

概述

基本特性

- 一个通道器件
- 非常低的待命状态电流
- 兼容3.3 V和5 V逻辑引脚
- 静电放电防护 (ESD)
- 优化电磁兼容性
- 逻辑地独立于负载接地
- 关断状态下功耗极低的 DMOS 漏电流
- 绿色产品 (符合RoHS要求) 和AEC认证

描述

BTT6010-1ERA是一款 10 mΩ 单通道智能高边功率开关，嵌入 PG-TDSO-14 裸露的散热焊盘封装中，提供保护功能和诊断。功率管由N沟道垂直功率MOSFET和电荷泵构成。该器件使用SMART6技术。它专门设计用于驱动高达 7 x P21W 24V 或 2 x 75W 24V 的灯以及恶劣汽车环境中的 LED。

表 1 产品概要

| Parameter | Symbol | Value |
|---|--------------|--------------|
| Operating voltage range | $V_{S(OP)}$ | 5 V ... 36 V |
| Maximum supply voltage | $V_{S(LD)}$ | 66 V |
| Maximum ON state resistance at $T_J = 150^\circ\text{C}$ | $R_{DS(ON)}$ | 22 mΩ |
| Nominal load current | $I_{L(NOM)}$ | 9 A |
| Typical current sense ratio | k_{ILIS} | 3900 |
| Minimum current limitation | $I_{LS(SC)}$ | 90 A |
| Maximum standby current with load at $T_J = 25^\circ\text{C}$ | $I_{S(OFF)}$ | 1.4 μA |

诊断功能

- 比例负载电流检测
- 负载开路ON和OFF
- 对电池短路和接地点
- 过温
- 短路期间稳定的诊断信号
- 增强 k_{ILIS} 与温度和负载电流的依赖性

保护功能

- 欠压期间行为稳定
- 具有外部元器件的反极性保护
- 在与外部元器件进行逻辑地断开期间确保负载关断
- 带门锁的过温保护
- 采用外部元器件的过压保护
- 电压依赖电流限制
- 增强短路操作

框图

2 框图

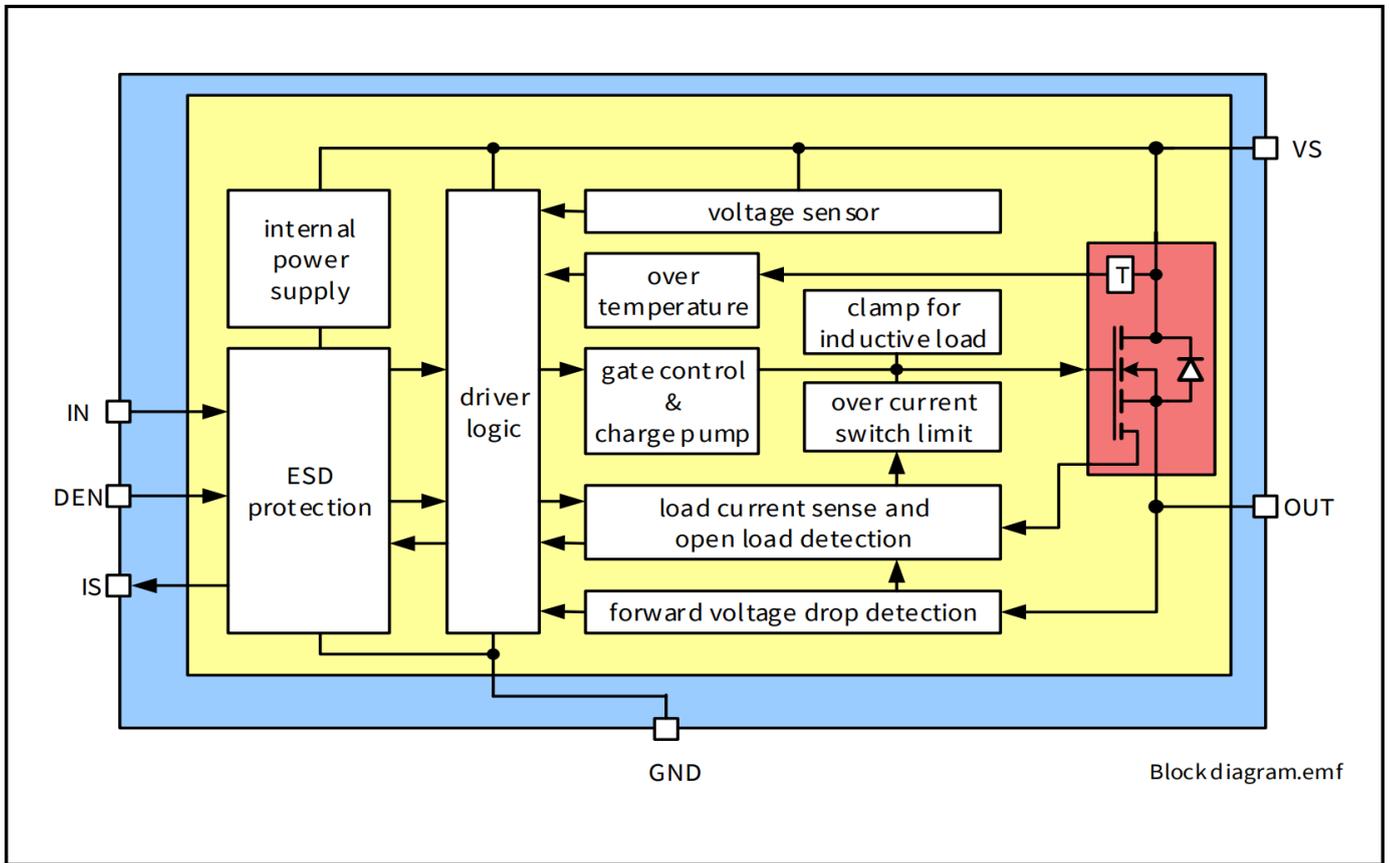


图 1 BTT6010-1ERA 框图

引脚配置

3 引脚配置

3.1 引脚分配

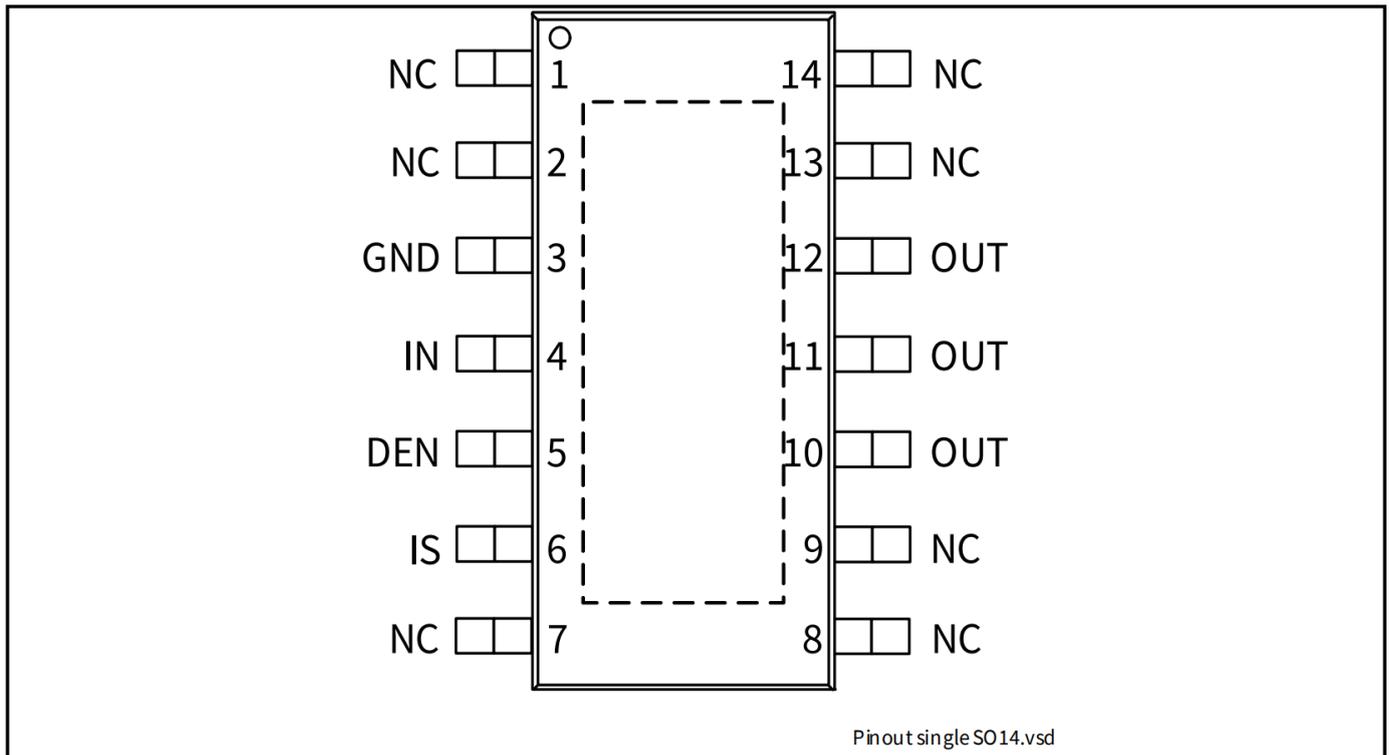


图 2 引脚配置

3.2 引脚定义和功能

表 2 引脚定义和功能

| Pin | Symbol | Function |
|-----------------------|--------|--|
| Cooling Tab | VS | Voltage Supply; Battery voltage |
| 1, 2, 7, 8, 9, 13, 14 | NC | Not Connected; No internal connection to the chip |
| 3 | GND | GrouND; Ground connection |
| 4 | IN | INput channel; Input signal for channel activation |
| 5 | DEN | Diagnostic ENable; Digital signal to enable/disable the diagnosis of the device |
| 6 | IS | Sense; Sense current of the selected channel |
| 10, 11, 12 | OUT | OUTput; Protected high side power output channel ¹⁾ |

1) 所有输出引脚必须在PCB上连接在一起。通道的所有输出引脚均在内部连接在一起。PCB走线必须设计成能够承受最大电流。

引脚配置

3.3 电压和电流定义

图 3 显示了本数据手册中使用的所有术语，并附有正值的约定。

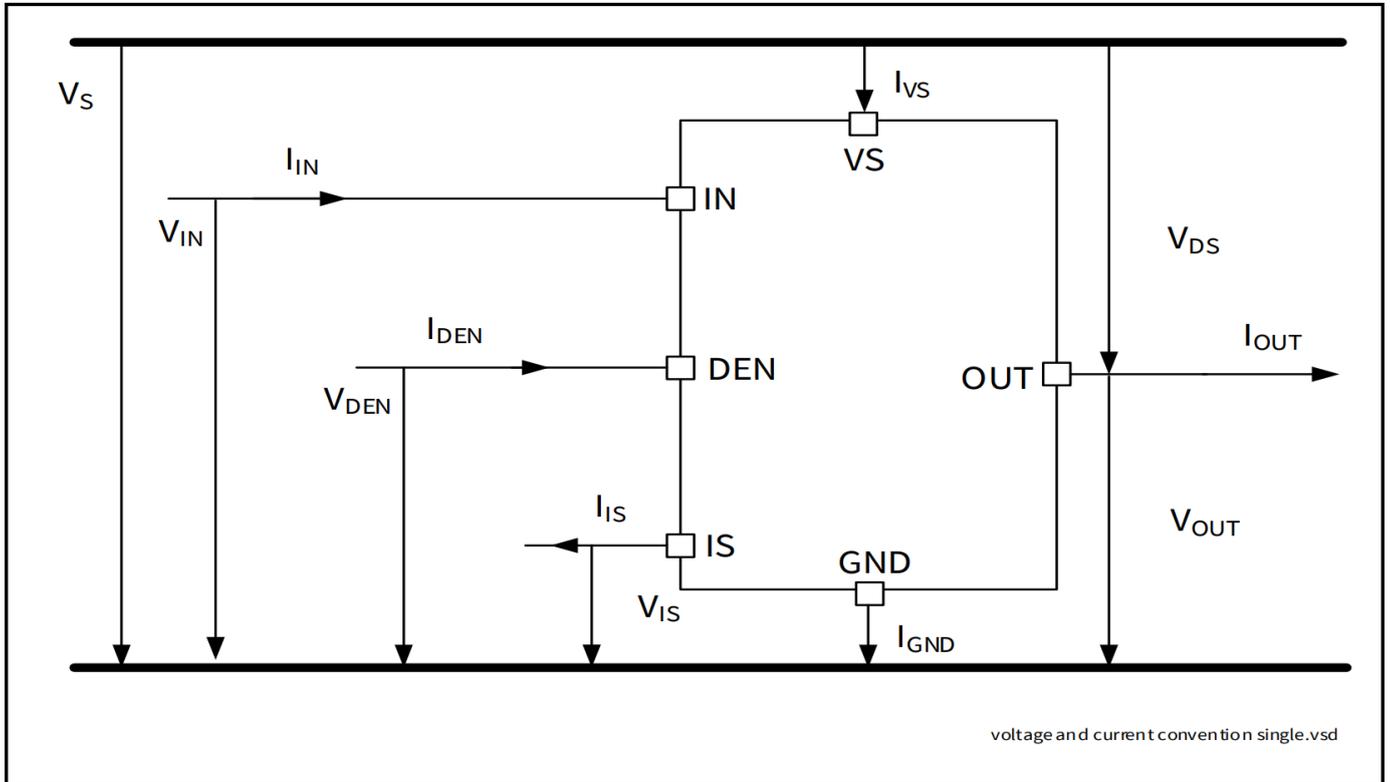


图 3 电压和电流定义

产品一般特性

4 产品一般特性

4.1 绝对最大额定值

表 3 绝对最大额定值¹⁾

$T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; (除非另有规定)

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|---|-----------------------------|-----------|------|---------------------|----------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Supply Voltages | | | | | | | |
| Supply voltage | V_S | -0.3 | - | 48 | V | - | P_4.1.1 |
| Reverse polarity voltage | $-V_{S(\text{REV})}$ | 0 | - | 28 | V | $t < 2 \text{ min}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_L \geq 4 \Omega$ | P_4.1.2 |
| Supply voltage for short circuit protection | $V_{\text{BAT}(\text{SC})}$ | 0 | - | 36 | V | ²⁾ $R_{\text{ECU}} = 20 \text{ m}\Omega$ $R_{\text{Cable}} = 16 \text{ m}\Omega/\text{m}$ $L_{\text{Cable}} = 1 \mu\text{H}/\text{m}$, $l = 0 \text{ or } 5 \text{ m}$ See Chapter 6 and Figure 29 | P_4.1.3 |
| Supply voltage for Load dump protection | $V_{S(\text{LD})}$ | - | - | 66 | V | ³⁾ $R_I = 2 \Omega$ $R_L = 4 \Omega$ | P_4.1.12 |
| Short Circuit Capability | | | | | | | |
| Permanent short circuit IN pin toggles | n_{RSC1} | | - | 100 | k cycles | ²⁾ $V_{\text{supply}} = 28 \text{ V}$ | P_4.1.4 |
| Input Pins | | | | | | | |
| Voltage at INPUT pin | V_{IN} | -0.3 - | - | 6 7 | V | - $t < 2 \text{ min}$ | P_4.1.13 |
| Current through INPUT pin | I_{IN} | -2 | - | 2 | mA | - | P_4.1.14 |
| Voltage at DEN pin | V_{DEN} | -0.3 - | - | 6 7 | V | - $t < 2 \text{ min}$ | P_4.1.15 |
| Current through DEN pin | I_{DEN} | -2 | - | 2 | mA | - | P_4.1.16 |
| Sense Pin | | | | | | | |
| Voltage at IS pin | V_{IS} | -0.3 | - | V_S | V | - | P_4.1.19 |
| Current through IS pin | I_{IS} | -25 | - | 50 | mA | - | P_4.1.20 |
| Power Stage | | | | | | | |
| Load current | $ I_L $ | - | - | $I_{L(\text{LIM})}$ | A | - | P_4.1.21 |
| Power dissipation (DC) | P_{TOT} | - | - | 1.6 | W | $T_A = 85^\circ\text{C}$ $T_J < 150^\circ\text{C}$ | P_4.1.22 |
| Maximum energy dissipation Single pulse | E_{AS} | - | - | 219 | mJ | $I_{L(0)} = 9 \text{ A}$ $T_{J(0)} = 150^\circ\text{C}$ $V_S = 28 \text{ V}$ | P_4.1.23 |

产品一般特性

表 3 绝对最大额定值¹⁾

$T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; (除非另有规定)

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|---|-----------|-------------|------|----------|------------------|--------------------------|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Voltage at power transistor | V_{DS} | - | - | 66 | V | - | P_4.1.26 |
| Currents | | | | | | | |
| Current through ground pin | I_{GND} | -20 -200 | - | 20 20 | mA | - $t < 2 \text{ min}$ | P_4.1.27 |
| Temperatures | | | | | | | |
| Junction temperature | T_J | -40 | - | 150 | $^\circ\text{C}$ | - | P_4.1.28 |
| Storage temperature | T_{STG} | -55 | - | 150 | $^\circ\text{C}$ | - | P_4.1.30 |
| ESD Susceptibility | | | | | | | |
| ESD susceptibility (all pins) | V_{ESD} | -2 | - | 2 | kV | ⁴⁾ HBM | P_4.1.31 |
| ESD susceptibility OUT Pin vs. GND and VS connected | V_{ESD} | -4 | - | 4 | kV | ⁴⁾ HBM | P_4.1.32 |
| ESD susceptibility | V_{ESD} | -500 | - | 500 | V | ⁵⁾ CDM | P_4.1.33 |
| ESD susceptibility pin (corner pins) | V_{ESD} | -750 | - | 750 | V | ⁵⁾ CDM | P_4.1.34 |

- 1) 未经过生产测试。由设计指定
- 2) 短路故障的阈值限制：100 ppm。请参阅本文件封底上的短路能力法律免责声明
- 3) $V_{S(LD)}$ 的设置无需将 DUT 连接到发生器，符合 ISO 7637-1 标准
- 4) ESD 耐受性，人体模型“HBM”，符合AEC Q100-002
- 5) ESD 耐受性,符合AEC Q100-011标准的充电设备模型 (CDM)

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在数据手册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。

产品一般特性

4.2 工作范围

表4 工作范围 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; (除非另有说明)

