



高等学校“十一五”规划教材

电子设计自动化技术实用教程

Dianzi Sheji Zidonghua Jishu Shiyong Jiaocheng

薛鹏骞 梁秀荣 等编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

电子设计自动化技术实用教程

薛鹏骞 梁秀荣 等编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是一本电子设计自动化(EDA)技术综合训练教程。全书分为5篇,共16章,具有内容丰富、实用性强、图表详实、编排合理等特点,重点讲述仿真软件 Multisim 7 及其应用、印刷电路板设计软件 Protel 99 SE 及其应用、可编程逻辑器件(PLD)的设计、电子电路设计与制作过程,特别强调从计算机的电路仿真设计到实际的电路安装制作的完整过程,使读者从“虚拟元器件”、“虚拟仪表”的使用到真实器件与仪表的应用得到了全面的训练。编著内容融入作者多年来 EDA 技术研究的成果和体会,书中所使用的电气原理图以及仿真设计结果均出自实际仿真实验过程,便于读者参照、比较。

本书适于电子、自动化、通信、测控技术与仪器、机电、供电等各类电专业和非电专业开设过电工电子课程的学生选用,还可以供从事电子电路设计研究的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化技术实用教程/薛鹏骞等编著. —徐州:
中国矿业大学出版社,2007.2
ISBN 978 - 7 - 81107 - 588 - 5

I. 电… II. 薛… 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(2007)第 021329 号

书 名 电子设计自动化技术实用教程
编 著 薛鹏骞 梁秀荣 等
责任编辑 何 戈
责任校对 杜锦芝
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 20 字数 488 千字
版次印次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷
定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着计算机应用的不断发展,电子设计自动化(EDA)技术代表着现代电子设计的新潮流,在现代科研与生产中发挥着越来越大的作用。

华北科技学院教师从 20 世纪 90 年代就开始 EDA 技术的研究,积累了较丰富的经验,编写出版了一些电子设计自动化(EDA)方面的书籍。为了更好地培养学生的创新思维和创新能力,提高学生电子设计实践动手水平,为学生较早地参加科研或创新活动创造有利条件,配合“电子 CAD”、“电子设计”课程,编写了《电子设计自动化技术实用教程》一书,它是现代电子设计综合训练教材。

Multisim 是目前国内高校中应用最多的仿真软件之一。它强大的功能、友好的界面、形象的“虚拟仪表”,使它成为目前使用最方便、最直观的仿真软件之一。

Protel 是在 TAGO 基础上发展起来的一种印刷电路版(PCB)设计的首选软件。1999 年,Protel Technolog 公司推出了功能更加强大的 EDA 综合设计环境的 Protel 99。

可编程逻辑器件(PLD)是电子设计领域中最具活力和发展前途的一项技术,上至高性能 CPU,下至一般的数字电子电路,都可以用 PLD 来实现。

本书在软件选用上采用了在教学与生产中较为流行的 Multisim 7 和 Protel 99 SE。通过本书的学习,学生在计算机上应用 Multisim 7 软件对电子电路进行仿真设计。仿真通过之后,输出电路网络表文件。学生可应用网络表文件,在 Protel SE 软件中设计出印刷电路板(PCB)。在制好的印刷电路板上进行实物安装,并利用各种仪表进行调试,从而完成实际电路的设计与制作。这样一个完整的过程,使学生从最初的方案论证到最后的设计实施、从计算机的电路仿真设计到实际的电路安装制作、从“虚拟元器件”、“虚拟仪表”的使用到真实器件与仪表的应用得到全面的训练。“虚”、“实”结合,“软”、“硬”并举,使学生对现代电子设计理念有一个较全面的了解,学到扎实的技能,大大增强学生的创新实践能力,提高学生就业的竞争能力。

基于上述思想,本教材重点讲述:仿真软件 Multisim 及其应用;印刷电路板设计软件 Protel 及其应用;可编程逻辑器件(PLD)的设计;电子电路设计与制作过程。它将是一本强调实践、图文并茂、方便教学与自学的教学参考书。

