



国家示范性高职院校建设项目成果

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

EDA技术 与实践教程

宋烈武 编著

-  任务驱动
-  行动导向
-  工学结合
-  学生主体
-  过程考核



本书配光盘一张

本书提供参考授课计划及自学建议，
配套电子课件可登录

免费下载 

www.hxedu.com.cn



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

EDA 技术与实践教程

宋烈武 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书提供了参考授课计划及自学建议；第1章概述了EDA技术的主要内容；第2章简要介绍了FPGA/CPLD的结构与工作原理及其配置与编程方法；第3章介绍了Quartus II设计流程及6个设计实例；第4章介绍了硬件描述语言VHDL语法概要；第5章用VHDL给出了常用单元电路的设计；第6章由浅入深精选了6个基础训练项目；第7章精选了6个综合训练项目。本教材提供的所有VHDL代码均在Altera推广型开发工具Quartus II 9.0+SP1上综合通过，部分例题给出了仿真结果，另附Quartus II开发工具及相关资料DVD光盘一张。

本书可作为各高职院校电子类、通信类及计算机类等相关专业二年级及以上学生的教材，也可作为电子技术工程技术人员参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

EDA技术与实践教程 / 宋烈武编著. —北京：电子工业出版社，2009.8

(高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类)

ISBN 978-7-121-09101-8

I. E… II. 宋… 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(2009)第102234号

责任编辑：田领红

印 刷：北京市李史山胶印厂

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：13.5 字数：340千字

印 次：2009年8月第1次印刷

印 数：4 000册 定价：26.00元(含光盘1张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

出版说明

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有重要地位。随着我国新型工业化道路步伐加快,职业教育也迎来了蓬勃发展的黄金时期。尤其是近几年的示范性高职院校建设,对于整个中国的高职队伍来说,无疑是一次大机遇。

“国家示范性高等职业院校建设计划”项目于2006年启动,分三批在全国1168所独立设置的高职高专院校中遴选了100所立项建设院校,旨在遴选出一批在国内真正具有引领和示范作用的高职高专院校,以推动我国高等职业教育的改革和发展,进一步提高职业教育整体水平和人才培养质量。启动之初,周济部长就提出了对示范性高职院校的期望:改革的示范、发展的示范、管理的示范。截至目前,示范性院校建设已经初现成果,无论在办学实力、管理水平还是校企合作、辐射能力方面都有大幅度提高,尤其是教学改革方面,更是形成了大批的优秀教改成果和教学资源库。

电子工业出版社作为我国出版职业教育教材较早的出版社之一,多年来,一直在教材领域为战斗在职业教育一线的广大职业院校教育工作者贡献着我们的力量,积累了丰富的职业教育教材出版经验。今天,我们一如既往地秉承“诚信、创新、合作、共享”的企业价值观,联手国家示范性高职院校为推动职业教育发展再添绵力,结合各示范校比较成熟的建设成果和课改经验,着重推出这套“国家示范性高职院校建设项目成果高等职业教育教学改革系列规划教材”。

本套教材具有以下特点:

1. 教材以行动为导向,以工学结合人才培养模式改革与实践为基础,按照典型性、对知识和能力的覆盖性、可行性原则,遵循认知规律与能力形成规律,设计教学载体,梳理理论知识,明确学习内容,使学生在职业情境中“学中做、做中学”。

2. 打破传统教材按章节划分理论知识的方法,将理论知识按照相应教学载体进行重构,并对知识内容以不同方式进行层面划分,如相关知识、拓展知识等。通过任务的完成使学生学有所用,学以致用,与传统的理论灌输有着本质的区别。

3. 教材体现了以学生为主,老师为辅的教学思路。通过专业教室与多媒体教学设备的运用,引导学生自学、资料查阅、相互交流,老师只起引导和指导作用。

4. 教材体现了以学习过程进行教学评价,强调学生的过程成绩,彻底打破了期末笔试定成绩的传统。

5. 教材内容充分体现新知识、新技术、新工艺和新方法,突出工艺要领和操作技能的培养,具有超前性和先进性。

6. 根据每门课程的内容和实际教学情况,我们为本系列教材配备了相应的教学资料包,具体包括电子课件、习题答案与指导、程序源代码、教学网站支持等。欢迎各位老师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费下载。