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|---|-------------------------|--------|------|------|---------------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Nominal operating voltage | V_{NOM} | 8 | 28 | 36 | V | – | P_4.2.1 |
| Extended operating voltage | $V_{\text{S(OP)}}$ | 5 | – | 48 | V | ²⁾ $V_{\text{IN}} = 4.5\text{ V}$ $R_{\text{L}} = 4\ \Omega$ $V_{\text{DS}} < 0.5\text{ V}$ | P_4.2.2 |
| Minimum functional supply voltage | $V_{\text{S(OP)_MIN}}$ | 3.8 | 4.3 | 5 | V | ¹⁾ $V_{\text{IN}} = 4.5\text{ V}$ $R_{\text{L}} = 4\ \Omega$ From $I_{\text{OUT}} = 0\text{ A}$ to $V_{\text{DS}} < 0.5\text{ V}$; See Figure 15 | P_4.2.3 |
| Undervoltage shutdown | $V_{\text{S(UV)}}$ | 3 | 3.5 | 4.1 | V | ¹⁾ $V_{\text{IN}} = 4.5\text{ V}$ $V_{\text{DEN}} = 0\text{ V}$ R_{L} $= 4\ \Omega$ From $V_{\text{DS}} < 1\text{ V}$; to $I_{\text{OUT}} = 0\text{ A}$ See Figure 15 See Chapter 9 | P_4.2.4 |
| Undervoltage shutdown hysteresis | $V_{\text{S(UV)_HYS}}$ | – | 850 | – | mV | ²⁾ – | P_4.2.13 |
| Operating current channel active | I_{GND_1} | – | 4.8 | 9 | mA | $V_{\text{IN}} = 5.5\text{ V}$ $V_{\text{DEN}} = 5.5\text{ V}$ Device in $R_{\text{DS(ON)}}$ $V_{\text{S}} = 36\text{ V}$ See Chapter 9 | P_4.2.5 |
| Standby current for whole device with load (ambient) | $I_{\text{S(OFF)}}$ | – | 0.1 | 0.5 | μA | ¹⁾ $V_{\text{S}} = 36\text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 0\text{ V}$ V_{IN} floating V_{DEN} floating $T_J \leq 85^\circ\text{C}$ See Chapter 9 | P_4.2.7 |
| Maximum standby current for whole device with load | $I_{\text{S(OFF)_150}}$ | – | 8 | 15 | μA | $V_{\text{S}} = 36\text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 0\text{ V}$ V_{IN} floating V_{DEN} floating $T_J = 150^\circ\text{C}$ See Chapter 9 | P_4.2.10 |
| Standby current for whole device with load, diagnostic active | $I_{\text{S(OFF)_DEN}}$ | – | 0.6 | – | mA | ²⁾ $V_{\text{S}} = 36\text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 0\text{ V}$ V_{IN} floating $V_{\text{DEN}} = 5.5\text{ V}$ | P_4.2.8 |

产品一般特性

- 1) 仅在 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 时进行测试
- 2) 未经过生产测试。由设计指定。

注释: 在工作范围内, IC 按照电路描述正常工作。电气特性是在电气特性表中注明的条件下定义的。

4.3 热阻抗

表 5 热阻抗

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|---------------------|------------|--------|------|------|------|------------------------|---------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Junction to case | R_{thJC} | - | 1 | - | K/W | 1) | P_4.3.1 |
| Junction to ambient | R_{thJA} | - | 25 | - | K/W | 1) 2) | P_4.3.2 |

- 1) 未经过生产测试。由设计指定。
- 2) 指定的 R_{thJA} 值是根据 JEDEC JESD51-2,-5,-7 在 FR4 2s2p 板上的自然对流, 在 $T_A = 105^{\circ}\text{C}$ 总耗散功率为 1 W 的情况下; 产品 (芯片 + 封装) 在 76.4 x 114.3 x 1.5 mm 板, 具有 2 个内部铜层 (2 x 70 μm Cu、2 x 35 μm Cu) 的情况下仿真。在适用的情况下, 裸露的散热焊盘下方的导热过孔阵列接触第一内部铜层。请参考 [图4](#)。

4.3.1 PCB设置

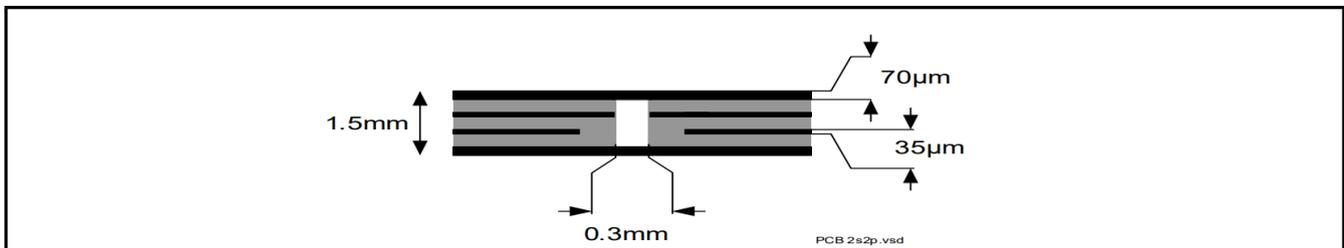


图 4 2s2p PCB 截面

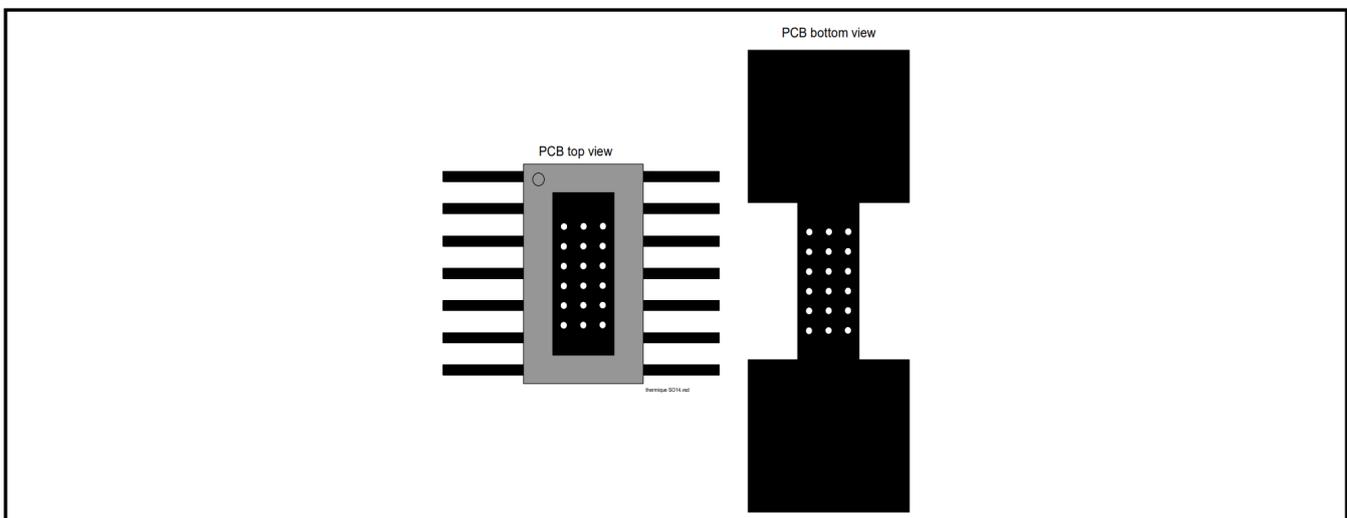


图 5 带有 600 mm²冷却面积的PC板热仿真顶视图和底视图

产品一般特性

4.3.2 热阻抗

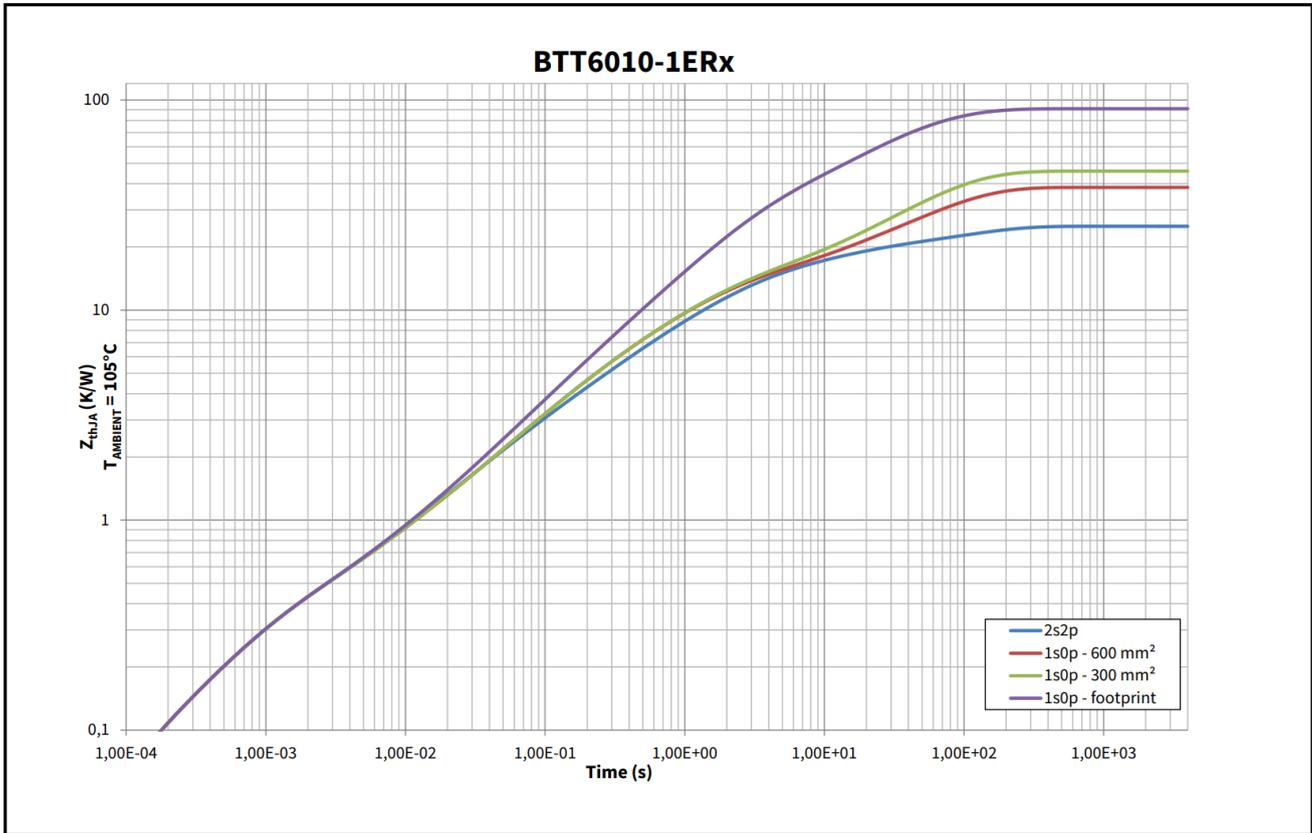


图 6 典型热阻抗。2s2p PCB 设置如图 4

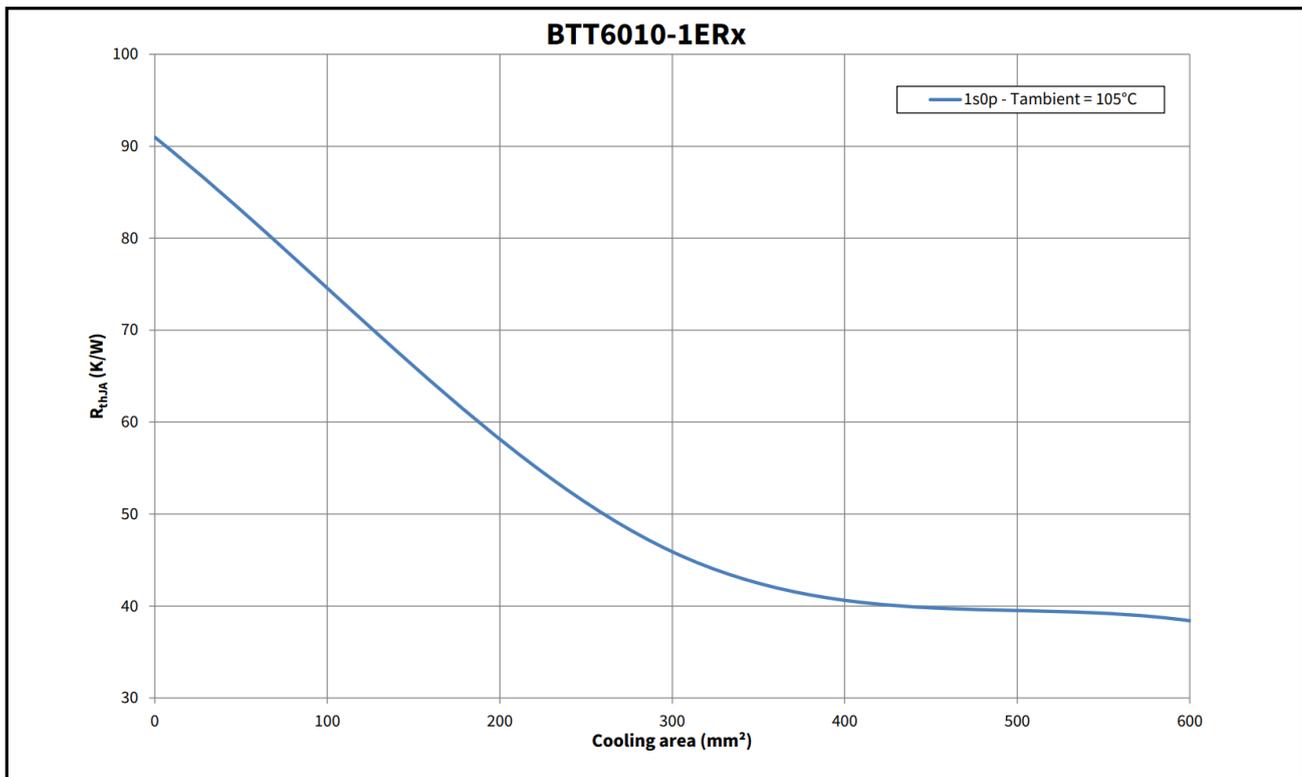


图 7 典型热阻抗。PCB 设置 1s0p

功率级

5 功率级

功率级使用带有电荷泵的N沟道垂直功率MOSFET（DMOS）构建。

5.1 输出导通电阻

导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 取决于供电电压以及结温 T_J 。图8显示了典型导通电阻对温度和供电电压的依赖性。第6.4章描述了反向电压中的行为。

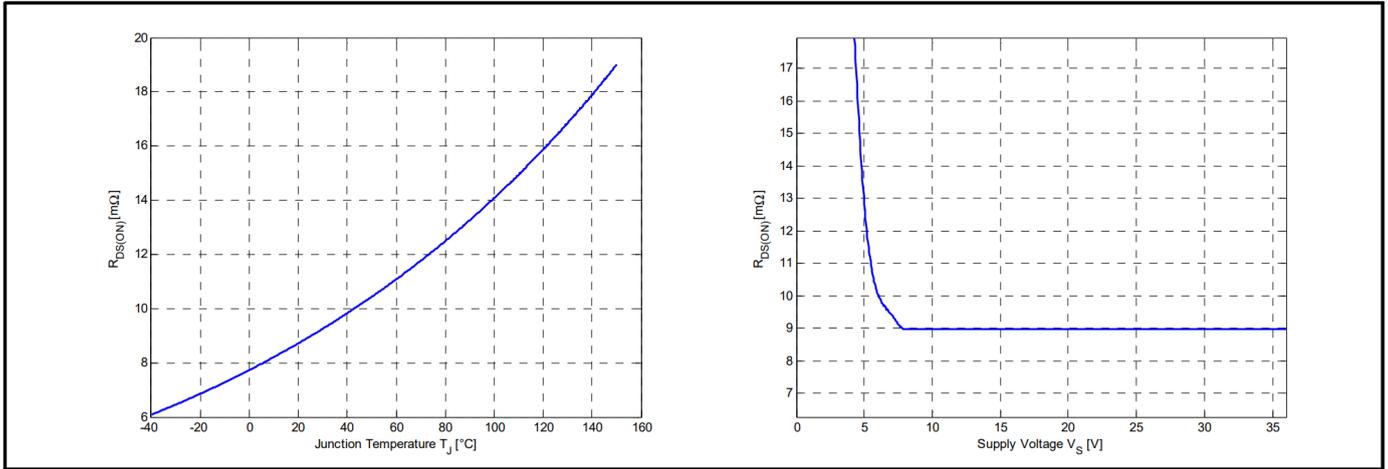


图 8 典型导通电阻

高信号（参见第8章）在输入引脚处使功率 DMOS 以专用斜率开启，该斜率在电磁兼容发射方面进行了优化。

5.2 具有阻性负载的开启/关断特性

图 9 显示了开关阻性负载时的典型时序。

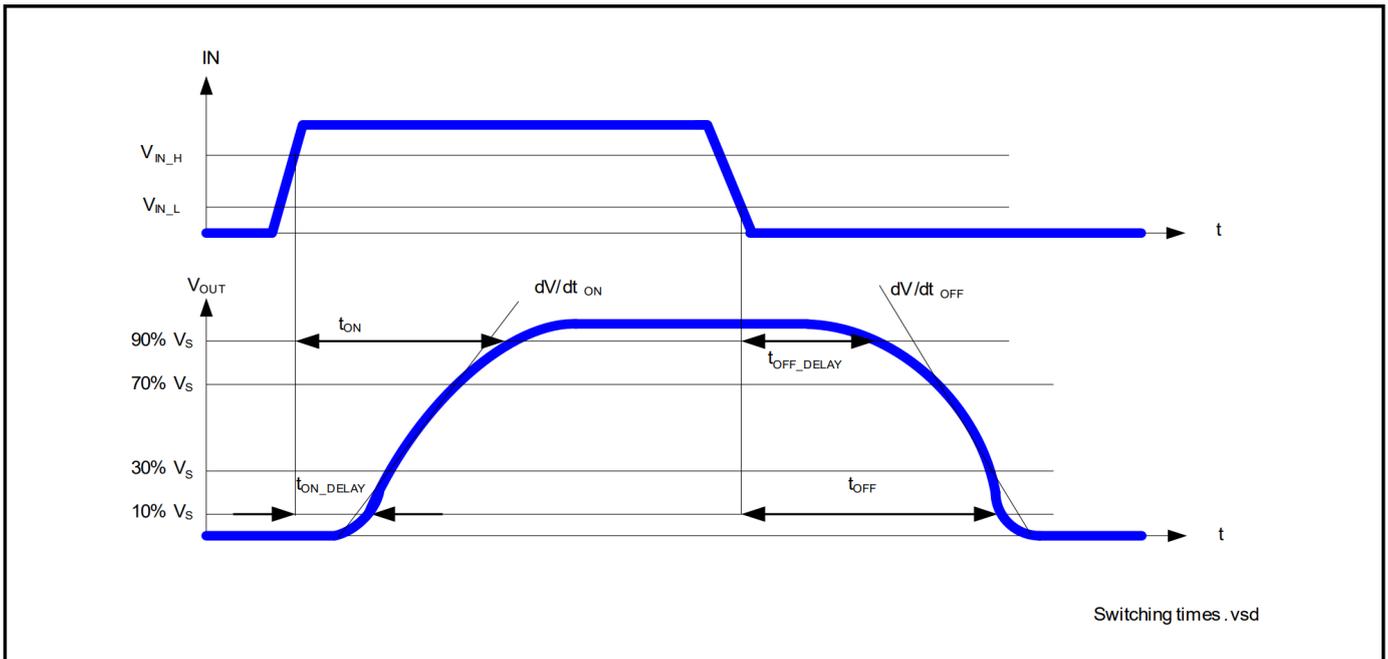


图 9 开关阻性负载时序

功率级

5.3 感性负载

5.3.1 输出钳位

当用高边开关关闭感性负载时，电压 V_{OUT} 降至地电位以下，因为电感打算继续驱动电流。为了防止雪崩因高电压而损坏器件，采用了电压钳位机制 $Z_{DS(AZ)}$ ，将负输出电压限制在一定水平 ($V_S - V_{DS(AZ)}$)。详情请参考图10以及图11。然而，允许的最大负载电感是有限的。

