

文章编号: 1007- 2985(2005) 03- 0023- 04

电子设计自动化技术的发展与应用

谢长焱¹, 李义府¹, 彭卫韶¹, 何怡刚²

(1. 中南大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要: 介绍了电子设计自动化(EDA)技术的发展历程、EDA 技术的主要内容及应用、EDA 软件系统的构成, 并对 EDA 技术的应用前景进行了展望。

关键词: 电子设计自动化; 发展阶段; 应用; 功能模块; 展望

中图分类号: TP11

文献标识码: A

现代电子产品正以前所未有的革新速度, 朝功能多样化、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之一, 是大量使用大规模可编程逻辑器件(Programmable Logic Device, 简称 PLD), 以提高产品性能、缩小产品体积、降低产品消耗; 区别之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、提高产品竞争力。电子设计自动化(Electronic Design Automation, 简称 EDA) 技术正是为了适应现代电子产品设计的要求, 吸收多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到硬件系统的转换是由有关的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、可行性高。因此, EDA 技术是现代电子设计的发展趋势。

EDA 技术是一门涉及多学科的综合性的技术, 内容广泛。^[1-2] 所谓 EDA 技术, 就是以大规模可编程逻辑器件为设计载体, 以硬件描述语言(Hardware Describable Language, 简称 HDL) 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, 通过有关开发软件, 自动完成用软件的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, 直到完成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, 是 21 世纪产生重大影响的十大技术之一。

1 EDA 技术发展的 3 个阶段

EDA 技术伴随计算机、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 EDA 等 3 个发展阶段^[2]。

1.1 20 世纪 70 年代的计算机辅助设计阶段

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印刷电路板(Printed Circuit Board, 简称 PCB) 上进行的。

y 收稿日期: 2005- 03- 21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50277010)

作者简介: 谢长焱(1935-), 男, 湖南省长沙市人, 中南大学信息科学与工程学院教授, 主要从事电路及系统理论和故障诊断、电子技术应用研究。

由于传统的手工布图方法无法满足产品复杂性的要求,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. 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较差.

1.2 20 世纪 80 年代的计算机辅助工程设计阶段

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. 伴随计算机和集成电路的发展,EDA 技术进入计算机辅助工程设计 CAE 阶段. 20 世纪 80 年代初推出的 EDA 工具,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.

如果说 20 世纪 70 年代的自动布局布线的 CAD 工具代替了设计工作中绘图的重复劳动,那么 20 世纪 80 年代出现的具有自动综合能力的 CAE 工具则代替了设计师的部分工作,对保证电子系统的设计和制造出最佳的电子产品起关键作用. 20 世纪 80 年代后期,EDA 工具已经可以进行设计描述、综合、优化和设计结果验证. CAE 阶段的 EDA 工具不仅为成功开发电子产品创造了有利条件,而且为高级设计人员的创造性劳动提供了方便. 但是,大部分从原理图出发的 EDA 工具仍然不能适应复杂电子系统的设计要求,而具体化的元件图形制约着优化设计.

1.3 20 世纪 90 年代的电子系统设计自动化阶段

为了满足千差万别的系统用户提出的设计要求,最好的办法是由用户自己设计芯片,将准备设计的电路直接设计在专用芯片上. 微电子技术的发展,特别是可编程逻辑器件的发展,使得微电子厂家可以为用户提供各种规模的 PLD,使设计者通过设计芯片实现电子系统功能.

20 世纪 90 年代的 EDA 工具,是以系统级设计为核心,包括系统行为级描述与结构综合、系统仿真与测试验证、系统划分与指标分配、系统决策与文件生成等一整套的电子系统设计自动化工具. 这时的 EDA 工具不仅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,如提供方框图、状态图和流程图的编辑能力,具有适合层次描述和混合信号描述的硬件描述语言(如 VHDL, AHDL 或 Verilog-HDL),同时含有各种工艺的标准元件库. 只有具备上述功能的 EDA 工具,才可能使电子系统工程师在不熟悉各种半导体工艺的情况下完成电子系统的设计.

2 EDA 技术的主要内容及应用

EDA 技术涉及面广,内容丰富,主要包括以下内容:(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的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.

2.1 大规模可编程逻辑器件

PLD^[3-4]是一种由用户编程以实现某种逻辑功能的新型逻辑器件. 目前,现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称 FPGA)和复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Devices,简称 CPLD)的应用已十分广泛,它们将随着 EDA 技术的发展成为电子设计领域的重要角色.

