

EDA

EDA 工具应用丛书

Electronics Workbench 应用教程

韩 力 吴海霞 齐春东 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

EDA 工具应用丛书

Electronics Workbench 应用教程

韩 力 吴海霞 齐春东 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

自从加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出了 EDA 软件工具 Electronics Workbench 后,该软件不断得到改进与升级,用户越来越多。本书以 Interactive Image Technologies 公司 1999 年推出的电路设计仿真工具 Multisim(6.11 版)和印制板设计工具 Ultiboard(5.63 版)为蓝本,系统地介绍了这两个工具用于电路输入、仿真分析、印制板设计的操作方法及其相应的背景知识。

本书写作力求简洁全面、深入浅出,在系统地介绍软件操作使用的基础上,相应编入了一定数量的分析举例、思考题和上机练习题,既可以作为高等院校本科生的 EDA 教材使用,又可以作为电子技术专业人员学习掌握该软件操作的工具书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

Electronics Workbench 应用教程/韩力,吴海霞,齐春东编著. - 北京:电子工业出版社,2001 1

(EDA 工具应用丛书)

ISBN 7-5053-6338-7

I . E II . ①韩. ②吴...③齐... III . 电子电路-电路设计-应用软件, Electronics Workbench-教材
IV . TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 57358 号

丛 书 名: EDA 工具应用丛书

书 名: Electronics Workbench 应用教程

编 著 者: 韩 力 吴海霞 齐春东

责任编辑: 段 颖

特约编辑: 伍 月

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京东光印刷厂

装 订 者: 三河市新伟装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 300 千字

版 次: 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6338-7
 TN·1417

印 数: 5000 册 定价: 19.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

20 世纪最令人兴奋的科技革命当属电子信息技术革命,它已经并将继续极大地推动人类社会生活的进步,以信息技术革命为主要开端的发达国家经济已迈入知识经济的大门。作为电子信息技术发展杰出成果之一的计算机辅助设计(CAD)技术,正将人类工业设计和制造水平不断推向新的高度。近年来出现的电子设计自动化 EDA (Electronic Design Automation)技术,对传统电子设计手段形成巨大冲击,并将引发一场电子设计领域的变革。可以说,EDA 是计算机技术、ASIC 设计技术和电子 CAD 技术日臻完善的综合产物。

针对电子设计领域新技术、新器件的不断涌现,我国许多有战略眼光的高等院校都开始投资本科生 EDA 教学的软、硬件环境建设,因为明人慧眼都知道,如果我们培养出的电子工程技术人才连普通的 EDA 专业知识与应用技能都没有,就算不上成功的工程素质教育,也难以面对 21 世纪世界技术市场的竞争与挑战。考虑到目前许多高等院校在 EDA 教学中相继引入加拿大 Interactive Image Technology 公司推出的电子设计自动化工具 Electronics Workbench 的实际情况,我们有针对性地以 1999 年推出的 Multisim-6.01/6.11 版和 Ultiboard-5.63 版为蓝本编写了此书,供高校本科生开展 EDA 教学使用。同时,本书也可作为使用 Electronics Workbench 工具的研究生和电子工程技术人员的参考书。

本书第 1 章简单介绍了有关 EDA 的技术背景和 Electronics Workbench 的基本功能与安装方法;第 2 章介绍了 Multisim 的电路原理图设计输入操作;第 3 章介绍了 Multisim 的元件库和元件编辑器操作;第 4 章重点介绍了 Multisim 中颇具特色的虚拟仿真仪表功能;第 5 章介绍了 Multisim 的各种仿真分析功能;第 6 章则系统地介绍了用于印制电路板设计的工具模块 Ultiboard。书中有关章节配有仿真或设计举例,以及一定数量的思考题、上机练习题,以利于此书作为本科生 EDA 教材使用。

应该说明的是,Multisim 只能调用符合两种标准的电路元件符号,即美国的 ANSI 标准和欧洲的 DIN 标准,这两种标准的电路元件符号与国标(GB)电路元件符号有较大区别。Multisim 默认使用 ANSI 标准元件符号,相对这种标准,DIN 标准与国标更接近一些。所以,本书中凡是举例或上机练习题所给出的原理电路图多采用 DIN 标准元件符号,而用 Multisim 输入的电路图则采用 Multisim 默认使用的 ANSI 标准元件符号。

本书第 1、6 章由韩力编写,第 3、5 章由吴海霞编写,第 2、4 章由齐春东编写。韩力负责全书的统稿。

本书的出版得到了电子工业出版社领导和编辑同志的鼎力支持,在此表示衷心的感谢。由于时间比较仓促,作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者和同仁不吝批评指正。

