



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

EDA 技术

(第2版) 实用教程

李洋 主编

购书可获增值服务
免费提供电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



北京高等教育精品教材
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

EDA 技术实用教程

第 2 版



机械工业出版社

本书以掌握国内外最流行的电子设计自动化(EDA)技术为教学目标,以培养学生的创新意识为主导,以实例仿真与动手训练为主线,系统地介绍了可编程逻辑器件、EDA 及其应用设计技术。

本书介绍了 EDA 技术各个方面软件的功能、特点和使用方法,用一些简单的实例使学生能快速掌握各种 EDA 技术软件的使用方法,重点培养学生的电路分析、设计和应用开发能力。主要内容包括:EDA 技术导论、电子工作平台(EWB)的应用、可编程逻辑器件、EDA 的开发工具(MAX+plus II)、VHDL 硬件描述语言、VHDL 程序设计基础、EDA 技术综合应用设计实例、EDA 技术实验、印制电路板的设计(Protel 99 SE)和 SOPC 实验实例。

本书为 EDA 设计的基础教材,可供高等院校的机电工程、信息类和电类各专业的本科生使用。鉴于本书的实用性和应用性突出,还可以作为高职高专院校的 EDA 教材,也可作为广大工程技术人员的参考书。

购买教材需要电子教案者可拨打电话(010)88379534 索取。

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术实用教程/李洋主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2009. 7

北京高等教育精品教材

ISBN 978-7-111-27581-7

I. E… II. 李… III. 电子电路-电路设计:计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 115762 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何月秋 责任编辑:邓振飞 版式设计:霍永明

责任校对:刘怡丹 封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2009 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

180mm×230mm·22.25 印张·441 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27581-7

定价:40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379077

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

经过几年的使用和 EDA 技术的发展,借助本教材被评为“北京高等教育精品教材”之际,重新修订。第 2 版无论是在内容上还是在章节上都作了很大的改动,引进了最新的 SOPC 技术,为培养学生的创新意识,从整体的设计思想和方法上做了大胆的尝试。

本书共分为 10 章,第 1 章主要是 EDA 技术概述和基本设计方法;第 2 章和第 4 章分别介绍了电子工作平台(EWB),EDA 的开发工具——MAX + plus II 软件的功能、特点和使用方法。列举了大量的仿真应用实例,其中包括在模拟电子、数字电子技术中的应用;第 3 章是可编程逻辑器件的选择和使用;第 5 章和第 6 章介绍了 VHDL 硬件描述语言和基本设计方法;第 7 章是 EDA 技术综合应用设计实例。第 8 章是 EDA 技术实验;第 9 章介绍了印制电路板的设计(Protel 99 SE)方法和工艺问题,第 10 章介绍了 SOPC 实验实例,为引导最新的技术打下基础。

本书由李洋担任主编,张晓燕、范翠香和赵厚玉担任副主编,田小平和王志秀参加了部分内容的编写,董英华担任主审。清华大学的华成英教授和北京交通大学的侯建军教授对本书提出了不少宝贵的建议,在此表示感谢。

限于编者的水平与经验,加上时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

第1版前言

随着电子技术和计算机的发展，各类电子产品的智能化日益完善，电路的集成度越来越高，而产品的更新换代周期却越来越短，以致使人感到，自己的产品还没来得及投放市场，就面临着被淘汰的命运，其主要原因就是电子设计自动化（EDA）工程技术的应用。因为 EDA 技术不仅是电子产品开发研制的动力源和加速器，而且也是现代电子产品设计的核心。谁能充分地掌握和利用 EDA 技术，谁就能最快地开发出最好的产品。

EDA 技术使得电子电路的设计人员能在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至印制电路板的自动设计。EDA 技术是在计算机辅助设计（CAD）技术的基础上发展起来的计算机设计软件系统。与早期 CAD 软件相比，EDA 软件的自动化程度高、功能更完善、运行速度更快，而且操作界面友善，有良好的数据开放性和互换性，即使不同厂家的 EDA 软件也可以互相兼容，所以 EDA 技术已被世界上各大公司、企业和科研单位广泛使用。

