

英飞凌TLE5501

基于 TMR 的角度传感器



ISO26262
compliant

特性

- 基于隧道磁阻 (TMR) 的原理
- 360° 角度测量
- 输出信号高达 0.37 V/V，可直接连接微控制器
- 具有差分正弦和余弦输出的分立电桥
- 比率输出信号
- 两种不同的引脚输出：
 - E0001：引脚与 TLE5009 兼容，符合 AEC-Q100 标准 (QM)
 - E0002：用于冗余外角计算和最大诊断范围的去耦合电桥，符合 ISO26262 ASIL-D 标准（需要使用外部安全机制）
- 符合汽车标准 AEC-Q100，0 级： $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 150°C (环境温度)
- ESD > 4 kV (HBM)
- 符合 RoHS 规范，无卤素包装



功能安全

- 可索取安全手册和安全分析总结报告

潜在应用

基于 TMR 的 TLE5501 角度传感器设计用于汽车应用中的角度位置传感，重点是转向角传感器和 BLDC 电机换向。

产品验证

汽车应用认证。产品依据AEC-Q100进行验证。

描述

表 1 衍生码排序代码

Product type	Marking	Ordering code	Package	Functional Safety Classification	Comment
TLE5501 E0001	5010001	SP001621824	PG-DSO-8	n.a.	pin compatible to TLE5009
TLE5501 E0002	5010002	SP001621828	PG-DSO-8	ISO26262 Compliant	de-coupled bridges

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

1	产品概述	3
2	框图	4
3	引脚配置/说明	5
4	应用电路	6
5	产品一般特性	8
5.1	绝对最大额定值	8
5.2	工作范围	9
5.3	热阻抗	9
6	功能性行为	10
6.1	功能描述	10
6.2	安全功能	10
6.3	故障反应	10
6.4	电气参数	10
7	典型性能	14
7.1	角度误差	14
7.2	滞后	15
8	封装	16
8.1	封装信息	16
8.2	封装标记	17
8.3	封装	17
8.4	芯片在封装内的位置	17
9	修订记录	18

产品概述

1 产品概述

TLE5501 是一款基于 360° TMR 的角度传感器，可检测磁场的方向。这是通过使用隧道磁阻 (TMR) 元件测量正弦和余弦角度分量来实现的。这些原始信号（正弦和余弦）作为差分输出信号提供，可直接在微控制器内进一步处理。电桥的输出电压很大，因此无需进一步的信号放大。

TLE5501 有两种不同的衍生产品：

- TLE5501 E0001 有一个 VDD 引脚，与基于 GMR 的 TLE5009 引脚兼容。该选件可轻松更换为 TLE5501。与 TLE5009 唯一不同的是引脚 5，TLE5501 没有使用该引脚，而 TLE5009 则提供温度和诊断功能。
- TLE5501 E0002 有两个独立的 VDD 和 GND 引脚，分别用于 P 桥和 N 桥。这样就产生了两个完全独立的电桥信号，可用于先进的安全概念，对 P- 和 N- 信号进行交叉检查，实现对任何传感器故障的高诊断覆盖率。

框图

2 框图

TLE5501 由 8 个 TMR 电阻器组成，这 8 个电阻器排列在 2 个惠斯通电桥中。这些电阻器的电阻取决于外部磁场的方向。每个电桥提供一个差分输出信号，即 X（余弦）和 Y（正弦）信号可进一步处理，用于角度计算。

