

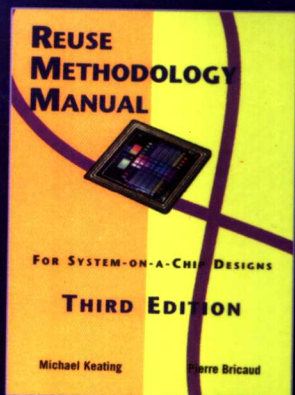
国外电子与通信教材系列

片上系统

——可重用设计方法学（第三版）

Reuse Methodology Manual

for System-on-a-Chip Designs, Third Edition



[美] Michael Keating 著
Pierre Bricaud 著
沈戈 罗旻 张欣 等译
沈绪榜 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

SOC 经典著作

30.2

044

片上系统

——可重用设计方法学（第三版）

Reuse Methodology Manual for System-on-a-Chip Designs, Third Edition

本书为 SoC 设计人员提供了一套最好的、创建可重用设计的实践经验和方法学。书中的实践方法来自于作者在开发可重用设计工作中的积累和世界上一些著名公司设计团队的经验。随着半导体和设计工艺的发展，许多可重用设计方法也将得到进一步的发展，但书中所描述的可重用设计方法学的基本原则仍将被广泛采用，并成为将来一段时间内芯片设计的基础。

系统设计和处理器设计，以及 DSP 设计和芯片组设计之间必然存在某些不同点。然而，在开发复杂芯片的时候，设计人员通常都会遇到一些相同的问题。为了处理这些问题，设计团队采用了基于模块化的设计方法，以加强设计的可重用性。重用已经设计和验证过的宏核（又叫核）将有利于解决上述问题。在进行可重用设计时，设计团队又会遇到一些重大困难。使用那些不是为可重用而设计的模块，往往不能给设计带来好处，反而有害。如果设计团队使用的可重用模块未能提供正确的图、正确的文档和正确的功能描述等信息，那么在集成这些模块时所付出的代价将会很高。

通过这些经验，大多数设计团队认识到在进行 SoC 设计时，必须使用那些专门为可重用而设计的 IP 核。本书就致力于介绍这些可重用设计的相关技术。

第三版特点

- 全新的内容，所有章节都经过重新整理，体现了目前最新的技术发展水平
- 将可重用设计作为电路设计中最重要的解决方案之一
- 突出了实践应用方法
- 设计指导方针并不针对特定的工具
- 强调采用硬核 IP 和物理设计的方法

ISBN 7-5053-9338-3



责任编辑：杜闯燕
封面设计：毛惠康

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图

ISBN 7-5053-9338-3 定价：35.00

国外电子与通信教材系列

片上系统

——可重用设计方法学

(第三版)

Reuse Methodology Manual
for System-on-a-Chip Designs

Third Edition

[美] Michael Keating 著
Pierre Bricaud 著

沈戈 罗旻 张欣 等译

沈绪榜 审校

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是SoC设计方面的一本经典著作。书中许多有关基于IP核的SoC设计方法的基本概念已被VSIA国际标准组织引用。本书内容主要取材于作者在集成电路设计工程方面的实践经验和理论。全书共13章,前5章从SoC设计的基本概念出发,介绍了片上系统设计过程、系统级设计问题(包括规则和工具)、核设计过程、RTL编码指南等方面的基础知识。然后进一步详细讲解了SoC设计实践方面的方法。在IP核综合指南、IP核验证指南、开发硬IP核、IP核的配置、针对可重用设计的封装、用可重用IP核的集成、系统级验证、数据和项目管理等方面系统阐述了SoC可重用设计方法学在集成电路设计实践中的应用方法。最后以国际著名集成电路设计公司的SoC设计实践活动为例,讲述了当今最先进的SoC设计方面的技术。

本书可作为微电子类、电子工程类、计算机图形图像处理类本科生、研究生的专业课程教学用教材,也可供从事集成电路设计、电子技术、电气工程和计算机工程方面的工程技术人员学习参考。

Authorized translation from the English language edition published, entitled Reuse Methodology Manual for System-on-a-Chip Designs, Third Edition, ISBN: 1402071418 by Michael Keating and Pierre Bricaud, published by Kluwer Academic Publishers. Copyright © 2002 by Kluwer Academic Publishers. All rights reserved. No part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, microfilming, recording, or otherwise, without the written permission from the Publisher.