本书共分 7 章，第 1 章主要是 EDA 技术概述和数字系统的基本设计方法；第 2 章是大规模可编程逻辑器件的选择和使用；第 3 章介绍了各种 EDA 工具软件的功能、特点和使用方法；第 4 章是 VHDL 硬件描述语言，具有多层次描述系统硬件的功能；第 5 章是仿真应用实例，其中包括在电路、模拟电子、数字电子及通信技术中的应用；第 6 章是综合设计实例，主要列举了常用工程问题的实例；第 7 章是 EDA 技术实验。

由于本书使用的 EDA 软件是从国外引进的，软件中的图形和文字符号与我国的国家标准部分内容有所不同，在书中正文我们采用了原版软件的图形及文字符号，为了读者使用方便，我们把本书中所用到的和我国国家标准不同的符号列于附录。

本书由李洋担任主编，张晓燕和田小平任副主编，蒋挺和李宁担任主审。本书第 3 章的 3.4 节及第 5 章的 5.4 节、第 6 章及第 7 章的 7.6 节由田小平编写；第 5 章的 5.1、5.2、5.3 节和第 7 章的 7.3、7.4 节由张晓燕编写；姜华编写了第 3 章的 3.3 节，并协助编写了第 1 章 1.3 节的部分内容；许昌英编写了第 7 章的 7.1、7.2 节；第 1 章、第 2 章、第 3 章的 3.1、3.2 节及第 4 章和第 7 章的 7.5 节由李洋编写。蒋力培教授对本书提出了不少宝贵的建议，在此表示感谢。

本书为 EDA 设计的入门教材，可供高等院校机电工程、信息类和电类各专业的本科生使用。鉴于本书的实用性和应用性突出，还可以作为高职高专院校 EDA 教材，也可作为广大工程技术人员的参考书。

限于编者的水平与经验，加上时间仓促，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第2版前言	
第1版前言	
第1章 EDA技术导论	1
1.1 EDA技术概述	1
1.2 EDA技术发展历程	2
1.3 EDA技术的知识体系	4
1.4 EDA技术的基本工具	7
1.5 EDA技术的基本设计思路	10
1.6 EDA技术的发展趋势	11
思考题和习题	12
第2章 电子工作平台(EWB)的应用	13
2.1 EWB的界面菜单、元器件库和虚拟仪表	13
2.1.1 EWB的界面菜单介绍	13
2.1.2 EWB的元器件库栏	14
2.1.3 虚拟仪表的使用	15
2.2 EWB的基本操作	20
2.2.1 单元电路的建立	20
2.2.2 单元电路的简单测试	21
2.3 EWB的基本分析方法	22
2.3.1 EWB的运行和参数设置	22
2.3.2 DC Operating Point Analysis (直流工作点分析)	23
2.3.3 AC Frequency Analysis (交流频率分析)	24
2.3.4 Transient Analysis (瞬态分析)	25
2.3.5 Fourier Analysis (傅里叶分析)	26
2.3.6 Noise Analysis (噪声分析)	27
2.3.7 Distortion Analysis (失真度分析)	28
2.4 EWB与Multisim的功能比较	28
2.4.1 EWB与Multisim总体概貌的比较	29
2.4.2 EWB与Multisim元器件库建模精度的比较	29
2.4.3 EWB与Multisim仿真分析功能的比较	29
2.4.4 EWB与Multisim仪器仪表库的比较	30
2.4.5 EWB与Multisim增进功能的比较	30
2.5 EWB在电路分析中的应用	31
2.5.1 戴维南定理的仿真	31
2.5.2 RLC串联电路时域响应的研究	33
2.5.3 交流电路的功率及功率因数的求解	36
2.6 EWB在模拟电子技术中的应用	39
2.6.1 单管放大电路的参数测试与分析	39
2.6.2 负反馈放大电路的研究	45
2.6.3 正弦波振荡电路的分析	51
2.6.4 反相积分器的仿真	53
2.6.5 正相放大和反相放大的仿真	

