

证券研究报告—深度报告

软件与服务

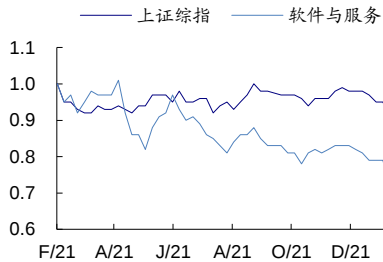
汽车智能化系列专题

超配

(维持评级)

2022年02月10日

一年该行业与上证综指走势比较



相关研究报告:

《国信证券-计算机行业-海外科技跟踪—特斯拉 FSD 软件价格上涨至 1.2 万美元,全球最大的汽车共享公司 Turo 拟上市》——2022-01-21
《汽车智能化系列专题之感知篇:终端智能化军备竞赛打响,中游各感知硬件放量先行》——2022-01-12
《海外科技跟踪:海外科技跟踪一》——2022-01-08
《计算机行业 2022 年 1 月投资策略:电力信息化改革加速,建议关注相关企业》——2022-01-06
《国信证券-计算机行业-海外科技跟踪-Facebook 正式发布虚拟现实应用,人力资本管理平台 Justworks 拟上市》——2021-12-24

证券分析师:熊莉

电话:
E-MAIL: xiongli1@guosen.com.cn
证券投资咨询执业资格证书编号: S0980519030002

独立性声明:

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道,分析逻辑基于本人的职业理解,通过合理判断并得出结论,力求客观、公正,其结论不受其它任何第三方的授意、影响,特此声明

行业专题

决策篇(1):从芯片到软件,车载计算平台产业链全面拆解

● 车载计算平台是智能网联汽车的“大脑”

车载计算平台是智能网联汽车的“大脑”。车载计算平台产业链从硬件到软件主要包括硬件平台、系统软件与功能软件: (1) 异构硬件平台: CPU 计算单元、AI 单元、MCU 控制单元、存储、ISP 等其他硬件组成的自动驾驶域控制器; (2) 系统软件: 硬件抽象层、操作系统内核、中间件组件等; (3) 功能软件: 自动驾驶通用框架、功能软件通用框架。

● 车载计算平台是智能网联汽车产业变革的风向标

随着汽车智能化程度的逐渐提高,对高性能 SoC 芯片的需求不断提升,主控芯片是所有环节中壁垒最高、商业模式最佳的环节;此外,当前汽车芯片出货量过小,无法充分摊销前期高昂的研发成本。种种因素注定了,SoC 主控芯片一定是长期极其稀缺的赛道,也是只属于少数玩家的游戏,英伟达、高通、英特尔等国际巨头持续发力芯片赛道,国内方面,华为、地平线等正在不断追赶。

● 汽车软件是汽车智能化赛道的贝塔

随着汽车软件权重占比的不断提升,对主机厂而言,应用软件是其品牌智能化的直接体现,更是能否占领消费者心智的关键,核心功能和算法的定制化和差异化一定是其发力的重点,而对于底层相对标准的系统软件和功能软件,以及相应的工具链等产品,独立的软件方案商具有显著优势和规模效应。

● 汽车智能化浪潮方兴未艾,建议关注相关厂商

汽车智能化浪潮方兴未艾,车载计算平台的技术变革才刚刚开始,不断的迭代和技术迭代,为产业链中上游的方案商和软件商提供了大量的增量业务机会,建议关注中科创达、德赛西威、光庭信息、东软集团、四维图新等相关上市公司。

重点公司盈利预测及投资评级

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘(元)	总市值(亿元)	EPS		PE	
					2021E	2022E	2021E	2022E
300496	中科创达	买入	132.75	564.3	1.55	2.20	85.77	60.24
002920	德赛西威	增持	121.00	671.9	1.43	2.00	84.57	60.58
301221	光庭信息	无评级	88.70	82.2	1.00	1.32	89.02	67.10
600718	东软集团	无评级	14.61	181.5	0.65	0.33	22.57	44.27
002405	四维图新	增持	14.83	352.1	0.05	0.14	308.32	105.55

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测

投资摘要

关键结论与投资建议

内容。

车载计算平台是智能网联汽车的“大脑”，更是智能网联汽车产业变革的风向标，从硬件到软件的全产业链都充满了机遇。

第一，异构硬件平台是算力时代下智能网联汽车的核心，随着汽车智能化程度的逐渐提高，对高性能 SoC 芯片的需求不断提升，SoC 主控芯片是所有环节中壁垒最高、商业模式最佳的环节；此外，当前汽车芯片出货量过小，无法充分摊销前期高昂的研发成本。种种因素注定了，SoC 主控芯片一定是长期极其稀缺的赛道，也是只属于少数玩家的游戏，英伟达、高通、英特尔等国际巨头持续发力芯片赛道，国内方面，华为、地平线等正在不断追赶；

第二，汽车软件将是汽车智能化赛道的贝塔。随着汽车软件权重占比的不断提升，对与主机厂而言，应用软件是其品牌智能化的直接体现，更是能否占领消费者心智的关键，核心功能的定制化和差异化一定是其发力的重点，而对于底层相对标准的系统软件和功能软件，以及相应的工具链等产品，独立的方案商优势显著。此外，芯片厂商的商业模式注定了其技术落地会选择相应的方案厂商合作，与头部芯片厂商深度绑定的优质方案商具有长期的成长空间。

核心假设或逻辑

第一，主控芯片从长期看注定是少数玩家参与的赛道，对于技术支持和方案落地等，芯片厂商更倾向于寻找优质方案商来支持其客户的落地；

第二，长期合作的方案商对于芯片厂商的生态和平台 know-how 理解更为充分，双方磨合度也更高，反哺双方合作的紧密度。

股价变化的催化因素

第一，自动驾驶产业政策出现重大利好；

第二，图像识别等自动驾驶底层技术出现重大变革；

第三，全球主要科技巨头或独角兽发布智能汽车新品。

核心假设或逻辑的主要风险

第一，疫情反复或对汽车销量持续产生不利影响；

第二，中美科技、贸易摩擦风险；

第三，座舱域、驾驶域智能化落地节奏低于市场预期的风险；

第四，市场格局发生改变，竞争加剧等风险。

内容目录

决策篇:	6
车载计算平台由硬件平台+系统软件+功能软件构成	6
EEA 架构逐渐走向域集中, DCU 应运而生	6
单车智能化逐步提升, 对计算平台的需求持续增加	9
硬件平台之一: 芯片	11
计算芯片是算力时代下智能网联汽车的核心	11
传统 MCU: MCU 需求稳步增长, 海外寡头长期垄断	12
智能座舱 SoC: 高通在中高端数字座舱呈现垄断局面	14
自动驾驶 SoC: CPU+XPU 是当前主流, 英伟达当前领先	15
评估芯片性能, 算力、能耗、效率缺一不可	19
硬件平台之二: 域控制器	21
面向高阶自动驾驶, 异构多核硬件架构成为趋势	21
高性能 SoC 主芯片占整体域控制器的主要成本	22
OEM 自研、系统集成商、软件平台商三方势力各显身手	22
系统软件之一: 操作系统	25
操作系统标准与分类: 车控 OS 与座舱 OS	25
QNX、Linux、VxWorks 是主要的底层内核	26
QNX+Linux 或 QNX+Android 是当前的主流趋势	27
系统软件之二: 硬件抽象层与中间件层	29
硬件抽象层之一 BSP: 主板硬件与操作系统之间的桥梁	29
硬件抽象层之二 Hypervisor: 虚拟化平台, 跨平台应用的重要途径	29
中间件层: 助力软硬件解耦分离, 提升应用层开发效率	32
功能软件、工具链及应用软件:	34
功能软件: 自动驾驶的核心共性功能模块	34
工具链: 提升平台软硬件研发效率的重要途径	35
应用软件: OEM 品牌智能化产品力的直接体现	35
相关公司: 中科创达、德赛西威、光庭信息、东软集团、四维图新、经纬恒润	38
中科创达 (300496.SZ): 全球领先的智能平台技术服务提供商	38
德赛西威 (002920.SZ): 汽车电子 Tier 1 龙头, ADAS 先发优势显著	39
光庭信息 (301221.SZ): 领先的智能汽车软件解决方案提供商	40
东软集团 (600718.SH): 智能汽车浪潮为老牌软件龙头注入活力	41
四维图新 (002405.SZ): 地图为基、芯片铸魂, 打造汽车智能领导者	41
经纬恒润 (A21257.SH): 领先的综合电子系统科技服务龙头	42
国信证券投资评级	45
分析师承诺	45
风险提示	45
证券投资咨询业务的说明	45

图表目录

图 1: 汽车智能化产业地图之车载计算平台	6
图 2: 分布式架构下车辆 ECU 通过 CAN 总线连接	7
图 3: 大量 ECU 分布在车辆全身各处	7
图 4: 汽车电子电气架构的发展路径	7
图 5: 域集中式的 EEA 架构	7
图 6: 基于功能域划分的大众 MEB 架构	8
图 7: 特斯拉 Model 3 的基于区域划分的域控制器	9
图 8: 功能域与空间域划分方式的优劣势	9
图 9: L2-5 级各类传感器的搭配方案	10
图 10: 不同等级自动驾驶对算力的需求	11
图 11: 汽车半导体分类结构	11
图 12: MCU 芯片典型构架	12
图 13: SoC 芯片典型构架	12
图 14: 2019-2026E 全球车规级 SoC 市场规模 (亿美元)	12
图 15: MCU 工作原理	13
图 16: 不同类型汽车所需的 MCU 数量 (颗/车)	13
图 17: 2020-2026E 全球 MCU 市场规模 (亿美元)	14
图 18: 2020-2026E 中国 MCU 市场规模 (亿元)	14
图 19: 2020 年全球车规级 MCU 市场格局	14
图 20: GPU 和 CPU 的架构示意图	16
图 21: 英伟达 Xavier 芯片架构	17
图 22: 特斯拉 FSD 芯片架构	17
图 23: Mobileye Eye Q5 电路系统块图	17
图 24: 地平线征程 2 芯片架构	17
图 25: Waymo 的 CPU+FPGA 架构示意图	18
图 26: 卷积神经网络的计算原理	20
图 27: 地平线定义的芯片 AI 效能三要素	20
图 28: 特斯拉 HW 3.0 实物图	22
图 29: 域控制器的竞争格局	23
图 30: AUTOSAR 制定者及合作厂商 (截至 2022.1)	25
图 31: CP AUTOSAR 和 AP AUTOSAR	26
图 32: 2021 年全球智能座舱操作系统竞争格局	27
图 33: 全球车载操作系统市场格局变化	27
图 34: 不同类型的定制车机系统	28
图 35: BSP 在软件系统中的位置	29
图 36: Hypervisor (虚拟机) 的工作原理	30
图 37: 基于 QNX Hypervisor 虚拟技术运行的多操作系统架构	31
图 38: 中间件层的位置与作用	32
图 39: RTE 实现基础软件与应用软件的分离	32
图 40: 集成 DDS 的 AUTOSAR 平台	33
图 41: 功能软件基本架构	34
图 42: 智能驾驶三大类型通用模型	34
图 43: 2020 年国内高精度地图市场份额	37
图 44: 2020-2025E 国内高精度地图市场规模 (亿美元)	37
图 45: 2020 年国内车载语音市场份额	38
图 46: 中科创达发布基于高通 SA8295 的座舱解决方案	39
图 47: 中科创达的 E-cockpit 智能座舱解决方案	39
图 48: 德赛西威产品布局	40
图 49: 德赛西威域控制器产品矩阵	40
图 50: 光庭信息汽车业务布局情况	40
图 51: 光庭信息的智能座舱产品布局	40
图 52: 东软大汽车整体业务布局	41
图 53: 东软睿驰面向 SDV 的产品与解决方案	41
图 54: 四维图新整体战略布局	42
图 55: 杰发科技智能座舱 SoC 芯片 AC8015	42
图 56: 经纬恒润业务布局	43

图 54: 经纬恒润的主要国内外客户	43
--------------------------	----

表 1: 五大功能域控制器功能介绍	8
表 2: 自动驾驶分级 L0-L5	10
表 3: 各级别自动驾驶对传感器数量的需求量	10
表 4: 不同位数 MCU 常见应用场景	13
表 5: 目前主流智能座舱 SoC 芯片全梳理	15
表 6: CPU、GPU、FPGA、ASIC 之间的区别	16
表 7: 目前主流自动驾驶 SoC 芯片全梳理	18
表 8: 特斯拉 HW 3.0 FSD 主控芯片成本拆解	22
表 9: 全球主要智能座舱域控制器厂商梳理	23
表 10: 全球主要自动驾驶域控制器厂商梳理	24
表 11: 常见 OS 内核对比	27
表 12: 各家 OEM 所采用的车机 OS 以及底层内核	28
表 13: 主要 Hypervisor 介绍	31
表 14: 中国供应商 AUTOSAR 业务进展	33
表 15: 车载计算平台全栈式工具链	35
表 16: 自动驾驶算法的主要分类及作用	36
表 17: 高精度地图与传统地图的比较	36
表 18: 高精度地图是 L3 及以上自动驾驶的必备	37
表 19: 全球车载语音市场的主要玩家	38

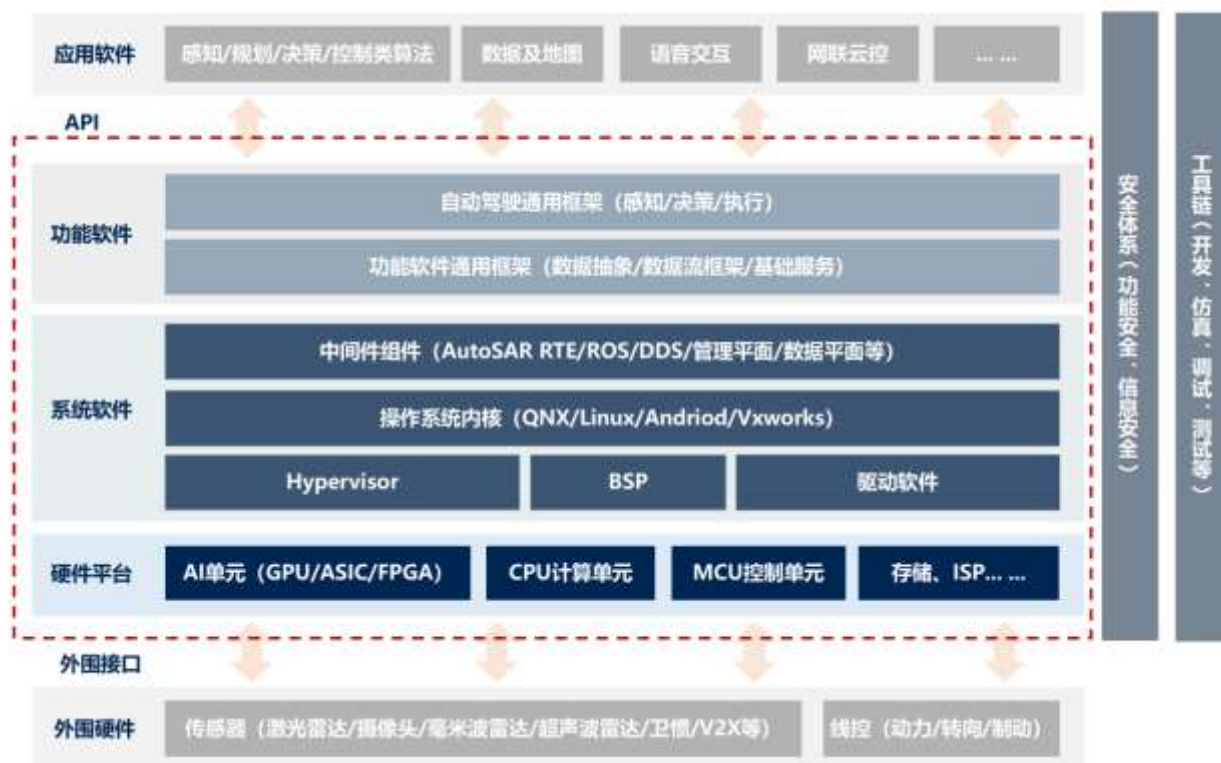
决策篇：

车载计算平台由硬件平台+系统软件+功能软件构成

智能驾驶产业主要可以分为感知层、决策层与执行层，本篇是汽车智能化系列专题的第二篇，主要围绕着汽车智能化的决策层展开。本篇报告针对车载计算平台全产业链的每个细分环节，从其概念、技术路径、发展趋势、竞争格局等内容展开。车载计算平台是智能网联汽车的“大脑”，从硬件到软件主要包括：

- (1) 异构硬件平台：**CPU 计算单元、AI 单元（GPU、ASIC、FPGA）、MCU 控制单元、存储、ISP 等其他硬件组成的自动驾驶域控制器；
- (2) 系统软件：**硬件抽象层（Hypervisor、BSP）、操作系统内核（QNX/Linux/Andriod/Vxworks）、中间件组件等；
- (3) 功能软件：**自动驾驶通用框架（感知、决策、执行）、功能软件通用框架（数据抽象/数据流框架/基础服务）；
- (4) 其他：**工具链（开发、仿真、调试、测试等）、以及安全体系（功能安全、信息安全等）。

