

高等学校教材

Dianzi Sheji Zidonghua  
Yu IC Sheji

# 电子设计自动化 与IC设计

李东生 编著



高等教育出版社

高等学校教材

# 电子设计自动化 与 IC 设计

李东生 编著

高等教育出版社

# 序 言

集成电路设计和制造水平的高低是衡量一个国家技术水平的一个重要标准。可以预料,在 21 世纪的前半叶,集成电路技术将会得到更迅猛的发展。尤其在我国,集成电路技术的发展对于加速社会信息化进程、加强国防力量和保证国家安全已经刻不容缓。面临挑战的同时,我国集成电路设计和制造技术的发展正面临着一个关键的机遇。这种机遇表现在以下诸方面:

① 国家的高度重视。在 1999 年 8 月 20 日颁布的《中共中央国务院关于加强技术创新,发展高科技,实现产业化的决定》中指出:“在电子信息特别是集成电路设计与制造、网络及通信、计算机及软件、数字化电子产品等方面,加强高技术创新,形成一大批拥有自主知识产权、具有竞争优势的高新技术产业。”这里集成电路设计被放在电子信息领域高技术创新的第一位。

② 信息安全需求。国防和国家信息安全对集成电路的迫切需求,解决信息安全的根本解决方案一定是从信息底层即物理层(集成电路底层)提出。

③ 国家经济发展需求。国家信息产业的高速发展对集成电路有巨大需求,最近几年我国已经建起了许多条件优良的生产线,正等待着技术含量更高、批量更大的集成电路产品投入生产,这会有力地促进集成电路设计产业的发展。

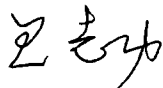
④ 人才培养需求。最近几年集成电路专业的毕业生在其他专业毕业生就业普遍不景气的情况下供不应求。我国集成电路设计与制造技术队伍和智力资源的特点是数量庞大、可再塑或培育速度快、支付费用低。我国高校大多都设有电子、通信、计算机、自动化等学科,这些学科有很大一部分可以通过调整课程内容和实践教学培养成为集成电路设计人才。

以上诸方面中人才培养是基础性、战略性的工作,这项工作历史地落在了我们从事电子与信息科学技术教学的教师的肩上。这需要我们一方面本身加强学习和研究,全面掌握先进的集成电路设计与制造的理论、技术、工艺和经验,同时认真总结相关的科学理论知识和技术实践经验,为集成电路设计与制造技术人才培养提供高水平的教材。

多年来,李东生教授孜孜以求,将 EDA 和现代集成电路设计技术融入传统的电子类课程教学,在教学科研实践中摸索出了一套具有特色的 EDA 和集成电路设计教学方法,取得了很好的成效。本书体系是在作者四年多的本科课程教学实践和一届高校骨干教师培训班的教学实践基础上形成的。本书从传统电路模型和传统电路设计方法入手,介绍了程序化模型和 EDA 的层次化设计思想,

介绍了 IC 设计、制造、封装和装配流程,介绍了 PCB 设计的关键技术和 EDA 工具使用方法等。在教学思想上尝试将传统的电子设计与集成电路设计方法统一起来,将多种 IC 设计方法(数字 IC、模拟 IC、可编程 IC)统一起来。本书立意新颖、内容全面、深度适中,便于与传统电子类课程教学衔接。本书在教学内容的处理上也煞费苦心,教学操作性强。本书适合作为电子信息类各专业 EDA 和集成电路设计相关课程的教材。

人才培养是重中之重,为此,教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导委员会正在制定新的相关课程教学方案,推出一批新的并且有特色的教材。本书内容符合新的教学体系和电子类课程教学改革方向,希望在今后的教学实践中继续完善。



2004 年 2 月 10 日于南京

# 前 言

人才培养对于集成电路产业来说是战略性的工作。现在的集成电路设计已经不同于以前的微电子,它要求工程师有比较全面的知识,其中包括:系统、器件知识、工艺和 EDA 工具知识等。IC 设计专业的学生不仅需要深入学习 EDA 和芯片设计,也要了解 PLD 和 PCB 设计知识,其他电子工程专业类的学生也需要了解这些基本知识。

