



卓越工程师培养计划

▪ EDA ▪

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

冯新宇 蒋洪波 编著



ADS2012

射频电路 设计与仿真



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

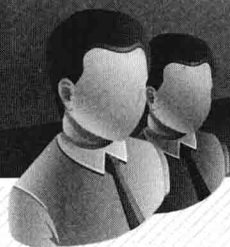


卓越工程师培养计划

EDA

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

冯新宇 蒋洪波 编著



ADS2012

射频电路 设计与仿真

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以“使广大学生和工程技术人员掌握先进的电子电路设计和实验方法，适应现代电子电路设计自动化潮流，初步具备电子电路设计和测试能力”为目标，由浅入深地介绍了利用 ADS2012 软件进行电路设计和仿真的方法与技巧，并通过大量实例讲解电路仿真和设计的基本过程。同时各章还配备了思考题，通过“学、例、练”的方式，加深读者对知识的学习和运用能力。

本书内容丰富、实用，以实例贯穿全书，非常适合从事射频电路设计的工程技术人员阅读使用，也可以作为高等院校电子信息、通信工程、自动化、电气控制等相关专业的教学用书。

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。

图书在版编目（CIP）数据

ADS2012 射频电路设计与仿真 / 冯新宇，蒋洪波编著. —北京：电子工业出版社，2014.1
（卓越工程师培养计划）

ISBN 978-7-121-22243-6

I. ①A… II. ①冯… ②蒋… 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 315403 号

策划编辑：张 剑（zhang@phei.com.cn）

责任编辑：刘真平

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：23 字数：588 千字

印 次：2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：59.00 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 zllts@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

计算机和信息技术的发展，以及人们对电子系统设计的新需求，推动了电子线路设计方法和手段的进步。传统的设计手段逐步被 EDA 所取代，它代表着现代电子系统设计的潮流。EDA 技术的发展和推广极大地推动了电子工业的发展。EDA 技术是现代电子工业中不可缺少的一项技术，掌握 EDA 技术是广大电子类高校学生就业的一个基本条件，也是工程技术人员的有力助手。ADS 系列软件是安捷伦（Agilent）科技有限公司推出的微波电路和通信系统仿真软件，是当今业界最为流行的微波射频电路、通信系统、RFIC 设计软件，也是国内高校、科研院所和大型 IT 公司使用最多的软件之一，受到各界好评，尤其在教育领域取得了巨大成功，许多院校已把 ADS 作为电子类专业课程教学和实验的一种辅助手段。

2012 年年初，安捷伦科技有限公司推出了 ADS2012 开发套件。ADS2012 的主要特点是为射频体系结构应用提供与 Agilent GENESYS 软件的设计链接，它有助于更快地生成复杂的高频系统和电路设计。ADS2012 提供多个用户界面增强特性，旨在改善工程师的设计效率。可驻留窗口支持用户快速访问常用的对话框，如元件信息和版图层可视化窗口。新增的元件搜索和网络节点浏览功能可让用户轻松地完成大型设计。新的工程归档/解档实用程序可使设计和工程项目的共享变得更简单。更新了两个重要的 ADS 射频设计指南。ADS 负载牵引设计指南现在包括失配仿真，给出器件或放大器对负载电压驻波比或相位角的灵敏度。放大器设计指南增添了多项更新，可轻松查看在指定输出功率或增益压缩上的放大器性能。

本书是在 ADS2009 设计电路仿真与设计的基础上的升级版，对原教材不合理的地方进行了修改，对错误的地方进行了修正，更好地探讨了在现代电子信息领域的综合应用的方法。

本书结合了作者多年实际设计的经验和体会，采用理论讲解与实例演示相结合的讲述方法，简明清晰、重点突出，在叙述上力求深入浅出、通俗易懂，相信会为读者的学习和工作带来一定的帮助。

