



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专电子信息专业系列教材

EDA 技术

■ 吴翠娟 陈曙光 主 编



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专电子信息专业系列教材

EDA 技术

■ 吴翠娟 陈曙光 主 编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本教材是江苏省省级精品教材立项建设教材。

教材包括4篇共11章内容。第1篇为 Protel DXP 2004 电路设计与实践;第2篇为 PADS Power 电路设计与实践;第3篇为 Ultiboard 10 电路设计与实践;第4篇为可编程逻辑器件设计与实践。本书内容实用,叙述深入浅出。

本教材可作为高职高专院校电子信息类专业的“电子 CAD”和“EDA 技术”课程的教材或课程设计指导书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术/吴翠娟,陈曙光主编. —北京:清华大学出版社,2009.12

高职高专电子信息专业系列教材

ISBN 978-7-302-21243-0

I. E… II. ①吴… ②陈… III. 电子电路—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 179975 号

责任编辑:束传政

责任校对:李梅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:21.75

字 数:490千字

版 次:2009年12月第1版

印 次:2009年12月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:33.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032228-01

本教材是江苏省省级精品教材立项建设教材。

本教材的编写思路为：采用案例教学法组织教材的编写，以一个个的电子设计案例为中心，将各案例所需的各个理论知识点分散讲授，将枯燥难懂的知识点渗透到应用技术中，提高理论知识与实践能力的结合度，这也是“EDA 技术”课程教学改革和建设的一个重要内容。

本教材努力贯彻高职教育的“应用”主旨和特征，科学构建课程和教学内容体系，突出基础理论知识的应用形态，以必需、够用为度；重点阐述技术的应用形态，以及技术对培养目标的针对性和实践性内容。通过重新组织知识点和技术点，条理化各技术联系，适应行业技术的发展，广融先进成果与技术，提高教材的先进性，努力使教材达到能用、好用、先进等目标。在具体编写实施过程中，我们充分考虑了教学内容对学生就业的影响，融合了一些电子设计企业的知识需求，努力处理好技术的先进性、前瞻性与实用性、普遍性之间的矛盾。

本教材的特点如下：

- (1) 采用一个个的电子设计实例为案例，组织教材的编写，能适应任务驱动式教学的要求。
- (2) 教材内容具有先进性、实用性、趣味性。
- (3) 教材中理论知识力争浅显易懂，实践内容丰富。
- (4) 实现理论知识与技能训练、教学与自学的结合，提高操作能力和逻辑分析能力。

本教材由苏州经贸职业技术学院的吴翠娟、徐进和汤伟芳老师，徐州建筑职业技术学院的陈曙光和杨东老师，苏州市华芯微电子有限公司谢卫国高级工程师联合编写，由吴翠娟、陈曙光老师任主编，徐进、汤伟芳任副主编。汤伟芳老师编写了第 1 章和第 2 章内容；陈曙光老师编写了第 3 章和第 4 章内容；徐进老师编写了第 5 章、第 6 章和第 7 章内容，并协助完成统稿工作；杨东老师编写了绪论和第 8、9 章；谢卫国高级工程师编写了第 11 章内容；吴翠娟老师编写了第 10 章内容和前言等，并完成全书的统稿工作。

由于我们水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。读者的反馈信息可发送到电子邮箱：cjuan_w@126.com，我们在此表示衷心感谢！

编者

2009 年 6 月

绪论	1
0.1 EDA 技术的发展	2
0.1.1 EDA 的发展过程	2
0.1.2 EDA 技术的发展方向	3
0.1.3 EDA 技术的发展趋势	3
0.2 EDA 常用软件	4
0.2.1 电子电路设计与仿真软件	4
0.2.2 PCB 设计软件	6
0.2.3 IC 设计软件	6
0.2.4 PLD 设计软件	7
第 1 篇 Protel DXP 2004 电路设计与实践	
第 1 章 Protel DXP 2004 电子电路原理图设计	11
1.1 Protel DXP 2004 基础	11
1.1.1 Protel DXP 2004 界面	11
1.1.2 项目与项目管理	12
1.2 Protel DXP 2004 电子电路原理图设计	15
1.2.1 Protel DXP 2004 电路原理图设计基础	16
1.2.2 Protel DXP 2004 电路原理图设计提高	32
习题 1	47
第 2 章 Protel DXP 2004 印制电路板设计与实践	54
2.1 Protel DXP 2004 印制电路板设计基础	54
2.1.1 PCB 的组成结构	54
2.1.2 PCB 设计基本操作	57
2.2 Protel DXP 2004 印制电路板设计	60
2.2.1 话筒放大器单面印制电路板设计	60
2.2.2 PCB 元件封装及元件库的建立	70

