TPS482H85-Q1 48V、85mΩ 双通道智能高侧开关

1 特性

- 符合汽车应用要求
- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
  - 器件温度等级 1：–40°C 至 125°C 环境工作温度范围
  - 器件 HBM ESD 分类等级 H3A
  - 器件 CDM ESD 分类等级 C4B
- 功能安全型
  - 提供协助功能安全系统设计的文档
- 具有全面诊断功能的双通道 85mΩ 智能高侧开关
- 宽工作电压范围：6V 至 58V
- 每通道的超低静态电流 < 2μA
- 高精度电流检测：超过 50mA 负载时为 ±15%
- 可通过外部电阻器选择的电流限制电平，2A 负载时的精度为 ±15%
- 保护
  - 通过限制电流实现接地短路保护（内部或外部）
  - 绝对和相对热关断
  - 转换率经过优化的电阻负载负电压钳位
  - 接地失效保护和电池损耗保护
- 诊断
  - 过流和接地短路检测
  - 开路负载和电池短路检测
  - 精确的电流检测
- 3.5mm x 3mm 小型 12 引脚 QFN 封装

2 应用

- ADAS 模块
- 汽车显示模块
- 车身控制模块

3 说明

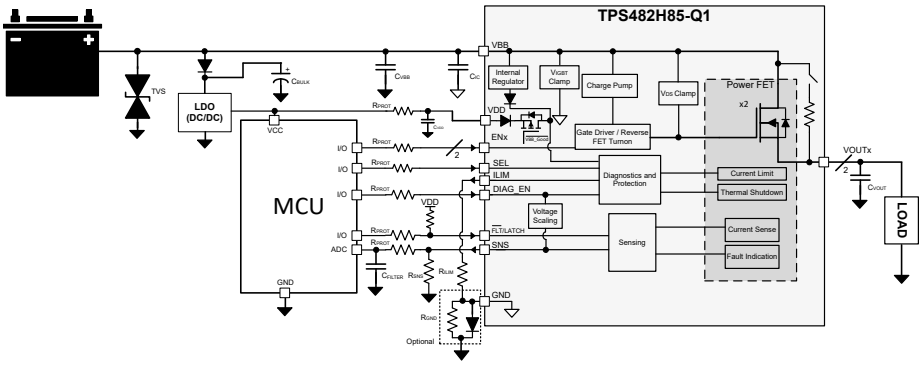
TPS4H82H85-Q1 器件是全面保护式双通道智能高侧开关，具有两个集成式 85mΩ NMOS 功率 FET，适用于 24V 和 48V 汽车电源系统。保护和诊断功能包括精确的电流检测、可选的电流限制电平、关断状态开路负载和电池短路检测以及热关断。

高精度电流检测可实现更好的实时监测效果和更准确的诊断，无需进一步校准。外部可选电平高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。该器件通过在启动或短路条件下有效地钳制浪涌电流，极大地提高了系统的可靠性。TPS4H82H85-Q1 器件可用作各种阻性、感性和容性负载（包括低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
TPS482H85-Q1	CHU（VQFN-HR，12）	3.5mm × 3mm

(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 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



典型应用原理图

ADVANCE INFORMATION

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）。

ADVANCE INFORMATION

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
5.1 引脚排列 4
6 规格 6
6.1 绝对最大额定值 6
6.2 ESD 等级 6
6.3 建议运行条件 6
6.4 热性能信息 7
6.5 电气特性 7
6.6 SNS 时序特性 10
6.7 Switching Characteristics_24V 11
6.8 Switching Characteristics_48V 11
7 详细说明 13
7.1 概述 13
7.2 功能方框图 13
7.3 特性说明 13
7.4 器件功能模式 30
8 应用和实施 33
8.1 应用信息 33
8.2 典型应用 33
8.3 电源相关建议 34
8.4 布局 35
9 器件和文档支持 38
9.1 接收文档更新通知 38
9.2 支持资源 38
9.3 商标 38
9.4 静电放电警告 38
9.5 术语表 38
10 修订历史记录 38
11 机械、封装和可订购信息 38

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

器件型号	唯一引脚	注释	钳位结构	VBB 电压容差
TPS482H85A-Q1(1)	LATCH	• 用户能够使用 LATCH 引脚配置热故障（闩锁或自动重试）后的器件行为。 • 可通过 SNS 引脚报告故障状态。	用于钳制正 VBB 或负 VOUT 电压的双向钳位。	最高 65V 稳定状态。高达 80V 时的最大 100 µs 瞬态。
TPS482H85B-Q1	漏极开路 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚，电流检测模拟输出	• 用户能够通过 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚读取全局故障状态。 • 器件会在热故障后自动重试。	用于钳制正 VBB 或负 VOUT 电压的双向钳位。	最高 65V 稳定状态。高达 80V 时的最大 100 µs 瞬态。
TPS482H85C-Q1(1)	LATCH	• 用户能够使用 LATCH 引脚配置热故障（闩锁或自动重试）后的器件行为。 • 可通过 SNS 引脚报告故障状态。	仅来自电阻放电的单向钳位负 VOUT 电压。	最高 70V 稳定状态。超过 70V 时没有瞬态。

(1) 器件处于预发布状态。如需更多信息，请与 TI 联系。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

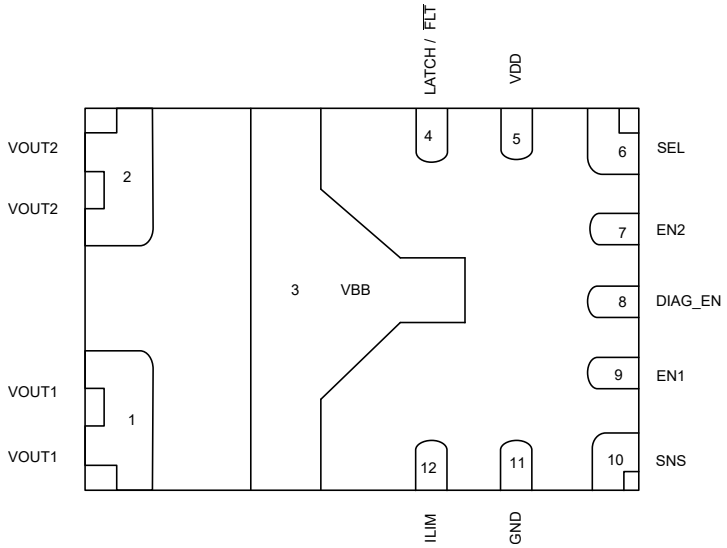


图 5-1. CHU 封装，12 引脚 VQFN-HR 顶视图

5.1 引脚排列

请参阅“应用”部分，获取推荐元件的完整列表

引脚编号	引脚名称（版本 A/版本 C）	引脚名称（版本 B）	类型	说明
1	VOUT1	VOUT1	O	通道 1 输出。
2	VOUT2	VOUT2	O	通道 2 输出。
3	VBB	VBB	POWER	输入电源。
4	LATCH	$\overline{FLT}$	• I 表示 LATCH • O 表示 $\overline{FLT}$	1. LATCH：高电平使器件在热关断后锁定关闭，低电平使其自动重试。已内部下拉。 2. $\overline{FLT}$：漏极开路全局故障引脚。
5	VDD	VDD	POWER	低压电源输入。悬空可启用内部稳压器。
6	SEL	SEL	I	选择 SNS 引脚上的故障和电流检测输出通道。低电平选择通道 1；高电平选择通道 2。已内部下拉。
7	EN2	EN2	I	为通道 2 启用信号。已内部下拉。
8	DIAG_EN	DIAG_EN	I	高电平使能通过 SNS 引脚进行导通状态电流检测和故障报告，并进行关断状态开路负载检测。低电平禁用诊断功能。已内部下拉。
9	EN1	EN1	I	为通道 1 启用信号。已内部下拉。
10	SNS	SNS	O	基于传感系数的输出对应检测值；通过拉高电平显示故障状态。
11	GND	GND	GND	器件地。连接到电阻器和二极管接地网络，以提供反向电池保护。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

请参阅“应用”部分，获取推荐元件的完整列表

引脚编号	引脚名称（版本 A/版本 C）	引脚名称（版本 B）	类型	说明
12	ILIM	ILIM	O	可调节电流限制。通过将电阻器从 ILIM 引脚连接到 IC GND 引脚来选择电流限制等级。将该引脚悬空或将该引脚短接至 IC GND 可额外增加两级。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

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}（版本 A、B）	最大持续电源电压 (V_{BB})		65	V
VBB 瞬态脉冲，过压电压（版本 A、B）	最大 100µs 持续时间		80	V
最大持续电源电压，V_{BB}（版本 C）	最大持续电源电压 (V_{BB})		70	V
最大持续电源电压 (V_{DD})			7	V
使能引脚电流，I_{ENx}	使能引脚电流，I_{EN}	-1	20	mA
使能引脚电压，V_{ENx}		-1	7	V
诊断使能引脚电流，I_{DIA_EN}		-1	20	mA
诊断使能引脚电压，V_{DIA_EN}		-1	7	V
Ver A LATCH 引脚电压，V_{LATCH}	LATCH 引脚电压，V_{LATCH}	-1	7	V
LATCH 引脚电流，I_{LATCH}	LATCH 引脚电流，I_{LATCH}	-1	20	mA
SEL 引脚电压，V_{SEL}	SEL 引脚电压，V_{SEL}	-1	7	V
SEL 引脚电流，I_{SEL}	SEL 引脚电流，I_{SEL}	-1	20	mA
检测引脚电流，I_{SNS}		-100	10	mA
检测引脚电压，V_{SNS}		-1	5.5	V
FLT 引脚电流，I_{FLT}		-30	10	mA
FLT 引脚电压，V_{FLT}		-0.3	70	V
反向接地电流，I_{GND}	V_{BB} < 0V，负电源瞬态最大值为 2ms		-50	mA
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 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_{VDD_NOM}	标称电源电压	标称电源电压	4.5	5.5	V
V_{VBB_NOM}	标称电源电压		6	58	V
V_{VBB_SC}	短路电源电压能力			58	V
V_{ENx}	使能电压		-1	5.5	V
V_{DIA_EN}	诊断使能电压		-1	5.5	V
V_{SEL}	选择电压		-1	5.5	V

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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_{SNS}	检测电压	-1	5.5	V
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

6.4 热性能信息

热指标(1) (2)		TPS482Hxx-Q1 Hotrod QFN	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	72.8	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	39.2	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	19.3	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	5.2	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	19.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	16.8	°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} = 8V 至 58V，T_A = –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
输入电压和电流							
V_{Clamp}	VDS 钳位电压	VBB = 8V，Ids = 1A	T_J = -40°C 至 150°C			68	V
V_{Clamp}	VDS 钳位电压	VBB = 48V，Ids = 1A	T_J = -40°C 至 150°C	58		75	V
V_{UVLOR}	V_{BB} 欠压锁定上升（在 FLT 或 SNS 引脚上未指明）	以器件的 GND 引脚为基准测得		6.0	6.3	6.6	V
V_{UVLOF}	V_{BB} 欠压锁定下降（在 FLT 或 SNS 引脚上未指明）			5.3	5.6	5.9	V
I_{SLEEP}	待机电流（包括两个 MOSFET 通道在内的器件总漏电流）	V_{BB} ≤ 54V，V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C			2	µA
			T_J = 85°C			4	µA
			T_J = 125°C			10	µA
$I_{OUT(standby)}$	每个通道的输出漏电流	V_{BB} ≤ 54V，V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C		0.01	0.3	µA
			T_J = 85°C			0.8	µA
I_{DIA}	诊断模式下的电流消耗，通道关闭	ISNS = 0mA，VDD 悬空 VEN = 0V，VDIA_EN = 5VVOUT = 0V			1.2	1.5	mA
I_{DIA}	诊断模式下的电流消耗，通道关闭	I_{SNS} = 0mA，VDD = 5V V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V，V_{OUT} = 0V			0.5	0.8	mA
$I_{Q_1CH,DIAG}$	外部 VDD 供电且启用单通道时的静态电流	ISNS = 0mA，VOUT 悬空，VDD = 5V，VEN1 = 5V，VDIA_EN = 5V	ISNS = 0mA，VOUT 悬空，VDD = 5V，VEN1 = 5V，VDIA_EN = 5V		1.4	1.6	mA
$I_{Q_1CH,DIAG}$	内部 VDD 供电且启用单通道时的静态电流	ISNS = 0mA，VOUT 悬空，VDD 悬空，VEN1 = 5V，VDIA_EN = 5V	ISNS = 0mA，VOUT 悬空，VDD 悬空，VEN1 = 5V，VDIA_EN = 5V		1.4	1.6	mA
$I_{Q,DIAG}$	启用双通道、禁用诊断功能时的静态电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A，VDD = 5V	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A，VDD = 5V		0.8	1	mA

