



具備 PCIe® NVMe™接口的 SD Express 存储卡

白皮书 - 2018 年 6 月

出版条件

発行元および著作権保有者

出版社和版权所有人：

SD 卡协会

2400 Camino Ramon, Suite 375

San Ramon, CA 94583 USA

电话：+1 (925) 275-6615

传真：+1 (925) 886-4870

电子邮件：help@sdcard.org

免责声明

本白皮书所含信息按原样提供，不提供任何类型的声明或保证。对于因使用本文任何信息而导致的任何损害或侵犯 SD 协会或任何第三方的专利权或其他权利的行为，SD 协会概不负责。未以暗示、禁止反言或其他方式授予 SD 协会或任何第三方的任何专利或其他权利许可。本文内容不得视为 SD 协会有义务向任何第三方披露或分发任何技术信息、专有技术或其他机密信息。

商标公告：

SD 是 SD-3C LLC 公司在美国或其他国家的商标或注册商标。

SD、SDHC、miniSDHC、microSDHC、SDXC、microSDXC、SDUC 和 microSDUC 徽标均为 SD-3C LLC 公司的商标。

PCI Express® 是 PCI-SIG® 的注册商标。

NVM Express™ 和 NVMe™ 是 NVM Express, Inc. 的商标。

执行摘要

2018 年 6 月，SDA 发布了 SD7.0，推出了两大主要新功能：

SD Express：在传统 SD 接口的基础上，在 SD 存储卡中引入以高带宽和低延迟存储著称的 PCIe® NVMe™ 接口

SD Ultra Capacity (SDUC)：将 SD 存储卡的最大容量由 2TB 扩展至 128TB

鉴于新一代高性能移动计算的要求，实施 PCIe 技术和更先进的 NVMe 协议将使 SD 卡能比目前的 SD 平台更快地读取文件数据，速度将高达 985 MB/s，从而可支持由强大系统架构生成的内容应用程序和数据。此新协议使 SD Express 存储卡可用作移动固态硬盘 (SSD)。

这种速度对高分辨率内容应用程序不可或缺，例如：超慢动作视频、RAW 连拍模式摄影、8K 视频捕捉和回放、360 度全景视频、存储卡和移动计算设备上运行的对速度有较高要求的应用程序、不断发展的游戏系统、多路物联网设备和不计其数的汽车存储需求等等。

除大量性能改进外，SD Express 存储卡还沿袭了 SD 卡长期以来的优势，即向后兼容性和互操作性。SD Express 存储卡在现有 SD (UHS-I) 接口的基础上新增 PCIe 接口，从而可在支持 SD Express 的新型主机及目前市场中数十亿现有 SD 主机产品间实现互操作

对容量、 性能和现代协议的无尽需求

在 SD 7.0 规范中，SDA 扩展了传统 SD 存储卡的容量限制，以满足用户与日增长的需求。新 SDUC 突破了 SDXC 的 2TB 最大容量限制，使 SD 卡能存储高达 128TB 的数据，不论何种物理规格（微尺寸或全尺寸）或接口类型（包括 UHS-I、UHS-II、UHS-III 和 SD Express）。然而，带 PCIe NVMe 接口的 SD Express 卡是 SD7.0 规范的革新之处。

据一些主要市场资料显示，市场提高了对移动存储卡的要求，要求其具备更快的速度和优化的协议和接口：

应用程序需要容量

- 随着应用程序的发展，大容量内存需求持续增长，如存储在 SD 卡上用于脱机使用的高分辨率视频、3D 影像游戏、社交媒体、无人机、运动型摄像机、360 度全景摄像机、虚拟实境和媒体流视频内容等。
- 容量更大的存储卡需要更快的速度性能。

不断发展的计算基础设施

- 支持无线（包括 Wi-Fi/Wi-Gig）或有线（如 USB 3.X）连接的输入/输出 (IO) 通信接口的性能不断提升。
- 应用程序处理技术（包括多核、高速、RAM 扩增等）快速发展。
- 内嵌式存储器正过渡到更加先进的协议，包括 UFS 和 PCIe NVMe 协议，这开启全新机遇。
- 这些不断演变的技术趋势推高了对移动存储接口的随机及连续性能要求。

