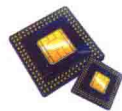




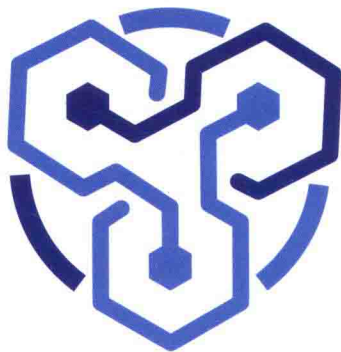
华章科技



ELSEVIER
爱思唯尔



电子电气工程师技术丛书



**MODEL-BASED ENGINEERING
FOR COMPLEX
ELECTRONIC SYSTEMS**

**复杂电子系统
建模与设计**

[英] 彼得·威尔逊 (Peter Wilson) 著
[美] H. 艾伦·曼图斯 (H. Alan Mantooth)

黎飞 王志功 译



机械工业出版社
China Machine Press



电子电气工程师技术丛书

**MODEL-BASED ENGINEERING
FOR COMPLEX
ELECTRONIC SYSTEMS**

**复杂电子系统
建模与设计**

[英] 彼得·威尔逊 (Peter Wilson)

[美] H. 艾伦·曼图斯 (H. Alan Mantooth) 著

黎飞 王志功 译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂电子系统建模与设计 / (英) 彼得·威尔逊 (Peter Wilson) 等著; 黎飞, 王志功译.
—北京: 机械工业出版社, 2017.7

(电子电气工程师技术丛书)

书名原文: Model-Based Engineering for Complex Electronic Systems

ISBN 978-7-111-57132-2

I. 复… II. ①彼… ②黎… ③王… III. 电子系统—系统设计 IV. TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 121505 号

本书版权登记号: 图字 01-2013-7840

Model-Based Engineering for Complex Electronic Systems

Peter Wilson, H. Alan Mantoath

ISBN: 978-0-12-385085-0

Copyright © 2012 by Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2017 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Printed in China by China Machine Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权机械工业出版社在中国境内独家出版和发行。本版仅限在中国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 出版及标价销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签, 无标签者不得销售。

本书分三部分, 共 13 章。第一部分主要介绍设计和验证流程、设计分析方法和工具、系统建模的基本概念、专用建模技术及建模工具等; 第二部分介绍图形化建模、框图建模与系统分析、多域建模、基于事件的建模、快速模拟建模、基于模型的优化技术、统计和随机建模; 第三部分介绍设计流程和复杂电子系统设计实例。本书适合作为电子信息类专业高年级本科生或低年级研究生系统建模方面的教材, 也可作为使用 MBE 方法的工程师、学生和专业人士的参考书。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 谢晓芳

责任校对: 李秋荣

印刷: 三河市宏图印务有限公司

版次: 2017 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 21.25

书号: ISBN 978-7-111-57132-2

定价: 89.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

模型常令工程师们心生怯意。

因为这极可能表明他们对使用的器件或者设计本身一知半解。这就是为什么在电子工程师群体内可以经常听到“我不要做建模方面的工作”这样的说法。

事实上，如果没有模型，你就不能分析一个设计（无论是借助电脑还是用手工方式）以确定它是否正常工作。模型是（而且一直都是）设计过程中的关键。给我一个设计师，我将还你一个建模师。

更糟糕的是，很少有设计（即使有可能存在）因为工程师已经考虑到的那些方面而导致失败。它更有可能是因为工程师已经忽略或者根本就不知道的那些方面而失败的。而且，最重要的是，系统已经变得如此复杂，以至于工程师们必须使用计算机去创建设计，而计算机需要模型。

