

汽车行业深度报告

软件定义汽车，E/E 架构是关键 增持（维持）

2020 年 05 月 29 日

证券分析师 黄细里

执业证号：S0600520010001

021-60199793

huangxl@dwzq.com.cn

投资要点

■ E/E 架构是智能网联汽车发展的关键

在智能网联汽车产业大变革背景下，软件定义汽车理念已成为共识。传统汽车采用的分布式 E/E 架构因计算能力不足、通讯带宽不足、不便于软件升级等瓶颈，不能满足现阶段汽车发展的需求，E/E 架构升级已成为智能网联汽车发展的关键。

■ E/E 架构具体如何升级？有何好处？

汽车 E/E 架构升级主要体现在：**1) 硬件架构升级**。升级路径表现为分布式（模块化→集成化）、域集中（域控制集中→跨域融合）、中央集中式（车载电脑→车-云计算）。好处在于：提升算力利用率，减少算力设计总需求；数据统一交互，实现整车功能协同；缩短线束，降低故障率，减轻质量。**2) 软件架构升级**。通过 AutoSAR 等软件架构提供标准的接口定义，模块化设计，促使软硬件解耦分层，实现软硬件设计分离；Classic AutoSAR 架构逐步向 Classic AutoSAR 和 Adaptive AutoSAR 混合式架构。好处在于：可实现软件/固件 OTA 升级、软件架构的软实时、操作系统可移植；采集数据信息多功能应用，有效减少硬件需求量，真正实现软件定义汽车。**3) 通信架构升级**。车载网络骨干由 LIN/CAN 总线向以太网方向发展。好处在于：满足高速传输、高通量、低延迟等性能需求，同时也可减少安装、测试成本。

■ 特斯拉 E/E 架构升级情况如何？

特斯拉 E/E 架构处于绝对领先地位。硬件架构为中央集中式架构，采用中央计算平台+三大区控制器方案，CCM 为整车最高决策模块，而区控制器是按照车的位置划分，主要接受 CCM 的统一指挥。软件架构分层解耦，采用开源软件平台，用户数据驱动软件更新，实现不断 OTA 升级。通信架构部分应用以太网，核心控制器之间总线环状连接实现冗余。

■ 其他玩家 E/E 架构升级情况如何？

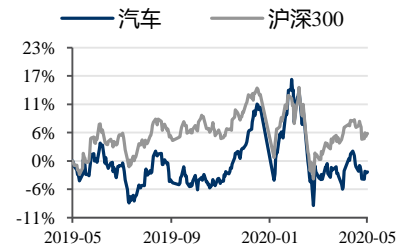
主机厂 E/E 架构升级排名分别为：特斯拉、传统强外资、国内自主/造车新势力。强外资车企最新（或近期规划）车型来看，硬件架构由分布式升级为域控制或跨域融合；软件架构采用 Classic AutoSAR 和 Adaptive AutoSAR 混合式架构，便于管理软件供应链，实现软件系统的完整性；通信架构方面采用核心高速 Can 骨干总线。国内自主/造车新势力发展最弱，仍为分布式架构，较弱的 OTA 升级能力，仍为传统 Can 总线。此外，传统 Tier1 级供应商以及华为等纷纷加入 E/E 架构升级赛中，或将打破原由主机厂主导整个汽车产业链的固有格局。

■ 谁能在此次变革中把握先机？

E/E 架构升级核心技术涉及芯片/计算平台、操作系统、软件架构、以太网、5G、云计算等，拥有某一项或多项核心技术优势的玩家（特斯拉、华为、英伟达、英特尔、BAT 等）或在此次大变革中成功切入智能汽车领域，并构建庞大的生态体系。传统汽车产业链中依靠产品升级、新业务拓展或绑定技术优势巨头带来单车价值量提升，从而在此次变革中把握先机。重点推荐【德赛西威】（智能座舱+ADAS），受益标的【中科创达+四维图新+伯特利+星宇股份+科博达+均胜电子+中国汽研】。

■ 风险提示：全球疫情控制进展低于预期；乘用车行业需求复苏低于预期

行业走势



相关研究

- 1、《汽车行业点评：两会指引汽车智能网联化再提速》2020-05-25
- 2、《汽车行业周报：5 月第二周批发同比+16%，配置时机已至》2020-05-24
- 3、《汽车行业深度报告：软件定义汽车，ADAS 正加速》2020-05-17

内容目录

1. 汽车 E/E 架构是软件定义汽车的关键	4
1.1. 硬件架构升级：分布式向域控制/中央集中式发展	4
1.1.1. 硬件架构如何升级？	4
1.1.2. 硬件架构升级有何好处？	6
1.2. 软件架构升级：软硬件由高度耦合向分层解耦发展	7
1.2.1. 软件架构如何升级？	7
1.2.2. 软件架构升级有何好处？	9
1.3. 通信架构升级：LIN/CAN 向以太网发展	9
1.3.1. 通信架构如何升级？	9
1.3.2. 通信架构升级有何好处？	11
2. 谁是 E/E 架构升级中的优等生？	12
2.1. 特斯拉 E/E 架构升级情况如何？	12
2.2. 其他玩家 E/E 架构升级如何？	14
3. 谁能在此次变革中把握先机？	16
3.1. 德赛西威	16
3.2. 中科创达	17
3.3. 四维图新	17
3.4. 伯特利	18
3.5. 星宇股份	18
3.6. 科博达	19
3.7. 均胜电子	19
3.8. 中国汽研	19
4. 风险提示	20

图表目录

图 1: 由控制指令运算为主的分布式 ECU 向 AI 运算的中央计算平台发展	4
图 2: 博世 E/E 架构升级进程	5
图 3: 同等功能应用条件下域控制算力设计需求更少	6
图 4: AutoSAR 核心合作伙伴	8
图 5: Classic AutoSAR 体系架构	8
图 6: Classic AutoSAR 架构框图	8
图 7: Adaptive AutoSAR 较 Classic AutoSAR 优势明显	9
图 8: 各域之间通过网关完成数据交换	10
图 9: 未来车载以太网应用渗透率持续增加	11
图 10: 车载以太网的发展过程	11
图 11: Model 3 网络拓扑图 (2020 年 2 月)	12
图 12: Model 3 控制器主要负责单元	13
图 13: 特斯拉 E/E 架构技术领先	14
图 14: 宝马下一代 E/E 架构	15
图 15: 丰田采用 Central & Zone 的 E/E 架构	15
图 16: 安波福 SVA 架构	15
图 17: 华为基于计算和通信的 CC 架构	15
表 1: 传统汽车总线	10
表 2: 主要企业 E/E 架构方案对比	15

1. 汽车 E/E 架构是软件定义汽车的关键

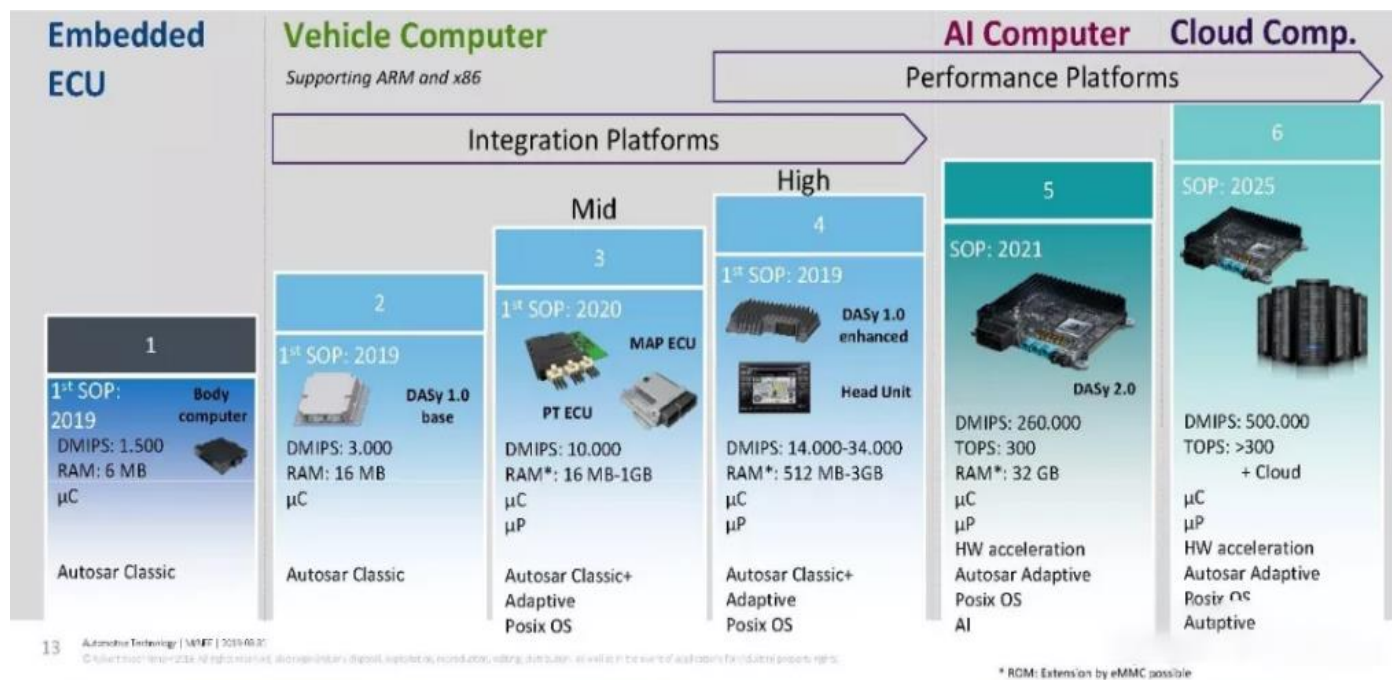
汽车电子电气架构（又称 E/E 架构）是指整车电子电气系统的总布置方案，即将汽车里的各类传感器、处理器、线束连接、电子电气分配系统和软硬件整合在一起，以实现整车的功能、运算、动力及能量的分配。电子电气架构的关键变化主要体现在硬件架构、软件架构、通信架构三个方面。

