

本白皮书介绍最新 FPGA 技术怎样通过可编程状态机，使用企业级闪存来支持动态 RAID 体系结构。可编程逻辑器件 (PLD) 的优势在于设计灵活性、模块化 IP 集成、硬核存储器控制器以及高速串行接口等，为闪存阵列体系结构设计提供了高效的技术选择。可编程状态机能够很好的满足存储子系统的性能要求。对于创新的存储应用公司，从原型开发到大批量投产，使用可编程技术能够成功的实现新出现的高标准存储器阵列体系结构。

引言

数据中心管理人员在选择合适的存储解决方案时，面对越来越高的存储资源、每秒输入输出操作 (IOPS) 等性能指标要求，必须综合考虑数据完整性管理、系统更新能力以及适用性。

数据应用通常采用性能最好、性价比最高的非易失存储介质，因此，NAND 闪存技术在企业级存储行业得到了广泛应用。为提高数据高速缓存的性能，应用规划人员采用了整体分析方法，在闪存阵列中存储应用数据，以共享存储器，从而改进了传统的旋转介质。这一新方法要求存储器阵列体系结构能够具有：

- 不同类型的存储器
- 高速数据路由需要的子系统 I/O 接口
- RAID，支持企业数据中心所要求的数据完整性。

PLD 是这些存储器阵列子系统的核心组成。可编程技术不但具有内在的设计灵活性，而且将嵌入式处理器、硬核存储器控制器以及高速串行 I/O 模块进行了模块化集成，因此，在设计实现性能最好的存储器阵列子系统时，该技术是最高效的选择。在专业应用领域使用这些 PLD 来处理数据，检查数据完整性，并进行传送。而且，可以采用新功能更新系统，同时保留应用数据的完整性。

闪存阵列

闪存阵列是第三代闪存存储技术。人们开发了固态驱动器 (SSD)，插入到现有的硬盘驱动器 (HDD) 系统和服务器中。将闪存 PCI Express® (PCIe®) 卡插入到服务器中，以提高性能，但是不具备常用的 RAID 保护功能。闪存阵列技术结合了 PCIe 闪存的性能以及传统存储系统的更新能力和可靠性。

通过使用存储器阵列，企业能够大幅度减小存储体积、CPU 的数量以及软件许可数量，从而降低了数据中心运行所需的总功耗、空间和成本。闪存阵列技术可支持实现应用加速，同时巩固了基础设施。



101 Innovation Drive
San Jose, CA 95134
www.altera.com

版权 © 2011 Altera 公司。保留所有权利。ALTERA、ARRIA、CYCLONE、HARDCOPY、MAX、MEGACORE、NIOS、QUARTUS 以及 STRATIX 均在美国专利和商标事务所进行了注册，是 Altera 公司在美国和其他国家的商标。所有其他商标或者服务标记的所有权属于其各自持有人，www.altera.com/common/legal.html 对此进行了解释。Altera 保证当前规范下的半导体产品性能与 Altera 标准质保一致，但是保留对产品和服务在没有事先通知时的升级变更权利。除非与 Altera 公司的书面条款完全一致，否则 Altera 不承担由此处所述信息、产品或者服务导致的责任。Altera 建议客户在决定购买产品或者服务，以及确信任何公开信息之前，阅读 Altera 最新版的器件规范说明。

ISO
9001:2008
Registered



案例研究：Violin 存储器公司体系结构创新

Violin 存储器公司成立于 2005 年，规划开发存储器阵列，以高性价比满足下一代全天候数据中心的性能、可靠性和成本目标要求。企业数据中心的主要特性包括：

- 性能——HDD 延时较大，具有较低的 IOPS。企业希望闪存能够大幅度提高性能，延时达到亚毫秒，具有很高的（每子架大于 200K）IOPS，从而符合处理器的要求。
- 成本——传统上，广泛采用固态存储器解决方案很难降低成本。企业希望所采用的系统能够显著降低成本。这需要同时降低单位 GB 的成本以及单位 I/O 的成本。
- 可靠性——企业数据非常重要，不能丢失。RAID 保护是必须的，但是闪存镜像非常昂贵。系统全天候运转也非常重要。

