TPS4HC120-Q1 120mΩ、2A 四通道汽车级智能高侧开关

1 特性

- 具有丰富诊断功能的四通道 120mΩ 汽车级智能高侧开关
  - 开漏状态输出
  - 电流检测模拟输出
- 宽工作电压：3V 至 28V
- 低功耗模式 (LPM)，支持自动进入/退出
  - 所有 4 个通道开启时，$I_{Q,LPM}$ < 20μA/通道
- 超低睡眠电流：25°C 时小于 1μA
- 可选择电流限制：0.25A 至 4.85A
- 保护
  - 过载和短路保护
  - 具备自恢复功能的热关断和热振荡
  - 感性负载负电压钳位
  - 接地/电池失效、电池反接
- 诊断
  - 用于实现快速中断的故障报告
  - 过流和接地短路检测
  - 开路负载和电池短路检测
- 已通过汽车认证
  - 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
    - 温度：–40°C 至 125°C，T_A
  - 通过 ISO7637-2 和 ISO16750-2 电瞬变抗扰度认证
- 封装：28 引脚热增强型 HVSSOP
- 功能安全型
  - 可提供用于功能安全系统设计的文档

2 应用

- 车身控制模块
- ADAS 模块
- 汽车显示模块

3 说明

TPS4HC120-Q1 是一款汽车级四通道智能高侧开关，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} (120mΩ) 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，在启用全部四个通道时，电流高达 2A；在仅启用一个通道时，电流为 3A。

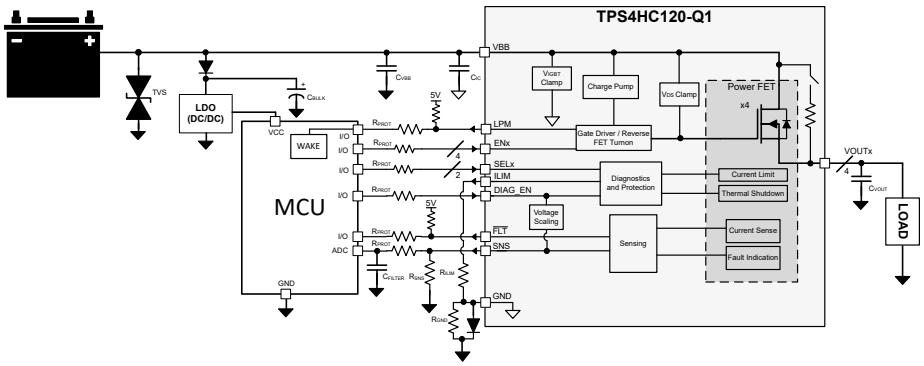
该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。这些功能可在发生故障（如短路）时提高系统的稳健性。TPS4HC120-Q1 采用可选电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。该器件可根据 ILIM 引脚上使用的外部电阻器提供 10 种电流限制设置（0.25A 至 4.85A）。该器件还可提供精确的负载电流检测，以提高负载诊断功能（如过载和开路负载检测），从而更好地进行预测性维护。

TPS4HC120-Q1 采用引脚间距为 0.5mm 的 28 引脚 7.1mm×4.9mm HVSSOP 引线式封装，从而更大限度地减小 PCB 尺寸。

封装信息

器件型号(1)	封装(2)	封装尺寸(3)
TPS4HC120-Q1	DGQ（HVSSOP，28）	7.1mm × 4.9mm

(1) 另请参阅节 4。
(2) 有关更多信息，请参阅节 11。
(3) 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

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.... 6
6.4 热性能信息....6
6.5 电气特性....6
6.6 时序特性，SNS....10
6.7 开关特性....11
6.8 典型特性....12
7 详细说明.... 16
7.1 概述....16
7.2 功能方框图....16
7.3 特性说明....17
7.4 器件功能模式.... 36
8 应用和实施....39
8.1 应用信息....39
8.2 典型应用....39
8.3 电源相关建议.... 41
8.4 布局....42
9 器件和文档支持.... 44
9.1 接收文档更新通知.... 44
9.2 支持资源....44
9.3 商标....44
9.4 静电放电警告.... 44
9.5 术语表.... 44
10 修订历史记录....44
11 机械、封装和可订购信息.... 45

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

器件型号	热故障后的行为
TPS4HC120A-Q1	在发生热故障后关闭故障通道。切换 EN 以重新启用特定通道。
TPS4HC120B-Q1	故障后自动重试。

5 引脚配置和功能

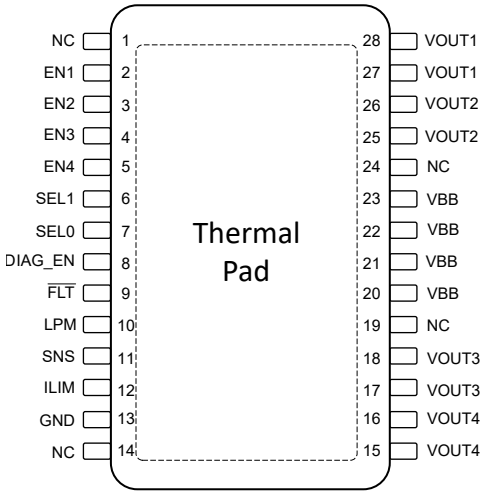


图 5-1. DGQ 封装，28 引脚 HVVSOP（俯视图）

表 5-1. 引脚功能

请参阅“应用”部分，获取推荐元件的完整列表

引脚		类型	说明
编号	名称		
1、14、19、24	NC	不适用	无内部连接。
2	EN1	输入	通道 1 激活的输入控制，内部下拉。
3	EN2	输入	通道 2 激活的输入控制，内部下拉。
4	EN3	输入	通道 3 激活的输入控制，内部下拉。
5	EN4	输入	通道 4 激活的输入控制，内部下拉。
6	SEL1	输入	SNS 通道选择高位；内部下拉。
7	SEL0	输入	SNS 通道选择低位；内部下拉。
8	DIAG_EN	输入	用于诊断的启用/禁用引脚，内部下拉。
9	$\overline{FLT}$	输出	开漏全局故障输出。以 $\overline{FAULT}$、$\overline{FLT}$ 或故障引脚为基准。推荐的 5kΩ 至 10kΩ 上拉电阻。
10	LPM	输出	开漏 LPM 状态引脚。f 如果器件处于 LPM 或睡眠状态，则由外部电源拉至高电平。当器件处于运行模式时，在内部拉至低电平。推荐的 5kΩ 至 10kΩ 上拉电阻。
11	SNS	输出	SNS 电流输出。
12	ILIM	输出	可调节电流限制。将电阻器连接到芯片 GND、将引脚短接至芯片 GND 或使引脚保持开路状态，以设置电流限值。
13	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。
15、16	VOUT4	电源	高侧开关通道 4 的输出，连接至负载。
17、18	VOUT3	电源	高侧开关通道 3 的输出，连接至负载。
20、21、22、23	VBB	电源	电源
25、26	VOUT2	电源	高侧开关通道 2 的输出，连接至负载。
27、28	VOUT1	电源	高侧开关通道 1 的输出，连接至负载。
散热焊盘	焊盘	电源	散热焊盘，内部接地短路。

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
V_{BB}	最大持续电源电压			28	V
V_{LD}	负载突降电压，ISO16750-2:2010(E)			35	V
V_{REV}	反极性电压，最长持续时间为 3 分钟，并采用应用电路		-18		V
I_{EN1}、I_{EN2}、I_{EN3}、I_{EN4}	使能引脚电流		-0.5	20	mA
V_{EN1}、V_{EN2}、V_{EN3}、V_{EN4}	使能引脚电压		-1.5	5.5	V
I_{DIA_EN}	诊断使能引脚电流		-0.5	20	mA
V_{DIA_EN}	诊断使能引脚电压		-1.5	5.5	V
I_{SNS}	检测引脚电流		-150	10	mA
V_{SNS}	检测引脚电压		-1.5	5.5	V
I_{SELx}	SELx 引脚电流		-0.5	20	mA
V_{SELx}	SELx 引脚电压		-1.5	5.5	V
I_{FLT}	$\overline{FLT}$ 引脚电流		-30	2.5	mA
V_{FLT}	$\overline{FLT}$ 引脚电压		-0.3	5.5	V
I_{LPM}	LPM 引脚电流		-30	2.5	mA
V_{LPM}	LPM 引脚电压		-0.3	5.5	V
I_{ILIM}	ILIM 引脚电流		-0.5	20	mA
V_{ILIM}	ILIM 引脚电压		-1.5	5.5	V
I_{GND}	反向接地电流，V_{BB} < 0V		-50		mA
E_{AS}	最大能量耗散、单脉冲	单脉冲，L_{OUT} = 5.5mH，$T_{J,start}$ = 125°C，VBB = 24V，I_{OUT} = 1.5A		17[(2)]	mJ
E_{AR}	最大能量耗散，重复脉冲	重复脉冲，L_{OUT} = 5.5mH，$T_{J,start}$ = 125°C，VBB = 24V，I_{OUT} = 1.5A，1M 周期		5.9[(2)]	mJ
T_J	最大结温			150	°C
T_{stg}	贮存温度		-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 [(2)]	除 VBB 和 VOUT 外的所有引脚	±2000	V
		人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002 [(2)]	VBB 和 VOUT	±4000	
		充电设备模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 标准	所有引脚	±750	

(1) 所有 ESD 冲击均以上述引脚到地 GND 引脚为基准。
(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)]数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEH、SEL、DIAG_EN

		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		28	V
V_{DIN}	所有数字输入引脚电压	-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 引脚为基准进行测量。
(2) 器件会在更广的工作电压范围工作，但某些参数值不适用。

6.4 热性能信息

热指标[(1)(2)]		TPS4HC120-Q1 DGQ (HVSSOP) 28 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	32.1	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	32.4	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	8.4	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.0	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	8.3	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	2.1	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。
(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 13.5V、1A、RILIM = 开路（除非另外注明）。数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG_EN。

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} 欠压锁定上升	以器件的 GND 引脚为基准测得	3.2	3.6	4.0	V
V_{UVLOF}	V_{BB} 欠压锁定下降	以器件的 GND 引脚为基准测得	2.5	2.75	3.0	V
V_{Clamp}	VDS 钳位电压	T_J = 25℃	35		43	V
			34		45	
$V_{OUT,Clamp}$	VOUT 钳位电压		-31		-23	V
I_Q	启用所有通道时的静态电流	V_{BB} ≤ 28V，V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 5V，I_{OUTx} = 0A		3.8	4.5	mA
$I_{Q,DIAG_DIS}$	启用通道时、禁用诊断时的静态电流	V_{BB} ≤ 28V V_{EN} = 5V V_{DIA_EN} = 0V，I_{OUTx} = 0A		3.8	4.2	mA
I_{SB}	待机模式下的电流消耗	V_{BB} ≤ 18V，I_{SNS} = 0mA V_{ENx} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，V_{OUT} = 0V		3.8	4.5	mA
t_{STBY}	进入睡眠模式之前保持待机模式的延迟时间	V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V　V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V		20		ms
t_{STBY}	进入睡眠模式之前保持待机模式的延迟时间	V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V	15	20	25	ms

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 13.5V、1A、RILIM = 开路（除非另外注明）。数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG_EN。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
I_{SLEEP}	睡眠电流（包括 MOSFET 通道在内的器件总漏电流）	V_{BB} ≤ 18V，V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C			0.5	μA
			T_J = 85°C			1.5	
			T_J = 150°C			2	
$I_{OUT(standby)}$	待机模式下每通道的输出漏电流	V_{BB} ≤ 18V，I_{SNS} = 0mA，V_{ENx} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C			6	μA
			T_J = 150°C			10	μA
$I_{OUT(sleep)}$	睡眠模式下每通道的输出漏电流	V_{BB} ≤ 18V，V_{ENx} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = 25°C		0.01	0.2	μA
			T_J = 85°C			0.5	
			T_J = 150°C			1	
IL_{NOM}	每个通道的持续负载电流	所有通道均启用	T_J = 85°C		2		A
		启用一个通道			3		
R_{ON} 特性							
R_{ON}	导通电阻	5V < V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT} = 1A	T_J = 25°C		120		mΩ
			T_J = 150°C			250	
		3V ≤ V_{BB} ≤ 5V，I_{OUT} =1A	T_J = 25°C			175	
			T_J = 150°C			280	
ΔR_{ON}	通道之间 R_{ON} 的差异百分比	5V < V_{BB} ≤ 28V，I_{OUT} = 1A	T_J = -40°C 至 +150°C		5		%
$R_{ON(REV)}$	反极性期间的导通电阻	–18V ≤ V_{BB} ≤ –6V	T_J = 25°C		120		mΩ
			T_J = 150°C			250	
V_F	体二极管正向导通电压	V_{EN} = 0V，I_{OUT} = –0.1A			0.8	1	V
电流检测特性							
K_{SNS}	电流检测比 I_{OUT} / I_{SNS}	I_{OUT} = 1A			1040		
I_{SNS}	电流检测电流和精度(2)	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 5V	I_{OUT} = 2A		1.916		mA
				-4		3	%
			I_{OUT} = 1.5A		1.436		mA
				-4		3	%
			I_{OUT} = 750mA		0.717		mA
				-4		4	%
			I_{OUT} = 300mA		0.287		mA
				-5		5	%
			I_{OUT} = 100mA		0.0953		mA
				-12		12	%
			I_{OUT} = 75mA		0.0716		mA
				-16		16	%
			I_{OUT} = 30mA		0.0287		mA
				-35		35	%
			I_{OUT} = 15mA		0.0143		mA
				-75		75	%
SNS 特性							

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 13.5V、1A、RILIM = 开路（除非另外注明）。数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG_EN。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{SNSFH}	V_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} = 5V，R_{SNS}= 1kΩ		4.5	4.85	5.2	V
		V_{DIAG_EN} = 3.3V，R_{SNS}= 1kΩ		3.2	3.55	3.9	
		V_{DIAG_EN} = 1.8V，R_{SNS}= 1kΩ		3.2	3.55	3.9	
I_{SNSFH}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$	V_{DIAG_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$	4.5		6.5	mA
I_{SNSFH}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$		4.5		6	mA
$I_{SNS_Leak_EN}$	SNS 引脚上的漏电流（检测启用）			-11	-0.5	11	μA
$I_{SNS_Leak_DIS}$	SNS 引脚上的漏电流（检测禁用）			-1	-0.01	1	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	以器件的 GND 引脚为基准测得	5			V
		V_{DIAG_EN} = 5V		6.5			
电流限制特性							
I_{CL}	I_{CL} 电流限制设置(3)	R_{ILIM} > 87kΩ（ILIM 开路）		3.9	4.85	5.6	A
		R_{ILIM} < 1.1kΩ（ILIM 接地短路）		1.9	2.2	2.4	
		RILIM = 2.37kΩ 至 2.61kΩ			1.9		
		RILIM = 4.64kΩ 至 5.11kΩ			1.65		
		RILIM = 9.31kΩ 至 10.5kΩ			1.45		
		R_{ILIM} = 15.8kΩ 至 17.3kΩ		1.1	1.25	1.35	
		R_{ILIM} = 22.1kΩ 至 24.3kΩ			1		
		R_{ILIM} = 29.5kΩ 至 32.4kΩ			0.75		
		R_{ILIM} = 41.2kΩ 至 45.9kΩ			0.5		
		R_{ILIM} = 54.9kΩ 至 60.4kΩ		0.19	0.25	0.32	
I_{CL_LINPK}	线性模式峰值(1)	T_J = –40°C 至 +150°C，dI/dt < 0.01A/ms	I_{ILIM} = 0.25A 至 2.2A	I_{CL}	1.12 x I_{CL}	1.4 × I_{CL}	A
I_{CL_LINPK}	线性模式峰值(1)	T_J = –40°C 至 +150°C，dI/dt < 0.01A/ms	I_{ILIM} = 0.25A 至 2.2A			1.4 × I_{CL}	A
I_{CL_ENPS}	峰值电流可导致永久短路(1)	T_J = -40°C 至 +150°C	负载 = 5μH +100mΩ	1.5 × I_{CL}	2 × I_{CL}	2.25 × I_{CL}	A
I_{CL_ENPS}	峰值电流可导致永久短路(1)	T_J = -40°C 至 +150°C	负载 = 5μH +100mΩ			2.25 × I_{CL}	A
I_{OVCR}	开关启用状态下施加短路时的 OVCR 峰值电流（FET 未处于饱和区）(1)	T_J = -40°C 至 +150°C	负载 = 5μH + 100mΩ，RILIM = 开路	8	11	16.5	A
I_{OVCR}	开关启用状态下施加短路时的 OVCR 峰值电流（FET 未处于饱和区）(1)	T_J = -40°C 至 +150°C	负载 = 5μH + 100mΩ，RILIM = 开路			16.5	A
t_{OVCR}	开关启用状态下施加短路时的 OVCR 响应时间(1)	T_J = -40°C 至 +150°C	负载 = 5μH +100mΩ	0.5	1	2	μs
故障特性							
R_{PU}	开路负载 (OL) 检测内部上拉电阻	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V		100	135	175	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} < $V_{OL,off}$ 时，持续时间长于 t_{OL}。检测到开路负载。			300	500	μs
$V_{OL,off}$	开路负载 (OL) 检测电压	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V		1		1.5	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 13.5V、1A、RILIM = 开路（除非另外注明）。数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG_EN。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
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} - $V_{OL,off}$			500	μs
t_{OL2}	从 DIA_EN 上升开始的 OL 和 STB 指示时间	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = V_{BB} - $V_{OL,off}$			600	μs
T_{ABS}	CHx 热关断阈值(1)		162	177	192	°C
T_{HYS}	CHx 热关断迟滞(1)				30	°C
T_{REL}	CHx 相对热关断			80		°C
t_{FAULT_FLT}	故障指示时间	V_{DIAG_EN} = 5V 出现故障和 $\overline{FLT}$ 置为有效之间的时间			60	μs
t_{FAULT_SNS}	故障指示时间	V_{DIAG_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
低功耗模式						
$I_{LPM,enter}$	进入 LPM 的负载电流电平	t > t_{STBY}	83	110	137	mA
$I_{LPM,exit}$	退出 LPM 的负载电流电平		130	165	200	mA
$R_{DSON,LPM}$	低功耗模式下的 R_{DSON}	50mA I_{LOAD}		130		mΩ
$I_{Q,LPM}$	LPM 模式下单通道启用时的静态电流(1)	I_{LOAD} = 0mA，T_J = –40°C 至 +150°C		33	60	μA
	LPM 模式下双通道启用时的静态电流(1)	I_{LOAD} = 0mA，T_J = –40°C 至 +150°C		40	65	μA
	LPM 模式下三通道启用时的静态电流(1)	I_{LOAD} = 0mA，T_J = –40°C 至 +150°C		45	70	μA
	LPM 模式下所有通道启用时的静态电流	I_{LOAD} = 0mA，T_J = –40°C 至 +150°C		55	80	μA
$I_{Q,LPM}$	LPM 模式下所有通道启用时每通道的静态电流	I_{LOAD} = 0mA，T_J = -40°C 至 +150°C		15	20	μA
t_{LPM}	LPM 转换指示时间(1)	处于 LPM 的器件在电流增加 和 LPM 置为有效之间的退出时间			50	μs
t_{WAKE}	从 LPM 恢复/退出的时间(1)	处于 LPM 的器件在唤醒中断（EN、DIAG_EN 引脚） 和 LPM 置位之间的转换时间			50	μs
$I_{PKLPM、SC}$	LPM 模式下的短路保护阈值，电流设置 ≤ 2.2A	LPM 模式下立即关断的峰值电流， T_J = –40°C 至 +150°C		1.6 × I_{LIM}		A
	LPM 模式下的短路保护阈值，R_{ILIM} = 开路	LPM 模式下立即关断的峰值电流， T_J = –40°C 至 +150°C		3.5		A
数字输入引脚特性						
$V_{IL, DIN}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, DIN}$	输入电压高电平	无接地网络	1.5			V
$V_{IHYS, DIN}$	输入电压迟滞		100			mV
R_{PD_DIN}	ENx、DIAG_EN 的内部下拉电阻		0.7	1	1.3	MΩ
	SEL0、SEL1 的内部下拉电阻		0.7	1	1.3	

