



高等学校电气信息类规划教材

# electric information

## EDA技术及应用实践 (第二版)

谭会生 主编

湖南大学出版社

高等学校电气信息类规划教材

总主编 王耀南

# EDA 技术及应用实践

(第二版)

主 编 谭会生

副主编 黎福海 余建坤

蒋冬初 毛旭光

湖南大学出版社

## 内 容 简 介

本书以实用为主线,全面、系统地介绍了 EDA 技术的主要内容及其实际应用。全书内容共 10 章,包括三个方面,第一个方面是 EDA 技术概述,概括地阐述了 EDA 技术的基本概念、基础知识和基本方法等内容;第二个方面是 EDA 技术的应用基础,包括大规模可编程逻辑器件 FPGA/CPLD 的基础知识,VHDL 的编程基础,EDA 的设计开发软件 Altera MAX+plus II 10.0、Altera Quartus II 8.0、Xilinx ISE 10.1 等主流公司的设计开发软件的使用,EDA 的实验开发系统的基本组成、工作原理和使用方法等;第三个方面是 EDA 技术的实际应用,包括 EDA 的设计方法和模型,基本单元电路的 VHDL 设计,状态机的 VHDL 设计,综合应用设计实例和 EDA 技术实验,其中 EDA 的设计方法和模型是对 EDA 设计中的各种方法及模型表示的总结和概括,基本单元电路的 VHDL 设计则给出了 9 种 EDA 实际应用中常用的基本单元的各种 VHDL 程序和仿真结果。

本书理论与实践相结合,取材广泛,内容新颖,观点鲜明,重点突出,主要程序均经过调试与验证,基本单元电路的 VHDL 设计还给出了仿真结果。本书可供高等院校电子工程、通信工程、自动化、计算机应用、仪器仪表等信息工程类及相近专业的本科生或研究生使用,也可作为相关人员的自学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术及应用实践(第二版)/谭会生主编. —长沙:湖南大学出版社,2010.9

(高等学校电气信息类规划教材)

ISBN 978-7-81113-886-3

I. ①E… II. ①谭… III. ①电子电路—电路设计:计算机辅助设计—高等学校—教材

IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 174246 号

## EDA 技术及应用实践(第二版)

EDA Jishu ji Yingyong Shijian(Di'er ban)

主 编:谭会生

责任编辑:金 伟

责任校对:祝世英

出版发行:湖南大学出版社

责任印制:陈 燕

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-88822559(发行部),88821142(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822264(总编室)

电子邮箱:pressjinw@hnu.cn

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装:长沙利君漾印刷厂

开本:787×1092 16 开

印张:23

字数:532 千

版次:2010 年 9 月第 2 版

印次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

书号:ISBN 978-7-81113-886-3/TN·26

定价:45.00 元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

# 高等学校电气信息类规划教材

## 编辑委员会

主 任:章 兢

(湖南大学副校长,教授,博士生导师)

总 主 编:王耀南

(湖南大学电气与信息工程学院院长,教授,博士生导师)

常务副主任:彭楚武 罗 安 何怡刚 黄辉先 黎福海 黄守道 王英健

副 主 任:(按姓氏笔画为序)

王新辉 邓曙光 朱荣辉 刘志壮 陈日新 杨家红 张万奎

张忠贤 周少武 贺达江 黄绍平 彭解华 瞿遂春

委 员:(按姓氏笔画为序)

丁跃浇 方厚辉 王 辉 王 群 王建君 田学军 包 艳

刘祖润 肖强晖 李益华 李正光 李茂军 李春树 李欣然

余建坤 汪鲁才 张学军 金可音 孟凡斌 欧青立 唐勇奇

康 江 黄智伟 揭 屿 曾喆昭 熊芝耀 戴瑜兴

---

## 参 编 院 校

(排名不分先后)

湖南大学

国防科学技术大学

湘潭大学

湖南师范大学

长沙理工大学

湖南科技大学

湖南农业大学

南华大学

株洲工学院

湖南工程学院

吉首大学

湖南商学院

湖南理工学院

湖南文理学院

湖南城市学院

邵阳学院

怀化学院

零陵学院

长沙学院

湖南工学院(筹)

