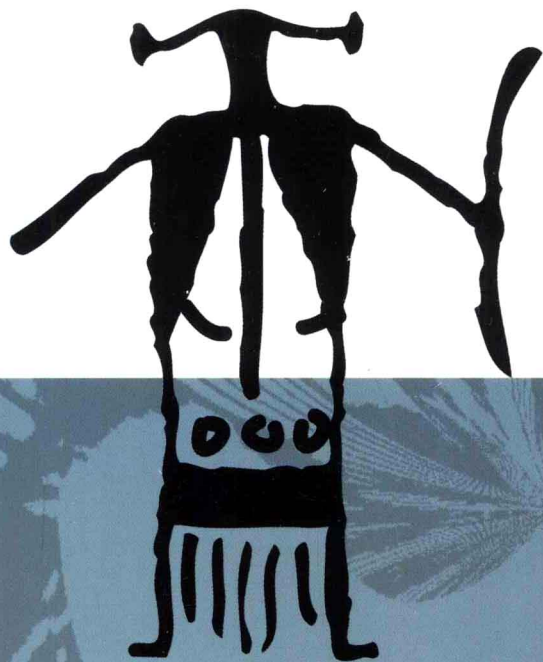


21 世纪高等学校计算机应用技术规划教材



EDA 技术及应用

万隆 巴奉丽 主 编
刘国柱 张厚升 赵霞 副主编

清华大学出版社

应用技术规划教材

EDA 技术及应用

万 隆 巴奉丽 主 编
刘国柱 张厚升 赵 霞 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书主要讲述 EDA 技术的特点、概念和主要内容共分 8 章,第 1 章绪论;第 2 章可编程逻辑器件,介绍 CPLD 器件的基本原理和结构,以及常用的 EDA 器件;第 3 章 VHDL 编程基础,介绍 VHDL 语言的基本语法特点、程序结构、常用语句以及相关基础知识;第 4 章基本逻辑电路设计,介绍一些典型的基本门电路、组合逻辑电路和时序逻辑电路 VHDL 语言的实现方式;第 5 章 Quartus II 软件基本应用,介绍 Altera 公司的综合开发软件的简单应用;第 6 章 ISE 10.1 开发软件的使用,介绍 Xilinx 公司的开发工具的简单应用;第 7 章综合案例设计,介绍几种常用较复杂案例的设计方法,本章也可作为课程设计题目参考;第 8 章 EDA 技术实验,列举了 6 个基础性实验项目供大家参考。

本书取材广泛,内容简明,坚持案例化教学,引入大量典型实例。章节结构合理,前后知识点衔接流畅,适合作为本专科高等院校电子、通信、计算机、物理等相关专业的教材或教师参考书。同时也是一本不错的人门级自学教程。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术及应用/万隆等主编. —北京:清华大学出版社,2011.10

(21 世纪高等学校计算机应用技术规划教材)

ISBN 978-7-302-26382-1

I. ①E… II. ①万… III. ①电子电路—电路设计:计算机辅助设计 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 158134 号

责任编辑:魏江江

责任校对:梁毅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20 字 数:498 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授

覃征 教授

王建民 教授

冯建华 教授

刘强 副教授

北京大学

杨冬青 教授

陈钟 教授

陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授

吴超英 副教授

姚淑珍 教授

中国人民大学

王珊 教授

孟小峰 教授

陈红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授

赵宏 副教授

北京信息工程学院

孟庆昌 教授

北京科技大学

杨炳儒 教授

石油大学

陈明 教授

天津大学

艾德才 教授

复旦大学

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

同济大学

苗夺谦 教授

徐安 教授

华东理工大学

邵志清 教授

华东师范大学

杨宗源 教授

应吉康 教授

上海大学

陆铭 副教授

东华大学

乐嘉锦 教授

孙莉 副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	副教授
西南交通大学	曾华燊	教授

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机公共课程领域,以公共基础课为主、专业基础课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 面向多层次、多学科专业,强调计算机在各专业中的应用。教材内容坚持基本理论适度,反映各层次对基本理论和原理的需求,同时加强实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生的知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。基础课和专业基础课教材配套,同一门课程可以有针对不同层次、面向不同专业的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要真实实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机应用技术规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

