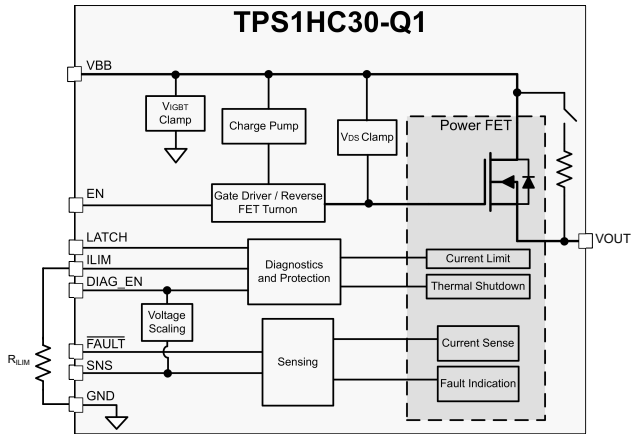
TPS1HC30-Q1 30mΩ、5A 单通道汽车级智能高侧开关

1 特性

- 具有全面诊断功能的单通道智能汽车高侧电源开关
  - 开漏状态输出
  - 电流检测模拟输出
- 宽工作电压范围：3V 至 28V
- 低待机电流：85°C 下为 2.5μA
- 工作结温范围：–40°C 至 150°C
- 兼容 1.8V、3.3V 和 5V 逻辑电平
- 通过故障检测电压调节功能实现 ADC 保护
- 可编程电流限制和精度 ±15%（3.5A 时）
- 高精度电流检测，1A 时精度为 ±6%
- 保护
  - 过载和短路保护
  - 感性负载负电压钳位
  - 欠压锁定 (UVLO) 保护
  - 具备自恢复功能的热关断和热振荡
  - 接地失效保护和失电保护
  - 反向电池保护
- 诊断
  - 开启和关闭状态输出的开路负载和电池短路检测
  - 过载和接地短路检测
  - 热关断和热振荡检测
- 资格认证
  - 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
    - 温度等级 1：-40°C 至 +125°C，T_A
  - 通过 ISO7637-2 和 ISO16750-2 电瞬变抗扰度认证
- 14 引脚热增强型 PWP 封装



功能方框图

2 应用

- 汽车显示模块
- ADAS 模块
- 座椅舒适模块
- HVAC 控制模块
- 车身控制模块

3 说明

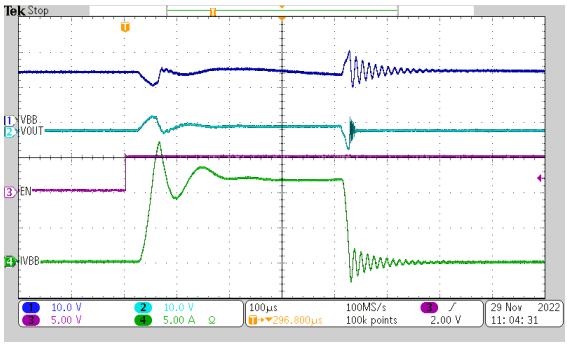
TPS1HC30-Q1 器件是一款具有全方位保护的高侧电源开关，它集成有 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专用于对各类负载进行智能控制。该器件凭借着精确的电流检测和可编程电流限制特性在市场上脱颖而出。

输入引脚上的 1.5V 低逻辑高电平阈值 V_{IH} 允许使用低至 1.8V 的 MCU。高精度电流检测可实现更好的实时监测效果和更准确的诊断，无需进一步校准。外部高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。该器件通过在启动或短路条件下有效地钳制浪涌电流，极大地提高了系统的可靠性。TPS1HC30-Q1 器件可用作各种电阻负载、电感负载和容性负载（包括低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
TPS1HC30-Q1	PWP（HTSSOP，14）	5mm × 6.4mm

(1) 有关更多信息，请参阅 节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



电流限制应用

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
5 规格 4
5.1 绝对最大额定值 4
5.2 ESD 等级 4
5.3 建议运行条件 4
5.4 热性能信息 5
5.5 电气特性 5
5.6 SNS 时序特性 8
5.7 开关特性 8
5.8 典型特性 10
6 参数测量信息 15
7 详细说明 17
7.1 概述 17
7.2 功能方框图 17
7.3 特性说明 18
7.4 器件功能模式 33
8 应用和实施 35
8.1 应用信息 35
8.2 典型应用 35
8.3 电源相关建议 39
8.4 布局 39
9 器件和文档支持 42
9.1 文档支持 42
9.2 接收文档更新通知 42
9.3 支持资源 42
9.4 商标 42
9.5 静电放电警告 42
9.6 术语表 42
10 修订历史记录 42
11 机械、封装和可订购信息 43

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

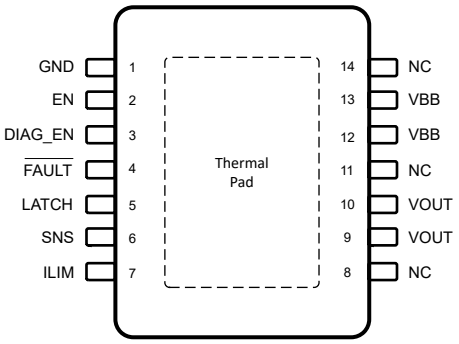


图 4-1. PWP 封装，14 引脚 HTSSOP（俯视图）

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
编号	名称		
1	GND	P	器件地。连接到电阻器-二极管接地网络，以提供反向电池保护。
2	EN	I	通道激活的输入控制，内部下拉
3	DIAG_EN	I	用于诊断的启用/禁用引脚；内部下拉
4	$\overline{\text{FAULT}}$	O	漏极开路全局故障输出。以 $\overline{\text{FAULT}}$、$\overline{\text{FLT}}$ 或故障引脚为基准。
5	LATCH	I	热关断行为，闩锁或自动重试，内部下拉
6	SNS	O	根据检测比输出相应的检测值
7	ILIM	O	可调节电流限制。如果未使用外部电流限制，则接地短路或保持悬空。
8、11、14	NC	不适用	无内部连接
9、10	VOUT	P	高侧开关的输出，连接至负载
12、13	VBB	P	电源
散热焊盘	焊盘	—	散热焊盘，内部接地短路

(1) P = 电源，I = 输入，O = 输出

未使用引脚的推荐连接：

TPS1HC30-Q1 旨在提供一组增强的诊断和保护特性。然而，如果系统设计仅允许使用有限数量的 I/O 连接，则某些引脚可能会被视为可选引脚。

表 4-2. 可选引脚的连接

引脚名称	未使用时的连接	未使用时的影响
SNS	通过 1kΩ 电阻器接地	模拟检测不可用。
LATCH	悬空或通过 R_{PROT} 电阻器接地	当 LATCH 未使用时，器件将在发生故障后自动重试。如果需要闩锁行为，但系统描述 I/O 受限，则可以使用一个微控制器输出来控制多个高侧通道的闩锁功能。
ILIM	浮点	如果 ILIM 引脚悬空，则器件被设置为默认的内部电流限制阈值。此影响被视为器件的故障状态。
DIA_EN	悬空或通过 R_{PROT} 电阻器接地	如果 DIA_EN 未使用，则模拟检测、开路负载和电池短路诊断不可用。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
最大持续电源电压 (V_{BB})			28	V
负载突降电压 (V_{LD})	ISO16750-2:2010(E)		36	V
反极性电压	针对应用电路的最长持续时间为 3 分钟	-18		V
使能引脚电流，I_{EN}	使能引脚电流，I_{EN}	-1	20	mA
使能引脚电压，V_{EN}		-1	7	V
诊断使能引脚电流，I_{DIA_EN}		-1	20	mA
诊断使能引脚电压，V_{DIA_EN}		-1	7	V
检测引脚电流，I_{SNS}		-100	10	mA
检测引脚电压，V_{SNS}		-1	5.5	V
闩锁引脚电流，I_{LATCH}		-1	10	mA
闩锁引脚电压，V_{LATCH}		-1	7	V
FLT 引脚电流，I_{FLT}		-30	10	mA
FLT 引脚电压，V_{FLT}		-0.3	7	V
反向接地电流，I_{GND}	V_{BB} < 0V		-50	mA
存储温度，T_{stg}		-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

5.2 ESD 等级

				值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电(1)	人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002 分类等级 2(2)	除 VS 和 VOUT 外的所有引脚	±2000	V
			VS 和 VOUT	±4000	
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 分类等级 C5	所有引脚	±750	

(1) 所有 ESD 冲击均以上述引脚到地 (GND) 为基准
(2) AEC-Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
V_{VBB_NOM}	标称电源电压(1)	3.5	18	V
V_{VBB_EXT}	扩展电源电压(2)	2.6	28	V
V_{VBB_SC}	短路电源电压能力		28	V
V_{EN}	启用电压	-1	5.5	V
V_{DIA_EN}	诊断使能电压	-1	5.5	V
V_{LATCH}	闩锁电压	-1	5.5	V
V_{SNS}	检测电压	-1	7	V
T_A	自然通风条件下的工作温度	-40	125	°C

(1) 所有工作电压条件均以器件 GND 为基准进行测量

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

(2) 器件可在扩展工作范围内工作，但某些时序参数值可能不适用。有关使用的电压，请参阅相应章节。此外，有关更多说明，请参见节 8.3

5.4 热性能信息

热指标(1)(2)		TPS1HC30-Q1 PWP (HTSSOP) 14 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	44.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	33.8	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	19.2	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.4	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	19.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	5.0	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 SPRA953 应用报告。
(2) 热参数基于符合 JESD51-5 和 JESD51-7 标准的 4 层 PCB。

5.5 电气特性

V_{BB} = 6V 至 28V，T_A = –40°C 至 125°C（除非另外注明）；典型应用为 13.5V、10Ω、RILIM = 开路（除非另外注明）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
输入电压和电流							
V_{Clamp}	VDS 钳位电压		T_J=25°C	35		43	V
			T_J = -40°C 至 150°C	33		45	V
V_{UVLOR}	V_{BB} 欠压锁定上升	以器件的 GND 引脚为基准测得		3.0	3.5	4.0	V
V_{UVLOF}	V_{BB} 欠压锁定下降			2.4	2.6	3.0	V
I_{SB}	待机睡眠电流（包括 MOSFET 通道在内的器件总漏电流）	V_{BB} ≤ 18V，V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C			0.3	μA
			T_J = 85°C			2.5	μA
			T_J = 125°C			9	μA
$I_{OUT(standby)}$	输出泄漏电流	V_{BB} ≤ 18V，V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C		0.01	0.3	μA
			T_J = 85°C			2.5	μA
I_{DIA}	诊断模式下的电流消耗	V_{BB} ≤ 18V，I_{SNS} = 0mA V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V，V_{OUT} = 0V			1.3	3	mA
I_Q	启用通道时的静态电流	V_{BB} ≤ 28V V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUTx} = 0A			1.6	3	mA
IL_{NOM}	持续负载电流	通道均已启用，T_{AMB} = 85°C			4.5		A
t_{STBY}	待机模式延迟时间	V_{ENx} = V_{DIA_EN} = 0V 至待机			20		ms
RON 特性							
R_{ON}	导通电阻（包括 MOSFET 通道和芯片金属化）	6V ≤ V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT}= 1A	T_J = 25°C		30		mΩ
			T_J = 150°C			57	mΩ
		3V ≤ V_{BB} ≤ 6V，I_{OUT} =1A	T_J = 25°C			57	mΩ
			T_J = 150°C			75	mΩ
$R_{ON(REV)}$	反极性期间的导通电阻	–18V ≤ V_{BB} ≤ –6V	T_J = 25°C		30		mΩ
			T_J = 150°C			57	mΩ
V_F	源漏结体二极管电压	V_{EN} = 0V，I_{OUT} = –1A		0.3	0.7	1	V
电流检测特性							
K_{SNS}	电流检测比 I_{OUT} / I_{SNS}	I_{OUT} = 1.5A			1560		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_{BB} = 6V 至 28V，T_A = –40°C 至 125°C（除非另外注明）；典型应用为 13.5V、10Ω、RILIM = 开路（除非另外注明）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
I_{SNSI}	电流检测电流和精度	V_{BB} > V_{BB_ISNS}，V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 6A		3.8		mA
				-3		3	%
			I_{OUT} = 3A		1.92		mA
				-4		4	%
			I_{OUT} = 1.5A		0.96		mA
				-4		4	%
			I_{OUT} = 750mA		0.48		mA
				-6		6	%
			I_{OUT} = 300mA		0.192		mA
				-10		10	%
			I_{OUT} = 150mA		0.096		mA
				-15		15	%
			I_{OUT} = 75mA		0.0481		mA
				-25		25	%
			I_{OUT} = 30mA		0.0192		mA
				-40		40	%
			I_{OUT} = 15mA		0.0096		mA
				-60		60	%
			I_{OUT} = 7.5mA		0.0048		mA
				-80		80	%
SNS 特性							
V_{SNSFH}	V_{SNS} 故障高电平	V_{DIA_EN} = 5V		4.2	5	5.77	V
		V_{DIA_EN} = 3.3V		3.3	3.5	3.75	V
		V_{DIA_EN} = V_{IH}		2.8	3.15	3.5	V
I_{SNSFH}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIA_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$			6.6		mA
V_{BB_ISNS}	完整的电流检测和故障功能所需的 V_{BB} 余量	V_{DIAG_EN} = 3.3V		5.3			V
V_{BB_ISNS}	完整的电流检测和故障功能所需的 V_{BB} 余量	V_{DIAG_EN} = 5V		6.5			V
电流限制特性							
I_{CL_LINPK}	线性模式峰值	T_J = -40°C 至 150°C dI/dt < 0.01A/ms	R_{ILIM} = 7.15kΩ 至 71.5kΩ			1.4 × I_{CL}	A
I_{CL_ENPS}	峰值电流可导致永久短路	T_J = -40°C 至 150°C	R_{ILIM} = 7.15kΩ 至 71.5kΩ			2 × I_{CL}	A
I_{OVCR}	启用开关后施加短路时的 OVCR 峰值电流阈值	T_J = -40°C 至 150°C	R_{ILIM} ≥ 35kΩ			15	A
			15kΩ ≤ R_{ILIM} < 35kΩ			23	A
			R_{ILIM} < 15kΩ			33	A
I_{CL}	I_{CL} 电流限制阈值(1)	T_J = -40°C 至 150°C，VDS = 3V	R_{ILIM} = GND	9.1	13	16.9	A
			R_{ILIM} = 开路或超出范围		5		A
K_{CL}	电流限制比(1)	T_J = -40°C 至 150°C，VDS = 3V	R_{ILIM} = 7.15kΩ	65.6	87.5	109.4	A * kΩ
			R_{ILIM} = 25kΩ	76.5	90	103.5	A * kΩ
			R_{ILIM} = 71.5kΩ	69	95	115	A * kΩ
故障特性							

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_{BB} = 6V 至 28V，T_A = –40°C 至 125°C（除非另外注明）；典型应用为 13.5V、10Ω、RILIM = 开路（除非另外注明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
R_{VOL}	开路负载 (OL) 检测内部上拉电阻	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V		150		kΩ
t_{OL}	开路负载 (OL) 检测抗尖峰脉冲时间	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V，V_{BB} - V_{OUT} < V_{OL} 时，持续时间长于 t_{OL}。检测到开路负载。		400	1000	µs
V_{OL}	开路负载 (OL) 检测电压	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V			1.5	V
V_{FLT}	$\overline{FLT}$ 低输出电压	$I_{\overline{FLT}}$ = 2.5mA			0.5	V
t_{OL1}	从 EN 下降沿开始的 OL 和 STB 指示时间	V_{EN} = 5V 至 0V，V_{DIA_EN} = 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}		500	1000	µs
t_{OL2}	从 DIA_EN 上升开始的 OL 和 STB 指示时间	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}			1000	µs
T_{ABS}	热关断			165		°C
T_{REL}	相对热关断			85		°C
T_{HYS}	热关断迟滞			25		°C
t_{FAULT_FLT}	故障指示时间	V_{DIA_EN} = 5V 出现故障和 $\overline{FLT}$ 置为有效之间的时间			60	µs
t_{FAULT_SNS}	故障指示时间	V_{DIA_EN} = 5V 故障与 I_{SNS} 稳定在 V_{SNSFH} 之间的时间			60	µs
t_{RETRY}	重试时间	从故障关断到开关重新启用的时间（热关断）。	1	2	3	ms
EN 引脚特性						
$V_{IL, EN}$	输入电压低电平	无 GND 网络			0.8	V
$V_{IH, EN}$	输入电压高电平	无 GND 网络	1.5			V
$V_{IHYS, EN}$	输入电压迟滞			280		mV
R_{EN}	内部下拉电阻器		200	350	500	kΩ
$I_{IL, EN}$	输入电流低电平	V_{EN} = 0.8V		2.2		µA
$I_{IH, EN}$	输入电流高电平	V_{EN} = 5V		14		µA
DIA_EN 引脚特性						
V_{IL, DIA_EN}	输入电压低电平	无 GND 网络			0.8	V
V_{IH, DIA_EN}	输入电压高电平	无 GND 网络	1.5			V
V_{IHYS, DIA_EN}	输入电压迟滞			280		mV
R_{DIA_EN}	内部下拉电阻器		100	250	500	kΩ
I_{IL, DIA_EN}	输入电流低电平	V_{DIA_EN} = 0.8V		2.2		µA
I_{IH, DIA_EN}	输入电流高电平	V_{DIA_EN} = 5V		14		µA
LATCH 引脚特性						
$V_{IL, LATCH}$	输入电压低电平	无 GND 网络			0.8	V
$V_{IH, LATCH}$	输入电压高电平	无 GND 网络	1.5			V
$V_{IHYS, LATCH}$	输入电压迟滞			280		mV
R_{LATCH}	内部下拉电阻器		0.7	1	1.3	MΩ
$I_{IL, LATCH}$	输入电流低电平	V_{LATCH} = 0.8V		2.2		µA
$I_{IH, LATCH}$	输入电流高电平	V_{LATCH} = 5V		14		µA

(1) 电流限制调节值将随着 VDS 电压的增加而变化。有关更多信息，请参阅节 7.3.2

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 SNS 时序特性

V_{BB} = 6V 至 18V，T_J = –40°C 至 +150°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SNS 时序 - 电流检测						
$t_{SNSION1}$	从 DIA_EN 的上升沿开始的趋稳时间 V_{DIA_EN} 的 50% 至稳定 ISNS 的 90%	V_{ENx}= 5V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 1A			30	µs
		V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 30mA			30	µs
$t_{SNSION2}$	从 EN 和 DIA_EN 的上升沿开始的趋稳时间 V_{DIA_EN} V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V 至 5V VBB = 13.5V，R_{SNS} = 1kΩ，R_{LOAD} = 10Ω			150	µs
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的趋稳时间（DIA_EN 为 HI）；V_{DIA_EN} V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = 0V 至 5V，V_{DIA_EN} = 5V，VBB = 13.5V R_{SNS} = 1kΩ，R_{LOAD} = 10Ω			150	µs
$t_{SNSIOFF}$	从 DIA_EN 的下降沿开始的趋稳时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V 至 0V VBB = 13.5V R_{SNS} = 1kΩ，R_L = 10Ω			20	µs
$t_{SETTLEH}$	从负载阶跃的上升沿开始的趋稳时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 0.5A 至 3A			20	µs
$t_{SETTLEL}$	从负载阶跃的下降沿开始的趋稳时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 3A 至 0.5A			20	µs

5.7 开关特性

V_{BB} = 13.5V，T_J = –40°C 至 +150°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{DR}	通道导通延迟时间（从待机状态）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 10%	10	40	55	µs
t_{DR}	通道导通延迟时间（从运行状态）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 10%	10	35	45	µs
t_{DF}	通道关断延迟时间	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 90%	10	30	45	µs
SR_R	VOUT 上升压摆率	V_{BB} = 13.5V，V_{OUT} 的 20% 至 80%，R_L = 10Ω	0.1	0.3	0.6	V/µs
SR_F	VOUT 下降压摆率	V_{BB} = 13.5V，V_{OUT} 的 80% 至 20%，R_L = 10Ω	0.1	0.3	0.6	V/µs
f_{max}	最大 PWM 频率			0.4	2	kHz
t_{ON}	通道导通时间	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%	30	70	145	µs
t_{OFF}	通道关断时间	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%	30	70	145	µs
t_{ON} – t_{OFF}	导通和关断匹配	1ms 使能脉冲，V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-40		40	µs
		200µs 使能脉冲，V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-40		40	µs

