

## 海外观察系列之： 从特斯拉、英伟达、Mobileye的视角，看智能驾驶芯片的竞争格局

证券分析师：张良卫

执业证书编号：S0600516070001

联系邮箱：zhanglw@dwzq.com.cn

研究助理：刘睿哲

执业编号：S0600121070038

邮箱：liurz@dwzq.com.cn

2022年6月26日

- 智能驾驶芯片（又可称为自动驾驶芯片、ADAS芯片等），主要是让车辆能够实现自动驾驶的计算单元，是**人工智能（AI）芯片**的一部分，从计算机视觉（Computer Vision, CV）出发，逐步演化出了针对汽车在驾驶中所遇到场景的算法；算法有自上而下（谷歌、百度）和自下而上（特斯拉、小鹏）两种流派。在相关算法基础上，衍生出了相应的GPU（英伟达）和ASIC芯片（特斯拉、高通、Mobileye、地平线）。
- 伴随着汽车智能化的加速发展，智能驾驶芯片将迎来快速扩张的阶段，成长空间很大，我们测算2021~2025该领域市场规模会从19亿美元增长到54亿美元，CAGR为30%。
- 由于自动驾驶属于新鲜事物，国内外差距不大，且国内整车厂智能化转型很快，对芯片需求很大，中国厂商存在机会。
- 我们推荐英伟达（NVDA.O），建议关注特斯拉（TSLA.O）、Mobileye/英特尔（INTC.O）、地平线（未上市）等。
- 风险提示：政府减少对自动驾驶领域的扶持政策导致自动驾驶市场增速放缓；自动驾驶相关领域、人工智能相关领域法律趋严，导致商业化项目迟迟无法落地；自动驾驶相关技术无法达到商业化落地预期，整个产业发展缓慢等。

表：各厂家优劣势对比

厂家	优势	劣势
特斯拉	(1) 芯片效率更高 (2) 可以更容易尝试新方案 (3) 一体化带来更快迭代速度	(1) 可能选错技术迭代方向 (2) 如果出货量较少，则研发成本偏高
英伟达	(1) 从原有业务切入，软硬件复用性强，初始成本低 (2) 人工智能软硬件技术领先	(1) 通用性较强，可能导致效率偏低 (2) 如果赚钱效应不高，则该业务资源投入可能不多
Mobileye	(1) 深耕多年，产品得到验证 (2) 车企使用成本低，除产品费用外，无需过多投入	(1) 新算法支持性弱，升级能力存疑 (2) 黑盒方案为主，车企无法利用数据资源
高通	(1) 智能座舱的优势地位 (2) 拥有芯片研发经验	(1) 人工智能研发经验较少
德州仪器	(1) 供应链管理能力强 (2) 产品落地经验丰富	(1) 人工智能研发经验较少
地平线	(1) 算法拥有优势 (2) 团队以做自动驾驶芯片为主，全身心投入 (3) 中国供应商对中国车企吸引力强	(1) 公司规模相对较小
华为	(1) 算法和芯片设计能力均非常丰富	(1) 受制裁导致流片出现问题

# 智能驾驶芯片：概览



表：智能驾驶性能汇总

技术路线/起源	厂家	芯片	架构	车辆配备/合作商	INT8算力(TOPS)	芯片价格范围（美元）	算法支持	每瓦功耗(W)	制程(nm)	SOP时间
传统汽车电子 厂商转型	瑞萨	V3H	CPU+ASIC	博世/海拉	4	/	提供硬件平台， 提供一定算法支持	2.5	16	2019
		V3U			60	/		/	/	2021
	恩智浦	S32V		RTI（软件公司）	4	/		1.5	16	2022E
	德州仪器	TDA4VM		百度/博世/大陆	8	100		1.5	16	2020
提供整套解决方案	Mobileye（英特尔）	EyeQ3	CPU+ASIC	奥迪A8/沃尔沃/凯迪拉克	0.256	10~30	自带算法，算法一般是封闭的。目前声称提供修改工具，客户可进行部分优化	10	40	2014
		EyeQ4		蔚来/理想/大众/宝马/福特/日产/广汽/长城等主力在售车型	2.5	30		1.2	28	2018
		EyeQ5		宝马iNext(E)/极氪001	24	/		0.416	7	2021
通用型、平台化硬件+软件工具链	英伟达	Xavier	CPU+GPU+ASIC（少量）	小鹏P7/P5	30	100	提供工具链和软件算法参考模型，客户自定义算法	1	12	2020
		Orin		蔚来ET7/小鹏P7&G9/比亚迪沃尔沃XC90/上汽RES33/奔驰/集度/理想L9	254	300~500		0.225	7	2022E
		Atlan		奔驰	1000	/		--	5(E)	2023E
	高通	Snapdragon Ride	CPU+GPU+ASIC	宝马	700	/		0.186	5	2022E
	地平线	征程2	CPU+ASIC	长安UNIT/奇瑞蚂蚁/上汽通用五菱	4	20~30		0.125	28	2019
		征程3		江淮/理想One/博世/大陆	5	30		0.5	16	2020
		征程5/5P		长城/理想One长城/比亚迪/博世/大陆	96/128	100		0.195	7	2022E
	华为	昇腾310	CPU+ASIC	/	16	/		0.5	12	2018
		昇腾910		北汽/长城	640	/		0.48	/	2022E
	黑芝麻	A1000	CPU+ASIC	一汽红旗(E)、上汽(E)	40	/		0.2	16	2020
		A1000 Pro		东风(E)	106	/		0.24	16	2022E
软硬件全栈自研	特斯拉	FSD	CPU+GPU+ASIC	Model3/S/X/Y	73.7	/	自研	1	14	2019
		升级版FSD		Model3/S/X/Y	210	/		/	/	2022E

注：表格数据截至2022年6月，其中车辆配备、芯片价格等数据可能存在短期变动的可能，芯片价格为大致的区间价格，不代表所有厂商的采购价。



- 1、自动驾驶芯片：人工智能领域的重要落地场景

---
- 2、特斯拉：软硬件一体化的代表

---
- 3、英伟达：中高端车型的首选方案

---
- 4、其他中外竞争对手：创业公司+传统汽车芯片公司

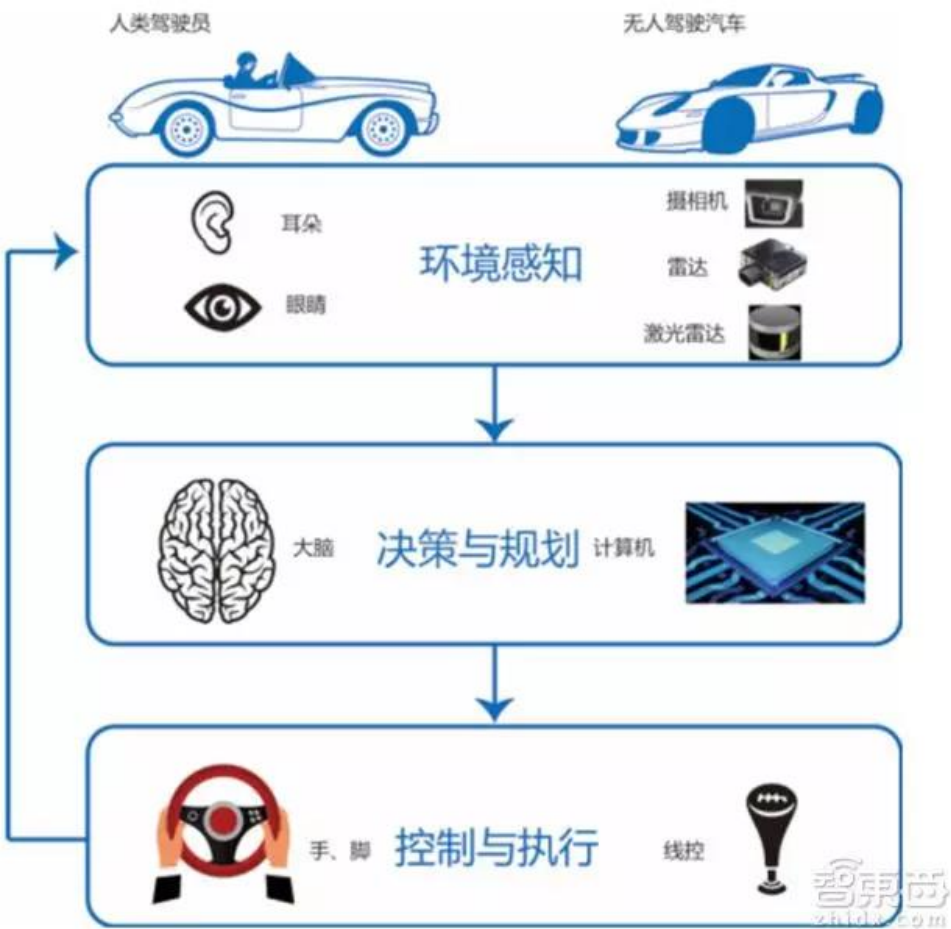
---
- 5、风险提示

---

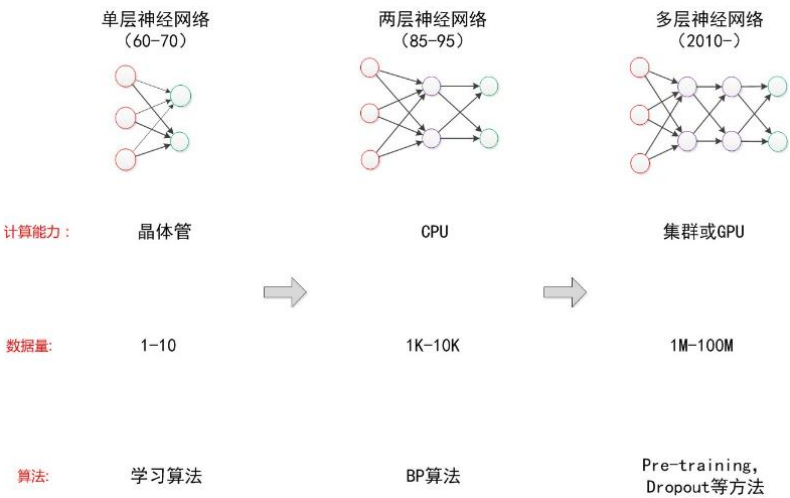
# 自动驾驶：高阶人工智能

- ◆ 自动驾驶实现方法：环境感知：摄像头、超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、多传感器融合、高精地图与定位；决策规划：AI芯片、软件算法、计算平台（域控制器）、操作系统；控制执行：线控转向制动；
- ◆ 自动驾驶是**高阶的人工智能**。与人脸、语音识别以及大数据分析等领域相比，对**安全性和实时性要求更高**，且由于驾驶是要和人类共同参与的，因此需要更高的认知与推理能力。
- ◆ **决策软件（算法）**作为自动驾驶的“**大脑**”，是自动驾驶的核心竞争力：主要包括视觉算法、雷达算法等传感器数据处理和融合，以及路径规划、行为决策与动作规划等部分。
- ◆ 自动驾驶算法中大量运用了深度学习等AI领域的算法，因此对于自动驾驶来说，车端需要能够进行推理的AI芯片，云端需要能够进行大量数据训练的服务器芯片。

