



内容

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

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 LM25149-Q1 ( VQFN 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 所示为可供参考的器件功能方框图。

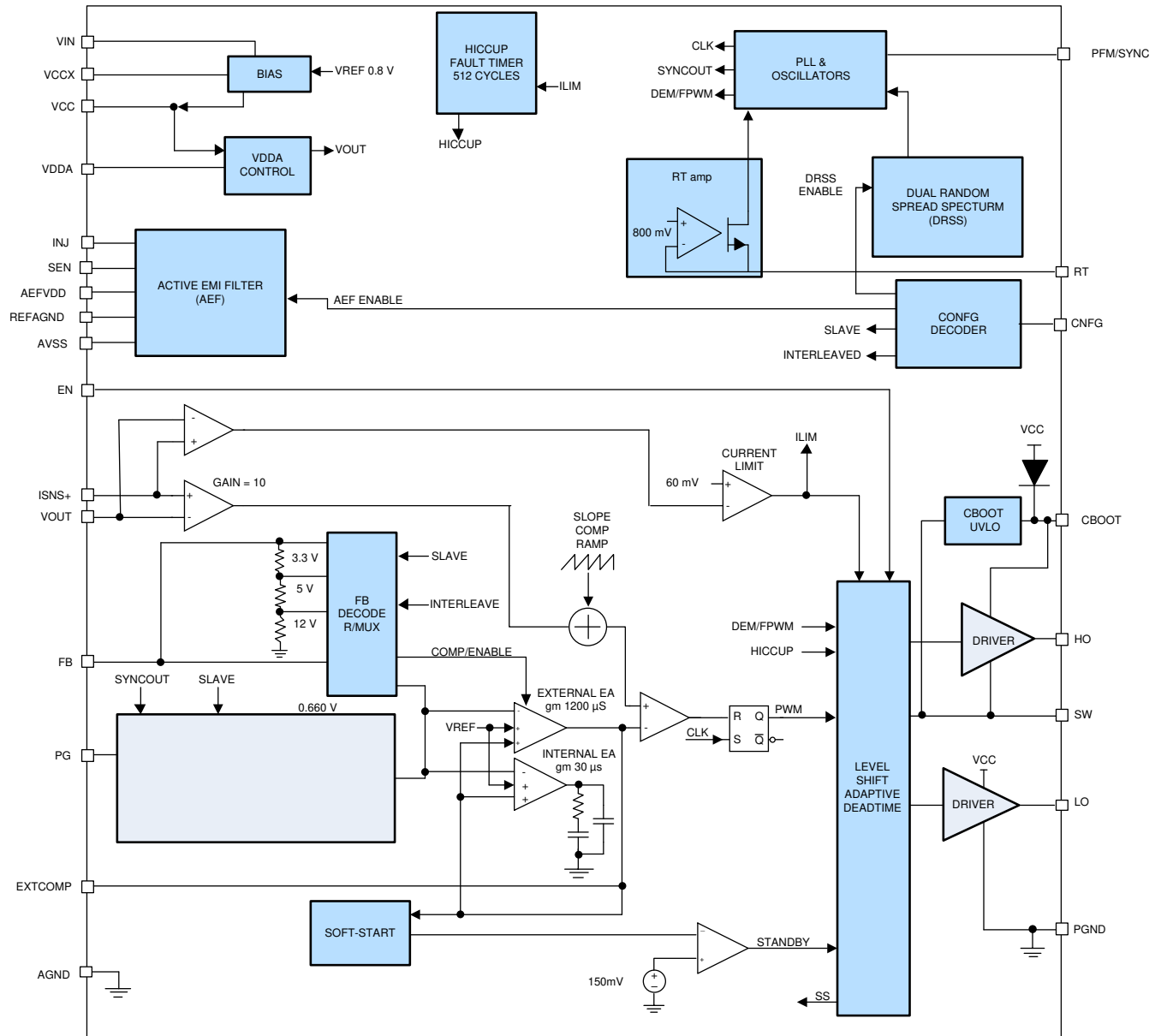


图 1-1. 功能方框图

LM25149-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。

## 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 LM25149-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	16
裸片时基故障率	6
封装时基故障率	10

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：750mW
- 气候类型：全球范围表 8
- 封装因子 ( $\lambda_3$ )：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 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 ASIC 模拟和混合高压 >50V 电源	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 LM25149-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 (%)
无输出电压	60%
输出不符合规格-电压或时间	25%
栅极驱动器卡在打开位置	5%
电源正常 - 误跳闸或跳闸失败	5%
任意两个引脚短路	5%

