

# 智能网联汽车半导体单元

## 标准调研报告

汽标委智能网联汽车分标委发布

汽标委智能网联汽车分标委

2021年7月

# 目录

前 言.....	III
1 智能网联汽车芯片标准研究背景.....	- 1 -
1.1 汽车芯片分类.....	- 1 -
1.1.1 控制芯片.....	- 1 -
1.1.2 计算芯片.....	- 1 -
1.1.3 感知芯片.....	- 5 -
1.1.4 存储芯片.....	- 6 -
1.1.5 通信芯片.....	- 6 -
1.1.6 能源芯片.....	- 14 -
1.1.7 安全芯片.....	- 15 -
1.1.8 汽车芯片分类汇总表.....	- 17 -
1.2 汽车芯片现状.....	- 22 -
1.2.1 控制芯片.....	- 22 -
1.2.2 计算芯片.....	- 33 -
1.2.3 感知芯片.....	- 42 -
1.2.4 存储芯片.....	- 43 -
1.2.5 通信芯片.....	- 44 -
1.2.6 能源芯片.....	- 46 -
1.2.7 安全芯片.....	- 47 -
1.2.8 汽车芯片现状情况表.....	- 48 -
1.3 汽车芯片发展趋势.....	- 49 -
1.3.1 控制芯片.....	- 49 -
1.3.2 计算芯片.....	- 54 -
1.3.3 感知芯片.....	- 59 -
1.3.4 存储芯片.....	- 62 -
1.3.5 通信芯片.....	- 63 -
1.3.6 能源芯片.....	- 64 -
1.3.7 安全芯片.....	- 65 -
1.3.8 汽车芯片发展趋势情况表.....	- 65 -
2 汽车芯片产业链现状.....	- 69 -
2.1 汽车芯片产业链现状.....	- 69 -
2.2 中国车载芯片产业机遇.....	- 75 -
3 汽车芯片技术要求.....	- 77 -

3.1 环境温度等可靠性指标.....	- 78 -
3.2 功能安全指标.....	- 78 -
3.3 信息安全指标.....	- 79 -
3.4 关键性能指标.....	- 81 -
3.5 不同种类芯片的技术指标.....	- 82 -
4 标准适用性分析.....	- 84 -
4.1 标准现状.....	- 84 -
4.1.1 直接相关标准.....	- 84 -
4.1.2 间接相关标准.....	- 87 -
4.2 现有车规芯片标准适用性及现存问题.....	- 96 -
5 标准化建议.....	- 98 -

汽标委智能网联汽车分标委发布

# 前言

近年来，我国汽车关键技术和产业发展向电动化、智能化、网联化方向加速升级，汽车被赋予感知、计算、连接、交互等能力，具备智能移动终端和通信设施的属性。汽车芯片作为实现汽车智能网联的功能核心部件，不断受到行业的广泛关注，其安全性直接影响着汽车安全，甚至被提高到国家安全的高度。2020年11月，国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》，明确提出“建立新能源汽车与相关产业融合发展的综合标准体系”。汽车芯片作为集成电路在汽车领域的重要应用，其技术和产业发展同时受到集成电路产业和汽车产业的影响。由此可见，统筹开展汽车芯片标准化工作符合国家战略与行业融合的需要，需尽快开展汽车芯片相关标准化需求研究，指导智能网联汽车芯片的研发、测试与应用示范。

本研究报告的汽车芯片研究范围是面向智能网联汽车搭载的全部半导体单元，主要涵盖车载控制类芯片、计算类芯片、感知类芯片、通信类芯片、安全类芯片、存储类芯片与能源类芯片。

本研究报告的撰写经由行业众多专家的指导和修改，在此，由衷感谢参加研究报告编写的各个单位及成员。

**组织指导：**汽标委智能网联汽车分标委

**牵头单位：**中国汽车技术研究中心有限公司、华为技术有限公司

**参与单位：**东风汽车集团有限公司技术中心、北京地平线机器人技术研发有限公司、上汽大众汽车有限公司、金龙联合汽车工业（苏州）有限公司、武汉飞思灵微电子技术有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、紫光国芯微电子股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、江淮汽车集团股份有限公司、北京万集科技股份有限公司、黑芝麻智能科技（上海）有限公司、上海芯钛信息科技有限公司、东风汽车集团股份有限公司岚图汽车科技分公司、上海机动

车检测认证技术研究中心有限公司、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、一汽解放集团股份有限公司、高通无线通信技术（中国）有限公司、中兴通讯股份有限公司、安谋科技（中国）有限公司、东风商用车有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、北京中电华大电子设计有限责任公司、郑州信大捷安信息技术股份有限公司、新思半导体科技（上海）有限公司、上海博泰悦臻电子设备制造有限公司、华人运通（江苏）技术有限公司、中国电子信息产业发展研究院、芯来智融半导体科技（上海）有限公司、大陆投资（中国）有限公司、东风商用车有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司零束软件分公司、泛亚汽车技术中心有限公司、芯华章科技股份有限公司、国汽智控（北京）科技有限公司、博泰车联网（厦门）有限公司、北汽福田汽车股份有限公司、吉利汽车集团、大陆泰密克汽车系统（上海）有限公司、博世汽车部件（苏州）有限公司。

**参与人员：**夏显召、鲍海森、程智锋、陈帅、刘俊福、郑方、赵敬超、吴含冰、张路、黄雄栋、王展、穆佳楠、曹元、许梦玫、李春、聂石启、何明、关鹏辉、何潇、吴琼、丁钊、李娟娟、党伟光、邓莖、薛雷、张颖奇、冯宪俊、刘会凯、那奇、邱安崇、黄延明、吴帅、王猛、陈书平、邓棋文、陈晓、曹常峰、舒杰、周鹏、张贤超、毛卫洋、李兆干、赵威、雷小波、朱俊、蔡香、聂建坤、刘戩、刘鹏飞、刘为华、康亮、张瑜、彭艺、张焯旻、李鸿鹏、汪华。

## 1 智能网联汽车芯片标准研究背景

### 1.1 汽车芯片分类

#### 1.1.1 控制芯片

MCU (Microcontroller Unit 微控制器), 又称单片微型计算机或单片机, 是把中央处理器 (Central Process Unit) 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, 为不同的应用场合做不同组合控制。与微处理器 (MPU) 以运算性能和速度为特征的飞速发展不同, MCU 是与其控制功能的不断完善为发展标志的。MCU 芯片是汽车 ECU 中负责发动机控制、变速箱控制、整车控制器等以及电源管理和车身、底盘 CAN 总线管理/控制的处理器, 处理器内部集成 500~2KDMIPS 的 CPU、512KB~6MKB Flash、CAN 控制器、功能安全和信息安全协处理器或模块, 一般按 CPU 处理数据位数分为 8、16 和 32 位 MCU。在过去的 20 年里, 汽车的电子化程度也在逐渐加深, 上世纪末, 汽车上的 MCU 数量一般不到 10 个, 而今智能化汽车的 MCU 平均数量早已达到了 100 个以上, 高端的智能汽车甚至拥有超过 300 个 MCU, 应用于主动安全、车联通信等领域。

MCU 特点包括: 1) 有优异的性能价格比, 加上少量外围元件, 就能构成一台功能相当丰富的智能化控制装置; 2) 集成度高, 体积小, 可靠性好; 3) 控制能力强, 一般运行实时性系统, 适合车辆的决策和控制; 4) 低功耗, 低电压, 便于生产便携式产品; 5) 易扩展。缺点在于算力小, 不适合大数据处理。

#### 1.1.2 计算芯片

计算芯片是指可以进行复杂的逻辑运算或大量数据的并行处理任务芯片。过去在通用计算芯片领域, CPU、GPU、FPGA 是三大主流架构, 其中 CPU 适用于处理复杂性高、重复性低的串行任务; GPU 适合通用并行处理, 应用领域由早期图像处理逐步拓展至通用加速; FPGA 具备可重构特性。

除了通用逻辑计算, 数据驱动型的人工智能与高性能计算基础设施正在逐步融合, 甚至密不可分, 由于 GPU 等芯片近年来的迅猛发展, 使得深度学习在图像识别、语音识别方面的结果逐年改善, 直至超过人类识别率, 达到量产落地水平。这里的人工智能更多与机器学习和深度学习紧密联系, 而深度学习是更广泛的机器学习的一个子集。通过构建多层神经网络模型, 基于数据进行训练学习产生出分类、预测达到高准确度的感知器模型; 然后基于这些模型自行分析、推理出特征值。与传统的人工智能方法相比, 深度学习一大优势是基于原

始数据学习，通过组合特征分层结构，识别到更复杂特征，然而高精度也带来对计算和存储的高需求，进而产生高能耗。随着可用数据的增加，深度学习算法、计算能力增强、计算架构的进展使得创建比人类预测精度更高的数据推理模型成为可能。智能网联汽车领域包含高级辅助驾驶、自动驾驶、人机交互、信息娱乐等场景需求，需要性能强劲、能效比更高的车载计算芯片作为算力基础设施，完成视觉、语音以及 NLP 等计算处理与自学习、自主进化，属于关键上游零部件。将深度学习应用于上述典型场景设计专用的车载计算芯片，结合工程技术实现落地，引领产业快速发展。

随着自动驾驶等创新应用基于海量数据分析发展而来，自动驾驶所需要的环境感知、物体识别等应用要求极快的计算响应，通常利用深度神经网络算法；在保证性能快效率高的同时，功耗不能过高，不能对自动驾驶汽车的续航里程造成较大影响，对计算芯片的效率提出更高要求，计算芯片体系架构不断发展，由通用计算向专用计算延伸。当前主流的自动驾驶计算芯片在处理深度学习 AI 算法方面主要又可分为 GPU、ASIC、FPGA、DSP 几类，选择最佳解决方案通常与多种因素有关，例如应用场景、芯片规格（包括硬件接口、功耗等）、设计约束、软件工具链以及上市时间节奏等。随着芯片技术发展，车载计算芯片往 SOC 方向发展，内部通常集成 CPU、DSP、GPU、NPU、总线以及各种外设控制器等。

为适配高级辅助驾驶、自动驾驶功能与智能座舱的要求，分布式 ECU 性能面临瓶颈，封闭式网络成为传感器数据传输天然的障碍，各 ECU 之间出现功能协同困难，系统互斥的情况，汽车的电子电气架构正在以 ECU 为单位进行着自下而上的重构，早期分布式的 ECU 架构正在朝着域控制器、中央集中式的电子电气架构发展。在目前的域控制器，基于功能划分的域控制器已经实现了相当程度的集中化，但由于智能网联汽车不同应用功能面临的计算任务以及安全等级要求不同，涉及人机交互、视觉处理、智能规划、决策控制等，现阶段的域控制器内很难做到用单一处理器去完成所有计算。其中动力域、安全域、底盘域等域控制器技术已经趋于成熟，但自动驾驶域控制器还处于发展初期。

如下图所示为一个典型的车载智能计算平台组成，采用异构、分布式设计，可支撑辅助驾驶、自动驾驶、智能座舱等域控制器应用。

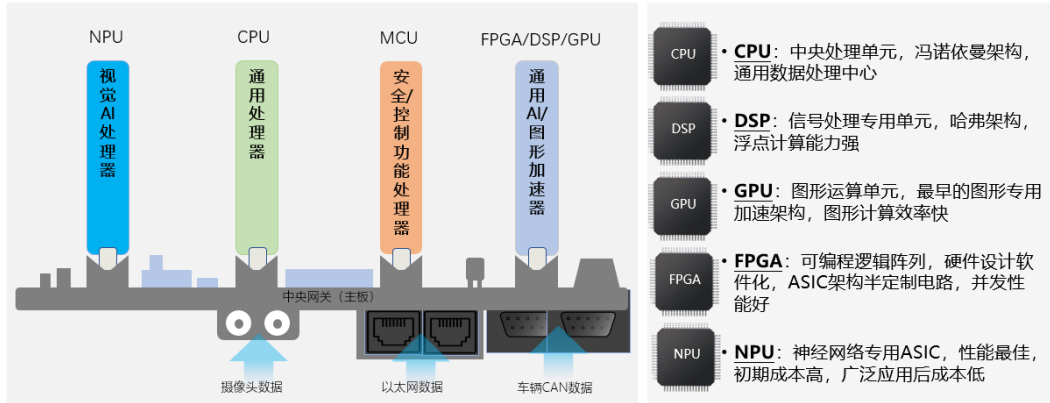


图 1.1 车载智能计算平台

上图中，车载智能计算平台内按照承担的不同计算类型和任务进行分类，主要计算模块可包括：

表 1.1 汽车计算芯片主要模块

视觉 AI 处理	专门用于处理各类视觉传感器数据，由于视觉感知数据在整体感知数据中占比最大，算力需求持续增加，需要通常可由 NPU 完成
高性能通用计算	支持传感器融合（激光雷达，图像雷达，摄像头等），路径规划和决策，通常由高性能 CPU 构成
安全/控制功能	主要用于主动安全、决策控制功能
通用 AI 加速器	处理各类传感器数据，多模态融合数据等
通用图形加速器	处理 AR-HUD，中控大屏显示、虚拟仪表等

通常来说，CPU 做通用的逻辑计算，NPU 适合面向环境感知的 AI 计算，MCU 做车控，GPU 适用于图形渲染，还有整车高速互联用 FPGA 等去做。

计算芯片可分为如下计算类别：

CPU (central processing unit, 简称 CPU) 基于冯诺依曼体系结构，主要包括两个部分：控制器、运算器，另外还包括高速缓冲存储器及实现它们之间联系的数据、控制的总线。由于运算与存储分离，采用控制流驱动方式，具有很强的功能灵活性以及使用便利，属于通用处理器，是运算和控制核心，适用于处理复杂性高、重复性低的串行任务，不是神经网络计算的理想硬件。CPU 执行车载系统软件基于规则的处理和操作，是逻辑运算和控制核心。在车载电脑体系结构中，CPU 对系统存储器、输入输出单元等硬件资源进行控制调配和执行。随着车载电子电气架构从分布式向集中式不断发展，CPU 需要具备和系统相适配的主频和多线程处理能力，由于存储单元与计算单元之间的频繁通信及大量数据传输，片外存储单元数据刷新，在高吞吐量和低时延场景下，对系统处理能力、功耗等带来挑战。其中嵌入式 CPU 在汽



车产品中的使用较多，是属于负责核心数据处理任务的处理器。

GPU (graphics processing unit 图形处理器) 又称显示核心、视觉处理器、显示芯片，是一种在个人电脑、工作站、游戏机和一些移动设备（如平板电脑、智能手机等）上做图像和图形相关运算工作的微处理器。GPU 通常包括图形显存控制器、压缩单元、BIOS、图形和计算整列、总线接口、电源管理单元、视频管理单元、显示界面。GPU 优势在于大规模通用并行计算，适合数据密集型任务处理，可为神经网络算法的并行特性提供环境，应用领域由早期图像渲染逐步拓展至通用 AI 加速，对算法模型兼容性好，目前先进的 GPU 处理器架构具备大量 SIMD 处理计算单元，相比之下 CPU 核与线程数则有限，GPU 目前在云端 AI 应用如深度学习训练方面处于主导地位，一般在汽车 ECU 中负责核心数据处理任务。软件生态方面，以英伟达 CUDA 为代表的 GPU 专用编程环境不断完善，可运行上万个并发线程和数百万个处理器核，但由于 GPU 无法单独工作，必须由 CPU 进行控制调用才能工作，而 CPU 在处理大量类型一致的数据时，则可调用 GPU 进行并行计算，因此 GPU 的生态和 CPU 的生态高度相关，软件工具链和生态依赖半导体厂家，更改不同厂家方案资金投入大，且 GPU 能效比较低，具有较高的开发门槛和量产成本。

DSP (Digital Signal Processing) 芯片是一类专门用于进行复杂计算类的芯片，能够实现数字信号处理功能。按照 DSP 的用途来分，可分为通用型 DSP 芯片和专用型 DSP 芯片。通用型 DSP 芯片适合普通的 DSP 应用，专用 DSP 芯片是为特定的 DSP 运算而设计的，更适合特殊的运算，如数字滤波、卷积和 FFT。DSP 芯片计算能力强，比较适合特定领域特定高性能计算的场合。

FPGA(Field-Programmable Gate Array)，即现场可编程门阵列，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 (ASIC) 领域中的一种半定制电路而出现的，具体而言是一种可编程的逻辑列阵，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。FPGA 基本结构包括可编程输入输出单元，可配置逻辑块，数字时钟管理模块，片上存储器，布线资源，内嵌专用硬核，底层内嵌功能单元等，最近新发布的 FPGA 采用嵌入式 ARM 内核结合 FPGA 的片上系统设计方法。FPGA 计算能力很强，延迟和功耗较低，算法支持灵活，工具链和生态链丰富；其一次性成本要低很多，但由于功耗较高，效率一般，其量产成本较高。

FPGA 是现代 IC 设计验证的技术主流，由于它们本身非常灵活，具备可重构特性，可根据客户需求灵活定制计算架构，可应用于各类广泛的环境，如航空航天、车载、工业等细分行

业。由于 FPGA 具有布线资源丰富，可重复编程和集成度高，开发周期较短等特点，在计算类应用，尤其是通信类应用中使用较多。在未来十年内，汽车自动驾驶是 FPGA 最重要的一个探索和应用场景。不仅因为 FPGA 灵活的内部架构，随着深度学习算法快速发展，FPGA 能很快改变架构，适应最新的变化，它还能很好地适用于特定的连接功能，尤其是连接各类不同的信号输入。

NPU 是面向特定用户的算法需求设计的专用芯片（其中 AMD 公司提出的 APU 与谷歌提出的 TPU 统一归为此类），由于人工智能在机器学习特别是深度学习领域获得突破，深度学习算法已成为人工智能算法的代名词，因此 NPU 通常指利用深度学习技术的快速演进，通过算法从数据中学习，结合在芯片体系架构上进行创新，专用于执行人工智能并行计算，在不牺牲精度前提下，提供充足算力保障，具有高算力、低功耗等特点。以深度学习为代表的 AI 技术催生出领域专用计算芯片（ASIC，以下简称计算芯片），其本质是高速张量运算及并行处理，其中面对智能网联汽车领域不断增长的市场需求，海量数据增长、AI 算法不断推陈出新，又使得车载计算芯片向实用并得到迅猛发展。NPU 以 ASIC（Application Specific Integrated Circuit 特定用途集成电路）方式设计定制，和指令调用处理器比较，执行速度和效率最高，如支持特定算子矩阵/矢量计算单元等，专门针对指定类型、场景的计算任务，支持算法模型灵活性受限，适用于网络模型算法和应用场景需求相对固定的领域。当前阶段来看 SOA 架构对这类芯片是一个挑战，但长期来看，由于神经网络的发展，在提升处理效率、性能的同时又不牺牲准确性的 ASIC 芯片，能经济、高效实现各类智能计算。最终车辆自动驾驶需求稳定后，硬件化的专用高性能计算单元是能效比和性价比最高的方案。

针对不同域控制器，通常采用不同计算单元组合。以面向自动驾驶的计算与面向智能座舱的计算为例，二者之间差异在于：自动驾驶计算主要是面向客观世界的物理描述，而智能座舱主要面向人的体验，目标的不同使得对底层计算需求存在侧重点：面向自动驾驶的计算，其核心功能要求是精确的感知、决策，要有足够的功能安全等级和性能要求，以 AI 计算为主；面向座舱的计算主要以逻辑计算为主，包括媒体处理、图形渲染等等，无功能安全。

未来多核 CPU、GPU、DSP 以及 NPU 等在市场驱动下通过集成和改进，对软硬件进行模块化设计，采用差异化芯片方案，通过异构通用平台，打通行业上下游，采用安全稳定、可扩展、可定制的系统，解耦软硬件不同生命周期和开发流程，通过标准化实现规模化的自动驾驶。

### 1.1.3 感知芯片

感知芯片，为汽车获取外部行驶道路及环境数据并帮助系统实现定位的传感器及与之配套的前端信号处理芯片。自动驾驶系统由感知层、决策层和执行层构成，若将自动驾驶系统比作为机器人的话，感知层、决策层、执行层分别代表了机器人的眼/耳、大脑及手脚。感知层主要是为自动驾驶系统获取外部行驶道路环境数据并帮助系统实现定位，当前最具代表性的传感器包括：摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、GNSS/IMU 以及激光雷达等。由于其波长特性、工作原理各不相同导致其适用的应用场景各异，所以当前大部分车辆都是采用多种传感器相融合的方式以实现对各种环境的应对，保证感知能力冗余。

#### 1.1.4 存储芯片

存储芯片，汽车中进行数据存储的芯片。根据存储器的存储特性，将车载电子中的存储器分为易失性存储器与非易失性存储器两大类。易失性存储器主要包括 SRAM 与 DRAM 两类。非易失性存储器则可进一步分类为：ROM 与 NV-RAM 两大类。其中 ROM 包括 MASK ROM、OTP、PROM 三大类。PROM 包括 EEPROM、NAND FLASH、NOR FLASH 等。特别的，为了区分不同的应用场景，此处的 EEPROM 是指狭义的 EEPROM（即按字节为单位电可擦除的 EEPROM）。而 NV-RAM 则主要为一系列新型存储器，从实现方式上分类，包括 FRAM、RRAM 等多种类型。

#### 1.1.5 通信芯片

通信芯片，汽车与外界其他设备进行信息交互和处理的芯片，包括但不限于车-车、车-云、车-路、车-人等通信路径。

目前主流汽车通信芯片包括局域网通信、短距通信、蜂窝 4G/5G 等多种通信方式，支持的通信速率可从 1M 到高达数 Gbps。典型的汽车联网 SoC 平台不仅仅支持多模蜂窝通信（2G/3G/4G 和 5G 的 SA/NSA 模式），还集成支持了包括 C-V2X PC5 并发、DSDA、多模多频 GNSS 定位（包括北斗、GPS、Galileo 和 GLONASS 系统）及增强（RTK/PPP、惯导、传感器增强等）、eCall/NG-eCall、信息安全等各种功能。芯片制程也已经采用了最先进的 7nm 工艺，并且正在进一步的向更高的 5nm 甚至 3nm 制程发展。目前主流芯片均已满足 AEC-Q100 的车规级要求，国内蜂窝通信技术以及芯片能力在国际上呈领先地位，蜂窝通信芯片技术储备较充分。另外，汽车领域的蜂窝通信集成 SoC 市场呈开放竞争状态，典型的汽车联网 SoC 平台包括高通推出的骁龙 4G 汽车平台和 5G 汽车平台，海思巴龙和麒麟 SoC 设计能力追平国际水平，短期受限于生产制造影响国内供应，长期看这部分风险可控。无论是高通 SoC 还是国内自主 SoC，均已经被多个国际汽车厂商采用，相关产品已经商用。需重点关注短距通信类芯片。

## 通信芯片分类

### 1) 蓝牙芯片

#### a) 目前的应用场景

1. 蓝牙免提通讯：将蓝牙技术应用到车载免提系统中，是最典型的汽车蓝牙应用技术。利用手机作为网关，打开手机蓝牙功能与车载免提系统，只要手机在距离车载免提系统的 10 米之内，都可以自动连接，控制车内的麦克风与音响系统，从而实现全双工免提通话。利用车载免提应用框架作为蓝牙免提通讯技术的基础，很好的规范蓝牙设备，并且汇集蓝牙功能集，这样就可以控制蓝牙技术。

2. 车载蓝牙娱乐系统：将 USB 技术、音频解码技术、蓝牙技术等相融合，利用汽车内部麦克风、音响等，播放储存在 U 盘中的各种音频，以 CAN 为基础连接车载系统中的网络，这样就可以实现车载信息娱乐系统的运行。同时也为系统保留了可扩展性。

3. 蓝牙车辆远程状况诊断：车载诊断系统主要依靠蓝牙远程技术，及时进行车辆检修，尤其对汽车发动机进行实时监测，帮助车辆时刻掌握不同功能模块的具体运行情况，一旦发现系统运行不正常，利用设定好的计算方法准确判断出现故障的原因与故障类型，将故障诊断代码上传到车载运行系统存储器中。

4. 汽车蓝牙防盗技术：随着技术的逐渐成熟，蓝牙在应用广泛性、使用安全性、传输准确性、传输高效性等方面会有更进一步的改善。尤其是蓝牙防盗器的应用，如果汽车处于设防状态，蓝牙感应功能将会自动连接汽车车主手机，一旦车辆状态出现变化或者遭受盗窃，将会自动报警。

#### b) 蓝牙芯片发展趋势

国内蓝牙芯片行业面临技术研发风险、市场需求增长放缓、产业链上游垄断，将制约行业的发展速度，影响行业国际竞争力。2020 年 1 月 7 日，蓝牙技术联盟推出基于 BLE 的新一代蓝牙音频技术标准—LE audio (BLEA)。从短期来看产业链上游晶圆制造业集中度较高，头部厂商占据主要市场份额，掌握对中游蓝牙芯片厂商议价权。蓝牙芯片厂商难以控制外包成本，经营风险上升，发展速度或将减缓。

2020 年，5G 通信技术在国内、美国、韩国、日本等全球主要国家及地区实现规模商用。但民用 5G 由于资费价格较高，普及速度不及预期，预计在未来 2-3 年内 4G 服务仍占据市场主要份额。搭载 5G 通信技术的 3C 产品市场需求未能实现井喷式增长，蓝牙芯片行业供应链下游 3C 产品制造商调整产品供给，影响蓝牙芯片短期需求量。此外国内汽车产销量自 2018

年起连续两年下降，2020 年受疫情影响汽车产销量预计持续下行而导致车载电子对蓝牙芯片市场的需求降低。但预计到 2023 年，蓝牙车用设备年出货量达到 1.15 亿，93% 的新出产汽车（包含轿车、卡车和 SUV 等）都会将蓝牙作为标配，车载信息娱乐系统将采用蓝牙连接，助力提升车载娱乐体验。而在汽车制造和后装解决方案市场，蓝牙也将全面渗透，至 2023 年，全球道路上行驶的汽车中将有半数以上搭载蓝牙。另外，随着蓝牙在智能手机中的渗透率达到 100% 和蓝牙导向功能的加入，未来将有越来越多的汽车制造商采用手机来取代目前的汽车钥匙。至 2023 年，密钥卡、传感器和其他车载应用等其他用例将占蓝牙汽车全部出货量的 24%。

## 2) Wifi 芯片

### a) Wifi 芯片现状

LG 官方于 2021 年 3 月 2 日宣布研制出全球首个采用新一代 Wi-Fi 技术的“汽车 Wi-Fi6E 模块”，它是控制运行信息、多媒体内容等的汽车内信息娱乐系统，以及连接智能设备、外部路由器的近端无线通信部件。其产品采用 6GHz 高频频段的第六代扩展 Wi-Fi6E 技术，数据传输速度比 Wi-Fi5 快约 3 倍，达到 1.2 千兆位（Gbps）的速度，网络连接时间为 2 毫秒。据悉 LG 预计将在 2022 开展此产品的商业化，将在北美、西欧、中国等众多市场销售，未来还会与开发出车载 WIFI6E 芯片的英飞凌开展联合营销。

博通（Broadcom）是有线和无线通信半导体领域的主要技术创新者和全球领先者，其产品主要针对在家庭、办公室和移动环境中的语音、视频、数据和多媒体传递。Broadcom 无线路由器芯片是最成熟、最稳定的一种，并且支持 DD-WRT 等第三方开源固件。

创锐讯（Atheros）是基于 OFDM（正交频分复用）的无线网络技术厂商，提供 IEEE802.11a 5GHz 的芯片组，还拓展了蓝牙、GPS、以太网等领域的开发。Atheros 的芯片被各大厂商所广泛采用，Netgear、TP-Link、D-Link、Intel 等厂商均为 Atheros 客户。其在 WiFi、蓝牙与 GPU 等芯片市场发展迅速，在 CES2011 上被高通（Qualcomm）并购。

雷凌（Ralink）产品因 Wi-Fi、移动和嵌入式应用所需的出色吞吐量、扩展范围、低功耗及一致的可靠性而获得认可。2011 年联发科（MTK）通过换股并购 Ralink 雷凌公司，将 Ralink 作为联发科旗下的无线技术事业群。

美满（Marvell）是一家提供全套宽带通信和存储解决方案的全球领先半导体厂商，主要致力于为企业级用户提供极度耐用、极高可恢复性、稳健而安全的网络，也为小型企业与消费者提供网络解决方案。Marvell 公司的 802.11 Wi-Fi 技术几乎百分之百地实现了在低功耗

ARM SoC 上运行，从而有效地减轻了与运行 802.11 MAC 有关的主系统应用处理器负担。

### b) Wifi 芯片发展趋势

未来车载无线 Wifi 技术会得到全方位提升和发展，以保证车辆安全顺畅运行，同时让驾驶员享受到电子科技带来的便利和舒适。新型汽车嵌入式技术的集成度越来越高，将进一步增强车载无线通信的实时性、可靠性和网络通信的能力。

汽车与外部通讯设备实现无线通信和数据交换，获得如其他车辆信息、道路交通信息等。车辆通过收集外部信息，从而了解前方道路上的障碍物、交叉点（特别是无红绿灯的交叉点）有无与自身相撞可能的车辆和行人等，防止与前车追尾，降低进入弯道时的危险车速。汽车与基础交通设施的无线通信，如路标提示、电子收费系统等，车辆通过自动识别技术和无线通信技术的应用，将自动接收交通信息提示，对车辆的行驶做出调整，保障车辆安全行车。

车载无线通信技术并不会像电子产品那样立即采用最先进的技术，可能会滞后 3-5 年的时间。除成本高之外，也因为车载系统一般要使用 10 年以上不需维护，在应用前必须先证明其可靠性，汽车上恶劣的工作环境对电子系统提出了比办公用计算机更高的要求。汽车新产品的开发时间通常为 3-5 年，这一周期也会延缓新技术的应用。

## 3) V2X 芯片

### a) V2X 芯片现状

目前，世界上用于 V2X 通信的主流技术包括专用短程通信（dedicated short range communication, DSRC）技术和基于蜂窝移动通信系统的 C-V2X（cellular vehicle to everything）技术（包括 LTE-V2X 和 5G NR-V2X）。美国、日本、欧洲等发达国家和地区均积极开展相关的技术研究和测试验证工作。

针对多样化的车联网应用场景和需求，考虑 LTE 系统向垂直行业新业务的延伸，2010 年大唐电信科技产业集团率先开始面向智能交通应用的 LTE 车联网技术研究，2013 年大唐首次公开提出基于 LTE 系统的 LTE-V 技术，现已成为 3GPP（The 3rd Generation Partnership Project）的 LTE-V2X 标准。LTE-V2X 作为面向车路协同的通信综合解决方案，能够在高速移动环境中提供低时延、高可靠、高速率、安全的通信能力，满足车联网多种应用的需求，并且基于 TD-LTE 通信技术，从而能够最大程度利用 TD-LTE 已部署网络及终端芯片平台等资源，节省网络投资，降低芯片成本。

华为在国内外最早提出基于 LTE 系统的 LTE-V 技术，包括蜂窝方式（LTE-V-cell）和直通方式（LTE-V-direct）两种工作模式。（1）蜂窝方式：利用基站作为集中式的控制中心和

数据信息转发中心，由基站完成集中式调度、拥塞控制和干扰协调等，可以显著提高LTE-V2X的接入和组网效率，保证业务的连续性和可靠性。(2) 直通方式：车与车间直接通信，针对道路安全业务的低时延高可靠传输要求、节点高速运动、隐藏终端等挑战，进行了资源分配机制增强。

在芯片模组方面，华为、大唐、高通、移远、芯讯通等企业已对外提供基于LTE-V2X的芯片模组。在软硬件设备方面，华为、大唐、金溢、星云互联、东软、万集等厂商已经可以提供基于LTE-V2X的OBU、RSU硬件设备，以及相应的软件协议栈。

在整车制造方面，上汽、一汽、福特、通用、吉利等主机厂逐步开发V2X相关产品，大力推动新车的联网功能。2019年3月26日，福特宣布首款C-V2X车型2021年量产。

在平台与运营方面，国内三大电信运营商均大力推进C-V2X业务验证示范；百度、阿里、腾讯、滴滴等互联网企业进军车联网，加速C-V2X应用落地；北京、无锡、上海、重庆、长沙等示范区已建立C-V2X运营服务平台，受限于商业模式问题，上述试验区仍然以展示示范为主。

