

基于 VIP 模型的 IP 核自动化评测平台开发

赤 诚, 肖立伊, 李 杰

(哈尔滨工业大学 微电子中心, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 为了提高 IP 核的评测效率, 简化评测平台的搭建过程, 以 AMBA 总线 VIP 模型为基础, 搭建 IP 核评测平台. 但使用 VIP 模型依旧需要一系列繁琐的手动设置, 因此本文使用 Perl 语言开发自动化评测平台及其界面程序. 图形化界面程序能调用 VIP 模型自动完成评测平台的搭建, 评测人员可通过图形界面对评测平台进行设置, 提供编写好的验证向量, 实现 IP 核功能评测的自动化. 使用该程序对一 DES 加密算法 IP 核进行评测, 结果表明能够满足评测平台搭建与 IP 核评测自动化的要求, 使用该方法对 IP 核自动化评测能大大简化操作步骤, 评测流程更加直观.

关键词: VIP 模型; IP 核; 评测平台; 图形界面; 脚本程序

中图分类号: TN47

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)05-0041-04

Development of IP Core Automatic Evaluation Platform Based on VIP Model

CHI Cheng, XIAO Li-yi, LI Jie

(Microelectronics Center of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to improve the evaluation efficiency of IP core and simplify the construction of evaluation platform, we set up IP core evaluation platform based on AMBA bus VIP model. But the use of VIP model still need a series of complicated manual settings, this paper uses the Perl language to develop an automation evaluation platform and its interface program. Graphical user interface program can call the VIP model automatically to establish the evaluation platform. Engineers set up the IP core evaluation platform by graphical interface, and provides a good verification vectors to achieve IP core function evaluation automatically. The program is used to evaluate the IP core of a DES encryption algorithm, which satisfy the requirements of automated building the evaluation platform and IP core evaluation, and the use of this method to IP core automation evaluation can greatly simplify the operation steps and make the evaluation process more intuitive.

Key words: VIP model; IP core; evaluation platform; GUI; scripts

1 引言

当今紧迫的上市时间和激烈的市场竞争下, 大多数 SoC 采用 IP 复用技术进行设计. 因此, IP 核功能的正确性成为了 SoC 设计能否成功的关键因素.

用户在购买 IP 核时, 需要选择一种快速有效的方法对其功能进行评估. 传统的验证方法显然不适合用来评测 IP 核, 因此有研究提出多种评测平台的搭建方法. 肖羽祥等利用现有的 EDA 工具, 采用仿

真器内核集成及接口技术, 提出基于工具软件的 IP 软核评测平台, 评测结果较为客观, 但自动化程度不高^[1]. 李杰等基于 LEON3 处理器提出基于 SoC 系统的 IP 核评测平台, 保证了 IP 核集成到系统时功能的正确性, 但需要使用如 C、C++ 等高级语言编写测试向量^[2].

VIP(Verification IP, 验证 IP)作为一种可重复使用的 IP^[3], 可以生成全面的测试环境, 缩短验证时间, 增加验证覆盖率, 得到广泛应用.

然而,使用 VIP 搭建评测平台,不仅需要评测人员对 VIP 模型有所了解,而且搭建过程中对平台的设置也相对繁琐. 为了提高评测效率,本文基于 AMBA 总线 VIP 模型,开发图形界面应用程序,实现 IP 核总线挂载以及功能评测自动化.

2 基于 VIP 模型的 IP 核评测平台搭建方法

VIP 是可复用的验证模块,通常由 BFM(Bus function model,总线功能模型)、激励生成器(Driver)、监视器(Monitor)和记分板(Scoreboard)组成^[4]. 各模块间关系如图 1 所示. VIP 通常是基于业界广泛使用的总线协议进行开发,包含用于生成 Testbench 和协议检查所需的基本结构. 待测 IP 只需要在 VIP 提供的验证环境中正确例化,并挂载到总线上,就可以进行评测. VIP 使工程师能够专注于 IP 的功能性评测,而不是花费过多的时间搭建复杂的评测平台.

