

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



EDA技术及应用

(第2版)

朱正伟 王其红 韩学超 编著

清华大学出版社

21世纪高

电子信
息 616274

EDA技术及应用

(第2版)

朱正伟 王其红 韩学超 编著

清华大学出版社
北京

181833A

内 容 简 介

本教材在编写时突破传统课程体系的制约,对课程体系等进行综合改革,融入了本领域最新的科研与教学改革成果,确保课程的系统性与先进性,使之能更好地适应 21 世纪人才培养模式的需要。教材的主要特点有:①创新性。本教材突破传统的 VHDL 语言教学模式和流程,将普遍认为较难学习的 VHDL 用全新的教学理念和编排方式给出,并与 EDA 工程技术有机结合,达到了良好的教学效果,同时大大缩短了授课时数。全书以数字电路设计为基点,从实例的介绍中引出 VHDL 语句语法内容,通过一些简单、直观、典型的实例,将 VHDL 中最核心、最基本的内容解释清楚,使读者在很短的时间内就能有效地把握 VHDL 的主干内容,并付诸设计实践。②系统性。本教材内容全面,注重基础,理论联系实际,并使用大量图表说明问题,编写简明精练、针对性强,设计实例都通过了编译,设计文件和参数选择都经过验证,便于读者对内容的理解和掌握。③实用性。本教材注重实用、讲述清楚、由浅入深,书中的实例具有很高的参考价值和实用价值,能够使读者掌握较多的实战技能和经验。它既可作为高等院校电气、自动化、计算机、通信、电子类专业的研究生、本科生的教材或参考书,也可供广大 ASIC 设计人员和电子电路设计人员阅读参考。

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/朱正伟等编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2013. 3

(21 世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-31260-4

I. ①E… II. ①朱… III. ①电子电路—电路设计—计算机辅助设计 IV. ①TM702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 001662 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:王静怡

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 装 者:保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:589 千字

版 次:2005 年 10 月第 1 版 2013 年 3 月第 2 版 印 次:2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50 元

产品编号:039158-01

编审委员会成员

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方勇	教授
上海交通大学	朱杰	教授
	何晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
华中师范大学	吴彦文	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授

西南交通大学	冯全源	教授
	金炜东	教授
重庆工学院	余成波	教授
重庆通信学院	曾凡鑫	教授
重庆大学	曾孝平	教授
重庆邮电学院	谢显中	教授
	张德民	教授
西安电子科技大学	彭启琮	教授
	樊昌信	教授
西北工业大学	何明一	教授
集美大学	迟岩	教授
云南大学	刘惟一	教授
东华大学	方建安	教授

出版说明

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、教学内容和教学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。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)技术是现代电子工程领域的一门新技术,它提供了基于计算机和信息技术的电路系统设计方法。EDA 技术的发展和推广应用极大地推动了电子工业的发展。随着 EDA 技术的发展,硬件电子电路的设计几乎全部可以依靠计算机来完成,这样就大大缩短了硬件电子电路设计的周期,从而使制造商可以迅速开发出品种多、批量小的产品,以满足市场的需求。EDA 教学和产业界的技术推广是当今世界的一个技术热点,EDA 技术是现代电子工业中不可缺少的一项技术。

本书在《EDA 技术及应用》(清华大学出版社,2005 年)的基础上,根据 EDA 技术的发展,对原书内容总结提高、修改增删而成。教材修订时主要做了如下改进工作:①改写了第 1 章和第 2 章的大部分内容,介绍了 EDA 技术的最新发展趋势,增加了一些工程应用方面的知识的介绍。②考虑到 EDA 工具软件的发展,专门增加了第 7 章,通过实例介绍了 Quartus II 9.0 的应用方法,但考虑到部分教学单位可能仍然使用 MAX+plus II,因此 MAX+plus II 工具软件的介绍仍然保留。③考虑到 EDA 技术在通信领域的广泛应用,在实例介绍时增加 EDA 技术在通信系统中的应用例子。④重新整理并增删了部分章节所附的习题,帮助学生加深对课程内容的理解,以使学生在深入掌握课程内容的基础上扩展知识。

