

摘要

TI Class D 音频功放 IC 因其高性能，高效率而在消费电子以及汽车领域中有着广泛的应用。其中 TAS58xx 系列广泛用于 TV, Speaker, Soundbar, Party Box 等消费电子领域。工程师在应用 TAS58xx 系列时，常遇到的就是过流保护问题。TAS58xx 系列功放具有快速的过流关断能力，通过检测 MOSFET 峰值电流，在严重短路事件发生时能够在 100ns 内实现快速关断，从而保护功放芯片损坏。过流关断事件是不可自动恢复的，发生过流关断事件后，用户需要重启设备才能恢复播放。因此在信号正常播放时，需避免频繁触发过流关断。

过流关断事件跟电感选型以及功放的配置强相关。本文简要介绍在系统设计时，避免在正常工作时出现过流关断的一些注意事项。主要从硬件设计上的电感选型，以及软件配置上的 CBC/DRC/AGL/Clipper 两个方面讨论。

内容

1 排查过流保护事件.....	2
2 电感选型.....	3
2.1 启动电流.....	3
2.2 最大功率下峰值电流.....	3
2.3 Burst signal 下的最大电流.....	3
3 参数配置.....	4
3.1 Overcurrent Limit (Cycle-By-Cycle).....	4
3.2 DRC/AGL Configuration.....	4
3.3 Clipper Configuration.....	6
4 小结.....	8
5 参考文献.....	8

插图清单

图 1-1. OCP 状态寄存器报过流.....	2
图 2-1. 初始化 play 命令行.....	3
图 3-1. CBC 限流配置.....	4
图 3-2. PPC3 中 Analog gain 设置.....	5
图 3-3. PPC3 中 DRC 设置.....	5
图 3-4. PPC3 中 Clipper 设置.....	7

1 排查过流保护事件

当流过 MOSFET 电流超过 OCE_{THRES} 时就会发生过流保护事件，功放 IC 会停止输出，TAS58xx 系列的过流保护阈值 OCE_{THRES} 如下：

Part Number	TAS5805M	TAS5815	TAS5822M	TAS5825MP	TAS5827	TAS5828M	TAS5830
OCE_{THRES}	5A	7A	7A	7.5A	8A	8A	8A

发生过流事件时，0x68 Power State 寄存器会报 HIZ，0x70 Channel Fault 状态寄存器会报 over current fault。0x78 Fault Clear 可以手动清除错误，恢复播放。

在 BTL 配置下，流过 MOSFET 的电流等于流过电感的电流，发生过流也是因为流过电感的电流超过了 OCE_{THRES} ，触发 OCP。

Channel Fault		Description
Field	Value	
Reserved_7_4	0x00	Reserved
Ch1 DC	0	left channel DC fault
Ch 2 DC	0	right channel DC fault
Ch1 OC	0	left channel over current fault
Ch 2 OC	1	right channel over current fault

图 1-1. OCP 状态寄存器报过流

2 电感选型

在电路设计初期，应保证合适的电感选型。常见的电感取值有 4.7uH, 6.8uH, 10uH, 15uH 等。电感的选型应至少遵循以下原则：

1. 电感的感值选型应使得流过电感的最大峰值电流不超过 OCE_{THRES} ，主要包括以下 2.1~2.3 部分，即 $MAX\{I_{P1}, I_{P2}, I_{P3}\} < OCE_{THRES}$ 。
2. 电感具有合适的饱和电流 I_{sat} ，防止因电感饱和造成过流保护关断。电感饱和电流 I_{sat} 应至少大于 OCE_{THRES} ，否则电感在功放保护前就会饱和，即 $I_{sat} > OCE_{THRES}$ 。
3. LC 的频响曲线应使得在 20kHz 在，频响衰减不大于 -1.5dB。并且应使得频响接近临界阻尼。避免过大的欠阻尼，导致过高的 peaking 频响，造成输出信号被过大放大，造成 OCP。
4. 较大的电感量，能够降低 I_{idle} 电流，降低 I_{idle} 功耗，同时也能降低 OCP 的风险，在 PVDD 大于 12V 时，建议将电感取值为 10uH 或更大。