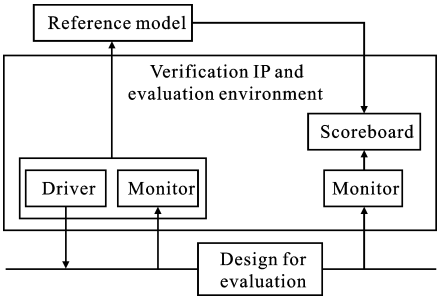


图 1 基于 VIP 模型的评测平台

AMBA(Advanced Microcontroller Bus Architecture)总线是 ARM 公司开发的一种片上总线. 通过 AMBA 总线可以有效的连接各个 IP 核,目前已成为 SoC 设计中流行的总线标准. 基于 AMBA 总线的 VIP,在数据传输上严格符合 AMBA 协议,具有协议检查的功能,并且内嵌验证计划与覆盖率模型.

使用 VIP 搭建评测平台的前提是在系统中包含 VIP 运行所需的软件工具. 包括代码编辑器、仿真器;仿真结果查看与调试工具;VIP 运行需要的特定库.

使用 VIP 对 IP 核进行评测时的基本流程为图 2 所示的 4 步.

搭建 VIP 评测平台需要调用 VIP 运行指令,在工作目录下建立 VIP 模型. 进行仿真之前,需要将待测 IP 的路径添加到编译文件中,并且将验证向量添加到 Testbench 中. 由于在搭建的 VIP 模型中包含了一个 Testbench 的示例,其中含有一些 VIP 组

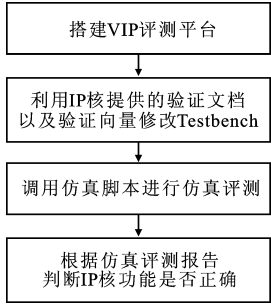


图 2 基于 VIP 模型评测平台的评测流程

件的初始化操作,因此较为方便的做法是直接原有示例文件上进行修改,但这样仍然需要评测人员对 VIP 模型结构有一定了解,而且操作繁琐、自动化程度低.

调用仿真脚本对 VIP 进行评测后会生成一系列报告,在报告中记录了总线传输情况,传输过程中出现的错误以及违反总线协议的情况也会记录在日志中. 然而,当仿真的时间较长、仿真报告包含的内容较多时,会让评测人员很难从中发现错误或找到某次特定的传输,需要采取其他方法提高评测过程的自动化程度.

3 IP 核自动化评测平台开发

如今,在 EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)领域中脚本语言被广泛应用. 使用脚本语言能够减少命令的重复性输入,提高工作效率. 因此,可以通过编写脚本程序,将上述繁琐的过程,使用脚本命令自动完成. 评测人员只需提供与待测 IP 有关的信息以及相关的 Testcase,而无需研究 VIP 模型的具体实现方式,就可以对 IP 核进行评测,有效地提高了 IP 核评测的效率.

相比在命令行界面进行交互,图形用户界面(GUI, Graphical User Interface)对于用户来说在视觉上更容易接受^[5]. 为了让 IP 核评测平台使用更加方便,脚本的自动化搭建流程更加直观,设计开发评测平台 GUI 程序. 评测人员在界面中根据提示输入每一步需要的信息,通过按键交互调用脚本指令,完成 IP 核的评测工作.

3.1 脚本设计

Perl 语言因其对正则表达式有着良好的支持,并且有着很强的移植性,正则功能也很强大,非常适合进行文本处理. 对于上述评测平台搭建流程来说,使用 Perl 语言编写脚本能很好的满足自动化需求.

使用脚本进行评测平台的自动化搭建流程如图

3 所示,整个流程在图 2 的基础上增加了对运行环境检查的操作,实现了从平台搭建到仿真评测的自动化操作.其中进行的每一步操作都被记录下来,写入脚本日志文件“vip_log”中,让评测人员能在流程结束后看到各项操作的结果,防止在搭建 VIP 模型过程中出现错误以致影响评测结果的判断.