1.1. 硬件架构升级：分布式向域控制/中央集中式发展

1.1.1. 硬件架构如何升级？

智能网联化进程驱动 AI 算力需求呈现指数级提升趋势。AI 算力常指针对矩阵运算做加速的能力，对应用于图像、视频等非结构化数据的运算处理的情况下，单位功耗将更低，计算速度更快。传统汽车功能简单，与外界交互较少，常为分布式 ECU，其芯片采用 MCU/MPU，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；智能网联汽车，不仅需要与人实现交互，也需要大量与外界环境甚至云数据中心交互，将面临海量的非结构化数据需要处理，车终端中央计算平台将需要 500+百万条指令每秒的控制指令运算能力、300+TOPS（即为 300×10^{12} 次每秒）的 AI 算力。

图 1：由控制指令运算为主的分布式 ECU 向 AI 运算的中央计算平台发展

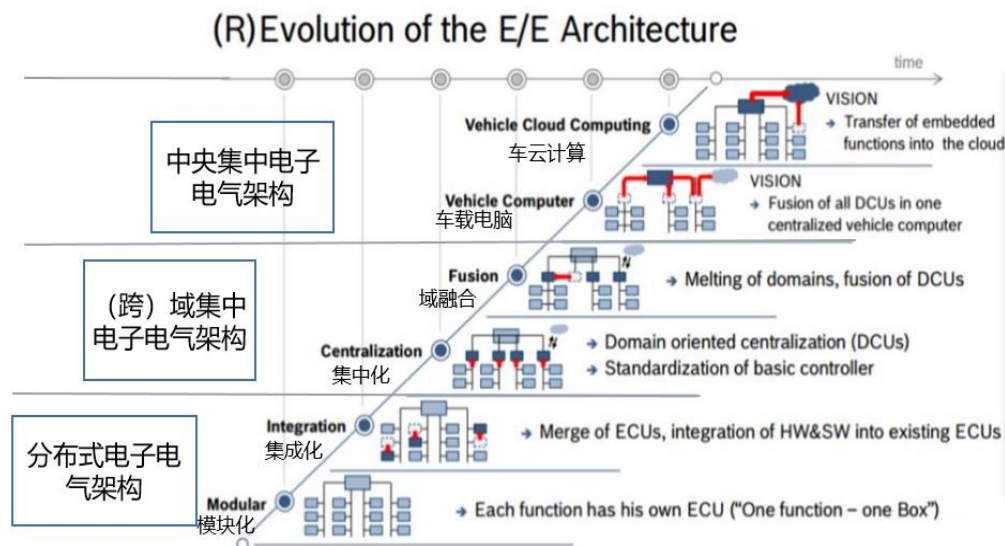


数据来源：博世，佐思车研，东吴证券研究所

由分布式 ECU 向域控制/中央集中架构方向发展。从博世对 E/E 架构定义来看，汽车 E/E 架构的升级路径表现为分布式（模块化→集成化）、域集中（域控制集中→跨域融合）、中央集中式（车载电脑→车-云计算）。即为分布式 ECU（每个功能对应一个 ECU）逐渐模块化、集成向域控制器（一般按照动力域、底盘域、车身域、信息娱乐域和 ADAS

域等)，然后部分域开始跨域融合发展（如底盘和动力域功能安全、信息安全相似），并发展整合为中央计算平台（即一个电脑），最后向云计算和车端计算（中央计算平台）发展。其中车端计算主要用于车内部的实时处理，而云计算作为车端计算的补充，为智能汽车提供非实时性（如座舱部分场景可允许微秒级别的延迟）的数据交互和运算处理。

图 2：博世 E/E 架构升级进程



数据来源：博世，东吴证券研究所绘制

现阶段各主机厂规划的三种 E/E 架构分别为功能域（5~7 个域）、跨域融合（约 3 个域）、中央计算平台+区控制器，主要区别在于：

1) 功能域控制方案（即一般车中分为 5~7 个域，每个域中，域控制器即为最高决策层）。基于每个功能域设置一个域控制器，域控制器之间通过以太网关进行连接。但功能域方案，嵌入式控制器仍作为执行器和传感器的处理器存在于 E/E 架构中，但其软硬件接口需要被标准化，可通过规模化来实现降低成本。域控制器可分为性能型和集成型两类。**a) 性能型域控制器**：主要是指信息娱乐域和自动驾驶域的控制单元，因其需要处理大量的非结构化数据，需要强大的 AI 算力。由于该部分处理数据庞大，域控制方式相对于分布式架构，实现相同性能情况下可降低成本。**b) 集成型域控制器**：主要是指动力总成域、底盘域和车身域的控制单元，因其主要涉及通用的控制指令计算和通讯资源，Classic AutoSAR 软件架构，对算力总需求较低。

2) 跨域融合方案（即车中部分域开始融合成约 3 个域，代表如华为/大众方案，域控制器仍为最高决策层）。为进一步提升性能、满足协同执行，又减少成本，跨域融合集中化方案应运而生，即将两个或多个集成型域控制器合并为一个的方案。随着智能驾驶进一步演进，L2 开始逐步要求执行机构协同操作，前期主要为动力总成域和底盘域的协同控制，而且其功能安全、信息安全级别类似，可合并为一个域控制器，来实现协同操作。域融合可以降低成本，但各域之间功能安全、信息安全较大时，很难找到有效的方

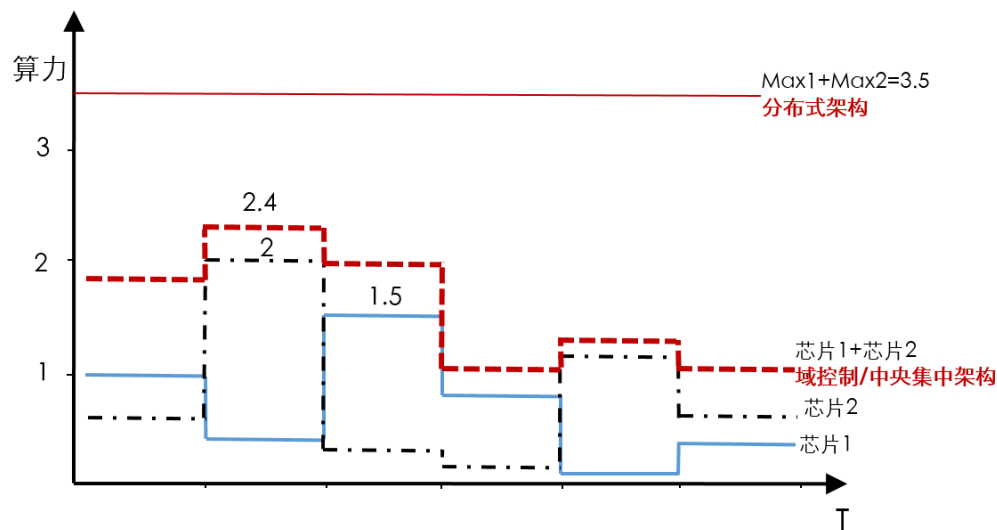
案以避免相互干扰。

3) 基于中央计算平台+区控制器方案(即车中只有一个中央计算平台,代表如特斯拉方案,该计算平台为最高决策层,而区控制器受中央计算平台统一管理,有利于协同各域统一执行)。中央计算平台+区控制器方案,满足集中化需求,尽量平衡成本。区控制器是以物理区域来定义的控制器,典型代表如特斯拉。硬件成本降低主要体现在:1) 区控制器可就近布线,减少线束成本;2) 分布式控制器集成,减少通信接口等。适合整合为区控制器的功能主要为简单逻辑和非实时性要求功能(如电源分配、车身控制、热管理和空调管理等);而复杂逻辑及实时性要求较高的功能(如发动机管理、电机控制等)尚不适合整合。

1.1.2. 硬件架构升级有何好处?

