



EDA应用技术

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

Multisim 10 & Ultiboard 10 原理图仿真与PCB设计

唐 赣 吴 翔 苏建峰 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



EDA 应用技术

Multisim 10 & Ultiboard 10 原理图仿真 与 PCB 设计

唐 贇 吴 翔 苏建峰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以实例讲解的方式由浅入深地介绍了利用 Multisim 10 和 Ultiboard 10 软件进行电路原理图仿真和 PCB 设计的方法和技巧, 并通过几个综合实例讲述了设计的整体流程。本书大部分章节配备了练习题, 通过这种有学、有练、有创新的“全过程体验教学”模式使读者真正掌握软件使用的要点和精华。

本书可作为从事电路仿真和 PCB 设计工程技术人员参考用书, 也可作为高等学校相关专业的教学用书。

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, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Multisim 10 & Ultiboard 10 原理图仿真与 PCB 设计 / 唐赣, 吴翔, 苏建峰编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.1

(EDA 应用技术)

ISBN 978-7-121-05577-5

I. M… II. ①唐… ②吴… ③苏… III. ①电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—应用软件, Multisim 10、Ultiboard 10 ②印刷电路—计算机辅助设计 IV. TN702 TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 192564 号

责任编辑: 张 剑 王敬栋

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 32.75 字数: 838 千字

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 58.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

2007 年 3 月,美国国家仪器有限公司(National Instruments)推出了 NI Circuit Design Suite 10 套件。本书结合设计实例介绍了套件中的 Multisim 10 和 Ultiboard 10 软件。与其他同类软件相比,它们具有功能强大、操作简便、容易上手、维护方便、兼容性好等诸多优点。

本书在内容的编排上由浅入深,在讲述理论知识的同时结合了大量的实例。全书共分为两个部分。第一部分是关于 Multisim 10 的内容,共 12 章,介绍了软件安装、原理图设计、电路仿真、电路分析及射频分析等内容,涵盖了 Multisim 10 软件的全部知识;第二部分是关于 Ultiboard 10 的内容,共 6 章,从 PCB 基础知识、软件界面开始介绍,然后讲述了设置项目文件、铜膜导线、层和元件的步骤,最后介绍了 PCB 布局、布线及输出 PCB 文件的方法,该部分体现了 PCB 设计的整个过程,并且把实际应用中遇到的一些常见问题有针对性地融入到相应的章节中,预防初学者在使用中再犯类似的错误。本书大部分章节的后面都附有练习题,通过练习可以使读者掌握软件使用的要点和精华。第 19 章介绍了几个综合设计实例,这有助于读者对整个设计过程的学习。因此,本书真正做到了有学、有练、有创新的“全过程体验教学”模式。

NI 公司为适应不同的用户需求推出了 NI Circuit Design Suite 10 的 Education 版、Full Edition 版、Power Pro 版、OEM 版等,本书采用的是 Power Pro 版。为方便读者的学习,NI 公司提供了 Ultiboard 10 Education 版授权,请读者到电子工业出版社网站下载。

本书由华南交通大学唐赣、吴翔和中国科学院国家授时中心苏建峰编写。同时,感谢美国国家仪器有限公司梁锐工程师的大力支持。

作者交流信箱: ewb_topic@qq.com。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 著 者

目 录

第1章 认识 Multisim 10 软件	1
1.1 Multisim 10 概述	2
1.1.1 Multisim 10 简介	2
1.1.2 Multisim 10 运行环境	2
1.1.3 安装 Multisim 10 软件	2
1.2 Multisim 10 软件界面	3
1.3 工具栏	4
1.4 快捷菜单	4
1.4.1 不选择元件时的鼠标右键快捷菜单	5
1.4.2 选中元件或仪器时的鼠标右键快捷菜单	6
1.4.3 选中线段时的鼠标右键快捷菜单	7
1.4.4 选中文本块或图形时的鼠标右键快捷菜单	8
1.4.5 选择标题块时的鼠标右键快捷菜单	8
1.4.6 选中注释或仪器探针时的鼠标右键快捷菜单	9
1.5 设置原理图捕获参数	10
1.6 设计工具箱	12
1.7 定制界面	12
练习题	14
第2章 原理图捕获基本设置	15
2.1 原理图捕获简介	16
2.2 多电路窗口	16
2.3 在元件数据库中定位元件	16
2.4 放置元件	17
2.4.1 使用元件浏览器放置	17
2.4.2 放置虚拟元件	19
2.4.3 使用 “In Use List”	20
2.4.4 Two-Pinned Passives	20
2.4.5 选择已放置的元件	21
2.4.6 移动已放置的元件	21