本书适用于电子、自动化、通信、测控技术与仪器、机电、供电等各类专业学生和工程技术人员选用。

全书由薛鹏骞教授、梁秀荣教授任主编;叶瑜副教授、朱小龙副教授、李桂莲教授任副主编;滕国仁教授任主审。

薛鹏骞教授编著了第一章、第三章、第四章、第五章、第六章第一节和第十章,并对全书进行统稿、修改;梁秀荣教授编著了第六章第三节至第五节、第十五章;叶瑜副教授编著了第十一章至第十三章、第十六章;朱小龙副教授编著了第七章至第九章;李桂莲教授编著了第六章第二节及第十四章;薛伟宁老师编写了第二章。另外王江华老师在编著过程中做了许多有意义的工作。

本书被列入高等学校(矿业)“十一五”规划教材(原名《电子设计自动化(EDA)技术——仿真、设计与制作》),在编著过程中融入编者在 EDA 研究方面的一些成果,同时也参考了许多同行作者的研究成果,在此对所有参考文献著作者表示衷心感谢!

感谢在本书出版过程中给予大力支持的中国煤炭教育协会、学校领导、教学同仁及出版社、相关软件代理销售公司的朋友们。

因编者水平所限,加之时间仓促,EDA 技术涉及面广,错误之处在所难免,万望读者斧正!

作 者

2006 年 8 月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 EDA 技术概述	3
第一节 传统的电子线路设计与 EDA 技术	3
第二节 EDA 技术的现状与发展	4
一、EDA 技术的现状	4
二、EDA 技术的发展	5
第三节 EDA 技术的常用软件	5
一、电子电路设计与仿真工具	5
二、PCB 设计软件	6
三、PLD 设计工具	6
四、其他 EDA 软件	8
本章小结	8

第二篇 仿真软件 Multisim 7 及其应用

第二章 仿真软件 Multisim 7 简介	11
第一节 EWB 与 Multisim	11
一、EWB	11
二、Multisim	12
第二节 Multisim 7 的基本界面	12
一、菜单栏	13
二、系统工具栏	16
三、设计工具栏	16
四、元件工具栏	17
五、仪表工具栏	17
六、电路窗口	18
七、仿真开关	18
八、状态栏	18
第三节 定制 Multisim 7 界面	19
一、控制当前显示方式	19
二、设置默认的用户习惯界面	19

三、其他定制选项	22
第四节 Multisim 7 元器件库	23
一、含实际元器件库	23
二、虚拟元器件库	28
本章小结	35
第三章 创建电路原理图的基本操作	36
第一节 建立电路文件	36
第二节 向电路窗口中放置元件及参数调整	36
一、元件工具栏设置	36
二、放置电源元件	37
三、放置电阻元件	38
四、放置其他元件	39
第三节 元件的连线及导线颜色设置	41
一、自动连线	41
二、手工连线	41
第四节 改变单个元件标号和颜色	43
一、改变任一个元件的标号	43
二、改变任一个元件的颜色	43
第五节 为电路原理图增加标题栏和文本注释	43
一、增加标题栏	43
二、编辑标题栏	44
三、增加文本	44
四、删除文本	44
五、编辑文本	44
第六节 存储文件	45
第七节 子电路的创建与应用	45
一、创建子电路的电路图	46
二、添加子电路	46
三、编辑子电路	47
四、用子电路替换电路图中部分电路	47
本章小结	48
第四章 Multisim 7 的虚拟仪表及其应用	49
第一节 模拟仪表及其应用	50
一、数字万用表	50
二、函数信号发生器	51
三、双踪示波器	52
四、波特图仪	53

五、瓦特表	55
第二节 数字仪表及其应用	57
一、字信号发生器	57
二、逻辑分析仪	60
三、逻辑转换仪	63
第三节 指示器件库中的电压表与电流表及其应用	66
一、电压表	66
二、电流表	67
本章小结	67
第五章 Multisim 7 仿真分析方法	68
第一节 基本分析方法	68
一、直流工作点分析	68
二、交流分析	71
三、瞬态分析	74
四、傅立叶分析	76
五、噪声分析	78
六、失真分析	81
第二节 扫描分析	83
一、直流扫描分析	84
二、灵敏度分析	86
三、参数扫描分析	88
四、温度扫描分析	91
第三节 系统分析	95
一、零一极点分析	95
二、传递函数分析	98
第四节 统计分析	100
一、最坏情况分析	100
二、蒙特卡罗分析	103
第五节 线宽设计分析	106
一、创建电路	106
二、设置分析参数	107
三、启动线宽设计分析工具	108
四、分析仿真结果	108
本章小结	109
第六章 仿真应用实例	110
第一节 在电路分析中的应用	110
一、欧姆定律的验证	110