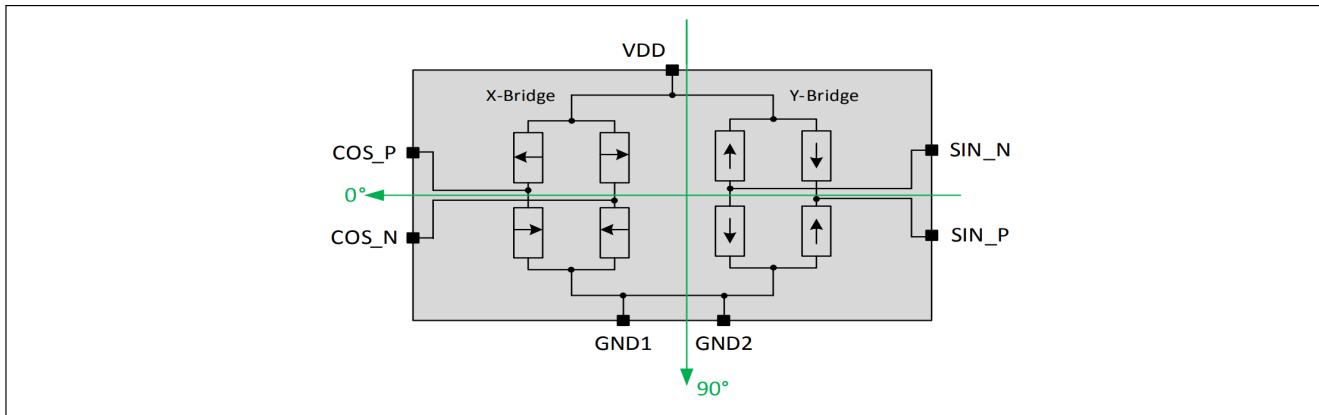


图 1 分立 TMR 电桥的原理框图，版本 TLE5501 E0001

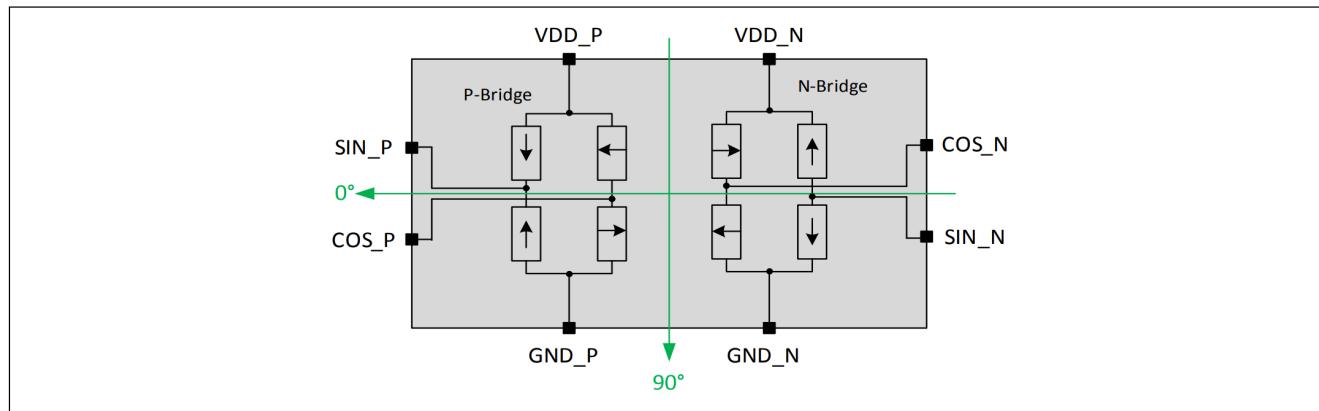


图 2 分立 TMR 电桥的原理框图，去耦合版本 TLE5501 E0002

引脚配置/说明

3 引脚配置/说明

器件的引脚布局见表2。

逆时针 (CCW) 旋转的磁铁会导致角度值增大。

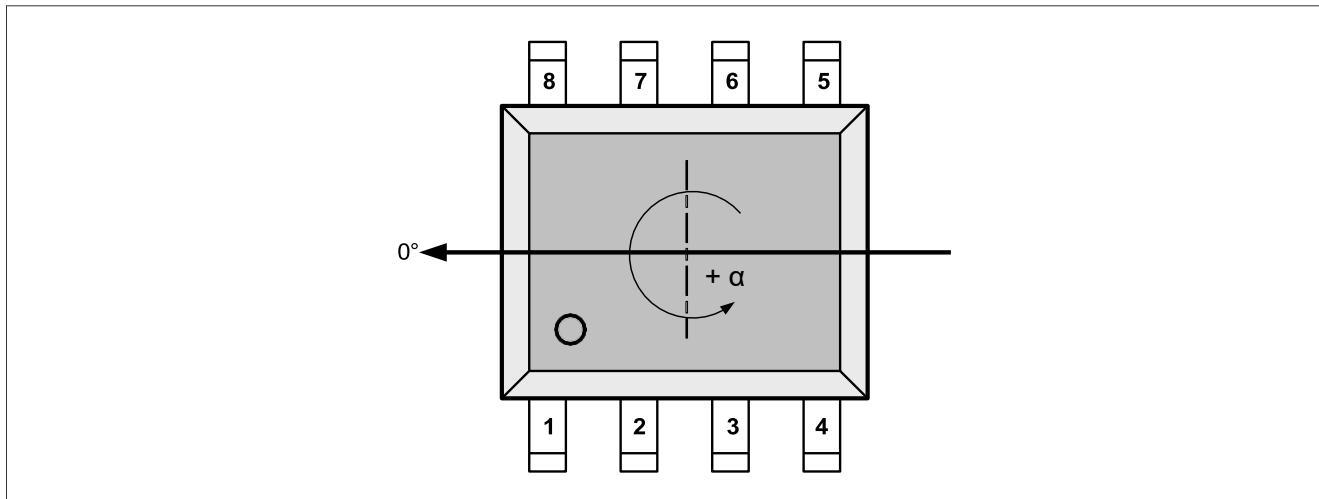


图3 分立 TMR 电桥的引脚布局

表2 引脚说明 (兼容版本 TLE5501 E0001)

Pin No.	Symbol	In/Out	Function
1	COS_P	O	Analog positive cosine output
2	COS_N	O	Analog negative cosine output
3	GND2	I	Ground, internally connected to GND1
4	GND1	I	Ground
5	n.c		not used, internally connected to GND2
6	VDD	I	Supply voltage
7	SIN_N	O	Analog negative sine output
8	SIN_P	O	Analog positive sine output

表3 引脚说明 (去耦合版本 TLE5501 E0002)

Pin No.	Symbol	In/Out	Function
1	SIN_P	O	Analog positive sine output
2	VDD_P	I	Supply voltage P-bridge
3	COS_P	O	Analog positive cosine output
4	GND_P	I	Ground P-bridge
5	COS_N	O	Analog negative cosine output
6	VDD_N	I	Supply voltage N-bridge
7	SIN_N	O	Analog negative sine output
8	GND_N	I	Ground N-bridge

应用电路

4 应用电路

图4至图7显示了为TLE5501设计的应用电路。缓冲电容器Cb的值必须根据磁性输入信号的速度进行调整。它与TMR电阻一起构成低通滤波器，限制了传感器的带宽，但改善了噪声性能。即使没有缓冲电容Cb，器件的带宽也取决于TMR电阻和所用ADC的输入电容。必须考虑到这一点，并相应调整ADC采样和保持时间。

