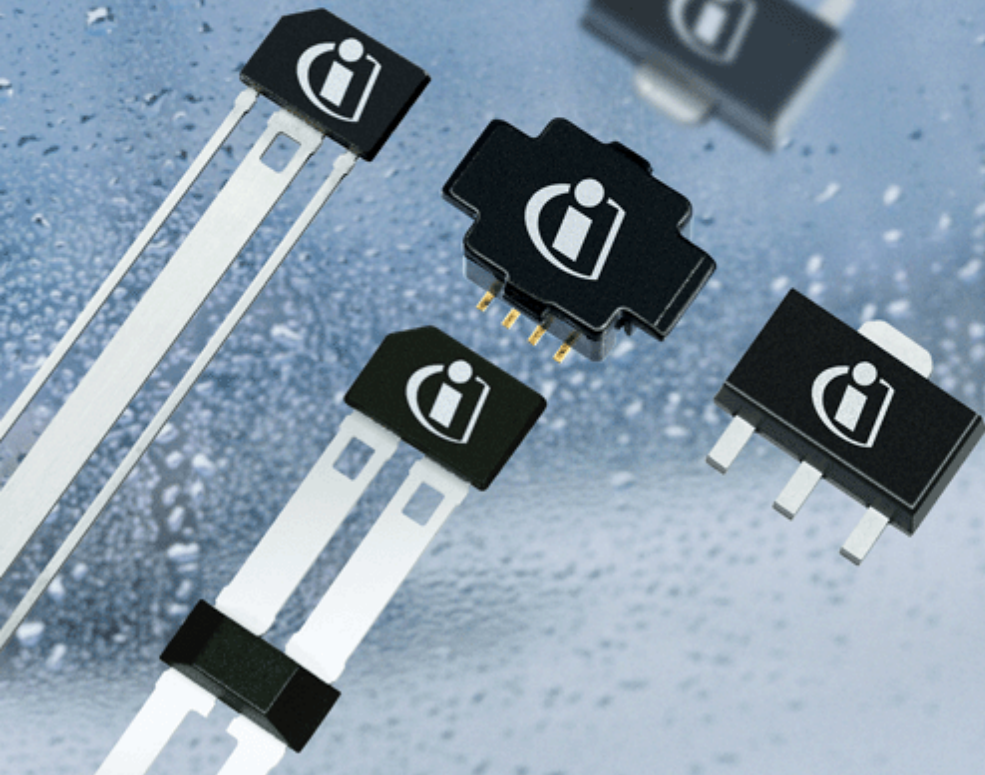


英飞凌 TLE4997E2

可编程线性霍尔传感器



传感器



永不停止思考。

Edition 2020-04

**Published by Infineon Technologies AG,
Am Campeon 1-12,
85579 Neubiberg, Germany**

© Infineon Technologies AG 2020.

All Rights Reserved.

Attention please!

The information herein is given to describe certain components and shall not be considered as a guarantee of characteristics.

Terms of delivery and rights to technical change reserved.

We hereby disclaim any and all warranties, including but not limited to warranties of non-infringement, regarding circuits, descriptions and charts stated herein.

Information

For further information on technology, delivery terms and conditions and prices please contact your nearest Infineon Technologies Office (www.infineon.com).

Warnings

Due to technical requirements components may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies Office.

Infineon Technologies Components may only be used in life-support devices or systems with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body, or to support and/or maintain and sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.

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）。

Revision History: **2020-04** V2.10

Revision History: **2020-04** V2.10

上一版本V 2.09, 2018 年 1 月

[illegible]

We Listen to Your Comments
Any information within this document that you feel is wrong, unclear or missing at all? Your feedback will help us to continuously improve the quality of this document.
Please send your proposal (including a reference to this document) to:
sensors@infineon.com

Any information within this document that you feel is wrong, unclear or missing at all? Your feedback will help us to continuously improve the quality of this document.

Please send your proposal (including a reference to this document) to:

sensors@infineon.com



目录	页
1 概述	7
1.1 特性	7
1.2 目标应用	8
1.3 引脚配置	8
2 一般描述	9
2.1 框图	9
2.2 功能描述	9
2.3 工作原理	10
2.4 其他说明	10
2.5 传递函数	11
3 最大额定值	12
4 工作范围	13
5 电参数和磁参数	14
6 信号处理	17
6.1 磁场量程	18
6.2 增益设置	19
6.3 偏移设置	19
6.4 DSP输入低通滤波器	20
6.5 DAC输入插值滤波器	22
6.6 钳位	23
7 错误检测	25
7.1 超出工作范围的电压	25
7.2 供电线路开路	25
7.3 无法纠正的 EEPROM 错误	26
8 温度补偿	27
8.1 参数计算	28
9 校准	29
9.1 校准数据存储	30
9.2 编程接口	31
9.3 实验室评估程序	31
10 应用电路	32
11 封装外形	33

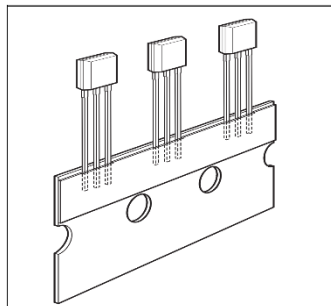
图示清单	页
Figure 1	引脚配置和霍尔单元位置..... 8
Figure 2	框图..... 9
Figure 3	操作示例..... 11
Figure 4	比率误差带..... 15
Figure 5	信号处理流程..... 17
Figure 6	DSP 输入滤波器（幅度图）..... 21
Figure 7	DAC 输入滤波器（幅度图）..... 22
Figure 8	钳位示例..... 24
Figure 9	EEPROM 映射图..... 30
Figure 10	应用电路..... 32
Figure 11	PG-SSO-3-10（塑料绿色单个小外形封装）..... 33

表格清单	页
表 1	引脚定义和功能 8
表 2	绝对最大额定值 12
表 3	工作范围 13
表 4	电气特性 14
表 5	磁特性 16
表 6	量程设置 18
表 7	量程 18
表 8	增益 19
表 9	偏移 19
表 10	低通滤波器设置 20
表 11	低通滤波器 20
表 12	钳位 23
表 13	欠压和过压（所有值均在 $R_L \geq 10k$ 条件下） 25
表 14	开路（OBD 参数） 25
表 15	EEPROM 错误信号 26
表 16	温度补偿 27
表 17	校准特性 29
表 18	编程特性 31

1 概述

1.1 特性

- 高线性和比率推挽轨至轨输出信号
- 20 位数字信号处理 (DSP)
- 数字温度补偿
- 12 位整体分辨率
- 工作温度范围为 -40°C 至 150°C
- 输出信号随温度和寿命变化的漂移小
- 可编程参数存储在 EEPROM 中，具有单位纠错功能：
 - 磁场范围和磁灵敏度（增益）
 - 零场电压（偏移）
 - 带宽
 - 输出斜率的极性
 - 钳位选项
 - 所有常见磁铁的温度系数
 - 内存锁
- 可重新编程，直至存储器锁定
- 单电源电压 4.5 - 5.5 V（扩展范围为 4 - 7 V）
- 在 -200 mT 和 +200 mT 之间的三个范围内运行
- 超薄 3 引脚封装（绿色）
- 所有引脚均具有反极性和过压保护功能
- 输出短路保护
- 车载诊断功能（断线检测、欠压、过压）
- 校准模式下内部温度和磁场值的数字读数
- 使用共用电源对多个传感器进行单独编程和操作
- 磁传递函数的两点校准
- 无需迭代步骤的精确校准
- 对机械应力、电磁兼容性（EMC）和静电放电(ESD) 有很高的抗扰度



