



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



新一代高职教育信息通信规划教材

电子设计自动化

DIANZI SHEJI ZIDONGHUA

DIANZI SHEJI ZIDONGHUA

张志平 孙科学 卜新华 编著

702
101



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TN702
zh401



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新一代高职教育信息通信规划教材

电子设计自动化

张志平 孙科学 卜新华 编 著

北京邮电大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书是根据高职高专教学的要求和特点而编写的教材,列为教育部“十一五”规划教材,内容涉及 EDA 技术的算法设计、芯片设计、电路板设计等内容。

全书共分 7 章,主要包括:EDA 技术的发展、EDA 设计流程与工具、FPGA/CPLD 结构与配置、原理图输入设计方法、硬件设计描述语言 VHDL 基础、电子系统设计、系统电路设计与制版技术等。

本书突出能力培养,强调理论与实践相结合,着重于应用,理论以够用为度,内容叙述深入浅出,将知识点和能力点有机结合,较全面地讲解了 EDA 技术的具体应用,并介绍了目前最新型的可编程逻辑器件和开发应用软件。

本书是高职高专学校及成人教育的电子信息、计算机应用、通信工程等相关专业的专业基础课教材,也可作为从事这方面工作的工程技术人员的培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化/张志平,孙科学,卜新华编著. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1421-2

I. 电… II. ①张…②孙…③卜… 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(2007)第 119813 号

书 名: 电子设计自动化

作 者: 张志平 孙科学 卜新华

责任编辑: 周 莹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

北方营销中心:电话:010-62282185 传真:010-62283578

南方营销中心:电话:010-62282902 传真:010-62282735

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12

字 数: 292 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1421-2/TP·506

定 价: 19.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

新一代高职教育信息通信规划教材

编 委 会

主 任：肖传统

副主任：张孝强 张干生 孙青华 严潮斌

委 员：（以姓氏笔画为序）

王立平 王巧明 王晓军 王 颖 宁 帆

刘翠霞 李 飞 李文海 苏开荣 吴正书

李转年 迟学芬 吴瑞萍 张一鸣 张敏华

张献居 张新璞 杨 泉 顾生华 孟祥真

徐淳宁 曹晓川 蒋青泉 傅德月

秘 书：王琴秋

前 言

电子设计自动化是近年来兴起的一门新兴的学科,特别是 20 世纪 90 年代以来得到了迅速的发展,在多个领域中获得广泛应用,目前成为我国的电子行业中电路设计和印制板制作普遍采用的技术。

本书是高职高专院校的通信工程、电子技术应用及相关专业的专业基础课教材,列为教育部“十一五”规划教材。在编写过程中,体现出基本性和实用性的原则,为学习者提供一种快速有效的入门工具和一个有效的工作平台,注重培养学生的 EDA 技术应用能力和解决实际问题的能力。

本书共 7 章,包括了 EDA 技术的基础知识、电子系统设计及电路图绘制、印制线路板设计,采用 Quartus II 和 Protel 99 SE 两个软件包。

本书是根据高专高职教育的特点和要求编写的。具有内容精选、切合实际、深入浅出、循序渐进、物理概念清楚以及便于学习等特点。

本教材以 40 左右讲授课时为宜,在学习本课程的同时,应安排足够时间进行实践训练。

本书的编写工作由张志平、卜新华、孙科学共同完成,其中,第 1 章至第 3 章由张志平编写,第 4 章、第 5 章由孙科学编写,第 6 章、第 7 章由卜新华编写,全书的统编和审阅及组织工作由张志平负责。

本书也可供相关专业的成人教育、在职工程技术人员的培训和自学使用。

本书在编写过程中,得到了石家庄邮电职业技术学院电信工程系领导、老师们的关心和支持,在此一并表示谢意。

由于经验和水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 EDA 工程概述	1
1.1.1 EDA 的概念	1
1.1.2 EDA 技术的设计语言	2
1.1.3 EDA 技术的特征	3
1.1.4 EDA 技术的范畴和功能	3
1.2 EDA 技术的发展历程	5
1.2.1 手工设计阶段	5
1.2.2 计算机辅助设计阶段	5
1.2.3 计算机辅助工程阶段	6
1.2.4 电子设计自动化阶段	6
1.3 EDA 技术的发展趋势	7

第 2 章 EDA 设计流程及工具

2.1 FPGA/CPLD 设计流程	11
2.1.1 FPGA/CPLD 概述	11
2.1.2 FPGA/CPLD 设计流程	12
2.2 ASIC 设计流程	16
2.2.1 ASIC 概述	16
2.2.2 ASIC 的设计方法	17
2.2.3 ASIC 的设计流程	20
2.3 EDA 技术的基本工具	20
2.3.1 设计输入编辑器	21
2.3.2 HDL 综合器	22
2.3.3 仿真器	22
2.3.4 适配器(布局、布线器)	23
2.3.5 下载器(编程器)	23
2.4 常用 EDA 软件	24

