

适用于外部电流轨应用的英飞凌XENSIV™ 高精度无芯电流传感器

特性

- 高精度，量程可配置，交直流电流检测
- 电流测量超过 1000 A 时，满刻度可达 ± 41.6 mT
- 5 V 电源电压
- 可配置差分模拟输出（包括比率测量选项）
- 符合 ISO 26262 标准的独立安全单元，支持 ASIL-B 等级安全要求
- 外形小巧，功率密度高
- 温度和寿命期间的灵敏度误差极低
- 偏移量在温度和使用寿命期间具有出色的稳定性
- 差分传感器原理可确保出色的杂散磁场抑制能力
- 高带宽提供快速响应时间和低相位延迟
- 过流检测，阈值可配置（最大检测时间 < 1.0 μ s）
- EEPROM 集成电荷泵，用于系统内编程和线路末端校准，无需额外电路
- 提供不同的封装方案，可优化不同布线方案中的系统集成
- 数字控制和诊断接口。它提供：温度读出、安全状态读出、内部 EEPROM 的读/写编程访问、诊断模式控制
- 预温度校准，可进行系统内末端校准，以补偿系统级误差



潜在应用

- 主电机和辅助电机
- 过载和过流检测
- 电池总开关
- 智能断路器
- 光伏逆变器
- 电流监控和电源

产品验证

汽车应用认证。产品依据 AEC-Q100, Grade 0 进行验证。

描述

TLE4973 是一款用于交流和直流测量的高精度微型无芯磁性电流传感器，带有模拟接口和快速过流检测输出。使用流量集中技术的开环传感器可避免已知的负面效应（饱和、滞后）。差分测量原理可以极大地抑制杂散场，从而在恶劣的环境中运行。高度的可配置性可为各种应用提供定制服务。用户可编程参数（如 OCD 阈值和灵敏度设置）存储在嵌入式 EEPROM 中。器件配置可通过名为数字控制诊断接口（DCDI）的单线 UART 接口就地完成。DCDI 接口提供对器件内部寄存器的读/写访问，允许触发诊断模式并读取温度、OCD 和安全状态。它具有自动寻址功能，一条总线上最多可处理 8 个从属器件。

Product type	Package	Marking	Ordering code
TLE4973-AE35D5-S0001	PG-TDSO-16	H73E3A1I	SP005353128
TLE4973-AE35S5-S0001	PG-VSON-6	H73E3A1I	SP005353131
TLE4973-RE35D5-S0001	PG-TDSO-16	H73E3R1I	SP005448166
TLE4973-RE35S5-S0001	PG-VSON-6	H73E3R1I	SP005448267

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

目录

	特性	1
	潜在应用	1
	产品验证	1
	描述	1
	目录	2
1	标准配置	4
2	功能框图	5
3	引脚配置.....	6
4	产品一般特性.....	8
4.1	绝对最大额定值.....	8
4.2	功能范围.....	9
5	产品特性	10
5.1	电气特性.....	10
5.2	传感特性.....	11
5.2.1	满量程定义.....	15
5.2.2	典型温度性能.....	16
5.3	功能说明.....	17
5.3.1	输出电压和电流极性.....	17
5.3.2	输出行为.....	17
5.3.2.1	单端输出模式.....	17
5.3.2.2	全差分输出模式.....	18
5.3.2.3	半差分输出模式.....	19
5.3.3	输出噪声密度.....	19
5.3.4	安全和诊断.....	20
5.3.4.1	OCD - 过流检测	20
5.3.4.1.1	OCD 引脚外部连接	20
5.3.4.1.2	OCD 阈值	21
5.3.4.1.3	OCD 输出时序行为	22
5.3.4.2	欠压 / 过压检测.....	24
5.3.4.3	DCDI - 数字控制诊断接口	25
5.3.4.3.1	DCDI 从机寻址	25
5.3.4.3.2	DCDI 功能	25
5.3.4.4	诊断模式.....	26
6	应用信息.....	27
6.1	半差分和全差分输出模式应用电路示例	27
6.2	单端输出模式应用电路示例	28

7	封装	29
8	修订记录	32
	免责声明.....	33

1 标准配置

表 1 TLE4973 标准配置

Name	RATIO	FS [mT] 1)	FS _{5V} [mT] 1)	S _X [mV/mT] 1)	B _{THR} [mT] 1)	OCD _{GL_MUL} 1)	V _{OQ} [V] 1)	OP _{MODE} 1)
TLE4973-RE35S5-S0001	on	±21.27	±26	84.63	±29.9	0, filter disabled	V _{DD} /2	Semi-differential
TLE4973-RE35D5-S0001								
TLE4973-AE35S5-S0001	off	±21.27	±26	84.63	±29.9	0, filter disabled	V _{DD} /2	Semi-differential
TLE4973-AE35D5-S0001								

RATIO = 与 V_{DD} 的比率, FS = 最小满刻度, FS_{5V} = V_{DD} = 5 V 时的满刻度, S_X = 灵敏度, B_{THR} = OCD 阈值电平, OCD_{GL_MUL} = 陷波滤波器设置, V_{OQ} = 静态输出电压, OP_{MODE} = 输出模式

1) 客户可以更改配置。输出模式选项包括半差分、全差分和单端。不允许仅采用单端 AOUT 输出模式。

2 功能框图

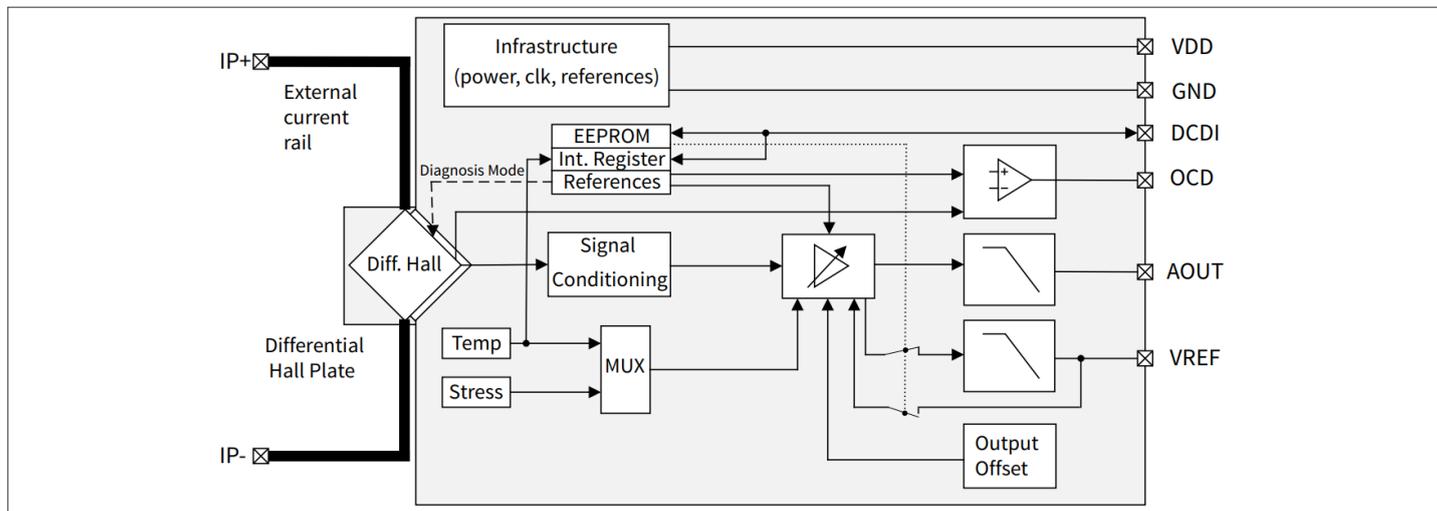


图 1 器件功能框图

流过外部电流导轨的电流会产生磁场，该磁场由两个霍尔探头分别测量。差分测量原理可提供出色的杂散磁场抑制能力。高性能放大器将差分场产生的信号与温度和应力补偿单元提供的补偿信息相结合。最后，放大器输出信号被送入差分输出放大器，驱动传感器的模拟输出。

3 引脚配置

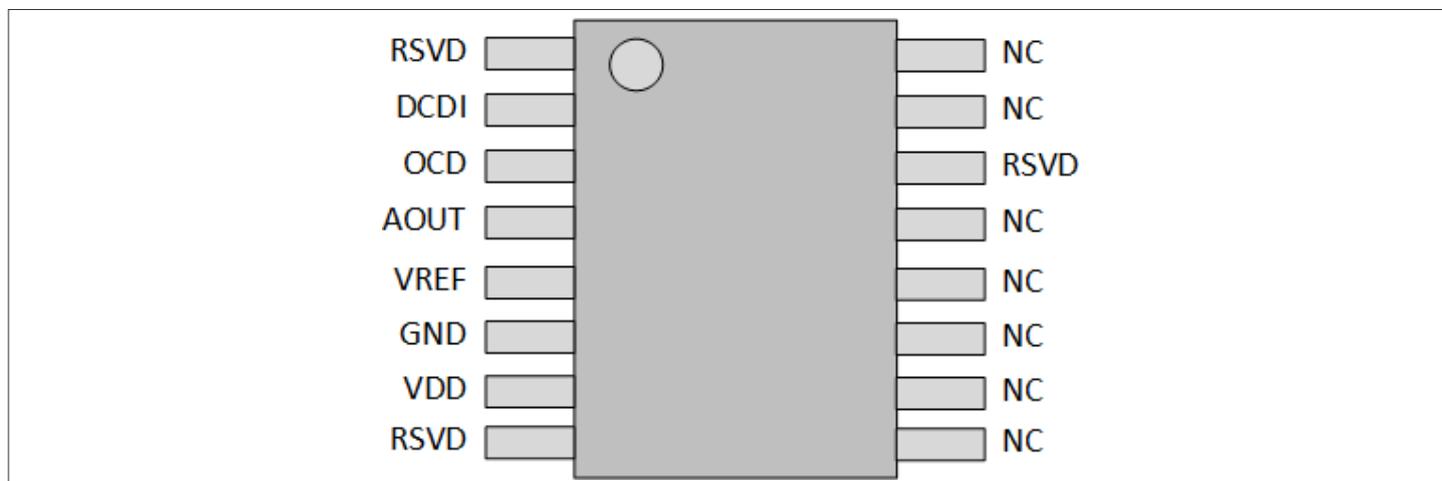


图2 引脚配置 (PG-TDSO-16)

