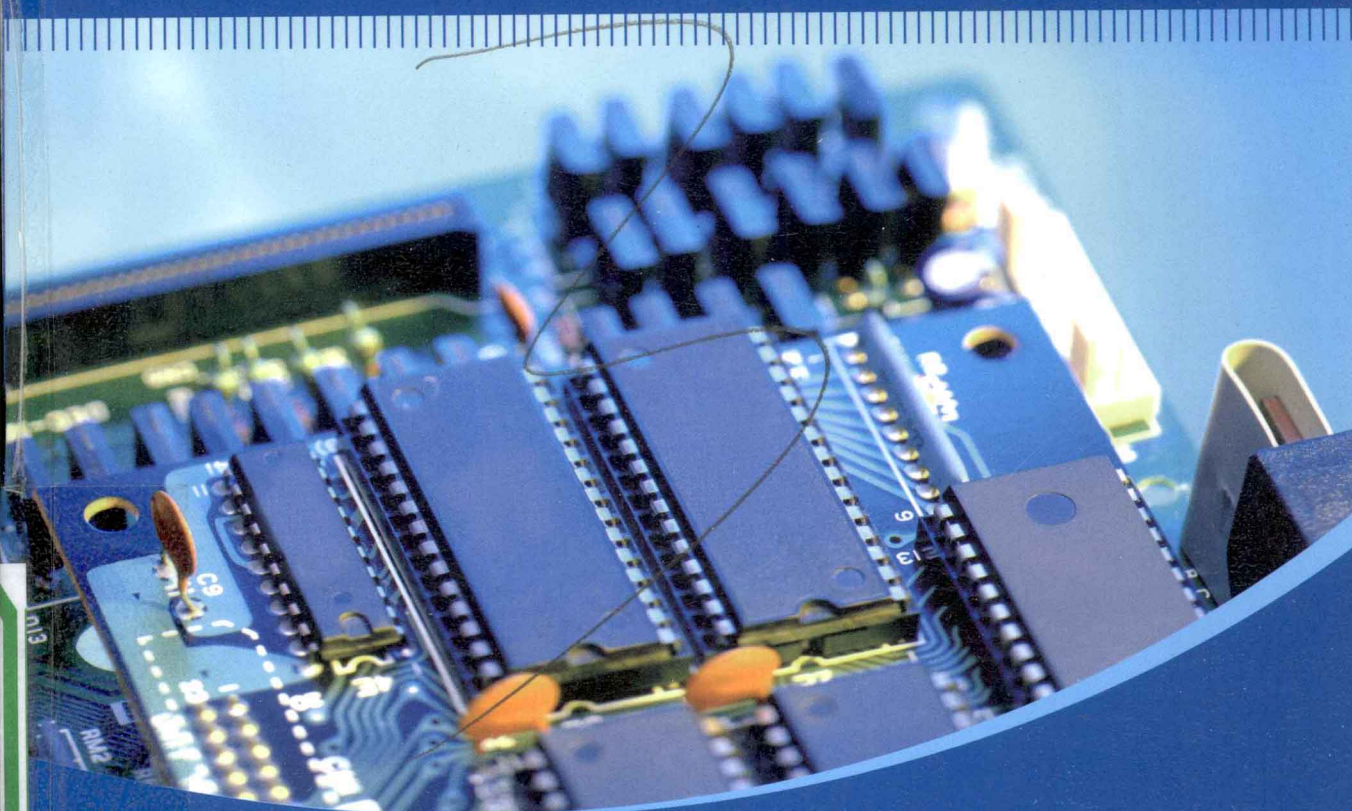


提供PPT课件和源代码

EDA技术与 VHDL编程

李俊◎编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

EDA 技术与 VHDL 编程

李 俊 编著

電子工業出版社.

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲解 EDA 技术和 VHDL 硬件描述语言的使用,共 10 章。内容包括 EDA 概述,可编程逻辑器件, VHDL 硬件描述语言, Quartus II 操作指南, VHDL 基本逻辑电路设计, VHDL 语句进阶, VHDL 的属性描述与仿真延时, VHDL 层次化程序设计, VHDL 的数字系统设计,以及 VHDL 在通信和 DSP 系统中的应用。通过大量数字电路和数字系统的案例,给读者演示了 VHDL 在数字系统设计中充当的角色,以及利用 VHDL 语言进行数字系统设计的基本步骤和具体方法。

本书配有大量的设计实例和实验练习,还针对目前 FPGA 的主流应用领域,如微控制系统、通信系统和 DSP 系统给出了系统级别的设计实例。力求使读者理解 VHDL 硬件描述语言的基础知识,掌握数字系统的设计原理、方法和步骤。