如果TLE5501采用单端配置，建议将未使用的引脚开路。

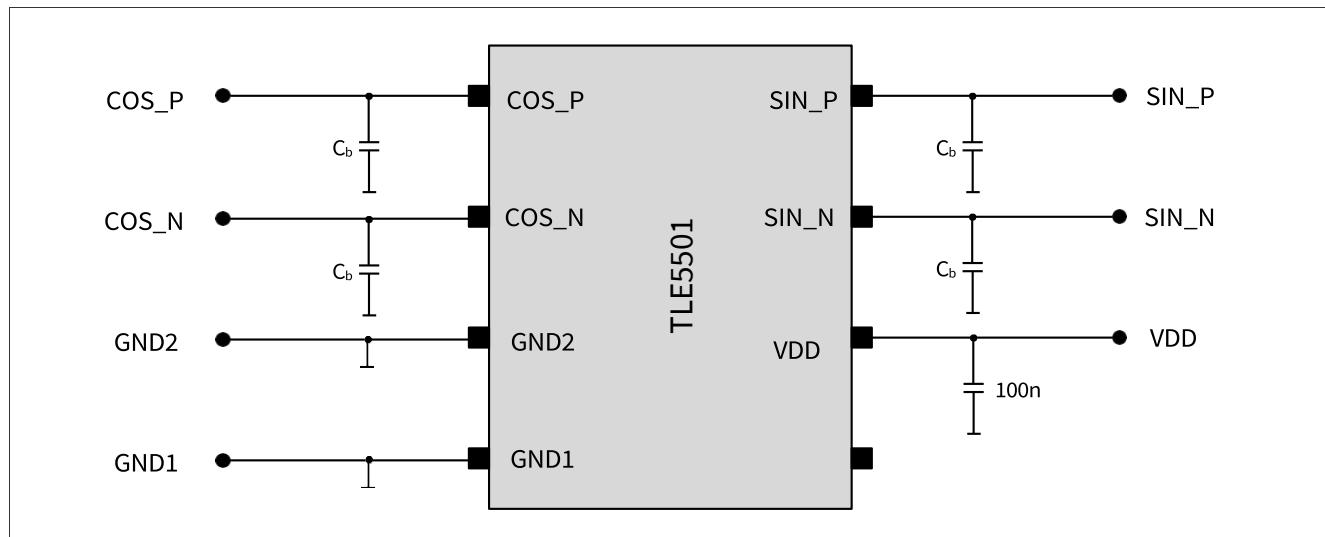


图4 TLE5501 E0001 的应用电路，同时使用两个电桥

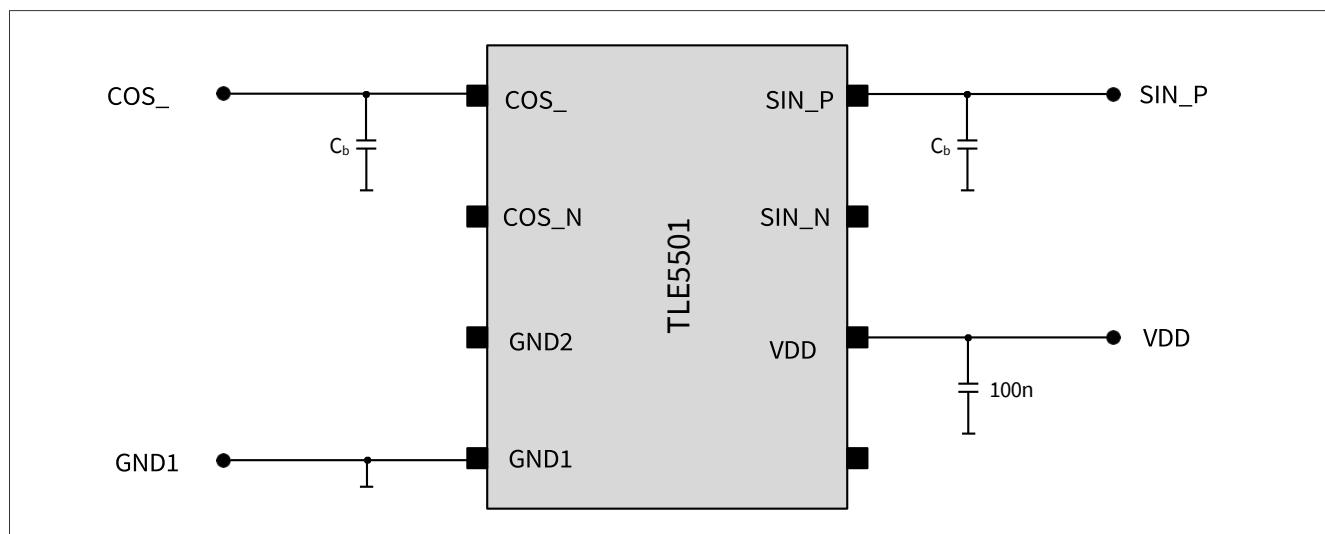


图5 TLE5501 E0001 的应用电路，仅使用一个电桥

应用电路

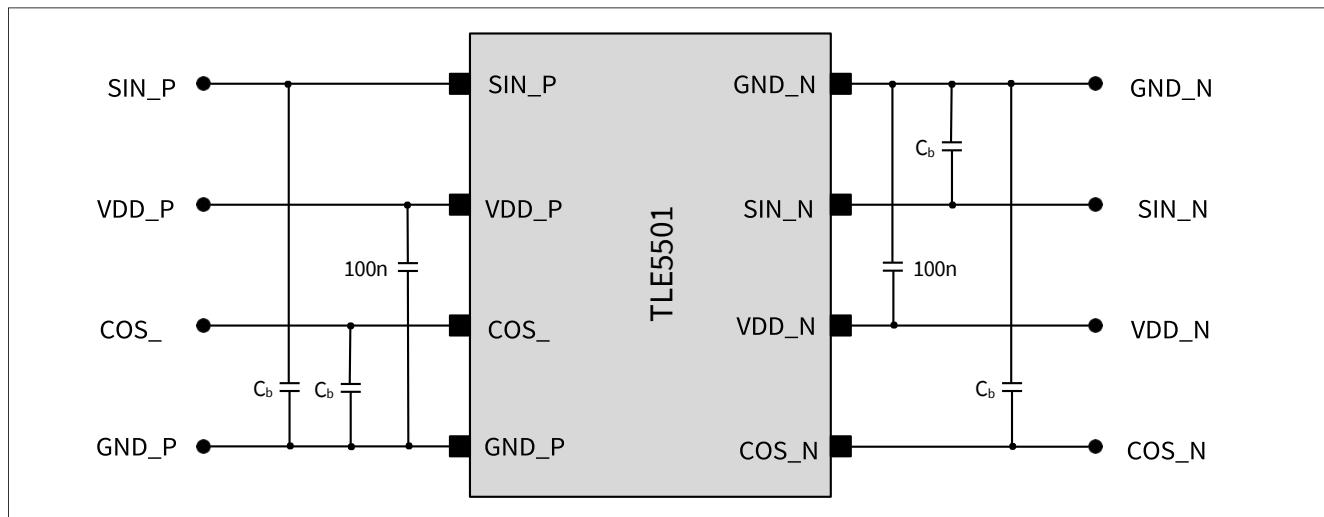


图 6 TLE5501 E0002 的应用电路，同时使用两个电桥

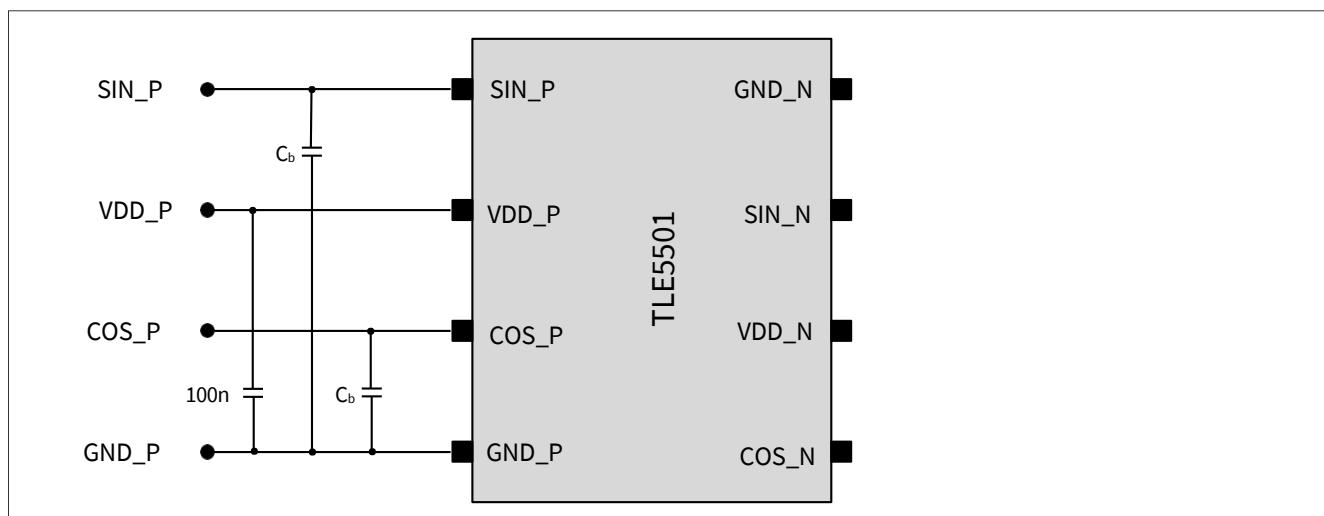


图 7 TLE5501 E0002 的应用电路，仅使用一个电桥

产品一般特性

5 产品一般特性

5.1 绝对最大额定值

超过此处所列最大值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。最大额定值是绝对额定值；超过其中任何一个值都可能对器件造成不可逆转的损坏。

表 4 电压和输出电流的最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Absolute maximum supply voltage	V_{DD}	-6.5	-	6.5	V	limited to 40 h over lifetime
Maximum ambient temperature	T_A	-40	-	150	°C	Grade 0 qualification
Maximum allowed magnetic field	B_{max}	-	-	200	mT	max 5 min @ $T_A = 25^\circ\text{C}$
Maximum allowed magnetic field	B_{max}	-	-	150	mT	max 5 h @ $T_A = 25^\circ\text{C}$
Storage & Shipment ¹⁾	$T_{storage}$	5	-	40	°C	for dry packed devices, Relative humidity < 90 %, storage time < 3 a

1) 参见英飞凌应用笔记：“Storage of Products Supplied by Infineon Technologies”。

表 5 温度/寿命预算

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Temperature / lifetime budget ¹⁾	$T_{A,max}$	-	-	125	°C	for 1000 h, Grade 1 qualification
		-	-	150	°C	for 1000 h, Grade 0 qualification

1) 角度精度取决于最高环境温度（见 [表 12 和表 13](#)）

表 6 使用寿命 & 点火周期

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating life time	t_{op_life}	15.000	-	-	h	see Table 5
Total life time	t_{tot_life}	19	-	-	a	additional 5 a storage time ¹⁾
Ignition cycles	$N_{ignition}$	3.6E6	-	-		during operating life time t_{op_life}

1) 储存时间是指部件焊接后在模块（包括磁铁）中的储存时间。

产品一般特性

表 7 静电放电电压

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Electro-Static-Discharge voltage (HBM), according to ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2010)	V_{HBM}	-4	-	4	kV	HBM contact discharge for all pins
Electro-Static-Discharge voltage (CDM), according to JESD22-C101	V_{CDM}	-0.5	-	0.5	kV	for all pins except corner pins
		-0.75	-	0.75	kV	for corner pins only

5.2 工作范围

为确保角度传感器的正确运行，不得超过以下运行条件。以下各节中规定的所有参数均指这些运行条件。

表 8 & 表 9 适用于 $-40^{\circ}\text{C} < T_A < 150^{\circ}\text{C}$ 。

表 8 运行范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating supply voltage	V_{DD}	2.7	-	5.5	V	-
Operating ambient temperature	T_A	-40	-	150	°C	-
Angle speed	n	-	-	1E6	°/s	-

表 9 磁场范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Magnetic field range	B	20	-	100	mT	