在安全与测试验证方面，中国信通院、中汽中心、上机检、中国汽研、上海国际汽车城等科研和检测机构已开展C-V2X通信、应用相关测试验证工作；奇虎科技等信息安全企业、华大电子等安全芯片企业纷纷开展C-V2X安全研究与应用验证。

在高精度定位和地图服务方面，北斗星通、高德、百度、四维图新等企业均致力于高精度定位的研究，并为V2X行业提供高精度定位和地图服务。

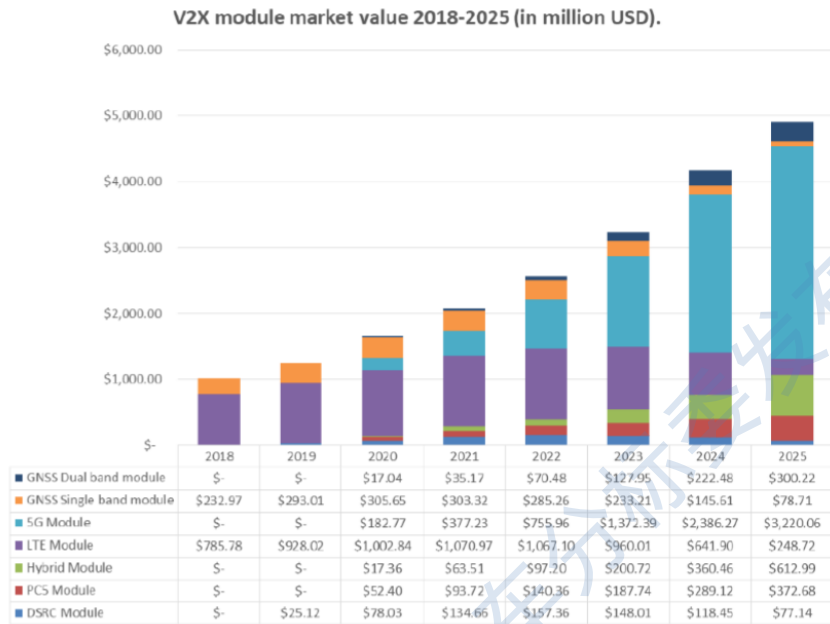
此外，高校及科研机构在基础研究领域发挥理论支撑、技术演进等重要作用，投融资机构加大C-V2X相关企业孵化，共同支撑C-V2X产业快速发展。

2019年，中国信通院、IMT-2020(5G)推进组C-V2X工作组将组织跨行业力量继续推进大规模测试验证、测试评估体系建设、商业模式研究等工作，并重点解决安全、多接入边缘计算(MEC)融合C-V2X、特定工况V2X应用等车联网产业化关键问题。完善V2X安全解决方案和核心技术标准，开展V2X通信安全示范验证，解决设备的身份认证问题；以MEC与C-V2X融合的典型应用为切入点，构建基于MEC的车路协同“端到端”解决方案，并开展应用验证与演示环境建设；将开展露天矿区、港口等特定工况下的自动驾驶、V2X应用的研究，形成完善的解决方案，V2X落地应用示范。与此同时，组织开展5G与车联网融合演进研究，探讨高级自动驾驶关键技术方案和趋势、对5G网络的影响和需求，促进汽车网联化、智能化的发展。此外，C-V2X工作组将持续跟踪C-V2X产业链发展，并根据产业实时发展动态持续更新产业地

图。

## b) V2X 发展趋势

V2X 芯片市场趋势判断如下图：



来源: Yole 2019

图 1.2 V2X 芯片市场发展

国际主流的 V2X 技术为基于蜂窝技术的 LTE-V (PC5) 以及演进技术 5G-V2X, 以及欧美主导的 DSRC 技术, 根据 Yole 的分析认为, 预计到 2025 年, 车载 V2X 技术主要依赖于蜂窝 V2X 技术路径, DSRC 技术由于缺乏后续演进以及缺乏规模验证和部署, 有可能会逐步消失, 而蜂窝 5G-V2X 将成为主要选择, 目前该技术领域, 国内呈领先状态。华为在 2012 年率先提出 LTE-V 技术, 并在 2014 年启动 PC5 空口技术的研究, 2017 年完成第一款商用芯片巴龙 765 的发布。受限于商业模式问题, V2X 当前部署规模较小, 但是已经成为车企的卖点技术。

随着 LTE-V2X 技术将向 5G V2X 演进, 将面临更加丰富的应用场景及业务种类带来的通信更高可靠性 (99.999%)、更低时延 (3~10 ms) 的性能需求及需求时变不确定的问题; 同时, 还需考虑 5G 新空口 (5G new radio, 5G NR) 的兼容性问题。研究车联网与移动边缘计算 (mobile edge computing, MEC) 的结合, 以提供车联网环境中通信资源与计算资源的融合, 满足更高速率、更低时延的车联网新型应用需求。研究 V2X 通信的安全技术, 构建基于端、管、云三级体系架构的可信体系, 从终端安全、网络安全、数据安全 3 个层级上构建 V2X 安全防护体系。

国家自然科学基金委员会也部署了与车联网相关的项目群“面向 5G 应用的车联网基础理



论与关键技术”，包括“车联网复杂移动环境感知与建模理论”、“高速移动环境多址接入与低时延高可靠车辆通信”、“车联网资源优化调度与车辆移动优化方法”3个重点项目以及车联网相关的其他面上项目、海外合作研究基金项目等。

LTE-V2X 技术已进入发展的关键机遇期。国家层面高度重视车联网技术创新发展，2017年9月国家制造强国建设领导小组成立车联网产业发展专项委员会，明确了“促进 LTE-V2X 车联网无线通信技术等新技术的部署和应用，推动 5G 与车联网融合发展”，强调统一布局、部门协同，统筹推进产业发展。相关部委相继出台了相关政策与法规，鼓励技术的开放创新。工业和信息化部从国家战略、专项项目支持、政策保障、标准推进、示范应用等方面大力推进。国家发展和改革委员会组织起草《智能汽车创新发展战略》，强调国家层面的统一布局，明确三大战略愿景，到 2020 年，智能汽车新车占比达到 50%，大城市、高速公路的车用无线通信网络（LTE-V2X）覆盖率达到 90%；到 2025 年，新车基本实现智能化，高级别智能汽车实现规模化应用，新一代车用无线通信网络（5G-V2X）基本满足智能汽车发展需要；到 2035 年，中国标准智能汽车享誉全球，率先建成智能汽车强国。

从技术创新角度看，目前信息产业、交通产业和汽车工业正在开展产业链协作创新，走向深度融合。车联网通信技术的研发紧密围绕汽车和交通产业的需求，紧扣 5G 中“低时延高可靠”场景与性能要求，开展技术与设备研发、标准化、示范验证、产业化推进等工作，满足智能网联汽车、自动驾驶、智能交通等应用中的通信需求。

#### 4) 局域网芯片

多年来，功能的增加导致各个车辆域中 ECU 的数量增加，这反过来又使分布式车辆 E/E 体系架构不断发展，以涵盖更多网络种类。反过来，这决定了必须增加管理这些网络所需的处理能力以及信息安全功能。这导致网关已从特定网络节点中包含的功能变为独立的 ECU。网关模块充当跨不同域和通信协议的桥梁，从而允许车辆中的各个 ECU 通过跨通信协议转换数据来共享和使用信息。

网关模块的使用已随着车辆电子设备的日益复杂化而增长。虽然汽车行业的新技术趋势通常始于高端品牌的渗透，但网关模块的实施是由注重批量的 OEM 推动的，并且被视为一项投资，将开始启用面向服务的产品并帮助制造汽车更有效，更便宜。Strategy Analytics 预测，网关模块的使用将接近普遍接受，到 2027 年普及率将增长到 96.5%。

随着动力总成、车身、底盘、安全性和驾驶员信息娱乐领域中 ECU 的数量增加，CAN 和 LIN 系统的通信协议数量也得到了 MOST、Flexray 和以太网等附加总线标准的补充，以适应不

不断增长的需求跨车辆网络流动的数据。直到最近，从硬件的角度来看，都是通过使用功能更强大的MCU（具有更多的通信通道和更多的收发器）来改进和创建新的网关。在接下来的几年中，预计将有多种因素结合在一起，以将网关模块从基于MCU的网关推向基于SoC的网关，以及在以太网模块中将以太网交换机包括在网关模块的BOM中（PHY）。这些因素包括：

- 不断增加的数据生成量
- 经常结合使用其他技术（例如WiFi）来推动使用蜂窝4G和现在的5G的车辆连接性
- 转向云服务以启用OTA（无线）更新
- 车载软件的重要性日益提高

超越目前采用的传统架构而转向集中式架构，并不一定意味着中央网关的作用正在减弱。随着车辆架构包含基于域和基于位置的控制器的概念，网关模块的作用也将不断发展。例如，基于域的架构将以每个域控制器为特征，每个域控制器都包括网关功能，以支持与CAN和以太网通信协议之间的数据传输。然后，这些域控制器将通过以太网主干网与中央网关通信。

信息娱乐和ADAS域中的域控制器已经开始实施，并且动力总成中的集中式架构也正在朝着实施的方向发展。管理大量数据将把重点放在处理能力上，该处理能力具有必要的开销以支持软件功能，网络安全以及最终使用虚拟机管理程序来合并安全关键功能的分离。系统供应商和半导体供应商所面临的挑战将是确保差异化水平转化为市场份额，同时支持向面向服务的功能和集中式架构的转变。

## 5) 星闪短距芯片

### a) 星闪技术简介

星闪技术是全新一代的短距离无线通信技术，设计目标是用无线技术全面替换现有车内的有线连接，打破线束设计、部署、维护对于创新车载应用的束缚，帮助主机厂降本增效，并进一步催化新型的车载应用和市场。星闪技术的关键特征是超低时延（单向传输20us，相对现有无线技术有数量级优势）、精同步（空口定时精度小于1us）、高可靠（成功率高于99.999%）、高安全（端到端信息安全防护）和高并发（支持上百路业务并发通信）。

### b) 潜在应用场景

#### 音频类应用

**主动降噪：**星闪技术能支持至少32路麦克风和32路扬声器同时工作。支持对麦克风48KHz采样数据的实时传输，单向传输时延20us，端到端时延约百us，能有效降低或消除车内噪声，效果可比拟有线降噪系统。

环绕声场：星闪技术支持同时连接至少 10 路扬声器，单路支持 96KHz\*24 比特无损音频传输，且能保障扬声器设备间的高精度时间同步，可为用户提供沉浸式音乐体验。

车内通话：星闪技术支持移动终端与车机的连接，使能免提通话应用。支持至少 4 路麦克风、4 路扬声器同时工作。可支持传输速率为 128kbps 的话音传输，传输可靠性大于 99.999%。能为用户提供高质量的免提通话服务。

### 视频类应用

全景环视：星闪技术支持至少 4 路 1080p 格式数据实时传输，端到端时延 30ms。支持多摄像头高精同步，保障数据拼接的时间一致性。

流媒体后视镜：星闪技术支持至少 3 路后视镜图像信息实时传输，并分别投射到不同的屏幕上，传输可靠性高达 99.999%，能实现高清后视、超宽视野、实时传输不丢帧。

手机车机投屏：星闪技术可支持多个手机到多个车机屏幕的分别投屏，支持音画高精同步，可支持 1080p 和 4K 数据传输，能为用户提供良好的导航投屏、影视投屏等服务。

### 控制类应用

智能钥匙：星闪技术支持分米级高精定位，可支持唤醒、迎宾、解锁等不同的模式。具有高安全性，可防中继攻击，能有效使能智能钥匙类应用。

氛围灯：星闪技术可支持最多 4096 个氛围灯控制器连接，可保障 20us 确定性时延，使能单色、多色、律动等氛围灯模式，为用户提供良好的车内氛围体验。

胎压监测：星闪技术支持多个胎压传感器数据的传输，具有抗复杂电磁干扰特性，传输可靠性大于 99.999%，能为用户提供可靠、稳定的胎压数据，保障行车安全。

电池管理：星闪技术能支持电池管理单元与超过 200+ 电池通信，端到端时延 50ms，电池数据采集能实现 us 级同步。能有效的支撑电池管理系统中电池状态信息的高可靠传输，从而防止电池出现过充电和过放电，保障安全，同时延长电池的使用寿命。

目前星闪短距通信技术处于产业发展早期，第一版标准已经完成发布，首批样片预计 2021 年底发布，并在 2022 年首批上市，应用于国内部分车型。该领域通信技术为国内独有。

## 1.1.6 能源芯片

能源芯片是负责起对电能的变换、分配、检测及电源的诊断、保护管理职责的芯片，主要 LDO, DCDC, PMU (PMIC), 电源开关, LED 驱动器, AD-DC 转换芯片等, 广义的能源芯片还包括 MOSFET, IGBT。

在汽车智能网联领域的产品，各大电子产品中通用的芯片主要为 LDO, DCDC, PMU。

LDO 是一种线性稳压器，使用在其饱和区域内运行的晶体管或场效应管（FET），从应用的输入电压中减去超额的电压，产生经过调节的输出电压。所谓压降电压，是指稳压器将输出电压维持在其额定值上下 100mV 之内所需的输入电压与输出电压差额的最小值。正输出电压的 LDO（低压降）稳压器通常使用功率晶体管（也称为传递设备）作为 PNP，这种晶体管允许饱和，所以稳压器可以有一个非常低的压降电压，通常为 200mV 左右；与之相比，使用 NPN 复合电源晶体管的传统线性稳压器的压降为 2V 左右。负输出 LDO 使用 NPN 作为它的传递设备，其运行模式与正输出 LDO 的 PNP 设备类似。LDO 只能降压，不能升压，压降不能太大，否则效率会大大下降。

DC/DC 转换器一般由控制芯片，电杆线圈，二极管，三极管，电容构成。DC/DC 转换器为转变输入电压后有效输出固定电压的电压转换器。DC/DC 转换器分为三类：升压型 DC/DC 转换器、降压型 DC/DC 转换器以及升降压型 DC/DC 转换器。根据需求可采用三类控制。PWM 控制型效率高并具有良好的输出电压纹波和噪声。PFM 控制型即使长时间使用，尤其小负载时具有耗电小的优点。PWM/PFM 转换型小负载时实行 PFM 控制，且在重负载时自动转换到 PWM 控制。其内部是先把 DC 直流电源转变为交流电电源 AC。通常是一种自激震荡电路，所以外面需要电感等分立元件。然后在输出端再通过积分滤波，又回到 DC 电源。由于产生 AC 电源，所以可以很轻松地进行升压跟降压。两次转换，必然会产生损耗，这就是大家都在努力研究的如何提高 DC-DC 效率的问题。

PMU 是随着电子系统集成化的发展趋势出现的，将多个 LDO 和 DCDC 和其他模块如 SPI、CAN 收发器、功能安全模块等集成到一颗芯片里面，有效减小了电路板的面积。

### 1.1.7 安全芯片

#### (1) 智能网联汽车安全芯片定义和范围

智能网联汽车安全芯片定义：针对智能网联汽车车载端信息安全提供安全服务的硬件芯片，具备密码运算、密钥管理、安全计算和访问控制等安全功能的可信单元。

#### (2) 智能网联汽车安全芯片分类

近年来随着智能网联汽车信息安全问题得到车企的重点关注，国际国内法律法规也将智能网联的信息安全作为纳入监管范围，安全芯片作为信息安全的载体，在车载端的 ECU 中得到广泛部署，从目前安全芯片在汽车上集成方式分为两大类：独立安全芯片和集成式安全芯片。

##### 1) 独立安全芯片

以独立 SoC 芯片的形式存在，芯片整体具有安全防护能力，具备完整的专用密码算法模块、真随机数发生器模块、环境异常检测处理机制、逻辑异常检测处理机制、存储器加密及访问控制机制、保护密钥及其他敏感数据的安全，保护自身代码的安全。

独立安全芯片重点应用于智能网联汽车的联网接口设备如 TBOX、V2X OBU、OBD、网关及前装 ETC OBU 中，为接口设备提供双向的联网身份认证，保证交互数据的真实性、保密性和完整性，提供安全启动、安全存储和安全访问控制等安全功能。

表 1.2 汽车安全芯片主要应用场景

	应用	功能
独立安全芯片	TBOX 安全芯片	身份认证、通信数据可信传输、安全启动、安全存储
	V2X 安全芯片	数据合法性验证、证书的安全存储
	网关安全芯片	身份认证、通信数据可信传输、安全启动、安全存储、安全访问控制
	OBD 安全芯片	身份认证、通信数据可信传输、安全访问控制
	前装 ETC OBE-SAM 安全芯片	身份认证、交易信息的安全存储

## 2) 集成式安全芯片

集成于 MCU、MPU 等处理器单元中的硬件安全部分，包含 HSM、inSE 等形式，可具有独立的 CPU、memory 等。具备硬件隔离或逻辑隔离边界，对安全敏感数据的处理和其他数据的处理分开，具有一定的安全防护能力。根据安全需求，能够在安全边界内提供安全功能，而对安全部分之外的其他部分通常不具备安全防护能力。

集成式安全芯片重点应用于车内 ECU 内部，以欧盟的 HSM 标准应用较广泛，为 ECU 组件内部和 ECU 组件之间的数据交互进行加解密保护。

在 2008-2011 年之间，欧盟 EVITA (E-safety vehicle intrusion protected applications) 工作组制定了 HSM 的标准，旨在为车载网络的体系架构进行设计、验证、形成原型，以防止信息安全相关的组件被篡改，并保护敏感数据以免受到攻击。

EVITA 以基于硬件的安全机制为目标，主要对作为信任根的硬件安全模块 (Hardware Security Module) 进行了研究。研究成果中，ECU 应用 CPU 拥有一个密码协处理器 HSM。HSM 负责执行所有密码应用，包括基于对称密钥的加解密、完整性检查、基于非对称密钥的加解密、数字签名的创建与验证，以及用于安全应用的随机数生成功能。EVITA 把硬件安全模块划

分为三个等级：EVITA Light HSM、EVITA Medium HSM、EVITA Full HSM。

Full EVITA HSM	Medium EVITA HSM	Light EVITA HSM
保护组件与外部接口设备	保护组件之间	保护组件内部通信
Maximum level of functionality, security and performance	Maximum level of functionality and security	Optimized for low cost HW-solution
Asymmetric cryptographic engine & Hash engine	Symmetric cryptographic engine	Symmetric cryptographic engine e.g. AES-128
User-programmable functionality	User-programmable functionality	Pre-defined functionality
Secure CPU @ 100 MHz	Secure CPU @ 25 MHz	Secure Zone no CPU needed
64k	64k	Optional NV Memory
512k	512k	Optional NV RAM
PRNG with TRNG seed	PRNG with TRNG seed	Optional T/PRNG

图 1.3 EVITA 安全芯片分类

### 1.1.8 汽车芯片分类汇总表

表 1.3 汽车芯片分类与应用场景举例

芯片功能分类	类型	定义	场景举例
控制芯片	MCU	MCU (microcontroller unit 微控制器), 又称单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 或者单片机, 是把 CPU 与存储器、计数器、USB、A/D 转换、UART、PLC、DMA 等周边接口整合在单一芯片上, 形成的芯片级控制器, 承担数据处理诊断和运算。一般按 CPU 处理数据位数分为 8、16 和 32 位等型号 MCU。	不同位数 MCU 应用场景有区别。如 16 位 MCU 常用于动力系统与底盘控制, 32 位 MCU 可用于 ADAS 功能。MCU 不仅搭载于新能源车, 也用于燃油车。
计算芯片	CPU	CPU (central processing unit 中央处理器) 基于冯诺依曼体系结构, 运算与存储分离, 采用控制流驱动方式, 读取指令并对指令译码并执行, 适用于处理复杂性高、重复性低的串行任务。	CPU 应用于座舱域控制器中的人机交互、媒体处理、协议处理等。
	GPU	GPU (graphics processing unit 图形处理器) 又称显示核心、视觉处理器、显示芯片, 是一种主要做图像和图形相关运算工作的微处理器。	GPU 一般在汽车内负责核心数据处理、图形渲染和 AI 加速等任务。
	DSP	DSP (digital signal processing 数字信号处理器) 芯片是一类能够实现数字信号处理功能的复杂计算芯片。	DSP 可用于汽车网联通信功能中数据传输或信号收发、协议处理。
	FPGA	FPGA (Field-Programmable Gate Array 可编程逻辑门阵列), 是一种可重构芯片, 电路设计上通过触发器实现时序逻辑, 通过查询表来实现组合逻辑。	FPGA 用于汽车内大规模数据运算。
	NPU	NPU (neural network processing unit 神经网络处理器), 是基于神经网络算法与	NPU 常用于汽车自动驾驶中的环境感知功

		加速的新型处理器总称，通常采用数据驱动并行计算架构设计。	能，此外在座舱内多模人机交互，如语音、视觉以及数字仪表、大屏交互、HUD等数字功能。
感知芯片	车外视觉	视觉感知主要指图像传感器，将其受光面上的光像，分成许多小单元，将其转换成可用的电信号的一种电子元器件；图像传感器有CMOS和CCD两种。	应用：摄像头 周围环境感知，车载摄像头主要包括内视摄像头、后视摄像头、前置摄像头、侧视摄像头、环视摄像头等
	车外激光	激光雷达是指利用激光进行探测和测距的一类传感器。激光雷达主要包括激光发射部分、扫描系统、激光接收部分和信息处理部分，结构较为复杂。	其核心优势在于利用激光的高频特性进行大量、高速的位置和速度信息测量，形成准确清晰的物体3D建模。 应用：激光雷达，长距离测距，3D建模。
	车外毫米波	毫米波雷达是一种工作在毫米微波频段的雷达探测器，雷达连续发射毫米波波束，周围目标障碍物发射信号回来，根据发射信号检测目标是否存在并计算其位置、速度和角度信息。	主要包括雷达射频前端，信号处理系统，后端算法三部分。 应用：车内、车外的毫米波雷达以及长距离测距
	车外超声波	超声波雷达利用压电效应原理，将电信号驱动传感头晶片振动产生机械声波信号，通过空间传播辐射出去。使用单一的收发器实现超声波测距检测，内部包含驱动器，接收器，回波信号处理，频率产生器，控制单元，存储器，通信接口，供电等模块。	应用：超声波雷达，短距离测距
	车外红外	红外图像传感器可以将探测到的红外辐射转变为人眼可见的图像信息，在无光的夜晚或是灰暗天气下，也能清晰地观察到远处的环境，与可见光图像不同，物体的红外辐射能量大小直接和物体表面的温度相关，通常波长为700~1070nm。	夜视仪，行车记录仪，汽车夜间辅助驾驶，监控
	车内视觉	视觉感知主要指图像传感器，将其受光面上的光像，分成许多小单元，将其转换成可用的电信号的一种电子元器件。	应用：摄像头 人脸识别，驾驶员监控，车内监控等
	车内语音	将语音信号转换为电信号的能量转换器件	语音识别，麦克风，声音定位
	车内红外	通过发射近红外光，车内一般采用人眼不可见光波长，以850nm，940nm波长居多	应用：摄像头 人脸识别，驾驶员监控
	IMU	能计算物体三轴姿态角（或角速率）以及加速度的传感器	导航定位偏移补偿，位移推算

		指纹	实现指纹自动采集的关键器件	车门开关，点火启动按钮	
		温度	能感受温度并转换成可用输出信号的传感器	温度检测	
		湿度	能感受气体中水蒸气含量，并转换成可用输出信号的传感器	湿度检测	
存储芯片	易失性存储器	SRAM	静态随机存取存储器（Static Random-Access Memory, SRAM）是随机存取存储器的一种。所谓的“静态”，是指这种存储器只要保持通电，里面储存的数据就可以恒常保持。然而，当电力供应停止时，SRAM 储存的数据还是会消失	用于高性能车载 SoC 中的缓存；适用于不需要高位宽和高存储密度，但对车辆安全性有要求的领域，如存储汽车的引擎、刹车、运动传感器和驾驶员的控制信号等。	
		DRAM	Dynamic Random Access Memory，即动态随机存取存储器。DRAM 只能将数据保持很短的时间。为了保持数据，DRAM 使用电容存储，所以必须隔一段时间刷新（refresh）一次，如果存储单元没有被刷新，存储的信息就会丢失（关机就会丢失数据）。	DRAM 一般用作程序运行的主内存，保障汽车芯片的强算力。广泛用于 ADAS、信息娱乐系统、驾驶关键安全信息存储等。	
	非易失性存储器	ROM	是指在集成电路生产过程中在“掩模”阶段便完成编程的只读非易失性存储器。一旦完成编程便无法再修改。MASK ROM 一般用于引导区代码的存储，程序在出厂时已经固化。	适合程序固定不变的应用场合，例如 ECU 的引导区代码（Bootloader）等。	
		PRO M	OTP	泛指一次性可编程的非易失性存储器，一般用于存储少量的程序或数据，程序或数据烧入后将不可再次更改和清除。	可用于存储芯片序列号、Endorsement key 等芯片身份信息。适合既要求一定灵活性，又要求低成本的应用场合，尤其是功能不断翻新、需要迅速量产的电子产品。
			NOR FLASH	一种基于浮栅（floating gate）技术的 NOR 结构的，以块为读写单位的电擦除非易失性存储器。其特点在于可支持随机访问以及芯片内执行（XIP, eXecute In Place）。成本高，容量一般较小，一般用于存储一些初始化内存的固件代码。	Nor Flash 利用其可以快速读取的特点以及 XIP 特性，可被应用在 ADAS 系统中，用于存储 BIOS 等初始化代码。
			NAND FLASH	一种基于浮栅（floating gate）技术 NOR 结构的，以块为单位的电可擦除非易失性存储器。其中 NAND FLASH 在应用中又可分 SLC、EMMC、UFS、SSD 等类型芯片：SLC NAND 对 L1-L5 自动驾驶等级均适用，最大容量仅为 4GB，容量较小，需要通过系统进行管理。EMMC/UFS 在 L2-L4 等级的自动驾驶上适	Nand Flash 广泛用于汽车的数据存储，例如在 ADAS 系统以及娱乐系统中的数据存储。其中 SLC NAND 广泛应用于行车记录仪（EDR）事件日志、嵌入式系统代码存储和



				用，特点为能有效兼顾性能、成本、数据、安全性、耐用性、价格、容量。SSD 在 L3-L5 等级上适用。其速度更快、容量更大且带宽更高，但是 SSD 的价格高于其他存储系统。	仪表盘数据存储。EMMC/UFS 广泛用于信息娱乐系统、导航系统和 ADAS 代码存储。嵌入式 SSD/UFS 广泛应用于存储高分辨率地图、无人驾驶汽车计算机、AI 数据库、黑盒数据记录器等。
			EEPROM	EEPROM 一般是指以 byte 为单位读写的可电擦除非易失性存储器。其一般用于少量经常执行读写操作的代码或数据（一般为 KB 级别）。	在发动机控制单元、车身控制模块、调光尾灯（RDL）、防抱死制动系统（ABS）、电动助力转向（PAS）、先进驾驶辅助系统、蓝牙天线、汽车空调、信息娱乐/导航、后视镜倒车显示、后视/侧视摄像机等汽车电子产品中广泛用于关键数据存储，得到了广泛的应用。
通信芯片	短距 10-15m	蓝牙芯片	蓝牙技术始于爱立信公司的 1994 方案，它是研究在移动电话和其他配件间进行低功耗、低成本无线通信连接的方法。发明者希望为设备间的通信创造一组统一规则（标准化协议），以解决用户间互不兼容的移动电子设备。2020 年 1 月 7 日，蓝牙技术联盟推出基于 BLE 的新一代蓝牙音频技术标准—LE audio (BLEA)。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蓝牙免提通讯</li> <li>2. 车载蓝牙娱乐系统</li> <li>3. 蓝牙车辆远程状况诊断</li> <li>4. 汽车蓝牙防盗技术</li> </ol>	
		WIFI	定义：Wi-Fi 是无线保真的缩写，英文全称为 Wireless Fidelity，在无线局域网才对范畴是指“无线兼容性认证”，实质上是一种商业认证，同时也是一种无线联网技术，与蓝牙技术一样，同属于在办公室和家庭中使用的短距离无线技术。	未来车载无线 wifi 技术会得到全方位提升和发展，以保证车辆安全顺畅运行，同时让驾驶员享受到电子科技带来的便利和舒适。新型汽车嵌入式技术的集成度越来越高，将进一步增强车载无线通信的实时性、可靠性和网络通信的能力。	
		V2X	世界上用于 V2X 通信的主流技术包括专用短程通信（dedicated short range communication, DSRC）技术和基于蜂窝移动通信系统的 C-V2X（cellular vehicle to everything）技术（包括 LTE-V2X 和 5G NR-V2X）。	（1）蜂窝方式：利用基站作为集中式的控制中心和数据信息转发中心，由基站完成集中式调度、拥塞控制和干扰协调等，可以显著提高 LTE-V2X 的接入和组网效率，保	

				证业务的连续性和可靠性。(2)直通方式:车与车间直接通信,针对道路安全业务的低时延高可靠传输要求、节点高速运动、隐藏终端等挑战,进行了资源分配机制增强。
	15-100m	局域	随着动力总成,车身,底盘,安全性和驾驶员信息娱乐领域中ECU的数量增加,CAN和LIN系统的通信协议数量也得到了MOST, Flexray 和以太网等附加总线标准的补充,以适应不断增长的需求跨车辆网络流动的数据。从硬件的角度来看,都是通过使用功能更强大的MCU(具有更多的通信通道和更多的收发器)来创建新的和改进的网关。	预计将有的应用将考虑多种因素结合在一起,以将网关模块从基于MCU的网关推向基于SoC的网关,以及在以太网模块中将以太网交换机包括在网关模块的BOM中(PHY)。
	>100m	蜂窝	又称蜂窝移动通信(Cellular Mobile Communication)是采用蜂窝无线组网方式,在终端和网络设备之间通过无线通道连接起来,进而实现用户在活动中可相互通信。其主要特征是终端的移动性,并具有越区切换和跨本地网自动漫游功能。	主要应用在车车通信和车路车云通信。
能源芯片	DCDC		一般特指开关电源,用于直流电压转换,常用的 Buck 型、boost 型、buck-boost 型。	/
	LDO		Low dropout regulator 低压差线性稳压电源,用于直流降压。	/
	PMU		Power Management Unit,相对于LDO、DCDC等功能更丰富的电源管理芯片,如带有看门狗,多种工作模式,多路LDO、DCDC,可通过寄存器配置输出电压,集成IO、CAN/LIN收发器、SPI等。	用于对单板集成度要求较高,用在多电源供电场合;用于对电源的精度要求较高的场合,如特殊负载(如DDR、eMMC、MCU)的供电;用于电源的安全管理要求较高的场合。
	BMS		应用于电池管理系统的芯片,包括充电管理模块、电量管理模块、保护器、监控器和平衡器等。	属于专用芯片类型,应用于电池管理系统。
	IGBT		Insulated gate bipolar transistor) 绝缘栅双极型晶体管,是高压能源变换与传输的核心器件。兼有MOSFET的高输入阻抗和GTR(电力晶体管)的低导通压降两方面的优点。	属于专用芯片类型,应用于新能源汽车高压电领域,起着交流直流转换以及电压调节的作用。
安全芯片	独立安全芯片		以独立形态存在的,进行密钥生成、加解密的装置,内部拥有独立的处理器和存储	重点应用于智能网联汽车的联网接口设备

		单元，可存储密钥和特征数据，保证交互数据的真实性、保密性和完整性，安全启动、安全存储和安全访问控制等安全功能。	如 TBOX、V2X OBU、OBD、网关及前装 ETC OBU 中，为接口设备提供双向的联网身份认证。
	集成式安全芯片	集成于 MCU 或 AP 等处理器单元中的硬件安全部分，包含 HSM、inSE 等形式，可具有独立的 CPU、memory 等。具备硬件隔离或逻辑隔离边界，对安全敏感数据的处理和其他数据的处理分开，具有一定的安全防护能力。根据安全需求，能够在安全边界内提供安全功能，而对安全部分之外的其他部分通常不具备安全防护能力。SHA	集成式安全芯片重点应用于车内 ECU 内部，以 HSM light 级别为主，为 ECU 组件内部和 ECU 组件之间的数据交互进行加解密保护。

