

Silicon Motion Ferri 系列

优化车用嵌入式闪存存储器

当今新车设计中的车用信息娱乐 (IVI) 系统对数据存储容量有巨大的需求-且日益明显。地图和导航、音乐和娱乐、智能手机用户界面的投射显示和其它 IVI 应用程序占用了车中不断增长的内存：预测结果显示，高端汽车中的用户数据存储需求（2014 年一般为 32GB 左右）可能提高至 2020 年的 256-512GB。

在过去，汽车制造商对大容量数据存储技术的选择为常见的硬盘 (HDD)，但可靠性和使用寿命有负众望，因此在最新设计中被固态硬盘 (SSD) 或嵌入式多媒体卡 (eMMC) 所取代。

数据存储的固态解决方案显然从根本上更适合汽车市场的需求，因为汽车对其产品中嵌入的组件和模块有极为严格的工艺和质量标准，以保持高质量和可靠性标准。与 HDD 不同，SSD，eMMC 或 UFS 不含运动部件，它没有机械故障的问题且不易受冲击或震动的损坏。

但 SSD，eMMC 和 UFS 所基于的 NAND Flash (闪存) 阵列有一些固有的特性，如果这些特性未作正确管理，会造成数据损坏或数据丢失。因此就其本身而言，带固态系统的机电系统更换并不能保证长寿命和可靠的性能。本文概述了固态数据存储系统的失效模式，介绍了目前对最新大容量 SSD，eMMC 和 UFS 的可靠性和使用寿命提供严密控制的技术和工艺。

汽车行业首选的 MLC NAND

NAND Flash 是目前数以十亿计的智能手机、平板电脑、媒体播放机和机顶盒中使用的基本存储类型，也是 SSD，eMMC 和 UFS 中的存储媒体。NAND Flash 有三个主要类型：单层单元 (SLC)、多层单元 (MLC) 和三层单元 (TLC)。最新版本的 TLC - 3D TLC 采用了堆叠架构，以实现甚至高于 TLC 的存储容量。MLC Flash 的存储容量低于 TLC，但高于 SLC。

在汽车行业的 SSD，eMMC 和 UFS 应用程序中，MLC NAND 是目前的首选。因为它以较低的成本，提供较高容量和可靠性，且与 TLC NAND 相比，受数据丢失和损坏的影响较小。目前基于 MLC NAND 的 eMMC 产品中，一般数据存储容量最高可达 64GB，在基于 MLC NAND 的 SSD 产品中，存储容量最高可达 512GB。

但使用 MLC NAND Flash 确实对数据的完整性和保存性增加了一些风险。风险有哪些？以及汽车用户希望 SSD，eMMC 和 UFS 的制造商如何对风险进行控制？

对 SSD/eMMC/UFS 产品整个使用寿命风险的评估

NAND Flash 阵列中固有的故障或数据丢失风险会在其使用寿命的三个阶段中出现：

- 早期故障会很快在新设备制成后出现。NAND Flash 制造工艺中的固有偏差不可避免地会产生较弱或坏区块或单元。
- 在设备的额定寿命中，存在各种潜在的数据损失和损坏原因，包括主机和 NAND Flash 阵列之间的传输位元错误、突发断电事件、影响数据保存的温度和读干扰等。
- 使用寿命 - NAND Flash 产品有根据编程/擦除 (P/E) 周期额定的周期寿命，当所有内存单元中都超出此数字时，可预计该单元会出现故障。

在车用系统中，前两类故障最无法接受。基于此，Silicon Motion 在 Ferri 系列数据存储产品中开发了最大程度减少甚至消除 NAND Flash 阵列额定寿命中故障和数据丢失风险的技术和工艺。

通过这些技术，Silicon Motion 能够让用户对符合 AEC-Q100 认证的 FerriSSD 和 Ferri-eMMC 产品抱有信心，这些产品符合汽车行业对可靠性和长工作寿命的特别要求。Ferri 家族产品用以增强数据完整性以及 SSD 引导程序使用寿命和性能的功能包括：

- 出货前 100% 筛选每个单元、页面和区块以及全面质量控制，使得百万缺陷部件缺陷率 (dppm) 极低
- 通过 NANDXtend ECC 技术进行端对端数据保护可延长工作寿命
- IntelligentScan 和 DataRefresh，可预先阻止位损并延长数据保存时间

此外，Ferri 家族产品提供了 NAND 故障分析功能。Silicon Motion 多年运用 NAND 闪存技术对可能出现的问题进行有效地调试，提供深度故障分析报告和纠正措施。