这正是为什么 Peter Wilson 和 Alan Mantooth 写了这本书——为了帮助模拟和混合信号（AMS）工程师们解决这一难题。

大有裨益的“经验法则”是二阶和三阶效应几乎没有作用。

如果一个设计在简单的一阶效应下不能正常工作，在将二阶和三阶效应考虑进来时它很有可能还不能工作。这丝毫不能解决问题。

基于模型的工程从简单的一阶模型（通常称为“行为级模型”，而这伴随着一种错误的暗示，那就是所有的行为级模型都是不准确的）入手，使用这些模型让大多数工程师感到便利。只有当使用这些一阶模型的设计工作开始后，工程师才会继续使用更复杂的模型。从简单的一阶模型入手有助于工程师建立设计和使用模型方面的信心，可以快速且轻松地分析、拒绝和接收拓扑结构和方法。

本书将解释与建模相关的一些错误观念，说明为何一直认为它是一种外围工作，并讨论它在设计过程中的重要地位。

本书的第二个贡献是包含了新一代建模工具。它们将协助创建那些庞大的二阶和三

阶模型。这些新的工具借助于使用所有 AMS 工程师都理解的一种语言：电路、框图、等式和模块图，让建模对于工程师来说更自然。这事实上就是对“AMS 工程师友好”的环境。

通过将所有这些概念都汇集在一起，作者为“基于模型的设计”做出了重大贡献，那就是让人自然而然地将模型作为设计过程的一个组成部分，而且 AMS 工程师将会对正在设计的系统更加了解并且充满自信。

最后，它真的没有那么可怕。

——Ian Getreu

The Translator's Words | 译者序

本书由南安普顿大学学者、IEEE 高级会员 Peter Wilson 博士和阿肯色大学的杰出教授、IEEE 会士 H. Alan Mantooth 博士合著，是一本基于模型开发可靠电子系统的完整指南，其中包括重要的方法、技巧和技术。本书针对当今的电子系统设计工作提供了一整套方法和模型，并通过大量的实例来说明如何将它们付诸实践。书中通过业界的大量实例详细地展示了在集成电路设计领域如何使用这些方法。本书由基于模型的设计领域世界级的专家写成，不仅可以作为电子系统工程师、嵌入式系统工程师以及软件和硬件工程师的权威指南，还可以作为 IC 系统设计相关专业的教材。

我们受机械工业出版社委托，对本书进行了翻译，旨在向我国正在蓬勃发展的电子设计领域的工程师介绍有业界实际参考价值的权威参考，并为集成电路及其系统设计领域的课程教学与人才培养提供一本详实而权威的中译本参考教材。

本书由东南大学信息科学与工程学院黎飞博士和王志功教授主持翻译，王志功教授审校。曾在该学院电路与系统学科进行集成电路与系统设计学习和课题研究的研究生许连高、聂礼通、韩婷婷、梁伟、高建银、嵇彦斌、梁栋梁、范忱、陈务、叶鹏和陈雨为本书相关章节的前期翻译做了一些工作。

机械工业出版社华章分社王颖副编审在组织出版和编辑工作中给予了大力支持，译者在此表示衷心的感谢。

鉴于译者水平有限，书中难免有翻译不妥甚至错误之处，敬请读者批评指正。

译者

前 言 Preface

许多人使用“基于模型的工程”(MBE)来说明模型作为工程设计流程的一部分的重要性。我们将这个缩写词用在本书的英文书名中出于同样的目的。不难找到倡导将建模作为设计和实现的先行者。相反,也不太难发现以硬件为中心的设计者,他们宁愿尽可能少地与计算机和建模打交道。幸运的是,那一时代已经过去。在现代复杂设计中它已不是一个成功的法宝。实际上,几乎所有的现代工程设计都是在模型的帮助下完成的,无论这些设计项目是民用的还是工业的、机械的还是电气电子工程的。在最近几十年里,这些工程领域中的一部分已经极大地提升了它们的技术以创建模型。这通常反映在所设计系统的复杂度上,因为必要性再一次成为发明的源泉。恕我对全世界仿真算法开发者直言,管理持续增长的设计复杂度唯一最有效的方法就是要通过建模。毫无疑问,实现一种仿真算法的突破性发展可以产生深远的影响,但是这种情况总是少之又少。实际上,可以说这在几十年内都没有发生过了。在一个给定的复杂系统设计的范畴内,肯定不能依赖这种突破。一般情况下,设计团队需要变得更聪明,并在既有求解算法的基础上通过建模管理这些设计。

