

TPS2HC08-Q1 9.4mΩ 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, $\pm 2.5\%$ at $\geq 1\text{A}$
- 宽工作电压范围: 3V 至 28V
- 低 R_{ON} : 典型值 $9.4\text{m}\Omega$, 最大值 $19\text{m}\Omega$
- 超低待机电流, $<1.5\mu\text{A}$
- 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 30A
- 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 环境温度工作温度范围
 - 通过 ISO7637-2 和 ISO16750-2 电瞬变抗扰度认证
- 小尺寸: 11 引脚 QFN $2.2\text{mm} \times 3.6\text{mm}$, 0.55mm 间距

2 应用

- 白炽灯和 LED 照明
- 车身控制模块
- 区域控制模块

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, 专为满足 12V 汽车电池系统的要求而设计。低 R_{ON} ($9.4\text{m}\Omega$) 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 30A) 范围内进行调节。这些器件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电机失速电流或灯泡负载之类非常有用。

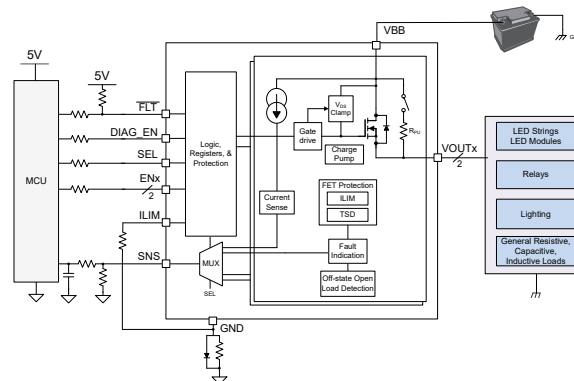
该器件还可提供精确的负载电流检测, 以提高负载诊断功能 (如过载和开路负载检测), 从而更好地进行预测性维护。TPS2HC08-Q1 采用引脚间距为 0.55mm 的 11 引脚 $2.2\text{mm} \times 3.6\text{mm}$ QFN 引线式封装, 从而最大限度地减小 PCB 尺寸。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TPS2HC08-Q1	VAH (QFN, 11)	$2.2\text{mm} \times 3.6\text{mm}$

(1) 如需了解所有可用封装, 请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

(2) 封装尺寸 (长 $\times$ 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



典型应用原理图



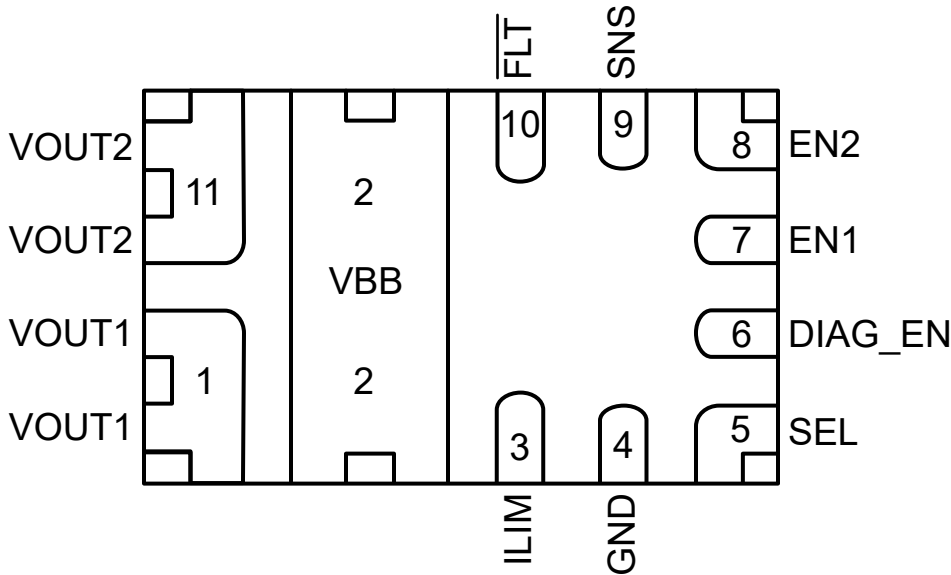
内容

1 特性.....	1	8.3 特性说明.....	13
2 应用.....	1	8.4 器件功能模式.....	29
3 说明.....	1	9 应用和实施.....	32
4 器件比较表.....	3	9.1 应用信息.....	32
5 引脚配置和功能.....	4	9.2 典型应用.....	32
6 规格.....	5	9.3 电源相关建议.....	33
6.1 绝对最大额定值.....	5	9.4 布局.....	34
6.2 ESD 等级.....	5	10 器件和文档支持.....	37
6.3 建议运行条件.....	5	10.1 接收文档更新通知.....	37
6.4 热性能信息.....	6	10.2 支持资源.....	37
6.5 电气特性.....	6	10.3 商标.....	37
6.6 SNS 时序特性.....	9	10.4 静电放电警告.....	37
6.7 开关特性.....	10	10.5 术语表.....	37
7 参数测量信息.....	11	11 修订历史记录.....	37
8 详细说明.....	12	12 机械、封装和可订购信息.....	37
8.1 概述.....	12	12.1 卷带包装信息.....	41
8.2 功能方框图.....	13		

4 器件比较表

器件型号	电流限值	电流限制范围	ILIM = GND 时的电流限制	过流行为
TPS2HC08-Q1	可通过外部电阻器调节	7.5A - 30A	30A	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

5 引脚配置和功能



NC - 无内部连接

图 5-1. VAH 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	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。

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 (V _{BB})			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}		-100	10	mA
检测引脚电压, V _{SNS}		-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
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。

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 V_{BB} 和 V_{OUT} 外的所有引脚	V
			± 2000	
			± 4000	
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 分类等级 C5	VBB 和 VOUT	
			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
V_{VBB_SC}	短路电源电压能力		26	V
V_{ENx}	使能电压	-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

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
T_A	自然通风条件下的工作温度范围	-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) 器件在更广的工作电压范围工作，但某些时序参数值并不总是适用。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	单位
		VAH	
		11 引脚	
$R_{\theta JA}$	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 $18V$ ， $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$ （除非另有说明）；典型应用为 $13.5V$ ，RILIM = 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 _{UVLO}	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 _{BB} 下降阈值	2.8	2.9	3.0	V
V _{DET1}	V _{BB} 检测 1 阈值	睡眠状态	V _{BB} 上升阈值	20	22	24	V
		运行、诊断或待机状态		20	22	24	V
		运行、诊断或待机状态	V _{BB} 下降阈值	18.5	19.5	20.5	V
V _{Clamp}	VDS 钳位电压	V _{BB} ≥ 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		33	V
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			1.5	μA
			T _J = 150°C			20	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	0.2	μA
			T _J = 85°C			0.5	μA
I _{DIAG}	诊断状态电流消耗	V _{ENx} = 0V，V _{DIAG_EN} = 5V，V _{OUT} = 0V，I _{SNS} = 0mA			1.9	3	mA
I _Q	静态电流	V _{ENx} = V _{DIAG_EN} = 5V，I _{OUTx} = 0A			2	3	mA
V _{HV_R}	VBB 高压唤醒阈值	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	19	23	27	V
V _{HV_F}		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
t _{STBY}	待机模式延迟时间	V _{ENx} = V _{DIAG_EN} = 0V，V _{BB} < V _{HV_F} 至待机			16		ms

6.5 电气特性 (续)

$V_{BB} = 6V$ 至 $18V$, $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$ (除非另有说明); 典型应用为 $13.5V$, $RILIM =$ 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
RON 特性							
RON	导通电阻	6V ≤ VBB ≤ 28V , IOUT= 1A	TJ = 25°C	9.4	10.5	m Ω	
			TJ = 150°C	19	m Ω		
		3V ≤ VBB ≤ 6V , IOUT =1A	TJ = 25°C	9.8	11	m Ω	
			TJ = 150°C	20	m Ω		
ΔRON	通道之间的导通电阻差	6V ≤ VBB ≤ 28V , IOUT= 1A	TJ = - 40°C 至 150°C	5		%	
RON(REV)	反极性期间的导通电阻	- 18V ≤ VBB ≤ - 6V	TJ = 25°C	10	13	m Ω	
			TJ = 150°C	20	m Ω		
ILNOM	每个通道的持续负载电流	启用双通道时，TAMB = 85°C		7.5		A	
		启用一个通道时，TAMB = 85°C		10		A	
电流检测特性							
VBB_ISNS	完整的电流检测和故障功能所需的 VBB 余量	VDIAG_EN = 3.3V		5.3		V	
		VDIAG_EN = 5V		6.5		V	
KSNS	电流检测比 IOUT / ISNS	IOUT = 1A		3000			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 10A	3007			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 10A	-1.8	0.9	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 5A	3004			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 5A	-1.8	0.8	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 2A	3001			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 2A	-1.9	0.9	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 1A	3000			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 1A	-2.2	1.5	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 500mA	2994			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 500mA	-3.1	3.1	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 200mA	2975			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 200mA	-6.8	7.7	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 100mA	2950			
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 100mA	-12.5	16.5	%	
KSNS	IOUT 全量程范围内的电流检测比 IOUT / ISNS	VBB > VBB_ISNS , VEN = VDIAG_EN = 5V	IOUT = 50mA	2909			

6.5 电气特性 (续)

$V_{BB} = 6V$ 至 $18V$, $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$ (除非另有说明); 典型应用为 $13.5V$, $R_{ILIM} =$ 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 _{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} = 50mA	-26		36	%
I _{SNSLeak}	I _{SNS} 漏电流	V _{DIAG_EN} = 5V , I _{OUT} = 0mA	T _J = 25°C			0.5	μA
			T _J = 125°C			1	μA
I _{SNSFH}	I _{SNS} 故障高电平	V _{DIAG_EN} > V _{IH,DIAG_EN}		5.2	7.4	10.5	mA
电流限制特性							
R _{ILIM}	R _{ILIM} 短路检测范围				16.66		k Ω
	R _{ILIM} 开路检测范围				66.66		k Ω
K _{CL}	电流限制比 ⁽¹⁾	T _J = -40°C 至 150°C	R _{ILIM} = 16.9kΩ	425	500	575	A × k Ω
			R _{ILIM} = 33.2kΩ	425	500	575	A × k Ω
			R _{ILIM} = 66.5kΩ	425	500	575	A × k Ω
I _{CL}	I _{CL} 电流限制阈值	T _J = -40°C 至 150°C	R _{ILIM} = GND		30		A
			R _{ILIM} = 开路		7.5		A
I _{CB}	启用开关后施加短路时的峰值电流阈值	R _{ILIM} = 16.9k Ω 至 66.5k Ω	T _J = -40°C	23			A
			T _J = 25°C		25		A
			T _J = 150°C	22			A
V _{DET2}	V _{BB} 检测 2 阈值	运行状态	V _{BB} 上升阈值	25.2	26.5	27.8	V
			V _{BB} 下降阈值	23	24.3	25.5	V
I _{CL_HV}	高电压下的 I _{CL} 电流限制降额	T _J = -40°C 至 150°C	V _{BB} < V _{DET1}		I _{CL}		A
			V _{DET1} ≤ V _{BB} < V _{DET2}		I _{CL}	20	
			V _{BB} ≥ V _{DET2}		I _{CL}	10	
I _{CL_LNPK}	线性模式峰值	T _J = -40°C 至 150°C	R _{ILIM} ≥ 24.9k Ω			1.45 × I _{CL}	A
			R _{ILIM} < 24.9k Ω			1.45 × I _{CL}	I _{CB}
故障特性							
V _{OL}	开路负载检测电压 (V _{DS} 电压)	V _{EN} = 0V , V _{DIAG_EN} = 5V , 诊断状态		1.5	2	2.5	V
R _{VOL}	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			75		k Ω
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}		150		500	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}		150		500	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}		150		3200	μs
t _{OL3}	从 V _{OUT} 上升开始的 OL 和 STB 指示时间	V _{EN} = 0V , V _{DIAG_EN} = 5V , I _{OUT} = 0mA , V _{OUT} = 0V 至 V _{BB} - V _{OL}		150		1600	μs
T _{ABS}	热关断			150	165	187	°C
T _{REL}	相对热关断				85		°C
T _{HYS}	热关断迟滞				28		°C
V _{FLT}	FLT 低输出电压	I _{FLT} = 2.5mA				0.2	V
t _{FAULT_FLT}	故障指示时间	V _{DIAG_EN} = 5V , 出现故障和 FLT 置为有效之间的时间				20	μs
t _{FAULT_SNS}	故障指示时间	V _{DIAG_EN} = 5V , 出现故障和 I _{SNS} 稳定在 V _{SNSFH} 之间的时间				30	μs