习题 2	75
------------	----

第 2 篇 PADS Power 电路设计与实践

第 3 章 PADS Power 元件制作	85
3.1 元件封装绘制	85
3.1.1 元件 CAE 封装绘制	85
3.1.2 元件 PCB 封装绘制	92
3.2 建立元件类型	97
3.2.1 PADS Power 元件库	97
3.2.2 元件类型的建立	99
习题 3	105
第 4 章 第一信号鉴别电路设计与制板	108
4.1 PowerLogic 设计界面	108
4.1.1 元件操作命令使用	108
4.1.2 连线(Connection)命令的使用	110
4.2 第一信号鉴别电路原理图绘制	112
4.2.1 第一信号鉴别电路元件类型建立	112
4.2.2 第一信号鉴别电路原理图绘制	116
4.2.3 第一信号鉴别电路网络表生成与传送	117
4.3 PowerPCB 设计界面	118
4.4 第一信号鉴别电路 PCB 板设计	120
4.4.1 布局前的相关参数设置	121
4.4.2 第一信号鉴别电路 PCB 设计	122
习题 4	129

第 3 篇 Ultiboard 10 电路设计与实践

第 5 章 Ultiboard 10 用户界面介绍	135
5.1 Ultiboard 10 简介	135
5.1.1 Ultiboard 10 概述	135
5.1.2 NI Ultiboard 10 的获取	136
5.1.3 NI Ultiboard 10 的运行环境	136
5.1.4 安装 NI Ultiboard 10 软件	137
5.2 Ultiboard 10 用户界面	138
5.2.1 Ultiboard 10 的主窗口	138
5.2.2 菜单栏和工具栏	138
习题 5	142

第 6 章 Ultiboard 10 初步进阶	143
6.1 由 Ultiboard 10 开始设计	143
6.1.1 新建文件	143
6.1.2 打开文件	144
6.1.3 由 Multisim 10 到 Ultiboard 10	144
6.2 PCB 设计	146
6.3 元件的操作	148
6.4 电路板布局	151
6.5 敷铜区和电源层设置	152
6.6 创建与编辑网络	154
6.6.1 创建网络	154
6.6.2 编辑网络	154
6.7 电路板的布线	156
6.7.1 PCB 布线原则	156
6.7.2 利用 Ultiboard 10 进行自动布线	157
6.8 网络与设计规则检查	159
6.9 放置自动测试点	159
习题 6	160
第 7 章 Ultiboard 10 实例演练	161
7.1 Ultiboard 10 制板基本操作	161
7.1.1 Ultiboard 10 的元件封装库介绍	161
7.1.2 Ultiboard 10 的元件封装调出操作	162
7.1.3 Ultiboard 10 的元件封装调出其他操作	165
7.1.4 绘制底层铜膜走线操作	167
7.2 Ultiboard 10 业余条件手工制板	170
7.2.1 设计电路板框尺寸	171
7.2.2 直接调出元件封装和手工绘制底层铜膜走线图	173
7.2.3 设置和打印预览图	174
7.3 由 Multisim 10 电路原理图到 Ultiboard 10 制板实例	177
习题 7	184
第 4 篇 可编程逻辑器件设计与实践	
第 8 章 可编程逻辑器件	189
8.1 可编程逻辑器件概述	189
8.1.1 数字集成电路的分类	189