本书中的概念是作者在15年前就构思过的,但是直到最近我们才能说建模技术已经达到了一个高度,把这些概念可以有效而简捷地进行传授。本书的目的不是说服工程师们采用一种新的思维方式或全新的设计方法。相反,是为了向从事基于模型的工作的设计人员致谢,且向他们提供一种程序化的手续,这有望让他们的工作更有成效。更进一步,应该向设计人员揭示,“磨刀不误砍柴工”,现在可以进行很多更有价值的分析。

本书是给要使用MBE方法的工程师、学生和研究者准备的一本案头参考书。本书也采用了高年级本科生或低年级研究生的入门级工程技术课程中可以使用的书写风格。

本书分为三部分:基本原理、建模方法和设计方法。第一部分包括4章,涵盖了MBE的基本原理。为了使用MBE,你必须知道如何编写模型以及如何组织它们,以供重复使用。理解这些模型适合用在仿真流程中的什么地方以及如何将它们使用到设计活动中非常

重要。然而，很多文章和教材已经描述了仿真算法，因此我们将不会重复这些信息，而是总结它们以供我们所需。采用这种方式，我们可以专注于主画面——建模作为设计的一个手段。

第二部分更深入地讨论建模技术，以确保读者理解行为可以用不同的方式加以表述。在各种语言里，这些技术的大部分是通过使用建模工具而不是手工写代码来说明的。这使得建模工作集中在所需要东西的概念层面，且跳出了任何特定语言的语法或语义。本书旨在抛开硬件描述语言、C 语言或任何其他可以描述模型的语言进行建模。因此，本书没有包含建模语言方面的入门知识。但是，读者可以使用所包含的建模工具去查看生成了什么。其次，在概念的层面使用那些可以生成这些语言的实用程序的工具创建模型。通过这种方式，设计者侧重于模型的效用、其在设计中指定点的可用性和必要条件，以及有效地获取该功能。毫无疑问，模型可以手工编写并成功地利用 MBE 设计方法。然而，门外汉的学习路程很长，因此我们选择了基于模型的设计效率的最简单有效的途径。第二部分是即使存在巨大的模型数据库，仍然需要为每个设计获取更多的模型这一事实为依据的。目的是用这些技术去武装设计者，同时也在每一章演示重复使用这些技术，因为“需要建立的最简单的模型就是你不需要建立的模型”。

本书最后一章介绍在南安普敦大学和阿肯色州大学之间进行的一项复杂的集成电路项目案例。这个芯片包括所有模拟、射频和数字电路，且是使用本书中介绍的 MBE 设计方法进行设计的。

对于已经参加工作的工程师，希望本书作为自学 MBE 基础的一个读本，能让他们在自己的某个设计中快速检验设计方法。对深入学习和解释 MBE 方法来说，案例研究和实例将是不可或缺的。

致 谢 Acknowledgements

我的父亲是一名工程师，受他的影响，我成年以后的大部分时间里都在努力成为一名优秀的工程师，成为工程界的一分子就是我的梦想。从最初的粗略电子电路原型到生产设备，此进程中的每一步都让人心潮澎湃，从而使得一切顺利进行，且让生产变得更好。

在我所有的职业生涯里，我的激情已经成为设计、创新和发明，而在 20 多年前因为高级建模和仿真技术的引入使我更加喜爱自己的工作。我能想起来，在测试只提供有限信息的情况下，试图找出一台变压器的故障原因的过程中“火炉真正点燃起来”的时刻。为了理解变压器的复杂特性，对它建模，仿真它，然后利用这些仿真结果去追踪问题的根源，这展示了基于模型的方法的强大功能。提到那个时候，我应该感谢爱丁堡 Ferranti 公司的 John Murray，就因为他对我说过“你能看看这个吗？”

