

Application Note

了解 TPS56837 的软启动



Lishuang Zhao, Miranda Gu, Anna He

摘要

软启动是直流/直流降压转换器中使用的一项常见特性。软启动可以防止过大的浪涌电流，并在上电期间保持受控的输出电压。本应用手册旨在让您更好地了解 TPS56837 软启动。首先，本文档介绍了软启动以及软启动的一般原理，同时对内部和外部软启动进行了说明。然后，本文档分析与软启动相关的行为。最后，还提供了有关如何共同布局 TPS56837 和 TPS56637 的指南。

内容

1 为什么需要软启动.....	2
2 软启动原理.....	2
2.1 一般原则.....	2
2.2 内部和外部软启动.....	3
3 与 TPS56837 的软启动相关的行为.....	5
3.1 软启动序列.....	5
3.2 软启动放电.....	6
3.3 UVP 断续时间.....	6
4 如何共同布局 TPS56837 和 TPS56637.....	8
4.1 TPS56837 和 TPS56637 的引脚排列差异.....	8
4.2 共同布局指南 TPS56837 和 TPS56637.....	8
5 总结.....	8
6 参考文献.....	9

插图清单

图 1-1. 使用和不使用软启动功能时的输出电压.....	2
图 2-1. 软启动 Simplis 电路.....	2
图 2-2. 软启动的 Simplis 结果.....	3
图 2-3. 使用内部 C_{SS} 的软启动时间.....	3
图 2-4. 使用外部 $C_{SS} = 1\text{nF}$ 的软启动时间.....	4
图 2-5. 使用外部 $C_{SS} = 47\text{nF}$ 的软启动时间.....	4
图 3-1. 软启动序列.....	5
图 3-2. 当外部 C_{SS} 具有预偏置电压时放电.....	6
图 3-3. 使用内部 C_{SS} 时的断续时间.....	6
图 3-4. 外部 $C_{SS} = 47\text{nF}$ 下的断续时间.....	7
图 4-1. TPS56837 和 TPS56637 的引脚排列.....	8
图 4-2. 共同布局指导.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 为什么需要软启动

软启动功能在 EN 使能且输入电压达到 UVLO 后启动。软启动电路控制输出电压斜率以防止过大的浪涌电流，保持受控的输出电压，并在电源管理 IC 启动期间避免不必要的电压过冲和压降。

图 1-1 所示为使用软启动功能和不使用软启动功能时输出电压随时间的变化情况。从图中可以看出，不使用软启动功能时，输出电压出现过冲和下降。因此，电源管理 IC 需要软启动。



图 1-1. 使用和不使用软启动功能时的输出电压

2 软启动原理

2.1 一般原则

软启动的一般原理是使用恒定上拉电流 (I_{SS}) 给内部或外部软启动电容 (C_{SS}) 充电，以使用设计的斜率调节电容电压 (V_{SS}) 斜升。基准电压 (V_{REF}) 跟随 V_{SS} ，直到 V_{REF} 达到设定的基准电压。斜升至 V_{REF} 的时间为软启动时间 (T_{SS})。对于 TPS56837， I_{SS} 为 6uA， V_{REF} 等于 600mV， T_{SS} 可由内部或外部 C_{SS} 设置。

方程式 1 根据所述的一般原理显示了 T_{SS} ：

$$T_{\text{址}} = \frac{C_{\text{址}} \times V_{\text{REF}}}{I_{\text{SS}}} \quad (1)$$

图 2-1 和图 2-2 分别展示了软启动原理的 Simplis 电路和 Simplis 仿真结果。在图 2-1 中，U7 电压被钳位至 600mV 作为 V_{REF} 。根据方程式 1，在 6uA I_{SS} 为 22nF C_{SS} 充电以实现 600mV V_{REF} 时， T_{SS} 的计算结果为 2.2ms，与图 2-2 仿真结果相同。