8.1.2	可编程逻辑器件的分类	190
8.1.3	可编程逻辑器件的发展概况	191
8.1.4	可编程逻辑器件主要生产厂商及典型器件	193
8.2	可编程逻辑器件的基本结构	195
8.2.1	与/或阵列型 PLD 的基本结构	195
8.2.2	门阵列型 PLD 的基本结构	198
8.3	Altera 公司的可编程逻辑器件	199
8.3.1	ACEX1K 系列器件	199
8.3.2	MAX7000 系列器件	201
8.3.3	其他器件简介	203
习题 8	.....	205
第 9 章	PLD 的图形输入设计法	206
9.1	开发工具 MAX+plus II 简介	206
9.1.1	功能简介	206
9.1.2	MAX+plus II 设计开发 PLD 的过程	210
9.2	一位全加器的原理图设计	212
9.2.1	一位全加器原理图设计输入	212
9.2.2	一位全加器的设计编译	214
9.2.3	一位全加器的设计仿真	215
9.2.4	一位全加器的设计下载	220
9.3	四位全加器的原理图设计	226
9.3.1	四位全加器的设计输入	226
9.3.2	四位全加器的设计编译	229
9.3.3	四位全加器的设计仿真	229
习题 9	.....	233
第 10 章	可编程逻辑器件的 VHDL 设计	234
10.1	VHDL 概述	234
10.1.1	VHDL 简介	234
10.1.2	VHDL 的基本结构	235
10.2	VHDL 的数据结构	239
10.2.1	标识符	239
10.2.2	数据的特殊表示方式	239
10.2.3	数据对象	240
10.2.4	数据类型	241
10.2.5	VHDL 的表达式	243
10.3	基本门电路的 VHDL 设计	245

10.3.1	信号说明语句	245
10.3.2	信号赋值语句	245
10.3.3	基本门电路的 VHDL 设计	246
10.4	数据比较器的 VHDL 设计	251
10.4.1	进程语句	251
10.4.2	IF 语句	252
10.4.3	数据比较器的 VHDL 设计	253
10.5	编码器的 VHDL 设计	254
10.5.1	变量说明与赋值语句	254
10.5.2	CASE 语句	255
10.5.3	编码器的 VHDL 设计	256
10.6	译码器的 VHDL 设计	261
10.6.1	普通译码器	261
10.6.2	显示译码器	263
10.7	数据选择器的 VHDL 设计	267
10.7.1	四选一数据选择器的 VHDL 设计	267
10.7.2	八选一数据选择器的 VHDL 设计	269
10.8	加法器的 VHDL 设计	269
10.8.1	半加器的 VHDL 设计	269
10.8.2	一位全加器的 VHDL 设计	270
10.8.3	四位全加器的 VHDL 设计	273
10.9	触发器的 VHDL 设计	274
10.9.1	时钟信号的表示方法	274
10.9.2	D 触发器的 VHDL 设计	276
10.9.3	JK 触发器的 VHDL 设计	280
10.9.4	T 触发器	282
10.10	移位寄存器的 VHDL 设计	283
10.10.1	生成语句	283
10.10.2	移位寄存器的 VHDL 设计	284
10.10.3	循环移位寄存器的 VHDL 设计	286
10.11	计数器的 VHDL 设计	289
10.11.1	二进制计数器的 VHDL 设计	289
10.11.2	十进制计数器的 VHDL 设计	292
10.11.3	任意进制计数器的 VHDL 设计	294
10.12	分频器的 VHDL 设计	297
10.13	计数译码显示电路的 VHDL 设计	301
10.13.1	块结构语句	301
10.13.2	块结构语句实现的计数译码显示电路	302

10.13.3	元件例化语句实现的计数译码显示电路	303
10.13.4	混合输入方法实现的计数译码显示电路	303
10.14	串行数据检测器的有限状态机设计	306
10.14.1	有限状态机的基本概念	306
10.14.2	用户自定义数据类型定义语句	306
10.14.3	串行数据检测器的有限状态机设计	307
习题 10	.....	312
第 11 章	数字系统综合设计实例	313
11.1	出租车计费器	313
11.1.1	设计任务及要求	313
11.1.2	设计方案分析	313
11.1.3	程序设计说明	314
11.2	多功能数字钟	318
11.2.1	设计任务及要求	318
11.2.2	设计方案说明与提示	319
11.2.3	模块电路功能	319
11.2.4	程序设计提示	319
11.3	交通灯控制器	323
11.3.1	设计任务及要求	323
11.3.2	设计方案说明与提示	323
11.3.3	模块说明	324
11.3.4	程序设计提示	325
11.3.5	交通灯控制器简单流程图	327
11.4	频率计	327
11.4.1	设计任务及要求	327
11.4.2	设计方案说明与提示	328
11.4.3	程序设计说明	329
习题 11	.....	333
参考文献	.....	337