本书可作为高等院校电子、通信、自动化、计算机等信息工程类相关专业学生的教学用书,也适合于立志自学成才的读者和从事 EDA 技术应用与研究的专业技术人员使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术与 VHDL 编程 / 李俊编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.6

ISBN 978-7-121-17425-4

I. ①E… II. ①李… III. ①电子电路—电路设计—计算机辅助设计②VHDL 语言—程序设计
IV. ①TN702②TP301.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 135745 号

策划编辑: 陈韦凯

责任编辑: 桑 昀

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20.75 字数: 548 千字

印 次: 2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 45.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术是指包括电路系统设计、系统仿真、设计综合、PCB 版图设计和制版的一整套自动化流程。随着计算机、集成电路和电子技术的高速发展, EDA 技术历经计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助测试 (CAT) 和计算机辅助工程设计 (CAE) 等发展历程, 已经渗透到百姓生活的各个角落, 日益成为电子信息类产品的支柱产业。

EDA 技术主要包括大规模可编程逻辑、硬件描述语言、软件开发工具等内容。目前, 应用最为广泛的大规模可编程逻辑是复杂可编程逻辑器件 CPLD 和现场可编程门阵列 FPGA; 硬件描述语言 HDL 主要有 VHDL、Verilog HDL、ABEL、AHDL、System Verilog 和 SystemC 等; 主流的 EDA 软件开发工具则有 MAX+plus II、Quartus II、ispDesignEXPERT、Foundation Series、ISE/ISE WebPACK Series 等。本书采用 IEEE 标准硬件描述语言 VHDL 对数字电路和系统进行性能描述, 以 Altera 公司的 Quartus II 软件为集成开发环境, 对 EDA 技术进行了深入、详尽的阐述。

本书共分为 10 章, 编写时首先介绍 EDA 工程和 HDL 语言的概念, 然后讨论目前已有的可编程逻辑器件, 最后介绍 VHDL 语言的语法、句法和设计方法。第 1 章简单介绍 EDA 工具在现代数字系统设计中的角色、设计流程和学习方法。通过介绍 EDA 工具的发展历程, 向读者阐述现代数字系统的发展方向和设计理念。第 2 章基于可编程逻辑器件的原理和分类, 主要介绍复杂可编程逻辑器件 (CPLD) 和现场可编程门阵列 (FPGA) 两种芯片的结构和工作原理。第 3 章主要介绍 VHDL 的发展和程序结构。通过学习 VHDL 的程序结构、基本词法和基本句法, 读者可以编写简单的数字电路模块。第 4 章主要介绍 Altera 公司配套的 EDA 开发套件 Quartus II 的使用方法。第 5 章通过若干个具体数字电路的设计实例, 详细说明如何在实际设计中应用 VHDL 语言来设计小型系统, 包括组合逻辑电路、时序逻辑电路、存储器, 以及状态机。第 6 章比较系统地介绍顺序语句和并行语句中一些 VHDL 高级语句的用法, 如块语句 (BLOCK)、断言语句 (ASSERT)、等待语句 (WAIT) 等。第 7 章主要讨论在 VHDL 中, 系统提供了哪些属性供工程师使用, 以及这些属性所代表的意义和用法。第 8 章主要以 VHDL 的层次化程序设计方法为核心, 重点介绍 VHDL 语言在进行大型系统设计时如何将目标进行合理的分解, 然后再进行高层次整合, 从而有效提高工作效率和项目的可靠性。第 9 章通过 6 个具体的设计实例向读者介绍 VHDL 在数字系统设计中充当的角色, 以及利用 VHDL 语言进行数字系统设计的基本步骤和具体方法。第 10 章将基于 VHDL 硬件描述语言详细介绍 VHDL 在通信和 DSP 系统中的应用。

本书实例典型, 内容丰富, 具有很强的针对性。其中, 不仅详细介绍了 VHDL 语言的基本用法, 还讲解了作为高层次综合语言的众多特点。此外, 书中各章都配有大量的练习题供读者学习使用。读者只需按照书中介绍的步骤一步步地实际操作, 就能完全掌握本书的内容。

