

Application Note

如何独立运行 LM5171 的两个通道



Feng Ji

摘要

LM5171 是一种双通道双向平均电流模式控制器。LM5171 的两个通道是独立的。可以将两个通道配置为双路降压、双路升压甚至一路降压而一路升压。但是，独立运行两个通道时必须格外小心。

本应用手册示出了 LM5171 两个通道之间的电路差异。我们总结了独立运行时，完整转换器 CH2 的缺失特性。分析了外部电路的设计要求。讨论了使用两个 LM5171 通道的两个典型应用：两个独立恒流/恒压 (CC/CV) 充电器和一个双向降压/升压转换器。其中显示了详细的方框图，并提供了一些设计技巧。

内容

1 简介.....	2
2 通道之间的电路差异.....	3
3 外部误差放大器电路的设计.....	4
4 附加 OVP 电路的设计.....	6
5 常用设置.....	7
6 具有 ISETx 钳位的恒流运行.....	7
7 总结.....	8
8 参考资料.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

LM5171 是一种采用平均电流模式控制的双通道交错式双向（降压或升压）控制器。该器件集成了精密电流检测放大器，以实现精确的电流调节。稳健的 5A 半桥栅极驱动器可以驱动高功率 MOSFET。控制器可以进行动态编程，从而在二极管仿真模式 (DEM) 或强制脉宽调制模式 (FPWM) 模式下运行。集成了两个误差放大器、一个 3.5V 电压基准 (VREF) 及 5V 辅助电源 (VDD)。通用保护特性包括逐周期电流限制、过压保护 (OVP)、过热保护和紧急关断锁存。I²C 接口支持在运行期间执行监测和诊断。

平均电流模式控制有助于精确地调节平均电感器电流。通过控制 ISET1 和 ISET2 (ISETx) 电压可实现恒流运行。在多相运行中，通过将 ISETx 引脚连接在一起来实现电流共享。

LM5171 支持独立的通道运行。每个通道都有专用 DIRx、ISETx、ENx、SS/DEMx 引脚，可实现独立控制。LM5171 的两个通道可配置为双降压、双升压甚至是一个降压转换器。可使用单个 LM5171 构建两个独立的 CC/CV 电池充电器。此外，还可以使用单个 LM5171 实现双向降压/升压转换：一个由降压转换器级联的升压转换器。图 1-1 展示了两级转换器的方框图。

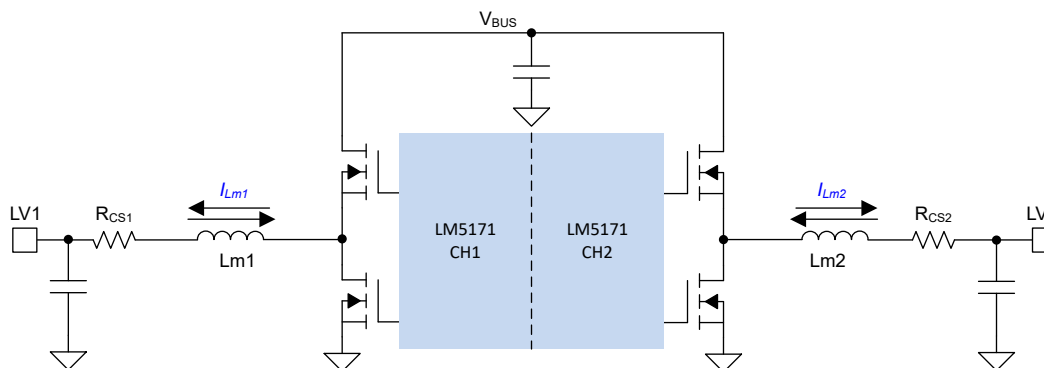


图 1-1. 具有单个 LM5171 的双向降压/升压转换器

2 通道之间的电路差异

LM5171 通道 1 (CH1) 和通道 2 (CH2) 具有相同的引脚排列，但功能略有不同。图 2-1 展示了 CH1 和 CH2 之间的电路差异。关键差异包括：