筛选天生缺陷

晶圆中较弱的内存区块（导致天生缺陷的区块）在特定工作温度范围的极限值上出现故障的可能性最大。对于 Silicon Motion 的 Ferri 解决方案产品，其温度范围为 -40°C 至 +85°C。通过对各 NAND Flash 晶圆中的单元、页面和区块执行高温（85°C）试机，Silicon Motion 可筛选出所有含坏区的设备。对这些部件作报废处理 - 这些坏件不会交给客户。

此政策会导致 Ferri 家族产品成品率的下降，但这是 Silicon Motion 为交给客户的 Ferri 解决方案产品取得极低 dppm 而值得付出的代价（请参阅图 1）。

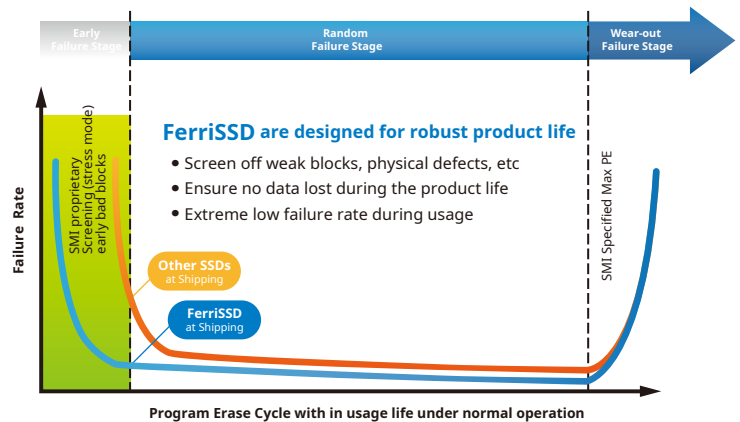


图 1：高温筛选坏区块可让 Silicon Motion 消除天生缺陷

避免正常运行中的数据丢失

Silicon Motion 拥有独有的压力测试技术，筛选出天生缺陷。但即使运行良好的 NAND Flash 设备，在正常运行中也容易出现数据丢失和操作系统损坏的问题。出现此类故障主要有三个途径：

- 出现意外断电事件
- 传输中数据丢失
- 高温下出现有缺陷的数据保存

正确处理 SPOR

汽车系统会因各种原因导致突然断电，汽车的系统软件无需专门设计以触发向 SSD 或 eMMC 发出适当的“断电”命令。如果未执行“突然断电和恢复” (SPOR) 程序，此类事件会造成数据丢失或存储系统崩溃。为消除此风险，Ferri 家族产品将拥有独有的 Silicon Motion 固件整合进 SSD 或 eMMC 控制器，该控制器可执行 SPOR 程序，确保 100% 的数据完整。

最新更强大的前向纠错

管理纠错编码 (ECC) 是 NAND Flash 控制器的常规功能。ECC 的目的是纠正发生在数据读写 NAND Flash 中的位元错误。在基于 NAND Flash 的系统中有各种方法执行 ECC，有些方法比其它方法可实现更高的纠错率。

汽车制造商有极高的质量标准，旨在（从理想上）实现零缺陷率。作为回应，Silicon Motion 已将较强的纠错能力引进到为汽车市场提供的 Ferri 解决方案产品中。首先，它实现了整个数据路径的端对端纠错（见图 2）。它不仅在于 NAND Flash 阵列而且在缓存（SRAM 或 DRAM 设备）的读取/写入操作中纠错。通过在 NAND Flash 阵列、缓存以及 Ferri 家族设备和系统主机处理器之间的接口进行的 CRC 校验测试，实现了数据传输有效性的进一步验证。

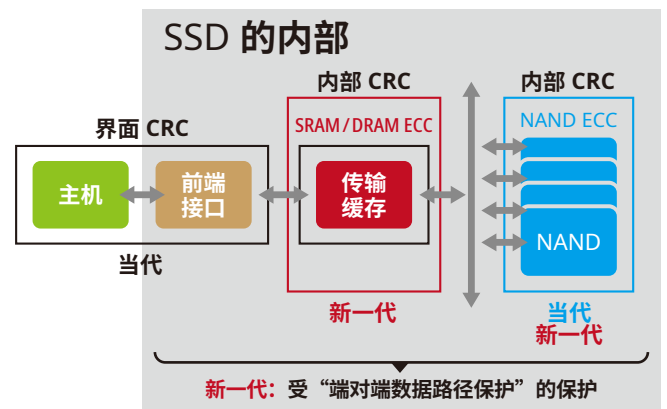


图 2：在汽车系统 Ferri 解决方案产品中具备端对端数据路径保护

其次，Silicon Motion 扩大了其数据保护的范围，将 NAND Flash 区块在许多编程/擦除周期经常出现的位元错误率提高的问题考虑在内。ECC 的传统 BCH 或 RS 技术能够以较低的位元错误率实现 100% 的数据纠正，但随着 NAND Flash 的老化，位元错误率上升。传统的消费型 SSD 和 MMC 会有无法纠正的错误，这些错误超出了 BCH 或 RS 算法的能力。

