

# NVMe A4S Host Controller IP

## 1 介绍

NVMe A4S Host Controller IP 可以连接高速存储 PCIe SSD，无需 CPU 和外部存储器，自动加速处理所有的 NVMe 协议命令，具备独立的数据写入 AXI4-Stream/FIFO 接口和数据读取 AXI4-Stream/FIFO 接口，适合于高性能、顺序访问的应用，比如视频记录、信号记录。

无需 CPU，NVMe A4S Host Controller IP 自动执行对 PCIe SSD 的 PCIe 设备枚举和配置、NVMe 控制器识别和初始化、NVMe 队列设置和初始化，实现必须以及可选的 NVMe Admin Command Set 和 NVM Command Set，实现对 PCIe SSD 的复位/断电/SMART/Error Information/Device Self-test 管理、IO（Page）读写、DMA 读写和数据擦除功能，提供用户一个简单高效的接口实现高性能存储解决方案。

NVMe A4S Host Controller IP DMA 读写的顺序传输长度是在生成 RTL 时配置的，最小是 4K-Byte，最大是 512K-Byte。顺序传输长度配置为 4K-Byte，NVMe Host Controller IP 所消耗的 BRAM 最少，但是可以达到 CrystalDiskMark 测试软件 RND4K Q32T16 测试模式下的读写性能。顺序传输长度配置为 128K-Byte，NVMe Host Controller IP 所消耗的 BRAM 比较多，可以达到 CrystalDiskMark 测试软件 SEQ128K Q32T1 测试模式下的读写性能。

针对多路数据通道访问 PCIe SSD，使用 NVMe 的多队列特性，NVMe Host Controller IP 支持灵活配置 DMA 读写的通道个数，按照 NVMe 队列优先级仲裁（循环仲裁或加权循环仲裁）机制，实现多个 DMA 通道对同一块 PCIe SSD 的高效访问，从而达到多路数据通道访问的并行需求和 QoS 要求。

### 1.1 特性

- 支持 Ultrascale+, Ultrascale, 7 Series FPGA
- 支持 PCIe Gen4, PCIe Gen3, PCIe Gen2 SSD
- 无需 CPU 和外部存储器
- 自动实现对 PCIe SSD 的 PCIe 设备枚举、NVMe 控制器识别和 NVMe 队列设置

- 支持对 PCIe SSD 的 NVM Subsystem Reset、Controller Reset 和 Shutdown
- 支持 NVMe Admin Command Set: Identify、SMART、Error Information、Device Self-test、Create/Delete IO Submission/Completion Queue、Set Features – Volatile Write Cache/Arbitration
- 支持 NVMe NVM Command Set: Write、Read、Flush、Dataset Management
- 提供 1 个 Admin 命令接口,实现对 PCIe SSD 的复位/断电/SMART/Error Information/Device Self-test 管理功能
- 提供 1 个 IO 命令接口,实现对 PCIe SSD 的 IO (Page) 读写、Cache Flush 和逻辑数据块擦除功能;提供 1 个 IO-AXI4-MM 接口读写 IO (page) 数据
- 提供 1 个 DMA 命令接口,实现对 PCIe SSD 的 DMA 读写功能
  - 提供 1 个 DMA-AXI4-Stream-In/Out 或 DMA-FIFO-In/Out 接口实现 DMA 数据的输入和输出
- 支持 SGDMA
- DMA 读写的顺序传输长度可以配置,4K-Byte~512K-Byte;不同的顺序传输长度对应不同的 DMA 读写性能,同时也消耗不一样的 BRAM 资源
- 针对多通道 DMA 需求,可以配置 4 个 DMA 命令接口,4 个 DMA-AXI4-Stream-In/Out 或 DMA-FIFO-In/Out 接口
- NVMe 队列的个数(配置 DMA 通道的个数)和深度可配置,平衡对 PCIe SSD 的 DMA 性能和消耗的逻辑资源
- 支持循环仲裁(Round Robin Arbitration)和加权循环仲裁(Weighted Round Robin Arbitration)
- 支持 NVMe Admin 和 IO 命令的超时和错误处理恢复机制,提供详尽以及扩展的访问错误状态输出
- 支持的 NVMe 设备:
  - Base Class Code: 01h (mass storage), Sub Class Code: 08h (Non-volatile), Programming Interface: 02h (NVMHCI)
  - MPSMIN (Memory Page Size Minimum): 0 (4K-byte)
  - MDTS (Maximum Data Transfer Size): 大于等于顺序传输长度或 0