读者对象

本书面向的是电子电路工业领域的学生和工程技术人员，包括：

- ADS2012 技术的初学者
- 具有一定电路设计基础知识的中级读者
- 从事电子系统设计的专业技术人员
- 学习 ADS2012 设计的在校大中专学生



为了方便读者的学习，书中所有实例和练习的源文件，以及用到的素材都能够从零点工作室网站下载。

本书由冯新宇担任主要的编写工作，其中冯新宇完成第 1~10 章的仿真工作，蒋洪波完成第 11~18 章的仿真工作。参与本书编写的人员还有车向前、穆秀春、杨广学、王冲、边莉、乔文亮、管殿柱、李文秋、宋一兵、王献红、谈世哲、付本国、初航、赵景波及赵景伟等。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

零点工作室网站 <http://www.zerobook.net>

电子函件 gdz_zero@126.com

编著者

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，本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

目 录

第 1 章	ADS2012 简介	1
1.1	ADS2012 概述	1
1.2	ADS2012 安装过程	7
1.3	ADS2012 操作窗口介绍	13
第 2 章	ADS2012 基本操作及元件	23
2.1	ADS2012 基本操作	23
2.2	ADS2012 元件	32
第 3 章	ADS2012 仿真基础	40
3.1	电路仿真基础	40
3.1.1	电路仿真基本操作	40
3.1.2	利用谐波平衡法对放大器仿真	45
3.2	系统仿真基础	48
3.2.1	系统仿真基本操作	48
3.2.2	系统仿真	49
3.3	思考题	56
第 4 章	直流仿真	58
4.1	直流仿真基本原理及功能	58
4.2	直流仿真面板与仿真控制器	59
4.3	直流仿真的一般过程	63
4.4	ADS 中直流仿真案例	64
4.4.1	BJT 仿真	64
4.4.2	带参数扫描的直流仿真	66
4.5	直流仿真实例	67
4.5.1	子电路创建方法	67
4.5.2	直流特性分析	71
4.5.3	偏置网络分析	73
4.5.4	温度扫描	76
4.6	思考题	77
第 5 章	交流仿真	78
5.1	交流仿真基本原理及功能	78
5.2	仿真面板与仿真控制器	79
5.3	交流仿真的一般步骤	86
5.4	ADS 中交流仿真案例	86

5.4.1	功率放大器交流仿真	86
5.4.2	功率放大器噪声分析	87
5.5	交流仿真实例	89
5.5.1	交流小信号分析	89
5.5.2	多参数扫描	94
5.6	思考题	97
第 6 章	S 参数仿真	99
6.1	S 参数仿真基本原理及功能	99
6.2	S 参数仿真面板与仿真控制器	101
6.3	S 参数仿真的一般过程	105
6.4	ADS 中 S 参数仿真案例	106
6.5	S 参数仿真实例	108
6.5.1	基本 S 参数仿真	108
6.5.2	匹配电路设计	113
6.5.3	参数优化	119
6.5.4	噪声和增益	125
6.5.5	S2P 文件操作	126
6.6	思考题	129
第 7 章	谐波平衡法仿真	130
7.1	谐波平衡法仿真基本原理及功能	130
7.2	谐波平衡法仿真面板与仿真控制器	130
7.3	谐波平衡法仿真的一般步骤	137
7.4	ADS 中谐波平衡法仿真例程	137
7.4.1	单音信号 HB 仿真	137
7.4.2	参数扫描	138
7.5	谐波平衡法仿真实例	140
7.5.1	单音信号仿真	140
7.5.2	压缩功率输出	145
7.5.3	双音谐波平衡仿真	149
7.5.4	三阶交调点的仿真	151
7.6	思考题	153
第 8 章	电路包络仿真	154
8.1	电路包络仿真基本原理及功能	154
8.2	电路包络仿真面板与仿真控制器	155
8.3	电路包络仿真基本过程	157
8.4	ADS 中电路包络仿真例程	158
8.5	电路包络仿真实例	160
8.5.1	运算放大器包络仿真	160
8.5.2	GSM 源包络仿真	165