图：自动驾驶的实现方法



图：算法说明



图：感知层使用的人工智能算法





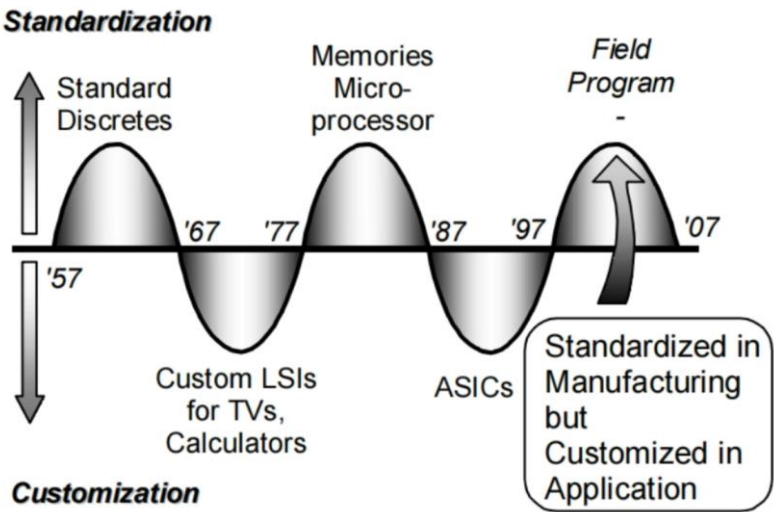
# 芯片：通用芯片 VS 专门芯片

- 最早出现的芯片可被认为是CPU，用来负责处理通用的任务。
- GPU可认为是针对图像领域的ASIC（Application-specific integrated circuit，特定场景芯片）。GPU是图形处理单元，在PC（个人电脑）早期，图形数据较为简单，主要都是由CPU来进行图形处理。随着图形显示规模的增加，CPU已经很难分出更多精力来处理图形信息，而且CPU的架构决定了其处理图形信息的效率是偏低的，因此逐渐发展出了专门处理图形信息的GPU。
- 随着AI以及云计算的兴起，市场上开始出现专用程度更高的TPU、NPU等ASIC，但尚未形成完全确定的市场格局。此类芯片包括FPGA（Field-programmable gate array，可编程逻辑阵列）和针对某一类AI计算的ASIC（Application-specific integrated circuit，特定场景芯片），包括谷歌推出的TPU（张量计算单元）、特斯拉推出的NPU（神经网络计算单元）和地平线推出的BPU，虽然在某些特定计算上效率更高，但目前这些芯片的使用场景比较单一，市场规模还较小。

表：不同类型芯片特点总结

专用性越来越强，特定领域效率越来越高				
芯片种类	CPU	GPU	FPGA	ASIC (TPU、NPU)
芯片架构	计算单元和高速存储单元占用的晶体管数量相当，适合串行计算	晶体管大部分构建计算单元，运算复杂度低，适合大规模并行计算	可编程的逻辑阵列，初始尝试成本很低。可以重新配置芯片一部分，而其余部分依然工作，对于尚未完全确定架构的情况很适合。	晶体管根据算法定制，不会有冗余，功耗低、计算性能高、计算效率高
擅长领域	没有特定领域	图像处理以及与深度学习类似的人工智能领域的并行计算等	用于雷达、手机基站、军事通信等（设计需要经常升级）	市场需求量大的专用领域（十万片以上的成本可能会优于FPGA）
优点	通用性强	擅长处理图像等矩阵数据，并行运算能力强	可以根据算法进行不断调整优化	体积小、功耗低、计算性能高、计算效率高、芯片出货量越大成本越低
缺点	针对特定领域效率很低	价格贵、功耗高	成熟度较差，效率一般不够高	算法固定、开发周期长、上市速度慢、一次性成本高、风险大

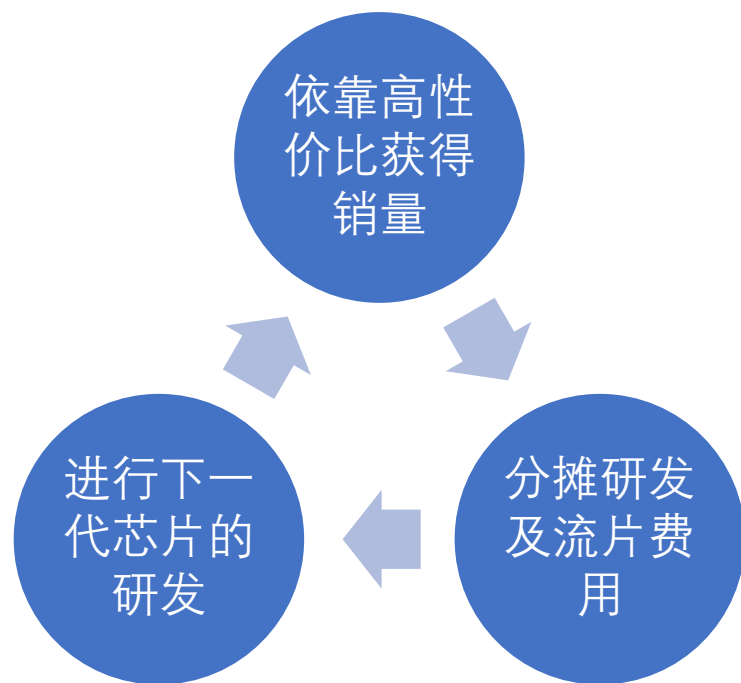
图：牧本浪潮makimoto wave对通用和专用芯片的预测



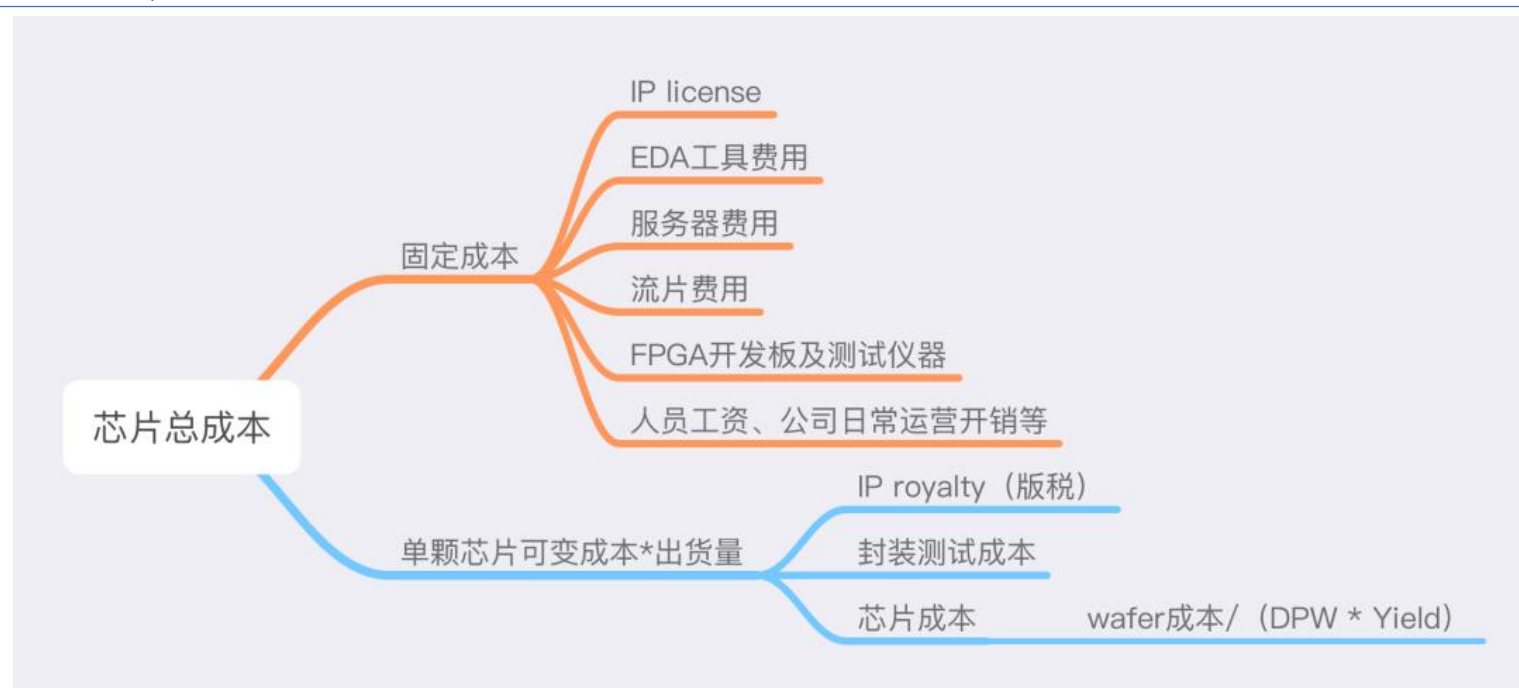
# 芯片行业特点：寡头格局，竞争壁垒高

- 在充分的市场竞争条件下，消费级芯片是一个非常典型的寡头市场。在企业获得先发优势后，可以凭借较大的出货量平摊研发费用，而芯片的高技术壁垒导致研发及流片费用在数千万美元以上，竞争者很难进入。CPU是英特尔和AMD的天下，GPU是英伟达和AMD的天下，手机（移动）芯片是高通和联发科的天下。
- 拥有消费市场是成为搅局者的重要因素。苹果、特斯拉和华为海思都是凭借自身品牌形象，在手机和汽车领域拥有相当数量的消费群体后，开始进行芯片自研，这保证了芯片研发费用的分摊以及芯片更新迭代的动力。
- 汽车芯片是一个全新市场，同消费级产品不同的是，汽车对安全性、稳定性的要求更高，设计成本和流片成本相应也更高，市场的参与者主要是传统芯片行业巨头、创业公司以及车企。

图：芯片行业逻辑



图：芯片成本构成



# 人工智能：边缘芯片VS云芯片

- ◆ 云（服务器、数字中心）和端侧（手机、智能汽车等移动端）场景中， AI芯片的运算方式有着本质性的差别：
  1. 云端处理大批量一次性到达的累积数据（扩大批处理量， batch size）， 车端芯片则需要处理**流数据**， 随着行驶（时间）陆续到来的数据；
  2. 云端处理可以“等”数据“够了”再开始处理， 车端则需要实时完成计算， 尽可能得**降低延迟**， 更勿论几秒钟的“等待”；
  3. 在云端， 任务本身是限定在虚拟世界， 无需考虑与现实世界的交互。在车端则身处现实世界， 每一个任务都需要考虑**交互性**；
  4. **功耗和成本**在车端AI芯片的考量中也占据更重的分量。
- ◆ 因此， 云端AI芯片更侧重于数据吞吐量和多种AI任务的要求， 车端的AI芯片则须保证很高的计算能效和实时性要求， 能够实现端侧推断， 以及低功耗、低延迟甚至低成本的要求。
- ◆ 我们认为， 对于智能驾驶这个全新的场景来说， 进行全新架构设计， 才能更好地实现效率上的需求。