Simplified Chinese Language edition published by Publishing House of Electronics Industry, Copyright © 2004.

本书中文简体专有翻译出版权由Kluwer Academic Publishers授予电子出版社。其原文版权及中文翻译出版权受法律保护。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号:图字:01-2003-0597

图书在版编目(CIP)数据

片上系统——可重用设计方法学(第三版)/(美)基廷(Keating, M.)等著;沈戈等译.

-北京:电子工业出版社,2004.5

(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Reuse Methodology Manual for System-on-a-Chip Designs, Third Edition

ISBN 7-5053-9338-3

I. 片... II. ①基... ②沈... III. 芯片-设计-教材 IV. TN43

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第029188号

责任编辑:杜闽燕

印 刷:北京兴华印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:15 字数:302千字

印 次:2004年5月第1次印刷

定 价:35.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zlt@sph.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@sph.com.cn

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。

吴佑寿

中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|-----|------------|--|
| 主任 | 吴佑寿 | 中国工程院院士、清华大学教授 |
| 副主任 | 林金桐
杨千里 | 北京邮电大学校长、教授、博士生导师
总参通信部副部长、中国电子学会会士、副理事长
中国通信学会常务理事 |
| 委员 | 林孝康 | 清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 徐安士 | 北京大学教授、博士生导师、电子学系副主任
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 樊昌信 | 西安电子科技大学教授、博士生导师
中国通信学会理事、IEEE 会士 |
| | 程时昕 | 东南大学教授、博士生导师
移动通信国家重点实验室主任 |
| | 郁道银 | 天津大学副校长、教授、博士生导师
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 阮秋琦 | 北方交通大学教授、博士生导师
计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 |
| | 张晓林 | 北京航空航天大学教授、博士生导师、电子工程系主任
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员 |
| | 郑宝玉 | 南京邮电学院副院长、教授、博士生导师
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 朱世华 | 西安交通大学教授、博士生导师、电子与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 彭启琮 | 电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员 |
| | 徐重阳 | 华中科技大学教授、博士生导师、电子科学与技术系主任
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员 |
| | 毛军发 | 上海交通大学教授、博士生导师、电子信息学院副院长
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员 |
| | 赵尔沅 | 北京邮电大学教授、教材建设委员会主任 |
| | 钟允若 | 原邮电科学研究院副院长、总工程师 |
| | 刘彩 | 中国通信学会副理事长、秘书长 |
| | 杜振民 | 电子工业出版社副社长 |

关于本书

为了提高片上系统的设计效率并且缩短投放市场的时间,片上系统的设计是以下列发展趋势为基础的:一是提高设计的抽象层次,从软件与硬件的协同设计提高到功能与体系结构的协同设计;二是设计资源的重用,片上系统设计是采用可重用IP核来完成的,从而使系统设计技术从无工厂模式发展到无芯片模式;三是减少设计的迭代次数,采用面向应用领域这一体系结构的开发平台。

本书作者根据自己多年的工作经验,撰写了《片上系统——可重用设计方法学》一书,对IP核的可重用设计与系统集成进行了全面详细的描述,符合片上系统设计的发展趋势。本书受到了广大读者的一致好评,也是国外IC设计工程师所必备的参考手册之一。经过不断完善,本书第二版于1999年面世。此次翻译的是本书于2002年出版的第三版。