8.5.3	1.9GHz 的 GSM 放大器包络仿真	168
8.5.4	信道功率仿真	172
8.6	思考题	173
第 9 章	功率分配器的设计与仿真	174
9.1	功分器的基本原理	174
9.2	集总参数功分器设计及仿真	175
9.2.1	等分型功分器	175
9.2.2	等分型功分器设计实例	176
9.2.3	比例型功分器	177
9.2.4	比例型功分器设计实例	178
9.3	Wilkinson 功分器设计及仿真	179
9.3.1	Wilkinson 功分器设计	179
9.3.2	电路仿真与优化	181
9.3.3	版图仿真	184
9.4	思考题	186
第 10 章	微波滤波器的设计与仿真	187
10.1	滤波器的基本原理	187
10.2	利用传统法设计集总参数滤波器	191
10.2.1	低通滤波器设计及仿真	191
10.2.2	带通滤波器设计及仿真	193
10.3	利用 ADS 工具设计集总参数滤波器	194
10.3.1	滤波器电路的生成	194
10.3.2	滤波器的仿真	197
10.4	分布参数滤波器设计	198
10.4.1	微带带通滤波器的设计	199
10.4.2	电路优化及仿真	201
10.5	思考题	203
第 11 章	低噪声放大器设计与仿真	204
11.1	低噪声放大器的基本原理	204
11.2	低噪声放大器的设计	206
11.2.1	晶体管直流工作点扫描	206
11.2.2	晶体管 S 参数扫描	207
11.2.3	输入阻抗测试	209
11.2.4	输入匹配设计	210
11.2.5	输出匹配设计	213
11.2.6	完整原理图	215
11.3	思考题	216
第 12 章	镜像抑制混频器的设计与仿真	217
12.1	混频器的工作原理	217

12.2	镜像抑制混频器的设计	220
12.2.1	3dB 定向耦合器设计	220
12.2.2	低通滤波器设计	221
12.2.3	完整的混频器电路	222
12.3	镜像抑制混频器的仿真	223
12.3.1	变量设置	223
12.3.2	仿真器配置	224
12.3.3	噪声系数仿真	225
12.3.4	噪声系数分析	225
12.4	思考题	227
第 13 章	压控振荡器的设计与仿真	228
13.1	振荡器的基本原理	228
13.1.1	主要技术指标	228
13.1.2	常用元件	230
13.2	振荡器初始电路设计与仿真	231
13.2.1	元件选取	231
13.2.2	初始电路	231
13.2.3	偏置电路	232
13.2.4	优化仿真	233
13.3	可变电容 VC 特性曲线测试	234
13.4	压控振荡器仿真分析	235
13.4.1	瞬时仿真	235
13.4.2	参数调整	237
13.4.3	谐波仿真	238
13.4.4	振荡频率线性度分析	239
13.5	思考题	241
第 14 章	微带天线的设计与仿真	242
14.1	微带天线的基础知识	242
14.2	矩形微带天线	243
14.3	矩形微带天线设计	245
14.3.1	几何参数计算	245
14.3.2	版图初步仿真	247
14.3.3	匹配优化设计	251
14.3.4	版图仿真	253
14.4	思考题	254
第 15 章	印刷偶极子天线的设计与仿真	255
15.1	印刷偶极子天线简介	255
15.2	设计过程	256
15.2.1	天线模型建立	256