比较.....	54	4.1.6 进行时序分析	102
2.6.6 功率放大器特性的仿真.....	56	4.2 可编程器件下载操作实例	102
2.7 EWB 在数字电子技术中的		4.3 同步十进制计数器的设计与	
应用	60	仿真实例	108
2.7.1 555 电路的设计与仿真	60	4.4 Quartus II 操作指南	111
2.7.2 加法器的设计与仿真.....	67	4.4.1 Quartus II 基本操作	112
2.7.3 四人表决电路的设计与仿真.....	69	4.4.2 层次化设计	130
思考题和习题	70	4.4.3 Altera 宏功能模块应用实例	131
第3章 可编程逻辑器件	72	4.4.4 MAX + plus II 设计转换成	
3.1 可编程逻辑器件的发展进程		Quartus II 设计	136
和典型产品	72	思考题和习题	138
3.2 可编程逻辑器件的硬件		第5章 VHDL 硬件描述语言	139
结构	75	5.1 概述	139
3.2.1 硬件可编程实现的基本思想.....	75	5.2 VHDL 程序的基本 (模型)	
3.2.2 SPLD 的基本结构	77	结构	140
3.2.3 CPLD 的结构特点	78	5.2.1 VHDL 程序设计举例	140
3.2.4 现场可编程门阵列 (FPGA) 的		5.2.2 USE 定义区	141
基本结构和配置.....	78	5.2.3 ENTITY (实体)	141
3.2.5 ispLSI 逻辑器件的基本结构	80	5.2.4 ARCHITECTURE BODIES	
3.3 FPGA 和 CPLD 的开发应用		(结构体)	143
选择	83	5.3 VHDL 语言要素.....	144
3.3.1 PLD 比较和选用的方法.....	83	5.3.1 IDENTIFIERS (标识符)	144
3.3.2 FPGA 和 CPLD 的性能比较	84	5.3.2 DATA OBJECTS (数据	
3.3.3 FPGA 和 CPLD 的选择	84	对象)	145
3.4 在系统可编程技术	89	5.3.3 DATA TYPES (数据类型)	147
思考题和习题	92	5.3.4 VHDL 语言的运算操作符	151
第4章 EDA 的开发工具 (MAX +		5.4 VHDL 最基本的描述语句	153
plus II)	93	5.4.1 PROCESS STATEMENTS (进程	
4.1 MAX + plus II 操作指南	93	语句)	153
4.1.1 建立新项目.....	93	5.4.2 SEQUENTIAL (顺序描述	
4.1.2 建立新的图形输入文件.....	94	语句)	154
4.1.3 编辑图形输入文件.....	94	5.4.3 CONCURRENT STATEMENTS	
4.1.4 编译项目文件.....	97	(并行/并发同时语句)	162
4.1.5 创建波形文件并进行功能		5.5 VHDL 的其他描述语句	164
仿真.....	98	5.5.1 属性描述与定义语句	164