Type	Marking	Ordering Code	Package
TLE4997	4997E2	SP000235288	PG-SSO-3-10

1.2 目标应用

- 稳健地更换电位器
 - 无机械磨损
 - 耐湿度、温度、污染和振动
- 汽车应用中的线性 and 角度位置传感，如踏板位置、悬挂控制、阀门或节气门位置、大灯水平度和转向角
- 用于电池管理、电机控制和电子保险丝的大电流传感器

1.3 引脚配置

图 1 显示了芯片中霍尔元件的位置以及霍尔探针与封装表面之间的距离。

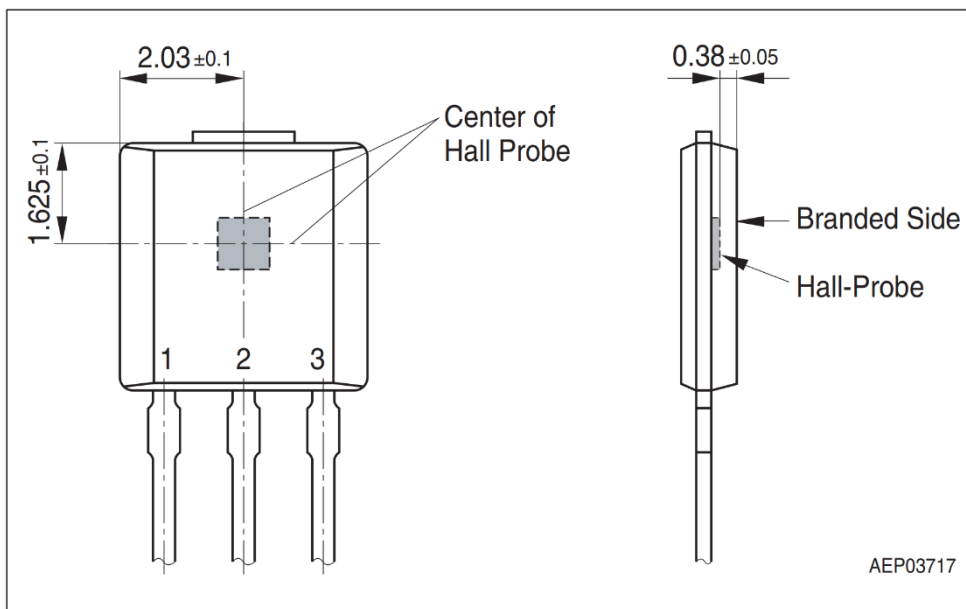


图 1 引脚配置和霍尔单元位置

表 1 引脚定义和功能

Pin No.	Symbol	Function
1	V_{DD}	Supply voltage / programming interface
2	GND	Ground
3	OUT	Output voltage / programming interface

2 一般描述

2.1 框图

图 2 简化框图。

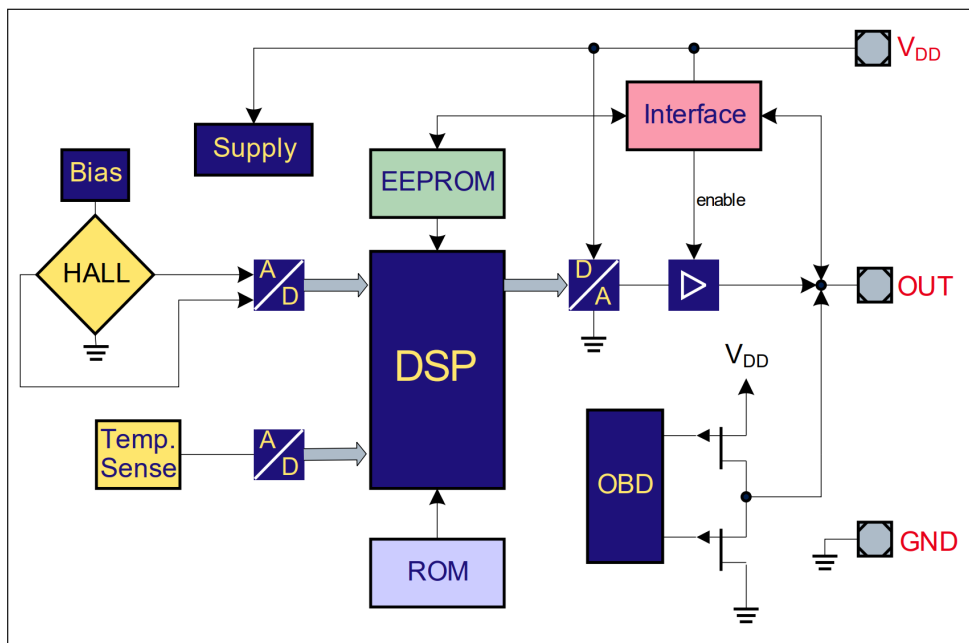


图 2 框图

2.2 功能描述

线性霍尔集成电路 TLE4997E2 专为满足高精度旋转和位置检测以及电流测量应用而设计。

传感器提供比率模拟输出电压，非常适合以电源电压为基准进行模数 (A/D) 转换。

该集成电路采用 BiCMOS 技术生产，具有高耐压能力，还提供极性反接保护。

采用 16 位 DSP 架构的数字信号处理和数字温度补偿功能可确保长时间的出色稳定性。

最小总分辨率为 12 位。不过，有些内部级的分辨率高达 20 位。

2.3 工作原理

- 霍尔效应单元测量磁通量
- 霍尔效应单元的输出信号由模拟信号转换为数字信号
- 斩波霍尔效应单元和连续时间 A/D 转换确保了非常低且稳定的磁偏移量
- 可编程低通滤波器可降低噪音。
- 测量温度并进行 A/D 转换
- 温度补偿采用二阶函数进行数字补偿
- 输出电压的数字处理基于零场和灵敏度值
- 输出电压范围可通过数字限幅器进行钳位
- 最终输出值经过 D/A 转换
- 输出电压与电源电压成正比（比率 DAC）
- 车载诊断 (OBD) 电路将输出连接至 V_{DD} 或 GND，以防出错。

