

突破效能瓶頸： 高吞吐量醫療影像系統的快閃儲存設計考量

FerriSSD

精巧型系統的高解析度需求

相較於多數運算系統，醫療影像對儲存系統所帶來的壓力可說是格外嚴峻。無論是全片病理掃描、以 AI 輔助的診斷分析，或是高幀率超音波影像，各類應用都會持續不間斷地產生大量資料，並要求儲存效能能即時因應、不容延遲。同時，系統必須在體積與散熱條件高度受限的環境中，維持穩定且一致的效能表現。單次掃描作業往往就能在多張切片中擷取數百億像素影像，進而產生動輒數 TB 等級的原始影像資料，對整體儲存架構形成極大的挑戰。



這類工作負載不僅資料量龐大，更具高度即時性，必須在零延遲容忍的前提下，即時完成高解析度資料的擷取、緩衝與分析。影像系統需要在長時間運作期間，持續承受高吞吐量的寫入需求，而往往無法依賴主動式散熱機制。在行動推車式設備、即時醫療檢測（point-of-care diagnostics）或嵌入式手術設備等應用場景中，系統可用的氣流極為有限，電路板空間也相當受限，進一步加劇了對效能、散熱與系統整合的挑戰。

儲存系統必須在整體系統負擔極低的情況下，維持穩定且一致的效能表現。資料無法等待快取延遲，也不能出現影像畫面損毀，更無法因溫度過高導致效能降頻而影響處理速度。

許多系統設計人員在選擇儲存方案時，往往直接採用市售 SSD，卻在實際導入後才發現機構設計、散熱與電源整合上的種種挑戰。對嵌入式系統而言，這些問題更被進一步放大，因為在此類應用中，體積與能源效率的重要性並不亞於傳輸效能。針對這些需求，慧榮科技的 FerriSSD 產品線提供了截然不同的設計思維。FerriSSD 採用單晶片整合架構，將 NAND 快閃記憶體、韌體與控制晶片整合於超精巧封裝之中，並支援 PCIe Gen 3 x2/x4、PCIe Gen 4 x4、SATA 與 NVMe 等多種介面。未來容量可達 1TB，同時具備工業等級的可靠度，FerriSSD 能精準滿足當前醫療平台在效能、穩定性與系統整合上的關鍵需求。

FerriSSD：整合式儲存解決方案

FerriSSD 透過將 NAND 快閃記憶體、控制晶片與韌體等核心元件整合於單一 BGA 封裝中，直接回應上述挑戰，尺寸僅 20 × 16 mm。無需外接 DRAM、連接器或傳統 SSD 外殼，大幅簡化整體系統架構。在設計層面，這種高度整合的架構有助於優化電源供應、訊號完整性與散熱表現；從系統整合的角度來看，則能有效降低 BOM 成本、減少電路板複雜度，並縮短組裝與導入時程。就功能面而言，FerriSSD 能在符合小體積、被動散熱設計需求的功耗與熱特性條件下，持續提供穩定且高效的資料傳輸效能。

FerriSSD 提供多樣化的產品，以符合不同的介面和系統需求：

- **Ax 系列 (PCIe Gen 3 NVMe 1.3)：**

提供 x2 或 x4 配置。非常適合體積受限以及需低延遲的醫療用嵌入式平台和 AI 輔助影像系統。

- **Cx 系列 (PCIe Gen 4 NVMe 2.0)：**

提供高達 7 GB/s 的讀取速度和超過 4.5 GB/s 的寫入速度（SLC 模式），容量最高可達 1 TB (3D TLC)，採用 16 × 20 毫米的精巧 BGA 封裝。具備端對端資料保護，包括硬體式加密，適用於嵌入式和工業系統，包含醫療設備、導航設備、銷售終端設備（POS 機）、多功能事務機、精簡型電腦、電信設備以及工廠自動化。

- **Dx/Ex 系列 (SATA 6Gb/s)：**

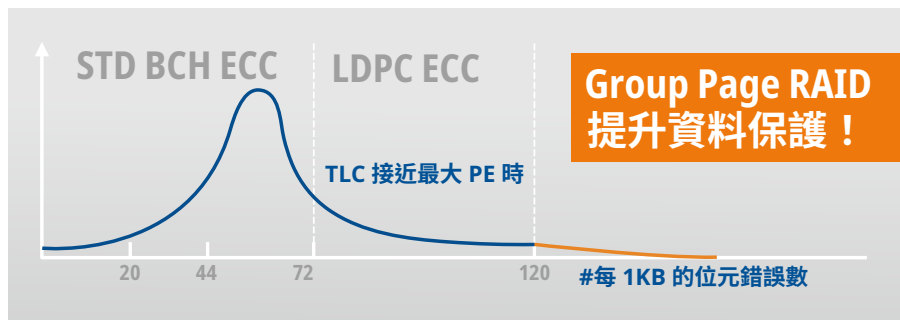
針對舊有平台或成本導向應用進行最佳化。這些型號能夠在低功耗系統下為醫療系統提供可靠效能，並同時具備工業級耐用度和長期供貨能力。