EDA 的最终目的是设计出电路。电路大致分为两种:一种是基于 PCB 的电路,另一种是集成电路,即 IC(含 PLD 和 ASIC)。实现 IC 和 PCB 电路的思想、方法和过程就构成 EDA 的全部内容。现代电路设计方法已经由传统的设计方法转变为全新的 EDA 方法,这就是基于计算机的 EDA 工具平台,使用语言作为主要描述方法,由仿真和验证作为检验标准来进行电路设计。这种设计往往分为几个层面,即系统级、电路级、版图级。

电子设计一般包括传统的人工设计和基于 EDA 软件平台的自动化设计,从方法上讲两者有所不同,但是设计目标和思路是基本一致的。IC 设计、PLD 设计、PCB 设计在 EDA 前端有一定的共性,在后端区别较大。IC 设计包含模拟 IC 设计、数字 IC 设计、混合信号 IC 设计和 SoC 设计,各部分之间有共性也有区别。数字电路设计包含数字 IC 芯片设计和 PLD 设计,两者甚至可以采用同样的硬件描述语言和同样的综合器。注意区分设计目标所带来的设计方法上的差别是相当重要的。注意把握这些技术之间的共性和区别是学习本书的关键点。

实际上,尽管各个技术模块之间有一些共性,但是毕竟不同,每一部分都可以组成实实在在的一门课。然而教学课时有限,如何解决学时与内容的矛盾是各个学校组织教学的一个难题,有的学校不得不删去很多重要的内容,造成了内容的不完整,这是十分可惜的。据我们调查,很多学校是将本书的各部分内容分散在不同的相关课程中,很少集中授课。这样做的结果可能使知识零散或教学效率低,甚至会以偏盖全,造成概念误解。例如:我们在收到很多读者的来信中得知经常有人将 EDA 等同于 EWB 或某一个软件,或者是从事 IC 设计的学生认为 EDA 是为 IC 设计准备的,PLD 或 PCB 设计都是“小儿科”等,这种不正确的认识当然不是教师教给他们的,可能是片面获取知识造成的误解。然而,不论是“小儿科”还是“脑外科”,这些知识都是学生应该掌握的,为了既节省教学时数,又解决概念的统一问题,我们尝试着利用一门课(40~60 学时)和一本书来系统地介绍 EDA 和 IC 设计技术。

本书包含了传统和现代电子设计流程和方法,即 IC 设计(模拟 IC、数字 IC)、PLD 技术和数字系统设计方法、PCB 设计方法,EDA 基本概念、SoC 和 SOPC 等内容,在深度和广度处理上尽量做到恰到好处,使学生对于 EDA 和 IC 设计有一个全面的了解。为了做到这点,要求教师自身具有深厚的 EDA 和 IC 设计的知识功底和实践经验,能够做到灵活自如地组织理论教学和指导实验。

本书的思路是作者多年从事“EDA 和 IC 设计”课程教学基础上摸索出来的,本书体系也经过了三年的本科教学和一期 EDA 高级师资培训班的教学实践检验,效果较好。课时安排上,理论学时和实验学时基本对半,但是建议实验尽量少占用课内学时,学生在课内学时做到技术入门以后,在开放实验(不占课内学时)中完成余下的实验内容。实验内容的安排也是自由的,由教师根据实验室平台情况和教学内容决定。

原东南大学校长陈笃信教授说过,我们的学生是十分聪明的,只要您给他一台电脑,他的电脑玩得比教师还熟。这句话反映了学生主动学习的潜力。对于 EDA 软件的学习也是这样,只需要提供一个环境和一个指导书,剩下的就是学生主动学习了。本套教材处理 EDA 软件教学的方法类似于传统教学中仪器的处理方法,尽管 EDA 软件很多,其编写原理基本相同,只要读者熟悉一个 EDA 软件,同类功能的 EDA 软件使用可以触类旁通。软件教学的主要目的是解决软件构造原理和界面的进入方法,所以,不需要花太多的学时在软件的教学上,这样就躲开了 EDA 课程成为工具软件教学课程的误区。每个学校 EDA 实验环境是不同的,不能强求每个学校都按照书中的软件去建立实验室,因此,在组织一门 EDA 课程时,经常会担心教材所涉及的软件会限制课程教学的进行,这也是使用本书教学需要解决的一个实际问题。本书在编写时重点考虑了这个因素,处理办法是:

① 以电子设计理论、EDA 和 IC 设计思路主线索为主,即使跳过一些设计例题也并不影响主要内容。即使读者了解很少的 EDA 软件知识,也并不妨碍课程主要内容的学习。

② 所选软件在满足基本教学功能的前提下,以简单易学、功能通用、成本低廉为基本准则,每个教学模块只需要有一个最简单的软件就可以非常地开展教学,而做到这点对于一个普通的 EDA 实验室来说并不难。用这样少的课时成本了解这样多的 EDA 与 IC 设计知识,对于拓展学生今后的学习空间无疑是十分有用的。

本书章节编排和内容处理上尽量减少了章节模块之间的内容关联性,这样便于不同专业学生选取不同的知识模块。前 5 章的内容是基础内容,是后续内容的基础,最好是按照书中的编排次序进行教学。对于已经具备 EDA 和 IC 设计初步知识的学生可以压缩课时。在前 5 章的基础上,第 6 章以后的内容分别

是自成一体的,教师在教学时可以根据需要分别讲授 IC 设计、PLD 或 PCB 设计等。除了 IC 设计以外,分立电路的 EDA 设计技术也隐含其中,本书并没有刻意将 IC 设计与分立电路设计分开。设计语言是自选模块,可以根据情况选取 SPICE、VHDL 或 Verilog HDL。语言教学的处理思路力求简单,有利于读者入门,对于需要继续学习的读者可以从参考文献中找到相关的教材。另外,书中的电路图多为仿真图,为了读者阅读参考方便,其中的图文符号没有统一成国家标准形式。

本书由东南大学射频与光电集成电路研究所所长、教育部电工电子教学指导委员会主任、教育部长江学者王志功教授主审。王教授对本书的目录和初稿进行了细致的审阅,提出许多宝贵的修改意见,中国科学技术大学的李辉博士、合肥工业大学的李国丽教授审阅了本书部分内容,合肥工业大学的王锐博士为本书提供了很好的 IC 设计例子并审阅了部分书稿,在此对他们的帮助表示衷心的感谢。我的同事王津、桂树等教师,我的研究生马涛、陈云利、王昌林等同学参加了部分习题的编写和程序的调试。本书的出版还得到龚伯凯部长、袁化伦副部长、王卫国教授、陈月魁教授的具体指导,感谢黄华文、张兴胜同志的协助。本书参考和引用了许多专家的著作和文章,也得到了相关 EDA 供应商的大力支持和配合,在此一并表示感谢。本书大部分内容是编者在业余时间完成的,这里还要特别感谢我的妻子、孩子和年迈的父母在生活上的照顾及事业上的大力支持和配合。

书中难免有错误和遗漏,恳请读者批评指正。有关本书相关问题可以通过网站“EDA 教学与研究(EDAteach.com)”或电子邮件 lidsh@21cn.com 与编者联系。

李东生

2004 年元旦于合肥

# 目 录

## 第一篇 理论与实践

<b>第 1 章 电子设计自动化(EDA)技术基础</b> .....	2
1.1 从电子 CAD 到 EDA .....	2
1.1.1 EDA 基本概念 .....	2
1.1.2 EDA 发展概况 .....	3
1.1.3 EDA 与传统的 CAD 主要区别 .....	5
1.2 EDA 的技术特征和工程应用范畴 .....	6
1.2.1 电子工程设计与 EDA .....	6
1.2.2 EDA 技术特征 .....	7
1.2.3 EDA 主要应用范畴 .....	8
1.3 EDA 设计方法概述 .....	9
1.3.1 行为描述法 .....	10
1.3.2 IP 设计与复用技术 .....	10
1.3.3 ASIC 设计方法 .....	10
1.3.4 SoC 设计方法 .....	10
1.3.5 软硬件协同设计方法 .....	11
1.4 EDA 工具软件简介 .....	12
1.4.1 IC 设计工具 .....	13
1.4.2 PLD 设计工具 .....	14
1.4.3 PCB 设计工具 .....	15
1.5 典型的 EDA 工具 .....	18
1.5.1 Cadence EDA 工具 .....	18
1.5.2 Synopsys EDA 工具 .....	20
1.5.3 Mentor Graphics EDA 工具 .....	20
1.5.4 Magma EDA 工具 .....	22
1.5.5 中国华大 EDA 工具 .....	22
1.5.6 Altium(Protel) EDA 工具 .....	24
1.5.7 Altera EDA 工具 .....	25
1.6 EDA 技术面临深亚微米工艺技术的挑战 .....	25
1.6.1 EDA 技术随工艺技术的需求而发展 .....	25
1.6.2 深亚微米 SoC 集成电路设计对 EDA 技术的挑战 .....	26