第 3 章 可编程逻辑器件

3.1 可编程逻辑器件的基本原理	28
------------------------	----

3.1.1	可编程逻辑器件的发展历史	28
3.1.2	简单可编程逻辑器件原理	29
3.1.3	复杂可编程逻辑器件(CPLD)原理	32
3.1.4	现场可编程门阵列(FPGA)原理	39
3.2	FPGA/CPLD 测试技术	45
3.2.1	内部逻辑测试	45
3.2.2	JTAG 边界扫描测试	46
3.3	FPGA 和 CPLD 的编程与配置	48
3.3.1	CPLD 的 ISP 方式编程	49
3.3.2	FPGA 的配置方式	49
3.4	CPLD 和 FPGA 的开发应用选择	50
3.4.1	CPLD 和 FPGA 的区别	50
3.4.2	CPLD 和 FPGA 的选用方法	51

第 4 章 Quartus II 在 EDA 开发中的应用

4.1	原理图输入法	54
4.2	文本输入法	70

第 5 章 VHDL 语言基础

5.1	VHDL 概述	75
5.2	VHDL 语言的基本结构	77
5.2.1	VHDL 语言基本设计单元及其构成	77
5.2.2	库、程序包	79
5.2.3	配置(CONFIGURATION)	81
5.2.5	VHDL 语言结构体的描述方式	82
5.3	VHDL 语言要素	84
5.3.1	VHDL 文字规则	84
5.3.2	VHDL 数据对象	86
5.3.3	VHDL 中的数据类型	88
5.3.4	VHDL 语言的运算操作符	90
5.3.5	VHDL 的属性描述	92
5.4	VHDL 语言的主要描述语句	93
5.4.1	顺序描述语句	93
5.4.2	并行语句	104
5.5	VHDL 的描述风格	115
5.5.1	行为描述方式	115
5.5.2	寄存器传输级描述方式	116
5.5.3	结构描述方式	116

第 6 章 电子系统的设计

6.1 电子系统设计概述	121
6.1.1 数字系统设计方法	121
6.1.2 数字系统设计的一般过程	122
6.2 数字钟系统设计举例	123
6.2.1 在 Quartus II 中实现时分秒计数器模块设计	123
6.2.2 简易数字钟设计与电路仿真	132
6.3 等精度频率计系统设计举例	133
6.3.1 等精度频率计原理介绍	134
6.3.2 等精度频率计 VHDL 程序设计	135

第 7 章 系统电路设计与制版技术

7.1 Protel 的概述	140
7.2 Protel 99 SE 软件简介	141
7.2.1 Protel 99 SE 的启动与启动环境	141
7.2.2 Protel 99 SE 设计基础	142
7.2.3 Protel 99 SE 设计环境	143
7.3 Protel 99 SE 原理图设计	144
7.3.1 原理图编辑器环境介绍	145
7.3.2 原理图文档图纸参数的设置	146
7.3.3 工作平面中元器件的设置	147
7.3.4 原理图布线	149
7.3.5 原理图编辑与管理	152
7.3.6 创建新元件与层次原理图设计	156
7.4 印刷电路板(PCB)的设计	161
7.4.1 PCB 设计编辑器介绍	161
7.4.2 PCB 设计基础知识	165
7.4.3 手工绘制 PCB 单面板	168
7.4.4 PCB 双面板半自动化设计	171
7.4.5 PCB 打印输出	175
参考文献	180

绪 论

第 1 章

【本章内容】

- 对 EDA 的基本情况进行了简要介绍,基本内容包括概念、使用的硬件描述语言、基本特征和功能,EDA 发展的各个阶段的基本情况及其发展趋势。

【本章重点】

- EDA 的概念
- EDA 的特征
- EDA 的功能
- EDA 的发展历程

【本章难点】

- EDA 的特征
- EDA 的功能

【本章学时数】

- 建议 4 学时

【学习本章的目的和要求】

- 通过本章的学习,应对 EDA 的基本情况有基本了解,并掌握其基本的特征,熟悉自顶向下的设计方法。

1.1 EDA 工程概述

20 世纪 60 年代以来,电子工程设计主要以手工操作和计算机辅助设计为主。随着电子器件特别是计算机技术的飞速发展,电子设计自动化逐渐得到了发展,目前,EDA 技术已经成为电子系统设计的重要手段。20 世纪 80 年代以来,我国电子工业取得了长足的进步,在涉及通信、国防、航天、工业自动化、仪器仪表等领域的电子系统设计中,EDA 技术得到巨大发展并有了广泛应用。作为计算机科学衍生出的众多学科中的一门关于电子设计自动化的学科,它已成为当今电子技术发展的前沿之一。