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 13.5V、1A、RILIM = 开路（除非另外注明）。数字输入引脚为 EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG_EN。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{IH, DIN}$	SEL0、SEL1 的输入电流高电平	V_{DINx} = 5.5V			10	μA
	DIAG_EN 的输入电流高电平	V_{DIAG_EN} = 5.5V			15	
	ENx 的输入电流高电平	V_{ENx} = 5.5V			10	
$I_{IH, DIN}$	SEL0、SEL1 的输入电流高电平	V_{DINx} = 5.5V			10	μA
	DIAG_EN 的输入电流高电平	V_{DIAG_EN} = 5.5V			30	
	ENx 的输入电流高电平	V_{ENx} = 5.5V			30	
数字输出引脚特性						
V_{LPM}	LPM 低输出电压	I_{LPM} = 2mA			0.4	V
V_{FLT}	$\overline{FLT}$ 低输出电压	I_{FLT} = 2mA			0.4	V

(1) 由设计规定，未在生产测试中进行测试。
(2) 电流检测电流精度规格包含检测启用状态下 SNS 引脚漏电流所引入的误差。
(3) 有效 RILIM 电阻（含容差）必须处于规定的 RILIM 电阻范围内。

6.6 时序特性，SNS

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 DIAG_EN 的上升沿开始的稳定时间（V_{DIAG_EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%）(1)	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 10kΩ，I_L = 15mA			80	μs
		V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 15mA			80	μs
		V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 30mA			60	μs
		V_{ENx}= 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 1A			30	
$t_{SNSION2}$	从 EN 和 DIAG_EN 的上升沿开始的稳定时间（V_{DIAG_EN} 和 V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%）(1)	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V VBB = 13.5V，R_{SNS} = 10kΩ， R_{LOAD} = 1kΩ			150	μs
		V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V VBB = 13.5V，R_{SNS} = 1kΩ， R_{LOAD} = 1kΩ			150	μs
		V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V VBB = 13.5V R_{SNS} = 1kΩ， R_{LOAD} = 20Ω			150	μs
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的稳定时间（DIAG_EN 为 HI），V_{DIAG_EN} 和 V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%(1)	V_{EN} = 0V 至 5V，V_{DIAG_EN} = 5V， VBB = 13.5V，R_{SNS} = 1kΩ， R_{LOAD} = 20Ω			150	μs
$t_{SNSIOFF}$	从 DIAG_EN 的下降沿开始的稳定时间(1)	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V， VBB = 13.5V，R_{SNS} = 1kΩ， R_L = 20Ω			20	μs
$t_{SETTLEH}$	从负载阶跃的上升沿开始的趋稳时间(1)	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 10mA 至 1A			20	μs

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.6 时序特性，SNS（续）

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趋稳时间(1)	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 1A 至 10mA			20	μs
t_{SELx}	通道间的多重检测转换延迟(1)	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ， I_{OUT1} = 1A 至 I_{OUT2} = 0.5A			50	μs

(1) 由设计规定，未在生产测试中进行测试。

6.7 开关特性

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

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{DR}	通道导通延迟时间（从运行状态）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 1kΩ（EN 的 50% 至 VOUT 的 10%）		30	55	μs
	通道导通延迟时间（从睡眠或 LPM 状态）			40	60	
t_{DF}	通道关断延迟时间（从运行状态）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω（EN 的 50% 至 VOUT 的 90%）		30	55	μs
	通道关断延迟时间（从 LPM 状态）			30	85	
SR_R	VOUT 上升转换率	V_{BB} = 13.5V，（V_{OUT} 的 20% 至 80%），R_L = 10Ω	0.1	0.3	0.55	V/μs
SR_F	VOUT 下降压摆率	V_{BB} = 13.5V，（V_{OUT} 的 80% 至 20%），R_L = 10Ω	0.1	0.3	0.5	V/μs
t_{ON}	通道导通时间（待机延迟到运行）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω（EN 的 50% 至 VOUT 的 80%）	30	50	100	μs
t_{OFF}	通道关断时间（运行至待机延迟）	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω（EN 的 50% 至 VOUT 的 20%）	30	70	145	μs
t_{ON} - t_{OFF}	导通和关断匹配(1)	1ms 使能脉冲，V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-40		40	μs
		200μs 使能脉冲，V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-40		40	
Δ_{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流(1)	200μs 使能脉冲（1ms 周期），V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-25		25	%
		PWM ≤ 500Hz，50% 占空比，V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω	-12		12	
E_{ON}	导通期间的开关能量损耗	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω		0.2		mJ
E_{OFF}	关断期间的开关能量损耗	V_{BB} = 13.5V，R_L = 10Ω		0.2		mJ

(1) 由设计规定，未在生产测试中进行测试。

6.8 典型特性

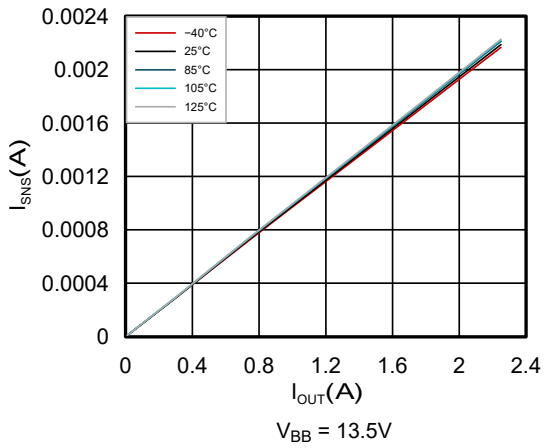


图 6-1. 不同温度条件下 I_{SNS} 与 I_{OUT} 间的关系

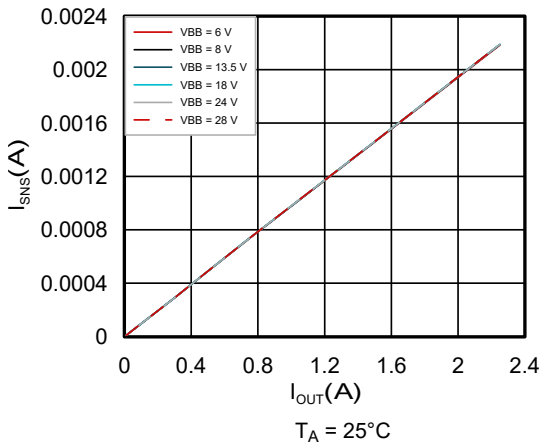


图 6-2. V_{BB} 电压范围内 I_{SNS} 与 I_{OUT} 间的关系

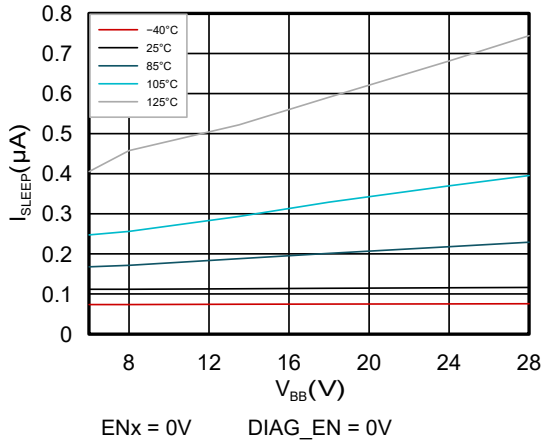


图 6-3. 不同温度条件下 I_{SLEEP} 与 V_{BB} 间的关系

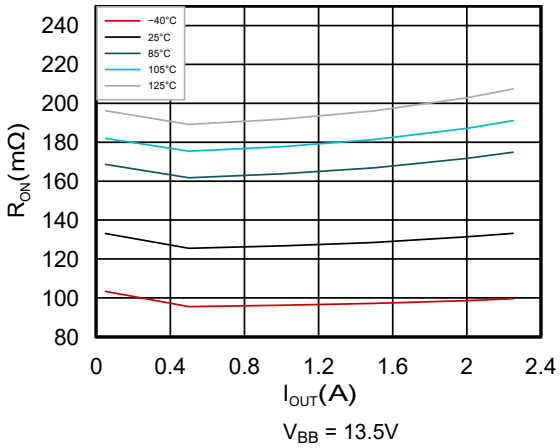


图 6-4. 不同温度条件下 R_{ON} 与 I_{OUT} 间的关系

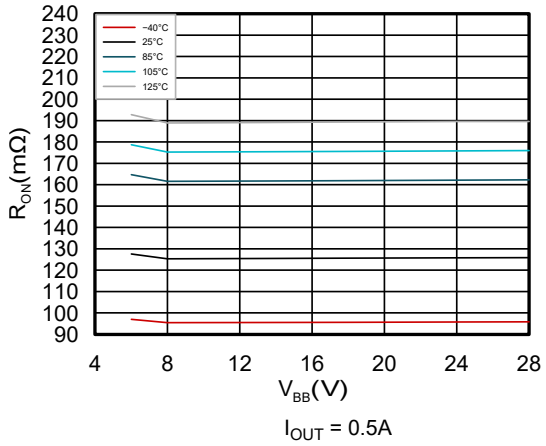


图 6-5. 不同温度条件下 R_{ON} 与 V_{BB} 间的关系

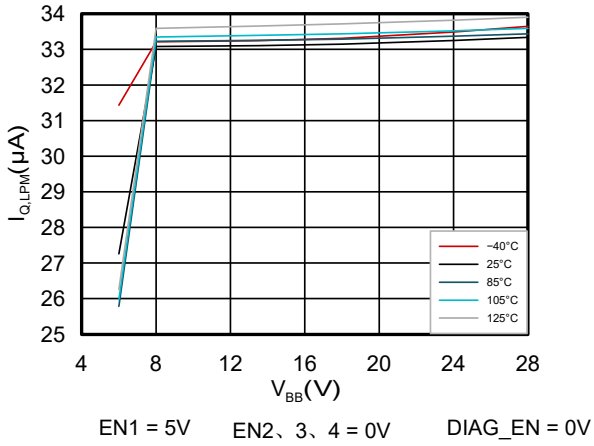
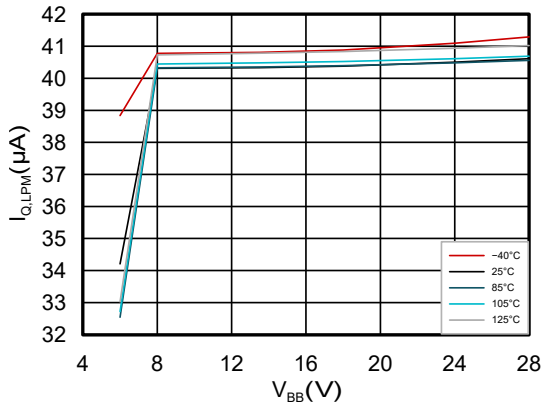


图 6-6. 启用 1 个通道时，不同温度条件下 $I_{Q,LPM}$ 与 V_{BB} 间的关系

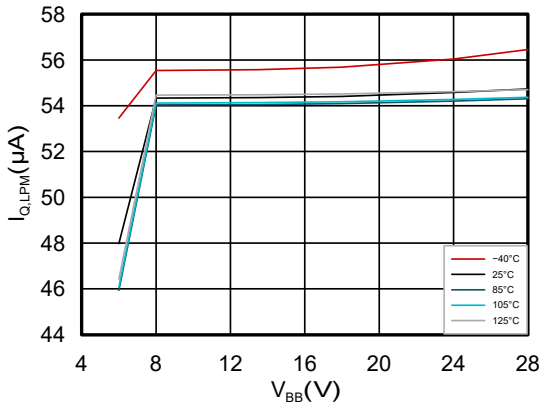
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性 (续)



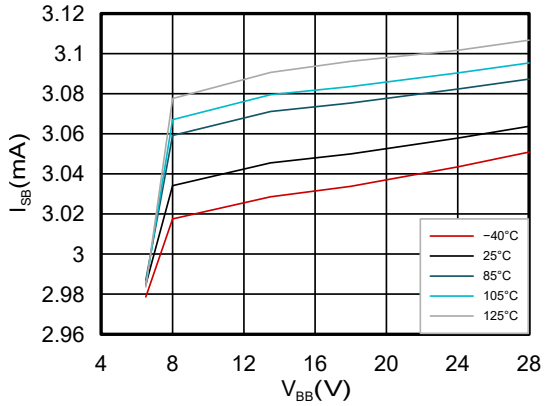
EN1、2 = 5V　　EN3、4 = 0V　　DIAG_EN = 0V

图 6-7. 启用 2 个通道时，不同温度条件下 $I_{Q,LPM}$ 与 V_{BB} 间的关系



EN1、2、3、4 = 5V　　DIAG_EN = 0V

图 6-8. 启用 4 个通道时，不同温度条件下 $I_{Q,LPM}$ 与 V_{BB} 间的关系



DIAG_EN = 5V　　EN1 = 5V　　EN2、3、4 = 0V

空载条件

图 6-9. 不同温度条件下 I_{SB} 与 V_{BB} 间的关系

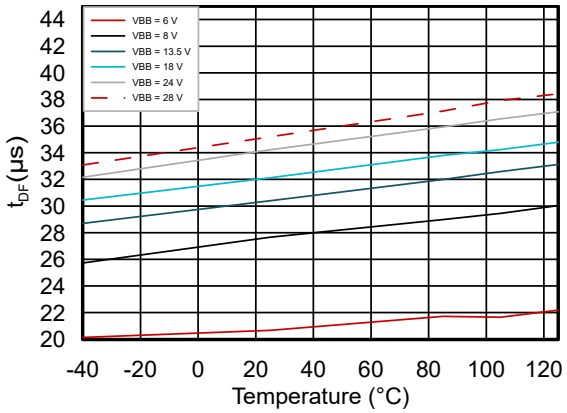


图 6-10. 在 V_{BB} 电压范围内 T_{DF} 与温度间的关系

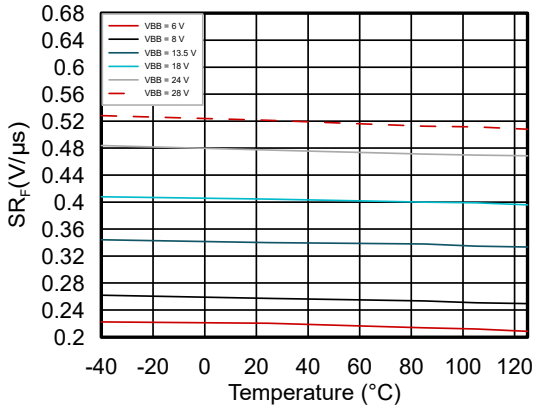


图 6-11. 在 V_{BB} 电压范围内 SR_F 与温度间的关系

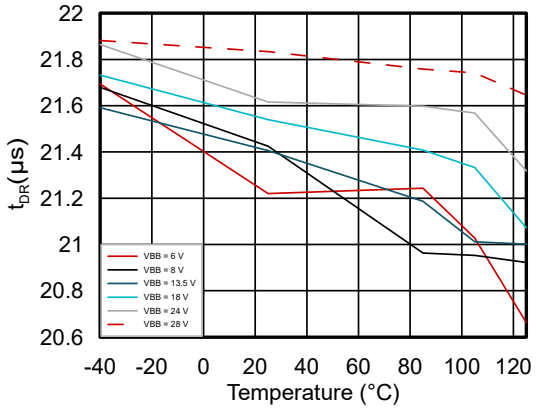


图 6-12. 在 V_{BB} 电压范围内 T_{DR} 与温度间的关系

6.8 典型特性 (续)

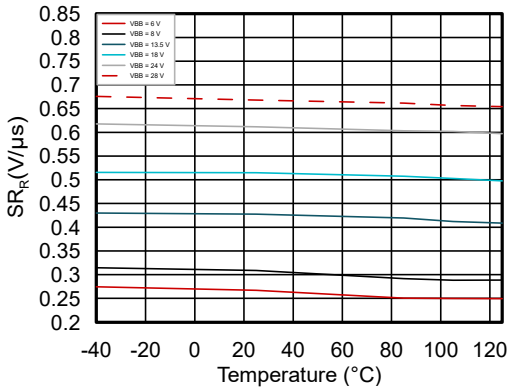
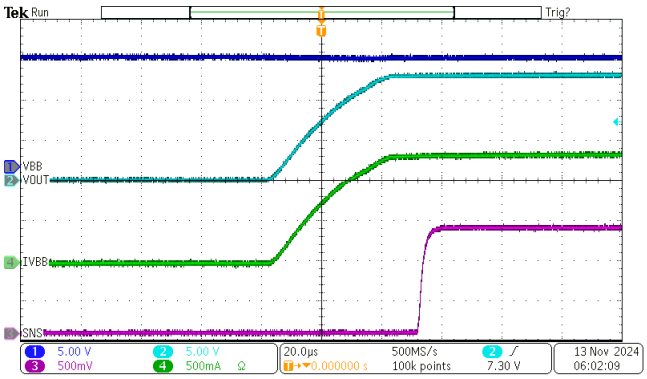
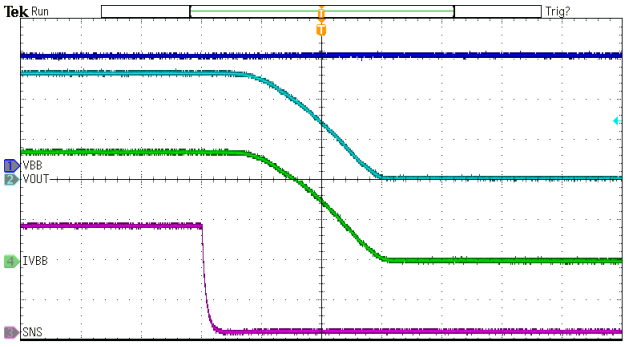


