TPS2HC08-Q1 9.5mΩ Dual-Channel 汽车级智能高侧开关

1 特性

- 具有全面诊断功能的 Dual-Channel 智能高侧开关
  - 使用 GPIO 引脚控制
  - 开漏状态输出
  - 电流检测模拟输出：±4% at ≥ 1A
- 宽工作电压：3V 至 28V
- 低 R_{ON}：9.5mΩ 典型值，150°C 时 16.5mΩ 最大值
- 超低待机电流：85°C 时 <1.4 µA
- 具有和不具有热调节功能的可调节电流限制
  - 电流限制范围：7.5A 至 25A
- 保护
  - 过载和短路保护
  - 欠压锁定（UVLO）
  - 具备自恢复功能的热关断和热振荡
  - 集成输出钳位对电感负载进行消磁
  - 接地失效保护、电池损耗保护和电池反向保护
- 诊断
  - 用于实现快速中断的全局故障报告
  - 过流和接地短路检测
  - 开路负载和电池短路检测
- 符合汽车应用要求
  - 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
    - 温度等级 1：–40°C 至 125°C 环境工作温度范围
  - 通过电瞬变抗扰度测试 (ISO7637-2 和 ISO16750-2)
- 小尺寸：11 引脚可湿性侧面 VQFN-HR 2.2mm × 3.6mm，间距为 0.55mm
- 功能安全型
  - 可提供用于功能安全系统设计的文档

2 应用

- 区域控制模块
- 车身控制模块
- 白炽灯和 LED 照明
- 前门模块
- 座椅加热器

3 说明

TPS2HC08-Q1 是一款 dual-channel 智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为 12V 汽车电池系统而设计。低导通电阻 (9.5mΩ) 可更大限度地降低器件在驱动各种输出负载时的功率耗散，在同时启用两个通道时，电流高达 7.5A DC；在仅启用一个通道时，电流为 10A DC。

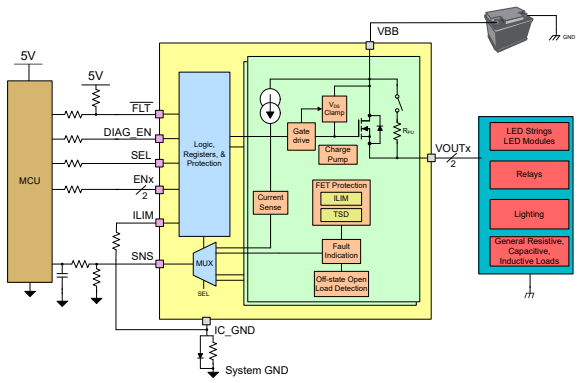
该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。TPS2HC08-Q1 采用可调电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。可调电流限值可以使用 ILIM 引脚上的外部电阻器在（7.5A 至 25A）范围内进行调节。该器件在启动时针对容性负载提供热调节电流限制，并针对电机浪涌或灯泡应用提供非稳压电流限制。

该器件还可提供精确的电流检测，以提高负载诊断功能（如过载和开路负载检测），从而更好地进行预测性维护。TPS2HC08-Q1 采用引脚间距为 0.55mm 的 11 引脚 2.2mm × 3.6mm VQFN-HR 可湿性侧面封装，从而最大限度地减小 PCB 尺寸。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
TPS2HC08-Q1	VAH (VQFN-HR, 11)	2.2mm × 3.6mm

(1) 请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
(2) 封装尺寸为标称值，并包括引脚。



典型应用原理图

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 器件比较表.....3
5 引脚配置和功能.....4
6 规格.....5
6.1 绝对最大额定值.....5
6.2 ESD 等级.....5
6.3 建议运行条件.....5
6.4 热性能信息.....6
6.5 电气特性.....6
6.6 SNS 时序特性.....9
6.7 开关特性.....10
6.8 典型特性.....11
7 参数测量信息.....17
8 详细说明.....18
8.1 概述.....18
8.2 功能方框图.....19
8.3 特性说明.....20
8.4 器件功能模式.....54
9 应用和实施.....56
9.1 应用信息.....56
9.2 典型应用.....56
9.3 电源相关建议.....61
9.4 布局.....61
10 器件和文档支持.....65
10.1 第三方产品免责声明.....65
10.2 接收文档更新通知.....65
10.3 支持资源.....65
10.4 商标.....65
10.5 静电放电警告.....65
10.6 术语表.....65
11 修订历史记录.....65
12 机械、封装和可订购信息.....66

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

TPS2HC08-Q1 属于高电流、智能高侧开关系列，具有多个器件版本。下表显示了各个版本的详细信息以及每个器件的可用版本。

表 4-1. 版本表

版本(2)	压摆率	开路负载检测延迟
P	标称 (0.45V/ µ s)	0.4ms 延迟
M(1)	标称 (0.45V/ µ s)	2.4ms 延迟
D(1)	低速 (0.06V/ µ s)	0.4ms 延迟
B(1)	低速 (0.06V/ µ s)	2.4ms 延迟

(1) 器件处于预发布状态。如需更多信息，请与 TI 联系。
(2) 所有版本均由 GPIO 控制。

表 4-2. 器件比较表

器件型号	计划版本	通道数量	25°C 时的导通电阻	可调节电流限制范围	过流行为
TPS2HC08-Q1	P、D、M、B	2	9.5mΩ	7.5A - 25A	• 在 ILIM 引脚上使用外部电阻器时，带热调节功能的电流限制 • 当 ILIM 引脚 = GND 时，无热调节功能的电流限制
TPS2HC16-Q1	P、M	2	18.7mΩ	5A - 15A	
TPS1HC08-Q1	P、D、M	1	9.8mΩ	10A - 20A	
TPS1HC04-Q1	P、D	1	4.9mΩ	15A - 48A	
TPS1HC03-Q1	P、D、M	1	3.2mΩ	20A - 55A	
TPS1HC16-Q1	P	1	16mΩ	7A - 14A	
TPS2HC30-Q1	P	2	30mΩ	3.5A - 11A	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

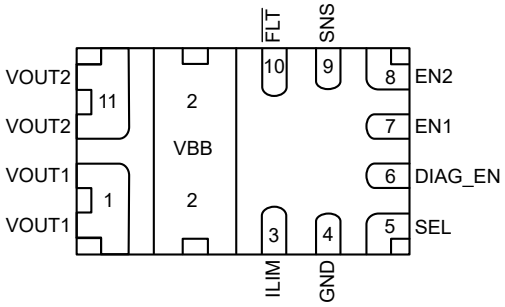


图 5-1. VAH（VQFN-HR-11 封装，TPS2HC08-Q1）（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	VOUT1	电源	通道 1 输出，连接至负载。
2	VBB	电源	电源。
3	ILIM	输出	可调节电流限制。将 R_{LIM} 连接至 GND 以设置电流限制。
4	GND	电源	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。
5	SEL	输入	选择要在 SNS 引脚上输出的通道。
6	DIAG_EN	输入	用于诊断的启用/禁用引脚，内部下拉。
7	EN1	输入	通道 1 激活的输入控制，内部下拉。
8	EN2	输入	通道 2 激活的输入控制，内部下拉。
9	SNS	输出	与负载电流对应的模拟电流检测输出。将 R_{SNS} 接地以转换为电压。还通过变为高电平来显示故障状态。
10	$\overline{FLT}$	输出	开漏全局故障输出。以 FAULT、FLT 或故障引脚为基准。
11	VOUT2	电源	通道 2 输出，连接至负载。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 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，VBB			28	V
负载突降电压 (V_{LD})	ISO16750-2:2010(E)		35	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_{ENx}		-1	20	mA
使能引脚电压，V_{ENx}		-1	7	V
诊断使能引脚电流，I_{DIAG_EN}		-1	20	mA
诊断使能引脚电压，V_{DIAG_EN}		-1	7	V
SEL 引脚电流，I_{SEL}		-1	20	mA
SEL 引脚电压，V_{SEL}		-1	7	V
检测引脚电流，I_{SNS}		-150	10	mA
FLT 引脚电流，I_{FLT}		-30	10	mA
FLT 引脚电压，V_{FLT}		-0.3	VBB	V
ILIM 引脚电流，I_{ILIM}		-30	10	mA
ILIM 引脚电压，V_{ILIM}		-0.3	VBB	V
反向接地电流，I_{GND}	V_{BB} < 0V		-50	mA
关断期间的能量耗散，E_{AS}	单脉冲，单通道，VBB = 13.5V，L_{OUT} = 5mH，$T_{J,start}$ = 125°C，标称压摆率（P 版本）		96(2)	mJ
关断期间的能量耗散，E_{AR}	重复脉冲，一个通道，13.5V，I_{OUT} = 10A，$T_{J,start}$ = 125°C，标称压摆率（P 版本）		13(2)	mJ
最大结温，T_J			150	°C
贮存温度，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。
(2) 有关更多详细信息，请参阅有关关断电感负载的部分。

6.2 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 VBB 和 VOUT 外的所有引脚	±2000	V
			VBB 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。

6.3 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)	4	18	V
V_{VBB_EXT}	扩展电源电压(2)	3	28	V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3 建议运行条件（续）

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_SC}	短路电源电压能力		24	V
V_{ENx}	启用电压	-1	5.5	V
V_{DIAG_EN}	诊断使能电压	-1	5.5	V
V_{SEL}	选择电压	-1	5.5	V
V_{SNS}	检测电压	-1	5.5	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
(2) 器件将在更广的工作电压范围工作，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，更多说明，请参阅电源建议

6.4 热性能信息

热指标(1) (2)		TPS2HC08-Q1 VAH 11 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	41.6	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	37.3	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	9.3	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.9	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	9.3	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	9.8	°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。

6.5 电气特性

V_{BB} = 6V 至 18V，T_J = –40°C 至 150°C（除非另有说明）；典型应用为 V_{BB} = 13.5V，R_{LIM} = 开路（除非另有规定）

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_{UVLOR}	V_{BB} 欠压锁定	相对于器件 GND 引脚测得	V_{BB} 上升阈值	3.7	3.85	4.0	V
V_{UVLOF}			V_{BB} 下降阈值	2.8	2.9	3.0	V
V_{DET1}	V_{BB} 检测 1 阈值	运行、诊断或待机状态	V_{BB} 上升阈值	19	20.5	22.5	V
			V_{BB} 下降阈值	18.4	19.5	20.7	V
V_{DET2}	VBB 检测 2 阈值	运行状态	V_{BB} 上升阈值	24.5	26	28	V
			V_{BB} 下降阈值	22.5	24	26	V
V_{HV_R}	VBB 高电压唤醒阈值	从睡眠状态切换至待机状态所需的 V_{BB} 电压	V_{BB} 上升阈值	20.9	25	28.1	V
V_{HV_F}	VBB 高电压唤醒阈值	从待机状态切换至睡眠状态所需的 V_{BB} 电压	V_{BB} 下降阈值	18			V
V_{Clamp}	VDS 钳位电压	$V_{BB} \geq V_{DET1}$	T_J = 25°C	35		37	V
			T_J = -40°C 至 150°C	31		42	V
		$V_{BB} < V_{DET1}$	T_J = -40°C 至 150°C	24		35	V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

V_{BB} = 6V 至 18V，T_J = –40°C 至 150°C（除非另有说明）；典型应用为 V_{BB} = 13.5V，R_{LIM} = 开路（除非另有规定）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
I_{SLEEP}	待机电流（包括两个 MOSFET 通道在内的器件总漏电流）	V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C			1.2	μA
			T_J = 85°C			1.4	μA
			T_J = 150°C			12	μA
$I_{OUT(SLEEP)}$	每个通道的输出漏电流	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C		0.01	0.5	μA
			T_J = 85°C			0.7	μA
			T_J = 150°C			6	μA
I_{DIAG}	诊断状态电流消耗	V_{ENx} = 5V，V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V，I_{SNS} = 0mA			1.9	2.4	mA
		V_{ENx} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，V_{OUT} = 0V，I_{SNS} = 0mA			1.9	2.4	mA
I_{Q_1CH}	启用单通道时的静态电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A				3	mA
I_Q	启用双通道时的静态电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A				3.2	mA
t_{STBY}	待机模式延迟时间	V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{BB} < V_{HV_F} 至待机		13	16	19	ms
RON 特性							
R_{ON}	导通电阻	3V ≤ V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT}= 1A	T_J = 25°C		9.5	11	mΩ
			T_J = 150°C			16.5	mΩ
ΔR_{ON}	通道之间的导通电阻差	6V ≤ V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT}= 1A	T_J = –40°C 至 150°C		0.5	5	%
$R_{ON(REV)}$	反极性期间的导通电阻	–18V ≤ V_{BB} ≤ –6V	T_J = 25°C		9.5	11	mΩ
			T_J = 150°C			16.8	mΩ
IL_{NOM}	每个通道的持续负载电流	启用双通道时，T_A = 85°C			7.5		A
		启用一个通道时，T_A = 85°C			10		A
V_F	源漏结体二极管电压	V_{EN} = 0V，I_{OUT} = –1A		0.15	0.6	0.8	V
电流检测特性							
V_{BB_ISNS}	完整的电流检测和故障功能所需的 V_{BB} 余量(2)	V_{DIAG_EN} = 3.3V		5.3			V
		V_{DIAG_EN} = 5V		6.5			V
K_{SNS}	电流检测比 I_{OUT} / I_{SNS}	I_{OUT} = 1A			3008		
K_{SNS}	I_{OUT} 全量程范围内的电流检测比 I_{OUT} / I_{SNS}	V_{BB} > V_{BB_ISNS}，V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 5V	I_{OUT} = 5A		3020		
				-3.5		4	%
			I_{OUT} = 2A		3016		
				-3.5		4	%
			I_{OUT} = 1A		3008		
				-4.5		4.5	%
			I_{OUT} = 500mA		2990		
				-9.5		8.5	%
			I_{OUT} = 200mA		2931		
				-24		19	%
I_{SNSFH}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$		5.5	7.4	9.5	mA
$I_{SNSleak_disabled}$	I_{SNS} 漏电流（禁用诊断）	V_{DIA_EN} = 0V	在 SNS 引脚上强制 0V	-100	1	100	nA
电流限制特性							
R_{LIM}	R_{LIM} 短路检测范围				20		kΩ
	R_{LIM} 开路检测范围				66.66		kΩ
$I_{CL_FLT_Trip}$	故障置为有效时的电流与实际电流限制之比(2)	T_J = -40°C 至 150°C	R_{LIM} = 20kΩ 至 66.5kΩ	74	80		%

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

V_{BB} = 6V 至 18V，T_J = –40°C 至 150°C（除非另有说明）；典型应用为 V_{BB} = 13.5V，R_{LIM} = 开路（除非另有规定）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
K_{CL}	电流限制比(1)	T_J = -40°C 至 150°C	R_{LIM} = 20kΩ	405	500	635	A × kΩ
			R_{LIM} = 33.2kΩ	405	500	635	A × kΩ
			R_{LIM} = 66.5kΩ	405	500	635	A × kΩ
I_{CL}	I_{CL} 电流限制阈值	T_J = -40°C 至 150°C	R_{LIM} = GND		25		A
			R_{LIM} = 开路		7.5		A
I_{CB}	启用开关后施加短路时的峰值电流阈值(2)	R_{LIM} = 16.9kΩ 至 66.5kΩ	T_J = -40°C	23			A
			T_J = 25°C		25		A
			T_J = 150°C	22			A
I_{CL_HV}	高电压下的 I_{CL} 电流限制降额(2)	T_J = -40°C 至 150°C	V_{BB} < V_{DET1}		I_{CL}		A
			V_{DET1} ≤ V_{BB} < V_{DET2}		(I_{CL})/2	20	
			V_{BB} ≥ V_{DET2}		(I_{CL})/3	10	
I_{CL_LNPK}	线性模式峰值(2)	T_J = -40°C 至 150°C	R_{LIM} ≥ 24.9kΩ			1.45 × I_{CL}	A
			R_{LIM} < 24.9kΩ		1.45 × I_{CL}	I_{CB}	A
故障特性							
V_{OL}	开路负载检测电压（VBB - V_{OUTx} 电压）	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，诊断状态		1.5	2.2	2.9	V
R_{PU}	每个通道的开路负载 (OL) 检测内部上拉电阻器	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，诊断状态，(VBB - V_{OUTx} = 2.7V)			90		kΩ
t_{OL}	开路负载 (OL) 检测抗尖峰脉冲时间	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，当 V_{BB} – V_{OUT} < V_{OL} 时，持续时间长于 t_{OL}		200		550	µs
t_{OL1}	从 EN 下降沿开始的 OL 和 STB 指示时间	V_{EN} = 5V 至 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}		200		550	µs
t_{OL2}	从 DIAG_EN 上升沿开始的 OL 和 STB 指示时间	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}		200		4050	µs
T_{ABS}	热关断(2)			150	165	180	°C
T_{REL}	相对热关断				85		°C
T_{HYS}	热关断迟滞				28		°C
$V_{\overline{FLT}}$	$\overline{FLT}$ 低输出电压	$I_{\overline{FLT}}$ = 2.5mA				0.2	V
t_{FAULT_FLT}	故障指示时间(2)	V_{DIAG_EN} = 5V，出现故障和 $\overline{FLT}$ 置为有效之间的时间				20	µs
t_{FAULT_SNS}	故障指示时间(2)	V_{DIAG_EN} = 5V，出现故障和 I_{SNS} 稳定在 I_{SNSFH} 之间的时间				30	µs
t_{RETRY_WINDOW}	初始重试时间窗口				40		ms
$t_{RETRY,\ INT}$	初始重试窗口中的重试时间	从热关断到开关重新启用的时间		100	160	300	µs
$t_{RETRY,EXTD}$	扩展过流窗口中的重试时间			50	80	150	ms
EN 引脚特性							
$V_{IL,\ ENx}$	输入电压低电平	无接地网络				0.8	V
$V_{IH,\ ENx}$	输入电压高电平			1.5			V
$V_{IHYS,\ ENx}$	输入电压迟滞				320		mV
R_{ENx}	内部下拉电阻器			150	200	500	kΩ
$I_{IL,_ENx}$	输入电流低电平(2)	V_{ENx} = 0.8V		1.6	4	5.5	µA
$I_{IH,\ ENx}$	输入电流高电平(2)	V_{ENx} = 5V		19	25	35	µA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

V_{BB} = 6V 至 18V，T_J = –40°C 至 150°C（除非另有说明）；典型应用为 V_{BB} = 13.5V，R_{LIM} = 开路（除非另有规定）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
DIAG_EN 引脚特性						
$V_{IL, DIAG_EN}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, DIAG_EN}$	输入电压高电平		1.5			V
$V_{IHYS, DIAG_EN}$	输入电压迟滞			320		mV
R_{DIAG_EN}	内部下拉电阻器		100	200	500	kΩ
$I_{IL, DIAG_EN}$	输入电流低电平(2)	V_{DIAG_EN} = 0.8V	1.6	4	5.5	μA
$I_{IH, DIAG_EN}$	输入电流高电平(2)	V_{DIAG_EN} = 5V	19	25	35	μA
SEL 引脚特性						
$V_{IL, SEL}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, SEL}$	输入电压高电平		1.5			V
$V_{IHYS, SEL}$	输入电压迟滞			320		mV
R_{SEL}	内部下拉电阻器		100	350	500	kΩ
$I_{IL, SEL}$	输入电流低电平(2)	V_{SEL} = 0.8V	1.7	2.3	3.3	μA
$I_{IH, SEL}$	输入电流高电平(2)	V_{SEL} = 5V	11	14	20	μA

(1) 要从 K_{CL} 计算 I_{CL}，请使用公式 $I_{CL} = K_{CL} / R_{LIM}$
(2) 参数由设计指定，无需进行生产测试。

6.6 SNS 时序特性

V_{BB} = 6V 至 18V，V_{ENx} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V，R_{SNS} = 1kΩ，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 DIAG_EN 的上升沿开始的趋稳时间	V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，I_{OUTx} = 1A			20	μs
		V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，I_{OUTx} = 50mA			20	μs
$t_{SNSION2}$	从 EN 和 DIAG_EN 的上升沿开始的趋稳时间，V_{DIAG_EN}、V_{EN} 的 50% 至 I_{SNS} 的 90%	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，I_{OUTx} = 1A			170	μs
		V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，I_{OUTx} = 50mA			170	
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的趋稳时间，DIAG_EN = 5V，V_{EN} 的 50% 至 I_{SNS} 的 90%	V_{ENx} = 0V 至 5V，V_{DIAG_EN} = 5V，I_{OUTx} = 1A			110	μs
$t_{SNSIOFF}$	从 DIAG_EN 的下降沿开始的趋稳时间；V_{DIAG_EN} 的 50% 至 I_{SNS} 的 5%	V_{ENx} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V，I_{OUTx} = 1A			10	μs
$t_{SETTLEH}$	从负载阶跃的上升沿开始的趋稳时间	I_{OUTx} = 50mA 至 1A			20	μs
$t_{SETTLEL}$	从负载阶跃的下降沿开始的趋稳时间	I_{OUTx} = 1A 至 50mA			20	μs
t_{MUX1}	从 CHx 切换到 CHy 的趋稳时间	V_{SEL} = 0V 至 5V，I_{OUT1} = 50mA，I_{OUT2} = 1A			20	μs
t_{MUX2}	在出现任何故障时从 CHx 切换到 CHy 的趋稳时间	V_{EN1} = 5V，V_{EN2} = 0V，V_{SEL} = 0V 至 5V，I_{OUT1} = 1A，CH2 = I_{SNSFH}			20	μs

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.7 开关特性

V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω，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	ENx 的 50% 至 VOUTx 的 20% 从待机状态	6	12	30	µs
		ENx 的 50% 至 VOUTx 的 20% 从睡眠状态	10	45	70	µs
t_{DF}	通道关断延迟时间	ENx 的 50% 至 VOUTx 的 80%	35	80	121	µs
SR_R	VOUT 上升转换率	VOUTx 的 20% 至 80%（版本 = D、B）	0.02	0.06	0.1	V/µs
		VOUTx 的 20% 至 80%（版本 = P、M）	0.3	0.45	0.65	V/µs
SR_F	VOUT 下降压摆率	VOUTx 的 80% 至 20%（版本 = D、B）	0.02	0.06	0.1	V/µs
		VOUTx 的 80% 至 20%（版本 = P、M）	0.3	0.5	0.7	V/µs
t_{ON}	通道导通时间	从睡眠状态起，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%	35	60	110	µs
		EN 的 50% 至 VOUT 的 80%， 从待机状态	15	30	90	µs
t_{OFF}	通道关断时间	EN 的 50% 至 VOUT 的 20%	50	90	130	µs
t_{ON} – t_{OFF}	导通和关断匹配(1)	1ms 使能脉冲	-75		40	µs
		200µs 使能脉冲	-90		40	µs
Δ_{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流(1)	200µs 使能脉冲（1ms 周期）	-45		25	%
		≤500Hz，50% 占空比	-12		12	%
E_{ON}	导通期间的开关能量损耗	V_{BB} = 18V，R_L = 3.3Ω，VOUT 的 0% 至 100%		0.63		mJ
		V_{BB} = 18V，R_L = 3.3Ω，VOUT 的 10% 至 90%		0.59		mJ
E_{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V_{BB} = 18V，R_L = 3.3Ω，VOUT 的 100% 至 0%		0.77		mJ
		V_{BB} = 18V，R_L = 3.3Ω，VOUT 的 90% 至 10%		0.67		mJ

(1) 参数由设计指定，无需进行生产测试。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性

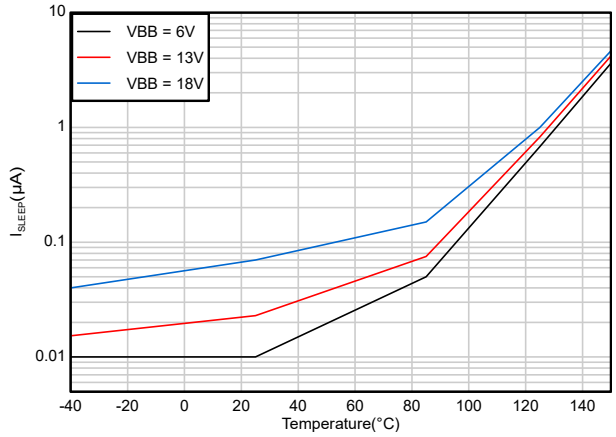


图 6-1. 待机电流 (I_{SLEEP}) 与温度间的关系

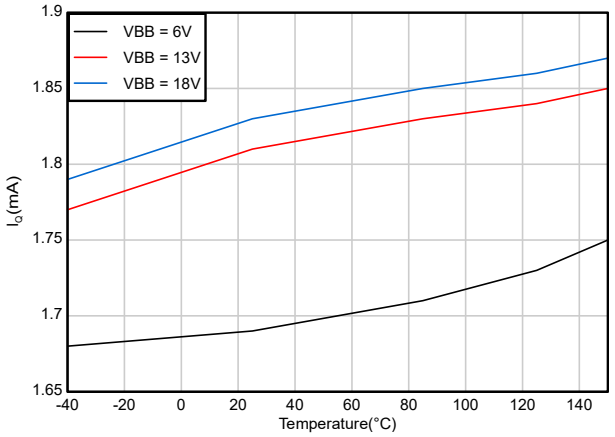


图 6-2. 静态电流 (I_Q) 与温度间的关系（双通道使能时）

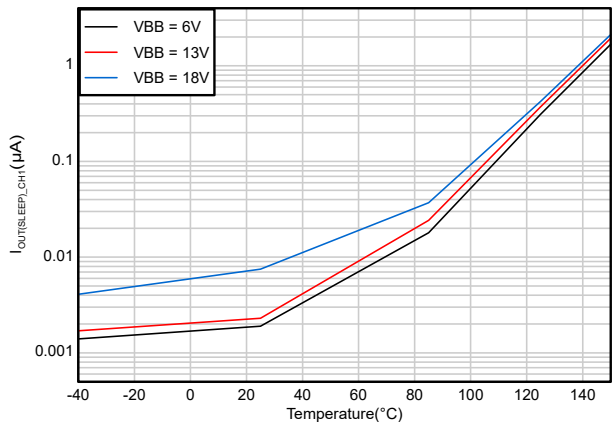


图 6-3. 通道 1 输出泄漏电流 ($I_{OUT(SLEEP)}$) 与温度间的关系

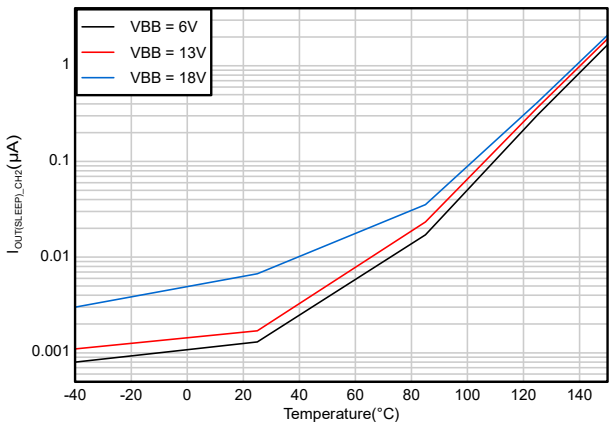


图 6-4. 通道 2 输出泄漏电流 ($I_{OUT(SLEEP)}$) 与温度间的关系

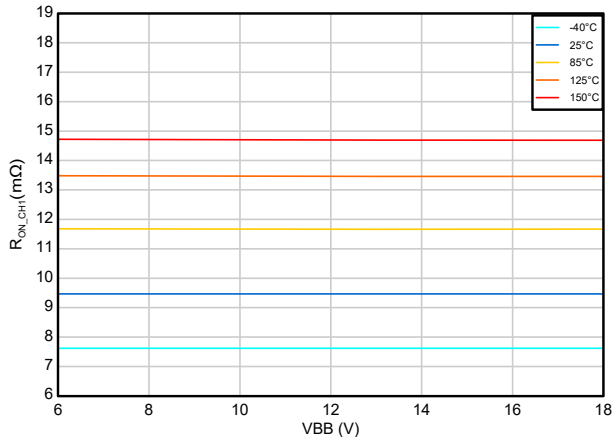


图 6-5. 通道 1 的导通电阻 (R_{ON}) 与 VBB 间的关系

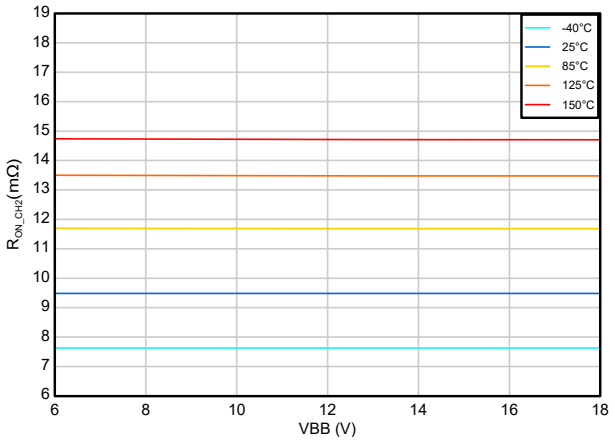


图 6-6. 通道 2 的导通电阻 (R_{ON}) 与 VBB 间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性（续）