思考题与习题	27
<b>第2章 电子系统设计与电子组装</b>	<b>28</b>
2.1 电子系统设计概述	28
2.2 电子系统设计方法	30
2.2.1 电子系统设计过程	30
2.2.2 现代电子系统的设计方法及工具	32
2.3 数字系统设计	33
2.3.1 数字系统的基本组成	34
2.3.2 设计数字系统的基本步骤	35
2.3.3 用流程图与 MDS 图(或 ASM 图)表示状态转换关系	36
2.3.4 数字系统的层次化设计	41
2.4 模拟系统设计	46
2.4.1 模拟电路应用场合及其特点	46
2.4.2 模拟系统的设计方法与步骤	47
2.4.3 基本单元模拟电路	49
2.5 以微机(单片机)为核心的电子系统设计	50
2.5.1 智能型电子系统特点	50
2.5.2 典型微型计算机应用系统的组成与分类	52
2.5.3 微型计算机系统组成和接口扩展部分	55
2.5.4 微型计算机应用系统设计要点	58
2.5.5 微型计算机实用器件与电路介绍	58
2.5.6 智能型电子系统设计方法与过程	61
2.6 系统芯片(SoC)设计	72
2.6.1 系统芯片(SoC)的结构	72
2.6.2 SoC 设计流程	76
2.7 电子组装基础知识	78
2.7.1 整机与组装的关系	80
2.7.2 整机与系统的组装层次	81
2.7.3 不同封装层次面临的技术课题	84
思考题与习题	85
<b>第3章 微电子技术与集成电路基础</b>	<b>86</b>
3.1 微电子和集成电路的定义和研究范畴	86
3.2 从晶体管到 SoC	87
3.2.1 晶体管的发展	87
3.2.2 集成电路的发展	89
3.2.3 摩尔定律和 CPU 的发展	90

3.3 集成电路的分类 .....	96
3.3.1 结构类型 .....	97
3.3.2 集成电路规模 .....	98
3.3.3 集成电路功能 .....	99
3.3.4 结构形式 .....	100
3.3.5 定制方式 .....	100
3.4 集成电路封装 .....	102
3.4.1 集成电路封装的发展历程 .....	102
3.4.2 集成电路封装的基本类型 .....	105
思考题与习题 .....	108
<b>第4章 系统级设计与仿真 .....</b>	<b>109</b>
4.1 系统建模 .....	109
4.1.1 系统的概念 .....	109
4.1.2 系统的模型及其建立 .....	111
4.1.3 模拟系统及数字系统模型 .....	113
4.1.4 电子系统的程序化模型 .....	115
4.2 系统仿真 .....	115
4.2.1 仿真的基本概念 .....	115
4.2.2 仿真的分类 .....	116
4.2.3 EDA 仿真的基本原理 .....	117
4.3 系统设计与仿真软件应用举例 .....	117
4.3.1 电子系统设计与仿真工具——SystemView .....	118
4.3.2 虚拟仪器测控系统设计环境——LabVIEW .....	120
4.3.3 通用的工程计算和数据分析软件——MATLAB .....	122
4.3.4 数字系统的系统级行为描述 .....	123
4.4 EDA 的层次化设计与综合问题 .....	126
4.4.1 EDA 的层次化设计及其含义 .....	126
4.4.2 综合 .....	128
4.4.3 可重复使用功能块、IP 产业和 SoC .....	130
4.4.4 验证 .....	131
思考题与习题 .....	135
<b>第5章 电路级设计与仿真 .....</b>	<b>136</b>
5.1 模拟电路模型与 SPICE 程序 .....	136
5.1.1 模拟电路模型 .....	136
5.1.2 SPICE 程序及其发展状况 .....	138
5.1.3 电路模型举例——双极晶体管电路模型 .....	140

