SiliconMotion

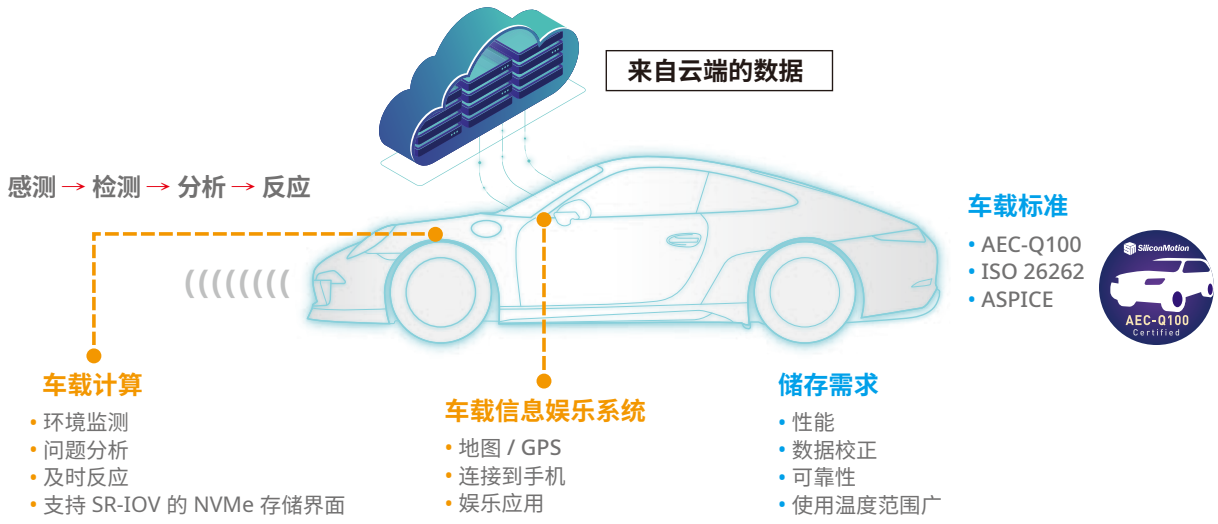
WHITE PAPER

慧荣科技的 Ferri 系列
符合 AEC-Q100 标准的嵌入式存储

当汽车处于高温环境中时，最新基于 NAND 闪存的存储设备如何实现其高可靠性

随着新一代乘用车问世，自动化、安全和导航系统变得日益复杂。由一系摄像机、雷达 (RF) 和 LiDAR（光学）测距系统、传感器以及其他检测系统的支持下，高级驾驶辅助系统 (ADAS) 生成并处理了大量数据。随着驾驶员对高级导航和信息系统需求的增加，信息娱乐系统的代码量也在不断增加，同时乘客在车厢中的前排和后排都期望能够有更多的娱乐选择。

从功能方面，汽车就如同移动版的数据中心，汽车需要高速地访问大型的数据。传统硬盘 (HDD) 存储设备的使用寿命有限且容易发生机械故障，由于可靠性因素导致汽车制造商停止使用其存储设备。



而如今汽车系统设计人员更喜欢使用基于 NAND 闪存技术的大容量存储设备，例如固态磁盘 (SSD)、eMMC 驱动器或 UFS（通用闪存存储）设备。NAND 闪存技术已大量用在手机、笔记本电脑和其他消费类设备以及 SSD 上，因为其能够提供高存储容量和高性能这一完美组合。这代表大量数据可以经由小封装的设计，为用户提供快速的数据存储。

这些特性对于汽车制造商而言也很重要。但是车载应用需要更特别的功能，这也是制造商选择 NAND 存储设备需考虑的因素：

- **性能**——在诸如驾驶员辅助系统和导航等系统的使用中，延迟是一个关键的指标。汽车制造商需要高速读写速度以及高数据吞吐量。

- **数据完整**——每次读写操作可能产生误码，这将导致数据丢失或损坏。可靠性是汽车市场上的一个关键因素，而数据完整就是存储设备可靠性的重要指标。

- **数据保存**——与手机之类的消费性设备不同，汽车的预期使用寿命至少为十年。汽车制造商希望 NAND 存储设备能够在汽车使用寿命内保存数据。

在各类汽车中，电子组件（例如大容量存储设备等）的长期可靠性和使用寿命在评价车辆时是至关重要的标准。根据 AEC-Q100 标准，汽车工业对汽车电子控制单元 (ECU) 中使用的集成电路进行了严格的资格测试，使其能够在 85°C 或更高的温度下的长使用寿命内实现零不良率。