本套教材力图引领职业教材新方向,开辟和实践课改新思路,全面打造职业教育新理念、新体例。相信本套教材的出版会对高等职业教育的教学改革和人才培养起到积极的推动作用。对于教材中所存在的一些不尽如人意之处,将通过今后的教学实践不断修订、完善和充实,以便更好地服务于高等职业教育。

高等职业教育离不开广大教育工作者的支持，我们诚挚地邀请全国各地的专家、学者加入到我们的教材编写中来。同时，也欢迎各位高职院校的专家和老师提出宝贵意见和建议（邮箱：tianlh@phei.com.cn，电话：010-88254474）。

汇聚天下教育精英，共同打造系列精品高职教材，电子工业出版社高职教育分社愿与大家一道，为我国高职教育的发展贡献自己的责任与义务。

电子工业出版社
高等职业教育分社
2009.6

序

Altera 公司自 1983 年发明世界上第一个可编程逻辑器件以来,一直站在可编程逻辑技术创新发展的前沿,并于 2008 年正式推出全球首批 40 纳米 FPGA 产品——Stratix IV GX,确立了其在全球 FPGA 技术的领导地位。

Altera 将可编程逻辑器件、软件工具、IP 和技术服务结合在一起,为广大的用户提供高价值的可编程解决方案。与昂贵的高风险 ASIC 开发和不灵活 ASSP 及数字信号处理器相比,该方案能够迅速将产品推向市场,具有明显的优势。因此,在通信、工业控制、汽车电子、广播、医疗设备、消费类电子、计算机和存储、军事和航空航天、测试和测量技术等领域获得越来越多的应用,引起广大工程师的青睐,并迫切希望掌握该方案。各相关企业也需要越来越多的能掌握可编程解决方案的研究生、本科生和高职高专毕业生。

2003 年在上海召开的第一届 Altera 全国大学教师会议上认识了作者,并于当年应作者之邀参观了武汉职业技术学院的 EDA 技术实验室,了解了其课程建设,看到了该校学生采用 Altera 的可编程芯片参加全国大学生电子设计竞赛的获奖作品——低频数字式相位测量仪,以及毕业设计、课程设计制作的作品,从此对高职院校刮目相看。

2008 年 9 月是我第 3 次到武汉职业技术学院,举行了 Altera 在中国的第一个高职院校的联合实验室揭牌暨捐赠仪式——“武汉职业技术学院—Altera EDA/SOPC 联合实验室”,并当面希望作者能早日写出适合高职院校的有关 FPGA 的教科书。

今天,我高兴地看到《EDA 技术与实践教程》的面世。本书作者在 2000 年就开设了“EDA 技术”课程,为可编程解决方案在高职院校的推广和应用进行了有益的探索。十年磨一剑,今天奉献给广大读者的这本教材,既凝结了作者多年的心血,又包含了当今最新的可编程技术。全书语言深入浅出,通俗易懂,并根据高职学生的特点,在书中给出了大量的实例,使读者可以很容易在实践中快速学会可编程技术。因此本书不但可作为高职院校的教科书和培训教材,也是广大工程技术人员学习使用 Altera FPGA/CPLD 技术的入门教材。

近年来,全国大学生电子设计大赛在中国蓬勃开展,受到广大学生,包括高职院校学生的喜爱,越来越多的学生选用 Altera 产品参赛并取得优异成绩。本书因其通俗性和实用性,也可作为指导学生参赛的培训教材。

感谢本书作者的辛勤劳动,您的成果为广大高职学生和工程技术人员掌握 Altera 可编程解决方案指出了一条捷径!

