

INA293-Q1/INA281-Q1 功能安全时基故障率、FMD 和引脚 FMA



1 概述

本文档包含有关 INA293-Q1/INA281-Q1 (SOT-23-5 封装) 的信息，有助于进行功能安全系统设计。所提供的信息包括：

- 根据业内可靠性标准估算的半导体元件功能安全时基故障 (FIT) 率
- 基于器件主要功能的元件故障模式及其分布 (FMD)
- 引脚故障模式分析 (引脚 FMA)

图 1-1 所示为可供参考的器件功能方框图。

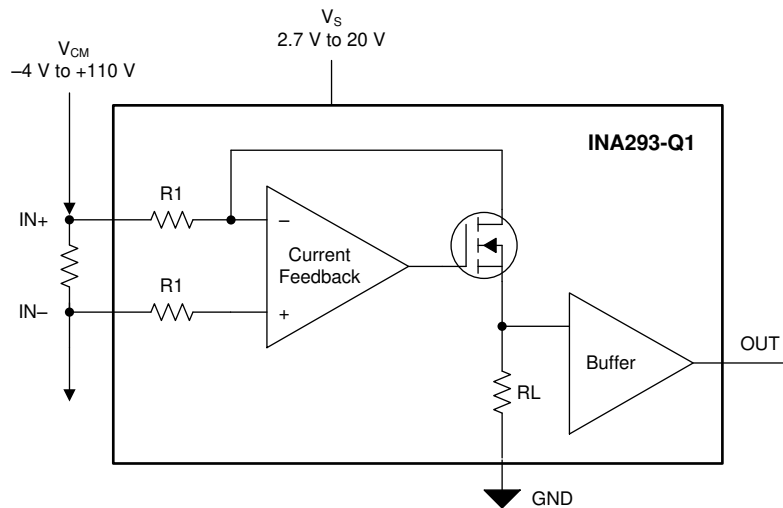


图 1-1. 功能方框图

INA293-Q1/INA281-Q1 是通过质量管理开发流程开发的，但未遵照 IEC 61508 或 ISO 26262 标准。

2 功能安全时基故障 (FIT) 率

本部分根据业内广泛使用的两种不同的可靠性标准，提供了 INA293-Q1/INA281-Q1 的功能安全时基故障 (FIT) 率：

- [表 2-1](#) 提供了符合 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分要求的时基故障率
- [表 2-2](#) 根据 Siemens Norm SN 29500-2 提供了时基故障率

表 2-1. 元件故障率符合 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分

| 时基故障 IEC TR 62380/ISO 26262 | 时基故障 (每 10 ⁹ 小时的故障次数) |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 元件的总时基故障率 | 6 |
| 裸片时基故障率 | 4 |
| 封装时基故障率 | 2 |

[表 2-1](#) 中的故障率和任务剖面信息摘自可靠性数据手册 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分：

- 任务剖面：表 11 中的电机控制
- 功耗：50mW
- 气候类型：全球范围表 8
- 封装因子 (λ_3)：表 17b：
- 基板材料：FR4
- 假设的 EOS 时基故障率：0 时基故障

表 2-2. 符合 Siemens Norm SN 29500-2 要求的元件故障率

| 表 | 类别 | 基准时基故障率 | 基准虚拟 T _J |
|---|------------------------|---------|---------------------|
| 4 | BICMOS 运算放大器、比较器、电压监控器 | 8 时基故障 | 45°C |

[表 2-2](#) 中的基准时基故障率和基准虚拟 T_J (结温) 摘自 Siemens Norm SN 29500-2 表 1 至表 5。工作条件下的故障率是基于 SN 29500-2 第 4 节中的转换信息，利用基准故障率和虚拟结温计算出的。

3 故障模式分布 (FMD)

INA293-Q1/INA281-Q1 的故障模式分布估算 (表 3-1) 摘自 IEC 61508 和 ISO 26262 等标准中列出的常见故障模式组合、子电路功能的大小和复杂性比率以及优秀工程设计评价。

本部分列出的故障模式为随机故障事件，且不包括因滥用或过压而导致的故障。

表 3-1. 裸片故障模式及分布

| 裸片故障模式 | 故障模式分布 (%) |
|---------------|------------|
| OUT 开路 (高阻态) | 20% |
| OUT 至 GND | 25% |
| OUT 至 VS | 25% |
| OUT 功能不在规格范围内 | 30% |

4 引脚故障模式分析 (引脚 FMA)