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 开关特性（续）

V_{BB} = 13.5V，T_J = –40°C 至 +150°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
Δ_{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流	200µs 使能脉冲（1ms 周期），V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-25		25	%
		≤500Hz，50% 占空比 V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-12		12	%
E_{ON}	导通期间的开关能量损耗	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω		0.5		mJ
E_{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω		0.5		mJ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.8 典型特性

以下所有数据均基于三个批次样本的平均值；如果未指定，则 V_{VBB} = 13.5V。

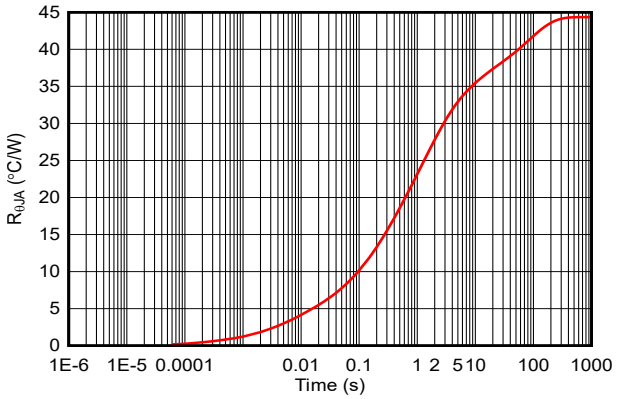
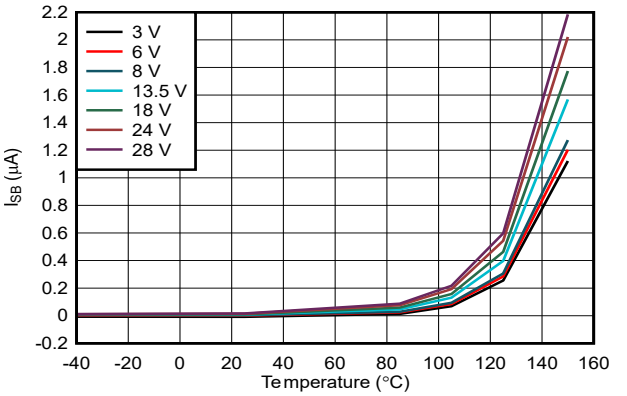
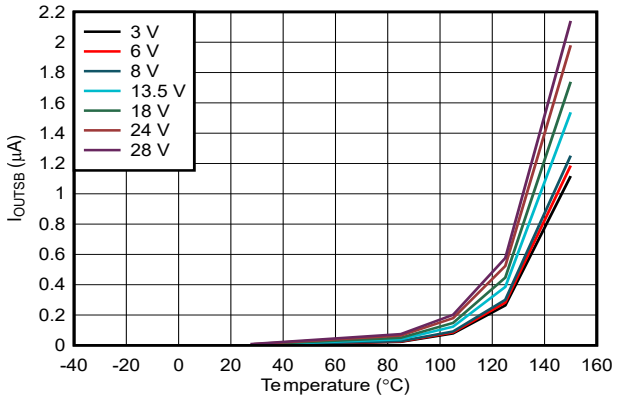


图 5-1. 瞬态热阻抗



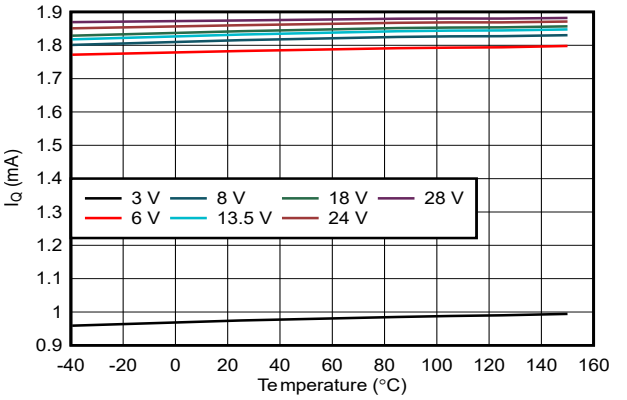
V_{OUT} = 0V V_{EN} = 0V V_{DIAG_EN} = 0V
V_{BB} 有所不同

图 5-2. 待机电流 I_{SB} 与温度间的关系



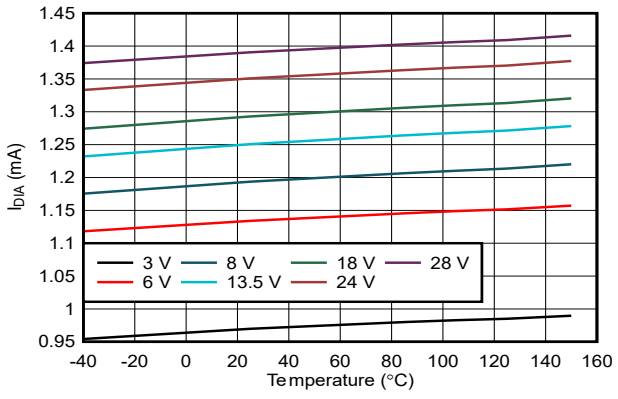
V_{OUT} = 0V V_{EN} = 0V V_{DIAG_EN} = 0V
V_{BB} 有所不同

图 5-3. 输出泄漏电流 $I_{OUT,STBY}$ 与温度间的关系



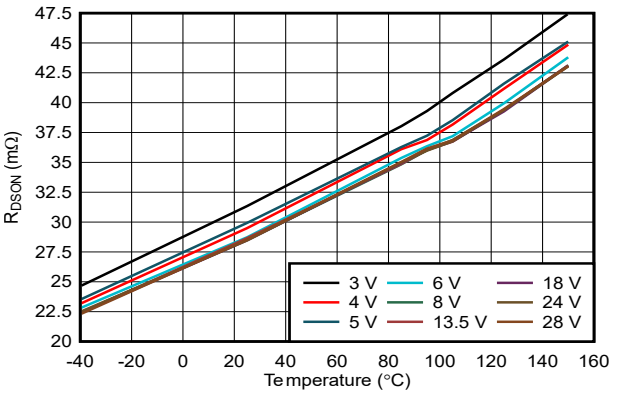
I_{OUT} = 0A V_{EN} = 5V V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同

图 5-4. 静态电流 I_Q 与温度间的关系



I_{OUT} = 0A V_{EN} = 0V V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同

图 5-5. 诊断电流 I_{DIA} 与温度间的关系



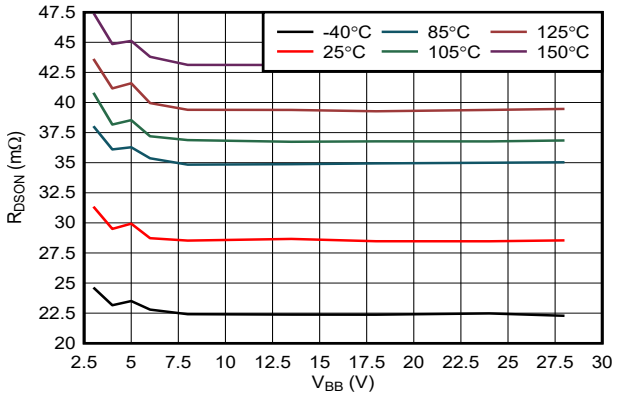
I_{OUT} = 1A V_{EN} = 5V V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同

图 5-6. R_{DSON} 与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

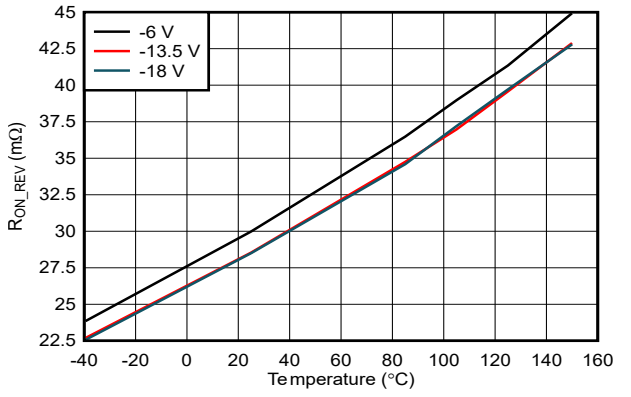
5.8 典型特性 (续)

以下所有数据均基于三个批次样本的平均值；如果未指定，则 V_{VBB} = 13.5V。



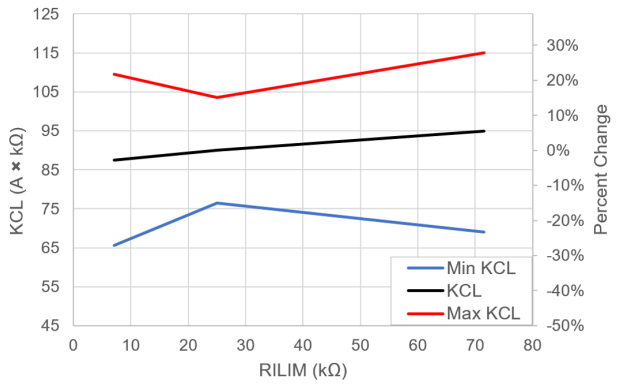
I_{OUT} = 1A　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同

图 5-7. R_{DSON} 与 V_{BB} 间的关系



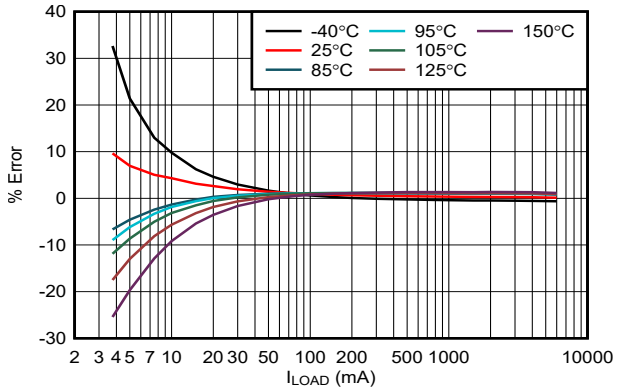
I_{OUT} = 1A　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同

图 5-8. R_{ONREV} 与温度间的关系



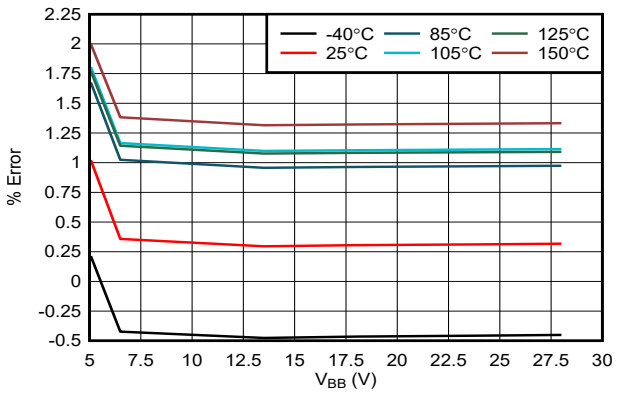
R_{OUT} = 5 µ H 和 100m Ω　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{DS} = 3V

图 5-9. KCL 与 RILIM 间的关系



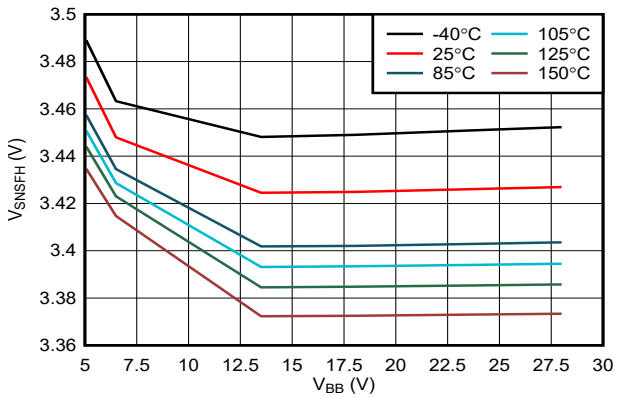
R_{OUT} 有所不同　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} = 13.5V　　R_{SNS} = 1k Ω

图 5-10. KSNS 误差与负载电流间的关系



I_{OUT} = 1.5A　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　　R_{SNS} = 1k Ω

图 5-11. KSNS 误差与 VBB 间的关系



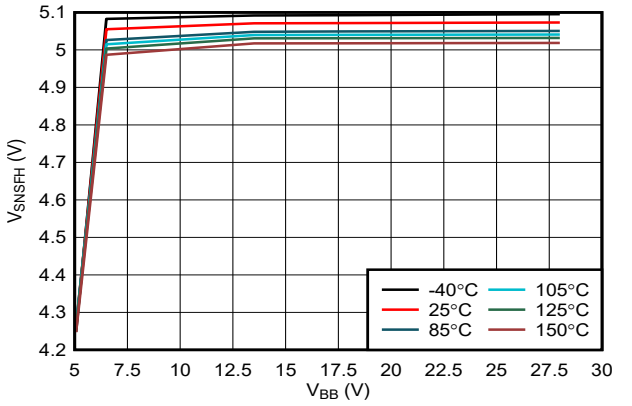
R_{OUT} = 5 µ H 和 100m Ω　　V_{EN} = 5V　　V_{DIAG_EN} = 3.3V
V_{BB} 有所不同　　R_{SNS} = 1k Ω

图 5-12. VSNSFH (3.3V) 与 VBB 间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

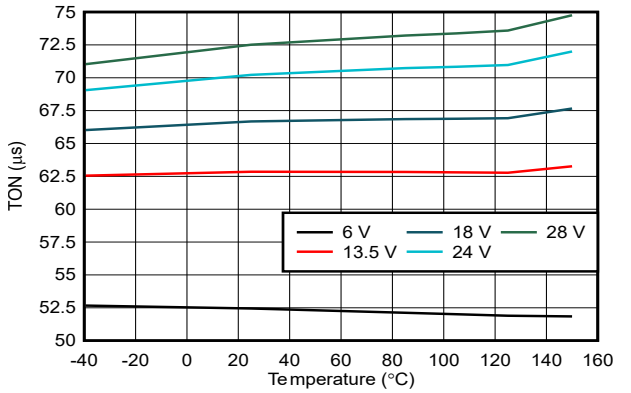
5.8 典型特性 (续)

以下所有数据均基于三个批次样本的平均值；如果未指定，则 V_{VBB} = 13.5V。



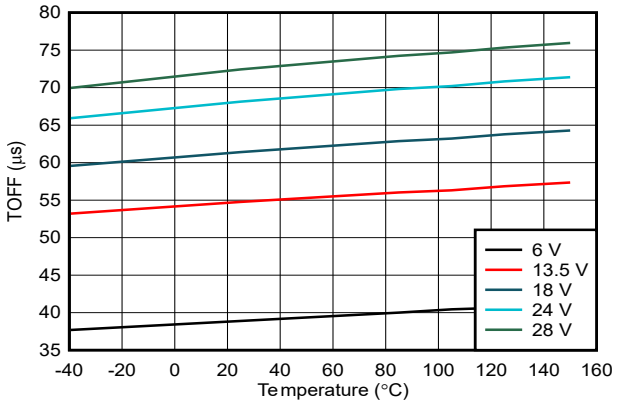
R_{OUT} = 5 µH 和 100mΩ　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-13. VSNSFH (5V) 与 VBB 间的关系



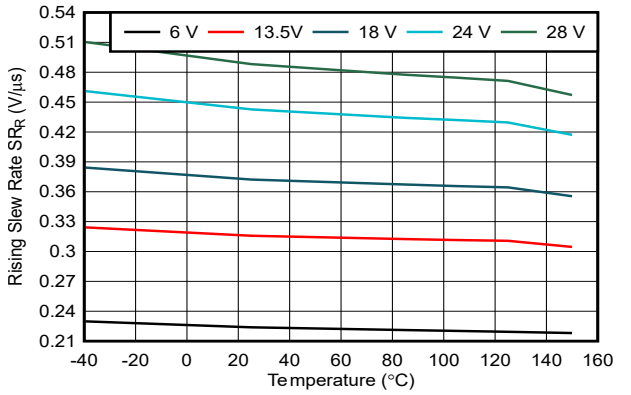
R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-14. 导通时间 T_{ON} 与温度间的关系



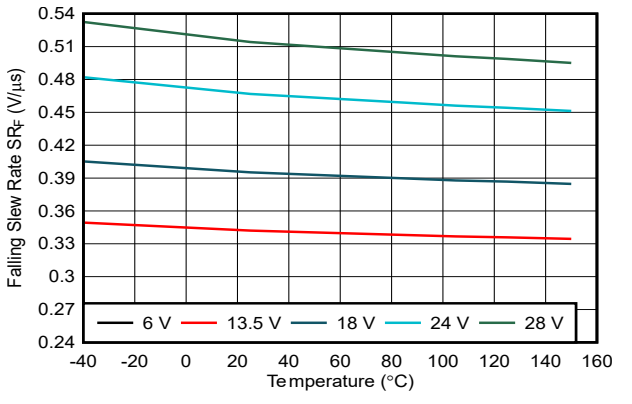
R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-15. 关断时间 T_{OFF} 与温度间的关系



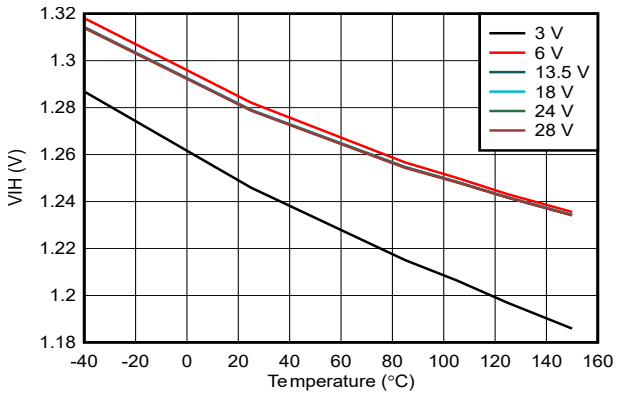
R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-16. 上升压摆率 SRR 与温度间的关系



R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-17. 下降压摆率 SRF 与温度间的关系



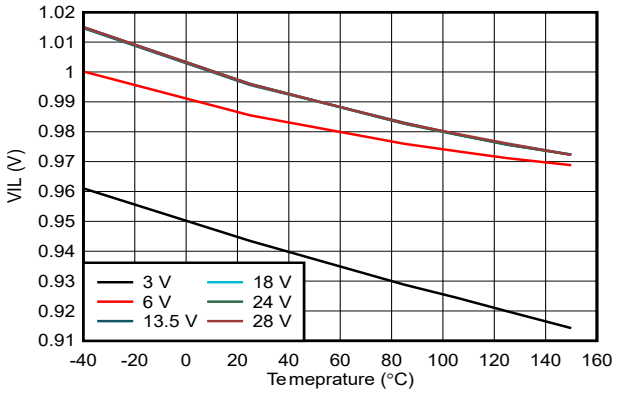
R_{OUT} = 1kΩ　V_{EN} = 0 至 3.3V　V_{DIAG_EN} = 0 至 3.3V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-18. V_{IH} 与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

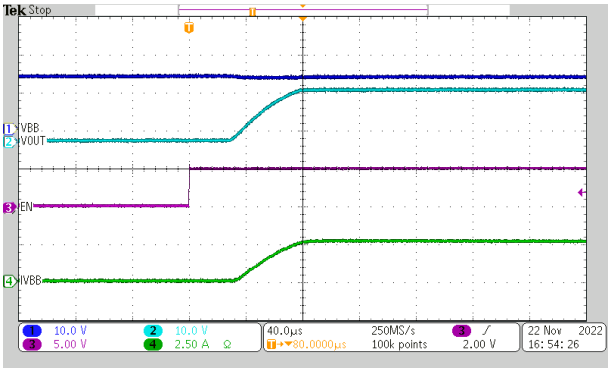
5.8 典型特性 (续)