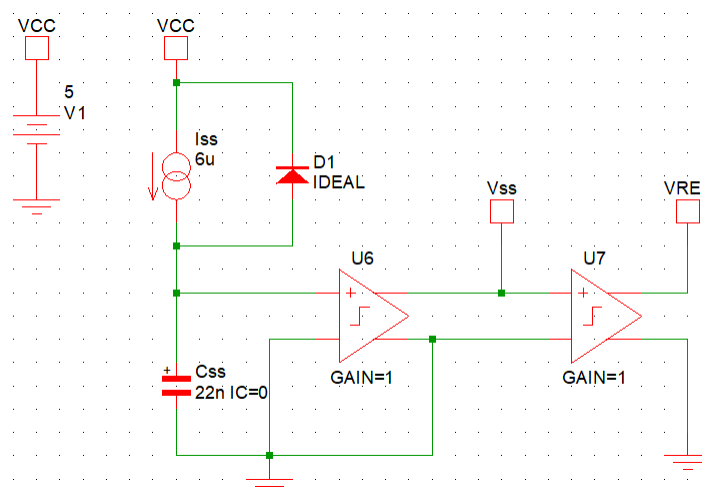


图 2-1. 软启动 Simplis 电路

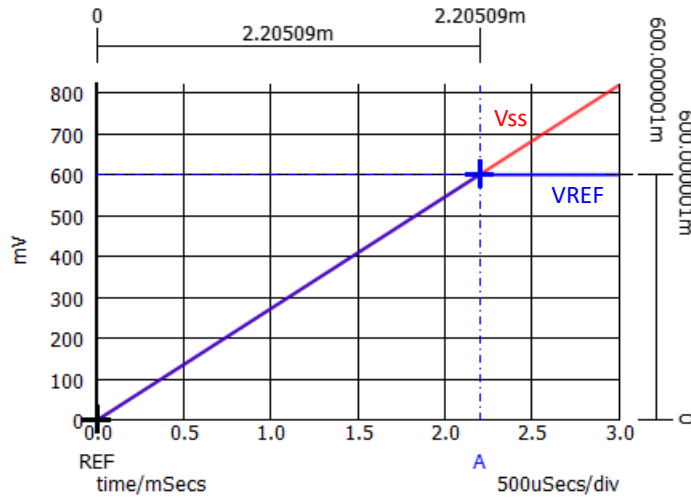


图 2-2. 软启动的 Simplis 结果

2.2 内部和外部软启动

TPS56837 可支持内部和外部软启动。将 SS 引脚悬空会设置为默认内部软启动时间。在 SS 和 AGND 之间连接一个外部电容器会根据方程式 1 设置外部软启动时间。

TPS56837 在器件内部具有 18nF 的内部电容器 C_{SS} ，对应于 1.8ms 的 T_{SS} ，内部上拉电流 I_{SS} 为 6 μ A。因此，TPS56837 可以允许 SS 引脚悬空，从而节省一个软启动电容器并简化布局。

如果在 SS 和 AGND 之间连接了外部电容 C_{SS} ，则内部上拉电流会为内部和外部电容器充电，TPS56837 会跟踪内部软启动电压和外部软启动电压之间的较低者。换言之， T_{SS} 遵循较慢的一个。当外部电容 C_{SS} 小于 18nF 时， T_{SS} 为默认内部软启动时间，即 1.8ms。如果只有外部电容 C_{SS} 大于 18nF，则根据方程式 1 将软启动时间调整为更长的 T_{SS} 。

图 2-3、图 2-4 和图 2-5 分别显示了在具有内部 C_{SS} 、外部 $C_{SS} = 1$ nF 且外部 $C_{SS} = 47$ nF 的 TPS56837 EVM 板上的 T_{SS} 测量结果。在图 2-3 中，当使 SS 引脚悬空时，软启动时间约等于默认的内部软启动时间 1.8ms。图 2-4 显示了在 SS 和 AGND 之间连接外部 1nF 电容器时的 T_{SS} 。软启动时间仍近似等于默认的内部软启动时间 1.8ms。在图 2-5 中，SS 引脚连接一个外部 47nF 电容。软启动时间为 4.7ms，等于使用方程式 1 计算出的结果。

