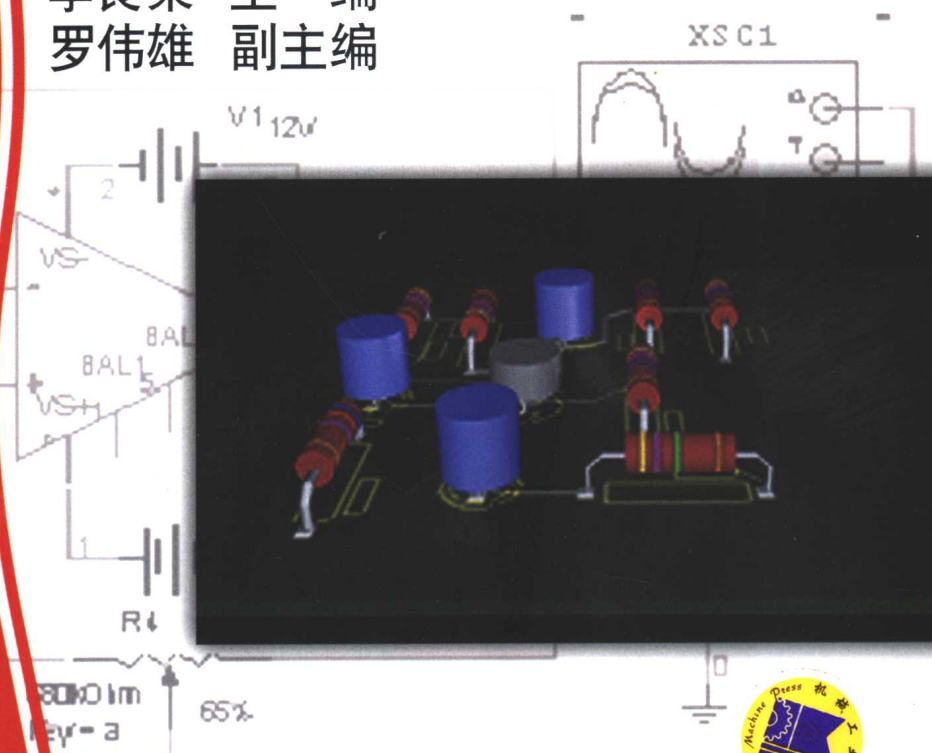


现代电子设计技术

——基于 Multisim 7 & Ultiboard 2001

李良荣 主 编
罗伟雄 副主编



EDA 系列教材

现代电子设计技术 ——基于 Multisim 7 & Ultiboard 2001

主 编 李良荣

副主编 罗伟雄

参 编 杨鲁平

鲁荣清

刘 桥

主 审 傅兴华



机械工业出版社

本书的宗旨是为高校电子类专业大学生提供先进的电子实验方法,帮助学生完成“电子类”课程学习,以及为快速“电子设计”提供一本较为合适的 EDA 教材。本书也可供电子设计人员参考。

全书内容分为六章:第一章和第二章主要介绍以 Multisim 7 为代表的 EDA 的基本概念、基本理论和基本方法。第三章和第四章是本书的重点。第三章是 Multisim 7 的应用实例,通过对典型电路的模拟、仿真、分析,介绍 EDA 技术在电工原理、电路分析、模拟电子电路、数字电子电路以及混合电子电路设计中的应用。第四章是基于基本电路理论课程的实验,适用于电子类及非电子类大学生的“虚拟电子实验”。第五章系统介绍 Ultiboard2001 的使用方法,它是一款功能强大的印制电路板设计软件。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。第六章是元器件及其使用,为进一步学习和掌握 Multisim 7 提供技术支持。随书所附光盘提供了 Multisim 7 Demo 版和 Ultiboard2001 Demo 版的仿真实例。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子设计技术——基于 Multisim 7& Ultiboard 2001/李良荣主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

(EDA 系列教材)

ISBN 7-111-14252-7

I. 现… II. 李… III. 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 025149 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王保家 责任编辑:卢若薇 版式设计:冉晓华