表2 引脚定义和功能 (PG-TDSO-16)

Pin No.	Symbol	Function	Comment
1	RSVD	Pin shorted with sensor lead frame	1)
2	DCDI	DCDI communication interface	Open drain input / output, short to VDD if not used
3	OCD	Over Current Detection output	Open drain output, short to GND if not used
4	AOUT	Analog output	-
5	VREF	Reference voltage	Input or output
6	GND	Ground	-
7	VDD	Supply voltage	-
8	RSVD	Pin shorted with sensor lead frame	1)
9-13	NC	Not connected with lead frame or sensor	-
14	RSVD	Pin shorted with sensor lead frame	1)
15-16	NC	Not connected with lead frame or sensor	-

1) 引线框架应连接至 GND。只有一个 RSVD 引脚应连接至接地，以避免通过引线框架形成接地回路。其他 RSVD 引脚应保持打开状态。

3 引脚配置

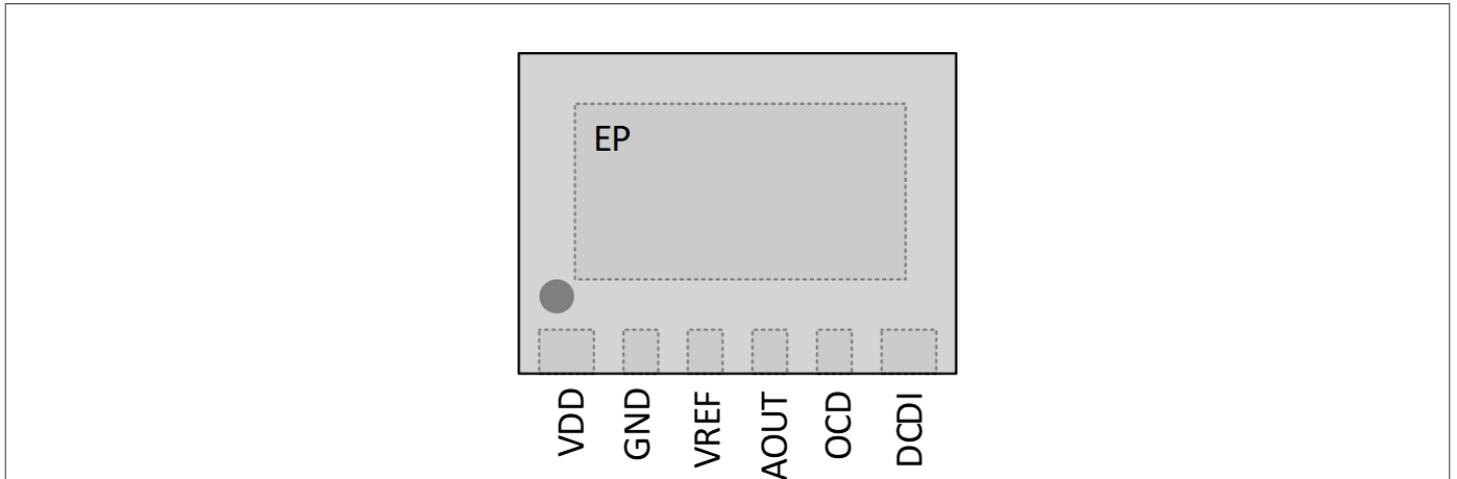


图3 引脚配置 (PG-VSON-6)

表 3 引脚定义和功能 (PG-VSON-6)

Pin No.	Symbol	Function	Comment
1	VDD	Supply voltage	-
2	GND	Ground	-
3	VREF	Reference voltage	Input or output
4	AOUT	Analog output	-
5	OCD	Over Current Detection output	Open drain output, short to GND if not used
6	DCDI	DCDI communication interface	Open drain input / output, short to VDD if not used
7	EP	Exposed pad	Shall be connected to GND

4 产品一般特性

4.1 绝对最大额定值

表 4 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage maximum ratings	V_{DD}	-0.3	–	6.5	V	
Voltage on interface pins VREF, AOUT	V_{IO_A}	-0.3	–	V_{DD}	V	Pull-up resistors are connected to V_{DD}
Voltage on interface pins OCD, DCDI	V_{IO_D}	-0.3	–	V_{DD}	V	Pull-up resistors of the open-drain drivers are connected to V_{DD}
ESD voltage HBM (human body model)	V_{ESD_HBM}	-2	–	2	kV	Human Body Model (HBM), according to AEC Q100-002 standard
ESD voltage CDM (charged device model)	V_{ESD_CDM}	-1	–	1	kV	Charged Device Model (CDM), according to JEDEC JS-002 standard
Junction temperature maximum ratings	T_{J_MAX}	–	–	175	°C	
Storage temperature	T_{A_STORE}	-40	–	150	°C	

注意： 超过"绝对最大额定值"所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。这只是一个应力额定值，并不意味着器件在这些条件下或任何其他条件下的功能运行超出了本数据手册"功能范围"章节中所示的范围。此外，仅假设了单一错误情况。一个以上的应力/错误情况也可能损坏器件。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。在绝对最大额定过载条件下， V_{DD} 引脚上相对于地的电压不得超过绝对最大额定值。寿命声明是基于英飞凌鉴定测试结果的推断。元器件的实际使用寿命取决于其应用形式和使用类型等，可能与上述声明存在偏差。寿命声明在任何情况下均不得延长约定的质保期。

4 产品一般特性

4.2 功能范围

为了确保器件正确运行，不得超出以下操作范围。除非另有说明，以下部分中指定的所有参数均指这些操作条件。

表 5 功能范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating supply voltage	V_{DD}	4.5	5	5.5	V	
Ambient temperature	T_A	-40	-	150	°C	
Operating junction temperature	T_{J_OP}	-40	-	160	°C	
Capacitance on AOUT pin	C_{AOUT}	6	6.8	8	nF	Without series resistor, including parasitic capacitance on the board
Capacitance on VREF pin	C_{VREF}	6	6.8	8	nF	Without series resistor, including parasitic capacitance on the board
Reference input voltage	V_{REF_NOM}	-	2.5	-	V	Allowed values: 2.5 V and 1.25 V. The chosen nominal value has to be programmed in EEPROM
Reference input voltage variation	V_{REF_VAR}	-10	-	10	%	In single-ended mode
Sensitivity calibration range	S_{CAL_MG}	-15	-	15	%	Minimum residual calibration range available for customer sensitivity calibration after Infineon end of production line

5 产品特性

5 产品特性

5.1 电气特性

表 6 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Current consumption	I_{DD}	-	21	25	mA	$I_{AOUT} = 0$ mA
Programming current	I_{PROG}	-	-	25	mA	Total current consumption during EEPROM programming
VREF leakage current	I_{VREF}	-	-	5	μ A	VREF current consumption in single-ended mode
Power-on delay time	t_{POR}	-	-	1.5	ms	V_{DD} rising 0 V to 5.0 V. Starts when the V_{DD} reaches the minimum allowed operating conditions and stops when the device is fully operational. OCD is set to GND within this time. DCDI pin is set to high ohmic 'Z'
Quiescent output voltage bidirectional	V_{OQBID}	-	$V_{DD}/2$	-	V	
Quiescent output voltage unidirectional	V_{OQUNI}	-	$V_{DD}/3.984$	-	V	
Analog output linear range	V_{AOUT_LR}	0.3	-	4.7	V	$V_{DD} = 5$ V, -6.53 mA $\leq I(AOUT) \leq 6.53$ mA
Analog output linear range, VREF pin	V_{REF_LR}	0.3	-	4.7	V	$V_{DD} = 5$ V, -6.53 mA $\leq I(VREF) \leq 6.53$ mA. Valid in fully-differential output mode
Analog output drive capability	I_{AOUT}	-6.53	-	6.53	mA	DC current
Analog output drive capability, VREF pin	I_{VREF}	-6.53	-	6.53	mA	DC current
Analog output saturation voltage	V_{CL_H}	-	-	300	mV	$I(AOUT) = -6.53$ mA
Analog output saturation voltage	V_{CL_L}	$V_{DD} - 0.3$	-	-	V	$I(AOUT) = 6.53$ mA
Analog output saturation voltage, VREF pin	$V_{CL_H_VREF}$	-	-	300	mV	$I(VREF) = -6.53$ mA

(表格续下页.....)

5 产品特性

表 6 (续) 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Analog output saturation voltage, VREF pin	$V_{CL_L_VREF}$	$V_{DD} - 0.3$	-	-	V	$I(VREF) = 6.53 \text{ mA}$
Analog output diagnosis mode output amplitude variation	V_{DIAG_VAR}	-20	-	20	%	Over temperature and life time with respect to diagnosis mode test signal

5.2 传感特性

表 7 传感特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Sensitivity, range S1	S1	-	52.89	-	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = \pm 34.04 \text{ mT}$ $FS_{5V} = \pm 41.6 \text{ mT}$ for $V_{DD} = 5 \text{ V}$ Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = 57.67 \text{ mT}$
Sensitivity, range S2	S2	-	63.47	-	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = \pm 28.36 \text{ mT}$ $FS_{5V} = \pm 34.66 \text{ mT}$ for $V_{DD} = 5 \text{ V}$ Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = 48.05 \text{ mT}$
Sensitivity, range S3	S3	-	84.63	-	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = \pm 21.27 \text{ mT}$ $FS_{5V} = \pm 26 \text{ mT}$ for $V_{DD} = 5 \text{ V}$ Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = 36.04 \text{ mT}$
Sensitivity, range S3.5	S3.5	-	105.8	-	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = \pm 17.01 \text{ mT}$ $FS_{5V} = \pm 20.79 \text{ mT}$ for $V_{DD} = 5 \text{ V}$ Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> $FS = 28.83 \text{ mT}$

(表格续下页.....)

