

利用汽车IP实现集中式ADAS域控制器SoC

作者

Ron DiGiuseppe,
汽车IP部门经理

前言

据美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 提供的信息, 所有汽车事故中有94%是由于司机认知不足、决策不善或表现欠佳造成的¹。汽车原始设备制造商正在增加新的先进驾驶辅助系统 (ADAS), 以提高功能安全性, 例如自动紧急制动、行人检测/躲避、车道偏离警告/校正、交通标志识别、环绕视图、困倦监控, 或者提供其他应用, 如图1所示。受消费者愿望和政府法规对改善道路安全要求的推动, 汽车制造商正在向新车型中添加多种高级ADAS应用。面向这些高级ADAS应用的SoC必须根据ISO 26262功能安全标准进行设计。

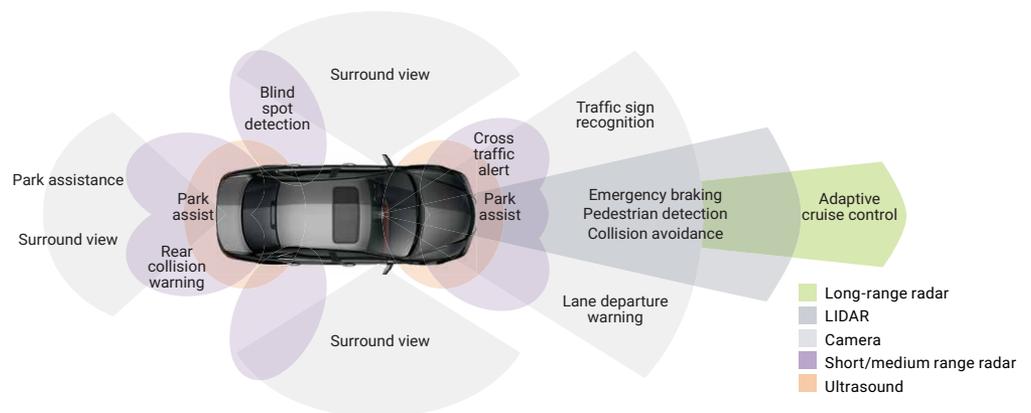
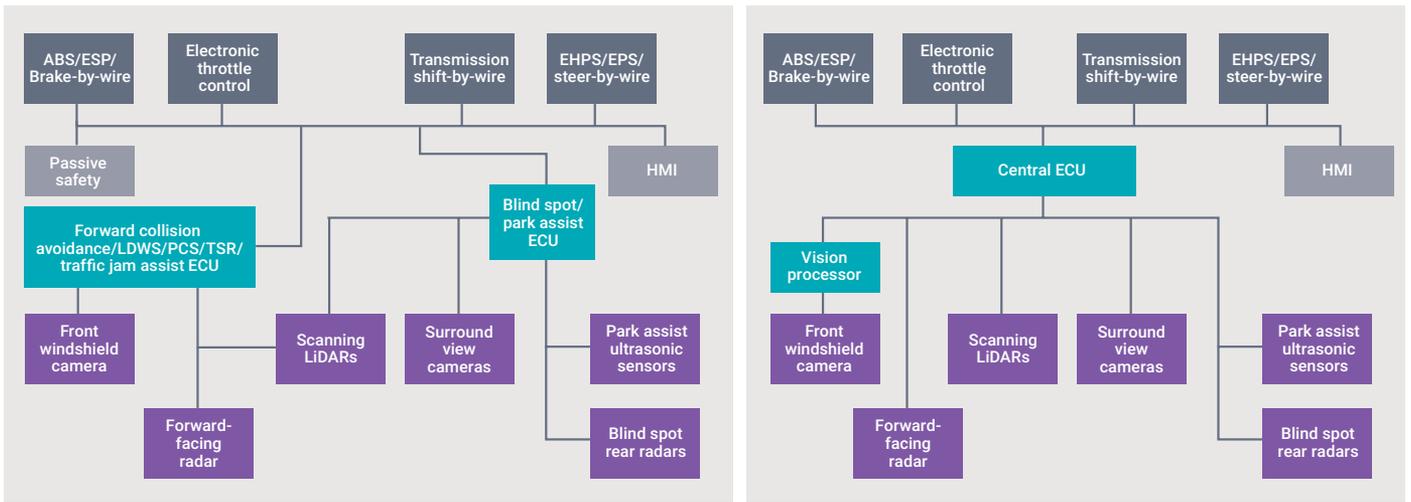


