



普通高等教育“十一五”电子电气基础课程规划教材

EWB 9

电子设计技术

李良荣 主编

MultiMCU 9
Microcontroller Co-simulation

www.electronicworkbench.com
© 2005 Electronics Workbench Corporation. All rights reserved.

OK

multiVHDL 8
Programmable Logic

MultiSIM 9
Simulation & Capture

Click for any copy of the software found in violation of the license agreement. Unauthorized use of the software application, or any portion of this legal and will be prosecuted to the full extent of the law.
Continue Enter Release

UltiBOARD 9
PCB Layout

www.electronicworkbench.com

Key = A

RC0 Mod7

RC0 Decade

*VCC U1
Counter_74LS160N



附光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是一本学习现代电子设计技术(EDA)的教材。全书内容分为四部分:第一部分是 EWB 9 应用基础,包括第一~六章,主要介绍 EWB 9 的基本功能和基本应用方法。第二部分是仿真实例及实验,是本书的重点,包括第七~十二章,通过典型电路的模拟、仿真、分析来介绍 EDA 技术在电工原理、电路分析、模拟电子技术、数字电子技术以及混合电子电路设计中的应用,同时配备相应的思考题和实验,以达到学练并举之目的。第三部分是 Multisim 的资源介绍包括第十三和十四章,是 EWB 9 资源利用的补充,主要介绍元器件的应用,在这一部分还介绍了 Multisim 9 的 3D 演示功能。第四部分是 PCB 版图设计,介绍 Ultiboard 9 的应用方法和设计实例。随书光盘中提供了 EWB 9 Demo 版和本书中的一些仿真实例。

本书文字简洁、语言流畅,循序渐进,理论与实践紧密结合,提供了丰富的应用实例、实验,不仅可作为本科、高职高专电子类专业的教材,也适合电子设计工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

EWB 9 电子设计技术/李良荣主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 7
普通高等教育“十一五”电子电气基础课程规划教材
ISBN 978-7-111-21773-2

I. E… II. 李… III. 电子电路—电路设计:计算机辅助设计—应用软件, EWB—高等学校—教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 094765 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王保家 版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京双新装订有限公司装订)

2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·27.75 印张·688 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21773-2

ISBN 978-7-89482-239-0(光盘)

定价:42.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379727

封面无防伪标均为盗版

前 言

编写本书的目的是为高校电子类本科生提供一本学习和掌握 EDA 技术的教材。自 1988 年以来在电子信息类本科生中开展了 EDA 教学。多年的教学经验告诉我们, 大学本科的 EDA 教育, 应该强调课程的技术性和应用性。为此, 我们压缩了理论部分的内容, 加强了应用性、技术性的内容。本书的初稿已经从 2001 年 9 月起使用, 后经多次修改和完善, 于 2004 年 6 月由机械工业出版社出版发行, 书名为《现代电子设计技术——基于 Multisim7 & Ultiboard 2001》, 并于 2005 年重印, 深受师生欢迎。教学实践表明, 学生学完本课程后, 对其它 EDA 软件也很容易接受和掌握。本教材与 EWB 9 软件相结合, 为电子类专业学生学习相关电工电子类课程提供了较为合适的虚拟电子实验环境, 降低了实验成本, 提高了教学质量。本书是在《现代电子设计技术——基于 Multisim7 & Ultiboard 2001》基础上, 将软件升级为 EWB 9, 完善和增补了大部分实验内容而成的。

本书具备如下特点:

- (1) 以软件 EWB 9 为中心, 介绍 EDA 技术的基本概念、基本理论和基本方法, 培养学生具有举一反三的能力;
- (2) 在介绍基本内容时, 重点突出、深入浅出、简明扼要、易于掌握;
- (3) 在 EDA 技术应用部分, 例题丰富、典型性强, 思路清晰、逻辑性强, 图文并茂、直观明了。

全书内容分为四部分: 第一部分是 EWB 9 应用基础, 包括第一~第六章, 主要介绍 EWB 9 的基本功能和基本应用方法。第二部分是仿真实例及实验, 是本书的重点, 包括第七~十二章, 通过典型电路的模拟、仿真、分析来介绍 EDA 技术在电工原理、电路分析、模拟电子技术、数字电子技术以及混合电子电路设计中的应用, 同时配备相应的思考题和实验, 以达到学练并举之目的。第三部分是 Multisim 的资源介绍, 包括第十三和十四章, 是 EWB 9 资源利用的补充, 主要内容是元器件的正确应用, 在这一部分还介绍了 Multisim 9 的 3D 演示功能。第四部分是 PCB 版图设计, 介绍 Ultiboard 9 的应用方法, 电路设计的主要物理实现形式之一就是印制电路板 (PCB: Printed Circuit Board), 它既是各类电路元器件的承载体, 又起到保障电气连接的作用, 这一部分的学习对电子设计人员有重要意义。