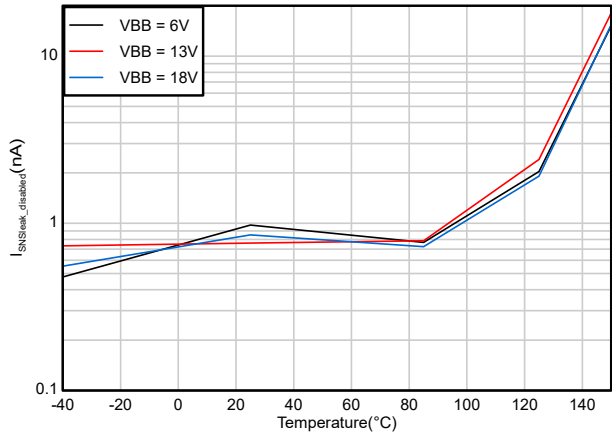


图 6-7. 禁用诊断时的 I_{SNS} 漏电流与温度间的关系

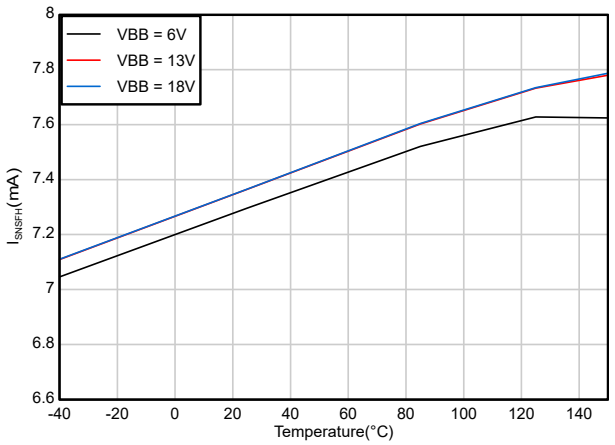


图 6-8. I_{SNS} 故障高电平电流与温度间的关系

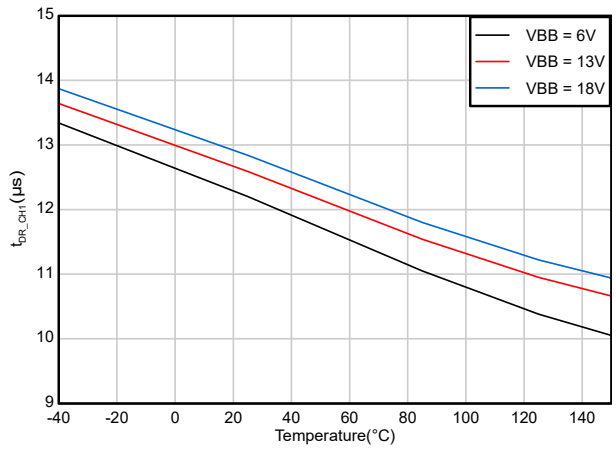


图 6-9. 通道 1 的通道导通延迟时间 (t_{DR}) 与温度间的关系

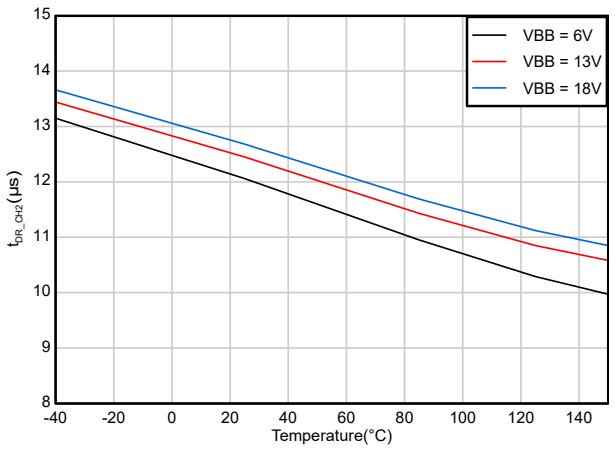


图 6-10. 通道 2 的通道导通延迟时间 (t_{DR}) 与温度间的关系

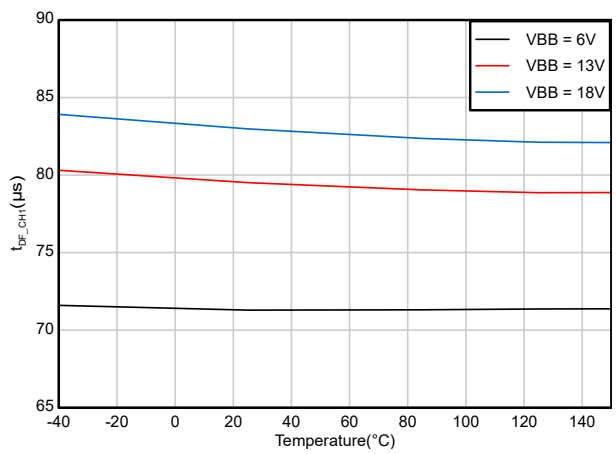


图 6-11. 通道 1 的通道关断延迟时间 (t_{DF}) 与温度间的关系

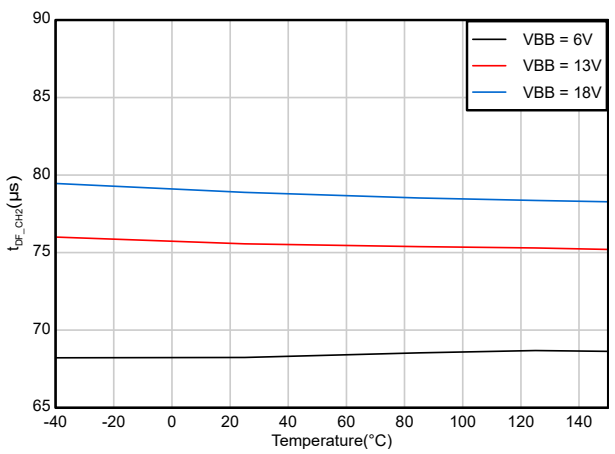


图 6-12. 通道 2 的通道关断延迟时间 (t_{DF}) 与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性（续）

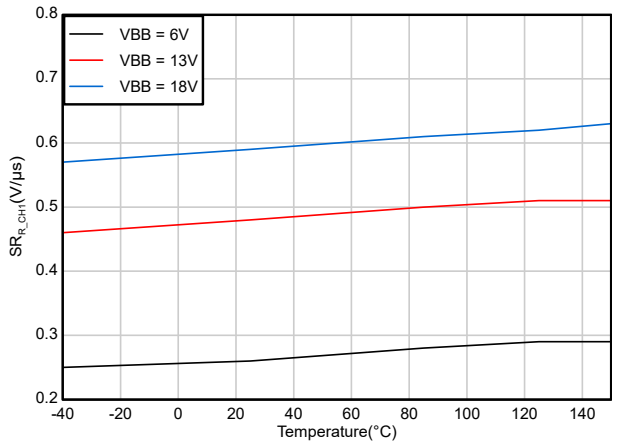


图 6-13. 通道 1 的 VOUT 上升压摆率 (SR_R) 与温度间的关系（P 版本）

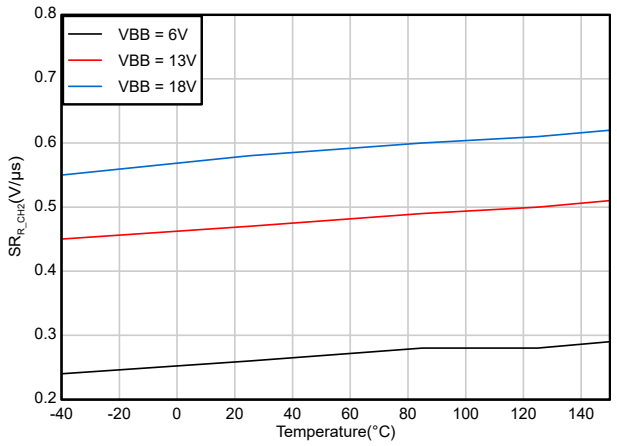


图 6-14. 通道 2 的 VOUT 上升压摆率 (SR_R) 与温度间的关系（P 版本）

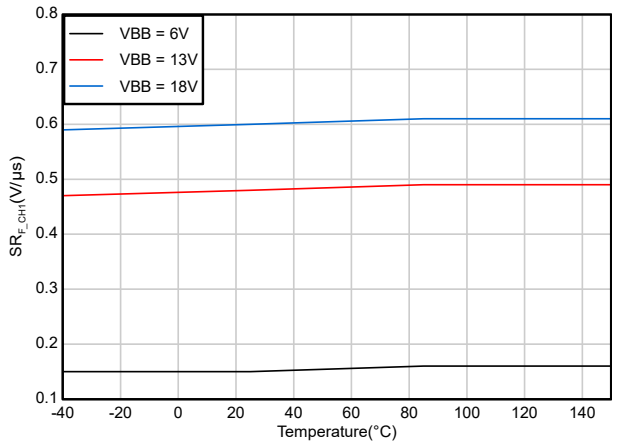


图 6-15. 通道 1 的 VOUT 下降压摆率 (SR_F) 与温度间的关系（P 版本）

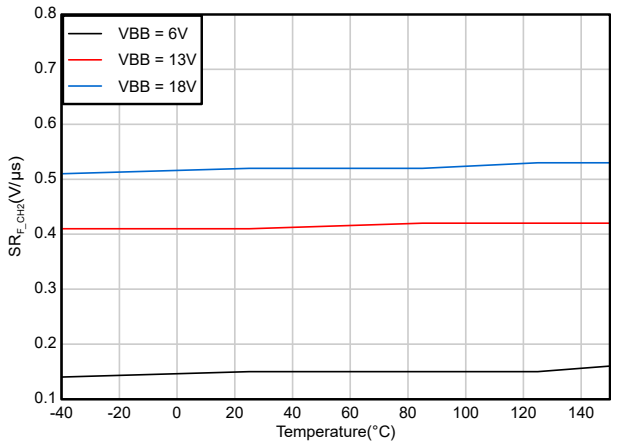


图 6-16. 通道 2 的 VOUT 下降压摆率 (SR_F) 与温度间的关系（P 版本）

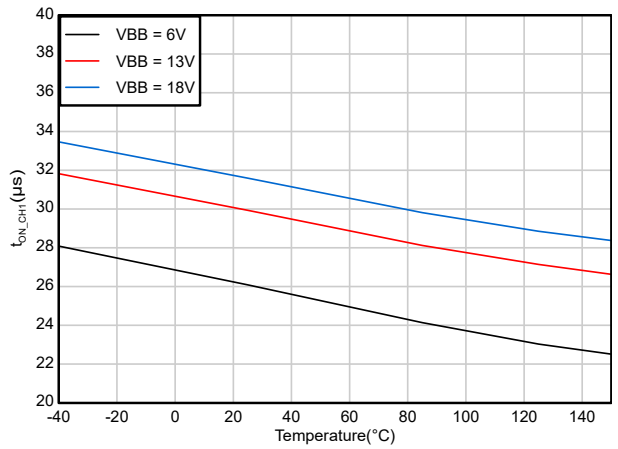


图 6-17. 通道 1 的通道导通时间 (t_{ON}) 与温度间的关系

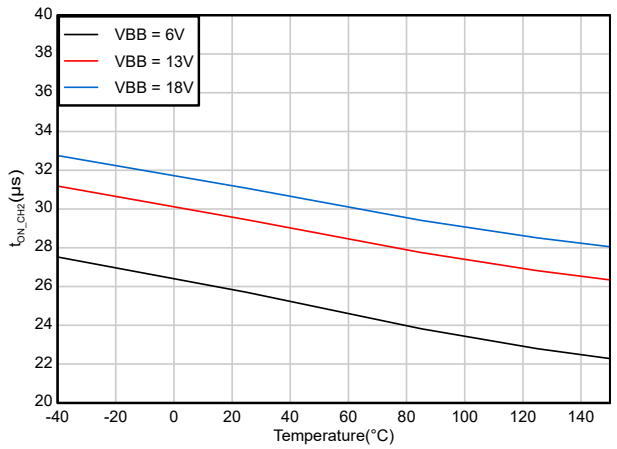


图 6-18. 通道 2 的通道导通时间 (t_{ON}) 与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性（续）

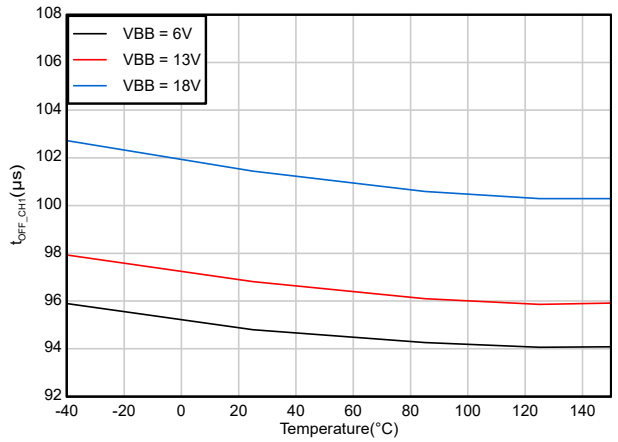


图 6-19. 通道 1 的通道关断导通时间 (t_{OFF}) 与温度间的关系

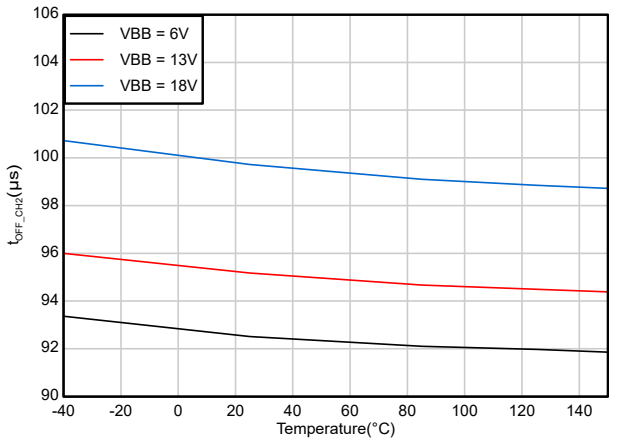


图 6-20. 通道 2 的通道关断导通时间 (t_{OFF}) 与温度间的关系

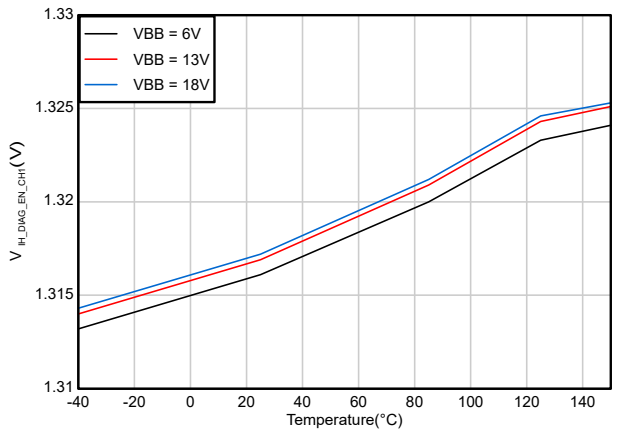


图 6-21. DIAG_EN 输入电压高电平与温度间的关系

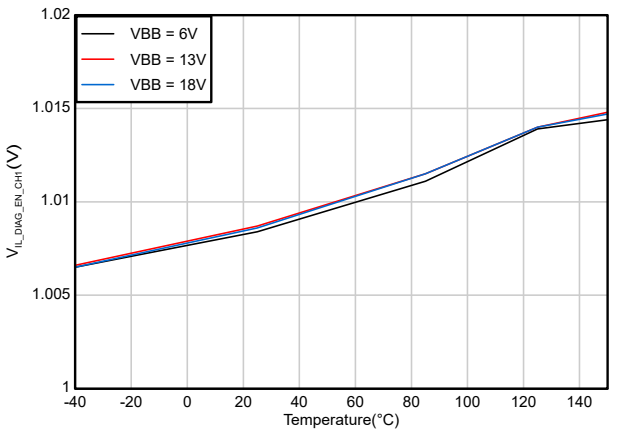


图 6-22. DIAG_EN 输入电压低电平与温度间的关系

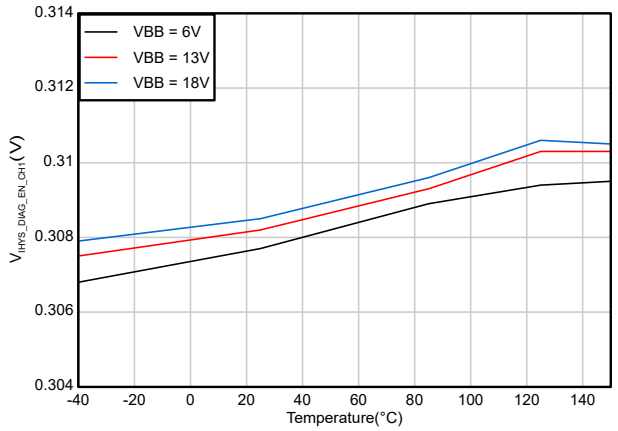


图 6-23. DIAG_EN 输入电压迟滞与温度间的关系

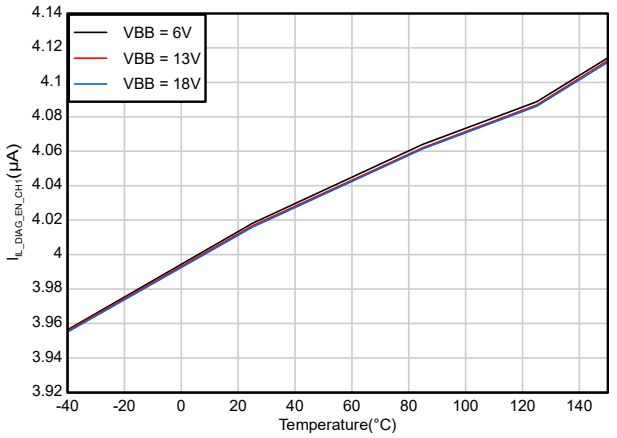


图 6-24. DIAG_EN 输入电流低电平与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性（续）

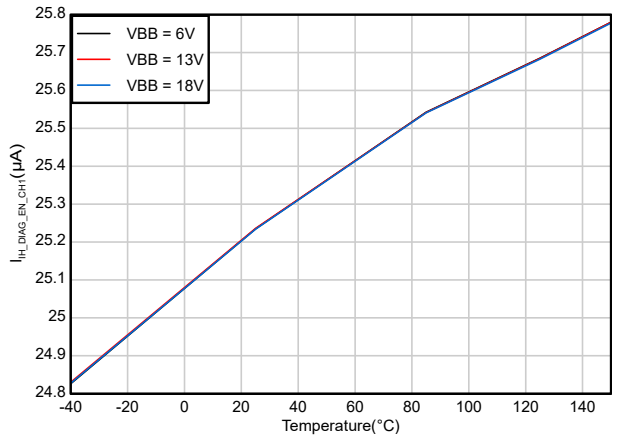


图 6-25. DIAG_EN 输入电流高电平与温度间的关系

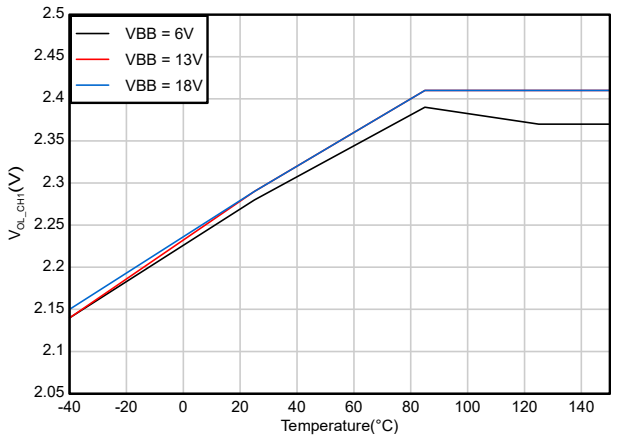


图 6-26. 通道 1 的开路负载检测电压 (V_{OL}) 与温度间的关系

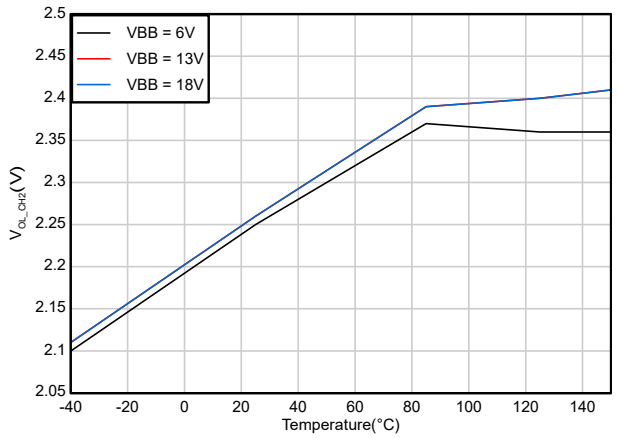


图 6-27. 通道 2 的开路负载检测电压 (V_{OL}) 与温度间的关系

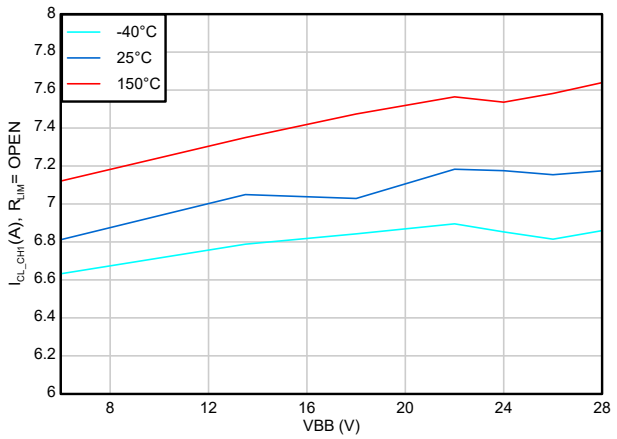


图 6-28. 通道 1 的电流限制调节电平 (I_{CL}) 与 VBB 间的关系，R_{LIM} = 开路

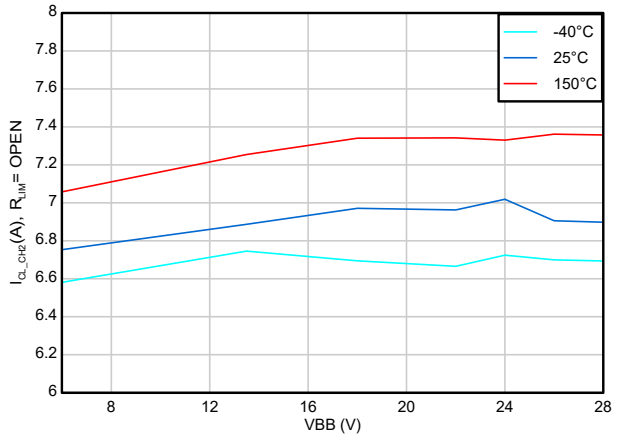


图 6-29. 通道 2 的电流限制调节电平 (I_{CL}) 与 VBB 间的关系，R_{LIM} = 开路

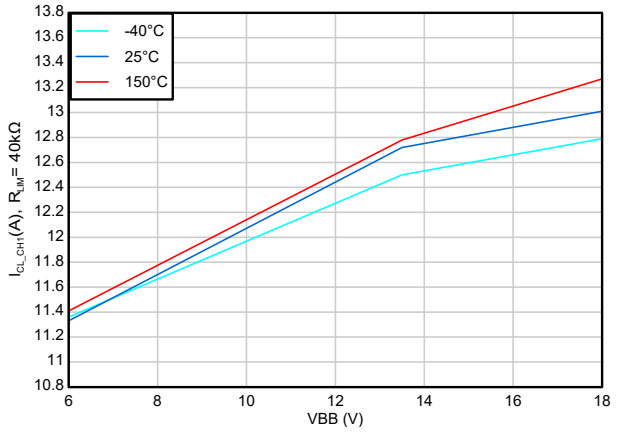


图 6-30. 通道 1 的电流限制调节电平 (I_{CL}) 与 VBB 间的关系，R_{LIM} = 40k Ω

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性（续）

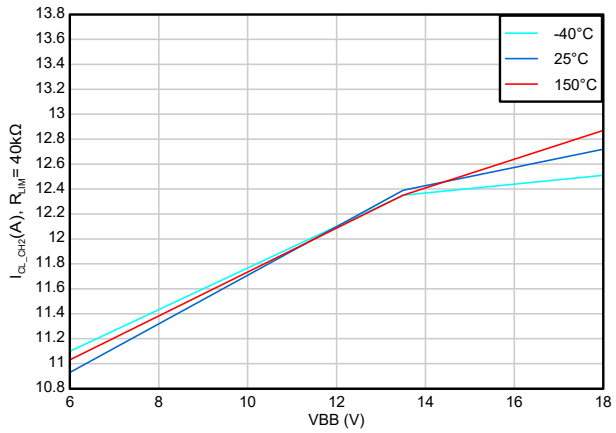


图 6-31. 通道 2 的电流限制调节电平 (I_{CL}) 与 VBB 间的关系，R_{LIM} = 40kΩ

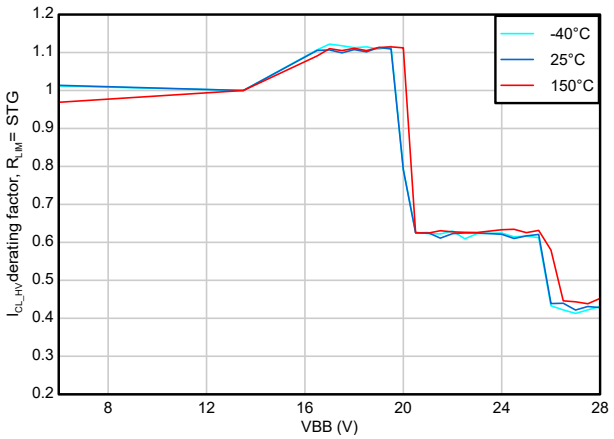


图 6-32. 两个通道的电流限制降额因子 (I_{CL_HV}) 与 VBB 间的关系，R_{LIM} = GND

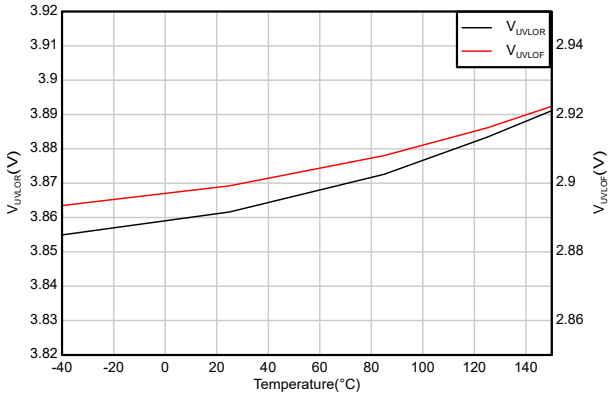


图 6-33. 欠压锁定阈值（V_{UVLOR}，V_{UVLOF}）与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息

在整个数据表中，各引脚上的电流方向如 图 7-1 中的箭头所示，以供参考。所有电压均以接地平面为基准进行测量。

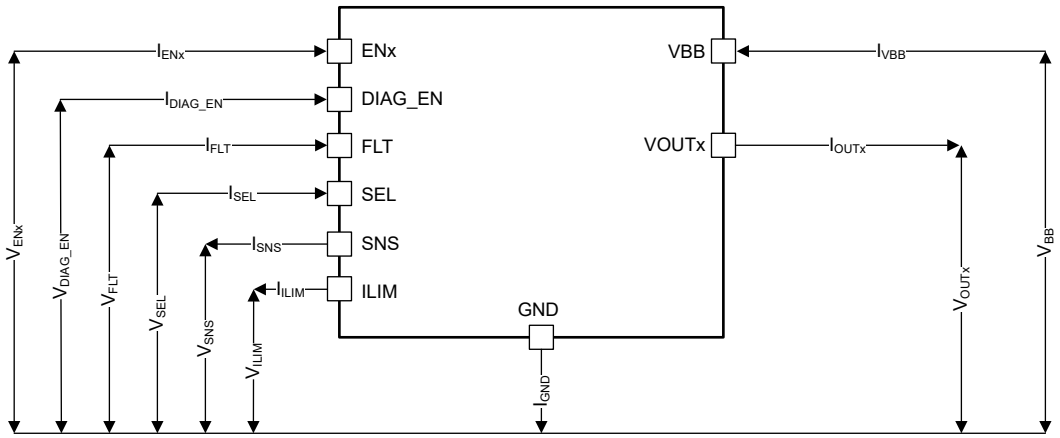
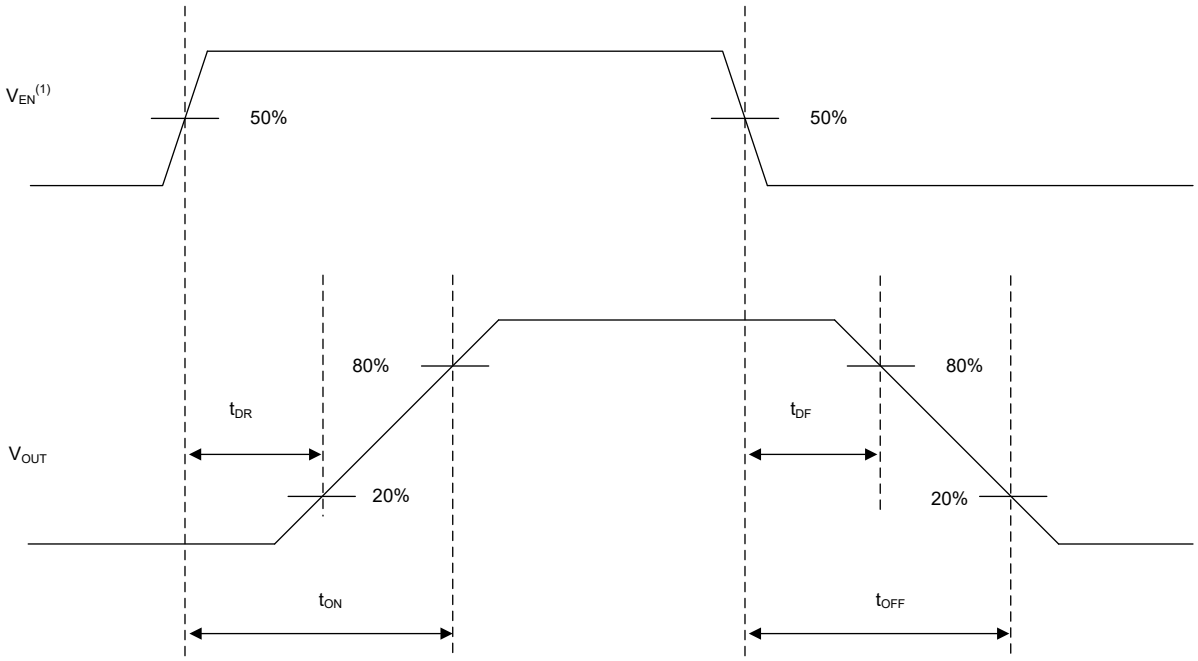


图 7-1. 电压和电流约定



Rise and fall time of VEN is 100 ns.