将组件达到零不良率的目标至关重要，因为汽车的使用寿命长且组件数量庞大，如果零件不良率太高，修正上市车款的已知故障将会产生巨大的成本，汽车制造商的品牌声誉也将受损。

为了简单地解释这一点，请想象一个由 1,000 个元件组成的单个电子控制单元 (ECU)。如果 ECU 制造商允许低至 1ppm的不良率，那么仅此一个 ECU 就会导致 100 万辆汽车产生 1,000 个故障。分析公司 IHS Markit 在 2019 年的一份报告中指出，一辆崭新的豪华汽车最多可包含 150 个 ECU。

这就是汽车行业达到零不良率目标的原因。实现此目标的策略在于应用各种 AEC-Q10x 标准中规定的组件认证过程。例如，AEC-Q100 资格认证的标准非常严格——通过多个测试参数来验证组件的可靠性。主要的可靠性测试为：

- **环境加压测试**
- **强化寿命模拟测试**
- **封装和组装测试**
- **Die 组装制造测试**
- **电气校验**
- **缺陷筛查**
- **封装完整性测试**

这一测试过程详尽无遗，可以有效地筛选出可能存在缺陷的组件。在严苛的环境及应用条件下，通过测试并获得 AEC-Q100 规范的组件，可认证其拥有极高的数据完整性及可靠性。

NAND 闪存产品要达到 AEC-Q100 规范，最困难的要素之一，为通过高温和强化寿命模拟测试。AEC-Q100 的 3 级规范要求存储产品必须在高达 85°C 的高温下保持可靠的运行，2 级认证的要求高达 105°C。与用作计算附件的典型独立式 SSD 的较大外壳相比，慧荣科技的 Ferri 系列等最新产品的小型芯片封装配有更多的高温散热限制。

为了在汽车存储设备中保持可靠的运行和数据完整性，慧荣科技应用了各种都得益于其在 NAND 闪存控制方面长期经验的独有技术，其将有助于汽车系统设计人员有效地评估其基于 NAND 闪存存储设备的坚固性和可靠性，使其足以用于车辆之中。

闪存单元在高温下运行

若想了解各类技术如何应对高温对 NAND 闪存单元的影响，这些单元的运行非常重要。在闪存中，数据位由存储在单元中的电荷（电子）表示。在 NAND 闪存技术首次进入市场之时，存储阵列由单级单元 (SLC) 元件制成。在 SLC NAND 中，每单元只存储一位数据，为 1 或 0。

随着技术的进步，NAND 闪存芯片制造商通过开发多层单元 (MLC) 技术来满足更高存储容量的要求，每单元存储两位数据；后续又开发了三层单元 (TLC) 技术，每单元存储三位数据（参见图 1）。这意味着随着新一代 NAND 闪存的诞生，每单元的容量有所下降。随着半导体工艺节点进入 10nm 以下，NAND 单元的尺寸也随之缩小。

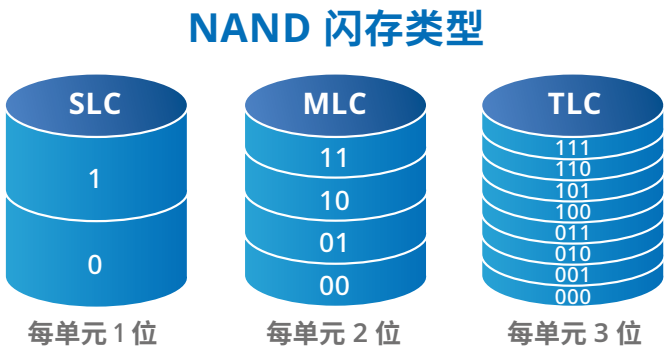


图 1：NAND 闪存芯片制造商开发了 MLC 技术，每单元存储 2 位；随后开发了 TLC 技术，每单元存储 3 位。

如今 TLC NAND 闪存设备的高存储容量意味着：诸如慧荣科技的 FerriSSD® 之类的存储设备提供 20mm x 16mm BGA 封装，容量最高可达 480GB。

但是 TLC 单元的体积小意味着其磨损速度快于 SLC 单元，这是在闪存控制器嵌入存储设备时必须考虑的一个因素。每个编程/擦除 (P/E) 循环都会略微磨损执行 P/E 的单元层。比起 SLC 单元，体积较小的 TLC 单元，劣化速度更快，平均可承受的 P/E 循环次数更少。正如下文介绍，慧荣科技独有的 NANDXtend 技术解决了 Ferri 系列存储设备中的这一问题。