FPGA 在结构上主要分为 3 个部分,即可编程逻辑单元、可编程输入输出单元和可编程连线. CPLD 在结构上主要包括 3 个部分,即可编程逻辑宏单元、可编程输入输出单元和可编程内部连线.

高集成度、高速度和高可靠性是 FPGA CPLD 最明显的特点. 目前,FPGA CPLD 的集成度可达 25 万个等效门,最高工作速度已达 180 MHz,时钟延时可小至纳秒级,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非常广阔的应用前景. 在高可靠应用领域,不会存在复位不可靠和可能跑飞等问题. 采用 FPGA CPLD 几乎可将整个系统下载于同一芯片中,形成片上系统,从而大大缩小了体积,易于管理和屏蔽.

由于 FPGA CPLD 的集成规模非常大,可利用先进的 EDA 工具进行电子系统设计和产品开发. 因为开发工具的通用性、设计语言的标准化以及设计过程几乎与所用器件的硬件结构没有关系,所以设计开发成

功的各类逻辑功能块软件有很好的兼容性和可移植性.它几乎可用于任何型号和规模的FPGA CPLD中,使得产品设计效率大幅度提高;可在很短的时间内完成十分复杂的系统设计,使产品快速进入市场.

2.2 硬件描述语言

常用的硬件描述语言有VHDL, Verilog, ABEL. (1) VHDL. 作为IEEE的工业标准硬件描述语言,在电子工程领域已成为事实上的通用硬件描述语言. (2) Verilog. 支持的EDA工具较多,适用于RTL级和门电路级的描述,其综合过程较VHDL简单,但在高级描述方面不如VHDL. (3) ABEL. 一种支持各种不同输入方式的HDL,被广泛用于各种可编程逻辑器件的逻辑功能设计,因其语言描述的独立性,故适用于各种不同规模的可编程器件的设计.

在21世纪中,VHDL与Verilog语言将承担几乎全部的数字系统设计任务.

2.3 软件开发工具

目前,比较流行的、主流厂家的EDA软件工具有Altera的MAX+ plus II、Lattice的ispEXPERT和Xilinx的Foundation Series.^[5] (1) MAX+ plus II. 支持原理图、VHDL和Verilog语言文本文件,以及以波形与EDIF等格式的文件作为设计输入,并支持这些文件的任意混合设计.它被誉为最易学、易用的EDA软件. (2) IspEXPERT. IspEXPERT System是ispEXPERT的主要集成环境,通过它可进行VHDL、Verilog及ABEL语言的设计输入、综合、适配、仿真和在系统下载. IspEXPERT System是目前流行的EDA软件中最容易掌握的设计工具之一,它界面友好、操作方便、功能强大,且与第三方EDA工具兼容良好. (3) Foundation Series. 它是Xilinx公司最新集成的EDA工具,采用自动化、完整的集成设计环境,是业界最强大的EDA设计工具之一.

2.4 实验开发系统

提供芯片下载电路及EDA实验开发的外围资源(类似于用于单片机开发的仿真器),供硬件验证用.一般包括以下部分: (1) 实验或开发所需的各类基本信号发生模块,包括时钟、脉冲、高低电平; (2) FPGA CPLD输出信息显示模块,包括数码显示、发光管显示、声响指示; (3) 监控程序模块,提供电路重构软配置; (4) 目标芯片适配座、FPGA CPLD目标芯片和编程下载电路.

3 构成EDA软件系统的功能模块

EDA技术研究的对象是电子设计的全过程,有系统级、电路级和物理级等3个层次的设计.它涉及从低频、高频到微波,从线性到非线性,从模拟到数字,从通用集成电路到专用集成电路构造的电子系统,因此EDA技术研究的范畴相当广泛.如果从专用集成电路(Applications Specific Integrated Circuit,简称ASIC)开发与应用角度来看,EDA软件系统应包含设计输入子模块、设计数据库子模块、分析验证子模块、综合仿真子模块、布局布线子模块等^[1-5]. (1) 设计输入子模块.该模块接受用户的设计描述,并进行语义正确性、语法规则的检查,检查通过后,将用户的设计描述数据转换为EDA软件系统的内容数据格式,存入设计数据库被其他子模块调用.设计输入子模块不仅能接受图形描述输入、HDL描述输入,还能接受图文混合描述输入.该子模块一般包含针对不同描述方式的编辑器,如图形编辑器、文本编辑器等,同时包含对应的分析器. (2) 设计数据库子模块.该模块存放系统提供的库单元、用户的设计描述和中间设计结果. (3) 分析验证子模块.该模块包括各个层次的模拟验证、设计规则的检查、故障诊断等. (4) 综合仿真子模块.该模块包括各个层次的综合工具,理想的情况是从高层次到低层次的综合仿真全部由EDA工具自动实现. (5) 布局布线子模块.该模块实现由逻辑设计到物理实现的映射,因此与物理实现的方式密切相关.例如,最终的物理实现可以是门阵列、可编程逻辑器件等,由于对应的器件不同,因此各自的布局布线工具有很大的差异.