但对于汽车应用，Ferri 家族产品可执行其它纠错，如图 3 所示。应用低密度奇偶校验 (LDPC) 算法可恢复损坏的文字 (1kB 数据块)。Silicon Motion 还可执行页面 RAID 算法，该算法能够恢复含已损坏数据的完整 16kB 页面。同时，这些技术可确保整个 NAND Flash 阵列额定周期寿命中读/写操作的完整性且没有位元错误。

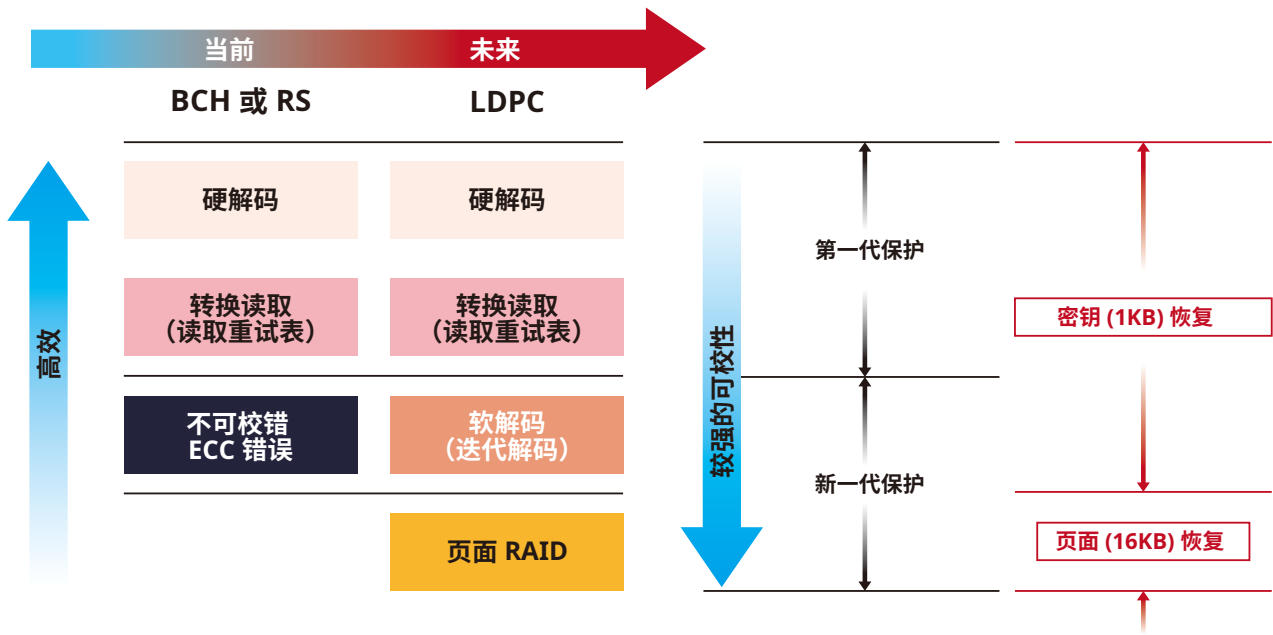


图 3: 用于扩展 ECC 操作的 LDPC 和页面 RAID 纠错方案

缓解高温的影响

数据保存是汽车制造商的重要性能参数：它衡量了一系列数据写入到单元后的保存时间。此保存时间在很大程度上取决于温度，如图 4 中的表格所示。它还显示了以 MLC NAND 类型显示的数据保留时间明显短于 SLC NAND。

温度	SLC 在最大 PE	MLC 在最大 PE
40	75.58 Mo	12 Mo
55	12 Mo	1.88 Mo
70	2.14 Mo	0.34 Mo
85	0.45 Mo	0.07 Mo

图 4: NAND Flash 中的数据保存受工作温度、编程/擦除 (PE) 周期值和 NAND 类型的影响

Ferri 家族产品中使用的技术能够通过智能扫描数据块、单元和刷新数据丢失风险来防止数据保留出现故障。这一 IntelligentScan 和 DataRefresh 功能能够获得有关源自 ECC 操作的单位区块位元错误率的数据：在用户可选的位元错误率阈值，执行 Data Refresh（见图 5）。正如图 4 所示，在工作温度上升时，数据保存持续时间