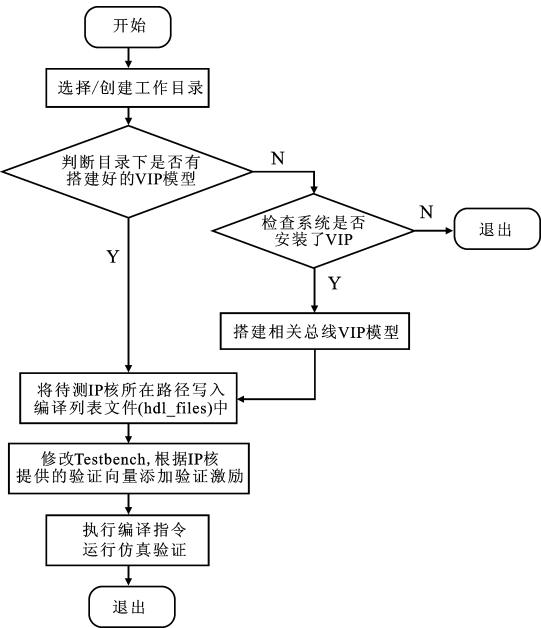


图 3 IP 核评测平台的自动化评测流程

3.2 图形用户界面的设计与开发

GTK+是一个功能强大、设计灵活的通用图形库,是 Linux 下开发图形界面应用程序的主流工具之一.而 Gtk2-perl 则将 GTK+和 Perl 两者的优势融为一体.此外,使用 Gtk2-perl 进行图形界面开发也更容易与之前编写的 Perl 脚本文件进行结合.

图 4 展示了 IP 核自动化评测平台的图形界面.其中,第一部分通过“Open folder”按钮选择评测平台的工作目录.在第二部分中选择待评测的 Verilog 文件,“Open verillog files”选择单个文件,“Choose file folder”添加一个目录下所有文件,“Clear all”清空所有已选文件,已选择的文件路径会显示在下面.第三部分“Open a file”选择 Testcase 文件.第四部分根据 IP 核使用的总线接口类型选择对应的选项卡,图 5 是 APB 选项卡内容,分别需要填写待测 IP 的主模块名称、评测平台中主设备的数量(仅 AHB)、从设备的数量、待测 IP 是第几号从设备.第五部分可以根据需要选择查看仿真波形或在脚本程序的辅助下查看仿真日志.第六部分点击“Run!”开始仿真.

针对较大规模 IP 核评测时难以从波形和评测

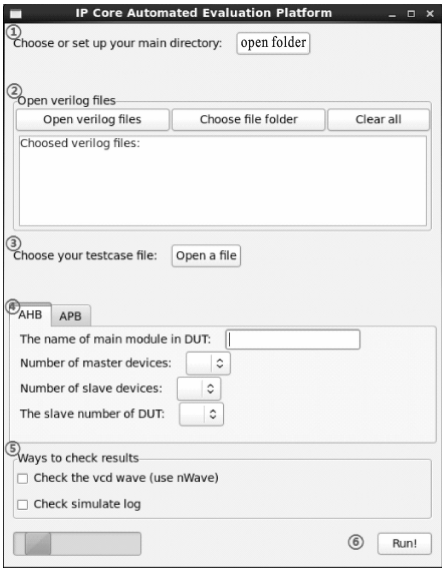


图 4 IP 核自动化评测平台界面



图 5 APB 选项卡

报告中快速找到关心的内容,开发了评测结果的脚本查询工具,如图 6 所示.工具允许对波形文件(*.vcd)、仿真日志(*.log)和监测报告(*.msg)进行查询.通过变量名和仿真时间段对波形文件进行查询,对于仿真日志和监测报告不仅可以查询一段时间内总线传输状态,还能提取出评测时产生的错误信息.在“Query result”中显示查询结果,“Save”按钮可以将查询结果保存为文本文件.

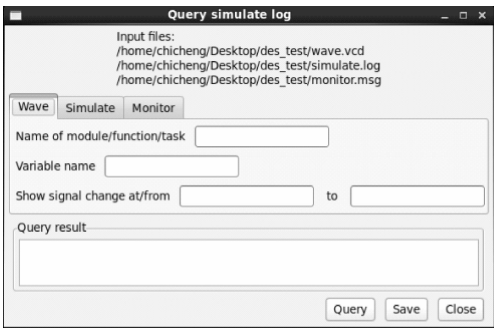


图 6 脚本查询工具界面

4 IP 核评测示例

4.1 DES IP 核介绍

DES(Data Encryption Standard,数据加密标准)是一种数据加密的对称密钥算法,加密的数据、

密钥和密文长度均为 64 位,使用相同的密钥加密和解密信息^[6].待测 DES IP 核使用 AHB 总线接口,整体结构如图 7 所示.