# 序

我国高等教育已经发展到大众化教育的新阶段。随着国家工业化建设的迅猛发展,电气信息类专业技术人才的需求也日益增大。为了适应人才培养的这种新形势,跟踪科学技术的前沿进展,我们根据教育部面向 21 世纪电气信息类课程改革的要求,结合湖南大学和兄弟院校长期教学教改的经验,为大学电气信息类本科生编写了这套教材。

电气信息类课程是培养电类专业人才的基础课程,大量概念、理论、方法和工程案例构成了一个完整的技术知识体系。学生要开启心智、培育形成电类专业思维、打下电类专业人才的技术知识基础,必须系统地扎实地学好这些课程。为此,我们在组织编写这套教材时,特别注意了以下几个方面:

一是保证基础。作为大学基础课程,应确保基本概念、基本原理和基本方法的学习。只有透彻地理解和掌握了基础知识,才能顺利地进入电气信息技术领域的大门,才有可能进一步深造。

二是跟踪新技术。电气信息技术发展日新月异,大学教材必须及时吸纳最新技术,使学生了解学科发展动态。本套教材一方面注意反映学科各方面的最新进展,安排了扩充阅读的相关文献题录,指引学生直接接触学科前沿;另一方面还根据学科与技术的发展趋势,对经典知识进行重新组织编排。本套教材还将及时再版,及时更新内容,确保与时俱进,始终处于技术发展的最前沿。

三是注重应用。电气与信息理论源于工程实践,源于科学发现和技术发明,就像艺术源于生活一样。本套教材在讲述基本理论的同时,注重联系工程实际,并把作者的研究成果应用到其中。在正文、例题和习题中,特意安排了大量工程实用问题,通过理论和工程实际的结合,使学生学到知识并掌握方法。

四是文理渗透、启发诱导。为了提升素质,开阔视野,培养科学创新意识,理工科学生应适当了解与学科相关的课程外知识。为此,在许多教材中精心安排了“扩展与思考”的内容,使学生从中体会科学思想、科学方法以及科技与人文、科学与艺术相互交融的精神和境界。

五是部分教材以多媒体 CAI 课件配合。这样可以将重要的知识点以生动形象的画面表现出来,深化认识,提高学习效果,也便于课堂教学。

本套教材经过充分研讨和论证,聘请各院校教学经验丰富、科研基础深厚的教授和副教授担任主编和编写者,是湖南所有电气信息类院校团结协作的成果,是全省最优秀的电气信息工程学科专家学者集体智慧的结晶。

本套教材的编写和出版,得到了湖南大学、国防科学技术大学、湘潭大学、湖南师范大学、长沙理工大学、湖南农业大学、湖南科技大学、南华大学、株洲工学院、湖南工程学院、吉首大学、湖南商学院、湖南理工学院、湖南城市学院、湖南文理学院、邵阳学院、怀化学院、零陵学院、长沙学院、湖南工学院(筹)等高校的通力合作,得到了湖南大学出版社的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

王耀南

2004 年 6 月于岳麓山

## 再版前言

本书系湖南大学出版社高等学校电气信息类规划教材《EDA 技术基础》的修订版。《EDA 技术基础》自 2004 年出版后,被全国的许多高校选为 EDA 技术的教材,并得到了使用者的肯定,特别是教材新颖的体系结构,Lattice、Altera 和 Xilinx 三个世界著名 FPGA/CPLD 生产厂家的器件介绍及其开发工具的使用指南,以及“EDA 设计方法与建模”、“基本单元电路的 VHDL 设计”等特色内容,得到了有关使用教师的称赞。但是原教材由于参编的人员较多,加上时间比较仓促,教材中的错误有必要进行修正,教材的内容有必要进行完善,同时随着 EDA 技术的快速发展,有关器件和软件的内容有必要进行更新和补充。基于以上原因,我们对本书进行了修订,考虑到人员变化较大,修订的篇幅占 70% 左右,因此更名为《EDA 技术及应用实践》。本书的主要修订情况如下:

(1)对于“第 2 章 大规模可编程逻辑器件”,增加了一些最新器件的有关介绍,增加了一些编程和配置的硬件电路,增加了一个开发板实例。对于“第 4 章 常用 EDA 工具软件的操作指南”,改为“常用 EDA 工具软件的使用”,内容更新为“Altera Max + plus II 10.0、Altera Quartus II 8.0、Xilinx ISE 10.1”三个软件的使用。

(2)对于“第 3 章 VHDL 编程基础”,全部进行了重新编写,主要是精炼文字,精选例题,修正错误。对于“第 6 章 基本单元电路的 VHDL 设计”,调整了部分设计程序,增加了对所有程序的仿真结果。

(3)对于“第 7 章 状态机的 VHDL 设计”和“第 9 章 综合应用设计实例”,进行了局部改写。对于教材的其他章节,将有关源程序进行了补充、调试和完善,并更正了原教材中的错误。

本书修订之后,具有以下特点:保留了原教材体系结构和特色内容的优点;更新了世界三大 FPGA/CPLD 生产厂家的器件知识及其开发软件的使用等内容;精炼文字,精选例题,修正错误,奉献精品;同时为了避免一些打印和修改错误,教材中的主要源程序均重新进行了调试和完善,并直接复制到对应的源程序处。

本书由湖南工业大学谭会生副教授担任主编,由湖南大学黎福海教授,邵阳学院余建坤副教授,湖南城市学院蒋冬初副教授,湖南大学毛旭光讲师担任副主编。全书共 10 章,其中第 1、3、5、6 章由谭会生副教授编写,第 9 章由黎福海教授编写,第 2 章由余建坤副教授编写,第 7、8、10 章由蒋冬初副教授编写,第 4 章由毛旭光讲师编写,全书由谭会生副教

授统稿、定稿。

在本书的编写过程中,湖南大学电气与信息工程学院院长、博士生导师王耀南教授,湖南工业大学副校长、博士后张昌凡教授,湖南大学电气与信息工程学院副院长、硕士生导师黎福海教授,以及湖南有关兄弟院校的领导和老师给予了大力的支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于 EDA 技术是一门发展迅速的新技术,书中难免有疏漏、不足之处,敬请读者批评指正。

**谭会生**

**2010 年 4 月于湖南工业大学**

# 第一版前言

现代电子产品正在以前所未有的革新速度,向着功能多样化、体积最小化、功耗最低化的方向迅速发展。它与传统电子产品在设计上的显著区别,一是大量使用大规模可编程逻辑器件,以提高产品性能、缩小产品体积、降低产品消耗;二是广泛运用现代计算机技术,以提高电子设计自动化程度,缩短开发周期,提高产品的竞争力。EDA(Electronic Design Automation,电子设计自动化)技术正是为了适应现代电子产品设计的要求,吸收各相关学科最新成果而形成的一门新技术。

利用 EDA 技术进行电子系统的设计,具有以下几个特点:①用软件的方式设计硬件;②用软件方式设计的系统向硬件系统的转换是由有关开发软件自动完成的;③设计过程中可用有关软件进行各种仿真;④系统可现场编程,在线升级;⑤整个系统可集成在一个芯片上,体积小、功耗低、可靠性高;⑥从以前的“组合设计”转向真正的“自由设计”;⑦设计的移植性好,效率高;⑧非常适合分工设计,团体协作。因此,EDA 技术是现代电子设计的发展趋势。

什么叫 EDA 技术?由于它是一门迅速发展的新技术,涉及面广,内容丰富,理解各异,目前尚无统一的看法。作者认为:EDA 技术有狭义的 EDA 技术和广义的 EDA 技术之分。狭义的 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。广义的 EDA 技术,除了狭义的 EDA 技术外,还包括计算机辅助分析 CAA 技术(如 PSPICE,EWB,MATLAB 等),印刷电路板计算机辅助设计 PCB-CAD 技术(如 PROTEL,ORCAD 等)。在广义的 EDA 技术中,CAA 技术和 PCB-CAD 技术不具备逻辑综合和逻辑适配的功能,因此它并不能称为真正意义上的 EDA 技术。故作者认为将广义的 EDA 技术称为现代电子设计技术更为合适。