编著者

2000 年 9 月于北京理工大学电子工程系

目 录

第 1 章 EDA 工具及 Electronics Workbench 简介	(1)
1.1 EDA 技术及 ASIC 设计	(1)
1.1.1 电子设计自动化 EDA 技术及其重要性	(1)
1.1.2 专用集成电路 ASIC 与 EDA 工具的发展	(3)
1.1.3 EDA 工具中的仿真技术	(4)
1.2 Electronics Workbench 的组成与基本功能	(5)
1.2.1 Multisim 模块的基本功能	(5)
1.2.2 Ultiboard 模块的基本功能	(6)
1.3 Electronics Workbench 的主要特点	(7)
1.4 Electronics Workbench 的安装	(7)
1.4.1 Multisim 模块的安装	(7)
1.4.2 Ultiboard 模块的安装	(9)
第 2 章 电路原理图设计工具	(10)
2.1 Multisim 操作界面介绍	(10)
2.1.1 Multisim 设计工具栏	(10)
2.1.2 系统工具箱按钮	(12)
2.1.3 菜单和命令	(12)
2.1.4 使用限制(Restrictions)功能	(14)
2.1.5 定制用户界面	(16)
2.2 创建电路编辑器 Schematic Capture	(19)
2.2.1 调用元件	(19)
2.2.2 放置元件	(19)
2.2.3 元件的连接	(21)
2.2.4 手动添加连接点	(22)
2.2.5 元件属性	(22)
2.2.6 元件的标号及电路说明	(24)
2.2.7 子电路和层次设计(Subcircuits and Hierarchy)	(27)
2.2.8 放置总线(Bus)	(28)
2.2.9 打印电路	(29)
第 3 章 元件库和元件编辑器	(30)
3.1 元件库及其元件分类	(30)
3.1.1 元件系列清单	(31)
3.1.2 元件查找	(32)
3.1.3 元件标称值和容差	(35)

3.2 元件编辑器	(36)
3.2.1 元件编辑器简介	(36)
3.2.2 编辑元件图形符号的一般步骤	(37)
3.2.3 编辑元件常规信息	(38)
3.2.4 编辑和创建元件符号	(40)
3.2.5 编辑元件模型	(44)
3.2.6 利用 Model Maker 建立元件模型	(49)
3.2.7 利用模型码建立元件模型	(57)
第4章 仿真仪表	(58)
4.1 虚拟仿真仪表简介	(58)
4.2 常用仿真仪表介绍	(59)
4.2.1 波特图图示仪(Bode Plotter)	(59)
4.2.2 字符发生器(Word Generator)	(60)
4.2.3 函数发生器(Function Generator)	(61)
4.2.4 逻辑转换器(Logic Converter)	(62)
4.2.5 逻辑分析仪(Logic Analyzer)	(63)
4.2.6 万用表(Multimeter)	(64)
4.2.7 瓦特计(Wattmeter)	(65)
4.2.8 示波器(Oscilloscope)	(65)
4.3 简单电路仿真举例	(67)
4.3.1 阻容耦合放大器的仿真	(68)
4.3.2 反相积分器的仿真	(69)
4.3.3 基本门电路的仿真	(71)
4.3.4 逻辑转换仪的简单应用	(72)
思考题	(74)
第5章 Multisim 仿真分析	(75)
5.1 Multisim 采用的仿真分析方法	(75)
5.1.1 Multisim 支持的仿真类型	(75)
5.1.2 利用 Multisim 进行仿真	(76)
5.1.3 Multisim SPICE 仿真程序的技术细节	(77)
5.1.4 RF 仿真	(78)
5.1.5 VHDL 仿真	(78)
5.1.6 Verilog 仿真	(78)
5.2 仿真分析类型	(79)
5.2.1 常规指令	(79)
5.2.2 直流工作点分析(DC Operating Point Analysis)	(83)
5.2.3 交流分析(AC Analysis)	(84)
5.2.4 瞬态分析(Transient Analysis)	(85)
5.2.5 傅立叶分析(Fourier Analysis)	(87)

5.2.6	噪声分析(Noise Analysis)	(89)
5.2.7	失真分析(Distortion Analysis)	(92)
5.2.8	直流扫描分析(DC Sweep Analysis)	(93)
5.2.9	DC 和 AC 灵敏度分析(Sensitivity Analysis)	(94)
5.2.10	参数扫描分析(Parameter Sweep Analysis)	(97)
5.2.11	温度扫描分析(Temperature Sweep Analysis)	(98)
5.2.12	转移函数分析(Transfer Function Analysis)	(99)
5.2.13	最坏情况分析(Worst Case Analysis)	(100)
5.2.14	蒙特卡罗分析(Monte Carlo Analysis)	(102)
5.2.15	批处理分析(Batched Analysis)	(103)
5.2.16	用户自定义分析(User-Defined Analysis)	(104)
5.3	观察仿真分析结果	(105)
5.4	Multisim 的后处理器	(108)
5.5	Multisim 的分析举例	(110)
5.5.1	晶体管放大电路分析举例	(110)
5.5.2	安全指示灯控制电路分析举例	(116)
5.5.3	有源带通滤波器分析举例	(118)
5.5.4	文氏电桥振荡电路分析举例	(121)
5.5.5	共射-共基组合放大电路分析举例	(122)
	思考题	(126)
	上机练习题	(127)
第 6 章	印制板设计工具 Ultiboard	(129)
6.1	印制板设计基本流程	(130)
6.1.1	PCB 前端设计准备	(130)
6.1.2	后端规则设置	(130)
6.1.3	前端设计装入	(130)
6.1.4	总体布局	(130)
6.1.5	布线与调整	(131)
6.1.6	设计输出	(131)
6.2	Ultiboard 工作界面	(132)
6.2.1	主菜单	(132)
6.2.2	工具条	(134)
6.2.3	工作区与俯视图	(135)
6.2.4	连线工具箱与过孔位移	(135)
6.2.5	状态栏	(135)
6.2.6	定制 Ultiboard 界面	(136)
6.3	Ultiboard 的基本设计操作	(136)
6.3.1	开始与结束设计的基本操作	(136)
6.3.2	设置单位制式与格点	(139)