图 6-13. 在 V_{BB} 电压范围内 SR_R 与温度间的关系



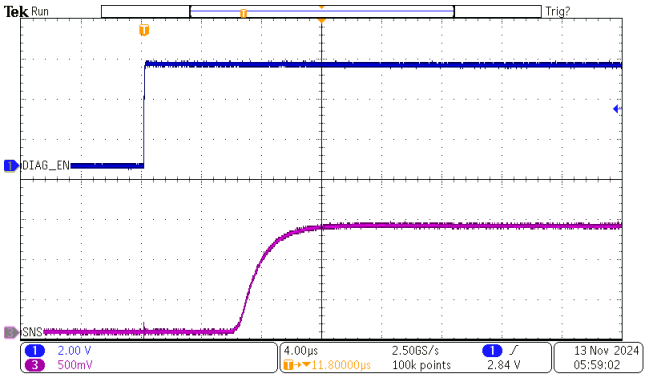
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　ILIM = 开路
R_{OUT} = 10Ω　T_A = 25°C

图 6-14. 开关导通



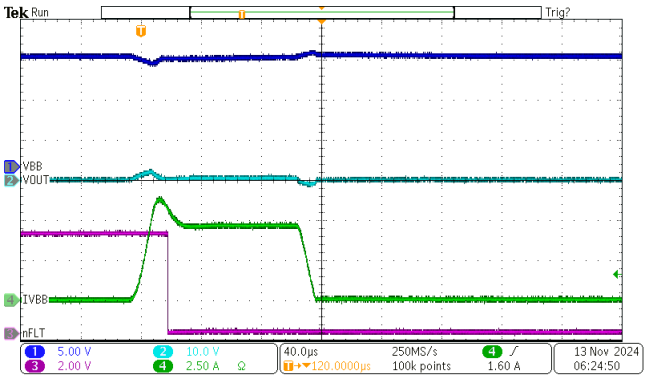
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　ILIM = 开路
R_{OUT} = 10Ω　T_A = 25°C

图 6-15. 开关关断



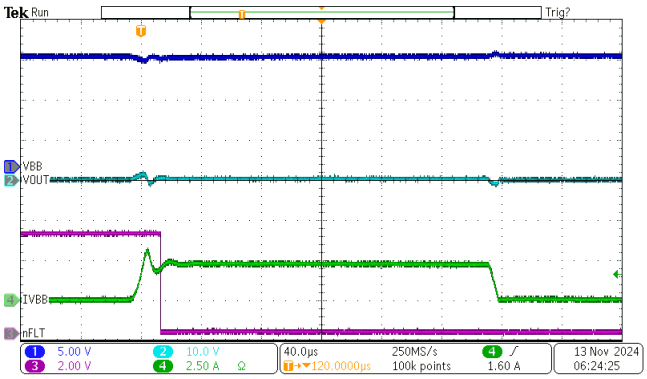
V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　ILIM = 开路
R_{OUT} = 10Ω　T_A = 25°C

图 6-16. DIAG_EN 导通时的 SNS 引脚电压



V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　ILIM = 开路
Z_{OUT} = 100mΩ + 5µH　T_{AMB} = 25°C

图 6-17. ILIM 开路时的永久短路行为



V_{BB} = 13.5V　R_{SNS} = 1kΩ　ILIM = 接地短路
Z_{OUT} = 100mΩ + 5µH　T_A = 25°C

图 6-18. ILIM 接地短路时的永久短路行为

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性 (续)

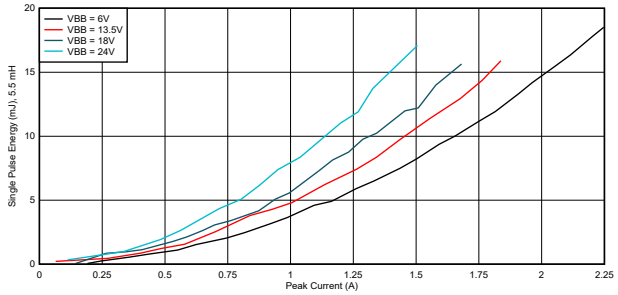


图 6-19. 单脉冲电感能量，L = 5.5mH，T_J = 125°C，VBB = 24V，I_{OUT} = 1.5A

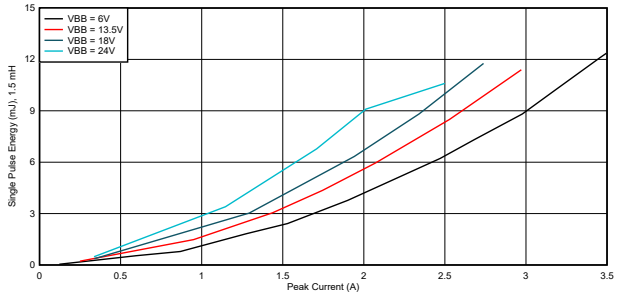


图 6-20. 单脉冲电感能量，L = 1.5mH，T_J = 125°C，VBB = 24V，I_{OUT} = 1.5A

7 详细说明

7.1 概述

TPS4HC120-Q1 器件是一款具有内部电荷泵和四通道集成式 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 SEL 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 FLT 引脚，用作 MCU 中断。数字输入引脚与内部时钟同步，因此由于外部输入信号的异步性，可能会表现出几微秒的抖动。

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，帮助用户节省系统成本。

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，以获得保护。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。

当所有通道上的电流消耗都较小，同时满足 节 7.3.2.1 中描述的其他要求时，器件会自动进入低功耗模式。该模式具有超低的静态电流消耗，适合车辆熄火时处于活动状态的负载，以节省电池电量。有一个专用的 LPM 引脚可指示器件的模式，并可以用作中断信号来唤醒 MCU。

TPS4HC120-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。

7.2 功能方框图

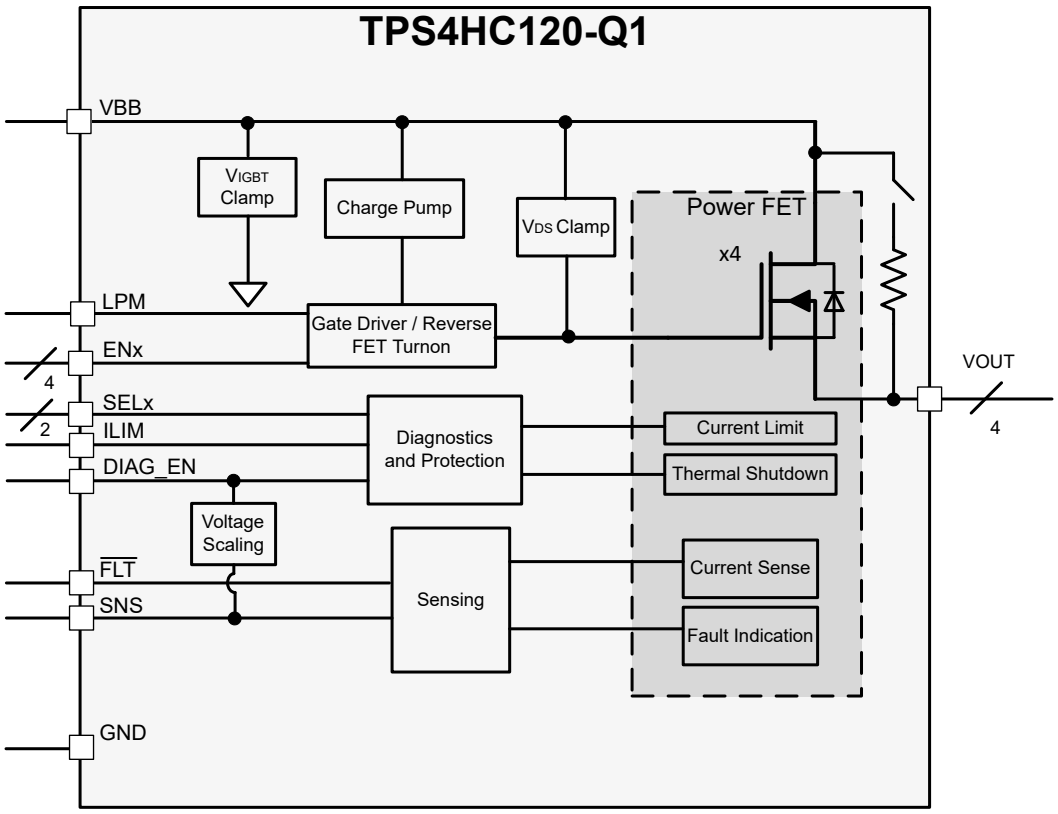


图 7-1. 功能方框图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

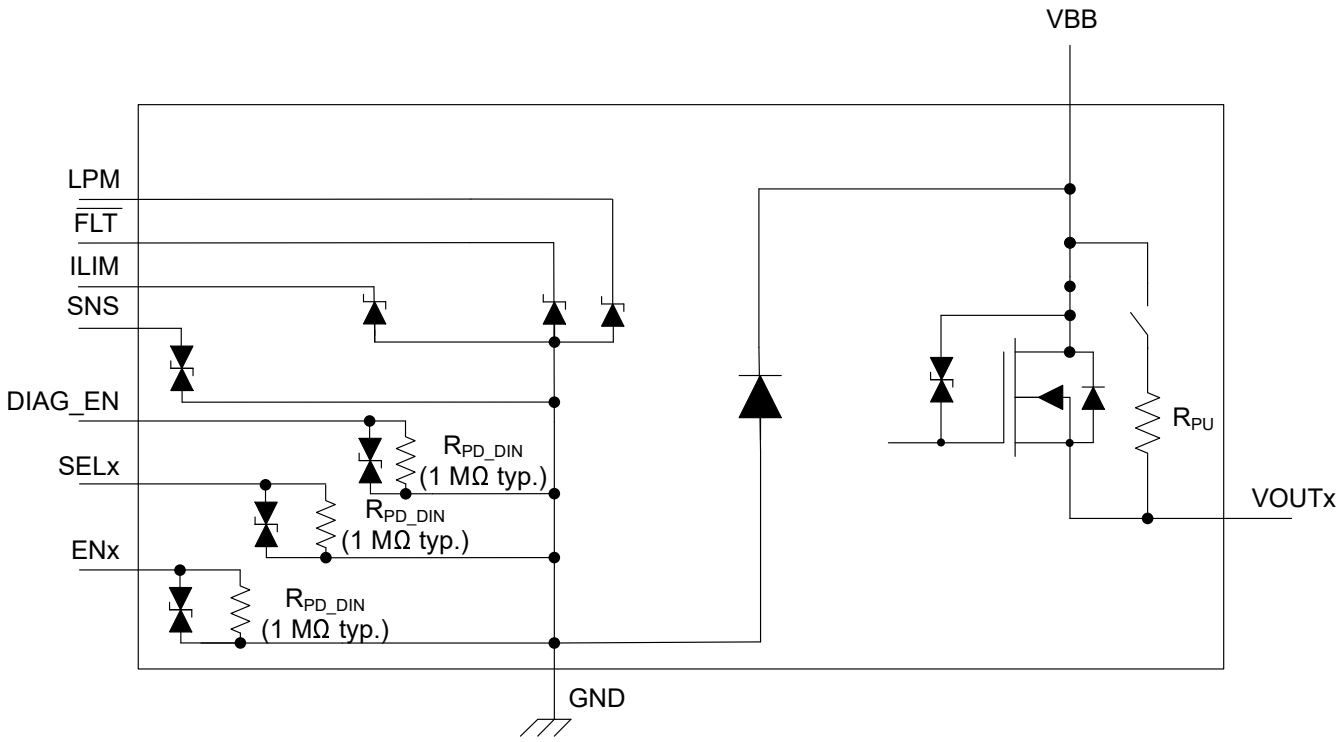


图 7-2. 内部二极管图

7.3 特性说明

7.3.1 引脚电流和电压约定

本数据手册中，作为参考，图 7-3 中的箭头标示了各引脚上的电流方向。所有电压均以接地平面为基准进行测量。

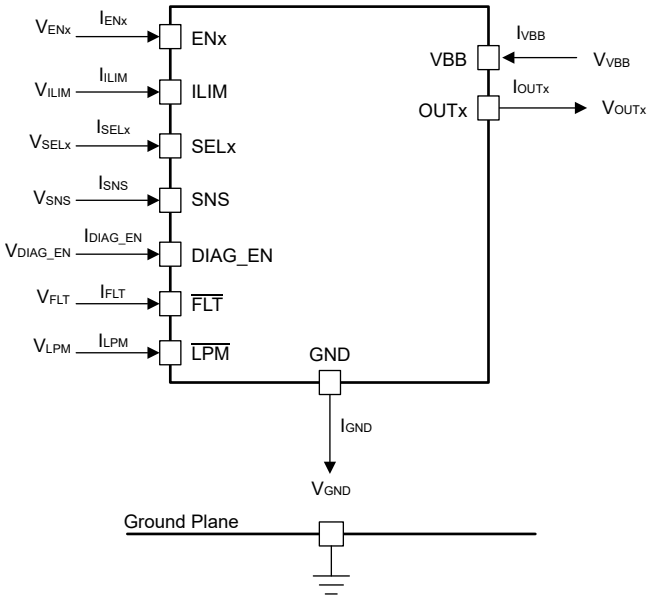


图 7-3. 电压和电流约定

7.3.2 低功耗模式

低功耗模式 (LPM) 能够在不消耗过多静态电流的情况下仍为负载提供少量电流。这类特性在随时供电的负载中很有用，或通常用于减少电源的功率耗散。该模式下的静态电流消耗在节 6.5 中的 $I_{Q,LPM}$ 下进行定义。TPS4HC120-Q1 可以通过检测所有处于运行状态的通道上的负载电流是否低于 $I_{LPM,enter}$，来自动进入和退出该模式，并在负载电流增加到高于 $I_{LPM,exit}$ 时退出该模式。本节介绍了此模式下的进入、退出和保护机制。

7.3.2.1 进入 LPM

当流经通道的负载电流低于所有处于运行状态的通道上的 $I_{LPM,enter}$ 阈值，且诊断功能关闭（DIAG_EN 为低电平）的时间超过 t_{STBY} 时，器件自动进入 LPM。这意味着关闭数字内核并降低电荷泵强度，以将静态电流降至 $I_{Q,LPM}$。

需要满足以下所有要求，器件才会自动进入 LPM：

- T_J < 125°C
- V_{BB} ⩾ 6V
- DIAG_EN 为低电平
- 至少一个通道处于导通状态
- 所有导通通道的负载电流都小于每通道 $I_{LPM,enter}$
- 无 EN 引脚切换
- 以上所有条件均成立的持续时间超过 t_{STBY}

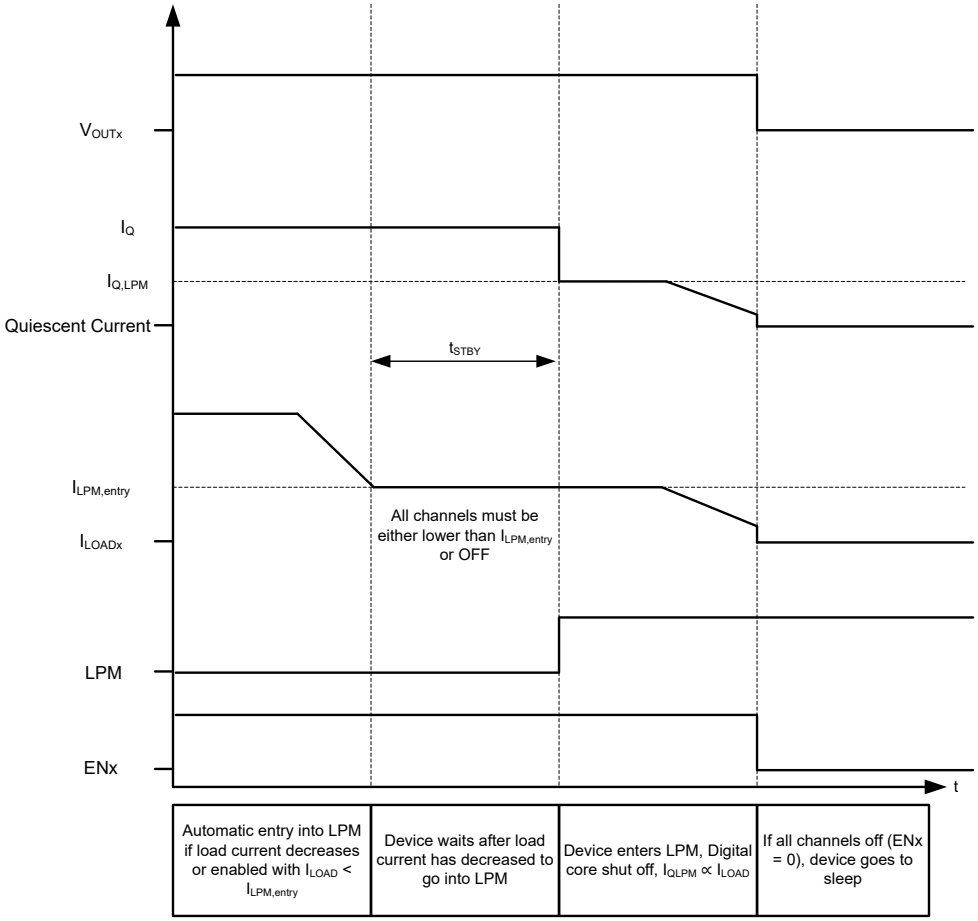


图 7-4. 进入 LPM

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.2.2 在 LPM 期间

LPM 期间器件的静态电流 $I_{Q、LPM}$ 是处于活动状态通道数目的函数。$I_{Q、LPM}$ 与负载电流成正比，这意味着在此期间负载电流越低，静态电流就越低。此外，由于数字内核已禁用，因此电流检测或开路负载检测之类诊断在该模式下不可用。如果需要诊断，启用 DIAG_EN 引脚退出 LPM 并使器件恢复正常运行。DIAG_EN 被禁用后，器件将在 t_{STBY} 之后恢复到 LPM。同样，电流限制机制也不会以相同的方式激活。根据定义，最小电流限值高于 LPM 的入口点。不过，短路保护功能仍可为器件提供保护。