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

V_{BB} = 8V 至 58V，T_A = –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
$I_{Q,DIAG}$	启用双通道、禁用诊断功能时的静态电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A，VDD 未连接	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A，VDD 未连接		1.7	2	mA
$I_{Q,\ VDD}$	启用双通道、启用诊断功能时的 VDD 静态电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V，I_{OUT} = 0A，VDD = 5V			待定		mA
RON 特性							
R_{ON}	每个通道的导通电阻	8V ≤ V_{BB} ≤ 54V，I_{OUT}= 1A	T_J = 25°C		76		mΩ
R_{ON}	每个通道的导通电阻	8V ≤ V_{BB} ≤ 54V，I_{OUT}= 1A	T_J = 150°C			165	mΩ
R_{ON_par}	2 通道并联导通电阻	8V ≤ V_{BB} ≤ 54V，I_{OUT}= 1A	T_J = 25°C		38		mΩ
R_{ON_par}	2 通道并联导通电阻	8V ≤ V_{BB} ≤ 54V，I_{OUT}= 1A	T_J = 150°C			82	mΩ
R_{ON}	反极性导通电阻	-28V ≤ V_{BB} ≤ -8V，I_{OUT}= 1A，EN2 = 0V	T_J = 25°C		85		mΩ
R_{ON}	反极性导通电阻	-28V ≤ V_{BB} ≤ -8V，I_{OUT}= 1A，EN2 = 0V	T_J = 150°C			174	mΩ
ΔR_{ON}	通道之间的导通电阻差	8V ≤ V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT}= 1A	T_J = -40°C 至 150°C			5	%
IL_{NOM}	每个通道的持续负载电流	启用双通道时，T_{AMB} = 85°C	启用双通道时，T_{AMB} = 85°C		2.2		A
IL_{NOM}	每个通道的持续负载电流	启用一个通道时，T_{AMB} = 85°C			3.2		A
电流检测特性							
K_{SNS}	电流检测比 I_{OUT} / I_{SNS}	I_{OUT} = 1A			2000		
I_{SNS_SAT}	饱和检测电流（电流钳位设置）			4	4.5		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 4A		2		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 2A		1		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 1A		0.5		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 500mA		0.25		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 200mA		0.1		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 100mA		0.05		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 50mA		0.025		mA
I_{SNSI}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 5V	I_{OUT} = 10mA		0.005		mA
SNS 特性							
V_{SNSFH}	V_{SNS} 故障高电平	V_{DIA_EN} = 5V	V_{DIA_EN} = 5V	4.5	5.0	5.77	V
V_{SNSFH}	V_{SNS} 故障高电平	V_{DIA_EN} = 3.3V，V_{DIA_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$	V_{DIA_EN} = 3.3V，V_{DIA_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$	3.0	3.3	3.82	V
I_{SNSFH_max}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIA_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$		4.5		4.8	mA
$I_{SNSleak}$	无负载电流时的 I_{SNS} 漏电流	V_{DIA_EN} = 5V，IL = 0mA	T_A = 25℃			5	μA
			T_A = 125°C			5	μA
V_{BB_ISNS}	完整的电流检测和故障功能所需的 V_{BB} 余量	V_{DIAG_EN} = 3.3V		6			V
V_{BB_ISNS}	完整的电流检测和故障功能所需的 V_{BB} 余量	V_{DIAG_EN} = 5V		6.5			V
电流限制特性							
$R_{ILIM,SHORT}$	RLIM 短路检测范围					1	kΩ

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

V_{BB} = 8V 至 58V，T_A = –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
$R_{ILIM,OPEN}$	RLIM 开路检测范围			70			kΩ
I_{CLx}	CHx I_{CL} 电流限制调节电平	启用后，短路 R_L < 200mΩ 时的稳压电流。T_J = –40°C 至 150°C	R_{ILIM} = 开路	8.8	10	10.5	A
			R_{ILIM} = 短路	8.1	9	9.7	A
			R_{ILIM} = 2.74kΩ	7.3	8	8.6	A
			R_{ILIM} = 6.65kΩ	6.4	7	7.5	A
			R_{ILIM} = 11.5kΩ	5.4	6	6.5	A
			R_{ILIM} = 18.7kΩ	4.6	5	5.4	A
			R_{ILIM} = 26.1kΩ	3.7	4	4.4	A
			R_{ILIM} = 34.8kΩ	2.8	3	3.3	A
			R_{ILIM} = 45.3kΩ	1.8	2	2.2	A
			R_{ILIM} = 59kΩ	0.8	1	1.1	A
I_{CLx_LINPK}	限制电流之前的 CHx I_{CL} 电流限制阈值 - 过载情况。 调节电流限制电平的比值。	dI/dt<0.01A/ms。T_J = -40°C 至 150°C	全部 R_{ILIM}			1.25 x I_{CL}	
I_{ENPS}	峰值电流可导致永久短路。调节电流限制电平的比值。	Z_L = 100mΩ + 1.4μH。T_J = -40°C 至 150°C	I_{ILIM} < 3A			1.8 x I_{CL}	
I_{ENPS}	峰值电流可导致永久短路。调节电流限制电平的比值。	Z_L = 100mΩ + 1.4μH。T_J = -40°C 至 150°C	I_{ILIM} >= 3A			1.5 x I_{CL}	
I_{OVCR}	启用开关后施加短路时的 OVCR 峰值电流	Z_L = 100mΩ + 1.4μH。T_J = -40°C 至 150°C	全部 R_{ILIM}			40	A
故障特性							
V_{OL}	开路负载检测电压（VDS 电压）	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V，测量 VDS 电压		1.7	2.0	2.3	V
V_{OL_HYS}	开路负载检测电压（VDS 电压）比较器磁滞	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V		360		mV
R_{VOL}	每个通道的开路负载检测内部上拉电阻器	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V		260	315	360	kΩ
t_{OL_OFF}	从 EN 下降沿开始的开路负载指示时间	V_{EN} = 5V 至 0V，V_{DIA_EN} = 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}			350		μs
t_{OL_OFF1}	开路负载检测抗尖峰脉冲时间	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V，V_{BB} - V_{OUT} < V_{OL} 时，持续时间长于 t_{OL}。检测到开路负载。				1.6	ms
t_{OL_OFF2}	从 DIA_EN 上升沿开始的开路负载指示时间	V_{EN} = 0V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - V_{OL}				1.6	ms
T_{ABS}	热关断				169		°C
T_{REL}	相对热关断				60		°C
T_{HYS_ABS}	热关断迟滞				20		°C
t_{FAULT_FLT}	故障指示时间，版本 B	V_{DIA_EN} = 5V 出现故障和 $\overline{FLT}$ 置为有效之间的时间				60	μs
t_{FAULT_SNS}	通过 SNS 引脚的故障指示时间	V_{DIA_EN} = 5V 故障与 I_{SNS} 稳定在 V_{SNSFH} 之间的时间				60	μs
t_{RETRY}	重试时间	从故障关断到开关重新启用的时间（热关断）。		1	2	3	ms
EN 引脚特性							
$V_{IL,\ ENx}$	输入电压低电平	相对于 IC GND				0.8	V
$V_{IH,\ ENx}$	输入电压高电平	相对于 IC GND		1.8			V

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

V_{BB} = 8V 至 58V，T_A = –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
$V_{IHYS, ENx}$	输入电压迟滞				280		mV
R_{ENx}	内部下拉电阻器	V_{EN} = 0.8V		700	1000	1400	kΩ
$I_{IL, ENx}$	输入电流低电平	V_{EN} = 0.8V				4	μA
$I_{IH, ENx}$	输入电流高电平	V_{EN} = 5V				20	μA
DIA_EN 引脚特性							
V_{IL, DIA_EN}	输入电压低电平					0.8	V
V_{IH, DIA_EN}	输入电压高电平			1.5			V
V_{IHYS, DIA_EN}	输入电压迟滞				280		mV
R_{DIA_EN}	内部下拉电阻器	V_{DIA_EN} = 0.8V		600	1000	1300	kΩ
$I_{IL_DIA_EN}$	输入电流低电平	V_{DIA_EN} = -1V		-10		0	μA
I_{IL, DIA_EN}	输入电流低电平	V_{DIA_EN} = 0.8V				4	μA
I_{IH, DIA_EN}	输入电流高电平	V_{DIA_EN} = 5V				20	μA
SEL 引脚特性							
$V_{IL, SEL}$	输入电压低电平					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			150	280	400	mV
R_{SEL}	内部下拉电阻器	V_{SEL} = 0.8V	V_{DIA_EN} = 0.8V	700	1000	1300	kΩ
$I_{IL, SEL}$	输入电流低电平	V_{SEL} = 0.8V	V_{DIA_EN} = 0.8V			1.1	μA
$I_{IH, SEL}$	输入电流高电平	V_{SEL} = 5V	V_{DIA_EN} = 5V			7	μA
LATCH 引脚特性							
$V_{IH, LATCH}$	输入电压高电平			1.5			V
$V_{IL, LATCH}$	输入电压低电平					0.8	V
$I_{IL,LATCH}$	输入电流低电平	V_{LATCH} = 0.8V	V_{DIA_EN} = 0.8V			1.8	μA
$I_{IH,LATCH}$	输入电流高电平	V_{LATCH} = 5V	V_{DIA_EN} = 5V			10	μA
$V_{IHYS,LATCH}$	输入电压迟滞			150	280	400	mV
R_{LATCH}	内部下拉电阻器	V_{LATCH} = 0.8V	V_{DIA_EN} = 0.8V	400	500	600	kΩ

6.6 SNS 时序特性

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SNS 时序 - 电流检测						
$t_{SNSION1}$	从 DIA_EN 的上升沿开始的趋稳时间 V_{DIA_EN} 的 50% 至稳定 ISNS 的 90%	V_{ENx}= 5V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 0.32A			12	μs
		V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 16mA			6	μs
$t_{SNSION2}$	从 EN 和 DIA_EN 的上升沿开始的趋稳时间 V_{DIA_EN} V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = V_{DIA_EN} = 0V 至 5V VBB = 48V，R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 0.32A			160	μs
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的趋稳时间（DIA_EN 为 HI）； V_{DIA_EN} V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = 0V 至 5V，V_{DIA_EN} = 5V，VBB = 48V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 0.32A			160	μs
$t_{SNSIOFF}$	从 DIA_EN 的上升沿开始的趋稳时间； V_{DIA_EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 5%	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V 至 0V VBB = 48V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 0.32A			6	μs
$t_{SETTLEH}$	从负载阶跃的上升沿开始的稳定时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 16mA			3	μs

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SETTLEL}$	从负载阶跃的下降沿开始的稳定时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 0.32A 至 16mA			4	µs
t_{MUX}	从 CHx 切换到 CHy 的趋稳时间	V_{EN} = 5V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，SEL = 0V 至 5V CH1 = 0.48A，CH2 = 3.2A			14	µs
t_{MUX}	从 CHx 切换到 CHy 的趋稳时间	V_{EN1} = 5V，V_{EN2} = 0V，V_{DIA_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，SEL = 0V 至 5V CH1 = 0.48A，CH2 = V_{SNSFH}			10	µs

6.7 Switching Characteristics_24V

V_{BB} = 48V，T_J = –40°C 至 +150°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{DR}	通道导通延迟时间（从待机状态）	V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			100	µs
t_{DR}	通道导通延迟时间（从运行状态）	V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			50	µs
t_{DF}	通道关断延迟时间	V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%			50	µs
SR_R	VOUT 上升转换率	V_{BB} = 24V，V_{OUT} 的 20% 至 80%，R_L = 20Ω	0.26		0.52	V/µs
SR_F	VOUT 下降压摆率	V_{OUT} 的 80% 至 20%，R_L = 20Ω	0.12		0.62	V/µs
f_{max}	最大 PWM 频率		0.75			kHz
t_{ON}	通道导通时间	V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%			140	µs
t_{OFF}	通道关断时间	V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			86	µs
t_{ON} – t_{OFF}	导通和关断匹配	1ms 使能脉冲，V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω	-15		20	µs
		运行状态下 200µs 使能脉冲，V_{BB} = 24V，R_L = 20Ω	-40		40	µs
E_{ON}	导通期间的开关能量损耗	V_{BB} = 24V，R_L = 50Ω			0.15	mJ
E_{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V_{BB} = 24V，R_L = 50Ω			0.15	mJ

6.8 Switching Characteristics_48V

V_{BB} = 48V，T_J = –40°C 至 +150°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{DR}	通道导通延迟时间（从待机状态）	V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			105	µs
t_{DR}	通道导通延迟时间（从运行状态）	V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			56	µs
t_{DF}	通道关断延迟时间	V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%			65	µs
SR_R	VOUT 上升转换率	V_{BB} = 48V，V_{OUT} 的 20% 至 80%，R_L = 20Ω	0.34		0.68	V/µs
SR_F	VOUT 下降压摆率	V_{OUT} 的 80% 至 20%，R_L = 20Ω	0.34		0.73	V/µs

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

V_{BB} = 48V，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
f_{max}	最大 PWM 频率		0.75			kHz
t_{ON}	通道导通时间	V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 80%			180	µs
t_{OFF}	通道关断时间	V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω，EN 的 50% 至 VOUT 的 20%			140	µs
t_{ON} – t_{OFF}	导通和关断匹配	1ms 使能脉冲，V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω	-30		30	µs
		运行状态下 200µs 使能脉冲，V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω	-30		30	µs
Δ_{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流	运行状态下 400µs 使能脉冲（2ms 周期），V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω	-15		15	%
		≤500Hz，50% 占空比 V_{BB} = 48V，R_L = 20Ω	-10		10	%
E_{ON}	导通期间的开关能量损耗	V_{BB} = 48V，R_L = 50Ω			1	mJ
E_{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V_{BB} = 48V，R_L = 50Ω			0.9	mJ