2.4 其他说明

产品认证基于 "AEC Q100"级（汽车电子委员会 - 集成电路应力测试认证）

2.5 传递函数

图 3 中的示例表明，不同的磁场范围可容易地映射到输出电压上。

- 极性模式：
 - 单极：只测量北向或南向磁场
 - 双极：可测量两个方向的磁场。
极限点不得与零场点对称。
- 反转：增益值可设置为正或负。

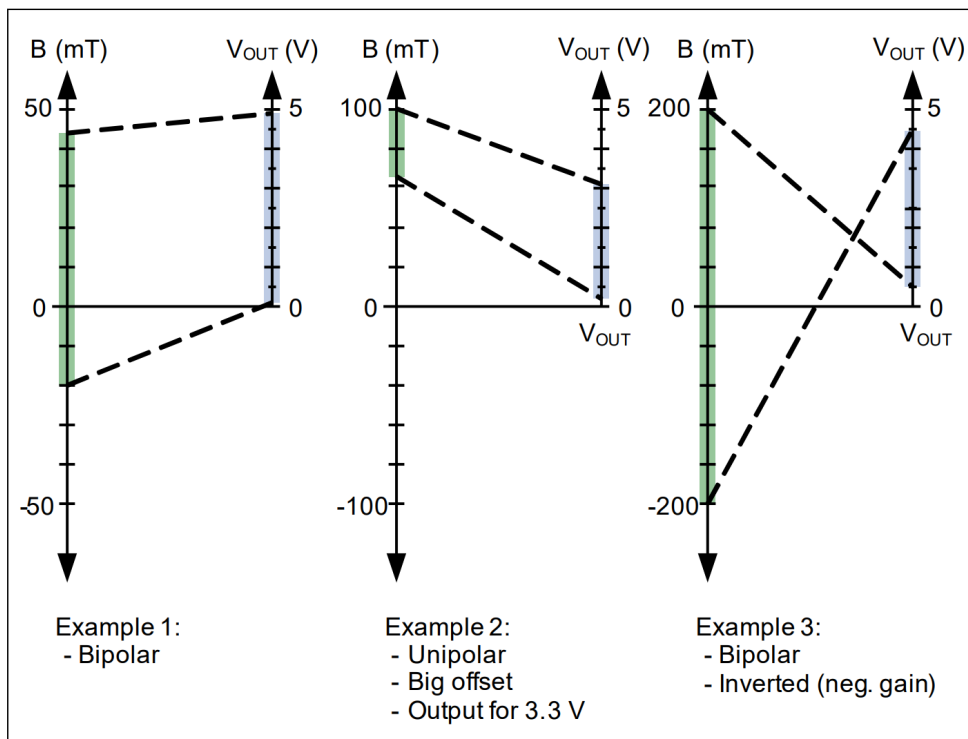


图 3 操作示例

注释：由于采用比率测量法， V_{DD} 线路上的电压降会反映在输出信号中。

最大额定值

3 最大额定值

表 2 最大额定值

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Storage temperature	T_{ST}	-40	150	°C	
Junction temperature	T_J	-40	170	°C	For 96h ¹⁾
Voltage on V_{DD} pins with respect to ground (V_{SS})	V_{DD}	-20 ²⁾	20 ³⁾	V	⁴⁾ $R_{THja} \leq 150 \text{ K/W}$
Supply current @ overvoltage	I_{DDov}	-	52	mA	
Supply current @ reverse voltage	I_{DDrev}	- 75	-	mA	
Voltage on output pin with respect to ground (V_{SS})	V_{OUTov}	-16 ⁵⁾	16 ³⁾	V	$R_{THja} \leq 150 \text{ K/W}$ V_{out} may be $> V_{DD}$
Magnetic field	B_{MAX}	-	unlimited	T	
ESD protection	V_{ESD}	-	4.0	kV	According HBM JESD22-A114-B ⁶⁾

¹⁾ 限时供应。取决于客户的温度寿命周期。请要求英飞凌提供支持。

²⁾ 最高 24 h @ $-50^\circ\text{C} \leq T_a < 30^\circ\text{C}$

最高 10 sec. @ $30^\circ\text{C} \leq T_a < 80^\circ\text{C}$

最长 30 sec. @ $80^\circ\text{C} \leq T_a < 125^\circ\text{C}$

最大 15 sec. @ $125^\circ\text{C} \leq T_a \leq 150^\circ\text{C}$ 。

³⁾ 最长 24 h @ $T_J < 80^\circ\text{C}$ 。

⁴⁾ 通过实验室鉴定保证，测试电压为 $\pm 18\text{V}$ 。

⁵⁾ 最大 1 ms @ $T_J < 30^\circ\text{C}$; -8.5 V 100 h @ $T_J < 80^\circ\text{C}$ 。

⁶⁾ 100 pF 和 $1.5\text{k}\Omega$

注释：应力超过“绝对最大额定值”所列值可能会对器件造成永久性损坏。这仅仅是一个载荷额定值，并不意味着设备在这些条件下或任何其他高于本规范操作部分所示条件的情况下能够正常运行。此外，仅假设单一错误情况。超过一种的过载/错误情况也可能损坏器件。

长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。在绝对最大额定过
载条件下 ($V_{IN} > V_{DD}$ 或 $V_{IN} < V_{SS}$) 期间， V_{DD} 引脚上相对于地 (V_{SS}) 的电压不得超
过绝对最大额定值所定义的值。

4 工作范围

为确保 TLE4997E2 的正确运行，不得超过以下工作条件。除非另有说明，以下部分中指定的所有参数均指这些工作条件。

表 3 工作范围

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Supply voltage	V_{DD}	4.5	5.5	V	
		4	7	V	Extended range ¹⁾
Output current	I_{OUT}	-1	1	mA	²⁾
Load resistance	R_L	10	-	k Ω	Pull-down to GND
		10	-		Pull-up to V_{DD}
Load capacitance	C_L	0	210	nF	
Junction temperature ³⁾	T_J	-40	125 150	°C	For 5000h For 1000h ⁴⁾ ⁵⁾
Useful lifetime	t_{Live}	-	16	years	

¹⁾ 降低输出精度。

²⁾ 对于 V_{OUT} 在 V_{DD} 的 5%...95% 范围内。

³⁾ $R_{THja} \leq 150$ K/W。

⁴⁾ 降低磁性精度。

⁵⁾ 非添加。

注释：保持信号电平在该表指定的范围内可确保工作不会出现过载情况。

电参数和磁参数

5 电参数和磁参数

表 4 电气特性

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Notes
		min.	typ.	max.		
Output voltage range	V_{OUT}	5 6	-	95 94	% of V_{DD}	For $T_A \leq 120^\circ\text{C}$ For $T_A > 120^\circ\text{C}$
Supply current	I_{DD}	3	7.5	10	mA	¹⁾
Output current @ OUT shorted to supply lines	I_{OUTsh}	-30	-	30	mA	For operating supply voltage range only
Zero field voltage	V_{ZERO}	-100	-	100	%	Of V_{DD} ²⁾
Zero field voltage drift	ΔV_{ZERO}	-10	-	10	mV	In lifetime ³⁾
		-10	-	10	mV	Error band ov. temp. ³⁾
Ratiometry error	E_{RAT}	-0.25	-	+0.25	%	Of V_{DD} ⁴⁾⁵⁾
Thermal resistance	R_{thJA}	-	-	219	K/W	Junction to air
	R_{thJC}	-	-	47	K/W	Junction to case
Power on time	t_{Pon}	-	-	1	ms	$\Delta V_{OUT} \leq \pm 5\%$ of V_{DD}
				10		$\Delta V_{OUT} \leq \pm 1\%$ of V_{DD}
Power On Reset level	V_{DDpon}	2	-	4	V	
Output DAC quantization	ΔV_{OUT}	1.22			mV	@ $V_{DD} = 5\text{V}$
Output DAC resolution	-	12			bit	
Output DAC bandwidth	f_{DAC}	-	3.2	-	kHz	Interpolation filter ⁶⁾
Output noise	V_{noise}	-	-	4.68	mV _{pp}	5% exceeded ⁷⁾⁸⁾
Differential non-linearity	DNL	-1	-	1	LSB	Of output DAC
Signal delay	t_{DS}	-	-	250	μs	@ 100 Hz ⁹⁾

¹⁾ 也适用于扩展 V_{DD} 范围。对于 V_{DD} 的 5%... 95% 范围内的 V_{OUT} ， $I_{OUT} = 0\text{mA}$ 。

²⁾ 可按 1.22 mV 的步长进行编程 (@ $V_{DD} = 5\text{V}$)。

³⁾ 灵敏度 $S \leq 25\text{ mV/mT}$ 。灵敏度越高，磁偏移漂移越大。这意味着，对于 60mV/mT 的预校准（典型）灵敏度，由于允许的磁偏移公差，典型的输出漂移可能高达 $\pm 0.4\text{mT} \times 60\text{ mV/mT} = \pm 24\text{ mV}$ 。

⁴⁾ 对于 $4.5\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 且在标称 V_{OUT} 范围内；有关 E_{RAT} 的详情，请参阅 **15 页上的"比率测量"**。