Violin 存储器公司决定重新规划存储阵列概念，特别是存储器，重点是基于其低成本/GB 的 NAND 闪存及其后续产品，以满足以上要求。所开发的体系结构具有两个主要标准：

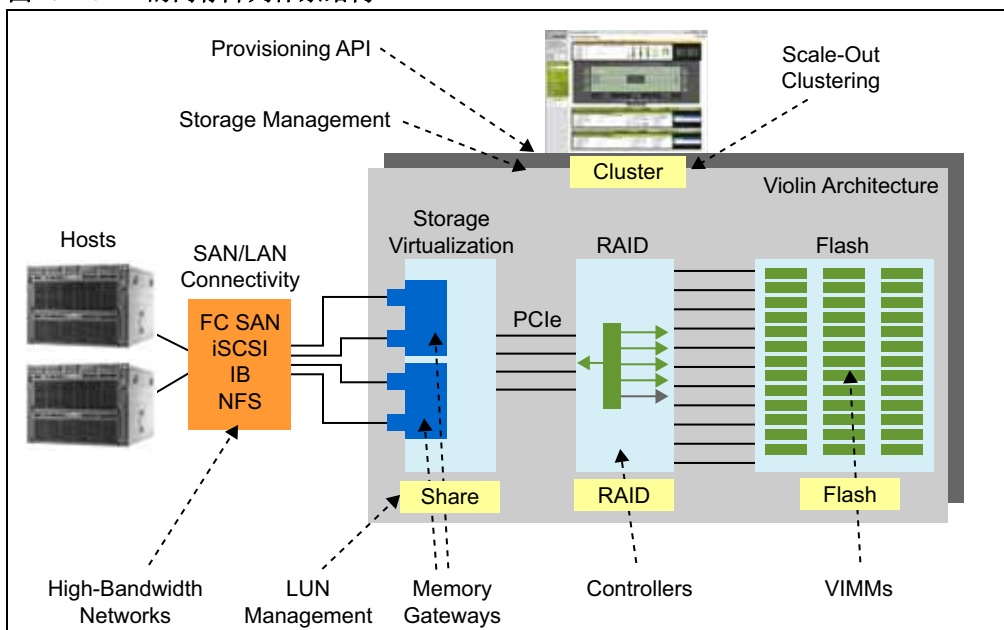
- 闪存控制——NAND 闪存在读、写以及擦除操作等方面都是复杂的技术，比特、模块、平面和芯片级上都有可能出现很多错误。Violin 闪存控制器实现了复杂的闪存转换层 (FTL)，包括记录结构数据布局，具有很多闪存管理功能，需要“垃圾收集”功能来释放闪存空间，以便进行后续的写操作。
- 闪存 RAID——HDD 传统的 RAID 算法 (RAID-1、RAID-5) 不能很好的适应闪存特有的特性，同一器件进行模块读操作时，需要 1 到 10 ms 才能完成擦除操作。Violin RAID 控制器实现了一个 4+1 校验模型，效率比传统算法高出很多，而且也降低了延时。它能够处理芯片和模块失效问题，不需要替换模块。

闪存阵列的体系结构实例

Violin RAID 控制器采用了 Altera 的 FPGA 技术来实现闪存控制 (vFLASH) 和 vRAID 功能 (图 1)，原因如下：

- 在状态机而不是在软件中实现关键算法，因此，延时要明显低于微处理器 / 软件技术。
- 闪存技术发展迅速，具有所需的功能，因此，比 ASIC 技术灵活得多。
- 企业进入市场并随着市场的快速发展而发展时，这是投入较小的方法。
- 通过 Altera® HardCopy® ASIC 系统开发方法以及其他计算模型等方法，直接转换到引脚兼容的硬核器件。