6.3.3	定义编辑印制板轮廓线	(139)
6.3.4	定义印制板层面	(140)
6.3.5	设置运行设计规则	(142)
6.4	元件放置编辑操作	(144)
6.4.1	元件放置	(144)
6.4.2	移动元件	(146)
6.4.3	拖拽元件	(147)
6.4.4	移动元件组	(147)
6.4.5	删除元件	(147)
6.4.6	锁定元件与解锁元件	(148)
6.5	创建元件封装	(148)
6.5.1	编辑创建元件	(148)
6.5.2	复制创建元件	(149)
6.5.3	其他操作功能	(150)
6.6	印制板布局操作	(151)
6.6.1	强制向量	(151)
6.6.2	密度直方图	(152)
6.6.3	引脚与门之间的交换	(153)
6.7	手工布线有关操作	(154)
6.7.1	改变布线宽度	(154)
6.7.2	编辑连线	(155)
6.7.3	移动布线	(156)
6.7.4	删除连线	(156)
6.7.5	更换布线层面和插入过孔	(156)
6.8	印制板敷铜操作	(157)
6.8.1	定义敷铜区域	(157)
6.8.2	编辑敷铜面	(158)
6.8.3	删除敷铜面	(158)
6.9	创建与编辑网络	(159)
6.9.1	创建网络	(159)
6.9.2	编辑网络	(159)
6.9.3	修改网络属性	(160)
6.9.4	设置印制板的电源和地线	(160)
6.10	自动布线器及其操作	(161)
6.10.1	单途径布线器及其选项设置	(161)
6.10.2	运行单途径自动布线器	(163)
6.10.3	拆线-重试自动布线器及其选项设置	(164)
6.11	PCB 布线后的检查与整理	(168)
6.11.1	连接关系检查	(168)

6.11.2 设计规则检查	(169)
6.11.3 整理布线与过孔	(170)
6.11.4 元件重新编号与标注文字	(171)
6.12 Ultiboard 后处理	(173)
6.12.1 后处理对话框	(173)
6.12.2 选择输出设备与文件格式	(174)
6.12.3 组文件及其产生	(174)
6.12.4 设置文件参数	(174)
6.12.5 绘图操作选项设置	(175)
6.12.6 产生钻孔文件	(176)
6.12.7 产生统计报表	(177)
6.13 Ultiboard 设计举例	(178)
6.13.1 PCB 前端与后端设计环境的链接	(178)
6.13.2 PCB 设计举例	(178)
思考题	(184)
上机练习题	(185)
附录 A 仿真分析任选项	(186)
附录 B 后处理器中的函数	(187)
附录 C Ultiboard 文件类型与功能	(188)
附录 D Ultiboard 主要快捷键功能	(189)
参考文献	(190)

第 1 章 EDA 工具及 Electronics Workbench 简介

1.1 EDA 技术及 ASIC 设计

电子技术是 20 世纪下半叶乃至 21 世纪发展最迅速、最活跃、最具渗透力的技术，已成为实现信息化社会的重要技术基础。电子技术水平发展如此迅速，在于它具有极大的市场应用需求。科学技术发展到今天，衡量许多产品技术含量高低在很大程度上取决于电子技术的引入水平。然而，孤立地发展电子技术是没有出路的，它必须同各种生产实践相结合，以社会需求为动力，在电子技术领域和其他各种技术学科领域的“结合部”开花结果，并取得重大突破。