徐 平 波 (Bob Xu)
Altera 中国区大学项目经理
2009 年 7 月

前 言

电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 是现代电子信息工程领域的一门新技术, 它是在先进的计算机工作平台上开发出来的一整套电子系统设计的软硬件工具, 并提供了先进的电子系统设计方法。EDA 技术是电子设计技术和电子制造技术的核心, 其发展和推广应用极大地推动了电子信息行业的发展。

现在的大规模 FPGA 器件已经相当普及, 电路规模发展到现在的百万门级, 半导体蚀刻技术已经可以达到 40nm, FPGA 内部也开始集成 CPU 软核或硬核, 同时提供复杂 DSP 的专用 IP, 使得 SOPC 技术成为一个发展的方向。EDA 技术及其应用水平已成为一个国家电子信息工业现代化的重要标志之一。

EDA 已经成为电子设计的主要手段, 使工程师们在高效设计的同时, 可以进行精确的硬件抽象和仿真, 保证产品开发的短周期和高质量。在小规模数字集成电路就要淘汰的今天, 作为一个电子技术工程技术人员不懂 VHDL 语言和 FPGA/CPLD 器件设计, 就像在计算机时代不会使用计算机一样可怕。EDA 技术是电子技术类课程教学改革的重要方向, 是培养出适应 21 世纪发展需要的高素质全面人才的必不可少的课程。

EDA 技术课程主要包括三个部分: ①大规模可编程器件, 它是利用 EDA 技术进行电子系统设计的载体; ②硬件描述语言, 它是利用 EDA 技术进行电子系统设计的主要表达手段; ③软件开发工具, 它是利用 EDA 技术进行电子系统设计的智能化的自动化设计工具。

“EDA 技术”课程主要是让学生了解 EDA 的基本概念和基本原理、掌握用 HDL 编写规范、掌握逻辑综合的理论和方法、使用 EDA 工具软件进行相关的实践并从事简单系统的设计, 提高工程实践能力; 学会应用 EDA 技术解决一些简单的电子设计问题。该课程立足于电子硬件设计, 但同时以计算机软件作为设计的工具和辅助手段。

传统意义上或者说狭义上的 EDA 技术是指可编程技术。在实际教学过程中, 选到合适的教材成为一个难题。主要存在如下 4 个方面的问题: 第一类教材属于滞后型, 学生学到的是比较陈旧的知识, 还没有出校门就已经落后了, Altera 推广型开发工具 Quartus II 目前最新版本为 9.0+SP1, 而多数教材介绍的是 5.0、6.0 或者是不再更新的 Max+Plus II; 第二类教材属于研究型, 面对没有基础的学生, 不可能一开始就把 Nios、DSP Builder、SOPC Builder 等高层次的新技术教会学生; 另外, 部分特别是高职类“EDA 技术”教材, 大多数写的不是可编程技术, 而是包含太多内容的大杂烩, 并且内容滞后于技术太多; 第四是高校选用各自的实验开发系统, 互不相同, 很难与某一教材配套。

2006 年国家电工电子项目在我院建立“EDA 实训基地”。Altera 公司于 2008 年 9 月捐赠我院价值 53 万多美元 Altera 产品, 隆重举行了武汉职业技术学院——Altera EDA/SOPC 联合实验室揭牌暨捐赠仪式, 成为 Altera 在中国的第一个高职院校的联合实验室 (截至今天包括清华大学在内的等 70 余个联合实验室)。参与发起并成为“湖北省 EDA/SOPC 技术研究会”常务理事单位之一。Altera 中国区大学项目经理徐平波先生一直希望编者写一本适合高职院校的实用教程, 现教材出版, 徐平波先生亲自作序, 并授权电子工业出版社随本教材发行著作权属于 Altera International Ltd. 的 Quartus II 等开发工具及 DE2 基本资料, 在此深表感谢。

我院于 2000 年开设“EDA 技术”课程, 我们根据高职学生培养实用型、技术应用型人

才的目标,以实用、够用为原则,编写了“EDA 技术”讲义,试用 5 年来效果较好,于 2006 年出版了《EDA 技术实用教程》。在使用中发现仍存在很多问题:一是部分代码有误;二是以 MAX+plus II 为蓝本,不符合时代进步的要求;三是内容过于庞杂,难以符合实用、够用的原则。

本书采用结合传统与现代高职院校推崇的“基于行动导向”之间的方法编写,并提供参考授课计划及自学方法,整体分为基础篇、实战篇两部分,两者相辅相成、有机融合。根据高职学生培养实用型、技术应用型人才的目标,以实用、够用为原则,理论知识尽量简明,重视实践环节,书中给出了大量的实例,通过这些实例,读者可以很容易从模仿中快速学会用 VHDL 设计电路,并应用 EDA 技术解决一些中、小规模的系统设计问题。

