

EVM User's Guide: TPS548B23EVM

TPS548B23 降压转换器评估模块



说明

TPS548B23EVM 设计为提供快速设置来评估 TPS548B23 器件并帮助您熟悉该器件。此 EVM 可以提供高达 20A 的连续负载电流，工作输入电压范围为 8V 至 16V（标称值为 12V），输出电压范围为 0.5V 至 5.5V（默认值为 1.0V）。TPS548B23 使用标称 12V 的总线在高达 20A 的负载电流下产生 1.0V 稳压（默认）输出。TPS548B23EVM 包含多个跳线，可快速配置 CFG 引脚和测试点选择的不同设置，从而评估器件的性能。

开始使用

1. 订购 [TPS548B23EVM](#)。
2. 下载最新的 [TPS548B23 数据表](#)。

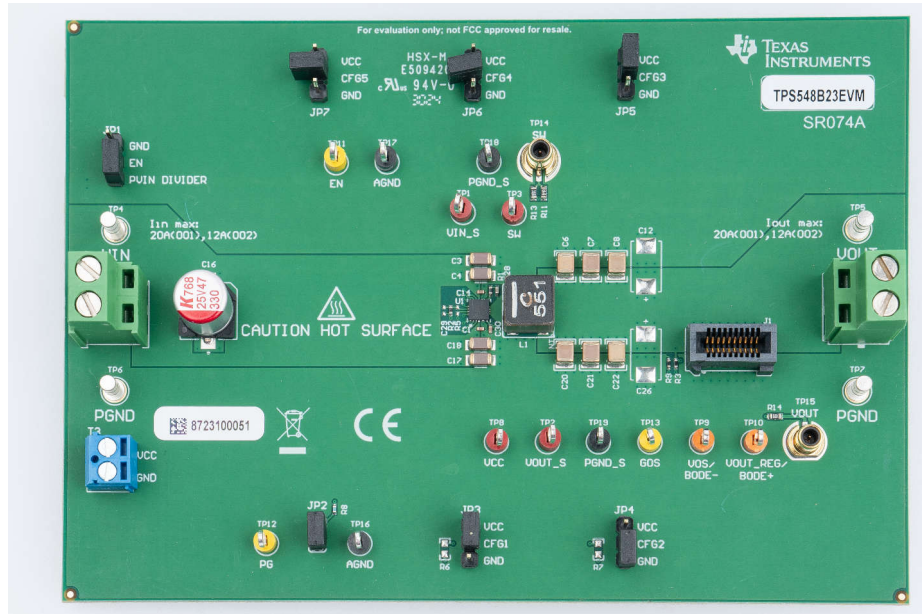
特性

- 输入电压范围：8V 至 16V，标称值为 12V
- 输出电压范围：0.5V 至 5.5V，默认值为 1.0V
- 输出电流范围：0A 至 20A
- 包括跳线和电阻器占位符，用于评估 CFG 引脚选择的不同设置
 - 内部反馈配置：

- 输出电压：13 个固定选项，范围为 0.8V 至 5.0V
- 运行模式：FCCM 或 PFM
- 频率：600kHz、800kHz 或 1200kHz
- 软启动时间：固定为 2ms
- OCP 阈值：15A、18A 或 21A
- 故障恢复：断续模式
- 外部反馈配置：
 - 输出电压：可通过外部电阻分压器进行调节，范围为 0.5V 至 5.5V
 - 运行模式：FCCM 或 PFM
 - 频率：600kHz、800kHz、1000kHz 或 1200kHz
 - 软启动：1ms、2ms 或 3ms
 - OCP 阈值：可通过电阻器编程
 - 故障恢复：断续模式或闭锁

应用

- [机架式服务器和刀片式服务器](#)
- [数据中心交换机](#)
- [硬件加速卡和插件卡](#)
- [工业 PC](#)
- [基带单元 \(BBU\)](#)



1 评估模块概述

1.1 引言

TPS548B23EVM 评估模块 (EVM) 是使用 TPS548B23 器件构建的。该 EVM 旨在仅通过更改跳线配置来适应各种设置，因此，该设计没有针对任何特定条件进行优化。表 1-1 展示了默认跳线设置。本用户指南中的测试数据均在此配置下收集。为了实现设计优化，TI 提供了一系列资源。用户可以首先查看数据表。此外，TI 还提供 Excel 设计计算器、WEBENCH 和仿真模型。用户也可以联系 TI 现场代表或使用我们的 E2E 设计支持来获得更多帮助。

表 1-1. 默认跳线配置

跳线	引脚	连接	器件配置
JP3	CFG1	VCC	- 内部 FB 配置 - V_{OUT} : 1.0V - 运行模式 : FCCM - F_{SW} : 800kHz - OCP 阈值 : 21A - 故障恢复 : 断续模式
JP4	CFG2	GND	
JP5	CFG3	VCC	
JP6	CFG4	悬空	
JP7	CFG5	悬空	

为确保使用 TPS548B23EVM 的人或在其附近工作的任何人的安全，请注意以下警告和注意事项。请遵循所有安全防护措施。

警告



TPS548B23EVM 在运行期间会因某些运行条件下的电源散热而变烫。切勿接触电路板。请遵守适用于相关实验室的所有适用安全规程。

警告

该电路模块在电路板底部有信号布线、元件和元件引线，这可能会导致电压、高温表面或尖锐的边缘暴露在外面。操作过程中请勿触摸电路板的底部。

小心

某些电源会因施加外部电压而损坏。如果使用不止 1 个电源，请检查设备要求并根据需要使用阻断二极管或其他隔离技术，以防止设备损坏。

1.2 套件内容

该套件包含 TPS548B23EVM。

1.3 规格

表 1-2 中提供了 TPS548B23EVM 性能特性的汇总。TPS548B23EVM 在 $V_{IN} = 8V$ 至 $16V$ 的条件下进行设计和测试。除非另有说明，给出的特性适用于输入电压 $V_{IN} = 12V$ 和输出电压为 $1V$ (请参阅表 1-1) 的情况。除非另有说明，否则所有测量的环境温度均为室温 ($20^{\circ}C$ 至 $25^{\circ}C$)。