客户端计算、影像和汽车

- 客户端计算正快速从 SATA 切换至第三代 PCIe、多通道和第四代协议。
- 各类与存储相关的新兴市场都要求高速存储接口和多通道运行。此类市场包括自动驾驶汽车和联网汽车，这些设备配有多个传感器用于采集和处理数据，为物联网设备捕捉多通道视频。
- 影像市场已朝着 UHS-II 和 III 或 PCIe 发展。

这些不断演变的技术趋势表明，市场需要高性能连续随机存取存储卡，而 SD Express 正符合此项要求。

主要操作系统现支持直接从 SD 存储卡中启动应用程序。SD 存储卡现可用作 Google Android 设备的内嵌式内存或用于存储视频/音频内容并存储和运行应用程序的扩展系统存储器。从存储卡中运行 Android 应用程序需要更高的随机性能和连续性能。

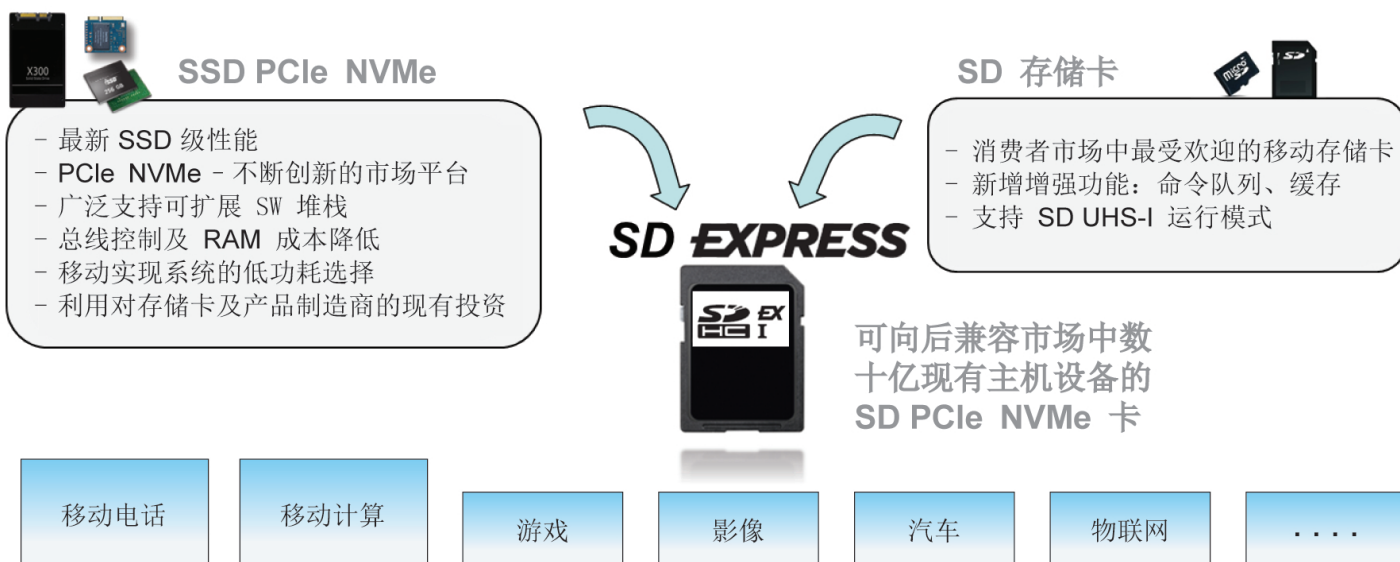
在 2016 及 2017 年，SDA 引入了应用程序性能分类 A1 和 A2，确保在特定条件下，SD 存储卡的随机性能保持在特定水平。尽管现有 SD 接口的连续和随机性能足以满足存储卡目前的使用需求，但是新应用程序将无疑会有更高的性能要求，SD Express 新增性能更高的 PCIe NVMe 接口，可满足此高性能要求。

带 PCIe NVMe 接口的 SD Express 存储卡将惠及大

SD Express 带有一个 UHS-I 接口和一个 PCIe NVMe 接口。在 SD 中使用第三代 PCIe NVMe 版本 1.3 协议已有详细说明，例如：初始化过程、引脚配置等，但总体思路是使用由 PCI SIG NVMe 论坛定义的现有著名协议。SDA 借助市场中已有的成功协议，通过利用现有测试设备和节约开发成本，让行业更具优势。若公司使用现有的构建模块和设计，即表示其能节省成本并提高账本底线。