5.5.2	BLOCK 语句	166	7.1.5	顶层设计	207
5.5.3	COMPONENT 语句	167	7.1.6	适配下载	209
5.5.4	GENERATE 语句	169	7.1.7	硬件验证	209
5.5.5	ASSERT STATEMENT (断言 语句)	171	7.1.8	总结报告	209
	思考题和习题	174	7.2	8 位加法器	210
第 6 章	VHDL 程序设计基础	175	7.2.1	设计原理	210
6.1	VHDL 描述风格	175	7.2.2	程序设计	210
6.1.1	行为描述	175	7.2.3	编译、仿真	212
6.1.2	数据流描述	176	7.2.4	下载验证	213
6.1.3	结构描述	177	7.3	数据采集系统设计	214
6.2	组合逻辑设计实例	179	7.3.1	系统的功能要求和设计思想	214
6.2.1	基本逻辑门的描述	179	7.3.2	ADC 控制模块设计	216
6.2.2	ENCODER (编码器)	179	7.4	电子密码锁的设计	218
6.2.3	译码器	180	7.4.1	设计原理与要解决的问题	218
6.2.4	选择器	182	7.4.2	去抖模块的设计	219
6.2.5	加法器	183	7.4.3	功能模块的设计	220
6.3	时序电路设计实例	185	7.4.4	其他模块的设计	222
6.3.1	锁存器	185	7.5	抢答器的设计	227
6.3.2	同步计数器	186	7.5.1	抢答器的原理及其功能	227
6.3.3	存储器	188	7.5.2	利用 MAX + Plus II 的图形界面 设计四位抢答器	227
6.4	状态机的设计实例	190	7.5.3	利用 VHDL 语言来设计四位 抢答器	227
6.5	硬件描述语言层次化设计	196	7.5.4	利用 Protel 99 SE 来绘制四位 抢答器的电路图	229
6.5.1	“自上而下”层次化设计 概述	196	7.5.5	利用 Protel 99 SE 来绘制四位 抢答器的电路板图	229
6.5.2	VHDL 硬件描述语言层次化 设计方法	197	7.6	设计选题 (1)	230
	思考题和习题	200	7.6.1	8 × 8 乘法器设计原理	230
第 7 章	EDA 技术综合应用设计		7.6.2	同步清零的可逆计数器	232
	实例	201	7.6.3	可预置、可同步清零的 8 位 双向循环移位寄存器设计	233
7.1	交通灯控制系统设计	201	7.7	设计选题 (2)	233
7.1.1	系统设计要求	201	7.7.1	数字跑表	233
7.1.2	确定方案	201	7.7.2	多功能电子表	234
7.1.3	模块电路的端口资源	203	7.7.3	出租车计费器	234
7.1.4	模块电路设计	203			

7.7.4	自适应频率计	235	8.4.1	数字逻辑电路关系测试的仿真 实验	255
7.7.5	数字式频率合成器	236	8.4.2	逻辑分析仪测试的仿真实验	256
7.7.6	彩灯控制器	236	8.4.3	字信号发生器的测试实验	257
第8章 EDA 技术实验		237	8.4.4	分频器的测试实验	257
8.1	EDA 技术实验的基本要求	237	8.4.5	编码器的仿真实验	258
8.2	电路的参考实验项目、内容 及要求	239	8.4.6	数据选择器的仿真实验	259
8.2.1	验证叠加原理与戴维南定律	239	8.4.7	移位寄存器的仿真实验	261
8.2.2	RL 串联电路的仿真实验	239	8.4.8	异步二进制计数器的仿真 实验	261
8.2.3	直流电路中的功率传递	240	8.4.9	格雷码变换	263
8.2.4	串联电路的谐振	241	8.4.10	BCD 码加法器	264
8.2.5	受控源 VCVS、VCCS、CCVS、 CCCS 的仿真实验	243	8.4.11	四人抢答器	266
8.2.6	一阶 RL 电路的动态过程仿真 实验	244	8.4.12	设计基本触发器	266
8.2.7	楞次定律的仿真实验	245	8.4.13	设计 74LS169 计数器功能 模块	270
8.2.8	非正弦波傅里叶分析的仿真 实验	246	8.4.14	设计性实验	272
8.3	模拟电子的参考实验项目、 内容及要求	248	8.5	大规模可编程器件实验	273
8.3.1	单管共射极放大电路的仿真 实验	248	8.5.1	组合逻辑设计	273
8.3.2	集成运算放大电路的仿真 实验	249	8.5.2	设计性实验	273
8.3.3	子电路与波特图仪的使用 实验	250	8.5.3	综合性实验——扫描显示电路 的驱动	274
8.3.4	电压比较器的仿真实验	251	8.5.4	综合实验——数字钟	276
8.3.5	有源低通滤波器电路的仿真 实验	252	8.5.5	出租车计费器	278
8.3.6	求和电路的仿真实验	253	8.5.6	频率计	280
8.3.7	综合性实验——高、低限超限 声光报警器的仿真实验	253	第9章 印制电路板的设计		
8.3.8	设计性实验	254	(Protel 99 SE)		
8.4	数字电子的参考实验项目、 内容及要求	255	9.1	Protel 99 SE 简介	282
			9.1.1	Protel 99 SE 的三大技术	282
			9.1.2	Protel 99 SE 的三大功能 模块	282
			9.1.3	Protel 99 SE 的常用命令及 操作方法	283
			9.2	Protel 99 SE 原理图设计	287
			9.2.1	建立 Schematic 文档、设置 图纸	288

