TPS1HTC100-Q1 83mΩ、4A 单通道汽车类智能高侧开关

1 特性

- 具有全面诊断功能、适用于 24V 汽车系统的单通道智能高侧电源开关
- 宽工作电压范围：6V 至 60V
- 低 R_{ON}：83mΩ 典型值、180mΩ 最大值
- 低待机电流：< 0.5μA
- 低静态电流 (IQ)：< 2mA
- 可通过可调电流限制提高系统级可靠性
  - 电流限值：1A 至 5A 或 7.3A
- 精确的电流检测：1A 下为 ±5%
- 保护
  - 过载和短路保护
  - 集成型电感放电钳位
  - 欠压锁定 (UVLO) 保护
  - 接地失效保护和失电保护
  - 对外部元件提供反向电池保护
- 诊断
  - 开启和关闭状态输出的开路负载和电池短路检测
  - 过载和接地短路检测
  - 绝对和相对热关断检测
- 功能安全型
  - 可提供用于功能安全系统设计的文档
- 工作结温：–40°C 至 125°C
- 输入控制：兼容 1.8V、3.3V 和 5V 逻辑电平
- 通过集成式故障检测电压调节功能实现 ADC 保护
- 资格认证
  - 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
    - 温度等级 1：–40°C 至 +125°C，T_A
- 14 引脚 5mm × 6.4mm 热增强型 HTSSOP 封装

2 应用

- 一般阻性、感性和容性负载

3 说明

TPS1HTC100-Q1 是一款单通道智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为满足 24V 汽车类电池系统的要求而设计。低 R_{ON} (83mΩ) 可更大程度地降低器件功耗，驱动高达 4A 的宽输出直流负载电流范围，并且具有 60V 的直流工作范围，可提高系统稳健性。

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。TPS1HTC100-Q1 采用可调电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。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。

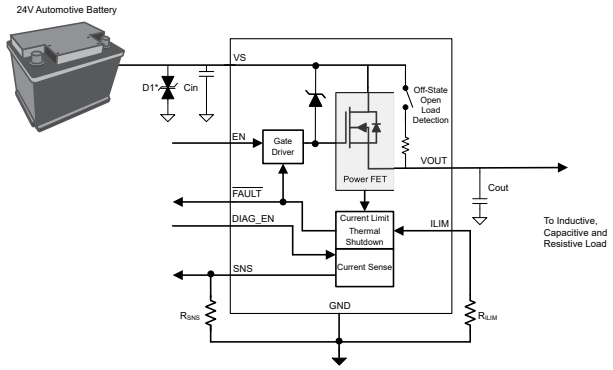
TPS1HTC100-Q1 采用引脚间距为 0.65mm 的 14 引脚 5mm × 6.4mm HTSSOP 小型引线式封装，从而最大限度地减小 PCB 尺寸。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
TPS1HTC100-Q1	PWP（HTSSOP，14）	5mm × 6.4mm

(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

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 引脚配置和功能.....3
4.1 未使用引脚的推荐连接.....3
5 规格.....4
5.1 绝对最大额定值.....4
5.2 ESD 等级.....4
5.3 建议运行条件.....4
5.4 热性能信息.....5
5.5 电气特性.....5
5.6 SNS 时序特性.....8
5.7 开关特性.....9
5.8 时序图.....10
5.9 典型特性.....12
6 参数测量信息.....14
7 详细说明.....14
7.1 概述.....14
7.2 功能方框图.....15
7.3 特性说明.....15
7.4 器件功能模式.....27
8 应用和实施.....28
8.1 应用信息.....28
8.2 典型应用.....28
8.3 电源相关建议.....31
8.4 布局.....32
9 器件和文档支持.....34
9.1 文档支持.....34
9.2 接收文档更新通知.....34
9.3 支持资源.....34
9.4 商标.....34
9.5 静电放电警告.....34
9.6 术语表.....34
10 修订历史记录.....34
11 机械、封装和可订购信息.....34

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

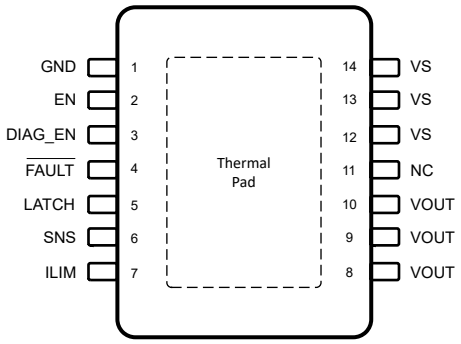


图 4-1. PWP 封装，14 引脚 HTSSOP（顶视图）

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
编号	名称		
1	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。
2	EN	I	通道激活的输入控制，内部下拉。
3	DIAG_EN	I	用于诊断的启用/禁用引脚，内部下拉。
4	$\overline{\text{FAULT}}$	O	开漏全局故障输出。以 $\overline{\text{FLT}}$ 为基准，或故障引脚。
5	LATCH	I	热关断行为，闭锁或自动重试，内部下拉。
6	SNS	O	根据检测比输出相应的检测值。
7	ILIM	O	可调节电流限制。如果未使用外部电流限制，则接地短路或保持悬空。
11	NC	不适用	无内部连接。
8、9、10	VOUT	电源	高侧开关的输出，连接至负载。
12、13、14	VS	电源	电源。
散热焊盘	Pad	—	散热焊盘，内部接地短路。

(1) I = 输入，O = 输出，N/A = 不适用

4.1 未使用引脚的推荐连接

TPS1HTC100-Q1 提供了一组增强的诊断和保护特性。然而，如果系统设计仅允许使用有限数量的 I/O 连接，则某些引脚可能会被视为可选引脚。

表 4-2. 可选引脚的连接

引脚名称	未使用时的连接	未使用时的影响
SNS	通过 1kΩ 电阻器接地	模拟检测不可用。
LATCH	悬空或通过 R_{PROT} 电阻器接地	当 LATCH 未使用时，器件会在发生故障后执行自动重试。如果需要锁存行为，但系统描述 I/O 受限，则可以使用一个微控制器输出来控制多个高侧通道的锁存功能。
ILIM	浮点	如果 ILIM 引脚悬空，则器件被设置为默认的内部电流限制阈值。这被视为器件的故障状态。
$\overline{\text{FAULT}}$	浮点	如果 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚未使用，则系统无法从输出端读取故障。
DIAG_EN	悬空或通过 R_{PROT} 电阻器接地	如果 DIAG_EN 未使用，则模拟检测、开路负载和电池短路诊断不可用。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
连续电源电压，V_S 以 IC GND 为基准		-0.7	64	V
连续电源电压，V_{OUT} 以 IC GND 为基准		-60	64	V
电源引脚上的瞬态 (< 100µs) 电压，V_S 以 IC GND 为基准		-0.7	81	V
使能引脚电压，V_{EN}		-1	6	V
LATCH 引脚电压，V_{LATCH}		-1	6	V
DIAG_EN 引脚电压，V_{DIAG_EN}		-1	6	V
检测引脚电压，V_{SNS}		-1	6	V
$\overline{FAULT}$ 引脚电压，$V_{\overline{FAULT}}$		-1	6	V
反向接地电流，I_{GND}	V_S < 0V		-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以及在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在*建议运行条件*之外但又在*绝对最大额定值*范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件的寿命。

5.2 ESD 等级

				值	单位
V_{ESD}	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001(1)	除 VS 和 VOUT 外的所有引脚	±2000	V
		人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001(1)	VS 和 VOUT，以 GND 为基准	±4000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101，所有引脚(2)	所有引脚	±750	V

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
$V_{S_OP_NOM}$	标称电源电压	6.0	60	V
V_{EN}	使能电压	-1	5.5	V
V_{LATCH}	LATCH 引脚电压，V_{LATCH}	-1	5.5	V
V_{DIAG_EN}	诊断使能电压	-1	5.5	V
V_{FAULT}	$\overline{FAULT}$ 引脚电压	-1	5.5	V
V_{SNS}	检测电压	-1	5.5	V
T_A	自然通风条件下的工作温度范围	-40	125	°C

(1) 所有工作电压条件均以器件 GND 为基准进行测量

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.4 热性能信息

热指标(1) (2)		TPS1HTC100-Q1 PWP (HTSSOP) 14 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	33.7	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	34.9	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	10.2	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.1	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	10.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	2.7	°C/W

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

5.5 电气特性

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°C（除非另有说明）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
VS 电源电压和电流							
IL_{NOM}	持续负载电流	V_{EN} = 0V	T_{AMB} = 85°C		4		A
$I_{Q, VS}$	V_S 静态电流	V_{EN} = 5V，I_{OUT} = 0A	V_{DIAG_EN} = 0V		0.98	1.3	mA
			V_{DIAG_EN} = 5V		1.2	1.65	mA
$I_{STBY, VS}$	总器件待机电流（包括 MOSFET）	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V，V_{OUT} = 0V	T_J = -40°C 至 85°C		0.25	0.7	µA
			T_J = 150°C		0.83	11	µA
$I_{OUT(STBY)}$	输出漏电流	V_{EN} = 0V，V_{OUT} = 0V，V_{DIAG} = 0V	T_J = -40°C 至 85°C			0.65	µA
			T_J = 150°C		0.28	10	µA
t_{STBY}	待机模式延迟时间	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至待机			20		ms
VS 欠压锁定 (UVLO) 输入							
$V_{S,UVLOR}$	V_S 欠压锁定上升	以器件的 GND 引脚为基准测得		5.0	5.4	5.75	V
$V_{S,UVLOF}$	V_S 欠压锁定下降			4.1	4.5	4.85	V
VDS 钳位							
$V_{DS,Clamp}$	V_{DS} 钳位电压	FET 电流 = 10mA	V_S = 24V	70	78.9	84.5	V
			V_S = 6V	48	53	58	V
RON 特性							
R_{ON}	导通电阻	0.5A ≤ I_{OUT} ≤ 3A	T_J = 25°C		83		mΩ
			T_J = 125°C			168	mΩ
			T_J = 150°C			180	mΩ
$R_{ON(REV)}$	反极性期间的导通电阻	0.5A ≤ I_{OUT} ≤ 3A，V_S = –24V	T_J = –40°C 至 150°C			180	mΩ
电流限制特性							
K_{CL}	电流限制比		$I_{CL, typ}$ = 0.92A		46		A × kΩ
K_{CL}	电流限制比		$I_{CL, typ}$ = 1.96A		48.9		A × kΩ
K_{CL}	电流限制比		$I_{CL, typ}$ = 3.0A		50.1		A × kΩ
K_{CL}	电流限制比		$I_{CL, typ}$ = 5.3A		53.2		A × kΩ

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°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_{CL}	电流限制电平	短路条件，V_{DS} = 1V	R_{ILIM} = 50kΩ	0.73	0.92	1.11	A
			R_{ILIM} = 25kΩ	1.5	1.96	2.3	A
			R_{ILIM} = 16.7kΩ	2.3	3.0	3.5	A
			R_{ILIM} = 10kΩ	4	5.3	6.3	A
			R_{ILIM} = 开路或超出范围	3.05	3.5	4.3	A
			R_{ILIM} = GND	6.1	7.3	8.6	A
I_{CL_LINPK}	过流限制阈值(1)	过载条件	R_{ILIM} = 25kΩ			1.5 × I_{CL}	A
I_{ILIM_ENPS}	峰值电流可导致永久短路		R_{ILIM} = 10kΩ			1.2 × I_{CL}	A
t_{IOS}	短路响应时间	VS = 24V			0.5		µs
热关断特性							
T_{ABS}	热关断				165		°C
T_{REL}	相对热关断				60		°C
t_{RETRY}	重试时间 (2)	从故障关断到开关重新启用的时间（热关断）。			2		ms
故障响应	针对热关断的故障响应				可通过锁存引脚进行配置		
T_{HYS}	绝对热关断迟滞				10		°C
故障引脚特性							
V_{FAULT}	$\overline{FAULT}$ 低输出电压	$I_{\overline{FAULT}}$ = 2.5mA				0.5	V
t_{FAULT_FLT}	故障指示时间	故障和 $\overline{FAULT}$ 置为有效之间的时间				75	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				106	µs
电流检测特性							
K_{SNS}	电流检测比 I_{OUT}/I_{SNS}	I_{OUT} = 1A			800		A/A

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°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_{SNS}	电流检测电流	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 5V	I_{OUT} = 4A		5		mA
				-5		6	%
			I_{OUT} = 3A		3.75		mA
				-5		5	%
			I_{OUT} = 2A		2.5		mA
				-5		5	%
			I_{OUT} = 1A		1.25		mA
				-5		5	%
			I_{OUT} = 0.5A		0.625		mA
				-6		6	%
			I_{OUT} = 250mA		0.3125		mA
				-10		10	%
			I_{OUT} = 150mA		0.1875		mA
				-10		10	%
			I_{OUT} = 60mA		0.075		mA
				-25		25	%
			I_{OUT} = 30mA		0.0375		mA
				-25		25	%
			I_{OUT} = 25mA		0.03125		mA
				-30		30	%
			I_{OUT} = 10mA		0.011		mA
				-30		30	%
SNS 引脚特性							
V_{SNSFH}	V_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} = 5V		4.5	5	5.77	V
		V_{DIAG_EN} = 3.3V，R_{SNS}=开路		3.3	3.95	4.4	V
		V_{DIAG_EN} = V_{IH}		2.9	3.2	3.5	V
I_{SNSFLT}	I_{SNS} 故障高电平	V_{DIAG_EN} > $V_{IH,DIAG_EN}$		5.2	6.4		mA
$I_{SNSleak}$	I_{SNS} 漏电流	V_{DIAG_EN} = 5V，IL = 0mA				1.3	µA
V_{S_ISNS}	用于完整的电流检测和故障功能的 V_S	V_{DIAG_EN} = 3.3V		5.9			V
		V_{DIAG_EN} = 5V		7.1			V
开路负载检测特性							
V_{OL_OFF}	关断状态开路负载 (OL) 检测电压	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V		1.4	2	2.6	V
R_{OL_OFF}	关断状态开路负载 (OL) 检测内部上拉电阻	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V	V_S = 6V	110	133	150	kΩ
			V_S = 24V	114	140	166	kΩ
			V_S = 48V	120	140	166	kΩ
t_{OL_OFF}	关断状态开路负载 (OL) 检测抗尖峰脉冲时间	V_{EN} = 0V，V_{DIAG_EN} = 5V，当 Vs – V_{OUT} < V_{OL} 时，持续时间长于 t_{OL}。检测到开路负载。			480	1050	µs
$t_{OL_OFF_1}$	从 EN 下降开始的 OL_OFF 和 STB 指示时间	V_{EN} = 5V 至 0V，V_{DIAG_EN} = 5V I_{OUT} = 0mA，V_{OUT} = Vs - V_{OL}			310	905	µs
$t_{OL_OFF_2}$	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_S - V_{OL}				1080	µs
DIAG_EN 引脚特性							