二、基尔霍夫定律的验证	110
三、叠加定理应用	112
四、二阶电路的响应	113
第二节 在模拟电子技术中的应用	114
一、共射极基本放大电路	114
二、差动放大电路	116
三、有源滤波电路	121
第三节 在数字电子技术中的应用	125
一、组合逻辑电路	125
二、时序逻辑电路	128
三、555 定时器的应用设计	130
四、A/D 转换器的应用设计	131
五、D/A 转换器的应用设计	132
第四节 在自控原理中的应用	132
一、二阶系统的瞬态响应分析	132
二、采样控制系统分析	134
第五节 在电力电子技术中的应用	138
一、单相半波可控整流电路	138
二、直流升压电能变换器	138
本章小结	141
第七章 仿真分析结果的应用	142
第一节 Multisim 原理图在其他软件中的应用	142
第二节 Protel 原理图在其他软件中的应用	142
第三节 仿真分析结果在其他文档中的应用	143
一、图表显示工具	143
二、应用图表	145
本章小结	145

第三篇 印刷电路板设计软件 Protel 99 SE 及其应用

第八章 Protel 99 SE 软件简介	149
第一节 软件界面及文件管理	149
第二节 原理图设计初步	152
一、简单原理图设计	152
二、绘制电路图	154
第三节 原理图报表输出	166
一、原理图打印输出	166
二、网络表文件输出	169

三、生成元件列表	172
本章小结	173
第九章 印刷电路板(PCB)设计	174
第一节 印刷电路板的相关知识	174
一、刚性与挠性印刷电路板	174
二、电路板的结构	174
三、工作层面类型	175
四、PCB图的基本元素	177
五、印刷电路板的材料	178
第二节 PCB设计环境	179
一、创建PCB设计文档进入印刷电路板设计窗口	179
二、从电路原理图编辑器切换到印刷电路板设计窗口	179
第三节 单面板设计	181
一、PCB设计流程	181
二、生成一个新的PCB设计	182
三、规划电路板	182
四、加载网络表与元件	184
五、元件布局	186
六、自动布线	190
七、手工调整	195
第四节 双面板的设计	196
一、生成一个新的PCB设计	196
二、装入网络表形成初始PCB图	197
三、元件的布局	198
四、自动布线过程	198
本章小结	200
第十章 电子电路计算机设计自动化流程	202
第一节 由Multisim仿真软件生成网络表导入Protel软件、 设计PCB全过程	202
一、Multisim 7中建立仿真电路,输出网络表	202
二、Protel中修改网络表	202
三、采用向导建立PCB文件(规划电路板)	202
四、加载封装信息库	203
五、载入网络表、修改网络表直至载入通过	204
六、元件布局	204
七、布线	205
八、调整布线	205

九、打印输出 PCB 版图	205
十、制板	205
十一、元件安装,系统调试	205
十二、测试实际电路输出,并与虚拟电路仿真输出比较,完成 整个设计过程	205
第二节 电子电路计算机设计自动化应用实例	205
一、Multisim 7 中建立仿真电路,输出网络表	205
二、Protel 中修改网络表	207
三、采用向导建立 PCB 文件(规划单面电路板)	209
四、导入网络表	209
五、载入元件(封装)	209
六、排挤工具的应用	209
七、手动布局	209
八、设置布线规则	211
九、自动布线	211
十、手工调整布线	212
十一、3D 效果图	212
本章小结	213

第四篇 可编程逻辑器件(PLD)的设计

第十一章 PLD 设计方法	217
第一节 概述	217
一、PLD 的定义及其作用	217
二、集成电路设计的两种方法	217
三、专用集成电路 ASIC 与 VHDL 的关系	217
四、PLD 软件及硬件的实现	218
第二节 设计方法	218
一、硬件描述语言	218
二、原理图描述	241
本章小结	243
第十二章 PLD 设计软件	244
第一节 MAX+PLUS II 软件概述	244
一、MAX+PLUS II 软件介绍	244
二、MAX+PLUS II 的功能特点	244
三、MAX+PLUS II 的系统要求	245
四、MAX+PLUS II 的版本	245
五、MAX+PLUS II 的安装	246