先引用 Altera 公司和 Xilinx 公司官方网站上的两条新闻“2011 年 1 月 25 号,北京——为满足用户的多种设计需求,Altera 公司 (NASDAQ: ALTR)今天发布其 28nm 器件系列产品,为业界提供最全面的器件选择。”“2011 年 3 月 21 日,北京——全球可编程平台领导厂商赛灵思公司(Xilinx, Inc. (NASDAQ: XLNX))今天宣布,全球第一批 Kintex™-7 325T 现场可编程门阵列(FPGA)开始发货,标志着其 7 系列 FPGA 正式推出,成为业界推出最快的 28nm 新一代可编程逻辑器件产品。”Altera 公司和 Xilinx 公司都在 2011 年第一季度宣布推出了 28nm FPGA,业界黑马 Archonix 公司宣布将在 2011 年第四季度推出 22nm FPGA。可见目前 EDA 技术正处在高速发展的阶段,而我国在这一领域始终落后于发达国家很大距离。

目前各高等院校相关专业对 EDA 技术这门课程的开设也非常重视,都积极加大了相关实验配套设施的建设以及课堂教学内容的研究。从早期只在研究生阶段开设的课程内容逐步开始面向本科、专科学生开设,并取得良好的效果。但授课对象的转变也应有相应配套教材跟上。近两年一直想找一本内容精练、易懂,适合本、专科教学的教材,翻阅了很多优秀教材,也更换过多本。最后还是决定结合多年教学积累,吸取多方优点,并积极与老师、学生探讨,组织一本适合本、专科教学的教材。编写本书的出发点就在方便、适用,方便教师课堂教学、适合学生课下自学。

本书在组织内容上尽可能做到兼顾二字。兼顾基础理论和实践,本书内容注重理论和实践的结合,结合案例化教学的优点,加入了大量的实例。知识点层次分明,注重基础知识的讲解,尽量做到语言精练。本书前四章为基础教学必修内容,第 7 章既可以作为课堂综合实例的范例讲解,还可以作为课程设计的指导或参考内容;第 8 章列举了几个典型实验,供大家参考。本书兼顾 Altera 和赛灵思两大业界巨头的产品介绍和开发工具的使用说明,第 5 章介绍 Altera 公司的 Quartus II 软件基本应用,第 6 章介绍赛灵思公司的 ISE 10.1 开发软件的使用,因此可满足不同的应用需求。

本书第 1、2 章由刘国柱老师编写,第 7 章由巴奉丽老师编写,第 8 章由张厚升、赵霞老师编写,第 3~6 章由万隆编写,李旭升、任锐同学参与了本书案例的仿真工作,全书由万隆、巴奉丽主编。

本书虽几经改动,但作者水平有限,书中难免疏漏或错误,请广大读者见谅,并提供宝贵意见。

编者

2011 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 EDA 技术发展历程	1
1.2 EDA 技术的主要内容	2
1.3 EDA 技术的特点	4
1.3.1 传统的设计方法	4
1.3.2 EDA 设计方法	5
1.4 EDA 设计流程	6
1.5 常用的 EDA 软件工具	8
1.6 EDA 技术的发展趋势	11
习题 1	12
第 2 章 可编程逻辑器件	13
2.1 概述	13
2.1.1 PLD 发展历程	13
2.1.2 PLD 分类	14
2.2 SPLD 的基本原理	15
2.2.1 常用电路符号	15
2.2.2 SPLD 的原理与结构	16
2.3 CPLD 的结构与原理	19
2.3.1 宏单元结构	20
2.3.2 CPLD 器件的结构	20
2.3.3 CPLD 产品简介	23
2.4 FPGA 的结构与工作原理	26
2.4.1 FPGA 的结构	26
2.4.2 可编程逻辑模块	28
2.4.3 查找表电路结构	31
2.4.4 可编程互连	34
2.4.5 可编程 I/O 模块	36
2.4.6 FPGA 中的专用元件	37
2.4.7 Altera Cyclone II 系列架构	38
2.4.8 Xilinx Spartan-3E 系列架构	42
2.5 FPGA 器件介绍	46