Extended magnetic field range	B_{extended}	20	-	130	mT	additional reversible angle error and additional angle error life time drift

5.3 热阻抗

表 10 描述了封装热阻。

表 10 DSO-8 的热阻

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance DSO-8	R_{thJA}	-	300	350	K/W	Junction to air ¹⁾

1) 根据 Jedec JESD51-7 标准

功能性行为

6 功能性行为

6.1 功能描述

传感器的测量原理基于 TMR (隧道磁阻) 效应。传感器测量磁场矢量平行于封装表面的角度方向。传感器提供差分正弦和差分余弦模拟输出信号，用于外部角度计算。

提供的输出信号与电源电压成比例关系。

传感器的测量范围为 360°。

6.2 安全功能

TLE5501 没有实施内部安全机制。所有用于验证传感器功能是否正确的诊断都必须在微控制器外部执行。

6.3 故障反应

由于 TLE5501 没有实施安全机制，因此传感器不会显示潜在的芯片错误。不过，可以通过适当的外部机制检测到。

传感器可承受任何引脚对地短路，而不会损坏传感器。

传感器可承受任何引脚与传感器电源电压的短路，而不会损坏传感器。传感器还能承受引脚与邻近引脚的短路，而不会受到任何损坏。

6.4 电气参数

除非另有说明，否则所示参数适用于整个工作范围。典型值对应电源电压 $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ 和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

表 11 电气参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Bridge resistance	R_{bridge}	4000	6000	8000	Ohm	for $T_A = 25^\circ\text{C}$
Temperature coefficient of bridge resistance	TC_{bridge}	-0.124	-0.1	0	%/K	reference temperature: 25°C
Differential output voltage amplitude	$A_{\text{out,diff}}$	270	320	370	mV/V	peak-value, for $T_A = 25^\circ\text{C}$
Single ended output voltage amplitude	$A_{\text{out,se}}$	135	160	185	mV/V	peak-value, for $T_A = 25^\circ\text{C}$
Orthogonality error (single and differential ended)	ϕ	-10	0	10	°	
Amplitude synchronism (single and differential ended)	k	90	100	110	%	for $T_A = 25^\circ\text{C}$
Differential offset voltage	$V_{\text{off,diff}}$	-5	0	5	mV/V	for $T_A = 25^\circ\text{C}$

功能性行为

表 11 电气参数 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Single ended offset voltage	$V_{\text{off,se}}$	-5	0	5	mV/V	referring to $V_{\text{DD}}/2$, for $T_A = 25^\circ\text{C}$
Temperature coefficient of output amplitude (single and differential ended)	TC_{Amp}	-0.145	-0.12	0	%/K	reference temperature: $T_A = 25^\circ\text{C}$
Temperature coefficient of offset voltage (single and differential ended)	TC_{voff}	-5	0	5	$\mu\text{V}/\text{V}/\text{K}$	
Supply current	I_s	-	1.67	2.5	mA	@ $V_{\text{DD}} = 5 \text{ V}$ / $T_A = 25^\circ\text{C}$ (supply current is calculated from supply voltage and bridge resistance)
Power on delay time	t_{delay}	-	-	1	ms	for a load capacity of $C_L < 30 \text{ nF}$
		-	-	4	μs	for a load capacity of $C_L < 100 \text{ pF}$