为了与软件中的电路图一致，本书对软件中不符合国家标准的电路图及符号未做改动，保留国外的习惯用法。

本书可作为高等院校电子、通信、自动化、计算机等信息工程类相关专业学生的教学用书，也适合于立志自学成才的读者和从事 EDA 技术应用与研究的专业技术人员使用。

本书主要由李俊编写，此外，参与编写的还有贾东永、张玉兰、王雷、许云、苏小平、刘兰、王梅、张宏、孙洁、许小荣、杨彬、关涛、苏玉林、于文杰。

作者力图使本书的知识性和实用性相得益彰，但由于水平有限，书中错误、纰漏之处难免，欢迎广大读者、同仁批评斧正。

编 著 者

目 录

第 1 章 EDA 概述	(1)
1.1 EDA 工程简介	(1)
1.2 EDA 技术的发展历程和未来展望	(2)
1.2.1 计算机辅助设计 (CAD) 阶段	(2)
1.2.2 计算机辅助工程设计 (CAE) 阶段	(3)
1.2.3 现代电子设计自动化 (EDA) 阶段	(3)
1.2.4 EDA 技术的未来展望	(3)
1.3 EDA 技术的应用	(4)
1.3.1 PCB 设计	(5)
1.3.2 ASIC 设计	(6)
1.3.3 CPLD/FPGA 设计	(8)
1.4 EDA 工程的设计流程	(8)
1.4.1 设计输入	(9)
1.4.2 逻辑综合和优化	(10)
1.4.3 布局布线和适配	(11)
1.4.4 工程设计的仿真	(11)
1.4.5 目标器件的编程和下载	(11)
1.4.6 硬件电路的后仿真验证和测试	(12)
1.5 EDA 集成开发工具	(12)
1.5.1 Quartus II	(12)
1.5.2 ISE+ModelSim	(13)
1.5.3 ispLEVER	(14)
1.5.4 其他开发工具	(15)
1.6 EDA 技术的学习重点和学习方法	(15)
1.6.1 EDA 技术的学习重点	(15)
1.6.2 EDA 技术的学习方法	(16)
本章小结	(16)
思考和练习	(17)
第 2 章 可编程逻辑器件	(19)
2.1 可编程逻辑器件概述	(19)
2.1.1 可编程逻辑器件的发展	(19)
2.1.2 可编程逻辑器件的分类	(21)
2.2 PLD 内部结构的表示方法	(23)
2.3 CPLD 的基本结构和工作原理	(24)
2.3.1 CPLD 的基本结构	(24)
2.3.2 Lattice 公司的 CPLD	(25)

2.3.3	Altera 公司的 CPLD	(28)
2.4	FPGA 的结构和工作原理	(33)
2.4.1	FPGA 的基本结构	(34)
2.4.2	Altera 公司的 FPGA	(35)
2.4.3	Xilinx 公司的 FPGA	(39)
2.5	FPGA 的配置方式	(40)
2.5.1	主动串行配置	(41)
2.5.2	主动并行配置	(41)
2.5.3	菊花链配置	(42)
2.6	CPLD/FPGA 的应用选型	(43)
2.6.1	器件逻辑资源的选择	(43)
2.6.2	芯片速度的选择	(43)
2.6.3	器件功耗的选择	(43)
2.6.4	器件封装的选择	(44)
2.6.5	CPLD/FPGA 的选择	(44)
	本章小结	(44)
	思考和练习	(45)
第 3 章	VHDL 硬件描述语言	(47)
3.1	硬件描述语言概述	(47)
3.1.1	HDL 硬件描述语言	(47)
3.1.2	HDL 语言的种类	(48)
3.1.3	VHDL 语言的特点	(53)
3.1.4	VHDL 和 Verilog 的比较	(54)
3.1.5	VHDL 的硬件环境	(54)
3.2	VHDL 程序的基本结构	(55)
3.2.1	VHDL 的设计风格	(55)
3.2.2	VHDL 设计简述	(57)
3.2.3	VHDL 的实体说明	(61)
3.2.4	VHDL 的结构体	(64)
3.3	VHDL 的基本词法	(66)
3.3.1	标识符	(66)
3.3.2	数据对象	(68)
3.3.3	数据类型	(70)
3.3.4	类型转换	(74)
3.3.5	运算操作符	(75)
3.4	VHDL 的基本语句	(78)
3.4.1	赋值语句	(79)
3.4.2	IF 语句	(81)
3.4.3	CASE 语句	(82)
3.4.4	LOOP 语句	(83)

