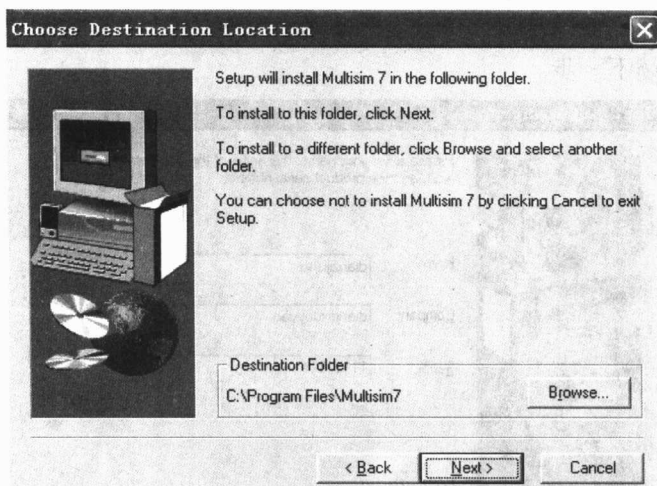


图 1.6 Choose Destination Location 对话框

(4) 在 Select Program Folder 对话框中指定程序文件夹的名称,如图 1.7 所示,默认情况下为 Multisim 7,一般无需改动,点击 Next 按钮继续执行。

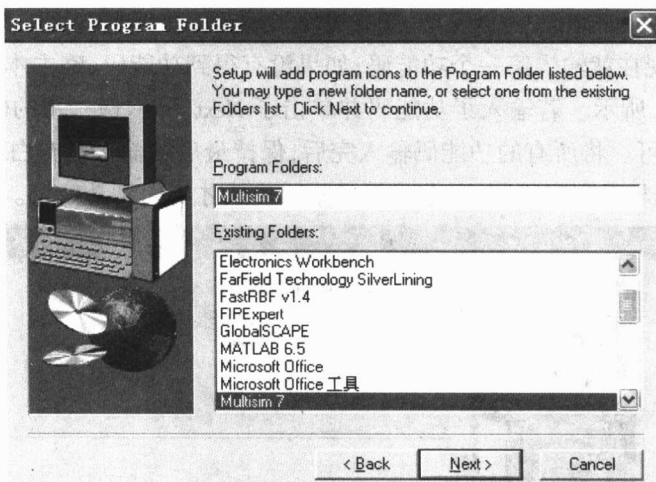


图 1.7 Select Program Folder 对话框

此时,安装程序将开始复制文件,并在屏幕上显示复制过程的进展情况,如图 1.8 所示。

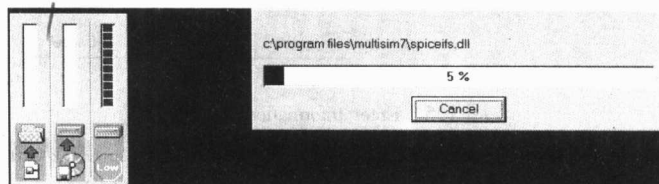


图 1.8 复制文件

(5) 文件复制完毕后,点击“OK”按钮,安装程序显示出 Setup Complete 对话框,如图 1.9所示,点击其中的 Finish 按钮后,第二阶段安装结束。

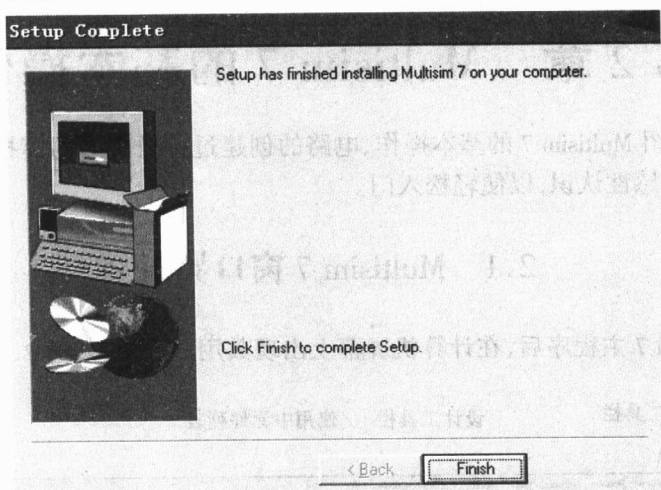


图 1.9 Setup Complete 对话框

完成第二阶段安装之后, Multisim 7 就可以打开使用了,但有使用期限,时间一到就不能再使用,即便重新安装也无济于事。要想继续使用,还需要输入一个所谓的交付码来激活 Multisim 7,这一点类似 Windows XP 的安装。这个交付码可以由代理商提供,例如可从北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司获得。