本书全面研究了包括Synopsys公司与Mentor Graphics公司在内的多家IC设计公司在本领域的工作经验,详细描述了IP核的设计规则以及IP核集成的设计方法,并指出许多设计中常遇到的问题,以及如何进行片上系统设计的具体方法。书中的设计规则易于理解,覆盖了片上系统设计的各个方面。本书虽然没有详细讨论诸如锁存器、门控时钟的设计细节,但是规则中的70%可以用来指导进行全定制设计,并且有利于全定制设计的复用。随着工艺和电子设计自动化工具的不断发展,可重用设计方法也会不断进步,由于书中所讲述的方法是可重用设计的基础知识,所以可用于将来的片上系统设计。遵循本书所提到的设计规则,设计者可以在设计过程中受益匪浅。

中国科学院院士 沈绪榜

译者序

本书是 VSIA (Virtual Socket Interface Alliance, 虚拟插件接口联盟) 发布相关设计标准时的主要参考书目之一。在我们第一次拜读了本书的英文版后,就一直遵循着书中提供的片上系统可重用设计方法进行我们自己的设计,并取得了很好的效果。本书所涉及的相关实践经验非常有助于国内广大集成电路设计者进行相应的设计。本书指出许多片上系统设计中常遇到的问题并提出了对应的解决方案,通过遵循书中所提到的设计规则,设计者可以在设计过程中避免许多类似问题的发生。对全文的翻译结合了我们在片上系统设计实践中使用本书的经验,译者相信本书一定能使设计者在设计过程中受益匪浅。

书中的设计规则易于理解,在很大程度上覆盖了 ASIC 设计的各个方面,并且从设计应用的角度描述了如何完成 one-pass-tapeout。书中的设计规则并未涉及全定制设计的一些方面,比如锁存器的设计等,但是规则的大部分可以用来指导进行全定制设计且有利于全定制设计的复用。

本书讲述了片上系统设计中可重用设计实现过程所需注意的各种规则,这些规则都基于作者在进行片上系统可重用设计时的切身体会,同时也是许多 IC 公司在进行可重用设计时所遵循的。虽然随着工艺和电子设计自动化工具的不断发展,可重用设计方法也会随之不断进步,但是本书所讲述的方法却是可重用设计的基础并会在将来的可重用设计中继续被遵循。

本书由沈戈、罗旻、张欣负责翻译,参加本书翻译工作的还有冯国臣、马虎山、屈波、陈翔等。本书由沈绪榜院士审校和统稿,在此表示衷心的感谢。鉴于译者水平所限,对翻译不妥之处,敬请读者批评指正。

译者

前 言

电子工业的发展已使芯片设计进入了百万门的时代，而且会继续向更高的集成度发展。Sematech 预测到2001年，芯片的设计规模将超过1200万门，工作主频将超过600 MHz。如果以一位工程师每天设计100门的速度来计算，要完成这样一个设计，将花费大约500年和7500万美元。当然这是不可能，也是不现实的，因为这样做会花费太多的时间和金钱。但是1200万门的芯片仍然会在不久的将来出现。

那么面对这种新形式，我们要采取何种对策呢？不论采取什么样的方法，有一点是非常清楚的，那就是使用各种各样的IP（知识产权）核进行可重用设计。这将有效地解决芯片开发中的许多问题。使用可重用的IP进行设计，是保证产品设计质量和争取缩短上市时间的最重要手段。如果不使用可重用设计方法，电子工业将根本无法面对消费者提出的“更好、更快、更便宜”的需求。

Synopsys 和 Mentor Graphics 公司已经联合起来，以促成IP可重用技术成为现实。可重用设计合作的其中一个目标就是开发、示范和总结出一套基于可重用设计的IC设计方法学。本书的问世就是我们这一努力的成果，它将Synopsys 和 Mentor Graphics 公司在这一领域的设计资源和设计经验、Synopsys 在可重用设计方面的专业工具和 Mentor Graphics 公司在IP创建方面的经验共同融入本书，形成了业界第一本系统阐述可重用设计方法学的书籍。书中提出的可重用设计方法学是我们的设计团队在进行芯片设计过程中总结得出的最有效的方法。

