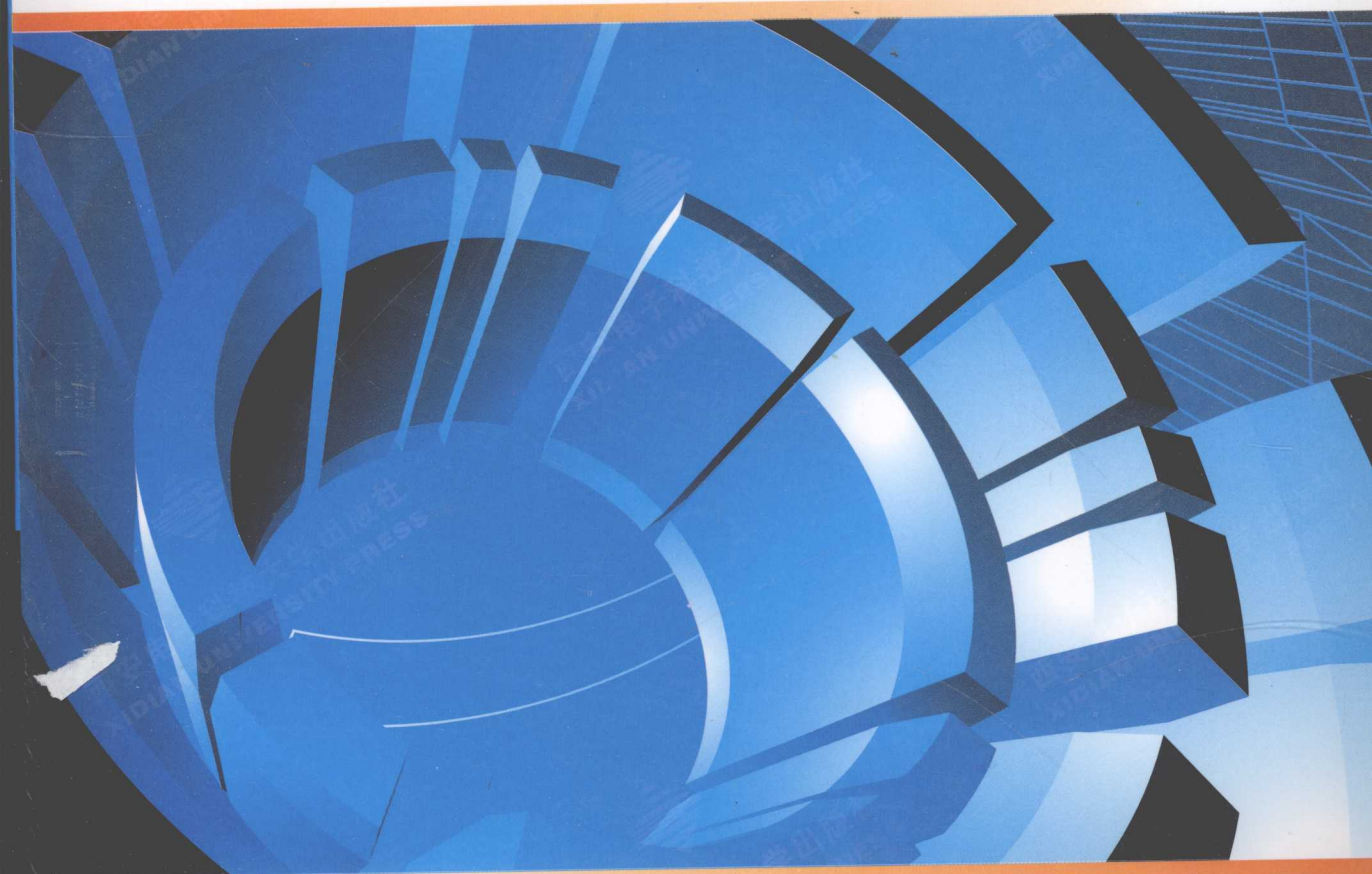


- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电子设计自动化

主编 孙加存

主审 尹常永



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电子设计自动化

主编 孙加存

参编 王 鹏 赵志强 陶志福

主审 尹常永

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书系统地介绍了电子设计自动化(EDA)的设计方法与设计过程,主要内容有 EDA 技术概述、EDA 技术的设计方法、EDA 技术的工具软件、EDA 技术的硬件载体、EDA 技术所使用的硬件描述语言及一些常用数字电路设计方案。