大幅缩短。Silicon Motion 的 IntelligentScan 和 DataRefresh 功能在工作温度上升时会自动提高扫描的频率。

IntelligentScan 和 DataRefresh 还可防止读干扰造成的数据丢失。

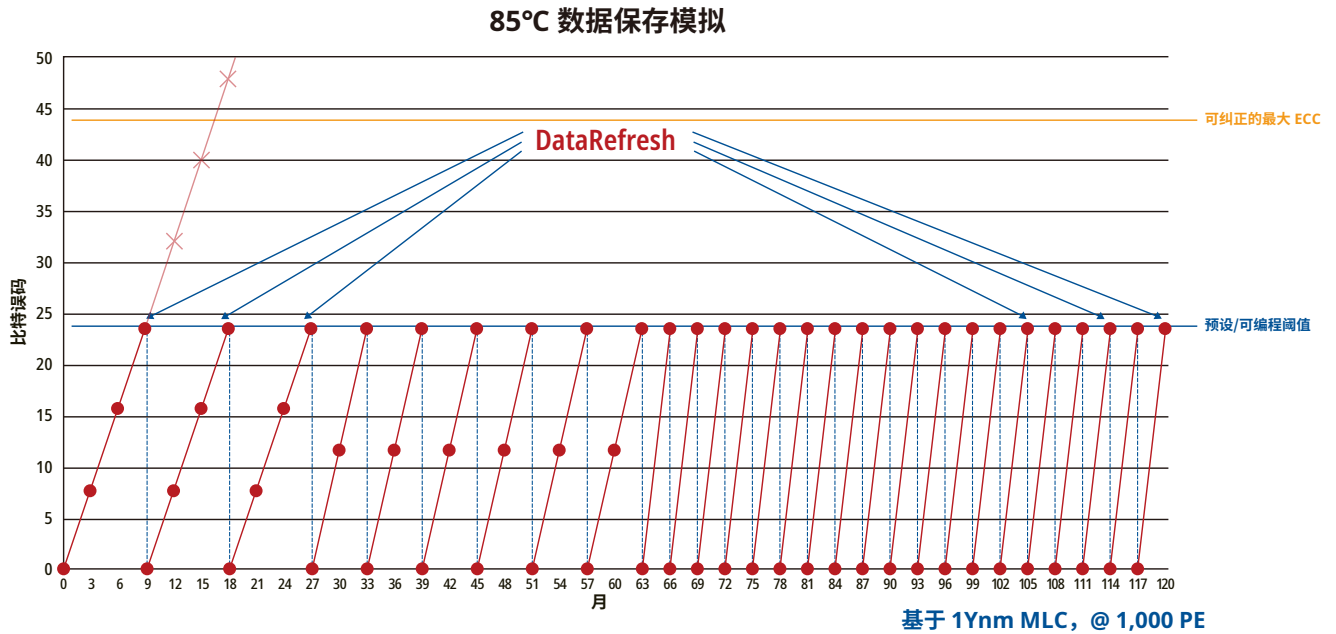


图 5: DataRefresh 将单位区块的位元错误率返回为零

嵌入式大数据存储的插件板级解决方案

正如本文所述，SSD，eMMC 或 UFS 的可靠性和数据完整性可通过内置应用程序、先进的前向纠错和数据刷新功能而得到大幅增强。Silicon Motion 通过以下方式在其有 AEC-Q100 Grade 3/2 级认证的 Ferri 家族产品中满足汽车行业的特别要求：

- 出货前进行 100% 筛选每个单元、页面和区块以及全面质量控制，取得极低的 dppm
- 通过 NANDXtend ECC 技术进行端对端数据保护可延长工作寿命
- 先进的 IntelligentScan 和 DataRefresh 数据保存

目前可获得的 Ferri 家族产品：

- 容量最高达 480GB 的 FerriSSD、20 毫米 x 16 毫米 BGA 封装
- Ferri-eMMC 提供各种小型 BGA 封装，符合 JEDEC 行业标准，容量最高达 256GB
- Ferri-UFS，11.5 毫米 x 13 毫米 BGA 封装，容量最高达 256GB

Ferri 家族存储解决方案特别适合汽车市场的需求，提供长期可靠的运行、数据完整性和数据保存，以确保固态内存符合汽车中任何其它电子系统的质量和可靠性。

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