3.4.5	PROCESS 进程语句	(84)
3.4.6	COMPONENT 元件例化语句	(86)
3.4.7	PORT MAP 端口映射语句	(88)
3.5	VHDL 的描述风格	(89)
3.5.1	行为级描述	(89)
3.5.2	数据流描述	(92)
3.5.3	门级描述	(93)
3.5.4	混合描述	(94)
	本章小结	(95)
	思考和练习	(95)
第 4 章	Quartus II 操作指南	(102)
4.1	Quartus II 基本设计流程	(102)
4.1.1	创建工程	(102)
4.1.2	编译工程	(107)
4.1.3	时序仿真	(109)
4.1.4	Viewer 工具	(114)
4.1.5	引脚锁定和下载	(116)
4.2	嵌入式逻辑分析仪 SignalTap II	(116)
4.2.1	SignalTap II 的启动	(117)
4.2.2	调入待测信号	(118)
4.2.3	SignalTap II 的参数设置	(118)
4.2.4	SignalTap II 文件的保存和编译下载	(119)
4.2.5	SignalTap II 的采样分析	(119)
4.3	LPM_ROM 宏模块的使用	(119)
4.3.1	LPM_ROM 宏模块的工作原理	(119)
4.3.2	初始化数据文件	(120)
4.3.3	定制 LPM_ROM 元件	(121)
4.3.4	顶层文件的仿真测试	(125)
	本章小结	(126)
	思考和练习	(127)
第 5 章	VHDL 基本逻辑电路设计	(129)
5.1	组合逻辑电路设计	(129)
5.1.1	基本门电路的设计	(129)
5.1.2	三态门及总线缓冲器的设计	(131)
5.1.3	优先编码器的设计	(134)
5.1.4	译码器的设计	(137)
5.1.5	运算器的设计	(141)
5.1.6	多路选择器的设计	(143)
5.2	时序逻辑电路设计	(145)
5.2.1	触发器的设计	(145)

5.2.2	寄存器的设计	(149)
5.2.3	计数器的设计	(152)
5.3	存储器设计	(154)
5.3.1	只读存储器 ROM 的设计	(154)
5.3.2	静态数据存储器 SRAM 的设计	(156)
5.3.3	先进先出堆栈 FIFO 的设计	(157)
5.4	状态机设计	(161)
5.4.1	状态机概述	(161)
5.4.2	Moore 状态机的设计	(162)
5.4.3	Mealy 状态机的设计	(165)
5.4.4	容错状态机的设计	(167)
	本章小结	(168)
	思考和练习	(168)
第 6 章	VHDL 语句进阶	(173)
6.1	并行语句	(173)
6.1.1	块语句 (BLOCK)	(173)
6.1.2	生成语句 (GENERATE)	(176)
6.1.3	报告语句 (REPORT)	(179)
6.1.4	并行断言语句 (ASSERT)	(181)
6.1.5	过程调用语句 (PROCEDURE)	(182)
6.2	顺序语句	(183)
6.2.1	WAIT 语句	(183)
6.2.2	NEXT 语句	(185)
6.2.3	EXIT 语句	(186)
6.2.4	NULL 语句	(187)
6.2.5	RETURN 语句	(187)
	本章小结	(188)
	思考和练习	(189)
第 7 章	VHDL 的属性描述和仿真延时	(192)
7.1	预定义属性	(192)
7.2	数值类属性函数	(193)
7.2.1	数值类型属性函数	(193)
7.2.2	数值数组属性函数	(194)
7.2.3	数值块属性函数	(194)
7.3	函数属性	(196)
7.3.1	函数类型属性	(196)
7.3.2	函数数组属性	(197)
7.3.3	函数信号属性	(199)
7.4	信号 (SIGNAL) 属性	(201)
7.4.1	带 DELAYED (time) 属性的信号 SIGNAL	(201)

7.4.2	带 STABLE (time) 属性的信号 SIGNAL	(201)
7.4.3	带 QUIET (time) 属性的信号 SIGNAL	(202)
7.4.4	带 TRANSACTION 属性的信号 SIGNAL	(203)
7.5	数据类型的属性函数	(203)
7.6	数据区间的属性函数	(204)
7.7	VHDL 的设计仿真	(205)
7.7.1	仿真的概念	(205)
7.7.2	仿真延迟	(206)
7.7.3	仿真周期	(207)
7.8	时间数字转化器 (TDC) 的设计	(209)
7.8.1	时间数字转化器 (TDC) 的应用	(209)
7.8.2	TDC 的工作原理	(209)
7.8.3	TDC 的分类	(210)
7.8.4	延时链结构 TDC 在 FPGA 上的实现	(213)
	本章小结	(218)
	思考和练习	(218)
第 8 章	VHDL 层次化程序设计	(220)
8.1	层次化程序设计方法	(220)
8.2	库和程序包	(221)
8.2.1	库	(221)
8.2.2	程序包	(222)
8.2.3	常用的程序包	(223)
8.3	文件输入/输出程序包	(227)
8.3.1	TEXTIO 程序包语法	(227)
8.3.2	TEXTIO 程序包的过程函数	(228)
8.3.3	TEXTIO 程序包的调用	(229)
8.4	元件的配置	(229)
8.4.1	默认连接和默认配置	(230)
8.4.2	元件配置	(232)
8.5	子程序	(235)
8.6	重载	(235)
8.6.1	函数重载	(236)
8.6.2	运算符重载	(237)
8.6.3	别名 (替换名)	(238)
	本章小结	(238)
	思考和练习	(239)
第 9 章	VHDL 的数字系统设计	(241)
9.1	数字系统概述	(241)
9.2	数字系统的设计方法和设计流程	(242)
9.2.1	数字系统的设计方法	(242)

