

# 汽车集成电路基础IP的基本要素

2017年6月

文：  
**Prasad Saggurti,**  
高级产品营销经理，  
Synopsys

## 概述

本白皮书概述了在设计 and 制造汽车集成电路时必须考虑的各种技术规则，重点介绍了针对不同汽车集成电路功能应用于基础IP的具体标准——包括：逻辑库、嵌入式存储器、内存内置自测试 (BIST)，以及可靠性等级如何影响IP的选择和风险实施。本文一一探讨了性能安全的相关标准和测试、可靠性以及ISO 26262、ISO / TS 16949:2009和AEC-Q100质量标准。

美国和欧盟已发布政令，要求所有新车到2020年必须配备自动紧急制动系统和前碰撞预警系统。此外，越来越多的消费者开始对高级驾驶员辅助系统 (ADAS) 感兴趣，因为它能提高舒适性，对驾驶者来说十分便利和经济。此类消费者意识加之政府指令最终培育出一个利润丰厚的市场。汽车集成电路系统市场每年增长率超过11%，预计到2021年将增长407亿美元，与2014年相比其价值已翻倍。随着自动汽车进入主流市场，具有先发优势的汽车最有可能取得成功。

然而，针对汽车环境设计IP并不是一个简单的任务。满足日益复杂的安全性能标准和实现质量和安全认证需要投入巨资。各企业在考虑开发汽车IP时就已经慎重考虑到汽车行业的严格要求；开发满足此类要求的相关基础架构和程序所需的费用；以及经过事先验证的第三方。

## 行业聚焦五大汽车应用

广义而言，汽车集成电路可以细分为五个应用类别，每个类别共享相似的芯片级系统 (SoC) 微架构：

### 信息娱乐

车载娱乐系统 (ICE) 或车载信息娱乐系统 (IVI) 具有许多与消费类市场同样的设计特征。虽然信息娱乐起源于车载音频系统，但现已扩展至卫星导航系统和媒体播放器，并适用于多种通用接口。目前大多数信息娱乐系统设计采用28纳米芯片工艺，而在短期内要改变这种工艺几乎不太可能。

### 车载网络

车载网络包括车内外的网络连接，例如：

- ▶ 汽车Wi-Fi热点
- ▶ 驾驶途中访问集中式系统/云服务
- ▶ CCTV和视频直播
- ▶ 移动资产追踪

## 动力系统

动力系统是指为行驶中的汽车产生和传递动力的组件，其中包括：

- ▶ 发动机
- ▶ 传动装置
- ▶ 驱动轴
- ▶ 差速器

动力系统的组件能迅速移至机电系统，因此这些组件正日益嵌入集成电路区。动力系统的芯片小于其他类芯片，从构架来看，这些芯片更加简单。但是它们对安全要求更严格，因此要求更高的可靠性。

## 高级驾驶员辅助系统

在汽车集成电路系统里，高级驾驶员辅助系统（ADAS）的增长势头最盛。高级驾驶员辅助系统的主要作用在于通过实现传统汽车系统功能自动化并使其进一步提升，以提高安全性。自动照明和巡航控制等自适应功能在市场上由来已久；但是，该技术正越来越朝着汽车半自动控制的方向发展。

就IP而言，高级驾驶员辅助系统可以共享类似的信息娱乐要求；但由于芯片上内存和电路不断增加，产品设计从28纳米缩减至16纳米。

## 微控制器单元

新型汽车通常拥有一百多个微控制器单元（MCUs）。从发动机和底盘控制到电池管理和车载诊断，微控制器单元堪称现代汽车平台和其他应用程序持续发展的基石。

各制造商仍然在生产大量180纳米的微控制器单元产品；但当将更多的外周设备整合到芯片上且变得越来越复杂时，产品设计会减少到90纳米、65纳米甚至40纳米。

## 应用与架构和IP相匹配

在理想情况下，制造商倾向于将产品汇聚成节点大小，这对于集成电路和IP设计者来说将会更加简便。然而，市场经济和需求则意味着不同行业细分对工艺的要求各不相同。

新思科技公司（Synopsys）认为不同的汽车应用对于基础IP应有独特的要求（逻辑库、嵌入式存储器和内置自测）。为了满足这些需求，新思科技公司提供了多个基础IP架构。例如，图1显示了高级驾驶员辅助系统、信息娱乐系统以及微控制器单元应用的逻辑库和嵌入式内存选项。通过针对每个应用使用正确的基础IP，开发人员可以避免设计陷阱，在较低功率和最小化区内实现更好的性能。