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°C（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL, DIAG_EN}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, DIAG_EN}$	输入电压高电平	无接地网络	1.5			V
$V_{IHYS, DIAG_EN}$	输入电压迟滞			270		mV
R_{DIAG_EN}	内部下拉电阻器		200	350	500	kΩ
$I_{IL, DIAG_EN}$	输入电流低电平	V_{DIAG_EN} = 0.8V，V_{EN} = 0V		0.8		µA
$I_{IH, DIAG_EN}$	输入电流高电平	V_{DIAG_EN} = 5V		14		µA
EN 引脚特性						
$V_{IL, EN}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, EN}$	输入电压高电平	无接地网络	1.5			V
$V_{IHYS, EN}$	输入电压迟滞			300		mV
R_{EN}	内部下拉电阻器		200	350	500	kΩ
$I_{IL, EN}$	输入电流低电平	V_{EN} = 0.8V		2.2		µA
$I_{IH, EN}$	输入电流高电平	V_{EN} = 5V		14		µA
LATCH 引脚特性						
$V_{IL, LATCH}$	输入电压低电平	无接地网络			0.8	V
$V_{IH, LATCH}$	输入电压高电平	无接地网络	1.5			V
$V_{IHYS, LATCH}$	输入电压迟滞			270		mV
R_{LATCH}	内部下拉电阻器		0.7	1	1.3	MΩ
$I_{IL, LATCH}$	输入电流低电平	V_{LATCH} = 0.8V		0.77		µA
$I_{IH, LATCH}$	输入电流高电平	V_{LATCH} = 5V		5		µA

(1) 电流限制调节之前过载条件下的最大电流输出。
(2) 数据未经量产测试。

5.6 SNS 时序特性

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°C（除非另有说明），参数未经量产测试

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%	V_{EN}= 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 1A			15	µs
		V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V，R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 50mA			80	µs
$t_{SNSION2}$	从 EN 和 DIAG_EN 的上升沿开始的稳定时间 V_{DIAG_EN} V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 0V 至 5V V_S = 24V，R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 1A			200	µs
$t_{SNSION3}$	从 EN 的上升沿开始的稳定时间 V_{EN} 的 50% 到稳定 ISNS 的 90%	V_{EN} = 0V 至 5V，V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_L = 1A			200	µs
$t_{SNSIOFF}$	从 DIAG_EN 的下降沿开始的稳定时间	V_{EN} = 5V，V_{DIAG_EN} = 5V 至 0V R_{SNS} = 1kΩ，R_L = 48Ω			20	µs
$t_{SETTLEH}$	从负载阶跃的上升沿开始的稳定时间。	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 0.5A 至 3A			20	µs
$t_{SETTLEL}$	从负载阶跃的下降沿开始的稳定时间。	V_{EN} = V_{DIAG_EN} = 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 3A 至 0.5A			20	µs

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.6 SNS 时序特性（续）

V_S = 6V 至 60V，T_J = –40°C 至 125°C（除非另有说明），参数未经量产测试

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SNSFH}	SNSFH 的置为有效时间 从 VSNSFH 上升沿的 50% 到 VSNSFH 下降沿的 50%	V_{DIAG_EN} = V_{EN} = 0V 至 5V R_{SNS} = 1kΩ，I_{OUT} = 5mA C_{OUT} =15μF	60			μs

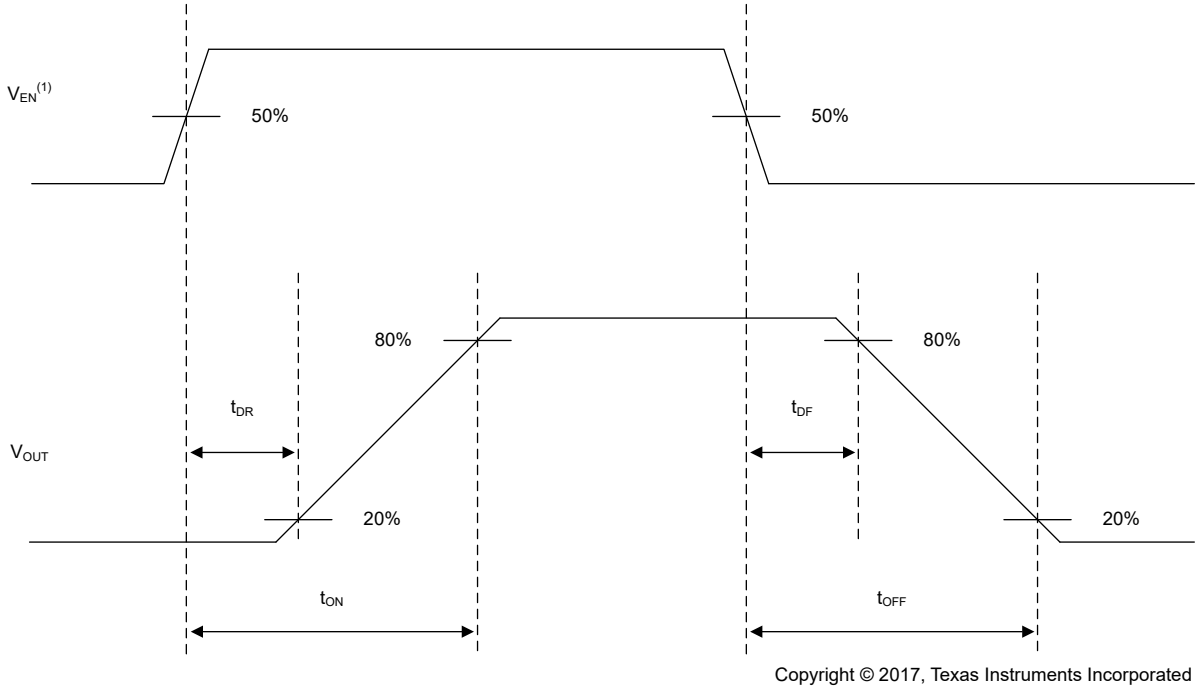
5.7 开关特性

V_S = 48V，R_L = 120Ω，T_A = –40°C 至 125°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}	导通延迟时间（从待机）	EN 的 50% 至 VOUT 的 20%	28	55	70	μs
	导通延迟时间（从有效、诊断或待机延迟）		20	47	65	μs
t_{DF}	关断延迟时间	EN 的 50% 至 VOUT 的 80%	20	65	98	μs
SR_R	VOUT 上升转换率	V_{OUT} 的 20% 至 80%	0.1	0.47	0.7	V/μs
SR_F	VOUT 下降压摆率	V_{OUT} 的 80% 至 20%	0.1	0.56	0.82	V/μs
t_{ON}	开通时间（从待机）	EN 的 50% 至 VOUT 的 80%		120	200	μs
t_{OFF}	关断时间	EN 的 50% 至 VOUT 的 20%		117	200	μs
t_{ON} - t_{OFF}	导通和关断匹配	1ms 导通时间开关使能脉冲	-25		70	μs
t_{ON_pw}	最小 VOUT ON 脉冲宽度	200μs 导通时间开关使能脉冲，VOUT 为 VS 的 90%，F = f_{max}	60		134	μs
t_{OFF_pw}	最小 VOUT OFF 脉冲宽度	200μs 关断时间开关使能脉冲，VOUT 为 VS 的 20%，F = f_{max}	82	130	175	μs
Δ_{PWM}	PWM 精度 - 平均负载电流	200μs 使能脉冲，F = f_{max}	-15		15	%

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

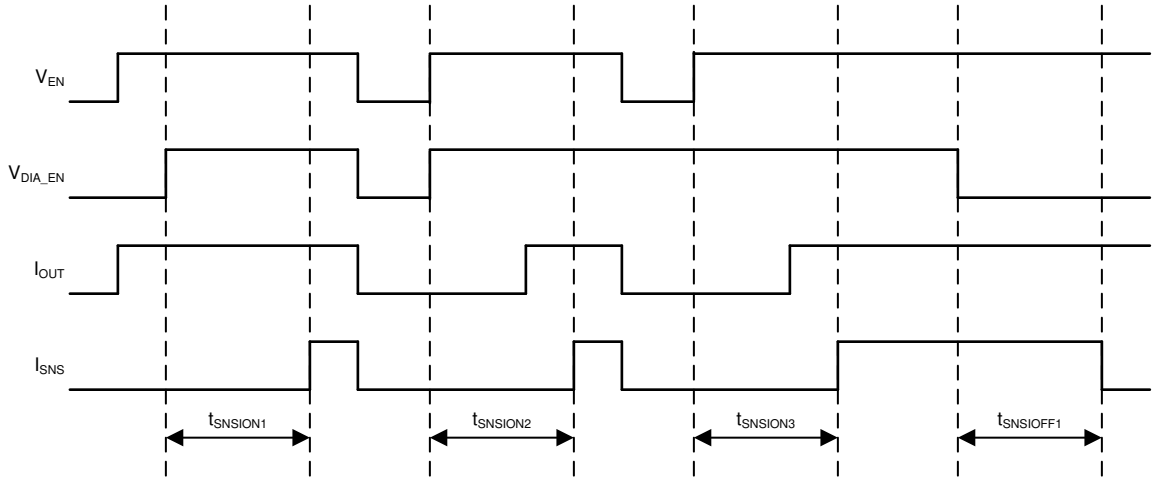
5.8 时序图

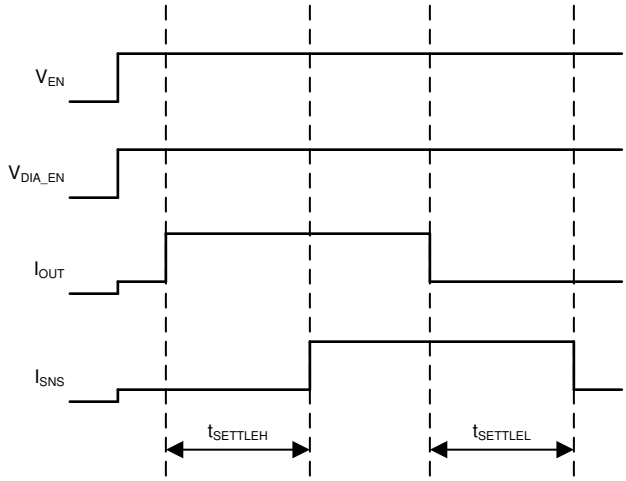


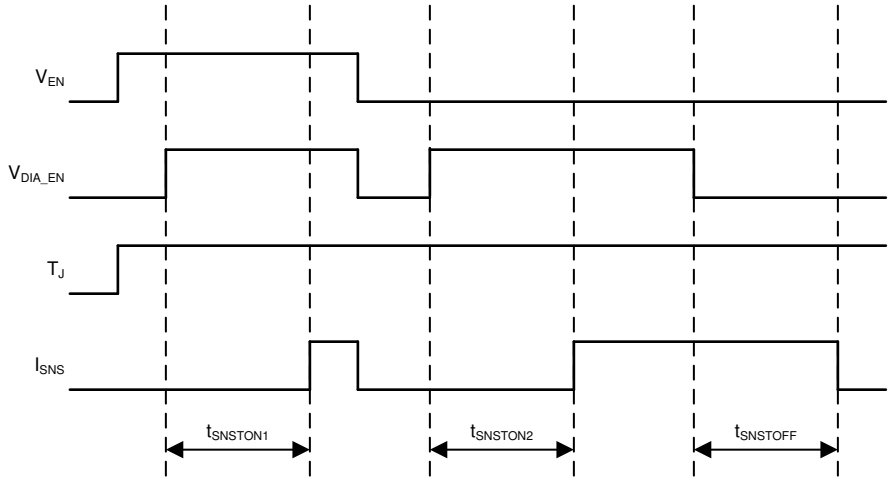
Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