本书共分 8 章,第 1 章对 EDA 技术作了综述,解释了有关概念;第 2 章介绍 PLD 器件的发展、分类,CPLD/FPGA 器件的结构及特点,以及设计流程等;第 3 章介绍了原理图输入设计方法;第 4 章通过几个典型的实例介绍了 VHDL 设计方法;第 5 章进一步描述了 VHDL 语法结构及编程方法;第 6 章介绍了状态机设计方法;第 7 章通过实例详细介绍了基于 Quartus II 9.0 的输入设计流程,包括设计输入、综合、适配、仿真测试和编程下载等方法;第 8 章通过 12 个数字系统设计实践,进一步介绍了用 EDA 技术来设计大型复杂数字逻辑电路的方法。本书的所有实例都经过上机调试,许多实例给出了仿真波形,希望对读者在学习过程中能够有所帮助。

本书在编写过程中,引用了诸多学者、专家的著作和论文中的研究成果,在这里向他们表示衷心的感谢。清华大学出版社的同志也为本书的出版付出了艰辛的劳动,在此一并表示深深的敬意和感谢。

本书由朱正伟教授主编,并编写第 3~5 章及第 8 章部分内容,副主编王其红教授编写了第 1 章、第 2 章及第 8 章部分内容,副主编韩学超老师编写了第 7 章及第 8 章部分内容,第 6 章由张小鸣教授编写,储开斌老师参加了部分章节的编写。

由于 EDA 技术发展迅速,加之作者水平有限,时间仓促,错误和疏漏之处在所难免,敬请各位读者不吝赐教。

编者

2012.11



目录

第 1 章 EDA 技术概述	1
1.1 EDA 技术及其发展	1
1.1.1 EDA 技术含义	1
1.1.2 EDA 技术的发展历程	1
1.1.3 EDA 技术的基本特征	4
1.2 EDA 技术的实现目标与 ASIC 设计	6
1.2.1 EDA 技术的实现目标	6
1.2.2 ASIC 的特点与分类	7
1.2.3 ASIC 的设计方法	7
1.2.4 IP 核复用技术与 SOC 设计	10
1.3 硬件描述语言	12
1.3.1 VHDL	13
1.3.2 Verilog HDL	14
1.3.3 ABEL-HDL	14
1.3.4 VHDL 和 Verilog HDL 的比较	15
1.4 常用 EDA 工具	15
1.4.1 设计输入编辑器	15
1.4.2 综合器	16
1.4.3 仿真器	16
1.4.4 适配器	16
1.4.5 编程下载	17
1.5 EDA 的工程设计流程	17
1.5.1 设计输入	17
1.5.2 综合	18
1.5.3 适配	18
1.5.4 时序仿真与功能仿真	18
1.5.5 编程下载	18
1.5.6 硬件测试	19
1.6 MAX+plus II 集成开发环境	19
1.6.1 MAX+plus II 简介	19
1.6.2 软件的安装	20
1.6.3 软件组成	20

1.6.4	设计流程	21
1.7	Quartus II 集成开发环境	22
1.7.1	Quartus II 简介	22
1.7.2	Quartus II 9.0 软件的安装	23
1.7.3	Quartus II 9.0 图形用户界面介绍	26
1.8	EDA 技术发展趋势	32
	思考题与习题	34
第 2 章	可编程逻辑器件	35
2.1	可编程逻辑器件概述	35
2.1.1	PLD 发展历程	35
2.1.2	目前流行可编程器件的特点	36
2.1.3	可编程逻辑器件的基本结构和分类	37
2.1.4	PLD 相对于 MCU 的优势所在	40
2.2	CPLD 的结构与工作原理	42
2.2.1	CPLD 的基本结构	42
2.2.2	Altera 公司 MAX7000 系列 CPLD 简介	42
2.3	FPGA 的结构与工作原理	47
2.3.1	FPGA 的基本结构	47
2.3.2	Cyclone III 系列器件的结构原理	49
2.4	可编程逻辑器件的测试技术	55
2.4.1	内部逻辑测试	55
2.4.2	JTAG 边界扫描	55
2.4.3	嵌入式逻辑分析仪	59
2.5	CPLD/FPGA 的编程与配置	59
2.5.1	CPLD 在系统编程	60
2.5.2	FPGA 配置方式	61
2.5.3	FPGA 专用配置器件	62
2.5.4	使用单片机配置 FPGA	63
2.5.5	使用 CPLD 配置 FPGA	65
2.6	CPLD/FPGA 开发应用选择	65
	思考题与习题	66
第 3 章	原理图输入设计方法	67
3.1	原理图设计方法	67
3.1.1	内附逻辑函数	67
3.1.2	编辑规则	68
3.1.3	原理图编辑工具	68
3.1.4	原理图编辑流程	69