书中保留了《现代电子设计技术——基于 Multisim7 & Ultiboard 2001》的部分内容, 并将其有机组合。在编写过程中主要参考 EWB 9 ProductDOCS Education Version (光盘), 读者有疑惑时可参看其主界面中的 Help 文件或联系主编。

限于所用软件, 书中大部分图形和文字符号用美式 (ANSI) 的, 部分图形和文字符号用欧式 (DIN) 的 (用以说明 EWB 9 提供的美式和欧式两种符号, 供读者按喜好设置)。为教学目的, 个别图形用美式和欧式符号混合绘制。这些图形符号 (如电源、电阻、二极管、稳压二极管等) 和文字符号及单位 (如 ohm、 μF) 与我国国家标准不一致。考虑到所用软件的实际情况, 本书仍保持原貌未予改动。以上情况, 提请读者注意。

全书由李良荣主编并统稿, 傅兴华教授主审。参加编写的有李良荣 (第一、二、五、

六、七、八、九、十、十一、十三章)、宋忠能(第三章)、罗伟雄(第四章)、杨鲁平(第十二章)、刘桥(第十四章)、顾平(第十五章)。在第一章和第十四章的编写过程中,研究生张荣芬、周元芬做了部分工作,在此一并表示感谢!

对NI公司授权编写本书,并允许在本书随附光盘中提供EWB 9 Demo版表示感谢。本书的编写工作得到了北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司经理潘文升先生的大力支持,在此深表谢意。并向该公司的冯杰小姐、史峰小姐等所提供的帮助表示感谢。

本书的编写得到贵州大学陈叔平校长、金道超副校长的支持,在此表示感谢!

因编者水平有限,错误在所难免,望读者斧正!联系地址:贵州大学(花溪北校区)电子技术实验室,邮编:550025。电话:(0851) 3626572, E-mail: llr100@sina.com。

编 者

目 录

前言

第一部分 EWB 9 应用基础

第一章 EWB 9 的基本应用	2
第一节 关于 EWB 9	2
第二节 Multisim 9 界面导论	3
第三节 建立电路	29
第四节 电路仿真	35
第五节 为电路添加文本	38
第六节 子电路和多页层次设计	41
第二章 仿真分析方法	45
第一节 Multisim 9 分析的预备知识	45
第二节 Multisim 9 的分析命令介绍	47
第三节 结果分析	77
第四节 Multisim 9 的后处理器	80
第五节 产生报告	85
第三章 编辑元件	87
第一节 关于元件编辑器	87
第二节 元件编辑的基本内容	87
第三节 应用实例	87
第四节 元件调用	91
第四章 VHDL 应用	93
第一节 MultiVHDL 实验平台	93
第二节 Multisim 中的 VHDL 模型元件	104
第五章 MultiMCU 及其应用	109
第一节 MultiMCU 的基本应用	109
第二节 MultiMCU 应用实例	114
第六章 3D 仪表的功能与应用	140
第一节 Agilent 33120A 型函数信号发生器的功能与应用	140
第二节 Agilent 34401A 型数字万用表的功能及应用	156
第三节 Agilent 54622D 型数字示波器的功能及应用	165
第四节 Tektronix TDS 2024 型数字示波器的功能及应用	174

第二部分 仿真实例及实验

第七章 电工原理电路的分析与测试	185
例一 串联电路测试	185
例二 并联电路测试	187
例三 应用性研究	187
例四 欧姆定律验证	189
例五 电路功率的测量方法	190
第八章 电路分析基础	191
第一节 仿真分析实例	191
例一 线性网络的均匀性原理研究	191
例二 线性网络的叠加性原理研究	192
例三 线性网络的互易性研究	194
例四 受控源研究	196
例五 受控源电路分析	197
例六 简单电子电路分析	200
例七 戴维南及诺顿等效电路	203
例八 含 L、C 的电路特性分析	207
第二节 电路分析实验	210
第九章 模拟电路仿真分析	214
第一节 仿真实例	214
例一 分析单管放大器	214
例二 晶体管负反馈放大电路的分析	221
例三 反相迟滞比较器	231
例四 虚拟仪表的应用 1	232
例五 虚拟仪表的应用 2	235
例六 晶体管图示仪的应用	239
第二节 模拟电子技术实验	241
实验一 单管低频放大器	241
实验二 两极放大器 1	243
实验三 两级放大器 2	244
实验四 负反馈放大器 1	245
实验五 负反馈放大器 2	248
实验六 射极跟随器	249
实验七 差动放大器	250
实验八 运算放大器应用 1	252