绪 论

EDA 是 Electronic Design Automation(电子设计自动化)的缩写,是 20 世纪 90 年代初,从 CAD、CAM、CAT 和 CAE 的概念发展起来的。

- CAD(Computer Assist Design): 计算机辅助设计。
- CAM(Computer Assist Manufacture): 计算机辅助制造。
- CAT(Computer Assist Test): 计算机辅助测试。
- CAE(Computer Assist Engineering): 计算机辅助工程。

EDA 技术是在电子 CAD 技术基础上发展起来的计算机软件系统,是指以计算机为工作平台,融合了应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技术的最新成果,进行电子产品的自动设计。利用 EDA 工具,电子设计师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统,大量工作可以通过计算机完成,并可以将电子产品从电路设计、性能分析到设计出 IC 版图或 PCB 版图的整个过程在计算机上自动处理完成。现在对 EDA 的概念或范畴用得很宽,包括在机械、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 的应用。目前 EDA 技术已在各大公司、企事业单位和科研教学部门广泛使用。例如在飞机制造过程中,从设计、性能测试及特性分析直到飞行模拟,都可能涉及 EDA 技术。

EDA 技术代表了当今电子设计技术的最新发展方向,它是电子设计领域的一场革命。它的基本特征是:设计人员按照“自顶向下”的设计方法,对整个系统进行方案设计和功能划分,然后采用硬件描述语言(HDL)完成系统行为级设计,最后通过综合和适配生成最终的目标器件。这样的设计方法称为高层次的电子设计方法。随着大规模集成电路和计算机技术的发展,特别是各应用领域 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)的设计驱动,EDA 技术在电子系统设计中的应用越来越广泛,已经成为电子设计领域中的重要设计手段。不仅电子类技术项目研究开发越来越依赖 EDA 技术,而且在普通电子产品的开发中,EDA 技术的应用也常常使一些原来的技术瓶颈得以轻松突破,从而大大缩短了产品的开发周期,大幅提高了产品的性价比。

EDA 技术主要针对电子电路设计、PCB 设计和 IC 设计。EDA 设计可分为系统级、电路级和物理实现级。

本绪论首先介绍 EDA 技术的发展概况,再对 EDA 技术涉及的 PLD(Programmable Logic Device)、VHDL(Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language)、EDA 工具等三个要素进行简要介绍,最后对 EDA 的数字系统设计技术进行介绍。

EDA 工具众多,根据高职高专学生的特点,通过多年的教学实践我们精选了典型的 4 个软件加以介绍,PCB 设计的软件为 Protel DXP 2004、PADS Power、Ultiboard 10; CPLD/FPGA 设计的软件为 MAX+plus II。

0.1 EDA 技术的发展

0.1.1 EDA 的发展过程

EDA 技术是以计算机和微电子技术的发展为先导发展起来的电子系统设计的软件工具。EDA 技术的发展促进了微电子技术水平的发展,反过来由于微电子技术和制造工艺的飞速发展不断对 EDA 技术提出新的要求,也有力地促进 EDA 技术的发展。综观 EDA 技术的发展历程可以大致分为以下 4 个阶段。

1. CAD 阶段(20 世纪 60 年代~20 世纪 80 年代初期)

这个阶段分别研制了一些相对独立的软件工具,典型的有 PCB 制板布线设计,以及其他用于电路仿真的工具,该阶段的主要贡献是使设计者从繁琐、重复的计算和绘图中解脱出来。该阶段的产品主要有如 AutoCAD、Tango、Protel、SPICE 等软件。20 世纪 80 年代由于集成电路规模不断发展,EDA 技术在此期间也有了较大的突破,针对产品开发的设计、分析、生产、测试等工具包的不断出现促进了微电子技术的发展。但该时期的 EDA 软件局限性是明显的,各个软件工具包相互独立而且是由不同公司开发的,因此一般每个工具包只完成一个任务,因此各工具包之间的衔接需要人工干预,这就给使用者提出挑战,不仅要求对电路设计的知识全面掌握,而且要同时熟悉多家公司互不兼容的软件,严重影响设计速度。同时,该时期的 EDA 软件不能处理复杂电子系统设计中的系统级的综合与仿真。