1) 硬件架构升级有利于提升算力利用率,减少算力设计总需求。一般芯片在参数设计时按照需求值设计并留有余量,以保证算力冗余,主要因为汽车在实际运行过程中,大部分时间仅部分芯片执行运算工作,而且并未满负荷运算,导致对于整车大部分运算处理能力处于闲置中,算力有效利用率较低。例如泊车使用的倒车影像等仅泊车等部分时段才执行运算操作。采用域控制器方式,可以在综合情况下,设计较低的总算力,仍能保证整车在工作时总算力满足设计要求。

图 3: 同等功能应用条件下域控制算力设计需求更少



数据来源: 东吴证券研究所绘制

硬件架构对算力的需求,可类比保险。若个人想要抵御风险,需要大量资金储备,因此大家都购买保险,将汇集在一起的保险资金资源池来抵御个人风险,总资金量需求大大降低。分布式架构的芯片即为个人抵御风险储备,而域控制/中央计算平台即为总资金量,域控制/中央集中式显然算力设计需求会更少。

另一方面现阶段传统车的智能功能并不丰富,智能车在未来功能扩展等方面预留较

多升级空间，若实现同功能应用、驾驶安全条件下进行对比，域控制/中央集中显然更经济；若仅为传统车和智能车对比，智能车单车价值短期内显然为上升的。

2) 硬件架构升级有利于数据统一交互，实现整车功能协同。传统主机厂方案采用一个功能对应一套感知-决策-执行硬件，感知数据难以交互，也无法协同执行。而实现真正意义上的高级自动驾驶，不仅需要多传感器共同感知外部环境，还需要对车内部各运行数据进行实时监控，统一综合判断，并且执行机构协同操作。域控制器/中央计算平台可对采集的数据信息统一处理，综合决策，协同执行。

分布式架构的感知数据无法统一决策处理，无异于盲人摸象。例如，因单一传感器仅可识别到局部环境，前方车上有一只宠物狗，各局部识别能力的传感器可获取到狗、前车、路肩等，但因为无法实时交互，从而反馈到决策-执行层后易产生误操作。而采用域控制/中央计算平台方案可实现多种信息的融合处理，综合判断结果为一辆行驶在路上的车内有一只狗，从而执行合理的操作，提高行车安全性。

3) 硬件架构升级有利于缩短线束，降低故障率，减轻质量。采用分布式架构，ECU增多后线束会更长，错综复杂的线束布置会导致互相电磁干扰，故障率提升，此外也意味着更重。集中式的控制器/中央计算平台的方式可减少线束长度，减轻整车质量。

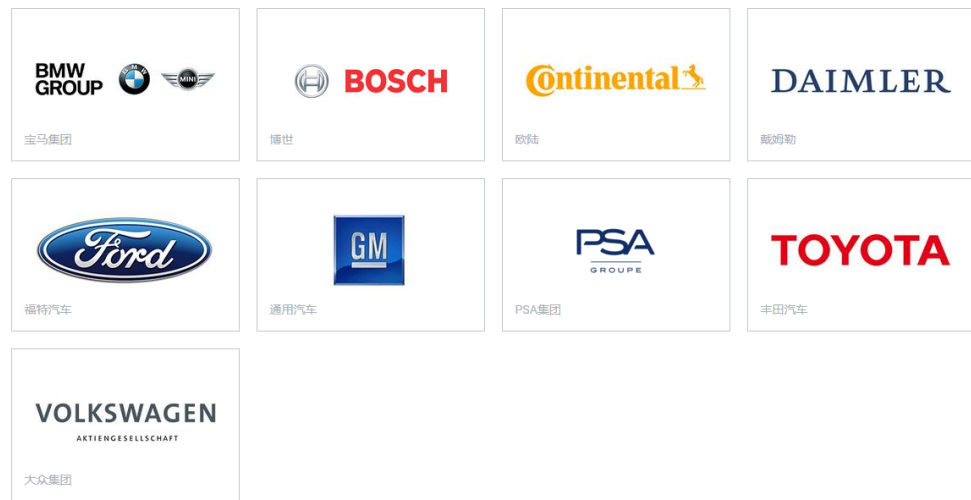
1.2. 软件架构升级：软硬件由高度耦合向分层解耦发展

1.2.1. 软件架构如何升级？

传统汽车嵌入式软件与硬件高度耦合，因此软件依赖于硬件。在发展早期阶段，受限于硬件资源匮乏，各类硬件种类繁多且各自具有差异性，因此最初的软件设计开发较为封闭。随着汽车电子应用需求日趋复杂，传统汽车软件系统的缺陷逐渐暴露，包括：1) 软件重用性极差；2) 硬件平台各式各样，难以统一、重用；3) 软件模块化极其有限。例如，若 OEM 想要改变硬件，则需要重新测试验证整个软件堆栈。

软件架构分层解耦，促使软件通用性，便于管理供应商。AutoSAR 可提供标准的 ECU 接口定义，模块化设计、从而使软件层和组件不受硬件影响，实现软硬件设计分离，从而使软件开发易管理，软件系统易移植、裁剪，也更易维护。2003 年，促进 ECU 软件标准化的 AutoSAR 联盟成立，其联盟主导者是以主机厂/传统 Tier 1 级供应商为核心的阵营。截止目前，联盟成员中核心成员有 9 家，包括 OEM（宝马、戴姆勒、福特、通用、标致雪铁龙、丰田、大众）、传统 Tier1（博世、大陆）。高级合作伙伴共有 58 家，如华为、百度、长城、沃尔沃等都在发展伙伴的行列。此外还有发展伙伴、合作伙伴、参会者等。AutoSAR 联盟的设立是为了主机厂与各级供应商建立软件接口统一标准，更好的区分供应商之间的责任，便于主机厂/强 Tier 1 供应商管理整个供应链。

图 4：AutoSAR 核心合作伙伴

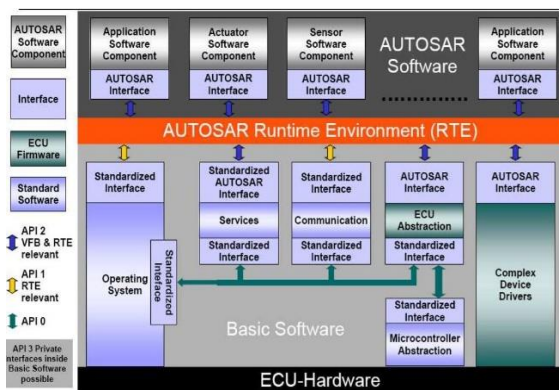


数据来源：AutoSAR 官网，东吴证券研究所

软件架构逐渐由 Classic AutoSAR 向 Classic AutoSAR+Adaptive AutoSAR 混合式方向发展。AutoSAR 软件架构主要分为 Classic AutoSAR 和 Adaptive AutoSAR 两类，Classic AutoSAR 较为成熟，广泛应用于传统汽车嵌入式软件中，Adaptive AutoSAR 尚处于发展初期，主要面向更复杂的域控制器/中央计算平台等。

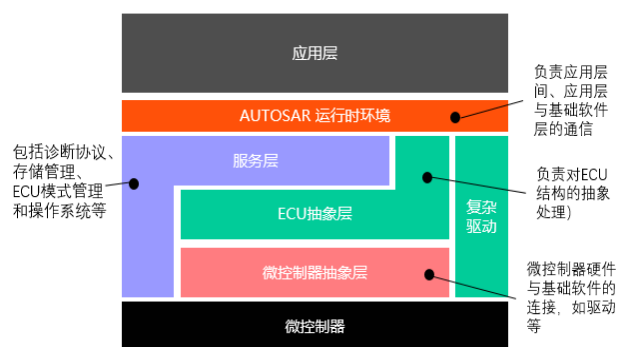
Classic AutoSAR 基础软件分为四层，分别为服务层、ECU 抽象层、微控制器抽象层和运行时环境，运行时环境使应用软件从底层软件和硬件平台相互独立。除此之外还包括复杂驱动程序，由于对复杂传感器和执行器进行操作的模块涉及严格的时序问题，这部分暂时未被标准化。

