

从汽车 BCM 方案看国产 MCU 芯片的突围与挑战

摘要：汽车车身控制模块（BCM）作为汽车电子系统的核心控制单元，其性能高度依赖于微控制单元（MCU）芯片。随着汽车智能化与电动化的发展，国产 MCU 芯片在 BCM 领域的应用逐渐扩大。本文结合行业数据与典型案例，深入剖析国产 MCU 芯片在性能、可靠性、安全性及供应链方面的优势与瓶颈，旨在为产业链上下游提供客观且具前瞻性的参考依据。

关键词：汽车车身控制模块（BCM）；国产微控制单元（MCU）；功能安全；AEC-Q100 标准；RISC-V 架构

一、引言

近年来，随着新能源汽车的迅猛发展，汽车电子系统的重要性愈发凸显。据麦肯锡 2023 年研究报告显示，新能源汽车的电子系统成本占比已达 45% - 55%，而传统燃油车约为 25% - 30%。在这一背景下，汽车车身控制模块（BCM）作为车身电子控制的核心，其对车辆舒适性、安全性和能耗表现的影响不言而喻。然而，长期以来，汽车 MCU 芯片市场一直被英飞凌、恩智浦等国际厂商所主导。近年来，国产 MCU 芯片在 BCM 方案中的渗透率逐步提升，2023 年市场份额约为 12%（来源：IC Insights），这表明国产 MCU 芯片在汽车 BCM 领域的突围之路已经开启，但前路依然充满挑战。

二、汽车 BCM 方案的技术演进

（一）BCM 的核心功能

汽车车身控制模块（BCM）是汽车电子系统中的核心控制单元之一，主要负责车身电子设备的集中控制与管理。其核心功能涵盖车身控制、灯光控制和电源管理等多个方面。车身控制模块负责车门锁、车窗升降、后视镜调节等操作的精准控制；灯光控制模块则管理车辆的前照灯、尾灯、转向灯等照明系统的自动开启、关闭及亮度调节；电源管理模块用于监测电池状态、分配电力资源，并确保各电子设备在合适的电

压范围内稳定工作。这些功能模块相互协作，共同保障了车辆的正常运行和驾驶安全。

（二）BCM 的系统架构

汽车 BCM 的系统架构由硬件和软件两部分构成。硬件架构主要包括微控制单元（MCU）、传感器、执行器和通信接口等关键组件。MCU 作为核心部件，负责运行控制程序并处理各种输入输出信号；传感器用于实时采集车辆状态信息；执行器则根据 MCU 的指令执行具体动作；通信接口用于与其他电子控制单元（ECU）进行高效的数据交换。软件架构涵盖底层驱动、中间件和应用层软件。底层驱动负责与硬件直接交互，确保硬件设备的正常运行；中间件提供通信协议栈、诊断服务等功能，为应用层软件提供通用的服务和工具；应用层软件则根据具体功能需求编写，实现车身控制、灯光调节等具体功能。这种分层的软件架构设计，使得 BCM 系统具有较高的灵活性和可扩展性，能够适应不同车型和功能需求的变化。

（三）BCM 的技术趋势：高集成度与功能安全

随着汽车电子技术的不断发展，BCM 的技术趋势主要体现在高集成度和功能安全两个方面。在高集成度方面，单芯片集成多核 MCU + 硬件安全模块（HSM）成为一种趋势，如 NXP S32K3 系列。这种集成化设计不仅可以显著减少 PCB 面积，降低系统的体积和重量，还能有效降低功耗，提升系统的整体性能和可靠性。在功能安全方面，随着汽车安全法规的日益严格，ASIL-B/C 级要求 MCU 具备锁步核（Lockstep Core）、ECC 内存等冗余设计，以确保系统的可靠性和安全性。此外，通信接口的升级也是 BCM 技术发展的重要方向，支持 CAN FD、以太网（100BASE-T1）等高速通信接口，能够满足车辆各系统之间大量数据的快速交换需求，为汽车的智能化和网联化发展提供有力支持。

三、国产 MCU 芯片的突围路径

（一）典型案例：国科安芯 AS32A601 系列

国科安芯 AS32A601 系列芯片是国产 MCU 芯片在汽车 BCM 领域的一个典型案例。该芯片采用了基于 RISC-V 指令集二次开发的自研 E7 内核，主频高达

180MHz，具备高效的运算性能。在功能安全方面，AS32A601 系列芯片通过了 ASIL-B 级认证，集成双核锁步与 ECC 内存，能够有效降低系统故障的风险。此外，该芯片还完成了 AEC-Q100 Grade 1（-40℃~125℃）可靠性测试，表明其能够在汽车环境中长期稳定运行。这些技术特点使得 AS32A601 系列芯片在汽车 BCM 领域具有较强的竞争力，为国产 MCU 芯片在汽车电子领域的应用树立了良好的示范效应。