本部分介绍了 INA293-Q1/INA281-Q1 引脚的故障模式分析 (FMA)。本文档介绍的故障模式包括典型的逐针故障场景：

- 引脚短路至接地端 (请参阅表 4-2 和表 4-6)
- 引脚开路 (请参阅表 4-3 和表 4-7)
- 引脚短路至邻近引脚 (请参阅表 4-4 和表 4-8)
- 引脚短路至 V_S (请参阅表 4-5 和表 4-9)

表 4-2 至表 4-9 还根据表 4-1 中的故障影响类别，说明了这些引脚状况对器件有何影响。

表 4-1. TI 对故障影响的分类

| 类别 | 故障影响 |
|----|-------------------|
| A | 器件可能会损坏，并使功能受损 |
| B | 器件未损坏，但功能丧失 |
| C | 器件未损坏，但性能下降 |
| D | 器件未损坏，功能和性能也未受到影响 |

以下是本部分针对引脚 FMA 的使用假设和器件配置：

- $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
- $V_+ = 2.7\text{V}$ 至 20V
- $V_{CM} = -4\text{V}$ 至 $+110\text{V}$

4.1 SOT-23-5 封装 (引脚排列 A)

图 4-1 所示为 SOT-23-5 封装 (引脚排列 A) 的 INA293-Q1/INA281-Q1 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅 INA293-Q1/INA281-Q1 数据表中的 *引脚配置和功能* 部分。

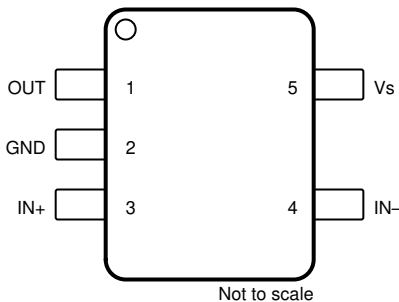


图 4-1. 引脚图 (SOT-23-5 封装，引脚排列 A)

表 4-2. 器件引脚对地短路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|-------|------|---|---------------|
| OUT | 1 | 输出会被下拉至 GND，而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时，在高压电源条件下，自发热可能会导致裸片结温超过 150°C 。 | B |
| GND | 2 | 正常运行。 | D |
| IN+ | 3 | 在高侧配置中，会发生总线电源至 GND 短路。高电流将从总线电源流入 GND。在低侧配置中，输入引脚会短接。 | B |
| IN- | 4 | 在高侧配置中，会发生总线电源至 GND 短路。高电流将从总线电源流入 GND。在低侧配置中，正常工作。 | B 表示高侧；D 表示低侧 |
| V_S | 5 | 电源短接至 GND。 | B |

表 4-3. 器件引脚开路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|----------------------------------|---------|
| OUT | 1 | 输出可以保持开路。这对 IC 没有影响，但不会测量输出。 | C |
| GND | 2 | GND 悬空。由于不再以 GND 为基准，输出将不正确。 | B |
| IN+ | 3 | IN+ 将与 IN- 处于同一电位。差分输入电压实际值为 0V。 | B |
| IN- | 4 | IN- 将与 IN+ 处于同一电位。差分输入电压实际值为 0V。 | B |
| V _S | 5 | 器件无电源。 | B |

表 4-4. 器件引脚对邻近引脚短路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 短路至 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|--------------------|---|---------------|
| OUT | 1 | 2 - GND | 输出会被下拉至 GND，而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时，在高压电源条件下，自发热可能会导致裸片结温超过 150°C。 | B |
| GND | 2 | 3 - IN+ | 在高侧配置中，会发生总线电源至 GND 短路。高电流将从总线电源流入 GND。在低侧配置中，输入引脚会短路。 | B |
| IN+ | 3 | 4 - IN- | 输入短接在一起，因此未施加任何感应电压。输出将紧跟 GND。 | B |
| IN- | 4 | 5 - V _S | 在高侧配置中，器件电源短接至总线电源（通过 R _{SHUNT} ），如果存在高压，可能会造成损坏。在低侧配置中，器件电源短接至 GND。 | A 表示高侧；B 表示低侧 |
| V _S | 5 | 1 - OUT | 输出会被拉至 V _S ，而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时，在高压电源条件下，自发热可能会导致裸片结温超过 150°C。 | B |

表 4-5. 用于器件引脚短路到 V_S 的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|---|---------------|
| OUT | 1 | 输出会被拉至 V _S ，而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时，在高压电源条件下，自发热可能会导致裸片结温超过 150°C。 | B |
| GND | 2 | 电源短接至 GND。 | B |
| IN+ | 3 | 在高侧配置中，器件电源短接至总线电源，如果存在高压，可能会造成损坏。在低侧配置中，器件电源短接至 GND（通过 R _{SHUNT} ）。 | A 表示高侧；B 表示低侧 |
| IN- | 4 | 在高侧配置中，器件电源短接至总线电源（通过 R _{SHUNT} ），如果存在高压，可能会造成损坏。在低侧配置中，器件电源短接至 GND。 | A 表示高侧；B 表示低侧 |
| V _S | 5 | 正常运行。 | D |

