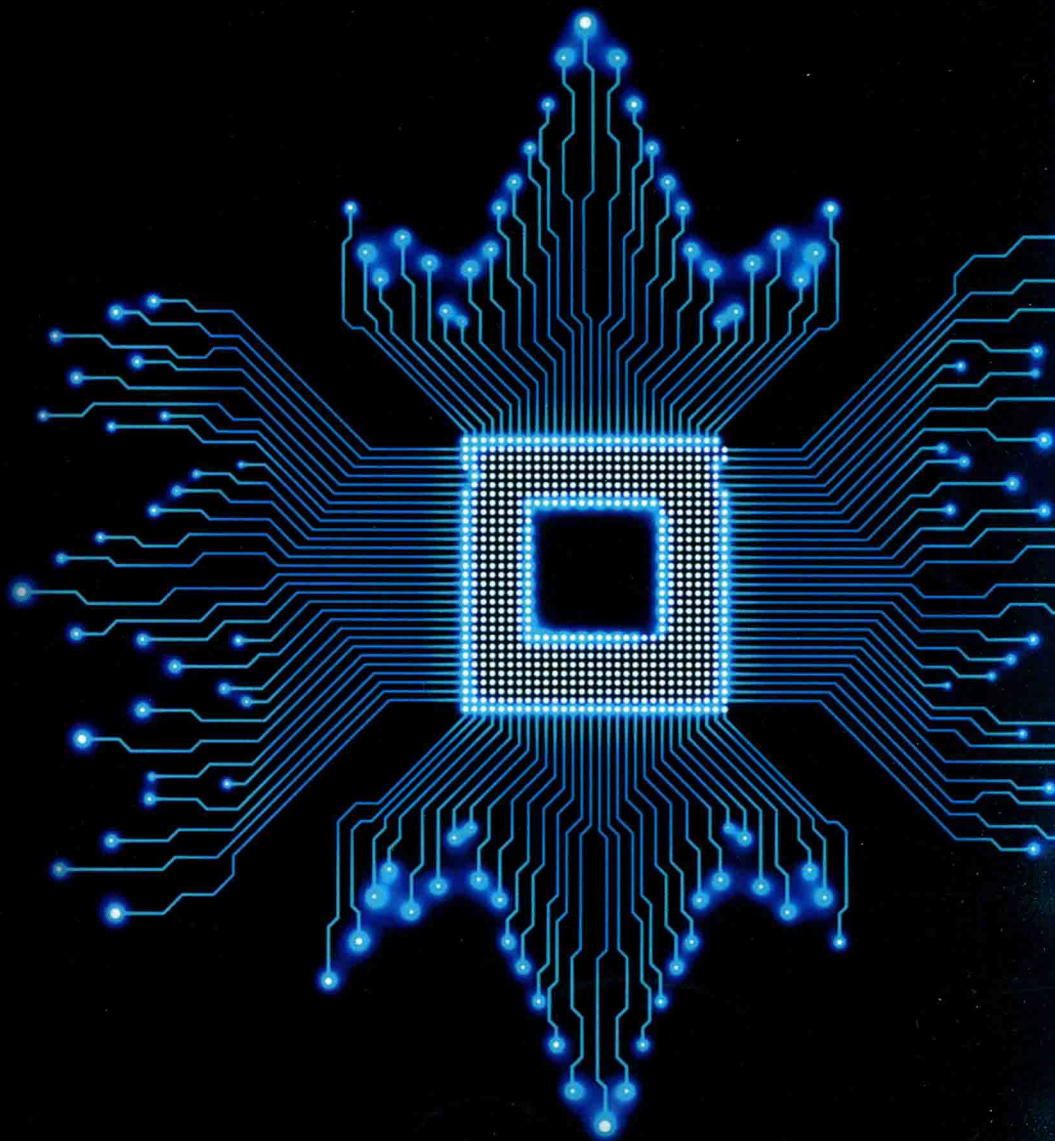


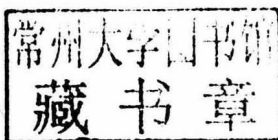
EDA 技术 与实践教程

宋烈武 编著



EDA 技术与 与实践教程

宋烈武 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书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。全书整体分为基础篇、实战篇两部分,两者相辅相成、有机融合。