实验九 运算放大器应用 2	254	例一 继电器控制电路	332
实验十 运算放大器应用 3	259	例二 探测器的妙用	333
实验十一 功率放大器	262	例三 光柱使用	334
实验十二 稳压电源	265	例四 趣味闪灯	334
实验十三 AC-DC 变换器	266	例五 交通灯设计	335
第十章 数字电路仿真分析	268	例六 VADC 电路设计	337
第一节 仿真实例	268	第二节 电子设计应用	338
例一 门电路的测试	268	实验一 数字电子钟	338
例二 逻辑转换仪的使用	271	实验二 可编程时间控制器	340
例三 CMOS 数字器件循环计数 10 的 电路	273	实验三 锁相环	341
例四 译码器功能测试电路	274	第三节 综合设计方法	347
第二节 数字电子技术实验	276	第三部分 Multisim 的资源介绍	
实验一 555 型集成定时器	276	第十三章 库资源	354
实验二 门电路逻辑功能的测试	280	第一节 电源组	354
实验三 集成电路触发器的研究	282	第二节 基本元件箱	372
实验四 三态总线缓冲器	283	第三节 二极管组	374
实验五 TTL OC 门	285	第四节 晶体管组	376
实验六 门电路的逻辑变换	286	第五节 模拟元件组	377
实验七 门电路的应用	287	第六节 TTL 元件组	379
实验八 计数器的研究	289	第七节 CMOS 元件组	380
实验九 集成计数器的研究	290	第八节 混合数字器件组	380
实验十 译码器和数据选择器研究	294	第九节 混合芯片组	381
实验十一 集成锁存器和寄存器的研 究	297	第十节 指示部件组	383
实验十二 双向开关电路的应用	301	第十一节 其它部件(混合器件)组	385
实验十三 “频率分割器”设计	302	第十二节 射频器件组	387
第十一章 高频电子线路仿真及实 验	304	第十三节 机电类元件组	388
第一节 实例分析	304	第十四章 几个特别的电路系统	390
例一 晶体管的高频特性分析	304	第一节 ELVIS 设计系统	390
例二 谐振电路分析仿真实验	308	第二节 3D 实验系统	394
例三 RF 放大器	311	实验一 用实验板作 555 单稳触发器	394
例四 正弦波振荡器	313	实验二 计数器的 3D 实现	396
例五 频谱分析仪的使用及傅里叶分析 方法	317	实验三 原理图与 3D 图对比实验	396
例六 网络分析仪应用	322	实验四 晶体管开关原理的 3D 实验	397
第二节 高频电路实验	328	第四部分 PCB 版图设计	
实验一 高频小信号调谐放大器	328	第十五章 Ultiboard 9 的功能与应 用	400
实验二 石英晶体振荡器	330	第一节 Ultiboard 9 概述	400
第十二章 电子设计	332	第二节 Ultiboard 9 设计实例	419
第一节 电子设计实例	332	附录	431
		参考文献	437

第一部分

EWB 9 应用基础

这一部分主要介绍 EWB 9 中 Multisim 9、MultiMCU 9、MultiVHDL 8 的功能及基础应用，介绍简单电子设计的基本方法，包含前六章内容，其 EWB 9 中的 Ultiboard 9 将在本书第十五章中讲解。

第一章 EWB 9 的基本应用

第一节 关于 EWB 9

EWB 9 (Electronics Workbench 9) 是美国 NI (National Instruments) 公司并购加拿大 IIT (Interactive Image Technologies) 公司后, 于 2006 年发布的一款 EDA 软件。EWB 9 软件的安装与其它软件安装类似, 在此不做详细介绍。安装完毕, 第一次运行 Multisim 9, 出现如图 1-1-1 所示界面 (EWB 中有 Multisim、MultiMCU、Ultiboard、MultisiVHDL 等多个组件, 根据您的购买情况选择安装, 图 1-1-1 所示为 Multisim 9 第一次运行, 未输入 Release Code 时的状态, 其它组件也如此)。Multisim 9 有三天试用期, 其间应尽快用软件的序列号 (如 Serial Number: HB-0124-61050-7208-06086) 和安装后您的计算机自动生成的机器号 (如 Signature: 92285-95411) 向加拿大 IIT 公司申请注册号 (Release Code), 或通过其代理商申请。点击 “Enter Release Code”, 出现如图 1-1-2 所示界面, 输入 Release Code 后点击 “Accept”, 将看到如图 1-1-3 所示界面, Multisim 9 正在进入其用户工作界面的过程, 即表明 Multisim 9 可正常使用了。如果您购买并安装了 Multi MCU 9, 还会出现如图 1-1-4 所示的要求输入 Release Code 的界面。其它组件一般单独安装, 可联合或独立运行, 要求输入 Release Code 的界面类似 (本书提供的 Demo 版也可以通过上述方法注册, 然后可用 90 天)。