图：车端芯片及控制器示意图



图：云服务器芯片及机箱示意图

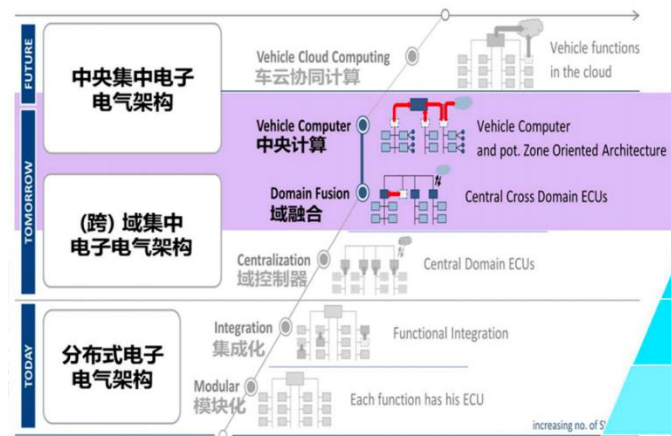




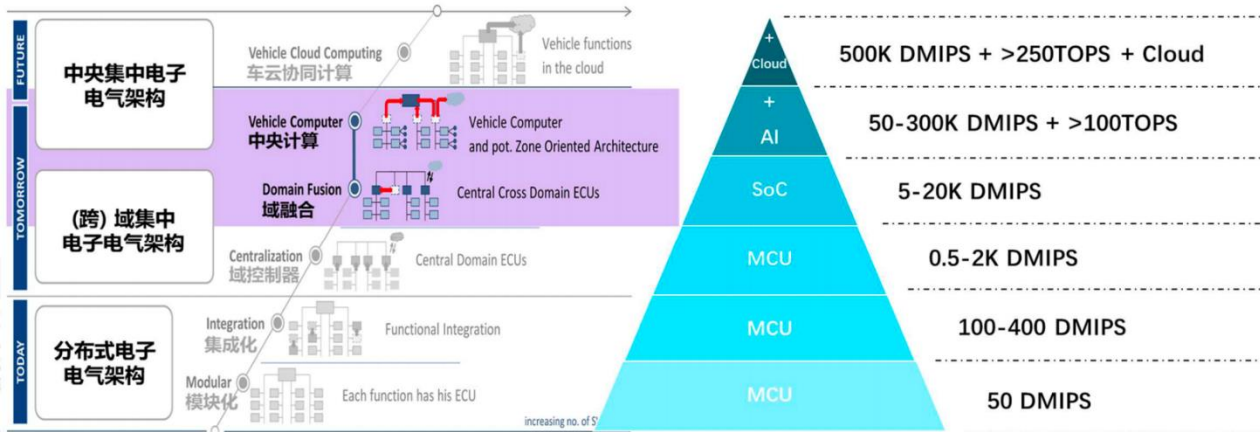
# 汽车芯片：从MCU到SoC

- 在特斯拉之前，汽车芯片多是指MCU芯片。MCU芯片全称为Micro controller Unit（微控制单元），又称为单片微型计算机或者**单片机**。它是一个是把**中央处理器的频率与规格做适当缩减**，并将内存、计数器、USB、A/D转换、UART、PLC、DMA等周边接口，甚至LCD驱动电路都整合在单一芯片上，形成芯片级的计算机。通常MCU只能完成较少的任务，例如开启智能雨刷，或是下车后自动落锁等等。因此，在豪车中可能拥有数百个MCU，来实现各种智能化功能。
- MCU只是芯片级的芯片，而SOC是系统级的芯片，它集成了MCU和MPU的优点，即拥有内置RAM和ROM的同时又像MPU那样强大，它可以存放并运行系统级别的代码，即可以运行操作系统。
- 汽车开始经历像从功能手机到智能手机的升级。在车辆电气化集中的趋势以及对智能化和娱乐化更高的要求下，原有的MCU在算力上完全无法适应，因此像平板电脑或手机的高算力SoC（System on Chip，片上系统）甚至是PC所采用的高算力芯片开始逐渐被汽车行业所采用，汽车更像是大号的智能手机了。

电子电气架构趋势

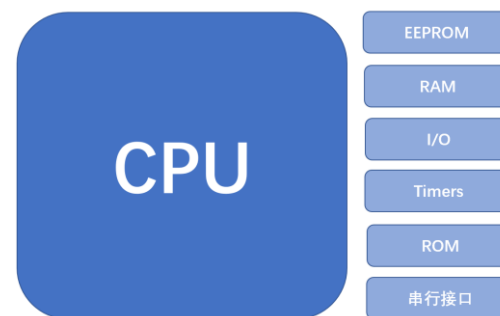


芯片算力趋势

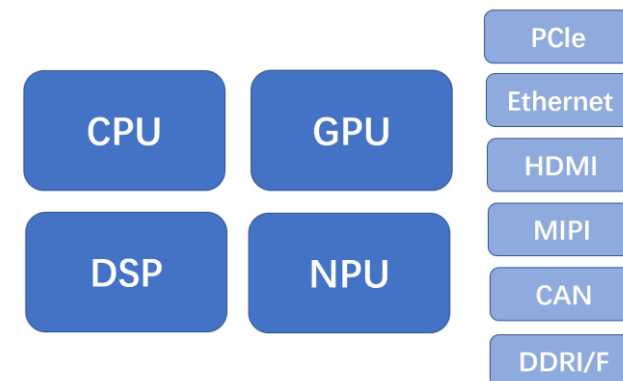


**DMIPS:** Dhrystone Million Instructions executed Per Second：主要用来衡量CPU整数计算能力；  
**TOPS:** Tera floating-point operations per Second：1TOPS代表处理器每秒钟可进行一万亿次（ $10^{12}$ ）浮点运算操作，是衡量AI运算能力的主要指标之一。

图：典型MCU架构



图：典型SoC架构



- 由于智能驾驶芯片市场属于快速发展的时期，很多概念的定义尚未有非常客观的标准。我们参考了市面上的各种技术路线和预测模型，提出了我们的预测数据。
- 我们将具有以下任一功能的车辆归于高级别智能驾驶的车辆：高速领航、自动泊车以及城市领航。除此之外的辅助驾驶将归于低级别驾驶。
- 价格方面，我们结合了市场现有主流芯片的售价进行了大致的测算。
- 在以上假设下，我们测算，智能驾驶芯片市场会从2021年的19亿美元增长到2025年的54亿美元，2021~2025的CAGR为30%。

表：车载芯片数量及预测

	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E
低级别智能驾驶汽车（万量）	1874	2392	2665	3018	3495	3900
低级别驾驶芯片组均价（美元）	20	23	25	28	31	34
低级别市场规模（亿美元）	4	6	7	8	11	13

	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E
高级别智能驾驶汽车（万量）	896	1204	1414	1610	1843	2320
高级别驾驶芯片组均价（美元）	100	110	132	145	160	176
高级别市场规模（亿美元）	9	13	19	23	29	41



- 1、自动驾驶芯片：人工智能领域的重要落地场景

---
- 2、特斯拉：软硬件一体化的代表

---
- 3、英伟达：中高端车型的首选方案

---
- 4、其他中外竞争对手：创业公司+传统汽车芯片公司

---
- 5、风险提示

---

# 特斯拉：给汽车行业带来全面的革新

- 特斯拉颠覆了整个汽车行业，从自动驾驶、智能座舱、域控架构、三电系统，甚至到车辆的制造与装配，发展出了一套全新的方案。
- 从自动驾驶角度来看，特斯拉是目前唯一实现软硬件全自研的公司，且**可能是唯一一个**能够实现软硬件都自研的公司。
- 自研芯片的好处：（1）芯片效率更高：从算法出发设计芯片架构，芯片的能耗比更优；（2）可以更激进地尝试新方案：不需要通过第三方的车规级认证等复杂流程，只需要最终在车端对消费者负责，不需要在芯片端负责；（3）一体化带来更快迭代速度：由于自动驾驶是个全新的领域，需要芯片、算法和车辆相互配合，这些环节特斯拉均在公司内部流转，迭代速度高于合作模式。

图：自动驾驶说明图

## 自动驾驶



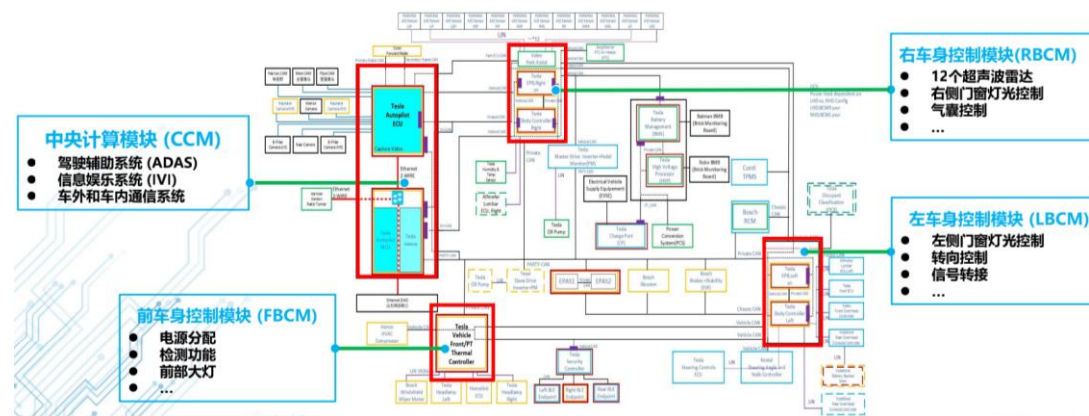
图：智能座舱示意图

## 智能座舱



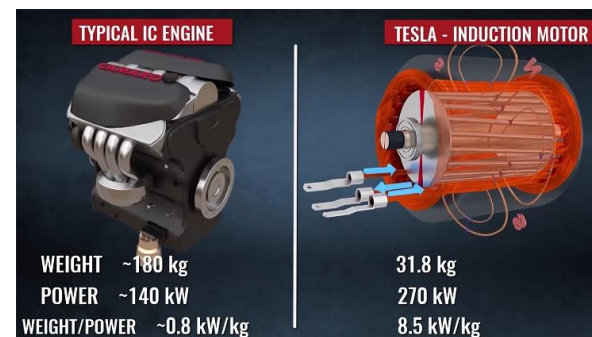
图：域控架构说明图

## 域控架构



图：三电技术说明图

## 三电技术





# 特斯拉：芯片的进化之路

- 特斯拉经历了早期使用黑盒方案的Mobileye EyeQ3，到较为开放的Nvidia Drive平台，再到如今的芯片自研，这期间的变化给我们非常好的观察汽车智能化迭代的窗口。

