·汽车芯片技术专题·

# 智能驾驶域控制器SoC芯片选型及系统设计

吕迎欢

（上海比亚迪有限公司，上海 201600）

【欢迎引用】吕迎欢. 智能驾驶域控制器SoC芯片选型及系统设计[J]. 汽车文摘，2026(9): 30-35.

【Cite this paper】LÜ Y H. SoC Chip Selection and System Architecture Design for Intelligent Driving Domain Controllers[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(9): 30-35.

【摘要】针对智能辅助驾驶系统中SoC芯片选型与平台架构设计问题，围绕硬件接口、算力需求、成本优化、软件生态、功能安全及供应链风险等关键因素进行了系统分析，并构建了一种以国产智能驾驶SoC芯片为核心的低成本工程化智能驾驶系统架构。该架构在满足系统性能与可靠性要求的基础上，实现了成本与资源利用率的优化平衡，可为智能驾驶域控制器的方案设计、产品研发及国产化替代提供参考依据。

**关键词：智能驾驶域控制器；SoC；芯片选型；系统架构**

**中图分类号：**U463.6　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20260121

# SoC Chip Selection and System Architecture Design for Intelligent Driving Domain Controllers

Lü Yinghuan

(Shanghai BYD Co., Ltd., Shanghai 201600))

【Abstract】This study investigates the selection of SoC chips and platform architecture design for intelligent assisted driving systems. A systematic analysis is conducted on key factors affecting chip selection, including hardware interfaces, computing requirements, cost optimization, software ecosystems, functional safety, and supply chain risks. Based on this analysis, a low-cost, engineering-oriented intelligent driving system architecture centered on domestic intelligent driving SoC chips is proposed. The proposed architecture achieves an optimized balance between cost efficiency and resource utilization while ensuring system performance and reliability. It provides valuable references for the design of intelligent driving domain controllers, product development, and the localization substitution of automotive semiconductor solutions.

**Key words: Intelligent Driving Domain Controller, SoC, Chip Selection, System Architecture**

## 0　引言

智能辅助驾驶系统的核心在于智能驾驶域控制器中的高性能SoC芯片，该芯片承担了智能驾驶功能的核心计算任务，是实现各类驾驶辅助功能的物理基础[1]。SoC芯片和外围设计电路组合构成了完整的智能驾驶域控制器，使各类感知、决策与控制功能在整车平台上可靠运行。当前，智能驾驶域控制器的开发多以产品定位为基础，不同车型平台通常通过更换SoC芯片，并对外围感知与通信模块进行适配调整来实现快速导入。此种设计方法不仅缩短了开发周期，也保持了系统架构的稳定性，降低了开发风险。因此，高性能SoC芯片的选型成为决定智能驾驶产品性能、市场竞争力及量产可行性的关键因素。

本文构建了一套涵盖硬件接口、算力架构、全生命周期成本、软件生态、功能安全及供应链风险的综合选型指标体系，并将英伟达Orin系列与地平线征程6系列置于统一框架下开展对比研究。在此基础上，提出了一种基于征程6系列SoC的智能驾驶域控制器系统级设计方案，重点阐述了利用内置微控制器单元（Microcontroller Unit，MCU）域实现环视低延时启动、通过以太网拓扑重构降低物料清单（Bill of Materials，BOM）成本以及基于算力梯度的传感器配置优化策略。本研究旨在为高阶智能驾驶系统提供兼顾性能、