6.5 电气特性 (续)

$V_{BB} = 6V$ 至 $18V$, $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$ (除非另有说明); 典型应用为 $13.5V$, $R_{ILIM} =$ 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
tRETRY_WINDOW	初始重试时间窗口		50			ms
tRETRY_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	200	300	μs
tRETRY,EXTD	扩展过流窗口中的重试时间		50	100	150	ms
nRETRY,EXTD	扩展过流窗口中的重试周期数		7			
EN 引脚特性						
VIL, ENx	输入电压低电平	无接地网络	0.8			V
VIH, ENx	输入电压高电平		1.5			V
VIHYS, ENx	输入电压迟滞		280			mV
RENx	内部下拉电阻器		150	250	500	kΩ
IL, ENx	输入电流低电平	VENx = 0.8V	1.6	2.2	4	μA
IH, ENx	输入电流高电平	VENx = 5V	19	25	35	μA
DIAG_EN 引脚特性						
VIL, DIAG_EN	输入电压低电平	无接地网络	0.8			V
VIH, DIAG_EN	输入电压高电平		1.5			V
VIHYS, DIAG_EN	输入电压迟滞		280			mV
RDIAG_EN	内部下拉电阻器		100	250	500	kΩ
IL, DIAG_EN	输入电流低电平	VDIAG_EN = 0.8V	3	4	7.5	μA
IH, DIAG_EN	输入电流高电平	VDIAG_EN = 5V	19	25	35	μA
SEL 引脚特性						
VIL, SEL	输入电压低电平	无接地网络	0.8			V
VIH, SEL	输入电压高电平		1.5			V
VIHYS, SEL	输入电压迟滞		280			mV
RSEL	内部下拉电阻器		100	250	500	kΩ
IL, SEL	输入电流低电平	VSEL = 0.8V	1.8	2.3	3	μA
IH, SEL	输入电流高电平	VSEL = 5V	11	15	20	μA

(1) 要从 K_{CL} 计算 I_{CL} , 请使用公式 $I_{CL} = K_{CL} / R_{ILIM}$

6.6 SNS 时序特性

$V_{BB} = 6V$ 至 $18V$, $V_{ENx} = 5V$, $V_{DIAG_EN} = 5V$, $R_{SNS} = 1k\Omega$, $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $+150^{\circ}C$ (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 $5V$, $I_{OUTx} = 1A$	15			μs
		$V_{DIAG_EN} = 0V$ 至 $5V$, $I_{OUTx} = 50mA$	15			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 $5V$, $I_{OUTx} = 1A$	230			μs
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的趋稳时间, $DIAG_EN = HI$, V_{EN} 的 50% 至 I_{SNS} 的 90%	$V_{ENx} = 0V$ 至 $5V$, $V_{DIAG_EN} = 5V$, $I_{OUTx} = 1A$	150			μs

6.6 SNS 时序特性 (续)

$V_{BB} = 6V$ 至 $18V$, $V_{ENx} = 5V$, $V_{DIAG_EN} = 5V$, $R_{SNS} = 1k\Omega$, $T_J = -40^\circ C$ 至 $+150^\circ C$ (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SNSIOFF}$	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稳定时间	$I_{OUTx} = 50mA$ 至 $1A$		10	μs
$t_{SETTLEL}$	从负载阶跃的下降沿开始的稳定时间	$I_{OUTx} = 1A$ 至 $50mA$		10	μs
t_{MUX}	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_{MUX}	在出现开路负载故障时从 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

6.7 开关特性

$V_{BB} = 13.5V$, $R_L = 10\Omega$, $T_J = -40^\circ C$ 至 $+150^\circ C$ (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	20	45	μs
		ENx 的 50% 至 VOUTx 的 20% 从睡眠状态	10	55	90	μs
t _{DF}	通道关断延迟时间	ENx 的 50% 至 VOUTx 的 80%	40	70	105	μs
SR _R	VOUT 上升转换率	VOUT 的 20% 至 80%，OTP = 1b， 1.3 Ω 负载	0.02	0.06	0.1	V/μs
SR _R	VOUT 上升转换率	VOUTx 的 20% 至 80%，OTP = 0b，1.3 Ω 负载	0.3	0.45	0.61	V/μs
SR _F	VOUT 下降压摆率	VOUT 的 80% 至 20%，OTP = 1b， 1.3 Ω 负载	0.02	0.06	0.1	V/μs
SR _F	VOUT 下降压摆率	VOUT 的 80% 至 20%，OTP = 0b， 1.3 Ω 负载	0.3	0.4	0.8	V/μs
t _{ON}	通道导通时间	EN 的 50% 至 VOUT 的 80%， 从待机状态	20	45	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	1ms 使能脉冲	-75		40	μs
		200μs 使能脉冲	-75		40	μs
Δ _{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流	200μs 使能脉冲 (1ms 周期)	-35		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 10% 至 90%		0.576		mJ
E _{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V _{BB} = 18V，R _L = 3.3Ω，VOUT 的 10% 至 90%		0.584		mJ

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。

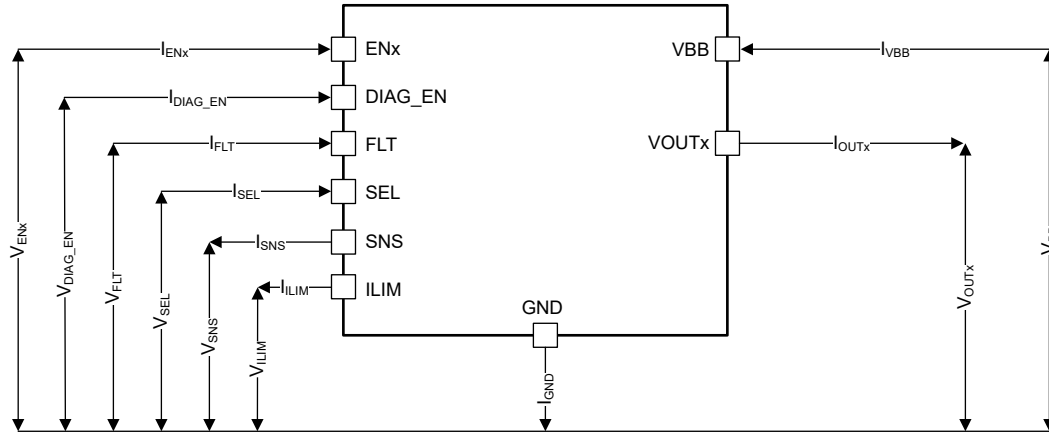
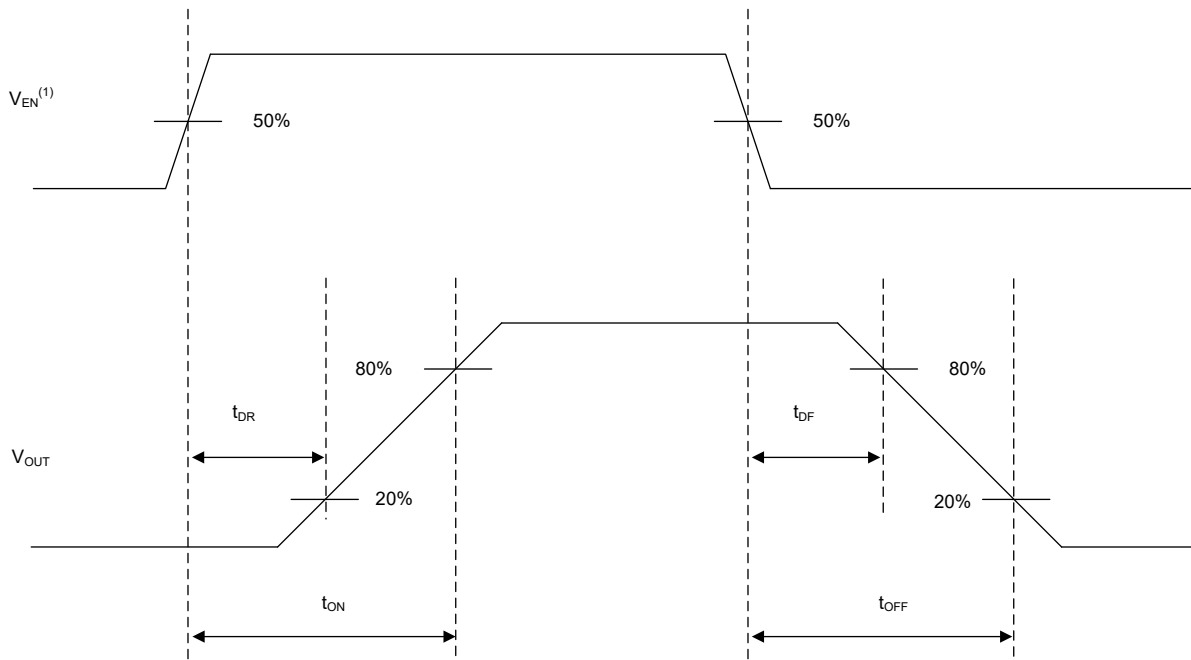


图 7-1. 电压和电流约定



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。

该器件的逻辑引脚用于启用四个通道中的每一个，另一个引脚用于启用诊断输出，还有两个引脚用于选择在模拟电流 SNS 引脚上输出的通道。该器件还实现了一个全局 FLT 引脚，用作 MCU 中断。全局 FLT 采用开漏结构实现。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。