SD Express 支持主要操作系统，随着支持 PCIe NVMe 的驱动日益普及，未来容易被市场采纳。

图 1 展示了将 PCIe NVMe 与 SD 结合给 SD Express 带来的优势：



理解 SD Express

SD Express指：

- SD7.0 首次引入了受 SD 信任的同一全尺寸物理规格
- 全尺寸 SD Express 卡采用与现有 SD UHS-II 相同的引脚和连接器。见图 2。
- 采用新型 PCIe NVMe 接口。单通道第三代 PCIe 的差分接口使用与第二行引脚内的 SD UHS-II 差分接口垫片相同的垫片。然后，通过第一排引脚，将 PCIe REFCLK 与边带信号 CLKREQ# 及 PERRST# 一同分享给现有 SD UHS-I。
- 第一排也是 SD UHS-I 接口，可充分向后兼容数十亿现有 SD 主机设备并与之进行互操作。
- SD Express 将不支持 UHS-II 接口。
- SD7.0 规范定义了使用两种电源的全尺寸物理规格，即传统 3.3 伏特和 1.8 伏特。SD7.0 还提供 1.2V 的可选电源，以防未来的物理规格要求有额外的第 18 号引脚。可选 1.2 伏特电源将使电源/性能得到进一步优化。

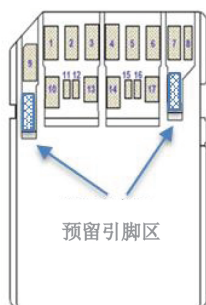


图 2 - 全尺寸 SD Express 存储卡引脚布局

图 3 展示了 SD Express 的比特率性能水平：

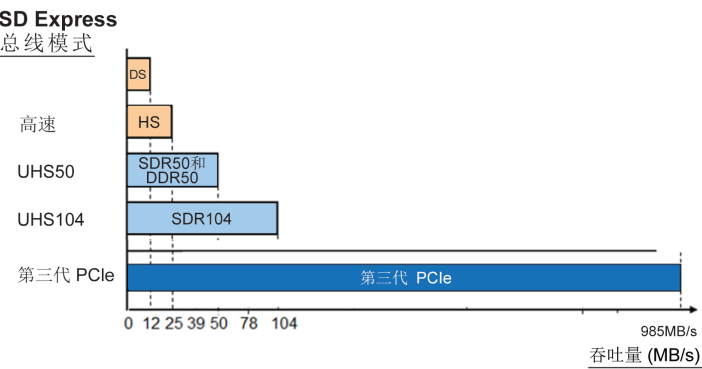


图 3 - SD Express 存储卡的比特率

SD Express 接口和初始化过程具备灵活性，以便 SD Express 兼容主机通过原有 SD 接口或 PCIe 接口对存储卡进行初始化。强烈建议通过原有 SD 接口进行初始化，因为它预先提供关于存储卡功能的说明，并避免不受支持的存储卡或协议重复进行多余的迭代。

SD Express 是将 SD Express PCIe NVMe 主机指定为“标准 NVMe 设备”（海量存储控制器→固态控制器→NVM Express 设备）。因此，标准 NVMe 驱动器可访问 SD Express 存储卡。

使用 SD Express 技术的存储卡通过主机消耗的最大功率为 1.80 瓦特，该数据表示消耗两个电源的累计瓦数。

假设使用的是 NVMe 版本 1.3，PCIe NVMe 接口支持以下部分 SD 协议功能。未来，NVMe 可能支持所有这些功能：

- 密码锁定/解锁：存储卡仅可通过原有 SD 接口进行密码锁定/解锁。锁定的存储卡不允许通过 SD 或 PCIe NVMe 接口访问内存。
- 防写入保护功能：存储卡可以通过原有 SD 接口设为防写入保护模式。启用防写入保护的存储卡不允许通过其 SD 或 PCIe NVMe 接口执行任何写入操作。

不支持通过 PCIe 接口实现以下传统 SD 功能

- SD 可刻录介质内容保护 (CPRM) 安全功能：如果 SD Express 主机通过 PCIe 接口访问含有经 CPRM 加密的文件的存储卡，则主机将这些文件读取为加密数据，此外，在将存储卡插入任何不支持 CPRM 的 SD 主机时也会出现相同的结果。
- 速度等级：使用 PCIe 接口时不支持也无需支持速度等级、超高速速度等级和视频速度等级。