表 1-2. TPS548B23EVM 性能规格汇总

规格	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN} 电压范围			8	12	16	V
输入电流	$V_{IN} = 8V$, $I_{OUT} = 20A$		3			A
V_{IN} 启动电压	通过 EN 引脚电阻分压器设置		3.84			V
V_{IN} 停止电压	V_{IN} 下降		3.77		3.83	V
输出电压设定值			1			V
输出电流范围	$V_{IN} = 8V$ 至 $16V$		0		20	A
线性和负载调整率	$V_{IN} = 8V$ 至 $16V$, $I_{OUT} = 0A$ 至 $20A$		± 0.14			%
负载瞬态响应	$I_{OUT} = 5A$ 至 $15A$	电压变化	-21			mV
	$I_{OUT} = 15A$ 至 $5A$	电压变化	24			mV
输出纹波电压	$I_{OUT} = 20A$		6.8			mVPP
软启动时间	从开始切换到 $V_{FB} = 0.5V$, $t_{SS} = 2ms$ 设置		1.4	2	2.6	ms
电流限制	通过 CFG 引脚选择设置 $OCP = 21A$		19	21	23	A
开关频率 (f_{SW})	通过 CFG1-5 引脚选择设置 $f_{SW} = 800kHz$		800			kHz
峰值效率	$I_{OUT} = 7.5$		90			%
IC 外壳温度	$I_{OUT} = 20A$, 浸泡 15 分钟		77.4			$^{\circ}C$

1.4 器件信息

TPS548B23 器件是一款具有自适应导通时间 D-CAP4 控制模式的小型高效同步降压转换器。该器件无需外部补偿即可提供低最短导通时间和快速负载瞬态响应。TPS548B23 是空间受限型数据中心应用的理想选择，具有差分遥感功能、集成 MOSFET 和高精度 ($\pm 1.0\%$) 内部基准。引脚搭接选项可配置各种参数，例如过流限制、故障响应和软启动时间。此外，该器件无铅，符合 RoHS 标准，无需豁免。

有关该器件的更多信息，请参阅 [TPS548B23 4V 至 16V 输入、20A、遥感、D-CAP4 同步降压转换器](#) 数据表。

2 硬件

2.1 配置和修改

这些评估模块可使用跳线访问 **TPS548B23** 功能，从而测试不同的配置。所有内部反馈配置设置都可以在不修改电路板的情况下进行测试，而对于外部反馈配置，需要安装 **R6**、**R7** 和电阻分压器网络 (**R2** 和 **R5**)。如果未达到所需性能，请修改模块。使用数据表公式、**WEBENCH** 或 **Excel** 设计计算器计算外部元件值，验证所有元件是否具有足够的额定电压和电流。

2.1.1 多功能配置 (CFG1-5) 引脚选择

多功能配置引脚 (**CFG1-5**) 允许针对各种工作模式来配置器件。**CFG1-2** 引脚用于设置器件开关频率、过流阈值、软启动时间以及断续或闩锁故障恢复运行模式，而 **CFG3-5** 引脚可用于选择内部或外部反馈以及 **FCCM** 或 **PFM** 运行模式。

当通过 **CFG 3-5** 引脚将器件配置为进行内部反馈运行时 (请参阅表 2-3)，根据表 2-1 将 **CFG1-2** 引脚连接到高电平 (**VCC**)、低电平 (**GND**) 或保持悬空，对开关频率和电流限值进行编程。

备注

当器件配置为内部反馈运行时，软启动时间设置为 2ms，故障恢复配置为断续模式。

表 2-1. 针对内部反馈配置的 **CFG1-2** 引脚跳线 (**JP3-4**) 选择

JP3 (CFG1)	JP4 (CFG2)	开关频率 (f_{sw}) (kHz)	谷值 OCP (A)
VCC	VCC	600	21
VCC ⁽¹⁾	GND ⁽¹⁾	800	21
VCC	悬空	1200	21
GND	VCC	600	18
GND	GND	800	18
GND	悬空	1200	18
悬空	VCC	600	15
悬空	GND	800	15
悬空	悬空	1200	15

(1) 默认跳线设置

当使用 **CFG 3-5** 引脚将器件配置为外部反馈运行时，可通过在 **CFG1-2** 引脚和 **AGND** 之间连接电阻器对开关频率、故障恢复模式、过流阈值和软启动时间进行编程 (请参阅表 2-3)。根据表 2-2 在 **CFG1** 引脚和 **AGND** 之间连接一个电阻器 (**R6**)，对开关频率、故障恢复模式和软启动时间进行编程。

备注

对于外部反馈运行，请移除跳线 **JP3** 和 **JP4**，然后安装 **R6** 和 **R7**。

表 2-2. 针对外部反馈配置的 CFG1 引脚电阻器 (R6) 选择

R6 (CFG1 引脚至 AGND 的电阻) (kΩ)	开关频率 (f _{SW}) (kHz)	故障恢复模式	软启动时间 (ms)
0 (GND)	600	断续	1
4.99	800	断续	1
7.50	1000	断续	1
10.5	1200	断续	1
13.3	600	闭锁	1
16.9	800	闭锁	1
21.0	1000	闭锁	1
24.9	1200	闭锁	1
30.1	600	断续	2
35.7	800	断续	2
42.2	1000	断续	2
48.7	1200	断续	2
56.2	600	闭锁	2
64.9	800	闭锁	2
75.0	1000	闭锁	2
86.6	1200	闭锁	2
102	600	断续	3
118	800	断续	3
137	1000	断续	3
158	1200	断续	3
182	600	闭锁	3
210	800	闭锁	3
243	1000	闭锁	3
≥280 (悬空)	1200	闭锁	3