我们希望本书能够为高级IC设计人员在设计时提供一些应该遵循的基本规律，从而加速可重用设计方法的采用，以便实现将来超大规模和极其复杂芯片的快速设计。

Aart J. de Geus
主席兼 CEO
Synopsys 公司

Walden C. Rhines
总裁兼 CEO
Mentor Graphics 公司

第三版序

从本书第二版出版到现在的几年间，芯片设计方法已经发生了重大的变化。在这段时间里，半导体工艺跨越了两代，百万门以上的芯片已经成为市场的主流，SoC（片上系统）芯片的开发也成为了一件非常常见的事情。

同时，可重用设计技术有了长足的发展，从而促使本书第三版的面世。在今天看来，我们在1999年的一些观点已经陈旧。所以在重读了第二版后，我们认为应该把近年来的一些最新技术充实到书中。

总的来讲，本书的最大变化也就是我们看到的在可重用设计领域近几年的最大变化。基本上，我们原来认为可重用技术是将来的技术，但是，现在我们认为它是当前芯片设计中不可或缺的技术。可重用技术已经不再是一种建议，而是今天越来越多芯片设计者使用的一种设计方法。同时，本书不再着重于提出该方法，而是着重讲述该方法在实践运用中的变化。本书正在被世界上越来越多的可重用IP开发团队和SoC集成设计者使用。

为使本书能够反映最新的技术发展，我们重写了前8章中的大部分内容。尤其是对第3章和第8章做了重点修改。第5章基本保持原样，但是增加了几条重要的指导原则，同时为反映当今最新技术，也修改了原有的几条指导原则。

第9章到第12章也做了部分修改，增加了一些最新资料。特别是本书更全面地阐述了系统级的设计和验证方法。第13章增加了一些设计团体在可重用设计和SoC设计方面的展望。

除了内容上的变化，本书还有其他一些改变，大幅度减少了对特定工具的描述。因为我们发现相关工具软件的名称、提供商等方面的情况变化得太快，许多旧的工具都已经过时。我们现在更侧重于设计和描述语言中的问题，这也是当今大多数工具软件所关心的问题。

我们希望读者能够发现，比起以前的版本，第三版在很多地方都有重大的改进。

Mike Keating
Mountain View, California

Pierre Bricaud
Sophia Antipolis, France

致 谢

本书的出版是许多团体和个人共同努力的结果。在撰写本书的过程中，我们与多位工程师、项目经理讨论了 SoC 和可重用设计方法学的问题，总结了他们在实践中的大量成功经验，而这些经验对于充实本书的内容起到了很大的作用。这里我们要特别感谢：

- Andre Kuntz, Jean-Claude Six, Neil Tebbutt 和 Philips Semiconductor 公司的 Christophe Dejean
- Pete Cummings 和德州仪器公司的 Christian Rousset
- Jacques-Olivier Piednoir 和 Cadence Design Systems 公司的 Arnold Ginetti

我们还要感谢那些提供了第 13 章中基于可重用方法的 SoC 例子的团体和个人，他们是：

- Alcatel 公司的 Thierry Pfirsch
- Atmel 公司的 Erich Palm
- Infineon Technologies 公司的 Albert Stritter 和 Yves Saboret
- LSI Logic 公司的 Tim Daniels
- Louis Quere, Pierre-Guy Margueritte, Pierre Lieutaud, Patrick Rousseau 和 Philips Semiconductor 公司的 Alain Rambert
- Thierry Bauchon 和 of STMicroelectronics 公司的 François Remond

