



英飞凌XENSIV™ 电感式位置传感器

特性

- 电感式测量原理
- 双角度测量和扭矩测量
- 根据 ISO 11452-8:2015，本征杂散电场强度高
- 符合 ISO 26262:2018 标准的独立安全单元，支持 ASIL-D 等级安全要求
- 网络安全特性
- SENT（基于 SAE J2716-2016）和 SPC 接口
- PG-TSSOP-16 SMD 封装，0 级：-40°C 至 150°C（环境温度）
- 过压和反极性保护
- 用于校准和配置的集成存储器
- 符合 RoHS 规范，无卤封装



潜在应用

TLE4802 是一款电感式传感器 IC，设计用于汽车领域的角位置传感。其目标应用是转向扭矩传感器和转向角传感器。

产品验证

产品验证符合 AEC-Q100，0 级。适用于汽车应用，已获得认证。

描述

英飞凌TLE4802 是一款电感式传感器 IC，用于汽车领域的角位置传感。它使用涡流法来感应放置在一组 PCB 印刷线圈上方的金属目标的位置。TLE4802 包括一个数字信号处理单元 (DSP)，用于信号补偿、角度和扭矩计算。两个单线接口（SENT& SPC）具有极大的灵活性，便于集成。嵌入式安全特性使系统符合 ISO 21434 标准。

Product type	Package	Marking	Ordering code
TLE4802SC16-S0000	PG-TSSOP-16	4802SC	SP006068556

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

	目录	2
1	框图	4
2	引脚配置.....	5
3	产品一般特性.....	6
3.1	绝对最大额定值.....	6
3.2	ESD 抗扰度	7
3.3	杂散场稳健性.....	7
3.4	使用寿命 & 点火周期.....	7
3.5	工作范围.....	7
3.5.1	工作范围外的恢复	8
3.6	热阻.....	9
3.7	电流消耗.....	9
4	产品特性	10
4.1	功能描述.....	10
4.1.1	ADC 精确度	10
4.2	电气特性.....	10
4.2.1	输入 / 输出特性.....	10
4.2.2	线圈特性.....	10
4.2.3	欠压和过压条件.....	11
4.2.4	外部电路.....	12
4.2.4.1	LC 振荡器	12
4.3	接口.....	13
4.3.1	SENT.....	13
4.3.1.1	参数	13
4.3.1.1.1	tlow 的定义.....	13
4.3.1.1.2	状态 Nibble.....	14
4.3.1.1.3	帧格式	15
4.3.1.1.4	数据选择	15
4.3.1.2	错误指示.....	16
4.3.1.3	CRC.....	16
4.3.2	SPC	16
4.3.2.1	参数	17
4.3.2.1.1	tlow 的定义	17
4.3.2.1.2	状态 Nibble.....	17
4.3.2.1.3	帧格式	18
4.3.2.1.4	数据选择	19
4.3.2.1.5	触发器 nibble	20
4.3.2.1.6	总线模式 / 同步模式.....	20



目录

4.3.2.2 错误指示..... 21

4.3.2.3 CRC..... 21

4.3.3 SICI 22

4.4 查询表..... 24

4.5 安全..... 24

5 应用信息..... 25

5.1 SENT 25

5.2 SPC..... 25

6 封装 27

7 修订记录 30

 免责声明..... 31

1 框图

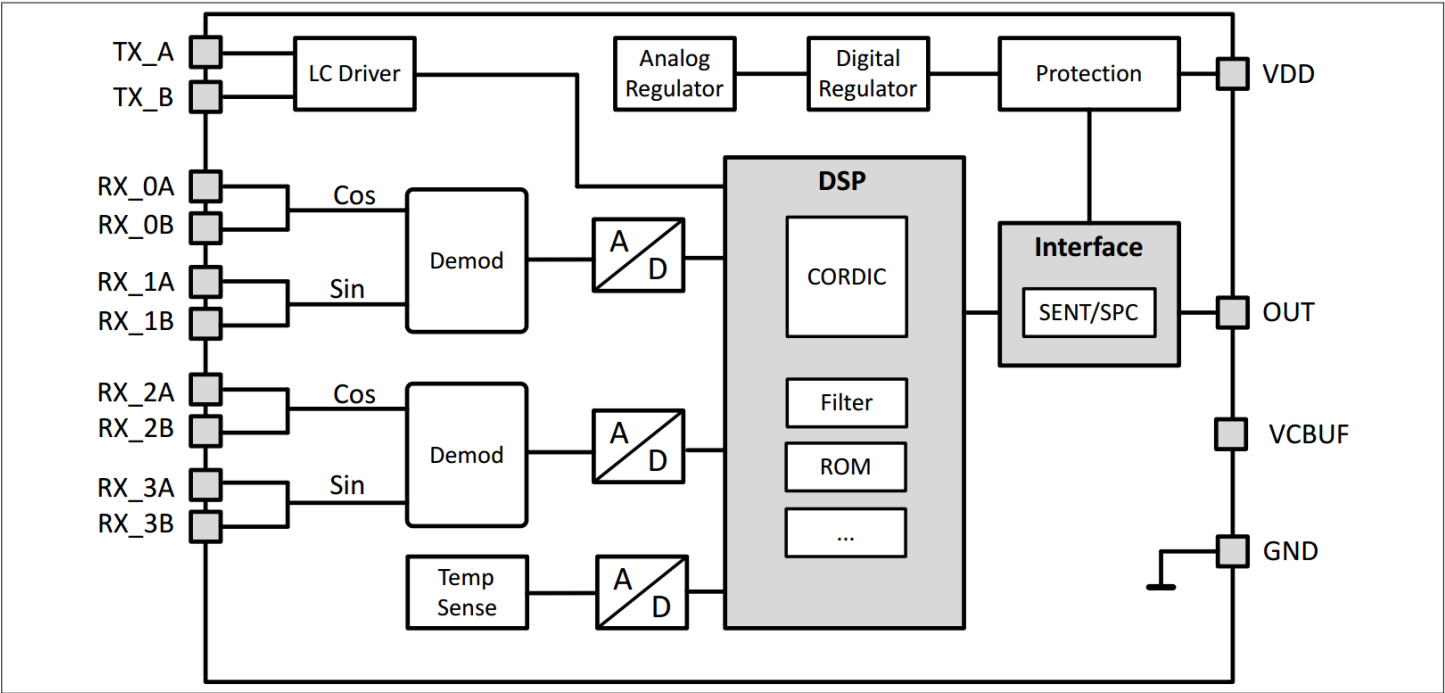


图 1 功能框图

2 引脚配置

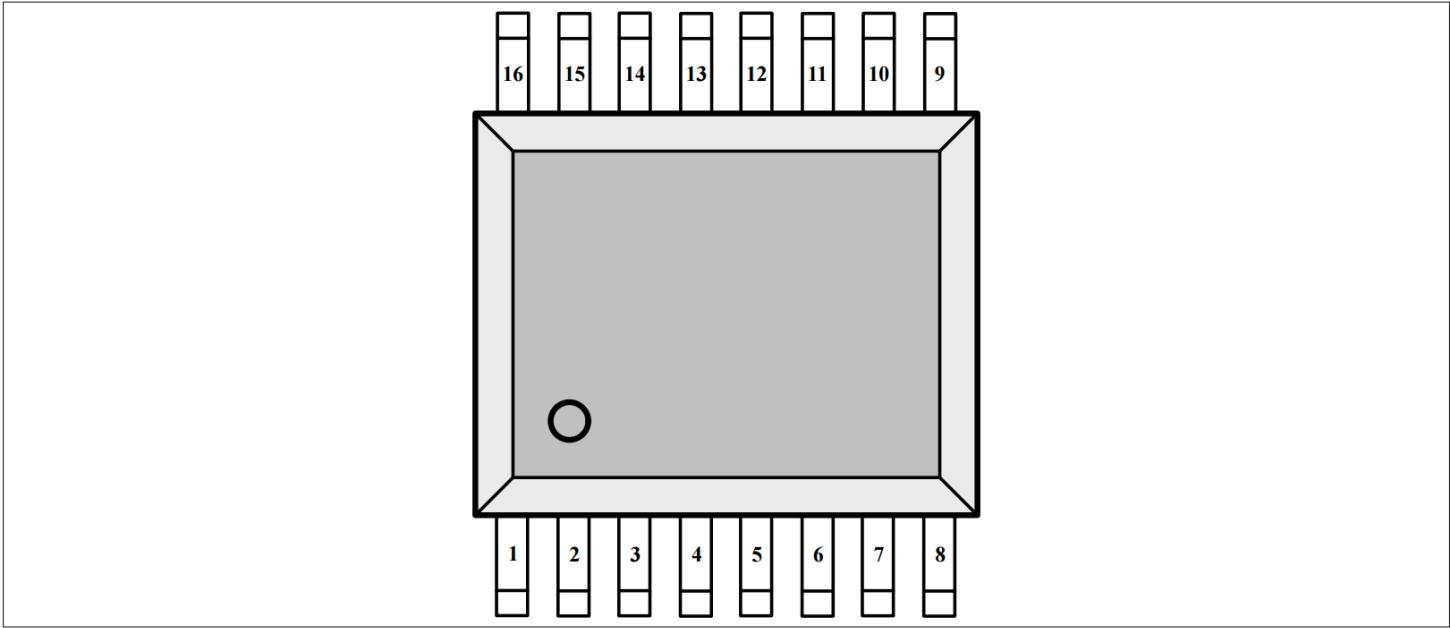


图 2 引脚排列封装

表 1 引脚配置

PIN number	Symbol	Description
1	RX_0A	Receiver coil 0, pin A
2	RX_1A	Receiver coil 1, pin A
3	RX_0B	Receiver coil 0, pin B
4	RX_1B	Receiver coil 1, pin B
5	RX_2A	Receiver coil 2, pin A
6	RX_3A	Receiver coil 3, pin A
7	RX_2B	Receiver coil 2, pin B
8	RX_3B	Receiver coil 3, pin B
9	TX_A	Transmitter pin A, oscillator out
10	TST2	Test 2 out
11	TX_B	Transmitter pin B, oscillator out
12	VDD	Supply voltage
13	VCBUF	Buffer capacitor pin
14	OUT	SENT / SPC / SICI
15	TST1	Test 1 out
16	GND	Ground