本书主要介绍 FPGA/CPLD 的结构与工作原理、配置与编程,Quartus II 设计流程,硬件描述语言 VHDL 的语法概要并给出了常用单元电路的设计。书中结合大量的实例进行讲解,使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 技术解决中、小规模的系统设计问题。

本书可作为高职院校电子类、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。

图书在版编目 (CIP) 数据

EDA 技术与实践教程/宋烈武编著. —北京:化学工业出版社, 2019. 1
ISBN 978-7-122-33476-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 286636 号

责任编辑:刘哲
责任校对:宋夏

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:河北鹏润印刷有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数240千字 2019年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

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 14nm, FPGA 内部也已经集成 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, 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 技术课程主要内容包括三个部分: 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 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。

2006 年国家电工电子项目在武汉职业技术学院建立“EDA 实训基地”。Altera 公司于 2008 年 9 月捐赠武汉职业技术学院价值 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 (截至到现在有包括清华大学在内的等百余个联合实验室)。武汉职业技术学院参与发起并成为“中南地区 EDA/SOPC 技术研究会”常务理事单位之一。

武汉职业技术学院于 2000 年开设“EDA 技术”课程, 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》, 2009 年出版了《EDA 技术与实践教程》。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。

还有一个问题很纠结。各大公司的设计套件平均每半年更新一次, 软件的更新意味着硬

件的落后,也要随之更新,这在各个院校都很难实现。要不要追求新版本也是一个问题。本课程 EDA 技术,应该说是所有电子大类及相关专业应该掌握的技术,一种入门级普及教育;Altera 于 2015 年被 Intel 收购,作为英特尔的新业务部门运营,称为可编程解决方案事业部(PSG),其开发工具 Quartus II 更名为 Quartus Prime,主要在性能、效率、可用性上有所提升。思虑再三,暂不更新教学软件的版本。

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。

本书在正文前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 个设计实例介绍了输入设计与编译、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,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。第 8 章选取了本学期几个完成了硬件实验的学生作品,以期作抛砖引玉之用。

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。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宋烈武编著,参加编写的有武汉职业技术学院王碧芳、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,还有第 8 章收录了通信 17304 班的刘泽林、刘永万、苏昌镐,电信 17202 班的夏天等同学的作品,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。

谢谢关爱本教材的朋友!

编者

2018 年 12 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, 应学会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、种类划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、排错	2:2

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
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	① 学习FPGA/CPLD器件的配置与编程; ② 学习Quartus II设计流程; ③ 学习VHDL语言要素; ④ 学习加法计数器的设计	① 会输入、排错; ② 学习体验仿真	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
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; ③ 学习锁引脚,演示下载全过程	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 学习LPM_ROM的使用方法; ② 学习SignalTap II的使用方法; ③ 完成硬件实验	2:2
⑦ 4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	① 会用SOPC Builder工具构建CPU系统; ② 完成硬件测试	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1~3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、教学建议

第1单元,一位全加器原理图输入设计

重点:激发学生学习本课程的兴趣。

难点:不要让一个学生掉队。

建议:前3次课,老师尽量照顾动作慢的同学。

第2单元,译码显示电路的设计

重点:FPGA/CPLD的结构与工作原理,VHDL入门。

难点:排错方法。

第3单元,含异步清零和同步时钟使能的4位加法计数器

重点:计数器的设计及其仿真。

难点:

- ① 计数器设计的举一反三，思考任意指定进制计数器的设计；
- ② 仿真的理解及流程；
- ③ 全局量、局部量的概念。

第4单元，数控分频器的设计

重点：代码中的两个进程的作用及其关联。

难点：在学习模仿的基础上，学会自行设计仿真。

第5单元，用状态机实现序列检测器的设计

重点：

- ① 并行语句及其特征；
- ② 状态机的概念及其应用。

难点：自行设计仿真。

建议：到此次课，基本内容已教给了学生，是一个阶段。而本次课的时间安排相对宽松一点，建议老师鼓励前期没有按时完成任务的学生补齐。介绍锁引脚，演示下载全过程。

第6单元，简易正弦信号发送器的设计

重点：

- ① 可参数化宏模块的调用；
- ② 嵌入式逻辑分析仪使用。

难点：第一次硬件实验，涉及内容多，建议老师分步骤进行。

第7单元，4位十进制频率计设计

重点：

- ① 通过十进制频率计设计的学习，学习较复杂的数字系统多层次的设计方法；
- ② 掌握动态扫描输出方法。

难点：动态扫描输出及其对应的静态输出。部分同学可以学会动态扫描输出，而不知如何改为静态输出。

第8单元，设计一个简单的CPU系统

重点：SOPC技术入门级介绍。

难点：硬件测试，建议分步骤进行。

建议：此次课时间安排相对宽松，建议老师鼓励前期没有按时完成任务的学生补齐。布置下一个单元的任务。

第9单元，课程设计

自由选题、自由组队，支持课外选题。

该单元的设计，是对学生学习的考查，也是对老师教学的考查。很多往届学生都说经过该设计过程提高很多，望提请学生重视。

要求：

① 硬件实现；

② 提交设计报告（论文格式）。

建议：学生在前期尽快给老师看方案，以便顺利进行设计，不走弯路！

特别提醒：不反对查资料，借用别人的设计，但是请注意我们是要在 DE2 开发板上来实现的！一定要注意时钟输入信号及输出信号也就是前级与后级能否在 DE2 在实现！

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，遇到问题查看第 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1篇 EDA 技术基础

第1章 概述 / 2

1.1 EDA 技术的含义	2
1.2 EDA 技术典型应用	3
1.3 EDA 技术的主要内容	4
1.4 EDA 技术的特点及发展趋势	5
1.5 如何学习 EDA 技术	6

第2章 可编程逻辑器件 / 8

2.1 概述	8
2.1.1 可编程逻辑器件的发展历程	8
2.1.2 简单可编程逻辑器件的基本结构	12
2.1.3 可编程逻辑器件的主要分类	12
2.2 大规模可编程逻辑器件	13
2.2.1 FPGA 的结构与工作原理	13
2.2.2 CPLD 的结构与工作原理	17
2.2.3 其他类型的 FPGA 和 CPLD	19
2.2.4 Altera 成熟器件及命名规则	19
2.2.5 FPGA 和 CPLD 器件选择	22
2.2.6 Altera 配置芯片简介	23
2.3 Altera 新型系列器件简介	23
2.3.1 Stratix 系列高端 FPGA 简介	23
2.3.2 Arria 系列中端 FPGA 简介	24
2.3.3 Cyclone 系列低端 FPGA 简介	24
2.3.4 MAX II 系列低成本 CPLD 简介	25
2.3.5 HardCopy ASIC 系列简介	25
2.4 FPGA/CPLD 器件的配置与编程	26
2.4.1 下载电缆	26

2.4.2 配置与编程模式	28
2.4.3 配置方式	30

第3章 Quartus II设计基础 / 33

3.1 概述	33
3.2 Quartus II 的安装与授权	34
3.2.1 系统要求	34
3.2.2 Quartus II 的安装	34
3.2.3 Quartus II 的授权	36
3.3 Quartus II 设计流程	39
3.3.1 设计输入	40
3.3.2 设计实现	41
3.3.3 编程下载	42
3.3.4 设计验证	42
3.4 Quartus II 设计实例	43
3.4.1 输入设计与编译	43
3.4.2 仿真及时序分析	48
3.4.3 下载实现及硬件测试	53
3.4.4 可参数化宏模块的调用	60
3.4.5 Dsp Builder 的应用	66
3.4.6 设计一个简单的 CPU 系统	75

第4章 硬件描述语言 VHDL 语法概要 / 84

4.1 概述	84
4.1.1 VHDL 的特点	84
4.1.2 学习 VHDL 的注意事项	86
4.2 VHDL 程序基本结构	87
4.2.1 库	87
4.2.2 实体	89
4.2.3 结构体	90
4.3 VHDL 语言要素	91
4.3.1 文字规则	91
4.3.2 数据对象	92
4.3.3 数据类型	93
4.3.4 类型转换	95
4.3.5 运算操作符	95
4.3.6 属性	97
4.4 VHDL 的基本描述语句	98
4.4.1 顺序语句	98