图：特斯拉历史进程

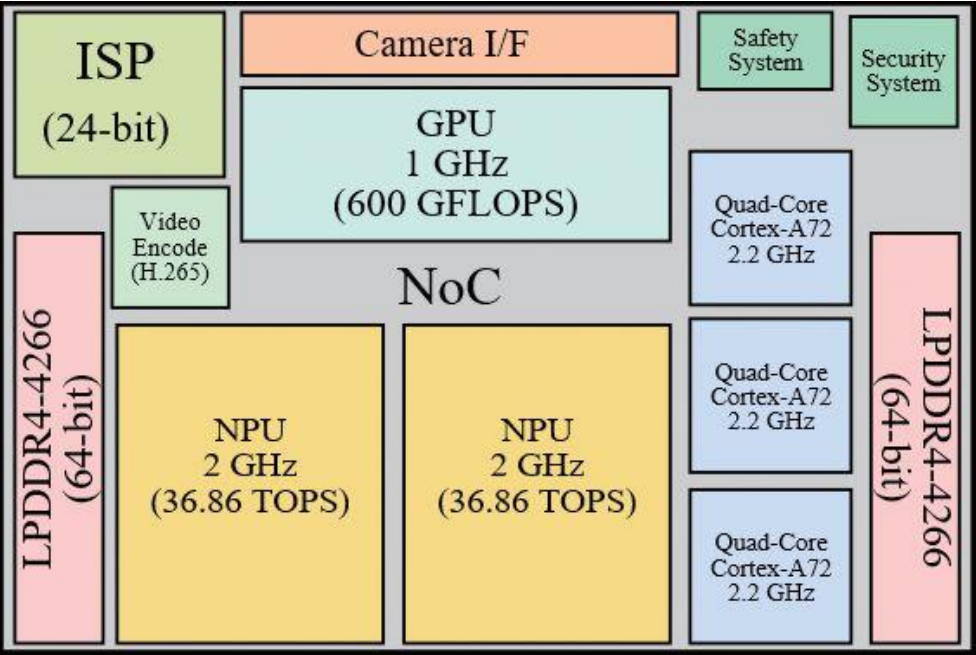


- **各类顶级芯片研发人员聚集，为特斯拉芯片自研奠定基础：**2016年1月，Tesla从AMD挖来**传奇芯片架构师 Jim Keller**，任命他为Autopilot硬件工程副总裁。Jim是芯片界传奇人物，曾效力于DEC、PA semi（Apple收购以后才得以由能力研发自家处理器A系列）、AMD、Apple，曾参与设计速龙（Athlon）K7处理器和苹果A4/A5/A6处理器，是速龙K8处理器的总架构师，还是制定X86-64指令集者之一。2016年2月，Tesla又从Apple招到了**研发总监 Pete Bannon**，Pete是A5芯片核心的设计工程师，在那之前他是PA Semi的架构与验证副总裁。同时期，同样来自AMD的**谷俊丽**，在Autopilot硬件工程团队下开始组建机器学习小组，这个小组有两个任务：一个是搭建第二代自动驾驶硬件上的AI算法和机器学习软件，另一个是参与设计FSD芯片的架构和上面的软件。
- **采用以深度神经网络为主的人工智能模型，再加上车端收集的大量数据，特拉斯ADAS水平迅速提升：**基于全新深度神经网络的视觉处理工具Tesla Vision是Autopilot团队抛开Mobileye、从零搭建的一套视觉处理工具，它的背后，是全新的底层软件技术架构和云端大数据基础设施。Tesla Vision能够对行车环境进行专业的解构分析，相比传统视觉处理技术可靠性更高；借助Tesla售出的车辆搜集的大量数据，反过来又可以对Tesla Vision的神经网络进行训练和改进，进一步优化Autopilot。
- **除车端芯片FSD的研发外，特斯拉也开始涉足云端训练芯片，试图打通车云系统。**从算力来看，其1.09EFLOPS的算力水平和Nvidia用4096块A100构建的集群（1.28 EFLOPS）；Huawei用4096块Ascend 910构建的集群（1.05 EFLOPS）；Google用3456块TPU v4构建的集群（0.95 EFLOPS）相比，已经不相上下。当然其对称式的设计理念，可能给超算领域带来全新技术路线的可能性。
- **我们认为，特斯拉的芯片自研的成功，是天时地利人和共同作用的结果，竞争对手的可复制性很弱，主要原因有：**（1）芯片顶级研发人才很难被车企所招聘。特斯拉有很大程度是因为马斯克的个人魅力因素，才说服顶级芯片研发人员加入（2）自研芯片风险极高，前期投入较大（3）如果不能保证使用的数量，则自研芯片性价比很低。因此，对于绝大多数车企来讲，外购芯片才是更好的解决方案。

- FSD芯片从算法需求出发，进行了芯片架构设计。其核心技术来源于由两颗NPU组成的NNA（Neural Network Accelerator，神经网络加速单元）系统。
- FSD芯片于2019年正式流片，代工厂为三星，采用14nm工艺，整个芯片约有60亿颗晶体管组成。



图：芯片示意图



表：部件功能及特点

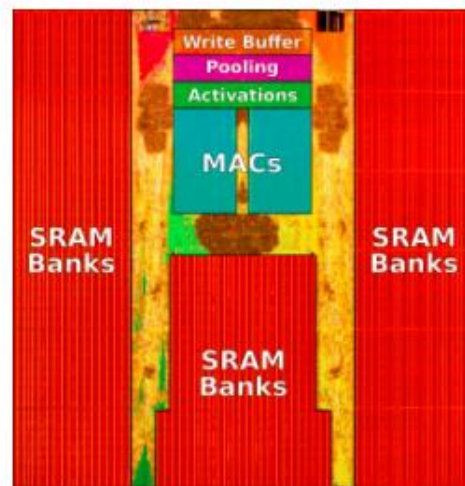
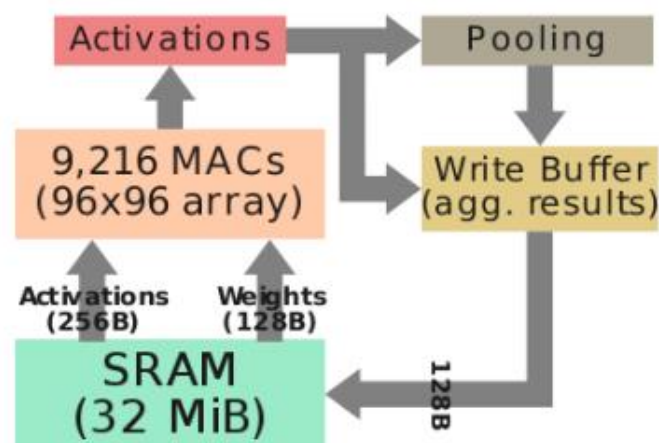
主要部件	主要功能	特点
CPU	负责通用数据处理和计算	Cortex-A72架构，三组、每组4个核心
GPU	负责图形显示以及NPU无法处理的数据信息，确保车规级安全性	Mali G71 MP12 GPU，支持FP32和FP64
NPU(ASIC)	负责深度学习以及预测功能，是主要负责计算功能的芯片	2个NPU，每个NPU中有一个96×96的MAC矩阵，支持多种激活函数。包含了32MB的内置SRAM，减少数据向主存储器的移动，有助于降低功耗。
ISP	图像信号处理器（Image signal processor），针对Tesla配备的八个HDR传感器而设计，可以每秒钟处理十亿像素的图像信息。	在处理中还加入了色调映射等功能，并且允许芯片自主处理阴影、亮点、暗点等细节，还加入了降噪设计
Video Encode	可以用于备用摄像机显示、行车记录仪和云剪辑视频等内容，	仅支持H.265（HEVC）其他MPEG、H.264等不支持，精简了不少芯片规模
安全/加密模块	安全模块中包含了一个双核同步CPU，用于对汽车执行器的最终仲裁；加密模块执行的功能是确保FSD Computer只执行经过Tesla签名的代码，保证系统的安全性。	安全性和隐私性都得到了保障



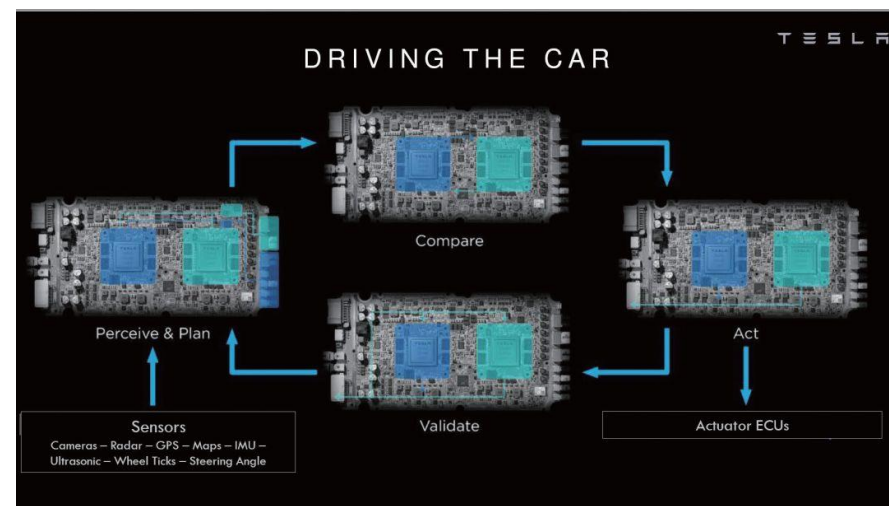
# NNA核心体现了成本和功耗的优化

- 在每个计算周期，NPU都会从内置的32MB SRAM中读取256字节的激活数据和另外128字节的权重数据组合在一起进入乘法累加（Multiply Accumulate, MAC），每个NPU都有一个96x96MAC阵列。在完成了MAC的乘法累加运算后，数据将会被转移到激活（Activations）以及池化部分（Pooling），并等待写入缓冲区汇总结果。在保障NPU具备强大运算能力的同时，对于它的功耗和成本优化Tesla也做了不少的努力。NNA 设计了非常大的片上SRAM缓存，相较于Google的TPU，采用了256×256的MAC，只有24MB的SRAM。对于这种特殊的设计，Tesla解释这样做是为了让数据尽可能地在片内周转，而不用频繁地与内存或者其他模块进行读写操作。这样做不但可以提高性能，还可以有效降低功耗，因为（1）所有数据都在片上完成（2）NNA处理的神经网络计算并不需要太多的精度，所以设计的芯片只支持8位乘以8位整数乘法和32位整数乘法，不支持任何浮点计算，也无需支持任何其他格式，还可以在很大程度上降低功耗（浮点运算的32位加法器功耗大约是支持整数计算的32位加法器的9倍）。
- 除了上述计算过程外，Tesla在NNA的设计中还偏向于将硬件简化，并复杂化软件，这样做可以降低芯片成本。比如软件可以映射和分配单个SRAM库，在Tesla的神经网络编译器的帮助下，还可以执行层融合操作，通过耦合conv-scale-act-pooling操作允许数据重用。编译器还可以通过执行层平滑处理来确保数据一致的内存访问操作，还可以加入代码压缩、CRC校验等功能，保证数据的可靠性。在指令方面，Tesla认为之前一些NNA的设计方案在缓存、寄存器以及逻辑控制方面消耗了大量能量，于是简化逻辑控制，设计了一个简单的指令集：包括DMA Read、DMA Write、Convolution、Deconvolution、Inner-product、Scale、Eltwidth、Stop，流程控制更是只需要配置4个信息，简化了操作，可以将资源跟多集中在计算方面。