不同行业层出不穷的技术需求，使得对配套电子系统或部件的功能、可靠性、集成度、成本、设计周期的要求日益提高。随着时间的推移，科学研究与技术开发行为日益市场化，而远非纯粹的学术行为，这要求设计工作必须在较短的时间内出色完成，因此技术人员感到工作压力越来越大。显然，采用传统的电子设计手段完成复杂电子系统设计显得越来越力不从心了，传统的电子设计与实现手段受到极大的挑战。如果在激烈的技术产品竞争中仍沿用老办法，很可能在竞争中处于被动落后的境地，例如，当设计比较复杂的电子系统时，要等到做全部硬件实验才开始设计印制电路板，这样，设计周期必然会相应拉长；即使设计出印制电路板来，也很难保证它的电气连接全部正确、各个元器件参数合理以及完善的电磁兼容性能；如果需要设计实现的数字电路部分规模较大，仍习惯地利用中、小规模数字集成芯片实现，电路的集成度和可靠性在许多应用场合会受到很大限制，甚至根本无法满足要求。作为电路主体的器件，特别是集成电路器件功能越来越强大，集成度越来越高，传统设计方式已难以胜任。

1.1.1 电子设计自动化 EDA 技术及其重要性

随着计算机新技术的发展以及电子系统设计新需求的上升，电子电路的计算机辅助设计（ECAD）技术的发展取得了很大进步，但设计人员仍然没有根本上从繁重的设计工作中解放出来。在设计工作各个环节上，设计者必须担负系统设计、制订各环节的具体解决方案、验证设计等繁重工作，计算机及其软件依然作为设计人员的辅助工具，设计软件的自动化、智能化水平有很多不尽如人意之处，各设计环节之间的衔接不够流畅，需要大量的人工介入。实际上，在电子设计领域中，专业设计人员一直追求的是贯穿电子设计过程始终的最小人工花销、最强的自动化设计手段。正是在这种强烈的技术需求推动下，ECAD 工具逐步演变为现代化的电子设计自动化 EDA（Electronic Design Automation）工具。EDA 是继 ECAD 之后新崛起的现代化电子设计

手段，它与 ECAD 之间最明显的不同点在于：ECAD 基本上是计算机辅助人完成设计，而 EDA 则是在人的操作引导下，大量复杂繁琐、费时费工的设计工作基本上由计算机完成，设计的自动化、智能化水平有了明显的飞跃。可以说，EDA 代表着现代电子系统设计的技术潮流。如果说，进入 21 世纪后，高等学校培养出的电子工程技术人才连普通的 EDA 专业知识与应用技能都没有，就谈不上成功的专业素质教育，也无法胜任与外部世界的技术竞争。

为什么要强调学习和掌握 EDA 技术及工具呢？简单地说，是由于技术竞争的需要，是新器件应用的需要，是提高设计规模、质量和效益的需要。目前，电子产品开发领域的竞争十分激烈，其产品的市场周期越来越短，这意味着电子产品的设计开发周期必须大大缩短，没有高效率的设计手段是无法参与市场竞争的。大规模集成电路，特别是以 FPGA/CPLD 为代表的大规模集成可编程逻辑器件（PLD）的相继出现，使电路设计者有可能在设计实现复杂数字系统时，用其代替传统的中、小规模标准数字 IC，从而以“片上数字系统”代替传统的“板上数字系统”，要做到这一点，仅有 PLD 芯片是不够的，必须配备和掌握对其进行开发设计、仿真下载的 EDA 软件工具，才能把一个 PLD “白”片转变为满足设计需求的数字系统。EDA 工具的优势体现在复杂电路系统的设计上，其设计效率远远高于人工设计，而且可按照事先规定的设计规则随时进行检查，及时提醒设计者出现的设计失误，设计质量得到保障，这自然会缩短周期、降低成本、提升竞争力，从而最大限度地提高经济效益。

利用 EDA 手段进行电子设计，必须有计算机和 EDA 软件工具的支撑。计算机主要分为工作站和 PC 机两类，EDA 软件工具也分为基于 UNIX 操作系统工作站的 EDA 工具和基于 Windows 操作系统 PC 机的 EDA 工具。以往工作站统治了大型专业 EDA 工具，由于价格相对低得多的 PC 机综合性能惊人地提高，用户拥有量迅速攀升，许多 EDA 厂商看到了这一新的商机，产业竞争十分激烈，并不断出现兼并重组和买断的商业行为。近年来，各种运行于 PC 机的 EDA 工具相继出现，预计到 2005 年，基于 PC 机的 EDA 工具的市场份额将达到 85%，据国际著名咨询机构 Dataquest 统计，目前 70%~80% 以上的 FPGA/CPLD 和 PCB 设计都是在 PC 机上完成的。在 PC 机上利用 EDA 工具进行电子设计，通常也称为 EDA 桌面设计（EDA desktop design），此时的设计人员是在一个“EDA 桌面设计环境”下进行工作。