3.1.5	设计项目的处理	72
3.1.6	设计项目的校验	76
3.1.7	器件编程	81
3.2	1 位全加器设计	83
3.2.1	建立文件夹	83
3.2.2	输入设计项目和存盘	84
3.2.3	将设计项目设置成工程文件	84
3.2.4	选择目标器件并编译	84
3.2.5	时序仿真	84
3.2.6	引脚锁定	86
3.2.7	编程下载	86
3.2.8	设计顶层文件	87
3.3	数字电子钟设计	87
3.3.1	六十进制计数器设计	87
3.3.2	十二进制计数器设计	91
3.3.3	数字电子钟顶层电路设计	91
3.4	利用 LPM 兆功能块的电路设计	93
3.4.1	常用 LPM 兆功能块	93
3.4.2	基于 LPM_COUNTER 的数据分频器设计	94
3.4.3	制作一个兆功能模块	96
3.5	波形输入设计	97
3.5.1	创建波形设计新文件并指定工程名称	98
3.5.2	创建输入、输出和隐埋节点	98
3.5.3	编辑隐埋状态机节点波形	99
3.5.4	编辑输入和输出节点波形	100
3.5.5	查看波形情况	101
3.5.6	保存文件并检查错误	101
3.5.7	创建默认的功能模块	101
	思考题与习题	101
第 4 章	VHDL 设计初步	103
4.1	概述	103
4.1.1	常用硬件描述语言简介	103
4.1.2	VHDL 的特点	104
4.1.3	VHDL 程序设计约定	105
4.2	VHDL 语言的基本单元及其构成	105
4.2.1	2 选 1 多路选择器的 VHDL 描述	105
4.2.2	VHDL 程序的基本结构	106
4.2.3	实体	107

4.2.4	结构体	109
4.3	VHDL 文本输入设计方法初步	111
4.3.1	项目建立与 VHDL 源文件输入	112
4.3.2	将当前设计设定为工程	112
4.3.3	选择 VHDL 文本编译版本号和排错	113
4.3.4	时序仿真	114
4.4	VHDL 程序设计举例	115
4.4.1	D 触发器的 VHDL 描述	115
4.4.2	1 位二进制全加器的 VHDL 描述	118
4.4.3	4 位加法计数器的 VHDL 描述	123
	思考题与习题	126
第 5 章	VHDL 设计进阶	127
5.1	VHDL 语言要素	127
5.1.1	VHDL 文字规则	127
5.1.2	VHDL 数据对象	129
5.1.3	VHDL 数据类型	133
5.1.4	VHDL 操作符	144
5.2	VHDL 顺序语句	148
5.2.1	赋值语句	149
5.2.2	转向控制语句	151
5.2.3	WAIT 语句	158
5.2.4	子程序调用语句	159
5.2.5	返回语句	160
5.2.6	NULL 语句	161
5.2.7	其他语句	162
5.3	VHDL 并行语句	166
5.3.1	进程语句	166
5.3.2	并行信号赋值语句	168
5.3.3	块语句	171
5.3.4	并行过程调用语句	172
5.3.5	元件例化语句	173
5.3.6	生成语句	175
5.4	子程序	179
5.4.1	函数	179
5.4.2	重载函数	181
5.4.3	过程	182
5.4.4	重载过程	184
5.5	库、程序包及其配置	185

5.5.1	库	185
5.5.2	程序包	187
5.5.3	配置	189
5.6	VHDL 描述风格	191
5.6.1	行为描述	192
5.6.2	数据流描述	193
5.6.3	结构描述	193
5.7	常用单元的设计举例	194
5.7.1	组合逻辑电路设计	194
5.7.2	时序逻辑电路设计	202
5.8	VHDL 与原理图混合设计方式	208
5.8.1	4 位二进制计数器的 VHDL 设计	208
5.8.2	七段显示译码器的 VHDL 设计	209
5.8.3	顶层文件原理图设计	210
5.8.4	查看工程的层次结构	210
	思考题与习题	212
第 6 章	有限状态机设计	214
6.1	概述	214
6.1.1	关于状态机	214
6.1.2	状态机的特点	214
6.1.3	状态机的基本结构和功能	215
6.2	一般有限状态机的设计	216
6.2.1	一般有限状态机的组成	216
6.2.2	设计实例	217
6.3	Moore 型状态机的设计	218
6.3.1	多进程 Moore 型有限状态机	219
6.3.2	用时钟同步输出的 Moore 型有限状态机	222
6.4	Mealy 型有限状态机的设计	224
6.4.1	多进程 Mealy 型有限状态机	225
6.4.2	用时钟同步输出信号的 Mealy 型状态机	227
6.5	状态编码	229
6.5.1	状态位直接输出型编码	229
6.5.2	顺序编码	231
6.5.3	一位热码编码	232
6.6	状态机剩余状态处理	232
	思考题与习题	233
第 7 章	Quartus II 工具应用初步	235
7.1	Quartus II 一般设计流程	235