2.4.7 复制已放置的元件	22
2.4.8 重置已放置的元件	22
2.4.9 设置元件颜色	22
2.5 为元件配线	23
2.5.1 为元件自动配线	24
2.5.2 手工配线	24
2.5.3 自动配线与手工配线结合运用	25
2.5.4 放置无连接标记	25
2.5.5 在工作区中直接放置配线	26
2.5.6 设置配线参数	27
2.5.7 修改配线路径	27
2.5.8 设置配线颜色	27
2.5.9 移动配线	27
2.6 手动添加节点	28
2.7 旋转、翻转元件	28
2.8 在电路中查找元件	29
2.9 设置标签	30
2.9.1 修改元件标签和特征	30
2.9.2 修改网络标志	31
2.9.3 添加标题块	31
2.9.4 添加混合文本	33
2.9.5 添加注释	33
2.9.6 图形注释	34
2.9.7 捕获屏幕区域	35
2.10 电路描述工具箱	36
2.10.1 格式化电路描述工具箱	36
2.10.2 仿真过程中的轴卷事件	39
2.11 链接一个表单到电路	40
2.11.1 创建表单	40
2.11.2 创建链接	41
2.11.3 设置提交表单选项	41
2.11.4 完成表单	42
2.12 打印电路	42
练习题	42
第3章 原理图捕获高级设置	45
3.1 元件属性	46

3.1.1	设置元件的识别信息	46
3.1.2	查看已放置元件的值和模型	46
3.1.3	在分析中设置元件的属性	49
3.1.4	编辑已放置元件的用户自定义信息	50
3.2	为元件指派错误信息	50
3.2.1	设置已放置元件的错误信息	50
3.2.2	使用自动错误信息选项	51
3.3	数据表格视图	51
3.3.1	数据表格视图“Results”标签页	51
3.3.2	数据表格视图“Nets”标签页	52
3.3.3	数据表格视图“Components”标签页	52
3.3.4	数据表格视图“PCB Layers”标签页	53
3.4	标题块编辑器	53
3.4.1	输入文本	54
3.4.2	标题代码	55
3.4.3	标题块编辑器数据表格视图	55
3.5	电气规则检查	55
3.5.1	ERC 选项标签页	56
3.5.2	ERC 规则标签页	57
3.5.3	元件引脚标签页	58
	练习题	58
第4章	大型电路设计	61
4.1	平铺多个电路设计图表	62
4.2	设计层次电路	62
4.2.1	嵌套电路	63
4.2.2	嵌套电路中元件编号	63
4.2.3	嵌套电路中网络编号	64
4.2.4	全局网络标志	64
4.2.5	添加层次块	64
4.2.6	添加子电路	65
4.2.7	查看母表	66
4.3	重命名元件环境	66
4.4	总线	67
4.4.1	放置总线	68
4.4.2	总线属性	69

4.4.3	合并总线	70
4.4.4	为总线配线	71
4.4.5	总线矢量连接	72
4.5	产品变种	73
4.5.1	设置产品变种	74
4.5.2	在产品变种中放置元件	75
4.6	项目管理器与版本控制	79
4.6.1	项目操作	79
4.6.2	操作项目中包含的文件	80
4.6.3	版本控制	80
	练习题	81
第5章	元件	83
5.1	元件数据库的结构	85
5.1.1	数据库标准	85
5.1.2	元件分级	85
5.2	在数据库中定位元件	86
5.3	元件存储的信息类型	88
5.4	管理数据库	88
5.4.1	筛选元件	88
5.4.2	删除元件	89
5.4.3	复制元件	89
5.4.4	保存放置的元件	89
5.4.5	在数据库间移动元件	90
5.4.6	管理元件族	90
5.4.7	修改用户自定义的信息标题及注释	91
5.4.8	显示数据库信息	92
5.5	转换数据库	92
5.6	从数据库中更新元件	93
5.7	合并数据库	94
5.8	元件编辑简介	95
5.9	使用“Component Wizard”创建元件	95
5.9.1	创建模拟元件	95
5.9.2	创建数字元件	100
5.9.3	创建 VHDL 元件	101
5.9.4	在符号编辑器中用符号文件创建	102