V_{EN} 的上升和下降时间为 100ns。

图 5-1. 开关特性定义



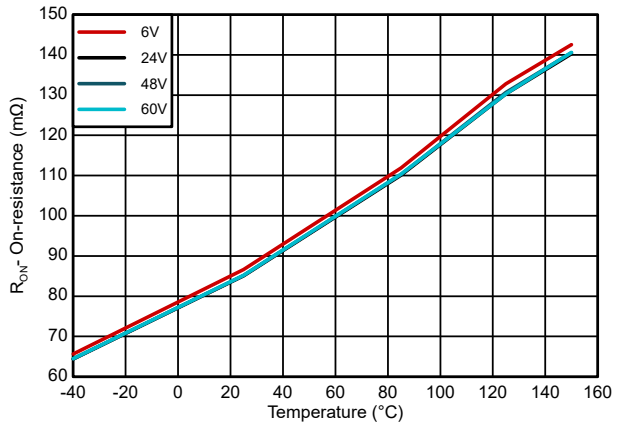




控制信号的上升和下降时间为 100ns。控制信号包括：EN、DIA_EN。

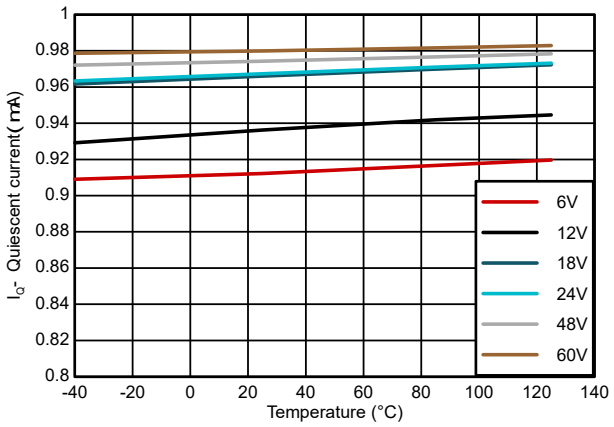
图 5-2. SNS 时序特性定义

5.9 典型特性



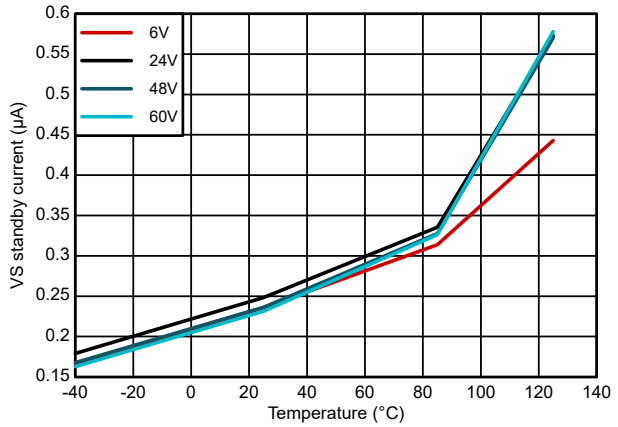
I_{OUT} = 0.9A

图 5-3. 导通电阻 (R_{ON}) 与温度与 VS 电源电压间的关系



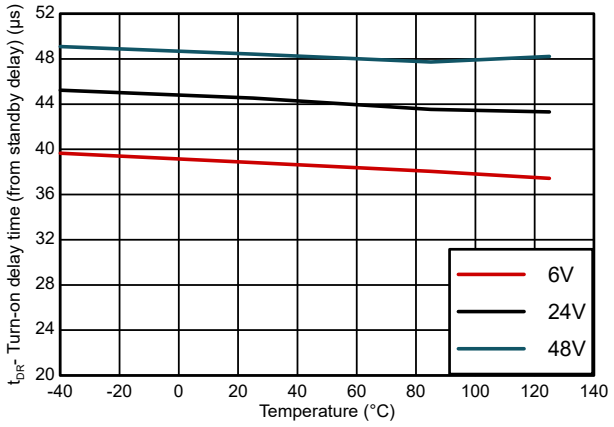
V_{EN} = 5V V_{DIAG_EN} = 0V

图 5-4. 来自 VS 输入电源的静态电流 ($I_{Q, VS}$) 与温度与 VS 电压间的关系



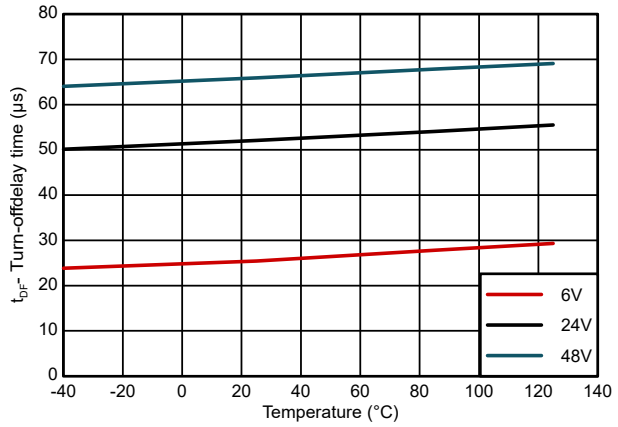
V_{EN} = 0V V_{DIAG_EN} = 0V

图 5-5. 来自 VS 输入电源的待机电流 ($I_{STBY, VS}$) 与温度与 VS 电压间的关系



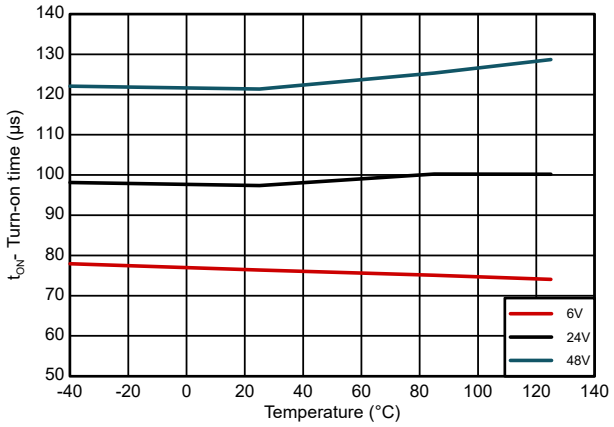
R_L = 120 Ω

图 5-6. 导通延迟时间 (t_{DR}) 与温度与 VS 电压间的关系



R_L = 120 Ω

图 5-7. 关断延迟时间 (t_{DF}) 与温度与 VS 电压间的关系

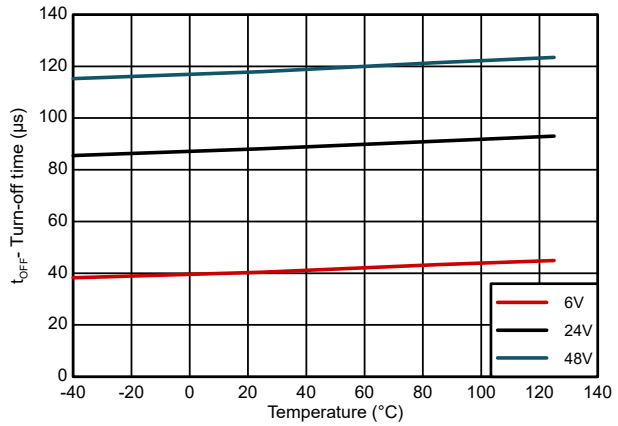


R_L = 120 Ω

图 5-8. 开通时间 (t_{ON}) 与温度与 VS 电压间的关系

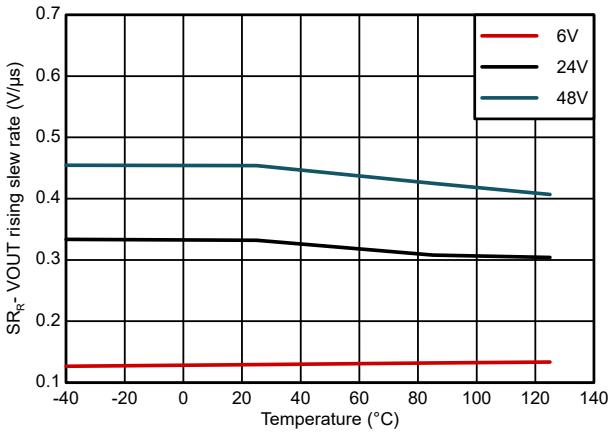
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

5.9 典型特性（续）



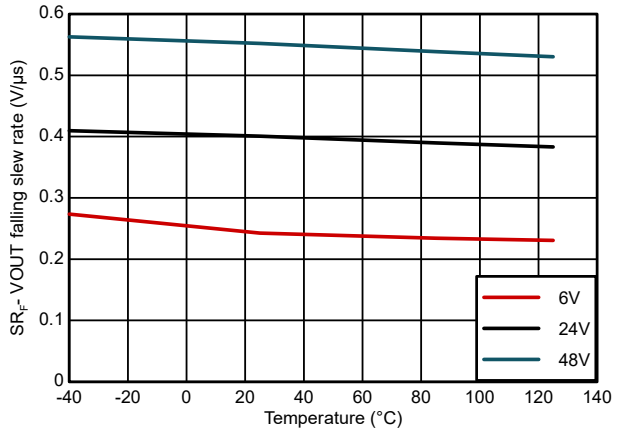
R_L = 120 Ω

图 5-9. 关断时间 (t_{OFF}) 与温度与 VS 电压间的关系



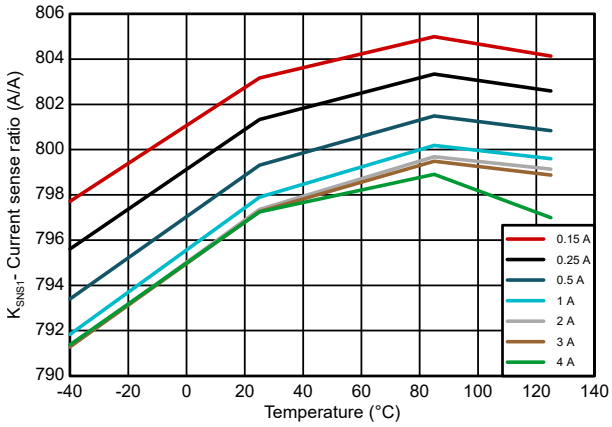
R_L = 120 Ω

图 5-10. VOUT 上升压摆率 (SR_R) 与温度与 VS 电压间的关系



R_L = 120 Ω

图 5-11. VOUT 下降压摆率 (SR_F) 与温度与 VS 电压间的关系



VS = 24V

图 5-12. 电流检测比 (K_{SNS}) 与温度和负载电流间的关系

6 参数测量信息

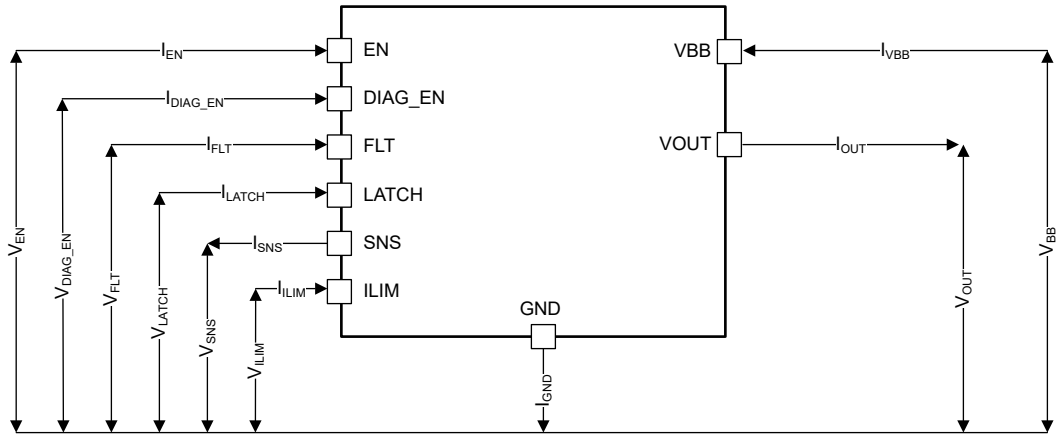


图 6-1. 参数定义

7 详细说明

7.1 概述

TPS1HTC100-Q1 是一款受到全面保护的汽车类单通道高侧电源开关，具有集成式 NMOS 电源 FET 和电荷泵，直流容差为 60V。该器件具有丰富的诊断功能以及高精度电流检测特性，能够对负载实施智能控制。输入引脚上的 1.5V 低逻辑高电平阈值 V_{IH} 允许使用低至 1.8V 的 MCU。可编程的电流限制功能能够极大地提高整个系统的可靠性。器件诊断报告有两个引脚来支持数字状态和模拟电流检测输出，用于在器件之间多路复用 MCU 模拟或数字接口。

数字状态报告是在故障引脚上采用开漏结构实现的。当发生故障情况时，该引脚下拉至 GND。需要使用一个外部上拉电阻来匹配微控制器的电源电平。高精度电流检测可实现更好的实时监测效果和更准确的诊断，无需进一步校准。电流镜用于提供 $1/K_{SNS}$ 的负载电流，等于 SNS 引脚上的电压。K_{SNS} 在整个温度和电源电压范围内是一个恒定值。SNS 引脚还可以通过强制 V_{SNSFH} 的电压来报告故障，该电压与诊断使能电压成比例，以便系统的 ADC 看到的最大电压在可接受的值内。这样，就无需在 SNS 引脚上使用外部齐纳二极管或电阻分压器。

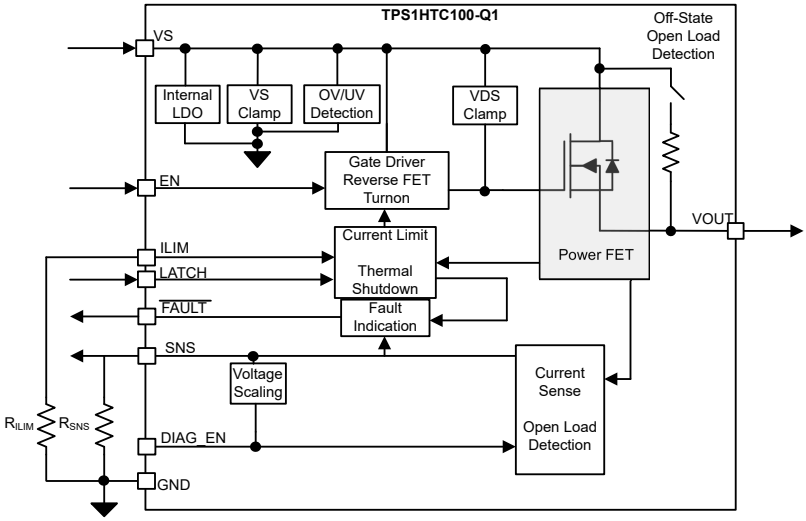
外部高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。外部高精度电流限制功能通过在启动或短路条件下有效地钳制浪涌电流，极大地提高了系统的可靠性。此外，外部高精度电流限制功能还可以通过减少 PCB 走线以及减小连接器尺寸和前一个功率级容量来节省系统成本。此器件中还可以实现内部电流限制。施加外部或内部电流限制值的较低值。