责任校对:陈延翔 封面设计:陈 沛 责任印制:李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·7.875 印张·303 千字

定价:25.00 元(含 1CD)

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) 68993821、88379646

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。贵州大学自 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。贵州大学 2001 年引进 Multisim 7。本书的初稿已经从 2001 年 9 月起在贵州大学使用, 深受师生欢迎。教学实践表明, 学生学完本课程后, 对其他 EDA 软件也很容易接受和掌握。本教材与 Multisim 7 相结合, 为电子类专业大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。

本书具备如下特点:

(1) 以软件 Multisim 7 为中心, 介绍 EDA 技术的基本概念、基本理论和基本方法, 培养大学生举一反三的能力。

(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。

本书内容分为六章: 第一章和第二章主要介绍以 Multisim 7 为代表的 EDA 的基本概念、基本理论和基本方法。第三章和第四章是本书的重点。第三章是 Multisim 7 的应用实例, 通过对典型电路的模拟、仿真、分析, 介绍 EDA 技术在电工原理、电路分析、模拟电子电路、数字电子电路以及混合电子电路设计中的应用。第四章是基于基本电路理论课程的实验, 适用于电子类及非电子类大学生的“虚拟电子实验”。第五章介绍 Ultiboard2001 的使用方法, 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载体, 又起到保障电气连接的作用。第六章为元器件及其使用, 为进一步学习和掌握 Multisim 7 提供技术支持。

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 Multisim 7 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。

全书由李良荣任主编并统稿, 罗伟雄教授任副主编。傅兴华教授任主审。参

加编写的有鲁荣清（第一章）、李良荣（第二章第一～四节、第七、八节，第三章，第四章实验一～实验二十三，第五章，第六章），罗伟雄（第二章的第五、六节），杨鲁平（第四章实验二十四～二十六）。刘桥教授在编写理念方面提出了很多建议，并审查了稿件。

另外，第四章中摘录了宋忠能所写的模拟电路实验讲义中的部分内容。沈明山老师初审过稿件，并提出了较好的建议。梁蓓也为本书的编写提出过有效建议。邓小川、赵俊霞、李丽等也在本书编写中做了大量工作。在此，对以上同志的大力帮助表示深切的谢意。

本书编写过程中主要参考了韩力、吴海霞、齐春东编著的《Electronics Workbench 应用教程》；郑步生、吴渭编著的《Multisim2001 电路设计及仿真入门与应用》。在此向韩力、郑步生等老师致谢！

本书的编写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！也感谢该公司的王海燕小姐、李景明先生、毛惠平先生等所提供的帮助！

另外，对 IIT 公司授权编写本书，并允许在本书随附光盘中提供 Demo 版 Multisim 7 和 Ultiboard2001 表示感谢！

本书所附光盘中还提供一个 Multisim 7 文件，但需在取得授权码的 Multisim 7 下运行。

本书的编写得到贵州大学科研基金的资助。

因编著者水平有限，错误在所难免，望读者斧正！联系地址：贵州大学（北区）信息与计算机学院电子科学系，邮编：550025。电话：（0851）3626572。E-mail: llr100@sina.com。

编 者

目 录

前言

第一章 概述	1
一、什么是 EDA	1
二、EDA 能干些什么	1
三、关于 Multisim and Ultiboard	2
第二章 Multisim 7 的基本应用	3
第一节 Multisim 7 界面导论	3
一、基本元素	3
二、定制 Multisim 7 界面	22
第二节 建立电路	24
一、导言	24
二、开始建立电路文件	25
三、向电路窗口中放置元件	25
四、改变单个元件或节点的标号和颜色	29
五、给元件连线	29
六、子电路和层次设计	31
七、放置总线	33
八、为电路添加文本	33
九、打印电路	34
第三节 给电路添加仪表	34
一、导言	34
二、添加与连接仪表	35
三、设置仪表	36
第四节 仿真电路	37
一、仿真电路的实现	37
二、观察仿真结果	37
第五节 Multisim 7 的仿真分析方法	38
一、Multisim 7 分析的有关知识准备	38
二、Multisim 7 的分析命令介绍	41
三、分析结果	63
四、Multisim-7 的后处理器	68