通过 CFG2 和 AGND 之间的电阻器 (R7) 对谷值过流保护进行编程，该电阻值根据方程式 1 计算得出：

$$R7 = \frac{K_{OCL}}{I_{OCLIM} - \frac{1}{2} \times \frac{(V_{IN} - V_O) \times V_O}{V_{IN}} \times \frac{1}{L \times f_{SW}}} \quad (1)$$

其中

- I_{OCLIM} 是负载电流的过流限制阈值 (单位为 A)
- $R7$ 是 $ILIM$ 电阻值 (单位为 Ω)
- K_{OCL} 是用于该计算的 84×10^3 常数
- V_{IN} 是输入电压值 (单位为 V)
- V_O 是输出电压值 (单位为 V)
- L 是输出电感值 (单位为 μH)
- f_{SW} 是开关频率 (单位为 MHz)

$$I_{OCLIM} = \frac{K_{OCL}}{R7} + \frac{1}{2} \times \frac{(V_{IN} - V_O) \times V_O}{V_{IN}} \times \frac{1}{L \times f_{SW}} \quad (2)$$

备注

TI 建议使用容差为 ±1% 的电阻，因为容差较差的电阻提供的 OCL 阈值精度较低。

为了保护该器件以免意外连接到 ILIM 引脚上，该器件实现了一个内部固定 OCL 钳位。当 ILIM 引脚的电阻对于 AGND 而言过小或意外短接至接地端时，该内部 OCL 钳位会将低侧 MOSFET 上的最大谷值电流限制为 21A。

CFG3-5 引脚根据表 2-3 选择器件输出电压配置以及 FCCM 或 PFM 运行。

表 2-3. CFG3-5 引脚跳线 (JP5-7) 选择

JP5 (CFG3)	JP6 (CFG4)	JP7 (CFG5)	V _{FB} 配置	V _{OUT} (V)	F _{SW} 模式
VCC	VCC	VCC	内部	5.0	FCCM
VCC	GND	VCC	内部	3.3	FCCM
VCC	悬空	VCC	内部	2.5	FCCM
VCC	VCC	GND	内部	1.8	FCCM
VCC	GND	GND	内部	1.5	FCCM
VCC	悬空	GND	内部	1.2	FCCM
VCC	VCC	悬空	内部	1.1	FCCM
VCC	GND	悬空	内部	1.05	FCCM
VCC ⁽¹⁾	悬空 ⁽¹⁾	悬空 ⁽¹⁾	内部	1.0	FCCM
GND	VCC	VCC	内部	0.95	FCCM
GND	GND	VCC	内部	0.9	FCCM
GND	悬空	VCC	内部	0.85	FCCM
GND	VCC	GND	内部	0.8	FCCM
GND	GND	GND	外部	0.5	FCCM
GND	悬空	GND	内部	5.0	PFM
GND	VCC	悬空	内部	3.3	PFM
GND	GND	悬空	内部	2.5	PFM
GND	悬空	悬空	内部	1.8	PFM
悬空	VCC	VCC	内部	1.5	PFM
悬空	GND	VCC	内部	1.2	PFM
悬空	悬空	VCC	内部	1.1	PFM
悬空	VCC	GND	内部	1.0	PFM
悬空	GND	GND	内部	0.95	PFM
悬空	悬空	GND	内部	0.9	PFM
悬空	VCC	悬空	内部	0.85	PFM
悬空	GND	悬空	内部	0.8	PFM
悬空	悬空	悬空	外部	0.5	PFM

(1) 默认跳线设置

2.1.2 使用外部反馈配置设置输出电压

在外部反馈配置 (请参阅表 2-3) 中，输出电压由 R2 (R_{FBT}) 和 R5 (R_{FBB}) 构成的电阻分压器网络进行设置。FB 引脚被调节至 0.5V 内部基准 (V_{REF})。要更改输出电压，请调整电阻器 R2 和 R5 的值。建议的 R5 值为 10kΩ，但范围可以从 1kΩ 到 15kΩ。特定输出电压的 R2 值可以使用方程式 3 计算。更改 R2 后，还必须相应地调整前馈电容器 (C29)。

$$R2 = R5 \times \left(\frac{V_{OUT}}{0.5V} - 1 \right) \quad (3)$$

3 实现结果

3.1 测试设置和结果

本节介绍了如何正确连接、设置和使用 TPS548B23EVM 评估模块。本节还包含评估模块的典型测试结果。除非另有说明，否则测量均在以下条件下进行。

- 12V 输入
- 室温 (20°C 至 25°C)
- 默认设置输出电压 1V、开关频率 800kHz 和最大电流限制设置 21A

3.1.1 输入和输出连接

如表 3-1 和 表 3-2 中所示，TPS548B23EVM 随附输入和输出连接器以及测试点。

为了在默认 EVM 的两个输出端支持满额定负载的最小输入电压，能够提供大于 10A 电流的电源必须通过一对 18AWG 或更好的导线连接到 VIN 和 PGND 端子块 (T1)。

负载必须连接至 T2。每个连接必须使用一对 10AWG 或更好的导线。通过最大电流限制的设置，在 TPS548B23 受到电流限制之前，最大负载电流能力接近 TBDA。必须尽可能缩短导线长度，从而减少导线中的损耗。

表 3-1. 连接器和跳线

参考位号	名称	功能
T1	VIN	连接输入电压的 VIN 螺丝接线端子
T2	VOUT	将负载连接到输出的 VOUT 螺丝接线端子
JP1	EN	EN 引脚选择接头： • 短接 EN - PVIN 分压器：EN 引脚通过电阻分压器连接到 VIN 引脚 (默认) • 短接 EN - GND：EN 引脚短接至 GND • 开路：悬空 EN
JP2	PG	PG 引脚选择接头： • 短路：PG 通过 10kΩ 电阻器上拉至 VCC 引脚 (默认) • 开路：悬空 PG
JP3	CFG1	CFG1 选择接头。使用分流器选择 VCC、GND 或悬空
JP4	CFG2	CFG2 选择接头。使用分流器选择 VCC、GND 或悬空
JP5	CFG3	CFG3 选择接头。使用分流器选择 VCC、GND 或悬空
JP6	CFG4	CFG4 选择接头。使用分流器选择 VCC、GND 或悬空
JP7	CFG5	CFG5 选择接头。使用分流器选择 VCC、GND 或悬空

