英飞凌 TLE4999C8 可编程双通道线性霍尔传感器

带快速 SPC 接口的可编程双通道线性霍尔传感器

AEC Qualified RoHS PRO SIL ISO 26262 compliant



特性

- 两个高精度冗余霍尔测量通道（主通道和子通道）集成在一个芯片上。
- 符合**ISO 26262**标准（2011 年第一版）的独立安全单元，支持**ASIL-D**等级安全要求。
- 在系统层面对主信号和子信号进行合理性检查，诊断覆盖率高。
- 快速数字 SPC 接口最小 0.5 µs 单位时间，可在 500 µs 内传输主信号和子信号。
- 总线功能允许在一条数据线上连接多达 4 个传感器 IC。
- 可选择 12/14/16 位输出信号，采用 CRC 和滚动计数器进行保护。
- 超薄 8 引脚 SMD 单个传感器封装。
- 车规级工作温度范围为 -40°C 至 125°C。
- 数字温度和应力补偿。
- VDD、GND 和 OUT 引脚具有反极性保护和过压保护功能。
- 主通道和子通道可在 EEPROM 中独立编程。
- 最多可进行 9 点校准。
- 帧架机制。
- 输出引脚上的单线 SICI 编程接口。
- EEPROM 中 2 x 16 位用户可配置 ID。

PRO-SIL™ 特性

- 安全手册和安全分析总结报告。

潜在应用

- 坚固耐用，可替代电位计：无机械磨损，耐湿度、温度、污染和振动。
- 汽车和工业应用中的线性和角度位置传感，精度要求极高。
- 适用于踏板位置、油门位置和转向扭矩感应等安全应用。

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）。

产品验证

汽车应用认证。产品依据AEC-Q100进行验证。

描述

TLE4999C8 是一款双通道线性霍尔传感器，具有总线功能的数字短 PWM 码 (SPC) 接口。这两个通道集成在同一个芯片上。

高精度测量通道（主通道和子通道）可用于系统级别的合理性检查。可实现较高的诊断覆盖率。

该传感器的开发符合**ISO 26262**标准（2011 年第一版）的独立安全单元， 支持**ASIL-D** 等级安全要求。

通过集成数字温度和应力补偿，可在宽温度范围和使用寿命内实现最高精度。

表 1　　订购信息

Product Name	Marking	Ordering Code	Package
TLE4999C8	4999C8	SP002662500	single sensor, PG-TDSO-8-1

目录

特性 1
潜在应用 1
产品验证 2
描述 2
目录 3
1 框图 4
2 引脚和封装配置 5
3 基本描述 6
3.1 功能描述 6
4 应用电路 7
5 最大额定值 8
6 工作范围 9
6.1 结温计算 9
7 电气、磁性和输出参数 10
8 SPC 输出 13
8.1 SPC 总线模式 14
8.2 SPC 单位时间 15
8.3 SPC 触发脉冲 15
8.4 状态半字节 17
8.5 串行短报文 17
8.6 温度半字节 18
8.7 滚动计数器 18
8.8 CRC 半字节 18
8.9 SPC 帧架 18
9 配置和校准参数 19
10 封装外形 21
10.1 芯片到封装的距离 21
10.2 湿度灵敏度 (MSL) 21
10.3 封装标记 22
术语 24
11 修订记录 25

1 框图

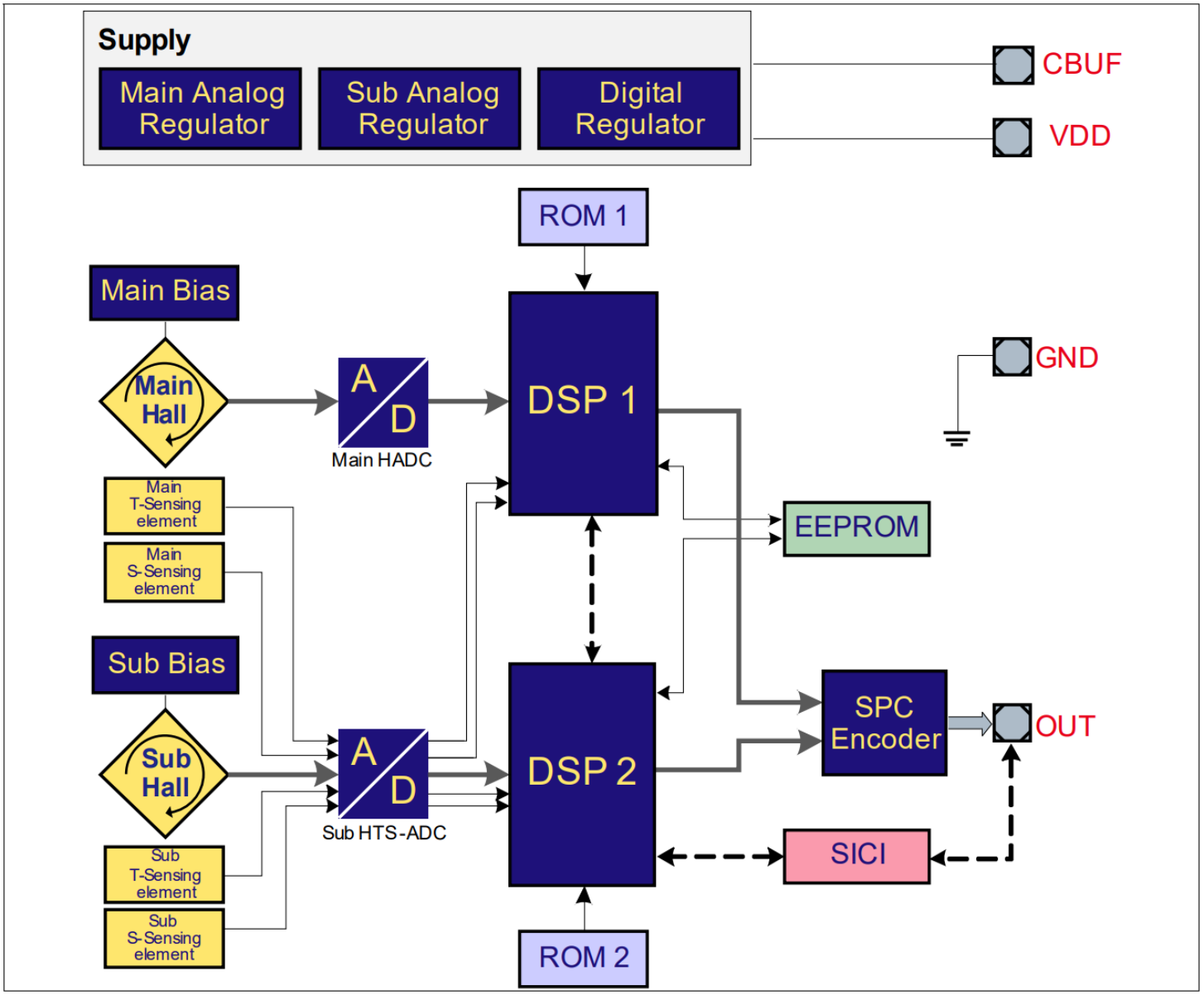

Supply
Main Analog Regulator
Sub Analog Regulator
Digital Regulator
CBUF
VDD
ROM 1
Main Bias
Main Hall
A
D
Main HADC
DSP 1
GND
Main T-Sensing element
Main S-Sensing element
EEPROM
Sub Bias
Sub Hall
A
D
Sub HTS-ADC
DSP 2
SPC Encoder
OUT
Sub T-Sensing element
Sub S-Sensing element
SICI
ROM 2