图 1. Violin 的闪存阵列体系结构



Altera 提供的可编程技术不但能够支持实现主要的业务目标，而且还能够满足包括存储器和 PCIe 卡高速接口在内的关键技术要求。

存储器阵列应用实例

使用了可编程技术的存储器阵列获得了很大的市场份额，呈指数增长趋势。最早的应用包括 Web 2.0、军事和智能领域，实时处理大量的数据是这些领域最普通的要求。最近，金融和财富 500 市场也采用了这一技术。该技术的专业应用包括交易处理、数据仓库以及虚拟存储等。

交易处理

电子支付以及移动商业技术的应用越来越广泛，大批量交易处理市场也在不断发展。使用存储器阵列，Violin 公司开发了一个服务器每秒处理 50,000 次交易的系统，而成本和体积远远低于传统这类系统。

数据仓库

业务收集到的数据量增长非常迅速，而实时和特殊请求需求也在增长。使用旋转介质的传统体系结构无法满足这类要求。具有较小随机访问时间以及较高 IOPS 的存储器阵列在系统性能上提高了 10 倍以上，而成本增加的很少。

虚拟存储

虚拟服务器和桌面技术一直是过去几年的主要发展方向，随着公共和私有云计算需求的增长，该技术发展势头丝毫未减。提高 CPU 和存储器利用率能够有效降低投入和运营开支，对于大部分企业来讲这是很大的优势。虚拟技术提高了每个 CPU 的 I/O 数量，增强了 I/O 的随机能力，增加了虚拟机备用和恢复功能，因此对存储应用产生了较大的影响。总体上，这需要更多的 IOPS 进行存储，要求进一步降低延时，使 CPU 一直保持在工作状态。实际证明存储器阵列是增强存储体系结构很好的方法，与传统存储介质相比，功耗和面积降低了 80%，而 IOPS 提高了 5 倍。

FPGA 技术进步

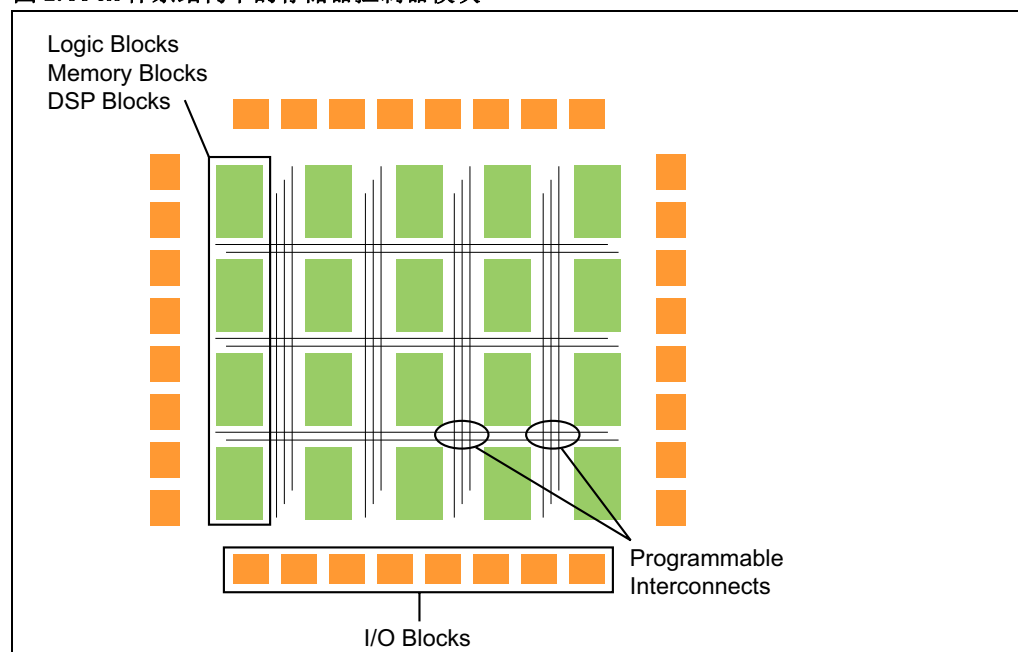
最近，FPGA 技术在闪存阵列方面取得的进展主要体现在存储器控制以及高速 I/O 接口上。