系统开发者的新选择

PCIe NVMe 标准是功能强大的协议，提供各种功能以供系统使用者选择使用。以下列举了 PCIe NVMe 的部分潜在用途示例。请注意，所列的功能与 PCIe NVMe 功能的性质相关，但与 SD Express 无关。

总线主控

- PCIe 原生支持总线主控（第一方 DMA），见图 4。
- 该功能允许在设备之间实现芯片间通信。
- 例如，调制解调器可以直接向存储器发送 IO 请求，无需应用处理器 (AP) 提供任何“协助”。
 - AP 可以转至低功耗模式，从而节省电池总电量
 - 从调制解调器至存储设备的更佳延迟路径

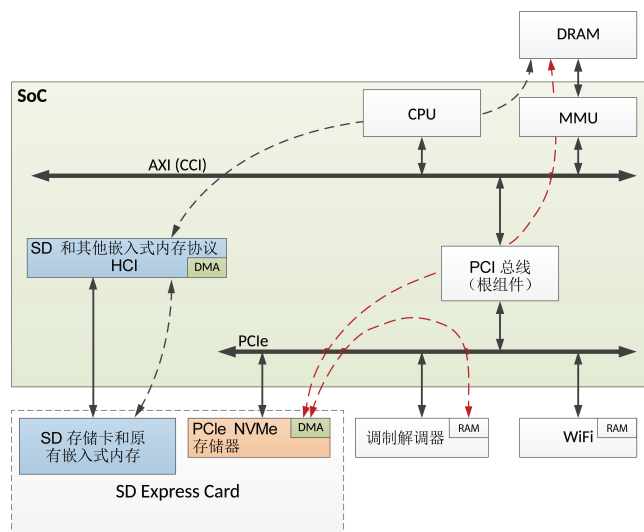


图 4 - PCIe 总线主控

支持多队列，无锁定机制

- NVMe 可在 DRAM 中为每个 CPU 核心指定一个专门的命令队列，见图 5。
- 其他原有嵌入式内存接口在主机控制器中有一个命令队列。
- 旧版协议中需要同步和锁定，以互相访问单个队列。
- 原有接口的主机控制器是架构中的系统瓶颈。

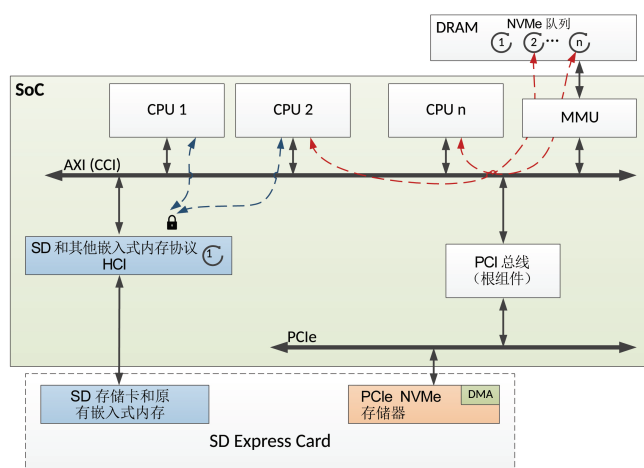


图 5 – 主机控制器同步锁定与 NVMe 多队列支持功能

主机内存缓冲器 (HMB)

- 高性能架构通常需要额外的控制器资源。例如，相较于 DRAM 较为昂贵的嵌入式 SRAM，见图 6
- HMB 和总线主控原生 NVMe PCIe 功能对于在有限的總體懲罰成本下显著提高存储性能非常有用，而这种方式通过将 DRAM 资源用作控制器内置 RAM 的直接延伸予以实现。
- 分配的 DRAM 大小需遵循主机设备策略。
- 重要提示：未来，随着 SD Express 速度越来越快，相比 SD 存储卡的内存，DRAM 在系统选择方面具备灵活性。内置 DRAM 可用于节省 SD Express 存储卡的资源。此外，SD Express 存储卡的内存可成为内置 DRAM 用途的延伸。

