

英飞凌角度传感器

基于 GMR 的角度传感器

TLI5012B E1000

数据手册

修订版 1.1, 2015-09

修订记录

Page or Item	Subjects (major changes since previous revision)
Rev. 1.1, 2015-09	
Chapter 1.4	Disclaimer modified

Trademarks of Infineon Technologies AG

AURIX™, C166™, CanPAK™, CIPOS™, CIPURSE™, EconoPACK™, CoolMOST™, CoolSET™, CORECONTROL™, CROSSAVE™, DAVE™, DI-POL™, EasyPIM™, EconoBRIDGE™, EconoDUAL™, EconoPIM™, EconoPACK™, EiceDRIVER™, eupec™, FCOS™, HITFET™, HybridPACK™, I²RF™, ISOFACE™, IsoPACK™, MIPAQ™, ModSTACK™, my-d™, NovalithIC™, OptiMOST™, ORIGA™, POWERCODE™, PRIMARION™, PrimePACK™, PrimeSTACK™, PRO-SIL™, PROFET™, RASIC™, ReverSave™, SatRIC™, SIEGET™, SINDRION™, SIPMOST™, SmartLEWIS™, SOLID FLASH™, TEMPFET™, thinQ!™, TRENCHSTOP™, TriCore™.

Other Trademarks

Advance Design System™ (ADS) of Agilent Technologies, AMBA™, ARM™, MULTI-ICET™, KEIL™, PRIMECELL™, REALVIEW™, THUMB™, μVision™ of ARM Limited, UK.AUTOSAR™ is licensed by AUTOSAR development partnership. Bluetooth™ of Bluetooth SIG Inc. CAT-iq™ of DECT Forum. COLOSSUS™, FirstGPS™ of Trimble Navigation Ltd. EMV™ of EMVCo, LLC (Visa Holdings Inc.). EPCOS™ of Epcos AG. FLEXGO™ of Microsoft Corporation. FlexRay™ is licensed by FlexRay Consortium. HYPERTERMINAL™ of Hilgraeve Incorporated. IEC™ of Commission Electrotechnique Internationale. IrDA™ of Infrared Data Association Corporation. ISO™ of INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. MATLAB™ of MathWorks, Inc. MAXIM™ of Maxim Integrated Products, Inc. MICROTEC™, NUCLEUS™ of Mentor Graphics Corporation. MIPI™ of MIPI Alliance, Inc. MIPS™ of MIPS Technologies, Inc., USA. muRata™ of MURATA MANUFACTURING CO., MICROWAVE OFFICE™ (MWO) of Applied Wave Research Inc., OmniVision™ of OmniVision Technologies, Inc. Openwave™ Openwave Systems Inc. RED HAT™ Red Hat, Inc. RFMD™ RF Micro Devices, Inc. SIRIUS™ of Sirius Satellite Radio Inc. SOLARIS™ of Sun Microsystems, Inc. SPANSION™ of Spansion LLC Ltd. Symbian™ of Symbian Software Limited. TAIYO YUDEN™ of Taiyo Yuden Co. TEAKLITE™ of CEVA, Inc. TEKTRONIX™ of Tektronix Inc. TOKO™ of TOKO KABUSHIKI KAISHA TA. UNIX™ of X/Open Company Limited. VERILOG™, PALLADIUM™ of Cadence Design Systems, Inc. VLYNQ™ of Texas Instruments Incorporated. VXWORKS™, WIND RIVER™ of WIND RIVER SYSTEMS, INC. ZETEX™ of Diodes Zetex Limited.

商标最新更新日期 2011-11-11

目录

	目录.....	4
	图片列表.....	6
	表格列表.....	7
1	产品描述	8
1.1	概述.....	8
1.2	特性.....	9
1.3	应用示例.....	9
1.4	免责声明.....	9
2	功能说明	10
2.1	框图.....	10
2.2	功能块说明.....	10
2.2.1	内部电源供应.....	10
2.2.2	振荡器和PLL.....	10
2.2.3	SD-ADC.....	11
2.2.4	数字信号处理单元.....	11
2.2.5	接口.....	11
2.3	传感原理.....	11
2.4	引脚配置.....	13
2.5	引脚描述.....	13
3	应用电路	14
4	规范	16
4.1	绝对最大额定值.....	16
4.2	工作范围.....	16
4.3	特性.....	18
4.3.1	输入/输出特性.....	18
4.3.2	ESD 保护.....	20
4.3.3	GMR 参数.....	20
4.3.4	角度性能.....	21
4.3.5	信号处理.....	22
4.3.6	时钟电源 (CLK 时序定义).....	24
4.3.6.1	外部时钟操作.....	24
4.4	接口.....	25
4.4.1	增量接口 (IIF).....	25
4.4.2	同步串行通信 (SSC).....	27
4.4.2.1	SSC 时序定义.....	27
4.4.2.2	SSC 数据传送.....	28
4.4.3	电压监控.....	32
4.4.3.1	内部电源电压比较器.....	32
4.4.3.2	V_{DD} 过压检测.....	32
4.4.3.3	GND - 关闭比较器.....	32
4.4.3.4	V_{DD} - 关闭比较器.....	33
5	封装信息	34
5.1	封装参数.....	34
5.2	封装外形.....	34
5.3	封装尺寸.....	35
5.4	包装.....	36

5.5	标记.....	36
-----	---------	----

图片列表

图 1-1	PG-DSO-8 封装	8
图 2-1	TLI5012B E1000 框图	10
图 2-2	GMR 传感器的敏感桥（未按比例绘制）	12
图 2-3	GMR 传感器桥的理想输出端	12
图 2-4	引脚配置（顶视图）	13
图3- 1	带IIF 接口和SSC的TLI5012B E1000的应用电路（使用内部时钟）	14
图3-2	传感器从属模式下的SSC配置，带推挽输出（高速应用）	15
图 3-3	传感器从属模式和开漏（总线系统）下的SSC配置	15
图 4-1	允许的磁场范围与结温的函数关系	17
图4- 2	偏移和振幅定义	20
图4- 3	1.5转内温度变化超过 5 开尔文时的附加角度误差	21
图4- 4	信号路径	22
图 4-5	传感器输出延迟	22
图4- 6	外部 CLK 时序 定义	24
图 4-7	采用A/B模式的增量接口	25
图 4-8	采用步进/方向模式的增量接口	25
图4- 9	SSC 时序	27
图 4-10	SSC 数据 传输（数据读取示例）	28
图 4-11	SSC 数据 传输（数据写入示例）	28
图 4-12	SSC 位 排序（读取示例）	30
图 4-13	更新寄存器的更新	30
图 4-14	快速 CRC 多项式除法电路	31
图 4-15	过电压比较器	32
图 4-16	GND - 关闭 比较器	33
图 4-17	V_{DD} - 关闭比较器	33
图5- 1	PG-DSO-8 封装尺寸	34
图 5-2	传感元件的位置	35
图 5-3	PG-DSO-8 的封装尺寸	35
图 5-4	卷带包装	36

表格列表

表 1-1	衍生订购代码	8
表 2-1	引脚描述	13
表 4-1	绝对最大额定值	16
表 4-2	工作范围和参数	16
表 4-3	输入电压和输出电流	18
表 4-4	驱动器强度特性	18
表 4-5	电气参数 $4.5\text{ V} < V_{\text{DD}} < 5.5\text{ V}$	19
表 4-6	电气参数 $3.0\text{ V} < V_{\text{DD}} < 3.6\text{ V}$	19
表 4-7	静电放电保护	20
表 4-8	GMR 基本参数	20
表 4-9	角度性能	21
表 4-10	信号处理	23
表 4-11	内部时钟时序规格	24
表 4-12	外部时钟规格	24
表 4-13	增量接口	26
表 4-14	SSC 推挽定时规格	27
表 4-15	SSC 漏极开路时序规格	28
表 4-16	命令字结构	29
表 4-17	安全字的结构	29
表 4-18	位类型	30
表 4-19	测试比较器阈值电压	32
表 5-1	封装参数	34
表 5-2	封装中传感器集成电路的放置公差	35

1 产品描述

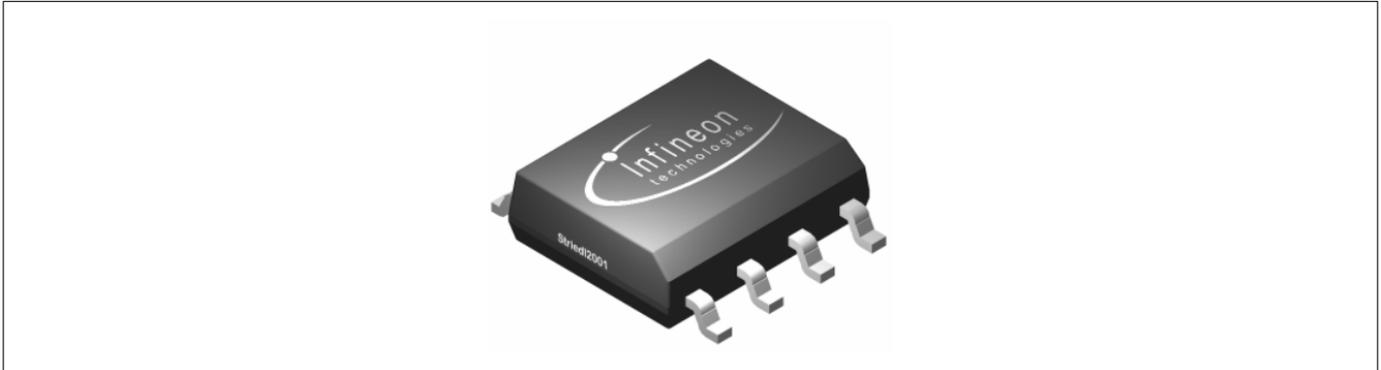


图 1-1 PG-DSO-8 封装

1.1 概述

TLI5012B E1000 是一款 360° 角度传感器，可检测磁场方向。这是通过使用单片集成式 巨磁阻 (iGMR) 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）经过内部数字处理，可计算出磁场（磁铁）的角度方向。

TLI5012B E1000 是一款预校准传感器。校准参数存储在激光保险丝中。启动时，保险丝的值被写入触发器，这些值可通过特定应用参数进行更改。通过内部自动校准算法，可在较宽的温度范围内进一步提高角度测量精度，并延长使用寿命。

数据通信通过与 SPI 兼容的双向同步串行通信 (SSC) 完成。传感器配置存储在寄存器中，可通过 SSC 接口访问。此外，TLI5012B E1000 还具有增量接口 (IIF)。

表 1-1 衍生订购代码

Product Type	Marking	Ordering Code	Package
TLI5012B E1000	112B1000	SP001415550	PG-DSO-8

1.2 特性

TLI5012B E1000 具有以下功能和预配置。可通过 SSC 界面更改配置。

- 基于巨磁电阻 (GMR) 原理。
- 用于角度测量的集成磁场传感器
- 360° 角测量，带旋转计数器和角速度测量功能。
- 最大角度误差在激活自动校准的情况下，整个使用寿命和温度范围内的角度误差为 1.9°
- 同步串行通信 (SSC)，以 15 位表示绝对角度值 (分辨率为 0.01°)。
- 增量式接口 (IIF)，输出角度值分辨率为 12 位 (每 0.088° 角度步进一个计数)。
- 增量接口 (IIF)，A/B 模式，启用绝对计数 (在输出端提供绝对值)
- 快速角度更新周期 (42.7μs)。
- 启用自动校准模式 1。
- 预测失效。
- 滞后设置为 0.703°。
- SSC 采用漏极开路配置，可在一条线路上以总线模式操作多个传感器。
- 诊断功能和状态信息。
- IFA/IFB/IFC 引脚设置为推挽输出。
- 双向 SSC 接口。数据引脚设置为推挽输出，波特率为 8Mbit/s (开漏时为 2Mbit/s)。
- IFA/IFB/IFC 引脚设置为强驱动，DATA 引脚设置为强驱动，快速边缘。
- 输入焊盘上的电压尖峰滤波器已禁用。
- 两个独立的高精度单比特 SD-ADC。
- 符合 RoHS 标准的 (无铅) 封装
- 无卤素