1.1.1 EDA 的概念

人类社会已进入到高度发达的信息化时代,社会信息化和互联网正在对人类经济和社会生活产生革命性的影响,而信息社会的发展离不开电子产品的进步。现代电子产品在性能提高、复杂度增大的同时,价格却一直呈现下降趋势,而且产品更新换代的步伐也越来越

快,实现这种进步的主要因素是生产制造技术和电子设计技术的快速发展。

多年以来,电子线路的设计一般都要经过三个阶段:设计方案提出、方案验证、方案调整,大多需要经历多次反复修改、调整才能真正完成电路的设计。由于传统的设计方法一般是采用搭接实验电路的方式进行,既浪费大量的人力、物力,又导致效率低下。

随着计算机技术的发展,出现了 CAD(Computer Aided Design,计算机辅助设计),部分电路的设计可借助计算机来辅助完成设计任务,但大部分情况下要以“人”为主体,很多情况下还要借助人的经验。而 EDA 技术的出现,给电子线路的设计带来了新的发展。

EDA(Electronic Design Automatic,电子设计自动化技术)是一种以计算机硬件和系统软件为基础的工作平台,利用电子技术、计算机技术、智能化技术等多种应用学科的最新成果,开发而成的一整套电子 CAD 软件,是一种帮助电子设计工程师在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至 PCB(印制电路板)的自动设计。

EDA 技术包括了电子工程师进行产品开发的全过程,以其更高的自动化程度、更完善的功能、更快的运行速度及友好的操作界面、良好的数据开放性和互换性,使其得到世界上各大公司、企业和科研单位广泛使用,并已成为衡量一个国家电子技术发展水平的重要标志之一。

1.1.2 EDA 技术的设计语言

HDL(Hardware Description Language,硬件描述语言)是一种用于设计硬件电子系统的计算机语言,它是硬件设计人员和电子设计自动化(EDA)工具之间的界面,其主要目的是用来编写设计文件,建立电子系统行为级的仿真模型。它是 EDA 技术的重要组成部分,以软件编程的方式来描述电子系统的逻辑功能、电路结构和连接形式,适合大规模电子系统的设计。

目前,作为电子设计主流硬件描述语言的 VHDL,其全名为 VHSIC(Very High Speed Integrated Circuit)Hardware Description Language,是一种全方位的硬件描述语言,支持系统行为级、寄存器传输级和逻辑门级多个设计层次,支持结构描述、数据流描述和行为描述及三种形式的混合描述,因此 VHDL 几乎覆盖了以往各种硬件描述语言的功能,整个自顶向下或自底向上的电路设计过程都可以用 VHDL 来完成。VHDL 于 1983 年由美国国防部(DOD)发起创建,由 IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)进一步发展,并于 1987 年作为“IEEE 标准 1076”发布,使得 VHDL 成为硬件描述语言的业界标准之一,并在电子设计领域得到广泛应用,逐步取代了原有的非标准硬件描述语言。1993 年,IEEE 对 VHDL 进行了修订,从更高的抽象层次和系统描述能力上扩展了 VHDL 的内容,公布了新版的 VHDL,即 IEEE 标准 1076-1993。

Verilog HDL 是在 1983 年由 GDA(Gate Way Design Automation)公司的 Phil Moorby 首创的,1989 年 Cadence 公司收购了 GDA 公司,Cadence 公司拥有了 Verilog HDL 语言的知识产权。1995 年 Cadence 公司公开了 Verilog HDL 语言。成立了 OVI(Open Verilog International)组织,以此来负责 Verilog HDL 的发展。IEEE 于 1995 年制定了 Verilog HDL 的 IEEE 标准,即 Verilog HDL1364-1995。Verilog HDL 是民间的、非官方的硬件描述语言,有着广泛的民众支持,因而资源比 VHDL 丰富。

目前,VHDL 和 Verilog HDL 作为 IEEE 的工业标准硬件描述语言,得到众多 EDA 公

司的支持,成为事实上的通用硬件描述语言。两种语言的区别在于其侧重点略有不同:VHDL 更适合大系统的描述;Verilog HDL 更适合硬件细节的描述。

1.1.3 EDA 技术的特征

EDA 技术代表了当今电子设计技术的最新发展方向,其基本特征包括:

1. 硬件采用工作站和高档微机;软件采用 EDA 工具。

2. 设计人员按照并行工程和“自顶向下”的设计方法,使开发者从一开始就要考虑到产品生成周期的诸多方面,包括质量、成本、开发时间及用户的需求等。具体设计工作从高层开始,对整个系统进行方案设计和功能划分,系统的关键电路用一片或几片专用集成电路(Application Specific Integrated Circuits,ASIC)实现,然后采用 VHDL 和 Verilog HDL 硬件描述语言完成系统行为级设计,自顶向下跨过各个层次,最后通过综合器和适配器生成最终的目标器件。