图 1 框图

2 引脚和封装配置

图 2 为TLE4999C8的测量通道布局。封装内霍尔探针的位置以及TLE4999C8的引脚配置如图 3 所示。

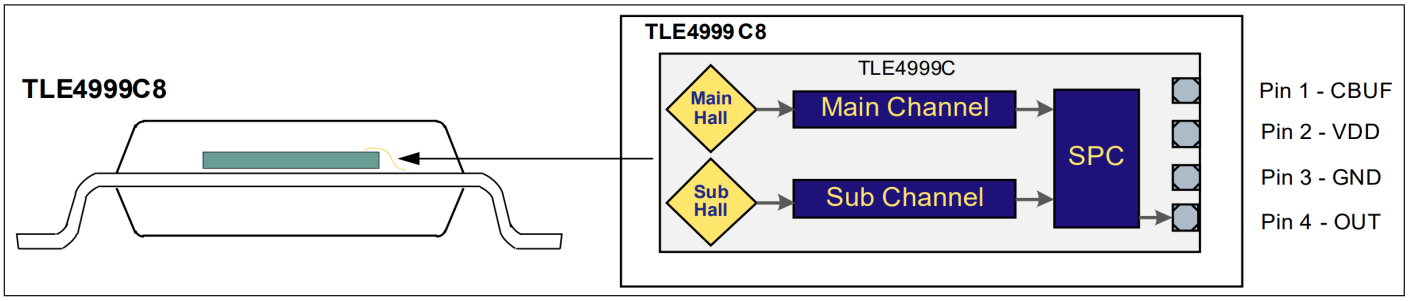


图 2 TLE4999C8 封装配置

表 2 TLE4999C8 引脚定义和功能

Pin No.	Symbol	TLE4999C8 Function
1	CBUF	Buffer capacitor pin[1)]
2	VDD	Supply voltage
3	GND	Ground
4	OUT	SPC output / programming interface I/O
5	NC	Not connected
6	NC	Not connected
7	NC	Not connected
8	NC	Not connected

1) 在不使用 CBUF 电容的情况下，CBUF 引脚应悬空

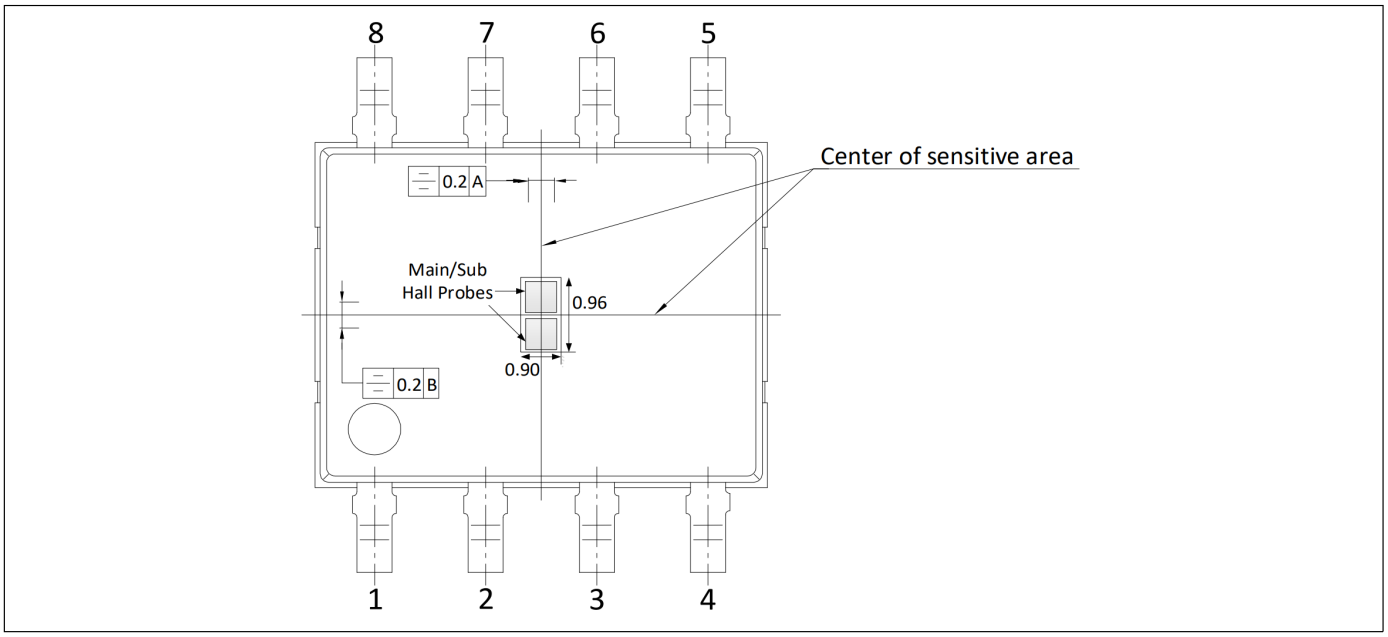


图 3 TLE4999C8 封装的引脚配置

3 基本描述

3.1 功能描述

TLE4999C8 是一款双通道线性霍尔传感器，设计用于满足高精度、高可靠性磁场测量应用的要求。该传感器在 OUT 引脚上提供基于 SENT (Single Edge Nibble Transmission) 标准的数字 SPC (Short PWM Code) 协议。在将传感器组装到模块中之后，可以使用串行检测和配置接口 (SICI) 在生产线末端校准程序中对配置参数进行编程。

两个测量通道具有独立的模拟电源域，分别由主模拟稳压器和子模拟稳压器控制。这些稳压器为主霍尔传感器元件和子霍尔传感器元件提供单独的偏压装置。

采用多路复用第二模数转换器（子 HTS-ADC）转换来自主温度传感器、子温度传感器和子霍尔探针的模拟信号。子霍尔、温度和应力信号被送入第二个数字信号处理单元 (DSP2)。

DSP2 使用来自所有应力和温度传感元件的信号进行合理性和范围检查，以确保传感元件和模拟信号路径的完整性。

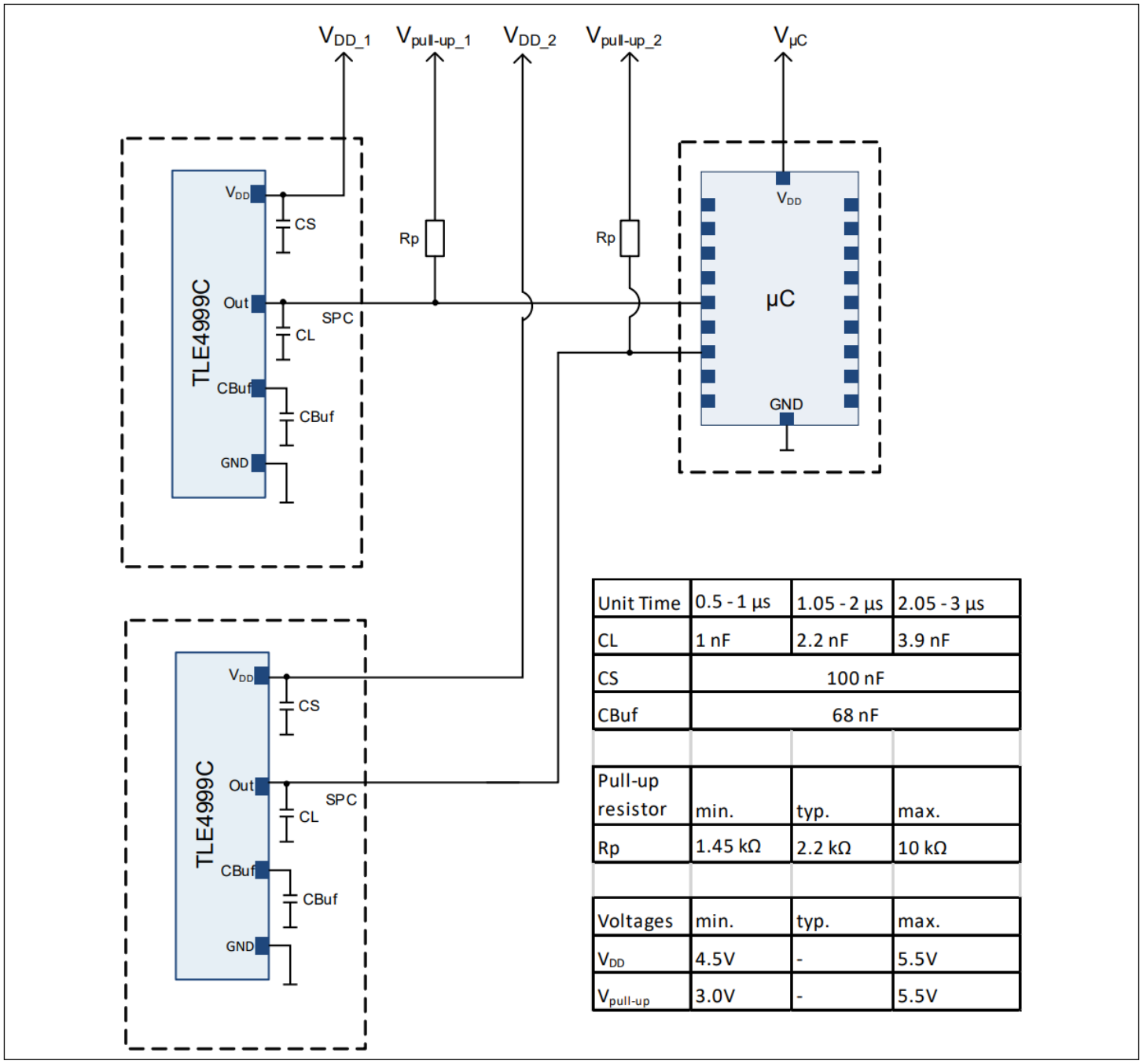
主霍尔探针的模拟信号输入模拟数字转换器（主 HADC），然后在数字信号处理装置（DSP1）中进行处理。

