

描述

Parameter	Symbol	Values
Minimum operating voltage	$V_{S(OP)}$	3 V
Minimum operating voltage (cranking)	$V_{S(UV)}$	2.7 V
Maximum operating voltage	V_S	28 V
Minimum overvoltage protection ($T_J \geq 25^\circ\text{C}$)	$V_{DS(CLAMP)_25}$	35 V
Maximum current in sleep mode ($T_J \leq 85^\circ\text{C}$)	$I_{VS(SLEEP)_85}$	0.5 μA
Maximum operative current	$I_{GND(ACTIVE)}$	4.5 mA
Typical ON-state resistance ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	$R_{DS(ON)_25}$	50 m Ω
Maximum ON-state resistance ($T_J = 150^\circ\text{C}$)	$R_{DS(ON)_150}$	100 m Ω
Nominal load current ($T_A = 85^\circ\text{C}$)	$I_{L(NOM)}$	3 A
Typical current sense ratio at $I_L = I_{L(NOM)}$	k_{ILIS}	2030
Adjustable overcurrent limitation	I_{LIM}	0.79 A - 8.86 A

诊断特征

- 比例负载电流采样
- 在打开和关闭情况下负载开路检测
- 短路到地和短路到电源检测

保护功能

- 带重启控制的绝对过温保护和动态过温保护
- 可调过流限制
- 过压保护

Type	Package	Marking
BTG7050-2EPL	PG-TSDSO-14	7050-2L

目录

	目录	3
1	框图和术语	5
1.1	框图	5
1.2	术语	6
2	引脚配置	7
2.1	引脚分配	7
2.2	引脚定义和功能	7
3	产品一般特性	9
3.1	绝对最大额定值	9
3.2	工作范围	11
3.3	热阻抗	11
3.3.1	PCB设置	12
3.3.2	热阻抗	13
4	I/O引脚	15
4.1	数字 I/O 引脚	15
4.1.1	输入引脚	15
4.1.2	诊断引脚	16
4.2	模拟输入/输出引脚	16
4.2.1	可调过流阈值脚引	16
4.3	电气特性I/O引脚	16
5	电源	19
5.1	操作模式和转换	19
5.1.1	操作模式	19
5.1.1.1	Unsupplied	20
5.1.1.2	Power-up	20
5.1.1.3	Sleep	20
5.1.1.4	Inactive with diagnosis	20
5.1.1.5	Active with diagnosis	20
5.1.1.6	Active without diagnosis	20
5.1.1.7	Capacitive load switching mode with diagnosis	20
5.1.1.8	Capacitive load switching mode without diagnosis	21
5.2	VS欠压	21
5.3	电气特性电源	21
6	功率级	23
6.1	输出导通电阻	23
6.2	开关负载	23
6.2.1	开关阻性负载	23
6.2.2	开关感性负载	24

目录

6.2.3	开关容性负载.....	25
6.3	高级开关特性.....	26
6.3.1	反向电流行为.....	26
6.4	功率开关电气特性.....	27
7	保护功能	31
7.1	过流保护.....	31
7.1.1	可调过流阈值.....	31
7.2	过温保护.....	32
7.3	故障保护和诊断.....	33
7.3.1	重启策略.....	34
7.4	其他保护.....	35
7.4.1	反接保护.....	35
7.4.2	过压保护.....	35
7.4.3	掉电和负载连接断开.....	35
7.4.4	地线丢失.....	36
7.5	电气特性保护参数.....	36
8	诊断	38
8.1	概述.....	38
8.1.1	SENSE信号真值表.....	39
8.2	通道打开时诊断.....	40
8.2.1	电流采样 (KILIS)	40
8.2.2	故障电流(IIS(FAULT))	40
8.3	通道关闭时诊断.....	42
8.3.1	开路负载电流.....	43
8.3.2	OCT 引脚故障电流	43
8.4	诊断时序.....	44
8.5	诊断电气特性参数.....	45
9	应用信息	49
10	封装外形	51
11	修订记录	52
	免责声明.....	53

1 框图和术语

1 框图和术语

1.1 框图

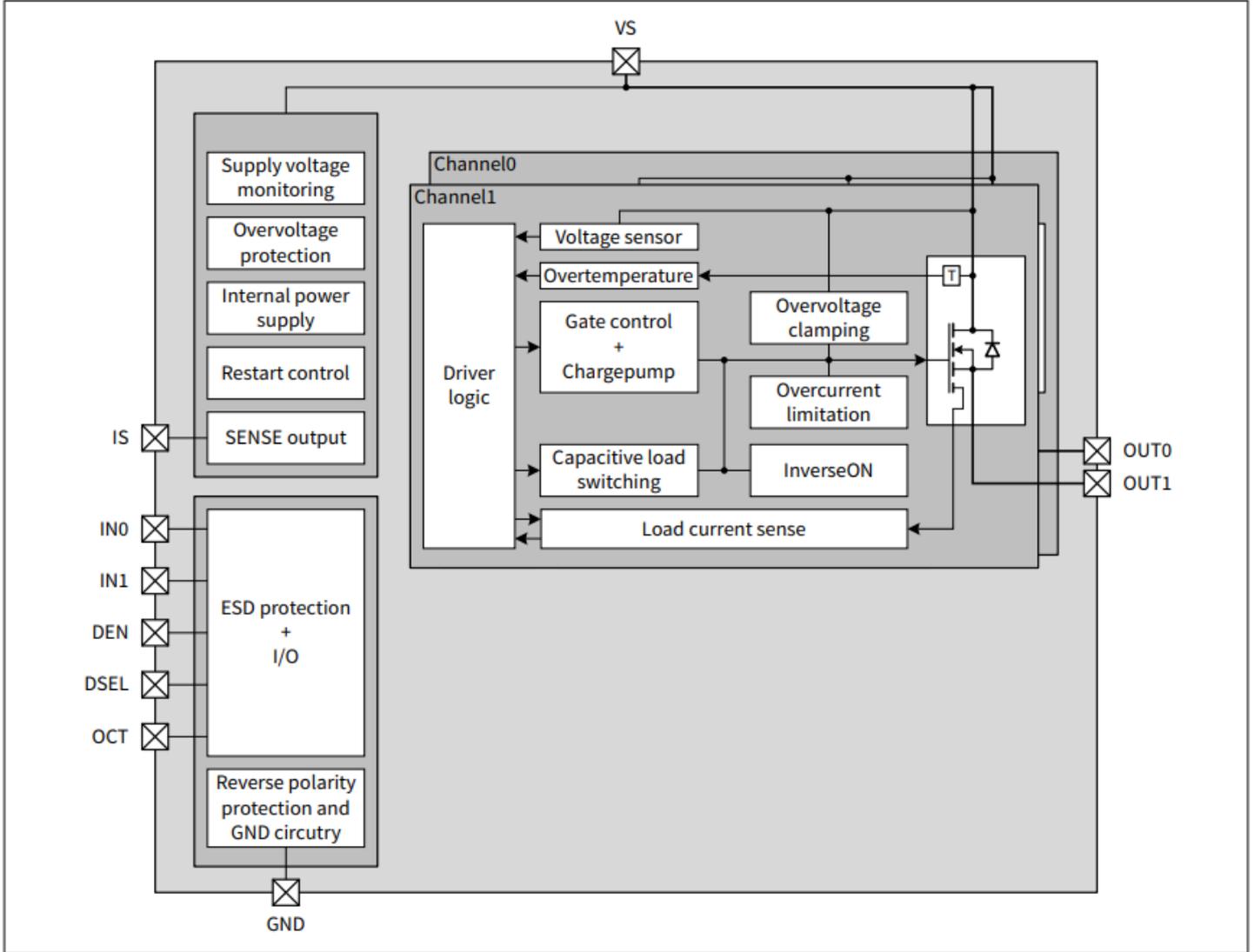


图 2 BTG7050-2EPL框图

1 框图和术语

1.2 术语

图 3 显示本数据手册中使用的所有术语及其正值约定。

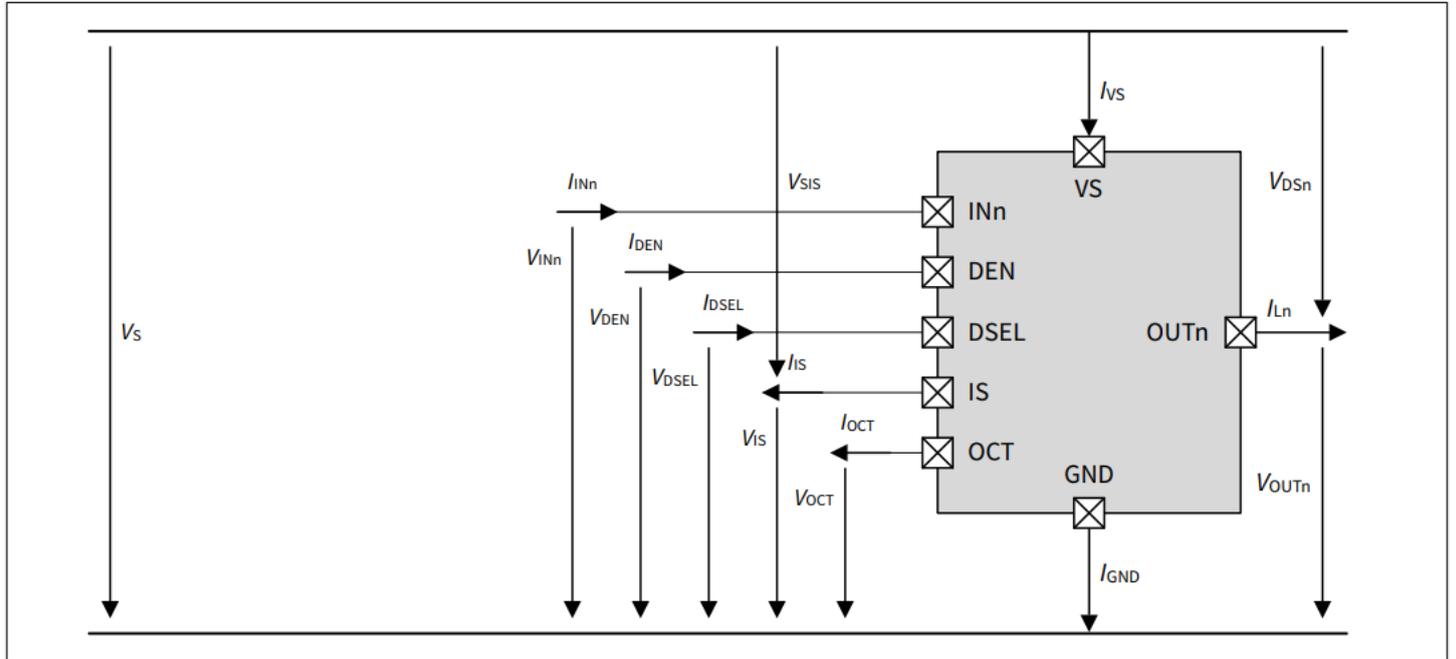


图 3 常见电压和电流

2 引脚配置

2.1 引脚分配

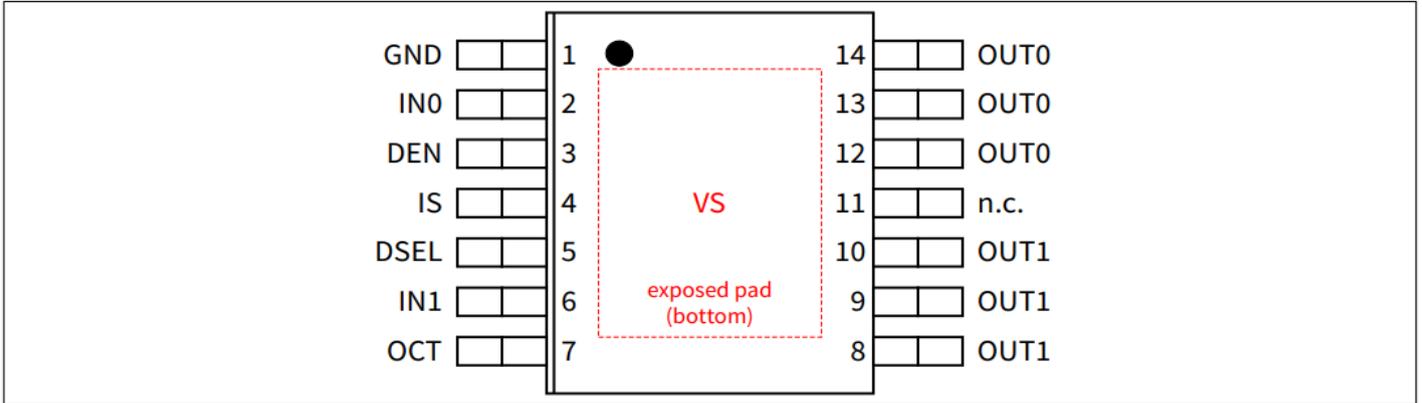


图 4 引脚配置

2.2 引脚定义和功能

表 1 引脚定义

Pin	Symbol	Function
EP	VS (exposed pad)	Supply Voltage Battery voltage
1	GND	Ground Ground connection for the internal logic
2, 6	INn	Input Channel n Digital signal to switch ON channel n ("high" active) If not used: Connect with a 10kΩ resistor either to GND pin or to module ground
3	DEN	Diagnostic Enable Digital signal to enable device diagnosis ("high" active) and to clear the protection counter of channel selected with DSEL pin. If not used: Connect with a 10kΩ resistor either to GND pin or to module ground
4	IS	SENSE current output Analog/digital signal for diagnosis If not used: Left open
5	DSEL	Diagnosis Selection Digital signal to toggle between the channels. If not used: Connect with a 10kΩ resistor either to GND pin or to module ground
7	OCT	Adjustable overcurrent threshold A resistor R_{OCT} needs to be connected between OCT pin and GND pin to adjust the overcurrent threshold If not used: Threshold selection as described in Chapter 7.1.1
11	n.c.	Not connected, internally not bonded

(表格续下页.....)

表 1 (续) 引脚定义

Pin	Symbol	Function
8-10, 12-14	OUTn	Output n Protected high-side power output channel n ¹⁾

1) 通道的所有输出引脚必须在PCB上相互连接。所有输出引脚在内部均相互连接。PCB走线必须按可能流过的最大电流进行设计，以确保能够承受该电流。

3 产品一般特性

3.1 绝对最大额定值

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, 所有电压相对于地, 流入引脚的电流为正向电流 (除非另有规定)。

表 2 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			

Supply pins

Power supply voltage	V_S	-0.3	-	28	V	²⁾ -	PRQ-34
Load dump voltage	$V_{\text{BAT(LD)}}$	-	-	35	V	²⁾ suppressed load dump acc. to ISO16750-2 (2010). $R_i = 2 \Omega$	PRQ-36
Supply voltage for short circuit protection	$V_{\text{BAT(SC)}}$	0	-	24	V	²⁾ Setup acc. to AEC- Q100-012	PRQ-38
Reverse polarity voltage	$-V_{\text{BAT(REV)}}$	-	-	16	V	²⁾ $t \leq 2 \text{ min}$ $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ Setup as described in Chapter 9	PRQ-40
Current through GND pin	I_{GND}	-50	-	50	mA	²⁾ R_{GND} according to Chapter 9	PRQ-44

Logic & control pins (Digital Input = DI)

DI = INn, DEN, DSEL

Current through DI pin	I_{DI}	-1	-	2	mA	^{2) 1)}	PRQ-47
Current through DI pin - Reverse battery condition	$I_{\text{DI(REV)}}$	-1	-	10	mA	^{2) 1)} $t \leq 2 \text{ min}$	PRQ-48

Analog & control pin (Analog Input = AI)

AI = OCT

Current through AI pin	I_{AI}	-1	-	2	mA	^{2) 1)}	PRQ-60
Current through AI pin - Reverse battery condition	$I_{\text{AI(REV)}}$	-1	-	10	mA	^{2) 1)} $t \leq 2 \text{ min}$	PRQ-61

(表格续下页.....)

表 2 (续) 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
IS pin							
Voltage at IS pin	V_{IS}	-1.5	-	V_S	V	2) $I_{IS} = 10 \mu A$	PRQ-50
Current through IS Pin	I_{IS}	-25	-	$I_{IS(SAT),M}$ AX	mA	2) -	PRQ-52
Temperatures							
Junction temperature	T_J	-40	-	+150	°C	2) -	PRQ-53
Storage temperature	T_{STG}	-55	-	+150	°C	2) -	PRQ-54
ESD susceptibility							
ESD Susceptibility all pins (HBM)	$V_{ESD(HBM)}$	-2	-	2	kV	2) HBM ³⁾	PRQ-55
ESD Susceptibility OUTn vs GND and VS connected (HBM)	$V_{ESD(HBM)_OUT}$	-4	-	4	kV	2) HBM ³⁾	PRQ-56
ESD Susceptibility all pins (CDM)	$V_{ESD(CDM)}$	-500	-	500	V	2) CDM ⁴⁾	PRQ-57
ESD Susceptibility corner pins (CDM) - (pins 1, 7, 8, 14)	$V_{ESD(CDM)_CRN}$	-750	-	750	V	2) CDM ⁴⁾	PRQ-58
Power stage							
Maximum energy dissipation - single pulse	E_{AS}	-	-	12	mJ	2) $I_L = 2 \cdot I_{L(NOM)}$ $T_{J(0)} = 150^\circ C$ $V_S = 28 V$	PRQ-615
Maximum energy dissipation - repetitive pulse	E_{AR}	-	-	2.5	mJ	2) $I_L = I_{L(NOM)}$ $T_{J(0)} = 85^\circ C$ $V_S = 13.5 V$ 1M cycles	PRQ-616
Load current	$ I_L $	-	-	$I_{LIM,MAX}$	A	2) -	PRQ-617

- 1) 最大允许的 V_{DI} 用于 Latch-Up 测试: 5.5 V
- 2) 不受限于生产测试 - 由设计指定
- 3) ESD 耐受性, 符合 AEC Q100-002 标准的人体模型 (HBM)
- 4) ESD 耐受性, 符合 AEC Q100-011 标准的充电设备模型 (CDM)

3 产品一般特性

注释:

1. 超过此处所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。
2. 集成的保护功能旨在防止IC在数据表所述故障条件下被毁坏。故障情况被认为超出了正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

3.2 工作范围

表 3 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply voltage range for normal operation	$V_{S(NOR)}$	4	13.5	20	V	¹⁾ –	PRQ-66
Lower extended supply voltage range for operation (normal)	$V_{S(EXT,LOW)}$	2.7	–	4	V	¹⁾ ²⁾ ³⁾ (parameter deviations possible)	PRQ-67
Upper extended supply voltage range for operation	$V_{S(EXT,UP)}$	20	–	28	V	¹⁾ ³⁾ (parameter deviations possible)	PRQ-68
Junction temperature	T_J	-40	–	+150	°C	¹⁾ –	PRQ-69

- 1) 不受制于生产测试 - 由设计指定
- 2) V_S 电压下降时, 指 $V_{S(UV)}$ 最大电压, V_S 电压上升时, 指最大电压 $V_{S(OP)}$
- 3) 保护功能仍工作。

注释:

在功能或工作范围内, IC 按照电路说明中的描述进行工作。电气特性只在电气特性表中注明的条件下成立。

3.3 热阻抗

表4 热阻抗

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Thermal characterization parameter junction-top	Ψ_{JTOP}	–	4.4	7.5	K/W	¹⁾ ²⁾	PRQ-623

(表格续下页.....)