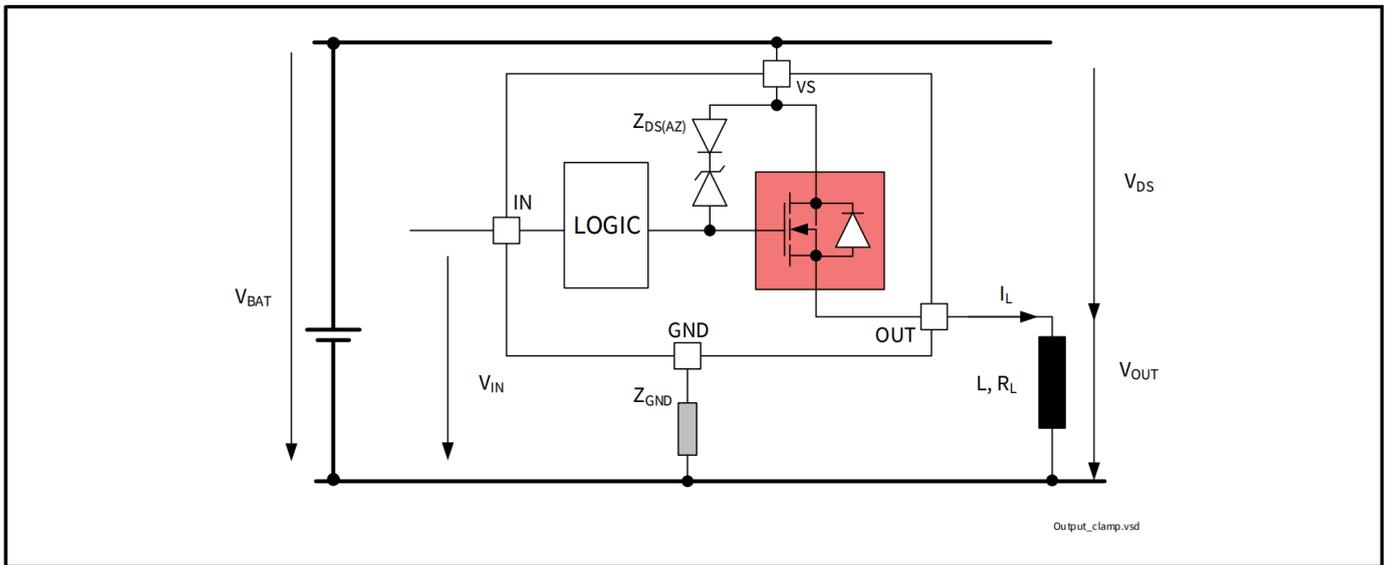


图 10 输出钳位

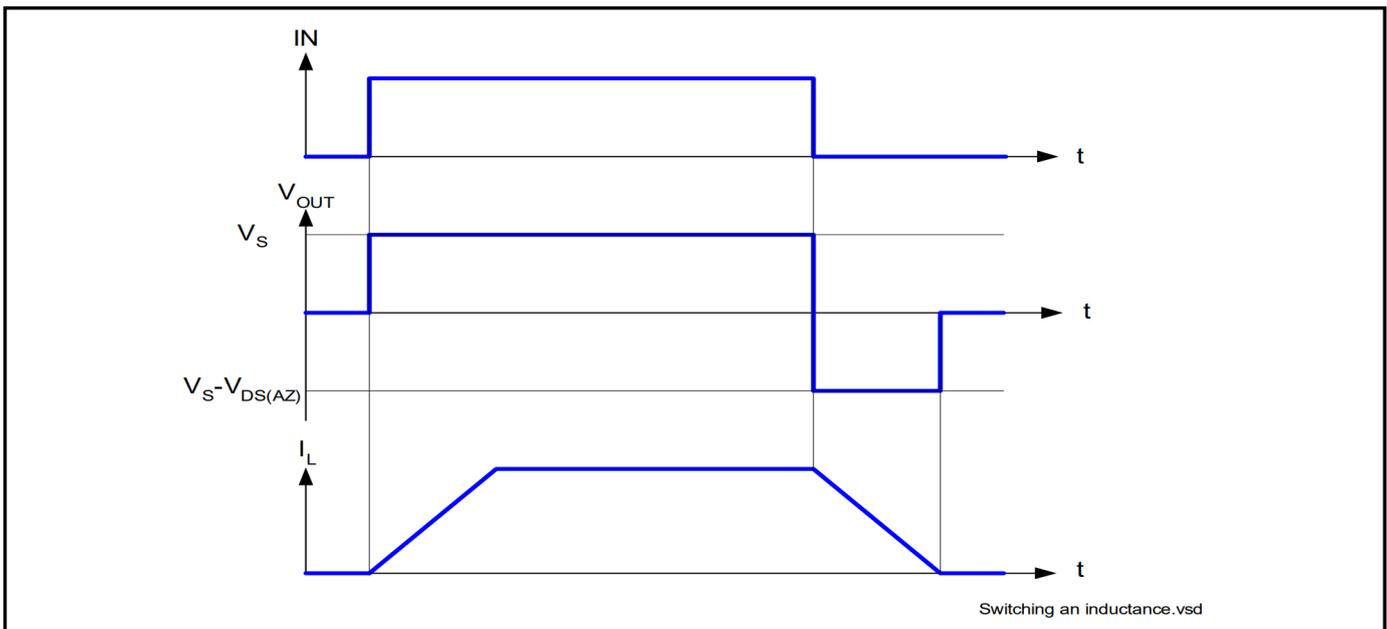


图 11 开关感性负载时序

功率级

5.3.2 最大负载电感

在感性负载退磁过程中，能量在BTT6010-1ERA中耗散。能量计算公式如下：

$$E = V_{DS(AZ)} \cdot \frac{L}{R_L} \cdot \left[\frac{V_S - V_{DS(AZ)}}{R_L} \cdot \ln \left(1 - \frac{R_L \cdot I_L}{V_S - V_{DS(AZ)}} \right) + I_L \right] \quad (5.1)$$

以下方程在 $R_L = 0 \Omega$ 的情况下简化。

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \cdot \left(1 - \frac{V_S}{V_S - V_{DS(AZ)}} \right) \quad (5.2)$$

转化为热量的能量受到元器件热设计的限制。参见图12 最大允许的能量耗散与负载电流的函数关系。

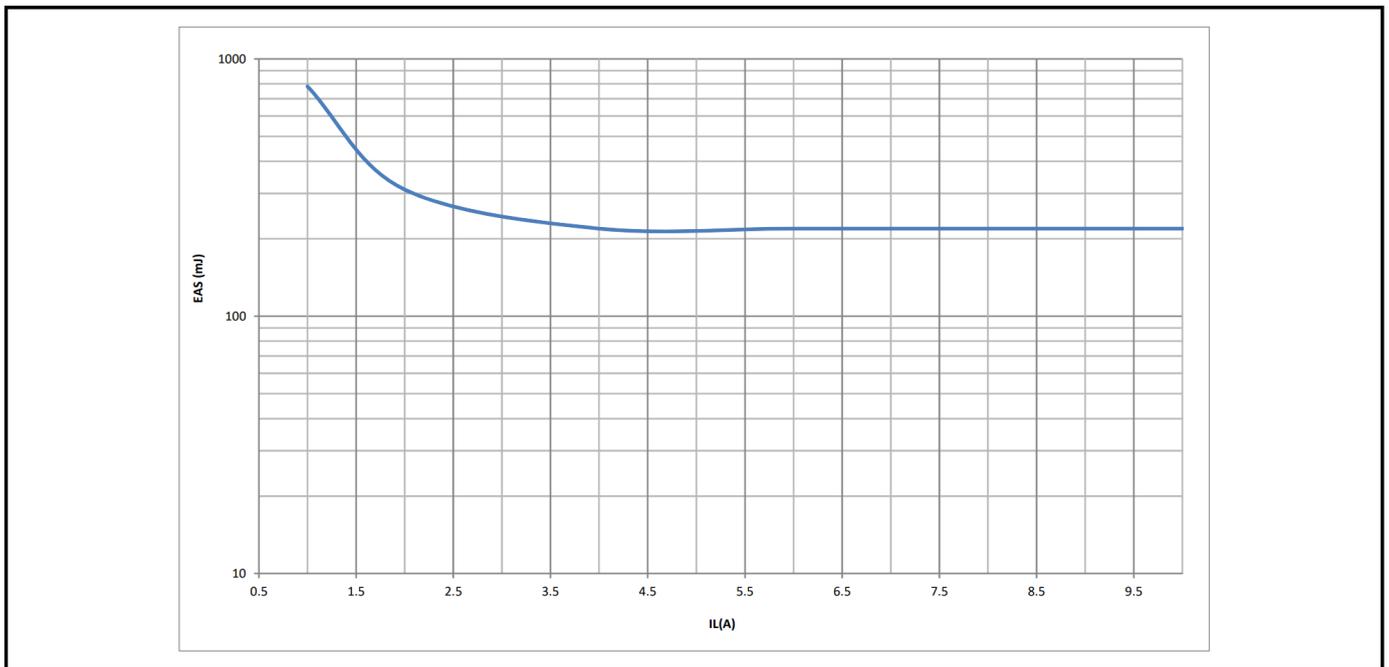


图 12 单脉冲最大能量耗散, $T_{J_START} = 150^\circ\text{C}$; $V_S = 28 \text{ V}$

功率级

5.4 反向电流能力

当电流为反向时，即输出端的电压 V_{INV} 高于供电电压 V_S ，电流 I_{INV} 将从输出端经功率管的体二极管流至 V_S 引脚（请参见图 13）。输出级遵循输入引脚的状态，除非输入引脚在反向期间从 OFF 变为 ON。在这种特殊情况下，输出级保持 OFF 状态，直到反向电流消失。然而，电流 I_{INV} 不应高于 $I_{L(INV)}$ 。如果通道处于 OFF 状态，诊断将检测到处于 OFF 状态的负载开路。如果受影响的通道为 ON，诊断将检测到负载开路为 ON（过温信号被禁止）。当 V_{INV} 出现时，可在观察到寄生诊断功能。之后，诊断有效并反映输出状态。当 V_{INV} 消失时，诊断有效，反映输出状态。逆电流期间，无保护功能。

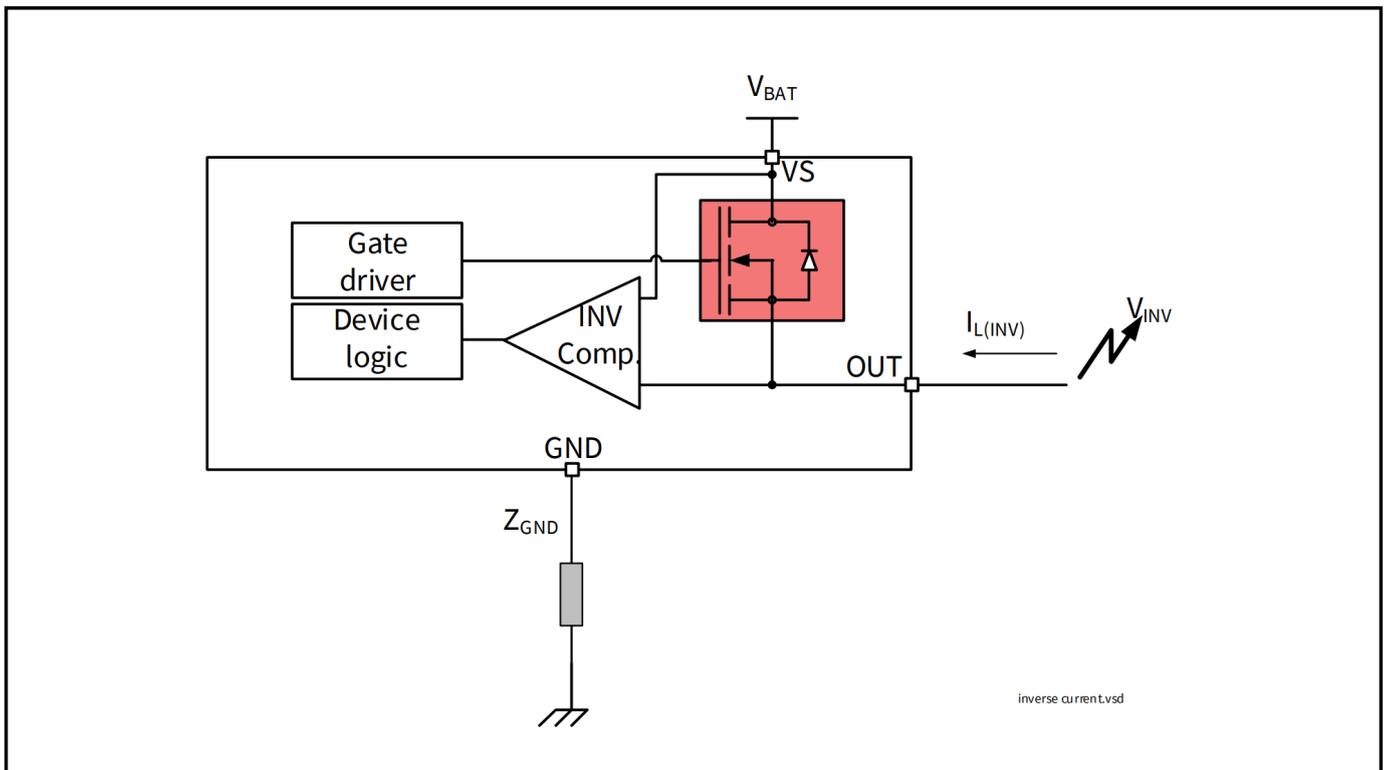


图 13 反向电流电路

功率级

5.5 功率级电气特性

表 6 电气特性：功率级

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。

典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|--|------------------|--------|------|------|------------------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| ON-state resistance per channel | $R_{DS(ON)_150}$ | 15 | 20 | 22 | m Ω | $I_L = I_{L4} = 10\text{ A}$ $V_{IN} = 4.5\text{ V}$ $T_J = 150^\circ\text{C}$ See Figure 8 | P_5.5.1 |
| ON-state resistance per channel | $R_{DS(ON)_25}$ | – | 10 | – | m Ω | ¹⁾ $T_J = 25^\circ\text{C}$ | P_5.5.21 |
| Nominal load current | $I_{L(NOM)}$ | – | 9 | – | A | ¹⁾ $T_A = 85^\circ\text{C}$ $T_J < 150^\circ\text{C}$ | P_5.5.2 |
| Output voltage drop limitation at small load currents | $V_{DS(NL)}$ | – | 10 | 22 | mV | $I_L = I_{L0} = 50\text{ mA}$ See Chapter 9 | P_5.5.4 |
| Drain to source clamping voltage $V_{DS(AZ)} = [V_S - V_{OUT}]$ | $V_{DS(AZ)}$ | 66 | 70 | 75 | V | $I_{DS} = 20\text{ mA}$ See Figure 11 See Chapter 9 | P_5.5.5 |
| Output leakage current $T_J \leq 85^\circ\text{C}$ | $I_{L(OFF)}$ | – | 0.05 | 0.5 | μA | ²⁾ V_{IN} floating $V_{OUT} = 0\text{ V}$ $T_J \leq 85^\circ\text{C}$ | P_5.5.6 |
| Output leakage current $T_J = 150^\circ\text{C}$ | $I_{L(OFF)_150}$ | – | 8 | 15 | μA | V_{IN} floating $V_{OUT} = 0\text{ V}$ $T_J = 150^\circ\text{C}$ | P_5.5.8 |
| Slew rate 30% to 70% V_S | dV/dt_{ON} | 0.3 | 0.65 | 1.4 | V/ μs | $R_L = 4\ \Omega$ $V_S = 28\text{ V}$ See Figure 9 See Chapter 9 | P_5.5.11 |
| Slew rate 70% to 30% V_S | $-dV/dt_{OFF}$ | 0.3 | 0.65 | 1.4 | V/ μs | | P_5.5.12 |
| Slew rate matching $dV/dt_{ON} - dV/dt_{OFF}$ | $\Delta dV/dt$ | -0.15 | 0 | 0.15 | V/ μs | | P_5.5.13 |
| Turn-ON time to $V_{OUT} = 90\% V_S$ | t_{ON} | 20 | 70 | 150 | μs | | P_5.5.14 |
| Turn-OFF time to $V_{OUT} = 10\% V_S$ | t_{OFF} | 20 | 70 | 150 | μs | | P_5.5.15 |
| Turn-ON / OFF matching $t_{OFF} - t_{ON}$ | Δt_{SW} | -50 | 0 | 50 | μs | | P_5.5.16 |
| Turn-ON time to $V_{OUT} = 10\% V_S$ | t_{ON_delay} | – | 35 | 70 | μs | | P_5.5.17 |
| Turn-OFF time to $V_{OUT} = 90\% V_S$ | t_{OFF_delay} | – | 35 | 70 | μs | | P_5.5.18 |

功率级

表 6 电气特性：功率级 (续)

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。

典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|-------------------|-----------|--------|------|------|------|---|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Switch ON energy | E_{ON} | - | 2.1 | - | mJ | ¹⁾ $R_L = 4\ \Omega$ $V_{OUT} = 90\% V_S$ $V_S = 36\text{ V}$ See Chapter 9 | P_5.5.19 |
| Switch OFF energy | E_{OFF} | - | 2.3 | - | mJ | ¹⁾ $R_L = 4\ \Omega$ $V_{OUT} = 10\% V_S$ $V_S = 36\text{ V}$ See Chapter 9 | P_5.5.20 |

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 仅在 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 时进行测试

保护功能

6 保护功能

该器件提供集成的保护功能。这些功能旨在防止 IC 因数据手册中描述的故障情况而遭到破坏。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。