⁵⁾ 有关扩展电压范围内的最大误差，请参见 **15 页"比率测量"**。

⁶⁾ 更多信息，请参阅 **22 页上的"DAC 输入插值滤波器"**。

⁷⁾ 100 mT 量程，灵敏度 60 mV/mT，低通滤波器 244 Hz，160 Hz 外部 RC 低通滤波器作为应用电路。

⁸⁾ "5% exceeded" 表示在 100 个连续测量的 V_{OUT} 样本中，有 5 个超出限值。

⁹⁾ 施加正弦磁场， V_{OUT} 显示的振幅为 V_{DD} 的 20%，未选择低通滤波器。

电参数和磁参数

比率测量法

线性霍尔传感器的工作原理类似电位器。输出电压与电源电压成正比。分频系数取决于磁场强度。这种特性被称为"比率"。

电源电压 V_{DD} 应作为微控制器 A/D 转换器的基准电压。在这种情况下, V_{DD} 的变化会得到补偿。

比率测量误差定义如下:

$$E_{\text{RAT}} = \left(\frac{V_{\text{OUT}}(V_{\text{DD}})}{V_{\text{DD}}} - \frac{V_{\text{OUT}}(5\text{V})}{5\text{V}} \right) \times 100 \%$$

比率误差带显示为 "蝴蝶曲线"。

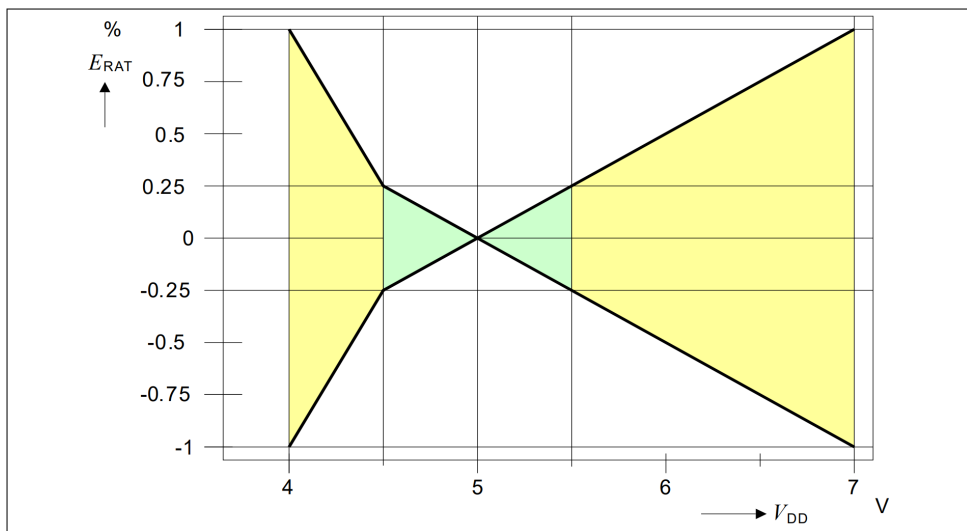


图 4 比率误差带

注释: 注意 V_{DD} 和 V_{OUT} 线路上可能出现的压降, 以免影响结果。理想情况下, 采集两个值并计算其比率, 以获得最高精度。尤其是在校准过程中, 更应采用这种方法。

电参数和磁参数

结温计算

芯片的总耗散功率 P_{TOT} 会使其温度高于环境温度。功率与总热阻 R_{thJA} （结至环境）相乘，得出最终的结温。 R_{thJA} 是"结至壳"和"壳至环境"两个分量的相加值。

$$R_{thJA} = R_{thJC} + R_{thCA}$$

$$T_J = T_A + \Delta T$$

$$\Delta T = R_{thJA} \times P_{TOT} = R_{thJA} \times (V_{DD} \times I_{DD} + V_{OUT} \times I_{OUT}) \quad I_{DD}, I_{OUT} > 0, \text{ if direction is into IC}$$

示例（假设 V_{out} 上无明显负载）：

- $V_{DD} = 5 \text{ V}$
- $I_{DD} = 10 \text{ mA}$
- $\Delta T = 219 \text{ [K/W]} \times (5 \text{ [V]} \times 0.01 \text{ [A]} + 0 \text{ [VA]}) = 11 \text{ K}$

对于模制传感器，使用 R_{thJC} 的计算方法更为适用。

磁性参数

表 5 磁特性

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Notes
		min.	typ.	max.		
Sensitivity	S	± 12.5	-	± 300	mV/mT	¹⁾
Magnetic field range	MFR	± 50	± 100 ²⁾	± 200	mT	Programmable ³⁾
Integral nonlinearity	INL	-15	-	15	mV	$= \pm 0.3\%$ of V_{DD} ⁴⁾
Magnetic offset	B_{OS}	-400	-	400	μT	^{5) 6) 7)}
Magnetic offset drift	ΔB_{OS}	- 5	-	5	$\mu\text{T} / ^\circ\text{C}$	Error band ⁷⁾

¹⁾在 @ $V_{DD} = 5 \text{ V}$ 和 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 时，可按 0.024% 的步长进行编程

²⁾此范围也用于集成电路的温度和偏移预校准。

³⁾根据偏移和增益设置的不同，输出可能会在较低场强时达到饱和。

⁴⁾ $INL = V_{out} - V_{out,lse}$ ，其中 $V_{out,lse} = V_{out}$ 的最小平方误差拟合。有效范围 (5% of V_{DD}) $< V_{OUT} < (95\%$ of V_{DD}) ($T_J \leq 120^\circ\text{C}$ 时)，和有效范围 (6% of V_{DD}) $< V_{OUT} < (94\%$ of V_{DD}) ($120^\circ\text{C} < T_J \leq 150^\circ\text{C}$ 时)。

⁵⁾工作温度范围和使用寿命。

⁶⁾灵敏度 $S > 25 \text{ mV} / \text{mT}$ 。灵敏度较低时，零场电压漂移占主导地位。

⁷⁾测量范围为 $\pm 100 \text{ mT}$ 。

6 信号处理

图 5 中的流程图显示了数据处理算法。

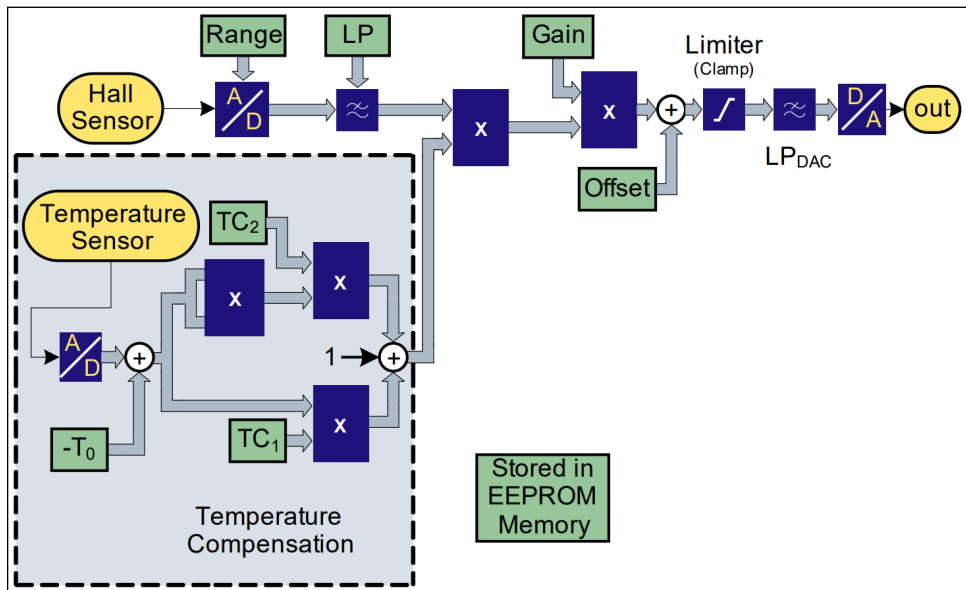


图 5 信号处理流程

磁场路径

- 斩波霍尔单元的模拟输出信号在连续时间 A/D 转换器中进行转换。斩波 A/D 转换器的量程可分几步设置（见表 6）。这样可以确保 A/D 转换器有一个合适的电平。
- A/D 转换后，数字低通滤波器会降低带宽（表 10）。
- 乘法器根据增益设置（见表 8）和温度补偿对数值进行放大。
- 偏移值被加上（见表 9）。
- 限幅器将产生的信号降低到 12 位，并输入 D/A 转换器。