2.5.1	Xilinx 公司的代表产品	46
2.5.2	Altera 公司的 Cyclone 系列 FPGA	47
2.5.3	Lattice 公司的 FPGA	49
2.6	CPLD/FPGA 的发展趋势	50
习题 2	51
第 3 章	VHDL 编程基础	52
3.1	概述	52
3.1.1	什么是 VHDL	52
3.1.2	VHDL 的特点.....	53
3.1.3	VHDL 的设计流程.....	54
3.2	VHDL 程序基本结构	54
3.2.1	案例介绍及知识要点	55
3.2.2	实体说明	56
3.2.3	结构体	58
3.2.4	库	61
3.2.5	程序包	63
3.2.6	配置	65
3.3	VHDL 的语言要素	66
3.3.1	VHDL 的文字规则.....	66
3.3.2	VHDL 的数据对象.....	68
3.3.3	VHDL 的数据类型.....	71
3.3.4	VHDL 的操作符.....	79
3.4	VHDL 的顺序语句	81
3.4.1	顺序赋值语句	82
3.4.2	转向控制语句	84
3.4.3	wait 语句	91
3.4.4	return 语句	92
3.4.5	null 语句	93
3.5	子程序	94
3.5.1	函数	94
3.5.2	过程	97
3.5.3	函数和过程的总结	99
3.6	VHDL 的并发语句	99
3.6.1	进程语句	99
3.6.2	块语句	103
3.6.3	并行信号赋值语句	104
3.6.4	元件声明及元件例化语句	107
3.6.5	生成语句	109

3.7	VHDL 的属性描述语句	112
3.7.1	数值类属性	112
3.7.2	函数类属性	114
3.8	信号、变量与寄存器生成数量的关系	116
3.9	VHDL 语言的描述风格	121
3.9.1	行为描述	121
3.9.2	数据流描述	121
3.9.3	结构化描述	122
	习题 3	123
第 4 章	基本逻辑电路设计	127
4.1	基本门电路	127
4.1.1	与门电路	127
4.1.2	或门电路	129
4.1.3	其他门电路	130
4.2	组合逻辑电路设计	131
4.2.1	编码器	131
4.2.2	译码器	133
4.2.3	加法器	137
4.2.4	数据分配器	140
4.2.5	三态门及总线缓冲器	142
4.3	时序逻辑电路	143
4.3.1	触发器	144
4.3.2	锁存器	148
4.3.3	寄存器	151
4.3.4	计数器	154
4.3.5	分频器	159
4.3.6	信号发生和检测器	161
4.3.7	存储器	165
	习题 4	168
第 5 章	Quartus II 软件基本应用	169
5.1	Quartus II 的基本操作流程	169
5.1.1	建立工程文件	169
5.1.2	建立 VHDL 设计文件	173
5.1.3	对设计文件进行编译	173
5.1.4	引脚分配	174
5.1.5	对设计文件进行仿真	177
5.1.6	从设计文件到目标器件的加载	180