(无限制)

- LBA Unit: 512-byte, 1024-byte, 2048-byte 或 4096-byte
- 一个 NVMe A4S Host Controller IP 直接连接到 PCIe SSD
- 易于集成的同步、可综合 Verilog 设计
- 通过完全验证的 NVMe A4S Host Controller IP

## 2 概述

NVMe A4S Host Controller IP 作为一个对 PCIe SSD 的高性能存储控制器，不但提供对 PCIe SSD 的配置管理功能，而且提供对 PCIe SSD 的 IO (Page) 读写以及 DMA 读写功能。

NVMe A4S Host Controller IP 具备 PCIe SSD Management，实现对 PCIe SSD 的复位/断电/SMART/Error Information/Device Self-test 管理功能。

NVMe A4S Host Controller IP 具备 ASQ/ACQ 引擎，实现 NVMe Admin Command Set: Identify、SMART、Error Information、Device Self-test、Create/Delete IO Submission/Completion Queue、Set Features – Volatile Write Cache/Arbitration。

NVMe A4S Host Controller IP 具备 IO(Page) Wr/Rd 引擎和 SQ1/CQ1 引擎，实现对 PCIe SSD 的 IO (Page) 读写、Cache Flush 和逻辑数据块擦除功能。

NVMe A4S Host Controller IP 具备 DMA Wr/Rd 引擎和 SQn/CQn 引擎，实现对 PCIe SSD 的 DMA 读写功能。

上电后，NVMe A4S Host Controller IP 内置的 PCIe Device Enumerate & Configuration 自动实现对 PCIe SSD 的 PCIe 设备枚举和配置；然后内置的 NVMe Controller Identify & Initialization 自动实现对 PCIe SSD 的 NVMe 控制器识别和初始化；最后内置的 Queue Setup & Initialization 自动实现对 PCIe SSD 的 NVMe 队列设置和初始化。至此，NVMe A4S Host Controller IP 完成对 PCIe SSD 的所有配置和初始化工作，可以开始提供对 PCIe SSD 的读写、擦除、复位、断电、SMART、Device Self-test 操作。