温度补偿

（详见第 8 章）。

- 温度传感单元的输出信号也经过 A/D 转换。
- 通过减去 T_0 值（二次函数的零点）对温度进行归一化处理。
- 线性路径与 TC_1 值相乘。

- 在二次方路径中，温差被平方后乘以TC₂值。
- 两个路径输出与 EEPROM 中的增益值相加。

6.1 磁场量程

磁场的工作范围定义了 A/D 转换器的输入范围。它始终与零场点对称。可以选择磁场量程内的任意两点作为输出曲线的终点。输出电压表示两点之间的范围。

如果电场高于量程值，输出信号可能会失真。

必须在校准偏移和增益之前设置量程。

表 6 量程设置

Range	Range in mT	Parameter R
Low	± 50	3
Mid	± 100	1
High	± 200	0

表 7 量程

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size	<i>R</i>	2		bit	¹⁾

¹⁾ 量程不保证绝对精度。温度预校准在中间范围（100 mT）进行。

6.2 增益设置

灵敏度由量程和增益设置决定。A/D 转换器的输出与增益值相乘。

表 8 增益

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size	G	15		bit	Unsigned integer value
Gain range	$Gain$	- 4.0	3.9998	-	1)2)
Gain quantization steps	$\Delta Gain$	244.14		ppm	Corresponds to 1/4096

- 1)增益值在 -0.5 和 +0.5 之间时，数值精度会降低。
 为获得更平滑的输出曲线，建议选择更高的量程设置。
- 2)增益值 +1.0 相当于典型的 40 mV/mT 灵敏度（100 mT 范围，不保证）。英飞凌在最终测试中将采样预校准为 60mV/mT（100mT 范围），但不保证校准的准确性。使用增益/ V_{OS} 值对应应用中的每个集成电路进行最终校准至关重要。

增益值的计算公式为

$$Gain = \frac{(G - 16384)}{4096}$$

6.3 偏移设置

偏移电压对应传感器零场输出电压。

表 9 偏移

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size	OS	15		bit	Unsigned integer value
Offset range	V_{OS}	-400	399	% V_{DD}	1)
Offset quantization steps	ΔV_{OS}	1.22		mV	@ $V_{DD} = 5V$ generally $V_{DD} / 4095$

- 1) 英飞凌在最终测试中将样品在零场条件下预校准至 V_{DD} 的50%（100mT 量程）但不保证校准的准确性。在使用增益/ V_{OS} 值的应用中，对每个集成电路进行最终校准至关重要。

偏移值的计算方法是

$$V_{OS} = \frac{(OS - 16384)}{4096} \times V_{DD}$$

6.4 DSP 输入低通滤波器

霍尔 A/D 转换器和数字信号处理器之间有一个数字低通滤波器，以降低噪声水平。低通滤波器的DC放大率恒为 0 dB（即增益为 1），这意味着其设置对霍尔 A/D 转换器的内部值没有影响。

带宽可分 8 级设置。

表 10 低通滤波器设置

Parameter LP	Cutoff frequency in Hz (at 3dB attenuation) ¹⁾
0	78
1	244
2	421
3	615
4	826
5	1060
6	1320
7	off ²⁾

¹⁾由于这是一个使用 RC 振荡器运行的数字滤波器，截止频率可能在 ±25% 范围内变化。

²⁾输出低通插值滤波器仍然是信号路径中的主要组成部分。

表 11 低通滤波器

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size	LP	3		bit	
Corner frequency variation	Δf	- 25	+ 25	%	

注释：在低通滤波器设置为 7（滤波器关闭）时，输出噪声会增大。由于 DSP 负载较高，电流消耗也略有增加。

图 6 以幅度图的形式显示了滤波器的特性（标出了最高设置）。“关闭”位置为 0 dB 平线。在这种情况下，输出抽取滤波器限制了传感器的带宽。低通滤波器后的更新率为 16 kHz。

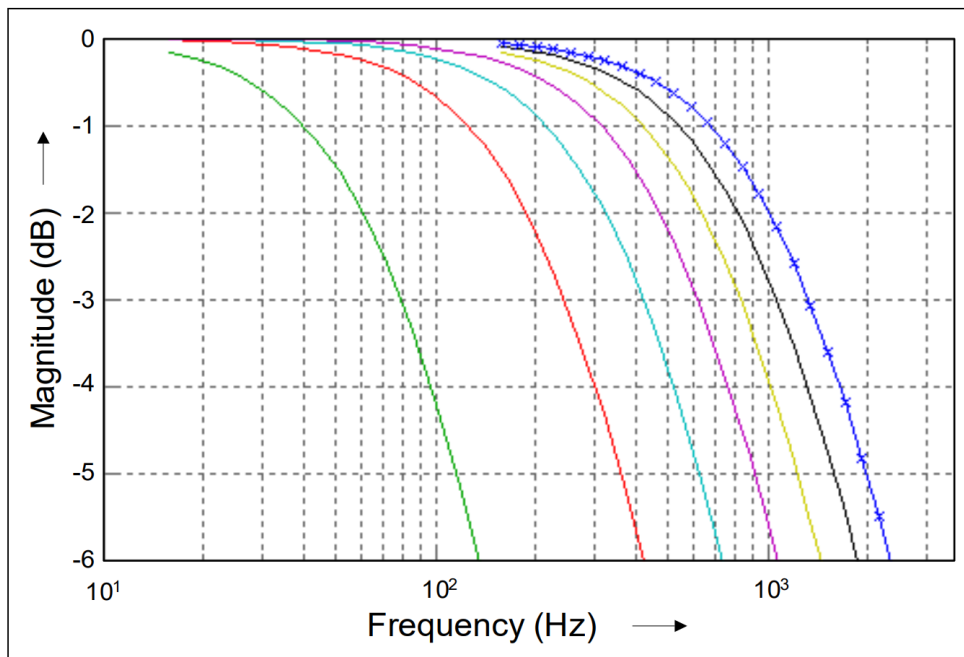


图6 DSP 输入滤波器（幅度图）

6.5 DAC 输入插值滤波器

在 DSP 和输出 DAC 之间有一个插值滤波器。无法关闭。如果禁用 DSP 输入滤波器，该滤波器将限制整个系统的频率行为。插值滤波器后的更新速率为 256 kHz。