3 产品一般特性

3.1 绝对最大额定值

注意： 超过“绝对最大额定值”所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。这只是一个应力额定值，并不意味着器件在这些条件下或任何其他高于本数据手册中“工作范围”部分所示条件的情况下能够正常运行。此外，仅假设了单一错误情况。一个以上的应力/错误情况也可能损坏器件。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响器件可靠性。在绝对最大额定值过载条件下，VDD 引脚上相对于接地的电压不得超过绝对最大额定值定义的值。生命周期声明是基于英飞凌 (Infineon) 认证测试结果的外推得出的预期。元件的实际生命周期取决于其应用形式、使用类型等因素，且可能与该声明存在偏差。生命周期声明在任何情况下均不得延长约定的保修期。

表 2 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum supply voltage	V_{DD_max}	-18	-	18	V	max. 40 h
Maximum voltage OUT	V_{OUT_max}	-18	-	18	V	max. 40 h
Maximum voltage on Rx & Tx	V_{RXTx_max}	-0.3	-	5.5	V	max. 40 h
Maximum voltage VCBuf	V_{CBuf_max}	-0.3	-	18	V	max. 40 h
Maximum pin-to-pin voltage difference	V_{PP_max}	-	-	18	V	for global pins
Voltage peaks VDD	V_{DD_peak}	-	-	28	V	max. 50 μ s, no current limitation
Voltage peaks OUT	V_{OUT_peak}	-	-	28	V	max. 50 μ s, no current limitation
Maximum current OUT pin	I_{OUT_max}	-80	-	80	mA	max. 1 h; current > 0 means short to GND, current < 0 means short to V_{DD}
Maximum junction temperature	T_{J_max}	-40	-	175	°C	max. 1000 h at $T_J = 175^\circ\text{C}$ (not additive); maximum exposure time at other junction temperatures shall be calculated using the Arrhenius-model
Storage & shipment temperature	$T_{storage}$	5	-	40	°C	Relative humidity < 90%, storage time < 3 a; see Infineon Application Note: “Storage of Products Supplied by Infineon Technologies”

3.2 ESD抗扰度

表 3 ESD抗扰度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
HBM ESD Immunity	V_{HBM}	-	-	±4	kV	Electro-Static-Discharge voltage (HBM) according to AEC-Q100-002; for pins VDD, GND, OUT
HBM ESD immunity		-	-	±2	kV	Electro-Static-Discharge voltage (HBM) according to AEC-Q100-002; for all pins except VDD, GND, OUT
CDM ESD immunity	V_{CDM}	-	-	±0.5	kV	The product withstands the specified minimum Electro-Static-Discharge voltage (CDM) according to AEC-Q100-011; for all pins except corner pins
		-	-	±0.75	kV	The product withstands the specified minimum Electro-Static-Discharge voltage (CDM) according to AEC-Q100-011; for corner pins only

3.3 杂散场稳健性

表 4 杂散场稳健性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Stray field robustness DC	$H_{\text{EXT_DC}}$	-	-	5000	A/m	According ISO 11452-8:2015
Stray field robustness AC	$H_{\text{EXT_AC}}$	-	-	1000	A/m	According ISO 11452-8:2015

3.4 使用寿命 & 点火周期

表 5 使用寿命 & 点火周期

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating lifetime	$t_{\text{op_life}}$	17000	-	-	h	max 1000 h at $T_{\text{J_max}} = 175^{\circ}\text{C}$ (not additive)
Total lifetime	$t_{\text{tot_life}}$	15	-	-	a	additional 3 a storage time
Ignition cycles	N_{ignition}	200	-	-	1000x	during operating lifetime $t_{\text{op_life}}$

3.5 工作范围

为了确保器件的正确运行，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 6 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating supply voltage	V_{DD}	4.4	5	6	V	-
Programming supply voltage	V_{PROG}	15.5	-	18	V	Only required to perform a write-cycle
Supply voltage slew rate	V_{DD_slew}	0.1	-	10^8	V/s	If the sensor needs longer than t_{PON} to reach the operating voltage the SSM bits are suppressed by the undervoltage condition in the sensor. No SENT/SPC message including the SSM is sent to the ECU.
Operating ambient temperature	T_A	-40	-	150	°C	max. 1000 h at $T_A = 150^{\circ}\text{C}$ (not additive); Grade 0 qualification
Internal angular resolution	RES	-	-	16	bit	-
Power-on time	t_{PON}	-	-	5	ms	Time until the sensor is ready for operation after start-up or reset
Angle range	α	0	-	360	°elec	Electrical angle range from one sin/cos coil period.
Differential angle range	Δ_{angle}	-	-	360	°	Uniqueness depends on wings setup
Internal clock tolerance	Δf_{clock}	-	-	± 3.5	%	including temperature and lifetime

3.5.1 工作范围外的恢复

在冗余运行中，如果两个集成电路中的一个出现 TX 错误（开路、短路、振幅/频率不匹配），就会导致停机。TX 振幅受到影响。

并非所有故障都能修复。影响外部耦合 LC 元件的故障会导致 TX 驱动器无能为力的故障。

恢复时间规定了第一颗 IC 在第二颗 IC 掉电/断电或共享 TX 振幅受到短时干扰时的恢复时间。

因此规定了 TX 振幅恢复前的最长时间。

这一要求允许在冗余运行中，ECU 在故障运行模式下关闭故障的传感器。

表 7

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Max time to restore TX amplitude	$t_{restore}$	-	-	5	ms	Only valid for redundant operation under the assumption that the faulty device is powered down.

3.6 热阻

表 8 热阻

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance	R_{thJA}	-	-	150	K/W	Junction to ambient; measured on 2s2p PCB board

3.7 电流消耗

表 9 电流消耗

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
LC driver current	I_{LC}	-	-	9.6	mA	
Operating supply current	I_{DD}	-	-	20	mA	Excluding LC coil driver current and output driver current.

4 产品特性

4 产品特性

4.1 功能描述

4.1.1 ADC 精确度

表 10 ADC 精确度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ADC Integral non-linearity	INL	-	10	200	LSB_{16}	-
ADC Noise (RMS)	$Noise$	-	-	1	LSB_{16}	standard deviation: 1σ
ADC Bandwidth	$Bandwidth$	600	-	-	Hz	-

4.2 电气特性

4.2.1 输入/输出特性

表 11 输入/输出特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output low level	V_{OL}	-	-	$0.2 \cdot V_{DD}$	V	$I_{sink} = 4mA$
Output high level	V_{OH}	$0.8 \cdot V_{DD}$	-	-	V	$I_{source} = 4mA$
Input low level	V_{IL}	-	-	$0.3 \cdot V_{DD}$	V	valid in normal operating range
Input high level	V_{IH}	$0.7 \cdot V_{DD}$	-	-	V	valid in normal operating range
Leakage current	I_{leak}	-40	-	40	μA	-

4.2.2 线圈特性

表 12 线圈特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Resonance admittance	G_{RLC}	0	-	6	mA/V	when G_{RLC} maximum is reached, A_{Tx} is allowed to drop below minimum value
Inductance transmitter coil	L_{Tx}	1	6	10	μH	-
Capacitance transmitter coil	C_{Tx}		0.5	2.8	nF	Depending on used frequency and inductance
Frequency transmitter coil	f_{Tx}	3	4	5.5	MHz	Excitation frequency resulting from inductance and capacitance

(表格续下页.....)

4 产品特性

表 12 (续) 线圈特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating amplitude transmitter coil	A_{Tx}	2.0	2.4	3	Vpp	Peak-to-peak; differential.
Relative amplitude transmitter coil	$A_{Tx_relative}$	1.14	1.225	1.31	V	Relative amplitude; differential.
Transmitter coil regulation: Accuracy over temperature	LC_reg	-2	-	2	%	Variation over temperature: The voltage amplitude variation of the external LC oscillator over temperature.
Q factor transmitter coil	Q_{Tx}	10	20	-	-	Temperature depending
Frequency receiver coil	f_{Rx}	3	4	5.5	MHz	-
Amplitude receiver coil	A_{Rx}	5		100	mVpp	Peak-to-peak; differential
Asymmetry caused by receiver	A_{Asym}	-	-	2	mV	Measured in absence of rotor
LC driver current range	I_{LC}	0.2		6	mA	

4.2.3 欠压和过压条件

表 13 欠压和过压条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Undervoltage detection on VDD	V_{UV}	3.8	-	4.4	V	in case of an undervoltage the device disables the output
Overvoltage detection on VDD	V_{OV}	6	-	7.5	V	in an overvoltage condition the device disables the output
Overvoltage detection on OUT	V_{OV_OUT}	6	-	10	V	in an overvoltage condition the output switches to High-Z.
Undervoltage reset time	t_{UV}	-	-	50	μs	Time below threshold for the sensor to initiate a safe reaction
Overvoltage recovery time	t_{OV}	-	-	50	μs	Time after overvoltage condition to enable protocol output
Microbreak immunity	t_{MB}	5	-	-	μs	Min. value is only applicable if no boundary conditions (L_{min} , Q_{min} , U_{low} , C_{buf_low}) are applied.

