

EDA 应用技术

<http://www.phei.com.cn>

ADS2008 射频电路 设计与仿真实例 (第2版)

徐兴福 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

013033611

TN710.02
22-2

EDA 应用技术

ADS2008 射频电路设计与仿真实例

(第2版)

徐兴福 主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航

C1640329

TN710.02
22-2

内 容 简 介

本书主要介绍使用 ADS2008 进行射频电路设计和仿真的方法,书中包含了大量工程实例,包括匹配电路、滤波器、低噪声放大器、功率放大器、混频器、频率合成器、功分器、耦合器、射频控制电路、RFIC 电路、TDR 电路、通信电路等仿真实例,最后还介绍了 Momentum 电磁仿真和微带天线仿真的方法及工程实例,涵盖范围广,工程实用性强。

本书取材广泛,内容新颖,系统性强,是广大射频电路设计工程师的必备参考书,也可作为大专院校电子信息、射频通信相关专业教学参考书。

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。

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

ADS2008 射频电路设计与仿真实例/徐兴福主编. —2 版. —北京:电子工业出版社,2013.5
(EDA 应用技术)

ISBN 978-7-121-20094-6

I. ①A… II. ①徐… III. ①射频电路-电路设计-计算机辅助设计-软件包 IV. ①TN710.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 064834 号

策划编辑:王敬栋(wangjd@phei.com.cn)

责任编辑:王敬栋

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:787×1092 1/16 印张:32.25 字数:825.6 千字

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:88.00 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 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

第 1 版前言

随着无线通信技术的不断发展，传统的设计方法已经不能满足射频电路和系统设计的需要，使用射频 EDA 软件工具进行射频电路设计已经成为必然趋势。目前，射频领域主要的 EDA 工具首推的是 Agilent 公司的 ADS。ADS 是在 HP EESOF 系列 EDA 软件基础上发展完善起来的大型综合设计软件。由于其功能强大，仿真手段和方法多样化，基本上能满足现代射频电路设计的需要，已经得到国内射频同行的认可，成为现今射频电路和系统设计研发过程中最常用的辅助设计工具。

当前，射频电路设计研发人员的需求与日俱增，对射频工程设计人员的要求也越来越高，学会使用仿真软件进行 RF 电路设计已经成为射频工程师的必修课。鉴于国内 ADS 学习资料相对较少的情况，很多工程师为掌握此套软件又无系统的教程而苦恼，为此编者组织了数十位射频同行，花了近一年的时间，精心编写了此书。

本书共 15 章。第 1 章主要介绍 ADS2008 版本的新功能，并对各种微波 EDA 工具进行了比较，最后介绍了 ADS2008 软件的安装方法。第 2 章对 ADS2008 的界面、菜单和工具栏进行了概括性的论述。第 3 章从基本的匹配电路讲起，介绍了匹配电路的基本理论、Smith 圆图工具和 LineCalc 计算工具，分别列举了 LC 匹配、微带单短截线的匹配实例。第 4 章列举了多个滤波器仿真实例。第 5 章详细讲述了采用 ATF54143 管子进行 LNA 设计的全过程，包括噪声、稳定性、增益、匹配设计和版图制作等，并且介绍了 LNA 的原理图与 Layout 的联合仿真方法。第 6 章从基本原理入手，介绍了采用 MRF9045 管子，利用负载牵引方法 (Load-Pull) 设计一款 45W 功率放大器的过程，还介绍了版图的生成过程和使用 AutoCAD 设计版图的方法等。第 7 章设计了一个 2G 的芯片级 Gilbert 混频器。第 8 章以 Analog 的 ADF4111 为例，讲述了锁相环电路的基本设计过程。第 9 章介绍了 1GHz 的等分威尔金森功分器和 12GHz 的 Lange 耦合器设计。第 10 章列举了三种常用射频控制电路，即衰减器、移相器和射频开关。第 11 章的 RFIC 电路设计列举了一个简单的共源共栅放大器电路设计 ADS 实例，展现了射频前端电路设计从初步构想到逐渐实现的过程。第 12 章详细介绍和演示了 TDR 瞬态电路原理图仿真原理和过程，讲述了利用 TDR 进行阻抗测试，并利用 Momentum 进行仿真，比较原理图与版图的仿真结果差异，并分析了造成这种差异的原因。第 13 章介绍了通信系统链路仿真器的使用。第 14 章介绍了 Momentum 电磁仿真环境，并列举了耦合微带滤波器和三腔微带环形带通滤波器设计实例。第 15 章介绍了微带天线的基本原理，讲解了在 Layout 环境下建立矩形微带天线、微带缝隙天线和双频微带天线模型的方法，以及设计和优化方法。