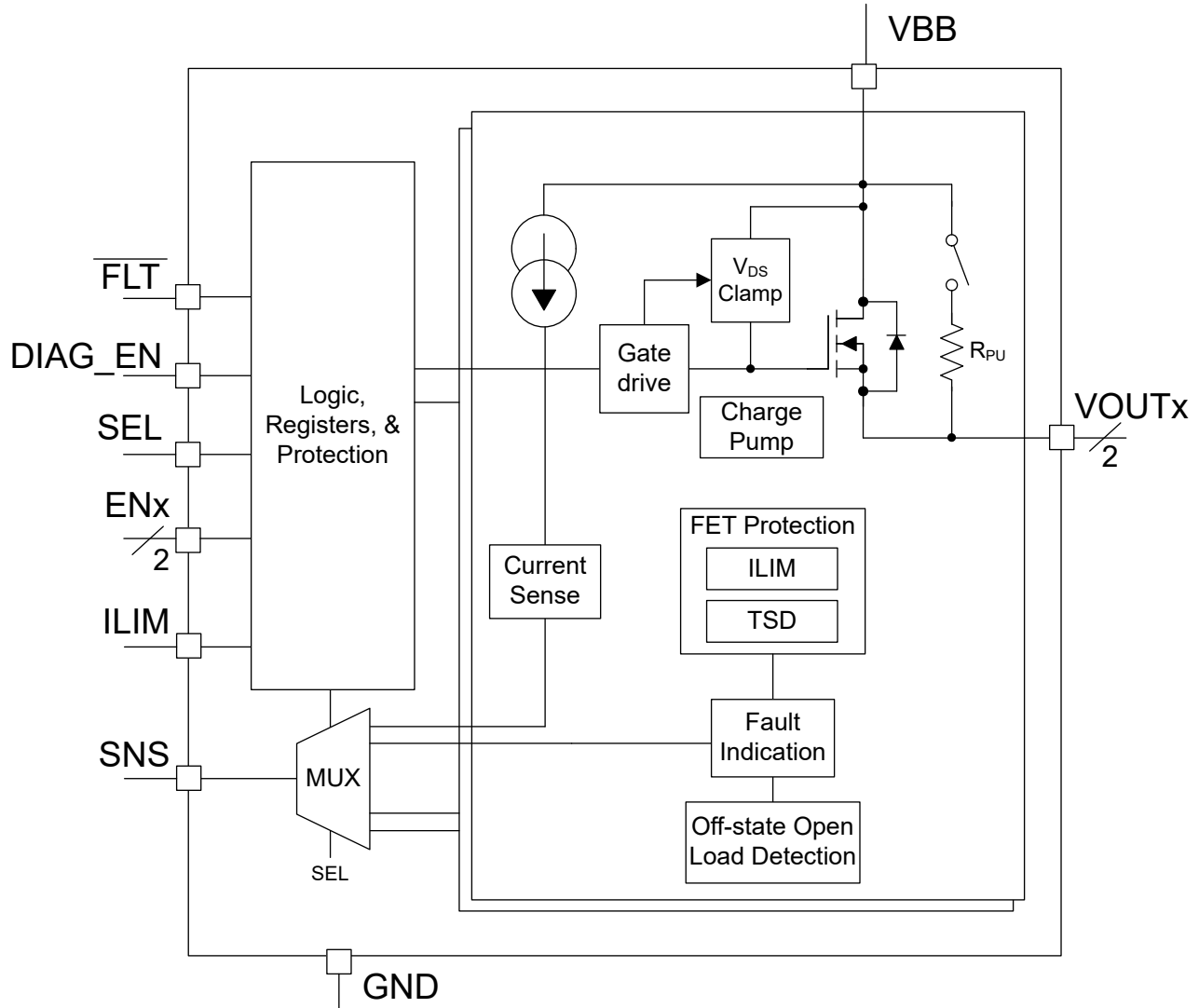
高精度电流检测可实现更好的实时监测和更准确的诊断，无需额外的内联校准。电流镜用于提供 $1/K_{SNS}$ 的负载电流，这等于 SNS 引脚上的电阻器两端的电压。 K_{SNS} 在整个温度和电源电压范围内是一个恒定值。SNS 引脚还可以通过强制 V_{SNSFH} 的电压来报告故障，该电压与诊断使能电压成比例，以便系统的 ADC 看到的最大电压在可接受的值内。通过此操作，无需再在 SNS 引脚上使用外部齐纳二极管或电阻分压器。

该器件还可提供可编程的电流限制功能，极大地提高整个系统的可靠性。这种电流限制可通过在启动（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 30A。当 ILIM 引脚通过电阻器接地时，该器件中还实现了内部电流限制。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。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，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（包括低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 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，即可实现更好的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，因此大多数情况下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。选择的最大 R_{SNS} 值是为了确保 V_{SNS} 电压低于 V_{SNSFH} 值，以便于系统从正常负载电流确定故障。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。

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

在某些应用中，负载电流范围更高，上述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} 。

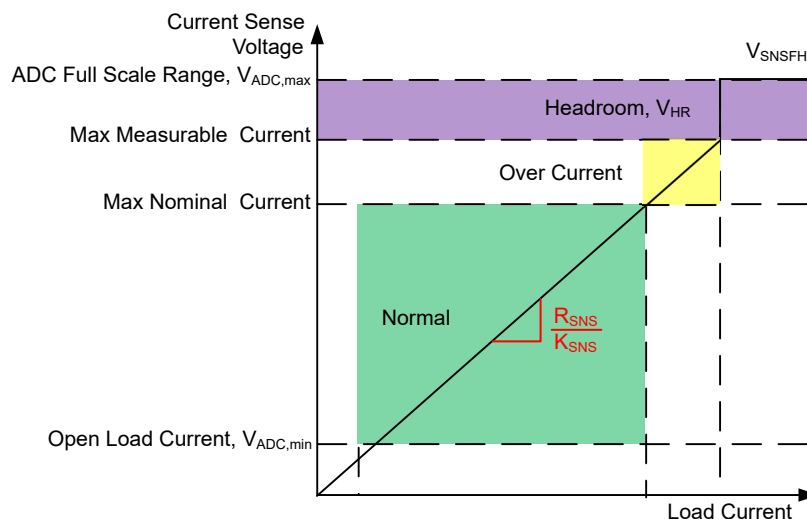


图 8-1. 电流检测引脚上的电压指示

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} 。

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。

8.3.2.1 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，另一个通道将继续运行。

8.3.2.1.1 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。

8.3.2.1.2 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。

8.3.2.2 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, 以使器件能够在启动时为大型电容器充电。该器件还提供不带热调节的 **ILIM** 设置, 其中器件将电流限制在设定的 **ILIM** 值。表 8-1 详细说明了可根据 **ILIM** 引脚配置进行的不同设置。

表 8-1. 通过 **ILIM** 引脚进行的电流限制设置

R_{ILIM} 值	典型 ILIM	热调节
GND (< 16.66k Ω)	30A	禁用
16.9k Ω	30A	启用
66.5k Ω	7.5A	启用
开路 (> 66.66k Ω)	7.5A	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。

8.3.2.2.1 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。

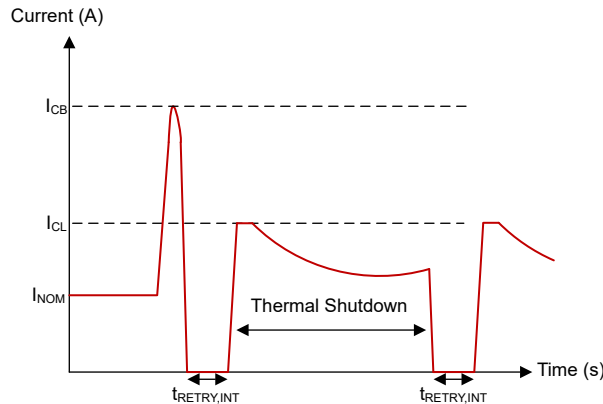


图 8-2. 使用热调节功能时的导通状态短路行为

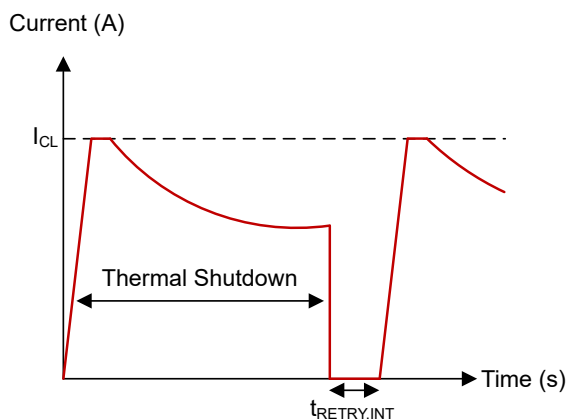


图 8-3. 通过热调节功能使其短路

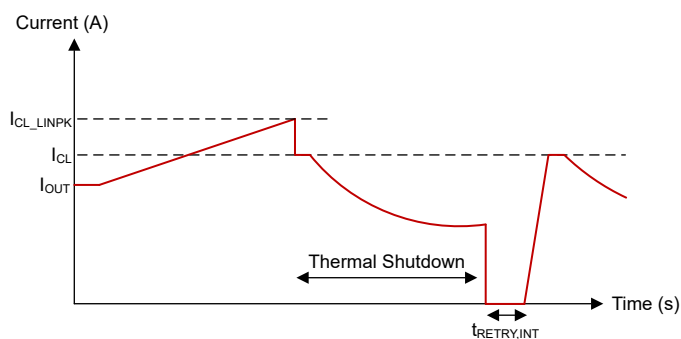


图 8-4. 使用热调节功能时的过载行为 (电流蠕变)

8.3.2.2.2 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失速电流的电机负载。

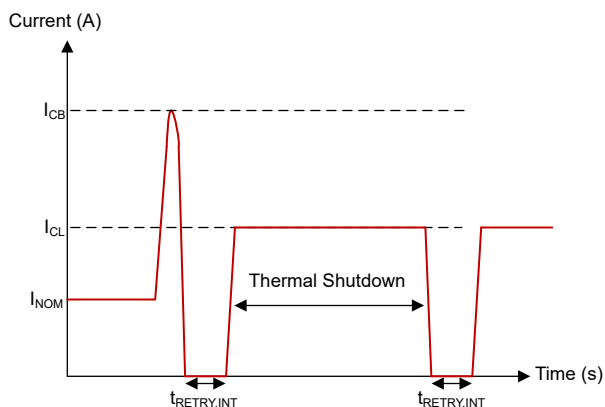


图 8-5. 不使用热调节功能时的导通状态短路行为

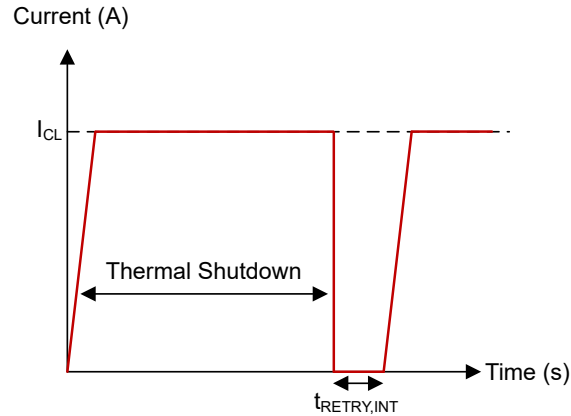


图 8-6. 使其短路而不使用热调节功能

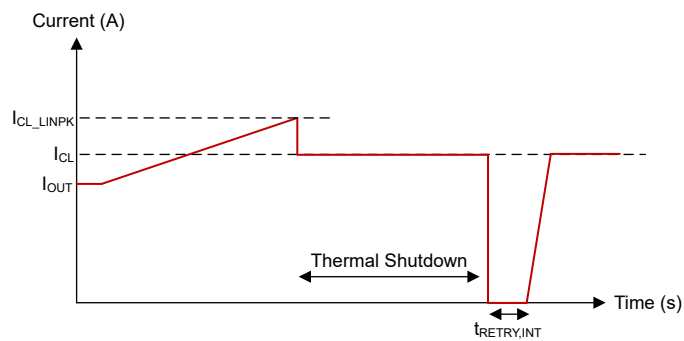


图 8-7. 不使用热调节功能时的过载行为 (电流蠕变)

8.3.2.2.3 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 20A 且 V_{BB} 电压大于 V_{DET1} ，则电流限制折返至 20A。如果 V_{BB} 电压高于 V_{DET2} ，则在 $ILIM$ 设置大于 10A 时电流限值将折返至 10A。

8.3.3 从热关断中重试

当通道发生热关断时，根据过流事件的持续时间，器件可使用三种方法响应。表 8-2 解释了受影响通道如何根据过流的时间以及发生的重试次数进行响应。

表 8-2. 对热关断的响应

条件		重试时间
$t < t_{\text{RETRY_WINDOW}}$		200 μs (典型值)
$t > t_{\text{RETRY_WINDOW}}$	$n_{\text{RETRY_EXTD}} < 7$	100ms (典型值)
	$n_{\text{RETRY_EXTD}} > 7$	闭锁