4 产品特性

器件在扩展范围内的行为与工作范围内相同。不过，根据实际的 UV/OV 阈值，器件可以切换到无输出模式。

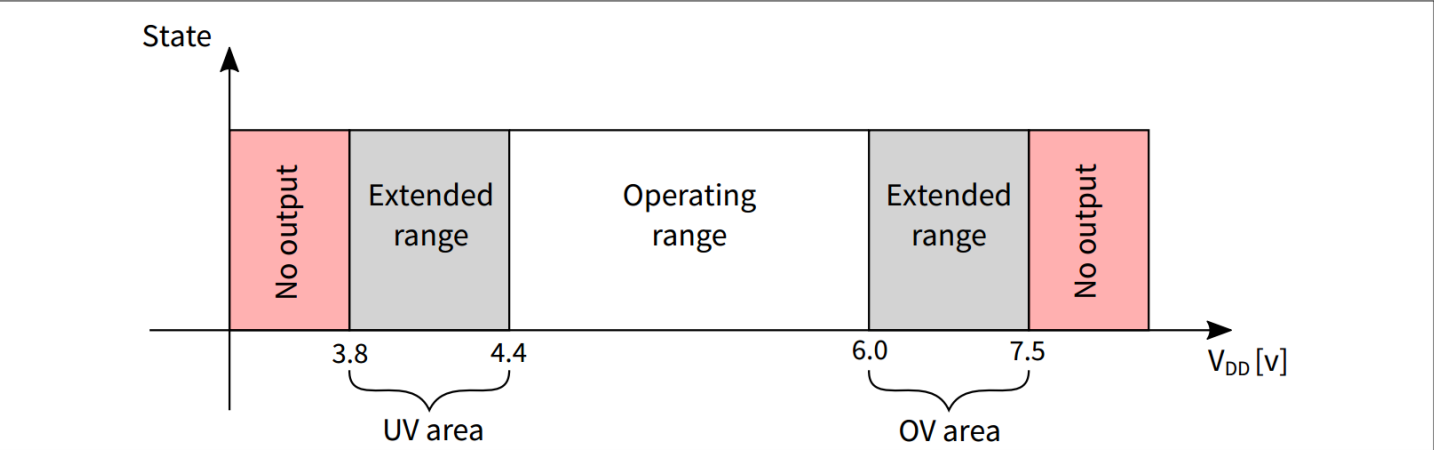


图 3 工作范围

注： 在扩展范围内，传感器符合全部规格。

4.2.4 外部电路

表 14 外部电路

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Line capacitor	C_L	1	-	3.9	nF	Including external circuit and cable
Supply capacitance	C_S	70	100	150	nF	Related to EMC requirements
Buffer capacitance	C_{Buf}	70	100	150	nF	Related to EMC requirements
Pull-Up resistor SENT	R_P	10	-	55	k Ω	-
Pull-Up resistor SPC		1.45	2.2	10	k Ω	-
EMC Filter on Rx pins	C_{0A} to C_{3B}	-	-	250	pF	Depending on application EMC requirements we recommend filter capacitors on each Rx-pin to improve EMC behaviour. To maintain a symmetry of the capacitors used on corresponding RX-pins it is recommended to use capacitors with tolerance window typical < 20%.
Tank capacitor	C_{L1}, C_{L2}	-	1	5.6	nF	Related to C_{Tx}

4.2.4.1 LC 振荡器

LC 振荡器驱动器激励外部谐振 LC 电路。励磁频率 f_{Tx} 由外部电感 L_{Tx} 和槽电容 C_{Tx} 确定。下面的频率计算忽略了欧姆电阻。

4 产品特性

$$f_{Tx} = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 L_{Tx} C_{Tx}}} = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 L_{Tx} \frac{C_{L1} * C_{L2}}{C_{L1} + C_{L2}}}}$$

(1)

4.3 接口

4.3.1 SENT

本章介绍器件的 SENT 接口。它包括以下部分：

- 参数
- 帧格式
- 串行消息描述
- 错误指示
- CRC

4.3.1.1 参数

以下参数可根据应用要求进行修改。某些参数（如 UT = 1 μs 或 t_{low} = 3 UT）不符合 SENT 标准：SAE J2716。

表 15 接口配置参数

Configuration Parameter	Symbol	Nominal Range	Unit	Step width	Default	Note
Unit time	UT	1.0* to 3.0	μs	0.5	3.0	Tolerance given by clock tolerance.
Unit time	UT	1.0* to 3.0	μs	0.5	3.0	Tolerance given by clock tolerance.
Low time	t _{low}	3 to 5	UT	1	5	Including the fall time of the edge.
Pause pulse		0 to 1		1	0	0: Disable, 1: Enable
Status nibble in CRC		0 to 1		1	1	0: Disable, 1: Enable
Rolling counter		0 to 1		1	1	0: Disable, 1: Enable

4.3.1.1.1 t_{low} 的定义

参数 t_{low} 可以配置。由于它包括边沿的下降时间，因此必须确保边沿的下降足够快，以便在配置的低电平时间内达到低电平。

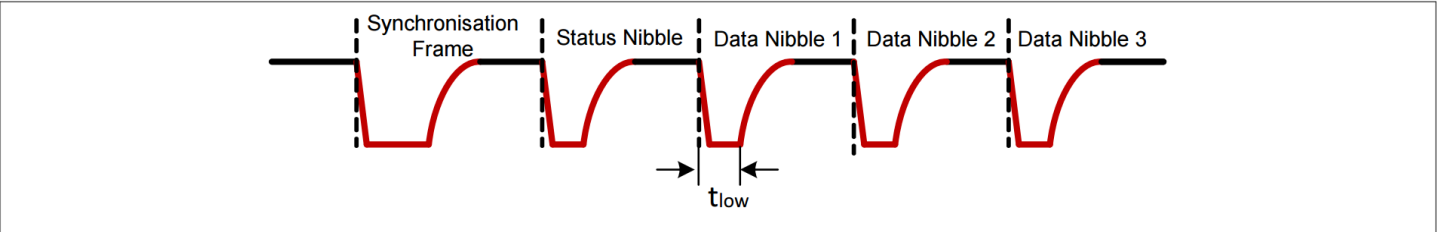


图 4 t_{low}的定义

4.3.1.1.2 状态 Nibble

状态 nibble 传输额外的串行数据，如PN号或诊断信息。来自该 nibble 的数据位跨多个 SENT 帧构建，以形成一条短串行消息。每次传输帧后，1 位滚动计数器自动切换。它用于验证目的（例如丢失帧）。启动或复位后，下一个传输的状态 nibble 通过复位标志指示复位。复位标志置位时，将传输有效的角度和扭矩值。

表 16 状态 nibble 描述

Bits	Description
Status[3]	SSM (bit #3)
Status[2]	SSM (bit #2)
Status[1]	Rolling counter or '0' if disable
Status[0]	Reset flag or error indication

短串行消息

短串行消息 (SSM) 采用 SAE J2716 中定义的增强型串行消息标准。它使用配置的 16 位数据和 4 位消息 ID（配置位 = 1）。

Serial communication	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Serial Data (bit #3)	1	1	1	1	1	1	0	1	4-bit ID (3-0)				0	4-bit data (15-12)				0
Serial Data (bit #2)	6-bit CRC						12-bit data (11-0)											

图 5 短串行消息位映射

下表描述了消息 ID 和相关数据。数据传输规则：MSB 优先。禁用安全功能时，ID8 至 ID15 包含 ID0 至 ID7 的数据。

表 17 消息 ID 概览

Message-ID	Data
0	Sensor ID[47:32]
1	Sensor ID[31:16]
2	Sensor ID[15:0]
3	0x0000 Temp[7:0]
4	Customer register 1[15:0]
5	Customer register 2[15:0]
6	Customer register 3[15:0]
7	Vector length RX_2/3 [15:8] Vector length RX_0/1 [7:0]
8-15	Security register[127:0]

4 产品特性

4.3.1.1.3 帧格式

表 18 帧格式

Frame format	Channel 1	Channel 2	CRC	SAE J2716 Compliant
A (Default)	12-bit value	12-bit value	8-bit	No
B	12-bit value	10-bit value	6-bit	No
C	12-bit value	12-bit value	4-bit	Yes
D	16-bit value	-	8-bit	No
E	12-bit value	-	4-bit	Yes