5.2 模拟电路设计与原理图仿真 .....	144
5.2.1 仿真的基本概念 .....	144
5.2.2 模拟电路设计与仿真 .....	145
5.3 数字电路模型与硬件描述语言 .....	147
5.3.1 数字电路模型 .....	147
5.3.2 硬件描述语言 HDL 的现状与发展 .....	152
5.4 数字电路设计与原理图仿真 .....	155
5.5 数字电路与模拟电路混合设计与仿真 .....	159
思考题与习题 .....	163
<b>第 6 章 SPICE 语言和模拟电路设计 .....</b>	<b>164</b>
6.1 SPICE 仿真算法基础 .....	164
6.2 SPICE 程序结构与分析类型 .....	167
6.2.1 SPICE 程序结构 .....	167
6.2.2 SPICE 分析类型 .....	169
6.3 SPICE 电路结构描述和分析控制 .....	172
6.3.1 电路的结构描述语句 .....	173
6.3.2 电路特性分析和控制语句 .....	192
6.4 模拟电路设计与仿真举例 .....	208
思考题与习题 .....	219
<b>第 7 章 VHDL .....</b>	<b>224</b>
7.1 VHDL 的基本结构 .....	224
7.1.1 VHDL 基本结构 .....	224
7.1.2 实体(ENTITY) .....	226
7.1.3 结构体(ARCHITECTURE) .....	227
7.2 VHDL 语法基础 .....	228
7.2.1 标识符(Identifier)和保留字 .....	228
7.2.2 数据对象(Data Objects) .....	230
7.2.3 数据类型(Data Types) .....	232
7.2.4 运算符(Operators) .....	235
7.2.5 VHDL 的属性(Attribute) .....	236
7.3 VHDL 程序描述方法 .....	238
7.3.1 顺序语句 .....	238
7.3.2 并行语句 .....	241
7.4 VHDL 基本程序设计 .....	245
7.4.1 基本组合电路的设计 .....	245
7.4.2 基本时序电路的设计 .....	246

7.5 VHDL 数字系统设计方法 .....	249
7.5.1 库、程序包、子程序 .....	249
7.5.2 结构 VHDL .....	258
思考题与习题 .....	261
<b>第 8 章 Verilog HDL .....</b>	<b>263</b>
8.1 Verilog HDL 模块结构 .....	263
8.1.1 简单的程序例子 .....	263
8.1.2 模块的结构 .....	264
8.1.3 模块的例化 (Module Instance) .....	267
8.2 Verilog HDL 数据类型 .....	267
8.2.1 常量的数据类型 .....	268
8.2.2 变量的常用数据类型 .....	269
8.3 Verilog HDL 运算符和表达式 .....	270
8.3.1 算术运算符 (Arithmetic operators) .....	271
8.3.2 关系运算符 (Relational operators) .....	271
8.3.3 等号运算符 (Equality operators) .....	271
8.3.4 逻辑运算符 (Logical operators) .....	271
8.3.5 位运算符 (Bitwise operators) .....	271
8.3.6 缩减运算符 (Reduction operators) .....	272
8.3.7 移位运算符 (Shift operators) .....	272
8.3.8 条件运算符 (Conditional operators) .....	272
8.3.9 位拼接运算符 (Concatenation operators) .....	273
8.3.10 优先级 .....	273
8.3.11 关键字 .....	273
8.4 Verilog HDL 语句 .....	274
8.4.1 赋值语句 .....	275
8.4.2 条件语句 .....	277
8.4.3 循环语句 .....	279
8.4.4 结构说明语句 .....	281
8.4.5 块语句 .....	283
8.4.6 语句的顺序执行和并行执行 .....	284
8.4.7 编译预处理 .....	287
8.5 Verilog HDL 基本逻辑电路设计 .....	289
8.5.1 组合逻辑电路设计 .....	289
8.5.2 时序电路设计 .....	290
8.5.3 状态机电路设计 .....	292
思考题与习题 .....	293