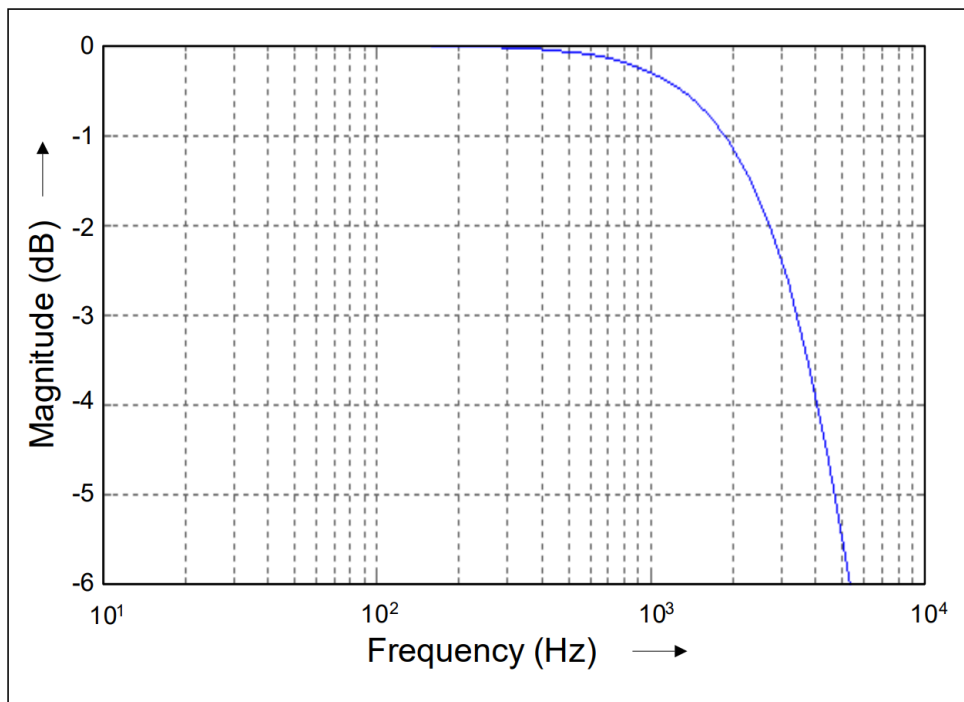


图 7 DAC 输入滤波器（幅度图）

注释：由于这是一个使用 RC 振荡器运行的数字滤波器，截止频率可能在 $\pm 25\%$ 范围内变化。

6.6 钳位

钳位功能可用于将输出电压划分为工作范围和误差范围。如果磁场超出了所选的测量范围，输出电压 V_{out} 就会被限制在钳位值范围内。

表 12 钳位

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size	CL, CH	2 x 12		bit	
Clamping voltage low	V_{CLL}	0	99.98	% V_{DD}	1)
Clamping voltage high	V_{CLH}	0	99.98	% V_{DD}	1)
Clamping quantization steps	ΔV_{CLQ}	1.22		mV	@ $V_{DD} = 5V$
Clamping voltage drift	ΔV_{CL}	-15	15	mV	in lifetime ²⁾
		-15	15		over temperature ²⁾

1) 如果设置了钳位，则必须在允许的输出电压范围内才有效。

2) 在以下范围内有效：(5% V_{DD}) < V_{OUT} < (95% of V_{DD})， $T_J \leq 120^\circ C$ 时

和 (6% V_{DD}) < V_{OUT} < (94% of V_{DD})， $120^\circ C < T_J \leq 150^\circ C$ 时

钳位值的计算方法是

钳位低电压：

$$V_{CLL} = \frac{CL}{4096} \times V_{DD}$$

钳位高电压：

$$V_{CLH} = \frac{CH}{4096} \times V_{DD}$$

注释：对于精确设置，寄存器值可能会因钳位状态下的实际输出电压而重新调整。输出电压范围本身有电气限制。请参阅 V_{out} 的 [电气特性](#)。

图 8 显示了一个例子，其中磁场量程 $B_{\min}$ 到 $B_{\max}$ 被映射为 0.8 V 到 4.2 V 之间的电压。

如果不需要误差信号，可使用 0.3 V 至 4.7 V 之间的最大输出电压范围。

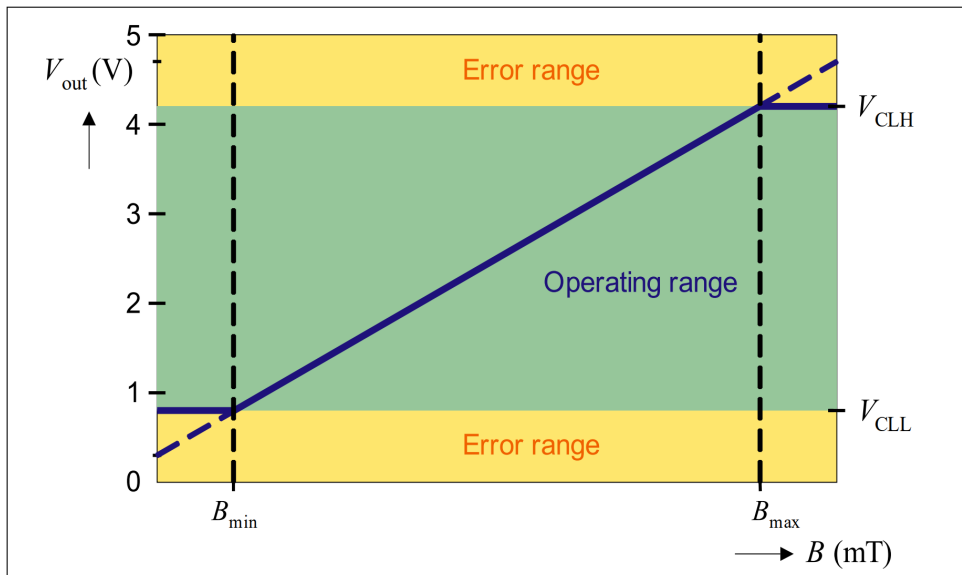


图 8 钳位示例

注释：钳位高值必须高于低值。

如果 V_{CLL} 设置的值高于 V_{CLH} ，则 V_{CLH} 值占主导地位。这将导致输出电压恒定，与磁场强度无关。

7 错误检测

车载诊断系统（OBD）可检测到不同的错误情况，并向微控制器报告。只有启用钳位功能时，OBD 才能发挥作用。必须在表 13 和表 14所示的错误电压值范围内设置钳位阈值，以确保能够区分正确的输出电压和错误信号。

7.1 超出工作范围的电压

如果 V_{DD} 错误，则输出错误信号：

- 在表12页表 2“绝对最大额定值”中规定的额定范围内
- 超出表13页表 3“工作范围”规定的范围

表 13 欠压和过压（所有值均在 $R_L \geq 10k$ 条件下）

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Undervoltage threshold	V_{DDuv}	3	4	V	
Overvoltage threshold	V_{DDov}	7	8.3	V	
Output voltage @ undervoltage	V_{OUTuv}	$0.95 \times V_{DD}$	-	V	$3V \leq V_{DD} \leq V_{DDuv}$
Output voltage @ overvoltage	V_{OUTov}	$0.97 \times V_{DD}$	-	V	$V_{DDov} < V_{DD} \leq 16V$
Supply current ¹⁾	I_{DDuv}	-	10	mA	@ undervoltage

¹⁾有关过压和反向电压，请参见表12页表 2“绝对最大额定值”。

7.2 供电线路开路

在供电线路中断的情况下，数据采集设备可向用户发出警报。如果两个传感器并联，则剩余工作传感器的输出仍可用于紧急操作。

表14 开路（OBD 参数）¹⁾

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Output voltage @ open V_{DD} line	V_{OUT}	0	0.18 0.2	V	$T_J \leq 120^\circ C$ $120^\circ C < T_J \leq 150^\circ C$
Output voltage @ open GND line	V_{OUT}	4.82 4.8	5	V	$T_J \leq 120^\circ C$ $120^\circ C < T_J \leq 150^\circ C$

¹⁾当 $V_{DD} = 5V$ 且 $R_L \geq 10k\Omega$ 下拉或 $R_L \geq 20k\Omega$ 上拉。

7.3 无法纠正的 EEPROM 错误

奇偶校验法能够纠正一条 EEPROM 线路中的一个单比特错误。还可以检测到另一行中的一个单比特错误。由于这种情况无法纠正，因此输出引脚通过将输出值钳位到 V_{DD} 来表示这种状态。