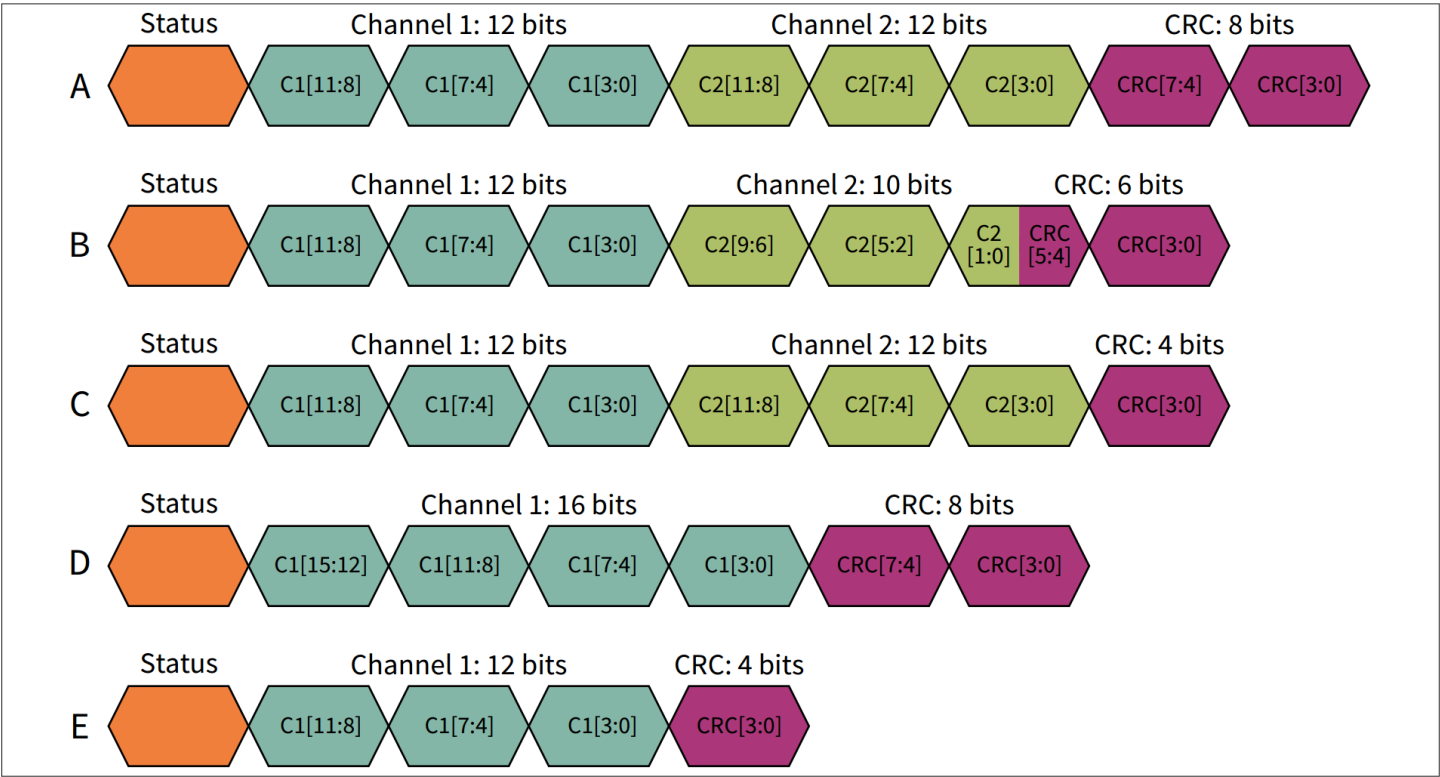


图 6 不同的帧格式

4.3.1.1.4 数据选择

表 19 数据选择

Frame format	Channel 1	Channel 2
A,B or C (Default)	Torque	Angle 1 / Angle 2
A,B or C	Torque	Angle 1
A,B or C	Torque	Angle 2
A,B or C	Angle 1	Angle 2
D or E	Torque	n.a
D or E	Angle 1	n.a
D or E	Angle 2	n.a

数据选择通道 1：扭矩和通道 2：角度 1 / 角度 2 对应的模式是通道 2 在两个不同的数据之间交替使用（分别对应角度 1 和角度 2）。状态 nibble 中的滚动计数位用于识别通道 2 数据：

- 滚动计数器 = 0；通道 2 = 角度 1。
- 滚动计数器 = 1；通道 2 = 角度 2。

使用该数据选择时，应启用滚动计数器位。

4.3.1.2 错误指示

角度和扭矩值的映射范围分别为 1..4088（12 位）和 16..65423（16 位）。如果出现内部传感器错误或启动错误（BIST 错误），则状态 nibble（status[0]）置 1，并发送以下信息：

- 供电/温度监测出错
 - "4089" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65424"。
- 收发线圈监测（开路、短路和电阻测量），收发线圈外部参数监控（频率）
 - "4090" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65440"。
- 收发线圈振幅交叉检查：振幅测量
 - "4091" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65456"。
- 接收线圈监测（开路、短路、电阻测量）
 - "4092" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65472"。
- 接收线圈触点监测（矢量长度）
 - "4093" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65488"。
- ADC/角度/扭矩交叉检查
 - "4094" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65504"。

在 10 位通道中，不传输错误代码。

在复位的情况下，12 位和 16 位通道将传输 "0" 的值。复位后，在帧的所有 12 位通道或 16 位通道中，发送值 '0' 代替角度值或错误代码。

4.3.1.3 CRC

4 位 CRC

4 位 CRC 使用多项式 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 计算，种子值为 0101B (5)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 4 个零位。它与 SENT 标准中定义的推荐实现一致。

6 位 CRC（快速通道 & SSM）

6 位 CRC 使用多项式 $x^6 + x^4 + x^3 + 1$ 计算，种子值为 010101B (21)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 6 个零位。它与 SENT 标准中定义的实现方法一致。

8 位 CRC

8 位 CRC 使用多项式 $x^8 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$ 计算，种子值为 01010101B (85)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 8 个零位。

4.3.2 SPC

该器件支持短 PWM 编码 (SPC) 接口。

4 产品特性

短 PWM 编码 (SPC) 是一种同步数据传输，基于 SAE J2716 规定的 SENT 协议（单边 Nibble 传输）。与 SENT 的连续数据传输不同，SPC 协议只有在接收到 MCU 发出的特定触发脉冲（也称为触发 nibble）后才传输数据。触发脉冲所需的长度取决于可配置的地址。最多可提供四个地址。在总线模式配置中，这些地址允许在一条总线线路上操作多达四个传感器。在同步模式下，这些地址传输不同类型的数据。

4.3.2.1 参数

以下参数可根据应用要求进行修改。

表 20 接口配置参数

Configuration Parameter	Symbol	Nominal Range	Unit	Step width	Default	Note
Unit time	UT	1.0* to 3.0	μs	0.5	3.0	Tolerance given by clock tolerance.
Low time	t_{low}	3 to 5	UT	1	5	Including the fall time of the edge.
Rolling counter		0 to 1		1	1	0: Disable, 1: Enable
Bus mode		0 to 1		1	1	0: Disable, 1: Enable
Variable trigger length		0 to 1		1	0	0: Disable, 1: Enable

4.3.2.1.1 t_{low} 的定义

参数 t_{low} 可以配置。由于它包括边沿的下降时间，因此必须确保边沿的下降足够快，以便在配置的低电平时间内达到低电平。

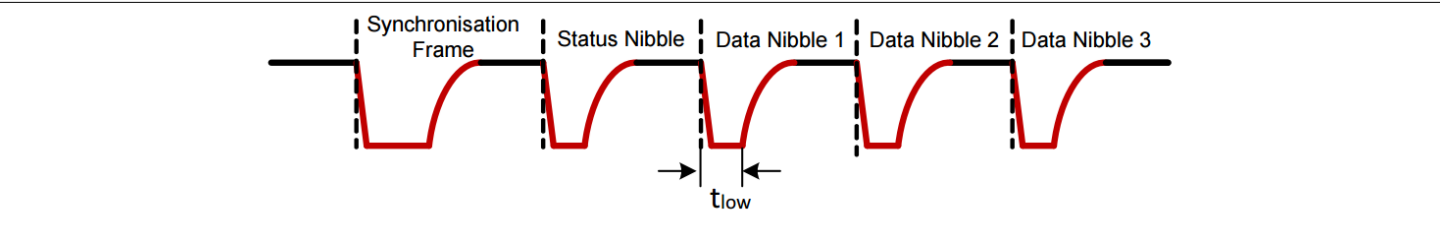


图 7 t_{low} 的定义

4.3.2.1.2 状态 Nibble

状态 nibble 传输额外的串行数据，如 PN 号或诊断信息。来自该 nibble 的数据位跨多个 SPC 帧构成短串行消息。每次传输帧后，1 位滚动计数器自动切换。它用于验证目的（例如丢失帧）。启动或复位后，下一个传输的状态 nibble 通过复位标志指示复位。复位标志置位时，将传输有效的角度和扭矩值。

表 21 状态 nibble 描述（SENT 实现）

Bits	Description
Status[3]	SSM (bit #3)
Status[2]	SSM (bit #2)
Status[1]	Rolling counter or '0' if disable
Status[0]	Reset flag or error indication

4 产品特性

表 22 另一种位映射可用于符合 SPC 标准。状态 nibble 描述（SPC 实现）

Bits	Description
Status[3]	Reset flag or error indication
Status[2]	Rolling counter or '0' if disable
Status[1]	SSM (bit #3)
Status[0]	SSM (bit #2)

短串行消息

短串行消息 (SSM) 采用 SAE J2716 中定义的增强型串行消息标准。它使用配置的 16 位数据和 4 位消息 ID（配置位 = 1）。

Serial communication	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Serial Data (bit #3)	1	1	1	1	1	1	0	1	4-bit ID (3-0)				0	4-bit data (15-12)				0
Serial Data (bit #2)	6-bit CRC						12-bit data (11-0)											

图 8 短串行消息位映射

下表描述了消息 ID 和相关数据。数据传输规则：MSB 优先。禁用安全功能时，ID8 至 ID15 包含 ID0 至 ID7 的数据。

表 23 消息 ID 概述

Message-ID	Data
0	Sensor ID[47:32]
1	Sensor ID[31:16]
2	Sensor ID[15:0]
3	0x0000 Temp[7:0]
4	Customer register 1[15:0]
5	Customer register 2[15:0]
6	Customer register 3[15:0]
7	Vector length RX_2/3 [15:8] Vector length RX_0/1 [7:0]
8-15	Security register[127:0]

4.3.2.1.3 帧格式

表 24 帧格式

Frame format	Channel 1	Channel 2	CRC	SAE J2716 Compliant
A (Default)	12-bit value	12-bit value	8-bit	No

(表格续下页.....)

4 产品特性

表 24 (续) 帧格式

Frame format	Channel 1	Channel 2	CRC	SAE J2716 Compliant
B	12-bit value	10-bit value	6-bit	No
C	12-bit value	12-bit value	4-bit	Yes
D	16-bit value	-	8-bit	No
E	12-bit value	-	4-bit	Yes