9.2.2 放置元器件	290	第 10 章 SOPC 实验实例	316
9.2.3 原理图布线	295	10.1 实验目的	316
9.2.4 常用工具软件的使用方法及 原理图的输出	297	10.2 硬件需求	316
9.3 网络表生成软件	299	10.3 实验原理	316
9.3.1 网络表中所包含的内容	299	10.4 实验内容	318
9.3.2 由原理图生成网络表	300	10.5 实验步骤	319
9.3.3 元件列表生成	300	附录	341
9.3.4 原理图输出	302	附录 A 常用器件国家标准和本书 用国外软件文字和图形 符号对照表	341
9.4 绘制印制电路板 (PCB)	303	附录 B 实验箱简介	342
9.4.1 启动 PCB 设计系统与环境 设置	304	参考文献	346
9.4.2 制作印制电路板	308		
思考题和习题	314		

第 1 章

EDA 技术导论

随着大规模集成电路和电子计算机的迅速发展，电子电路分析与设计方法发生了根本性的变革。以电子计算机辅助分析与设计为基础的电子设计自动化技术已广泛应用于集成电路与系统的设计中。电子设计自动化技术改变了以定量计算或估算和电路实验为基础的传统电子电路设计方法，成为现代电子系统设计的关键技术，是新一代电子设计工程师以及从事电子技术开发和研究人员的必备技能。

随着电子产品的集成化和复杂程度的提高，采用先进的电子电路设计方法，可以大幅度缩短设计周期，并使设计产品向小型化、低功耗、高速度、高性能方向发展，提高新产品的竞争能力。

利用 EDA 分析与设计应用软件以及相应的下载工具，则从电路设计、性能分析、参数优化到 PCB（印制电路板）和专用集成电路设计，整个过程都可以利用计算机自动处理完成，实现了一个电子产品从设计构思、电路设计到物理结构实现的自动化。

1.1 EDA 技术概述

EDA（Electronic Design Automation，电子设计自动化）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、微电子工艺与结构学和计算数学等多种计算机应用学科最新成果的先进技术，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件工具。它也是一种帮助电子设计工程师从事电子产品和系统设计的综合技术。

从技术应用角度理解 EDA 技术，可以认为 EDA 技术是以大规模集成电路为设计载体，以硬件描述语言为描述系统的主要表达方式，以计算机为设计环境，利用软件开发工具自动完成设计系统的编译、化简、综合、仿真、布局布线、优化，直至完成对特定芯片的适配、映射、编程下载，最终将设计系统集成到特定的芯片中，完成专用集成电路芯片的设计。

EDA 技术以计算机为工具，硬件设计者只需用软件语言完成对系统的描述，其他

工作都交给计算机及其软件开发工具处理。硬件设计与传统的手持电烙铁，面对电路、芯片元器件的方式已经完全不同，今天的硬件设计如同软件设计，面对的是计算机屏幕和程序，硬件方案的修改如同软件方案的修改一样方便、快捷，人们已经很难对硬件设计与软件设计进行严格的区分了。

1.2 EDA 技术发展历程

从 20 世纪 60 年代中期开始，人们不断开发出各种计算机辅助设计工具来帮助设计人员进行集成电路和电子系统的设计，集成电路技术的发展不断对 EDA 技术提出新的要求，并促进了 EDA 技术的发展。30 多年来，EDA 技术大致经历了三个发展阶段。