1.3 应用示例

基于 TLI5012B E1000 GMR 的角度传感器设计用于工业和消费类应用中的角度位置传感，如电动换向电机 (例如：BLDC)、风扇或泵。

1.4 免责声明

本产品的鉴定以 JEDEC JESD47 为基础，并可参考类似产品的现有鉴定结果。产品结构的相似性证明了这一点。该产品不符合英飞凌科技公司在汽车应用方面的要求。

2 功能说明

2.1 框图

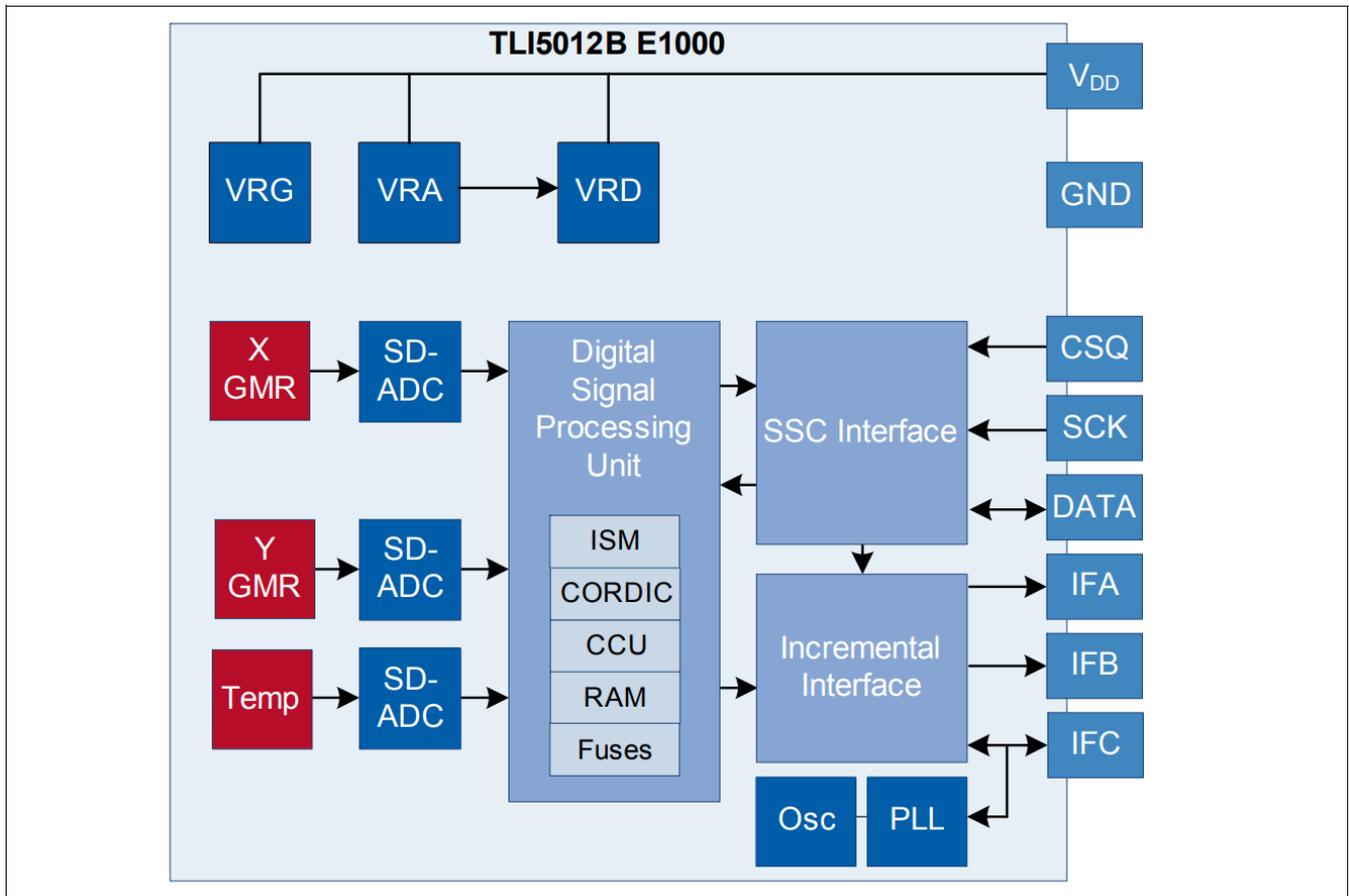


图 2-1 TLI5012B E1000 框图

2.2 功能块说明

2.2.1 内部电源供应

TLI5012B E1000 的内部级配有多个稳压器：

- GMR 稳压器，VRG
- 模拟稳压器，VRA
- 数字稳压器，VRD（源自 VRA）

这些稳压器直接与电源电压 V_{DD} 相连。

2.2.2 振荡器和 PLL

TLI5012B E1000 的数字时钟由锁相环 (PLL) 提供，默认情况下由内部振荡器提供。为了使 TLI5012B E1000 与系统中的其他集成电路同步，TLI5012B E1000

可以通过 SSC 接口进行配置，将 IFC 引脚上提供的外部时钟信号作为 PLL 的时钟源，而不是内部时钟。外部时钟模式仅在 PWM 或 SPC 接口配置中可用。

2.2.3 SD-ADC

Σ - Δ 模拟数字转换器（SD-ADC）将模拟 GMR 电压和温度电压转换为数字域。

2.2.4 数字信号处理单元

数字信号处理器（DSPU）包含以下功能

- 智能状态机 (ISM)，对来自 GMR 桥的原始信号的偏移、偏移温度漂移、振幅同步性和正交性进行误差补偿，并执行自动校准、预测和角速度计算等附加功能
- 坐标旋转数字计算机 (CORDIC)，包含用于计算角度的三角函数
- 捕捉比较单元 (CCU)，用于生成 PWM 和 SPC 信号
- 随机存取存储器 (RAM)，包含配置寄存器
- 激光保险丝，其中包含误差补偿校准参数和集成电路默认配置，启动时将加载到 RAM 中

2.2.5 接口

通过三线制 SSC 接口可与 TLI5012B E1000 进行双向通信。与 SSC 接口并行的还有增量接口 (IIF)，可通过 IFA、IFB 和 IFC 引脚选择。

2.3 传感原理

巨磁电阻 (GMR) 传感器采用垂直整合技术。这意味着 GMR 敏感区域集成在 TLI5012B E1000 器件逻辑部分的上方。这些 GMR 元件会根据磁场的方向改变电阻。

四个独立的 GMR 元件与一个惠斯通感测器电桥相连。这些 GMR 元件能感知外加磁场的两个分量之一：

- X 分量、 V_x (余弦) 或
- Y 分量、 V_y (正弦)