7.2	Quartus II 设计实例	235
7.2.1	实例设计说明	236
7.2.2	模块的层次划分	236
7.2.3	创建工程	237
7.2.4	建立设计输入文件	239
7.2.5	分析综合	246
7.2.6	布局布线	250
7.2.7	建立约束重编译	252
7.2.8	仿真	260
7.2.9	编程及配置	264
7.2.10	SignalTap II 逻辑分析仪实时测试	266
第 8 章	数字电子系统设计实践	270
8.1	移位相加 8 位硬件乘法器设计	270
8.1.1	硬件乘法器的功能	270
8.1.2	硬件乘法器的设计思路	270
8.1.3	硬件乘法器的设计	270
8.1.4	硬件乘法器的波形仿真	273
8.2	十字路口交通管理器设计	273
8.2.1	交通管理器的功能	273
8.2.2	交通管理器的设计思路	274
8.2.3	交通管理器的设计	274
8.2.4	交通管理器的波形仿真	278
8.3	可编程定时/计数器设计	278
8.3.1	可编程定时/计数器的功能	278
8.3.2	可编程定时/计数器的设计思路	278
8.3.3	可编程定时/计数器的设计	279
8.3.4	可编程定时/计数器的波形仿真	283
8.4	智能函数发生器设计	284
8.4.1	智能函数发生器的功能	284
8.4.2	智能函数发生器的设计思路	284
8.4.3	智能函数发生器各模块设计	284
8.4.4	智能函数发生器的波形仿真	289
8.5	数据采集系统设计	291
8.5.1	数据采集系统的功能	291
8.5.2	数据采集系统的设计思路	291
8.5.3	数据采集系统各模块设计	293
8.5.4	数据采集系统的波形仿真	295
8.6	乒乓游戏机设计	297

8.6.1	乒乓游戏机的功能	297
8.6.2	乒乓游戏机的设计思路	298
8.6.3	乒乓游戏机各模块设计	298
8.6.4	乒乓游戏机的波形仿真	302
8.7	数字频率计设计	304
8.7.1	数字频率计的功能	304
8.7.2	数字频率计的设计思路	304
8.7.3	数字频率计各模块的设计和实现	306
8.7.4	数字频率计的综合设计	308
8.7.5	数字频率计的波形仿真	312
8.8	3层电梯控制器设计	315
8.8.1	3层电梯控制器的功能	315
8.8.2	3层电梯控制器的设计思路	316
8.8.3	3层电梯控制器的综合设计	316
8.8.4	3层电梯控制器的波形仿真	321
8.9	计算器设计	323
8.9.1	计算器的功能	323
8.9.2	计算器的设计思路	324
8.9.3	计算器各模块的设计和实现	325
8.9.4	计算器的综合设计	331
8.9.5	计算器的波形仿真	337
8.10	健身游戏机设计	340
8.10.1	健身游戏机的功能	340
8.10.2	健身游戏机的设计思路	341
8.10.3	健身游戏机的综合设计	341
8.10.4	健身游戏机的波形仿真	351
8.11	CRC 校验设计	352
8.11.1	CRC 校验编码原理	352
8.11.2	CRC 校验设计实例	353
8.12	线性时不变 FIR 滤波器设计	355
8.12.1	线性时不变滤波器原理	355
8.12.2	线性时不变滤波器设计流程	356
8.12.3	线性时不变滤波器设计实例	358
	参考文献	361

第 1 章

EDA 技术概述

在现代电子设计领域,随着微电子技术的迅猛发展,无论是电路设计、系统设计还是芯片设计,其设计的复杂程度都在不断地增加,而且电子产品更新换代的步伐也越来越快。此时,仅仅依靠传统的手工设计方法已经不能够满足要求,而电子设计自动化技术的发展给电子系统设计带来了革命性的变化,大部分设计工作都可以在计算机上借助 EDA 工具来完成。