表 3-2. 测试点

参考位号	名称	功能
TP1	VIN_S	VIN 测试点。将其用于效率测量。
TP2	VOUT_S	VOUT 测试点。将其用于效率、输出调节和波特图测量。
TP3	SW	SW 节点测试点
TP4	VIN	VIN 测试点
TP5	VOUT	VOUT 测试点
TP6	PGND	PGND 测试点
TP7	PGND	PGND 测试点
TP8	VCC	VCC 测试点
TP9	BODE-/VOS	分压器网络和输出电压之间的测试点。用于波特图测量。
TP10	BODE+/VOUT_REG	分压器网络和输出电压之间的测试点。用于波特图测量。
TP11	EN	EN 测试点
TP12	PG	PG 测试点 (通过 10k Ω 电阻器上拉至 VCC 引脚)
TP13	GOS	GOS 测试点
TP14	SW	用于测量 SW 节点的 SMB 连接器。使用此测试点时，将示波器设置为 50 Ω 端接电阻。50 Ω 端接电阻和 450 Ω 串联电阻的组合产生了 10:1 的衰减。
TP15	VOUT	用于测量输出电压的 SMB 连接器。使用此测试点时，将示波器设置为 1M Ω 端接电阻。使用 50 Ω 端接电阻时，会创建一个 2:1 分压器。
TP16	AGND	AGND 测试点
TP17	AGND	AGND 测试点
TP18	PGND_S	PGND 测试点。将其用于效率测量。
TP19	PGND_S	PGND 测试点。将其用于效率测量。

3.1.2 效率

图 3-1 和图 3-2 显示了 TPS548B23EVM 的效率。表 3-3 中列出了用于效率测量的测试点。使用这些测试点可尽可能降低 PCB 寄生功率损耗对测量功率损耗的影响。

以下是一些额外的测试设置注意事项，用于尽可能减少外部功率损耗来源。

- 在测量效率时，请勿使用 TP14 测量 SW 引脚。使用该测试点测量 SW 引脚会为该节点加载 500 Ω 电阻，效率测量包括该外部电阻中的功率损耗。

表 3-3. 效率测量测试点

测试点名称	参考位号	功能
VIN_S	TP1	连接在引脚附近的输入电压测试点
PGND_S	TP18	输入电压的 PGND 参考测试点
VOUT_S	TP2	输出电感附近的输出电压测试点
PGND_S	TP19	输出电压的 PGND 参考测试点

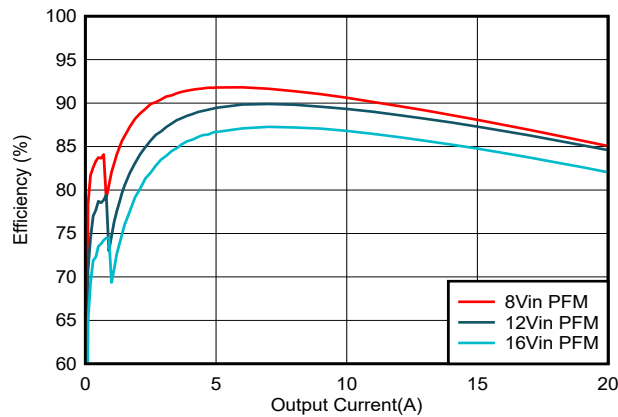


图 3-1. 效率 - PFM 模式

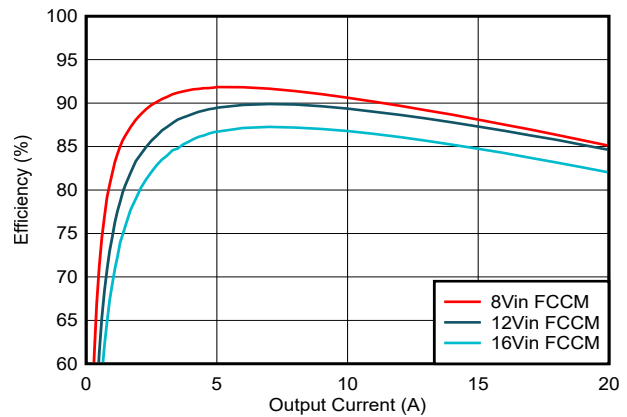


图 3-2. 效率 - FCCM 模式 (默认)

3.1.3 输出电压调节

图 3-3 和图 3-4 中展示了负载和线路调节。用于输出电压调节测量的测试点如表 3-3 所示。

表 3-4. 输出电压调节测量测试点

测试点名称	参考位号	功能
VIN_S	TP1	连接在引脚附近的输入电压测试点
PGND_S	TP18	输入电压的 PGND 参考测试点
VOUT_REG/BODE+	TP10	输出电压测试点
GOS	TP13	输出电压的 PGND 参考测试点