表4 (续) 热阻抗

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Thermal resistance junction-to-case	R_{thJC}	-	5.1	8.6	K/W	1) 2) simulated at exposed pad	PRQ-624
Thermal resistance junction-to-ambient	R_{thJA}	-	33.5	-	K/W	1) 2)	PRQ-625

- 1) 不受制于生产测试 - 由设计指定
 2) 根据标准JEDEC JESD51-2,-5,-7 在FR4 2s2p板自然对流条件; 产品 (芯片 + 封装) 在 76.2 × 114.3 × 1.5 mm板子上进行仿真, 内部有2个铜层 (2 × 70 μm 铜, 2 × 35 μm 铜)。在适用的情况下, 散热焊盘可以和第一内层的铜通过散热孔链接。模拟按照 $T_A = 105^{\circ}\text{C}$, $P_{DISSIPATION} = 1\text{ W}$ 进行。

注释:

此热学数据是根据JEDEC JESD51 标准生成的。如需了解更多信息, 请访问 www.jedec.org。

3.3.1 PCB 设置

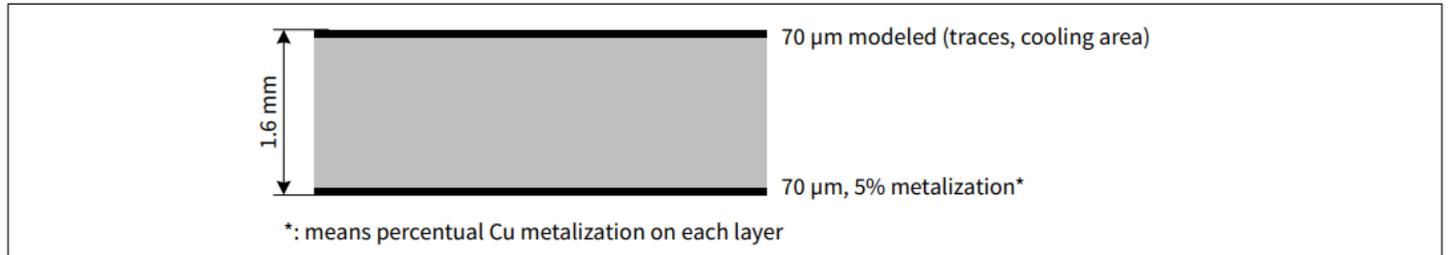


图 5 1s0p PCB 截面

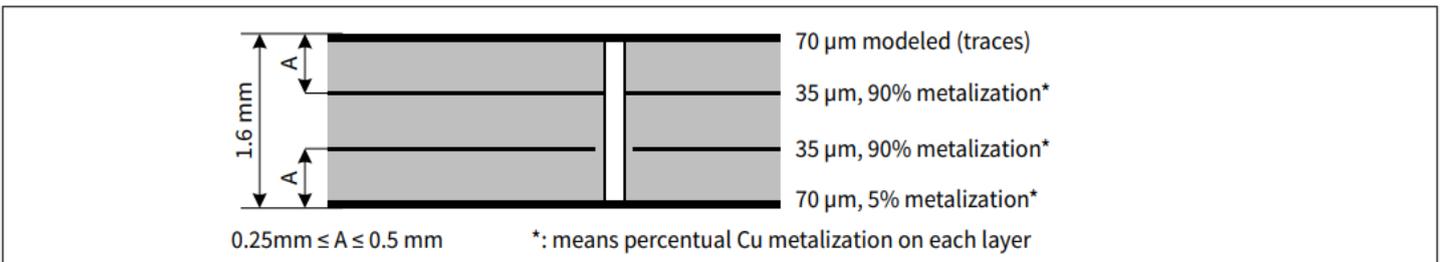


图 6 2s2p PCB 截面

3 产品一般特性

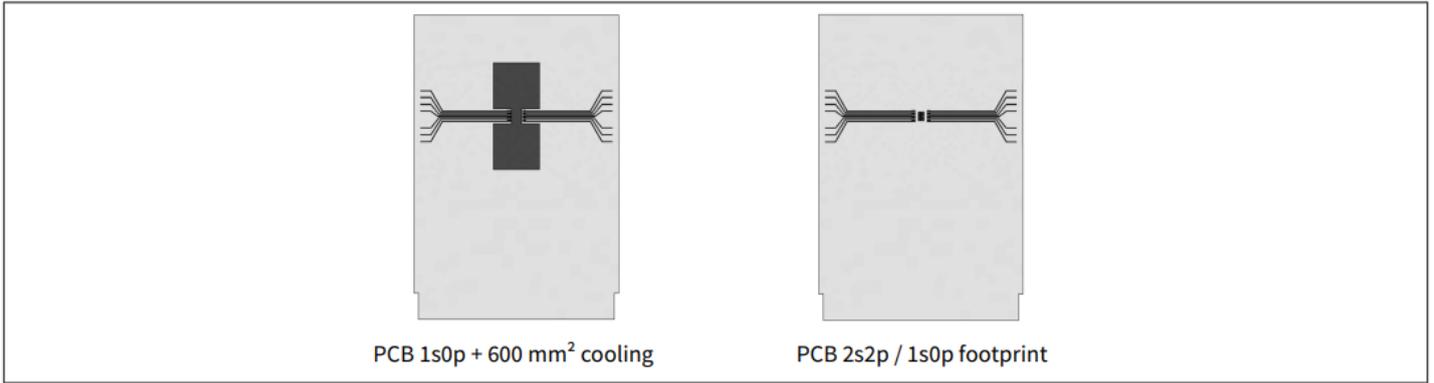


图 7 热仿真PCB 设置

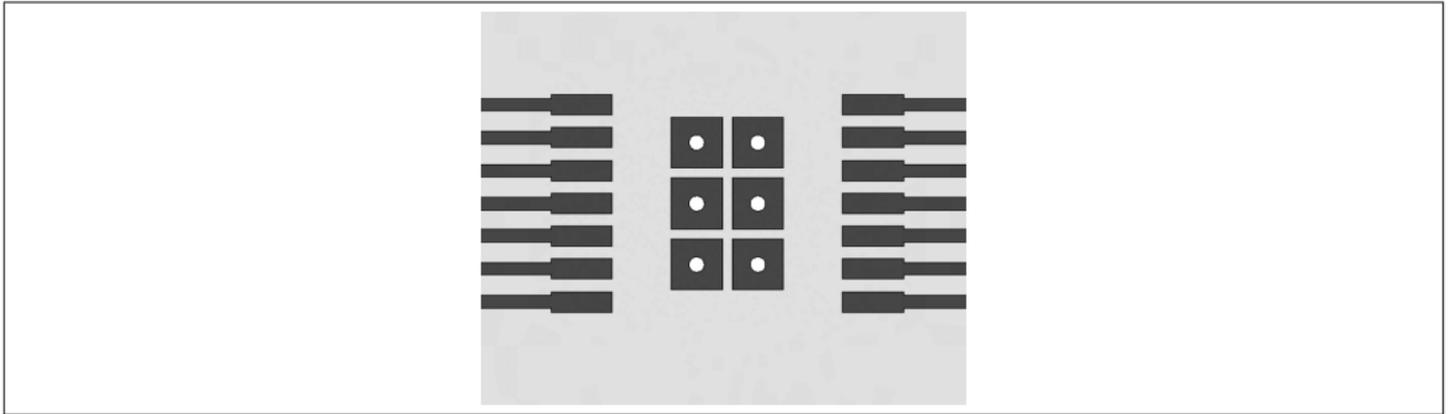


图 8 用于2s2p PCB设置的PCB上的散热孔

3.3.2 热阻抗

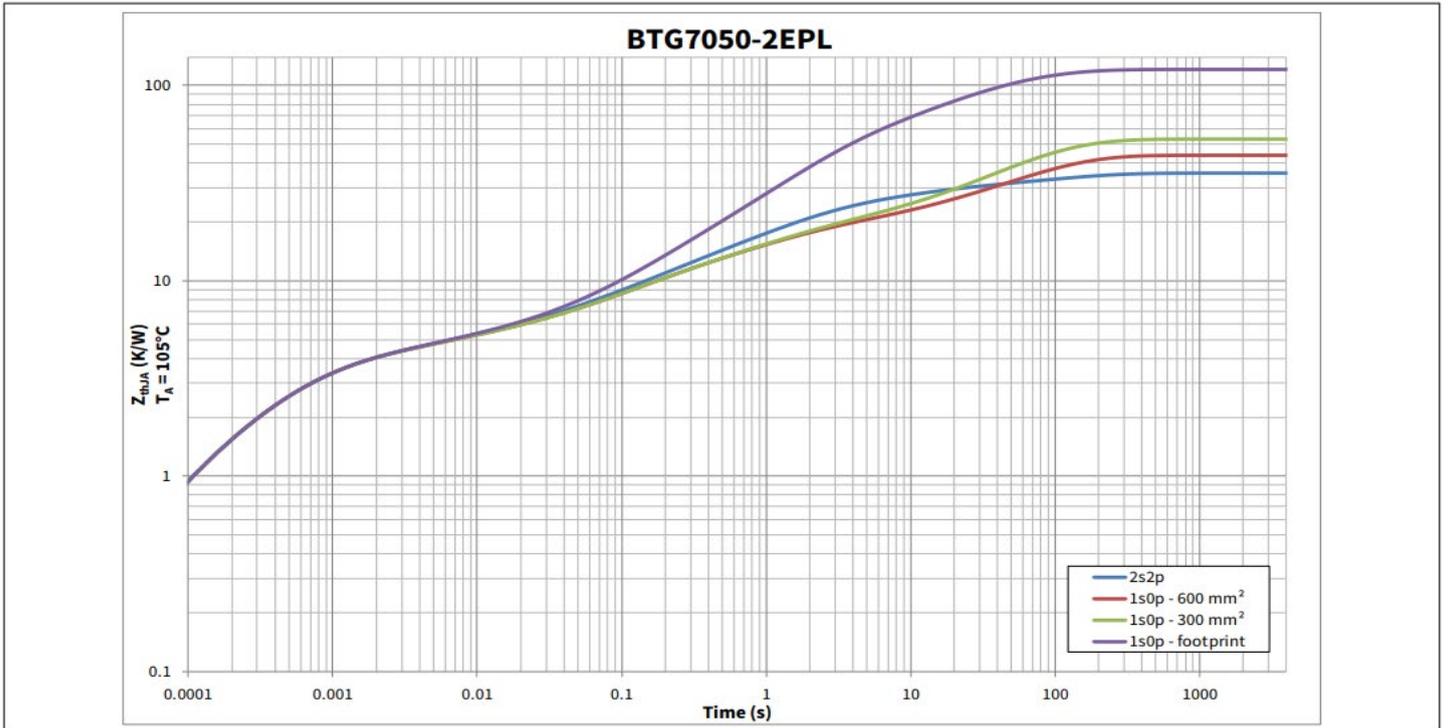


图 9 典型热阻抗。PCB设置按照PCB设置要求进行

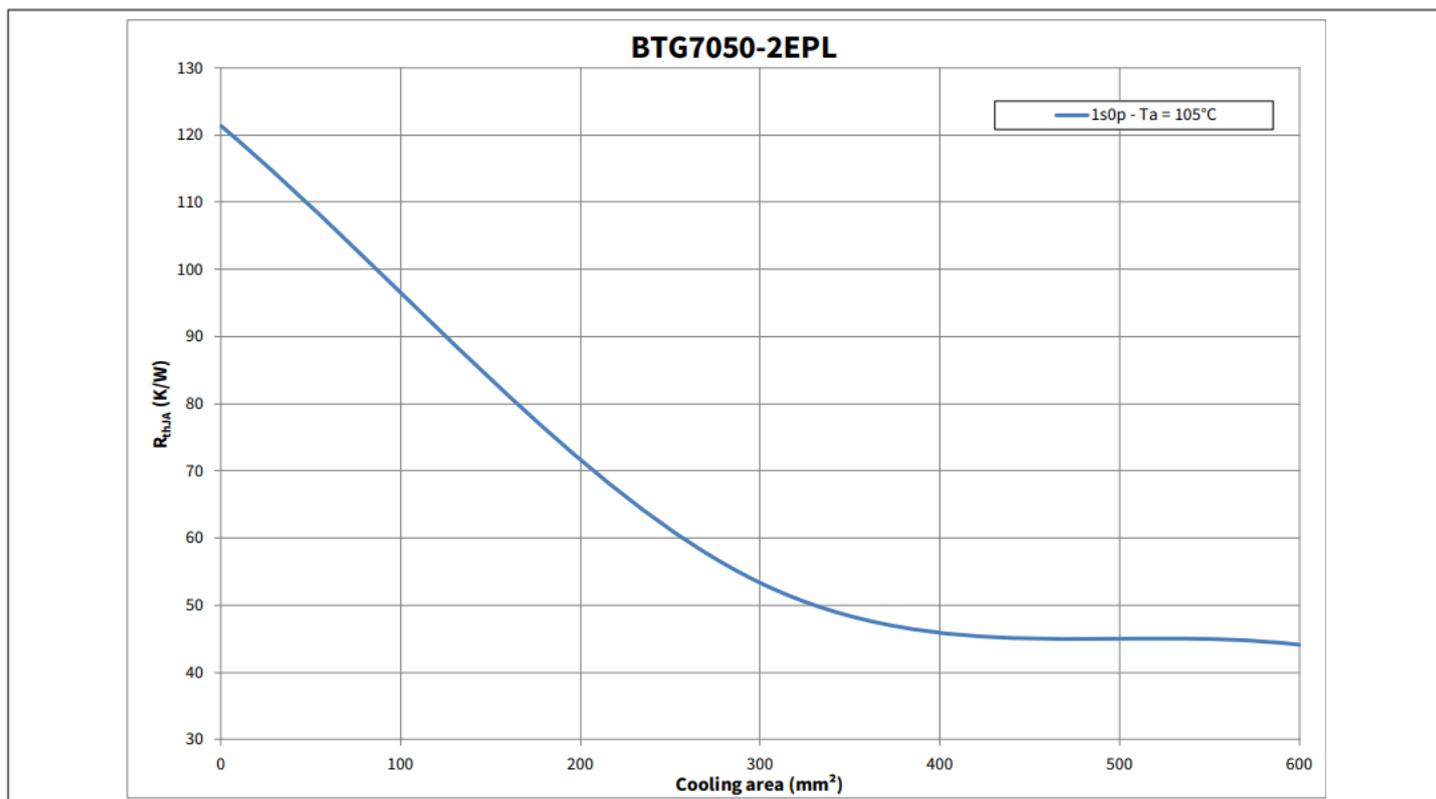


图 10 1s0p PCB上的热阻抗，具有多种冷却表面

4 I/O 引脚

该器件有四个数字引脚用于直接控制。

4.1 数字 I/O 引脚

数字输入 (DI) 引脚是 INn、DEN、DSEL

4.1.1 输入引脚

输入引脚 IN0 和 IN1 激活相应的输出通道。输入电路可兼容 3.3 V 和 5 V。输入电路的等效电路如图 11 所示。未使用引脚，则必须通过 10 k Ω 电阻将其连接至 GND 引脚或模块接地。

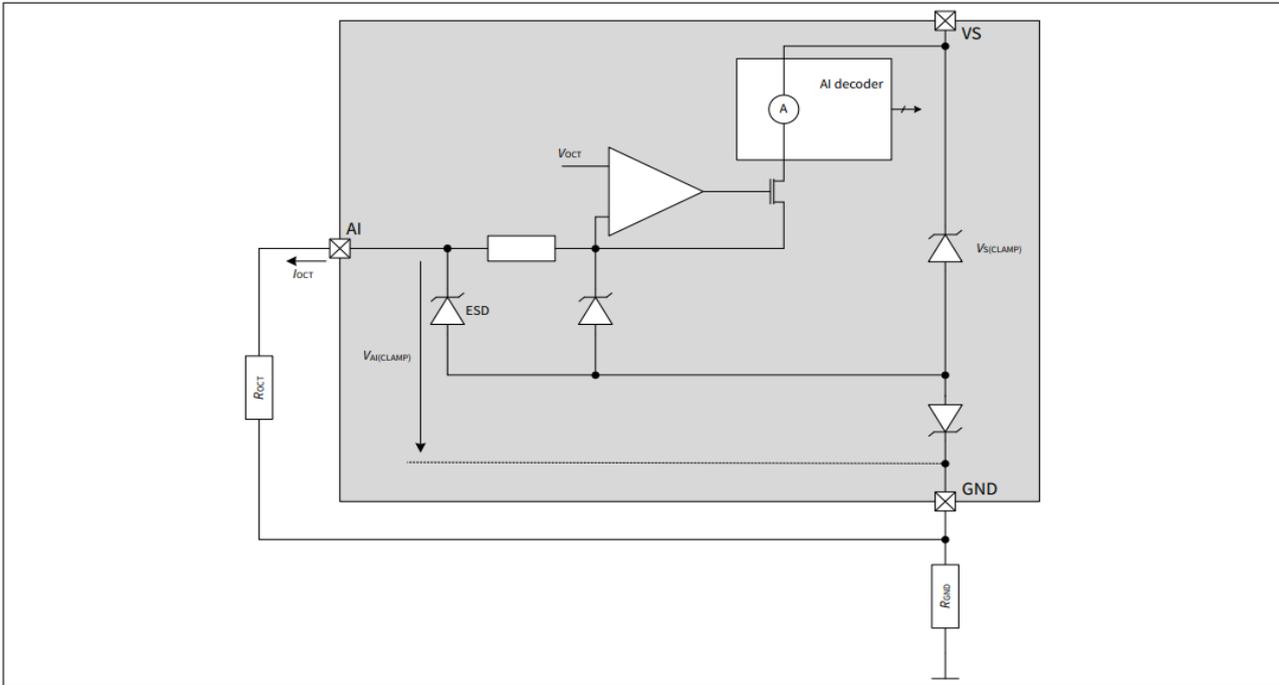


图 11 输入电路

逻辑电平“低电平”和“高电平”的阈值由参数 $V_{DI(TH)}$ 和 $V_{DI(HYS)}$ 定义。这两个值之间的关系如图 12 所示。

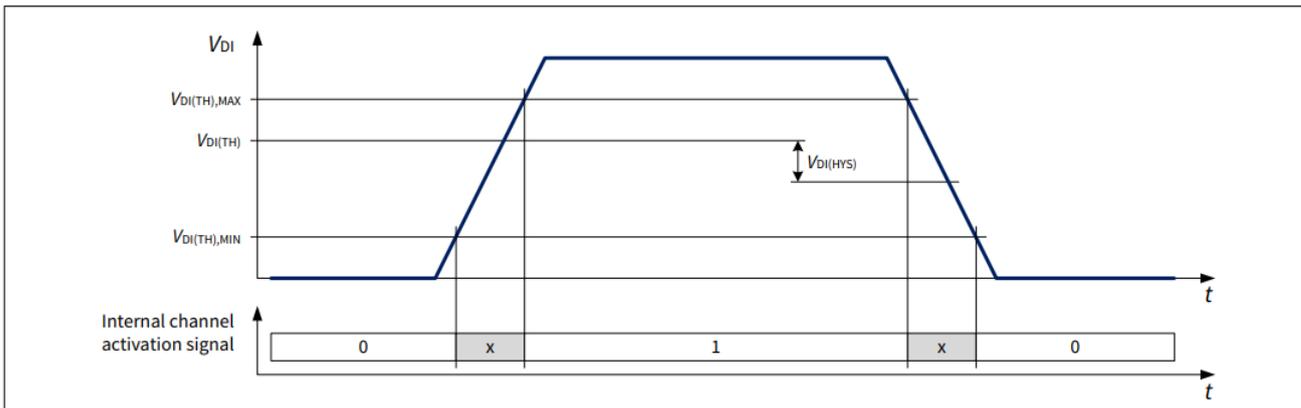


图 12 输入阈值电压和迟滞

4.1.2 诊断引脚

诊断使能 (DEN) 引脚控制诊断电路和保护电路。当 DEN 引脚置位为“高”时，诊断是启用的（参见 [章节8.2](#) 了解更多详情）。当置位为“低电平”时，诊断禁用（IS 引脚置位为高阻态）。诊断选择 (DSEL) 引脚选择执行诊断的通道（见表 12）。见 [图 12](#) 了解更多详情。

DEN 引脚从“高”电平到“低电平”的转变将清除 DSEL 引脚所选择通道的保护锁存器，具体取决于输入引脚的逻辑状态和 DEN 脉冲长度（参见 [章节 7.3](#) 了解更多详细信息）。

4.2 模拟输入/输出引脚

模拟输入 (AI) 引脚: OCT

4.2.1 可调过流阈值引脚

为了能够调整 OUT_x 引脚的过流限制，器件提供了一个 OCT 引脚。该引脚需要通过外部电阻 R_{OCT} 连接至器件地。可调节的电流限制允许灵活地调整 [表 10](#) 中定义过的流限制，从而通过限制浪涌或过载电流来提高系统的可靠性。过流引脚电路的电气等效电路如 [图 13](#) 所示。

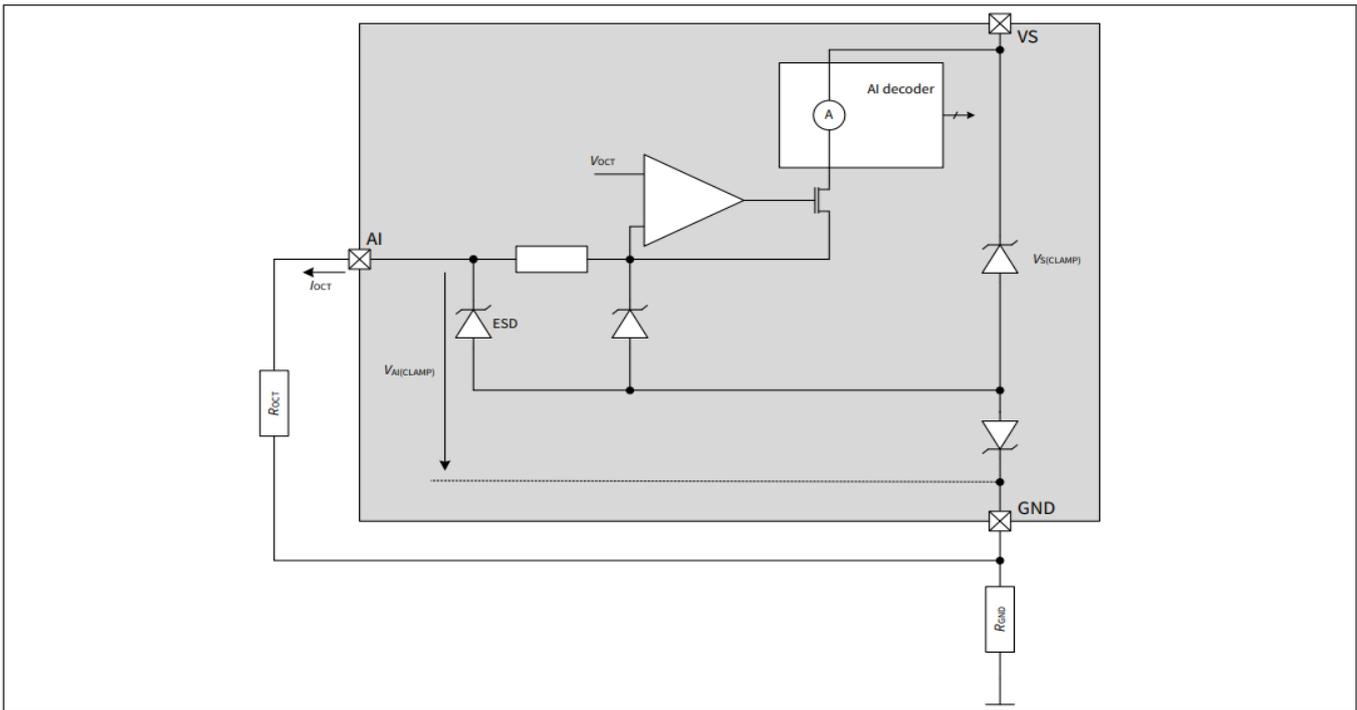


图 13 可调过流阈值引脚电路

4.3 电气特性 I/O 引脚

$V_S = 4\text{ V to } 20\text{ V}$, $T_J = -40^\circ\text{C to } +150^\circ\text{C}$

除非另有说明，典型值: $V_S = 13.5\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ 数字输入 (DI) 引脚

是 INn、DEN、DSEL

模拟输入 (AI) 引脚 = OCT

表 5 电气特性 I/O 引脚

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
DI pins							
Digital input voltage threshold	$V_{DI(TH)}$	0.8	1.3	2	V	See Figure 11 and Figure 12	PRQ-76
Digital input clamping voltage	$V_{DI(CLAMP1)}$	–	7	–	V	¹⁾ $I_{DI} = 1 \text{ mA}$ See Figure 11 and Figure 12	PRQ-77
Digital input clamping voltage	$V_{DI(CLAMP2)}$	6.5	7.5	8.5	V	$I_{DI} = 2 \text{ mA}$ See Figure 11 and Figure 12	PRQ-78
Digital input hysteresis	$V_{DI(HYS)}$	–	0.25	–	V	¹⁾ See Figure 11 and Figure 12	PRQ-80
Digital input current ("high")	$I_{DI(H)}$	2	10	25	μA	$V_{DI} = 2 \text{ V}$ See Figure 11 and Figure 12	PRQ-81
Digital input current ("low")	$I_{DI(L)}$	2	10	25	μA	$V_{DI} = 0.8 \text{ V}$ See Figure 11 and Figure 12	PRQ-82
AI pins							
Analog input clamping voltage	$V_{AI(CLAMP1)}$	–	7	–	V	¹⁾ $I_{OCT} = 1 \text{ mA}$ See Figure 13	PRQ-88
Analog input clamping voltage	$V_{AI(CLAMP2)}$	6.5	7.5	8.5	V	$I_{OCT} = 2 \text{ mA}$ See Figure 13	PRQ-630
Analog overcurrent voltage threshold	V_{OCT}	0.44	0.5	0.56	V	¹⁾ $I_{OCT,MIN} \leq I_{OCT} \leq I_{OCT,MAX}$ $INn = \text{"high"}$ or $DEN = \text{"high"}$	PRQ-628
Analog linear overcurrent range	I_{OCT}	20	–	228	μA	¹⁾ $INn = \text{"high"}$ or $DEN = \text{"high"}$	PRQ-89
OCT short to device ground detection current	$I_{OCT(SHORT2GND)}$	320	–	–	μA	²⁾ $DEN = \text{"high"}$ $INn = \text{"low"}$	PRQ-91

(表格续下页.....)