本书注重实用性,以理论为指导,实践内容贯穿全书各章节。理论讲述重点突出,内容新颖;实践过程由简到繁,循序渐进;按照实际产品的原型设计实训项目,使教学与实际电路产品设计接轨。

本书可作为高职高专电子、通信类专业及自动控制类专业学生的教材使用,也可供从事电子系统开发和电子系统设计的技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,有需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化/孙加存主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2008.8

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5606-2081-7

I. 电… II. 孙…

III. 电子电路—电路设计:计算机辅助设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TN702
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 096597 号

策 划 张晓燕

责任编辑 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 14.875

字 数 345千字

印 数 1~4000册

定 价 21.00元

ISBN 978-7-5606-2081-7/TN·0443

XDUP 2373001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和就业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位要求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2008 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

编审专家委员会名单

主 任: 温希东 (深圳职业技术学院副校长 教授)

副主任: 马晓明 (深圳职业技术学院通信工程系主任 教授)

余 华 (武汉船舶职业技术学院电子电气工程系主任 副教授)

电子组 组 长: 余 华(兼) (成员按姓氏笔画排列)

于宝明 (南京信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副研究员)

马建如 (常州信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副教授)

刘 科 (苏州职业大学信息工程系 副教授)

刘守义 (深圳职业技术学院 教授)

许秀林 (南通职业大学电子系副主任 副教授)

高恭娴 (南京信息职业技术学院电子信息工程系 副教授)

余红娟 (金华职业技术学院电子系主任 副教授)

宋 烨 (长沙航空职业技术学院 副教授)

李思政 (淮安信息职业技术学院电子工程系主任 讲师)

苏家健 (上海第二工业大学电子电气工程学院 教授)

张宗平 (深圳信息职业技术学院电子通信技术系 高级工程师)

陈传军 (金陵科技学院电子系主任 副教授)

姚建永 (武汉职业技术学院电信学院院长 副教授)

徐丽萍 (南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师)

涂用军 (广东科学技术职业学院机电学院副院长 副教授)

郭再泉 (无锡职业技术学院自动控制与电子工程系主任 副教授)

曹光跃 (安徽电子信息职业技术学院电子工程系主任 副教授)

梁长垠 (深圳职业技术学院电子工程系 副教授)

通信组 组 长: 马晓明(兼) (成员按姓氏笔画排列)

王巧明 (广东邮电职业技术学院通信工程系主任 副教授)

江 力 (安徽电子信息职业技术学院信息工程系主任 副教授)

余 华 (南京信息职业技术学院通信工程系 副教授)

吴 永 (广东科学技术职业学院电子系 高级工程师)

张立中 (常州信息职业技术学院 高级工程师)

李立高 (长沙通信职业技术学院 副教授)

林植平 (南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师)

杨 俊 (武汉职业技术学院通信工程系主任 副教授)

俞兴明 (苏州职业大学电子信息工程系 副教授)

项目策划 马乐惠

策 划 张 媛 薛 媛 张晓燕

前 言

电子设计自动化(EDA)是近几年迅速发展起来的计算机软件、硬件和微电子技术交叉形成的现代电子设计技术,其含义已经不局限在当初的类似 Protel 电路版图设计自动化的概念,目前 EDA 技术更多的是指芯片内的电路设计自动化。也就是说,开发人员完全可以通过自己设计电路来定制其芯片内部的电路功能,使之成为专用集成电路(ASIC)芯片,这就是当今的用户可编程逻辑器件(PLD)技术。用户完全可以不懂具体的硬件电路结构,而只通过硬件描述语言就设计出功能强大的数字系统。电子设计工程师只要拥有一台电脑、一套 EDA 开发工具、一块 FPGA/CPLD 芯片,就可以设计出所需的专用集成电路,大大减少了开发成本和开发时间。设计人员可以通过软件编程来修改硬件的功能,极大地提高了设计的灵活性和通用性,使电子设计变得简单、快速。