- DIR1 确定是 HV 误差放大器还是 LV 误差放大器处于活动状态。
- 当 CH1 无效时，VSET 被拉至低电平。
- 当 OVP 触发时，VSET 和 SS/DEM1 会被拉至低电平。

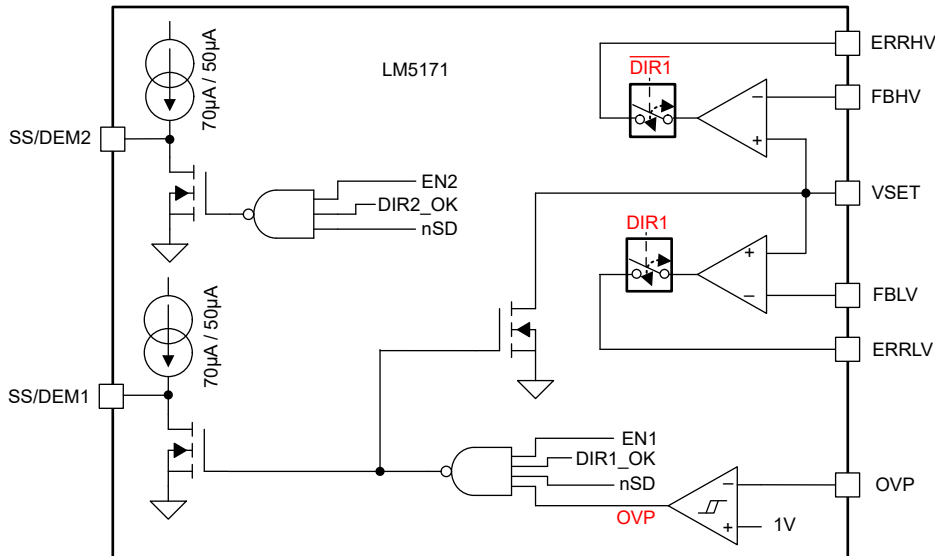


图 2-1. CH1 和 CH2 之间的电路差异

当 CH1 和 CH2 独立运行时, CH1 具有完整双向转换器所需的所有特性: 两个用于 HV 和 LV 轨电压调节的误差放大器、具有迟滞的 OVP、具有软启动的精确电压基准。当以电压模式运行 CH2 时, 需要由外部电路实现这些功能。