图：NPU说明图



图：特斯拉的NNA设计

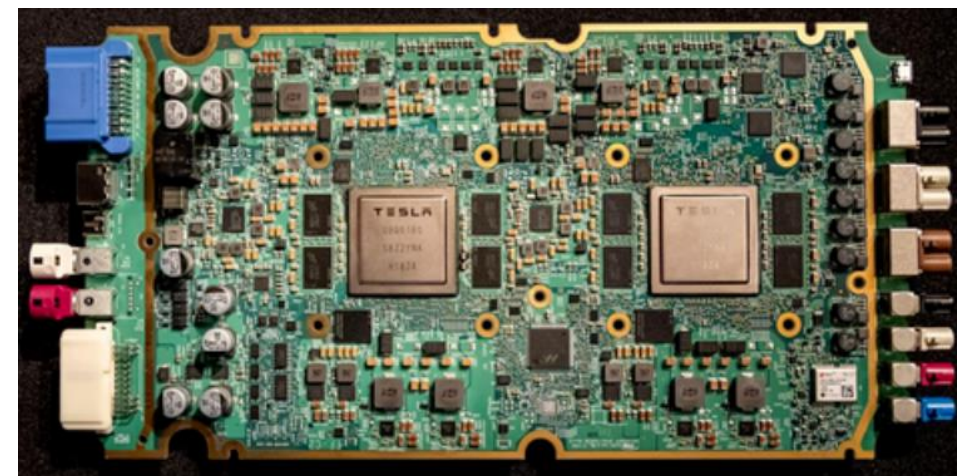




## 自动驾驶域：硬件成本约占整体硬件成本的3.5%

- **特斯拉自动驾驶硬件成本估算：**特斯拉自动驾驶域芯片成本约为5000元，加上外围电路板以及组装、测试成本（组装厂为中国台湾广达集团），我们预估总体成本约为8000人民币，如果以特斯拉的毛利率计算，假设Model 3的成本为22.9万元，那么自动驾驶域的成本占特斯拉整车成本约为3.5%。

图：硬件示意图



表：项目情况统计

项目	型号	供应商	简介	数量	参考价(人民币)
LPDDR4	8BD77D9WCF	美光	1GB	8	30
以太网交换	88EA6321	Marvell		1	360
UFS	THGAF9G8L 2LBAB7	东芝	32GB	2	55
GPS模块	NEO-M8L-01A-81	U-BLOX		1	320
解串行	DS90UB960	德州仪器		2	110
解串行	DS90UB954	德州仪器		1	40
电源管理	MAX20025S	Maxim		2	30
MCU	TC297t	英飞凌		1	260
启动Flash	S512SD8H21	Cypress	512Mb	1	50
以太网PHY (估)	88EA1512	Marvell		2	130
FSD	UBQ01B0	特斯拉	三星代工	2	1500



- 1、自动驾驶芯片：人工智能领域的重要落地场景

---
- 2、特斯拉：软硬件一体化的代表

---
- 3、英伟达：中高端车型的首选方案

---
- 4、其他中外竞争对手：创业公司+传统汽车芯片公司

---
- 5、风险提示

---

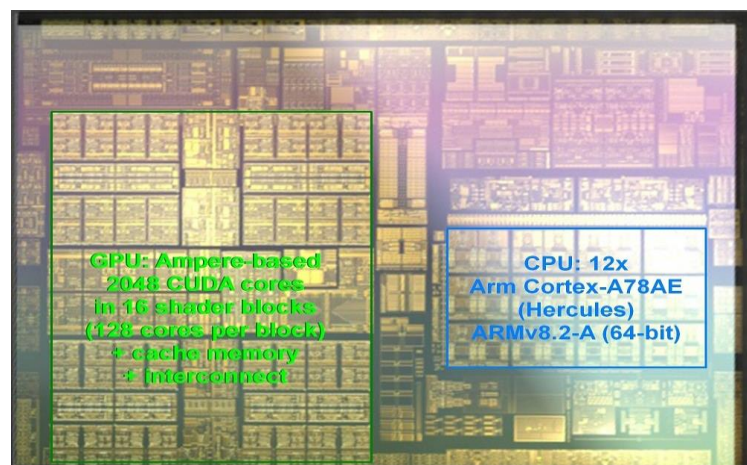
# 拥有自动驾驶软硬件解决方案的供应商

- 拿智能手机行业做对比，如果把特斯拉看作汽车界的苹果，那么英伟达可类比为汽车界的高通+安卓。
- 英伟达将人工智能领域的优势拓展到智能驾驶领域并拥有近十年的探索经验。GPU的并行架构适合人工智能领域的计算需求，英伟达敏锐的抓住这个特点，成为人工智能芯片及软件工具链的主要供货商。在进行人工智能领域探索时，英伟达开始涉足智能驾驶及机器人业务，并在该领域拥有近十年的开发经验。
- 平台化芯片+完善的工具链是英伟达芯片的主要特征。
- 虽然拥有容易上手的开发工具，但**较高学习门槛**和**自研智能驾驶算法的花销**可能会阻挡中小客户的使用。

## 硬件优势：

- GPU架构兼顾效率与通用性：效率高于CPU，通用性强于ASIC；设计壁垒高，垄断性强
- 用户基数保证规模效应：与其他业务平摊研发成本，版本迭代快，持续保证性能优势
- **端到端的解决方案**：车端到云端训练基于同样架构

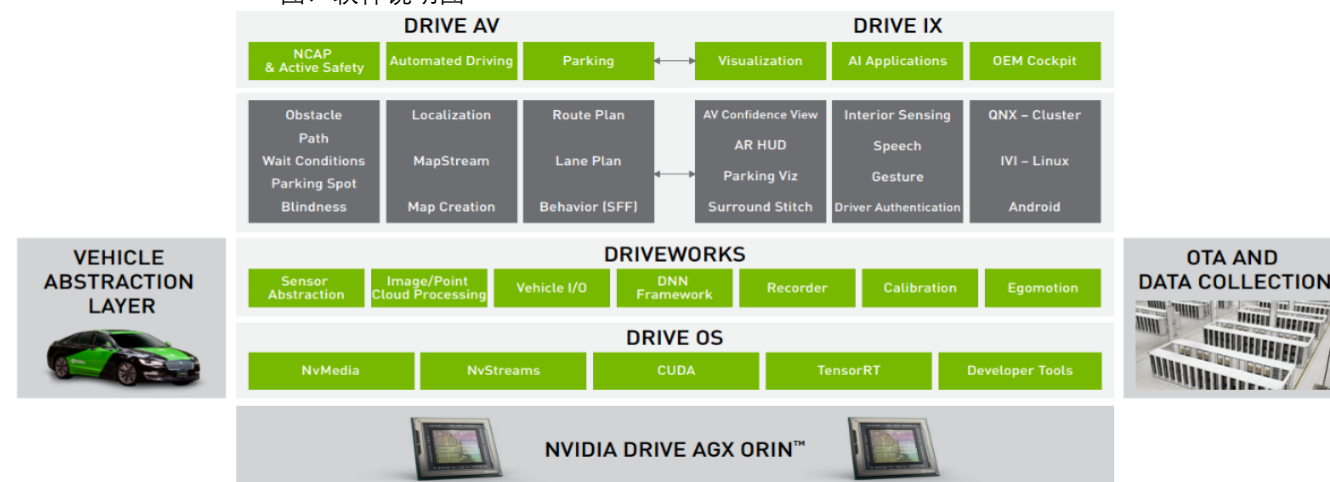
图：硬件示意图



## 软件（工具链）优势：

- 开放平台模式：客户可进行算法自研
- 软件工具链丰富：开发了全套软件工具链（公司软件工程师占比超过70%），不仅通过软件开发推动硬件的优化设计，还给用户提供丰富的示例与教程，帮助用户快速上手使用

图：软件说明图



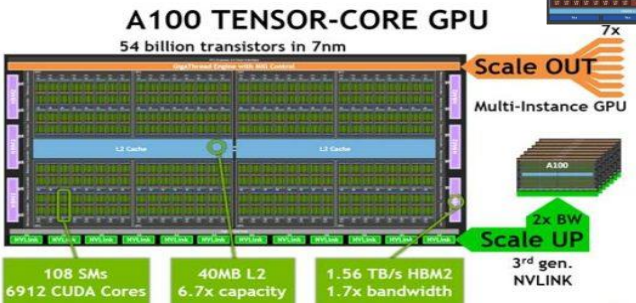


PC：RTX3080

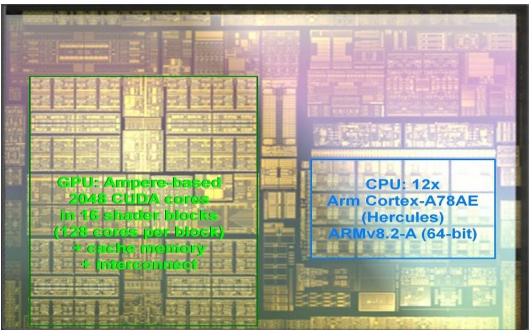


核心架构

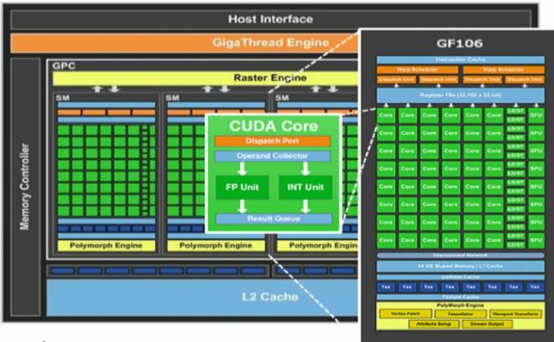
数据中心：A100



汽车（嵌入式）：Orin



专业图显：Quadro



核心架构	时间	消费级代表产品的晶体管数量	主要特点
Tesla	2008年	14亿	第一个统一着色器微架构、首次引入 <b>CUDA单元</b> 、首次支持DX10、搭载着色器模型4.0
Fermi	2010年	30亿	首次支持DX11、支持GDDRS显存、双精度浮点性能提升、支持ECC和统一64位内存寻址
Kepler	2012年	71亿	能效翻倍、支持PCIe 3.0、动态并行计算、搭载极致流式多处理器，支持GPU动态超频
Maxwell	2014年	80亿	能效翻倍、支持DX12和SMM流处理器、搭载动态高分辨率技术
Pascal	2016年	153亿	搭载 <b>HBM</b> 、 <b>NV link</b> 、GDDR5X显存和GPU动态超额3.0技术
Volta	2017年	211亿	搭载 <b>第一代Tensor单元</b> 、第二代NV link和HBM2、支持多处理服务、搭载深度学习优化流式多处理器
Turing	2018年	186亿	搭载 <b>第二代Tensor单元</b> 、 <b>第一代RT单元</b> 、GDDR6显存和HBM2、支持深度学习超采样 <b>DLSS</b>
Ampere	2020年	283亿	搭载 <b>第三代Tensor单元</b> 、 <b>第二代RT单元</b> 、GDDR6X显存和HBM2、支持深度学习超采样 <b>DLSS</b> 和 <b>PCIe4.0</b>
Hopper	2022年	/	/