目前,在世界范围内,可编程逻辑器件受到了业界的普遍欢迎,在近几年得到了迅速的发展,其集成度和工作速度不断提高,功能不断完善,已经成为当今实现电子系统集成化的重要工具。因此,EDA 技术势必成为广大电子信息工程技术人员必须掌握的技术,运用 EDA 技术设计电子系统也是一个电子工程师必备的技能。

教育部高度重视 EDA 技术的教学,要求电子技术类课程的体系和内容作相应的改革,在设计手段上应用 EDA 工艺和 FPGA/CPLD 方法。EDA 技术与 FPGA/CPLD 方法是电子技术类课程教学改革的重要方向。在 2000 年以前,该类课程主要在研究生与本科生中开展,随着 EDA 技术的普及和设计方法的简单化,目前各大高职院校相继开设该类课程。但是与高职教育配套的教材不是很多,大多数高职院校所采用的教材是针对本科教育所编写的,侧重点不同。编者经过多年的教学,组织相关教学第一线的老师编写了本书。本书在内容的安排上,既考虑了 EDA 技术本身的系统性、完整性,又考虑了 EDA 技术教学的操作性与高职教育强调掌握实践技能的要求,做到理论与实践有机结合。本书按照 EDA 技术的基本理论→EDA 技术的工具软件→EDA 技术的硬件载体→VHDL 语言知识→常用数字电路设计→数字系统的设计这样的顺序编写,内容完整,前后连贯,所采用的硬件元器件与工具软件均为目前市场上应用的主流产品。例如硬件载体采用 ALTERA 公司的 ALTERA Cyclone 系列 FPGA 芯片,工具软件主要介绍 ALTERA 公司的 Quartus II 软件。为了适应大多数高校的 EDA 教学开发系统,书中也介绍了 MAX + plus II 工具软件。本书强调学生实际技能的培养,各章基本都安排相关的实训项目,可以让学生学完相关章节内容后有一个实际动手的机会,授课教师也可以根据实训项目对书中内容进行整理,运用项目教学的方法,提高教学效果。本书实训项目较多,其对应的实践教学平台的建设及相关教材内容的设置为江苏省教育科学“十一五”规划(重点)课题(高职教育实践教学体系构建和基地建设研究)阶段性成果,课题批准文号为 B—b/2006/01/003。

本书是编者在多年的开发和教学经验基础上编写而成的。全书共 8 章,第 1 章介绍了 EDA 技术的发展历程与应用及 EDA 技术的发展趋势;第 2 章介绍了 EDA 技术的设计方法,包括传统的数字电路设计方法、现代数字系统设计方法、运用 EDA 技术设计数字系统的设计流程及一些常用工具软件介绍,本章的实训介绍了 MAX + plus II 软件的使用;第 3 章介绍了 EDA 技术的硬件载体结构,主要以 ALTERA 公司的硬件进行讲解,并简单介绍了 SOC 技术,本章的实训介绍了 Quartus II 软件的使用;第 4、5、6 章介绍了 VHDL 语言的知识,包括 VHDL 语言中的实体、结构体、包集合、库、配置、数据类型、数据对象、描述语句与描述风格;第 7 章介绍了常用数字电路的设计方法;第 8 章介绍了数字系统的设计方法。除了第 1 章没有安排实训外,其余各章都安排有实训项目。

本书第 1、2 章由赵志强编写,第 3 章由王鹏与陶志福共同编写,第 4、5、6 章由孙加存编写,第 7 章由王鹏编写,第 8 章由陶志福编写。全书由孙加存统稿。

CPLD/FPGA 技术发展十分迅速,我们和广大读者一样,也在不断地学习。由于编者水平有限且时间仓促,书中遗漏之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