目前，绝大多数销售的实用 EDA 工具基本由国外公司推出，同一个 EDA 软件常分为不同销售价格的版本，以满足不同用户的需求。国内多数电子设计专业人员基本可以接受的正版 EDA 软件工具，单用户商业价格通常在几千元至几万元人民币之间，在这个价格层面上基于 Windows 操作系统的 EDA 工具数量种类最多，并朝着普及化、集成化、多用途、多功能方向发展。一些典型的 EDA 工具还借助了工作站服务器的标准和体系结构，设计者可以十分方便地在同一 EDA 桌面集成设计环境下进行多种功能模块间的自由切换、设计数据的内部与外部交换，从而完成从“设计需求”到“物理实现”的自动化设计过程。例如，目前流行的 Protel 98/99 就是一个典型的 EDA 桌面集成设计环境，它由电气原理图设计输入、混合电路仿真分析、PLD 设计、印制板（PCB）自动布线设计、信号完整性分析几个不同功能模块组成，大体涵盖了电子设计的主要环节。设计过程首先是根据设计需求建立设计电路，对于把握性不大的部分电路进行仿真分析，调整好电路组成

和参数后,将生成的网络表导入 PCB 设计模块,自动生成规定的 PCB 设计文件,必要时可进行信号完整性分析,对设计的 PCB 做电磁兼容性能评价。可见,这些设计环节如果都采用人工而不是 EDA 工具来完成,工作量之大、复杂度之高是难以想像的,一点工作疏忽都将会导致设计出现失误。

1.1.2 专用集成电路 ASIC 与 EDA 工具的发展

对于一些电路设计人员,一提到“ASIC”便“谈虎色变”,认为那是微电子器件专业人员的“专利”,对这项新技术的认识存在误区。专用集成电路(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)就是应用于特定设计需求的半导体集成器件,它与标准 IC 器件的用途完全不同。按照电路功能分,ASIC 可分为模拟 ASIC 和数字 ASIC 两类,模拟 ASIC 基本以全定制设计为主,数字 ASIC 大体可采用全定制设计、半定制设计和可编程设计。

“全定制(Full-Custom)”是一种基于晶体管级的 ASIC 设计方式,包括在晶体管的版图尺寸、位置及布局布线等技术细节上的精心设计,以期实现 ASIC 芯片面积的高利用率、高工作速度、低功耗等优越性能,全定制的芯片掩膜为 3 层以上布线结构。这种方式的设计周期长,设计费用较高,一般只适于大批量 ASIC 芯片的需求。

“半定制(Semi-Custom)”是一种约束性 ASIC 设计方式。半定制 ASIC 通常是利用 IC 器件厂家事先大批量生产的半成品母片,片上通常包含门阵列(Gate Array)和标准单元(Standard Cell)。门阵列就是芯片内部等间隔地排列着以门为基本单位的阵列,一般采用留有一层或两层金属铝连线供编程定制使用的掩膜可编程门阵列(MPGA: Mask Programmable Gate Array),IC 厂家负责用硬连线实现对 MPGA 的编程定制。半定制设计方式自动化水平较高,设计周期短,费用相对较低,但芯片面积的利用率不如全定制高。Intel 80386 CPU 就是采用 3 块半定制 ASIC 芯片构成,包括一个 14 000 门的标准单元和两个分别为 8 000 门和 10 000 门的门阵列。

近年来,大规模数字集成电路的发展很快,CPU 的发展速度就是一个显著标志,同时大规模集成的可编程逻辑器件发展速度也是惊人的,很多器件商,如 Xilinx、Altera、AMD、Quicklogic、Lattice 等推出了多种型号,包括从数千等效门到上百万等效门的 FPGA/CPLD 器件,从而为可编程数字 ASIC 设计提供了良好的基础。可编程数字 ASIC 设计方式已成为最流行、倍受电路设计工程师青睐的数字 ASIC 设计方式。现场可编程逻辑门阵列(FPGA: Field Programmable Gate Array)和复杂可编程逻辑器件(CPLD: Complex Programmable Logic Device)是目前较为流行的两类大规模集成 PLD。FPGA 适合高技术含量的电子产品开发,如美国的“爱国者”导弹、Intel 公司的 Pentium 芯片中都采用过 FPGA 技术。

实现一个数字系统,可以利用微处理器,包括控制型单片机或高速 DSP,同时也需要数字组合逻辑和时序器件。从数字系统集成角度看,可编程数字 ASIC 设计是远比半定制还要方便的一种 ASIC 设计方式,况且目前 PLD 芯片的工作速度是很快的,芯片内部时延甚至只有几纳秒,有许多应用场合是微处理器所无法代替的。