以下是列出 LPM 期间器件行为的摘要：

- 每通道的 I_q 降至 $I_{Q,LPM}$
- 每通道的 $R_{DS,ON}$ 增加到 $R_{DSON,LPM}$
- 过载情况下没有钳位电流限制，因为器件将首先退出 LPM
- 如果负载电流在 LPM 期间增加到 $I_{PKLPM,exit}$，则短路保护功能可关断器件
- 无热关断保护

7.3.2.3 退出 LPM

如果满足以下四个条件中的任何一个，器件将退出 LPM：

- 负载电流缓慢增加：如果负载电流缓慢增加至超过 $I_{LPM,exit}$，器件将唤醒并将 LPM 引脚拉至低电平，以指示器件不再处于低功耗模式。输出电压下降幅度很小。

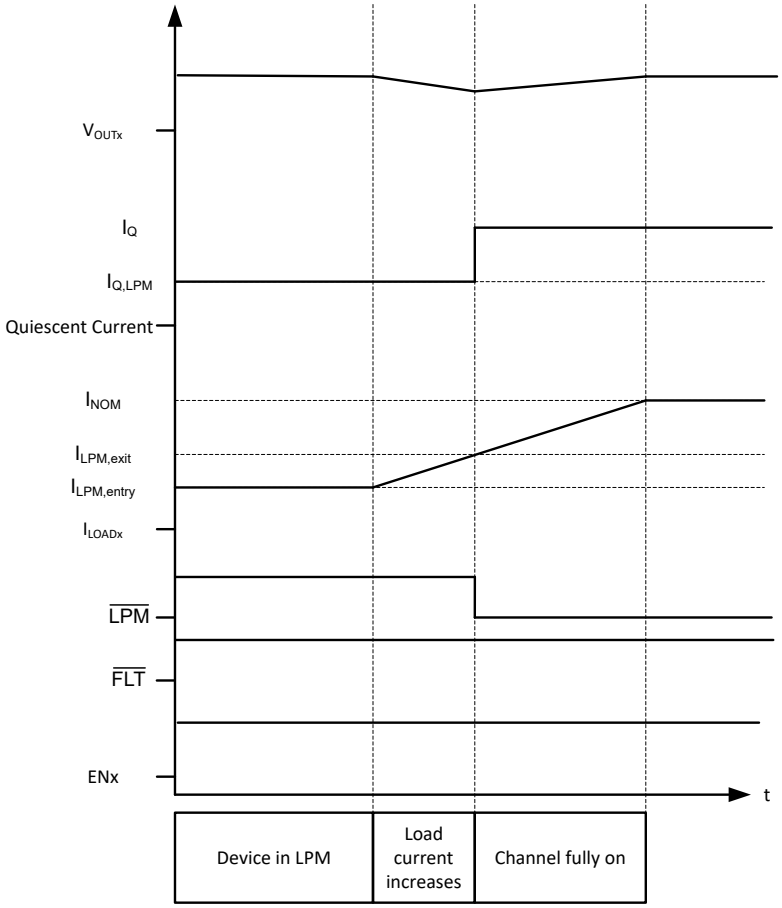


图 7-5. 负载电流缓慢增加时退出 LPM

- 负载电流快速增加（短路）：如果负载电流快速增加到超过 $I_{LPM,exit}$，器件会关断以获得保护，并在 t_{WAKE} 时间内恢复具有完整功能的正常运行。当器件重新导通时，LPM 引脚被拉至低电平，表示器件已退出 LPM。如果故障仍然存在，$\overline{FLT}$ 引脚也会被拉至低电平。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

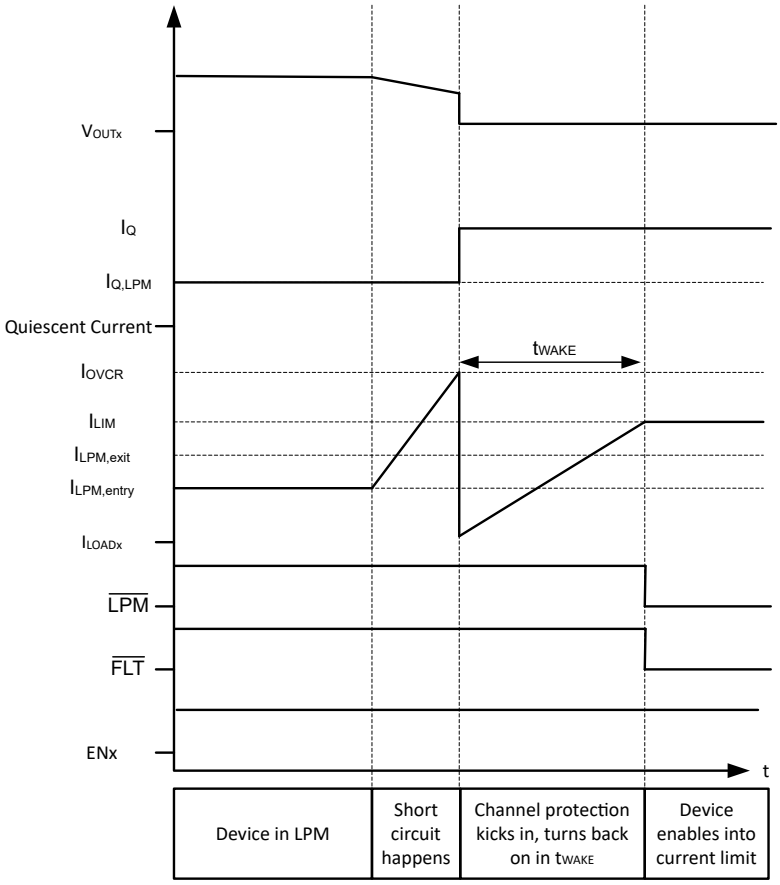


图 7-6. 负载电流快速增加（短路）时退出 LPM

- 任何 ENx 被切换（从 ON 到 OFF 或者从 OFF 到 ON）：如果有任何通道在 LPM 期间导通或关断，则器件会唤醒并执行所需操作。在器件唤醒后，如果仍然满足 LPM 进入条件，器件将在 t_{STBY} 之后再次进入 LPM。
- DIAG_EN 导通：如果 DIAG_EN 变为高电平，器件会进入诊断模式，该模式会完全导通器件，以便所有功能在诊断状态下都按预期工作。如果 DIAG_EN 恢复为低电平，且满足所有 LPM 进入条件，则在 t_{STBY} 之后，该器件将再次进入 LPM。

只要器件从 LPM 退出并进入运行状态，LPM 引脚就会被拉至低电平。如果系统必须在器件退出 LPM 时唤醒，则能够使用 LPM 引脚向 MCU 发送唤醒信号。否则，请忽略 LPM 引脚。

7.3.3 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。该电压成为 DIAG_EN 电压的函数，以确认其不高于系统可容许的电压。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，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。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。选择可接受的最小 R_{SNS} 值，从而让 V_{SNS} 电压低于 V_{SNSFH} 值，以便系统可以正确地确定故障。

当 DIAG_EN 处于低电平时，、SNS 引脚上的钳位也会启用。因此、如果应用将多个器件的 SNS 引脚连接在一起，、则可以使用外部多路复用器来读取单个 SNS 引脚电压。多路复用器可以由各个器件的 DIAG_EN 信号控制。

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，以确认 SNS 引脚电压不超过可接受的最大 ADC 电压。例如，如果微控制器以 3.3V 电压运行并且使用了 GND 网络，则器件看到的有效 DIAG_EN 电压会因 GND 网络引起的失调电压而降低，通常约为 0.7V。因此，SNS 引脚钳位在约 3.3V 加上 GND 偏移电压处。在这种情况下，可以使用外部钳位二极管来限制 SNS 引脚电压。

通过 SNS 引脚的最大可读电流 $I_{LOAD,max} \times R_{SNS} / K_{SNS}$ 与 V_{SNSFH} 之间的差值称为余量电压 V_{HR}。.余量电压由系统、电源电压以及是否使用接地网络决定。使用 GND 网络时，V_{HR} 引起的电流检测输出电压限制从 VBB 大约 2.6V + V_{SNS} 开始。在故障电平情况下，电压降较小（约 1.5V），因为发生故障时，内部 SENSE FET 被旁路，从而降低了对余量的要求。如果没有接地网络，由 V_{HR} 导致的 SNS 引脚电压限制从较低的 VBB（约 0.7V）开始。

维持余量电压很重要，以使最大可读电流与故障条件间存在差值。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。

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

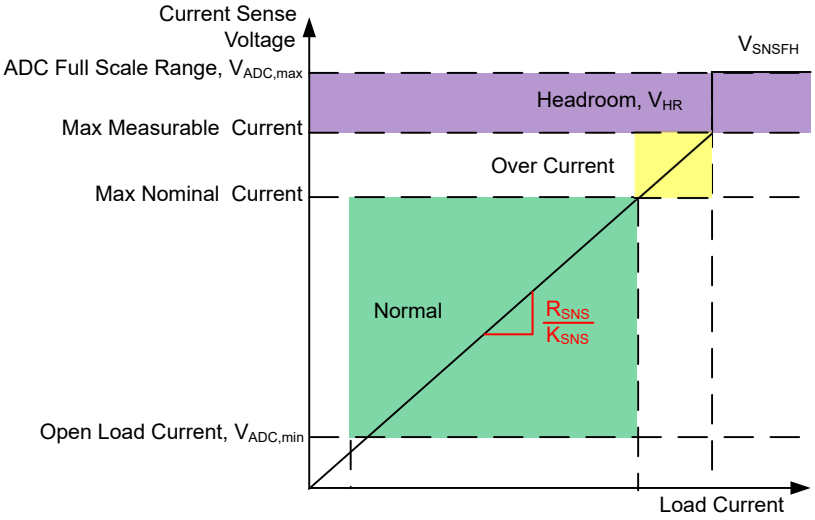


图 7-7. 电流检测引脚上的电压指示

系统要读取的最大电流 $I_{LOAD,max}$ 必须小于电流限制阈值，因为在电流限制阈值跳变之后，V_{SNS} 值会变为 V_{SNSFH}。

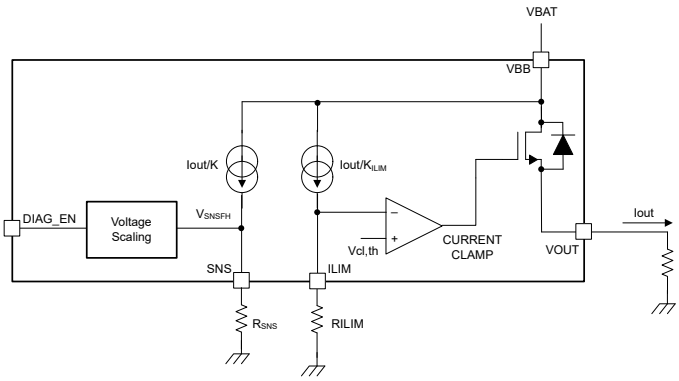


图 7-8. 电流检测和电流限制方框图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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。

在 SNS 引脚上未加任何滤波器的情况下，检测钳位的响应会表现出轻微延迟（小于 10μs），从而在限制检测输出电压之前产生短暂过冲（小于 7V）。该过冲不会对器件的可靠性造成影响。

7.3.4 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，来帮助用户节省系统成本。

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，可以根据 表 7-1 中的电阻值进行设置。需考虑电阻容差和老化，以确认所选电阻值处于允许的电阻值范围内。

表 7-1. 通过外部电阻器设置的电流限制

允许的电阻值范围[(1)]	ILIM 阈值
54.9kΩ 至 60.4kΩ	250mA
41.2kΩ 至 45.3kΩ	500mA
30.1kΩ 至 32.4kΩ	750mA
22.1kΩ 至 24.3kΩ	1A
15.8kΩ 至 16.9kΩ	1.25A
9.31kΩ 至 10.2kΩ	1.45A
4.64kΩ 至 5.11kΩ	1.65A
2.37kΩ 至 2.61kΩ	1.9A
短接至 GND (<1.1kΩ)	2.2A
开路 (> 87kΩ)	4.85A

(1) 表中未列出的任何电阻设置均应视为不推荐配置。

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。采用基于 MOSFET 的控制方案来即时改变电流限值。不过，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。ILIM 引脚上允许的最大外部电容值为 100pF。ILIM 引脚上更高的电容可能会影响从一个电阻切换到另一个电阻的过渡速度，从而在 ILIM 切换与电流限值故障同时发生时，可能导致非预期的关断。选择具有低输入电容的 MOSFET 来达成动态电流限制。

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，有可能会触发热关断。图 7-9 展示了器件被短路启用时的调节环路响应。此图展示了 节 4 中列出的自动重试版本的情形。锁存版本在第一次热关断后关闭。请留意，电流峰值 (I_{CL_ENPS}) 有可能高于调节阈值 (I_{CL})。

发生过流事件时，电流限制必须快速响应，以便限制短路（过热和短路启用）时出现的峰值电流。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。此峰值限制对于器件由直流/直流电源而不是汽车电池供电的应用尤其重要。

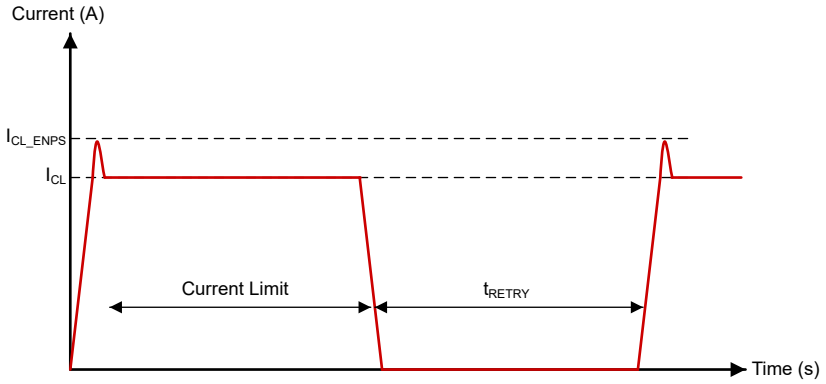


图 7-9. 启用至短路电流限制（自动重试版本）

然而，在过载条件下，在应用电流限制之前，开关有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})。

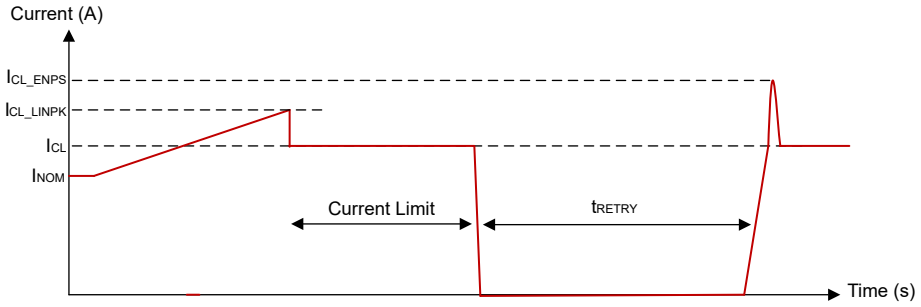


图 7-10. 软短路的线性峰值（自动重试版本）

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。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。

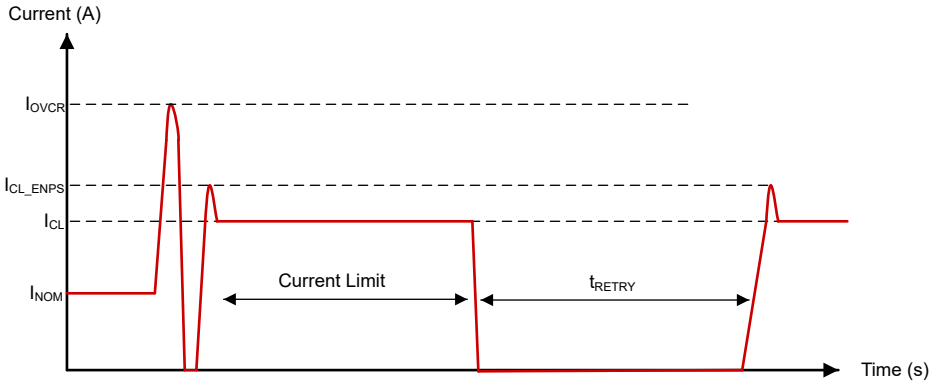


图 7-11. 热短路事件（自动重试版本）

对于任何负载电感，热短路关断的响应时间由 t_{OVCR} 参数规定。I_{OVCR} 可通过下式估算：

$$1.6 \times I_{CL} + VBB \times \frac{t_{OVCR}}{L} \quad (2)$$

热短路事件期间观察到的峰值电流取决于外部施加热短路的时机。如果在关断阶段或通过 EN 输入激活后立即施加热短路，峰值电流可能会更高。这是因为在开启或关断过程中，内部 FET 会在一段时间内处于饱和区，这会导致额外的峰值电流。热短路期间的额外峰值电流不会对器件的可靠性造成任何影响。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.5 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 $V_{DS(clamp)}$。

$$V_{DS(clamp)} = V_{VS} - V_{OUT} \tag{3}$$

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。

$$E_{(HSS)} = E_{(VS)} + E_{(load)} = E_{(VS)} + E_{(L)} - E_{(R)} \tag{4}$$

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。

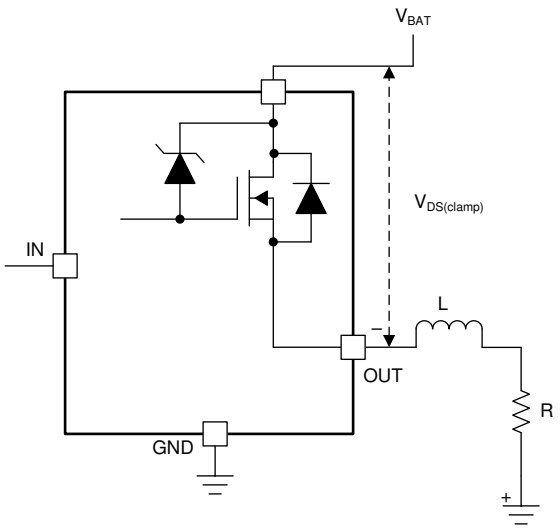


图 7-12. 漏源钳位结构

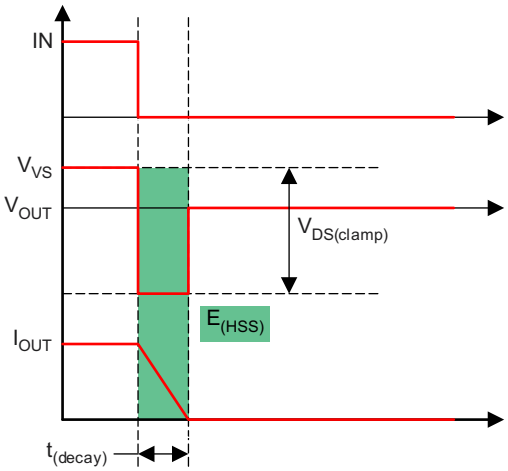


图 7-13. 电感负载关断图

从高侧开关的角度来看，$E_{(HSS)}$ 等于消磁期间的积分值。

$$E_{(HSS)} = \int_0^{t(decay)} V_{DS(clamp)} \times I_{OUT}(t)\,dt$$
$$t_{(decay)} = \frac{L}{R} \times \ln\left[\frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right] \tag{5}$$
$$E_{(HSS)} = L \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[R \times I_{OUT(max)} - |V_{OUT}| \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right)\right]$$