5 产品特性

表 7 (续) 传感特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Sensitivity, range S4	S4	–	126.95	–	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = ±14.18 mT FS_{5V} = ±17.33 mT for V_{DD} = 5 V Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = 24.03 mT
Sensitivity, range S4.5	S4.5	–	148.12	–	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = ±12.15 mT FS_{5V} = ±14.85 mT for V_{DD} = 5 V Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = 20.59 mT
Sensitivity, range S5	S5	–	169.26	–	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = ±10.64 mT FS_{5V} = ±13 mT for V_{DD} = 5 V Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = 18.02 mT
Sensitivity, range S5.5	S5.5	–	190.44	–	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = ±9.45 mT FS_{5V} = ±11.55 mT for V_{DD} = 5 V Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = 16.02 mT
Sensitivity, range S6	S6	–	253.89	–	mV/mT	Bidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = ±7.09 mT FS_{5V} = ±8.67 mT for V_{DD} = 5 V Unidirectional output mode: <ul style="list-style-type: none"> FS = 12.01 mT
Quiescent ratiometricity factor	K _{oQ}	–	1	–	–	
Sensitivity ratiometricity factor	K _s	–	1	–	–	
Transfer function cutoff frequency	BW	120	210	–	kHz	-3dB criterion, C _{AOUT} = 6.8 nF
Output phase delay	φ _{DELAY}	–	43.2	60.5	°	f _{SIGNAL} = 120 kHz

(表格续下页.....)

5 产品特性

表 7 (续) 传感特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output group delay	φ_{G_DELAY}	-	1.0	1.4	μs	
Output group delay variation	$\varphi_{G_DELAY_VAR}$	-20	-	20	%	Over temperature and lifetime
Output noise density	B_{NOISE}	-	70	175	$\text{nT}/\sqrt{\text{Hz}}$	Referenced to input differential magnetic field. Typical value is for $T_A = 25^\circ\text{C}$. Max value is for $T_A \leq 150^\circ\text{C}$ ¹⁾
External homogeneous magnetic field suppression	B_{SR}	34	40	-	dB	With respect to the external homogeneous field applied, up to 20 mT. Frequency up to 4 kHz
Initial sensitivity error	E_{SENS}	-5.0	± 2.7	5.0	%	Typical value is ± 3 sigma. $T_A = 25^\circ\text{C}$; can be compensated in the application by end-of-line calibration at RT.
Sensitivity calibration resolution	E_{SENS_CAL}	-	0.12	-	%	Calibration resolution varies with calibration code. Further details to be found in the user manual
Sensitivity drift over temperature	E_{SENS_T}	-1.35	± 0.8	1.35	%	Bidirectional output mode. Typical is ± 3 sigma. At 0h. ²⁾
Sensitivity drift over temperature and lifetime	E_{SENS_L}	-1.9	± 1.23	1.9	%	Bidirectional output mode. $T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C . ^{2) 3)}
Initial offset error	E_{OFF_INIT}	-200	± 40	200	μT	Typical value is ± 3 sigma. $T_A = 25^\circ\text{C}$; can be compensated in the application by end-of-line calibration at RT
Offset calibration resolution	E_{OFF_CAL}	-	12.9	-	μT	Further details to be found in the user manual
Output offset variation over temperature	E_{OFF_T}	-100	± 30	100	μT	Bidirectional output mode. Typical is ± 3 sigma. At 0h. ²⁾
Output offset variation over temperature and lifetime	E_{OFF_L}	-100	± 40	100	μT	Bidirectional output mode. ^{2) 3)}

(表格续下页.....)

5 产品特性

表 7 (续) 传感特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Total drift over temperature	E_{TOT_T}	-1.6	±1	1.6	%	Bidirectional output mode. Typical is ±3 sigma. At 0h. ²⁾ Percentage of full scale, sensitivity $S1$. Includes sensitivity, offset and linearity errors.
Total drift over temperature and lifetime	E_{TOT_L}	-2	±1.3	2	%	Bidirectional output mode. $T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C . ^{2) 3)} Percentage of full scale, sensitivity $S1$. Includes sensitivity, offset and linearity errors.
Sensitivity ratiometricity error over temperature and lifetime	E_{SRATIO_L}	-	±0.05	-	%/% V_{DD}	Bidirectional output mode. ±10% V_{DD} variation. ³⁾
Offset ratiometricity error over temperature and lifetime	E_{ORATIO_L}	-	±6	-	μT	Bidirectional output mode. ±10% V_{DD} variation. ³⁾
Temperature sensor sensitivity	S_{TEMP}	-	16	-	LSB/°C	
Temperature sensor RMS noise	$NRMS_{TEMP}$	-	-	0.5	°C	In the range of 25 °C to max operating T_J
Temperature sensor linearity error	E_{TEMP}	-5	-	5	°C	In the range of 25 °C to max operating T_J

1) 输出噪声密度可根据第 5.3.3 章中的公式表示。

2) 指定的精度误差仅适用于预设的比率测量设置。

3) 最小/最大值来自 AEC-Q100 认证。典型值为 AEC-Q100 认证期间测得的±3 sigma 值。

5.2.1 满量程定义

满量程输入磁场范围以及 AOUT 和 VREF 引脚上相应的满量程输出电压范围定义如下。

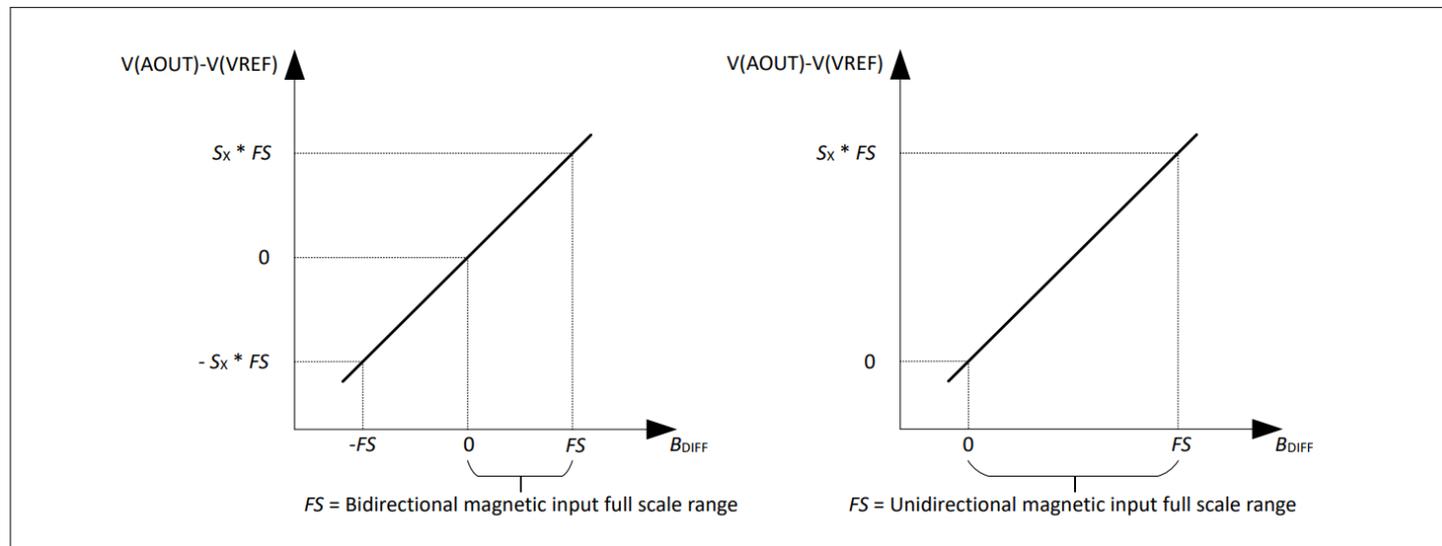


图 4 满量程定义 (FS)

在表 7 中，满量程 FS 是根据灵敏度 S_x 来定义的。表 7 中的总误差漂移规范认为满量程 FS 与传感器可测量的最大绝对值有关，而不是从 $-FS$ 到 $+FS$ 的整个偏移量。如果将总误差与整个偏移量挂钩，则总误差（定义为 FS 的%）将减少 2 倍。