内置的有源漏源电压钳位可解决如继电器、螺线管、泵、电机等电感负载能量的关断问题。在电感关断周期期间，电源 (E_{BAT}) 和负载 (E_{LOAD}) 的能量都消耗在高侧电源开关本身上。凭借工艺技术和出色的 IC 布局的优势，TPS1HTC100-Q1 器件可以实现出色的能量耗散能力，从而在大多数情况下无需使用外部续流电路。

TPS1HTC100-Q1 器件可用作各种阻性负载、感性负载和容性负载（包括低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀和加热器）的高侧电源开关。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 精确的电流检测

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

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

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

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

在某些应用中，负载电流范围更高，上述边界公式只能满足下限或上限。在这些情况下，可以更多地强调较低的可测量电流值，这会增加 R_{SNS}。同样，如果对较高的电流更感兴趣，则可以降低 R_{SNS}。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

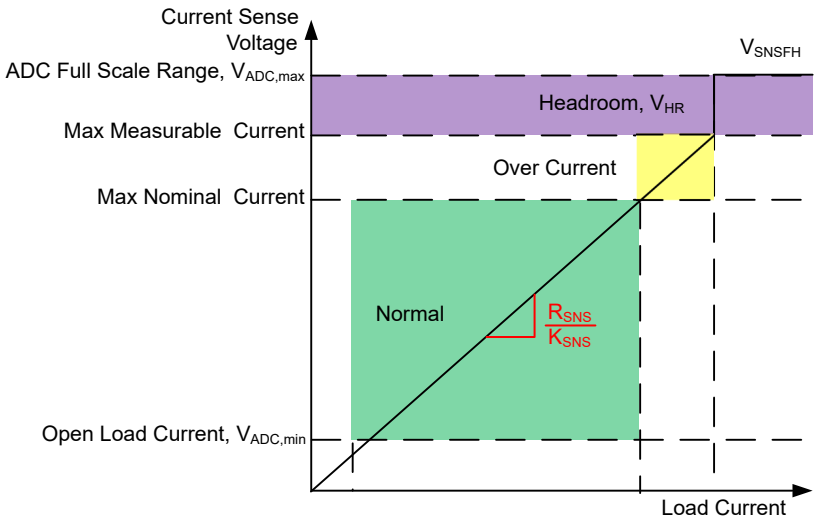


图 7-1. 电流检测引脚上的电压指示

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

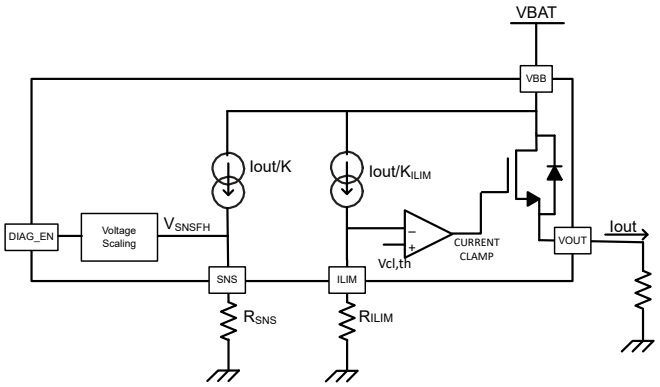


图 7-2. 电流检测和电流限制方框图

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

7.3.2 可编程电流限制

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

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

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

  此外，可以通过更改 ILIM 引脚上的电阻来动态更改该值。这可以在应用部分中看到。
- 内部电流限制：I_{LIM} 引脚接地短路 -- 如果外部电流限制超出下限或 I_{LIM} 引脚接地短路，则内部电流限制是固定的。要将内部电流限制用于大电流应用，请将 I_{LIM} 引脚直接连接到器件 GND。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

- 内部电流限制：I_{LIM_REG} 引脚开路 -- 如果外部电阻器超出上限或 ILIM 引脚开路，则电流限制将恢复至标称电流限制范围的一半。该水平仍高于器件在直流稳态下运行的标称运行值，但足够低，如果发生引脚故障且 R_{ILIM} 开路，则电流不会默认为最大额定值，并会对电源施加额外的应力。

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

请注意，如果使用接地网络（这会导致器件 GND 和电路板 GND 之间发生电平转换），则 ILIM 引脚必须与器件 GND 连接。使用方程式 2 计算 R_{LIM}。

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

为了更好地防止出现硬接地短路情况（当 V_S 和输入为高电平，并且突然发生接地短路时），开环快速响应行为设置为在设置电流限制闭环之前关闭通道。凭借这种快速响应能力，器件可以实现更佳的浪涌抑制性能。

有关电流限制特性的更多信息，请参阅 *节 7.3.4.1* 。

7.3.2.1 电容充电

图 7-3 显示了容性负载应用的典型设置显示，以及使用该器件时运行的内部块。请注意，所有容性负载都有一个与电容器并联的关联“负载”，该负载被描述为电阻负载，但实际上它可以是电感负载或电阻负载。

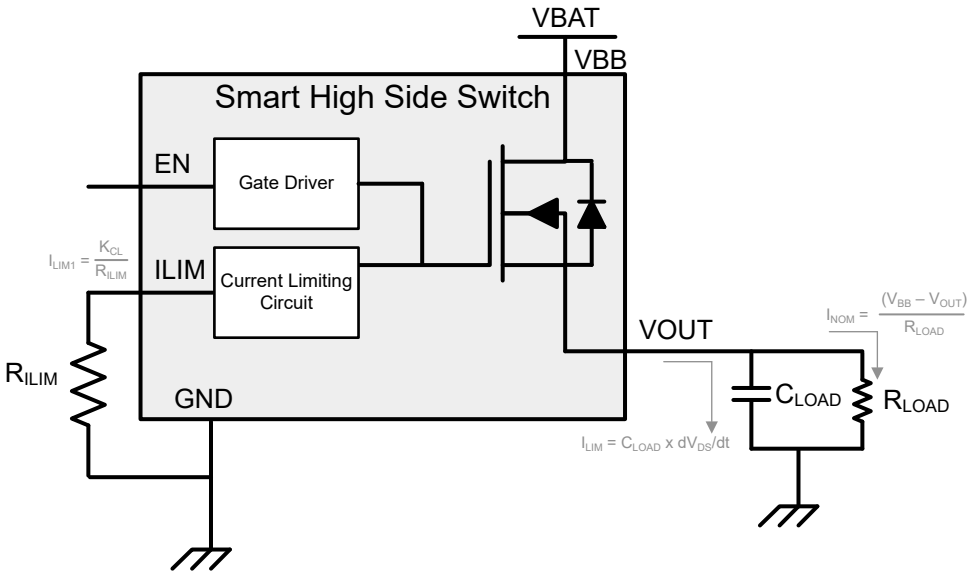


图 7-3. 电容充电电路

首先要检查的是 TPS1HTC100-Q1 器件可以接受标称直流电流 I_{NOM}。这可以很轻松地完成，方法是从节 5.4 获取 $R_{\theta JA}$，将 TPS1HTC100-Q1 的 R_{ON} 与其 I_{NOM} 相乘，再加上环境温度，如果该值低于热关断值，则器件可以在该负载电流下运行。有关此计算的示例，请参阅节 8.2。

此应用的第二个关键关注点是确保容性负载可以完全充电，而不会使器件发生热关断。这是因为，如果器件在充电期间发生热关断，则与电容器并联的负载的电阻性质会在 TPS1HTC100-Q1 关断期间开始对电容器放电。请注意，有些应用具有足够高的负载阻抗，TPS1HTC100-Q1 发生热关断并重试是可接受的；然而，对于大多数应用，系统设计必须确保 TPS1HTC100-Q1 在对电容器充电时不会发生热关断。

借助 TPS1HTC100-Q1 的电流钳位特性，与其他高电流限制开关相比，能够以更低的浪涌电流给电容器充电。这种较低的浪涌电流意味着电容器需要更长的时间才能完全充电。

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

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.3.3 电感负载关断钳位

当关断电感负载时，由于电感特性，输出电压下拉至负值。如果在电流衰减期间没有对电压进行钳位，则功率 FET 可能会击穿。为了在这种情况下保护功率 FET，使用内部漏源钳位（即 $V_{DS,clamp}$）来钳制器件漏极和源极之间的电压。

$$V_{DS,clamp} = V_{BAT} - V_{OUT} \tag{3}$$

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

$$E_{HSD} = E_{BAT} + E_{LOAD} = E_{BAT} + E_L - E_R \tag{4}$$

从高侧电源开关的角度来看，E_{HSD} 等于电流衰减期间的积分值。

$$E_{HSD} = \int_0^{T_{DECAY}} V_{DS,clamp} \times I_{OUT}(t)\,dt \tag{5}$$

$$T_{DECAY} = \frac{L}{R} \times \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(MAX)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right) \tag{6}$$

$$E_{HSD} = L \times \frac{V_{BAT} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[R \times I_{OUT(MAX)} - |V_{OUT}| \ln\left(\frac{R \times I_{OUT(MAX)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|}\right)\right] \tag{7}$$

当 R 大概等于 0 时，E_{HSD} 可以简单地表示为：

$$E_{HSD} = \frac{1}{2} \times L \times I^2_{OUT(MAX)} \frac{V_{BAT} + |V_{OUT}|}{R^2} \tag{8}$$

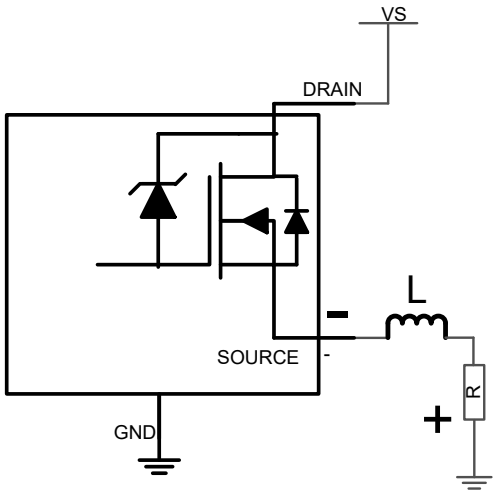


图 7-4. 驱动电感负载

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

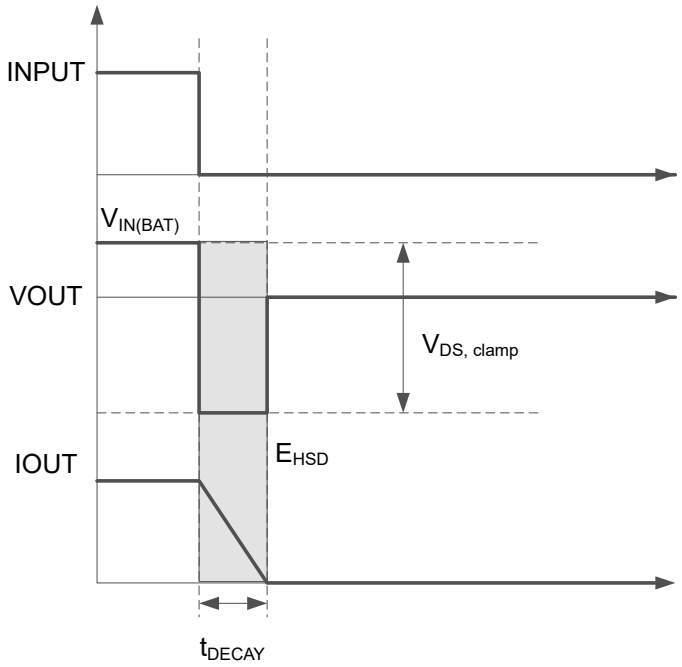


图 7-5. 电感负载关断图

如前所述，关断时，电池能量和负载能量会在高侧电源开关上耗散，这会导致热变化较大。对于每个高侧电源开关，最大安全功率耗散的上限取决于器件的固有容量、环境温度和电路板功耗条件。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.3.4 全面保护和诊断

当 DIAG_EN 启用时，电流检测处于活动状态。当 DIAG_EN 为低电平时，禁用电流检测。SNS 输出处于高阻抗模式。

表 7-1. DIAG_EN 逻辑表

DIAG_EN	EN 条件	保护和诊断
高电平	高电平	请参阅故障表
	低电平	
低电平	高电平	诊断已禁用且 $\overline{\text{FAULT}}$ 和 SNS 输出设置为高阻抗。保护功能正常运行。
	低电平	

表 7-2. DIAG_EN = 高电平状态表

条件	EN	VOUT	$\overline{\text{FAULT}}$	SNS	行为	恢复
正常	L	L	高阻态	0	正常	
	H	H	高阻态	I_{Load}/K_{SNS}	正常	
过流	H	$V_S - I_{LIM}*R_{LOAD}$	L	V_{SNSFH}	将电流保持为电流限制，直至热关断	
过压	H	H → L	L	V_{SNSFH}	通道在 $V_S > V_{S,OVPR}$ 时关闭，在 $V_S < V_{S,OVPRF}$ 时重新开启	
STG、相对热关断、绝对热关断	H	H → L	L	V_{SNSFH}	当器件达到相对或绝对热关断时关断	当 T_{HYS} 得到满足且时间长于 t_{RETRY} 时间量时自动重试
负载开路	H	H	高阻态	I_{Load}/K_{SNS} 大约为 0	正常行为，用户可以判断是否为开路负载	
	L	H	L	V_{SNSFH}	内部上拉电阻有效。如果 $V_S - V_{OUT} < V_{OL}$，则故障激活	当故障消失时清除
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受外部接地网络的限制	

