

汽车 MCU 的“芯”浪潮



本报记者 许子皓

在汽车产业加速向电动化、智能化、网联化、共享化迈进的当下，汽车电子系统正经历着翻天覆地的变革。汽车 MCU(微控制器)作为汽车电子系统的核心控制部件，宛如汽车的“大脑”，负责协调和管理汽车的各种电子系统，从发动机控制、底盘管理，到多媒体娱乐、自动驾驶辅助，汽车 MCU 的身影无处不在，深度融入汽车的每一个“神经末梢”。随着汽车智能化加速，MCU 也进入创新升级的关键期。

AI 浪潮下汽车 MCU 算力狂飙

近年来，AI 技术在汽车领域的应用不断深入，汽车 MCU 也开始融合 AI 技术，以实现更高级别的自动驾驶和智能化功能。特别是在在自动驾驶辅助系统中，AI 技术的融入让汽车 MCU 如虎添翼。通过摄像头、雷达等传感器收集大量的环境数据，AI 算法能够实时分析这些数据，识别道路、车辆、行人等物体，并做出相应的驾驶决策，让汽车的智能化水平得到质的提升。

例如，特斯拉的 Autopilot 自动驾驶辅助系统，利用 AI 技术实现了自动紧急制动、自适应巡航、自动泊车等功能。在遇到前方突然出现的障碍物时，搭载 AI 的汽车 MCU 能够迅速做出反应，自动触发紧急制动系统，避免碰撞事故的发生。

除了自动驾驶辅助外，AI 融合的汽车 MCU 在车辆故障检测和预测性维护方面也发挥着重要作用。通过对车辆各种传感器数据的实时监测和分析，AI 算法可以提前发现潜在的故障隐患，并及时发出预警，提醒车主进行维修保养。这样不仅可以避免车辆在行驶过程中突发故障，还能降低维修成本，提高车辆的可靠性和使用寿命。

为了实现这些新兴功能，MCU 正经历着前所未有的算力升级。专家表示，L2 级辅助驾驶仅需处理摄像头和毫米波雷达的基础数据，实现车道保持、自适应巡航等简单功能，对应的 MCU 算力需求在 10TOPS 以下。但当自动驾驶级别迈向 L3，车辆需

要应对复杂城市路况的实时决策，融合激光雷达、高清摄像头等多路传感器数据，此时算力需求飙升至 300TOPS 以上。到了 L4 级完全自动驾驶阶段，车辆要在无人干预的情况下处理突发场景、动态规划路径，算力需求突破 1000TOPS。

智能座舱的 AI 化同样推动算力需求激增。传统座舱仅需处理影音娱乐等基础功能，几 TOPS 的 MCU 算力即可满足。但如今，多模态交互（语音、手势、面部识别）成为标配。这些功能叠加后，单一智能座舱域的 MCU 算力需求已突破 50TOPS，若再融入 AR 导航、情感交互等进阶功能，算力需求还将翻倍。

从数据来看，AI 技术的融入让汽车 MCU 的算力需求在短短几年内实现了从“TOPS 级”到“千 TOPS 级”的跨越，且这一增长曲线仍在陡峭上扬。群智咨询的数据显示，2024 年全球汽车 MCU 市场规模约为 109 亿美元，同比增长 8.3%。在汽车智能化、电动化、网联化趋势的带动下，预计高性能汽车 MCU 的占比将持续提升，带动汽车 MCU 市场营收规模持续增长。

架构革新带来集成度提升

当前，汽车电子电气架构的变革正推动 MCU 从“分布式孤军作战”迈向“集中式协同管理”。此前，汽车采用分布式电子控制单元（ECU）架构，每个功能模块，如车窗升降、灯光控制、雨刮调节等，都配备独立的 MCU。这种架构虽能满足基本功能需求，

但随着汽车智能化程度加深，弊端逐渐显现。众多独立 MCU 导致整车 ECU 数量激增，布线复杂，不仅增加了成本与重量，还使系统的可靠性和可维护性降低。而且，各 MCU 算力有限，面对智能驾驶、智能座舱等复杂功能产生的海量数据，传统架构难以满足实时处理需求。