第六节 产生报告	70
一、导言	70
二、产生并打印 BOM	70
第七节 编辑元器件	71
一、导言	71
二、元器件编辑器入门	71
三、进入元器件编辑器, 并编辑元器件	72
第八节 使用 VHDL	75
一、导言	75
二、关于 Multisim 7 中的 HDL 语言	76
三、使用 VHDL 模型器件	76
第三章 基本电路的分析与测试	78
第一节 电路分析及电工实验	78
例一 验证欧姆定律	78
例二 戴维南及诺顿等效电路	79
例三 简单电子电路分析	82
第二节 模拟电路实验	86
例一 分析单管放大器	86
例二 晶体管负反馈放大电路的分析	93
例三 反向迟滞比较器	100
第三节 数字电路	101
例一 门电路的测试	101
例二 逻辑转换仪的使用	105
例三 用 CMOS 数字器件循环计数 10 的电路	107
例四 译码器功能测试电路	108
第四节 电子电路设计	110
例一 继电器控制电路	110
例二 探测器的妙用	111
例三 光柱的使用	111
例四 交通灯设计	111
思考题	114
第四章 虚拟实验	115
第一节 模拟电路部分	115
实验一 单管低频放大器	115
实验二 两级放大电路 1	118
实验三 两级放大器 2	119
实验四 负反馈放大器	120

实验五 射极跟随器电路	123
实验六 差动放大器	124
实验七 运算放大器的应用 1	126
实验八 运算放大器的应用 2	130
实验九 运算放大器的应用 3	133
实验十 互补对称功率放大器	137
实验十一 稳压电源	138
实验十二 555 型集成定时器	139
第二节 数字电路部分	143
实验十三 门电路逻辑功能的测试	143
实验十四 集成电路触发器的研究	145
实验十五 三态总线缓冲器	147
实验十六 TTL OC 门	148
实验十七 门电路的逻辑变换	150
实验十八 门电路的应用	151
实验十九 计数器的研究	153
实验二十 集成计数器的应用研究	154
实验二十一 译码器和数据选择器的应用研究	158
实验二十二 集成锁存器和寄存器的应用研究	161
实验二十三 双向开关电路的应用	165
第三节 电子电路设计部分	167
实验二十四 数字电子钟	167
实验二十五 可编程时间控制器	169
实验二十六 锁相环	170
第五章 Ultiboard 2001	177
第一节 Ultiboard 2001 的特点	177
第二节 Ultiboard 2001 的基本功能	179
一、Ultiboard 2001 的工作界面	179
二、铜层设置	187
三、创建与编辑网络	189
四、电路板的布线	190
五、三维视图	192
六、设计检查与整理	192
七、整理布线	195
八、文件报表的输出	196
第三节 Ultiboard 2001 设计实例	197
一、电子电路的设计与仿真	197
二、元件文件 (fd.plc) 和网络表文件 (fd.net) 的生成	199

三、PCB 设计	199
四、印制电路板设计的检查与修改	202
五、输出设计	204
六、3D 视图	205
第六章 元器件及其使用	206
第一节 Multisim 7 Master 元器件库及其使用	206
一、电源库	206
二、基本元件箱	220
三、二极管库	223
四、晶体管库	225
五、模拟元件库	226
六、TTL 元件库	227
七、CMOS 元件库	228
八、其他数字器件库 (Miscellaneous Digital)	228
九、混合芯片库	229
十、指示部件库 (Indicators)	231
十一、其他部件库 (Miscellaneous)	232
十二、射频器件库	234
十三、机电类元件库 (Electromechanical)	235
第二节 后缀和模型参数	236
一、后缀	236
二、模型参数	236
参考文献	241