每个 DSP 都使用相应的霍尔信号以及存储在 EEPROM 中的补偿参数来计算霍尔测量值，并对应力和温度效应进行补偿。

生成的高速 SPC 协议包含 SPC 协议编码器中两个 DSP 的数据，并在 SPC 触发脉冲后传输。

4 应用电路

图 4 显示了两个 TLE4999C8 传感器的推荐应用电路。



Unit Time	0.5 - 1 µs	1.05 - 2 µs	2.05 - 3 µs
CL	1 nF	2.2 nF	3.9 nF
CS	100 nF		
CBuf	68 nF		
Pull-up resistor	min.	typ.	max.
Rp	1.45 kΩ	2.2 kΩ	10 kΩ
Voltages	min.	typ.	max.
V_{DD}	4.5V	-	5.5V
$V_{pull\text{-}up}$	3.0V	-	5.5V

图 4 应用电路

注意： ***系统集成商应考虑到 CL 的最大值还应包括母线上的电容。***

注释： *为了提高电磁兼容性，建议使用双绞线。*

5 最大额定值

所有规格均在整个温度范围和使用寿命内有效。除非另有说明，所有这些规格适用于每个已实施的传感器 IC。

表 3 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Notes
		Min.	Max.		
Junction temperature	T_J	-40	140	°C	max. 1000h at 140°C[1] (not additive)
Non-operating temperature	T_{NO}	-40	125	°C	max. 1400h (not additive)[1]
Maximum supply voltage	V_{DD}	-20	20	V	max. 24 h for -40°C to 30°C T_J max. 10 min. for 30°C to 80°C T_J max. 30 s for 80°C to 125°C T_J max. 15 s above 125°C T_J
Maximum voltage on OUT	V_{OUT}	-18	19.5	V	max. 40 h (not additive)
Maximum voltage on C_{Buf}	V_{Cbuf}	-0.3	20	V	max. 24 h for -40°C to 30°C T_J max. 10 min. for 30°C to 80°C T_J max. 30 s for 80°C to 125°C T_J max. 15 s above 125°C T_J
Maximum voltage between 2 pins	V_{Diff}	-20	20	V	max. 24 h for -40°C to 30°C T_J max. 10 min. for 30°C to 80°C T_J max. 30 s for 80°C to 125°C T_J max. 15 s above 125°C T_J
Voltage peaks	V_{DD}, V_{OUT}	–	30	V	for max. 50 µs
OUT short circuit current[2]	I_{OUT}	-130	130	mA	max. 1 h
Supply current in over voltage	$I_{DD, ov}$		45	mA	time limitation for V_{DD} applies
Supply current in reverse voltage	$I_{DD, rev}$	-75	–	mA	time limitation for V_{DD} applies
Magnetic flux density	B_{max}	–	1000	mT	
ESD Immunity	V_{HBM}	-4	+4	kV	Human Body Model[3]
	V_{CDM}	-0.75	+0.75	kV	Charged Device Model[4]

1) 在其他结温下的最长暴露时间，应使用 Arrhenius 模型计算得出。

2) 与V_{DD} 或 GND短接。

3) 人体模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001。

4) 带电器件模型(CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002。

注释： *任何超过 **表 3** 中所列值的应力可能会对设备造成永久性损坏。所给出的数值仅为应力额定值，并不意味着设备在这些条件下能够正常工作。长时间暴露于绝对最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。*

6 工作范围

为确保 TLE4999C8 的正确运行，不得超过以下工作条件。以下各节中规定的所有参数均指这些工作条件。

表 4 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Notes
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage	V_{DD}	4.5	–	5.5	V	
	$V_{DD, pon}$	–	$V_{DD, poff}$		V	Extended range[1]
Supply voltage slew rate	$V_{DD,slew}$	0.1	–	10^8	V/s	[2]
Operating junction temperature	T_J	-40	–	140	°C	max. 1000h at 140°C[3] (not additive)
Output pull-up voltage	$V_{pull-up}$	3.0[4]/4.5	–	5.5	V	[5][6]
Pull-up resistance	R_P	1.45	2.2	10	kΩ	[7]
Load capacitance	C_L	1	–	3.9	nF	[7]
Supply capacitance	C_S	–	100	–	nF	
Buffer capacitor	C_{Buf}	–	68	–	nF	
Magnetic flux density	|B|	–	–	50	mT	Maximum measurement range

1) 在电源欠压释放电平和电源过压释放电平之间的扩展范围内，磁性表现不会下降。
2) 斜率是单位时间内的最大电压变化，与 **应用电路**有关。
3) 在其他结温下的最长暴露时间，应使用 Arrhenius 模型计算得出。
4) 只有在 EEPROM 中设置了 3.3V 总线功能位时，该值才有效。
5) 输出协议特性取决于这些参数，RL 必须符合最大输出电流要求。最大输出上拉电压值请参考**表 3** 中的注释。
6) 当 OUT 引脚上存在高于 7.5V 的持续电压时，SPC 输出协议将被停用。
7) 必须根据配置的单位时间选择上拉电阻和负载电容，请参见**应用电路**

6.1 结温计算

传感器的内部功耗P_{TOT}会使芯片结温高于环境温度。

功率乘以 与 TA 相加的总热阻 R_{thJA}（结点至环境），得出最终的结温。 R_{thJA} 是 "结至外壳 "和 "外壳至环境 "两个分量的总和。

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

$T_J=TA+\Delta T = R_{thJA} \times P_{TOT} = R_{thJA} \times (V_{DD} \times I_{DD} + V_{OUT} \times I_{OUT})$; I_{DD}, $I_{OUT} > 0$, 如果方向是进入IC 的

示例（假设V_{OUT}上无负载）：

- VDD = 5.5 V
- IDD = 14.5mA
- ΔT= 150 [K/W] x (5.5 [V] x 0.0145 [A] + 0 [VA]) = 11.963K → 15K 用于最坏情况计算

7 电气、磁性和输出参数

所有规格均在整个温度范围和使用寿命内有效。如果没有特别说明，所有这些规格适用于每个已实施的传感器 IC。

表 5 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Notes
		Min.	Typ.	Max.		
Supply current	I_{DD}	4	–	14.5	mA	
Thermal resistance[1)]	R_{thJA}	–	–	150	K/W	junction to ambient
Power-on time[2)]	t_{pon}	–	–	5	ms	
Supply under voltage reset/release level	$V_{DD, pon}$	3.1	–	4.2	V	
Supply over voltage reset/release level	$V_{DD, poff}$	6	–	7.5	V	
Supply voltage reset hysteresis	$V_{DD,pon\ hyst}$	100	–	300	mV	
Out pin over voltage reset level	$V_{OUT, ov\ res}$	7.5	8.25	9	V	
Out pin over voltage release level	$V_{OUT, ov\ res}$	6	6.75	7.5	V	
Out pin over voltage reset hyteresis	$V_{OUT, ov\ hyst}$	1	1.5	2	V	
Output saturation voltage	V_{OL}	–	–	$0.1*V_{DD}$	–	for $I_{OUT} \leq 3.4mA$
Output fall and rise time	t_{fall}/t_{rise}	0.3	0.5	0.75	µs	for UT = 0.5 µs and 0.75 µs
		0.6	1	1.4	µs	for UT = 1 µs and 1.25 µs
		0.9	1.5	2.1	µs	for UT = 1.5 µs
		1.2	2	2.8	µs	for UT = 2 µs and 2.5 µs
		1.8	3	4.2	µs	for UT = 3 µs
Output current	$I_{OUT,avg}$			5	mA	
Output leakage current	$I_{OUT\ Leak}$	20	100	120	µA	$V_{pull-up}$= 5V and 0 < V_{DD}< $V_{DD, pon}$
Oscillator frequency variation	Δf	-5	–	5	%	Nominal oscillator frequency: 20MHz