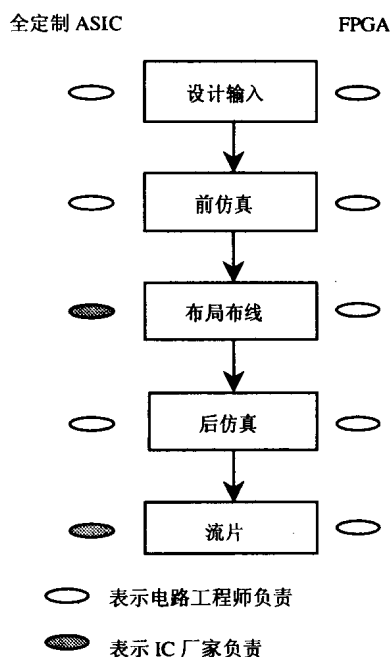


图 1-1-1 全定制 ASIC 和 FPGA 设计流程的对比

图 1-1-1 给出了全定制 ASIC 和用 FPGA 实现可编程数字 ASIC 设计的设计流程及相关步骤的对比。从中可以看出，采用 FPGA 实现数字 ASIC 的各个设计环节不受 IC 生产厂家的约束，而完全可以由电路工程师自己驾御。与全定制数字 ASIC 设计相比，采用 FPGA 小批量实现数字 ASIC 的成本低、周期短，特别适合研发阶段使用。PLD 设计开发过程中，设计输入和前仿真是基础设计环节，输入方式一般包括电路图、真值表、状态图、硬件描述语言 HDL 等输入方式，各种非 HDL 输入方式经设计转换成 HDL 文本后输入编译器编译，进行仿真调试，从而完成前仿真设计环节。例如，中国华大集团推出的 PANDA2000 中的 VDE 模块就是这样一个典型的前端设计环境。前端设计是不针对任何型号器件的逻辑时序关系设计，许多设计输出为标准工业格式的 JEDEC 文件。后端设计需要配置某种型号芯片，进行后仿真，最后对芯片进行下载。针对电子设计人员开发 PLD 的需求，许多 PLD 生产商相继推出了与自己芯片配套的专用

EDA 开发工具，目前相对比较普及的有 Xilinx 公司的 XACT step、Altera 公司的 Max+Plus II、Quicklogic 公司的 QuickWorks、Lattice 公司的 ISP Synario System 等。目前的许多大型 EDA 集成设计环境中，基本都带有 PLD 设计模块。可以说，数字 ASIC 的可编程设计需求从一个侧面极大地推动了 EDA 工具的发展。

1.1.3 EDA 工具中的仿真技术

EDA 工具所具有的仿真功能使电路设计者受益匪浅。当前，电子设计数字化的趋势已显露无疑，许多传统的模拟电路领域（包括通信产品、AV 设备等）基本让位于数字电路，但这并不意味着模拟电路及其技术将要消亡，它依然占据着数字电路还无法取代的最后领域，有人形象地说，出色的模拟电路设计既像“艺术”也像“巫术”。实际上，一个电路设计者的功底主要反映在模拟电路设计经验上。模拟电路的仿真算法较数字电路的仿真算法复杂得多，人们在模拟电路设计中的许多经验及其自身的内在规律仍然无法用软件完美地代替。所以，与数字电路仿真技术日新月异的发展相比，模拟电路的 EDA 仿真技术可谓“裹足不前”，目前依然主要依靠 SPICE 算法，几十年来少有突破。EDA 业内人士早已认识到这一问题和相应的潜在 EDA 软件市场，目前 IEEE 下设的模拟电路硬件描述语言小组正在围绕 VHDL 和 Verilog 分别制订工业标准，以期推动模拟电路仿真技术出现革命性的突破。

SPICE 是一种模拟电路的硬件描述语言，用于 PC 机上的 SPICE 就是 PSPICE，高版本的 PSPICE 已经可以对模-数混合电路进行仿真分析，并具备文本和图形两种输入方式。

目前,许多开发商推出的各类 EDA 工具,只要涉及到模-数混合电路仿真的,几乎都是采用以 SPICE 算法为内核并与数字 HDL 混合使用的做法,同时自行开发操作界面,如 Protel 98 中的 Sim 98 模块。加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出的 Electronics Workbench 中的 Multisim 也是如此,它是一个很有特色的 EDA 工具,与其他同类工具相比,不但设计功能比较完善,而且操作界面十分友好、形象,易于使用掌握。

1.2 Electronics Workbench 的组成与基本功能

电子设计工具平台 Electronics Workbench 主要包括 Multisim 和 Ultiboard 两个基本工具模块,完整配置的 Multisim 模块还可以包括针对可编程逻辑器件设计使用的硬件描述语言 VHDL/Verilog 编辑/编译模块,完整配置的 Ultiboard 模块应该包括 PCB 自动布线模块 Ultirouter。如果用户的 PC 机上完整地配置了这些工具模块,就构成了一个相对理想的 EDA 桌面设计平台,主要的电子设计工作都可以完成。Electronics Workbench 的各模块间的组成关系如图 1-2-1 所示。