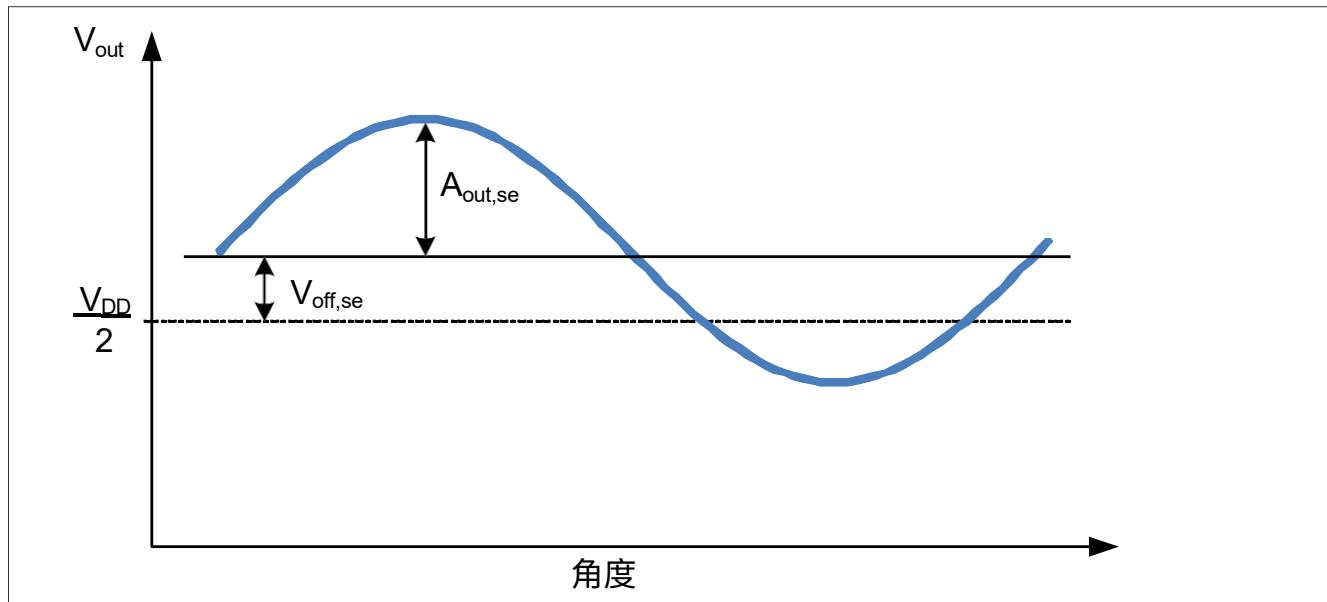


图 8 单端偏移 $V_{\text{off, se}}$ 和单端振幅 $A_{\text{out, se}}$ 的定义

传感器的余角误差如表 12 (差分使用) 和表 13 (单端使用) 所示。误差值指的是 $B_z = 0 \text{ mT}$ 。总角度误差表示相对角度误差。该误差表示零角度定义后与参考线的偏差。参考线的定义方式是角度误差与该参考线对称。它适用于静态磁场。

功能性行为

表 12 规定了在最高环境温度为 $25 \text{ mT} < B < 80 \text{ mT}$ 的磁场范围内的角度误差。 $T_A = 125^\circ\text{C}$ 和 $T_A = 150^\circ\text{C}$ 、分别为使用差分输出信号。对于 $20 \text{ mT} < B < 25 \text{ mT}$ 或 $80 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$ 范围内的磁场值 B ，必须应用相应的加法器来达到脚注中给出的指定角度精度。

表 12 $T_A < 125^\circ\text{C}$ 和 $T_A < 150^\circ\text{C}$ (差分) 的角度误差

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Difference between output angle and real angle ¹⁾ differential signals used	$A_{\text{Err,RT}}$	-	-	0.8	°	at 0 h/ 25°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C)
Difference between output angle and real angle ¹⁾ differential signals used	$A_{\text{Err,0}}$	-	-	1.0	°	at 0 h/over temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C)
Difference between output angle and real angle ¹⁾ differential signals used	$A_{\text{Err,125}}$	-	-	1.2	°	over lifetime & temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 125°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C) lifetime stress according to Grade 1 qualification
Difference between output angle and real angle ¹⁾ differential signals used	$A_{\text{Err,150}}$	-	-	1.5	°	over lifetime & temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C) lifetime stress according to Grade 0 qualification
Angle error due to hysteresis ³⁾	A_{Hyst}	-	-	0.4	°	$20 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$

1) 滞后和噪音均包含在角度精度规格中

2) 对于 $20 \text{ mT} < B < 25 \text{ mT}$ 或 $80 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$ 范围内的磁场，必须对角度误差进行 0.2° 的加法运算。

3) 滞后是指左旋转和右旋转之间最大的测量角度误差。用两个旋转方向的平均修正参数对原始信号进行修正

功能性行为

表 13 规定了在最高环境温度为 $25 \text{ mT} < B < 80 \text{ mT}$ 的磁场范围内的角度误差。 $T_A = 125^\circ\text{C}$ 和 $T_A = 150^\circ\text{C}$ 、分别为使用单端输出信号。对于 $20 \text{ mT} < B < 25 \text{ mT}$ 或 $80 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$ 范围内的磁场值 B ，必须应用相应的加法器来达到脚注中给出的指定角度精度。

表 13 $T_A < 125^\circ\text{C}$ 和 $T_A < 150^\circ\text{C}$ (单端) 的角度误差

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Difference between output angle and real angle ¹⁾ single-ended signals used	$A_{\text{Err,RT}}$	-	-	0.9	°	at 0 h/ 25°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C)
Difference between output angle and real angle ¹⁾ single-ended signals used	$A_{\text{Err,0}}$	-	-	1.1	°	at 0 h/over temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C)
Difference between output angle and real angle ¹⁾ single-ended signals used	$A_{\text{Err,125}}$	-	-	1.3	°	over lifetime & temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 125°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C) lifetime stress according to Grade 1 qualification
Difference between output angle and real angle ¹⁾ single-ended signals used	$A_{\text{Err,150}}$	-	-	1.6	°	over lifetime & temperature $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $B = 25 \text{ mT}$ to 80 mT ²⁾ (with compensation of offset, orthogonality and amplitude at 0h/ 25°C) lifetime stress according to Grade 0 qualification
Angle error due to hysteresis ³⁾	A_{Hyst}	-	-	0.4	°	$20 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$