7.3.4.1 短路和过载保护

TPS1HTC100-Q1 提供输出短路保护，以确保器件在接地路径阻抗较低时阻止电流流动，从而消除损坏或严重电源压降的风险。无论 ILIM 引脚的状态如何，该器件都能够在 125°C 下提供高达 60V 的电源，从而防止发生短路事件。

图 7-6 展示了 TPS1HTC100-Q1 在发生短路且器件处于导通状态并已在输出电流时的行为。当内部导通 FET 完全启用时，电流钳位稳定时间会更慢，因此，为了确保过冲受到限制，该器件在电平 I_{OVCR} 下实现快速跳变电平。当达到此快速跳变阈值时，该器件会立即关闭一小段时间，然后快速重新启用，并在短暂的瞬态过冲至更高的峰值电流 (I_{CL_ENPS}) 电平后将电流钳位到 I_{CL} 电平。然后，该器件会将电流保持钳位在稳压电流限制，直到达到热关断温度，而器件将安全关断。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

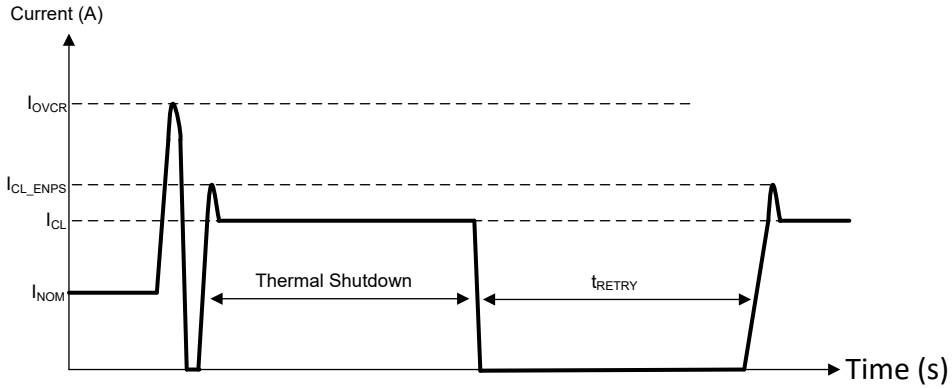


图 7-6. 导通状态短路行为

过载行为显示了当阻抗发生微小变化导致负载电流高于 I_{CL} 阈值时 TPS1HTC100-Q1 的行为。电流升至高于调节电平的 I_{CL_LINPK}。然后，电流限制调节环路启动，电流降至 I_{CL} 值。

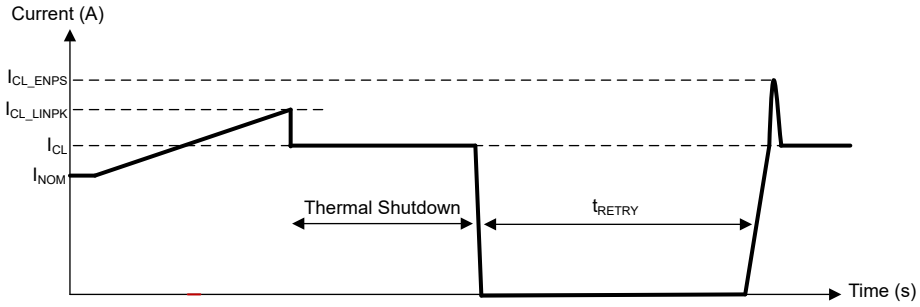


图 7-7. 过载行为

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

7.3.4.2 开路负载检测

当启用主通道时，通过读取 SNS 引脚上的电压来诊断故障，并由用户判断。

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

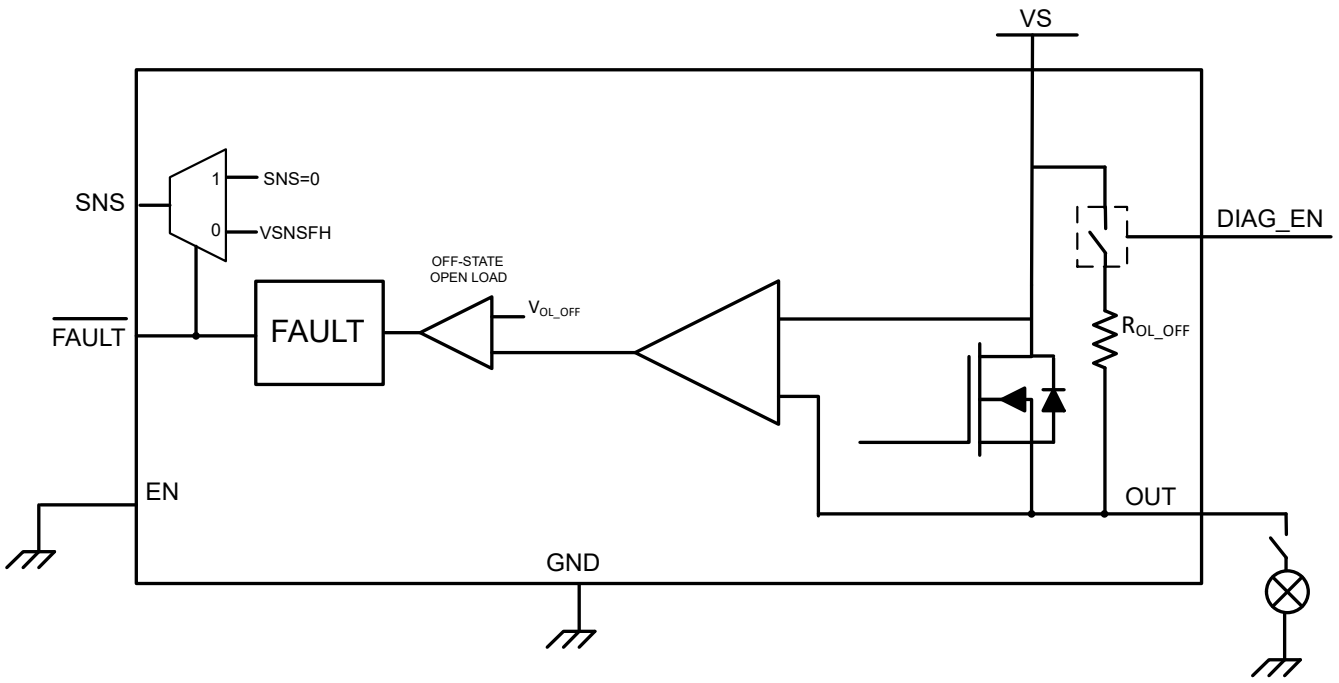


图 7-8. 开路负载检测电路

7.3.4.3 热保护行为

热保护行为可分为三类可能发生的事件。图 7-9 展示了每个类别。

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

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

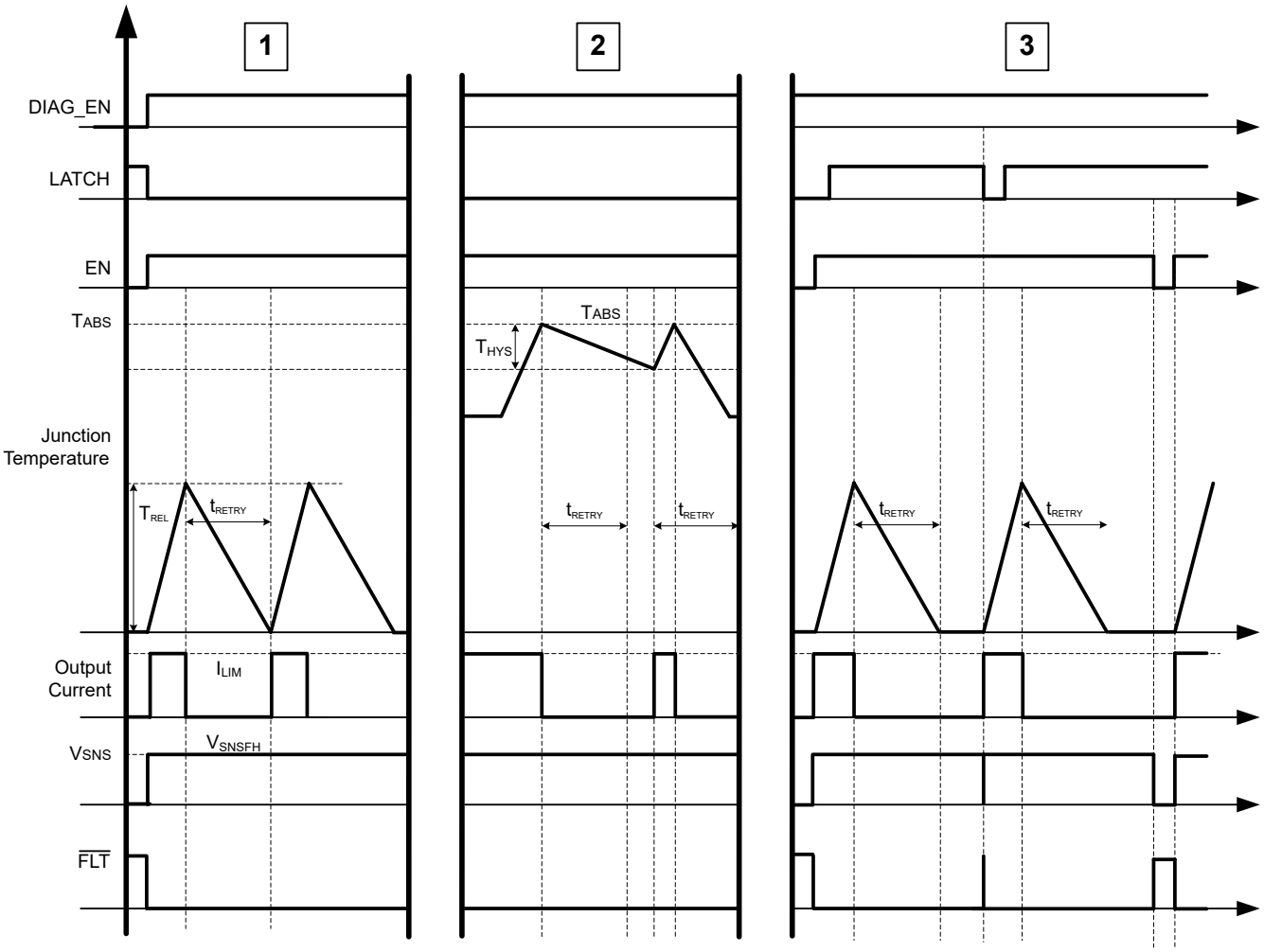


图 7-9. 热行为

7.3.4.4 UVLO 保护

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

7.3.4.5 反极性保护

方法 1：与 V_S 连接的阻断二极管。极性相反时，器件和负载均受到保护。

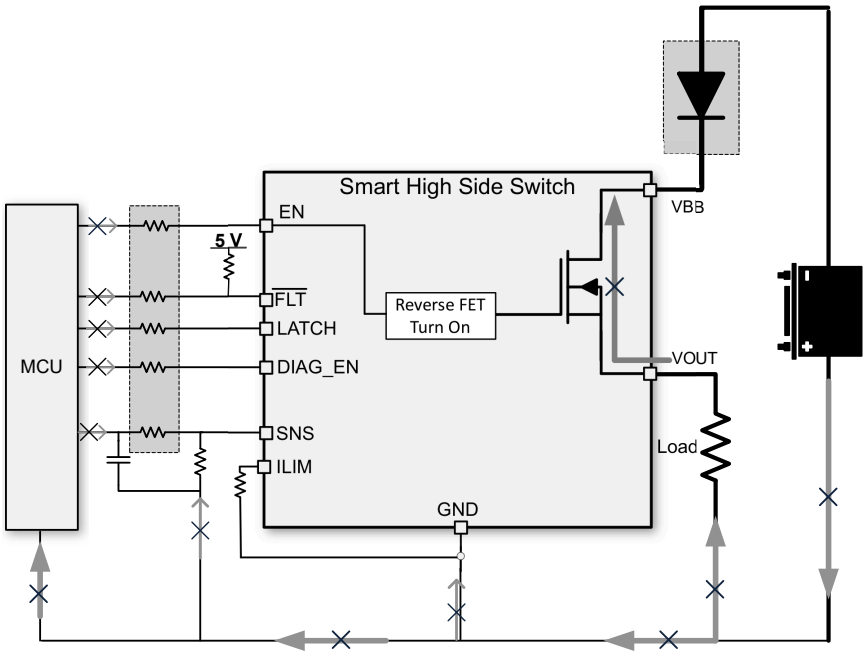


图 7-10. 采用阻断二极管实现反向保护

方法 2（接地网络保护）：在此连接下，只有高侧器件受到保护。负载反向环路受负载本身的限制。注意，当发生反极性时，通过功率 FET 的持续反向电流必须小于 I_{rev}。在这三种类型的接地引脚网络中，TI 强烈建议使用 3 类（电阻器和二极管并联）。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：

- TI 建议保持悬空。
- 将电流限制可编程电阻器连接到器件 GND。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