本书设计实例涵盖范围广，所有实例都是从实际的工程技术参数入手，具有很强的实用性。

参与本书编写的有资深射频电子工程师徐兴福、何川、王博、王小朝、陈会军、高亚



东、陈泽钊、朱益志、于冲、廖剑锟、徐晓宁、楼建全、陈钊、陈明勇、赵志强、肖馥林、乔朋、石新明和齐齐哈尔大学的朱磊老师。全书由徐兴福统稿。

在本书的编写过程中，参考和引用了很多同类资料的相关内容和美国 Agilent 公司的有关技术资料，在此向这些资料的作者和 Agilent 公司致以深深的感谢。在本书的编写过程中，还得到了与非网 (<http://www.eefocus.com>) 苏公雨、陶丹、敬荣强等同仁和电子工业出版社王敬栋编辑在各个方面的支持和帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中错误在所难免，希望各位同行批评指正。

编 者

2009年7月1日



第 2 版前言

ADS 是领先的 EAD 软件，适用于射频、微波、高速、信号完整性应用。ADS 仿真软件应用广泛，已被无线通信与网络、航空航天及国防领域中的领先厂商所采用。对于 GSM、CDMA、TD-SCDMA、LTE、WLNA、GB/S 数据链路、雷达和卫星应用，ADS 能够借助集成平台中的无线库、电路系统和电磁场协同仿真功能提供基于标准的全面设计和验证。

根据读者的反馈和实际应用情况，发现第 1 版还存在很多不足之处，而且 Momentum Layout 部分是很多工程师的薄弱环节。因此，第 2 版将在第 1 版基础上进行部分章节的改进，其中对第 5 章低噪声放大器版图仿真部分进行了更新，对第 14 章 Momentum 版图仿真设置方面进行了有益补充。

本书内容全面，工程性、实用性和系统性强，已经成为一部标准的射频仿真教程，广泛应用于教学。但由于射频电路设计的复杂性，加上编者水平有限，要写好一本射频仿真设计的著作，非常不易，对于书中的不足之处，希望读者多多包容，作者有机会将在今后推出更多实用的射频著作。

编者

2013 年 3 月 1 日

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036



北航

C1640329

目 录

| | | |
|------------|-----------------------------------|----|
| 第1章 | ADS2008 简介 | 1 |
| 1.1 | ADS 与其他电磁仿真软件比较 | 1 |
| 1.2 | ADS2008 的新功能及其安装 | 2 |
| 1.2.1 | 概述 | 2 |
| 1.2.2 | ADS2008 的新功能 | 2 |
| 1.2.3 | ADS2008 的安装 | 4 |
| 第2章 | ADS2008 界面与基本工具 | 10 |
| 2.1 | ADS 工作窗口 | 10 |
| 2.1.1 | 主窗口 | 10 |
| 2.1.2 | 原理图窗口 | 13 |
| 2.1.3 | 数据显示窗口 | 19 |
| 2.1.4 | Layout 版图工作窗口 | 22 |
| 2.2 | ADS 基本操作 | 22 |
| 2.2.1 | ADS 原理图参数设置 | 22 |
| 2.2.2 | ADS 工程的相关操作 | 29 |
| 2.2.3 | 下载和安装 DesignKit | 30 |
| 2.2.4 | 搜索 ADS 中的范例 | 33 |
| 2.2.5 | ADS 模板的使用 | 34 |
| 2.3 | ADS 的主要仿真控制器 | 36 |
| 2.3.1 | 直流 (DC) 仿真控制器 | 36 |
| 2.3.2 | 交流 (AC) 仿真控制器 | 39 |
| 2.3.3 | S 参数仿真控制器 | 41 |
| 2.3.4 | 谐波平衡 (HB) 仿真控制器 | 42 |
| 2.3.5 | 大信号 S 参数 (LSSP) 仿真控制器 | 44 |
| 2.3.6 | 增益压缩 (XDB) 仿真控制器 | 44 |
| 2.3.7 | 包络 (ENVELOPE) 仿真控制器 | 44 |
| 2.3.8 | 瞬态 (TRANSIENT) 仿真控制器 | 45 |
| 第3章 | 匹配电路设计 | 48 |
| 3.1 | 引言 | 48 |
| 3.2 | 匹配的基本原理 | 48 |
| 3.3 | Smith Chart Utility Tool 说明 | 50 |
| 3.3.1 | 打开 Smith Chart Utility | 50 |
| 3.3.2 | Smith Chart Utility 界面介绍 | 51 |
| 3.3.3 | 菜单栏和工具栏 | 52 |

