

T/ZJBDT

团 体 标 准

T/ZJBDT 004—2024

车规级电源管理集成电路高温运行寿命 测试方法

The test method of high temperature operating life for automotive-grade power
management integrated circuit

2024 - 10 - 22 发布

2024 - 10 - 22 实施

浙江省半导体行业协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试原理	1
5 仪器设备	1
6 样品	2
7 测试条件	2
8 测试时间计算	2
9 测试程序	3
10 结果判定	3
11 注意事项	3
附录A（资料性） 车规级电源管理集成电路高温运行寿命等效测试时间计算示例	4
参考文献	5

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专利的责任。

本文件由浙江省半导体行业协会提出并归口。

本文件起草单位：杰华特微电子股份有限公司、杰华特微电子（上海）有限公司、杰华特微电子（深圳）有限公司、无锡市宜欣科技有限公司、浙江简捷物联科技有限公司、吉高科技有限公司、杭州国家集成电路设计产业化基地有限公司。

本文件主要起草人：孙云鹏、李鹏、袁帅帅、柳继营、宋伟、杨超、章安达、李盛峰。

车规级电源管理集成电路高温运行寿命 测试方法

1 范围

本文件描述了车规级电源管理集成电路高温运行寿命的测试方法。

本文件适用于存在150℃到175℃使用场景的塑料封装车规级电源管理集成电路运行寿命的测试方法。

2 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。

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车规级电源管理集成电路 automotive-grade power management integrated circuit

用于汽车产品负责管理和控制电源，并确保电子设备正常运转和效能优化的集成电路。

3.2

高温运行寿命 High Temperature Operating Life (HTOL)。

车规级电源管理集成电路在最高温度达到175℃环境下的运行寿命。

4 测试原理

高温运行寿命测试方法为加速寿命测试方法。将电气性能测量合格的样品，施加最高运行温度 and 规定电压，经过由高温老化加速模型阿伦尼乌斯（Arrhenius）公式计算得到的等效测试时间后，再对样品进行电气性能测量，以判定高温运行寿命是否符合规定要求。

5 仪器设备

5.1 高温箱

高温箱内箱尺寸应满足装载老化板，且温度能控制在规定温度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5.2 直流电源供应器

能提供电流电压信号并精准控制电流电压等参数。

5.3 老化板

作为高温实验治具起到固定样品并将电源的电压电流信号传递给样品的作用，应采用耐高温材料。

5.4 电气性能测量设备

能对样品按产品数据手册中规定的电气性能参数进行测量。

5.5 电气性能测量治具

能固定样品并与电气性能测量设备连接进行电信号传递。

6 样品

6.1 样品质量

低温（-40℃）、常温（25℃）、高温（175℃）条件下电气性能参数均符合要求。

6.2 抽样方式和数量

在3个不同晶圆批次的产品中，各随机抽取77颗。

7 测试条件

7.1 测试时间

高温运行寿命测试时间应满足或超过在运行条件下的等效寿命，由高温老化加速模型阿伦尼乌斯（Arrhenius）公式计算得到。

7.2 测试温度

高温运行寿命测试温度选择175℃。

7.3 测试电压

高温运行寿命测试电压按照提供给客户的数据手册中规定的最大输入电压选取。

8 测试时间计算

8.1 测试总时间计算和取值原则

高温运行寿命测试时间为该产品工况清单中各运行温度段等效测试时间总和。

取值原则：取整数小时，且大于等于计算值，并与业界高温运行寿命测试时间的选择相适应。

8.2 各温度段等效测试时间计算

产品工况清单中各温度段等效测试时间按公式(1)计算：

$$t_t = \frac{t_u}{A_f} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

t_u ——运行时间；

t_t ——测试时间；

A_f ——加速因子

8.3 加速因子计算

加速因子按 Arrhenius 公式(2)计算：

$$A_f = \exp \left[\frac{E_a}{k_B} \cdot \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t} \right) \right] \dots\dots\dots(2)$$

式中：

T_u ——运行环境温度（单位K）；

T_t ——测试温度（单位K）；

Exp——自然指数函数；

k_B ——玻尔兹曼常数， $k_B = 8.61733 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ ；