4.4.2	并行语句	100
4.4.3	其他语句	103
4.5	子程序、程序包和配置	104
4.5.1	子程序	104
4.5.2	程序包	106
4.5.3	配置	107

第5章 常用模块电路的VHDL设计 / 108

5.1	常用组合逻辑电路的设计	108
5.1.1	七段译码器	108
5.1.2	优先编码器	110
5.1.3	多路选择器	111
5.1.4	求补器	111
5.1.5	三态门及总线缓冲器	113
5.2	时序逻辑电路的设计	115
5.2.1	触发器的设计	115
5.2.2	移位寄存器的设计	117
5.2.3	计数器的设计	123
5.3	状态机的设计	129
5.3.1	摩尔状态机的设计	129
5.3.2	米里状态机的设计	132
5.4	存储器的设计	134
5.4.1	只读存储器的设计	134
5.4.2	随机存储器的设计	138
5.4.3	堆栈的设计	140

第2篇 实战训练

第6章 基础训练 / 144

6.1	一位全加器原理图输入设计	144
6.2	译码显示电路的设计	145
6.3	含异步清零和同步时钟使能的4位十进制加法计数器的设计	145
6.4	数控分频器的设计	146
6.5	用状态机实现序列检测器的设计	149
6.6	简易正弦信号发送器的设计	152

第7章 综合训练 / 157

7.1	键盘输入电路的设计	157
-----	-----------	-----

7.2	动态输出 4 位十进制频率计的设计	165
7.3	数字钟的设计	171
7.4	DDS 信号源的设计	178
7.5	基于 Dsp Builder 使用 IP Core 的 FIR 滤波器的设计	182
7.6	基于 NIOS II 的 SD 卡音乐播放器的实现	189

第 8 章 实战实例 / 197

8.1	交通灯	197
8.2	函数信号发生器	202
8.3	出租车计费器	205
8.4	4 位频率计	212
8.5	万年历	213

附录 / 221

附录 A	DE2 基本资料	221
附录 B	基于 MAX II EPM240 芯片的 WZ 型最小系统实验板基本资料	228

参考文献 / 230

EDA

第 1 篇

EDA 技术基础

第1章 概述



【学习要点】

EDA 技术，电子设计自动化。狭义上的 EDA 技术是指可编程技术。它是以计算机为工作平台，以 EDA 工具软件为开发环境，以可编程逻辑器件（PLD）为物质基础，以硬件描述语言（HDL）作为电子系统功能描述的主要方式，以电子系统设计为应用方向的电子产品自动化设计过程。EDA 技术的典型特征是用软件的方式设计硬件。

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好，复杂度越来越高，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。前者以微细加工技术为代表，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。

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（Hardware Description Language, 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 (图 1-1) 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。

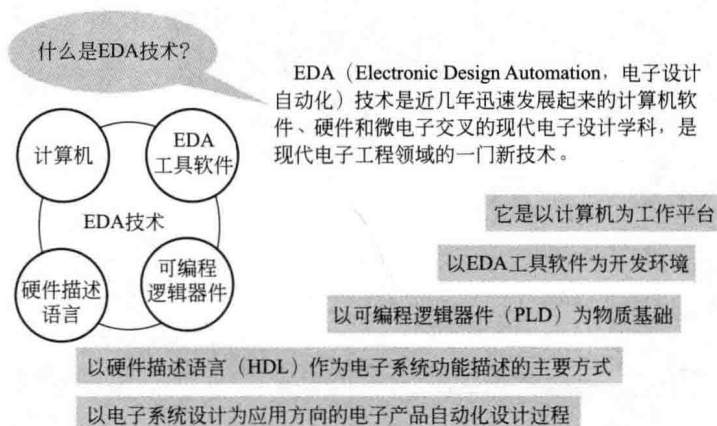


图 1-1 EDA 技术

1.2 EDA 技术典型应用

EDA 技术在教学、科研、产品设计与制造等各方面都发挥着巨大的作用。

在教学方面, 几乎所有理工科 (特别是电子信息) 类的高校都开设了 EDA 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 语言编写规范, 掌握逻辑综合的理论和算法, 使用 EDA 工具进行电子电路课程的实验验证, 并从事简单系统的设计。一般学习电路仿真工具 (如 multiSIM、PSPICE) 和 PLD 开发工具 (如 Altera/Xilinx 的器件结构及开发系统), 为今后工作打下基础。