| | | |
|------------|-------------------------------|------------|
| 3.3.4 | Smith Chart Utility 作图区 | 54 |
| 3.3.5 | Smith Chart Utility 网络区 | 59 |
| 3.4 | 用分立电容电感匹配实例 | 61 |
| 3.5 | 微带线匹配理论基础 | 67 |
| 3.5.1 | 微带线参数的计算 | 67 |
| 3.5.2 | 微带单枝短截线匹配电路 | 68 |
| 3.5.3 | 微带双枝短截线匹配电路 | 68 |
| 3.6 | LineCacl 简介 | 69 |
| 3.7 | 微带单枝短截线匹配电路的仿真 | 71 |
| 3.8 | 微带双枝短截线匹配电路的仿真 | 74 |
| 第4章 | 滤波器的设计 | 82 |
| 4.1 | 滤波器的基本原理 | 82 |
| 4.1.1 | 滤波器的主要参数指标 | 84 |
| 4.1.2 | 滤波器的种类 | 85 |
| 4.2 | LC 滤波器设计 | 85 |
| 4.2.1 | 新建滤波器工程和设计原理图 | 85 |
| 4.2.2 | 设置仿真参数和执行仿真 | 86 |
| 4.3 | ADS 中的滤波器设计向导 | 92 |
| 4.3.1 | 滤波器设计指标 | 92 |
| 4.3.2 | 滤波器电路的生成 | 92 |
| 4.3.3 | 集总参数滤波器转换为微带滤波器 | 97 |
| 4.3.4 | Kuroda 等效后仿真 | 101 |
| 4.4 | 阶跃阻抗低通滤波器的 ADS 仿真 | 102 |
| 4.4.1 | 低通滤波器的设计指标 | 102 |
| 4.4.2 | 低通原型滤波器设计 | 102 |
| 4.4.3 | 滤波器原理图设计 | 103 |
| 4.4.4 | 仿真参数设置和原理图仿真 | 107 |
| 4.4.5 | 滤波器电路参数优化 | 108 |
| 4.4.6 | 其他参数仿真 | 112 |
| 4.4.7 | 微带滤波器版图生成与仿真 | 113 |
| 第5章 | 低噪声放大电路设计 | 118 |
| 5.1 | 低噪声放大器设计理论基础 | 118 |
| 5.1.1 | 低噪声放大器在通信系统中的作用 | 118 |
| 5.1.2 | 低噪声放大器的主要技术指标 | 118 |
| 5.1.3 | 低噪声放大器的设计方法 | 120 |
| 5.2 | ATF54143 DataSheet 研读 | 121 |
| 5.3 | LNA 设计实例 | 125 |
| 5.3.1 | 下载并安装晶体管的库文件 | 126 |
| 5.3.2 | 直流分析 DC Tracing | 127 |
| 5.3.3 | 偏置电路的设计 | 130 |
| 5.3.4 | 稳定性分析 | 135 |



| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 5.3.5 | 噪声系数圆和输入匹配 | 142 |
| 5.3.6 | 最大增益的输出匹配 | 153 |
| 5.3.7 | 匹配网络的实现 | 160 |
| 5.3.8 | 版图的设计 | 163 |
| 5.3.9 | 原理图 - 版图联合仿真 (co-simulation) | 177 |
| 第6章 | 功率放大器的设计 | 186 |
| 6.1 | 功率放大器基础 | 186 |
| 6.1.1 | 功率放大器的种类 | 186 |
| 6.1.2 | 放大器的主要参数 | 187 |
| 6.1.3 | 负载牵引设计方法 | 190 |
| 6.1.4 | PA 设计的主要步骤 | 190 |
| 6.1.5 | PA 设计参数 | 191 |
| 6.1.6 | PA 的 ADS 设计步骤 | 191 |
| 6.2 | 直流扫描 | 192 |
| 6.2.1 | 插入扫描模板 | 192 |
| 6.2.2 | 放入飞思卡尔元器件模型 | 193 |
| 6.2.3 | 扫描参数设置 | 195 |
| 6.2.4 | 仿真并显示数据 | 196 |
| 6.2.5 | 小结 | 197 |
| 6.3 | 偏置及稳定性分析 | 197 |
| 6.3.1 | 原理图的建立 | 197 |
| 6.3.2 | 稳定性分析 | 199 |
| 6.3.3 | 稳定措施 | 200 |
| 6.3.4 | 加入偏置电路 | 201 |
| 6.4 | 负载牵引设计 Load-Pull | 203 |
| 6.4.1 | 插入 Load-Pull 模板 | 203 |
| 6.4.2 | 确定 Load-Pull 的范围 | 204 |
| 6.4.3 | 确定输出的负载阻抗 | 206 |
| 6.5 | 运用 Smith 圆图进行匹配 | 207 |
| 6.5.1 | 匹配电路的建立 | 207 |
| 6.5.2 | 用实际元件替换输出匹配电路 | 211 |
| 6.6 | Source-Pull | 213 |
| 6.7 | 电路优化设计 | 216 |
| 6.7.1 | 谐波平衡仿真 | 216 |
| 6.7.2 | 优化输入/输出匹配网络 | 217 |
| 6.8 | 电路参数的测试 | 222 |
| 6.8.1 | 建立模型 | 222 |
| 6.8.2 | IMD3 和 IMD5 的测试 | 223 |
| 6.9 | 印制电路板版图 Layout | 226 |
| 6.9.1 | 生成印制电路板版图 Layout | 226 |
| 6.9.2 | 导出 DXF 文件 | 227 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第7章 混频器设计 | 229 |
| 7.1 混频器技术基础 | 229 |
| 7.1.1 基本工作原理 | 229 |
| 7.1.2 混频器的性能参数 | 229 |
| 7.1.3 Gilbert 混频器简介 | 236 |
| 7.1.4 一个实际的 BJT Gilbert 混频器 | 237 |
| 7.2 混频器设计与仿真实例 | 238 |
| 7.2.1 技术参数及设计目标 | 238 |
| 7.2.2 模型的提取 | 238 |
| 7.2.3 拓扑结构 | 244 |
| 7.2.4 频谱和噪声系数的仿真 | 252 |
| 7.2.5 本振功率对噪声系数和转换增益的影响 | 258 |
| 7.2.6 1dB 功率压缩点的仿真 | 261 |
| 7.2.7 三阶交调的仿真 | 265 |
| 第8章 频率合成器设计 | 270 |
| 8.1 锁相环技术基础 | 270 |
| 8.1.1 基本工作原理 | 270 |
| 8.1.2 锁相环系统的性能参数 | 271 |
| 8.1.3 环路滤波器的计算 | 272 |
| 8.2 锁相环设计与仿真实例 | 273 |
| 8.2.1 ADF4111 芯片介绍 | 273 |
| 8.2.2 案例参数及设计目标 | 274 |
| 8.2.3 应用 ADS 进行 PLL 设计 | 274 |
| 第9章 功分器与定向耦合器设计 | 289 |
| 9.1 引言 | 289 |
| 9.2 功分器技术基础 | 289 |
| 9.2.1 基本工作原理 | 289 |
| 9.2.2 功分器的基本指标 | 290 |
| 9.3 功分器的原理图设计、仿真与优化 | 291 |
| 9.3.1 等分威尔金森功分器的设计指标 | 291 |
| 9.3.2 建立工程与设计原理图 | 291 |
| 9.3.3 基板参数设置 | 294 |
| 9.3.4 功分器原理图仿真 | 295 |
| 9.3.5 功分器电路参数的优化 | 299 |
| 9.4 功分器的版图生成与仿真 | 302 |
| 9.4.1 功分器版图的生成 | 302 |
| 9.4.2 功分器版图的仿真 | 304 |
| 9.5 定向耦合器技术基础 | 305 |
| 9.5.1 基本工作原理 | 305 |
| 9.5.2 定向耦合器的基本指标 | 306 |