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TPS482H85-Q1 器件是一款具有内部电荷泵和双通道集成式 NMOS 功率 FET 的智能高侧开关。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。可调节电流限制功能能够极大地提高整个系统的可靠性。

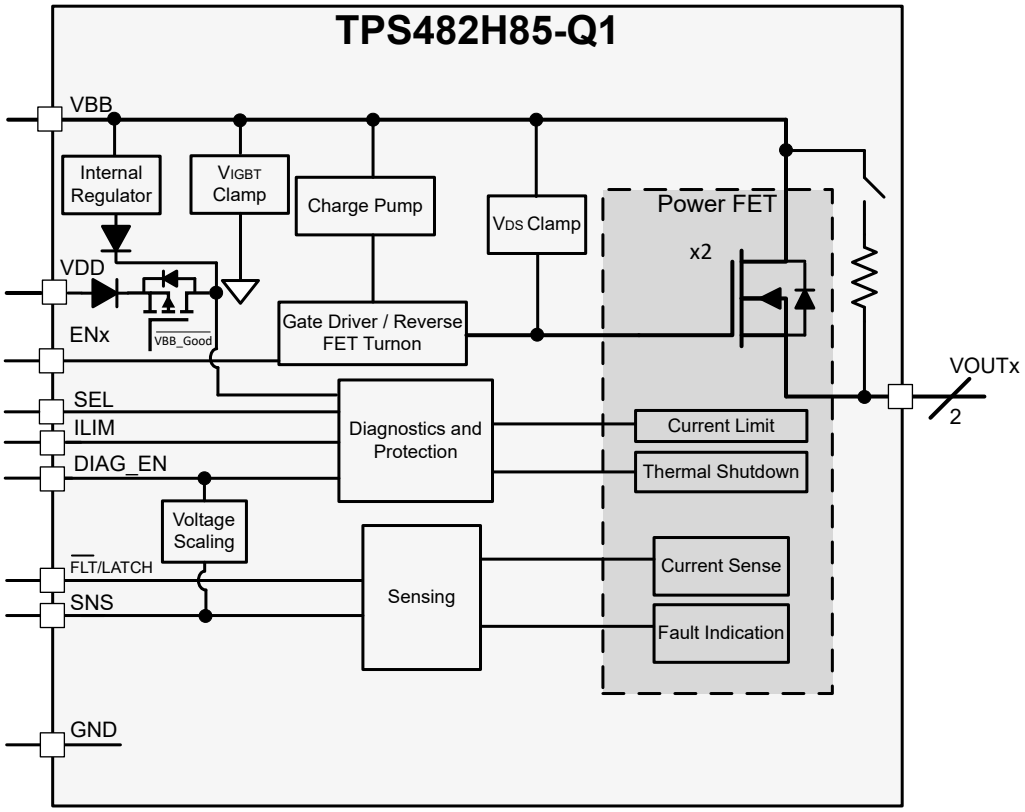
该器件的逻辑引脚用于启用两个通道中的每一个，另一个引脚用于使用 SEL 引脚启用诊断输出，以选择在模拟电流 SNS 引脚上输出的通道。版本 A 和 C 提供了一个 LATCH 引脚，用于在热关断后选择闩锁还是自动重试行为，而版本 B 提供了全局 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚来指示器件中的故障。

外部高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。当发生过流时，该器件通过有效钳制浪涌电流来提高系统可靠性。此外，该器件还可以通过减少 PCB 布线、连接器尺寸和前一个功率级的容量来节省系统成本。

对于电感负载（继电器、螺线管、阀），该器件在漏极和源极之间实现了有源钳位，以保护自身。在电感关断周期期间，电源和负载的能量都耗散在高侧电源开关上。该器件还会在钳位处于工作状态时优化开关压摆率，通过尽可能降低瞬态功率和 EMI 的影响，来帮助进行系统设计。

TPS482H85-Q1 器件是一款智能高侧开关，适用于各种电阻负载、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。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 引脚电流和电压约定

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。该方向用于指示 规格 中电流的极性，而不是表示每个引脚的实际电流方向。所有电压均以接地平面为基准进行测量。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

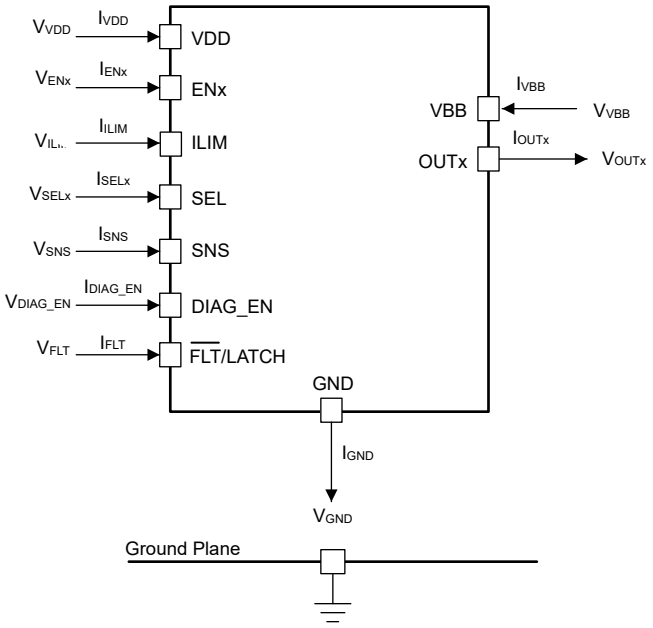


图 7-1. 电压和电流约定

7.3.2 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。

SNS 引脚上的最大输出电压被钳位至 V_{SNSFH}，即故障电压电平。为了确保该电压不高于系统可以承受的电压，DIAG_EN 引脚上的最大电压已被限制为 SNS 引脚上的电压。如果 DIAG_EN 介于 V_{IH} 和 3.3V 之间，则 SNS 引脚上的最大输出约为 3.3V。但是，如果 DIAG_EN 上的电压高于 3.3V，则故障 SNS 电压 V_{SNSFH} 会跟踪该电压（高达 5V）。由于通过 DIAG_EN 为诊断供电的 GPIO 电压输出接近同一微控制器内的最大可接受 ADC 电压，因此进行了跟踪。因此，可以选择检测电阻值 R_{SNS}，以尽可能地扩大系统所需测量的电流范围。必须根据应用需求选择 R_{SNS} 值。对于系统需要测量的最小负载电流 $I_{LOAD,min}$，最大可用 R_{SNS} 值受 ADC 最小可接受电压 $V_{ADC,min}$ 限制。可接受的最小 R_{SNS} 值必须确保 V_{SNS} 电压低于 V_{SNSFH} 值，以便系统可以正确地确定故障。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，最小 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 $I_{LOAD,max}$。使用以下公式来设置边界公式。

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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

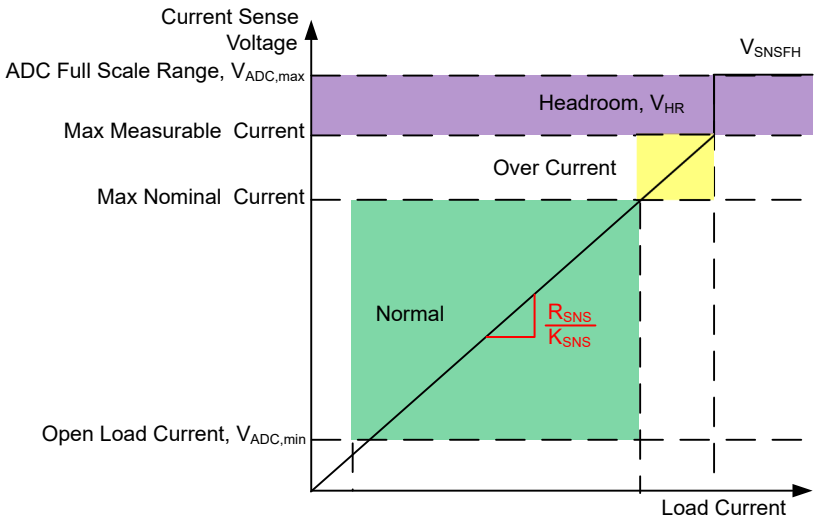


图 7-2. 电流检测引脚上的电压指示

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}。

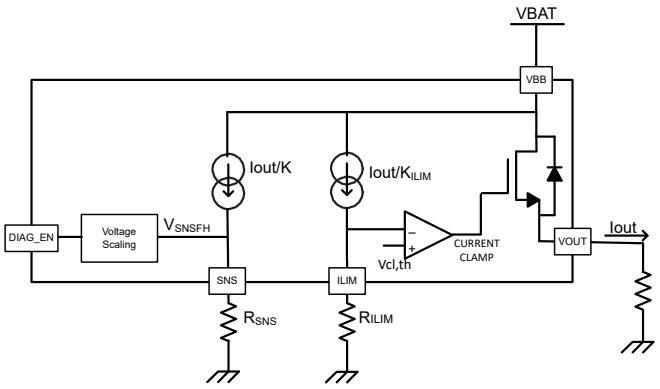


图 7-3. 电流检测和电流限制方框图

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

7.3.3 可调节限流

高精度可调节电流限制可实现更高的可靠性，从而可通过编程到可接受的电平，在短路或上电期间保护电源和导线。此外，电流限制还可以通过减少 PCB 布线、连接器尺寸、前一个功率级容量以及减小线规，来节省系统成本。

电流限制提供了保护功能，可防止负载和集成的功率 FET 出现过应力。电流限制将输出电流调节到设定值，将 $\overline{FLT}$ 引脚置为有效，如果器件设置为在 SNS 引脚上输出该通道，则将 SNS 引脚上拉至 V_{SNSFH}。

- 该器件可编程为通过 ILIM 引脚上的外部电阻器保持不同的电流限值。有 10 个电流限值，可根据通过外部电阻器设置的电流限制 中的电阻值进行设置。通过外部电阻器设置的电流限制 中列出的电阻值偏离 ≥2% 可能导致 ILIM 阈值偏移。R_{ILIM} 电阻器应使用容差 ≤1% 的电阻器。

表 7-1. 通过外部电阻器设置的电流限制

允许的电阻值 (1)	ILIM 阈值
59kΩ	1A
45.3kΩ	2A

ADVANCE INFORMATION

表 7-1. 通过外部电阻器设置的电流限制（续）

允许的电阻值 (1)	ILIM 阈值
34.8kΩ	3A
26.1kΩ	4A
18.7kΩ	5A
11.5kΩ	6A
6.65kΩ	7A
2.74kΩ	8A
短接至 GND (<1.1kΩ)	9A
开路 (>60kΩ)	10A

备注

表中未列出的任何电阻器设置都可能被理解为相邻电平中的一个，这不是推荐的配置。

要设置不同的浪涌电流限制和稳态电流限制，可在器件导通时动态更改电流限制电阻。可以采用基于 MOSFET 的控制方案来实时更改电流限制。不过，需要仔细考虑 ILIM 引脚上的元件和布局，以尽量减小引脚上的电容。如果动态切换 ILIM 阈值，ILIM 引脚上的任何 ≥100pF 的电容都可能影响从一个 ILIM 电阻器到另一个 ILIM 电阻器的转换速度，这可能导致不必要的关断。需要选择具有低输入电容的 MOSFET 来实现动态电流限制变化。

当 I_{OUTx} 达到调节阈值电平 I_{CL} 时，会发生电流限制事件。当 I_{OUT} 达到电流限制阈值 I_{CL} 时，该器件可以保持启用状态，并将 I_{OUTx} 限制为 I_{CL}。当器件保持启用状态（并限制 I_{OUT}）时，由于 FET 中的功率耗散很高，可能会触发热关断。启用至短路电流限制（自动重试）展示了器件被短路启用时的调节环路响应。此图显示了 器件比较表 中所列的自动重试版本或 LATCH = LOW 的 LATCH 引脚版本的场景。LATCH = HIGH 的 LATCH 引脚版本将在第一次热关断后锁定关闭。请注意，电流峰值 (I_{CL_ENPS}) 可能高于调节阈值 (I_{CL})。

发生过流事件时，电流限制必须快速响应，以限制短路（过热和短路启用）时出现的峰值电流。必须限制峰值，以确保在给定的电源电容值下电源电压不会下降。这对于器件由直流/直流电源而不是汽车电池供电的应用尤其重要。

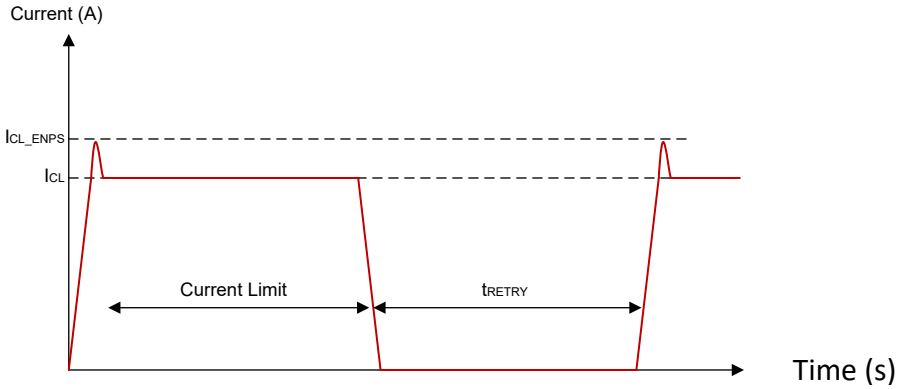


图 7-4. 启用至短路电流限制（自动重试）

然而，在过载条件下，在应用电流限制之前，开关可能会提供比电流限制调节回路阈值 (I_{CL}) 更高的输出电流 (I_{CL_LINPK})。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