15.2.2	优化仿真	257
15.3	思考题	264
第 16 章	ADS2012 系统仿真	265
16.1	收发信机基本理论	265
16.2	零中频接收机仿真	266
16.2.1	创建新项目	266
16.2.2	射频前端电路的搭建	266
16.2.3	接收机频带选择性仿真	267
16.2.4	下变频电路的搭建	267
16.2.5	模拟基带部分电路的搭建	268
16.2.6	接收机信道选择性仿真	269
16.2.7	接收机系统预算增益仿真	270
16.2.8	接收机下变频分析	272
16.3	超外差接收机仿真	273
16.3.1	本振输出功率对接收机性能的影响	275
16.3.2	整机增益随本振功率的变化	276
16.4	发射机预算增益仿真	277
16.5	思考题	279
第 17 章	基于 DSP Design 的设计	280
17.1	DSP 设计的基本理论	280
17.2	DSP Design 的重要概念和特征	281
17.2.1	位到符号表的转换	282
17.2.2	不同的映射方法实现位到符号表的转换	284
17.2.3	信号类型	285
17.2.4	数据流仿真的方法	289
17.3	16QAM 调制/解调模块设计	294
17.3.1	理想升余弦滤波器特性	294
17.3.2	设计一个数字调制器	298
17.3.3	设计一个数字解调器	301
17.3.4	噪声和失真的影响测试	303
17.4	思考题	304
第 18 章	W-CDMA/3GPP 通信系统设计	305
18.1	3GPP 关键技术概述	305
18.1.1	3G 通信网络发展趋势及特点	305
18.1.2	3G 主流标准概述	306
18.2	W-CDMA/3GPP 通信系统仿真概述	308
18.3	直接序列展频技术仿真	309
18.3.1	扰码技术仿真	309
18.3.2	交织码技术仿真	312



18.3.3 扩频技术仿真	313
18.4 基站信号仿真	319
18.4.1 逻辑信道仿真	319
18.4.2 射频功率测量	323
18.4.3 CCDF 测量	324
18.4.4 利用 WCDMA3G_CCDF 测量	325
18.4.5 非线性电路对频谱和 CCDF 的影响	326
18.5 用户设备信号仿真	329
18.5.1 逻辑信道仿真	329
18.5.2 射频功率测量	330
18.5.3 CCDF 测量	331
18.6 用户设备发射机仿真	333
18.6.1 UE 发射机模块	334
18.6.2 最大发射功率	334
18.6.3 CCDF 测量	335
18.6.4 占有带宽	336
18.6.5 频谱杂散模板	338
18.6.6 相邻频道泄漏比	340
18.6.7 误差向量幅度	342
18.6.8 码域功率谱	343
18.6.9 峰值码域误差	344
18.7 用户设备接收机仿真	346
18.7.1 UE 接收机模块	346
18.7.2 CCDF 测量	346
18.7.3 参考灵敏度	348
18.7.4 最大输入电平	349
18.7.5 邻道选择性	351
18.7.6 阻塞特性测试	353
18.8 思考题	354
参考文献	355

第 1 章 ADS2012 简介

先进设计系统 (Advanced Design System, ADS) 是领先的电子设计自动化软件, 适用于射频、微波和信号完整性应用。ADS 是获得商业成功的创新技术的代表, 这些技术已被无线通信与网络以及航空航天与国防领域中的领先厂商广泛采用。对于 WiMAX™、LTE、多千兆位/秒数据链路、雷达和卫星应用, ADS 能够借助集成平台中的无线库以及电路系统和电磁协同仿真功能提供基于标准的全面设计及验证。



1.1 ADS2012 概述

先进设计系统 (ADS) 2012 包含以下最新的增强功能:

- ☺ 针对射频功率放大器设计的技术突破和创新——包括多芯片模块电磁场 FEM 仿真、为新的 Agilent NeuroFET 模型提供支持、新型电热仿真器、ADS 负载牵引和放大器设计指南的多项更新。
- ☺ 可用性改进——包括轻松共享工作区 (归档/解档)、停靠窗口、高效的搜索和导航功能、三维电磁场元件集成。
- ☺ 提高与 EMPro 的整合程度——EMPro2012 包括与 ADS2012 的进一步整合, 以及对仿真器的多项增强, 以便改善产品性能和加快产品开发。

1. ADS2012 的主要特性及新功能

安捷伦先进设计系统 (ADS) 2012 具备新的功能, 可改善所支持应用的工作效率, 并为 GaAs、GaN 和硅质射频功率放大器多芯片模块设计提供突破性技术。