编者 E-mail: sjc@jssvc.edu.cn wpeng@jssvc.edu.cn

编 者
2008 年 4 月

目 录

第 1 章 EDA 技术概述.....	1
1.1 EDA 技术的发展历程.....	1
1.2 EDA 技术的应用.....	2
1.3 EDA 技术的发展趋势.....	3
1.3.1 EDA 工具的发展.....	3
1.3.2 EDA 硬件载体的发展方向.....	4
习题.....	5
第 2 章 EDA 技术的设计方法.....	6
2.1 传统的设计方法.....	6
2.2 现代的设计方法.....	7
2.2.1 系统设计.....	7
2.2.2 系统综合优化.....	8
2.2.3 系统实现.....	9
2.3 EDA 设计过程.....	9
2.3.1 设计输入.....	10
2.3.2 综合过程.....	12
2.3.3 适配器.....	13
2.3.4 时序仿真与功能仿真.....	13
2.3.5 编程下载.....	13
2.3.6 硬件测试.....	14
2.4 在系统编程技术.....	14
2.5 EDA 工具软件介绍.....	16
2.5.1 ISE 软件介绍.....	16
2.5.2 ispLEVER 软件介绍.....	16
2.5.3 MAX + plus II 介绍.....	17
2.5.4 Quartus II 介绍.....	17
2.6 实训：运用图形法设计 3-8 译码器.....	18
习题.....	32
第 3 章 EDA 硬件结构.....	34
3.1 可编程逻辑器件简介.....	34
3.1.1 可编程逻辑器件的发展历程.....	34

3.1.2 可编程逻辑器件概述	35
3.1.3 可编程逻辑器件原理	36
3.2 几种典型的 PLD 器件介绍	41
3.2.1 ALTERA 公司 MAX 7000 系列	42
3.2.2 FLEX 8000 系列	43
3.2.3 FLEX 10K10 系列	43
3.2.4 ALTERA Cyclone 系列	43
3.2.5 PLD 的配置	44
3.3 SOC 介绍	46
3.3.1 SOPC 技术概要	46
3.3.2 SOPC 设计初步	48
3.4 实训：用 Quartus II 软件中的图形法设计电路	49
习题	65

第 4 章 VHDL 语言介绍	66
4.1 VHDL 语言概述	66
4.2 VHDL 语言的特点	67
4.3 VHDL 语言的数据类型	68
4.3.1 预定义(标准)数据类型	68
4.3.2 IEEE 预定义标准逻辑位与矢量	70
4.3.3 用户定义的数据类型	72
4.4 VHDL 的数据对象	77
4.4.1 常量	77
4.4.2 信号	78
4.4.3 变量	78
4.4.4 信号与变量的区别	79
4.5 运算操作符	81
4.5.1 逻辑操作符	82
4.5.2 关系操作符	83
4.5.3 算术操作符	83
4.6 实训：设计 2 选 1 数据选择器	84
习题	88

第 5 章 VHDL 基本结构	89
5.1 实体说明	89
5.2 结构体	92
5.3 结构体基本组成部分	93
5.3.1 块语句	93
5.3.2 进程	94

5.3.3 子程序(函数与过程).....	97
5.4 包集合、库及配置	101
5.4.1 库.....	101
5.4.2 程序包.....	103
5.4.3 配置.....	105
5.5 实训: 建立用户自定义工作库	106
习题	109
第6章 VHDL 的描述语句与描述风格	111
6.1 顺序执行语句.....	111
6.1.1 赋值语句	111
6.1.2 流程控制语句	113
6.1.3 WAIT 语句	121
6.1.4 子程序顺序调用语句	122
6.1.5 其他顺序语句	124
6.2 并发执行语句.....	125
6.2.1 并行信号赋值语句	125
6.2.2 多进程语句	126
6.2.3 并行子程序调用语句	129
6.3 VHDL 的描述风格	131
6.3.1 行为描述方式	131
6.3.2 数据流描述方式	132
6.3.3 结构描述方式	133
6.3.4 生成语句	136
6.4 其他语句和说明.....	137
6.4.1 属性描述与定义语句	137
6.4.2 文本文件操作(TEXTIO).....	140
6.5 实训.....	142
6.5.1 医院护士室指示电路设计	142
6.5.2 74LS160 计数器功能模块设计	144
习题.....	147
第7章 常用数字电路设计	150
7.1 组合逻辑电路.....	150
7.1.1 编码器和译码器	150
7.1.2 多位比较器	154
7.1.3 三态门	155
7.1.4 加法器	155
7.2 时序逻辑电路设计	156