第一章 概述

一、什么是 EDA

EDA 是“Electronic Design Automation”的缩写，即电子设计自动化。电子设计是人们进行电子产品设计、开发和制造过程中十分关键的一步，其核心工作就是电子电路的设计。在电子技术的发展过程中，按计算机辅助技术介入的深度和广度，出现了三种设计方法，或者说是三个发展阶段：第一种方法是所谓传统的设计方法，它涉及的电子系统一般较为简单，工作量也不大，从方案的提出、验证、修改到完全定型都采用人工手段完成；第二种方法是所谓的计算机辅助设计（CAD）方法，就是由计算机完成数据处理、模拟评价、设计验证等部分工作，由人和计算机共同完成（或者说由计算机辅助人完成）设计工作的方法，这种方法是在电子产品由简单向复杂、电子设计工作量由小到大发展过程中产生的；第三种方法是所谓的 EDA 方法，它是在电子产品向更复杂更高级、向数字化、集成化、微型化和低功耗化方向发展过程中逐渐产生并日趋完善的，在这种方法中，设计过程的大部分工作（特别是底层工作）均由计算机自动完成。

第一种设计方法是一种自下而上的设计方法：即首先由设计人员根据自己的经验，利用现有通用元器件，完成各部件电路的设计、搭试、性能指标测试等，然后构建整个系统，最后经调试、测量达到规定的指标。这种方法不但花费大、效率低、周期长，而且基本上只适用于早期的较为简单的电子产品的设计，对于比较复杂的电子产品的设计越来越力不从心；第三种设计方法是一种自上而下的设计方法，它从系统设计入手，先在顶层进行功能划分、行为描述和结构设计，然后在底层进行方案设计与验证、电路设计与 PCB 设计、专用集成电路（ASIC）设计。在这种方法中，除系统设计、功能划分和行为描述外，其余工作由计算机自动完成。很明显，这种方法花费少、效率高、周期短、功能强、应用范围广。可见，EDA 是电子技术发展历程中产生的一种先进的设计方法，是当今电子设计的主流手段和技术潮流，是电子设计人员必须掌握的一门技术。

二、EDA 能干些什么

归结起来，EDA 涵盖以下三个方面：

1. 电路（含部件级电路和系统级电路）设计

电路设计主要指原理电路的设计、PCB 设计、专用集成电路（ASIC）设计、可编程逻辑器件设计和单片机（MCU）的设计。

2. 电路仿真

电路仿真是利用 EDA 系统工具的模拟功能对电路环境（含电路元器件及测试仪器）和电路过程（从激励到响应的全过程）进行仿真。这个工作对应着传统电子设计的电路搭试和性能测试。由于不需要真实电路环境的介入，因此花费少、效率高，而且结果快捷、准确、形象。正因为如此，电子仿真被许多高校引入到电路实验（含电子电工实验、电路分析实验、模拟电路实验、数字电路实验、电力电路实验等）的辅助教学中，形成虚拟实验和虚拟实验室。在这里，实验环境是虚拟的，即模型化了的实验环境，实验过程也是理想化的模拟过程，没有真实元器件参数的离散与变化，没有元器件的损坏与接触不良，没有操作者的错误操作损坏元器件及仪器设备，没有仪器精度变化带来的影响等等。总之，一切干扰和影响都被排除了，实验结果反映的是实验过程的本质过程，因而准确、真实、形象。

3. 系统分析

利用 EDA 技术及工具能对电路进行直流工作点分析（DC Operating Point Analysis）、交流分析（AC Analysis）、瞬态分析（Transient Analysis）、傅里叶分析（Fourier Analysis）、噪声分析（Noise Analysis）、失真分析（Distortions Analysis）、直流扫描分析（DC Sweep Analysis）、DC 和 AC 灵敏度分析（Sensitivity Analysis）、参数扫描分析（Parameter Sweep Analysis）、温度扫描分析（Temperature Analysis）、转移函数分析（Transfer Function Analysis）、极点—零点分析（Pole Zero Analysis）、最坏情况分析（Worst Case Analysis）、蒙特卡罗分析（Monte Carlo Analysis）、批处理分析（Batched Analysis）、用户自定义分析（User Defined Analysis）等等。