以下所有数据均基于三个批次样本的平均值；如果未指定，则 V_{VBB} = 13.5V。



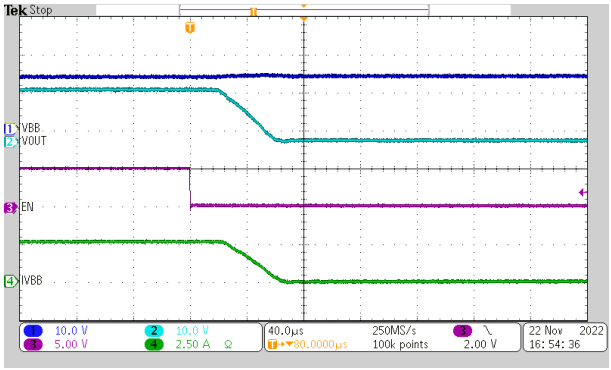
R_{OUT} = 1kΩ　V_{EN} = 3.3 至 0V　V_{DIAG_EN} = 3.3 至 0V
V_{BB} 有所不同　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-19. V_{IL} 与温度间的关系



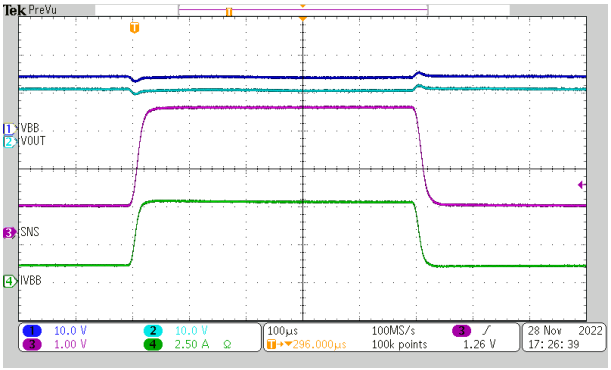
R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 0 至 5V　V_{DIAG_EN} = 0V
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-20. 导通时间 (t_{ON})



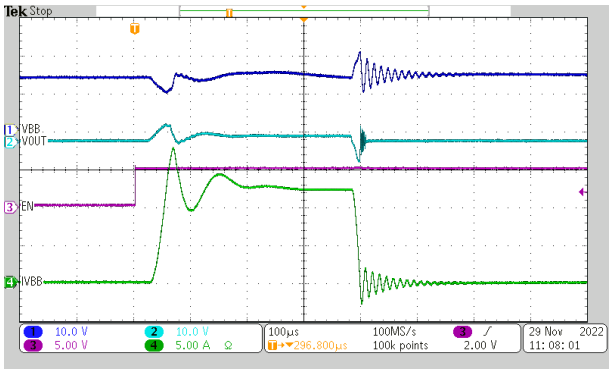
R_{OUT} = 10Ω　V_{EN} = 5 至 0V　V_{DIAG_EN} = 0V
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-21. 关断时间 (t_{OFF})



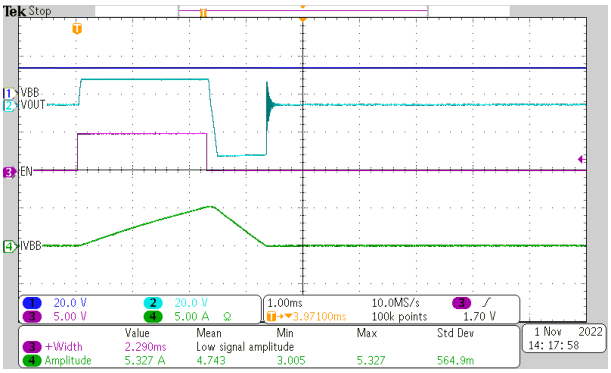
I_{OUT} = 1A 至 5A　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ

图 5-22. 负载阶跃上的 ISNS 趋稳时间 (t_{SNSION})



R_{OUT} = 5μH 和 100mΩ　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　R_{ILIM} = 7.15kΩ

图 5-23. 带 ILIM 接地短路的短路



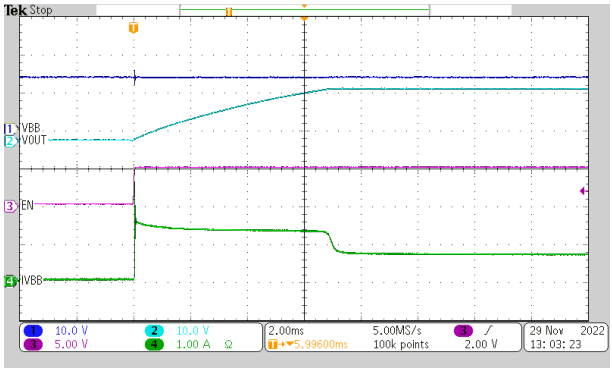
R_{OUT} = 5mH　V_{EN} = 5V　V_{DIAG_EN} = 5V
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　R_{ILIM} = GND

图 5-24. 5mH 感性负载驱动

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.8 典型特性 (续)

以下所有数据均基于三个批次样本的平均值；如果未指定，则 V_{VBB} = 13.5V。



R_{OUT} = 470 µF 和 20 Ω
V_{BB} = 13.5V
V_{EN} = 5V
R_{SNS} = 1k Ω
V_{DIAG_EN} = 5V
R_{ILIM} = 71.5k Ω

图 5-25. 470 µF 容性负载驱动

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 参数测量信息

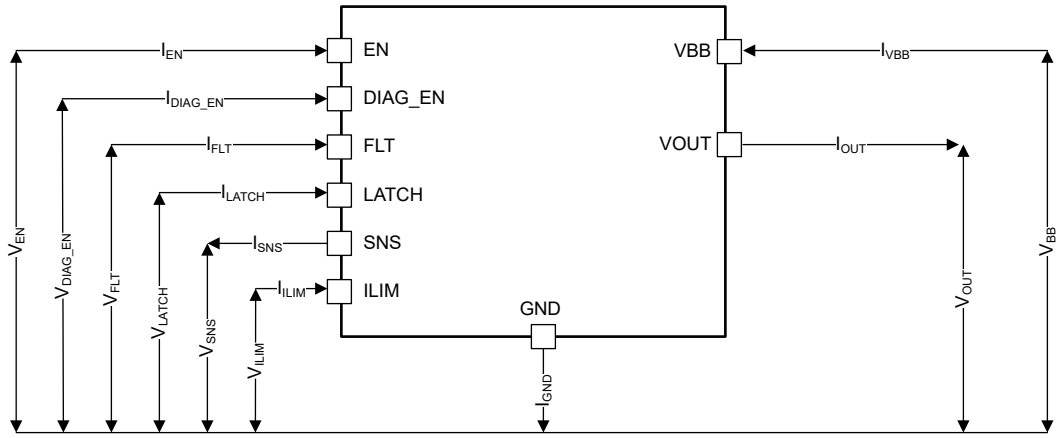
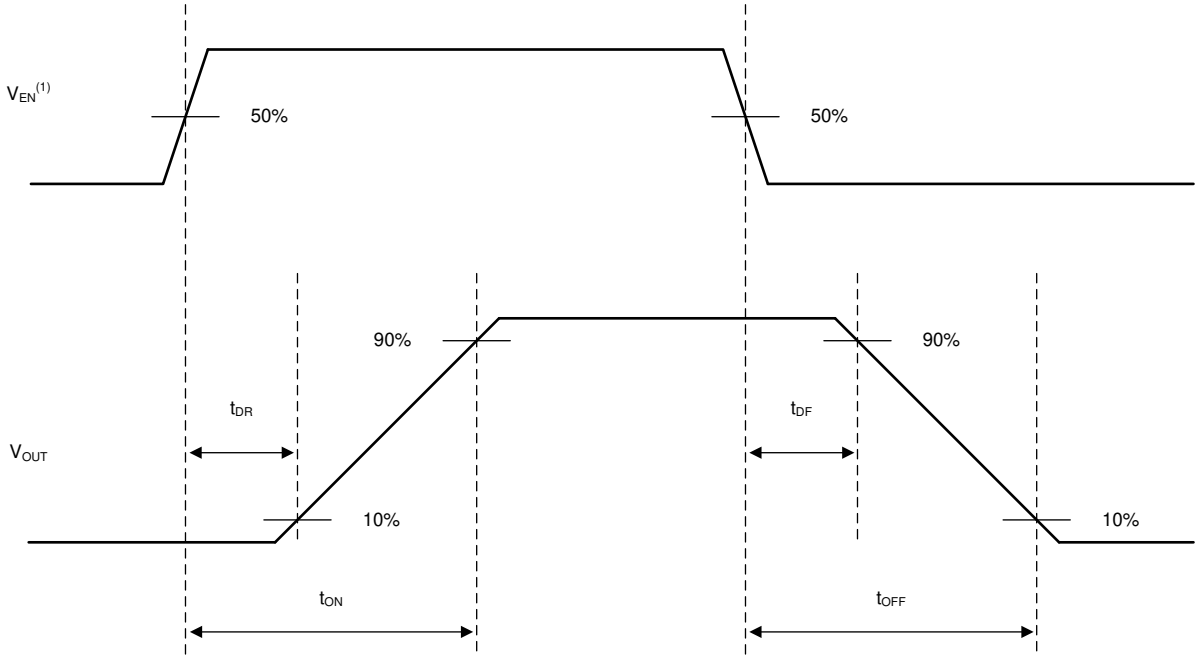
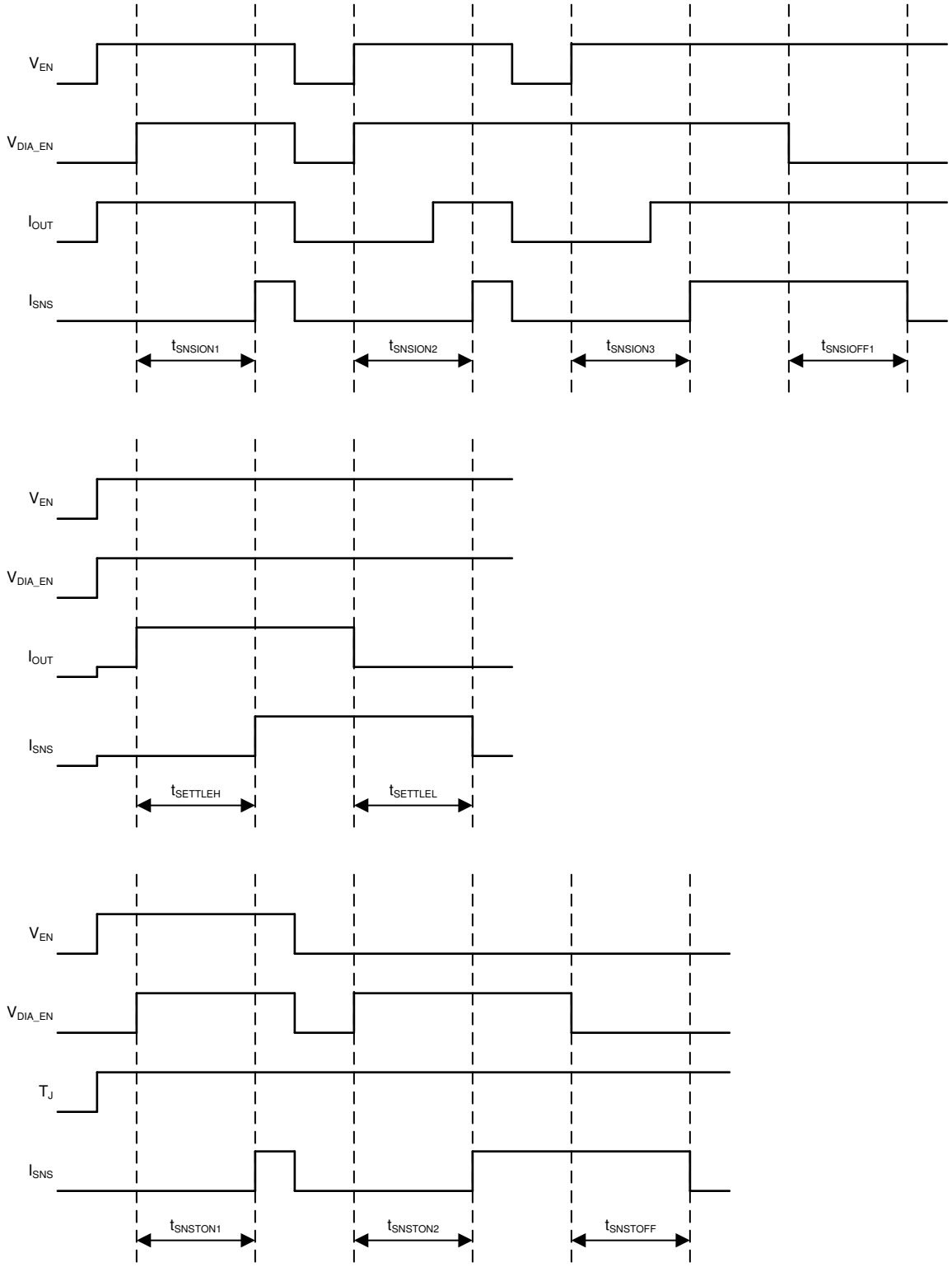


图 6-1. 参数定义



V_{EN} 的上升和下降时间为 100ns。

图 6-2. 开关特性定义



控制信号的上升和下降时间为 100ns。控制信号包括：EN、DIA_EN。

图 6-3. SNS 时序特性定义

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TPS1HC30-Q1 是一款受到全面保护的单通道高侧电源开关，具有集成式 NMOS 电源 FET 和电荷泵。该器件具有丰富的诊断功能以及高精度电流检测特性，能够对负载实施智能控制。输入引脚上的 1.5V 低逻辑高电平阈值 V_{IH} 允许使用低至 1.8V 的 MCU。可编程的电流限制功能能够极大地提高整个系统的可靠性。器件诊断报告功能具有两个引脚来支持数字状态和模拟电流检测输出，当禁用诊断时，这两个引脚都可以设置为高阻抗状态，以便在器件间多路复用 MCU 模拟或数字接口。

数字状态报告是在故障引脚上采用开漏结构实现的。当发生故障情况时，该引脚下拉至 GND。需要使用一个外部上拉电阻来匹配微控制器的电源电平。高精度电流检测可实现更好的实时监测效果和更准确的诊断，无需进一步校准。电流镜用于提供 $1/K_{SNS}$ 的负载电流，等于 SNS 引脚上的电压。K_{SNS} 在整个温度和电源电压范围内是一个恒定值。电流检测功能通常在 0V 至 4V 的宽线性区域内运行。SNS 引脚还可以通过强制电压等于 $I_{SNSFLT} \times R_{SNS}$ 来报告故障，该电压会被钳位在 V_{SNSFH}（与诊断使能电压成比例，以便系统的 ADC 看到的最大电压在可接受的值内）的最大值以内。通过此操作，无需再在 SNS 引脚上使用外部齐纳二极管或电阻分压器。

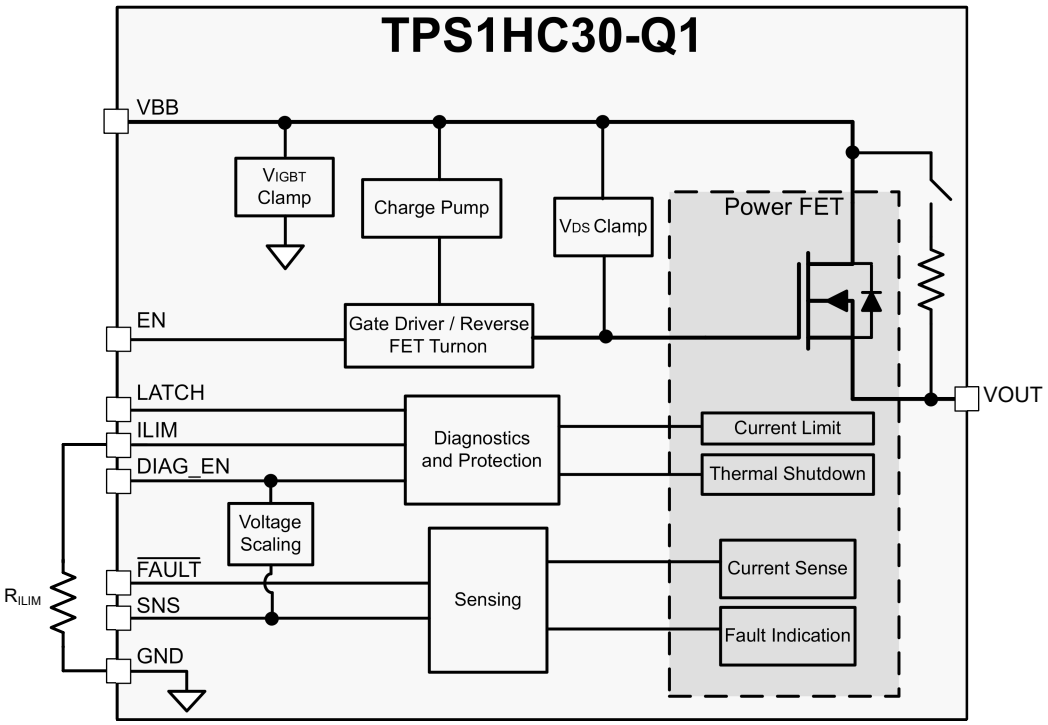
外部高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。电流限制功能通过在启动或短路条件下有效地钳制浪涌电流，极大地提高了系统的可靠性。此外，电流限制功能还可以通过减少 PCB 走线以及减小连接器尺寸和前一个功率级容量来节省系统成本。此器件中还实现内部电流限制。施加外部或内部电流限制值的较低值。

内置的漏极和源极电压钳位可解决如继电器、螺线管、泵、电机等电感负载能量的关断问题。在电感关断周期期间，电源 (E_{BAT}) 和负载 (E_{LOAD}) 的能量都消耗在高侧电源开关上。凭借工艺技术和出色的 IC 布局的优势，TPS1HC30-Q1 器件可以实现出色的功耗能力，这在大多数情况下有助于省去外部续流电路。更多详细信息，请参阅*电阻负载关断钳位*。

短路可靠性对于智能高侧电源开关器件而言至关重要。AEC-Q100-012 标准用于确定器件在连续短路情况下运行时的可靠性。根据通过周期指定了不同的等级。该器件符合最高级别 A 级（100 万次 GND 短路）认证。

TPS1HC30-Q1 器件可用作各种电阻负载、电感负载和容性负载（包括低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 精确的电流检测

内部实现了高精度电流检测功能，无需进一步校准，即可实现实时监测和更准确的诊断。电流镜用于提供 $1/K_{SNS}$ 的负载电流，流入 SNS 引脚和 GND 之间的外部电阻器，等于 SNS 引脚上的电压。

K_{SNS} 为输出电流与检测电流之比。电气特性中引用的 K_{SNS} 的精度值确实考虑了温度和电源电压。每个器件在生产时都经过内部校准，因此大多数情况下不需要用户进行后校准。

SNS 引脚上的最大输出电压被钳位至 V_{SNSFH}，即故障电压电平。为了确保该电压不高于系统可以承受的电压，TI 已将进入 DIAG_EN 引脚的电压与 SNS 引脚上的最大电压输出相关联。如果 DIAG_EN 介于 V_{IH} 和 3.3V 之间，则 SNS 引脚上的最大输出约为 3.3V。但是，如果 DIAG_EN 上的电压高于 3.3V，则故障 SNS 电压 V_{SNSFH} 会跟踪该电压（高达 5V）。由于通过 DIAG_EN 为诊断供电的 GPIO 电压输出接近同一微控制器内的最大可接受 ADC 电压，因此进行了跟踪。因此，可以选择检测电阻值 R_{SNS}，以尽可能地扩大系统所需测量的电流范围。必须根据应用需求选择 R_{SNS} 值。对于系统需要测量的最小负载电流 $I_{LOAD,min}$，最小可用 R_{SNS} 值受 ADC 最小可接受电压 $V_{ADC,min}$ 限制。可接受的最大 R_{SNS} 值必须确保 V_{SNS} 电压低于 V_{SNSFH} 值，以便系统可以确定故障。通过 SNS 引脚的最大可读电流 $I_{LOAD,max} \times R_{SNS}$ 与 V_{SNSFH} 之间的差值称为余量电压 V_{HR}。余量电压由系统确定，但很重要，以便最大可读电流不触发故障情况。因此，最大 R_{SNS} 值必须是 V_{SNSFH} 与 V_{HR} 之差，乘以检测电流比 K_{SNS}，然后除以系统必须测量的最大负载电流 $I_{LOAD,max}$。使用以下公式来查看边界公式。

$$V_{ADC,\,min} \times K_{SNS} \div I_{LOAD,\,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} \div I_{LOAD,\,max} \quad (1)$$