6.1 接地丢失保护

如果模块接地丢失，并且负载仍然连接到接地，则无论在 IN 引脚上施加的电压如何，器件都会自动OFF（之前处于ON状态）或保持OFF状态，从而进行自我保护。

如果器件接地发生丢失，建议在MCU和BTT6010-1ERA之间使用输入电阻，以确保通道关闭。

如果模块或器件接地丢失，电流($I_{OUT(GND)}$)会从DMOS流出。图 14 简述情况。

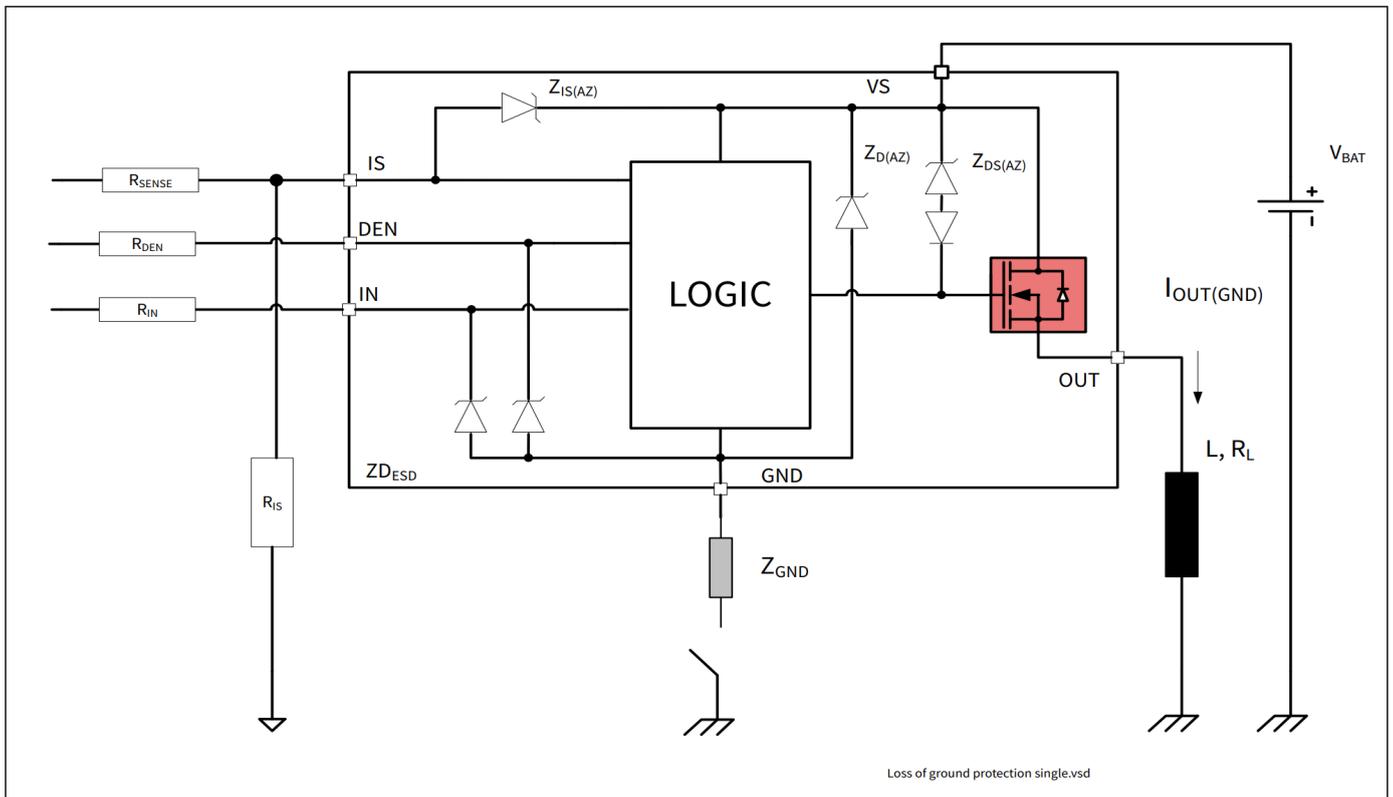


图 14 与外部元件的接地丢失保护

6.2 欠压保护

在 $V_{S(UV)}$ 和 $V_{S(OP)}$ 之间，欠压机制被触发。 $V_{S(OP)}$ 表示可以发生开关ON和OFF的最小电压。 $V_{S(UV)}$ 表示开关能保持ON的最小电压。如果供电电压低于欠压机制 $V_{S(UV)}$ ，则器件关闭(关断)。一旦供电电压高于欠压机制 $V_{S(OP)}$ ，器件就可以打开。当切换为ON时，保护功能起作用。然而，只有当 V_S 处于 V_{NOM} 范围内时才能保证诊断。图 15 概述了欠压机制。

保护功能

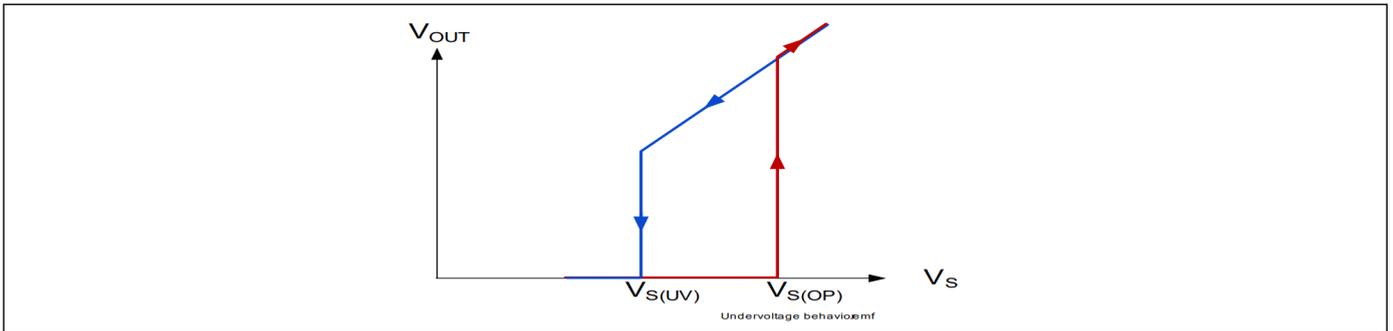


图 15 欠压行为

6.3 过压保护

有一个集成的钳位机制用于过压保护 ($Z_{D(AZ)}$)。为了保证该机制在应用中正常工作，齐纳二极管中的电流必须受到接地电阻器的限制。图16显示了承受过压问题的典型应用。当供电电压高于 $V_{S(AZ)}$ 时，功率管接通，逻辑部分电压为钳位。如果，内部地电位上升至 $V_S - V_{S(AZ)}$ 。由于静电防护齐纳二极管，引脚 IN 和 DEN 处的电位几乎上升至该电位，具体取决于所连接电路的阻抗。如果器件在过压之前为 ON，则 BTT6010-1ERA 保持 ON。如果 BTT6010-1ERA 处于关闭状态，则在过压之前，可以激活功率管。在供电电压高于 $V_{BAT(SC)}$ 且低于 $V_{DS(AZ)}$ 的情况下，输出晶体管仍可运行并跟随输入。如果通道处于 ON 状态，则与标称供电电压范围相比，参数不再得到保证，并且使用寿命会缩短。这尤其影响了短路的稳健性，以及最大能量 E_{AS} 能力。

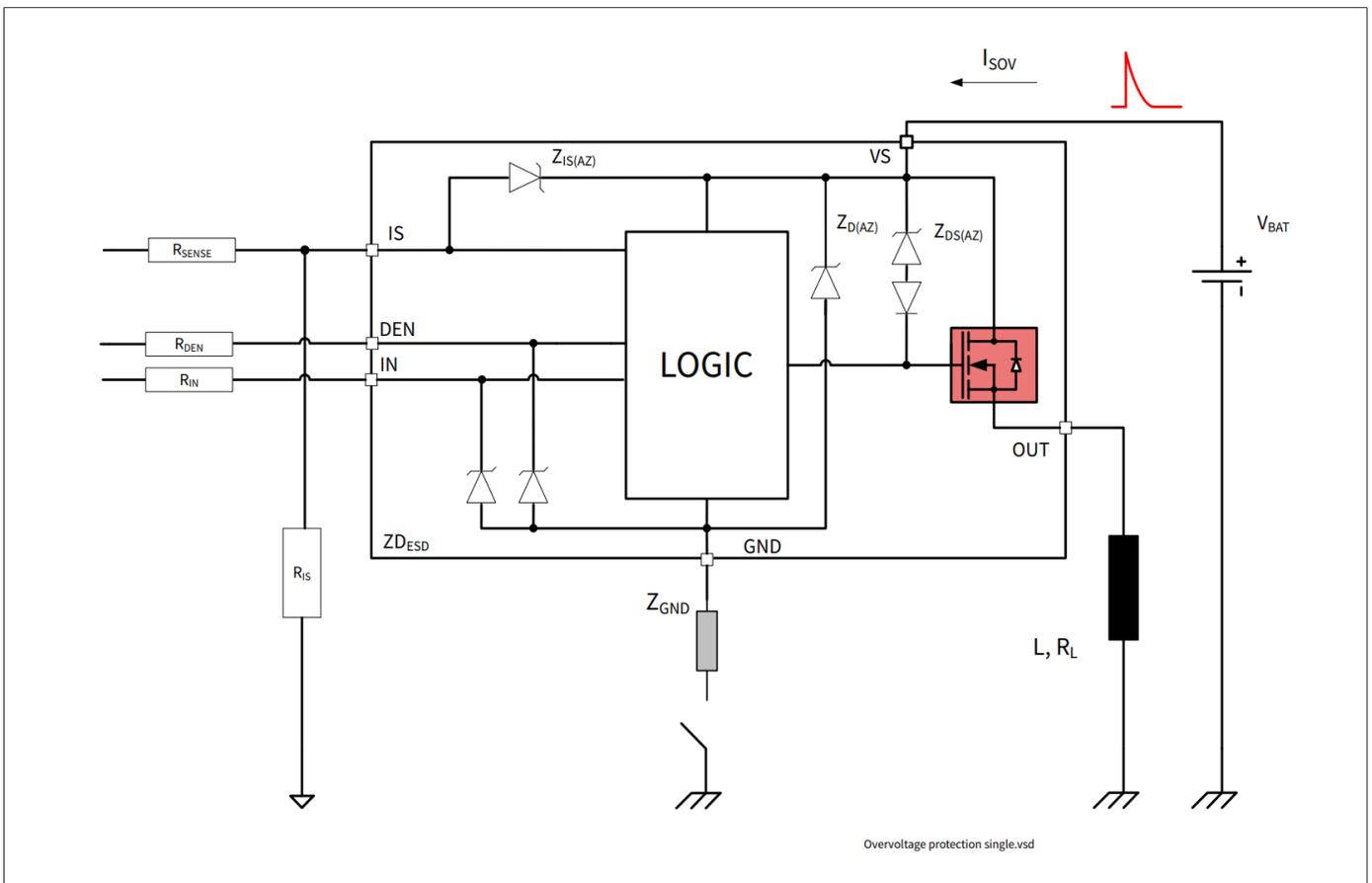


图 16 使用外部元件的过压保护

保护功能

6.4 反极性保护

在反向电压的情况下，功率 DMOS 的固有体二极管会导致功率耗散。固有的体二极管中的电流受到负载本身的限制。此外，流入地回路和逻辑引脚的电流必须通过外部电阻限制在 [章节4.1](#) 中描述的最大电流。图 17 显示了一个典型应用。R_{GND} 电阻用于限制器件齐纳保护中的电流。电阻 R_{DDEN} 和 R_{IN} 用于限制器件逻辑和静电防护保护级中的电流。R_{SENSE} 用于限制检测晶体管中的电流，其表现为二极管。

R_{DEN} = R_{IN} = R_{SENSE} = 10 kΩ 的建议值。

反极性时，无保护功能。

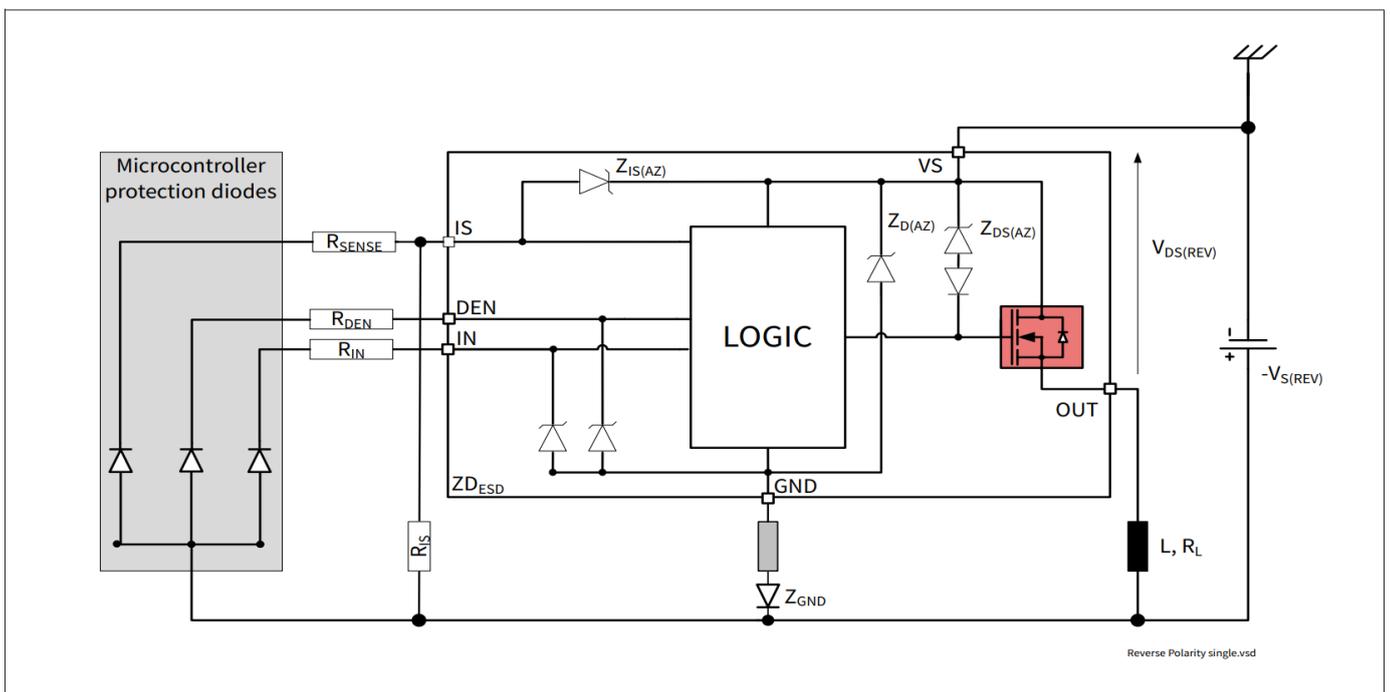


图 17 使用外部元器件实现反极性保护

保护功能

6.5 过载保护

如果发生过载，例如冷灯丝的强大浪涌或接地短路，BTT6010-1ERA可提供多种保护机制。

6.5.1 电流限制

第一步，通过将电流限制在开关中允许的最大电流，将开关的瞬时功率维持在安全值 $I_{L(SC)}$ 。在此期间，DMOS温度不断升高，从而影响DMOS中的电流流动。电流限制值取决于 V_{DS} 。图 18 显示电流限制行为作为漏源电压的函数。

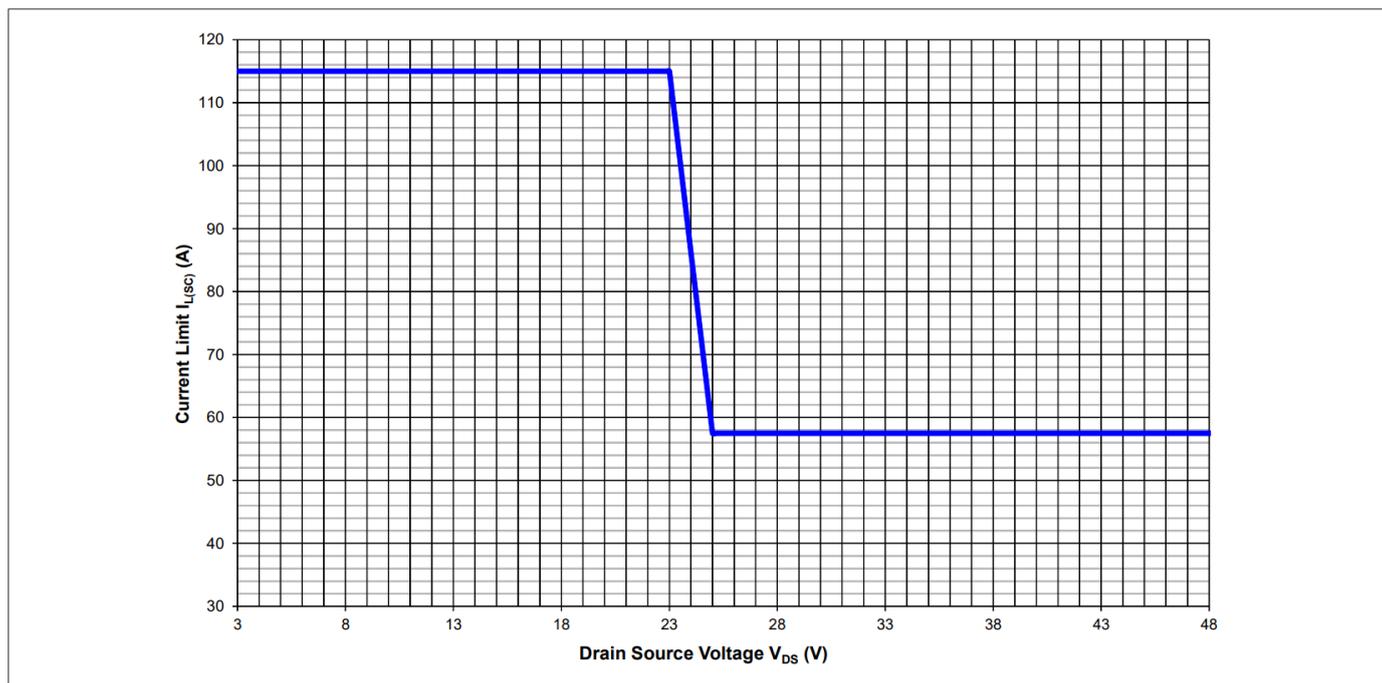


图 18 电流限制（典型行为）

保护功能

6.5.2 功率 DMOS 中的温度限制

通道都包含一个绝对 ($T_{J(SC)}$) 和一个动态 ($T_{J(SW)}$) 温度传感器。任一传感器的激活都会导致过热通道关闭以防止损坏。任何保护性关断都会锁定输出，直到温度达到可接受的值。图 19 概述了情况。