闪存单元还会存在电子泄漏。如果过多的电荷从单元中泄漏，则无法再读取其数据。随着更多 P/E 循环的执行，“数据保存”（数据在单元中存储的时间长度）会减少。热会加速电子泄漏，因此随着温度升高，数据保存能力也会下降更快，如图 2 所示。

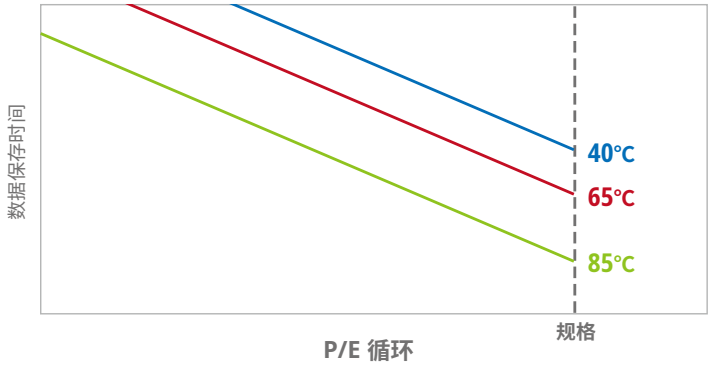


图2：随着温度升高，NAND 闪存单元中的数据保存量急剧下降。（图片来源：慧荣科技）

因此，这是信息娱乐系统等汽车应用中基于闪存的存储设备所面临的问题：在汽车的中央控制台，可能需要信息娱乐系统的 ECU 在高达 85°C 的温度下运行。同时，不能让地图及导航等信息娱乐应用数据丢失。AEC-Q100 规范要求在高达 85°C 的温度下进行测试时（3 级认证）的不良率为零。

慧荣科技存储控制器及其独有的固件可以解决这一问题。

存储控制器的核心作用

基于 NAND 闪存的存储系统包含两个基本元素：

- **NAND** 闪存阵列
- **NAND** 闪存控制器 **IC**

控制器是 NAND flash 与主机的主要沟通桥梁，负责管理闪存的数据读取和写入。

慧荣科技在开发管理闪存的独有控制器方面拥有超过 20 年的经验。对 NAND 特性的深刻理解，使得慧荣科技设计出优化的控制器以及相关的固件控制器平台。与其他任何公司相比，慧荣科技控制器支持更多的 NAND 闪存，包括 Intel、Kioxia、Micron、三星、SK Hynix、Western Digital 和 YMTC 的 3D NAND Flash 产品。

慧荣科技了解 NAND 闪存在高温下的运行，奠定了其 Ferri 存储产品的运行基础，符合 AEC-Q100 3 级和 2 级认证。

控制器技术延长数据保存时间和使用寿命

如图 2 所示，高温下加速 NAND 闪存单元的电子泄漏，对于已经历额定最大 P/E 循环次数的 MLC 单元，其在 85°C 下的数据保存时间缩短至 2 天。

慧荣科技解决方案能够识别高风险记忆单元，并重新整理其中存储的数据。使用此技术 (IntelligentScan + DataRefresh) 的 Ferri 产品能够将 NAND 闪存阵列的寿命延长到远超过闪存制造商额定的 P/E 循环寿命（参见图 3）。IntelligentScan 功能中的智能功能还包括自动响应温度，以及提高在高温下运行时的扫描频率。透过不断扫描存储单元的执行状况，以及重新整理有数据遗失风险的部分，借此防范数据留存故障，以增强存储数据的长期完整性。