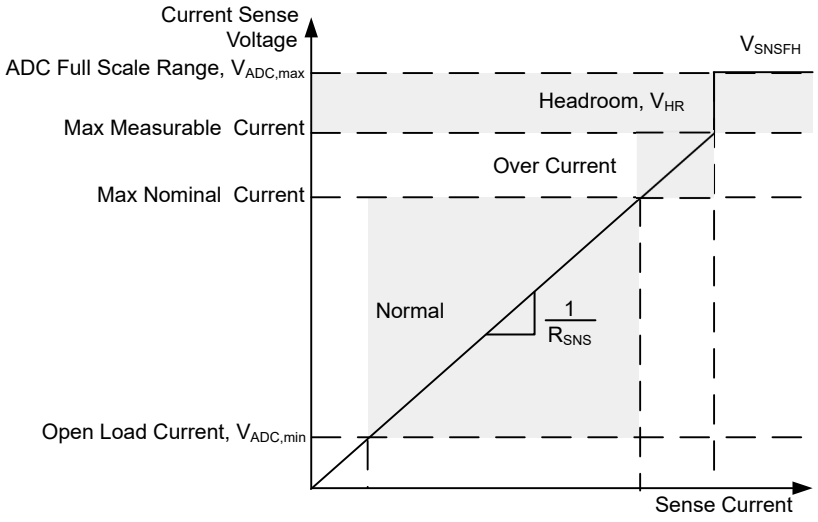


图 7-1. 电流检测引脚上的电压指示

系统要读取的最大电流 $I_{LOAD,max}$ 必须低于电流限制阈值，因为在电流限制阈值跳变之后，V_{SNS} 值会变为 V_{SNSFH}。此外，被测电流可高达最大 ILIM 值，但电流检测输出精度未被指定为高于电流检测特性中的最大额定值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

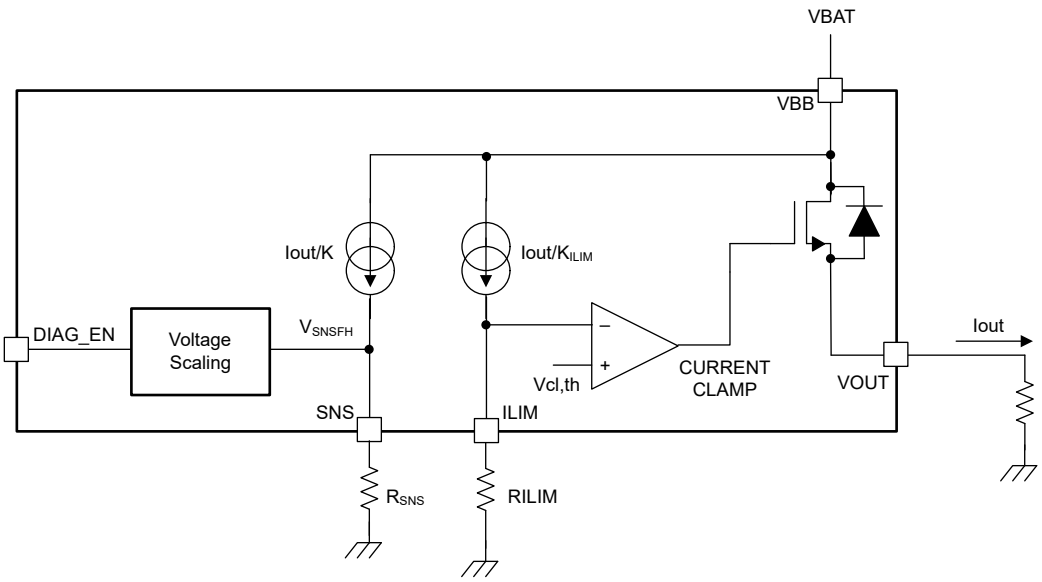


图 7-2. 电流检测和电流限制方框图

由于该方案会根据来自 MCU 的电压进行调整，因此无需在 SNS 引脚上使用齐纳二极管来提供高电压保护。

7.3.2 可编程电流限制

高精度的电流限制可实现更高的可靠性，从而在短路或上电期间保护电源。此外，电流限制还可以通过减少 PCB 走线、连接器尺寸和前一个功率级的容量来节省系统成本。

电流限制提供了保护功能，可防止负载和集成的功率 FET 出现过应力。电流限制将电流保持在设定值，将 SNS 引脚上拉至 V_{SNSFH}，并将 $\overline{FLT}$ 引脚置为有效以作为诊断报告。三个电流限制阈值为：

- 外部可编程电流限制 – 一个外部电阻器 R_{ILIM} 用于设置通道电流限制。当流经器件的电流超过 I_{CL}（电流限制阈值）时，闭环立即介入。V_{GS} 电压相应地进行调节，从而实现 V_{DS} 电压调节。设置闭环后，电流被钳制于设定值。外部可编程电流限制提供了根据应用设置电流限制值的能力。

  此外，可以通过更改 ILIM 引脚上的电阻来动态更改该值。此信息可以在*应用部分*中看到。
- 内部电流限制：I_{LIM} 引脚接地短路 -- 如果外部电流限制超出下限或 I_{LIM} 引脚接地短路，则内部电流限制是固定的，通常为 12A。要将内部电流限制用于大电流应用，请将 I_{LIM} 引脚直接连接到器件 GND。
- 内部电流限制：I_{LIM} 引脚开路 - 如果外部电阻器超出上限或 ILIM 引脚开路，则电流限制将恢复至 6A 或电流限制范围的一半。该水平仍高于器件在直流 STEADY 状态下运行的标称运行值，但足够低，如果发生引脚故障且 R_{ILIM} 开路，则电流不会默认为最大额定值，并会对电源施加额外的应力。

当 V_{BB} 加电并且 EN 为高电平时，内部电流限制 ($I_{lim,nom}$) 和外部可编程电流限制都始终有效。（I_{LIM} 和外部可编程电流限制的）较低值用作实际电流限制。电流限制置为有效的典型抗尖峰脉冲时间为 2.5 µs。

请注意，如果使用接地网络（这会导致器件接地和电路板接地之间发生电平位移），则 ILIM 引脚必须与器件 GND 连接。使用公式 2 来计算 R_{ILIM}。

$$R_{ILIM} = K_{CL} / I_{LIM} \quad (2)$$

为了更好地防止“热短路”情况（当 V_{BB} 为高电平，通道开启并且突然发生 GND 短路时），触发了过流保护 OVCR 电路，确保限制器件允许的最大电流。借助此 OVCR，器件在“热短路”事件期间受到保护。

有关电流限制特性的更多信息，请参阅*短路和过载保护*部分。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.2.1 V_{DS} 上的电流限制精度

TPS1HC30-Q1 在整个电流及温度范围内具有非常严格的电流限制调节电平精度。该精度在电气特性中 VDS = 3V 时指定的多个 RILIM 值 7.15kΩ、25kΩ 及 71.5kΩ 下定义。但是，随着 V_{DS} (V_{BB} – V_{OUT}) 的增加，电流调节值也略有增加。采用典型器件，指定的 3 个不同电流限制范围内扫描 VDS 电压并绘制调节值可得到下图。

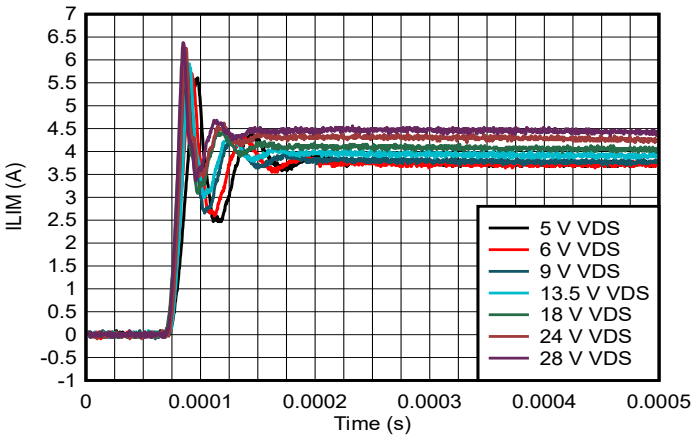


图 7-3. 不同 VDS 下的电流限制调节，RILIM = 25kΩ

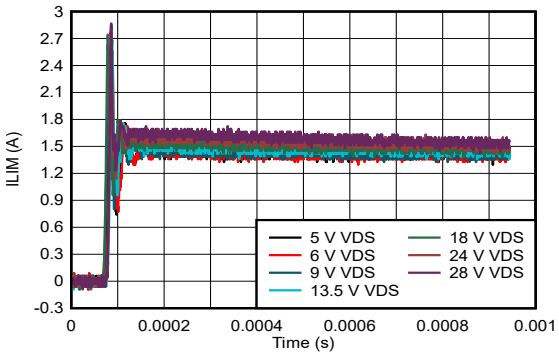


图 7-4. 不同 VDS 下的电流限制调节，RILIM = 71.5kΩ

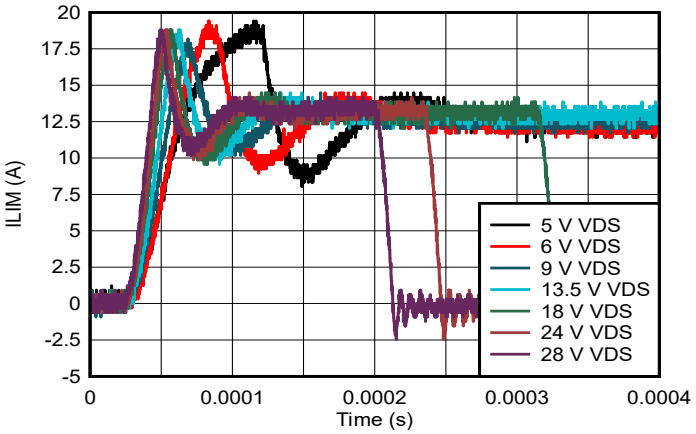


图 7-5. 不同 VDS 下的电流限制调节，RILIM = 7.15kΩ

在每个不同 RILIM 设置的调节时间内使用一个点，可以将图形归一化为 V_{DS} = 3V 电气特性中的规格，从而得到下图。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

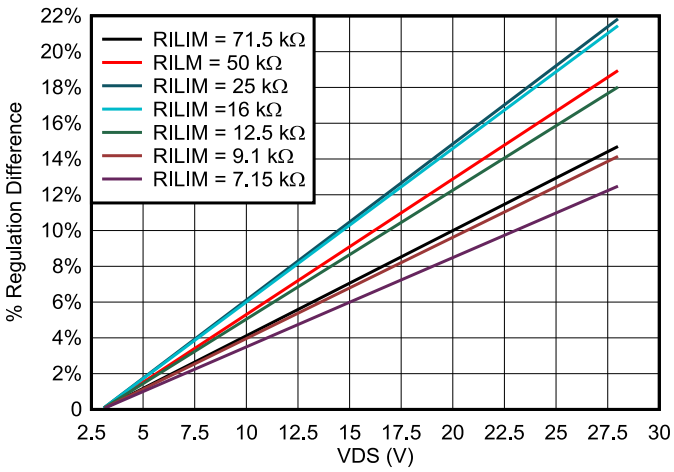


图 7-6. 电流限制调节百分比随 V_{DS} 的变化而变化

使用此图，可以根据应用中看到的 VDS 值，根据所需的任何电流限制值估算电流限制调节值。这些图形取自典型器件，在考虑电流限制容差时必须用作参考。例如，请参阅下表，了解基于将电流限制设置为接近最大负载电流的调节值。请注意，RILIM 容差不会计入下面的分析。

表 7-1. RLIM 容差分析

应用的最大负载电流	RILIM	KCL	最小电流限值 (AT V_{DS} = 3V)	V_{BB} = V_{DS} = 18V 时的短路调节值
15A	47.5kΩ	92.4A × kΩ	1.53A (1.94A -21%)	2.5A, +11%
3A	25kΩ	90A × kΩ	3.06A (3.6A - 15%)	4.6A, +13%
6A	11.3kΩ	88.2A × kΩ	6.03A (7.8A - 23%)	10.6A, +11%

7.3.2.2 电容充电

下图展示了容性负载应用的典型设置，以及使用该器件时运行的内部块。请注意，所有容性负载都有一个与电容器并联的关联“负载”，该负载被描述为电阻负载，但实际上它可以是电感负载或电阻负载。

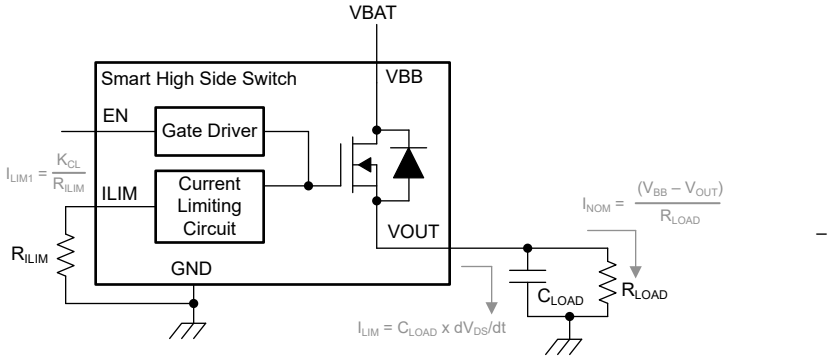


图 7-7. 电容充电电路

首先要检查的是 TPS1HC30-Q1 器件可以接受标称直流电流 I_{NOM}。此检查可以很轻松地完成，方法是从*热信息*部分获取 $R_{\theta JA}$，将 TPS1HC30-Q1 的 RON 与其 INOM 相乘，再加上环境温度，如果该值低于热关断值，则器件可以在该负载电流下运行。有关此计算的示例，请参阅*应用*部分。

此应用的第二个关键关注点是确保容性负载可以完全充电，而不会使器件发生热关断。原因在于，如果器件在充电期间发生热关断，则与电容器并联的负载的电阻性质在 TPS1HC30-Q1 关断期间开始对电容器放电。请注意，有些应用具有足够高的负载阻抗，TPS1HC30-Q1 发生热关断并重试是可接受的；然而，对于大多数应用，系统设计必须确保 TPS1HC30-Q1 在对电容器充电时不会发生热关断。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

借助 TPS1HC30-Q1 的电流钳位特性，与其他高电流限制开关相比，能够以更低的浪涌电流给电容器充电。这种较低的浪涌电流意味着电容器需要更长的时间才能完全充电。充电所需的时间遵循以下公式。

$$I_{LIM} = C \times d(V_{BB} - V_{DS}) / dt \quad (3)$$

但是，由于典型 3.3A 应用的 V_{DS} 远低于 V_{BB} 电压（$V_{DS} \cong 3.3A \times 0.03\,\Omega = 100mV$，$V_{BB} \cong 13.5V$），因此可以将公式重写并近似处理为

$$dt = C \times dV_{BB} / I_{LIM} \quad (4)$$

下图显示了充电时序。

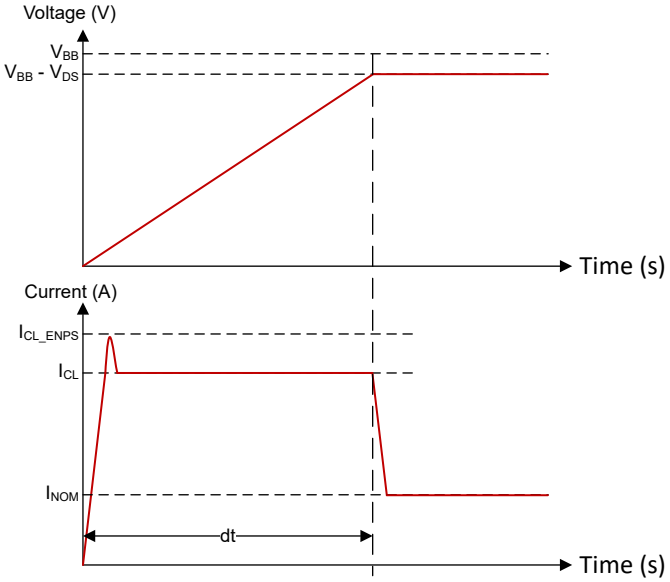


图 7-8. 电容充电时间

使用基于电流限值计算的此 dt，并找到 dt 值一半处的瞬态热阻抗值，可以通过方程式 5 估算结温上升。

$$\Delta T_J \cong 2/3 \times V_{BB} \times I_{LIM} \times R_{\theta JA(dt/2)} \quad (5)$$

有关使用高侧开关进行电容充电的更多信息，请参阅*如何驱动阻性、感性、容性和照明负载*应用手册。本应用手册包含有关可用热建模的信息，以及估算高侧开关是否能够将电容器充电至给定电压的快速方法。

7.3.3 电感负载关断钳位

当关断电感负载时，由于电感特性，输出电压下拉至负值。如果在电流衰减期间没有对电压进行钳位，则功率 FET 可能会击穿。在这种情况下，为了保护功率 FET，请在内部钳制漏源电压，即 $V_{DS,clamp}$（漏极和栅极之间的钳位二极管）。

$$V_{DS,clamp} = V_{BAT} - V_{OUT} \quad (6)$$

在电流衰减期间 (T_{DECAY})，功率 FET 导通以进行电感能量耗散。电源 (E_{BAT}) 和负载 (E_{LOAD}) 的能量都消耗在高侧电源开关上，称为 E_{HSD}。如果电阻与电感串联，则部分负载能量会在电阻中耗散。

$$E_{HSD} = E_{BAT} + E_{LOAD} = E_{BAT} + E_L - E_R \quad (7)$$

从高侧电源开关的角度来看，E_{HSD} 等于电流衰减期间的积分值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

$$E_{HSD} = \int_0^{T_{DECAY}} V_{DS,clamp} \times I_{OUT}(t)\,dt \tag{8}$$

$$T_{DECAY} = \frac{L}{R} \times \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(MAX)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right) \tag{9}$$

$$E_{HSD} = L \times \frac{V_{BAT} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[R \times I_{OUT(MAX)} - |V_{OUT}| \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(MAX)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right)\right] \tag{10}$$

当 R 大概等于 0 时，E_{HSD} 可以简单地表示为：

$$E_{HSD} = \frac{1}{2} \times L \times I^2_{OUT(MAX)} \frac{V_{BAT} + |V_{OUT}|}{R^2} \tag{11}$$