为应对挑战，多核与异构架构正成为汽车 MCU 架构革新的核心方向。

多核架构通过集成多个独立内核，让不同任务在各自内核上并行运行，大幅提升系统响应速度与运算效率。例如在动力系统控制中，一颗内核可专注于发动机的实时喷油与点火控制，另一颗负责变速器的换挡逻辑计算，第三颗则处理车身稳定系统的传感器数据，三者协同工作，使车辆动力输出更平顺、换挡更精准，同时保障行车稳定性。例如，英飞凌推出的 AURIX TC4x 系列微控制器（MCU）采用了新一代 TriCore1.8 架构，主频达到 500MHz，相较于上一代 300MHz 有了提升，并且支持虚拟化。这种架构将应用处理器（AP）、微控制器（MCU）以及数字信号处理器（DSP）的功能整合，并且最多可集成 6 个 CPU 内核，这些内核协同工作，能够同时处理多个复杂的任务，提高了数据处理效率。

异构架构的兴起，则是为了应对汽车电子系统中多样化的计算需求。不同于多核架构中内核类型一致的设计，异构架构将 CPU、GPU、NPU、DSP 等不同类型的计算单元集成在同一芯片上，让每种计算单元专注于擅长的任务。比如在智能驾驶域

控制器中，CPU 负责统筹协调与逻辑决策，GPU 处理高清摄像头传来的图像渲染任务，NPU 则专门加速神经网络算法，快速识别行人、车辆与交通标识，DSP 则高效处理雷达信号的滤波与解析。这种“各司其职”的设计，让 MCU 在处理多模态数据时效率提升数倍，同时避免了单一架构在特定任务上的性能瓶颈。

多核与异构架构的融合，还推动了汽车电子系统的集成化与轻量化。芯驰科技推出的 E3650 车规 MCU 采用 ARM R52+ 锁步多核架构，通过异构设计集成通信加速引擎与大容量存储，单颗芯片即可支撑区域控制器的多任务处理需求，较传统方案减少 30% 的硬件成本。

随着汽车智能化向更深层次发展，多核与异构架构的边界还在不断拓展。未来，更多专用计算单元将被集成到 MCU 中，形成“通用计算+专用加速”的混合架构，既能满足自动驾驶、车联网等场景的高算力需求，又能保障车身控制、动力管理等核心功能的实时性与安全性。

安全成为新重点

汽车在越来越智能的同时，风险点也在随之增多。Upstream Security 发布的报告显示，2023 年，全球发生 237 起针对车载系统的网络攻击事件，较 2020 年增长 3 倍，其中不乏专门针对 MCU 的攻击手段，这推动了汽车 MCU 从“功能安全”向“功能安全+信息安全”双维度防护升级。

瑞萨电子全球销售与市场副总裁、瑞萨电子中国总裁赖长青表示：“随着自动驾驶技术的不断升级，对 MCU 的处理性能、安全性和可靠性要求也越来越高，其不仅需要支持复杂的操作系统和多任务处理，还需要满足高级别的功能安全标准。”

在硬件层面，汽车 MCU 要确保在复杂的汽车环境中稳定、安全地运行。首先，高可靠性的硬件组件是基础。车规级 MCU 选用的电子元件经过严格筛选，具备稳定性和抗干扰能力，能够在 -40℃ 至 150℃ 的极端温度范围内正常工作，还能承受汽车行驶过程中的强烈振动和冲击。

冗余设计同样不可或缺。部分高端汽车 MCU 采用双核锁步技术，两个核心同时执行相同的指令，并相互校验结果。若其中一个核心出现故障，另一个核心能够立即接管工作，确保系统的连续运行。在自动驾驶的决策系统中，双核锁步的 MCU 可以同时对外传感器数据进行处理和分析，两个核心的处理结果相互比对，一旦发现差异，就表明可能存在故障，系统会及时采取相应的安全措施，如启动备份系统或发出故障警报。

在软件层面，汽车 MCU 同样采取了多重安全保障措施，以应对日益复杂的网络安全威胁和系统稳定性需求。

安全启动技术是第一道防线。它确保 MCU 在启动时加载的是经过认证的可信代码。当 MCU 上电启动时，会首先对存储在内部或外部存储器中的启动代码进行数字签名验证。只有签名验证通过，证明代码未被篡改且来源可信，MCU 才会继续执行后续的启动流程。如果黑客试图篡改启动代码，签名验证将失败，MCU 将拒绝启动，从而有效防止恶意代码的植入。意法半导体的 STM32MP1 系列 MCU 采用硬件级 root of trust（信任根），芯片上电时先验证固件签名，只有通过认证的程序才能运行，从源头阻止恶意代码注入。