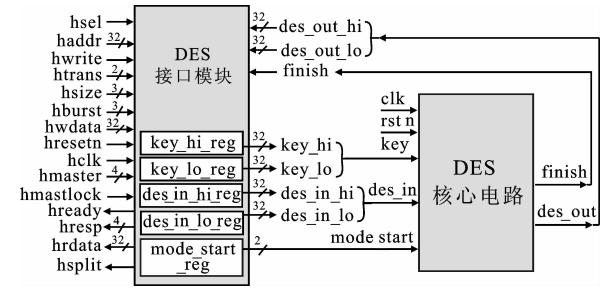


图 7 DES IP 核模块

4.2 DES IP 核评测

对 DES IP 核的功能评测主要包含两方面内容:首先是 IP 核能否正确进行加密和解密,其次是 IP 核能否与 AHB 总线进行正确通信.因此制定如下评测计划:

(1)利用 IP 核自动化评测工具,搭建 AHB 总线 VIP 评测平台,并将 DES IP 核例化,挂载到 AHB 总线从设备.

(2)主设备将明文、密钥以及控制信号发送给从设备待测 IP 核进行加密,并读取加密后的密文.

(3)将上一步得到的密文、密钥以及控制信号发送给待测 IP 核进行解密,并读取解密后的明文.将解密后的明文与上一步输入的明文进行比较,如果一致,可以认为其功能性评测正确.

根据制定的评测计划编写 Testcase 文件,软件会自动将 Testcase 中的验证向量添加到 Testbench 中适当的位置.验证向量选择如下:

明文:64'h95F8_A5E5_DD31_D900

密钥:64'h0101_0101_0101_0101

启动 IP 核评测图形界面程序,按步骤依次填入所需信息,最终结果如图 8.

图 9 是加密过程波形图,图中显示加密结果为“64'h8000_0000_0000_0000”,这与 NBS(美国国家标准局)提供的 DES 加密结果一致.将此密文与密钥进行解密,结果如图 10,与加密前的明文一致.仿真结果表明了 DES IP 核的功能正确性.此外,图 11 是使用脚本程序查询到的仿真结果,这与波形图中表达的内容是一致的.

从上述评测流程可以看出,在提供相应 Testcase 文件的情况下,评测人员只需将 IP 核信息按提示在自动化评测平台界面中进行设置,即可快速获得评测结果,无需手动搭建复杂的评测平台,简

化评测流程.

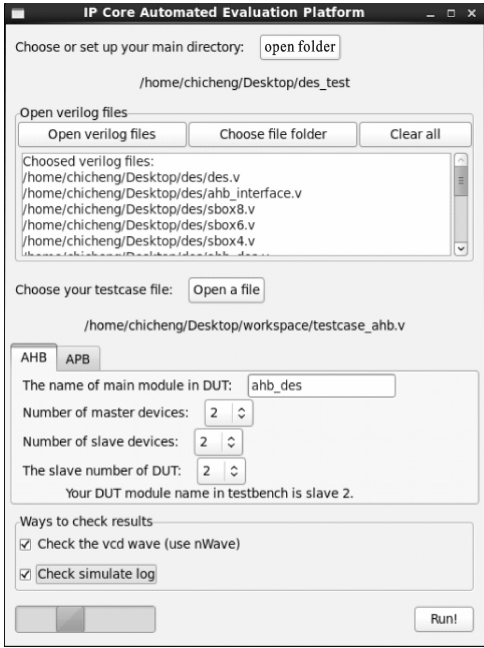


图 8 IP 核评测过程

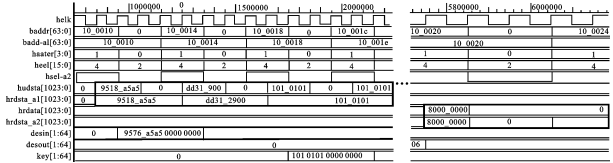


图 9 DES 加密波形

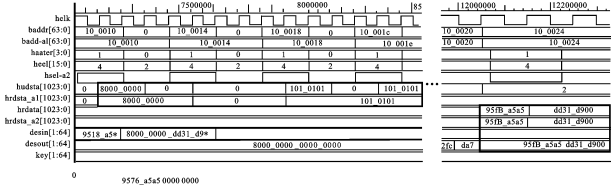


图 10 DES 解密波形

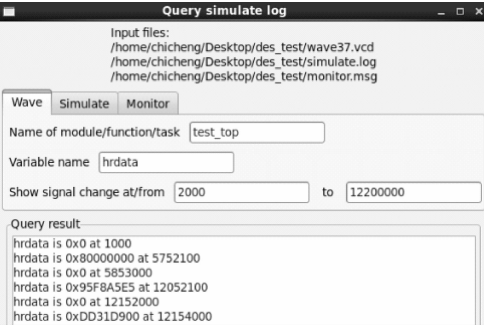


图 11 使用脚本查询仿真结果

5 结束语

提出了一种基于 VIP 模型的 IP 核自动化评测 (下转第 50 页)