| | | |
|---------------|--------------------------|------------|
| 9.6 | 定向耦合器的原理图设计、仿真与优化 | 307 |
| 9.6.1 | Lange 耦合器的设计指标 | 307 |
| 9.6.2 | 建立工程与设计原理图 | 307 |
| 9.6.3 | 微带线的参数设置 | 309 |
| 9.6.4 | Lange 耦合器的参数设置 | 310 |
| 9.6.5 | Lange 耦合器的原理图仿真 | 310 |
| 9.6.6 | Lange 耦合器的参数优化 | 312 |
| 9.7 | 定向耦合器的版图生成与仿真 | 315 |
| 9.7.1 | Lange 耦合器版图的生成 | 315 |
| 9.7.2 | Lange 耦合器的仿真 | 317 |
| 第 10 章 | 射频控制电路设计 | 320 |
| 10.1 | 衰减器的设计 | 320 |
| 10.1.1 | 衰减器基础 | 320 |
| 10.1.2 | 有源衰减器的设计及仿真 | 320 |
| 10.2 | 移相器的设计 | 324 |
| 10.2.1 | 移相器基础 | 324 |
| 10.2.2 | 移相器的 ADS 仿真 | 326 |
| 10.3 | 射频开关的设计 | 330 |
| 10.3.1 | 射频开关基础 | 330 |
| 10.3.2 | PIN 开关的 ADS 仿真实例 | 333 |
| 第 11 章 | RFIC 电路设计 | 345 |
| 11.1 | RFIC 介绍 | 345 |
| 11.2 | 共源共栅结构放大器理论分析 | 347 |
| 11.3 | 共源共栅放大器 IC 设计 ADS 实例 | 348 |
| 11.3.1 | 共源共栅放大器 IC 设计目标一 | 348 |
| 11.3.2 | 共源共栅放大器 IC 设计目标二 | 354 |
| 11.3.3 | 共源共栅放大器 IC 设计目标三 | 356 |
| 11.3.4 | 共源共栅放大器 ADS 模块生成 | 358 |
| 第 12 章 | TDR 瞬态电路仿真 | 361 |
| 12.1 | TDR 原理及测试方法 | 361 |
| 12.1.1 | TDR 原理说明及系统构成 | 361 |
| 12.1.2 | TDR 应用于传输线阻抗的测量原理 | 362 |
| 12.2 | TDR 电路的瞬态仿真实例 | 363 |
| 12.2.1 | 利用 ADS 仿真信号延迟 | 363 |
| 12.2.2 | 通过 TDR 仿真观察传输线特性 | 368 |
| 12.2.3 | 结合 LineCalc 对传输线进行匹配分析 | 371 |
| 12.3 | TDR 仿真中利用 Momentum 建模的实例 | 374 |
| 12.3.1 | TDR 一般瞬态仿真过程 | 374 |
| 12.3.2 | 利用 Momentum 的 TDR 仿真过程 | 378 |