作为 Ferranti 公司的一名初级工程师，尤其是与 John Murray、Frank Fisher 和 Alan Abernethy 一起工作是一种训练、一种激励，也是一种真正的快乐，这些都是我会永远珍惜和永远难忘的。转职到 Analogy 公司是我生涯中的关键时刻，因为正是在那里我遇见了我的妻子 Caroline，而这就是我最想感谢的。从职业角度来讲，这也是一个形成阶段，与许多聪明、风趣且有才能的人共事，包括本书的合著者 Alan Mantooth。最近，自从返回学术界，先是追求梦寐以求的博士学位，后来成为南安普顿大学的一名学者，我非常幸运地和另外一群才华横溢的人一起工作，包括我的博士生导师 Neil Ross 博士和 Reuben Wilcock 博士。

写本书有着深远的渊源，而我与合著者 Alan Mantooth 的友谊可以追溯到 20 多年之前。我们多年来一直在讨论，为什么对于工程师来说能够去做那些对他们来说好像很容易的事情似乎很难。因此下一步显然是尝试写下为了掌握那些技术我们的所作所为。本书最初的工作开始于 2008 年，那时我正在阿肯色州大学休假以开始写作。而且我必须提及 Alan、Mary Lynn、Deanna、Laura 和 Maureen Mantooth，他们邀请我到他们的家里，让我像他们的家庭成员一样度过了很多美好的时光，我由衷感谢他们。

推荐阅读



ARC EM处理器嵌入式系统开发与编程

作者：雷鑑铭等 ISBN：978-7-111-51778-8 定价：45.00元

本书以实际的嵌入式系统产品应用与开发为主线，力求透彻讲解开发中所涉及的庞大而复杂的相关知识。书中第1~5章为基础篇，介绍了ARC 嵌入式系统的基础知识和开发过程中需要的一些理论知识，具体包括ARC嵌入式系统简介、ARC EM处理器介绍、ARC EM编程模型、中断及异常处理、汇编语言程序设计以及C/C++与汇编语言的混合编程等内容。第6~9章为实践篇，介绍了建立嵌入式开发环境、搭建嵌入式硬件开发平台及开发案例，具体包括ARCEM处理器的开发及调试环境、MQX实时操作系统、EM Starter Kit FPGA开发板介绍以及嵌入式系统应用实例开发等内容。第10~11章介绍了ARC EM处理器特有的可配置及可扩展APEX属性，以及如何在处理器设计中利用这种可配置及可扩展性实现设计优化。书中附录包含了本书涉及的指令、专业词汇的缩写及其详尽解释。

射频微波电路设计

作者：陈会 张玉兴 ISBN：978-7-111-49287-0 定价：45.00元

本书讲述了广泛应用于无线通信、雷达、遥感遥测等现代电子系统中的射频微波电路，通过大量实例阐述了经典射频微波电路的设计方法与步骤，主要内容涉及射频微波电路概论、

传输线基本理论与散射参数、射频CAD基础、射频微波滤波器、放大器、功分器与合成器、天线等。同时，针对近年来出现的一些新型微带电路与技术也进行了介绍与讨论，主要包括：微带/共面波导（CPW）、微带/槽线波导、基片集成波导（SIW）等双面印制板电路。因此，本书不仅适合于无线通信与雷达等电子技术相关专业的本科生与研究生作为教材使用，而且也可以作为各种从事电子技术相关工作的专业人士的参考书。

电子元器件的可靠性

作者：王守国 ISBN：978-7-111-47170-7 定价：49.00元

本书从可靠性基本概念、可靠性科学研究的主要内容出发，给出可靠性数学的基础知识，讨论威布尔分布的应用；通过电子元器件的可靠性试验，如筛选试验、寿命试验、鉴定试验等内容，诠释可靠性物理的核心知识。接着，详细介绍电子元器件的类型、失效模式和失效分析等，阐述电子元器件的可靠性应用。最后，着重介绍器件的生产制备和可靠性保证等可靠性管理的内容。本书内容立足于专业基础，结合数理统计等数学工具，实用性强，旨在帮助读者掌握可靠性科学的理论工具，以及电子元器件可靠性应用的工程技术，提高实际操作能力。