具体来讲,自顶向下设计方法就是在整个设计流程中各设计环节逐步求精的过程。一个项目的设计过程包括从自然语言说明到 VHDL 的系统行为描述、系统的分解、RTL(行为代码)模型的建立、门级模型产生,到最终的可以物理布线实现的底层电路,就是从高抽象级别到低抽象级别的整个设计周期。

自顶向下的设计方法把系统分解为各个模块的集合,每个模块都可指派不同的工作小组承担设计任务,小组可在不同地点进行开发,甚至可分解为不同的单位承担,只要最后把不同的模块集成为最终的系统模型并对其进行综合测试和评价即可,增加了灵活性。其流程图如图 1-1 所示。

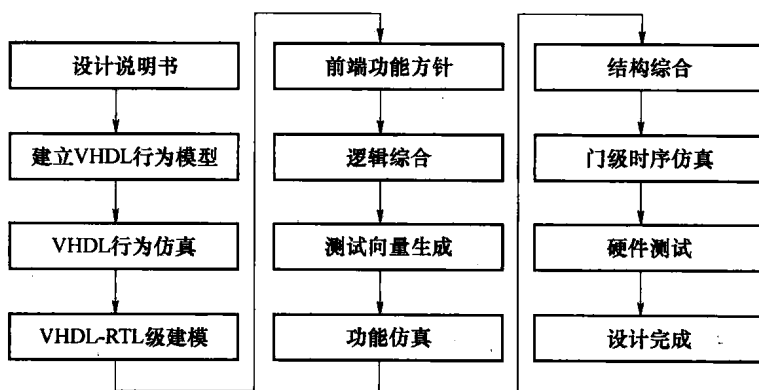


图 1-1 自顶向下设计流程图

1.1.4 EDA 技术的范畴和功能

EDA 技术的范畴包括电子工程师进行产品开发的全过程,以及电子产品生产的全过程中期望由计算机提供的各种辅助工作。需要指出的是,EDA 技术仅是指电子设计自动化,并不包含电子生产自动化。其涉及的范围是系统的行为描述和结构描述。几何描述、物理描述和具体的半导体工艺不在 EDA 工程研究的范畴,这也是 EDA 工程与半导体工艺学两学科的分界线。

EDA 技术主要能进行三方面的辅助设计工作:PCB 印刷电路板设计;ASIC 专用集成电路芯片设计;电子系统设计(SOC)。纵向看,EDA 技术可以简单地认为是覆盖系统级、电路级和物理实现级三个层次上的辅助设计技术。横向看,EDA 技术包括电子电路从低频到微波,从线性到非线性,从模拟到数字,从分立器件到集成电路的全部设计。