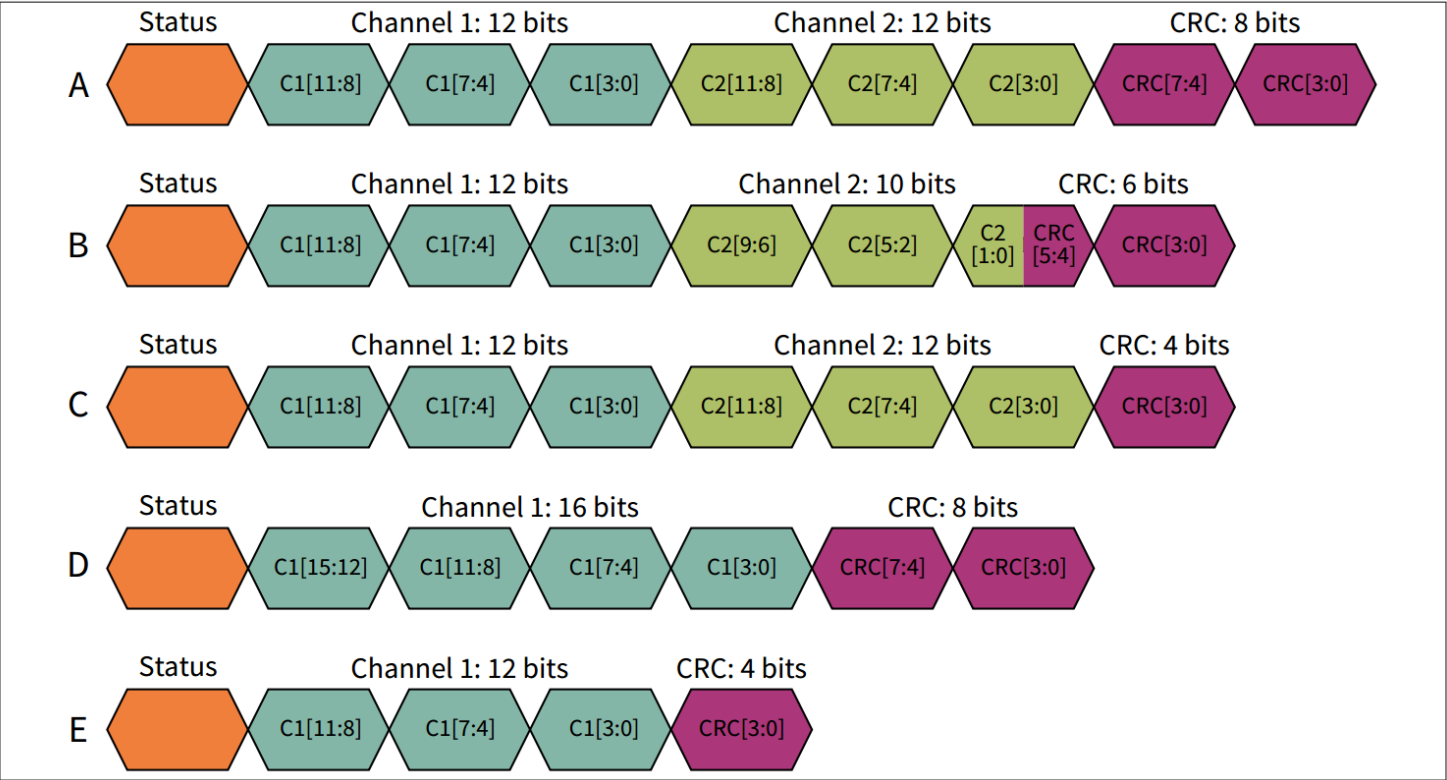


图 9 不同的帧格式

4.3.2.1.4 数据选择

表 25 数据选择

Frame format	Channel 1	Channel 2
A,B or C (Default)	Torque	Angle 1 / Angle 2
A,B or C	Torque	Angle 1
A,B or C	Torque	Angle 2
A,B or C	Angle 1	Angle 2
D or E	Torque	n.a
D or E	Angle 1	n.a
D or E	Angle 2	n.a

4 产品特性

数据选择通道 1：扭矩和通道 2：角度 1 / 角度 2 对应的模式是通道 2 在两个不同的数据之间交替使用（分别对应角度 1 和角度 2）。状态nibble中的滚动计数位用于识别通道 2 数据：

- 滚动计数器 = 0；通道 2 = 角度 1。
- 滚动计数器 = 1；通道 2 = 角度 2。

使用该数据选择时，应启用滚动计数器位。

4.3.2.1.5 触发器 nibble

传输由输出引脚上的主触发位触发。要检测到低电平，电压必须低于阈值 V_{IL} 。一旦超过 V_{IH} ，传感器就会检测到输出线被释放。总触发时间 t_{mtr} 取决于触发的地址和所选配置（恒定触发长度或可变触发长度之间）。

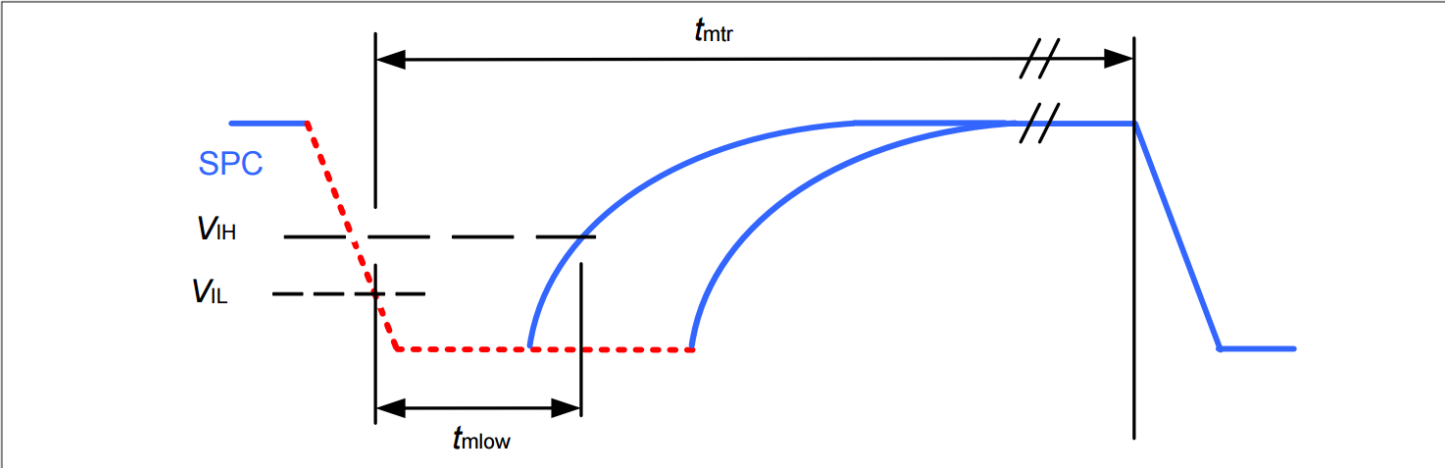


图 10 t_{mlow} 的定义

表 26 主脉冲参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Total trigger time (constant)	t_{mtr}	85.5	90	94.5	UT	for constant trigger length ¹⁾
Total trigger time (variable)	t_{mt}	$t_{mlow} + 11.4$	$t_{mlow} + 12$	$t_{mlow} + 12.6$	UT	for variable trigger length ¹⁾

1) 传感器的触发时间固定为 "typ." 栏中指定的单位数，但有效触发时间会因传感器的时钟变化而变化。

4.3.2.1.6 总线模式/同步模式

根据应用要求，可将传感器配置为总线模式或同步模式。配置位存储在 NVM 中。在总线模式下，连接到总线上的每个传感器都需要一个唯一的独立地址。微控制器可根据寻址方案按要求触发任何传感器。在同步模式下，线路上只能连接一个传感器，在这种情况下，主脉冲会缩短。

4 产品特性

表 27 传感器 SPC 触发参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master nibble low time	t _{mlow}	2	-	7	UT	Sync. mode enabled
		8	-	15	UT	addr./ID = 0
		16	-	28	UT	addr./ID = 1
		29	-	49	UT	addr./ID = 2
		50	-	82	UT	addr./ID = 3

4.3.2.2 错误指示

角度和扭矩值的映射范围分别为 1..4088（12 位）和 16..65423（16 位）。如果出现内部传感器错误或启动错误（BIST 错误），则状态 nibble（status[0]）置 1，并发送以下信息：

- 供电/温度监测出错
 - "4089" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65424"。
- 收发线圈监测（开路、短路和电阻测量），收发线圈外部参数监控（频率）
 - "4090" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65440"。
- 收发线圈振幅交叉检查：振幅测量
 - "4091" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65456"。
- 接收线圈监测（开路、短路、电阻测量）
 - "4092" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65472"。
- 接收线圈触点监测（矢量长度）
 - "4093" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65488"。
- ADC /角度/扭矩交叉检查
 - "4094" 在 12 位通道中传输。如果是 16 位，则发送信息 "65504"。

在 10 位通道中，不传输错误代码。

在复位的情况下，12 位和 16 位通道将传输 "0" 的值。复位后，在帧的所有 12 位通道或 16 位通道中，发送值 "0" 代替角度值或错误代码。

4.3.2.3 CRC

4 位 CRC

4 位 CRC 使用多项式 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 计算，种子值为 0101B (5)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 4 个零位。它与 SENT 标准中定义的推荐实现方法一致。

6 位 CRC（快速通道& SSM）

6 位 CRC 使用多项式 $x^6 + x^4 + x^3 + 1$ 计算，种子值为 010101B (21)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 6 个零位。它与 SENT 标准中定义的实现方法一致。

8 位 CRC

4 产品特性

8 位 CRC 使用多项式 $x^8+x^5+x^3+x^2+x+1$ 计算，种子值为 01010101B (85)，但在计算 CRC 时还会在消息数据中增加 8 个零位。

4.3.3 SICI

通过串行检测和配置接口 (SICI)，可以对器件内部存储进行编程。客户和应用的特定参数，如校准、接口设置和用户参数，可根据应用要求进行修改。SICI 位于 OUT 引脚上。有关 SICI 的更多详情，请参阅相应的用户手册。