9.2.2 数字系统的设计流程·····	(243)
9.3 数字系统设计实例·····	(244)
9.3.1 7段数码管驱动电路的设计·····	(244)
9.3.2 键盘接口的设计·····	(249)
9.3.3 DAC 接口的设计·····	(254)
9.3.4 ADC 接口的设计·····	(259)
9.3.5 八音盒的设计·····	(267)
9.3.6 UART 接口的设计·····	(273)
本章小结·····	(281)
实验练习·····	(282)
第 10 章 VHDL 在通信和 DSP 系统中的应用·····	(285)
10.1 通信与 DSP 系统概述·····	(285)
10.2 通信与 DSP 系统设计实例·····	(286)
10.2.1 ASK 调制解调器的设计·····	(286)
10.2.2 快速加法器的设计·····	(293)
10.2.3 快速乘法器的设计·····	(298)
10.2.4 CORDIC 极坐标转换器的设计·····	(306)
10.2.5 FIR 数字滤波器的设计·····	(310)
10.2.6 IIR 数字滤波器的设计·····	(314)
本章小结·····	(317)
实验练习·····	(317)

第1章 EDA 概述

集成电路技术和计算机技术的发展使得数字系统的设计理论、设计方法和设计手段发生了很大的变化。尤其是进入 21 世纪以来, 电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 和电子系统设计自动化 (Electronic System Design Automation, ESDA) 已成为现代电子系统设计和制造的主要技术手段。

本章重点介绍 EDA 工具在现代数字系统设计中的角色、设计流程和学习方法。通过介绍 EDA 工具的发展历程, 向读者阐述现代数字系统的发展方向和设计理念。通过描述 EDA 工具的设计流程, 使读者可以了解利用 EDA 工具进行设计输入、综合优化、布局布线和下载仿真等操作的概念和方法。通过总结的学习重点和学习方法, 力求使读者更快地掌握现代数字系统设计的 EDA 技术。

本章重点:

- EDA 技术的发展和未来展望;
- EDA 技术的应用;
- EDA 工程的设计流程;
- EDA 集成开发工具。

1.1 EDA 工程简介

EDA (Electronic Design Automation) 工程是现代电子信息工程领域中一门发展迅速的新技术。它是以计算机为工作平台, 以 EDA 软件工具为开发环境, 以硬件描述语言为主要表达方式, 以大规模可编程器件为设计载体, 以 ASIC、SOC、FPGA 芯片为目标器件, 以电子系统设计为应用方向的电子产品自动化设计过程。笔者认为 EDA 的定义有广义和狭义之分, 广义定义 EDA 包括半导体工艺设计自动化、可编程器件设计自动化、电子系统设计自动化、印制电路板设计自动化、仿真与测试故障诊断自动化等。狭义定义的 EDA 就是电子设计自动化, 即通过相关的开发软件, 自动完成用软件方式设计的电子系统到硬件系统的逻辑编译、化简、分割、综合、优化, 以及布局布线、逻辑仿真等工作, 最终完成对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射、编程下载, 从而形成集成电子系统, 不包含电子生产自动化。

EDA 工程在电子系统设计中的广泛应用主要是因为具有以下几个特点:

- 用软件的方式设计硬件;
- 用软件方式设计的系统到硬件系统的转换是由相关软件自动完成的;
- 在设计过程中可以用软件进行各种仿真和验证;

- 现代 EDA 工具具有高层综合和优化功能，能够在系统级进行综合、优化和仿真，从而缩短设计周期，提高工作效率；
- 系统可以现场编程，在线升级；
- 整个系统易集成、体积小、功耗低且可靠性高；
- 带有嵌入 IP 核的 ASIC 设计，提供软硬件协同设计；
- 提供开放和标准化的操作环境，容易实现资源共享和设计移植；
- 支持并行设计，适合团队协作，分工设计。

本书主要讲解 VHDL 在 FPGA 中的使用原则和设计方法，对于可编程器件来说，EDA 技术主要有 4 个方面：

- 可编程逻辑器件，即应用 EDA 技术完成电子系统设计的载体。
- 硬件描述语言（VHDL 或者 Verilog）。它用来描述系统的结构和功能，是 EDA 的主要表达手段。
- 配套的软件工具。它用来完成电子系统的智能化设计。
- 实验开发系统。在整个 EDA 设计电子系统的过程中，实验开发系统是实现在可编程器件下载和验证的工具，因而尤为重要。

综上所述，采用 EDA 工程技术进行电子系统的设计，不仅可以大大缩短设计周期、降低成本，还可以提高设计质量、实现资源共享。所以，EDA 技术是现代电子系统设计发展的必然趋势。