六、MAX+PLUS II 的首次运行	248
第二节 MAX+PLUS II 软件设计	249
一、MAX+PLUS II 软件的组成	249
二、MAX+PLUS II 的设计输入	249
三、项目处理	254
四、设计校验	255
五、器件编程	255
本章小结	255
第十三章 PLD 设计举例	256
第一节 五人表决器的原理图输入	256
一、打开 MAX+PLUS II	256
二、新建一个图形文件	256
三、输入设计文件	257
四、检查、编译和布线	259
五、波形仿真	262
六、下载验证	265
第二节 五人表决器的 VHDL 设计	266
一、VHDL 文档的建立	266
二、输入设计文件	266
三、保存文件	268
四、把文件设为当前工程	268
第三节 五人表决器的 VerilogHDL 设计	269
本章小结	270

第五篇 电子电路设计与制作选题

第十四章 基本电路的设计与制作	273
第一节 信号发生器的设计及制作	273
一、设计原理	273
二、电路设计	273
三、Multisim 模拟仿真	276
四、实物制作	276
第二节 功率放大电路的设计及制作	277
一、放大电路的工作状态分类	277
二、功率放大电路设计	278
三、Multisim 模拟仿真	281
四、电路制作	282
本章小结	283

第十五章 复杂电子电路的设计与制作	284
第一节 抢答器的设计与制作	284
一、抢答器的设计与仿真	284
二、抢答器的制作	284
第二节 基于单片机和 CPLD 的步进电机控制系统设计	287
一、步进电机的基本工作原理	287
二、脉冲分配器的设计	287
三、步进电机控制系统设计	289
本章小结	290
 第十六章 通信电子电路的设计与制作	291
第一节 2ASK 调制器的设计与制作	291
一、数字调制系统介绍	291
二、基于 VHDL 硬件描述语言的 ASK 振幅键控调制程序设计	293
三、基于 Multisim 的 2ASK 振幅键控法调制电路设计	295
第二节 2FSK 调制器的设计与制作	296
一、二进制频移键控 2FSK	296
二、基于 VHDL 硬件描述语言的 2FSK 频移键控调制程序设计	297
三、基于 Multisim 的 2FSK 频移键控调制电路设计	300
第三节 2PSK 调制器的设计与制作	301
一、二进制相移键控 2PSK	301
二、基于 VHDL 硬件描述语言的 2PSK 相移键控调制程序设计	302
三、基于 Multisim 的 2PSK 相移键控调制电路设计	304
第四节 调幅发射器的设计与制作	305
一、幅度调制 AM(线性调制)的原理	305
二、基于 Multisim 的 AM 电路设计	306
本章小结	307

第一篇

绪 论

第一章 EDA 技术概述

[本章重点] 增强对 EDA 技术常用软件的了解,特别是对国内常用的 SPICE、EWB、Multisim、Matlab、Protel 以及 PLD(可编程逻辑器件)等设计软件应用范围的了解。

第一节 传统的电子线路设计与 EDA 技术

传统的电子产品设计是一个繁琐而冗长的过程。首先,设计者根据产品的要求,凭借已有的资料和本人经验初步确定电子电路的结构和元件参数。然后对简化的电路及元件模型用数学分析的方法进行理论计算。当理论计算结果满足产品设计要求时,则在面板或 PC 板上搭接电路进行试验、调试。如果在理论计算与试验模拟阶段不能满足指标要求,则要修改原设计的结构或元器件的参数,再次进行理论分析与试验模拟。如此反复,直至符合设计指标要求为止。作为一个定型的产品,还需进行性能样机的试制及小批量的生产,以便进一步检验设计的正确性和产品的合格率是否满足要求。一切都通过,最后定型投产。

这种传统的设计方式最大的局限性在于:设计周期长,耗费材料,设计费用高,不利于产品更新换代;更多地依赖人的因素,当出现问题时,设计者要花费大量的精力来弄清是设计的错误还是电路制作的问题,因而面对大型的电子电路就显得力不从心。随着电路规模越来越大,复杂程度越来越高,这种传统的方法已不能适应设计的需要。

随着计算机应用技术的飞速发展,电子设计自动化(Electronic Design Automation,简称 EDA)是继 ECAD(电子电路辅助设计)技术之后新崛起的现代电子设计手段。它与 ECAD 之间明显不同的是:ECAD 是利用计算机辅助人们完成设计,而 EDA 则是把大量复杂、费时的设计工作基本由计算机完成,代表着现代电子设计新潮流。