该器件支持串行检测和配置接口 (SICI)，用于编程/与内部存储器通信。

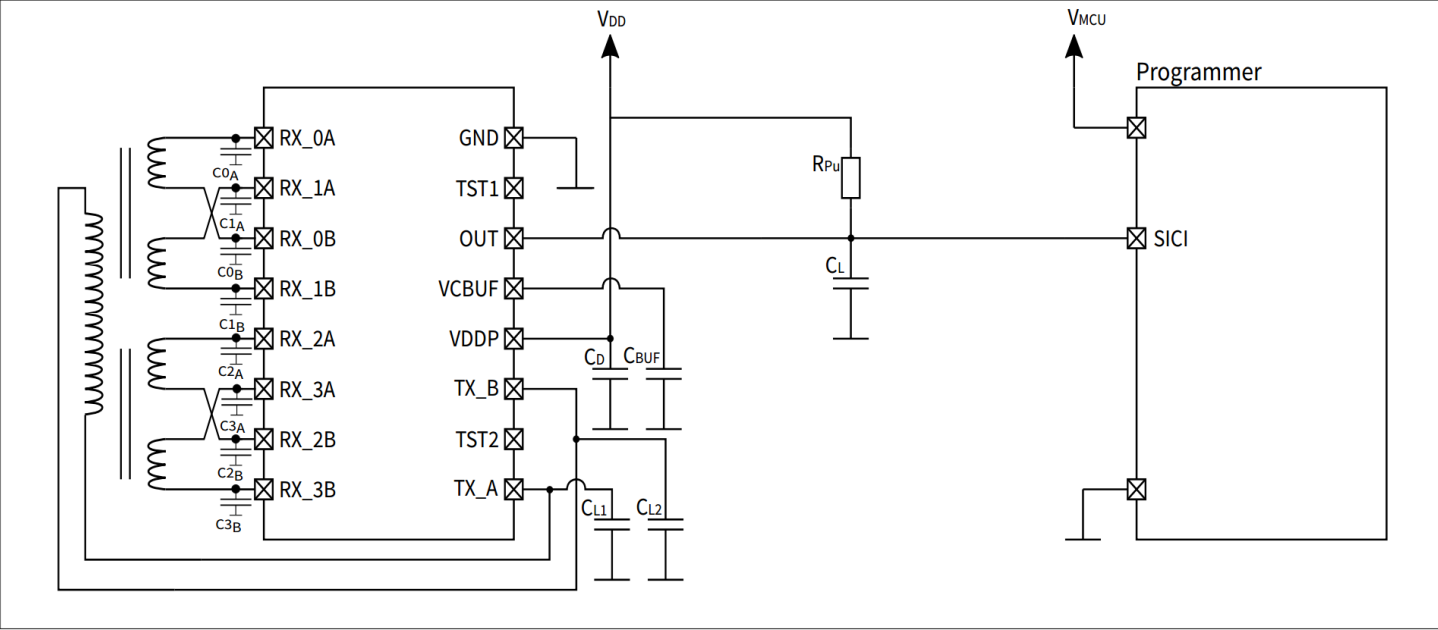


图 11 SICI 应用电路 (SICI 线路接至 V_{PROG}上)

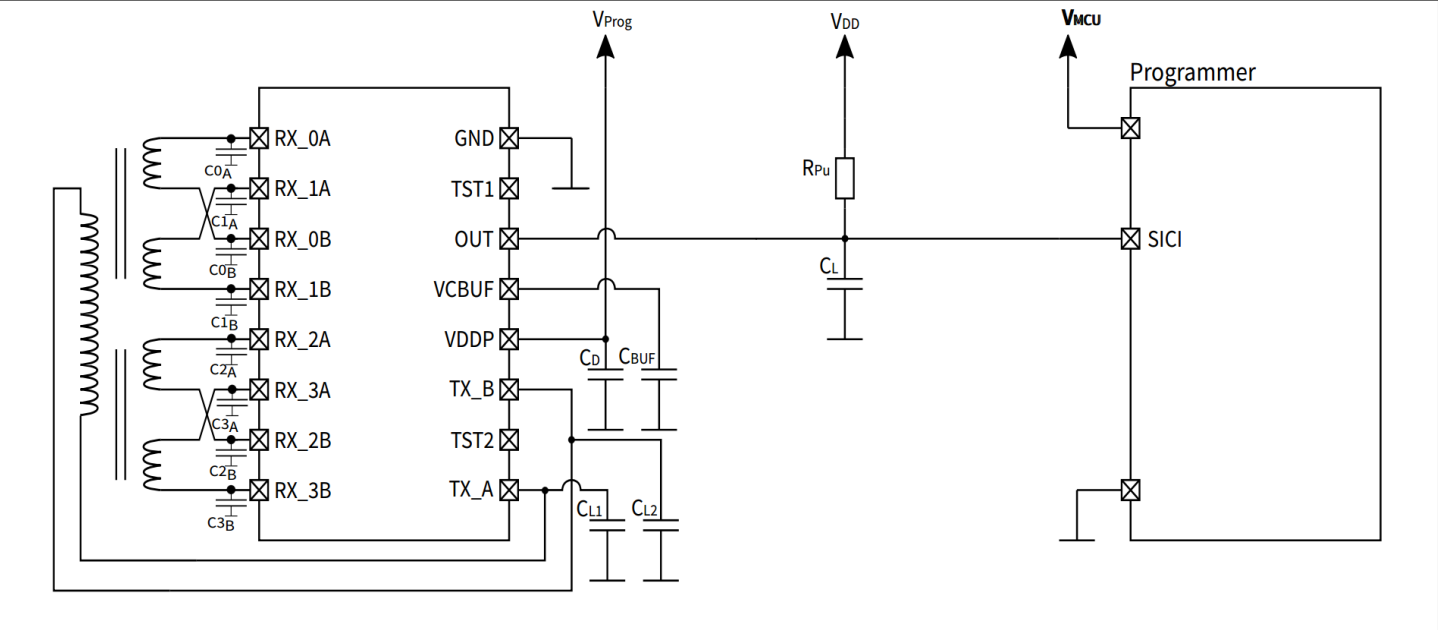


图 12 SICI应用电路 (SICI 线路接至 V_{DD} 上)

4 产品特性

表 28 **SICI 电气和时序特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Programmer PWM period	T	40	-	120	μs	Determines interface transmission rate, minimum PWM period rate of 2 μs might be achievable if lines with low parasitic capacities can be used.
Programmer low time to transmit "0"	t_{1_0}	$0.28 \cdot T$	$0.33 \cdot T$	$0.38 \cdot T$	μs	$t_{2_0} = T - t_{1_0}$
Programmer low time to transmit "1"	t_{1_1}	$0.62 \cdot T$	$0.67 \cdot T$	$0.72 \cdot T$		$t_{2_1} = T - t_{1_1}$
Time difference between Programmer low and high level	t_4	$0.48 \cdot T$	$0.66 \cdot T$	$0.88 \cdot T$	μs	$t_4 = 2 \cdot t_{1_x} - t_{2_x} $
Programmer-Sensor response time	t_r	50	-	80	% of t_4	
Programmer low pulse after PWM bit	t_3	$0.07 \cdot T$	-	$0.2 \cdot T$	μs	
Interface reset time	T_{Res}	1.7	-	5	ms	
Input signal low level	$V_{\text{low_in}}$		-	$0.3 \cdot V_{\text{DD}}$	V	
Input signal high level	$V_{\text{high_in}}$	$0.7 \cdot V_{\text{DD}}$	-		V	
Output signal low level	$V_{\text{low_out}} = V_{\text{OL}}$		-	$0.2 \cdot V_{\text{DD}}$	V	$I_{\text{sink}} = 4 \text{ mA}$
SICI line pull-up resistor	R_{pu}	1.45	-	2	$\text{k}\Omega$	Limited due to SPC/SENT input

表 29 **帧暂停和激活编程模式的时序规范**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Pause between frames	t_{pause}	5	-	-	μs	time between frames to ensure correct processing
Time window for activation of programming interface	t_{activate}	-	-	4500	μs	time after power-up of the sensor to enter the programming mode with the command.

(表格续下页.....)

表 29 (续) 帧暂停和激活编程模式的时序规范

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Duration of the CMTF programming pulse	$t_{\text{prog_pause}}$	1	-	-	ms	

4.4 查询表

该器件嵌入了一个线性化模块，用于补偿非线性行为（如：线圈/转子错位）。有两种选择：

- 一个 8 点查询表采用 2D 实现方式，其中 x 值和 y 值可独立写入。这种实现方式允许使用非等距点，只在需要的地方优化线性化过程。
- 两个 8 点查询表采用 1D 实现，其中 x 值是等距的。

两种方案均需在节点 $P_n (n_x, y_n)$ 之间进行分段线性插值。有关查询表的更多详细信息，请参阅用户手册。

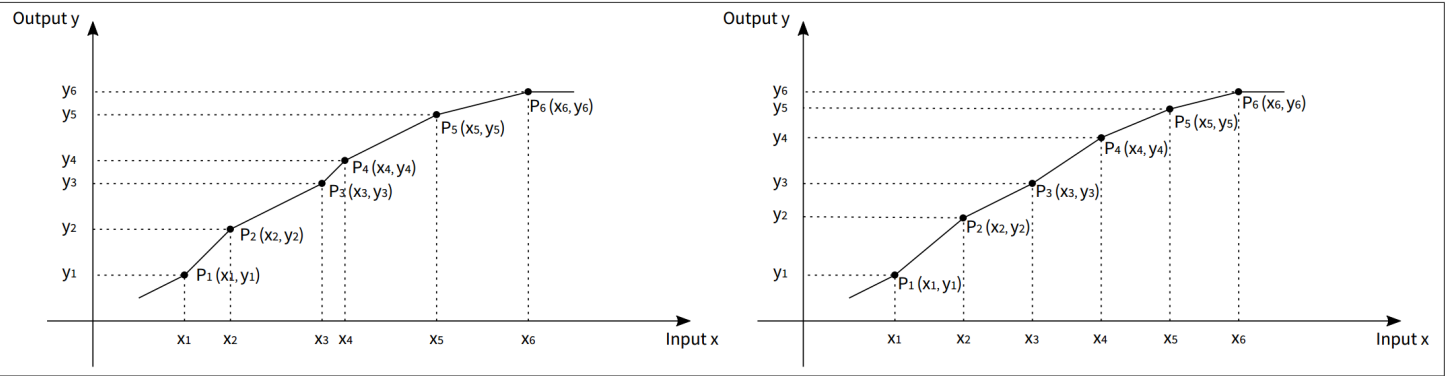


图 13 2D 查询表（左）和 1D 查询表（右）

4.5 安全

该器件具有额外的安全功能，可确保系统遵循安全标准。

文档应用笔记：安全特性描述了了总体概念、加密算法和存储器映射。应用笔记可应要求提供。

5 应用信息

5.1 SENT

接口概述：

- SENT：角度信息和诊断接口。
- SICI：编程接口。

外部元器件：

- 一个 100nF 的去耦电容 C_S 必须尽可能靠近传感器电源引脚放置。
- 缓冲电容器 C_{BUF} 的典型值为 100nF，必须尽可能靠近 VCBUF 引脚。
- C_L 代表线路的最大电容（例如 50pF/meter）
- 上拉电阻 R_P 。最大值由单位时间和线路总电容决定。最小值由 V_{OL} 规格决定。
- 应用电路中的数值是 SAE J2716 SENT 滤波器的典型值。
- C_{L1} 和 C_{L2} 电容取决于 T_x 线圈励磁频率。
- 根据应用的 EMC 要求，我们建议在每个 Rx 引脚上安装滤波电容器（ C_{0A} 至 C_{3B} ），以改善 EMC 性能。