图 1：汽车智能化产业地图之车载计算平台



资料来源：亿欧智库，国信证券经济研究所整理

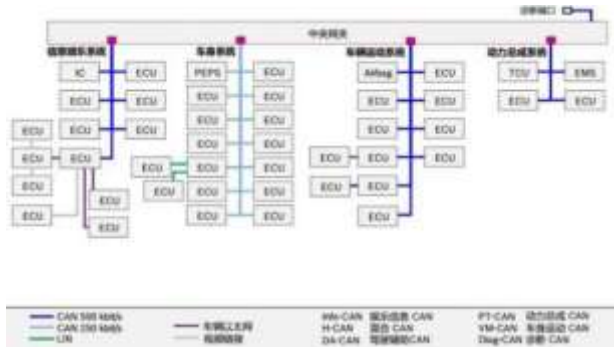
EEA 架构逐渐走向域集中，DCU 应运而生

单车 ECU 数量激增，无法满足汽车智能化的需求。1980 年代开始，以机械为主宰的汽车行业内掀起一场电子电气化革命，电子控制单元（Electronic Control Unit，ECU）占领了整个汽车，此时的汽车电子电气架构都是分布式的，各个 ECU 都通过 CAN（Controller Area Network，控制器域网络）或 LIN（Local

Interconnect Network，局部互连网络）总线连接在一起，通过工程师预设好的通信协议交换信息。在传统的 EEA 架构下，ECU 是系统的核心，智能功能的升级依赖于 ECU 数量的累加。

原有智能化升级方式面临研发和生产成本剧增、安全性降低、算力不足等问题，传统分布式架构亟需升级，传统 EEA 架构主要面临以下问题：（1）控制器数量过多：各级别汽车 ECU 数量都在逐年递增，每台汽车搭载的 ECU 平均 25 个，一些高端车型通常会超过 100 个；（2）线束布置过于复杂：ECU 数量越多，总线数量必将更长，2000 年奔驰 S 级轿车的电子系统已经拥有 80 个 ECU，1,900 条总长达 4km 的通信总线。2007 年奥迪 Q7 和保时捷卡宴的总线长度突破 6km，重量超过 70kg，基本成为位列发动机之后的全车第二重部件；（3）“跨域”信号传输需求增加：智能驾驶需要大量的“跨域”信号传输，环境传感器（雷达，视频和激光雷达）产生了大量数据传输的需求，这也对传统分散式 ECU 基础架构提出了挑战。

图 2：分布式架构下车辆 ECU 通过 CAN 总线连接



资料来源：博世，国信证券经济研究所整理

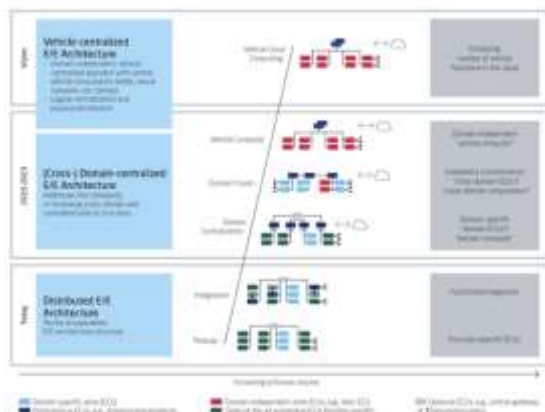
图 3：大量 ECU 分布在车辆全身各处



资料来源：高通，国信证券经济研究所整理

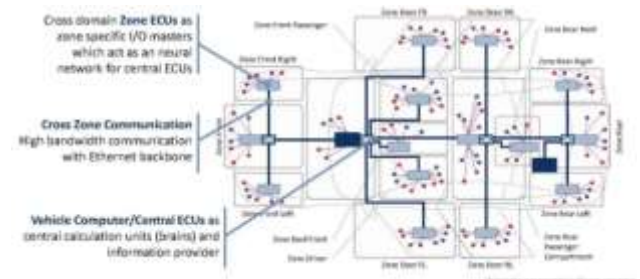
为适应智能化需求，催生出以 DCU 为主的域集中架构。为了控制总线长度、降低 ECU 数量，从而降低电子部件重量、降低整车制造成本，将分散的控制器按照功能域划分、集成为运算能力更强的域控制器 (Domain Control Unit, DCU) 的想法应运而生。博世用三类 EEA 架构共六个阶段来展示架构演进方向：分布式（模块化、集成化）、域集中式（集中化、域融合）、集中式（车载电脑、车-云计算）。

图 4：汽车电子电气架构的发展路径



资料来源：ETAS，国信证券经济研究所整理

图 5：域集中式的 EEA 架构



资料来源：博世，国信证券经济研究所整理

功能域与空间域是当前域控制器发展的两条路径。域控制器根据划分方式，主要可以分为以五大功能域划分和以车辆特定物理区域划分两种，相较于纯粹以功能为导向的域控制器，空间域划分的集中化程度更高，对 OEM 厂商自身开发能力要求也会更高：

（1）基于功能划分的域控制器：典型代表博世、大陆等传统 Tier 1

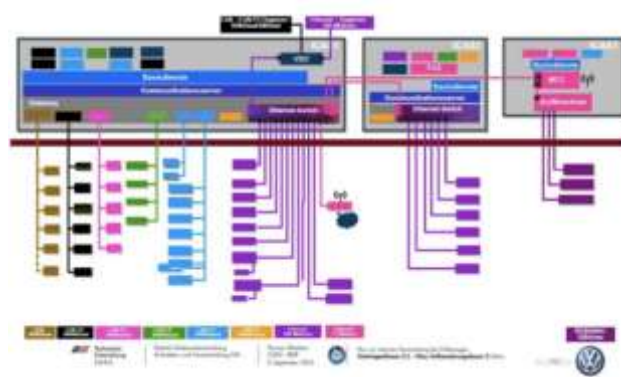
博世、大陆等传统 Tier 1 将汽车 EEA 架构按功能划分为动力域（安全）、底盘域（车辆运动）、信息娱乐域（座舱域）、自动驾驶域（辅助驾驶）和车身域（车身电子）五大区域。每个区域对应推出相应的域控制器，最后再通过 CAN/LIN 等通讯方式连接至主干线甚至托管至云端，从而实现整车信息数据的交互。

表 1：五大功能域控制器功能介绍

功能域	域控制器功能介绍
动力域 (安全)	负责动力总成的优化与控制，同时兼具电气智能故障诊断、智能节电、总线通信等功能
底盘域 (车辆运动)	负责具体的汽车行驶控制，需要对包括助力转向系统（EPS）、车身稳定系统（ESC）、电动刹车助力器、安全气囊控制系统等在内的系统进行统一的控制
信息娱乐域 (座舱域)	汽车座舱电子系统功能，可融合传统的车载信息系统（仪表）和车载娱乐系统（IVI）等功能，同时集成驾驶员监控系统、360 环视系统、AR HUD、行车记录仪和空调控制器等功能
自动驾驶域 (辅助驾驶)	具备多传感器融合、定位、路径规划、决策控制、无线通讯、高速通讯的能力，通常需要外接多个摄像头、毫米波雷达、激光雷达等设备，完成的功能包含图像识别、数据处理等
车身域 (车身电子)	负责传统车身功能的整体控制，无钥匙进入和启动（PEPS）、车窗控制、天窗控制、空调模块、座椅模块等。由于车身域控制器涉及安全等级较低，有望率先实现与智能座舱域的融合

资料来源：盖世汽车，国信证券经济研究所整理

图 6：基于功能域划分的大众 MEB 架构



资料来源：大众，国信证券经济研究所整理

（2）基于空间划分的域控制器：典型代表特斯拉

基于空间划分的域控制器是以车辆特定物理区域为边界来进行功能划分，相较于纯粹以功能为导向的域控制器，其集中化程度更高。特斯拉则是其中的典型代表，2012 年 Model S 还是以典型的功能域划分为主，2017 年推出 Model 3 则直接进入准中央架构阶段，特斯拉的 EE 架构只有三大部分，包括 CCM（中央计算模块）、BCM LH（左车身控制模块）、BCM RH（右车身控制模块）。中央计算模块直接整合了驾驶辅助系统（ADAS）和信息娱乐系统（IVI）两大域，以及外部连接和车内通信系统域功能；左车身控制模块和右车身控制模块分别负责剩下的车身与便利系统、底盘与安全系统和部分动力系统的功能。特斯拉的准中央 E/E 架构已带来了线束革命，Model S/Model X 整车线束的长度是 3 公里，Model 3 整车线束的长度缩短到了 1.5 公里，Model Y 进一步缩短到 1 公里左右，特斯拉最终的计划是将线束长度缩短至 100 米。

[illegible]

以功能域划分的域集中式会是大部分主机厂当下的主要选择。采用功能域还是空间域，核心还是取决于 OEM 自身的实力和与供应商体系的博弈，OEM 未来会加大垂直整合程度，将核心软硬件尽可能掌握在自己手中，形成技术壁垒。但是目前来看，以大部分主机厂和 Tier 1 自身的战略布局，预计大部分主机厂仍会使用混合域的 EEA 架构，即部分功能域集中化，形成“分布式 ECU+域控制器”的过渡方案，最后形成“Super controller(中央超级计算机)+ Zonal control unit(区控制器)”的架构，这一演进过程可能长达 5-10 年。

功能域	空间域
➢ 功能域软件复用率更高、软件更容易打通、安全性更有保障 ➢ 有供应商参与完成。OEM可以在整体上做些妥协功能定义相对简单 ➢ 单块功能的逻辑算法不需要做太多改变 ■ OEM可与供应商协同开发，对OEM软件开发能力需求相对较低。	➢ 理论上可以抛开硬件的束缚完全实现软硬件的解耦，即对功能定义和布局可以更加灵活。 ➢ 空间域物理层面线条更短，拓扑架构更简单，但由于功能跨度更大，基础软件平台的开发应该会更困难。 ➢ 算力的分配可以更平衡，不需要受制于功能的复杂与简单而定制不同算力的芯片和设计。 ■ OEM的软件能力一定要从下至上完全掌握在自己手里，包括从最芯片的架构到整车上执行器的安排，中间需接口的统一标准都需要在顶层设计上提前设计。

单车智能化逐步提升，对计算平台的需求持续增加

当前自动驾驶正处在 L2 向 L3 级别跨越发展的关键阶段。其中，L2 级的 ADAS 是实现高等级自动驾驶的基础，从全球各车企自动驾驶量产时间表来看，L3 级别自动驾驶即将迎来大规模地商业化落地。

表 2：自动驾驶分级 L0-L5

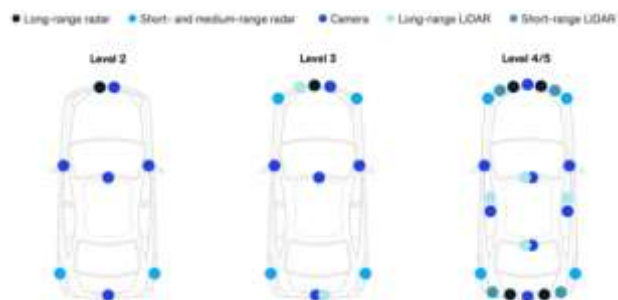
美国国家公路安全管理局（NHTSA）、美国汽车工程师协会（SAE）自动驾驶分级标准							
分级	NHTSA	L0	L1	L2	L3	L4	L5
名称（SAE）	SAE	L0	L1	L2	L3	L4	L5
名称（SAE）		无自动化	驾驶支持	部分自动化	有条件自动化	高度自动化	完全自动化
SAE 定义		由人类驾驶者全权驾驶汽车，在行驶过程中可以得到警告	通过驾驶环境对方向盘和加速减速中的一项操作提供支持，其余由人类操作	通过驾驶环境对方向盘和加速减速中的多项操作提供支持，其余由人类操作	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类提供适当的应答	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类不一定提供所有的应答。限定道路和环境条件	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，可能的情况下，人类接管，不限定道路和环境条件
主体		人类驾驶者	人类驾驶者/系统	人类驾驶者	人类驾驶者	系统	系统
周边监控							
支援							
系统作用域		无					全域

资料来源：NHTSA、SAE、国信证券经济研究所整理

随着自动驾驶级别的提升，单车传感器的数量呈倍级增加。预计自动驾驶 Level 1-2 级需要 10-20 个传感器，Level 3 级需要 20-30 个传感器，Level 4-5 级需要 40-50 个传感器。

- **Level 1-2 级别：**通常具有 1 个前置远程雷达和 1 个摄像头，用于自适应巡航控制，紧急制动辅助和车道偏离警告/辅助。2 个向后的中程雷达可实现盲点检测，外加 4 个摄像头和 12 个超声波雷达则可实现 360 度视角的泊车辅助功能。预计 Level 1-2 的总传感器数量约为 10-20 个左右。
- **Level 3 级别：**在 Level 1-2 配置的基础上，外加 1 个远程激光雷达，由于主动距离测量，激光雷达还具有高分辨率，广角和高精度的特点，这对于检测和分类对象或跟踪地标以进行定位将是必需的。对于高速公路领航系统（Highway pilot）应用，通常会额外增加 1 颗后向的远程激光雷达。预计会使用 6-8 个摄像头，8-12 个超声波雷达和 4-8 个毫米波雷达，以及 1 个激光雷达，因此，预计 Level 3 的传感器总数量会在 20-30 个左右。
- **Level 4-5 级别：**通常需要多种传感器进行 360° 视角的交叉验证，以消除每种传感器的弱点。预计会使用 8-15 个摄像头，8-12 个超声波雷达和 6-12 个毫米波雷达，以及 1-3 个激光雷达，因此，预计用于 Level 4 至 5 的传感器总数量会在 30-40 个左右。

图 9：L2-5 级各类传感器的搭配方案



资料来源：麦肯锡，国信证券经济研究所整理

表 3：各级别自动驾驶对传感器数量的需求量

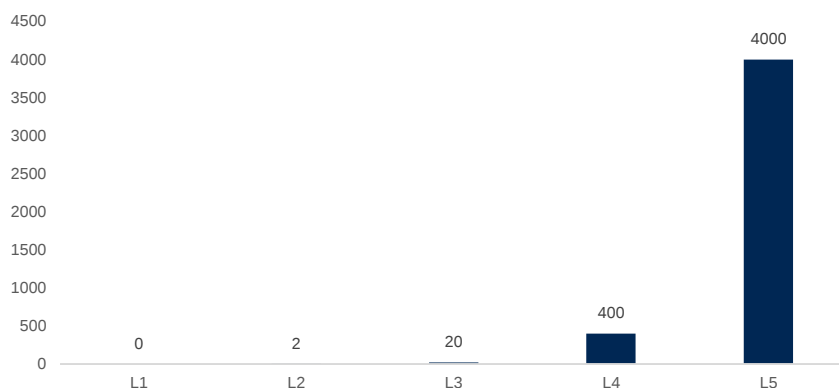
	L0-L1	L2	L3	L4	L5
摄像头	0-4	4-6	6-8	8-10	12-15
超声波雷达	4-8	8-12	8-12	8-12	8-12
毫米波雷达	1-3	3-5	4-8	6-12	6-12
激光雷达	0	0	0-1	1-3	1-3

资料来源：亿欧智库，国信证券经济研究所整理

随着自动驾驶等级的提高，所需的算力高速提升。汽车自动驾驶的智能化水平

取决于算法是否强大，从 L1 到 L5，自动驾驶每提升一个等级，算力要求也同样提升一个等级：L3 之前，自动驾驶所需算力较低；L3 需要的 AI 算力达到 20TOPS；L3 之后，算力要求数十倍增长，L4 接近 400TOPS，L5 算力要求更为严苛，达到 4000+TOPS。每增加一级自动驾驶等级，算力需求则相应增长一个数量级。根据英特尔推算，在全自动驾驶时代，每辆汽车每天产生的数据量将高达 4000GB。

图 10：不同等级自动驾驶对算力的需求



资料来源：亿欧智库，国信证券经济研究所整理

硬件平台之一：芯片

计算芯片是算力时代下智能网联汽车的核心

计算芯片可分为 MCU 芯片与 SoC 芯片。随着汽车 EE 架构的不断革新，汽车半导体高速发展，按功能不同，汽车半导体可分为汽车芯片和功率半导体，而在汽车芯片中，最重要的是计算芯片，按集成规模不同，可分为 MCU 芯片与 SoC 芯片。

MCU (Micro Control Unit) 微控制器，是将计算机的 CPU、RAM、ROM、定时计数器和多种 I/O 接口集成在一片芯片上，形成芯片级的芯片；而 SoC (System on Chip) 指的是片上系统，与 MCU 不同的是，SoC 是系统级的芯片，它既像 MCU 那样有内置 RAM、ROM，同时又可以运行操作系统。

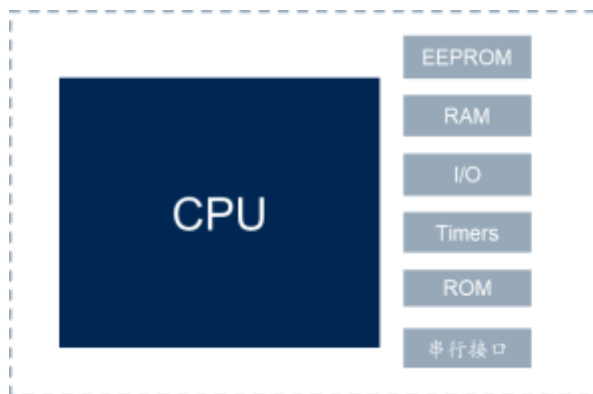
图 11：汽车半导体分类结构



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

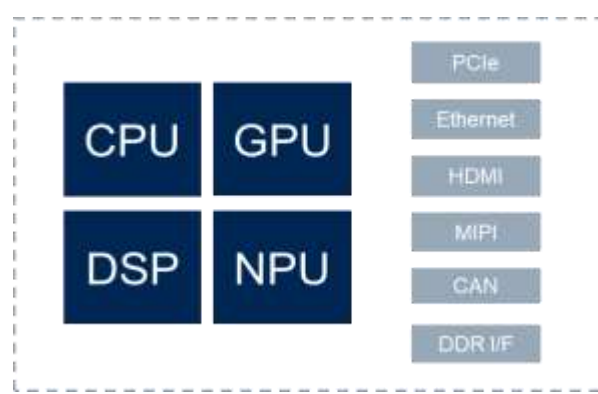
智能化趋势驱动汽车芯片从 MCU 向 SoC 过渡。自动驾驶对汽车底层硬件提出了更高的要求，实现单一功能的单一芯片只能提供简单的逻辑计算，无法提供强大的算力支持，新的 EE 架构推动汽车芯片从单一芯片级芯片 MCU 向系统级芯片 SoC 过渡。