表 5 (续) I/O 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
OCT open detection current	$I_{OCT(OPEN)}$	-	-	5	μA	²⁾ DEN = "high" INn = "low"	PRQ-619

1) 不受制于生产测试 - 由设计指定

2) 仅功能测试

5 电源

该器件由VS供电，VS用于为内部逻辑电路以及功率输出级供电。在欠压条件下，器件具有检测电路，可防止功率输出级的激活以及诊断。

5.1 操作模式和转换

5.1.1 操作模式

该器件有以下工作模式：

- 休眠
- Inactive with diagnosis
- Active with diagnosis
- Active without diagnosis
- Capacitive load switching mode with diagnosis
- Capacitive load switching mode without diagnosis

操作模式之间的转换根据以下变量确定：

- INn 引脚的逻辑电平
- INn 引脚上的 PWM 信号
- DEN 引脚的逻辑电平

包含可能转换的状态图如图14所示。器件行为以及一些参数可能会独立于设备的操作模式而变化。此外，由于监测 V_S 电源电压的欠压检测电路，即使在相同的操作模式下，也可能发生一些变化。

表6显示了在不同工作模式下，电源电压 V_S 和最重要的功能(通道状态，诊断)的关系。

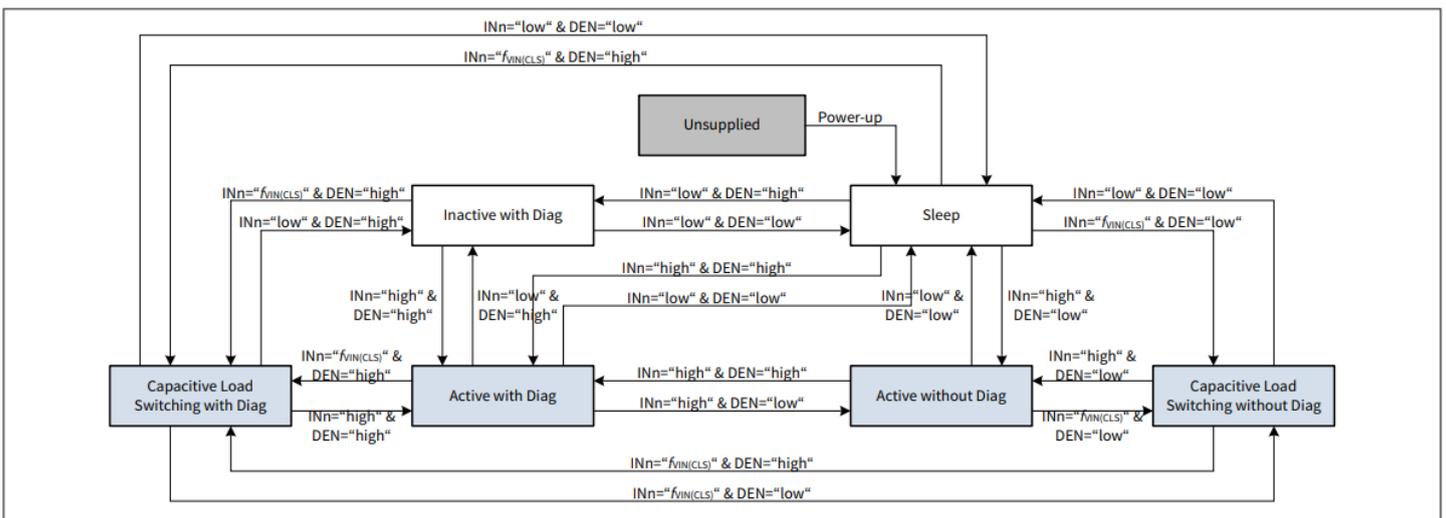


图14 运行模式状态图

表6 运行模式、器件功能和 VS 电压

Operation mode	Function	$V_S > V_{S(OP)}$	$V_S < V_{S(OP)}$
Sleep	Channels	OFF	OFF
	Diagnosis	OFF	OFF

(表格续下页.....)

表 6 (续) 运行模式、器件功能和 V_S 电压

Operation mode	Function	$V_S > V_{S(OP)}$	$V_S < V_{S(OP)}$
Inactive with diagnosis	Channels	OFF	OFF
	Diagnosis	ON	OFF
Active with diagnosis	Channels	ON	OFF
	Diagnosis	ON	OFF
Active without diagnosis	Channels	ON	OFF
	Diagnosis	OFF	OFF
Capacitive load switching mode with diagnosis	Channels	ON	OFF
	Diagnosis	ON	OFF
Capacitive load switching mode without diagnosis	Channels	ON	OFF
	Diagnosis	OFF	OFF

5.1.1.1 Unsupplied

在此状态下，器件供电电压低于欠压阈值 $V_{S(UV)}$ 。

5.1.1.2 Power-up

当供电电压 (V_S) 加到器件上时，器件进入上电阶段，电源电压上升直至超过欠压阈值 $V_{S(OP)}$ 。

5.1.1.3 Sleep

当数字输入 (DI) 引脚设置为“低电平”时，器件处于休眠模式。在休眠模式下，电流功耗为 $I_{VS(SLEEP)}$ 。过温保护、过载保护和欠压保护机制被禁用。该器件仅处于休眠模式，如果保护没有激活 ($n_{RESTART(CR)} = 0$, $T_J < T_{J(ABS)}$ and $(T_J - T_{J(REF)}) < T_{J(DYN)}$ (包括迟滞)), 见 章节 7.3。

5.1.1.4 Inactive with diagnosis

当 DEN 引脚置位为“高”且输入引脚置位为“低电平”时，器件处于 Inactive with diagnosis 模式。通道处于关闭状态，可进行关断状态下负载开路诊断。根据负载工况，IS 引脚可能出现故障电流 $I_{IS(FAULT)}$ 或负载开路电流 $I_{IS(OLOFF)}$ 状态。在 Inactive with diagnosis 模式下，器件的消耗电流增加。

5.1.1.5 Active with diagnosis

Active with diagnosis 是正常工作模式之一。当 $IN_n = \text{“高”}$ 且 $DEN = \text{“高”}$ 时，器件进入 active with diagnosis 模式，在此模式下，一个或多个打开，并具有诊断功能。芯片电流功耗参数 $I_{GND(ACTIVE)}$ 定义。

5.1.1.6 Active without diagnosis

当 $IN_n = \text{“高”}$ 且 $DEN = \text{“低电平”}$ 时，器件处于无诊断模式的激活状态。此时一个或多个输出导通，但不具有诊断功能。

5.1.1.7 Capacitive load switching mode with diagnosis

该器件采用电容负载开关模式驱动电容负载。当 $IN_n = \text{“} f_{VIN(CLS)} \text{”}$ 且 DEN 设置为“高电平”时，可激活带诊断功能的电容负载开关模式，此时一个或多个输出将在诊断状态下导通。器件电流消耗由参数 $I_{GND(ACTIVE)}$ 定义。

5.1.1.8 Capacitive load switching mode without diagnosis

当 $INn = f_{VIN(CLS)}$ 且 DEN 设置为“低电平”时，器件处于无诊断的容性负载开关模式。此时一个或多个输出导通但无诊断功能。

5.2 VS 欠压

电源电压在 $V_{S(OP)}$ 和 $V_{S(UV)}$ 之间，触发欠压保护机制。只要 $V_S > V_{S(OP)}$ ，功率输出级状态跟随输入逻辑指令。

如果器件处于激活模式，或者容性负载开关模式，无论是否启用诊断功能，若供电电压 V_S 低于欠压阈值 $V_{S(UV)}$ ，内部逻辑将关闭输出通道。

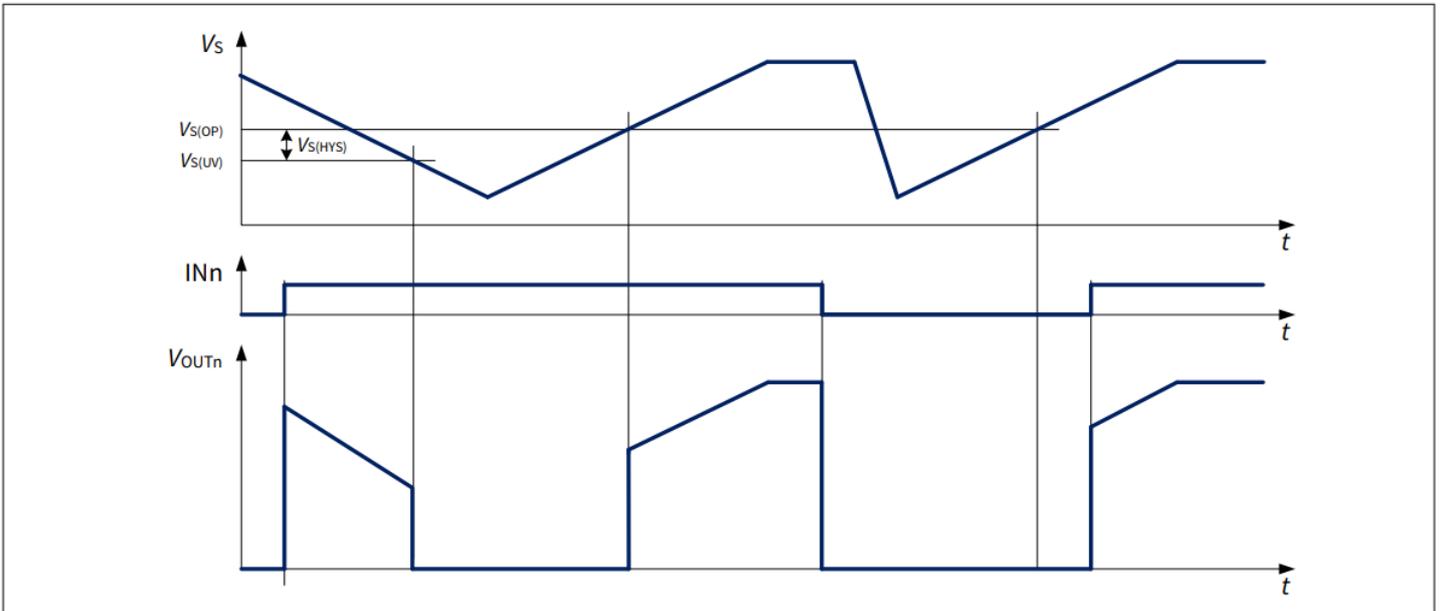


图15 V_S 欠压行为

5.3 电气特性电源

$V_S = 4\text{ V to }20\text{ V}$, $T_J = -40^\circ\text{C to }+150^\circ\text{C}$

除非另有说明，典型值： $V_S = 13.5\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$

测试条件是典型电阻性负载连接到输出（除非另有说明）：BTS7050-2EPL: $R_L = 4.7\ \Omega$

表 7 电源电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
VS pin							
Power supply undervoltage shutdown	$V_{S(UV)}$	1.8	2.2	2.7	V	V_S decreasing $INn = \text{“high”}$ From $0 \leq V_{DS} \leq 0.5\text{ V}$ to $V_{DS} \sim V_S$ See Figure 15	PRQ-98

(表格续下页.....)

表 7 (续) 电源电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Power supply minimum operating voltage	$V_{S(OP)}$	2.1	2.5	3	V	V_S increasing INn = "high" From $V_{DS} \sim V_S$ to $0 \leq V_{DS} \leq 0.5$ V See Figure 15	PRQ-99
Power supply undervoltage shutdown hysteresis	$V_{S(HYS)}$	–	0.3	–	V	1) $V_{S(OP)} - V_{S(UV)}$ See Figure 15	PRQ-100
Breakdown voltage between GND and VS pins in reverse battery	$-V_{S(REV)}$	16	–	30	V	1) $I_{GND(REV)} = 7$ mA $T_J = 150^\circ\text{C}$	PRQ-101
Power supply current consumption in sleep mode with loads at $T_J \leq 85^\circ\text{C}$	$I_{VS(SLEEP)_85}$	–	0.03	0.5	μA	1) $V_S = 20$ V $V_{OUT} = 0$ V INn = DEN = DSEL = "low" $T_J \leq 85^\circ\text{C}$	PRQ-610
Power supply current consumption in sleep mode with loads at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$I_{VS(SLEEP)_150}$	–	3.5	14	μA	$V_S = 20$ V $V_{OUT} = 0$ V INn = DEN = DSEL = "low" $T_J = 150^\circ\text{C}$	PRQ-611
Operating current in active with diagnosis mode	$I_{GND(ACTIVE)}$	–	3.7	4.5	mA	$V_S = 20$ V INn = DEN = DSEL = "high"	PRQ-612
Operating current in inactive with diagnosis mode	$I_{GND(INACTIVE)}$	–	1.8	2.2	mA	$V_S = 20$ V INn = "low" DEN = DSEL = "high" $I_{OCT} = I_{OCT,MAX}$	PRQ-613

1) 不进行生产测试，由设计指定。

6 功率级

高边开关采用的是集成电荷泵方式的N-Channel MOSFET.

6.1 输出导通电阻

导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 主要取决于结温 T_J 。图 16，显示导通电阻在 T_J 温度范围内的变化在 $T_J = 150^\circ\text{C}$ 时测得的最大 $R_{DS(ON)}$ 是2倍的关系。

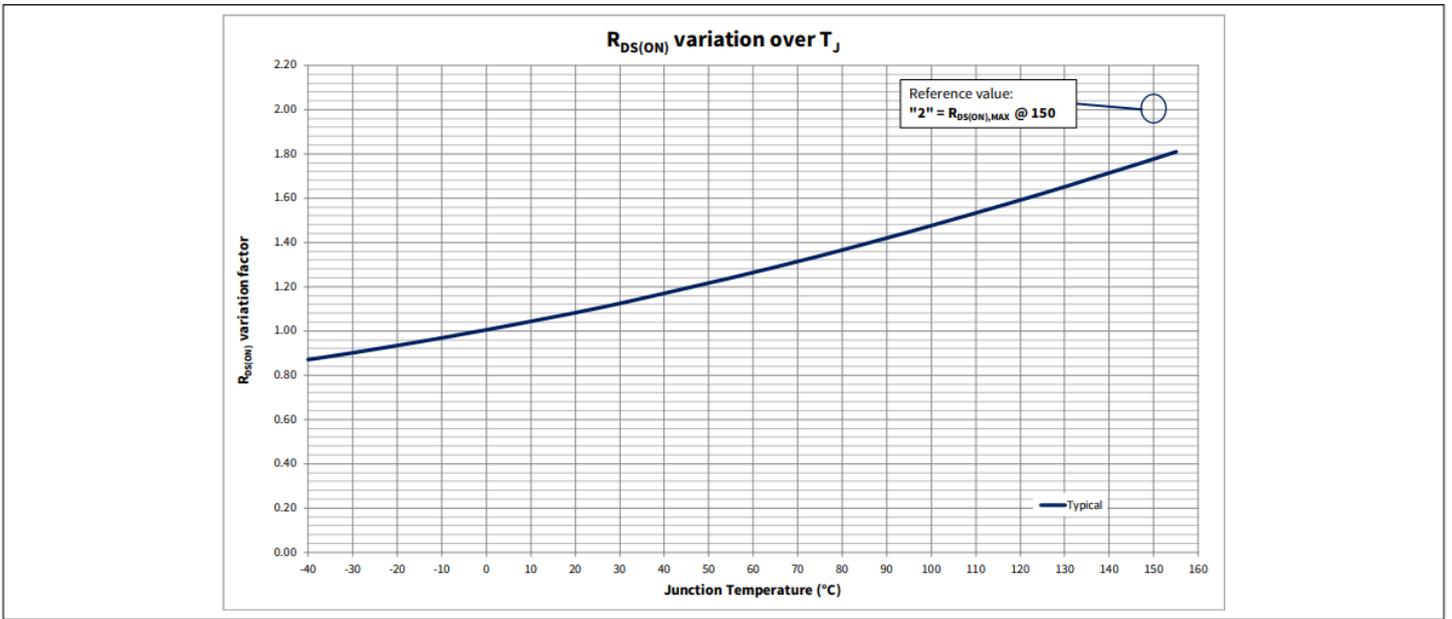


图16 $R_{DS(ON)}$ 变化因素

反接的具体表现见 章节 7.4.1中描述

6.2 开关负载

6.2.1 开关阻性负载

开关阻性负载时，图 17中所示的开关时间和转换速率 需要考虑。开关热量值 E_{ON} 和 E_{OFF} 与负载阻抗以及时间 t_{ON} 和 t_{OFF} 成正比。

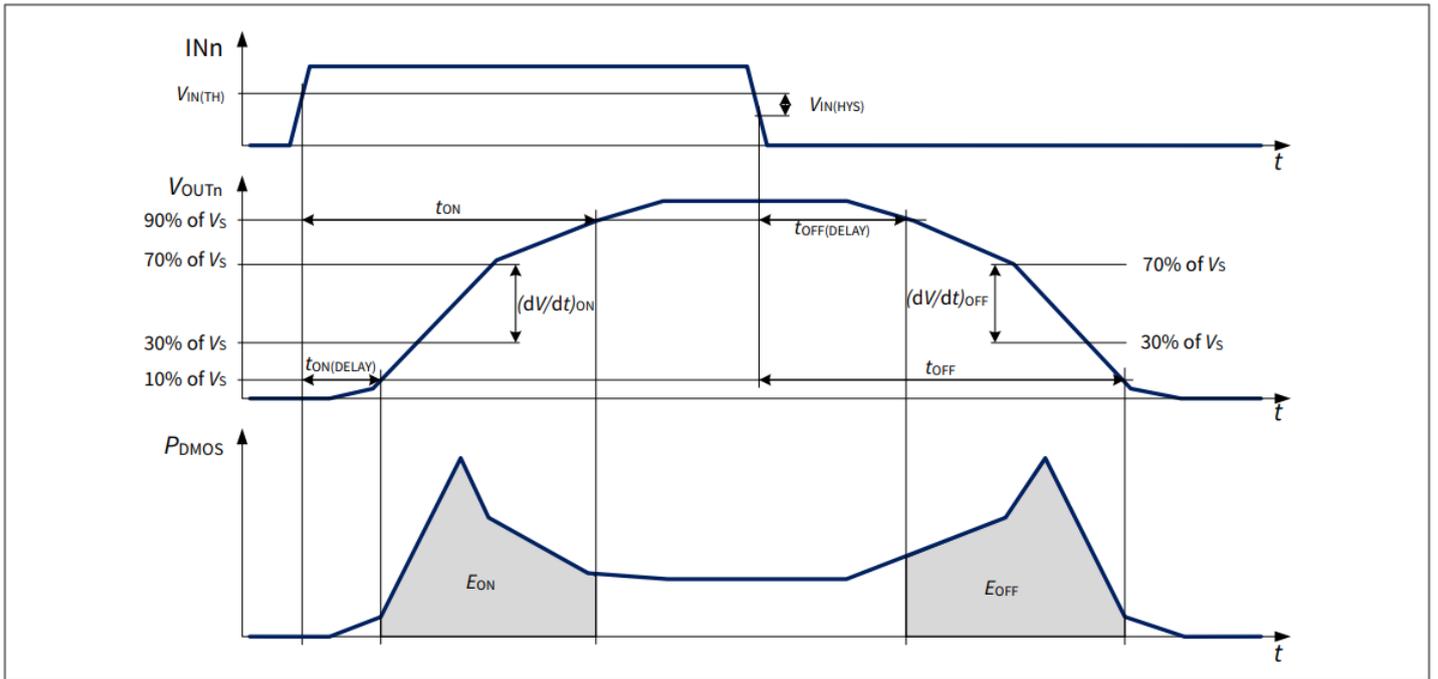


图17 开关阻性负载

6.2.2 开关感性负载

当用高边开关关闭感性负载时，电压 V_{OUT} 会降至地电位以下，因为通过电感的电流不能瞬间变化。为了防止器件因过压而损坏，采用了电压钳位机制。钳位机制将限制输出电压，使得 $V_{DS} \leq V_{DS(CLAMP)}$ 。章节 6.2.2 为钳位结构示意图。