图1: 高级驾驶辅助系统可提高安全性

在当今的汽车中, 用于ADAS应用的电子控制单元 (ECU) 遍布车内。然而, 如图2和图3所示, 集中式架构正变得越来越流行, 它把ADAS应用集成到一个集中式的ADAS域控制器中, 例如Aptiv公司 (以前称为Delphi公司) 的多域控制器 (MDC) 模块。集中式的架构降低了成本, 最大限度地减少了独立软件应用程序的开发, 并降低系统复杂性。随着汽车制造商采用具有集中式ADAS处理器的MDC, ADAS处理器所需的性能和功能性不断增加, 这就要求OEM、一级供应商 (Tier 1) 和半导体供应商开发出新型ADAS SoC, 其应当整合最新的接口标准, 运行多种基于视觉的算法, 并把图像和雷达系统传感器数据结合到一起。

采用分布式ECU的现有汽车架构预计将被集中式架构所取代, 后者能够使用少于10台集中式高性能计算机, 而且其传感器数据可以由200个以上的传感器来提供²。为了实现集成复杂功能所需要的高级协议并满足高性能运行要求, 与当前的汽车SoC相比, 下一代ADAS处理器必须采用领先的SoC设计和工艺技术。这种新型ADAS SoC的设计人员依靠IP供应商来帮助克服实现汽车应用特定IP要求 (包括ISO 26262功能安全标准) 所面临的挑战。

本白皮书介绍了从分散式ECU转换到集中式多域控制器的新型ADAS SoC架构, 并解释了根据ISO 26262功能安全性、汽车可靠性和质量标准所设计的IP域控制器的实施情况。



Source: Ian Riches, Strategy Analytics ©Strategy Analytics (2014)

图2: 当前和未来的ADAS系统架构: 从分布式ECU转向集中式域控制器

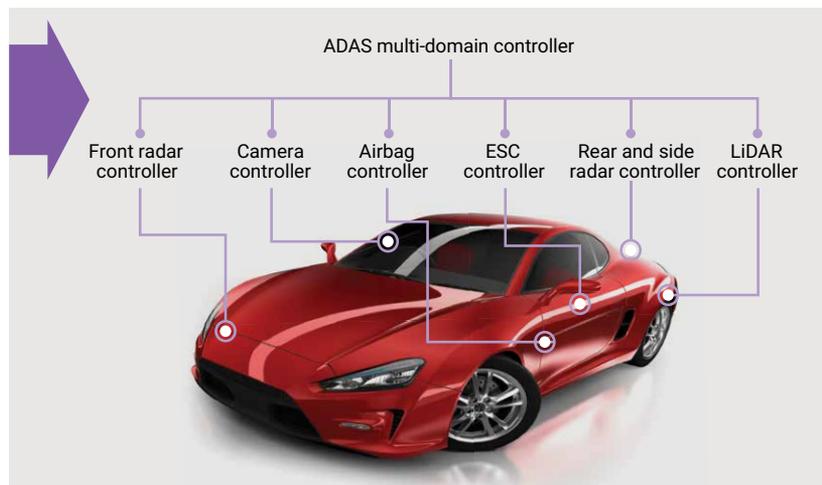


图3: Aptiv公司(以前称为Delphi公司)的ADAS多域控制器

面向多域控制器的ADAS处理器

集中式ADAS架构将需要运行时钟频率超过1 GHz的新一代高性能32位或64位处理器。例如,支持多种基于视觉的应用的ADAS SoC正在使用具有单独处理器加速器的64位处理器,以便实现诸如卷积神经网络(CNN)等最新深度学习算法。

额外的图形处理器或定制的DSP内核能够处理连接至多媒体接口(如HDMI或MIPI D-PHY)的高速像素处理,这些功能结合在一起可以支持越来越高分辨率的高清显示器。为了支持提供图像和雷达/LIDAR数据的多台摄像机和雷达传感器,需要一套传感器和控制子系统来减轻应用处理器应付传感器数据管理任务的负担,该子系统将实现高度的传感器融合。

新一代ADAS SoC需要高达8GB的汽车级LPDDR4内存来支持处理器应用软件以及以太网所提供的广泛的系统连接,并且需要利用时间敏感网络(TSN)来支持多媒体数据流量。PCI Express和新的快速缓存一致性接口(例如面向加速器的高速缓存一致性互连(CCIX))已经非常广泛地用于连接多个处理器,以处理可扩展的应用。各种SoC外设(例如MIPI I3C、I2C、UART、SPI/QSPI、CAN和FlexRay)提供了额外的接口连接。MIPI I3C由于其双线接口和高达33.4 Mbps的数据速率而正在被广泛采用。

