

面向车规级芯片产品的安全可靠认证方案研究

刘玉莹¹ 陈超¹ 吴海文^{2*} 夏显召³ 刘曦² 岳岩²

[1.中汽研华诚认证(天津)有限公司; 2.国家市场监督管理总局认证认可研究中心; 3.中汽研软件测评(天津)有限公司]

摘要: 随着汽车智能化、网联化和电动化趋势的不断发展,未来汽车产品中70%的核心技术需要依靠芯片来实现,因此,汽车芯片是中国汽车产业发展战略的重要攻关方向。一方面汽车芯片相较于消费类和工业品使用的芯片有着更高的要求,导致产业成熟度愈加不够完善,另一方面由于我国车规芯片产业起步较晚,标准建设不够完善,多数汽车企业对芯片产品的技术要求了解不够深入,导致芯片选型困难,过分依赖国外检测标准和测试结果。因此,完善适配国内汽车芯片测试认证制度是解决国产汽车芯片产业落地难题的关键要素。本文主要基于国内外资料调研和对比,对车规级芯片安全可靠性的需求、测试能力、审查要求等开展综述讨论,并提出一种国内适配的车规级芯片产品测试验证的可靠性认证审查方案,旨在为芯片企业产品线规划和整车企业设计选型提供参考和帮助。

关键词: 智能驾驶,车规级芯片,可靠性认证,可靠性审查,芯片选型

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.10.010

Research on Safety and Reliability Certification Scheme for Automotive-Grade Chip Products

LIU Yu-ying¹ CHEN Chao¹ WU Hai-wen^{2*} XIA Xian-zhao³ LIU Xi² YUE Yan²

[1. CATARC Huacheng Certification (Tianjin) Co., Ltd.; 2. China Certification & Accreditation Institute;
3. CATARC Software Testing (Tianjin) Co., Ltd.]

Abstract: With the continuous development trend towards intelligence, connectivity and electrification in automobiles, seventy percent of the core technologies in future automotive products will rely on chips for realization. Therefore, automotive chips are a crucial strategic focus for the development of China's automotive industry. On one hand, automotive chips have higher requirements compared to those used in consumer goods and industrial products, leading to not comprehensive industry maturity. On the other hand, due to the late start of China's automotive chip industry and insufficient progress in standards development, most automotive companies have a limited understanding of the technical requirements for chip products, resulting in difficulties in chip selection and an excessive reliance on foreign testing standards and results. Therefore, improving the domestic automotive chip certification system is a key element in addressing the challenges of the localization of industry. This paper, based on research and comparison of domestic and international data, provides an overview of the requirements for safety and reliability of automotive-grade chips, testing capabilities, and audit requirements. It also proposes a reliability certification review scheme for domestically adapted automotive-grade chip product testing

基金项目: 本文受市场监管总局技术保障专项“汽车芯片安全可靠认证技术及通用审查方法研究”(项目编号: 2023YJ38)资助。

作者简介: 刘玉莹,本科,主要从事智能网联汽车、车规级芯片产品认证研发,牵头及参与制定10余项自愿性产品认证规则,参与多项省部级重大科研计划等课题。

吴海文,通信作者,博士研究生/博士后,正高级工程师,从事合格评定政策与技术研究。

and verification, aiming to provide reference for chip companies in product line planning and for vehicle manufacturers in design and selection.

Keywords: intelligent driving, automotive-grade chips, reliability certification, reliability review, chip selection

0 引言

车规级 (Automotive Grade) 芯片是指满足车载等级要求的芯片元器件。车规级芯片产品的设计研发、生产制造过程与消费级芯片产品有非常大的差别,从芯片的架构设计、IP研发、工艺选择开始,到SoC集成设计、流片生产及封装测试等均需要考虑车规级的要求。车规级芯片对比消费级和工业级芯片,对可靠性的要求要高出许多,例如:工作温度范围、工作稳定性、不良率等。通过集成电路测试手段,能够将合格芯片与不合格芯片区分开,保证产品的质量和可靠性。一方面车规级芯片的性能在不断提高,如:更快的运算速度、更多的功能集成、更低的功耗;另一方面,更高的可靠性逐渐成为车规级芯片的研究热点和发展趋势。显然传统的筛选测试手段已经无法满足车规级芯片的严苛要求。本文提出了一种适配我国汽车芯片产品的车规级芯片可靠性审查的流程及方法,旨在贯通汽车芯片产业链条协同发展,加速国产化汽车芯片上车应用,并对我国汽车芯片行业检测认证审查发展提出发展建议。