5 产品特性

5.2.2 典型温度性能

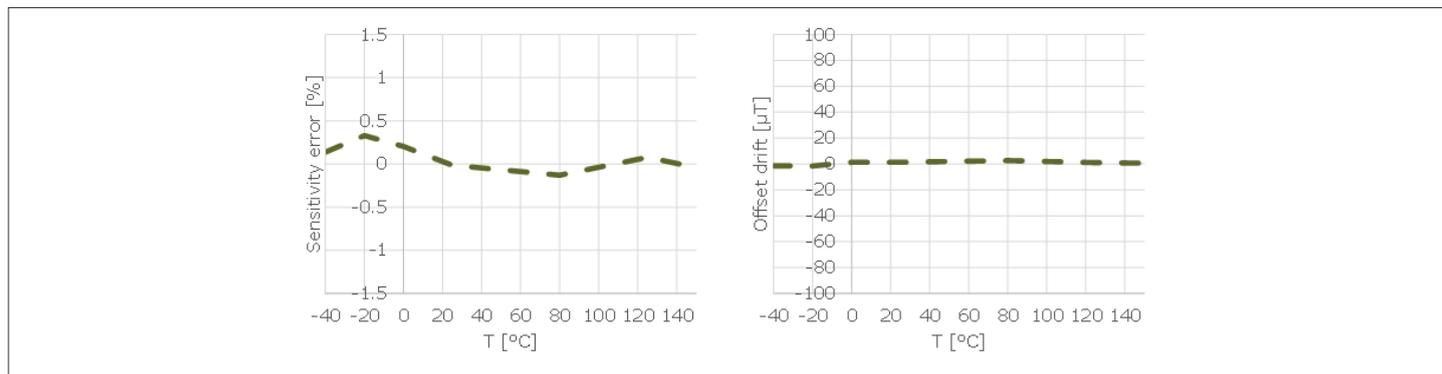


图 5 PG-VSON-6, 半差分双向, 灵敏度 S1

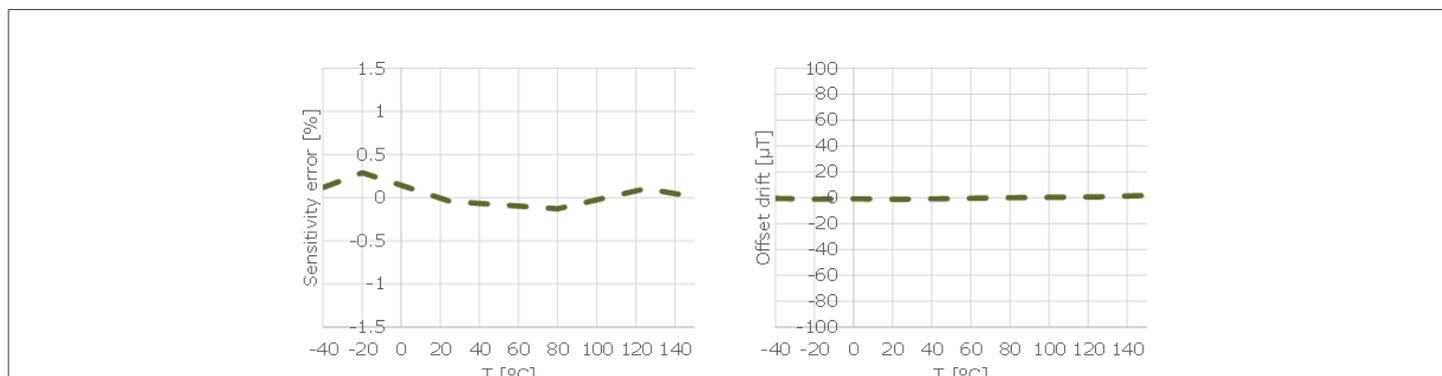


图 6 PG-VSON-6, 半差分双向, 灵敏度 S6

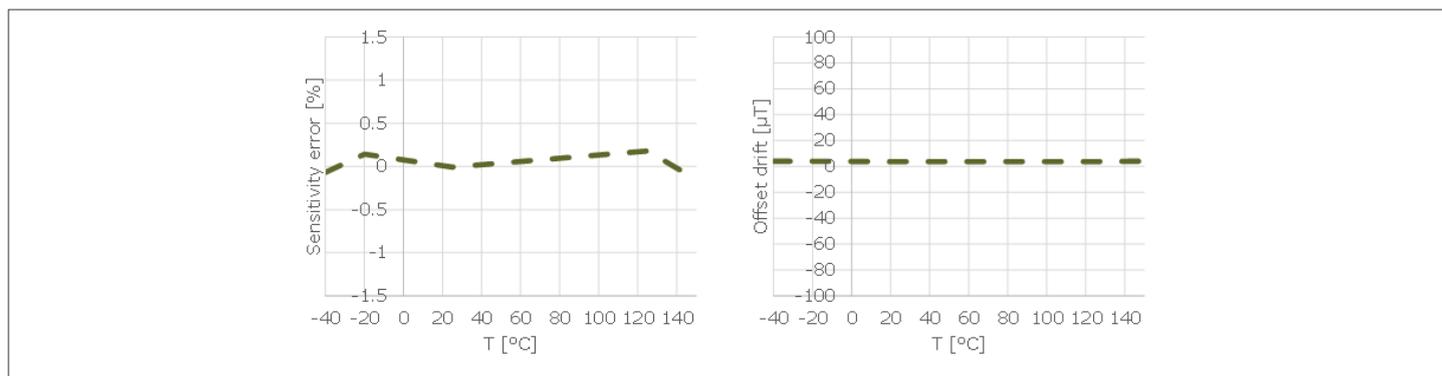


图 7 PG-TDSO-16, 半差分双向, 灵敏度 S1

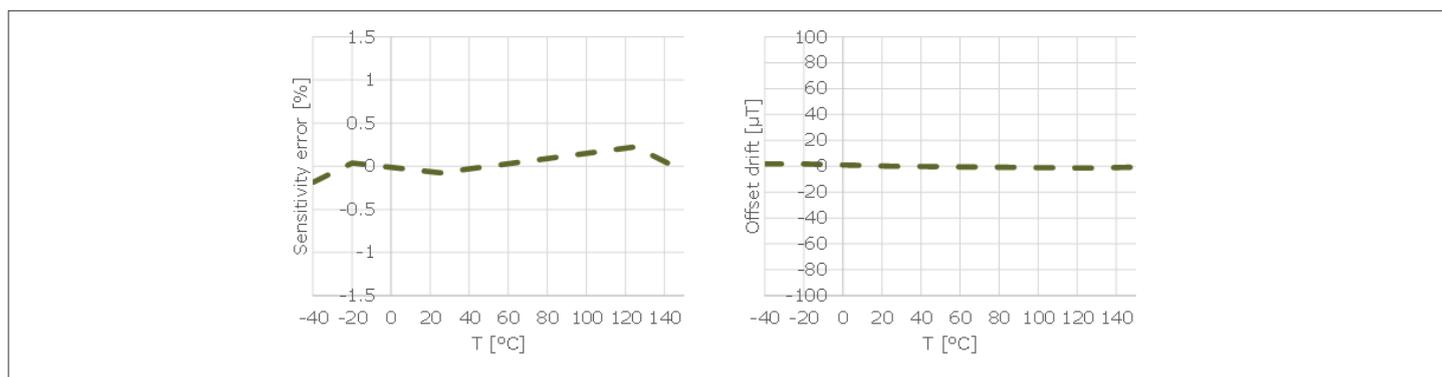


图 8 PG-TDSO-16, 半差分双向, 灵敏度 S6

5 产品特性

5.3 功能说明

5.3.1 输出电压和电流极性

TLE4973 无芯磁流传感器可测量外部导体中的电流所产生的差分磁场。下图显示了传感器霍尔单元位置处的磁场 B_{H1} 和 B_{H2} 取决于电流 I_{PN} 。传感器提供与电流 I_{PN} 极性相同的输出电压。

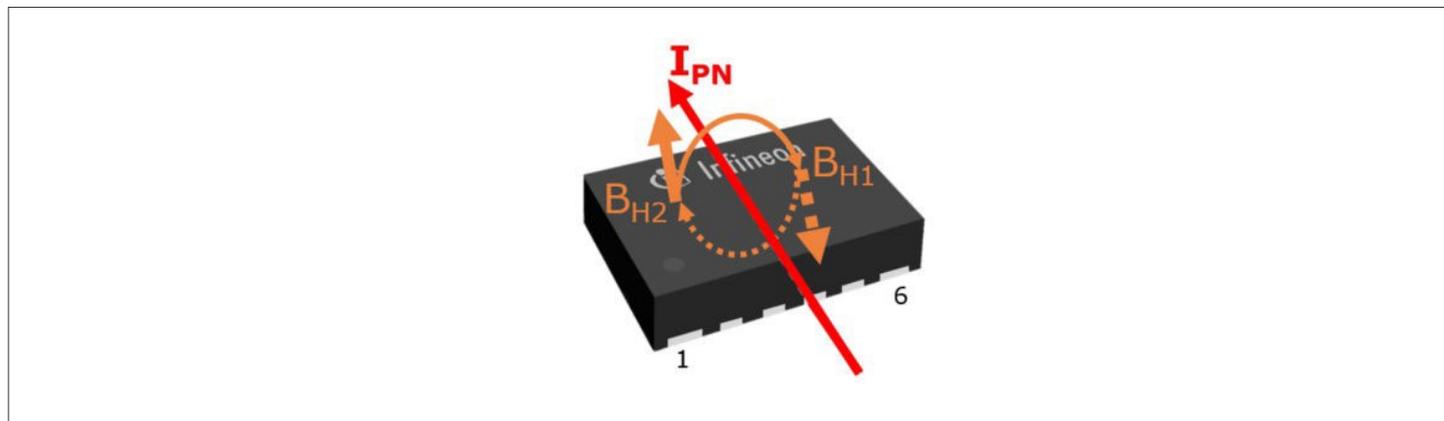


图 9 电流极性 (PG-VSON-6)

当电流 I_{PN} 沿着上图所示方向流过外部电流轨时，它是正的。

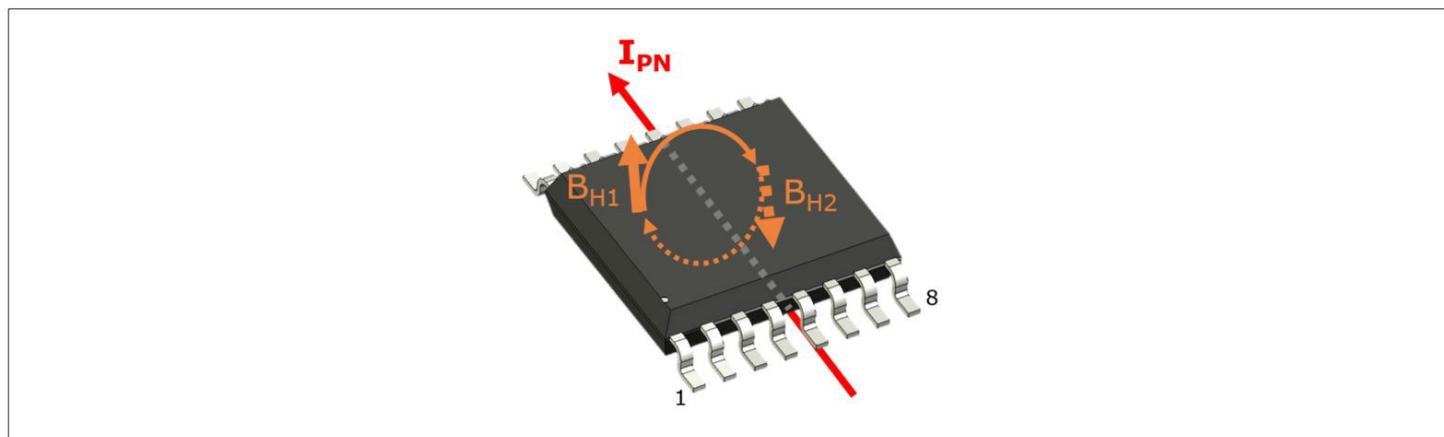


图 10 电流极性 (PG-TDSO-16)

