



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

电子科学与技术

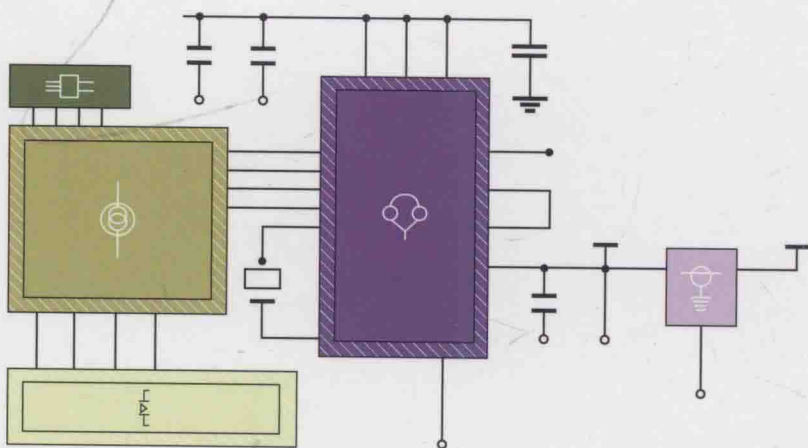
E DA Technology and Applications Based on
Qsys and VHDL

EDA技术与应用

基于Qsys 和VHDL

刘昌华 编著

Liu Changhua



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

EDA Technology and Applications Based
on Qsys and VHDL

EDA技术与应用

基于Qsys 和VHDL

刘昌华 编著

Liu Changhua



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从教学和工程应用的角度介绍 EDA 技术的基本概念、应用特点、可编程逻辑器件、Quartus II 13.0、Qsys、Nios II EDS 等 EDA 开发工具的基本使用方法和技巧,还介绍了常用逻辑单元电路的 VHDL 建模技术,并通过大量设计实例详细地介绍基于 EDA 技术的层次化设计方法。书中列举的设计实例都经由 Quartus II 13.0 工具编译通过,并在 DE2-115 开发平台上通过了硬件测试,可直接使用。

本书的特点是以数字电路和系统设计为主线,着眼于实用性,紧密联系数字电路和系统的实践性教学环节和科研实际,结合丰富的实例,按照由浅入深的学习规律,循序渐进,逐步引入相关 EDA 技术和工具,内容通俗易懂、重点突出。

本书共 6 章,各章均配有思考与练习,第 3~5 章给出了相关实验,便于读者学习和教学使用。本书可作为高等院校电子、通信、自动化及计算机等专业 EDA 应用技术的教学用书,也可作为电子设计工程师技术培训的参考用书。

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 技术与应用:基于 Qsys 和 VHDL/刘昌华编著. —北京:清华大学出版社,2017
(高等学校电子信息类专业系列教材)
ISBN 978-7-302-45695-7

I. ①E… II. ①刘… III. ①电子电路—电路设计—计算机辅助设计 IV. ①TN702.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 289161 号

责任编辑:刘 星 战晓雷

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:21.25

字 数:518 千字

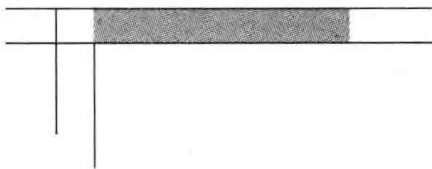
版 次:2017 年 3 月第 1 版

印 次:2017 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

序



我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。

其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017 年)建设约 100 门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

我们正处在信息的时代,事物的发展和技术的进步,对传统的教育体系和人才培养模式提出了新的挑战。面向 21 世纪的高等教育正在对专业结构、课程体系、教学内容和教学方法进行系统的和整体的改革,教材建设是改革的重要内容之一。随着信息技术的飞速发展,各行各业对信息学科人才的需求越来越大。为社会培养更多的具有创新能力,解决实际问题的能力和高素质的信息学科人才,是目前高等教育的重要任务之一。

本书以 Altera 公司的 Quartus II 13.0 平台和 VHDL 为主介绍了 EDA 的设计方法,结合丰富的实例,按照由浅入深的学习规律,循序渐进,逐步引入相关 EDA 技术和工具,内容通俗易懂、重点突出。教学内容具有基础性和时代性,从理论与实践两方面解决了与后续课程的衔接,具有系统性强、内容新颖、适用性广的特点,希望能对 EDA 技术的教学和科研起到促进作用。全书概念清晰,语言流畅,可读性强,并配有大量的图表,以增强表述效果。