2.1 启动电流

在初始化的最后阶段，将 Device Control 2 寄存器 0x03 设置为 0x03 Play 状态时，如下 图 2-1，音频功放启动并开始输出，后级 LC 滤波器的电容开始充电，会有较大的启动电流。

```
//Register Tuning
{ 0x00, 0x00 },
{ 0x7f, 0x00 },
{ 0x02, 0x00 },
{ 0x30, 0x00 },
{ 0x4c, 0x30 },
{ 0x53, 0x00 },
{ 0x54, 0x00 },
{ 0x03, 0x03 },
{ 0x78, 0x80 },

};
```

图 2-1. 初始化 play 命令行

《关于 Class D 音频功放在不同工作模式下的启动电流的分析》详细说明了启动电流在各种工况下的大小。在 Idle mode 下启动，第一个 PWM 结束后的电流大小为：

$$I_{P1} = \frac{V_1}{\omega L} e^{-\delta t} \sin \omega t \approx PVDD \times \sqrt{\frac{C}{L}} \times \sin\left(1/\sqrt{L \times C} \times \theta / F_{sw}\right) \quad (1)$$

θ 是 idle mode 下的占空比， $\theta = 0.5$ (BD Modulation), 0.14 (1SPW Modulation), 0.14 (Hybrid Modulation)。在 F_{sw} 等于 768kHz 条件下，第二个 PWM 迎来电流的最大值。

2.2 最大功率下峰值电流

忽略电感电流纹波，最大音频功率对应的最大峰值电流为：

$$I_{P2} = \sqrt{\frac{2 \times P_{max}}{R_{speak}}} \quad (2)$$

2.3 Burst signal 下的最大电流

当 0dB 信号输入到 Power Stage，会造成输出严重的削顶，产生的大电流为：

$$I_{P3} = PVDD \times (1 - \theta) / (F_{sw} \times L) \quad (3)$$

3 参数配置

TAS58xx 都集成 DSP，带有先进的 DRC/AGL/Clipper 算法，能够有效抑制最大输出，避免过流。此外，TAS5825M/P, TAS5827, TAS5828M, TAS5830 还带有 Cycle-By-Cycle 限流功能，能够在触发过流关断前将电流限制在预设 threshold 内。

3.1 Overcurrent Limit (Cycle-By-Cycle)

Cycle-By-Cycle current limiting protection 的目的是遇到大音频信号时限制电感电流的值为固定值，避免直接发生过流关断。以 TAS5827 为例，如下 图 3-1，CBC_CONTROL 寄存器 0x77 能够开启 CBC Overcurrent Limit 功能，并且设置限流值为 OCE_{THRES} 的 80%，60%，40%。

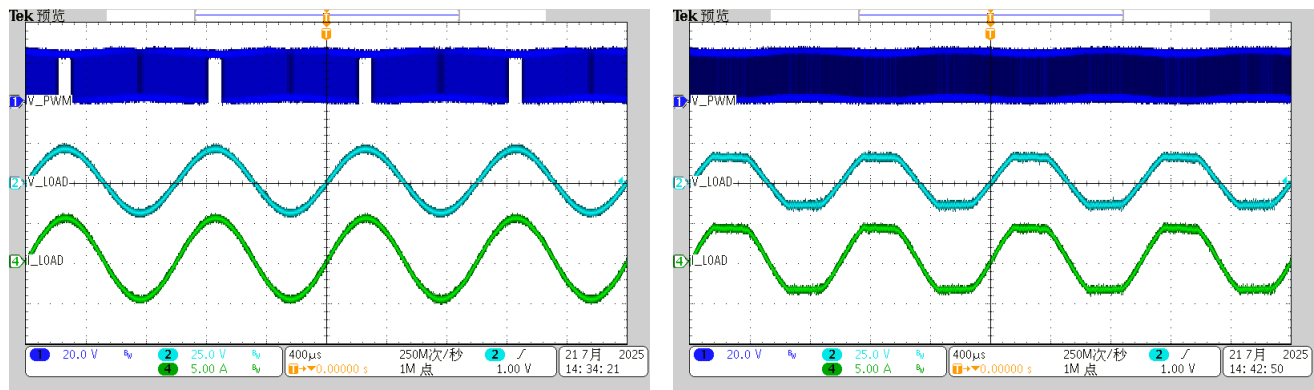
Table 6-54. CBC_CONTROL Register Field Descriptions