图 1-1-1 未输入 Release Code 的状态界面

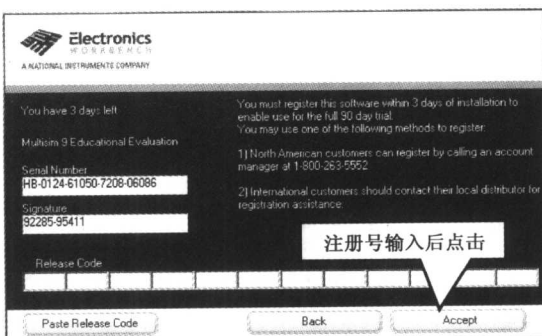


图 1-1-2 输入 Release Code 前的状态

Multisim 9 是 EWB 的核心组件, 用其仪表等分析工具进行 “电路理论” 的验证非常有效。其器件参数均为标准值, 不考虑误差、器件损坏、接触不良等实际电路中的影响因素, 而且参数可以根据教学进程需要进行修改, 也可以针对学生提出的问题、理解上出现的概念偏差等, 修改相应的数据, 然后仿真分析, 以实现 “讲—学” 互动。用其设计电路时, 可以预先对 “理想化电路” 进行分析, 在理论上达到预期目标后, 再对 “实际电路” 中可能出现的器件参数误差以及电气连接等因素的影响进行分析, 最后将其传送到 PCB 版图设计工具 (如 Ultiboard、Protel 等), 设计产生 PCB 版图, 再通过 “PCB 制作工具” (如 EP-Q 电子线路板雕刻机或其它成套制板设备) 制作 “印制电路板”, 通过实际电路调试后得到 “设

计产品”，就可批量生产了。

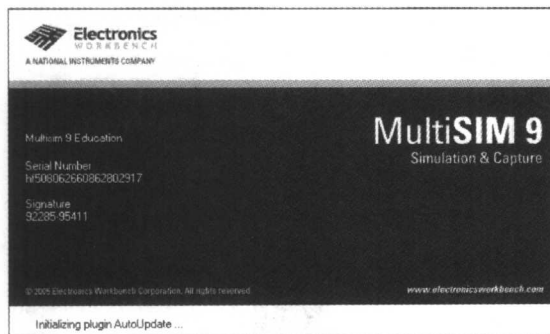


图 1-1-3 进入 Multisim 设计界面

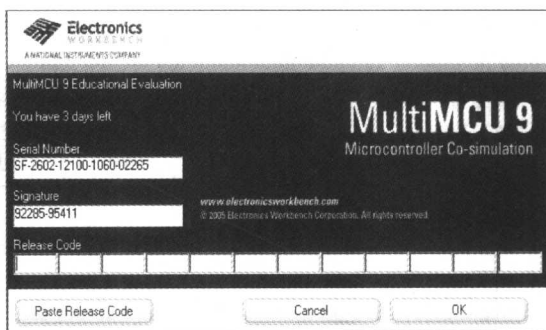


图 1-1-4 未输入 Release Code 的状态界面

MultiMCU 9 是关于单片机及其外设的一个功能组件，将其嵌入 Multisim 9 中，可以实现“单片机系统及模数混和系统设计”的联合仿真。

Ultiboard 9 是 PCB 版图设计工具，任何电子设计的最终目标都要落实到 PCB 版图，最后以硬件方式实现其产品价值。“印制电路板”是电子设计的载体，Ultiboard 的 PCB 版图有 3D 效果图，是其独具特色的功能，可以预览最终产品情况，发现问题可及时修改，可最大限度地避免因遗漏或错误而重做 PCB 板。

MultiVHDL 是一个以 VHDL（高速集成电路硬件描述语言）为描述工具的“数字电路”设计平台，其特点是“格式化输入”，设计者只要在其格式基础上进行修改即可，提高了设计输入的速度和设计的可靠性。MultiVHDL 可独立应用，可嵌入 Multisim 9。其它如 Verilog-HDL 等组件也类似，不再详述。

第二节 Multisim 9 界面导论

一、基本元素

启动完毕后，Multisim 9 的用户界面如图 1-2-1 所示。

1. 主菜单

在 Multisim 9 的主菜单中，可以找到所有的功能命令，完成电路设计的全过程。

- (1) File 菜单如图 1-2-2 所示。
- (2) Edit 菜单如图 1-2-3 所示。
- (3) View 菜单如图 1-2-4 所示。
- (4) Place 菜单如图 1-2-5 所示。
- (5) Transfer 菜单如图 1-2-6 所示。
- (6) Simulate 菜单如图 1-2-7 所示。
- (7) Tools 菜单如图 1-2-8 所示。
- (8) Reports 菜单如图 1-2-9 所示。
- (9) Options 菜单如图 1-2-10 所示。