图 12: MCU 芯片典型构架



资料来源：地平线，国信证券经济研究所整理

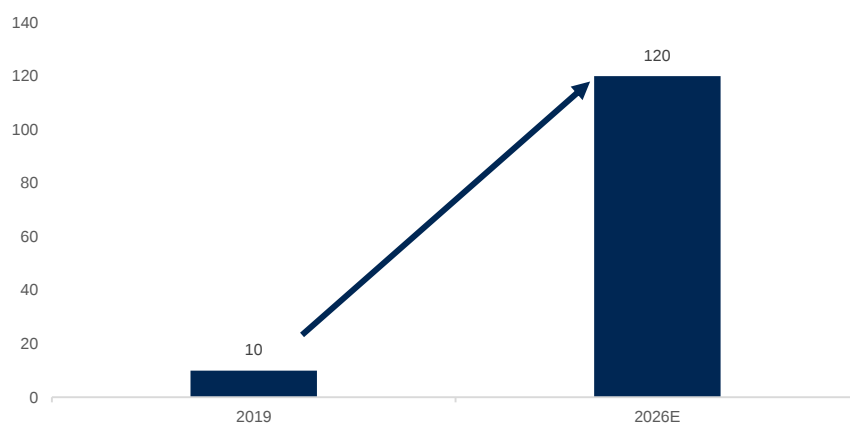
图 13: SoC 芯片典型构架



资料来源：地平线，国信证券经济研究所整理

SoC 市场高速发展，预计 2026 年市场规模达到 120 亿美元。汽车智能化落地加速了车规级 SoC 的需求，也带动了其发展，相较于车载 MCU 的平稳增长，SoC 市场呈现高速增长的趋势，根据 Global Market Insights 的数据，预计全球车规级 SoC 市场将从 2019 年的 10 亿美元达到 2026 年的 160 亿美元，CAGR 达到 35%，远超同期汽车半导体整体增速。

图 14: 2019-2026E 全球车规级 SoC 市场规模（亿美元）

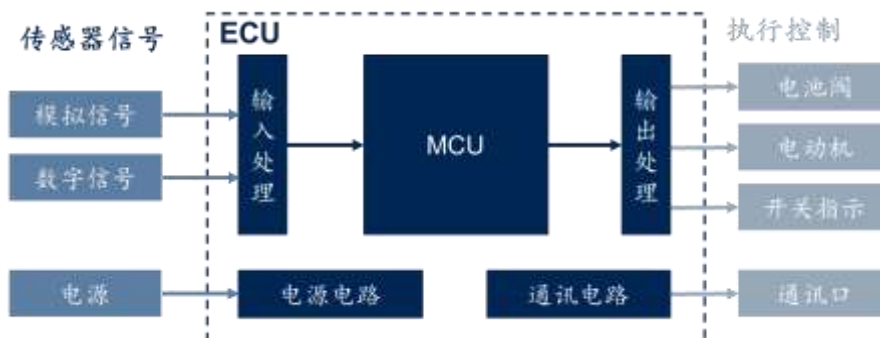


资料来源：Global Market Insights，国信证券经济研究所整理

传统 MCU：MCU 需求稳步增长，海外寡头长期垄断

MCU 是 ECU 的运算大脑。ECU（Electronic Control Unit，电子控制单元）是汽车 EE 架构的基本单位，每个 ECU 负责不同的功能。MCU 芯片嵌入在 ECU 中作为运算大脑。当传感器输入信号，输入处理器对信号进行模数转换、放大等处理后，传递给 MCU 进行运算处理，然后输出处理器对信号进行功率放大、数模转换等，使其驱动如电池阀、电动机、开关等被控元件工作。

图 15: MCU 工作原理



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

MCU 根据不同场景需求, 有 8 位、16 位和 32 位。8 位 MCU 主要应用于车体各子系统中较低端的控制功能, 包括车窗、座椅、空调、风扇、雨刷和车门控制等。16 位 MCU 主要应用为动力传动系统, 如引擎控制、齿轮与离合器控制和电子式涡轮系统等, 也适合用于底盘机构上, 如悬吊系统、电子动力方向盘、电子刹车等。32 位 MCU 主要应用包括仪表盘控制、车身控制以及部分新兴的智能性和实时性的安全功能。在目前市场的主流 MCU 当中, 8 位和 32 位是最大的两个阵营。

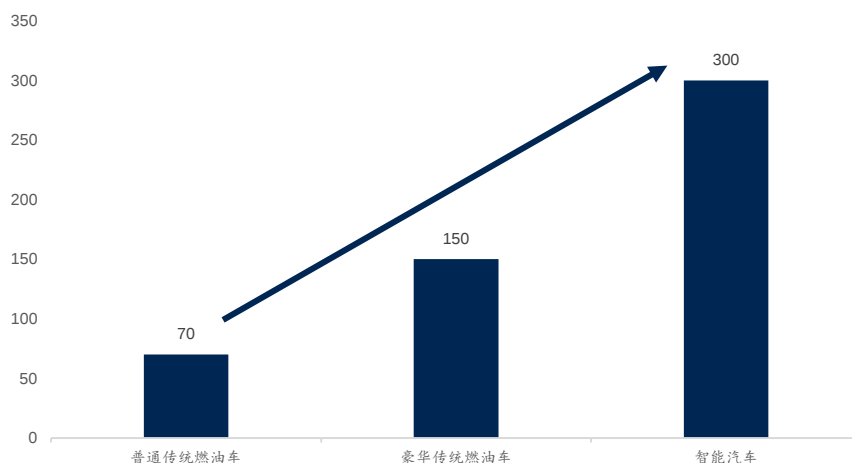
表 4: 不同位数 MCU 常见应用场景

位数	应用场景
8 位	提供低端控制功能: 风扇控制、空调控制、雨刷、天窗、车窗升降、低端仪表盘、集线盒、座椅控制、门控模块
16 位	提供中端控制功能: 用于动力系统, 如引擎控制、齿轮与离合器控制和电子式涡轮系统等; 用于底盘, 如悬吊系统、电子式动力方向盘、扭力分散控制和电子泵、电子刹车等
32 位	提供高端控制功能: 在实现 L1 和 L2 的自动驾驶中扮演重要角色

资料来源: 中汽中心, 国信证券经济研究所整理

汽车智能化不断渗透, 单车 MCU 需求增加。随着汽车 EE 架构的演变, 单车 MCU 需求量不断增加。自动驾驶浪潮带动 MCU 需求, 根据 IHS 统计, 与传统燃油车单车相比, 智能驾驶汽车所需 MCU 数量是其 4 倍以上, 且高位数 MCU 由于其高算力将扮演重要角色。

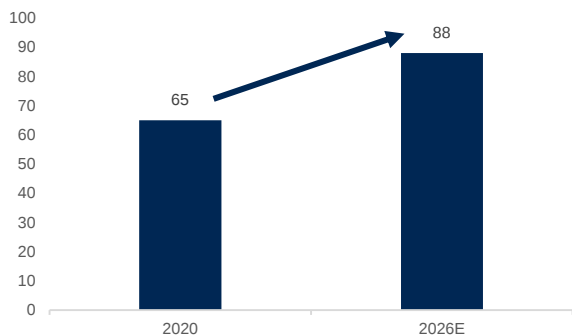
图 16: 不同类型汽车所需的 MCU 数量 (颗/车)



资料来源: IHS Markit, 国信证券经济研究所整理

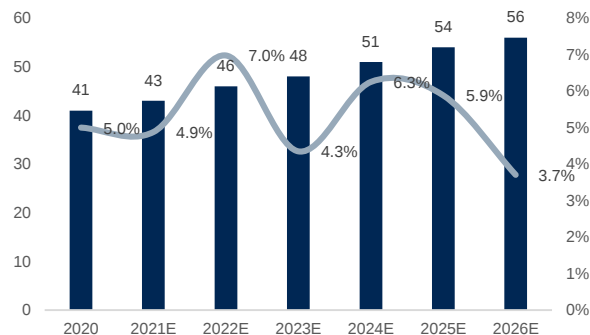
MCU 市场稳步发展，预计 2026 年全球规模达 88 亿美元。在市场规模上，全球 MCU 市场呈现稳步发展的趋势，根据 IC Insights 估计，预计全球 MCU 市场规模从 2020 年的 65 亿美元达到 2026 年的 88 亿美元，CAGR 达到 5.17%，略低于同期汽车半导体增速。同时我国 MCU 发展与世界齐头并进，预计 2026 年市场规模达到 56 亿元，CAGR 达到 5.33%，与世界同期基本持平。

图 17：2020-2026E 全球 MCU 市场规模（亿美元）



资料来源：IC Insights，国信证券经济研究所整理

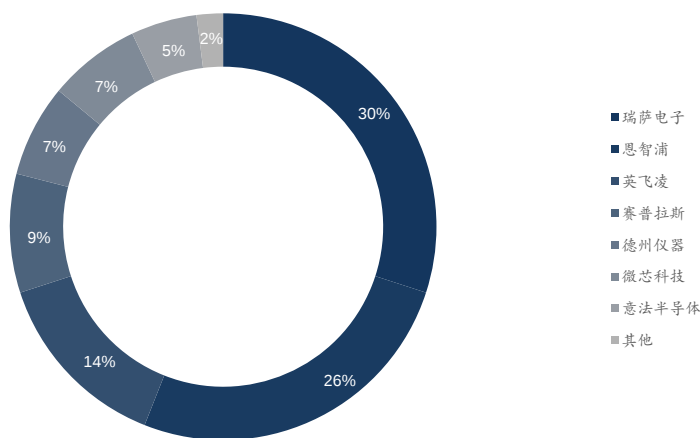
图 18：2020-2026E 中国 MCU 市场规模（亿元）



资料来源：前瞻产业研究院，国信证券经济研究所整理

瑞萨、恩智浦、英飞凌等海外厂商占据主要市场份额，国产厂商渗透率较低。目前全球 MCU 市场呈现寡头竞争局面，市占率靠前的瑞萨、恩智浦、英飞凌等厂商均是国际厂商，CR7 占比达到 98%，由于车规级 MCU 研发周期较长，认证要求较高，目前国内厂商渗透率较低，仅有几家企业能够实现中低端产品的量产。

图 19：2020 年全球车规级 MCU 市场格局



资料来源：IHS Markit，国信证券经济研究所整理

智能座舱 SoC：高通在中高端数字座舱呈现垄断局面

一芯多屏不断普及，高通在中高端数字座舱呈现垄断地位。伴随着数字座舱渗透率不断提升，车内数量不断增加，屏幕尺寸不断增大，智能座舱快速普及，一芯多屏逐渐成为主流，也带动智能座舱 SoC 芯片的快速放量。SoC 应用在智能汽车上主要有智能座舱以及自动驾驶两方面，相比于自动驾驶 SoC，座舱域 SoC 由于要求相对较低，成为 SoC 落地智能汽车的先行者。高通、恩智浦、德州仪器、英特尔、联发科等各家不断更新其座舱 SoC 产品，在中高端数字座舱域，目前高通呈现垄断地位。目前，高通已经赢得全球领先的 20+家汽车制造

商的信息影音和数字座舱项目，高通骁龙 820A 和 8155 两代平台成为众多车型数字座舱平台的主流选择，高通也将推出的第四代座舱 SoC SA8295，在算力、I/O 能力等方面表现出色，不断稳固其中高端数字座舱的稳固地位。

表 5：目前主流智能座舱 SoC 芯片全梳理

芯片厂商	产品名称	CPU+GPU Core	主频 GHz	CPU 算力 (DMIPS)	GPU 算力 (GFLOPS)	制程 (nm)	量产时间	典型搭载厂商
高通	602A	Krait+Adreno 320	1.5	/	/	28nm	2014 年	奥迪
	820A	Kyro200+Adreno 680	2.1	45k	320	14nm	2019 年	极氪、理想、领克、小鹏等
	SA6155P	Kyro300+Adreno 608	(2*2.1+6*1.8)	40k	430	11nm	2020 年	奇瑞捷途
	SA8155P	Kyro435+Adreno 640	(2.4+3*2.1+4*1.8)	105k	1142	7nm	2020 年	蔚来、智己、小鹏、广汽、威马等
	SA8195P	Kyro495+Adreno 899	/	150k	2100	7nm	2020 年	ADIGO3.0
	SA8295P	第六代 Kyro+Adreno 660	2.5	200k	3000	5nm	2023 年	集度汽车
英伟达	Tegra Parker	Arm v8+CUDA	2.5	59k	500	16nm	2019 年	奔驰 S 级
恩智浦	i.MX 6	CPU: Freescale A9	1.2	/	/	/	/	长安、丰田、日产、PSA、福特
	i.MX 8	Arm A72+GC7000	(4*1.2+2*1.6)	29k	128	16nm	/	福特
德州仪器	TDA4VM	Arm A72+Rogue 8XE GE8430	2.0	25k	180	16nm	2021 年	上汽
瑞萨	R-CAR H3	Arm A57+GX6650	(4*1.7+4*1.2)	40k	288	16nm	2019 年	大众、广汽、路虎、雷克萨斯
	R-CAR M3	Arm A57、A53+GX6250	1.8	28k	76	28nm	/	/
华为	Kirin 710A	Arm A73+Mali G51	(4*2.2+4*1.7)	/	/	14nm	2022 年	比亚迪
	Kirin 980A	Arm A76+Mali G76	(2*2.6+2*1.92+4*1.8)	75k	641	7nm	/	/
	Kirin 990A	Arm A76+Mali G76	(2*2.86+2*2.09+4*1.86)	/	/	7nm	/	北汽
三星	Exynos Auto v8	Arm A76+Mali G76	(4*2.3+4*1.6)	63k	398	14nm	2018 年	/
	Exynos Auto v9	Arm A76+Mali G76	2.1	111k	1205	8nm	2021 年	奥迪
联发科	MT2712	Arm A72、A35+Mali T880	(2*1.6+4*1.2)	22k	133	7nm	/	大众
	MT8195	Arm A78、A55+Mali G57	(4*1.6+4*1.2)	139k	926	6nm	/	/
	MT8666	Arm A73、A53+Mali G72	2.2	/	/	6nm	/	吉利
英特尔	A3920	X86+Intel HD500	(0.8、1.6、2.08)	43k	180	14nm	/	合众汽车
	A3950	X86+Intel HD505	(0.8、1.6、2.0)	42k	187	14nm	/	特斯拉、长城、红旗、宝马等
	A3960	X86+Intel HD500	(0.8、1.9、2.4)	48k	216	14nm	/	宝马

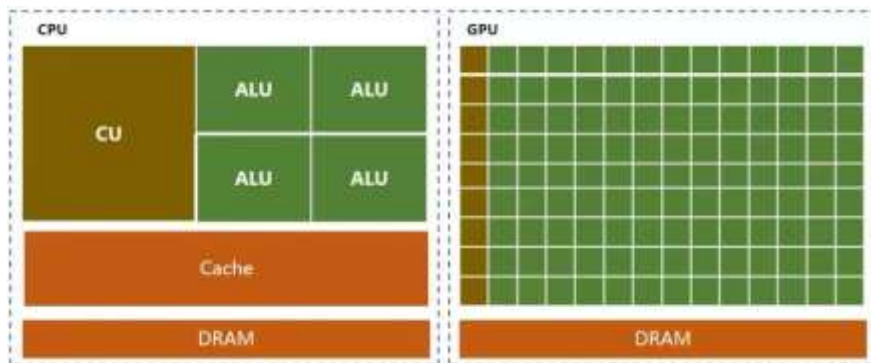
资料来源：高通、英特尔、英伟达、华为官网，国信证券经济研究所整理

自动驾驶 SoC：CPU+XPU 是当前主流，英伟达当前领先

自动驾驶芯片是指可实现高级别自动驾驶的 SoC 芯片。随着自动驾驶汽车智能化水平越来越高，需要处理的数据体量越来越大，高精地图、传感器、激光雷达等软硬件设备对计算提出更高要求，因此在 CPU 作为通用处理器之外，增加具备 AI 能力的加速芯片成为主流，常见的 AI 加速芯片包括 GPU、ASIC、FPGA 三类。

CPU 作为通用处理器，适用于处理数量适中的复杂运算。CPU 作为通用处理器，除了满足计算要求，还能处理复杂的条件和分支以及任务之间的同步协调。CPU 芯片上需要很多空间来进行分支预测与优化，保存各种状态以降低任务切换时的延时。这也使得它更适合逻辑控制、串行运算与通用类型数据运算。以 GPU 与 CPU 进行比较为例，与 CPU 相比，GPU 采用了数量众多的计算单元和超长的流水线，但只有非常简单的控制逻辑并省去了 Cache。而 CPU 不仅被 Cache 占据了大量空间，而且还有有复杂的控制逻辑和诸多优化电路，相比之下计算能力只是很小的一部分。