EDA 是电子 CAD(计算机辅助设计)发展的一个新的阶段。改革开放以来,我国对 CAD 技术给予了极大的重视,并纳入了国家的发展计划。早在 20 世纪 90 年代初,江泽民同志就曾对 CAD 技术作出了如下评价:“计算机辅助设计推动了几乎一切领域的设计革命,可降低土木设计成本 15%~30%,产品从设计到投产的时间可缩短 30%~60%,废品率可降低 80%~90%,设备利用率可提高 2~3 倍。”今天可以这样说:一件理想的电子产品的设计不是利用 EDA 技术完成的是不可思议的;一个不懂 EDA 技术的电气工程设计人员和科研人员是不全面的。21 世纪高校培养的电工技术人才应具备这方面的专业素质,以适应外部世界激烈技术竞争的需要。

计算机应用技术的发展,把电子产品的设计带入了一个崭新的天地。今天人们可以在对电子元器件研究的基础之上对各种元件进行数学建模;借助计算机软件对其进行分析、计算、搭建各种电路模型;在计算机上仿真出近似于实际电路的数据和响应波形。这种由软件来验证设计的方法克服了传统设计的缺点。由于这种方式可事先排除大部分设计缺陷,使设计工程师可以把大量的精力用于设计而不是用于调试,因此大大提高了设计速度,使新产品更快推出,为企业创造更多的经济效益。

利用计算机软件,人们在计算机中设计出电子电路的原理图模型,然后用计算机软件验证其理论上的可行性。接着可以用计算机软件画出其印刷电路板(PCB——Printed Circuit Board),制板过程中计算机可完成自动布线。在布线中把电磁干扰、热干扰建成数学模型加以排除,以保证布线质量,从而高效优质地完成从原理图逻辑连接向电路元器件物理连接的转化。

20 世纪 80 年代以来,采用大规模集成电路技术,可编程逻辑器件(PLD——Programmable Logic Device)问世。这种功能可由用户来设计、定义的器件,使得在一个芯片上可以放置一个用户系统,甚至是一个具有嵌入式微处理器的用户系统。这种器件的设计完成依靠的也是 EDA 技术与软件。随着计算机应用技术的发展,EAD 将使电子电路设计变得更加方便、快捷。

第二节 EDA 技术的现状与发展

一、EDA 技术的现状

EDA 技术是在电子 CAD 技术基础上发展起来的计算机软件系统,是指以计算机为工作平台,融合了应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技术的最新成果,进行电子产品的自动设计。

利用 EDA 工具,电子设计师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统,大量工作可以通过计算机完成,并可以将电子产品从电路设计、性能分析到设计出 IC 版图或 PCB 版图的整个过程在计算机上自动完成。

目前 EDA 的应用范围很宽,包括机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域,都有 EDA 的应用。EDA 技术可分为系统级、电路级和芯片级,本教材所研究的 EDA 技术,主要是针对电子电路设计。

EDA 在教学、科研、产品设计与制造等各方面都发挥着巨大的作用。

(1) 在教学方面。几乎所有理工科(特别是电子信息)类的高校都开设了 EDA 课程。主要是让学生了解 EDA 的基本概念和基本原理,使用 EDA 工具进行电子电路课程的实验并从事简单系统的设计。一般都要学习电路仿真工具,如 EWB(Multisim)、PSPICE,以及 PLD 开发工具,如 Altera/Xilinx 的器件结构及开发系统,掌握 HDL 语言编写规范,掌握逻辑综合的理论和算法,为今后工作打下基础。

(2) 科研、产品设计与制造方面。科研中主要利用电路仿真工具 EWB(Multisim)或 PSPICE 进行电路设计与仿真;利用虚拟仪器进行产品测试;将 CPLD/FPGA 器件实际应用到仪器设备中;从事 PCB 设计和 ASIC 设计等。

在产品设计与制造方面,包括前期的计算机仿真,产品开发中的 EDA 工具应用,系统级模拟及测试环境的仿真,生产流水线上 EDA 技术的应用,产品测试等各个环节。如 PCB 的制作、电子设备的研制与生产、电路板的焊接过程等。

从应用领域来看,EDA 技术已经渗透到各行各业,另外,EDA 软件的功能日益强大,原来功能比较单一的软件,现在增加了很多新用途。如 AutoCAD 软件可用于机械及建筑设计,也扩展到建筑装潢及各类效果图,汽车和飞机的模型、电影特技等领域;Multisim 软件实现了与 PCB 的制作软件无缝连接;Protel 软件增加了电路仿真功能等。