在 章节5.1所列的所有工作模式下，钳位结构都起作用。

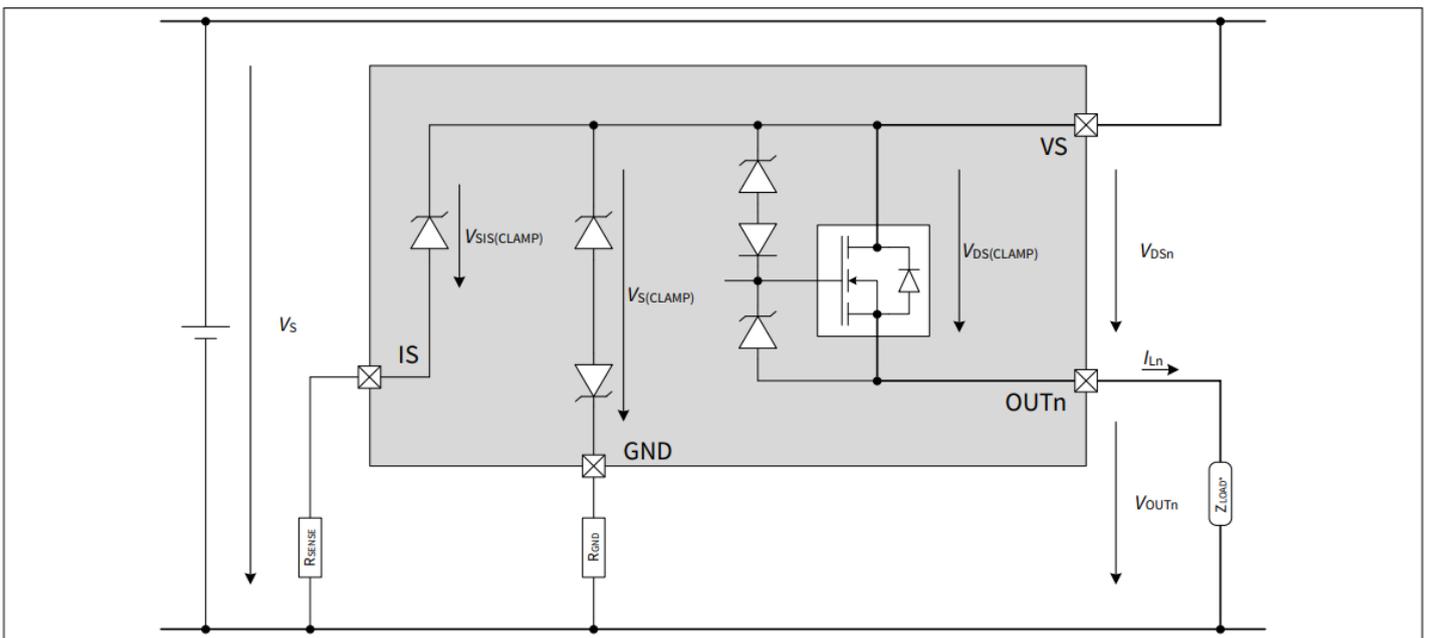


图18 输出钳位概念

在感性负载退磁过程中，热量在器件中耗散。热量计算公式如下：

$$E = V_{DS(CLAMP)} \cdot \left[\frac{V_S - V_{DS(CLAMP)}}{R_L} \cdot \ln \left(1 - \frac{R_L \cdot I_L}{V_S - V_{DS(CLAMP)}} \right) + I_L \right] \cdot \frac{L}{R_L} \quad (1)$$

器件能承受的最大能量受热限制，请参考表2 最大允许值为 E_{AS} （单脉冲能量）和 E_{AR} （重复的能量）。

6.2.3 开关容性负载

当IN控制信号频率为 $f_{VIN(CLS)}$ 时，器件在 $t_{ON_CLS(DELAY)}$ 之后进入CLS模式，如图19所示。当过流限制处于活动状态时，使用泵浦模式为电容器充电，使用OCT引脚将过流限制设置作为置位，如图20所示。在CLS模式下，保护和诊断功能处于激活状态。

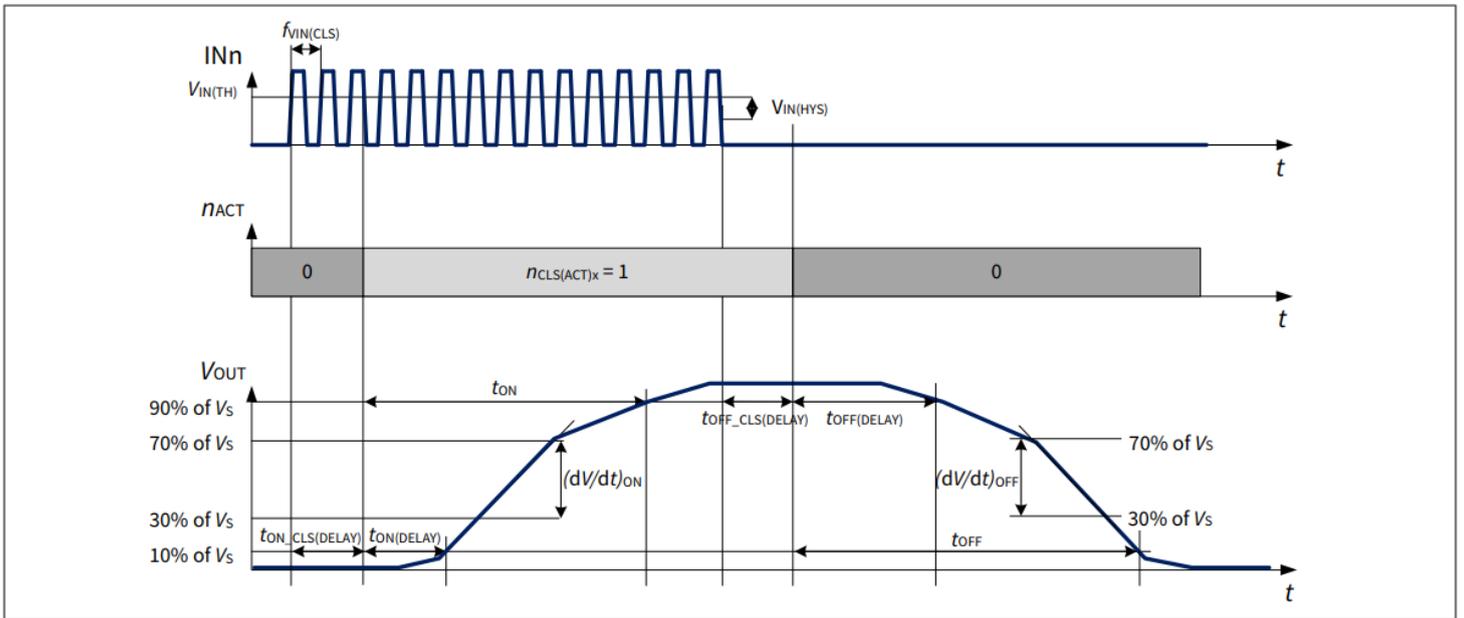


图19 开关容性负载

当器件处于CLS模式时，动态过温保护阈值降低至 $T_{J(DYN)_CLS}$ 并支持自动重启。

当 $V_{DS} \leq V_{DS(OLOFF)}$ 时，自动从CLS模式切换到Active模式。

当 $V_{DS} > V_{DS(OLOFF)}$ 时，并且芯片进入CLS模式超过 t_{CLSx} 时间，需要设置输出为“低电平”或“高电平”，使得芯片退出CLS模式。

仅当输出无短路时，才能执行从capacitive load switching模式切换到active模式。为了区分短路和正常连接，在退出Capacitive load switching模式前，需要进行负载电流采样。如果负载电流采样正常，则可以从Capacitive load switching模式切换到Active模式。如果负载电流采样为无负载电流，则输出可能是开路或者短路。此外，也可以通过检测输出电压确定输出是否短路

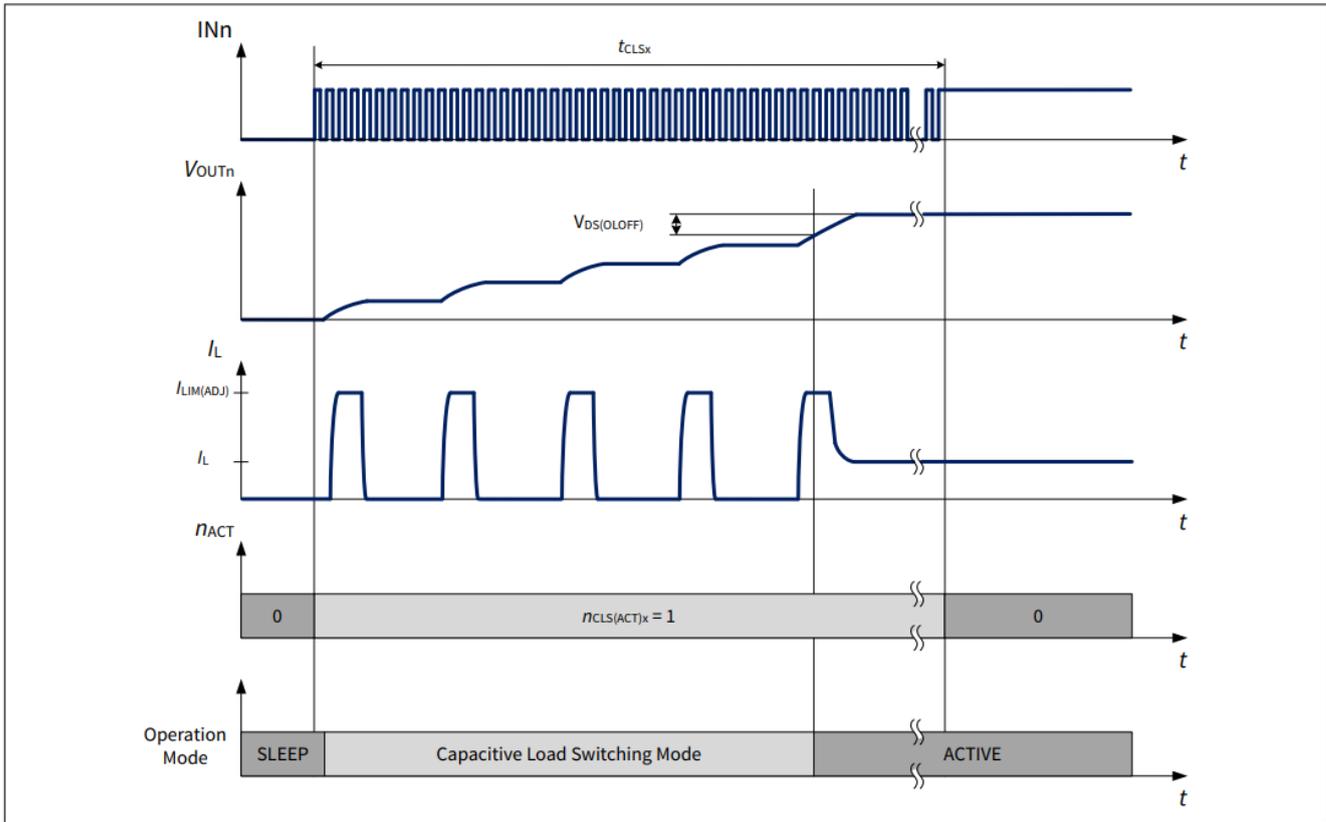


图20 容性负载开关活动

6.3 高级开关特性

6.3.1 反向电流特性

当 $V_{OUT} > V_S$ 时，电流 $I_{L(INV)}$ 流入功率输出晶体管（参见图 21）。这种条件被称为“反向电流”。

如果通道处于关闭状态，电流流入芯片体二极管，将产生能量耗散，因此，器件温度升高。由于过温，可能导致另外的通道关闭。如果通道处于打开状态，则导通阻抗为 $R_{DS(INV)}$ ，在芯片的耗散功率和 $R_{DS(ON)}$ 的耗散功率类似。

在 inverse current 条件下，只要 $-I_L < -I_{L(INV)}$ ，通道就会保持打开或关闭状态。

只要 $-I_L < -I_{L(INV)}$ 条件下，反向开启（InverseON）的功能允许通道打开参见图 22。

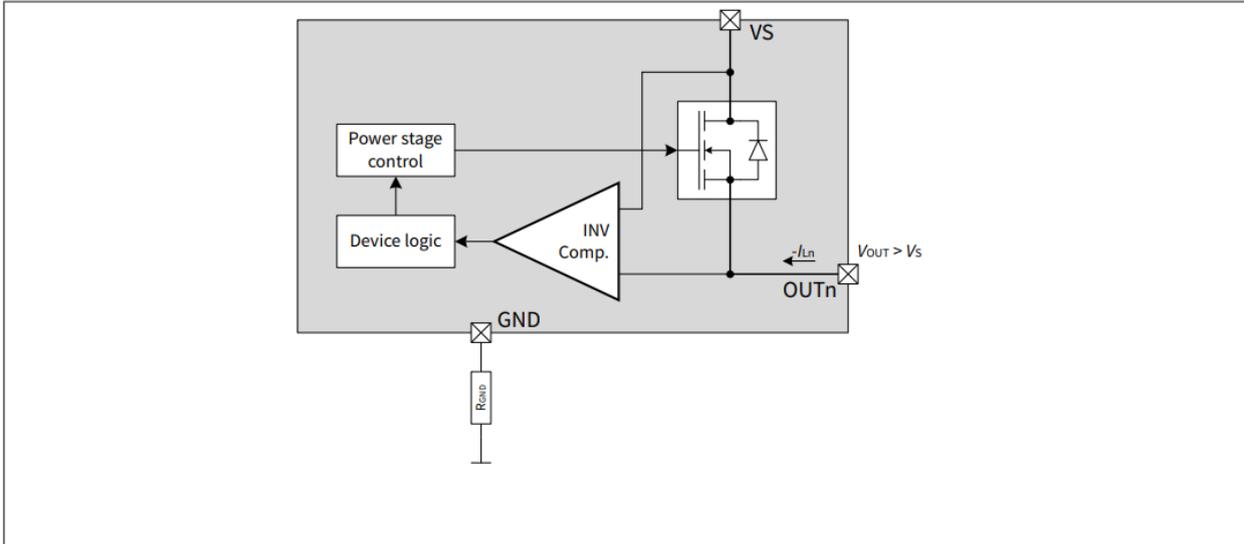


图21 反向电流电流

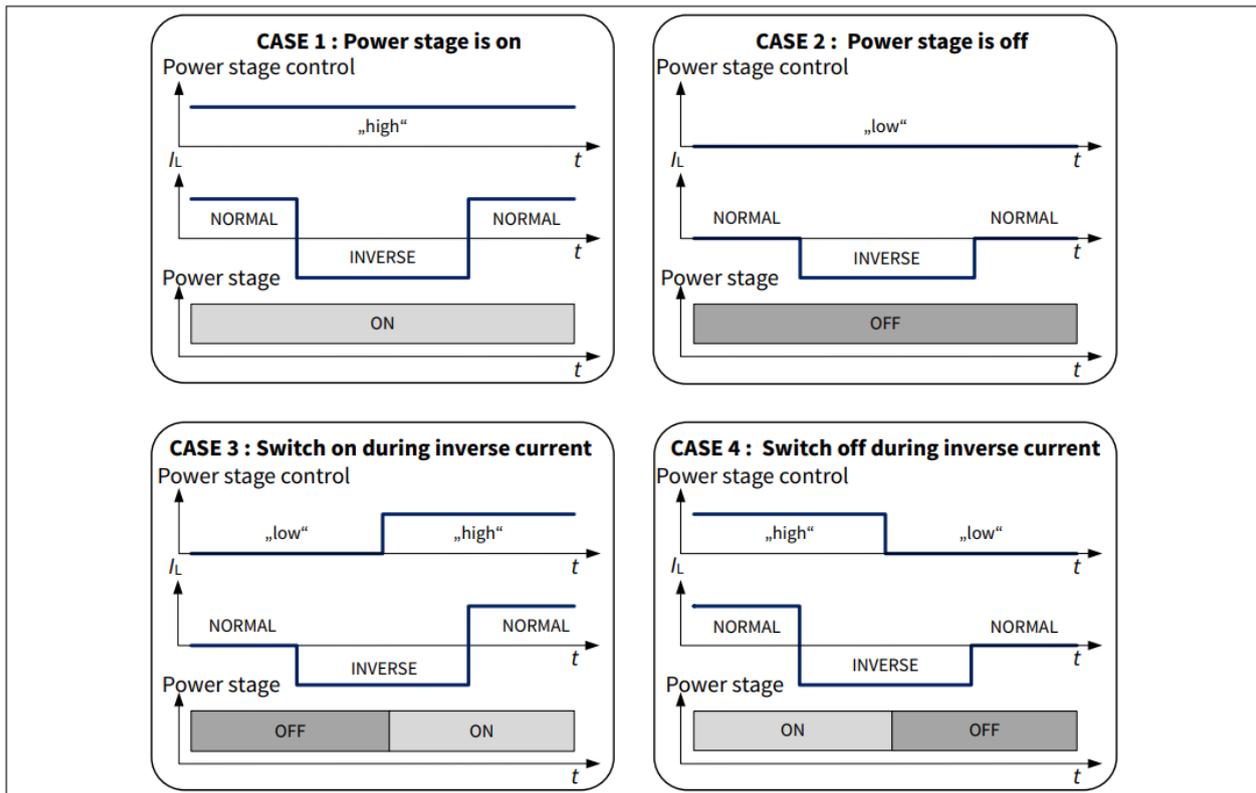


图22 反向开启-在应用反向电流时的通道特性

6.4 功率开关电气特性

$V_S = 4\text{ V to } 20\text{ V}$, $T_J = -40^\circ\text{C to } +150^\circ\text{C}$

除非另有说明，典型值： $V_S = 13.5\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$

用于测试的典型电阻性负载连接到输出端（除非另有说明）：BTS7050-2EPL: $R_L = 4.7 \Omega$

表 8 功率级电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltages							
Drain to source clamping voltage at $T_J = -40^\circ\text{C}$	$V_{DS(\text{CLAMP})_{-40}}$	33	36.5	42	V	$I_L = 5 \text{ mA}$ $T_J = -40^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-110
Drain to source clamping voltage at $T_J \geq 25^\circ\text{C}$	$V_{DS(\text{CLAMP})_{25}}$	35	38	44	V	¹⁾ $I_L = 5 \text{ mA}$ $T_J \geq 25^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-111
Timings							
Switch-ON delay	$t_{\text{ON}(\text{DELAY})}$	10	70	130	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 10\% V_S$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 17	PRQ-112
Switch-OFF delay	$t_{\text{OFF}(\text{DELAY})}$	10	50	160	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 90\% V_S$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 17	PRQ-113
Switch-ON time	t_{ON}	50	130	210	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 90\% V_S$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 17	PRQ-114
Switch-OFF time	t_{OFF}	30	100	220	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 10\% V_S$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 17	PRQ-115
CLS activation delay	$t_{\text{ON_CLS}(\text{DELAY})}$	10	70	200	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 19	PRQ-664
CLS de-activation delay	$t_{\text{OFF_CLS}(\text{DELAY})}$	20	40	90	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$ See Figure 19	PRQ-665
Switch-ON/OFF Matching - $t_{\text{ON}} - t_{\text{OFF}}$	Δt_{sw}	-60	25	90	μs	$V_S = 13.5 \text{ V}$ $I_{\text{OCT}} = I_{\text{OCT,MAX}}$	PRQ-116

(表格续下页.....)