图 7-2. 开关特性定义

8 详细说明

8.1 概述

TPS2HC08-Q1 是一款受到全面保护的 dual-channel 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。器件提供了两个引脚，用于支持数字状态和模拟电流检测输出。禁用诊断后，电流检测输出可设置为高阻抗状态，这可以在多个器件之间实现 MCU 模拟接口多路复用。

该器件具有专用逻辑引脚来启用两个通道中的每一个，并具有单独的 DIAG_EN 引脚来启用诊断输出。通过 SEL 引脚，可以选择要在模拟电流检测 (SNS) 引脚上输出的通道。该器件还实现了一个开漏结构的全局 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚，用作 MCU 中断。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和更准确的诊断，无需额外的内联校准。电流镜用于提供 $1/K_{SNS}$ 的负载电流，这等于 SNS 引脚上的电阻器两端的电压。SNS 引脚还可通过从 SNS 引脚提供 I_{SNSFH} 的电流来报告故障。在故障期间，SNS 引脚电压由 $I_{SNSFH} \times R_{SNS}$ 来表示。如果该电压违反了 MCU ADC 可接受的电压范围，则必须连接 SNS 引脚上的外部齐纳二极管或电阻分压器。

该器件还提供可编程电流限制功能，该功能可通过在启动（此时可为大电容充电）或短路条件下有效地钳制浪涌电流，明显地改善整个系统的可靠性。器件的高精度电流限制可使用外部电阻器设置为 7.5A 至 25A 之间。这些器件还提供具有和不具有热调节功能的电流限制设置。在启动期间为大电容器充电时，热调节电流限制可能很有用。无热调节功能的电流限制设置对于高电机失速电流或灯泡负载之类非常有用。

内置的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。凭借工艺技术和出色的 IC 布局的优势，TPS2HC08-Q1 器件可以实现出色的功率耗散能力，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，请参阅电感负载关断钳位。

TPS2HC08-Q1 器件可用作各种电阻负载、电感负载和电容负载（包括灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2 功能方框图

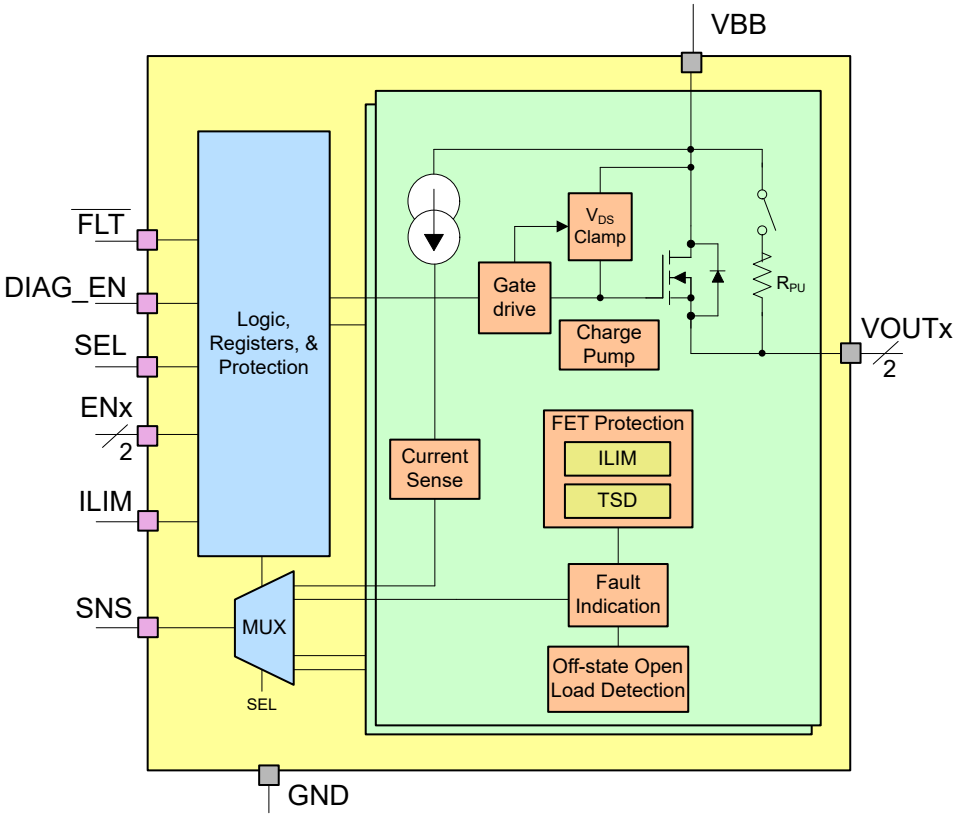


图 8-1. 功能方框图

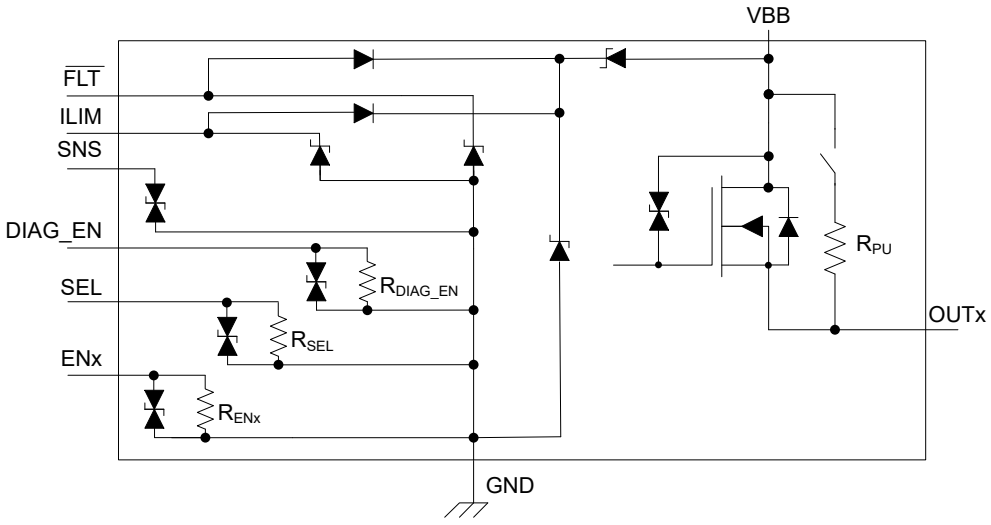


图 8-2. 内部二极管图

上图显示了器件的内部二极管结构。GND 引脚和低电压 IO 引脚之间连接了背对背二极管，通过内部下拉电阻器提供电压钳位，从而使引脚保持已知状态。$\overline{\text{FLT}}$ 和 ILIM 引脚具有内部保护结构，可承受高达 VBB 的电压，从而防止相邻引脚短路。还在电源开关两端实现了由背对背齐纳二极管组成的漏源钳位结构，以防止电感能量退磁。

8.3 特性说明

8.3.1 精确的电流检测

通过高精度电流检测功能，无需进一步校准，即可实现实时监测效果和更准确的诊断。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，因此不需要用户进行后校准。

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 R_{SNS} 值受 ADC 最小可接受电压 $V_{ADC,min}$ 限制。最大 R_{SNS} 值受故障条件下 I_{SNSFH} 的 ADC 最大可接受电压 $V_{ADC,max}$ 的限制（检查电气特性，以了解最小规格）。故障情况下的 SNS 引脚电流 I_{SNSFH} 应明显高于最大负载电流 ($I_{LOAD,max}$) 下的 SNS 引脚电流，以提供足够的余量电压 (V_{HR}) 来确定最大可读电流与故障情况之间的差值。可以使用 方程式 1 来计算 R_{SNS} 的值，而无需在 SNS 引脚上使用任何外部齐纳二极管或电阻分压器。

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

为了获得更好的电流检测电压分辨率，可在 SNS 引脚上连接一个外部齐纳二极管或电阻分压器，以在故障情况下将 SNS 引脚电压钳位到 ADC 最大可接受电压 $V_{ADC,max}$。在这种情况下，用户需要选择 R_{SNS} 电阻器，以在最大可读电流和故障条件之间实现所需的余量电压 (V_{HR})。在这种情况下，可以使用 方程式 2 来计算 R_{SNS} 的值。

$$\frac{(V_{ADC,min} \times K_{SNS})}{I_{LOAD,min}} \leq R_{SNS} \leq \frac{((V_{ADC,max} - V_{HR}) \times K_{SNS})}{I_{LOAD,max}} \quad (2)$$

在某些应用中，负载电流范围更高，上述适用边界公式只能满足下限或上限。在这些情况下，可以更多地强调较低的可测量电流值，这会增加 R_{SNS}。同样，如果对较高的电流更感兴趣，则可以降低 R_{SNS}。如果使用 GND 网络进行反极性保护、则必须考虑 GND 网络上的压降，、以确保 SNS 引脚电压不超过可接受的最大 ADC 电压。

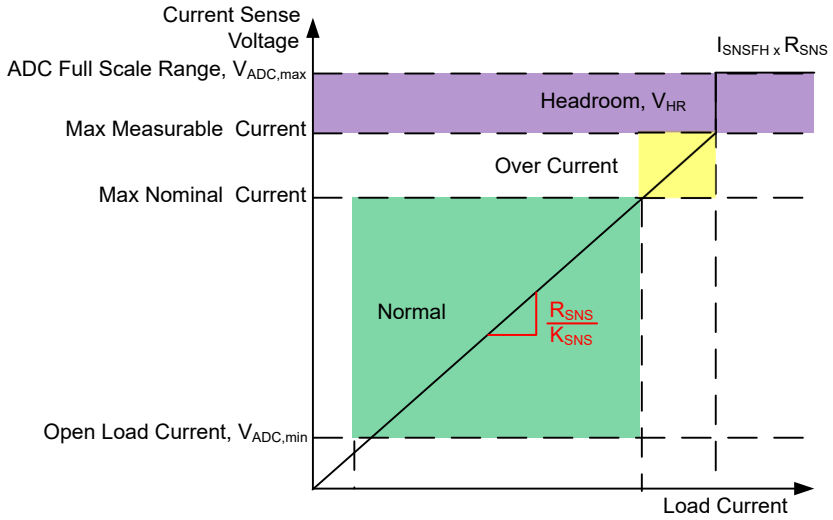


图 8-3. 电流检测引脚上的电压指示

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，SNS 值会变为 I_{SNSFH}。图 8-4 显示了使用 1kΩ R_{SNS} 时器件通道 1 上，5A 负载阶跃的 SNS 引脚行为。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



图 8-4. 通道 1 上负载电流变化时的 SNS 引脚电压（R_{SNS} = 1kΩ，SEL = 0）

8.3.1.1 SNS 响应时间

某些应用可以使用高频率，低占空比 PWM 运行。此类应用要求 SNS 输出快速稳定。例如，250Hz、5% 占空比 PWM 的导通时间仅为 200µs。微控制器 ADC 可在定义的趋稳时间之后对 SNS 信号进行采样。下图显示了 EN 和 DIAG_EN 分别被拉高时 SNS 信号的响应时间。器件 SNS 信号的快速响应时间使得 ADC 在此类应用中，轻松读取电流检测。

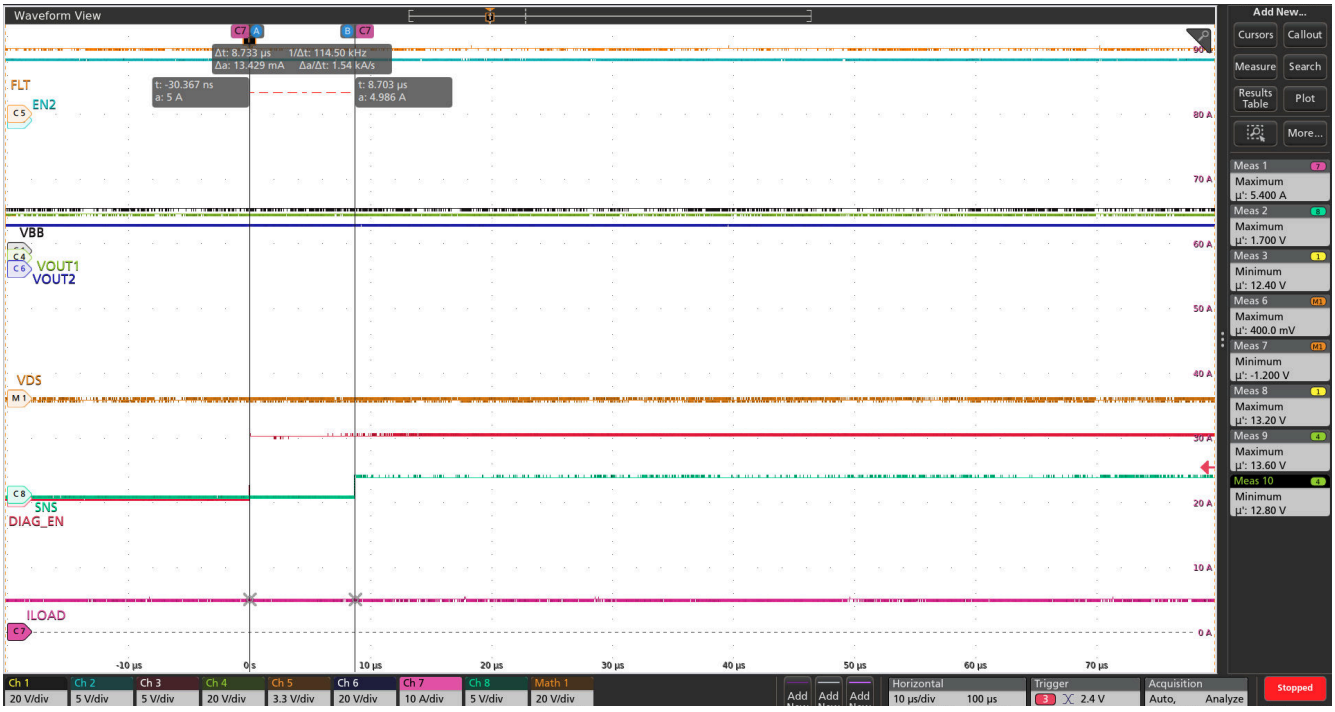


图 8-5. DIAG_EN 触发的 SNS 响应时间 ($t_{SNSION1}$)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

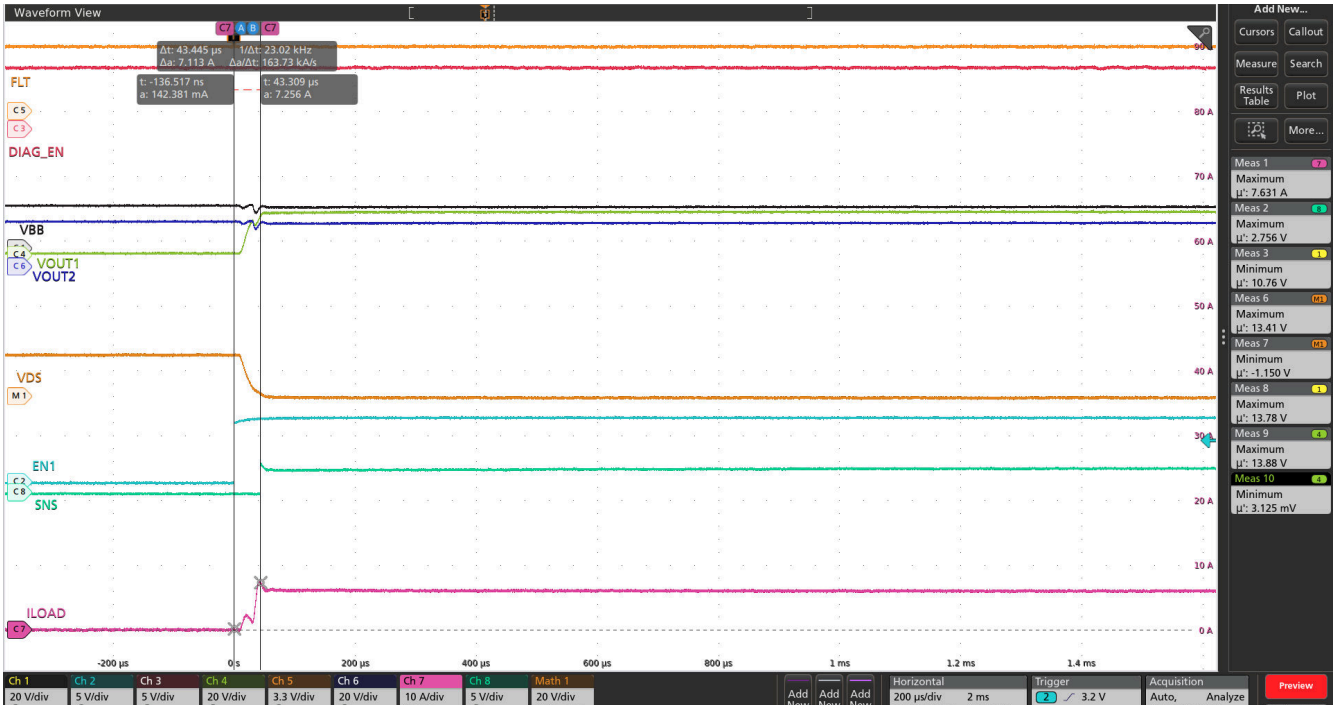


图 8-6. EN 触发的 SNS 响应时间 ($t_{SNSION3}$)

备注

控制信号的上升和下降时间为 100ns。控制信号包括：ENx、DIAG_EN 和 SEL。两个通道都具有相同的检测时序并采用适当的 SEL 设置。

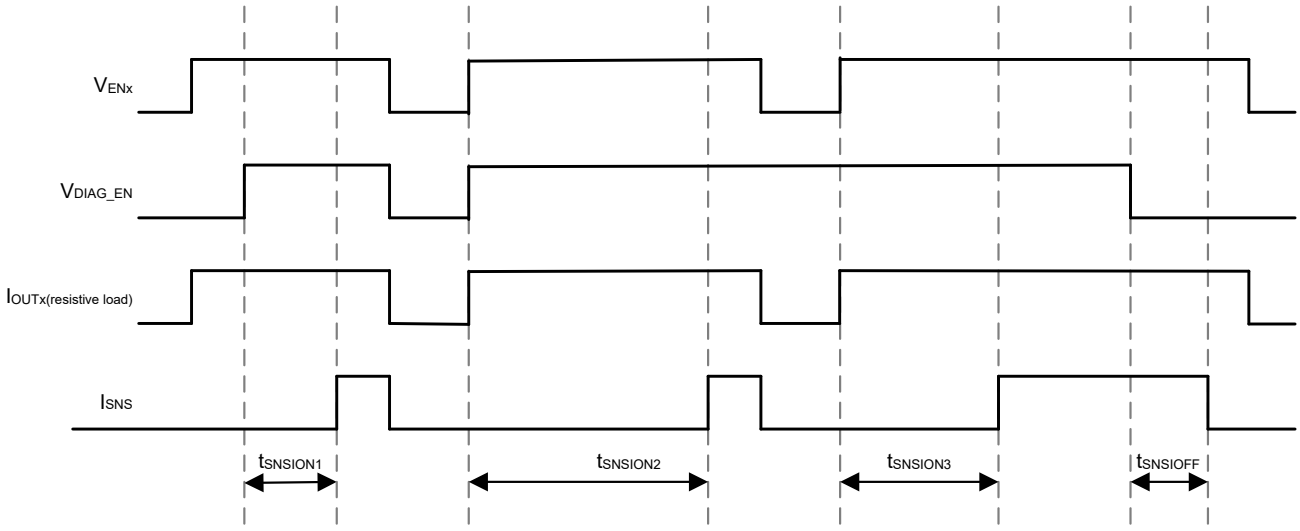


图 8-7. 从 EN 或 DIAG_EN 开始的 SNS 趋稳时间

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

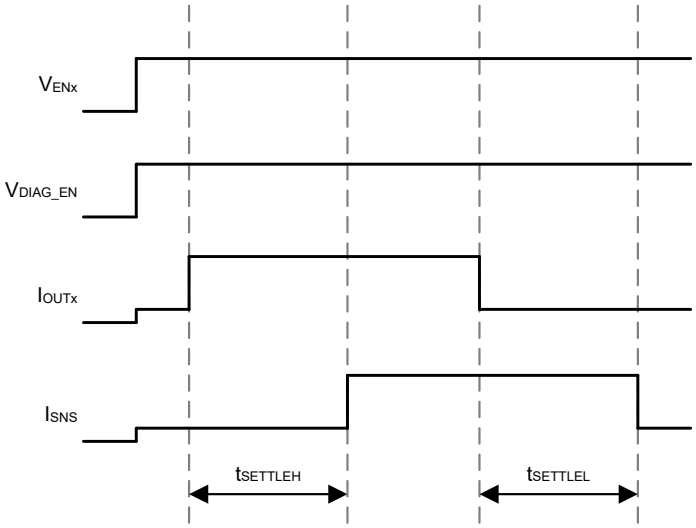


图 8-8. 负载阶跃后的 SNS 趋稳时间

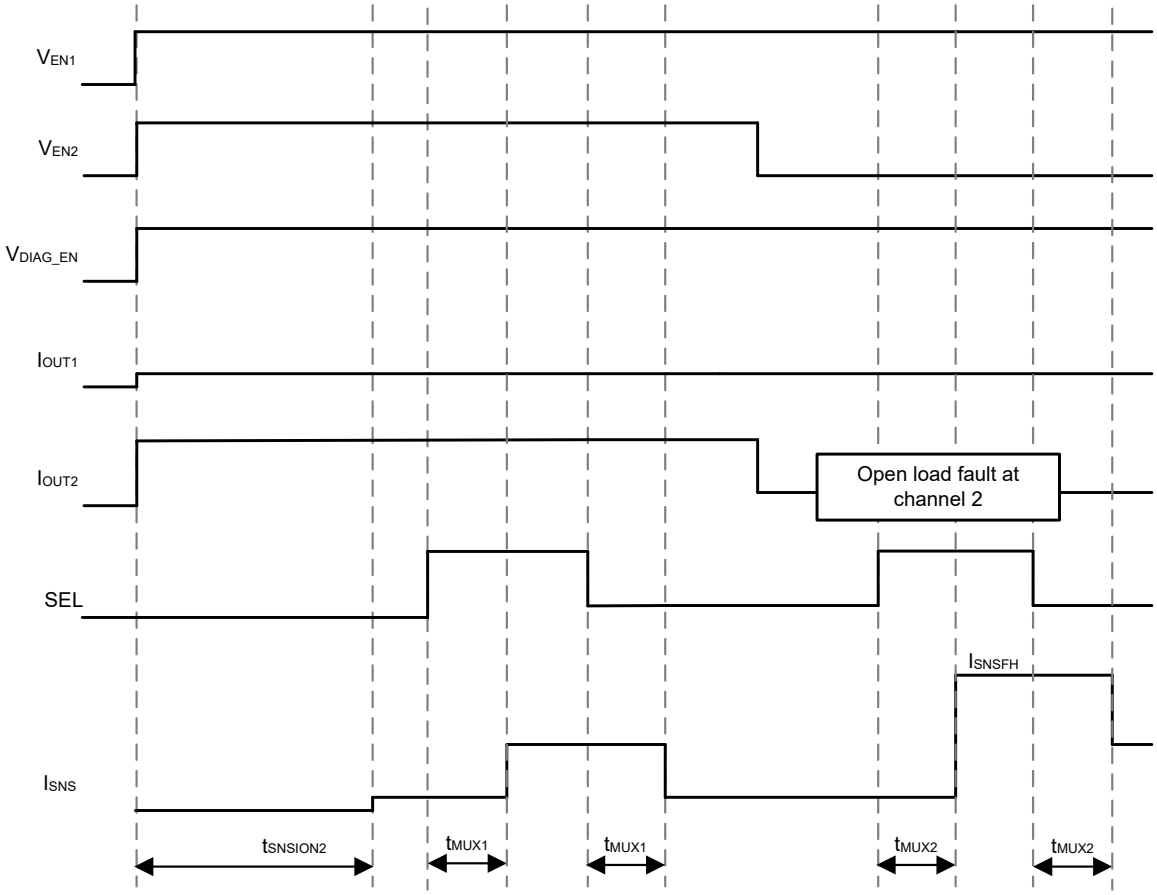


图 8-9. 从 CHx 切换到 CHy 的 SNS 趋稳时间

8.3.1.2 SNS 输出滤波器

由于内部架构的原因，SNS 引脚信号的纹波分量约为 1.6MHz。根据 R_{SNS} 值，可以在 SNS 引脚上连接相应的 C_{SNS}，以滤除该纹波元件，并降低 SNS 引脚电压的峰值间纹波。表 8-1 展示了在 SNS 引脚上使用和不使用

C_{SNS} 时的典型峰值间纹波电压值。设计人员应根据系统要求，选择 C_{SNS} 电容值。较大的值可提供更好的滤波效果。较小的值可实现更快的瞬态响应。例如，具有 1kΩ R_{SNS} 的 150pF C_{SNS} 会使 SNS 电压的趋稳时间增加 750ns (5RC)。

表 8-1. SNS 纹波（典型测量条件：VBB = 13.5V，I_{LIM} = 开路，T_A = 25°C）

R_L（负载电阻器）	R_{SNS}	C_{SNS}	不使用 C_{SNS} 时的峰值间纹波 (mV)	使用 C_{SNS} 时的峰值间纹波 (mV)
10Ω	1kΩ	150pF	105mV	50mV
2.2Ω	1kΩ	150pF	157mV	55mV

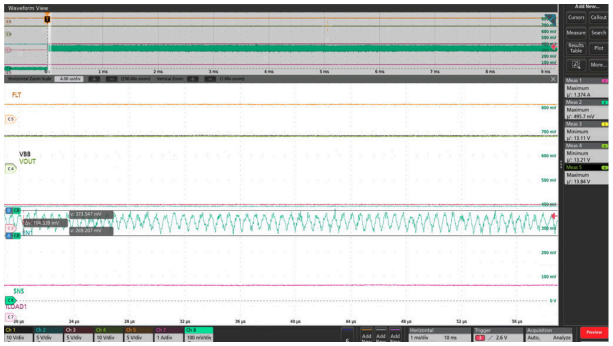


图 8-10. SNS 引脚无 C_{SNS} 时的纹波（VBB = 13.5V，I_{LIM} = 开路，R_L = 10Ω，R_{SNS} = 1kΩ，T_A = 25°C）