图 20: GPU 和 CPU 的架构示意图



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

常见的 AI 加速芯片包括 GPU、ASIC、FPGA 三类:

- **GPU:** 适用于处理数量庞大的相对简单的运算。GPU 拥有一个由数以千计的更小、更高效的 ALU 核心组成的大规模并行计算架构,大部分晶体管主要用于构建控制电路和 Cache,而控制电路也相对简单,GPU 的计算速度有拥有更强大的处理浮点运算的能力,更擅长处理多重任务,比如图形计算。
- **FPGA:** 现场可编程门阵列,它是在 PAL、GAL、CPLD 等可编程器件的基础上进一步发展的产物。它是作为专用集成电路领域中的一种半定制电路而出现的,既解决了定制电路的不足,又克服了原有可编程器件门电路数有限的缺点。
- **ASIC:** 一种为专门目的而设计的集成电路。是指应特定用户要求和特定电子系统的需要而设计、制造的集成电路。ASIC 的特点是面向特定用户的需求,在批量生产时与通用集成电路相比具有体积更小、功耗更低、可靠性提高、性能提高、保密性增强、成本降低等优点。

表 6: CPU、GPU、FPGA、ASIC 之间的区别

	CPU	GPU	FPGA	ASIC
定义	中央处理器	图像处理器	现场可编程逻辑门阵列	专用处理器
算力与能效	算力最低,能效比差	算力高,能效比中	算力中,能效比优	算力高,能效比优
上市速度	快,产品成熟	快,产品成熟	快	慢,开发周期长
成本	用于数据处理时,单价成本最高	用于数据处理时,单价成本高	较低的试错成本	成本高,可复制,量产规模生产后成本可有效降低
性能	最通用(控制指令+运算)	数据处理通用性强	数据处理能力较强,专用	AI 算力最强,最专用
适用场景	广泛应用于各个领域	广泛应用于各种图形处理、数值模拟、机器学习算法领域	适用成本要求较低的场景,如军事、实验室、科研等	主要满足场景单一的消费电子等高算力需求领域

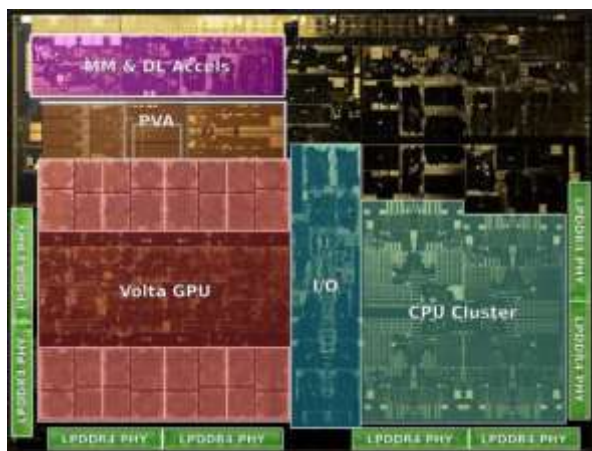
资料来源: 亿欧智库、国信证券经济研究所整理

“CPU+XPU”是当前自动驾驶 SoC 芯片设计的主流趋势。根据 XPU 选择不同,又可以分为三种技术路线:CPU+GPU+ASIC、CPU+ASIC 以及 CPU+FPGA 三类。

(1) “CPU+GPU+ASIC”, 主要代表英伟达、特斯拉 FSD 以及高通 Ride。英伟达 Xavier 和特斯拉 FSD 采用“CPU+GPU+ASIC”的设计路线,英伟达 Xavier 以 GPU 为计算核心,主要有 4 个模块: CPU、GPU、以及两个 ASIC 芯片 Deep Learning Accelerator (DLA) 和 Programmable Vision Accelerator (PVA); 特斯拉 FSD 芯片以 NPU (ASIC) 为计算核心,有三个主要模块:

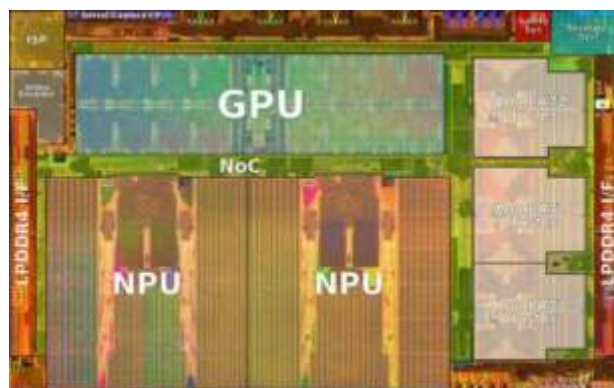
CPU、GPU 和 Neural Processing Unit (NPU)。

图 21: 英伟达 Xavier 芯片架构



资料来源：英伟达，国信证券经济研究所整理

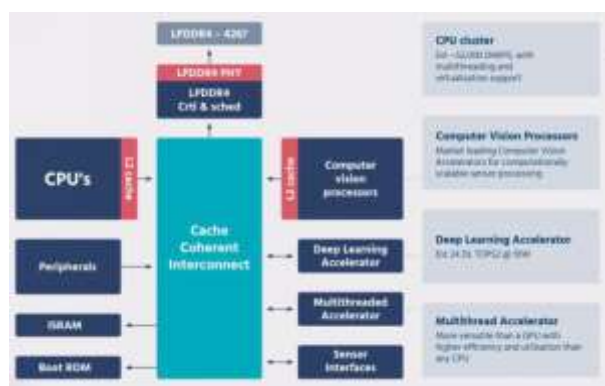
图 22: 特斯拉 FSD 芯片架构



资料来源：特斯拉，国信证券经济研究所整理

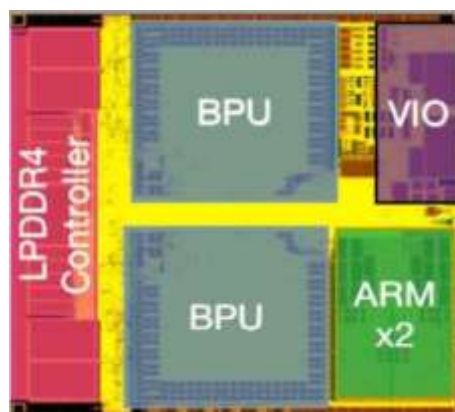
(2) “CPU+ASIC”，主要代表 Mobileye EyeQ5 系列和地平线征程系列。Mobileye EyeQ5 和地平线征程系列采用“CPU+ASIC”架构，EyeQ5 主要有 4 个模块：CPU、Computer Vision Processors (CVP)、Deep Learning Accelerator (DLA) 和 Multithreaded Accelerator (MA)，其中 CVP 是针对传统计算机视觉算法设计的 ASIC；地平线自主设计研发了 AI 专用的 ASIC 芯片 Brain Processing Unit (BPU)。

图 23: Mobileye Eye Q5 电路系统块图



资料来源：Mobileye，国信证券经济研究所整理

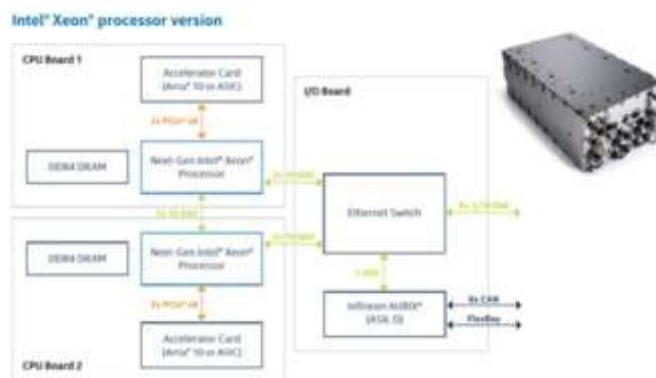
图 24: 地平线征程 2 芯片架构



资料来源：地平线，国信证券经济研究所整理

(3) CPU+FPGA，主要代表 Waymo。与其余厂商不同，Waymo 采用“CPU+FPGA”的架构，其计算平台采用英特尔 Xeon12 核以上 CPU，搭配 Altera 的 Arria 系列 FPGA。

图 25: Waymo 的 CPU+FPGA 架构示意图



资料来源: Waymo, 国信证券经济研究所整理

目前各家发布的最新芯片平台均可以支持 L3 或 L4 级的算力需求, 英伟达当前处于领先地位。英伟达单颗 Orin 的算力可以达到 254TOPS, 而 2022 年落地的车型中搭载 4 颗 Orin 的蔚来 ET7 和威马 M7 其巅峰算力将超过 1000TOPS, 高通骁龙 Ride 平台的巅峰算力预计在 700-760TOPS, Mobileye 也推出了面向高阶自动驾驶的 EyeQ6 Ultra, 算力达到 176 TOPS, 当前各家最先进的算力平台均可以支持 L3 或 L4 级的算力需求。从相关量产车型来看, 英伟达 Orin 成为当下的主流选择, Mobileye 正在逐渐掉队。

表 7: 目前主流自动驾驶 SoC 芯片全梳理

技术路线	厂商	SoC 名称	最大算力 (TOPS)	功耗 (W)	算力/功耗	制程 (nm)	适用等级	量产时间	典型搭载厂商
CPU+GPU+ASIC	英伟达	Atlan	1000TOPS	-	-	-	L3-L5	2025	-
		Orin X	254TOPS	65W	3.1	7nm FinFET	L3-L5	2022	小鹏、威马、蔚来、理想等
		Xavier	30TOPS	30W	1	12nm FinFET	L3	2020	小鹏, 上汽等
		Tegra Parker	1TOPS	15W	0.1	16nm FinFET	L1-L3	2018	特斯拉、沃尔沃等
	特斯拉	FSD 2.0	-	-	-	7nm	L4/L5	2022	特斯拉
		FSD 1.0	144TOPS	250W	0.6	14nm FinFET	L2-3	2019	特斯拉
CPU+ASIC	高通	Ride	700TOPS	130W	5.4	5nm	L1-L5	2022	长城、通用、宝马
	德州仪器	TDA4VM	8TOPS	5-20W	0.4-1.6	-	L2/L3	2020	百度 Apollo 等
	Mobileye	EyeQ6 Ultra	176TOPS	-	-	5nm	L4/L5	2025	-
		EyeQ6 High	34TOPS	-	-	7nm	L2	2024	-
		EyeQ6 Light	5TOPS	-	-	7nm	L1/L2	2023	-
		EyeQ5	24TOPS	10W	2.4	7nm FinFET	L4/L5	2021	吉利、极氪、宝马
		EyeQ4	2.5TOPS	3W	0.8	28nm FD-SOI	L2/L3	2018	蔚来、广汽、广汽、小鹏、哪吒、威马
		EyeQ3	0.3TOPS	2.5W	0.1	40nm CMOS	L1/L2	2014	特斯拉、奥迪、凯迪拉克等
	华为	MDC810	400+TOPS	-	-	-	L4/L5	2021	-
		MDC610	200+TOPS	-	-	-	L4/L4+	2020	北汽极狐、赛力斯、长城、长安、广汽等
		MDC210	48TOPS	-	-	-	L2+	2020	-
		MDC300F	64TOPS	-	-	-	L2/L3	2019	-
	地平线	征程 J6	400	-	-	-	L4/L4+	2024	-
		征程 J5	96	20	4.8	-	L3/L4	2022	长安、奇瑞、上汽、广汽、理想等
		征程 J3	5	2.5	2	16	L2/L3	2021	-
		征程 J2	4	2	2	28	L1/L2	2020	-
CPU+FPGA	Waymo	Arria FPGA	>250	-	-	20	L4/L4+	-	Waymo Robotaxi

资料来源: 高通、英特尔、英伟达、华为、特斯拉官网, 国信证券经济研究所整理

评估芯片性能，算力、能耗、效率缺一不可

评估芯片的性能，一般采用 PPA 即 Power（功耗），Performance（性能），Area（面积）三大指标来衡量性能。而智能驾驶领域，峰值算力成为衡量自动驾驶芯片的最主要指标，常见的指标有 TOPS、FLOPS、DMIPS 三种：

- **TOPS（Tera Operation Per Second）**：每秒完成操作的数量，乘操作算一个 OP，加操作算一个 OP。TOPS 的物理计算单位是积累加运算（Multiply Accumulate, MAC），1 个 MAC 等于 2 个 OP。TOPS 表示每秒进行 1 万亿次操作。
- **FLOPS（Floating-Point Operations Per Second）**：每秒可执行的浮点运算次数的字母缩写，它用于衡量计算机浮点运算处理能力。浮点运算，包括了所有涉及小数的运算。MFLOPS（MegaFLOPS）等于每秒 1 百万次的浮点运算；GFLOPS（GigaFLOPS）等于每秒 10 亿（ $=10^9$ ）次的浮点运算；TFLOPS（teraFLOPS）等于每秒 1 万亿次的浮点运算。
- **DMIPS（Dhrystone Million Instructions Per Second）**：是测量处理器运算能力的最常见基准程序之一，常用于处理器的整型运算性能的测量。MIPS：每秒执行百万条指令，用来计算同一秒内系统的处理能力，即每秒执行了多少百万条指令。不同的 CPU 指令集不同、硬件加速器不同、CPU 架构不同，导致不能简单的用核心数和 CPU 主频来评估性能，Dhrystone 作为统一的跑分算法，DMIPS 比 MIPS 的数值更具有意义。

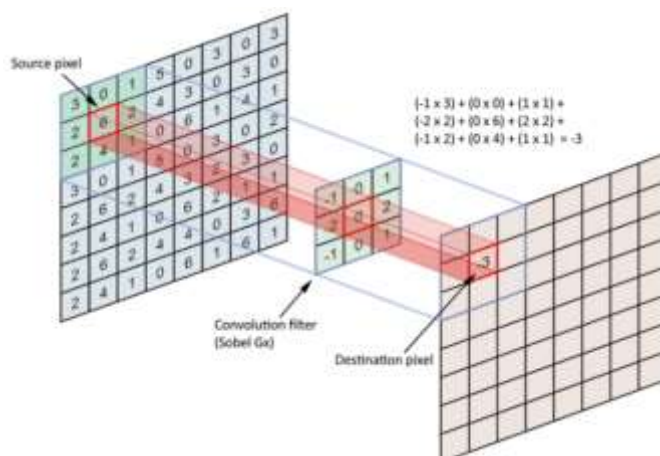
（1）智能座舱 SoC：

DMIPS 衡量 CPU 算力的主要单位是 DMIPS，基本上 SoC 高于 20,000 DMIPS 才能流畅地运行智能座舱的主要功能，如 AR 导航或云导航、360 全景、播放流媒体、AR-HUD、多操作系统虚拟机等。GPU 方面，100 GFLOPS 的算力就可以支持 3 个 720P 的屏幕。一般来说，CPU 高于 20,000 DMIPS，GPU 高于 100 GFLOPS 的 SoC 就是智能座舱 SoC 芯片。

（2）自动驾驶 SoC：

TOPS 峰值算力体现的只是芯片的理论上限，不能代表其全部性能。自动驾驶需要的计算机视觉算法是基于卷积神经网络实现的，而卷积神经网络的本质是累积加算法（Multiply Accumulate, MAC），实现此运算操作的硬件电路单元，被称为“乘数累加器”。这种运算的操作，是将乘法的乘积结果 $b*c$ 和累加器 a 的值相加，再存入累加器 a 的操作。 $TOPS = MAC \text{ 矩阵行} * MAC \text{ 矩阵列} * 2 * \text{主频}$ ，TOPS 峰值算力反映的都是 GPU 理论上的乘积累加矩阵运算算力，而非在实际 AI 应用场景中的处理能力，具有很大的局限性。以英伟达的芯片为例，Orin、Xavier 的利用率基本上是 30% 左右，而采用 ASIC 路线，ASIC 芯片针对不同的神经网络模型去优化，基本上可以做到 60%~80% 之间。

图 26: 卷积神经网络的计算原理



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

地平线提出最真实的 AI 效能由理论峰值计算效能、有效利用率、AI 算法效率组成。地平线在 2020 全球人工智能和机器人峰会提出了芯片 AI 性能评估方式 MAPS (Mean Accuracy-guaranteed Precessing Speed), 地平线认为最真实的 AI 效能实际上由三要素组成, 分别为理论峰值计算效能、有效利用率、AI 算法效率。(1) 理论峰值计算效能, TOPS/W、TOPS/\$, 即传统理论峰值衡量的方法; (2) 芯片有效利用率, 把算法部署在芯片上, 根据架构特点, 动用编译器等系统化解解决一个极其复杂的带约束的离散优化问题, 而得到一个算法在芯片上运行的实际利用率, 这是软硬件计算架构的优化目标; (3) AI 算法效率, 每消耗一个 TOPS 算力, 能带来多少实际的 AI 算法的性能, 它体现的是 AI 算法效率的持续提升。

图 27: 地平线定义的芯片 AI 效能三要素



资料来源: 地平线, 国信证券经济研究所整理

硬件平台之二：域控制器

面向高阶自动驾驶，异构多核硬件架构成为趋势

车载计算平台需采用异构多核芯片硬件架构。自动驾驶的域控制器，要具备多传感器融合、定位、路径规划、决策控制、无线通讯、高速通讯的能力。通常需要外接多个摄像头、毫米波雷达、激光雷达，以及 IMU 等设备，完成的功能包含图像识别、数据处理等。面向 L3 及以上高阶自动驾驶，单一芯片无法满足诸多接口和算力需求，计算基础平台需采用异构芯片的硬件方案，具有芯片选型灵活、可配置拓展、算力可堆砌等优点。计算平台的异构分布硬件架构主要包括 CPU 计算单元、AI 单元和控制单元。