本书共 6 章,各章主要内容如下:

第 1 章介绍 EDA 技术的发展历程,EDA 设计流程及其涉及的领域与发展趋势,互联网上的 EDA 资源。

第 2 章介绍 PROM、PLA、PAL、GAL、CPLD、FPGA 等各种可编程逻辑器件的电路结构、工作原理、使用方法和可编程逻辑器件的未来发展方向。

第 3 章介绍 Quartus II 13.0 设计流程和设计方法,重点介绍了基于原理图输入和基于文本输入的设计流程,定制元件工具 MegaWizard 管理器的使用,时序分析工具和逻辑分析仪的使用,并给出了相关的习题与实验供读者练习以加深理解。

第 4 章以示例形式介绍 VHDL 语言的基础知识与设计方法。

第 5 章介绍了 Nios II 处理器系统的基本结构,Qsys 技术的基本概念,Nios II 软核处理器,基于 Qsys 技术的软硬件设计方法。

第 6 章通过 VHDL 实现的设计实例,进一步介绍 EDA 技术在组合逻辑、时序逻辑、状态机设计和存储器设计方面的应用;并给出了相关习题与设计型和研究型实验供读者练习以加深理解。

武汉轻工大学 Altera 公司 EDA/SOPC 联合实验室在 2011 年创建时就得到了 Altera 公司的大力支持,作为联合实验室成员,本书作者较早地在教学和科研实践中使用了这些产品,具有一定的教学和实践经验。本书是作者总结多年从事理论教学与实验教学的经验,从传授知识和培养能力的目标出发,结合课程教学的特点、难点和要点编写而成的。

Foreword

本书提供教学课件和相关源代码,请在清华大学出版社网站的本书页面上下载。

本书由刘昌华编著,在编写本书的过程中,参考了许多同行专家的专著和文章,武汉轻工大学 Altera 公司 EDA/SOPC 联合实验室和武汉轻工大学数学与计算机学院嵌入式系统研究室的老师均提出了许多宝贵意见,并给予了大力支持和鼓励,在此一并表示感谢。

EDA 技术发展迅猛,应用领域不断扩大,鉴于编者水平有限,书中难免会有一些不足之处,敬请各位专家批评指正。如果有关于本书的问题,请通过电子邮件 liuch@whpu.edu.cn 与作者联系。

刘昌华

2016 年 8 月 18 日

图书资源支持

感谢您一直以来对清华版图书的支持和爱护。为了配合本书的使用,本书提供配套的素材,有需求的用户请到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn>)上查询和下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本书的过程中遇到了什么问题,或者有相关图书出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

我们的联系方式:

地 址: 北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮 编: 100084

电 话: 010-62770175-4604

资源下载: <http://www.tup.com.cn>

电子邮件: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

QQ: 883604(请写明您的单位和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注清华大学出版社公众号“书圈”。



扫一扫

资源下载、样书申请
新书推荐、技术交流

目 录

第 1 章 EDA 概述	1
1.1 EDA 技术及其发展	1
1.1.1 EDA 技术的发展历程	1
1.1.2 EDA 技术的主要内容	2
1.1.3 EDA 技术的发展趋势	3
1.2 硬件描述语言	4
1.2.1 硬件描述语言的起源	4
1.2.2 HDL 语言的特征	5
1.3 EDA 技术的层次化设计方法与流程	6
1.3.1 EDA 技术的层次化设计方法	6
1.3.2 EDA 技术的设计流程	8
1.4 EDA 工具软件简介	11
1.4.1 Altera 公司的 EDA 开发工具	12
1.4.2 Xilinx 公司的 EDA 开发工具	13
1.4.3 其他仿真软件	14
1.5 IP 核	15
1.6 互联网上的 EDA 资源	16
1.7 本章小结	17
1.8 思考与练习	18
第 2 章 可编程逻辑器件	19
2.1 可编程逻辑器件的发展历程及特点	19
2.1.1 可编程逻辑器件的发展历程	19
2.1.2 可编程逻辑器件的特点	20
2.2 可编程逻辑器件分类	21
2.2.1 按集成度分	21
2.2.2 按编程特性分	22