1 国内外车规级芯片标准政策现状

国际上现行车规级芯片标准包括可靠性和安全标准两方面,均为自愿开展的测试认证项目,其测试认证结果被下游整车企业广泛采信。当前,全球公认的可靠性标准包括AEC-Q100/101系列标准、IATF 16949质量管理体系标准,安全标准包括ISO 26262功能安全标准,均被我国整车企业评价车用芯片普遍引用,ISO 26262功能安全标准已于2017年转化为GB/T 34590《道路车辆 功能安全》但AEC-Q系列标准目前尚不具备转化条件。其中芯片可靠性AEC-Q^[1]系列主要包括内容见表1。

汽车芯片安全可靠是汽车芯片进入整

车供应链的先决条件,但国内目前通用国外的AEC-Q100可靠性标准,缺乏自主统一的技术规范,整车企业为避免潜在的供应链安全风险,通常慎重选用国产芯片上车应用,严重制约我国汽车芯片产业的自主安全发展。

表1 AEC-Q标准系列主要要求

标准	要求
AEC-Q100	针对集成电路 (ICs) 的应力测试资格标准, 包括对半导体器件在汽车环境中的可靠性测试, 如: 温度、湿度、振动、冲击等
AEC-Q101	针对离散半导体器件 (如: 二极管、晶体管、MOSFETs等) 的应力测试资格标准
AEC-Q102	针对光电子器件 (如: LEDs、激光二极管等) 的应力测试资格标准
AEC-Q103	针对被动元件 (如: 电容器、电阻器、电感器等) 的应力测试资格标准
AEC-Q104	针对多芯片模块 (MCMs) 和混合电路的应力测试资格标准
AEC-Q200	针对被动元件的应力测试资格标准, 与AEC-Q103类似, 但更具体

国内汽车芯片行业发展政策方面,2021年起,汽车芯片标准研究工作组、中国汽车芯片产业创新战略联盟等组织广泛与行业专家沟通交流,分别形成若干汽车芯片分类方法。2022年8月,工业和信息化部组织中国汽车技术研究中心、中国汽车芯片产业创新战略联盟、工信部电子四院、工信部电子五所等单位,统一了汽车芯片标准研究工作组、中国汽车芯片产业创新战略联盟对于汽车芯片的分类方法,编写了《国家汽车芯片标准体系建设指南》(征求意见稿)^[2],并于2023年12月正式发布。指南的发布从应用场景和标准内容两个维度搭建了标准体系架构,明确了未来一段时间内汽车芯片标准体系建设的原则、目标和方法。旨在系统部署和科学规划汽车芯片标准化工作,引领和规范汽车芯片技术研发和匹配应用,从而推动汽车芯片产业的健康可持续发展。

2 车规级芯片可靠性测试检测资源现状

一方面目前国外已形成固有的汽车芯片测试认证模式。以宝马公司为例,企业首先制定内部准入和质量标准,将需求对接给一级集成商大陆集团,大陆集团再将需求对接给芯片供应商恩智浦,从而形成了一个企业牵头的私有技术产业链。其他芯片或集成商若想了解宝马的需求和准入标准,必须先经过宝马的供应商选拔,形成了严格的供应商审核机制。这种审核机制显然不利于我国汽车芯片产业的良好稳定发展,国内产业链条更需要统一化透明化的芯片产品审查方案,来维护汽车芯片行业的发展生态的建设。

另一方面汽车行业极其严苛的性能可靠性、安全稳定性和产品长效性的要求,提高了汽车芯片检测认证的标准要求和技术门槛,具体表现为以下方面。

2.1 检测覆盖范围广、试验项目多、技术门槛高

汽车芯片必须按照AEC-Q标准流程开展检测才能声称符合该标准要求^[3]。检测是根据具体专业门类产品的失效机理而设计的一系列加速试验项目,涵盖设计模型、工艺制造、封装/组装过程等。试验类型包括物性分析、材料分析、环境试验、机械试验和电学测试等方面。以集成电路为例,产品必须完成AEC-Q100标准中A-G共7个分组试验,检测覆盖范围广,试验项目多,对人员、设备和技术的要求很高。