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-5	RESERVED	R/W	0h	
4-3	CBCLEVEL_SEL	R/W	0h	These bits set Cycle-By-Cycle current limiting level, which is a percentage of the Over-Current Threshold: 2b'00: 80% 2b'10: 60% 2b'01: 40% 2b'11: reserved
2	CBC_EN	R/W	0h	0: Disable CBC function 1: Enable CBC function
1	CBCWARN_EN	R/W	0h	0: Disable CBC warning 1: Enable CBC warning
0	CBCFAULT_EN	R/W	0h	0: Disable CBC fault 1: Enable CBC fault

图 3-1. CBC 限流配置

Overcurrent Limit 的效果类似 voltage-clipping，具体表现为电流削顶，限制输出的最大电流，如下 表 3-1。

表 3-1. Disable/Enable CBC 限流的电流波形对比



a) Disable CBC 限流的电流波形

b) Enable CBC 限流的电流波形

3.2 DRC/AGL Configuration

DRC/AGL 可以用来限制最大功率输出。当能量超过阈值时，DRC/AGL 可以通过自动减小增益将输出电压限制在预设范围内。在音频系统中，需要正确设置 Analog gain 和 DRC/AGL. Analog gain 用于限制输出电压低于 PVDD，避免削顶失真。DRC/AGL 用于限制输出功率，避免输出过大造成 OCP 或损坏喇叭。举例说明：

NO.	SPECIFICATION	CALCULATION	COMMENTS
1	Maximum peak voltage on speaker	10.89 V	Maximum $P_{Out} = 14.8 W$.
2	Output peak voltage at $P_{Out_Max} = 2 \times 8 W$	8 V	No clipping at $2 \times 8 W$ at 4Ω
3	Choose no clipping output peak voltage.	10.89 V	Range = [8 V, 10.89 V]. Choose 10.89 V for maximum dynamic range.
4	Calculate analog gain at step 3.	-9 dB	$20 \times \log(10.89 V / 29.5 V) = -8.7 dB$, set -9 dB.
5	Calculate total gain at $2 \times 8 W$.	-11.34 dB	$20 \times \log(8 V / 29.5 V) = -11.34 dB$
6	Obtain AGL/DRC threshold.	-2.5 dB	$-11.34 - (-9) = -2.3 dB$. Choose -2 dB or -2.5 dB.

将 analog gain 设置为 -9dB, 将 DRC/AGL threshold 设置为 -2.5dB.

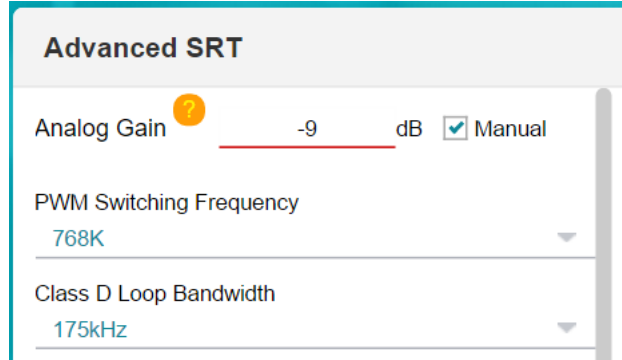


图 3-2. PPC3 中 Analog gain 设置

PPC3 DRC 调试部分界面如下图 3-3 所示。当输出在 energy time 时间内超过 threshold 时，DRC 需要动作限制输出。通常， $T_{attack} \geq (2 \sim 3) \times 1 / F_{min}$. Attack time 描述的是 DRC 将输出压制在 threshold 水平的速度。适度减小 Attack time 能够降低电流水平。