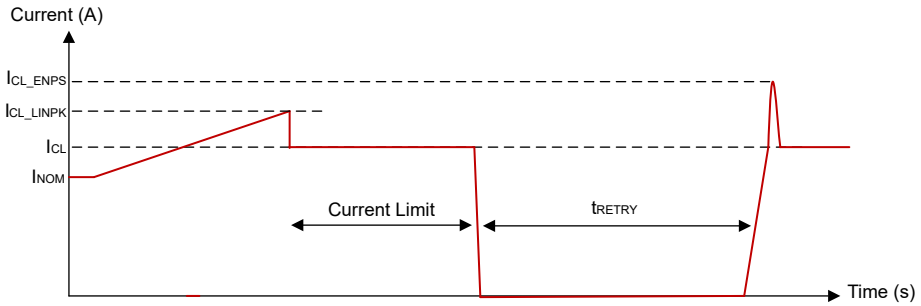


图 7-5. 软短路的线性峰值（自动重试）

在启用开关时，该器件会施加强下拉电阻，以限制短路事件期间的电流。然后，在电流限制调节环路接通且开关接通之前，电流将下降到零，其行为类似于短路启用的情况。

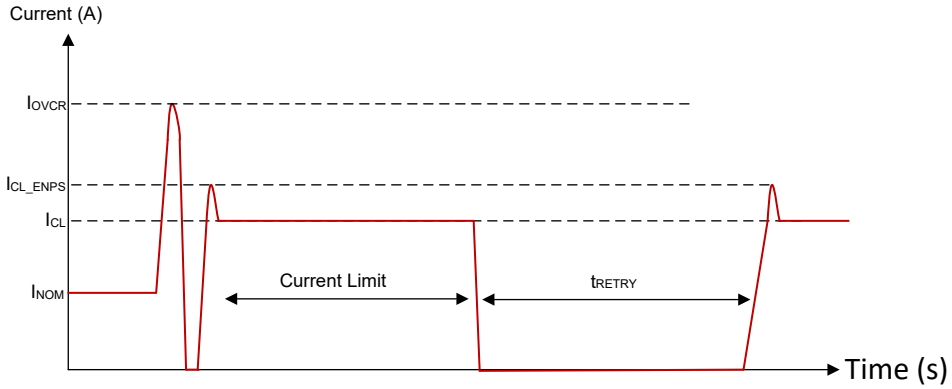


图 7-6. 热短路事件（自动重试）

7.3.4 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。过高的负电压可能导致功率 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。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

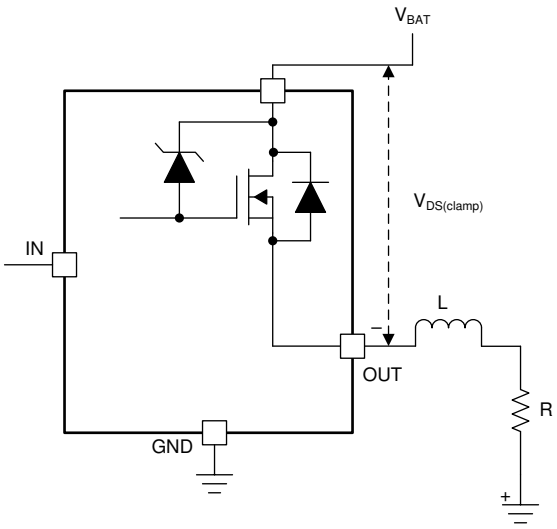


图 7-7. 漏源钳位结构

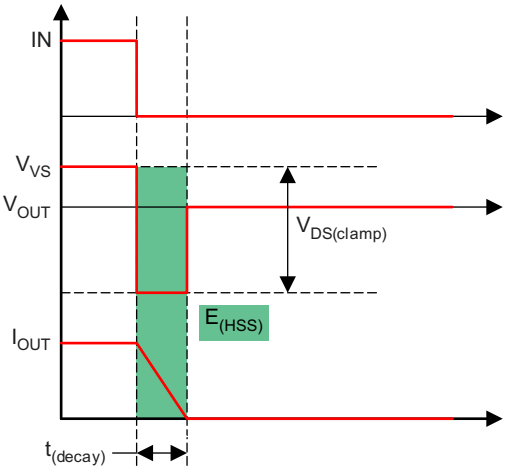


图 7-8. 电感负载关断图

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：

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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

图 7-9 是器件驱动电阻负载的波形，图 7-10 是具有展开时间刻度的波形。通道 1 是输入信号，通道 2 是电源电压 V_{VS}，通道 3 是输出电压 V_{OUT}，通道 4 是输出电流 I_{OUT}，通道 M 是测得的功率耗散 $E_{(HSS)}$。

在波形中，V_{OUT} 从 V_{VS} 到 (V_{VS} – $V_{DS(clamp)}$) 的持续时间大约为 120µs。当钳位处于活动状态时，该器件还会优化关断转换率。这种优化可以通过将瞬态功率和 EMI 的影响保持在最低水平，来帮助进行系统设计。如 图 7-9 和 图 7-10 所示，受控转换率约为 0.5V/µs。

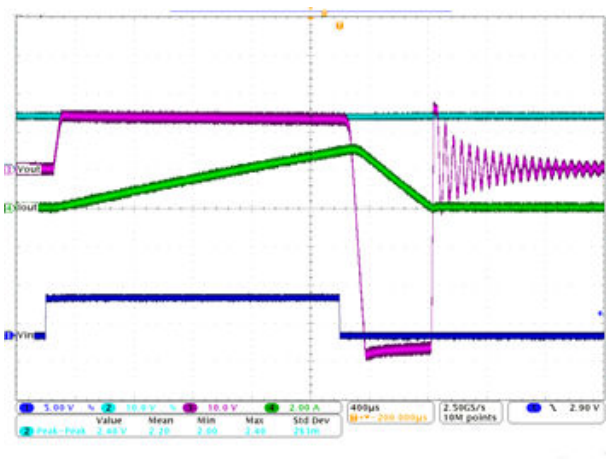


图 7-9. 电阻负载关断波形

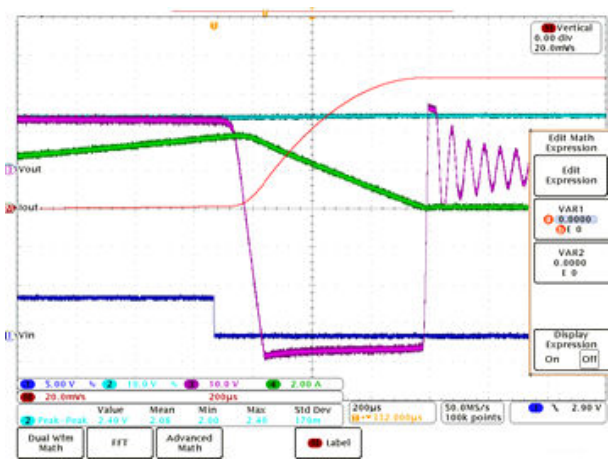


图 7-10. 电阻负载关断展开波形

请注意，对于 PWM 控制的电阻负载，建议添加如 图 7-11 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 7-11。

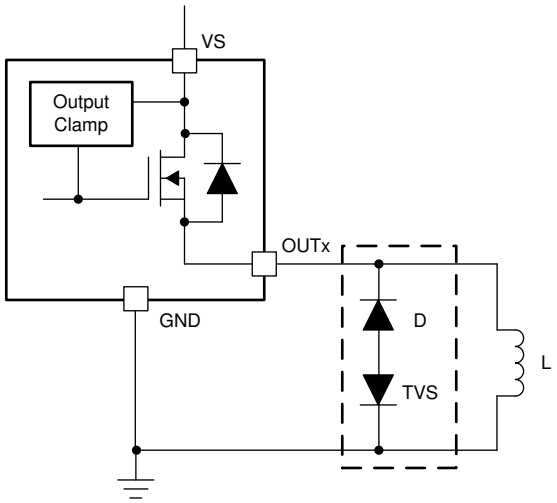


图 7-11. 通过外部电路提供保护

7.3.5 故障检测和报告

7.3.5.1 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。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

7.3.5.2 电流检测的多路复用

SEL 引脚用于在同一器件内的两个通道之间多路复用共享电流检测功能。如果 DIAG_EN 为高电平，则将每个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。

如果需要在不同器件之间多路复用电流检测信息，则不建议在多个器件之间直接连接 SNS 引脚。当 DIAG_EN 为低电平时，SNS 引脚上会有一个内部钳位，将电压钳位至大约 2V。如果直接连接一个器件的 SNS 引脚，可能会影响其他器件的 SNS 回读。

要跨多个器件使用 SNS 引脚，建议将各个 SNS 引脚连接到 MCU 的不同模拟输入引脚，如图 7-12 所示。或者，可以使用外部模拟多路复用器连接到单个 MCU 引脚，如图 7-13 所示。

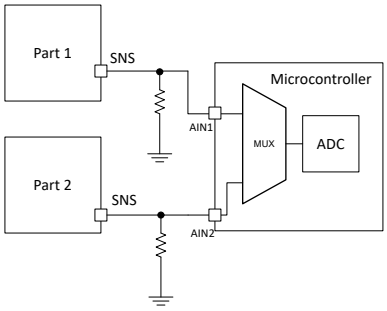


图 7-12. 跨多个器件共享 SNS 方法 1

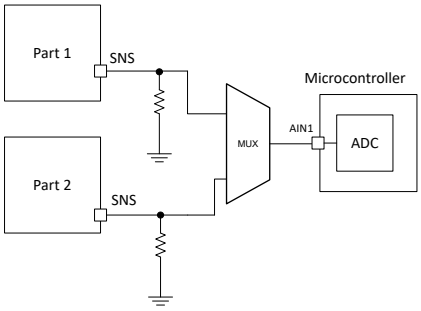


图 7-13. 跨多个器件共享 SNS 方法 2

表 7-2. 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	—	—	0V。如果向该引脚施加外部电压，则在内部钳位至 2V。	请参阅 故障表	SNS 禁用，$\overline{FLT}$ 报告，全面保护
	L				高阻态	诊断功能禁用，无保护功能
H	—	0	通道 1	故障表	请参阅 故障表	请参阅 故障表
		1	通道 2			

7.3.5.3 $\overline{故障}$报告

对于具有全局 $\overline{FLT}$ 引脚的型号，$\overline{FLT}$ 输出监测所有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。只要器件未处于睡眠模式，$\overline{FLT}$ 引脚就会报告任何通道上的故障。

在$\overline{故障}$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。或者，对于没有全局 $\overline{FLT}$ 引脚的型号，SNS 引脚还用作具有内部上拉电压的故障报告（如果 DIAG_EN 为高电平，则为 V_{SNSFH}）。

7.3.5.4 故障表

表 7-3. 故障表

条件	ENx	OUTx	SNS（如果 DIAG_EN 为高电平）	$\overline{FLT}$ #none#（带外部上拉电阻）	行为	故障恢复
正常	L	L	0	H	正常	—
	H	V_{BB} - I_{LOAD} × R_{ON}	I_{LOAD} / K_{SNS}	H	正常	—

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. 故障表（续）

条件	ENx	OUTx	SNS（如果 DIAG_EN 为高电平）	$\overline{FLT}$ #none#（带外部上拉电阻）	行为	故障恢复
过流	H	V_{BB} - I_{LIM} × R_{ON}	V_{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
开路负载、电池短路、反极性	L	H	V_{SNSFH}	L	内部上拉电阻器被激活。当 V_{VS} – V_{OUTx} < $V_{(ol,off)}$ 时，故障被置位	自动
	H	H	I_{LOAD} / K_{SNS} ≈ 0	H	正常行为。用户可以根据 SNS 引脚输出做出判断。	—
热短路	H	L	V_{SNSFH}	L	器件将立即关断，并重新启用至电流限制状态。	自动重试进入电流限制，直至热关断。自动重试版本将重复执行，直到故障消除。锁存版本将需要在首次热关断后切换 EN。
启用至永久短接	L → H	L	V_{SNSFH}	L	器件将启用至电流限制，直至热关断。	启用进入电流限制，直至热关断。自动重试版本将重复执行，直到故障消除。锁存版本将需要在首次热关断后切换 EN。
绝对热关断、相对热关断	H	L	V_{SNSFH}	L	当器件达到相对或绝对热关断时关断。	对于自动重试版本，在 t_{RETRY} 后输出自动重试。故障在 T_J < T_{HYS} 或 ENx 切换时恢复。锁存版本只能在 EN 切换的情况下恢复。
反极性	X	X	X		X	通道将开启以降低功率耗散。流入接地引脚的电流需要受外部接地网络的限制。

备注

仅限包含 $\overline{FLT}$ 引脚的型号上的 $\overline{FLT}$ 输出。

7.3.6 全面诊断

7.3.6.1 接地短路和过载检测

当通道导通时，接地短路或过载状况会造成过流。如果过流触发内部或外部电流限制阈值，将报告故障条件。微控制器可通过关闭开关来处理过流情况。该器件会将电流钳位到 I_{CL}，直至热关断。故障条件消除后，TPS2HC120A 将自动恢复。