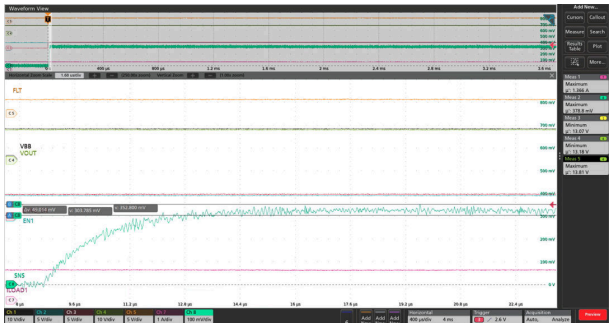


图 8-11. SNS 引脚带 150pF C_{SNS} 时的纹波（VBB = 13.5V，I_{LIM} = 开路，R_L = 10Ω，R_{SNS} = 1kΩ，T_A = 25°C）

8.3.1.3 跨通道电流检测的多路复用

SEL 引脚用于在两个通道之间复用共享电流检测功能。如果 DIAG_EN 为高电平，则将 SEL 引脚拉至高电平或低电平会将相应通道设置为在 SNS 引脚上输出。$\overline{FLT}$ 仍表示全局中断，如果任何通道上发生故障，它将变为低电平。有关更多详细信息，请参阅表 8-6。

8.3.1.4 跨器件电流检测的多路复用

图 8-12 展示了使用公共 R_{SNS} 电阻器在两个器件之间共享 SNS 引脚。同理，也可配置多个器件共享 SNS 引脚。当 DIAG_EN 设置为高电平时，可以使用关联的 ENx 和 SEL 信号启用所选通道电流检测输出，与负载电流 (I_{LOAD}/K_{SNS}) 成比例的电流通过外部检测电阻从 SNS 引脚流出并接地。该电流转化为电压信号，可由 MCU 的 ADC 输入进行测量。当 DIAG_EN 设置为低电平时，SNS 引脚处于高阻抗（三态）状态。此特性允许多个 TPS2HC08-Q1 器件共享同一个检测电阻和 ADC 输入引脚，因为在任何给定时间只有一个器件可以驱动 SNS 引脚。

K_{SNS} 的设计确保最大额定负载电流下的 SNS 引脚电流，在整个器件系列中保持一致。因此，不同额定电流的器件可通过采用相同的 R_{SNS} 电阻和 ADC 满量程范围实现多路复用。

在器件之间实现电流检测多路复用时，器件的禁用状态 SNS 引脚漏电流 ($I_{SNSleak_disabled}$)（DIAG_EN 设置为低电平）会在从活动器件读取电流时引入测量误差。对于 TPS2HC08-Q1 器件，禁用状态 SNS 引脚泄漏非常低（典型值为 nA），从而允许多路复用更多器件。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

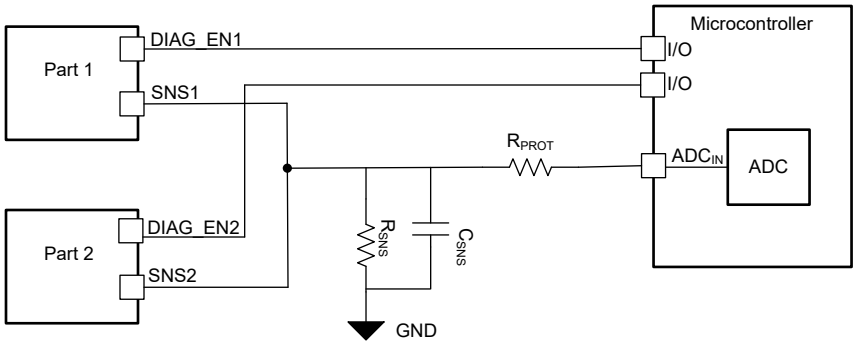


图 8-12. 跨多个器件的 SNS 多路复用

8.3.2 过流保护

TPS2HC08-Q1 在过流事件期间提供热关断和电流限制保护功能，以保护内部功率 MOSFET。当器件处于运行状态时，将启用这些保护功能。每个通道都有独立热关断和限流电路。电流限制故障在设定电流限制值的大约 80% ($I_{CL_FLT_Trip}$) 处被置为有效。

8.3.2.1 可调节限流

器件 TPS2HC08-Q1 提供高精度可调节电流，这可实现更高的可靠性，并在短路或大电容上电期间为电源提供保护。可调电流限制还可以通过将电流限制设置为较低的水平来减少 PCB 布线、降低连接器尺寸和前一个功率级的容量，从而节省系统成本。

该器件的电流限制可通过 ILIM 引脚上的外部电阻器进行调节。通过 ILIM 引脚设置的值被应用于两个通道。该器件提供具有热调节电流限制的 ILIM 设置，可根据 FET 和控制器的相对温度调整电流限制水平。这可以避免 FET 快速发热并延迟相对热关断的触发，从而使器件能够在启动时为大电容器充电。当 ILIM 引脚短接至 GND 时，可以在不进行热调节的情况下配置器件电流限制，其中器件将电流限制在设定的 ILIM 值。表 8-2 详细说明了可根据 ILIM 引脚配置进行的不同设置。

表 8-2. 通过 ILIM 引脚进行的电流限制设置

ILIM 引脚上的 R_{LIM} 值	典型 $I_{CL} = K_{CL} / R_{LIM}$	热调节
ILIM = GND 或 R_{LIM}< 20kΩ	25A 的最大设置	禁用
R_{LIM} = 20kΩ	25A	启用
20kΩ < R_{LIM} < 66.66kΩ	$I_{CL} = K_{CL} / R_{LIM}$	启用
R_{LIM} = 66.66kΩ	7.5A	启用
ILIM = 开路或 R_{LIM} > 66.66kΩ	7.5A 的最小设置	启用

该器件还提供快速跳闸断路器功能，该功能在启用通道时发生短路的情况下使用，这种情况也称为热短路。达到 I_{CB} 阈值后，器件快速关闭通道，以保护内部 MOSFET。此外，该器件还可在较高电压下提供电流限制折返功能，有助于在发生高 V_{DS} 事件时保护内部功率 MOSFET。

系统中可能发生的不同过流事件包括：

- 热短路
- 启用至短接
- 电流过载（缓慢蠕变）

启用通道并对通道的输出应用短路条件时，会发生热短路。当 MOSFET 的输出端已经发生短路时将会启用至短接，并且通道被启用至短路状态。如果输出端发生缓慢上升过流事件，则可能会发生电流过载，又称为缓慢蠕变。

在接下来的几节中，会介绍具有热调节功能和没有热调节功能的电流限制如何与断路器和热关断功能配合工作，以帮助防止可能发生的各种过流情况。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3.2.1.1 使用热调节的电流限制

根据 ILIM 设置，可以将该器件配置为通过热调节来限制电流。热调节的工作原理是以控制器的温度 ($T_{J,CONTROLLER}$) 为基准监测 MOSFET 的相对温度 ($T_{J,FET}$)，并根据相对温度降低电流限制。

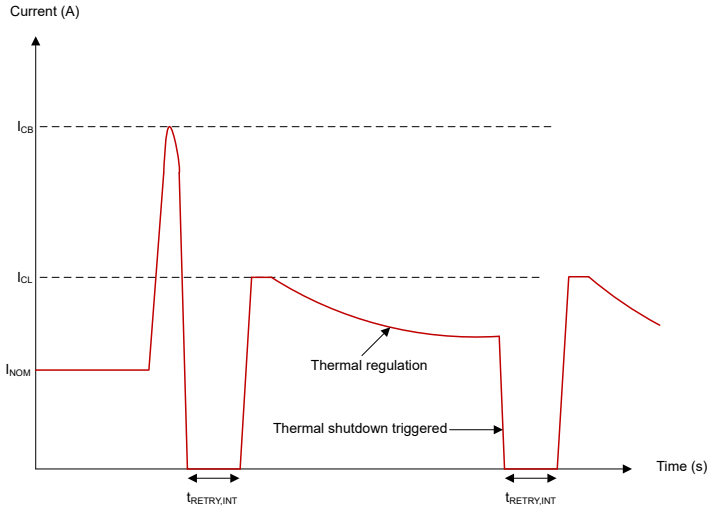


图 8-13. 使用热调节功能时的导通状态短路行为

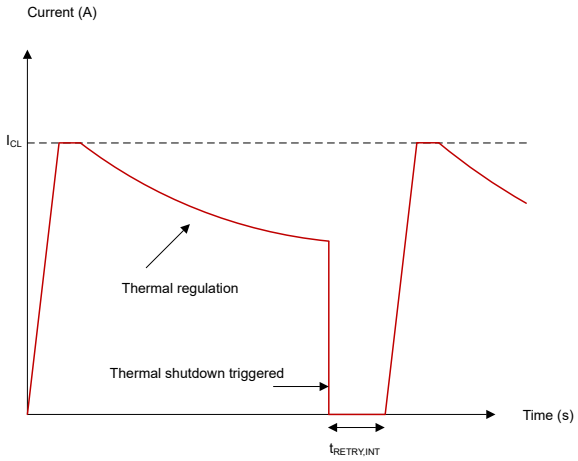


图 8-14. 通过热调节功能使其短路

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

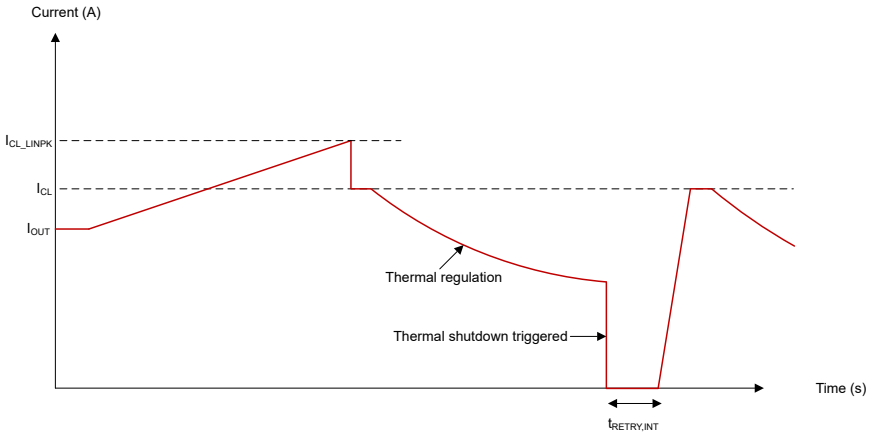


图 8-15. 使用热调节功能时的过载行为（电流蠕变）

8.3.2.1.2 不使用热调节的电流限制

根据 ILIM 设置，可以将该器件配置为不通过热调节来限制电流。该器件根据 ILIM 引脚上的设置来限制电流。可使用此方法的应用包括灯泡负载和具有高浪涌电流的电机负载。

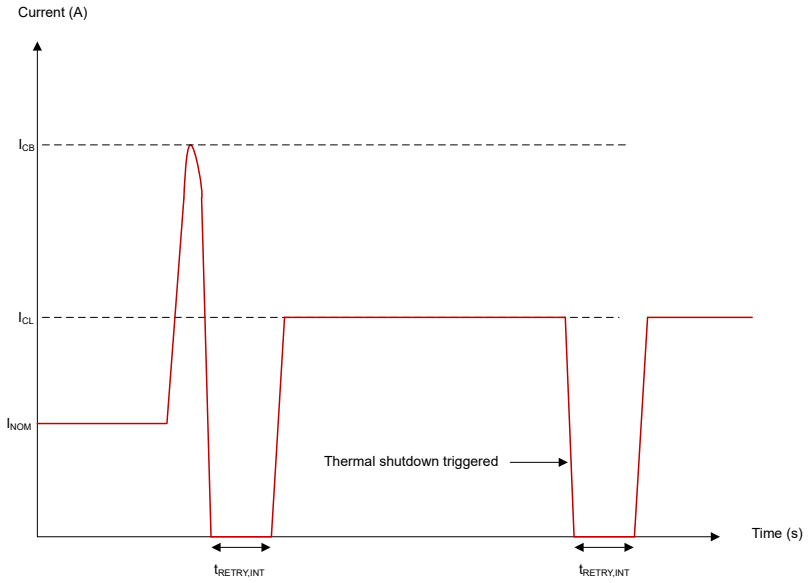


图 8-16. 不使用热调节功能时的导通状态短路行为

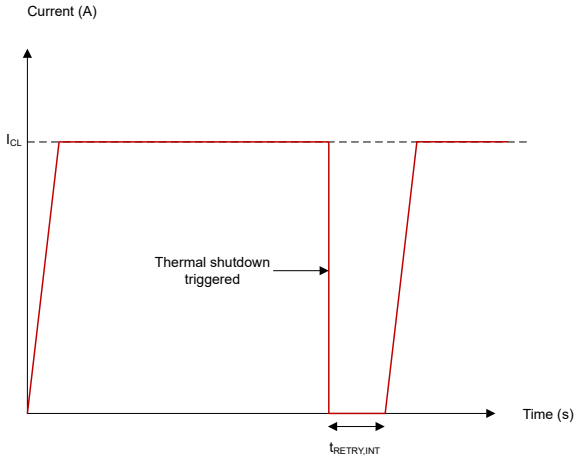


图 8-17. 使其短路而不使用热调节功能

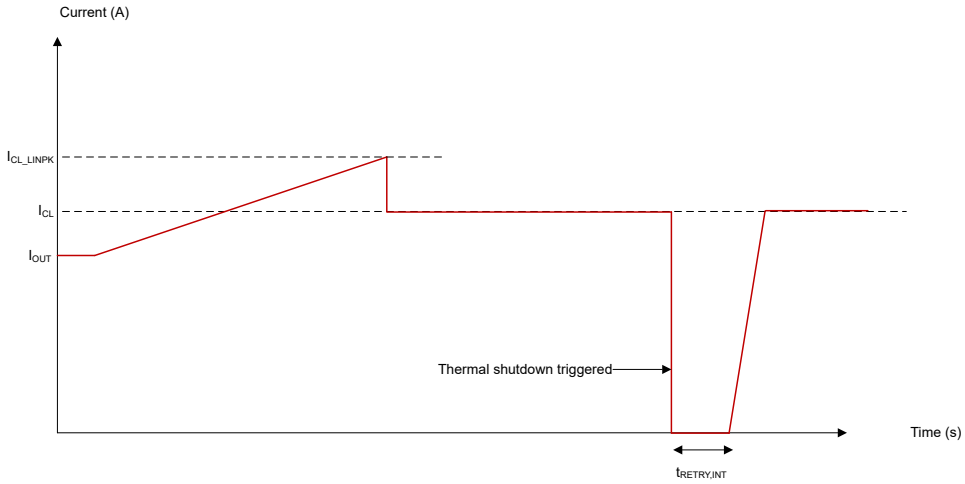


图 8-18. 不使用热调节功能时的过载行为（电流蠕变）

8.3.2.1.3 电流限制折返

为了保护 MOSFET 在高 V_{DS} 电压下免受过流影响，器件提供了电流限制折返机制。如果 ILIM 设置为大于额定负载电流值，且 VBB 电压大于 V_{DET1}，则电流限制折返至电流限制设定值的 1/2。如果 V_{BB} 电压高于 V_{DET2}，则电流限值将折返至电流限制设定值的 1/3。图 6-32 展示了整个 VBB 电压范围内的器件电流限制折返行为。

8.3.2.1.4 电流限制准确度

器件的可调电流限制可以通过 方程式 3 设置，所使用的 R_{LIM} 电阻有效范围如 表 8-2 所述。

$$R_{LIM} = K_{CL} / I_{CL} \quad (3)$$

电流限制的精度取决于 节 6.5 中提到的 R_{LIM} 电阻容差和 K_{CL} 参数变化（K_{CL_min}、K_{CL_max}）。例如，对于容差为 1% 的 33.2kΩ R_{LIM} 电阻器，I_{CL} 的计算公式如下。

I_{CL} (max) = K_{CL_max} / R_{LIM_min}，其中 R_{LIM_min} = 0.99*R_{LIM}

$I_{CL\ (min)}$= K_{CL_min} / R_{LIM_max}，其中 R_{LIM_max} = 1.01*R_{LIM}

对于 R_{LIM} GND 和开路情况，K_{CL} 参数变化会导致 I_{CL} 变化。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3.2.2 热关断

该器件在每个功率 FET 上和器件的控制器部分内包含一个温度传感器，用于监测每个 FET 的温度 ($T_{J,FET}$) 和控制器的温度 ($T_{J,CONTROLLER}$)。在两种情况下，器件被视为出现热关断故障：

- **相对热关断 (T_{REL})**：$T_{J,FET}$ – $T_{J,CONTROLLER}$ > T_{REL}
- **绝对热关断 (T_{ABS})**：$T_{J,FET}$ > T_{ABS}

如果发生上述任一故障，则相关开关关闭。每个通道将根据该通道的温度传感器测量结果关闭。因此，如果仅在一个通道上检测到热故障，另一个通道将继续正常运行。

8.3.2.2.1 相对热关断

当存在较大峰值功率事件时，例如，FET 温度 ($T_{J,FET}$) 相对于控制器温度 ($T_{J,CONTROLLER}$) 迅速上升的接地短路事件，则可能会发生相对热关断事件。一旦相对温度 ($T_{J,FET}$ – $T_{J,CONTROLLER}$) 超过 T_{REL}，该相对通道会关闭。

8.3.2.2.2 绝对热关断

当 FET 温度 ($T_{J,FET}$) 上升到高于 T_{ABS} 时，会发生绝对热关断。当通道长时间过流时（例如永久短路用例），可能会发生这种情况。一旦 FET 温度 ($T_{J,FET}$) 超过 T_{ABS}，则相关通道会关闭。

8.3.3 热关断的重试保护机制

当发生热关断时，相关器件通道会关断并实施重试保护机制，从而提高系统可靠性。图 8-20 解释了受影响通道如何根据负载电流和过流事件的持续时间进行响应。

对于负载电流低于电流限制的情况，器件进入无限热关断重试循环阶段，直到器件从热关断故障中恢复。在这种情况下，器件关断时间取决于所需的冷却时间，并存在固有的 200 µs 延迟。

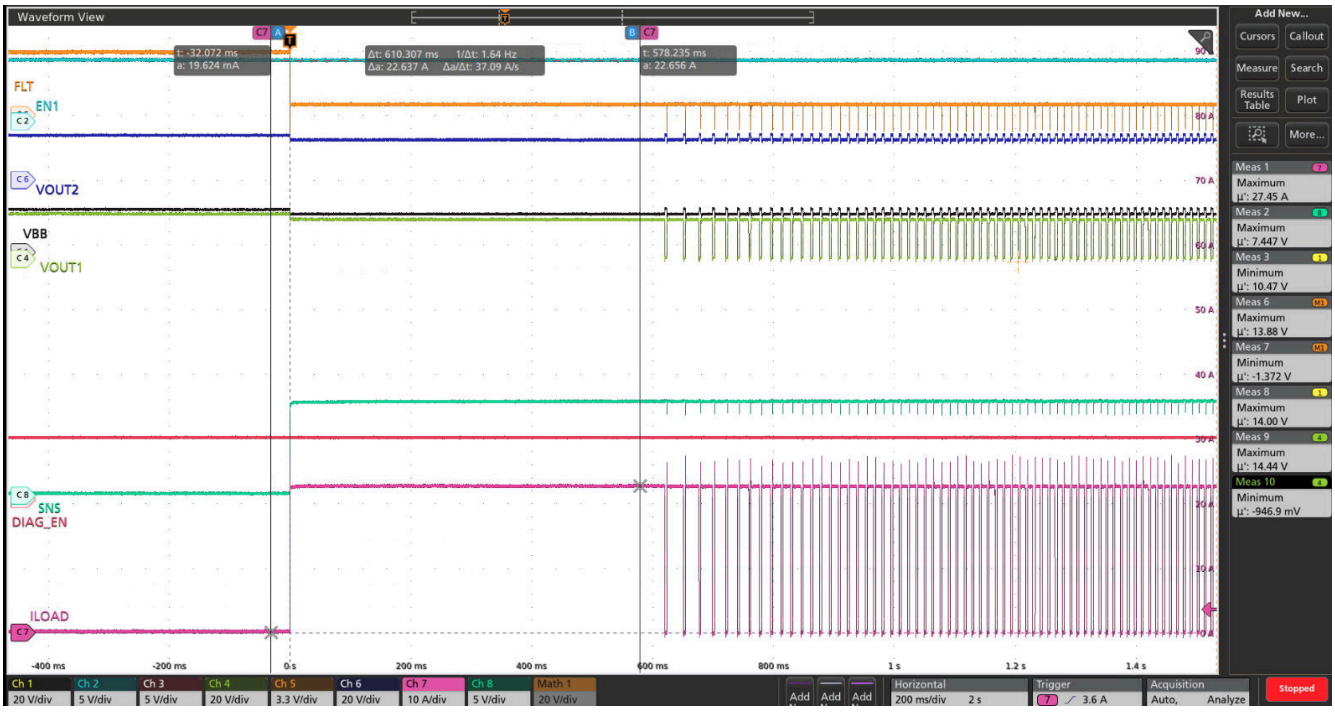


图 8-19. 对于负载电流（22A 电子负载）小于电流限制 (ILIM = GND) 的情况，器件进入无限热关断重试阶段

对于负载电流高于电流限制的情况，器件实施有限重试循环阶段保护机制，该机制基于过流事件的持续时间触发，可在以下任一故障条件发生时触发：

1. **绝对热关断 (T_{ABS})**：$T_{J,FET}$ > T_{ABS}

2. **相对热关断 (T_{REL})**：$T_{J,FET}$ – $T_{J,CONTROLLER}$ > T_{REL}
3. **断路器 (I_{CB})**：快速跳变保护，在热短路情况下，当电流超过 I_{CB} 阈值时触发。这会快速关闭通道，以保护内部 MOSFET。

有限重试周期相位保护机制的持续时间如下：

1. **初始重试窗口 ($t < t_{RETRY_WINDOW}$)**：
   - 触发 I_{CB} 或热关断之后。
   - 每隔最小持续时间 $t_{RETRY, INT}$ 进行一次重试。
   - 每次重试可以从 I_{CB} 峰值开始，然后是电流限制 (I_{CL}) 峰值。
2. **延长过电流窗口 ($t > t_{RETRY_WINDOW}$)**：
   - 限制为 6 次重试尝试。
   - 第一个重试周期以最小 $t_{RETRY, EXTD}/2$ 的持续时间发生。
   - 连续 5 个重试周期以最小 $t_{RETRY, EXTD}$ 的持续时间发生。
   - 电流峰值通常限制为 I_{CL}。
3. **闭锁条件**：
   - 6 次尝试失败后重试。
   - 需要 ENx 引脚切换才能复位。

表 8-3. 对热关断的响应

负载电流	条件		最短重试时间
$I_{LOAD} < I_{CL}$	-		无限重试
$I_{LOAD} > I_{CL}$	$t < t_{RETRY_WINDOW}$		$t_{RETRY, INT}$ = 160µs（典型值）
	$t > t_{RETRY_WINDOW}$	$n_{RETRY,EXTD} < 6$	$t_{RETRY, EXTD}$ = 80ms（典型值）
		$n_{RETRY,EXTD} > 6$	闭锁

在上述任何重试情况下，当以下所示条件完全满足时，相关通道都会重新启动。

1. **温度恢复**：T_{ABS} 或 T_{REL} 恢复到 T_{HYS} 水平以下，以重新启动设备。
2. **重试窗口**：对于 $I_{LOAD} > I_{CL}$，必须经过适当的 t_{RETRY_WINDOW} 间隔。

在 $I_{LOAD} > I_{CL}$ 的情况下，如果重试计时器已结束，而 T_{ABS} 或 T_{REL} 的温度尚未恢复到 T_{HYS} 水平以下，则通道在温度降至 T_{HYS} 水平以下之前不会重试。一旦通道由于长时间过流事件而锁闭，ENx 引脚就会从高电平变为低电平（最小脉冲持续时间约 20us），以复位 $\overline{FLT}$ 和 SNS 信号。然后，在最初从高电平切换到低电平后，通道的输出跟随 ENx 引脚。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

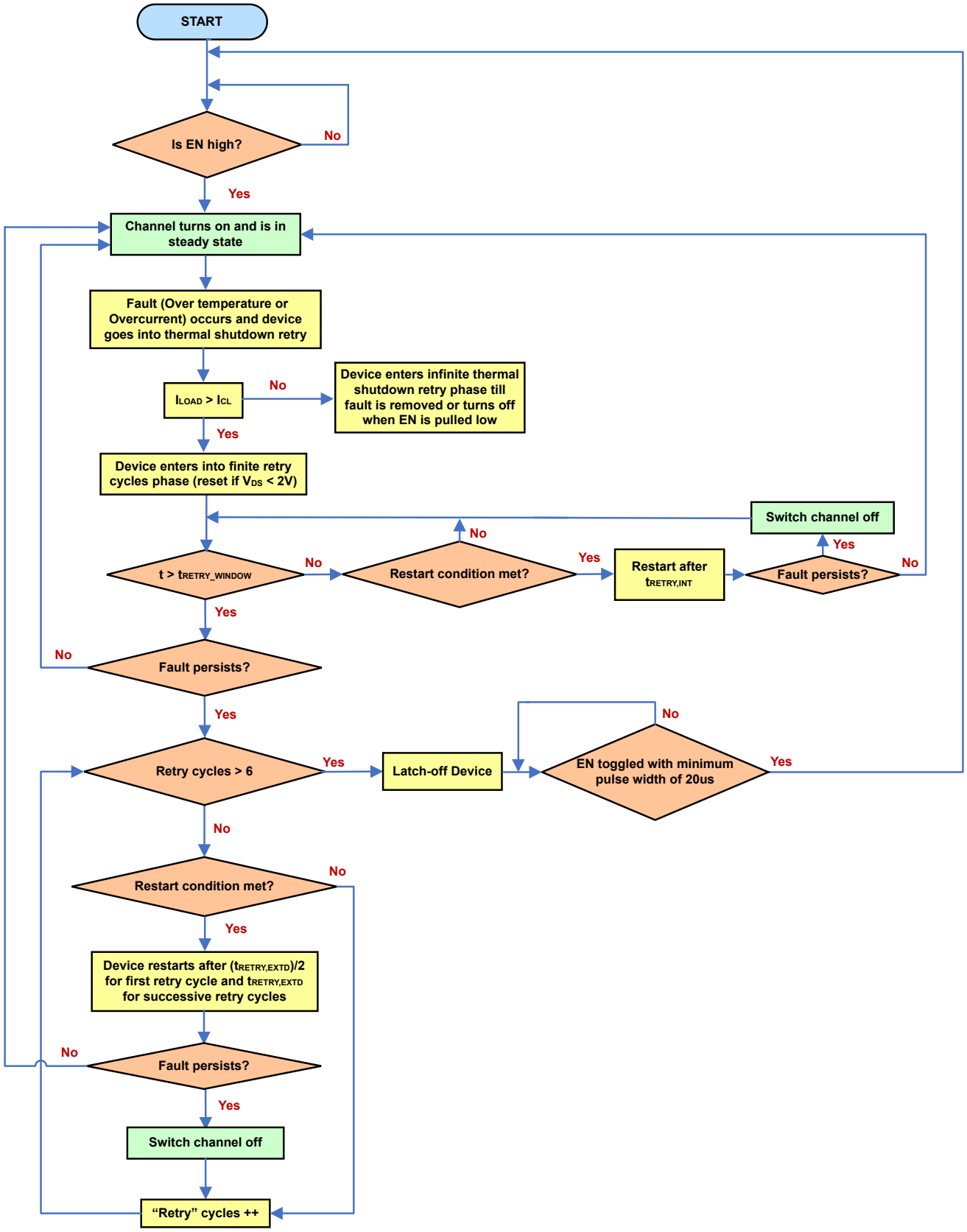

START
Is EN high?
No
Yes
Channel turns on and is in steady state
Fault (Over temperature or Overcurrent) occurs and device goes into thermal shutdown retry
ILOAD > ICL
No
Device enters infinite thermal shutdown retry phase till fault is removed or turns off when EN is pulled low
Yes
Device enters into finite retry cycles phase (reset if VDS < 2V)
Switch channel off
t > tRETRY_WINDOW
No
Restart condition met?
No
Yes
Restart after tRETRY,INT
Fault persists?
Yes
No
Yes
No
Fault persists?
Yes
Retry cycles > 6
Yes
Latch-off Device
EN toggled with minimum pulse width of 20us
No
Yes
No
Restart condition met?
No
Yes
Device restarts after (tRETRY,EXTD)/2 for first retry cycle and tRETRY,EXTD for successive retry cycles
No
Fault persists?
Yes
Switch channel off
"Retry" cycles ++

图 8-20. 重试保护机制

图 8-21 和 图 8-22 分别显示了在进行热调节和不进行热调节的情况下热短路后的器件重试情况。当器件遇到热故障并进入重试周期时，初始重试窗口中的第一个电流峰值会达到 I_{CB} 阈值，从而触发快速跳变断路器。连续的电流峰值较低，并与设定的电流限制 (I_{CL}) 值相对应。