## 1.2 汽车芯片现状

### 1.2.1 控制芯片

#### 1. 车用 MCU 技术沿革：

MCU 于 20 世纪 70 年代后半期进入汽车应用，最早为 4 位，用于车载空调系统的控制。在汽车向高级机电一体化产品发展的不断推动下，MCU 已从 4、8、16 位发展到现在的 32 位，功能扩展到车载通信、卫星导航、制动转向等各个控制领域，如表 2 所示；数量也呈指数增长，据汽车工程学会资料，从 1996 开始，普通汽车用 MCU 数量从 6 只增加到 100 只，部分高端车型甚至达到 300 个以上。

表 1.4 车用 MCU 技术要求

项目	应用环境	技术要求
运行环境	驾驶舱内	负 40 ~ 正 85℃
	车盖下	负 40 ~ 正 125℃
	发动机	负 40 ~ 正 150℃
	排气管	负 40 ~ 正 600℃
机械冲击	组装器件	3000g
	车辆上	50~500g
机械振动		25g 100Hz~2000Hz
电磁脉冲		100~200V/m
暴露	一般情况	潮湿，盐雾
	特殊情况	燃油，机油，制动液，传动液，乙二醇，废气

表 1.5 车用 MCU 规格

	8 位	16 位	32 位
--	-----	------	------

特点	快速执行和数据处理能力，占用系统资源少	信息处理能力进一步增强，但功耗和系统开支也随之增加。	更高信息处理能力和更强纠错能力
应用	针对具体、独立的模块化应用	针对动力和传动系统、底盘及安全系统等强调高效能、高实时性和低功耗的应用	针对数据处理量大、对可靠性要求更高的应用
应用举例	防撞气囊、风扇、空调、雨刷、车窗、座椅、门控等简单系统	引擎制动、离合器制动、底盘机构和悬挂、电子刹车、电子式动力方向盘和电子式涡轮等系统	发动机控制和防抱死制动系统等

按照对汽车驾乘性能的影响划分，汽车电子分为车身电子控制系统和车载电子信息系统，如图 1.4 所示。车身电子控制系统要和车上机械系统进行配合使用，其电控性能直接关系到汽车的燃油排放、操控性和安全性；车载电子信息系统是在汽车上能够独立使用的电子系统，与汽车本身性能无直接关系；目前，车身电子控制系统对 MCU 的性能和可靠性要求高于车载电子信息系统用 MCU。但随着自动驾驶等技术发展，AI 算力需求的增强，车载电子信息系统 MCU 的性能和可靠性要求大幅度提高。

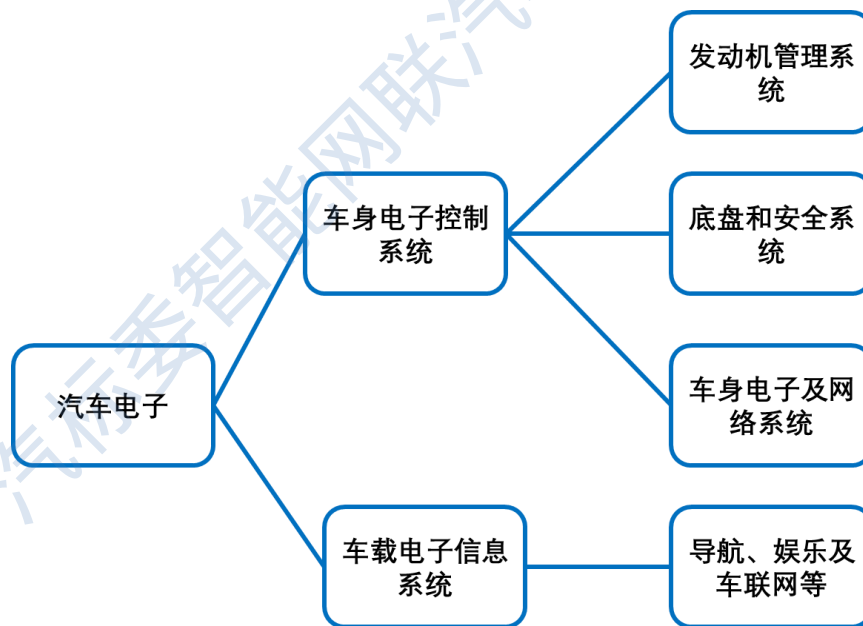


图 1.4 汽车电子分类

#### (1) 车身电子控制系统用 MCU

车身电子控制系统又分为发动机管理系统、底盘和安全系统、车身电子及网络系统三个部分，不同部分对车用 MCU 的要求各有侧重。

##### 1) 发动机管理系统用 MCU

发动机是汽车电子工作环境最恶劣的环境，对 MCU 的性能、工作温度、抗震、耐潮等指标要求最高。而且在动力效率、安全、环保节能目标的持续推动下，如空燃比控制、可变气门控制等技术的应用，对 MCU 的信息处理能力要求也越来越高。目前，该系统用 MCU 以 32 位为主，飞思卡尔和英飞凌在该领域一直处于世界领先地位。如飞思卡尔 2014 年 8 月推出首款多核 MCU Qorivva32 位 MPC 5676R，其中融合了直喷、涡轮增压和有线系统全驱动等多种尖端技术。

## 2) 底盘和安全系统用 MCU

底盘和安全系统一方面直接关系车辆的驾驶安全，一方面是全车信息交互的总成，对 MCU 的综合性能要求最高，如要求具备快速实时运算和大容量存储能力、多种外部接口（EEPROM、CAN、FlexRay、精确快速的模数转换器等）、运行期间零故障（片上故障更正单元、代码纠正功能等）、低功耗和低待机电流等。如瑞萨 2014 年 11 月发布了基于 40nm 工艺的 32 位 MCU 新产品 RH850/P1x-C 系列，为底盘和安全应用配备了专用安防硬件、多网络连接支持、实时传感处理和安全驾驶保障四项功能。

## 3) 车身电子及网络系统用 MCU

车身电子及网络系统趋向智能和分布式控制，需要针对智能后视镜、智能雨刮、智能空调等特定功能模块应用、高集成度、小尺寸和低成本的 MCU。这一部分由于控制功能相对简单和分散，对 MCU 的性能要求不高，通常 8 位或 16 位 MCU 即可满足要求。如飞思卡尔 2014 年 8 月推出全新基于 ARM 的 Kinetis 系列 MCU，应用包括座椅、天窗、车身控制、泊车辅助、总线节点、车内照明等。该系列 MCU 具有丰富和易用的开发工具，可将原始开发周期的 2 周减少至 24 小时。

## (2) 车载电子信息系统用 MCU

车载电子信息系统主要为驾乘人员提供更加强大的信息、娱乐功能，更加安全的行车环境和愉悦的驾乘体验，如辅助驾驶系统、车联网等，因此，要求 MCU 具有强大的影像处理和信息交互能力，而对其实时性、安全性和可靠性的要求相对较低，也是传统 MCU 生产厂商进入汽车领域的主要突破点。例如，英伟达 2014 年 3 月发布了名为“视觉计算模块”的车用 MCU，可为车辆提供完整的计算机系统，除了多媒体娱乐功能外，还可通过良好的传感系统实现行人探测和碰撞预防等。ARM 在 2015 年 4 月提供 Cortex-A/R/M 处理器的功能安全支持和开放授权，以提供更强大的协同支持，满足日益复杂的驾驶辅助和信息娱乐需求。

## (3) 新能源汽车电控用 MCU

由于新能源汽车的动力部分由传统的发动机变为电池、电控和电机，各主要 MCU 生产厂商也开发了针对新能源汽车的 MCU。如日本富士通推出全球首款专门面向新能源汽车电机控制的高性能 MCUMB91582，在改善电机运行效率、降低能源消耗和降低系统成本等方面进行了创新和优化；瑞萨也推出了新能源汽车主驱电机控制的 32 位车用 MCUSH72AW/AY。

#### (4) 车用 MCU 安全标准

由于使用环境的特殊性，车用 MCU 必须具有最高的安全等级和快速反应能力，否则轻则损害用户体验，重则危及驾乘人员生命。车用 MCU 都要遵循 ISO26262 (ASIL-D) 或 IEC61508 (SIL3) 标准。飞思卡尔 2011 年推出的 MPC564xB/C 是汽车市场第一款融合了加密服务引擎的 MCU，将加密密钥的控制从软件领域移到硬件领域，大幅减少了软件本身所带有的安全风险。此后，飞思卡尔和瑞萨也分别于 2012 和 2013 年推出符合 ISO26262 标准的 32 位车用 MCU——QorivvaMPC5643L 和 SPC56EL70。

## 2. MCU 需满足车规级要求

大部分汽车半导体需要满足车规级要求：

一是环境上的要求。其中一个重要要求是温度要求，汽车对芯片和元器件的工作温度要求比较宽，根据不同的安装位置等有不同的需求，但一般都要高于民用产品的要求，比如发动机舱要求  $-40^{\circ}\text{C}$ – $150^{\circ}\text{C}$ ；车身控制要求  $-40^{\circ}\text{C}$ – $125^{\circ}\text{C}$ 。而常规消费类芯片和元器件只需要达到  $0^{\circ}\text{C}$ – $70^{\circ}\text{C}$ 。另外其他环境要求，比如湿度，发霉，粉尘，盐碱自然环境（海边，雪水，雨水等），EMC，以及有害气体侵蚀等，都高于消费类芯片的要求。

二是运行稳定要求。汽车在行进过程中会遭遇更多的振动和冲击，车规级半导体必须满足在高低温交变、震动风击、防水防晒、高速移动等各类变化中持续保证稳定工作。另外汽车对器件的抗干扰性能要求极高，包括抗 ESD 静电，EFT 群脉冲，RS 传导辐射、EMC，EMI 等分析，芯片在这些干扰下既不能不可控的影响工作，也不能干扰车内别的设备（控制总线，MCU，传感器，音响，等等）。

三是可靠性与一致性要求。在车规级半导体产品生命周期的要求上，一般的汽车设计寿命都在 15 年 20 万公里左右，远大于消费电子产品寿命要求。在故障率要求上，零公里故障率是汽车厂商最重视的指标之一，而要保证整车达到相当的可靠性，对系统组成的每一个部分要求是非常高的。由于半导体是汽车厂商故障排列中的首要问题，因此车厂对故障率基本要求是个位数 PPM（百万分之一）量级，大部分车厂要求到 PPB（十亿分之一）量级，可以说对车规级半导体的故障率要求经常是，“ZeroDefect”故障零忍受。相比之下，工业级芯片的

故障率要求为百万分之一以内，而消费类芯片的故障率要求仅为千分之三以内。在一致性要求上，车规级半导体在实现大规模量产的时候还要保证极高的产品一致性，对于组成复杂的汽车来说，一致性差的半导体元器件导致整车出现安全隐患是肯定不能接受的，因此需要严格的良品率控制以及完整的产品追溯性系统管理，甚至需要实现对半导体产品封装原材料的追溯。

四是供货周期要求。汽车半导体产品生命周期通常会要求 15 年以上（即整车生命周期均能正常工作），而供货周期，则可能长达 30 年。因此对汽车半导体企业在供应链配置及管理方面提出了很高的要求，即供应链要可靠且稳定，能全生命周期支持整车厂处理任何突发危机。

这些要求进一步导致了车规级半导体行业的标准与门槛较高。由于车规级半导体极其严苛的可靠性一致性、安全稳定性和产品长效性等要求，大大提高了进入这个行业的标准与门槛。主要体现在：

**车规标准多。**为满足车规级半导体对可靠性、一致性、安全性的高要求，企业要通过一系列车规标准和规范。最常见的包括可靠性标准 AEC-Q100、质量管理标准 ISO/TS16949、功能安全标准 ISO26262 等。AEC-Q100 主要用于集成电路（离散部件为 AEC-Q101/AQG324，无源部件为 AEC-Q200）。而 ISO26262 则是用于汽车半导体汽车开发过程中功能性安全的指导标准。近期，国际标准化组织还更新了 ISO26262:2018。在这一版本中，新增了半导体在汽车功能安全环境中的设计和使用的指南。此外，还有针对车规级半导体制造相关的 VDA6.3 等标准。

**研发周期长。**一家从未涉足过汽车行业的半导体厂商，如果想进入车规级市场，至少要花两年左右时间自行完成相关的测试并提交测试文件给车厂，并通过相关车规级标准规范的认证和审核，只有通过严格考核的企业才能进入汽车前装供应链。此外，车规级半导体厂商需要在产品研发初始阶段就开展有效的 DFMEA（Design Failure Mode and Effects Analysis 的缩写，即设计失效模式及后果分析）与 PFMEA 设计（Process Failure Mode and Effects Analysis，即制程失效模式及后果分析），无形中增加了车规级半导体产品的研发周期。

**隐形成本高。**可靠性是车规产品最关键的指标，为提高可靠性而增加的质量管理投入也是车规产品成本高的原因之一，一般汽车行业的百万产品失效率（DPPM）为个位数，需要非常有效的各级质量管理工具和方法才能实现，这些都是极其隐形但不可省略的投入和成本。

**配套要求高。**由于可靠性要求，对车规级半导体生产和封装的规范测试比消费级半导体的同类产品要严格得多。比如，安全功能件的配套要求必须要有一条经过 ISO 26262 ASIL 认

证的专用车规级生产线。因此对于汽车半导体厂商而言，只掌握设计部分符合车规级标准还远远不够，还需要找到符合车规级认证，具备车规级半导体产品生产经验以及长周期稳定供货的制造及封装产线，无形中提高了进入车规级市场的难度。因此在汽车半导体行业，IDM（垂直整合）模式是厂商主要的发展模式，2019 年全行业 IDM 企业贡献的收入为 364.71 亿美元，占比达到 88.9%。

**连带责任大。**如果由于汽车半导体导致出现安全问题，模块供应商甚至半导体厂商将承担责任，支付包含产品更换、赔偿、罚款等等各类支出，对于资金实力相对较弱的中小企业而言，很可能因此而陷入困境，以至于再也不能进入汽车供应链。汽车半导体关于安全和可靠性的连带责任问题，也会使众多厂商对作出进入车规级市场的选择慎之又慎。

由于上述汽车半导体产业的高标准和高门槛，把大量缺乏资金实力，缺乏产业配套资源，并且想要快速做出芯片投放市场取得效益的半导体厂商拒之门外。缺乏新玩家的进入，也使得现有汽车半导体企业（Tier2）、零部件供应商（Tier1）、整车厂商（OEM）已形成强绑定的供应链关系，对新进企业构成坚实的行业壁垒。

### 3. 车用 MCU 市场现状

电动化、网联化、智能化已成为汽车产业的发展潮流和趋势，半导体是支撑汽车“三化”升级的关键。汽车半导体按种类可分为功能芯片 MCU（Microcontroller Unit）、功率半导体（IGBT、MOSFET 等）、传感器及其他。其中，MCU 占据了汽车芯片市场的主要份额。目前国内功能芯片 MCU 市场主要被国外巨头垄断，但如兆易创新等国内企业也在迅猛发展，争夺市场主动地位。

#### 全球市场现状：

伴随汽车电子化提速，汽车半导体加速成长，2017 年全球市场规模 288 亿美元（+26%），远高于整车销量增速（+3%），其中占比最高的为控制芯片 MCU（66 亿美元，占比 23%），随后还包括功率半导体（21%）、传感器（13%）等。

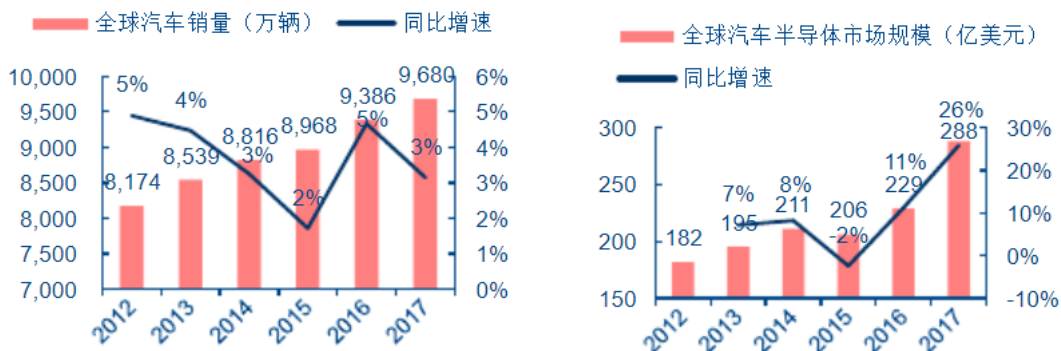




图 1.5 全球汽车半导体市场规模

汽车半导体按种类可分为功能芯片 MCU (Microcontroller Unit)、功率半导体 (IGBT、MOSFET 等)、传感器及其他。根据 Strategy Analytics, 在传统燃油汽车中, MCU 价值量占比最高, 为 23%; 在纯电动车中, MCU 占比仅次于功率半导体, 为 11%。根据 DIGITIMES 估测, 功能芯片 MCU 市场规模有望从 2017 年 66 亿美元稳步提升至 2020 年 72 亿美元。

从各个国家的自主汽车芯片产业规模来看, 根据 ICV Tank 数据, 2019 年汽车芯片产业欧洲、美国和日本公司分别占 37%、30%和 25%市场份额, 中国公司仅为 3%, 据中国汽车芯片产业创新战略联盟数据显示, 国内汽车行业中车用芯片自研率仅占 10%, 而中国汽车用芯片进口率超 90%, 国内汽车芯片市场基本被国外企业垄断。

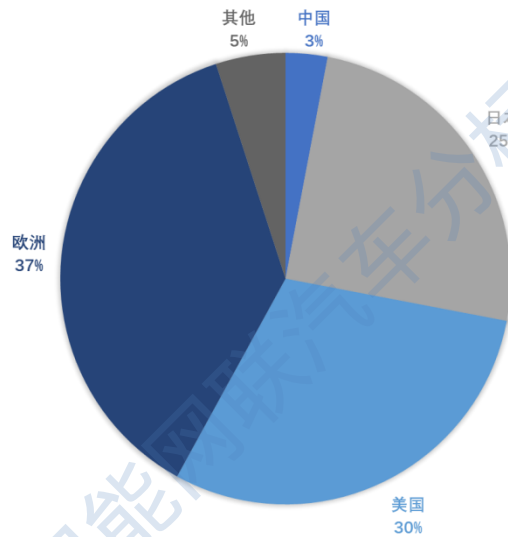


图 1.6 2019 年全球主要国家/地区汽车芯片自主产业规模对比 (单位: %)

数据显示, 全球汽车芯片市场被恩智浦、德州仪器、瑞萨半导体等汽车芯片巨头所垄断。这些头部企业具有覆盖不同应用和功能的完整 MCU 产品线, 并且近年加快并购步伐, 市场进一步集中, 排名前五的国外 MCU 厂商已占据全球约 80% 的市场份额。

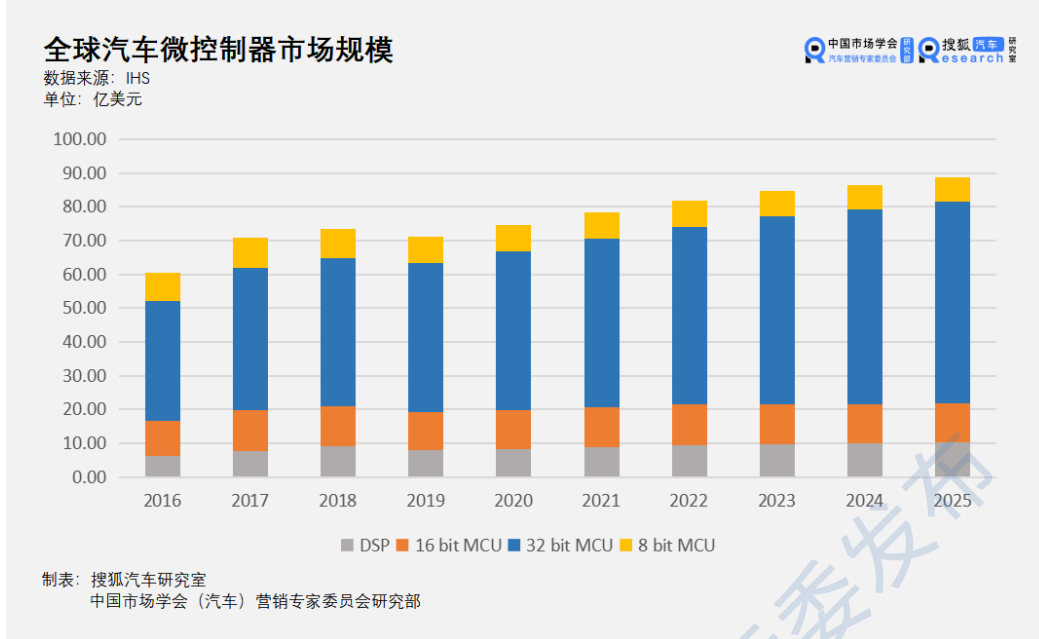


图 1.7 全球汽车微控制器市场规模

但随着汽车行业加速进入智能化时代, 汽车芯片市场格局正在被打破。尤其是特斯拉FSD芯片的推出, 一场围绕高级别自动驾驶的商业大战已经打响。

英特尔、英伟达、高通等新进入者率先抢占新周期先机。2019年, 恩智浦占全球汽车芯片市场的比重最大, 达14%。英飞凌仅次于恩智浦, 占比达11%。总体来说, 目前全球汽车芯片的市场集中度较高, 2019年, 行业CR4为43%, 行业CR8达63%。

截至2020年, 全球车规级MCU市场中的七大巨头分别为: 瑞萨电子、恩智浦、英飞凌、赛普拉斯(2019年被英飞凌并购)、德州仪器和微芯科技。根据IHS Market的数据, 2020年全球车规级MCU市场TOP7市占率达到98%, 其中瑞萨电子30%, 恩智浦26%, 英飞凌14%, 赛普拉斯9%, 德州仪器和微芯科技均为7%, 意法半导体5%。

表 1.6 全球车规级MCU七大巨头

公司	中文	成立时间	国家	主营产品
Renesas	瑞萨电子	2003	日本	32位 MCU
NXP	恩智浦	2006	荷兰	8、16、32位 MCU
Infineon	英飞凌	1999	荷兰	8、16、32位 MCU
Cypress	赛普拉斯	1982	美国 (2019年被英飞凌收购)	8、16、32位 MCU
TI	德州仪器	1947	美国	8、16、32位 MCU
Microchip	微芯	1989	美国	8、16、32位 MCU
STMicroelectronics	意法半导体	1988	瑞士	8、16、32位 MCU

除了 TOP7 外，为迎合深度学习推理需求，MCU 性能大幅提升，加速终端运算发展，众多 MCU 业者纷纷加入市场。

例如，高通、联发科与苹果等具手机应用处理器设计能力者亦研发终端运算芯片，其中又以高通最为积极。高通除了布局车用市场外，还进军微型终端运算市场，于 2018 年提出以 390 亿美元购并恩智浦。在此之前，恩智浦因与飞思卡尔（Freescale）合并，MCU 市场占有率大升。而高通希望借并购恩智浦来跨足 MCU 业务，虽然最后并购案受阻，减缓了高通在 MCU 布局速度，但高通仍持续研发计算机视觉与语音解决方案。

IC Insights 预计 2021 年全球 MCU 市场 160 亿美元，年复合增速 6.7%；汽车和工业是 MCU 市场的重要驱动力。根据 ASPENCORE，MCU 在汽车电子、工业/医疗、计算机网络、消费电子各领域销售额占比分别为 33%、25%、23%、11%，下游领域广阔。

#### 国内市场现状：

来自 HIS 和中商产业研究院的数据显示，2019 年我国 MCU 市场规模超 250 亿元。随着辅助驾驶等功能的进一步应用，MCU 芯片的需求将不断扩大，市场规模也将保持增长。2020 年我国 MCU 芯片市场规模接近 270 亿元，预计到 2022 年将突破 300 亿元。随着汽车智能化加速，更多的功能将会被整车搭载，大量执行元件需要被 MCU 所控制，预计到 2025 年 MCU 市场规模达 32.9 亿美元，CAGR 为 7.7%，到 2030 年将达 47.6 亿美元。

我国汽车芯片产业的起步较晚，而且国内的芯片产业链也不够顶尖和完善，这就造成了我国汽车芯片企业的竞争力不如国外企业。但是，我国国内也有部分厂商开始攻克汽车芯片领域，布局产业链，成为国内汽车芯片的领先企业。2018 年是中国车规级 MCU 的元年——四维图新旗下杰发科技和比亚迪都推出了车规级的 MCU 芯片。中国设计的 MCU 芯片还有芯旺微电子 KF8A/KF32A 系列、赛腾微电子 ASM87/ASM30 系列、琪埔维半导体 XL6600 系列、华大北斗 HD80xx/HD9xxx 系列、国芯科技 CCM3310/CFCC2002/CFCC2003 系列、云途半导体 YT32B1L 系列。此外，兆易创新、中颖电子、智芯半导体、蜂驰高芯、云途半导体、武汉飞思灵微电子等也在涉足车规级芯片。

目前国内外 32 位 MCU 大多采用 ARM Cortex 内核，在 ARM Cortex 内核 MCU 市场中，兆易创新已经跻身国内前三，此外中颖电子、华大半导体、芯海科技、极海/艾派克、顶诺微电子等厂商也处于快速成长中。此外，武汉飞思灵微电子等厂商着手基于国内自主知识产权的 RISC-V 打造安全、自主、可控的国产车载 MCU。

按市值排名，我国汽车芯片的领先企业如下：

表 1.7 国内汽车芯片领先厂商及产业布局

企业名称	汽车芯片布局
比亚迪	具有新能源电池、芯片领域产业链
韦尔股份	收购豪威、思比科，进军 CMOS 图像传感器
华润微	功率 MOSFET 全国龙头
紫光国微	扎根智慧芯片前沿
斯达半导	国内 IGBT 龙头企业
四维图新	推出车联网软件优化的车载芯片方案
扬杰科技	8 英寸 100V 的 IGBT 芯片及模块量产
新洁能	高功率 MOSFET 和 IGBT 芯片及模块，布局 SiC/GaN 第三代半导体技术
全志科技	推出各系列主控芯片及电源管理芯片
大唐电信	推出智能终端芯片、智能卡芯片、汽车电子芯片

国内实现车规级 MCU 量产的包括杰发科技、赛腾微电子、芯旺微、琪埔维半导体 (Chipways)、比亚迪、国芯科技、云途半导体等少数企业。其中，比亚迪、芯旺微、赛腾、杰发科技等企业已经实现前装产品，但基本还停留在车窗、照明、冷却系统等相对简单的控制应用上，而在动力控制、智能座舱、ADAS 复杂领域的应用较少。

表 1.8 部分国内供应商车规级 MCU 产品布局和研发方向

厂商	车规级 MCU 业务
杰发科技	四维图新子公司，2018 年 12 月推出了首颗车规级车身控制 MCU 芯片 AC781 系列 (32 位 MCU)；目前正在研发设计的国内第一颗功能安全等级的 MCU，计划将于 2021 年下半年正式推出。
芯海科技	2021 年 1 月，芯海科技首个汽车电子项目 CSA37F62-LQFP48 高性能信号链 MCU 芯片成功通过 AEC-Q100 权威认证。
兆易创新	最新 MCU 车规产品将在 6、7 月份开始流片，年底量产。
中颖电子	2019 年开始投入汽车电子领域，现尚处于研发投入期，主要研发车身控制 MCU 部分，目前已经有空调控制、变频控制、马达控制、锂电池管理等芯片相关技术积累。
智芯半导体	2020 年 4 月第一颗车规级 MCU 测试芯片完成设计，已委托晶圆厂进行生产。
蜂驰高芯	计划通过六年三阶段的持续投入，打破国际车载半导体国产自主研发高性能车载芯片空白。将建设 MCU 研发实验室，从事中国车规级芯片设计研发。
云途半导体	已经建立了自己的集成电路设计和验证平台，制定了开发流程和规范，成功开发出具有自主知识产权的芯片，启动汽车功能安全认证，并已申请多项相关专利

武汉飞思灵微电子	与东风汽车乘用车技术中心合作，以动力安全域的 MCU 芯片位切入点，整合整个产业链的上下游，将于 2022 年完成首款基于 RISC-V 的车载 MCU 芯片的流片与测试。
----------	--

车载 MCU 芯片市场广大，从市场层面来看，车规 MCU 下游市场带来强劲需求。以我国汽车芯片搭载情况为例，根据中国汽车工业协会的数据显示，预计 2022 年，中国传统燃油汽车的汽车芯片使用数量为每辆车 934 颗，中国新能源汽车平均芯片数量将高达 1459 颗，年均复合增长率均超过 10%；我国每辆汽车的汽车芯片的费用，2019 年约 400 美元/车，2022 年将达到 600 美元/车。

与机动车保有量相比，新能源汽车占比仍有很大的发展空间，随着新购、更换等需求推动，新能源汽车的保有量也将进一步提升，这将为 IGBT 等功率半导体带来需求。除此之外，车联网、自动驾驶以及智能汽车的出现将会使得每辆车的芯片搭载量迅速上升。因此，预测到 2026 年全球汽车芯片市场规模将增长到 778 亿美元。

### 市场发展趋势：

#### a. 加速集中并购

由于传统汽车的 MCU 仅适用于发动机控制、电池管理等局部功能无法满足高数据量的智能驾驶相关运算。

近年来，伴随智能驾驶渗透率提升，全球芯片巨头纷纷进军汽车产业，推出具备 AI 计算能力的主控芯片。主控芯片市场规模有望快速成长，HIS 指出 2020 年可达 40 亿美元。主控芯片巨头具有较强的 AI 计算优势，功能芯片厂商具有丰富的汽车产业链经验，两大阵营之间兼并收购及联盟合作频发。传统控制芯片厂商在保持原有份额的基础上，积极拓展主控芯片，如恩智浦 Bluebox、英飞凌 Aurix、瑞萨 R-Car 等。同时，MCU 厂商为争夺市场份额，近年来发生了数起大规模并购。NXP 在 2015 年以 118 亿美元收购飞思卡尔，完成了在汽车电子领域的布局，排名也一举从第六上升至第一；Cypress 在 2015 年以 40 亿美元收购 spansion；Microchip 在 2016 年完成对 Atmel 的收购，成为全球第二大 MCU 厂商。

而半导体巨头亦希望通过收购功能芯片厂商获取车载技术及渠道经验。目前，英伟达已与全球 370 多家整车厂、一级供应商达成合作；英特尔收购 Mobileye 切入汽车产业，高通也曾意图收购恩智浦等

#### b. 头部化趋势明显

欧美日前五大汽车 MCU 供应商占据全球 82.7% 市场份额，头部集中效应显著。根据 Stratety Analytics 的分析数据，全球汽车 MCU 市场前 5 占 82.7% 的市场份额，前五大 MCU 供应商包括了日本的瑞萨电子，欧洲的 NXP、英飞凌，美国的德州仪器、微芯科技。

全球前八大厂商也同样占据我国汽车 MCU 93% 的市场份额。仍由欧美日传统汽车电子厂商占据绝大部分市场份额，我们重点参考 IHS 数据分析，目前中国 MCU 市场，前八大 MCU 厂商的市场占有率达到 93%。国产化率不足 5%，替代空间大。国内企业技术较为薄弱，企业规模与前八大厂商差距较大，现阶段主要为工业控制、仪器仪表、消费电子、物联网等通用领域供货。随着国内企业技术逐渐成熟，国内厂商凭借价格和服务优势，正逐步抢夺低端 MCU 市场，进口替代趋势逐渐明显。但由于车规级标准较高，技术和市场发展均晚于一般工业和消费级芯片。