7.2.1 时钟信号	156
7.2.2 其他控制信号	158
7.3 常用时序逻辑电路的设计	161
7.3.1 存储器	161
7.3.2 先入先出存储器	164
7.3.3 堆栈	166
7.3.4 分频器	167
7.3.5 波形产生电路	170
7.3.6 状态机	178
7.4 实训	181
7.4.1 4 位乘法器设计	181
7.4.2 步长可变的加减计数器设计	185
7.4.3 序列检测器设计	188
7.4.4 4 人抢答器设计	192
习题	197
第 8 章 数字系统设计	198
8.1 数字系统设计概要	198
8.1.1 数字系统设计模型	198
8.1.2 数字系统设计基本步骤	198
8.2 数字系统设计举例	199
8.2.1 系统的设计要求	199
8.2.2 系统的总体设计	200
8.2.3 闹钟控制器设计	202
8.2.4 预置寄存器设计	207
8.2.5 闹钟寄存器设计	208
8.2.6 分频电路设计	210
8.2.7 时间计数器设计	211
8.2.8 显示驱动器设计	213
8.2.9 系统的总装设计	215
8.2.10 系统的硬件验证	215
8.3 实训	215
8.3.1 交通灯控制系统设计	215
8.3.2 数字频率计设计	221
习题	225
参考文献	227

第1章 EDA 技术概述

电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)技术以计算机为基础工作平台,以微电子技术为物理基础,以现代电子技术设计技术为灵魂,采用计算机软件工具,最终实现电子系统或专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)的设计。EDA 技术的使用者包括两类:一类是专用集成电路芯片的设计研发人员;另一类是广大电子线路设计人员。后者并不具备专门的 IC(集成电路)深层次的知识。本书所阐述的 EDA 技术是以后者为应用对象的。在本书中,EDA 技术可简单概括为以大规模可编程逻辑器件为设计载体,通过硬件描述语言或将逻辑图输入给相应 EDA 开发软件,经过编译和仿真,最终将所设计的电路下载到设计载体中,从而完成系统设计任务的一门新技术。

1.1 EDA 技术的发展历程

伴随着计算机、集成电路、电子系统设计的发展,EDA 技术经历了计算机辅助设计(Computer Assist Design, CAD)、计算机辅助工程设计(Computer Assist Engineering Design, CAED)和电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)三个发展阶段。

1. 20 世纪 70 年代的计算机辅助设计阶段

早期的电子系统硬件设计采用分立元件。随着集成电路的出现和应用,硬件设计进入到大量选用中小规模标准集成电路阶段。人们将这些器件焊接在电路板上,做成初级的电子系统。对电子系统的调试是在组装好的印刷电路板(Printed Circuit Board, PCB)上进行的。

由于传统的手工布图方法无法满足产品复杂性的要求,更不能满足工作效率的要求,因而人们开始将产品设计过程中具有高度代表性的繁杂劳动(如布图布线工作)用二维图形编辑与分析 CAD 工具替代,其中最具代表性的产品就是美国 ACCEL 公司开发的 Tango 布线软件。PCB 布图布线工具受到计算机工作平台的制约,因此其支持的设计工作有限,且性能比较差。

2. 20 世纪 80 年代的计算机辅助工程设计阶段

随着微电子工艺的发展,相继出现了集成上万只晶体管的微处理器、集成几十万门到上百万门储存单元的随机存储器和只读存储器。此外,支持定制单元电路设计的硅编程、掩膜编程的门阵列,如标准单元的半定制设计方法以及可编程逻辑器件(PAL 和 GAL)等一系列微结构和微电子学的研究成果,这些都为电子系统的设计开辟了新天地,使得可以用少数几种通用的标准芯片实现电子系统的设计。

伴随着计算机和集成电路的发展,EDA 技术进入到计算机辅助工程设计阶段。20 世纪

80年代初推出的 EDA 工具以逻辑模拟、定时分析、故障仿真、自动布局和布线为核心,重点解决电路设计完成之前的功能检测等问题。利用这些工具,设计师能在产品制作之前预知产品的功能与性能,能生成产品制造文件。

如果说 20 世纪 70 年代的自动布局布线的 CAD 工具代替了设计工作中的绘图和重复劳动,那么 20 世纪 80 年代出现的具有自动综合能力的 CAED 工具则替代了设计师的部分工作,对保证电子系统的设计、制造出最佳的电子产品起着关键的作用。到了 20 世纪 80 年代后期,EDA 工具已经可以进行设计描述、综合与优化和设计结果验证。CAED 阶段的 EDA 工具不仅为成功开发电子产品创造了有利的条件,而且为高级设计人员的创造性劳动提供了方便。但此时,大部分从原理图出发的 EDA 工具仍然不能适应复杂电子系统的设计要求,而具体化的元件图形仍制约着对设计的优化。