推荐序
译者序
前言
致谢

第一部分 基于模型的工程基础

第 1 章 基于模型的工程概述 2

- 1.1 引言 3
- 1.2 建模的多晶面 4
- 1.3 层次化设计 6
- 1.4 模块划分 8
- 1.5 规范 8
- 1.6 采用 MBE 的关键与障碍 8
- 总结 10

第 2 章 设计与验证过程 11

- 2.1 设计过程导论 12
- 2.2 确认、验证和需求 12
- 2.3 设计与验证过程 13
- 2.4 系统/功能级：可执行的
规格表 14
- 2.5 结构级 15

- 2.6 实现级 16
- 2.7 基于模型的工程——一个成功
之道 17

第 3 章 设计分析 18

- 3.1 引言 19
- 3.2 手工分析 19
- 3.3 计算机仿真 22
- 小结 47
- 总结 47
- 参考文献 47

第 4 章 系统建模 49

- 4.1 在设计环境中建模 50
- 4.2 建模的层次 50
- 4.3 建模基础 52
- 4.4 具体建模技术 58
- 4.5 表现形式 66
- 4.6 建模工具 72
- 4.7 未来适用性 74
- 总结 75
- 参考文献 75
- 延伸阅读 76

第二部分 建模方法

第5章 图形化建模	78	7.5 热学系统建模	136
5.1 引言	79	7.6 磁系统建模	142
5.2 在语言之上的建模	79	7.7 电磁系统建模	150
5.3 模型的抽象	79	7.8 力学系统建模	154
5.4 ModLyng 入门	80	7.9 流体系统	160
5.5 简单模型的创建	81	7.10 光学系统	161
5.6 库与模型	89	总结	164
5.7 效果与模型	91	参考文献	164
5.8 层次化模型——使用原理图 编辑器	92	第8章 基于事件的建模	165
5.9 测试平台与模型验证	95	8.1 引言	166
5.10 实例	96	8.2 实际问题	167
总结	101	8.3 数字逻辑建模	169
附录	102	8.4 残酷的现实问题	176
参考文献	103	8.5 数据采集系统 (z域)	177
延伸阅读	103	总结	193
第6章 框图建模与系统分析	104	第9章 快速模拟建模	194
6.1 引言	105	9.1 引言	195
6.2 信号流建模	105	9.2 均值建模	195
6.3 状态机	108	9.3 快速模拟建模	211
6.4 算法模型	114	9.4 有限差分建模	217
6.5 传递函数建模	116	总结	219
总结	122	参考文献	220
第7章 多域建模	123	延伸阅读	220
7.1 引言	124	第10章 基于模型的优化技术 ..	221
7.2 基本定律	124	10.1 引言	222
7.3 模型创建步骤	126	10.2 优化方法概览	222
7.4 电域	128	10.3 案例研究: 优化磁性材料 模型参数	228
		总结	233

参考文献	233	12.4 详细设计	264
第 11 章 统计和随机建模	235	12.5 最优设计	265
11.1 引言	236	12.6 芯片集成和验证	265
11.2 噪声基础	236	总结	266
11.3 统计学建模	241	参考文献	266
总结	255	第 13 章 复杂电子系统设计	
参考文献	255	实例	267
 		13.1 引言	268
第三部分 设计方法		13.2 关键要求	270
第 12 章 设计流程	258	13.3 顶层模型和芯片架构	270
12.1 引言	259	13.4 初始设计——初步划分	289
12.2 需求和性能指标	259	13.5 详细设计	310
12.3 初步设计——首次设计	263	13.6 总结	325
		参考文献	327

