|  |  |
| --- | --- |
| ICS |  |
| CCS  |  |
|  |  |
|  |
|  |
|  |
| 团 体 标 准 |
|  |
|  |  |  |  |
|  |  | T/CAAMTB xx－20xx |  |
|  |  |  |  |
|  |
|  |
| 汽车集成电路 |
| 可靠性及功能安全分级检测要求Classification testing requirements for reliability and safety of automotive integrated circuitsLED headlampDrafting guidelines for commercial grades standard of Chinese medicinal materials |

|  |
| --- |
|  |
|  |
| 20xx-xx-xx发布 |  | 20xx-xx-xx实施 |
|  |
| 中国汽车工业协会 发布 |

目次

[前言 II](#_Toc203316663)

[引言 III](#_Toc203316664)

[1 范围 1](#_Toc203316666)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc203316667)

[3 术语和定义 1](#_Toc203316668)

[3.1](#_Toc203316669)[汽车集成电路 1](#_Toc203316670)

[3.2](#_Toc203316671)[功能安全要求 2](#_Toc203316672)

[3.3](#_Toc203316673)[可靠性 2](#_Toc203316674)

[4 可靠性分级要求 2](#_Toc203316675)

[4.1 通用要求 2](#_Toc203316676)

[4.2 抽样原则 2](#_Toc203316677)

[4.3 温度范围分级要求 3](#_Toc203316678)

[4.4 振动量级分级要求 3](#_Toc203316679)

[4.5 静电放电分级要求 3](#_Toc203316680)

[4.6 可靠性分级检测要求 4](#_Toc203316681)

[5 功能安全分级要求 11](#_Toc203316682)

[6 电磁兼容分级要求 11](#_Toc203316683)

[7 可靠性及功能安全分级检测要求 12](#_Toc203316684)

[附录A 14](#_Toc203316685)

[参考文献 15](#_Toc203316686)

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会标准法规工作委员会汽车芯片标准专业委员会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引言

现有汽车集成电路检测标准主要面向传统燃油车任务剖面，已构建了基于温度应力的汽车集成电路质量等级，电动化智能化汽车技术的发展使现有汽车集成电路检测认证体系面临电磁兼容等复杂环境以及高安全性适应性不足、检测效率低、成本高等问题。通过提出基于多应力组合分级的汽车集成电路安全可靠分级检测认证技术，面向动力域、底盘域、自动驾驶域、车身域和座舱域等不同应用场景，分析汽车集成电路对温度范围、振动量级、电磁兼容、静电放电、单点故障及潜在故障的要求，制定汽车集成电路可靠性与功能安全性分级检测要求，可作为半导体企业、零部件企业以及主机厂汽车芯片检测认证时的参考依据，有效填补我国汽车集成电路分级检测认证领域的空白，实现对汽车集成电路检测认证的降本增效。

汽车集成电路可靠性及功能安全分级检测要求

1. 范围

本文件规定了汽车集成电路不同可靠性及功能安全等级应满足的可靠性、功能安全、电磁兼容检测要求以及推荐应用领域。

本文件适用于汽车集成电路的选型评价或适用时的认证评价，同时为汽车集成电路企业产品研发、整车及零部件企业汽车集成电路选型与采购提供参考。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18305-2016 质量管理体系标准 汽车生产件及相关服务件组织应用

GB/T 19000-2016 质量管理体系 基础和术语

GB/T 19001-2008 特别要求

GB/T 19001-2016 质量管理体系 要求

GB/T 19596-2017 电动汽车术语

GB/T 34590-2022 道路车辆 功能安全

GB/T 3730.1-2001 汽车和挂车类型的术语和定义

GB/T 38187-2019 汽车电子电气可靠性术语

SJ/T 11875-2022 电动汽车用半导体集成电路应力试验程序

T/CSAE 222-2021 纯电动乘用车车规级芯片一般要求

T/CAQI 326-2023 汽车行业质量管理体系审核要求

ISO 9001:2015 ‌质量管理体系要求‌（Quality management system-Requirements）

ISO 26262:2018 道路车辆功能安全（Road vehicles Functional safety）

IATF16949:2016 汽车生产件及相关服务件组织的质量管理体系的要求（Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations）

1. 术语和定义

GB/T 19596-2017和GB/T 34590中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

* 1.