5.10	编辑元件	102
5.11	编辑元件常规属性	103
5.12	编辑元件符号	103
5.12.1	复制元件符号	103
5.12.2	在符号编辑器中创建和编辑元件符号	104
5.13	编辑元件模型	110
5.13.1	创建模型	110
5.13.2	为元件创建 SPICE 模型	111
5.13.3	加载模型	114
5.13.4	修改模型数据	114
5.13.5	从一个元件中复制模型到另一个元件	114
5.14	模拟动作模型和控制源语法	115
5.14.1	用 ABM 表达式设置访问网络电压和支路电流	115
5.14.2	ABM 表达式 (支持的函数、运算和常量)	115
5.14.3	控制源 SPICE 语法	117
5.15	编辑元件引脚模型	119
5.16	编辑元件的封装	120
5.16.1	修改封装	121
5.16.2	添加封装	124
5.16.3	高级引脚绘制对话框	124
5.17	编辑元件的电气参数	125
5.18	编辑用户数据	126
5.19	使用模型生成器创建元件模型	126
5.19.1	AC Motor (交流电动机)	126
5.19.2	BJT 模型生成器	128
5.20	使用代码模式创建模型	131
5.20.1	什么是代码模式	131
5.20.2	创建代码模型	131
5.20.3	界面文件 (ifspec.ifs)	132
5.20.4	执行文件 (Cfunc.mod)	136
	练习题	138
第 6 章	仿真	139
6.1	Multisim 仿真简介	140
6.2	使用 Multisim 仿真	140
6.2.1	交互式元件	140

6.2.2	Multisim 中的元件容许误差	141
6.2.3	开始、停止和暂停仿真	141
6.2.4	电路一致性检查	142
6.2.5	由网络表仿真	142
6.3	Multisim SPICE 仿真技术	143
6.3.1	电路仿真机制	143
6.3.2	仿真的 4 个阶段	143
6.3.3	等效公式	143
6.3.4	数字仿真	143
6.4	RF 仿真	144
6.5	MultiVHDL	144
6.6	电路向导	144
6.6.1	555 时基电路向导	144
6.6.2	滤波器电路向导	146
6.6.3	共发射极放大器电路向导	147
6.6.4	运算放大器电路向导	148
6.7	仿真错误日志索引	149
6.8	汇聚助手	150
6.9	保存、加载仿真配置文件	150
6.9.1	保存仿真配置文件	150
6.9.2	加载一个仿真配置文件	151
6.10	仿真总结	152
练习题		152
第 7 章	仪器	153
7.1	Multisim 仪器简介	155
7.1.1	保存仪器仿真数据	155
7.1.2	在电路中添加仪器	155
7.1.3	使用仪器	156
7.1.4	使用多个仪器	156
7.2	打印仪器	156
7.3	交互式仿真设置	157
7.3.1	设置仪器默认选项	157
7.3.2	解决仿真错误	157
7.4	Multimeter (万用表)	158
7.5	Function Generator (函数信号发生器)	159

7.6	Wattmeter (瓦特表)	160
7.7	Oscilloscope (示波器)	161
7.8	Bode Plotter (波特仪)	163
7.9	Word Generator (字符发生器)	164
7.10	Logic Analyzer (逻辑分析仪)	165
7.11	Logic Converter (逻辑转换仪)	168
7.12	Distortion Analyzer (失真度仪)	169
7.13	Spectrum Analyzer (频谱仪)	169
7.14	Network Analyzer (网络分析仪)	169
7.15	Measurement Probe (测量探针)	170
7.16	Four Channel Oscilloscope (四踪示波器)	172
7.17	Frequency Counter (频率计数器)	174
7.18	IV Analyzer (伏安特性分析仪)	175
7.19	Agilent Simulated Instruments (安捷伦仿真仪器)	180
7.20	Tektronix Simulated Oscilloscope (泰克仿真示波器)	184
7.21	Voltmeter (伏特表)	186
7.22	Ammeter (安培表)	186
7.23	Current Probe (电流探针)	187
7.24	LabVIEW Instrument (LabVIEW 仪器)	188
7.24.1	系统开发需求	189
7.24.2	LabVIEW 仪器示例	189
7.24.3	创建 LabVIEW 仪器	190
7.24.4	安装 LabVIEW 仪器	191
	练习题	192
第8章	分析	195
8.1	Multisim 分析简介	197
8.2	查看分析结果	197
8.2.1	设置图示仪中的页面	198
8.2.2	设置图示仪	199
8.2.3	查看图表	204
8.2.4	剪切、复制、粘贴	205
8.2.5	打开文件	205
8.2.6	保存文件	205
8.2.7	打印及打印预览	206
8.2.8	在最后的仿真结果中添加轨迹线	207