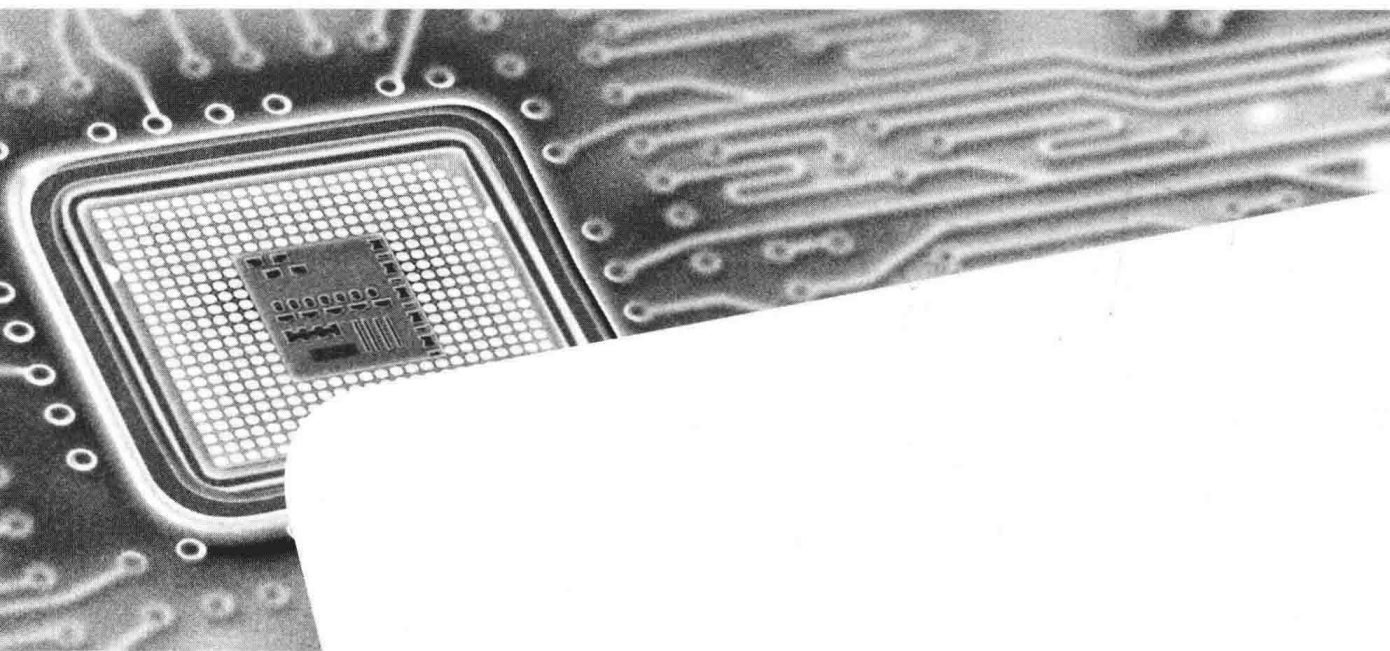
基于模型的工程基础

本书的第一部分介绍成功实现基于模型的工程（MBE）的重要基础。第1章介绍MBE方面的话题、实现MBE可供选择的方法，以及本书将要教给读者什么。从具体真实的设计例子开始，谈论建模对于所涉及的流程和要解决的实际问题。我们把模型的范畴从只是一段代码扩展成一个具有符号、结构、方程式、行为、测试电路和有效区间，以及可执行的、规范的、丰富的实体的所有方面。

