

## Functional Safety Information

**TPS7A43-Q1****功能安全时基故障率、FMD 和引脚 FMA**

## 内容

1 概述.....	2
2 功能安全时基故障 (FIT) 率.....	4
3 失效模式分布 (FMD).....	5
4 引脚失效模式分析 (引脚 FMA) .....	6
5 修订历史记录.....	8

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 概述

本文档包含 TPS7A43-Q1 ( DGQ ( HVSSOP , 10 ) 封装 ) 的信息, 以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失效模式及其分布 (FMD)
- 引脚失效模式分析 ( 引脚 FMA )

图 1-1 和 图 1-2 展示了可供参考的器件功能方框图。

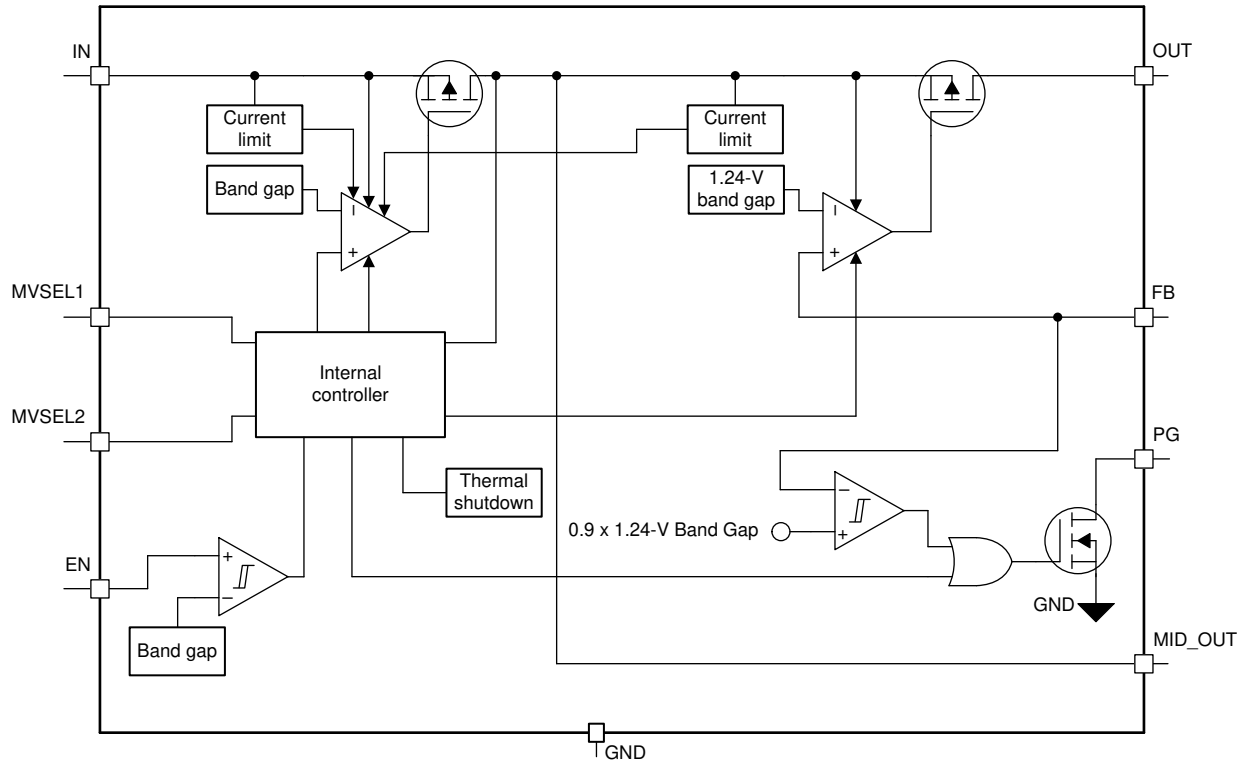


图 1-1. 功能方框图 ( TPS7A43-Q1 , 可调节 )