表15 EEPROM 错误信号

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Output voltage @ EEPROM error	V_{OUT}	$0.97 \times V_{DD}$	V_{DD}	V	

温度补偿

8 温度补偿

磁铁的磁场强度取决于温度。这种材料常数是不同磁铁类型所特有的。因此，TLE4997E2 提供了一个二阶温度补偿多项式，霍尔信号输出在 DSP 中与该多项式相乘。补偿有三个参数：

- 参考温度 T_0
- 线性部分（1 阶） TC_1
- 二次部分（2 阶） TC_2

下式描述了与参考温度 T_0 下的灵敏度有关的温度灵敏度：

$$S_{TC}(T) = 1 + TC_1 \times (T - T_0) + TC_2 \times (T - T_0)^2$$

更多信息，请参阅图 5 中的信号处理流程。

整个系统的温度补偿分两步进行：

1. 在英飞凌最终测试中进行预校准。

参数 TC_1 、 TC_2 、 T_0 的设置是为了使霍尔探头和内部模拟处理部件的温度特性最大程度地平坦。

2. 整体系统校准。

磁路的典型系数 TC_1 、 TC_2 和 T_0 已编程。由于 DSP 的算法是完全可重复的，因此可以确定地做到这一点。 TC_1 、 TC_2 和 T_0 值的最终设置是相对于预校准值而言的。

表 16 温度补偿

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Register size TC_1	TL	-	9	bit	Unsigned integer values
1 st order coefficient TC_1	TC_1	-1000	2500	ppm/°C	¹⁾
Quantization steps of TC_1	ΔTC_1	15.26		ppm/°C	
Register size TC_2	TQ	-	8	bit	Unsigned integer values
2 nd order coefficient TC_2	TC_2	- 4	4	ppm/°C ²	²⁾
Quantization steps of TC_2	ΔTC_2	0.119		ppm/°C ²	
Register size T_0	TR	-	3	bit	Unsigned integer values
Reference temperature	T_0	- 48	64	°C	
Quantization steps of T_0	ΔT_0	16		°C	³⁾

¹⁾ 完全可调范围：-2441 至 +5355 ppm/°C，需经英飞凌确认后方可使用

²⁾ 完全可调范围：-15 至 +15 ppm/°C²，需经英飞凌确认后方可使用

³⁾ 1°C 的量化步进由算法处理（参见应用笔记）。

温度补偿

8.1 参数计算

参数 TC_1 、 TC_2 和 T_0 的计算公式为

$$TC_1 = \frac{TL - 160}{65536} \times 1000000$$

$$TC_2 = \frac{TQ - 128}{8388608} \times 1000000$$

$$T_0 = 16TR - 48$$

现在，特定温度下给定电场 B_{IN} 的输出 V_{OUT} 可以通过以下方法大致计算出来：

$$V_{OUT} = \left(\frac{B_{IN}}{B_{FSR}} \times S_{TC} \times S_{TCHall} \times S_O \times V_{DD} \right) + V_{OS}$$

B_{FSR} 是量程磁场。它取决于量程设置（例如 100 mT）。

S_O 是霍尔探头的额定灵敏度乘以 EEPROM 中设置的增益因子。

S_{TC} 是由 DSP 计算得出的与温度有关的灵敏度系数。

S_{TCHall} 是霍尔探头的温度特性。

在英飞凌进行预校准时，必须满足以下条件：

$$S_{TC}(T_J - T_0) \times S_{TCHall}(T_J) \approx 1$$

在应用中，由于磁力系统的原因，会产生一个额外的系数 $B_{IN}(T)/B_{IN}(T_0)$ 。现在需要将 S_{TC} 修改为 S_{TCnew} ，以满足以下条件：

$$\frac{B_{IN}(T)}{B_{IN}(T_0)} \times S_{TCnew}(T) \times S_{TCHall}(T) \approx S_{TC}(T) \times S_{TCHall}(T) \approx 1$$

因此，新的灵敏度参数 S_{TCnew} 可以通过预校准设置 S_{TC} 计算得出：

$$\frac{B_{IN}(T)}{B_{IN}(T_0)} \times S_{TCnew}(T) \approx S_{TC}(T)$$

9 校准

校准传感器需要与外部计算系统和测量设备连接的特殊硬件接口。所有校准和设置位均可写入随机存取存储器（RAM）。这使得 EEPROM 在整个校准过程中保持不变。因此，这种临时设置（仅使用 RAM）不会对 EEPROM 造成压力—甚至可以预先验证¹⁾，因为 EEPROM 的编程循环次数是有限的，以提供较高的数据耐用性。

数字信号处理是完全确定的。这样就可以一步完成两点校准，而无需迭代。两个磁场（此处描述为外部磁路的两个"位置"）只需施加一次。此外最后只需一个 EEPROM 编程周期即可完成完整的设置和校准程序²⁾。

设置温度系数后，需要读取两个位置的霍尔 A/D 转换器校准值，并获取相应端点的传感器输出信号（使用 DAC 测试模式）。利用这些数据，可通过外部计算系统上运行的程序立即计算出信号处理参数。

注释：*校准和编程过程必须在设备开始使用时进行。*

表 17 校准特性

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Temperature of sensor at 2 point calibration and programming	t_{CAL}	10	30	°C	
2 point calibration accuracy ¹⁾	ΔV_{CAL1}	-10	10	mV	Position 1
	ΔV_{CAL2}	-10	10	mV	Position 2

¹⁾ 启动时进行设置和验证。

注释：*根据不同的应用和外部仪器设置，可提高 2 点校准的精度。*

¹⁾ 确定性两点设置不需要此功能来满足规范要求。

²⁾ 本步骤的详细信息和基本算法可应要求提供。

9.1 校准数据存储

当对 MEMLOCK 位（两个冗余位）编程后，存储器内容将被冻结，不能再更改。此外，编程接口被锁定，芯片仅处于应用模式。这样可以防止因环境影响而意外编程。

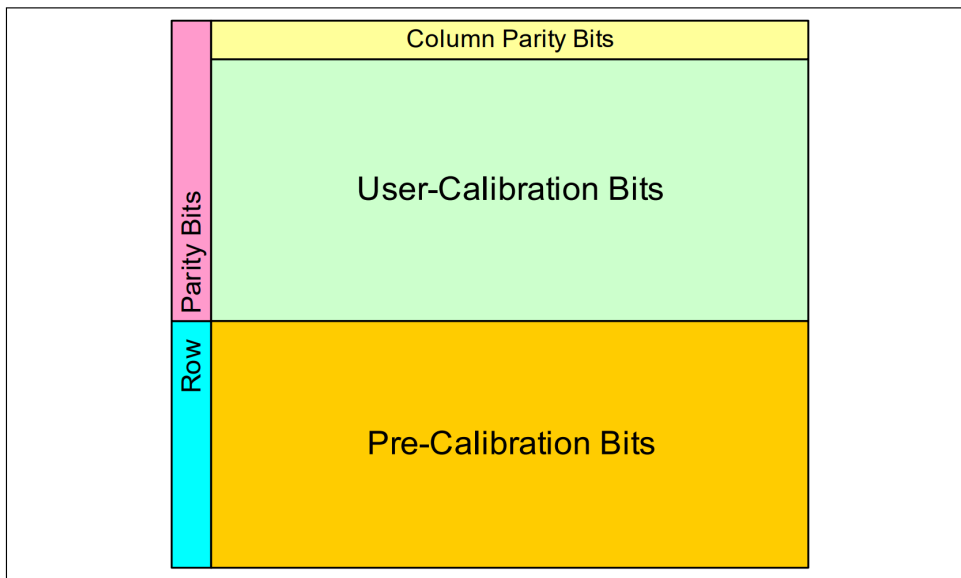


图 9 EEPROM 映射图

矩阵奇偶校验结构可自动纠正任何单比特错误。每一行都有一个行奇偶校验位保护。包括该位在内的已设置位之和必须是奇数（奇校验）。每一列还受到一个列奇偶校验位的保护。所有行偶数位置（0、2 等）的所有比特之和必须是偶数（偶校验）；奇数位置（1、3 等）的所有比特之和必须是奇数（奇校验）。这种不同奇偶校验计算的机制可防止许多块错误（如擦除整行甚至整个 EEPROM）。