加密通信与入侵检测构成第二道屏障。在车联网环境下，汽车 MCU 与外部设备或云端进行通信时，会采用加密算法对数据进行加密处理。常用的加密算法如 AES（高级加密标准），能够将原始数据转化为密文进行传输。当接收方收到密文后，再使用相应的密钥进行解密，恢复出原始数据。在车辆远程控制过程中，车主通过手机 APP 发送的控制指令在传输到汽车 MCU 时，会先经过加密处理，即使数据在传输过程中被黑客截获，由于没有正确的密钥，黑客也无法获取指令内容，保证了车辆控制的安全性。

未来，汽车 MCU 将朝着更智能、更高效的方向迈进。AI 与汽车 MCU 的融合将更加深入，AI 算法将不断优化，算力也将进一步提升，使汽车实现更高级别的自动驾驶功能。架构创新也将 MCU 的集成度持续提升，未来的汽车 MCU 可能会集成更多的功能模块，进一步简化汽车电子系统的设计，降低成本，提高系统的可靠性和性能。同时，安全问题也会更受重视，让驾驶体验更加安稳。

（上接第 1 版）推进制造业新型技术改造城市试点与中小企业数字化转型百城试点。深入开展“人工智能+制造”行动，分级分类深化工业互联网应用，培育工业智能体。这为加速产业结构优化升级，推动工业经济高质量发展指明了方向。

加速推进产业结构优化升级必须充分激活数据要素潜能，跑出新旧动能转换“加速度”。数据作为数字经济基础性资源和战略性资源，日益成为除土地、劳动力、资本、技术之外最广泛使用的新型生产要素。数据要素的赋能作用也日益明显。比如，在工业领域，有的大型龙头企业通过汇聚研发、物流、库存、价格信息等产业链数据，实现高端产品研发周期、采购交付周期

缩短 30% 以上，库存周期从 3 个月降低到 1 个月。

数据产业作为新兴产业，是新质生产力发展的重点领域。应从健全数据基础制度、优化数据基础设施布局、完善数据流通安全治理机制、加强数字经济国际合作等方面精准发力，进一步开发利用数据资源，解决数字鸿沟、数据安全、数据跨境流动壁垒等问题，充分发挥数据生产要素作用，推动数字经济高质量发展。

加速推进产业结构优化升级必须发展壮大基础软件与工业软件，提高产业链韧性与活力。随着我国制造业加快向智能制造转型升级，基础软件、工业软件的重要性日益凸显。基础软件是数字经济的关键基础

设施，其发展水平关乎国家安全、产业安全。工业软件作为工业制造的大脑和神经，是推进新型工业化、建设制造强国的关键支撑工具。

今年上半年，以 5G、人工智能（AI）大模型等为代表的数字技术迅速发展，数字产业完成业务收入同比增长 9.3%，增速较上年同期提高了 3.4 个百分点。预计下半年，软件业仍将保持快速增长态势，市场增量主要来自人工智能大模型、具身智能软件、数据软件、工业软件等领域。应持续加强规划指导和标准引领，推动重点行业场景深化应用，增强企业间协同创新，构建开放共享的软件创新生态体系，支持软件企业出海，拓展软件新兴市场，带动更多中小软件企业

共生共赢。

加速推进产业结构优化升级必须力推“人工智能+制造”行动走深向实，增强产业竞争优势。人工智能与制造业深度融合是推动产业升级、重塑全球竞争力的关键一步。工信部发布的《工业和信息化部信息化和工业化融合 2025 年工作要点》明确提出，编制制造业企业人工智能应用指南，加强人工智能技术在工业领域的深度融合应用。实施“人工智能+制造”行动，支持企业在重点场景应用通用大模型、行业大模型和智能体。深入实施智能制造工程，持续开展智能工厂梯度培育行动，研究制定智能工厂梯度培育管理暂行办法。依托智能工厂建设，带动智能制造装备、工

业软件和系统集成创新成果加速应用和迭代升级。

以“人工智能+”重塑制造业竞争优势，既要发展基础，把握独特优势，也要认清短板，找准发展方向，要将数字技术与制造优势、市场优势更好地结合起来。在技术层面，应聚焦基础模型叠加行业知识的双轮驱动，突破算法泛化能力不足的瓶颈；在应用层面，应以智能制造为主攻方向，深化各行业工业大模型、智能体和具身智能应用，促进制造业全链条智能化转型；在生态构建层面，需打破数据孤岛和技术壁垒，鼓励龙头企业开放智能平台接口，带动中小企业接入生态，形成链主企业引领、配套企业协同的发展格局。



推动科技创新和产业创新融合发展