

可适用于大规模数通芯片性能分析

何定铄, 王灌锋, 王锋, 张栗荣



01

工具开发背景

02

性能分析的需求及挑战

03

自研性能分析工具简单介绍

04

ePerf具体设计及实现

05

示例展示

06

ePerf总结以及展望

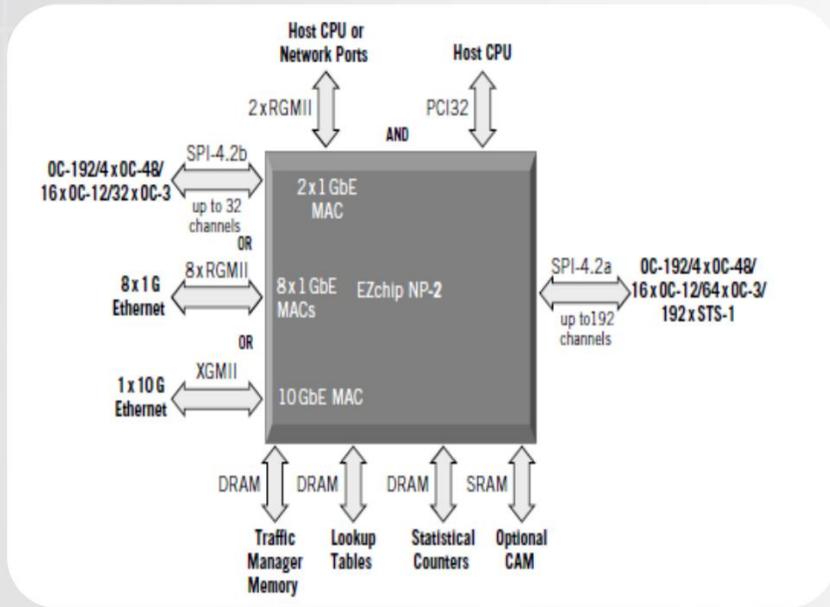
一、工具开发背景

近年来，随着芯片规模的增长以及超高速电路的快速发展,验证的比重和复杂度也呈指数级增长,同时对性能的评估以及优化带来了挑战。

数通芯片需要大的高性能存储，对高速率数据处理硬件的性能有较高的要求，传统方法一般采用打印数据处理时间,数据类型,大小等进行分析，这种方法在数据量比较大的时候会造成仿真效率下降以及统计信息不准确；而一些通用的性能分析工具，无法对大规模数通芯片性能特定协议标准做到有效分析。如何对性能做到高效评估以及分析优化成为设计验证领域的一大热点。

二、性能分析的需求及挑战

目前随着高性能的处理器以及存储的出现，普遍采用多核加高性能存储架构,如下图:



a) 存储访问性能需求以及挑战

- 数通芯片需要频繁对不同报文进行处理，报文的存储必须采用高速存储介质以满足高带宽需求；
- 目前普遍采用lpddr4x,lpddr5,或者HBM，由于不同的存储容量以及data rate其成本不同，所以在产品的性能定义时候必须考虑进去；
- 设计中的性能分析不仅只关注单一包的性能，混合报文也需要做性能分析，一般针对不同的存储介质，设计中会考虑最优的bankgroup,bank,address,读、写调度，性能也需要根据不同的配置去分析以及优化。

二、性能分析的需求及挑战

b) 处理器性能需求以及挑战：

- 数通芯片处理器采用高性能多任务处理器架构，处理器的IPC是衡量运算性能的重要指标；
- 任务硬件调度以及特定指令加速设计是提升产品性能的重要手段；
- 对于不同类型的报文处理需要考虑处理器的schedule以及execution性能。

c) 接口性能要求以及挑战：

- 接口是芯片与外界沟通的桥梁，接口性能的高低直接影响芯片的整体性能；
- 数通芯片内部各个模块总线互联以及复杂网络结构也会对性能产生影响，其ingress以及egress设计需考虑数据搬移以及存取效率；
- 对于流量的特殊设置，还需考虑在保证QOS下接口的性能需求。