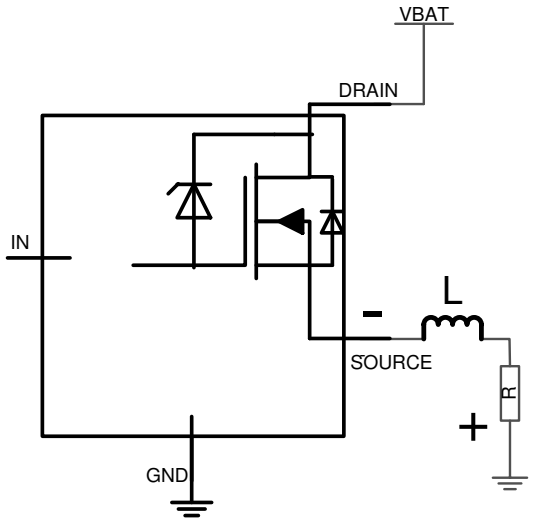


图 7-9. 驱动电感负载

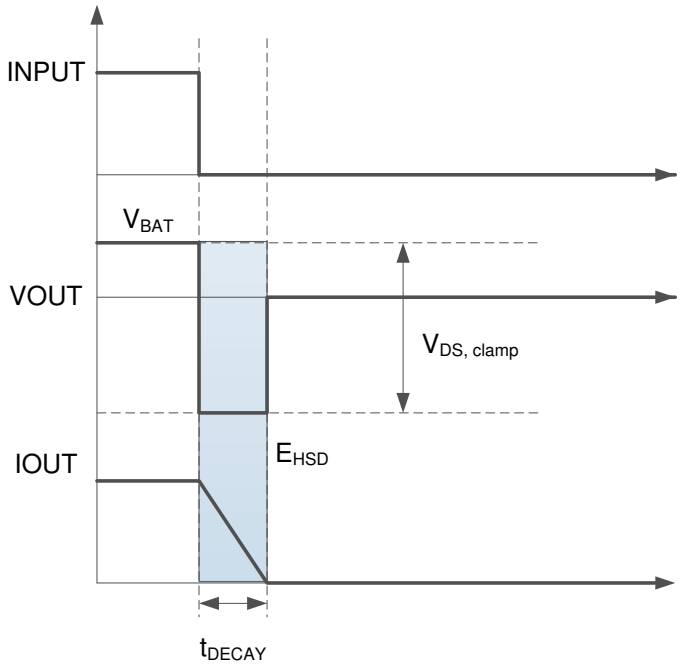


图 7-10. 电感负载关断图

如前所述，关断时，电池能量和负载能量会在高侧电源开关上耗散。对于每个高侧电源开关，最大安全功率耗散的上限取决于器件的固有容量、环境温度和电路板功耗条件。器件在测试条件下可承受的单脉冲能量上限：VS = 13.5V、电感 5mH、$T_{J,start}$ = 125°C 时为 75mJ。100 万个重复脉冲的能量上限为 30mJ。

7.3.4 全面保护和诊断

表 7-2 表示 DIAG_EN 启用时的状态。当 DIAG_EN 为低电平时，禁用电流检测和 FLT。输出处于高阻抗模式。有关详细信息，请参阅下表。

表 7-2. 诊断使能逻辑表

DIAG_EN	IN 条件	保护和诊断
高电平	ON	请参阅故障表
	OFF	
低电平	ON	诊断已禁用，保护正常 SNS 和 $\overline{FLT}$ 为高阻抗
	OFF	

表 7-3. 故障表

条件	EN	VOUT	闩锁	$\overline{FLT}$	SNS	行为	恢复
正常	L	L	x	Hi-Z	0	正常	
	H	H	x	Hi-Z	I_{Load} / K_{sns}	正常	
过流	H	V_{BB} – I_{LIM} × R_{LOAD}	x	L	V_{SNSFH}	将电流保持在电流限值，直至热关断或过流事件被消除	
STG、相对热关断、绝对热关断	H	高/低电平	L	L	V_{SNSFH}	当器件达到相对或绝对热关断时关断	当 T_{HYS} 得到满足且持续时间长于 t_{RETRY} 时间量时自动重试
	H	高/低电平	H	L	V_{SNSFH}	当器件达到相对或绝对热关断时关断	保持关闭状态，直到切换闩锁或使能

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. 故障表（续）

条件	EN	VOUT	闩锁	FLT	SNS	行为	恢复
开路负载，STB	H	H	x	Hi-Z	I_{Load}/K_{SNS} = ~0	正常行为，用户可以通过 SNS 引脚输出判断是否为开路负载	
	L	H	x	L	V_{SNSFH}	内部上拉电阻有效。如果 V_{BB} – V_{OUT} < V_{OL}，则故障激活。	当故障消失时清除
反极性	x	x	x	x	x	通道将开启以降低功率耗散。流入接地引脚的电流受外部接地网络的限制。	

表 7-4. 每个故障条件的抗尖峰脉冲时间

故障条件	抗尖峰脉冲时间
ILIM	2.5µs
T_{REL}	2.5µs
T_{ABS}	20µs
开路负载	500µs

7.3.4.1 短路和过载保护

TPS1HC30-Q1 提供输出短路保护功能，可确保器件在 GND 路径阻抗较低时阻止电流流动，从而避免损坏或严重电源压降的风险。无论 ILIM 引脚的状态如何，该器件都能够在 125°C 下提供高达 28V 的电源，从而防止发生短路事件。

下图显示了器件发生短路时，TPS1HC30-Q1 的行为。

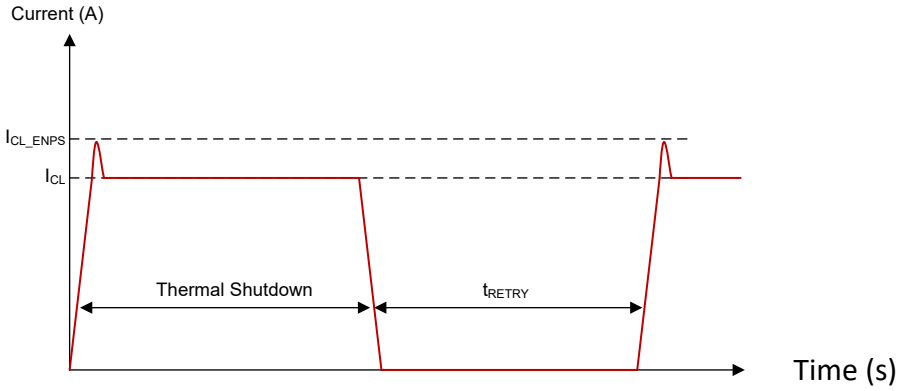


图 7-11. 启用至短路行为 (LATCH=0)

受低阻抗路径影响，输出电流将迅速增加，直至器件达到电流限制阈值。由于电流限制电路的响应时间，测得的最大电流可能会暂时超过定义为 I_{CL_ENPS} 的 I_{CL} 值，但电流会稳定到电流限制调节值。

在这种状态下，FET 的功率会变高，因此最终会达到 FET 的内部热保护温度并使器件安全关断。然后，如果 LATCH 引脚为低电平，则器件会等待 t_{RETRY} 时间量并重新导通。

图 7-12 展示了 TPS1HC30-Q1 在发生短路且器件处于导通状态并已在输出电流时的行为。当内部导通 FET 完全启用时，电流钳位稳定时间会更慢，因此，为了确保过冲受到限制，该器件在电平 I_{OVCR} 下实现快速跳变电平。当达到此快速跳变阈值时，该器件会立即关闭一小段时间，然后快速重新启用，并在短暂的瞬态过冲至更高的峰值电流 (I_{CL_ENPS}) 电平后将电流钳位到 I_{CL} 电平。然后，该器件会将电流保持钳位在稳压电流限制，直到达到热关断温度，而器件将安全关断。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

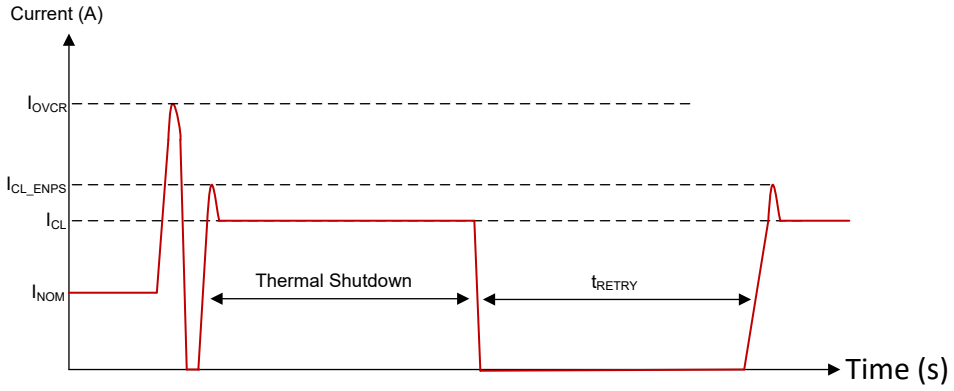


图 7-12. 导通状态短路行为

过载行为显示了当阻抗发生微小变化导致负载电流高于 I_{CL} 阈值时 TPS1HC30-Q1 的行为。电流升至高于调节电平的 I_{CL_LINPK}。然后，电流限制调节环路启动，电流降至 I_{CL} 值。

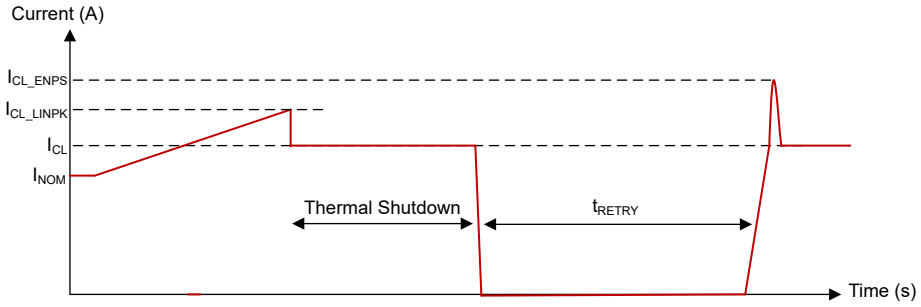


图 7-13. 过载行为

在所有这些情况下，内部热关断是安全的，可以重复执行。反复达到此热关断电平不会带来器件风险或寿命可靠性问题。

7.3.4.2 开路负载和电池短路检测

当启用主通道时，通过读取 SNS 或 $\overline{FLT}$ 引脚上的电压来诊断故障，并由用户判断。高精度电流检测的一个好处是：该器件可以实现非常低的开路负载检测阈值，从而相应地扩大正常工作区域。TI 建议将 15mA 作为开路负载检测阈值的上限，并将 30mA 作为正常工作电流的下限。在图 7-14 中，建议的开路负载检测区域显示为暗阴影区域、浅阴影区域显示为正常运行。作为指导原则，不要将这两个区域重叠。

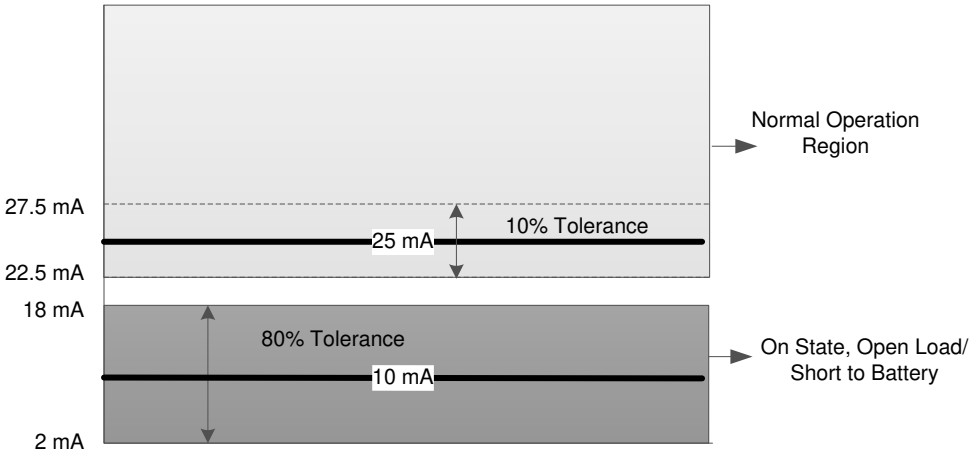


图 7-14. 导通状态开路负载检测及正常工作图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在关断状态下，如果连接了负载，则输出电压拉至 0V。在开路负载的情况下，输出电压接近电源电压 V_{BB} – V_{OUT} < $V_{ol,off}$。FLT 引脚变为低电平以向 MCU 指示故障，SNS 引脚上拉至 V_{SNSFH}。由于内部逻辑控制路径或外部湿度、腐蚀等原因，输出端始终存在漏电流 $I_{ol,off}$。这样，TI 实现了一个内部上拉电阻来抵消漏电流。此上拉电流必须小于输出负载电流，以避免在正常运行模式下产生误检测。为了降低待机电流，TI 实现了一个与由 DIAG_EN 引脚控制的上拉电阻串联的开关。上拉电阻器的阻值为 R_{pu} = 150k Ω。

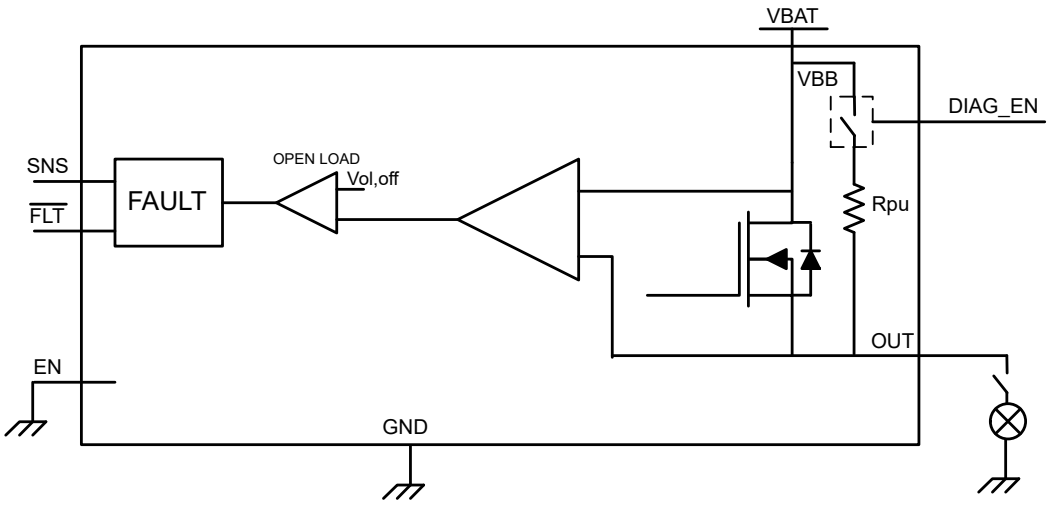


图 7-15. 开路负载检测电路

7.3.4.3 电池短路检测

在导通和关断状态下，电池短路检测具有与开路负载检测相同的检测机制和行为。无法区分该器件的开路负载和电池短路，但系统会检测到故障并相应地提供保护。有关更多详细信息，请参阅表 7-3。

7.3.4.4 反极性和电池反向保护

当器件的接地端进入电池电位 (V_{GND} = V_{BAT}) 且电源引脚接地 (V_{BB} = 0V) 时，会发生反极性（通常称为电池反向）。在这种情况下，如果 EN 引脚有通向接地平面的路径，那么 FET 就会导通，以降低通过主通道的功率耗散，并防止电流流经体二极管。请注意，电阻器、二极管接地网络（如果电源上没有中央阻断二极管）必须存在，器件才能在电池反向事件中保护自身。

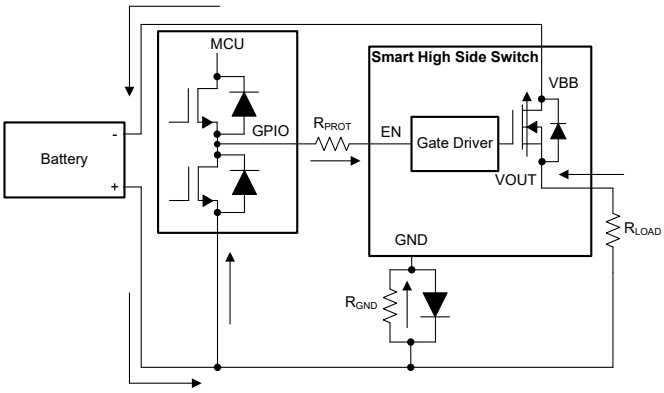


图 7-16. 电池反向电路

有关外部保护电路的更多信息，请参阅*反向电流保护*。更多详细信息，请参阅故障真值表。

7.3.4.5 闩锁模式

TPS1HC30-Q1 具有闩锁功能，它决定在通道因故障而关断后，是自动尝试重新打开，还是在执行其他操作之前保持关闭状态。该功能通过将 LATCH 引脚保持在高电平以实现闩锁功能，或将 LATCH 保持在低电平以实现自动重试功能来实现。

事件发生的顺序为：

1. 器件因故障而关断（热关断）
2. 等待 t_{RETRY}
3. 如果 LATCH = 0
   a. 重新打开通道
4. 如果 LATCH = 1
   a. 保持关闭状态，直到 LATCH = 0 || EN = 0
      i. 然后，如果 LATCH = 0 且 EN = 1
         1. 将通道打开至自动重试模式
      ii. 如果 LATCH = 1 且 EN = 1
         1. 将通道导通至闩锁模式，在该模式下，如果发生另一个故障，则输出将再次闩锁

如需更多信息，请参阅*热保护行为*。

7.3.4.6 热保护行为

热保护行为可分为三类可能发生的事件。图 7-17 展示了每个类别。

1. **相对热关断**：启用该器件以进入过流事件。DIAG_EN 引脚为高电平，因此可以在 SNS 和 FLT 上监控诊断（但是，DIAG_EN 处于高电平并不是所有保护功能正常工作的必要条件）。输出电流升至高达 I_{ILIM} 电平，FLT 变为低电平，同时 SNS 变为 V_{SNSFH}。随着这一大量电流流过，FET 的结温相对于控制器温度迅速升高。当功率 FET 温度升高的 T_{REL} 量超过控制器结温 $\Delta T = T_{FET} - T_{CON} > T_{REL}$ 时，器件关断。SNS 和 FLT 上会持续显示故障，而器件等待 t_{RETRY} 计时器到期。当 t_{RETRY} 计时器到期时，由于 LATCH 引脚为低电平，而 EN 仍然为高电平，因此器件会返回到该 I_{ILIM} 状况。
2. **绝对热关断**：在发生过流事件时器件仍处于启用状态，DIAG_EN 为高电平，而 LATCH 仍为低电平。然而，在这种情况下，结温升高并达到绝对参考温度 T_{ABS}，然后关断。直到 $T_J < T_{ABS} - T_{hys}$ 且 t_{RETRY} 计时器到期，器件才会恢复。
3. **闩锁关闭模式**：器件以使能状态进入过流事件。DIAG_EN 引脚处于高电平，以便可以在 SNS 和 FLT 上监控诊断。输出电流升至高达 I_{ILIM} 电平，FLT 变为低电平，同时 SNS 变为 V_{SNSFH}。如果器件由于热故障而关断（相对热关断或绝对热关断），则在切换 LATCH 引脚或 EN 引脚之前，器件不会启用通道。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

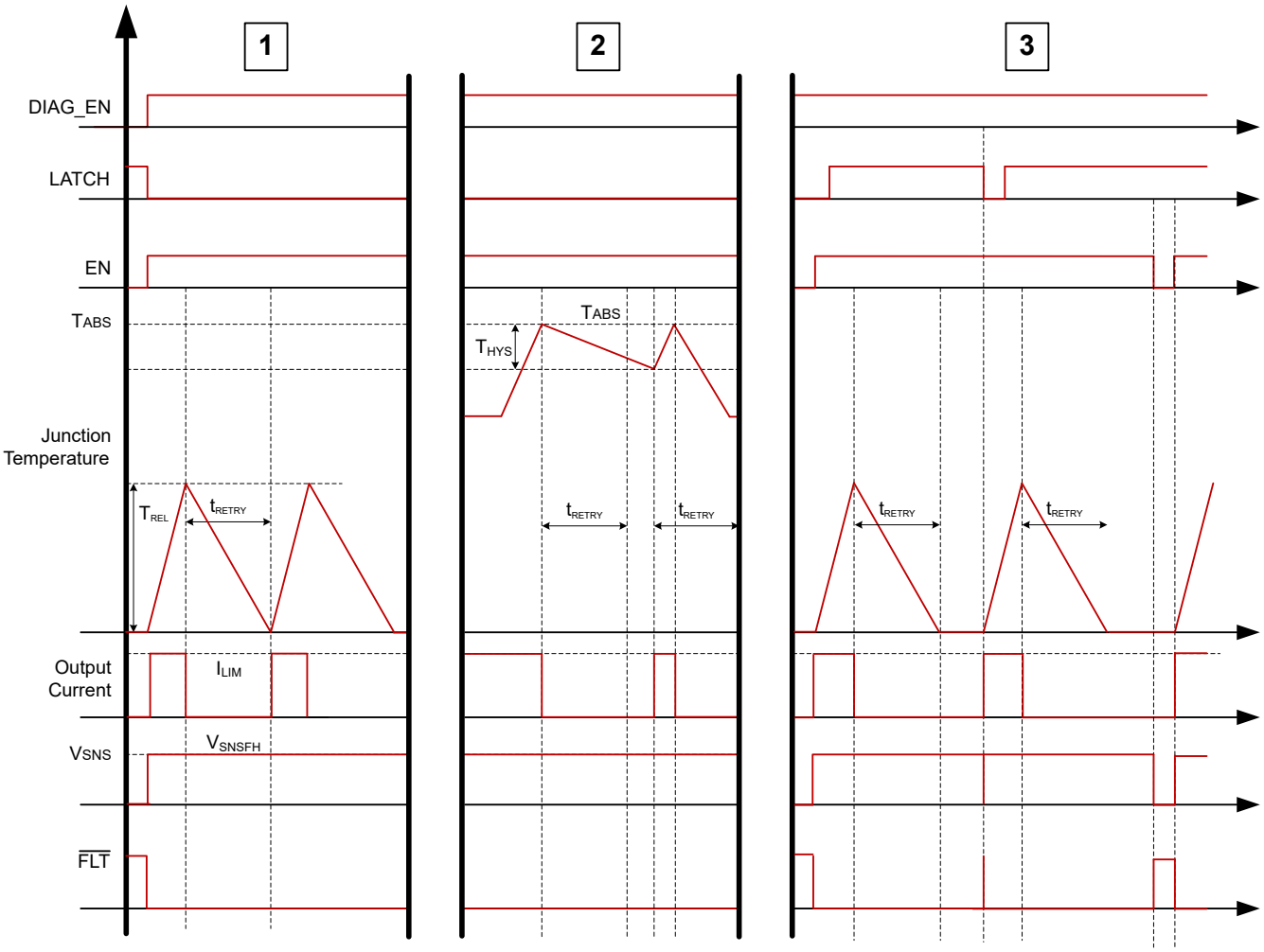


图 7-17. 热行为

7.3.4.7 UVLO 保护

该器件可监测电源电压 V_{BB}，防止电源电压过低时出现意外行为。当电源电压降至 V_{UVLOF} 时，输出级自动关断。当电源电压升至 V_{UVLOR} 时，器件将导通。如果过流事件触发 UVLO 阈值，器件会关断并安全地恢复到电流限制状态。