【技术突破和创新】 针对射频功率放大器设计的技术突破和创新包括:

- ☺ 多芯片模块有限元方法 (FEM) 电磁场仿真可以分析 IC 和互连之间的电磁场交互, 典型多芯片功率放大器模块中的导线焊接和倒装芯片焊接凸点。
- ☺ 针对新型人造神经网络的 Agilent NeuroFET 模型 (通过 Agilent EEsof IC-CAP 器件建模软件提取) 提供模型支持, 获得更精确的 FET 建模和仿真结果 (例如大功率 GaN FET 放大器)。
- ☺ 提高与 Electromagnetic Professional (EMPro) 软件的整合程度。EMPro 中的三维电磁元件现在可以另存为数据库单元, 直接在 ADS 中使用。
- ☺ 新型 ADS 电热仿真器。它以整合到 ADS 的全三维热求解程序为基础, 结合了动态温度效应, 以提高“热感知”电路仿真结果的精度。
- ☺ ADS 负载牵引设计指南增添了多项更新, 包括失配仿真, 用于表示器件或放大器对负载 VSWR 或相位角的灵敏度。
- ☺ 放大器设计指南增添了多项更新, 可轻松查看在特定输出功率或增益压缩上的放大

器性能。

【用户界面和设计管理】

- ☉ 停靠窗口和选项卡式窗口以及对话框。
- ☉ 元件搜索——快速查找设计层中的对象。
- ☉ 网络领航员——确认节点连通性。
- ☉ 灵活的归档和解档——实现工作区的资源共享。
- ☉ 增添了数十种原理图和版图用户界面改进。
- ☉ 支持第三方设计管理/版本控制工具 (Clisoft)。

【版图】

- ☉ 创建多层互连——复制和扩大简单与复杂的结构。
- ☉ 把元件锁定在固定位置。
- ☉ 标尺和尺寸线的改进。
- ☉ ADS 台式 LVS 的改进。
- ☉ 版图命令行编辑器——启用 cookie 剪切器，能够移除版图中的全部导线。

【仿真】

- ☉ 更快的线性速度——自动启用线性控制器中的线性网络人字板 (Linear Network Collapser)。
- ☉ 改善聚合/扫描特性——如果遇到聚合问题，忽视并继续操作。
- ☉ 并行计算——更快速的瞬态 GPU、仿真管理器使用瞬态/聚合 8 个一组许可证对并行仿真器进行设置和控制。

【提高与 EMPro 的整合程度】

- ☉ 与 ADS 进一步整合——通用数据库允许用户将三维元件内置 EMPro 直接放置到 ADS 原理图和版图中。EMPro 与 ADS 共享数据库，为两者的更紧密整合奠定了基础。EMPro 中的三维对象可以另存为 ADS 设计数据库中的“元件 (cell)”，直接在 ADS 中使用。例如，在 EMPro 中创建的 3-DSMA 连接器元件，其“元件视图”现在可以直接放置到 ADS 原理图中进行电路/电磁协同仿真，或放置到 ADS 版图（例如用于射频印制电路板）中，在 ADS 中进行全面的三维电磁仿真。直接集成可优化设计流程，使电路设计人员能够更早地使用全面的三维电磁场建模能力。只有 ADS2012 才能提供三维电磁场分析和射频/高速产品设计之间的这种互操作性。
- ☉ 全新低频分析算法——改善 100MHz 以下的仿真精度（包括直流 DC）。高频电路仿真需要在直流和低频范围内生成精确、稳定的结果。EMPro2012 还将在电磁仿真技术方面引入多项改进。全新低频分析算法可改善有限元法仿真在 100MHz 以下（包括直流）的仿真精度。以前的 FEM 求解程序很难在直流和低频范围内生成精确、稳定的结果，无法满足后续的电路仿真甚至更高频率应用的需求。
- ☉ FEM 网格技术使速度提升 50%——安捷伦还提供增强的 EMProFEM 网格技术，以便提高速度（通常加快 50%）和稳定性。