本书在前言部分提供了参考授课计划及自学建议,方便教师授课和学生自学:第 1 章概述了 EDA 技术的主要内容、特点及发展趋势;第 2 章简要介绍了 FPGA/CPLD 的发展历程、结构与工作原理及特点,Altera 的成熟器件、新型器件和配置芯片,FPGA/CPLD 器件的配置与编程;第 3 章介绍了 Quartus II 设计流程,分步骤通过 6 个设计实例介绍了设计输入与编译、仿真及时序分析、下载实现及硬件测试、可参数化宏模块的调用及 SOPC 技术入门,涵盖了 Quartus II 设计的主要内容,可以方便读者快速掌握 EDA 开发工具的使用方法;第 4 章介绍了硬件描述语言 VHDL 语法概要,为突出重点、节省篇幅,例题均标注在第 5 章的实例中;第 5 章用 VHDL 给出了常用单元电路的设计,让学生从模仿中快速用 VHDL 设计电路;第 6 章由浅入深精选了 6 个基础训练项目,建议教学活动由此展开;第 7 章精选了 6 个综合训练项目,前 4 个训练项目让读者充分体会到由电子积木(模块)构建数字系统设计,后 2 个训练项目让读者体会到高起点开发应用之快乐,可供小型课程设计之用。

本书采用 Altera 大学计划全球推广 DE2 开发板为蓝本,描述实践环节,另与湖北众有科技有限公司合作提供了一套学生个人用的能完成大部分基础实验、成本控制在百元左右的基于 MAX II EPM240 芯片的 WZ 型实验板(DE2 对大学计划优惠为 269 美元)。本教材提供的所有 VHDL 代码均在 Quartus II 9.0+SP1 上综合通过,部分例题给出了仿真结果。

本书由武汉职业技术学院的宋烈武编著,参加编写的有武汉职业技术学院的王碧芳、杨慧、虞沧、曹艳;仙桃职业技术学院胡进德,湖北众有科技有限公司的刘忠成参与了部分编写,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编者 E-mail:dzgcslw@163.com。

编者

2009 年 5 月

《EDA 技术与实践教程》参考授课计划

授课对象：电子类、通信类及计算机类专业二年级及以上学生

授课地点：EDA 实训基地

授课手段：多媒体教室+网络课程

授课安排：

总学时：40 学时（32 学时课堂教学[12 学时理论+20 学时实践]+8 学时课程设计）

考核：平时 60%+课程设计 40%

注：重视学习过程，每一单元的学习，均有一次考查、一次成绩。

本课程与其他课程的衔接：

先修课程：计算机技术基础、C 语言程序设计、数字电路等。

后续课程：SOPC 技术、ASIC 设计等。

一、设计思路

理论讲解和实际动手相结合，以理论指导实践，以实用、够用为原则，精选授课内容，以实践为中心线索进行引导，通过具体的实践来教学。首先给学生以感性认识，让学生在实践中从模仿开始，逐步学会 FPGA/CPLD 设计，充分调动学生的积极性和创造性，并以此来引导学生掌握新的设计方法。学完本课程后，采用自顶向下的设计方法，会应用 EDA 开发工具，以及硬件描述语言 VHDL，能完成一定规模的 FPGA/CPLD 目标芯片、中小规模的系统设计。