1.2 EDA 技术的发展历程和未来展望

伴随着计算机、集成电路及电子系统设计的发展，EDA 技术已经成为现代电子设计的核心。它的发展融合了应用电子技术、智能技术、计算机图形学、拓扑学及计算机数学等多学科最新的成果，是现代电子设计的主要技术手段。因而，无论是电子系统设计还是集成电路芯片设计，如果没有 EDA 技术的支持都将难以完成。

现代 EDA 技术是 20 世纪 90 年代初从计算机辅助设计、辅助制造和辅助测试等工程概念发展而来的。它的成熟主要经历了计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）、计算机辅助工程设计（Computer Aided Engineering Design, CAED）和电子设计自动化（Electronic Design Automation, EDA）三个阶段。

1.2.1 计算机辅助设计（CAD）阶段

早期的电子系统设计是采用分立元件，随着 MOS 晶体管技术的发展，集成电路的应用越来越广泛，硬件系统设计进入了初级阶段。该阶段的硬件系统大量选用中小规模的集成电路，通过将这些器件焊接到电路板上做成初级的电子系统。

由于工程师对图形符号的使用受限，传统的人工布线难以满足高度复杂的产品要求且效率低下。此时，人们开始将这些繁杂的工作用二维图形编辑与分析工具替代，比较有代表性

的是 ACCEL 公司的 Tango 布线软件和用于电路模拟的 SPICE 软件。由于 20 世纪 70 年代计算机性能的限制, EDA 技术所能完成的设计工作非常有限且性能比较差。此时的工程师主要借助计算机完成 PCB 的布局布线、电路性能模拟、逻辑仿真和预测。

1.2.2 计算机辅助工程设计 (CAE) 阶段

伴随着微电子工艺水平的进步, 特征尺寸不断减小, 到了 20 世纪 80 年代, 市场上相继出现了集成上万晶体管的微处理器, 上百万存储单元的随机存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM)。这些进步促进了 CAD 工具的逐步完善和发展, 尤其是在设计方法学、设计工具集成化方面取得了质的飞跃, 使得 EDA 技术进入了计算机辅助工程设计, 即 CAE 阶段。

这个阶段的 EDA 软件可以完成系统的设计描述、综合优化、设计结果验证及自动布局布线等工作。有了自动综合功能的 CAE 对保证电子系统的设计、制造出最佳的电子产品起着至关重要的作用。它不仅为成功开发电子产品创造了有利条件, 还为高级设计人员的创造性劳动带来了方便。

1.2.3 现代电子设计自动化 (EDA) 阶段

虽然 CAE 较 CAD 有了长足的进步, 但它还不足以适应复杂电子系统的设计要求, 其中一个主要原因就是具体化的元件图形严重制约着电路的优化。为了满足千差万别的系统用户提出的设计要求, 最好的办法就是由用户自己设计芯片, 然后把他们所设计的电路直接放在自己的专用芯片上。随着微电子技术的发展, 20 世纪 90 年代后的工艺制造水平已经达到了深亚微米甚至超深亚微米级, 特别是可编程逻辑器件的发展, 百万门以上的 PLD 器件陆续问世, 微电子厂家可以为用户提供各种规模的可编程器件, 从而使设计者通过自己设计芯片实现电子系统的功能。此时的 EDA 工具为工程师提供了全线的 EDA 设计辅助, 它以系统级设计为核心, 通过将工程师高层次的设计转换为可处理的硬件电路, 然后利用优化算法对理想的高层次设计进行电路优化, 同时处理有限的可用资源和高层次描述之间的矛盾, 找到合理的实现方案, 最终用微电子厂家提供的设计库来完成数万门 ASIC 和集成电路的设计验证。借助这时的 EDA, 设计人员可以在不熟悉各种器件厂商和工艺的情况下, 完成电子系统的设计。

1.2.4 EDA 技术的未来展望

随着芯片集成度的进一步增大, 可编程逻辑器件在其等效逻辑门数、工作电压和时钟频率等方面也有了突破性发展。在单芯片中集成微控制器/微处理器核 (MCU/MPU)、数字信号处理单元 (DSP)、存储器、嵌入式硬件/软件、数字/模拟混合器件的技术已经实现。这些成果使得 EDA 向多个方向发展, 包括数模混合电路、高智能多媒体应用和软硬件协同设计等。