3. 20 世纪 90 年代电子系统设计自动化(EDA)阶段

为了满足千差万别的系统用户提出的设计要求,最好的办法是由用户自己设计芯片,让他们把所需的电路直接设计在自己的专用芯片上。微电子技术的发展,特别是可编程逻辑器件的发展,使得微电子厂家可以为用户提供各种规模的可编程逻辑器件,使设计者能够通过设计芯片来实现电子系统功能。EDA 工具的发展,又为设计师提供了全线 EDA 工具。这个阶段发展起来的 EDA 工具,目的是在设计前期将设计师从事的许多高层次设计工作由工具来完成,如可以将用户要求转换为设计技术规范,有效地处理可用的设计资源与理想的设计目标之间的矛盾,按具体的硬件、软件和算法分解设计等。电子技术和 EDA 工具的发展,使设计师可以在不太长的时间内使用 EDA 工具,通过一些简单的、标准化的设计过程,利用微电子厂家提供的设计库来完成数万门 ASIC 和集成系统的设计与验证。

20 世纪 90 年代,设计师逐步从使用硬件转向设计硬件,从单个电子产品开发转向系统级电子产品 SOC(System on a chip,即片上系统集成)开发。因此,EDA 工具是以系统级设计为核心,包括系统行为级描述与结构综合、系统仿真与测试验证、系统划分与指标分配、系统决策与文件生成等一整套的电子系统设计自动化工具。这时的 EDA 工具不仅具有电子系统设计的能力,而且能提供独立于工艺和厂家的系统级设计能力,具有高级抽象的设计构思手段,从而使电子系统设计更简单,使电子系统设计不再是电子工程师的专利。

1.2 EDA 技术的应用

EDA 技术在教学、科研、产品设计与制造等各方面都发挥着巨大的作用。在教学方面,几乎所有理工科院校的电子信息技术专业都开设了 EDA 课程,主要目的是让学生了解 EDA 的基本概念和基本原理,掌握用 HDL(Hardware Design Language)语言编写规范的程序,掌握逻辑综合的理论和算法,使用 EDA 工具进行电子电路课程的实验并进行简单系统的设计,为今后工作打下基础。

在科研方面,主要利用电路仿真工具(EWB 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,EDA 技术应用于仿真、生产、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、运用 FPGA/CPLD 进行数字系统的设计与制作、ASIC 的流片过程,等等。

EDA 技术已经应用于各行各业,在机械、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 技术的应用。另外,EDA 软件的功能也日益强大。

1.3 EDA 技术的发展趋势

从目前的 EDA 技术来看,其发展趋势是政府重视、使用普及、应用广泛、工具多样、软件功能强大。随着微电子技术 with 工具软件的发展,EDA 技术的硬件载体、软件开发工具与设计输入方式等都发生了很大的变化。

1.3.1 EDA 工具的发展

1. 设计输入工具的发展趋势

早期 EDA 工具的设计输入普遍采用原理图输入方式,以文字和图形作为设计载体和文件,将设计信息加载后,由后续的 EDA 工具完成设计分析工作。原理图输入方式的优点是直观,能满足以设计分析为主的一般要求,但是原理图输入方式不适合用 EDA 综合工具。20 世纪 80 年代末,电子设计开始采用新的综合工具,设计描述转向以各种硬件描述语言为主的编程方式。用硬件描述语言描述设计,更接近系统行为描述,且便于综合,更适于传递、修改和设计信息,还可以建立独立于工艺的设计文件。其不便之处是不太直观,要求设计师学会编程。

很多电子设计师都具有原理图设计的经验,不具有编程经验,所以仍然希望继续在使用比较熟悉的符号与图形环境中完成设计,而不是利用编程完成设计。为此,EDA 工具软件公司在 20 世纪 90 年代相继推出一批图形化免编程的设计输入工具,允许设计师用他们最熟悉的设计方式,如框图、状态图、真值表和逻辑方程建立设计文件,然后由 EDA 工具自动生成综合所需的硬件描述语言文件。