图 5：Classic AutoSAR 体系架构



数据来源：CNDS，东吴证券研究所

图 6：Classic AutoSAR 架构框图



数据来源：CNDS，东吴证券研究所

Adaptive AutoSAR 相较于 Classic AutoSAR 具有软实时、可在线升级、操作系统可移植等优势。Classic AutoSAR 是基于强实时性（微秒级）的嵌入式操作系统上开发出来的软件架构，可满足传统汽车定制化的功能需求，但受网络的延迟、干扰影响较大，无法满足强实时性。随着自动驾驶、车联网等应用的复杂化，软实时性的软件架构系统

Adaptive AutoSAR 诞生，其主要用于域控制器/中央计算平台，相对于 Classic AutoSAR 的优点：1) 为软实时系统，偶尔超时也不会造成灾难性后果；2) 更适用于多核动态操作系统的高资源环境，如 QNX；3) 软件功能可灵活在线升级。

图 7：Adaptive AutoSAR 较 Classic AutoSAR 优势明显

Classic AUTOSAR		Classic VS Adaptive		Adaptive AUTOSAR
Application Software	使用语言	C	C++	Adaptive Application Software
	实时性	硬实时(微秒级)	软实时(毫秒级)	
RTE	适用场景	传统ECU如VCU、BMS、ECM等	自动驾驶、车联网	ARA
Basic Software	功能升级	一般ECU开发后较固定	可灵活在线升级	Services Basic Services
Hardware	主要通信方式	CAN、LIN	以太网	High Performance Hardware/Virtual Machine
	操作系统	AutoSAR OS	POSIX	

数据来源：CNDS，东吴证券研究所绘制

1.2.2. 软件架构升级有何好处？

1) 软件架构升级有利于软硬件解耦分层，利于实现软件/固件在线升级、软件架构的软实时、操作系统可移植。传统汽车嵌入式软件与硬件高度耦合，为应对越来越复杂的自动驾驶应用和功能安全需要，以 AutoSAR 为代表的软件架构提供接口标准化定义，模块化设计，促使软件通用性，实现软件架构的软实时、在线升级、操作系统可移植等。

2) 软件架构升级有利于采集数据信息多功能应用，有效减少硬件需求量，真正实现软件定义汽车。若未实现软硬件解耦，一般情况下增加一个应用功能则需要单独增加一套硬件装置，采集的数据信息仅一个应用功能可以利用。现阶段，自动泊车雷达和自适应巡航的摄像头、雷达采集数据不可交互，若打通整个汽车软件架构，各数据特征有效利用，实现多个应用共用一套采集信息，有效减少硬件需求数量。

1.3. 通信架构升级：LIN/CAN 向以太网发展

1.3.1. 通信架构如何升级？

自动驾驶需要以更快速度采集并处理更多数据，传统汽车总线无法满足低延时、高吞吐量要求。随着汽车电子电气架构日益复杂化，其中传感器、控制器和接口越来越多，自动驾驶也需要海量的数据用于实时分析决策，因此要求车内外通信具有高吞吐速率、低延时和多通信链路。在高吞吐速率方面，LIDAR 模块产生约 70 Mbps 的数据流量，一个摄像头产生约 40 Mbps 的数据流量，RADAR 模块产生约 0.1Mbps 的数据流量。若 L2 级自动驾驶需要使用 8 个 RADAR 和 3 个摄像头，需要最大吞吐速率超过 120Mbps，而全自动驾驶对吞吐速率要求更高，传统汽车总线不能满足高速传输需求。

表 1：传统汽车总线

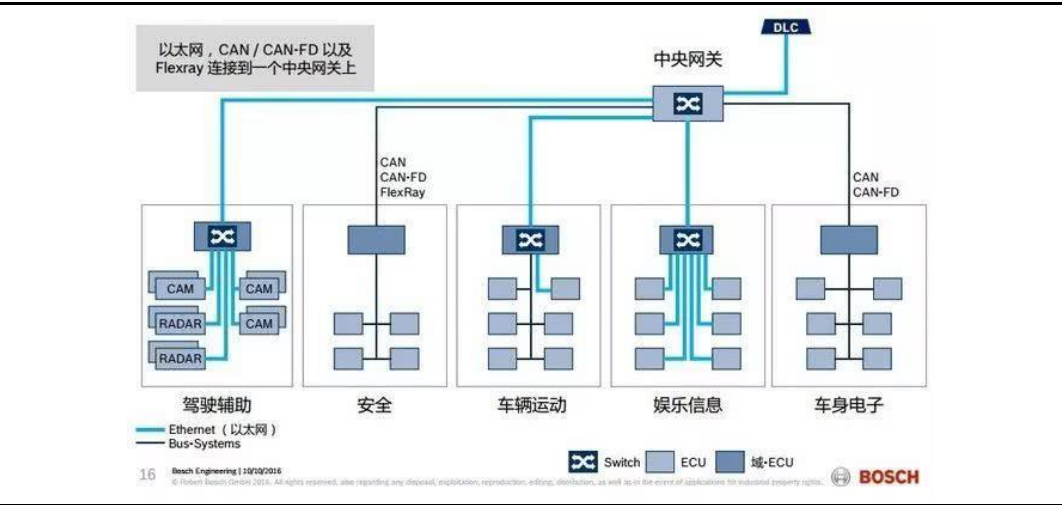
汽车串行总线	首次上市时间	介绍
CAN (控制器局域网)	1983	由 Bosch 开发的一种共享串行总线，传输速率可达 1 Mbps。其优点是经济高效、可靠性高；缺点是共享访问，带宽较低，主要适用于动力总成、底盘和车身电子设备中使用。
LVDS (低压差分信令)	1994	是一种点到点链路，不能满足多链路信息传输。传输速率可达几百 Mbps，成本比 MOST 低，多用于传输摄像头和视频数据；缺点：每个 LVDS 链路一次只能连接输入/输出。
LIN (局域互连网络)	1998	由 OEM 和技术合作伙伴联盟开发，其速率约几十 Kbps，成本比 CAN 低，主要适用于车身电子设备，例如镜子、电动座椅和配件等。
MOST (媒体定向系统传输)	1998	采用环形体系结构，使用光纤或铜缆互连，速率~20Mbps，其优势是带宽较高，但价格较为昂贵。它最初仅适用于摄像头或视频连接。
FlexRay	2000	由 FlexRay 联盟开发，速率~10 Mbps 的共享串行总线，优势是带宽比 CAN 高，但成本较高，而且需要共享使用媒体。主要应用于高性能动力总成和安全系统，如线控驱动、主动悬架和自适应巡航控制。
CAN FD (灵活数据速率)	2012	由 BOSCH 发布的标准，传输速度最高 8Mbps 它是对原始 CAN 总线协议的扩展。CAN FD 通过最大限度缩短协议时延和提供更高带宽，实现更精确和接近实时的数据传输。

数据来源：keysight，百度百科，东吴证券研究所

集带宽更宽、低延时等诸多优点的以太网有望成为未来车载网络骨干。车载以太网是汽车中连接电子元器件的一种有线网络，具有带宽较宽、低延时、低电磁干扰、低成本等优点。在 2010 年左右，以太网从 DLC 诊断端口到网关只有一条 100Base-T1 1TPCE（速率为 100Mbps）基带传输系统，仅用于诊断和固化软件更新。随着以太网技术发展，2015 年起，以太网由诊断应用逐渐延伸至信息娱乐域和 ADAS 系统，未来技术进一步突破，1000Base-T1 RTPGE（速率为 1Gbps）以太网将成为新网络骨干。

各域通过网关完成数据交换。各企业对控制域划分不尽相同，根据博世将汽车分为五大控制域，包括车身电子系统、娱乐信息系统、车辆运动系统、安全系统以及辅助驾驶系统，每个域下继续细分各个子域。这其中，每个域或子域对应相应的域控制器 DCU 和 ECU，并通过网关实现数据交换，共同构成汽车 E/E 架构。