- ◆ 英伟达从帕斯卡到安培架构都以**高拓展性**为核心目标：
- 支持尽可能多种类的神经网络结构以保证算法的**正确率和泛化能力**；
  - 支持能够识别广大数字范围的浮点运算，以保证较大的数据吞吐量；
  - 支持阵列式结构以能够连接更多的处理单元，以进一步**加大可计算的数据规模**。

落地到硬件技术上，Tensor core和Cuda core并行，以及从INT1到FP64的数据精度范围等一系列革新技术，都以支持上述目标为目的。



# 硬件架构：拓展嵌入式移动芯片到汽车领域

■ 英伟达专注提供高性能服务，借助嵌入式移动芯片，拓展汽车市场。在智能手机兴起的2008年时，英伟达试图进入移动芯片市场。为此，公司开发了Tegra系列芯片，采用了ARM的CPU架构，并集成了自家的GPU芯片，组成了一套SOC系统。早期的Tegra芯片注重功耗及效率的表现，主要用在微软的一款MP3和Kin手机、小米3手机上，但后由于基带问题逐渐退出手机市场；后期则更专注于提供高性能，其典型产品是任天堂的Switch，英伟达的Tegra X1给任天堂Switch带来了极高的画面体验。由于自动驾驶中对于画面的实时处理要求很高，因此后续的Xavier以及Orin系列也开发了相应的车规级芯片。从移动芯片的发展轨迹来看，英伟达的CUDA核心数量也快速增长，RAM的容量和带宽也迅速提高，移动芯片的性能始终保持竞争优势。

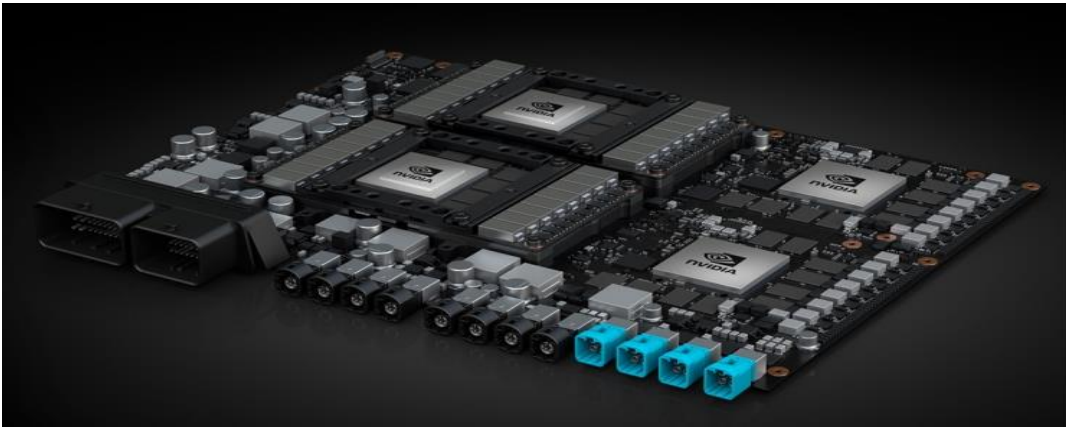
表：英伟达移动芯片发展历程

芯片名称		Tegra 2	Tegra 3	Tegra 4	Tegra 4i	Tegra K1	Tegra X1	Tegra X2	Xavier	Orin	Atlan	
CPU	指令集	ARMv7-A (32 bit)					ARMv8-A (64 bit)			ARMv8.2-A (64 bit)		ARMv9
	内核	2 A9	4+1 A9	4+1 A15	4+1 A9	4+1 A15	2 Denver	4 A53 + 4 A57	2 Denver + 4 A57	8 Nvidia Carmel	12 Arm Cortex-A78AE	Nvidia Grace-Next
	L1级高速缓存	32/32 KB					128/ 64 KB	32/ 32 KB + 64 / 32 KB	128/64 KB + 48 / 32 KB	64/64 KB	/	/
	L2 级高速缓存	1 MB		2 MB				128 KB + 2 MB	2 MB + 2 MB	8 MB	/	/
	L3 级高速缓存	NA								4 MB	/	/
GPU	架构	Vec4				Kepler		Maxwell	Pascal	Volta	Ampere	Hopper
	CUDA核心数	4+4	8+4	48+24	48+12	192		256		512	2048	/
RAM缓存	协议	DDR2	DDR3/	DDR3			LPDDR4		LPDDR4/LPDDR4X		LPDDR5	LPDDR5X
	容量	1 GB	2 GB	4 GB	4 GB	8 GB		8 GB	8 GB	32 GB	/	/
	带宽	2.7 GB/s	6.4 GB/s		7.5 GB/s	14.88 GB/s		25.6 GB/s	59.7 GB/s	136.5 GB/s	200 GB/s	/
制程		40 nm		28 nm HPL	28 nm HPM			20 nm SOC	16 nm FF	12 nm FFN	/	/
上市SOP时间		2010		2013		2014		2015		2016	2022	/
平均终端售价（美元）		/		/		/		/		100~150	300?	/
代表产品		2009年微软Zune、Kin手机；2012款奥迪车载影音；2012版特斯拉Model S车载系统；小米3手机						任天堂Switch；2016版特斯拉		汽车自动驾驶平台		

# 计算平台：可采用多种搭配，灵活度高

■ **产品自由度高，客户可根据需求选择合适的芯片平台方案。**在Tegra系列芯片的基础上，英伟达集成了一些特殊功能的GPU以及辅助芯片，推出了英伟达Drive系列车载AI芯片平台。早期的车载AI芯片平台与单个移动芯片差别不大，但随着车载系统的要求不断多样化，英伟达Drive系统也增加了很多选择。例如Drive PX Xavier仅配备了一块Xavier芯片，其算力为30 TOPS，功耗仅为30W，适合用在L2级的量产车型中，例如小鹏P7就采用了此款车载芯片平台；对于L4级车辆的车载AI芯片平台，仅仅一个Xavier芯片算力不够，因此采用了两个Xavier芯片加上两个图灵架构的GPU，使算力达到了320TOPS，其功耗也增加到了500W；蔚来希望打造自己的计算平台，因此从英伟达这里选购的是独立的Orin芯片。不同的客户可以依照不同的使用场景选择适合的产品，这较大地增加了英伟达车载AI芯片的使用场景。

图：英伟达车载芯片平台系统示意图



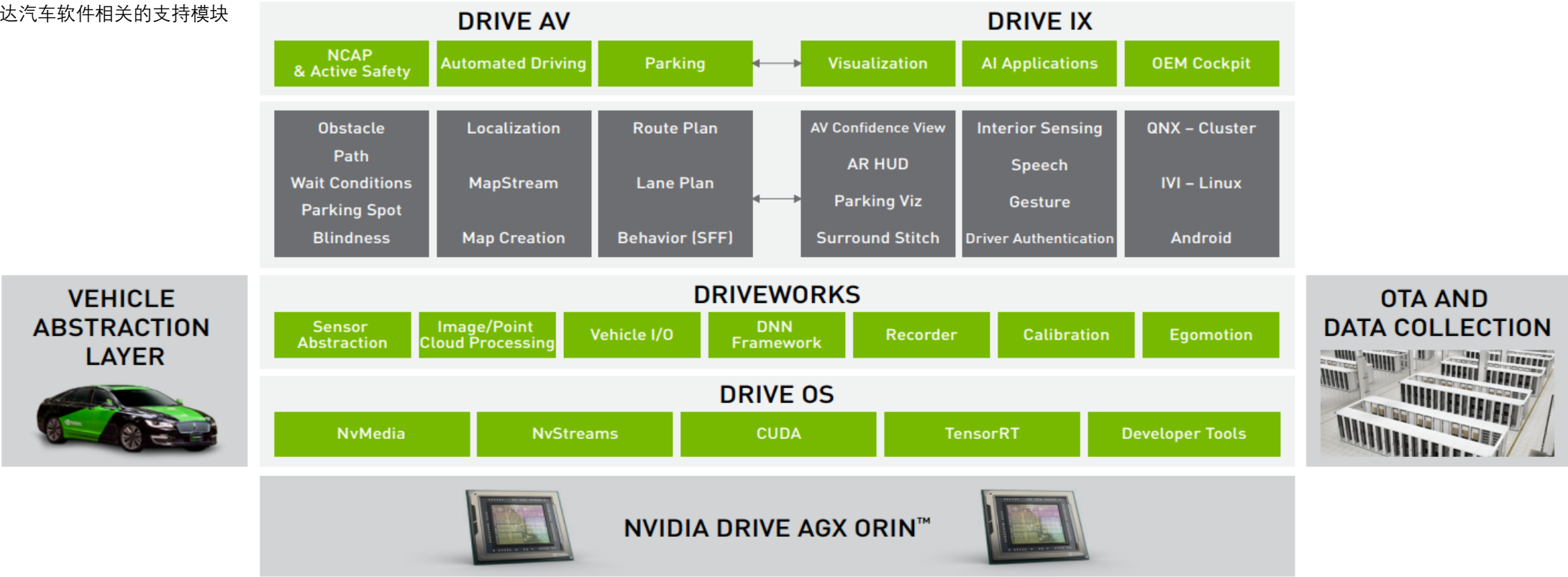
表：英伟达车载AI芯片平台发展历程

车载系列名称	Drive CX		Drive PX	Drive PX 2 (Auto Cruise)	Drive PX 2 (Tesla)	Drive PX 2 (Auto Chauffeur)	Drive PX 2 (Tesla 2.5)	Drive PX Xavier	Drive PX Pegasus	Drive AGX Orin	
发布时间	2015年1月			2016年9月	2016年10月	2016年1月	2017年8月	2017年1月	2017年10月	2019年12月	
芯片构成	1* Tegra X1	2* Tegra X1		1*Tegra X2 (Parker) + 1*Pascal GPU		2* Tegra X2 (Parker) + 2* Pascal GPU	2* Tegra X2 (Parker) + 1x Pascal GPU	1* Tegra Xavier]	2* Tegra Xavier + 2* Turing GPU	2* Tegra Orin	2* Tegra Orin + 2* Ampere GPU
算力	/	/		4 FP32 TOPS	4 FP32 TOPS	8 FP32 TOPS	4 FP32 TOPS	30 INT8 TOPS	320 INT8 TOPS	400 INT8 TOPS	2000 INT8 TOPS
功耗	/	20W		40W	40W	80W	60W	30W	500W	130W	750W
代表产品	/	/		/	2016款特斯拉	英伟达自动驾驶训练	/	2020款小鹏P7	英伟达自动驾驶训练	2022款蔚来ET7	英伟达自动驾驶训练

总算力 = CUDA Core 算力 + TENSOR Core 算力  
CUDA Core 算力 = 主频 x SMs数（流处理器单元） x 每个SM可以计算的最高乘加 x 2 FLOPS  
TENSOR Core 算力 = 主频 x SMs数 x Tensor Core num Per SM x 64 x 2 FLOPS