存储器控制

PLD 技术进步满足了高速缓存体系结构在闪存接口支持和控制上越来越高的需求。内核架构时钟速率以及 I/O 接口性能进一步提高，支持最新的闪存 (ONFI 3.0 和 Toggle Mode 2.0)。

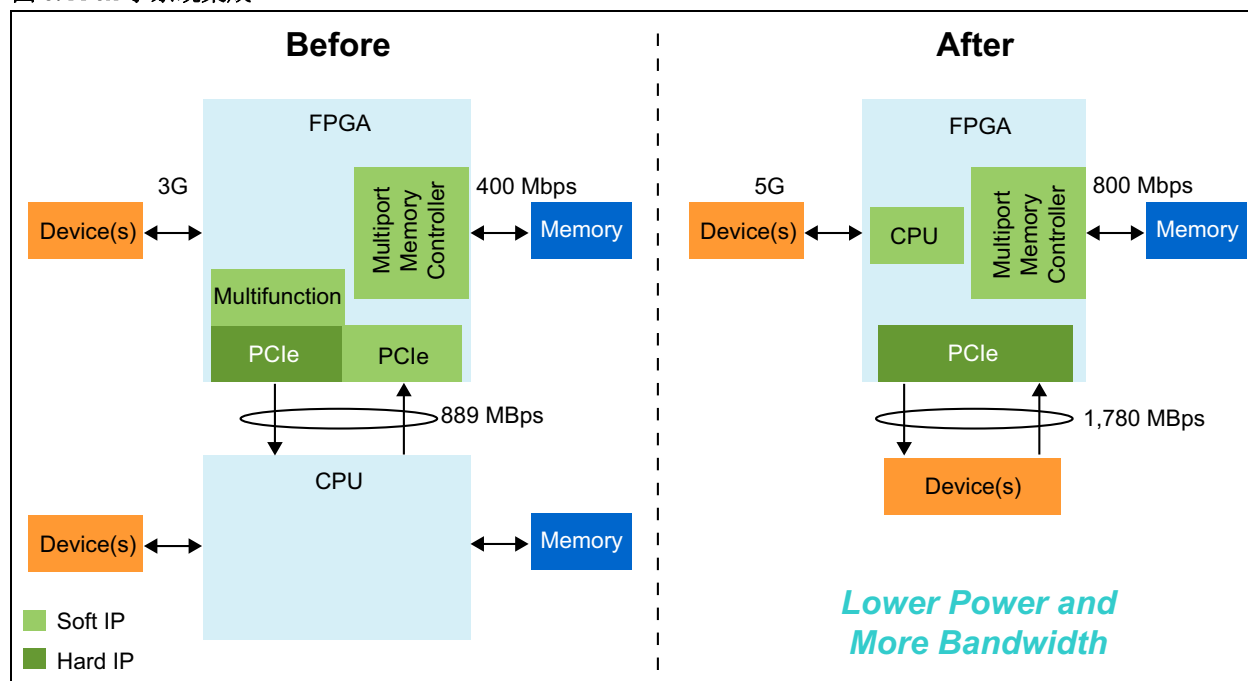
硬核存储器控制器模块 (图 2) 比传统的软核 IP 有更大的性能优势。特别是，硬核 IP 提供其他软核逻辑无法实现的资源，支持更高效的设计，例如前面所阐述的闪存高速缓存的可编程状态机等。

图 2. FPGA 体系结构中的存储器控制器模块



FPGA 技术的进步实现了分布式模块功能的集成，例如，存储器控制器、嵌入式处理器以及高速串行接口等。图 3 显示了 FPGA 怎样通过更大的带宽、更低的功耗以及更小的电路板面积来实现更高效的解决方案。