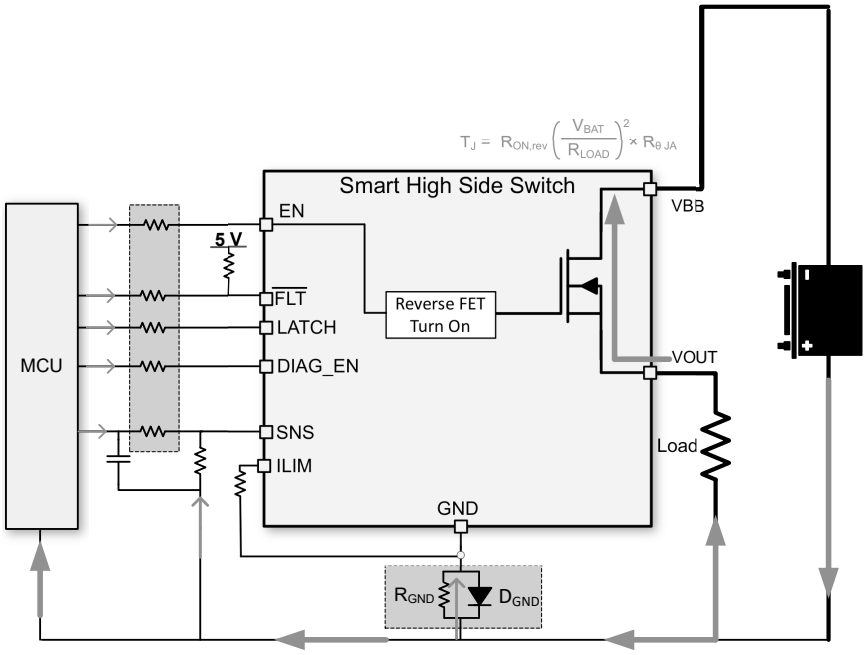


图 7-11. 通过接地网络实现反向保护

- **1 类（电阻器）：**在电池反向事件或 ISO 脉冲为负期间，电阻器的阻值越高，电流限制效果越好。然而，在正常运行模式期间，更高的电阻器阻值会导致更高的 GND 偏移。另外，还要考虑电阻器的功率耗散。

$$R_{GND} \leq \frac{V_{GNDshift}}{I_{nom}} \quad (9)$$

$$R_{GND} \geq \frac{(-V_{CC})}{(-I_{GND})} \quad (10)$$

其中

- $V_{GNDshift}$ 是 GND 偏移的最大值，由 HSS 和微控制器确定。TI 建议采用 ≤0.6V 的值。
- I_{nom} 是标称工作电流。
- $-V_{CC}$ 是电池线路上的最大反向电压。
- $-I_{GND}$ 是接地引脚可以承受的最大反向电流，可在节 5.1 中找到。

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。

- **2 类（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）。然而，为了避免在关闭时出现异常状态，电感负载不可接受。
- **3 类（电阻器和二极管并联，推荐）：**当感性负载关闭时，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 > 200mA 的二极管并联的 4.7kΩ 电阻器。如果使用多个高侧开关，则可以在器件间共享电阻器和二极管。

7.3.4.6 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，为了有效地防止 GND 丢失，TI 建议 R_{PROT} 电阻器的阻值为 10kΩ。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

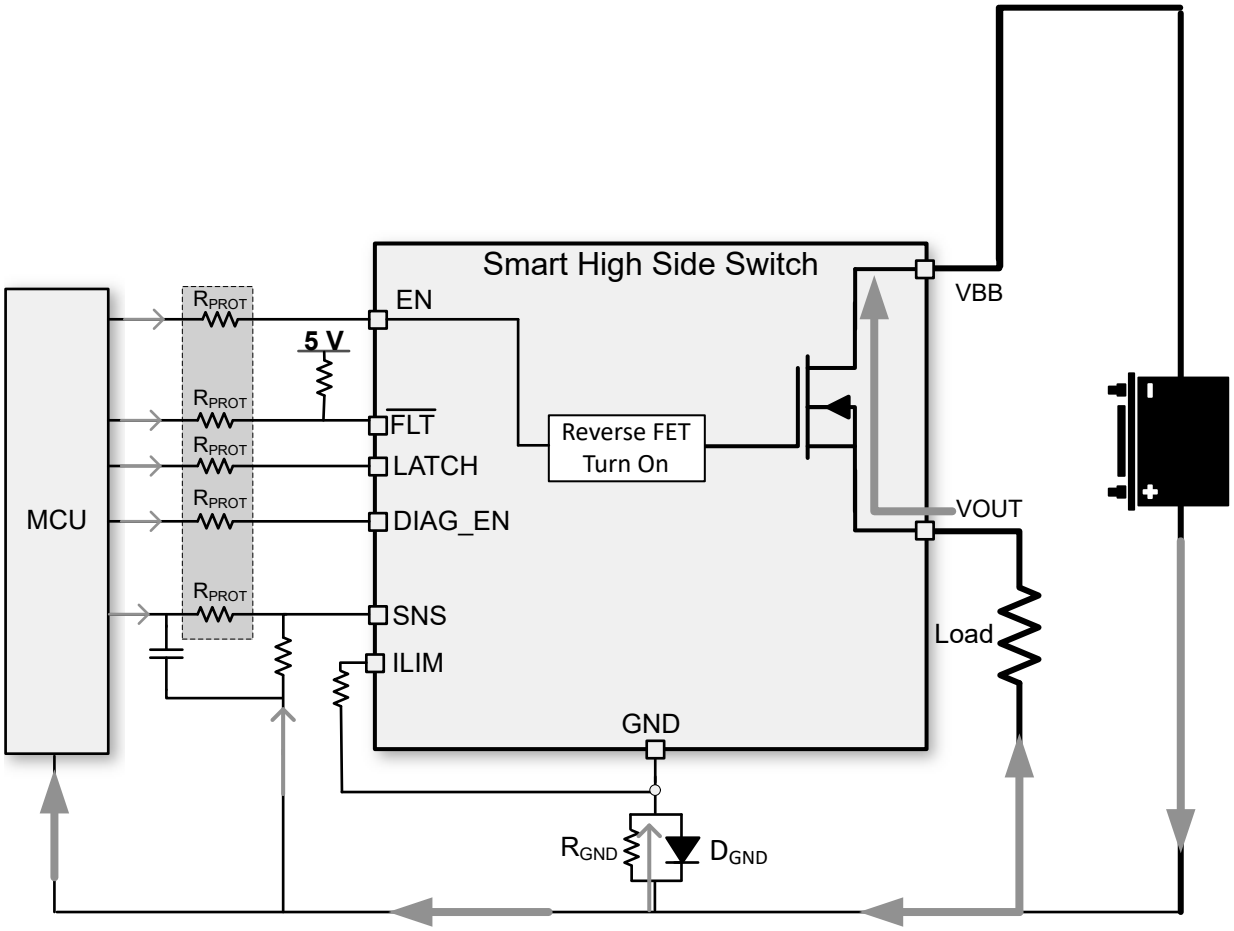


图 7-12. MCU IO 保护

7.3.5 诊断使能功能

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

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

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

7.4 器件功能模式

7.4.1 器件功能模式

在典型运行期间，TPS1HTC100-Q1 可以在以下所述的多种状态下工作，如图 7-13 中的状态图所示。

关闭 - 当器件未通电时，处于关闭状态。

待机 - 待机状态是一种低功耗模式，用于将功耗降至最低水平。诊断功能在待机模式下不可用。

待机延迟 - 当 EN 和 DIAG_EN 为低电平时会进入待机延迟状态。在 t_{STBY} 之后，如果 EN 和 DIAG_EN 引脚仍为低电平，则器件会进入待机状态。

诊断 - 诊断状态可用于在开关处于禁用状态时执行诊断。

有效 - 在有效状态下，开关被启用。诊断功能可以在有效状态期间打开或关闭。

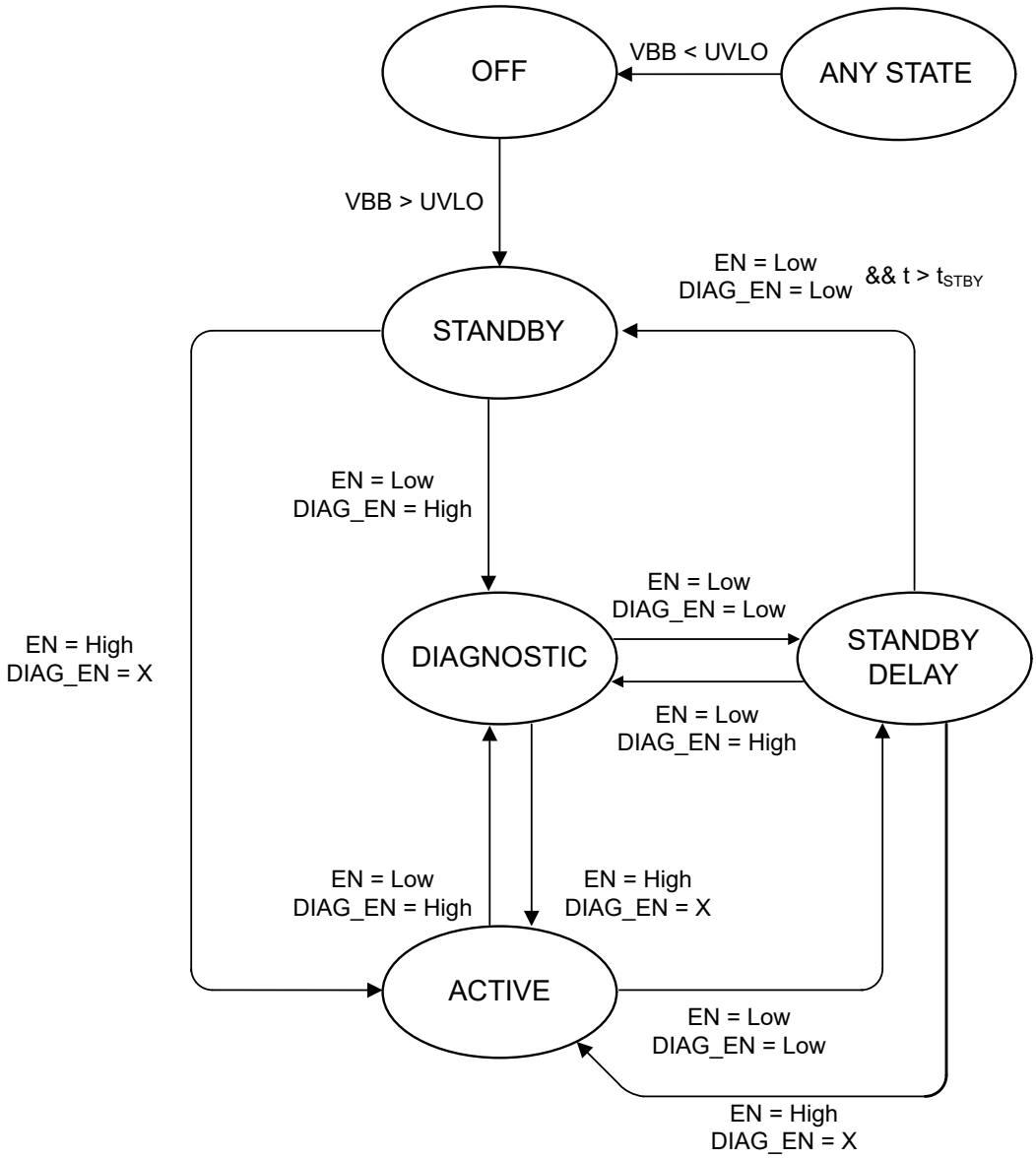


图 7-13. 状态图

8 应用和实施

备注

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

8.1 应用信息

下面讨论的内容说明了如何使用建议的外部元件在典型应用中实现该器件。

8.2 典型应用

图 8-1 展示了一个有关如何设计外部电路参数的示例。

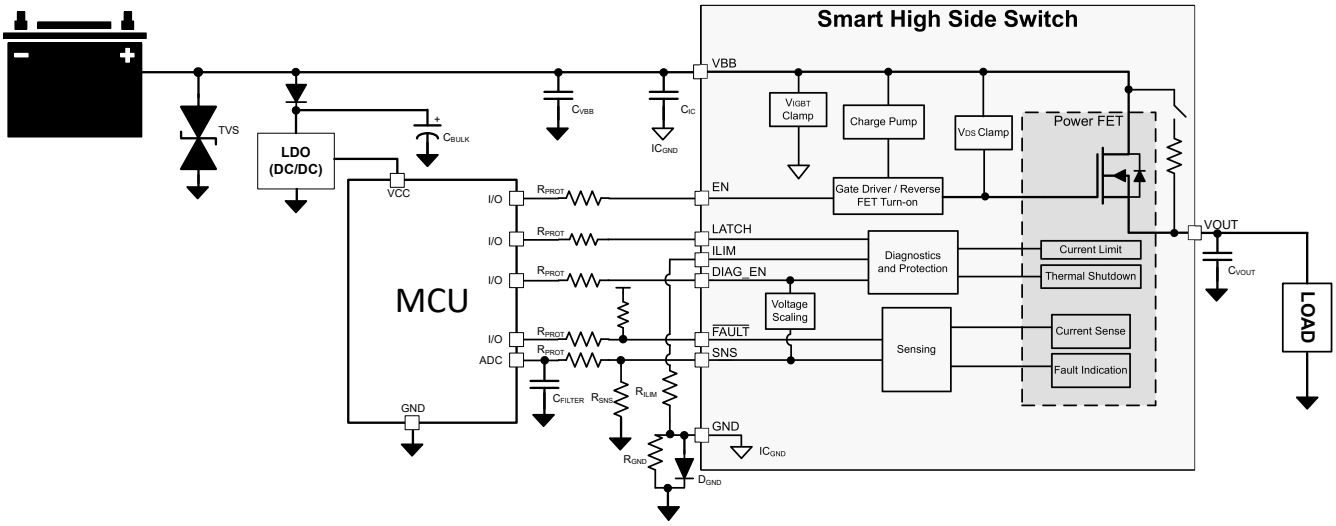


图 8-1. 典型应用电路

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.2.1 设计要求

元件	说明	用途
TVS	SMBJ60CA（可选）	滤除电池产生的电压瞬态 (ISO7637-2)。
C_{VS}	220nF（可选）	更高的 EMI 性能。
C_{IC}	100nF	输入端具有极小的电容量，以缓解 EMI。
C_{BULK}	10µF（可选）	保持 LDO 的电源轨；但是，有助于滤除电源轨上的电压瞬态。非强制要求。
R_{PROT}	10k	微控制器和器件 I/O 引脚的保护电阻器。
R_{ILIM}	10kΩ – 50kΩ	设置电流限制阈值。
R_{SNS}	1k	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，滤除电压瞬态。
R_{GND}	4.7kΩ	稳定关闭感性负载期间的 GND 电势。
D_{GND}	MSX1PJ	在正常运行期间保持 GND 接近系统接地。