5.1.7	原理图设计的方法	181
5.2	简单的 Nios II 系统设计	184
5.2.1	SOPC 概述	184
5.2.2	基本的开发流程	186
5.2.3	使用 Quartus II 建立一个工程文件	187
5.2.4	使用 SOPC Builder 建立一个简单的 Nios II 硬件系统	190
5.2.5	在 Quartus II 中编译 Nios II 硬件系统并 生成其配置文件	202
5.2.6	在 Nios II IDE 中建立 C/C++ 工程并编写程序	206
5.2.7	调试和运行程序	211
习题 5	213
第 6 章	ISE 10.1 开发软件的使用	214
6.1	ISE 10.1 的基本操作流程	214
6.1.1	工程建立	215
6.1.2	设计输入	219
6.1.3	设计综合	220
6.1.4	设计仿真	220
6.1.5	引脚分配	223
6.1.6	设计实现	224
6.1.7	生成下载文件及目标板配置	225
6.1.8	原理图设计输入	228
6.2	EDK 的基础应用	230
6.2.1	EDK 概述	231
6.2.2	创建一个简单的 XPS 工程	232
6.2.3	添加一个 IP 到硬件设计	240
6.2.4	定制一个 IP 到硬件设计	244
6.2.5	编写应用程序	251
6.2.6	使用 SDK 工具和 Chipscope 进行软硬件协同调试	256
习题 6	269
第 7 章	综合案例设计	270
7.1	多功能数字钟的设计	270
7.1.1	设计要求	270
7.1.2	基本原理及设计方法	270
7.1.3	VHDL 实现	271
7.1.4	波形仿真	274
7.2	函数发生器的设计	275
7.2.1	设计要求	275

7.2.2	基本原理及设计方法	275
7.2.3	VHDL 实现	276
7.3	交通灯的设计	282
7.3.1	设计要求	282
7.3.2	基本工作原理与设计方法	282
7.3.3	VHDL 实现	283
7.4	数字频率计设计	288
7.4.1	设计要求	288
7.4.2	基本工作原理及设计方法	288
7.4.3	VHDL 实现	290
第 8 章	EDA 技术实验	297
8.1	实验一 基于 Quartus II 图形输入电路的设计	297
8.2	实验二 含异步清零和同步使能的加法计数器	299
8.3	实验三 数控分频器的设计	301
8.4	实验四 可控脉冲发生器的设计	301
8.5	实验五 基于 VHDL 的表决器的设计	302
8.6	实验六 数据序列检测器的设计	303
	参考文献	305

第 1 章

绪论

人类社会已进入到数字化和信息化时代,信息社会的发展离不开电子产品的进步。现代电子产品在性能提高、复杂度增大的同时,价格却一直呈下降趋势,而且产品更新换代的步伐也越来越快,实现这种进步的主要因素是电子产品生产制造技术和电子设计技术的发展。

前者以微细加工技术为代表,目前已进展到纳米阶段,可以在几平方厘米的芯片上集成数千万个晶体管。集成电路的发展从 SSI、MSI、LSI、VLSI 到 SoC,已经能够把一个完整的电子系统集成在一个芯片上。期间可编程逻辑器件的出现大大改变了设计制作电子系统的方式与方法。后者的核心就是电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)技术,EDA 是指以计算机为工作平台,融合应用电子技术、计算机技术、智能化技术的最新成果而研制成的进行电子产品自动设计的通用软件包,主要能辅助进行三方面的设计工作:集成电路(IC)设计,电子电路设计,印制电路板(PCB)设计。在电子设计过程中采用 EDA 技术,用计算机进行模拟、检验、布图和测试,不但大大减轻人工劳动强度,缩短设计周期,提高设计的可靠性,而且可以在产品生产之前进行各种设计方案的比较、参数的选优,从而提高设计质量。

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处理完成。如果没有 EDA 技术的支持,想要完成现代超大规模集成电路的设计制造是不可想象的;反过来,生产制造技术的不断进步又必将对 EDA 技术提出新的要求,从而促进 EDA 技术向更高层次发展。

1.1 EDA 技术发展历程

知识点

- ◇ 了解 EDA 技术的发展历程。

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(CAD)、计算机辅助工程设计(CAE)、电子设计自动化(EDA)三个发展阶段。

1. (20 世纪 70 年代)计算机辅助设计阶段

随着集成电路的出现和应用,硬件设计进入到发展的初级阶段。初级阶段的硬件设计

大量选用中小规模标准集成电路。在此阶段,人们开始将产品设计过程中高度重复性的繁杂劳动,如布图布线工作,用二维图形编辑与分析的 CAD 工具替代,最具代表性的产品就是美国 ACCEL 公司开发的 Tango 布线软件。