当 R 大概等于 0 时，$E_{(HSD)}$ 可简单地表示为：

$$E_{(HSS)} = \frac{1}{2} \times L \times I_{OUT(max)}^2 \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \tag{6}$$

在关断感性负载后，$V_{DS(clamp)}$ 电压在从工作状态切换到待机状态的过渡期间变化约 1V。该钳位电压的变化不会对器件的长期可靠性造成任何风险。

对于 PWM 控制的电感负载，建议添加如图 7-14 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。

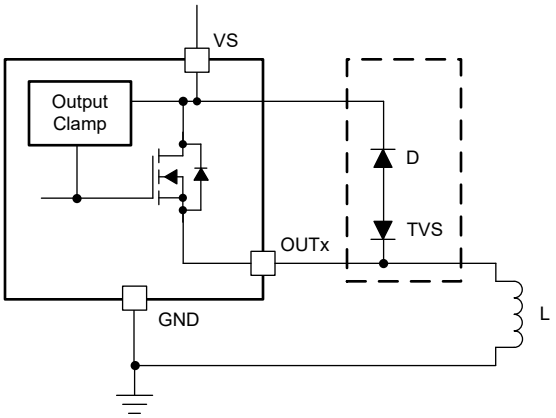


图 7-14. 通过外部电路提供保护

7.3.6 故障检测和报告

7.3.6.1 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。

7.3.6.2 电流检测的多路复用

SELx 引脚用于在同一器件内的四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。$\overline{\text{FLT}}$ 表示全局中断，如果任何通道上发生故障，该中断会变为低电平，但开路负载和电池短路故障除外。对于开路负载和电池短路故障，仅当所选通道出现故障时、$\overline{\text{FLT}}$ 才会变为低电平。

如果在不同器件之间多路复用电流检测信息，则不要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，则该引脚能够影响其他器件的 SNS 回读。

要跨多个器件使用 SNS 引脚，将各个 SNS 引脚连接到 MCU 的不同模拟输入引脚，如 图 7-15 所示。或者，使用外部模拟多路复用器连接到单个 MCU 引脚，如 图 7-16 所示。

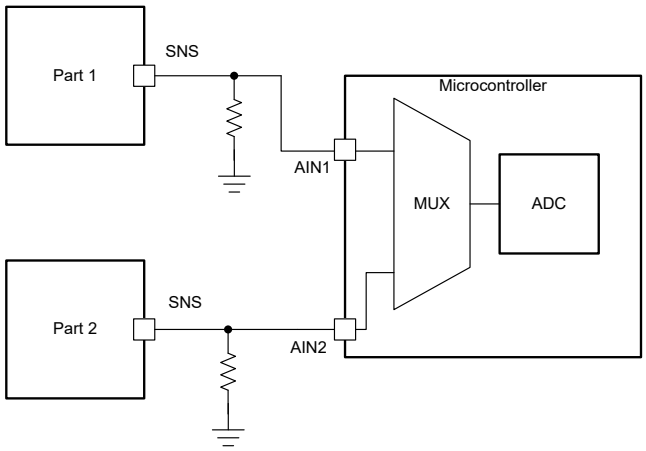


图 7-15. 跨多个器件共享 SNS 方法 1

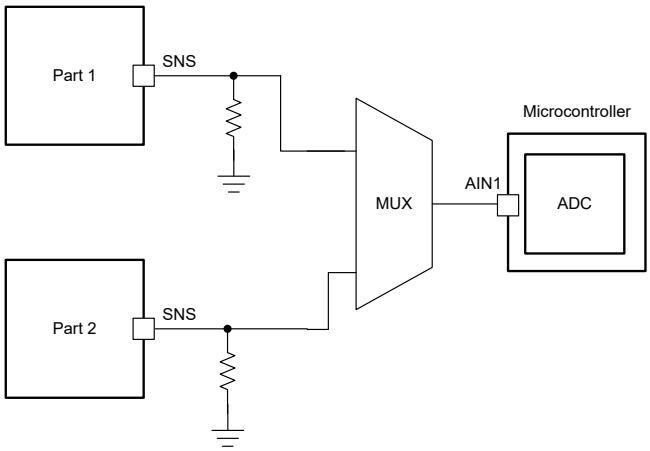


图 7-16. 跨多个器件共享 SNS 方法 2

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-2. 诊断配置表

DIAG_EN	ENx	SEL1	SEL0	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。	请参阅表 7-3	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	0	通道 1	请参阅表 7-3	请参阅表 7-3	请参阅表 7-3
		0	1	通道 2			
		1	0	通道 3			
		1	1	通道 4			

7.3.6.3 $\overline{FLT}$ 报告

$\overline{FLT}$ 引脚用于监测所有通道之间的故障情况。当任何通道上出现故障条件（开路负载和电池短路故障除外）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或低功耗模式，$\overline{FLT}$ 引脚就会报告故障。对于开路负载和电池短路故障，仅当所选通道出现故障时、$\overline{FLT}$ 才会变为低电平。

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 引脚也用作故障报告，具有内部上拉电压 V_{SNSFH}。

7.3.6.4 故障表

表 7-3. 故障表

条件	ENx	OUTx	SNS（如果 DIAG_EN 为高电平）	$\overline{FLT}$（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	—
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	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}	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	器件会立即关断，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。锁存版本必须在首次热关断后切换 EN。
启用至永久短接	L → H	L	V_{SNSFH}	L	器件会启用至电流限制，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。锁存版本要求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。锁存版本仅在 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由外部接地网络限制。

7.3.7 全面诊断

7.3.7.1 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。该器件将电流钳位到 I_{CL}，直至热关断。故障条件消除后，TPS4HC120A 将自动恢复。

在热短路条件下，如果 EN 为高电平时发生短路，器件会立即关断，并自动重试与启用至永久短路情况相同的操作，如图 7-11 所示。

7.3.7.2 开路负载检测

7.3.7.2.1 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，发生的开路负载事件可被检测为超低 V_{SNS}，并由微控制器进行处理。请注意，不会在 $\overline{FLT}$ 引脚或故障寄存器上报告检测结果。微控制器必须对 SEL 和 SEH 引脚进行多路复用，以便在 SNS 引脚上输出正确的通道。

7.3.7.2.2 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_{PU} 将通道上拉至 V_{BB}。上拉的特定通道取决于 SEL0 和 SEL1 的选择，而其他通道未使用上拉电阻器。

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_{PU} 高得多。在开路负载的情况下，输出电压会被 R_{PU} 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}。

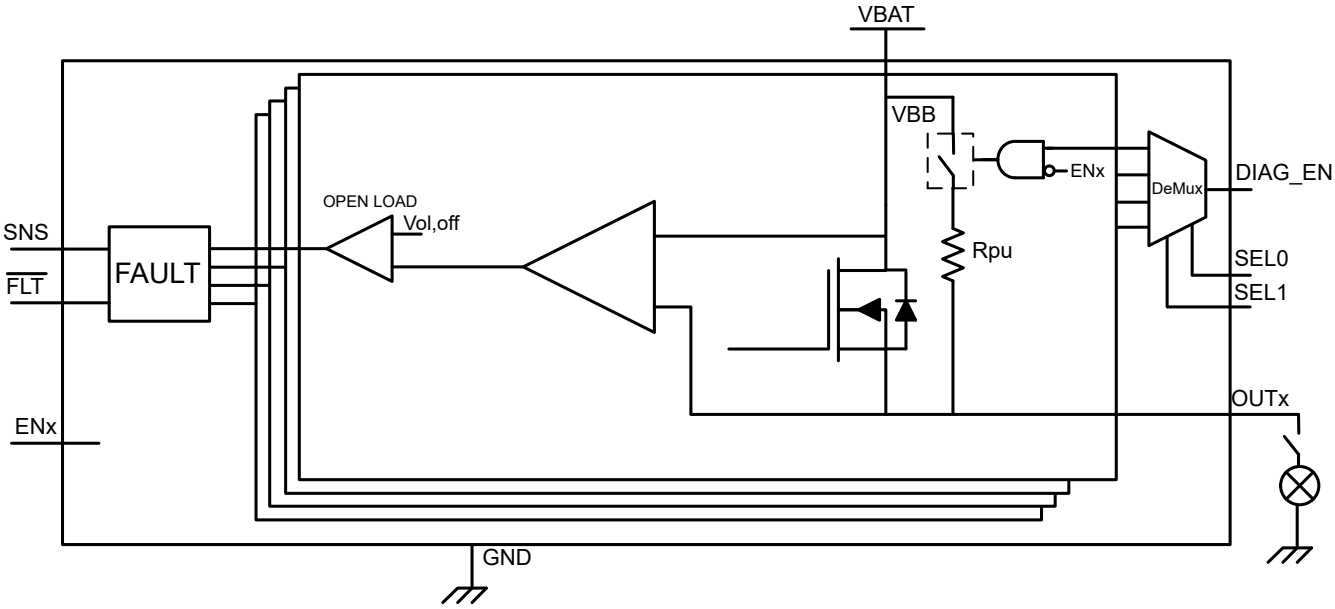


图 7-17. 关断状态下提供开路负载检测

内部上拉电阻 (R_{PU}) 的阻值可能导致 LED 负载在 OFF 状态（DIAG_EN 为高电平时）出现闪烁。在输出通道上外加下拉电阻以及可切换的上拉电阻网络，可解决观察到的闪烁问题。

如果由 R_{PU} 和输出电容形成的时间常数对于正常诊断时序而言过大，则必须延长 DIAG_EN 的切换时间才能实现正确的开路负载检测。

7.3.7.3 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，请参阅表 7-3。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.7.4 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 EN2 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。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得到保护。

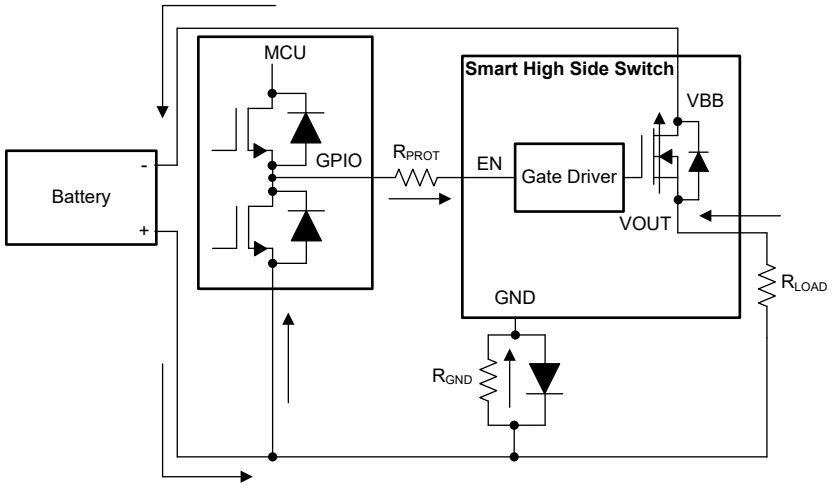


图 7-18. 电池反向电路

另请参阅 节 7.3.8.4 和 表 7-3。

7.3.7.5 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。

7.3.7.5.1 热保护行为

热保护行为可分为两类可能发生的事件。图 7-19 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，部件会尝试重新启动。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，$\overline{FLT}$ 引脚保持置位。
2. **绝对热关断**：仍然启用该器件以进入过流事件。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。

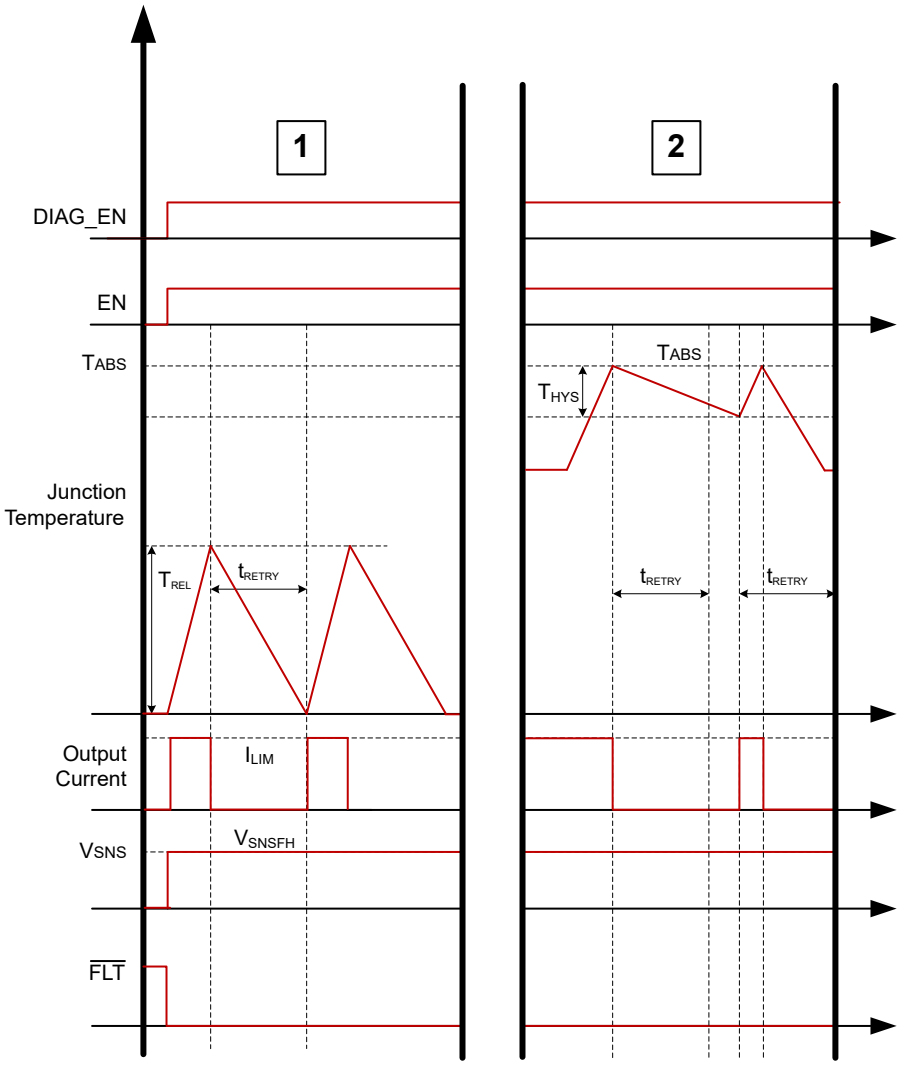


图 7-19. 自动重试版本的热行为

7.3.8 全面保护

7.3.8.1 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。

7.3.8.2 接地失效保护

当发生接地失效时，无论输入信号为高电平还是低电平，输出均会关断，且器件不带电。

情形 1（器件/IC GND 失效）：当散热焊盘（接片）、IC 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 7-20 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