第2章讨论设计和验证过程，第3章提供关于通常用于模拟、数字和混合信号电路的计算机仿真方法。这些章节对于理解设计分析方面非常重要。出于对著名设计师 Bob Pease 的尊重，他喜欢给仿真软件“下任务”，仿真的确是一个非常有用的工具，但是不能代替大脑。设计者必须进行设计活动，并且用仿真作为在他可支配的其他工具（比如电子实验线路板）之中的一种额外的工具去评估设计。仿真的最大价值就是能够快速分析电子系统的许多场景。然而，它需要引导设计者去设计电路并建立方法去验证电路。此外，仿真可以用于优化或统计的场景去评估大量的变化。最后，仿真在通过设计者的观察力来排查设计故障方面极具价值。仿真的主要优点是能够“深入研究”设计内的组件以加强设计者对该设计目标行为的理解。第4章通过为在第二部分的章节中要详细介绍的建模、建模技术和描述工具，以及模型表示的形式奠定基础来结束第一部分。

第 1 章 | Chapter 1 |

基于模型的工程概述



1.1 引言

本书的目的旨在让设计人员深入了解和掌握基于模型的工程 (MBE) 的方法。MBE 方法所蕴含的理念是把建模不仅仅作为一种机制来进行计算机模拟仿真, 还用来明确设计指标、意图和分层设计, 而且通过建模可以高效地开展协作、进行设计重用和验证——换句话说, 就是用来管控复杂性。本书适用于管理者或者工作于设计团队中的工程师们, 包括那些交叉工程学科, 诸如集成电路、电力系统、交通系统、医疗电子和工业电子等。本书给所有这些领域带来的统一主旨就是, 在设计复杂系统的过程中能够有效地创建和使用模型。

本章将介绍管理复杂的层次化设计的基本概念, 以便在后续章节中提供解决这些问题的方案和方法。本书的几个学习目标如下。

- 通过以下方式开发 MBE 创建一个共同的基础:
 - 为读者总结有关建模和仿真的最基本知识;
 - 介绍电路与系统的表示方式。
- 涵盖所有建模技术和方法, 包括一些新兴方法, 同时展示一个通用的建模范例, 这个范例可以促进设计重用且能够体现适合于设计任务的硬件行为设计。
- 通过大量的实例来展示建模的概念, 而这些例子可以通过互联网获得。
- 阐述采用这些方法的关键。

为了引出“为什么 MBE 重要”这一问题, 了解工程师们所面对的最普遍的问题是有意义的。对于工程师来说, 最大的挑战是尝试去减小所谓的“设计差距”。

从图 1.1 可以看出, 这些设计 (本例是集成电路) 的复杂度已经超出了当代工程师们设计这些非常复杂芯片的能力。因此, 实际上需要更长的时间来设计这些更复杂的系统。无论是在芯片设计还是在大型工业项目设计中, 复杂性问题是现代系统设计师们所面对的重要课题, 然而, 我们可以利用更强大的计算能力去解决这个问题。很显然, 成功的关

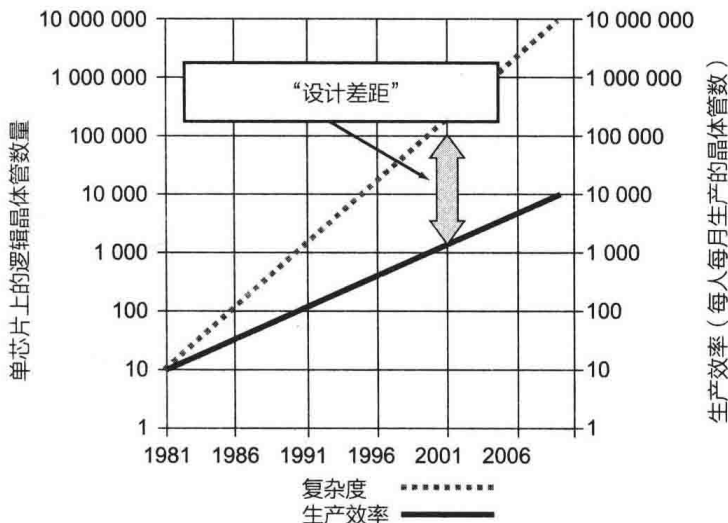


图 1.1 不断增长的电子设计的复杂度与设计者创造它们的能力 (平均) 之间的“设计差距”