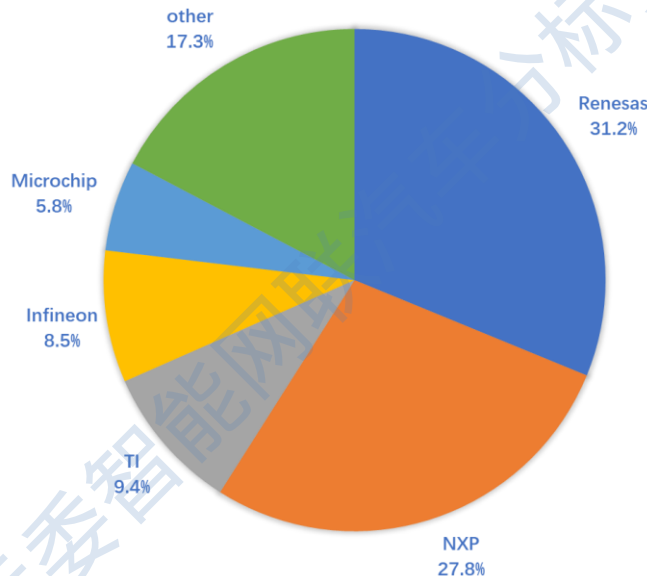


图 1.8 2017 年全球汽车 MCU 市场份额

### 1.2.2 计算芯片

在消费电子市场增长放缓的背景下，汽车半导体成为全球半导体市场的核心增长要素，其中智能网联汽车用芯片市场年复合增长率达到 21%。

	2017 年	2022 年	增幅
全球半导体市场	4203.9 亿美元	5426.4 亿美元	29.1%
汽车半导体市场	374.7	656.6	75.2%
份额占比	8.9%	12.1%	/

(信息来源：德勤)

中国汽车工业协会表示，2020年或将是中国汽车市场的峰底年份，2021年将实现恢复性正增长，汽车销量有望超过2600万辆，同比增长4%。其中，电动化、智能网、车联网、共享化加速推进汽车产业转型升级，新能源汽车市场也将从政策驱向市场驱动转变，人工智能技术应用于自动驾驶技术不断取得突破，基于L2+的辅助驾驶系统广泛实现前装量产。智能网联汽车四大核心技术：芯片、操作系统、算法、数据共同形成生态闭环，芯片是智能网联汽车生态发展的基石。

车载计算芯片市场非常广阔，并且处于高速增长状态，随着智能化对算力需求的指数级增长。业内预计，到2025年全球ADAS（高级驾驶辅助系统）市场规模预计将达到811.4亿美元，其芯片市场规模为140亿美元，我国ADAS产业尚处于由幼稚期向成长期过渡的阶段，未来发展空间巨大。ADAS系统帮助行驶中的汽车感知外部环境，进行静态动态物体检测、识别与追踪，结合定位导航与IMU，辅助提醒或接管驾驶员，降低、避免驾驶风险。根据Strategy Analytics的预测，到2025年，全球ADAS（高级驾驶辅助系统）和AD系统产量将达104374千台（套），到2030年，每台汽车的AI芯片（含对应软件）的平均售价将达1000美元，基于每年一亿台汽车的销量计算，整个市场的规模将达到1000亿美元，将成为半导体行业最大的细分市场。

麦肯锡的数据显示，在自动驾驶相关科技方面，与传感器、算法等相比，中国在计算平台方面与国际的技术差距最大，约为10至15年，计算平台的核心就是车载计算芯片。

车载计算芯片开发周期长、难度大，是硬科技、长跑道的创新，总结起来有如下几点：1) 可靠性标准：零缺陷率、AEC-Q100车规级芯片质量标准，IATF16949质量管理标准，在各种恶劣环境下都要保证设计寿命为15年或20万公里，来应对不同的温度、湿度、抗震、抗静电等；2) 安全性标准：包括功能安全、数据安全、预期功能安全等要求；3) 实时性：满足高等级自动驾驶的时延要求；4) 高算力。如L5自动驾驶所需的算力可达旗舰级智能手机的1000倍。由于神经网络模型复杂度不断提升，对于计算芯片的要求也越来越高，要求芯片架构能灵活适应新的算法、架构以及感知任务，兼具通用性、高性能与低功耗。随着智能网联汽车领域算法高速演进而按需迭代设计，缩短开发周期，满足苛刻的多样化应用。此外从供应链角度，作为中下游零部件厂商需和主机厂形成强绑定的供应链体系，从芯片完成车规认证并进入主机厂供应链，并保障长达5-10年供货周期，因此尽管中国有很多芯片设计企业，但在实践中较难进入车企的供应链体系中。



图 1.9 车载计算芯片导入车型时间表

由于车载计算芯片领域高壁垒属性，目前主要由 Mobileye（2017 年被英特尔收购）、英伟达、高通、恩智浦、瑞萨、德州仪器等少数国际科技巨头垄断，其中 Mobileye 在辅助驾驶市场有超过 70% 的市场占有率，英伟达则占据了绝大部分高等级自动驾驶的市场，高通占据了智能座舱一半以上的份额，国产芯片公司的整体份额低于 1%。本土芯片供应商如华为、地平线、芯驰、黑芝麻等，抓住车企智能化转型的时代机遇，发挥自己的核心优势，在芯片制程、算力、能效等核心指标迎头赶上，不断推出新的芯片产品。其中地平线在人工智能芯片、视觉感知算法及多模交互、数据闭环等领域具备较强技术实力，是为数不多的经过前装量产验证的汽车智能芯片企业。

目前活跃在市场上的自动驾驶计算芯片厂商代表，国外厂商：Nvidia Xavier，Intel Mobileye，Tesla FSD。国内厂商：华为，地平线，黑芝麻，寒武纪等。

表 1.9 自动驾驶计算芯片厂商代表

公司	产品	发布时间	算力 TOPS	功耗 W
Nvidia	Xavier	2018	30	30
	Orin	2019	200	45
Mobileye	EyeQ4	2018	2.5	3
	EyeQ5	2020	24	10
Tesla	FSD	2019	144	72
华为	昇腾 Ascend310	2018	16	8
	昇腾 Ascend910	2019	640	310



地平线	征程 Journey2	2019	4	2
	征程 Journey5	2021	128	15
黑芝麻	华山一号 A500	2019	5	4
	华山二号 A1000(L)	2020	40	8
寒武纪	Cambricon1M-4k	2018	8	

智能汽车是 IT 史上软件开发量最大的单一产品，将引领 IT 工业迈入亿级代码+千 T 级算力的时代。当前汽车 E/E 构架设计面临四大挑战：功能安全、实时性、带宽瓶颈、算力黑洞。智能汽车 E/E 构架正从分布式走向集中式；汽车智能计算系统要求实现计算集中化、软硬件解耦、平台标准化以及功能定制化。其中包含的环节，不管是视觉感知处理还是通用 AI 加速，传统芯片已经不满足其算力需求，而实现这一切的核心在于车载计算芯片。

目前，车载的人工智能还停留在感知智能阶段，在计算芯片中主要用到了深度学习进行加速，由于 2018 年深度学习在处理性能上的飞速发展，逐渐占据主流市场。向后发展，车载人工智能将具备建模、预测、决策等等功能，每一步的前进都将对算力提出巨大的需求，在汽车智能化的浪潮下，其对于算力的要求几乎是一个无法满足的黑洞。算力需求来自车载 AI 计算任务的挑战性，以感知为例：自动驾驶车辆需要对车辆的 360 度范围之内的环境进行感知，包括对移动物体的识别、跟踪、预测、对于驾驶环境的语义分割、建模到定位，感知的范围非常广，而且还要在不同的天气情况、光照条件下可靠地工作，这一切对于感知算法的可靠性、准确性提出了极其苛刻的要求。从自动驾驶的三大任务——感知、决策、执行来看，感知是现阶段对算力需求最大的一块，智能网联汽车对视觉感知计算需求急剧提升。

环境感知与多模感知所需处理的数据量高速增长驱动 AI 算力军备竞赛，如下图是几款明星车型上的 AI 算力及传感器配置：

	特斯拉 Model 3	小鹏 XPilot 3.5	蔚来ET7	智己汽车
算力 (TOPS)	144	200+	1016	1000+
摄像头	8	12+	11	15
毫米波雷达	1	5+	5	5
超声波雷达	12	12+	12	12
激光雷达	-	1	1	3
高精地图与定位	-	有	有	有

图 1.10 智能驾驶汽车硬件配置

其中蔚来 ET7 的 Adam 自动驾驶电脑采用 4 颗英伟达 Orin SoC，单颗芯片的理论算力可以达到 254TOPS。智己汽车的自动驾驶有两种解决方案，一种是视觉感知解决方案，采用英伟达 Xavier SoC，算力在 30~60TOPS；另一种是兼容激光雷达软硬件架构的冗余方案，理论算力可以达到 500~1000+TOPS 的算力。

为了达到这一目标，感知需要多种传感器进行融合，并且在每一个维度上都进行冗余备份，随着各种传感器的性能持续提升，其需要处理的数据量也呈几何级数增大，例如使用最广的车载摄像头，其像素已经从 1 百万上升到 800 万，并进一步向 1200 万发展；激光雷达和毫米波雷达也在往图像化的方向发展。对于自动驾驶处理器的算力需求也随之水涨船高。虽然当前车载计算芯片算力主要用于感知，但是，从自动驾驶的发展来看，这并不是对车载计算芯片算力要求最高的部分。随着自动驾驶系统向 L4、L5 等级迈进，需要能够驾驭城市驾驶环境这样的复杂场景，决策将需要比感知更大的计算能力。

值得一提的是，在芯片算力方面，绝对的算力（TOPS 为单位，表示每秒万亿次操作）并不是对一款芯片性能的唯一衡量标准，算力并非越高越好，尽管其可以作为芯片能力的上限提供一个衡量的指标，但真正重要的却是芯片的有效算力，结合算法的优化处理有时比直接堆叠算力更有效。以视觉感知处理为例，以精度保证下的处理速度是一个综合性的评判指标，其单位就是 FPS（每秒处理图像帧的数目）。车载计算芯片需在算力、功耗与可靠性之间取得平衡，单纯提升算力指标是不可持续的，算力增加，对网络带宽带来压力，造成存储单元与计算单元之间的频繁通信，要求系统运行在更高时钟频率，放大芯片设计规模，器件开关功耗上升，对芯片功耗控制提出挑战，进而带来散热的新问题，硅基器件的散热能力又限制了时钟频率的无限制上升，另外需要附加散热装置，如水冷，也消耗电池系统续航能力，所以需要保证功耗处于可接受的水平；再次，算力增加带来系统复杂性提升，如核间通信、内存一致性等问题，需要很长的设计周期，车规级芯片迭代周期一般需要 4 到 5 年，从设计到最后量产，包括接近两年的设计周期，一年认证周期，两年左右的设计导入集成验证的周期，而软件算法的迭代周期则是几个月，AI 芯片的算法演进则更快。随着工程开发越来越深入，挑战变得越来越大，比拼的是能不能真正达到自动驾驶所需要的安全等级。

随着传感器、AI 等技术的发展，自动驾驶系统的硬件架构转变为域控制器架构（所有传感器的数据汇总后进行统一处理计算），同时对计算芯片的算力要求也越来越高。一款芯片算力利用率如何，能源转化为算力的效率如何，计算的成本如何，算力转化为 AI 输出的效率如何，这些，才是决定有效算力的关键因素。强大的算力与高效的算法，在与 AI 芯片架构的

深度耦合下，能够带来性能的显著提升，配合低成本传感器持续高速迭代发展，将成为市场的主流。在中央集中式计算架构下，自动驾驶与智能座舱感知功能有集中化趋势，共同服务驾驶闭环。

三大主流通用计算芯片持续升级。一方面持续挖掘传统架构技术潜力：CPU 不断优化现有架构技术能力，采用乱序执行、超标量流水线、多级缓存等技术提升整体性能表现；GPU 持续探索高效的图形处理单元、流处理单元和访存存取体系等；FPGA 不断强化应用功能和软件开发工具的丰富完善，降低开发者门槛。

另一方面通过引入专用计算能力迎合人工智能等新兴领域的计算需求：CPU 围绕深度学习计算需求增加专用计算指令，如 ARM Cortex-A76 芯片通过优化缩减深度学习常见的乘法累加运算周期等，实现边缘侧人工智能计算性能近 4 倍的提升；GPU 持续优化针对人工智能计算的专用逻辑运算单元，英伟达图灵架构 GPU 芯片中内置全新张量计算核心，利用深度学习算法消除低分辨率渲染问题；FPGA 提升异构计算能力，以实现边缘智能等更多场景的规模应用。

我国通用计算芯片已基本可用，并在部分重点行业取得应用突破。GPU 方面，景嘉微电子 JM7200 芯片产品已完成流片、封装和功能测试，汽车 GPU 的用例几乎涵盖了从 ADAS 到自动驾驶，从仪表到中控信息系统等多个车载系统。在实际大规模量产领域，基于深度学习的 ADAS 系统是 GPU 的主力战场。不同于消费级 GPU，汽车 GPU 需要满足诸如 AEC-Q100 等车规认证，快速生成冗余备份，在冗余备份中进行二次处理，确保功能的安全执行。安全关键图形和计算能力是下一代车载系统的要求。为了提高汽车 GPU 的速度，实现图形和视频流之间快速切换，汽车 GPU 需要专用的图形 API，如 Imagination 专用汽车 GPU 的 OpenGLSC2.0 API。通过 GPU 的硬件虚拟化解决方案，多屏幕、多操作和多个应用程序都能在一个 GPU 上运行而没有性能损失。随着汽车的含硅量上升、功能的多样化，汽车 CPU 将和汽车 GPU 组成 SoC，从分布式向中心化发展，统筹计算整车数据。以新能源车的标杆特斯拉为例，下代 HW4.0 将同时集成 ADAS（先进辅助驾驶）、电动汽车动力传动、车载信息娱乐系统和车身电子四大功能。汽车 GPU 作为主要算力的提供方，对整个汽车行业具有决定性作用。目前汽车 GPU 可以分为 2 派。其一，是以特斯拉为代表的“自主”派，采用类似于苹果公司的模式，自主设计芯片，不对外开放技术，软硬件的整合在公司内部完成。其二，是以英伟达为代表的“开放”派，采用类似于安卓的模式，对外开放技术，服务其他车企，自己不造整车。具体模式的选择需要综合的权衡灵活性和契合度。

FPGA 方面，涌现出高云半导体、安路科技、遨格芯微、同创国芯等多家企业，相关产品能力可到千万门量级，并在国家安全重点领域得到应用。国内企业积极参与自动驾驶专用计算芯片布局。据统计目前参与的国内企业已超过 60 家，主要包括两类：一是百度、阿里等为代表的互联网企业，百度已推出云端人工智能芯片“昆仑”，预计明年 3 月份正式量产。二是寒武纪、地平线等为代表的初创公司，其中寒武纪围绕云和端不同场景下的应用计算需求，推出多款专用计算芯片平台，与华为合作实现在麒麟 970、麒麟 980 中内置和规模出货；地平线机器人推出“征程”系列芯片，结合自身在自动驾驶及智能摄像头等领域的布局推进应用。此外，高通、海康、中星微、深鉴科技等也在加紧人工智能专用计算芯片的研发和布局。

在 2020 年 10 月份，华为联合奥迪展示了 L4 级无人驾驶路测，汽车上配备了华为的移动数据中心（MDC）车载计算单元，据测算，支持 L4 级无人驾驶这样复杂的运算场景时，华为昇腾 310 芯片组仅消耗 200 瓦的能耗。对于强调边缘计算的智能设备而言，边缘算力与低功耗都是最核心的技术指标。

北汽旗下新能源汽车极狐在上海车展中亮相一款名为阿尔法 S 的新车，搭载华为的 HI 解决方案，包括激光雷达等功能，这也是华为汽车电子解决方案的首发。从官方的数据来看，阿尔法 S 搭载华为 HI 智能汽车解决方案，该解决方案包括计算与通讯架构，智能座舱、智能驾驶、智能网联、智能电动、智能车云服务，以及激光雷达、ARHUD 在内的 30 个以上的智能化部件。

在 2020 年 CES 上，高通表示入局高性能车载计算市场，通用汽车则成了它们第一个签约客户，后者将于 2023 年正式部署高通的骁龙（Snapdragon）车载芯片。新的 Snapdragon Ride 平台由多个部分组合而成，包括系统级安全芯片、自动驾驶加速器和自动驾驶堆栈。2021 年，高通发布了第 4 代骁龙汽车数字座舱平台，并带来了全球第一款 5nm 汽车芯片，为下一代汽车架构演进指明方向。第 4 代骁龙汽车数字座舱平台不仅搭载了业内最先进的 5nm 工艺，还采用了第 6 代高通 Kryo CPU、高通 Hexagon 处理器、多核高通 AI 引擎、第 6 代高通 Adreno GPU 以及高通 Spectra ISP，媲美旗舰手机 SoC 骁龙 888。高通表示，在高复杂性、成本以及对中央计算整合性能的需求驱动下，汽车数字座舱正在向区域体系电子/电气（E/E）计算架构演进。

针对主机厂的多元化需求，地平线持续打磨“芯片+算法+工具链”构成的智能汽车基础技术平台，包括智能驾驶 AI 处理器、自动驾驶计算平台、视觉感知算法等，充分满足合作伙

伴对于智能网联汽车制造的多元化需求。从2015年创立至今，地平线围绕自动驾驶和AIoT领域已持续开发出征程系列、旭日系列两条重要的芯片业务主线，并不断地迭代发展。在当前产品矩阵中，已经形成了L2-L3级的“智能驾驶+智能座舱”芯片方案的完整产品布局，可提供基于征程2、征程3和征程5全系列芯片的汽车智能芯片的完整智能驾驶解决方案，集成地平线征程系列汽车智能芯片、视觉感知算法、数据闭环等领域的技术能力，以高级辅助驾驶（ADAS）、自动驾驶、智能座舱多模态交互为重点，通过场景赋能，助力主机厂打造可持续进化的智能汽车。其中征程2的强大AI算力及算法技术点的预埋，使得主机厂可基于自身需求可进行更复杂的定制功能开发，快速为用户推出新功能。目前征程2已搭载在长安UNI-T、奇瑞蚂蚁、上汽智己汽车三款主力车型上。

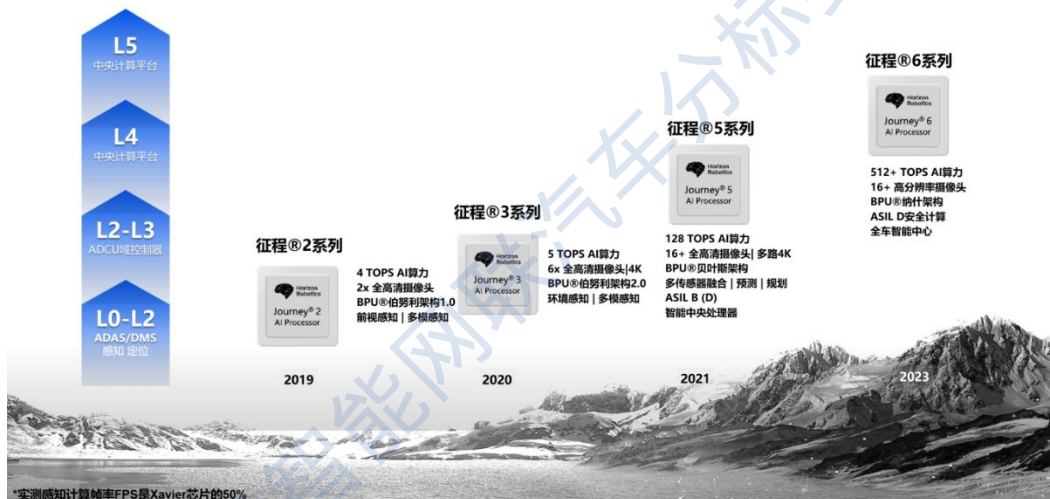


图 1.11 地平线芯片产品路线图

面向 L3/L4 级别自动驾驶，地平线即将推出旗舰级的征程 5 芯片（Journey 5），基于汽车功能安全（ISO 26262）ASIL 产品开发流程体系打造，具备 128 TOPS 的 AI 算力，同时支持 16 路摄像头感知计算。下一步地平线还会推出性能更为强劲的汽车计算芯片征程 6，征程 6 集成第四代 BPU 架构（纳什架构），定位于支持 L4+ 自动驾驶的中央计算平台，算力超过 400 TOPS，基于车规级 7nm 先进工艺，满足 ASIL-D 级功能安全。

主流通用计算芯片规格如下：

#### 高通：

智能座舱目前已经实现采用单 SoC 芯片（包括 CPU、GPU、专用 DSP、存储、通信，定位等功能和模块）处理涉及到包括数字仪表盘、中控、HUD、流媒体处理（摄像头、环视、

ADAS、导航、媒体播放等）、音频（高清语音、主动降噪和回声消除等）、人工智能（包括车载助手、语音交互、自适应人机交互等）、机器视觉等。主流智能座舱 SoC 芯片已采用最新的 5nm 制程工艺，在保持高计算性能的同时具备了出色的功耗和能耗性能。主流的智能座舱芯片支持采用 hypervisors 对信息娱乐和驾驶任务相关的操作的控制域融合。高通已经推出其第四代智能座舱处理芯片平台，其支持增强的图像处理、多媒体能力、机器视觉、AI 处理和多传感器融合处理能力，其支持灵活的软件配置以支持相关域的计算、性能和功能安全需求。

随着对计算资源的需求，车载 ADAS 和自动驾驶处理芯片需要在计算性能和功耗之间取得平衡以满足日益增长的计算算力要求和功耗之间的矛盾。高通 Snapdragon Ride 平台采用 SoC 方式支持 L1 到 L4 ADAS/自动驾驶所需的不同算力要求，其采用最新的 5nm 工艺，提供从 10TOPs 到 700+TOPs 的不同计算能力。该平台可以为客户提供优秀的计算算力和功耗平衡，并且支持其向基于域控制的新型汽车电子电器架构迈进。该平台还支持灵活的软件生态系统，支持主流的视觉感知、泊车、驾驶监控、驾驶辅助和自动驾驶等软件协议栈，从而可以为客户提供灵活地选择。

#### 瑞萨：

基于 R-Car Gen 4 架构的 R-Car V3U SoC 是针对 ADAS 和 AD 的开放式创新瑞萨电子自动驾驶平台的最新成员。该平台具有从入门级 NCAP 应用到高度自动化驾驶系统的可扩展性，而 R-Car V3U 则可提供多达 96k DMIPS 和 60TOPS。 SoC 集成了多种复杂的安全机制，这些机制可提供高覆盖范围，并对随机硬件故障进行快速检测和响应，从而为大多数 SoC 处理实现 ASIL D 指标，并降低了设计复杂性，缩短了上市时间并降低了系统成本。R-Car V3U 带有开放和集成的开发环境，使客户能够利用 R-Car 平台的内置硬件优势以及低功耗和确定性实时软件来实现快速的产品开发。计算机视觉和基于深度学习的解决方案市场。

#### 特性：

- 8xArm®Cortex®-A76 用于应用编程，可在锁步模式下配置
- 双 Cortex-R52 锁步内核可运行 AUTOSAR
- 专用的 CNN IP 提供 60 TOPS，能够处理任何最新的神经网络以进行自动驾驶
- 高速处理光流，物体检测和分类等算法
- 双 DSP 进行雷达处理
- 集成式 ISP 可实现高度集成，从而降低成本

- 多种通信接口，例如用于车载通信的以太网 AVB, CAN 和 FlexRay
- 多个 PCIe 可轻松扩展 V3U，从而提高整体系统性能
- 集成了多种安全机制，这些机制可提供高覆盖范围，并对随机硬件故障提供快速检测和响应，从而为大多数 SoC 处理实现 ASIL D 指标
- 瑞萨和 R-Car 联盟合作伙伴支持的开放式解决方案

#### 德州仪器：

TDA4VM 处理器系列基于演化的 Jacinto™7 架构，针对 ADAS 和自动驾驶汽车（AV）应用，并基于 TI 在 ADAS 处理器市场上十多年的领先地位积累的广泛市场知识而建立。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，用于通用计算的最新 Arm 和 GPU 处理器，集成的下一代成像子系统（ISP），视频编解码器，以太网集线器和隔离的 MCU 岛。所有产品均受汽车级安全防护硬件加速器保护。

#### 特性：

TDA4VM 处理器系列基于演化的 Jacinto™7 架构，针对 ADAS 和自动驾驶汽车（AV）应用，并基于 TI 在 ADAS 处理器市场上十多年的领先地位积累的广泛市场知识而建立。

TDA4VM 提供了高处理器核心：

- C7x 浮点，矢量 DSP，高达 1.0 GHz，80 GFLOPS，256 GOPS
- 深度学习矩阵乘法加速器（MMA），在 1.0 GHz 时高达 8 TOPS（8b）
- 带有图像信号处理器（ISP）和多个视觉辅助加速器的视觉处理加速器（VPAC）
- 深度和运动处理加速器（DMPAC）
- 高达 2.0 GHz 的双 64 位 Arm Cortex-A72 微处理器子系统，22K DMIPS
- 每个双核 Cortex-A72 集群 1MB 共享二级缓存
- 每个 Cortex-A72 内核 32KB L1 D 缓存和 48KB L1 I 缓存
- 六个主频为 1.0 GHz 的 Arm Cortex-R5F MCU，12K DMIPS
- 16K I 缓存，16K D 缓存，64K L2 TCM
- 隔离式 MCU 子系统两个 Arm Cortex-R5F MCU
- 通用计算分区中的四个 Arm Cortex-R5F MCU

### 1.2.3 感知芯片

未来的汽车用感知芯片技术，总的发展趋势是微型化、多功能化、集成化和智能化。具体有以下几个特点：

### (1) 以 MEMS 传感器为发展重点

由于汽车电子控制系统的多样化，所用传感器的种类和数量不断增加，对传感器的微型化、智能化、多功能化和集成化提出迫切需求。MEMS 因具有精度高、体积小、价格低、工作寿命长、易集成、适合量产等特点而获重点发展，并已占据汽车传感器市场的主要份额，如 MEMS 传感器可通过微纳加工工艺实现传统传感器的微型化，已大范围取代传统的机械式、应变片式、滑动电位器等传感器；可在同一衬底上与其他多个 MEMS 传感器多功能集成；可通过与信息处理和控制芯片的集成实现自诊断、多参数混合测量、误差补偿等智能化功能，可有效缩小整体体积、降低系统功耗、提高可靠性。

### (2) 动力驱动系统用传感器注重节能减排

动力驱动系统主要包括发动机和底盘管理系统，使用的传感器主要有流量传感器、压力传感器（进气压力、气缸压力、大气压、油压等）、温度传感器（空气、水、润滑油等）、爆震传感器、曲轴传感器、气体浓度传感器、节气门位置传感器、怠速传感器、悬架系统传感器，以及在自动变速箱中的车轮速传感器、发动机转速传感器和油门踏板位置传感器等。发动机的电子控制单元根据传感器提供的信息对发动机的各项工况进行准确控制，从而提高发动机的动力性、可维护性，降低油耗和减轻排放。由于工作环境恶劣，动力驱动系统用传感器比一般工业用传感器的精度和可靠性均高出 1~2 个数量级。

### (3) 安全管理系统用传感器转向主动安全

随着技术不断发展，汽车安全管理系统的目标已从被动防御转向主动保护。目前在用的安全管理系统，如安全气囊系统、胎压监测系统、防抱死制动系统（ABS）、电子制动力分配（EBD）系统、先进驾驶辅助系统（ADAS）、夜视系统等，都使用了大量的传感器，采集的信息包括汽车各个方向的加速度、胎压、制动踏板位置、碰撞压力、接近警告等。这类传感器是近年汽车应用领域创新最活跃的部分。

### (4) 舒适系统用传感器重在提升驾乘体验

随着人们对驾乘舒适性和愉悦性要求的不断提升，除了传统的空调温湿度、车内烟雾检测、车椅调节、底盘调节、车窗调节和承重传感器外，定速巡航、导航、环境感知、车辆防盗、汽车灯光检测等各类新应用大量涌现，直接推动了车速传感器、陀螺仪、罗盘传感器、红外报警传感器、光电池传感器等的发展。这类传感器随着汽车人性化发展需求，具备最大发展潜力。

## 1.2.4 存储芯片



目前，中国 SRAM 等细分领域，仍缺乏国际领军企业。根据 HIS 统计，2018 年，北京矽成在 SRAM 产品收入在全球 SARM 市场中位列第二位，仅次于赛普拉斯。DRAM 芯片的市场格局是由三星、SK 海力士和美光统治，三大巨头市场占有率合计已超过 95%，而三星一家公司市占率就已经逼近 50%。寡头垄断的格局使得中国企业对 DRAM 芯片议价能力很低，也使得 DRAM 芯片成为我国受外部制约最严重的基础产品之一。由于 NOR Flash 的下游应用广泛，且在各大应用场景内都有较为乐观的前景。我们认为，NOR Flash 已经告别过去数十年的市场空间下行历史，在新兴应用的推动下，市场规模将重回增长。

根据我们的测算，未来 NOR Flash 在新兴应用的推动下，每年市场规模将保持 10% 左右的增速。在市占方面，旺宏、华邦、兆易创新位列前三甲，合计占据了市场约 70% 的份额，Crpress 始终专注在车载领域。经过 50 年的闪存芯片发展，闪存容量增势迅猛。到 2004 年，闪存存储容量进入 GB 时代，从 2004 年的 1GB 发展到 2011 年的 128GB；2013 年 3DNANDFlash 技术的实践使闪存容量进一步提升，由 128GB 发展到现在的 1TB。市场主要玩家有三星、西部数据、铠侠、美光、海力士、英特尔、长存。近年来，EEPROM 除了越来越多的集成到 SOC 芯片中，也可搭配 AMOLED、指纹、触控、摄像头、蓝牙、无线等芯片形成模组。EEPROM 以其通用性，稳定耐用的数据存储，各种小容量规格，能满足汽车高可靠性要求模组的存储需求。主要玩家包括，意法、安森美、微芯半导体、聚辰股份、上海贝岭，市场规模不超过 8 亿美金。新型存储器当前在车载应用有限，市场上推出量产新型存储器的公司分别是 Intel、Fujisu、EVERSPIN、昕原半导体。

### 1.2.5 通信芯片

汽车电子是车体汽车电子控制装置和车载汽车电子控制装置的总称，而汽车电子部件的核心即是芯片。随着智能化、电动化、网联化的时代到来，汽车电子化程度越来越高，汽车电子部件的主要作用是提高汽车安全性、舒适性、经济型和娱乐性。根据行业统一划分，一般将汽车电子部件分为六大块：动力总成、ADAS（亦称为行驶安全系统）、信息娱乐系统、车身电子系统、底盘安全系统、网络互联系统：

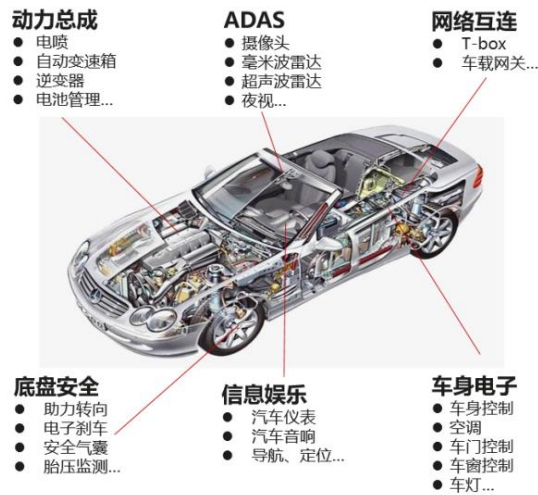


图 1.12 汽车芯片主要分类图

在上述六大汽车电子部件里，每个部件的主要构成为车用集成电路，即车用芯片。中国作为全球三大汽车生产和消费基地之一，在车载电子部件领域尚处于追赶地位，而在车载芯片领域，则完全处于被动，基本市场为国外半导体巨头，以至于车载芯片产业链高度集中，主动权主要集中在国际大厂手中，新进入者主要是从传统消费、工业、通信等领域的芯片玩家。2020 年全球汽车半导体整体规模约 380 亿美元，其中 NXP、英飞凌、瑞萨、TI、ST 等厂家占据超过 50% 市场，随着由特斯拉、蔚来汽车等引爆的新能源汽车的火爆，传统的消费、工业、计算机、通信等芯片厂家也开始向汽车芯片领域渗透。