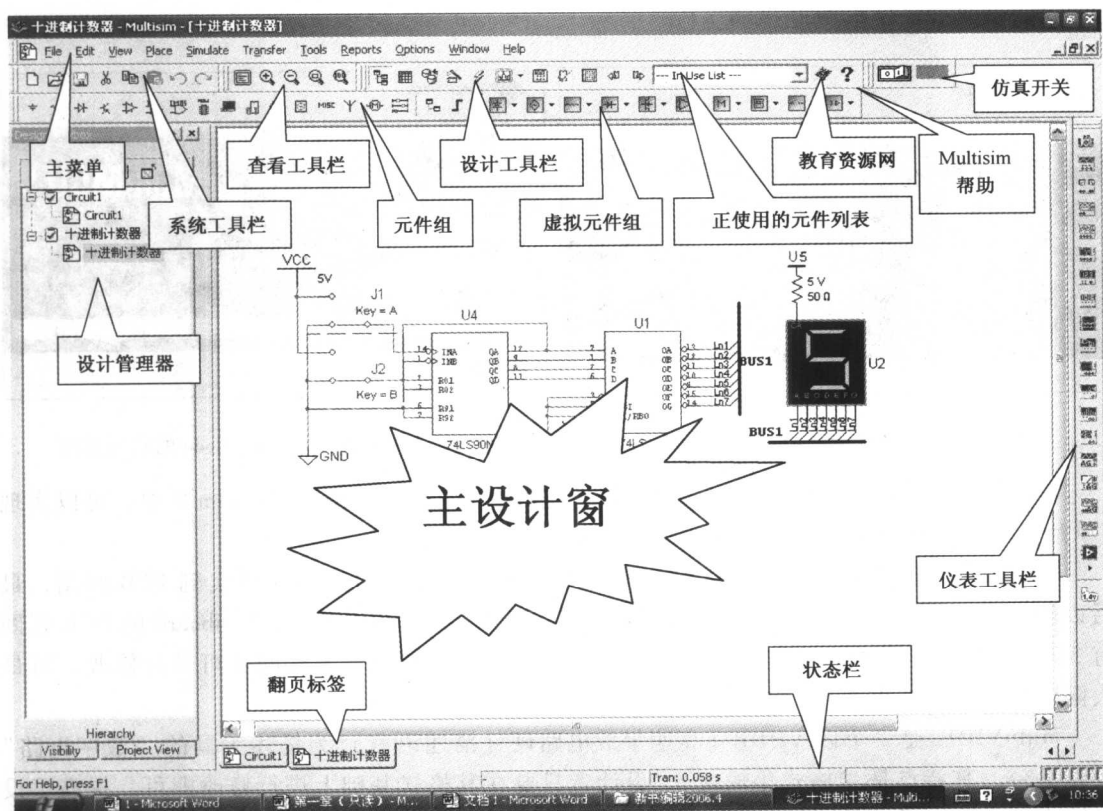


图 1-2-1 Multisim 9 的用户界面

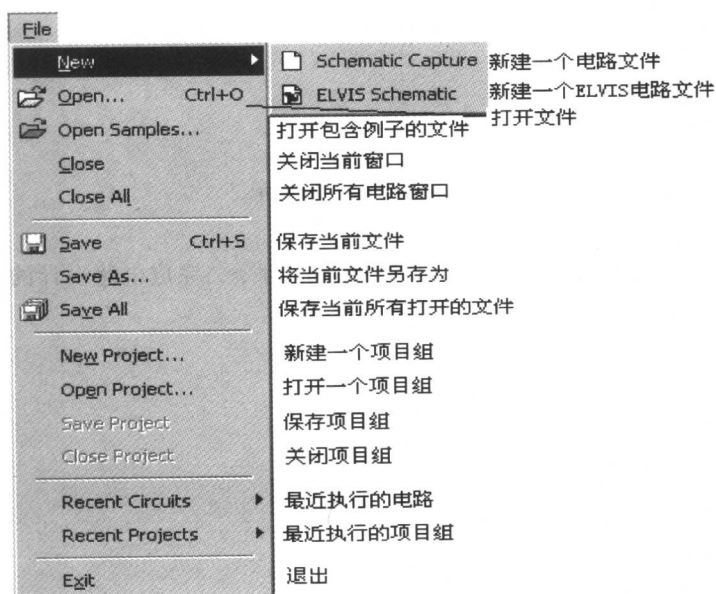
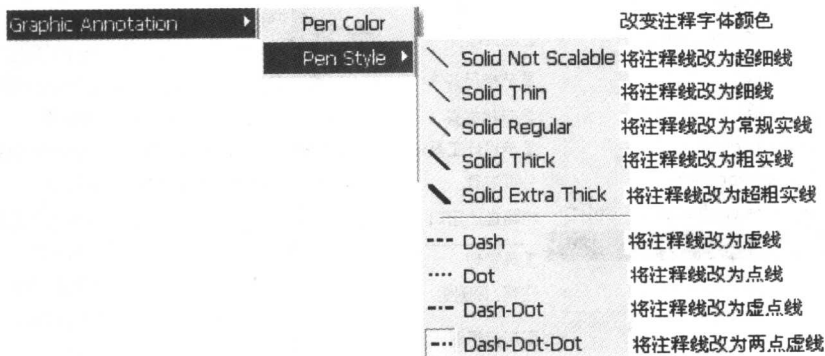