在热短路条件下，如果 EN 为高电平时发生短路，器件将立即关断，并自动重试与启用至永久短路情况相同的操作，如 图 7-6 所示。

7.3.6.2 开路负载检测

7.3.6.2.1 通道导通

当通道处于导通状态时，得益于小电流范围内的高精度电流检测功能，如果发生开路负载事件，可将其检测为超低 V_{SNS}，并由微控制器进行处理。请注意，不会在 $\overline{FAULT}$ 引脚或故障寄存器上报告检测结果。微控制器必须对 SEL 引脚进行多路复用，以便在 SNS 引脚上输出正确的通道。

7.3.6.2.2 通道关断

在关断状态下，当 DIAG_EN 为高电平时，有一个内部上拉电阻 R_{OL} 将通道上拉至 V_{BB}。上拉的特定通道取决于 SEL 的选择，而其他通道未使用上拉电阻器。

ADVANCE INFORMATION

如果所选通道存在负载，则输出电压将被拉至 0V 左右，因为负载比 R_{OL} 高得多。在开路负载的情况下，输出电压将被 R_{OL} 拉至接近电源电压。如果所选通道的 V_{BB} - V_{OUT} < $V_{OL,off}$，$\overline{FLT}$ 引脚会变为低电平，以向 MCU 指示故障，并且 SNS 引脚会上拉至 I_{SNSFH}。

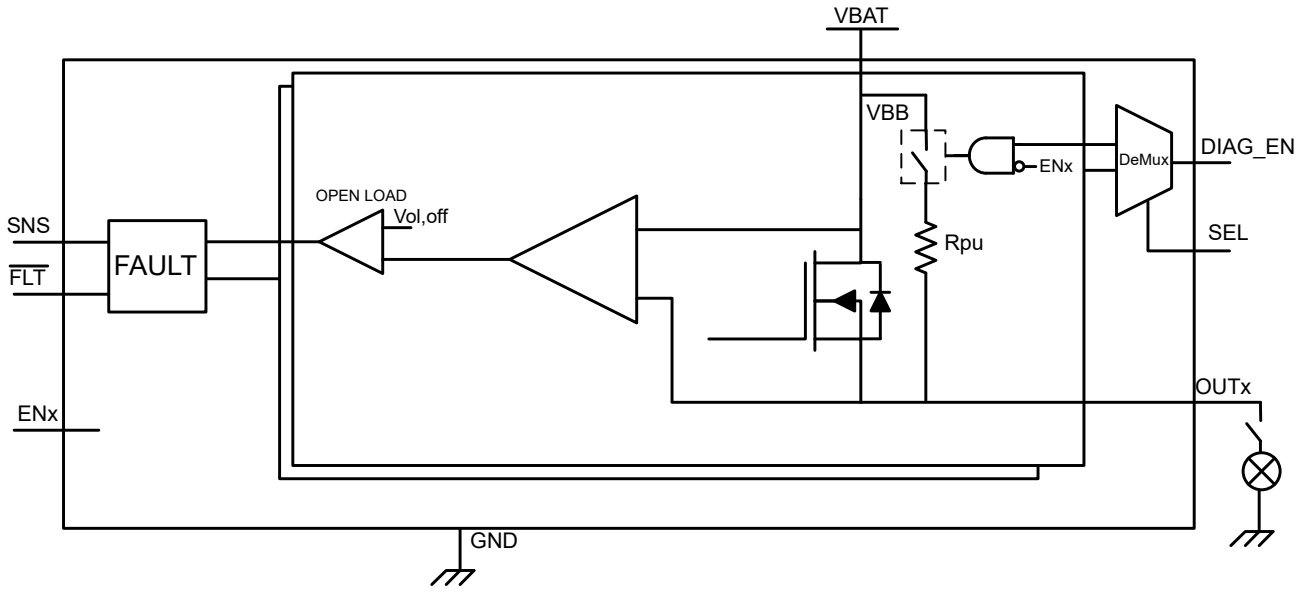


图 7-14. 关断状态下提供开路负载检测

7.3.6.3 电池短路检测

在导通和关断状态下，电池短路检测具有与开路负载检测相同的检测机制和行为。有关更多详细信息，请参阅故障表。

7.3.6.4 反极性和电池反向保护

当器件的接地端进入电池电位 (V_{GND} = V_{BAT}) 且电源引脚接地 (V_{BB} = 0V) 时，会发生反极性（通常称为电池反向）。在这种情况下，如果 EN1 引脚有通向*地*平面的路径，那么 FET 就会导通，以降低通过主通道的功率耗散，并防止电流流经体二极管。请注意，电阻器/二极管接地网络（如果电源上没有中央阻断二极管）必须存在，器件才能在电池反向事件中保护自身。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

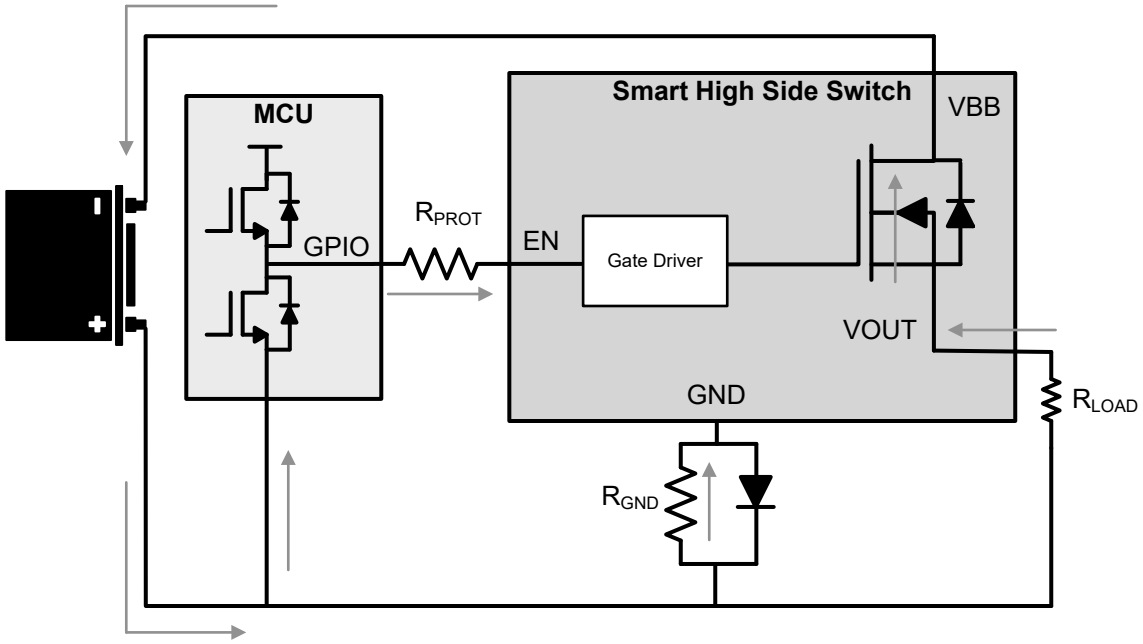


图 7-15. 电池反向电路

有关外部保护电路的更多信息，请参阅节 7.3.7.5。有关更多详细信息，请参阅故障表中的故障真值表。

7.3.6.5 热故障检测

为了在高功率应力条件下保护器件，器件实施了两种热故障检测机制：绝对温度保护（绝对热关断）和动态温度保护（相对热关断）。各个温度传感器集成在每个功率 FET 附近，因此每个通道都会报告热故障。当某些通道处于热故障状态时，这种布置有助于器件更大限度降低跨通道效应。

7.3.6.5.1 热保护行为

热保护行为可分为三类可能发生的事件。图 7-16 展示了每个类别。

1. **相对热关断**：启用该器件以进入过流事件。输出电流升至高达 I_{ILIM} 电平，$\overline{FLT}$ 变为低电平。随着这一大量电流流过，FET 的结温相对于控制器温度迅速升高。当功率 FET 温度升高的 T_{REL} 量超过控制器结温 $\Delta T = T_{FET} - T_{CON} > T_{REL}$ 时，器件关断。对于自动重试版本，在 t_{RETRY} 之后，部件会尝试自己重新启动。如果是锁存版本，需要切换 EN 才能重新启用通道。在故障条件消失前，$\overline{FLT}$ 保持置位。图 7-16 中的第一幅图显示了自动重试版本的相对热关断行为。
2. **绝对热关断**：器件在过流事件中仍处于启用状态。然而，在这种情况下，结温升高并达到绝对参考温度 T_{ABS}，然后关断。对于自动重试版本，直到 $T_J < T_{ABS} - T_{hys}$ 且 t_{RETRY} 计时器到期，器件才会恢复。对于锁存版本，需要切换 EN 才能重新启用通道。图 7-16 中的第二幅图显示了自动重试版本的绝对热关断行为。
3. **闩锁行为**：启用该器件以进入过流事件。DIAG_EN 引脚处于高电平，以便可以在 SNS 和 FLT 上监控诊断。对于器件的闩锁版本，如果器件由于热故障而关断（相对热关断或绝对热关断），则在切换 EN 引脚之前，器件不会启用通道。图 7-16 中的第三幅图显示了 LATCH 引脚为高电平时采用 LATCH 引脚的各种型号的相对热关断行为。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