三、关于 Multisim and Ultiboard

EDA 软件起源于版图（特别是印制电路板）设计和计算机辅助分析，随后向集成化、多功能化、普及化方向发展，出现了众多的优秀软件，如 Protel、orCAD、Multisim、System View、MAX PLUS II、Foundation、isp1si、ABEL 等等，Multisim 是其中较为突出的软件之一，它是加拿大 Interactive Image Technologies 公司（简称 IIT 公司）1988 年推出的 EDA 软件“Electronics Workbench”6.0 以后的版本，其中，Multisim 7 是 IIT 公司 2003 年推出的版本，是 Multisim2001 的升级版，这个软件在我国的工程技术界和教育界拥有较多用户。

IIT 公司的电路输入与仿真模块 Multisim 如果和 PCB 软件模块 Ultiboard 配合使用，可以完成电路原理图输入、电路分析、仿真、制作印制电路板全套自动化工序，如果再加上自动布线模块 Ultiroute 和通信电路分析与设计模块 Commsim 等，功能就更加强大。

第二章 Multisim 7 的基本应用

第一节 Multisim 7 界面导论

一、基本元素

安装 Multisim 7 后, 打开其界面如图 2-1-1 所示。

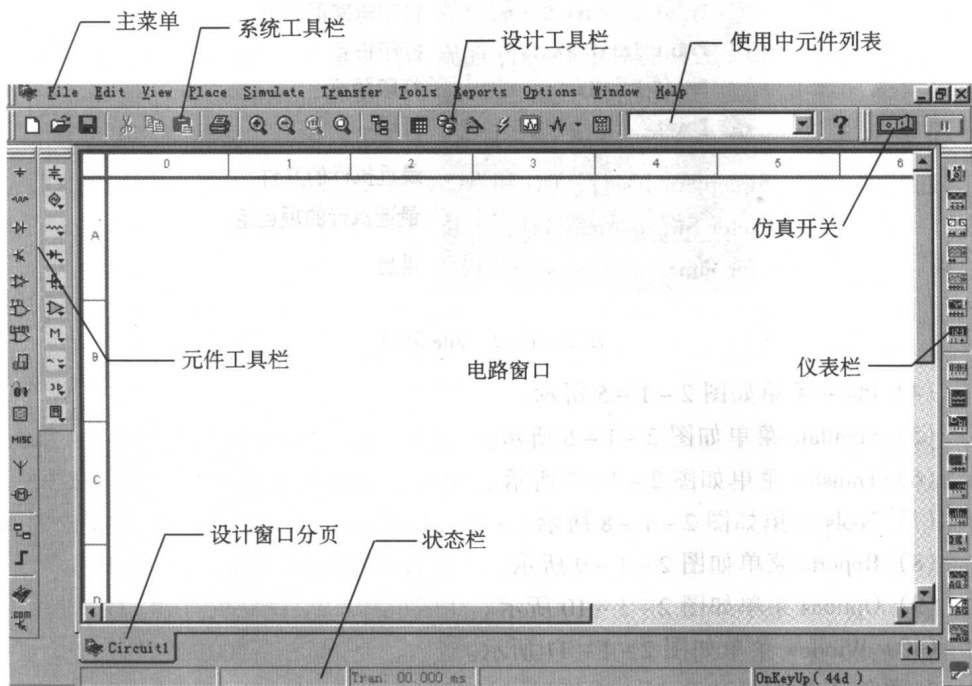


图 2-1-1 Multisim 7 的用户界面

1. 主菜单

Multisim 7 的界面与所有的 Windows 应用程序类似, 可在主菜单中找到所有功能的命令。

- (1) File 菜单如图 2-1-2 所示。
- (2) Edit 菜单如图 2-1-3 所示。
- (3) View 菜单如图 2-1-4 所示。

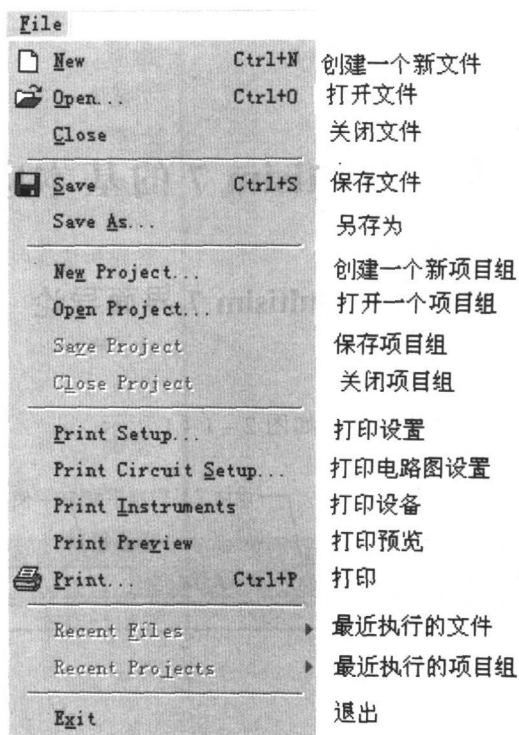


图 2-1-2 File 菜单

- (4) Place 菜单如图 2-1-5 所示。
- (5) Simulate 菜单如图 2-1-6 所示。
- (6) Transfer 菜单如图 2-1-7 所示。
- (7) Tools 菜单如图 2-1-8 所示。
- (8) Reports 菜单如图 2-1-9 所示。
- (9) Options 菜单如图 2-1-10 所示。
- (10) Window 菜单如图 2-1-11 所示。