图 8：各域之间通过网关完成数据交换



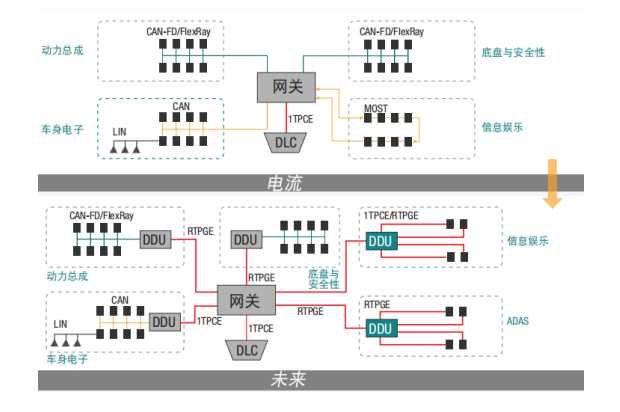
数据来源：博世，东吴证券研究所

1.3.2. 通信架构升级有何好处？

LIN/CAN 总线向以太网方向发展，满足高速传输、低延迟等性能需求。由于智能网联汽车应用越来越复杂，大量的非结构化数据（如图片、视频等）虽然携带的信息非常丰富，但其对数据传输要求极高，传统汽车电子电气架构的 LIN/CAN 总线不能满足高速传输的需求。以太网因具备大带宽、高通量、低延迟等优势，将成为应用于汽车主干网络的主要方案。

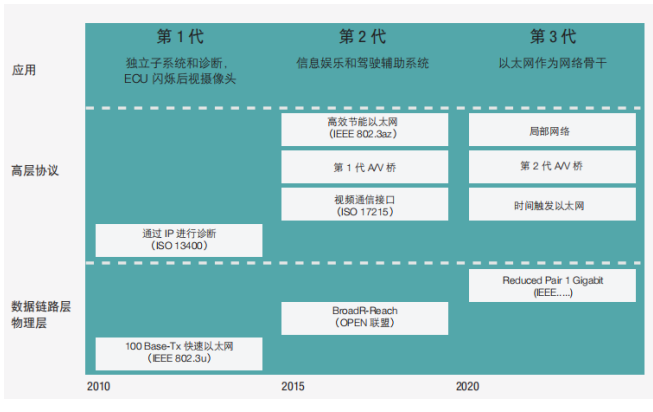
采用以太网方案线束更短，同时也可减少安装、测试成本。线束在重量和成本方面都位列汽车零部件第三，其中在成本方面，线束安装占人工成本的 50%。根据 Broadcom 和博世调查数据显示，达到同等性能条件下，通过使用非屏蔽双绞线（UTP）的以太网电缆和更小的紧凑型连接器，连接成本最多可降低 80%，线缆重量最多可减轻 30%。

图 9：未来车载以太网应用渗透率持续增加



数据来源：keysight，东吴证券研究所

图 10：车载以太网的发展过程



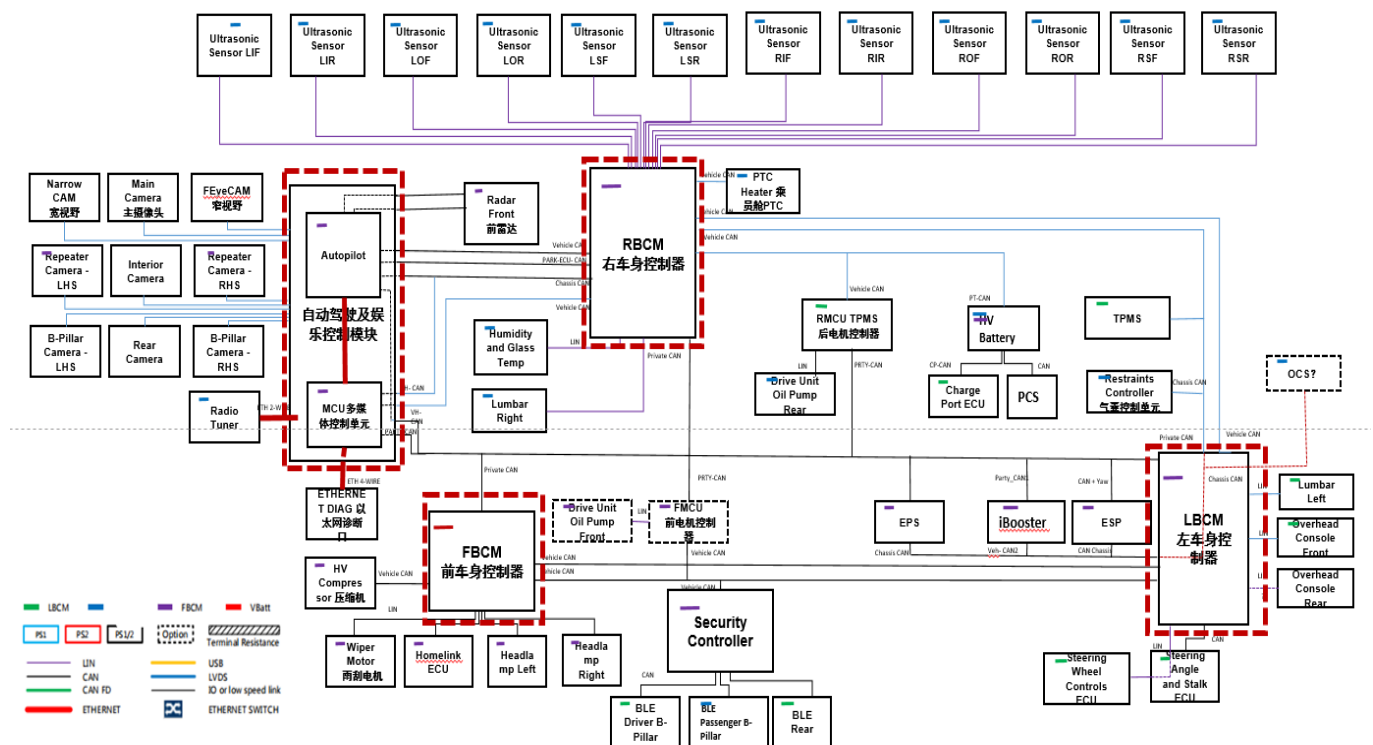
数据来源：keysight，东吴证券研究所

2. 谁是 E/E 架构升级中的优等生？

2.1. 特斯拉 E/E 架构升级情况如何？

特斯拉 E/E 硬件架构已发展为中央集中式架构，即 CCM（一个电脑）+三大区控制器。CCM（自动驾驶及娱乐控制模块）为整车最高决策模块，而区控制器是按照车的位置划分，主要接受 CCM 指令的统一指挥，区别于域控制器（整车同时有多个决策控制器）的提法。即采集数据均由 CCM 统一处理、决策，并指挥各执行机构协同操作。

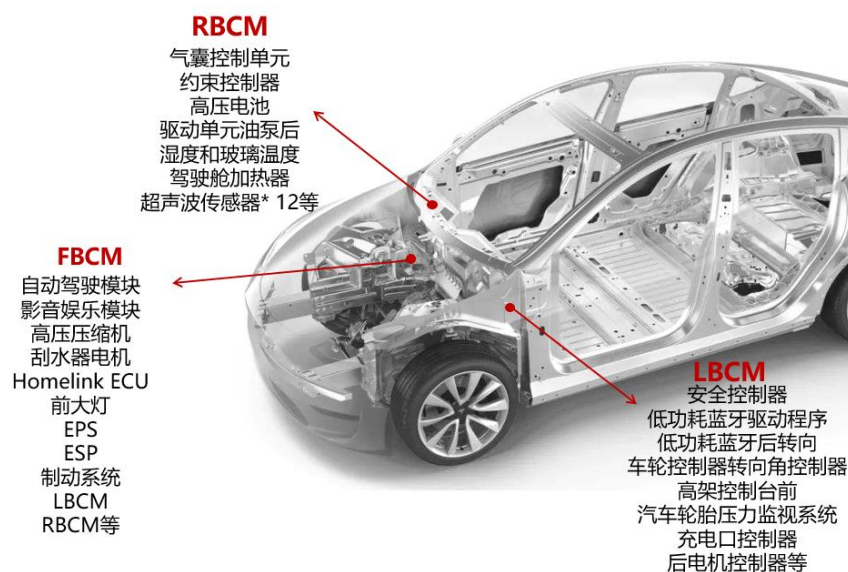
图 11：Model 3 网络拓扑图（2020 年 2 月）



数据来源：冷酷的冬瓜公众号《解码特斯拉电子电气架构》，东吴证券研究所整理绘制

根据技术专家冷酷的冬瓜公众号分析，Model3 的 E/E 架构硬件模块主要包括自动驾驶及娱乐控制模块（CCM，为 FSD 等芯片组成）和 3 个车身区控制器 BCM FRONT/LEFT/RIGHT 等。CCM 是整车最高决策者，接管所有辅助驾驶相关的传感器，例如摄像头、毫米波雷达等，并管理各核心控制器。前车身控制器，由于位置靠前，主要负责执行自动驾驶模块、座舱模块、压缩机及车前灯等；右车身控制器，负责气囊控制、12 个超声波泊车雷达、热管理、扭矩控制等；左车身控制器，负责内部灯光、后电机控制、充电模块等。