为了支持由外部低功耗蓝牙、WiFi或4G LTE无线eIC所实现的云连接,ADAS SoC必须包含健壮的、基于硬件的安全协议,以实现安全启动、安全识别和认证、加密和解密。图4显示了领先的工艺技术中所采用的高性能ADAS处理器架构。

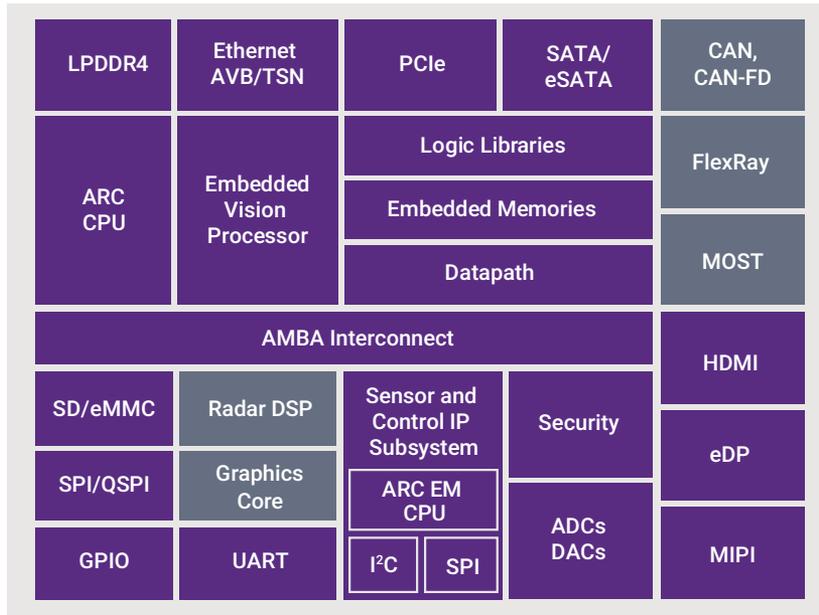


Figure 4: ADAS Processor for Multi-Domain Controller

实现ISO 26262 ASIL功能安全性的IP

用于ADAS安全关键型应用的集中式域控制器SoC要求IP功能支持领先的代工 (foundry) 工艺中的最新规范和算法。除了为ADAS SoC提供所需要的高级功能、小面积、高性能和低功耗外, IP供应商还必须符合汽车ISO 26262功能安全标准。ISO 26262标准于2011年发布并于2018年更新, 适用于道路车辆中电气和/或电子系统的功能安全性。它涉及安全生命周期的所有活动, 例如与安全相关的系统的设计 and 开发, 而且它还包括被归类为“背景外安全元素”(SEooC) 的SoC。ISO 26262提供了汽车专用方法来确定汽车安全完整性等级 (ASIL), 并规定了多种措施来验证和确认是否达到了安全等级。其目标是通过定义功能要求、严格执行开发流程并采取必要的设计措施 (包括故障注入和系统分析及指标报告, 来尽量降低对随机硬件故障的易感性。采用获得ISO 26262认证的IP, 将有助于SoC设计人员降低供应链风险并加速完成SoC级功能安全性的需求规格说明、设计、实施、集成、检验、验证和配置。

Synopsys公司的IP开发部门实施了面向ASIL的IP所需要的策略、流程、战略和管理。除了针对开发工程进行详细的功能安全培训外, Synopsys公司的安全管理人员还通过领先的汽车检测公司SGS-TUV Saar接受强化培训并参加半导体汽车功能专业人员 (SC-AFSP) 认证, 他们完全有能力确保IP开发符合相关要求。

如图5所示, Synopsys公司的IP开发流程涵盖了ISO 26262工作产品, 这些产品提供了集成的硬件安全功能、验证计划、安全计划、验证报告、安全手册以及故障模式影响和诊断分析 (FMEDA)。Synopsys公司的IP汽车安全套件包含多种交付件, 能够让SoC设计人员编写其自己的SoC级FMEDA报告, 从而加速他们的SoC开发。SoC和IP作为SEooC元件的合规性认证已经由SGS-TUV Saar等业内公认的审计机构授予, 这些机构执行产品和过程审核、评估以及功能安全性元件 (包括ISO 26262工作产品) 的审计, 例如安全计划、安全功能、即时故障 (FIT) 率分析以及FMEDA分析。