在上述任何重试情况中，相关通道都必须等待 t_{retry} 间隔和 T_{ABS} 或 T_{REL} 恢复到 T_{HYS} 电平以下，才能重新启动器件。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以清除热关断故障。 FLT 引脚被拉高， SNS 引脚不再输出 I_{SNSFH} 或 V_{SNSFH} 。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。图 8-8 和 图 8-9 分别显示了在进行热调节和不进行热调节的情况下 VOUT1 上发生热短路后的器件重试情况。

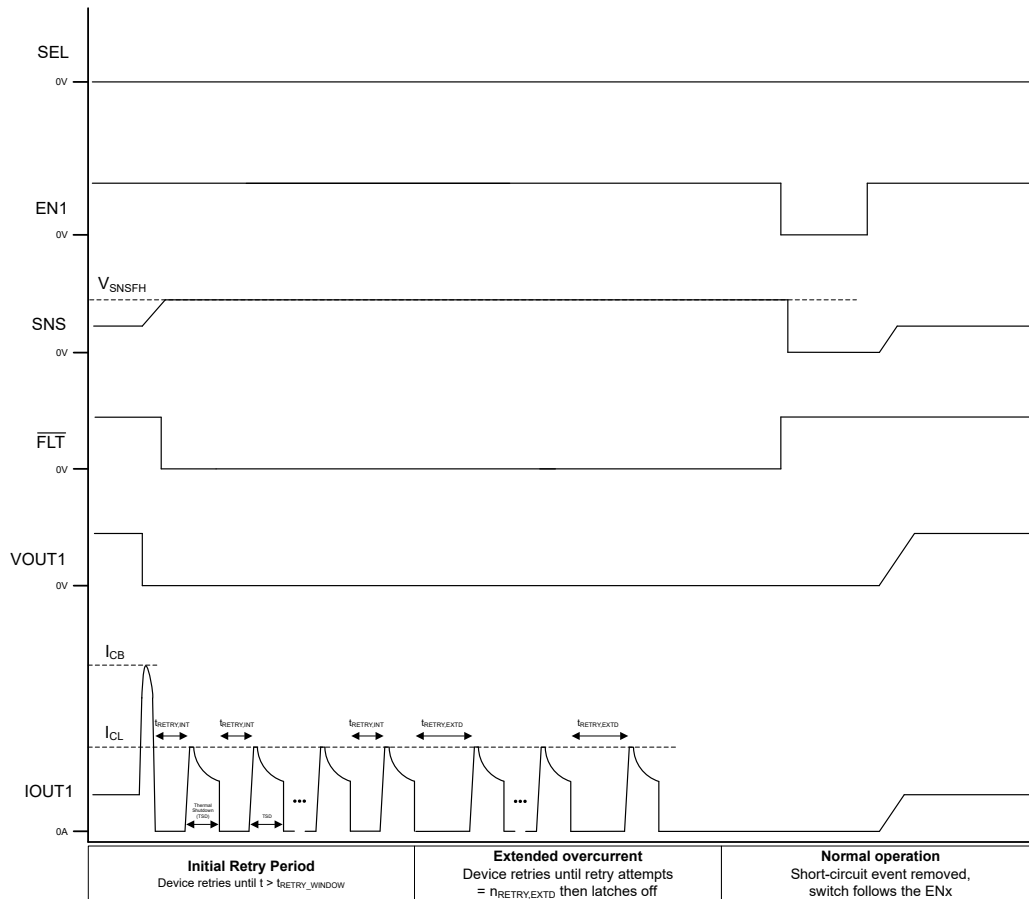


图 8-8. 使用热调节功能时热短路后的重试行为

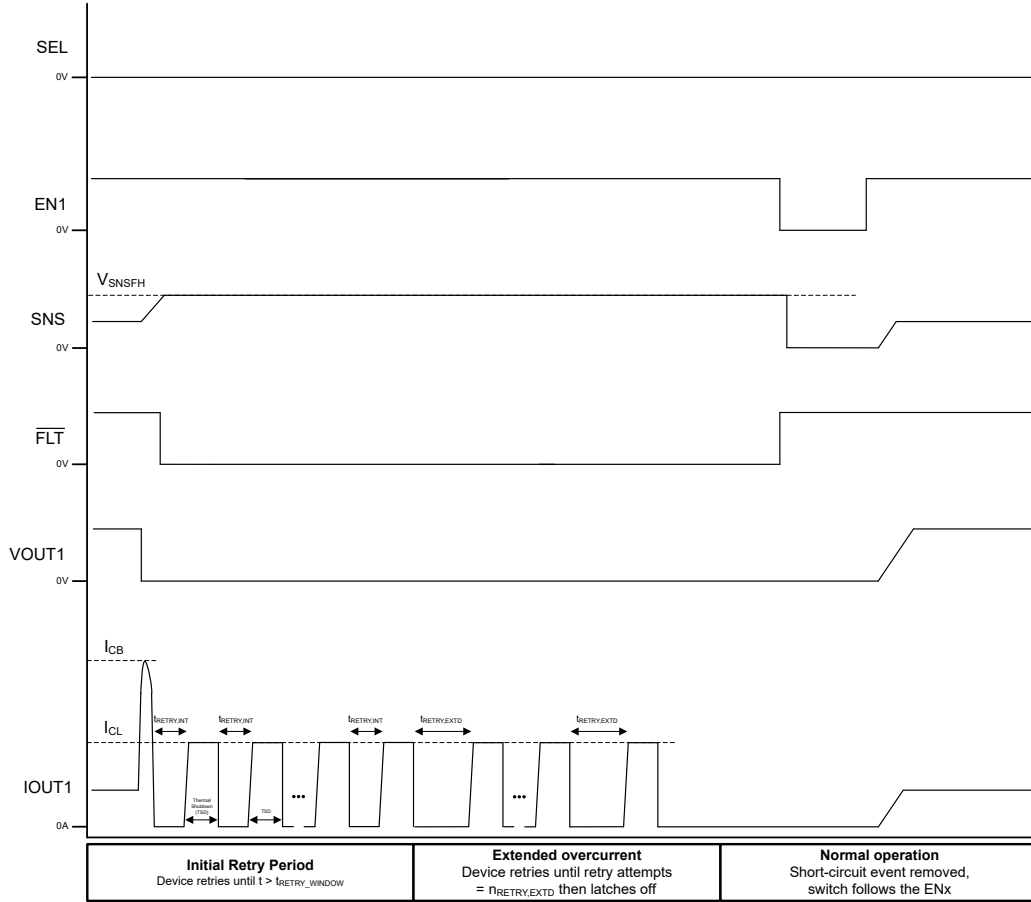


图 8-9. 不使用热调节功能时热短路后的重试行为

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 $V_{DS(clamp)}$ 。

$$V_{DS(clamp)} = V_{VS} - V_{OUT} \quad (2)$$

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。

$$E_{(HSS)} = E_{(VS)} + E_{(load)} = E_{(VS)} + E_{(L)} - E_{(R)} \quad (3)$$

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。

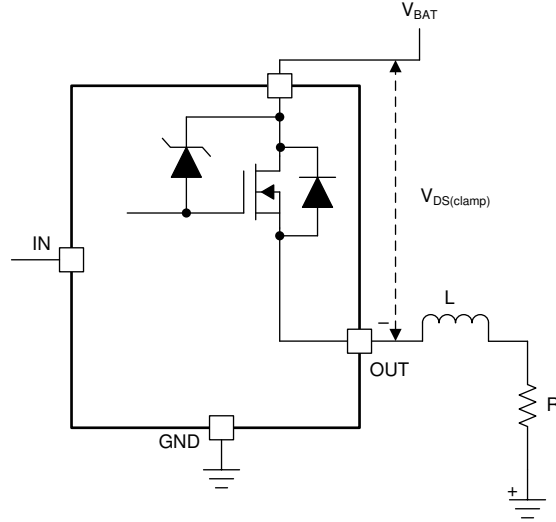


图 8-10. 漏源钳位结构

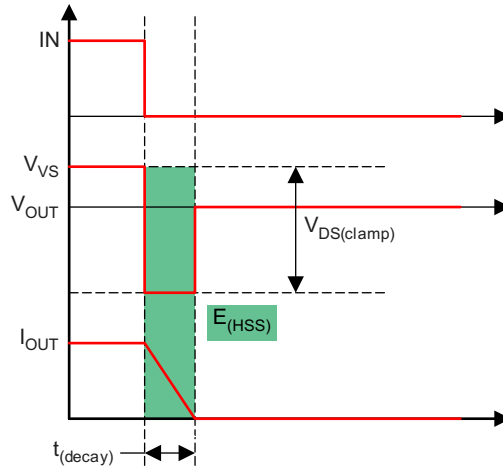


图 8-11. 电感负载关断图

从高侧开关的角度来看， $E_{(HSS)}$ 等于消磁期间的积分值。

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

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

$$E_{(HSS)} = L \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[R \times I_{OUT(max)} - |V_{OUT}| \ln \left(\frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \right) \right] \quad (4)$$

当 R 大概等于 0 时， $E_{(HSD)}$ 可以简单地表示为：

$$E_{(HSS)} = \frac{1}{2} \times L \times I_{OUT(max)}^2 \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \quad (5)$$

请注意，对于 PWM 控制的电感负载，建议添加如图 8-12 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。有关详细信息，请参阅图 8-12。

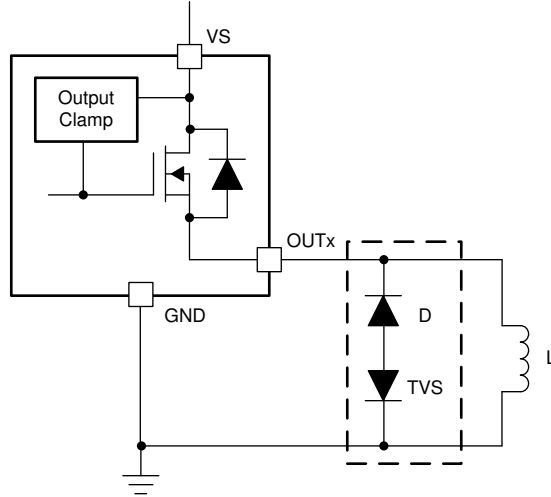


图 8-12. 通过外部电路提供保护

8.3.5 故障检测和报告

8.3.5.1 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 ENx 设置为低电平，可以将器件的功耗降至最低。

8.3.5.2 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。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。

表 8-3. 诊断配置表

DIAG_EN	ENx	SEL	SNS 激活的通道	SNS	FLT	保护和诊断
L	H	—	—	高阻抗	请参阅表 8-4	SNS 禁用， $\overline{\text{FLT}}$ 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 8-4	请参阅表 8-4	请参阅表 8-4
		1	通道 2			

8.3.5.3 故障报告

全局 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚用于监测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， $\overline{\text{FLT}}$ 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。

在故障报告之后，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 引脚也用作故障报告，具有内部上拉电压 V_{SNSFH} 。

8.3.5.4 故障表

下面的表 8-4 显示了当 DIAG_EN = HIGH 时 FLT 和 SNS 引脚在不同条件下的响应。

表 8-4. 故障表

条件	ENx	OUTx	标准	SNS	FLT	故障恢复
正常	L	L	—	0	H	—
	H	H	—	在线性区域中	H	—
过载, 接地短路	H	L	触发电流限制	V_{SNSFH}	L	自动
开路负载、电池短路、反极性	L	H	$V_{VS} - V_{OUTx} < V_{(ol,off)}$	V_{SNSFH}	L	自动
绝对热关断	H	—	触发 T_{ABS}	V_{SNSFH}	L	自动重试或锁存, 请参阅节 8.3.3
相对热关断	H	—	触发 T_{REL}	V_{SNSFH}	L	自动重试或锁存, 请参阅节 8.3.3

8.3.6 全面诊断

8.3.6.1 开路负载检测

8.3.6.1.1 通道导通

如果通道开启并且 $DIAG_EN = HI$, 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 $FAULT$ 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。