1. CAD 阶段（20 世纪 60 年代中期 ~ 20 世纪 80 年代初期）

这一阶段的特点是一些单独的工具软件，主要有 PCB（Printed Circuit Board）布线设计、电路模拟、逻辑模拟及版图的绘制等，通过计算机的使用，从而将设计人员从大量繁琐重复的计算和绘图工作中解脱出来。例如，目前常用的 Protel 的早期版本 Tango，以及用于电路模拟的 SPICE 软件和后来产品化的 IC 版图编辑与设计规则检查系统等软件都是这个阶段的产品。这个时期的 EDA 一般称为 CAD（Computer Aided Design）。

20 世纪 80 年代初，随着集成电路规模的增大，EDA 技术有了较快的发展。许多软件公司如 Mentor、Daisy System 及 Logic System 等进入市场，开始供应带电路图编辑工具和逻辑模拟工具的 EDA 软件。这个时期的软件主要针对产品开发，按照设计、分析、生产和测试等多个阶段，分别使用不同的软件包，每个软件包只能完成其中的一项工作，通过顺序循环使用这些软件，可完成设计的全过程。但这样的设计过程存在两个方面的问题：

第一，由于各个工具软件是由不同的公司和专家开发的，只能解决某一个领域的问题，若将一个工具软件的输出作为另一个工具软件的输入，就需要人工处理，过程很繁琐，影响了设计速度。

第二，对于复杂电子系统的设计，当时的 EDA 工具由于缺乏系统级的设计考虑，不能提供系统级的仿真与综合，设计错误如果在开发后期才被发现，将给修改工作带来极大不便。

2. CAE 阶段（20 世纪 80 年代初期 ~ 20 世纪 90 年代初期）

这个阶段在集成电路与电子设计方法学以及设计工具集成化方面取得了许多成果。各种设计工具，如原理图输入、编译与连接、逻辑模拟、测试码生成、版图自动布局以及各种单元库已齐全。由于采用了统一数据管理技术，因而能够将各个工具集成为一个

CAE (Computer Aided Engineering) 系统。按照设计方法学制定的设计流程, 可以实现从设计输入到版图输出的全程设计自动化。

这个阶段主要采用基于单元库的半定制设计方法, 采用门阵列和标准单元设计的各种 ASIC (Application Specific Integrated Circuits) 得到了极大的发展, 将集成电路工业推入了 ASIC 时代。多数系统中集成了印制电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 自动布局布线软件以及热特性、噪声、可靠性等分析软件, 进而可以实现电子系统设计自动化。

3. EDA 阶段 (20 世纪 90 年代以来)

20 世纪 90 年代以来, 微电子技术以惊人的速度发展, 其工艺水平达到深亚微米级, 在一个芯片上可集成数百万乃至上千万只晶体管, 工作速度可达到 GHz, 这为制造出规模和信息容量更大, 速度更快的芯片系统提供了条件, 但同时也对 EDA 系统提出了更高的要求, 并促进了 EDA 技术的发展。

此阶段出现了以高级语言描述、系统仿真和综合技术为特征的第三代 EDA 技术。它不仅极大地提高了系统的设计效率, 而且使设计人员摆脱了大量的辅助性及基础性工作, 从而能够将精力集中于创造性的方案与概念的构思上。

EDA 技术在进入 21 世纪后, 得到了更大的发展, 突出表现在以下几个方面:

1) 在 FPGA 上实现 DSP (数字信号处理) 应用成为可能; 用纯数字逻辑进行 DSP 模块的设计, 使得高速 DSP 实现成为现实, 并有力地推动了软件无线电技术的实用化和发展。基于 FPGA 的 DSP 技术为高速数字信号处理算法提供了实现途径。

2) 嵌入式处理器软核的成熟, 使得 SOPC (System On a Programmable Chip) 步入大规模应用阶段, 在一片 FPGA 中实现一个完备的数字处理系统成为可能。