（1）CPU 计算单元：

由车规级多个多核 CPU 组成，大多为 ARM 架构，单核主频高，计算能力强，擅长处理高精度浮点数串行计算，通过内核系统管理软硬件资源、完成任务调度，用于执行自动驾驶相关大部分核心算法，同时整合多源数据完成路径规划、决策控制等功能。

（2）AI 单元：

AI 单元是整个异构硬件平台中算力的最主要来源，承担大规模浮点数并行计算需求，主流的 AI 芯片可选用 GPU、FPGA、ASIC 三种等。通常内核系统进行加速引擎及其他芯片资源的分配、调度。AI 单元实现对多传感器的数据高效处理与融合，获取用于规划及决策的关键信息。

（3）控制单元：

负责可靠性和车辆控制，功能安全和冗余监控作用，不要求很高的算力，但是可靠性必须要有保障。基于传统车辆控制器 MCU，实现车辆动力学横纵向控制并满足功能安全 ASIL-D 等级要求。

高性能的车载计算平台是高阶自动驾驶的必备，除了异构多核的硬件架构外，分布弹性可扩展、丰富的 I/O 接口资源、高内存带宽、车规与功能安全等也都是高阶自动驾驶域控制器的必备特点：

（1）硬件异构：

面向高阶自动驾驶的计算平台需兼容多类型多数量传感器，单一芯片无法满足诸多接口和算力要求，需采用“CPU+XPU”的异构硬件方案，前文已做详细介绍；

（2）分布弹性可扩展：

车载计算平台需具有弹性扩展特性以满足不同等级自动驾驶需求。针对 L3 及以上高阶自动驾驶，随着自动驾驶等级提升，车载智能计算基础平台算力、接口等需求都会增加。除提高单芯片算力外，硬件单元也可复制堆叠，自动驾驶操作系统弹性适配硬件单元并可进行平滑拓展，达到整体系统提升算力、增加接口、完善功能的目的；

（3）丰富的 I/O 接口资源：

高阶自动驾驶的感知系统传感器种类与数量众多，车载摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、组合导航、IMU、V2X 模块等，因此丰富的接口资源也是很自动驾驶域控制器的关键特点。车载摄像头的接口一般采用 GMSL 或 FPDLink，激光雷达都是采用 Ethernet 接口，目前大多是普通 Ethernet；毫米波雷达都是 CANFD 传输，超声波雷达采用 LIN 总线，组合导航和惯导常见接口为 RS232 串口，V2X 模块采用 Ethernet 接口传输。除了上述传感器所需 IO 接口外，常见的其它高速接口与低速接口比如 PCIe、USB、I2C、SPI 等；

（4）高内存带宽：

自动驾驶芯片平台因为要接入大量的传感器数据，因此内存的压力非常大。整个系统往往呈现出 Memory-Bound 系统的特点，因此内存带宽通常决定了系统性能的理论上限；

（5）车规与功能安全：

与消费级不同，车规级产品在安全性和可靠性上有更高要求。如 AEC-Q100、ISO 26262 等，ISO 26262 对安全等级做了划分，常见的是 ASIL-B 和 ASIL-D 级别。

高性能 SoC 主芯片占整体域控制器的主要成本

当前市面上最为成熟的域控制器为特斯拉 19 年推出的 HW 3.0，特斯拉首次推出其自研的 FSD 芯片，通过以太网总线的方式承载数据输入与以太网交换的功能，其成本整体较为透明，通过拆解其 BOM 成本，梳理高阶自动驾驶域控制器的成本分布。

预计 HW 3.0 板上全部芯片的成本约在 5000 元左右，外加车规级接插件、以太网连接器以及 PCB 等外围硬件，整块板子的硬件成本大约在 7500-8500 人民币之间。其中，**主控 SoC 芯片约占总芯片成本的 61%左右，占整体硬件成本的 20%左右**。特斯拉 HW 3.0 的主板上共搭载了两块的自研芯片，双芯片的目的是作为安全冗余，互相对照，每块芯片可以独立运算。每块芯片周围有四块镁光 DRAM 内存，每块芯片分别配有一块东芝闪存芯片，用于承载操作系统和深度学习模型。

主板的右侧是视频输出接口，从上到下依次是 FOV 摄像头、环视摄像头、A 柱左右摄像头、B 柱左右摄像头、前视主摄像头、车内 DMS 摄像头、后摄像头、GPS 同轴天线；左侧是电源接口和其他另外的输入/输出接口，从上到下依次是第二供电和 I/O 接口（车身 LIN 网络等），以太网诊断进/出、调试 USB、烧录、主供电和 I/O（底盘 CAN 网络等）。

图 28：特斯拉 HW 3.0 实物图



资料来源：Cnet，国信证券经济研究所整理

表 8：特斯拉 HW 3.0 FSD 主控芯片成本拆解

项目	供应商	数量	参考价格（元）	价值量占比
FSD	特斯拉	2	1500	61%
以太网交换	Marvell	1	360	7%
GPS 模块	U-BLOX	1	320	7%
MCU	英飞凌	1	260	5%
以太网 PHY	Marvell	2	130	5%
解串行	德州仪器	2	110	4%
UFS	东芝	2	55	2%
启动 Flash	Cypress	1	50	1%
解串行	德州仪器	1	40	1%
LPDDR4	美光	8	30	5%
供电	美信	2	30	1%

资料来源：佐思汽研，国信证券经济研究所整理

OEM 自研、系统集成商、软件平台商三方势力各显身手

自动驾驶域控制器玩家主要分为系统集成商、软件平台厂商以及 OEM 厂商三大类。（1）OEM 厂商：特斯拉以及国内的造车新势力如蔚来、小鹏、威马、

理想、上汽智己等都已实现或宣布将自研自动驾驶域控制器，以掌握未来软件定义汽车下底层的硬件自主权；（2）系统集成商和 Tier 1：如博世、大陆、采埃孚等国际 Tier1 和系统集成商，德赛西威、经纬恒润、华为等一批本土 Tier1 和系统集成商；（3）软件平台厂商：如映驰科技、东软睿驰、TTech、中科创达等公司

图 29: 域控制器的竞争格局



资料来源：佐思汽研，国信证券经济研究所整理

(1) 智能座舱域控制器：全球范围内，伟世通、大陆、博世、安波福在座舱域控制器市场占据主导地位，国内企业华为、德赛西威、航盛电子、东软等也纷纷推出了座舱域控制器解决方案。在座舱 SoC 芯片方面，主要包括高通 820A 与 8155P、英特尔 Atom、恩智浦 i.MX8、瑞萨 R-CAR H3、德州仪器 Jacinto 系列等。

表 9: 全球主要智能座舱域控制器厂商梳理

域控制器厂商	计算平台	座舱域控制器名称	主要客户
伟世通	高通	Smart Core	吉利、戴姆勒奔驰、东风、广汽
大陆	高通、瑞萨	集成式车身电子平台（IIP）	/
博世	高通	AI Car computer	通用、福特
Aptiv	英特尔	Integrated cockpit controller（ICC）	长城、奥迪、法拉利、沃尔沃
电装	高通	Harmony Core	丰田
佛吉亚歌乐	瑞萨 R-Car H3	座舱智能化平台（CIP）	宝马或大众
松下	高通	SPYDR 3.0	/
航盛电子	恩智浦	智能座舱域控制器	东风启辰
德赛西威	高通、德州仪器	智能座舱域控制器	理想汽车、天际汽车
东软睿驰	英特尔、高通	C4-Alfus/C4-Pro	红旗、星途 LX

资料来源：佐思汽研、前瞻产业研究院，国信证券经济研究所整理

（2）自动驾驶域控制器：全球范围内，全球 Tier1 基本都已布局自动驾驶域控制器产品，典型产品如伟世通 DriveCore、博世 DASy、大陆集团 ADCU、采埃孚 ProAI、Veoneer Zeus、麦格纳 MAX4 等，国内方面，如德赛西威 IPU 系列、经纬恒润 ADC、东软睿驰 CPDC、华为 MDC 等。

表 10: 全球主要自动驾驶域控制器厂商梳理

域控制器厂商	计算平台	驾驶域控制器名称	主要客户
伟世通	英伟达、NXP、高通	Drive Core	广汽
大陆	英伟达	ICAS1、ADCU	大众
TT Tech	英伟达	ZFAS、iECU	奥迪、上汽
Aptiv	英特尔	中央传感定位与规划平台 (CSLP)	宝马、奥迪、广汽
Veoneer	英伟达	Zeus supercomputer	/
采埃孚	英伟达	中央控制器 ProAI	奇瑞
麦格纳	/	MAX4	宝马
博世	英伟达	DASy	沃尔沃
知行科技	德州仪器、恩智浦、英特尔	iMo DCU 域控制器	/
布谷鸟	恩智浦	Auto Wheel	五家主机厂
经纬恒润	恩智浦、英特尔	ADAS Domain Controller	/
东软睿驰	德州仪器、赛灵思	自动驾驶域控制器 DCU	
德赛西威	英伟达	IPU03、IPU04	小鹏汽车、理想汽车

资料来源：佐思汽研、前瞻产业研究院，国信证券经济研究所整理

除了 OEM 厂商自研之外，OEM 厂还孵化成立独立第三方智能驾驶软件平台型公司参与域控制器市场。此外，在域控制器市场还有一类重要的玩家，就是从主机厂孵化成立的智能驾驶软件平台型公司，如长城汽车的毫末知行，吉利汽车的亿咖通等。长城汽车即将在 2022 年发布的新摩卡车型将搭载高通骁龙 Ride 平台，相关域控制器设计与生产则是由毫末知行来实现的。亿咖通在 2021 年与伟世通和高通达成战略合作，为全球市场提供领先的智能座舱解决方案，此外亿咖通在 2020 年与安谋中国合作成立芯擎科技，2021 年 10 月国内首颗 7nm 车规级座舱芯片“龍鷹一号”流片成功，计划在 2022 年三季度实现量产，2022 年底实现前装上车。

系统软件之一：操作系统

操作系统标准与分类：车控 OS 与座舱 OS

在智能网联时代，车机操作系统 OS（operating system）按下游应用划分，可以分为车控 OS 和座舱 OS 两大类：（1）车控 OS：主要负责实现车辆底盘控制、动力系统和自动驾驶，与汽车的行驶决策直接相关；（2）座舱 OS：主要为车载信息娱乐服务以及车内人机交互提供控制平台，是汽车实现座舱智能化与多源信息融合的运行环境，不直接参与汽车的行驶决策。

对于车控 OS 而言，可分为嵌入式实时操作系统 RTOS 和基于 POSIX 标准的操作系统。（1）嵌入式实时操作系统 RTOS：传统车控 ECU 中主控芯片 MCU 装载运行的嵌入式 OS，面向经典车辆控制领域，如动力系统、底盘系统和车身系统等。要求实时程序必须保证在严格的时间限制内响应，特点包括速度快，吞吐量大，代码精简，代码规模小等；（2）基于 POSIX 标准的操作系统：主要面向智能驾驶系统，主要满足其高通信和低延时的要求。

汽车电控 ECU 必须是高稳定性的嵌入式实时性操作系统，主流的嵌入式实时操作系统都兼容 OSEK/VDX 和 Classic AUTOSAR 这两类汽车电子软件标准。嵌入式实时操作系统具有高可靠性、实时性、交互性以及多路性的优势，系统响应极高，通常在毫秒或者微秒级别，满足了高实时性的要求。目前，主流的嵌入式实时操作系统都兼容 OSEK/VDX 和 Classic AUTOSAR 这两类汽车电子软件标准。

欧洲在上世纪 90 年代提出了汽车电子上分布式实时控制系统的开放式系统标准 OSEK/VDX。但随着技术、产品、客户需求等的升级，OSEK 标准逐渐不能支持新的硬件平台。2003 年，宝马、博世、大陆、戴姆勒、通用、福特、标志雪铁龙、丰田、大众 9 家企业作为核心成员，成立 AUTOSAR 组织，致力于建立一个标准化平台，独立于硬件的分层软件架构，制定各种车辆应用接口规范和集成标准，AUTOSAR 是基于 OSEK/VDX 发展出来的，但涉及的范围更广。

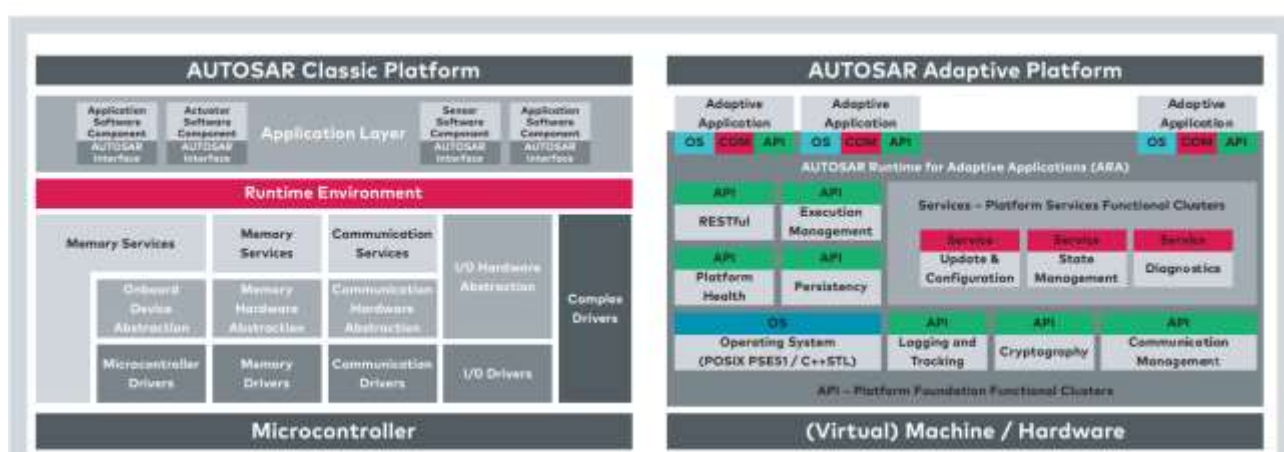
图 30：AUTOSAR 制定者及合作厂商（截至 2022.1）



资料来源：AUTOSAR，国信证券经济研究所整理

AUTOSAR 主要包括 Classic Platform AUTOSAR（CP）和 Adaptive Platform AUTOSAR（AP）两个平台规范：CP AUTOSAR 是基于 OSEK/VDX 标准的，广泛应用于传统嵌入式 ECU 中，如发动机控制器、电机控制器、整车控制器、BMS 控制器等；AP AUTOSAR 基于 POSIX，主要应用于自动驾驶等需求高计算能力、高带宽通信、分布式部署的下一代汽车应用领域中。

图 31: CP AUTOSAR 和 AP AUTOSAR



资料来源: AUTOSAR, 国信证券经济研究所整理

QNX、Linux、VxWorks 是主要的底层内核

狭义 OS 仅包含内核（如 QNX、Linux），广义 OS 从下至上包括从 BSP、操作系统内核、中间件及库组件等硬件和上层应用之间的所有程序。

QNX、Linux 是目前常见内核 OS，VxWorks 也有一定应用。随着 WinCE 停止更新逐渐退出，OS 内核的格局较为稳定，主要玩家为 QNX（Blackberry）、Linux（开源基金会）、VxWorks（风河）。其中 Linux 属于非实时操作系统，而 QNX 和 VxWorks 属于实时操作系统，WinCE 是微软开发的嵌入式操作系统，正在逐步退出汽车操作系统市场。

（1）Blackberry QNX:

QNX 是遵从 POSIX 规范的类 UNIX 实时操作系统，是全球第一款达到 ASIL D 级别的车载操作系统，优点是稳定性和安全性非常高，QNX 依靠其微内核架构实现性能和可靠性的平衡，主要特点有内核小、代码少以及故障影响小，驱动等错误不会导致整个系统都崩溃，通用、沃尔沃、奥迪、上汽等均用 QNX 作为自动驾驶 OS。但缺点是 QNX 作为非开源系统，兼容性较差，开发难度大，在娱乐系统开发中应用不多，主要是开放性不够，应用生态缺乏。

（2）Linux（Android）:

Linux 是基于 POSIX 和 UNIX 的开源操作系统，可适配更多的应用场景，具有很强的定制开发灵活性，主要用于支持更多应用和接口的信息娱乐系统场景。Android 是谷歌基于 Linux 内核开发的开源操作系统，主要应用在车载信息娱乐系统、导航领域，在国内车载信息娱乐系统领域占据主流地位。由于其完全开源，基于 Linux 开发的难度也极大，而且开发周期比较长，这就限制了车机系统进入门槛。

（3）VxWorks:

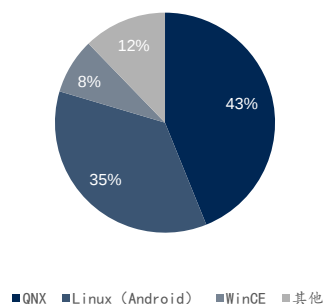
VxWorks 由 Wind River 设计开发的嵌入式实时操作系统，以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等领域，VxWorks 由 400 多个相对独立的目标模块组成，但与 Linux 相比，VxWorks 需要收取高昂的授权费，开发定制成本较高，这限制了其市场占有率的增长。