4.2 SOT-23-5 封装 (引脚排列 B)

图 4-2 所示为 SOT-23-5 封装 (引脚排列 B) 的 INA293-Q1/INA281-Q1 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅 INA293-Q1/INA281-Q1 数据表中的 *引脚配置和功能* 部分。

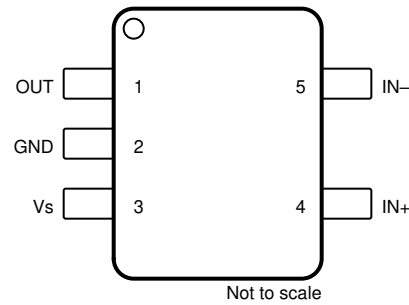


图 4-2. 引脚图 (SOT-23-5 封装, 引脚排列 B)

表 4-6. 器件引脚对地短路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|---|----------------|
| OUT | 1 | 输出会被下拉至 GND, 而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时, 在高压电源条件下, 自发热可能会导致裸片结温超过 150°C。 | B |
| GND | 2 | 正常运行。 | D |
| V _S | 3 | 电源短接至 GND。 | B |
| IN+ | 4 | 在高侧配置中, 会发生总线电源至 GND 短路。高电流将从总线电源流入 GND。在低侧配置中, 输入引脚会短接。 | B |
| IN- | 5 | 在高侧配置中, 会发生总线电源至 GND 短路。高电流将从总线电源流入 GND。在低侧配置中, 正常工作。 | B 表示高侧; D 表示低侧 |

表 4-7. 器件引脚开路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|----------------------------------|---------|
| OUT | 1 | 输出可以保持开路。这对 IC 没有影响, 但不会测量输出。 | C |
| GND | 2 | GND 悬空。由于不再以 GND 为基准, 输出将不正确。 | B |
| V _S | 3 | 器件无电源。 | B |
| IN+ | 4 | IN+ 将与 IN- 处于同一电位。差分输入电压实际值为 0V。 | B |
| IN- | 5 | IN- 将与 IN+ 处于同一电位。差分输入电压实际值为 0V。 | B |

表 4-8. 器件引脚对邻近引脚短路的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 短路至 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|----------------|------|--------------------|---|----------------|
| OUT | 1 | 2 - GND | 输出会被下拉至 GND, 而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时, 在高压电源条件下, 自发热可能会导致裸片结温超过 150°C。 | B |
| GND | 2 | 3 - V _S | 电源短接至 GND。 | B |
| V _S | 3 | 4 - IN+ | 在高侧配置中, 器件电源短接至总线电源, 如果存在高压, 可能会造成损坏。在低侧配置中, 器件电源短接至 GND。 | A 表示高侧; B 表示低侧 |
| IN+ | 4 | 5 - IN- | 输入短接在一起, 因此未施加任何感应电压。输出将紧跟 GND。 | B |
| IN- | 5 | 1 - OUT | 在高侧配置中, OUT 短接至总线电源, 如果存在高压, 可能会造成损坏。在低侧配置中, OUT 短接至 GND。 | A 表示高侧; B 表示低侧 |

表 4-9. 用于器件引脚短路到 V_S 的引脚 FMA

| 引脚名称 | 引脚编号 | 对潜在故障影响的说明 | 故障影响的类别 |
|-------|------|---|---------------|
| OUT | 1 | 输出会被拉至 V_S ，而输出电流将受到短路限制。长时间保留在此配置时，在高压电源条件下，自发热可能会导致裸片结温超过 150°C 。 | B |
| GND | 2 | 电源短接至 GND。 | B |
| V_S | 3 | 正常运行。 | D |
| IN+ | 4 | 在高侧配置中，器件电源短接至总线电源，如果存在高压，可能会造成损坏。在低侧配置中，器件电源短接至 GND（通过 R_{SHUNT} ）。 | A 表示高侧；B 表示低侧 |
| IN- | 5 | 在高侧配置中，器件电源短接至总线电源（通过 R_{SHUNT} ），如果存在高压，可能会造成损坏。在低侧配置中，器件电源短接至 GND。 | A 表示高侧；B 表示低侧 |

5 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| Changes from Revision * (June 2020) to Revision A (November 2020) | Page |
|---|------|
| • 向文档中添加了 INA281-Q1 器件..... | 1 |

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司