2. CAE 阶段(Computer Aided Engineering)

在 20 世纪 80 年代初期到 90 年代,EDA 技术有了较大的发展,主要体现在设计工具的集成上。一个软件一般包含了原理图输入、编译与连接、逻辑模拟、测试码生成、版图自动布局、单元库和门阵列等内容。设计从原理到版图实现自动化,推进了 ASIC 的发展。

3. EDA 阶段

20 世纪 90 年代至今,EDA 技术在微电子技术飞速发展的推动下获得了突飞猛进的发展,设计工具完全集成化,可以实现以 HDL 语言为主的系统级综合与仿真,从设计输入到版图的形成,几乎不需要人工干预,因此整个流程实现自动化。该阶段的 EDA 的发展还促进设计方法的转变,由传统的自底向上的设计方法逐渐转变为自顶向下的设计方法,该阶段的 EDA 软件主要有如下特点:

- 高层综合:从 RTL 级(寄存器传输级)提升到系统级(行为级)。
- 采用硬件描述语言:如 VHDL、Verilog、AHDL 等。

- 可测试性: JTAG 接口可以测试到内部的每一个逻辑单元。
- IP 核的采用(特别 μ P 核), 实现软硬件协同设计。
- 并行设计(在工作站下多人共同设计一个复杂的系统)。

4. SOC 阶段(System on Chip)

20 世纪 90 年代中期开始, 人们致力于发展第四代的 EDA 工具, 使 EDA 技术发展到 SOC 阶段。第四代 EDA 工具围绕深亚微米工艺特点展开, 试图在行为级对系统进行描述、模拟和综合, 将前端设计和后端设计以及测试融为一体。同时, 研究开发模拟电路设计自动化技术。如果一个 EDA 工具能够从系统的行为描述开始, 到系统的物理实现为止的全部设计工作自动完成, 则称其为全程 EDA 工具。目前, 全程 EDA 技术还在继续发展中。

0.1.2 EDA 技术的发展方向

EDA 技术发展的下一阶段是 ESDA(电子系统设计自动化)和 CE(并行设计工程)。

ESDA 强调建立从系统到电路的统一描述语言, 同时考虑仿真、综合与测试, 将定时、驱动能力、电磁兼容性、机械和散热等约束条件都加到设计综合中, 统一进行设计描述和优化, 提高设计的一次成功率。

CE 设计方式的核心是在设计阶段就对设计对象(产品)具有全面的可预见性, 它要求设计者从一开始就要考虑设计产品的质量、成本、开发周期、用户需求和市场占有周期等综合因素。由于 EDA 工具基本为多功能模块的开放式集成设计环境, 同一个设计工程可切割为若干个模块, 各模块的设计完全可以在统一规范下齐头并进, 这种并行工程设计方式将大大提高设计效率, 缩短设计周期, 从而在激烈的技术市场竞争中处于有利地位。

0.1.3 EDA 技术的发展趋势

从目前的 EDA 技术来看, 其发展趋势是政府重视、使用普及、应用广泛、工具多样、软件功能强大。

我国 EDA 市场已渐趋成熟, 不过大部分设计工程师面向的是 PCB 制板和小型 ASIC 领域, 仅有小部分(约 11%)的设计人员开发复杂的片上系统器件。为了与我国台湾地区和美国的设计工程师形成更有力的竞争, 我国的设计队伍有必要引进和学习一些最新的 EDA 技术。

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

企业资源管理(ERP)等。有条件的企业可开展“网络制造”,便于合作设计、合作制造,参与国内和国际竞争。开展“数控化”工程和“数字化”工程。自动化仪表的技术发展趋势是测试技术、控制技术与计算机技术、通信技术进一步融合,形成测量、控制、通信与计算机(M3C)结构。在 ASIC 和 PLD 设计方面,向超高速、高密度、低功耗、低电压方面发展。