汽车集成电路 automotive integrated circuits

在汽车上应用以实现单个及多个功能的集成电路单元；设计、制造、封装、测试、应用过程应符合汽车行业质量管理体系标准要求。

[来源：T/CSAE 222-2021基础上修改]

* 1.

功能安全要求 functional safety requirement

定义了独立于具体实现方式的安全行为或独立于具体实现方式的安全措施，包括安全相关的属性。

[来源：GB/T 34590.1]

* 1.

可靠性 reliability

产品在给定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。

[来源：GB/T 38187]

1. 可靠性分级要求
	1. 概述

本节基于汽车不同应用领域任务剖面给出了汽车集成电路在温度范围、振动量级、静电放电等方面可靠性分级要求及可靠性分级检测要求。

* 1. 抽样原则
		1. 批次

被测样品应该由同系列中有代表性的芯片构成，若缺少通用数据则需要选择多批次芯片进行鉴定，被测样品必须是由非连续晶圆批次中近似均等的数量组成，并在非连续的装配批次中封装。即样品必须是均匀随机抽取的，或者装配加工线至少有一个非鉴定批次。若不能满足以上技术要求需说明。

* + 1. 生产

所有试验样品都应在相同的工艺流片、封装等生产场所生产,且使用相同的生产设备和加工工艺。后续量产供货的产品也应使用相同的生产设备和加工工艺。经确认有效后，可使用其他测试场所完成电测试。

* + 1. 测试样本的可重复使用性

已用于非破坏性测试的芯片样品可用于其他测试项目，已用于破坏性试验的样品除用于工程分析之外不应进一步使用。

* + 1. 样本容量

用于测试和/或通用数据提交的样本数量应与分级检测要求表 6-表 10规定的最小样本数量和验收标准一致。如果供应商选择使用通用数据进行测试认证，应记录具体的测试条件和结果，并向用户提供。

* + 1. 应力试验后芯片的失效定义

芯片参数不符合用户规格书、试验规定的合格判据或供应商规格书，则视为试验后发生失效。环境试验后出现外部物理性损伤视为失效。经分析确定，失效原因属于操作错误、电气过应力(EOS)、静电放电或其他与试验/测试条件不相关的因素，经供应商和用户双方认可，可不归为芯片失效，但应记录试验相关的数据。

* 1. 温度范围分级要求

汽车集成电路温度范围分级要求如表 1所示，根据工作环境温度范围分为0-3四个等级。

表 1 汽车集成电路工作温度等级

|  |  |
| --- | --- |
| 工作环境温度等级 | 工作环境温度范围 |
| 0 | -40℃~+150℃ |
| 1 | -40℃~+125℃ |
| 2 | -40℃~+105℃ |
| 3 | -40℃~+85℃ |

* 1. 振动量级分级要求

汽车集成电路振动试验包括机械冲击、扫频振动和恒定加速度，三种振动试验条件如下：

（1）机械冲击：Y1方向，脉冲宽度0.5ms，峰值加速度1500g；

（2）扫频振动：不少于4min时间内经受20Hz-2kHz-20Hz（对数）频率变化，X、Y、Z三个方向各进行4次上述循环，峰值加速度50g；

（3）恒定加速度：Y1方向，加速度30000g（小于40引脚封装）或20000g（40引脚及以上）。

汽车集成电路振动量级分级要求如表 2所示。

表 2 汽车集成电路振动等级

|  |  |
| --- | --- |
| 振动等级 | 振动试验 |
| 0 | 扫频振动、机械冲击、恒定加速度 |
| 1 | 扫频振动、机械冲击 |
| 2 | 扫频振动 |

注：汽车集成电路振动试验仅限于气密封装芯片、破坏性试验、未在引线键合处进行过模塑的引线键合裸芯片等。

* 1. 静电放电分级要求

汽车集成电路静电放电分级要求如表 3所示。

表 3 汽车集成电路静电放电等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级（CDM） | 电压范围 | 等级（HBM） | 电压范围 |
| C0a | CDM <125V | 0Z | HBM<50V |
| C0b | 125V≤CDM <250V | 0A | 50V≤HBM <125V |
| C1 | 250V≤CDM <500V | 0B | 125V≤HBM <250V |
| C2a | 500V≤CDM <750V | 1A | 250V≤HBM <500V |
| C2b | 750V≤CDM <1000V | 1B | 500V≤HBM <1000V |
| C3 | CDM≥1000V | 1C | 1000V≤HBM <2000V |
| / | / | 2 | 2000V≤HBM <4000V |
| / | / | 3A | 4000V≤HBM <8000V |
| / | / | 3B | HBM≥8000V |

