

英飞凌TLE49SRC3; TLE49SRp3; TLE49SRS3

XENSIV™ 磁性位置传感器

特性

- 固有杂散场稳健性
- 差分霍尔式角度传感器
- 360° 角度测量
- 角速度信息
- PWM、SPC、SENT（基于 SAE J2716-2016）接口
- 集成电容器的引线式封装
- 最大在使用寿命和温度范围内的 +/-1° 固有角度误差
- 高电压和反极性能力
- 14 位 360° 以上的绝对角度值显示在输出端
- 用于存储配置的 EEPROM（例如零角度）和客户特定 ID
- 符合 ISO 26262 标准的独立安全单元，支持 ASIL C(D) 等级安全要求
- 修正系统角度误差的查找表（例如磁路）
- SPC 帧架机制
- 输出引脚上的单线 SICI 编程接口
- 符合 RoHS 规范，无卤素包装



潜在应用

- 底盘高度传感器
- 踏板位置传感器
- 节气门位置传感器
- 转向角传感器
- 雨刷位置传感器

产品验证

产品验证符合 AEC-Q100 标准，等级 0。适用于汽车应用，已获得认证。

描述

TLE49SR 是一款基于霍尔技术的杂散场稳健型角度传感器，用于测量 0° 至 360° 范围内的绝对角度位置。传感器提供数字输出接口。在集成电路 (IC) 上安装了空间隔离的霍尔单元和信号调理电路，霍尔单元可对杂散磁场进行稳健测量。该传感器支持 PWM、SENT 和 SPC 接口，并根据 ISO 26262 标准作为安全元件进行开发。

表 1 变体排序代码

Product Type	Marking	Ordering Code	Package	Comment
TLE49SRP3	49SRP3	SP005398937	PG-SSO-3-41	PWM Interface
TLE49SRS3	49SRS3	SP005398939	PG-SSO-3-41	SENT Interface
TLE49SRC3	49SRC3	SP005398941	PG-SSO-3-41	SPC Interface

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.cn 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	静电放电抗扰度.....	7
3.3	杂散场稳健性.....	7
3.4	使用寿命和点火周期.....	7
3.5	功能范围.....	8
3.6	热阻.....	9
4	产品特性	10
4.1	功能描述.....	10
4.1.1	角度精度.....	10
4.1.2	接口时序.....	10
4.2	电气特性.....	14
4.3	PG-SSO-3-41的内部电路	14
4.4	PG-SSO-3-41的外部电路	14
5	具体模块说明.....	15
5.1	诊断功能.....	15
5.1.1	磁场输出范围.....	14
5.1.2	欠压和过压条件.....	15
5.2	接口.....	16
5.2.1	PWM 接口	16
5.2.2	SENT接口.....	18
5.2.2.1	SENT协议数据.....	21
5.2.2.2	SENT 特性	22
5.2.3	SPC 接口.....	24
5.2.3.1	SPC 总线模式	26
5.2.3.2	SPC 主机触发脉冲.....	26
5.2.3.3	SPC 特性.....	28
5.2.4	SICI 编程接口	29
5.3	编程特性.....	29
5.3.1	校准和查找表 (LUT).....	30
5.3.2	可编程测量范围.....	32
5.3.3	EEPROM	33
6	应用信息	34
7	封装信息	37