| | | |
|-------------|----------------------------|-----|
| 第13章 | 通信系统链路仿真 | 385 |
| 13.1 | 通信系统指标解析 | 385 |
| 13.1.1 | 噪声 | 385 |
| 13.1.2 | 灵敏度 | 386 |
| 13.1.3 | 线性度 | 386 |
| 13.1.4 | 动态范围 | 388 |
| 13.2 | 系统链路设计 | 388 |
| 13.2.1 | 传播模型 | 388 |
| 13.2.2 | 链路计算实例 | 389 |
| 13.3 | ADS 常用链路预算工具介绍 | 390 |
| 13.3.1 | BUDGET 控制器 | 390 |
| 13.3.2 | 混频器及本振 | 393 |
| 13.3.3 | AGC 环路预算工具 | 394 |
| 13.4 | 一个简单系统的链路预算 | 394 |
| 13.4.1 | 输入端口 | 394 |
| 13.4.2 | 第一级滤波器 | 396 |
| 13.4.3 | 第一级放大器 | 397 |
| 13.4.4 | 本振及混频 | 398 |
| 13.4.5 | 第二级滤波器 | 400 |
| 13.4.6 | 第二级放大器 | 400 |
| 13.4.7 | BUDGET 控制器设置 | 400 |
| 13.4.8 | 整体电路图 | 402 |
| 13.4.9 | 仿真结果及分析 | 403 |
| 13.5 | AGC 自动增益控制 | 406 |
| 13.5.1 | 无导频模式下的功率控制 | 406 |
| 13.5.2 | 有导频模式下的功率控制 | 409 |
| 13.6 | 链路参数扫描 | 411 |
| 13.6.1 | 功率扫描 | 411 |
| 13.6.2 | 频率扫描 | 412 |
| 13.7 | 链路预算结果导入 Excel | 413 |
| 13.7.1 | 控制器设置 | 414 |
| 13.7.2 | Excel 操作 | 414 |
| 第14章 | Momentum 电磁仿真 | 417 |
| 14.1 | Layout 界面简介 | 417 |
| 14.2 | Momentum 主要功能和应用 | 421 |
| 14.2.1 | 矩量法介绍 | 421 |
| 14.2.2 | Momentum 的特点 | 424 |
| 14.2.3 | Momentum 的功能 | 425 |
| 14.2.4 | Momentum 仿真流程 | 436 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 14.3 微带滤波器设计 | 438 |
| 14.3.1 三腔微带环形带通滤波器 | 438 |
| 14.3.2 微带滤波器的优化设计 | 449 |
| 第15章 微带天线仿真实例 | 456 |
| 15.1 天线基础 | 456 |
| 15.2 微带贴片天线仿真实例 | 458 |
| 15.3 微带缝隙天线仿真实例 | 470 |
| 15.4 优化设计 | 481 |
| 15.5 无线通信中的双频天线设计实例 | 487 |

第1章 ADS2008 简介

从 20 世纪 80 年代开始,微波电路技术应用方向已逐渐由传统的波导和同轴线元器件转移到微波平面电路系统。然而,微波平面电路设计一直是一项比较困难和复杂的工作,需要工程师在实践中不断调试才能完成。随着市场需求的不断提升,近年来射频电路应用的频率变得越来越高(如 802.11g 已到 5.8GHz 频段)。为了满足高速率信号传输要求,信道带宽也越来越宽,电路的各项参数要求越来越严格(如低噪声放大器的噪声系数),产品的功能要求越来越多样化,产品尺寸要求也越来越小,而产品设计周期却越来越短。传统的设计方法已经不能满足现代电路设计的要求,借助于微波仿真软件进行电路设计已经成为必然趋势,美国安捷伦(Agilent)公司推出的大型 EDA 软件 ADS2008 凭借其强大的功能与友好的界面,业已成为当今微波电路设计的主流软件,为广大微波电路设计者和研究者提供了强大的武器。

ADS2008 集合了多种 EDA 软件的优点,可进行时域、频域仿真,模拟电路、数字电路仿真,线性、非线性电仿真,小到单独元器件的仿真,大到系统仿真、数/模混合仿真。其强大的仿真功能和较高的准确性,已经得到业界的普遍认可,成为业内最为流行的射频 EDA 软件。

1.1 ADS 与其他电磁仿真软件比较

商业化的射频 EDA 软件于 20 世纪 90 年代大量涌现,射频 EDA 是计算电磁学和数学分析研究成果计算机化的产物,集计算电磁学、数学分析、虚拟实验方法于一体,通过仿真的方法可以预期实验的结果,得到直接直观的数据,是射频工程师和研究人员的有力工具。