* 1. 可靠性分级检测要求
		1. 基于任务剖面的可靠性试验应力换算方法

汽车集成电路主要可靠性试验项目应力换算公式如表 4所示。

表 4 基于任务剖面应力的试验条件基本换算方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 应力类型 | 加速模型 | 适用试验项目 |
| 温度应力 | 阿伦尼斯公式（Arrhenius）：,Ea=0.7eV(典型值)，KB=8.61733\*10-5eV/K | HTOL、HTSL |
| 热机械应力 | 科芬-曼森模型（Coffin Manson）：，m=4（典型值） | TC、PTC |
| 湿度 | 哈尔伯格-佩克公式（Hallberg-Peck）：，p=3，Ea=0.8eV，KB=8.61733\*10-5eV/K | THB、HAST、UHST |

* + 1. 基于任务剖面的可靠性分级检测要求

本节基于汽车不同应用领域典型应用场景，给出了基于任务剖面的汽车集成电路可靠性分级检测要求。典型应用场景（包括但不限于下表）及推荐的可靠性检测等级如表 5所示。不同应用领域介绍见附录。

表 5 汽车集成电路可靠性检测等级

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 典型应用场景 |
| 0 | 传动系统、行驶系统、转向系统、制动系统等 |
| 1 | 发动机系统、新能源电驱系统、能源系统等 |
| 2 | 车身控制系统、车身内饰系统、车身外饰系统、车身安全系统、开闭件系统、热管理系统等 |
| 3 | 环境感知系统、通信系统、智能决策系统等 |
| 4 | 车载信息娱乐系统、仪表系统、抬头显示系统、流媒体后视镜、电子不停车收费系统、汽车事件数据记录系统等 |

表6~表10给出了汽车集成电路不同可靠性检测等级对应试验项目、样品数量、试验条件等要求，表中未涉及的试验项目仍参考现有汽车集成电路检测标准（如SJ/T 11875-2022等）执行。表6~表10给出的是汽车集成电路可靠性试验推荐条件，实际执行以集成电路企业与整车/零部件企业协商一致为准，可以根据具体任务剖面，按照4.6.1节换算得到定制化试验条件。

表 6汽车集成电路0级可靠性检测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **组别** | **序号** | **试验项目** | **简称** | **试验样品数量** | **试验条件** |
| A组：加速环境应力试验**a\* d\*** | A2 | 带电偏置湿热试验或带电偏置强加速稳态湿热试验**b\*** | THB或HAST | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HAST）**e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=96h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=96h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=319h； 1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=319h。或2）温湿度条件（THB）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1729h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1729h。 |
| A3 | 高压蒸煮或无偏置强加速稳态湿热试验或无偏置湿热试验**c\*** | AC或UHST或TH | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（UHST） **e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=96h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=96h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=319h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=319h。（2）温湿度条件（TH）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1729h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1729 h。 |
| A4 | 温度循环 | TC | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（TC）1.1）乘用车：Ta=-55~150℃，Clc=2069循环；1.2）商用车：Ta=-55~150℃，Clc=1241循环。 |
| A5 | 功率温度循环 | PTC | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（PTC）1.1）乘用车：Ta=-40~150℃，Clc=2803循环；1.2）商用车：Ta=-40~150℃，Clc=1682循环。 |
| A6 | 高温贮存寿命试验 | HTSL | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（HTSL）1.1）乘用车：Ta=175℃，t= 64h；1.2）商用车：Ta=175℃，t= 64h。或1.1）乘用车：Ta=150℃，170h；1.2）商用车：Ta=150℃，170h。 |
| B组：加速寿命模拟试验 | B1 | 高温工作寿命试验  | HTOL | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HTOL）**f0**\*1.1）乘用车：Ta=150℃，5046h；1.2）商用车：Ta=150℃，18417h。 |