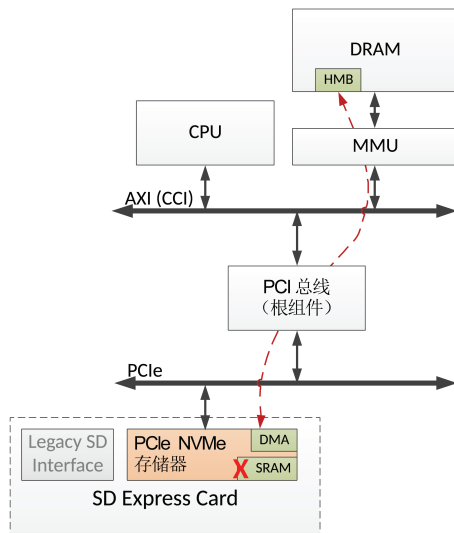


图 6 - 主机内存缓冲器说明

给主机产品制造商的小建议

结合 PCIe NVMe 接口使用时，主机产品制造商现可考虑使用现有的 SD 接口和 PCIe NVMe 构建模块来利用 SD Express 主机接口的全新发展成果。

这种设计的唯一挑战是切换机制和/或共享信号的上拉/下拉 IO 控件 - REFCLK、CLKREQ# 和 PERRST#。此 IO 控制电路可能相对较为简单；但是它要求全面研究并了解初始化过程中各阶段的接口和正常操作两种模式其中一种模式的接口。

消费者影响

消费者继续将存储卡与他们的产品搭配使用以实现最佳的性能。制造商会在产品、其包装和用户手册中使用 SDA 标志和徽标。所有采用 SD Express 技术的 SDHC、SDXC 和 SDUC 存储卡将具备支持在原有 SD 接口上执行读写操作的 SD SDUHS-I 接口和标识。但是，为了使用其 PCIe NVMe 接口实现最高性能，主机必须支持 SD Express。因此，需要将 SD Express 主机与 SD Express 存储卡搭配使用，以实现最佳性能和最佳用户体验。

在图 7 中，SD Express 标志如下所示：



图 7 - 各种主机和存储卡标志组合

图 8 列出了存储卡类型和预期最高性能

存储卡类型	主机类型				
	SD 最高 UHS50	SD UHS104	SD UHS-II	SD UHS-III	SD Express
SD 最高 UHS50	最高 50MB/s	最高 50MB/s	最高 50MB/s (基础 SD 接口)	最高 50MB/s (基础 SD 接口)	最高 50MB/s (基础 SD 接口)
SD UHS104	最高 50MB/s	最高 104MB/s	最高 104MB/s (基础 SD 接口)	最高 104MB/s (基础 SD 接口 在主机支持的情况下)	最高 104MB/s (基础 SD 接口 在主机支持的情况下)
SD UHS-II	最高 50MB/s	最高 104MB/s (在存储卡支持的 情况下)	最高 156MB/s (全双工) 最高 312MB/s (半双工)	最高 156MB/s (全双工) 最高 312MB/s (半双工, 在主机支持的情况下)	最高 104MB/s (基础 SD 接口, 在主机支持的情况下)
SD UHS-III	最高 50MB/s	最高 104MB/s (在存储卡支持的 情况下)	最高 156MB/s (全双工) 最高 312MB/s (半双工, 在存储 卡支持的情况下)	最大 624MB/s (全双工)	最高 104MB/s (基础 SD 接口, 在主机支持的情况下)
SD Express	最高 50MB/s	最高 104MB/s (在存储卡支持的 情况下)	最高 104MB/s (基础 SD 接口, 在主机和 存储卡支持的情况下)	104MB/s (基础 SD 接口, 在主机和 存储卡支持的情况下)	最高 985MB/s (PCIe 接口)

图 8 - SD Express 合计和存储卡组合的最高性能

总结

由于 SD 存储卡容量的提升、各种设备的速度密集型应用程序以及海量存储器的出现，人们对随机和连续性能水平的大幅提升和更多先进协议的需求越来越高。SD7.0 中引入的 SD Express 特性中不仅新增了 PCIe NVMe 接口，为 SD 存储卡带来新的商机，亦为其用途开启全新的世界，同时还向后兼容数十亿款现有 SD 主机。得益于使用给定构建模块和现有测试设备的现有知识，SDA 使采用更加简单。