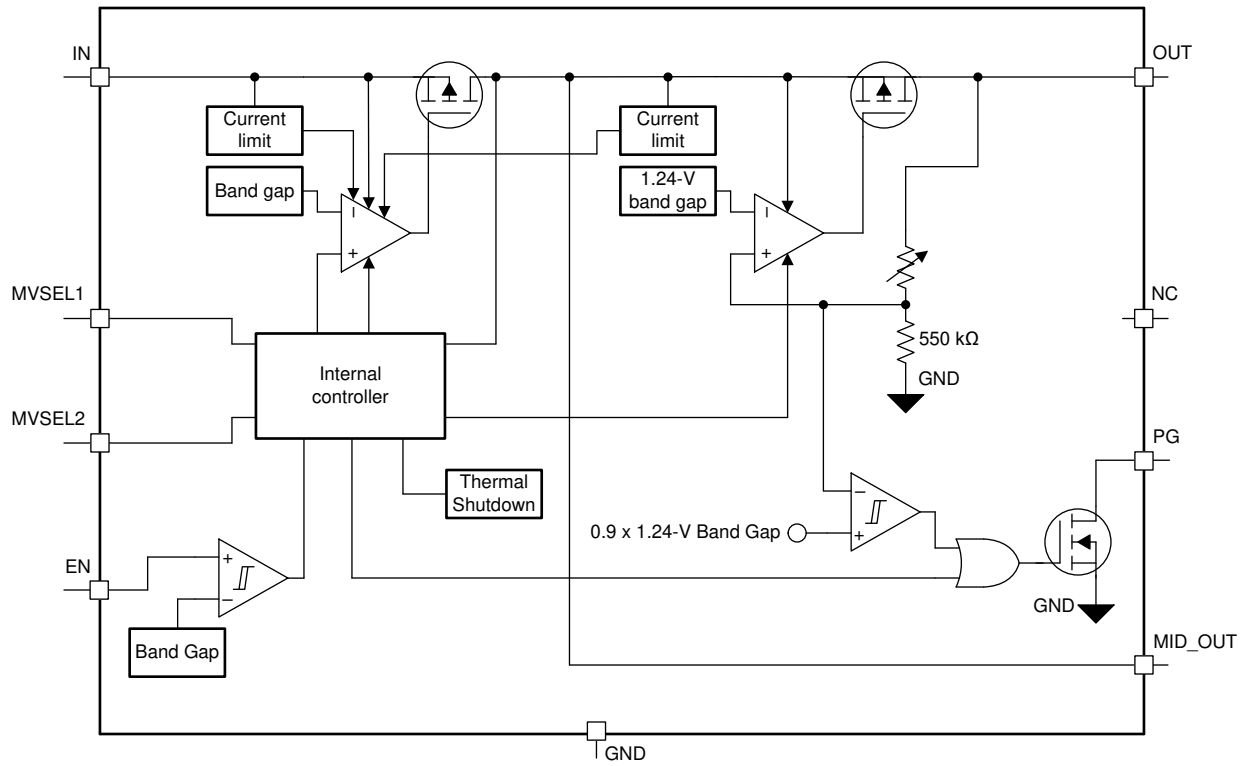


图 1-2. 功能方框图 (TPS7A43-Q1, 固定)

TPS7A43-Q1 是通过质量管理开发流程开发的，但不是遵照 IEC 61508 或 ISO 26262 标准开发的。

预量产产品的预告信息；如有更改，恕不另行通知。

## 2 功能安全时基故障 (FIT) 率

本章节根据业内广泛使用的两种不同的可靠性标准，提供了 TPS7A43-Q1 的功能安全时基故障 (FIT) 率：

- 根据 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分表 2-1 提供时基故障率
- 表 2-2 根据 Siemens Norm SN 29500-2 提供了时基故障率

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

时基故障 IEC TR 62380/ISO 26262	时基故障 (每 10 <sup>9</sup> 小时的故障次数)
元件的总时基故障率	15
裸片时基故障率	11
封装时基故障率	4

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 或图 16 中的电机控制
- 功率耗散：970mW
- 气候类型：世界范围表 8 或图 13
- 封装因子 ( $\lambda_3$ )：见表 17b 或图 15
- 基板材料：FR4
- 假设的 EOS 时基故障率：0 FIT

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

表	类别	基准时基故障率	基准虚拟 T <sub>J</sub>
5	CMOS、BICMOS 数字、模拟或混合	30 时基故障	75°C

表 2-2 中的基准时基故障率和基准虚拟 T<sub>J</sub> (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而出。

### 3 失效模式分布 (FMD)

综合考虑 IEC 61508 和 ISO 26262 等标准列出的常见失效模式、子电路功能重要性和复杂性比率以及优秀工程设计评价后，表 3-1 中列出了 TPS7A43-Q1 的失效模式分布估算。

本章节列出的失效模式为随机失效事件，且不包括因滥用或过压而导致的失效。

**表 3-1. 裸片失效模式及分布**

裸片失效模式	失效模式分布 (%)
$V_{OUT}$ 低 (无输出)，且 $V_{MID\_OUT}$ 在规格范围内	10
$V_{OUT}$ 和 $V_{MID\_OUT}$ 低 (无输出)	10
$V_{OUT}$ 高 (遵循稳压 $V_{MID\_OUT}$ )	5
$V_{OUT}$ 和 $V_{MID\_OUT}$ 高 (跟随 $V_{IN}$ )	10
$V_{OUT}$ 不在规格范围 (电压或时序) 内， $V_{MID\_OUT}$ 在规格范围内	25
$V_{OUT}$ 和 $V_{MID\_OUT}$ 不在电压或时序规格范围内	30
PG 误触发，未能触发	5
任意两个引脚短路	5