线圈：

- 适用于使用两组接收线圈（2x SIN、2x COS）的应用。应用示意图如下。
- 用于仅使用一组接收线圈（1x SIN、1x COS）的应用。其余引脚必须短路。

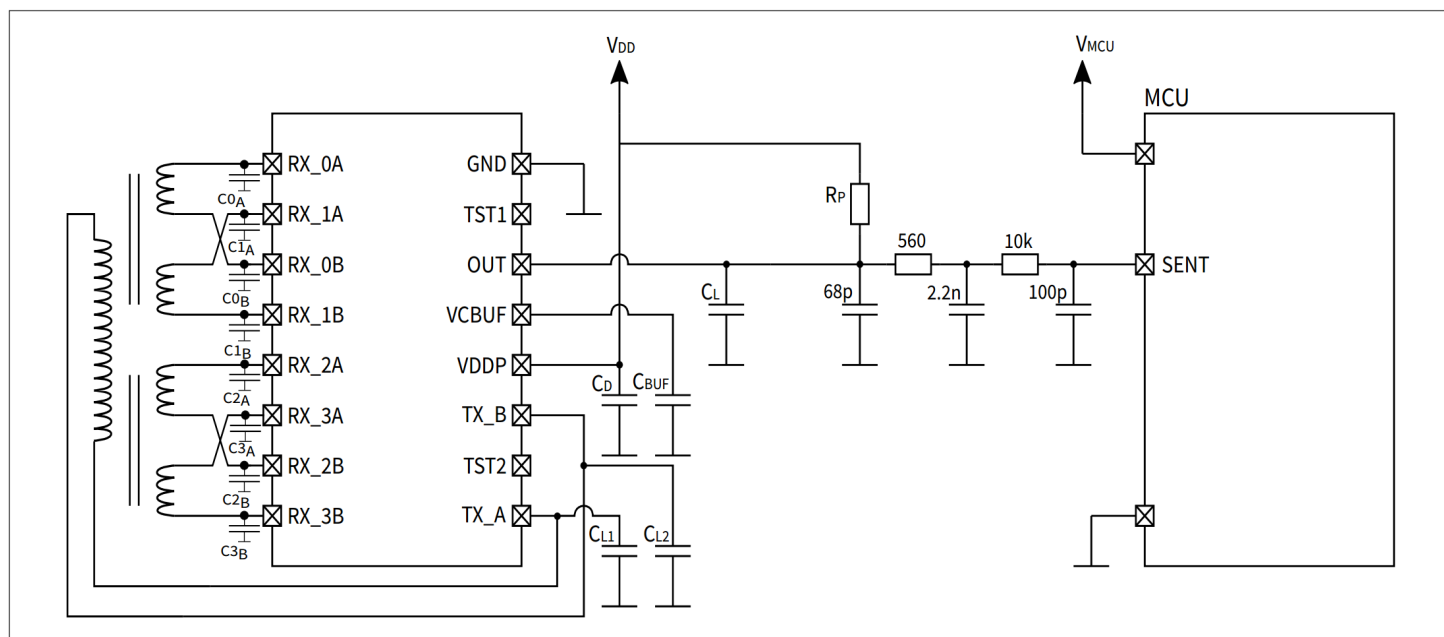


图 14 SENT 接口的应用电路

5.2 SPC

接口概述：

- SPC：角度信息和诊断接口。
- SICI：编程接口。

外部元器件：

- 一个 100nF 的去耦电容 C_S 必须尽可能靠近传感器电源引脚放置。
- 缓冲电容器 C_{BUF} 的典型值为 100nF，必须尽可能靠近 VCBUF 引脚。

- C_L 代表线路的最大电容（例如 50pF/meter）
- 上拉电阻 R_P 。最大值由单位时间和线路总电容决定。最小值由 V_{OL} 规格决定。
- C_{L1} 和 C_{L2} 电容取决于 T_x 线圈励磁频率。
- 根据应用的 EMC 要求，我们建议在每个 Rx 引脚上安装滤波电容器（ C_{0A} 至 C_{3B} ），以改善 EMC 性能。

线圈：

- 适用于使用两组接收线圈（2x SIN、2x COS）的应用。应用示意图如下。
- 用于仅使用一组接收线圈（1x SIN、1x COS）的应用。其余引脚必须短路。