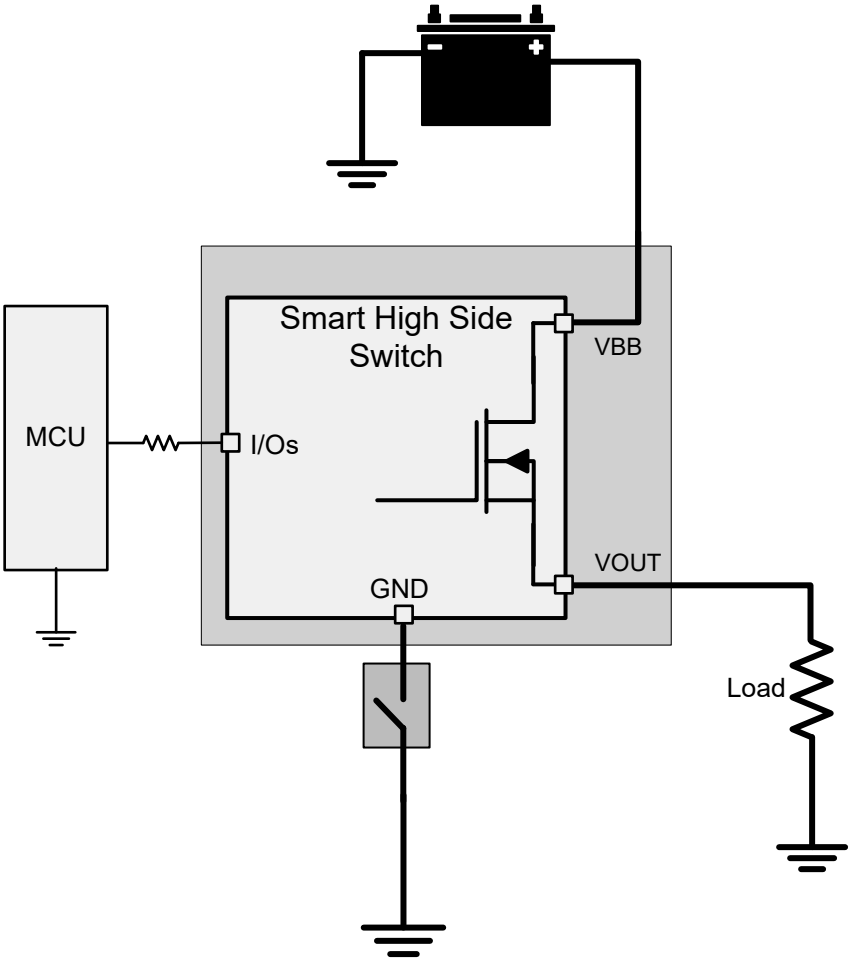


图 7-20. 器件接地失效

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。

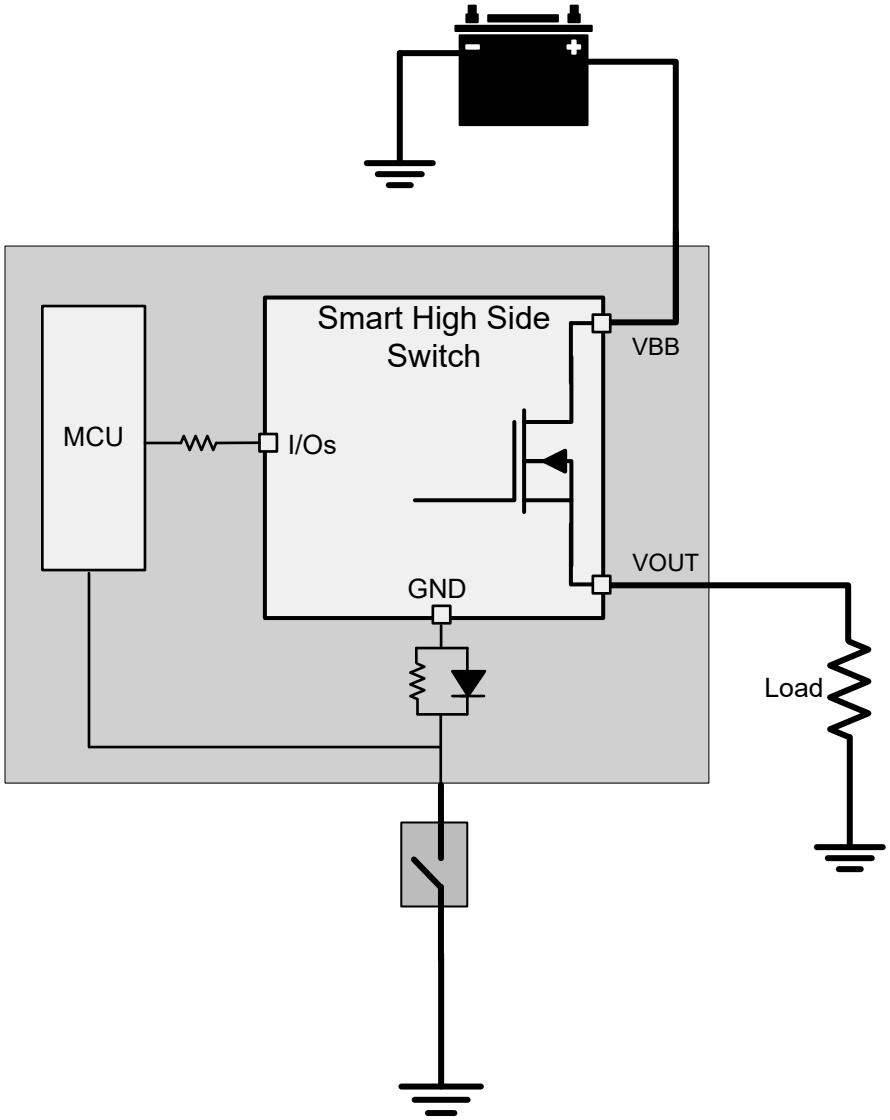


图 7-21. 模块接地失效

7.3.8.3 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

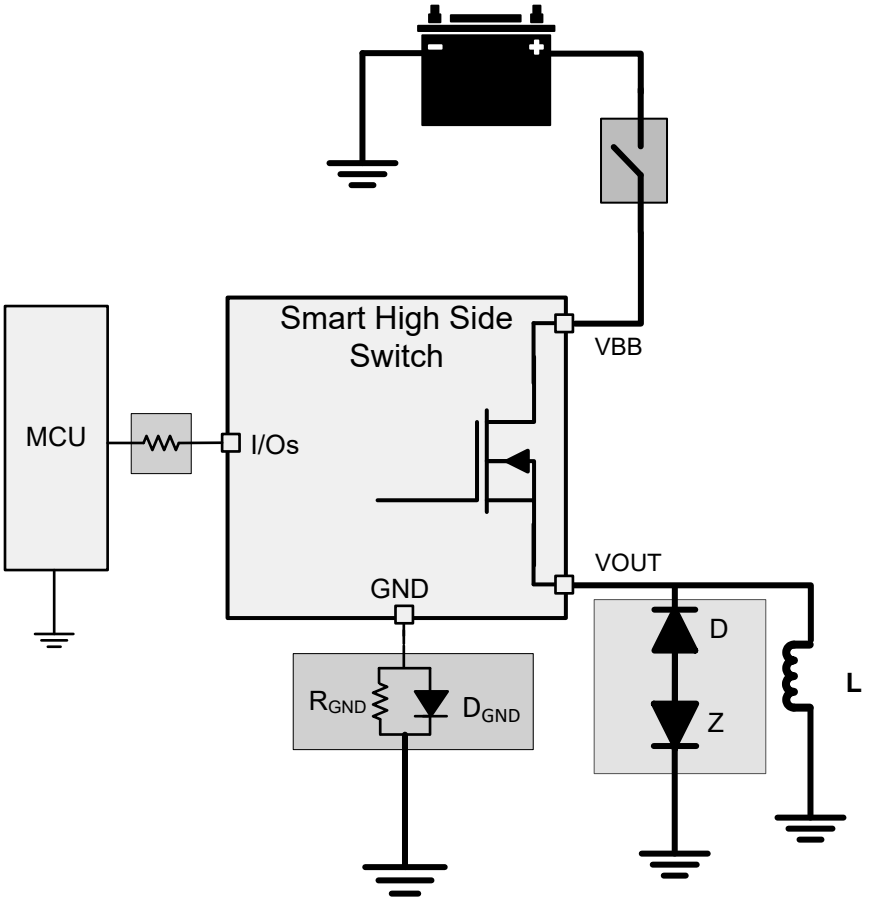


图 7-22. 电池丢失

7.3.8.4 反极性保护

方法 1：阻断二极管与 V_{BB} 相连。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。

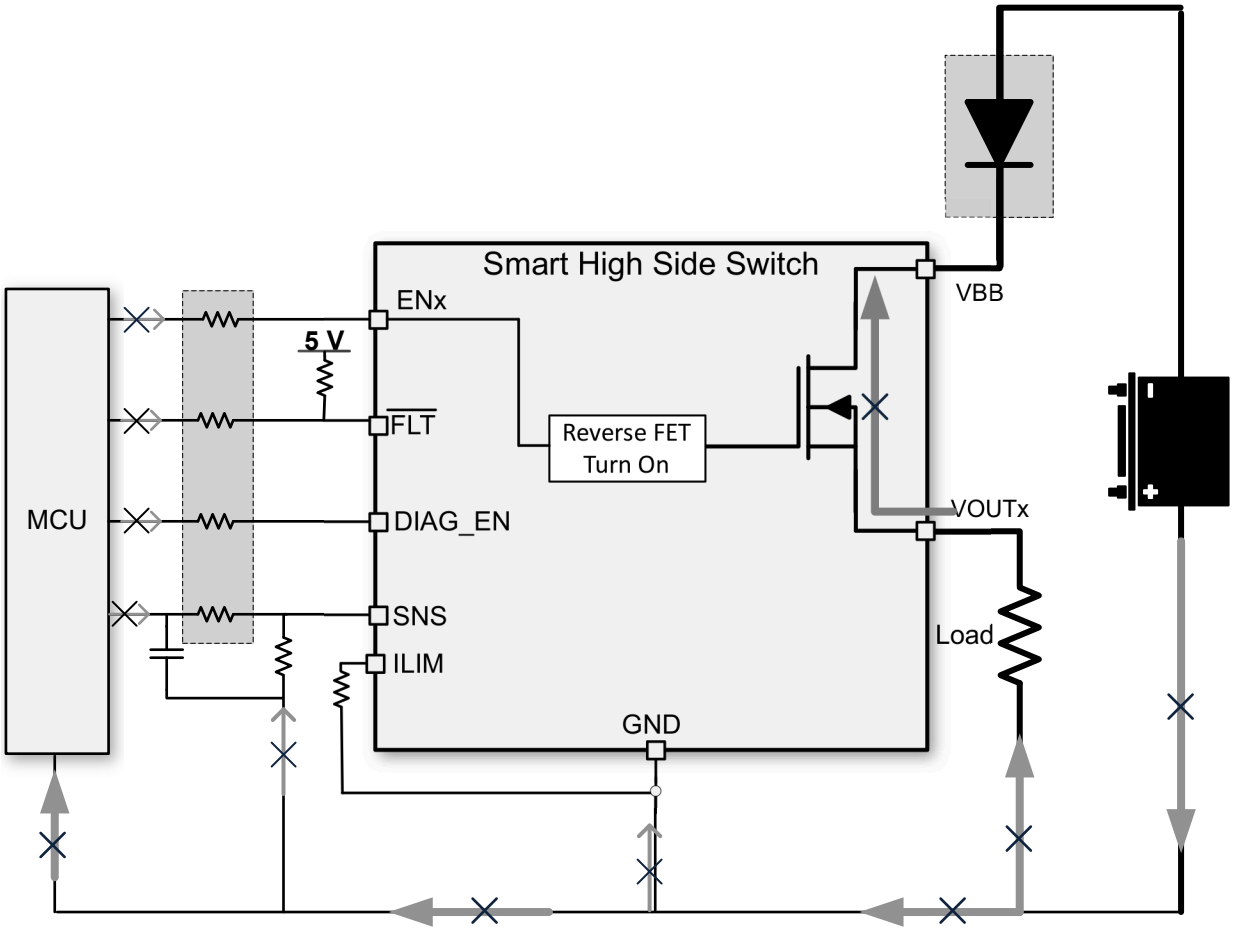


图 7-23. 采用阻断二极管实现反向保护

方法 2（接地网络保护）：在此连接下，只有高侧器件受到保护。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热量积聚超过绝对最大结温。器件温度可以使用 $R_{ON(REV)}$ 值和 $R_{\theta JA}$ 规格来计算。在电池反向的情况下，确保 FET 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，请确认以下正确连接以便正常运行：

- 将电流限制可编程电阻器连接到器件 GND。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

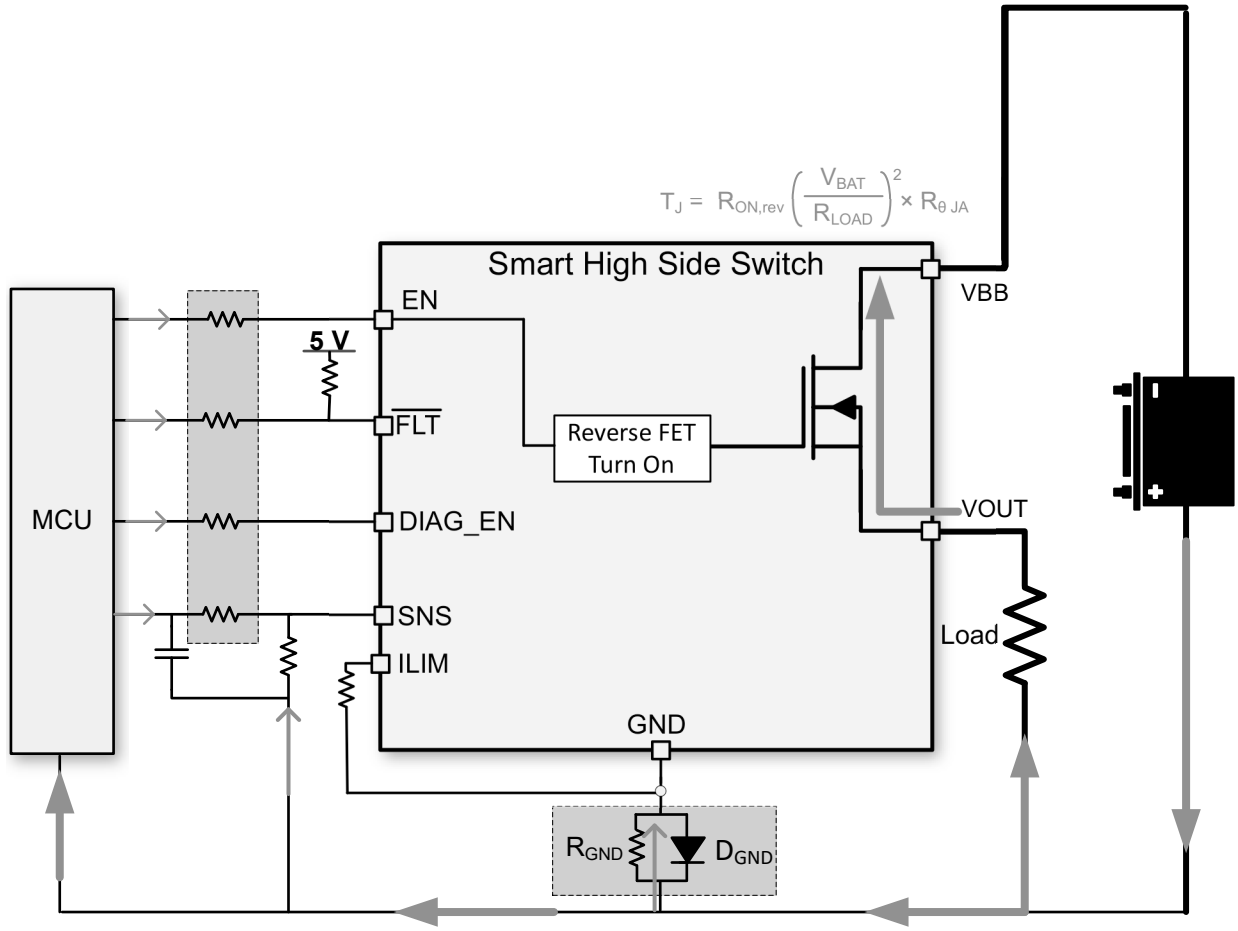


图 7-24. 通过接地网络实现反向保护

- **建议 - 电阻器和二极管并联：**当感性负载关闭时，有时会出现峰值负尖峰，这可能会损坏 HSD 或二极管。因此，TI 建议在驱动电感负载时将电阻器与二极管并联。建议选择与 I_F > 100mA 的二极管并联的 4.7kΩ 电阻器。如果使用多个高侧开关，则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，则可在器件间共享电阻器。
- **接地电阻器：**当电池反向或 ISO 脉冲为负时，电阻器值越高，电流限制效果越好。

$$R_{GND} \geq \frac{(-V_{CC})}{(-I_{GND})} \tag{7}$$

  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 ≈ 200V，这样二极管才不会偏置。

7.3.8.5 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 引脚上的负电位有可能会损坏 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。

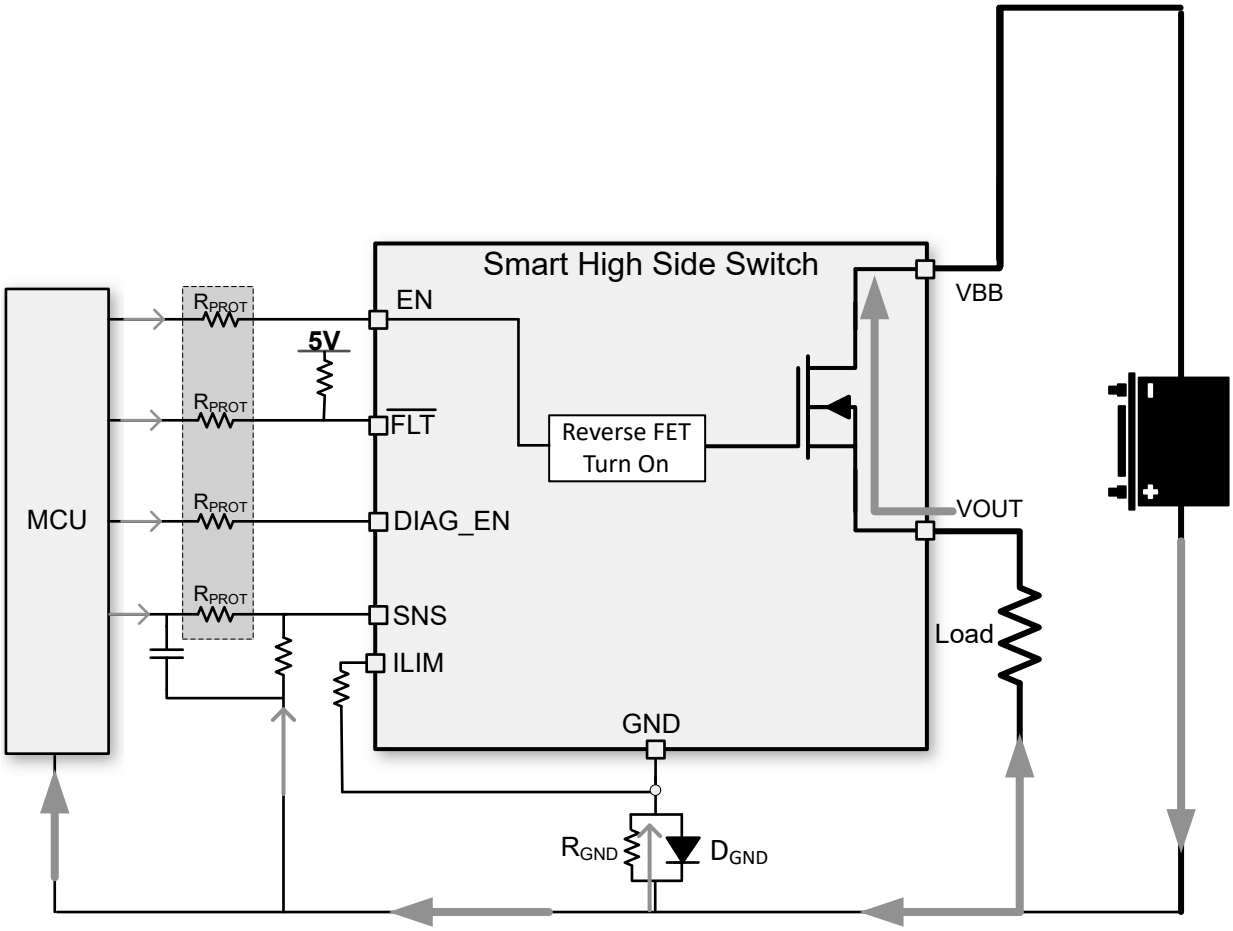


图 7-25. MCU I/O 保护

7.4 器件功能模式

7.4.1 工作模式

根据 ENx 引脚、DIAG_EN 引脚和负载条件，该器件可转换到多种状态。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