通过这种全桥结构，可以获得最大的 GMR 信号，而且温度效应会相互抵消。

在图 2-2 中，电阻器中的箭头代表固定在参考层中的磁力方向。如果外部磁场与参考层方向平行，则电阻最小。如果它们反平行，则电阻最大。

每个电桥的输出信号只有在两个最大值之间的 180° 范围内才是明确的。因此，两座桥梁的方向正交，可以测量 360° 。

利用三角函数 ARCTAN2，可以从传感器桥的原始 X 和 Y 信号中计算出真正的 360° 角值。

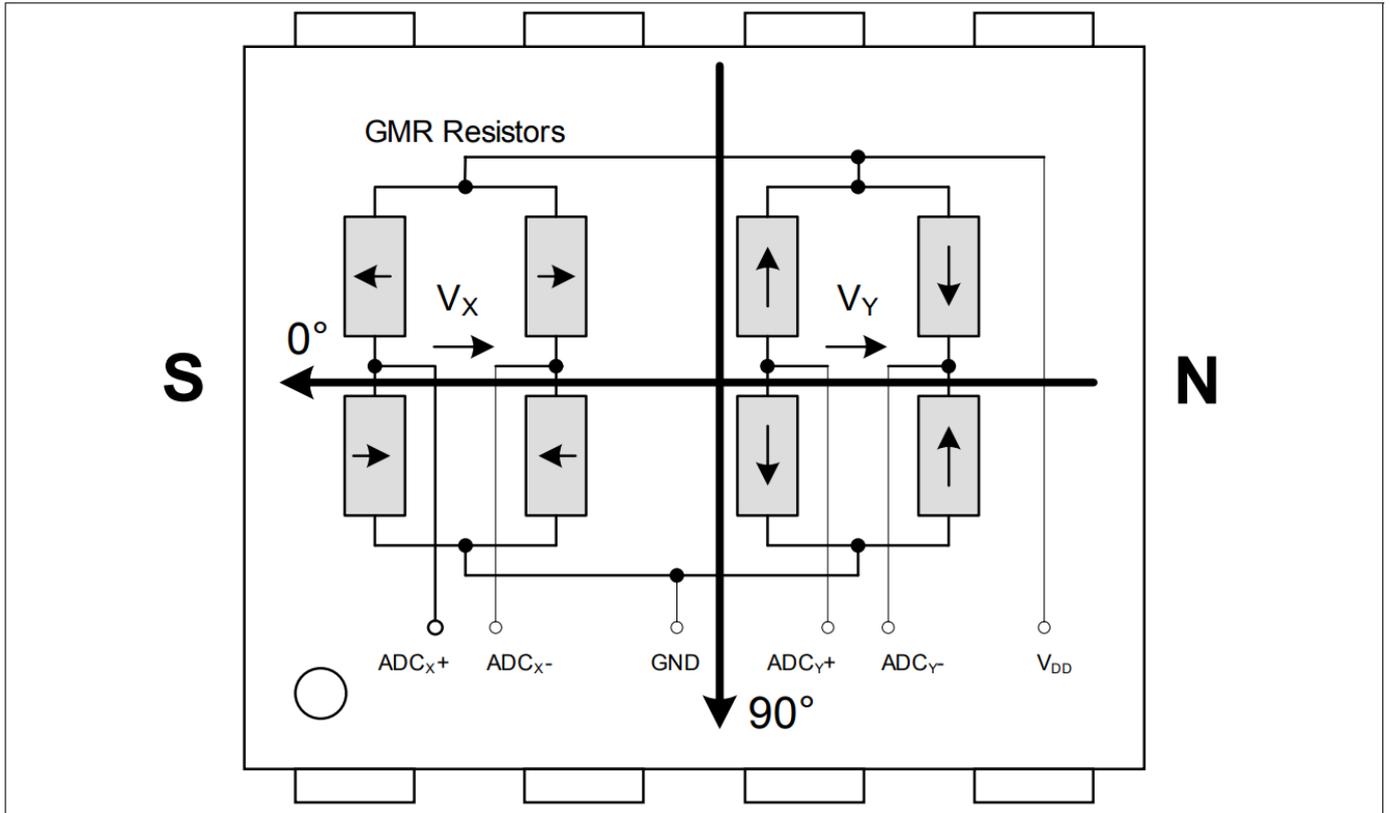


图 2-2 GMR 传感器的敏感桥（未按比例绘制）

注意：由于传感器 IC 在封装中的旋转位置不准确，传感器的 0° 位置可能与图 2-2 所示的封装边缘方向偏差达 3° 。

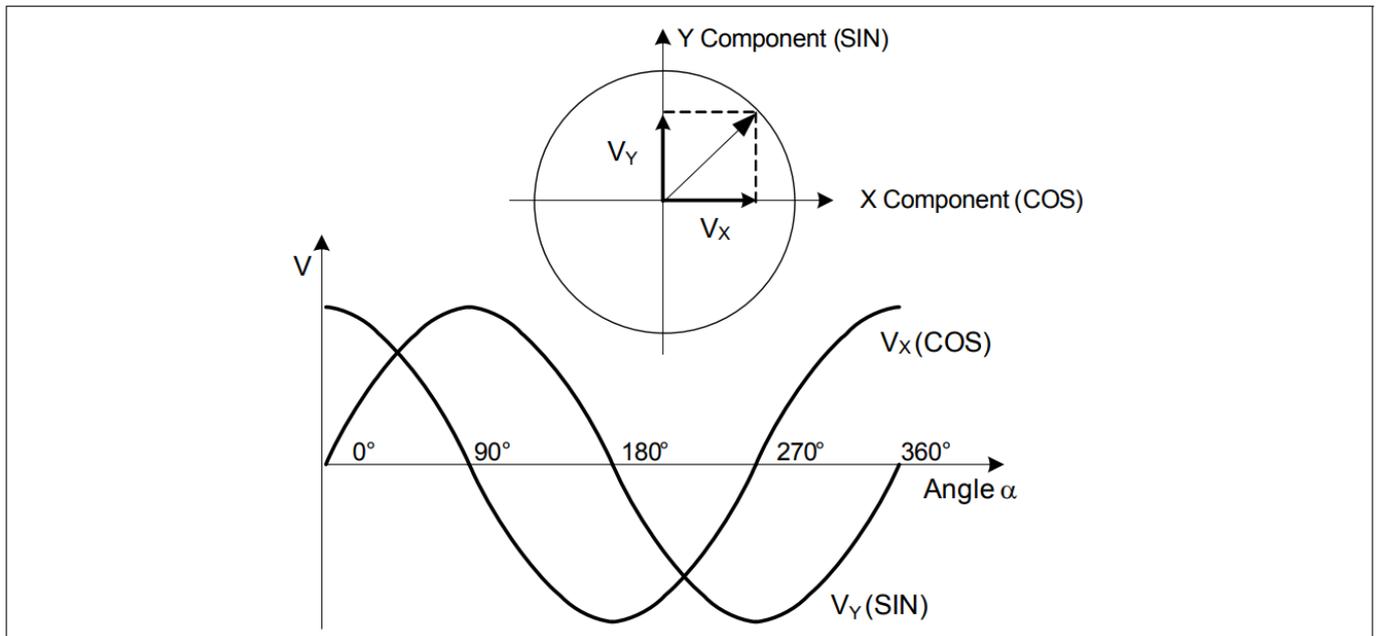


图 2-3 GMR 传感器桥的理想输出端

2.4 引脚配置

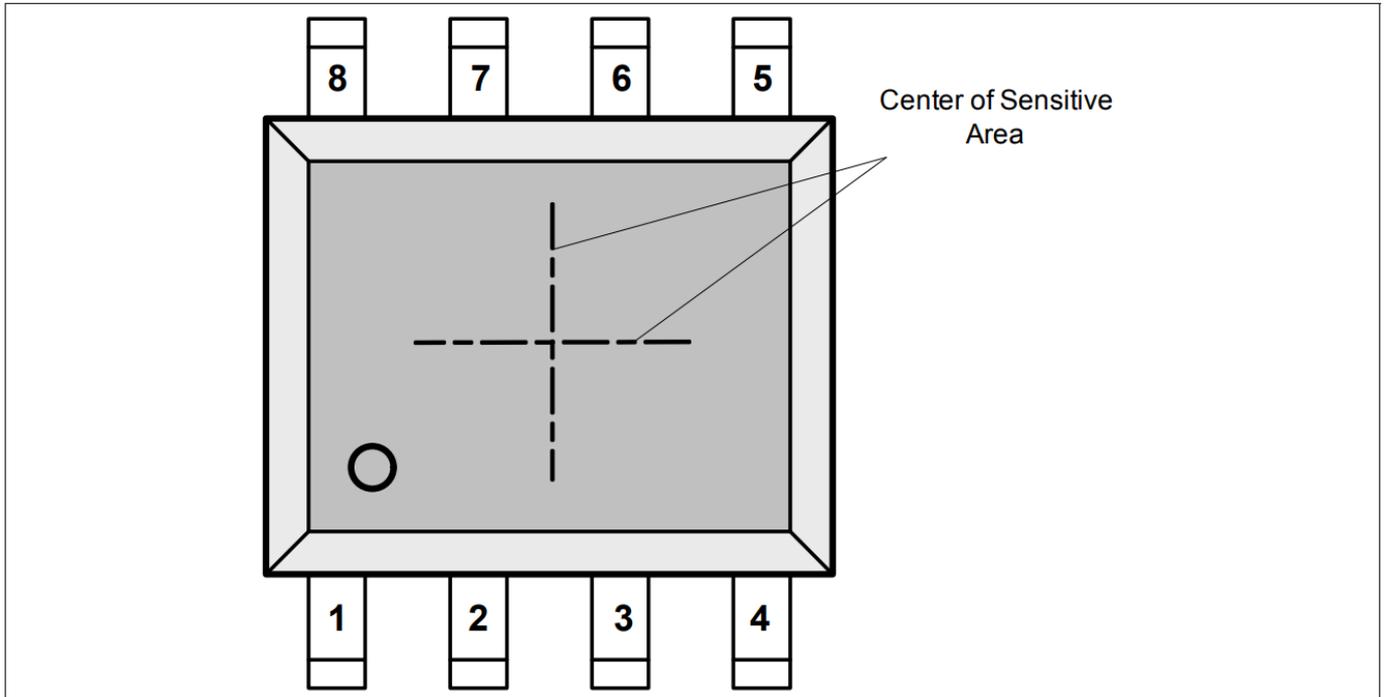


图2-4 引脚配置 (顶视图)

2.5 引脚描述

表 2-1 引脚描述

Pin No.	Symbol	In/Out	Function
1	IFC (IIF_IDX)	O	Interface C: IIF Index
2	SCK	I	SSC Clock
3	CSQ	I	SSC Chip Select
4	DATA	I/O	SSC Data
5	IFA (IIF_A)	O	Interface A: IIF Phase A
6	V_{DD}	-	Supply Voltage
7	GND	-	Ground
8	IFB (IIF_B)	O	Interface B: IIF Phase B

3 应用电路

本章中的应用电路展示了 TLI5012B E1000 的各种通信可能性。引脚输出模式配置取决于设备，可以是推挽式或开漏式。位 IFAB_OD (寄存器 IFAB, 0D_H) 指示 IFA、IFB 和 IFC 引脚的输出模式。SSC 引脚默认为推挽模式 (寄存器 MOD_3, 09_H, 位 SSC_OD)。

图 3-1 显示了带有增量接口和 SSC 配置的 TLI5012B E1000 的基本框图。衍生 TLI5012B E1000 默认配置为推挽式 IFA (IIF_A)、IFB (IIF_B) 和 IFC (IIF_IDX) 引脚。

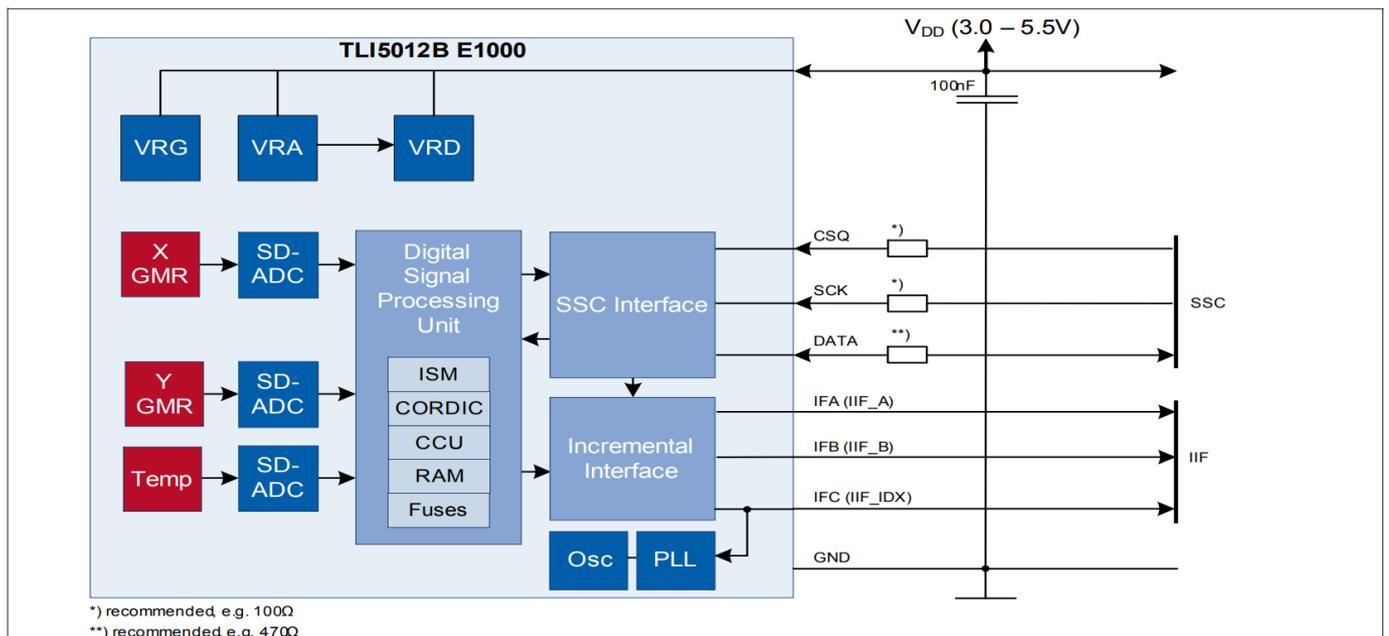


图 3-1 带 IIF 接口和 SSC 的 TLI5012B E1000 应用电路 (使用内部时钟)

如果通过 SSC 接口将 IFA、IFB 和 IFC 引脚配置为漏极开路引脚，建议在输出线和 V_{DD} 之间使用三个电阻器 (每条线一个) (如 2.2kΩ)。

同步串行通信 (SSC) 配置

在图3-1中，SSC接口采用默认推挽配置（详见图3-2）。建议在DATA、SCK（串行时钟信号）和CSQ（芯片选择）线路上使用串联电阻，以便在传感器推高而微控制器同时拉低或相反的错误情况下限制电流。SCK和CSQ线路中的电阻仅在出现干扰或噪音时才有必要。

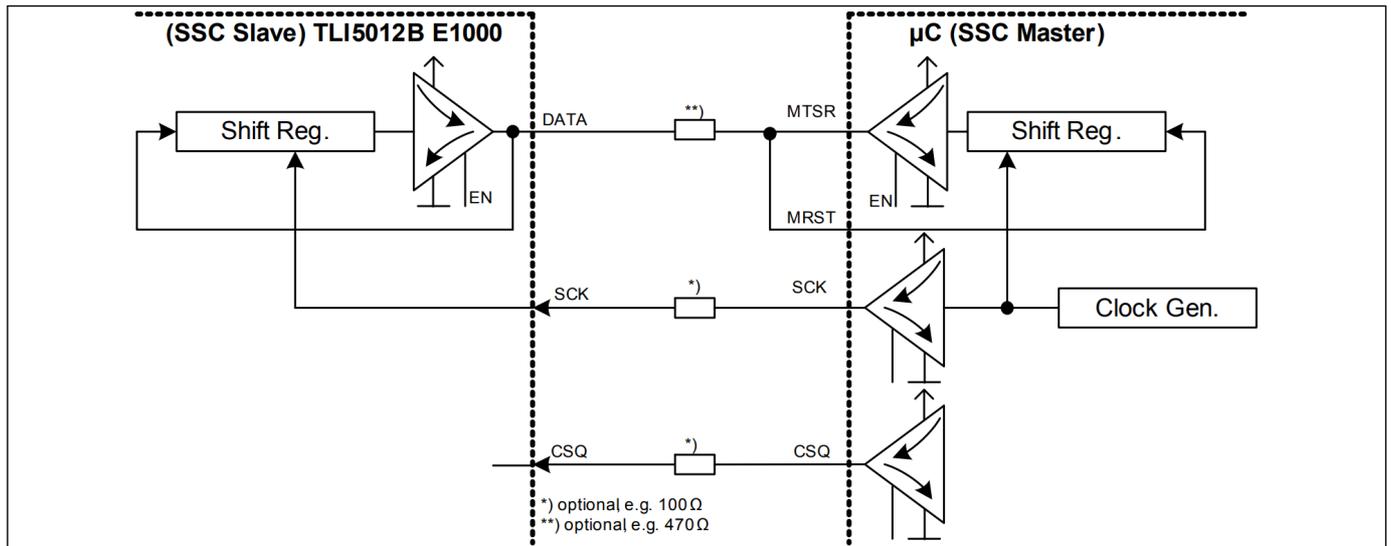


图 3-2 传感器从属模式下的 SSC 配置，带推挽输出（高速应用）

数据、SCK 和 CSQ 线路也可以使用开漏设置。该装置设计用于与总线系统中的微控制器以及其他 SSC 从站进行通信（例如，出于冗余原因使用两个 TLI5012B E1000 设备）。该模式可通过 SSC_OD 位激活。

开漏配置见图3-3。建议在 DATA、SCK 和 CSQ 线路上使用串联电阻来限制电流，以防微控制器或传感器意外切换为推挽式。DATA 线上需要一个典型值为 1 kΩ 的上拉电阻。

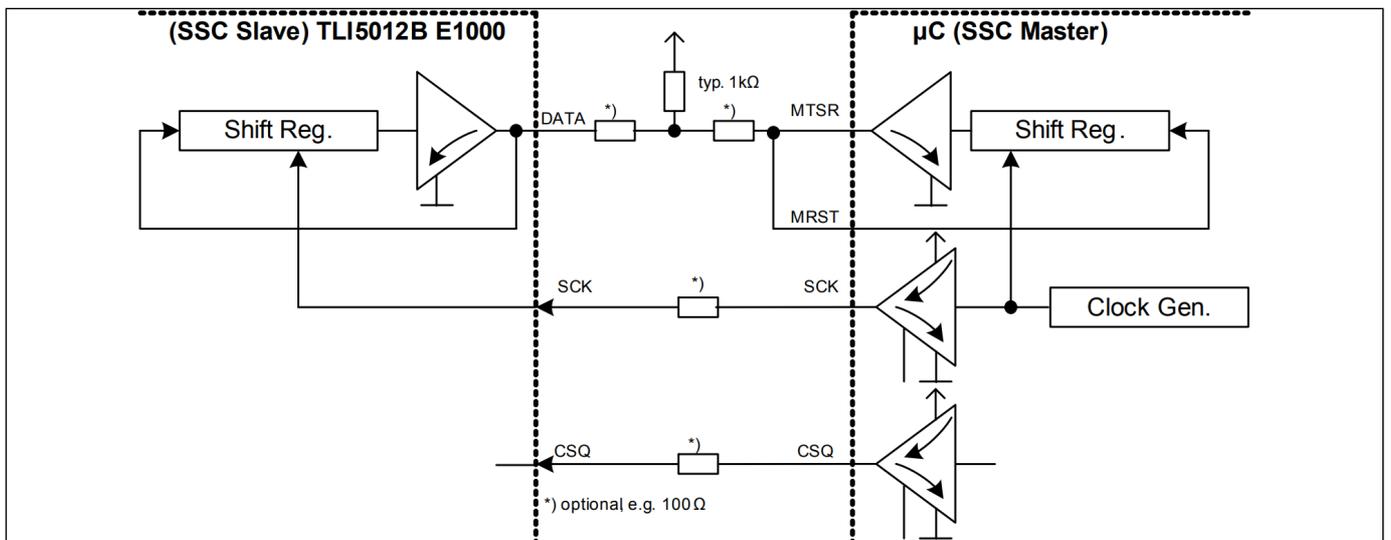


图 3-3 传感器从属模式和开漏（总线系统）下的 SSC 配置

4 规范

4.1 绝对最大额定值

表 4-1 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Voltage on V_{DD} pin with respect to ground (V_{SS})	V_{DD}	-0.5		6.5	V	Max 40 h/Lifetime
Voltage on any pin with respect to ground (V_{SS})	V_{IN}	-0.5		6.5	V	
				$V_{DD} + 0.5$	V	
Junction temperature	T_J	-40		125	°C	
Magnetic field induction	B			200	mT	Max. 5 min @ $T_A = 25^\circ\text{C}$
				150	mT	Max. 5 h @ $T_A = 25^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{ST}	-40		125	°C	Without magnetic field