成本与供应链安全的域控开发范式，为国产大算力芯片的规模化量产替代提供理论依据与实践参考。

## 1 智能驾驶SoC芯片概述及选型要素

智能驾驶高性能SoC芯片是智能驾驶系统的核心计算平台。在车辆行驶过程中，芯片实时接收多源传感器采集的环境感知数据，并运行部署于芯片上的智能驾驶算法，完成数据预处理、特征提取与多模态融合。基于融合感知结果，系统需执行目标识别、场景理解、行为预测、路径规划等复杂计算任务，生成车辆横纵向控制决策[2]。上述计算过程对实时性要求极高，从环境感知到决策输出的闭环延迟必须控制在毫秒级，以保证车辆运行的安全性与响应速度[3]。完成决策后，SoC芯片将车辆横向和纵向控制指令发送至底盘域控制器，由底盘域控制器完成转向、驱动及制动控制[4]。同时将灯光控制等相关信息发送至车身域控制器，由车身域控制器完成灯光系统控制，从而向其他交通参与者传递车辆运行状态和驾驶意图。整个过程涉及海量数据的实时处理以及复杂算法的协同运行，对SoC芯片的算力、数据吞吐能力和实时响应能力均提出了极高要求。因此，选择一款满足系统需求的高性能SoC芯片已成为智能驾驶系统设计中的关键环节[5]。智能驾驶SoC芯片选型需要满足的通用要求分析如下。

### 1.1 硬件接口

#### 1.1.1 传感器信息通信接口

车辆周围环境信息通过各类传感器采集后传输至SoC芯片进行处理。目前市场主流的环境感知方案主要分为纯视觉方案和融合感知方案[6]。纯视觉方案主要依靠摄像头获取环境感知信息，而融合感知方案则通过摄像头、超声波雷达、毫米波雷达以及激光雷达等多种传感器协同工作，实现对车辆周围环境的全面感知[7]。因此，SoC芯片应具备充足的传感器通信接口资源，以满足不同传感器配置方案及传感器数量扩展的需求。同时，还应预留视频输出接口，用于将环视影像数据传输至座舱域控制器，实现智能驾驶与智能座舱功能的协同运行。

#### 1.1.2 网络通信接口

智能驾驶SoC芯片还需具备车载网络接入能力。主流智能驾驶SoC芯片普遍支持车载以太网通信，可与座舱域控制器、车身域控制器及底盘域控制器等计算平台共同构建车载以太网通信架构。部分SoC芯片还集成了MCU功能模块，能够直接支持控制器局域网络（Controller Area Network，CAN）通信。例如地平线征程6系列SoC芯片同时支持以太网与CAN网络接入，可减少MCU对CAN网络数据的中转与转发过程，从而降低系统通信延迟，提高整车控制响应速度。

#### 1.1.3 存储数据通信接口

在SoC芯片启动、运行及关闭过程中，需要配套存储器完成程序和数据的存储与管理。相关存储数据主要分为2类：一类存储于非易失性存储器中，如通用闪存存储（Universal Flash Storage，UFS）、嵌入式多媒体卡（embedded Multi Media Card，eMMC）、固态驱动器（Solid State Drive，SSD）等，主要包括操作系统、基础软件、中间件以及应用层算法等程序数据；另一类存储于高速存储器中，如动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，DRAM）等，主要用于运行过程中的临时数据缓存与快速调用，以保障智能驾驶功能的实时运行效率。

#### 1.1.4 控制接口

SoC芯片还需具备丰富的控制接口，用于对全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）、惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）以及传感器链路中的加解串器（SerDes）等外围器件进行配置与管理，确保各功能模块能够正常协同工作。合理的控制接口设计有助于提高系统集成度和运行稳定性，避免因配置异常导致系统功能失效或频繁报错。

#### 1.1.5 调试接口

为了满足产品开发、测试及量产需求，SoC芯片还应具备完善的调试接口，用于软件烧录、系统调试、故障诊断以及性能分析等工作，为产品开发和问题定位提供必要的技术支持。

#### 1.1.6 通用输入/输出接口

通用输入/输出（General Purpose Input/Output, GPIO）接口可根据系统需求灵活配置为输入或输出模式，用于接收或发送控制信号。GPIO接口能够为SoC芯片提供额外的信号交互能力，提高系统设计的灵活性和扩展性，以适应更加复杂的硬件架构需求。

#### 1.1.7 电源接口

电源接口为智能驾驶域控制器提供稳定可靠的电能供应，是保证系统正常运行的重要基础。电源接口设计不仅需要满足SoC芯片及外围器件的功耗需求，还应具备过压保护、过流保护、短路保护等安全功能，以提高系统运行的可靠性和安全性。