EDA 技术作为现代电子设计最新技术的结晶,其广阔的应用前景和深远的影响已是毋庸置疑,它在电气信息类专业中的基础地位和核心作用也逐渐被人们认识,高等学校的



有关教学从已开设有关 EDA 技术的课程,到应用 EDA 技术进行课程设计、综合实践、电子设计竞赛、毕业设计、应用科研和产品开发,有关工程技术人员则关注 EDA、学习 EDA,并把这一新技术应用于工程实践。

EDA 技术涉及面广,内容丰富。从教学和实用的角度看,究竟应掌握些什么内容呢?结合近年从事 EDA 技术的研究、EDA 实验室的建设及 EDA 技术的有关教学实践,作者认为,主要应掌握如下四个方面的内容:①大规模可编程逻辑器件;②硬件描述语言;③软件开发工具;④实验开发系统。其中,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智能化的自动化设计工具,实验开发系统则是利用 EDA 技术进行电子系统设计的下载工具及硬件验证工具。

对于 EDA 技术基础这门课程的学习,其学习重点如下:①对于大规模可编程逻辑器件,主要是了解其分类、基本结构、工作原理、各厂家产品的系列、性能指标以及如何选用,而对于各个产品的具体结构不必研究过细。②对于硬件描述语言,除了掌握基本语法规则外,更重要的是要理解 VHDL 的三个“精髓”:软件的强数据类型与硬件电路的惟一性,硬件行为的并行性决定了 VHDL 语言的并行性,软件仿真的顺序性与实际硬件行为的并行性;要掌握系统的分析与建模方法,能够将各种基本语法规则熟练地运用于自己的设计中。③对于软件开发工具,应熟练掌握从源程序的编辑、逻辑综合、逻辑适配以及各种仿真、硬件验证各步骤的使用。④对于实验开发系统,主要能够根据自己所拥有的设备,能够熟练地进行硬件验证或变通地进行硬件验证。

在 EDA 技术的学习过程中,为了提高学习效率,应注意学习方法。对于 EDA 技术的学习,经过实践的检验,比较有效的学习方法是:抓住一个重点:VHDL 的编程;掌握两个工具:FPGA/CPLD 开发软件和 EDA 实验开发系统的使用;运用三种手段:案例分析、应用设计、上机实践;采用四个结合:边学边用相结合,边用边学相结合,理论与实践相结合,课内与课外相结合。

作为《EDA 技术基础》这门课程,既可以作为一门专业基础课开设,也可以作为一门专业课开设,还可以作为一门选修课开设。开设的时期,最好是在二年级第二学期或三年级第一学期开设,这样学生通过该课程学习基本上掌握 EDA 技术的基础知识及实际开发技能后,再通过课程设计、综合实践、大学生电子设计竞赛、毕业设计等各种场合的综合训练,使学生能够熟练地掌握和应用这种技术进行各种设计与应用。开设的学时,可在 40~80,一般在 60 学时较好,其中实验可安排 3~6 个,9~18 学时,具体学时及教学重点将见每章的教学建议。为了使 EDA 技术的学习,一开始便做到理论与实践紧密结合,讲课的顺序可先讲第 1 章,再讲第 3.1 节,第 3.2 节,第 4.1 节或第 4.2 节或第 4.3 节,第 8 章,这时便可以安排实验,再讲第 3 章的其余部分,第 5 章,最后讲第 6 章、第 7 章、第 2 章、第 9 章。

本书系高等学校电气信息类规划教材首批出版的 20 本教材之一,根据编委会的决定,由株洲工学院、湖南大学、湘潭大学、长沙理工大学、邵阳学院、湖南城市学院、湖南文理学院、湖南商学院等院校从事 EDA 技术研究和教学的老师组成编写组集体编著,由株洲工学院谭会生老师担任主编,湖南大学毛旭光老师、邵阳学院余建坤老师、湘潭大学吴