注意： 超过此处所列的最大额定值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集成电路造成不可逆转的损坏。

4.2 工作范围

为确保 TLI5012B E1000 的正确运行，不得超过以下运行条件。除非另有说明，否则以下章节中指定的所有参数均指这些工作条件。表 4-2 适用于 $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

表 4-2 工作范围和参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage	V_{DD}	3.0	5.0	5.5	V	1)
Supply current	I_{DD}		14	16	mA	
Magnetic induction at $T_J = 25^\circ\text{C}$ ²⁾³⁾	B_{XY}	30		50	mT	$-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$
		30		60	mT	$-40^\circ\text{C} < T_J < 100^\circ\text{C}$
		30		70	mT	$-40^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$
Extended magnetic induction range at $T_J = 25^\circ\text{C}$ ²⁾³⁾	B_{XY}	25		30	mT	Additional angle error of 0.1°
Angle range	Ang	0		360	°	
POR level	V_{POR}	2.0		2.9	V	Power-on reset
POR hysteresis	V_{PORhy}		30		mV	

表 4-2 工作范围 (续) 和参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Power-on time ⁴⁾	t_{Pon}		5	7	ms	$V_{DD} > V_{DDmin}$;
Fast Reset time ⁵⁾	t_{Rfast}			0.5	ms	Fast reset is triggered by disabling startup BIST (S_BIST = 0), then enabling chip reset (AS_RST = 1)

- 1) 用 100-nF 陶瓷电容器直接阻断
- 2) 数值指的是无垂直磁感应强度 ($B_z = 0mT$) 的均匀磁场 (B_{xy})。
- 3) 见图 4-1
- 4) 在 "开机时间"内, 不允许进行写入访问 (切换到外部时钟时除外, 因为需要读出以确认外部时钟已被选中)。
- 5) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

可在图 4-1 的彩色区域内选择磁铁的磁场强度。通过限制结温, 可以应用更高的磁场。在最高温度 $T_J = 100^{\circ}C$ 的情况下, 允许在 $T_J = 25^{\circ}C$ 时使用最大 60mT 的磁铁。

还可以扩大磁场范围, 以适应更高的温度。在这种情况下, 必须考虑额外的角度误差。

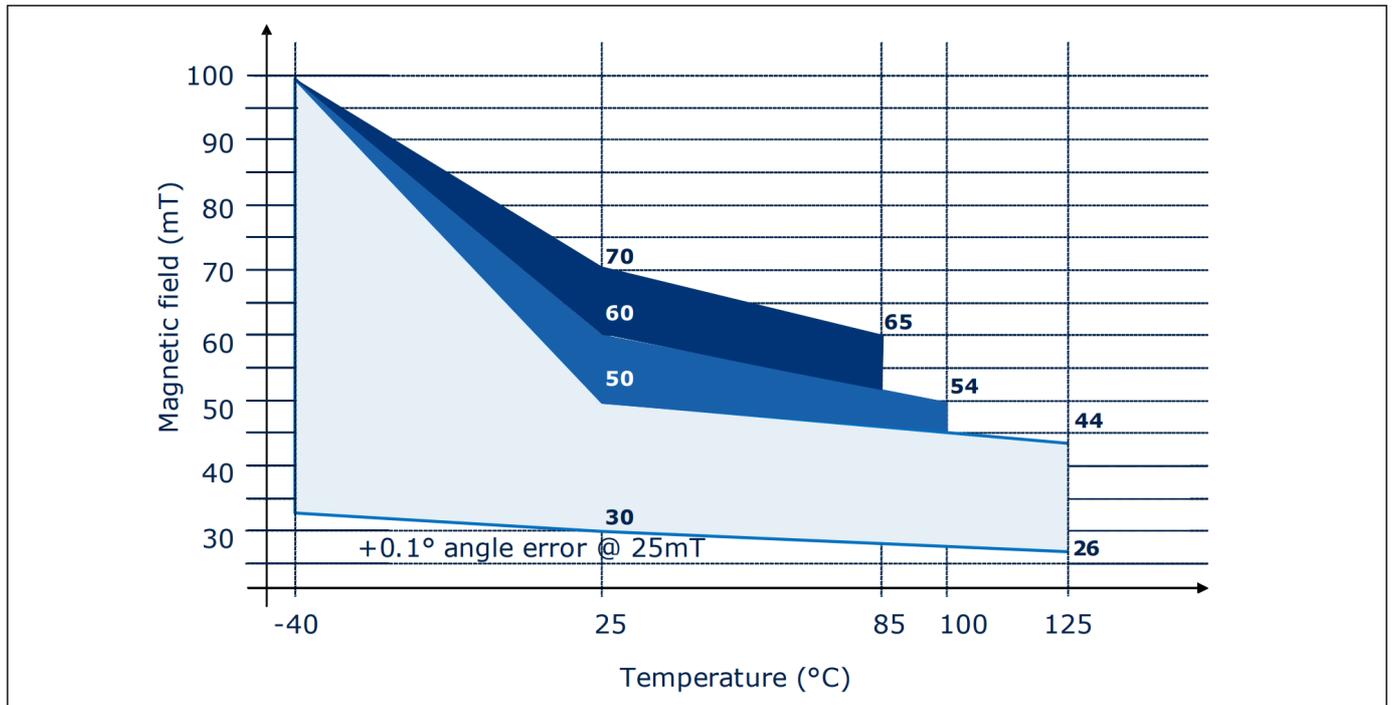


图 4-1 允许的磁场范围与结温的函数关系。

4.3 特性

4.3.1 输入/输出特性

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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，除非另有说明。所有其他值对应 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T_j < 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在寄存器 MOD_3 中，推挽通信的驱动强度和斜率可根据传感器的输出而变化。表 4-3 规定了驱动强度，表 4-4 规定了斜率下降和上升时间。

表 4-3 输入电压和输出电流

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input voltage	V_{IN}	-0.3		5.5	V	
				$V_{DD} + 0.3$	V	
Output current (DATA-Pad)	I_Q			-25	mA	PAD_DRV = '0x', sink current ¹⁾²⁾
				-5	mA	PAD_DRV = '10', sink current ¹⁾²⁾
				-0.4	mA	PAD_DRV = '11', sink current ¹⁾²⁾
Output current (IFA / IFB / IFC - Pad)	I_Q			-15	mA	PAD_DRV = '0x', sink current ¹⁾²⁾
				-5	mA	PAD_DRV = '1x', sink current ¹⁾²⁾

1) 开漏输出端到 GND 的最大电流

2) $V_{DD} = 5\text{ V}$ 时

表 4-4 驱动器强度特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output rise/fall time	t_{fall}, t_{rise}			8	ns	DATA, 50 pF, PAD_DRV = '00' ¹⁾²⁾
				28	ns	DATA, 50 pF, PAD_DRV = '01' ¹⁾²⁾
				45	ns	DATA, 50 pF, PAD_DRV = '10' ¹⁾²⁾
				130	ns	DATA, 50 pF, PAD_DRV = '11' ¹⁾²⁾
				15	ns	IFA/IFB, 20 pF, PAD_DRV = '0x' ¹⁾²⁾
				30	ns	IFA/IFB, 20 pF, PAD_DRV = '1x' ¹⁾²⁾

1) 推挽输出有效

2) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

表 4-5 电气参数 $4.5\text{ V} < V_{DD} < 5.5\text{ V}$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input signal low-level	V_{L5}			$0.3 V_{DD}$	V	
Input signal high level	V_{H5}	$0.7 V_{DD}$			V	
Output signal low-level	V_{OL5}			1	V	DATA; $I_Q = -25\text{ mA}$ (PAD_DRV='0x'), $I_Q = -5\text{ mA}$ (PAD_DRV='10'), $I_Q = -0.4\text{ mA}$ (PAD_DRV='11')
				1	V	IFA,B,C; $I_Q = -15\text{ mA}$ (PAD_DRV='0x'), $I_Q = -5\text{ mA}$ (PAD_DRV='1x')
Pull-up current ¹⁾	I_{PU}	-10		-225	μA	CSQ
				-150	μA	DATA
Pull-down current ²⁾	I_{PD}	10		225	μA	SCK
				150	μA	IFA, IFB, IFC

1) CSQ 和 DATA 引脚的内部上拉始终处于启用状态。

2) IFA、IFB 和 IFC 上的内部下拉在启动期间启用，在开漏模式下，SCK 上的内部下拉始终启用。

 表 4-6 电气参数 $3.0\text{ V} < V_{DD} < 3.6\text{ V}$

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input signal low-level	V_{L3}			$0.3 V_{DD}$	V	
Input signal high level	V_{H3}	$0.7 V_{DD}$			V	
Output signal low-level	V_{OL3}			0.9	V	DATA; $I_Q = -15\text{ mA}$ (PAD_DRV='0x'), $I_Q = -3\text{ mA}$ (PAD_DRV='10'), $I_Q = -0.24\text{ mA}$ (PAD_DRV='11')
				0.9	V	IFA,IFB; $I_Q = -10\text{ mA}$ (PAD_DRV='0x'), $I_Q = -3\text{ mA}$ (PAD_DRV='1x')
Pull-up current ¹⁾	I_{PU}	-3		-225	μA	CSQ
				-150	μA	DATA
Pull-down current ²⁾	I_{PD}	3		225	μA	SCK
				150	μA	IFA, IFB, IFC

1) CSQ 和 DATA 引脚的内部上拉始终处于启用状态。

2) IFA、IFB 和 IFC 上的内部下拉在启动期间启用，在开漏模式下，SCK 上的内部下拉始终启用。

4.3.2 ESD 保护

表 4-7 静电放电保护

Parameter	Symbol	Values		Unit	Notes
		Min.	Max.		
ESD voltage	V_{HBM}		± 4.0	kV	1)
	V_{CDM}		± 0.5	kV	2)

1) 人体模型 (HBM) 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准

2) 符合 JESD22-C101 标准的带电设备模型 (CDM)

4.3.3 GMR 参数

除非另有说明, 否则所有参数均适用于 $B_{\text{XY}} = 30\text{mT}$ 和 $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$ 的条件。

表 4-8 GMR 基本参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
X, Y output range	R_{GADC}			± 23230	digits	Operating range ¹⁾
X, Y amplitude ²⁾	$A_{\text{X}}, A_{\text{Y}}$	6000	9500	15781	digits	At ambient temperature
		3922		20620	digits	Operating range ¹⁾
X, Y synchronicity ³⁾	k	87.5	100	112.49	%	
X, Y offset ⁴⁾	$O_{\text{X}}, O_{\text{Y}}$	-2048	0	+2047	digits	
X, Y orthogonality error	ϕ	-11.25	0	+11.24	$^{\circ}$	
X, Y amplitude without magnet	X_0, Y_0			+4096	digits	Operating range ¹⁾

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

2) 见图 4-2

3) $k = 100 * (A_{\text{X}} / A_{\text{Y}})$

4) $O_{\text{Y}} = (Y_{\text{MAX}} + Y_{\text{MIN}}) / 2$; $O_{\text{X}} = (X_{\text{MAX}} + X_{\text{MIN}}) / 2$

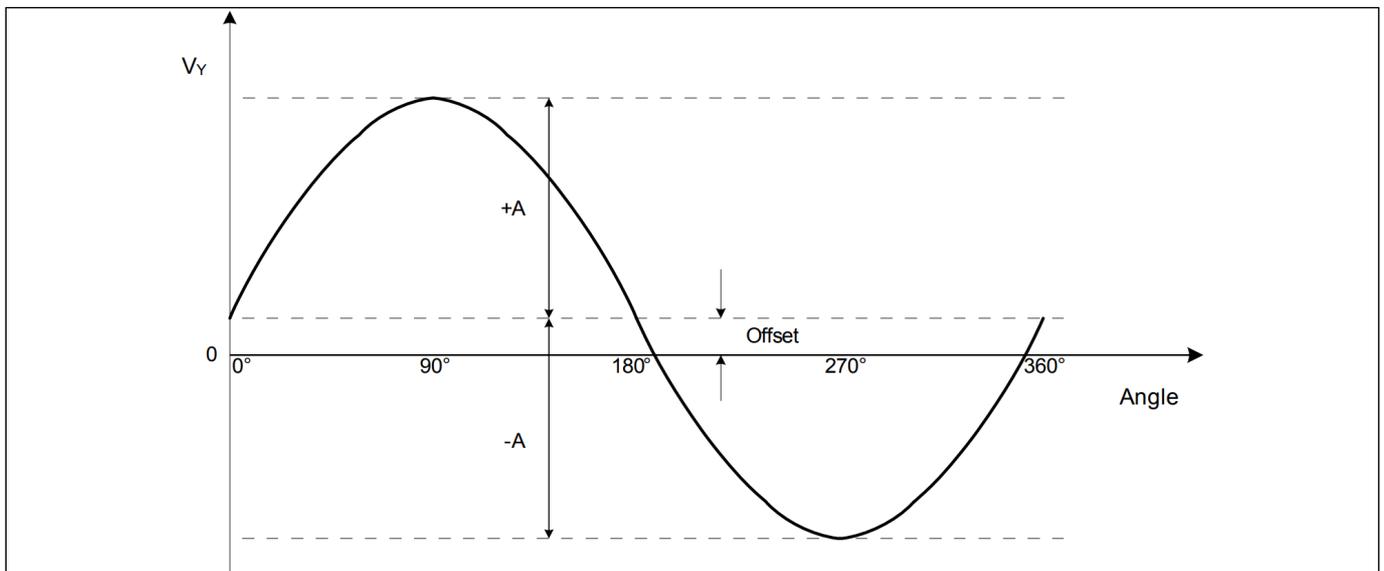


图 4-2 偏移和振幅定义

4.3.4 角度性能

经过内部计算后，传感器的剩余误差如表 4-9 所示。误差值是指 $B_z = 0\text{mT}$ 和 第 16 页表 4-2 "工作范围和参数" 中给出的工作条件。