三、自研性能分析工具简单介绍

自研的芯片性能分析验证工具ePerf，可实现自动进行性能数据采集、并且自动分析和图形化显示结果。

➤ ePerf基本组件介绍：

- ePerf基本组件分为probe，monitor，analyzer和report。
- probe主要设置需要做性能分析module，提取基本sample信号并保存特定格式；
 - monitor组件进行实时数据监测以及对各个probe进行控制；
 - analyzer通过性能算法计算性能；
 - report输出性能报告；
 - 组件可通过verilog hdl或者system verilog编写，其中analyzer与report通过脚本和数学处理tool实现。

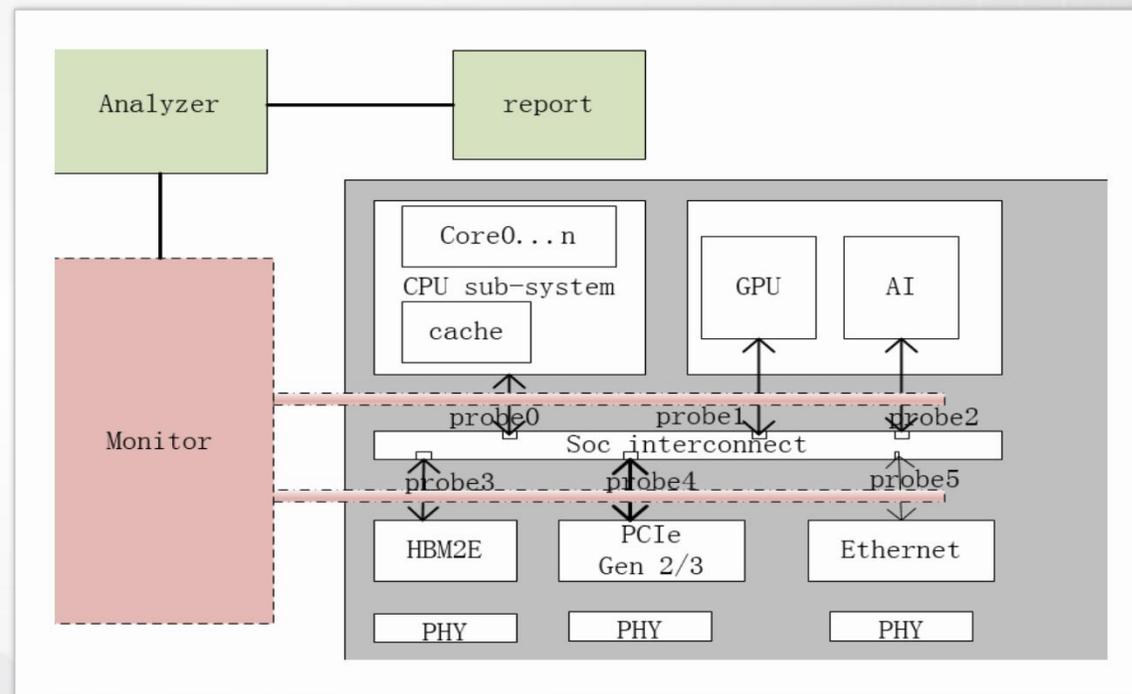


图2 ePerf flow of verification

四、ePerf具体设计及实现

➤ Probe实现:

- 首先根据性能需求对设计中的关键路径定义probe;
- 然后做性能分析的设计接口信息并实现针对不同协议报文的性能监测;
- 关于高速模块的控制通路probe设计必须考虑接口时序关系,在时序符合标准条件下对cmd,data等信息进行监测并保存信息。
- 最后将提取的数据保存为文件,此文件后续作为性能分析的输入。