8.3	设置分析	209
8.3.1	常规指令 (General Instructions)	209
8.3.2	分析参数标签页 (Analysis Parameters)	209
8.3.3	输出标签页 (Output)	209
8.3.4	分析表达式	211
8.3.5	分析选项标签页 (Analysis Options)	212
8.3.6	摘要标签页 (Summary)	213
8.3.7	不完整分析 (Incomplete Analysis)	214
8.4	直流工作点分析 (DC Operating Point Analysis)	214
8.4.1	设置和运行直流工作点分析	214
8.4.2	示例电路	214
8.4.3	发现并处理直流工作点分析的问题	216
8.5	交流分析 (AC Analysis)	217
8.6	瞬态分析 (Transient Analysis)	218
8.6.1	设置瞬态分析参数	218
8.6.2	发现并处理瞬态分析的问题	219
8.7	傅里叶分析 (Fourier Analysis)	220
8.8	噪声分析 (Noise Analysis)	221
8.8.1	设置噪声分析参数	222
8.8.2	噪声分析电路示例	223
8.9	失真度分析 (Distortion Analysis)	225
8.9.1	准备用于失真分析的电路	225
8.9.2	理解失真分析选项	226
8.9.3	谐波失真分析	226
8.9.4	互调失真分析	228
8.10	直流扫描分析 (DC Sweep Analysis)	229
8.10.1	设置直流扫描分析参数	229
8.10.2	直流扫描分析电路示例 1	230
8.10.3	直流扫描分析电路示例 2 (嵌套直流扫描)	231
8.11	直流和交流灵敏度分析 (DC and AC Sensitivity Analysis)	233
8.11.1	灵敏度分析参数	233
8.11.2	设置并运行灵敏度分析	234
8.12	参数扫描分析 (Parameter Sweep Analysis)	236
8.12.1	设置参数扫描分析参数	236
8.12.2	参数扫描分析示例	237
8.13	温度扫描分析 (Temperature Sweep Analysis)	240

8.14 传输函数分析 (Transfer Function Analysis)	241
8.14.1 设置传输函数分析参数	241
8.14.2 传输函数分析示例电路 (线性)	242
8.14.3 传输函数分析示例电路 (非线性)	244
8.15 最差情况分析 (Worst Case Analysis)	245
8.15.1 设置容许误差参数	245
8.15.2 设置最差情况分析参数	246
8.15.3 最差情况分析示例	247
8.16 零极分析 (Pole Zero Analysis)	249
8.16.1 Multisim 处理方法	249
8.16.2 设置零极分析参数	250
8.16.3 运行零极分析	250
8.17 蒙特卡罗分析 (Monte Carlo Analysis)	251
8.17.1 平均分布	251
8.17.2 高斯分布 (正态分布)	252
8.17.3 设置和运行蒙特卡罗分析	252
8.17.4 指定蒙特卡罗分析参数	252
8.17.5 蒙特卡罗分析示例	253
8.18 线宽分析 (Trace Width Analysis)	256
8.18.1 Multisim 处理方法	256
8.18.2 线宽分析电路示例	256
8.19 嵌套扫描分析 (Nested Sweep Analyses)	257
8.20 批处理分析 (Batched Analyses)	259
8.21 用户自定义分析 (User Defined Analyses)	260
8.21.1 创建和仿真一个 SPICE 网络表	260
8.21.2 导入 SPICE 网络表到 Multisim 中	261
8.21.3 使用陈述绘制两节点	262
8.22 自定义分析选项对话框	262
8.22.1 全局标签	263
8.22.2 直流标签	264
8.22.3 瞬态标签	265
8.22.4 器件标签	265
8.22.5 高级标签	266
练习题	266
第 9 章 后处理	269
9.1 后处理简介	270

9.2 使用后处理	270
9.2.1 基本设置步骤	270
9.2.2 设置页面、轨迹线、曲线图、图表	272
9.3 后处理变量	273
9.4 后处理可用的函数	273
第10章 报告	277
10.1 材料清单 (Bill of Materials)	278
10.2 元件详细报告 (Component Detail Report)	280
10.3 网络报表 (Netlist Report)	280
10.4 原理图统计报告 (Schematic Statistics Report)	281
10.5 多余门电路报告 (Spare Gates Report)	282
10.6 模型数据报告 (Model Data Report)	282
10.7 交叉报表 (Cross Reference Report)	283
10.8 产品变种过滤对话框	284
练习题	284
第11章 信息转换	287
11.1 信息转换简介	288
11.2 输出到 PCB 布线	288
11.2.1 从 Multisim 输出到 Ultiboard 用于 PCB 布线	288
11.2.2 转换到其他 PCB 布线工具	289
11.3 向前注释 (Forward Annotation)	290
11.4 返回注释 (Back Annotation)	290
11.5 输出仿真结果	290
11.5.1 输出到 MathCAD	290
11.5.2 输出到 Excel	291
11.5.3 保存测量文件	291
11.6 输出一个网络表文件	292
11.7 导入其他格式的文件	292
11.8 互联网设计共享	293
第12章 射频	295
12.1 Multisim 射频模块简介	296
12.2 射频元件	296
12.2.1 Multisim 的射频元件	296
12.2.2 带状线、微波传输线、波导	297