总角度误差表示相对角度误差。该误差描述了零角度定义后与参考线的偏差。它适用于静态磁场。如果磁场在测量过程中旋转，则角度延迟时间（见 第 23 页表 4-10 "信号处理"）会导致额外的传播误差，传感器需要利用磁共振电桥的原始正弦和余弦值计算角度。在快速转弯应用中，可以启用预测功能来减少这一传播误差。

表 4-9 角度性能

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overall angle error at 25°C	α_{Err}			1.0	°	Including lifetime drift ¹⁾²⁾³⁾ .
Overall angle error -40°C...125°C	α_{Err}			1.9	°	Including temperature & lifetime drift ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

- 1) 包括由旋转方向变化引起的滞后误差
- 2) 零角度定义后的相对误差
- 3) 带自动校准功能（默认情况下已预先配置）。1.5 转内无温度变化 > 5 开尔文。
- 4) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

自动校准功能可实现在线参数计算，从而减少因温度和寿命漂移造成的角度误差。TLI5012B E1000 需要转动 1.5 圈才能生成新的自动校准参数。这些参数会不断更新。参数以平滑的方式更新（在所选范围或时间内更新一个最小有效位），以避免输出出现角度跳变。

如果在 1.5 转的过程中温度变化超过 5 开尔文，则必须在表 4-9 中规定的角度误差基础上增加额外误差。如图 4-3 所示，该误差取决于温度变化（Delta Temperature）和初始温度（Tstart）。一旦温度趋于稳定且应用完成 1.5 转，则角度误差将如表 4-9 所示。

对于负的 Delta 温度变化（从较高温度到较低温度），额外的角度误差将小于图 4-3 中相应的正 Delta 温度变化（从较低温度到较高温度）。图 4-3 适用于最坏情况。

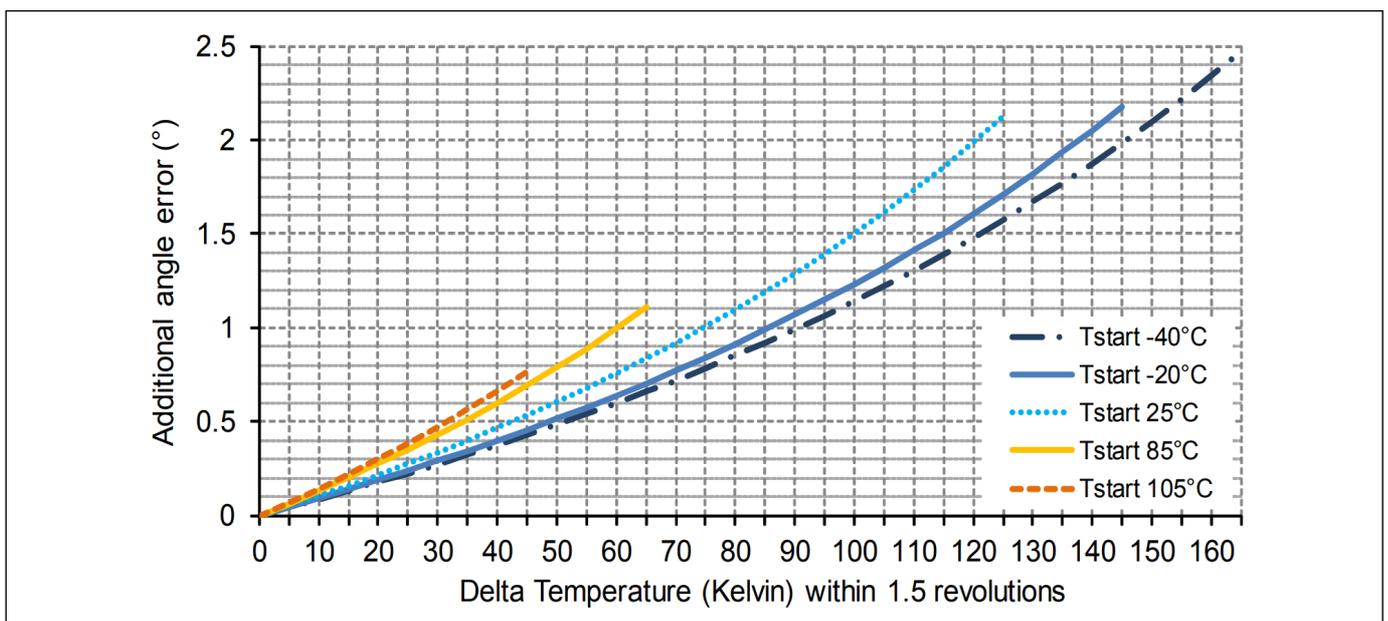


图 4-3 1.5 转内温度变化超过 5 开尔文时的附加角度误差

4.3.5 信号处理

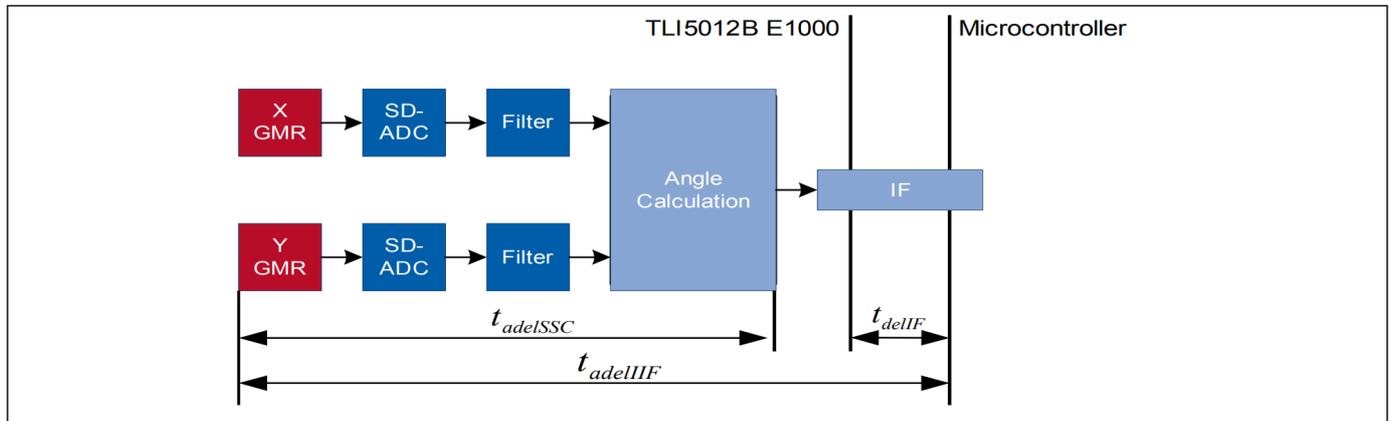


图 4-4 信号路径

TLI5012B E1000 的信号路径如图 4-4 所示。它由 GMR 桥、ADC、滤波器和角度计算组成。GMR 元件的物理变化与输出信号之间的延迟时间取决于滤波器和接口配置。在快速旋转应用中，这一延迟会造成额外的与旋转速度相关的角度误差。

TLI5012B E1000 具有可选的预测功能，可在转速不会突然变化的应用中减少与转速相关的角度误差。预测使用当前和最后两个角度值之间的差值来逼近延迟时间后的角度值（见 图 4-5）。根据 公式 (4.1) 将该差值与测量值相加即可计算出输出值。

$$\alpha(t+1) = \alpha(t) + \alpha(t-1) - \alpha(t-2) \quad (4.1)$$

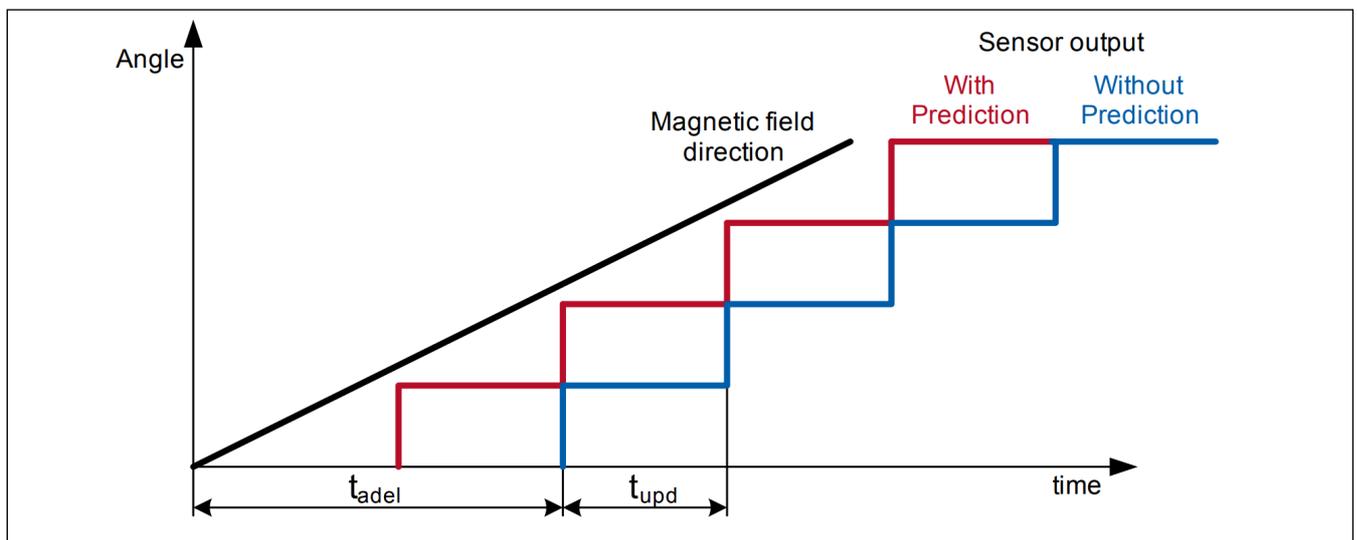


图 4-5 传感器输出延迟

表 4-10 信号处理

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Filter update period	t_{upd}		42.7		μs	FIR_MD = 1 (default) ¹⁾
			85.3		μs	FIR_MD = 2 ¹⁾
			170.6		μs	FIR_MD = 3 ¹⁾
Angle delay time without prediction ²⁾	t_{adelSSC}		85	95	μs	FIR_MD = 1 ¹⁾
			150	165	μs	FIR_MD = 2 ¹⁾
			275	300	μs	FIR_MD = 3 ¹⁾
	t_{adelIIF}		120	135	μs	FIR_MD = 1 ¹⁾
			180	200	μs	FIR_MD = 2 ¹⁾
			305	330	μs	FIR_MD = 3 ¹⁾
Angle delay time with prediction ²⁾	t_{adelSSC}		45	50	μs	FIR_MD = 1; PREDICT = 1 ₁₎
			65	70	μs	FIR_MD = 2; PREDICT = 1 ₁₎
			105	115	μs	FIR_MD = 3; PREDICT = 1 ₁₎
	t_{adelIIF}		75	90	μs	FIR_MD = 1; PREDICT = 1 ₁₎
			95	110	μs	FIR_MD = 2; PREDICT = 1 ₁₎
			135	150	μs	FIR_MD = 3; PREDICT = 1 ₁₎
Angle noise (RMS)	N_{Angle}		0.08		$^{\circ}$	FIR_MD = 1 ¹⁾
			0.05		$^{\circ}$	FIR_MD = 2 ¹⁾ (default)
			0.04		$^{\circ}$	FIR_MD = 3 ¹⁾

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

2) 在恒定转速下有效

表 4-10 中规定的所有延迟时间均适用于理想的 24 MHz 内部振荡器频率。要获得准确的时间，必须考虑内部振荡器频率的变化（参见 第 4.3.6 章）。

4.3.6 时钟电源 (CLK 时序定义)

TLI5012B E1000 的内部时钟供应受特定生产的影响, 所有时序规格都必须考虑这些影响。

表 4-11 内部时钟时序规格

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Digital clock	f_{DIG}	22.3	24	26.3	MHz	
Internal oscillator frequency	f_{CLK}	3.7	4.0	4.4	MHz	

4.3.6.1 外部时钟操作

为了固定集成电路的时序, 并使 TLI5012B E1000 与系统中的其他集成电路同步, 可将其切换为使用 IFC 引脚上的外部时钟信号工作。时钟输入信号必须满足某些要求:

- 高电平或低电平脉冲宽度不得超过规定值, 因为 PLL 需要最小脉冲宽度, 而且必须进行尖峰滤波。
- 占空比系数一般应为 50%, 但可在 30% 和 70% 之间变化。
- PLL 在时钟正边沿触发。如果缺少 2 个以上的边沿, 则会自动产生芯片复位, 传感器将使用内部时钟重新启动。这由 S_RST 和 CLK_SEL 位以及安全字 (参见 第 4.4.2.2 章) 指示。

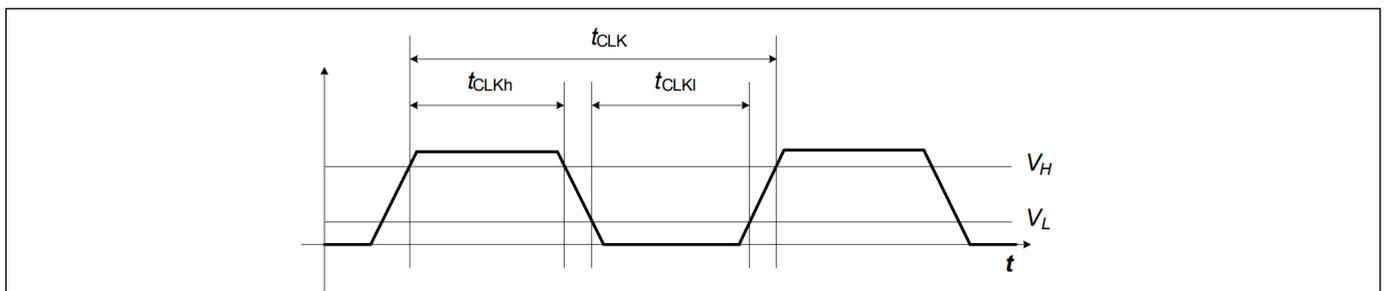


图 4-6 外部 CLK 时序定义

表 4-12 外部时钟规格

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input frequency	f_{CLK}	3.7	4.0	4.4	MHz	
CLK duty cycle ¹⁾²⁾	CLK_{DUTY}	30	50	70	%	
CLK rise time	t_{CLKr}			30	ns	From V_L to V_H
CLK fall time	t_{CLKf}			30	ns	From V_H to V_L

1) 最小占空比系数: $t_{CLKh(min)} / t_{CLK}$ with $t_{CLK} = 1 / f_{CLK}$

2) 最大占空比系数: $t_{CLKh(max)} / t_{CLK}$ with $t_{CLK} = 1 / f_{CLK}$

4.4 接口

4.4.1 增量接口 (IIF)

增量接口 (IIF) 可模拟占空比为 50% 的光学正交编码器的运行。它为每个角度阶跃传输一个方波脉冲，阶跃宽度可在寄存器 MOD_4 (IFAB_RES) 中配置为 9 位 (每转一圈 512 个阶跃) 至 12 位 (每转一圈 4096 个阶跃)。旋转方向由两个通道 IFA 和 IFB 之间的相移 (A/B 模式) 或 IFB 通道的电平 (步长/方向模式) 决定，如 [图 4-7](#) 和 [图 4-8](#) 所示。增量接口可在寄存器 MOD_1 (IIF_MOD) 中配置为 A/B 模式或步进/定向模式。

使用增量接口需要在微控制器上安装一个上/下计数器，对脉冲进行计数，从而跟踪绝对位置。计数器可通过并行 SSC 接口定期同步。SSC 接口读出的角度值 (AVAL 寄存器) 可与存储的计数器值进行比较。如果不同步，微控制器会将差值加到实际计数器值上，使 TLI5012B E1000 与微控制器同步。

启动后，IIF 发送若干脉冲，这些脉冲与实际绝对角度值相对应。这样，微控制器就能获得有关绝对位置的信息。IFC 引脚上有指示过零的索引信号。

带预设 IIF 的传感器有 TLI5012B E1000 型。

A/B 模式

相位 A 和相位 B 之间的相位移动表示磁铁顺时针 (A 跟着 B) 或逆时针 (B 跟着 A) 旋转。

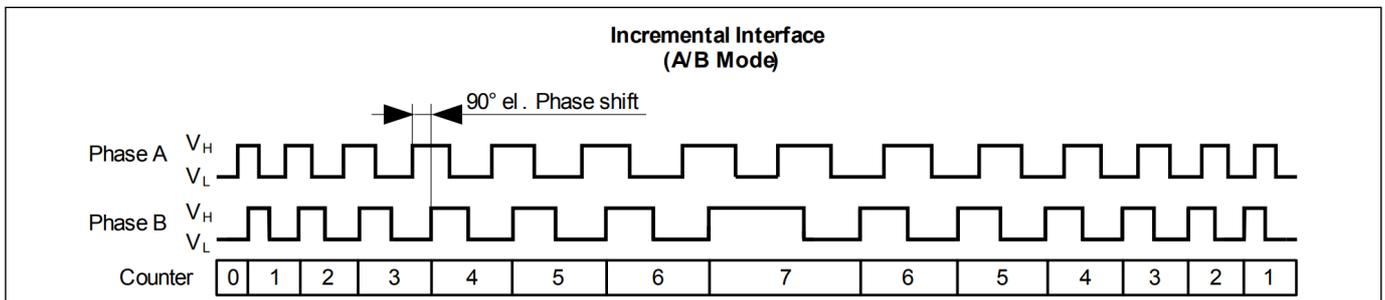


图 4-7 采用 A/B 模式的增量接口

步进/方向模式

A 相发出增量脉冲，B 相指示方向。

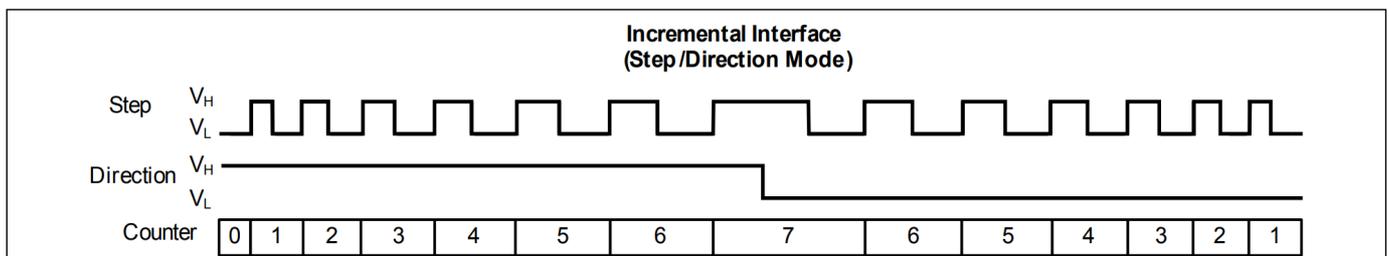


图 4-8 采用步进/方向模式的增量接口

表 4-13 增量接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Incremental output frequency	f_{inc}			1.0	MHz	Frequency of phase A and phase B ¹⁾
Index pulse width	$t_{0^{\circ}}$		5		μ s	0 ^{o1)}

1) 无需进行生产测试 - 通过设计/特性验证

4.4.2 同步串行通信 (SSC)

3 引脚 SSC 接口包括一个双向推挽（接收时三态）或开漏数据引脚（可通过 SSC_OD 位配置）以及串行时钟和片选输入引脚。SSC 接口设计用于与微控制器进行点对点通信，以实现快速应用。

4.4.2.1 SSC 时序定义

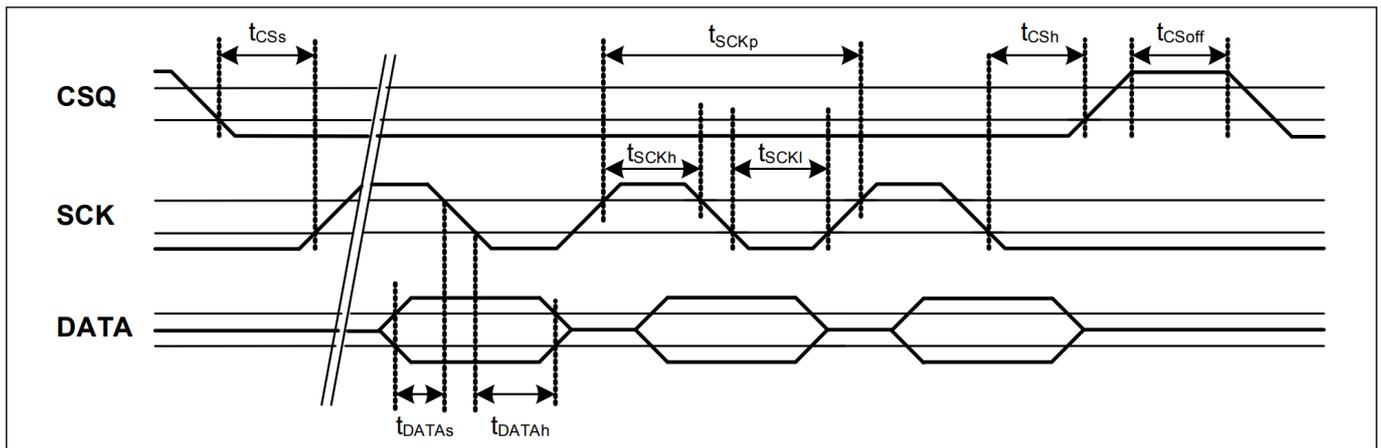


图 4-9 SSC 时序

SSC 非活动时间 (t_{CSoff})

SSC 非活动时间定义了传输后再次选择 TLI5012B E1000 之前的延迟时间。

表 4-14 SSC 推挽定时规格

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
SSC baud rate	f_{SSC}		8.0		Mbit/s	¹⁾
CSQ setup time	t_{CSs}	105			ns	¹⁾
CSQ hold time	t_{CSh}	105			ns	¹⁾
CSQ off	t_{CSoff}	600			ns	SSC inactive time ¹⁾
SCK period	t_{SCKp}	120	125		ns	¹⁾
SCK high	t_{SCKh}	40			ns	¹⁾
SCK low	t_{SCKl}	30			ns	¹⁾
DATA setup time	t_{DATAs}	25			ns	¹⁾
DATA hold time	t_{DATAh}	40			ns	¹⁾
Write read delay	t_{wr_delay}	130			ns	¹⁾
Update time	$t_{CSupdate}$	1			μ s	See Figure 4-13 ¹⁾
SCK off	t_{SCKoff}	170			ns	¹⁾

1) 无需进行生产测试 - 通过设计/特性验证

表 4-15 SSC 漏极开路时序规格

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
SSC baud rate	f_{SSC}		2.0		Mbit/s	Pull-up Resistor = 1k Ω ¹⁾
CSQ setup time	t_{CSs}	300			ns	¹⁾
CSQ hold time	t_{CSH}	400			ns	¹⁾
CSQ off	t_{CSoff}	600			ns	SSC inactive time ¹⁾
SCK period	t_{SCKp}	500			ns	¹⁾
SCK high	t_{SCKh}		190		ns	¹⁾
SCK low	t_{SCKl}		190		ns	¹⁾
DATA setup time	t_{DATAs}	25			ns	¹⁾
DATA hold time	t_{DATAh}	40			ns	¹⁾
Write read delay	t_{wr_delay}	130			ns	¹⁾
Update time	$t_{CSupdate}$	1			μ s	See Figure 4-13 ¹⁾
SCK off	t_{SCKoff}	170			ns	¹⁾