综上所述，硬件接口资源是智能驾驶SoC芯片选型的重要考量因素之一。芯片应具备完善且丰富的接口能力，以满足不同智能驾驶方案对于传感器接

入、网络通信、数据存储、设备控制以及系统调试等方面的需求，并为后续功能扩展和产品升级预留充足的设计空间。

### 1.2 算力

智能驾驶SoC芯片的计算能力是智能驾驶系统的核心基石，直接决定智驾算法的运行效率与性能上限。在车辆行驶过程中，摄像头、超声波传感器（Ultrasonic Sensor, USS）、毫米波雷达、激光雷达、IMU以及GNSS等多源信息的实时处理是系统设计的关键瓶颈。高算力芯片能够同时处理来自不同传感器的大量数据，实现多模态感知融合，支撑车辆在复杂环境下的快速决策与安全控制[8]。

从算力角度进行SoC芯片选型，需要考虑以下方面：首先，根据智能驾驶系统功能需求和传感器布局确定总算力需求；其次，应优先选择多核异构架构的SoC，以充分利用算法并行计算能力和芯片资源。当前国际和国内主要智驾SoC芯片企业，如英伟达和地平线均采用多核异构架构，内部集成中央处理器（Central Processing Unit，CPU）、图形处理器（Graphics Processing Unit，GPU）、大脑处理器（Brain Processing Unit，BPU）、图像信号处理器（Image Signal Processor，ISP）、张量计算核心（Tensor Core）等计算单元，可同时处理视频数据、感知融合与路径规划任务，充分体现多核异构架构在算力利用上的优势。

此外，算力选型还应兼顾冗余设计与软件协同优化。高算力芯片不仅能够满足当前功能需求，还能为未来算法升级或增加传感器配置提供预留算力，从而提升智能驾驶系统的可扩展性和长期适应性。

### 1.3 成本

除了算力指标外，芯片成本也是影响SoC芯片选型的重要因素之一。通常情况下，SoC芯片的成本与其功能复杂度、计算性能以及集成度密切相关。随着芯片算力水平和功能配置的提升，其研发成本和制造成本也会相应增加。因此，高性能SoC芯片通常伴随着更高的采购成本和系统开发成本。

从工程应用角度来看，优秀的产品设计并非一味追求极致性能，而是在满足功能需求、安全要求和用户体验的前提下，实现系统性能与成本的最优匹配。通过合理的芯片选型和系统架构设计，既能够保证智能驾驶功能的稳定运行，又能有效控制整车成本，提高产品的市场竞争力和量产价值[9]。

### 1.4 软件生态与开发支持

在智能驾驶SoC芯片选型中，软件生态与开发支持是决定开发效率和系统可扩展性的核心因素。成熟的开发平台不仅提供软件开发工具包（Software Development Kit，SDK）、实时操作系统（Real-Time Operating System，RTOS）及跨核通信库，还集成了算法内核和调试工具，使开发者能够高效利用多核异构架构实现任务分配与并行处理。完善的软件生态支持主流AI框架（如TensorRT、OpenVINO、PyTorch、TensorFlow）、视频处理算法和感知库，可显著缩短算法移植、优化和验证周期。此外，软件平台通常提供板级支持包（Board Support Package，BSP）、链式数据流管理机制（Link & Chain）及系统缓冲管理，使开发者无需关注底层通信细节即可构建复杂感知和决策算法。这种高度集成的生态不仅降低了开发难度，还保证了系统在功能升级、传感器扩展和算法迭代中的可靠性与可维护性，为自动驾驶平台的快速量产和持续优化提供了坚实支撑。