1.1 EDA 技术及其发展

1.1.1 EDA 技术含义

EDA (Electronic Design Automation, 电子设计自动化)是近几年来迅速发展起来的将计算机软件、硬件、微电子技术交叉运用的现代电子学科,是 20 世纪 90 年代初从 CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAT(Computer Aided Testing, 计算机辅助测试)和 CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)的概念发展而来的。EDA 技术就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 ASIC(Application Specific Integrated Circuits)为实现载体的电子产品自动化设计过程。在 EDA 软件平台上,根据原理图或硬件描述语言(Hardware Description Language, HDL)完成的设计文件,自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合及优化、布局布线、仿真、目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作。设计者的工作仅限于利用软件的方式来完成对系统硬件功能的描述,在 EDA 工具的帮助下,应用相应的复杂可编程逻辑器件和现场可编程门阵列,就可以得到最后的设计结果。尽管目标系统是硬件,但整个设计和修改过程如同完成软件设计一样方便和高效。当然,这里的所谓 EDA 是狭义的 EDA,主要是指数字系统的自动化设计,因为这一领域的软硬件方面的技术已比较成熟,应用的普及程度也已比较大。而模拟电子系统的 EDA 正在进入实用,其初期的 EDA 工具不一定需要硬件描述语言。此外,从应用的广度和深度来说,由于电子信息领域的全面数字化,基于 EDA 的数字系统的设计技术具有更大的应用市场和更紧迫的需求性。

1.1.2 EDA 技术的发展历程

集成电路技术的发展不断给 EDA 技术提出新的要求,对 EDA 技术的发展起了巨大

的推动作用。从20世纪60年代中期开始,人们就不断地开发出各种计算机辅助设计工具来帮助设计人员进行集成电路和电子系统的设计。一般认为EDA技术大致经历了CAD、CAE和ESDA(Electronic System Design Automation,电子系统设计自动化)3个发展阶段。

1. CAD 阶段

20世纪70年代,随着中、小规模集成电路的开发和应用,传统的手工制图设计印制电路板和集成电路的方法已无法满足设计精度和效率的要求,于是工程师们开始进行二维平面图形的计算机辅助设计,这样就产生了第一代EDA工具,设计者也从繁杂、机械的计算、布局和布线工作中解放了出来。但在EDA发展的初始阶段,一方面计算机的功能还比较有限,个人计算机还没有普及;另一方面电子设计软件的功能也较弱。人们主要是借助于计算机对所设计电路的性能进行一些模拟和预测。另外就是完成印制电路板的布局布线、简单版图的绘制等工作。例如,目前常用的PCB(Printed Circuit Board)布线软件Protel的早期版本Tango、用于电路模拟的SPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)软件以及后来产品化的IC版图编辑与设计规则检查系统等软件,都是这个时期的产品。

20世纪80年代初,随着集成电路规模的增大,EDA技术有了较快的发展。更多的软件公司,如当时的Mentor公司、Daisy Systems及Logic System公司等进入EDA领域,开始提供带电路图编辑工具和逻辑模拟工具的EDA软件,主要解决了设计之前的功能检验问题。

总的来说,这一阶段的EDA水平还很低,对设计工作的支持十分有限,主要存在两个方面的问题需要解决。

(1) EDA软件的功能单一、相互独立。这个时期的EDA工具软件都是分别针对设计流程中的某个阶段开发的,一个软件只能完成其中一部分工作,所以设计者不得不在设计流程的不同阶段分别使用不同的EDA软件包。然而,由于不同的公司开发的EDA工具之间的兼容性较差,为了使设计流程前一级软件的输出结果能够被后一级软件接受,就需要人工处理或再运行另外的转换软件,这往往很复杂,势必影响设计的速度。

(2) 对于复杂电子系统的设计,不能提供系统级的仿真和综合,所以设计中的错误往往只能在产品开发的后期才能被发现,这时再进行修改十分困难。

2. CAE 阶段

进入20世纪80年代以后,随着集成电路规模的扩大及电子系统设计的逐步复杂,使得电子设计自动化的工具逐步完善和发展,尤其是人们在设计方法学、设计工具集成化方面取得了长足的进步。各种设计工具,如原理图输入、编译与连接、逻辑模拟、逻辑综合、测试码生成、版图自动布局以及各种单元库均已齐全。不同功能的设计工具之间的兼容性得到了很大改善,那些不走兼容道路、想独树一帜的CAD工具受到了用户的抵制,逐渐被淘汰。EDA软件设计者采用统一数据管理技术,把多个不同功能的设计软件结合成一个集成设计环境。按照设计方法学制定的设计流程,在一个集成的设计环境中就能实现由寄存器传输级(Register Transfer Level,RTL)开始,从设计输入到版图输出的全程设计自动化。在这