7.3.4.8 GND 失效保护

发生 GND 失效时，无论输入引脚是高电平还是低电平，输出都将关断。

情形 1（器件 GND 失效）：当散热焊盘（接片）、I_{C_GND} 接地和电流限制接地是一条连接到系统接地的布线时，接地失效保护将被激活，如下图所示。

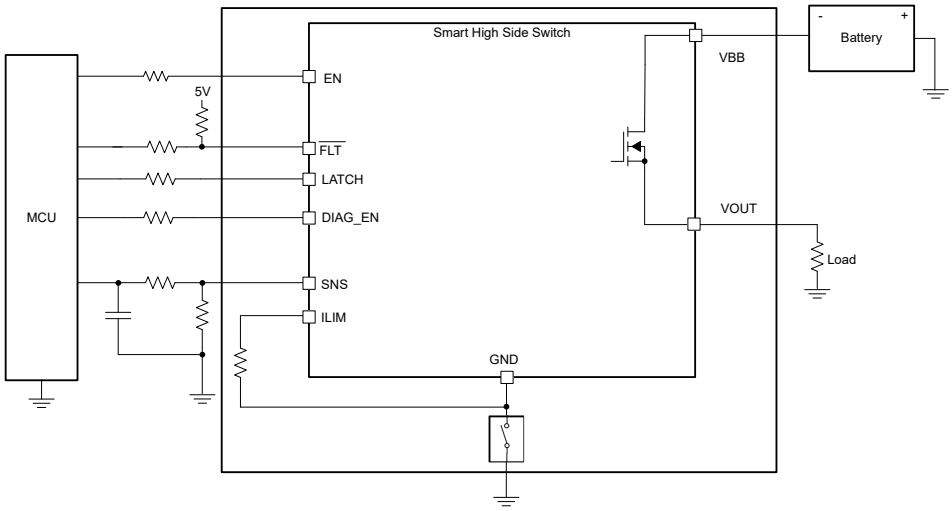


图 7-18. 器件 GND 失效

情形 2（模块 GND 失效）：当整个 ECU 模块 GND 失效时，保护也将被激活。在此情况下，负载 GND 保持连接状态。

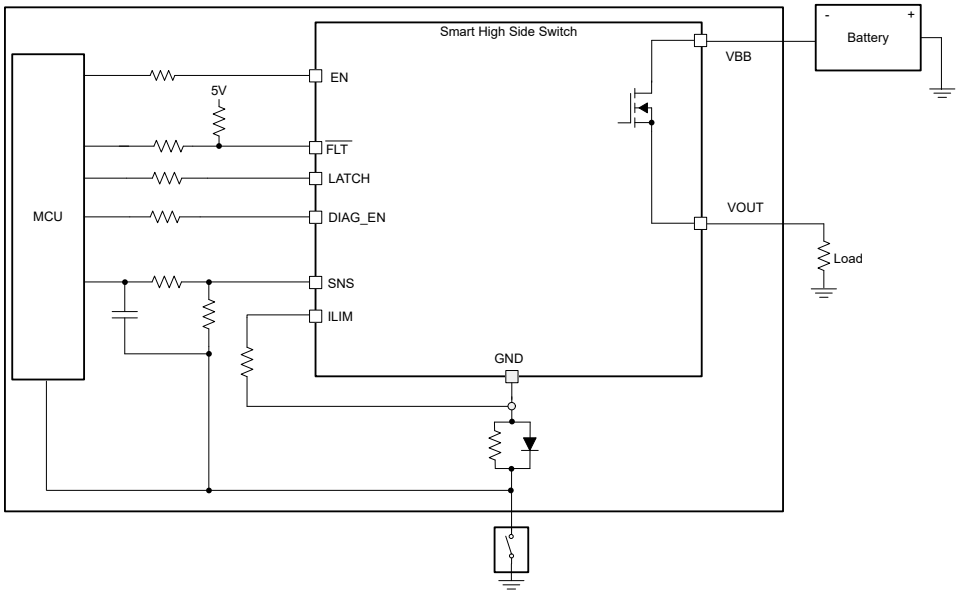


图 7-19. 模块 GND 失效

7.3.4.9 电源失效保护

发生电源失效情况时，无论输入引脚是高电平还是低电平，输出都将关断。对于电阻或容性负载，由于没有更多的功率，因此很容易实现断电保护。最坏的情况是电感负载带电。在这种情况下，电流从所有 IO 驱动，以维持电感输出回路。TI 建议采用 MCU 串行电阻器加 GND 网络（二极管和电阻器并联）或外部空转电路。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

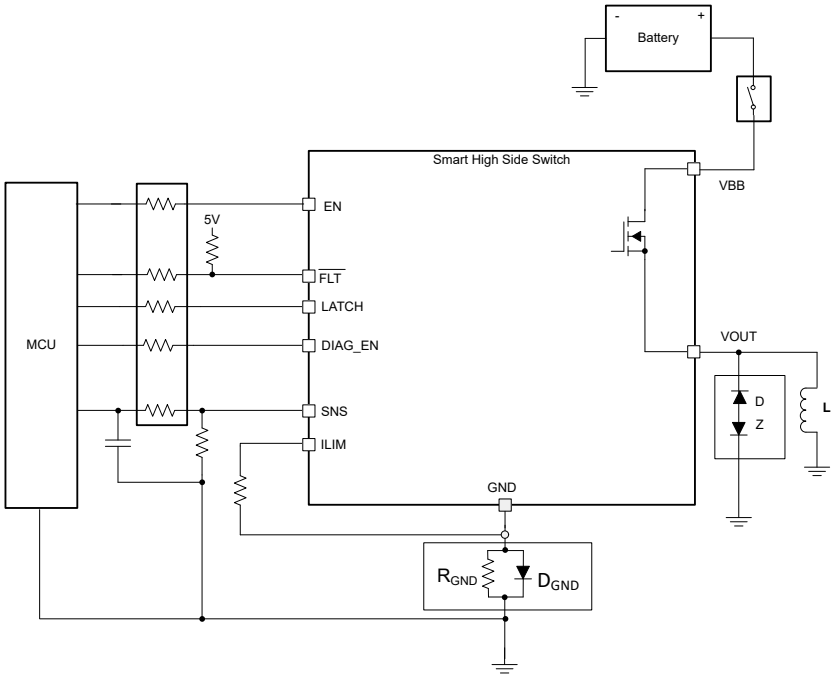


图 7-20. 电池丢失

7.3.4.10 反向电流保护

方法 1：与 V_{BB} 连接的阻断二极管。极性相反时，器件和负载均受到保护。在电池反向条件下，阻断二极管不允许任何电流流动。

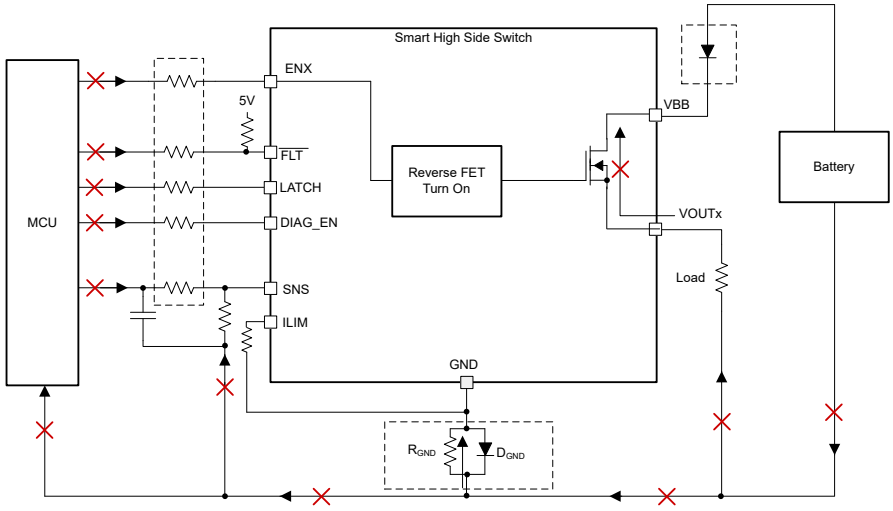


图 7-21. 采用阻断二极管实现反向保护

方法 2（GND 网络保护）：在此连接下，仅高侧器件受到保护。负载反向电流受负载阻抗的限制。请注意，当发生反极性时，通过功率 FET 的持续反向电流不得使产生的热量大于绝对最大结温。这可以使用 $R_{ON(REV)}$ 值和 $R_{\theta JA}$ 规格来计算。无论器件 GND 和电路板 GND 之间采用何种连接类型，如果发生 GND 电压偏移，请建立以下正确连接以便正常运行：

- 将电流限制可编程电阻器连接到器件 GND。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

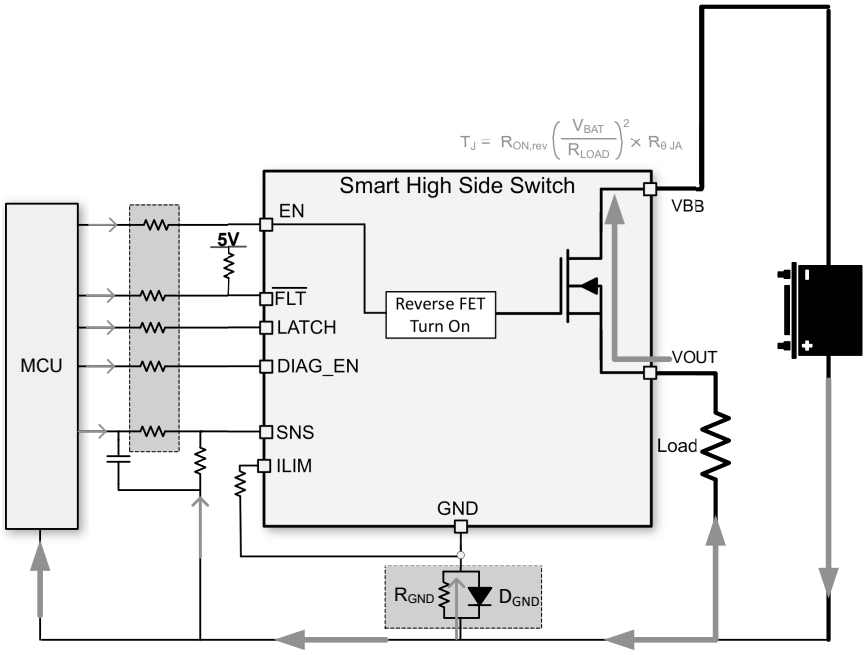


图 7-22. 通过 GND 网络实现反向保护

- **建议 - 电阻器和二极管并联：**当电感负载关断时，可能会出现峰值负尖峰，这可能会损坏 HSD 或二极管。因此，TI 建议在驱动电感负载时将电阻器与二极管并联。建议选择与 I_F > 100mA 的二极管并联的 1kΩ 电阻器。如果使用多个高侧开关，则可以在器件间共享电阻器和二极管。

  如果使用多个高侧电源开关，则可以在多个器件间共享电阻器。
- **接地电阻器：**当电池反向或 ISO 脉冲为负时，电阻器值越高，电流限制效果越好。

$$R_{GND} \geq \frac{(-V_{CC})}{(-I_{GND})} \tag{12}$$

  其中

  - $-V_{CC}$ 是最大电池反向电压（通常为 -16V）。
  - $-I_{GND}$ 是接地引脚可以承受的最大反向电流，可在*绝对最大额定值*中找到。
- **接地二极管：**需要二极管来阻断反向电压，这也会导致基于二极管正向电压的接地偏移。接地二极管必须 ≤400mV，才能具有完整的电流限制能力。如果正向电压变得更高，电流限值也会从 R_{ILIM} 电阻器设置的值增加。此外，对于 ISO 7637 脉冲 1 测试，二极管的反向电压必须大约为 200V，这样它才不会偏置。

7.3.4.11 MCU I/O 保护

在许多情况下，如负 ISO 脉冲或电感负载导致的电池损失，器件 GND 引脚上的负电位可能会损坏 MCU I/O 引脚（更有可能损坏连接到引脚的内部电路）。因此，需要在 MCU 和 HSS 之间连接串联电阻。

此外，为了有效地防止 GND 丢失，TI 建议 R_{PROT} 电阻器的阻值为 5kΩ。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

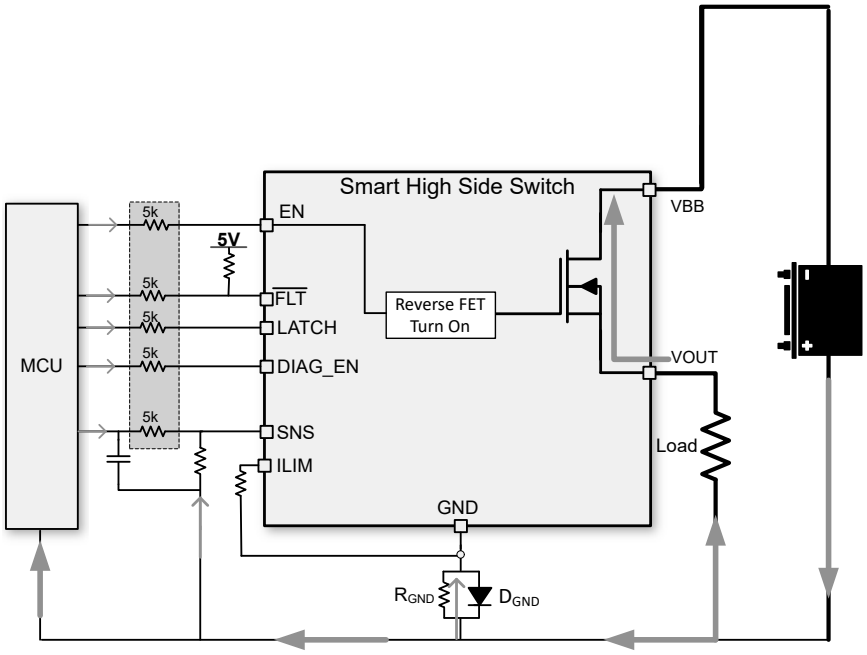


图 7-23. MCU I/O 保护

7.3.5 诊断使能功能

诊断使能引脚 DIAG_EN 通过在多个器件间共享相同的检测电阻和 ADC 线路或 I/O 端口，为电流检测或数字状态提供微控制器诊断输入的多路复用。

此外，在输出端关断期间，诊断禁用功能可降低待机条件下的电流消耗。器件中的三种工作模式为正常模式 (I_Q)、待机模式 (I_{STBY}) 和带诊断功能的待机模式 (I_{DIA})。如果系统中需要关断状态节能，则待机电流小于 500nA，DIAG_EN 处于低电平。如果系统中需要关断状态诊断，则典型待机电流大约为 1mA，DIAG_EN 处于高电平。

7.4 器件功能模式

7.4.1 工作模式

器件中的三种工作模式为正常模式、待机模式和带诊断功能的待机模式。如果系统中需要关断状态节能，则待机电流小于 500nA，EN 和 DIAG_EN 处于低电平。如果系统中需要关断状态诊断，则典型待机电流大约为 1.2mA，且 DIAG_EN 处于高电平。请注意，要进入待机模式，需要 IN 处于低电平且 $t > t_{STBY}$。t_{STBY} 是待机模式抗尖峰脉冲时间，用于避免误触发或干扰 PWM 开关。下图展示了状态机在工作模式下的状态图。在启动期间，首先上电 VBB，然后将 EN 拉至高电平。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

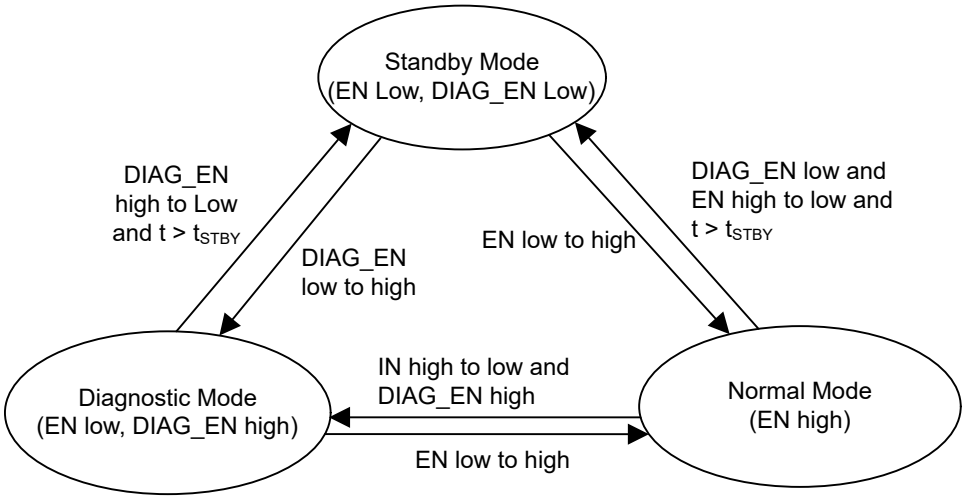


图 7-24. 工作模式状态机

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

下面讨论的内容说明了如何实施器件来区分不同的故障模式并实施瞬态脉冲抗扰度测试。

某些应用中，必须区分负载开路、电池短路和对 GND 短路。此操作需要两个步骤。

8.2 典型应用

图 8-1 展示了一个有关如何设计外部电路参数的示例。

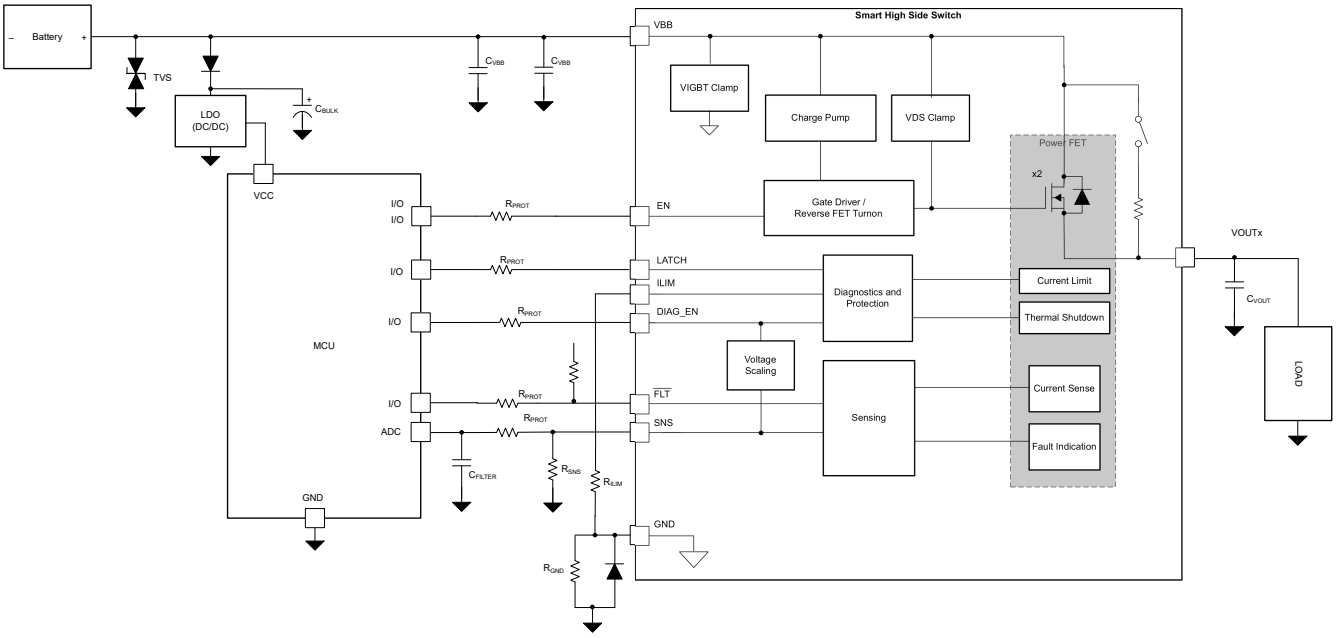


图 8-1. 典型应用电路

8.2.1 设计要求

元件	说明	用途
TVS	SMBJ36CA（可选）	滤除电池产生的电压瞬态 (ISO7637-2)
CVBB	220nF（可选）	更好的 EMI 性能
CIC	100nF	输入端具有极小的电容量，以缓解 EMI
CBULK	2μF – 10μF（可选）	保持 LDO 的电源轨；但是，有助于滤除电源轨上的电压瞬态。不是要求，但可能对 ISO7637-2 瞬变有用。
RPROT	5k	微控制器和器件 I/O 引脚的保护电阻器
RILIM	7k – 70k	设置电流限制阈值
RSNS	1k	将检测电流转换为检测电压。
CFILTER	100nF	与 SNS 线路上的 RPROT 耦合会生成一个低通滤波器，以滤除进入 MCU 的 ADC 的噪声