### 1.5 功能安全与可靠性

在智能驾驶SoC芯片选型中，功能安全与可靠性是实现高等级自动驾驶的基础保障。芯片必须严格遵循ISO 26262等汽车功能安全标准，通过汽车安全完整性等级（Automotive Safety Integrity Level，ASIL）分级设计，确保关键感知、决策和控制任务在异常或故障情况下仍能安全运行。高可靠性SoC通常采用锁步CPU、多核冗余、错误校正码（Error Correction Code，ECC）内存、看门狗计时器及安全核等机制，能够实时监测和纠正潜在错误，降低单点失效风险。同时，功能安全设计要求芯片支持系统级冗余架构和安全隔离，以保证传感器数据处理、AI推理和控制输出之间的安全边界。结合成熟的软件开发生态，功能安全策略能够覆盖从硬件底层到应用层的全流程，支持安全核间通信（Inter-Process Communication，IPC）、算法任务隔离和故障响应机制，从而提高系统的可预测性与容错能力。综上，功能安全与可靠性不仅是SoC选型的重要技术指标，也是确保智能驾驶车辆在复杂环境下安全、高效运行的关键因素。

### 1.6 供应链风险

在满足前述产品开发需求的基础上，还需充分考虑国际贸易环境和地缘政治因素对芯片供应链带来的影响。目前，国际贸易制裁、出口管制以及地缘政治风险正持续对全球半导体产业链产生影响[10-11]。若供应链过度依赖单一国家或单一供应商，当面临政策调整、关税变化或产品断供等情况时，极易对产品开发和量产交付造成冲击。智能驾驶产品的研发通常

需要投入大量资金和人力资源，而规模化量产不仅能够分摊研发成本，也关系到企业的持续盈利能力和长期发展。因此，在SoC芯片选型过程中，应充分评估供应链风险，提前做好样品储备和产能规划，同时积极推进多供应商策略以及国产化替代和生态建设，提高供应链的稳定性和抗风险能力。尽管国产化替代进程加速，但先进制程（如7 nm及以下）的产能仍受制于外部因素，在选型时同步评估晶圆代工产能分配。

## 2 主流智能驾驶SoC芯片对比分析

英伟达在全球智驾SoC芯片市场占据了主导地位，在国内市场也占据举足轻重的地位，比亚迪、理想和小米等车企都有搭载英伟达智能驾驶SoC芯片的量产车型。国内已经量产用于智能驾驶SoC芯片的公司主要包括地平线、华为、黑芝麻智能和芯擎科技等。国产化替代不仅是贸易制裁的必然出路，也是独立自主的发展选择。在国产智驾SoC芯片企业中，华为主要是以汽车零部件供应商的身份向车企提供智能驾驶域控制器方案，不进行智驾芯片的单独售卖。地平线兼具芯片供应商和智能驾驶域控制器供应商的双重身份与多家车企进行合作。英伟达和地平线的主流智驾SoC芯片对比如表1所示。

表1 英伟达和地平线主流智驾SoC芯片对比

| 选型维度 | Orin Nano | Orin NX | Orin AGX | J6E | J6M | J6P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 算力/×10$^{12}$次操作·s$^{-1}$ | 67 | 157 | 248 | 80 | 128 | 560 |
| 功能安全等级 | ASIL-D | | | | | |
| 软件生态成熟度 | 高 | 高 | 高 | 中 | 中 | 中 |
| 国产化程度 | 低 | 低 | 低 | 高 | 高 | 高 |
| 供应链风险 | 较高 | 较高 | 较高 | 较低 | 较低 | 较低 |
| 成本水平（同等算力） | 高 | 高 | 高 | 低 | 低 | 中 |
| 适用功能等级 | L2/高速NOA | L2/城市NOA | L3/城市NOA | L2/高速NOA | L2/城市NOA | L3/城市NOA |

