

ADAS 和汽车自动化：他山之石，可以攻玉

在设计需要低延时和高能效的可扩展系统和应用时，
汽车制造商可以从数据中心那里获益良多

Microchip Technology Inc.

USB 和网络业务部

产品营销经理

Daniel Leih

纳入高级驾驶辅助系统（ADAS）功能如今已成为汽车设计提高安全性和易用性的一个重要方面。制造商正在寻求打造具有更高自动化水平的汽车，并最终实现完全自动驾驶（AD）。

ADAS 和 AD 加上用户对信息娱乐和个性化的期望不断提高，意味着汽车正在逐渐演变成为移动数据中心。因此，软件定义汽车（SDV）所需的关键硬件元素（IC、电路板或模块）之间的通信对于成功运营至关重要。事实上，现在有些汽车已经包含超过 1 亿行代码，而 **Straits Research** 预计到 2030 年汽车软件市场的规模将达到近 580 亿美元，复合年增长率为 14.8%。

软件充满了复杂性以及实时处理来自各种视觉系统传感器（如摄像头、雷达、激光雷达和超声波）的大量数据带来了不小的挑战。例如，图 1 表明汽车行业使用的传统通信基础设施和标准已经达到极限。以太网和控制器局域网（CAN）总线在未来的汽车架构中仍会占有一席之地，但必须进行补充以满足高性能计算平台（HPC）在 ADAS 和 AD 中嵌入人工智能（AI）和机器学习（ML）的需求。

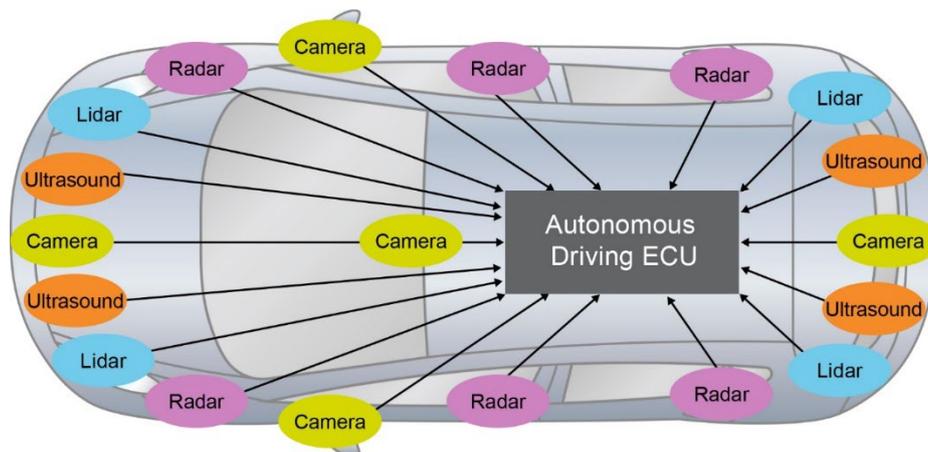


图 1——汽车正在成为车轮上的数据中心，因为 ADAS 必须实时处理来自不同类型传感器的大量数据

¹ <https://straitresearch.com/report/automotive-software-market>

PCIe®技术

外围组件互连高速（PCIe）技术于 2003 年问世，旨在满足计算行业的需求。现在，PCIe 已部署在航空航天和汽车领域，被用于在必须符合 DO-254 标准的固件中实施安全关键型应用。

PCIe 是一种点对点双向总线，作为一种混合串行总线，它可以在单通道或 2、4、8 或 16 条并行通道中实施，以实现更大的带宽。此外，每代 PCIe 的性能也都在不断提升。图 2 展示了 PCIe 的演变情况。

PCIe Generation	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Year of Release	2003	2007	2010	2017	2019	2022
Data Transfer Rate	2.5 GT/s	5 GT/s	8 GT/s	16 GT/s	32 GT/s	64 GT/s
Total Bandwidth × 1 Lane	250 MB/s	500 MB/s	1 GB/s	2 GB/s	4 GB/s	8 GB/s
Total Bandwidth × 2 Lanes	500 MB/s	1 GB/s	2 GB/s	4 GB/s	8 GB/s	16 GB/s
Total Bandwidth × 4 Lanes	1 GB/s	2 GB/s	4 GB/s	8 GB/s	16 GB/s	32 GB/s
Total Bandwidth × 8 Lanes	2 GB/s	4 GB/s	8 GB/s	16 GB/s	32 GB/s	64 GB/s
Total Bandwidth × 16 Lanes	4 GB/s	8 GB/s	16 GB/s	32 GB/s	64 GB/s	128 GB/s

图 2——PCIe®的性能演变

PCIe 已经在一些汽车应用中得到使用，它大约是在第 4.0 代投入使用。随着第 6.0 代技术的性能提升，其数据传输速率为 64 GTps，如果使用 16 个通道，则总带宽可达到 128 GBps。现在正是采用 PCIe 的大好时机，值得注意的是，PCIe 还提供了向后兼容性。