目录

8	修订记录	41
	免责声明.....	42

1 框图

1 框图

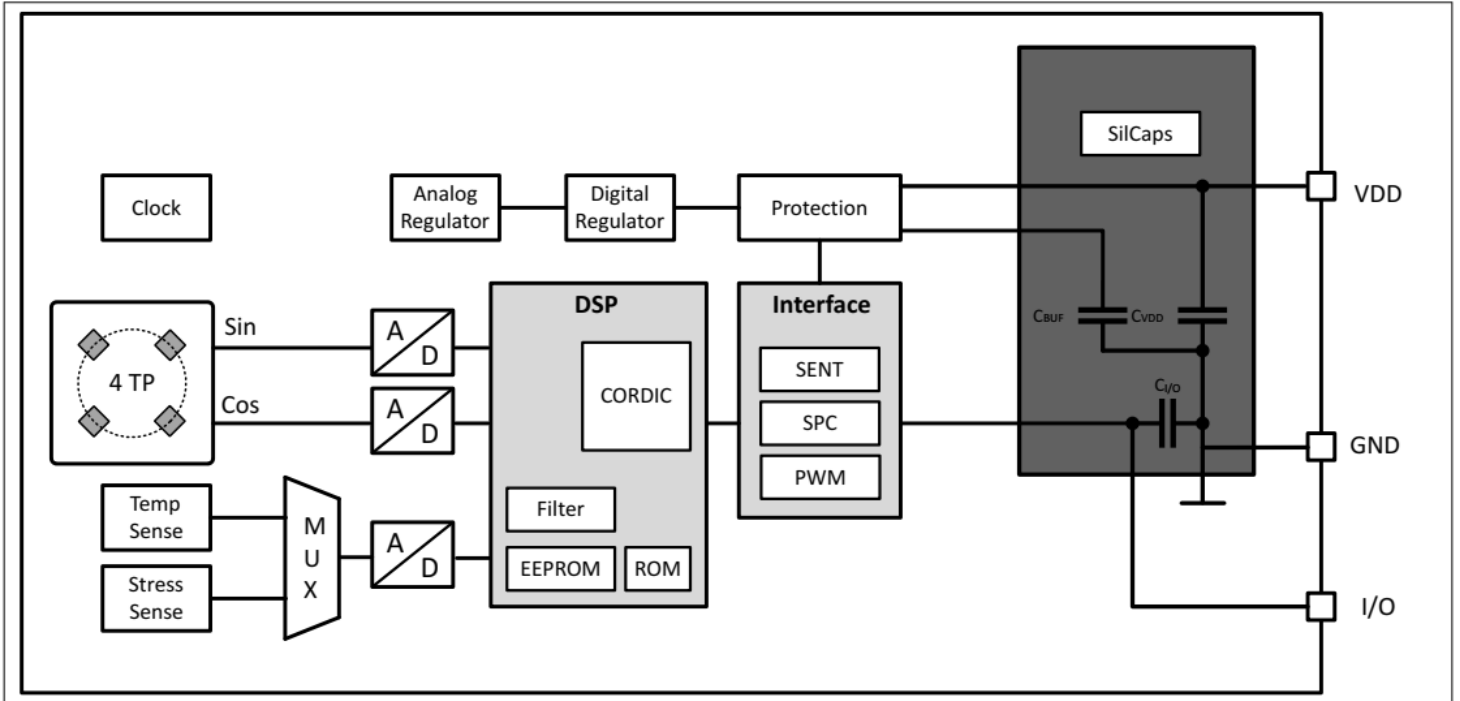


图 1 TLE49SR 的功能框图

2 引脚配置

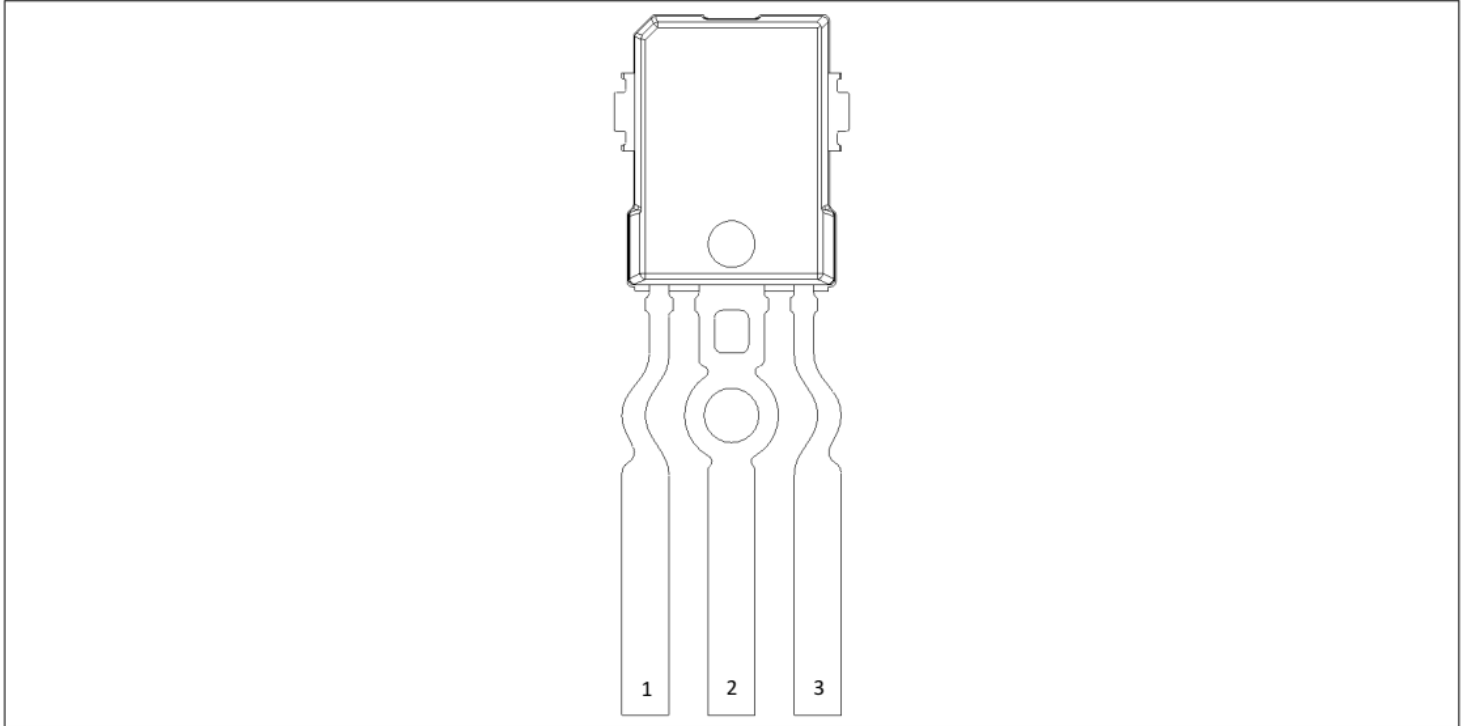


图 2 PG-SSO-3-41 引脚配置

表 2 引脚配置 PG-SSO-3-41

PIN number	Symbol	Description
1	I/O	PWM/SENT/SPC / programming interface I/O
2	GND	Ground
3	V _{DD}	Supply voltage

3 产品一般特性

3.1 绝对最大额定值

表 3 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum supply voltage	V_{DD_max}	-21	-	26	V	max. 1 min @ $T_J = 175^\circ\text{C}$ or max. 1 h @ $T_J = 100^\circ\text{C}$
Maximum voltage I/O	V_{IO_Max}	-18	-	19.5	V	max. 40 h
Voltage peaks VDD	V_{DD_peak}	-	-	30	V	max. 50 μs , no current limitation
Voltage peaks I/O	V_{IO_peak}	-	-	30	V	max. 50 μs , no current limitation
Maximum pin-to-pin voltage difference	V_{PP_max}	-	-	26	V	for neighboring pins
Maximum current VDD	I_{DD_max}	-75	-	45	mA	max. 40 h; current < 0 means short to V_{DD}
Maximum current I/O	I_{IO_max}	-130	-	130	mA	max. 1 h; current > 0 means short to GND, current < 0 means short to V_{DD}
Maximum ambient temperature	T_{A_max}	-40	-	150	$^\circ\text{C}$	max. 1000 h at $T_A = 150^\circ\text{C}$ (not additive)
Maximum junction temperature	T_{J_max}	-40	-	175	$^\circ\text{C}$	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	$^\circ\text{C}$	for dry packed devices, relative humidity < 90%, storage time < 3a; see Infineon Application Note: “Storage of Products Supplied by Infineon Technologies”