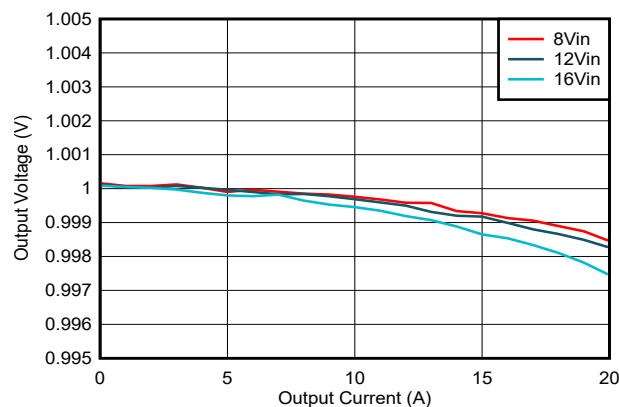


图 3-3. 负载调整率

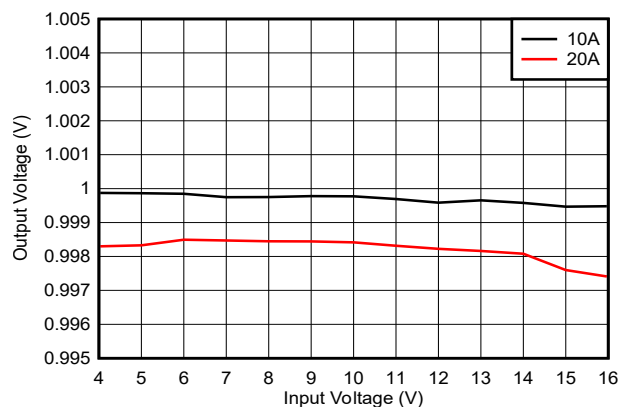


图 3-4. 线性调整率

3.1.4 负载瞬态和环路响应

图 3-5 和图 3-6 中展示了这两种设计对负载瞬态的响应。电流阶跃为 5A 至 15A，电流阶跃压摆率为 1A/μs。电子负载用于提供直流 5A 负载，EVM 上的负载瞬态电路用于提供 10A 阶跃。VOUT 电压使用 TP10 进行测量。

展示了环路特性。所示为 12V VIN 电压和 20A 负载的增益和相位图。

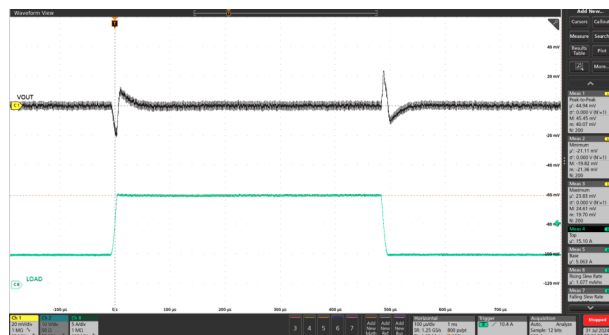


图 3-5. 瞬态响应

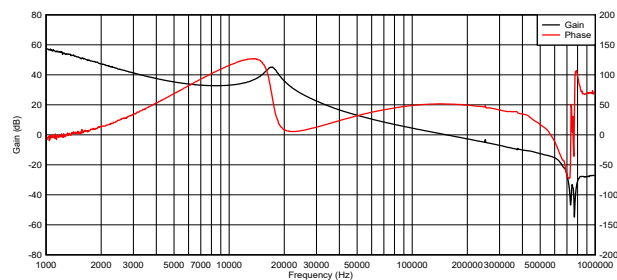


图 3-6. 波特图 - 10A 负载

3.1.5 输出电压纹波

图 3-7 至图 3-10 展示了 TPS548B23EVM 输出电压纹波。负载电流为 10mA、10A 和 20A。V_{IN} = 12V。V_{OUT} 电压使用 TP10 进行测量。

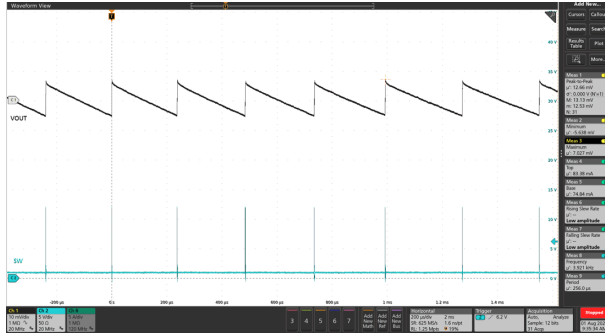


图 3-7. 输出纹波 - 10mA 负载，PFM 模式

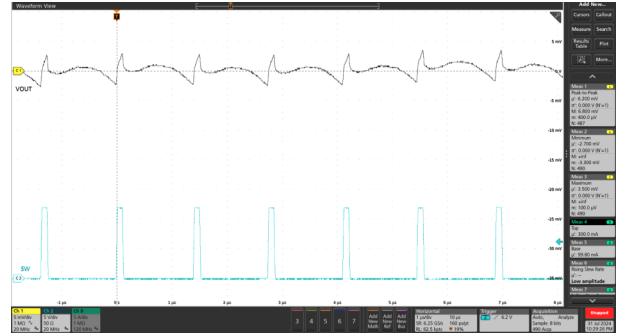


图 3-8. 输出纹波 - 10mA 负载，FCCM 模式

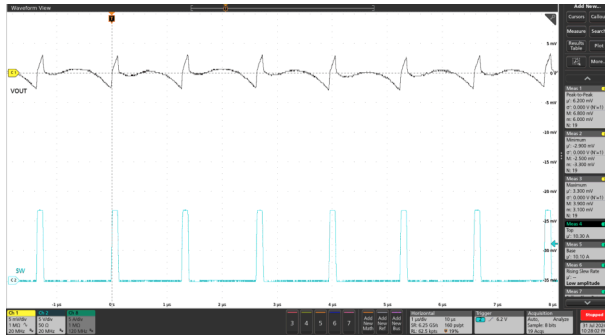


图 3-9. 输出纹波 - 10A 负载

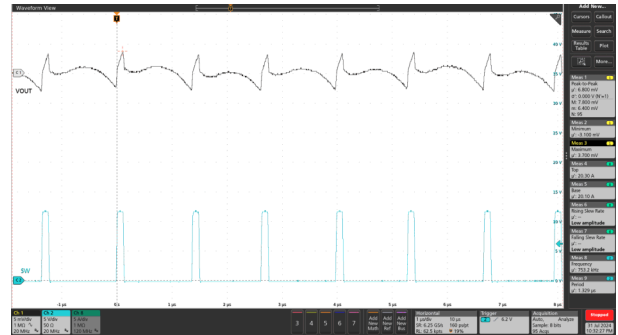


图 3-10. 输出纹波 - 20A 负载

3.1.6 通过 EN 启动和关断

图 3-11 和图 3-12 展示了通过 EN 进行启动和关断的波形。如图 3-11 所示，最初施加输入电压，通过使用外部函数发生器将 EN 拉至 GND 来抑制输出。当 EN 电压升高到使能阈值电压以上时，启动序列开始，输出电压斜升至外部设置值。如图 3-12 所示，外部函数发生器将 EN 拉至地，TPS548B23 关断。