- 不仅算力领先，英伟达易于上手的软件工具链很大地方便了芯片使用者的开发过程，从DRIVE OS到DRIVEWORKS、DRIVE AV、DRIVE IX，英伟达软件工具链有着极为丰富的功能：同数据中心基础芯片类似，英伟达十分重视对软件工具链的开发。英伟达不仅花费了大量的研发资金，成立了测试小组专门改装了车辆以提高英伟达的芯片及相关软件工具链的安全性及稳定性，还积极听取客户的意见并对相关要求作出回应。在不断的测试中，软件工具链的可用性也不断提高。安全、可靠且易用的软件工具链不仅可以让软件开发人员快速上手并熟练掌握芯片的调用技巧，还可以保证软件的不会在汽车这个安全性要求极高的领域出现差错，这也是整车厂采用英伟达方案的主要原因之一。英伟达的软件还有一个特点是其软件开放性高。**有丰富软件开发能力的客户可以从底层操作系统开始自行研发，而初入此领域的客户可以从较上层的应用软件开始研发，底层使用英伟达搭建的通用系统。**英伟达灵活的使用方案适配性强，潜在客户数量较大。

图：英伟达汽车软件相关的支持模块



■ 借助英伟达平台化芯片和虚拟测试平台，NVIDIA在ADAS、智能驾驶舱、高精度地图与定位等汽车相关领域不断开拓业务。NVIDIA DRIVE IX是一款可扩展的开放式驾驶舱软件平台，借助NVIDIA DRIVE Orin集中计算架构，利用内部摄像头和多模式交互，满足司机、乘客需求，实现独特的AI用户体验。NVIDIA DRIVE Mapping可创建全自动、可扩展的高精地图，通过DRIVE Localization实现厘米级精度的车辆定位。英伟达通过收购DeepMap、与知名地图公司HERE等合作来开拓地图领域，

表：解决方案对比

解决方案	功能	合作商	其他公司方案	英伟达优势
ADAS	高度自动化的监督式驾驶的全方位解决方案	滴滴出行/ZOOX/cruise/小鹏/蔚来/比亚迪等	Mobileye:支持一整套 ADAS 功能—自动紧急制、车道偏离警告、前方碰撞警告、车道保持辅助、车道居中、交通堵塞辅助、交通标志识别和智能远光灯控制。	英伟达有着开放的平台，长期来看，相比封闭平台更受整车厂欢迎
			特斯拉：特斯拉通过软件更新提供更优秀的驾驶体验，通过搭载NVIDIA A100 GPU超级计算机搭载训练优化，具体功能包括自动辅助导航驾驶、自动泊车、自动辅助变道、召唤功能	英伟达提供开放的自动驾驶解决方案，业务面更广
仿真模拟	进行大规模开发，并在多种情境下进行测试的平台	Ansys/AVL/MathWorks等	CARLA：CARLA(英特尔)提供开源的开放数字资产（城市布局、建筑物、车辆）、传感器套件模拟、环境条件、地图生成等；通过服务器实现多用户架构	英伟达DGX服务器性能更为优秀，便于模拟
			Prescan：Prescan（西门子）开放的模拟平台，可以连接第三方模型和模拟器（dSPACE等），可以开环、闭环、离线、在线运行.分为场景创建、传感器建模、添加控制系统、实验结果输出四个部分	相比独立的模拟软件，英伟达有着更好的生态
智能驾驶舱	可扩展的开放式驾驶舱软件平台	现代/奥迪/本田等	高通：高通智能驾驶方案有着可扩展的架构，通过安全检测车内监控和超高清周边环境监测，注重视觉体验；计支持多种显示器，包括超宽全景显示器、可重构3D数字仪表盘、增强现实平视显示器(HUD)和超高清媒体流。注重听觉体验，支持高级音频体验和AI体验，支持司机和乘客的个性化，车内虚拟协助，自然语音控制等	英伟达DRIVE IX可与DRIVE AV无缝连接，ADAS和智能座舱交互更为流畅
			伟世通：伟世通通过SmartCore域控制器，在多个显示域实现HMI无缝连接，包括全数字仪表、信息娱乐、后座信息娱乐、环视摄像头，驾驶员监控和面部识别，并可以防止可疑程序入侵	
高精地图绘制	用于创建可扩展到整个车队的不断更新的高精地图	百度/KingWayTek/ZENRI N等	Mobileye： Mobileye通过Road Experience Management实现众包，通过大数据进行高精地图绘制。	英伟达收购了DeepMap，在高精地图领域采用基于低成本传感器的点云融合和ICP算法进行地图制作，有一定成本优势
			HERE： HERE利用GPS、激光雷达和图像结合的手段采集基础地图数据信息；通过众包的方法提取道路元素（路标等），在云端将各种信息匹配，然后不断更新地图	



## 客户群体：主要面向自研算法的车企和Tier 1厂商

■ **决策算法是自动驾驶的核心竞争力，大型车企都会尝试进行算法自研，这是平台化芯片兴起的原因。**值得一提的是，造车新势力早期版本的车辆都采用了Mobileye的芯片，但由于无法自研算法，于是都转向了英伟达。小鹏的P7是中国最早的搭载Drive Xavier车载芯片的量产车型，于2020年7月问世；由于英伟达车载芯片的良好编程平台基础，小鹏P7得以在短时间内数次OTA升级，向用户推出了高速领航辅助驾驶NGP（Navigation Guided Pilot）以及不依赖停车场改造的自主泊车功能，使车辆用户不断体验到最新的功能，也促进了汽车的销量。在商用车领域，英伟达也收获了新的合作。专注于无人出租车Robotaxi的AutoX公司使用英伟达的车载芯片系统实现了L4级功能，专注于卡车领域的智加科技也宣布，即将交付给亚马逊物流的1000辆自动驾驶卡车也将采用英伟达的车载芯片系统。据英伟达在FY2023Q1的财报电话会议透露，**其自动驾驶在手订单达110亿美元。**

■ **英伟达积极布局汽车领域上下游合作，合作形式包括芯片售卖、提供整体解决方案以及授权等。**

■ **英伟达芯片的使用成本仍然较高。**虽然英伟达拥有完善的开发工具链，但针对汽车做适配和算法开发仍然需要大规模的研发投入，与单片芯片的几百美元的购买成本相比，企业要投入的研发成本以及合作授权费用才是大头，（1）通常需要配备至少200~300人的算法开发团队以及300人以上的软件开发维护团队，以较早采用英伟达方案的小鹏为例，**小鹏近2019-2021年的研发费用分别为20亿、17亿以及41亿元**，除汽车方面研发外，主要开支均在与英伟达Xavier、Orin芯片适配和算法开发中。（2）**英伟达软件支持的授权费用通常在数千万美元左右。**

图：英伟达汽车业务合作伙伴

整车厂				
自动驾驶公司				
卡车公司				
软件公司				
模拟公司				
地图公司				
传感器公司				
Tier1公司				



- 1、自动驾驶芯片：人工智能领域的重要落地场景

---
- 2、特斯拉：软硬件一体化的代表

---
- 3、英伟达：中高端车型的首选方案

---
- 4、其他中外竞争对手：创业公司+传统汽车芯片公司

---
- 5、风险提示

---

# Mobileye：视觉方案的探路者



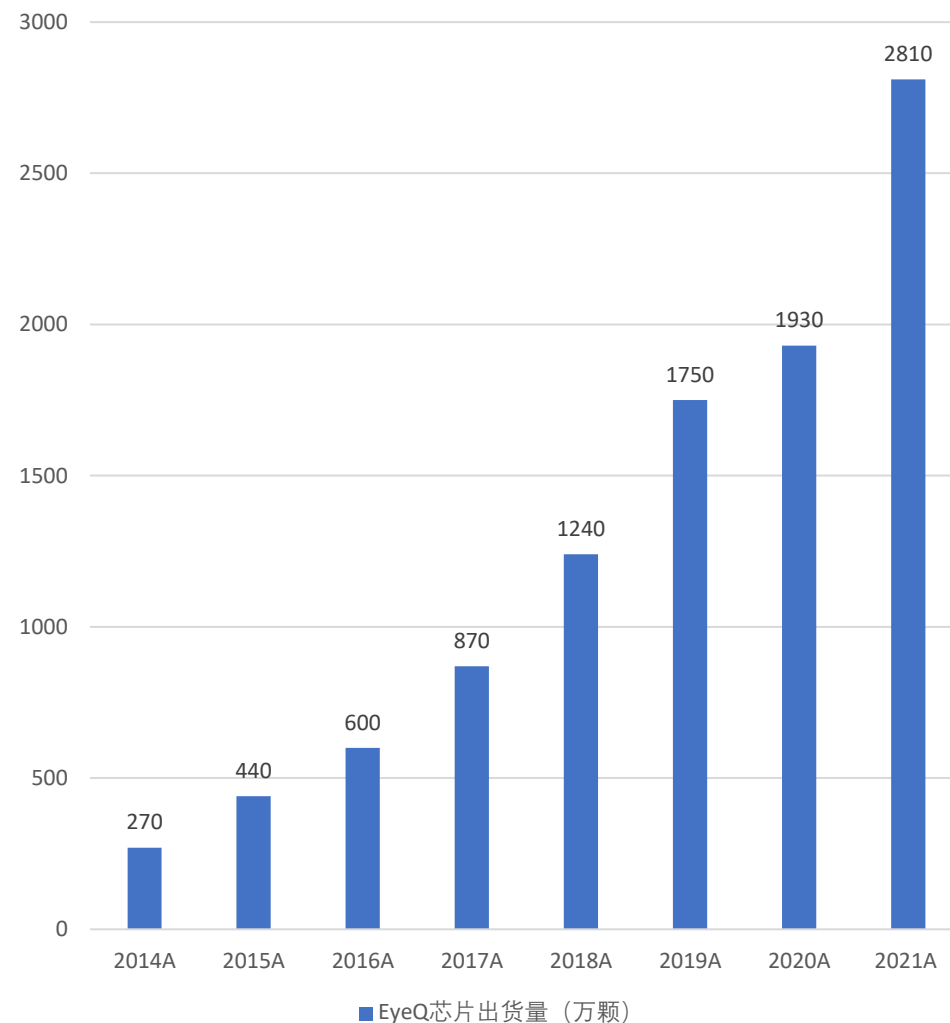
■ **视觉方案自动驾驶的先驱和L2级视觉解决方案的主要供应商：**1999年，谷歌自动驾驶项目开始的十年前，以色列希伯来大学教授Amnon Shashua（他在读一篇论文时注意到，在某些情况下，人类在闭上一只眼睛的情况下仍然能够判断距离）发现视觉技术用于汽车安全的可能性，创办Mobileye，致力于用单目视觉来解决三维立体环境中的测距问题。自创立公司以来，Mobileye获得了视觉辅助驾驶领域的多项第一并提供了包括**行人检测、车道保持和自适应巡航等辅助驾驶技术**。到2020年底，Mobileye累计售出约7330万枚EYEQ芯片（内含算法解决方案），在L2+方案的市场占有率约为70%。EYEQ系列芯片出货量由2014年的270万颗提升至2021年的2810万颗，CAGR为39.7%。同时，Mobileye营收持续快速增长，2014-2020年总营收CAGR为37.4%。2017年3月，Mobileye被芯片巨头英特尔以153亿美元的价格收购，成为以色列科技公司有史以来最大的一次收购。