1) 在 2s2p PCB 板上测量

2) 传感器从启动到准备好响应第一个触发脉冲的时间

下图 5 显示了器件的工作范围、过压和欠压情况以及相应的传感器响应。过压和欠压比较器的数值是 表 5中的典型值 。

在扩展范围内，传感器符合全部规格。但是，高于工作范围的电压只能在有限的时间内使用（见表 3）。

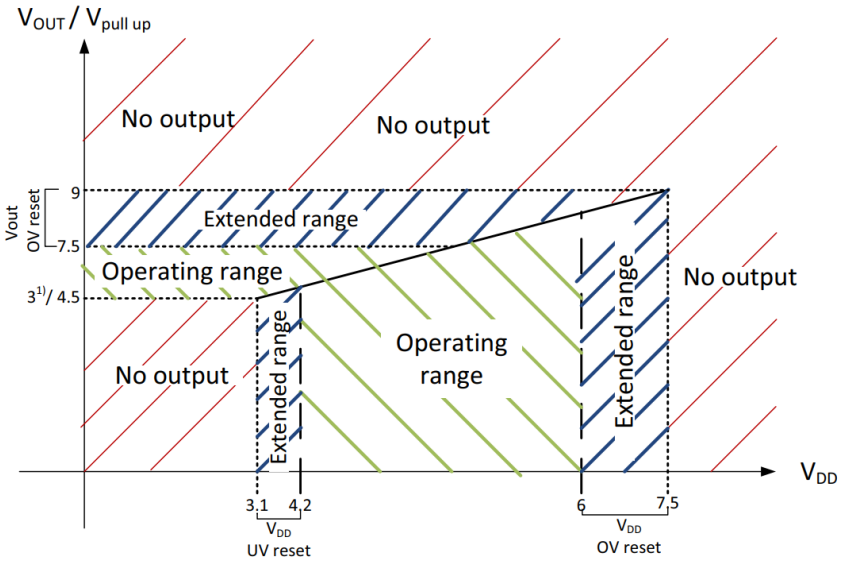


图 5　　过压和欠压情况下的工作范围和传感器响应

1)　*只有在 EEPROM 中设置了 3.3V 总线功能位时，该值才有效。*

TLE4999C8 的主通道和子通道可提供高精度的 12/14/16 位磁场信号。 **表 6** 列出了两个通道的输出特性。

表 6　　主通道和子通道的磁场和输出特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Notes
		Min.	Typ.	Max.		
Magnetic offset drift[1)]	ΔB_{OS_Main}	-100	–	100	µT	Main channel offset drift
	ΔB_{OS_Sub}	-200	–	200	µT	Sub channel offset drift
Magnetic initial offset	B_{OS}	-300	–	300	µT	at 0 h, 25 °C
Magnetic sensitivity drift[1)]	ΔS	-2.0	–	2.0	%	
Output noise (RMS)[2)3)]	OUT_{Noise_Main}	–	–	0.6	LSB_{12}	Main channel noise at 0h and 25°C[4)]
	OUT_{Noise_Main}	–	–	1	LSB_{12}	Main channel noise[1)]
	OUT_{Noise_Sub}	–	–	1.5	LSB_{12}	Sub channel noise at 0h and 25°C[4)]
	OUT_{Noise_Sub}	–	–	2	LSB_{12}	Sub channel noise[1)]
Magnetic hysteresis	B_{Hys}	–	–	40	µT	
Integral non-linearity[3)]	INL	-4	–	4	LSB_{12}	
Signal latency[5)6)]	$t_{latency}$	–	–	200	µs	not including interface transmission time

1)　随温度和寿命变化的漂移
2)　低通滤波器设置 8
3)　量程 50 mT，增益 1.0（与增益呈线性关系）计算
4)　基于 LSB16 计算
5)　定义为 100 Hz 正弦信号的相移
6)　用于 LP 滤波器设置关闭

图 6 显示传感器主通道和子通道在默认设置下的输出特性。可以通过重新配置主通道和子通道的零点、增益和钳位量程来更改输出特性（参见第 9 章）。

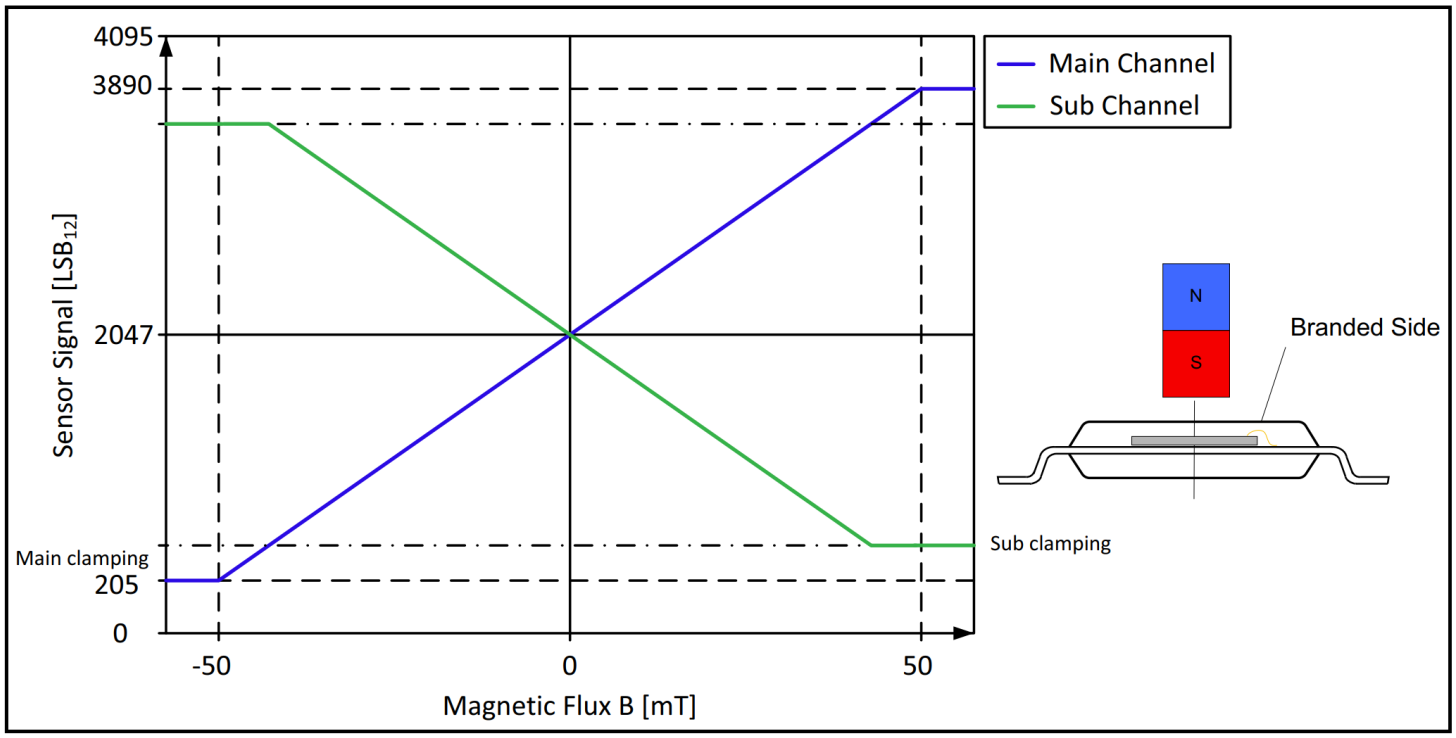


图 6 输出特性

8 SPC 输出

TLE4999C8 采用快速 SPC (Short PWM Code)协议，该协议基于 SAE J2716 定义的 SENT 标准 (Single Edge Nibble Transmission)。与 SENT 连续传输数据不同，SPC 协议只有在接收到微控制器发出的特定触发脉冲后才传输数据。触发脉冲所需的长度取决于传感器是配置为同步模式还是总线模式。在总线模式下，触发脉冲取决于可配置的传感器编号。因此，SPC 允许在一条总线线路上操作多达四个传感器。

对于 SPC 接口，使用带斜率控制的推挽设置（推挽模式仅在斜率控制模式下有效）。在这种配置下，TLE4999C8 的上升和下降斜率均受控。在斜率控制转换之间，高电平由外部上拉电阻器保持。发送 SPC 协议报文后，TLE4999C8 将进入接收模式（三态模式下的 OUT 引脚）并等待有效触发信号。