二、教学内容与目标

（前 8 单元，4 学时/单元；第 9 单元 8 学时完成课程设计）

教学项目	相关章节	教学目标与任务	实践能力（技能）	理论与实践分配比
①一位全加器原理图输入设计	第1章、3.4.1节、6.1节	①通过对 EDA 技术的介绍，让学生掌握 EDA 技术的特点、主要内容及其在现代电子系统设计中所起的作用。激发学生对本课程的兴趣，调动学生学习的积极性；②从学生最熟悉的原理图输入法入手，掌握原理图输入法及编译综合	①会原理图输入法； ②能编译、改错	2:2
②译码显示电路的设计	2.1 节、2.2 节、3.4.3 节、4.2 节、5.1.1 节、6.2 节	①了解可编程逻辑器件的发展进程，种类化分及当前的发展水平，掌握 FPGA/CPLD 的结构特点；②通过例 4-1 介绍让学生掌握 VHDL 的基本结构；③学习译码显示电路的设计	①会 VHDL 输入法； ②能编译、改错方法	2:2
③含异步清零和同步时钟使能的 4 位加法计数器	2.4 节、3.3 节、3.4.2 节、4.3 节、5.2.3 节、6.3 节	①FPGA/CPLD 器件的配置与编程；②Quartus II 设计流程；③VHDL 语言要素；④学习加法计数器的设计	①会时序电路的仿真；②会配置与编程；③会输入、仿真、下载及硬件测试的完整流程	2:2
④数控分频器的设计	4.4.1 节、6.4 节	①学习并掌握 VHDL 顺序语句；②学习数控分频器的设计、分析和测试方法	①会时序电路的仿真；②能自行设计固定 2、10 分频器并用仿真方法来验证	1:3

续表

教学项目	相关章节	教学目标与任务	实践能力（技能）	理论与实践分配比
⑤用状态机实现序列检测器的设计	4.4.2 节、5.2.2 节、5.3 节、6.5 节	①学习并掌握 VHDL 并行语句；②学习用状态机实现序列检测器的设计，并对其进行仿真和硬件测试	①会时序电路的仿真；②能用已学知识（电子模块）搭建新的系统	1:3
⑥简易正弦信号发送器的设计	3.4.4 节、5.4 节、6.6 节	①学习存储器的设计方法；②学习可参数化宏模块的调用；③介绍嵌入式逻辑分析仪使用方法	①会时序电路的仿真；②学会 LPM_ROM 的使用方法；③学会 SignalTap II 的使用方法	2:2
⑦4 位十进制频率计设计	4.5 节、7.2 节	①学习十进制频率计的设计方法；②掌握动态扫描输出方法；③学习较复杂的数字系统多层次设计方法	①会用动态输出模块 scan_led；②学习电子设计的搭积木方式	1:3
⑧设计一个简单的 CPU 系统	3.4.5 节	介绍 SOPC 技术，带领学生步入新的天空	会用 SOPC Builder 工具构建 CPU 系统	1:3
⑨课程设计	第 7 章	在前 4 个综合训练中任选 1 个作为课程设计项目，完成硬件实物的设计（可分 2~3 个学生为 1 组）	①能设计较为复杂的系统；②培养学生团队协作能力	1:7

三、教学重点与难点

1. 概述

重点：EDA 技术的内涵、服务的工作领域及其在现代电子系统设计中所起的作用。

2. 可编程逻辑器件

重点：FPGA/CPLD 的结构与工作原理、性能特点及其开发应用选择。

难点：FPGA 和 CPLD 各自的配置方式和流程。

3. Quartus II 设计基础

重点：

- ① Quartus II 开发平台的设计输入、编译综合、仿真及下载硬件验证等设计流程；
- ② Quartus II 的功能和时序仿真；
- ③ 开发板的外围电路和芯片的 I/O 接口。

难点：

- ① 常见错误提示及其对应修正方法；
- ② 自主设计系统电路并能仿真验证。

4. 硬件描述语言 VHDL 语法概要

重点：

- ① VHDL 程序的基本结构与硬件单元的对应关系，标准程序的各个部分及其书写规则，相应的部分在程序中的作用；
- ② 库的类型与其作用及用法；
- ③ 数值和标识符的表述规则（包括整型、字符、标识符和下标及下标段名的表述规则）；

④ 类型转换与数据赋值规则;

⑤ VHDL 的数据对象 (信号与变量的区别), 数据类型 (BIT、STD_LOGIC、自定义类型), 操作符 (并置操作符);

⑥ 赋值语句 (信号赋值与变量赋值的区别)、IF 语句、CASE 和 WAIT 语句;

⑦ 进程语句、并行信号赋值语句、并行过程调用语句。

难点:

① 硬件描述语言与软件描述语言的不同点;

② 信号作用区域及其硬件实现时的逻辑;

③ 并行语句与顺序语句的区别, 在语法上的区别和模块构建时行为描述的区别, 综合后硬件实现的区别;

④ 子程序调用的定义和工作方式, 特别是与软件程序调用的本质区别;

⑤ 顺序语句所代表的信号传递过程和控制信号的工作原理;