亚联老师、长沙理工大学刘佳宁老师担任副主编。全书共 10 章,其中第 1、第 5 章、9.1 节由谭会生老师编写,第 2 章由余建坤老师编写,第 3 章由刘佳宁老师编写,第 4 章的 4.1, 4.2, 4.3 节分别由吴亚联老师、毛旭光老师、王文虎老师编写,第 6 章的 6.1~6.5 节由李赛斯老师编写,第 6 章的 6.6~6.9 节由伍宗福老师编写,第 7 章由蒋冬初老师编写,第 8 章由田学军老师编写,第 9 章 9.2 节由黎福海老师编写,第 10 章由方宁老师编写,全书由谭会生老师统稿、定稿。

在本书的编著和出版过程中,湖南大学电气与信息工程学院院长、博士生导师王耀南教授、副院长黎福海副教授,株洲工学院院长、博士生导师张晓琪教授,株洲工学院副院长、博士后张昌凡教授,株洲工学院电气工程系瞿遂春主任、肖强晖副主任,湖南大学出版社给予了大力的支持和关心,在此一并表示衷心的感谢!

**谭会生**  
**2004 年 7 月**  
**于株洲工学院(现为**  
**湖南工业大学)**

# 目 次

## 第 1 章 EDA 技术概述

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 1.1 EDA 技术的起源 .....           | ( 1 )  |
| 1.2 EDA 技术的涵义 .....           | ( 2 )  |
| 1.3 EDA 技术的主要内容 .....         | ( 3 )  |
| 1.3.1 大规模可编程逻辑器件 .....        | ( 3 )  |
| 1.3.2 硬件描述语言 .....            | ( 4 )  |
| 1.3.3 软件开发工具 .....            | ( 5 )  |
| 1.3.4 实验开发系统 .....            | ( 7 )  |
| 1.4 EDA 的工程设计流程 .....         | ( 7 )  |
| 1.4.1 FPGA/CPLD 的工程设计流程 ..... | ( 7 )  |
| 1.4.2 ASIC 工程设计流程 .....       | ( 10 ) |
| 1.5 EDA 技术的应用形式 .....         | ( 12 ) |
| 1.6 EDA 技术的应用展望 .....         | ( 13 ) |
| 思考题 .....                     | ( 14 ) |

## 第 2 章 大规模可编程逻辑器件

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 2.1 可编程逻辑器件概述 .....            | ( 15 ) |
| 2.1.1 PLD 的发展进程 .....          | ( 15 ) |
| 2.1.2 PLD 的种类及分类方法 .....       | ( 17 ) |
| 2.1.3 常用 CPLD/FPGA 简介 .....    | ( 18 ) |
| 2.1.4 常用 CPLD/FPGA 标识的含义 ..... | ( 28 ) |
| 2.2 CPLD 和 FPGA 的基本结构 .....    | ( 31 ) |
| 2.2.1 CPLD 的基本结构 .....         | ( 32 ) |
| 2.2.2 FPGA 的基本结构 .....         | ( 39 ) |
| 2.3 FPGA/CPLD 的测试技术 .....      | ( 44 ) |
| 2.3.1 内部逻辑测试 .....             | ( 45 ) |
| 2.3.2 JTAG 边界测试技术 .....        | ( 45 ) |
| 2.4 CPLD 和 FPGA 的编程与配置 .....   | ( 47 ) |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 2.4.1 CPLD 和 FPGA 的下载接口 ..... | ( 47 ) |
| 2.4.2 CPLD 器件的编程电路 .....      | ( 48 ) |
| 2.4.3 FPGA 器件的配置电路 .....      | ( 48 ) |
| 2.5 FPGA 和 CPLD 的开发应用选择 ..... | ( 53 ) |
| 2.5.1 开发应用选择方法 .....          | ( 53 ) |
| 2.5.2 三大厂家产品选择 .....          | ( 53 ) |
| 2.6 FPGA 开发板应用系统实例 .....      | ( 56 ) |
| 思考题 .....                     | ( 58 ) |