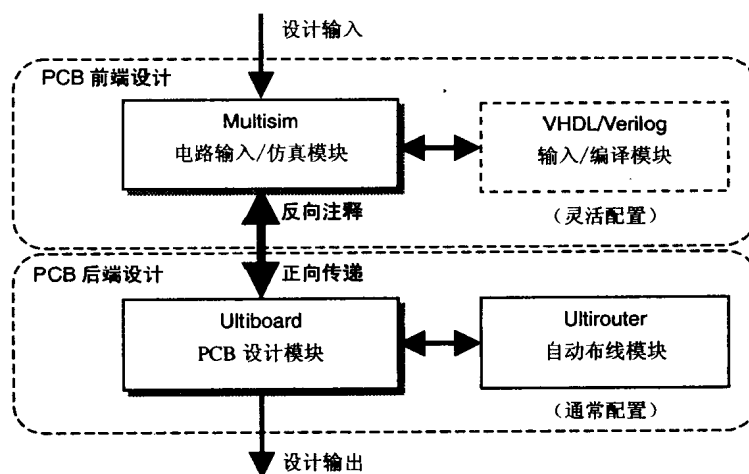


图 1-2-1 Electronics Workbench 各模块间的关系

1.2.1 Multisim 模块的基本功能

完整配置的 Multisim 模块功能类似于 Protel 98 中 Advanced SCH 98、Advanced Sim 98 和 Advanced PLD 98 三个模块的功能,就 PCB 全线设计过程而言, Multisim 模块属于 PCB 前端设计模块,它主要完成设计的电气原理图输入、电路仿真和 PLD 设计功能,设计结果将以网络表等文件形式直接正向传递给 PCB 后端设计工具 Ultiboard。

Multisim 是一个完整的集成化设计环境,它为用户提供了规模庞大的元件库以及方便的电路输入方式。在 Multisim 工作界面下,用户根据自己的设计目的,首先利用其创建原理图的编辑功能,以图形输入方式建立未来印制电路板上的电路, Multisim 有强大的电路图形编辑功能和庞大的元件库的支撑。用户创建的电路可能是模拟、数字或者是模-数

混合电路，只要是 Multisim 元件库内的元器件几乎都具有仿真模型，允许用户在 PCB 前端设计阶段对其设计的电路进行软件仿真，从而最大限度地降低设计失误，这是目前 EDA 工具最具魅力的功能之一。Multisim 可输出 PCB 前端设计结果，以网络表等文件形式将设计信息准确传递到 PCB 后端设计模块 Ultiboard 中。

目前，几乎所有版本的 Multisim 都可支持基于 SPICE 算法的模拟/数字电路仿真，但 SPICE 属于晶体管/门级语言，对于构造描述复杂数字 IC 器件就很困难了。同样是硬件描述语言，VHDL 和 Verilog 则属于行为级语言 (Behavioral level language)，特别适合描述复杂数字器件逻辑行为，可避免门级描述器件行为的繁重工作，大大简化了设计过程。

由于人们对缩短电路设计周期、降低成本的迫切要求，可编程逻辑器件 (PLD) 的应用日益广泛，对 PLD 的逻辑描述离不开 EDA 工具，就输入使用的硬件描述语言而言，很多 EDA 工具已经由采用适于小规模 PLD 的较早的 ABEL 或 CUPL 硬件描述语言过渡到适于诸如 CPLD/FPGA 这类复杂 PLD 的 VHDL 或 Verilog 硬件描述语言。

某些高级版本的 Multisim 可以分别支持 SPICE、VHDL、Verilog 及 SPICE 与 VHDL 的联合仿真。在 CPLD/FPGA 上实现复杂数字 IC 时，通常包括以下几个步骤：

- (1) 用 VHDL 或 Verilog 语言编写描述数字系统的源代码；
- (2) 对编写的源代码进行仿真/分析；
- (3) 调试并形成最终的源代码；
- (4) 针对特定厂家和型号的器件综合源代码；
- (5) 对 CPLD 和 FPGA 下载或编程。

其中，前 3 步工作属于前仿真设计阶段，可由 Multisim 独立完成；后两步则涉及具体器件或特定工具，一般不属于 Multisim 涉及的范围。

在 Multisim 操作界面上有一个“VHDL/Verilog”设计功能按钮，单击该按钮后出现一个菜单，其中包括了两种语言的仿真及综合四个功能条，但多数用户的这个菜单功能是无效的，因为这涉及到 Multisim 是否特殊配置了 VHDL/Verilog 编辑/编译模块，即使是 6.0 以上版本的 Multisim 也不一定都配置 VHDL/Verilog 模块，因为该模块是按用户特殊要求单独配置且价格较高。目前，6.0 以上版本的 Multisim 均配置了现成 VHDL 描述的数字器件（以 74 系列器件为主）模型，用户可直接调用仿真。

1.2.2 Ultiboard 模块的基本功能

Ultiboard 是 Electronics Workbench 中用于 PCB 设计的后端工具模块，其功能类似于 Protel 98 中的 Advanced PCB 98 模块功能，它可以直接接收来自 Multisim 模块输出的前端设计信息，并按照确定的设计规则进行 PCB 的自动化设计。为了达到良好的 PCB 自动布线效果，Electronics Workbench 通常还在系统中附带一个称为 Ultirouter 的自动布线模块，并采用基于网格的“拆线-重试”布线算法进行自动布线，该模块功能类似于 Protel 98 中的 Advanced Router 98 模块功能。Ultiboard 的设计结果可以生成光绘机需要的 Gerber 格式版图设计文件。