表 7 汽车集成电路1级可靠性检测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **组别** | **序号** | **试验项目** | **简称** | **试验样品数量** | **试验条件** |
| A组：加速环境应力试验**a\* d\*** | A2 | 带电偏置湿热试验或带电偏置强加速稳态湿热试验**b\*** | THB或HAST | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HAST） **e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=60h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=81h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=200h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=268h。（2）温湿度条件（THB）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1136h；2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1457h。 |
| A3 | 高压蒸煮或无偏置强加速稳态湿热试验或无偏置湿热试验**c\*** | AC\*或UHST或TH | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（UHST）**e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=60h； 1.2）商用车： Ta=130℃、RH=85%，t=81h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=200h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=268h。（2）温湿度条件（TH）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1136h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1457h。 |
| A4 | 温度循环 | TC | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（TC）1.1）乘用车：Ta=-55~150℃，Clc=1103循环；1.2）商用车：Ta=-55~150℃，Clc=1241循环。 |
| A5 | 功率温度循环 | PTC | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（PTC）1.1）乘用车：Ta=-40~150℃，Clc=1495循环；1.2）商用车：Ta=-40~150℃，Clc=1682循环。 |
| A6 | 高温贮存寿命试验 | HTSL | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（HTSL）1.1）乘用车：Ta=150℃，t=170h；1.2）商用车：Ta=150℃，t=170h。或1.1）乘用车：Ta=125℃，t=508h；1.2）商用车：Ta=125℃，t=508h。 |
| B组：加速寿命模拟试验 | B1 | 高温工作寿命试验 | HTOL | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HTOL）**f1**\*1.1）乘用车：Ta=105℃，4567 h；1.2）商用车：Ta=105℃，36000h。 |

表 8 汽车集成电路2级可靠性检测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **组别** | **序号** | **试验项目** | **简称** | **试验样品数量** | **试验条件** |
| A组：加速环境应力试验**a\* d\*** | A2 | 带电偏置湿热试验或带电偏置强加速稳态湿热试验**b\*** | THB或HAST | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HAST）**e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=56h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=53h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=185h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=177h。（2）温湿度条件（THB）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1005h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=961h。 |
| A3 | 高压蒸煮或无偏置强加速稳态湿热试验或无偏置湿热试验c\* | AC或UHST或TH | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（UHST） e\*1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=56h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=53h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=185h； 1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=177h。（2）温湿度条件（TH）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=1005h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=961h。 |
| A4 | 温度循环 | TC | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（TC）1.1）乘用车：Ta=-55~125℃，Clc=1740循环；1.2）商用车：Ta=-55~125℃，Clc=2088循环。 |
| A5 | 功率温度循环 | PTC | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（PTC）1.1）乘用车：Ta=-40~125℃，Clc=2464循环；1.2）商用车：Ta=-40~125℃，Clc=2957循环。 |
| A6 | 高温贮存寿命试验 | HTSL | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（HTSL）1.1）乘用车：Ta=150℃，t=237h；1.2）商用车：Ta=150℃，t=170h。或1.1）乘用车：Ta=125℃，t=709h；1.2）商用车：Ta=125℃，t=508h。 |
| B组：加速寿命模拟试验 | B1 | 高温工作寿命试验 | HTOL | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HTOL）**f2**\*1.1）乘用车：Ta=105℃，1512h；1.2）商用车：Ta=105℃，12000h。 |

表 9 汽车集成电路3级可靠性检测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **组别** | **序号** | **试验项目** | **简称** | **试验样品数量** | **试验条件** |
| A组：加速环境应力试验**a\* d\*** | A2 | 带电偏置湿热试验或带电偏置强加速稳态湿热试验**b\*** | THB或HAST | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HAST）**e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=45h； 1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=36 h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=148h； 1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=120h。（2）温湿度条件（THB）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=804h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=651h。 |
| A3 | 高压蒸煮或无偏置强加速稳态湿热试验或无偏置湿热试验**c\*** | AC或UHST或TH | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（UHST）**e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=45h； 1.2）商用车：130℃、85%，36h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=148h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=120h。（2）温湿度条件（TH）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=804h； 2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=651h。 |
| A4 | 温度循环 | TC | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（TC）1.1）乘用车：Ta=-55~125℃，Clc=1740循环；1.2）商用车：Ta=-55~125℃，Clc=2088循环。 |
| A5 | 功率温度循环 | PTC | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（PTC）1.1）乘用车：Ta=--40~125℃，Clc=2464循环；1.2）商用车：Ta=--40~125℃，Clc=2957循环。 |
| A6 | 高温贮存寿命试验 | HTSL | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（HTSL）1.1）乘用车：Ta=150℃，t=199h；1.2）商用车：Ta=150℃，t=170h。或1.1）乘用车：Ta=125℃，t=597h；1.2）商用车：Ta=125℃，t=508h。 |
| B组：加速寿命模拟试验 | B1 | 高温工作寿命试验 | HTOL | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HTOL）**f3**\*1.1）乘用车：Ta=105℃，12000h；1.2）商用车：Ta=105℃，36000h。 |