图 3-11. 通过 EN 启动 - 20A 负载

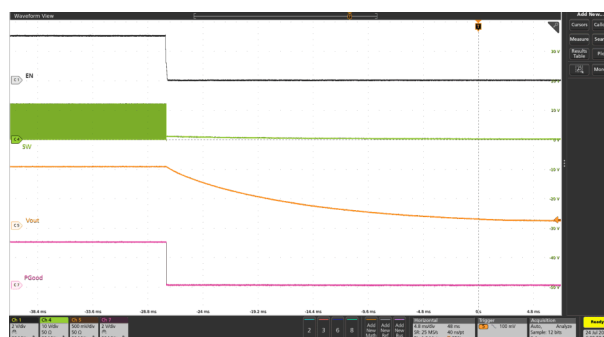


图 3-12. 通过 EN 关断 - 20A 负载

3.1.7 热性能

图 3-13 展示了 TPS548B23 IC 在 20A 满负载下的温升。每次测量之前均需要至少 10 分钟的浸泡时间。

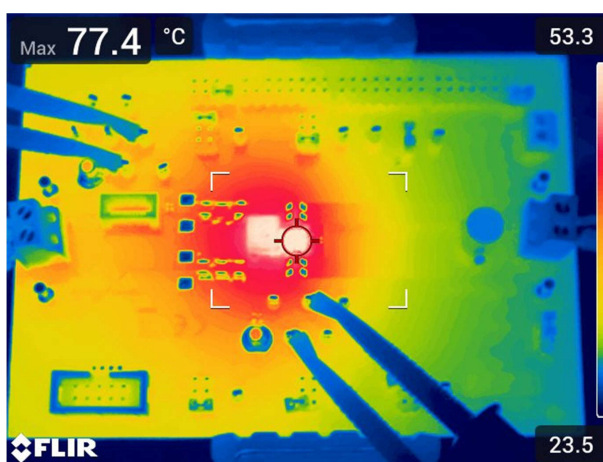


图 3-13. 热性能 - 20A 负载

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 中显示了 TPS548B23EVM 原理图。

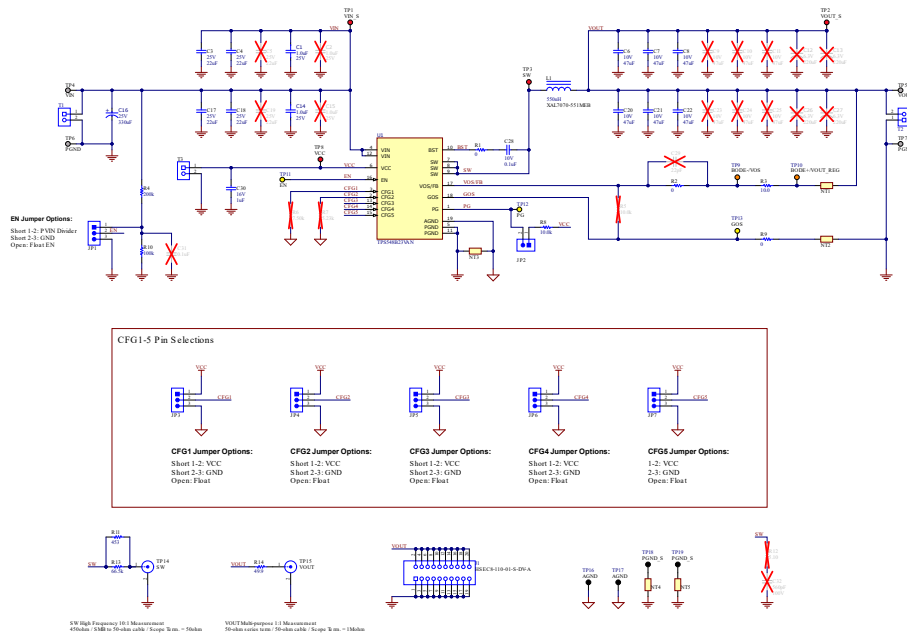


图 4-1. 原理图

4.2 电路板布局布线

本节提供了 TPS548B23EVM 的说明、电路板布局布线和分层图解。

4.2.1 布局

图 4-2 和图 4-9 显示了 TPS548B23EVM 的电路板布局布线。EVM 的顶层以用户应用的典型方式布局。顶层、底层和内层为 2oz 覆铜。

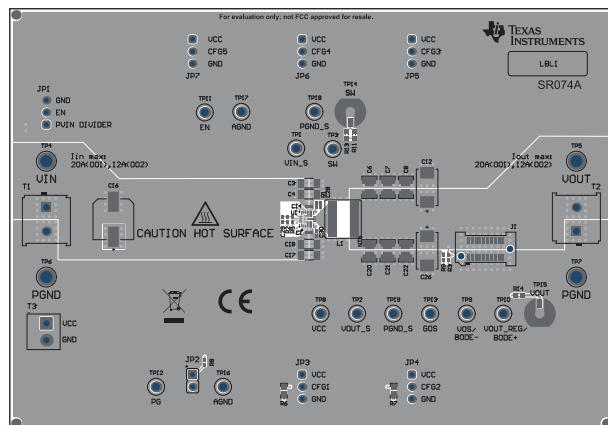


图 4-2. 顶部复合视图

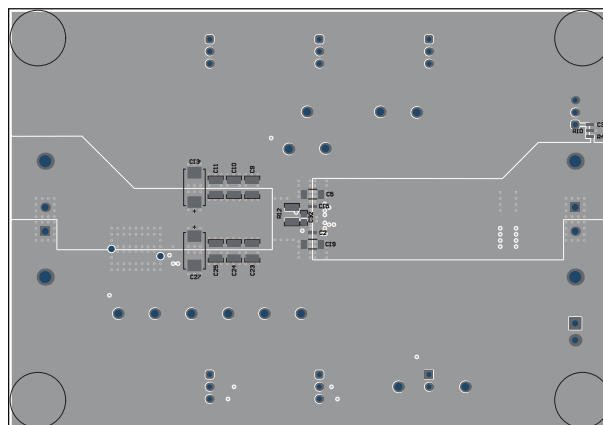


图 4-3. 底部复合视图 (底视图)