3.2 静电放电抗扰度

表 4 静电放电抗扰度

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
CDM ESD immunity	V_{CDM}	-	-	± 0.75	kV	PG-SSO-3-41, the product withstands the specified Electro-Static-Discharge voltage (CDM) according to AEC-Q100-011

注释: 锁存稳健性: 根据AEC-Q100-04 标准为II级。

3.3 杂散场稳健性

传感器支持符合 ISO 11452-8:2015 测试等级 IV 及以上标准的完全杂散场抗扰度, 见表 5。

表 5 杂散场稳健性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Stray field robustness DC	B_{Ext_DC}	-8	-	8	mT	-
Stray field robustness AC	B_{Ext_AC}	-1.25	-	1.25	mT	according ISO 11452-8:2015

3.4 使用寿命和点火周期

表 6 使用寿命和点火周期

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating lifetime	t_{op_life}	15k	-	-	h	max. 1000 h at $T_{J_max} = 175^{\circ}C$ (not additive)
Total lifetime	t_{tot_life}	19	-	-	a	additional 3a storage time
Ignition cycles	$N_{ignition}$	54k	-	-		during operating lifetime t_{op_life}

3.5 功能范围

表 7 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating junction temperature	T_J	-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
Operating ambient temperature	T_A	-40	-	150	°C	max. 1000 h at $T_A=150^\circ\text{C}$ (not additive); Grade 0 qualification
Operating supply voltage	V_{DD}	4.5	-	5.5	V	-
Output pull-up voltage	$V_{pull-up}$	3.0/4.5	-	5.5	V	the 3.3V pull-up voltage is only valid when the 3.3V bus capability bit is set in the EEPROM
Output leakage current	I_{OUT_Leak}	20	-	120	μA	$V_{DD} = 5\text{V}$ and $0 < V_{pull-up}$
Supply voltage slew rate	V_{DD_slew}	0.1	-	10^8	V/s	the slew rate is the maximum voltage change per time and relates to the application circuit
Operating supply current	I_{DD}	4	13.5	16.5	mA	-
Angle range	α	0	-	360	°	-
Angular resolution	RES	0.022	-	-	°/bit	-

表 8 工作磁场范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating magnetic field	B_{op}	20	-	90	mT	magnetic field based on differential field; magnetic field component orthogonal to package surface
Extended operating magnetic field	B_{op_ext}	10	-	20	mT	magnetic field based on differential field; magnetic field component orthogonal to package surface. In extended operating range (between 10 to 20mT) a warning bit is active ¹⁾