表 11: 常见 OS 内核对比

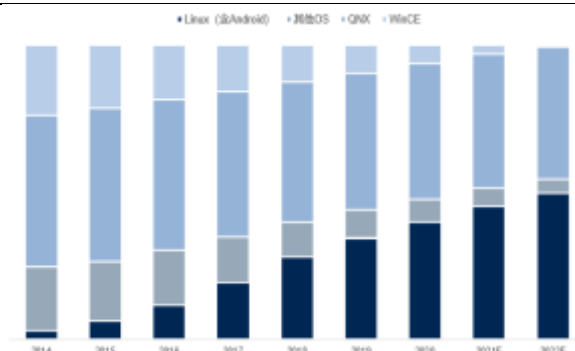
OS 内核	QNX	Linux	VxWorks
开放性	半封闭	源代码开放	源代码开放
是否可剪裁	否	是	是
软件生态丰富程度	较丰富。商业公司提供或从开源软件移植	非常丰富，主要来自开源软件社区	在自动驾驶软件影响较小
实时性	微秒级	毫秒级（打开 CONFIG_PREEMPT_RT 后为微秒级）	微秒级
功能安全等级	ASIL-D	无	ASIL-D
使用费用	昂贵	免费	昂贵
易用性	容易	最难	比较难
可扩展性	低	高	中
代表用户	蔚来、理想、小鹏等	Waymo、特斯拉、华为、Mobileye、丰田	奥迪、现代、Mobileye

资料来源：九章智驾，国信证券经济研究所整理

QNX、Linux 是当前车机 OS 内核的首选。根据赛迪顾问的统计，QNX 由于其典型的实时性、低延时、高稳定等特征，2021 年 QNX 市占率达到 43%，是当前市占份额最高的车机 OS，已应用在包括宝马、奥迪、奔驰等超过 40 个品牌，全球使用了 QNX 的汽车超 1.75 亿辆；Linux（含 Android）Linux 版本丰富，经过改造 Linux 内核也将具备实时性功能，21 年市占率 35%；WinCE 当前市占率 8%，呈现快速下滑态势，未来可能将逐步在市场消失；VxWorks 同时具备实时性及开源特点，但其业务重点一直在复杂工业领域，对于汽车产业投入较少，售价及维修费用极其昂贵，目前仅在部分高端品牌车型上有所尝试。

图 32: 2021 年全球智能座舱操作系统竞争格局


资料来源：赛迪顾问，国信证券经济研究所整理

图 33: 全球车载操作系统市场格局变化


资料来源：ICVTank，国信证券经济研究所整理

QNX+Linux 或 QNX+Android 是当前的主流趋势

随着智能座舱和智能驾驶的进步，OEM 厂商更加关注车机 OS。然而，无论是传统 OEM 巨头或是造车新势力，从零开始开发操作系统都绝非易事，根据对基础系统的改造程度不同，一般可以分为三类：

(1) 定制型车机 OS: 在基础 OS 的基础上进行深度开发和定制（包括系统内核修改），与 Tier1 和主机厂一起实现座舱系统平台或自动驾驶系统平台。例如百度车载 OS、大众 VW.OS、特斯拉 Version；

(2) ROM 型车机 OS: 基于 Android 或 Linux 定制开发，无需更改系统内核。海外主机厂多选择基于 Linux 开发 ROM 型车机 OS，国内自主品牌则主要选择应用生态更好的 Android。例如奔驰、宝马、蔚来、小鹏等整车厂的车机系统都属于 ROM 型车机 OS；

(3) 超级汽车 APP: 并非完整的车机 OS，而是手机映射系统，是指集地图、

音乐、语音、社交等功能于一体的多功能 APP，满足车主需求。例如百度 Carlife、华为 HiCar、苹果 CarPlay、谷歌 AndroidAuto 等。

图 34：不同类型的定制车机系统



资料来源：头豹研究院，国信证券经济研究所整理

QNX+Linux 或者是 QNX+Android 是当前智能驾驶 OS+智能座舱 OS 的主要选择。当前 QNX、Linux（包含 Android）仍是 OS 底层内核的主要选择，无论是智能驾驶 OS 还是智能座舱 OS 基本都会采用 QNX+Linux 或者是 QNX+Android 的组合方式。以 QNX 为代表的实时操作系统主要用在驾驶 OS 上，由于应用生态上较为薄弱，当前座舱 OS 主流是 Android 以及基于 Linux 系统的定制型及 ROM 型系统。

表 12：各家 OEM 所采用的车机 OS 以及底层内核

分类	OEM	系统名称	底层 OS
传统车企	奥迪	MMI	QNX+Android
	奔驰	MB	Linux
	宝马	iDrive	QNX+Android
	沃尔沃	VolvoCars	QNX+Android
	丰田	G-BOOK	Linux
	大众	VW	Linux
	福特	SYNC	QNX+Android
	比亚迪	DiLink	QNX+Android
	吉利	GKUI	QNX+Android
	荣威	维纳斯	AliOS(基于 Linux)
新势力	特斯拉	Version	Linux+QNX
	蔚来	NOMI	QNX+Android
	小鹏	Xmart	QNX+Android
	理想	Li	Linux+Android
	智己	IM	AliOS(基于 Linux)
	赛力斯	鸿蒙 OS	鸿蒙 OS(基于 Linux)
	极狐	鸿蒙 OS	鸿蒙 OS(基于 Linux)

资料来源：蔚来、小鹏、理想等公司官网，国信证券经济研究所整理

系统软件之二：硬件抽象层与中间件层

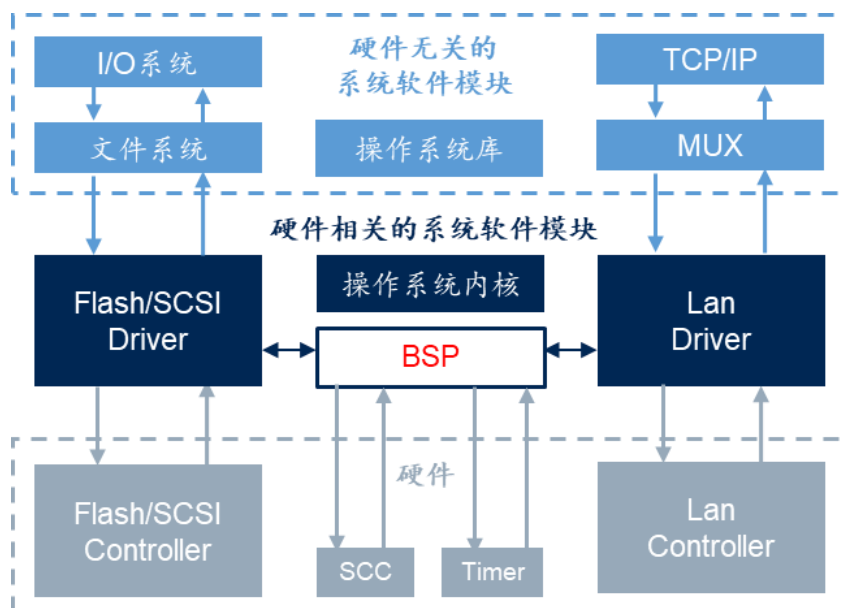
硬件抽象层之一 BSP：主板硬件与操作系统之间的桥梁

BSP (Board Support Package, 板级支持包) 是构建嵌入式操作系统所需的引导程序、内核、根文件系统和工具链提供的完整的软件资源包。对于具体的硬件平台，与硬件相关的代码都被封装在 BSP 中，由 BSP 向上提供虚拟的硬件平台，BSP 与操作系统通过定义好的接口进行交互。

BSP 介于主板硬件和操作系统之间的一层，也属于操作系统的一部分，主要目的是为了支持操作系统，使之能够更好的运行于硬件主板，为 OS 和硬件设备的交互操作搭建了一个桥梁。由于所属的中介位置，BSP 的功能分为两部分，一方面为 OS 及上层应用程序提供一个与硬件无关的软件平台，另一方面 OS 可以通过 BSP 来完成对指定硬件的配置和管理。

不同的操作系统对应于不同定义形式的 BSP。例如，VxWorks 的 BSP 和 Linux 的 BSP 相对于某一 CPU 来说尽管实现的功能一样，但写法和接口定义是完全不同的，所以写 BSP 一定要按照该系统 BSP 的定义形式来写，这样才能与上层 OS 保持正确的接口，良好的支持上层 OS。

图 35: BSP 在软件系统中的位置



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

硬件抽象层之二 Hypervisor：虚拟化平台，跨平台应用的重要途径

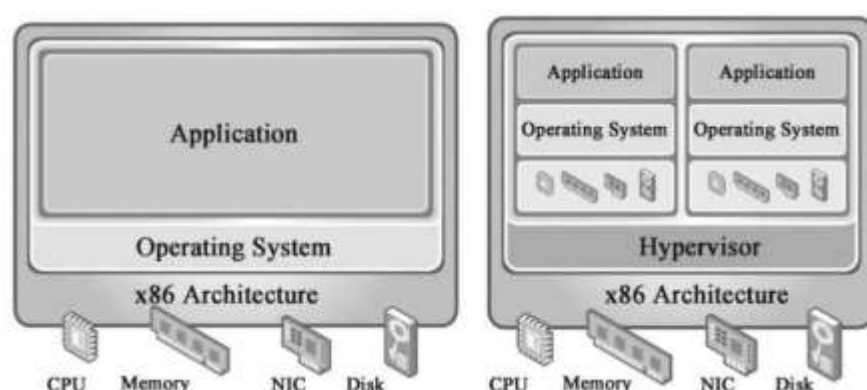
提供平台虚拟化的层称为 **Hypervisor**。虚拟化是通过某种方式隐藏底层物理硬件的过程，从而实现多个操作系统可以透明地使用和共享硬件。**Hypervisor 是实现跨平台应用、提高硬件利用率的重要途径。**车载领域的 Hypervisor 负责管理并虚拟化异构硬件资源，以提供给运行在 Hypervisor 之上的多个操作系统内核。Hypervisor 支持异构硬件单元（包括控制单元、计算单元、AI 单元）的隔离，在同一个异构硬件平台上支持不同的操作系统内核，从而支持不同种类的应用。

Hypervisor 虚拟机管理助力多系统融合。Hypervisor（虚拟机）是运行在物理服务器和操作系统之间的中间软件层，可用于同步支持 Android、Linux、QNX

多系统。根据 ISO26262 标准规定，仪表盘的关键数据和代码与娱乐信息系统属于不同等级，主流市场中，QNX 或 Linux 系统用来驱动仪表系统，信息娱乐系统则以 Android 为主，目前技术只能将两个系统分开装置在各自芯片中。然而，虚拟机可以同时运作符合车规安全标准的 QNX 与 Linux，因此虚拟机管理的概念被引入智能座舱操作系统。

随着液晶仪表以及其他安全功能的普及，供应商不需要装载多个硬件来实现不同的功能需求，只需要在车载主芯片上进行虚拟化的软件配置，形成多个虚拟机，在每个虚拟机上运行相应的软件即可满足需求。引入虚拟机管理最重要的意义在于虚拟机可以提供同时运行两个及以上独立操作系统的环境，比如在智能座舱中同时运行 Android（座舱 OS）和 QNX（车控 OS），为智能网联汽车的应用提供高性价比且符合安全要求的平台。

图 36: Hypervisor（虚拟机）的工作原理



资料来源：简书，国信证券经济研究所整理

QNX Hypervisor 是当前市场的主流。目前常见的 Hypervisor 包括黑莓的 QNX、英特尔与 Linux 主导的 ACRN、Mobica 为代表的 XEN、松下收购的 Open Synergy 的 COQOS、德国大陆汽车的 L4RE，法国 VOSyS 的 VOSySmonitor 等，其中最主流的是黑莓的 QNX 与英特尔与 Linux 主导的 ACRN，其中黑莓的 QNX 是目前唯一被大规模商用且安全等级达到 ASIL D 级的虚拟化操作系统。

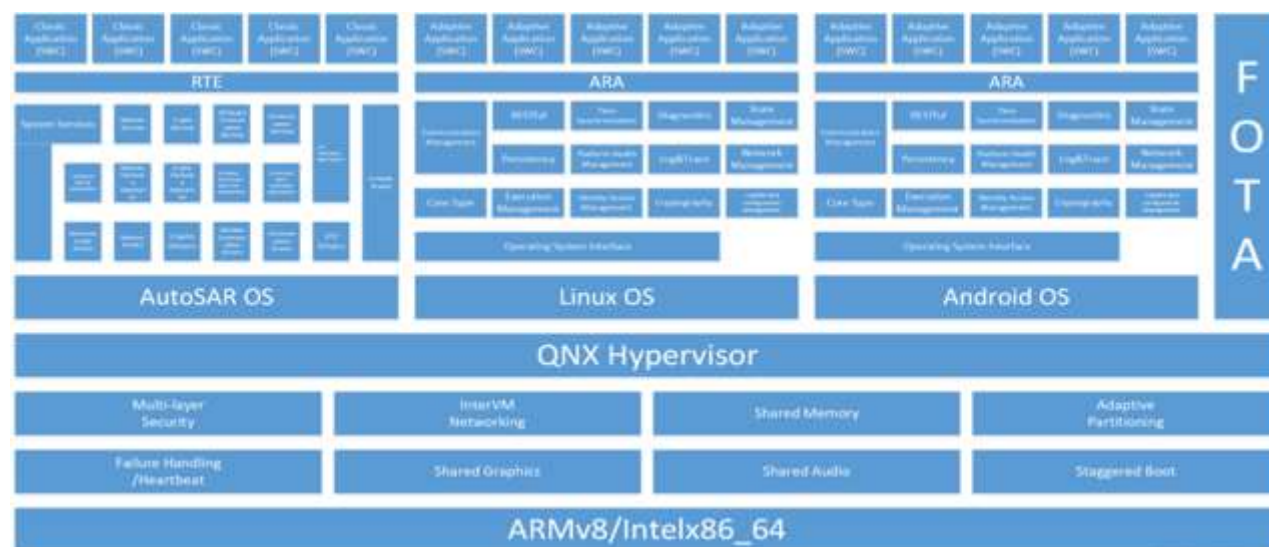
表 13: 主要 Hypervisor 介绍

	QNX	ACRN	XEN (Mobica)	COQOS	L4RE	VOSySmonitor
入门费 (万美元)	21	免费	免费	15 (估计)	免费	免费
代码行数	20K	25K	290K	30K	31K	100K (估计)
主导企业 (机构)	黑莓	英特尔、Linux 基金会	Linux 基金会、Mobica、ARM	松下	德国大陆汽车旗下 Elektrobit	法国 VOSys
支持 SoC 平台	英特尔 A3900 系列、NXP i.MX8、高通 820A、瑞萨 R-Car 3	英特尔 E3900、A3900 系列	联发科 MT2712	高通 s8155、NXP i.MX8、瑞萨 R-Car 3	瑞萨 R-Car 3	MT2712、瑞萨 R-Car 3、Xilinx Zynq UltraScale +MPSoc、瑞萨 RZ/N1D
安全等级	ASIL D	-	-	ASIL B	-	ASIL C
量产实例	斯巴鲁力狮、傲虎、路虎卫士、广汽 AionLX	奇瑞星途、长城 F7、红旗	下一代丰田低端车型 (估计)	下一代日产顶级车型 (估计)	大众最新迈腾 (估计)	-
Tier 1 支持	伟世通、电装、博世、马瑞利	三星哈曼、东软、LG	-	松下、佛吉亚电子 (歌乐与 Parrot)	德国大陆汽车	-
中国区支持	中科创达、光庭信息、南京诚迈	英特尔中国	-	上海智允信息	-	-

资料来源: 佐思汽研, 国信证券经济研究所整理

中科创达、武汉光庭信息、南京诚迈科技是黑莓 VAI 项目的系统集成商类的合作伙伴。2017 年 3 月, 黑莓公司宣布正式成立 VAI (Value-Added Integrator) 项目, 拓展嵌入式软件市场, 成为黑莓公司 VAI 项目合作伙伴, 将基于黑莓的嵌入式技术提供集成服务、安全关键型解决方案, 包括黑莓 QNX Neutrino 实时操作系统、QNX Momentics 工具套件、QNX 管理程序、应用程序和媒体 QNX SDK、QNX 无线架构、QNX 认证操作系统、QNX 医用操作系统、Certicom 工具包、Certicom 管理的公钥基础设施以及 Certicom 资产管理系统。目前, 黑莓 VAI 项目的中国区系统集成商类的合作伙伴主要包括中科创达、武汉光庭信息、南京诚迈科技等。

图 37: 基于 QNX Hypervisor 虚拟技术运行的多操作系统架构



资料来源: QNX, 国信证券经济研究所整理

长期看, 智能座舱与自动驾驶两大系统终将走向融合。由于目前车控域与座舱域两者的发展目标平行, 同时, 由于 QNX、Linux 与 Andriod 三大系统各有优

劣，因此，通过虚拟机管理多个独立系统是当下实现“多快好省”的智能网联汽车的发展路径。但从长期看，想要真正实现高级自动驾驶的必要前提就是车控与座舱的融合，即智能座舱与自动驾驶系统的容二虎，这样将会从整体层面给未来留下更系统的升级空间。当然两大系统的融合也面临着系统叠加导致的片负载加重，对计算性能形成挑战。