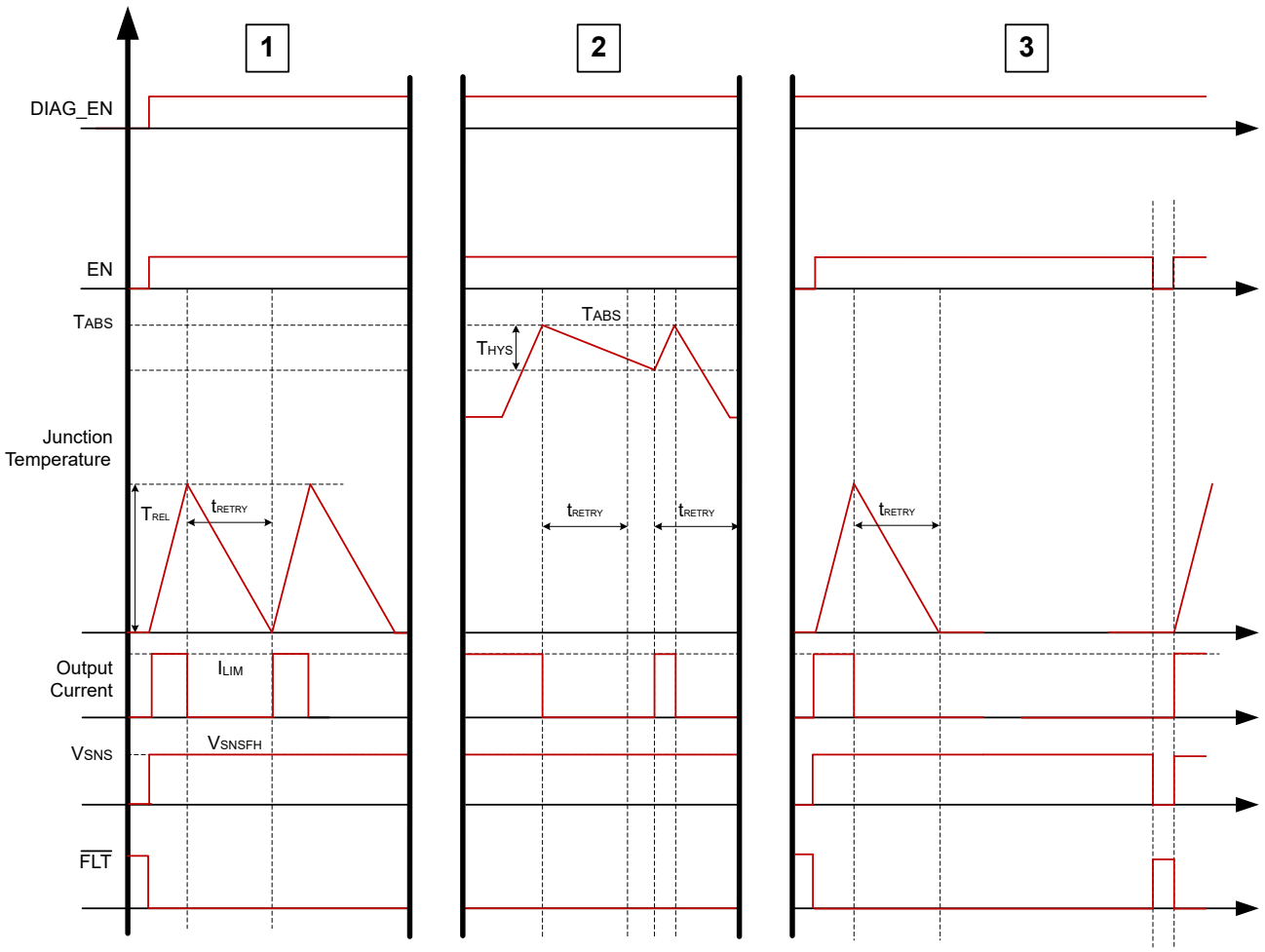


图 7-16. 热行为

7.3.7 全面保护

7.3.7.1 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.3.7.2 接地失效保护

发生接地失效时，无论控制引脚状态如何，所有通道都将被禁用，并且器件不通电。

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 7-17 所示。

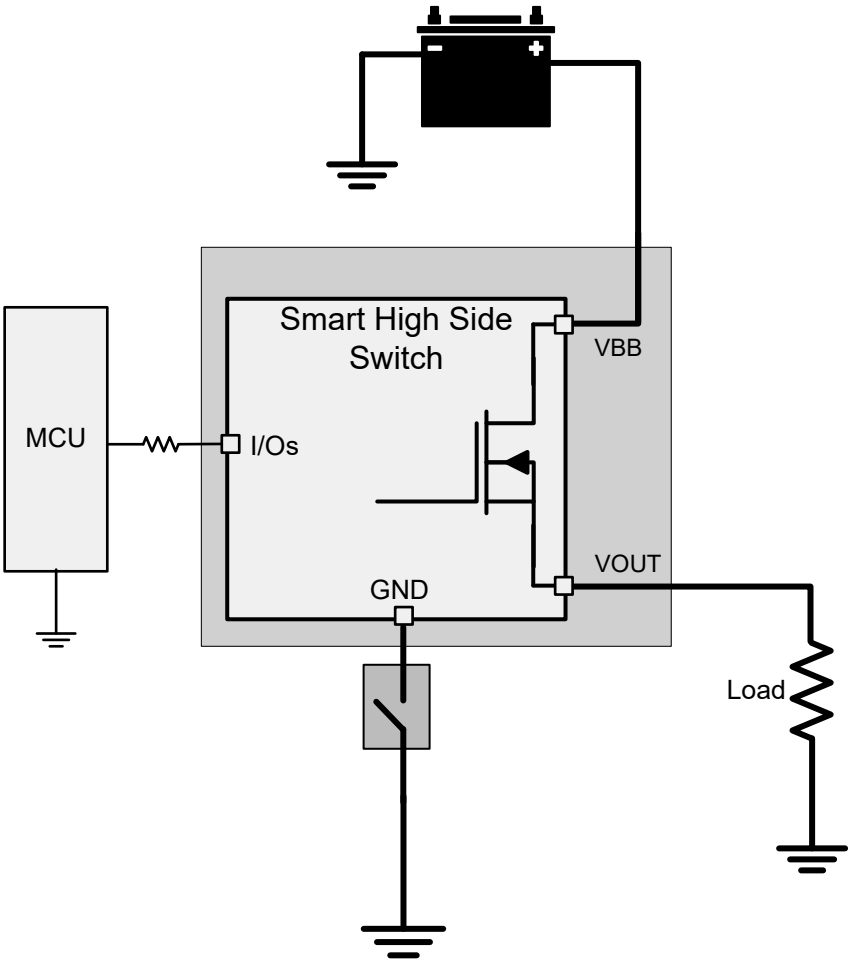


图 7-17. 器件接地失效

ADVANCE INFORMATION

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。

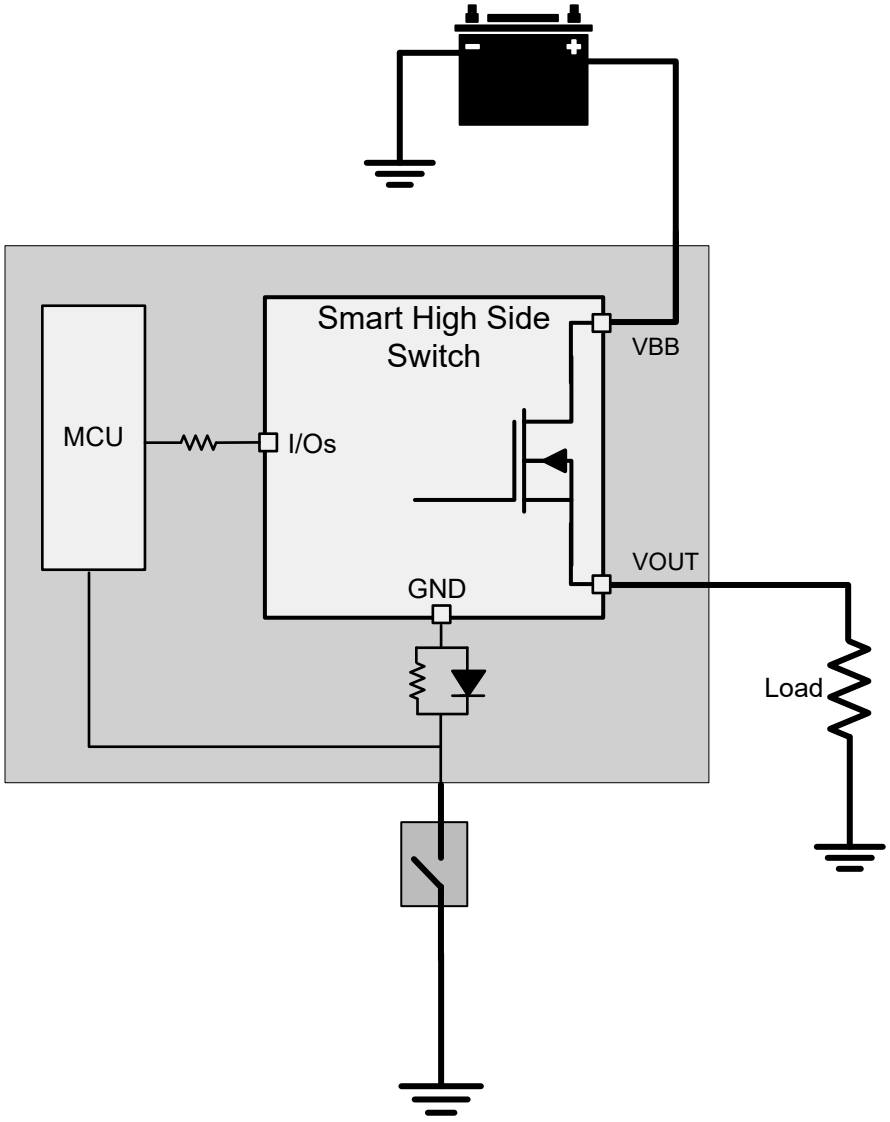


图 7-18. 模块接地失效

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.3.7.3 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。

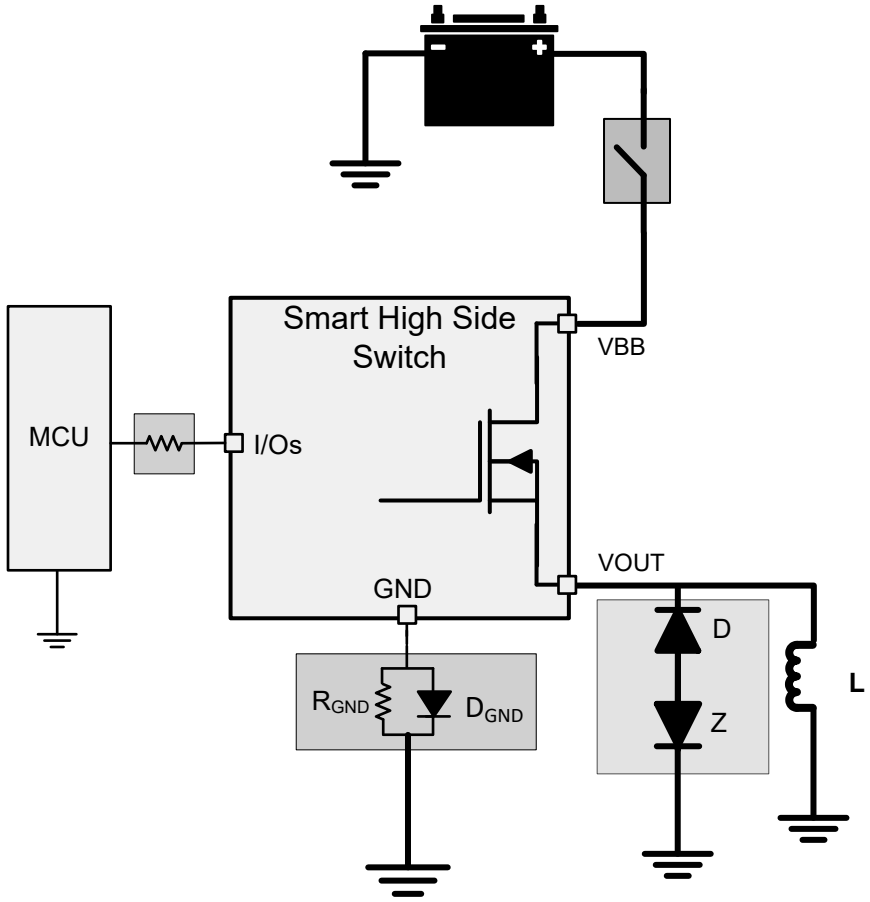


图 7-19. 电池丢失

7.3.7.4 VDD 损耗

在 VDD 电源输入损耗的情况下，器件将继续正常运行，而不会改变状态。VDD 电源损耗的唯一影响是：通过 VBB 引脚的静态电流消耗增加。

ADVANCE INFORMATION

7.3.7.5 反向电流保护

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

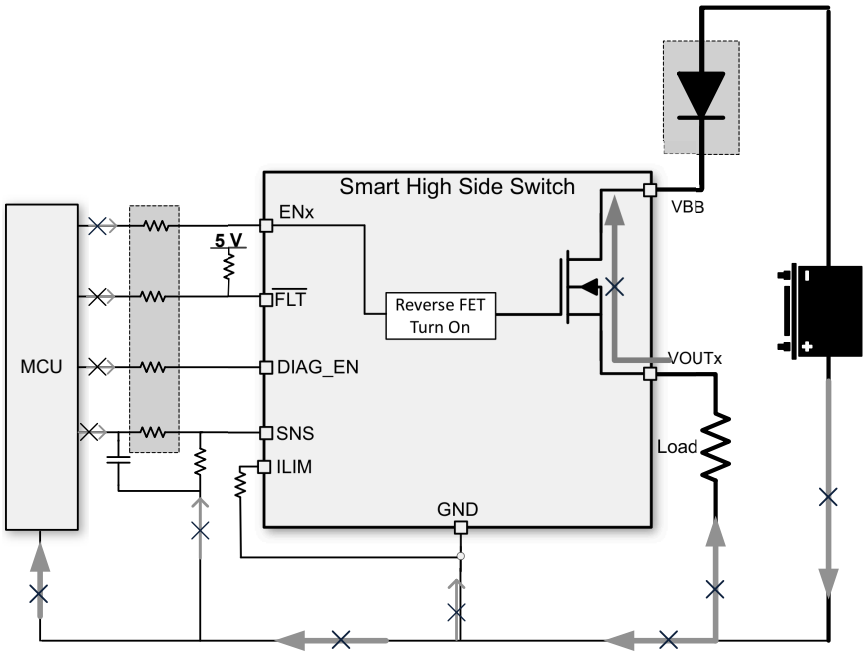


图 7-20. 采用阻断二极管实现反向保护

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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本身电阻的限制。请注意，当发生反极性时，通过功率 FET 的持续反向电流不得使产生的热量大于绝对最大结温。这可以使用 $R_{ON(REV)}$ 值和 $R_{\theta JA}$ 规格来计算。在电池反向的情况下，FET 开启以降低功率耗散，这一点非常重要。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，请确保以下连接正确才能正常运行：

- 将电流限制可编程电阻器连接到器件 GND。

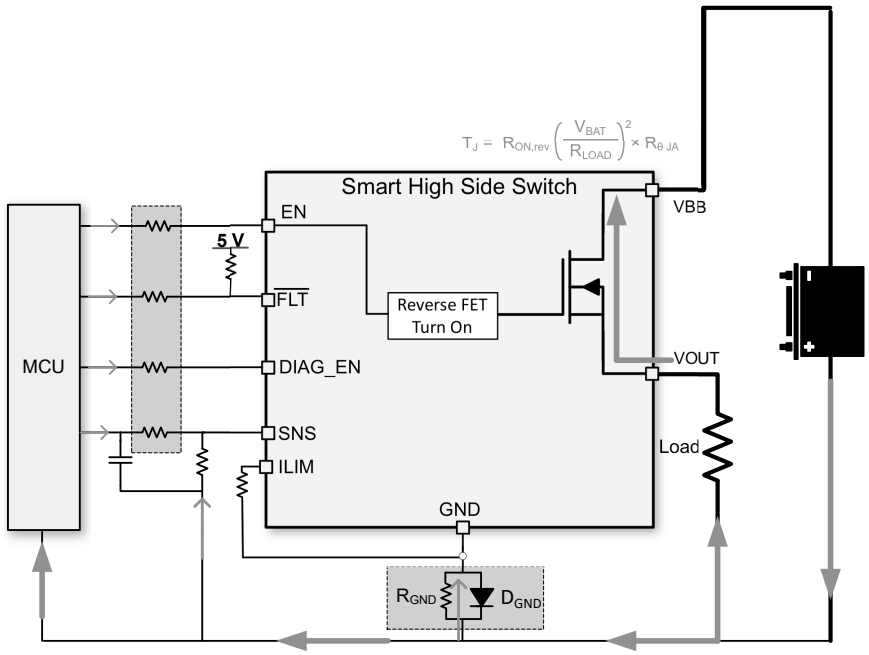


图 7-21. 通过接地网络实现反向保护

- **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 大于 100mA 的二极管并联的 1kΩ 电阻器。如果使用多个高侧开关，则可以在器件间共享电阻器和二极管。