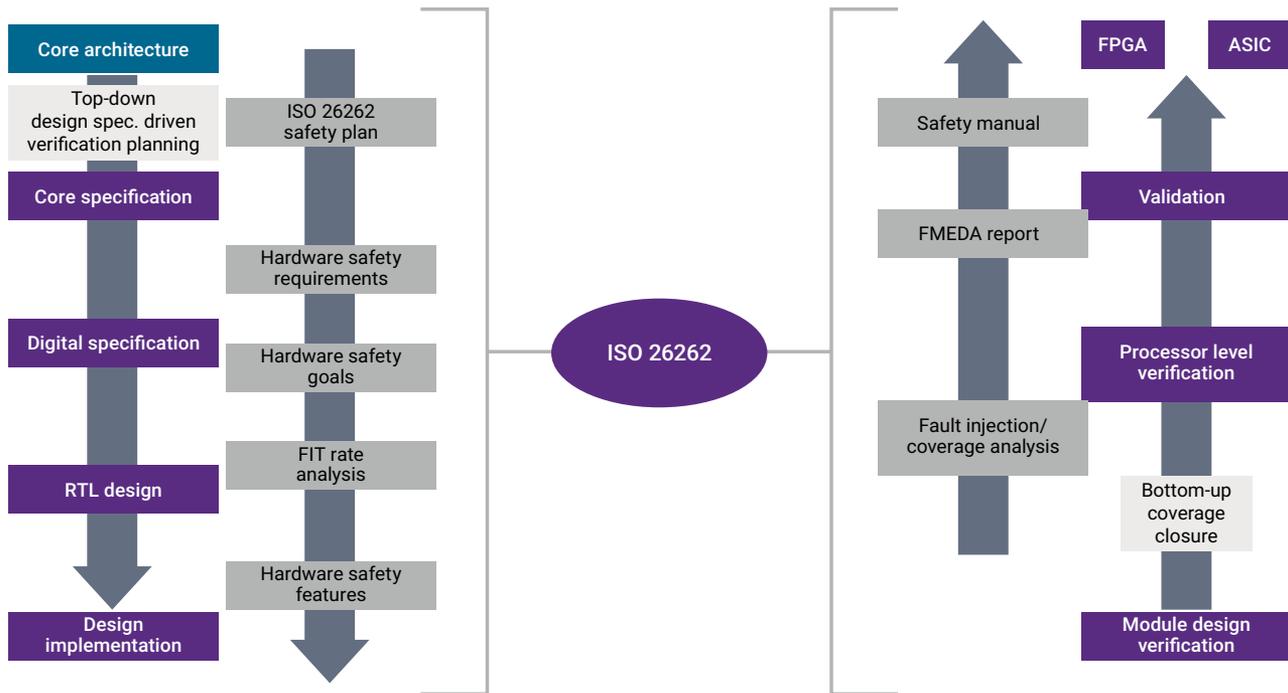


图5: Synopsys IP开发包含功能安全性工作产品

最佳实践: 面向ISO 26262 ASIL功能安全性的IP

凭借在利用汽车安全套件提供IP方面的经验, Synopsys公司已经为汽车产品开发确定了几项最佳实践:

1. 安全管理人员参与IP开发的各个阶段, 包括过程审核, 并由多位工程师同时进行评审, 以消除偏见
2. 在IP中实现特定的功能安全性功能
3. 记载每项关键规范和决定, 将其作为要求的一部分, 由一名指定的团队成员进行跟踪
4. “逐块”对IP进行分析, 作为使用FMEDA报告进行ASIL评估的一部分, 其中IP设计人员必须识别每个块的所有可能故障模式以及针对这些故障模式(随机故障)进行错误检测/诊断/纠正。

Synopsys公司根据多项标准(包括来自ISO 26262标准的建议)在我们的IP产品中实施安全功能。表1列出了相关建议的总结以及这些特性对产品的影响。

安全特性类型	有效性
硬件冗余	高-99%
配置寄存器测试	高-99%
内存中的EDC *	高-99%
超时监视、帧计数器和信息冗余的组合	高-99%
硬件支持的自检	高-99%
多位硬件冗余	中-90%
超时监视	中-90%
帧计数器	中-90%
信息冗余	中-90%
奇偶校验 - 每个字	低-60%