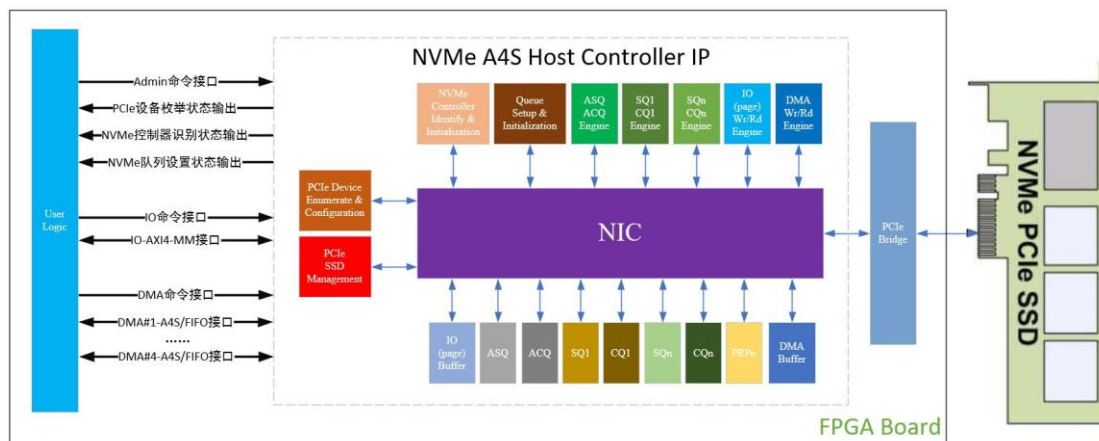


图 2 NVMe A4S Host Controller IP 结构框图

## 3 产品规格

### 3.1 性能

PCIe 配置参数: Max Payload Size=256-byte, Max Read Request Size=512-byte

1. PCIe Gen3 SSD (三星 990 Pro 4TB), Seq=128KB, 1 个 DMA 通道:
  - a) DMA 写入速度 3380MB/s
  - b) DMA 读取速度 3550MB/s
2. PCIe Gen3 SSD (三星 970EVO Plus 1TB), Seq=128KB, 1 个 DMA 通道:
  - a) DMA 写入速度 3050MB/s
  - b) DMA 读取速度 3350MB/s
3. PCIe Gen3 SSD (Intel D5-P5530 3.84TB), Seq=128KB, 1 个 DMA 通道:
  - a) DMA 写入速度 3280MB/s
  - b) DMA 读取速度 2700MB/s
4. PCIe Gen3 SSD (三星 970EVO Plus 1TB), Seq=4KB, 1 个 DMA 通道:
  - a) DMA 写入速度 2700MB/s
  - b) DMA 读取速度 2000MB/s

### 3.2 资源

#### 1. KU040

表 3.1 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 1-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
--	------	-----	-------	------

总资源	16896	23763	87	1
NVMe Host Controller	11437	15813	70	0
PCIe Bridge	5462	7950	17	1

表 3.2 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 2-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
总资源	22308	30798	155	1
NVMe Host Controller	16838	22831	138	0
PCIe Bridge	5470	7958	17	1

表 3.3 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 4-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
总资源	41308	44798	283	1
NVMe Host Controller	36297	36884	266	0
PCIe Bridge	5470	7958	17	1

表 3.4 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=8, 1-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
总资源	16184	22046	31	1
NVMe Host Controller	10719	14096	14	0
PCIe Bridge	5470	7948	17	1

表 3.5 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=8, 2-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
总资源	20908	27361	43	1
NVMe Host Controller	15438	19402	26	0
PCIe Bridge	5470	7959	17	1

表 3.6 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=8, 4-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	PCIe
总资源	38686	38812	67	1
NVMe Host Controller	33188	30833	50	0
PCIe Bridge	5503	7979	17	1

## 2. ZU7EV

表 3.7 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 1-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	22621	32978	40	8	1
NVMe Host Controller	11311	15896	6	8	0
PCIe Bridge	11310	17082	34	0	1

表 3.8 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 2-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	27889	40021	44	16	1
NVMe Host Controller	16592	22932	10	16	0
PCIe Bridge	11310	17089	34	0	1

表 3.9 PCIe Gen3 SSD, Seq=128K, Queue Depth=4, 4-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	47610	53994	52	32	1
NVMe Host Controller	36297	36884	18	32	0
PCIe Bridge	11314	17110	34	0	1

表 3.10 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=16, 1-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	22656	32339	40	2	1
NVMe Host Controller	11358	15259	6	2	0
PCIe Bridge	11298	17080	34	0	1

表 3.11 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=16, 2-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	28016	38747	44	4	1
NVMe Host Controller	16714	21661	10	4	0
PCIe Bridge	11306	17086	34	0	1

表 3.12 PCIe Gen3 SSD, Seq=4K, Queue Depth=16, 4-DMA

	LUTs	FFs	BRAMs	URAM	PCIe
总资源	47138	51456	52	8	1
NVMe Host Controller	35828	34345	18	4	0
PCIe Bridge	11319	17111	34	0	1

## 4 交付清单

可交付资料:

1. 详细的用户手册
2. 设计文件: 源代码或网表
3. 时序约束
4. 测试或 Demo 工程
5. 技术支持: 邮件, 电话, 现场, 培训服务
6. Email: neteasy163z@163.com