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

元件	说明	用途
CVOUT	22nF	改善 EMI 性能，过滤电压瞬态
RGND	1kΩ	稳定关断电感负载期间的 GND 电势
DGND	BAS21 二极管	在正常运行期间保持 GND 接近系统地

8.2.2 详细设计过程

要将 SNS 引脚上的最大电压保持在系统可接受的范围内，请使用以下公式计算 R_{SNS}。实现更高的电流检测精度。最好使用精度为 1% 或更高的电阻器。

$$V_{ADC,\,min} \times K_{SNS} \div I_{LOAD,\,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} \div I_{LOAD,\,max} \quad (13)$$

表 8-1. 典型应用

参数	值
V_{DIAG_EN}	5V
$I_{LOAD,max}$	7A
$I_{LOAD,min}$	20mA
$V_{ADC,min}$	5mV
V_{HR}	1V

对于该应用，可以选择约为 1kΩ 的 RSNS 值来满足公式要求。

$$5mV \times 1560 \div 20mA \leq \cong 1k\Omega \leq (5V - 1V) \times 1560 \div 7A \quad (14)$$

在其他应用中，可以更加强调下限可测量值，这会增加 RSNS。同样，如果对较高的电流更感兴趣，则可以降低 RSNS。

通过使最大 SNS 电压随 DIAG_EN 电压而调节，无需在连接到 ADC 的 SNS 引脚上使用齐纳二极管。

要将可编程电流限制值设置为 6A，请使用以下公式计算 R_{ILIM}。

$$R_{ILIM} = \frac{K_{CL}}{I_{LIM}} = \frac{90}{7} = 12.8k\Omega \quad (15)$$

TI 建议 R_{PROT} = 5kΩ，以确保限制流入数字引脚（EN、DIAG_EN、LATCH）的电流。

德州仪器 (TI) 建议在 GND 网络中使用 1kΩ 的电阻器和 200V 0.2A 的二极管（例如 BAS21）。

8.2.2.1 动态改变电流限制

可以通过轻松改变从电流限制引脚到器件接地端的电阻来动态改变电流限制阈值。这种改变允许系统在启动时、可能存在显著浪涌电流时以及正常运行期间具有不同的电流限制。通常的做法是在 ILIM 引脚上放置两个并联的电阻器，并使用开关来启用或禁用其中一个电阻器。图 8-2 展示了该设置。或者，可以使用数字电位器来轻松调节 ILIM 引脚上的阻抗。要注意使 ILIM 引脚上的电容低于大约 100pF，以使电流调节环路保持稳定。该特性非常有用的最常见应用是容性负载。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

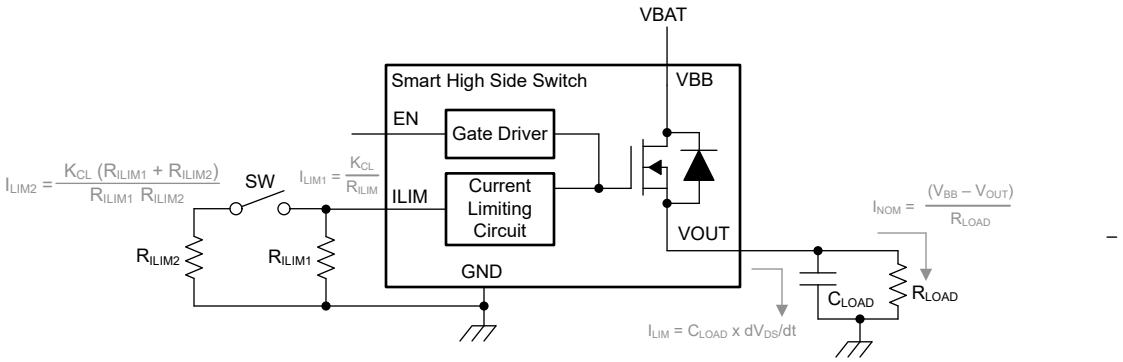


图 8-2. 动态改变电流限制设置

在电容充电的情况下，为电容器充电的初始电流是浪涌电流。根据系统要求，动态改变电流限制有助于更快地为电容器充电或为更大的电容器充电。为了在开始时允许更高水平的浪涌电流流过，可以闭合开关，使电流限制符合以下公式。

$$I_{LIM2} = K_{CL}\frac{(R_{ILIM1} + R_{ILIM2})}{(R_{ILIM1} \times R_{ILIM2})} \quad (16)$$

当浪涌事件结束且输出电压充电完毕后，开关断开，电流限制仅为 R_{ILIM1} 等效水平。图 8-3 展示了该时序。

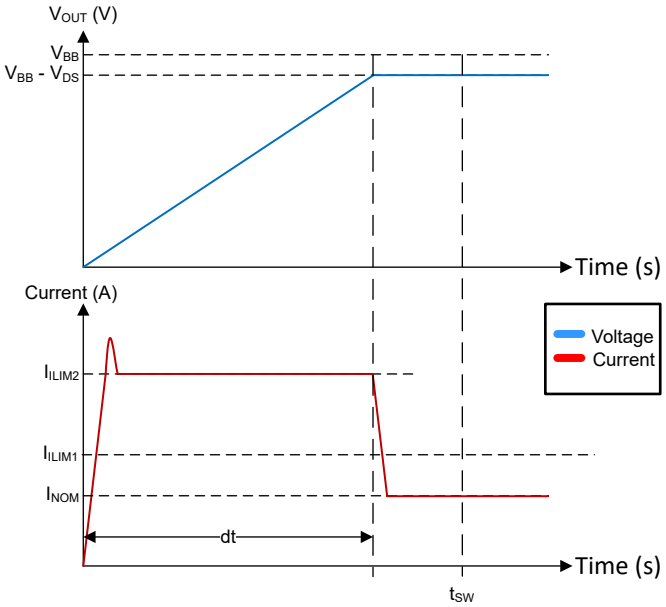


图 8-3. 电容充电变化电流限制

或者，如果开关断开，则电流限制从较低的值开始，然后可以在电容充电完毕时闭合开关。该较低的电流限制水平允许对较高值的电容进行充电。图 8-4 展示了时序图。

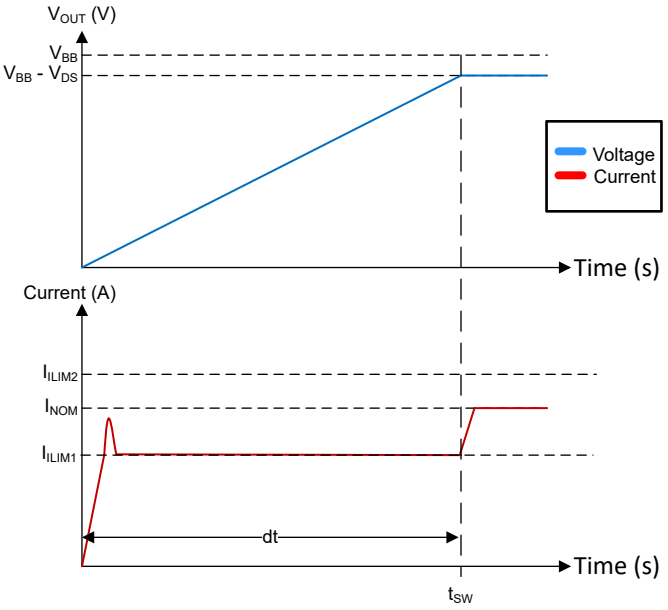


图 8-4. 大电容充电变化电流限制

8.2.2.2 EMC 瞬态干扰测试

由于汽车环境中存在恶劣的电气条件，因此需要具有抗电气瞬态干扰能力，尤其是对于直接连接到电池的高侧电源开关。详细的测试要求符合 ISO 7637-2:2011 和 ISO 16750-2:2010 标准。TPS1HC30-Q1 器件由第三方组织进行测试和认证。

表 8-2. 12V 系统中的 ISO 7637-2:2011(E)(1)(2)(3)(4)

测试项目	测试脉冲强度级别和相应的 VS		脉冲持续时间 (t_d)	最小脉冲数或测试时间	突发周期脉冲重复时间		输入电阻 (Ω)	功能性能状态分类
	等级	Vs/V			最小值	最大值		
1	III	-112	2ms	500 个脉冲	0.5s	—	10	状态 II
2a	III	55	50µs	500 个脉冲	0.2s	5s	2	状态 II
2b	IV	10	0.2 到 2s	10 个脉冲	0.5s	5s	0 至 0.05	状态 II
3a	IV	-220	0.1µs	1h	90ms	100ms	50	状态 II
3b	IV	150	0.1µs	1h	90ms	100ms	50	状态 II

(1) 在输入低电平条件和高电平条件下进行测试。
(2) 相对于接地，VBB 的脉冲 2A 电压最大为 54V。必须使用电压抑制机制来通过 III 级测试。此测试在 VBB 到接地之间连接了 2 µ F 电容的条件下进行。
(3) GND 引脚网络由一个 1kΩ 电阻器与二极管 BAS21-7F 并联构成。
(4) 状态 II：功能在测试期间不按设计执行，但在测试后自动恢复正常运行。

表 8-3. 12V 系统中的 ISO 16750-2:2010(E) 负载突降测试 B(1)(2)(3)(4)(5)

测试项目	测试脉冲强度级别和相应的 VS		脉冲持续时间 (t_d)	最小脉冲数或测试时间	突发周期脉冲重复时间	输入电阻 (Ω)	功能性能状态分类
	等级	Vs/V					
测试 B		35	40 至 400ms	5 个脉冲	60s	0.5 至 4	状态 II

(1) 在输入低电平条件和高电平条件下均进行了测试（DIAG_EN、EN 和 VBB 均归类为输入）。
(2) 考虑到最坏测试条件，在 VBB 和 VOUT 上无任何滤波电容器的条件下对器件进行测试。
(3) GND 引脚网络由一个 1kΩ 电阻器与二极管 BAS21-7F 并联构成。
(4) 状态 II：功能在测试期间不按设计执行，但在测试后自动恢复正常运行。
(5) 选择 36V 外部抑制器。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3 电源相关建议

该器件符合汽车和工业应用标准。正常的电源连接采用 12V 汽车系统。电源电压必须在*建议运行条件*中指定的范围内。

表 8-4. 电压工作范围

VBB 电压范围	注释
3V 至 6V	扩展的低于 12V 汽车电池运行，例如冷启动和启停。器件完全正常运行并受到保护，但一些参数（例如 R_{ON}、电流检测精度、电流限制精度和时序参数）可能会偏离规格。检查“电气特性”中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
6V 至 18V	标称 12V 汽车电池电压范围。所有参数规格均适用，并且器件完全正常运行并受到保护。
18V 至 24V	扩展的高于 12V 汽车电池运行，例如双电池。器件完全正常运行并受到保护，但一些参数（例如 R_{ON}、电流检测精度、电流限制精度和时序参数）可能会偏离规格。检查“电气特性”中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
35V	负载突降电压。器件正常运行并允许脉冲通过而不会损坏，但不提供全面的短路保护。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

为了防止热关断，T_J 必须低于 150°C。如果输出电流非常高，功率耗散可能会很大。HTSSOP 封装具有良好的热阻抗。然而，PCB 布局非常重要。良好的 PCB 设计可以优化热传递，这对于器件的长期可靠性至关重要。

- 尽可能地增大 PCB 上的覆铜，以提高电路板的导热性。从封装到环境的主要热流路径会通过 PCB 上的覆铜。当与封装相对的电路板另一侧的 PCB 上没有连接任何散热器时，尽可能地增加覆铜面积极其重要。
- 在封装接地焊盘正下方添加尽可能多的散热过孔，以优化电路板的导热性。
- 将电路板两侧的所有热通孔封板或塞上盖子，以防止焊料空隙。如要保证可靠性和性能，焊料覆盖面积必须至少达到 85%。

8.4.2 布局示例

8.4.2.1 无接地网络

在不采用接地网络的情况下，将散热焊盘直接连接到电路板上的 GND 覆铜区，以获得更好的热性能。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

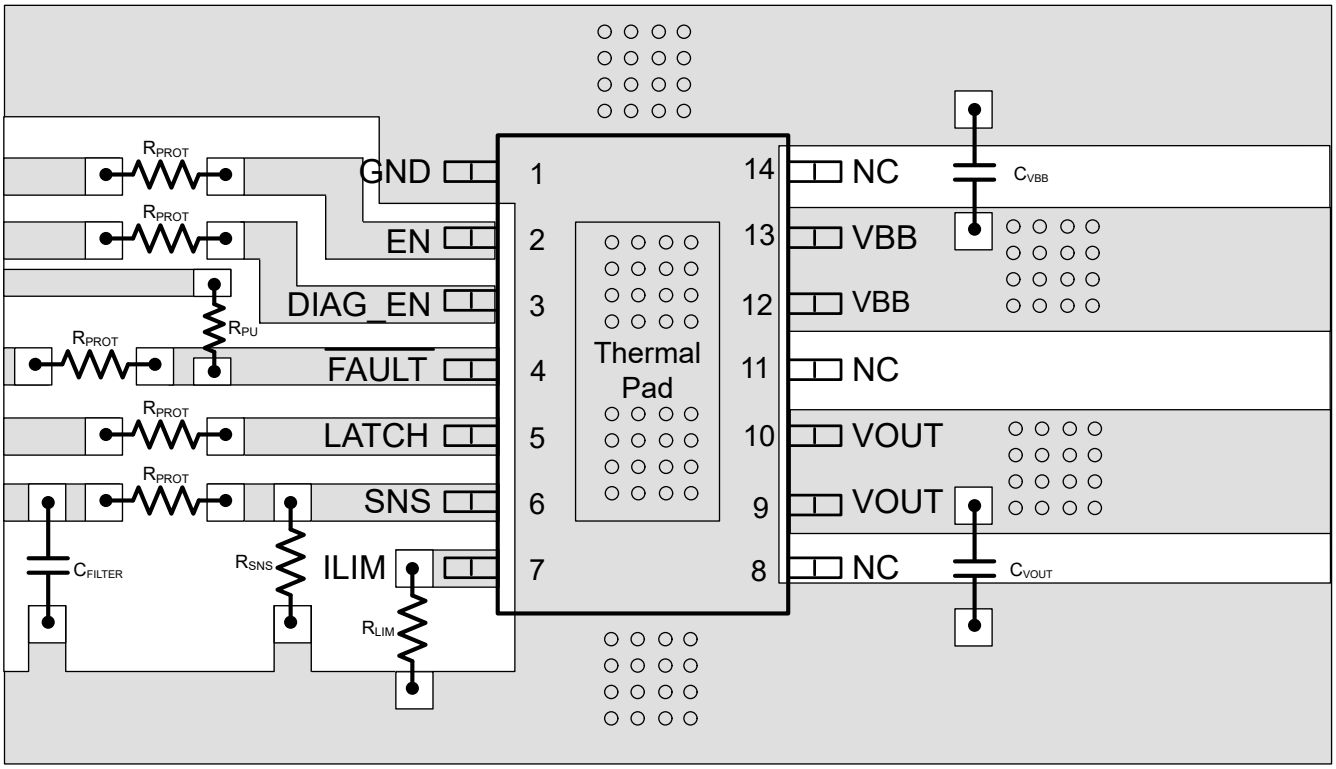


图 8-5. 不采用接地网络的布局

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.4.2.2 有接地网络

采用接地网络时，通过一条走线将散热焊盘经 GND 网络连接至电路板 GND 铜皮。

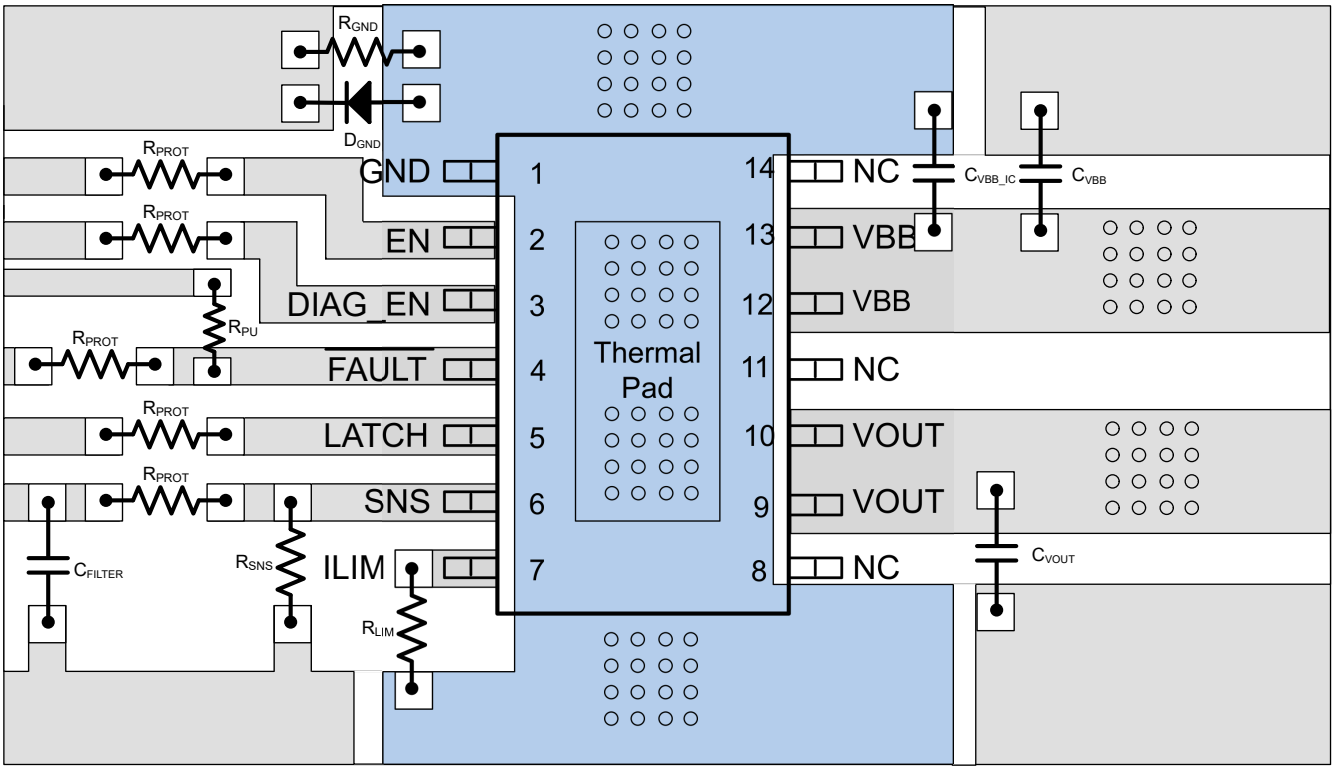


图 8-6. 采用接地网络的布局

8.4.3 散热注意事项

该器件具有热关断 (T_{ABS}) 电路，可防止过热。为了实现持续正常运行，结温不得超过热关断跳变点。如果结温超过热关断跳变点，输出将关闭。当结温下降到低于热关断跳变点时，输出会再次导通。