没有实施重试策略，因此当 DMOS 温度足够冷却时，开关会再次打开。只有输入引脚信号切换才能重新激活功率级（锁存行为）。

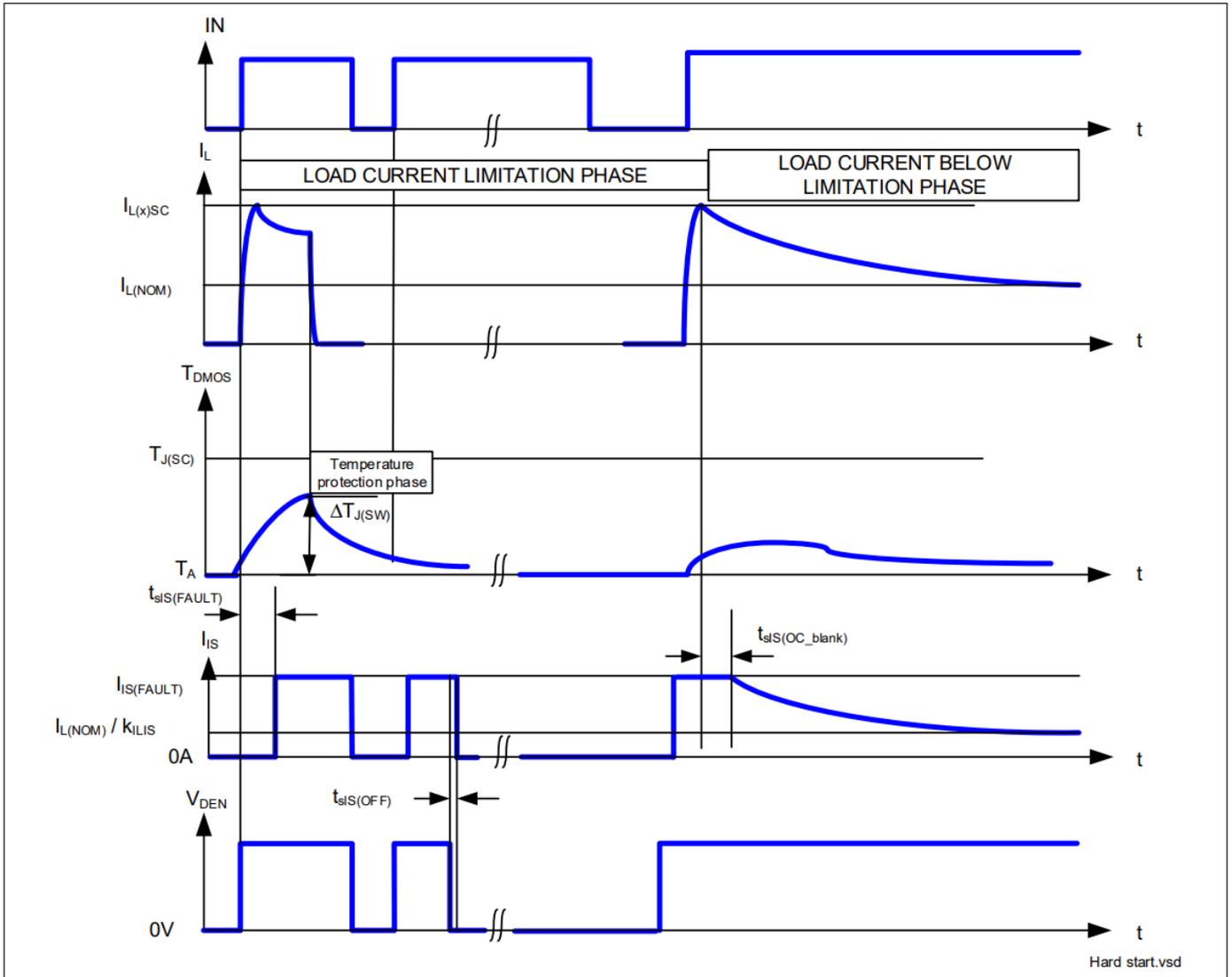


图 19 过载保护

注释：为了更好地理解，时间尺度不是线性的。该图的实际时间顺序取决于应用，无法描述。

保护功能

6.6 保护功能电气特性

表 7 电气特性：保护

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。

典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|--|---------------------------|--------|-------------------|-------------------|------------------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Loss of Ground | | | | | | | |
| Output leakage current while GND disconnected | $I_{\text{OUT(GND)}}$ | – | 0.1 | – | mA | ^{1) 2)} $V_S = 48\text{ V}$ See Figure 14 | P_6.6.1 |
| Reverse polarity | | | | | | | |
| Drain source diode voltage during reverse polarity | $V_{\text{DS(REV)}}$ | 420 | 650 | 700 | mV | $I_L = -4\text{ A}$ $T_J = 150^\circ\text{C}$ See Figure 17 | P_6.6.2 |
| Overvoltage | | | | | | | |
| Overvoltage protection | $V_{\text{S(AZ)}}$ | 66 | 70 | 75 | V | $I_{\text{SOV}} = 5\text{ mA}$ See Figure 16 | P_6.6.3 |
| Overload Condition | | | | | | | |
| Load current limitation | $I_{\text{L5(SC)}}$ | 90 | 115 | 140 | A | ³⁾ $V_{\text{DS}} = 7\text{ V}$ See Chapter 9 | P_6.6.4 |
| Load current limitation | $I_{\text{L28(SC)}}$ | – | 57.5 | – | A | ²⁾ $V_{\text{DS}} = 42\text{ V}$ See Figure 19 | P_6.6.7 |
| Dynamic temperature increase while switching | $\Delta T_{\text{J(SW)}}$ | – | 80 | – | K | ⁴⁾ See Figure 19 | P_6.6.8 |
| Thermal shutdown temperature | $T_{\text{J(SC)}}$ | 150 | 170 ⁴⁾ | 200 ⁴⁾ | $^\circ\text{C}$ | ⁵⁾ See Figure 19 | P_6.6.10 |
| Thermal shutdown hysteresis | $\Delta T_{\text{J(SC)}}$ | – | 30 | – | K | ^{5) 4)} See Figure 19 | P_6.6.11 |

1) 除 VS 和 OUT 外，所有引脚均断开连接。

2) 未经过生产测试，由设计指定。

3) 仅在 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 时进行测试

4) 仅功能测试

5) 仅在 $T_J = 150^\circ\text{C}$ 时进行测试

诊断功能

7 诊断功能

出于诊断目的，BTT6010-1ERA在引脚 IS 处提供数字和模拟信号的组合。这些信号称为 SENSE。如果通过 DEN 禁用诊断，则引脚 IS 变为高阻态。如果 DEN 被激活，通道的感应电流将被启用。

7.1 IS 引脚

BTT6010-1ERA在引脚 IS 处提供检测信号 I_{IS} 。只要不发生“硬”故障模式（接地短路/电流限制/过温/动态温度过度增加或负载开路关闭），就会向负载电流提供比例信号（比率 $k_{ILIS} = I_L / I_{IS}$ ）。完整的 IS 引脚和诊断机制如图 20 所示。SENSE 的精度取决于温度和负载电流。由于与 V_S 连接的静电防护保护，如果这些器件使用其他电池供电，则不建议与其他器件共享 IS 引脚。结果是未供应的器件将通过供应的器件的 IS 引脚供电。

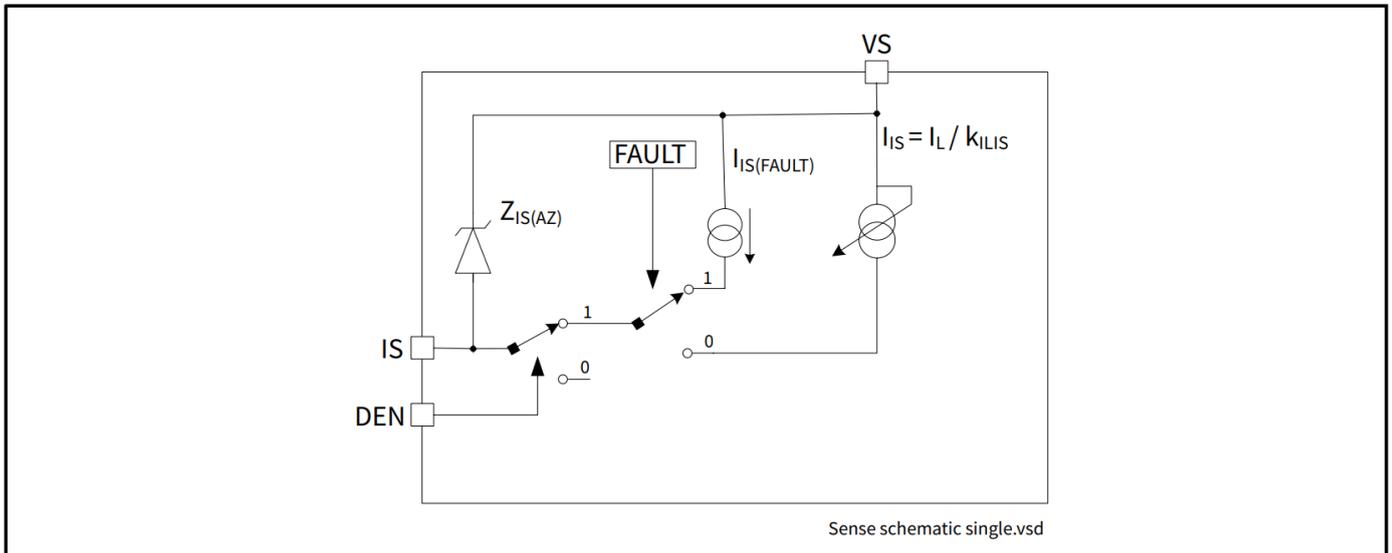


图 20 诊断框图

诊断功能

7.2 不同运行模式下的 SENSE 信号

表 8 提供器件运行期间 IS 引脚状态的快速参考。

表 8 Sense 信号、运行模式功能

| Operation Mode | Input level Channel X | DEN | Output Level | Diagnostic Output |
|-----------------------------------|-----------------------|--|---|----------------------|
| Normal operation | OFF | H | Z | Z |
| Short circuit to GND | | | ~ GND | Z |
| Overtemperature | | | Z | Z |
| Short circuit to V_S | | | V_S | $I_{IS(FAULT)}$ |
| Open Load | | | $< V_{OL(OFF)}$ $> V_{OL(OFF)}^{1)}$ | Z $I_{IS(FAULT)}$ |
| Inverse current | | | ~ V_{INV} | $I_{IS(FAULT)}$ |
| Normal operation | | | ON | H |
| Current limitation | $< V_S$ | $I_{IS(FAULT)}$ | | |
| Short circuit to GND | ~ GND | $I_{IS(FAULT)}$ | | |
| Overtemperature $T_{J(SW)}$ event | Z | $I_{IS(FAULT)}$ | | |
| Short circuit to V_S | V_S | $I_{IS} < I_L / k_{ILIS}$ | | |
| Open Load | ~ $V_S^{2)}$ | $I_{IS} < I_{IS(OL)}$ | | |
| Inverse current | ~ V_{INV} | $I_{IS} < I_{IS(OL)}^{3)}$ | | |
| Underload | ~ $V_S^{4)}$ | $I_{IS(OL)} < I_{IS} < I_L / k_{ILIS}$ | | |
| Don't care | Don't care | L | Don't care | Z |

- 1) 额外的上拉电阻。
- 2) 输出电流必须小于 $I_{L(OL)}$ 。
- 3) 最大 t_{INV} 之后。
- 4) 输出电流必须大于 $I_{L(OL)}$ 。

诊断功能

7.3 标称额定电流范围内的 SENSE 信号

图21 和图22将电流检测显示为功率 DMOS 中负载电流的函数。通常，下拉电阻 R_{IS} 连接到 IS 引脚电流检测。该电阻器必须高于 $560\ \Omega$ ，以限制检测电路中的功率损耗。典型值为 $1.2\ k\Omega$ 。蓝色曲线代表理想的电流检测，假设理想的 k_{ILIS} 系数值。红色曲线显示了器件在整个温度范围内、在指定电流下提供的精度。

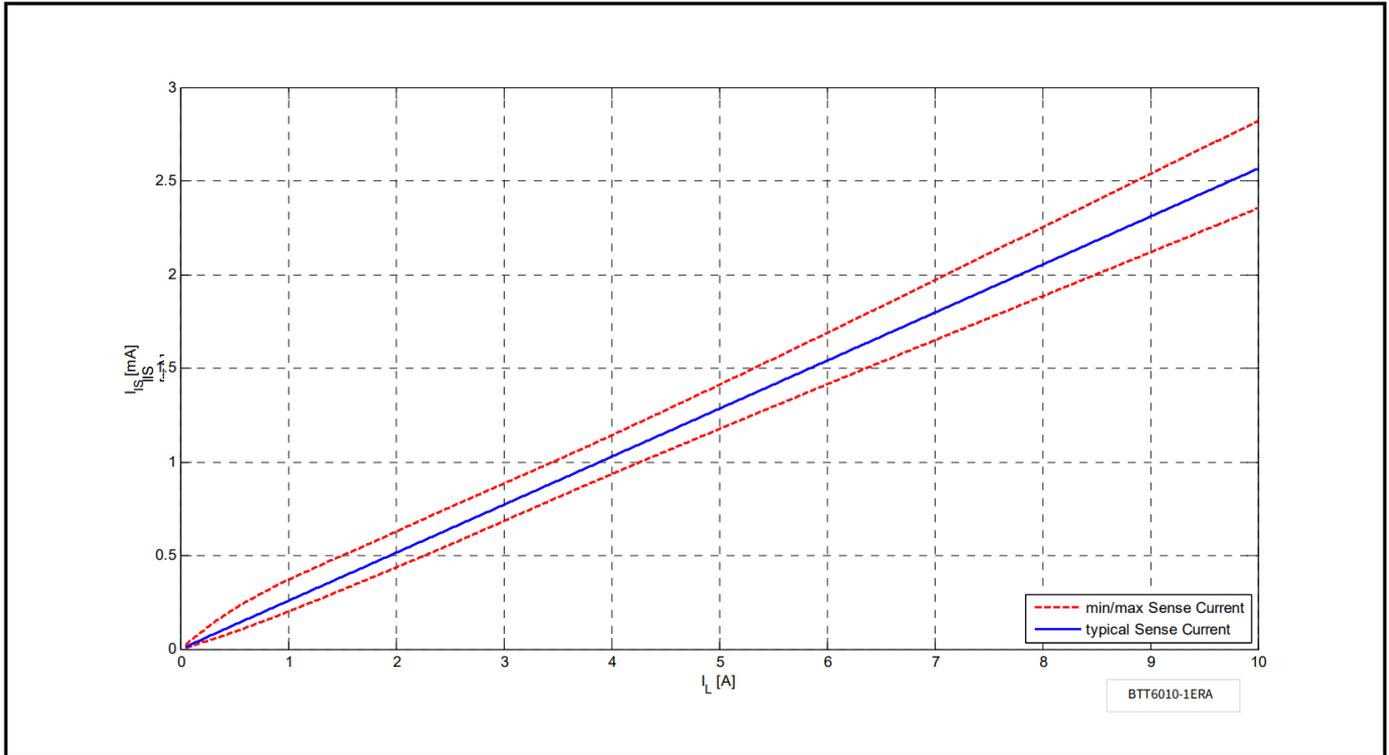


图 21 标称负载的电流检测

7.3.1 SENSE 信号随温度和负载电流的变化

在某些应用中，在大约一半的标称额定电流 $I_{L(NOM)}$ 处需要更好的精度。为了达到这一精度要求，可以对应用程序进行调整。为了避免在不同负载和温度条件下出现多个调节点，BTT6010-1ERA 允许在给定值(I_{L3} ; $T_J = +25^\circ C$)时限制 k_{ILIS} 。该降额由参数 Δk_{ILIS} 描述。图 22 显示了 SENSE 电流的行为，假设在 $+25^\circ C$ 时标称负载处有一个调节点。

蓝线表示理想的 k_{ILIS} 比率。

绿线表示参数随温度和电压变化的降额，假设在标称温度和标称电池电压处有一个校准点。

红线表示未经校准的 k_{ILIS} 精度。

诊断功能

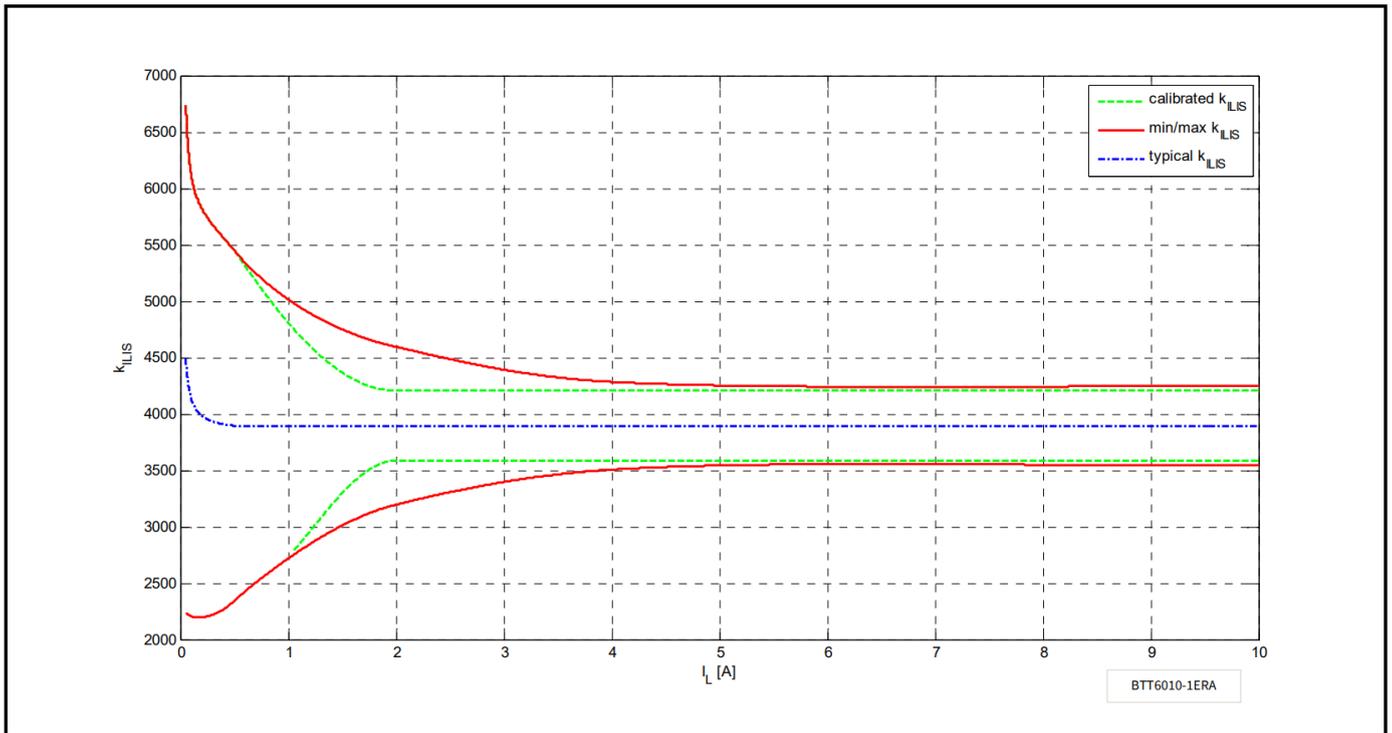


图 22 在 2 A 电流下，通过一个校准点提高电流检测精度

7.3.2 SENSE信号时序

图 23 显示 SENSE 设置和失效期间的时序。

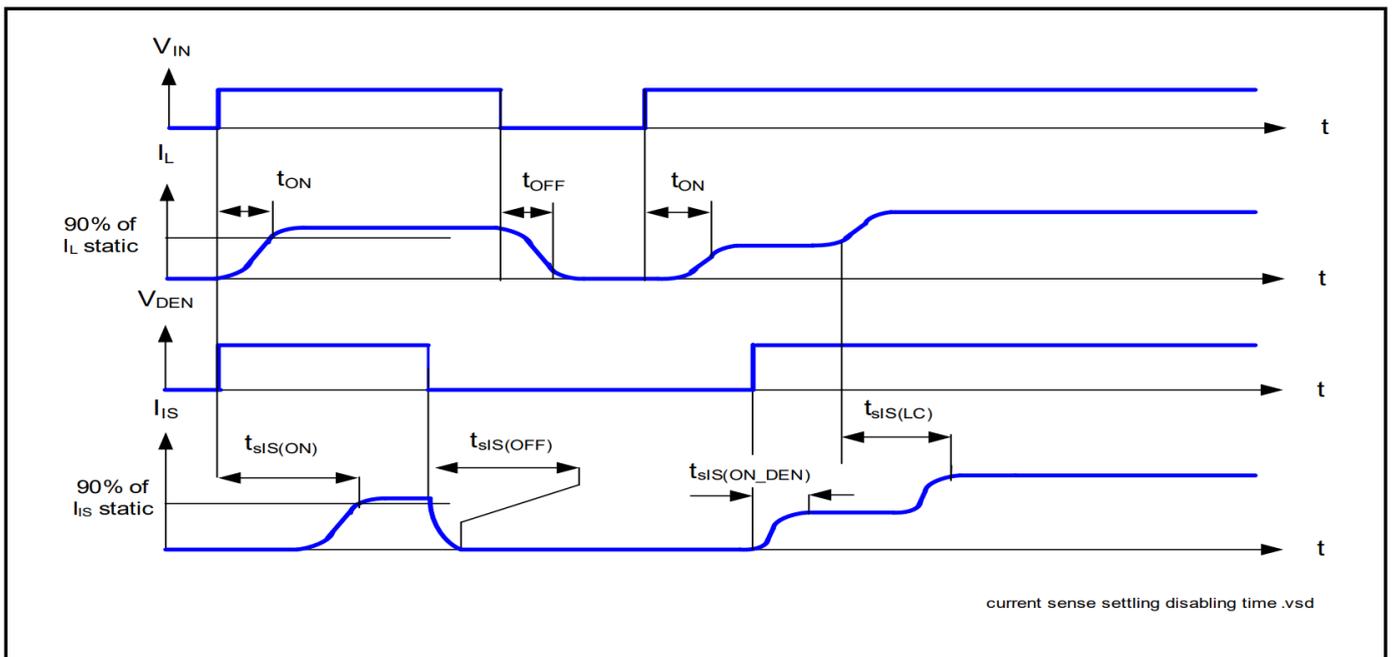


图 23 电流检测设置/失效时序

诊断功能

7.3.3 负载开路中的SENSE信号

7.3.3.1 ON 诊断中的负载开路

如果通道打开，漏电流仍可流过开路负载，例如由于湿度的原因。参数 $I_{L(OL)}$ 给出了该漏电流的识别阈值。如果选择 DEN，则流出功率 DMOS 的电流 I_L 低于该值，器件将识别出故障。在这种情况下，SENSE 电流低于 $I_{IS(OL)}$ 。否则，最小 SENSE 电流在上面给出参数 $I_{IS(OL)}$ 。图 24 显示了该区域的 SENSE 电流行为。红色曲线显示典型的产品曲线。蓝色曲线显示理想的电流检测。