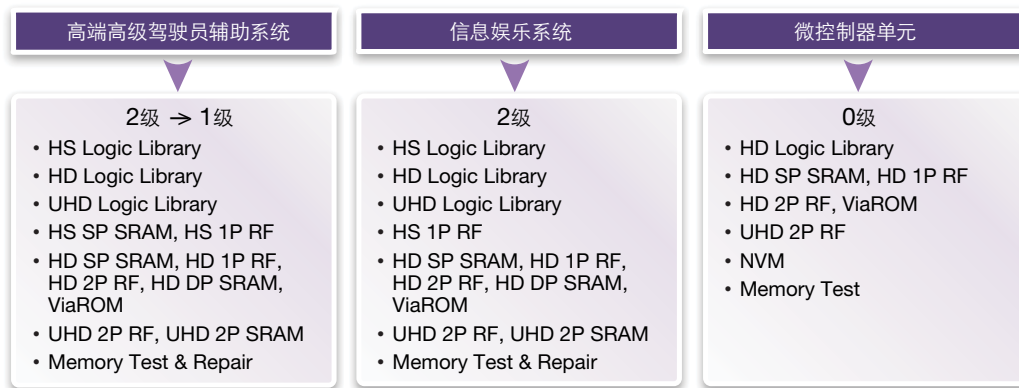


图1. 满足汽车应用各种要求

## 成功的三大支柱：功能安全、可靠性和高质量

虽然汽车的每个部分都有着相似的微体系结构，因此也有类似的IP，每个部分就安全性能而言都具有不同要求。在汽车集成电路的设计过程中，安全性能的总体要求可分为三大支柱——功能安全、可靠性和高质量。

公众可能会交换使用“安全”、“可靠”和“质量”这三个词，但在汽车集成电路里，这些术语具有截然不同的含义，对于那些考虑进入汽车领域的人们，了解它们之间的差异至关重要。

## 功能性安全

在产品开发完成之后，处理功能性安全已成为一种屡次出现的失误。制造商花费了数百万美元来解决这些问题，而且发生过危害人身安全的实例。

传统的安全分类方法不适用于汽车集成电路。对安全要求严格的应用，例如：驾驶员辅助，需要遵循比大多数消费者要求更严格的标准，因此ISO 26262功能安全标准已成为汽车集成电路设计的核心支柱。功能安全的目的在于直接或间接地消除人身伤害或损害人们健康的不可接受风险。

重要的一点在于必须认识到ISO 26262提供了一个完整的生命周期框架，涵盖管理、开发、生产、运营、服务和退役。标准的延伸范围远远超出了设计过程。

汽车制造商通过周期流程完成功能安全认证，其中包括以下步骤：

- ▶ 明确所需的安全功能，危险和安全功能必须通过功能和事故回顾过程来确定。
- ▶ 评估安全功能所要求的风险缓解，该部分将在下一节进一步阐述。
- ▶ 确保安全功能符合设计意图，包括不正确的操作员输入和故障模式条件。
- ▶ 验证系统是否符合指定的安全级别。
- ▶ 认证机构执行功能安全审计。

再次重申，ISO 26262要求各企业不仅把功能安全应用于设计和制造工艺，而且还需要证明功能安全文化根植于其组织内部，同时相关处理流程和能力都要到位。制造商必须以专业的技能将ISO 26262标准融入其集成电路设计，一般通过培训现有员工、聘用功能安全专家或把相关工作外包给第三方而实现。