2.2.3	按结构分	23
2.3	简单 PLD	23
2.3.1	PLD 中阵列的表示方法	23
2.3.2	PROM	25
2.3.3	PLA 器件	26
2.3.4	PAL 器件	27
2.3.5	GAL 器件	28
2.4	CPLD	29
2.4.1	传统的 CPLD 的基本结构	29
2.4.2	最新 CPLD 的基本结构	31
2.5	FPGA	32
2.5.1	传统 FPGA 的基本结构	32
2.5.2	最新 FPGA 的基本结构	34
2.6	可编程逻辑器件的发展趋势	35
2.6.1	先进工艺	35
2.6.2	处理器内核	36
2.6.3	硬核与结构化 ASIC	37
2.6.4	低成本器件	38
2.7	本章小结	39
2.8	思考与练习	39

第 3 章

Quartus II 开发系统

41

3.1	Quartus II 简介	41
3.1.1	Quartus II 13.0 的特点	41
3.1.2	Quartus II 13.0 系统安装许可与技术支持	42
3.1.3	Quartus II 设计流程	43
3.2	Quartus II 13.0 设计入门	49
3.2.1	启动 Quartus II 13.0	49
3.2.2	设计输入	53
3.2.3	编译综合	59
3.2.4	硬件测试	63
3.3	基于原理图输入的 Quartus II 设计	66
3.4	基于文本输入的 Quartus II 设计	71
3.5	基于 LPM 可定制宏功能模块的 Quartus II 设计	76
3.6	TimeQuest 时序分析	87
3.6.1	时序分析的特点	87
3.6.2	时序分析的基本概念	88
3.6.3	使用 TimeQuest 时序分析器约束分析设计	91
3.7	嵌入式逻辑分析仪的使用	99

3.7.1	Quartus II 的 SignalTap II 原理	99
3.7.2	SignalTap II 使用流程	100
3.7.3	在设计中嵌入 SignalTap II 逻辑分析仪	100
3.8	实验	107
3.8.1	实验 3-1: Quartus II 原理图输入设计法	107
3.8.2	实验 3-2: 4-16 线译码器的 EDA 设计	109
3.8.3	实验 3-3: 基于 MSI 芯片设计计数器	110
3.8.4	实验 3-4: LPM 宏功能模块的使用	111
3.8.5	实验 3-5: Quartus II 设计正弦信号发生器	113
3.9	本章小结	115
3.10	思考与练习	116

第 4 章 VHDL 设计基础

119

4.1	VHDL 的基本组成	119
4.1.1	实体	119
4.1.2	构造体	122
4.1.3	程序包	126
4.1.4	库	127
4.1.5	配置	129
4.2	VHDL 的基本要素	131
4.2.1	VHDL 的标识符	131
4.2.2	VHDL 的客体	132
4.2.3	VHDL 的数据类型	134
4.2.4	VHDL 的运算符	140
4.3	VHDL 的基本语句	142
4.3.1	顺序语句	142
4.3.2	并行语句	150
4.4	实验	159
4.4.1	实验 4-1: 应用 VHDL 设计简单组合逻辑	159
4.4.2	实验 4-2: 算术加法运算电路的 VHDL 设计	162
4.4.3	实验 4-3: 应用 VHDL 完成简单时序电路设计	164
4.4.4	实验 4-4: 设计 VHDL 加法计数器	166
4.4.5	实验 4-5: 设计移位运算器	168
4.5	本章小结	171
4.6	思考与练习	173