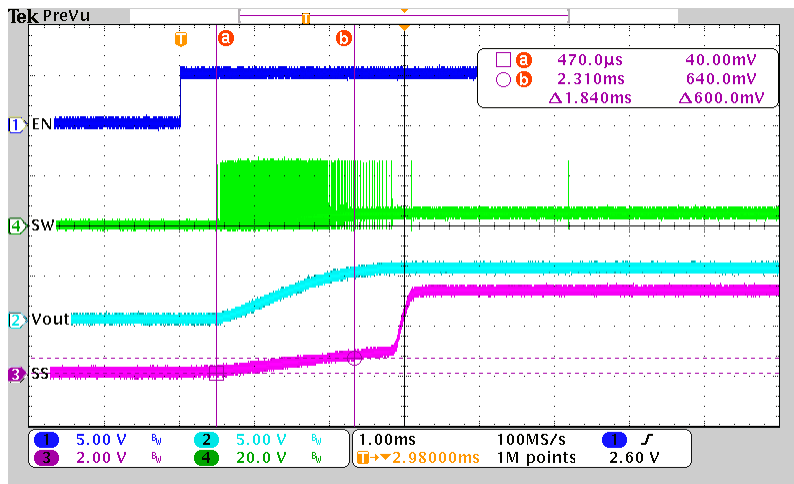


图 2-3. 使用内部 C_{SS} 的软启动时间

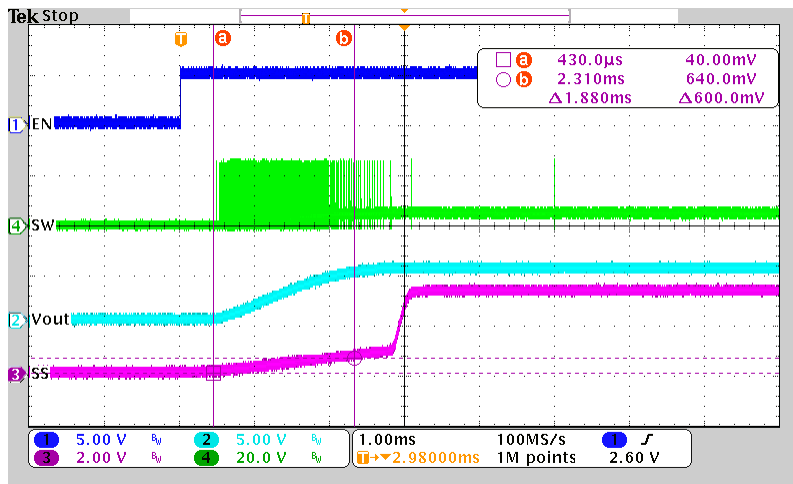


图 2-4. 使用外部 $C_{SS} = 1\text{nF}$ 的软启动时间

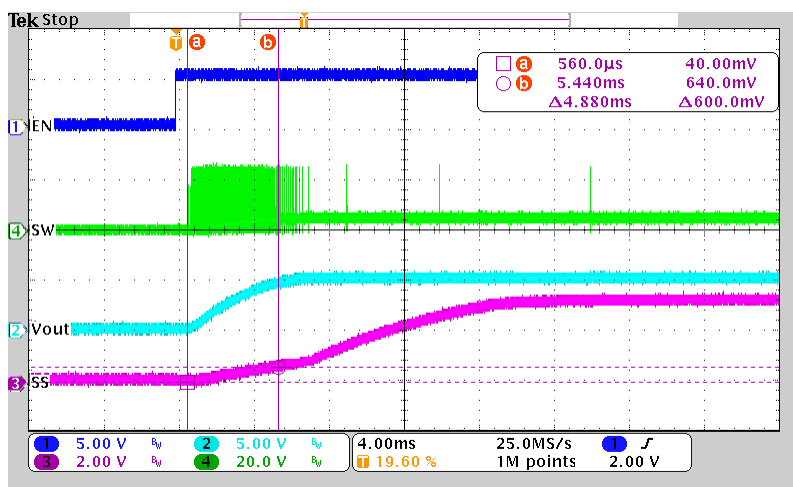


图 2-5. 使用外部 $C_{SS} = 47\text{nF}$ 的软启动时间

3 与 TPS56837 的软启动相关的行为

3.1 软启动序列

图 3-1 显示了 TPS56837 的典型软启动序列。一旦使能信号触发 EN 开启阈值，内部 VCC 便开始斜升。内部 VCC 电压越过 UVLO 上升阈值后，需要 $40\ \mu\text{s}$ 至 $100\ \mu\text{s}$ 才能完成对 MODE 引脚的读取和设置。一旦完成 MODE 设置，开关频率和电流限制即会被锁存并且不会改变，直到 VIN 或 EN 切换以重新启动器件。然后在大约 $64\ \mu\text{s}$ 的延迟后，软启动电路的工作原理如节 2.1 所示。Vout 以设定的软启动时间平稳斜升。当 Vout 在 T_{SS} 后达到基准电压时，PGOOD 在延迟后变为高电平。