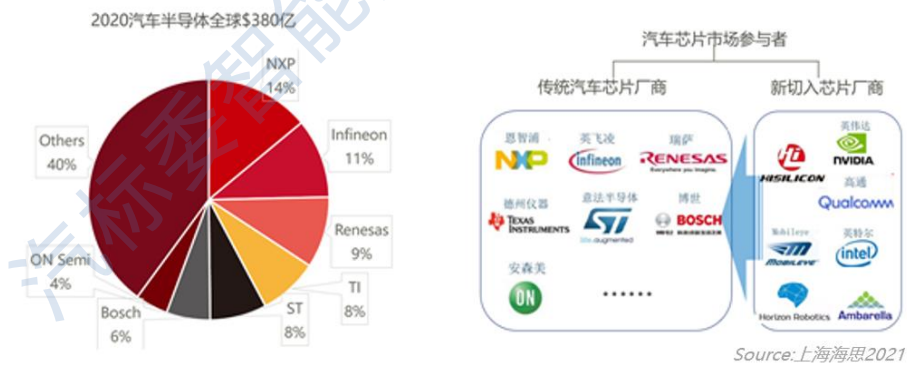


图 1.13 汽车芯片市场现状

汽车芯片整体规模占据全球芯片市场约 10%，但由于汽车芯片涉及的细分领域比较多，就芯片细分行业来说，属于投资回报周期长、质量要求高、利润偏低的市场，所以自主芯片企业较少涉足，故而国内车载芯片市场基本为国外企业控制，自主可控的车载芯片规模在 1% 以内。以自主品牌汽车为例，目前车载半导体主要分类以及供应商来源如下图所示，可以看到，除了电源和功率器件有部分中国厂家参与之外，SoC、MCU、存储、驱动、传感、收发器件基

本都掌握在欧美日韩厂家手中，自主芯片成规模的主要在电源芯片、功率器件等非核心芯片领域，整体能力偏弱。

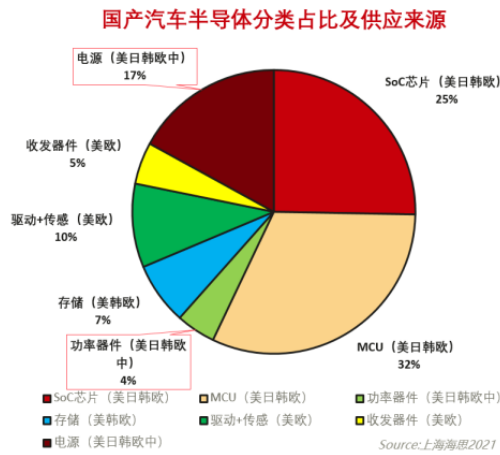


图 1.14 汽车芯片主要占比及供应来源

### 1.2.6 能源芯片

有资料显示 2016 年、2017 年、2018 年、2019 年、2020 年全球电源管理芯片市场规模分别为 200 亿美元、225 亿美元、250 亿美元、290 亿美元、330 亿美元，预计到 2026 年全球电源管理芯片市场规模为 550 亿美元。

在国际市场上，目前全球电源管理芯片市场主要被美国、德国两大国家占据，市场集中度高。数据显示，2018 年，前五家厂商（TI、高通、ADI、Maxim 和英飞凌）市占率合计占全球电源模块行业整体的 71%，其中，美国占比高达 61%。

我国 2016 年、2017 年、2018 年、2019 年电源管理芯片市场规模分别为 85 亿美元、90 亿美元、100 亿美元、110 亿美元，预计 2020 年达到 120 亿美元。2018 年我国主要电源管理芯片公司销售额 TOP6 如下图所示为：士兰微、圣邦股份、芯朋微、富满电子、上海贝岭、南京微盟（图中未显示），销售额在从 1 亿元到 6.6 亿元。

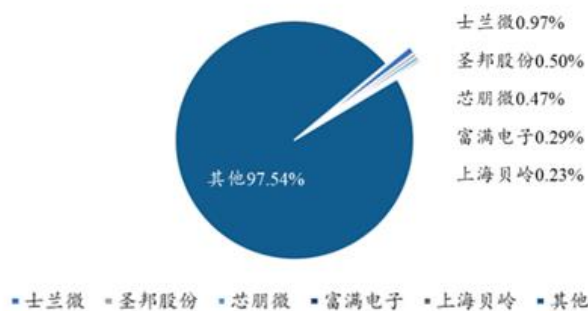


图 1.15 汽车能源芯片市值占比

如下图所示全球汽车电源管理芯片市场规模自 2018 年开始就实现了 1 亿美元每年的速度

增长，预计汽车领域全球电源管理芯片市场规模有望从 2018 年的 15.3 亿美元增长到 2025 年的 21.4 亿美元。

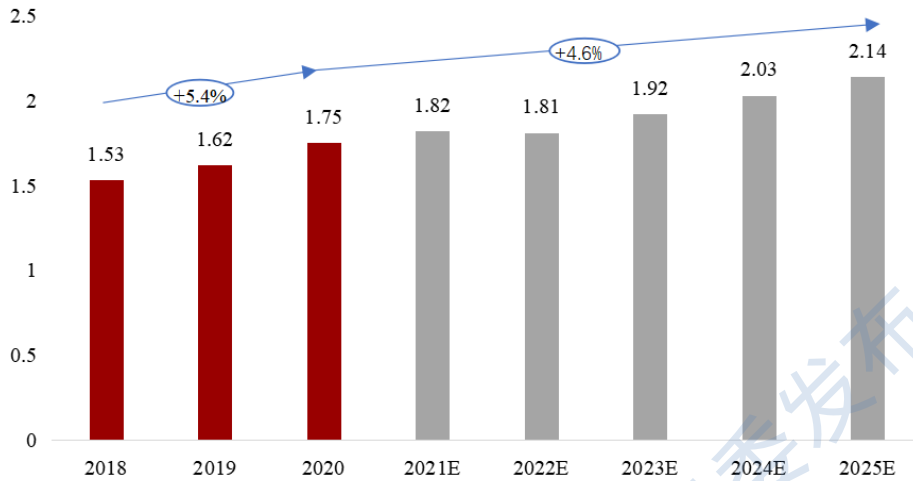


图 1.16 汽车电源管理芯片市场走向

近年来我国的汽车级处理器芯片产品如雨后春笋般涌现，如地平线、黑芝麻，四维图新、芯驰科技等，但是汽车级电源管理芯片基本处于空白状态。

IGBT 模块作为新能源汽车电机电控系统和直流充电桩的核心器件，成本占到新能源整车成本的 8-10%，占到充电桩成本的 20%，占到电机驱动系统成本的一半。2019 年我国新能源汽车 IGBT 市场规模达到 155 亿元，同比增长 6.40%，从市场占有率情况来看，中国功率半导体市场规模占世界市场的 50%以上，但在中高端 MOSFET 及 IGBT 主流器件市场上，90%主要依赖进口，基本被国外欧美、日本企业垄断。在国内新能源汽车 IGBT 模块市场中，英飞凌公司中是绝对的龙头老大，市场占比 58.2%，相比 2016 年 33%的市场占比，其市场地位有了进一步的巩固。比亚迪微电子则在多年的技术积累中，逐渐成长为中国 IGBT 市场份额第二大企业，占比为 18%。中车时代电气则以轨交 IGBT 为市场切入点，不断拓展业务至电动汽车及智能电网市场，2019 年市场份额逐渐攀升至 0.8%。

### 1.2.7 安全芯片

附着 2020 年 8 月 WP29 发布了《汽车信息安全与信息安全管理系统》2021 年 1 月生效，其中欧盟要求从 2022 年 7 月起，信息安全将成为欧盟车辆准入的最新强检项，所有车辆必须通过信息安全管理体系认证和车辆型式审批。

在中国市场中，工信部在 2021 年 3 月份发布了《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南（试行）》（征求意见稿）作为重要的合规性要求，将成为车企及其汽车产品的准入要求，其中针对信息安全明确了“网络安全、软件升级安全及数据存储安全”等要求及相应的评测。

2020年11月23日国家市场监督管理总局办公厅发布了关于进一步加强汽车远程升级(OTA)技术召回监管的通知,生产者采用OTA方式对已售车辆开展技术服务活动,应按照《缺陷汽车产品召回管理条例》及《缺陷汽车产品召回管理条例实施办法》要求,向市场监管总局质量发展局备案,依法升级,依法履行召回主体责任,召回法规要求:OTA作为召回措施,技术服务活动措施,都要履行备案义务,不管FOTA还是SOTA都需要进行备案。

### 1.2.8 汽车芯片现状情况表

表 1.10 汽车芯片现状表

芯片功能分类	类型		自主化程度 (高、中、低)	现阶段紧缺程度 (高、中、低)	主流制程		
控制芯片	MCU		低	高	40-55nm 65nm		
计算芯片	CPU		低	中	7nm、16nm、28nm		
	GPU		低	中	7nm、16nm、28nm		
	DSP		低	中	12-28nm		
	FPGA		低	中	16nm		
	NPU		中	中	7-14nm、28nm		
感知芯片	车外视觉		中	中	28nm		
	车外激光		中	中	130nm、180nm		
	车外毫米波		中	中	65nm		
	车外超声波		低	低	180nm		
	车外红外		中	低	130nm、180nm		
	车内视觉		中	低	28nm		
	车内语音		高	低	28nm		
	车内红外		中	低	130nm、180nm		
	IMU		中	低	180nm		
	指纹		中	低	28nm		
	温度		高	低	28nm、65nm		
	湿度		高	低	130nm、180nm		
存储芯片	易失性存储器	SRAM		高	低	16nm	
		DRAM		中	低	10nm、17nm、20nm	
	非易失性存储器	Flash	NOR FLASH		高	低	50nm、65nm
			NAND FLASH		中	低	50nm、65nm
		ROM	MASK ROM		高	低	28nm、40nm
			PRO M	OTP	高	低	65nm、180nm
		EEPROM	高	低	110nm		
通信芯片	车外	短距 10-15m	蓝牙芯片		高	低	28nm
			UWB		高	低	28nm
			NFC		高	低	40nm
			星闪		高	低	14nm、28nm
		局域 15-100m		高	低	28nm	
		蜂窝 >100m		高	低	12-28nm	

	车内	有线	卫星	高	低	14-28nm
			以太	高	低	28nm、40nm、55nm
			CAN	高	低	40nm 55nm
			FLEXRAY	高	低	50nm
		MIPI	高	低	40nm	
		无线	蓝牙	高	低	40nm
			UWB	高	低	28nm
NFC	高		低	40nm		
能源芯片	LDO		低	高	350nm、180nm、130nm、90nm	
	DCDC		低	高		
	PMU		低	高		
	BMS		低	高		
	IGBT		低	中		
安全芯片	独立安全芯片		高	高	40、55、180	
	集成式安全芯片		高	高	40、55、180	

### 1.3 汽车芯片发展趋势

#### 1.3.1 控制芯片

##### 1. 技术发展趋势

###### (1) 多功能集成化，满足更多车用需求

随着汽车智能、互联、舒适、安全、节能等需求的加强，以及汽车电子控制系统的日趋集中化，MCU 将集成更多功能和更多接口（如 FlexRay、CAN、SPI、HSSL、USB、WiFi），以便更广泛地应用于汽车安全、环保、发动机、传动系统、速度控制和故障诊断中，减少组件和布线的整体数量，从而减少汽车的重量和降低总成本。例如，先进驾驶辅助系统（ADAS）是实现全自动驾驶系统的基础，是目前汽车电子领域成长最快的应用，复合年均增长率达到18%。ARM公司2015年4月提出要配合ADAS的发展，MCU的信息处理能力要不断提升，分别在2018、2020和2024年达到2016年的20、40~50和100倍。此外，以发动机管理系统 ECU（MCU 为其核心芯片）为例，汽车电子发展的初期，ECU 仅应用于发动机的控制，之后随着国三至国五标准的提升，在油耗控制、信号输出控制等方面需要芯片处理的能力增强，推动 MCU 芯片集成度提升。

###### (2) 多核、多位化，提升信息处理能力

为不断提升 MCU 的信息处理和数据运算能力，车用 MCU 将遵循多位、多核的路线演进，并大幅增加片上闪存的存储容量。32 位 MCU 在越来越强调智能性、实时性和多样化的今天十分具有市场潜力，应用在需大量信息处理的部分，例如 ADAS、自动驾驶、车载智能通信、车舱娱乐等应用上。除了处理复杂的运算及控制功能，32 位 MCU 产品也将扮演车用电子系统中

的主控处理中心角色，也就是将分散各处的中低阶电子控制单元（ECU）集中管理。而这些能力都不是低位 MCU 所具备的。车用 32 位 MCU 未来趋势将朝向多功能整合与低功耗表现发展，使用数量将持续增加。

未来，随着信息处理量需求的进一步增大，以及 64 位 MCU 在功耗、价格方面的不断优化，64 位将逐步走入应用。

### （3）应用领域由传统底盘延伸至整车，芯片用量提升

随着 ADAS、自动驾驶等智能化驾驶技术的发展，整车及汽车零部件厂商对 MCU 的需求更加旺盛。MCU 的使用，从防抱死制动系统、四轮驱动系统、电控自动变速器、主动悬架系统，到现在逐渐延伸到了车身各类安全、网络、娱乐控制系统等领域。传统汽车单车 MCU 用量在 70 颗以上，智能汽车单车用量有望超过 300 颗。

### （4）结构形式由 MCU 向 SOC 异构芯片方向发展

在智能驾驶的背景下，车用 MCU 将在汽车系统中掌管控制工作，与负责智能计算的其他芯片（如集成音频处理 DSP、图像处理 GPU、深度学习加速单元 NPU、AI 计算芯片）相结合，成为高集成度的片上系统 SoC（System on Chip），通过异构计算，适配自动驾驶的复杂计算要求。

汽车数据处理芯片按应用可分为 MCU（微控制器）、SoC。MCU 结构简单，可视为简化版本的 CPU，其将 CPU 的频率和规格适当缩减，并将内存、计数器、IO 接口、I/D 转换等结构都整合到单一芯片，形成芯片级的计算机，主要用于汽车执行端 ECU 中进行控制指令运算。SoC 是一颗系统级芯片，常由 CPU+GPU+DSP+NPU+各种外设接口、存储类型等电子元件组成，现阶段主要应用于座舱 IVI、域控制等较复杂的领域。SOC 较 MCU 集成程度更高，常集成 AI 处理单元，功能更复杂。

SOC 芯片具有以下特点：1）硬件集成规模更为庞大，提升资源利用效率。常额外集成音频处理 DSP/图像处理 GPU/深度学习加速单元 NPU 等，单颗芯片上集成更多的配套电路，减小了面积，提升资源利用率，片上互联利于集成电路之间的高速互通互联。2）芯片上软件配套更大，提升处理效率。SOC 芯片上有丰富的软件配套（工具链、编译器等），提升了处理效率。3）可支持多任务的复杂系统。但并非所有的 SOC 芯片均为 AI 芯片，需集成一定规模的时间网络单元才是 AI 芯片，如华为昇腾芯片、地平线征程芯片、寒武纪 MLU 芯片、特斯拉 FSD 均为此类芯片。

汽车数据处理芯片不断异构化，通过不断添加神经网络单元实现 AI 运算是未来发展的主

要方向。除了华为、地平线、寒武纪等 AI 芯片不断增加神经网络单元外，而作为通用 GPU 的代表供应商英伟达的自动驾驶系列芯片，也通过添加神经网络单元，以实现 AI 处理越来越高效。但总体而言 GPU 仍功耗较高，丰富的通用模块可实现对各种场景的适用性，但也带来了成本过高，功耗过高的问题。而新出现的 N-SOC 虽不是 ASIC 固定算法，具有成本/功耗较低等优点，但其针对各种场景的适应性仍较弱。在汽车领域，未来两者未来性能、成本等方面会有相互靠近的趋势。

#### (5) ARM 内核提供芯片控制指令运算能力

CPU 架构可分为 X86 为代表的复杂指令集架构，和 ARM 为代表的精简指令集架构。复杂指令集指令的特点是单指令功能强大且复杂，指令执行周期长，可以直接操作内存；精简指令集的特点是单指令功能简单、执行速度快，编译效率高，不能直接操作内存。汽车 CPU 架构主要为 ARM 架构，在 MCU 和 SOC 中担任控制指令运算。ARM Cortex 系列主要分为 A、R、M 三类。1) Cortex-A 系列：常集成于 SOC 中，面向性能密集型系统的应用处理器内核，带宽多为 64/32 位，主频可达 GHz 级别，多用于汽车座舱娱乐信息系统或 ADAS 领域；2) Cortex-M 系列：常集成于 MCU 中，主要面向各类嵌入式应用的微控制器内核，主频为几十到几百 MHz 级别，其单核控制指令算力为几十至几百 DMIPS，多用于汽车执行端控制领域；3) Cortex-R 系列面向实时应用的高性能内核，介于 A 与 M 之间。

#### (6) AI 处理器提供芯片智能运算能力

AI 处理器可分为云端处理器、边缘端处理器、终端处理器。1) 云端 AI 处理器，支持 Int8 定点运算或 FP16、FP32 浮点运算，支持深度学习推理/训练要求，主要应用于政府、企业数据中心的服务器中，如服务金融业、航空航天、气象预报、宇宙演化模拟以及抗震分析等领域计算。此外在未来 5G 应用，更多的汽车数据会传送到车企数据中心用来训练模型，实现软件、算法的优化。2) 边缘端 AI 处理器，Int8 定点运算，支持深度学习推理要求，主要应用于工控机、安防摄像头、机器人、汽车车端等领域，由于所搭载设备的电力资源有限，能效比高（算力/功耗，值越高越经济）、接口丰富等是关键。3) 终端 AI 处理器主要支持深度学习推理功能，主要应用于手机等移动终端，如华为麒麟系列芯片。未来云边端三类处理器并非竞争关系，而是未来会进一步协同发展，云端训练模型实现算法软件的优化，并提供给边缘/终端进行本地化 AI 运算。

车端 AI 处理器现阶段主要负责深度学习的推理任务。智能算法范围由大至小依次为：人工智能、机器学习、深度学习、神经网络。应用场景越少，对应需要的实现的算法越少，



就越适用于专用芯片，可通过精简处理器软硬件模块，使处理器计算效率、能效比更高。

(7) 由以控制指令运算为主的 MCU 向智能运算为主的 AI 芯片方向发展

传统汽车功能简单，与外界交互较少，常为分布式 ECU (Electronic Control Unit, 即电子控制单元)，主要为控制指令运算 (约为百万条指令每秒)、无 AI 运算能力、存储较小。但是，智能网联汽车未来将面临海量的非结构化数据需要处理，车端中央计算平台将需要 500+百万条指令/秒的控制指令运算能力、300+TOPS 的 AI 算力。在智能网联汽车领域，Int8 数据类型精度即可满足现阶段 AI 运算要求。Int 8 和 FP32 分为定点数和浮点数，小数点的位置是固定的，则为定点数，小数点的位置是浮动的，则为浮点数。字节数越高，计算精度会提升，但占用存储增多，会降低计算速度，所以为保证满足数据精度和运算速度，常用 Int8 数据类型，单位为 TOPS (即 10<sup>12</sup> 次/秒)。

(8) 引入新工艺和新设计，实现低功耗

随着单部车用 MCU 数量的快速增加和单个 MCU 性能的不不断提升，降低 MCU 总功耗的需求日益迫切。在 MCU 的电路设计、体系架构、处理算法、生产工艺等各个层级进行能耗管理仍是发展重点，如采用更小的特征尺寸制造工艺，三维堆叠等更先进的封装技术，在 MCU 传统开和关两个基本状态中加入部分运行、监控运行等更多工作模式等。

(9) 采取更多防护措施，保障使用安全

在信息安全不断遭到破坏的大背景下，由于车用 MCU 直接关系到驾乘人员的人身安全，其安全性将尤为受到重视：一方面将通过加入存储保护单元、纠错码、奇偶错误检测和校正功能，或采用两套系统监视运行和冗余备份等方式，确保 MCU 的可靠运行；另一方面将在遵循 ISO 26262 等标准和 SHE 等规范的基础上，通过采取硬件加密、分布式密钥授权、对功能数据编码等手段，保障 MCU 不被人为恶意控制和破坏。

(9) 降低开发难度和成本，提高易用性

由于持续受到压缩成本和缩短产品上市时间的压力，车企希望车用 MCU 生产商能够提供交钥匙解决方案，包括硬件、软件集成和简单易用的开发环境，来减少开发时间和成本。车用 MCU 生产商因此一方面最大程度地降低成本，以分担成本下行的压力，一方面提供友好的开发软件和丰富的应用案例支持，来降低开发难度和简化开发流程。

## 2. 行业发展趋势

车用 MCU 行业与市场的发展趋势如下：

汽车 MCU 行业将加快整合集中度提升。全球 MCU 通用市场并购加速。我们重点参考 MCU

通用领域（汽车、工业、消费电子等）市场，MCU 厂商为争夺市场份额，近年来发生了数起大规模并购。NXP 在 2015 年以 118 亿美元收购飞思卡尔，完成了在汽车电子领域的布局，排名也一举从第六上升至第一；Cypress 在 2015 年以 40 亿美元收购 spansion；Microchip 在 2016 年完成对 Atmel 的收购，成为全球第二大 MCU 厂商。经判断，汽车 MCU 市场也将随通用市场的加快整合，实现集中度的提升。

欧美日前五大汽车 MCU 供应商占据全球 82.7% 市场份额，头部集中效应显著。根据 Stratety Analytics 分析，全球汽车 MCU 市场前 5 占 82.7% 的市场份额，前五大 MCU 供应商分别为日本瑞萨电子，欧洲的 NXP、英飞凌，美国的德州仪器、微芯科技。

全球前八大厂商也同样占据我国汽车 MCU 93% 的市场份额。仍由欧美日传统汽车电子厂商占据绝大部分市场份额。参考 IHS 数据分析，目前中国 MCU 市场，前八大 MCU 厂商的市场占有率达到 93%，国产化率不足 5%，替代空间大。国内企业技术较为薄弱，企业规模与前八大厂商差距较大，现阶段主要为工业控制、仪器仪表、消费电子、物联网等通用领域供货。随着国内企业技术逐渐成熟，国内厂商凭借价格和服务优势，正逐步抢夺低端 MCU 市场，进口替代趋势逐渐明显。但由于车规级标准较高，技术和市场发展均晚于一般工业和消费级芯片。

经测算，2019 年我国汽车 MCU 市场规模为 21.1 亿美元，同比提高 2.7%，随着汽车智能化加速，更多的功能将会被整车搭载，大量执行元件需要被 MCU 所控制，到 2025 年 MCU 市场规模达 32.9 亿美元，年均复合增长率为 7.7%，到 2030 年将达 47.6 亿美元。

近几年能源汽车的快速发展也直接拉动了汽车电子 MCU 芯片的市场需求，汽车的智能、安全、环保要求对汽车电子相关需求正在逐年增多。在 IoT、智能化、高效率和边缘计算等新技术的驱动下，高端 MCU 涵盖的功能也会愈来愈多。在马达控制电路中，MCU 必须有高效的实时计算能力，在安全产品中对 MCU 的加解密功能提出更高要求；智能终端对 MCU 的更强算力提出了挑战。因此未来 MCU 需要更多的功能模块来应对计算、控制、安全或者人工智能对终端设备的需求。

上面提到的新技术催生了各种应用，每种应用对产品功耗、尺寸、可靠性、生态以及成本都有各自的需求点，有针对性的建立和开发出相应特性，将会有利于市场的开拓和持续。就国内市场而言，在芯片缺货的背景下，MCU 的国产化替代将成为一个趋势，MCU 国内厂商将迎来历史性发展机遇。咨询研究机构艾睿铂发布的《2021 年全球汽车市场展望》报告预测，今年半导体短缺将使全球汽车净产量减少 390 万辆，损失达 1100 亿美元，预计今年第四季

度缺芯问题会被缓解。《电动汽车观察家》与多位业内人士沟通了解到，目前整车上最缺货的还是 MCU，而且价格已经飙涨 10-20 倍。据富昌电子资料，在 2021 年 Q2 中，多数 MCU 货期仍呈现延长趋势。这一缺货潮将催化国产 MCU 替代，为国产厂商带来更大机遇。

未来产业结构很可能发生三方面改变。

一是，车企会很可能直接与 IC 原厂、晶圆代工厂进行沟通，通过提前锁单/锁价/锁量等方式确保供应，Tier1 的地位可能被削弱。

二是，车企直接参与芯片的产能布局，例如上汽与英飞凌合资建设 IGBT 工厂，这一趋势很可能会延伸至 MCU，例如特斯拉就传出收购晶圆厂的消息。

三是，国产代工厂配套进程加快。受疫情和供应紧张的影响，国内相关晶圆代工厂有望进入芯片大厂配套名单，中国芯片企业发展迎来机遇。

### 1.3.2 计算芯片

在数字化重塑的浪潮下，一场深刻的汽车电子电气（E/E）构架变革正在酝酿，汽车行业的基因发生改变，正在沿着当年 PC 和手机行业走过的路迈向智能时代。通过对标国外领先玩家产品参数和研究其理念，可总结车载计算芯片的关键发展趋势包括：软硬结合，算力超配，软件赋能，培养开放软件生态。

表 1.11 汽车芯片趋势

智能计算理论与技术	基础计算理论、软硬件协同、新型神经网络和算法
芯片设计与工程	新型架构、电路、车规工艺、器件/材料，开源开放框架、数据处理，系统验证分析等完备工具链

车载计算芯片是软硬件结合的产品，包含两个领域的内容，1) 支撑智能网联汽车应用领域典型场景的高效智能算法；2) 算法在芯片上的设计与实现，因此也相应包含两个领域的创新和演进。车载计算芯片发展趋势正逐步从以 CPU/MCU 为核心的 ECU（电子控制单元）走向以 FPGA（现场可编程门阵列）、ASIC（专用集成电路）、GPU（图形处理器单元）为核心的自动驾驶芯片，甚至未来模仿人脑神经元结构设计的类脑芯片。各种促进深度学习算法有效处理的芯片架构设计新方法和新技术不断涌现，算力不断提升，在场景相关大数据助力下，车载 AI 计算芯片设计技术创新活跃，在计算架构、数据复用、网络映射、存储优化及软硬件协同设计等 5 个方面不断创新。

来自麦肯锡的研究指出，高效的车载计算平台已经成为支撑智能汽车的核心部件，车载智能计算平台、软硬件开发能力将成为未来自动驾驶价值链中最重要的能力因素，占34%的比重。并预测未来自动驾驶的软硬件成本将由90%硬件加10%软件，向软件和硬件基本持平的方向演化。重新定义智能化的核心技术包括：计算平台、车载操作系统和数据闭环，其中在智能汽车所需要的计算能力中，占比最大的部分就是车载AI计算，车载AI计算芯片将成为提供动力的“数字发动机”。这也是英伟达、英特尔、高通等大举进军汽车芯片行业的逻辑，非简单复制，而是基于自己的优势积累，将ICT技术结合自动驾驶场景，培育新物种，在这个过程中，对于产品路线图、性能、安全性和成本的拿捏，各家都不尽相同。随着L2级自动驾驶渗透率的不断提高，催生自动驾驶的普及，未来自动驾驶计算芯片的竞争，实际上就是高算力和开放性的长跑。

软件算法的演进非常快，每10-14个月，相同的计算精度计算量可以下降一半。但这种提升是以算法设计的越发巧妙作为前提的，而算法的巧妙设计会对计算架构提出巨大的挑战，尤其是对传统通用的并行架构而言。这也意味着，如果继续沿用通用计算架构，会使得更先进的自动驾驶算法无法高效运行，车载计算芯片处理高度变化的数据流，与面向控制流的冯诺伊曼结构相比，处理方法高度不同，带来芯片设计方法论发生变化——针对场景的算法匹配针对算法设计的计算构架，硬件适配软件才能使得晶体管效能增加，需要为自动驾驶领域设计专门的处理器架构设计。

计算芯片行业需求发生变化，具体来说包括如下几方面：

#### a) 智能化带来的算力突破需求

当前智能汽车发展的核心瓶颈是算力不足，计算芯片未来首先要进一步着力发展高性能计算，更加适应人工智能算法的需求，其架构发展的原动力在于两方面：结合场景的算法应用以及底层器件的革新。此外如何在多核架构、存储以及内外部通信总线带宽之间平衡设计也是一大挑战。此外计算芯片主流基于深度学习算法，但深度学习算法本身也在不断迭代发展中。计算存储一体化突破AI算力瓶颈、模块化降低芯片设计门槛将成为新的趋势。计算存储一体化突破AI算力瓶颈是指冯诺伊曼架构的存储和计算分离，已经不适合数据驱动的人工智能应用需求。并行计算量增加、频繁的数据搬运导致的算力瓶颈以及功耗瓶颈已经成为对更先进算法探索的限制因素。此外，深度学习被视为一种数学模型，类似于脑神经结构的存内计算架构将数据存储单元和计算单元融合为一体，能显著减少数据搬运，极大提高计算并行度和能效。

车载计算芯片架构设计，需要突破成本、功耗和性能的临界点。具体包括：1) 访存能力，神经网络模型运算属于数据密集型负载，需频繁、大量存储器之间的数据搬移，导致内存墙问题；2) 功耗控制，执行 AI 计算过程中，由于模型参数量过大，需在 SRAM 与 DRAM 之间频繁访存操作，增加功耗；3) 通用设计与专用设计之间的平衡，明确芯片应用场景，考虑涉及网络的共性和差异，集成多个异构智能处理单元，既保证计算芯片的场景兼容性，又利用共性来改善性能、面积和能效，对设计目标进行合理定义是有效的解决办法之一。

#### **b) EE 架构持续演进，需要高性能芯片**

智能网联需求持续推动汽车电子电气架构变革。随着汽车智能化网联化发展，汽车电子底层硬件不再是由实现单一功能的单一芯片提供简单的逻辑计算，而是需要提供更为强大的算力支持；软件也不再是基于某一固定硬件开发，而是要具备可移植、可迭代和可拓展等特性。智能化与网联化共同推动了汽车电子电气架构的变革，一方面是车内网络拓扑的优化和实时、高速网络的启用，另一方面是 ECU（电子控制单元）的功能进一步集成到域控制器甚至车载计算机

智能网联汽车需要集成不同类型的计算模块以满足应用服务需求。目前，智能网联汽车内部需集成 ECU、域控制器等多种计算模块，自动驾驶和智能座舱计算模块是产业探讨的热点。自动驾驶是智能网联汽车的核心功能，需要满足高安全、高可靠等要求，将会引发汽车产业链和技术链的重构。发展支撑实现自动驾驶功能的车载智能计算基础平台，具有重要的战略意义和现实意义。

车载智能计算基础平台需进一步优化异构芯片硬件方案。面向 L3 及以上等级自动驾驶车辆，车载智能计算基础平台需兼容多类型多数量传感器，并具备高安全性和高性能。现有单一芯片无法满足诸多接口和算力要求，采用异构芯片的硬件方案可以改善性能。异构可以体现在单板卡集成种架构芯片，如奥迪 zFAS 集成 MCU（微控制器）、FPGA（现场可编程门阵列）、CPU（中央处理器）等；也可以体现在功能强大的单芯片（SoC，系统级芯片）同时集成多个架构单元。

#### **c) 进一步计算平台的弹性扩展特性需求**

可扩展性是人工智能+高性能计算的关键。E/E 构架变革四大趋势：计算集中化、软硬件解耦、平台标准化以及功能定制化，将高性能的硬件预埋作为投资，通过软件更新服务盈利，已经成为特斯拉为代表的新造车势力的标准操作，这对车载 AI 计算芯片的提出需求。

自动驾驶计算基础平台当前需采用分布式硬件方案。当前汽车电子电气架构由众多单功

能芯片逐渐集中于各域控制器，L3 及以上等级自动驾驶功能要求车载智能计算基础平台具备系统冗余、平滑扩展等特点。一方面，考虑到异构架构和系统冗余，利用多板卡实现系统的解耦和备份；另一方面，采用多板卡分布扩展的方式满足自动驾驶 L3 及以上等级算力和接口要求。整体系统在同一个自动驾驶操作系统的统一管理适配下，协同实现自动驾驶功能，通过变更硬件驱动通信服务等进行不同芯片的适配。

汽车智能计算基础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 及以上等级自动驾驶汽车，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。