1.3 Electronics Workbench 的主要特点

作为 Windows 下运行的个人桌面电子设计工具, Electronics Workbench 是一个典型的集成化设计环境, 完全可以胜任不是十分专业化的电子设计用户的需要。Electronics Workbench 最突出的特点之一是用戶界面友好, 其中的 Multisim 模块界面很有特色, 尤其是 Multisim 模块给出的多种可放置到设计电路中的虚拟仪表很有特色。这些虚拟仪表主要包括示波器、万用表、功率计、函数发生器、扫频仪、失真度分析仪、频谱分析仪、逻辑分析仪和网络分析仪等, 从而使电路仿真分析操作更符合电子工程技术人员的实验工作习惯, 与目前流行的某些 EDA 工具中的电路仿真模块相比, 可以说 Multisim 模块设计得更完美, 更具人性化设计特色。实际上, Multisim 模块是将虚拟仪表的形式与 SPICE 中的不同仿真分析内容有机结合, 如电路中某个节点接“示波器”, 就是告诉程序要对该点处信号进行瞬态分析, 接“万用表”就是进行直流工作点分析, 接“函数发生器”就是设置一个 SPICE 源, 接“扫频仪”就是进行交流小信号分析, 接“频谱分析仪”就是进行快速傅立叶分析。

至于说 Ultiboard, 尽管它也有自己的特色, 如强制向量和密度图等功能, 但不如 Multisim 设计得完美。依笔者个人之见, 似乎不如 Protel 98 中的 Advanced PCB 98 模块流畅顺手。总体而言, Electronics Workbench 中最具特色的就是 Multisim 模块, 形象且易于掌握, 总体上要比 Windows 版的 PSPICE 更便于使用, 特别适合高校 EDA 教学使用, 并有逐步代替目前教学中普遍使用的 PSPICE 的趋势。

1.4 Electronics Workbench 的安装

Electronics Workbench 工具的 Multisim 和 Ultiboard 两个主要模块分成两张光盘, 需要分别安装。下面分别介绍两个模块的安装步骤。

1.4.1 Multisim 模块的安装

一般要求安装 Multisim 的 PC 机至少要预留 250MB 以上的硬盘空间, 当然, 个人版本 (Personal Edition) 的 Multisim 只需要 100MB 硬盘空间。在 PC 机上单用户 (Single User) 的 Multisim 安装步骤如下:

- (1) 首先退出所有 Windows 应用程序;
- (2) 将 Multisim 光盘放入光驱后安装操作自启动, 当“Welcome”屏幕出现后单击“Next”按钮继续进行;
- (3) 阅读出现的软件特许协议 (License Agreement) 内容, 如果同意协议的条款, 单击“Yes”按钮继续完成安装操作, 否则单击“No”按钮;
- (4) 阅读出现的系统更新屏幕内容, 单击“Next”按钮继续;
- (5) 在出现对话框的“Name”、“Company”和“Serial”栏内分别输入用户的姓名、公司名称和购买软件时带来的 20 位序列号 (Serial Number), 单击“Next”按钮继续;

(6) 选择安装路径，可以按照系统默认路径也可单击“Browse”按钮选择，之后再单击“Next”按钮，直到 Multisim 初始安装结束。

在 Multisim 初始安装过程中会自动产生一个 10 位数字的注册码 (Signature Code)，再次运行初始安装的 Multisim 程序后，屏幕上首先出现如图 1-4-1 所示图框，其中“Signature”栏内已自动存放入注册码，但“Release Code”(发行码)栏内是空的，它需要用户在安装后的 14 天之内向软件商申请获得，最佳方法是利用 Internet 网上向软件商进行注册申请。

向软件商注册申请时首先登陆 Internet，访问 www.electronicworkbench.com 网址，网址的首页出现后，点击其中的产品注册 (Product Registration) 图标，当屏幕上出现“Multisim On-line Release Code Registration”页面后，需要用户输入如图 1-4-2 所示各栏目信息，其中带*号项目是必须填写的，最后单击“Submit”按钮完成注册。网上成功申请注册后应退出安装操作，需等待制造商以 E-mail 方式回复的发行码。



图 1-4-1 运行 Multisim 后出现的图框

	Name *	姓名 *
	Company (only if product is owned by company)	公司
	Mailing Address *	通信地址 *
	Additional address	附加地址
	City *	城市 *
	State/Prov *	州/省 *
	ZIP/Postal Code *	邮政编码 *
	Country *	国家 *
	Daytime FAX	昼间传真
	E-mail *	电子邮件 *
	Serial Number (from CD-ROM case) *	光盘序列号 *
e.g. PE-1234-56789-0123-45678		
	Signature (from MultiSim startup screen) *	PC 机安装中自动产生的注册号*
e.g. 12345-67890		
Submit Clear		

图 1-4-2 网页提供的注册信息输入栏目