3 外部误差放大器电路的设计

在电压模式下运行 CH2 时，需要使用外部误差放大器。图 3-1 展示了两个通道的方框图。外部误差放大器 OPA1 及 OPA2 用于 CH2。

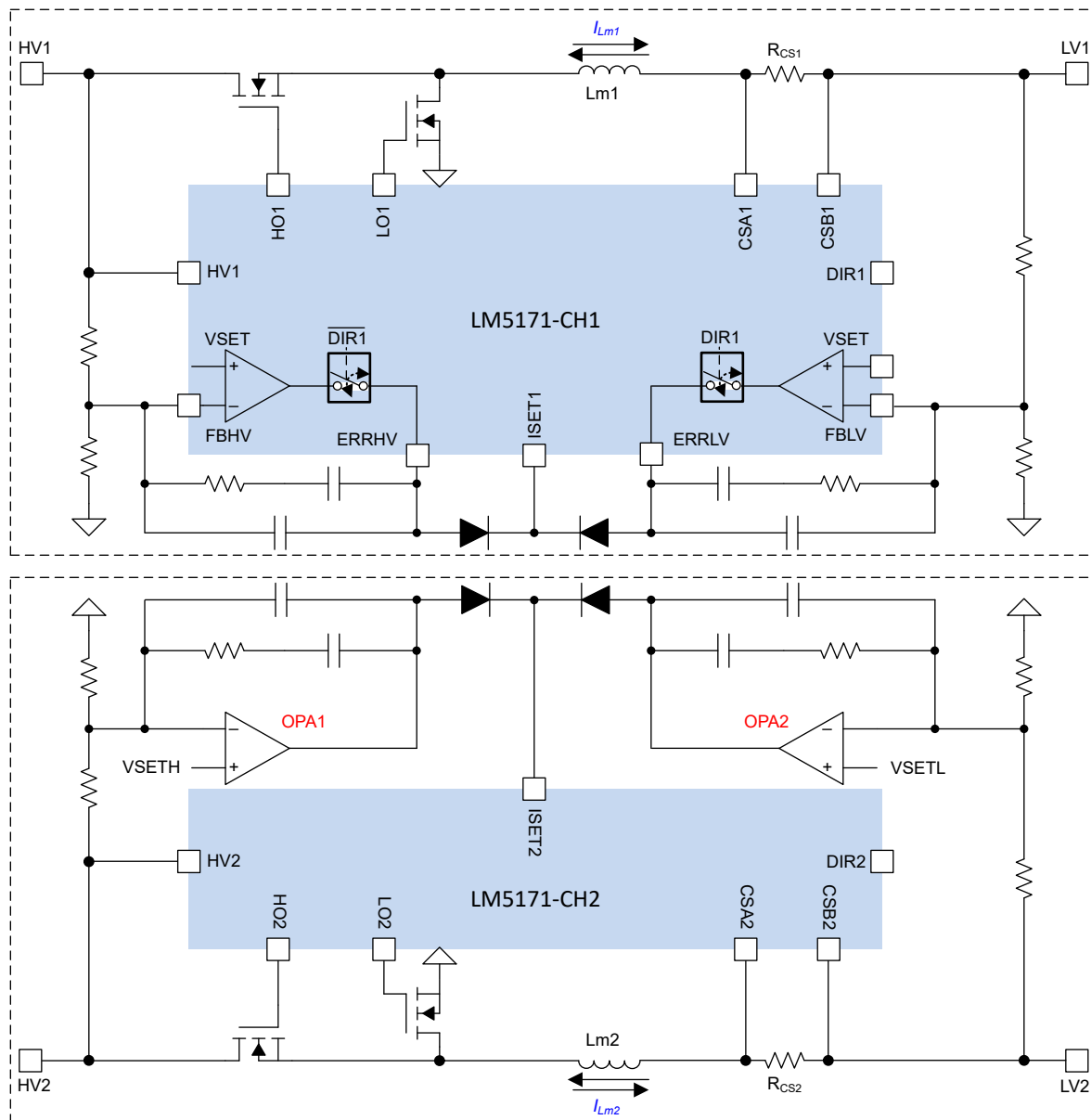


图 3-1. 两个 LM5171 通道，具有 CH2 的外部运算放大器

在设计外部误差放大器电路时，应考虑以下特性、

- 使用两个外部回路时，两个回路的切换。
- 基准电压 (VSETH 和 VSETL) 的软启动。

图 3-2 展示了一个示例。

使用了两个共阴极二极管，以便具有较高输出电压的误差放大器接管环路。

为误差放大器及逻辑门提供 LM5171 VDD 引脚。VDD 引脚为内部 5V 线性稳压器的输出。从 VDD 汲取的电流不要超过 10mA。

VREF 是容差为 1% 的 3.5V 电压基准，具有 2mA 负载能力。在 VREF 引脚之间使用电阻分压器来设置基准电压 (VSETH 和 VSETL)。

在选择 VSETH 和 VSETL 电压电平时，请注意运算放大器共模输入电压范围。凭借 VDD 电源，LM358 系列等广泛使用的运算放大器在整个温度范围内具有 0V 至 VDD 至 2V 的共模输入电压范围。在这种情况下，1V 至 2.5V 对于 VSETH 和 VSETL 是一个合理的范围。