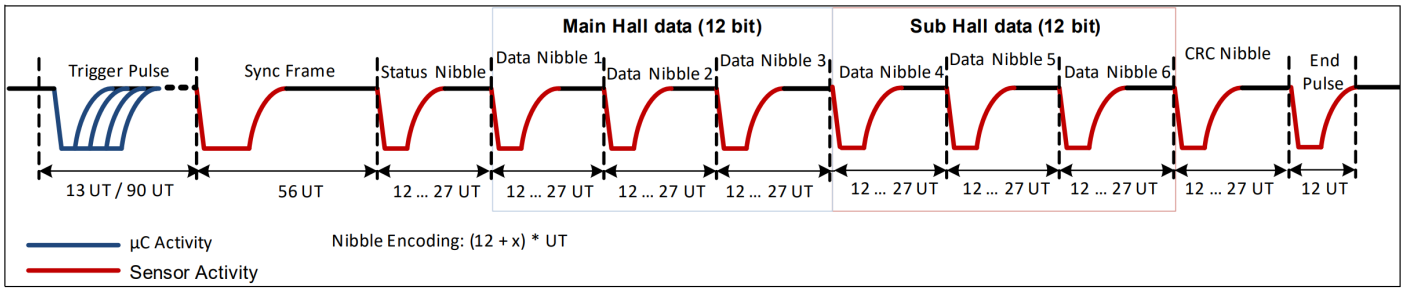


图 7 SPC 默认协议示例

与 SENT 协议类似，两个连续下降沿之间的时间间隔定义了一个 4 位半字节的值，因此代表 0 到 15 之间的数字。传输时间因此取决于传输的数据值。所有值都是单位时间帧的倍数（参见**表 8**）。一个 SPC 帧由以下半字节组成（参见**表 7**）：

- 主机触发脉冲，启动数据传输。
- 同步周期为 56 UT。
- 12-27 UT 的状态半字节，包含过压/错误信号和短串行消息 (SSM) 数据或传感器 ID。
- 3 到 4 个数据半字节，每个半字节包含 12-27 个UT（数量可编程），代表主霍尔值
- 3 到 4 个数据半字节，每个半字节包含 12-27 个UT（数量可编程），表示子霍尔值。
- 可选 2 个温度增量，每个增量为 12-27 UT（可编程）。
- 可选 2/4 位滚动计数器，计数范围为 12-27 UT（可编程）。
- 一个或两个校验和 (CRC) 半字节，每个半字节为 12-27 UT（可编程）。
- 12 UT 结束脉冲，用于终止 SPC 帧传输。

结束脉冲下降沿后，传感器可进行下一次采样。传感器的采样时间为同步期开始时，即收到正确触发时。

表 7　　帧选择

Frame Type	Parameter F	Data nibbles	Temperature nibbles	Rolling Counter	CRC bits
12 bit Main Hall, 12 Bit Sub Hall	A (default)	6 nibbles	–	–	4 bits
16 bit Main Hall, 16 Bit Sub Hall	B	8 nibbles	–	–	4 bits
12 bit Main Hall, 12 bit Sub Hall	C	6 nibbles	2 nibbles	–	4 bits
14 bit Main Hall, 14 bit Sub Hall	D	7 nibbles	–	2 x 2 bits[1)]	8 bits
12 bit Main Hall, 12 Bit Sub Hall	E	6 nibbles	–	2 bits[2)]	6 bits

1)　滚动计数器与数据半字节相结合，参见图 8

2)　滚动计数器与数据半字节相结合，参见图 8

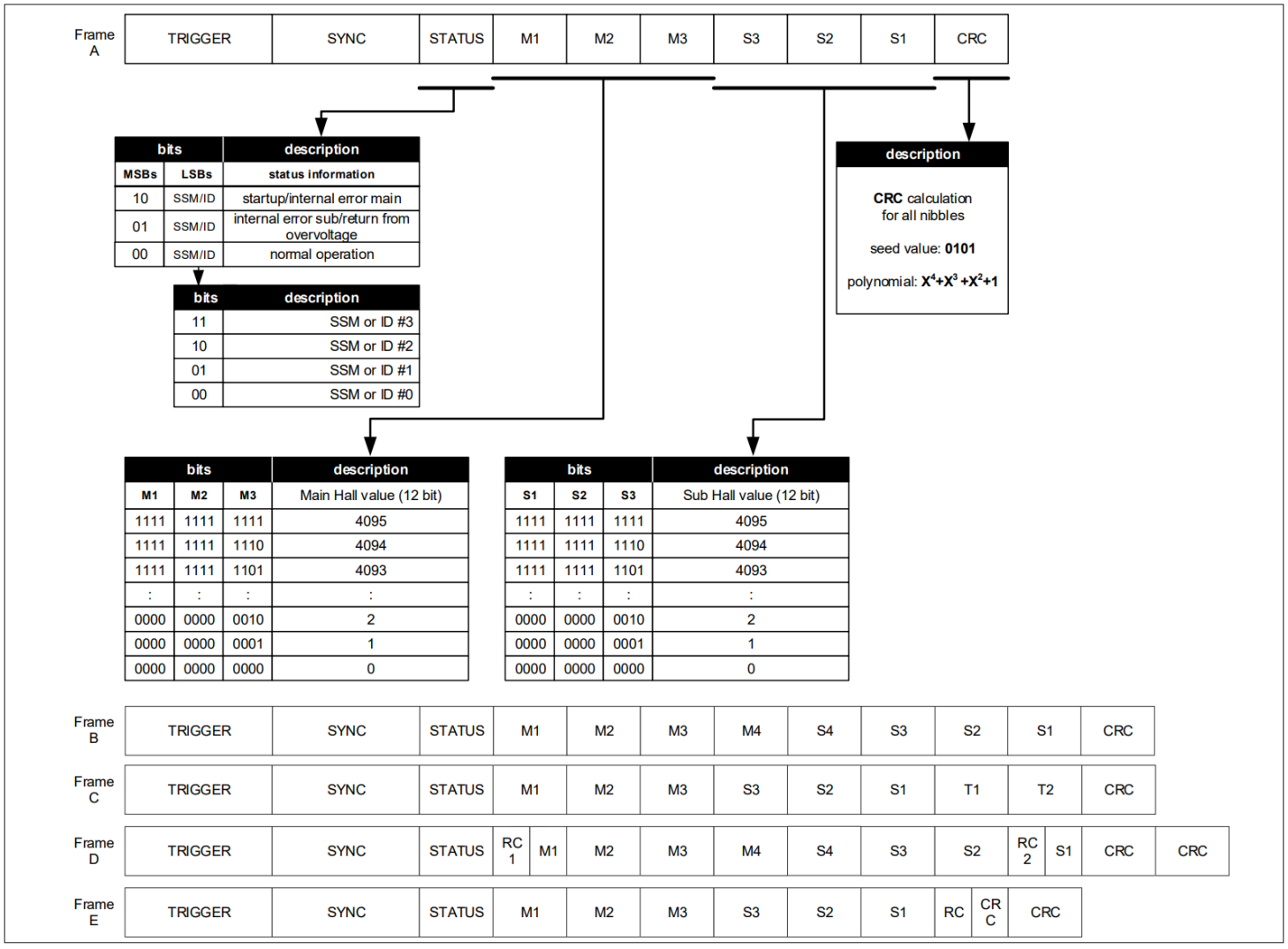


图 8 SPC 协议的内容

8.1　　SPC 总线模式

当传感器与其他传感器以总线模式连接在同一条SPC线上时，需要为每个传感器分配一个 ID 以进行识别。为了使传感器在 SPC 总线模式下运行，强烈建议将传感器 ID 写入传感器的 EEPROM 中，因为所有传感器都预配置了默认值“ID = 0”（更多详细信息请参阅 *TLE4999C 用户手册*）。

因此，来自微控制器的相应触发半字节可以单独寻址每个传感器。

触发点低电平时间如表 10所示 。每个低电平时间对应一个传感器地址。触发前导码的总长度可选择为 90 UT（恒定触发长度）或根据 表 9 进行调整 （可变触发长度）。

8.2 SPC 单位时间

表 8 可编程单位时间

Parameter	Symbol	Values	Unit	Note or Test Condition
SPC unit time[1)]	UT	0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0	µs	Clkunit=20MHz

1) 默认设置为 3 µs标称 SPC 单位时间。

8.3 SPC 触发脉冲

SPC 传输由 ECU 在 OUT 引脚上发出的触发脉冲启动。要检测 OUT 引脚上的低电平，电压必须低于阈值 $V_{th,falling}$。 传感器在 $V_{th,rising}$ 被突破时立即检测到 OUT 线已释放。表 9 以及图 9 显示触发脉冲的时序规格。