  如果使用多个高侧电源开关，则可以在多个器件间共享电阻器。
- **接地电阻：**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（约 600mV）。此外，对于 ISO 7637 脉冲 1 测试，二极管的反向电压必须约等于 200V，这样它才不会偏置。

7.3.7.6 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 10kΩ。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

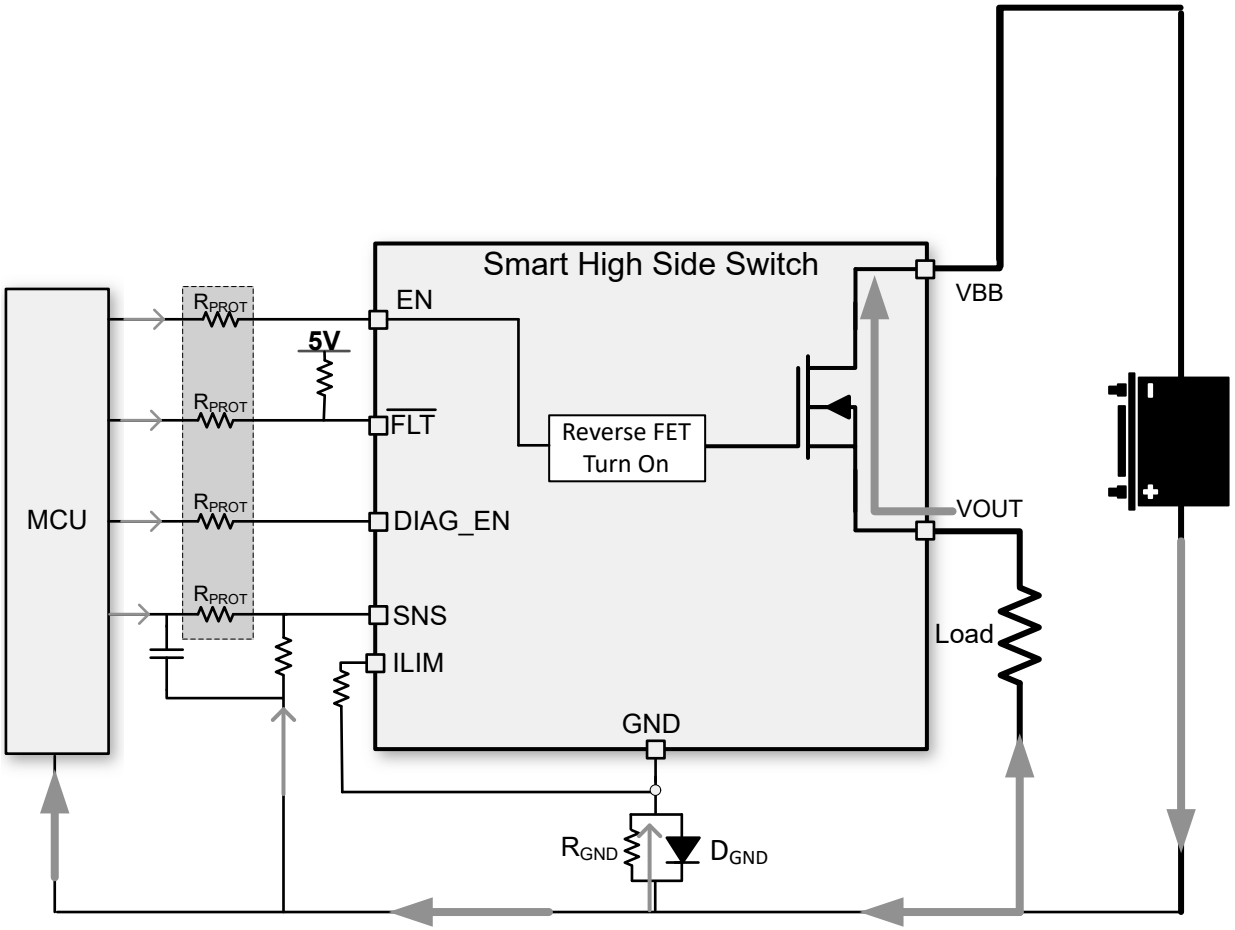


图 7-22. MCU I/O 保护

7.4 器件功能模式

7.4.1 操作模式

根据 ENx 引脚和 DIAG_EN 引脚，该器件可转换到多种状态。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

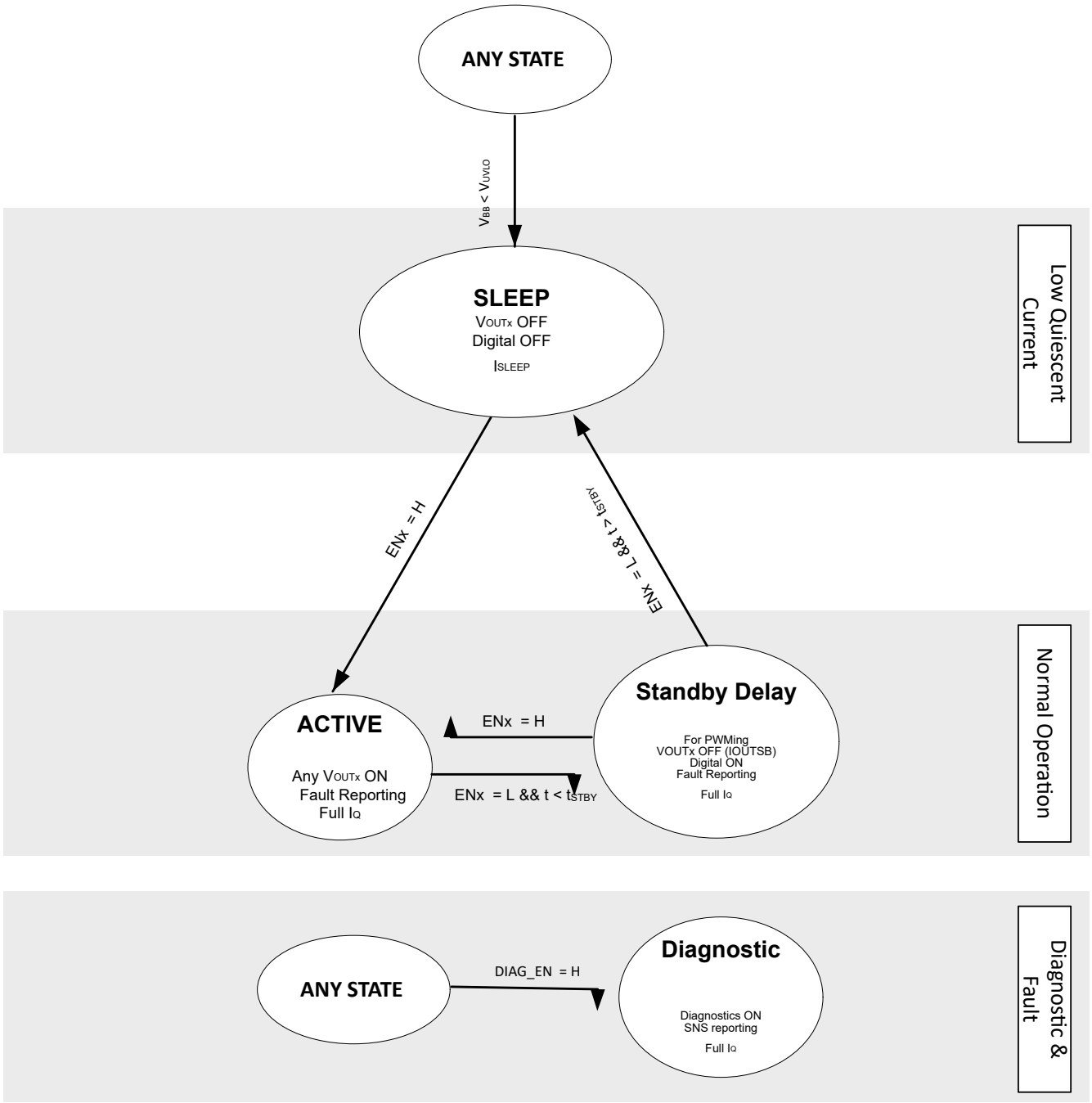


图 7-23. 状态图

SLEEP

在睡眠状态下，器件内部的所有部分都关断，且静态电流为 I_{SLEEP}。仅当 ENx 引脚或 DIAG_EN 引脚被拉至高电平时，器件才能退出睡眠状态。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。此外，如果器件处于上述任何一状态，且 VBB 降至 V_{BBUVLO} 以下，则器件会进入睡眠状态。

ADVANCE INFORMATION

诊断

诊断状态是指器件在 SNS 和 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚上输出诊断。当器件处于任何先前状态且 DIAG_EN 引脚变为高电平时，可能发生这种情况。关断状态诊断包括关断状态下的开路负载检测和电池短路检测。如果任何通道出现故障，$\overline{\text{FLT}}$ 引脚会置为有效，但 SNS 引脚仅针对与 SELx 引脚值相关联的通道输出故障。在诊断状态下，如果 DIAG_EN 引脚恢复低电平且任何通道处于导通状态，则器件可以切换到运行状态；如果所有通道均处于关断状态，则器件可以切换到待机延迟状态。

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 SELx 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，$\overline{\text{FLT}}$ 引脚报告是否有任何通道上发生故障。当 DIAG_EN 为高电平或低电平或发生故障时，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，则器件会进入待机延迟状态。但是，如果 ENx 引脚仍为高电平并发生故障，则器件会转换到故障状态。

故障

当 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，便会发生故障状态。这些故障事件包括：绝对热关断、相对热关断和电流限制。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。器件关断并等待 t_{RETRY} 时间，并冷却至低于 T_{HYS} 阈值后，之前开启的输出会尝试再次开启，并且器件会转换回运行状态或诊断状态。

待机延迟

待机延迟状态是当 ENx 引脚全部为低电平、输出全部关闭并且 DIAG_EN 引脚也为低电平，但持续时间尚未达到 t_{STBY} 时的状态。包含该状态是为了在不切断全部内部电源轨并进入睡眠模式的情况下，对通道输出进行 PWM 调节。一旦器件等待的时间达到 t_{STBY}，器件将完全关断并进入睡眠模式。然而，如果在 t_{STBY} 期间 ENx 变为高电平，则器件会切换至运行状态，而无需完全关断。同样，如果 DIAG_EN 变为高电平，器件将进入诊断模式。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

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

8.1 应用信息

TPS482H85-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。

8.2 典型应用

下图展示了外部电路连接的示例。

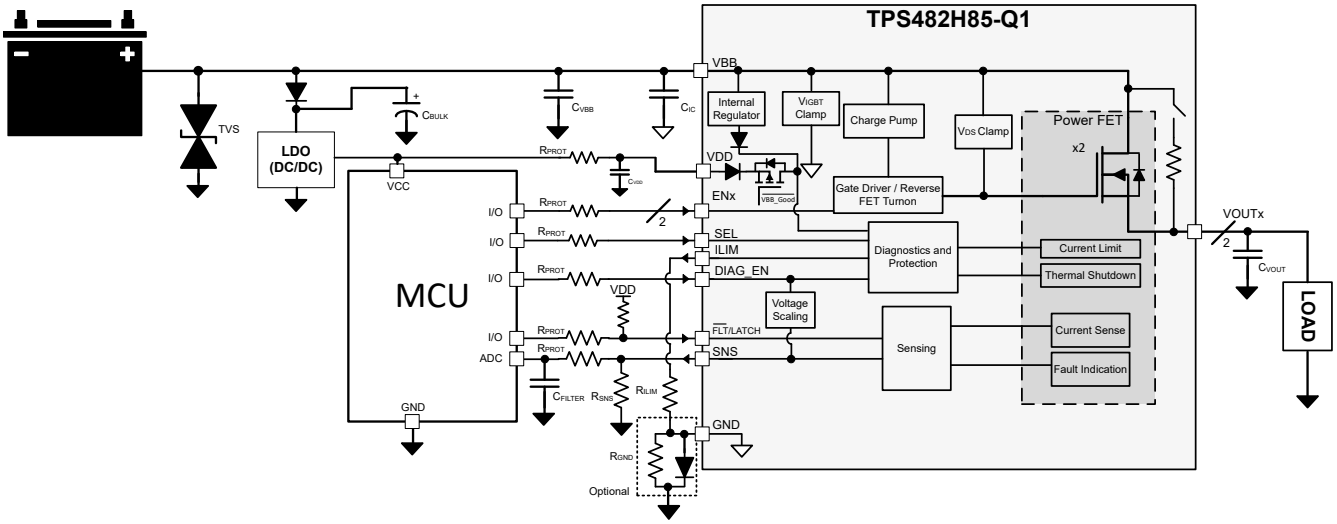


图 8-1. GPIO 版本的典型应用示意图

表 8-1. 建议的元件值

元件	说明	用途
TVS	SMBJ70CA	滤除电池产生的电压瞬态
C_{VBB}	5 µ F	稳定输入电源。防止器件在短路的情况下断电。
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
C_{VDD}	100nF	稳定 VDD 电源并限制电源偏移。需与外部或内部 VDD 电源搭配使用
R_{PROT}	10kΩ	微控制器和器件 I/O 引脚的保护电阻器
R_{LIM}	表 7-1 列出的离散值	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}	100pF	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}	5kΩ	用于开漏引脚（$\overline{FLT}$ 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}	MSX1PJ-M3/89A 二极管	在正常运行期间保持 GND 接近系统地