中间件层：助力软硬件解耦分离，提升应用层开发效率

中间件隔离应用层与底层硬件，助力软硬件解耦。中间件位于操作系统、网络和数据库之上，应用软件的下层，作用是处于自己上层的应用软件提供运行与开发的环境，帮助用户灵活、高效地开发和集成复杂的应用软件，实现软硬件的解耦分离。车企致力于定义更统一的中间件通信和服务，以降低开发成本和系统复杂度，操作软件（OS）和中间件是促进软硬件分离的底层软件组件。即使车企选择自研操作系统，但同时也会依赖于供应商提供标准中间件产品，尤其基础软件平台的架构极其重要，可大幅提升应用层软件的开发效率。

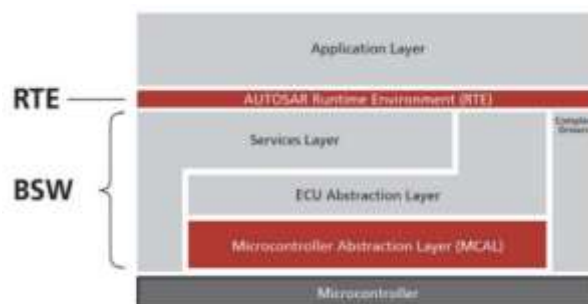
所有中间件方案中，最著名的是 CP AUTOSAR 的 RTE。AUTOSAR 的两个平台 AUTOSAR Classic 和 AUTOSAR Adaptive 为不同的车辆用例提供了分层的软件体系结构方法，AUTOSAR 以中间件 RTE（Runtime Environment）为界，隔离上层的应用层（Application Layer）与下层的基础软件（Basic Software）。RTE 使得硬件层完全独立于应用层，OEM 厂商可以专注于开发特定的、有竞争力的应用软件，同时使得厂商不关心的基础软件层被标准化。

图 38：中间件层的位置与作用



资料来源：AUTOSAR，国信证券经济研究所整理

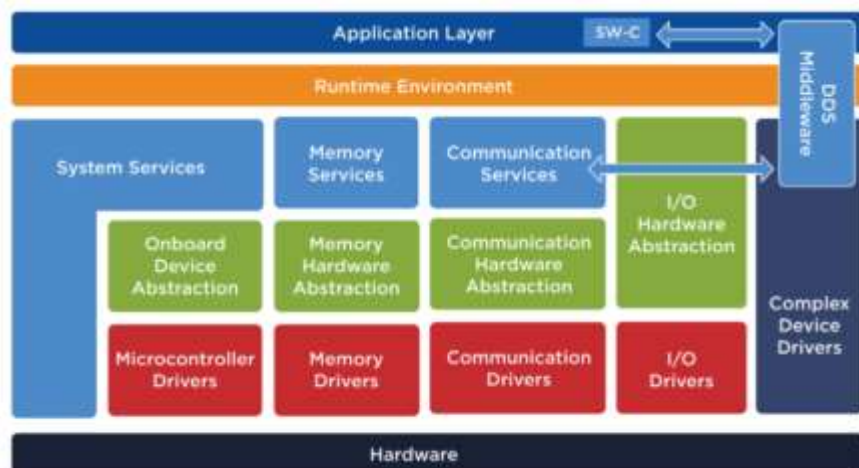
图 39：RTE 实现基础软件与应用软件的分离



资料来源：Vector，国信证券经济研究所整理

分布式通信（Data Distribution Service, DDS）通过实现低延迟数据连接、极高的可靠性和可扩展的灵活架构，使数据成为未来移动数字平台的中心。DDS 提供的用于以数据为中心的连接的中间件协议、连接框架和 API 标准。它集成了分布式系统的组件，提供了低延迟的数据连接、极高的可靠性和可扩展的体系结构，满足业务和任务关键型应用程序的需求。AUTOSAR Adaptive 平台 2017 年推出，2018 年便集成了 DDS 标准，将 DDS 与 AUTOSAR 结合使用，不仅可以保证和扩展 AUTOSAR 系统内部互操作性的功能，而且还可以将其开放给来自不同生态系统等行业的外部系统。

图 40: 集成 DDS 的 AUTOSAR 平台



资料来源: eet-China, 国信证券经济研究所整理

国产 AUTOSAR 供应商不断崛起。AUTOSAR 标准发展了十多年，已经形成非常复杂的技术体系。各工具厂商开发了相应的支撑软件，以助力主机厂加速实现 AUTOSAR 的落地。目前全球知名的 AUTOSAR 解决方案厂商包括 ETAS(博世)、EB(大陆)、Mentor Graphics(西门子)、Wind River、Vector、KPIT 等，国内主要是东软睿驰、经纬恒润等。

表 14: 中国供应商 AUTOSAR 业务进展

厂商	加入 AUTOSAR 时间	AUTOSAR 业务进展	合作伙伴(部分)
经纬恒润	2009	经纬恒润 Adaptive AUTOSAR 已完成基于 TDA4&AVP 应用的软件实践，同时结合经纬恒润 ClassicAUTOSAR 完成基于 S32V+TDA4+TC397 的 AP+CP 的 SOA 软件实践； 经纬恒润将基于 HPC3.0 硬件平台，AP+CP+Hypervisor 技术不断演进该平台，实现基础服务及 SOA 软件开发验证平台。	博世、风河、电装、法雷奥、宝马、雷诺等
普华基础软件	2010	2020 年普华开展基 AUTOSAR Classic 的汽车电子基础软件平台设计开发；2020 年开始开发 R19-11 版本的 APAutostar 工具链模块。	ST、一汽、上汽、长安、吉利、广汽、奇瑞
东软睿驰	2019	基于 AUTOSAR 自主研发了面向下一代汽车通讯和计算架构的系统平台 NeuSAR，已经更迭至 3.0 版本； 东软睿驰在 2021 年 8 月推出了基于 SOA 软件架构的面向自动驾驶领域的行泊一体域控制器和面向整车的通用域控制器两款标准化域控产品。	-
华为	2018	已经实现自研 Autosar 架构，并提供基于 Autosar 的座舱、自动驾驶、整车控制架构；在华为 CC 架构中已经应用 Autosar。	环宇智行
赫千科技	2018	提供一完整的 Adaptive AUTOSAR 解决方案，包括基础软件包，工具链，开发支持和集成服务。	-
速玛科技	-	主要针对实时控制软件开发提供 Autosar 解决方案	中国汽车电子基础软件自主研发与产业化联盟、虹科等
超星未来	-	2020 年组建上海研发中心；并成立一支专注于面向 AUTOSAR 平台的应用开发与服务的团队，未来将聚焦在 AUTOSAR CLASSIC 与 AUTOSAR ADAPTIVE 平台上的应用与部署。	北京汽车、奇瑞汽车、山崎集团、Wind 等

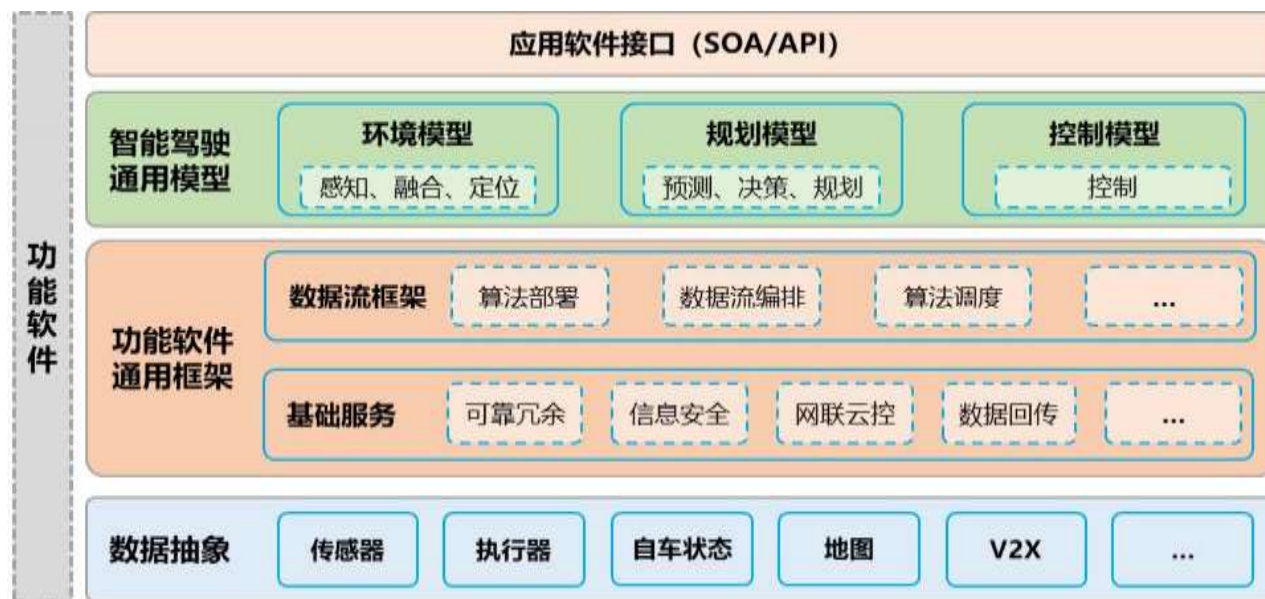
资料来源: 佐思汽研, 国信证券经济研究所整理

功能软件、工具链及应用软件：

功能软件：自动驾驶的核心共性功能模块

功能软件主要包含自动驾驶的核心共性功能模块。核心共性功能模块包括自动驾驶通用框架、网联、云控等，结合系统软件，共同构成完整的自动驾驶操作系统，支撑自动驾驶技术实现。

图 41：功能软件基本架构



资料来源：中国软件评测中心，国信证券经济研究所整理

（1）智能驾驶通用模型：

智能驾驶通用模型是对智能驾驶中智能认知、智能决策和智能控制等过程的模型化抽象。对应于自动驾驶中环境感知、决策与规划、控制与执行三大部分，通用模型也可以分为环境模型、规划模型和控制模型等。自动驾驶会产生安全化和产品化共性需求，通过设计和实现通用框架模块来满足这些共性需求，是保障自动驾驶系统实时、安全、可扩展和可定制的基础。

图 42：智能驾驶三大类型通用模型



资料来源：清华大学 AMiner，国信证券经济研究所整理

（2）功能软件通用框架：

功能软件通用框架是承载智能驾驶通用模型的基础，是功能软件的核心和驱动部分，可以分为数据流框架和基础服务两部分。

- **数据流框架向下封装不同的智能驾驶系统软件和中间件服务，向智能驾驶通用模型中的算法提供与底层系统软件解耦的算法框架。**数据流框架的主要作用是对智能驾驶通用模型中的算法进行抽象、部署、驱动，解决跨域、跨平台部署和计算的问题。
- **基础服务是功能软件层共用的基本服务，包括可靠冗余组件、信息安全基本服务以及网联云控服务等。**其中，可靠冗余组件是保证自动驾驶安全可控的关键，也是车控操作系统取得操作系统全栈功能安全认证的重要保障；信息安全基础服务为车端数据定义了数据类型和安全等级，为车端功能和应用定义的数据处理功能定义；网联云控服务可提供操作系统的安全冗余信息、超视距信息和通用模型的信息。

（3）数据抽象：

数据抽象可以为上层各模型提供数据源。通过对传感器、执行器、自车状态、地图以及来自云端的接口等数据进行标准化处理，数据抽象的过程可以为智能驾驶通用模型提供各种不同的数据源进而建立异构硬件数据抽象，达到功能和应用开发与底层硬件的解耦和依赖。一般来说，数据抽象可以分为分类、聚集与概括三种类型。

工具链：提升平台软硬件研发效率的重要途径

车载计算平台开发的软硬件环境以及全栈工具链成为提升开发效率的重要途径之一。高阶自动驾驶技术不断迭代，车载计算平台的研发更需要对产品进行整体持续的迭代，而不只是针对单一的模块，或者其中几个功能。全栈式工具链主要包括开发工具、集成工具、仿真工具、调试工具、测试工具等。

表 15：车载计算平台全栈式工具链

工具名称	主要功能介绍
开发工具	可视化开发工具能够显著提高开发人员工作效率。 通过操作图形用户界面上的界面元素，可视化开发工具能自动生成应用软件，将大幅度简化编程工作，加快算法的概念验证，提高开发人员的工作效率。可视化开发工具还可以实现多个资源和层次的连接，从而有效管理所有数据。此外，可视化开发工具还提供了功能丰富的可视化组件库，便于开发人员进行组件集合，提升设计对象的可扩展性和可维护性。
集成工具	集成工具实现车载智能计算基础平台软硬件单元的系统集成。 根据分工、来源的不同，软件代码可以分为第三方工具生成代码、遗留系统代码、手写代码、第三方库文件、AI 相关库文件、基础平台库文件等。为了支持在车载智能计算基础平台上运行的软件系统，需要系统集成工具完成软件源码工程管理，软件编译链接和发布。
仿真工具	模拟仿真提高自动驾驶系统开发迭代效率、丰富测试场景的重要手段。 自动驾驶系统设计和实现远没有达到成熟，同时理论上其需要经过无限测试场景才能推出的车规级产品。因此模拟仿真是开发与测试阶段提高开发迭代效率、丰富测试场景的重要手段，MIL（模型在环）、SIL（软件在环）、HIL（硬件在环）、VIL（车辆在环）仿真缺一不可。在车载智能计算基础平台的研制、评测和定型全过程都需全面地应用仿真技术。
调试工具	调试环境和工具可以加快车载智能计算基础平台复杂系统的开发进度。 通过系统调试，可以更深刻地理解车载智能计算基础平台功能的实现原理。据调查，车载软件开发过程中，80%以上的程序员是把一半以上的时间用在程序调试上，而系统的开发过程中也往往因为错误的存在出现延期和返工。通过开发运用高效的调试工具，提高车载智能计算基础平台调试效率是推进产品研发进度的重要途径。
测试工具	测试是车载智能计算基础平台开发的重要阶段，是保证系统质量和可靠性的最后关口。 虽然车辆软件开发流程如 A-SPICE 提出了与 IT 行业相似的单元测试、软件集成、硬件集成、系统集成等多阶段测试，考虑车载智能计算基础平台的复杂性，仍需要制定和开发具备高质量可靠、高效开发、快速迭代产品特质的测试工具、测试方法及测试流程。

资料来源：中国软件测评中心，国信证券经济研究所整理

应用软件：OEM 品牌智能化产品力的直接体现

应用软件作为系统软件与功能软件之上独立开发的软件程序，更是 OEM 品牌智能化产品力的直接体现。应用软件主要包括面向自动驾驶算法、地图导航类、

车载语音、OTA 与云服务、信息娱乐等。

（1）自动驾驶算法

自动驾驶算法是决定车辆智能化水平的关键所在。自动驾驶算法覆盖感知、决策、执行三个层次。感知类算法，SLAM（Simultaneous localization and mapping，同步定位与建图）算法是一个重要分支，SLAM 算法根据点云数据传感器的不同又可分为视觉 SLAM 算法、激光 SLAM 算法以及多传感器融合算法；决策类算法包括自动驾驶规划算法、自动驾驶决策算法；执行类算法主要为自动驾驶控制算法。

表 16：自动驾驶算法的主要分类及作用

算法	语言	操作系统	作用
自动驾驶控制算法	C、C++、Matlab	Windows	对车辆横纵向动力学建模，实现车辆运动控制等
自动驾驶规划算法	C、C++、Python	Linux	对车辆进行路径和速度规划，常常与决策算法一起做
自动驾驶决策算法	C、C++、Python	Linux	基于感知模块传递的信息，对汽车的行为进行决策
自动驾驶感知算法（激光 SLAM）	C、C++、Matlab	Linux	基于激光雷达感知的点云数据，对周围环境进行地图构建
自动驾驶感知算法（视觉 SLAM）	C、C++	Linux	基于摄像头感知的点云数据，对周围环境进行地图构建
自动驾驶感知算法（多传感器融合）	C、C++、Matlab	Linux	对摄像头、毫米波雷达、激光雷达、惯导等感知到的信息数据进行解析融合

资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

（2）高精度地图

高精度地图，即 HD Map（High Definition Map）或 HAD Map（Highly Automated Driving Map），是指绝对精度和相对精度均在 1 米以内的高精度、高新鲜度、高丰富度的电子地图。其信息包括道路类型、曲率、车道线位置等道路信息，路边基础设施、障碍物、交通标志等环境对象信息，以及交通流量、红绿灯状态信息等实时动态信息。

表 17：高精度地图与传统地图的比较

	传统地图	高精度地图
使用对象	人类驾驶员	人类驾驶员、自动驾驶汽车
精度	绝对精度 5m 左右，误差 10-15m，只描绘位置形态，不含有细节信息	绝对精度优于 1m，相对精度约 10-20cm，包含车道边界、中心线，车道限制等信息
要素和属性	道路，POI-涉密 POI 禁止表达、重点 POI 必须表达，背景-国界、省界等行政区划边界必须准确表达	详细车道模型-曲率、坡度、横坡、航向、高程、限高、限重、限宽；定位地物与 feature 图层
所属系统	信息娱乐系统	车载安全系统
现势性要求	相对低，人可以良好应对	高，机器较难良好应对
数据量	每千米数据量约 1KB	每千米数据量约 100MB，且种类复杂多样
数据实时性	小时/月级更新频率即可满足需求	需要分钟甚至秒级更新频率
用途	导航、搜索、目视	辅助环境感知、定位、车道级路径规划、车辆控制