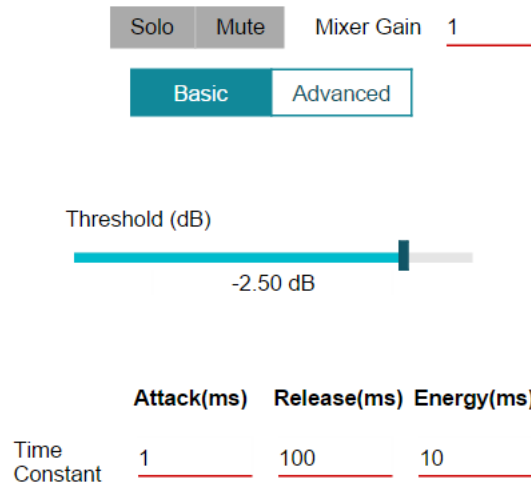
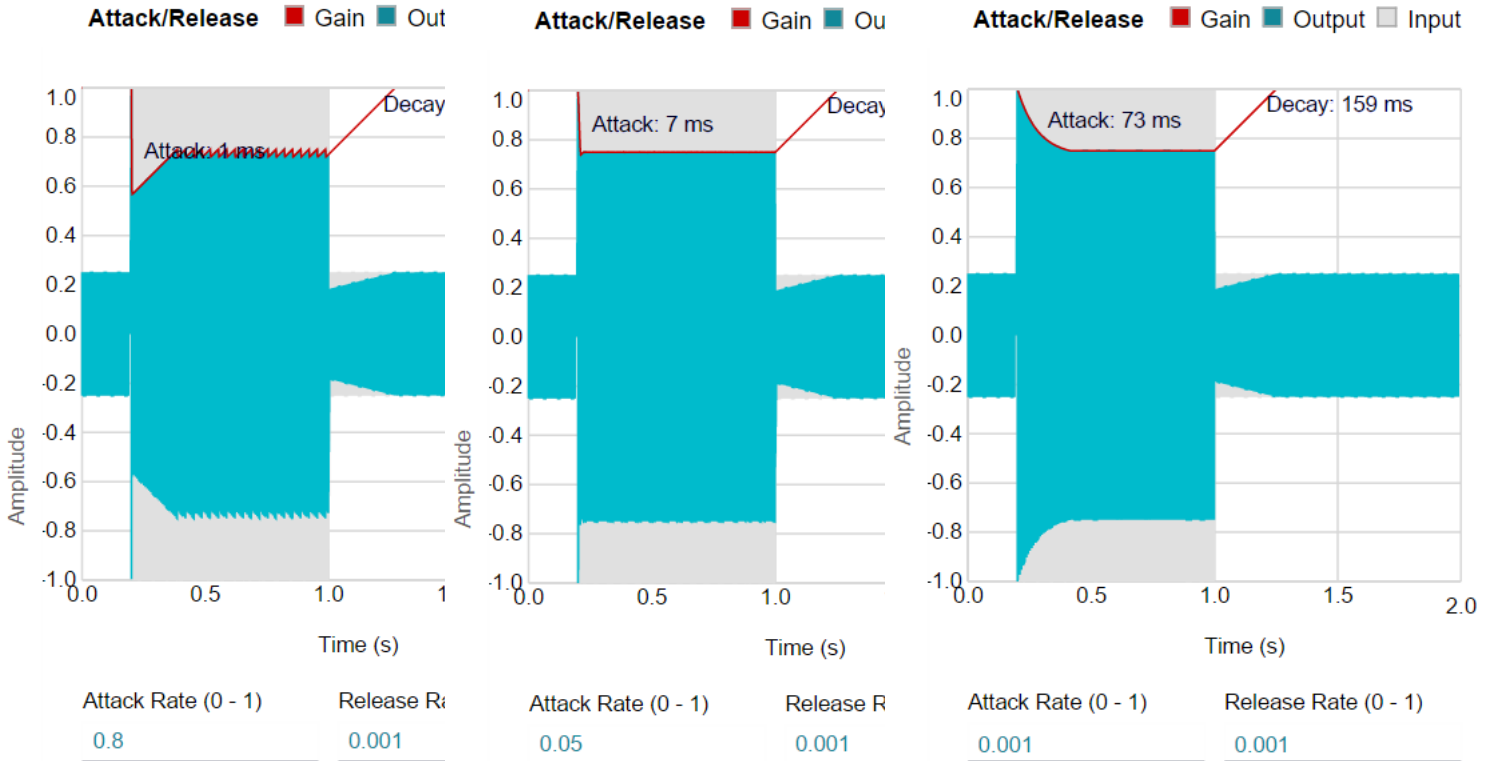