图 1-2-2 File 菜单



a)



b)

图 1-2-3 Edit 菜单

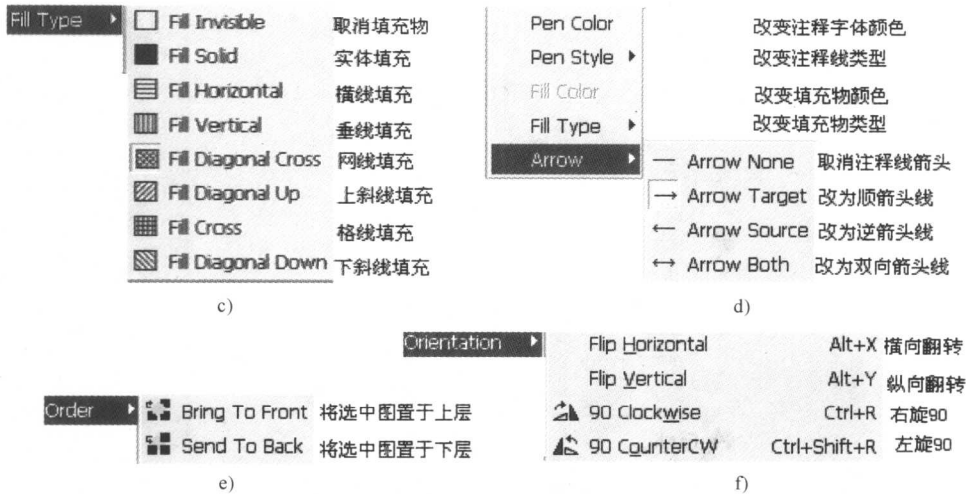


图 1-2-3 (续)