## 了解汽车安全完整性等级 (ASIL) 水平

ISO 26262标准定义了一个风险分类方案，被称为汽车安全完整性等级 (ASIL)。汽车制造商必须通过审核车辆操作方案的严重度、暴露率和可控性 (SEC) 对潜在危险开展风险分析。所有给定风险的安全目标均规定了汽车安全完整性等级要求。

此标准确定了四个不同层次的功能安全，从ASIL D级（规定最高完整性要求）到ASIL A级（代表最低完整性要求）。可靠性和功能安全水平取决于正在构造的集成电路种类。

要求符合ASIL D级标准的安全关键性应用可能包括制动、转向、加速和底盘控制。必须符合ASIL B级标准的安全一般性功能包括车道偏离警告、示速器和后视摄像机。

除了动力系统和微控制器单元控制关键功能，当今大多数系统都必须达到ASIL B级标准，一些高级驾驶员辅助系统功能要求符合ASIL C级标准。随着市场日臻成熟，一些附加功能将会转移到高级驾驶员辅助系统，功能安全要求将有所变化。

为了满足ISO 26262定义的严格要求，设计方法需要遵循严谨的工作框架。各团队必须落实相关的政策、方法和策略，以实现符合ASIL标准的IP。对于非易失性存储器 (NVM) 和嵌入式存储器IP，新思科技公司已通过SGS-TÜV Saar的ASIL D级认证。SGS-TÜV通过冗长的IP审计以寻找潜在的失效机制，确定各个故障的发生概率以及IP的可测性和修复能力。遵循ASIL D标准的DesignWare® IP配备安全软件包，包括失效模式影响和诊断分析 (FMEDA) 以及安全计划和手册报告 (参见图2)，向电路设计者提供完成自我认证流程的文档。通过推出全新ASIL D Ready IP，新思科技公司正在帮助集成电路设计者减少开发时间和满足ISO 26262功能安全要求的高级驾驶员辅助系统的芯片级系统。



应当注意的是, AEC-Q100文献参考了环境温度(硅封装外的温度); 结点温度(硅封装内的温度), 这是根据环境温度测量和特定设备来计算。以下是达到不同等级所需交界处温度的近似值:

3级和4级: 很少用于汽车领域, 0-85°的环境温度。

2级: 被视为汽车领域的基础水平, 与消费电子产品中的可靠性要求类似。功能性应经过125°结点温度的验证。

1级: 更严格的要求。功能性应经过150°结点温度的验证, 且符合< 1 DPPM的可靠性要求。电子迁移(EM)分布成为特定的应用程序, 存储器必须整合错误检查和纠正(ECC)。该功能应支持高级防静电(ESD)规则。建立同步器和逻辑库的最优化触发器选定组的亚稳态(T0, Tau), 应包括额外的容错触发器(图3)以改进软错误率(SER)。

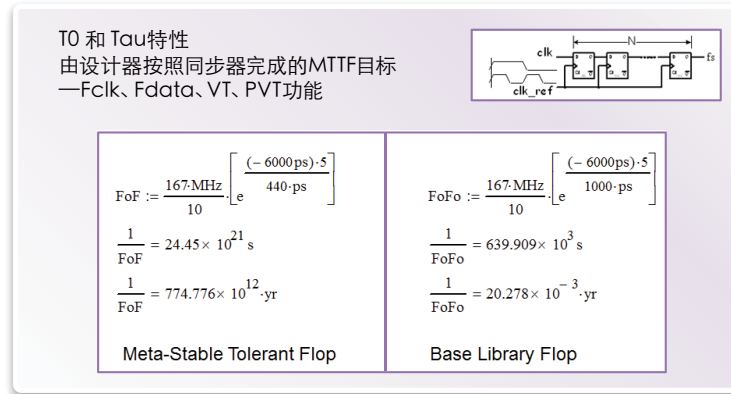


图3. 亚稳态优化的触发器

0级: 最严格的等级。功能性应经过175°- 200°结点温度的验证。最高可靠性必须达到< 0.1 DPPM。电子迁移分布必须是特定应用程序。错误检查和纠正(ECC)需为存储功能提供支持, 用于双通孔输入脚以改善电子迁移以及增加频率, 防止门锁。需要使用高级防静电规则, 必须改进亚稳态(T0, Tau)并且逻辑库也应该能容错。