（二）国产 MCU 芯片满足汽车 BCM 方案需求的优势

国产 MCU 芯片在汽车 BCM 方案中展现出多方面的优势。首先，在运算性能方面，国产 MCU 芯片能够快速执行复杂的控制算法与数据处理任务，满足汽车 BCM 对实时性与高效性的严格要求。其次，国产 MCU 芯片具备丰富的外设接口，支持汽车网络的高速数据传输与多 ECU 协同工作，为汽车电子系统的集成化发展提供了有力支持。此外，低功耗设计也是国产 MCU 芯片的一大优势，通过采用先进的制程工艺与优化的电源管理策略，能够在不同工作模式下实现较低的功耗，延长电池寿命，符合汽车节能的发展趋势。高集成度的设计减少了外部元件的数量与成本，同时降低了系统复杂度与故障风险，提升了系统的可靠性和稳定性。最后，国产 MCU 芯片的定制化能力较强，能够根据汽车厂商的具体需求，灵活调整芯片的功能配置与软件支持，提供定制化的解决方案，满足不同客户的个性化需求。

（三）国产 MCU 芯片在汽车 BCM 方案中的应用挑战

尽管国产 MCU 芯片在汽车 BCM 方案中具有诸多优势，但在应用过程中仍面临一些挑战。在功能安全与可靠性认证方面，汽车 BCM 作为涉及车辆安全的关键部件，其使用的 MCU 芯片必须通过严格的汽车级可靠性认证，如 AEC-Q100 等标准。目前，部分低端国产 MCU 芯片在可靠性测试与功能安全认证方面尚处于起步阶段，与国际标准的要求还存在一定差距，这限制了其在高端汽车 BCM 方案中的应用。在与国外品牌竞争方面，国外 MCU 芯片厂商在汽车电子领域拥有长期的技术积累与市场份额优势，其产品性能、可靠性、生态系统等方面具有较高的认可度。国产 MCU 芯片在进入汽车 BCM 市场时，面临着来自国外品牌的激烈竞争，市场份额与品牌认可度有待进一步提升。在技术支持与生态系统建设方面，国产 MCU 芯片厂商需要为汽车制造商提供全方位的技术支持与完善的生态系统。目前，部分低端国产 MCU 芯片厂商在技术支持团队建设、开发工具提供、软件库丰富度等方面还存在不足，这可能影响汽车制造商在使用国产 MCU 芯片时的开发效率与用户体验。

四、国产 MCU 芯片在汽车 BCM 方案中的特点分析

（一）性能特点

国产 MCU 芯片在性能方面表现出色。以 AS32A601 为例，该芯片采用自研 E7 内核，主频高达 180MHz，能够快速执行复杂的控制算法与数据处理任务。在存储资源与数据处理能力方面，AS32A601 芯片配备了 512KiB 的 Flash 存储器与 512KiB 的 SRAM，能够存储大量的控制程序、配置数据与运行时数据。同时，芯片内置的 DMA 控制器可实现数据的高速传输与处理，提升了系统的整体效率。通信接口与网络连接能力也是 AS32A601 的一大优势，芯片集成了多种通信接口，支持汽车网络的高速数据传输与多 ECU 协同工作，为汽车电子系统的智能化发展提供了有力支持。

（二）集成特点

国产 MCU 芯片在集成方面具有较高的水平。以 AS32A601 为例，该芯片集成了多种模拟与数字外设，减少了外部元件的数量与成本。同时，AS32A601 芯片通过内置的电源管理模块、传感器接口、执行器驱动接口等功能模块，实现了车身控制、灯光调节、电源管理等 BCM 功能的高度集成。这种高集成度不仅降低了系统成本，还提高了系统的可靠性和稳定性，为汽车 BCM 方案的设计提供了更大的灵活性和便利性，有助于简化电路设计，减少 PCB 面积，提升系统的整体性能。

（三）可靠性与安全性特点

国产 MCU 芯片在可靠性与安全性方面不断进步。以 AS32A601 为例，该芯片能够在宽温度范围内稳定工作，适应汽车在各种恶劣环境下的使用需求。同时，芯片具备良好的抗振动与抗冲击性能，确保在车辆行驶过程中的可靠性。在抗干扰能力与电磁兼容性方面，AS32A601 芯片采用了多种抗干扰设计技术，提高了芯片对电磁干扰的免疫力。此外，AS32A601 芯片支持 ASIL-B 等级的功能安全标准，内置了多种功能安全机制，能够实时监测芯片的运行状态，及时发现并处理故障，确保 BCM 系统的安全可靠运行，为汽车的安全行驶提供了有力保障。

（四）成本与市场特点

国产 MCU 芯片在成本与市场方面具有明显优势。以 AS32A601 为例，该芯片通过优化设计与生产工艺，在保证性能与质量的前提下，降低了芯片的成本，相比国外同类产品具有更高的性价比。同时，国产 MCU 芯片的供应链相对稳定，受国际政治经济因素影响较小，为汽车制造商提供了可靠的芯片供应保障。此外，国产 MCU 芯片厂商能够更加专注于国内市场，深入了解汽车制造商的需求，提供更加贴近客户的解决方案和服务，从而在成本和市场支持方面形成独特的竞争优势，有助于提升国产 MCU 芯片在国内汽车市场的占有率。

五、结论

国产 MCU 芯片在 BCM 领域的突破，标志着中国汽车半导体产业从“替代”走向“创新”的重要转变。尽管在高端功能安全、工艺制程上仍需追赶，但凭借成本优势与快速响应能力，国产 MCU 有望在 ASIL-B 级以下市场实现规模化应用。未来，需持续加强产业链协同与技术生态建设，推动国产芯片向汽车电子深水区迈进，为我国汽车产业的自主可控发展提供有力支撑。