1) 在扩展范围内，由于信噪比和信偏比降低，性能进一步下降。

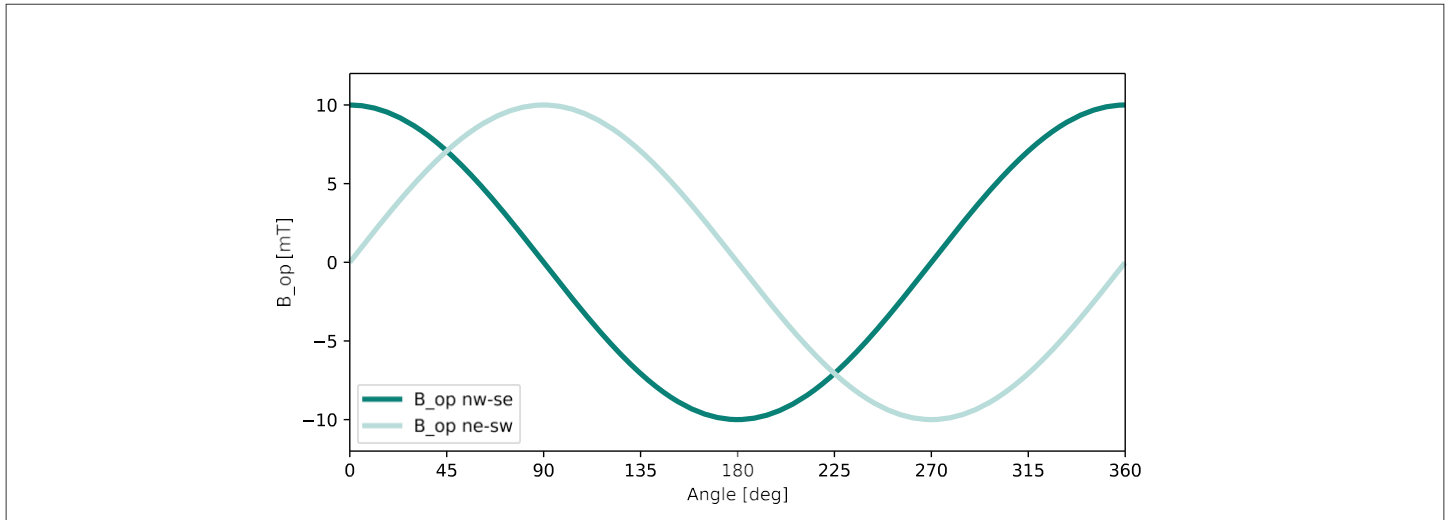


图 3 工作磁场示例

表 9 角速度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Angle speed	n	-	-	10000	rpm	-
Angle speed total error	Δn	-3	-	3	%	for constant velocity at room temperature
Angle speed noise	n _{RMS}	-	-	5	rpm	

表 10 角速度信号属性

Angle speed mode	va1	va2	va3	va4	Unit
Measurement range max	± 1000	± 5000	± 4606	± 180000	°/s
Signal Resolution	12	12	16	16	bit
Latency time	1.0	1.0	1.0	0.5	ms

3.6 热阻

表 11 热阻

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance junction to ambient	R _{thJA}	-	150	153	K/W	

4 产品特性

4.1 功能说明

4.1.1 角度精度

固有角度误差包括集成电路本身的所有误差，不考虑机械或磁性公差。机械公差或磁性公差会增加角度误差，但可以通过线端多点校准进行补偿。

表 12 角度精度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Intrinsic angle error	AE _{INL}	-	-	0.8	°	including offset, sensitivity mismatch over temperature assuming an ideal magnetic field
Intrinsic angle error in extended magnetic range	AE _{INL_EXT}	-	-	1.25	°	including offset, sensitivity mismatch over temperature assuming an ideal magnetic field ¹⁾
Intrinsic angle accuracy lifetime drift	AE _{drift}	-	-	0.2	°	-
Output noise (RMS)	OUT _{noise_1k} 5Hz	-	0.05	0.1	°	for LP-Filter setting 8, 20 mT magnetic induction and T _{amb} =25°C

1) 计算结果来自特征描述和误差建模。

4.1.2 接口时序

PWM 接口时序

下图显示 PWM 接口时序概览。原始数据根据配置的滤波器特性进行连续滤波。然后，在随后的 PWM 帧起始边沿前不久，通过内部触发器对该数据进行采样。在这一固定周期内（从触发到起始边沿），使用 CORDIC 算法计算角度，并准备传输角度数据。这样，角度数据相对于 PWM 起始边沿的延迟时间就保持不变。