表 10 汽车集成电路4级可靠性检测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **组别** | **序号** | **试验项目** | **简称** | **试验样品数量** | **试验条件** |
| A组：加速环境应力试验**a\* d\*** | A2 | 带电偏置湿热试验或带电偏置强加速稳态湿热试验**b\*** | THB或HAST | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HAST） **e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=36h；1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=28h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=120h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=94h。（1）温湿度条件（THB）2.1）乘用车：Ta=85℃、RH=85%，t=651h；2.2）商用车：Ta=85℃、RH=85%，t=512h。 |
| A3 | 高压蒸煮或无偏置强加速稳态湿热试验或无偏置湿热试验**c\*** | AC或UHST或TH | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（UHST） **e\***1.1）乘用车：Ta=130℃、RH=85%，t=36h；1.2）商用车：Ta=130℃、RH=85%，t=28h。或1.1）乘用车：Ta=110℃、RH=85%，t=120h；1.2）商用车：Ta=110℃、RH=85%，t=94h。（2）温湿度条件（TH）2.1）乘用车：85℃、85%，651h；2.2）商用车：85℃、85%，512h。 |
| A4 | 温度循环 | TC | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（TC）1.1）乘用车：Ta=-55~125℃，Clc=1740循环；1.2）商用车：Ta=-55~125℃，Clc=2088循环。 |
| A5 | 功率温度循环 | PTC | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（PTC）1.1）乘用车：Ta=-40~125℃，Clc=2464循环；1.2）商用车：Ta=-40~125℃，Clc=2957循环。 |
| A6 | 高温贮存寿命试验 | HTSL | 45只/批\*1批 | （1）温湿度条件（HTSL）1.1）乘用车：Ta=150℃，t=170h；1.2）商用车：Ta=150℃，t=170h。或1.1）乘用车：Ta=125℃，t=508h；1.2）商用车：Ta=125℃，t=508h。 |
| B组：加速寿命模拟试验 | B1 | 高温工作寿命试验 | HTOL | 77只/批\*3批 | （1）温湿度条件（HTOL）**f4**\*1.1)乘用车：Ta=85℃，12000h；1.2）商用车：Ta=85℃，36000h。 |

a\*：预处理（仅适用于表面贴装芯片）应在A2、A3、A4和A5项之前进行（参考《SJ/T 11875-2022 电动汽车用半导体集成电路应力试验程序》开展）。

b\*：对于对高温和高压敏感的封装（如BGA），应用PC后接THB替代HAST。

c\*：对于对高温和高压敏感的封装（如BGA），应用PC后接TH替代UHST。

d\*：对于铜线键合的芯片，A组应力试验需要在此基础上加严为2倍。

e\*：选择条件1.1）或1.2）取决于芯片自身耐受高温的性能决定，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

f0\*：0级HTOL试验条件是根据Tj=150℃（商用车、乘用车）工作结温换算得到的，如果实际工作结温低于150℃，可以根据节4.6.1进行换算，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

f1\*：1级HTOL试验条件是根据Tj=125℃（商用车）、Ta=87℃（乘用车）工作结温换算得到的，如果实际工作结温低于该温度，可以根据节4.6.1进行换算，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

f2\*：2级HTOL试验条件是根据Tj=150℃（商用车、乘用车）工作结温换算得到的，如果实际工作结温低于150℃，可以根据节4.6.1进行换算，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

f3\*：3级HTOL试验条件是根据Tj=125℃（商用车、乘用车）工作结温换算得到的，如果实际工作结温低于125℃，可以根据节4.6.1进行换算，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

f4\*：4级HTOL试验条件是根据Tj=105℃（商用车、乘用车）工作结温换算得到的，如果实际工作结温低于105℃，可以根据节4.6.1进行换算，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