第 5 章 基于 Nios II 的 Qsys 软硬件设计

176

5.1	Qsys 技术简介	176
5.1.1	SOPC 简介	176

5.1.2	Qsys 简介	177
5.1.3	Qsys 的功能特点	178
5.2	Qsys 设计流程	179
5.3	Qsys 用户界面	180
5.3.1	系统元件页	180
5.3.2	系统选项	181
5.3.3	Qsys 菜单命令简介	182
5.4	Nios II 处理器系统	183
5.4.1	Nios II 嵌入式处理器简介	183
5.4.2	基于 Nios II 的软硬件开发流程	184
5.4.3	HAL 系统库	186
5.4.4	使用 HAL 开发应用程序	187
5.5	基于 Nios II 的 Qsys 开发实例	189
5.5.1	硬件部分	189
5.5.2	软件部分	202
5.6	实验	211
5.6.1	实验 5-1: 七段数码管显示实验	211
5.6.2	实验 5-2: 按键控制数码管递增实验	217
5.6.3	实验 5-3: 跑马灯实验	221
5.6.4	实验 5-4: 自定义 PWM 组件实验	223
5.7	本章小结	232
5.8	思考与练习	233
第 6 章	EDA 技术的应用	244
6.1	组合逻辑电路的设计应用	244
6.1.1	编码器设计	244
6.1.2	译码器的设计	246
6.1.3	多路选择器的设计	249
6.1.4	加法器设计	251
6.1.5	数值比较器	255
6.1.6	算术逻辑运算器	256
6.2	时序逻辑电路的设计应用	258
6.2.1	触发器	258
6.2.2	锁存器和寄存器	262
6.2.3	计数器	266
6.3	状态机的设计	273
6.3.1	有限状态机的 VHDL 建模	274
6.3.2	Moore 状态机 VHDL 设计	278
6.3.3	Mealy 状态机 VHDL 设计	279

6.4	存储器的设计	281
6.4.1	ROM 的设计	281
6.4.2	RAM 的设计	282
6.4.3	FIFO 的设计	284
6.5	EDA 综合设计	285
6.5.1	简易数字钟的设计	285
6.5.2	出租车自动计费器 EDA 设计	288
6.5.3	数字密码锁 EDA 设计	293
6.6	本章小结	300
6.7	思考与练习	301
附录 A	DE2-115 开发板引脚配置信息	307
参考文献		326

第1章

EDA 概述

【学习目标】

通过对本章内容的学习,能够了解 EDA 技术的主要内容和 EDA 工具各模块的主要功能,理解 EDA 技术的层次化设计方法与流程,掌握 EDA 技术的设计流程。

【教学建议】

理论学时:2 学时。重点讲解 EDA 技术发展与主要内容,EDA 技术的层次化设计方法与设计流程,常用的 EDA 软件。

1.1 EDA 技术及其发展

20 世纪后半期,随着集成电路和计算机的不断发展,电子技术面临着严峻的挑战。由于电子技术发展周期不断缩短,专用集成电路(Application Specific IC, ASIC)的设计面临着难度不断提高与设计周期不断缩短的矛盾。为了解决这个问题,要求设计者必须采用新的设计方法和使用高层次的设计工具。在此情况下,EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)技术应运而生。

1.1.1 EDA 技术的发展历程

EDA 技术是以计算机为工作平台,以 EDA 软件工具为开发环境,以硬件描述语言为设计语言,以可编程器件为实验载体,以 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit)、SoC(System on Chip)芯片为目标器件,以数字系统设计为应用方向的电子产品自动化设计过程。

随着现代半导体的精密加工技术发展到了深亚微米($0.18\sim 0.35\mu\text{m}$)阶段,基于大规模或超大规模集成电路技术的定制或半定制 ASIC 器件大量涌现并获得广泛的应用,使整个电子技术与产品的面貌发生了深刻的变化,极大地推动了社会信息化的发展进程。而支撑这一发展进程的主要基础之一就是 EDA 技术。

EDA 技术在硬件方面融合了大规模集成电路制造技术、IC 版图设计技术、ASIC 测试

和封装技术、CPLD/FPGA 技术等；在计算机辅助工程方面融合了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助测试(CAT)技术及多种计算机语言的设计概念；而在现代电子学方面则容纳了更多的内容，如数字电路设计理论、数字信号处理技术、系统建模和优化技术等。因此 EDA 技术为现代数字系统理论和设计的表达与应用提供了可能性，它已不是某一学科的分支，而是一门综合性学科，EDA 技术打破了计算机软件与硬件间的壁垒，使计算机的软件技术与硬件实现、设计效率和产品性能合二为一，它代表了数字电子设计技术和应用技术的发展方向。

EDA 技术伴随着计算机、集成电路、电子系统设计的发展，经历了 3 个发展阶段。

1. CAD 阶段

20 世纪 70 年代发展起来的 CAD(Computer Aided Design)阶段是 EDA 技术发展的早期阶段，在集成电路制作方面，MOS 工艺得到广泛应用，可编程逻辑技术及其器件已经问世，计算机作为一种运算工具已在科研领域得到广泛应用，人们在计算机上进行电路图的输入、存储及 PCB 版图设计的 EDA 软件工具，从而使人们摆脱了用手工进行电子设计时的数量繁难、重复、单调的计算与绘图工作，并逐步取代人工进行电子系统的设计、分析与仿真。