8.3.6.1.2 通道关断

如果 $DIAG_EN = HI$, 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相关通道, 则负载会将输出电压拉低至 $\approx 0V$ 。在通道上出现开路负载的情况下, 输出电压接近电源电压, $V_{BB} - V_{OUT} < V_{ol,off}$ 。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} 或将电压钳制到 V_{SNSFH} 。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 (RPU) 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。

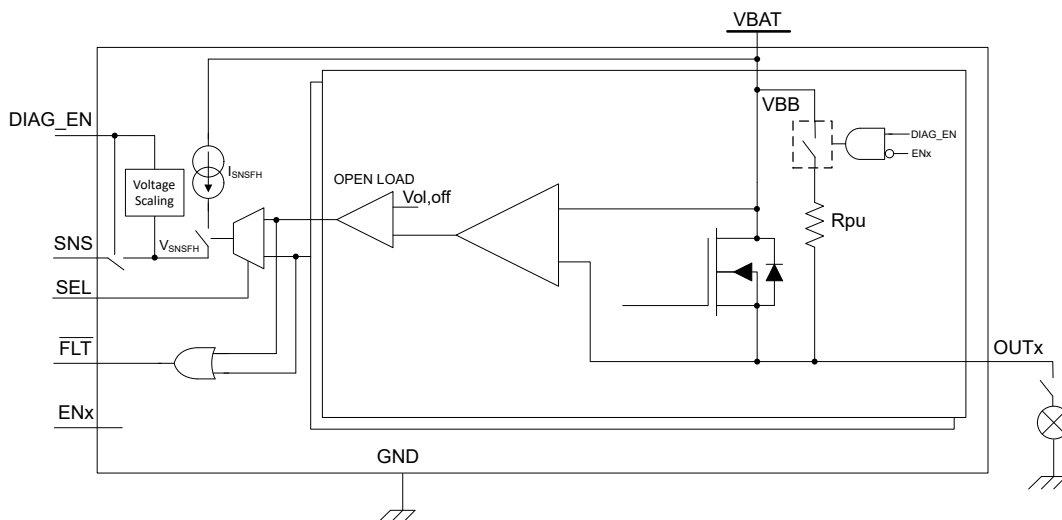


图 8-13. 关断状态下提供开路负载检测

8.3.6.2 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。器件无法区分开路负载和电池短路, 器件会检测电池短路故障并将故障信号发送给系统。有关更多详细信息, 请参阅表 8-4。

8.3.6.3 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 ($V_{BB} = 0V$) 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器件。