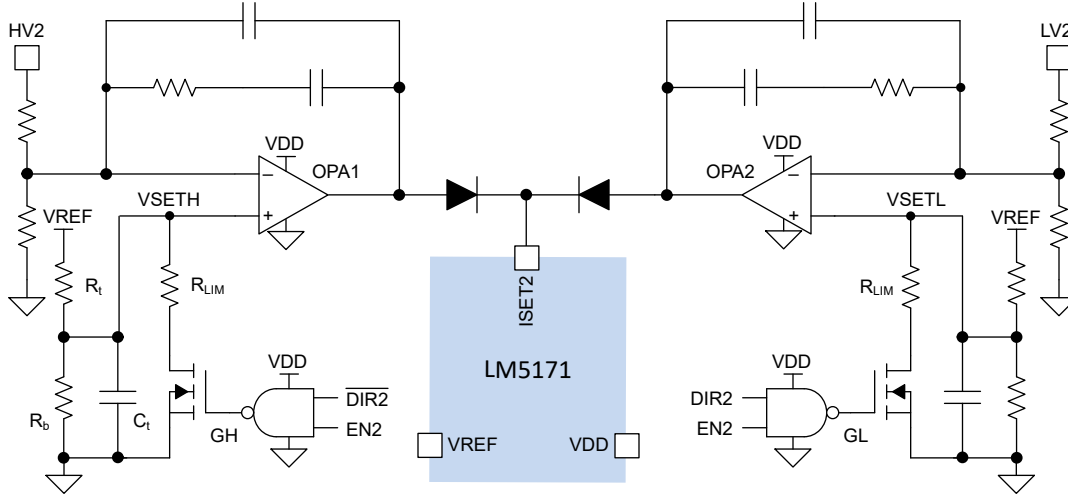


图 3-2. 考虑软启动及环路交接的外部运算放大器电路

当 CH2 关断 (EN2 = 低电平) 或在升压模式 (DIR2 = 低电平) 下运行时，将 VSETL 拉至低电平。同样，当 CH2 关断 (EN2 = 低电平) 或在降压模式 (DIR2 = 高电平) 下运行时，将 VSETH 拉至低电平。NAND 门适合此应用，如图 3-2 所示。

在设计电阻分压器时，从 VREF 引脚汲取 0.1mA 开始， R_b 和 R_t 计算公式如下，

$$R_b = \frac{VSETH}{0.1mA} \quad (1)$$

$$R_t = \frac{VREF - VSETH}{0.1mA} \quad (2)$$

R_t 、 R_b 和 C_t 的时间常数决定软启动时间，

$$t_{SS} \approx 2(R_b || R_t) \times C_t \quad (3)$$

其中 $R_b || R_t$ 是 R_b 和 R_t 的并联电阻，

$$R_b || R_t = \frac{R_b \times R_t}{R_b + R_t} \quad (4)$$

在本例中，选择了 2V 基准电压。选择了 $R_b = 15k\Omega$ 和 $R_t = 20k\Omega$ 。

软启动时间为 10ms 时， C_t 计算公式如下，

$$C_t = \frac{t_{SS}}{2(R_b || R_t)} = 583nF \quad (5)$$

选择了 560nF 电容器。

选择了 2N7002 对 C_t 进行放电。选择了 $R_{LIM} = 10\Omega$ 来限制流经 MOSFET 的峰值电流。

4 附加 OVP 电路的设计

图 4-1 中显示了断续模式保护和锁存保护。将 SS/DEMx 引脚拉至低电平可以实现断续模式保护。将 DT/SD 引脚拉至低电平以关闭两个通道及锁存器。

对于锁存 OVP，将 DT/SD 拉至 0.5V 以下以关闭两个通道和锁存器。开漏比较器在这里很合适。

对于断续 OVP，需要一个小信号 MOSFET 和一个比较器。SS/DEM_x 引脚是多功能引脚。SS/DEM_x 引脚用作 ISET_x 软启动，可将每个通道编程为在 DEM 或 FPWM 模式下运行。要产生迟滞，需要正反馈。但是，将反馈电阻器连接到 SS/DEM_x 引脚会影响软启动电流和 DEM/FPWM 控制。使用了小信号 MOSFET，因此反馈电阻器未连接到 SS/DEM₂。