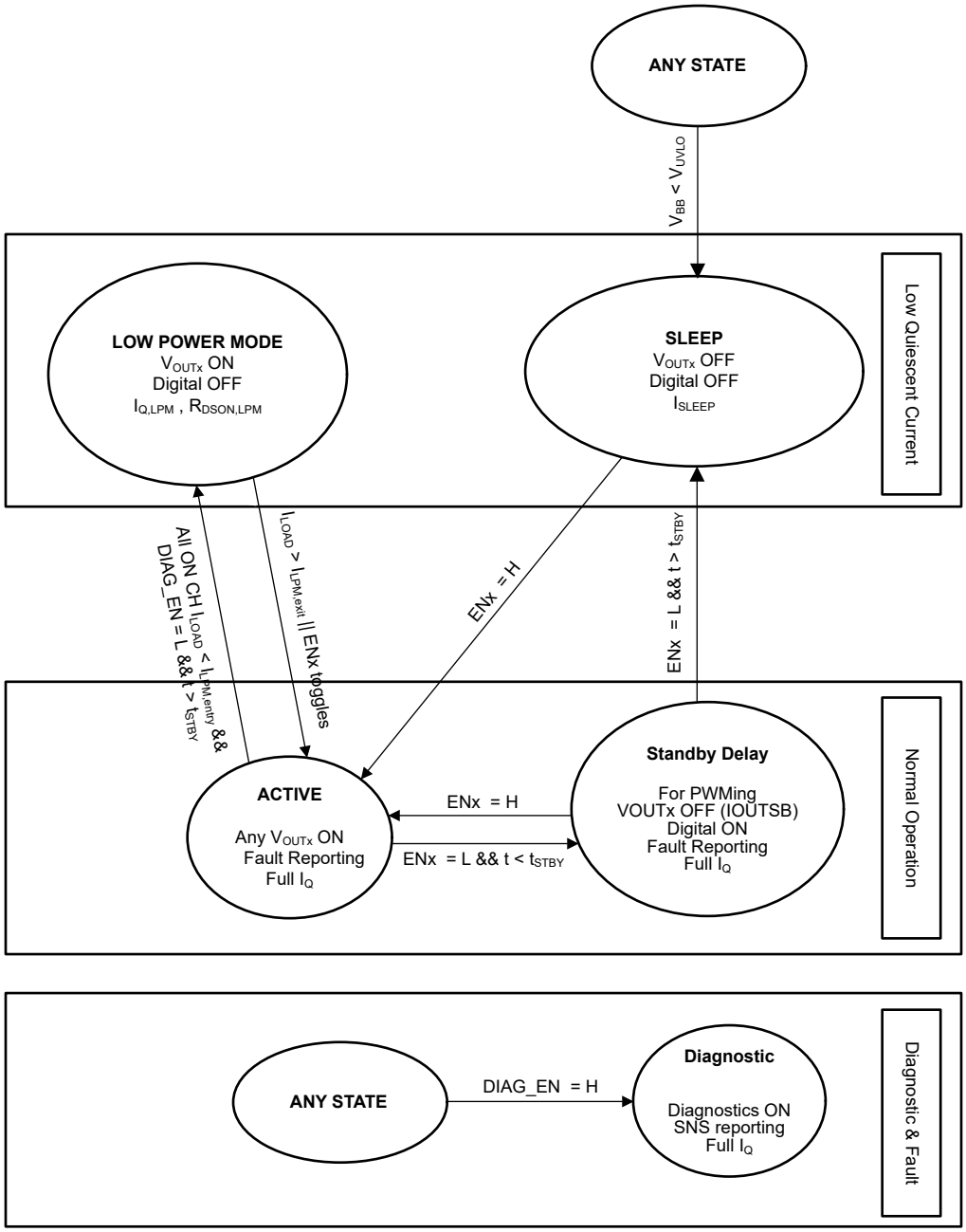


图 7-26. 状态图

7.4.1.1 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，器件才可退出睡眠状态。在睡眠状态下，如果任何 ENx 引脚被拉至高电平，则器件能够进入运行状态；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。在这些转换过程中，由于内部电荷泵、振荡器和数字电路模块开启，电流消耗超出规格的时间约为 6μs。

此外，如果器件处于上述任何一状态，且 VBB 降至小于 V_{UVLOF}，则器件会进入睡眠状态。

7.4.1.2 诊断

诊断状态是指器件在 SNS 和 $\overline{FLT}$ 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，可能发生这种状态。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。SNS 引脚仅为与 SELx 引脚值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。

7.4.1.3 工作状态

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 ACTIVE 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。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。

7.4.1.4 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，让通道输出能够支持 PWM。在待机延迟状态下，每通道的输出漏电流典型值约为 3μA。

器件等待的时间达到 t_{STBY} 后，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。

7.4.1.5 低功耗模式

低功耗模式状态是指处于运行状态的通道小于 $I_{LPM,entry}$ 的时间超过 t_{STBY}，并且 DIAG_EN 为低电平的情况。该器件会关断所有不必要的内部块，并将静态电流从 I_Q 降至 $I_{Q,LPM}$。器件仍然受到保护，但在器件退出该模式之前，不能进行诊断或故障报告。另请参阅节 7.3.2。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

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

8.1 应用信息

TPS4HC120-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。

8.1.1 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。

表 8-1. 12V 系统中的 ISO 7637-2:2011(E)

测试项目 (1)(2)	测试脉冲强度级别和相应的 V_S		脉冲持续时间 (t_d)	最小脉冲数或测试时间	突发周期脉冲重复时间		输入电阻 (Ω)	功能性能状态分类(3)
	等级	V_S/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) GND 引脚网络由一个 4.7kΩ 电阻器与二极管 BAS21-7F 并联构成。
(3) 状态 II：功能在测试期间不按设计执行，但在测试后自动恢复正常运行。

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

测试项目 (1)(2)(3)	测试脉冲强度级别和相应的 V_S		脉冲持续时间 (t_d)	最小脉冲数或测试时间	突发周期脉冲重复时间	输入电阻 (Ω)	功能性能状态分类(4)
	等级	V_S/V					
测试 B	不适用	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、ENx 和 VBB 均归类为输入）。
(2) 考虑到最坏测试条件，在 VBB 和 VOUTx 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 BAS21-7F 并联构成。
(4) 状态 II：功能在测试期间不按设计执行，但在测试后自动恢复正常运行。

8.2 典型应用

图 8-1 展示了 TPS4HC120 外部电路连接的示例。

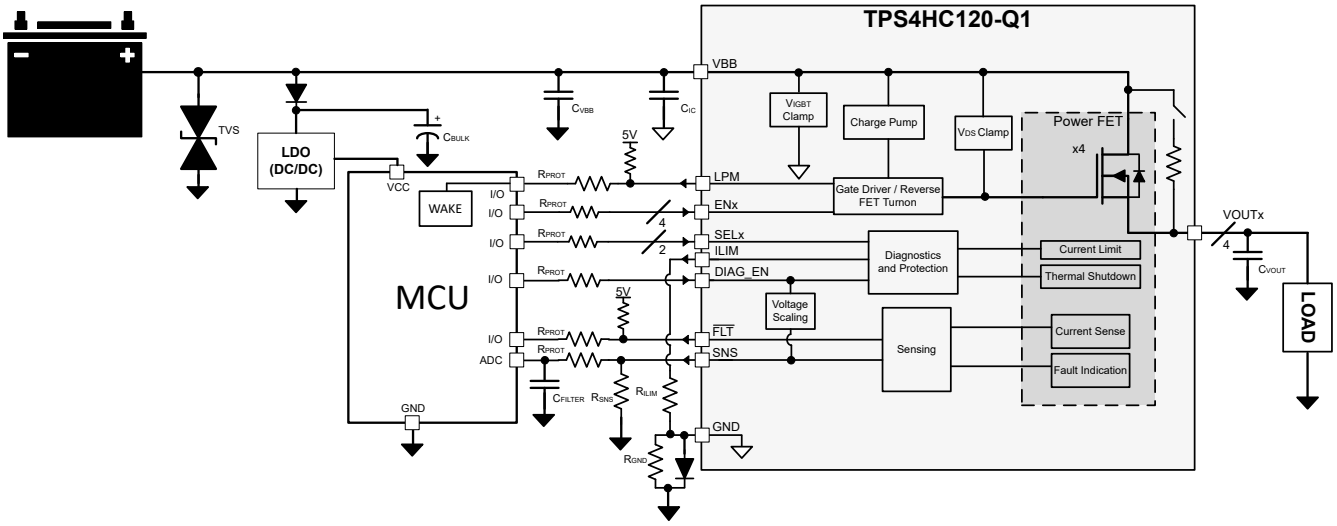


图 8-1. 典型应用图

表 8-3. 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}	15nF	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}	10k Ω	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}	1k Ω	将检测电流转换为检测电压
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}	5k Ω	用于开漏引脚（$\overline{FLT}$ 和 LPM）的上拉电阻器
R_{GND}	4.7k Ω	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

8.2.1 设计要求

表 8-4. 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

为使电流检测范围在 0V 至 4V 内保持 1A 标称电流，请使用 方程式 8 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。

$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (8)$$

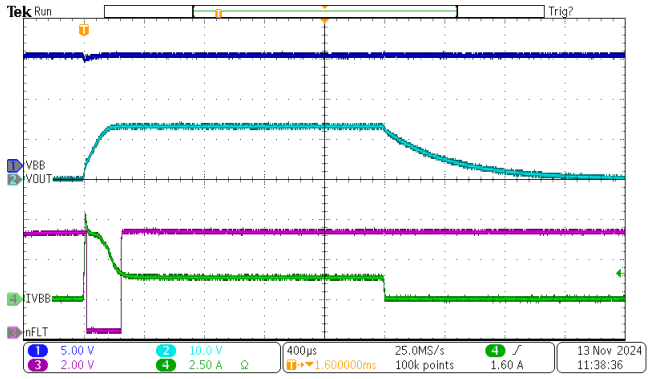
表 8-4 中列出的设计要求可得出 520 Ω ≤ R_{SNS} ≤ 4160 Ω ，1k Ω R_{SNS} 可满足要求。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

要设置可调电流限制值，请使用电流限制表中建议的 $R_{(ILIM)}$。在此应用中，为了给电流瞬态和纹波留出足够的裕度，9.76kΩ R_{ILIM} 电阻器可满足要求。

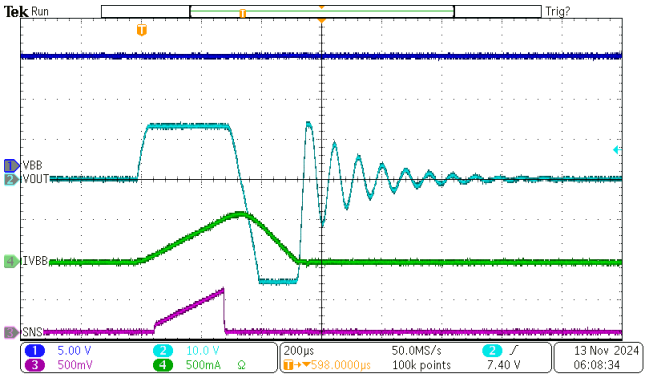
8.2.3 应用曲线

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

图 8-2. 电容负载驱动



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

图 8-3. 电感负载放电

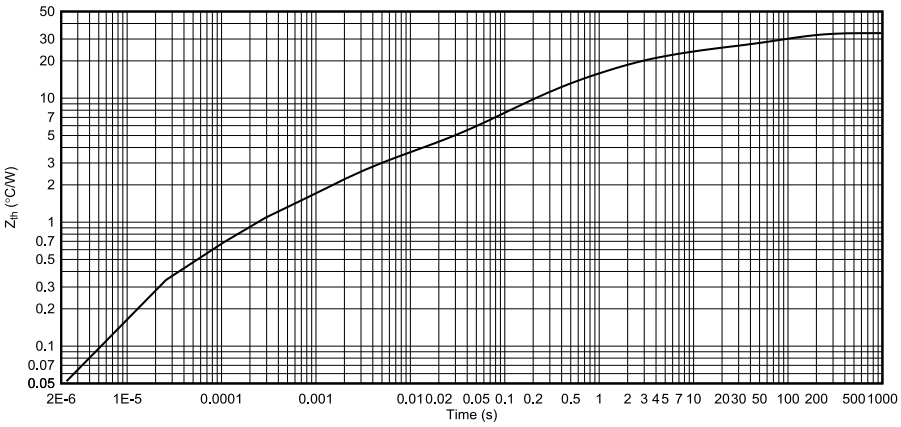


图 8-4. 瞬态热阻抗（结至环境），T_A = 105°C，JEDEC 标准 2s2p PCB 布局（带散热过孔）

8.3 电源相关建议

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

表 8-5. 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。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，以确认适用的电压范围。
6V 至 18V	标称 12V 汽车电池电压范围。所有参数规格均适用，并且器件完全正常运行并受到保护。

表 8-5. 电压工作范围（续）

VBB 电压范围	注释
18V 至 24V	扩展的高于 12V 汽车电池运行，例如双电池。器件完全正常运行并受到保护，但一些参数（例如 R_{ON}、电流检测精度、电流限制精度和时序参数）可能会偏离规格。检查节 6.5 中的各个规格，以确认适用的电压范围。
35V	负载突降电压。器件正常运行并允许脉冲通过而不会损坏，但不提供全面的短路保护。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

为了防止热关断，T_J 必须小于 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 设计有助于优化热传递，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。
- 为防止出现焊料空洞，确保所有散热过孔都在电路板的两侧进行电镀闭合或者堵塞并加盖。为了保持可靠性和性能，应保持至少 85% 的焊接覆盖范围。

8.4.2 布局示例

8.4.2.1 无接地网络

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

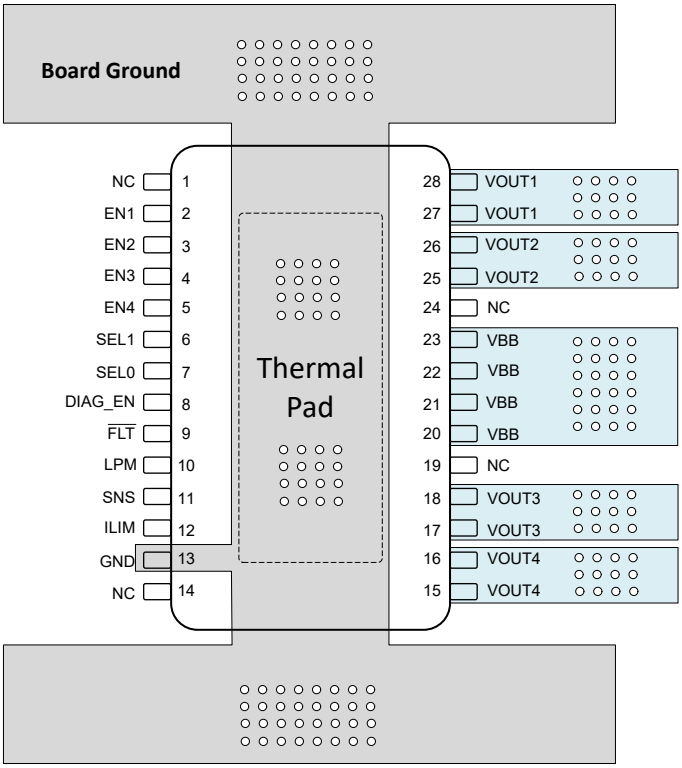


图 8-5. 无接地网络的布局示例

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.4.2.2 有接地网络

采用接地网络时，通过一条走线将散热焊盘经 GND 网络连接至电路板 GND 铜皮。具有更大的 IC GND 覆盖范围，从而获得更好的器件热性能。

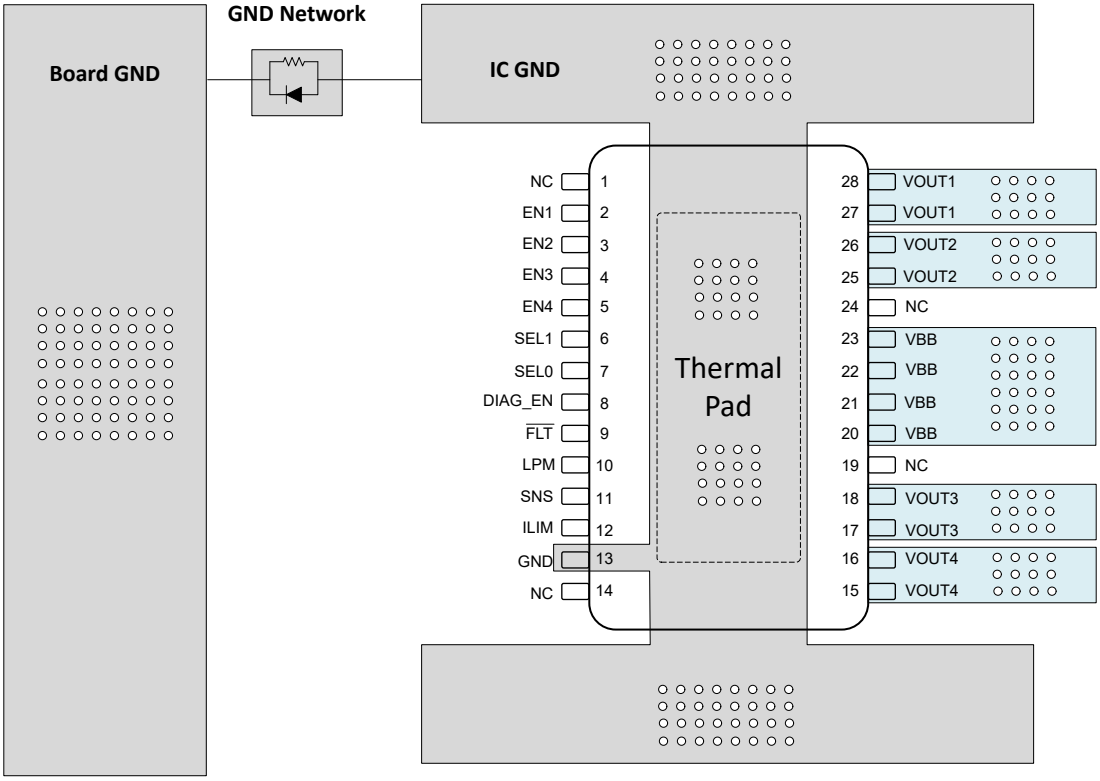


图 8-6. 有接地网络的布局示例

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

Changes from Revision B (July 2025) to Revision C (October 2026) **Page**

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式 1
- 将全文档中可选电流限值最大值从 5A 更改为 4.85A 1
- 增加了低功耗模式规格：所有 4 个通道开启时，$I_{Q,LPM}$ < 20 µA/通道 1
- 添加了功能安全信息 1
- 将单通道启用时的输出负载电流从 2.5A 更新为 3A 1
- 在典型特性中增加了电感能量图表 12
- 添加了图 7-1 16
- 更新了精确电流检测，纳入了 GND 网络相关说明 21
- 将 表 7-1 第一列标题从“允许电阻值”更新为“允许电阻值范围” 23
- 更新了 表 7-1 允许的电阻值范围及相应的 ILIM 阈值 23
- 增加了用于阐明热短路电流的信息 23
- 更新了图 7-14 25
- 增加了关于 $V_{DS(clamp)}$ 电压变化的信息 25
- 更新了电流检测的多路复用，将与 $\overline{FLT}$ 相关的开路负载和电池短路故障纳入其中 26
- 从开路负载、电池短路条件中删除了反极性 27
- 从 $\overline{FAULT}$ 更改为 $\overline{FLT}$ 28
- 从 R_{OL} 更改为 R_{PU} 28
- 增加了关于 R_{PU} 的信息 28
- 修改了关于热保护行为的描述，以准确反映类别数量 29