2.2 检测样品数量多、试验周期长、综合成本高

受样品数量、试验项目和检测夹具的综合影响,汽车芯片检测成本较高。AEC-Q检测一般先对所有的样品进行测试,并对样品的早期失效率进行试验和统计分析,然后分组进行各种可靠性试验。以塑封集成电路为例,AEC-Q100要求检测超过2000只样品,一次完整试验约需70天。根据实际情况统计,汽车芯片从开始检测到完成多在9~12个月。

企业在芯片产品的检测环节需要花费大量的时间和成本^[4],因此,行业需要提炼一种对芯片产品可靠性的审核方案,来帮助企业优化检测流程,避免重复试验,从而缩短汽车平台产品的开发周期。

3 适配国内车规级芯片的认证审查要求

3.1 开展车规级芯片安全可靠审查的基本原则

审查活动的适用性,应确保各类车规芯片具有普遍适用性;审查活动的科学性,应确保覆盖与产品相关的所有可靠性指标,且具备行业共识;开展审查活动应确保公正公平性,确保同类产品的审查结果具有可比性,减少偏见和不确定性。审查活动的可操作性,确保能够明确对产品的车规可靠性符合度作出判断。

3.2 车规级芯片安全可靠审查流程

本规范的审查流程按照“制定审查指标体系—企业能力审查—产品质量审查—综合评价结论”的步骤开展,具体流程如图1所示。

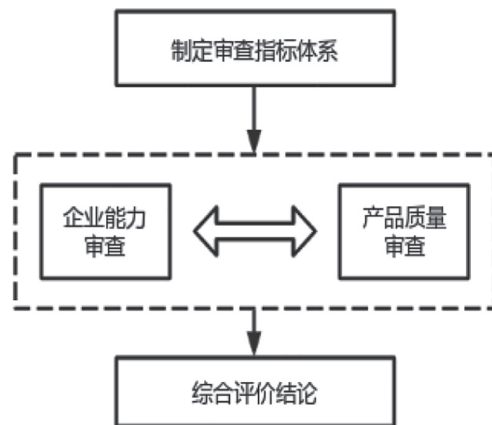


图1 审查流程图

(1) 制定审查指标体系

从设计企业能力、产品质量维度建立审查指标体系。从企业能力的角度,应审查企业是否具有产品设计、开发等技术能力,如:知识产权等证明,是否具有质量体系、实验室体系等管理文件。从产品质量的角度,应审查可靠性报告的项目完整性、符合性,以及老化试验前后产品的功能试验证明材料,用于与产品规格书对比,审查功能试验覆盖度。

(2) 开展审查活动

由具备可靠性试验研究经验的专家或具备相应能力的人员,通过资料审查和现场审查结合的方式(特殊情况可通过会议审查、线上审查等)开展审查活动,审查要点主要为企业能力审查和产品

质量审查。

(3) 综合评价结论

依据(1)的指标体系评价内容和(2)的审查结果进行综合评价。全部评价结果为符合的,综合判定通过。初次审查未通过的情况下,可经整改后重新提交审查材料,再次审查时可仅针对未通过项进行审查。

3.3 汽车芯片产品可靠性试验审查

(1) 审查对象

产品规格书:可靠性检测指标参考的标准和通过的要求;

抽检样品记录表:按照可靠性测试要求记录的抽检记录;

可靠性试验报告:可靠性测试记录的详细报告;

功能试验列表:功能和性能参数试验列表,用于对照审查;

回测ATE程序:测试的程序名字记录,应包含功能测试列表里的所有项;

设备校准证明:第三方专业机构出具的校准证明。

(2) 试验项目审查

车规级芯片在进行可靠性等级审查时应完成必要的车规可靠性试验项目,且应按照要求完成全部的必要试验项。

(3) 试验样品审查

送检样品应与试验样品保持一致,并由委托方提供证明材料,证明材料包括但不限于:产品型号、产品封装形态、送样前后产品照片等。试验样品需要由3个不连续批次中抽样获取,3个批次各800只,并由委托方提供证明材料,如:产品编号等。进行可靠性试验的样品一般为上车应用前试验验证阶段产品。

(4) 试验过程审查

车规级芯片可靠性试验包括:加速环境应力试验、加速寿命模拟试验、封装组装完整性试验、电气特性试验、腔体封装完整性试验。应按照要求确定待审查产品应完成的试验内容。试验过程主要要求如下。