当电流 I_{PN} 通过外部电流轨从引脚 1 (+) 流向引脚 9 (-) 时为正。

5.3.2 输出行为

器件可设置为三种不同的模式：

- 单端；
- 全差分；
- 半差分。

模式通过可编程配置进行选择。

5.3.2.1 单端输出模式

如果选择单端输出模式，则 V_{REF} 引脚用作基准电压的输入端。

如果选择单端输出模式，AOUT 引脚提供的输出电压代表霍尔探头位置的差分磁场 B_{DIFF} 测量值。

S 为灵敏度， V_{OQ} 为静态电压，AOUT 的输出电压可表示为：

$$V(AOUT) = V_{OQ} + S \cdot B_{DIFF} \quad (1)$$

其中， B_{DIFF} 被定义为霍尔探头位置的平均差分磁场：

$$B_{DIFF} = \frac{B_{H1} - B_{H2}}{2} \quad (2)$$

如果选择单端输出模式，静态电压 V_{OQ} 等于VREF引脚上的电压。

$$V_{OQ} = V(VREF) \quad (3)$$

如果选择单端输出模式并启用灵敏度比率，则输出灵敏度是可编程的，与电源电压 V_{DD} 的比率如下式所示。

$$S(V_{DD}) = S(5V) \cdot \left[1 + \frac{(V_{DD} - 5V) \cdot K_S}{5V} \right] \quad (4)$$

灵敏度 S 与电源电压 V_{DD} 之间的比例关系由灵敏度比率系数 K_S 确定。由于比率系数 K_S 的标称值为1，因此公式变为：

$$S(V_{DD}) = S(5V) \cdot \frac{V_{DD}}{5V} \quad (5)$$

如果未启用灵敏度比率，则灵敏度始终等于标称值，与 V_{DD} 值无关。

5.3.2.2 全差分输出模式

如果选择全差分输出模式，VREF引脚将作为输出端，提供差分输出信号的反相信号。

S 是灵敏度， V_{OQ} 是静态电压，因此VREF的输出电压可表示为：

$$V(VREF) = V_{OQ} - S \cdot B_{DIFF} \quad (6)$$

如果选择全差分输出模式，则AOUT引脚用作输出，提供差分输出信号的非反相信号。

S 为灵敏度， V_{OQ} 为静态电压，AOUT的输出电压可表示为：

$$V(AOUT) = V_{OQ} + S \cdot B_{DIFF} \quad (7)$$

如果选择全差分模式，AOUT和VREF这两个引脚的标称静态电压值设为 $V_{DD}/2$ （参见 V_{OQBID} ）。当偏移比容启用时，它相对于 V_{DD} 的比容如下式所定义。在这种情况下，静态电压可表示如下，以显示与实际 V_{DD} 值的关系：

$$V_{OQ}(V_{DD}) = V_{OQ}(5V) \cdot \left[1 + \frac{(V_{DD} - 5V) \cdot K_{OQ}}{5V} \right] \quad (8)$$

由于比率系数 K_{OQ} 的标称值为1，因此公式变为：

$$V_{OQ}(V_{DD}) = \frac{V_{DD}}{2} \quad (9)$$

如果选择了全差分模式并启用了灵敏度比率，则输出灵敏度是可编程的，与电源电压 V_{DD} 的比率如下式所示。

$$S(V_{DD}) = S(5V) \cdot \left[1 + \frac{(V_{DD} - 5V) \cdot K_S}{5V} \right] \quad (10)$$

灵敏度 S 与电源电压 V_{DD} 之间的比例关系由灵敏度比率系数 K_S 确定。由于比率系数 K_S 的标称值为1，因此公式变为：

$$S(V_{DD}) = S(5V) \cdot \frac{V_{DD}}{5V} \quad (11)$$

考虑到差分输出电压，在全差分模式下，灵敏度值是单端模式下的两倍。如果未启用灵敏度比率，则灵敏度将始终等于额定值，与 V_{DD} 无关。

5.3.2.3 半差分输出模式

如果选择半差分输出模式，VREF引脚将作为输出端工作，提供芯片内部基准电压。

如果选择半差分输出模式，AOUT引脚提供的输出电压代表霍尔探针位置的差分磁场 B_{DIFF} 测量值。 $V(AOUT)$ 、 S 和 V_{OQ} 的计算公式与单端输出模式相同。

AOUT上的静态电压名义上等于VREF引脚输出的内部基准电压。对于需要测量双向电流的应用，静态电压将设置为电压范围的中间值(V_{OQBID})，而当应用已经知道电流方向时，静态电压可设置为较低值(V_{OQUNI})，以便更好地利用整个电压范围。

5.3.3 输出噪声密度

参考输入差分磁场的输出噪声密度可按下式表示：

$$B_{NOISE} = \frac{V_{NOISE}}{\sqrt{\frac{\pi}{2} \cdot BW}} \cdot \frac{1}{S} \cdot 10^9 \quad (12)$$

其中：

- B_{NOISE} 是输出噪声密度，单位为 [nT/√Hz]；
- V_{NOISE} 是输出噪声电压，单位为 [VRMS]；
- BW 是传递函数的截止频率，单位为 [Hz]；
- S 是灵敏度，单位为 [mV/mT]。

5.3.4 安全和诊断

5.3.4.1 OCD - 过流检测

发生过流事件时，该器件会在 OCD 引脚上提供快速过流检测 (OCD) 输出。当输入电流绝对值（正或负）高于所选阈值水平时，就会出现过流情况。

5.3.4.1.1 OCD 引脚外部连接

OCD 引脚为低电平有效开漏输出。这样就可以轻松设置线与配置，只需通过一个微控制器引脚就能监控多个电流传感器的输出。OCD 引脚可连接至微控制器和/或栅极驱动器的逻辑输入引脚，以便对过流事件做出快速反应。

该器件具有 EEPROM 选项，可将过流检测输出配置为锁存或非锁存模式。

如果选择了锁存模式，过流事件发生时，OCD 输出将永久锁存为低电平状态。锁存器可通过 DCDI 接口复位。

如果选择的是非锁存模式，当电流轨发生过流事件时，OCD 输出被设置为低电平状态，当过流事件消失时，OCD 输出被释放。

5.3.4.1.2 OCD阈值

OCD 输出的阈值电平是可编程的。阈值水平对称地用于当前事件的正负两方面。可能的阈值水平可以用下面的公式计算出来。

对于 S1 和 S3.5 之间的灵敏度值，适用以下公式：

$$OCD_{THR} = \frac{B_{THR} \cdot 1000}{TF} = \frac{[(OCD_{CODE} \cdot 1.745) + 10.714]_{[mT]} \cdot 1000}{TF} \quad (13)$$

对于 S4 和 S6 之间的灵敏度值，适用以下公式：

$$OCD_{THR} = \frac{B_{THR} \cdot 1000}{TF} = \frac{[(OCD_{CODE} \cdot 0.698) + 4.286]_{[mT]} \cdot 1000}{TF} \quad (14)$$

其中：

- OCD_{THR} 是 OCD 的阈值水平，单位为 [A]；
- B_{THR} 是标称的 OCD 阈值水平，单位为 [mT]。
- OCD_{CODE} 是 6 位代码的十进制值。S4-S6 的最小允许值为 5；
- TF 是当前轨道传输系数，单位为 [$\mu T/A$]。

表 8 TLE4973 OCD 在 S1 和 S3.5 之间的阈值

OCD_{CODE}	B_{THR} [mT]	Notes
0	10.7	Minimum setting
11	29.9	Pre-programmed setting
63	121	Maximum setting

表 9 TLE4973 OCD 在 S4 和 S6 之间的阈值

OCD_{CODE}	B_{THR} [mT]	Notes
5	7.78	Minimum setting
63	48.3	Maximum setting

5.3.4.1.3 OCD 输出时序行为

OCD 输出具有可编程消隐延迟时间的消隐滤波器，以避免错误的 OCD 由于电流轨上的噪声尖峰而触发。当输入电流阶跃超过至少 10% 的阈值时，指定的消隐时序生效。因此，只有当过流条件出现的时间间隔长于所选的消隐延迟时，OCD 输出才会被激活。更详细的解释请参见 OCD 时序图。消隐延迟的可用选项包括 0，并列于 OCD 参数表中。

一旦过流条件消除，与 OCD 输出相关的消隐延迟就会重置。

下图显示了过流事件期间 OCD 输出引脚的标称行为，并定义了重要的时序量，参数表中列出了这些时序量的限值。

过流脉冲 1 是过流事件，过流条件持续时间超过过流响应时间 t_{D_OCD} + 响应时间抖动 Δt_{D_OCD} + 去毛刺滤波器时间 $t_{DEGLITCH}$ 。过流条件 2 和 3 的时间不足以触发 OCD 输出。脉冲 2 短于过流响应时间 t_{D_OCD} ，因此不会产生 OCD 事件。在过流条件 3 中，过流条件的时间长于响应时间 t_{D_OCD} + 响应时间抖动 Δt_{D_OCD} ，但未超过去毛刺滤波器时间 $t_{DEGLITCH}$ ，因此不会产生 OCD 事件。