其具体范畴和功能如图 1-2 所示。

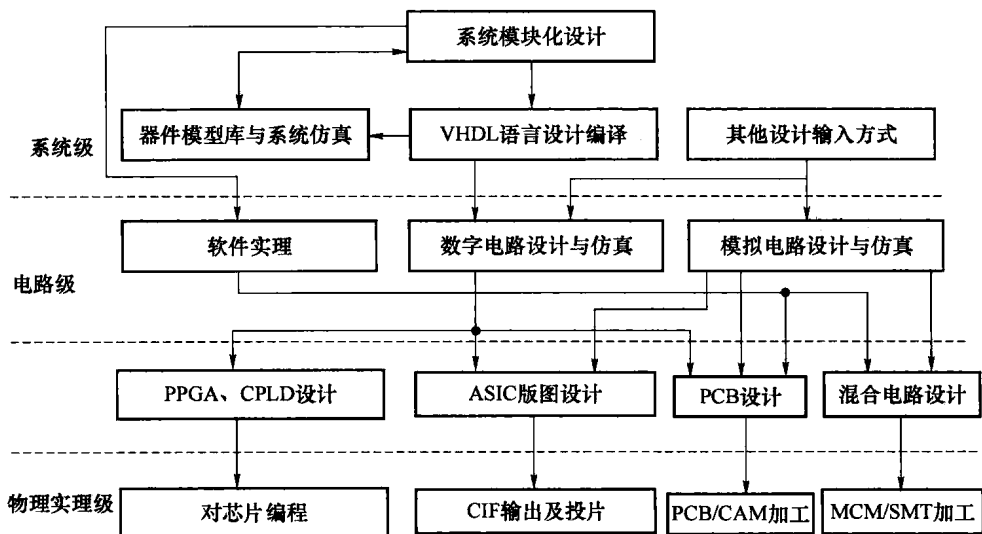


图 1-2 EDA 技术的范畴与功能图

系统级的设计也称为高层次的电子设计方法,是一种“概念驱动式”设计,设计人员无需通过门级原理图描述电路,而是针对设计目标进行功能描述,由于摆脱了电路细节的束缚,设计人员可以把精力集中于创造性的概念构思与方案上,一旦这些概念构思以高层次描述的形式输入计算机后,EDA 系统就能以规则驱动的方式自动完成整个设计。这样,新的概念得以迅速有效的成为产品,大大缩短了产品的研制周期。不仅如此,高层次设计只是定义系统的行为特性,可以不涉及实现工艺,在厂家综合库的支持下,利用综合优化工具可以将高层次描述转换成针对某种工艺优化的网表,工艺转化变得轻松容易。

电路级设计是指电子工程师接受系统设计任务后,首先确定设计方案,同时要选择能实现该方案的合适元器件,然后根据具体的元器件设计电路原理图。接着进行第一次仿真,包括数字电路的逻辑模拟、故障分析、模拟电路的交直流分析、瞬态分析。系统在进行仿真时,必须要有元件模型库的支持,计算机上模拟的输入输出波形代替了实际电路调试中的信号源和示波器。这一次仿真主要是检验设计方案在功能方面的正确性。

仿真通过后,根据原理图产生的电气连接网络表进行 PCB 板的自动布局布线。在制作 PCB 板之前还可以进行后分析,包括热分析、噪声及窜扰分析、电磁兼容分析、可靠性分析等,并且可以将分析后的结果参数反标回电路图,进行第二次仿真,也称为后仿真,这一次仿真主要是检验 PCB 板在实际工作环境中的可行性。

物理级设计主要指 IC 版图设计,一般由半导体厂家完成,对电子工程师并无太大意义。

1.2 EDA 技术的发展历程

EDA 技术是以计算机科学和微电子技术发展为先导,汇集了计算机图形学、拓扑逻辑学、微电子工艺与结构等多种学科的先进技术,并伴随着社会需求逐渐发展起来,主要体现在集成电路设计方法与设计手段上。

1.2.1 手工设计阶段

传统的数字电路系统或 IC(Integrated Circuits)设计中,手工设计占了相当大的比例,其一般过程包括:模块划分、画出逻辑的真值表、卡诺图简化逻辑、写出布尔表达式、画出逻辑图、选择元器件、设计电路板、实测与调试。

设计方法往往采用自下而上(Bottom-Up)的设计方法,即系统硬件的设计以选择具体元器件开始,利用通用的逻辑器件完成各功能模块的设计,再将各功能模块连接起来,完成整个系统的硬件设计。系统硬件调试通过以后,再交给软件设计人员开发软件。这种从最底层(元件)开始到最高层(系统)结束的设计方法,称为自下而上的设计方法,如图 1-3 所示。

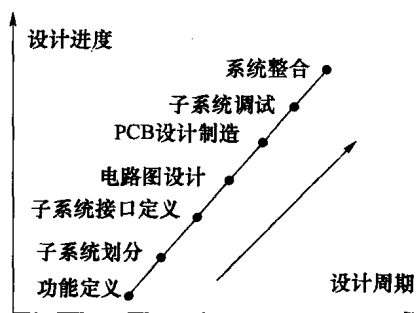


图 1-3 自下而上设计方法

传统设计方法存在的问题主要包括:

- (1) 主要依靠人脑、纸笔来完成功能设计、逻辑设计和电路设计。然后再利用分立元件搭建硬件模拟电路,让信号通过这个模拟电路以验证其功能及各项参数是否满足设计要求。缺点:一是效率低、费用高、周期长,二是对于复杂电路的设计、调试都很困难。
- (2) 如果设计过程中存在某些错误,查找和修改十分不便。若问题到后期才会被发现,可能造成推翻设计重新开始的危险,使设计周期大大加长,延误了电子产品的按时推出。
- (3) 设计文档很多,不易管理。特别是电路原理图,一个复杂的电子系统的电路原理图可能需要几十张乃至成千上万张图纸,这就给阅读、归档、修改、使用带来相当大的不便。
- (4) 版图设计阶段,采用人工进行布局布线,为确定最佳排版方案,不但要反复调整与斟酌,而且很多时候要依靠感觉与经验,对设计者的经验要求很高,往往带来失误或错误。
- (5) 对于集成电路设计而言,设计实现过程与具体生产工艺直接相关,因此,可移植性较差。
- (6) 在硬件模块电路构成之后才能进行硬件、软件测试。设计正确与否,版图及其以后设计部分正确与否,都只有等到最终测试结果以后才可以知晓。不利于发现设计过程中的问题。