图 1-2-4 View 菜单

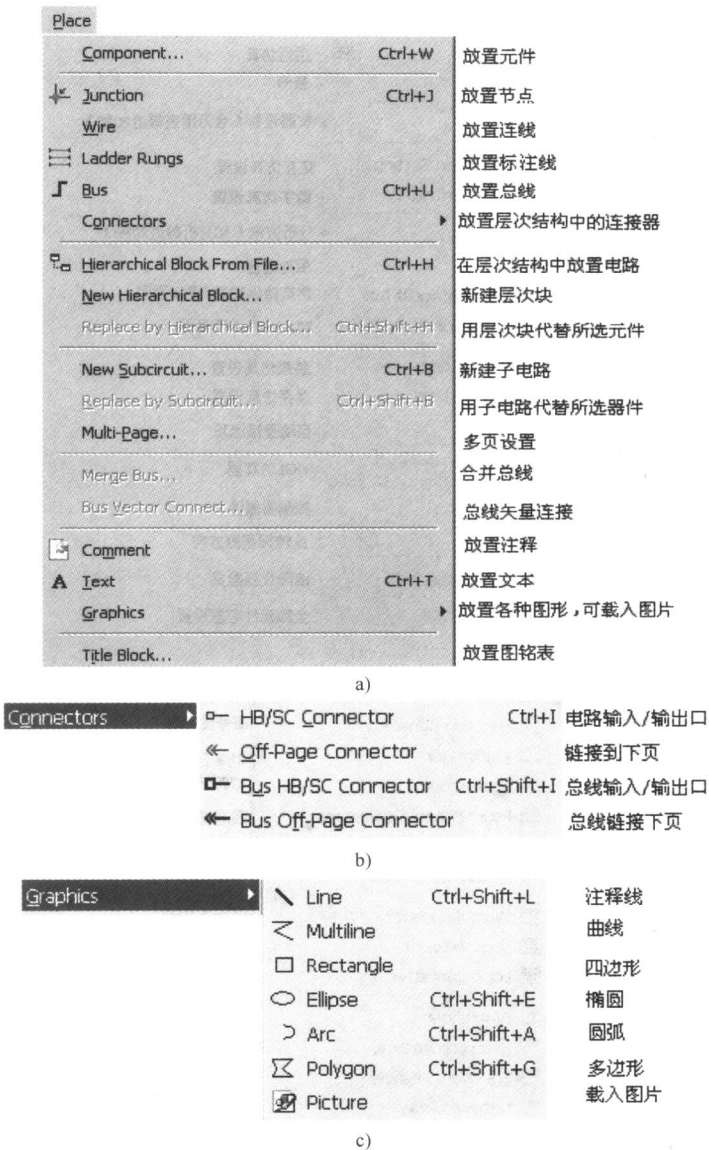


图 1-2-5 Place 菜单

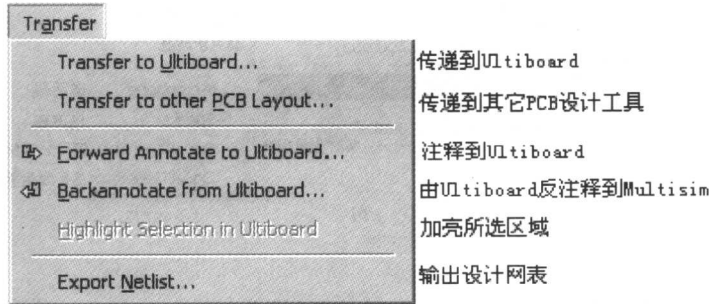
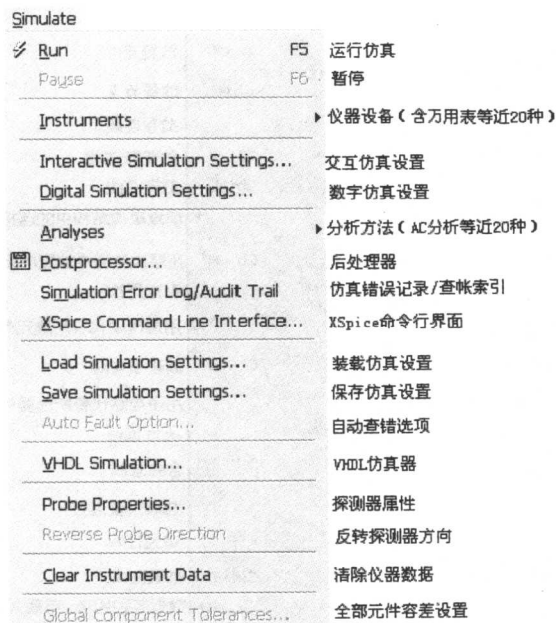


图 1-2-6 Transfer 菜单



a)



b)

图 1-2-7 Simulate 菜单



图 1-2-7 (续)