主机低电平时间t_{mlow}和总触发时间t_{mtr}在 SPC 总线模式开启或关闭时有所不同。当总线模式关闭时，总触发时间t_{mtr}最短。这使得仅连接一个传感器 IC 到 SPC 线路的配置中，整体协议传输时间显著缩短。

启用总线模式后，可以在一条数据线上使用多达四个 SPC 传感器。总线模式下的总触发时间更长，可以选择恒定触发或可变触发。

主机低电平时间 t_{mlow} 用于识别寻址传感器 IC 的传感器 ID，参见表 10 。正确寻址要求总线上的所有传感器都使用相同的标称 SPC 单位时间进行编程。

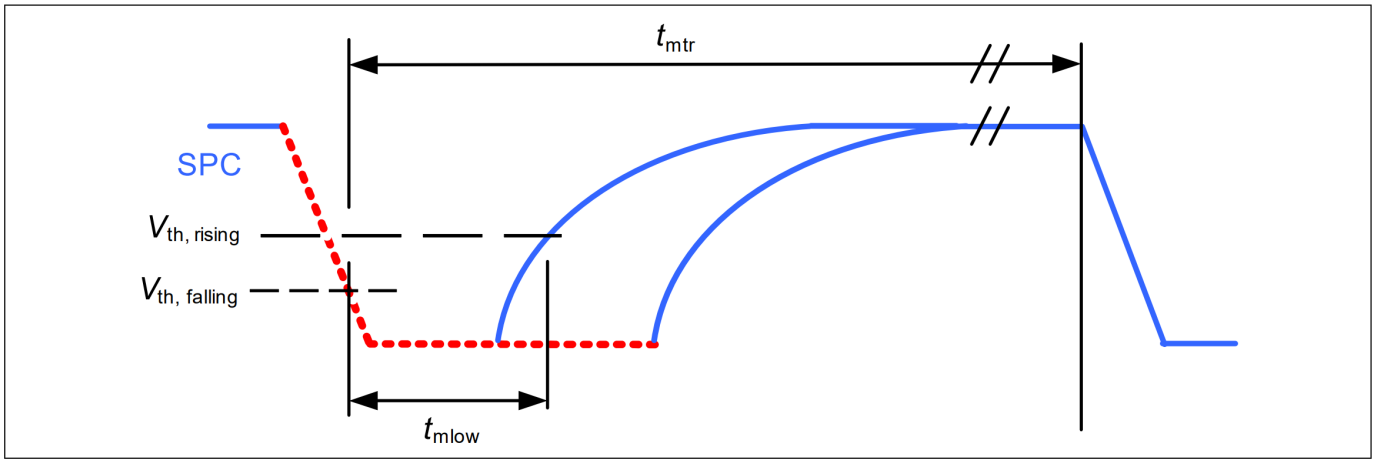


图 9 SPC 主机脉冲时序

表 9 SPC 主机脉冲参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Falling edge threshold	V_{thf}	–	35	–	% of V_{DD}	1)2)
Rising edge threshold	V_{thr}	–	50	–	% of V_{DD}	1)2)

表 9　　SPC 主机脉冲参数 （续）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Total trigger time	t_{mtr}	–	13	–	UT	Bus mode off[3]
		–	90	–	UT	Bus mode on, with constant trigger length[3]
		–	$t_{mlow,min}$ + 12	–	UT	Bus mode on, with variable trigger length[3]

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

2) 单位为标称VDD（4.5V - 5.5V）的百分比

3) 传感器的触发时间固定为"typ"一列中指定的单位数但有效触发时间会因传感器振荡器的变化而变化

下表 10 显示了传感器响应的触发时间窗口：

表 10　　传感器 SPC 触发参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master nibble low time	t_{mlow}	2	–	7	UT	Bus mode off[1]
Master nibble low time	t_{mlow}	8	–	15	UT	Bus mode on, ID = 0
Master nibble low time	t_{mlow}	16	–	28	UT	Bus mode on, ID = 1
Master nibble low time	t_{mlow}	29	–	49	UT	Bus mode on, ID = 2
Master nibble low time	t_{mlow}	50	–	82	UT	Bus mode on, ID = 3

1) CL 和上拉电阻 Rp 的组合可能会因为输出上升时间增加而阻止某些主机半字节低电平时间的使用。英飞凌建议，对于快速的单位时间（<=1.0us），应将传感器设置为总线模式（带可变触发选项），并配置为 ID0，而不是关闭总线模式。

下表 11 显示了要在 ECU 中编程的触发时间窗口：

表 11　　ECU SPC 触发参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master nibble low time	t_{mlow}	2	–	4	UT	Bus mode off[1]
Master nibble low time	t_{mlow}	9	–	12	UT	Bus mode on, ID = 0
Master nibble low time	t_{mlow}	19	–	23	UT	Bus mode on, ID = 1
Master nibble low time	t_{mlow}	35.5	–	40.5	UT	Bus mode on, ID = 2
Master nibble low time	t_{mlow}	61.5	–	67.5	UT	Bus mode on, ID = 3

1) CL 和上拉电阻 Rp 的组合可能会因为输出上升时间增加而阻止某些主机半字节低电平时间的使用。英飞凌建议，对于快速的单位时间（<=1.0us），应将传感器设置为总线模式（带可变触发选项），并配置为 ID0，而不是关闭总线模式。

注意：　有关主机半字节低电平时间的详细说明，请参阅 TLE4999C 应用笔记“主机半字节低电平时间参数及相关公差”。

8.4 状态半字节

状态半字节由 4 位组成。前两位是状态位，用于监控传感器的内部状态，而后两位可以表示一个简短的串行消息（参见**第 8.5 章**）或传感器 ID。**表 12** 显示状态位的用法。

与每个 SPC 数据帧一起发送的状态半字节提供错误指示。如果传感器检测到错误或过压情况，则状态半字节中的相应错误位将被置位。只要当出现错误或过压情况时，错误位被置位，传感器输出被禁用。从过压状态恢复后，在状态半字节的第一个传输帧中设置相应的错误位。

表 12 SPC状态半字节结构

Bits	Description
[0] LSB	Short Serial Message bit (data) or bus mode ID LSB
[1]	Short Serial Message bit (start indication) or bus mode ID MSB
[2]	Return from over voltage condition/ internal error sub channel
[3] MSB	Startup/ internal error main channel

8.5 串行短报文

串行短报文是一个附加选项，可以启用或禁用。串行短报文在慢速信道中提供附加信息，传输主霍尔的 8 位温度值和 32 位传感器 ID（16 位来自主通道 ID1，16 位来自子通道 ID2）。

每个 SPC 帧传输一个比特的信息。状态半字节 [1] 中的 "1 "表示串行段报文的开始。在接下来的 15 个 SPC 帧中，该位将包含一个 "0"。信息以 16 位为单位进行传输，每个 SPC 帧在状态半字节的第 [0] 位中存储 1 位。

4 位信息 ID
8 位数据
4 位 CRC（由报文 ID 和数据位计算得出）
报文 ID 用于识别接收到的数据类型。所有数据均以 MSB 至 LSB 的顺序在状态半字节的第 [0] 位传输。
传输的信息如下：
消息 - ID 0：从最高有效位 (MSB) 开始的 8 位温度值
消息 - ID 1：传感器 ID1 的 8 位值（从最高有效位 (MSB) 开始）
消息 - ID 2：传感器 ID1 的 8 位值（从最高有效位 (MSB) 到第 8 位 (MSB-8) 开始）
消息 - ID 3：传感器 ID2 的 8 位值（从最高有效位 (MSB) 开始）
消息 – ID 4：传感器 ID2 的 8 位值（从最高有效位 (MSB) 到第 8 位 (MSB-8) 开始）

*注释：　更多详情请参见 **TLE4999C 用户手册。***

8.6 温度半字节

温度以 8 位值编码。该值以无符号整数格式传输，对应范围为 -55 °C 至 +200 °C，因此传输的值为 55 对应于 0 °C。温度是附加信息，虽然未经校准，但可用于合理性检查等用途。**表 13** 显示 SPC 帧中结温与传输值之间的映射关系。

表 13 温度值的映射

Junction Temperature	Typ. Decimal Value from Sensor	Note
- 55 °C	0	Theoretical lower limit[1)]
0 °C	55	–
25 °C	80	–
200 °C	255	Theoretical upper limit[1)]

1) 理论温度值范围，而非工作温度范围。

8.7 滚动计数器

滚动计数器是安全检查实施的另一种选择。滚动计数器计算传输的帧数，每次报文都会转动回 0 并递增。ECU 可以使用这些数据来验证是否丢失帧或传感器是否重复发送帧。

有两种可选协议都包含滚动计数器（见**图 8** ），在帧 D 上，第一个主数据半字节中包含一个 2 位滚动计数器，第一个子数据半字节中包含另一个 2 位滚动计数器。