⑥ 元件例化语句、生成语句;

⑦ 不可综合性语句 (可应用于仿真)。

5. 常用模块电路的 VHDL 设计

重点: 常用功能模块电路不同的设计思想和设计方法。

难点: 时序电路、存储器、状态机的设计。

6. 基础训练

重点:

① 实际动手操作, 熟练掌握基本电路的设计;

② 设计编译过程中的各种常见错误现象及改正方法。

难点: 各个模块的例化和模块间的端口连接。

7. 综合训练

重点:

① 复杂的电子系统的设计思想和设计方法;

② 学习高起点的设计方法。

难点: 复杂的电子系统的设计思想和方法, 自行解决工程项目中实际问题。

四、自学建议

1. 阅读第 1 章概述, 明白 EDA 技术的主要内涵;

2. 在计算机及开发板上对照 3.4 节的 6 个实例一一实现, 遇到问题察看第 4 章的语法及其在第 5 章的对应举例;

3. 完成第 6 章的实践项目;

4. 重读本教材;

5. 选做第 7 章的实践项目。

目 录

第一篇 EDA 技术基础

第 1 章 概述	(3)
1.1 EDA 技术的含义	(3)
1.2 EDA 技术的主要内容	(3)
1.3 EDA 技术的特点及发展趋势	(4)
第 2 章 可编程逻辑器件	(6)
2.1 概述	(6)
2.1.1 可编程逻辑器件的发展历程	(6)
2.1.2 简单可编程逻辑器件的基本结构	(8)
2.1.3 可编程逻辑器件的主要分类	(8)
2.2 大规模可编程逻辑器件	(9)
2.2.1 FPGA 的结构与工作原理	(9)
2.2.2 CPLD 的结构与工作原理	(12)
2.2.3 其他类型的 FPGA 和 CPLD	(15)
2.2.4 Altera 成熟器件及命名规则	(15)
2.2.5 FPGA 和 CPLD 的开发应用选择	(17)
2.2.6 Altera 配置芯片简介	(18)
2.3 Altera 新型系列器件简介	(18)
2.3.1 Stratix 系列高端 FPGA 简介	(18)
2.3.2 Arria 系列中端 FPGA 简介	(19)
2.3.3 Cyclone 系列低端 FPGA 简介	(19)
2.3.4 MAX II 系列低成本 CPLD 简介	(20)
2.3.5 HardCopy ASIC 系列简介	(21)
2.4 FPGA/CPLD 器件的配置与编程	(21)
2.4.1 下载电缆	(21)
2.4.2 配置与编程模式	(23)
2.4.3 配置方式	(26)
第 3 章 Quartus II 设计基础	(28)
3.1 概述	(28)

3.2	Quartus II 的安装与授权	(29)
3.3	Quartus II 设计流程	(34)
3.4	Quartus II 设计实例	(35)
3.4.1	输入设计与编译	(35)
3.4.2	仿真及时序分析	(41)
3.4.3	下载实现及硬件测试	(46)
3.4.4	可参数化宏模块的调用	(54)
3.4.5	Dsp Builder 的应用	(59)
3.4.6	设计一个简单的 CPU 系统	(69)
第 4 章	硬件描述语言 VHDL 语法概要	(78)
4.1	概述	(78)
4.1.1	VHDL 的特点	(78)
4.1.2	学习 VHDL 的注意事项	(78)
4.2	VHDL 程序基本结构	(79)
4.2.1	库	(80)
4.2.2	实体	(81)
4.2.3	结构体	(82)
4.3	VHDL 语言要素	(83)
4.3.1	文字规则	(83)
4.3.2	数据对象	(84)
4.3.3	数据类型	(84)
4.3.4	类型转换	(85)
4.3.5	运算操作符	(86)
4.3.6	属性	(88)
4.4	VHDL 的基本描述语句	(88)
4.4.1	顺序语句	(88)
4.4.2	并行语句	(90)
4.4.3	其他语句	(94)
4.5	子程序、程序包和配置	(94)
4.5.1	子程序	(94)
4.5.2	程序包	(96)
4.5.3	配置	(97)
第 5 章	常用模块电路的 VHDL 设计	(98)
5.1	常用组合逻辑电路的设计	(98)
5.1.1	七段译码器	(98)
5.1.2	优先编码器	(99)
5.1.3	多路选择器	(100)
5.1.4	求补器	(101)
5.1.5	三态门及总线缓冲器	(102)