图 3-3. PPC3 中 DRC 设置

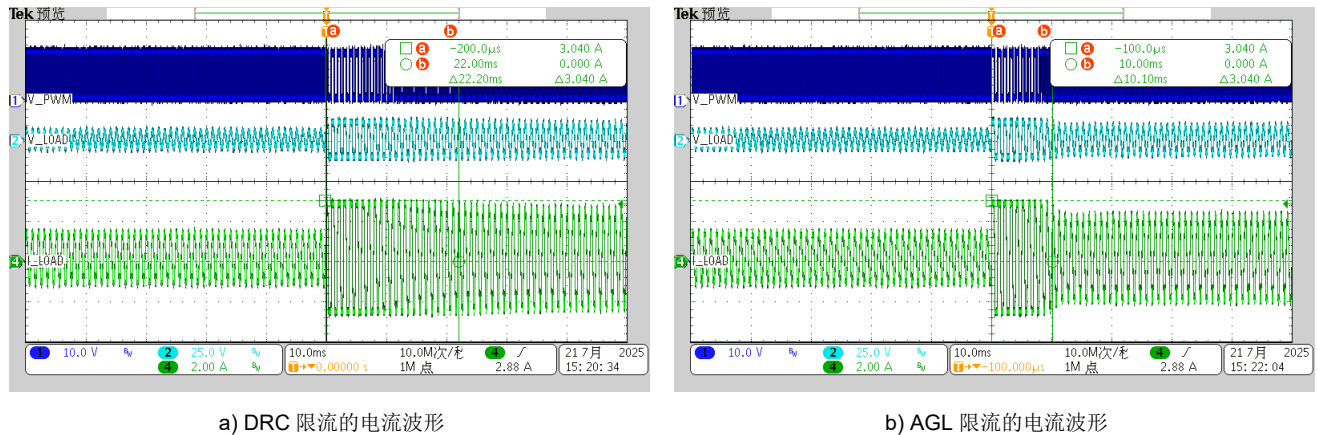
AGL 调试界面如下图所示 7 所示。增加 Attack rate 能够减小 Attack time，让更多的音频信号超过 threshold，输出电流更小。但这可能会导致最大音量响度的损失，因此使得避免增益曲线（如下红色曲线）不低于 threshold。如下表 3-2，Attack time 为 1ms 表现为激进，Attack time 为 73ms 表现为过于缓慢。Attack time 为 7ms 表现较为良好。建议调音时将 attack 设为 2 ms to 10 ms 之间。

表 3-2. PPC3 中 AGL 设置



不同于 DRC, AGL 是 sample by samples attack or release, 因此 AGL 的响应速度更快, 如下表 3-3 所示。而 DRC 是在固定时间内检测能量, 响应更慢。但听音上, DRC 的声音听起来更自然。

表 3-3. DRC 与 AGL 响应的电流波形



3.3 Clipper Configuration

Clipper 调试界面如下图 9 所示。不同于 DRC/AGL, Clipper 没有 attack/release time, 将超过了阈值的高位信号在 DSP 中舍弃了。因此 Clipper 不存在延时, 能够直接以输出电压削顶的方式最快地限制输出电压和电流的大小, 如下图 3-4。