表 3-1 中的 FMD 排除了隔离栅两端的短路故障。如果满足以下要求，则可以根据 ISO 61800-5-2:2016 排除隔离栅上的短路故障：

1. 根据 IEC 61800-5-1，信号隔离元件为 OVC III。如果使用 SELV/PELV 电源，则污染等级 2/OVC II 适用。  
IEC 61800-5-1:2007, 4.3.6 的所有要求均适用。
2. 采取措施以确保信号隔离元件的内部失效不会导致其绝缘材料的温度过高。

爬电距离和间隙应根据特定器件隔离标准来应用。应注意保持电路板的爬电距离和间隙，从而确保印刷电路板上隔离器的安装焊盘不会导致此距离缩短。

## 4 引脚失效模式分析 ( 引脚 FMA )

本章节介绍了 LM25149-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 还说明了这些引脚状况如何影响器件。

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 显示了 LM25149-Q1 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅 LM25149-Q1 数据表中的 *引脚配置和功能* 章节。

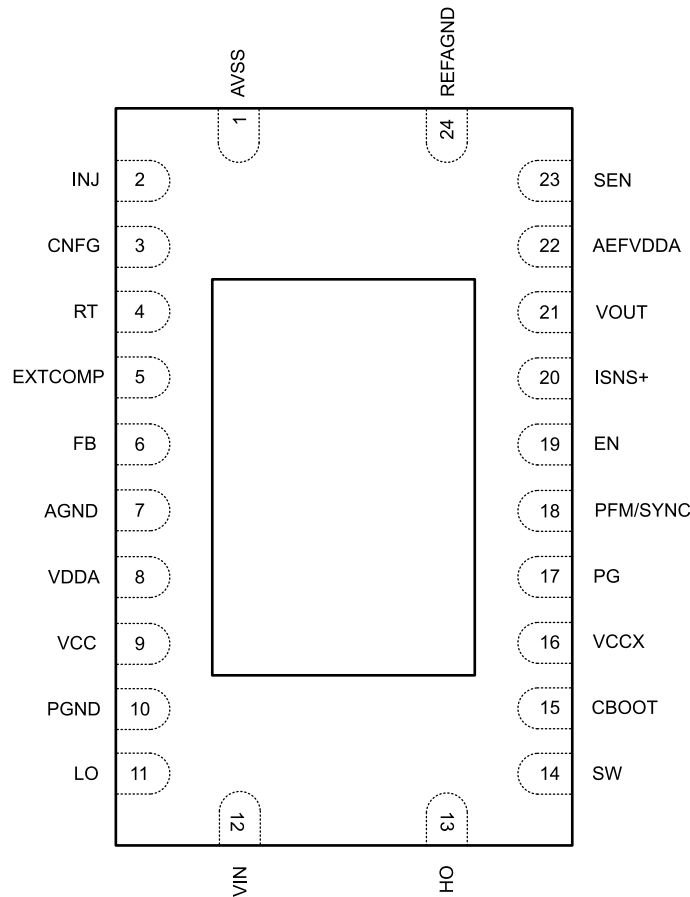


图 4-1. 引脚图

以下述是本章节针对引脚 FMA 的使用假设和器件配置：

- 采用了符合 LM25149-Q1 数据表要求的应用电路
  - PG 上拉到 VOUT

**表 4-2. 器件引脚对地短路的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
AVSS	1	AVSS 为接地端。VOUT = 预期的 VOUT	D
INJ	2	有源 EMI 滤波将不起作用，但稳压器将继续调节。VOUT = 预期的 VOUT	C
CNFG	3	有源 EMI 滤波将被禁用。VOUT 不受影响	C
RT	4	VOUT 将尝试以最大 $f_{sw}$ 进行调节，从而导致最大功耗。	B
EXTCOMP	5	VOUT = 0V	B
FB	6	内部 FB 模式，VOUT = 预期的 VOUT	D
		外部 FB 模式，VOUT = VIN	A
AGND	7	AGND 为 GND。VOUT = 预期的 VOUT	D
VDDA	8	VOUT = 0V，无开关操作，负载 VCC 输出	B
VCC	9	VOUT = 0V，无开关操作，负载 VCC 输出	B
PGND	10	PGND 为 GND。VOUT = 预期的 VOUT	D
LO	11	VOUT = 0V，VCC 稳压器加载到电流限制	B
VIN	12	VOUT = 0V	B
HO	13	VOUT = 0V，VCC 稳压器加载到电流限制	B
SW	14	VOUT = 0V。高侧 FET 从 VIN 到 GND 短路。	A
CBOOT	15	VOUT = 0，VCC 稳压器加载到电流限制	B
VCCX	16	VOUT = 预期的 VOUT。内部 VCC 稳压器提供偏置电压。	C
PG	17	如果是单相，PG 对运行无影响。VOUT = 预期的 VOUT	C
		如果是交错初级模式，次级检测不到时钟输入，并将关闭。次级相被禁用，初级相可以限制电流。	B
PFM/SYNC	18	VOUT = 预期的 VOUT。没有同步可用，LM25149-Q1 将处于 FPWM 模式。	C
EN	19	VOUT = 0V。LM25149-Q1 进入关断状态。	C
ISNS+	20	VOUT = 0V；HO 损坏	A
VOUT	21	VOUT = 0V。达到电流限制，出现断续模式。	B
AEFVDDA	22	AEFVDDA = VCC。VCC 短路且 VOUT = 0V。VCC 已加载	B
SEN	23	有源 EMI 滤波将不起作用，但稳压器将继续调节。VOUT = 预期的 VOUT	B
REFAGND	24	REFAGND 为接地端。VOUT = 预期的 VOUT	D