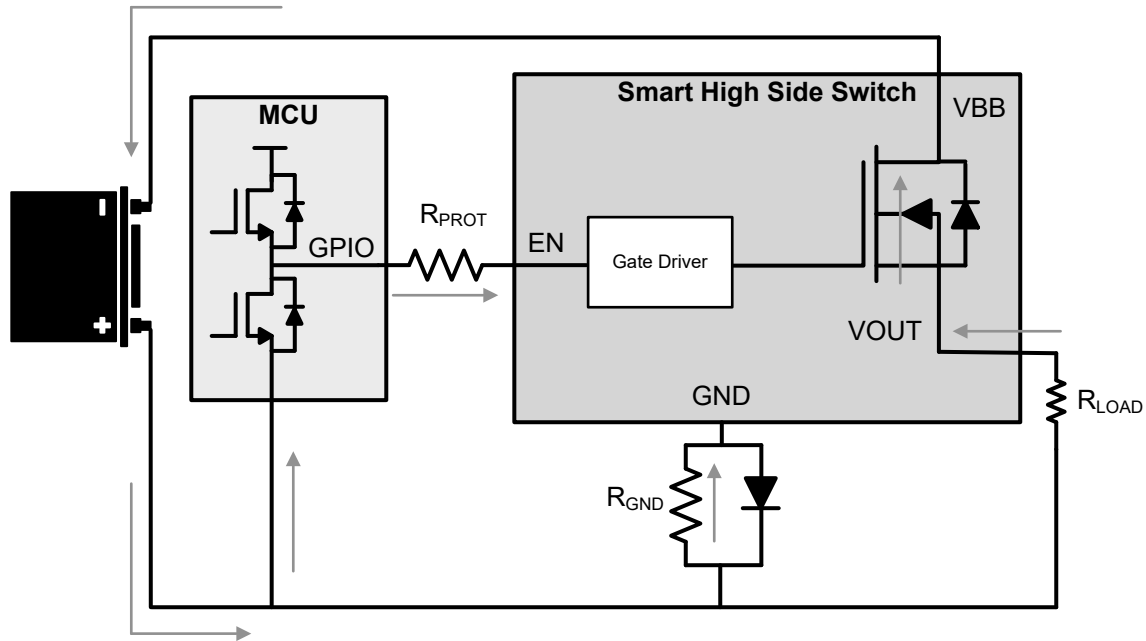


图 8-14. 电池反向电路

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。

8.3.7 全面保护

8.3.7.1 UVLO 保护

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

发生接地失效时，无论输入引脚是高电平还是低电平，输出都将关断。

情形 1 (器件接地失效) : 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 图 8-15 所示。

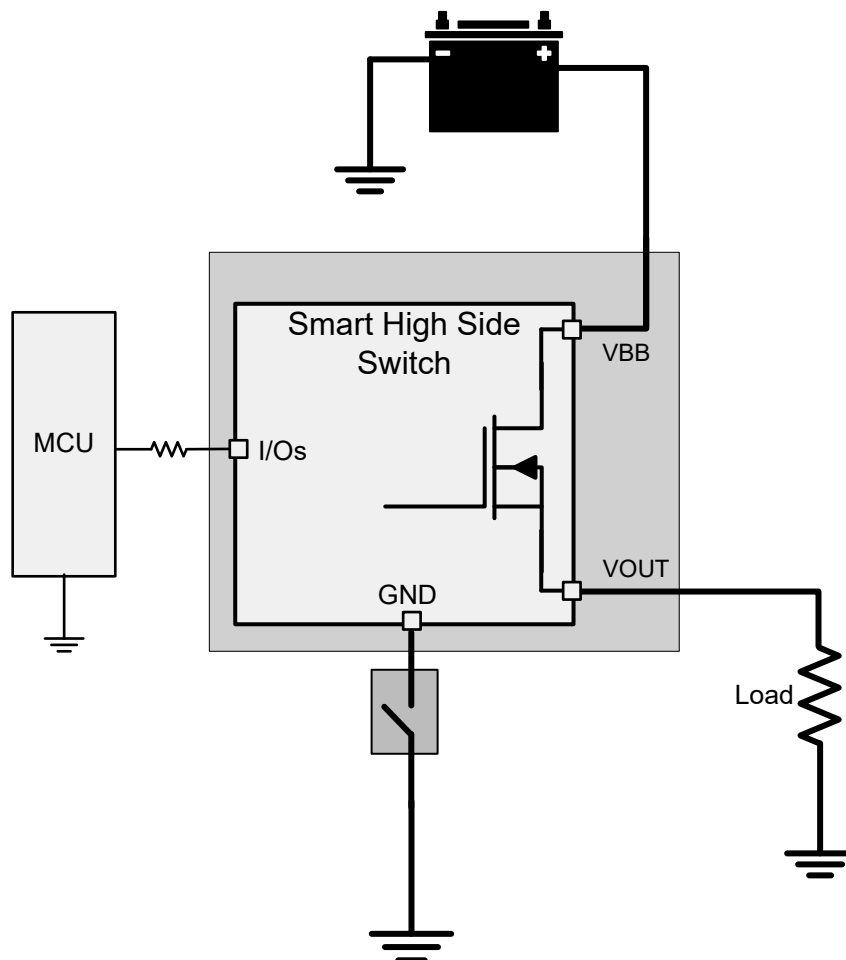


图 8-15. 器件接地失效

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。

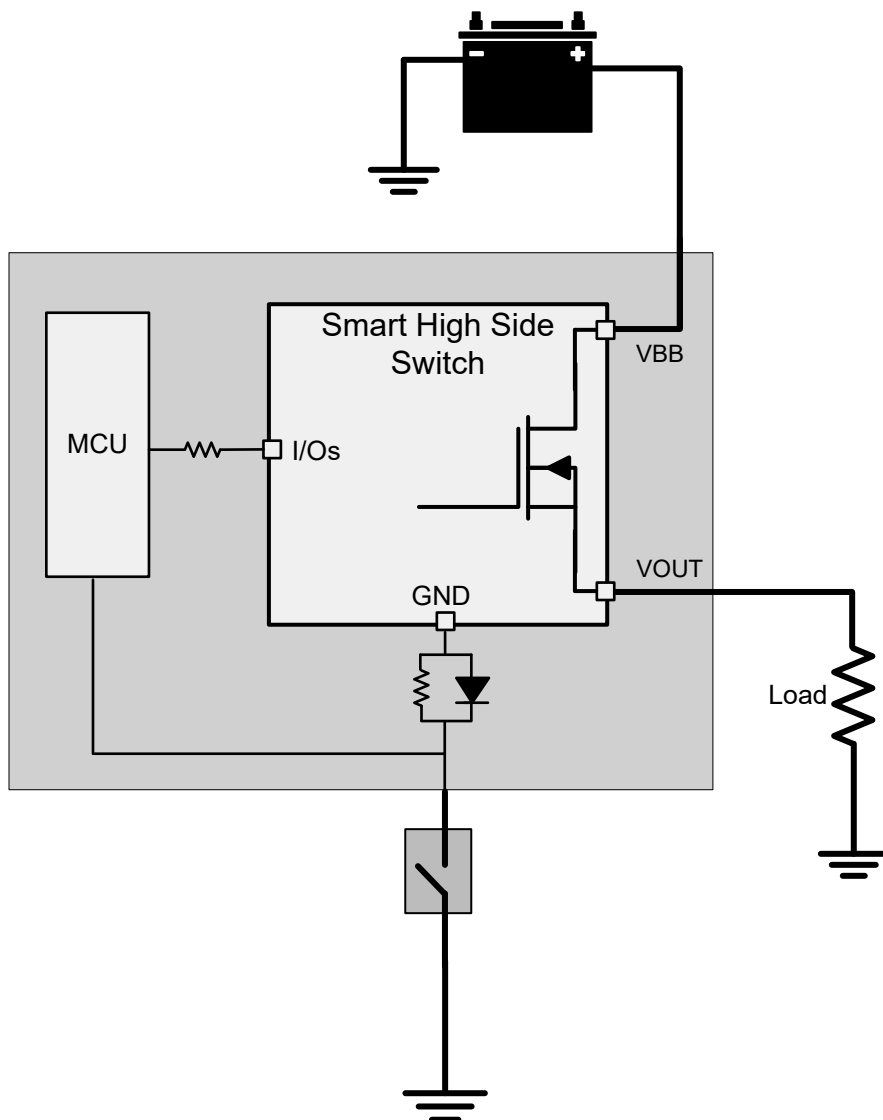


图 8-16. 模块接地失效

8.3.7.3 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。

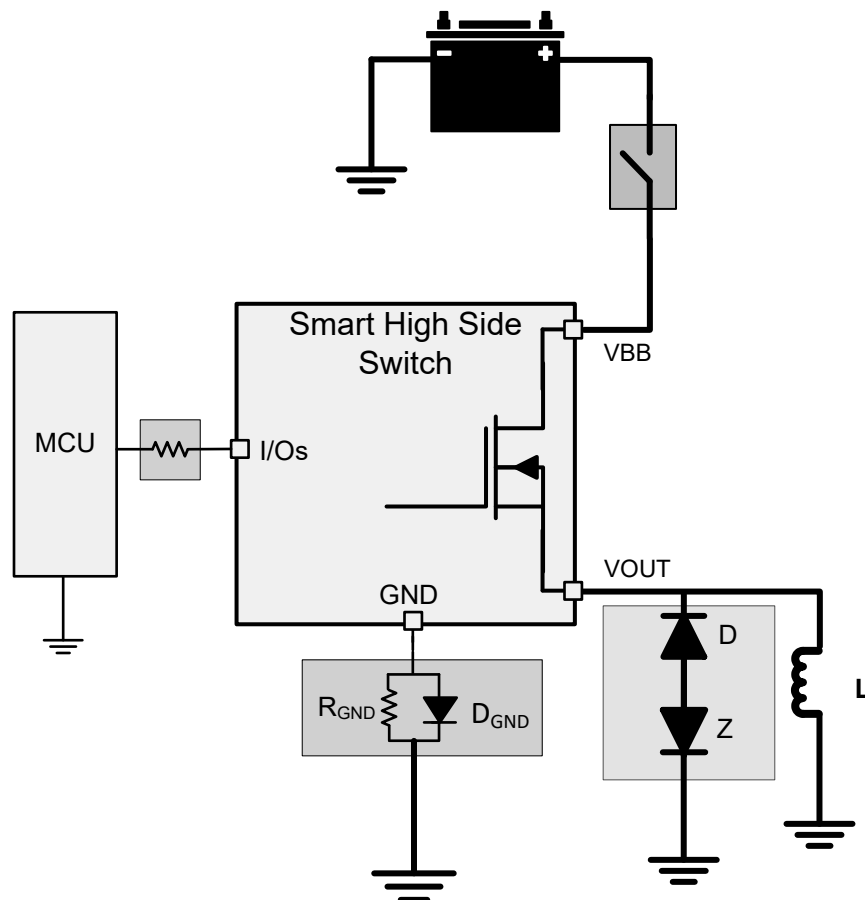


图 8-17. 电池丢失

8.3.7.4 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。

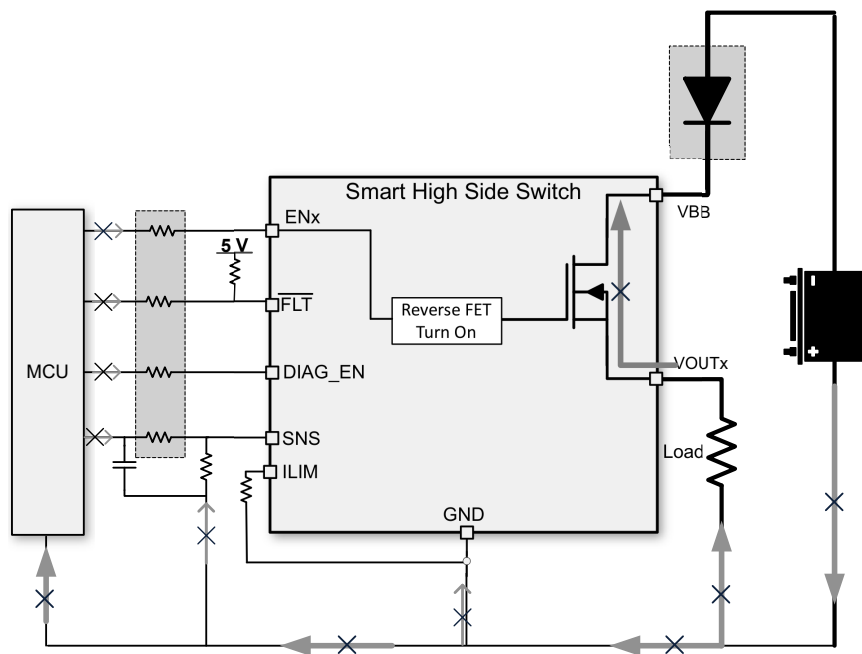


图 8-18. 采用阻断二极管实现反向保护

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。

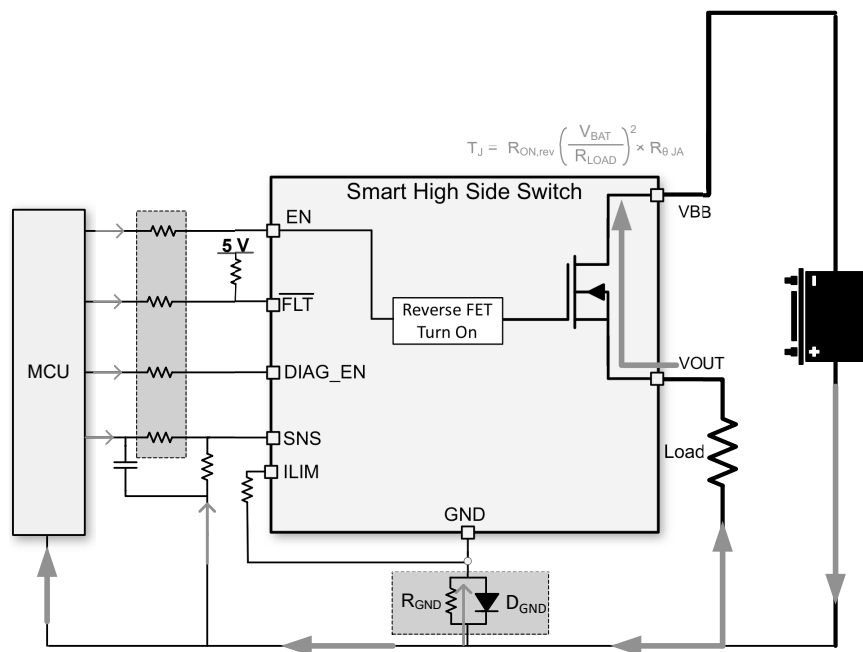


图 8-19. 通过接地网络实现反向保护

- 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 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 $I_F > 100\text{mA}$ 的二极管并联的 $1\text{k}\Omega$ 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**：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。

$$R_{GND} \geq \frac{(-V_{CC})}{(-I_{GND})} \quad (6)$$

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 ($\approx 600\text{mV}$)。此外，对于 ISO 7637 脉冲 1 测试，二极管的反向电压必须 $\approx 200\text{V}$ ，这样二极管才不会偏置。

8.3.7.5 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，为了防止接地失效，TI 建议 R_{PROT} 电阻器的阻值为 $10\text{k}\Omega$ 。

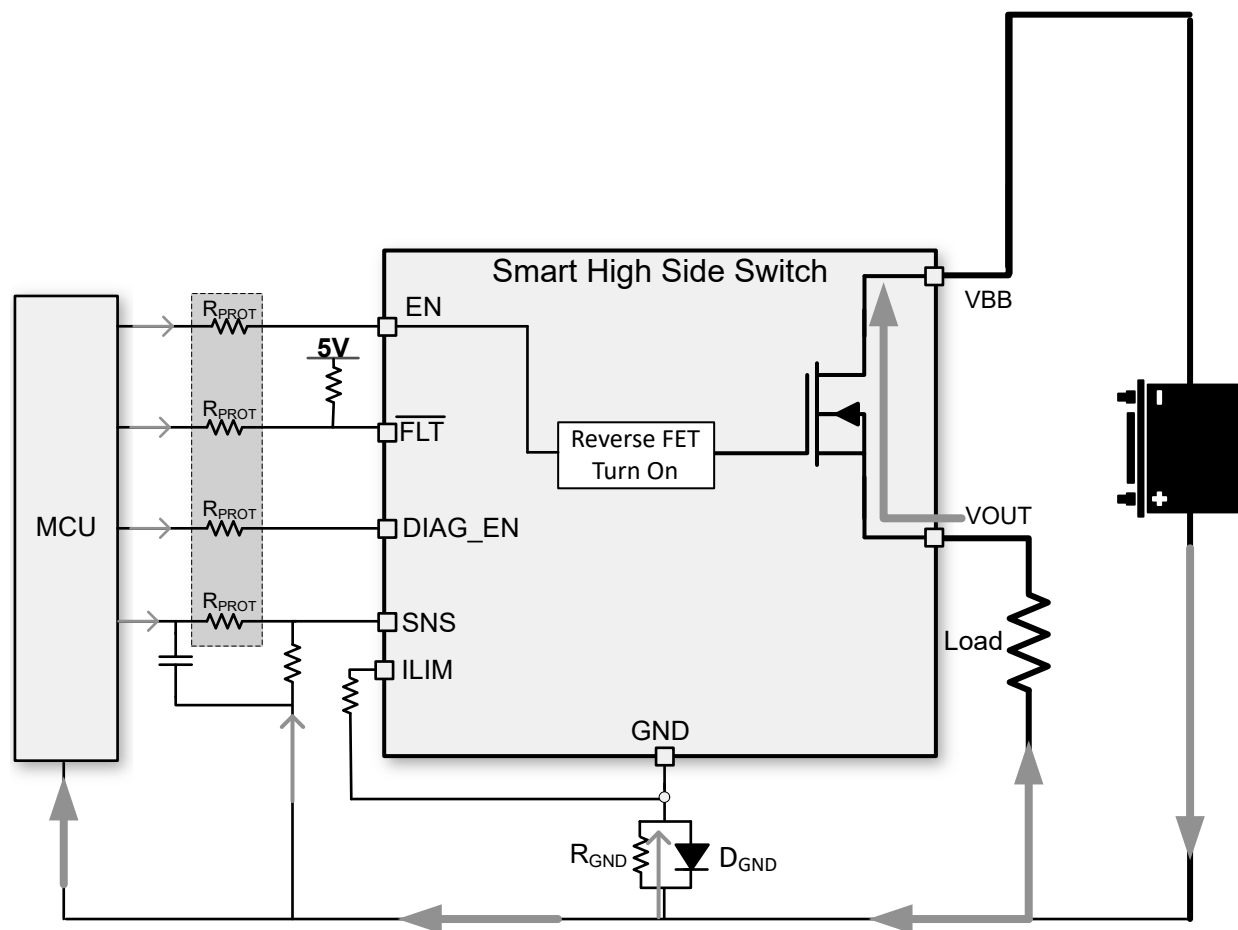


图 8-20. MCU I/O 保护

8.4 器件功能模式

根据 ENx 引脚、DIAG_EN 引脚和 V_{BB} 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。

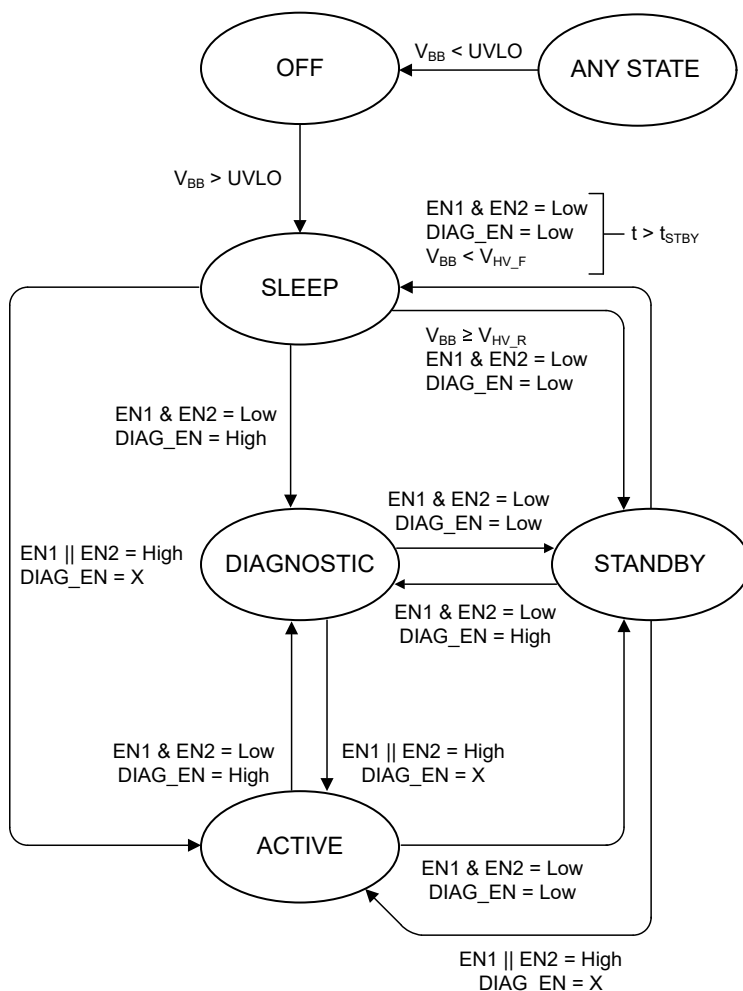


图 8-21. 状态图

关闭

当器件的 V_{BB} 电压低于 V_{ULVO} 时，就会进入关断状态。

SLEEP

在睡眠状态下，器件内部的所有部分都关断，且流入 V_{BB} 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 V_{BB} 大于 V_{HV_R} ，则器件会进入待机状态。