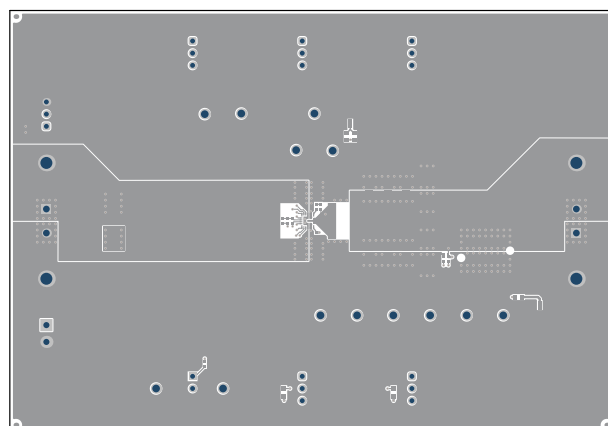


图 4-4. 顶层布局

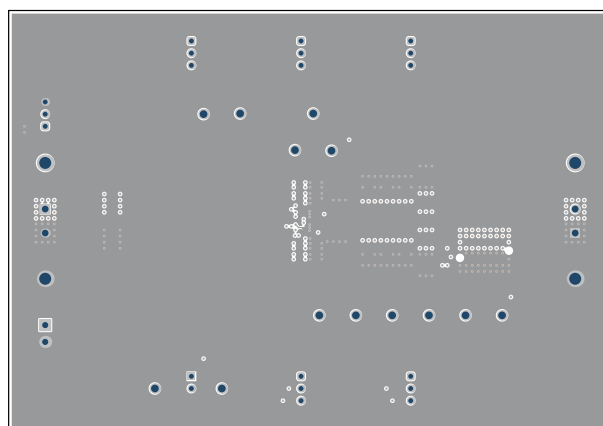


图 4-5. 中间层 1 布局

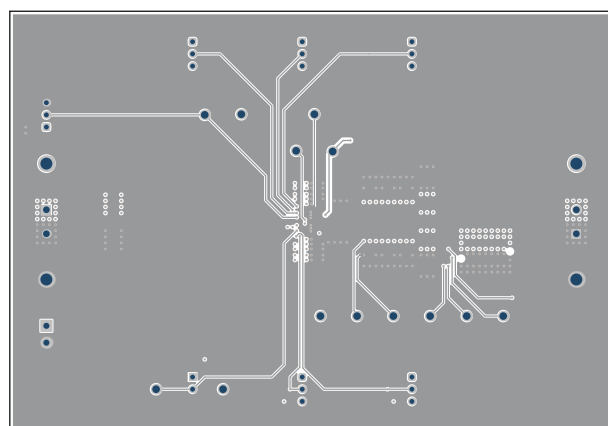


图 4-6. 中间层 2 布局

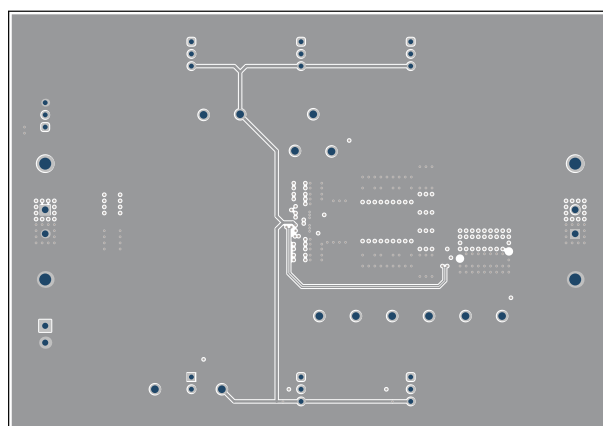


图 4-7. 中间层 3 布局

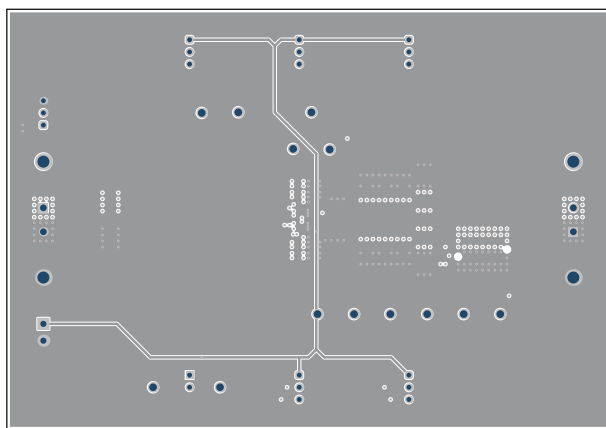


图 4-8. 中间层 4 布局

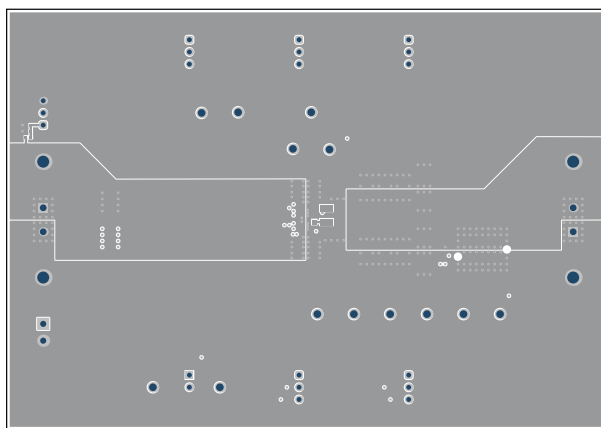


图 4-9. 底层布局

4.3 物料清单

表 4-1 中详述了 TPS548B23EVM 的物料清单。

表 4-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		SR074	不限
C1、C14	2	1 μ F	通用片状多层陶瓷电容器, 0402, 1.0 μ F, X6S, 22%, 10%, 25V	402	GRM155C81E105KE11D	Murata
C3、C4、C17、C18	4	22 μ F	电容器, 陶瓷, 22 μ F, 25V, +/-20%, X6S, 1206_190	1206_190	GRM31CC81E226ME11L	MuRata
C6、C7、C8、C20、C21、C22	6	47 μ F	电容器, 陶瓷, 47 μ F, 10V, +/-20%, X7R, 1210	1210	GRM32ER71A476ME15L	MuRata
C16	1	330 μ F	电容铝制聚合物 330 μ F 25V 20% 焊接圆柱形 19m Ω 2325mA 2000 小时 125°C T/R	SMT_CAP_8MM3_8MM3	A768KS337M1ELAE019	KEMET
C28	1	0.1 μ F	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V, +/-10%, X5R, 0402	402	C1005X5R1A104K050BA	TDK
C30	1	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, +/-10%, X6S, 0402	402	C1005X6S1C105K050BC	TDK
H1、H2、H3、H4	4		Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 透明	透明 Bumpon	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1	1		卡边缘插座, 0.8mm, 10x2, SMT	卡边缘插座, 0.8mm, 10x2, SMT	HSEC8-110-01-S-DV-A	Samtec
JP1、JP3、JP4、JP5、JP6、JP7	6		接头, 100mil, 3x1, 镀金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec
JP2	1		接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	Sullins 100mil, 1x2, 绝缘体上方 230mil	PBC02SAAN	Sullins Connector Solutions
L1	1	550nH	电感, 屏蔽, 复合, 550nH, 29A, 0.00142 Ω , SMD	7.2x7x7.5mm	XAL7070-551MEB	Coilcraft
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
R1、R2、R9	3	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R3	1	10	电阻, 10.0, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW040210R0FKED	Vishay-Dale
R4	1	200k	电阻, 200k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW0402200KFKED	Vishay-Dale
R8	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.2W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	ERJPA2F1002X	Panasonic
R10	1	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0402	402	ERJ-2RKF1003X	Panasonic
R11	1	453	电阻, 453, 1%, 0.1W, 0603	603	RC0603FR-07453RL	Yageo