這些系列產品均提供工業級操作溫度選項與長期供貨保障，且具備符合醫療設備認證的所有關鍵功能。

持續性的吞吐量，而不僅僅是峰值速度

不同於許多 SSD 僅在理想測試條件下標榜其峰值效能，FerriSSD 能在實際應用的長時間工作負載下，提供一致且穩定的效能。影像系統不是在短時間內以突發方式寫入資料，而是持續不中斷地進行；不論是延遲突然升高或寫入停頓，都可能對臨床資料的完整性造成風險。

慧榮科技建構其韌體堆疊，以支援持續的高強度工作負載。其專有的 NANDXtend® ECC 採用 LDPC 解碼、Group Page RAID 保護以及智慧區塊管理，以減低不可修正位元錯誤，並防止提早損耗。這些特性確保了影像系統在 SSD 的整個運作週期中都能維持穩定且一致的效能表現。



為臨床穩定性而設計的耐熱能力

在被动散热的机构设计中，长时间的 NAND 持续写入会产生大量内部热能。若缺乏有效的热管理机制，当系统工作负载进入高峰时，储存子系统往往会因过热而启动严格的效能降频，影响整体影像处理流程。

FerriSSD 内建韌體層級的 IntelligentThermal™ 智慧温控管理机制，同时支援主机控制（HCTM）与装置控制（DCTM）两种模式。这些温控设定能预先掌握热累积趋势，主动调整 NAND 存取行为，确保在长时间影像扫描过程中，仍能维持稳定一致的资料传输效能，避免在扫描进行中出现效能下滑。

工业等级 FerriSSD 可在 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 的环境温度范围内稳定运作，而车用等级版本则通过最高 $+105^{\circ}\text{C}$ 的温度验证。因此，FerriSSD 特别适合应用于行动式诊断设备、户外部署场域，或环境控制条件有限甚至不存在的紧急医疗应用。

应用案例：高负载下的携带式超音波系统

以一款专为紧急救护人员设计的手持式超音波设备为例，系统必须即时撷取并缓冲来自探头的高解析度影像串流，并可能在装置端结合 AI 辅助分析，以支援即时分流与判断。

在此应用情境中，系统需长时间连续运作，电力来源受限於电池供电，同时也无法采用主动式散热机制。透过导入 FerriSSD，这些需求得以有效兼顾，使设备在不过度设计储存架构的情况下，仍能提供可靠的诊断效能。

FerriSSD 具备足够的持续传输效能，可支援高帧率影像的即时写入；同时，其由韌體控制的温控调节机制，即使在温度偏高的救护车环境中、连续执行多次扫描作业，也能确保系统稳定运作。



生命週期、法規遵循與安全運作

醫療原廠設備製造商 (OEM) 通常需要可通過認證、長期供貨且具安全性的儲存解決方案。FerriSSD 透過以下方式滿足這些需求：

- **長期供貨穩定性：**產品設計旨在實現長期的穩定供應，而非以短期季度供貨。
- **安全啟動與韌體更新支援：**包括數位簽章韌體和選配的 eFuse 保護。
- **斷電保護：**在非預期斷電時將資料遺失風險降至最低。

FerriSSD 產品還支援 IntelligentLog™ 遙測和可程式化健康監控，使醫療原廠設備製造商能夠實施預測性維護。

可靠性不容妥協

醫療影像系統沒有第二次機會。一次活體組織檢查過程中影格的遺失，或手術中掃描的停頓，都可能影響診斷結果或危及治療安全。因此，儲存平台不僅需快速，更必須具備可預測性、韌性，且需完全不影響終端使用者的操作。

FerriSSD 以極為精巧的封裝尺寸，能輕鬆整合於觸控螢幕後方；在手術室等高度安靜的環境中，其運作表現足夠安靜；同時，也具備支援 24/7 診斷基礎架構所需的耐用度與穩定性。

透過將控制晶片邏輯、NAND 管理以及錯誤修復功能整合於經完整認證的單晶片，慧榮科技為系統設計人員提供一套專為醫療等級需求打造的儲存解決方案，同時不為尺寸大小、功耗或長期支援做出任何妥協。

如需了解更多 Ferri 系列產品資訊，請造訪
www.siliconmotion.com 或發送電子郵件至 ferri@siliconmotion.com

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