科研方面主要利用电路仿真工具 (multiSIM 或 PSPICE) 进行电路设计与仿真; 利用虚拟仪器进行产品测试; 将 CPLD/FPGA 器件实际应用到仪器设备中 (自行开发的 CPLD/FPGA 作为电子系统、控制系统、数字信号处理系统的主体), 从事 PCB 设计和 ASIC 设计等。

在产品设计与制造方面, 包括计算机仿真、产品开发中的 EDA 工具应用、系统级模拟及测试环境的仿真、生产流水线的 EDA 技术应用、产品测试等各个环节。如 PCB 的制作、电子设备的研制与生产、电路板的焊接、ASIC (Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路) 的制作过程等。

从应用领域来看, EDA 技术已经渗透到各行各业, 包括机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域, 都有 EDA 应用。另外, EDA 软件的功能日益强大, 原来功能比较单一的软件, 现在增加了很多新用途。

在 2008 奥运会开幕式画卷 LED 屏（图 1-2）控制系统中选用了 Altera 的 Cyclone II FPGA，展示了 Altera 提供功能优异、高性价比解决方案的能力。LED 显示屏应用于鸟巢场内四周以及地面中心的画卷上。每个 LED 屏控制系统采用了 4000 片 Altera Cyclone II FPGA。利亚德系统扫描和控制的逼真视频图像显示在 LED 屏上。Cyclone II 器件完成控制器电路板的图像处理、编码和数据发送功能。

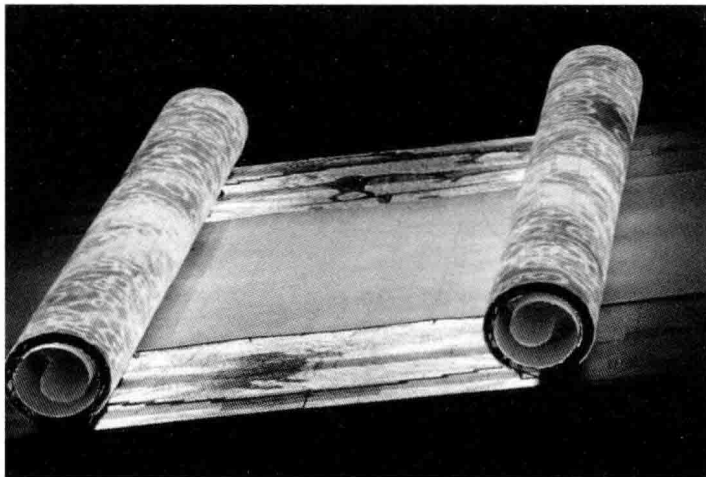


图 1-2 典型应用

1.3 EDA 技术的主要内容

EDA 技术的主要内容 1.1 节已经介绍，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，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）是用来实现某种特定逻辑功能的电子器件。最简单的逻辑器件是与门、或门、非门，在此基础上可实现复杂的时序和组合逻辑功能。

可编程逻辑器件（Programmable Logic Device, PLD）是一种由用户编程以实现某种逻辑功能的逻辑器件。PLD 已发展到现在的大规模可编程逻辑器件，按工作原理分为两类：FPGA 和 CPLD。

PLD 是电子设计领域中具有活力和发展前途的一项技术，它能完成任何数字电路的功能，上至高性能的 CPU，下至简单的 74 系列电路。高集成度、高速度和高可靠性是 FPGA/CPLD 最明显的特点，其时钟延时可小至毫秒级。结合其并行工作方式，在超高速应用领域和实时测控方面有着非常广阔的应用前景。

（2）硬件描述语言

硬件描述语言（Hardware Description Language, HDL）是一种用形式化方法描述数字电路和系统的语言。利用这种语言，数字电路系统的设计可以自顶向下逐层描述自己的设计思想，用一系列分层次的模块来表示复杂的数字系统。然后利用 EDA 工具软件，逐层进行仿