使用以下方程式计算器件的功耗。

$$P_T = I_{OUT}^2 \times R_{DSON} + V_{BB} \times I_Q \quad (17)$$

其中

- P_T = 器件的总功率耗散

在确定器件耗散的功率后，可根据环境温度和器件热阻抗计算结温。

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times P_T \quad (18)$$

有关更多信息，请参阅*如何驱动电阻、电感、电容和照明负载应用手册*。

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

德州仪器 (TI)，*如何驱动阻性、感性、容性和照明负载应用手册*

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (December 2022) to Revision B (October 2026)	Page
• 将 VSNSFH (3.3V) 与 VBB V_{DIAG_EN} 从 5V 更改为 3.3V	10
• 将 SNS 引脚的故障报告电压从 V_{SNSFH} 更改为了 $I_{SNSFLT} \times R_{SNS}$	17
• 删除了电流检测精度图	18
• 已将 V_{DS} 上的电流限制精度移至节 7.3.2.1	20
• 更新了电池电量和负载能量耗散信息	22
• 将表 7-3 正常 VOUT 从 $I_{LOAD} \times R_{ON}$ 更改为 H	24
• 更新了图 7-18	29
• 更新了图 7-19	29
• 更新了图 7-20	30
• 添加了启动 VBB 及 EN 说明	33
• 更新了详细设计过程	36
• 更改了方程式 17 和方程式 18。	41
• 添加了*支持资源*	42

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

Changes from Revision * (July 2022) to Revision A (December 2022) **Page**

- 将器件状态从*预告信息*更改为*量产数据*..... 1

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TPS1HC30BQPWPRQ1	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 14	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1HC30Q
TPS1HC30BQPWPRQ1.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 14	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1HC30Q

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

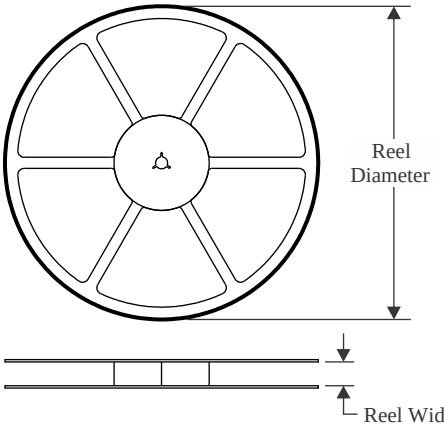
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

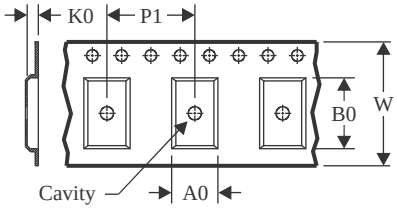
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

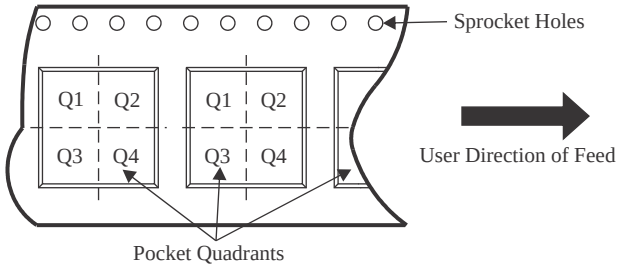


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

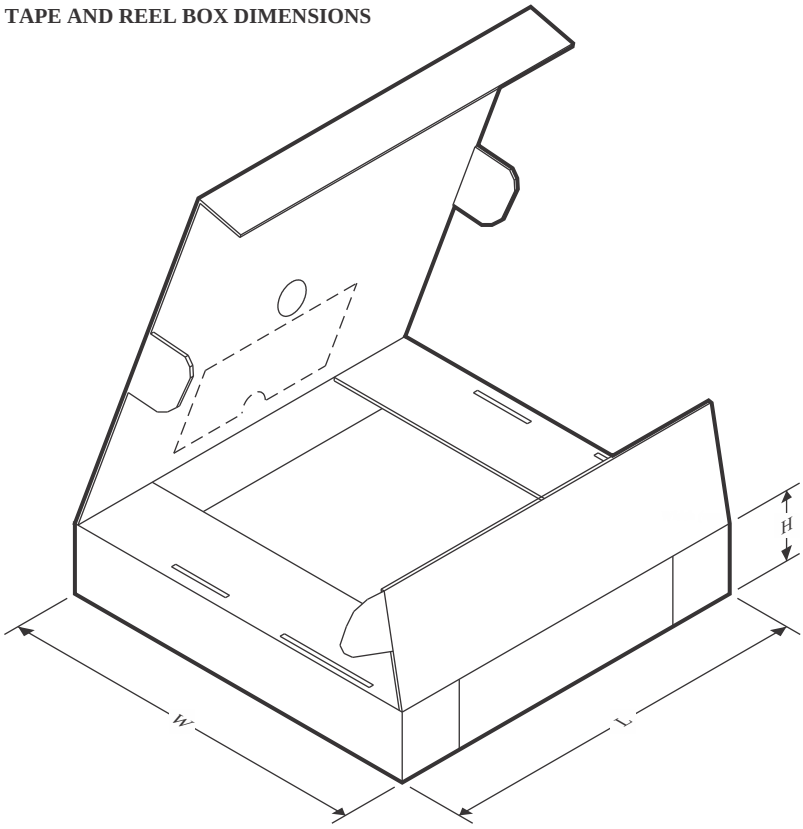
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS1HC30BQPWPRQ1	HTSSOP	PWP	14	3000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
TPS1HC30BQPWPRQ1	HTSSOP	PWP	14	3000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS1HC30BQPWPRQ1	HTSSOP	PWP	14	3000	350.0	350.0	43.0
TPS1HC30BQPWPRQ1	HTSSOP	PWP	14	3000	353.0	353.0	32.0

GENERIC PACKAGE VIEW

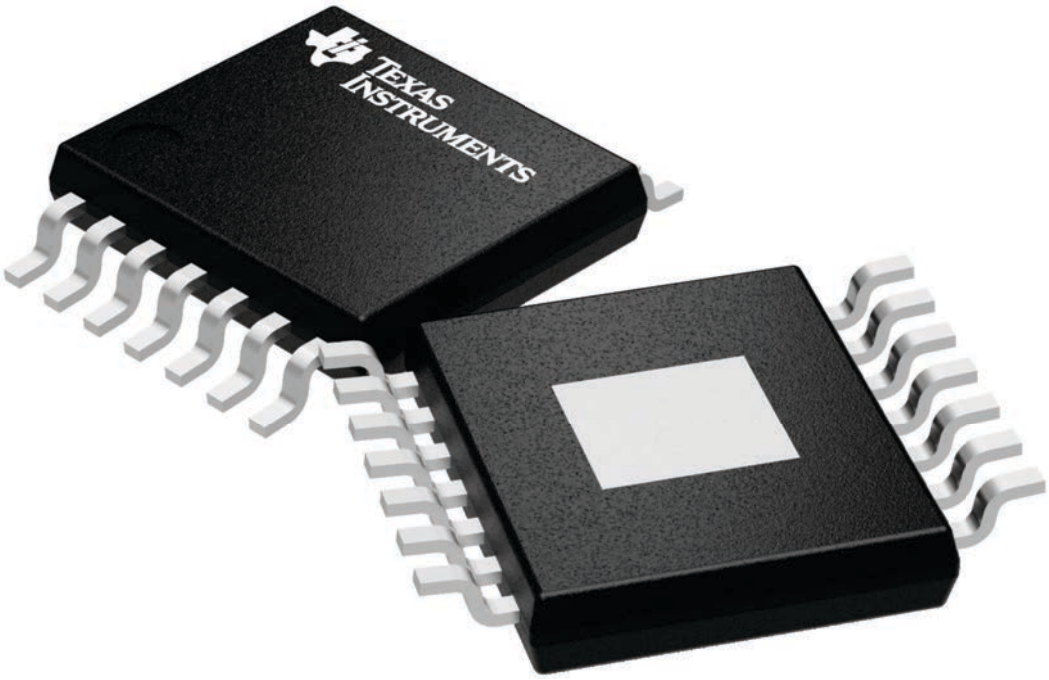
PWP 14

PowerPAD TSSOP - 1.2 mm max height

4.4 x 5.0, 0.65 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



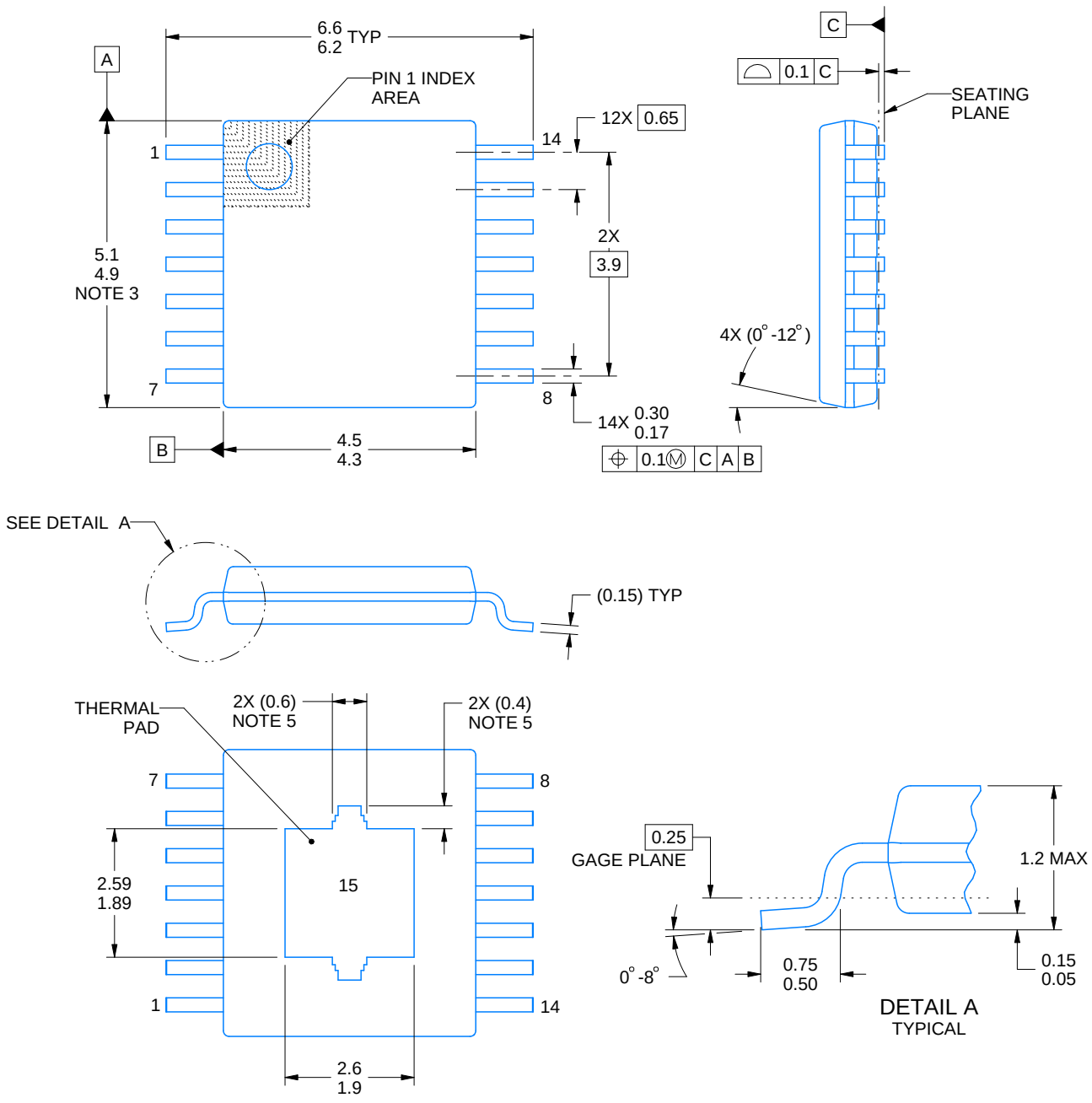
4224995/A

PACKAGE OUTLINE

PWP0014K

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

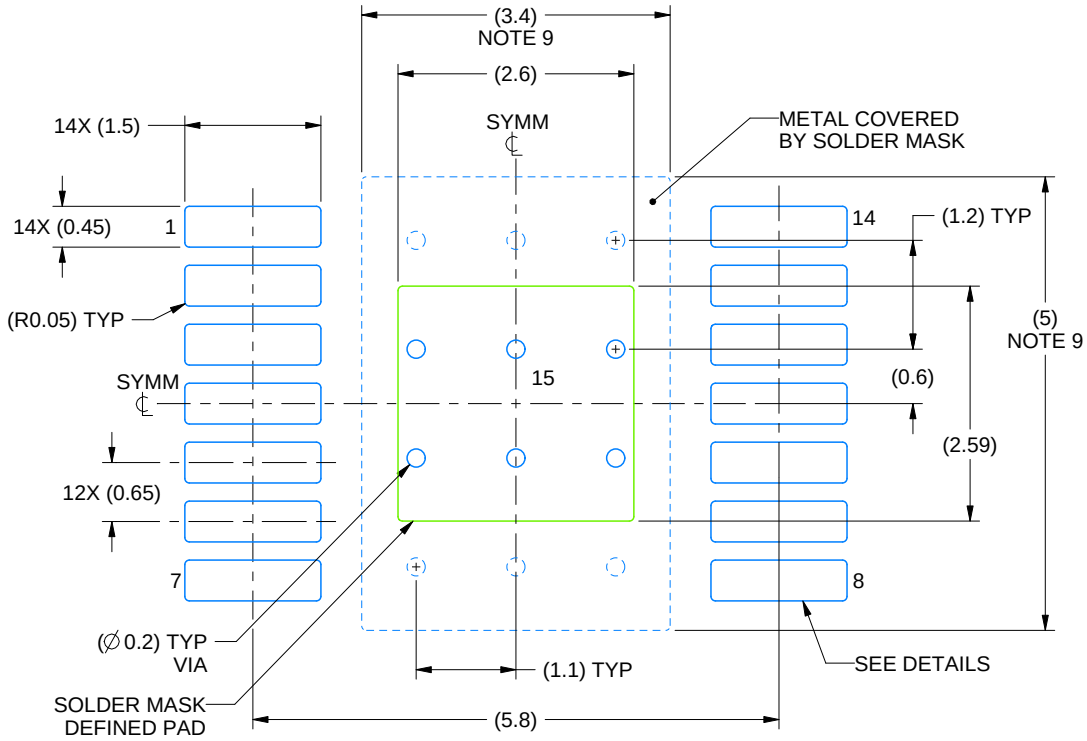
SMALL OUTLINE PACKAGE



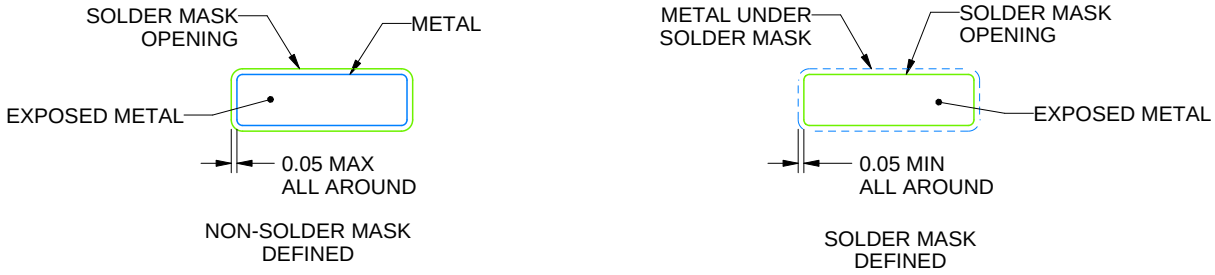
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may differ or may not be present.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 12X

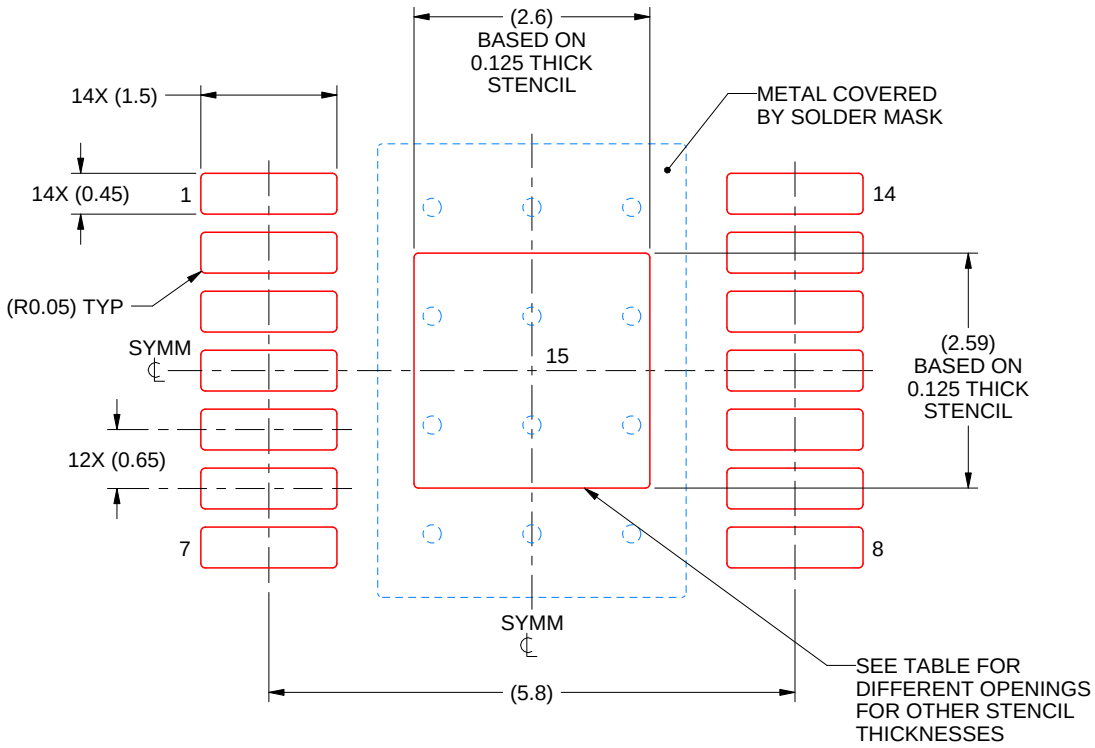


SOLDER MASK DETAILS

4229706/B 12/2023

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.
10. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 12X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	2.91 X 2.90
0.125	2.60 X 2.59 (SHOWN)
0.15	2.37 X 2.36
0.175	2.20 X 2.19

4229706/B 12/2023

NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

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出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