<b>第 9 章 可编程逻辑器件(PLD)与 SOPC</b> .....	295
9.1 PLD 概述 .....	295
9.1.1 可编程数字电路概念 .....	295
9.1.2 PLD 开发环境 .....	296
9.2 PLD 结构特点 .....	297
9.2.1 简单可编程逻辑电路 .....	297
9.2.2 CPLD 的结构特点 .....	304
9.2.3 典型的 CPLD 器件结构 .....	309
9.2.4 FPGA 的结构特点 .....	315
9.2.5 FPGA 的典型器件结构 .....	323
9.2.6 CPLD 与 FPGA 的比较 .....	330
9.3 可编程数字逻辑系统设计平台 .....	334
9.3.1 MAX + plus II 软件基本功能 .....	334
9.3.2 QUARTUS 软件基本功能 .....	336
9.4 可编程数字逻辑系统设计 .....	339
9.4.1 基于原理图输入法的系统设计 .....	339
9.4.2 基于硬件描述语言的系统设计 .....	342
9.4.3 综合数字系统设计范例 .....	344
9.5 可编程系统芯片(SOPC)及解决方案 .....	370
9.5.1 SOPC 概念及软硬件基础 .....	370
9.5.2 基于 SOPC 的嵌入式处理器解决方案 .....	372
9.5.3 基于 SOPC 的嵌入式 DSP 解决方案 .....	373
思考题与习题 .....	380
<b>第 10 章 IC 设计流程与 SoC</b> .....	382
10.1 IC 工艺和版图基础 .....	382
10.1.1 集成电路的主要生产工艺 .....	383
10.1.2 版图基础 .....	386
10.2 IC 设计特点与信息描述 .....	392
10.2.1 设计特点 .....	392
10.2.2 设计信息描述 .....	393
10.3 IC 设计流程 .....	395
10.3.1 IC 设计流程 .....	395
10.3.2 系统功能设计 .....	396
10.3.3 逻辑与电路设计 .....	397
10.3.4 版图设计 .....	398
10.4 IC 设计方法 .....	400
10.4.1 全定制设计 .....	400

10.4.2 半定制设计 .....	401
10.4.3 定制设计 .....	404
10.5 模拟 IC 设计范例 .....	409
10.6 数字 IC 设计范例 .....	415
10.6.1 设计举例 .....	415
10.6.2 深亚微米/超深亚微米设计中的新问题 .....	423
10.7 SoC 技术与 IP 重用技术 .....	428
10.7.1 SoC 技术 .....	429
10.7.2 IP 重用设计技术 .....	432
10.8 IC 产业分工与多项目晶圆服务 .....	435
10.8.1 IC 产业链形成及分工 .....	435
10.8.2 多晶圆加工服务 MPW .....	438
思考题与习题 .....	443
<b>第 11 章 PCB 设计技术 .....</b>	<b>445</b>
11.1 PCB 基本知识 .....	445
11.1.1 印制电路板的结构和种类 .....	445
11.1.2 PCB 的基本元素 .....	446
11.1.3 印制电路板常用标准 .....	449
11.2 PCB 设计的基本流程 .....	450
11.2.1 基本流程 .....	450
11.2.2 绘制 PCB 举例 .....	452
11.3 PCB 设计的基本原则 .....	456
11.3.1 PCB 布局原则 .....	456
11.3.2 PCB 布线 .....	458
11.4 PCB 可靠性设计 .....	459
11.4.1 地线设计 .....	459
11.4.2 电磁兼容性设计 .....	460
11.4.3 去耦电容配置 .....	461
11.4.4 印制电路板的尺寸与器件的布置 .....	462
11.4.5 热设计 .....	462
11.5 混合信号 PCB 的分区设计 .....	463
11.6 高速 PCB 的信号完整性设计 .....	467
11.6.1 信号完整性及相关参数的概念 .....	467
11.6.2 确保信号完整性的电路板设计准则 .....	469
11.7 集成系统 PCB 设计的新技术 .....	487
思考题与习题 .....	490