目前主流的电磁仿真软件主要基于以下 3 种方法。

- 矩量法 (MoM): ADS、Ansoft Designer、Microwave Office、IE3D、FEKO
- 有限元法 (FEM): Ansoft HFSS、ANSYS、EMDS
- 时域有限差分法 (FDTD): EMPIRE、XFDTD、CST Microwave Studio

目前,市场上商业化的射频 EDA 软件众多,受到业界欢迎的,其中以 Agilent 公司的 ADS, Ansoft 公司的 Designer、HFSS, AWR 公司 Microwave Office, CST 公司的 CST 为主要代表。这几款软件已经在各大院校和科研院所得得到广泛应用。

Ansoft Designer 采用了最新的视窗技术,是第一个将高频电路系统版图设计和电磁场仿真工具无缝集成的设计环境。不论是“蓝牙”收发系统、雷达系统,还是 MMIC 和 RFIC,都能够在 Ansoft Designer 简明统一的环境下顺利地各种设计任务。它的“按需求解”的技术可根据用户需要选择求解器,从而实现了对设计过程的控制。

Microwave Office (简称 MWO) 是一款与 ADS 类似的仿真软件。它能够提供针对微波混合

模块及 MMIC 设计的完整解决方案,并能与世界级的电路仿真与电磁分析工具整合在一起。

Ansoft HFSS 是基于 FEM (有限元法) 的针对高频结构的电磁仿真软件。它以仿真精度高、操作界面方便易用、成熟的自适应网格剖分技术受到广大用户的欢迎。其直观的后处理器及独有的场计算器,可计算分析显示各种复杂的电磁场,并可利用 Optimetrics 对任意的参数进行优化和扫描分析。对于设计结构复杂的天线等器件来说, HFSS 是非常好的工具。但其缺点是占用内存大,仿真的速度较慢。

CST 是一款基于 FDTD (时域有限差分法) 的高频结构电磁仿真软件。它对 3D 复杂结构仿真精度高,计算速度快。CST 在超宽带的计算上有时间优势,但对于电大尺寸的设计来说,与实际测量结果有一定差距。如前文所提到的, CST 还有一个优势就是能够和 ADS2008 协同仿真。

作为板级和芯片级电路设计师, ADS Momentum 是最好的仿真工具,其效率远超过 HFSS 和 CST。并且, ADS2008 能够与目前主流的 3D 制图软件进行导入和导出操作。但是,如果要仿真天线、键合线等第 3 维度上非均匀延展的结构,就需要全波三维求解器来协助。ADS2008 中基于有限元算法的电磁场仿真器——EMDS,完全解决了业界的电路仿真软件与全波三维电磁场仿真器之间的连接。

在一个复杂的微波电路系统设计中,使用何种软件并没有定式,不同软件各有所长,需要设计者长期积累的丰富经验和多个 EDA 软件共同来完成。

1.2 ADS2008 的新功能及其安装

1.2.1 概述

ADS2008 全称 Advanced Design System 2008,是 Agilent 公司 2008 年推出新版本的 EDA 软件。ADS 经过多年的发展,仿真功能和仿真手法日趋完善,最大的特点就是集成了从芯片级到电路级直至系统级的仿真模块。它内含基于矩量法 Momentum 的电磁仿真模块, ADS Momentum 是一种对 3D 进行简化的 2.5D 电磁场仿真器,非常适合第 3 维度上均匀变化的结构仿真,如 PCB 板级设计、无源板级器件设计、RFIC/MMIC 和 LTCC 等。其仿真速度极快,同时保证和主流 3D 电磁仿真软件相当的精度。

此外, Agilent 公司还和各大元器件厂商广泛合作并提供最新的 Design Kit 给用户使用。使用户可以在第一时间得到最新的设计资源。同时, Agilent 公司利用自身的优势,在软件与测试仪器的结合上有着其他软件无法比拟的优势,极大地提高了设计的效率。Agilent 公司在 2008 软件版本中增加了基于有限元算法 (FEM: Finite Element Method) 的 3D 电磁场仿真器——EMDS,大大提高了软件的 3D 仿真能力。ADS2008 能与许多著名的 EDA 软件进行协同仿真,如 CST、Mentor Graphics、Cadence、Matlab 等,并且 ADS Layout 能够与主流的 CAD 软件相互导入和导出版图。