图 12: Model 3 控制器主要负责单元



数据来源：冷酷的冬瓜公众号，东吴证券研究所绘制

FSD 芯片是硬件架构升级的重要一环。FSD 芯片 AI 算力 72TOPS，功耗仅 36W，能耗比 2 TOPS/W 优于采用英伟达的上一代方案 PX2。FSD 为 SOC 异构芯片，即包括 ISP+CPU+GPU+2 个 NPU。NPU 即为神经网络处理器可提供 AI 算力，每个 NPU 36TOPS。芯片只通过了 AECQ-100 车规级认证，未过功能安全 ISO26262 的认证。整个中央计算平台采用两颗 FSD 芯片进行运算交叉验证，若处理结果一致则通过执行，若不一致则重新计算以达到安全冗余。

软件架构分层解耦，采用开源软件平台，用户即为研发一分子模式，实现不断 OTA 升级。

1) **分层解耦**: 特斯拉没有按照基于功能进行软件开发的模式，而是资源共用的开发模式，各种感知数据均可服务所有上层应用。感知数据的充分利用，有效减少硬件资源的需求。

2) **开源软件平台**: 特斯拉并未采用传统汽车主机厂主导的 AutoSAR 的软件架构，而是采用开源软件平台，其操作系统基于 Linux 深层次改造，以及深度学习框架、后台均采用开源软件架构。开源架构即开放软件的源代码，以求共同更新软件，以维护汽车系统的安全。

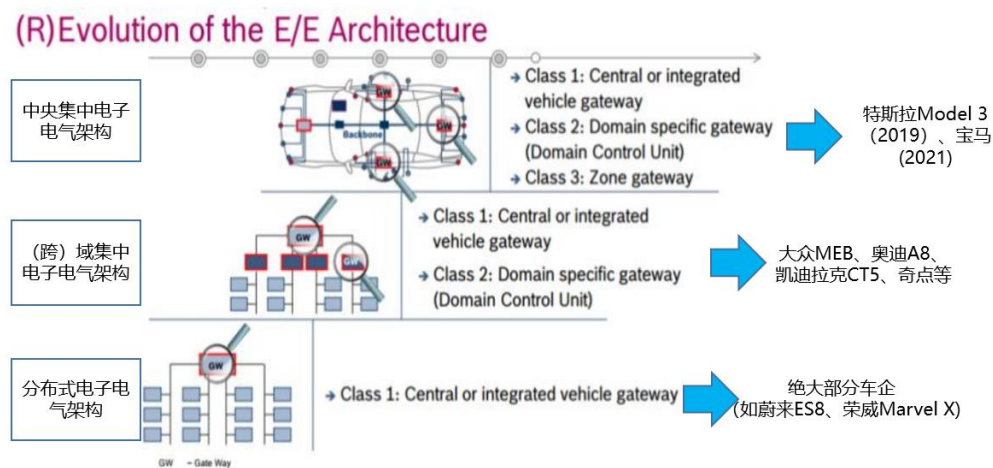
3) **用户为研发一分子**: 随着人工智能时代的到来，软件迭代由工程师堆叠模式逐渐演变为数据驱动模式，特斯拉智能汽车年产量已初具规模，用户即为研发的一分子，不断丰富数据库，从而在整个生命周期不断进行 Bug 修复以及软件优化、新功能导入。而传统主机厂虽然年产量基数较大，但是智能汽车基数却几乎为 0，传统主机厂数据劣势凸显。

Model 3 开始部分应用以太网，核心控制器之间环状连接实现冗余。Model 3 的通信网络同时采用以太网和传统 CAN/LIN 总线，其中 CCM 内通过以太网连接，其他控制器主要基于传统总线网络连接到 CCM。各主要控制器之间环状链接，关键功能互为备份，从而产生冗余。

2.2. 其他玩家 E/E 架构升级如何？

从车企角度来看，E/E 架构集成度排名分别为：特斯拉，传统强外资，国内自主/造车新势力。1) 国内自主品牌和造车新势力 E/E 架构按照博世的 E/E 架构标准来看，仍属于分布式 E/E 架构，主要呈现特点为硬件方面仍主要为单一功能对应单一 ECU；软件方面在线升级能力较弱或无在线升级能力；通信架构方面仍为传统 Can 总线。2) 大众、奥迪、通用等强外资车企最新（或近期规划）车型的 E/E 架构属于（跨）域集中 E/E 架构类型，硬件方面由分布式升级为域控制或跨域控制；通信架构方面采用核心高速 Can 骨干总线且具有软件部分在线升级能力。3) 特斯拉的发展最为领先，Model 3 采用中央集中式 E/E 架构，同时具备车载电脑（CCM）+ 区控制器，自研的操作系统，可实现整车 OTA，具有部分以太网。

图 13：特斯拉 E/E 架构技术领先



数据来源：佐思车研，东吴证券研究所绘制

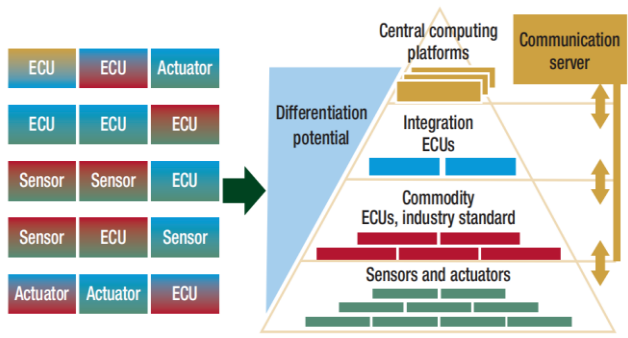
宝马下一代 E/E 架构，采用的为中央集中式构架，计划于 2021 年左右量产。硬件方面采用英特尔的至强服务器 CPU+3 颗 EyeQ5 共同组成一个中央计算平台；在软件方面开发基于 Classic AutoSAR 和 Adaptive AutoSAR 混合的通用软件框架，自研操作系统。宝马下一代架构已形成一个可升级、可扩展、可复用以及可移植的全新中央集中式架构。

丰田则将采用中央集中+区控制器 (Central & Zone) 的 E/E 架构方案。此硬件方案类似特斯拉硬件方案，全新架构将具备空间优势、ECU 集成降低成本、车型覆盖多、可扩展性、轻量化等特点。软件架构方面车端仍主要使用 Classic AutoSAR 和 Adaptive AutoSAR 混合的通用软件框架，云端或将使用非 AutoSAR 软件架构。

大众 ID.3 将搭载名为 E3 的跨域融合式架构(又称车载订阅服务构架)，计划于 2020 年左右量产。大众 ID.3 计划于 2020 年左右量产，仍差特斯拉一代。大众的架构有它的合理性，SAS 分别为：1) 基础服务单元，分别包含网关、车身、底盘等；2) 智能座舱的域控制器；3) 自动驾驶的域控制器。虽不是中央集中架构（即一个电脑），但也使得软硬件有相当程度的解耦，减少了系统复杂性。由于大众仍主要依赖多个传统供应商共

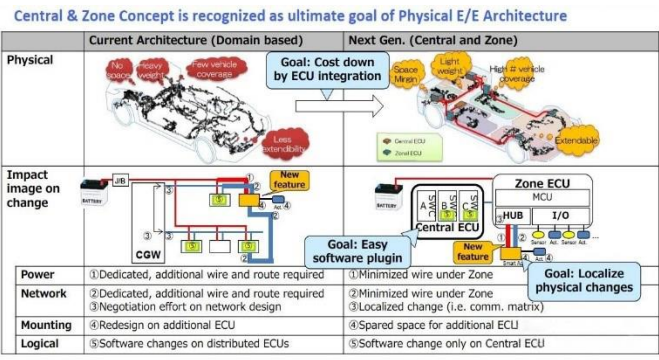
同实现完整软件系统，受功能安全标准束缚，所以软件架构依赖 AutoSAR 架构，即上下级接口标准化，实际为了更好地划定供应商之间交接界面和分清责任，更好管理供应链。Classic AutoSAR 面向执行架构，Adaptive AutoSAR 面向更复杂的服务框架，与特斯拉软件系统相比更为繁重。此外，通用全新一代 E/E 架构 Global B，将搭载在全新凯迪拉克 CT5 上，仍为域集中 E/E 架构。