20 世纪 70 年代,是 EDA 技术发展初期,由于 PCB 布图布线工具受到计算机工作平台的制约,其支持的设计工作有限且性能比较差。

2. (20 世纪 80 年代)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、集成几十万直到上百万储存单元的随机存储器 and 只读存储器。此外,支持定制单元电路设计的硅编辑、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都为电子系统的设计提供了新天地。此时,人们可以用少数几种通用的标准芯片实现电子系统的设计。

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,重点解决电路设计没有完成之前的功能检测等问题。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、设计结果验证,CAE 阶段的 EDA 工具不仅为成功开发电子产品创造了有利条件,而且为高级设计人员的创造性劳动提供了方便。但是,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制约着优化设计。

3. 20 世纪 90 年代至今的电子设计自动化阶段

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,设计者通过设计芯片实现电子系统功能。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由工具来完成。由于电子技术和 EDA 工具的发展,设计师可以在不太长的时间内使用 EDA 工具,通过一些简单标准化的设计过程,利用微电子厂家提供的设计库来完成数万门专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)和集成系统的设计与验证。

硬件描述语言 HDL 的出现是这个阶段最重要的成果,由于 HDL 语言的出现使得 EDA 设计进入到抽象描述的设计层次。21 世纪开始,随着微电子技术的进一步发展,EDA 设计进入了更高的阶段,即片上系统设计(System On Programmable Chip, SOPC)阶段,在这个阶段,可编程逻辑器件内集成了数字信号处理器的内核、微处理器的内核等,使得可编程逻辑器件不再只是完成复杂的逻辑功能,而是具有了强大的信号处理和控制功能。SOPC 技术的进一步发展必将给电子系统的设计带来一场深刻的变革。

1.2 EDA 技术的主要内容

知识点

- ◇ 掌握 EDA 技术的概念。
- ◇ 熟悉学习 EDA 技术应掌握的内容。

1. EDA 技术分类

EDA 技术包括狭义 EDA 技术和广义 EDA 技术。

狭义 EDA 技术,就是指以大规模可编程逻辑器件为设计载体,以硬件描述语言为系统逻辑描述的主要表达方式,以计算机、大规模可编程逻辑器件的开发软件及实验开发系统为设计工具,通过有关的开发软件,自动完成用软件方式设计的电子系统到硬件系统的逻辑编译、逻辑化简、逻辑分割、逻辑综合及优化、逻辑布局布线、逻辑仿真,直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射、编程下载等工作,最终形成集成电子系统或专用集成芯片的一门新技术,或称为 IES/ASIC 自动设计技术。

广义 EDA 技术,是通过计算机及其电子系统的辅助分析和设计软件,完成电子系统某一部分的设计过程。因此,广义 EDA 技术除了包含狭义的 EDA 技术外,还包括计算机辅助分析 CAA 技术(如 PSPICE、EWB、Matlab 等),印制电路板计算机辅助设计(PCB-CAD)技术(如 Protel、ORCAD 等)及其他高频和射频设计、分析工具等。

2. EDA 技术内容

基于狭义 EDA 技术进行可编程逻辑器件的设计应掌握以下几个方面的内容:大规模可编程逻辑器件(PLD)、硬件描述语言(HDL)、EDA 设计软件(EDAS)、硬件开发平台。

1) 大规模可编程逻辑器件

现在所说的 PLD 器件一般包含现场可编程门阵列(FPGA)和复杂可编程逻辑器件(CPLD)。

由于 PLD 的集成规模非常大,因此可利用先进的 EDA 工具进行电子系统设计和产品开发。由于开发工具的通用性、设计语言的标准化以及设计过程几乎与所用器件的硬件结构无关,因而设计开发成功的各类逻辑功能块软件有很好的兼容性和可移植性。与 ASIC 设计相比,PLD 显著的优势是开发周期短、投资风险小、产品上市速度快、市场适应能力强和硬件升级回旋余地大,而且当产品定型后,产量扩大时,可将在生产中得到充分检验的 VHDL 设计迅速实现 ASIC 投产。