近年来,许多生产可编程逻辑器件的公司相继推出适于开发自己公司器件的EDA工具,这些工具一般都包含上面提到的模块,操作简单,对硬件环境要求低,运行平台是PC机和Windows或Windows NT操作系统.

4 EDA技术应用前景的展望

4.1 应用于科研工作和新产品的开发

随着可编程逻辑器件性能价格比不断提高,开发软件功能不断完善,EDA技术设计电子系统具有用

软件的方式设计硬件,设计过程中可用有关软件进行各种仿真,系统可现场编程和在线升级,整个系统可集成在一个芯片上等特点,使其被广泛应用于科研工作和新产品的开发。

4.2 应用于高校电类专业的实践教学

各种数字集成电路芯片,用 VHDL 语言可进行方便的描述,经过生成元件后可作为一个标准元件进行调用。同时,借助 VHDL 开发设计平台可进行系统的功能仿真和时序仿真,借助实验开发系统可进行硬件功能验证等,因而大大简化了数字电子技术实验,并根据学生的设计不受限制地进行各种实验。

对于电子技术课程设计,特别是数字系统性的课题,在 EDA 实验室不需添加任何新设备,即可设计出各种比较复杂的数字系统,并且借助实验开发系统可方便地进行硬件验证,如设计频率计、交通控制灯、秒表等。

4.3 应用于 ASIC 的开发

可编程器件制造厂家可按照一定的规格以通用器件大量生产,用户可从市场选购通用器件,然后按自己的要求通过编程实现 ASIC 的功能。因此,开发具有自主知识产权的专用集成电路,已成为相关专业人员的重要任务。

4.4 应用于传统机电设备的升级换代和技术改造

传统机电设备的电气控制系统,如果利用 EDA 技术进行重新设计或技术改造,不但设计周期短、成本低,而且将提高产品或设备的性能,缩小产品体积,提高产品的技术含量,增加产品的附加值。

可预计,未来的 EDA 技术将向广度和深度 2 个方向发展,会超越电子设计的范畴进入其他领域。随着基于 EDA 的单片系统设计技术的发展,软硬核功能库的建立,基于 VHDL 所谓自顶向下设计理念的确立,未来的电子系统的设计与规划不再是电子工程师的专利。

5 结语

PLD 的出现使数字系统的设计方法发生了崭新的变化。传统的系统设计方法采用 SSI 和 MSI 标准通用器件以对电子电路进行设计,由于器件的种类、数量多且连接复杂,因而造成系统体积大、可靠性差。采用 PLD 设计系统后,可利用 EDA 工具来完成,极大地提高了设计效率和设计灵活性。

近年来,PLD 和 EDA 技术发展十分迅速。PLD 已在计算机硬件、工业控制、智能仪器、家用电器等领域得到广泛应用,成为电子产品设计变革的主流器件。目前具有竞争力的电子产品,多数都采用了 PLD,而 PLD 的设计与改进必须借助 EDA 工具,因此掌握 PLD 和 EDA 技术已成为当今硬件系统设计者的重要任务。

参考文献:

- [1] 谭会生,张昌凡.EDA 技术及应用 [M].西安:电子科技大学出版社,2001.
- [2] 曾繁泰,侯亚宁.编程器件应用导论 [M].北京:清华大学出版社,2001.
- [3] 徐志军.大规模可编程逻辑器件及其应用 [M].西安:电子科技大学出版社,2000.
- [4] 赵雅兴.FPGA 原理、设计与应用 [M].天津:天津大学出版社,1999.
- [5] 冯涛,王程.可编程逻辑器件开发技术 MAX+ PlusII 入门与提高 [M].北京:人民邮电出版社,2002.

Development and Application of EDA Technique

XIE Chang yan¹, LI Yi fu¹, PENG Wei shao¹, HE Yi gang²

(1. School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. College of Electrical and Informational Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: This paper introduces the developing process, main contents and software system construction of electronic design automation(EDA) technique. The developable tendency of EDA technique and its application are also presented.

Key words: electronic design automation; developing stage; application; functional module; expectation