#### d) 全栈工具链，端边云协同计算需求

从传统的分布式系统到域控制器，再走向中央计算机架构，智能网联汽车本身就是一个移动的边缘侧的计算平台，而且是所有自主机器人的第一商业化形态，是第一个可以集中化大规模商业化的领域。构建自主机器人的计算平台，开放的工具链是一个最好的敲门砖，提供编程模型以及支撑这些大规模并行计算体系结构的系统软件，AI 训练、以及编译、开发等必须易于部署，可在各种环境中运行。车载智能计算基础平台的研发需要对产品进行整体迭代，而不只是针对单一的模块，或者其中几个功能。车载智能计算基础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。

新的 E/E 构架将基于中央计算机-层-区的概念构建，体现服务导向构架（SOA）的理念。当前由于整套软件的开发周期较长，有不少有实力的车企正自研自动驾驶的感知和决策算法，通过开放、完整的工具链，覆盖了从算法模型训练、优化与转换和部署到芯片运行模型预测的完整 AI 开发过程，包含模型结构检查器、性能分析器、模型编译器、模型模拟器在内的全套工具。加速开发速度，保证开发质量。

#### e) 网联化带来的信息隐私安全需求

功能安全、预期功能安全和信息安全构成了智能网联特别是自动驾驶体系的安全要素。功能安全和预期功能安全是对部件和系统失效、设计不完备等情况下的可靠性保证和冗余设计。此外，自动驾驶产品化需要信息安全防护，也需要考虑信息安全的功能安全和预期功能安全防护。

软硬件可靠冗余作为功能安全正向设计，需融合复杂嵌入式系统和自动驾驶的安全设计特点，不仅包含系统软件和功能软件，也要兼顾传感器、车辆网络、芯片、硬件平台等，可

以高效完备地实现车载智能计算基础平台的车规级功能安全。

当驾驶归于机器时，需要承担巨大的安全责任，会倒逼机器本身整体系统达到 ASIL D 的功能安全等级，在芯片层面，至少要保证 ASIL-B 等级，要确保在任何的工作状态下都有可靠的安全检测机制和冗余备份机制，还包括实时性响应等苛刻要求带来的运行安全，要求软件与硬件的综合响应性能，这样传递过来，对芯片的要求很高，对于设计的挑战是巨大，芯片需要保持安全性、可靠性和稳定性，需满足 AEC-Q100 车规级要求和满足 ISO26262 ASIL B (D) 功能安全认证，这种安全是涉及到软件和硬件，涉及到底层和上层的多维度、全方位安全；

车载智能计算基础平台需要应用智能网联汽车信息安全防护体系。智能网联汽车具有高复杂的软硬件系统，也是网联、云控和大量数据聚集的重要载体。国内外智能网联汽车信息安全的标准正在制定和逐渐推出，如 ISO/SAE21434 及国内的国标、行标和团标。车载智能计算基础平台的信息安全防护，不仅需要应用智能网联汽车的信息安全防护体系，也需要考虑自动驾驶应用带来的更多相关需求。

车载智能计算基础平台需要建立具备纵深防御、长期监控和全生命周期的信息安全防护体系。信息安全防护体系包括车边界网络防护车内处理器全栈防护、内外网传输保护、车辆安全服务生态等诸多方面。车载智能计算基础平台作为边界节点，需考虑与外部环境、以及车内网络各节点的访问隔离及网络层安全。车载智能计算基础平台的处理器安全需要考虑从硬件、固件、系统软件到功能软件的全栈软硬件处理器防护。车载智能计算基础平台与车内网其他节点以及外部车辆和云端的传输安全，包括如基于信任链认证、加密等。考虑到自动驾驶应用，车载智能计算基础平台也要求其内部多域之间的访问控制和监控、与执行器传输的高等级认证和加密要求、更多代码安全、海量数据的存储安全如防泄漏功能，以及相应的 OTA（空中升级）升级支持。

个人信息保护也是车载智能计算基础平台的重要安全功能。自动驾驶使得智能网联汽车可能成为最大的移动数据采集、存储和计算节点，除数据信息安全外，个人信息保护也是计算基础平台需要考虑的安全功能。保护个人信息，首要是数据的管理，如数据的拥有者认证数据的可追溯、可审计等需求车载智能计算基础平台的信息安全基于智能网联信息安全防护体系，并考虑其架构与承载业务，实现安全防护和业务合规，保障自动驾驶系统和资产的安全。

#### **f) 新 EE 架构带来的域控制器与车载以太网需求**

同时，由于自动驾驶的新型需求，带来了汽车电子电器架构的演进变化。以域控制器结

构为代表的集中化的计算需求，决定了新一代的计算芯片应该具有高速传输接口，能通过域控制器或者车载交换设备将车内各个系统进行连接。鉴于现有以太网系统相对成熟稳定，新协议时间确定网络（TSN），能够实现便捷的实时时间网络构建。因此，以太网交换系统作为各个计算节点和机电系统之间的连接系统，将是大势所趋。

同时，新的交换系统的引入，也会改变各个机电系统的控制器形态。机电系统之间具有了高速连接接口，车内分布式计算系统也将应运而生。各个机电系统的控制器，也将由低端 CPU 核心向高速高性能 CPU 核心方向发展。基于此，GPU，NPU（神经网络节点）这些通用计算节点也将出现在机电系统的控制器中。

此外，未来的智能汽车将有一个开放的应用平台，汽车软件将是差异化竞争的核心，主机厂可以通过软件提供差异化体验，而这些软件应用可以来自第三方开发，比如智能交互、语音等。汽车电子软件的开发与发布模式，与现在的移动设备 APP 有高度雷同，渐渐地从封闭开发走向生态协同进化。基于这种软件定义汽车的趋势，面向未来中央计算的电子电气架构，芯片厂商需要拥有开放策略，为主机厂提供芯片、工具链，将自研算法直接移植到硬件平台中，同时为没有算法能力的主机厂提供算法。因此，提供开放软硬件解决方案是主机厂选择自动驾驶芯片的重要指标，基于整套技术方案进行集成，带来自研整套自动驾驶系统的可行性。这种整体解决方案也决定了数据转化为决策/服务的效率和质量。

### 1.3.3 感知芯片

就不同类型的感知芯片，总结具有以下发展趋势：

#### （1）光电芯片

激光雷达市场规模可达数万亿美元，Velodyne（威立登）具有绝对优势，目前已占据了全球 80% 市场份额。Velodyne 激光雷达传感器能够提供实时感知数据，为城市和高速公路环境下的自动驾驶和高级车辆安全提供安全导航和可靠操作。Velodyne 拥有多样化的产品组合，其传感器具有环视、定向、远距及近距功能。Velodyne Lidar（Nasdaq: VLDR, VLDRW）通过实时环视激光雷达传感器的发明，开创了自动驾驶技术的新纪元。

致力于推动能效创新的安森美半导体（ON Semiconductor）近日宣布基于其硅光电倍增管（SiPM）技术，推出了一款单点直接飞行时间（dToF）激光雷达（LiDAR）解决方案。安森美半导体开发的 SiPM 传感器通过提供更快响应时间和更高的检测效率克服了这些挑战。安森美半导体推出的这款参考平台采用其第二代 RB 系列 SiPM 传感器，在红光和近红外波段提供了更好的性能。



光电感知芯片广泛运用在汽车电子领域。如光电式车高传感器（根据汽车载荷的大小，自动调整车身高度）、光电式转向传感器（用于判断汽车转向时侧向力的大小，以控制车身的侧倾）、光电式光量传感器（将光照的变化转换为电阻值的变化，用于车载灯具的亮灭控制）、光电式车速传感器（用于测量车速）。

《2018-2025年中国光电传感器发展现状及市场前景报告》显示，光电传感器正向着智能化、微型化、多功能化发展。光电传感器的智能化是在传感器中内置微处理器，使其具有自动检测、自动补偿、数据存储、逻辑判断等功能。随着终端用户体验的不断升级及消费习惯的逐渐改变，光电传感器要求具有保密性高、传输距离远、抗干扰性强、自适应性强、通信功能等特点，因此，智能化是光电传感器发展的必然趋势。精密加工、微电子、集成电路等技术的发展及新材料的应用，使得传感器中敏感元件、转换元件和调理电路的尺寸正在从毫米级走向微米级甚至纳米级，助推了传感器的微型化趋势。通常情况下，一只传感器只能用来探测一种被测变量，但在许多应用领域中，为了能够全面而准确地反映客观事物和环境，往往需要同时测量多种被测变量，因此实现多功能化无疑是当前光电传感器技术发展中一个重要的研究方向。

## （2）指纹芯片

指纹识别技术是一项非常复杂的系统工程，涉及到的产业链也比较复杂。对于一般的芯片商、模组厂商或软件集成商来说，这是一种高门槛的系统挑战工程，没有雄厚的软硬件基础实力很难建构成一套完整的解决方案。指纹识别产业链主要分为芯片设计环节、芯片制造环节、封装环节、模组制造环节以及整机厂商。现阶段，我国指纹芯片市场以本土企业为主导，代表企业有汇顶、思立微（被兆易创并购）等。

其中汇顶科技拥有全新一代指纹识别技术，打造更安全、便捷、智能的驾乘体验。凭借领先的技术优势，致力提供满足汽车行业严苛标准的指纹识别+安全 MCU（支持移动支付功能）的完整解决方案。该方案已通过汽车行业的 AEC-Q100 测试，满足 IATF 16949 标准。前不久吉利和沃尔沃汽车公开了其最新新车型各种“疯狂设计”的黑科技，其中应用于智能座舱的车规级指纹识别方案来自汇顶科技。

随着汽车智能化的趋势，车载指纹可以为驾驶者打造专属入口，甚至扩展到移动支付，为车联网生态提供高安全性的基础硬件平台，应用前景广阔，这也为汽车电子领域发展带来巨大机遇。

高集成度对车规级触控芯片非常重要，而现有的光学指纹芯片电子设备受其封装方式的

影响，厚度受到了很大的限制，很难减小其体积。因此如何减小光学指纹芯片的厚度，给电子设备厂商带来更大的整机结构设计空间，成为一个亟待解决的问题。

### （3）语音芯片

中国麦克风市场前二的企业是歌尔股份和瑞声科技。歌尔股份在互动平台表示，公司已有少量微型麦克风、扬声器等产品应用于汽车电子领域，公司会积极关注和跟进汽车电子领域内的相关业务机会。

科大讯飞也在智能汽车领域进行研究。2017年在科大讯飞的年度发布会上飞鱼 2.0 系统作为拳头产品之一正式发布，内置飞鱼助手的汽车，可以跟手机配对，让用户一边开车一边用语音操控打电话、开导航、听音乐、查路线。语音车机交互的痛点在唤醒、干扰以及上下文的语义理解。

语音芯片以其定制化、低功耗、高效能、端智能以及成本上的优势等势必会在未来占据重要的市场地位，成为人与云端沟通的桥梁。随着语音交互设备的诞生发展，芯片也经历着从通用组合芯片到语音芯片再到语音 AI 芯片的演进。随着语音交互的爆发，语音真正成为人机交互的界面，语音芯片也将成爆发之态。但与此同时，语音与视觉也将会走向融合，毕竟多元的交互方式才更符合人性的体验。在语音芯片崛起后，“语音+屏幕”相结合的交互方式也是业界更加认可的一种趋势。

随着 AI 应用的普及，作为 AI 入口之一的声学领域，对麦克风芯片的需求日益丰富，而未来麦克风芯片的核心竞争能力体现在芯片设计和迭代能力上。

### （4）MEMS

在 20 世纪 90 年代，MEMS 首先在汽车工业开始应用，汽车电子被认为是 MEMS 传感器第一波应用高潮的推动者。受益于汽车行业安全规定及信息化、智能化浪潮，MEMS 传感器在汽车领域得到飞速发展，其应用方向 and 市场需求包括车辆的防抱死系统、电子车身稳定程序、电控悬挂、电动手刹、斜坡起动辅助、胎压监控、引擎防抖、车辆倾角计量和车内心跳检测等。根据相关调研数据，目前平均每辆汽车包含 10-30 个 MEMS 传感器，而在高档汽车中大约会采用 30 甚至上百个 MEMS 传感器。

在具体应用方面，MEMS 加速度传感器用于汽车安全气囊感应器中；MEMS 陀螺仪用于高端汽车中的悬架控制、翻滚等应用，也可用于汽车导航的 GPS 信号补偿和汽车底盘控制系统；微型硅压阻式 MEMS 压力传感器可用于发动机废气循环系统，替代陶瓷电容式压力传感器等等。

博世汽车电子事业部为广泛的汽车应用提供 MEMS 传感器。在安全气囊系统中，博世 MEMS

传感器可检测车辆突然制动，这是触发车辆安全气囊释放的必要信息。传感器数据由中央安全气囊 ECU 处理，根据事故的分类和严重程度激活适当的约束系统。传感器可以安装在 ECU 中，也可以安装在车辆周边（前部，侧部和后部）的卫星传感器上。此外，还有汽车动力学系统、主动悬架系统、车辆舒适系统、发动机管理系统等方面的传感器。

目前，在国内涉足 MEMS 的公司中有不少龙头企业，歌尔股份和敏芯股份是 MEMS 麦克风领域的龙头，赛微电子是 MEMS 代工的龙头，苏奥传感是国内汽车油量传感器龙头，苏州固锟子公司的 MEMS 加速度传感器销量国内名列前茅，华工科技是国内家电温度传感器龙头，汉威电子是国内气体传感器龙头，还有军工 MEMS 的龙头中航电测。

在汽车电子控制系统的快速增长的市场需求下，汽车传感器技术不断发展。随着 MEMS 技术（MEMSMicro Electromechanical System，微型电子机械系统）的发展，汽车传感器本身就朝着智能化、微型化、集成化、多功能化方向发展，通过整合传感器、执行器、机械机构、信号处理和控制电路等集成于一体的 MEMS，简化了传统汽车电子系统，真正实现了体积小、功耗降低和重量减少，这一分支也成为汽车电子重要的发展方向。

MEMS 行业未来发展趋势有：

**多传感器融合与协同：**随着设备智能化程度的不断提升，单个设备中搭载的传感器数量也逐渐增加，通过多传感器的融合与协同，提升了信号识别与收集的效果，也提高了智能设备器件的集成化程度，节约了内部空间。

**产品尺寸微型化：**MEMS 传感器产品的下游应用，对产品轻薄化有着较高的要求。近年来，MEMS 传感器生产厂商一方面需要改进封装结构的设计，在保证产品性能的基础上缩小 MEMS 传感器封装后的尺寸，另一方面，也需要缩小传感器芯片的尺寸。未来，不断缩小产品尺寸、降低产品成本是 MEMS 传感器行业的重要发展趋势之一。

#### 1.3.4 存储芯片

SRAM 比 DRAM 的读写速度更高、功耗水平更低、性能比 DRAM 更可靠，通常情况下只会用在处理器一、二级缓存等对存储速度要求严格的领域。

SRAM 的特性决定了其在汽车领域有广泛的应用。DRAM 因为其读写速度快的特点被广泛应用于大运算要求的计算系统中。由于 5G 与自动驾驶的发展进一步发展，对 DRAM 的需求不断增加，无论是密度还是总体性能都不断地提升。但是 DRAM 的能耗与密度瓶颈限制了整个汽车计算系统的发展。汽车电子等高可靠性及高性能领域主要使用的存储容量为 256Mb、512Mb 产品。但是随着车载应用的进一步丰富，相信对于容量需求会进一步的提升。主要瓶颈是存储

密度。整个汽车 NAND Flash 主要演变趋势是密度，未来 L4~L5 的自动驾驶需要 TB 以上的存储。同时性能也是 NAND Flash 的演进方向，从 SLC NAND 到 EMMC 再到 SSD，NAND 的性能不断被提升。但是 NAND Flash 无法随机读写并且读写速度慢的缺点，阻碍了汽车计算系统的应用发展。汽车电子产品安全性至上而应用环境较为恶劣，汽车级 EEPROM 凭借其耐久性高、可靠性高、温度适应能力强、抗干扰能力强等特性，在多个汽车电子产品中得到了广泛应用。但是性能与密度始终得不到进一步的提高。智能汽车对存储器的要求将不仅是在于温度和可靠性，控制系统要实现智能化实时决策，朝着无人驾驶发展的 ADAS 系统每时每刻将会带来大量的图像数据，包括娱乐系统也会更加智能来提升用户体验，这些都要求存储器具备大量的数据实时吞吐能力，保证存储稳定性和高能效比。

传统的 NAND Flash 和 NOR Flash 不能满足读写速度要求，DRAM 和 SRAM 容量有限且断电数据会丢失仍存在安全隐患。新型存储器件尚未大规模应用于汽车系统，但是其低延时、高可靠性、低功耗、随机读写、非易失存储的特点，在车载领域拥有广泛的应用前景。其中，RRAM 不仅满足高读写速度和存储密度的要求，同时延迟可降低 1000 倍，可满足未来智能驾驶高实时数据吞吐量。同时在安全性方面 RRAM 也具备宽温和可靠性。未来有望推出高性能、高集成度、高稳定性和低功耗的车规 RRAM 存储器。

### 1.3.5 通信芯片

2020 年汽车电子部件已经超过 30% 整车成本，并持续上升，2030 年有望接近 50%。基于 2014-2021 年市场趋势分析，ADAS/车联网/新能源成为汽车电子部件的主要增长来源，尤其在 ADAS/车联网/新能源等领域国内技术能力已跟上并开始引领国际水平。

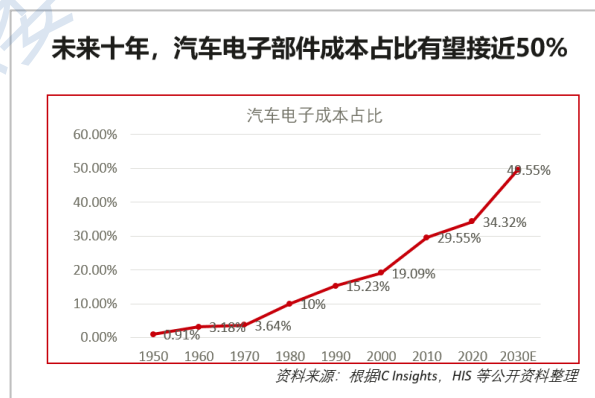


图 1.17 汽车电子芯片市场走向

SA 在 2020 年针对汽车产业半导体的分析与预测，车载芯片规模有望在 2028 年接近 1000 亿美元。

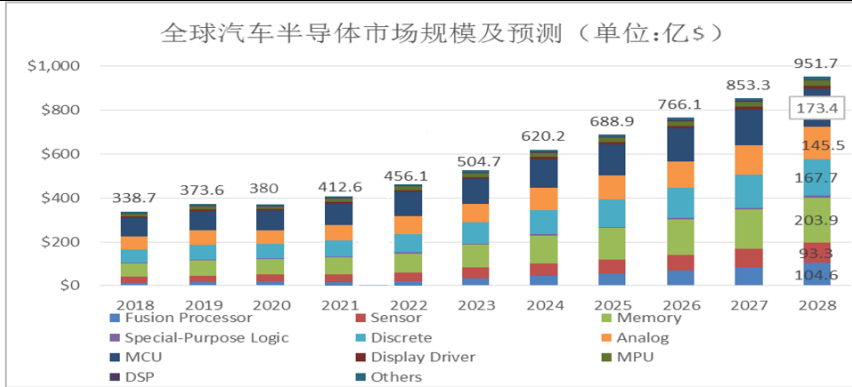


图 1.18 汽车芯片市场规模及组成

中国车载芯片应用初步产业链生态，行业依然相对分散，尚未形成合力，整体对外依赖度仍然较高：



图 1.19 Source: arm 中国 2020 市场分析

### 1.3.6 能源芯片

#### (1) 高效低耗化

在电源管理芯片领域电能转换效率和静态功耗永远是核心指标之一，更高的能量转换效率和更小的静态功耗也意味更低的器件发热量。

#### (2) 集成化

在汽车电子领域，单板尺寸小型化是在汽车轻量化发展背景下的一个发展趋势，一方面要求芯片级产品具有更小的封装、更少的外围器件，集成更多电源通道，采用软件配置而不是外围器件配置输出电压等，另一方面要求电源管理芯片和集成其他功能如看门狗、CAN收发器，这样整个电路系统的尺寸及线路复杂程度大大减小，改善了加工效率，降低了失效率，提高系统的长期可靠性；另一方面降低了整车 OEM 及 Tier1 的开发难度、研发周期和成本，提高利润率。

### (3) 智能化

随着系统功能越来越复杂，对电路的集成度、系统的功能安全、电源管理的可靠性等要求越来越高，电源管理芯片不再局限于电压转换及稳压功能，而是扩展到 CAN 收发器、IO 驱动，过流保护过热保护，功能安全机制等功能，使用方式更加灵活、性能更加可靠。

#### 1.3.7 安全芯片

智能网联汽车的信息安全成为整车企业合规性的重要要求之一，同时针对联网及智能化的安全风险，车企信息安全解决方案将成为标配，安全芯片作为解决信息安全的关键基础信任根，在车端的应用越来越普及。同时，汽车具有生命周期较长的特点，在安全芯片设计中需要考虑到汽车生命周期跨度内所可能面临的安全威胁。例如，在安全算法层面，部分欧美厂商开始兼容下一代加密算法与后量子加密，以应对未来可能面临的安全新威胁。

#### 1.3.8 汽车芯片发展趋势情况表

表 1.12 汽车芯片发展趋势表

芯片功能分类	类型	未来主要应用域【动力域、底盘域、智能座舱域、自动驾驶域和车身域】	对高级自动驾驶重要程度【高、中、低】	自主化难度【高、中、低】	备注
控制芯片	MCU	覆盖车身电子控制系统和车载电子信息系统	高	高	目前，车身电子控制系统对 MCU 的性能和可靠性要求高于车载电子信息系统用 MCU。但随着自动驾驶等技术发展，AI 算力需求的增强，车载电子信息系统 MCU 的性能和可靠性要求大幅度提高。
计算芯片	CPU	智能座舱域、中央计算	高	高	/
	GPU	自动驾驶域（辅助驾驶）	高	高	/
	DSP	自动驾驶域（辅助驾驶）	高	高	/
	FPGA	自动驾驶域（辅	高	高	/

		助驾驶)			
	NPU	自动驾驶域	高	高	/
感知芯片	车外视觉	自动驾驶域 (辅助驾驶)	高	中	图像传感器目前有国内厂商研发成功并推向市场, 对标国外优秀的厂商产品, 取其精华, 取其糟粕, 努力提高自身产品质量, 抓住先进技术, 实现突破。
	车外激光	自动驾驶域 (辅助驾驶)	高	中	由混合固态过渡到纯固态激光雷达是未来的技术发展路线, 短期专注于转镜、MEMS, 中长期转向OPA; 飞行时间 (ToF) 测距法处于行业主流地位, 未来随着FMCW激光雷达整机和上游产业链的成熟, 两者将并存。
	车外毫米波	自动驾驶域 (辅助驾驶)	高	高	CMO工艺取代SiGe工艺, 芯片高集成度 (多功能集成单芯片, 天线集成封装), 工作频率升高 (24GHz发展到77GHz/79GHz); 雷达系统向高集成低成本, 高精度高分辨率, 多维成像, 多传感器融合方向发展。
	车外超声波	自动驾驶域 (辅助驾驶)	中	中	AK1向AK2需求演进, 要求性能更好 (探测更远, 盲区更小, 回波更多, 高度分辨, 抗干扰), 功能安全, 波形编码。
	车外红外	自动驾驶域 (辅助驾驶)	中	中	/
	车内视觉	自动驾驶域 (辅助驾驶)	中	中	/
	车内语音	智能座舱域 (娱乐信息)	中	低	/
	车内红外	自动驾驶域 (辅助驾驶)	中	低	/
	IMU	自动驾驶域 (辅	高	中	未来发展需求: 高精

				助驾驶), 智能座舱域 (娱乐信息)			度, 小型化, 高集成, 高稳定性, 安全性。	
				智能座舱域 (娱乐信息)	低	低	指纹识别, 在车载领域的应用较少, 随着未来对车辆安全的需求增多, 应用逐渐增多, 对产品的稳定性, 检测准确率将大大提高。	
				智能座舱域 (娱乐信息), 自动驾驶域 (辅助驾驶)	高	低	技术方案成熟, 逐渐移植到主控芯片内部。	
				智能座舱域 (娱乐信息)	低	低	技术方案成熟。	
存储芯片	易失性存储器	SRAM		动力域 (安全)、底盘域 (车辆运动)、智能座舱域 (娱乐信息)、自动驾驶域 (辅助驾驶)	低	低	/	
		DRAM		智能座舱域 (娱乐信息)、自动驾驶域 (辅助驾驶)	高	低	/	
	Flash	NOR FLASH		车身域 (车身电子)	高	低	/	
		NAND FLASH		智能座舱域 (娱乐信息), 自动驾驶域 (辅助驾驶) 车身域 (车身电子)	高	低	/	
	非易失性存储器	ROM		动力域 (安全)、底盘域 (车辆运动)、车身域 (车身电子) 等	中	低	/	
		ROM	OTP		动力域 (安全)、底盘域 (车辆运动)、车身域 (车身电子) 等	中	低	/
			EPROM		动力域 (安全)、底盘域 (车辆运动)、车身域 (车身电	中	低	/



				子)			
通信芯片	车外	短距 10-15m	蓝牙芯片	座舱域（音箱、 通话、娱乐）	低	低	技术成熟应用广泛
			UWB	自动驾驶域（高 精度定位）	低	低	技术在持续演进中， 尚未大规模应用
			NFC	智能座舱域（无 钥匙进入等）	低	低	技术相对成熟，但在 汽车内尚未大规模应 用
		局域 15-100m		WIFI、 DSRC	低	低	WIFI 应用较多， DSRC 尚处于技术验证阶段
		蜂窝 >100m		4G/5G	高	中	技术成熟
		卫星		GPS/北斗	高	中	技术成熟
	车内	有线	以太	满足 100-1000M 及以上速率的车 内大数据通信能 力	高	低	技术成熟
			CAN	常规车身数据通 信	高	中	技术成熟应用最广
			FLEXRAY	10M 车内通信， 目前汽车行业应 用规模不大	高	低	有望被新技术替代
			MIPI	满足最高 80M-1G 速率的通信接 口，主要适合信 息显示类应用	高	低	在车内应用较少
		无线	蓝牙	同上，应用于座 舱域	低	低	技术成熟
			UWB	主要应用于自动 驾驶域，适合无 GNSS 的高精度定 位场景	低	低	尚未大规模应用在汽 车内
			星闪	通信距离 10-100 米，应用于座舱 域，用于车身非 动力控制类数据 传输，比如灯 光、娱乐等	低	高	标准已发布，芯片尚 未发布
			NFC	智能座舱域（无 钥匙进入等）	低	低	技术成熟，安全性较 差
	能源芯片	LDO		整车所有功能域	高	高	/
DCDC							
PMU							
BMS							
IGBT		动力域	高	中			

安全芯片	独立安全芯片	通用	高	中	/
	集成式安全芯片	通用	高	高	/

## 2 汽车芯片产业链现状

### 2.1 汽车芯片产业链现状

据统计，2019年，全球汽车芯片市场规模约为475亿美元，但我国自主汽车芯片产业规模不到150亿元，目前中国汽车芯片自给率不足5%，九成以上汽车芯片依赖进口，其中先进传感器、车载通信网络、三电系统、底盘电控、车载计算芯片等关键系统芯片基本为国外垄断，我国自主汽车芯片多用于车身电子等简单系统。当前全球汽车缺芯背景下，MCU控制芯片最为紧缺。与此同时，我国汽车产业规模占全球市场达30%以上。汽车芯片占比与汽车产业占比存在巨大差距。

从一辆汽车单车芯片成本均值看，2019年芯片成本约400-600美元/车，2022年将达到600-1200美元/车左右。预计2022年我国汽车市场至少达2500万辆以上，由此估算我国汽车芯片市场可达150-300亿美元，成为千亿级市场，约占全球市场规模的20%-40%，甚至更高。

汽车芯片产业链大致如下图所示。其中，汽车电子芯片的上游是半导体制造，包括半导体材料（如：硅晶圆、光刻胶等）、半导体设备（如：单晶炉、光刻机）、算法IP（如：神经网络，接口IP）、开发工具（如：EDA，编程工具等）；中游包括芯片设计、晶圆制造、封装测试三个关键环节，按应用领域可分为应用处理器（AI，MCU等）、感知芯片、功率半导体及分离器件；下游应用细分领域包括传统汽车功能、智能汽车、新能源汽车等。

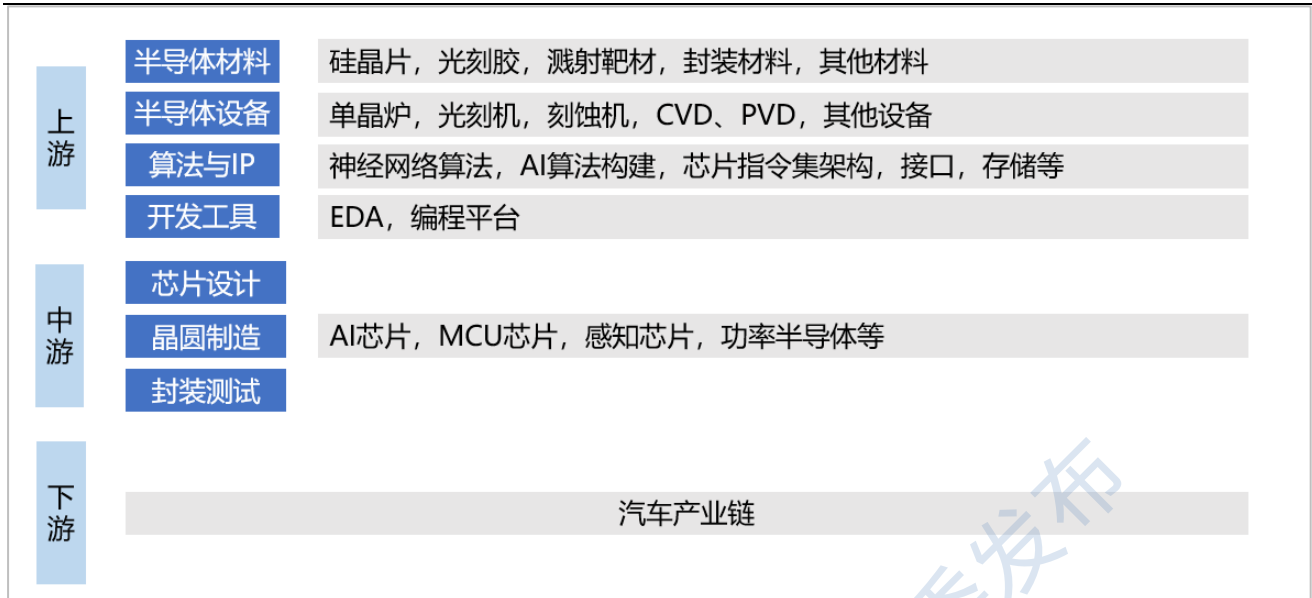


图 2.1 汽车芯片产业链结构图

传统汽车电子芯片主要适用于发动机控制、车身电池管理、车载娱乐控制等局部功能。从中游市场结构来看，MCU细分领域及功率半导体细分领域的份额占比相近，都是目前汽车使用的关键电子芯片。另外，传感器芯片也占有一定份额，在多个汽车系统中都有相应的传感器应用，对传感器芯片的需求较大。在全球汽车芯片类别分布中，全微处理器占比达30%，其次是模拟电路，占比为29%，传感器和逻辑电路占比分别为17%和10%。2019年我国MCU市场规模超250亿元。

随着辅助驾驶等功能的进一步应用，MCU芯片的需求将不断扩大，市场规模也将保持增长。预计2020年我国MCU芯片市场规模将近270亿元，到2022年将突破300亿元。

同时，随着智能网联汽车的不断发展，车联网、自动驾驶技术在汽车中的应用越来越广泛，对汽车电子芯片的要求更高，这带动了相应的智能芯片发展。同时，新能源汽车的推广也对IGBT等功率半导体市场带来大量需求。在半导体材料方面，全球硅片市场被海外企业所垄断，2019年前5大厂商（日本信越、日本胜高、台湾环球晶圆、德国世创、韩国SK Siltron）总市场份额超过90%。我国硅产业集团控股子公司上海新昇12英寸大硅片2017年实现量产，达成从“0”到“1”的突破。在半导体设备方面，全球光刻机市场的主要企业为荷兰ASML、尼康、佳能三家。2019年荷兰ASML ArFi光刻机市占率达88%，KrF光刻机市占率大71%，EUV光刻机市占率100%，完全垄断了整个市场。国内上海微电子（SMEE）目前只能达到90nm制程，且主要用于IC的后到封装和面板领域；但2020年6月初，上海微电子宣布将在2021-2022年交付第一台28nm工艺的国产浸入式光刻机，国产光刻机有望实现突破。在