1) 滞后和噪音均包含在角度精度规格中

2) 对于 $20 \text{ mT} < B < 25 \text{ mT}$ 或 $80 \text{ mT} < B < 100 \text{ mT}$ 范围内的磁场，必须对角度误差进行 0.2° 的加法运算。

3) 滞后是指左旋转和右旋转之间最大的测量角度误差。用两个旋转方向的平均修正参数对原始信号进行修正

典型性能

7 典型性能

7.1 角度误差

图9显示了TLE5501在不同环境温度 T_A 和磁场B下，TLE5501在 25°C 和 $B = 40\text{ mT}$ 条件下一次性偏移补偿、振幅和非正交时的典型角度误差。

图10显示了在偏移、振幅和非正交补偿的情况下，每个温度T和磁场B的典型角度误差。

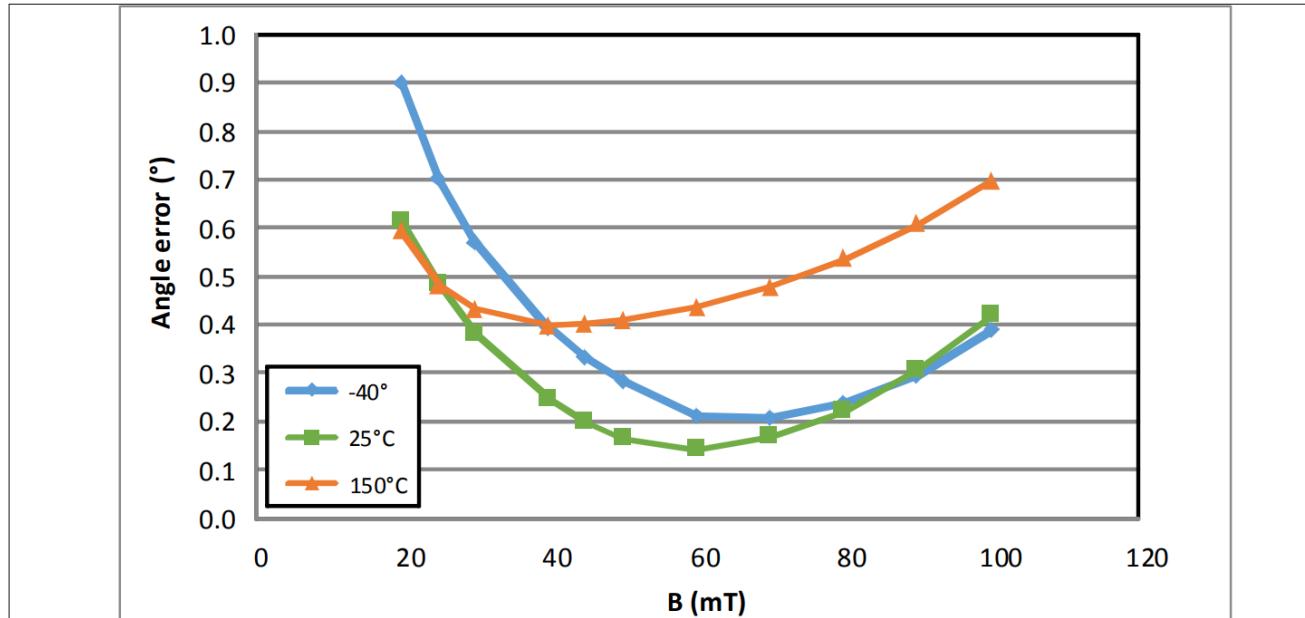


图9 0h时的典型角度误差，差分信号， 25°C 和 40 mT 条件下的一次性偏移补偿、振幅和正交误差

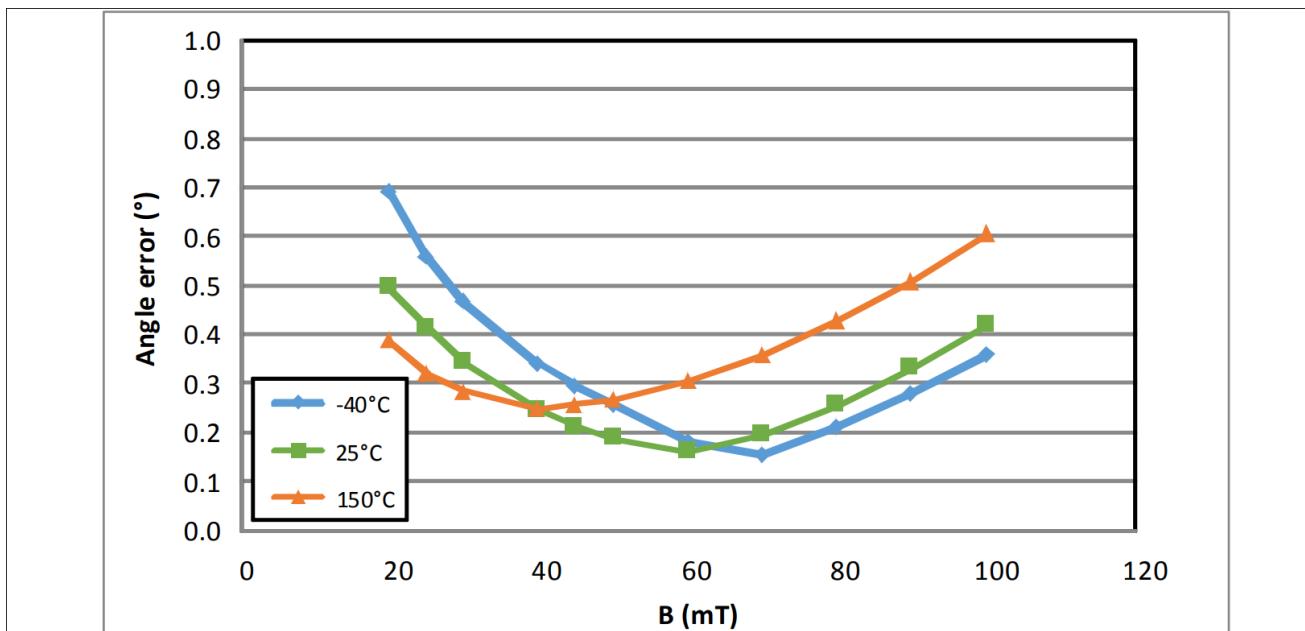


图10 0h时的典型角度误差，差分信号、各温度T和磁场B下的理想偏移补偿、振幅和正交误差