注：NOA（Navigate on Autopilot）为导航辅助驾驶。

## 3 系统级方案及应用

结合上述智能驾驶SoC芯片选型考虑因素，以国产地平线征程6系列芯片为核心芯片设计出一种智能驾驶域控制器系统，为后续智能驾驶产品开发提供参考思路和指导。采用5R11V1L的传感器接入配置，结合外围电路实现传感器信息接入和智驾功能的正常运行，系统方案如图1所示。系统采用11路视频输入，5路毫米波雷达、1路激光雷达的传感器配置获取环境信息。12路USS主要用于泊车功能场景使用[13]。CAN通信和以太网均保留预留接口，用于功能扩展。电源管理集成电路（Power Management Integrated Circuit，PMIC）负责域控供电，SoC芯片中的MCU域负责数据转发、状态机管理、监控保护等功能，Main域主要部署智驾功能算法应用及相关服务，DDR负责Main域运行的易失性数据存储，eMMC/UFS则负责包含底软、算法应用和中间件等非易失性数据存储。GNSS提供高精定位信号，IMU则负责采集车辆自身姿态和运动状态感知。

该系统架构可以基于不同层级产品需求选择征程6系列不同的芯片为核心芯片。结合成本考虑激光雷达传感器可作为选配。

该智驾系统采用融合感知方案，可以满足L2级自动驾驶功能开发要求。融合感知方案能够充分发挥不同传感器之间的信息互补优势，从而显著提高环境感知的准确性、鲁棒性和可靠性。相比于纯视觉方案仅依赖摄像头获取环境信息，融合感知方案通过综合利用摄像头、USS、毫米波雷达、激光雷达以及惯性导航系统（IMU/GNSS）等多源传感器，实现对车辆周围环境的多维度、全方位感知。其中，摄像头具有较强的目标识别和场景语义理解能力；毫米波雷达具备较高的距离和速度测量精度，且受光照和天气影响较小；激光雷达能够提供高精度三维空间信息；超声波雷达则适用于近距离障碍物检测。通过多传感器信息融合，可以有效弥补单一传感器在探测范围、测量精度以及环境适应能力等方面的局限性，提高目标检测、识别与跟踪的精度，并降低误检和漏检概率。此外，在雨雪、雾霾、逆光等复杂工况下，融合感知方案仍能保持较高的环境感知能力，从而增强智能驾驶系统的稳定性与安全性。如图2所示，传感器接入服务将接收到的摄像头数据、激光雷达数据以及MCU域转发的USS数据和毫米波雷达数据进行处理，提供应用程序编程接口（Application Programming Interface，API），供算法应用获取环境感知数据。