1.2.2 计算机辅助设计阶段

20 世纪 70 年代,在集成电路制造方面,MOS 工艺得到广泛应用,可编程逻辑技术及其器件也已问世,同时,由于社会发展需要的推动,中小规模集成电路获得广泛应用,对设计精

度和效率都提出了更高的要求,但用传统的手工制图的方式设计印刷电路板和集成电路已无法满足要求。

在这一时期,计算机技术也有了较大发展,已广泛用于科研领域。各种各样的计算机模拟软件先后问世,在电子设计方面的模拟软件有线路模拟、逻辑模拟、时序模拟、器件模拟、工艺模拟等,为了解脱繁杂的版图设计工作,工程师们开始把这些技术引入到电子设计领域,开始用计算机辅助进行 IC 版图编辑、PCB 布局布线,取代了手工操作,产生了 CAD 的概念,出现了第一代 EDA 工具。

这个阶段的特征是采用小型计算机,软件功能为交互式图形编辑、设计规则检查。第一代 EDA 工具用于集成电路的版图设计。

SPICE 是线路模拟软件最成功的代表。对于一个规模不是很大的电路,SPICE 可以完全取代以往的硬件实物模拟方法,而代之以计算机简便、灵活、高效、正确的验证方法。它确定电路功能及参数的正确性,成为中小 IC 设计中使用最为广泛的有力工具之一。

1.2.3 计算机辅助工程阶段

20 世纪 80 年代,集成电路设计进入 CMOS(互补场效应管)时代,复杂可编程逻辑器件出现并成功用于商用。

而 CAD 技术从 20 世纪 70 年代开始,经过发展,相应的各种辅助功能也日趋完善。从最初的单纯辅助输入,提供简单的 ERC(电学规则检查)、DRC(设计规则检查)等,进一步发展到集提供各种复杂的辅助分析、设计手段于一体的,以计算机工作站为硬件支持的计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)时代,形成第二代 EDA 技术。

与 CAD 相比,CAE 除了纯粹的图形绘制功能外,又增加了电路功能设计和结构设计,并且通过电气连接网络表将两者结合在一起,实现了工程设计。其主要功能包括 PCB 设计方面的原理图输入、逻辑仿真、电路分析、自动布局布线、PCB 后分析等。

在这一时期,各种硬件描述语言逐渐出现,并获得应用,在标准化方面也有了巨大进步,同时,用户现场可编程器件(Field Programmable Gate Array, FPGA)也已出现,加之 CAD 技术趋于成熟,为 EDA 技术的出现奠定了基础。

这个阶段的特征是以计算机仿真和自动布线软件工具为核心,通过这些软件完成产品开发的设计、分析、生产和测试等各项工作,重点解决电路设计没有完成之前的功能检测等问题。

1.2.4 电子设计自动化阶段

尽管 CAD/CAE 技术取得了巨大的成功,但并没有把人们从繁重的设计工作中彻底解放出来。在整个设计过程中,自动化和智能化程度还不高,各种 CAD/CAE 软件界面千差万别,学习使用困难,并且兼容性不好,直接影响到设计环节间的衔接。基于以上不足,人们开始追求贯彻整个设计过程的自动化,这就是 EDA 技术,即电子设计自动化技术。

促成 EDA 技术形成的各种因素也已逐渐出现,进入 20 世纪 90 年代,集成电路设计工艺进入了超深亚微米阶段,百万门以上的大规模可编程逻辑器件陆续面世并被应用,基于计算机技术的面向用户的低成本大规模 ASIC 设计技术出现并被应用。同时,硬件描述语言逐渐规范化、标准化,电子技术在通信、计算机及家电产品生产中的市场需求和技术需求,有

力地推动了电子设计自动化技术的应用和发展。

并且,CAD 软件不断丰富和完善,同时又出现了计算机辅助工艺(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)等,计算机硬件性能的不提高,在版图设计方面,全定制、定制、半定制设计思想使得版图设计向规范化、标准化方向发展,使自动、半自动布局布线成为可能。在逻辑设计方面,逻辑综合软件解决了从系统设计到逻辑设计之间的工作。系统设计者只要用硬件描述语言给出系统行为级的功能描述,即可获得由计算机逻辑综合软件处理、优化的逻辑设计结果。

逻辑综合与版图综合的成功意味着在 VLSI 设计领域,计算机已经真正从设计的辅助地位转向到设计的主导地位,IC 世界真正步入了 EDA 的新时代,形成第三代 EDA 技术。

EDA 技术自动综合功能的关键是各类库文件的建立。库文件中包含了自动综合所需的各类电学参数或几何参数,而这些参数的值则反映了特定生产工艺的技术规范。对于同一产品的设计,如果需要去不同的生产厂家,只要将综合时所要用到的库文件进行相应的替换即可,从而实现了设计与工艺无关的要求。