IP必须在AEC-Q100规定的范围内通过大量的测试, 如:

- ▶ 故障仿真
- ▶ 模具制造可靠性试验
- ▶ 加速环境应力测试时影响IP质量的特性
- ▶ 人体和机器静电放电
- ▶ 门锁
- ▶ 存储器读/写速度
- ▶ 数据保留
- ▶ 早天期故障

由于可靠性必须跨越产品的生命周期, 寿命模拟加速试验也是至关重要的试验。这些试验在特定应用程序的温度要求下进行, 具有较高温度条件的产品向高级工艺中芯片级系统设计者提出挑战。这些测试是用来评估硅老化包括正、负偏压温度不稳定性(PBTI, NBTI)、热载流子注入(HCI)和时间依赖性电介击穿(TDDB)的影响。

对于测试IP执行如此严格的标准是无可厚非的, 因为一旦发生故障就有可能危及生命, 但也需要付出代价。根据模块的复杂性和所需的可靠性水平, 一套AEC-Q100试验的成本达到成千上万美元。

新思科技公司设计的所有基础IP均能在125°和-40°之间可靠运行, 因此所有DesignWare IP都符合AEC-Q100 2级标准。DesignWare嵌入式存储器和逻辑库达到更高的1级要求, 以满足严格的可靠性标准, IP符合<< 1 DPPM的应用要求特殊电子迁移分布应用。根据AEC-Q100 1级规定, IP在125°环境温度下须满足DPPM要求。新思科技公司则提出更高要求, 即: 150°结点温度, 并对非易失存储器(NVM)、存储器编译器和逻辑单元库进行大量模拟测试, 以确保合规。DesignWare非易失存储器IP达到0级要求, 甚至更严格的可靠性要求, 达到< 0.1 DPPM。此外, 非易失存储器IP可在175°结点温度(150°以上AEC要求)下正常工作。凭借已通过AEC-Q100标准测试的IP, 芯片级系统设计师可以大大节省时间并降低设计汽车应用中芯片级系统的风险。



## 高质量

第三点，也是最后一个方面则是安全与汽车集成电路依照的固有质量要求。ISO/TS 16949:2009质量管理标准可追溯至1999年，现已成为汽车行业中最广泛的标准之一，被视为强大的管理框架。

技术规范和质量管理标准旨在防止缺陷，促进持续改进，减少供应链的变数和浪费。为达到标准，IP开发者必须实施具体的政策、流程和资源，并规范程序。该 workflows 可以分成四个不同的阶段（参见图4）：