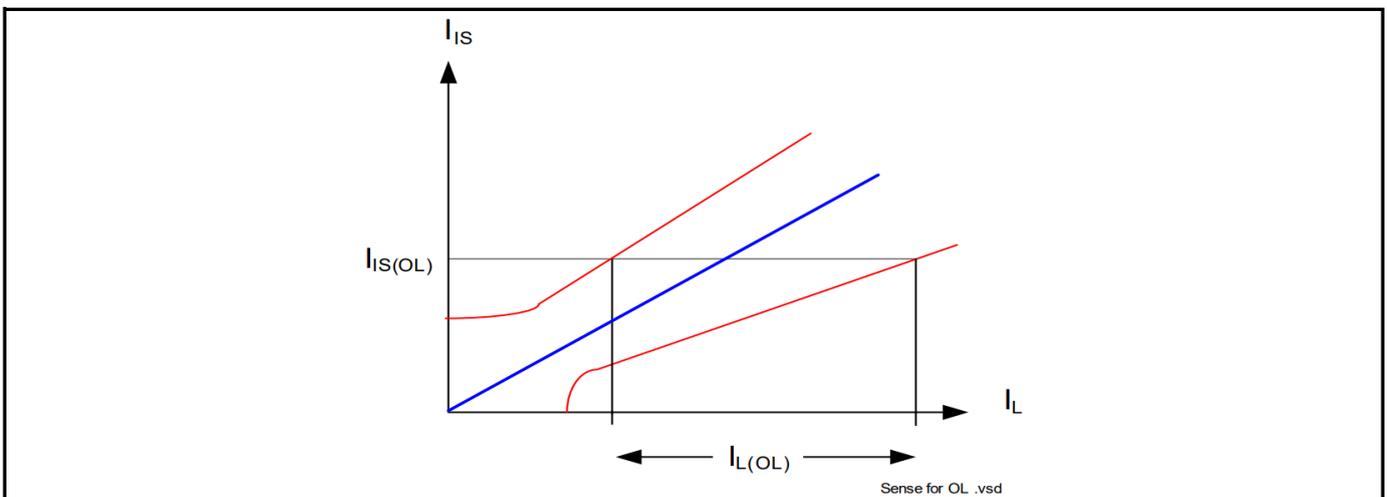


图 24 低电流的电流检测比

7.3.3.2 OFF 诊断中的负载开路

对于 OFF 状态下的负载开路诊断，建议使用外部输出上拉电阻 (R_{OL})。计算上拉电阻值时，必须考虑漏电流和负载开路阈值电压 $V_{OL(OFF)}$ 。图 25 给出了这种情况的简图。 $I_{leakage}$ 定义了整个系统中的漏电流，包括 $I_{L(OFF)}$ （参见第5.5章）以及应用中的外部泄漏，例如由于湿度、腐蚀等。

为了减少系统的待命状态电流，建议使用负载开路电阻开关 S_{OL} 。如果通道 x 关闭，输出不再被负载下拉， V_{OUT} 电压上升到接近 V_S 。器件将其识别为负载开路。电压阈值由 $V_{OL(OFF)}$ 给出。在这种情况下，SENSE 信号切换至 $I_{IS(FAULT)}$ 。

可以使用额外的 R_{PD} 电阻将 V_{OUT} 拉至 0 V。否则，OUT 引脚悬空。该电阻也可用于对电池短路检测，请参阅章节 7.3.4。

诊断功能

7.3.4 输出短路到 V_S 的SENSE信号

如果 OUTput引脚和 V_S 引脚之间发生短路，负载电流的全部或部分（取决于短路阻抗）将流经短路处。因此，与正常操作相比，流过BTT6010-1ERA的 DMOS 的电流将减少，这一点可以通过电流检测信号来识别。OFF 检测电路的负载开路也可用于区分 V_S 短路。在这种情况下，需要部接地电阻 R_{SC_VS} 。图 27 概述了情况。

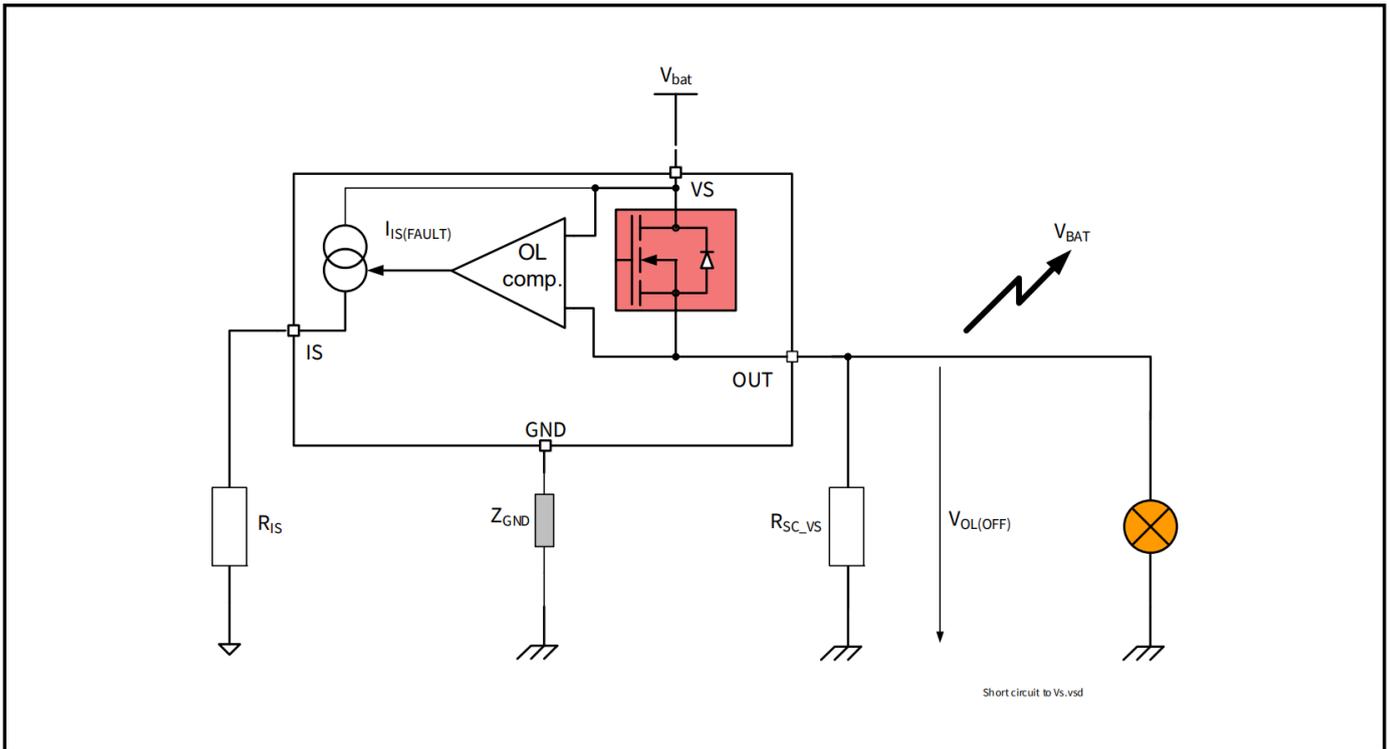


图27 对电池短路检测OFF电气等效电路

7.3.5 过载时的 SENSE 信号

过载条件是指流出DMOS的电流达到电流限制和/或达到绝对动态温度摆动 $T_{J(SW)}$ 和/或结温达到热关断温度 $T_{J(SC)}$ 。请参阅 第6.5章 了解详情。

在这种情况下，当选择诊断时，SENSE 信号由 $I_{IS(FAULT)}$ 给出。

该器件具有热锁存特性，当过温或超出动态温度条件消失后，仅当 IN 从低电平切换到高电平时，DMOS 才会重新激活。如果 DEN 引脚激活，则 SENSE 遵循输出级。如果没有发生锁存复位，即使DMOS 处于关闭状态，器件在IS引脚处保持锁存和 $I_{IS(FAULT)}$ 状态。

7.3.6 反向电流时的 SENSE 信号

当电流为逆向时，检测信号在OFF 状态时指示负载开路，在ON 状态时指示负载开路。

诊断功能

7.4 诊断功能电气特性

表 9 电气特性：诊断

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。

典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|--|---------------------------|--------|------|------|---------------|---|---|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Load Condition Threshold for Diagnostic | | | | | | | |
| Open load detection threshold in OFF state | $V_S - V_{OL(OFF)}$ | 4 | – | 6 | V | $V_{IN} = 0\text{ V}$ $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ | P_7.5.1 |
| Open load detection threshold in ON state | $I_{L(OL)}$ | 10 | – | 50 | mA | $V_{IN} = V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ $I_{IS(OL)} = 6.5\text{ }\mu\text{A}$ See Figure 24 See Chapter 9 | P_7.5.2 |
| Sense Pin | | | | | | | |
| IS pin leakage current when sense is disabled | $I_{IS(DIS)}$ | – | – | 1 | μA | $V_{IN} = 4.5\text{ V}$ $V_{DEN} = 0\text{ V}$ $I_L = I_{L4} = 10\text{ A}$ | P_7.5.4 |
| Sense signal saturation voltage | $V_S - V_{IS}$ (RANGE) | 1 | – | 3.5 | V | $V_{IN} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = V_S > 10\text{ V}$ $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ $I_{IS} = 6\text{ mA}$ See Chapter 9 | P_7.5.6 |
| Sense signal maximum current in fault condition | $I_{IS(FAULT)}$ | 6 | 20 | 40 | mA | $V_{IS} = V_{IN} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = V_S > 10\text{ V}$ $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ See Figure 20 See Chapter 9 | P_7.5.7 |
| Sense pin maximum voltage | $V_{IS(AZ)}$ | 66 | 70 | 75 | V | $I_{ISB} = 5\text{ mA}$ See Figure 20 | P_7.5.3 |
| Current Sense Ratio Signal in the Nominal Area, Stable Load Current Condition | | | | | | | |
| Current sense ratio $I_{L0} = 50\text{ mA}$ | k_{ILIS0} | -50% | 4500 | +50% | | $V_{IN} = 4.5\text{ V}$ $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ | P_7.5.8 |
| Current sense ratio $I_{L1} = 0.5\text{ A}$ | k_{ILIS1} | -40% | 3900 | +40% | | See Figure 21 $T_J = -40^\circ\text{C}; 150^\circ\text{C}$ | P_7.5.9 |
| Current sense ratio $I_{L2} = 2\text{ A}$ | k_{ILIS2} | -18% | 3900 | +18% | | | P_7.5.10 |
| Current sense ratio $I_{L3} = 4\text{ A}$ | k_{ILIS3} | -10% | 3900 | +10% | | | P_7.5.11 |
| Current sense ratio $I_{L4} = 10\text{ A}$ | k_{ILIS4} | -9% | 3900 | +9% | | | P_7.5.12 |
| k_{ILIS} derating with current and temperature | Δk_{ILIS} | -8 | 0 | +8 | % | | ¹⁾ k_{ILIS3} versus k_{ILIS2} See Figure 22 |

诊断功能

表 9 电气特性：诊断（续）

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ （除非另有说明）。
典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|--|-------------------------------|--------|------|------|---------------|---|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Diagnostic Timing in Normal Condition | | | | | | | |
| Current sense settling time to k_{ILIS} function stable after positive input slope on both INput and DEN | $t_{SIS(ON)}$ | – | – | 150 | μs | ¹⁾ $V_{DEN} = V_{IN} = 0$ to 4.5 V ; $V_S = 28\text{ V}$ $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $I_L = I_{L3} = 4\text{ A}$ See Figure 23 | P_7.5.18 |
| Current sense settling time with load current stable and transition of the DEN | $t_{SIS(ON_DEN)}$ | – | – | 10 | μs | $V_{IN} = 4.5\text{ V}$ $V_{DEN} = 0$ to 4.5 V $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $I_L = I_{L3} = 4\text{ A}$ See Figure 23 | P_7.5.19 |
| Current sense settling time to I_{IS} stable after positive input slope on current load | $t_{SIS(LC)}$ | – | – | 20 | μs | $V_{IN} = 4.5\text{ V}$ $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $I_L = I_{L2} = 2\text{ A}$ to $I_{L3} = 4\text{ A}$; See Figure 23 | P_7.5.20 |
| Diagnostic Timing in Open Load Condition | | | | | | | |
| Current sense settling time to I_{IS} stable for open load detection in OFF state | $t_{SIS(FAULT_OL_OFF)}$ | – | – | 100 | μs | $V_{IN} = 0\text{ V}$ $V_{DEN} = 0$ to 4.5 V $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $V_{OUT} = V_S = 28\text{ V}$ See Figure 26 | P_7.5.22 |
| Current sense settling time for open load detection in ON-OFF transition | $t_{SIS(FAULT_OL_ON_OFF)}$ | – | 200 | – | μs | ¹⁾ $V_{IN} = 4.5$ to 0 V $V_{DEN} = 4.5\text{ V}$ $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $V_{OUT} = V_S = 28\text{ V}$ See Figure 26 | P_7.5.23 |
| Diagnostic Timing in Overload Condition | | | | | | | |
| Current sense settling time to I_{IS} stable for overload detection | $t_{SIS(FAULT)}$ | 0 | – | 150 | μs | ¹⁾ $V_{IN} = V_{DEN} = 0$ to 4.5 V $R_{IS} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{SENSE} < 100\text{ pF}$ $V_{DS} = 24\text{ V}$ See Figure 19 | P_7.5.24 |

诊断功能

表 9 电气特性：诊断（续）

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ （除非另有说明）。
 典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|--|-----------------------------|--------|------|------|---------------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Current sense over current blanking time | $t_{\text{SIS(OC_blank)}}$ | – | 350 | – | μs | 1) $V_{\text{IN}} = V_{\text{DEN}} = 4.5\text{ V}$ $R_{\text{IS}} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{\text{SENSE}} < 100\text{ pF}$ $V_{\text{DS}} = 5\text{ V to } 0\text{ V}$ See Figure 19 | P_7.5.32 |
| Diagnostic disable time DEN transition to $I_{\text{S}} < 50\% I_{\text{L}}/k_{\text{ILIS}}$ | $t_{\text{SIS(OFF)}}$ | 0 | – | 20 | μs | $V_{\text{IN}} = 4.5\text{ V}$ $V_{\text{DEN}} = 4.5\text{ V to } 0\text{ V}$ $R_{\text{IS}} = 1.2\text{ k}\Omega$ $C_{\text{SENSE}} < 100\text{ pF}$ $I_{\text{L}} = I_{\text{L3}} = 4\text{ A}$ | P_7.5.25 |

1) 无需经过生产测试，由设计指定。

8 输入引脚

8.1 输入电路

输入电路兼容 3.3 V 和 5 V 微控制器。输入引脚的概念是对电压阈值做出反应。如果输入引脚上的电压缓慢上升或下降，则已实施的施密特触发器可避免任何不确定的状态。输出为 OFF 或 ON，但不能处于线性或不确定的状态。输入电路兼容PWM应用。图 28 显示电气等效输入电路。如果不需要该引脚，则必须将其悬空，或者必须将其连接到器件接地（而不是模块接地）。

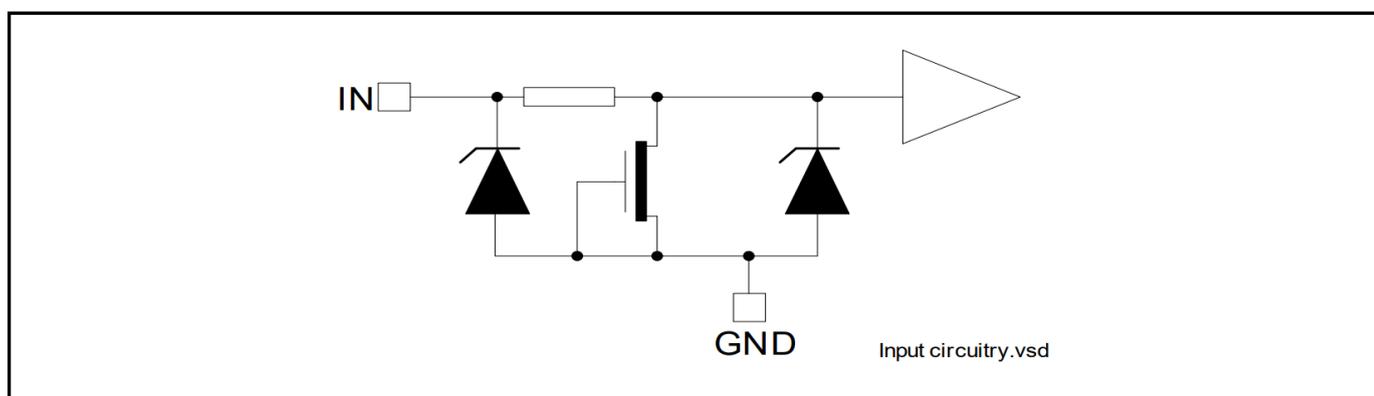


图 28 输入引脚电路

8.2 DEN 引脚

DEN 引脚使能和取消器件的诊断功能。引脚结构与输入引脚相同，请参见图28。

8.3 输入引脚电压

IN和 DEN 使用带迟滞的比较器。开关在由阈值 $V_{IN(L) Max.}$ 和 $V_{IN(H) Min.}$ 设定的限定区域内进行。开关的确切电压未知，取决于工艺和温度。为了避免串扰和寄生开启和关断，采用了迟滞装置。这确保了一定的抗噪能力。