外设技术与 EDA 工程相结合的市场前景看好,如组合超大屏幕的相关连接,多屏幕技术也有所发展。

中国自 1995 年以来加速开发半导体产业,先后建立了几所(北京、西安、成都、苏州、上海 EDA 中心)设计中心,推动系列设计活动以应对亚太地区其他 EDA 市场的竞争。

在 EDA 软件开发方面,目前主要集中在美国。但各国也正在努力开发相应的工具。日本、韩国都有 ASIC 设计工具,但不对外开放。中国华大集成电路设计中心也提供 IC 设计软件,但性能不是很强。相信在不久的将来会有更多更好的设计工具在各地出现。据最新统计显示,中国和印度正在成为电子设计自动化领域发展最快的两个市场,年复合增长率分别达到了 50% 和 30%。

EDA 技术的应用广泛,现在已涉及各行各业。EDA 水平不断提高,设计工具趋于完美的地步。EDA 市场日趋成熟,但我国的研发水平仍很有限,尚需迎头赶上。

0.2 EDA 常用软件

EDA 工具层出不穷,目前进入我国并具有广泛影响的 EDA 软件有: MultiSIM7(原 EWB 的最新版本)、PSPICE、OrCAD、PCAD、Protel、Viewlogic、Mentor、Graphics、Synopsys、LSILogic、Cadence、MicroSim 等。这些工具都有较强的功能,一般可用于几个方面,例如很多软件都可以进行电路设计与仿真,同时还可以进行 PCB 自动布局布线,可输出多种网表文件与第三方软件连接。下面按主要功能或主要应用场合,分别介绍电路设计与仿真工具、PCB 设计软件、IC 设计软件、PLD 设计工具及其他 EDA 软件。

0.2.1 电子电路设计与仿真软件

我们可能都用试验板或其他东西制作过一些电子制作来进行实践。其过程是根据设计思路和原理绘画原理图;绘制 PCB 图并送 PCB 制作厂家制板;对电子元器件进行装配、焊接;整体电路的调试、检验等。但有的时候,我们会发现做出来的东西存在一些设计中没有考虑到的问题和缺陷。这样一来就浪费了很多时间和物资,而且增加了产品的开发周期,推迟了产品的上市时间,从而使产品失去市场竞争优势。有没有能够不动用电烙铁、试验板就能知道结果的方法呢? 结论是有,这就是电路设计与仿真技术。

说到电子电路设计与仿真工具这项技术,就不能不提到美国,不能不提到他们的飞机设计为什么有很高的效率。以前我国定型一个中型飞机的设计,从草案到详细设计到风洞试验再到最后出图 and 实际投产,整个周期大概要 10 年,而美国是 1 年。为什么会有这样大的差距呢? 因为美国在设计时大部分采用的是虚拟仿真技术,把多年积累的各项

风洞实验参数都输入计算机,然后通过计算机编程编写出一个虚拟环境的软件,并且使它能够自动套用相关公式和调用长期积累后输入计算机的相关经验参数。这样一来,只要把飞机的外形设计数据放入这个虚拟的风洞软件中进行试验,哪里有问题就改动哪里,直至最佳效果,效率自然高了,最后只要再在实际环境中测试几次找找不足就可以定型了,从他们的波音 747 到 F16 都是采用的这种方法。空气动力学方面的数据由资深专家提供,软件开发商是 IBM,飞行器设计工程师只需利用仿真软件在计算机平台上进行各种仿真调试工作即可。同样,他们其他的很多东西都是采用了这样类似的方法,从大到小,从复杂到简单,甚至包括设计家具和作曲,只是具体软件内容不同。

电子电路设计与仿真工具包括 SPICE、PSPICE、MultiSIM、Matlab、SystemView、Edison、Tina Pro Bright Spark 等。下面简单介绍前三个软件。