在帧 E 中，2 位滚动计数器包含在 CRC 位元中，更多详情请参见 **8.8 章** 。有些帧没有滚动计数位，但为了满足应用的安全要求和目标 ASIL 级，建议使用此功能。

8.8 CRC 半字节

校验和半字节是数据半字节（包括状态半字节）的 4 位 CRC。CRC 使用多项式 $x^4+x^3+x^2+1$ 计算，种子值为 0101_B。最后一个数据半字节后的余数作为 CRC 发送。

为了增强校验和，扩大诊断范围，还提供了 6 位和 8 位校验和，以确保数据传输安全（见 **表 7**）。

6 位校验和使用种子值为 010101_B 的多项式 ($x^6 + x + 1$) 计算 ，8 位校验和使用种子值为 01010101_B 的多项式 ($x^8 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$) 计算 。

TLE4999C 用户手册中详细介绍了 CRC 的计算方法。

8.9 SPC 帧保持器

帧保持器功能允许用户在总线配置中操作多个传感器，并同步采样测量值。这是通过（除了 SPC 总线 ID 之外）为总线上的每个芯片设置一个单独的帧持有者 ID 来实现的，该 ID 用作公共信号触发器。

有关详细信息，请参阅 **TLE4999C 用户手册**。

9 配置和校准参数

要使用应用程序和客户特定数据对 EEPROM 进行编程，可以使用串行检测和配置接口 (SICI)。单线接口使用与 SPC 输出相同的引脚进行通信。

TLE4999C8 有几个可配置参数，这些参数存储在 EEPROM 中。这些参数会影响内部数据处理和输出协议。**表 14** 概述了磁性测量参数，这些参数可为主通道和子通道分别配置。 **表 15** 显示 SPC 接口参数。

表 14 TLE4999C8 主通道和子通道的磁性测量参数

Parameter	Setting range	Note
Magnetic range	±50 mT (default) ±25 mT	
Gain	-7.59...7.59	Gain value of +1.0 corresponds to typical 36.875 LSB_{12}/mT sensitivity in 50mT range, with ±5% clamping,(73.75 LSB_{12}/mT in 25mT range, with ±5% clamping).
Zero point	0 LSB_{16}... 65535 LSB_{16} [1]	The user zero point setting is independently configurable for main and sub channels with 12, 14 or 16 bit granularity. Default setting : 32768 LSB_{16}.
Clamping low level	0 LSB_{16}... 65535 LSB_{16} [1]	Output clamping settings, see **Figure 6**. Default setting: CL: 205 LSB_{16} CH: 3890 LSB_{16}
Clamping high level	0 LSB_{16}... 65535 LSB_{16} [1]	
Multi point linearization	0 ... 9 point	9 user selectable linearization points configurable in the EEPROM. The user can select the concentration either at the corners or around the middle point. For further details please see the **TLE4999C User Manual.**
Low-pass filter[2]	0: Off[3] 1: 80Hz 2: 160 Hz 3: 200 Hz 4: 240 Hz 5: 320 Hz 6: 400 Hz 7: 470 Hz 8: 500 Hz (default) 9: 650 Hz 10: 870 Hz 11: 980 Hz 12: 1070 Hz 13: 1270 Hz 14: 1380 Hz 15: 1530 Hz	Low pass filter cut-off (-3 dB) frequency.

表 14　　TLE4999C8 主通道和子通道的磁性测量参数

Parameter	Setting range	Note
1st order temperature coefficient TC_1 4)	-2400 ppm/°C ... 5400 ppm/°C	Second order user configurable temperature compensation.
2nd order temperature coefficient TC_2 4)	-30 ppm/°C^2 ... 30 ppm/°C^2	
Reference Temperature T_0	0°C ... 127°C	

1) 内部值始终为 16 位，如果使用 12 位或 14 位设置范围，则输出将相应地受到钳位限制。

2) 受振荡器变化影响 ±5% 。

3) 关闭可编程低通滤波器，ADC的固有滤波器保持开启状态。

4) 调整温度系数（TC1 和 TC2）可能会导致 ADC 噪声水平略微增加。

表 15　　TLE4999C8 SPC 接口参数

Parameter	Setting range	Note
SPC protocol frames	2x 12 bit Hall + 4 bit CRC (default) 2x 16 bit Hall +4 bit CRC 2x 12 bit Hall + 8 bit temperature + 4 bit CRC 2x 14 bit Hall + 2x 2 bit RC + 8 bit CRC 2x 12 bit Hall + 2 bit RC + 6 bit CRC	see **Table 7**
SPC unit time1)	0.5 µs....3.0 µs	See chapter **Chapter 8.2**
SPC bus mode	On Off (default)	See chapter **Chapter 8.1**
SPC bus pull-up voltage	3.3V/5V	Default 5V
SPC ID	0 ... 3	Defaut ID0
SPC variable trigger	On Off (default)	
SPC frameholder adress2)	0 ... 3	Default ID0