表 8 (续) 功率级电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltage slope							
Switch-ON slew rate	$(dV/dt)_{ON}$	0.16	0.27	0.39	V/ μ s	$V_S = 13.5\text{ V}$ $I_{OCT} = I_{OCT,MAX}$ $V_{OUT} = 30\% \text{ to } 70\% \text{ of } V_S$	PRQ-117
Switch-OFF slew rate	$(dV/dt)_{OFF}$	-0.39	-0.27	-0.16	V/ μ s	$V_S = 13.5\text{ V}$ $I_{OCT} = I_{OCT,MAX}$ $V_{OUT} = 70\% \text{ to } 30\% \text{ of } V_S$	PRQ-118
Slew rate matching - (dV/dt) $_{ON} + (dV/dt)_{OFF}$	$\Delta(dV/dt)_{sw}$	-0.15	0	0.15	V/ μ s	$V_S = 13.5\text{ V}$ $I_{OCT} = I_{OCT,MAX}$	PRQ-119
CLS mode							
Input frequency for capacitive load switching mode activation	$f_{VIN(CLS)}$	22	30	38	kHz	²⁾ $DC_{VIN(CLS)} = 50\%$	PRQ-353
Duty cycle for capacitive load switching mode activation	$DC_{VIN(CLS)}$	30%	50%	70%	-	²⁾ $f_{VIN(CLS)} = 30\text{ kHz}$	PRQ-354
Maximum time in CLS mode	t_{CLS1}	-	-	25	ms	²⁾ See Chapter 6.2.3	PRQ-355
Maximum time in CLS mode	t_{CLS2}	-	-	90	ms	²⁾ See Chapter 6.2.3	PRQ-813
Maximum number of CLS mode activations	n_{CLS_ACT1}	-	-	500	kcycles	²⁾ See Chapter 6.2.3	PRQ-812
Maximum number of CLS mode activations	n_{CLS_ACT2}	-	-	50	kcycles	²⁾ See Chapter 6.2.3	PRQ-814
Output characteristics							
ON-state resistance at $T_J = 25^\circ\text{C}$	$R_{DS(ON)_25}$	-	50	-	m Ω	²⁾ $T_J = 25^\circ\text{C}$	PRQ-542
ON-state resistance at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$R_{DS(ON)_150}$	-	-	100	m Ω	$T_J = 150^\circ\text{C}$ $I_L = 2\text{ A}$	PRQ-543
ON-state resistance in cranking at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$R_{DS(ON)_CRANK_150}$	-	-	110	m Ω	$T_J = 150^\circ\text{C}$ $V_S = 3.1\text{ V}$ $I_L = 1\text{ A}$	PRQ-544

(表格续下页.....)

表 8 (续) 功率级电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
ON-state resistance in inverse current at $T_J = 25^\circ\text{C}$	$R_{DS(INV)_25}$	–	50	–	m Ω	2) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_S = 13.5\text{ V}$ $I_L = -2\text{ A}$ See Figure 21	PRQ-545
ON-state resistance in inverse current at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$R_{DS(INV)_150}$	–	–	110	m Ω	$T_J = 150^\circ\text{C}$ $V_S = 13.5\text{ V}$ $I_L = -2\text{ A}$ See Figure 21	PRQ-546
Nominal load current per channel (all channels active) at $T_A = 85^\circ\text{C}$	$I_{L(NOM)_85}$	–	3	–	A	2) $T_A = 85^\circ\text{C}$ $T_J \leq 150^\circ\text{C}$	PRQ-547
Output leakage current at $T_J \leq 85^\circ\text{C}$	$I_{L(OFF)_85}$	–	0.01	0.5	μA	2) $V_{OUT} = 0\text{ V}$ INn = "low" $T_A \leq 85^\circ\text{C}$	PRQ-548
Output leakage current at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$I_{L(OFF)_150}$	–	1.2	4	μA	$V_{OUT} = 0\text{ V}$ INn = "low" $T_A = 150^\circ\text{C}$	PRQ-549
Inverse current capability	$I_{L(INV)}$	–	3	–	A	2) $V_S < V_{OUT}$ INn = "high" See Figure 21	PRQ-550

Voltages

Drain source diode voltage	$ V_{DS(DIODE)} $	–	550	700	mV	$I_L = -190\text{ mA}$ $T_J = 150^\circ\text{C}$	PRQ-552
Switch-ON energy	E_{ON}	–	1.2	–	mJ	1) $V_S = 20\text{ V}$ See Figure 17	PRQ-553
Switch-OFF energy	E_{OFF}	–	1.25	–	mJ	1) $V_S = 20\text{ V}$ See Figure 17	PRQ-554

1) Tested at $T_J = 150^\circ\text{C}$
 2) 不受制于生产测试 - 由设计指定

7 保护功能

该器件具有过流保护、过温保护和过压保护。

除睡眠模式外，过温保护和过流保护在所有操作模式下均可运行。在Inverse current工况下，过流保护不激活。

通道发生反向电流工况下，相应通道的过温保护和过流保护不激活。

过压保护在所有操作模式下都激活。

7.1 过流保护

7.1.1 可调过流限制范围

当发生过流或者短路到地时，芯片具有保护功能。

器件提供从 $I_{LIM,MIN}$ 到 $I_{LIM,MAX}$ 的可调过流限制范围。这一特点为负载和功率输出级提供了防止过载的保护。

DMOS温度情况增加超过器件安全工作环境，将触发过温和动态温度保护机制如图24和图25。

为了调整两个输出通道的电流限制，可以考虑以下方程：

$$I_{LIM} = (k_{ILIOCT} \cdot I_{OCT}) + \Delta I_{LIM} \quad \text{where, } I_{OCT} = \frac{(I_{LIM} - \Delta I_{LIM})}{k_{ILIOCT}} \quad (2)$$

为了选择连接在OCT引脚和器件接地之间的合适电阻 R_{OCT} 值，可以考虑以下方程：

$$R_{OCT} = \frac{(V_{OCT} \cdot k_{ILIOCT})}{(I_{LIM} - \Delta I_{LIM})} \quad (3)$$

如果OCT引脚开路电流不超过 $I_{OCT(OPEN)}$ ，则器件会将电流限制置位至 $I_{LIM(OCT(OPEN))}$ 。如果OCT引脚对接地短路且电流超过 $I_{OCT(SHORT2GND)}$ ，则器件会将电流连接至 $I_{LIM(OCT(SHORT2GND))}$ 。 I_{OCT} 如何与 I_{LIM} 相关的行为如图23所示但由于OCT引脚电流 I_{OCT} 所允许的最大额定值，不建议将OCT引脚短接至器件接地。在反向电池条件的情况下，这可能导致违反最大额定值，因此需要考虑 $I_{AI(REV)}$ 。

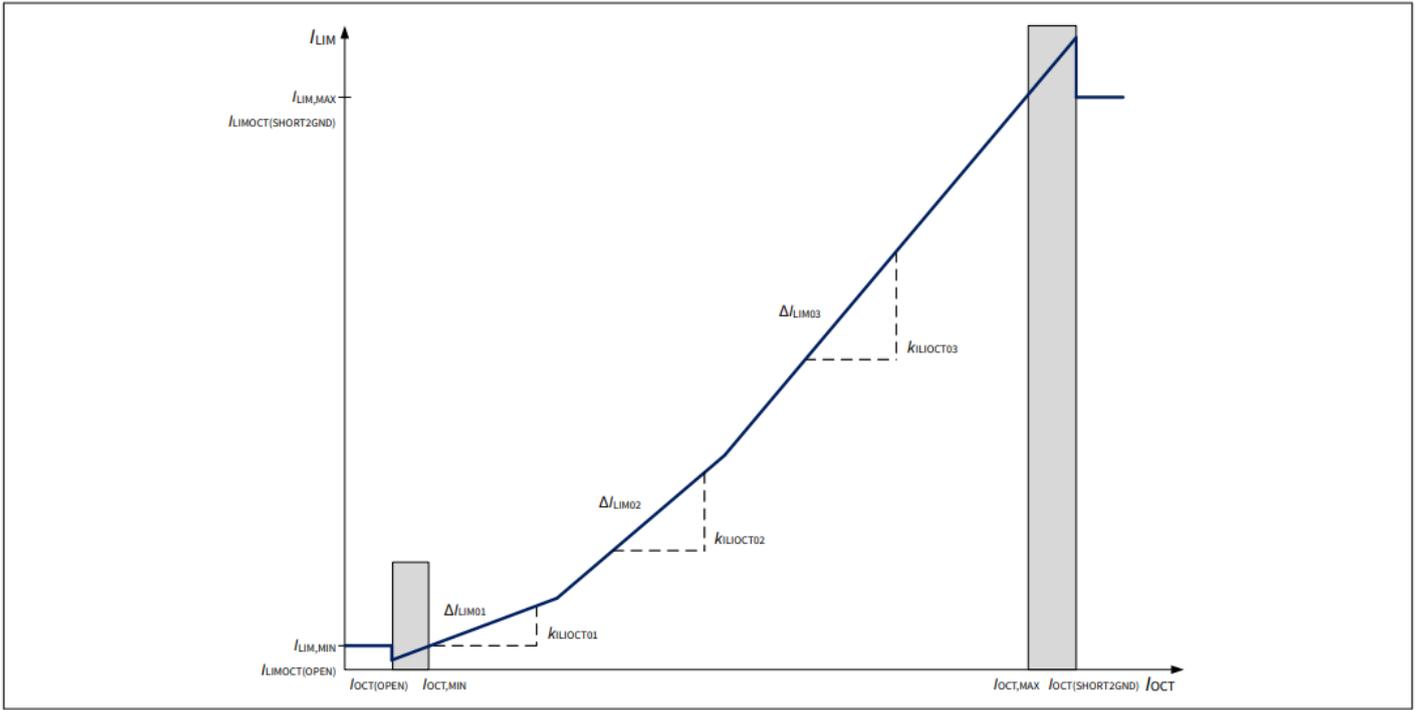


图 23 可调过流限制行为

7.2 过温保护

该器件为每个通道都集成了绝对过温保护 ($T_{J(ABS)}$) 和动态过温保护 ($T_{J(DYN)}$)。

当温度 T_J 超过绝对过温阈值或者动态过温阈值 ($T_{J(ABS)}$ 或 $T_{J(DYN)}$) 芯片会关闭过温通道。受影响的通道将尝试自动重启。通道保持关闭状态，直到温度达到表 9 中所述的重启条件按照章节 7.3.1。如果自动重启尝试次数超过 $n_{RESTART(CR),TYP}$ ，受影响的通道将锁存关闭以防止损坏。其行为如图 24 和图 25 所示。 $T_{J(REF)}$ 是动态温度保护的基准温度。

7 保护

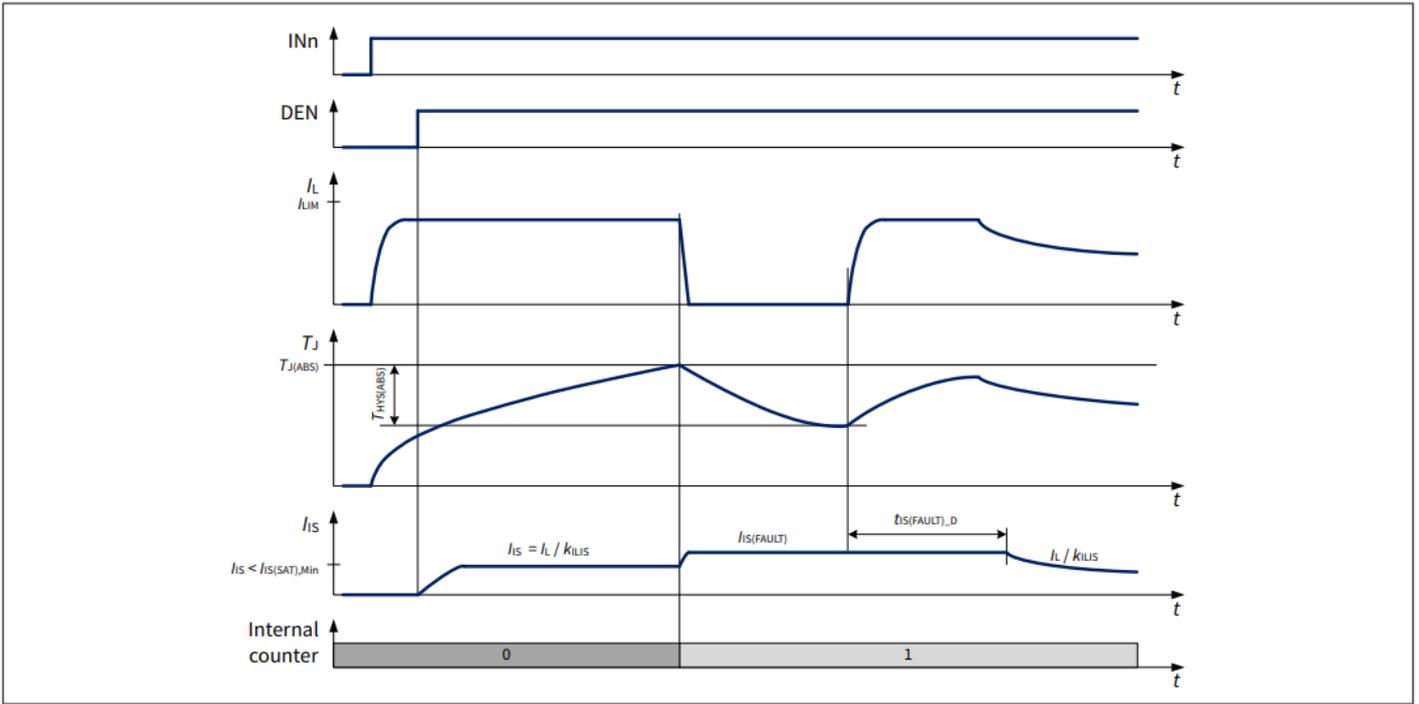


图24 过温保护（绝对）

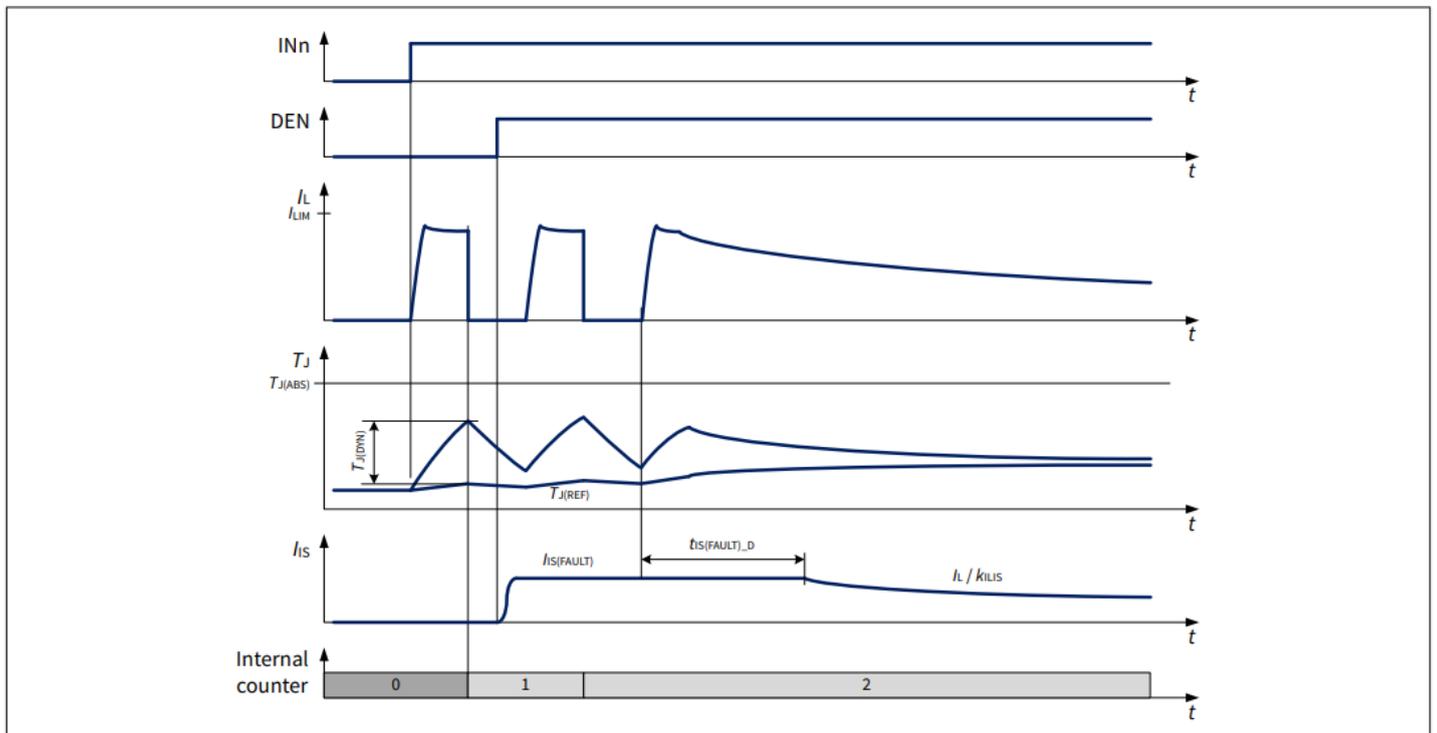


图25 过温保护（动态）

当过温保护电路允许通道再次开启时，重启策略参考[章节 7.3](#)。

7.3 故障保护与诊断

当发生过温保护后，芯片会进入下面状态：

7 保护

- 受影响的通道会根据[章节 7.3.1](#) 关闭。
- 如果受影响的通道，诊断是激活的，则 IS 引脚会提供电流 $I_{IS(FAULT)}$ （请参阅 [章节 8.2.2](#) 了解更多详细信息）。

如果所有条件满足[表 9](#)中描述的“重启”条件并且 $n_{RESTART(CR)} < n_{RESTART(CR),typ}$ ，则对应通道可再次打开。

表 9 "重启"保护条件

Fault condition	Switch OFF event	"Restart" condition
Overtemperature	$T_J \geq T_{J(ABS)}$ or $(T_J - T_{J(REF)}) \geq T_{J(DYN)}$	$T_J < T_{J(ABS)}$ and $(T_J - T_{J(REF)}) < T_{J(DYN)}$ (including hysteresis)

7.3.1 重启策略

当 IN_n 置位为“高”时，相关输出通道开启。如果检测到故障，相关输出通道关闭。芯片根据重启策略，相关通道会再次打开，如果故障在 $n_{RESTART(CR),TYP}$ 之后仍然存在，相应通道将关闭锁住。

该器件有一个内部重启计数器 $n_{RESTART(CR)}$ （每个通道一个），以最大限度地提高芯片故障时的鲁棒性。

在关闭之前，允许通道打开 $n_{RESTART(CR)}$ 次。在 $n_{RESTART(CR),TYP}$ 重启次数后，相应通道锁存为 OFF。为了解除输出锁存并清除内部计数器，需要将输入引脚设置为“低电平”，持续时间长于 $t_{DELAY(CR)}$ 。

如果故障不再存在，并且观察到 $t_{DELAY(CR)}$ ，则器件可以正常运行。如果故障仍然存在，则器件将再次触发重启策略。

重启策略如[图 26](#)所示。

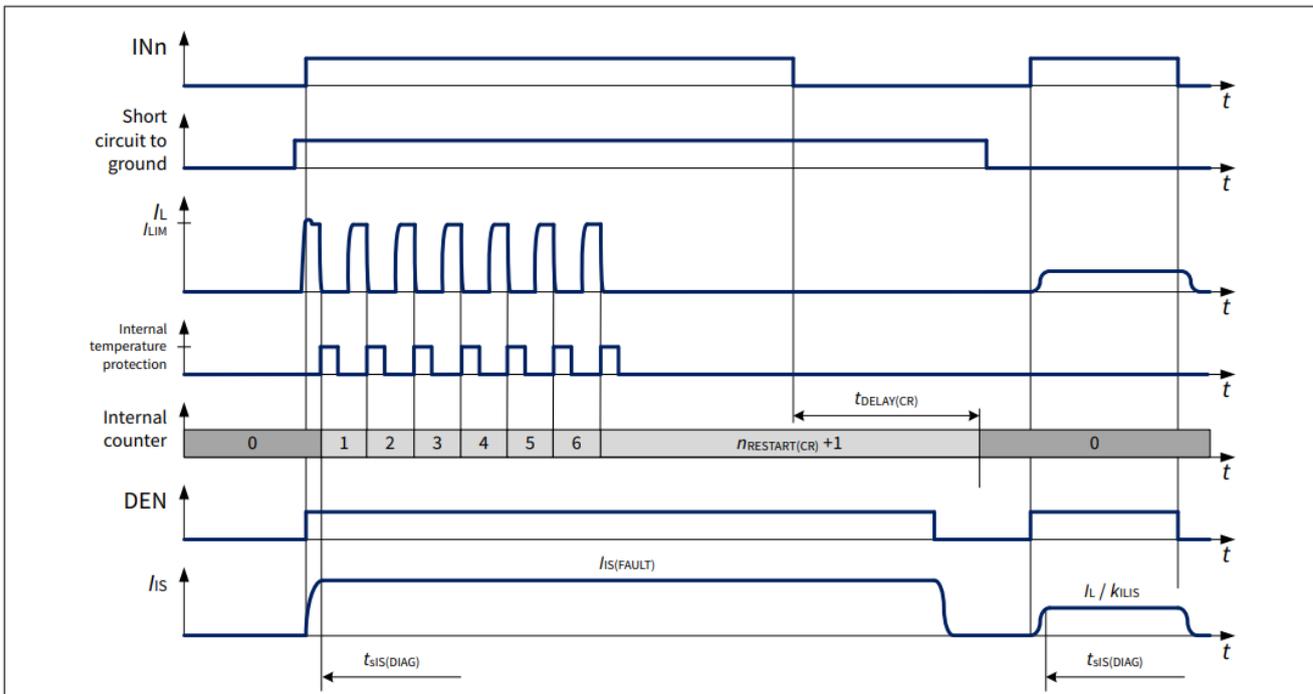


图 26 重试策略时序图

还有一种强制复位，可实现清除内部计数器，并且不需要等待 $t_{DELAY(CR)}$ 。当 IN 引脚设置为低电平，施加到 DEN 引脚的脉冲(能够识别到 DEN 的上升沿和下降沿)持续时间必须长于 $t_{DEN(CR)}$ ，以确保内部计数器复位。 $DSEL$ 引脚必须选择需要解锁的通道，并确保 $DSEL$ 电平稳定的状态下 DEN 引脚切换两次（ DEN 上升沿和下降沿）。

