

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.09.025

集成电路协同仿真的数据管理与应用*

陈 佳,余昭杰,毕锦栋

(工业和信息化部 电子第五研究所,广东 广州 510000)

摘要:针对集成电路多学科协同仿真数据种类多样、数据存储分散的问题,对集成电路协同仿真工作项目的数据需求进行了归纳,包括信号完整性仿真、热仿真、振动仿真、寿命仿真工作项目,并运用基于 C/S 架构的仿真数据管理平台软件系统对集成电路协同仿真数据进行了管理与数据处理,实现了协同仿真数据的规范化存储以及相关仿真性能参数的比对,并支持与 ANSYS 软件、SIGRITY 软件的数据接口,可直接读取集成电路协同仿真输出的数值文件。研究结果表明:该软件系统具备协同仿真数据管理以及数据处理的功能,并支持与多种 CAE 工具软件的数据接口,为集成电路协同仿真数据的信息共享、传递提供了保障。

关键词:集成电路;协同仿真;数据需求;软件系统;管理

中图分类号:TP391.9;TN4

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)09-1081-04

Data management and application of collaborative simulation on integrated circuits

CHEN Jia, YU Zhao-jie, BI Jin-dong

(The Fifth Electronics Research Institute, Ministry of Industry and Information Technology,
Guangzhou 510000, China)

Abstract: Aiming at the problem of the diversity of multi-disciplinary simulation data of integrated circuits and decentralized data storage, the data requirements of integrated circuit simulation project were summarized, including signal integrity simulation, thermal simulation, vibration simulation and life simulation project. The simulation system based on C/S architecture was used to manage and process the collaborative simulation data, which can realize the standardized storage of the co-simulation data and the comparison of the relevant simulation performance parameters, and support data interface with ANSYS software and SIGRITY software, which can directly read the integrated circuit simulation output of the numerical file. The results show that the software system has the functions of collaborative simulation data management and data processing, and support data interface with a variety of CAE tools, which provides a guarantee for the sharing and delivery of integrated circuit co-simulation data.

Key words: integrated circuit; collaborative simulation; data requirements; software system; manage

0 引 言

多学科协同仿真作为产品研发过程的一个重要环节,需要实现仿真数据的有效管理^[1]。集成电路是电子产品的主要构件,为评估其性能与可靠性,通常需要对其进行信号完整性仿真、热学仿真、振动仿真、寿命

仿真等多种类型的仿真分析,同时会产生大量形式各异的数据,如仿真计算结果、仿真报告等^[2-4]。

仿真数据管理是当前仿真技术应用中需要解决的关键问题之一^[5]。在国外,许多优秀的企业通过构建仿真数据管理平台实现了集成电路仿真数据的有效管理,例如美国一些从事 MEMS 设计研究的单位将仿真

收稿日期:2016-12-29

基金项目:国防预研基金资助项目(15ZL2015610A001)

作者简介:陈佳(1990-),男,湖北黄冈人,硕士,工程师,主要从事仿真技术、可靠性工程方面的研究。E-mail:465305986@qq.com

项目生成的数据文件,如温度云图图片、振动频率文本等传递到服务器端,由服务器运行各数据类型的处理程序,并将这些数据从文件读入到数据库中。另外再开发一套报表显示系统,实现仿真数据的录入、处理和查询。但是它的技术缺陷主要体现在需要编写大量程序处理不同格式数据,编写网页和数据库查询语句显示数据结果等,数据处理的灵活性欠缺^[6]。在国内,集成电路研制企业在仿真数据处理过程中,也涉及数据库,但是采用手工操作模式,操作人员将仿真数据手动录入数据库系统,技术系统间数据传递一般依赖于移动存储设备进行。这种工作模式处理普通 CSV 文本数据是可行的,但是如果数据规模较大,效率就比较低下,信息交换不畅,数据难以实时共享,可靠性差^[7]。

本研究介绍集成电路协同仿真工作项目的数据需求,并运用协同仿真平台软件系统 CSDM 实现协同仿真数据的统一管理。

1 集成电路协同仿真工作项目的数据需求

工程实际中常采用电路板互连可靠性设计分析方法评估元器件性能与可靠性,即指通过“元件级”仿真将集成电路、电阻器、电容器等表面封装器件连接到印刷电路板进行建模,并在实际工况条件下加载输出仿真结果^[8]。