3) 使电子设计成果以自主知识产权的方式得以明确表达和确认成为可能。

4) 在仿真和设计两方面支持标准硬件描述语言且功能强大的 EDA 软件不断推出。

5) 电子技术领域全方位融入 EDA 技术, 除了日益成熟的数字技术外, 传统的电路系统设计建模理念发生了重大的变化, 如: 软件无线电技术的崛起, 模拟电路系统硬件描述语言的表达和设计的标准化, 系统可编程模拟器件的出现, 数字信号处理和图像处理的全硬件实现方案的普遍接受, 软硬件技术的进一步融合等。

6) EDA 使得电子领域各学科的界限更加模糊, 更加互为包容, 如: 模拟与数字、软件与硬件、系统与器件、ASIC 与 FPGA、行为与结构等。

7) 更大规模的 FPGA 和 CPLD 器件的不断推出。

8) 基于 EDA 的用于 ASIC 设计的标准单元已涵盖大规模电子系统及复杂 IP 核模块。

9) SOP 高效低成本的设计技术的成熟。

1.3 EDA 技术的知识体系

EDA 技术是一门迅速发展起来的新技术，其涉及面较广，内容十分丰富，但从教学和应用的角度出发，应了解和掌握以下 5 个方面的内容：

- 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。
- 5) 印制电路板设计。

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下载及硬件验证的工具。利用 PCB 软件不仅能打印一份精美的原理图，而且还能自动生成网络表文件，并可支持印制电路的自动布线及电路仿真模拟。

1. 大规模可编程逻辑器件

可编程逻辑器件 (Programmable Logic Device, PLD) 是一种供用户编程以实现某种逻辑功能的新型器件。FPGA (Field Programmable Gate Array) 和 CPLD (Complex Programmable Logic Device) 分别是现场可编程门阵列和复杂可编程逻辑器件的简称。现在，FPGA 和 CPLD 器件的应用已十分广泛，它们将随着 EDA 技术的发展而在电子设计领域中扮演重要角色。国际上生产 FPGA 和 CPLD 的主流公司，并在其国内占有较大市场份额的主要是 Xilinx、Altera、Lattice 三家。

FPGA 在结构上主要分为三个部分，即可编程逻辑单元、可编程输入/输出单元和可编程连线。CPLD 在结构上也包括三个部分，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，其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着非常广阔的应用前景。FPGA/CPLD 的高可靠性还表现在几乎可将整个系统下载到同一芯片中，实现所谓的片上系统，从而大大缩小了体积，易于管理和屏蔽。

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。由于开发工具的通用性、设计语言的标准化以及设计过程几乎与所用器件结构没有关系，因而设计开发软件有很好的兼容性和可移植性。它几乎可以用于任何型号和规模的 FPGA/CPLD 中，从而大幅度提高了设计产品效率，可以在很短的时间内完成十分

复杂的系统设计，这正是产品快速进入市场最宝贵的特征。美国 IT 公司认为，一个 ASIC 其 80% 的功能可用 IP 核 (Core) 逻辑合成。而未来大系统的 FPGA/CPLD 设计仅仅是各类再应用与 IP 核的拼装，其设计周期将更短。

与 ASIC 设计相比，FPGA/CPLD 显著的优势是开发周期短、投资风险小、产品上市速度快、市场适应能力强和硬件升级回旋余地大，并能迅速实现 ASIC 投产。

对于一个开发项目，究竟是选择 FPGA 还是 CPLD 呢？主要看开发项目本身的需要。对于普通规模，且产量不是很大的产品项目，通常选用 CPLD 比较好。对于大规模的逻辑设计，如 ASIC 设计或单片系统设计，则多选用 FPGA。另外，FPGA 掉电后会丢失原有的逻辑信息，所以在实用中需要为 FPGA 芯片配置一个专用 ROM。

2. 硬件描述语言 (Hardware Describe Language, HDL)

常用的硬件描述语言有 VHDL、Verilog 和 ABEL。

(1) VHDL 作为 IEEE 工业标准的硬件描述语言，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 (Register Transfer Level) 和门电路级的描述，其综合过程较 VHDL 稍简单，但其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，由于其语言描述的独立性，因而适用于各种不同规模的可编程器件的设计。