时序如 图 27所示。

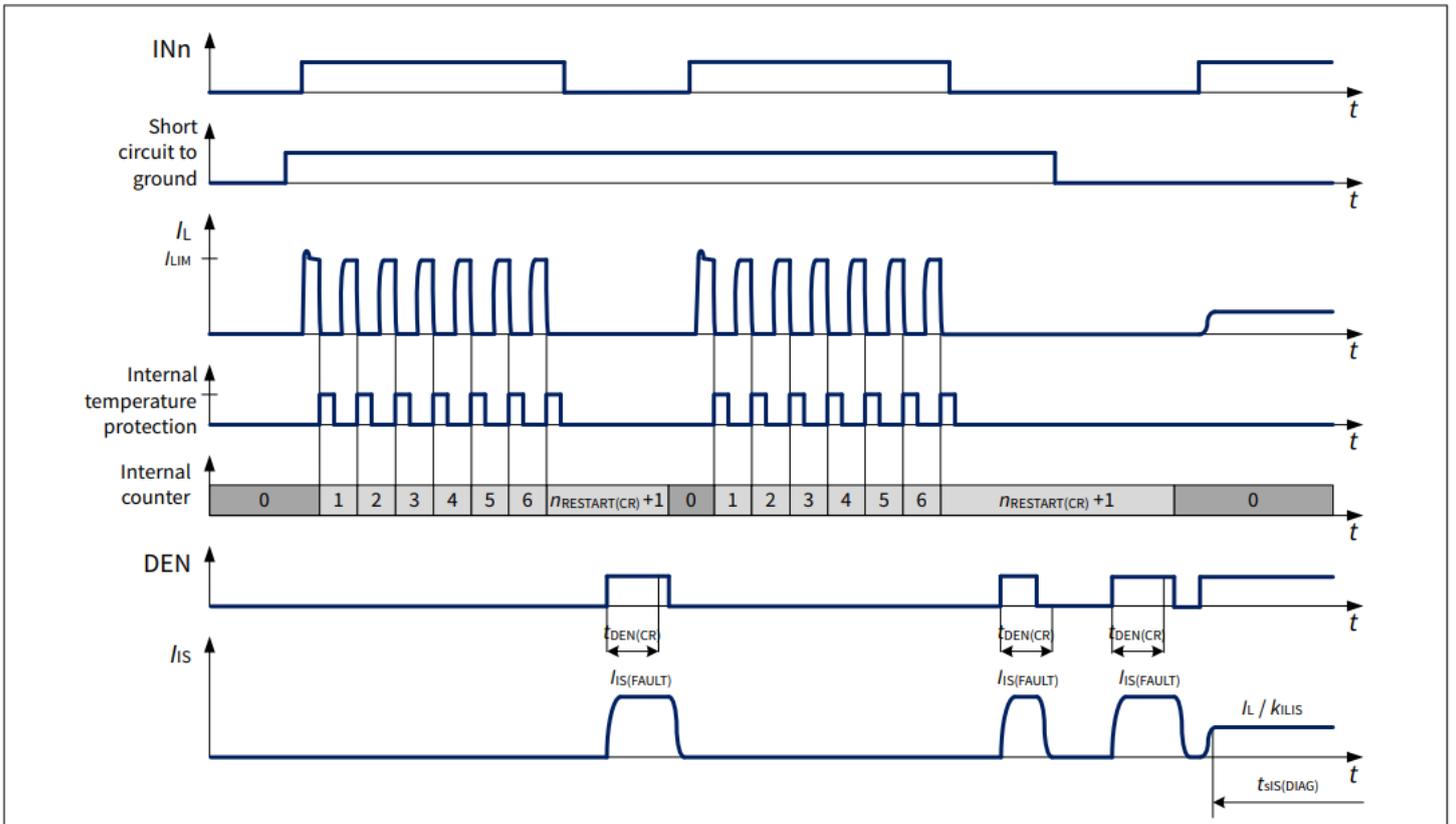


图27 带强制重置的重启策略时序图

7.4 其他保护

7.4.1 反接保护

在反接条件（也称为反接电池）中，功率耗散主要是有DMOS内部的体二极管引起的。逻辑域的ESD二极管在反接电池的情况下也会产生功率耗散。通过DMOS的反接电流受到所连接负载的限制。通过数字输入引脚的电流受到外接串联电阻的限制（请参阅表 2 中列出的绝对最大额定值以及 章节9 中的应用信息）。

7.4.2 过压保护

当电源电压介于 $V_{S(EXT,UP)}$ 和 $V_{BAT(LD)}$ 之间时，高边输出仍可运行并跟随输入引脚的指令。

除了 章节6.2.2 中描述针对感性负载的输出钳位之外，还有一个针对逻辑域和输出的过压钳位保护，监控 V_S 和GND引脚之间的电压($V_{S(CLAMP)}$)。

7.4.3 掉电和负载连接断开

只要负载和线束是纯电阻的，掉电或负载连接断开是不会影响器件的鲁棒性。如果驱动感性负载，掉电或者负载连接断开时，感抗中的能量需要处理。

芯片可以承受住负载电流为($I_{L(NOM),85}$)，并且线束感抗小于 $10\mu H$ 。

如果应用中负载电流和/或感抗值超过上述定义，则外部的抑制二极管（比如 章节 9 中所示的二极管 D_{22} ）需要增加，并且需要注意定义合适的负载电流路径。

7 保护

7.4.4 地线丢失

建议在数字输入引脚和MCU控制器件之间连接一个电阻，以确保当地线丢失时，输出通道仍然时关闭状态（如[章节9](#)中所述）。

注释：

如果数字输入引脚被拉至地（通过电阻或低电平），当器件地丢失时，有一个寄生回地路径，使得芯片仍可以操作。

7.5 电气特性保护参数

$V_S = 4\text{ V to }20\text{ V}$, $T_J = -40^\circ\text{C to }+150^\circ\text{C}$

除非另有说明，典型值： $V_S = 13.5\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$

测试条件是典型电阻性负载连接到输出（除非另有说明）：BTS7050-2EPL: $R_L = 4.7\ \Omega$

表 10 电气特性保护参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Thermal shutdown temperature (absolute)	$T_{J(ABS)}$	150	175	200	$^\circ\text{C}$	1) 2) See Figure 24	PRQ-174
Thermal shutdown hysteresis (absolute)	$T_{HYS(ABS)}$	–	30	–	K	3) See Figure 24	PRQ-356
Thermal shutdown temperature (dynamic)	$T_{J(DYN)}$	–	80	–	K	3) See Figure 24	PRQ-357
Thermal shutdown temperature (dynamic) in capacitive load switching mode	$T_{J(DYN)_CLS}$	–	40	–	K	3)	PRQ-177
Power supply clamping voltage at $T_J = -40^\circ\text{C}$	$V_{S(CLAMP)_{-40}}$	33	36.5	42	V	$I_{VS} = 5\text{ mA}$ $T_J = -40^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-179
Power supply clamping voltage at $T_J \geq 25^\circ\text{C}$	$V_{S(CLAMP)_{25}}$	35	38	44	V	2) $I_{VS} = 5\text{ mA}$ $T_J \geq 25^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-184
Automatic restarts in case of fault after counter reset	$n_{RESTART(CR)}$	–	6	–	–	1) See Figure 26	PRQ-186
Counter reset delay time after fault condition	$t_{DELAY(CR)}$	40	70	100	ms	1) See Figure 26	PRQ-188
Minimum DEN pulse duration for counter reset	$t_{DEN(CR)}$	50	100	150	μs	3) See Figure 27	PRQ-190

(表格续下页.....)

表 10 (续) 电气特性保护参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Adjustable overcurrent limitation							
Adjustable overcurrent limitation accuracy (low)	$I_{LIM(ACCURACY)}$	-22.5%	-	+22.5%	-	³⁾ $0.79\text{ A} \leq I_{LIM} < 1.67\text{ A}$ $V_{DS} = 3\text{ V}$	PRQ-633
Adjustable overcurrent limitation d-factor (low)	ΔI_{LIM01}	-	0.102	-	A	³⁾ $0.79\text{ A} \leq I_{LIM} < 1.67\text{ A}$	PRQ-646
Adjustable overcurrent limitation k-factor (low)	$k_{LIM0CT01}$	-	34449	-	-	³⁾ $0.79\text{ A} \leq I_{LIM} < 1.67\text{ A}$	PRQ-658
Adjustable overcurrent limitation accuracy (medium)	$I_{LIM(ACCURACY)}$	-16%	-	+16%	-	³⁾ $1.67\text{ A} \leq I_{LIM} < 3.27\text{ A}$ $V_{DS} = 3\text{ V}$	PRQ-644
Adjustable overcurrent limitation d-factor (medium)	ΔI_{LIM02}	-	-0.042	-	A	³⁾ $1.67\text{ A} \leq I_{LIM} < 3.27\text{ A}$	PRQ-647
Adjustable overcurrent limitation k-factor (medium)	$k_{LIM0CT02}$	-	37301	-	-	³⁾ $1.67\text{ A} \leq I_{LIM} < 3.27\text{ A}$	PRQ-659
Adjustable overcurrent limitation accuracy (high)	$I_{LIM(ACCURACY)}$	-18%	-	+18%	-	³⁾ $3.27\text{ A} \leq I_{LIM} \leq 8.86\text{ A}$ $V_{DS} = 3\text{ V}$	PRQ-634
Adjustable overcurrent limitation d-factor (high)	ΔI_{LIM03}	-	-0.374	-	A	³⁾ $3.27\text{ A} \leq I_{LIM} \leq 8.86\text{ A}$	PRQ-648
Adjustable overcurrent limitation k-factor (high)	$k_{LIM0CT03}$	-	40512	-	-	³⁾ $3.27\text{ A} \leq I_{LIM} \leq 8.86\text{ A}$	PRQ-660
Current limitation value in case OCT pin open	$I_{LIM0CT(OPEN)}$	0.52	0.74	0.97	A	⁴⁾ $I_{OCT} \leq I_{OCT(OPEN)}$	PRQ-661
Current limitation value in case OCT pin short to device ground	$I_{LIM0CT(SHORT2GND)}$	7.45	9.48	11.5	A	⁴⁾ $I_{OCT} \geq I_{OCT(SHORT2GND)}$	PRQ-662

- 1) 仅功能测试
- 2) 仅在 $T_J = 150^\circ\text{C}$ 时测试
- 3) 不受限于生产测试 - 由设计指定
- 4) 仅在 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 时测试

8 诊断

基于诊断需求，芯片在引脚 IS 提供比例检测电流信号 (I_{IS})。如果关闭诊断功能（DEN 引脚置位为“低电平”），IS 引脚为高阻态。

如果使能电流采样诊断功能，则需要在 IS 引脚和模块接地之间连接检测电阻 R_{SENSE} 。

R_{SENSE} 电阻值必须高于 $820\ \Omega$ （或如果在总电源上有反接保护，则电阻值必须高于 $400\ \Omega$ ），来限制电流检测电路中的功率耗散。

R_{SENSE} 典型值为 $1.2\text{k}\Omega$ 。

由于 IS 引脚和 V_S 供电之间芯片存在内部连接，如果其他芯片由不同的电源供电，则不建议将 IS 引脚连接到其他芯片的检测电流输出。

详情请参见 图 28。

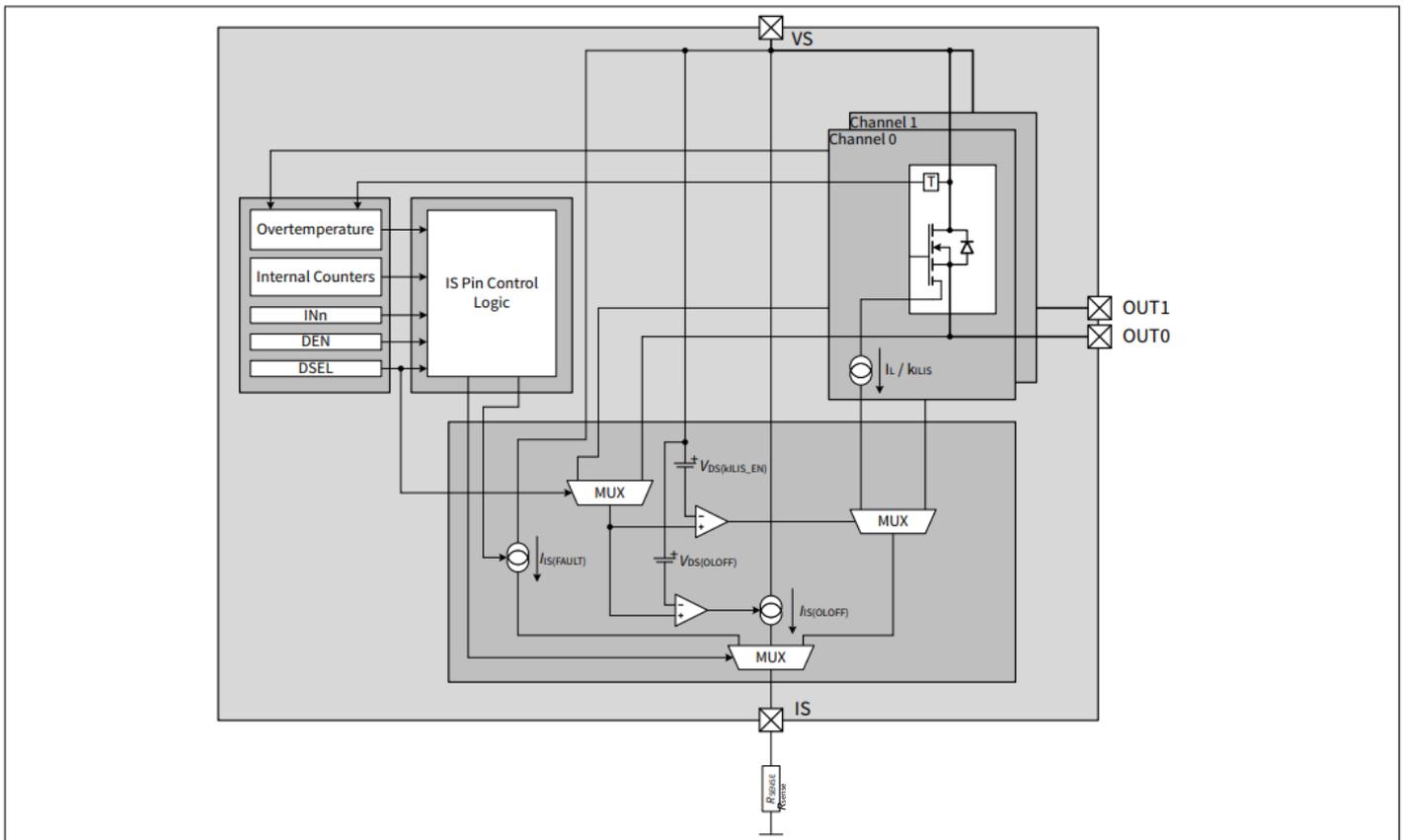


图28 检测功能块图

8.1 概述

表 11 提供了器件运行模式下，IS 引脚的状态参考。

表 11 SENSE 信号作为应用条件的功能之一

Operation mode	Input level	DEN level	V_{OUT}	Diagnostic output
Normal operation	LOW/OFF	HIGH	\sim GND	Z $I_{IS(FAULT)}$ if $n_{RESTART(CR)} > 0$
Short circuit to GND			\sim GND	Z $I_{IS(FAULT)}$ if $n_{RESTART(CR)} > 0$

(表格续下页.....)

表 11 (续) SENSE信号作为应用条件的功能之一

Operation mode	Input level	DEN level	V _{OUT}	Diagnostic output
Thermal shutdown temperature (absolute)	HIGH/ON or CLS	LOW	Z	I _{IS(FAULT)}
Thermal shutdown temperature (dynamic)			Z	I _{IS(FAULT)}
Short circuit to V _S			= V _S	I _{IS(OLOFF)} I _{IS(FAULT)} if n _{RESTART(CR)} > 0
Open load			< V _S - V _{DS(OLOFF)}	Z
			> V _S - V _{DS(OLOFF)} ¹⁾	I _{IS(OLOFF)} or I _{IS(FAULT)} if n _{RESTART(CR)} > 0 for both cases
Overcurrent pin fault			< V _S - V _{DS(OLOFF)}	I _{IS(OCT_PIN_FAULT)}
			> V _S - V _{DS(OLOFF)} ¹⁾	I _{IS(OLOFF)} or I _{IS(FAULT)} if n _{RESTART(CR)} > 0 for both cases
Inverse current			~ V _{INV} = V _{OUT} > V _S	I _{IS(OLOFF)} or I _{IS(FAULT)} if n _{RESTART(CR)} > 0
Normal operation			< V _S - V _{DS(KILIS_EN)}	I _{IS} = I _L / k _{ILIS}
Short circuit to GND			~ GND	I _{IS(FAULT)}
Thermal shutdown temperature (absolute)			Z	I _{IS(FAULT)}
Thermal shutdown temperature (dynamic)			Z	I _{IS(FAULT)}
Short circuit to V _S			= V _S	I _{IS} < I _L / k _{ILIS}
Open load			~ V _S ²⁾	I _{IS} = I _{IS(EN)}
Inverse current	~ V _{INV} = V _{OUT} > V _S	I _{IS} = I _{IS(EN)}		
Current limitation	< V _S	I _{IS(FAULT)}		
Underload	~ V _S ³⁾	I _{IS(EN)} < I _{IS} < I _{L(NOM)} / k _{ILIS}		
All conditions	n.a.	LOW	n.a.	Z

- 1) 额外的上拉电阻
- 2) 输出电流必须小于 I_{L(OL)}
- 3) 输出电流必须高于 I_{L(OL)}

8.1.1 SENSE 信号真值表

诊断功能可通过 DEN 引脚使能或关闭。通道选择通过 DSEL 引脚根据 表 12 进行。

表 12 诊断真值表

DEN	DSEL	IS
"low"	not relevant	Z

(表格续下页.....)

表 12 (续) 诊断真值表

DEN	DSEL	IS
"high"	"low"	SENSE output 0
"high"	"high"	SENSE output 1

8.2 通道打开时诊断

当以下条件均满足时，IS引脚可提供与负载电流成比例的电流 ($I_{IS} = I_L / k_{ILIS}$)：

- 高边输出打开，并且 $V_{DS} < V_{DS(kILIS_EN)}$
- 通道的诊断是使能的
- 没有故障(如 [章节 7.3](#))所示，或没有故障未清除(请参阅[章节 8.2.2](#)了解更多详情)

只要有故障或者故障未清除，IS引脚上电流为 $I_{IS(FAULT)}$ 。

8.2.1 电流采样 (kILIS)

I_{IS} 随 I_L 输出电流线性增加，直至达到饱和电流 $I_{IS(SAT)}$ 。如果高边为负载开路 (I_L 接近 0 A)，则最大检测电流为 $I_{IS(EN)}$ (空载、诊断使能)

此条件如 [图 29](#) 所示。中间线为理想的 k_{ILIS} 曲线，另外外侧的曲线为芯片的典型曲线。建议在 IS 引脚和 ADC 输入引脚之间增加额外的 RC 滤波电路，以减少信号纹波和振荡 (建议 RC 滤波电路的最小时间常数为 1 μ s)。 k_{ILIS} 系数的参数特性受到温度、供电电压和制造工艺的影响。

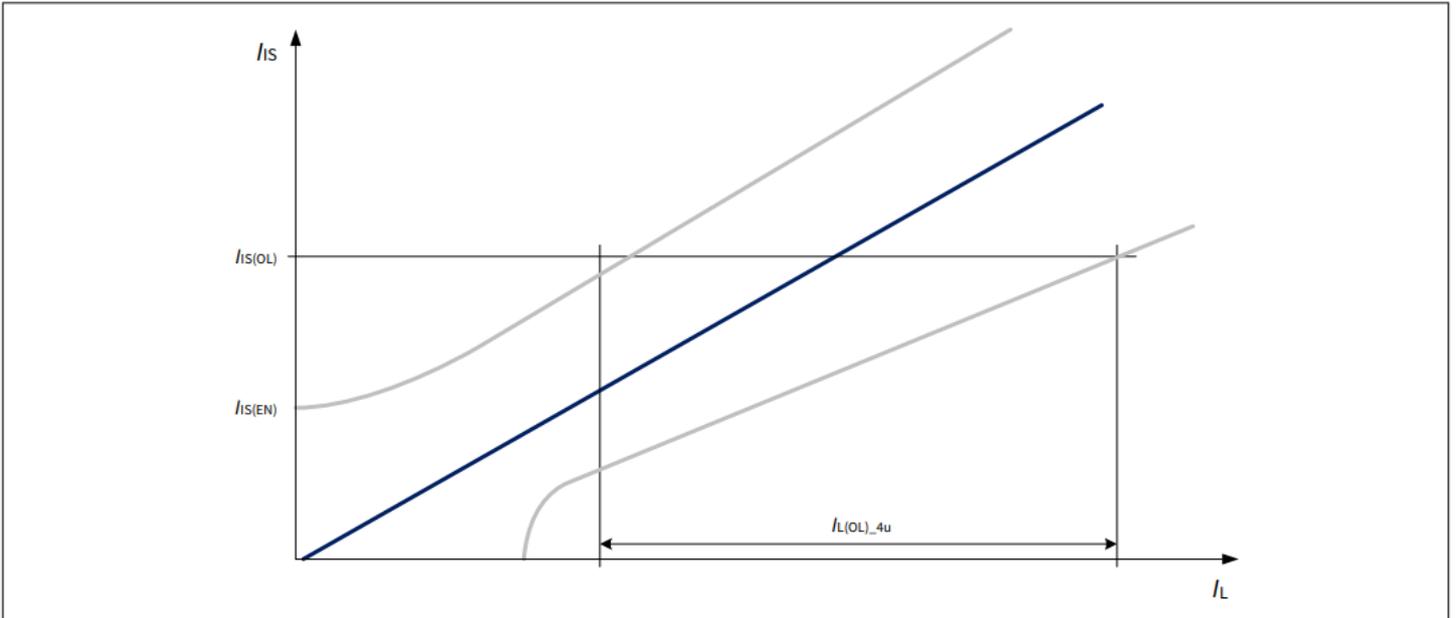


图29 在开启模式开路下的电流传感系数

8.2.2 故障电流($I_{IS(FAULT)}$)