**表 4-3. 器件引脚开路的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
AVSS	1	有源 EMI 滤波将不起作用，但稳压器将继续调节。VOUT = 预期的 VOUT	C
INJ	2	有源 EMI 滤波将不起作用，但稳压器将继续调节。VOUT = 预期的 VOUT	C
CNFG	3	VOUT 将继续正常运行。CNFG 在启动期间使用并启用 AEF。	C
RT	4	RT 将调节至 500mV，但内部振荡器将不起作用。	B
EXTCOMP	5	VOUT 将发生振荡。如果 VOUT 振荡至 VIN，则在 VIN > 60V 时可能会发生损坏。	A
FB	6	内部 FB 模式，VOUT = 预期的 VOUT	D
		外部 FB 模式，VOUT = VIN	A
AGND	7	VOUT 不确定。	B
VDDA	8	抗噪性能差	C
VCC	9	VOUT = 0V	B
PGND	10	VOUT = 0V	B
LO	11	VOUT = 预期的 VOUT，效率降低	C
VIN	12	VOUT = 0V	C

**表 4-3. 器件引脚开路的引脚 FMA (continued)**

引脚名称	引脚编号	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
HO	13	如果在 HO 到 SW 有电压的情况下打开 HO, 那么高侧 FET 将永远不会关闭。VOUT = VIN	A
SW	14	VOUT 不确定。CBOOT 浮动轨没有参考实际的 SW 节点。VOUT = VIN	A
CBOOT	15	VOUT = 0V	B
VCCX	16	VCCX 通过弱下拉保持接地。VOUT = 预期的 VOUT	D
PG	17	如果是单相, PG 对运行无影响。VOUT = 预期的 VOUT	C
		如果是交错初级模式, 次级将检测不到时钟输入, 并将关闭。初级相被禁用次级相可以限制电流。	B
PFM/SYNC	18	VOUT = 预期的 VOUT	D
EN	19	VOUT = 预期的 VOUT	D
ISNS+	20	OPEN ISNS+ 引脚将阻止电流限制并导致 VOUT 振荡。	A
VOUT	21	VOUT = 0V	B
AEFVDDA	22	有源 EMI 滤波将无法正常工作。	C
SEN	23	有源 EMI 滤波将无法正常工作。	C
REFAGND	24	有源 EMI 滤波将无法正常工作。	C