这一阶段的特征是在高级语言描述、系统级仿真和综合技术的基础上,实现了“概念驱动工程”的梦想。设计师们摆脱了大量的辅助设计工作,而把精力集中于创造性的方案与概念构思上,从而极大地提高了设计效率,缩短了产品的研制周期。

1.3 EDA 技术的发展趋势

EDA 技术进入 21 世纪后,获得了更大发展,从目前的 EDA 技术来看,其发展趋势是越来越普及、应用越来越广泛、工具多样化、软件功能将更加强大。具体体现在以下几个方面。

1. 集成电路方面

现代电子系统设计中,可编程逻辑器件占有重要地位,过去的几年里,可编程器件有了重大发展,特别是大容量的 CPLD 和 FPGA 有了新的突破,其规模从最初的几百门到了现在的上百万门。超大规模集成电路的工艺水平也不断提高,深亚微米工艺,如 $0.18\mu\text{m}$ 、 $0.13\mu\text{m}$ 、 90nm 及目前进一步发展的 65nm 、 45nm 直至 32nm 的工艺,使得工程师的系统设计理念要受到其能够选择的电子器件的限制的情况大为改观,给现代电子系统(复杂系统)的设计与实现带来了巨大的帮助,给设计方法和设计效率带来飞跃。同时,计算机软硬件技术也有了的发展,特别是 Intel 公司 Pentium 处理器的推出,使得复杂的 SOC 设计成为可能,系统芯片设计和实现方法也是当前 EDA 领域研究的热点课题。

而目前对电子产品又提出了更高的要求,技术上,对 ASIC 和 PLD 设计方面,提出了超高速、高密度、低功耗、低电压的发展要求,市场上,要求更低成本和越来越短的产品上市周期,使得 IC 供应商提供 $0.13\mu\text{m}$ 或以下的千万门级的系统芯片的压力越来越大,这使得传统的“固定功能集成块十连线”的设计方法已不能适应新的需求,正逐步地退出历史舞台,而基于芯片的设计方法正成为现代电子系统设计的主流。这些系统芯片的高复杂性设计更加依赖于 EDA 供应商提供全新的设计工具和方法以实现模拟前后端、混合信号和数字电路的完全整合。

因此,在这一方面,EDA 技术在仿真、时序分析、集成电路自动测试、高速印制电路板设

计及操作平台的扩展等方面都将有较大发展。可以说电子 EDA 技术今后将是电子工业领域不可缺少的技术支持。

2. 软件工具方面

在 EDA 工具方面,目前全球提供 EDA 工具解决方案的公司主要有 Cadence、Synopsys 和 Mentor Graphics 公司,这三家公司的市场占有率总和超过了 60%。为迎接混合信号的发展市场,Mentor Graphics 推出 AdvanceMS(ADMS)混合验证平台。Cadence 和 Synopsys 公司也有相应举动。值得一提的还有 Magma 公司,Magma 的 Blast Fusion 是完整的从门级网表到芯片的物理设计系统,它包括物理综合和优化、布局布线、时钟树生成、平面布局和功耗规划、详细布局布线、RC 的提取和内嵌增量时序分析工具。它利用 FixTiming 方法有效地消除设计返工迭代时间,在逻辑设计和物理设计之间无需迭代,统一数据库模型又能做到物理实现和分析各模块并行工作,以确保设计正确。

SOC 和复杂 ASIC 设计的困难度正推动 EDA 工具向两个明显相反的方向发展:一方面,几百万门设计所导致的巨大数据量迫使工程师采用由上而下的设计方法,这种方法最初阶段采用抽象形式或术语来描述设计;另一方面,随着工艺技术继续向 $0.13\mu\text{m}$ 以下发展,IC 设计向千万门级以上规模发展,IC 设计工程师必须考虑详细的物理特性对设计时序、功能和可靠性的影响,现有 EDA 工具和方法必须进行升级。为了解决这一矛盾,EDA 工具必须提供抽象级设计能力(这可使复杂设计的表示非常简洁紧凑),以及必须具备对深亚微米技术的详细物理效应进行测试及验证的能力。现有的物理合成和虚拟原型工具可以在后端处理这一问题,但 EDA 工具供应商必须继续使 IC 设计工具链上的所有工具都能综合考虑物理信息,从而在 IC 设计过程的每一阶段,设计工程师不管做出什么设计修改,都能马上看到实际完成后的效果。

因此,设计师需要更加实用、快捷的 EDA 工具,使用统一的集成化设计环境,改变传统设计思路,将精力集中到设计构思、方案比较和寻找优化设计等方面,需要以最快的速度,开发出性能优良、质量一流的电子产品,对 EDA 技术提出了更高的要求。开发工具具有如下的发展趋势。