8.2.2 详细设计过程

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

$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leqslant R_{SNS} \leqslant (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (11)$$

表 8-1. 典型应用

参数	值
V_{DIAG_EN}	5V
$I_{LOAD,max}$	4A
$I_{LOAD,min}$	20mA
$V_{ADC,min}$	5mV
V_{HR}	1V

对于该应用，可以选择约为 800Ω 的 RSNS 值来满足公式要求。

$$5mV \times 800 / 20mA \leqslant \cong 800\ \Omega \leqslant (5V - 1V) \times 800 / 4A \quad (12)$$

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

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

要将可编程电流限制值设置为 5A，请使用以下公式计算 R_{LIM}。

$$R_{LIM} = K_{CL} / I_{LIM} = 50 / 5 = 10k\Omega \quad (13)$$

TI 建议 R_{PROT} = 10kΩ，以确保限制流入数字引脚（EN、DIAG_EN、LATCH）的电流。

TI 建议对接地网络使用 4.7kΩ 电阻器和 600V、0.2A 二极管。

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.2.2.1 动态改变电流限制

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

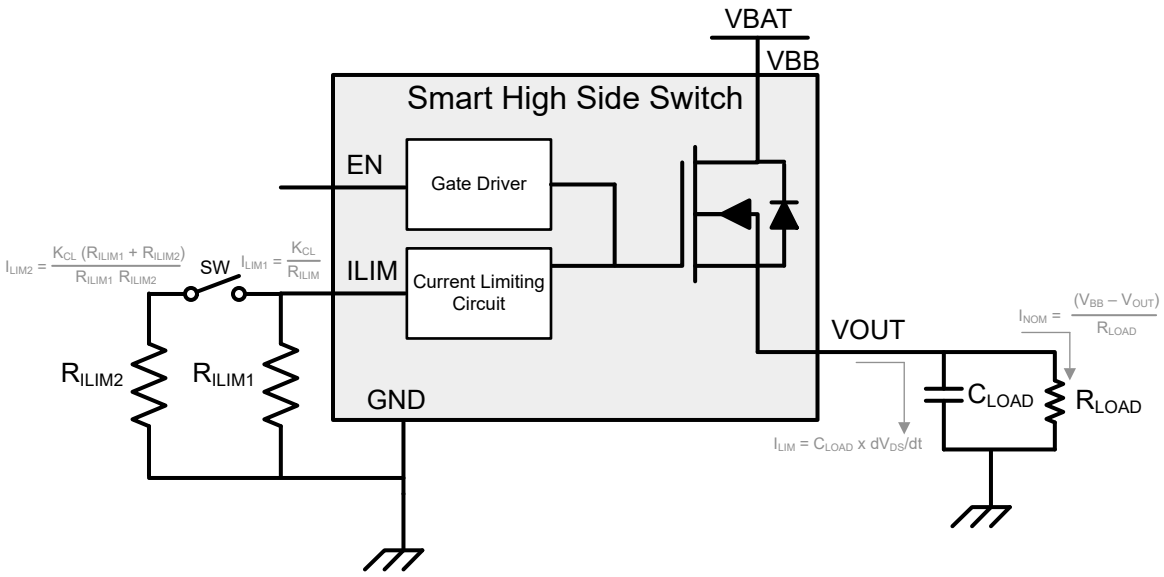


图 8-2. 动态改变电流限制设置

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

$$I_{LIM2} = K_{CL}(R_{ILIM1} + R_{ILIM2}) / (R_{ILIM1} \times R_{ILIM2}) \quad (14)$$

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

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

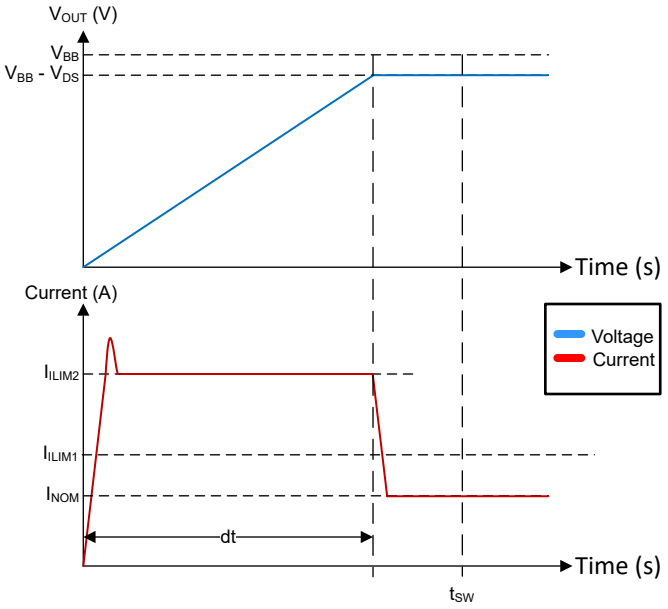


图 8-3. 电容充电变化电流限制

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

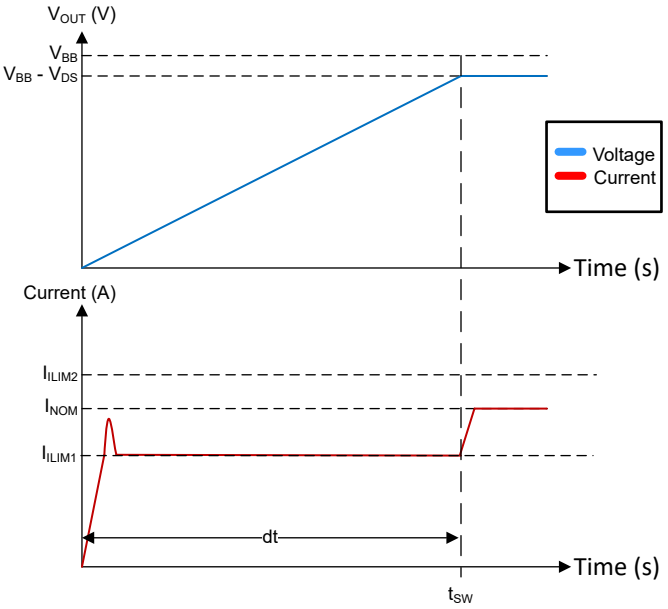


图 8-4. 大电容充电变化电流限制

8.3 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 汽车系统。电源电压必须处于节 5.3 中指定的范围之内。

表 8-2. 电压工作范围

VS 电压范围	注释
6V 至 10V	扩展的低于 24V 汽车电池运行，例如冷启动和启停。器件完全正常运行并受到保护，但一些参数（例如 R_{ON}、电流检测精度、电流限制精度和时序参数）可能会偏离规格。检查“电气特性”中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
10V 至 32V	标称 24V 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。
32V 至 60V	扩展的高于 24V 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（例如时序参数）可能会偏离规格。检查“电气特性”中的各个规格，以确认其适用的电压范围。
60V	负载突降电压。器件正常运行并允许脉冲通过而不会损坏，并且提供全面的短路保护。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

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

- 尽可能地增大 PCB 上的覆铜，以提高电路板的导热性。从封装到环境的主要热流路径会通过 PCB 上的覆铜。当与封装相对的电路板另一侧的 PCB 上没有连接任何散热器时，尽可能地增加覆铜面积极其重要。
- 在封装接地焊盘正下方添加尽可能多的散热过孔，以优化电路板的导热性。
- 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，以防止出现焊料空洞。为了确保可靠性和性能，焊接覆盖面积必须至少为 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。

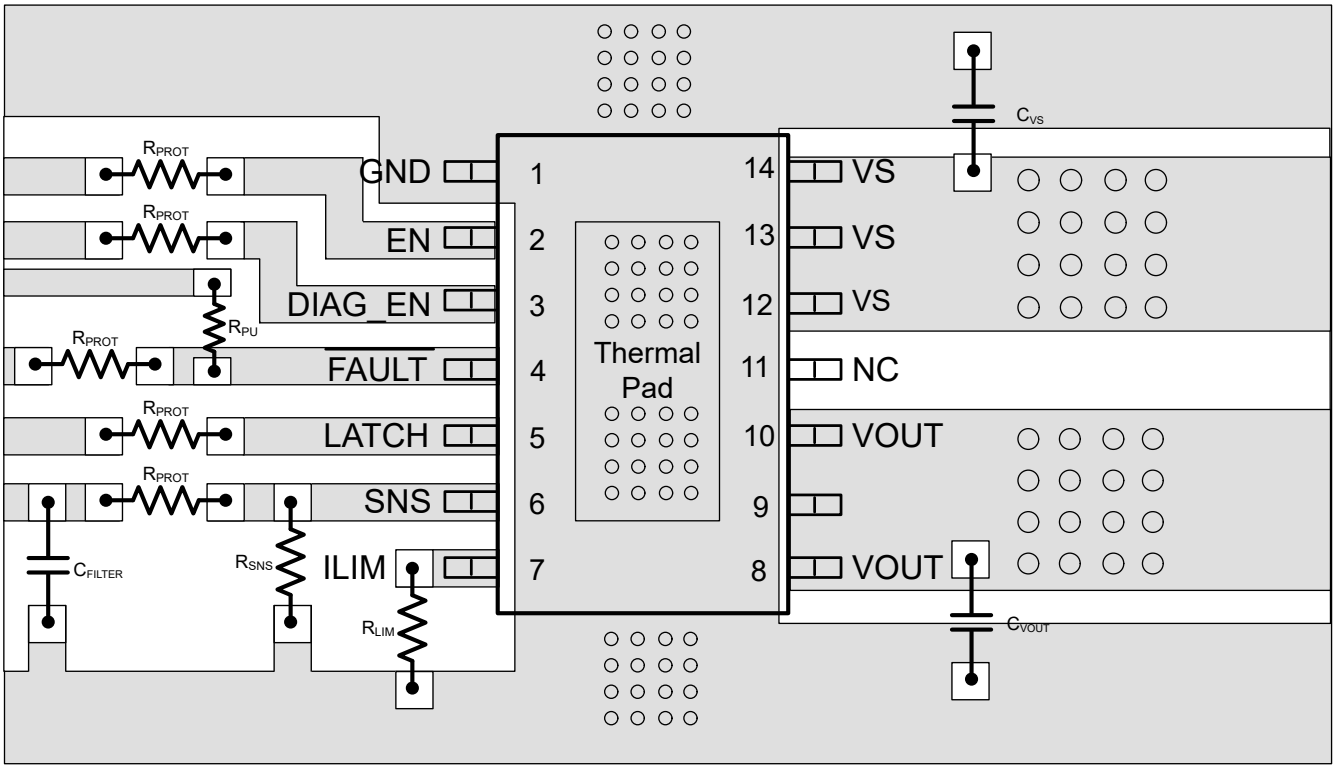


图 8-5. 不采用接地网络的布局

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

8.4.2.2 有接地网络

采用接地网络，用一条迹线将散热焊盘穿过接地网络连接到电路板的 GND 覆铜区。

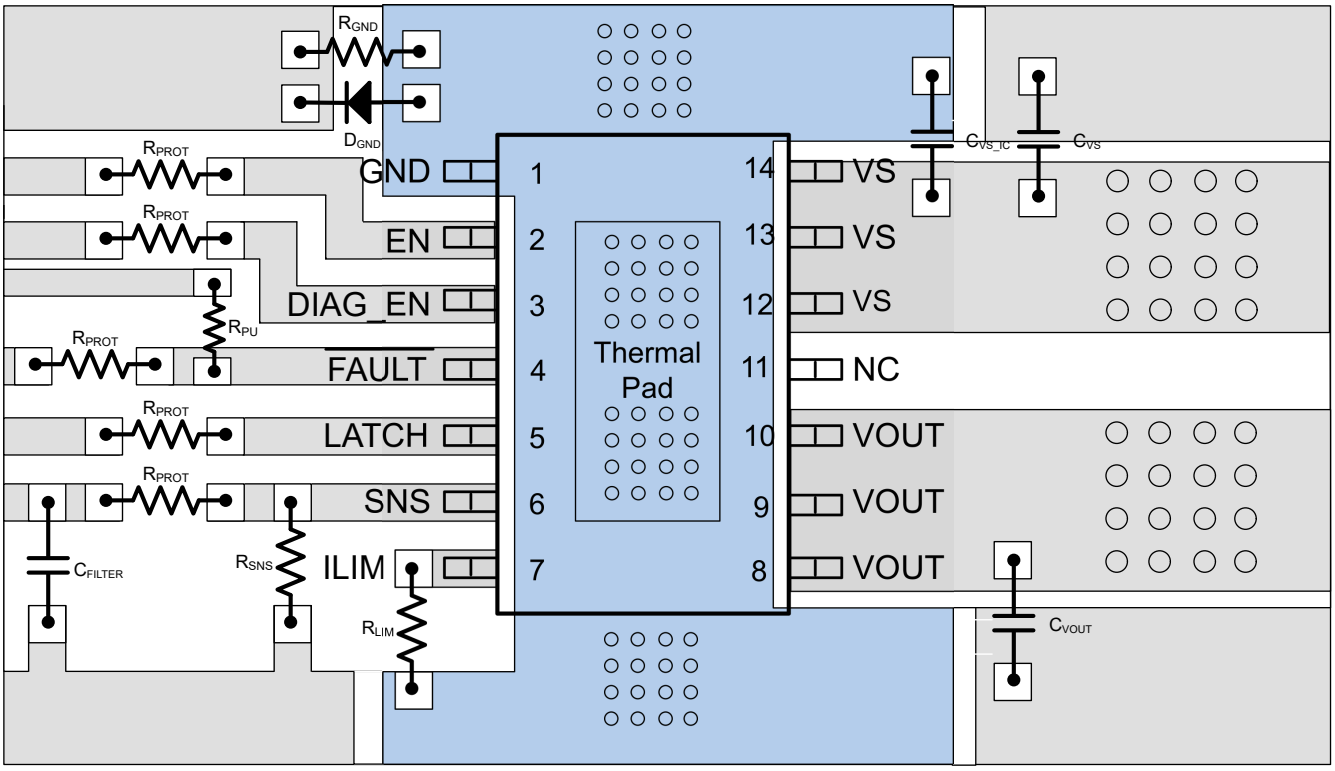


图 8-6. 采用接地网络的布局

8.4.2.3 散热注意事项

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

器件耗散的功率根据方程式 15 进行计算。

$$P_T = I_{OUT}^2 \times R_{DSON} + V_S \times I_{NOM} \quad (15)$$

其中

- P_T = 器件的总功率耗散

在确定器件耗散的功率后，可根据环境温度和器件热阻抗计算结温。

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times P_T \quad (16)$$

有关更多信息，请参阅 *如何驱动阻性、感性、容性和照明负载* 应用手册。

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

德州仪器 (TI)， *如何驱动阻性、感性、容性和照明负载* 应用手册

9.2 接收文档更新通知

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

9.3 支持资源

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

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

9.4 商标

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

9.5 静电放电警告

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

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

9.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
June 2024	*	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。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2024 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)
TPS1HTC100QPWPRQ1	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 14	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPSHT00
TPS1HTC100QPWPRQ1.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 14	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPSHT00