**晶圆制造方面**，龙头企业为台积电、Intel、三星等。2019年28nm以下制程的营收TOP5厂商合计应收全球占比约44%，其中国内企业中芯国际排名第五，是国内技术最先进、规模最大的晶圆代工企业。**在晶圆设计方面**，随着芯片制造投资规模日趋增长，垂直一体化芯片制造商越来越少，垂直分工模式逐渐成为行业主流。其中，集成电路设计行业处于集成电路产业链的最上游，对芯片的性能、功能和成本等核心要素起着至关重要的左右。2018年我国IC设计公司营业收入TOP5分别为海思、紫光展锐、北京豪威、中兴微电子、华大半导体。**在晶圆的IP设计方面**，半导体IP授权属于半导体设计的上游。IP主要分为软IP、固IP和硬IP。软IP是用Verilog/VHDL等硬件描述语言描述的功能块，不涉及具体电路元件。固IP是以电路元件实现的功能模块。硬IP提供设计的最终阶段产品—掩膜。IP授权的出现源自半导体设计行业的分工，设计公司无需对芯片每个细节进行设计，通过购买成熟可靠的IP方案，实现某个特定功能。目前主要IP供应商仍然以国外IP供应商为主，包括Synopsys, Cadence, ARM, 及Rambus等。在处理器IP方面，有平头哥，苏州国芯，龙芯等传统供应商，主要集中在基于私有架构的中低端性能处理器的提供，受到生态体系的限制，一直发展缓慢。随着RISC-V处理器架构的开放，国内出现了多个新兴的国产CPU IP供应商，如芯来科技，传统处理器IP供应商也加入了RISC-V的阵营，如平头哥，初步实现了处理器IP的国产化。在接口IP方面，如芯动科技，纳能科技，灿芯等实现了接口IP的国产化。2019年全球半导体IP市场规模达到50亿美元，年复合增长率8.4%。预计到2027年达到101亿美元市场规模。由于其总体规模在半导体行业中的交易额占比较低，一直未引起足够重视，在各个标准定义，准入设计等领域一直缺少下沉到IP级别的相关标准。**在芯片封测方面**，先进封测包括两个方向：晶圆级封装（FOWLP）向上游芯片整合，即模糊晶圆制造和封测之间的分界，上游代工厂切入市场；SiP封装向下游模组整合，模糊封测和EMS组装之间的界限，下游模组厂切入市场。2019年全球封测市占率排行中，国内的长电科技排名第三，市占率达11.3%。

整体上下游产业链的企业分布如下图：



图 2.2 汽车芯片上下游产业链企业分布图

当前我国汽车芯片产业链主要企业仍然以国外技术产品为主，近年国产企业积极布局，尤其在人工智能芯片设计领域取得了较好成绩，列表如下：

表 2.1 汽车芯片产业链主要企业分布表

汽车芯片产业链主要企业	
技术领域	企业名称
操作系统	Andior, AliOS, 鸿蒙 OS, Ubuntu, AGL, Vxworks, ROS, Integrity, ACRN, Apex.ai, SYSGO, OpenSynergy, Elektrobit, Blackberry, alphabet, Microsoft, 小鹿 os, 蘑菇 os, 博泰, 诚迈科技, 中科创达, 梧桐车联, 科大讯飞
域控制器	TTTech, 大陆, 安波福, 麦格纳, 松下, 博士, 百度, 华为, 东软, 伟世通, 弗吉亚, 维宁尔, 布谷鸟, 德赛西威, 环宇智行, 知行科技, 宏景智驾, 航盛电子, 经纬恒润, 均联智能
IGBT (绝缘栅双极型晶体管)	英飞凌, 赛米控, 富士电机, 三菱电机, 安森美, 意法半导体, 瑞萨, 比亚迪, 斯达半导体, 中车时代, 宏微科技, 中科君芯, 华微电子, 华虹宏力, 士兰微
汽车线束和连接器	中航光电, 德国锐拓, 福斯汽车, 泰科电子
ADAS 芯片	NXP, Mobileye, Movidius, altera/英特尔, 高通, 德州仪器, Nvidia 英伟达, 特斯拉 地平线, 华为, 黑芝麻智能, 芯驰科技, 寒武纪, 四维图新,
FPGA 芯片	赛灵思, 英特尔, 英特尔 Altera, Lattice, 紫光同创, 复旦微, 国微, 安路科技, 高云半导体
网关	FEV, TTTech, 博世, 李尔, 德国迈隆, 联合汽车电子, 经纬恒润
网关芯片	NXP, 英飞凌, 瑞萨, 意法半导体, 德州仪器
OTA	Excelfore, Airbiquite, Windriver 大陆, 安波福, 博世, 东软, 博泰, 有为信息, 中科创达
AutoSAR 软件	KPIT, WindRiver, Elektrobit, Vector, 西门子, 普华软件, 东软睿驰, 经纬恒润, 塔塔汽车, 速码科技
线控底盘	JTEKT, 大陆, 博世, 伯特利, 万都, 英创汇智
数字钥匙	NXP, 博士, 意法半导体, 捷德, 艾迪德, 博泰, 华为

汽车云服务平台	AWS, 华为, 百度, 阿里, 腾讯, 微软
无线通信模组	u-blox, Telit, 华为, 高新兴物联, 美格智能, 广和通, 金雅拓
存储	美光, 海力士, 东芝 长江
电动马达	NXP, TI, 瑞萨, 英飞凌, 博世, Denso
灯控	安森美, NXP
电池管理	英飞凌, ST, 东芝,
通用模拟器件	NXP, 瑞萨, Omnivision, ST
车载娱乐系统	TI, NXP, Renesas, ST, Fujitsu, 德赛西威, 华阳集团, 均胜电子
<b>上游</b>	
IP	处理器 ARM 中国, 新思科技, 芯来科技, 平头哥, 赛昉中国
	无线 IP Cadence, 新思, Rambus 及 Mentor Graphics
	存储 IP 新思,
	安全 IP Rambus, ARM, 新思, OSR
设计公司	设计服务型: 芯原, 灿芯, 国奇
流片	中芯国际, 华虹半导体, 华润微电子, 联华电子
封测	日月光, 安靠, 通富微电, 华天科技, 长电科技, 利扬芯片, 深圳凯意, 根派

规模不断增长的汽车芯片行业，被国际巨头所垄断，对台积电等上游制造企业的依赖有较大差异。汽车芯片可分为控制类（MCU 和 AI 芯片）、功率类、传感器和其他，从燃油车到 BEV，市场基本被国际巨头所垄断。MCU 的制程普遍在 40nm 以下，不同 MCU 来自不同供应商，通常为代工模式，台积电占有所有汽车 MCU 约 70% 的市场份额；功率类制程在 90nm 以上，生产模式以 IDM 为主（厂商自己设计和生产），现在部分产品逐步开始国产替代。

目前我国缺乏符合车规要求的生产线，制程状况如下：

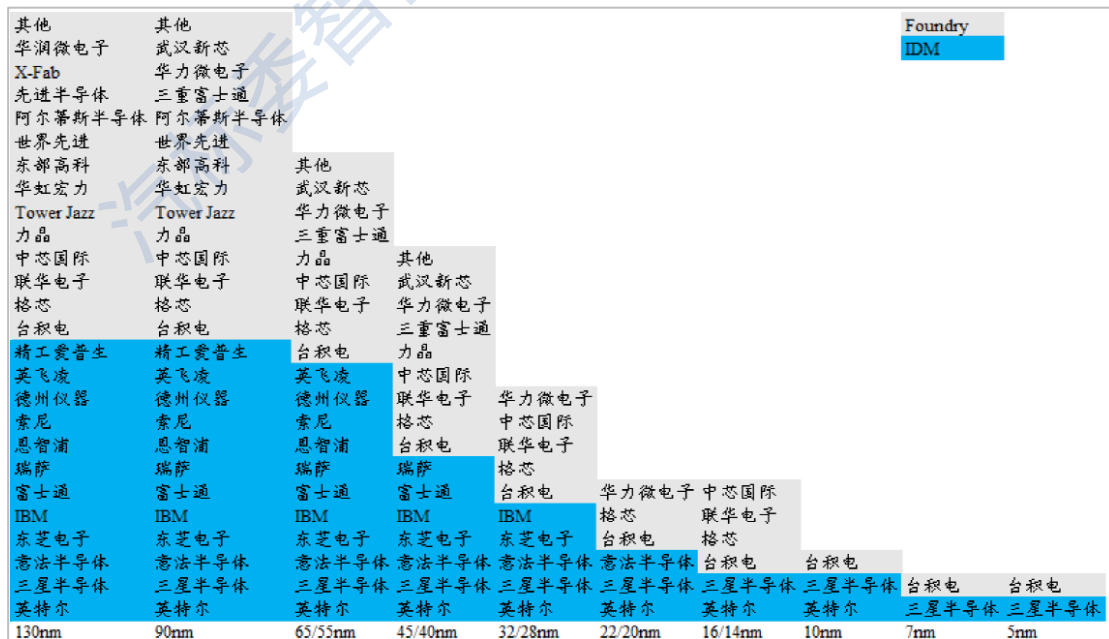


图 2.3 汽车芯片生产线现状图

可见在 MCU 级别，有机会实现大规模国产化替代，然而在需要先进制程的 AI 芯片部分，制造主要依赖于台积电等企业的垄断，供应链存在较大不确定性。

全球车规级 MCU 主要供应商均为欧美企业，前五位有：

公司	中文	成立时间(年)	国家	主营产品
Renesas	瑞萨电子	2003	日本	32 位 MCU
NXP	恩智浦	2006	荷兰	8、16、32 位 MCU
Infineon	英飞凌	1999	荷兰	8、16、32 位 MCU
Cypress	赛普拉斯	1982	美国(2019 年被英飞凌收购)	8、16、32 位 MCU
TI	德州仪器	1947	美国	8、32 位 MCU
Microchip	微芯	1989	美国	8、32 位 MCU
STMicroelectronics	意法半导体	1988	瑞士	32 位 MCU

我们目前实现量产车规级 MCU 的主要企业：

名称	简介
上海芯旺微电子	国内车规级 MCU 龙头，专注基于自主 IPKungFu 内核研发高可靠、高品质 8 位 MCU、32 位 MCU&DSP 的高新技术企业。截至 2020H1，已经推出接近 30 款车规级 MCU，涵盖 8 位和 32 位，产品应用覆盖车身控制、汽车电源与电机、汽车照明、仪表辅助与车联网、雷达等汽车前装应用场景。
杰发科技	四维图新子公司，2018 年 12 月推出了首颗车规级车身控制 MCU 芯片 AC781x 系列(32 位 MCU)。
赛腾微电子	2019 年 7 月宣布针对汽车 LED 尾灯流水转向灯而量身定制的主控 MCU 芯片 ASM87F0812T16CIT 已通过国内知名汽车厂家一系列上车测试认证，出货量超百万颗。
比亚迪	2018 年推出第一代 8 位车规级 MCU 芯片，适用于车身控制等领域 2019 年推出第一代 32 位车规级 MCU 芯片，批量装载在比亚迪全系列车型上 比亚迪半导体的车规级 MCU 装车量已超过 500 万颗，搭载了超 50 万辆车

供给端汽车芯片以成熟制程为主，成熟制程本身供给弹性小，汽车需求在芯片中占比较低，议价能力偏弱，在其他行业需求旺盛时芯片供应商较难快速把产能像汽车芯片切换，叠加日本、美国等部分产能遭受自然事件影响，供给上较难快速提升产量。而汽车 MCU 类通用性偏弱，同时主要以台积电代工生产的模式为主，受影响相对较大，缺货现象预计将持续 2-3 年时间。

在车规 AI 芯片方面，我国在算法实现，芯片设计领域处于国际领先地位，但制造部分严重依赖台积电等极少数上游制造企业。

表 2.2 主要车规级 AI 芯片情况表

厂商	产品名称	处理器	算力	功率	单位功耗	制程
特斯拉	FSD	ARM A72	72	72	1	14nm
Mobieye	Eye Q4	MIPS 5150	2.5	3	0.83	28nm
	Eye Q5	MIPS I6500	12	5	2.4	7nm

英伟达	Drive Xavier	8 核 Carmel 架构核心	30	30	1	12nm
	Drive AGX Orin	12 核 Arm Hercules CPU	200	75	2.67	7nm
华为	Ascend 310	8 核 A55	16	8	2	12nm
地平线	征程 2	2 核 A53	4	2	2	28nm
	征程 3	4 核 A53	5	2.5	2	16nm
	征程 5	8 核 A55	128	-	-	16nm

## 2.2 中国车载芯片产业机遇

2020 年末以来，汽车行业缺芯潮愈演愈烈，芯片断供带来的停工、减产已经成为困扰汽车制造商的首要问题。从 2021 年以来，大众、丰田、本田等汽车企业都因芯片短缺出现过短暂停产。据不完全统计，因芯片短缺，在 3 月份公告减产或停产部分生产线的车企已达 9 家。此次缺芯的背后，主要有以下两点原因：

**一是智能化背景下汽车芯片供需矛盾。**需求方面，随着智能驾驶技术的高速发展，芯片被广泛应用于环境感知、决策控制、网络通信、人机交互、电气电力等领域，车规级芯片单车需求量增加。公开资料显示，传统燃油车 ECU 单车需求量在 70-150 个之间，而智能汽车 ECU 单车需求量已达 300 个以上。供给方面，汽车芯片在半导体产业占比不足 10%，且投入周期长、导入难度大，收益率较低，半导体产业对于汽车芯片生产积极性不高。随着 7nm、5nm 等先进制程不断突破，汽车半导体所需 45nm、28nm 等成熟产线相应缩减。高速增长的需求与缓慢增长的供给使得近年来汽车芯片频繁紧缺。

**二是疫情背景下半导体应用市场超预期走势。**汽车市场方面，2020 疫情爆发初期，整车厂缩减产销预期，同步传导至上游半导体订单缩减，以订单规划产能的汽车半导体制造商维持相对较低库存。但随着疫情逐步稳定，汽车市场销量呈现超预期“V 型”反弹，使得芯片供应链出现错配。消费电子市场方面，受疫情期间“居家隔离”等政府管控措施影响，消费类电子及互联网行业对于芯片的需求强劲，市场驱动车规级芯片半导体原材料产能向高利润产品所需的消费级芯片倾斜。

中国汽车产量占全球约 30%，是车规级芯片需求最大的市场之一，且基本依赖进口，未来国产替代空间巨大。



2020年发改委发布的《智能汽车创新发展战略》指出，中国计划在2025年实现有条件自动驾驶汽车规模化生产，高度自动驾驶汽车在特定环境下市场化应用。汽车的智能化发展将提升半导体价值空间，带动产业链价值分布向两端迁移，芯片等智能驾驶相关核心零部件价值将不断提高。当前我国汽车产业链的芯片自给率不足10%，在智能驾驶技术高速发展及此番危机影响下，国内芯片及汽车制造商已意识到关键技术自主可控的重要性，龙头车企已经与优质供应商整合资源、积极布局车规级芯片研发。继比亚迪、上汽、吉利自研芯片后，2020年北汽宣布自研车用芯片，长安、奇瑞、小鹏等也相继布局车载芯片研发。

未来，我国汽车电子芯片行业前景广阔：

**(1) 政策驱动力度加大。**从政策层面来看，近年来，国家各部门相继推出了一系列优惠政策、鼓励和支持集成电路行业发展。国家相关政策的陆续出台从战略、资金、专利保护、税收优惠等多方面推动半导体行业健康、稳定和有序的发展。2020年9月，国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部等四部门联合印发了《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》，提出加快新材料产业强弱项。围绕保障大飞机、微电子制造、深海采矿等重点领域产业链供应链稳定，加快在光刻胶、高纯靶材、高温合金、高性能纤维材料、高强高导耐热材料、耐腐蚀材料、大尺寸硅片、电子封装材料等领域实现突破。半导体行业作为国民经济支柱性行业之一，是信息技术产业的重要组成部分，是支撑经济社会发展和保障国家安全的战略性、基础性和先导性产业，其发展程度是衡量一个国家科技发展水平的核心指标之一，属于国家高度重视和鼓励发展的行业，未来将继续得到政策的支撑、扶持，这为汽车电子芯片行业提供了良好的发展环境。

**(2) 产业链布局引起国家高度重视。**2月26日，工业和信息化部电子信息司和装备工业一司主办、中国汽车芯片产业创新战略联盟、国家新能源汽车技术创新中心承办的汽车半导体供需对接专题研讨会暨《汽车半导体供需对接手册》发布活动在北京举行。《手册》明确支持企业持续提升芯片供给能力，加强供应链建设。3月24日工信部在召开汽车芯片供应问题研讨会中也指出，汽车芯片是关乎产业核心竞争力的重要器件，是汽车强国建设的关键基础，需要统筹发展和安全，提升全产业链水平。强调要加紧长远战略布局，统筹传统车用芯片以及电动化、网联化、智能化发展需求，强化应用牵引、整机带动，加强核心技术攻关，完善技术标准规范，提升测试验证能力，推动产业链供应链安全稳定发展。工信部对汽车芯片的一再表态，足见高层对相关产业的重视程度。

**(3) 国产替代需求强烈。**我国芯片自给率较低，作为芯片消费大国，迫切需要改变半导

体行业落后局面，强化我国的芯片产业链，推进汽车半导体持续健康发展。目前我国的芯片尚处在起步发展阶段，需要强有力的政策推动国产化替代进程，并引导良性市场发展。从长期来看，产业需要调整供应链结构，以应对汽车芯片需求的快速增长，其中，供应链、产业链的自主可控，有望使我国的汽车工业不再为“缺芯”而苦恼。

**(4) 摩尔定律即将接近极限。**从技术层面来看，半导体行业经过近六十年的发展，目前已经发展形成了三代半导体材料。第三代半导体材料是宽禁带半导体材料，其中最为重要的就是 SiC 和 GaN。和传统半导体材料相比，更宽的禁带宽度允许材料在更高的温度、更强的电压与更快的开关频率下运行。SiC 具有高临界磁场、高电子饱和速度与极高热导率等特点，使得其器件适用于高频高温的应用场景，相较于硅器件，可以显著降低开关损耗。因此，SiC 可以制造高耐压、大功率电力电子器件如 MOSFET、IGBT、SBD 等，用于智能汽车、新能源汽车等行业。

**(5) 新能源汽车带来的新机遇。**从市场层面来看，下游市场带来强劲需求。新能源汽车的推广势在必行，未来也将继续大力发展。与庞大的机动车保有量相比，新能源汽车占比仍有很大的发展空间，随着新购、更换等需求推动，新能源汽车的保有量也将进一步提升，这将为 IGBT 等功率半导体带来需求。

**(6) 智能网联带来的新机遇。**智能网联汽车的推出为半导体制造商提供了一个绝佳的机会，这些半导体制造商能够开发更高水平的自动驾驶汽车的系统，并利用 ADAS 市场中涵盖 SAE L1 级和 L2 级自动化的专业知识。传统的半导体，新进入者，一级制造商和 OEM 厂商都在为新兴的自动驾驶汽车市场投资半导体解决方案。随着更高级别的自主性得到支持，汽车行业期望看到半导体处理需求的显著增加，使得支持 L2 级至 L3 级系统的核心处理器的成本可能在数十美元之内，而支持 L4 级或 L5 级系统的处理器可能会花费数百甚至上千美元。大多数自动驾驶计算的最新设计都是基于中央处理器和人工智能模块的 CPU + GPU（并行处理）+ ISP（图像处理）+ CNN（深度学习神经网络）内核的组合。这些核心芯片组将支持传感器融合，图像处理并遵循驾驶策略来控制车辆。人们也普遍认为，要支持 4 级和 5 级自动驾驶，将需要更多的 AI 处理，因为自动驾驶系统必须处理极端情况，在 5 级自动驾驶的情况下，则必须在所有条件下处理所有驾驶情况。随着时间的流逝，这为更多的专家和优化的自动驾驶解决方案和处理器架构打开了进入市场的可能性。但是，在开发全自动驾驶系统和所需处理器方面需要大量资源投资。

### 3 汽车芯片技术要求

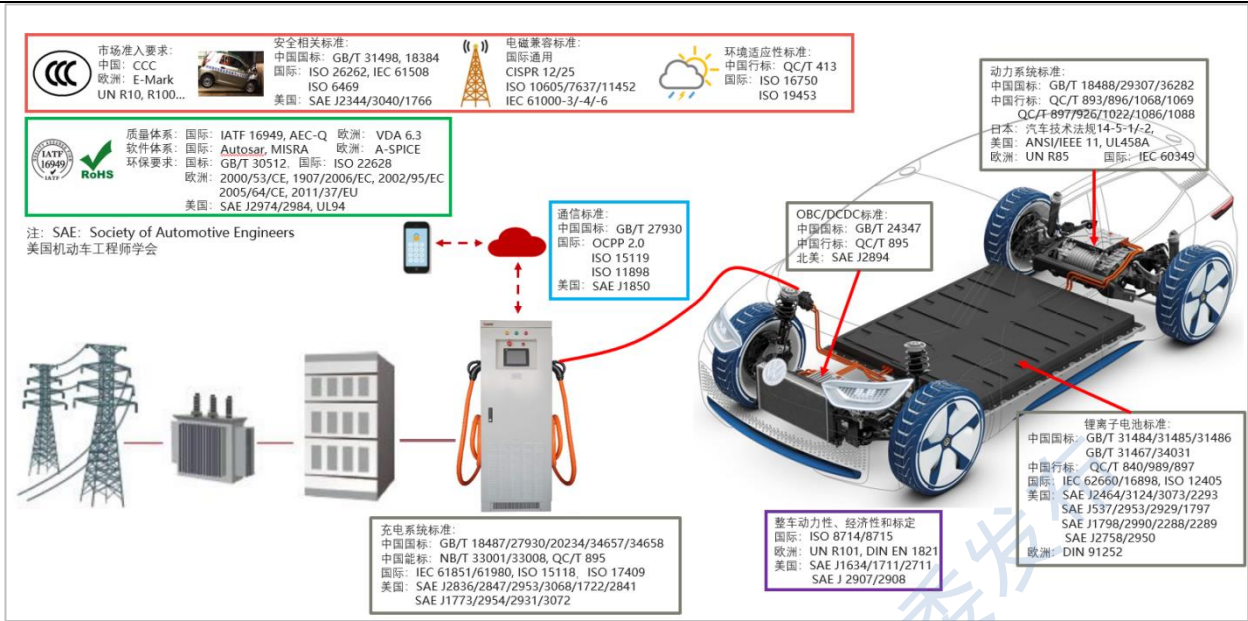


图 3.1 芯片行业车规级全景图

### 3.1 环境温度等可靠性指标

表 3.1 汽车芯片环境温度可靠性指标表

等级	范围要求	测试时间
0	-40° C—150° C	150° C —1000 小时, 175° C—408 小时
1	-40° C—125° C	125° C —1000 小时, 150° C—408 小时
2	-40° C—105° C	105° C —1000 小时, 125° C—408 小时
3	-40° C—85° C	85° C —1000 小时, 105° C—408 小时

### 3.2 功能安全指标

参照 ISO 26262 和 GB/T 34590:

安全等级 ASIL 按照三个维度进行具体评估, 严重性、暴露性和可控性。

严重性, 用 SX 表示, 4 个等级, S0 无伤害; S1 轻伤; S2 重伤; S3 致命伤害;

暴露性, 用 EX 表示, 5 个等级, E0 是几乎不可能暴露于危险中, E4 是可能性极高。

可控性, 用 CX 表示, 4 个等级, 最低 C0 可控, 最高 C3 几乎不可控。

ASIL 等级分为 A、B、C、D 四个等级, ASIL A 是最低的安全等级, ASIL D 是最高安全等级。除了这四个等级 QM 表示与安全无关。评估结果范例表格如下表所示。

表 3.2 汽车芯片功能安全等级评价表

严重度	暴露率	可控性		
		C1	C2	C3

S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

### 3.3 信息安全指标

参照 CC EAL、ISO15408 或 GB/T 22186:

Assurance Class	Assurance Family	Assurance Components by Evaluation Assurance Level						
		EAL1	EAL2	EAL3	EAL4	EAL5	EAL6	EAL7
	ADV_ARC		1	1	1	1	1	1
	ADV_FSP	1	2	3	4	5	5	6
Development	ADV_IMP				1	1	2	2
	ADV_INT					2	3	3
	ADV_SPM						1	1
	ADV_TDS		1	2	3	4	5	6
Guidance documents	AGD_OPE	1	1	1	1	1	1	1
	AGD_PRE	1	1	1	1	1	1	1
	ALC_CMC	1	2	3	4	4	5	5
	ALC_CMS	1	2	3	4	5	5	5
Life-cycle support	ALC_DEL		1	1	1	1	1	
	ALC_DVS			1	1	1	2	2
	ALC_FLR							
	ALC_LCD			1	1	1	1	2
	ALC_TAT				1	2	3	3
	ASE_CCL	1	1	1	1	1	1	1
	ASE_ECD	1	1	1	1	1	1	1
Security Target evaluation	ASE_INT	1	1	1	1	1	1	1
	ASE_OBJ	1	2	2	2	2	2	2
	ASE_REQ	1	2	2	2	2	2	2
	ASE_SPD		1	1	1	1	1	1
	ASE_TSS	1	1	1	1	1	1	1
	ATE_COV		1	2	2	2	3	3
Tests	ATE_DPT			1	1	3	3	4
	ATE_FUN		1	1	1	1	2	2
	ATE_IND	1	2	2	2	2	2	3
Vulnerability assessment	AVA_VAN	1	2	2	3	4	5	5

图 3.2 CC 安全等级评价图

表 3.3 安全芯片评估保障等级表

安全功能类	安全功能组件	编号	备注		
			EAL3+	EAL4+	EAL5+
FCS 类：密码支持	FCS_CKM.1 密钥生成	1	√	√	√
	FCS_COP.1 密码运算	2	√	√	√
FDP 类：用户数据保护	FDP_ACC.1 子集访问控制	3	√	√	√
	FDP_ACF.1 基于安全属性的访问控制	4	√	√	√

安全功能类	安全功能组件	编号	备注		
			EAL3+	EAL4+	EAL5+
	FDP_IFC.1 子集信息流控制	5	√	√	√
	FDP_ITT.1 基本内部传送保护	6	√	√	√
	FDP_SDI.1 存储数据完整性监视	7	○	√	N/A
	FDP_SDI.2 存储数据完整性监视和行动	8	○	○	√
FIA 类：标识和鉴别	FIA_UAU.1 鉴别的时机	9	○	√	√
	FIA_AFL.1 鉴别失败处理	10	○	√	√
FMT 类：安全管理	FMT_LIM.1 受限能力	11	√	√	√
	FMT_LIM.2 受限可用性	12	√	√	√
	FMT_MSA.1 安全属性的管理	13	√	√	√
	FMT_MSA.3 静态属性初始化	14	√	√	√
	FMT_MTD.1TSF 数据的管理	15	√	√	√
	FMT_SMF.1 管理功能规范	16	√	√	√
	FMT_SMR.1 安全角色	17	√	√	√
FPT 类：安全功能保护	FPT_FLS.1失效即保持安全状态	18	√	√	√
	FPT_ITT.1内部 TSF 数据传送的基本保护	19	√	√	√
	FPT_PHP.3 物理攻击抵抗	20	√	√	√
	FPT_TST.1 TSF 测试	21	○	√	√
	FPT_RPL.1 重放检测	22	○	√	√
FRU：资源利用	FRU_FLT.2 受限容错	23	√	√	√

### 3.4 关键性能指标

计算集中化趋势加速，催生车载 AI 芯片与中央计算机，车载 AI 芯片支持显示输出、感

知、融合、定位、决策、控制等多种任务，支撑起 L2-L4 级视觉感知及信息融合。这类芯片需要满足 ISO26262 ASIL-B 以上功能安全等级的要求，并且符合 AEC-Q100 规范，对算力、功耗、可靠性以及延时性等都有非常严苛的要求，相应的设计研发、制造、封装、测试和认证流程，周期长，开发难度和认证难度极大。从产品研发到最终量产上车，是典型的硬科技，长赛道竞争。车载 AI 芯片通常为 SoC 处理器，包含多个异构计算单元，为软件多样性及功能、应用场景升级留出空间，主要功能包括：

表 3.4 关键性能指标表

作用	车载应用服务器，实现业务逻辑
网联功能	连接边缘侧和云端
操作系统	Adaptive AUTOSAR + Classic AUTOSAR + POSIX OS
软件架构	基于 Adaptive AUTOSAR 的 SOA 架构
硬件架构	多颗 SOC 芯片，包括负责 AI 加速的 ASIC
AI 算力	>300 TOPS（车载）+ Cloud
逻辑算力	250k - 500k DMIPS
视觉感知处理	大规模 AI 并行计算，专门用于处理多路感知系统的摄像头数据，通常由 ASIC 构成，能效比超过 1TOPS/W
高性能通用计算	大数据量的逻辑计算，支持传感器融合（激光雷达，图像雷达，摄像头等），路径规划和决策，通常由高性能 CPU 构成，实现业务逻辑，连接边缘侧和云端
通用 AI 加速	处理各类传感器数据，多模态融合数据等
通用图形加速	处理 AR-HUD，中控大屏显示、虚拟仪表等
通信	具备多个千兆以太网接口
安全	功能安全：满足功能安全等级要求（ISO26262 ASIL B），作为风险缓解措施，覆盖系统失效情况下的安全隐患，同时，具备基于硬件的数据加密能力 预期功能安全：覆盖基于非系统失效导致的安全隐患（ISO21448） 网络安全：合理保障车辆和系统的网络安全（ISO21434）
可靠性	缺陷率低于 10PPM；工作温度满足 -40°C-125°C；工作寿命至少 10 年；通过 AEC-Q100 整体测试
质量要求	质量管理体系：ISO9001:2015 长周期的体系支持：20 年

### 3.5 不同种类芯片的技术指标

下表以不同种类汽车芯片的分类方式，分析了芯片的技术要求：

表 3.5 汽车芯片标准技术指标表

芯片功能分类	应用场景	环境温度要求	功能安全等级要求	信息安全需求	关键指标
MCU	动力域	1	D	高	性能：主频、RAM 和 FLASH 容量、采样通道数、采样率、采样精度、睡眠功耗
	底盘域	2	D	高	性能：主频、RAM 和 FLASH 容量、采样通道数、采样率、采样精度、睡眠功耗
	智能座舱域	2	B、C	中、高	性能：主频、RAM 和 FLASH 容量、采样通道数、采样率、采样精度、静态功耗
	自动驾驶域	2	D	中、高	性能：主频、RAM 和 FLASH 容量、采样通道数、采样率、采样精度、静态功耗
	车身域	3	QM	低	性能：主频、RAM 和 FLASH 容量
计算芯片	动力域	/	/	/	/
计算芯片	底盘域	/	/	高	/
计算芯片	智能座舱域	2	QM、B	高	算力
	自动驾驶域	2	B、C	高	CPU 运算能力：10K DMIPS~200K DMIPS 算力（int8）：4~200TOPS 算力部分对应功耗 < 0.5W/TOPS 视频接入处理能力 ≥ 8 路 1080P30fps
	车身域	/	/	/	/
感知芯片	CIS	GRADE2/ GRADE1	QM/B	/	分辨率：2M~4M 支持宽动态、低照度、抗闪抑制、集成 ISP 体积 < 25mm*25mm
感知芯片	摄像头	GRADE 2	B 以上	/	HDR 140db 以上 LFM>140db 以上 帧率 60fps 以上
存储芯片	RAM 和 ROM	GRADE 2	QM/B	/	接口带宽 容量 寿命



通信芯片	短距、局域、远距	GRADE 1	B 以上	/	支持接口带宽支持的协议
能源芯片	一级电源供电	GRADE 1	D	中、高	/
安全芯片	独立安全芯片和安全模块	GRADE 2	/	高	主频、RAM、FLASH 容量、功耗、数据保持时间、擦写寿命、算法种类和性能、安全强度