修改应用位（如增益、偏移、TC 等）时，必须更新奇偶校验位。对于列位，还必须读出预校准区域，并考虑正确生成奇偶校验。

注释：必须遵循特定的编程算法，以确保数据的保留。

如需详细的编程说明，请另行索取。

表 18 编程特性

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		min.	max.		
Number of EEPROM programming cycles	N_{PRG}	-	10	Cycles ¹⁾	Programming allowed only at start of lifetime
Ambient temperature at programming	T_{PRG}	10	30	°C	
Programming time	t_{PRG}	100	-	ms	For complete memory ²⁾
Calibration memory	-	135		Bit	All active EEPROM bits
Error correction	-	25		Bit	All parity EEPROM bits

¹⁾ 1 个周期是 ≥ 1 个比特的同时变化。

²⁾ 根据 VDD 的时钟频率，写入脉冲 10ms ±1%，擦除脉冲 80ms ±1%。

9.2 编程接口

供电引脚和输出引脚用作双线接口，用于将 EEPROM 数据传送到传感器或从传感器传出去。

这可以实现

- 高数据可靠性的通信
- 多个传感器的总线型连接

在许多应用中，两个传感器用于测量同一参数。这种冗余功能允许在紧急模式下继续运行。如果两个传感器使用相同的电源线，则可并行编程。

数据传输协议和编程在另一份文件（《TLE4997 编程指南》）中介绍。

9.3 实验室评估程序

可根据要求提供编程设备，用于评估样品和 QA（质量保证）样品的编程。

10 应用电路

图 10 显示了多个传感器与微控制器的连接。

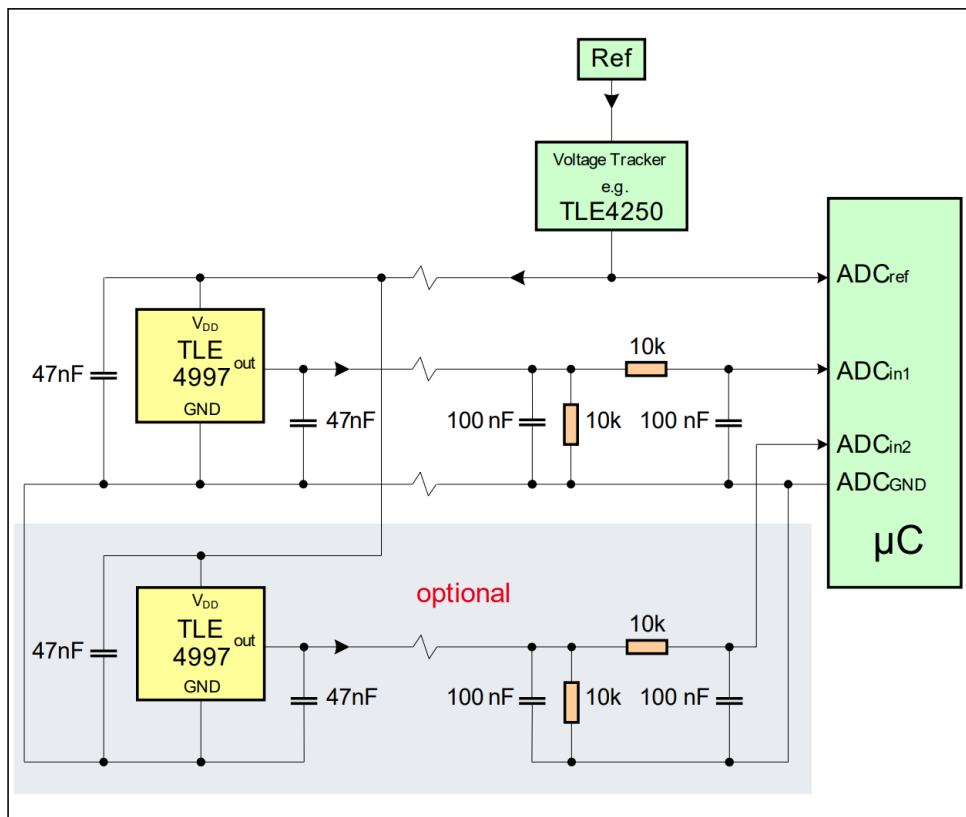
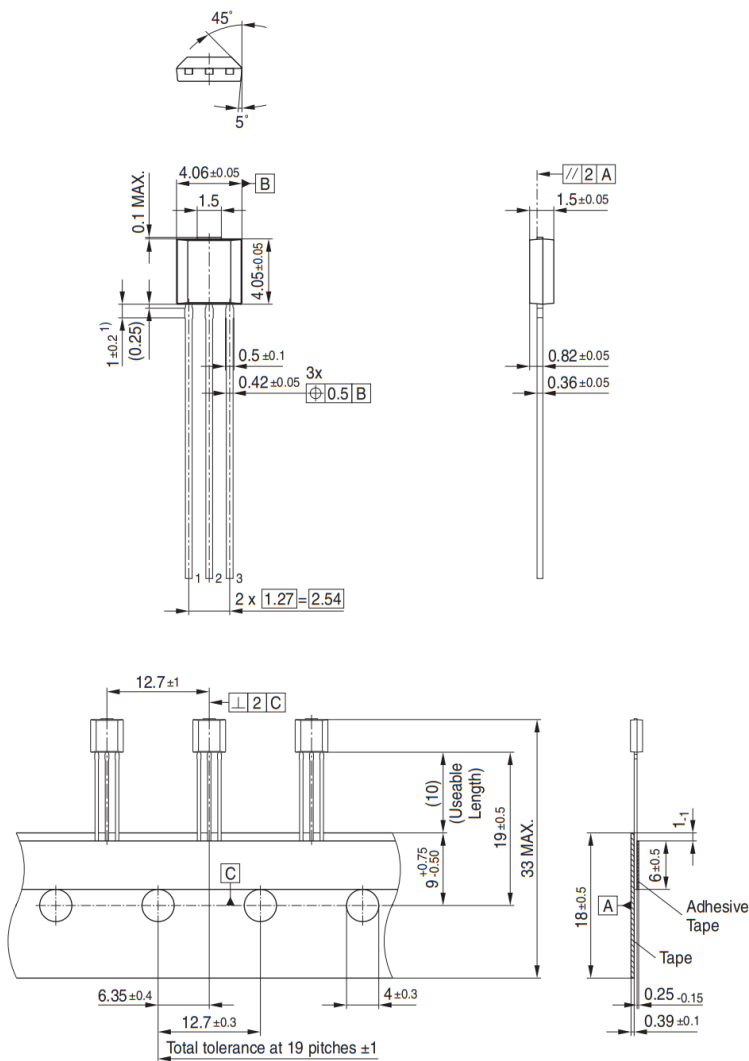


图 10 应用电路

注释：校准和编程时，接口必须直接连接到输出引脚。

给出的应用电路仅为示例。它需要根据具体应用的要求进行调整。

11 封装外形



1) No solder function area

Molded body dimensions do not include plastic or metal protrusion of 0.15 max per side

P-PG-SSO-3-10-PO V02

图 11 PG-SSO-3-10 (塑料绿色单个小外形封装)



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.

版本 2026-07-03

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 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

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勘探（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>。