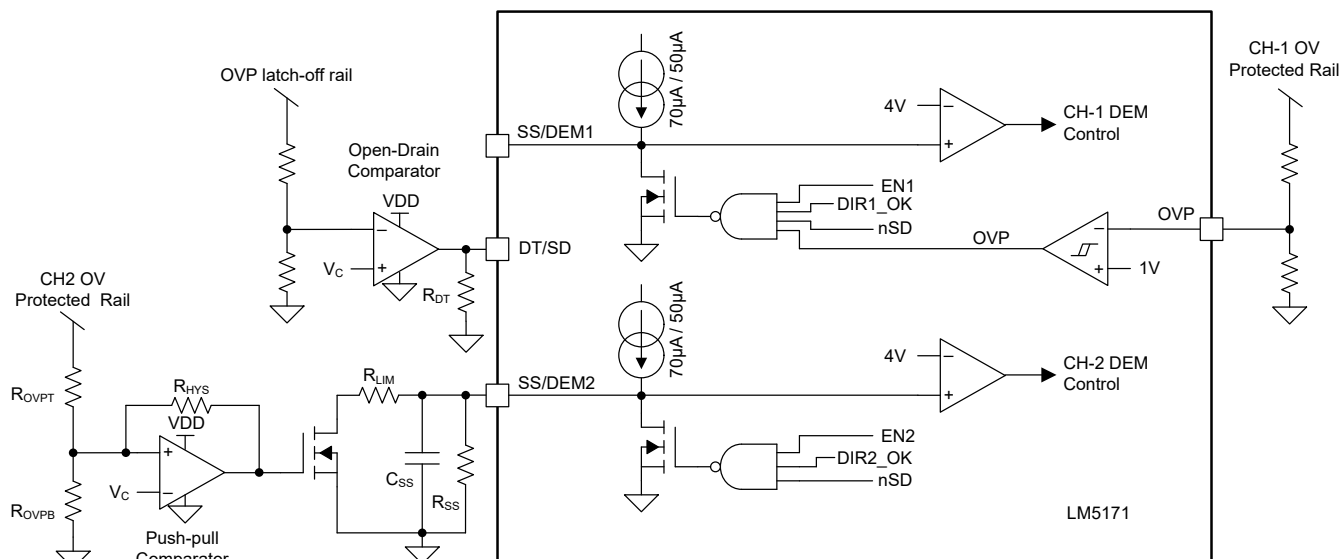


图 4-1. 采用额外 OVP 电路的 LM5171

如图 4-1 所示, 断续 OVP 触发电压为,

$$V_{OVPH} = \frac{R_{OVPT} + (R_{OVPB} \parallel R_{HYS})}{R_{OVPB} \parallel R_{HYS}} \times V_C \quad (6)$$

OVP 电压迟滞为,

$$V_{HYS} = \frac{R_{OVPT} \parallel R_{OVPT}}{R_{HYS} + (R_{OVPT} \parallel R_{OVPT})} \times \frac{R_{OVPT} + (R_{OVPT} \parallel R_{HYS})}{R_{OVPT} \parallel R_{HYS}} \times VDD \quad (7)$$

与选择 VSETH 和 VSETL 类似，在选择 V_C 时，请注意比较器共模输入电压范围。通过 VDD 供电、LM393 系列等广泛使用的比较器，在工作温度范围内具有 0V 至 VDD 至 2V 的共模输入电压范围。在这种情况下，1V 至 2.5V 是 V_C 的合理范围。使用 VREF 引脚的电阻分压器来设置 V_C 。