- ✓ Monitor是各个probe的聚合组件,图3是大规模数通芯片中存储子系统性能原始数据片段

	Sop	Eop	Pri	Pol	Data	Mode
	---	---	---	---	----	----
Time : [177072480]	[12c->ezn]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177074144]	[REQ] 1	1	3	0	34c0000018a2830e1000076f00000000	[PUSH]
Time : [177075808]	[12c->ezn]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177077472]	[REQ] 1	1	5	0	34c1200fc105840d7000077000000000	[PUSH]
Time : [177079136]	[12c->ezn]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177079968]	[REQ] 1	1	1	0	34c120005e2673037000077100000000	[PUSH]
Time : [177081632]	[12c->ezn]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177083296]	[REQ] 1	1	3	0	34c0000f96c9b3021000077200000000	[PUSH]
Time : [177084960]	[RSQ] 1	1	7	0	5f0020002000076d000005007f13f00b	[PUSH]
Time : [177084960]	[12c->ezn]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177086624]	[ezn->l2c]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177091616]	[RSQ] 1	0	0	0	5fc000100000074000000c0f867a9208	[PUSH]
Time : [177092448]	[RSQ] 0	0	0	0	12341234123412341234123412341234	[PUSH]
Time : [177093280]	[RSQ] 0	1	0	0	12341234123412341234123412341234	[PUSH]
Time : [177093280]	[ezn->l2c]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177094112]	[ezn->l2c]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177094944]	[ezn->l2c]	-	-	-	-----	[CACK]
Time : [177144864]	[RSQ] 1	0	0	0	5fc00010000006d900000c0f8d5d6708	[PUSH]

图3 性能原始数据片段

四、ePerf具体设计及实现

- 多个probe与monitor的结构关系如下图所示：

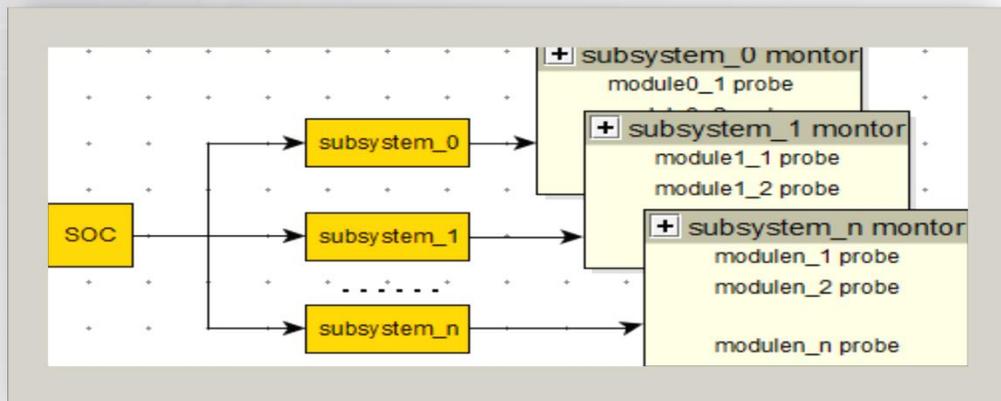


图4 性能原始数据片段

- ✓ 在probe，以及monitor的管理上，建议每个不同的probe对应一个实现文件，一个设计子系统实现一个monitor，每个monitor可根据不同验证需求打开以及关闭

- Probe，monitor集成

完成了各个设计模块的probe以及monitor后，用户可通过binding连接到相应的设计模块中；

- ✓ 大规模数通芯片在SOC仿真可能会使用不同的配置，不同配置下都需要对性能进行验证；
- ✓ 添加编译选项或条件到仿真中是解决不同配置高效性能测试的一个好方法。

四、ePerf具体设计以及实现

➤ 性能数据的分析以及可视化

- 性能数据的分析我们采用后处理方式，ePerf借助脚本与开源数学软件octave进行数据处理与性能分析；
- 选择Perl作为语言作为数据处理的脚本语言，主要使用脚本解析保存的性能监测原始数据文件从而计算得到对特定报文的性能信息，如报文的类型、大小、处理时间，报文延迟，throughput等信息，最后输出为性能报告。
- 下面是计算中使用的一些相关公式：

■ 系统带宽与性能计算公式：

$$Bandwidth = BuswidthData * Busfreq/8 \text{ Byte/s}$$

$$Throughput(\text{Gb/s}) = \text{packet_size} * 8 / \text{packet_processing_time}$$

■ 延迟计算方式

$$Latency = \text{the packet response time} - \text{the packet req time};$$

五、示例展示

✓ 性能测试分析结果示例：

使用ePerf工具对数通芯片中存储子系统某模块的性能测试分析结果，通过ePerf的处理结果如图5,报告针对不同的场景分别统计出延迟以及throughput，并对比设计的目标利用率。

scenario	Packet Size(Byte)	Count	Throughput(Gb/s)	Actual utilization	Target utilization	Min latency(ns)	Max Latency(ns)	Avg Latency(ns)
0	32	12000	29.33	43.0%	40%	180.54	2354.56	1127.44
1	128	12000	59.08	86.6%	80%	347.78	1120.70	817.02
2	128	12000	60.62	88.8%	80%	59.90	6422.21	942.35
3	32/128(mix)	12000	44.08	64.6%	70%	63.23	7319.94	1828.64