2. ADS 仿真设计方法

ADS 软件可以对电路进行模拟，完成射频/微波等电路及通信系统设计，主要包括以下几种分析和仿真方法。

【高频 SPICE 分析和卷积分析】高频 SPICE 分析方法提供如 SPICE 仿真器般的瞬态分析，可分析线性与非线性电路的瞬态效应。在 SPICE 仿真器中，无法直接使用的频域分析模型，如微带线、带状线等，可在高频 SPICE 仿真器中直接使用。因为在仿真时高频 SPICE 仿真器会将频域分析模型进行拉式变换后进行瞬态分析，而不需要用户将该模型转化为等效 RLC 电路。所以高频 SPICE 除了可以做低频电路的瞬态分析外，也可以分析高频电路的瞬态响应。此外，高频 SPICE 也提供瞬态噪声分析的功能，可以用来仿真电路的瞬态噪声，如振荡器或锁相环的抖动。

卷积分析方法是架构在 SPICE 高频仿真器上的高级时域分析方法，可以更加准确地用时域方法分析与频率相关的元件，如 S 参数定义的元件、传输线、微带线等。

【线性分析】线性分析是频域电路仿真分析方法，可以将线性或非线性的射频与微波电路做线性分析。当线性分析时，软件首先针对电路中每个元件计算所需的线性参数，如 S、Z、Y 和 H 参数，电路阻抗，噪声，反射系数，稳定系数，增益或损耗等（若为非线性元件，则计算其工作点等线性参数），再进行整个电路的分析、仿真。

【谐波平衡分析】谐波平衡分析提供频域、稳态、大信号的电路分析仿真方法，可以用来分析具有多频输入信号的非线性电路，得到非线性的电路响应，如噪声、功率压缩点、谐波失真等。与时域 SPICE 仿真分析相比，谐波平衡对非线性电路，可以提供更快速有效的分析方法。

谐波平衡分析方法的出现弥补了 SPICE 的瞬态响应分析和线性 S 参数分析对具有多频输入信号的非线性电路仿真上的不足。尤其在现今的高频通信系统中，大多包含了混频电路结构，使谐波平衡分析方法更加频繁，也越趋重要。

另外，针对高度非线性电路，如锁相环中的分频器，ADS 也提供了瞬态辅助谐波平衡的仿真方法，在电路分析时先执行瞬态分析，并将此瞬态分析的结果作为谐波平衡分析时的初始条件进行电路仿真，此种方法可以有效地解决在高度非线性的电路分析时发生不收敛的情况。

【电路包络分析】电路包络分析包含了时域与频域的分析方法，用于包含调频信号的电路或通信系统中。电路包络分析借鉴了 SPICE 与谐波平衡两种仿真方法的优点，将较低频的调频信号用时域 SPICE 仿真方法来分析，而较高频的载波信号用频域的谐波平衡仿真方法进行分析。

【射频系统分析】射频系统分析方法给用户模拟评估系统特性，其中系统的电路模型除可以使用行为级模型外，也可以使用元件电路模型进行响应验证。射频系统仿真分析包含了上述的线性分析、谐波平衡分析和电路包络分析，分别用来验证射频系统的无源元件与线性系统模型特性、非线性系统模型特性、具有数字调频信号的系统特性。

【托勒密分析】托勒密分析方法可以同时仿真包含数字信号、模拟和低频信号的混合模式系统。ADS 分别提供了数字元件模型（如 FIR 滤波器、IIR 滤波器、AND 逻辑门、OR 逻辑门等）、通信系统元件模型（如 QAM 调频解调器、Raised Cosine 滤波器等）及模拟高频元件模型（如 IQ 编码器、切比雪夫滤波器、混频器等），在设计中可直接使用。