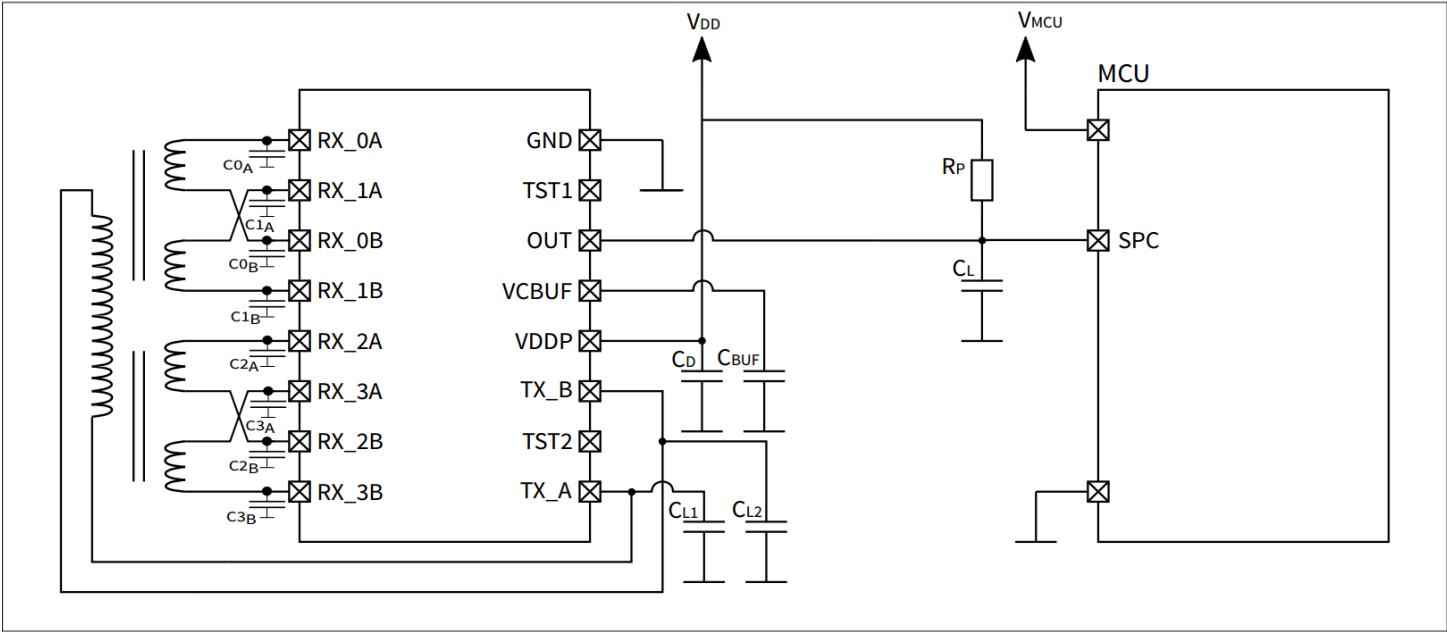


图 15 SPC 接口的应用电路

6 封装

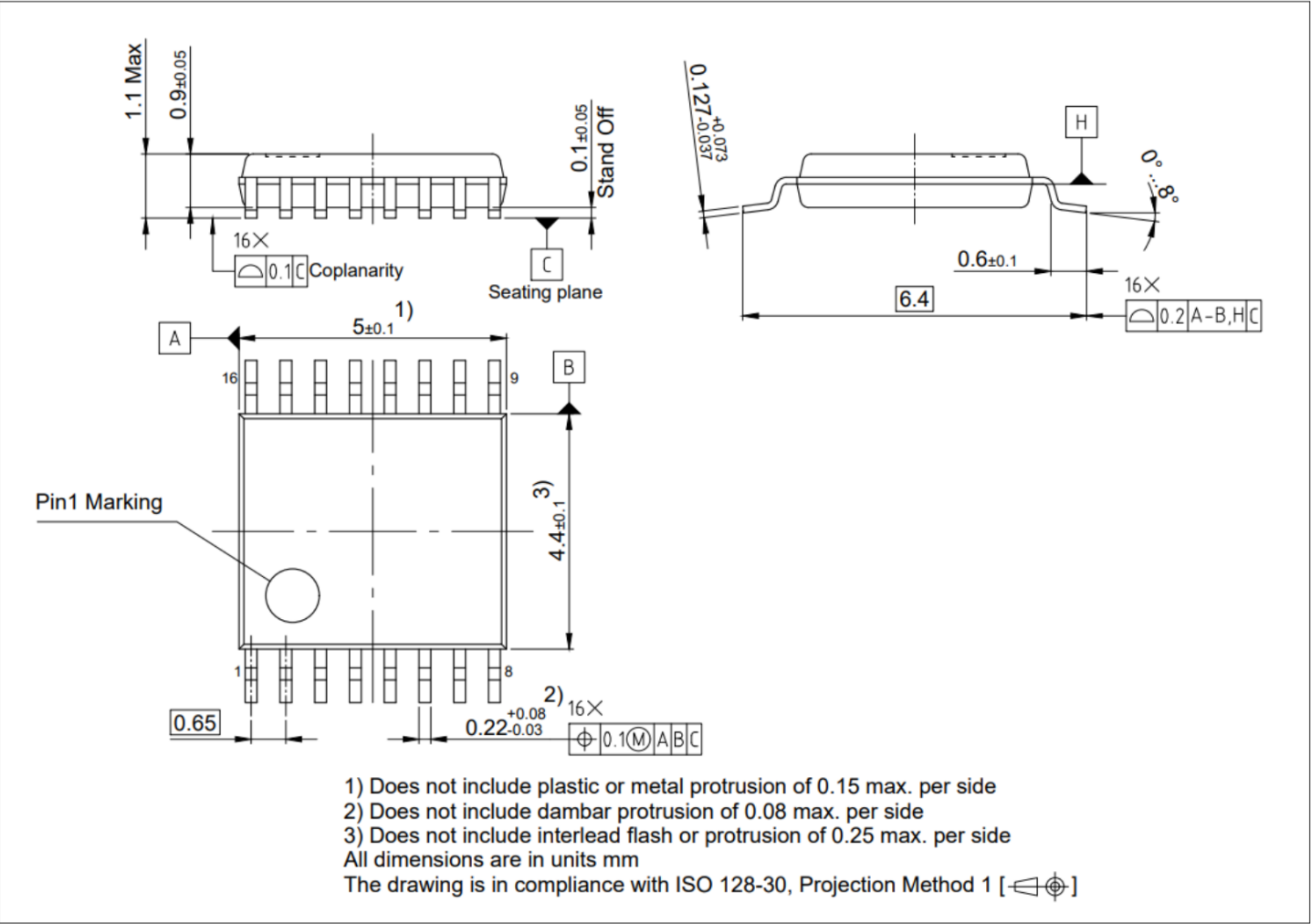


图 16 TSSOP-16 封装外形图

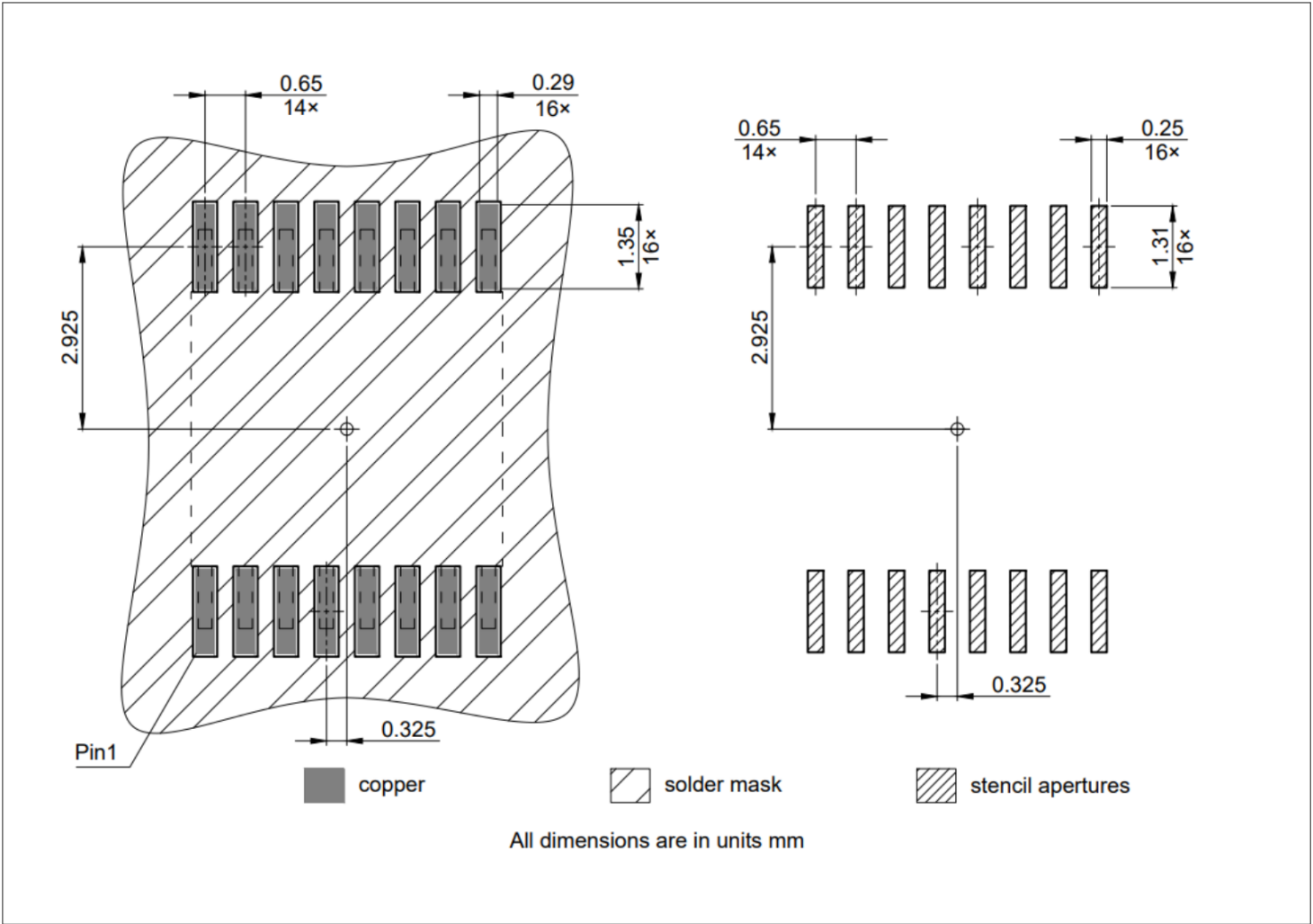


图 17 TSSOP-16 封装焊盘图

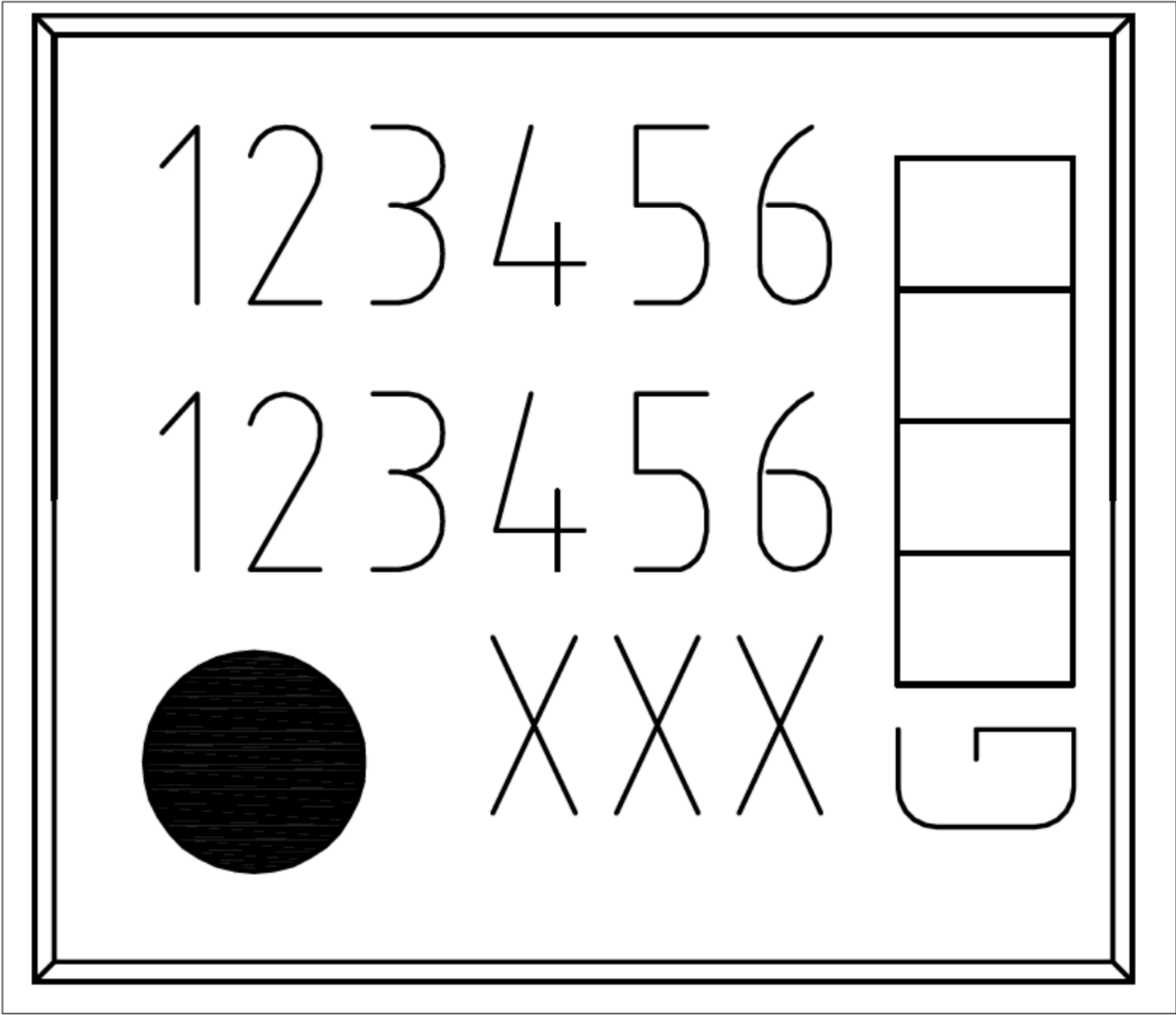


图 18 封装表面：标识区域

Position	Marking	Description
1 st Line	480xXX	Variant number and S for SENT, C for SPC
2 nd Line		
3 rd Line	xxx	Lot code
	Gxxxx	G: green, 4-digit date code: YYWW e.g. "2401": 1 st week in 2024



修订记录

7 修订记录

Revision	Date	Change description
1.0	2024-07-16	Product release
1.01	2024-10-18	B21 TDS for M7.1
1.02	2024-12-02	B21 product release



免责声明

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

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

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

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

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

Trademarks

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

重要通知

版本 2026-07-20

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

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>。