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 增加了关于接地失效期间器件供电状态的信息.....30
- 将并联 I_F > 100mA 二极管时的推荐电阻从 1kΩ 更改为 4.7kΩ.....33
- 增加了关于电流消耗的信息.....37
- 添加了 $\overline{FLT}$ 引脚信息.....38
- 添加了 $\overline{FLT}$ 引脚信息.....38
- 将 C_{IC} 的描述从 100nF 更新为 15nF.....39
- 将 R_{GND} 的描述从 1kΩ 更新为 4.7kΩ.....39
- 添加了图 8-3.....41

Changes from Revision A (January 2025) to Revision B (July 2025) **Page**

- 将 TPS4HC120B-Q1 状态从“预发布”更改为“量产数据（正在供货）”.....1
- 为清晰起见，更新了格式和页面流程.....1

11 机械、封装和可订购信息

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

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)
TPS4HC120AQDGQRQ1	Active	Production	HVSSOP (DGQ) | 28	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120A
TPS4HC120AQDGQRQ1.A	Active	Production	HVSSOP (DGQ) | 28	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120A
TPS4HC120BQDGQRQ1	Active	Production	HVSSOP (DGQ) | 28	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120B

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

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

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

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

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

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

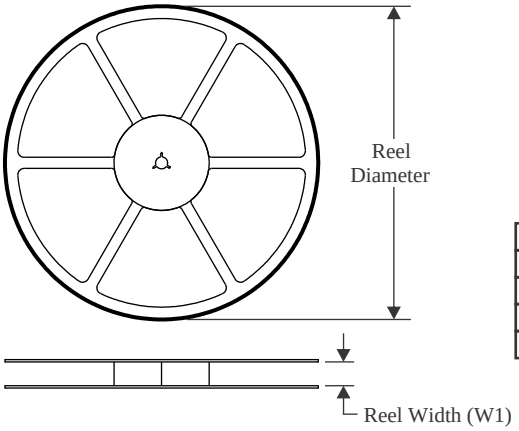
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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

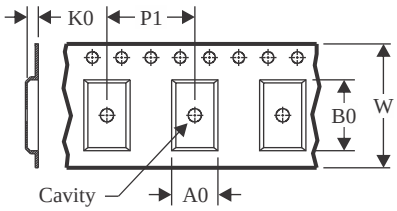
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

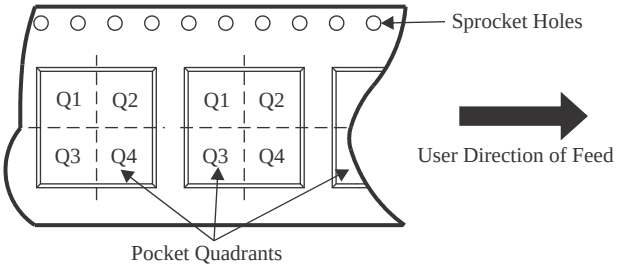


TAPE DIMENSIONS



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

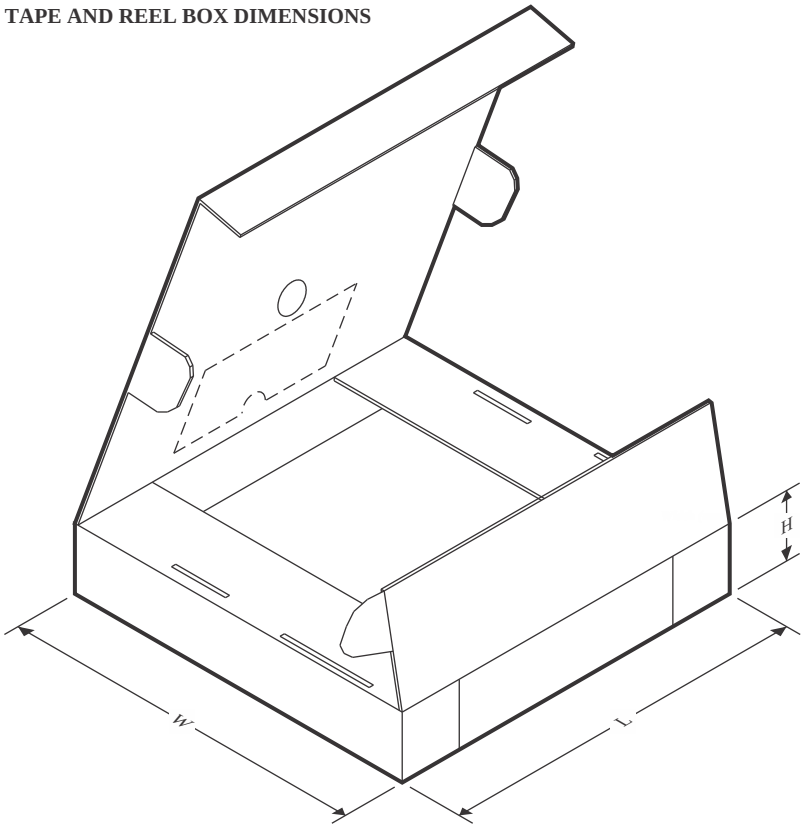
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS4HC120AQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	330.0	16.4	5.5	7.4	1.45	8.0	16.0	Q1
TPS4HC120BQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	330.0	16.4	5.5	7.4	1.45	8.0	16.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS4HC120AQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	353.0	353.0	32.0
TPS4HC120BQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	353.0	353.0	32.0

GENERIC PACKAGE VIEW

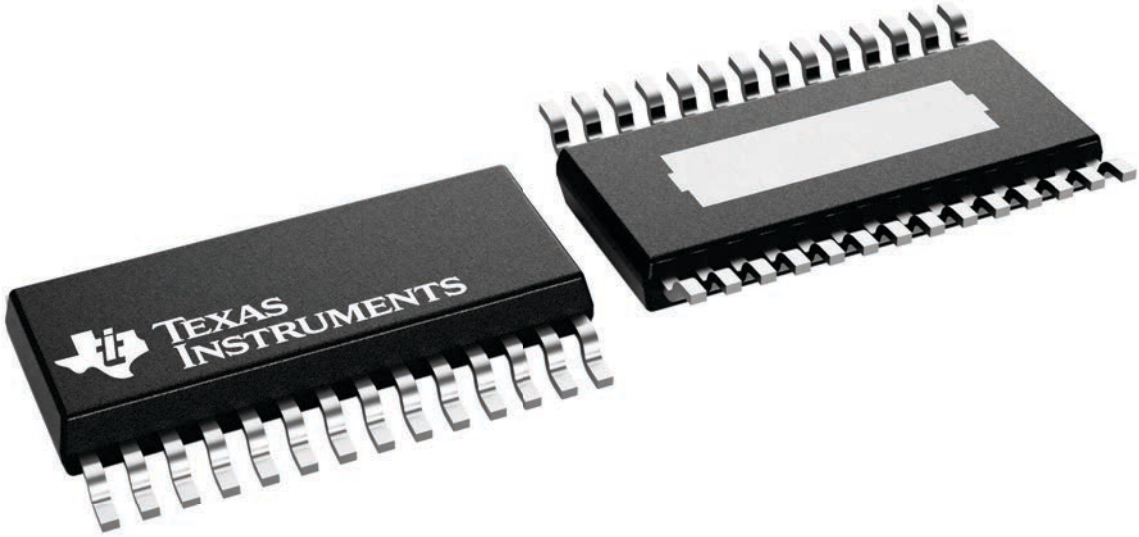
DGQ 28

HVSSOP - 1.1 mm max height

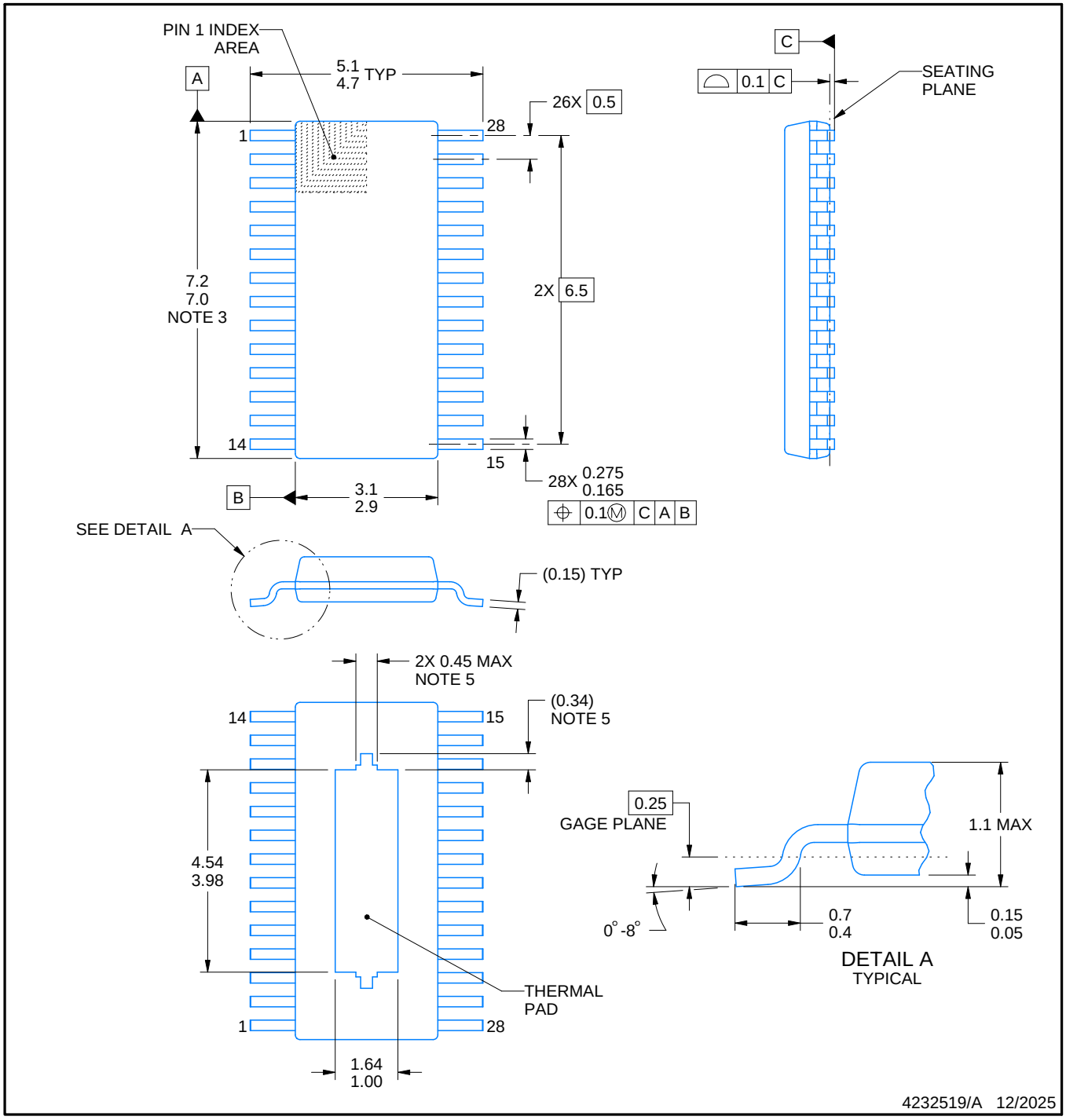
3 x 7.1, 0.5 mm pitch

SMALL OUTLINE PACKAGE

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



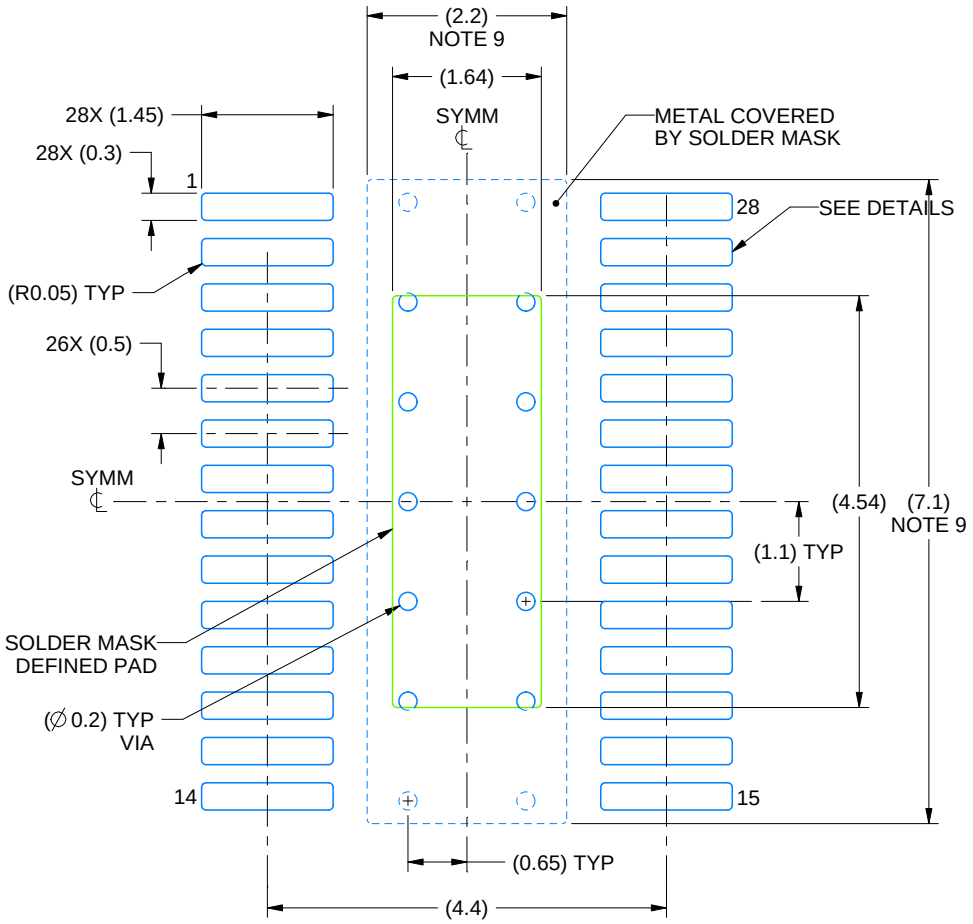
4226530/A



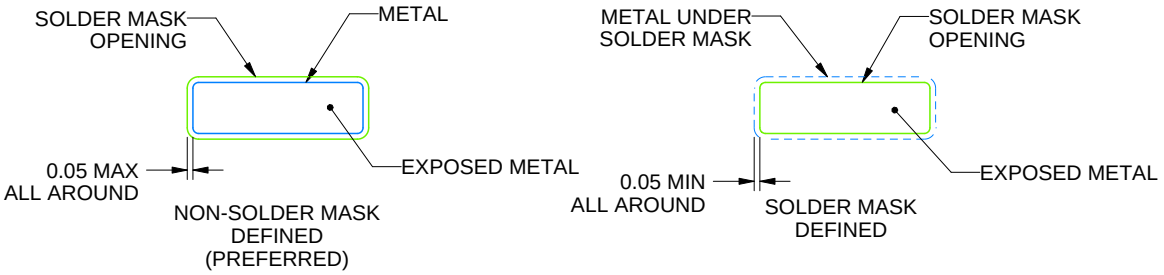
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. No JEDEC registration as of September 2020.
5. Features may differ or may not be present.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 12X

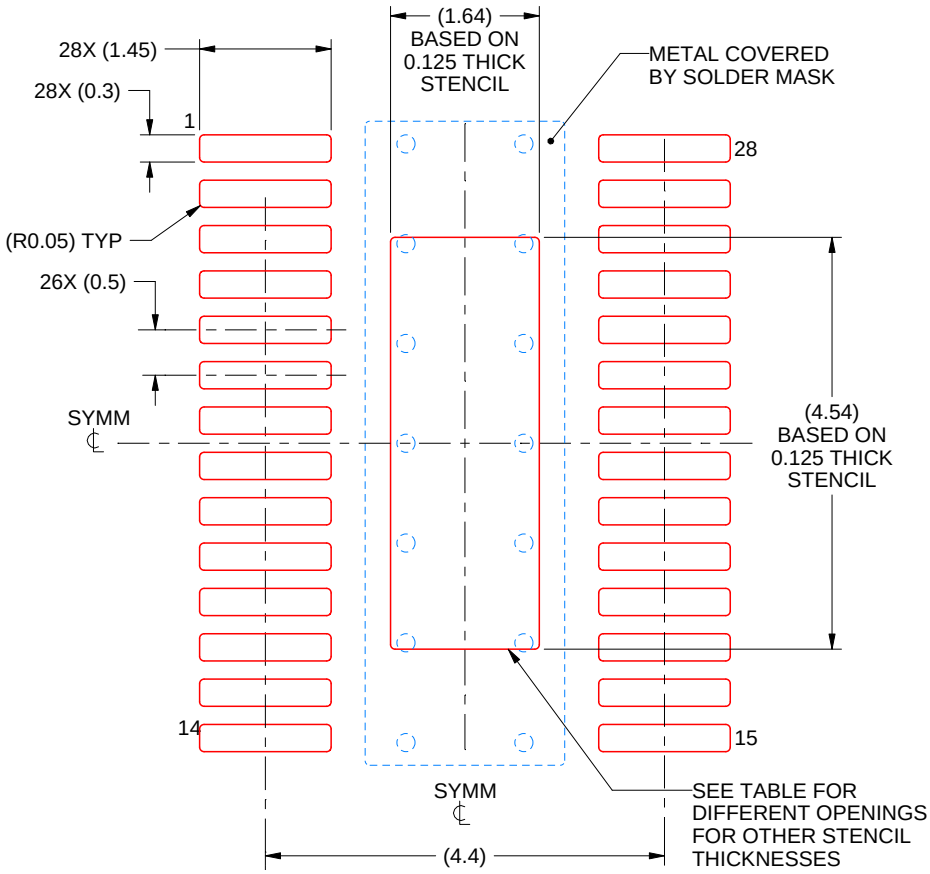


SOLDER MASK DETAILS

4232519/A 12/2025

NOTES: (continued)

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



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

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	1.83 X 5.08
0.125	1.64 X 4.54 (SHOWN)
0.15	1.50 X 4.14
0.175	1.39 X 3.84

4232519/A 12/2025

NOTES: (continued)

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

重要通知和免责声明

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

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

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月