2. CAE 阶段

CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)是在 CAD 工具逐步完善的基础上发展起来的，在 20 世纪 80 年代开始应用。此时集成电路设计技术进入了 CMOS(互补场效应管)时代，复杂可编程逻辑器件已进入商业应用，相应的辅助设计软件也已投入使用。

在这一阶段，人们已将各种电子线路设计工具如电路图输入、编译与连接、逻辑模拟、仿真分析、版图自动生成及各种单元库都集成在一个 CAE 系统中，以实现电子系统或芯片从原理图输入到版图设计输出的全程设计自动化。利用现代的 CAE 系统，设计人员在进行系统设计的时候，已可以把反映系统互连线路对系统性能的影响因素，如板级电磁兼容、板级引线走向等影响物理设计的制约条件一并考虑进去，使电子系统的设计与开发工作更贴近产品实际，更加自动化，更加方便和稳定可靠，极大地提高了工作效率。

3. EDA 阶段

20 世纪 90 年代后期，出现了以硬件描述语言、系统级仿真和综合技术为特征的 EDA(Electronics Design Automation)技术。随着硬件描述语言 HDL 的标准化得到进一步的确立，计算机辅助工程、辅助分析、辅助设计在电子技术领域获得更加广泛的应用。与此同时，电子技术在通信、计算机及家电产品生产中的市场和技术需求极大地推动了全新的电子自动化技术的应用和发展。在这一阶段，电路设计者只需要完成对系统功能的描述，就可以由计算机软件进行系列处理，最后得到设计结果，并且修改设计如同修改软件一样方便，利用 EDA 工具可以极大地提高设计效率。

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。因此，可以说 20 世纪 90 年代 EDA 技术是电子电路设计的革命。

1.1.2 EDA 技术的主要内容

EDA 技术涉及面广，内容丰富，从教学和实用的角度看，主要有以下 4 个方面内容：一

是大规模可编程逻辑器件；二是硬件描述语言；三是软件开发工具；四是实验开发系统。大规模可编程逻辑器件是利用 EDA 技术进行电子系统设计的载体；硬件描述语言是利用 EDA 技术进行电子系统设计的主要表达手段；软件开发工具是利用 EDA 技术进行电子系统设计的智能化、自动化设计工具；实验开发系统是利用 EDA 技术进行电子系统设计的下载工具及硬件验证工具。利用 EDA 技术进行数字系统设计,具有以下特点:

(1) 全程自动化。用软件方式设计的电子系统到硬件系统的转换,是由开发软件自动完成的。

(2) 工具集成化。具有开放式的设计环境,这种环境也称为框架结构(framework),它在 EDA 系统中负责协调设计过程和管理设计数据,实现数据与工具的双向流动。它的优点是可以将不同公司的软件工具集成到统一的计算机平台上,使之成为一个完整的 EDA 系统。

(3) 操作智能化。使设计人员不必学习许多深入的专业知识,也可免除许多推导运算即可获得优化的设计成果。

(4) 执行并行化。由于多种工具采用了统一的数据库,一个软件的执行结果马上可被另一个软件所使用,使得原来要串行的设计步骤变成了同时并行的过程,也称为“同时工程”(concurrent engineering)。

(5) 成果规范化。都采用硬件描述语言,它是 EDA 系统的一种设计输入模式,可以支持从系统级到门级的多层次硬件描述。

1.1.3 EDA 技术的发展趋势

EDA 技术在进入 21 世纪后,得到了更大的发展,突出表现在以下几个方面:

(1) 使电子设计成果以自主知识产权的方式得以明确表达和确认成为可能。

(2) 使仿真和设计两方面支持标准硬件描述语言、功能强大的 EDA 软件不断推出。

(3) 电子技术全方位纳入 EDA 领域,除了日益成熟的数字技术外,传统的电路系统设计建模理念发生了重大的变化:软件无线电技术的崛起,模拟电路系统硬件描述语言的表达和设计的标准化,系统可编程模拟器件的出现,数字信号处理和图像处理的全硬件实现方案的普遍接受,软硬件技术的进一步融合等。