表1: Synopsys的IP根据ISO 26262标准的建议实施各项安全功能

Synopsys的IP解决方案实施了多种安全性功能,以减轻随机故障的影响。汽车IP产品中实施的安全性功能集合包括诸如此类的功能:用于数据包报头的纠错码(ECC)保护,数据路径奇偶校验,用于紧密耦合存储器的ECC,配置寄存器奇偶校验,以及用于关键功能的三重模块化冗余等。除了实施安全性功能以改进汽车IP解决问题的能力、减少随机故障之外,这些产品还包含多种内部和外部诊断功能,可以让产品与系统软件进行通信,以提供持续的安全状态。功能安全特性与诊断能力相结合,使得ADAS SoC中的复杂IP能够在安全关键型应用中运行。

除了IP解决方案的FMEDA报告中所包含的安全性功能和诊断覆盖指标之外,还将进行完整的FIT率计算。

FMEDA开发中的FIT率计算包括:

- 使用行业标准的西门子SN 29500故障率
- 使用IEC TR 62380中定义的故障率λ (lambda) 值,如图7所示

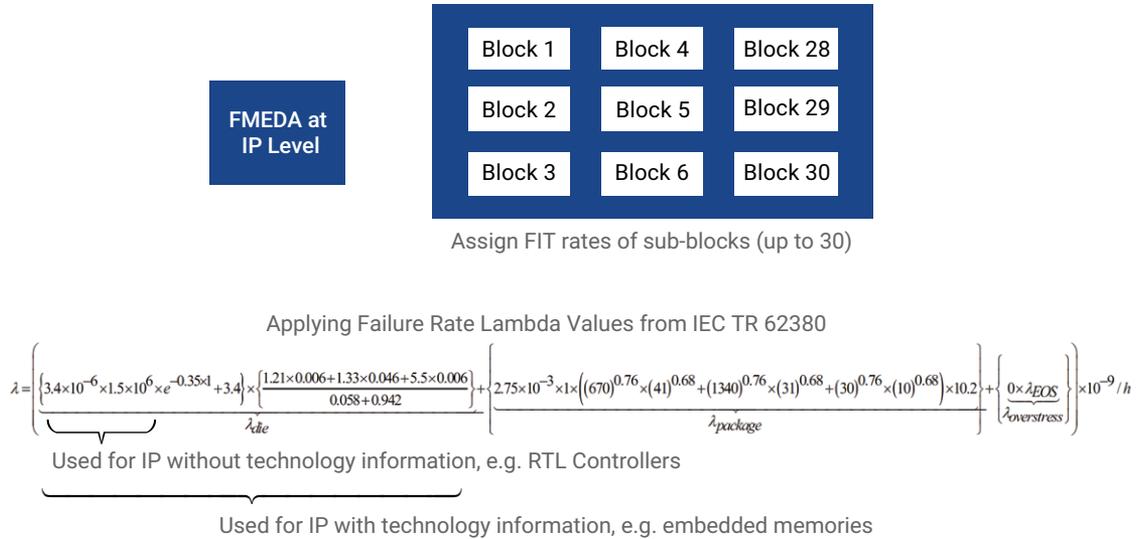


图6: 作为FMEDA IP评估一部分的FIT率计算

详细的故障率和诊断分析完成后,将根据ISO 26262潜在风险来确定汽车安全完整性等级 (ASIL) 指标。表2显示了基于故障覆盖指标的各种ASIL级别。

Risk potential				
QM	A	B	C	D
QM	不用于安全性			
ASIL A	不适用		ASIL C	单点故障指标 > 97% 潜在故障指标 > 80%
ASIL B	单点故障指标 > 90% 潜在故障指标 > 60%		ASIL D	单点故障指标 > 99% 潜在故障指标 > 90%

表2: 基于覆盖率指标的ASIL

为IP提供完整的汽车安全套件,能够让SoC设计人员满足SoC级别的安全目标。为确保Synopsys IP交付件和设计流程满足设计人员的要求, Synopsys公司采取了额外的措施来获得诸如SGS-TUV Saar等业界公认的汽车安全检测机构颁发的ISO 26262认证。通过获得ISO 26262认证并获得“ASIL就绪”状态的独立验证, Synopsys公司确保其DesignWare® IP符合行业标准,从而降低设计师风险。