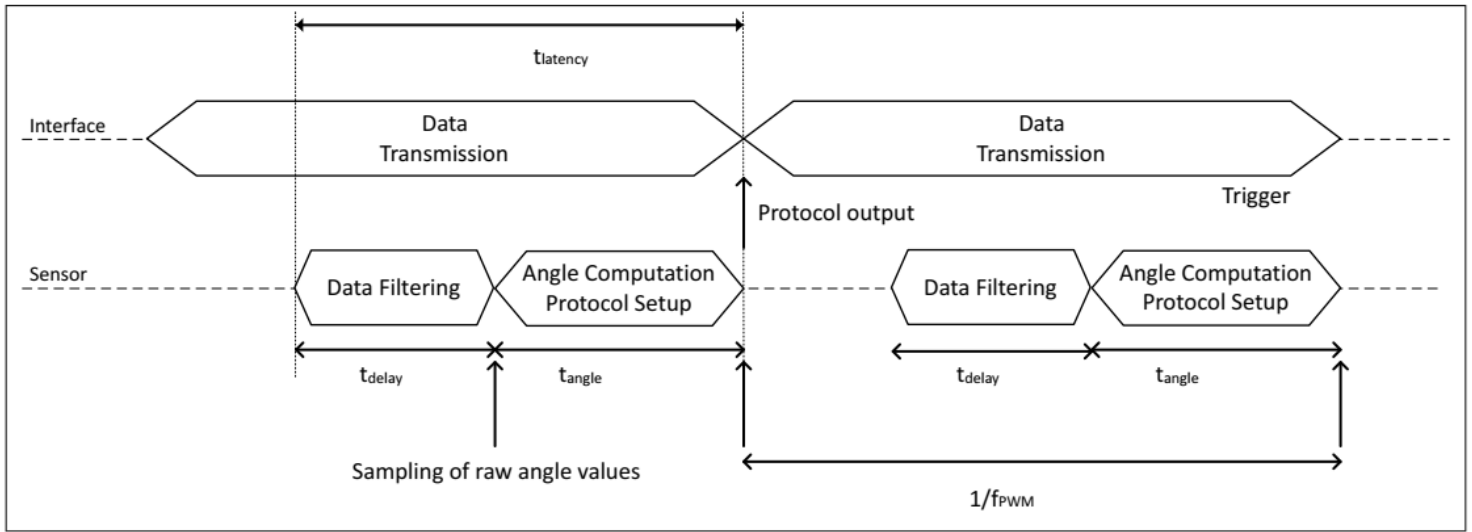


图 4 PWM 接口时序概览

SENT 接口时序

下图显示 SENT 接口时序概览。原始数据经过连续滤波，并在 SYNC nibble 下降沿进行采样，在此开始角度计算并生成输出协议。完成角度计算后，该值将在同一 SENT 帧内发送。通过这种方式，角度数据的延迟时间保持不变。