(1) 由于物理量本身多以模拟形式存在,模拟器件仍然无处不在,实现高性能复杂电子系统的设计必然离不开模拟信号。如模拟器件在数字家庭中的无线连接、新潮便携数码产品中的音频电路、电源管理、信号通路中应用等。因此,今后模拟及数字器件将处于不断融合的发展进程。但相对于数字电路 EDA 工具来说,模拟集成电路 EDA 开发工具仍比较落后,EDA 软件工具将在数模混合信号设计方面有所发展,EDA 开发工具应该能完成含有模数变换、数字信号处理、专用集成电路宏单元、数模变换和各种压控振荡器在内的混合系统设计。

(2) 在整个电子系统设计过程中,仿真是花费时间最多的工作,也是占用 EAD 工具时间最多的一个环节。可以将电子系统设计的仿真过程分为两个阶段:设计前期的系统级仿真和设计过程中的电路级仿真。系统级仿真主要验证系统的功能,如验证设计的有效性等;电路级仿真主要验证系统的性能,决定怎样实现设计,如测试设计的精度、处理和保证设计要求等。要提高仿真的效率,一方面是要建立合理的仿真算法;另一方面是要更好地解决系统级仿真中,系统模型的建模和电路级仿真中电路模型的建模技术。在未来的 EDA 技术中,仿真工具将有较大的发展空间。

(3) 逻辑综合功能是将高层次系统行为设计自动翻译成门级逻辑的电路描述,做到了实际与工艺的独立。优化则是对于上述综合生成的电路网表,根据逻辑方程功能等效的原则,用更小、更快的综合结果替代一些复杂的逻辑电路单元,根据指定目标库映射成新的网表。随着电子系统的集成规模越来越大,几乎不可能直接面向电路图做设计,要将设计者的精力从繁琐的逻辑图设计和分析中转移到设计前期的算法开发上。逻辑综合、优化工具就是要将设计者的算法完整高效地生成电路网表,也将有进一步发展。

总之,新一代 EDA 软件工具将向着功能强大、简单易学、使用方便的方向发展。

3. 系统描述方式方面

(1) 描述方式简化

20 世纪 80 年代,电子设计开始采用新的综合工具,设计工作由逻辑图设计描述转向以各种硬件描述语言为主的编程方式。用硬件描述语言描述设计,更接近系统行为描述,且便于综合,更适于传递和修改设计信息,还可以建立独立于工艺的设计文件,不便之处是不太直观,要求设计师具有硬件语言编程能力,但是编程能力需要长时间的培养。

到了 20 世纪 90 年代,一些 EDA 公司相继推出了一批图形化的设计输入工具。这些输入工具允许设计师用他们最方便并熟悉的设计方式(如框图、状态图、真值表和逻辑方程)建立设计文件,然后由 EDA 工具自动生成综合所需的硬件描述语言文件。图形化的描述方式具有简单直观、容易掌握的优点,是未来主要的发展趋势。

(2) 描述方式高效化和统一化

C/C++ 语言是软件工程师在开发商业软件时的标准语言,也是使用最为广泛的高级语言。许多公司已经提出了不少方案,尝试在 C 语言的基础上设计下一代硬件描述语言。随着算法描述抽象层次的提高,使用 C/C++ 语言设计系统的优势将更加明显,设计者可以快速而简洁地构建功能函数,通过标准库和函数调用技术,创建更庞大、更复杂和更高速的系统。

但是,目前的 C/C++ 语言描述方式与硬件描述语言之间还有一段距离,主要是用户用高级语言编写的模块还不能自动转化为 HDL 描述。但作为一种针对特定应用领域的开发工具,软件供应商已经为常用的功能模块提供了丰富的宏单元库支持,可方便地构建应用系统,并通过仿真加以优化,最后自动产生 HDL 代码,进入下一阶段的 ASIC 实现。

随着 EDA 技术的不断成熟,软件和硬件的概念将日益模糊,使用单一的高级语言直接设计整个系统将是一个统一化的发展趋势。

4. 应用方面

从应用领域来看,EDA 技术已经渗透到各行各业,涉及到机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域。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。如 AutoCAD 软件可用于机械及建筑设计,也扩展到建筑装潢及各类效果图,汽车和飞机的模型、电影特技等领域。

特别是在信息通信领域,要优先发展高速宽带信息网、深亚微米集成电路、新型元器件、计算机及软件技术、第三代移动通信技术、信息管理、信息安全技术,积极开拓以数字技术、网络技术为基础的新一代信息产品,发展新兴产业,培育新的经济增长点。要大力推进制造业信息化,积极开展计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、产品数据管理(PDM)、制造资源计划(MRP II)及企业