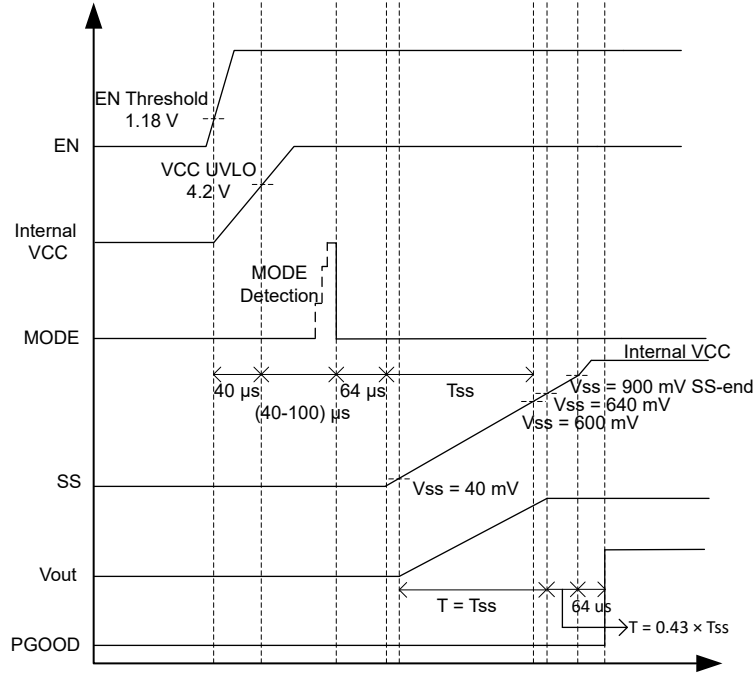


图 3-1. 软启动序列

3.2 软启动放电

如果外部软启动电容器 (C_{SS}) 在启动时已预偏置电压，则器件会先将外部电容电压放电至较低电压，然后再充电。这种放电旨在防止当预偏置电压高于基准电压时在没有软启动的情况下上电。

图 3-2 显示了外部 C_{SS} 具有预偏置电压时的 TPS56837 软启动波形。一旦启用 EN，TPS56837 就开始对预偏置 C_{SS} 进行放电。当 C_{SS} 的电压达到零时，软启动功能开始， V_{out} 平稳上升。

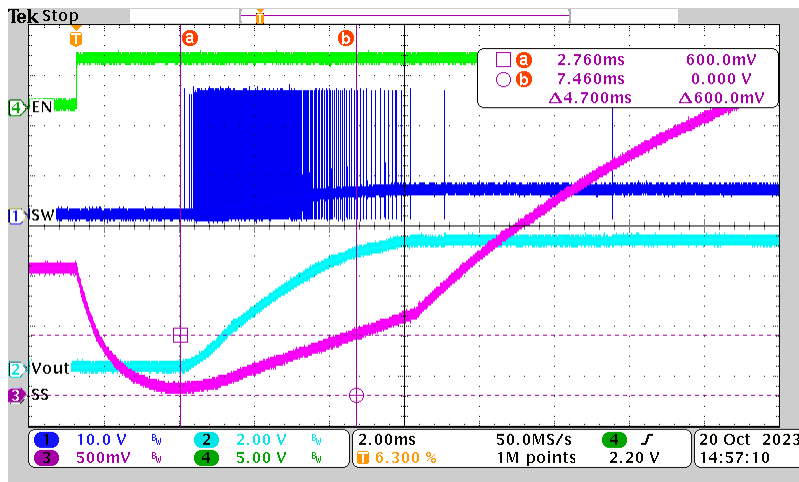


图 3-2. 当外部 C_{SS} 具有预偏置电压时放电

3.3 UVP 断续时间

TPS56837 具有欠压保护 (UVP) 功能。当输出电压降至低于目标电压的 65% 时，UVP 比较器会检测到欠压并在 256 μ s 抗尖峰脉冲时间后关断器件，然后在断续时间后重新启动。