1) 受振荡器变化影响 ±5% 。

2) 如果帧保持器地址等于 SPC 地址，则停用 SPC 帧保持器。

10 封装外形

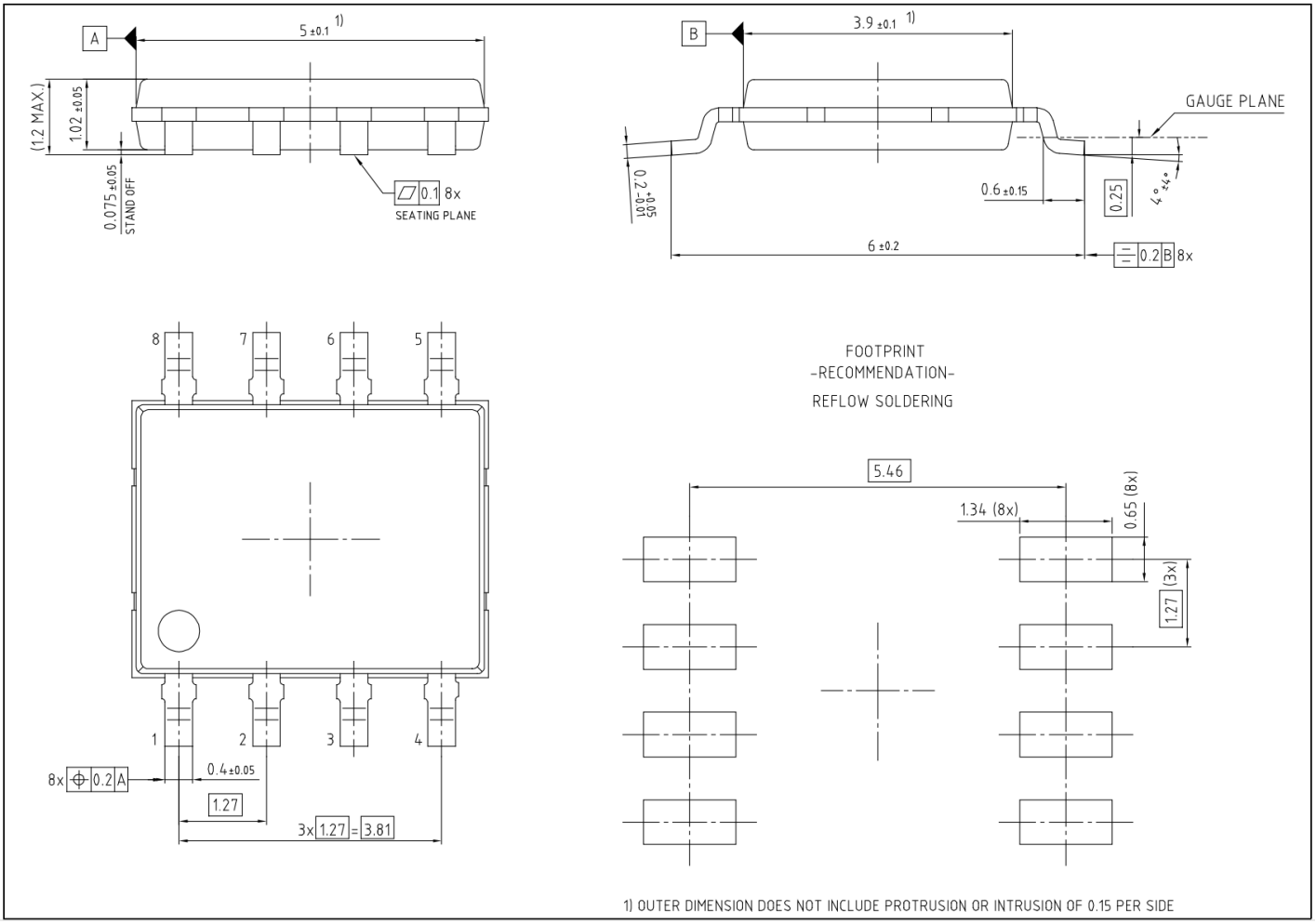


图 10 PG-TDSO（绿色塑封薄型双列小外形封装）封装尺寸

10.1 芯片到封装的距离

图 11 显示了芯片表面到 TLE4999C8 表面的距离。

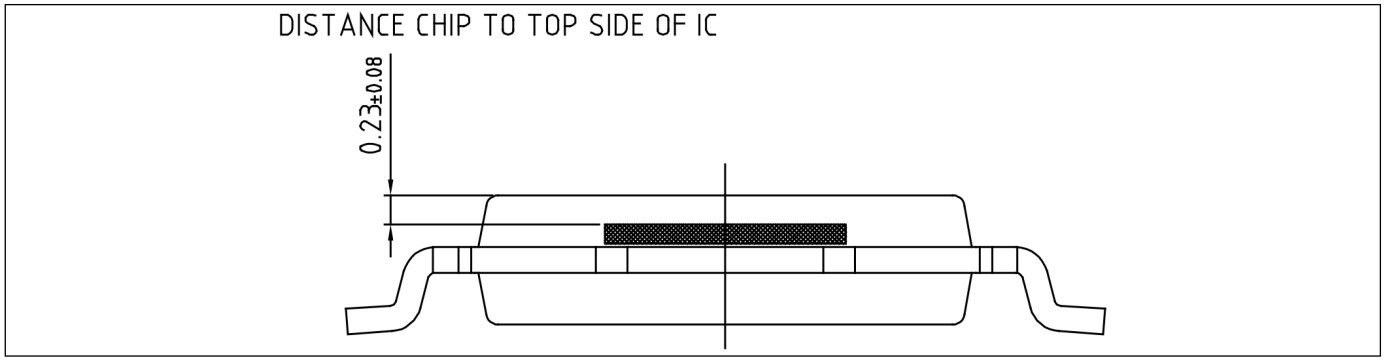


图 11 芯片表面到封装表面的距离

10.2 湿度灵敏度 (MSL)

TLE4999C8 符合 IPC/JEDEC J-STD-033B.1 的 MSL 3 级标准。

10.3 封装标记

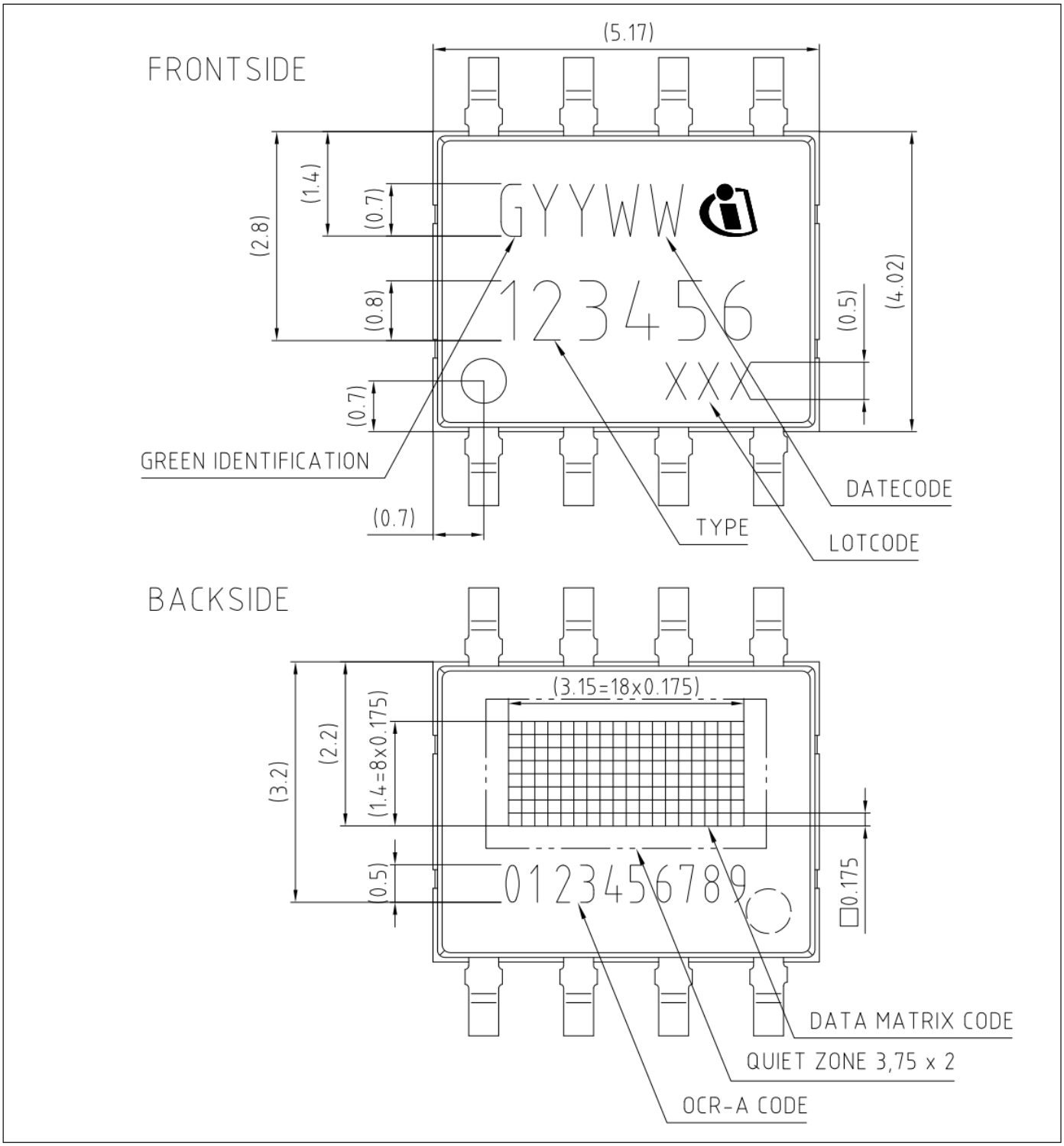


图 12 PG-TDSO（绿色塑封薄型双列小外形封装）封装尺寸

有关替代封装的更多信息，请访问我们的网站：

http://www.infineon.com/packages.

所有尺寸均以 mm 为单位

绿色产品（符合 RoHS 标准）

为了满足全球客户对环保产品的要求，并遵守政府法规，该器件以绿色产品的形式提供。绿色产品符合RoHS标准（即，引线采用无铅涂层，并且符合IPC/JEDEC J-STD-020标准，适用于无铅焊接）。

术语

A	
ADC	模数转换器
B	
BIST	内置自检
C	
CBUF	缓冲电容器
CRC	循环冗余检查
D	
DSP	数字信号处理单元
E	
ECC	用于保护 EEPROM 内容的纠错码
EEPROM（缩写EEP）	可电擦除和可编程只读存储器 - 用于传感器校准和配置数据的可编程存储器
G	
GND	地线 - 传感器地线
H	
HADC	霍尔模数转换器
HTS-ADC	霍尔、温度、应力模数转换器
I	
ID	标识符
L	
LP-Filter	低通滤波器
LSB	最低有效位
M	
MSB	最高有效位
MVS	裕量电压选择器
O	
OUT	传感器的数字输出引脚
P	
PWM	脉冲宽度调制
R	
RMS	均方根
ROM	只读存储器
S	
SICI	串行检测和配置接口 - TLE4999C8 的编程接口
SPC	短 PWM 代码

11 修订记录

Revision	Date	Changes
v01_00	2020-11-02	Initial version
v01.10	2021-12-13	
Page 1		Updated ISO logo
Page 2		Updated **Marking**
Page 11		Added **OUT_{Noise_Main}** parameter at 0h and 25°C
Page 11		Added **OUT_{Noise_Sub}** parameter at 0h and 25°C
Page 11		Updated **OUT_{Noise_Sub}** max. value
Page 11		Added footnoote to **OUT_{Noise_Main}** and **OUT_{Noise_Sub}**

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 **2026-07-06**

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**。