- plications, 2015(2):1-16.
- [2] 尚蕾,孙志挥. 基于 XML 的异构数据集成系统的查询处理[J]. 计算机工程, 2005, 31(5):79-81.
- [3] 何志学,廖湖声. 一种基于语义信息的 XML Twig 查询处理方法[J]. 微电子学与计算机, 2015, 32(5):95-98.
- [4] 李军怀,周明全,耿国华,等. XML 在异构数据集成中的应用研究[J]. 计算机应用, 2002, 22(9):10-12.
- [5] 夏凉. 面向 XQuery 语言的树模式提取方法[D]. 北京:北京工业大学, 2015.
- [6] 余乐清. 基于 XML 的多源异构数据集成系统的研究与实现[D]. 西安:西安电子科技大学, 2011.
- [7] 刘旭红,王春莲,施运梅. 异构医疗数据集成中的查询解析解析技术[J]. 计算机应用, 2010, 30(增刊 2):156-158.
- [8] 田雪,朱晓杰,申培松,等. 基于相似查询树的快速密文检索方法[J]. 软件学报, 2016, 27(6):1566-1576.
- [9] 文思,文贵华. 基于扩展前缀编码的左孩子右兄弟结

构连接算法[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(10):2312-2315.

- [10] 张剑妹,陶世群. 基于模式的 XML 路径表达式查询处理技术[J]. 计算机应用, 2009, 29(11):3080-3083.
- [11] 王振辉. 基于 XQuery 的 XML 与 SQL 查询转换算法研究[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(27):6769-6771.
- [12] 高万辰,廖湖声,苏航,等. 基于部分求值的 Twig 查询优化[J]. 计算机工程, 2016, 42(3):53-60.

作者简介:

毛佳飞 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为数据库技术、数据集成. E-mail:1660702907@qq.com.

叶霞 女, (1977-), 博士, 副教授. 研究方向为数据库技术、计算机网络.

李俊山 男, (1956-), 博士, 教授. 研究方向为数据库技术、网络信息安全.

(上接第 44 页)

方法,图形用户界面降低了平台的搭建难度,使用脚本语言编写的程序使得评测平台的搭建过程自动完成. 评测人员不需要掌握平台的具体结构,根据软件提示就能完成 IP 核评测工作,减少评测所需时间,提高评测效率.

参考文献:

- [1] 肖羽祥,周继承,罗宏伟. 基于工具软件的数字 IP 软核评测平台设计[J]. 微计算机信息, 2008, 24(33):225-227.
- [2] 李杰,肖立伊,赤诚,等. 基于 SoC 系统的 IP 核评测平台开发[J]. 微电子学与计算机, 2017, 34(6):45-48.
- [3] Stohr B, Simmons M, Geishauser J. FlexBench: reuse of verification IP to increase productivity[C]//Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition, 2002. Proceedings. Nice, France. IEEE, 2002:1131.
- [4] 徐栋磊. VIP 及其在验证平台中应用的研究[D]. 成

都:西南交通大学, 2007.

- [5] Owczarek M S, Langer M, Wozny J, et al. Design of graphical user interface (GUI) for analog EDA tool [C]//Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, 2004. Proceedings of the International Conference. Australian, IEEE, 2004:560-562.
- [6] Biham E, Shamir A. Differential cryptanalysis of the data encryption standard[M]. New York: Springer Science & Business Media, 2012.

作者简介:

赤诚 男, (1993-), 硕士研究生. 研究方向为先进集成系统与 SoC.

肖立伊(通讯作者) 女, (1961-), 博士研究生, 教授, 博士生导师. 研究方向高可靠集成电路设计、SoC/IP 核设计与标准化. E-mail: xiaoly@hit.edu.cn.

李杰 男, (1990-), 博士. 研究方向为集成电路抗辐射可靠性设计.