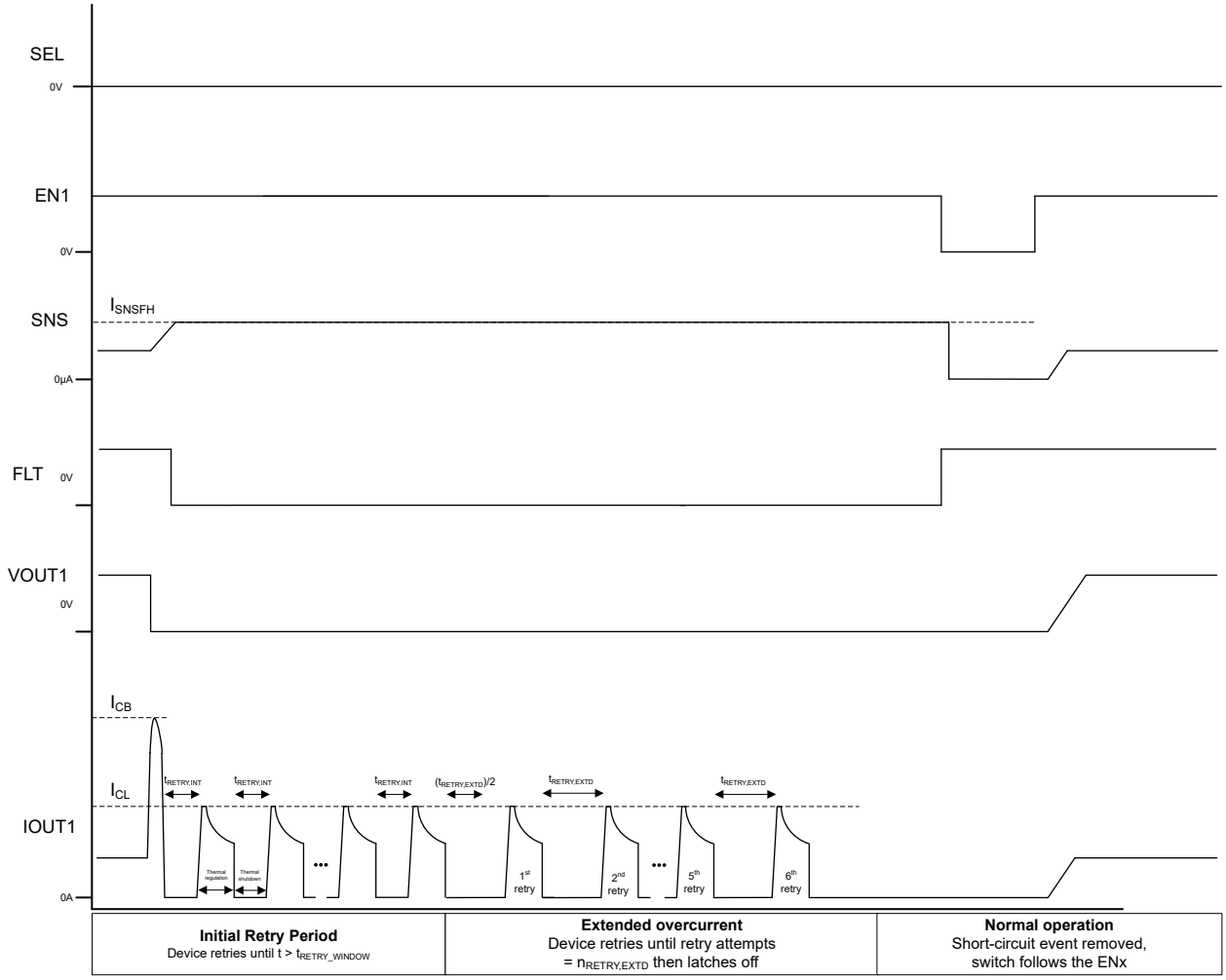


图 8-21. 使用热调节功能时热短路后的重试行为

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

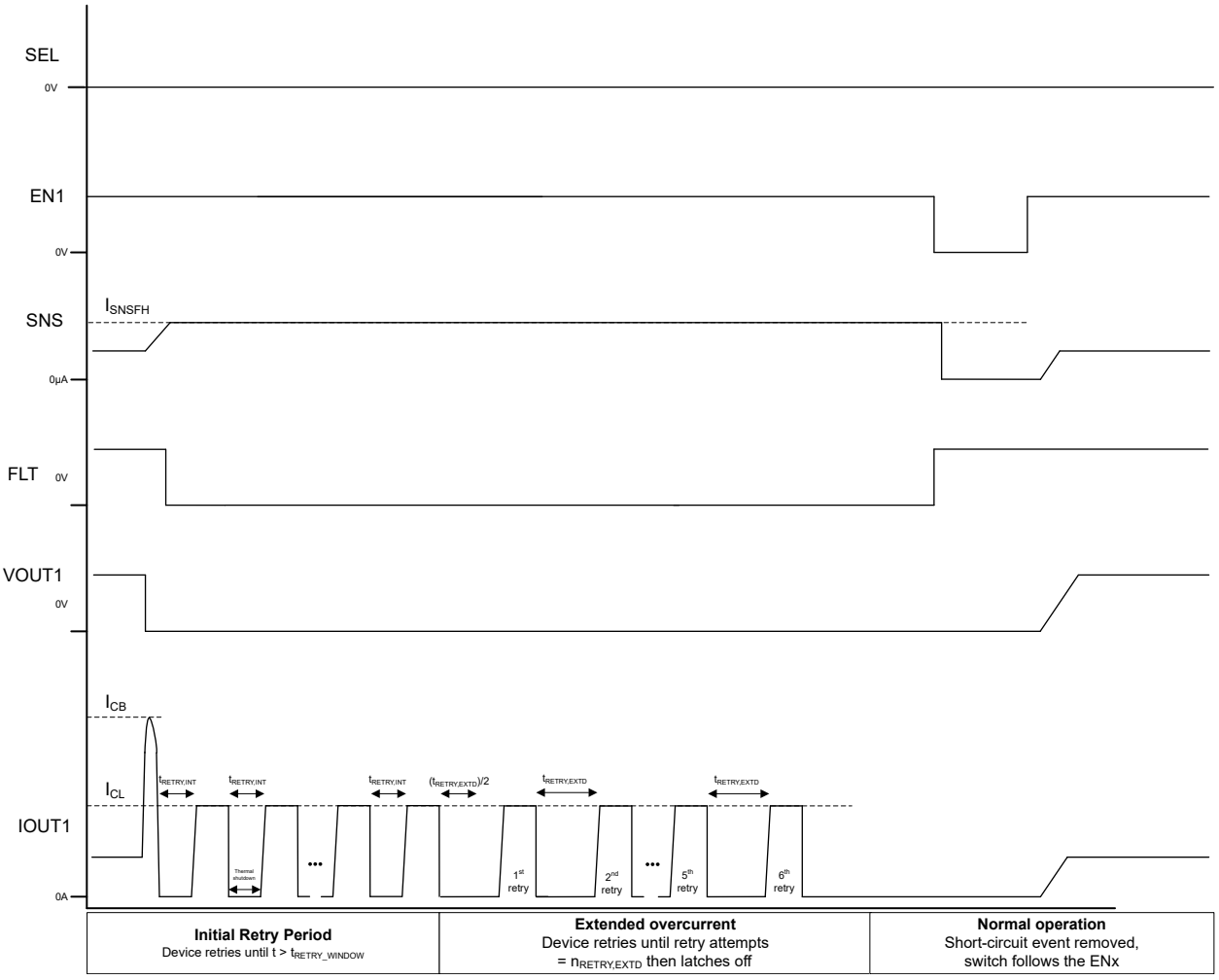


图 8-22. 不使用热调节功能时热短路后的重试行为

如果器件由于 I_{CB} 故障（而非热关断故障）进入有限重试循环阶段保护机制，则器件可以在初始重试窗口中保持热调节，并在扩展重试窗口中直接进入热关断重试行为。图 8-23 显示了此行为，其中有限重试周期相位保护机制由 I_{CB} 故障触发。

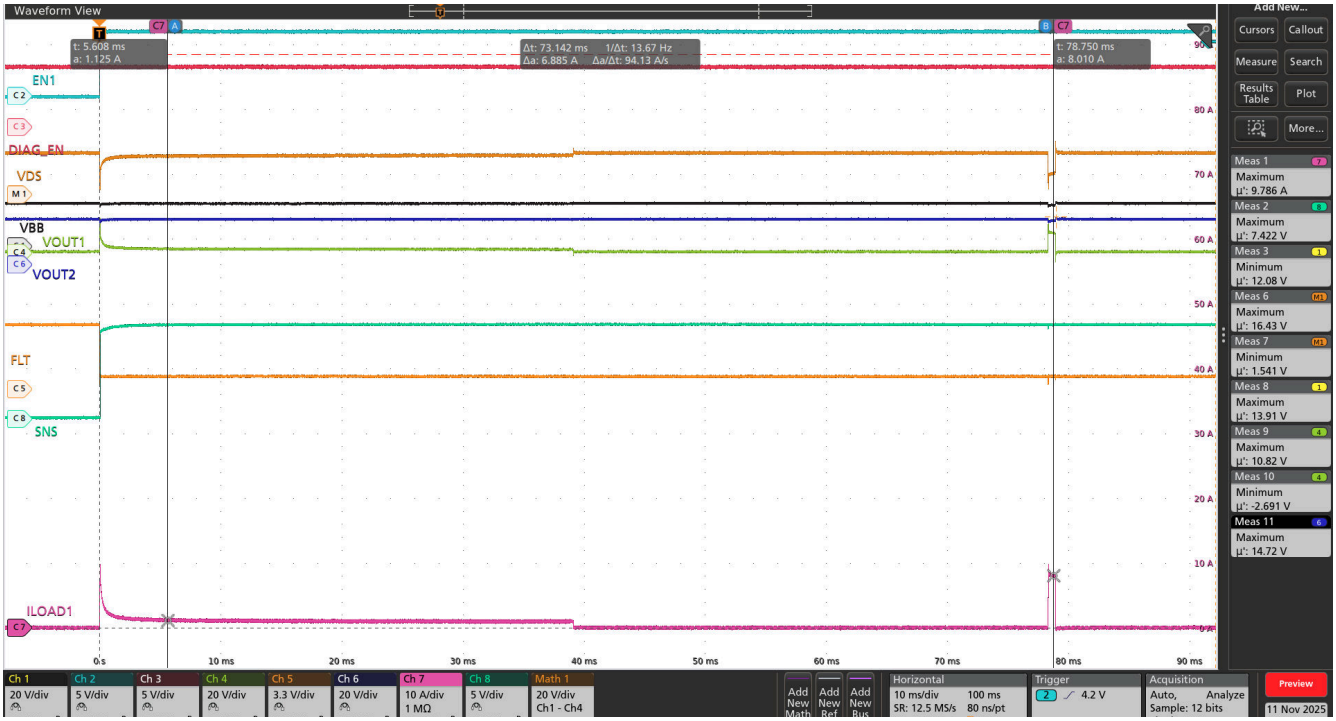


图 8-23. 器件进入延长重试窗口，在初始重试窗口中具有热调节行为

8.3.3.1 可靠的导通行为

在命令的接通序列期间，TPS2HC08-Q1 具有以下器件特性，从而实现可靠的接通行为：

1. **可调节限流**：该器件允许高达配置的电流限值 (I_{CL}) 的电流，可以使用外部 R_{LIM} 电阻器，在 7.5A 至 25A 之间精确调节该电流。
2. **电流限制的热调节**：当导通期间 FET 温度升高时，热调节电路会降低电流限制，以保持安全的运行条件。
3. **从热关机重试保护机制**：如果在初始启动期间达到热阈值，器件将进入专为可靠的负载启动而设计的定义明确的重试序列。

8.3.4 电感负载关断钳位

断开电感负载时，电感电抗会导致输出电压趋于负值。过高的负电压会导致功率 FET 损坏。为了保护功率 FET，器件在漏极和源极之间实现了内部钳位功能，即 $V_{DS(clamp)}$。

$$V_{DS(clamp)} = V_{VS} - V_{OUT} \tag{4}$$

在消磁期间 (t_{decay})，功率 FET 导通以进行电感能量耗散。总能量在高侧开关中耗散。总能量包括电源的能量 ($E_{(VS)}$) 和负载的能量 ($E_{(load)}$)。如果电阻与电感串联，则部分负载能量会在电阻中耗散。

$$E_{(HSS)} = E_{(VS)} + E_{(load)} = E_{(VS)} + E_{(L)} - E_{(R)} \tag{5}$$

当电感负载关断时，$E_{(HSS)}$ 会在器件上引起高热应力。功率耗散的上限取决于器件的固有容量、环境温度和电路板耗散条件。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

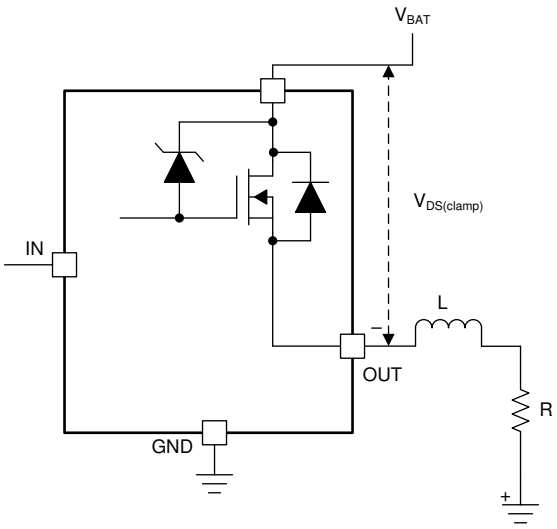


图 8-24. 漏源钳位结构

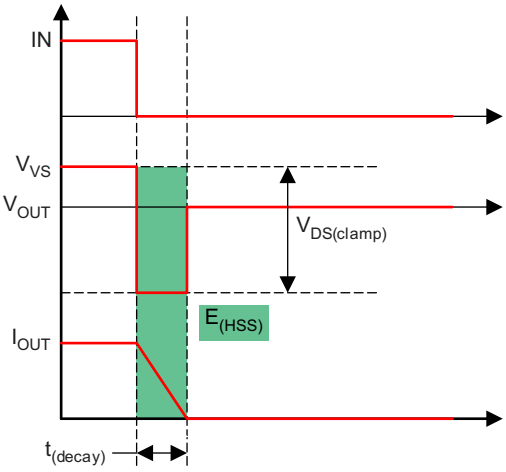


图 8-25. 电感负载关断图

从高侧开关的角度来看，$E_{(HSS)}$ 等于消磁期间的积分值。

$$E_{(HSS)} = \int_0^{t_{(decay)}} V_{DS(clamp)} \times I_{OUT}(t)dt$$

$$t_{(decay)} = \frac{L}{R} \times \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right)$$

$$E_{(HSS)} = L \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[R \times I_{OUT(max)} - |V_{OUT}| \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right)\right] \quad (6)$$

当 R 大概等于 0 时，$E_{(HSD)}$ 可以简单地表示为：

$$E_{(HSS)} = \frac{1}{2} \times L \times I_{OUT(max)}^2 \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \quad (7)$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

请注意，对于 PWM 控制的电感负载，建议添加如下所示的外部续流电路，以保护器件免受重复性功率应力的影响。TVS 用于实现快速衰减。

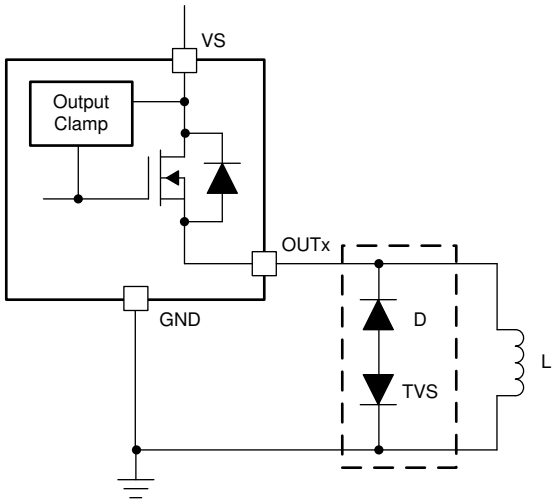


图 8-26. 通过外部电路提供保护

图 8-27 展示了 5mH 电感负载放电期间 VDS 钳位的接合情况。图 8-28 和 图 8-29 显示了器件在电感负载关断期间的最大能量耗散能力。



图 8-27. 5mH 电感负载驱动（VBB = 13.5V、T_A = 25°C）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

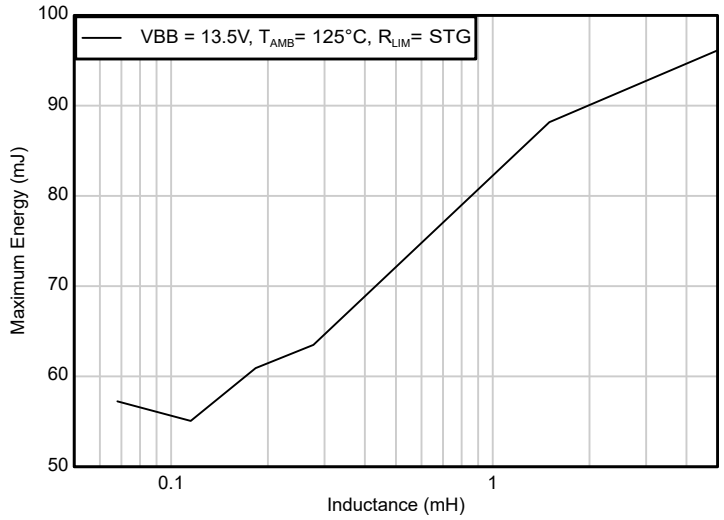


图 8-28. 电感式开关关断的最大能量耗散与电感间的关系（单脉冲，VBB = 13.5V，T_A = 125°C）

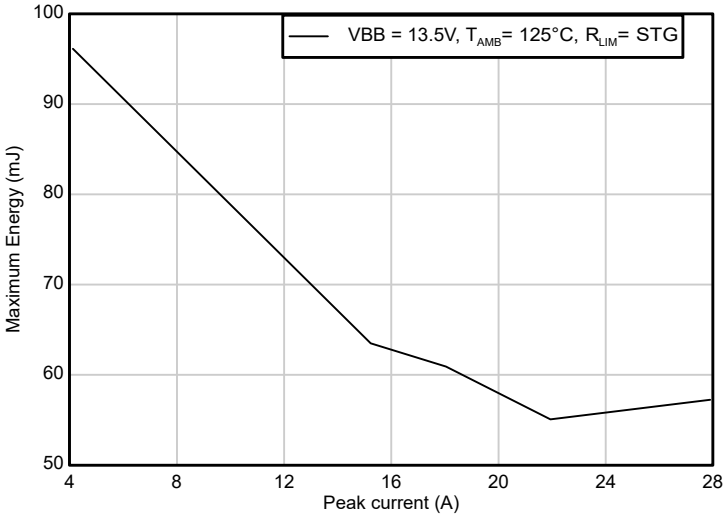


图 8-29. 电感式开关关断的最大能量耗散与峰值电流间的关系（单脉冲，VBB = 13.5V，T_A = 125°C）

8.3.5 较慢压摆率选项

TPS2HC08-Q1 提供具有较慢上升和下降压摆率的器件版本（D、B），适用于汽车座椅加热器应用。此类应用要求 PWM 电流的 10% – 90% 上升和下降时间，必须保持在 80A/ms 或以下。较低的压摆率有助于降低车辆电气系统中的电磁干扰。如果没有适当的压摆率控制，座椅加热器应用中电流的快速切换可能会导致系统中出现 EMC 问题。

8.3.6 电容性负载充电

TPS2HC08-Q1 包含具有热调节功能的高级可调节电流限制电路，可通过在为大容性负载充电时有效地管理浪涌电流，以显著提高系统可靠性。该器件还通过关断智能高侧开关，提供电流限制和过流故障保护。如果没有保护功能，为大容性负载充电可能会导致高浪涌电流，从而拉低电源，但是通过使用低热调节限流器件选项，可以安全地为容性负载充电。

8.3.6.1 用于浪涌控制的可调节电流限制

通过该器件的可调节电流限制功能，可精确控制容性负载充电期间的浪涌电流。通过在 ILIM 引脚上选择适当的外部电阻值，设计人员可以：

- 定制最大充电电流，以满足特定的容性负载要求。
- 在启动期间，保护上游电源免受过大电流消耗的影响。
- 通过限制峰值电流来降低 PCB 布线宽度要求，并确定连接器尺寸。
- 在电容充电期间，尽可能降低电源轨上的压降。
- 支持在整个系统中使用更小型、更具成本效益的元件。

图 8-30 和 图 8-31 在相同条件下，将 1mF 容性负载充电与器件配置为最小（ILIM 引脚开路）和最大（ILIM 引脚接地短路 (STG)）电流限制设置进行比较。电流下限会限制浪涌电流，同时为 1mF 容性负载充电，并提供负载的干净启动，而不会触发热关断。

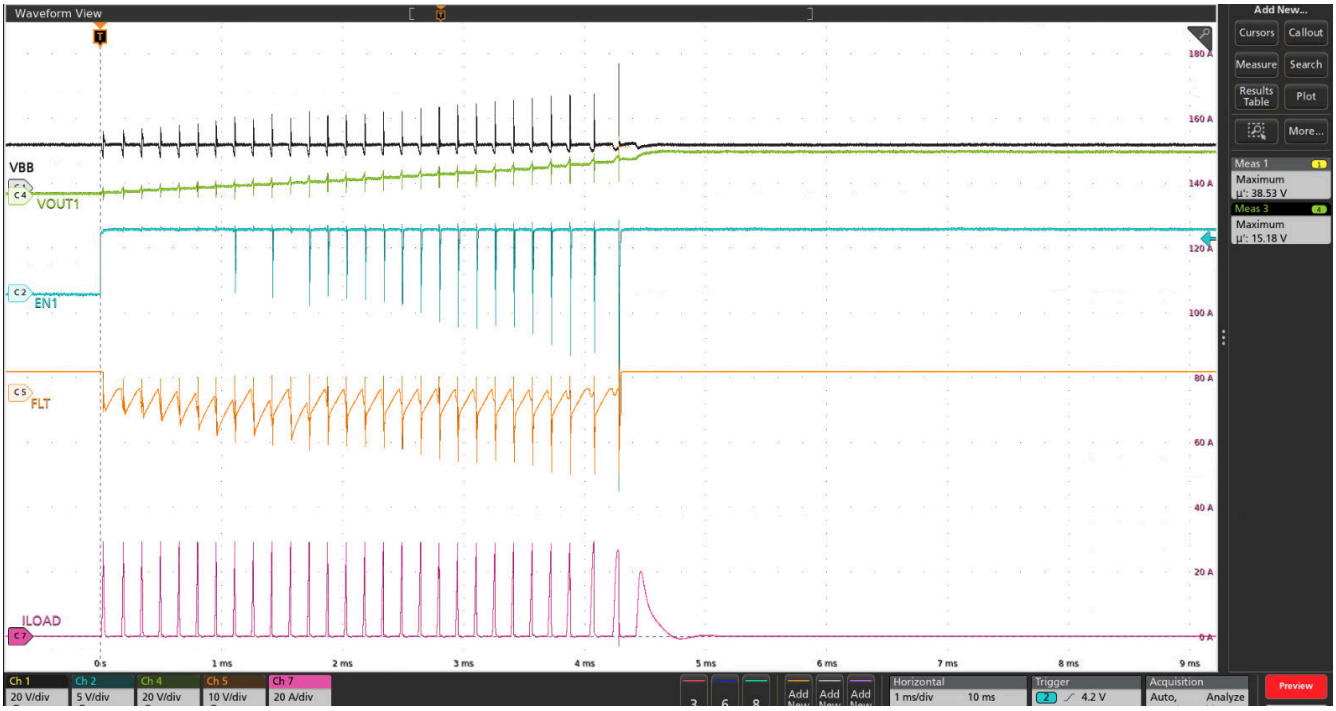


图 8-30. 使用 TPS2HC08-Q1 器件的通道 1 在 13.5V VBB、ILIM 引脚对地短路和 125°C 环境温度下实现 1mF 容性负载充电（通道 2 上无负载）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

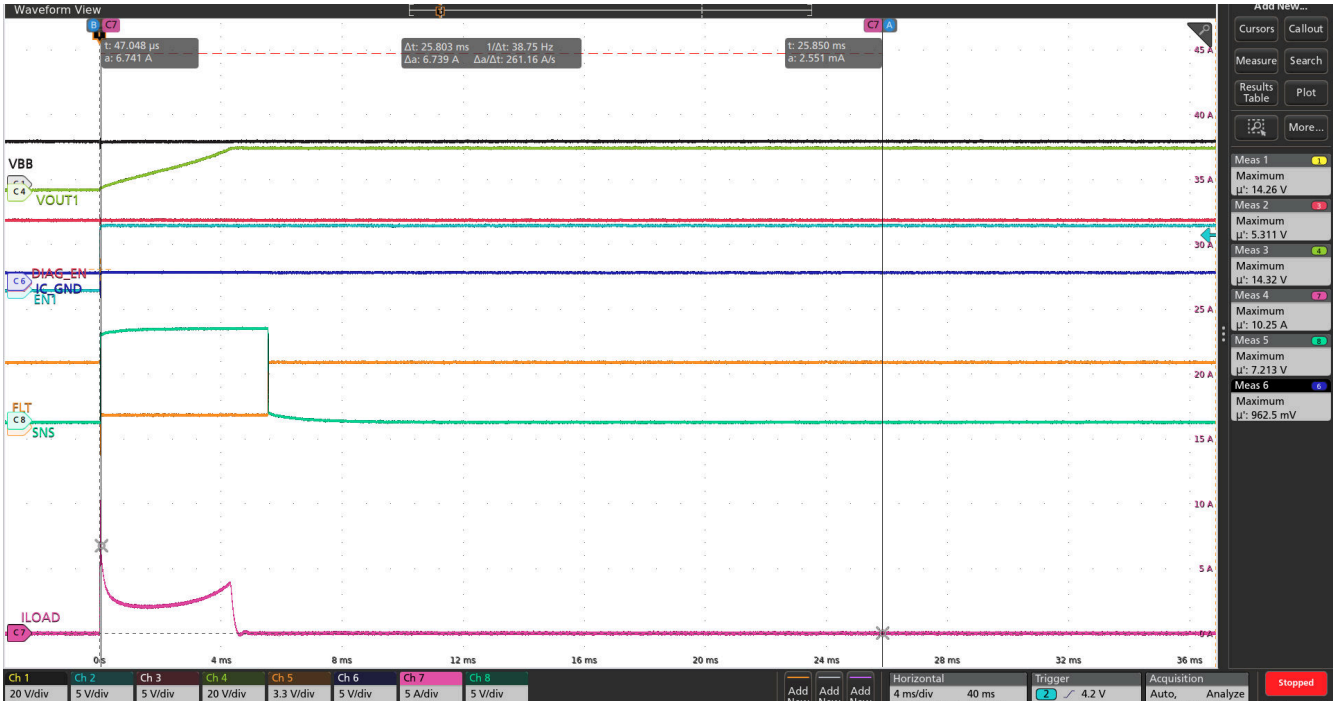


图 8-31. 使用 TPS2HC08-Q1 器件的通道 1 在 13.5V VBB、ILIM 引脚开路和 125°C 环境温度下，进行 1mF 容性负载充电（通道 2 上无负载）

8.3.6.2 具有容性负载热调节功能的电流限制

当通过 ILIM 引脚配置外部电阻时，TPS2HC08-Q1 将启用热调节电流限制。热调节通过负反馈机制工作，持续监控功率 FET 的相对温度 ($T_{J,FET}$) 并与控制器温度 ($T_{J,CONTROLLER}$) 进行比较。当高电流事件期间温差升高时，该器件会自动降低电流限制，以保持安全运行，同时允许最大的充电电流。此功能为容性负载充电提供了以下优势：

- **扩展的容性负载范围**：热调节电流限制显著扩展了可安全充电且不触发热关断的容性负载范围，如 图 8-32 所示。通过基于热条件动态调整电流，该器件可以处理比传统高侧开关大得多的电容。
- **消除手动脉冲**：在以前，如果没有对电流限制进行热调节，客户通常会依靠手动开关脉冲来为大容性负载充电。这种方法会给系统带来严重的噪声和 EMI 问题。器件具有热调节功能，因此无需采用这种做法。
- **防止热失控**：热调节实现了负反馈环路，可在容性充电期间稳定系统。当温度升高时，电流会自动降低，避免出现传统开关常见的热失控现象。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