图 3-3 是 TPS56837 使用内部软启动电容 C_{SS} 时的断续波形。从图中可以看出，断续时间为 7 个周期的内部 C_{SS} 充电时间。在断续期间， C_{SS} 充电至 900mV，即 $1.5 \times 600\text{mV}$ (V_{REF})，然后上拉至内部 VCC。因此，一个周期的内部 C_{SS} 充电时间等于 $1.5 \times T_{SS}$ 。总断续时间为 $7 \times 1.5 \times T_{SS}$ ，即 T_{SS} 的 10.5 个周期。

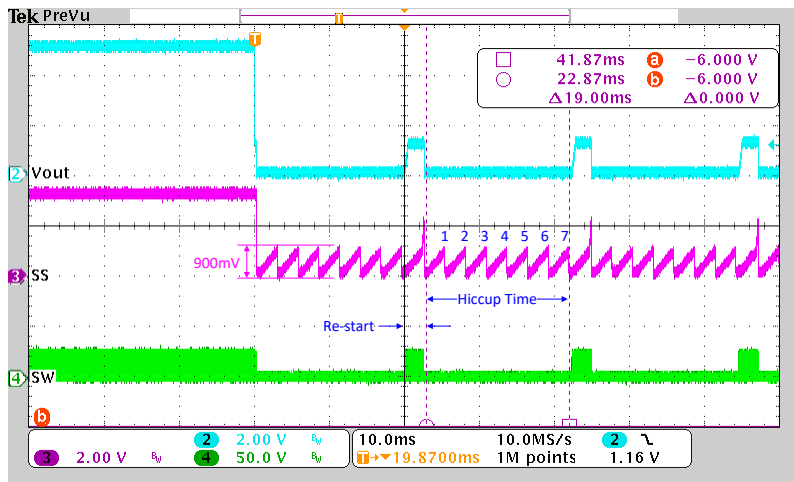


图 3-3. 使用内部 C_{SS} 时的断续时间

图 3-4 是 TPS56837 使用外部 47nF 软启动电容 C_{SS} 时的断续波形。断续时间等于 7 个周期的 C_{SS} 充电时间加上 8 个周期的 C_{SS} 放电时间。但 C_{SS} 放电时间不是固定的。放电时间随 C_{SS} 电容值和 C_{SS} 的偏置状态而变化。

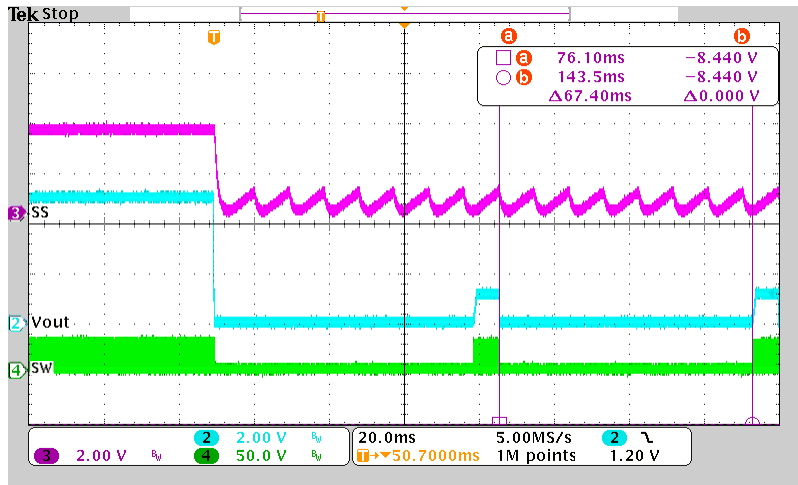


图 3-4. 外部 $C_{SS} = 47\text{nF}$ 下的断续时间

4 如何共同布局 TPS56837 和 TPS56637

4.1 TPS56837 和 TPS56637 的引脚排列差异

TPS56837 和 TPS56637 均采用 10 引脚、VQFN-HR、RPA 封装。图 4-1 是 TPS56837 和 TPS56637 的引脚排列。这两者之间的唯一区别是引脚 5。