输入引脚

8.4 电气特性

表 10 电气特性：输入引脚

$V_S = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ （除非另有说明）。

典型值在 $V_S = 28\text{ V}$ 、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时给出

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit | Note or Test Condition | Number |
|-----------------------------------|----------------|--------|------|------|---------------|--|----------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | | |
| Input Pins Characteristics | | | | | | | |
| Low level input voltage range | $V_{IN(L)}$ | -0.3 | – | 0.8 | V | See Chapter 9 | P_8.4.1 |
| High level input voltage range | $V_{IN(H)}$ | 2 | – | 6 | V | See Chapter 9 | P_8.4.2 |
| Input voltage hysteresis | $V_{IN(HYS)}$ | – | 250 | – | mV | ¹⁾ See Chapter 9 | P_8.4.3 |
| Low level input current | $I_{IN(L)}$ | 1 | 10 | 25 | μA | $V_{IN} = 0.8\text{ V}$ | P_8.4.4 |
| High level input current | $I_{IN(H)}$ | 2 | 10 | 25 | μA | $V_{IN} = 5.5\text{ V}$ See Chapter 9 | P_8.4.5 |
| DEN Pin | | | | | | | |
| Low level input voltage range | $V_{DEN(L)}$ | -0.3 | – | 0.8 | V | – | P_8.4.6 |
| High level input voltage range | $V_{DEN(H)}$ | 2 | – | 6 | V | – | P_8.4.7 |
| Input voltage hysteresis | $V_{DEN(HYS)}$ | – | 250 | – | mV | ¹⁾ | P_8.4.8 |
| Low level input current | $I_{DEN(L)}$ | 1 | 10 | 25 | μA | $V_{DEN} = 0.8\text{ V}$ | P_8.4.9 |
| High level input current | $I_{DEN(H)}$ | 2 | 10 | 25 | μA | $V_{DEN} = 5.5\text{ V}$ | P_8.4.10 |

1) 无需经过生产测试，由设计指定。

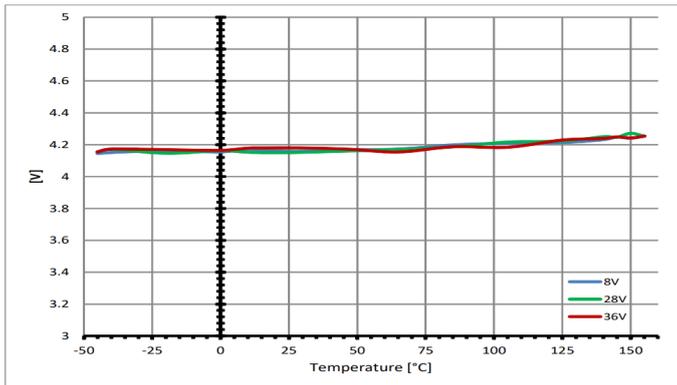
特性描述结果

9 特性描述结果

特性分析在 3 个批次上进行，每个批次有 3 个器件。在 8 V、28 V 和 36 V 的温度范围内进行了特性分析。

9.1 产品一般特性

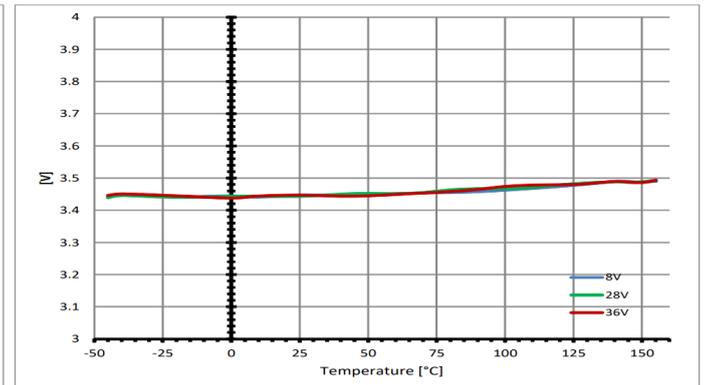
P_4.2.3



最低工作供电电压

$$V_{S(OP_MIN)} = f(T_J)$$

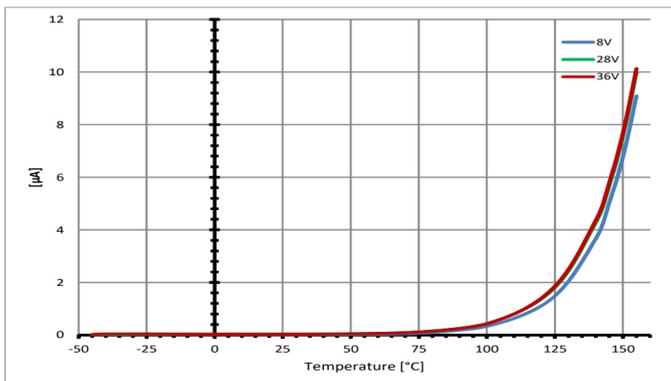
P_4.2.4



欠压阈值

$$V_{S(UV)} = f(T_J)$$

P_4.2.7



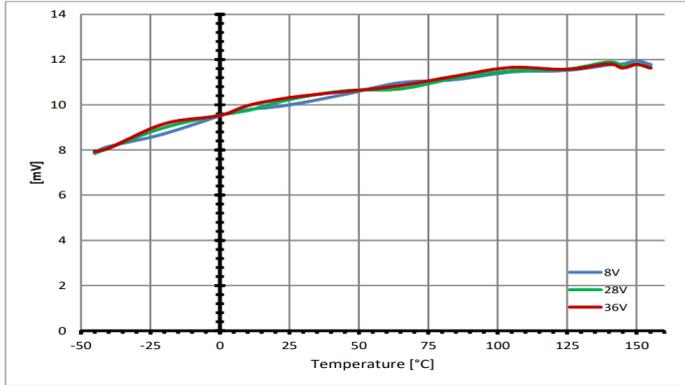
整个器件带负载的待机电流

$$I_{S(OFF)} = f(T_J; V_S)$$

特性描述结果

9.2 功率级

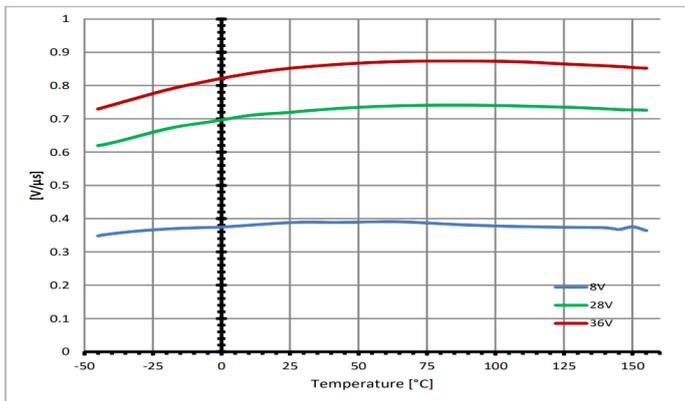
P_5.5.4



低负载电流下的输出电压降限制

$$V_{DS(NL)} = f(T_J; V_S)$$

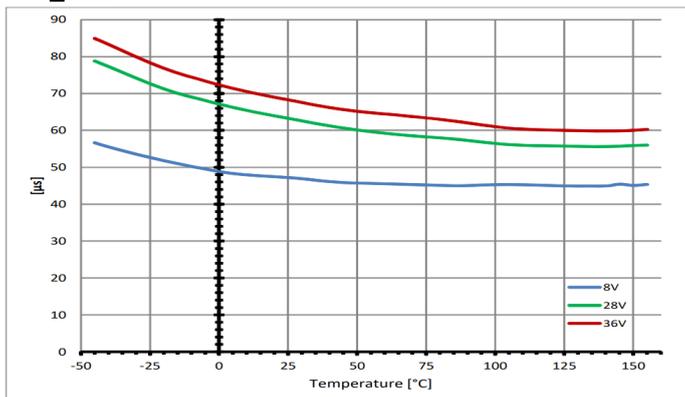
P_5.5.11



开启时间斜率

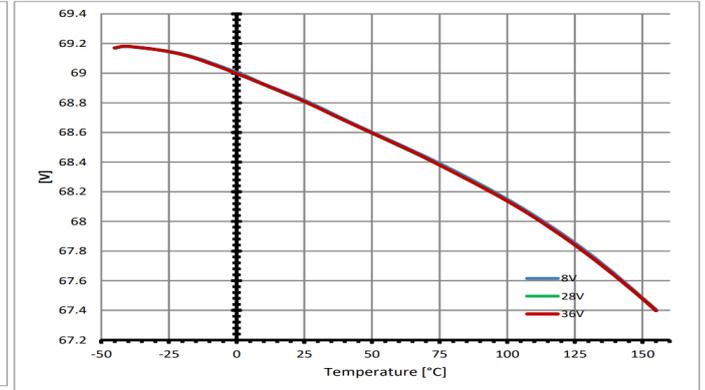
$$dV/dt_{ON} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$$