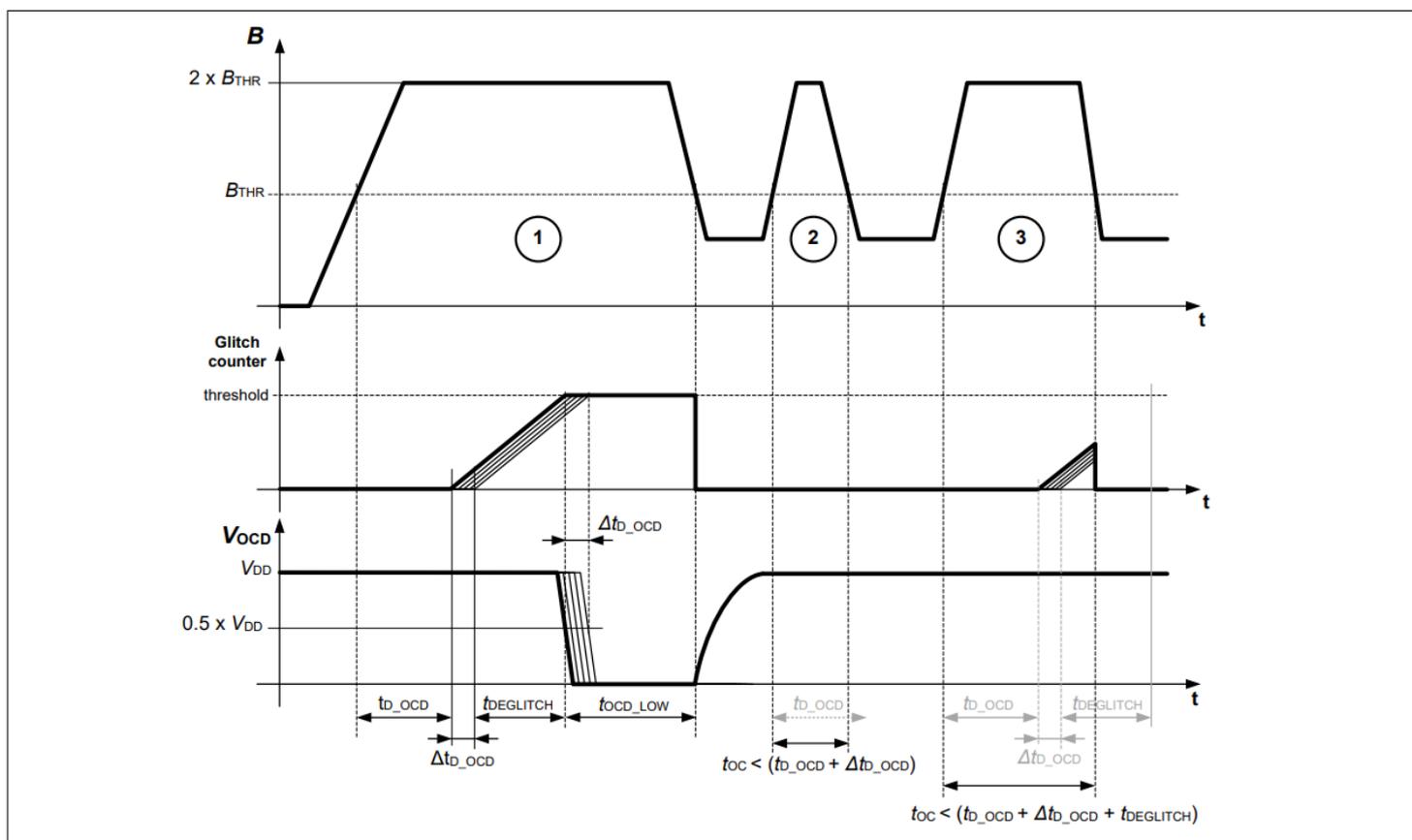


图 11 OCD 输出时序行为

注释：一般条件（除非另有说明）： $C_{OCD} = 1 \text{ nF}$; $R_{OCD_PU} = 4.7 \text{ k}\Omega$

表10 OCD特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Threshold level tolerance	OCD_{THR_TOL}	-10	-	+10	%	
OCD detection minimum time	t_{OCD_LOW}	3	-	-	μs	Once the over-current is signaled on the OCD, the signal is kept active for at least this time
OCD response time	t_{D_OCD}	-	0.7	1.0	μs	$B_{DIFF} = 2 \times B_{THR}$ ¹⁾
OCD fall time	t_{F_OCD}	-	100	150	ns	From 90% to 10% V_{DD} . Load capacitance $C_L = 1$ nF
OCD response time jitter	Δt_{D_OCD}	-	-	0.11	μs	standard deviation, $B_{DIFF} = 2 \times B_{THR}$, input rise time 1 μs
OCD de-glitch filter basic time	t_{OCDGL}	400	500	600	ns	
OCD de-glitch filter setting	OCD_{GL_MUL}	0	-	7	-	$t_{DEGLITCH} = OCD_{GL_MUL} \times t_{OCDGL}$; pre-configured setting = 0 ²⁾
OCD load capacitance	C_{OCD}	-	1	1.3	nF	
OCD pull-up resistor	R_{OCD_PU}	0.9	4.7	10	$k\Omega$	To V_{DD}
OCD low-side resistance	R_{OCD_LOW}	-	-	100	Ω	From OCD pin to GND, when OCD pin is driven low

1) OCD 引脚的下降沿电平 $< 0.5 \times V_{DD}$ 。

2) 当输入电流阶跃超过至少 10% 的阈值时，指定的消隐时序生效。

在常规运行模式下（启动时间之后），当通过 DCDI 接口收到相应命令时，器件会触发 OCD 诊断模式。

可以仅将 OCD 输出引脚设置为过流检测模式。在这种模式下，除了 OCD 引脚电压过低或过高之外，OCD 引脚不会显示错误。

5.3.4.2 欠压/过压检测

如果自身电压电源 (V_{DD}) 处于欠压状态, 器件会激活OCD输出并暂停DCDI通信。

当 V_{DD} 位于 V_{DD_OCD} 参数所指示的值之间时, 就会出现欠压情况。

在过压情况下, 传感器通过禁用 DCDI 接口提供电源故障指示。

如果 V_{DD} 高于过压阈值参数 (V_{OV_RES}), 则存在过压情况。

表 11 欠压/过压特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Undervoltage/ Overvoltage detection delay	$t_{UV OV_DELAY}$	1	2.4	3	μs	
Undervoltage reset threshold	V_{UV_RES}	4.2	-	-	V	V_{DD} falling
Undervoltage release threshold	V_{UV_REL}	-	-	4.5	V	V_{DD} rising
OCD undervoltage condition	V_{DD_OCD}	2.7	-	V_{UV_REL}	V	OCD pulled to "low" level
Overvoltage reset threshold	V_{OV_RES}	-	-	5.8	V	V_{DD} rising
Overvoltage release threshold	V_{OV_REL}	5.5	-	-	V	V_{DD} falling

5 产品特性

5.3.4.3 DCDI - 数字控制诊断接口

该器件在 DCDI 引脚上提供了一个总线兼容的快速单线 DCDI 通信接口，可用作输入/输出。

DCDI 接口是一个基于 UART 的单主多从接口。DCDI 引脚为漏极开路。

该器件提供一种机制来检测模拟输出的内部饱和度。检测信息通过 DCDI 接口提供。

5.3.4.3.1 DCDI 从机寻址

该器件具有自动寻址功能，允许系统中的主器件对总线上连接的不同传感器进行寻址。

器件收到自动寻址广播后，从器件通过 AOUT 引脚向主器件提供其动态地址（以电压电平调制）。只要所有传感器在专用 AOUT 引脚上提供唯一的动态地址，主机就会执行自动寻址广播命令。主机寻址动态从机地址并为每个从机重新分配静态地址后，静态地址将存储在设备 EEPROM 中。系统最多可寻址 8 个独立的从属设备。

如果 EEPROM 配置为使用存储地址（静态），则传感器可能使用存储在 EEPROM 中的静态地址。在这种情况下，自动更改地址的广播命令将被忽略。

5.3.4.3.2 DCDI 功能

器件的 EEPROM 可通过 DCDI 接口进行编程。

可通过 DCDI 接口读取与校准相关的寄存器内容。

DCDI 接口协议层在每个通信帧内为主节点提供内部错误状态信息。

如果激活 OCD 诊断模式或模拟输出诊断模式，则 DCDI 接口帧中的诊断模式状态位将设为 "1"。

如果主机提出要求，传感器可提供单一内部安全机制的状态。

可通过 DCDI 接口读取与内部测量温度成比例的数字值。DCDI 端到端帧保护的故障检测率超过 99%。

有关其他信息，请参阅器件的用户手册。

表 12 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DCDI number of slaves	$DCDI_{SLV}$	-	-	8	-	The number of slaves to be addressed and served in one system
DCDI communication speed	$DCDI_{SP}$	2400	-	57600	bit/s	The baud rate is programmable in 6 different speeds (57600 / 38400 / 19200 / 9600 / 4800 / 2400 bit/s) configurable through 3 bits
DCDI bus voltage	$DCDI_{VBUS}$	-	V_{DD}	-	V	The voltage level for the pull up resistor has the same specification as the sensor supply voltage V_{DD}
DCDI low voltage level	V_{DCDI_LOW}	-	-	1	V	Low state, transition from high to low

(表格续下页.....)

表 12 (续) 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DCDI high voltage level	$V_{\text{DCDI_HIGH}}$	1.6	–	–	V	High state, transition from low to high
DCDI pull-up resistor	$R_{\text{DCDI_PU}}$	433	–	1320	Ω	
DCDI low-side resistance	$R_{\text{DCDI_LOW}}$	–	–	100	Ω	From DCDI pin to GND, when DCDI pin is driven low
DCDI maximum bus load	C_{DCDI}	–	–	1.25	nF	Baud rate = 57600 bit/s. For slower baud rates higher capacitance values are allowed.

