

突破瓶颈： 高吞吐量医学成像系统的闪存设计考量

FerriSSD®

紧凑型系统的高分辨率需求

医学成像产生的存储压力超过大多数系统的承载压力。全切片病理扫描、AI 驱动诊断和高帧率超声波都会不间断地传输数据，期望存储能够跟上。性能必须保持一致，且一切都必须在严格的热足迹和物理足迹内工作。一次扫描操作就能捕捉采集多张幻灯片上数百亿像素的图像，生成数 TB 的原始图像数据。



工作负载不仅巨大且时间敏感，需实时获取、缓存和分析高分辨率数据，对延迟零容忍。成像系统必须在较长时间保持高吞吐量写入，且往往无法主动散热。在移动推车、即时诊断或嵌入式手术设备中，气流条件经常很小，且电路板空间有限。

存储必须持续执行，且必须对系统的影响最小。数据不能等待缓存延迟、遭受帧损坏或忍受因热降频导致的性能下降。

许多系统设计者默认使用现成的 SSD，但面临机械、散热和功率集成的挑战。嵌入式系统放大了这些挑战，其中空间的占用和效率的重要性，与原始吞吐量同样重要。慧荣科技的 FerriSSD® 产品系列提供一种独特的方法：将 NAND、固件和主控芯片整合在一个超紧凑封装中的单芯片解决方案，可提供 PCIe Gen 3 x2/x4 或 Gen 4 x4、SATA 和 NVMe 接口。FerriSSD® 的容量即将扩展至最高 1 TB 并实现了工业级可靠性，解决了当今医疗平台的特定性能和整合需求。

FerriSSD®：集成存储方法

FerriSSD® 通过将所有核心闪存组件、NAND、主控芯片和固件集成到一个尺寸小至 20 × 16 mm 的 BGA 封装中，直接解决了这些挑战，且无需外部 DRAM、连接器或 SSD 外壳。该设计简化了供电、信号完整性和散热。从系统集成的角度来看，这降低了 BOM 成本、电路板复杂性和组装时间。从功能的角度来看，FerriSSD® 的功耗与热特性表现，提供了高持续性的数据吞吐量，适用于紧凑型、被动散热的设计。

慧荣科技提供多个 FerriSSD® 系列，以适应不同的接口和系统要求：

- **Ax 系列 (PCIe Gen 3 NVMe 1.3)：**

适用于 x2 或 x4 配置。对于解决紧凑型嵌入式平台和 AI 辅助成像系统所产生的尺寸和延迟问题，是一个理想的选择。

- **Cx 系列 (PCIe Gen 4 NVMe 2.0)：**

在 16 × 20 mm BGA 的尺寸下，提供高达 7 GB/s 的读取速度，超过 4.5 GB/s 的写入速度（SLC 模式），以及高达 1 TB（3D TLC）的容量。具有端到端数据保护（包括基于硬件的加密），适用于嵌入式和工业系统（包括导航设备、POS 机、多功能打印机、精简型客户端、电信和工厂自动化）。

- **Dx/Ex 系列 (SATA 6 Gb/s)：**

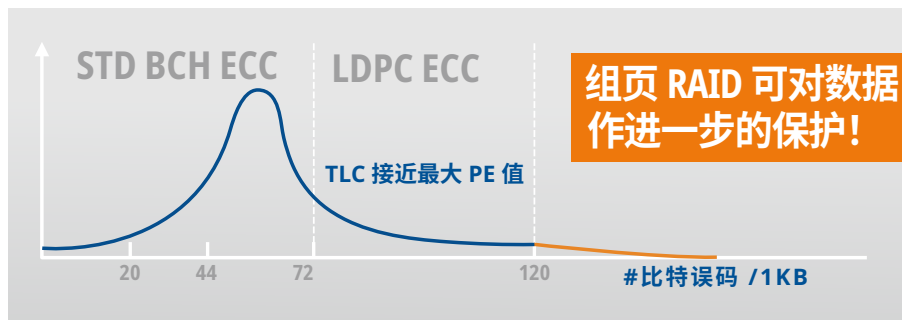
针对传统或成本敏感性应用进行了优化。这些型号在仍需要工业级耐用和长期可用的低功耗系统中提供了可靠的性能。