1.2.2 ADS2008 的新功能

ADS2008 相对于以前的版本在软件的操作界面、仿真模块、Momentum、数据显示窗口、电路模型、通信系统模型、厂商元器件库和软件的响应速度上都有很大的改善和提高。同

时, ADS2008 增加了对 64 位计算机操作系统 Windows Vista 的支持, 大大提升了软件的计算和数据处理能力。

1. 工作窗口的新特性和改进

图 1-1 所示为 ADS2008 的工作窗口。

(1) 提供了新的工程管理界面, 大大优化了对工作窗口文件的管理效率。

(2) 对话框的弹出响应速度提高。

(3) 新的更高效的 Help 导航窗口。

(4) 可以通过转动鼠标滚轮放大和缩小图纸。

(5) 改进了版图的视觉效果, 采用了更醒目的图层颜色和标记。

(6) 多层版图设计时可以自动生成过孔, 并提供了多层板的半透明视图效果, 方便用户查看各层电路之间的互连状况。

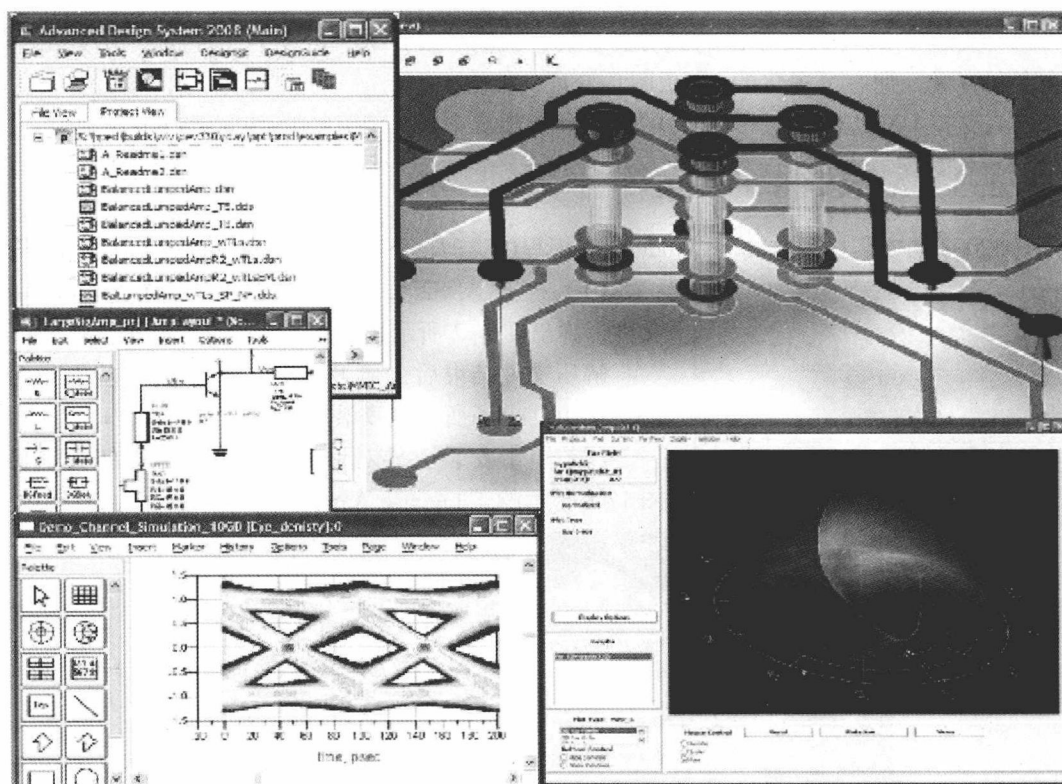


图 1-1 ADS2008 工作窗口

2. 电路模型仿真的新特性和改进

(1) 大幅提高了直流 (DC) 仿真、交流 (AC) 仿真、功率测量控制器和瞬态仿真的速度。

(2) 更新了 S 参数仿真控制器, 可以直接双向提取各级间的 S 参数。

(3) 提供了新的良品率仿真模板。