### 1. 定义

在定义阶段，开发人员根据所需的功能安全级别定义块需求，确定质量目标和部署计划。

### 2. 执行

在执行阶段，开发人员将开展过程控制并收集数据进行分析。

### 3. 分析

在分析阶段，开发者将分析缺陷和差异，并提出有效对策。

### 4. 标准化

在标准化阶段，开发者必须总结经验，规范程序。

该过程最终将创建一套书面化程序，增加开发和制造过程的严谨性，促成高品质设计。

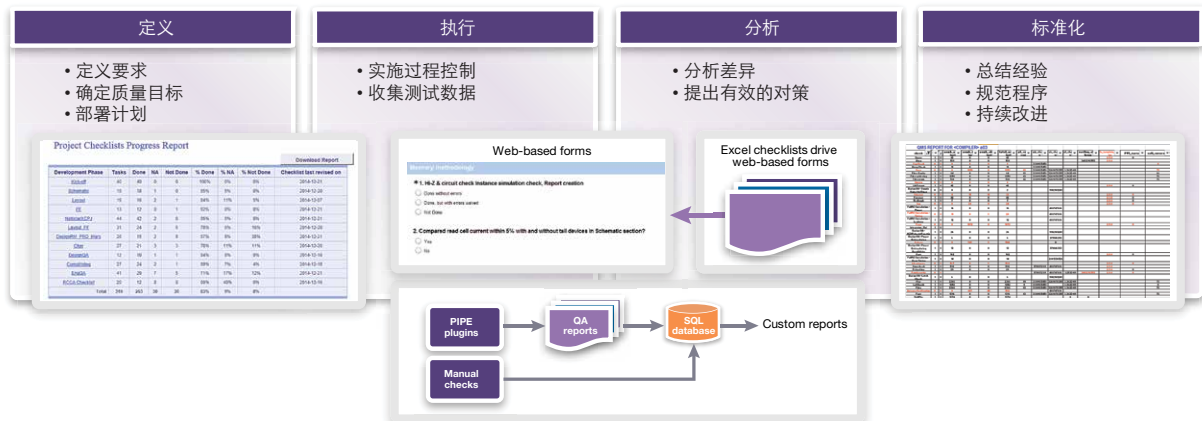


图4. ISO / TS 16949:2009工作流程

风险缓解在ISO/TS 16949:2009中起到核心作用。如ISO 26262和ISO / TS 16949:2009等标准必须持续改进且在整个组织内实行和遵守。

无论芯片级系统设计是面向信息娱乐系统还是动力系统，质量才是王道。确保整个业务部门全力实施TS 16949所定义的持续改进过程还远远不够，企业供应链的每一个环节也必须遵照同样严格的过程。

新思科技公司为了全力支持ISO / TS16949:2009的要求，已投入了大量的时间和资源来提高其IP开发过程。如果芯片级系统设计者需要审核质量管理体系，新思科技公司能为所有汽车IP提供必要资料。

## 结论

符合ISO 26262标准的功能性安全、达到AEC Q100要求的可靠性以及由ISO/TS 16949:2009定义的高质量代表了针对汽车应用精心设计集成电路的基本要素。

为了充分解决和坚守功能性安全的要求，我们必须明白ISO 26262已超出了集成电路设计范畴，它将组件或子系统功能作为整个系统功能的一部分。汽车原始设备制造商将希望芯片级系统设计人员能够提供细化到各个模块的功能性安全，可靠性和质量认证。

新思科技公司为汽车行业提供了广泛的基础IP产品系列，包括Design Ware® 逻辑库、嵌入式存储器和STAR 存储器自测系统®解决方案。无论是车辆连接和信息娱乐，抑或高级驾驶员辅助系统和微控制器，新思科技公司的DesignWare IP为设计者提供了从概念证明到验证芯片级系统的最快捷径。携手新思科技公司，汽车制造商们将拥有在高度竞争行业中大获成功的最佳机会。

汽车行业的任何新入者都必须满足上述合规性和认证要求；但通过购进符合AEC-Q100测试要求和ISO/TS 16949:2009质量管理标准，且经ASIL-B 认证的IP，芯片级系统设计人员将能及时开展认证评估，增加获批几率，并将亲眼目睹其设计产品抢先竞争者进入市场。当设计师开创下一代ADAS芯片级系统时，他们必须评估IP供应商提供认证IP的能力。投入精力和资源以切实满足汽车行业的要求的IP供应商将有助于确保汽车芯片级系统供应商、一级代理商和制造商成功实现采用28纳米和16/14纳米双栅场效应管 (FinFET) 技术的ADAS芯片级系统的功能、性能和可靠性。

顺利进入汽车行业以及芯片级系统设计师可以充分利用日新月异的市场需求均是令人无比兴奋的时刻。汽车制造商正转向开放的半导体行业以交付能够显著提高系统能力的各种组件。不过，速度至关重要。那些能够快速发展并在市场夺得一席之地的企业将在该行业步入主流时成为最大赢家。