1) 应对试验前后的试验样品进行外观检查,确保前后对照一致性;

应对试验前后的试验样品进行缺陷检测;

各试验环节使用的样品数量应至少达到对应可靠性等级中的样品数量要求。

2) 各试验环节试验条件应至少达到对应可靠性等级中的试验条件要求。

3) 应检查可靠性试验使用的设备,设备应在其外校准有效期内;

应在每项试验前后开展产品电试验,电试验要求应符合响应标准要求。

4) 可靠性各项试验结果应为通过。

(5) 电试验审查

1) 应对产品进行电试验检查,主要包括电性能试验、功能试验。电性能试验应包括开短路试验、电源短路试验、漏电流试验、输出电平、电流试验,功能试验和参数试验应结合产品规格书或使用说明规格书确定,且应覆盖芯片所有模块的功能和参数。电性能测试和功能测试应结合产品规格书或使用说明规格书确定,电参数测试包括静态测试参数和动态测试参数,功能测试应覆盖芯片所有模块功能。

2) 对于数字电路,芯片应有对应的可测性设计,并在电性能试验中试验。可测性设计包括扫描链路电路试验(Scan),内建自试验(Bist),边界扫描试验(JTAG-BSD)等,扫描链路电路试验对数字电路的覆盖率应高于85%,应覆盖所有功能模块和全部存储部分的内建自试验。

3) 对于模拟电路,应试验主要性能参数,并通过参数试验或功能试验覆盖全部失效模式。

4) 检查ATE试验程序,应与功能试验列表保持一致。

5) 对于由于非正确的操作、ESD或者其他试验条件不相关或与可靠性试验不相关的失效可视为试验通过,但应对该失效情况予以说明。

(6) 试验报告审查

芯片企业提供的车规芯片可靠性报告,需要能完整体现出试验内容、试验过程、试验结果。试验报告中应能准确体现包括但不限于如下内容。

1) 产品基本信息

包括产品名称、产品型号、制造商、封装形式、数量。

2) 报告信息

包括报告编号、报告出具日期、检测机构名称、试验规范、检测环境、试验日期、检测需求、依据文档、试验结论。

3) 检测结果汇总

包括试验项目、参考标准、试验条件、最小样本量、批次量、总数量、试验结果。

4) 单项检测报告

包括试验项目、检测人员、样本编号、检测方法、检测条件、检测设备、检测过程、检测结果、外观检查、电气试验结果、判定标准。

4 我国汽车芯片检测认证发展展望

为解决汽车芯片行业痛点、难点、堵点问题，构建了“网—链—桥”的立体化认证新模式，分级分类层层推进。

以行业调研为切口，聚焦行业共性问题，打造汽车芯片认证审查体系“一张网”。通过成立行业联盟、搭建行业交流平台等形式围绕汽车芯片政

策需求、产业链安全、测试认证等方面开展调查研究，绘制质量认证图谱。建立适配我国国情的汽车芯片认证审查体系，明确芯片上车应用的详细审查要求。

以产品链协同为抓手，打通上下游环节，实现认证规则贯穿芯片产品“一条链”。汽车芯片产品链包括设计、制造、封装、应用等多个环节，但国内一直缺少汽车芯片产品一体化认证方案。应结合汽车芯片产品功能安全、信息安全、可靠性等技术要求，开展认证监管工作。贯通汽车芯片产品链上下游，完善全生命周期的认证体系，推动我国在汽车行业芯片供应链生态建设。

以芯片选型为突破，发挥认证传递信任作用，搭建汽车芯片供需双方搭建互信“一座桥”。汽车芯片安全可靠是汽车芯片进入整车供应链的先决条件，但国内目前通用国外的AEC-Q100可靠性标准，缺乏自主统一的技术规范，整车企业为避免潜在的供应链安全风险，通常慎重选用国产芯片上车应用，严重制约我国汽车芯片产业的自主安全发展。应聚焦关键汽车级芯片开展可靠性和安全选型审查，打通芯片产品和汽车产品的“语言”体系，帮助整车企业建立芯片选型依据和方法，提高选型效率。

参考文献

[1] FAILURE MECHANISM BASED STRESS TEST
QUALIFICATION FOR INTEGRATED CIRCUITS[S]. AEC -

Q100 - Rev-J, 2023.

[2] 国家汽车芯片标准体系建设指南[Z].