从 EDA 工程的综合应用所能构成的硬件系统来看,有些专业认为 EDA 的未来发展将会表现为以下几种形式。

- 基于 CPLD/FPGA 实现的简单的低端电子系统、控制系统和信息处理系统。
- 基于 CPLD/FPGA+MCU 实现的将 EDA 技术和单片机技术综合应用的较高端的电子系统、控制系统和信号处理系统。
- 基于 CPLD/FPGA+专用数字信号处理单元实现的高端 DSP 系统。当 EDA 技术和专用 DSP 处理器综合使用时,这种系统对数字信号的处理能力将会大大加强,从而适应语音、图像等多媒体应用的需求。
- 基于 FPGA 实现的现代 DSP 系统。通过 SOPC 技术和 EDA 技术,现代 DSP 系统可以在 FPGA 上完全实现。
- 基于 FPGA 实现的 SOC 系统。借助超大规模的 FPGA,EDA 可以完成更复杂功能的系统设计,甚至包含一个或者多个嵌入式 CPU 或 DSP 系统。
- 基于 CPLD/FPGA 实现的嵌入式系统。通过 EDA 技术和 SOPC 技术的有机结合,使用 CPLD/FPGA 实现含有嵌入式处理器的电子系统并应用在专用的、定制性较强的嵌入式领域也是一个很重要的发展方向。

综上所述,随着工艺的进步和 EDA 技术的不断发展,软硬件协同设计将显得越来越重要。EDA 技术的应用也将向广度和深度两个方向继续发展,今后还会超越电子设计的范畴,从而进入其他领域。随着 SOC 和 SOPC 的发展,IP 核复用的概念越来越为业界所接受,这也正符合 VHDL 语言的设计理念。所以,未来电子系统的设计与规划将不再是电子工程师的专利。

1.3 EDA 技术的应用

目前,EDA 技术的应用范畴已经很广。在高度发达和信息化的今天,社会的发展已经离不开电子产品的进步。在电子产品性能提高、复杂度增大的同时,性价比一直呈上升趋势,产品的更新换代也越来越快。这种快速发展的原因主要来自于生产制造技术和电子设计技术的发展,前者以微细加工为代表,目前主流工艺为 45 nm;后者的核心就是 EDA 技术,如图 1-1 所示,其应用主要分为以下几个方面:

- PCB 的设计;
- ASIC 全定制数字电路的设计;
- CPLD/FPGA 等可编程器件上的电子系统设计。

如果没有 EDA 技术的支持,想完成先进的电子系统设计几乎是不可能的,反过来,生产制造技术的不断进步又必将会对 EDA 技术提出新的要求,如器件模型的建立、大规模电路布局布线算法的优化、超深亚微米工艺下电路功耗的分析及安全性的保证等。

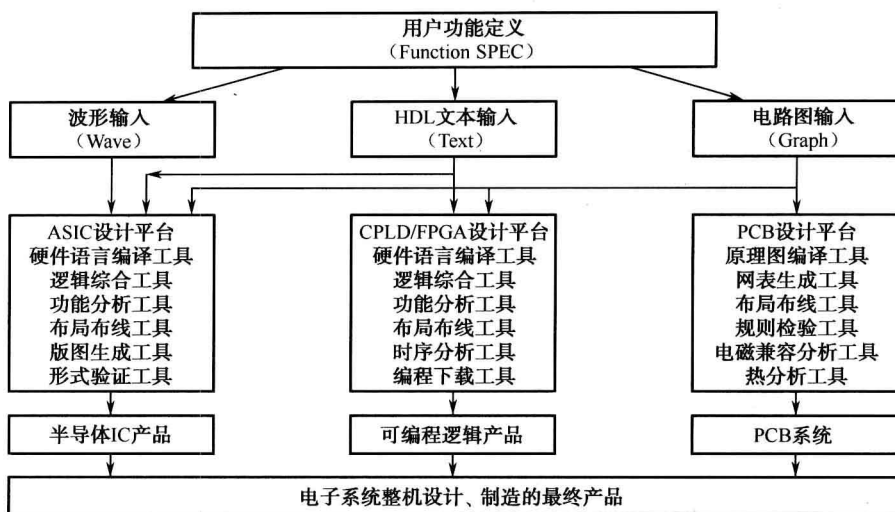


图 1-1 EDA 工程应用范畴

1.3.1 PCB 设计

印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）主要用做电子系统的载体，工程师通常将集成电路元器件焊接在 PCB 上完成整个电子系统的搭建、控制、通信等功能，如图 1-2 和图 1-3 所示，分别给出了一个 LED 点阵系统的原理图和版图。由图 1-3 可知该 PCB 承载了一个 7 行 5 列的点阵，可以通过控制二极管的通断实现特定图像或字符的显示。