5.3.4.4 诊断模式

在常规运行模式下（启动时间之后），当通过 DCDI 接口接收到相应命令时，器件会触发模拟诊断模式。

测试信号可编程为四个标称值。

表 13 诊断模式

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Diagnosis mode test amplitude 1	$B_{\text{TST_DIAG_1}}$	–	5	–	mT	
Diagnosis mode test amplitude 2	$B_{\text{TST_DIAG_2}}$	–	10	–	mT	
Diagnosis mode test amplitude 3	$B_{\text{TST_DIAG_3}}$	–	15	–	mT	
Diagnosis mode test amplitude 4	$B_{\text{TST_DIAG_4}}$	–	20	–	mT	

6.2 单端输出模式应用电路示例

下图显示了该器件的应用电路示例。应用图中的数字是应用中可能使用的典型值示例。

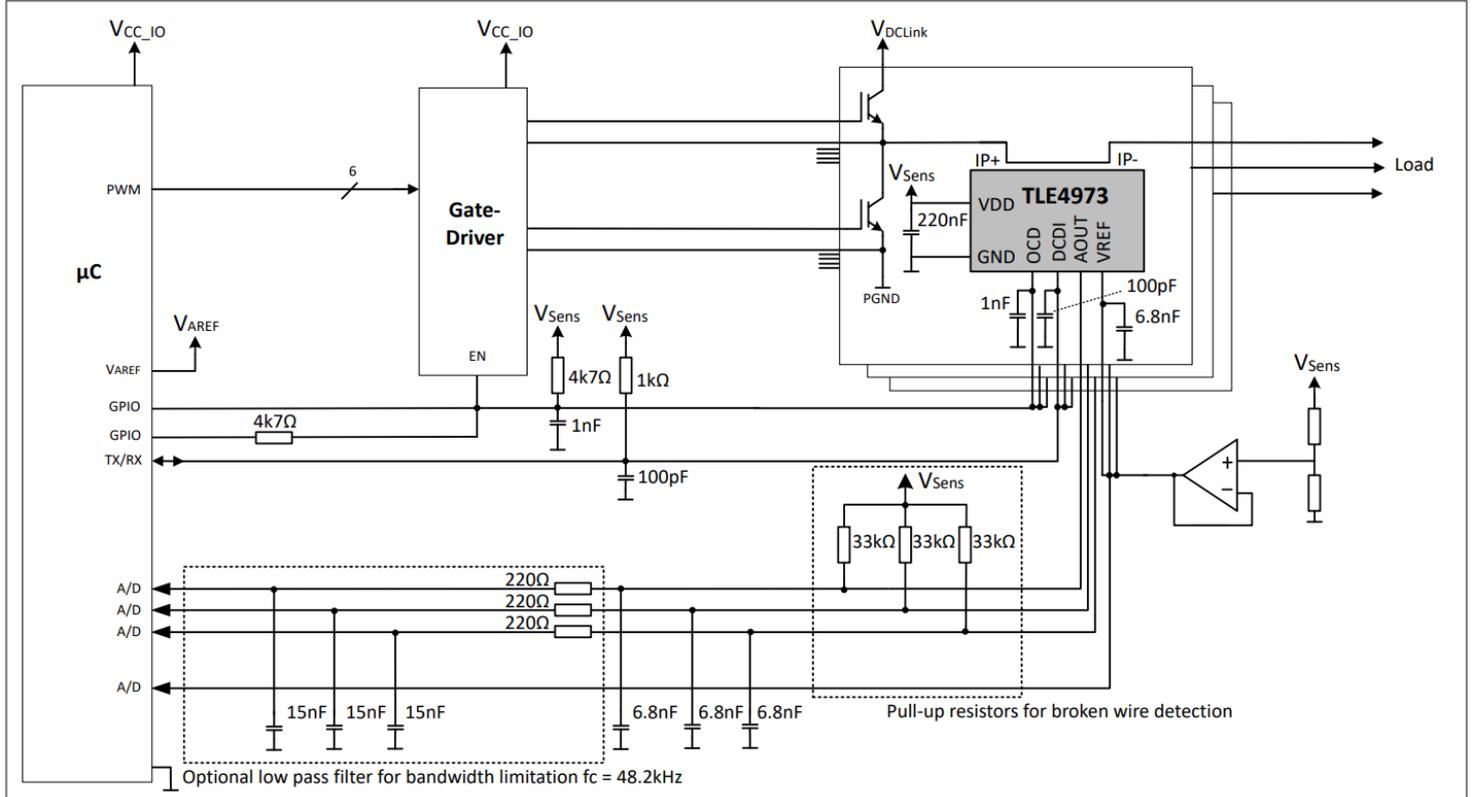


图 13 单端输出模式应用示例图

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。

7 封装

7 封装

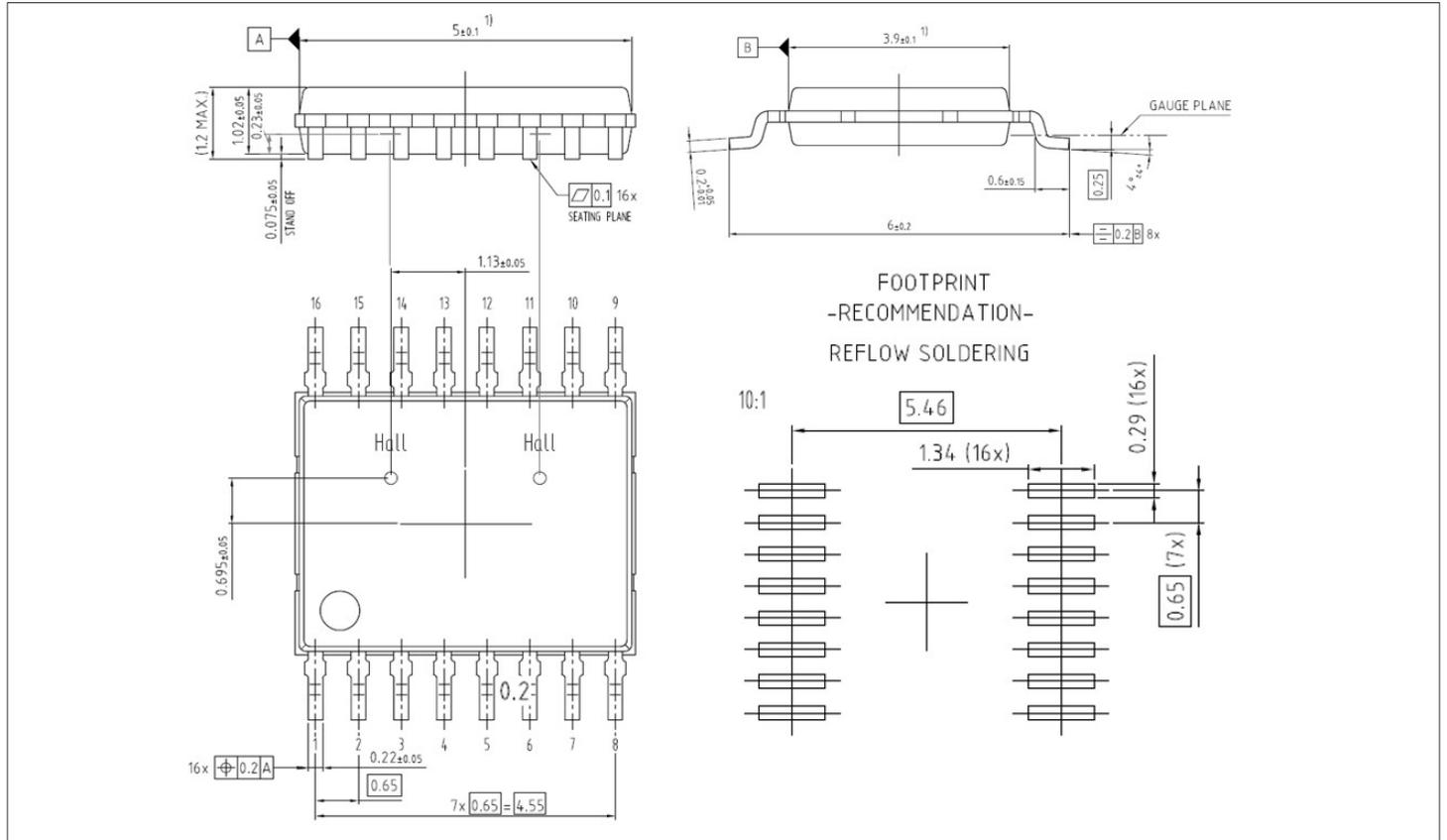


图 14 PG-TDSO-16 封装外形图。传感元件位置不符合比例

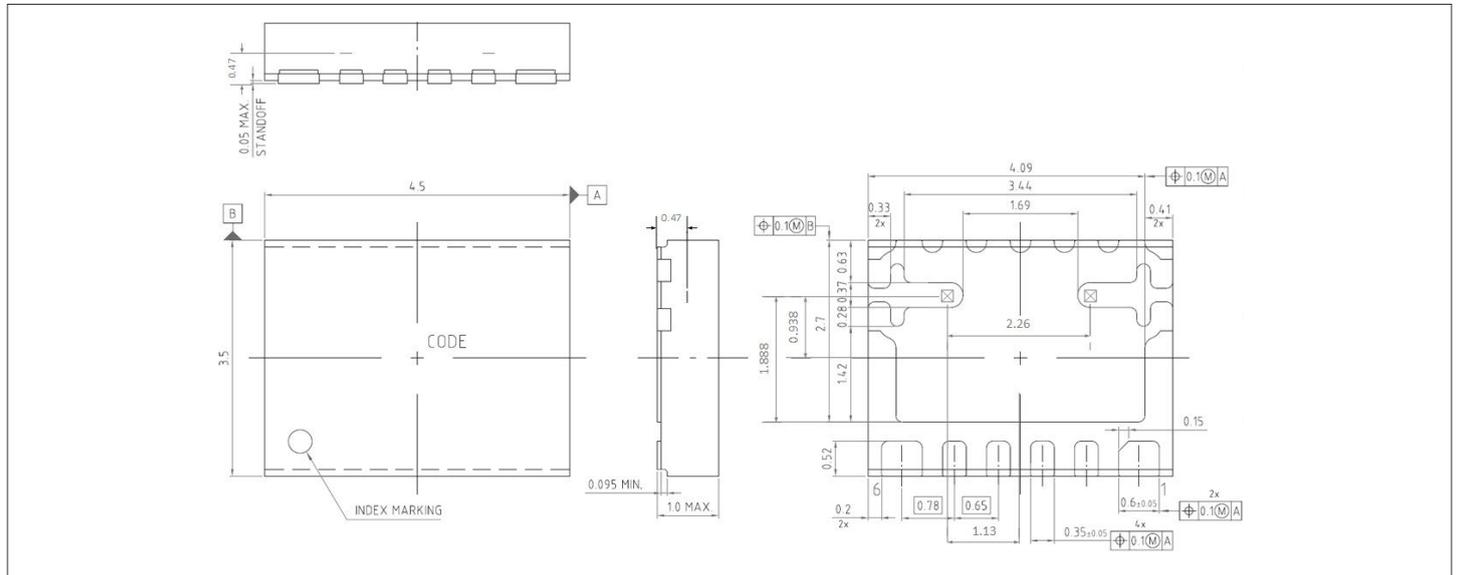


图 15 PG-VSON-6 封装外形图。传感元件位置不符合比例

表 14 根据 AEC Q100 标准确定的包装等级和湿气敏感等级

Package	Grade	MSL
PG-VSON-6	0	3
PG-TDSO-16	0	3