## 4 标准适用性分析

### 4.1 标准现状

#### 4.1.1 直接相关标准

##### (1) 功能安全

**IEC 61508 《Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems》**

IEC61508 《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》，由国际电工委员会在 2000 年 5 月正式发布。是关于电气、电子、可编程电子安全相关系统的功能安全通用标准和基础安全标准。它规定了常规系统运行和故障预测能力两方面的基本安全要求。这些要求涵盖了一般安全管理系统、具体产品设计和符合安全要求的过程设计，其目标是既避免系统性设计故障，又避免随机性硬件失效。各工业领域包括 ISO26262 是基于 IEC61508 的要求建立的功能安全标准。

#### **ISO 26262 《Road vehicles — Functional safety》**

ISO26262 是基于 IEC 61508 功能安全标准在汽车领域的细化。标准成文时间较晚（2011 年第一版，2018 年第二版），因此，积累了更多的工程实践，内容相对更加完善。例如：IEC61508 未对管理跨多个组织和供应链的开发提出特定要求，ISO26262 明确地提出了这个问题，并给出了明确要求：开发接口协议（DIA）。

在 ISO 26262-2011 版本，没有直接包含半导体部分，但是在第十章《part10 附录 A：微控制器 MCU 功能安全开发示例》中对增加了一个控制类芯片的功能安全开始的实例。为了满足汽车半导体对功能安全的需求，在 2013 年，ISO 针对芯片功能安全的实施过程做了针对性部署，成立了 ISO/PAS 19451 《Application of ISO 26262:2011-2012 to semiconductors》（《ISO 26262 对半导体的应用指南》）对半导体部分进行补充，2016 年定稿。在 ISO 26262-2018 版本中，对 ISO/PAS 19451 进行了引用，成为现在的 ISO 26262-2018 中的第十一章。

其中失效率的计算是参照 SN29500, IEC61709 等标准来进行的。

ISO 26262-2018 明确了半导体的安全的内容, 例如要对复杂芯片进行模块化分析, 定义了供应商和集成商的角色定位, 以及如何把整个芯片作为一个 SEooC 来开发 (即独立安全单元, 不考虑具体应用环境), 同时指出了厂商需要提交的文档, 相关方的接口和责任。

ISO 26262-2018 介绍了半导体的安全分析方法, 对如何计算半导体失效率、失效分析、安全机制等都做了详细解释, 比起第一版的内容结构, 新版标准更具实用性, 同时也提出了更多要求, 比如, 开发人员除了需要考虑安全需求, 还需要完成 FMEA、FMEDA、安全机制设计、故障注入与仿真、FTA、DFA 以及相关的变更管理与影响分析等。

### GB/T 34590 《道路车辆功能安全》

GBT 34590-2017 是汽标委对 ISO 26262-2011 翻译转化而来的中国道路车辆功能安全标准。其中对于 ISO 26262-2018 版本的更新和修订工作在 2019 年启动, 预计在 2021 年 10 月形成报批稿。其中对第十一章 半导体部分 进行了更新。

## (2) 可靠性

### AEC-Q 测试标准

AEC 是“Automotive Electronics Council: 汽车电子协会”的简称, 是由克莱斯勒、福特和通用汽车为建立一套通用的零件资质及质量系统标准而设立的汽车电子委员会 (AEC), 是主要汽车制造商与美国的主要部件制造商汇聚一起成立的、以车载电子部件的可靠性以及认定标准的规格化为目的的团体, AEC 建立了质量控制的标准。同时, 由于符合 AEC 规范的零部件均可被上述三家车厂同时采用, 促进了零部件制造商交换其产品特性数据的意愿, 并推动了汽车零件通用性的实施, 为汽车零部件市场的快速成长打下基础。

现阶段 AEC Q 标准测试已经成为汽车芯片进入产业链的敲门砖, 成为最重要的汽车芯片标准之一。

主要分为 AEC Q100、AEC Q101、AEC Q103、AEC Q104、AEC Q200 以及 AEC Q001、AEC Q002、AEC Q003, 主要内容如下。

表 4.1 AEC-Q 标准主要内容

名称	测试目标	测试内容
Q100	芯片应力测试	AEC-Q100-001 邦线切应力测试
		AEC-Q100-002 人体模式静电放电测试
		AEC-Q100-004 集成电路闩锁效应测试
		AEC-Q100-005 可写可擦除的永久性记忆的耐久性数据保持及工作寿命的测试
		AEC-Q100-007 故障仿真和测试等级
		AEC-Q100-008 早期寿命失效率 (ELFR)
		AEC-Q100-009 电分配的评估

		AEC-Q100-010 锡球剪切测试 AEC-Q100-011 带电器件模式的静电放电测试 AEC-Q100-012 12V 系统灵敏功率设备的短路可靠性描述
Q101	离散组件应力测试	AEC-Q101-001 人体模式静电放电测试 AEC-Q101-003 邦线切应力测试 AEC-Q101-004 同步性测试方法 AEC-Q101-005 带电器件模式的静电放电测试 AEC-Q101-006 12V 系统灵敏功率设备的短路可靠性描述
Q102	分立光电半导体元器件可靠性验证测试	/
Q103	汽车传感器应力测试	AEC-Q103-002 微机电系统压力传感器器件应力测试 AEC-Q103-003 MEMS 麦克风器件应力测试
Q104	汽车传感器应力测试的认证规范	AEC-Q100-001 邦线切应力测试 AEC-Q100-002 人体模式静电放电测试 AEC-Q100-004 集成电路门锁效应测试 AEC-Q100-005 可写可擦除的永久性记忆的耐久性数据保持及工作寿命的测试 AEC-Q100-007 故障仿真和测试等级 AEC-Q100-008 早期寿命失效率 (ELFR) AEC-Q100-009 电分配的评估 AEC-Q100-010 锡球剪切测试 AEC-Q100-011 带电器件模式的静电放电测试 AEC-Q100-012 12V 系统灵敏功率设备的短路可靠性描述
Q200	被动组件应力测试	AEC-Q200-001 阻燃性能测试 AEC-Q200-002 人体模式静电放电测试 AEC-Q200-003 断裂强度测试 AEC-Q200-004 自恢复保险丝测量程序 AEC-Q200-005 PCB 板弯曲/端子邦线应力测试 AEC-Q200-006 端子应力 (贴片元件) /切应力测试 AEC-Q200-007 电压浪涌测试
Q001	零件平均测试指导原则	/
Q002	统计式良品率分析的指导原则	/
Q003	芯片产品的电性表现特性化的指导原则	/

### (3) 信息安全

#### SHE (Secure Hardware Extension)

SHE 是 Secure Hardware Extension 的缩写，汉语含义是“安全硬件扩展”。

SHE 是针对硬件模块的规范。汽车网络安全的实现不仅需要软件支持，还需要硬件的支持，所以奥迪和宝马合作制定了这个硬件密码模块规范，主要包括密码模块的硬件、硬件软件接口。这个规范已被广泛接受，很多针对汽车行业的微处理器都支持这个规范。

SHE 是一个对硬件的网络安全规范，它已经被广泛接受。

#### Evita 项目

欧洲组织的为研究 V2X 应用场景的网络安全的 Evita 项目。在 Evita 的规范中，基于 SHE 规范提出了 HSM 硬件规范。HSM 是 Hardware Security Module 的缩写，Evita 把 HSM 分为三个等级，full、medium、light。

表 4.2 HSM 安全分级内容

	Full HSM	Medium HSM	Light HSM
RAM(random-access memory)	√	√	optinal
NVH(non-volatile memory)	√	√	optinal
Symmetric cryptographic engine	√	√	√
Asymmetric cryptographic engine	√	/	/
Hash engine	√	/	/
Counters	√	√	optinal
Random-number generator	√	√	optinal
Secure CPU	√	√	/
I/O component	√	√	√

#### TPM2.0 ISO/IEC 11889

TPM (Trusted Platform Module) 安全芯片是指符合 TPM (可信赖平台模块) 标准的安全芯片，它能有效地保护 PC、防止非法用户访问。1999 年 10 月，多家 IT 巨头联合发起成立可信赖运算平台联盟 (Trusted Computing Platform Alliance, TCPA)，初期加入者有康柏、HP、IBM、Intel、微软等，该联盟致力于促成新一代具有安全且可信赖的硬件运算平台。2003 年 3 月，TCPA 增加了诺基亚、索尼等厂家的加入，并改组为可信赖计算组织 (Trusted Computing Group, TCG)，希望从跨平台和操作环境的硬件和软件两方面，制定可信赖电脑相关标准和规范，并提出了 TPM 规范，最新版本为 2.0。

符合 TPM 的芯片首先必须具有产生加解密密钥的功能，此外还必须能够进行高速的资料加密和解密，以及充当保护 BIOS 和操作系统不被修改的辅助处理。

#### 4.1.2 间接相关标准

##### (1) 功能安全

##### IATF16949

IATF16949 “质量管理体系—汽车行业生产件与相关服务件的组织实施 ISO9001 的特殊要求” ISO/TC176 于 2002 年 3 月公布了一项行业性的质量体系要求。是在 ISO9001: 2000 版标准的基础上制定出了 ISO/TS16949:2002 这个规范。目前执行的最新标准为 IATF16949:2016 是对标 ISO9001: 2000。IATF16949 是国际汽车行业的一个技术规范，其针对性和适用性非常明确：此规范只适用于汽车整车厂和其直接的零备件制造商。这些厂家必须是直接与生产汽车有关的，能开展加工制造活动，并通过这种活动使产品能够增值。

AEC-Q100 认证更偏向结果控制，从结果来看该产品是否满足车规标准，而由 ISO9001 延伸出来，专门针对汽车产业链的 IATF16949 认证更偏向过程控制，生产场景、生产环境、人员、设备、材料等各方面都在其考量范围

## (2) 可靠性

AEC-Q 系列标准中的测试方法参考了如下标准：

汽车：SAE J1752/3 集成电路辐射测量程序

军工：MIL-STD-883 微电子测试方式和程序

工业：JEDEC JESD-22 封装器件可靠性测试方法

EIA/JESD78 集成电路闩锁效应测试

UL-STD-94 器件和器具中塑料材质零件的易燃性测试

IPC/JEDEC/J-STD-020 塑性材料集成电路表面贴封器件的湿度/回流焊敏感性分类

JESD89  $\alpha$  粒子和宇宙射线引起的半导体器件软误差的测量

## (3) 信息安全

### 《密码法》

10 月 26 日，十三届全国人大常委会第十四次会议 26 日下午表决通过《中华人民共和国密码法》（以下简称“密码法”），将自 2020 年 1 月 1 日起施行。密码法旨在规范密码应用和管理，促进密码事业发展，保障网络与信息安全，提升密码管理科学化、规范化、法治化水平，是我国密码领域的综合性、基础性法律。

### 国六商用车 TBOX

在“国六标准”中，明确规定了车载 OBD 必须使用采用了国密算法的车规级安全芯片，实现身份认证和数据安全。实现身份认证指的是实现用户端、平台端多重认证因子登录，确保用户端数据采集真实性，防止管理平台端用户数据泄露；实现数据安全指的是实现数据在采集、传输和存储全生命周期的安全，数据在终端采集后即成为加密数据，传输过程均为加密

状态，上传到监测平台方可解密显

#### (4) 其他相关标准

- GB/T 《道路车辆 整车免提通话及语音交互性能要求及试验方法》
- GB/T 《车载无线通信终端》
- GB/T 《车载激光雷达性能要求及试验方法》
- QC/T 《车载毫米波雷达性能要求及试验方法》
- GB/T 《汽车用超声波传感器总成》
- GB/T 《汽车用被动红外探测系统》
- GB/T 《汽车用主动红外探测系统》
- GB/T 《汽车用存储单元性能要求及试验方法》
- GB/T 《道路车辆 基于因特网协议的诊断通信》
- GB/T 《道路车辆 局域互联网络》
- IEC60749 《Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods》
- GB/T 4937.1 《半导体器件机械和气候试验方法》
- GMT 0008-2012 《安全芯片密码检测准则》
- GB/T 《汽车信息安全通用技术要求》（征求意见稿）
- GB/T 《电动汽车充电系统信息安全技术要求》（征求意见稿）
- QC/T 1136-2020 《电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境试验要求及试验方法》
- QC/T 《电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块技术条件》（在研）

表 4.3 国内外相关标准统计表

标准分类		名称	内容
可靠性	国外	AEC-Q 测试标准	针对汽车芯片可靠性做出要求，并给出测试验证方法
		JEDEC J-STD-046	电子产品供应商产品/工艺变更的客户通知标准。
		IEC60749 《Semiconductor devices - Mechanical and climatic test	针对半导体器件，进行机械和气候试验等可靠性方法要求。

		methods》	
	国内	GB/T 4937.1 《半导体器件机械和气候试验方法》	对半导体器件的机械和气候试验方法提出要求。
		GB/T 38187-2019 汽车电气电子可靠性术语	用于指导汽车电子电气领域的可靠性术语定义与相关资料。
		GB/T 5080.1-2012 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理	本部分为可靠性试验设计、实施和利用统计方法分析试验数据提供指南。
		GB/T 28046-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验	本部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的机械环境负荷，且规定了试验及要求，本部分适用于汽车电气电子系统/组件。
		QC/T 1136-2020 《电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境试验要求及试验方法》	本标准规定了电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境适应性要求和试验方法。本标准适用于电动汽车用 IGBT 模块，其他半导体器件模块可参考使用。
		GB/T 2900.66-2004 电工术语 半导体器件和集成电路	GB/T 2900 的本部分界定了半导体技术、半导体设计和半导体类型的通用术语。
		QC/T 《电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块技术条件》（在研）	本标准规定了电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环墙试验要求和试验方法。本标准适用于电动汽车用电机控制器的 IGBT 功率模块环境可靠性试验，其它集成 IGBT 功率模块功率变换装置可参照使用。
功能安全	国外	IEC 61508 《Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic systems》	IEC61508 《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》，由国际电工委员会在 2000 年 5 月正式发布。是关于电气、电子、可编程电子安全相关系统的功能安全通用标准和基础安全标准。

	ble electronic safety-related systems》	它规定了常规系统运行和故障预测能力两方面的基本安全要求。这些要求涵盖了一般安全管理系统、具体产品设计和符合安全要求的过程设计，其目标是既避免系统性设计故障，又避免随机性硬件失效。
	ISO 26262 《Road vehicles - Functional safety》	ISO26262 是基于 IEC 61508 功能安全标准在汽车领域的细化。ISO 26262-2018 明确了半导体的安全的内容，例如要对复杂芯片进行模块化分析，定义了供应商和集成商的角色定位，以及如何把整个芯片作为一个 SEooC 来开发（即独立安全单元，不考虑具体应用环境），同时指出了厂商需要提交的文档，相关方的接口和责任。
	ISO PAS 21448 《 Road vehicles - Safety of the intended functionality》	针对智能网联车辆的预期功能安全进行技术要求，在研阶段。
	IATF16949	ISO/TC176 于 2002 年 3 月公布了一项行业性的质量体系要求。IATF16949 是国际汽车行业的一个技术规范，其针对性和适用性非常明确：此规范只适用于汽车整车厂和其直接的零备件制造商。
国内	GB/T 34590 《道路车辆功能安全》	对应 ISO 26262，以 IEC61508 为基础为满足道路车辆上电子电气系统的特定需求而编写。
	GB/T 《道路车辆 整车免提通话及语音交互性能要求及试验方法》	对试验车型、试验工况、试验设备、气象条件、场地条件、车辆条件、试验方法、车辆信息记录内容，及标准涉及测试项目及指标进行要求。
	GB/T 《车载无线通信终端》	对车载无线通信终端的性能指标与可靠性进行技术要求。
	GB/T 《车载激光雷达性能指标与可靠性进行技术要求》	对车载激光雷达的性能指标与可靠性进行技术要求。



		能要求及试验方法》	求。
		QC/T《车载毫米波雷达性能要求及试验方法》	对车载毫米波雷达的性能指标与可靠性进行技术要求。
		GB/T《汽车用超声波传感器总成》	对汽车超声波传感器的性能指标与可靠性进行技术要求。
		GB/T《汽车用被动红外探测系统》	对汽车被动红外探测系统的性能指标与可靠性进行技术要求。
		GB/T《汽车用主动红外探测系统》	对汽车主动红外探测系统的性能指标与可靠性进行技术要求。
		GB/T《汽车用存储单元性能要求及试验方法》	提出对汽车用存储单元的性能指标与试验方法。
		GB/T《道路车辆 基于因特网协议的诊断通信》	对汽车诊断通信的性能指标与可靠性进行技术要求。
		GB/T《道路车辆 局域互连网络》	对车载局域互连网络提出性能指标与试验方法。
信息安全	国外	SAE -- J3016	SAE J3016 对 Level0-Level5 与辅助驾驶/自动驾驶相关的车辆进行分类，尤其基于驾驶员和系统操作程度、内容的要求上进行描述和分类，同时描述了不同 level 自动驾驶的大体框架，以及支持性功能的定义。
		SAE -- J3061	是首部针对汽车网络安全而制定的指导性文件，提供网络安全流程框架和指南，帮助组织识别和评估网络安全威胁，并在整个开发生命周期过程中将网络安全设计到网络物理车辆系统中。
		现代汽车信息安全最佳实践指南	本文件描述了美国国家公路交通安全管理局对汽车行业的非约束性指导，以提高汽车网络安全。提出优先考虑车辆网络安全还意味着建立其他内

		部流程和策略，以确保系统在预期的现实世界条件下具有合理的安全性，包括由于潜在的车辆网络安全漏洞而可能出现的情况。
	智能汽车信息安全与快速恢复的正确实践与建议	欧洲网络信息安全局 ENISA 发布了智能汽车网络安全最佳实践研究报告，目标受众是汽车制造商、供应商和服务商，报告对智能汽车安全架构、当前面临的威胁（攻击面和场景模式）进行了深入研究，并从政策和标准、组织方法、技术三个层面给出了智能汽车网络安全的最佳实践建议。
	联网与自动驾驶汽车信息安全主要原则	为制造供应链中的所有相关方提供一套一致的指导方针，交通部与国家基础设施保护中心（CPNI）合作制定了此关键原则，用于整个汽车行业、CAV 和 ITS 生态系统及其供应链。
	通用数据保护条例（GDPR）	1. 本条例规定了在个人数据处理方面保护自然人的规则以及与个人数据自由流动相关的规则；2. 本条例保护自然人的基本权利和自由，特别是保护个人数据的权利；3. 个人数据在联盟内的自由流动不应因与在个人数据处理方面保护自然人有关的原因而受到限制或禁止。
	CC 通用标准 Common Criteria（共同准则）	CC 适用于所有 IT 产品的检测，不管是硬件、软件还是固件，都能在同一个框架下评估，CC 融合了 TCSEC、ITSEC、CTCPEC 等标准。
	SHE 《Secure Hardware Extension》	SHE 是针对硬件模块的规范。汽车网络安全的实现不仅需要软件支持，还需要硬件的支持，所以奥迪和宝马合作制定了这个硬件密码模块规范，主要包括密码模块的硬件、硬件软件接口。这个规范已被广泛接受，很多针对汽车行业的微处理器都支持这个规范。

	Evita 项目	欧洲组织的为研究 V2X 应用场景的网络安全 Evita 项目。在 Evita 的规范中，基于 SHE 规范提出了 HSM 硬件规范。HSM 是 Hardware Security Module 的缩写，Evita 把 HSM 分为三个等级，full、medium、light。
	TPM2.0 ISO/IEC 11889	TPM (Trusted Platform Module) 安全芯片是指符合 TPM (可信赖平台模块) 标准的安全芯片，它能有效地保护 PC、防止非法用户访问。1999 年 10 月，多家 IT 巨头联合发起成立可信赖运算平台联盟 (Trusted Computing Platform Alliance, TCPA)，初期加入者有康柏、HP、IBM、Intel、微软等，该联盟致力于促成新一代具有安全且可信赖的硬件运算平台。2003 年 3 月，TCPA 增加了诺基亚、索尼等厂家的加入，并改组为可信赖计算组织 (Trusted Computing Group, TCG)。
	WP29 发布了《汽车信息安全与信息安全管理系统》	其中欧盟要求从 2022 年 7 月起，信息安全将成为欧盟车辆准入的最新强检项，所有车辆必须通过信息安全管理体系认证和车辆型式审批。
国内	《密码法》	密码法旨在规范密码应用和管理，促进密码事业发展，保障网络与信息安全，提升密码管理科学化、规范化、法治化水平，是我国密码领域的综合性、基础性法律。
	GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法 (中国第六阶段)	在“国六标准”中，明确规定了车载 OBD 必须使用采用了国密算法的车规级安全芯片，实现身份认证和数据安全。
	GB/T 18336-2015 信息技术 安全技术 信息技术安全评估准则	对应国际标准 CC，针对安全评估中的信息技术 (IT) 产品的安全功能及其保障措施提供了一套通用要求。

	GB/T 22186-2016 信息安全技术 具有中央处理器的 IC 卡芯片安全技术要求	本标准规定了对具有中央处理器的集 IC 卡术芯片达到 EAL4 十、EAL5 十、EAL6 十所要求的安全功能要求及安全保障要求，涵盖了安全问题定义、安全目的、扩展组件定义、安全要求、基本原理等内容。本标准适用于 IC 卡芯片产品的测试、评估和采购，也可用于指导该类产品的研制和开发。
	GM/T 0005-2012 《随机性检测规范》	规定了商用密码应用中的随机性检测指标和检测方法。
	《GM/T 0008-2012 安全芯片密码检测准则》	规定了安全能力递增的三个安全等级，指导安全芯片的研制。
	《GM/T 0028-2014 密码模块安全技术要求》	针对用于保护计算机与电信系统内敏感信息的安全系统所使用的密码模块，规定了安全要求。
	《GM/T 0039-2015 密码模块安全检测要求》	规定了密码模块的安全检测规程、检测方法和对应的送检文档要求。
	《GM/T 0041-2015 智能 IC 卡密码检测规范》	规定了智能 IC 卡产品的检测项目及检测方法。
	《JR-T 0098.2-2012 中国金融移动支付检测规范 第 2 部分：安全芯片》	本部分旨在对移动支付安全芯片的安全性评估测试进行定义，围绕安全功能检测和抗攻击能力检测要求在本部分中进行了定义。
	《GB/T 36322-2018 信息安全技术 密码设备应用接口规范》	为公钥密码基础设施应用体系框架下的服务类密码设备制定统一的应用接口标准，通过该接口调用密码设备，向上层提供基础密码服务。为该类密码设备的开发、使用及检测提供标准依据和指导。
	GB/T 《汽车信息安全通用技术要求》（征求	对汽车整车及电子电气零部件进行信息安全技术的保护对象约束与技术要求。

	意见稿)	
	GB/T 《电动汽车充电系统信息安全技术要求》(征求意见稿)	对电动汽车充电系统的信息安全技术提出技术要求。
	《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南(试行)》	其中针对信息安全明确了“网络安全、软件升级安全及数据存储安全”等要求及相应的评测。

## 4.2 现有车规芯片标准适用性及现存问题

现阶段关于车规芯片标准及测试评价体系不健全。汽车行业认可的标准有 AEC-Q 100/101 相关可靠性标准, IATF 16949 质量管理体系标准, 以及 ISO 26262 功能安全标准, 这也是中国汽车企业评价汽车芯片主要采用的标准。

对于 AEC-Q 系列标准最大的问题在于该标准是在 1980 年代提出, 标准立项之初考虑的汽车使用场景(包括道路环境)和当前新能源和智能网联发展水平已经存在巨大差异, 新技术要求没有包括, 有些技术指标已经滞后。以最核心的高温老化实验来说, 最初设计的零部件生命周期为 12000 小时, 约为每天工作 2.2 小时, 连续工作 15 年。而在当前可预计的自动驾驶场景中, 汽车的生命周期可能为 121500 小时, 约为每天工作 22 小时, 连续工作 15 年。与此同时对应的 125 摄氏度(Grade 1)老化实验时长为 14090 小时, 而现阶段的老化实验时长为 1000 小时。此外, 由于新能源车发动机特点, 在车内不再有传统燃油车发动机类似的热源, 因此 AEC-Q100 Grade0 所要求的环境温度——高温 150°C 要求是否必须满足就值得商榷。因此, 当前的可靠性测试标准已经不能完全满足未来 5 年的新能源汽车使用要求。

此外, 当前智能网联汽车的视觉感知计算芯片技术发展迅速, 相关的计算架构、感知算法、传感器方案也都有长足的进展, 由此诞生出多种芯片产品和视觉感知解决方案, 但如何衡量视觉感知计算的性能成为新的挑战。业界迫切需要制定统一的评测标准, 来客观衡量行业参与者的产品性能, 从而极大地减少下游厂商重复评测的工作。针对此类视觉感知计算芯片的 AI 性能评测方法, 业界惯常使用的评测标准有两种: 一是峰值算力, 其只反映芯片理论上的最大计算能力, 而非在实际 AI 应用场景中的处理能力, 存在很大的局限性; 二是目前行业较为知名的基准测试组织 MLPerf, 效果依赖于模型的数量和更新速度。由于芯片算法演进速度远超硬件改进速度, 致使评估芯片 AI 性能的方法与算法发展之间存在脱节的现象, 智能

网联汽车产业尚缺乏与时俱进、能够有效评估芯片 AI 性能的标准。

智能网联汽车芯片对于安全性的要求远高于传统燃油车，目前的车规认证体系主要是一次性可靠性测试，没有考虑到从设计流程和验证直到车辆报废的安全，依靠传统的以质量保障为中心的车辆安全体系，已不能完全满足自动驾驶车辆的安全保障需求。我国对汽车安全性相关的零部件都有国家强制标准，汽车芯片对汽车安全性影响非常大，要进行产品认证，由于行业缺乏统一的汽车芯片安全标准，目前国内没有认证。ISO 26262 是功能安全的框架性标准，只是对要达到的安全目标和关联的部分安全机制进行了描述，对于最核心的安全机制对应的故障类型及故障覆盖率以及功能安全实施步骤并没有详细说明。也没有对测试验证方法进行具体说明。因此汽车芯片功能安全标准也急需补充完善。汽车芯片领域也一直缺乏明确的信息安全标准。

对于汽车安全芯片的信息安全标准存在如下问题：

问题一：安全芯片集成调试没有标准化接口

安全芯片属于专用功能芯片，在零部件开发过程中，集成调试安全芯片过程中，由于各自的方案不同、需求不同，硬件封装、硬件接口和软件系统接口均是自有化定义，厂商要投入大量研发成本去对接不同的安全芯片，维护工作也比较困难。目前国内在安全芯片接口标准方面，有针对密码机、智能卡等传统类型的密码模块的国家标准，如《GB/T 35291-2017 信息安全技术 智能密码钥匙密码应用接口规范》、《GB/T 36322-2018 信息安全技术 密码设备应用接口规范》，但是这套规范接口使用较为繁琐，未特殊考虑嵌入式系统的执行性能，且一些密码服务模式未定义充分，因此并不完全适用于智能网联汽车安全芯片，需要针对实际应用场景进行优化扩展。

国际参考：SHE 是 HIS（由 Audi、BMW、Porsche、Volkswagen 形成的组织）制定的标准。SHE 主要内容是通过硬件集成 AES-128 的密码协处理器，来完成加解密、消息认证码、引导加载程序的认证、管理唯一设备 ID 等功能，并规定应用不能直接访问的方式存储密钥。SHE 的提出早于 HSM，是针对硬件的安全规范，主要为了解决密钥存储和密码算法加速提出的，SHE 不仅规定了硬件密码模块的功能，同时规定了硬件和软件的接口，此规范在汽车电子 MCU 中得到了广泛的应用。

问题二：智能网联汽车安全芯片安全能力的选型参考缺失

整车企业依据 WP29 R155、R156 和 R157 三个法规条例，依据国内的《准入批南》和《召回条例》及相关的信息安全标准进行安全需求的识别，进行整车及 OTA 等功能开展威胁分析

和风险评估，识别保护资产，拆分确定各安全需求，针对不同的零部件进行提供不同的安全防护能力，在信息安全解决方案中，需要不同安全能力的安全芯片提供安全服务。因此安全芯片需要根据安全能力、安全服务等维度进行分级，为车企不同的安全需求提供选型指导。

安全芯片使用密码技术，对信息安全进行保护。安全芯片具有多种形态，从早期的由处理芯片集成的硬件安全模块，到目前具备更强安全能力的独立安全芯片，具备基本的身份鉴别、信息保护等功能。其中更高安全等级的芯片还具备安全信息和处理隔离、加密数据传输、加密存储、安全固件更新、防御各类主动或被动安全攻击的能力，保护车端和整个网络连接的信息安全。

安全芯片的分级基于芯片的密码算法能力、安全启动保护能力、安全信息处理和存储隔离能力、脆弱性攻击防护能力进行划分，智能网联汽车不同域功能对于信息安全的需求，根据标准分级选择不同等级的安全芯片，可以使智能网联汽车更合理更快速地选择使用安全芯片，建立起整车的信息安全保障体系。

### 问题三：智能网联汽车安全芯片可靠性要求

安全芯片作为汽车电子的 IC 元器件，产品的可靠性目前没有明确要求如环境因素的温度、湿度、工作电压和静电防护，功耗要求，硬件接口，使用寿命等等。

标准体系不健全对应的是相应的测试认证体系不完整，标准体系是衔接、统一产业链上下游的技术语言。不管是功能安全的 ISO 26262，从 ASIL A 到 ASIL D，还是 IATF 16949，如何通过系统的工具和工具流程来确保满足标准要求，从认证芯片到对应子系统、单元模块以及板级、整车级都是割裂的。这又带来能力体系建设、关键技术攻关等问题。

综上所述，我们认为，汽车芯片对应的信息安全标准急需出台，功能安全标准急需具体实施和测试细则，可靠性标准需要针对未来使用场景进行测试方法更新。只有通过芯片各层级测试的平台或测评机构进行符合标准的完整测评，主机厂才能放心选用自主汽车芯片产品。

## 5 标准化建议

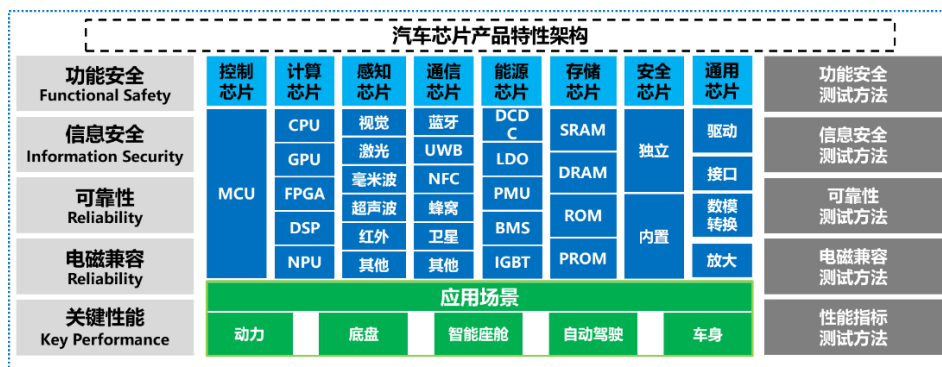


图 5.1 汽车芯片产品架构

按照汽车芯片的功能、应用场景与及技术要求三个维度，可以比较全面的对汽车芯片做一个全面的产品品类区分，其中应用场景主要分为动力、底盘、智能座舱、自动驾驶、车身等五个类型，技术要求主要指功能安全、信息安全、可靠性、电磁兼容、关键性能指标 5 个方面。

根据当前汽车芯片的自主化量产情况与紧缺程度建议分为三个阶段展开，第一优阶段优先展开：安全芯片、主控芯片、高性能计算芯片、通信芯片标准化工作；第二阶段进行能源芯片、感知芯片标注化工作；第三阶段进行存储芯片标准化工作。

表 5.1 汽车芯片标准分级建议

序号	建议名称	具体内容
1	标准化优先级建议	第一优先级：安全芯片、主控芯片、高性能计算芯片、通信芯片，建议第一批开展标准化工作； 第二优先级：能源芯片、感知芯片 第三优先级：存储芯片
2	标准内容建议	eg. 芯片定义、相关术语、适用范围、技术要求 测试方法、工作成果要求