资料来源：车云网，国信证券经济研究所整理

高精度地图是实现高度自动化驾驶的必要条件，是 L3 及以上级别的自动驾驶

汽车的必备选项。高精度地图可有效弥补传感器的性能边界，提供重要的先验信息，是实现高度自动化驾驶甚至无人驾驶的必要条件，也是未来车路协同的重要载体。

表 18: 高精度地图是 L3 及以上自动驾驶的必备

	L1	L2	L3	L4	L5
数据精度	10m	2-5m	20-50cm	10-30cm	10-30cm
源数据	GPS 轨迹	GPS 轨迹+IMU	图像提取或高精度 POS	高精度 POS+激光点云	高精度 POS+激光点云
数据内容	传统地图	传统地图+曲率坡度	高精度地图	高精度地图	多源数据融合
静态/动态	静态地图	静态地图	静态+动态交通	静态+动态事件	静态地图+动态事件，实时传感器融合地图

高精度地图需求 ADAS 系统对高精度地图不是刚性需求

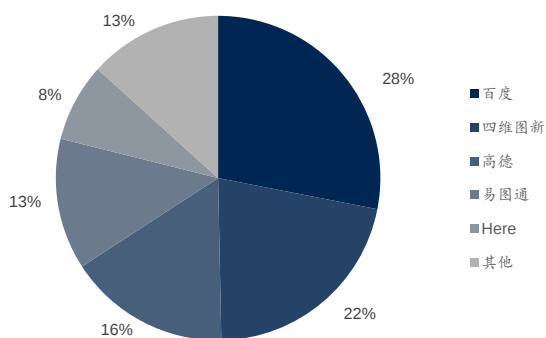
高精度地图是 L3 及以上级别的自动驾驶汽车的必备选项

资料来源：盖世汽车研究，国信证券经济研究所整理

百度、四维图新、高德占据主要份额，国内市场呈现“三足鼎立”。由于地图导航类业务的资质限制，国内高精度地图主要玩家大多是本土公司，根据 IDC 统计，2020 年国内高精度地图行业市场份额前五家公司为百度、四维图新、高德、易图通以及 Here，其中 CR3 超过 65%，呈现“三足鼎立”的局面。

预计 2025 年国内市场规模达 32 亿美元。按照 3 亿辆汽车保有量及单车百元年服务费测算，国内市场规模将从 2020 年的 6.4 亿美元增长到 2025 年的 32 亿美元，预计 2025 年全球市场份额将达到 35.6%，CAGR 达到 38.0%，高于同期全球增速。

图 43: 2020 年国内高精度地图市场份额



资料来源：IDC，国信证券经济研究所整理

图 44: 2020-2025E 国内高精度地图市场规模（亿美元）



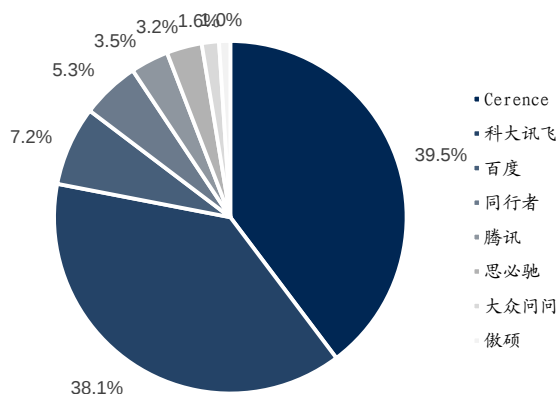
资料来源：易观分析，国信证券经济研究所整理

（3）车载语音

车载语音是车内最简洁、最人性化、最安全的交互方式，也是未来最主要的车内交互方式。随着 AI 和硬件性能的增强，语音交互是未来汽车的绝对主流。语音交互主要是依靠 NLP 算法对语音进行解析，使得自动驾驶系统更容易理解驾驶员的指令。2020 年智能座舱中自然语音识别搭载率大约为 67%，预计 2024 年可达 84%。目前，国内乘用车车载语音装配率超过 64.8%，大大提高了行车安全性以及便捷性。

科大讯飞与 Cerence 领先中国车载语音市场，互联网企业及车厂纷纷入局。竞争格局方面，根据高工汽车统计数据显示，Cerence 市占率为 39.5%，排名第一，Cerence 作为全球车载语音的龙头，客户主要以合资车型为主；科大讯飞

是中国车载语音市场的领头羊，市占率超过 38%，排名第二；互联网企业方面，BAT 也已分别入局车载语音，其中百度发展更为迅速，市场份额 7.2%。腾讯目前主打车载应用“腾讯随行”和“腾讯爱趣听”等生态服务上车，排名第五；此外，大众问问凭借其主机厂的背景优势入局，凭借大众、奥迪等多款前装车型市场占有率快速提升。

图 45：2020 年国内车载语音市场份额


资料来源：高工汽车，国信证券经济研究所整理

表 19：全球车载语音市场的主要玩家

公司	产品	主要客户
Cerence	Cerence Drive 、Cerence ARK	大众、奔驰、丰田、雷克萨斯、福特、北汽、小鹏、蔚来等
科大讯飞	飞鱼车机、飞鱼 AI 套件	大众、沃尔沃、雷克萨斯、吉利、长安汽车等
百度	小度车载 OS	现代、比亚迪等
腾讯	云小微	理想、长安等
同行者	同行者语音助手	上汽、江铃、一汽等
云知声	UniCar	上汽通用、高德、喜马拉雅 FM 等
思必驰	AlSpeech	小鹏、北汽等
苹果	CarPlay	宝马、奥迪、雪佛兰、本田、大众等
谷歌	Android Auto	奥迪、现代、本田等

资料来源：各公司官网，国信证券经济研究所整理

相关公司：中科创达、德赛西威、光庭信息、东软集团、四维图新、经纬恒润

中科创达（300496.SZ）：全球领先的智能平台技术服务提供商

中科创达自 13 年开始进入智能网联汽车业务，目前已成为全球知名的智能网联汽车平台产品提供商，在全球拥有超过 200 家智能网联汽车客户。公司能够提供从操作系统开发、核心技术授权到应用定制、自动化测试等一站式、全产品生命周期的解决方案、广泛应用于智能座舱、智能驾驶、基于车云一体的 SOA 的整车智能操作系统，已经形成了横跨智能座舱、智能驾驶、智能交互、智能网联和仿真测试等产品矩阵。

公司在智能网联汽车业务上的布局可以定义为“两纵一横”，两纵分别是智能座舱域与自动驾驶域，一横则代表了底层的操作系统。随着智能座舱在智能网

联汽车上率先落地，渗透率不断提升，公司自 13 年进入汽车业务以来，也围绕着智能座舱不断更新和迭代其解决方案。随着自动驾驶技术的逐渐成熟，低速领域如自动泊车技术 APA 即将率先落地，公司也于 21 年 2 月完成对自动泊车算法公司辅易航的收购，持续布局低速自动驾驶域，而在高速领域，目前技术尚未成熟，行业标准尚未明确，公司持续与高通合作，为客户提供高质量的解决方案。在此之外，公司还不断实现底层软件平台化，打造了车云一体、跨域、跨 OS 的 SOA 智能软件平台，为智能座舱域与自动驾驶域打造高性能的操作系统 OS。

图 46：中科创达发布基于高通 SA8295 的座舱解决方案



资料来源：中科创达，国信证券经济研究所整理

图 47：中科创达的 E-cockpit 智能座舱解决方案



资料来源：中科创达，国信证券经济研究所整理

德赛西威（002920.SZ）：汽车电子 Tier 1 龙头，ADAS 先发优势显著

德赛西威出身德系背景，布局智能座舱、智能驾驶和网联服务三大业务。公司创立于 1986 年，原为中德合资企业，后成为纯中资企业，公司历史悠久，客户群体覆盖主流欧美系车厂、日系车厂和国内自主品牌车厂。目前公司主要深耕智能座舱、智能驾驶和网联服务三大业务板块。智能座舱为公司核心主营业务，营收占比超过八成，主要提供座舱域控制器、车载信息娱乐系统、驾驶信息信息显示系统、车载空调控制器、新兴业务显示模组及系统、液晶仪表等相关产品；在智能驾驶领域，公司主要提供从智能驾驶域控制器、传感器、全自动泊车系统、360 高清环视系统、DMS 等产品，21 年 H1 营收占比 14%。

以域控制器作为切入点，在 ADAS 领域先发优势。公司目前在自动驾驶域控制器已经推出四款产品，其中，IPU01 面向 L1 级别、IPU02 面向 L2 级别，两款产品主打高性价比，IPU03 和 IPU04 面向高阶自动驾驶，主要高性能。IPU01 适配低速环视、泊车相关功能，算力较低；IPU02 搭载德州仪器芯片 TDA4，满足代客泊车、高速巡航等功能，已经量产出货给吉利、上汽、长城、广汽、通用及造车新势力等多家客户；IPU03 基于英伟达 Xavier 芯片，具有 30 TOP 算力，可以实现高速场景下上下匝道、自主变道，低速场景下 APA、AVP 以及城市道路的塞车自动跟车等功能，自 2020 年开始给小鹏 P7 批量供货，这也是英伟达 Xavier 域控制器的全球首次量产；IPU04 是基于英伟达 Orin 系列芯片，最高算力可拓展到 2000 TOPS，实现高阶自动驾驶功能全覆盖，已在多个国内头部主机厂完成定点，预计在 22 年量产。

图 48：德赛西威产品布局



资料来源：德赛西威，国信证券经济研究所整理

图 49：德赛西威域控制器产品矩阵



资料来源：德赛西威，国信证券经济研究所整理

光庭信息（301221.SZ）：领先的智能汽车软件解决方案提供商

光庭信息是领先的智能汽车软件解决方案提供商。光庭的业务从车载导航系统逐渐拓展至车载信息娱乐系统、液晶仪表显示系统、车载通讯系统、高级驾驶辅助系统、底盘电控系统、电驱动系统等领域，具备了面向智能网联汽车的全域全栈软件开发能力。公司知名客户包括日本电产、延锋伟世通、佛吉亚歌乐、电装、马瑞利、安波福、麦格纳等全球知名汽车零部件供应商，公司与上汽集团、佛吉亚歌乐、电装、日本电产形成投资或战略合作关系。公司其他的主要客户包括日产汽车、雷诺三星、长安汽车、MSE、日立、华为等。

公司主要布局智能座舱、智能电控、智能驾驶、测试工具、地图服务五大领域，智能座舱为公司当前第一大业务板块。公司凭借高品质的软件工程技术服务和规模化的快速交付能力，主要布局智能座舱、智能电控、智能驾驶、智能网联汽车测试、移动地图数据服务五大领域。其中，智能座舱为公司第一大业务，18年-21年H1营收占比39.31%、37.96%、33.83%和39.15%，主要提供UX设计和HMI软件开发服务、图形化仪表解决方案、信息娱乐系统软硬分离解决方案、虚拟化座舱整体解决方案及T-BOX软件解决方案等。

图 50：光庭信息汽车业务布局情况



资料来源：光庭信息，国信证券经济研究所整理

图 51：光庭信息的智能座舱产品布局



资料来源：光庭信息，国信证券经济研究所整理

东软集团（600718.SH）：智能汽车浪潮为老牌软件龙头注入活力

智能汽车互联业务成为公司主要增长动力。东软集团于 1991 年成立，于 1996 年上市，是中国第一家上市的软件企业，主要业务涉及医疗健康及社会保障、智能汽车互联、智慧城市、企业互联等领域。东软大汽车业务按照软件定义汽车的发展趋势紧密布局，形成了以汽车电子解决方案事业本部、先行产品事业部、网络安全事业部、东软睿驰组成的大汽车板块。为客户提供从硬件、基础软件、应用软件到车云一体平台的解决方案。在硬件层，东软与国内外主流芯片平台联合打造智能座舱、智能驾驶、通用域控制器、智能通讯等高性能硬件平台；在软件层，东软以汽车基础软件平台 NeuSAR 为核心，基于 SOA 开发设计理念，打造覆盖全栈、全域的整车级软件产品与解决方案，在应用云端，通过车云一体平台，由场景引擎驱动，保持整车产品力持续“在线”。东软拥有国内外汽车相关知识产权 900 余件，参与了 50 多项相关行业标准的参编或制定，为全球超过 40 家车厂提供服务，涵盖 200 余款量产车型，服务于全球 Top30 汽车品牌中的 85%。

子公司东软睿驰已经成为软件定义汽车浪潮下重要的生态赋能者。东软集团于 2015 年投资成立东软睿驰，东软睿驰以软件技术为核心，致力于提供下一代汽车平台与关键技术，在汽车基础软件 NeuSAR、辅助驾驶和自动驾驶、车云一体软件及服务、新能源汽车动力系统的控制器及软件、能量及热管理系统、共享出行服务平台等领域，为整车企业提供产品、技术及整体解决方案。东软睿驰在 2021 年开启首轮融资，共计融资 6.5 亿元人民币，其中，国投招商出资 6 亿元，德载厚出资 0.5 亿元，投后估值为 64 亿元人民币。东软睿驰 2021 年 H1 营业收入为 3.14 亿元，同比增长 371%。

图 52：东软大汽车整体业务布局



资料来源：东软集团，国信证券经济研究所整理

图 53：东软睿驰面向 SDV 的产品与解决方案



资料来源：东软睿驰，国信证券经济研究所整理

四维图新（002405.SZ）：地图为基、芯片铸魂，打造汽车智能领导者推动“智能汽车大脑”战略升级，打造导航、自动驾驶、车联网、车载芯片、位置大数据服务五大业务板块。四维图新成立于 2002 年，是中国导航地图产业的开拓者。四维图新已经形成了导航业务、高级辅助驾驶及自动驾驶业务、车联网业务、芯片业务、位置大数据服务业务为主的智能汽车业务。面对汽车智能化、网联化、电动化以及共享化的发展趋势，四维图新于 2018 年发布“智能汽车大脑”发展战略，积极打造面向自动驾驶时代的“数据+云+AI+芯片+”

软硬一体化”综合解决方案。

智能座舱 SoC 前装量产,在国内入门级智能座舱 SoC 赛道占领先机。2017 年,四维图新通过收购杰发科技具备了高性能车规级汽车电子芯片的能力。杰发科技主要的芯片产品包括娱乐信息系统 IVI SoC 芯片、车载音频功率放大器 AMP 芯片、车规级微控制器 MCU 芯片、胎压监测系统 TPMS 芯片四大产品线。在传统 IVI 领域,杰发科技 IVI SoC 芯片已历经 5 次大的迭代,累计出货超 7000 万套片。杰发科技历经两年自主研发,推出了新一代智能座舱 SoC——AC8015,并于 2021 年 3 月首度实现前装量产,在国内入门级智能座舱 SoC 赛道占尽先机。AC8015 以其极致的高性价比、一体化解决方案、本地化服务等独到优势,目前已获多家整车厂项目定点,落地项目超 20 多个车型,包括上汽名爵、广汽传祺、广汽三菱等。

图 54: 四维图新整体战略布局



资料来源:东软集团,国信证券经济研究所整理

图 55: 杰发科技智能座舱 SoC 芯片 AC8015



资料来源:东软睿驰,国信证券经济研究所整理

经纬恒润 (A21257.SH): 领先的综合电子系统科技服务龙头

经纬恒润是国内领先的综合电子系统科技服务龙头。公司成立于 2003 年,专注于为汽车、无人运输等领域的客户提供电子产品、研发服务和高级别智能驾驶整体解决方案。总部位于北京,并在天津、南通建立了现代化的生产工厂,形成了完善的研发、生产、营销、服务体系,公司业务覆盖电子系统研发、生产制造到运营服务的各个阶段。公司致力于成为国际一流综合型的电子系统科技服务商、智能网联汽车全栈式解决方案供应商和高级别智能驾驶 MaaS 解决方案领导者。

公司核心客户覆盖了头部整车 OEM 与知名一级供应商。公司通过长期业务积累,形成了以包括一汽集团、中国重汽、上汽集团、广汽集团、纳威斯特达等国内外整车制造商和英纳法、安通林、博格华纳等国际知名汽车一级供应商为核心的汽车领域客户群,同时获得了中国商飞、中国中车等高端装备领域客户和日照港等无人运输领域客户。

公司主营业务主要包括电子产品、研发服务与高阶自动驾驶解决方案。主营业务围绕汽车电子系统展开,专注于为汽车、高端装备、无人运输等领域的客户提供电子产品、研发服务及解决方案和高级别智能驾驶整体解决方案。其中电子产品业务为公司第一大业务,2020 年该业务营收占比 72.80%,研发服务及解决方案业务为公司第二大业务,2020 年该业务营收占比 25.63%。

图 56: 经纬恒润业务布局



资料来源: 经纬恒润, 国信证券经济研究所整理

图 57: 经纬恒润的主要国内外客户



资料来源: 经纬恒润, 国信证券经济研究所整理

附表：重点公司盈利预测及估值

公司 代码	公司 名称	投资 评级	收盘价 2022/2/9	EPS			PE			PEG
				2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E	2021
300496.SZ	中科创达	买入	132.75	1.07	1.55	2.20	124.41	85.77	60.24	1.77
002920.SZ	德赛西威	增持	121.00	0.94	1.43	2.00	128.72	84.57	60.58	1.59
301221.SZ	光庭信息	无评级	88.70	1.05	1.00	1.32	84.48	89.02	67.10	3.33
600718.SH	东软集团	无评级	14.61	0.11	0.65	0.33	132.82	22.57	44.27	0.04
002405.SZ	四维图新	增持	14.83	-0.16	0.05	0.14	-93.04	308.32	105.55	2.25

数据来源：wind、国信证券经济研究所整理

国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	买入	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市罗湖区红岭中路 1012 号国信证券大厦 18 层

邮编：518001 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032