1. 功能安全分级要求

汽车集成电路功能安全按等级由低到高分为ASIL A、ASIL B、ASIL C和ASIL D 4个等级。不同功能安全等级对应的硬件架构度量和随机硬件失效的目标值如表 11所示。

表 11 不同功能安全等级对应的硬件架构度量和随机硬件失效的目标值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 功能安全等级 | 单点故障度量a\* | 潜伏故障度量b\* | 随机硬件失效目标值c\* |
| ASIL B | ≥90% | ≥60% | <10-7h |
| ASIL C | ≥97% | ≥80% | <10-7h |
| ASIL D | ≥99% | ≥90% | <10-8h |

注：

a\*：单点故障是指系统中单个组件或部分的永久以及瞬时故障直接导致系统功能失效，且没有冗余或保护机制来缓解该故障；潜伏故障度量是根据ISO 26262标准用于评估汽车电子系统中潜在永久故障安全性的关键指标；

b\*：潜在故障是指系统中可能存在的多点故障，这些故障在发生时未被立即检测到，且可能与其他故障组合导致安全目标失效。

1. 电磁兼容分级要求

汽车集成电路电磁兼容分级要求如表 12所示（基于TEM小室法，其他方法可以参考表 13）。

表 12 汽车集成电路电磁兼容等级

|  |  |
| --- | --- |
| 等级 | 功率电平范围 |
| I | 24≤V<36dBuV |
| L | 12≤V<24dBuV |
| N | 0≤V<12dBuV |

注：现有电磁兼容分级给出的是推荐功率电平范围，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。对于超出上述功率电平范围的产品，可以参考表13选取合适的测试方法。

表 13 电磁兼容测试方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检测项目 | 检测方法 | 参考标准 |
| 辐射发射 | TEM小室法/宽带小室法 | IEC 61967-2 |
| 表面扫描法 | IEC 61967-2 |
| 传导发射 | 耦合法 | IEC 61967-4 |
| 法拉第笼法 | IEC 61967-5 |
| 磁场探头法 | IEC 61967-6 |
| 辐射发射 | 带状线法 | IEC 61967-8 |
| 辐射抗扰度 | TEM小室法/宽带小室法 | IEC 62132-2 |
| 直接射频功率注入 | IEC 62132-4 |
| 法拉第笼法 | IEC 62132-5 |
| 带状线法 | IEC 62132-8 |
| 进场扫描法 | IEC 62132-9 |
| 脉冲抗扰度 | 瞬时同步/非同步功率注入法 | IEC 62215 |

1. 可靠性及功能安全分级检测要求

本节基于汽车不同应用领域典型应用场景，给出了基于任务剖面的汽车集成电路可靠性及功能安全分级检测要求（见表14）。典型应用场景及推荐的可靠性及功能安全等级如表5所示。

表 14 汽车集成电路可靠性及功能安全等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 可靠性分级要求 | 功能安全分级要求e\* | 电磁兼容分级要求h\* |
| 温度范围\*a | 振动量级\*b | 静电放电 | 可靠性分级检测要求 |
| R0 | 0级：-40~+150℃ | 0级 | （1）商用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2b（部分C1）（2）乘用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2a（部分C1） | 0级 | ASIL-D  | N级 |
| R1 | 2级：-40~+105℃ | 0级 | （1）商用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2b（部分C1）（2）乘用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2a（部分C1）\* | 1级 | ASIL-D | 商用车：N级乘用车：L级 |
| R2 | 2级：-40~+105℃ | 0级 | （1）商用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2b（部分C1）（2）乘用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2a（部分C1） | 2级 | ASIL-D f\* | 商用车：L级乘用车：N级 |
| R3 | 2级：-40~+105℃ | 0级 | （1）商用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2b（部分C1）（2）乘用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2a（部分C1） | 3级 | ASIL-D | N级 |
| R4 | 3级：-40~+85℃ | 0级 | （1）商用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2b（部分C1）（2）乘用车：HBM c\*：2级（部分1C）CDM d\*：C2a（部分C1） | 4级 | ASIL-D g\* | N级 |