**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	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
AVSS	1	INJ	有源 EMI 滤波将无法正常工作。VOUT = 预期的 VOUT	C
INJ	2	CNFG	有源 EMI 滤波将无法正常工作。VOUT = 预期的 VOUT	C
CNFG	3	RT	VOUT = 预期的 VOUT, 开关操作不稳定	B
RT	4	EXTCOMP	由于内部 RT 的钳位, COMP 无法向下调节。	B
EXTCOMP	5	FB	外部 FB 模式: COMP 将调节至 0.8V, 输出将不受调节。VOUT = 任何电压	B
			内部 FB 模式: COMP 将上升到 VDD。VOUT = VIN	A
FB	6	AGND	外部 FB 模式: VOUT = VIN	A
			内部 FB 模式: VOUT = 预期的 VOUT	D
AGND	7	VDDA	VDDA 将接地。VOUT = 0V	B
VDDA	8	VCC	VOUT = 预期的 VOUT	D
VCC	9	PGND	VCC 将接地。VOUT = 0V	B
PGND	10	LO	VOUT = 0V。VCC 由 LO 驱动器加载。	B
LO	11	VIN	VOUT = 0V。如果 VIN > 6.5V, 驱动器将损坏。	A
VIN	12	HO	VOUT = VIN	A
HO	13	SW	VOUT = 0V	B
SW	14	CBOOT	VOUT = 0V	B
CBOOT	15	VCCX	VOUT < 5V	A
VCCX	16	PG	PG 下拉可能会损坏。VOUT = 预期的 VOUT	A
PG	17	PFM/SYNC	VOUT = 预期的 VOUT	C
PFM/SYNC	18	EN	VOUT = 预期的 VOUT	A
EN	19	ISNS+	EN 的额定电压较高。如果 VOUT > 1V, VOUT = 预期的 VOUT。如果 VOUT < 1V, 则器件被禁用。	B
ISNS+	20	VOUT	由于电流限制电阻器将被短路, 电流限制被禁用。由于电流模式反馈短路, VOUT 无法调节。	A
VOUT	21	AEFVDDA	如果 VOUT > 6.5V, 有源 EMI 滤波将不起作用并且会发生损坏。VOUT = 预期的 VOUT	A
AEFVDDA	22	SEN	有源 EMI 滤波将无法正常工作。VOUT = 预期的 VOUT	C

**表 4-4. 器件引脚对邻近引脚短路的引脚 FMA (continued)**

引脚名称	引脚编号	短路至	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
SEN	23	REFAGND	有源 EMI 滤波将无法正常工作。VOUT = 预期的 VOUT	C
REFAGND	24	AVSS	无影响	D

**表 4-5. 器件引脚短路到 VIN 的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在失效影响的说明	失效影响的类别
AVSS	1	有源 EMI 滤波将无法正常工作，VIN 电流较高	A
INJ	2	有源 EMI 滤波将无法正常工作，VIN 电流较高	A
CNFG	3	VOUT = VIN	A
RT	4	VOUT = 0V；VIN 电流较高	A
EXTCOMP	5	这将使 VDDA 升至 VIN。VOUT = VIN。	A
FB	6	这将使 VDDA 升至 VIN。VOUT = VIN	A
AGND	7	VOUT = VIN；VIN 电流较高	A
VDDA	8	如果 VIN < 6.5V，VOUT = 预期的 VOUT	D
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 VDDA 损坏。	A
VCC	9	如果 VIN < 6.5V，VOUT = 预期的 VOUT	D
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 VCC 损坏。	A
PGND	10	VOUT = VIN；VIN 电流较高	A
LO	11	对于 VIN < 6.5V，VOUT = 0；VIN 的电流过剩	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且引脚 LO 损坏。	A
VIN	12	不适用	D
HO	13	如果 VIN < 6.5V，VOUT = 压降低于 VIN，没有开关操作，VIN 的电流过剩	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 HO 损坏，VOUT = VIN	A
SW	14	VOUT = VIN，VIN 的电流过剩。LO 开启并与 VIN 短路。	A
CBOOT	15	如果 VIN < 6.5V，VOUT = 预期的 VOUT，开关操作不稳定	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 CBOOT 引脚损坏，HO 损坏。VOUT = VIN	A
VCCX	16	如果 VCCX = VOUT，则对于 VIN < 6.5V，VOUT = VIN	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 VCCX 损坏。	A
PG	17	如果 VIN < 6.5V，VOUT = 预期的 VOUT，PG 强制拉高	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 PG 损毁。	A
PFM/SYNC	18	如果 PFM = GND，VOUT = 0V，VIN 的电流过剩	B
		如果 PFM = VDDA 且 VIN < 6.5V，则 VOUT = 预期的 VOUT 且开关操作不稳定。	B
		如果 VIN > 6.5V，则超过了最大额定值且 PFM 损坏。VOUT = 预期的 VOUT	A
EN	19	该器件将始终处于运行状态。VOUT = 预期的 VOUT	C
ISNS+	20	如果 VIN < 60V，VOUT = VIN	B
		如果 VIN > 60V，则超过了最大额定值且 CS 损坏。	A
VOUT	21	如果 VIN < 60V，VOUT = VIN	B
		如果 VIN > 60V，则超过了最大额定值且 CS 损坏。	A
AEFVDDA	22	有源 EMI 滤波将无法正常工作，VIN 电流较高	A
SEN	23	有源 EMI 滤波将无法正常工作，VIN 电流较高	A
REFAGND	24	有源 EMI 滤波将无法正常工作，VIN 电流较高	A



## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 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