PG-TDSO-16 封装的器件封装标记如下图所示。

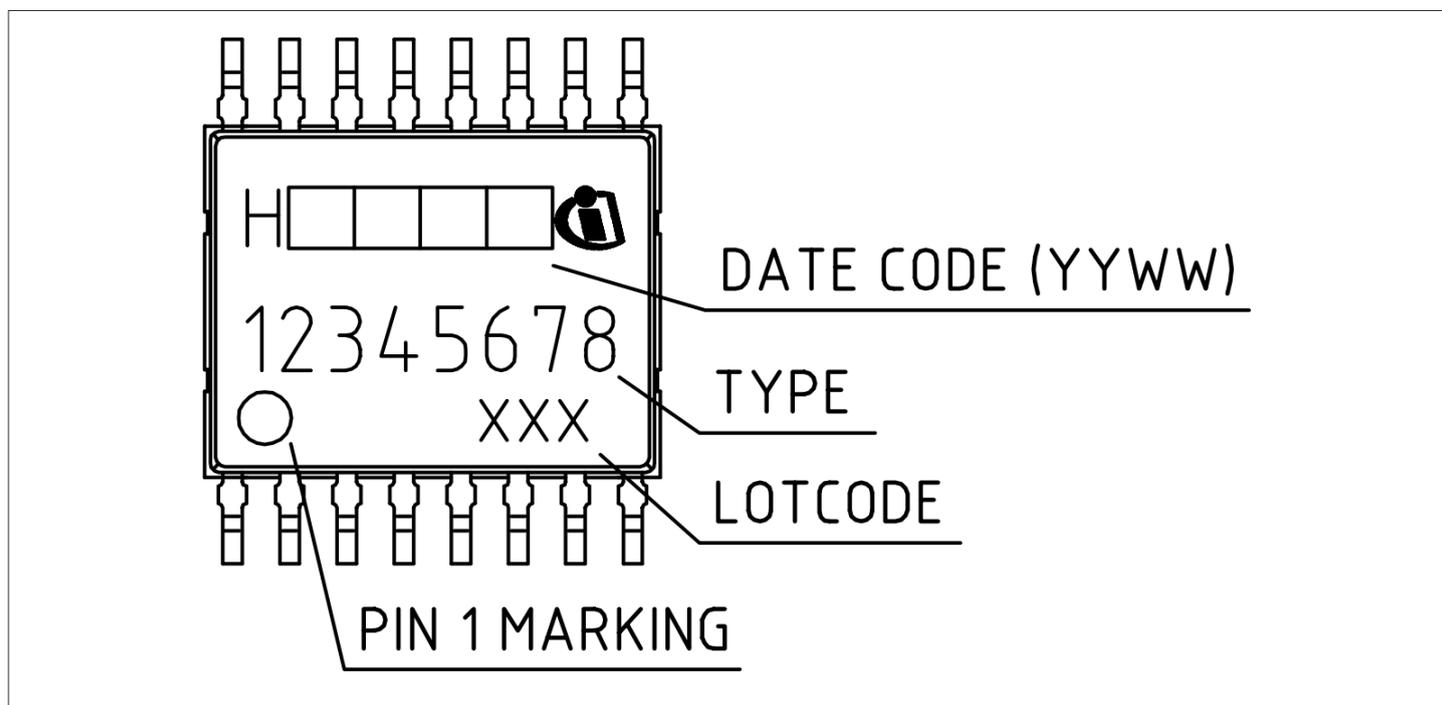


图 16 封装标记正面 (PG-TDSO-16)

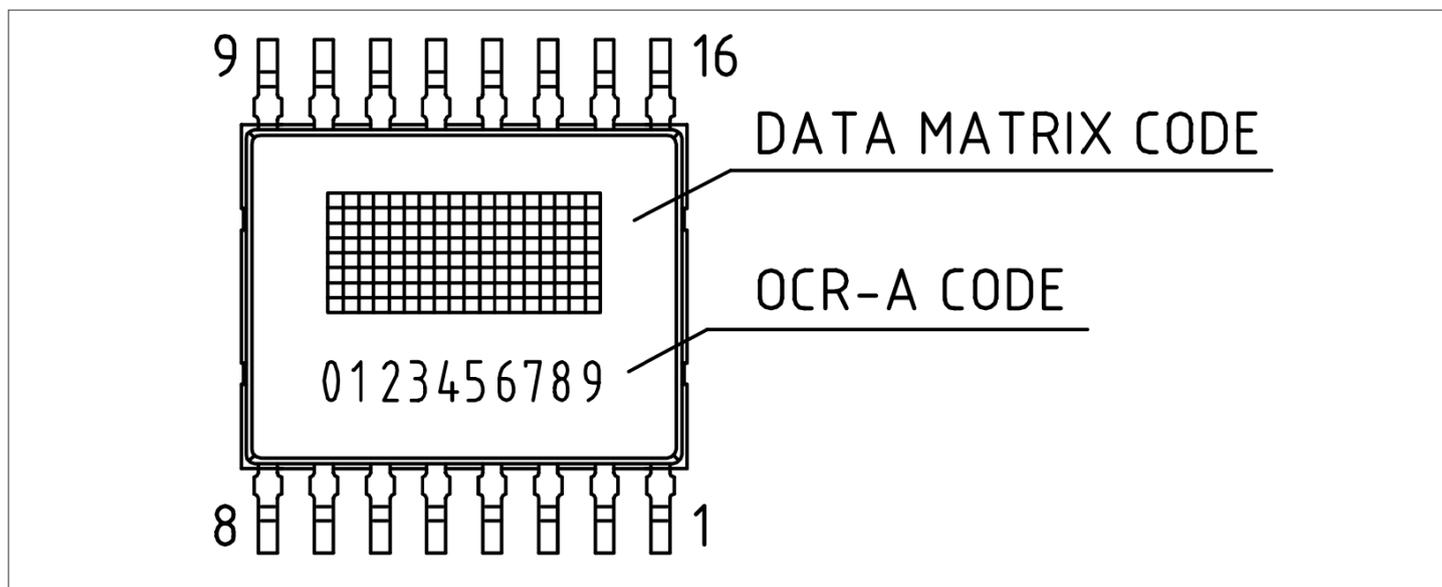


图 17 封装标记背面 (PG-TDSO-16)

PG-VSON-6 器件的封装标记如下图所示。

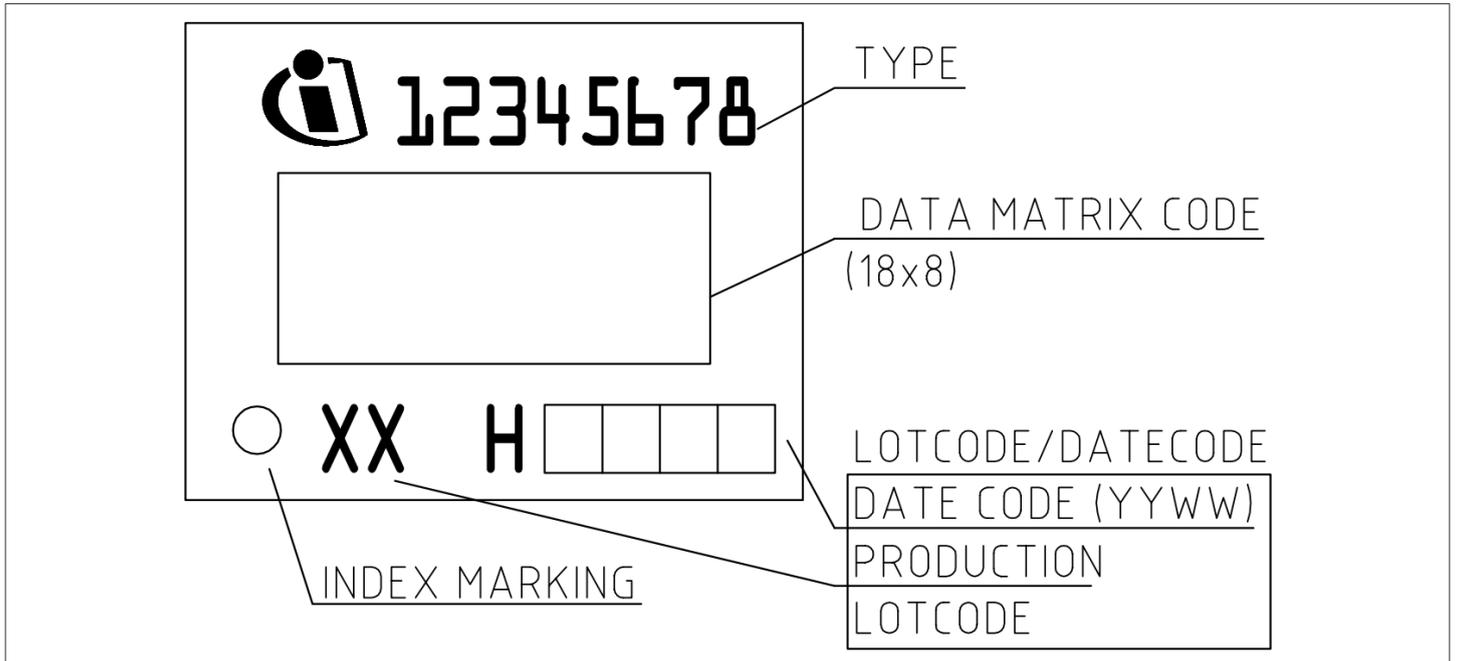


图18 封装标记 (PG-VSON-6)

8 修订记录

表 15 修订记录

Revision number	Date of release	Description of changes
2.2	2025-06-02	<ul style="list-style-type: none">Introduced analog output linear range definition;Editorial changes.
2.1	2023-11-30	Updated application diagram examples
2.0	2023-07-04	<ul style="list-style-type: none">Updated pin configuration: the correct pin configuration in case DCDI is not utilized is to connect the DCDI pin to VDD;Editorial changes.
1.0	2023-03-13	Initial release



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。

如果本文档包含或引用软件：

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>。