【电磁仿真分析】ADS 软件提供了 3D 平面电磁仿真分析功能——Momentum，可以用来仿真微带线、带状线、共面波导等元件的电磁特性，天线的辐射特性，以及电路板上的寄生、耦合效应。分析得到的 S 参数结果可直接用于谐波平衡和电路包络等电路分析中，对电路进行设计与验证。在 Momentum 电磁分析中提供 Momentum 微波模式和 Momentum 射频模式两种模式，用户可以根据电路的工作频段和尺寸选择使用。

3. ADS 辅助设计功能

ADS 软件除了上述的仿真分析功能外，还包含其他辅助设计功能来增加使用的方便性，同时提高电路设计效率。ADS 所提供的辅助设计功能简介如下。

【设计指南】设计指南说明了示范电路设计的设计流程，用户可以经由这些范例，利用 ADS 软件高效地设计电路。

目前，ADS 所提供的设计指南包括：Amplifier 设计指南、Bluetooth 设计指南、CDMA2000 设计指南、Filter 设计指南、Mixer 设计指南、Oscillator 设计指南、Passive Circuits 设计指南、PLL 设计指南、RF 系统设计指南、TD-SCDMA 设计指南、Ultra-Wideband 设计指南等。除了使用 ADS 软件自带的设计指南外，用户也可以通过软件中的 DesignGuide Developer Studio 建立自己的设计指南。

【智能仿真向导】智能仿真向导提供“step-by-step”的设定界面供设计人员进行电路分析与设计，用户可以由图形化界面设定所需验证的电路响应。

ADS 提供的智能仿真向导包括：元件特性（Device Characterization）、放大器（Amplifier）、混频器（Mixer）和线性电路（Linear Circuit）。

【仿真与结果显示模板】为了增加仿真分析的方便性，ADS 软件提供了仿真模板功能，使用户可以将经常重复使用的仿真设定（如仿真控制器、电压电流源、变量参数设定等）制定成一个模板，直接使用，避免了重复设定所需的时间和步骤。结果显示模板也具有相同的功能，用户可以将经常使用的绘图或列表格式制作成模板以减少重复设定所需的时间。除了用户自行建立模板外，ADS 软件也提供了标准的仿真与结果显示模板供用户选择使用。

【电子笔记本】电子笔记本可以使用户将所设计的电路与仿真结果，加入文字叙述，制成一份网页式的报告。电子笔记本制成的报告，无须执行 ADS 软件即可在浏览器上浏览。

4. ADS 与其他 EDA 软件和测试设备间的连接

由于现今复杂庞大的电路设计，每个 EDA 软件在整个系统设计中均扮演着螺丝钉的角色，因此软件与软件之间、软件与硬件之间、软件与元件厂商之间的沟通与连接也成为设计中不容忽视的一环。ADS 软件与其他设计验证软件、硬件的连接简介如下。

【SPICE 电路转换器】SPICE 电路转换器可以将 Cadence、Spectre、PSPICE、HSPICE 及 Berkeley SPICE 产生的电路转换成 ADS 格式的电路进行仿真分析。另外，也可以将 ADS 产生的电路转换成 SPICE 格式的电路，做布局与电路结构检查与布局寄生抽取等验证。

【电路与布局文件格式转换器】电路与布局文件格式转换器提供用户与其他 EDA 软件连接沟通的桥梁，由此转换器可以将不同 EDA 软件所产生的文件，转换成 ADS 可以使用的文件格式。

【布局转换器】布局转换器可以将其他 CAD 或 EDA 软件所产生的布局文件导入 ADS 软件编辑使用，可以转换的格式包括 IDES、GDSII、DXF 和 Gerber 等。

【SPICE 模型产生器】SPICE 模型产生器可以将频域分析得到的或是测量仪器得到的 S 参数转换为 SPICE 可以使用的格式，以弥补 SPICE 仿真软件无法使用测量或仿真所得到的 S 参数资料的不足。

【设计工具箱】对于 IC 设计来说，EDA 软件除了需要提供准确快速的仿真方法外，与半导体厂商的元件模型间的连接更是不可或缺，设计工具箱扮演了 ADS 软件与厂商元件模