图 14：宝马下一代 E/E 架构



数据来源：佐思车研，东吴证券研究所

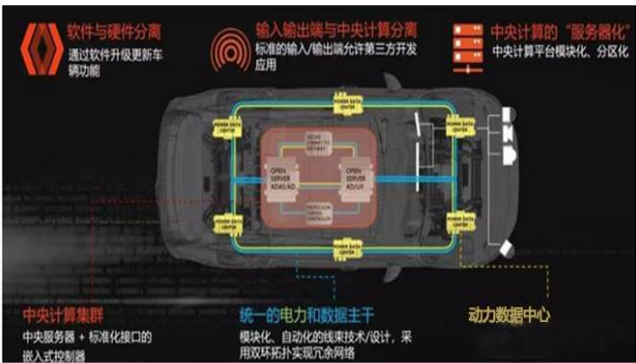
图 15：丰田采用 Central & Zone 的 E/E 架构



数据来源：汽车 ECU 开发，东吴证券研究所

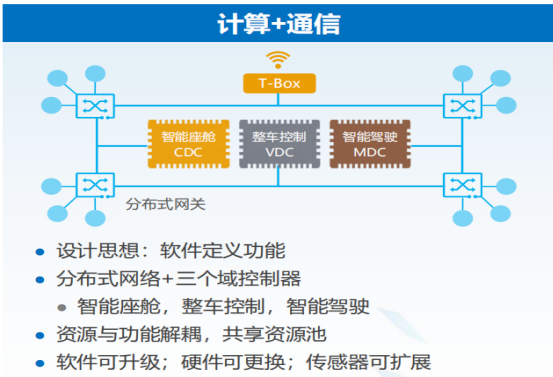
安波福、华为等 Tier1 级供应商/科技公司也纷纷部署 E/E 架构，或将打破原由主机厂主导整个汽车产业链的固有格局。安波福已于 2020 年 1 月正式发布全新 SVA 架构，并计划 2022 年实现半中央集中式架构、2025 年实现中央集中式架构。华为提出基于计算和通信的 CC 架构，由智能座舱、整车控制、智能驾驶三大域控制器构成，为跨域融合架构方案。此外，大陆、博世等也纷纷提出下一代 E/E 构架。

图 16：安波福 SVA 架构



数据来源：佐思车研，东吴证券研究所

图 17：华为基于计算和通信的 CC 架构



数据来源：华为，东吴证券研究所

表 2：主要企业 E/E 架构方案对比

	特斯拉	通用	大众	宝马	安波福
计算平台	HW3.0	EOCM	ICAS	Ultra	SVA

集中度	中央集中	域控制	跨域融合	中央集中	半中央集中 /中央集中
芯片组合	FSD	/	/	Xeon+EyeQ5*3	Intel
量产时间	2019	2020	2020	2021	2022/2025
特点	智能化标杆	量产级 L2+	SOA 架构 自有操作系统	L4 级别 600W 水冷	高可靠性冗余设计；可 适配多个整车平台

数据来源：地平线，东吴证券研究所

3. 谁能在此次变革中把握先机？

软件定义汽车大背景，E/E 架构是智能网联汽车发展的关键。E/E 架构升级的核心技术涉及芯片/计算平台、操作系统、软件架构、以太网、5G、云计算等，拥有某一项或多项核心技术优势的玩家（特斯拉、华为、英伟达、英特尔、BAT 等）或将在此次大变革中成功切入智能汽车领域，并构建庞大的生态体系。传统汽车产业链中依靠产品升级、新业务拓展或绑定技术优势巨头带来单车价值量提升，从而在此次变革中把握先机。重点推荐【德赛西威】（智能座舱+ADAS），受益标的【中科创达+四维图新+伯特利+星宇股份+科博达+均胜电子+中国汽研】。

3.1. 德赛西威

德赛脱胎于中欧电子，注入了德国文化因子，现惠州市国资委控股。三大产品模块：拳头业务智能座舱（营收占比 90%+），战略业务智能驾驶+网联服务。核心商业模式：对接纯软件与主机厂之间的需求，处于中间层角色，需具备软硬件一体化能力。核心竞争力：持续加大研发投入构建技术壁垒，且保证优良制造工艺及成本管控能力。受国内乘用车需求下行+战略业务研发持续投入，2018-2019 年业绩进入下行周期。

智能座舱业务：国产替代加速+一芯多屏升级，量价齐升可期。德赛卡位于智能座舱产业链中游一级供应商角色，全球车载娱乐系统（中控屏为主）市占率 4%，国内车载信息娱乐系统（中控屏+软件解决方案）市占率约 13.9%。德赛智能座舱业务的核心增长逻辑：1）凭借技术+成本+客户优势，加速车载娱乐系统国产替代，逐步淘汰尾部竞争对手，市占率有望持续上升。2）一芯多屏融合，由分布式离散控制向座舱域控制高度集成是智能座舱当下最重要升级方向，下游主机厂自身研发实力仍在布局中，中短期对一级供应商依赖度较高，为德赛成长提供良好时间窗口。

战略业务：ADAS 产品放量进行时，车联网平台积极推进。德赛 2016 年成立 ADAS 事业单元，360 度高清环视系统+全自动泊车系统+24G/77G 毫米波雷达先后量产，成为未来 3 年新增盈利点。2019 年公司获得国内领军车企下一代全自动泊车和代客泊车产品的平台化项目定点；360 度高清环视系统已在多个车型上配套量产；77G 毫米波雷达获得自主品牌车企订单。2020 年 L3 级自动驾驶域控制器于小鹏 P7 上配套量产。5G 商用+11 部委联合下发政策推动智能汽车发展，V2X 车联网应用加速，德赛 2018 年成立

车联网事业单元，T-Box+V2X+车联网平台逐步落地商业化。2019 年 T-Box 产品已在多个车型上配套量产；V2X 产品获得合资品牌车企的项目定点，计划于 2020 年量产。

3.2. 中科创达

中科创达是全球领先的智能操作系统提供商，主要致力于提供智能操作系统产品、技术及解决方案，可应用于智能手机、智能物联网、智能网联汽车等领域。中科创达凭借多年在 Android、Linux 等操作系统技术的研发与创新，形成了从硬件驱动、操作系统内核、中间件到上层应用全面的技术体系。中科创达战略合作资源优秀，除了是高通生态体系下重要的基础软件供应商外，与华为也有深度的合作关系。

凭借操作系统和中间件技术优势，赋能座舱产业智能化变革。中科创达自 2013 年开始布局汽车业务，专注于打造基于智能操作系统技术的智能网联汽车平台产品，已形成集软件 IP 授权、产品售卖、开发服务于一体的业务模式。2016 年中科创达通过收购爱普新思(汽车信息娱乐系统)和 Rightware (汽车用户界面软件技术)，进一步为客户带来全栈式智能座舱的技术能力。目前中科创达的汽车业务客户在全球超过 100 家，业务收入也持续高速增长，2016 至 2019 年复合增速高达 118.4%，其中 2019 年汽车业务实现收入 4.81 亿元，同比增长 72.3%，汽车业务收入占比 26.3%。

3.3. 四维图新

四维是中国领先的导航地图供应商。四维长期致力于地图、自动驾驶、芯片、位置大数据服务、车联网等领域。其中在地图领域，四维是由国家测绘局创建的唯一专业从事测绘的国家级企业，经多年的创新发展，导航地图已位列中国第一、全球第五。

导航&ADAS 业务：L3 级地图量产，长期发展可期。2019 年四维导航/ADAS 业务分别实现营收 8.3/1.0 亿元，同比+7.2%/+96.5%，业务收入占比 36.0%/4.5%。导航业务产品主要包括地图数据、数据编译以及导航软件。ADAS 业务产品主要包括 ADAS 地图、HD 地图数据、高精度定位产品及 ADAS 整体解决方案。四维已具备 L3 级自动驾驶高精度地图的量产能力，L4 级方面也进入准量产阶段。2019 年 2 月，四维与宝马汽车签署协议，将为其在中国销售的 2021 年-2024 年量产上市的宝马集团所属品牌汽车提供 Level3 及以上自动驾驶地图产品和服务，是国内首个 L3 及以上自动驾驶地图订单，展现公司地图领先地位。

其他业务：位置大数据&车联网&芯片不断取得新突破，进一步完善智能网联生态。2019 年车联网/芯片/位置大数据业务分别实现营收 7.0/4.1/2.4 亿元，同比+28.5%/-29.2%/+36.6%，业务收入占比 30.2%/17.7%/10.4%。在车联网方面，参股公司四维智联以大数据/AI 为驱动，加大生态资源整合力度，打造通用型车联网云平台及服务组件。在芯片方面，IVI 芯片已在后装市场取得一定优势，并不断向前装市场拓展市场份额；AMP 车载功率电子芯片出货量持续提升；MCU、TPMS 芯片分别在 2018 年、2019 年底实现量产。在位置大数据服务方面，三维可视化和分析能力持续增强，传感器云平台可