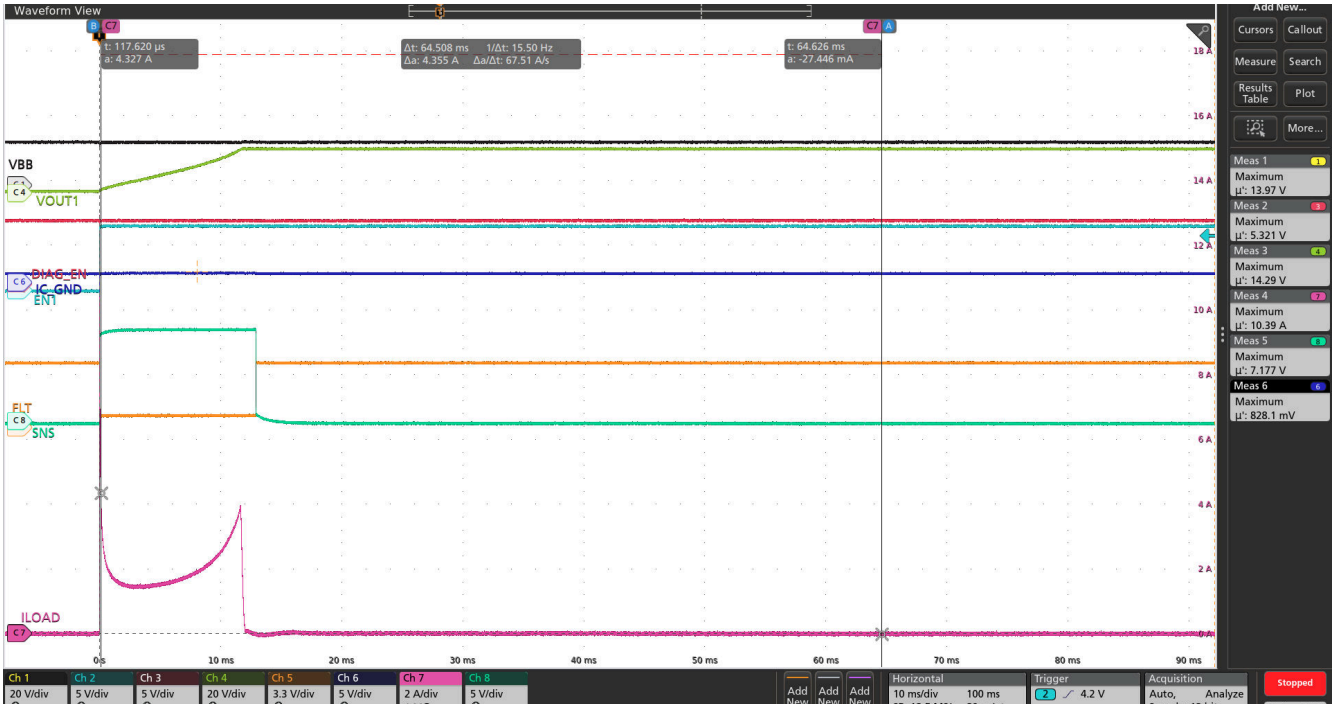


图 8-32. 使用 TPS2HC08-Q1 器件的通道 1 在 13.5V VBB、ILIM 引脚开路和 125°C 环境温度下，进行 2mF 容性负载充电（通道 2 上无负载）

8.3.6.3 容性负载的重试热关断行为

对于大容性负载，器件会触发热关断故障并进入重试热关断流程。在这种情况下，设备的重试保护机制 (节 8.3.3) 允许负载通过多次重试周期可靠地开启。对于尺寸最合适的容性负载，热调节可以防止达到热关断情况，从而使电容充电平稳而不会中断。图 8-30 展示了具有多个热关断重试周期的容性负载充电。在容性负载具有并联连接的足够高负载阻抗的应用中，这种行为是可以接受的，因此当器件在热关断期间关闭时，电容器不会显著放电。

8.3.6.4 直流负载对电容充电能力的影响

当设计同一通道上同时存在容性和直流负载的系统时，必须考虑其综合热效应：

- **热预算消耗**：任何与容性负载并联的直流负载都会消耗器件部分热预算。直流负载的功率耗散 (I^2R) 会产生热量，从而提高功率 FET 的基线温度。
- **容性充电能力降低**：当 FET 到直流负载发生功率耗散时，工作温度和热关断阈值之间的阈值会减小。这有效地降低了可安全充电且不触发热关断的最大电容值。
- **加速热关断关机**：直流负载电流和电容充电电流的综合热效应会加速热关断的开始。这可能导致器件在电容充电期间更早、更频繁地进入重试机制。
- **设计注意事项**：当必须同时支持两种负载类型时：
  - 选择更保守（更高）的 R_{LIM} 值以降低电流限制。
  - 提供足够的 PCB 覆铜面积以改善散热。
  - 对于关键应用，考虑为直流负载和容性负载使用独立的通道。

有关驱动感性或容性负载的更多信息，请参阅 TI 的《如何利用智能高侧开关驱动电阻、电感、电容和照明负载》应用报告。

8.3.6.5 器件功能

下表显示了在 VBB = 18V、T_A = 125°C 条件下，器件系列中电容负载充电的一些数据。对于 TPS2HC08-Q1 和 TPS2HC16-Q1 器件，仅启用单通道。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-4. 器件系列的电容负载充电结果

器件型号	ILIM	容性负载	充电时间	热关断已触发
TPS2HC08-Q1	断开	2mF	23ms	否
	GND	1mF	8ms	是
TPS2HC16-Q1	断开	47µF	1ms	否
	GND	220 µ F	5ms	是
TPS1HC08-Q1	断开	220 µ F	2.1ms	否
	GND	1mF	8ms	是
TPS1HC04-Q1	断开	680 µ F	3.1ms	否
	GND	470uF	2ms	是
TPS1HC03-Q1	断开	680 µ F	3.7ms	否
	断开	1mF	6ms	是

8.3.7 灯泡充电

图 8-33 显示了一个简单的灯泡模型，该模型是电容和电阻元件的组合，用于定义启动和稳态特性：

- **R_{inrush}** ：限制启动时峰值浪涌电流的初始冷灯丝电阻。
- **C_{inrush}** ：表示灯丝产生足够热量，以实现正确照明所需的能量储存。
- **R_{dc}** ：确定正常工作电流的稳态热灯丝电阻 (Vbattery / R_{dc})。

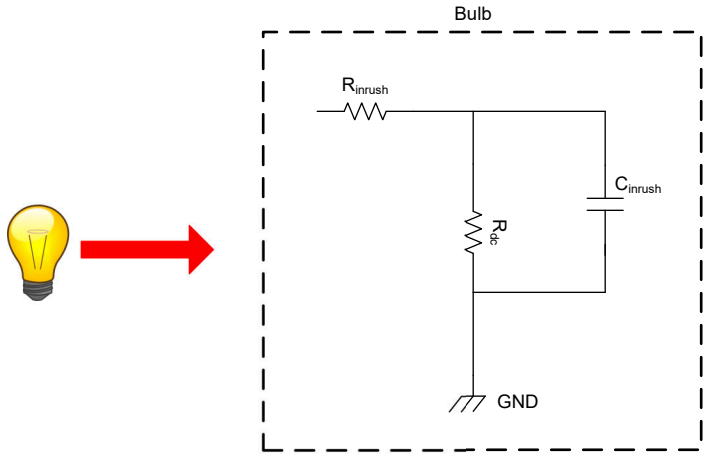


图 8-33. 简单灯泡模型

在冷启动期间，灯丝电阻 (R_{inrush}) 可以比稳态值 (R_{dc}) 低 7-10 倍，导致大浪涌电流较大，需要低 R_{ON}（导通电阻）开关。

在实际环境中，灯泡放置在车辆中时会被引入许多电感和电阻。图 8-34 显示了现实环境中的简化车辆架构模型，该模型包含以下复杂电气网络，这些网络会显著影响灯泡开启行为和峰值电流。

- **$R_{vehicle}$** ：在量产车辆中，从电池到机箱接地路径中的总线束和连接器电阻，不包括 $R_{ds,on\ switch}$（开关的 R_{ON}）通常介于 45mΩ 和 130mΩ 之间。短线束和长线束的长度通常分别决定 $R_{vehicle}$ 的 50mΩ 和 100mΩ。
- **$L_{vehicle}$** ：线束电感会影响电流压摆率和导通时序。
- **系统电阻**：连接器接触电阻和接地路径电阻会影响整体电路行为。

决定灯泡充电过程中峰值浪涌电流的三个主要组成部分是：

- **$R_{vehicle}$** ：车辆电阻越高，峰值电流就越小。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- **$R_{ds,on\ switch}$** ：开关的导通电阻 (R_{ON}) 会限制电流。
- **R_{inrush}** ：特定灯泡的冷灯丝电阻。

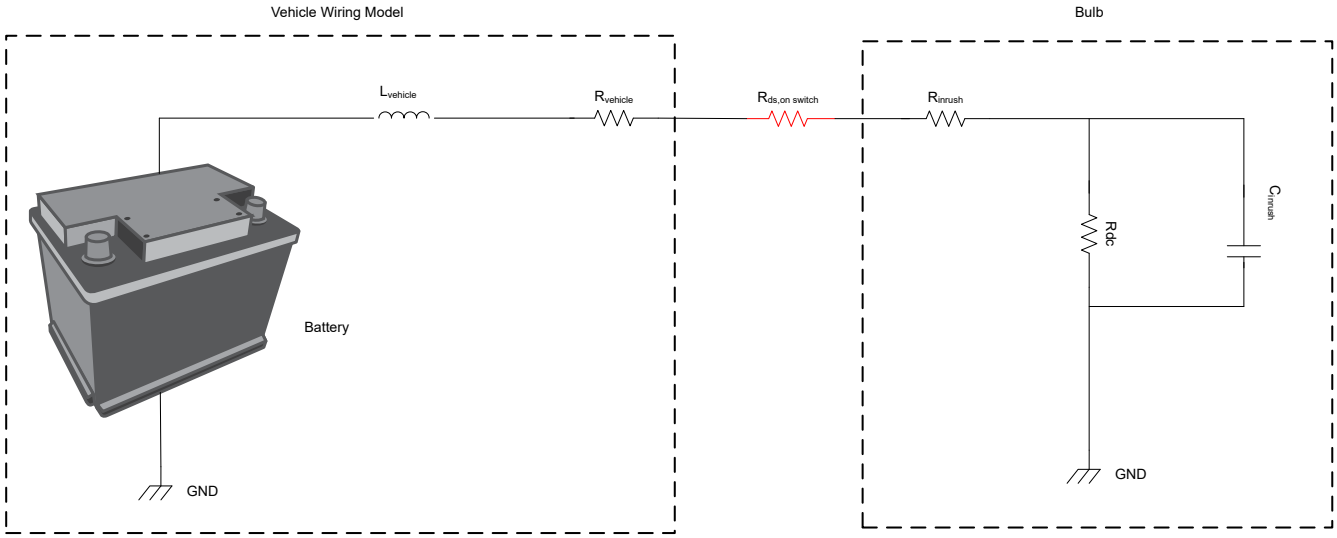


图 8-34. 简化车辆架构模型

8.3.7.1 灯泡负载的非热调节模式

对于具有高浪涌电流的灯泡负载，TPS2HC08-Q1 提供专用的非热调节电流限制模式，可通过将 ILIM 引脚直接连接到 GND 来启用该模式。无论温度条件如何，该模式都能提供一致、可预测的电流限制行为，并具有以下器件特性。

- 无论温度如何，都保持 25A 的固定电流限制。
- 允许器件处理高初始电流需求。

图 8-35 显示了器件在非热调节电流限制模式下的 35W 灯泡充电行为，该模式通过将 ILIM 引脚接地来设置。在非热调节模式下，器件能够满足灯泡负载的高浪涌电流需求，并在 < 10ms 内开通。

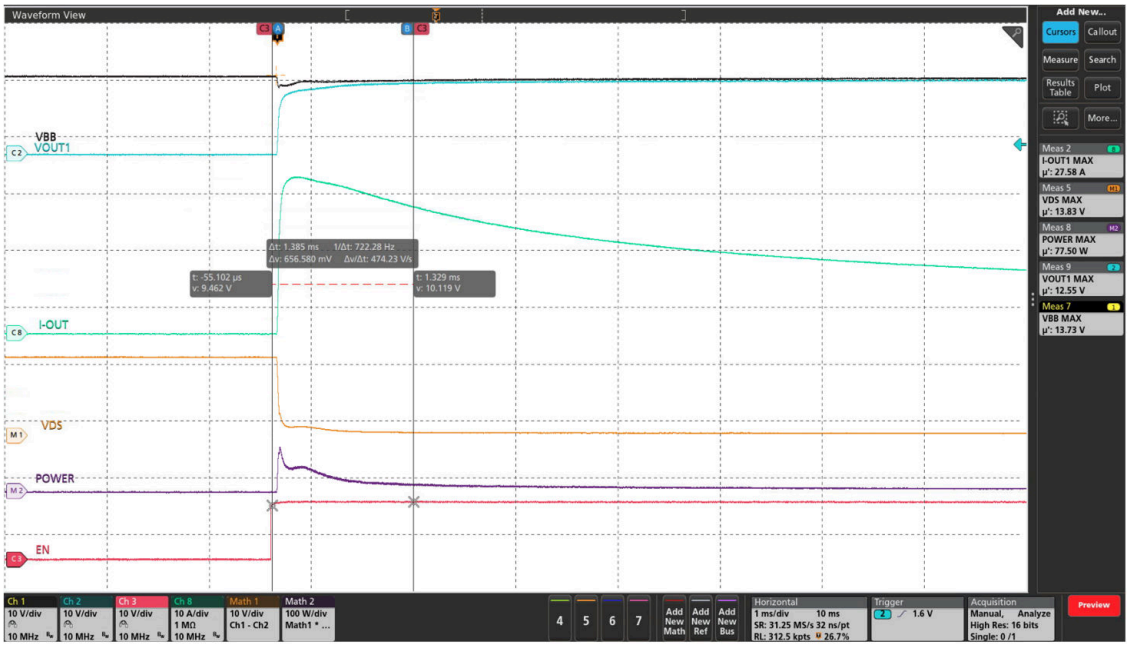


图 8-35. 使用 TPS2HC08-Q1 单通道在 13.5V VBB 下进行 35W 灯泡充电（$T_{A\ (device)}$ = 25°C, $T_{A\ (bulb)}$ = 25°C，ILIM = GND）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3.7.2 灯泡浪涌期间的热管理

对于高瓦数灯泡负载，或在低温启动、高 VBB 电压情况下，当存在高浪涌电流需求时，器件采用复杂的热保护机制：

- **相对热关断**

  在高浪涌事件期间，可以观察到开关输出的切换，这是由于 FET 迅速发热所致。发生这种情况时，器件会进入相对热关断（$T_{J,FET}$ - $T_{J,CONTROLLER}$ > T_{REL}）状态，并在 t_{RETRY_INT} 内自动从该事件中恢复。这种快速恢复使灯泡可以继续充电，同时防止器件承受过大的热应力。
- **绝对热关断**

  如果在相对热保护的情况下结温继续升高，则当 FET 温度超过 T_{ABS} 时，会发生绝对热关断事件。在这种情况下，开关会关闭以保护器件，并在温度充分降低后，在 t_{RETRY_EXT} 内自动从此事件中恢复，从而恢复灯泡充电。

图 8-36 显示了器件在非热调节电流限制模式下的 35W 灯泡（在低温条件下）充电行为，该模式通过将 ILIM 引脚接地来设置。该器件会启用相对热关断保护，并在几个周期后打开灯泡。

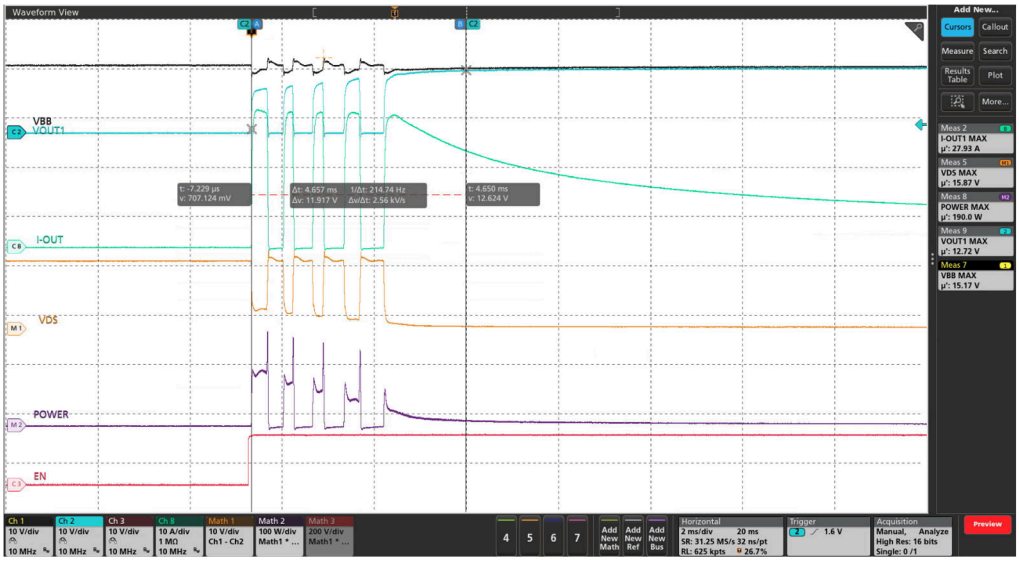


图 8-36. 使用 TPS2HC08-Q1 单通道在 13.5V VBB 下进行 35W 灯泡充电（$T_{A\ (device)}$ = 25°C, $T_{A\ (bulb)}$ = -40°C，ILIM = GND）

8.3.7.3 器件功能

下表显示了在 VBB = 13.5V、T_A = -40°C 条件下，器件系列中灯泡负载充电的一些数据。对于 TPS2HC08-Q1 和 TPS2HC16-Q1 器件，仅启用单通道。

表 8-5. 整个器件系列的灯泡负载充电结果（电缆长度较短，$R_{vehicle}$ = 50mΩ）

器件型号	ILIM	灯泡负载	充电时间	热关断已触发
TPS2HC08-Q1	GND	35W	4.5ms	是
TPS2HC16-Q1	GND	27W	40ms	是
TPS1HC08-Q1	GND	35W	4.5ms	是
TPS1HC04-Q1	GND	60W	3.2ms	否
	GND	100W	6ms	是

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-5. 整个器件系列的灯泡负载充电结果（电缆长度较短，$R_{vehicle}$ = 50mΩ）（续）

器件型号	ILIM	灯泡负载	充电时间	热关断已触发
TPS1HC03-Q1	GND	4 x 27W（长电缆线束长度）	25ms	是
	GND	2 x 27W	1ms	是
	GND	35W	2ms	否

8.3.8 故障检测和报告

8.3.8.1 诊断使能功能

DIAG_EN 引脚用于启用或禁用诊断功能。如果使用了多个器件，但微控制器中的 ADC 资源有限，MCU 可以使用 GPIO 将 DIAG_EN 设置为高电平，以启用某一器件的诊断功能，同时通过将其他器件的 DIAG_EN 设置为低电平来禁用它们的诊断功能。此外，通过将 DIAG_EN 和全部 EN 信号设置为低电平，可以将器件的功耗降至最低。

表 8-6. 诊断配置表

DIAG_EN	ENx	SEL	SNS 激活的通道	SNS	$\overline{FLT}$	保护和诊断
L	H	—	—	高阻抗	请参阅表 8-8	SNS 禁用，$\overline{FLT}$ 报告，全面保护
	L				高阻抗	诊断功能禁用，无保护功能
H	—	0	通道 1	请参阅表 8-8	请参阅表 8-8	请参阅表 8-8
		1	通道 2			

8.3.8.2 $\overline{FLT}$ 报告

在 ENx 为高电平的运行状态下，无论 DIAG_EN 状态如何，全局 $\overline{FLT}$ 引脚用于监控两个通道之间的全局故障条件。如果是通过 ENx 低电平进行关断状态诊断，则全局 $\overline{FLT}$ 引脚会在 DIAG_EN 为高电平时，监控两个通道之间的全局故障情况。当任何通道上出现故障条件时，$\overline{FLT}$ 引脚下拉至 GND。需要一个 3.3V 或 5V 的外部上拉电阻来匹配微控制器的电源电平。

在 $\overline{FLT}$ 报告之后，微控制器可以通过多路复用电流检测来检查和识别处于故障状态的通道。如果 DIAG_EN 为高电平，SNS 引脚通过提供 I_{SNSFH} 电流输出，也用作故障报告。

8.3.8.3 $\overline{FLT}$ 时序

下表显示了 $\overline{FLT}$ 引脚时序。

表 8-7. $\overline{FLT}$ 时序

条件	定时
诊断状态下负载开路或 STB 故障至 $\overline{FLT}$ 置为有效。	请参阅 节 8.3.9.1.2（t_{OL}、t_{OL1}、t_{OL2}）
发生 $\overline{FLT}$ 置为有效的任何其他故障	请参阅 t_{FAULT_FLT}
$\overline{FLT}$ 复位的故障间隙	内部设计架构会导致 $\overline{FLT}$ 信号从故障清除事件复位最长 1ms 的延迟。

8.3.8.4 故障表

下表显示了 FLT（无论 DIAG_EN 是否为高电平）和 SNS（DIAG_EN 是否为高电平）引脚在不同条件下的响应。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-8. 故障表

条件	ENx	OUTx	标准	SNS（DIAG_EN 为高电平）	$\overline{FLT}$（带外部上拉电阻）	行为	故障恢复
正常	L	L	—	高阻态	H	正常	—
	H	VBB - I_{LOAD} × R_{ON}	—	I_{LOAD}/ K_{SNS}	H	正常	—
过流	H	VBB - I_{LIM} × R_{ON}	触发电流限制	I_{SNSFH}	L	将电流保持在电流限值，直至热关断或过流事件被消除	自动重试或锁存，请参阅 节 8.3.3
热短路	H	L	输出接地短路	I_{SNSFH}	L	器件将立即关断，并重新启用至电流限制状态。	自动重试或锁存，请参阅 节 8.3.3
启用至永久短接	L 至 H	L	输出接地短路	I_{SNSFH}	L	器件将启用至电流限制，直至热关断。	自动重试或锁存，请参阅 节 8.3.3
开路负载，电池短路 (STB)	L	H	VBB – V_{OUT} < V_{OL}	I_{SNSFH}	L（当 DIAG_EN 为高电平时）	内部上拉电阻器被激活，以检测开路负载故障。	自动
	H	H		I_{LOAD}/ K_{SNS}	H	正常行为。用户可以根据 SNS 引脚输出做出判断。	—
绝对热关断	H	—	触发 T_{ABS}	I_{SNSFH}	L	当器件达到绝对热关断时关断。	自动重试或锁存，请参阅 节 8.3.3
相对热关断	H	—	触发 T_{REL}	I_{SNSFH}	L	当器件达到相对热关断时关断。	自动重试或锁存，请参阅 节 8.3.3

8.3.9 全面诊断

8.3.9.1 开路负载检测

8.3.9.1.1 通道导通

如果通道开启并且 DIAG_EN = 逻辑高电平，则器件的高精度电流检测功能可用于通过外部 ADC 检测导通状态下的开路负载。请注意，未在 $\overline{FLT}$ 引脚上报告任何检测。用户或系统必须在通道导通时确定开路负载。

8.3.9.1.2 通道关断

如果 DIAG_EN = 逻辑高电平，则开路负载检测在关断状态下可用。如果通道关闭且负载连接到通道，则负载会将输出电压拉低至 ≅ 0V。在通道上出现开路负载的情况下，输出电压接近电源电压，VBB – V_{OUTx} < V_{OL}。FLT 引脚变为低电平，向 MCU 指示故障。如果通过 SEL 引脚选择了发生开路负载故障的特定通道，则 SNS 引脚输出 I_{SNSFH} 故障电流。如果未通过 SEL 引脚选择通道，则 SNS 引脚不会显示 I_{SNSFH}，一直持续到通过 SEL 引脚选择该通道。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，器件可在每个通道上实现一个内部上拉电阻器 (R_{PU}) 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，器件在每个通道上实现一个开关和上拉电阻器，该电阻器由 DIAG_EN 引脚和该通道的 EN 引脚控制。

开路负载检测延迟有两种设置，分别为 0.4ms（对于 P 和 D 型号）和 2.4ms（对于 M 和 B 型号）。2.4ms 开路负载检测延迟表示，内部上拉 (R_{PU}) 电阻在 VBB 和 V_{OUTx} 引脚之间接通的延迟。当多个器件的 SNS 引脚连接到公共 R_{SNS} 以读取 MCU 电流检测时，这允许用户执行快速 DIAG_EN 时序 (DIAG_EN 高电平脉冲< 2.4ms)。在这种情况下，在电流检测读取期间，禁用的器件不会出现开路负载故障。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

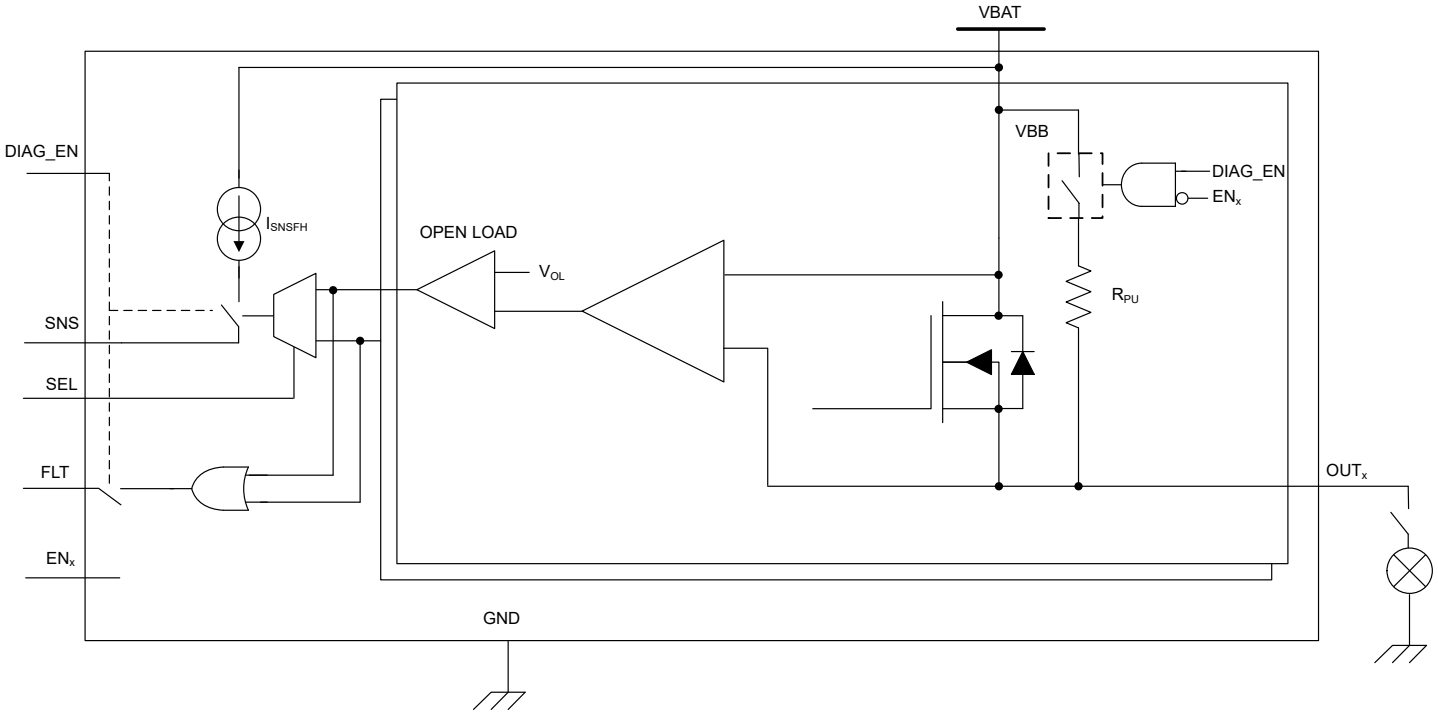
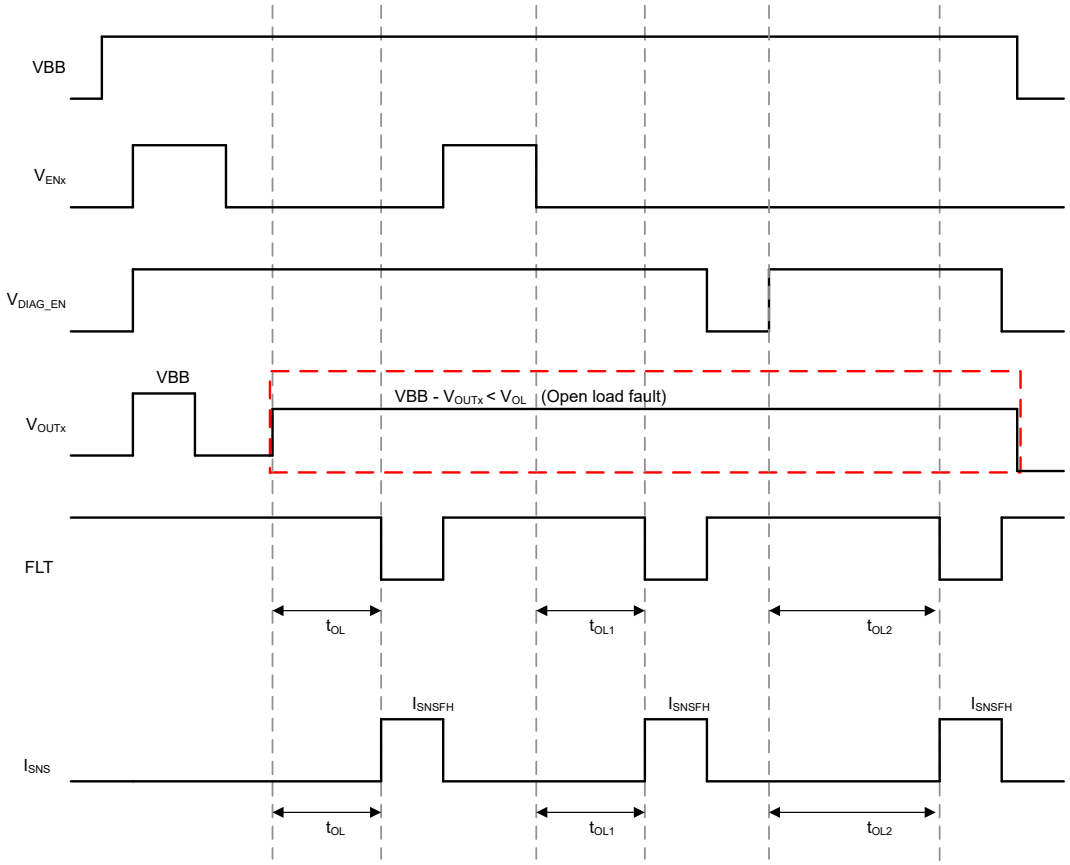