1) 无需进行生产测试 - 通过设计/特性验证

4.4.2.2 SSC 数据传输

SSC 数据传输采用字节对齐方式。可以使用以下转送词

- 命令字（用于访问和更改 TLI5012B E1000 的运行模式）
- 数据字（任何方向传输的任何数据）
- 安全字（确认数据传输并提供状态信息）

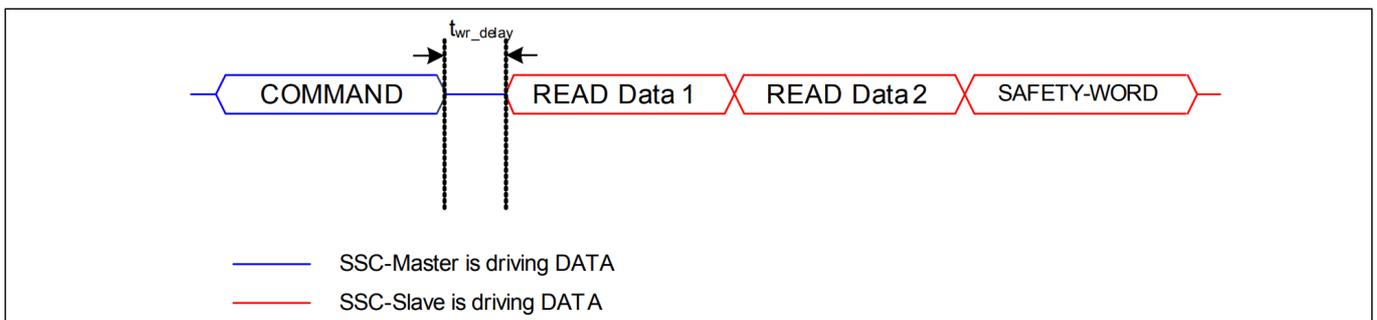


图 4-10 SSC 数据传输（数据读取示例）

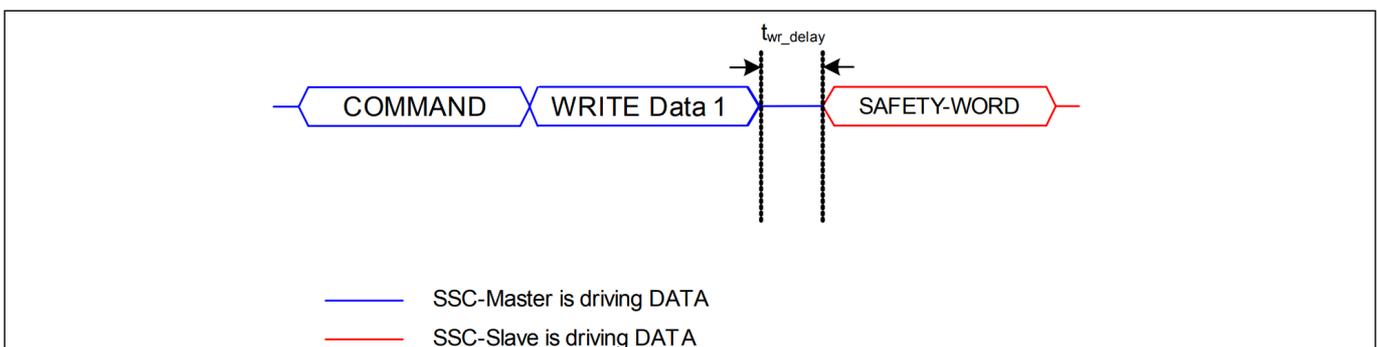


图 4-11 SSC 数据传输（数据写入示例）

命令字

TLI5012B E1000 与微控制器之间的通信由命令字启动。命令字的结构如表 4-16 所示。如果在 SCK 没有时钟的情况下，通过短时间拉低 CSQ 触发更新，所有系统值的快照将同时存储在更新寄存器中。设置 UPD 位的读取命令可以读出这组一致的值，而不是当前值。在寄存器描述的类型栏中，带有更新缓冲区的位用 "u" 标记。

表 4-16 命令字结构

Name	Bits	Description
RW	[15]	Read - Write 0: Write 1: Read
Lock	[14..11]	4-bit Lock Value 0000 _B : Default operating access for addresses 0x00:0x04 1010 _B : Configuration access for addresses 0x05:0x11
UPD	[10]	Update-Register Access 0: Access to current values 1: Access to values in update buffer
ADDR	[9..4]	6-bit Address
ND	[3..0]	4-bit Number of Data Words

安全字

安全字由以下位组成：

表 4-17 安全字结构

Name	Bits	Description
STAT ¹⁾	Chip and Interface Status	
	[15]	Indication of chip reset or watchdog overflow (resets after readout) via SSC 0: Reset occurred 1: No reset
	[14]	System error (e.g. overvoltage; undervoltage; V _{DD} -; GND- off; ROM;...) 0: Error occurred (S_VR; S_DSPU; S_OV; S_XYOL; S_MAGOL; S_FUSE; S_ROM; S_ADCT) 1: No error
	[13]	Interface access error (access to wrong address; wrong lock) 0: Error occurred 1: No error
	[12]	Valid angle value (NO_GMR_A = 0; NO_GMR_XY = 0) 0: Angle value invalid 1: Angle value valid
RESP	[11..8]	Sensor number response indicator The sensor number bit is pulled low and the other bits are high
CRC	[7..0]	Cyclic Redundancy Check (CRC)

1) 当发生错误时，安全字中的相应状态位保持 "低"，直到通过 SSC 接口读取 STAT 寄存器（地址 00_H）。

位类型

此处列出了寄存器中使用的位类型：

表 4-18 位类型

Abbreviation	Function	Description
r	Read	Read-only registers
w	Write	Read and write registers
u	Update	Update buffer for this bit is present. If an update is issued and the Update-Register Access bit (UPD in Command Word) is set, the immediate values are stored in this update buffer simultaneously. This allows a snapshot of all necessary system parameters at the same time.

通过 SSC 进行数据通信

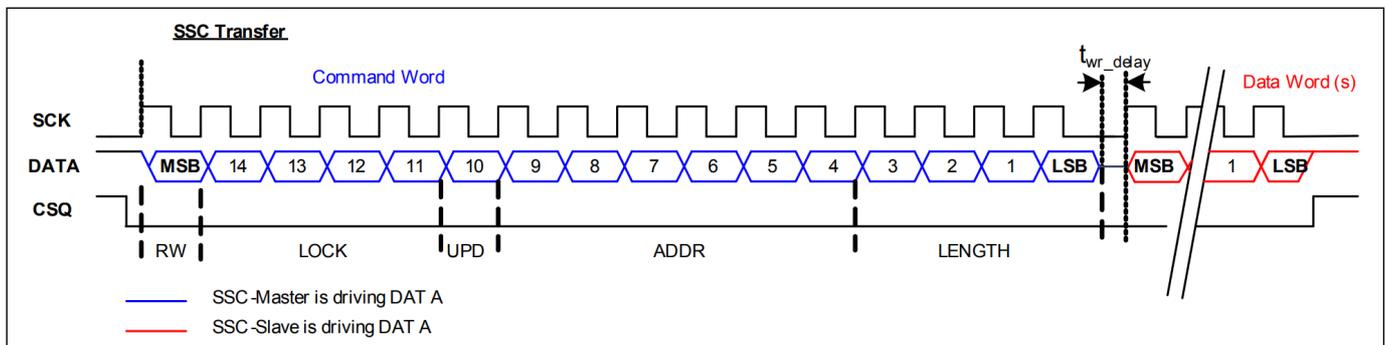


图 4-12 SSC 位排序（读取示例）

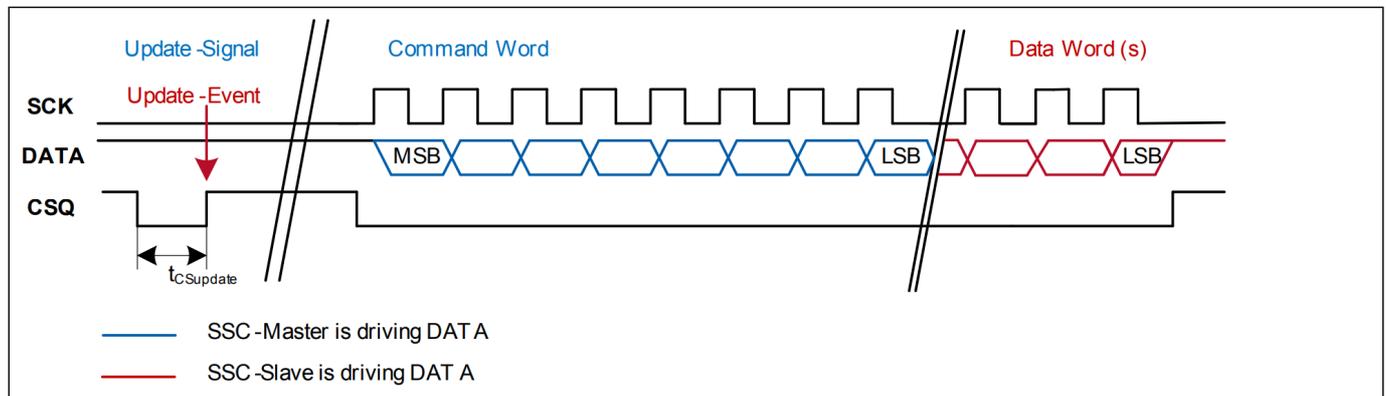


图 4-13 更新寄存器的更新

通过 SSC 接口进行的数据通信具有以下特点：

- 数据传输顺序为最重要比特 (MSB) 在前，最后重要比特 (LSB) 在后。
- 在 SCK 上升沿时将数据输入数据线，在 SCK 下降沿时读取数据。
- SSC 接口采用字对齐方式。每传输一个字后，所有功能都会被激活。
- 在 $ND \geq 1$ 的每次数据传输后，TLI5012B E1000 都会附加 16 位安全字。
- 如果所选 TLI5012B E1000 的芯片选择引脚 (CSQ) 上出现 "高电平"，则会立即中断传输。CRC 计算器将自动重置。
- 改变数据方向后，在继续数据传输之前必须执行延迟 t_{wr_delay} （见 表4-15）。这是内部寄存器访问所必需的。
- 如果命令字中的数据数大于 1 ($ND > 1$)，则从 ADDR 给定的地址开始，读取相应数量的连续寄存器。

4.4.3 电压监控

TLI5012B E1000 的内部电压节点由一组比较器监控，以确保无差错运行。过压或欠压条件必须在至少 256 个数字时钟周期内有效，才能设置状态寄存器中的相应错误位。这就起到了数字尖峰抑制的作用。

过压或欠压错误会触发状态寄存器的 S_VR 位。该错误条件通过 SSC 协议的安全字、SPC 接口的状态位或 PWM 接口的较低诊断范围发出信号。

表 4-19 测试比较器阈值电压

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overvoltage detection	V_{OVG}		2.80		V	1)
	V_{OVA}		2.80		V	1)
	V_{OVD}		2.80		V	1)
V_{DD} overvoltage	V_{DDOV}		6.05		V	1)
V_{DD} undervoltage	V_{DDUV}		2.70		V	1)
GND - off voltage	V_{GNDoff}		-0.55		V	1)
V_{DD} - off voltage	V_{VDDoff}		0.55		V	1)
Spike filter delay	t_{DEL}		10		μ s	1)

1) 无需进行生产测试 - 通过设计/特性验证

4.4.3.1 内部电源电压比较器

每个电压调整器都有一个过电压比较器，用于检测故障。如果 2.5 V 的标称输出电压大于 V_{OVG} 、 V_{OVA} 和 V_{OVD} ，过压比较器就会启动。

4.4.3.2 V_{DD} 过压检测

过压检测比较器监控 V_{DD} 引脚上的外部电源电压。

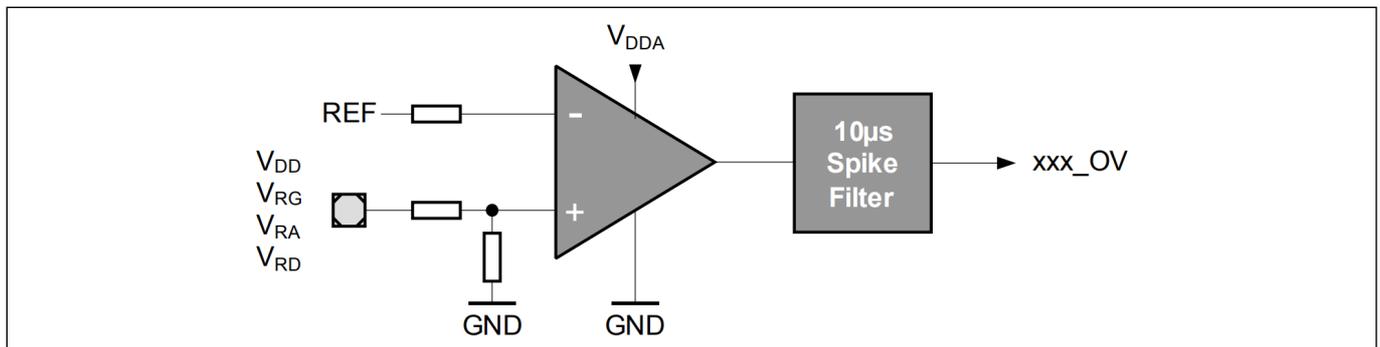


图 4-15 过电压比较器

4.4.3.3 GND - 关闭比较器

GND - 关闭比较器用于检测 GND 引脚与 SCK 之间的电压差。该电路可检测电源 GND 引脚是否断开。

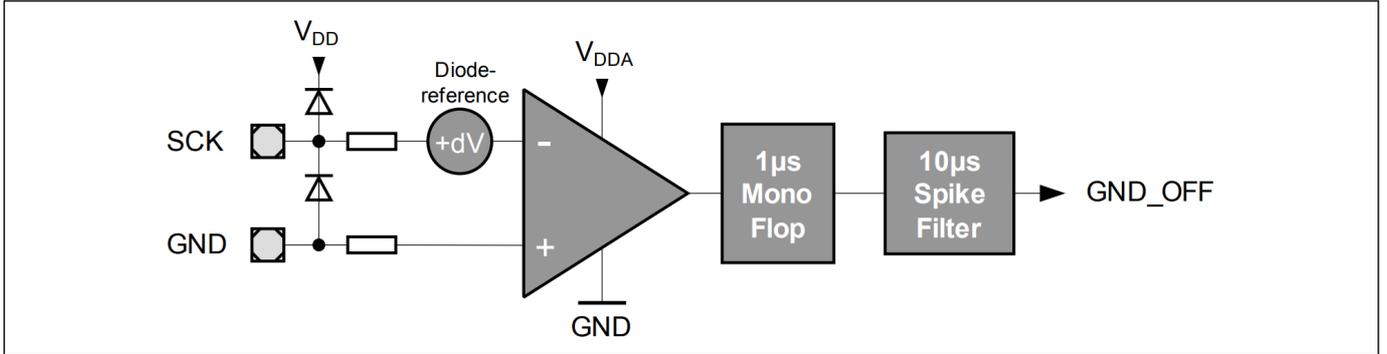


图 4-16 GND - 关闭比较器

4.4.3.4 V_{DD} - 关闭比较器

V_{DD} - 关闭比较器检测 VDD 引脚供电电压是否断开。在这种情况下，TLI5012B E1000 通过 ESD 结构由 SCK 和 CSQ 输入引脚供电。