图 3. FPGA 子系统集成

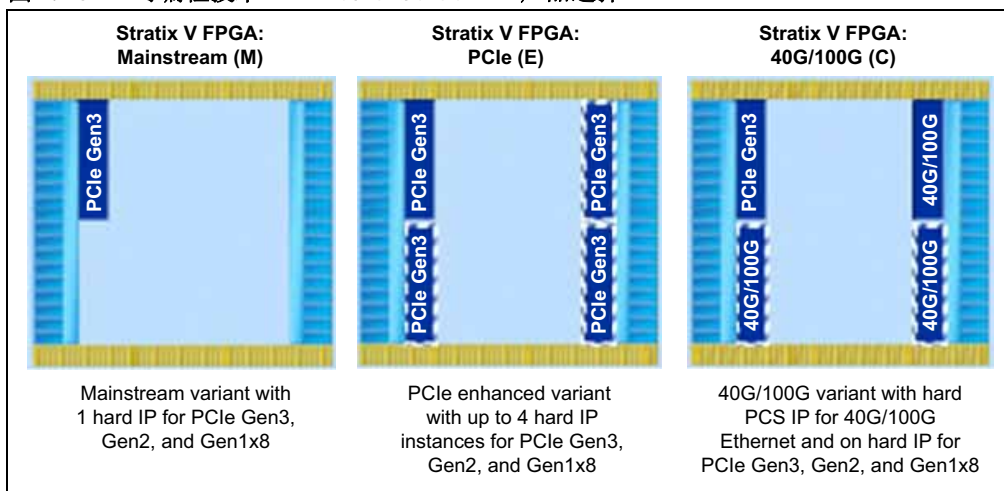


高速 I/O 接口

PLD 继续采用了最先进的半导体工艺节点技术，目前的一代 FPGA 处于 2X 纳米节点。PLD 中的高速接口用于在高速数据流集线器上传送数据，28-nm PLD 已经实现了高达 28 Gbps 的传输速率。随着高级工艺技术节点的发展，硬核收发器模块能够支持第三代 PCIe、SAS/SATA 和光纤通道技术等高速串行协议对电信号和物理层的性能要求。硬核收发器模块提供稳定可靠的配置，以最小的信号抖动实现最佳传输和接收性能。硬核收发器模块比软核逻辑提供更多的可编程资源。

PLD 封装技术的进步还提高了高速 I/O 端口的数量，以及通用 I/O 引脚的数量。这些工艺节点的发展支持高速 I/O 接口以及快速存储器控制功能。图 4 显示了这一工艺技术实现的 Altera Stratix® V FPGA。

图 4. 28-nm 可编程技术——Altera Stratix V 产品选择



结论

PLD 的相关优点——设计灵活性、模块化 IP 集成、硬核存储器控制器以及高速串行接口等，为闪存阵列体系结构设计提供了高效的技术选择。可编程状态机满足了存储子系统对高性能的要求。

从硬盘技术发展 to 闪存技术等主要方法都需要改造传统的存储体系结构，以高性价比方式实现创新，随着需求的发展而不断增强功能。集成了闪存专用 RAID 和闪存控制器的存储器阵列是满足这些新兴市场需求很好的例子。

当主要在软件功能上进行创新时，微处理器能够提供所需的平台。需要实时低延时和宽带解决方案时，自然会需要更专用的半导体技术。PLD 在接口和内核逻辑上不断取得技术进步，从而满足了这些需求，是投入很小的解决方案。

对于 Violin 存储器公司等创新存储公司，从原型开发到大批量投产，使用 Altera FPGA 可编程技术能够成功的实现新出现的高标准存储器阵列体系结构。

详细信息

- 计算机和存储：
www.altera.com/end-markets/computer-storage/cmp-index.html
- 白皮书：基于 FPGA 的无电池 RAID 高速缓存解决方案
www.altera.com/literature/wp/wp-01141-raid-cache.pdf
- Violin 存储器公司：
www.violin-memory.com

致谢

- David McIntyre, 业务部高级经理, Altera 公司。
- Morgan Littlewood, 产品管理副总裁, Violin 存储器公司。

文档修订历史

表 1 列出了本文档的修订历史。

表 1. 文档修订历史

日期	版本	进行的修改
2011 年 8 月	1.0	初次发布。