集成电路协同仿真需关注的主要特性如图 1 所示。

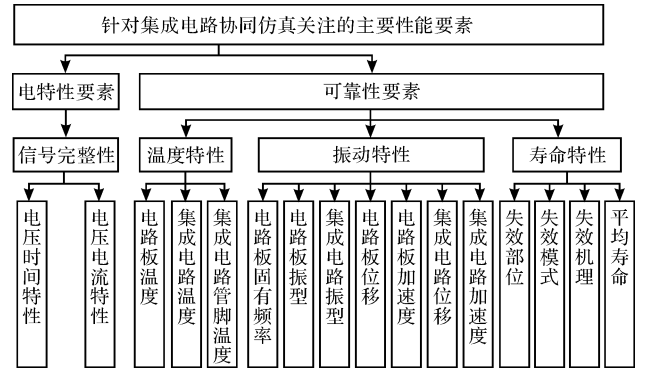


图 1 集成电路协同仿真关注的主要性能要素

性能要素包括信号完整性、温度特性、振动特性和寿命特性。

1.1 信号完整性仿真产生数据

集成电路管脚信号完整性是指信号在电路中以正确的时序和电压做出响应的能力,若电路中信号能以要求的时序、持续时间和电压幅值到达,则该电路具有

较好的信号完整性^[9]。

电信号仿真输入与输出的主要数据如表 1 所示。

表 1 信号完整性仿真输入与输出数据(SIGRITY 软件)

类型	内容
输入数据	一般为周期性方波,其频率设置为该管脚实际工作的最高频率
输出数据	电压时间曲线(U/T 曲线);电压电流曲线(U/I 曲线)

输入频率以及周期性方波作为激励后,通过输出的电压时间曲线、电压电流曲线可获得过冲值、下冲值、过冲振铃时间和下冲振铃时间等数据,为研究集成电路的电特性提供数据支撑。

1.2 热学仿真

热仿真可模拟产品在实际工况条件下的温度分布情况,能在产品设计阶段确定和改善散热问题。

热仿真输入与输出的主要数据如表 2 所示。

表 2 热学仿真输入与输出数据(ANSYS 软件)

类型	内容
输入数据	热载荷:生热速率/ $(W \cdot m^{-3})$; 边界条件:空气对流系数/ $(W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1})$;工作环境温度/ $(^{\circ}C)$
输出数据	电路板温度云图;集成电路温度云图

本研究通过输出的电路板组件温度云图可获取电路板以及表面各元器件的最高温度、最低温度、平均温度,为评估集成电路的热特性提供数据支撑。

1.3 振动仿真

振动仿真可模拟产品在实际应用情况中的抗振特性。

振动仿真输入与输出的主要数据如表 3 所示。

表 3 振动仿真输入与输出数据(ANSYS 软件)

类型	内容
输入数据	边界条件:电路板及元器件安装方式; 振动载荷:随机振动功率谱密度
输出数据	模态振型、固有频率;位移云图、加速度云图

本研究在设置边界条件以及振动载荷后,通过振动仿真可获取电路板组件模态振型、固有频率、位移云图、加速度云图,既可为电路板组件的设计及布局提供参考,也可为电路板组件进行寿命仿真提供数据支撑。

1.4 寿命仿真

寿命仿真可获取集成电路实际工况条件下的失效模式以及失效前循环次数,通过对比集成电路寿命值应不短于电路板组件或者所在装备的使用期限要求,

确定该器件是否满足可靠性指标要求。

寿命仿真输入与输出的主要数据如表4所示。

表4 寿命仿真输入与输出数据(CALCE FAST 软件)

类型	内容
输入数据	温度剖面参数:高温极限值、低温极限值、高温保持时间、低温保持时间、温度变化率;振动剖面参数:固有频率、功率谱最大量值
输出数据	失效模式、失效机理、失效前循环次数

寿命仿真分析与热仿真、振动仿真分析是紧密联系的,其输入数据温度循环剖面参数需从热仿真结果提取,振动剖面参数需从振动仿真结果获取。

2 CSDM 软件系统的管理功能

集成电路协同仿真分析是基于一系列仿真模型的运行来实现的。在集成电路协同仿真过程中,产生了各个仿真领域形式各异的数据,包括曲线、图表和报告。通过运用基于C/S架构并采用MVC设计模式的仿真数据管理平台CSDM软件系统,针对集成电路协同仿真的数据管理实现了以下功能:

(1)仿真数据管理。集成电路协同仿真计算产生的各种格式、各种类型的数据可进行统一的组织、存储、编辑。热学仿真需关注集成电路温度、集成电路管脚温度、电路板温度等众多数据,且这些数据可为基于互连失效的集成电路寿命仿真提供信息输入。通过仿真数据管理平台的应用可直接实现大量电路板组件温度云图的存储,方便不同领域工程人员查询并管理仿真数据,利于信息共享,使不同领域的仿真工作可协同开展。仿真数据查看的显示方式包括曲线、图表,操作人员运用该系统可实现集成电路各环境温度条件下仿真数据的添加、编辑和删除。

CSDM 软件对热仿真结果数据的管理界面如图2所示。

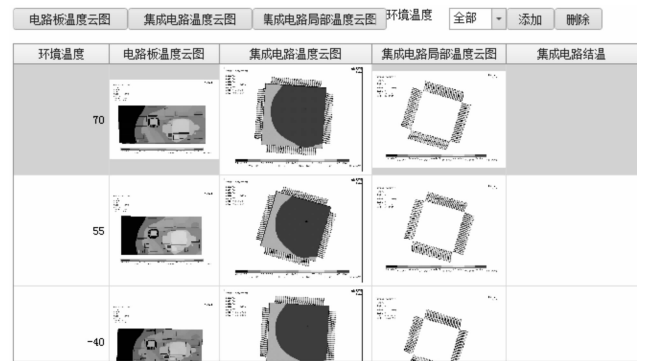


图2 CSDM 软件的数据管理界面

(2)仿真软件接口管理。仿真数据管理平台CS-

DM 软件系统支持与多种CAE工具软件的数据接口,包含与ANSYS软件、SIGRITY软件的数据接口。CAE仿真软件生成的结果文件通过仿真数据管理系统的仿真结果导入接口可直接导入到相应的数据库中,进行统一的管理和控制。集成电路模态分析后,输出模态结果为“lis”格式的文件,包含频率以及阶数。通过振动数据解析接口,可直接读取模态分析输出的数值文件,实现仿真结果的录入,包括频率、电路板组件频率、集成电路位移云图、集成电路加速度云图等数据资源。

CSDM 软件对振动分析结果的管理界面如图3所示。

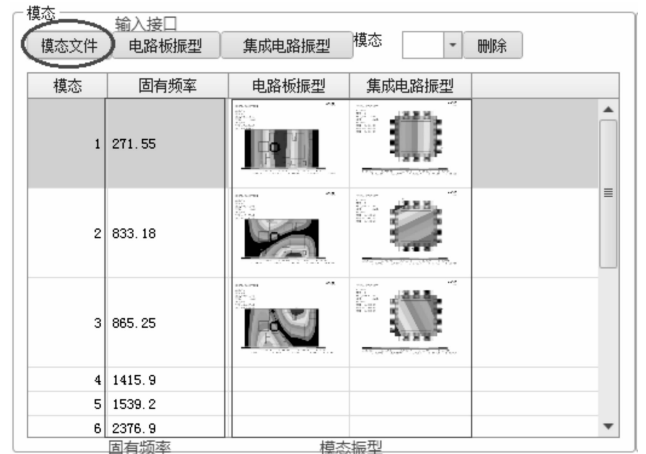


图3 振动分析结果录入 CSDM 软件示例

传统的集成电路研制单位的仿真数据处理工作是由数据处理部门完成,操作人员手动处理优先级高的数据,有大量数据接收、分类、存储、编写数据处理程序、导入数据到数据库等工作,当遇到大量数据,实时性、机动性难以保障。CSDM 软件提供了与SIGRITY接口,包括U/T曲线解析接口和U/I曲线录入接口。U/T曲线解析接口可提取SIGRITY仿真输出的大量数据并图形化显示,U/I曲线接口可实现电压/电流曲线录入功能,使得数据处理的工作更加便捷。