## 4 引脚失效模式分析 ( 引脚 FMA )

本章节介绍了 TPS7A43-Q1 引脚的失效模式分析 (FMA)。本文档所涉及的失效模式包括各个引脚的典型失效场景：

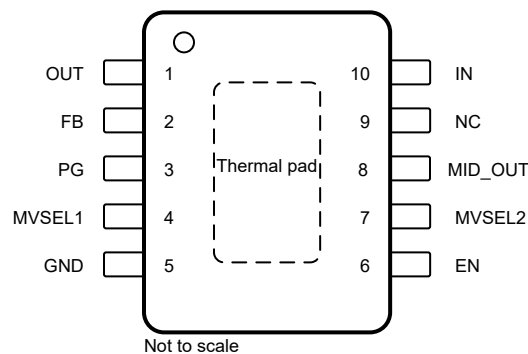
- 引脚对地短路 ( 请参阅表 4-2 )
- 引脚开路 ( 请参阅表 4-3 )
- 引脚对邻近引脚短路 ( 请参阅表 4-4 )
- 引脚对电源短路 ( 请参阅表 4-5 )

根据表 4-1 中的失效影响分类，表 4-2 至表 4-5 还介绍了这些引脚状况对器件的影响。

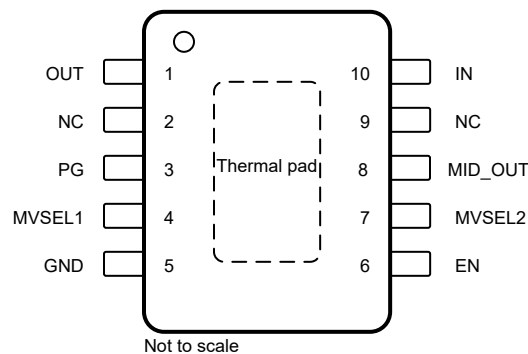
**表 4-1. TI 对失效影响的分类**

类别	失效影响
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。

图 4-1 和图 4-2 所示为 TPS7A43-Q1 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅 TPS7A43-Q1 数据表中的 *引脚配置和功能* 部分。



**图 4-1. 引脚图 DGQ ( HVSSOP , 10 ) ，可调节**



**图 4-2. 引脚图 DGQ ( HVSSOP , 10 ) ，固定**

以下述是本章节针对引脚 FMA 的使用假设和器件配置：

- 该器件根据推荐的工作条件运行，并且不会超出绝对最大额定值。

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	失效影响类别
OUT	1	无法进行调节。该器件在电流限制条件下工作，并可能在进入/退出热关断之间反复循环。	B
FB	2	可调节输出型号：该器件处于降压模式并以开关方式运行。输出跟随输入电压 ( $V_{IN}$ )，减去器件上的压降电压 ( $V_{DO(OUT)}$ )，从 $V_{IN}$ 到 $V_{OUT}$ 。	B
NC		固定输出电压型号：没有任何影响，器件正常运行。	D
PG	3	当输出电压处于目标值时，电源正常状态不会置为有效。电源时序会受到影响。	B
MVSEL1	4	对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 12V 或 15V：没有任何影响，器件正常运行。	D
		对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 10V： $V_{MID\_OUT}$ 被编程为并调节为 15V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。	B
GND	5	没有任何影响，器件正常运行。	D
EN	6	器件被禁用，导致没有输出电压。	B
MVSEL2	7	对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 10V 或 15V：没有任何影响，器件正常运行。	D
		对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 12V： $V_{MID\_OUT}$ 被编程为并调节为 10V 或 15V，具体取决于 MVSEL1 的逻辑电平。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。	B
MID_OUT	8	无法进行调节。该器件在电流限制条件下工作，并可能在进入/退出热关断之间反复循环。	B
NC	9	没有任何影响，器件正常运行。	D
IN	10	不向器件供电。系统性能取决于上游电流限制。	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	失效影响类别
OUT	1	器件输出与负载断开。	B
FB	2	可调节输出型号：器件的状态未知。如果设备处于开启状态，则输出电压无法确定。	B
NC		固定输出电压型号：没有任何影响，器件正常运行。	D
PG	3	无法访问电源正常信号。电源时序会受到影响。	B
MVSEL1	4	$V_{MID\_OUT}$ 的设定点电压未知，可以置为 10V、12V 或 15V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 不可预测，器件上的功率耗散可能与预期不同。	B
GND	5	电源电压没有电流环路。设备无法正常工作，也不进行稳压/。	B
EN	6	使能电路处于未知状态。可以启用或禁用器件。	B
MVSEL2	7	$V_{MID\_OUT}$ 的设定点电压未知，可以置为 10V、12V 或 15V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 不可预测，器件上的功率耗散可能与预期不同。	B
MID_OUT	8	如果电容不足以抵消输入源电阻和电感的影响，则可能会影响器件的稳定性。器件输出与 MID_OUT 负载 ( 如果存在 ) 断开连接。	B
			D
NC	9	没有任何影响，器件正常运行。	D
IN	10	不为器件供电，从而导致没有输出电压。	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	失效影响类别
OUT	1	FB	输出电压等于内部基准电压；误差放大器配置为单位增益。	B
		NC	没有任何影响，器件正常运行。	D
FB	2	PG	可调节输出型号：如果超出绝对最大额定值 (5.5V)，FB 可能会损坏。如果器件开启且未超过绝对最大额定值，则输出电压不会调节至预期的 $V_{OUT}$ 。当输出电压处于目标值时，电源正常状态不会置为有效。电源时序会受到影响。	A
NC			固定输出电压型号：没有任何影响，器件正常运行。	D
PG	3	MVSEL1	$V_{MID\_OUT}$ 的设定点电压未知，可能输出 10V 或 12V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。当输出电压处于目标值时，电源正常状态不会以可预测的方式置为有效。电源时序会受到影响。	B