典型性能

7.2 滞后

图 11 显示了 TLE5501 的典型滞后。

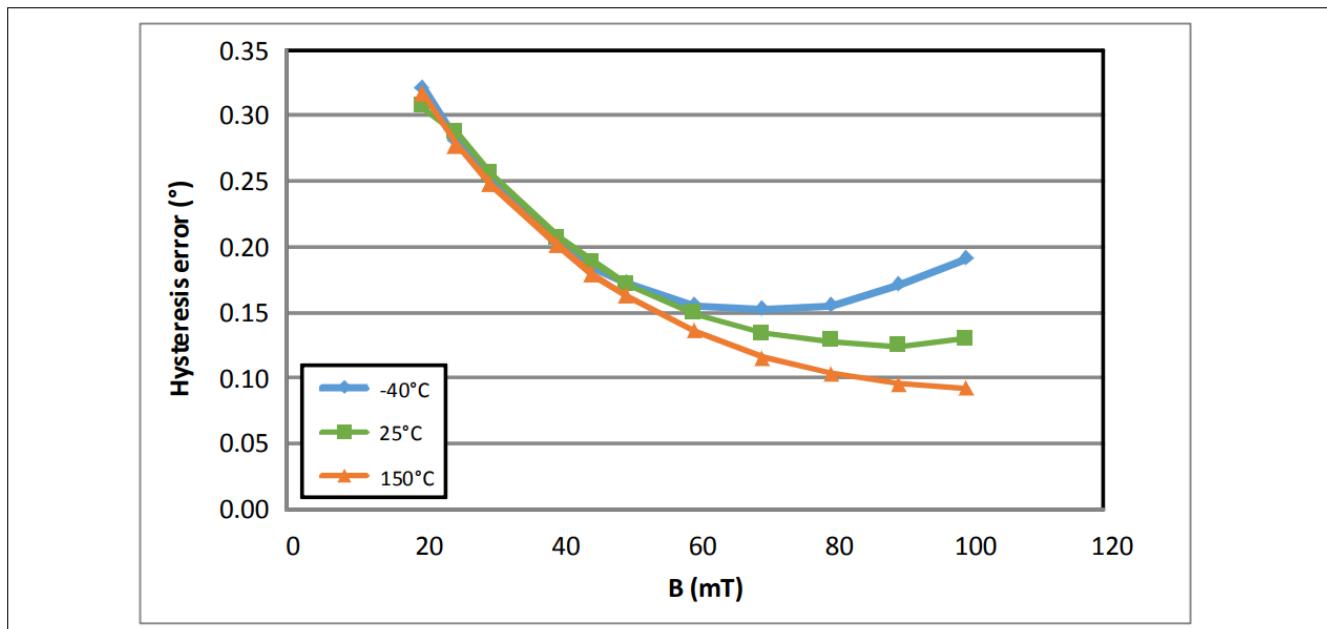


图 11 典型滞后

封装

8 封装

8.1 封装信息

该封装符合 MSL 3 级标准，无卤素、无铅，并符合 RoHS 规范。

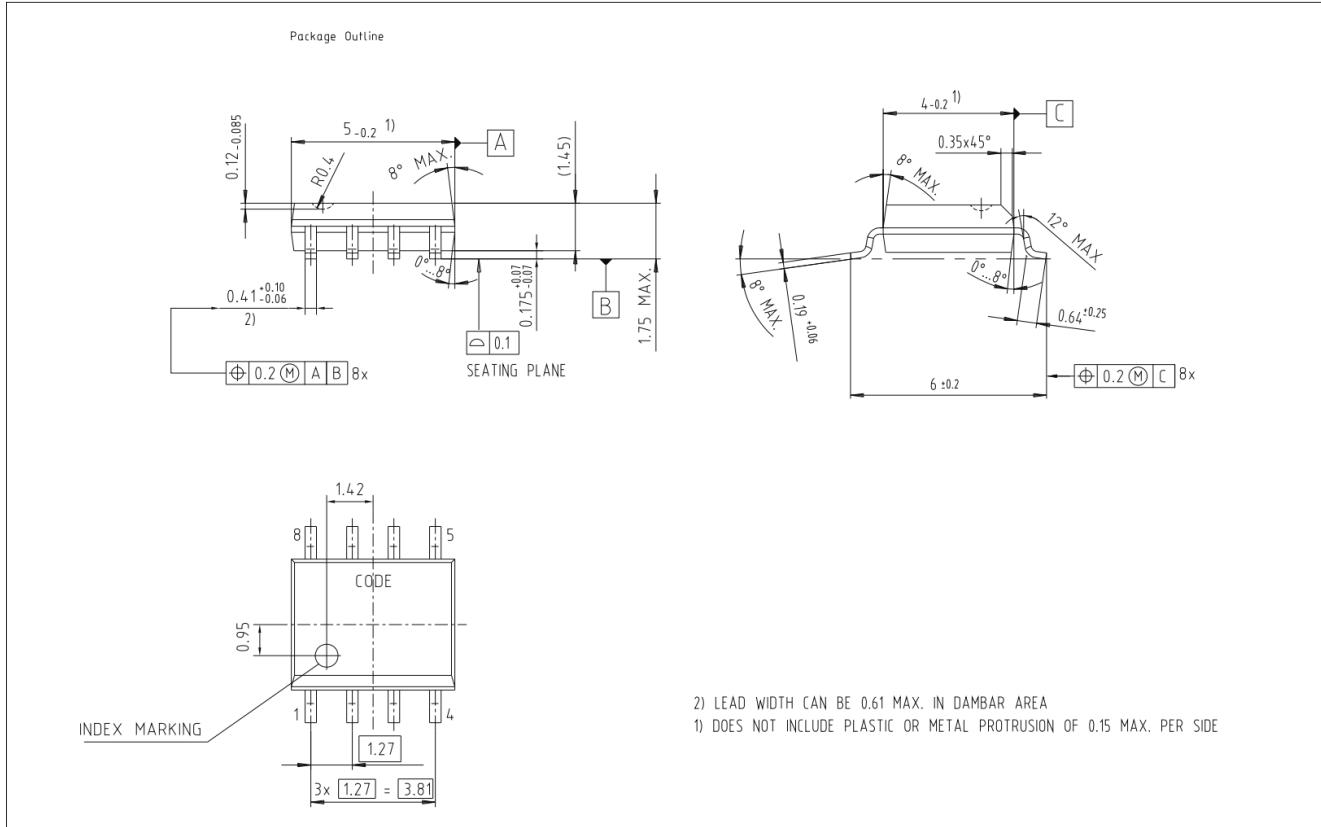


图12 封装外形

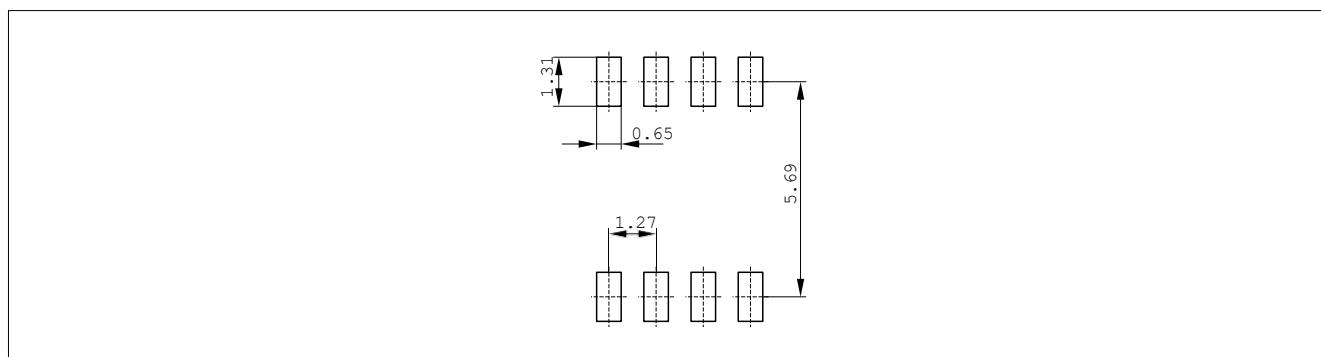


图 13 封装尺寸

封装

8.2 封装标记

封装正面的标记标明传感器的类型、生产批次信息和生产日期代码。

表 14 标记

Position	Marking	Description
1st Line	5010001 / 5010002	See ordering code in Table 1
2nd Line	xxx	Lot code
3rd Line	Gxxxx	G: green, 4-digit: date code

8.3 封装

器件采用卷带封装。

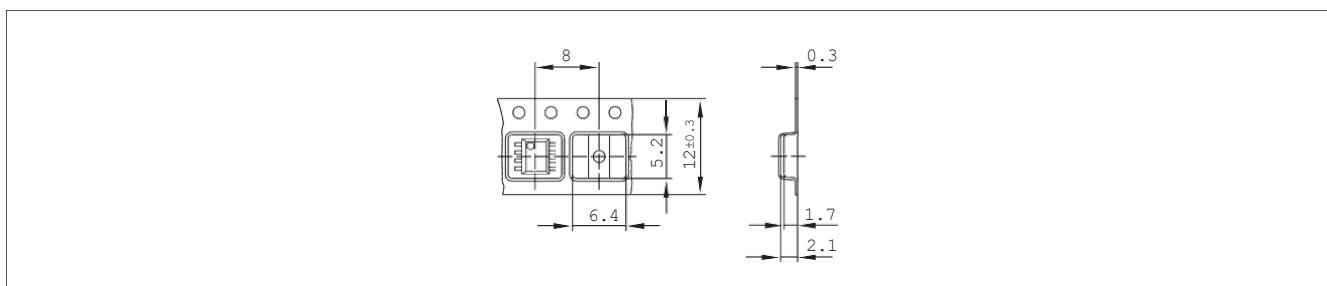