第2章 Multisim 7 的基本操作

本章主要介绍 Multisim 7 的基本操作、电路的创建过程及电路的模拟仿真,使读者对 Multisim 7 有一个感性认识,以便轻松入门。

2.1 Multisim 7 窗口界面

运行 Multisim 7 主程序后,在计算机屏幕上出现其用户界面,如图 2.1 所示。

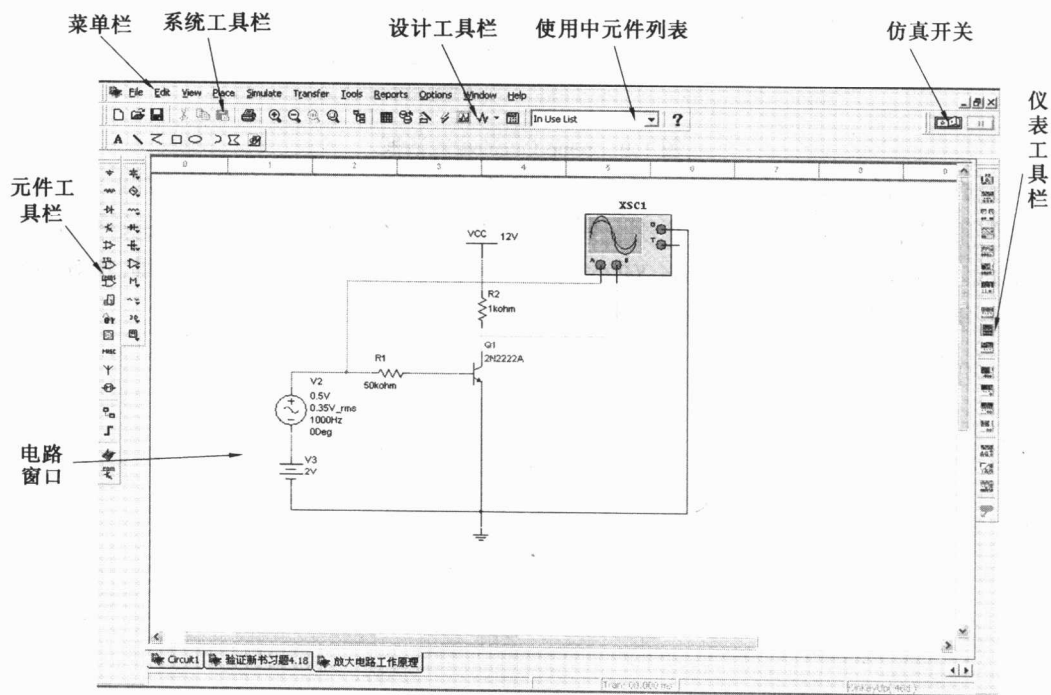


图 2.1 Multisim 7 用户界面

从图 2.1 中可以看到, Multisim 7 的用户界面主要包括以下几个部分:

1. 菜单栏 (Menus)

与所有的 Windows 应用程序类似, Multisim 7 也可在菜单栏中找到所有功能的命令,如图 2.2 所示。

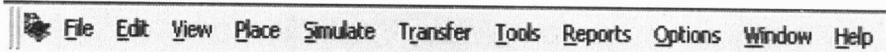


图 2.2 Multisim 7 菜单栏

2. 系统工具栏(System Toolbar)

与所有的 Windows 应用程序类似, Multisim 7 的系统工具栏也包括文件操作、编辑、打印、缩放等按钮,如图 2.3 所示。



图 2.3 系统工具栏

3. 设计工具栏(Design Toolbar)

设计是 Multisim 7 的核心部分,设计工具栏指导用户按部就班地进行电路的建立、仿真、分析并最终输出设计数据。虽然菜单中可以执行设计功能,但使用设计工具栏可以更加方便地进行电路设计,如图 2.4 所示。

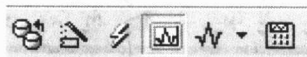


图 2.4 设计工具栏

设计工具栏中各项说明如下:



数据库管理按钮(Database Management) 对元件数据库进行管理。



元件编辑器按钮(Create Component) 用以增加元件。



仿真按钮(Simulate) 用以开始、暂停或结束电路仿真。



分析图表按钮(Analysis Graphs) 用以显示分析后的图表结果。



分析按钮(Analysis) 用以选择要进行的分析。



后处理器按钮(Postprocessor) 用以对仿真结果进行进一步的操作。

4. 仪表工具栏(Instruments Toolbar)

仪表工具栏在界面的最右边按列排放,包括 17 种虚拟仪器仪表,如图 2.5 所示。其中大多数为具有基本功能的原理性仪器仪表,但也有安捷伦公司生产的万用表、示波器、函数发生器等实际电子仪器。在模拟电路测试中,常用的仪器仪表有数字万用表、信号发生器、示波器和波特图仪等。



图 2.5 仪表工具栏