(4) EDA 使得电子领域各学科——模拟与数字、软件与硬件、系统与器件、专用集成电路 ASIC 与 FPGA、行为与结构等的界限更加模糊,更加互为包容。

(5) 更大规模的 FPGA 和 CPLD(Complex Programmable Logic Device,复杂可编程逻辑器件)器件不断推出。

(6) 基于 EDA 工具的 ASIC 设计标准单元已涵盖大规模电子系统及 IP 核模块。

(7) 软件 IP 核在电子产业的产业领域、技术领域和设计应用领域得到进一步确认。

(8) 单片电子系统 SoC(System on Circuit)高效、低成本设计技术的成熟。

总之,随着系统开发对 EDA 技术的目标器件的各种性能要求的提高,ASIC 和 FPGA 将在更大程度上相互融合。这是因为虽然标准逻辑器件 ASIC 芯片尺寸小,功能强大,耗电省,但设计复杂,并且有批量生产要求;可编程逻辑器件开发费用低廉,能在现场进行编程,但体积大,功能有限,而且功耗较大。因此,FPGA 和 ASIC 正在走到一起,互相融合,取长

补短。由于一些 ASIC 制造商提供具有可编程逻辑的标准单元,可编程器件制造商重新对标准逻辑单元发生兴趣,而有些公司采取两头并进的方法,从而使市场开始发生变化,在 FPGA 和 ASIC 之间正在诞生一种“杂交”产品,以满足成本和上市速度的要求。例如将可编程逻辑器件嵌入标准单元。

目前也在进行将 ASIC 嵌入可编程逻辑单元的工作。许多 PLD 公司开始为 ASIC 提供 FPGA 内核,PLD 厂商与 ASIC 制造商结盟,为 SoC 设计提供嵌入式 FPGA 模块,使未来的 ASIC 供应商有机会更快地进入市场,利用嵌入式内核获得更长的市场生命期。传统 ASIC 和 FPGA 之间的界限正变得模糊。系统级芯片不仅集成 RAM 和微处理器,也集成 FPGA,整个 EDA 和 IC 设计工业都正朝这个方向发展。

1.2 硬件描述语言

硬件描述语言(Hardware Description Language,HDL)是硬件设计人员和电子设计自动化工具(EDA)之间的界面。其主要目的是用来编写设计文件建立电子系统行为级的仿真模型,即利用计算机的巨大计算能力对用 HDL 建模的复杂逻辑进行仿真,然后再自动综合以生成符合要求且在电路结构上可以实现的逻辑网表(netlist)。根据网表和某种工艺的器件自动生成具体电路,然后生成该工艺条件下这种具体电路的延时模型,仿真验证无误后用于制造 ASIC 芯片或写入 FPGA 器件中。

在 EDA 技术领域中把用 HDL 语言建立的数字模型称为软核(soft core),把用 HDL 建模和综合后生成的网表称为固核(hard core),对这些模块的重复利用缩短了开发时间,提高了产品开发率,提高了设计效率。

随着 PC 平台上的 EDA 工具的发展,PC 平台上的 HDL 仿真综合性能已相当优越,这就为大规模普及这种新技术铺平了道路,随着电子系统向集成化、大规模、高速度的方向发展,HDL 语言将成为电子系统硬件设计人员必须掌握的语言。

1.2.1 硬件描述语言的起源

硬件描述语言种类很多,有的从 Pascal 发展而来,也有一些从 C 语言发展而来。有些 HDL 成为 IEEE 标准,但大部分是本企业标准。在 HDL 形成发展之前,已有了许多程序设计语言,如汇编语言、C 语言、Pascal、FORTRAN、PROLOG 等。这些语言运行在不同硬件平台、不同的操作环境中,它们适合于描述过程和算法,不适宜作硬件描述。CAD 的出现,使人们可以利用计算机进行建筑、服装等行业的辅助设计,而电子辅助设计也同步发展起来。在利用 EDA 工具进行电子设计时,基于逻辑图设计越来越复杂的电子系统已显得力不从心。任何一种 EDA 工具都需要一种硬件描述语言来作为 EDA 工具的工作语言。众多的 EDA 工具软件开发开发者各自推出了自己的 HDL 语言。在我国比较有影响的硬件描述语言有 ABEL-HDL、Verilog HDL、AHDL 和 VHDL,表 1-1 给出了常见 HDL 语言的主要特点和常用 EDA 平台列表。