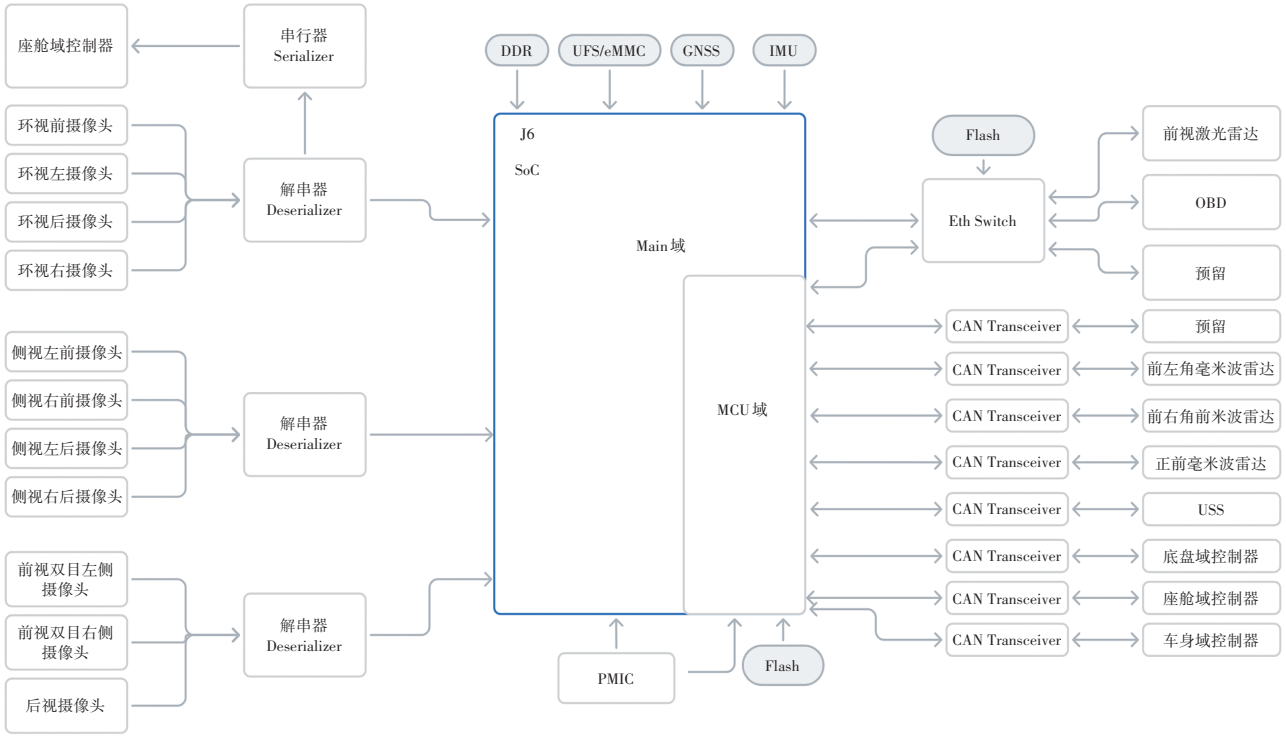



**图1　智能驾驶域控制器系统架构**

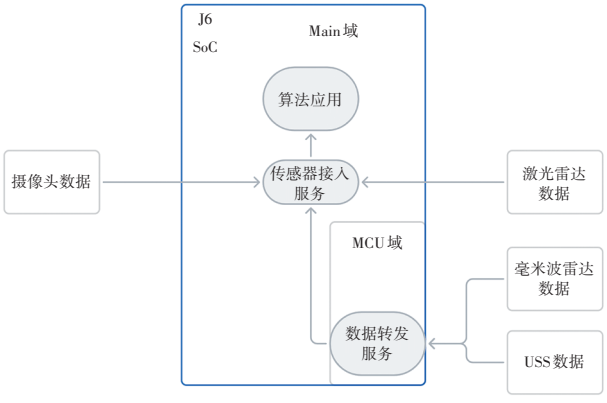



**图2　传感器接入服务示意**

基于座舱功能开发设计需求，需要将环视图像传送至座舱侧，并在屏端进行显示，便于驾驶员观察视线盲区内的环境，从而更加安全也驾驶车辆。征程6系列芯片的架构设计可以支持环视开启，减少驾驶员等待时间，提升驾驶体验好感度[13]，其实现方式如图3所示。在启动阶段，MCU域需早于Main域启动，其会在启动阶段调用camera_init接口，访问Main域I2C、GPIO，对camera sensor、SerDes进行初始化，完成环视的快速出图。

与传统智能驾驶域控制器方案相比，基于征程6系列SoC芯片的高度集成化设计，无需额外配置独立MCU即可满足系统功能需求，从而有效降低域控制器硬件成本，提升产品量产竞争力。同时，可根据智能驾驶算法复杂度和算力需求灵活选用征程6系列不同算力等级的芯片，实现系统性能与成本之间的合理平衡。此外，对于部分成本敏感型产品，还可将激光雷达作为选配配置，在满足功能需求的前提下进一步降低系统整体成本。如需进一步极致降本，可在上述架构上对以太网通信模块的进行成本优化。其一，取消以太网交换机固件存储所需的独立Flash，将交换机固件存储于MCU域Flash中，并在系统启动阶段由MCU将配置文件加载并转发至以太网交换机，完成相关初始化配置，从而减少器件数量和硬件成本。其二，在充分评估各节点以太网通信需求及网络拓扑结构的基础上，取消以太网交换机，采用物理层收发器（Physical Layer Transceiver，PHY）芯片实现点对点通信连接。该方案在满足系统通信架构需求的同时，可进一步降低硬件成本，提高系统经济性，但会牺牲产品扩展性。