E_a ——激活能（单位eV），取值范围为-0.2到1.4eV，实际的值取决于失效机制，0.7eV是一个典型值。

9 测试程序

9.1 高温运行实验

9.1.1 将3批次231颗样品依次通过焊接或者其他方式连接到老化板上，焊接或者连接应能承受175℃高温。并对老化板进行调试，确保样品与老化板连接通畅、功能正常。

9.1.2 带有全部样品的老化板放入高温箱中，将直流电源供应器和老化板电路连接好，按照第7章的规定要求进行高温箱温度、电源电压设定，高温箱内温度升至目标温度开始计时。实验过程中要监控温度、电流电压等数据。

9.1.3 当达到设定的实验时间，关闭高温箱开关和电源供应器开关，高温运行实验结束。

9.2 电气性能测量

9.2.1 待样品冷却后，将所有样品依次放置在电气性能测量治具内并固定好，在低温（-40℃）、常温（25℃）、高温（175℃）条件下，分别运行测试程序进行测量，直到所有样品测量完毕。

9.2.2 如在高温运行实验过程中有特殊要求，可进行中间时间节点电气性能测量。

9.2.3 中间节点和最终电气性能测量应在样品从规定测试条件中移出后尽快完成，高电压样品（定义为> 10伏）不超过96h，其他样品不超过168h。

10 结果判定

10.1 测试完毕后，所有样品的电气性能、外观参数都符合产品数据手册要求的，判定产品高温运行寿命测试合格；任一样品的电气性能参数、外观有一项不符合要求，则判定为不合格。

10.2 如果封装出现机械损伤，如裂纹、缺口或破损是由治具或操作造成的，则不被列入判定范围。封装外观缺陷和引线镀层或焊料性的退化也不被列入判定范围。

11 注意事项

11.1 测试使用的设备应进行校准并在校准有效期内。

11.2 整个实验过程中做好高温防护、ESD防护工作。

11.3 实验过程中规定的高温 and 电压应连续施加（除了在中间测量期间），高温箱升温至目标温度、高温箱降温至室温以及进行中间电气性能测量所花费的时间不应计入规定的总测试时间。

附录 A

(资料性)

车规级电源管理集成电路高温运行寿命等效测试时间计算示例

某车规级电源管理集成电路设计运行寿命：15年/12500小时，具体工况清单如表A.1。

表 A.1 车规级电源管理集成电路运行环境温度工况清单

运行环境温度 T_u		运行时间 t_u/h
摄氏温度 $^{\circ}C$	对应开尔文温度K	
-20	253.15	250
20	293.15	1250
50	323.15	3000
95	368.15	4250
130	403.15	3000
150	423.15	625
175	448.15	125
/	/	总运行时间12500

按照公式(1)和公式(2)，取 $E_a=0.7\text{ eV}$ ，将各 T_u 条件下的运行时间等效成 $175^{\circ}C$ 条件下的测试时间计算得到表A.2的结果，表明等效 $175^{\circ}C$ 条件下的测试总时间为825h等效于该工况清单下15年/12500小时运行寿命。

表 A.2 车规级电源管理集成电路高温运行寿命 $175^{\circ}C$ 条件下的等效测试时间表

运行环境温度 T_u / K	运行时间 t_u/h	等效 $175^{\circ}C$ 测试时间 t_i/h
253.15	250	1
293.15	1250	1
323.15	3000	3
368.15	4250	83
403.15	3000	397
423.15	625	215
448.15	125	125
/	总运行时间12500	总测试时间825

根据高温运行寿命测试时间取值原则，该车规级电源管理集成电路高温运行寿命 $175^{\circ}C$ 条件下测试时间确定为1000小时。

参 考 文 献

- [1] AEC Q100J 汽车用集成电路基于失效机理的应力测试认证 (Failure Mechanism Based Stress Test Qualification For Integrated Circuits In Automotive Applications)
- [2] JEDEC JESD22-A108 温度、偏置和运行寿命(Temperature, Bias, and Operating Life)
-