以支持海量车载传感器数据和自动驾驶数据的接入和治理，并可为自动驾驶应用提供数据、算法模型和应用支撑等。

3.4. 伯特利

伯特利是一家专注汽车制动系统相关产品的制造商。公司盘式制动器/电控制动产品/轻量化制动零部件三大业务营收占比分别为 43%/28%/23%。公司在保持盘式制动器优势的同时，积极开拓电控制动产品（EPB、ABS、ESC）和轻量化制动零部件。凭借性价比高+技术提升+响应速度快等优势，公司在进口替代中迎来良好发展机遇。

国产替代+线控制动量产在即，电控制动业务快速增长。伯特利于 2012 年成为国内首家量产 EPB 的厂商，是国内自主品牌龙头，国外竞争对手为博世、大陆、采埃孚等，国内竞争对手为力邦合信（主要客户为众泰和猎豹）和亚太股份（2019 年量产）。随着在吉利、奇瑞、长安等已有客户渗透率持续提升及东风日产等合资品牌客户不断开拓，EPB 业务将持续稳健增长。线控制动系统（WCBS）是 L2 及以上自动驾驶执行端核心部件，单车价值约为 2000 元，约为 EPB 的两倍。根据 2019 年年报，伯特利线控制动系统（WCBS）已于 2019 年 7 月完成新产品发布，发布后得到客户的一致好评。

轻量化产品海外放量，长期成长可期。伯特利铸铝轻量化制动零部件获得通用、沃尔沃、福特等国际知名整车厂商认可，其中 2019 年初和 11 月与通用汽车签署的供货订单全生命周期达 18 亿人民币。

3.5. 星宇股份

星宇股份是国内领先的车灯制造商，通过对接芯片、模组与主机厂之间的需求提供方案和车灯总成，单车价值量仅次于发动机、变速箱和座椅总成。星宇主业高度专注，车灯类业务营收占比近 90%，配套一汽大众、一汽丰田、上海大众等国内主流主机厂。

车灯行业进口替代空间大，受益于 LED 化+智能化升级。车灯行业技术壁垒和行业集中度高，国际车灯市场小系、斯坦雷、海拉等五大巨头市占率近 60%；国内市场呈现一超多强格局，收购上海小系后的华域视觉市占率约 28%，星宇和斯坦雷、海拉、法雷奥的市占率均在 10%左右。凭借技术提升+成本管控+快速响应，星宇成为外资厂商在中国最强劲的竞争对手，市占率提升空间大。技术进步推动车灯沿着卤素灯-氙气灯-LED 灯不断升级带来单车价值上升。基于安全性诉求，消费者愿意买单推动下主机厂积极提升智能车灯（AFS 和 ADB 系统）渗透率。

客户拓展+产品升级+产能扩充，毛利率有望稳步提升。星宇积极渗透日系和豪华客户，2016 年以来，公司陆续拿到宝马、奥迪、沃尔沃、捷豹路虎、北京奔驰等豪华品牌订单，实现了自主—合资—豪华客户结构升级。核心客户一汽大众和一汽丰田进入全新产品周期，搭载星宇 LED 大灯的探歌、宝来、速腾、迈腾、轩逸、致炫等车型相继放量，LED 渗透加速。此外，配套一汽轿车的 ADB 智能前大灯迎来量产，单车价值量较普通 LED 灯提升 2 倍。星宇海外扩张于 2019 年拉开帷幕，根据 2019 年 8 月公告，公

司拟在塞尔维亚建立设计年产能 570 只车灯的生产基地，并计划于 2021 年部分建成投产。海外建厂有望进一步渗透 ABB 等中高端客户，提升盈利能力。

3.6. 科博达

科博达是国内领先的汽车智能、节能电子部件制造商。2019 年照明控制系统/车载电器与电子/电机控制系统三大业务分别实现收入 15.5 亿元/6.5 亿元/5.1 亿元，同比 +11.7%/+24.1%/-15.9%，业务收入占比 53%/23%/18%。科博达配套大众、戴姆勒、捷豹路虎、一汽集团及上汽大众等数十家国内外知名整车厂商，2019 年海外营收占比近 35%。

车灯控制器领域全球龙头，受益于品类扩张+客户扩展。科博达在灯控领域市场份额占比超过 10%，位居全球前三。科博达业务增长核心逻辑：1) 车灯行业 LED+智能化升级，科博达发展前景广阔；2) 在手订单充裕，高速增长可期。根据 2019 年年报，全年科博达新增定点项目 66 个，主光源控制器项目首获福特全球项目定点，纯电动车冷却系统控制器项目进入南北大众体系；3) 汽车电子研发中心建设进行中，未来产品品类有望持续扩张。

3.7. 均胜电子

均胜是全球领先的汽车零部件供应商。2019 年公司汽车安全、汽车电子、功能件以及智能车联四大业务分别实现收入 470.7 亿元/74.8 亿元/38.4 亿元/26.9 亿元，同比 +9.7%/+18.8%/+7.0%/-8.2%，业务收入占比 77.1%/12.2%/6.3%/4.4%，客户涵盖国内外主流主机厂。2011 年至今，公司通过国际收购德国 PREH(汽车电子)、德国 IMA(机器人)、德国 QUIN(汽车零部件)、美国 KSS 以及日本高田资产(汽车安全系统)，实现了全球化和转型升级的战略目标。

立足汽车安全领域，电子化+智能车联快速落地，协同效应逐步体现。在安全业务方面，均胜主要对外提供主动安全(ADAS 产品)、被动安全(安全气囊等产品)等产品，通过全球四大区域“超级工厂”的建设，加速全球资源整合，优化产能布局，从而实现降本增效。在电子业务方面，均胜对外提供 HMI，新能源汽车电子等产品，客户包括大众、宝马、奔驰、福特、通用等全球知名整车厂商。在智能车联业务方面，2019 年 12 月均胜整合宁波普瑞智能车联和德国普瑞车联为全新均胜车联事业部，对外提供娱乐系统、导航系统、车联网等产品及软件。

3.8. 中国汽研

中国汽研是国内领先的智能汽车检测龙头。中国汽研是一家国家级科研院所转制设立的股份公司，实际控制人是国务院国资委，第一大股东是通用技术集团。主要经营范围包括技术服务和产业化制造两类。2019 年公司实现收入 27.6 亿元，同比-1.3%，客户涵盖国内外主流主机厂。

立足汽车检测领域，智能网联业务小步快跑。汽车 ADAS 系统主要聚焦智能端，已

经投入使用。i-Vista 是中国汽研联合长安、一汽、中国移动、华为、大唐等单位共同建设的基于宽带移动互联网的智能汽车和智慧交通应用示范工程及产品工程化公共服务平台，定位于向国内外政府机构、企业、高校和行业组织提供测试服务、政策咨询及活动支持中。2019 年围绕 ADAS、i-VISTA 示范区建设，完成了 5G 自动驾驶运营基地建设，并引入 3 家企业进行商业化运营。此外，重庆双桥智能网联汽车综合性能试验基地、智能网联汽车示范区等重大基础设施相继建成投入使用，进一步增强了公司测试研发水平。在智能网联汽车测试设备工具研发方面，2019 年完成了 2 代新产品的研发和发布以及 1 代设备的技术完善和叠代，并获取了订单。

4. 风险提示

全球疫情控制进展低于预期。如果全球疫新冠疫情控制低于预期，则对全球经济产生影响，从而影响乘用车需求的复苏。

乘用车行业需求复苏低于预期。乘用车行业需求复苏低于预期，则会影响公司下游配套主机厂的产销恢复，从而影响公司业绩。

免责声明

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

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

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

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

东吴证券投资评级标准:

公司投资评级:

买入:预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15% 以上;

增持:预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5% 与 15% 之间;

中性:预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-5% 与 5% 之间;

减持:预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-15% 与-5% 之间;

卖出:预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在-15% 以下。

行业投资评级:

增持:预期未来 6 个月内,行业指数相对强于大盘 5% 以上;

中性:预期未来 6 个月内,行业指数相对大盘-5% 与 5%;

减持:预期未来 6 个月内,行业指数相对弱于大盘 5% 以上。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码: 215021

传真: (0512) 62938527

公司网址: <http://www.dwzq.com.cn>