图 14 封装

8.4 芯片在封装内的位置

敏感元件在封装内的位置如 [图 15](#) 所示。

敏感 TMR 区域的尺寸为 $315 \mu\text{m} \times 315 \mu\text{m}$ ，中心位于封装的中央。

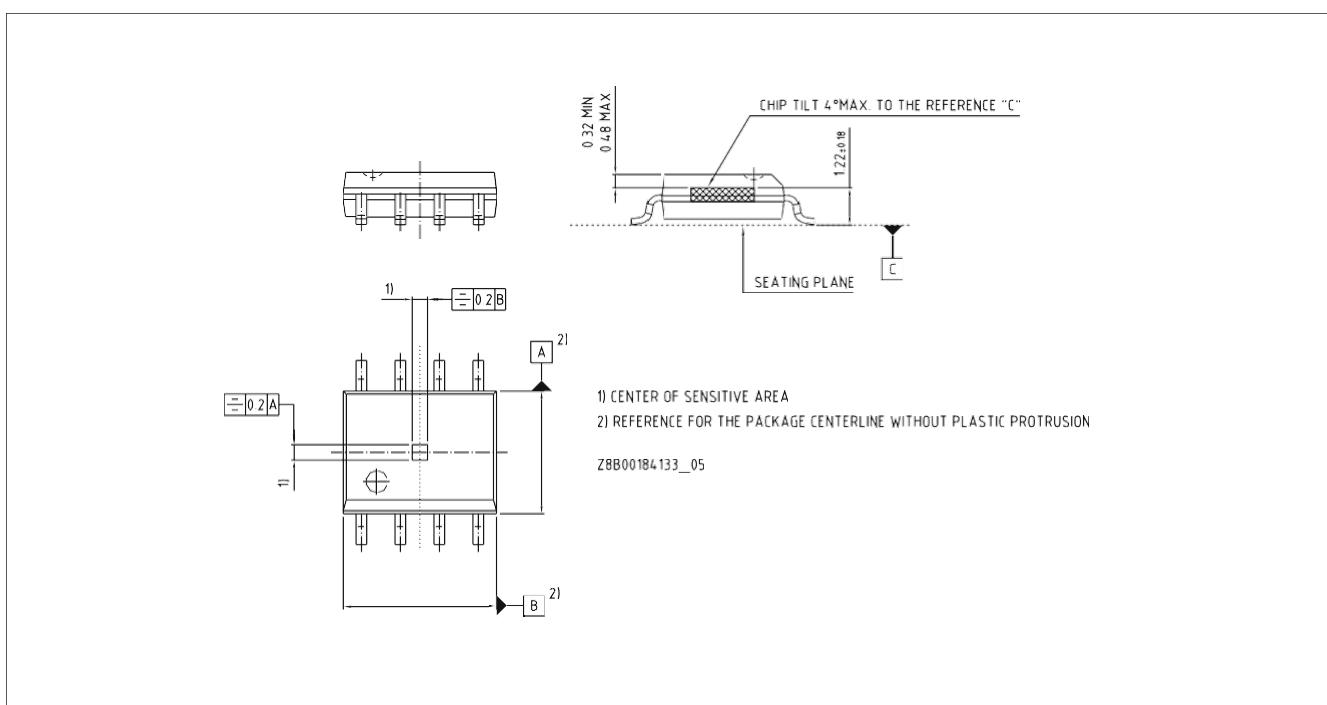


图 15 模具封装

修订记录

9 修订记录

Revision	Date	Changes
1.0	2018-07-24	Initial creation



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

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，如无上述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档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>。

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