图7:Synopsys IP的ISO 26262证书示例:嵌入式存储器编译器

Synopsys公司的“ASIL就绪”ISO 26262认证的DesignWare IP产品组合列于表3。有关Synopsys认证IP的最新列表, 请访问 synopsys.com/ip-automotive。

DesignWare IP	ASIL功能安全性认证
ARC EM SEP	ASIL D
ARC EM安全岛	ASIL D
EV 视觉处理器	ASIL D
嵌入式存储器16FFC	ASIL D
STAR存储系统	ASIL D
STAR分级系统	ASIL D
非易失性存储器	ASIL D
以太网QoS (AVB/TSN)	ASIL B
PCI Express 4.0控制器、PCIe 3.1控制器和16FFC PHY	ASIL B
USB 3.0控制器	ASIL B
LPDDR4控制器和MultiPHY v2	ASIL B
MIPI CSI-2控制器和16FFC PHY	ASIL B
传感器和控制子系统	合规正在进行或在计划中
安全性IP	合规正在进行或在计划中

表3:Synopsys公司的“ASIL就绪”ISO 26262认证IP产品组合列表

最佳实践:面向AEC-Q100可靠性的IP

除满足ISO 26262功能安全性要求之外,面向ADAS关键安全应用的集中式域控制器SoC能够在严苛的汽车环境中运行,并具有15年的产品寿命。SoC以及SoC中使用的复杂IP都必须根据汽车行业的可靠性要求进行设计。不可能把针对普通消费者的IP重新调整一番来满足集中式域控制器SoC的健壮操作环境。SoC中的IP块需要针对高可靠性进行设计、验证和测试。由于IP块将在特定的温度特性下运行,IP必须根据最终应用所规定的最终产品温度特性进行设计。Synopsys已经定义了汽车温度特性,IP开发团队可以据此设计并验证IP块。在使用代工厂特定的汽车设计手册、技术文件和设计规则检查(DRC)时,IP块必须考虑到随着时间推移而发生的电流迁移(current electromigration)、晶体管老化和晶体管自热的影响。通过基于高可靠性和低缺陷密度来设计IP块,这样的IP在设计上能够比商业IP更为健壮。虽然基于高可靠性汽车要求来设计和验证IP是产品开发过程中不可或缺的一部分,但根据汽车可靠性标准来测试IP产品也是一项额外的要求。Synopsys基于GDSII的汽车IP产品已经根据相关汽车电子协会AEC-Q100 Rev H(2014年9月)集成电路汽车压力测试标准进行了测试。并非所有的AEC-Q100测试都适用于IP块,例如封装(package)标准。如果通过了确实适用于IP块的测试,就能够提高SoC通过AEC-Q100认证的可能性,因为这样的IP模块已经按照AEC-Q100标准进行了测试。

最佳实践:质量管理体系

安全性和可靠性是集中式域控制器SoC的关键要求。除了安全性和可靠性之外,ADAS SoC必须根据汽车质量管理体系(QMS)的要求进行开发。在开发汽车IP产品过程中所采用的系统设计流程必须满足ISO 9001以及国际汽车工作组(IATF) 16949 QMS标准中相关章节规定的要求。必须进行里程碑跟踪、规格追溯、报告、监控和系统审计,以确保产品开发符合汽车行业的高质量要求。

小结

IP供应商在汽车供应链中发挥着关键作用,他们能够支持新一代集中式域控制器ADAS SoC。例如,基于视觉的SoC可能包含大量的第三方IP,以实现关键的嵌入式视觉、传感器融合、多媒体、安全性和高级连接功能。尽管IP供应商已经遍布于面向消费者、手机、PC和通信应用的半导体生态系统中,但并非所有IP供应商都能够支持严格的汽车级要求。

随着设计人员启动下一代ADAS SoC,他们必须评估IP供应商提供ISO 26262安全包以及ISO 26262认证的能力。如果IP供应商具备满足汽车行业要求的投入和资源,则有助于确保汽车SoC供应商、一级供应商以及OEM的成功,让他们顺利实现面向ADAS SoC的功能、性能、质量和可靠性水平,这些ADAS SoC都是针对28 nm、16/14nm、7/8nm FinFET技术的。

有关Synopsys公司面向汽车SoC的DesignWare IP产品组合的信息,请访问 www.synopsys.com/ip-automotive。

参考文献:

¹ 全国汽车碰撞事故原因调查, NHTSA (美国国家公路交通安全管理局), 2015年2月

² CES 2018年战略演讲, Elmar Degenhart博士, CEO, Continental公司