5.2	时序逻辑电路的设计	(105)
5.2.1	触发器的设计	(105)
5.2.2	移位寄存器的设计	(108)
5.2.3	计数器的设计	(113)
5.3	状态机的设计	(119)
5.3.1	摩尔状态机的设计	(119)
5.3.2	米里状态机的设计	(122)
5.4	存储器的设计	(124)
5.4.1	只读存储器的设计	(124)
5.4.2	随机存储器的设计	(128)
5.4.3	堆栈的设计	(130)

第二篇 实战训练

第 6 章	基础训练	(135)
6.1	一位全加器原理图输入设计	(135)
6.2	译码显示电路的设计	(136)
6.3	含异步清零和同步时钟使能的 4 位加法计数器的设计	(137)
6.4	数控分频器的设计	(138)
6.5	用状态机实现序列检测器的设计	(140)
6.6	简易正弦信号发送器的设计	(143)
第 7 章	综合训练	(149)
7.1	键盘输入电路的设计	(149)
7.2	动态输出 4 位十进制频率计的设计	(157)
7.3	数字钟的设计	(163)
7.4	DDS 信号源的设计	(169)
7.5	基于 Dsp Builder 使用 IP Core 的 FIR 滤波器的设计	(174)
7.6	基于 Nios II 的 SD 卡音乐播放器的实现	(181)
附录		(189)
A.	DE2 基本资料	(189)
B.	基于 MAX II EPM240 芯片的 WZ 型最小系统实验板基本资料	(195)
C.	FPGA/CPLD 主要厂商及开发工具简介	(197)
参考文献		(199)

第一篇

EDA 技术基础

第1章 概述

1.1 EDA 技术的含义

信息社会的标志产品是电子产品。现代电子产品的性能越来越高，复杂度越来越大，更新步伐也越来越快。实现这种进步的主要原因就是微电子技术和电子技术的发展。前者以精细加工技术为代表，目前已进入超深亚微米阶段，可以在几平方厘米的芯片上集成几千万个晶体管；后者的核心就是 EDA 技术。

EDA 是电子设计自动化 (Electronic Design Automation) 的缩写，在 20 世纪 90 年代初从计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助测试 (CAT) 和计算机辅助工程 (CAE) 的概念发展而来的。

传统意义上或者狭义上的 EDA 技术是指可编程技术，是以计算机为工具，融合了应用电子技术、计算机技术、智能化技术的最新成果而开发出的 EDA 通用软件包，设计者在 EDA 软件平台上，用硬件描述语言 (HDL) 完成设计文件，然后由计算机自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合、优化、布局、布线和仿真，直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作。利用 EDA 技术进行电子系统的设计，具有以下几个特征：①用软件的方式设计硬件；②从软件到硬件的转换是自动完成的；③设计过程中可以进行各种仿真；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。EDA 技术是现代电子设计的发展趋势。

EDA 技术以计算机为工具，把原来硬件的大部分工作转换成在 EDA 软件平台上完成，根据硬件描述语言完成它的设计，并对目标芯片进行写入，通过计算机完成大量工作，实现硬件软设计，降低了设计人员的硬件经验要求和劳动强度。其目标芯片是一种由用户根据需要而自行构造逻辑功能的数字集成电路，主要有 FPGA 和 CPLD 两大类型，其基本设计方法是借助于 EDA 软件，用原理图、硬件描述语言等方法，生成相应的目标文件，最后用编程器或下载电缆，由目标器件实现。

1.2 EDA 技术的主要内容

EDA 技术的主要内容从 1.1 节可以知道，学习可编程技术首先必须对可编程器件有一定的了解；其次是用语言设计硬件，必须学习一种硬件描述语言；第三是在 EDA 软件平台上完成设计的，必须掌握一种 EDA 开发工具软件。下面就这三个方面作一介绍。

1. 可编程逻辑器件

逻辑器件 (Logic Device) 用来实现某种特定逻辑功能的电子器件，最简单的逻辑器件