如果出现故障，且 DEN 置位为“高”，并且受影响的通道由 DSEL 选定，则 IS 引脚上电流为 $I_{IS(FAULT)}$ 。

诊断

可能出现以下情况：

- 如果通道处于开启状态，且重启次数小于“ $n_{\text{RESTART}(\text{CR}),\text{TYP}}$ ”，则允许通道重启后，在时间 $t_{\text{IS}(\text{FAULT})_D}$ 内提供电流 $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$ ，此后 $I_{\text{IS}} = I_L / k_{\text{ILIS}}$ ($I_{\text{IS}} = I_L / k_{\text{ILIS}}$) (如 图 30 所示)。在重启周期内，每次检查通道诊断时都会提供电流 $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$ 。
- 如果通道打开，且重启次数等于“ $n_{\text{RESTART}(\text{CR}),\text{TYP}}$ ”，则 IS 管脚电流为 $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$ ，直到内部计数器清零。内部计数器可以通过 INn 设置为“低电平”并持续 $t_{\text{DELAY}(\text{CR})}$ 或通过 INn 设置为“低电平”和 DEN 引脚为脉冲，并且脉冲持续 $t_{\text{DEN}(\text{CR})}$ 来清零，如 第 7.3.1 章所述。
- 如果通道关闭，内部计数器值未清零时，IS 管脚电流为 $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$ 。

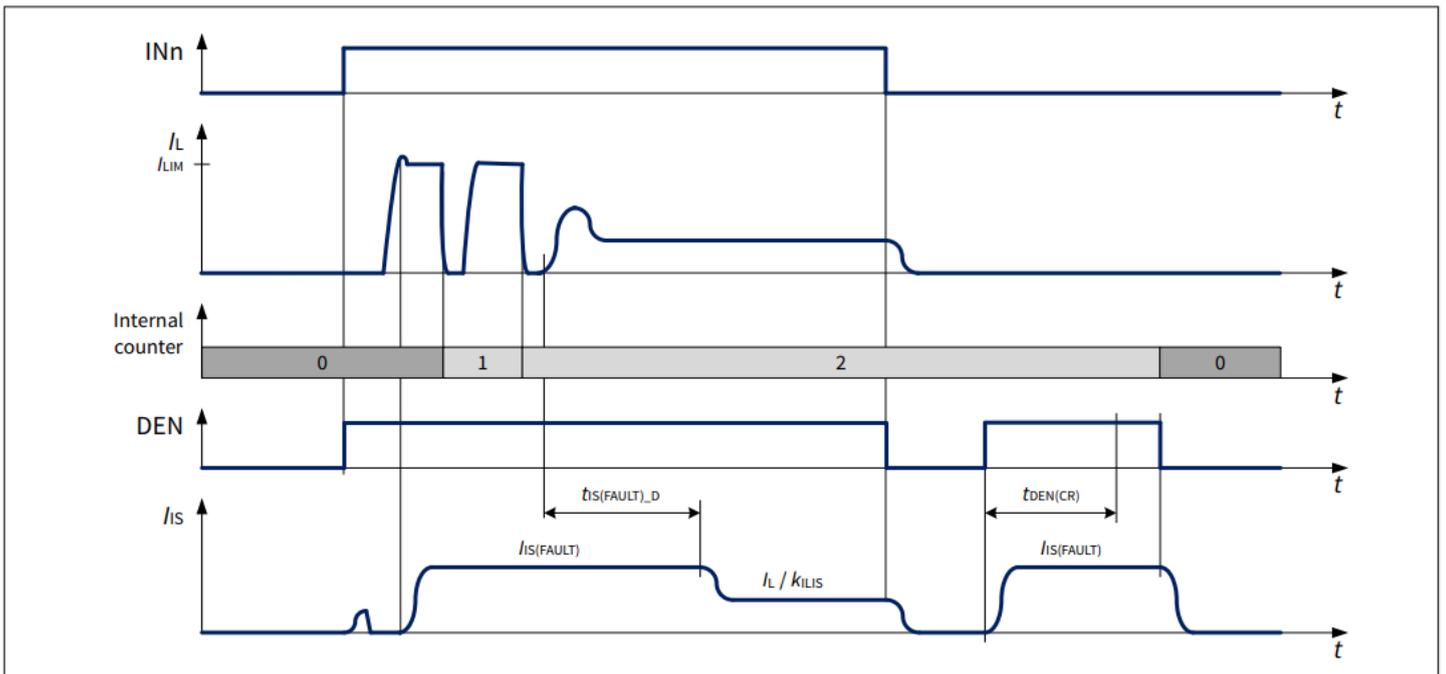


图30 负载开关时的 $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$

图31 将 SENSE 信号的行为添加到图26中所示的时序图中，而图32 显示了 $I_{\text{IS}} = I_L / k_{\text{ILIS}}$, $I_{\text{IS}(\text{SAT})}$ and $I_{\text{IS}(\text{FAULT})}$ 之间的关系。

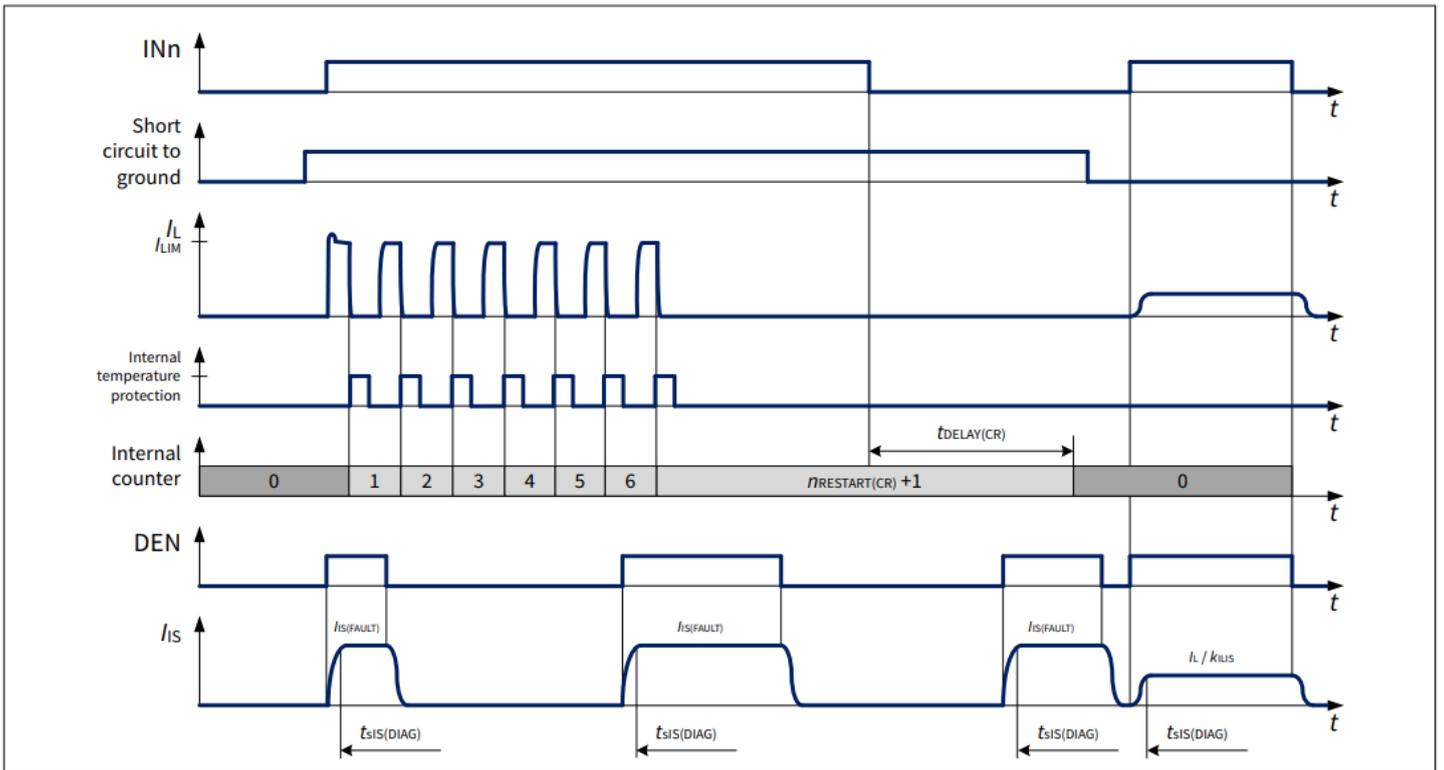


图31 在错误情况下的感应行为

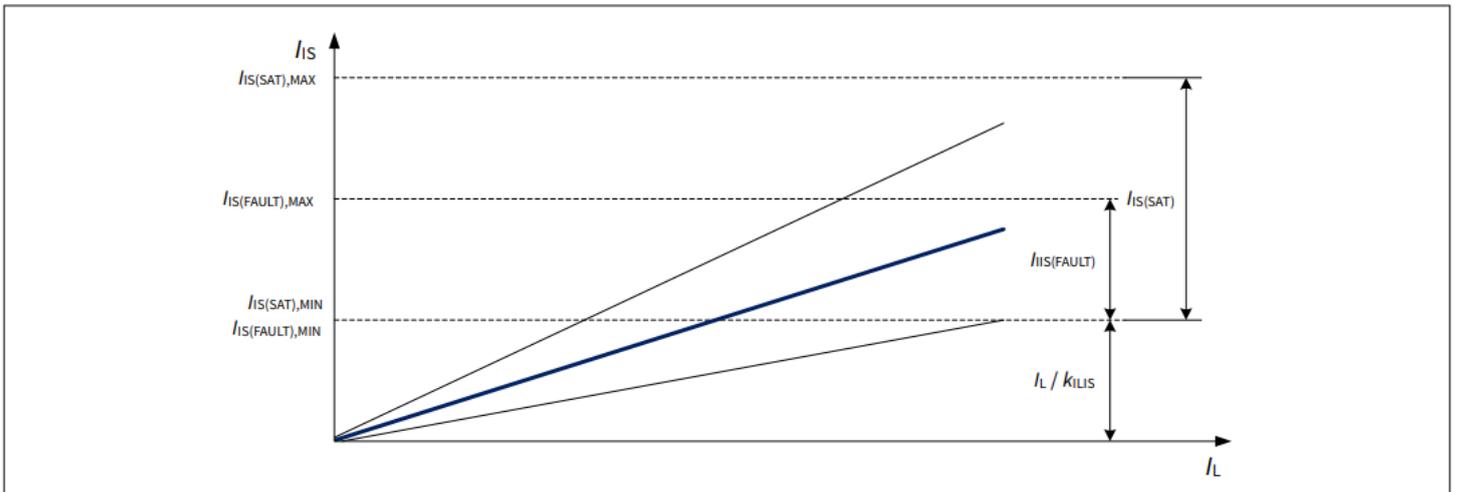


图32 感应行为概述

8.3 通道关闭时诊断

当功率输出级处于 OFF 状态时，器件可以测量输出电压并将其与阈值电压进行比较。这样，使用一些额外的外部组件（下拉电阻和可切换的上拉电流源），可以检测负载是否丢失或是否存在对电池短路。如果器件检测到故障条件（内部器件的值与复位值不同，如 [章节 8.2.2](#) 所述）每次在关闭状态下检查通道诊断时，IS 引脚都会提供电流 $I_{IS(FAULT)}$ 。此外，器件还可以测量 OCT 引脚是否开路 $I_{OCT(OPEN)}$ 或与器件短路接地 $I_{OCT(SHORT2GND)}$ 。如果 OCT 引脚出现故障条件，则提供 $I_{IS(OCT_PIN_FAULT)}$ 。图 33 显示了 $I_{IS(OLOFF)}$ 、 $I_{IS(FAULT)}$ 和 $I_{IS(OCT_PIN_FAULT)}$ 与 V_{DS} 关系。这三个电流不重叠，因此始终可以区分负载开路关闭、OCT 引脚故障和故障条件。

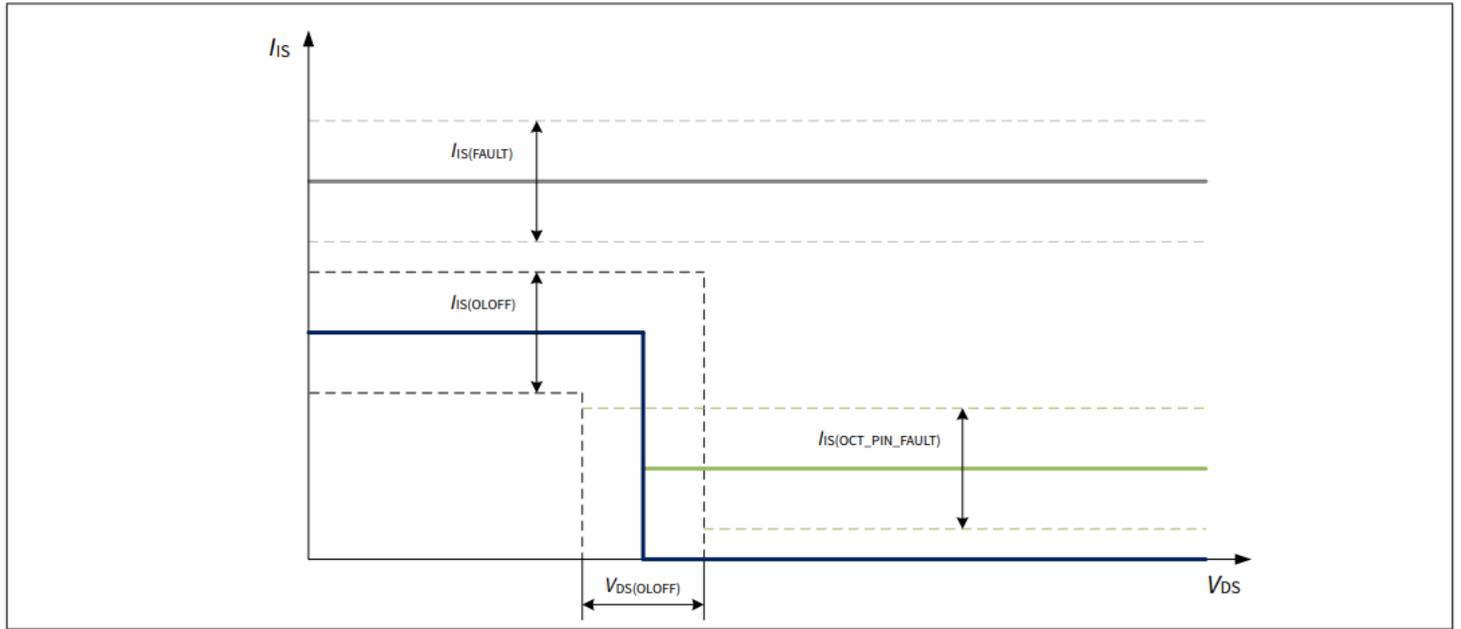


图33 关断状态下的IIS

8.3.1 开路负载电流

在通道关闭状态下，当DEN引脚设置为“高”并且使用DSEL引脚对应通道选定时， V_{DS} 电压与阈值电压 $V_{DS(OLOFF)}$ 进行比较。当诊断使能并且 $V_{DS} \leq V_{DS(OLOFF)}$ 时，IS引脚电流 $I_{IS(OLOFF)}$ 。如果负载正常连接且输出没有对电池短路， V_{DS} 接近 V_S ，因此， $V_{DS} > V_{DS(OLOFF)}$ IS引脚置位为高阻态。

通道关闭状态下的开路检测，需要在输入引脚IN下降沿之后等待 $t_{IS(OLOFF)_D}$ 时间，IS管脚上才能反馈正确的状态，这段时间主要进行内部比较器的建立。图34显示负载始终开路，芯片开路检测时序。

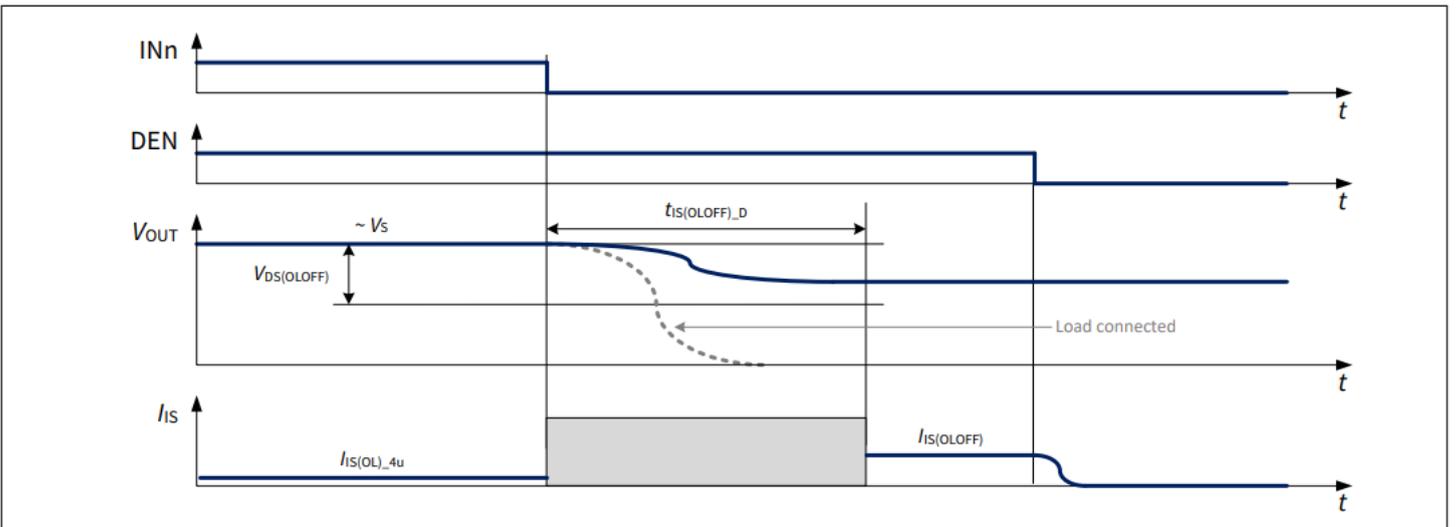


图34 关断下的开路时序-负载断联

8.3.2 OCT 引脚故障电流

当器件处于非活动诊断模式且OCT引脚开路或与器件接地短路时且 $V_{DS} \geq V_{DS(OLOFF)}$ ，IS引脚提供电流 $I_{IS(OCT_PIN_FAULT)}$ 。图33显示 $I_{IS(OCT_PIN_FAULT)}$ 作为函数 V_{DS} 。