注：

a\*：本表给出的是不同等级推荐的温度范围，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。

b\*：本表给出的是不同等级推荐的振动量级，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准。汽车集成电路振动试验仅限于气密封装芯片、破坏性试验、未在引线键合处进行过模塑的引线键合裸芯片等，其他情况不做要求；

c\*：≤28nm制程的集成电路或射频工作集成电路要求可降低至1C：1000V≤HBM<2000V及以下；

d\*：≤28nm制程的集成电路或射频工作集成电路要求可降低至C1：250V≤CDM<500V及以下；

e\*：本表给出的是不同等级推荐的功能安全等级，具体取决于系统应用情况，实际以集成电路供应商和用户企业协商确认为准；

f\*：车身内饰系统、车身外饰系统、开闭件系统等零部件对应汽车集成电路功能安全等级要求ASIL-B级；

g\*：车载信息娱乐系统、HUD、电子不停车收费系统、汽车事件数据记录系统等零部件对应汽车集成电路功能安全等级要求QM，车载娱乐系统和HUD如果负责安全相关HMI功能，建议需要达到ASIL B等级；

h\*：电磁兼容测试的适用范围包括数字集成电路、大规模集成电路（LSI）、包含振荡器的产品或任何可能产生辐射发射、干扰通信接收设备的芯片。例如：微处理器、高速数字集成电路（IC）、包含电荷泵的场效应晶体管（FET）、带有看门狗的器件，以及开关模式稳压器控制和驱动集成电路；所有新的、重新认证的或现有集成电路（IC），如果其相较于之前版本经过修订，且可能产生辐射发射、干扰通信接收设备。

附录A

汽车不同应用领域介绍

本标准按照经典五大域理论，把汽车应用领域划分为底盘域、动力域、车身域、座舱域和自动驾驶域。每个应用领域的定义及包含的零部件见附表1。实际执行过程中可以根据整车或零部件企业自身对产品的定义加以调整。

附表1 汽车不同应用领域

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 应用领域 | 定义 | 典型零部件 |
| 底盘域 | 涉及车辆的行驶控制和运动管理，负责车辆的稳定性和操控性，通过传感器和执行器与车辆的其他系统交互，确保车辆在不同路况下的稳定行驶。 | 传动系统、行驶系统、转向系统、制动系统等 |
| 动力域 | 汽车动力系统的智能化管理中枢，主要负责整合和管理动力单元，优化能耗和提升驾驶性能。 | 发动机系统、新能源电驱系统、能源系统等 |
| 车身域 | 主要负责车身电子设备的控制和通信，通过总线系统与其他域进行数据交换，实现车身电子设备的智能化管理。 | 车身控制系统、车身内饰系统、车身外饰系统、车身安全系统、开闭件系统、热管理系统 |
| 座舱域 | 主要负责车内信息娱乐系统和驾驶辅助功能的集成。 | 车载信息娱乐系统、仪表系统、抬头显示系统、流媒体后视镜、电子不停车收费系统、汽车事件数据记录系统等 |
| 自动驾驶域 | 负责车辆的自动驾驶功能，包括路径规划、决策控制等。 | 环境感知系统、通信系统、智能决策系统 |

参考文献

[1] Vasquez-Borucki S. Mission Profile Evaluation for Automotive Applications: An Anthology of Best Practices[R]. Neubiberg: Infineon Technologies AG, 2019.

[2] ZVEI Robustness Validation Working Group. Handbook for robustness validation of automotive electrical/electronic modules[R]. ZVEI-Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie e.V,2013.

[3] T.Lehndorff. U.Abelein, et al. Extended lifetime qualification concepts for automotive semiconductor components[J]. 2020.

[4] Texas Instruments ,Robert Bosch GmbH. ZVEI Robustness Validation Process[R]. Automotive Forum,2023.

[5] Blaabjerg F, Wang H, Vernica I, et al. Reliability of power electronic systems for EV/HEV applications[J]. Proceedings of the IEEE, 2020, 109(6): 1060-1076.

[6] Ali Ahari, Alexander Viehl, Oliver Bringmann, et al. Mission profile-based assessment of semiconductor technologies for automotive applications[J]. Microelectronics Reliability, 2018, 91: 129-138.

[7] Stroe D I, Swierczynski M, Laserna E M, et al. Accelerated aging of Lithium-ion batteries based on electric vehicle mission profile[C]//2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). IEEE, 2017: 5631-5637.

[8] Santa Clara. A case for Standardized Mission Profiles for Automotive[R]. Automotive Electronics Forum.2023.

[9] ZVEI Robustness Validation Working Group. Handbook for Robustness Validation of Semiconductor Devices in Automotive Applications[R]. ZVEI-Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie e.V,2013.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_