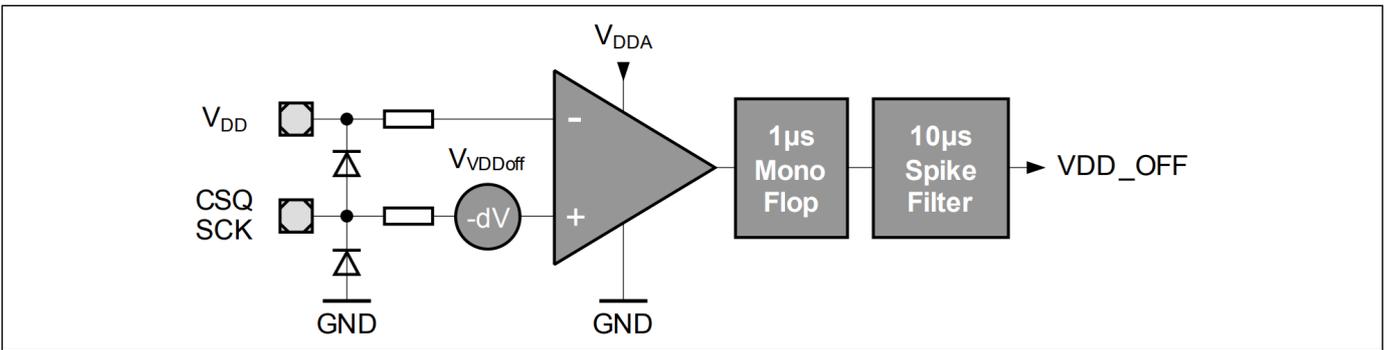


图 4-17 V_{DD} - 关闭比较器

5 封装信息

5.1 封装参数

表 5-1 封装参数

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Notes
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance	R_{thJA}		150	200	K/W	Junction to air ¹⁾
	R_{thJC}			75	K/W	Junction to case
	R_{thJL}			85	K/W	Junction to lead
Soldering moisture level		MSL 3				260°C
Lead Frame		Cu				
Plating		Sn 100%				> 7 μ m

1) 根据 Jecdec JESD51-7 标准

5.2 封装外形

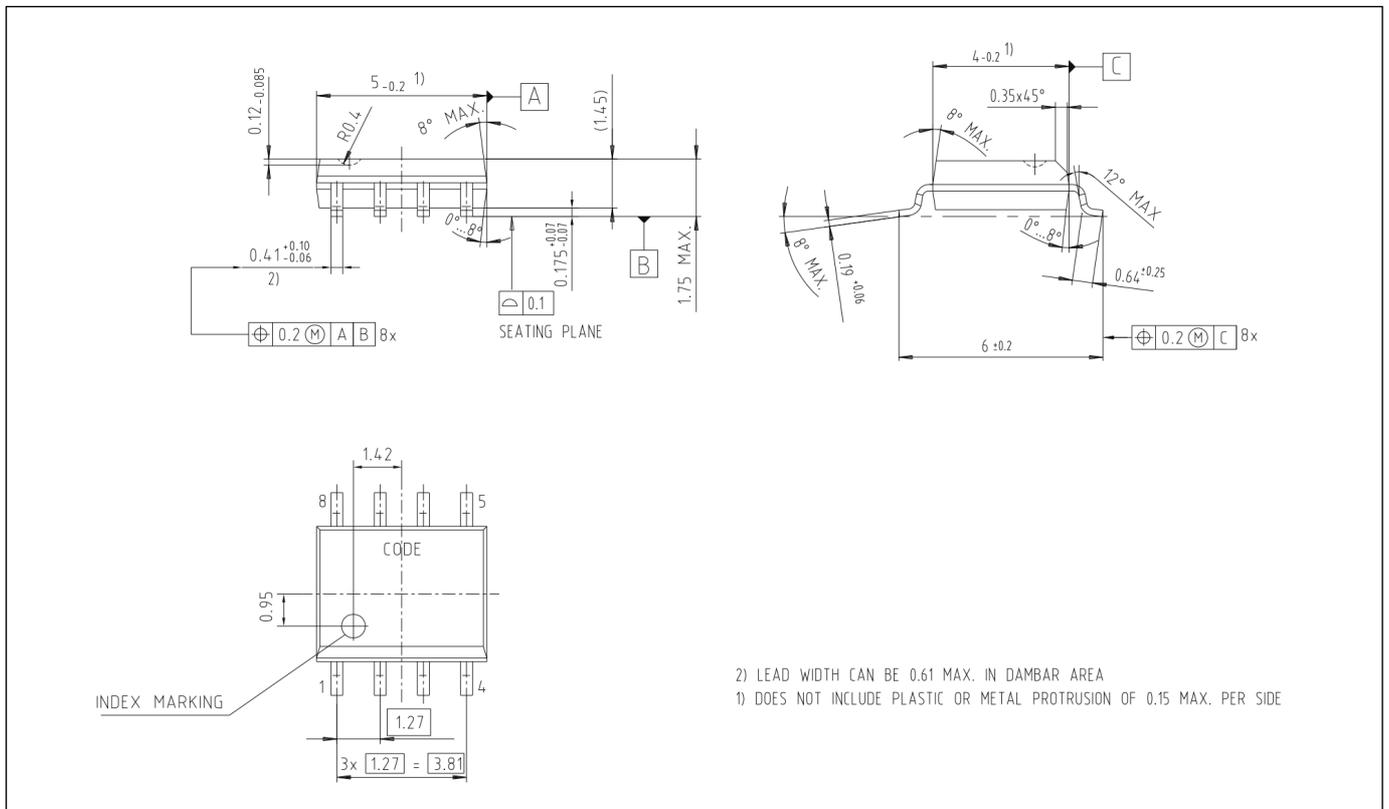


图 5-1 PG-DSO-8 封装尺寸

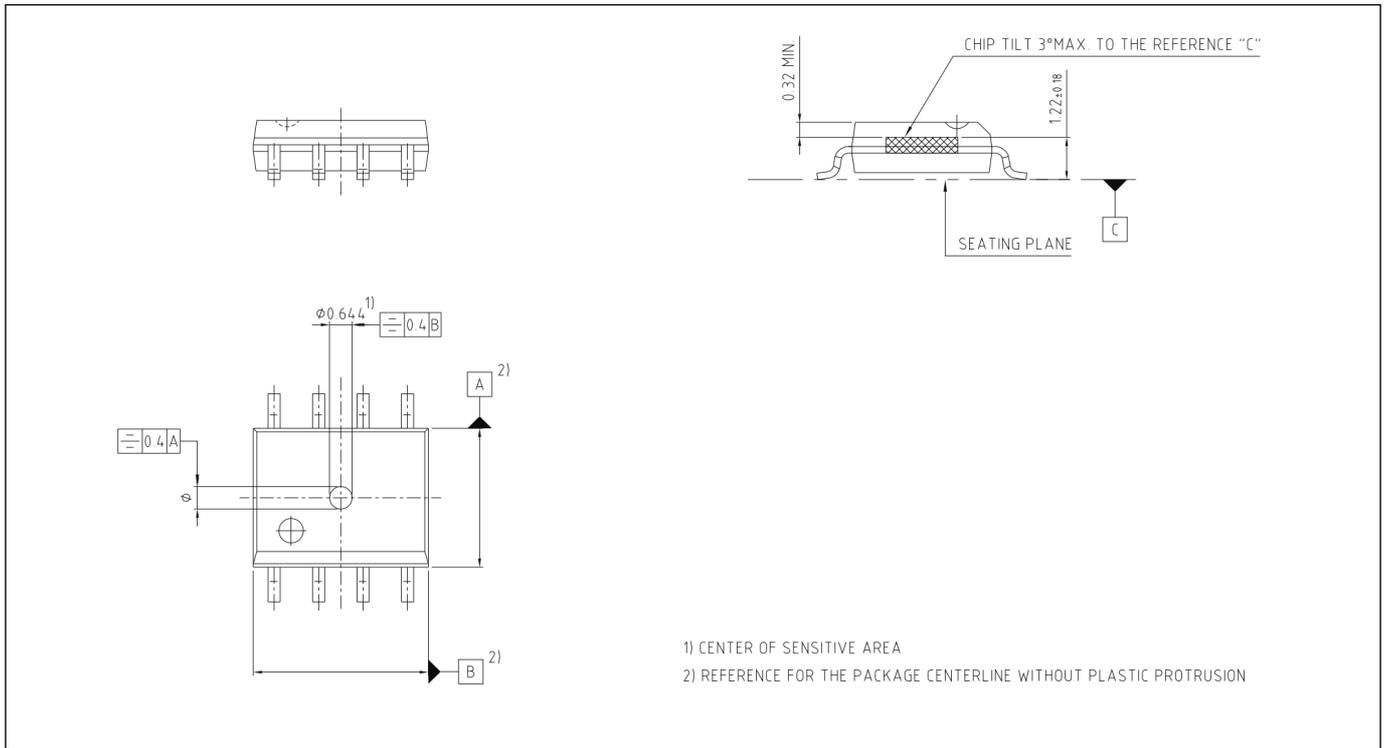


图 5-2 传感元件的位置

表 5-2 封装中传感器集成电路的放置公差

Parameter	Values		Unit	Notes
	Min.	Max.		
position eccentricity	-200	200	μm	in X- and Y-direction
rotation	-3	3	°	affects zero position offset of sensor
tilt	-3	3	°	

5.3 封装尺寸

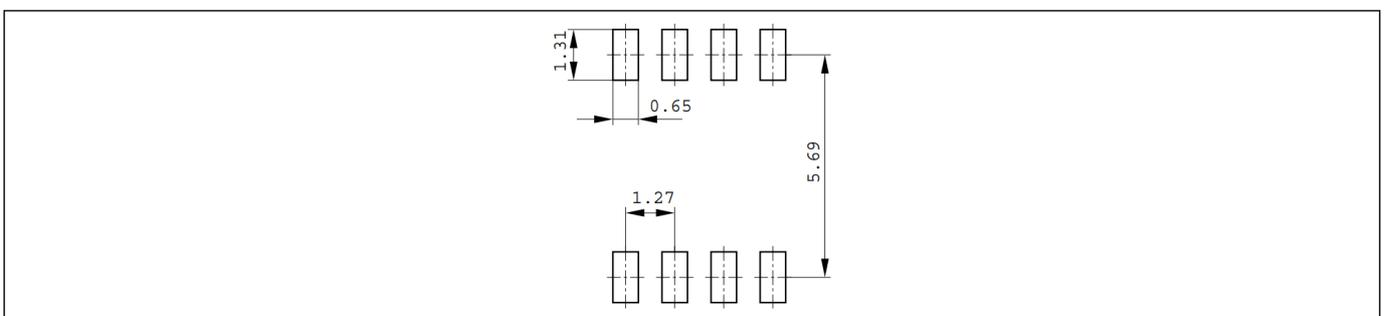


图 5-3 PG-DSO-8 的封装尺寸

5.4 包装

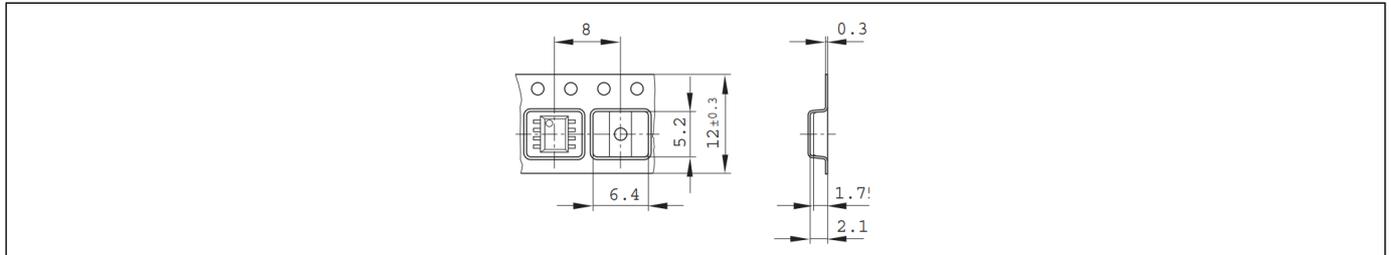


图 5-4 卷带包装

5.5 标记

Position	Marking	Description
1st Line	I12B1000	See ordering table on Page 8
2nd Line	xxx	Lot code
3rd Line	Gxxxx	G..green, 4-digit..date code

正在处理

注：有关处理建议，请参阅英飞凌处理注意事项。



免责声明

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

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

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

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

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

Trademarks

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

重要通知

版本 2025-12-24

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

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

Do you have a question about this
document?

Email:

erratum@infineon.com

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

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

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

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

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

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

如果产品包含安全功能：

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

如果本文件包含或引用软件：

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

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

www.infineon.com

Published by Infineon Technologies AG