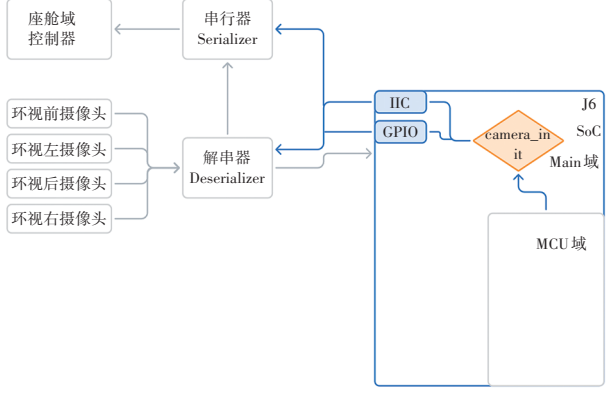



**图3　环视快启示意**

## 4 结束语

本文围绕智能驾驶域控制器的SoC芯片选型展开研究，从硬件接口、算力、成本、软件生态、功能安全及供应链风险等维度分析了智能驾驶SoC芯片的选型的考虑因素，并对英伟达Orin系列与地平线征程6系列产品进行了对比分析。在此基础上，提出了一种基于国产地平线征程6芯片的智能驾驶系统架构方案。研究表明，合理的SoC芯片选型是实现智能驾驶系统性能、成本与可靠性平衡的关键。随着国产智能驾驶芯片技术的不断成熟，国产化替代已成为提升供应链安全和推动智能网联汽车产业自主发展的重要途径。本文研究成果可为智能驾驶域控制器的设计开发提供参考，未来可进一步探讨基于RISC-V架构的SoC芯片在智驾系统中的适用性。

### 参 考 文 献


[1] AMARNATH A, PAL S, KASSA H T, et al. Heterogeneity-Aware Scheduling on SoCs for Autonomous Vehicles[J]. IEEE Computer Architecture Letters, 2021, 20(2): 82-85.

[2] 廖勇, 魏屹, 李上灿, 等. 人工智能辅助无人驾驶汽车现状、挑战与趋势[J/OL]. 信息与控制, 2025[2026-06-04]. https://doi.org/10.13976/j.cnki.xk.2025.1282.

[3] 叶青, 赵聪, 朱逸凡, 等. 面向自动驾驶的车路协同感知点云融合模式时延影响分析[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(4): 72-79.

[4] 中国公路学报编辑部. 线控底盘系统设计与控制专栏导语[J]. 中国公路学报, 2021, 34(9): 2.

[5] 马冬冬. 基于SoC的嵌入式车载导航系统硬件研究与分析[C]// 中国设备管理新趋势交流会会议文集(八), 2025: 135-137.

[6] 李子豪. “纯视觉”与“融合感知”，谁将主导自动驾驶的未来？[J]. 汽车制造业, 2024(4): 12-15.

[7] KHANSOLE A B, P S, MEGDAM S H, et al. Perception Sensors-Based Fusion System and Method for Controlling Vehicle[C]// 2025 International Conference on Recent Innovation in Science Engineering and Technology (ICRISET). Chennai: IEEE, 2025: 1-6.

[8] 李孟婷, 罗常潇. 车规级AI芯片在自动驾驶决策控制系统中的应用与挑战[J]. 汽车维护与修理, 2026(9): 75-76.

[9] 唐义丰. 分层次低成本自动驾驶车辆控制系统研究[D]. 深圳: 中国科学院大学(中国科学院深圳先进技术研究院), 2023.

[10] 王芹. 中美贸易摩擦对我国高新技术产业的影响: 以集成电路产业为例[D]. 南京: 东南大学, 2022.

[11] 张静仪, 耿瑞彬, 赵一鸣. 美国对华半导体技术限制措施事理图谱分析及其影响评估[J]. 图书情报工作, 2025, 69(3): 47-63.

[12] 贺敏. 基于超声波雷达的泊车辅助系统设计[J]. 汽车电器, 2025(4): 92-96.

[13] 地平线. 征程6软件概述(Brief)[EB/OL]. 2025[2026-08-12]. https://developer. horizon. auto/docs/J6/software/1.0.0/brief.


（责任编辑 **明慧**）