**表 4-4. 器件引脚对邻近引脚短路的引脚 FMA (续)**

引脚名称	引脚编号	短路至	对潜在故障影响的说明	失效影响类别
MVSEL1	4	GND	对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 12V 或 15V：没有任何影响，器件正常运行。	D
			对于 $V_{MID\_OUT}$ 有意设定点 10V： $V_{MID\_OUT}$ 被编程为并调节为 15V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。	B
EN	6	MVSEL2	使能电路处于未知状态。可以启用或禁用器件。 $V_{MID\_OUT}$ 设定点受 EN-MVSEL2 短接节点电压的影响，可以输出 10V、12V 或 15V。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。	B
MVSEL2	7	MID_OUT	可以根据短路时 MID_OUT 上的电压来更改 $V_{MID\_OUT}$ 的设定点电压。如果 MID_OUT 上的电压 $> V_{MVSEL2(HIGH)}$ ，则 $V_{MID\_OUT}$ 设定点为 12V。如果 MID_OUT 上的电压 $< V_{MVSEL2(LOW)}$ ，则 $V_{MID\_OUT}$ 设定点可以是 10V 或 15V，具体取决于 MVSEL1 的逻辑电平。由于 $V_{MID\_OUT}$ 发生变化，器件上的功率耗散也可能发生变化。	B
MID_OUT	8	NC	没有任何影响，器件正常运行。	D
NC	9	IN	没有任何影响，器件正常运行。	D

**表 4-5. 器件引脚对电源短路的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	失效影响类别
OUT	1	如果 OUT 超过绝对最大额定值，可能会造成损坏（固定型最大 5.5V；可调型最大为 $V_{MID} + 0.3V$ ）。反向电流会损坏器件。	A
FB	2	可调节输出型号：如果超过 FB 的绝对最大额定值（最大值为 5.5V），则可能会发生损坏。如果未超过绝对最大额定值，器件也可能仍然没有输出电压。	A
NC		固定输出电压型号：没有任何影响，器件正常运行。	D
PG	3	如果超过 PG 的绝对最大额定值（最大值为 20V），则可能会发生损坏。PG 引脚存在功能丧失的情况。上拉电阻中可能会出现系统级问题，具体取决于电源电压和上拉电压的相对幅度。	A
			B
MVSEL1	4	如果超过 MVSEL1 的绝对最大额定值（最大值为 20V），可能会发生损坏。如果电源电压处于绝对最大值范围内并超过 $V_{MVSEL1(HIGH)}$ ，则 $V_{MID\_OUT}$ 会调节至 10V 或 12V，具体取决于 MVSEL2 的逻辑电平。	A
			B
GND	5	不向器件供电。系统性能取决于上游电流限制。	B
EN	6	如果超过 EN 的绝对最大额定值（最大值为 20V），则可能会发生损坏。如果未超过绝对最大额定值，器件在输入上电时就会始终处于启用状态。	A
			B
MVSEL2	7	如果超过 MVSEL2 的绝对最大额定值（最大值为 20V），可能会发生损坏。如果电源电压处于绝对最大值范围内并超过 $V_{MVSEL2(high)}$ ，则 $V_{MID\_OUT}$ 会调节至 12V。	A
			B
MID_OUT	8	反向电流会损坏器件。如果没有因反向电流而损坏，次级 LDO 上的功耗可能会增加，从而导致器件在热关断之间反复循环。	A
			B
NC	9	没有任何影响，器件正常运行。	D
IN	10	没有任何影响，器件正常运行。	D

## 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

日期	修订版本	注释
January 2026	*	初始发行版

## 重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月