2. 具有混合信号处理能力的 EDA 工具

目前,数字电路设计的 EDA 工具比模拟集成电路的 EDA 工具多。模拟集成电路 EDA 工具开发的难度较大,但实现高性能复杂电子系统的设计还离不开模拟信号,因此,20 世纪 90 年代以来,EDA 工具厂商都比较重视数/模混合信号设计工具的开发。具有混合信号设计能力的 EDA 工具能处理含有数字信号处理、专用集成电路宏单元、数/模变换模块、各种压控振荡器在内的混合系统设计。美国 Cadence、Synopsys 等公司开发的 EDA 工具软件就具有这种混合系统设计能力。

3. 仿真工具的发展

在整个电子设计过程中,仿真是花费时间最多,同时也是占用 EDA 工具资源最多的一个环节。通常,设计的大量工作都是在进行仿真,如验证设计的有效性、测试设计的精度和保证设计的要求等。提高仿真的有效性一方面应建立合理的仿真算法,另一方面应在系统级仿真中建立系统级模型,在电路级仿真中建立电路级模型。预计在下一代的 EDA 工具中,仿真工具还会有较大的发展。

4. 综合工具的开发

随着电子系统和电路的集成规模越来越大,已不可能直接面向版图做设计,且要找出设计中的错误也更加困难。将设计者从繁琐的版图设计和分析工作中转移到设计前期的算法开发和功能验证上,这是设计综合工具要达到的目的。高层次综合工具可以将低层次的硬件设计一起转换到物理级的设计,实现不同层次、不同形式的设计描述转换,通过各种综合算法实现设计目标所规定的优化设计。设计者的经验在设计综合中起重要作用,自动综合工具将有效地提高优化设计效率。

综合工具由最初的只能实现逻辑综合,逐步发展到可以实现设计前端的综合,直到设计后端的版图综合以及测试综合的理想且完整的综合工具。设计前端的综合工具可以实现从算法级的行为描述到寄存器传输级结构描述的转换,给出满足约束条件的硬件结构。在确定寄存器传输结构描述后,由逻辑综合工具完成硬件门级结构的描述,逻辑综合后的结果作为版图综合的输入数据,进行版图综合。版图综合将门级和电路级的结构描述转换成物理版图的描述,通过自动交互的设计环境,实现按面积、速度和功率完成布局布线的优化,实现最佳的版图设计。将设计测试工作提前到设计前期,可以缩短设计周期,减少测试费用。测试综合贯穿整个设计过程,可以消除设计小的冗余逻辑,诊断不可测的逻辑结构,自动插入可测性结构,生成测试向量。

随着电子产品市场的飞速发展,电子设计人员需要更加实用、快捷的 EDA 工具,使用统一的集成化设计环境,改变传统设计思路,即优先考虑具体物理实现方式,将精力集中到设计构思、方案比较和寻找优化设计等方面,以最快的速度开发出性能好、质量高的电子产品。

1.3.2 EDA 硬件载体的发展方向

EDA 技术的硬件载体在本书中指的是可编程逻辑器件,它已经成为当今世界最具吸引力的半导体器件,在现代电子系统设计中扮演着越来越重要的角色。其未来的发展方向包括以下几个方面:

(1) 向密度更高、速度更快、频带更宽的百万门方向发展。例如, Xilinx 的 XC4036XV 系统的产品其工作速度可以达到 1 GHz, Virtex FPGA 是 100 万门的系统级器件, ALTERA 也已经推出 250 万门以上的可编辑逻辑芯片。

(2) 向系统内可重构的方向发展。系统内可重构是指可编辑芯片在置入用户系统后仍具有改变其内部功能的能力。采用系统内可重构技术,使得系统内硬件的功能可以像软件那样通过编程来配置,从而在电子系统中引入“软硬件”的全新概念,不仅使电子系统的设计和产品性能的改进扩充变得十分简便,还使新一代电子系统具有极强的灵活性和适应性,为许多复杂信号的处理及信息加工的实现提供了新的思路和方法。