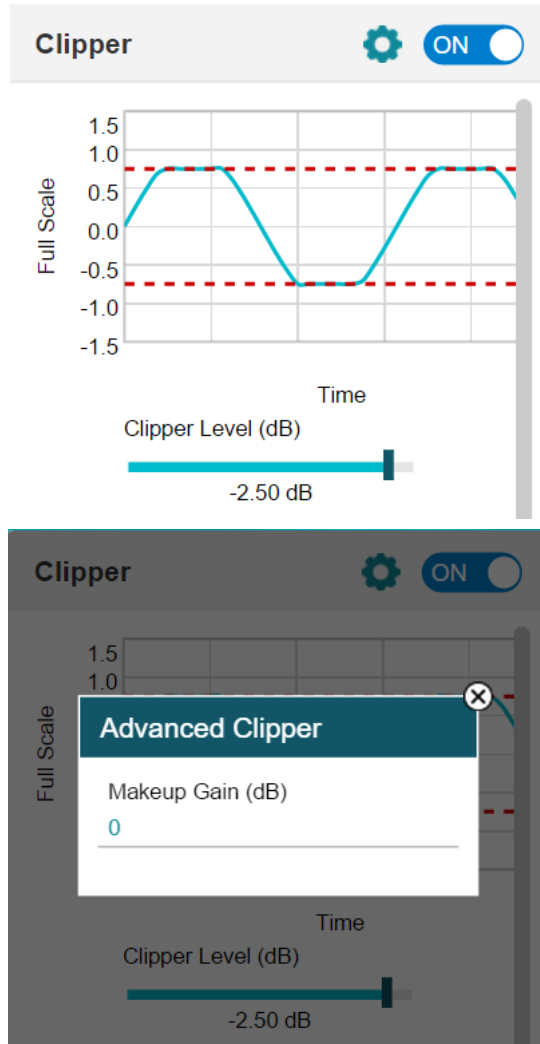
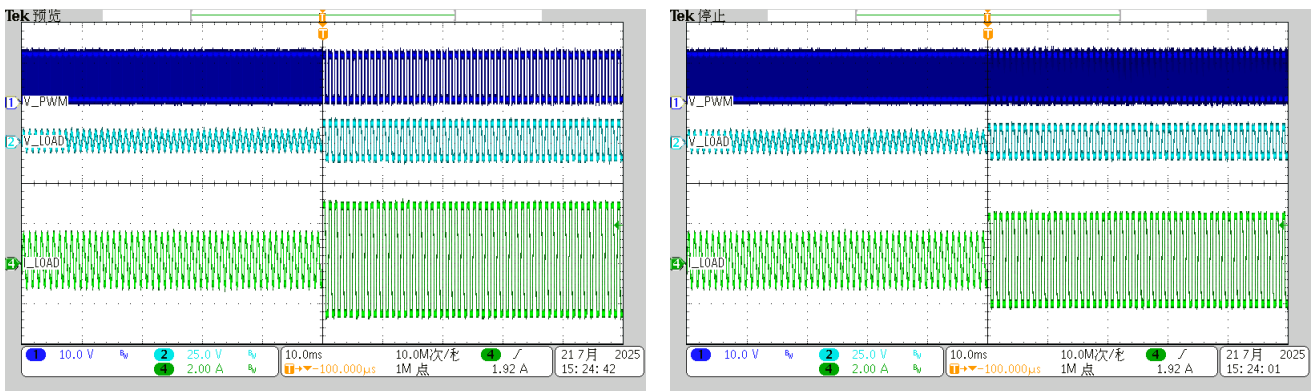


图 3-4. PPC3 中 Clipper 设置

表 3-4. Disable/Enable Clipper 限流的电流波形对比



a) Disable Clipper 限流的电流波形

b) Enable Clipper 限流的电流波形

4 小结

本文简要介绍了在系统设计时，从硬件设计上的电感选型以及软件配置上的 CBC/DRC/AGL/Clipper 两个方面讨论避免在正常工作时出现过流关断的一些注意事项。电感选型，应确保最大峰值电流不超过 OCE_{THRES} ，并且具有合适的饱和电流 I_{sat} ，防止因电感饱和造成过流保护关断。参数设置上，CBC 电流限制能够将电流限制在预设 threshold 上。Clipper 具有最快的响应，没有延时，但会造成电压削顶，波形失真；AGL 具有较快的响应；DRC 响应较慢，但相比于 AGL，声音更自然。

5 参考文献

1. Texas Instruments, [General Tuning Guide for TAS58xx Family](#) application report.
2. Texas Instruments, [TAS5828M 50W Stereo, Digital Input, High Efficiency Closed-Loop Class-D Amplifier with Hybrid-Pro Algorithm](#) data sheet.
3. Texas Instruments, [PurePath™- Console 3 \(PPC3\) Overview](#) Video library.
4. Texas Instruments, [关于 Class D 音频功放在不同工作模式下的启动电流的分析](#)

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