CSDM 软件对U/T曲线的管理界面如图4所示。

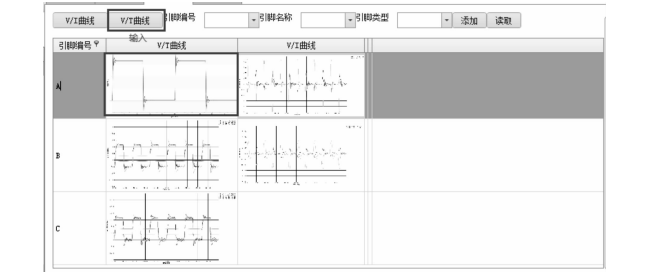


图4 U/T 数据录入 CSDM 软件示例

(3)数据处理。集成电路协同仿真分析输出大量的结果数据,若直接对其处理,效率较为低下,通过运

用 CSDM 软件对仿真数据进行处理,可按照工程人员需求进行仿真相关性能参数的比对,生成性能比对报告,便于装备研制人员了解集成电路性能,并选择合适型号的元器件开展研发工作。例如计算集成电路寿命时,工程人员运用 CSDM 软件能实现集成电路失效模式及部位、失效机理、寿命值的比对,给出了不同类型集成电路失效前循环次数的定量对比。

该软件对集成电路寿命特性的比对界面如图 5 所示。



图 5 CSDM 软件对集成电路的寿命特性比对界面

3 结束语

针对集成电路协同仿真数据种类多样、数据存储分散的特点,本研究协同仿真数据管理平台 CSDM 软件实现了集成电路协同仿真数据的规范化管理,与传统的数据管理平台相比,具有以下优点:

(1)CSDM 软件系统支持与多种 CAE 工具软件的数据接口,包含与 ANSYS 软件、SIGRITY 软件的数据接口。CAE 仿真软件生成的结果文件通过仿真结果导入接口可直接导入到相应的数据库中,进行统一的管理和控制,而目前集成电路研制单位的数据处理流程通常是先将需导入数据库的 XML 数据文件进行格式验证,符合格式要求的数据用脚本将 XML 格式转成 CSV 格式,再将 CSV 文件导入到关系型数据库中,这相当于 XML 格式文件在验证、格式转换、导入到数据

库时共经历了 3 次转化,并生成了中间文件 CSV,采用 CSDM 软件系统直接处理协同仿真数据可节约处理时间和服务器空间;

(2)CSDM 软件系统实现了集成电路仿真数据的规范化管理,并可按照工程人员需求进行仿真相关性能参数的比对。CSDM 软件包含信号完整性仿真、热仿真、振动仿真、寿命仿真等存储库,可按照统一的格式要求以明晰的层次处理仿真输出的大量数据,此外,CSDM 软件具有数据处理的功能,可按照工程人员需求进行集成电路仿真相关性能参数的比对,生成关键性能参数比对报告。

参考文献 (References) :

[1] 黄洪钟. 产品协同设计过程建模研究[J]. 计算机集成制造系统,2003,9(11):955-959.

[2] 范文慧,肖田元. 复杂产品协同设计、仿真、优化一体化平台[J]. 科技导报,2007,25(4):15-24.

[3] 任占勇. 数字化研制环境下的可靠性工程技术[M]. 北京:航空工业出版社,2015.

[4] 徐 丹. 基于集成电路芯片封装问题的探讨[J]. 机械与电子,2011(25):102.

[5] 白晓明. 协同设计环境下的产品数据管理及应用研究[J]. 计算机技术与发展,2014,24(4):166-169.

[6] CHAUDHFI A B, RASHID A, ZICARI B 著. XML 数据管理-纯 XML 和支持 XML 的数据库系统[M]. 刑春晓、张志强、李弊竞,等译. 北京:清华大学出版社,2006.

[7] 王丽芹,王志勇,贺 飞. 复杂产品的仿真数据管理研究[J]. 微计算机信息,2010,26(19):157-159.

[8] SMITH C A. Failure analysis of electronic components and interconnection systems[J]. **Circuit World**,2007,33(1):101-105.

[9] 雒 勇,南秀娟. 高速电路板信号完整性设计及仿真[J]. 航空计算技术,2010,40(2):111-113.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

陈 佳,余昭杰,毕锦栋. 集成电路协同仿真的数据管理与应用[J]. 机电工程,2017,34(9):1081-1084.

CHEN Jia, YU Zhao-jie, BI Jin-dong. Data management and application of collaborative simulation on integrated circuits[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(9):1081-1084.