TPS56837 的引脚 5 是 SS 引脚，即软启动时间配置引脚。将 SS 引脚悬空会导致默认的 1.8ms 软启动时间。在 SS 和 AGND 之间连接一个外部电容器可延长软启动时间。

TPS56637 的引脚 5 是 NC 引脚。NC 引脚在使用过程中不得连接并保持悬空。

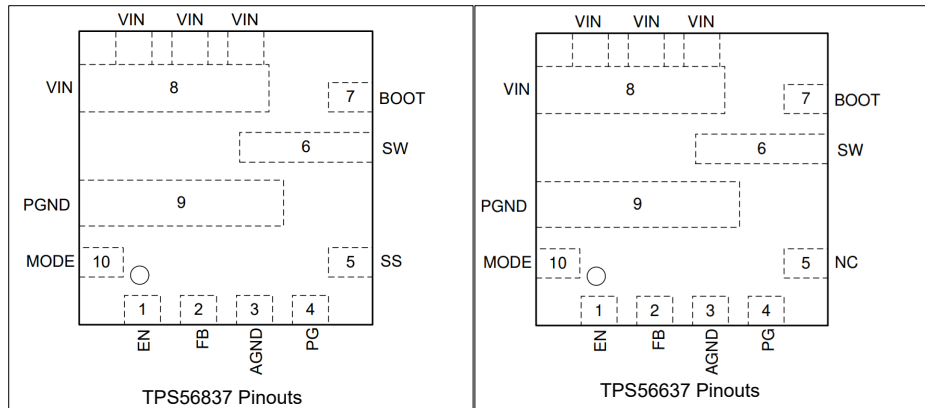


图 4-1. TPS56837 和 TPS56637 的引脚排列

4.2 共同布局指南 TPS56837 和 TPS56637

TPS56837 可以使 SS 引脚悬空，默认软启动时间为 1.8ms，并连接具有所需软启动时间的外部电容器。不得连接 TPS56637 NC 引脚，TPS56637 具有默认的内部软启动时间 2ms。

因此，TPS56837 和 TPS56637 可以通过使用 TPS56837 默认内部软启动直接相互切换。如果需要 TPS56837 的更长软启动时间，则 TPS56837 和 TPS56637 可以共同布局。为 TPS56637 添加了一个外部软启动电容器位置并保持在 NC。图 4-2 显示了 TPS56837 和 TPS56637 与外部软启动电容器的共同布局指导。

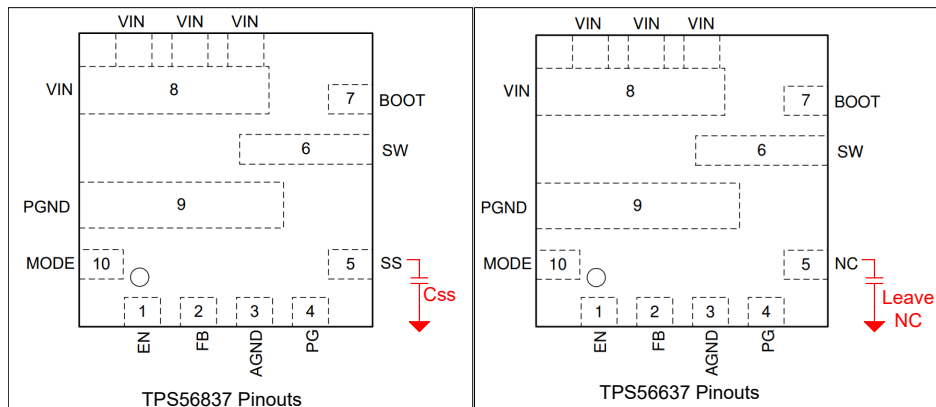


图 4-2. 共同布局指导

5 总结

本应用手册介绍了 TPS56837 软启动、软启动的一般原则、与软启动相关的行为以及 TPS56837 和 TPS56637 的共同布局指南。

6 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TPS56837 4.5V 至 28V 输入、8A 同步降压转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TPS56637 4.5V 至 28V 输入、6A 同步降压转换器](#) 数据表。

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司