图 8-37. 关断状态下提供开路负载检测



Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

控制信号的上升和下降时间为 100ns。控制信号包括：ENx、DIAG_EN 和 SEL。

两个通道具有相同的开路负载检测时序，采用适当的 SEL 设置。

图 8-38. 开路负载检测时序特性

8.3.9.2 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。有关更多详细信息，请参阅表 8-8。

8.3.9.3 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 (VBB = 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器件。接地保护网络将导致器件接地端的电位高于模块接地端（和微控制器接地端）。需要在器件和微控制器之间的逻辑引脚接口中，考虑该失调电压。

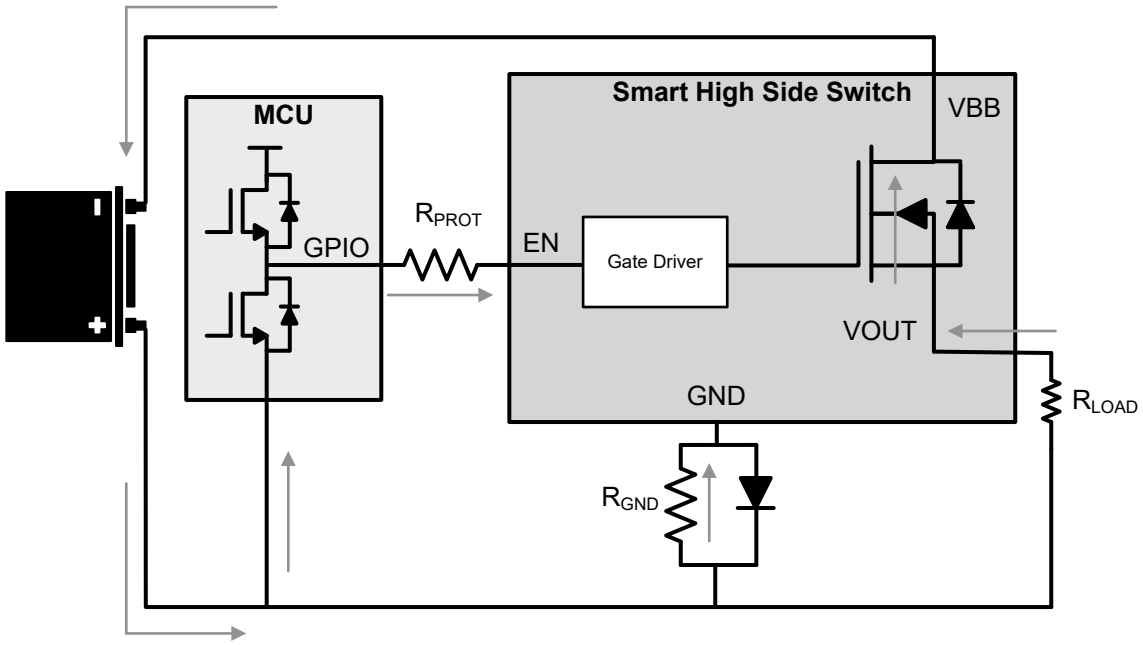


图 8-39. 电池反向电路

有关外部保护电路的更多信息，请参阅*反向电流保护*。

8.3.10 全面保护

8.3.10.1 UVLO 保护

该器件可监控电源电压 VBB，以防止 VBB 过低时出现意外行为。当 VBB 下降至低于 V_{UVLOF} 时，器件会关断。当 VBB 上升至 V_{UVLOR} 时，器件会导通。

8.3.10.2 接地失效保护

发生接地失效时，无论启用引脚是高电平还是低电平，输出都将关断。

情形 1（器件接地失效）：当散热焊盘（接片）、IC_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 图 8-40 所示。

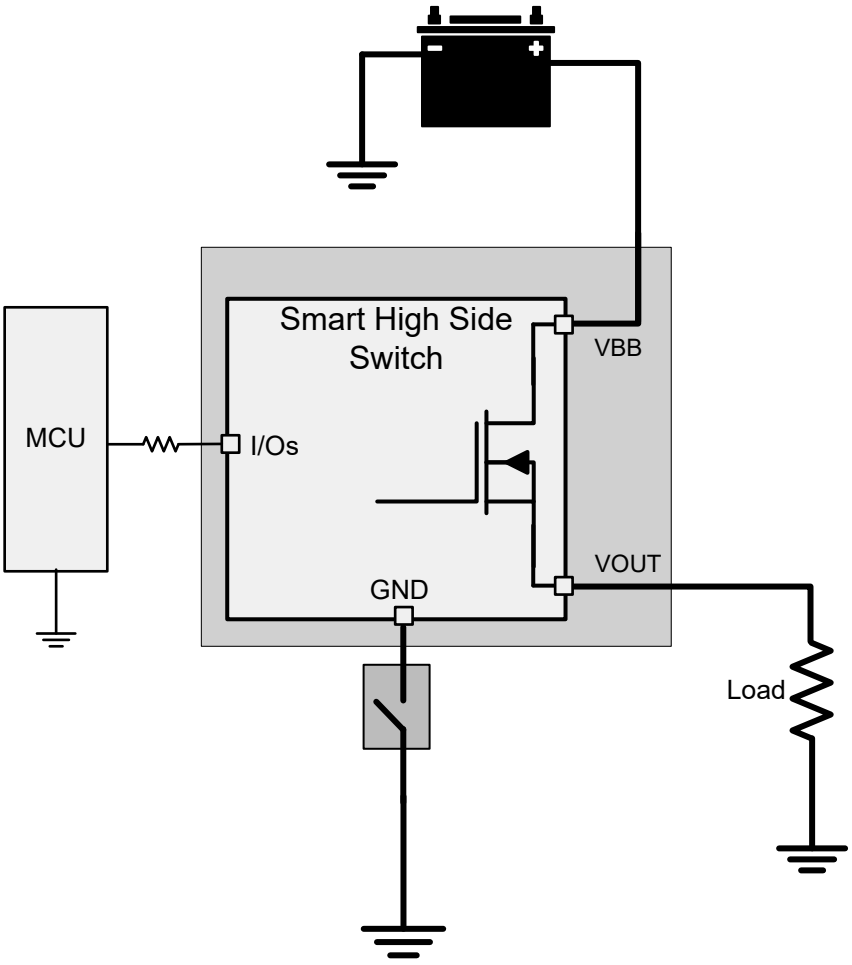


图 8-40. 器件接地失效

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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

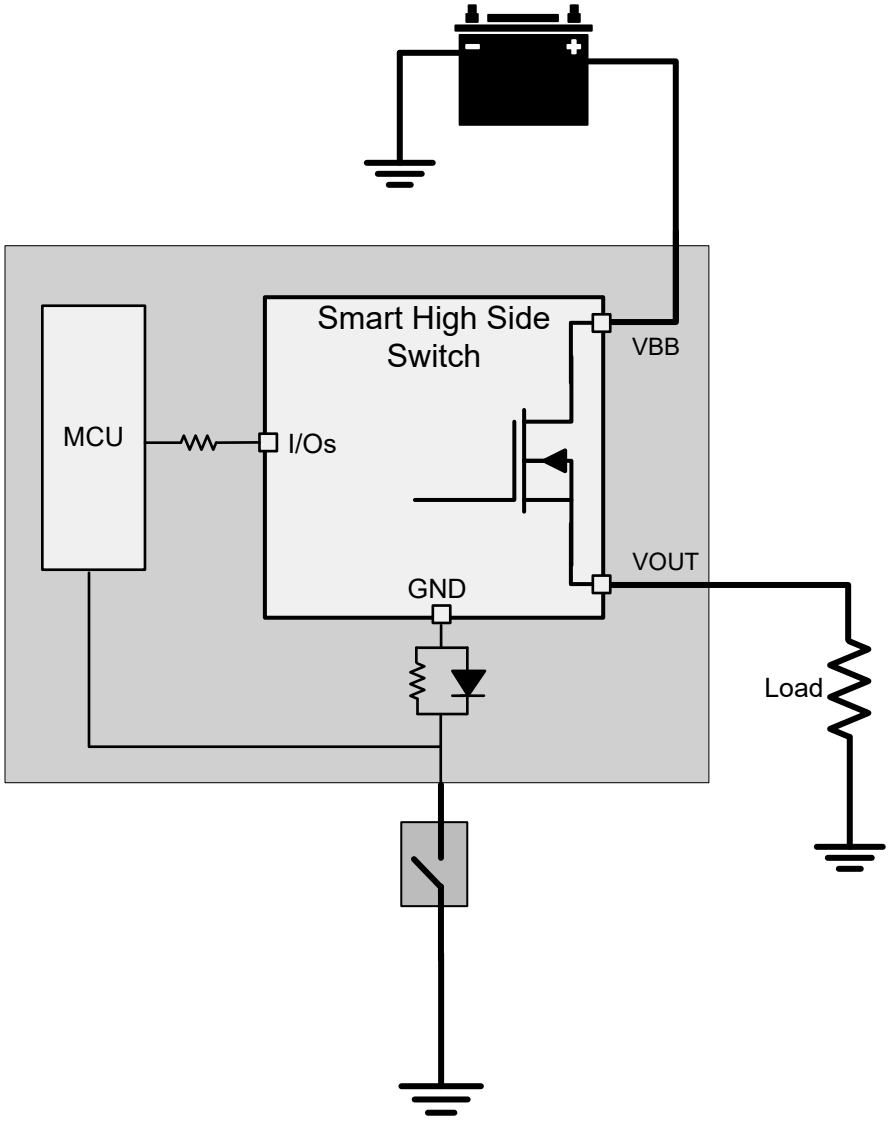


图 8-41. 模块接地失效

8.3.10.3 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。

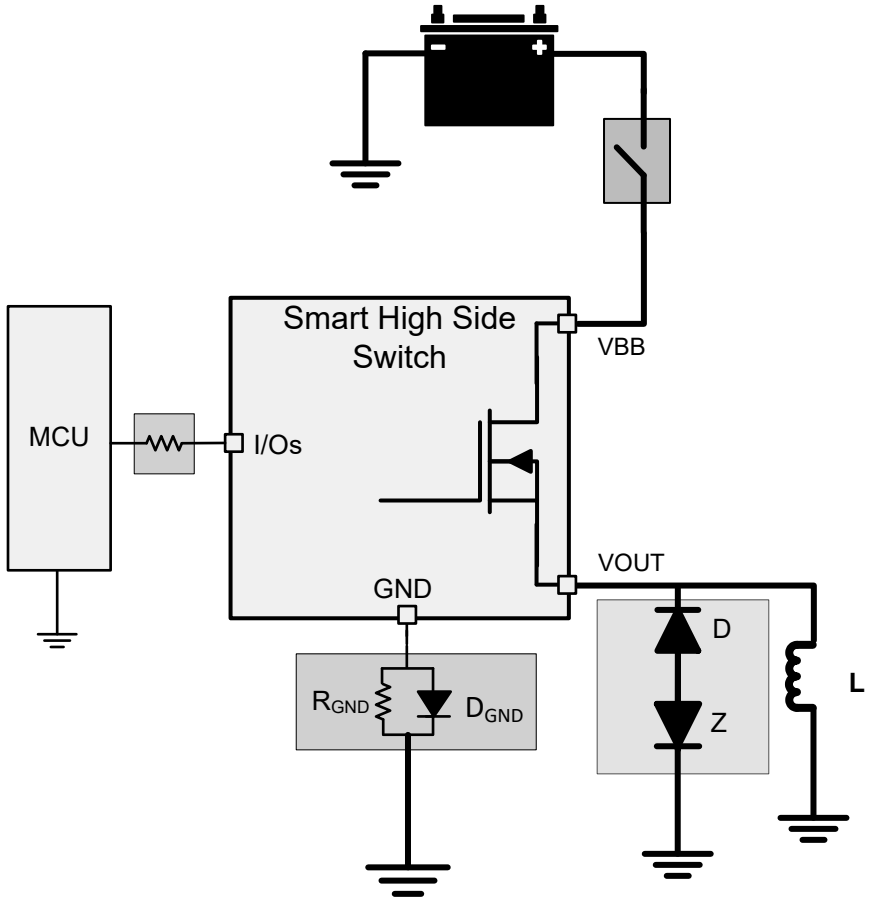


图 8-42. 电池丢失

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3.10.4 反向电流保护

方法 1：与 VBB 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。

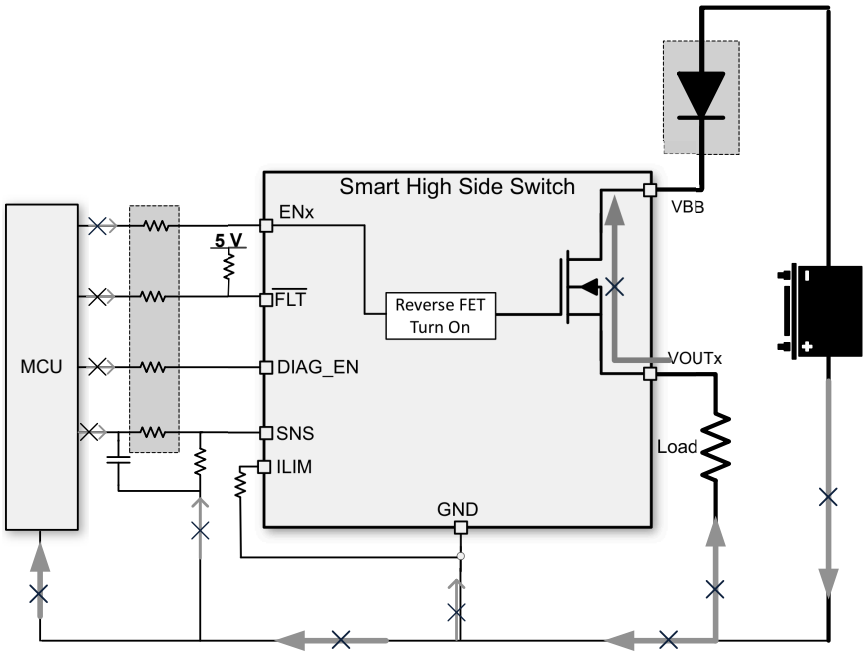


图 8-43. 采用阻断二极管实现反向保护

方法 2（接地网络保护）：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。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。在电池反向的情况下，FET 必须开启以降低功率耗散。此操作是通过从 EN 到施加正电压的系统接地的路径实现的。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，请确认以下连接正确以便正常运行：

- 将电流限制可编程电阻器连接到器件 GND。

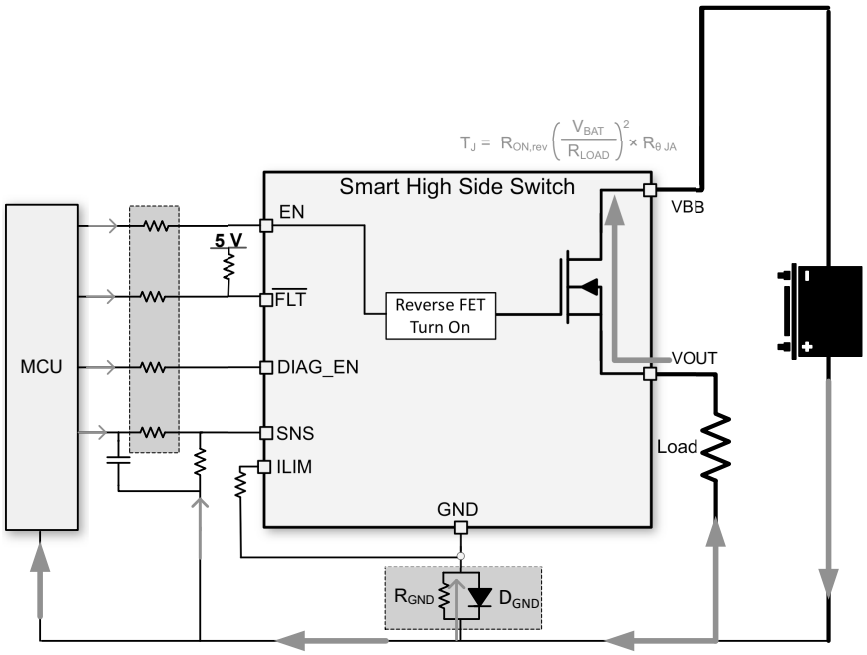


图 8-44. 通过接地网络实现反向保护

- **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 HSS 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 4.7kΩ 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。
- **接地电阻：**当电池反向或 ISO 脉冲为负时，电阻值越高，电流限制效果越好。

$$R_{GND} \geq \frac{(-V_{CC})}{(-I_{GND})} \quad (8)$$

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：**需要一个二极管来阻止反向电压，这也会带来接地偏移 (≅ 600mV)。此外，对于 ISO 7637 脉冲 1 测试，二极管的反向电压必须 ≅ 200V，这样二极管才不会偏置。

8.3.10.5 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 10kΩ。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

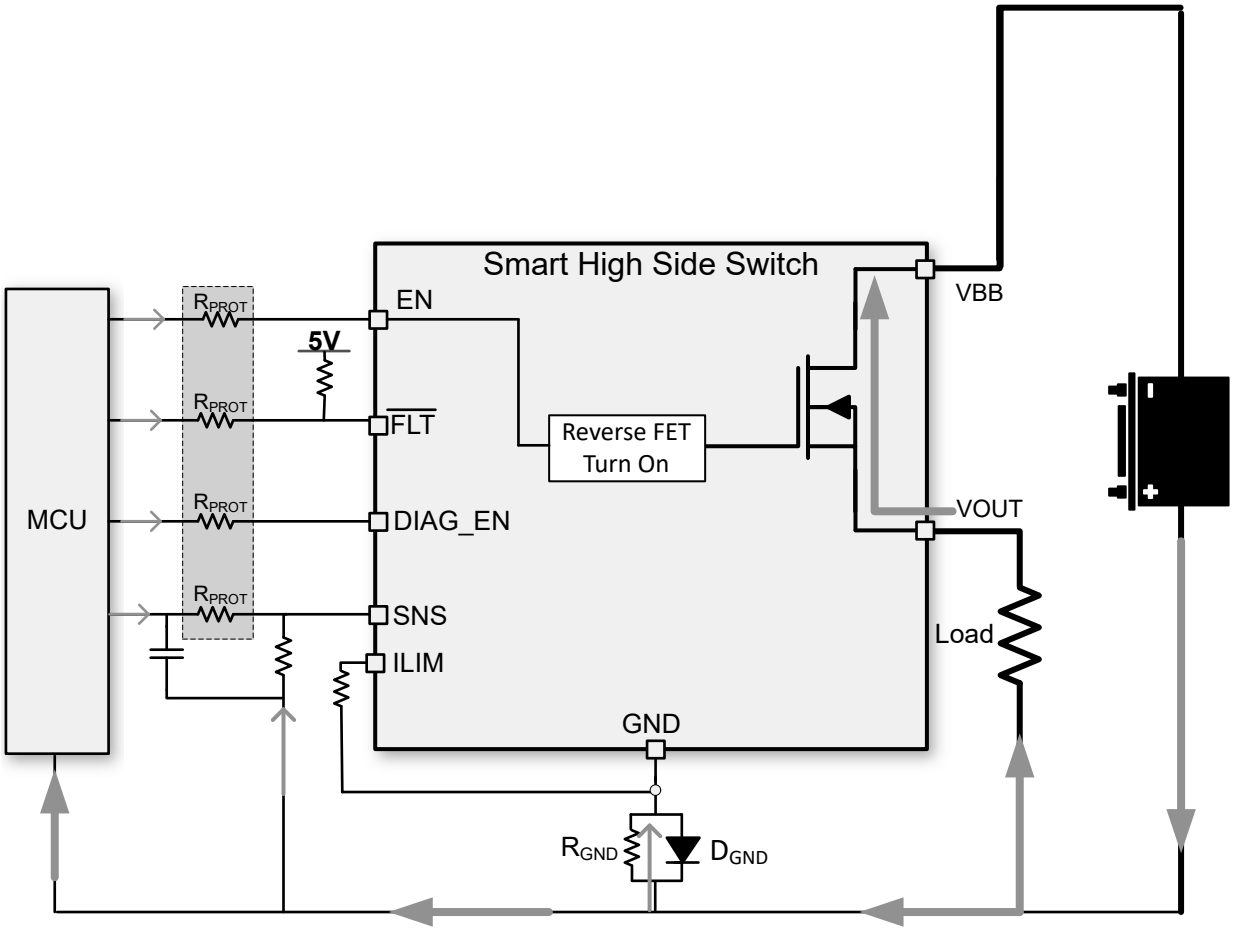


图 8-45. MCU I/O 保护

8.4 器件功能模式

根据 ENx 引脚、DIAG_EN 引脚和 VBB 电压，器件可切换为多种状态。在整个数据表中将引用不同的状态。

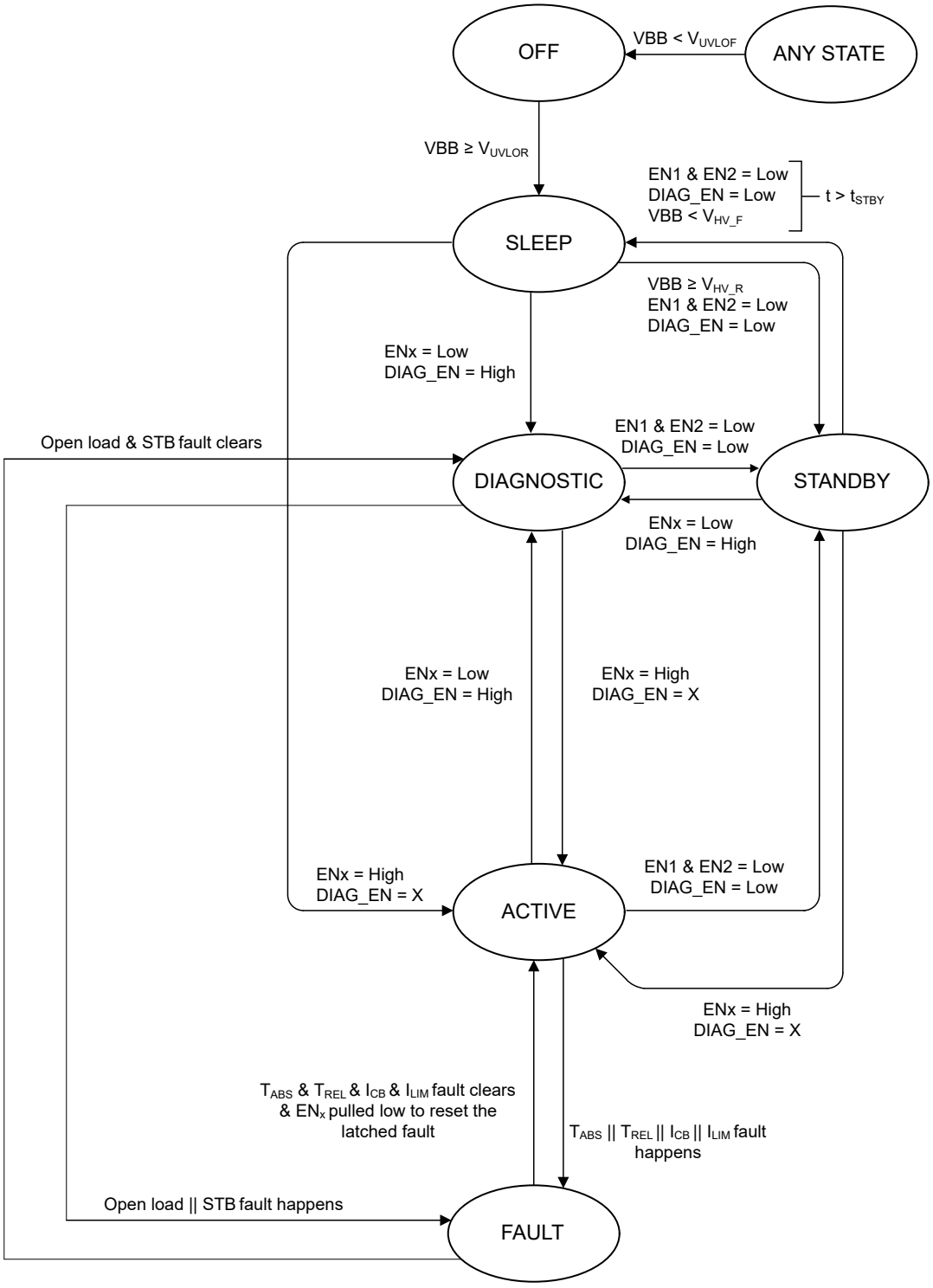


图 8-46. 状态图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

关闭

器件关断状态，当器件的 VBB 电压低于 V_{UVLOF} 时，就会进入。

SLEEP

当所有 ENx 引脚被拉至低电平的时间超过 t_{STBY} 时长，并且 VBB 低于 V_{HV_F} 时，将从待机状态进入此器件状态。输出全部关闭。在睡眠状态下，器件内部的所有部分都关断，且流入 VBB 的电流为 I_{SLEEP}。在睡眠状态，如果任何 ENx 引脚被拉至高电平，则器件会进入运行状态；如果 DIAG_EN 引脚 (不包括任何 ENx 引脚) 被拉至高电平，则器件会进入诊断状态；如果 VBB 大于 V_{HV_R}，则器件会进入待机状态。

STANDBY

当 ENx 引脚全部为低电平时，将进入器件待机状态。输出全部关断，并且 DIAG_EN 引脚也为低电平，但尚未达到 t_{STBY} 的时间量。包含该状态是为了在不切断任何内部电源轨并进入睡眠状态的情况下，使用 PWM 对通道输出进行调制。一旦器件等待了 t_{STBY} 且 VBB 小于 V_{HV_F}，则器件将完全关断并切换至睡眠状态。但是，如果时间小于 t_{STBY} 并且任一 ENx 引脚变为高电平，则器件会切换至运行状态。同样，如果 DIAG_EN 变为高电平，器件将进入诊断状态。

诊断

当相关 ENx 引脚为低电平且 DIAG_EN 引脚为高电平时，会进入通道诊断状态。在这种状态下可以诊断开路负载或电池短路。在这种状态下会启用通道特定的开路负载开关。如果任何通道出现开路负载或电池短路，该器件会发出 $\overline{FLT}$ 信号。如果通过 SEL 引脚选择了发生故障的通道，则 SNS 引脚将输出 I_{SNSFH} 电流。

运行

当通过相关的 ENx 引脚使输出导通时，通道进入运行状态。在运行状态下，电流限值由 ILIM 引脚上的外部电阻器设定。如果 DIAG_EN 引脚在运行状态下被拉至高电平，则 SNS 引脚将输出与 SEL 引脚配置相关联的通道负载电流成正比的电流，直到该通道发生故障。此外，$\overline{FLT}$ 引脚报告是否有任何通道上发生故障。任何器件通道都可以通过将相关 ENx 拉至低电平并使 DIAG_EN 保持为高电平，从运行状态转换为诊断状态。当 DIAG_EN 拉至低电平时，器件可以通过关断所有通道来退出运行状态，进入待机状态。