### 第 3 章 VHDL 编程基础

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 3.1 概述 .....             | ( 59 )  |
| 3.1.1 VHDL 程序设计优点 .....  | ( 59 )  |
| 3.1.2 VHDL 程序设计约定 .....  | ( 60 )  |
| 3.2 VHDL 程序基本结构 .....    | ( 60 )  |
| 3.2.1 VHDL 程序设计举例 .....  | ( 60 )  |
| 3.2.2 VHDL 程序的基本结构 ..... | ( 63 )  |
| 3.2.3 实体 .....           | ( 64 )  |
| 3.2.4 结构体 .....          | ( 66 )  |
| 3.3 VHDL 语言要素 .....      | ( 67 )  |
| 3.3.1 VHDL 文字规则 .....    | ( 67 )  |
| 3.3.2 VHDL 数据对象 .....    | ( 69 )  |
| 3.3.3 VHDL 数据类型 .....    | ( 71 )  |
| 3.3.4 VHDL 操作符 .....     | ( 80 )  |
| 3.4 VHDL 顺序语句 .....      | ( 84 )  |
| 3.4.1 赋值语句 .....         | ( 85 )  |
| 3.4.2 转向控制语句 .....       | ( 87 )  |
| 3.4.3 WAIT 语句 .....      | ( 94 )  |
| 3.4.4 子程序调用语句 .....      | ( 97 )  |
| 3.4.5 返回语句 .....         | ( 98 )  |
| 3.4.6 空操作语句 .....        | ( 99 )  |
| 3.4.7 其他语句和说明 .....      | ( 100 ) |
| 3.5 VHDL 并行语句 .....      | ( 107 ) |
| 3.5.1 进程语句 .....         | ( 108 ) |
| 3.5.2 块语句 .....          | ( 113 ) |
| 3.5.3 并行信号赋值语句 .....     | ( 116 ) |
| 3.5.4 并行过程调用语句 .....     | ( 118 ) |
| 3.5.5 元件例化语句 .....       | ( 119 ) |
| 3.5.6 生成语句 .....         | ( 122 ) |

|                                 |                              |       |
|---------------------------------|------------------------------|-------|
| 3.6                             | 子程序 .....                    | (126) |
| 3.6.1                           | 函数 .....                     | (126) |
| 3.6.2                           | 重载函数 .....                   | (128) |
| 3.6.3                           | 过程 .....                     | (130) |
| 3.6.4                           | 重载过程 .....                   | (131) |
| 3.7                             | 库、程序包及其他 .....               | (132) |
| 3.7.1                           | 库 .....                      | (132) |
| 3.7.2                           | 程序包 .....                    | (133) |
| 3.7.3                           | 配置 .....                     | (136) |
| 3.8                             | VHDL 描述风格 .....              | (138) |
| 3.8.1                           | 行为描述 .....                   | (138) |
| 3.8.2                           | 数据流描述 .....                  | (139) |
| 3.8.3                           | 结构描述 .....                   | (140) |
|                                 | 思考题 .....                    | (142) |
| <br><b>第 4 章 常用 EDA 工具软件的使用</b> |                              |       |
| 4.1                             | Altera MAX+plus II 的使用 ..... | (143) |
| 4.1.1                           | MAX+plus II 的安装步骤 .....      | (143) |
| 4.1.2                           | MAX+plus II 的基本使用 .....      | (145) |
| 4.1.3                           | LPM 兆功能块的使用 .....            | (157) |
| 4.2                             | Altera Quartus II 的使用 .....  | (162) |
| 4.2.1                           | Quartus II 的安装步骤 .....       | (162) |
| 4.2.2                           | Quartus II 的使用步骤 .....       | (166) |
| 4.2.3                           | Quartus II 的基本使用 .....       | (169) |
| 4.2.4                           | Quartus II 的 SOPC 开发 .....   | (194) |
| 4.3                             | Xilinx ISE Series 的使用 .....  | (199) |
| 4.3.1                           | ISE Series 的安装步骤 .....       | (199) |
| 4.3.2                           | ISE Series 的基本使用 .....       | (201) |
| 4.3.3                           | ISE Series 的综合使用 .....       | (214) |
|                                 | 思考题 .....                    | (220) |
| <br><b>第 5 章 EDA 设计方法与建模</b>    |                              |       |
| 5.1                             | EDA 设计方法 .....               | (222) |
| 5.1.1                           | 分析方法 .....                   | (222) |
| 5.1.2                           | 表示方法 .....                   | (223) |
| 5.1.3                           | 实现方法 .....                   | (224) |
| 5.2                             | EDA 设计建模 .....               | (225) |