R13	1	66.5k	电阻, 66.5k, 1%, 0.1W, 0603	603	RC0603FR-0766K5L	Yageo
R14	1	49.9	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, 0603	603	RC0603FR-0749R9L	Yageo

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
SH-J1、SH-J2、 SH-J3、SH-J4、 SH-J5、SH-J6、 SH-J7	7		分流器, 100mil, 镀锡, 黑色	分流连接器黑色开孔顶部, 2x1	SNT-100-BK-T-H	Samtec
T1、T2	2		端子块, 5mm, 2 极点, 锡, TH	TH, 2 引线, 接头体 10mm × 10mm, 间距 5mm	282856-2	TE Connectivity
T3	1		端子块, 3.5mm 间距, 2x1, TH	7.0x8.2x6.5mm	ED555/2DS	On-Shore Technology
TP1、TP2、TP3、 TP8	4		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone
TP4、TP5、TP6、 TP7	4		端子, 调整钮, TH, 三联	Keystone1598-2	1598-2	Keystone
TP9、TP10	2		测试点, 通用, 橙色, TH	橙色通用测试点	5013	Keystone Electronics
TP11、TP12、TP13	3		测试点, 通用, 黄色, TH	黄色通用测试点	5014	Keystone Electronics
TP14、TP15	2		连接器, 插座, 50Ω, TH	SMB 连接器	SMBR004D00	JAE Electronics
TP16、TP17、 TP18、TP19	4		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone Electronics
U1	1		具有遥感功能的 4V 至 16V 输入、20A D-CAP4 同步 降压转换器	WQFN-HR19	TPS548B23VAN	德州仪器 (TI)
C2、C15	0	1μF	通用片状多层陶瓷电容器, 0402, 1.0μF, X6S, 22%, 10%, 25V	402	GRM155C81E105KE11D	Murata
C5、C19	0	22μF	电容器, 陶瓷, 22μF, 25V, +/-20%, X6S, 1206_190	1206_190	GRM31CC81E226ME11L	MuRata
C9、C10、C11、 C23、C24、C25	0	47μF	电容器, 陶瓷, 47μF, 10V, +/-20%, X7R, 1210	1210	GRM32ER71A476ME15L	MuRata
C12、C13、C26、 C27	0	220μF	模制钽聚合物电容器 220μF 20% 6.3V 寿命 1000 小时 SMD 2917	2917	6TCF220M5L	Panasonic
C29	0	22pF	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC- Q200 1 级, 0402	402	CGA2B2NP01H220J050BA	TDK
C31	0	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC- Q200 1 级, 0402	402	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
C32	0	560pF	电容, 陶瓷, 560pF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	603	GRM188R72A561KA01D	MuRata
FID1、FID2、FID3	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
R5	0	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW040210K0FKED	Vishay-Dale
R6	0	7.50k	电阻, 7.50k, 1%, 0.1W, 0603	603	ERJ-3EKF7501V	Panasonic
R7	0	5.23k	电阻, 5.23k, 0.1%, 0.1W, 0603	603	RT0603BRD075K23L	Yageo America
R12	0	5.1	电阻, 5.10, 1%, 0.5W, 1210	1210	RC1210FR-075R1L	Yageo

5 其他信息

5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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