故障

当相关 ENx 引脚为高电平，但某些事件导致通道的行为与正常运行不同时，便会发生通道故障状态。这些故障事件包括：绝对热关断、相对热关断、电流限制、开路负载和电池短路故障。这些故障事件中的每一个都会直接或最终关闭通道，以保护器件和系统。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 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。

9.1 应用信息

TPS2HC08-Q1 器件能够驱动各种电阻负载、电感负载和容性负载，包括灯泡、LED、继电器、螺线管、加热器和子模块。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。该器件可从外部调节电流限值以钳制浪涌或过载电流，从而提升整个系统的可靠性。

9.2 典型应用

下图展示了 TPS2HC08-Q1 的外部电路连接的示例。

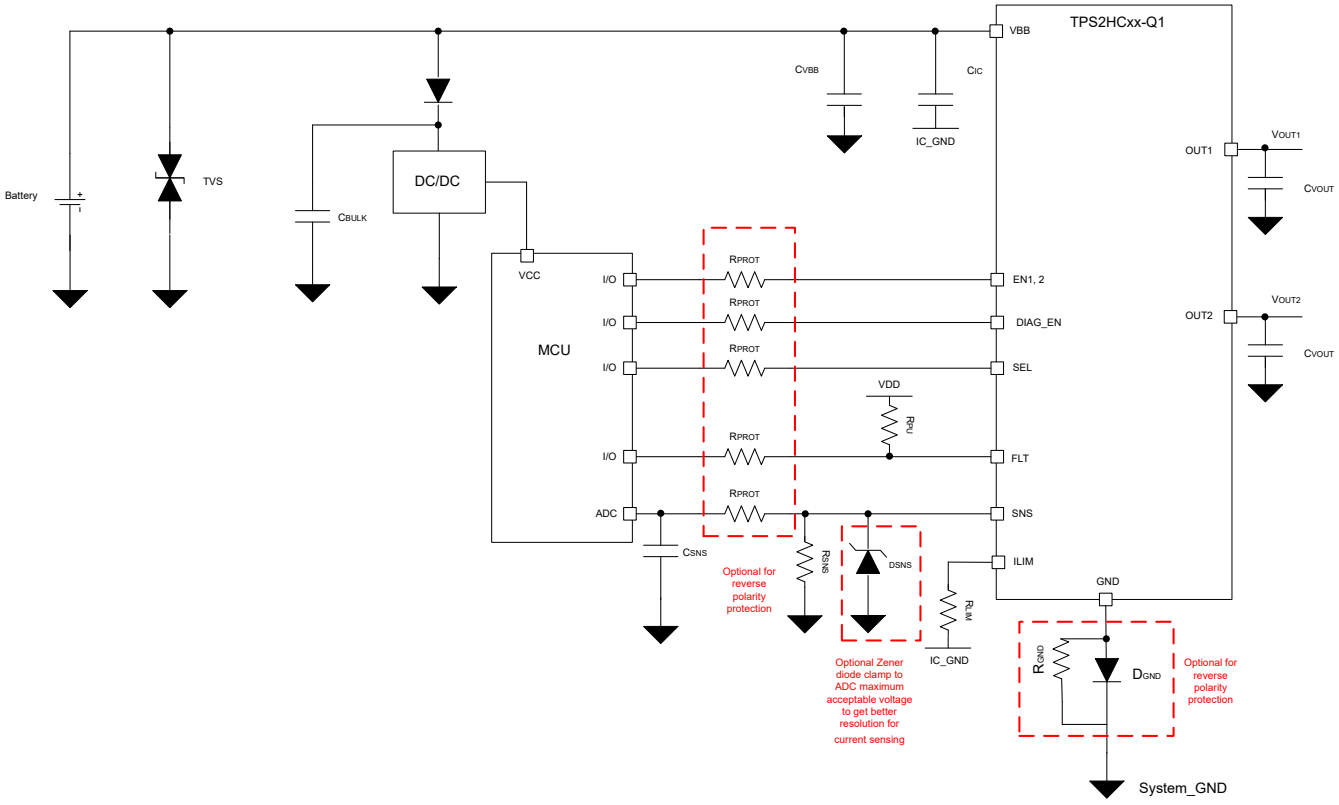


图 9-1. 典型应用图

9.2.1 设计要求

表 9-1. 建议的元件值

元件	说明	用途
TVS	SMBJ39CA	滤除电池产生的电压瞬态 (ISO7637-2)
C_{VBB}	220nF	更好的 EMI 性能
C_{IC}	100nF	输入端具有极小的电容量，以缓解 EMI
C_{BULK}	10 µ F	帮助滤除电源轨上的电压瞬态
R_{PROT}	10kΩ	微控制器和器件 I/O 引脚的保护电阻器

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 9-1. 建议的元件值（续）

元件	说明	用途
R_{LIM}	电气特性 中列出的值	设置电流限制阈值
R_{SNS}	1kΩ	将检测电流转换为检测电压
D_{SNS}	SMBJ50A	将 SNS 引脚电压钳位至 ADC 最大可接受电压，以提高电流检测分辨率。
C_{FILTER}	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
C_{VOUT}	22nF	改善 EMI 性能，过滤电压瞬态
R_{PULLUP}	4.7kΩ	用于开漏引脚（$\overline{FLT}$ 和 LPM）的上拉电阻器
R_{GND}	4.7kΩ	稳定关断电感负载期间的 GND 电势
D_{GND}	BAS21 二极管	在正常运行期间保持 GND 接近系统地

9.2.2 详细设计过程

在 SNS 引脚未连接外部元件时，R_{SNS} 电阻值可使用 方程式 1 计算；当 SNS 引脚连接了外部齐纳二极管或电阻分压器以将 SNS 引脚电压钳位到 ADC 最大可接受电压 $V_{ADC,max}$，从而获得更佳的电流检测分辨率时，则使用 方程式 2 计算。若要实现更高的电流检测精度，建议首选具有 1% 或更佳容差的电阻器。

表 9-2. 典型应用

参数	值（SNS 引脚上未连接外部元件）	值（外部齐纳二极管或电阻分压器连接到 SNS 上）
$I_{LOAD,max}$	7.5A	7.5A
$I_{LOAD,min}$	100mA	100mA
$V_{ADC,max}$	5V	5V
$V_{ADC,min}$	5mV	5mV
V_{HR}（需要）	1V	1V
K_{SNS}	3000	3000
K_{CL}	500	500
I_{SNSFH}	7.5mA	7.5mA
V_{HR}（使用最大 R_{SNS} 计算）	3.33V	-
R_{SNS}（最小值）	150Ω	150Ω
R_{SNS}（最大值）	667Ω	1600Ω

对于在 SNS 引脚上连接齐纳二极管 (D_{SNS}) 的此应用，可选择 1000Ω 的 R_{SNS} 值来满足要求。方程式 2

在动态电流范围较大的其他应用中，可以更加强调下限可测量值，从而增加 R_{SNS}。同样，如果对较高的电流更感兴趣，则可以降低 R_{SNS}。

要设置可调电流限制值 I_{CL}，请使用 方程式 9 选择 R_{LIM} 值。

$$R_{LIM} = K_{CL} / I_{CL} \quad (9)$$

对于 5V MCU IO 连接，TI 建议 R_{PROT} = 10kΩ。

9.2.2.1 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 9-3. 12V 系统中的 ISO 7637-2:2011(E)

测试项目	测试脉冲强度级别和相应的 Vs(1) (2)		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)(3)	功能性能状态分类(4)
	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	0.2s 至 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 到系统接地之间连接了 1 µ F 电容的条件下进行。
(3) GND 引脚网络由一个 4.7kΩ 电阻器与二极管 BAS21-7-F 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 9-4. 12V 系统中的 ISO 16750-2:2010(E) 负载突降测试 B

测试项目	测试脉冲强度级别和相应的 Vs(1) (2)		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) (3)	功能性能状态分类(4) (5)
	等级	Vs/V					
测试 B		35	40ms 到 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 4.7kΩ 电阻器与二极管 BAS21-7-F 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。

9.2.3 瞬态热性能

TPS2HC08-Q1 器件可能会经历不同的瞬态条件，导致大电流在短时间内流动。这些条件可能包括：

- 高容性或灯泡负载充电期间的浪涌电流。
- 输出接地短路，触发过流保护等故障情况。
- 在有限的时间内为电机或螺线管等感性负载短暂通电，然后再断电。

在这些瞬态情况中，热阻抗参数 $Z_{\theta JA}$ 表示结至环境热性能。图 9-2 展示了使用 FR4 2s2p 电路板，在自然对流条件下，根据 JEDEC JESD51-2、-5、-7 标准测得的仿真热阻抗。该器件（芯片 + 封装）在一个具有两个内部铜层（两个在 70 µ m 铜厚度下，两个在 35 µ m 铜厚度下）的 76.2 × 114.3 × 1.5mm 电路板上建模。位于 VBB 焊盘下方的五个散热过孔与第一个内部铜层 (12mm x 12mm) 建立接触。所有模拟均在 25°C 环境温度进行下。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

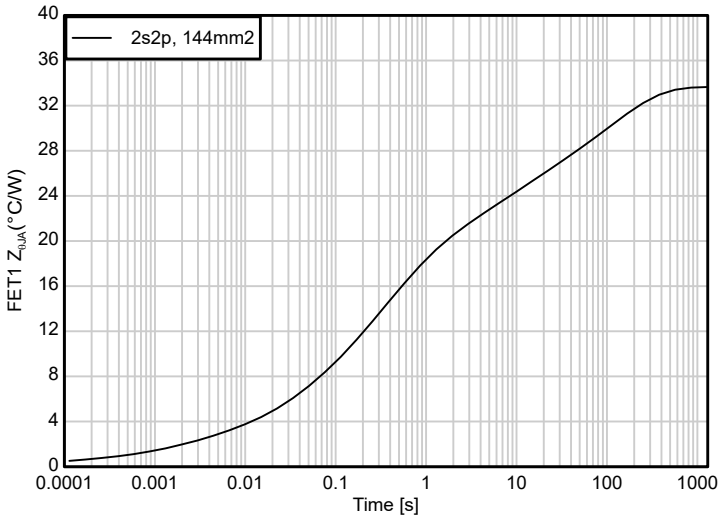
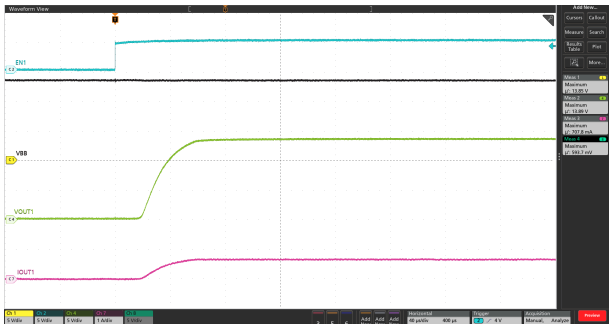


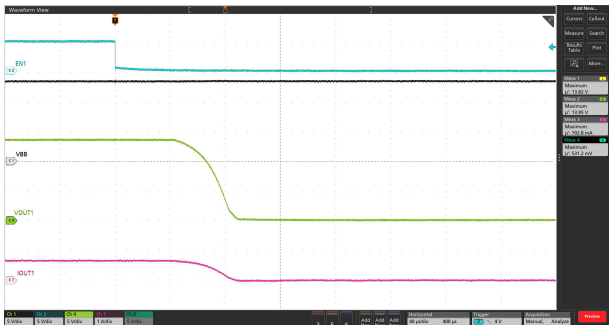
图 9-2. $Z_{\theta JA}$（瞬态热阻抗）：JEDEC 标准 2s2p PCB 布局、VBB 焊盘下方有 5 个过孔

9.2.4 应用曲线



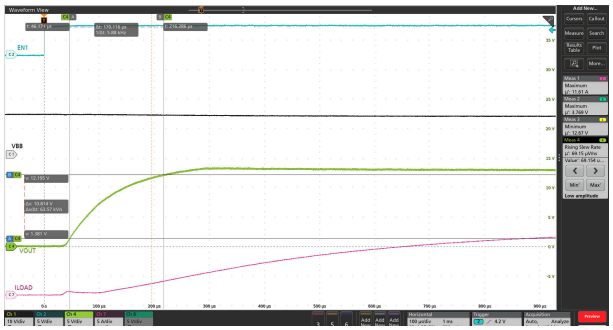
VBB = 13.5V　Z_{OUT1} = 19 Ω　T_A = 25°C

图 9-3. 通过电阻负载导通



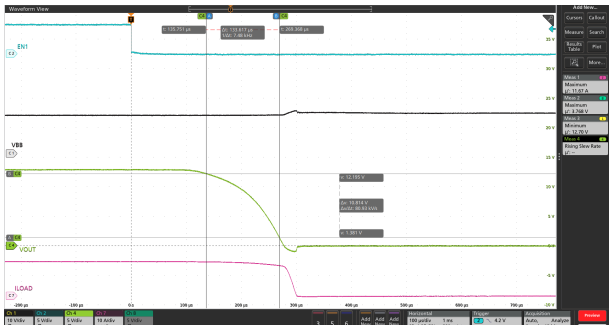
VBB = 13.5V　Z_{OUT1} = 19 Ω　T_A = 25°C

图 9-4. 通过电阻负载关断



VBB = 13.5V　I_{OUT1} = 11A　T_A = 25°C
V_{EN} = 0V 至 5V

图 9-5. 上升压摆率（P 版本）



VBB = 13.5V　I_{OUT1} = 11A　T_A = 25°C
V_{EN} = 5V 至 0V

图 9-6. 下降压摆率（P 版本）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



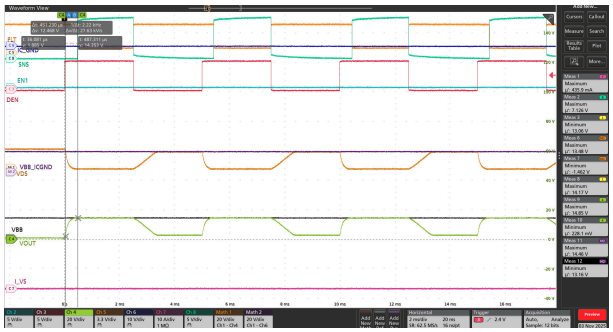
VBB = 13.5V　V_{OUT1} = 短接至 GND　T_A = 25°C
I_{LIM} = GND　V_{EN} = 5V

图 9-7. 通道 1 输出短接至 GND 时的器件导通行为



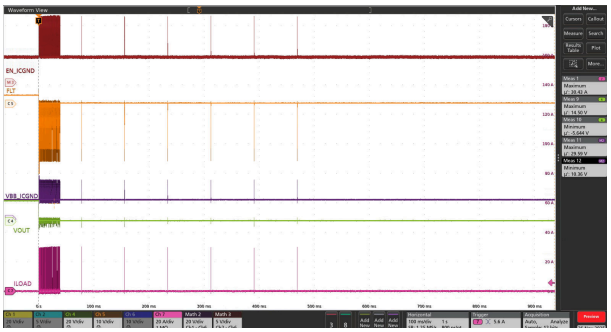
VBB = 13.5V　V_{OUT1} = 短接至 GND　T_A = 25°C
I_{LIM} = GND　V_{EN} = 5V

图 9-8. 通道 2 输出短接至 GND 时的器件导通行为



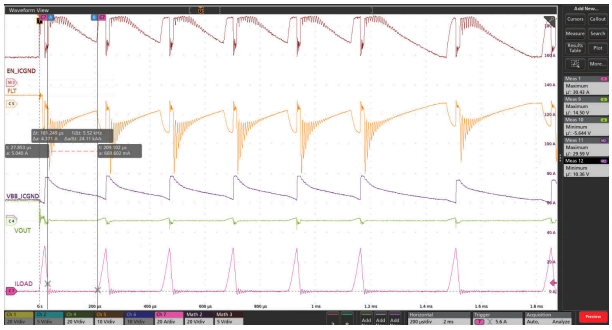
VBB = 13.5V　V_{OUT1} = 开路负载　T_A = 25°C
DIAG_EN = PWM (200Hz)　V_{EN1} = 0V　SEL = 0
当 DIAG_EN 为高电平时，SNS 输出 I_{SNSFH} 电流；当 DIAG_EN 为低电平时，SNS 输出悬空
当 DIAG_EN 为高电平时，FLT = 置为有效

图 9-9. 通道 1 上具有开路负载故障时的开路负载检测延迟



VBB = 13.5V　Z_{OUT1} = 1uH + 100mΩ　T_A = 25°C
V_{EN1} = 5V

图 9-10. 热短路（重试行为）



VBB = 13.5V　Z_{OUT1} = 1uH + 100mΩ　T_A = 25°C
V_{EN1} = 5V

图 9-11. 热短路（重试行为）放大至初始重试窗口

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.3 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 9-5. 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。该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*中的每种规格，以确认电压范围。
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 28V	扩展的高于 12V 汽车电池运行，例如双电池。该器件完全正常运行并受到保护（短路保护高达 24V），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*中的每种规格，以确认电压范围。
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。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

为了获得良好的热性能，请将 VBB 焊盘连接到大面积覆铜。在顶部 PCB 层，覆铜可能超出封装尺寸，如下面的布局示例所示。除此之外，建议在一个或多个内部 PCB 层和/或底层上布置一个 VBB 平面。过孔必须将这些平面连接到顶部 VBB 覆铜。将 VOUT1 和 VOUT2 焊盘连接到电路板上的大面积覆铜还有助于实现更好的热性能，因为热量可以通过内部铜柱传递到电路板上的大面积覆铜。

TI 建议将连接到微控制器的 IO 信号布线到过孔，然后穿过内部 PCB 层。

如果在设计中使用 C_{IC} 电容器，则必须将其尽可能靠近器件的 VBB 和 GND 引脚。如果使用接地网络进行电池反向保护，则 C_{IC} 电容器必须从 VBB 网络连接到 IC_GND 网络。C_{VBB} 电容器必须靠近 VBB 引脚放置，并连接到系统接地端以获得出色的性能。

R_{LIM} 元件必须放置在靠近器件的 ILIM 和 GND 引脚的位置。如果使用接地网络进行电池反向保护，则 R_{LIM} 必须从 ILIM 引脚连接到 IC_GND 网络，以获得预期的电流限制性能。

FLT 和 SNS 引脚布线必须相隔很远（正交或在不同的层中），以避免两个信号之间出现任何耦合。

TPS1HC03-Q1 器件的封装与该系列中的所有其他器件兼容，可用于通用板设计。

9.4.2 布局示例

9.4.2.1 无接地网络

下面的 图 9-12 展示了没有 GND 网络的示例 PCB 布局。TI 建议将连接到微控制器的 IO 信号布线到过孔，然后穿过内部 PCB 层。

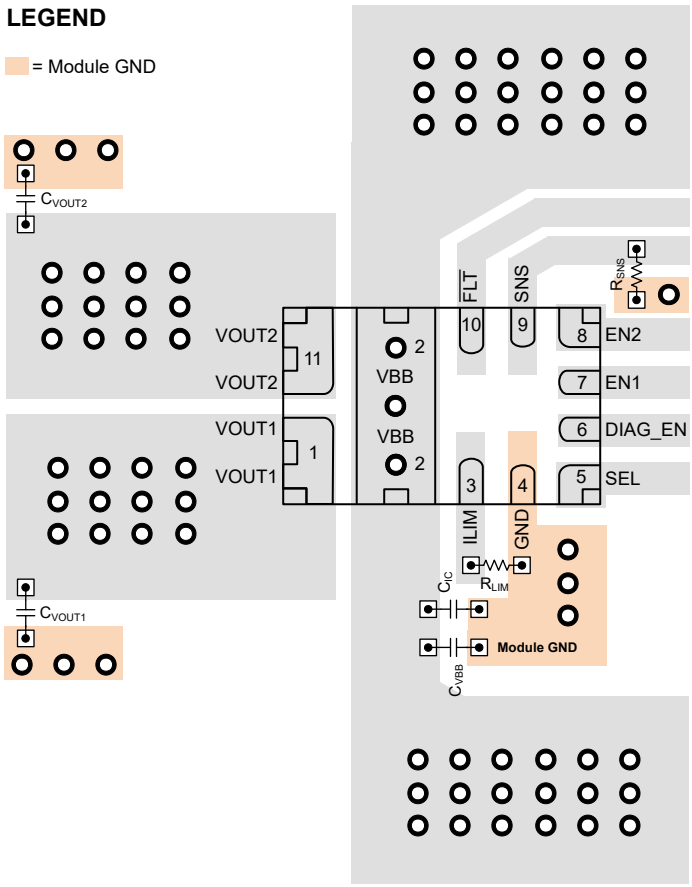


图 9-12. 无接地网络的布局示例

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.4.2.2 有接地网络

下面的 图 9-13 展示了具有 GND 网络的示例 PCB 布局。TI 建议将连接到微控制器的 IO 信号布线到过孔，然后穿过内部 PCB 层。

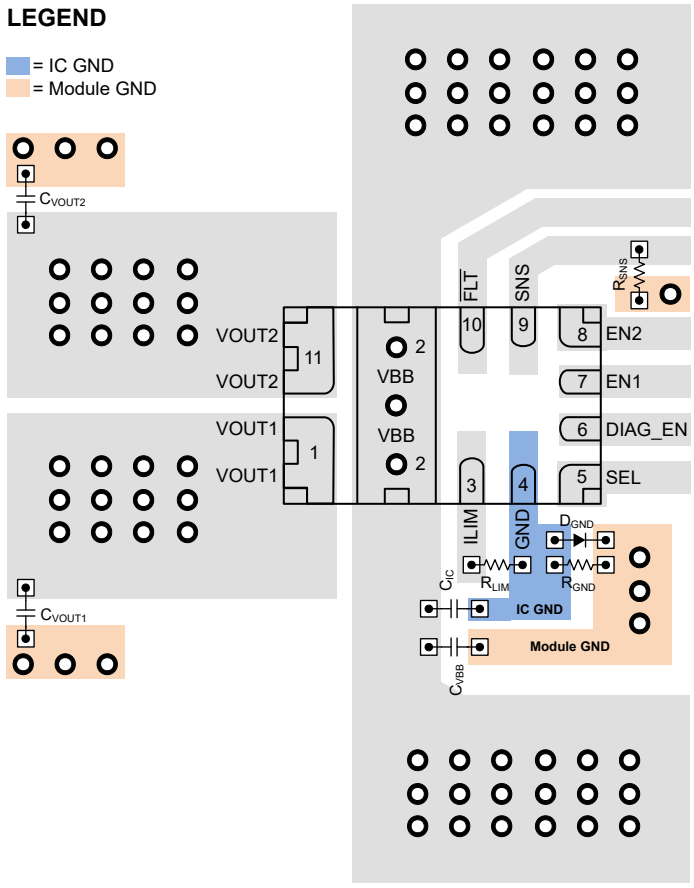


图 9-13. 有接地网络的布局示例

9.4.3 可湿侧面封装

在传统的 QFN 封装中，通过自动光学检测 (AOI) 确认 PCB 的正确焊料连接颇具挑战性。封装锯切后裸露的铜边容易氧化，因此难以实现可靠的焊料润湿。如果没有一致的焊锡圆角，则在检查过程中无法目视确认焊接连接是否合格。

为了缓解上述挑战，可湿性侧面工艺采用了基于机械和冶金的技术，使 QFN 封装的侧壁能在指定高度实现焊料润湿。由此形成可目视检查的焊锡角，为焊接质量提供直观确认，并满足检测要求。

可湿性侧面分为三种类型 – 凹陷式切割、阶梯式切割和浸锡。凹陷式切割或阶梯式切割口选项在封装侧壁上具有可见的凹槽，而浸锡方法在侧壁上使用镀锡，而无需物理凹槽。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

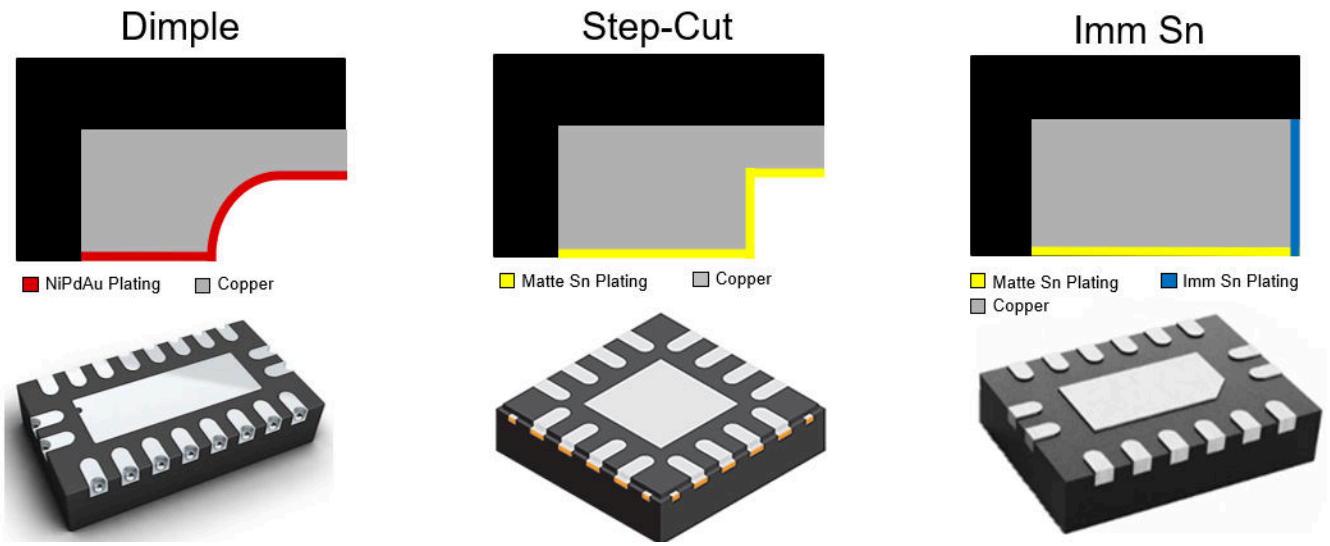


图 9-14. 可湿侧面封装类型

TPS2HC08-Q1 的 VAH 封装采用浸锡电镀选项。该方案满足行业对焊料侧润湿高度至少 100 µm 的要求，既能确保连接的可靠性，同时支持自动光学检测。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

10.2 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。

10.3 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。

10.4 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。

10.5 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。

10.6 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。

11 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 * (May 2025) to Revision A (December 2025)	Page
• 从“预告信息”更新为“量产数据”	1

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

12 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。如需获取此数据表的浏览器版本，请查看左侧的导航窗格。

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)
PTPS2HC08PQVAHRQ1	Active	Preproduction	VQFN-HR (VAH) | 11	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	
TPS2HC08PQVAHRQ1	Active	Production	VQFN-HR (VAH) | 11	3000 | LARGE T&R	-	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	2HC08P

(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.

GENERIC PACKAGE VIEW

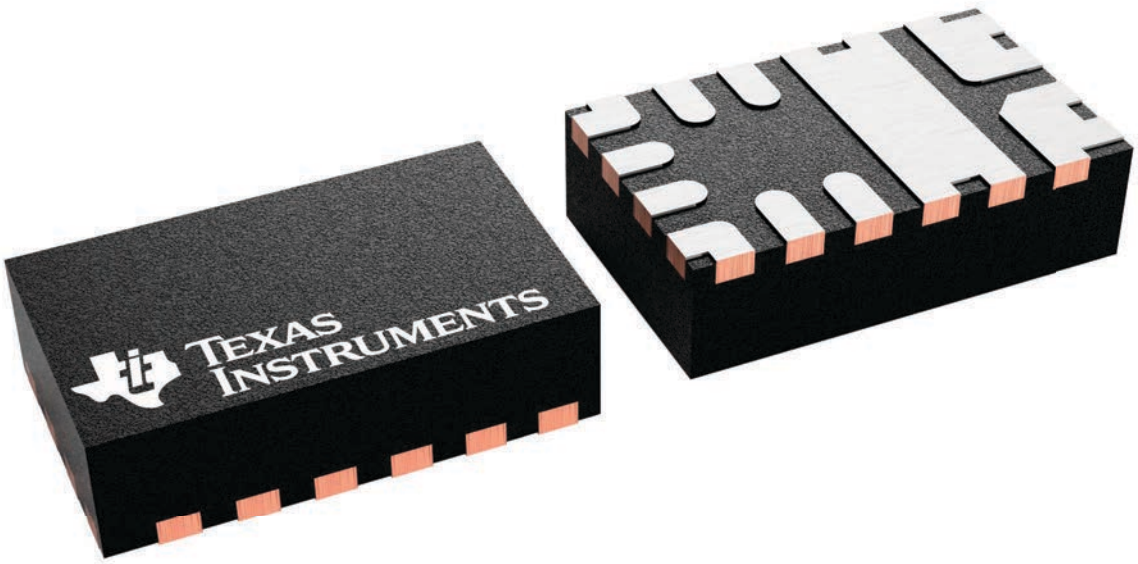
VAH 11

VQFN-HR - 1 mm max height

2.2 x 3.6, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

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



4230955/A

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