|                  |       |
|------------------|-------|
| 5.2.1 描述模型 ..... | (225) |
| 5.2.2 组成模型 ..... | (226) |
| 5.2.3 表示模型 ..... | (226) |
| 思考题 .....        | (234) |

## 第 6 章 基本单元电路的 VHDL 设计

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 6.1 计数器的设计 .....              | (235) |
| 6.1.1 同步计数器的设计 .....          | (235) |
| 6.1.2 异步计数器的设计 .....          | (237) |
| 6.1.3 可逆计数器的设计 .....          | (239) |
| 6.2 分频电路的设计 .....             | (240) |
| 6.2.1 非均匀分频电路的设计 .....        | (240) |
| 6.2.2 均匀分频电路的设计 .....         | (241) |
| 6.2.3 通用分频电路的设计 .....         | (242) |
| 6.3 多路选择器的设计 .....            | (243) |
| 6.3.1 多路信号选择器的设计 .....        | (243) |
| 6.3.2 多路数据选择器的设计 .....        | (244) |
| 6.4 译码器的设计 .....              | (246) |
| 6.4.1 3-8 译码器(高电平有效)的设计 ..... | (246) |
| 6.4.2 3-8 译码器(低电平有效)的设计 ..... | (248) |
| 6.5 编码器的设计 .....              | (249) |
| 6.5.1 一般编码器的设计 .....          | (249) |
| 6.5.2 优先级编码器的设计 .....         | (250) |
| 6.6 寄存器的设计 .....              | (252) |
| 6.6.1 数码寄存器的设计 .....          | (252) |
| 6.6.2 移位寄存器的设计 .....          | (253) |
| 6.7 存储器的设计 .....              | (254) |
| 6.7.1 只读存储器 ROM 的设计 .....     | (254) |
| 6.7.2 读写存储器 SRAM 的设计 .....    | (256) |
| 6.7.3 先入先出堆栈 FIFO 的设计 .....   | (257) |
| 6.8 输入电路的设计 .....             | (260) |
| 6.8.1 独立式键盘输入电路的设计 .....      | (261) |
| 6.8.2 矩阵式键盘输入电路的设计 .....      | (263) |
| 6.8.3 “虚拟式”按键输入电路的设计 .....    | (266) |
| 6.8.4 按键消抖电路设计 .....          | (267) |
| 6.9 显示电路的设计 .....             | (267) |
| 6.9.1 数码管静态显示电路的设计 .....      | (268) |
| 6.9.2 数码管动态显示电路的设计 .....      | (269) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 6.9.3 液晶显示控制电路的设计 .....            | (272) |
| 思考题 .....                          | (273) |
| <b>第 7 章 状态机及其 VHDL 设计</b>         |       |
| 7.1 一般状态机的 VHDL 设计 .....           | (274) |
| 7.2 摩尔状态机的 VHDL 设计 .....           | (278) |
| 7.3 米立状态机的 VHDL 设计 .....           | (279) |
| 思考题 .....                          | (281) |
| <b>第 8 章 EDA 实验开发系统</b>            |       |
| 8.1 EDA 实验开发系统概述 .....             | (282) |
| 8.1.1 EDA 实验开发系统的基本组成 .....        | (282) |
| 8.1.2 EDA 实验开发系统的性能指标 .....        | (282) |
| 8.1.3 通用 EDA 实验开发系统的工作原理 .....     | (283) |
| 8.1.4 通用实验开发系统的使用方法 .....          | (283) |
| 8.2 常用实验开发系统的简介 .....              | (284) |
| 8.2.1 GW48 EDA 实验开发系统的特点 .....     | (284) |
| 8.2.2 GW48 EDA 实验开发系统实验电路结构图 ..... | (286) |
| 8.2.3 GW48 系统结构图信号名与芯片引脚对照表 .....  | (294) |
| 8.2.4 GW48 EDA 实验开发系统使用实例 .....    | (297) |
| 思考题 .....                          | (298) |
| <b>第 9 章 EDA 技术综合应用设计实例</b>        |       |
| 9.1 数字闹钟的设计 .....                  | (299) |
| 9.1.1 系统的设计要求 .....                | (299) |
| 9.1.2 系统的总体设计 .....                | (300) |
| 9.1.3 闹钟控制器的设计 .....               | (301) |
| 9.1.4 预置寄存器的设计 .....               | (306) |
| 9.1.5 闹钟寄存器的设计 .....               | (307) |
| 9.1.6 分频电路的设计 .....                | (308) |
| 9.1.7 时间计数器的设计 .....               | (309) |
| 9.1.8 显示驱动器的设计 .....               | (311) |
| 9.1.9 系统的总装设计 .....                | (314) |
| 9.1.10 系统的硬件验证 .....               | (314) |
| 9.2 直接数字频率合成器 DDS 的设计 .....        | (314) |
| 9.2.1 DDS 的基本原理 .....              | (314) |
| 9.2.2 参数确定及误差分析 .....              | (315) |