12.2.3	射频电阻	298
12.2.4	射频电容	298
12.2.5	射频电感	298
12.2.6	有源器件 (Active Devices)	299
12.3	射频仪器	299
12.3.1	频谱分析仪	300
12.3.2	网络分析仪	303
12.4	射频分析	304
12.4.1	RF Characterizer Analysis (射频特征分析)	304
12.4.2	Matching Network Analysis (匹配网络分析)	305
12.4.3	Noise Figure Analysis (噪声分析)	307
12.5	射频模型生成器	310
12.5.1	波导 (Waveguide)	311
12.5.2	微波传输带 (Microstrip Line)	313
12.5.3	开口端微波传输带 (Open End Microstrip Linemodel)	314
12.5.4	射频螺旋电感 (RF Spiral Inductor)	315
12.5.5	带状线模型 (Strip Line Model)	315
12.5.6	带状线弯曲 (Stripline Bend)	316
12.5.7	损耗线 (Lossy Line)	317
12.5.8	交叉指行电容 (Interdigital Capacitor)	318
12.6	设计一个射频电路	319
12.6.1	选择射频放大器的类型	319
12.6.2	选择一个直流工作点	320
12.6.3	选择偏置网络	320
13	第 13 章 认识 Ultiboard 并设置其基本参数	325
13.1	印制电路板基础与 Ultiboard 10 简介	326
13.1.1	印制电路板基础	326
13.1.2	Ultiboard 10 简介	327
13.2	Ultiboard 10 软件界面	329
13.3	工具栏	330
13.4	设置全局参数	331
13.4.1	常规设置	331
13.4.2	路径设置	332
13.4.3	颜色设置	333
13.4.4	PCB 设计设置	333

13.4.5	尺寸设置	334
13.4.6	3D 选项设置	335
13.5	设置 PCB 属性	336
13.5.1	特征标签页	336
13.5.2	栅格和单位标签页	337
13.5.3	覆铜层标签页	337
13.5.4	焊盘/过孔标签页	338
13.5.5	常规层标签页	339
13.5.6	3D 数据标签页	339
13.5.7	设计规则标签页	341
13.5.8	偏好层设置标签页	341
13.6	设计工具箱	342
13.7	数据表格视图	342
13.8	定制用户界面	349
	练习题	351
第14章	设置项目文件	353
14.1	创建一个新的项目文件	354
14.1.1	利用菜单【File】/【New Project】命令创建新项目	354
14.1.2	从现有的网络表文件中创建项目文件	355
14.2	文件操作	356
14.3	选择和取消选择元件	357
14.4	放置和选择模式	358
14.5	查找元件	359
14.6	设置显示选项	359
14.7	设置层	360
14.7.1	定义覆铜层	360
14.7.2	访问层	361
14.8	创建边框边界线	362
14.9	设置电路板的参考点	364
14.10	设计规则错误	364
14.11	设置群组编辑器	365
	练习题	367
第15章	元件操作	369
15.1	放置元件	371

15.1.1	从边框边界线外拖曳元件	371
15.1.2	使用数据表格视图放置元件	371
15.1.3	导入网络表放置元件	372
15.1.4	从数据库中选择元件	372
15.2	放置元件的辅助工具	373
15.2.1	飞线	373
15.2.2	强制矢量	374
15.3	拖曳元件	375
15.4	橡皮圈功能	375
15.5	元件推挤	377
15.6	标尺栏	379
15.7	确定元件的方向	379
15.8	元件对齐	380
15.9	设置元件间距	381
15.10	放置群组排列工具箱	381
15.11	复制群组	382
15.12	反放置元件	383
15.13	显示和编辑属性	383
15.13.1	特征标签页	383
15.13.2	位置标签页	384
15.13.3	3D 数据标签页	384
15.13.4	元件标签页	387
15.14	查看和编辑 Attribute、Shape、Graphics 属性	387
15.15	放置其他元件	387
15.15.1	放置跳线	388
15.15.2	设置测试点	390
15.15.3	测量标尺	391
15.16	从数据库中选择、放置元件	393
15.17	编辑元件和外形封装	394
15.18	编辑多边形	394
15.19	查看、编辑通孔引脚属性	395
15.20	查看、编辑 SMT 元件引脚属性	397
15.21	查找元件	399
15.22	定位元件	400
15.23	重置元件	400
15.24	Cross-probing	400