这些系列中每一个都包括工业级温度选项且具有长使用寿命，以及经认证医疗设备的重要功能。

持续性的吞吐量，而不仅仅是峰值速度

与许多 SSD 在理想条件下测得的标称峰值性能不同，FerriSSD® 在实际持续工作负载下提供了一致的性能。成像系统不会在短时间内写入数据，而是持续不间断的进行，任何大幅延迟或写入停滞都可能对临床数据的完整性带来风险。

慧荣科技构建了固件堆栈来支持连续、高强度工作负载。其专有的 NANDXtend® ECC 采用了 LDPC 解码、组页 RAID 保护和智能块管理，以降低无法补救的比特误码并防止过早磨损。这些功能可确保成像系统在 SSD 的整个使用寿命中保持一致的性能。



临床一致性的热弹性性能

持续的 NAND 写入会产生大量的内热，尤其在被动散热的外壳中。如果缺乏有效的热管理机制，存储子系统可能会在系统工作负载达到峰值需求时进行强烈疏导。

FerriSSD® 包括固件级 IntelligentThermal™ 管理，支持主机控制（HCTM）和设备控制（DCTM）模式。这些热控制机制会对热量积聚作出预测并主动调整 NAND 访问，有助于在长时间的成像过程中保持一致的吞吐量而不会在扫描过程中引发性能下降。

工业级型号的工作温度为 -40°C 至 +85°C，而汽车型号的工作温度可达 +105°C。这使得 FerriSSD® 非常适合移动诊断平台、户外部署或紧急护理环境等环境控制有限或没有环境控制的场合。

用例：负载下便携式超声波设备

考虑为紧急救援人员设计的手持式超声波设备。该系统必须实时捕捉和缓存来自探测器的高分辨率视频，可能还需要设备上的 AI 辅助进行初步分诊。

工作负载是连续不断的，电源为有限的电池，而且无法进行主动散热。通过 FerriSSD®：

- FerriSSD® 可提供足够的吞吐量来捕提高帧速率成像。
- 固件控制的热疏导可确保即使在温度较为温暖的救护车中，连续操作时也能保持稳定的运作。

这些功能在紧凑、坚固的设备中支持系统在高负载下稳定运行，而无需对存储解决方案有过度的设计。



使用寿命、合规性和安全操作

医疗 OEM 通常需要有认证、长使用寿命和安全的存储解决方案。FerriSSD® 通过以下方式解决了这些需求：

- **长期的可用性：**此设计旨在稳定供应数年而非数季度。
- **支持安全启动和固件更新：**包括数字签名固件和可选的 eFuse 保护。
- **断电保护：**最小化不受控制关机时数据丢失的风险。

FerriSSD® 产品还支持 IntelligentLog™ 遥测和可编程健康监控，使医疗 OEM 能够实施预测性维护。

可靠性是关键设计前提

医学成像系统对数据完整性要求极为严格。活检过程中丢失的帧，或手术中扫描的停顿，都可能影响系统运行的连续性与数据完整性。这就是存储平台的要求远不仅仅是快的原因；它必须是可预测、弹性，以及对最终用户而言几乎无感知。

FerriSSD® 在一个足够小的封装中提供了可靠性，以适合在触摸屏后面，对手术室而言足够安静，对全天候诊断基础设施而言则足够强大。

慧荣科技通过将主控芯片逻辑、NAND 管理和错误恢复整合到一个完全合格的单芯片中，为工程师提供了理想的医用级存储解决方案，而无需在尺寸、功耗或长期支持方面做出妥协。

要了解更多有关 Ferri 系列的信息，请访问
www.siliconmotion.com 或发送电子邮件至 ferri@siliconmotion.com

© Copyright 2025 Silicon Motion, Inc.
FERRI-WP-202512