键是能够利用不断增长的计算能力和使用计算机辅助设计（CAD）来实现复杂的系统和更有效地开发系统。

设计复杂系统的一项关键内容是开发系统各个部分的模型，以保证高效地进行设计和分析。建模几乎已经成为现代设计的每个领域里不可或缺的一部分，只是在各个领域里不一定是以相同的或统一的形式出现。一些模型可以用 Matlab 语言创建，另外一些模型可以用电子表格创建，还有一些模型可以用建模语言来创建。然而在各个领域的建模专家的数量仍然相当少，特别是在混合信号与混合工艺设计领域。开发建模自动化工具或者高效设计工具的一个原因就是，要开辟能弥补这方面专门技术的缺乏，同时提供可以有效使用硬件描述语言（HDL）技术，而不需要成为程序专家的一条途径。这类似于数字系统设计中逻辑综合技术的开发。在自动逻辑综合软件出现之前，逻辑综合是一项既耗时又复杂且非常专业的过程。在第一个逻辑综合程序可以被广泛采用时，设计效率的提升是巨大的。能够从抽象的描述语言中综合出等同于逻辑综合中的模型，这已成为市售工具的必备性能。

把设计师所关注的重点从建模语言的细节上转移开，这对于完成设计的方式也会产生深远的影响。目前，这种方式与软件编程的方式很相似，用文字编辑器来输入代码，然后通过仿真来检查“语法错误”和其他“漏洞”——在软件编程过程中经常用到的方式。转移到基于设计的方式对设计师很有意义，因为这样可以设计者能够专注于算法和行为描述，将思考过程有效地转回设计领域而不是程序员的领域。这种方式本身就向许多非专业人士敞开了建模领域的大门，而不仅仅是针对那些有幸掌握一种或者更多种硬件描述语言的专家。它也提高了设计者的效率，尽管乍一看它似乎给设计者增加了一个任务。相反，有了适当的建模工具和库，大多数设计师本来要做的建模和文件编辑活动转而在一种更加非凡的方式来完成，这种方式能够四两拨千斤，而且可以逐步减小设计差距。

1.2 建模的多晶面

我们可以把模型想象成一个具有多侧面的复杂对象（见图 1.2）。传统的设计方式是把一个模型的实现按技术参数、验证平台和技术文档来分开完成，这往往适得其反，达不到预期目标。相反，我们把模型不仅仅当作是在 HDL 模块或代码模块中行为级描述的载体，而且作为充分描述设计整体的成套相连的“元”数据。

这些元数据包括技术文件、测试结果、设计详情和意图、背景链接和参考资料、方程式，以及结构。这种对于模型的更加宏观的认知，将以一种积极的方式消除存在于模型和设计

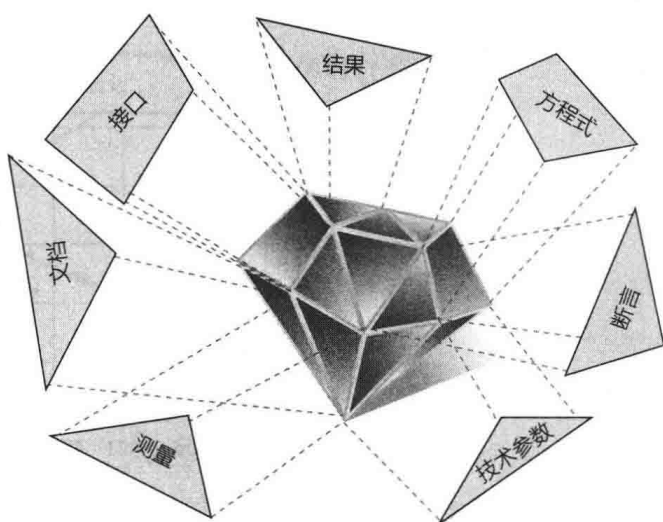


图 1.2 模型是多晶面的对象——而不仅仅是代码