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

ADVANCE INFORMATION

8.2.1 设计要求

表 8-2. 示例设计要求

参数	值
V_{DIAG_EN}	5V
$I_{LOAD,max}$	1A
$I_{LOAD,min}$	10mA
$V_{ADC,min}$	5mV
V_{HR}	1V

8.2.2 详细设计过程

要使 1A 标称电流保持在 0V 到 4V 电流检测范围内，请使用方程式 1 计算 $R_{(SNS)}$ 电阻。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。

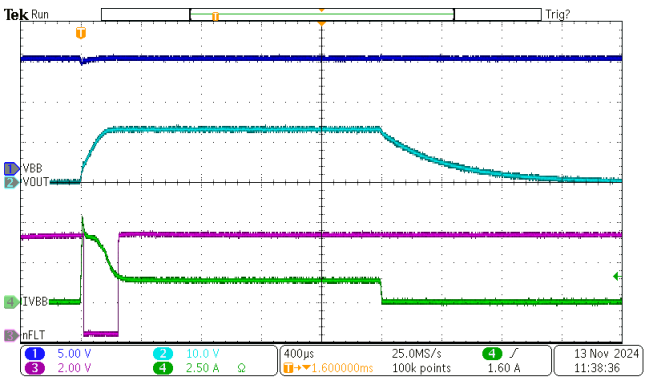
$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leqslant R_{SNS} \leqslant (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (7)$$

表 8-2 中列出的设计要求可得出 520Ω ⩽ R_{SNS} ⩽ 4160Ω，1kΩ R_{SNS} 可满足要求。

要设置可调电流限制值，请使用 表 7-1 中建议的 $R_{(ILIM)}$。在此应用中，为了给电流瞬态和纹波留出足够的裕度，45.3kΩ R_{ILIM} 电阻器可满足要求。

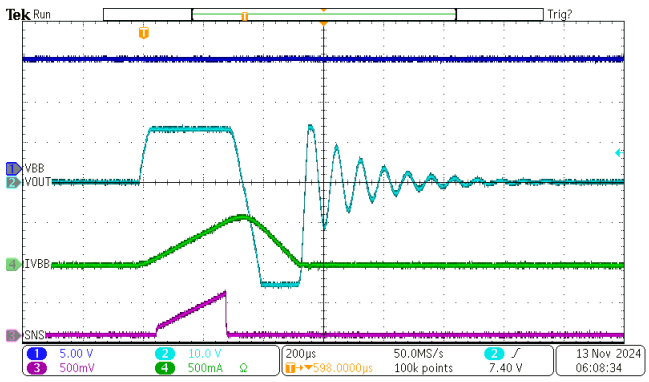
8.2.3 应用曲线

图 8-2 展示了驱动大容性负载时的软启动测试示例。图 8-3 展示了电感负载放电期间 VDS 钳位的接合情况。



V_{BB} = 13.5V
Z_{OUT} = 10Ω + 47µF
R_{SNS} = 1kΩ
T_{AMB} = 25°C
ILIM = 开路

图 8-2. 容性负载驱动



V_{BB} = 13.5V
Z_{OUT} = 5.5mH
R_{SNS} = 1kΩ
T_{AMB} = 25°C
ILIM = 开路

图 8-3. 电感负载放电

8.3 电源相关建议

该器件符合汽车和工业应用标准。正常的电源连接采用 24V/48V 汽车系统。

表 8-3. 电压工作范围

VBB 电压范围	注释
6V 至 58V	标称 24V/48V 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 8-3. 电压工作范围（续）

VBB 电压范围	注释
58V 至 70V（单向钳位版本）	48V 汽车电池的扩展上限电压运行。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。检查节 6.5 中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
58V 至 65V（双向钳位版本）	48V 汽车电池的扩展上限电压运行。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。检查节 6.5 中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
65V 至 80V（双向钳位版本）	此电压范围允许的持续时间最大值为 100 µs。.器件正常运行并允许脉冲通过而不会损坏，但不提供全面的短路保护。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

为了防止热关断，T_J 必须小于 150°C。HTSSOP 封装具有良好的热阻抗。然而，PCB 布局非常重要。良好的 PCB 设计可以优化热传递，这对于器件的长期可靠性至关重要。

- 尽可能地增大 PCB 上的覆铜，以提高电路板的导热性。从封装到环境的主要热流路径会通过 PCB 上的覆铜。当封装另一侧的 PCB 上没有连接任何散热器时，尽可能地增加覆铜面积极其重要。
- 在封装接地焊盘正下方添加尽可能多的散热过孔，以优化电路板的导热性。
- 所有散热过孔都应在电路板的两侧进行电镀闭合或者堵塞并加盖，以防止出现焊料空洞。为了确保可靠性和性能，焊接覆盖面积应至少为 85%。

8.4.2 布局示例

8.4.2.1 无接地网络

在不采用接地网络的情况下，将 GND 引脚直接连接到电路板上的 GND 覆铜区。在 VBB 引脚下放置热过孔，以获得更好的热性能。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

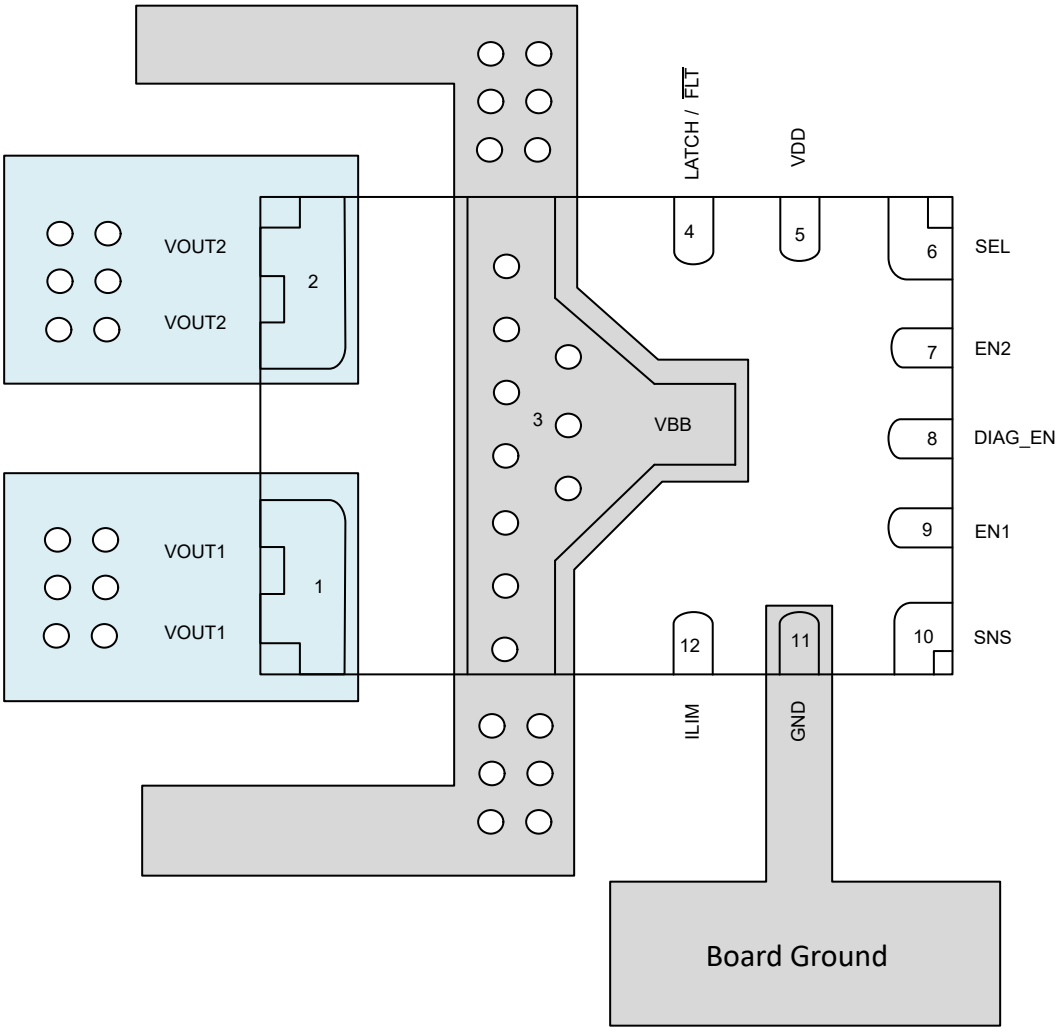


图 8-4. 无接地网络的布局示例

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.4.2.2 有接地网络

在接地网络中，通过接地网络连接 IC GND 和电路板 GND。在 VBB 引脚下放置热过孔，以获得更好的热性能。

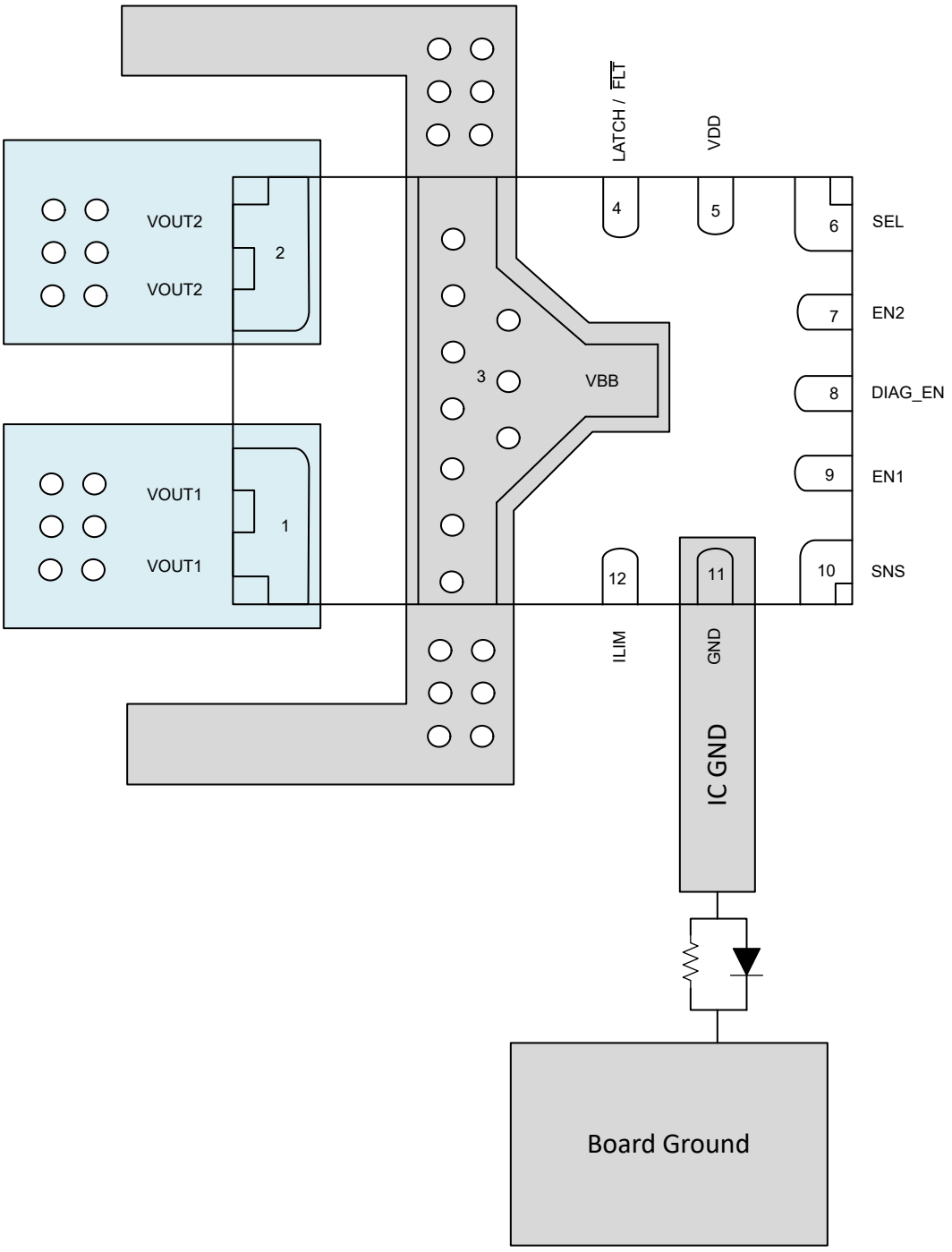


图 8-5. 有接地网络的布局示例

ADVANCE INFORMATION

9 器件和文档支持

9.1 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。

9.2 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。

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
March 2025	*	初始发行版

11 机械、封装和可订购信息

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

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 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)
PTPS482H85AQCHURQ1	Active	Preproduction	VQFN-HR (CHU) | 12	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	
PTPS482H85BQCHURQ1	Active	Preproduction	VQFN-HR (CHU) | 12	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	
PTPS482H85BQCHURQ1.A	Active	Preproduction	VQFN-HR (CHU) | 12	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出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