	EyeQ1	EyeQ2	EyeQ3	EyeQ4	EyeQ5	EyeQ6
推出时间	2008	2010	2014	2018	2020	2023
自动驾驶级别	L1	L1	L2	L3	L4-5	L5
算力(TOPS)	0.0044	0.026	0.256	2.5	24	128
功耗 (W)	2.5	2.5	2.5	3w	10	40
半导体工艺	180nm CMOS	90nm CMOS	40nm CMOS	28nm FD-SOI	7nm FinFET	7nm FinFET
算法能力	/	/	可实现行人提醒， <b>识别行车道及交通标志</b> ，实现自由空间语义分割能力	实现 <b>车辆三维建模</b> ，可实现行人提醒，识别行车道、路沿及交通标志，可以识别一般物体、危险物品、动物等，实现自由空间语义分割能力，还可以进行行车轨迹规划	实现 <b>类似激光雷达的三维建模</b> 能力，像素级视觉，表面分割建模，车道语义识别，行车轨迹规划，鸟瞰功能	/
服务厂商	/	/	Tesla Autopilot HW1: Model S&X(2014-2016); GM's Supercruise: Cadillac CT6(2017-2019); Nissan's ProPilot: 2020Nissan Skyline 2022Nissan Ariya; Audi's Traffic Jam Pilot: 2019AudiA8; Volvo's Pilot Assist	蔚来 (ES8、ES6) ; 小鹏 G3; 理想 One; Nissan's ProPilot2.0; BMW Driving Assistant VW Travel Assist: Volkswagen Passat(2019-2020) Volkswagen Golf 8(2020) Ford Mustang Mach-E(2021) FordF-150(2021)	极氪001(2022); BMW's Personal Copilot (BMWix)	/

# Mobileye: Turnkey方案的出路?

- **算法封闭，车企无法利用数据资源形成差异化算法。**不可否认的是，Mobileye的技术能力很强。从视觉方案起家，到现在也研究激光雷达的融合方案，都有相当的亮点；成为Intel子公司之后，从一家视觉算法公司成长成为提供一整套解决方案的公司。但先后与特斯拉、小鹏、蔚来、理想等公司解约，也能看得出其角色之尴尬，2020年EyeQ芯片出货量增速明显下滑（与新冠疫情的影响也有关系）。造车新势力早就看出自动驾驶能力才是车企的核心竞争力，所以当然不会容忍Mobileye这样的封闭算法的模式（使用车辆提供的数据不断增强算法能力，但并不与车企共享算法，数据能带来的价值会越来越高。**据2020年麦肯锡的报告预测，到2030年时汽车产生数据的价值可达4500~7500亿美元**），虽然放弃Mobileye会暂时削弱自动驾驶能力，例如2016年特斯拉与Mobileye解约后其Autopilot能力明显下滑了，但特斯拉坚持自研自动驾驶才让特斯拉拥有今天的技术能力与估值。中国的造车新势力也是走了和特斯拉类似的道路，都在先使用Mobileye的芯片一段时间之后转向了开放程度更高、可以自研感知算法的英伟达芯片。Mobileye也意识到了这个问题，也宣称EyeQ5会向用户开放部分算法，但其开放程度并未明确。
- **Turnkey方案使用成本低，对于总价较低的车型和中小车企更为实用。**2021年销量迎来反弹（**2018-2021年营收为6.98/8.79/9.67/13.86亿美元**）

图：Mobileye EyeQ芯片近几年出货量（万颗）





# 地平线：从算法出发，进行芯片自研

■ 地平线：成立于2015年，主要从事边缘人工智能芯片的研发，具有领先的人工智能算法和芯片设计能力，致力于通过底层技术赋能，推动汽车产业的创新发展。公司核心产品为芯片+算法+供应链+服务。

■ 地平线是在自动驾驶芯片领域实现大规模上车的唯一中国厂商。

## ■ 地平线的优势：

1. **从算法出发，进行芯片自研：**地平线创始人拥有自动驾驶算法开发背景，因此公司是从算法出发来设计芯片，与通用的以GPU为基础的英伟达芯片相比，在车端场景中拥有更高的效率。

2. **对算法迭代方向比较敏感：**由于算法尚处于快速迭代中，而芯片从设计到流片生产至少需要2~3年的时间，所以对于算法的进化方向需要有极强的敏锐性。

3. **软件工具较为丰富：**与其他中国友商相比，软件工具较为丰富，客户使用起来较为方便，算力释放效率也较为充分。

4. **具有性价比优势：**CPU简配，某些型号没有GPU，且在软件授权和后续服务上有较多谈判空间，整体性价比高于国外大厂。

5. **国产替代/供应链安全。**

## ■ 地平线劣势：

1. 征程5规划偏保守，导致1高级别自动驾驶支持能力偏弱；2没有GPU，所以需要座舱芯片支持

2. 利润率水平偏低

图：地平线优势说明图



# 传统汽车芯片厂商：恩智浦、德州仪器、瑞萨

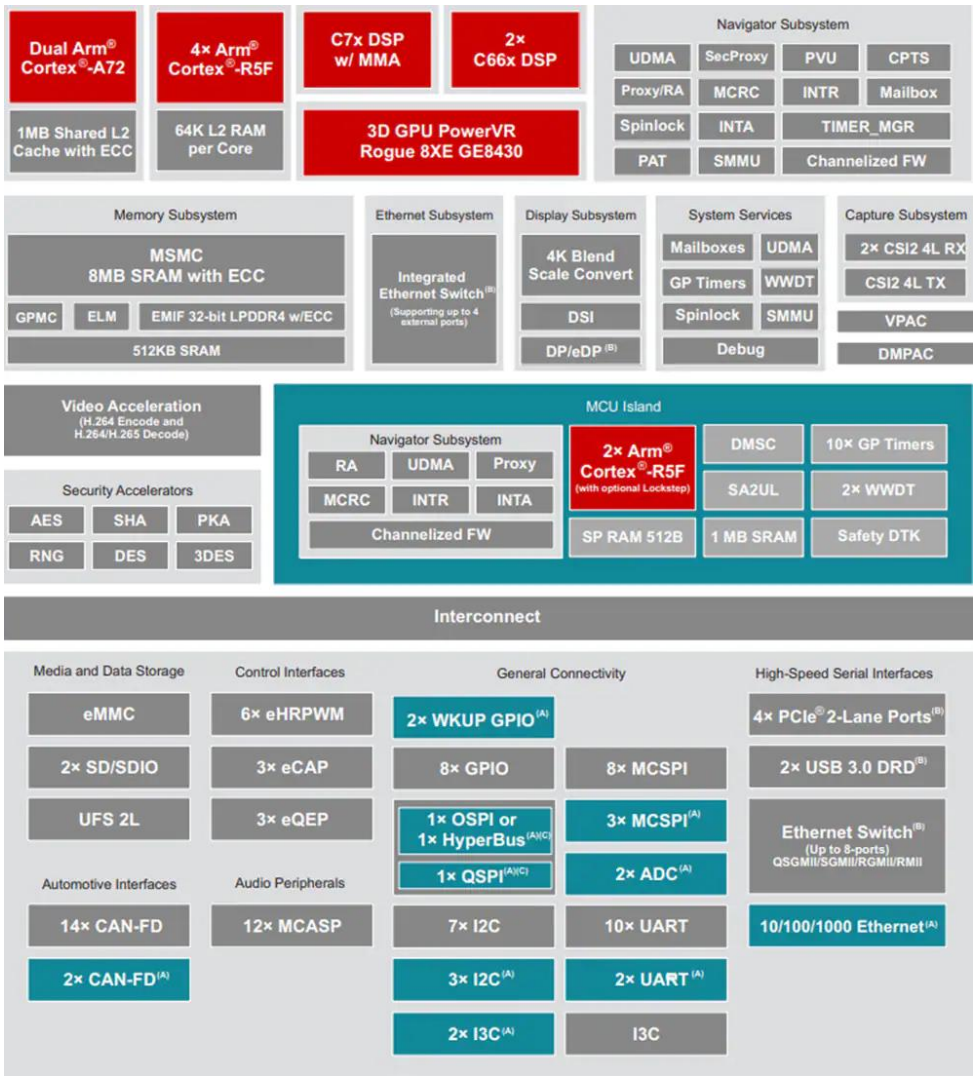
■ 我们认为，对于像恩智浦、德州仪器或者瑞萨来说，其主要优势为：

- 1. 产品落地经验丰富
- 2. 供应链管理能力强

■ 以德州仪器的TDA4VM系列为例，

- 1. Texas Instruments TDA4VM/TFA4VM-Q1 Jacinto™ Arm®处理器基于Evolutionary Jacinto 7架构，面向ADAS和自动驾驶汽车 (AV) 应用。该系列处理器基于TI在ADAS处理器市场处于领先地位以来十多年积累的深厚市场认知。TDA4VM器件将高性能计算、深度学习引擎、用于信号和图像处理的专用加速器以独特的方式组合在功能安全兼容的目标架构中，因此非常适合用于多种工业应用，包括机器人技术、机器视觉、雷达等。
- 2. Texas Instruments TDA4VM/TFA4VM-Q1以业界领先的功率/性能比为传统和深度学习算法提供高性能计算。这些器件具有很高的**系统集成度**，从而使支持集中式ECU或独立传感器中多种传感器模式的高级汽车平台实现可扩展性和更低的成本。关键内核包括具有标量和矢量内核的下一代DSP、专用深度学习和传统算法加速器。这些器件还包括用于通用计算的最新Arm和GPU处理器、集成式下一代成像子系统（ISP）、视频编解码器、以太网集线器以及隔离式MCU岛。所有这些都由汽车级安全硬件加速器提供保护。TFA4VM-Q1器件符合汽车应用类AEC-Q100标准。

图：德州仪器TDA4VM系列芯片架构





- 1、自动驾驶芯片：人工智能领域的重要落地场景

---
- 2、特斯拉：软硬件一体化的代表

---
- 3、英伟达：中高端车型的首选方案

---
- 4、其他中外竞争对手：创业公司+传统汽车芯片公司

---
- 5、风险提示

---

- 国家政策风险：政府减少对自动驾驶领域的扶持政策导致自动驾驶市场增速放缓；
- 法律风险：自动驾驶相关领域、人工智能相关领域法律趋严，导致商业化项目迟迟无法落地；
- 技术风险：自动驾驶相关技术无法达到商业化落地预期，整个产业发展缓慢；
- 市场风险：消费者对于自动驾驶技术的适应性不达预期，导致市场空间不及预期



# 免责声明



东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于大盘5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对大盘-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于大盘5%以上。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街5号  
邮政编码：215021  
传真：（0512）62938527  
公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>