1. SPICE 软件

SPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是由美国加州大学推出的电路分析仿真软件,是 20 世纪 80 年代世界上应用最广的电路设计软件,1998 年被定为美国国家标准。1984 年,美国 MicroSim 公司推出了基于 SPICE 的微机版 PSPICE(Personal-SPICE)。现在用得较多的是 PSPICE 6.2,可以说在同类产品中,它是功能最为强大的模拟和数字电路混合仿真 EDA 软件。最新推出了 PSPICE 9.1 版本。它可以进行各种各样的电路仿真、激励建立、温度与噪声分析、模拟控制、波形输出、数据输出,并在同一窗口内同时显示模拟与数字的仿真结果。无论对哪种器件哪些电路进行仿真,都可以得到精确的仿真结果,并可以自行建立元器件及元器件库。

2. MultiSIM 软件

MultiSIM 是 Interactive Image Technologies Ltd. 在 20 世纪末推出的电路仿真软件,是 EWB(Electronic Work Bench)的升级版本。其最新版本为 MultiSIM 10,目前普遍使用的是 MultiSIM 2001。相对于其他 EDA 软件,它具有更加形象直观的人机交互界面,特别是其仪器仪表库中的各仪器仪表与实际仪器仪表完全相同,它对模数电路的混合仿真功能却毫不逊色,几乎能够 100%地仿真出真实电路的结果。它在仪器仪表库中提供了万用表、信号发生器、瓦特表、示波器、波特图仪、数字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换仪、失真度分析仪、频谱分析仪、网络分析仪、电压表及电流表等仪器仪表。还提供了我们日常常见的各种建模精确的元器件,比如电阻、电容、电感、三极管、二极管、继电器、可控硅、数码管等。模拟集成电路方面有各种运算放大器、常用集成电路。数字电路方面有 74 系列集成电路、4000 系列集成电路等,还支持自制元器件。同时它还能进行 VHDL 仿真和 Verilog HDL 仿真。

3. Matlab 产品族

Matlab 的一大特性是有众多的面向具体应用的工具箱和仿真块,包含了完整的函数集,用来对图像信号处理、控制系统设计、神经网络等特殊应用进行分析和设计。它具有数据采集、报告生成和 Matlab 语言编程产生独立 C/C++ 代码等功能。Matlab 产品族具有下列功能:数据分析、数值和符号计算、工程与科学绘图、控制系统设计、数字图像信号处理、财务工程、建模、仿真、原型开发、应用开发、图形用户界面设计等。Matlab 产品族

被广泛应用于信号与图像处理、控制系统设计、通信系统仿真等诸多领域。开放式的结构使 Matlab 产品族很容易针对特定的需求进行扩充,从而在不断深化对问题的认识的同时,提高自身的竞争力。

0.2.2 PCB 设计软件

PCB(Printed-Circuit Board)设计软件种类很多,如 Protel、OrCAD、Viewlogic、PowerPCB、Cadence PSD、MentorGraphics Expedition PCB、Zuken CadStart、Winboard/Windraft/Ivex-SPICE、PCB Studio、TANGO、PCBWizard(与 LiveWire 配套的 PCB 制作软件包)、UltiBOARD 7(与 MultiSIM 2001 配套的 PCB 制作软件包)等。

0.2.3 IC 设计软件

IC 设计工具很多,其中按市场所占份额排行为 Cadence、Mentor Graphics 和 Synopsys。这三家都是 ASIC 设计领域相当有名的软件供应商。其他公司的软件相对来说使用者较少。中国华大公司也提供 ASIC 设计软件(熊猫 2000);另外 Avanti 公司是原来在 Cadence 的几个华人工程师创立的,他们的设计工具非常适用于深亚微米的 IC 设计。下面按用途对 IC 设计软件做一些介绍。

1. 设计输入工具

设计输入是任何一种 EDA 软件必须具备的基本功能,像 Cadence 的 Composer、Viewlogic 的 Viewdraw。硬件描述语言 VHDL、Verilog HDL 是主要的设计语言,许多设计输入工具都支持 HDL(比如 MultiSIM 等)。另外像 Active-HDL 和其他的设计输入方法(包括原理和状态机输入方法),设计 FPGA/CPLD 的工具大都可作为 IC 设计的输入手段,如 Xilinx、Altera 等公司提供的开发工具 Modelsim FPGA 等。