很多人对本书的出版也起了重要作用，他们阅读了全文，并给出建议和意见。在这里特别要对 David Flynn, John Biggs 和 ARM 公司的 Simon Bates 表示衷心的感谢。另外，特别要感谢 Synopsys 公司的 Anwar Awad, Han Chen, Alan Gibbons 和 Steve Peltan 提供了技术支持，以及编辑 Jeff Peek 对本书第三版面世的极大帮助。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 本书的目标	1
1.2 可重用设计中的挑战	4
1.3 可重用设计方法所带来的新商业模式	5
第 2 章 片上系统设计过程	8
2.1 SoC 设计范例	8
2.2 系统设计流程	9
2.3 规范的制定	14
2.4 系统设计过程	16
第 3 章 系统级设计问题：规则和工具	20
3.1 标准模型	20
3.2 时序收敛设计：逻辑设计问题	24
3.3 时序收敛设计：物理设计问题	31
3.4 可验证设计：验证策略	33
3.5 系统内部互连和片上总线	34
3.6 可启动和可调试设计：片上调试结构	41
3.7 低功耗设计	42
3.8 可测性设计：生产测试策略	47
3.9 可重用的必要条件	48
第 4 章 核设计过程	52
4.1 IP 设计概述	52
4.2 关键特征	56
4.3 规划和制定规范	56
4.4 核设计和验证	60
4.5 软核生产	64
第 5 章 RTL 编码指南	68
5.1 编码指南概述	68
5.2 基本编码方法	68

5.3	可移植性编码	80
5.4	时钟和 Reset 信号设计指南	84
5.5	可综合性编码	90
5.6	可综合划分	102
5.7	带有存储器的设计	110
5.8	代码分析	110
第 6 章	IP 核综合指南	111
6.1	综合问题概述	111
6.2	IP 核综合策略	112
6.3	物理综合	117
6.4	RAM 和数据通路产生器	118
6.5	综合脚本编码指南	122
第 7 章	IP 核验证指南	124
7.1	IP 核验证概述	124
7.2	检查的重要性	129
7.3	反向测试	130
7.4	测试平台的设计	131
7.5	验证模块的设计	137
7.6	达到 100% 覆盖率	140
7.7	时序验证	144
第 8 章	硬核的设计方法	145
8.1	概述	145
8.2	硬核设计中存在的问题	147
8.3	硬核设计流程	153
8.4	硬核的设计	154
8.5	硬核的模型建立	156
8.6	硬核的移植	165
第 9 章	IP 核的配置: 针对可重用设计的封装	166
9.1	完整产品的交付	166
9.2	用户指南	171
第 10 章	可重用 IP 核的系统集成	173
10.1	集成概述	173
10.2	片上系统设计中 IP 核的集成	173

10.3 IP 核的选择	176
10.4 存储器的集成	178
10.5 物理设计	178
第 11 章 系统级验证	191
11.1 验证的重要性	191
11.2 验证方案	192
11.3 接口验证	192
11.4 功能验证	195
11.5 随机测试	198
11.6 基于应用程序的验证	199
11.7 门级验证	203
11.8 针对系统验证的特殊硬件设备	205
第 12 章 数据和项目管理	212
12.1 数据管理	212
12.2 项目管理	215
第 13 章 可重用 SoC 设计实例	217
13.1 阿尔卡特公司	217
13.2 Atmel	218
13.3 英飞凌科技	220
13.4 LSI Logic 公司	221
13.5 Philips Semiconductor	223
13.6 意法半导体	224
13.7 结束语	226

第1章 引言

当今的半导体工艺已经允许我们设计出包含几亿个晶体管的芯片。运用这种工艺，可以实现在一块芯片内集成一个系统。当然，所采用的芯片设计方法也已经与早期所采用的方法完全不同。现代工艺所提供的巨大的集成能力，使得片上系统（SoC）的设计，从过去的世界尖端技术发展成为当今的一种主流技术。在这些SoC芯片中一般集成有一个或几个处理器，还有大容量内存、总线结构、外部设备、协处理器和I/O通道等。这此芯片是真正意义上的系统，它们与前几年的芯片在概念上有着很大区别，反而更像十多年前的电路板系统。