2. 系统工具栏

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

3. 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。

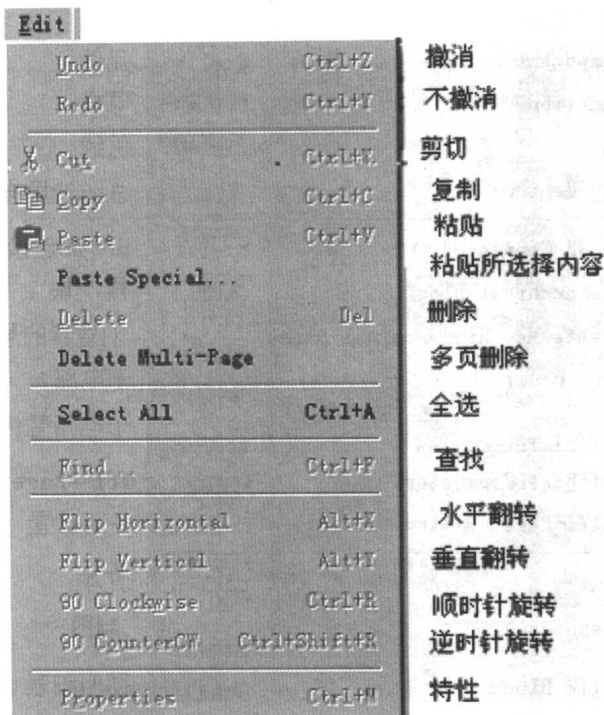


图 2-1-3 Edit 菜单

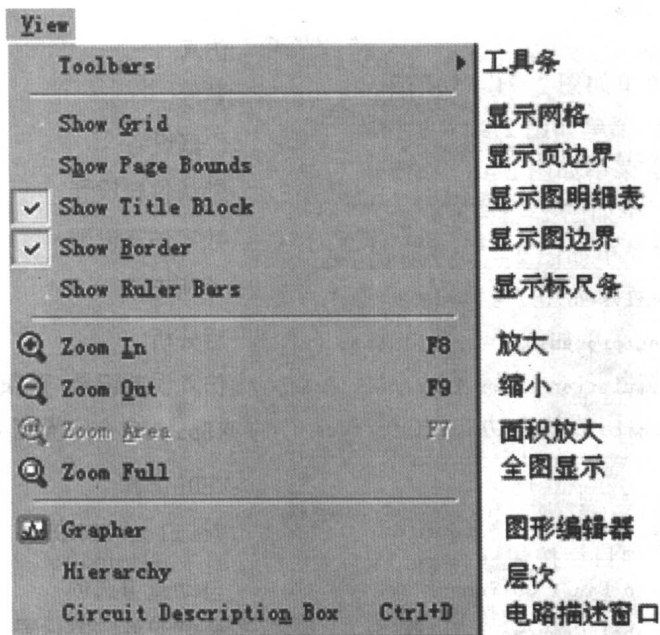


图 2-1-4 View 菜单

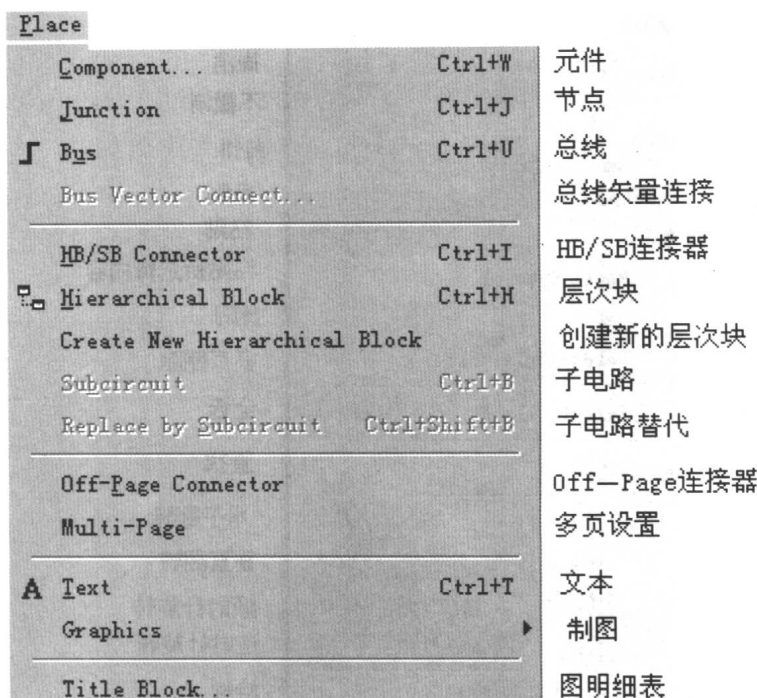


图 2-1-5 Place 菜单



图 2-1-6 Simulate 菜单

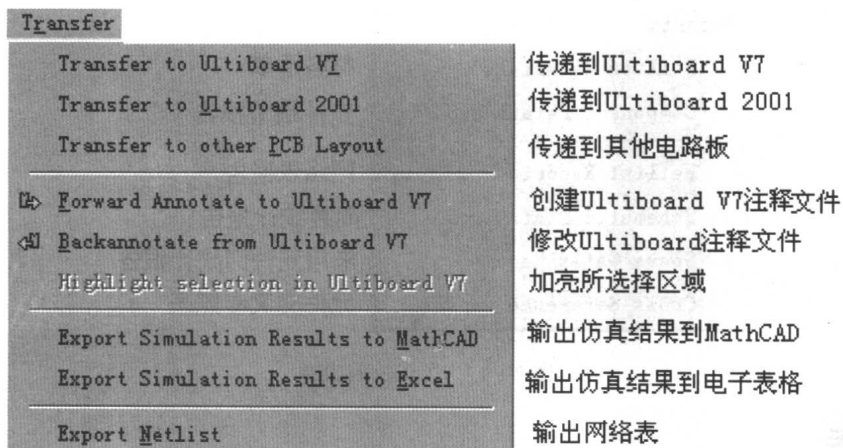