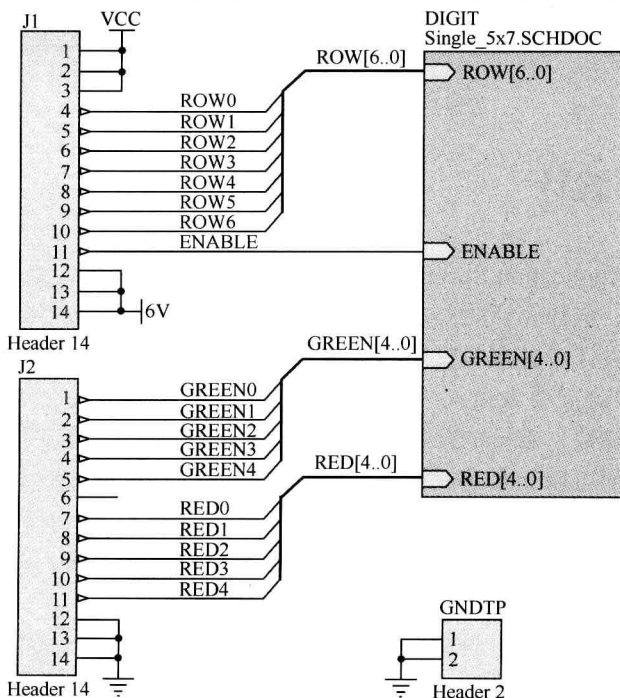


图 1-2 LED 点阵系统的原理图

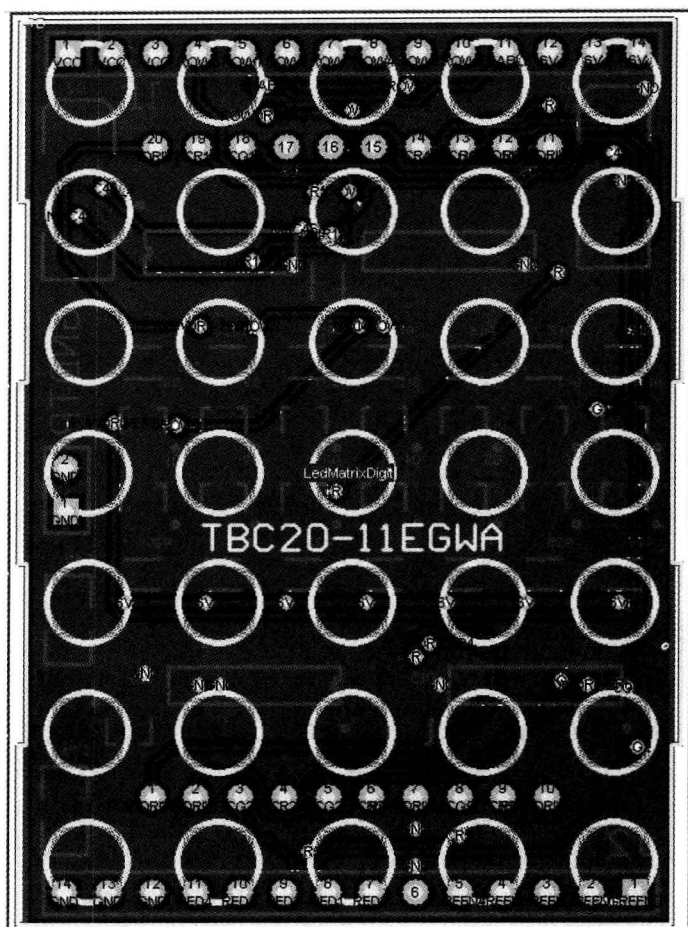


图 1-3 LED 点阵系统的版图

1.3.2 ASIC 设计

专用集成电路 (Application Specific Intergrated Circuits, ASIC) 是 EDA 技术应用在电子系统设计的高端产物。这种芯片的集成度极高, 有全定制和半定制两种。

全定制设计需要设计者完成包括版图在内的所有电路的设计, 制造厂商只需将其印制在晶片 (Wafer) 上, 因此需要大量人力物力。可以认为, 全定制设计从晶体管级开始, 可以控制几乎所有的电路参数, 唯一的限制是制造厂商的工艺条件, 所以对设计者来说它是最灵活的, 高水平的工程师可以让全定制的芯片达到最好的性能和最低的功耗。但是, 这种方法的设计成本也是最高的, 通常需要花费更多的时间且风险较大, 只有在可多次重用、产量非常大或者对性能功耗等有极其苛刻的要求时才会选用这种设计方法。就目前来讲, 只有高性能的 CPU、存储器和一些特殊应用如高压器件采用全定制设计。

半定制是目前比较流行的一种解决方案。这种设计的特点是由生产厂家提供给工程师标准单元库, 其中包括各种门电路、触发器、RAM, 甚至较复杂功能的模块, 用户可以灵活地将它们组合起来实现自己所需要的功能。这些标准单元均是预先用全定制方法设计, 并经