比较三者，有专家认为，在新世纪中，VHDL 与 Verilog 语言将承担几乎全部的数字系统设计任务。

3. 软件开发工具

EDA 技术研究的对象是电子设计的全过程，有系统级、电路级和物理级三个层次的设计。EDA 工具不仅面向 ASIC 的应用与开发，还涉及电子设计的各个方面，包括数字电路设计、模拟电路设计、数模混合设计、系统设计和仿真验证等电子设计的许多领域。这些工具对环境要求高，一般运行平台要求是工作站和 UNIX 操作系统，这种操作系统具有功能齐全、性能优良等优点，一般由专门开发 EDA 软件工具的软件公司提供。

目前比较流行的主流厂家的 EDA 软件工具有 Altera 的 MAX + plus II 软件包、Quartus II 软件包，Lattice 的 ispEXPERT 软件包和 Xilinx 的 Foundation 软件包。

(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。它具有门级仿真器，可以进行功能仿真和时序仿真，能够产生精确的仿真结果。在适配方面，MAX + plus II 生成供时序仿真用的 EDIF、VHDL 和 Verilog 三种不同格式的网表文件，它的界面友好，使用便捷，被誉为业内最易学易用的 EDA 软件，并支持主流的第三方 EDA 工具。例如，支持除 APEX20K 系列之外的所有 Altera 公司的 FPGA/CPLD 大规模逻辑器

件。Quartus II 是 MAX + plus II 的升级版。

(2) ispEXPERT ispEXPERT System 是 ispEXPERT 的主要集成开发环境。通过它可以进行 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，其界面友好，操作方便，功能强大，并能够与第三方 EDA 工具良好兼容。

(3) Foundation Series Foundation Series 是 Xilinx 公司最新推出的 EDA 集成开发工具。它采用自动化的、完整的集成设计环境。Foundation 项目管理器集成了 Xilinx 实现工具，并包含了强大的 Synopsys FPGA Express 综合系统，是业界最强大的 EDA 设计工具之一。

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（类似于用单片机开发的仿真器），提供硬件验证用。一般包括：

- 1) 实验或开发所需的各类基本信号发生模块，包括时钟、脉冲和高电平等等。
- 2) FPGA/CPLD 输出信息显示模块，包括数码显示和声响指示等。
- 3) 监控程序模块，提供“电路重构软配置”。
- 4) 目标芯片适配座以及上面的 FPGA/CPLD 目标芯片和编程下载电路。

5. 印制电路板设计

印制电路板设计是电子设计的一个重要部分，也是电子设备的重要组装部件。它的两个基本作用是进行机械固定和完成电气连接。

印制电路板制造技术起步于 20 世纪 40 年代中期，当时电子业处于电子管时代，所用的印制电路板大多为单面板。20 世纪 60 年代晶体管的广泛使用和集成电路的出现，促成双面印制电路板的普及，并开始出现多层印制电路板和能够扭曲伸缩的挠性印制电路板。20 世纪 70 年代后，由于大规模和超大规模集成电路的发展，电子设备越来越小型化和微型化，同时伴随着表面贴装技术的迅速发展，极大地提高了元器件的安装密度和系统的可靠性，并有利于生产自动化。

早期的印制电路板设计均由人工完成，一般由电路设计人员提供草图，由专业绘图员绘制黑白相图，再进行后期制作。人工设计是一件十分费事、费力且容易出差错的工作。随着计算机技术的飞速发展，新型器件和集成电路的应用越来越广泛，电路也越来越复杂，越来越精密，使得许多操作不得不依赖于计算机。因此，计算机辅助电路设计成为设计制作电路板的必然趋势。

目前已有许多 CAD 软件能够辅助我们进行设计，其中最常用的是美国 Altium 公司的 Protel，直至最近推出 Protel-2004。

计算机辅助设计印制电路板大致分为两个阶段进行，即原理图的设计阶段和印制电路板的设计阶段。