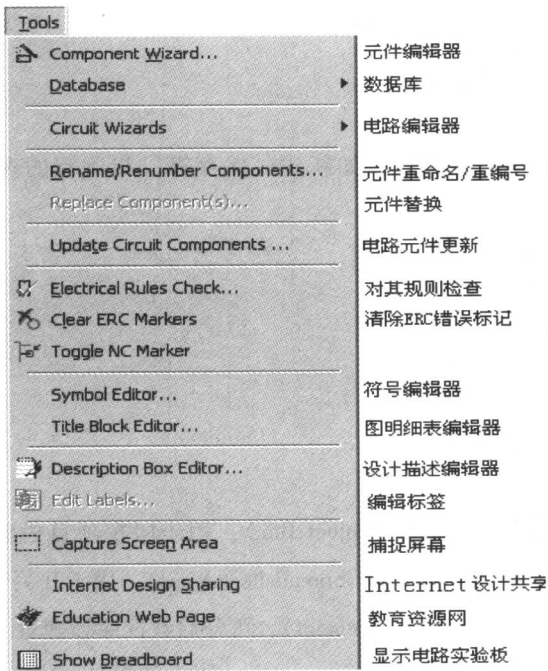


图 1-2-8 Tools 菜单

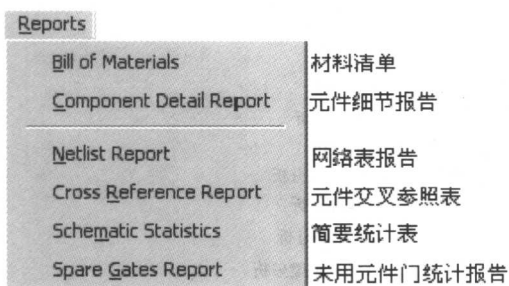


图 1-2-9 Reports 菜单



图 1-2-10 Options 菜单

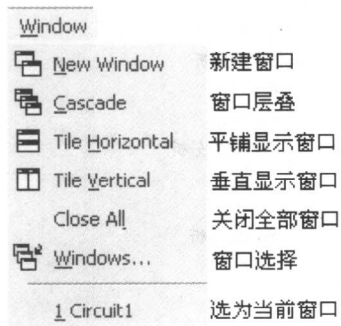


图 1-2-11 Window 菜单

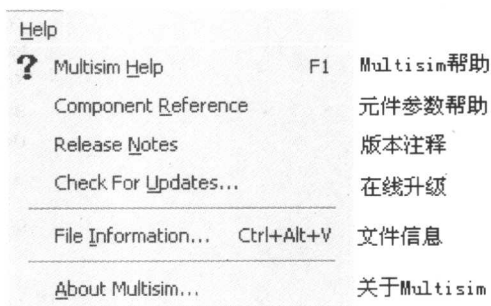


图 1-2-12 Help 菜单

(10) Window 菜单如图 1-2-11 所示。

(11) Help 菜单如图 1-2-12 所示。

2. 系统工具栏

它包含一些常用的基本功能按钮，如新建、保存等，与所有的 Window 界面一样，在此不作详细介绍。

3. 查看工具栏

- (1) 全屏显示。
- (2) 放大、缩小。
- (3) 选择区域放大。
- (4) 缩放到适合一页显示。

4. 设计工具栏

- (1) 层次项目栏按钮 (Toggle Project Bar)，用于层次项目栏的开启。
- (2) 层次电子数据表按钮 (Toggle Spreadsheet View)，用于开关当前电路的电子数据表。
- (3) 数据库按钮 (Database Management)，可开启数据库管理对话框，对元件进行编辑。
- (4) 元件编辑器按钮 (Create Component)，用于调整或增加、创建新元件。
- (5) 仿真按钮 (Run/Stop Simulation (F5))，用于开始、结束电路仿真。
- (6) 图形编辑器按钮 (Show Grapher)，用于显示分析的图形结果。

- (7)  分析按钮 (Analysis), 在出现的下拉菜单中可选择将要进行的分析方法。
- (8)  后处理器分析按钮 (Postprocessor), 用于进行对仿真结果的进一步分析操作。
- (9)  In Use List --- 使用中的元件列表, 列出了当前电路中用过的全部元件种类。
- (10)  教育资源网按钮 (Educational Website), 可以查看、下载 EWB 的有关信息。
- (11)  Multisim 的帮助文件。

5. 仿真开关

它是运行仿真的一个快捷键, 原理图输入完毕, 挂上虚拟仪表后 (没挂虚拟仪器时开关为灰色, 即不可用), 用鼠标点击它, 即运行/停止、暂停仿真。

6. 元件工具栏

元件工具栏如图 1-2-13 所示, 这部分在附录中有详细介绍。



图 1-2-13 元件工具栏

- (1)  电源按钮, 其弹出窗口如图 1-2-14 所示。

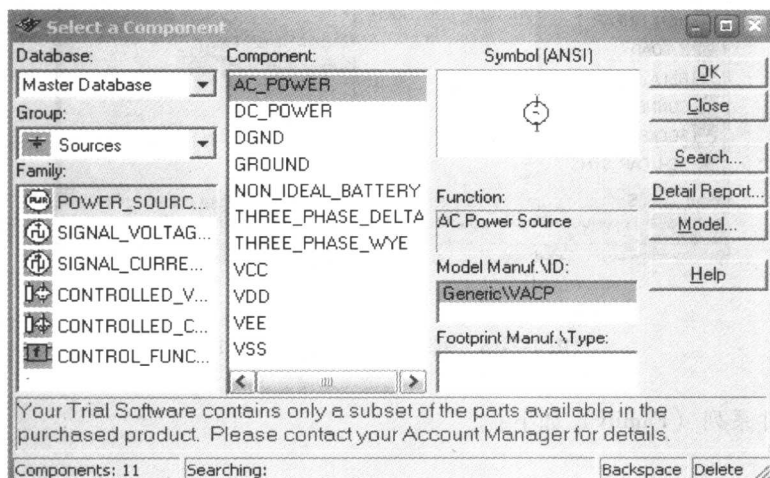


图 1-2-14 电源按钮弹出窗口

其对应元件系列 (Family) 如下:

- | | | |
|---|------------------|--------|
|  | POWER_SOURC... | 功率源 |
|  | SIGNAL_VOLTAG... | 信号电压源 |
|  | SIGNAL_CURRE... | 信号电流源 |
|  | CONTROLLED_V... | 控制电压源 |
|  | CONTROLLED_C... | 控制电流源 |
|  | CONTROL_FUNC... | 控制函数器件 |

- (2)  基本元件按钮, 其弹出窗口如图 1-2-15 所示。