(3) 向混合可编程器件技术发展。目前运用 EDA 技术设计的电路主要是数字电路,在未来几年内这一局面将会有所改变,模拟电路及数模混合电路的可编程技术将有所发展。比如美国 Lattice 于 1999 年底推出的 ispPAC,就允许设计者使用开发软件在计算机中设计、修改模拟电路,进行电路特性模拟仿真,最后通过编程电缆将设计方案下载至芯片中。ispPAC 可以实现三种功能:信号调理(对信号放大、衰减、滤波),信号处理(对信号进行求

和、求差、积分运算), 信号转换(将数字信号转换成模拟信号)。

(4) 向低电压、低功耗的绿色元件发展。集成技术的发展, 工艺水平的不断提高, 也使得可编程芯片的工作电压正在逐渐降低, 功耗在不断减少。Philips 的 XPLA1 系列 CPLD 芯片, 其功耗就是普通芯片的 1/1000。

总的来说, EDA 的发展趋势表现在如下几个方面:

(1) 超大规模集成电路的集成度和工艺水平不断提高, 深亚微米工艺走向成熟, 使片上系统设计成为可能。

(2) 市场对电子产品提出更高的要求, 如降低电子系统的成本、减小系统的体积等, 从而对系统的集成度不断提出更高的要求。

(3) 高性能的 EDA 工具得到长足发展, 自动化和智能化程度不断提高, 为嵌入式系统设计提供功能强大的开发环境。

(4) 计算机硬件设计平台性能大幅度提高, 为复杂的片上系统提供了物理基础。

习 题

- 1.1 一般把 EDA 技术的发展分为哪几个阶段?
- 1.2 简述 EDA 技术的应用。
- 1.3 简述 EDA 技术的发展趋势。
- 1.4 简述 EDA 工具的发展。
- 1.5 叙述可编程逻辑器件的发展方向。

第2章 EDA 技术的设计方法

数字系统的设计可以采用不同的方法,具体选择哪一种设计方法有多方面的考虑,如设计者的设计经验、设计的规模和复杂程度、设计采用的工艺及选定的 IC 生产厂家或选用的可编程器件等。在今天复杂的 IC 设计环境下,概括起来只有两种设计方法供数字系统设计人员选择:一种为由底向上(Bottom-up)的设计方法,也称为传统的设计方法;另一种为自顶向下(Top-down)的设计方法,也称为现代的设计方法。

2.1 传统的设计方法

由底向上的设计方法其主要步骤是:根据系统对硬件的要求详细编制技术规格书,画出系统控制流程图,对系统的功能进行细化,合理地划分功能模块,并画出系统的功能框图;进行各功能模块的细化和电路设计;各功能模块设计、调试完成后,将各功能模块的硬件电路连接起来再进行系统的调试,最后完成整个系统的硬件设计。其设计过程大致如图 2-1 所示。

由底向上的硬件设计方法有如下几个特征:

(1) 设计的方向是自底至上,先设计最小的单元电路。使用该方法进行硬件设计首先要选择具体的元器件,并用这些元器件进行逻辑电路设计,从而完成系统的硬件设计,然后再将各功能模块连接起来,完成整个系统的硬件设计。

(2) 采用通用逻辑元器件,通常采用 74 系列或 CMOS4000 系列的产品进行设计。

(3) 在系统硬件设计的后期进行调试和仿真。只有在部分或全部硬件电路连接完成后,才可以进行电路调试,一旦考虑不周到,系统设计存在较大缺陷,则要重新设计,使设计周期延长。

(4) 设计结果是多张电路图。设计调试完毕形成电路原理图,该图包括元器件型号和信号之间的互连关系等。

由底向上的设计方法是传统的 IC 和 PCB 的设计方法。采用由底向上的设计方法需要设计者先定义和设计每个基本模块,然后对这些模块进行连线以完成整体设计。在 IC 设计复杂程度低于 10 000 门时,常采用这种设计方法,但是随着设计复杂程度的增加,该方法会产生产品生产周期长、可靠性低、开发费用高等问题。

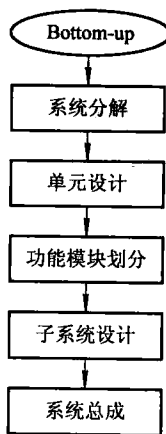


图 2-1 由底向上的设计方法流程图