P_5.5.14



开启 $t_{ON} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$

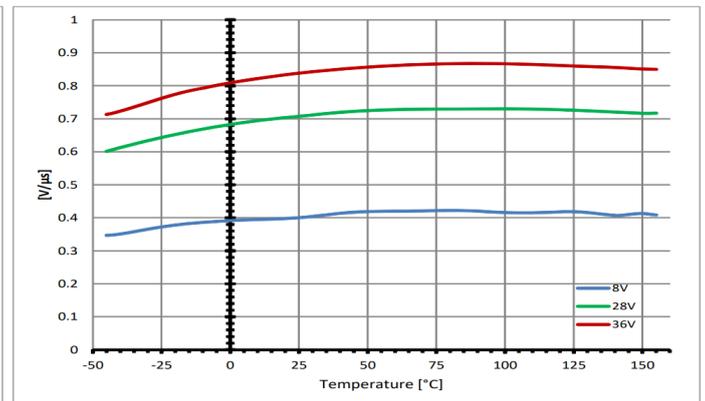
P_5.5.5



漏源钳制电压

$$V_{DS(AZ)} = f(T_J)$$

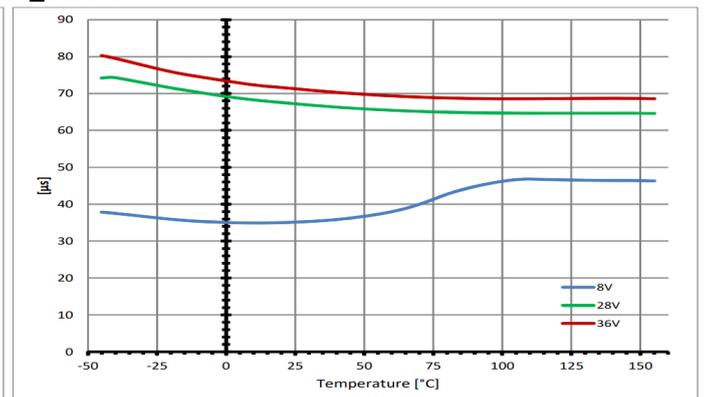
P_5.5.12



关断时间斜率

$$-dV/dt_{OFF} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$$

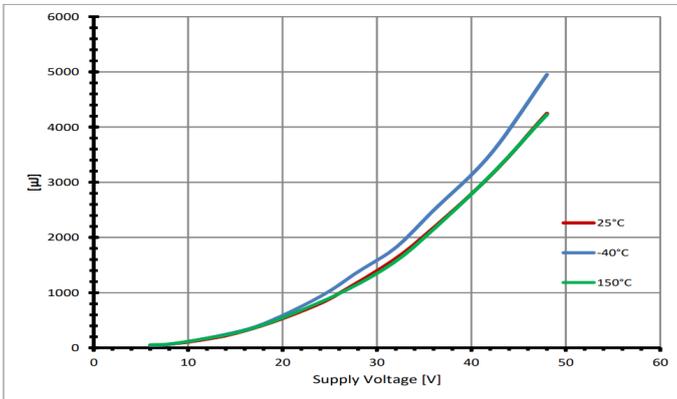
P_5.5.15



关断 $t_{OFF} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$

特性描述结果

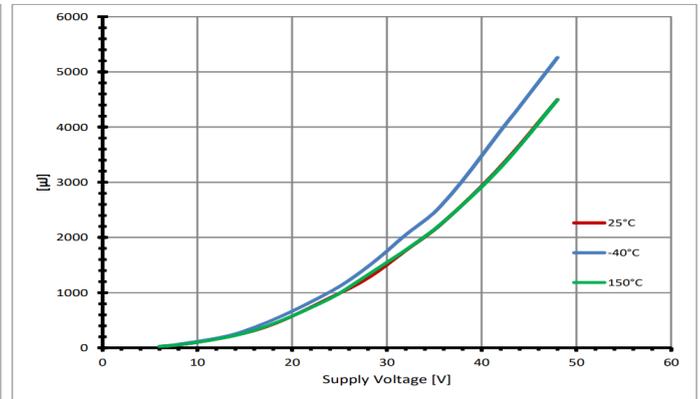
P_5.5.19



开启能量

$$E_{ON} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$$

P_5.5.20

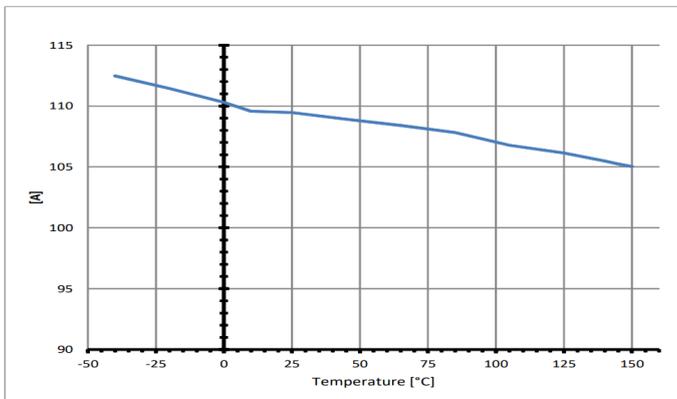


关断能量

$$E_{OFF} = f(T_J; V_S), R_L = 4 \Omega$$

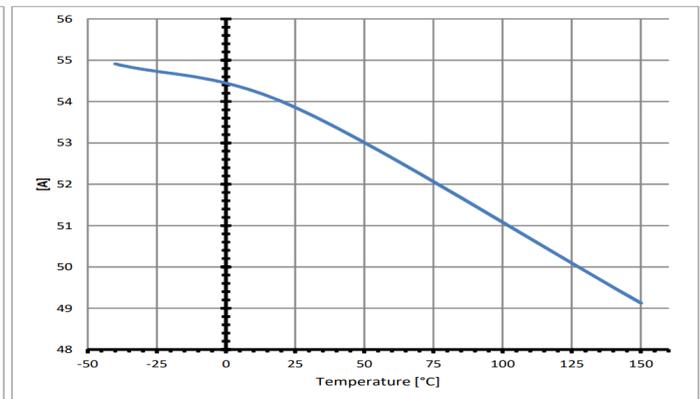
9.3 保护功能

P_6.6.4



低压区过载条件 $I_{L5(SC)} = f(T_J)$

P_6.6.7

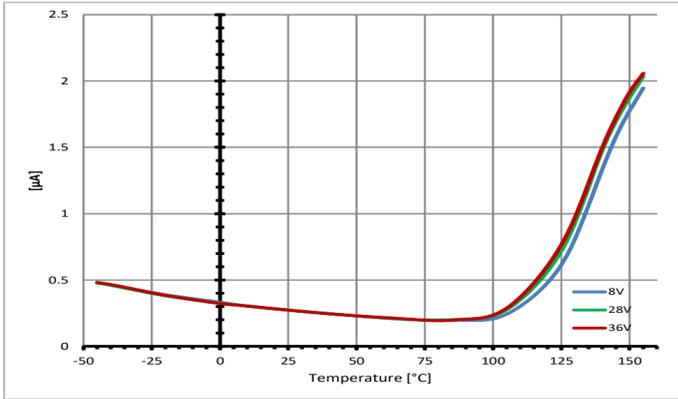


高压区过载条件 $I_{L28(SC)} = f(T_J)$

特性描述结果

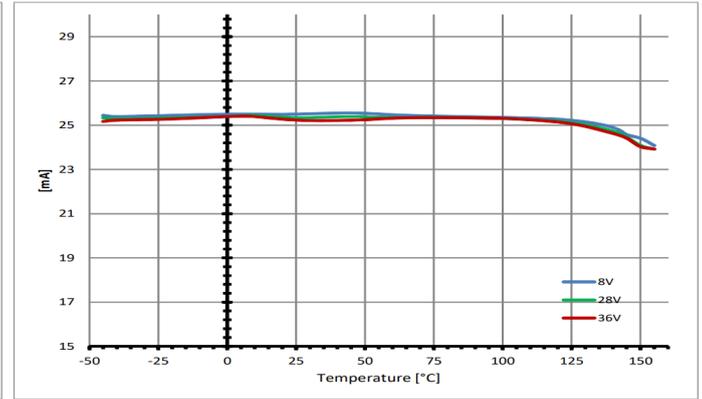
9.4 诊断机制

P_7.5.2



空载电流检测

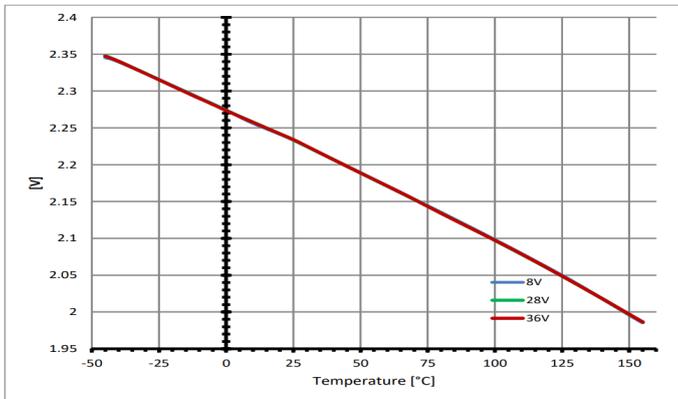
$$I_{IS} = f(T_J; V_S), I_L = 0$$



负载开路检测ON状态阈值

$$I_{L(OL)} = f(T_J; V_S)$$

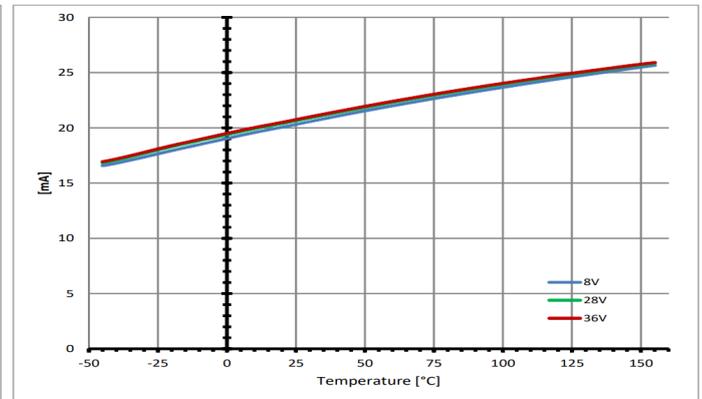
P_7.5.6



Sense信号最大电压

$$V_S - V_{IS(RANGE)} = f(T_J)$$

P_7.5.7



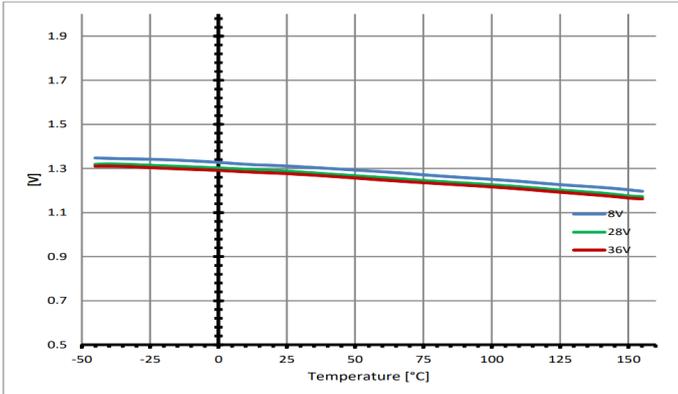
默认状态下的Sense信号最高电流

$$I_{IS(FAULT)} = f(T_J; V_S)$$

特性描述结果

9.5 输入引脚

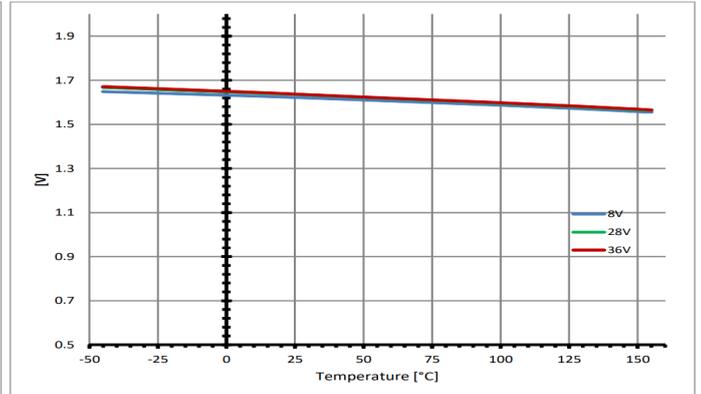
P_8.4.1



输入电压阈值

$$V_{IN(L)} = f(T_J; V_S)$$

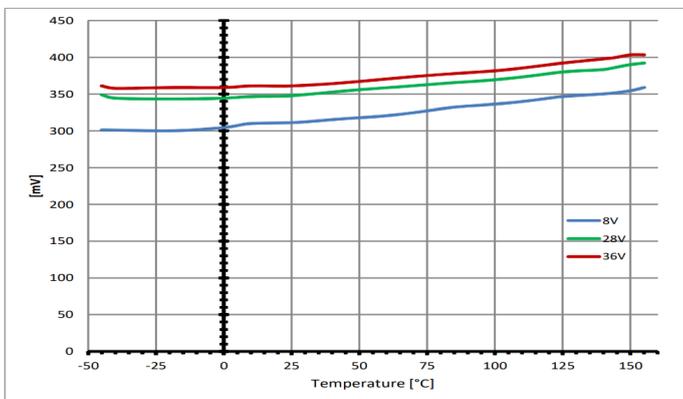
P_8.4.2



输入电压阈值

$$V_{IN(H)} = f(T_J; V_S)$$

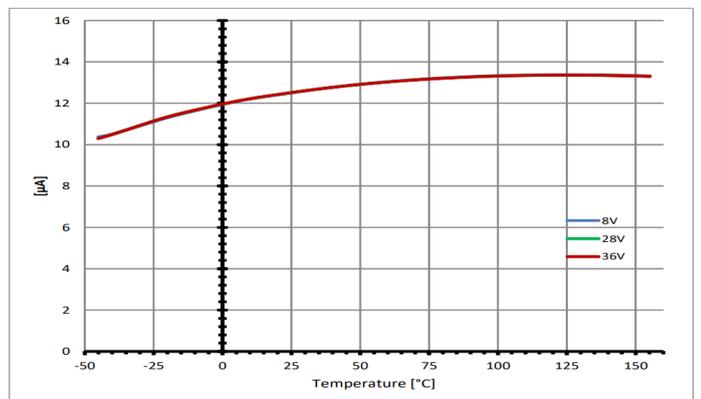
P_8.4.3



输入电压迟滞

$$V_{IN(HYS)} = f(T_J; V_S)$$

P_8.4.5



输入电流高电平

$$I_{IN(H)} = f(T_J)$$

应用信息

10 应用信息

注释： 以下信息仅作为执行器件的提示，不应被视为对器件某种功能、条件或质量的描述或担保。

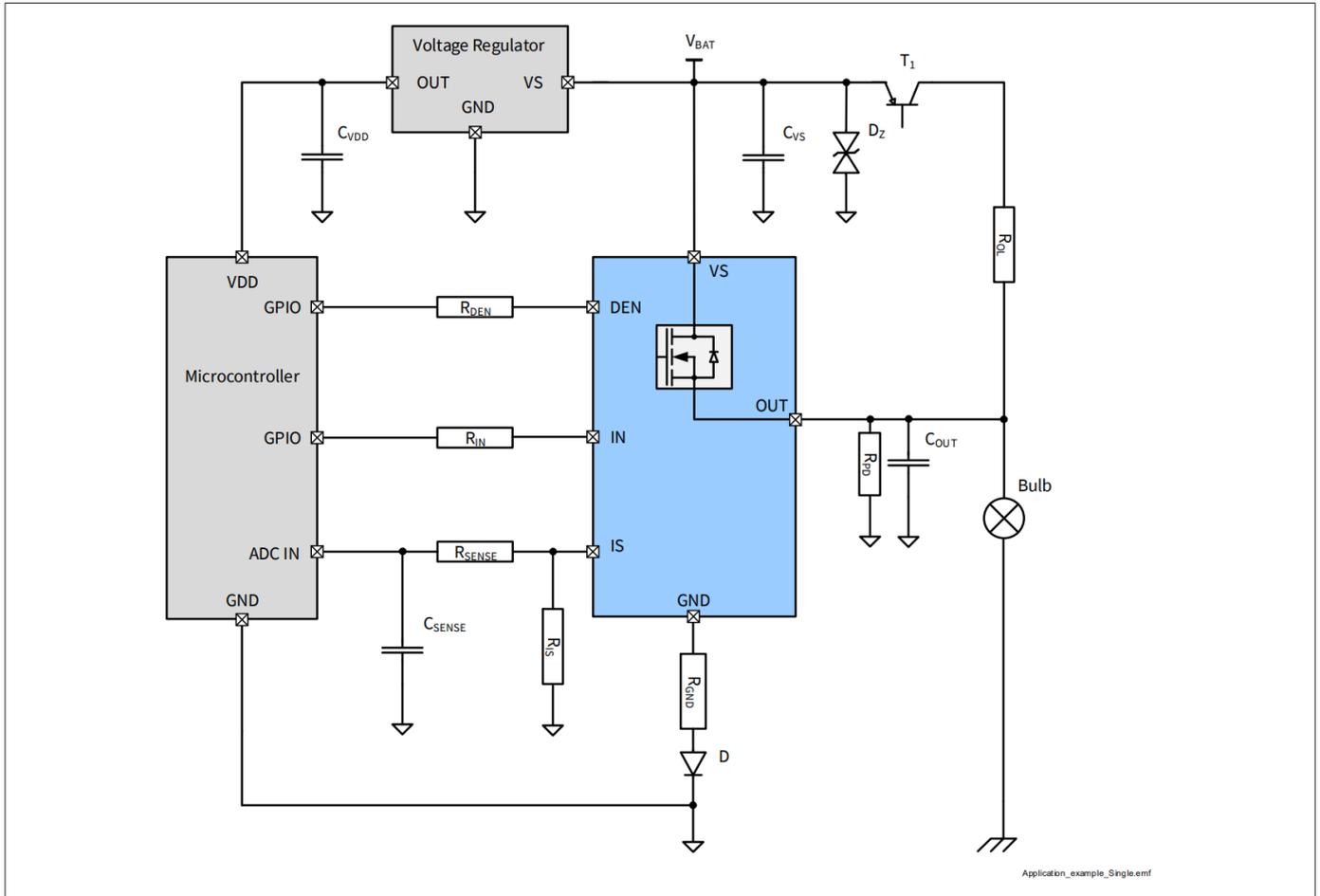


图 29 BTT6010-1ERA 应用图

注释： 这是一个非常简化的应用电路示例。需在实际应用中进行验证功能。

表 11 材料清单

| Reference | Value | Purpose |
|-------------|----------------|---|
| R_{IN} | 10 k Ω | Protection of the microcontroller during overvoltage, reverse polarity Guarantee BTT6010-1ERA channels OFF during loss of ground |
| R_{DEN} | 10 k Ω | Protection of the microcontroller during overvoltage, reverse polarity Guarantee BTT6010-1ERA channels OFF during loss of ground |
| R_{PD} | 47 k Ω | Polarization of the output Improve BTT6010-1ERA immunity to electromagnetic noise |
| R_{IS} | 1.2 k Ω | Sense resistor |
| R_{SENSE} | 10 k Ω | Overvoltage, reverse polarity, loss of ground. Value to be tuned with microcontroller specification. |

应用信息

表 11 材料清单 (续)

| Reference | Value | Purpose |
|-------------|------------------|---|
| R_{OL} | 1.5 k Ω | Ensure polarization of the BTT6010-1ERA output during open load in OFF diagnostic |
| D | BAS21 | Protection of the BTT6010-1ERA during reverse polarity |
| R_{GND} | 27 Ω | To limit the GND current at a safe value during ISO pulse |
| Z | 58 V Zener diode | Protection of the device during overvoltage |
| T1 | Dual NPN/PNP | Switch the battery voltage for open load in OFF diagnostic |
| C_{SENSE} | 100 pF | Sense signal filtering |
| C_{VS} | 100 nF | Filtering of the voltage spikes on the battery line |
| C_{OUT} | 10 nF | Protection of the BTT6010-1ERA during ESD and BCI |

10.1 更多应用信息

- 请联系我们以获得引脚 FMEA
- 现有应用笔记
- 如需了解更多信息，请访问 www.infineon.com

封装外形

11 封装外形

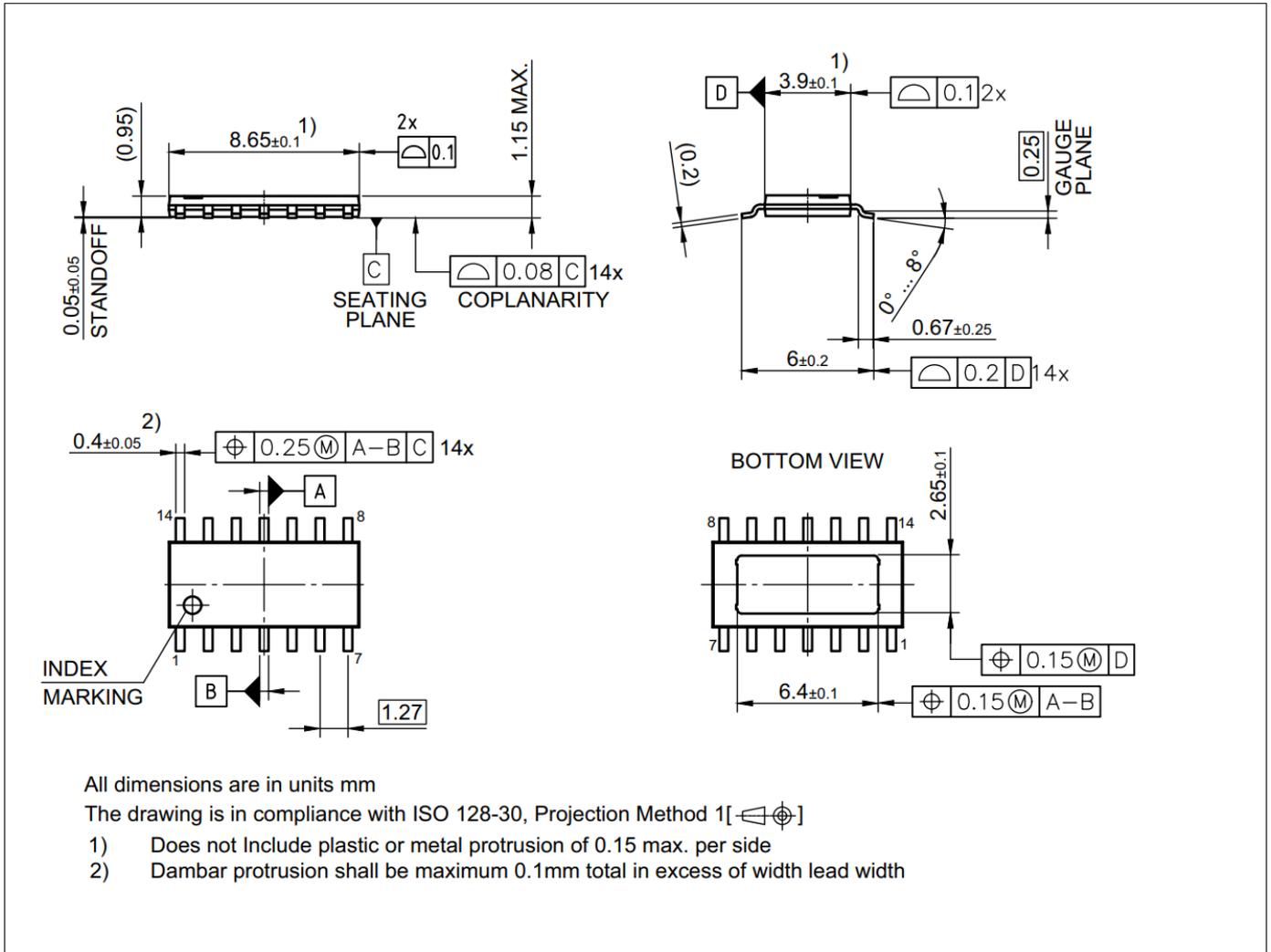


图 30 PG-TDSO-14¹⁾ (塑料双小型封装) (符合 RoHS 标准)

绿色产品 (符合 RoHS 标准)

为了满足全球客户对环保产品的要求，并遵守政府法规，该器件以绿色产品的形式提供。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）。

短路能力的法律免责声明

对于低于阈值限制的任何短路故障，英飞凌不承担任何明示或暗示的保证和责任。

有关封装的更多信息，请访问

<https://www.infineon.com/packages>

1) 尺寸 (毫米)

修订记录

12 **修订记录**

| Version | Date | Changes |
|----------------|-------------|-----------------------|
| 1.00 | 2019-03-09 | Creation of datasheet |

目录

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | 概述 | 1 |
| 2 | 框图 | 3 |
| 3 | 引脚配置 | 4 |
| 3.1 | 引脚分配..... | 4 |
| 3.2 | 引脚定义和功能..... | 4 |
| 3.3 | 电压和电流定义..... | 5 |
| 4 | 产品一般特性 | 6 |
| 4.1 | 绝对最大额定值..... | 6 |
| 4.2 | 工作范围..... | 8 |
| 4.3 | 热阻抗..... | 9 |
| 4.3.1 | PCB 设置..... | 9 |
| 4.3.2 | 热阻抗..... | 10 |
| 5 | 功率级 | 11 |
| 5.1 | 输出导通电阻..... | 11 |
| 5.2 | 具有阻性负载的开启/关断特性..... | 11 |
| 5.3 | 感性负载..... | 12 |
| 5.3.1 | 输出钳位..... | 12 |
| 5.3.2 | 最大负载电感..... | 13 |
| 5.4 | 反向电流能力..... | 14 |
| 5.5 | 功率级电气特性..... | 15 |
| 6 | 保护功能 | 17 |
| 6.1 | 接地丢失保护..... | 17 |
| 6.2 | 欠压保护..... | 17 |
| 6.3 | 过压保护..... | 18 |
| 6.4 | 反极性保护..... | 19 |
| 6.5 | 过载保护..... | 20 |
| 6.5.1 | 电流限制..... | 20 |
| 6.5.2 | 功率 DMOS 中的温度限制..... | 21 |
| 6.6 | 保护功能电气特性..... | 22 |
| 7 | 诊断功能 | 23 |
| 7.1 | IS 引脚..... | 23 |
| 7.2 | 不同运行模式下的 SENSE 信号..... | 24 |
| 7.3 | 标称额定电流范围内的 SENSE 信号..... | 25 |
| 7.3.1 | SENSE 信号随温度和负载电流的变化..... | 25 |
| 7.3.2 | SENSE 信号时序..... | 26 |
| 7.3.3 | 负载开路中的 SENSE 信号..... | 27 |
| 7.3.3.1 | ON 诊断中的负载开路..... | 27 |
| 7.3.3.2 | OFF 诊断中的负载开路..... | 27 |
| 7.3.3.3 | 负载开路诊断时序..... | 28 |
| 7.3.4 | 输出短路到V _s 的 SENSE 信号..... | 29 |
| 7.3.5 | 过载时的 SENSE 信号..... | 29 |
| 7.3.6 | 反向电流时的 SENSE 信号..... | 29 |
| 7.4 | 诊断功能电气特性..... | 30 |
| 8 | 输入引脚 | 33 |
| 8.1 | 输入电路..... | 33 |
| 8.2 | DEN 引脚..... | 33 |
| 8.3 | 输入引脚电压..... | 33 |
| 8.4 | 电气特性..... | 34 |

| | | |
|-----------|---------------------|----|
| 9 | 特性描述结果 | 35 |
| 9.1 | 产品一般特性 | 35 |
| 9.2 | 功率级 | 36 |
| 9.3 | 保护功能 | 37 |
| 9.4 | 诊断机制 | 38 |
| 9.5 | 输入引脚 | 39 |
| 10 | 应用信息 | 40 |
| 10.1 | 更多应用信息 | 41 |
| 11 | 封装外形 | 42 |
| 12 | 修订记录 | 43 |
| | 目录 | 44 |



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 2026-01-26

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>。