图 2-1-7 Transfer 菜单

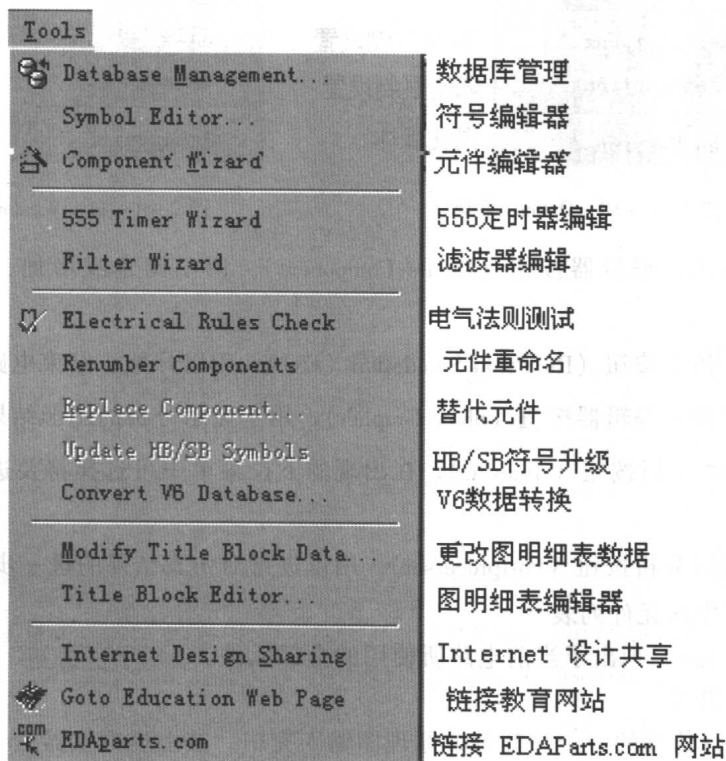


图 2-1-8 Tools 菜单

(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。

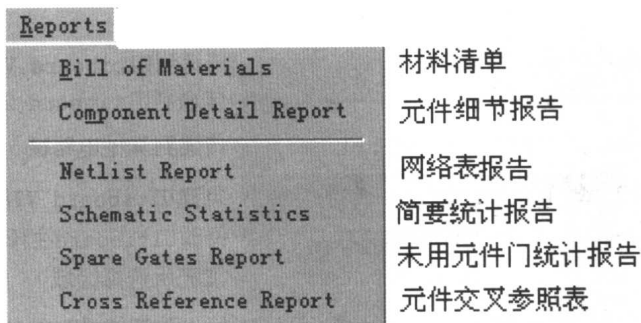


图 2-1-9 Reports 菜单

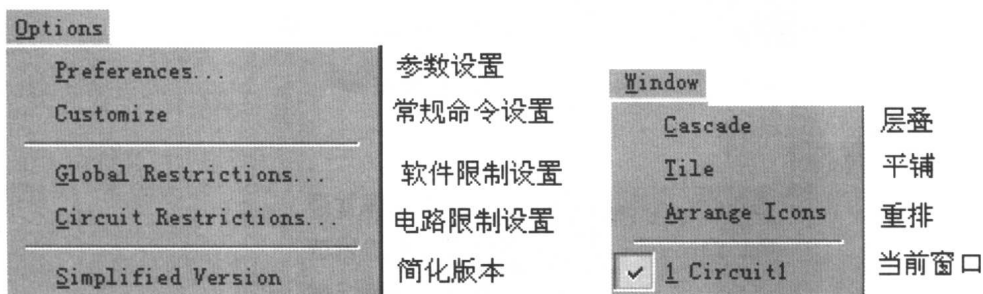


图 2-1-10 Options 菜单

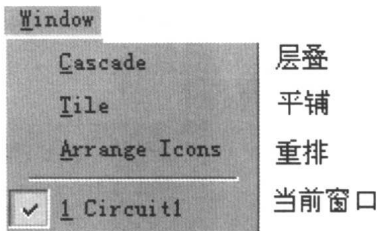


图 2-1-11 Window 菜单

(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))，用以开始、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)  后分析按钮 (Postprocessor)，用以进行对仿真结果的进一步操作。

4. 使用中的元件列表

(In Use List) 列出了当前电路所使用的全部元件。

5. 仿真开关

它是运行仿真的一个快捷键，原理图输入完毕，挂上虚拟仪器后（没挂虚拟仪器时开关为灰色，即不可用），用鼠标单击它，即运行或停止仿真。

6. 元件工具栏

如图 2-1-12 所示，这部分在第六章中有详细介绍。

(1)  电源按钮 (Source)，其弹出窗口如图 2-1-13 所示。