型间沟通的重要角色。ADS 软件可以利用设计工具箱将半导体厂商的元件模型读入, 供用户进行电路的设计、仿真与分析。

【仪器伺服器】仪器伺服器提供了 ADS 软件与测量仪器连接的功能, 用户可以通过仪器伺服器将网络分析仪测量得到的资料或 SnP 格式的文件导入 ADS 软件中进行仿真分析, 也可以将软件仿真所得的结果输出到仪器设备 (如信号发生器), 作为待测元件的测试信号。

5. ADS 主要仿真器介绍

ADS 集成多种仿真软件的优点, 仿真手段丰富, 因其强大的功能, 很快成为全球内业界流行的 EDA 设计工具。下面详细介绍 ADS 在射频、模拟电路设计中常用的仿真器及其功能。

【直流仿真】直流仿真是所有仿真的基础, 它可执行电路的拓扑检查以及直流工作点扫描和分析。

【交流仿真】交流仿真能获取小信号传输参数, 如电压增益、电流增益、线性噪声电压、电流。在设计无源电路和小信号有源电路如低噪声放大器时, 此仿真器十分有用。

【S 参数仿真】微波器件在小信号时, 被认为工作在线性状态, 是一个线性网络; 在大信号工作时, 被认为工作在非线性状态, 是一个非线性网络。通常采用 S 参数分析线性网络, 谐波平衡法分析非线性网络。S 参数是入射波和反射波建立的一组线性关系, 在微波电路中通常用来分析和描述网络的输入特性。S 参数中的 S11 和 S22 反映了输入、输出端的驻波特性, S21 反映了电路的幅频和相频特性以及群时延特性, S12 反映电路的隔离性能。

S 参数仿真时将电路视为一个四端口网络, 在工作点上将电路线性化, 执行线性小信号分析, 通过其特定的算法, 分析出各种参数值。因此, S 参数仿真可以分析线性 S 参数、线性噪声参数、传输阻抗 (Z_{ij}) 以及传输导纳 (Y_{ij})。

【谐波平衡仿真】谐波平衡仿真着眼于信号频域特征, 擅长处理对非线性电路的分析。如果调制的周期信号可以用简单的几个单载波及其谐波表示出来, 或者说如果傅里叶级数展开式很简单的话, 谐波平衡仿真是一个有效的分析工具。但是, 如果分析的是诸如 CDMA 等信号, 不具备简单的周期信号的特点, 那么, 谐波平衡仿真就不能胜任。

一般网络 (系统) 由线性子网络和非线性子网络组成。线性子网络的特性可用频域代数方程来描述, 而非线性子网络则由时域的非线性方程来描述。平衡时, 经傅里叶变换成时域的线性子网络端口电压和电流应满足非线性子网络端口的电压和电流。同样, 经傅里叶变换成频域的非线性子网络端口电压和电流应满足线性子网络端口的电压和电流。因此, 设定一个最大的谐波数, 建立一个线性子网络端口电压 (电流) 和非线性子网络端口的电压 (电流) 的误差函数, 通过迭代, 实现稳态的线性子网络和非线性子网络的谐波平衡。采用谐波平衡仿真器可以仿真噪声系数、饱和电平、三阶交调、本振泄漏、镜像抑制、中频抑制、组合干扰等参数。一般而言, 谐波平衡仿真设计射频放大器、混频器、振荡器时十分有用。当设计大规模 RFIC 或 RF/IF 子系统时, 由于存在大量的谐波和交调成分, 谐波平衡仿真必不可少。

【大信号 S 参数仿真】大信号 S 参数仿真是谐波平衡仿真的一种, 不同的是前者执行大信号 S 参数分析, 因此, 在设计功放时十分有用。后者一般只用于小信号 S 参数分析。

【增益压缩仿真】增益压缩仿真用于寻找用户自定义的增益压缩点, 它将理想的线性功率曲线与实际的功率曲线的偏离点相比较。在设计射频器件时可以很方便地找出 1dB、3dB 压缩点。