Ferri 产品中的控制器还实现了高级的全面耗损均衡，因此 P/E 运行以及损耗在整个阵列中均衡分布。

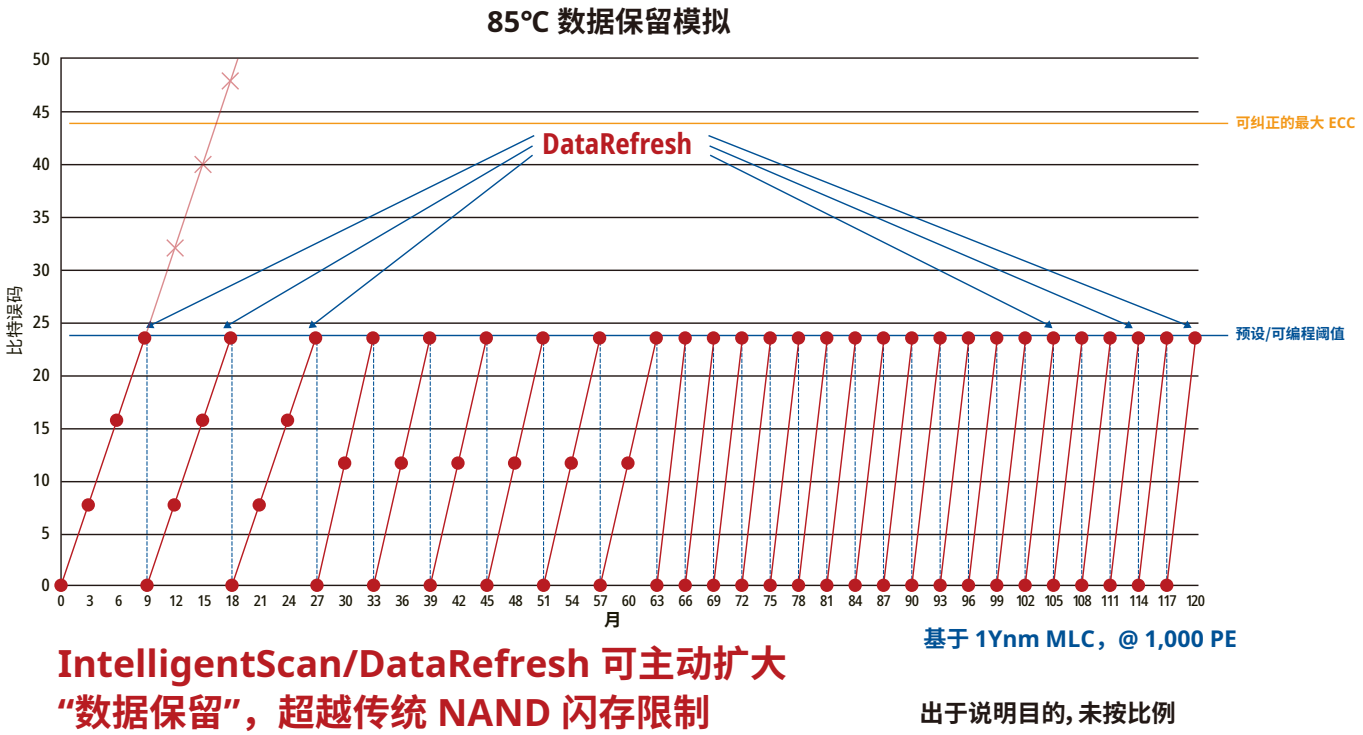


图3：随着 NAND 闪存单元的老化，DataRefresh 功能增加了充电的频率。（图片来源：慧荣科技）

配置 NAND 闪存单元以优化运行

慧荣科技嵌入式控制器的单芯片解决方案，通过 AEC-Q100 认证，也可让用户弹性的设定 TLC NAND 闪存的组态，以便扩展数据完整性。 Ferri 产品中提供的 SLCMode™ 功能，可以大幅提高 MLC 及 TLC NAND 的性能和耐用性。SLCMode™ 能满足低容量的设计需求以降低成本，同时可提供类似于 SLC 的数据保存及数据完整性。

此外，它们还提供 SSDLifeGuard™ 健康检测功能，可自动监控 SSD 的健康状态，在块或数据页出现风险时，触发控制器执行数据保护及纠错操作。

将 NAND 单元的运行时间延长超过十年

汽车存储设备的 AEC-Q100 认标准要求在高温度下达到零不良率，对于基于 NAND 闪存的设备而言，这是一个非常具有挑战性的要求，因为 85°C 及更高的高温会加速存储设备的数据泄漏。慧荣科技专为管理闪存所开发的IntelligentScan + DataRefresh，使得慧荣科技的 Ferri 产品可以在高达 105°C 的高温下，符合车用认证规范，证明其独有技术的有效性。

用于汽车应用的存储产品的优化归功于慧荣科技对汽车市场的承诺——这一承诺也体现在其遵守所有的汽车行业标准，包括 IATF 16949、ASPICE 和 VDA 6.3。

汽车制造商还可以从慧荣科技在商用 SSD 控制器和嵌入式存储设备市场上占据的领导地位中获得信心。慧荣科技在 NAND 闪存控制器技术方面是领先的专业制造商，凭借 20 多年的经验来开发用于管理闪存的专用处理器 IC。在过去的十年中，慧荣科技已交付了超过 60 亿个 NAND 闪存控制器，领先于世界上任何其他公司。

因此，汽车制造商可以放心地将强大的固态存储设备嵌入信息娱乐系统和 ADAS ECU 之中，慧荣科技 Ferri 产品的使用寿命、数据完整性和数据保留能力将满足用户对十年以上汽车使用寿命的期望。

IHS Markit 报告引用自：
https://www.eenewsautomotive.com/news/number-automotive-ecus-continues-rise

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**

© Copyright 2021 Silicon Motion, Inc.