随着芯片制造工艺的变化，芯片的设计方法也发生了巨大的改变。过去那种先写出所有模块的RTL编码，再将这些子模块集成到一个共同的顶层设计下，最后全部展平后再进行综合的方法，对于现在复杂的芯片设计已经不再适用。现在复杂芯片设计中最常用的方法是可重用设计，就是使用以前设计完成的核以及经过验证的核进行设计。可重用设计方法已经成为设计巨大容量芯片的必选方法，因为只有使用该方法，才能使我们在芯片设计过程中有效地控制设计费用、缩短设计周期并且提高产品质量。目前，设计人员面临的挑战已经不再是是否有必要采用可重用设计方法，而是如何使用可重用设计方法，从而使它在设计过程中发挥更高的效率。

本书概括性地描述了一套非常适合在SoC设计中创建可重用设计的实践方法。这些实践方法是我们自己在开发可重用设计过程中的总结，同时也是对世界上许多其他设计团队的经验总结。与半导体工艺、EDA（电子设计自动化）工具的飞速发展一样，许多可重用设计方法中的细节也会随着时间的推移而飞速发展。然而，本书所描述的可重用设计方法学的一些基本概念将被芯片设计业广泛采用，从而形成芯片设计业的基础。

1.1 本书的目标

设计师在进行系统设计、处理器设计、数字信号处理器（DSP）设计和芯片组的设计中，存在着来自各自方法上的差别。但是，这些设计师在设计复杂芯片时，必然会面对一些同样的问题：

- 上市时间的压力，要求采用快速的开发方法。
- 产品的性能、面积、功耗成为在市场上能否成功的关键。

- 芯片的复杂度增加，使得验证更加困难。
- 深亚微米设计带来的问题，使得设计中保证时序收敛更加困难。
- 各个开发团队的水平不同，专业方向不同，而且常常分布在世界各地。
- 设计团队中的成员可能以前做过相似的设计，但是其设计仍然不能被重用。因为，相对于以前的设计，现在的设计流程、采用的工具和设计中的指导原则已经发生变化。
- 在 SoC 设计中，一般包括一个嵌入式的处理器内核。因此也就包含了很大一部分的软件功能。这将使原有的设计方法、设计过程和组织方法都面临新的挑战。

在面对这些问题时，许多设计团队已经采用了基于模块的设计方法，以增强设计的可重用性。使用已经设计好并经过验证的宏核（也叫做核）有助于解决以上的问题。然而，在使用可重用设计方法进行上述设计时，设计团队会遇到一些重大问题需要解决。例如，以前设计的可重用模块很少，或者以前设计的模块根本就不能被重新用于新的设计中。而且，如果以前设计的模块不能提供全面的描述、文档和功能定义，那么将这些模块集成到新的设计中所花的代价也是非常巨大的。

从实践经验来看，设计团队要想实现可重用设计，需要一种明确的设计方法，用于开发出可重用并且方便于 SoC 集成的核。本书将集中讲述这些技术，包括：

- 如何在 SoC 开发中使用可重用的核。
- 如何设计可重用软核。
- 如何创建来自于软核的可重用硬核。
- 如何将软、硬核集成到 SoC 设计中。
- 如何在一个大型 SoC 设计中验证时序和功能正确性。

在回答这些问题的同时，本书将读者分为两种类型，他们设计可重用核（可重用核设计师）或者使用可重用核进行芯片设计（核集成设计师）。对于核设计师而言，他们主要感兴趣的是如何设计软核和如何实现硬核。对于核集成设计师而言，他们主要感兴趣的是查找和使用可重用核进行系统集成设计。

在深亚微米工艺的支持下，SoC 设计已经成为可能。这种工艺现在面临着一些挑战，例如连线延迟、时钟、功耗和几百万门电路的布局/布线问题。这些物理设计中的问题，会对 SoC 设计的功能实现和制造过程产生重大影响。连线问题、布局问题和时序问题都是需要在功能设计中尽早考虑到的。本书将讲述如何在逻辑设计中保证鲁棒性设计，以便在深亚微米的制造工艺下，设计的可重用 IP 核仍然满足时钟、功耗和面积的要求。