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GENERIC PACKAGE VIEW

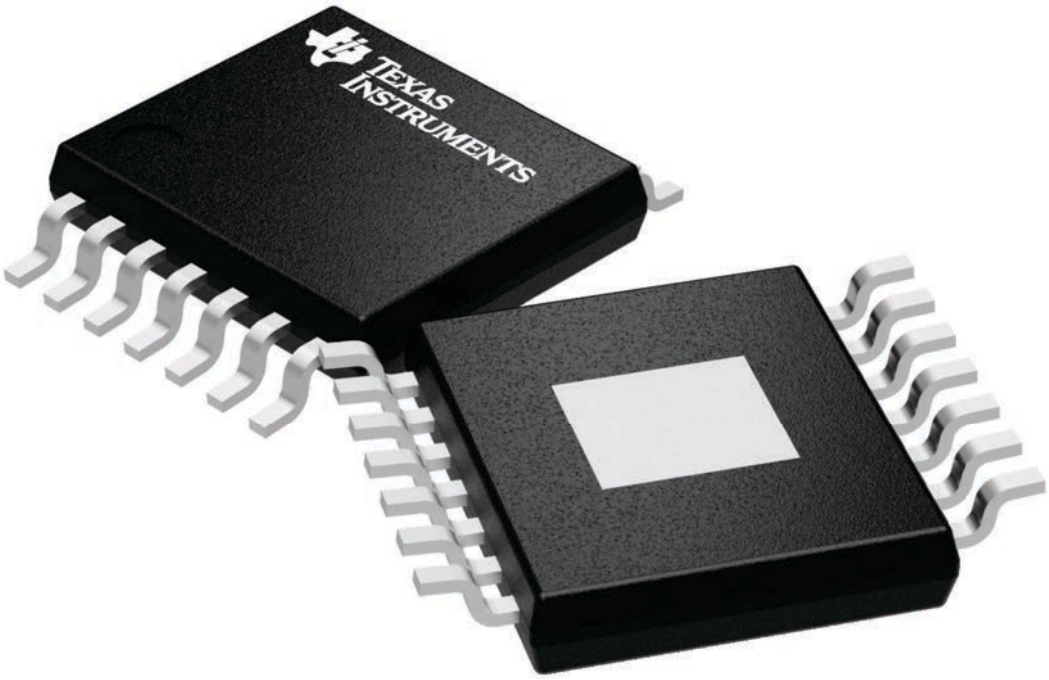
PWP 14

PowerPAD TSSOP - 1.2 mm max height

4.4 x 5.0, 0.65 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE

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



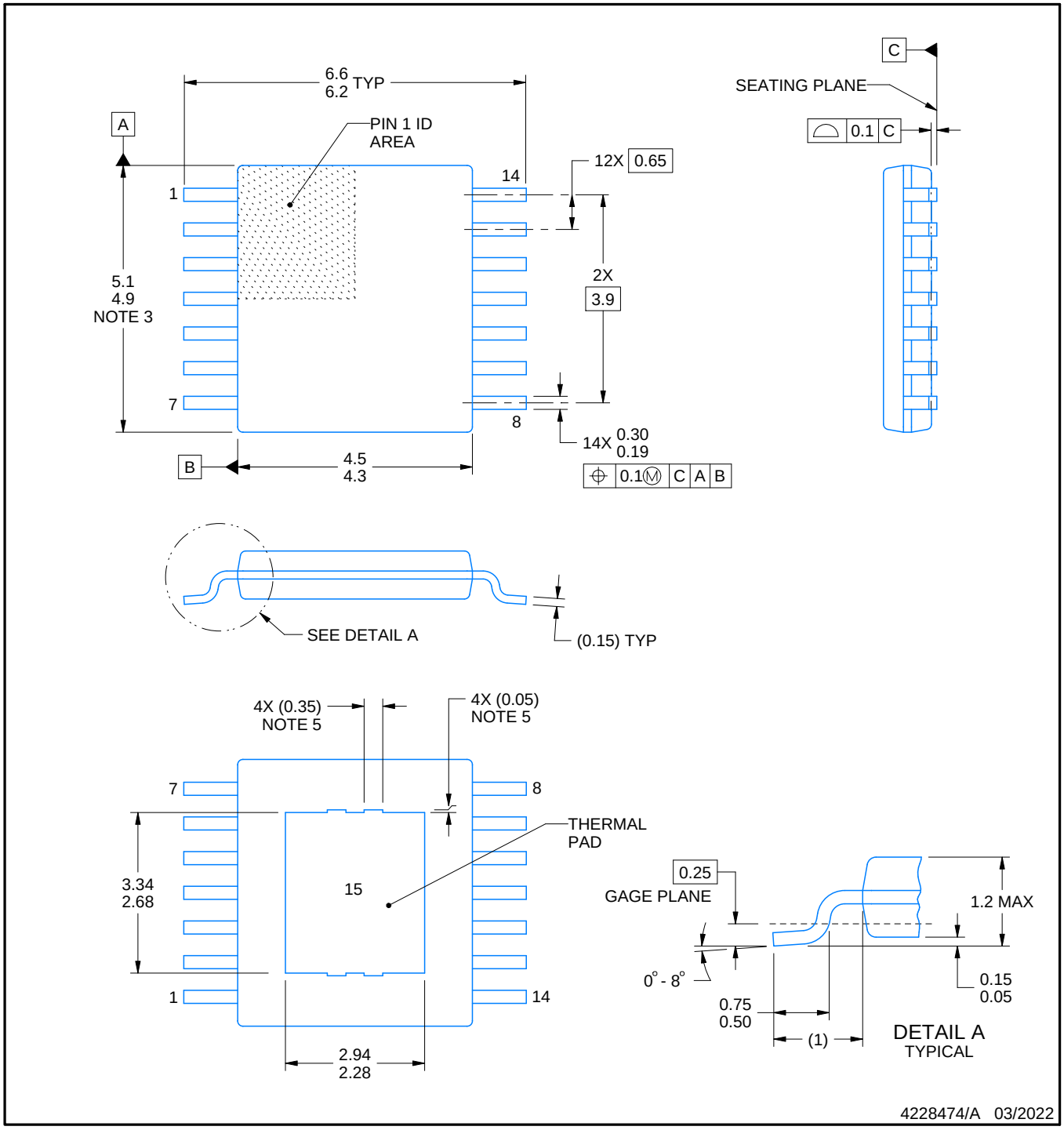
4224995/A

PACKAGE OUTLINE

PWP0014J

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

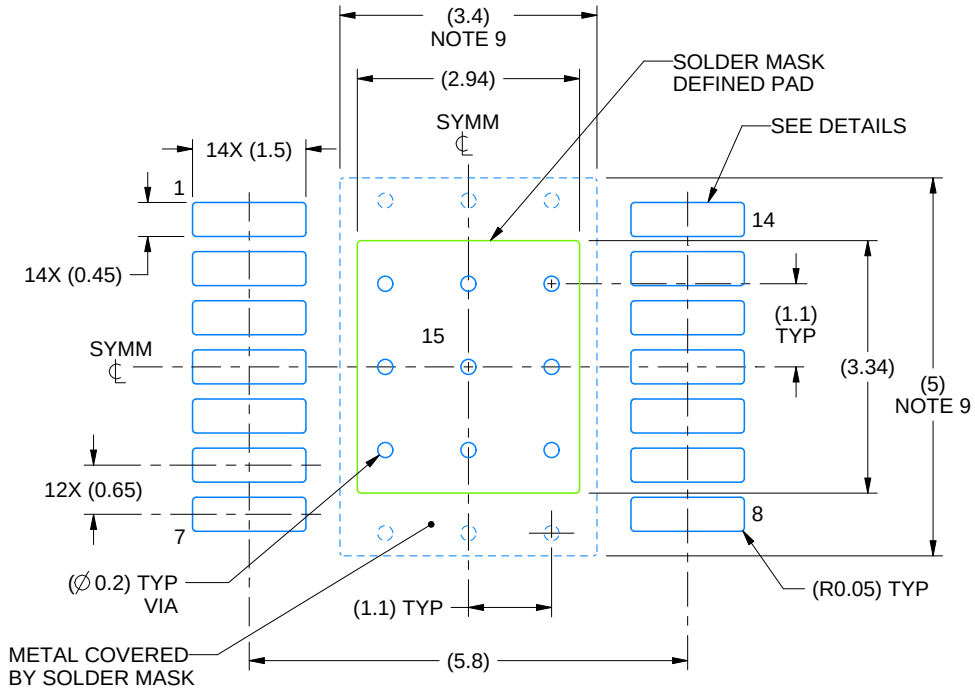
PLASTIC SMALL OUTLINE



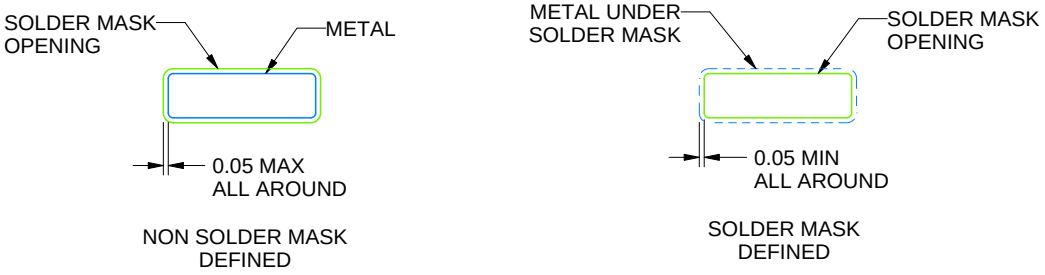
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

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



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:10X

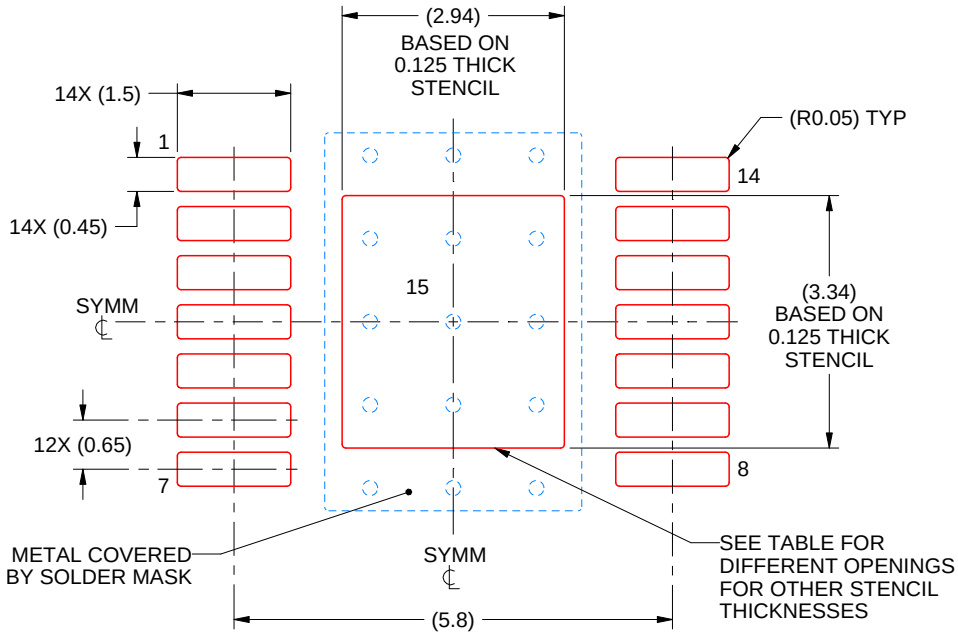


SOLDER MASK DETAILS
PADS 1-14

4228474/A 03/2022

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.



SOLDER PASTE EXAMPLE
EXPOSED PAD
100% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:10X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	3.29 X 3.73
0.125	2.94 X 3.34 (SHOWN)
0.15	2.69 X 3.05
0.175	2.49 X 2.82

4228474/A 03/2022

NOTES: (continued)

10. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
11. 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、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