2) 硬件描述语言

常用硬件描述语言有 VHDL、Verilog 和 ABEL 语言。VHDL 起源于美国国防部的 VHSIC,Verilog 起源于集成电路的设计,ABEL 则来源于可编程逻辑器件的设计。

下面对这三种语言进行简要的对比:

(1) 逻辑描述层次:一般的硬件描述语言可以在三个层次上进行电路描述,其层次由高到低依次可分为行为级、RTL 级和门电路级。VHDL 语言是一种高级描述语言,适用于行为级和 RTL 级的描述,最适于描述电路的行为;Verilog 语言和 ABEL 语言是一种较低级的描述语言,适用于 RTL 级和门电路级的描述,最适于描述门级电路。

(2) 设计要求:用 VHDL 进行电子系统设计时,可以不了解电路的结构细节,设计者所做的工作较少;用 Verilog 和 ABEL 语言进行电子系统设计时,则需了解电路的结构细节,设计者需做大量的工作。

(3) 综合过程:任何一种语言源程序,最终都要转换成门电路级才能被布线器或适配器所接受。因此,VHDL 语言源程序的综合通常要经过行为级→RTL 级→门电路级的转化,VHDL 语言几乎不能直接控制门电路的生成。而 Verilog 语言和 ABEL 语言源程序的

综合过程要稍简单,即只需经过 RTL 级→门电路级的转化,易于控制电路资源。

(4) 对综合器的要求: VHDL 描述语言层次较高,不易控制底层电路,因而对综合器的性能要求较高; Verilog 和 ABEL 对综合器的性能要求则相对较低。

(5) 支持的 EDA 工具: 支持 VHDL 和 Verilog 的 EDA 工具很多,但支持 ABEL 的综合器仅 Dataio 一家。

(6) 国际化程度: VHDL 和 Verilog 已成为 IEEE 标准,而 ABEL 正朝国际化标准努力。在 21 世纪中,VHDL 与 Verilog 语言将承担几乎全部的数字系统设计任务。

3) EDA 设计软件

基于高复杂度 PLD 器件的开发,在很大程度上要依靠 EDA 软件完成。PLD 的 EDA 工具以计算机软件为主,将典型的单元电路封装起来形成固定模块并形成标准的硬件开发语言(如 HDL 语言)供设计人员使用。PLD 开发软件需要自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合及优化、布局布线、仿真以及对于特定目标芯片的适配编译和编程下载等工作。典型的 EDA 工具中必须包含两个特殊的软件包,即综合器和适配器。

综合器的功能是将设计者在 EDA 平台上完成的针对某个系统项目的 HDL、原理图或状态图形描述,针对给定的硬件系统组件,进行编译、优化、转换和综合。

适配器就是将综合后网表文件针对某一具体的目标器件进行逻辑映射操作,其中包括底层器件配置、逻辑分割、优化、布局布线操作。适配完成后可以利用适配所产生的仿真文件做精确的时序仿真,同时产生可用于编程的文件。

4) 硬件开发平台

硬件开发平台提供芯片下载电路及 EDA 实验/开发的外围资源,以供硬件验证用。硬件开发平台一般包括:

- (1) 实验或开发所需各类基本信号发生模块,包括时钟、脉冲、高低电平等。
- (2) PLD 输出信息显示模块,包括数码显示、发光管显示、声响指示等。
- (3) 监控程序模块,提供“电路重构软配置”。
- (4) 目标芯片适配座以及上面的 FPGA/CPLD 目标芯片和编程下载电路。

1.3 EDA 技术的特点

知识点

- ◇ 对比传统设计方式与 EDA 设计方式的不同之处,了解 EDA 技术的特点。

1.3.1 传统的设计方法

传统的设计方法是采用“自底向上”(Bottom-Up)的设计思想,主要有两部分任务:设计分解和构造系统。

1. 设计分解

- 确定设计目标。
- 功能模块分解。
- 进一步细分,直到可用市面上买到的元器件构建此模块为止。