图5性能测试分析结果

五、示例展示

- ✓ 性能数据的可视化选择：
 - 性能数据的可视化有利于监测设计的整体性能分布以及走势；
 - 较好的数据可视化数学软件有 Matlab 以及开源 Octave；
 - Matlab 对算法的仿真以及图表处理功能强大，但是本身的功能块繁多，对于性能可视化的使用有些大材小用，同时出于成本的考量我们选择了开源的 Octave 软件。

- ✓ 性能测试分析结果示例：

数通芯片性能测试中对 L2C 通道的性能分析可视化图，从图中可以清晰分析性能的状态以及走势，为系统设计与性能优化提供数据参考。

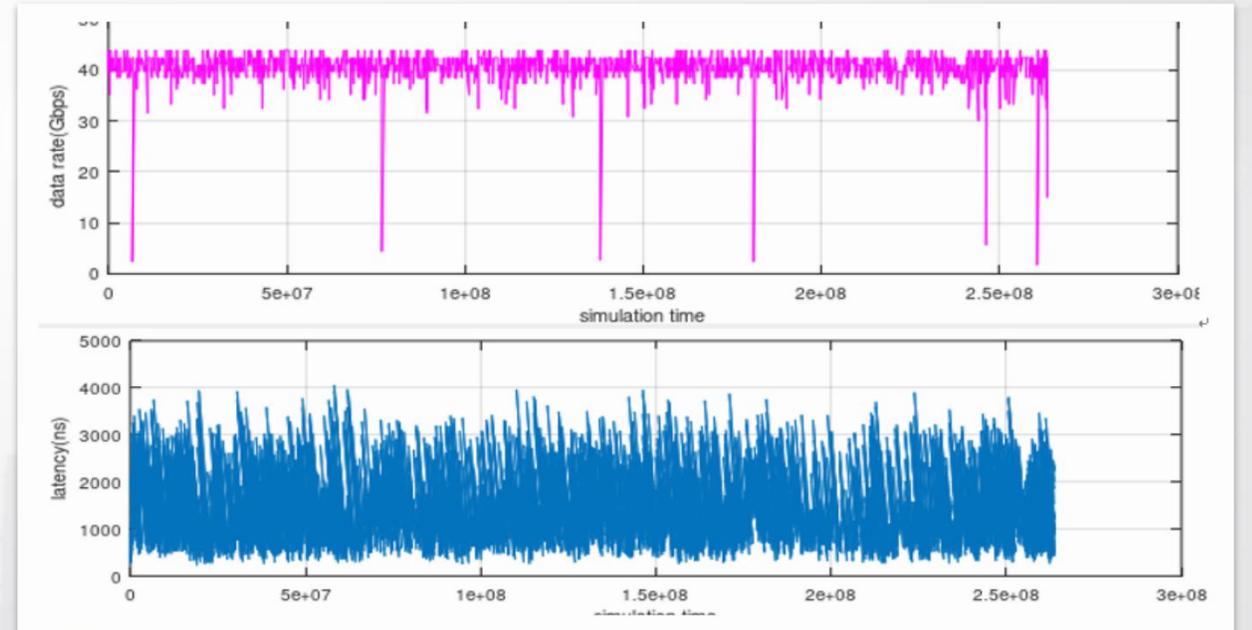


图6 data rate与latency图

六、ePerf总结以及展望



本PPT主要描述了数通芯片性能分析工具流程以及具体实现，具有集成度高，架构统一，维护升级高效等优点。此工具已经应用于项目，在数通芯片的高速存储子系统性能验证以及优化中发挥了很大作用。ePerf性能分析工具兼容不同的仿真环境，集成方便不依赖于特定的VIP，在主流EDA厂商仿真工具均能使用。后续我们将扩展ePerf功能，支持对加速器模块，性能算法模块以及HBM2E高速模块等的应用，为数通芯片高性能设计提供验证支持。

谢谢!