5 常用设置

峰值电流限制设置 (IPK) 及死区时间设置 (DT/SD) 由两个通道共享。

当 CH1 和 CH2 需要不同的峰值电流时，调整电流检测电阻器以为每个通道获得不同的峰值电流限制。

当 DT/SD 被拉至低电平时，两个通道都关断并锁存。

6 具有 ISETx 钳位的恒流运行

CC/CV 充电是常用的一种电池充电方法。平均电流模式控制提供一种实现恒流运行的简单方法：钳制 ISETx 电压。

图 6-1 中显示了使用 TLV431 的 ISETx 钳位。电阻分压器将 ISETx 钳位电压 V_{clamp} 设置至，

$$V_{\text{clamp}} = \frac{R1 + R2}{R2} \times 1.24V \quad (8)$$

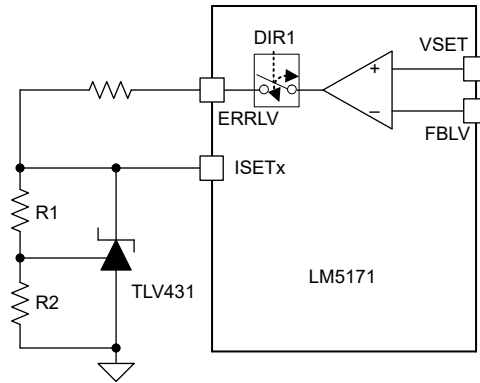


图 6-1. 使用 TLV431 的 ISETx 钳位

充电电流、电池电压、ERRLV 电压和 ISETx 电压如图 6-2 所示。在 CC 模式下，ISETx 电压被钳制到 V_{clamp} 。当电池电压达到目标电压时，转换器进入 CV 模式。误差放大器的输出下降且 ISETx 电压降低至低于 V_{clamp} ，充电电流由 CV 环路决定。

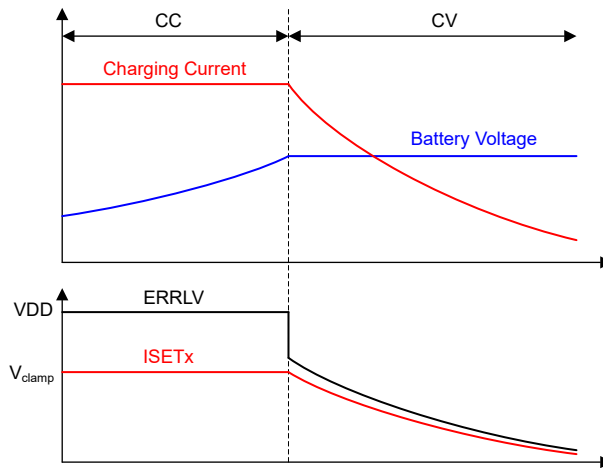


图 6-2. 具有 ISETx 钳位的 CCCV

当需要可调恒定电流时，使用运算放大器钳制 ISETx，如图 6-3 所示。ISETx 钳位电压 V_{clamp} 遵循 $ISET_{\text{input}}$ ，

$$V_{\text{clamp}} = ISET_{\text{input}} \quad (9)$$

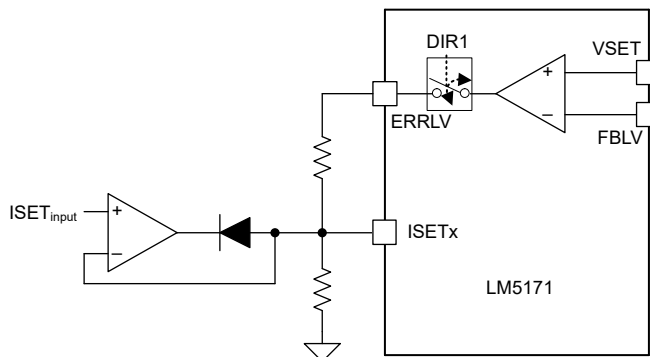


图 6-3. 使用运算放大器的 ISET 钳位

7 总结

介绍独立运行 LM5171 的两个通道的两个典型应用，

- 两个独立 CC/CV 充电器。
- 由降压转换器级联的升压转换器。

此处显示了 LM5171 两个通道之间的电路差异。总结了完整双向转换器 CH2 的缺失特性。分析了外部电路的设计要求。其中显示了外部电路的详细方框图，并提供了一些设计示例。

8 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[LM5171 双通道双向控制器](#)，数据表。
- 德州仪器 (TI)，[LM5171 评估模块用户指南](#)，用户指南。
- 德州仪器 (TI)，[LM5170-Q1 EVM 用户指南](#)，用户指南。
- L. H. Dixon，[开关电源的平均电流模式控制](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[1000W、双向、12V 至 12V 转换器参考设计](#)，参考设计。
- 德州仪器 (TI)，[业界通用双路运算放大器](#)，数据表。
- 德州仪器 (TI)，[LM393B、LM2903B、LM193、LM293、LM393 和 LM2903 双路比较器](#)，数据表。

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月