诊断

当两个 ENx 引脚均为低电平且 $DIAG_EN$ 引脚为高电平时，将进入诊断状态。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两个通道的开路负载开关。如果任何通道出现开路负载或电池短路，该器件会发出 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} 或将电压钳位到 V_{SNSFH} 。

STANDBY

当 ENx 引脚全部为低电平时，将进入待机状态。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 V_{BB} 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。

运行

运行状态是指通过关联的 **ENx** 引脚使任何通道输出处于导通状态。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，**FLT** 引脚报告是否有任何通道上发生故障。当 **DIAG_EN** 为高电平或低电平时，器件可以通过关断所有通道来退出运行状态。如果所有通道都关断且 **DIAG_EN** 为高电平，则器件会进入诊断状态。如果所有通道都关断且 **DIAG_EN** 引脚为低电平，则器件会进入待机状态。

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，包括低瓦数灯泡、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。

9.1.1 应用限制

本节重点介绍了在评估模块 (EVM) 上对现有 TPS2HC08-Q1 硅片进行基准评估时确定的应用限制。

9.1.1.1 短路保护

测试表明，在电源电压电平 > 22V 的输出短路期间，器件会损坏。在 IC 的最终版本中将包含设计修复以消除此限制。在量产版本的数据表中将会删除此部分。

9.2 典型应用

下图展示了 TPS2HC08-Q1 的外部电路连接的示例。

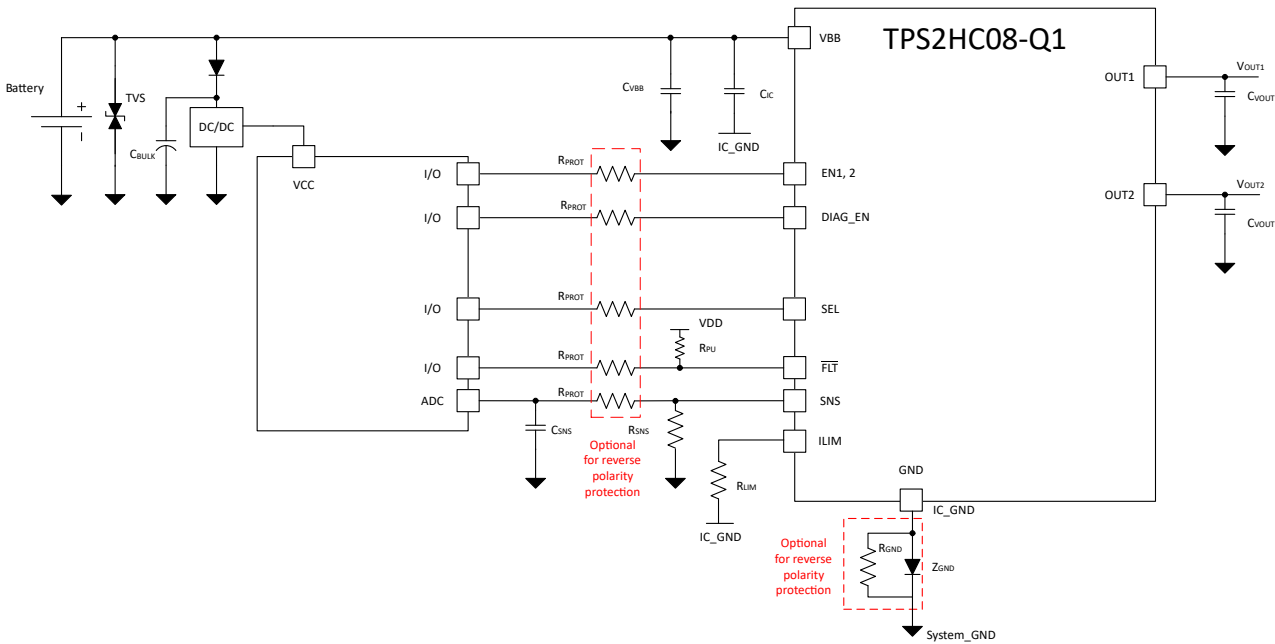


图 9-1. 典型应用图

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)
CVBB	220nF	更好的 EMI 性能
CIC	100nF	输入端具有极小的电容量，以缓解 EMI

表 9-1. 建议的元件值 (续)

元件	说明	用途
C _{BULK}	10 μF	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
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
C _{FILTER}	100nF	与 SNS 线路上的 R _{PROT} 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}	5kΩ	用于开漏引脚 (FLT 和 LPM) 的上拉电阻器
R _{GND}	1kΩ	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

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 [方程式 7](#) 计算 R_{SNS} 电阻器。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。

$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (7)$$

表 9-2. 典型应用

参数	值
V _{DIAG_EN}	5V
I _{LOAD,max}	7.5A
I _{LOAD,min}	100mA
V _{ADC,min}	5mV
V _{HR}	1V
K _{SNS}	3000
K _{CL}	500

对于该应用, 可以选择 1000 Ω 的 R_{SNS} 值来满足公式要求。

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 8](#) 选择 R_{LIM} 值。

$$R_{LIM} = K_{CL} / I_{CL} \quad (8)$$

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

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 9-3. 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。

表 9-3. 电压工作范围 (续)

VBB 电压范围	注释
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, 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, 以获得出色的电流限制性能。

9.4.2 布局示例

9.4.2.1 无接地网络

下面的图 9-2 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。



9.4.2.2 有接地网络

下面的 [图 9-3](#) 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。

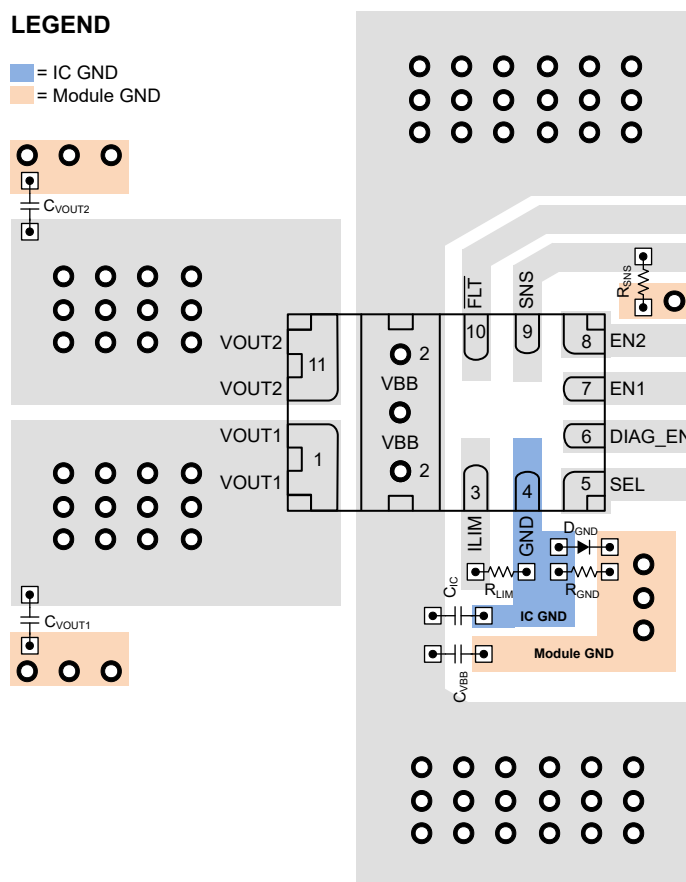


图 9-3. 有接地网络的布局示例

10 器件和文档支持

10.1 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。

10.2 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](#)。

10.3 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。

10.4 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。

10.5 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

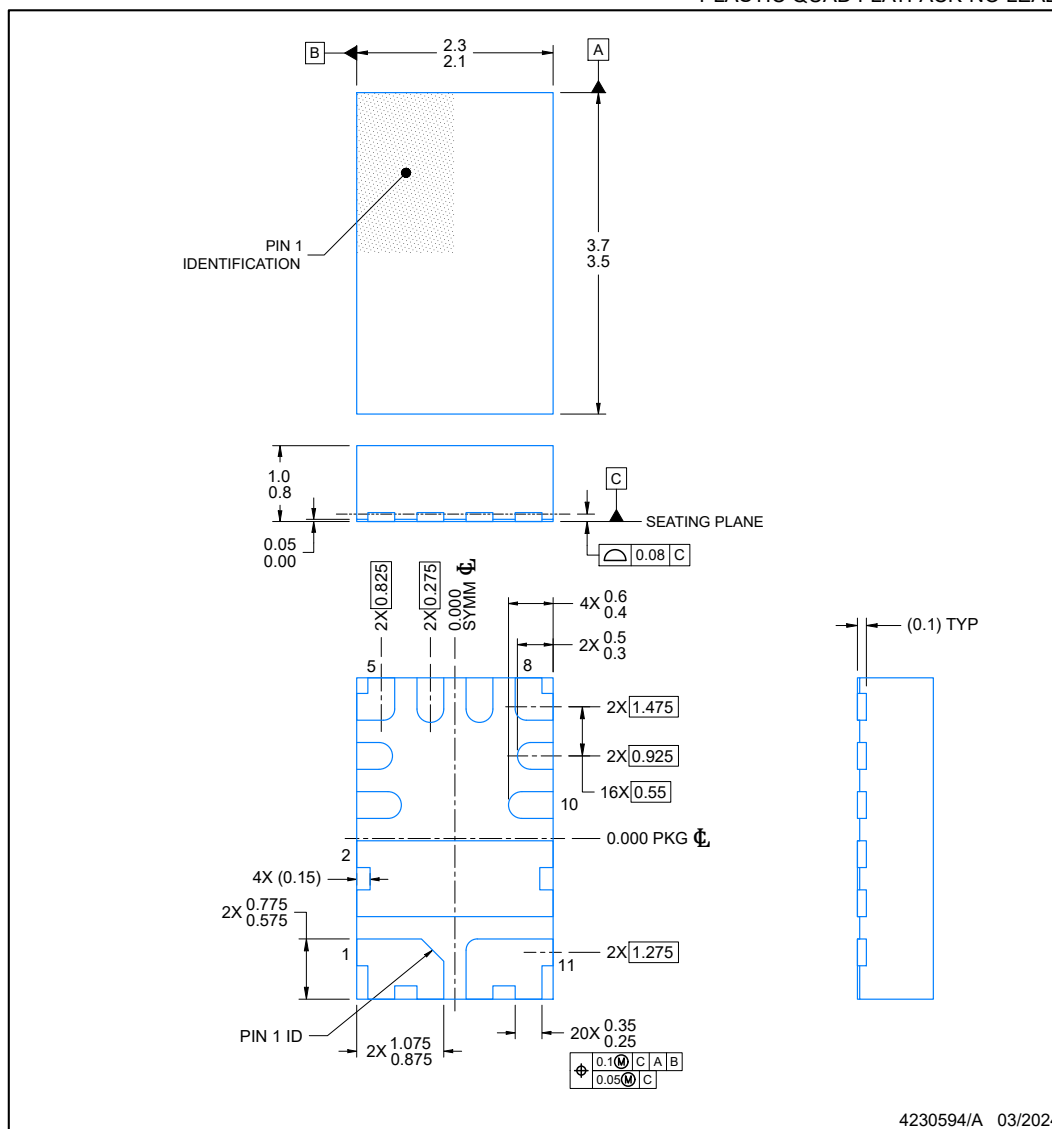
注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
July 2025	*	初始发行版