2. 设计仿真工作

我们使用 EDA 工具的一个最大好处是可以验证设计是否正确,几乎每个公司的 EDA 产品都有仿真工具。Verilog-XL、NC-verilog 用于 Verilog 仿真,Leapfrog 用于 VHDL 仿真,Analog Artist 用于模拟电路仿真。Viewlogic 的仿真器有: viewsim 门级电路仿真器, speedwaveVHDL 仿真器, VCS-verilog 仿真器。Mentor Graphics 有其子公司 Model Tech 出品的 VHDL 和 Verilog 双仿真器 Model Sim。Cadence、Synopsys 用的是 VSS(VHDL 仿真器)。现在的趋势是各大 EDA 公司都逐渐用 HDL 仿真器作为电路验证的工具。

3. 综合工具

综合工具可以把 HDL 变成门级网表。这方面 Synopsys 工具占有较大的优势,它的 Design Compile 是作为一个综合的工业标准,它和另外一个产品 Behavior Compiler,可以提供更高级的综合。

美国新开发了一个软件叫 Ambit,据说比 Synopsys 的软件更有效,可以综合 50 万门

的电路,速度更快。今年初 Ambit 被 Cadence 公司收购,为此 Cadence 放弃了它原来的综合软件 Synergy。随着 FPGA 设计的规模越来越大,各 EDA 公司又开发了用于 FPGA 设计的综合软件,比较有名的有: Synopsys 的 FPGA Express、Cadence 的 Synplity、Mentor 的 Leonardo,这三家的 FPGA 综合软件占了市场的绝大部分。

4. 布局和布线

在 IC 设计的布局布线工具中,Cadence 软件是比较强的,它有很多产品,用于标准单元、门阵列已可实现交互布线。最有名的是 Cadence spectra,它原来是用于 PCB 布线的,后来 Cadence 把它用来作 IC 的布线。其主要工具有: Cell3、Silicon Ensemble(标准单元布线器)、Gate Ensemble(门阵列布线器)、Design Planner(布局工具)。其他各 EDA 软件开发公司也提供各自的布局布线工具。

5. 物理验证工具

物理验证工具包括版图设计工具、版图验证工具、版图提取工具等。这方面 Cadence 也是很强的,其 Dracula、Virtuso、Vampire 等物理工具有很多的使用者。

6. 模拟电路仿真器

前面讲的仿真器主要是针对数字电路的,对于模拟电路的仿真工具,普遍使用 SPICE,这是唯一的选择。只不过是选择不同公司的 SPICE,像 MiceoSim 的 PSPICE、Meta Soft 的 HSPICE 等。HSPICE 现在被 Avanti 公司收购了。在众多的 SPICE 中,HSPICE 作为 IC 设计,其模型多,仿真的精度也高。

0.2.4 PLD 设计软件

PLD(Programmable Logic Device)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。目前主要有两大类型: CPLD(Complex PLD)和 FPGA(Field Programmable Gate Array)。它们的基本设计方法是借助于 EDA 软件,用原理图、状态机、布尔表达式、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。生产 PLD 的厂家很多,但最有代表性的 PLD 厂家为 Altera、Xilinx 和 Lattice 公司。

可编程逻辑器件的逻辑功能可利用 EDA 技术完全由用户根据需要,通过对器件的编程设计来实现。可编程逻辑器件的这种设计方法是由集成电路的工艺所支持的。

可编程逻辑芯片与门阵列、标准单元的半定制工艺设计方法不同之处在于,IC 制造厂家以标准单元的模块的形式完成初期的布局和可编程布线等工序,更大的区别在于可编程逻辑芯片是将这种“待完成工序”的芯片进行封装,以成品的形式进入市场,供设计者根据自己的设计需要进行“再开发”。在 PLD 先进的工艺的支持下,设计人员完成版图设计后,在实验室内就可以烧制出自己的芯片,无须 IC 厂家的参与。它不仅具有设计灵活、性能高、速度快等优势,而且开发周期短、成本低廉。在半导体领域中随着设计技术和制造工艺的完善,元器件性能、集成度、工作频率等指标不断提升,PLD 应用日益普及,已成为集成电路中最具活力和前途的产业,越来越多地成为系统级芯片设计的首选。