8.4 诊断时序

图 35 和 图 36 展示 SENSE 稳定 $t_{\text{SIS(ON)}}$ 和关闭 $t_{\text{SIS(OFF)}}$ 期间的时序 (包括负载变化的情况)。由于在负载电流稳定之前 (因此在 t_{ON} 之前) 无法建立正确的信号,

$$t_{\text{SIS(DIAG)}} = t_{\text{SIS(ON)}} + t_{\text{ON}} \quad (4)$$

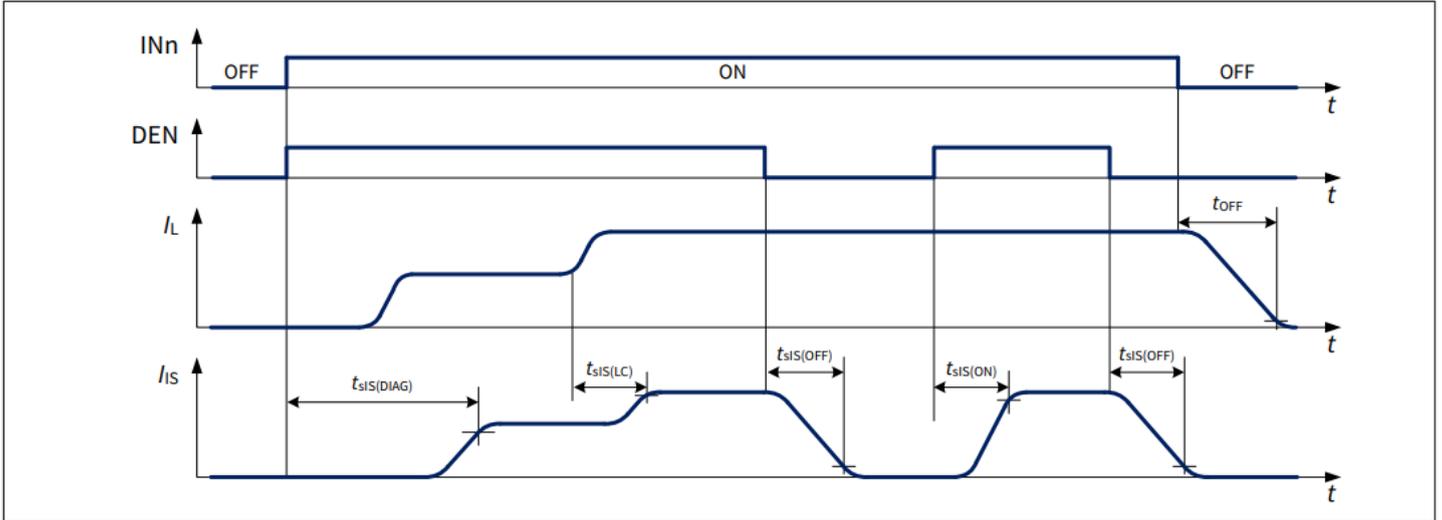


图35 传感设置/失效时序

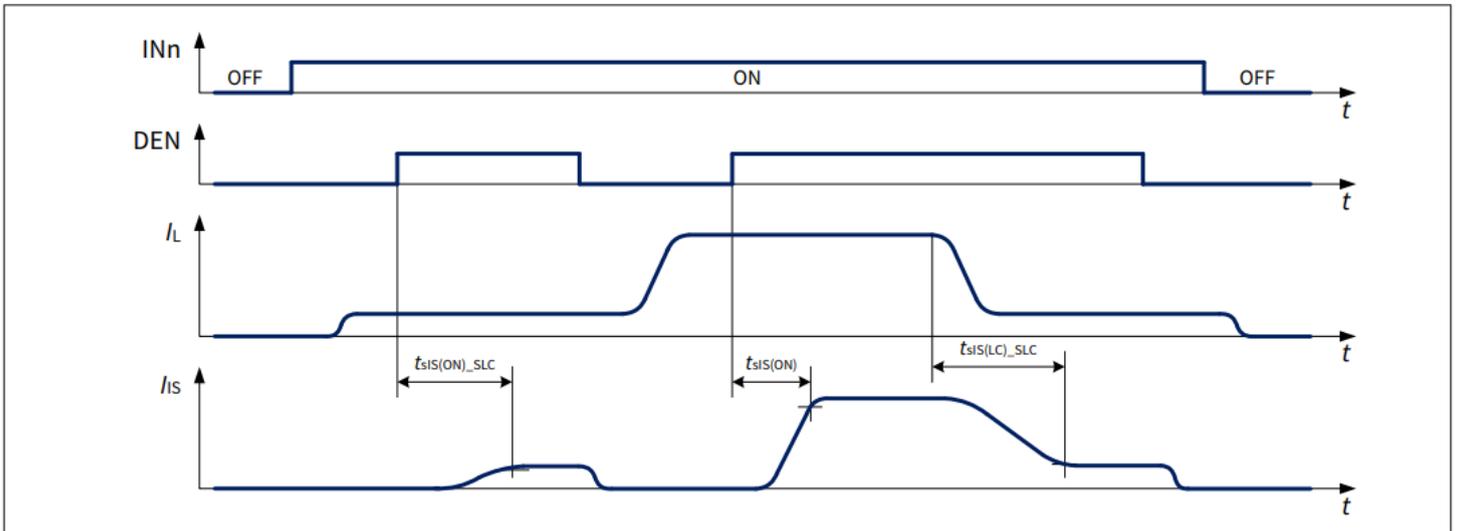


图36 小负载电流传感时序

诊断

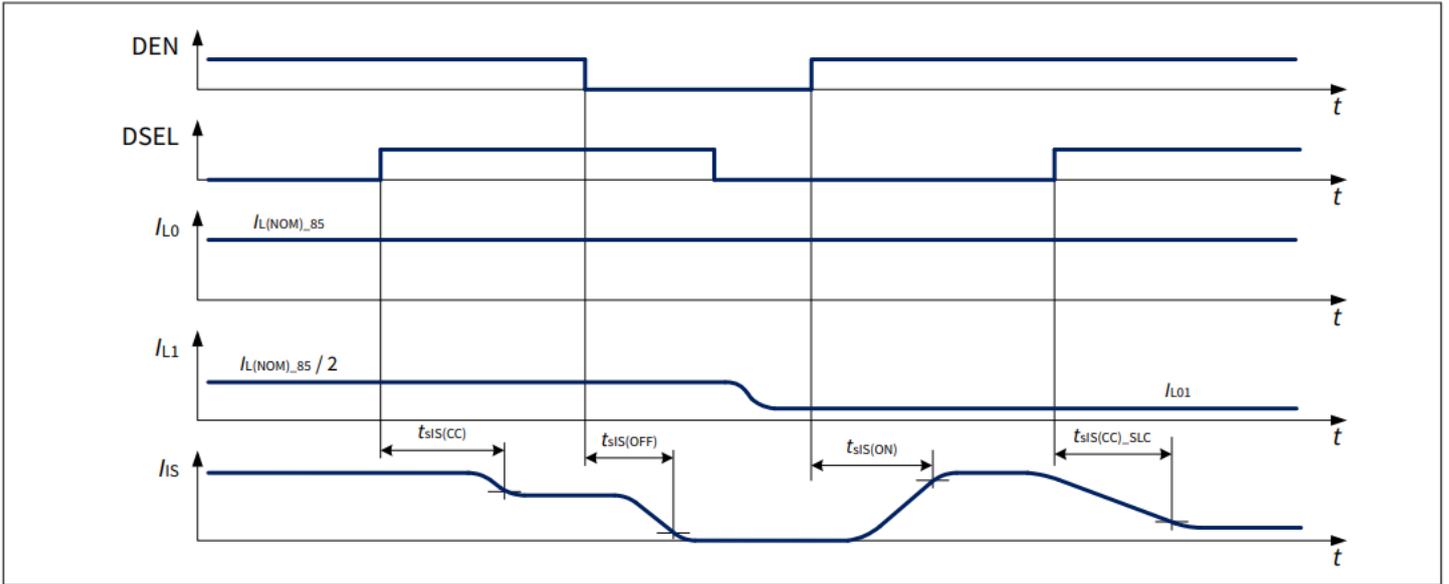


图 37 传感设置时序 - 通道变化

8.5 诊断电气特性参数

$V_S = 4\text{ V to } 20\text{ V}$, $T_J = -40^\circ\text{C to } +150^\circ\text{C}$

除非另有说明，典型值： $V_S = 13.5\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$

测试条件是典型电阻性负载连接到输出（除非另有说明）：BTS7050-2EPL: $R_L = 4.7\ \Omega$

表 13 电气特性诊断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SENSE saturation current	$I_{IS(SAT)}$	4.4	–	15	mA	¹⁾ $V_S = 6\text{ V to } 20\text{ V}$ $R_{SENSE} = 1.2\text{ k}\Omega$ See Figure 32	PRQ-215
SENSE leakage current when disabled	$I_{IS(OFF)}$	–	0.01	0.5	μA	DEN = "low" $I_L \geq I_{L(NOM)}$ $V_{IS} = 0\text{ V}$	PRQ-219
SENSE leakage current when enabled at $T_J \leq 85^\circ\text{C}$	$I_{IS(EN)_85}$	–	0.2	2	μA	¹⁾ $T_J \leq 85^\circ\text{C}$ DEN = "high" $I_L = 0\text{ A}$ See Figure 29	PRQ-221
SENSE leakage current when enabled at $T_J = 150^\circ\text{C}$	$I_{IS(EN)_150}$	–	0.2	2	μA	$T_J = 150^\circ\text{C}$ DEN = "high" $I_L = 0\text{ A}$ See Figure 29	PRQ-223

(表格续下页.....)

诊断

表13 (续) 电气特性诊断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Saturation voltage in kILIS operation (VS-VIS)	V_{SIS_k}	–	0.5	1	V	¹⁾ $V_S = 5\text{ V}$ IN = DEN = "high"	PRQ-226
Saturation voltage in open load at OFF diagnosis (VS-VIS)	V_{SIS_OL}	–	0.5	1	V	¹⁾ $V_S = 5\text{ V}$ IN = "low" DEN = "high"	PRQ-682
Saturation voltage in fault diagnosis (VS-VIS)	V_{SIS_F}	–	0.5	1	V	¹⁾ $V_S = 5\text{ V}$ IN = "low" DEN = "high" counter > 0	PRQ-684
Saturation voltage in OCT pin fault diagnosis (VS-VIS)	$V_{SIS_OCT_F}$	–	0.5	1	V	¹⁾ $V_S = 5\text{ V}$ IN = "low" DEN = "high" I_{OCT} = $I_{OCT(SHORT2GND)}$ or $I_{OCT(OPEN)}$	PRQ-686
Power supply to IS pin clamping voltage at $T_J = -40^\circ\text{C}$	$V_{SIS(CLAMP)_-40}$	33	36.5	42	V	$I_{IS} = 1\text{ mA}$ $T_J = -40^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-294
Power supply to IS pin clamping voltage at $T_J \geq 25^\circ\text{C}$	$V_{SIS(CLAMP)_25}$	35	38	44	V	²⁾ $I_{IS} = 1\text{ mA}$ $T_J \geq 25^\circ\text{C}$ See Chapter 6.2.2	PRQ-296
SENSE fault current	$I_{IS(FAULT)}$	4.4	5.5	10	mA	See Chapter 8	PRQ-298
SENSE open load in OFF current	$I_{IS(OLOFF)}$	1.9	2.5	3.5	mA	See Chapter 8	PRQ-306
SENSE OCT pin FAULT in OFF current	$I_{IS(OCT_PIN_FAULT)}$	0.2	1.2	1.7	mA	See Figure 33	PRQ-621
SENSE delay time at channel switch ON after last fault condition	$t_{IS(FAULT)_D}$	–	500	–	μs	¹⁾ See Figure 30	PRQ-308

(表格续下页.....)

诊断

表13 (续) 电气特性诊断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SENSE open load in OFF delay time	$t_{IS(OLOFF)_D}$	70	185	300	μs	$V_{DS} < V_{DS(OLOFF)}$ from INn falling edge to $I_{IS} = I_{IS(OLOFF),MIN} \cdot 0.9$ DEN = "high" $n_{RESTART(CR)} = 0$ See Figure 34	PRQ-310
VDS threshold for kILIS enable	$V_{DS(kILIS_EN)}$	0.8	1.2	1.4	V	¹⁾	PRQ-809
Open load VDS detection threshold in OFF state	$V_{DS(OLOFF)}$	1.3	1.8	2.3	V	See Chapter 8.3	PRQ-313
SENSE settling time with nominal load current stable	$t_{sIS(ON)}$	–	5	20	μs	$I_L = I_{L(NOM)}$ from DEN rising edge to $I_{IS} = I_L / (k_{ILIS,MAX} @ I_L) \cdot 0.9$ See Figure 35	PRQ-315
SENSE settling time with small load current stable	$t_{sIS(ON)_SLC}$	–	–	60	μs	¹⁾ $I_L = I_{L01}$ from DEN rising edge to $I_{IS} = I_L / (k_{ILIS,MAX} @ I_L) \cdot 0.9$ See Figure 36	PRQ-317
SENSE disable time	$t_{sIS(OFF)}$	–	5	20	μs	¹⁾ $I_L = I_{L(NOM)}$ From DEN falling edge to $I_{IS} = I_{IS(OFF)}$ See Figure 35	PRQ-319
SENSE settling time after load change	$t_{sIS(LC)}$	–	5	20	μs	¹⁾ from $I_L = I_{L(NOM)}/2$ to $I_L = I_{L(NOM)}$ See Figure 35	PRQ-321
SENSE settling time after load change with small load current	$t_{sIS(LC)_SLC}$	–	250	400	μs	¹⁾ DEN = "high" from load change to $I_{IS} = I_L / (k_{ILIS} @ I_L)$ from $I_{L(NOM)}$ to I_{L01} See Figure 36	PRQ-323
SENSE settling time after channel change	$t_{sIS(CC)}$	–	5	20	μs	¹⁾ Start channel: $I_L = I_{L(NOM)}$ End channel: $I_L = I_{L(NOM)}/2$ See Figure 37	PRQ-326

(表格续下页.....)

表13 (续) 电气特性诊断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SENSE settling time after channel change with small load current	$t_{sIS(CC_SLC)}$	-	-	60	μs	1) DEN = "high" from DSEL toggling to $I_{IS} = I_L / (k_{ILIS,MIN} @ I_L) \cdot 1.1$ Start channel: $I_L = I_{L(NOM)}$ End Channel: $I_L = I_{L01}$ See Figure 37	PRQ-327
Open load output current at $I_{IS} = 4 \mu\text{A}$	$I_{L(OL_4u)}$	2	9.5	17	mA	$I_{IS} = I_{IS(OL)} = 4 \mu\text{A}$	PRQ-580
Current sense ratio at $I_L = I_{L02}$	k_{ILIS02}	-26%	2230	+26%	-	$I_{L02} = 20 \text{ mA}$	PRQ-585
Current sense ratio at $I_L = I_{L04}$	k_{ILIS04}	-23.5%	2030	+23.5%	-	$I_{L04} = 50 \text{ mA}$	PRQ-588
Current sense ratio at $I_L = I_{L05}$	k_{ILIS05}	-20%	2030	+20%	-	$I_{L05} = 100 \text{ mA}$	PRQ-590
Current sense ratio at $I_L = I_{L08}$	k_{ILIS08}	-10%	2030	+10%	-	$I_{L08} = 250 \text{ mA}$	PRQ-594
Current sense ratio at $I_L = I_{L11}$	k_{ILIS11}	-9.5%	2030	+9.5%	-	$I_{L11} = 1 \text{ A}$	PRQ-598
Current sense ratio at $I_L = I_{L13}$	k_{ILIS13}	-6%	2030	+6%	-	$I_{L13} = 2 \text{ A}$	PRQ-601
Current sense ratio at $I_L = I_{L15}$	k_{ILIS15}	-5%	2030	+5%	-	$I_{L15} = 4 \text{ A}$	PRQ-604

1) 不受制于生产测试 - 由设计指定

2) 仅在 $T_J = 150^\circ\text{C}$ 时测试

表 14 (续) 建议元器件参数值

Reference	Value	Purpose
C_{VS}	100 nF	Filtering of voltage spikes on the battery line
C_{VSGND}	47 nF	Buffer capacitor for fast transient
D_{Z2}	33V TVS Diode	Transient voltage suppressor diode. Protection during overvoltage and in case of loss of battery while driving an inductive load
C_{VS2}	-	Filtering/buffer capacitor located at VBAT connector
R_{SENSE}	1.2 k Ω	SENSE resistor
R_{IS_PROT}	4.7 k Ω	Protection during overvoltage, reverse polarity, loss of ground. Value to be tuned according to microcontroller specifications
D_{Z1}	7V Z-Diode	Protection of microcontroller during overvoltage
R_{ADC}	4.7 k Ω	Protection of microcontroller ADC input during overvoltage, reverse polarity, loss of ground. Value to be tuned according to microcontroller specifications
C_{SENSE}	220 pF	Sense signal filtering. A time constant ($R_{ADC} \cdot C_{SENSE}$) longer than 1 μ s is recommended
R_{GND}	47 Ω	Protection in case of overvoltage and loss of battery while driving inductive loads

- 如欲了解引脚行为评估的相关信息，请联系我们
- 如需了解更多信息，您可以点击 <http://www.infineon.com>

10 封装外形

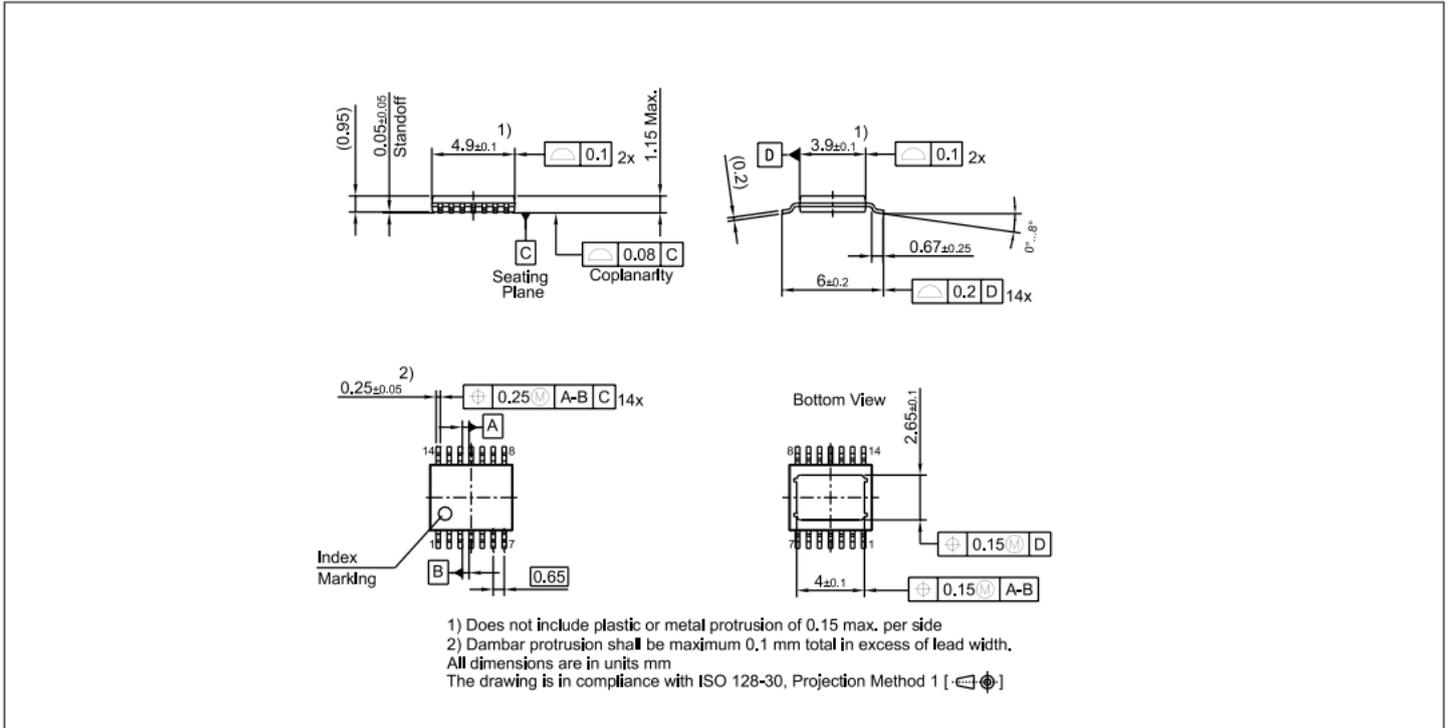


图39 PG-TSDSO-14 双小外形封装尺寸

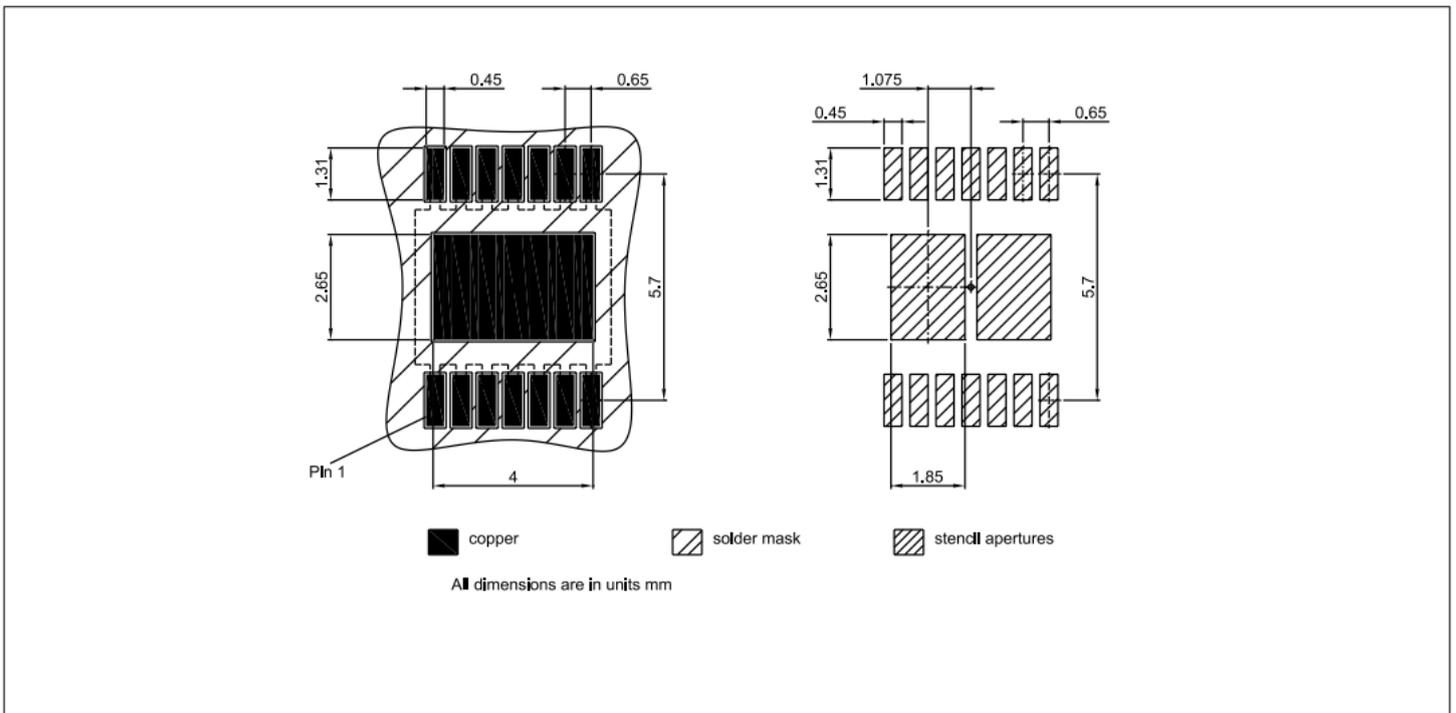


图40 PG-TSDSO-14 双小外形尺寸

注释: 为了满足全球客户对环保产品的要求, 并符合政府规定, 该设备可作为绿色产品提供。绿色产品符合RoHS标准(即, 引线采用无铅涂层, 并且符合IPC/JEDEC J-STD-020标准, 适用于无铅焊接)。有关封装的更多信息, 请访问<https://www.infineon.com/packages>

11 修订记录

表 15 **Revision history**

Document version	Date of release	Description of changes
Rev.1.00	2022-09-20	Initial Datasheet



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

重要通知

版本 2025-12-24

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this
document?

Email:

erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。