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。

PACKAGE OUTLINE
VAH0011C **VQFN-HR - 1 mm max height**
PLASTIC QUAD FLATPACK-NO LEAD



NOTES:

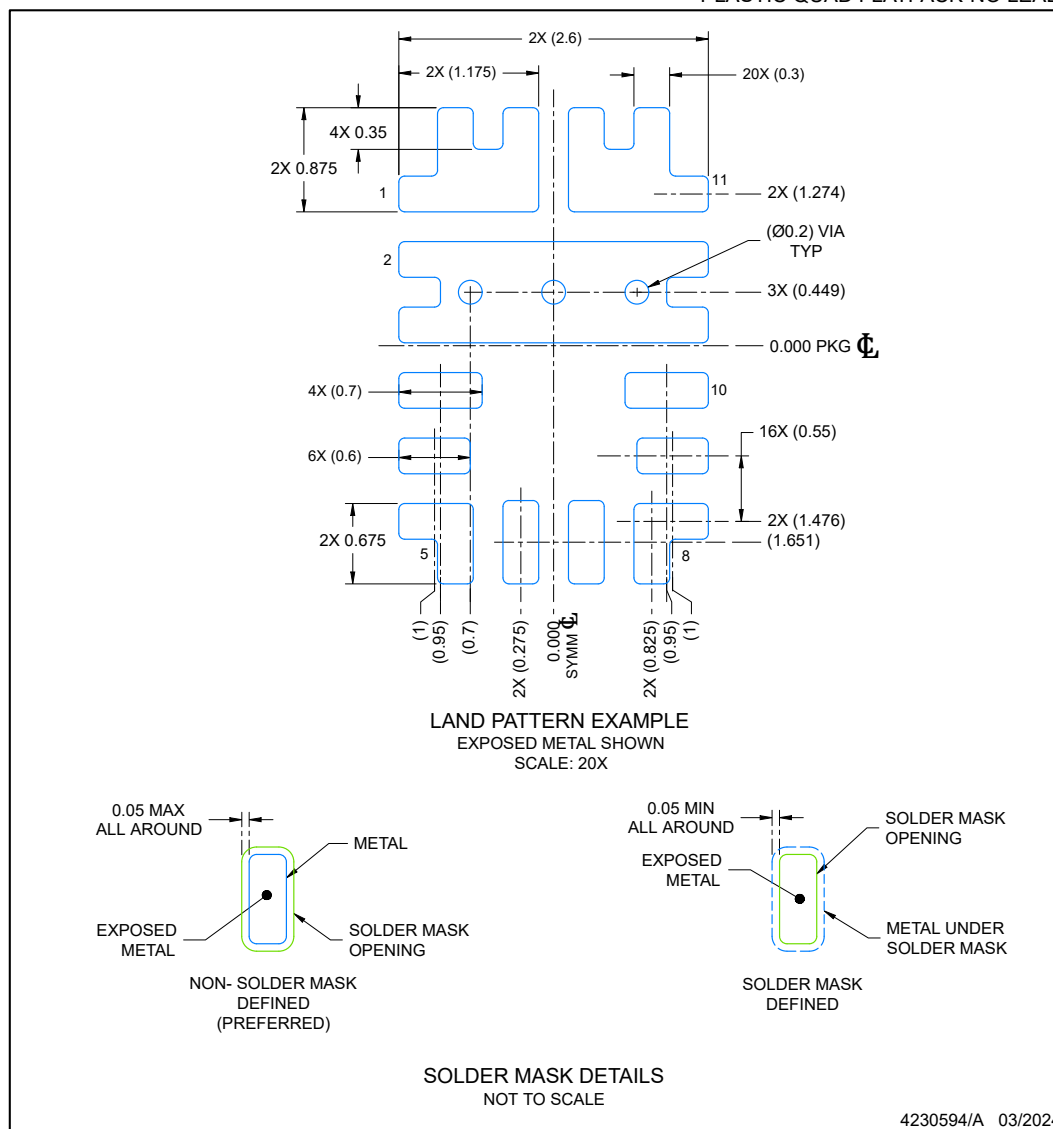
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

VAH0011C

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK-NO LEAD



NOTES: (continued)

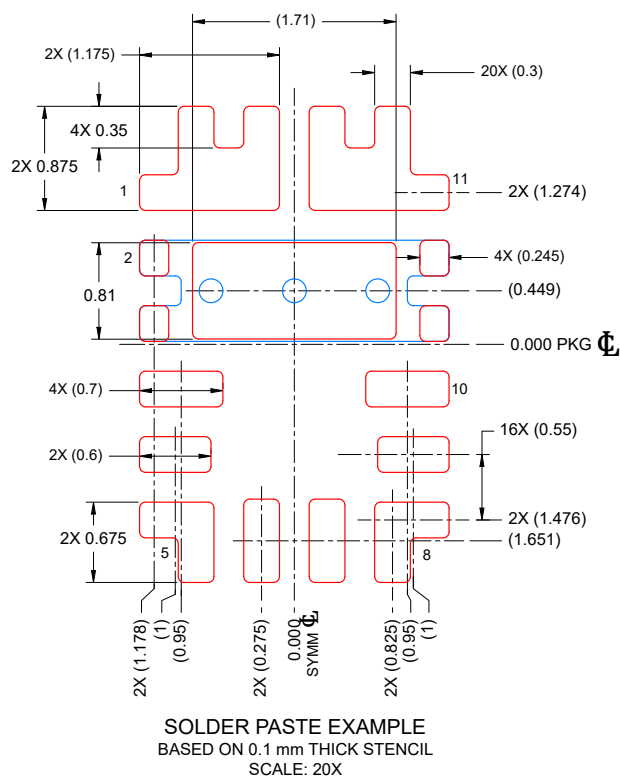
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
4. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

VAH0011C

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK-NO LEAD

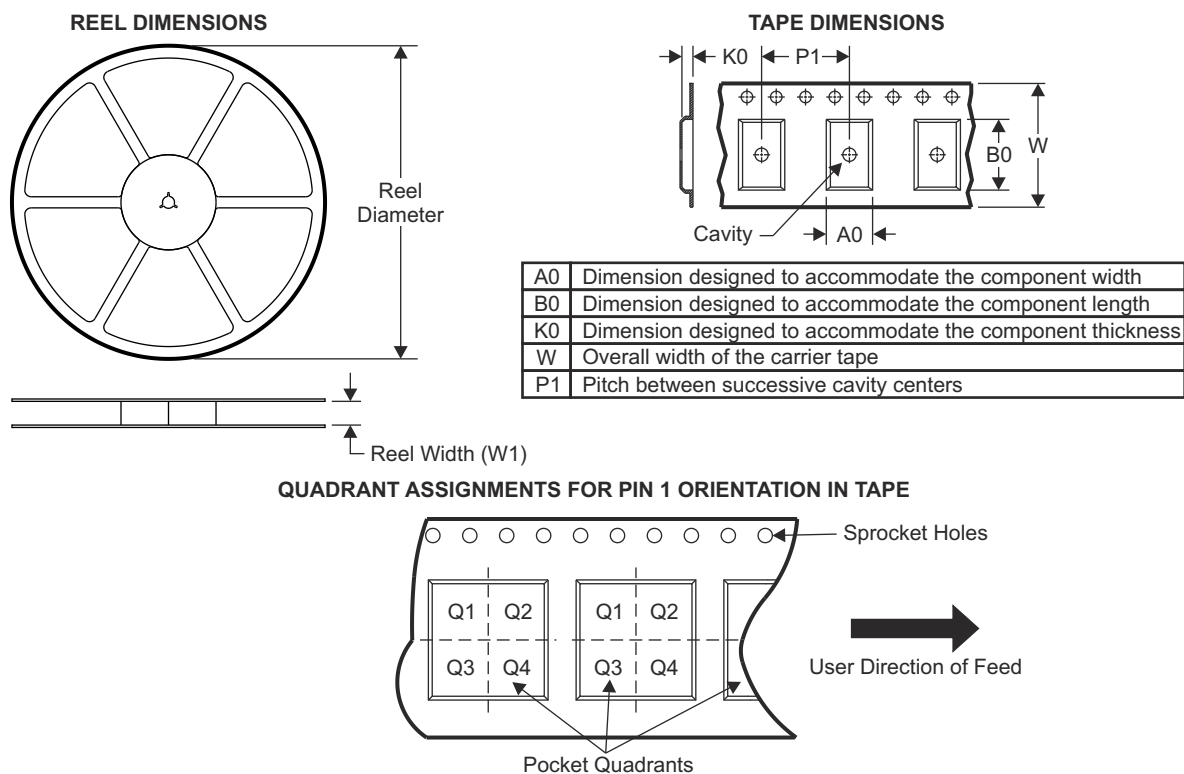


4230594/A 03/2024

NOTES: (continued)

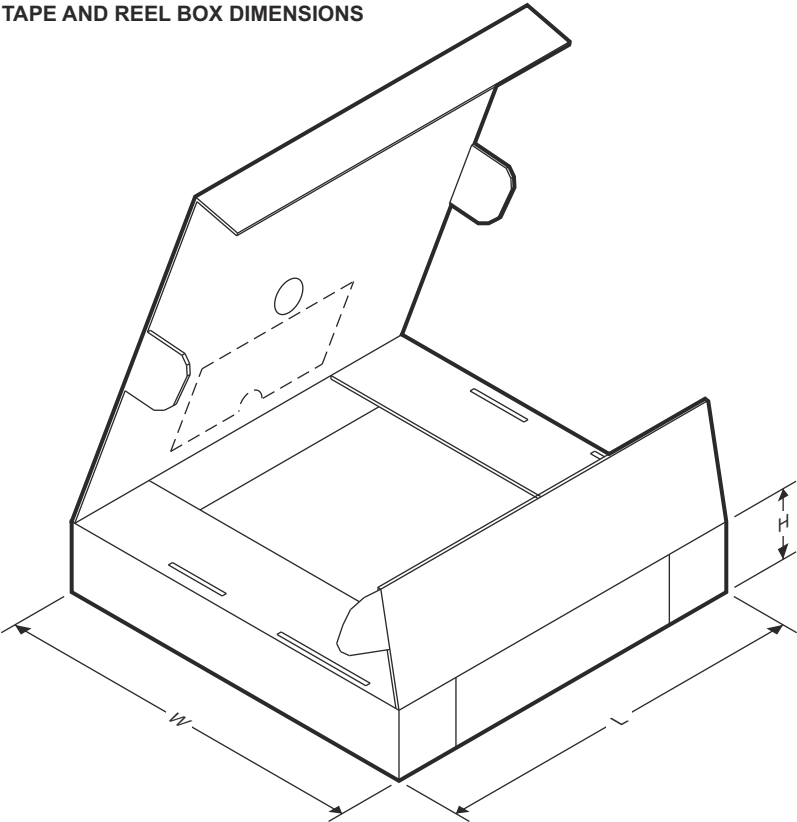
5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

12.1 卷带包装信息



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
TPS2HC08PQVAHRQ1	VQFN-HR	VAH	11	3000	180	12.4	2.5	3.9	1.2	4	12	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
TPS2HC08PQVAHRQ1	VQFN-HR	VAH	11	3000	210	185	35

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	

- (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.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司