|                                        |                       |              |
|----------------------------------------|-----------------------|--------------|
| 9.2.3                                  | 实现器件的选择 .....         | (316)        |
| 9.2.4                                  | DDS 的 FPGA 实现设计 ..... | (316)        |
| <br><b>第 10 章 EDA 技术实验</b>             |                       |              |
| 10.1                                   | EDA 技术实验基本要求 .....    | (323)        |
| 10.1.1                                 | EDA 技术实验的预习要求 .....   | (323)        |
| 10.1.2                                 | EDA 技术实验的基本步骤 .....   | (323)        |
| 10.1.3                                 | EDA 技术实验的报告要求 .....   | (323)        |
| 10.2                                   | EDA 软件的基本操作实验 .....   | (324)        |
| 10.3                                   | 并行加法器的设计实验 .....      | (325)        |
| 10.4                                   | 数字频率计的设计实验 .....      | (327)        |
| 10.5                                   | 数字秒表的设计实验 .....       | (330)        |
| 10.6                                   | A/D 转换控制器的设计实验 .....  | (332)        |
| 10.7                                   | 交通灯信号控制器的设计实验 .....   | (334)        |
| 10.8                                   | 音乐发生器的设计实验 .....      | (337)        |
| 10.9                                   | VGA 彩条信号发生器实验 .....   | (341)        |
| <br><b>附录 1 常用 FPGA/CPLD 管脚图 .....</b> |                       |              |
| <b>附录 2 利用 WWW 进行 EDA 资源的检索 .....</b>  |                       | <b>(348)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                      |                       | <b>(350)</b> |



# 第 1 章 EDA 技术概述

为了对 EDA 技术的基本概念、基础知识和基本过程有个全面的了解,以便后续的学习,本章概括地阐述了 EDA 技术的起源,EDA 技术的涵义,EDA 技术的主要内容,EDA 的工程设计流程,EDA 技术的应用形式,EDA 技术的应用展望。

## 1.1 EDA 技术的起源

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

### 1. 20 世纪 70 年代的计算机辅助设计 CAD 阶段

早期的电子系统硬件设计采用的是分立元件,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,人们将这些器件焊接在电路板上,做成初级电子系统,对电子系统的调试是在组装好的 PCB(Printed Circuit Board)板上进行的。

由于设计师对图形符号使用数量有限,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。这时,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 年代的计算机辅助工程设计 CAE 阶段

初级阶段的硬件设计是用大量不同型号的标准芯片实现电子系统设计的。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和只读存储器。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。因此,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 工具则以逻辑模拟、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。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,在设计阶段对产品性能的分析前进了一大步。