汽车正在成为车轮上的数据中心，我们来考虑在这样一个前提下为什么将 PCIe 用于陆基数据中心。

高性能、低功耗

数据中心由一个或多个服务器和外设组成，其中包括存储设备、网络组件和 I/O，以支持云中的 HPC。PCIe 于当今的高性能处理器中发挥作用，成为在服务器与外设之间建立低延时、高速连接的理想总线。

例如，非易失性存储器标准（NVMe）专门设计用于通过 PCIe 接口与闪存配合使用。基于 PCIe 的 NVMe 固态硬盘（SSD）比使用 SATA 接口的 SSD 提供更快的读/写速度。确实，所有的存储系统，无论是 SSD 还是机械硬盘，都无法提供复杂的 AI 和 ML 应用所需的性能。

通过 PCIe 在服务器中运行的应用程序之间提供低延时，这对云性能的提升有直接帮助。这意味着 PCIe 将被嵌入到处理器和 NVMe SSD 以外的组件当中。它还与许多组件一起，为云与访问云的系统之间提供网关。要注意的是，虽然汽车本身正在成为移动数据中心，但它们也将成为“智慧城市”之间移动节点。

从功耗角度来看，NVMe 在数据中心的使用也备受青睐。例如，美国能源部估计一个大型数据中心（拥有数万台设备）需要超过 100 MW 的电力，而这足以供 8 万户家庭的电力使用。而与同等规模的 SATA SSD 相比，NVMe SSD 消耗的电量不到其三分之一。

在汽车领域，功耗无疑是一个重要因素，尤其是对于电动汽车（EV），会直接影响到续航里程。事实上，汽车工程师（尤其是电动汽车设计师），越来越关注尺寸、重量和功耗（SWaP）问题。鉴于未来实施 ADAS 可能需要高达 1 kW 的功率，而且还需要液冷系统来进行热管理，所以这并不奇怪。

但同样，我们有机会借鉴其他领域的经验。几十年来，航空航天工业一直在设计满足严格的 SWaP 和成本（SwaP-C）要求的产品，并且电源等液冷线路可更换单元（LRU）已在某些军事平台中使用了十多年之久。

从何处开始？

多年以来，数据中心一直在发挥 PCIe 硬件的优势，因为它们希望针对不同的工作负载来优化系统。它们还擅长开发采用不同协议的互连系统；例如，将 PCIe 用于对时间要求不高的通信（如以太网用于地理上分散的系统）。

在汽车环境中，那些“对时间要求不高”的通信包括传感器之间的遥测和照明控制。它们不一定需要 PCIe，但在执行实时处理且相距仅几厘米的 IC 之间，需要使用 PCIe 来进行短距离、更高数据量的通信。因此，优化的 ADAS/AD 系统很可能需要囊括以太网、CAN、SerDes 以及 PCIe。

与以太网不同，不存在特定的汽车 PCIe 标准，但这并没有限制其近年来在汽车应用中的使用。同样，航空航天 PCIe 标准的缺失也没有阻止大型航空航天/国防企业（始终致力于追求 SWaP-C 优势）在安全关键型应用中使用该协议。

由于解决方案必须针对互操作性和可扩展性进行优化，PCIe 也在逐渐成为汽车行业首选的计算机互连解决方案，为 CPU 和专用加速器设备提供超低延时和低功耗的带宽可扩展性。虽然还没有出台特定的汽车 PCIe 标准，但半导体供应商正在努力让 PCIe 进一步在严苛的汽车环境中大放光彩。

² <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>



图3——低延时、低功耗和连接性能出色的PCIe®交换芯片

例如，2022年，Microchip推出了业界首款符合Gen 4要求的汽车级PCIe交换芯片。这些交换芯片被称为Switchtec™ PFX、PSX和PAX，可提供ADAS架构中分布式、实时、安全关键型数据处理所需的高速互连。除了这些交换芯片外，该公司还提供其他基于PCIe的硬件，包括NVMe控制器、NVRAM驱动器、重定时器、重驱动器和定时解决方案，以及基于闪存的FPGA和SoC。

最后，汽车行业必须考虑的另一件事是数据中心将资本支出视为一种对未来年金进行投资的方式。到目前为止，大多数汽车OEM一直认为资本支出具有一次性回报（在购买时），这对于硬件来说行之有效。诚然，大多数OEM会不时对软件更新收费，但SDV的商业模式需要全盘重新考虑。单纯关注硬件的物料清单成本已不合时宜。

总结

为了提高汽车的自动化水平，汽车需要成为一个高性能计算的“车轮上的数据中心”，处理来自各种传感器的大量数据。庆幸的是，HPC已然成熟，成为高频交易（HFT）和云的AI/ML应用程序的核心。经过验证的硬件架构和通信协议（如PCIe）就摆在面前。这意味着汽车制造商可以从数据中心的HPC实施方式中受益匪浅。

由于AWS、Google和其他云服务提供商多年来一直在开发和优化其HPC平台，因此大部分硬件和软件可以在需要时信手拈来。汽车制造商可以坐享这些现有的HPC架构，而不用重新发明，从零开始来打造解决方案。

参考资料

1. <https://straitresearch.com/report/automotive-software-market>