## 第二篇 工具软件使用指导

<b>第 12 章 动态系统仿真软件 SystemView</b> .....	492
12.1 SystemView 入门介绍 .....	492
12.1.1 SystemView 的特点 .....	492
12.1.2 第一个例子 .....	494
12.2 系统设计窗口 .....	499
12.2.1 主窗口介绍 .....	500
12.2.2 工具栏 .....	501
12.2.3 图符库区 .....	501
12.2.4 动态系统棒 .....	503
12.3 系统定时及仿真条件的设定 .....	504
12.4 分析窗口工作环境 .....	506
12.4.1 菜单和工具条 .....	507
12.4.2 工具条 .....	507
12.4.3 接收计算器 .....	508
思考题与习题 .....	515
<b>第 13 章 Multisim 电子实验工作台软件</b> .....	517
13.1 EWB 与 Multisim .....	517
13.2 Multisim 的安装 .....	518
13.3 Multisim 基本界面介绍 .....	526
13.4 一个电路仿真实例 .....	534
13.4.1 编辑原理图 .....	534
13.4.2 确定静态工作点和功能分析 .....	544
思考题与习题 .....	548
<b>第 14 章 电路原理图及 PCB 设计软件 Protel DXP</b> .....	552
14.1 运行环境、安装与卸载 .....	552
14.1.1 运行环境 .....	552
14.1.2 安装与卸载 .....	552
14.2 Protel DXP 操作环境 .....	555
14.2.1 运行 .....	555
14.2.2 工作面板 .....	557
14.2.3 打开或关闭工作区域 .....	559
14.2.4 PCB 编辑器 .....	562
14.2.5 原理图编辑器 .....	565
14.3 基于 PCB 的电路设计入门 .....	565

---

14.3.1 电子系统设计流程 .....	566
14.3.2 设计简单原理图 .....	566
14.3.3 设计 PCB .....	572
思考题与习题 .....	577
<b>第 15 章 电路设计与仿真软件 OrCAD .....</b>	<b>580</b>
15.1 Capture 的使用 .....	580
15.1.1 布置电路图 .....	580
15.1.2 “Capture CIS”与层电路设计 .....	587
15.1.3 零件制作与管理 .....	595
15.2 PSpice 的使用 .....	604
15.2.1 电路图的绘制 .....	605
15.2.2 分析参数的设定 .....	607
15.2.3 执行 PSpice 程序 .....	608
思考题与习题 .....	611
<b>第 16 章 ALTERA 可编程器件开发系统 MAX + plus II .....</b>	<b>615</b>
16.1 MAX + plus II 概述 .....	615
16.1.1 MAX + plus II 10.0 的功能 .....	615
16.1.2 系统要求 .....	616
16.2 MAX + plus II 10.0 的安装 .....	616
16.2.1 MAX + plus II 10.0 的安装 .....	616
16.2.2 第一次运行 MAX + plus II 10.0 .....	618
16.3 使用 MAX + plus II 设计数字电路的步骤 .....	620
16.3.1 项目建立与原理图输入 .....	621
16.3.2 项目编译 .....	627
16.3.3 项目校验 .....	628
16.3.4 目标器件选择与管脚锁定 .....	634
16.3.5 器件编程和配置 .....	637
思考题与习题 .....	638
<b>第 17 章 Silvaco IC 设计软件介绍 .....</b>	<b>640</b>
17.1 原理图设计工具 Scholar .....	640
17.2 创建一个新设计 .....	652
17.3 原理图结构 .....	657
17.4 库管理器 .....	658
17.5 编辑原理图 .....	663
17.6 原理图的视图 .....	678



---

17.7 设计流程 .....	680
17.8 仿真 .....	690
17.9 EDIF .....	696
17.10 LVS .....	700
17.11 Expert 简介 .....	702
17.12 SmartSpice 简介 .....	706
思考题与习题 .....	706
<b>第 18 章 Microwind IC 版图设计软件</b> .....	<b>707</b>
18.1 进入 Microwind .....	707
18.2 Microwind 一些重要功能 .....	714
思考题与习题 .....	721
<b>参考文献</b> .....	<b>722</b>