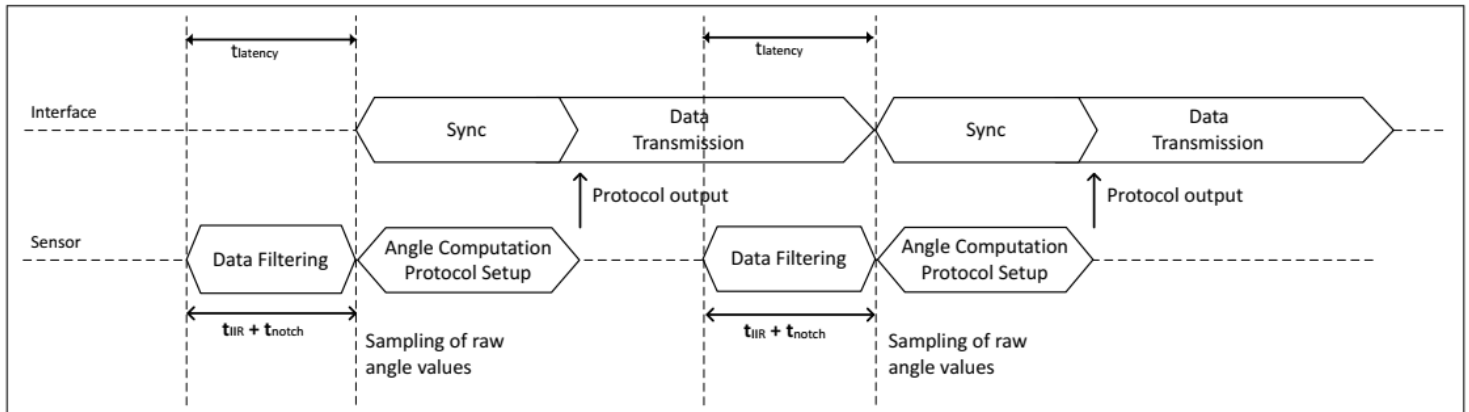


图 5 SENT 接口时序概览

SPC 接口时序

下图显示了从 SPC 接口触发事件开始的接口时序概览。原始数据根据配置的滤波器特性进行连续滤波。在收到有效的 SPC 触发器后，同步脉冲的下降沿会对该数据进行采样。同步脉冲的下降沿也启动了使用 CORDIC 算法的角度计算和剩余协议的设置，该协议在同一 SPC 帧内的同步脉冲之后发出。这样，角度数据相对于触发事件的延迟时间就保持不变。

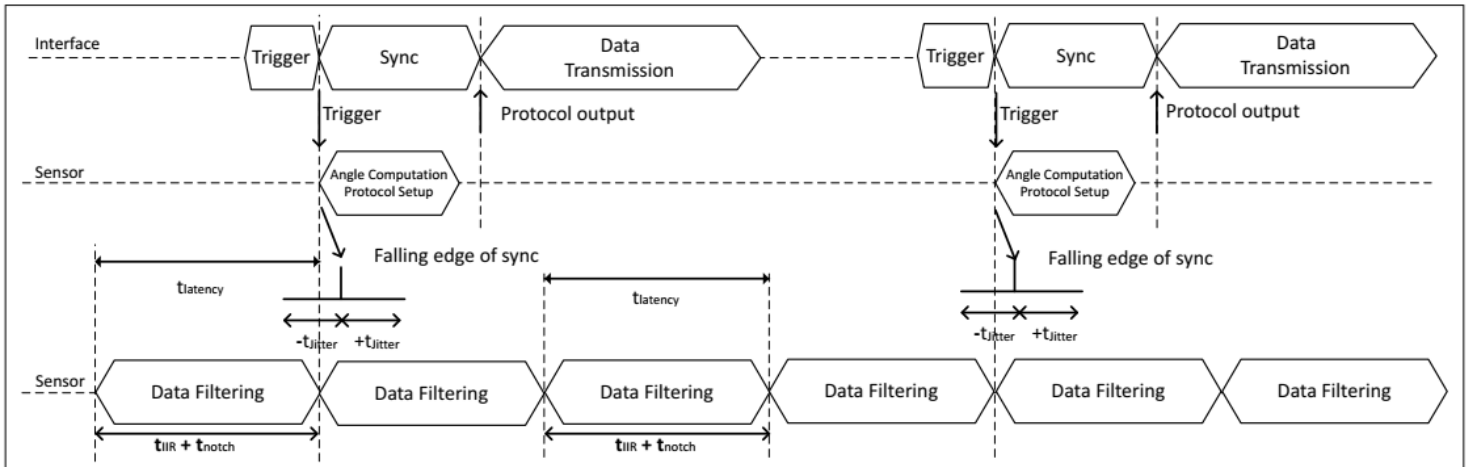


图 6 SPC 接口时序

延迟时间说明

延迟时间 ($t_{latency}$) 由抖动延迟时间、陷波滤波器延迟和信号滤波器延迟相加得出： $t_{latency} = t_{jitter} + t_{notch} + t_{IIR} (\mu s)$ 。

注：对于 PWM 协议，角度计算和协议设置都包含在延迟时间内。

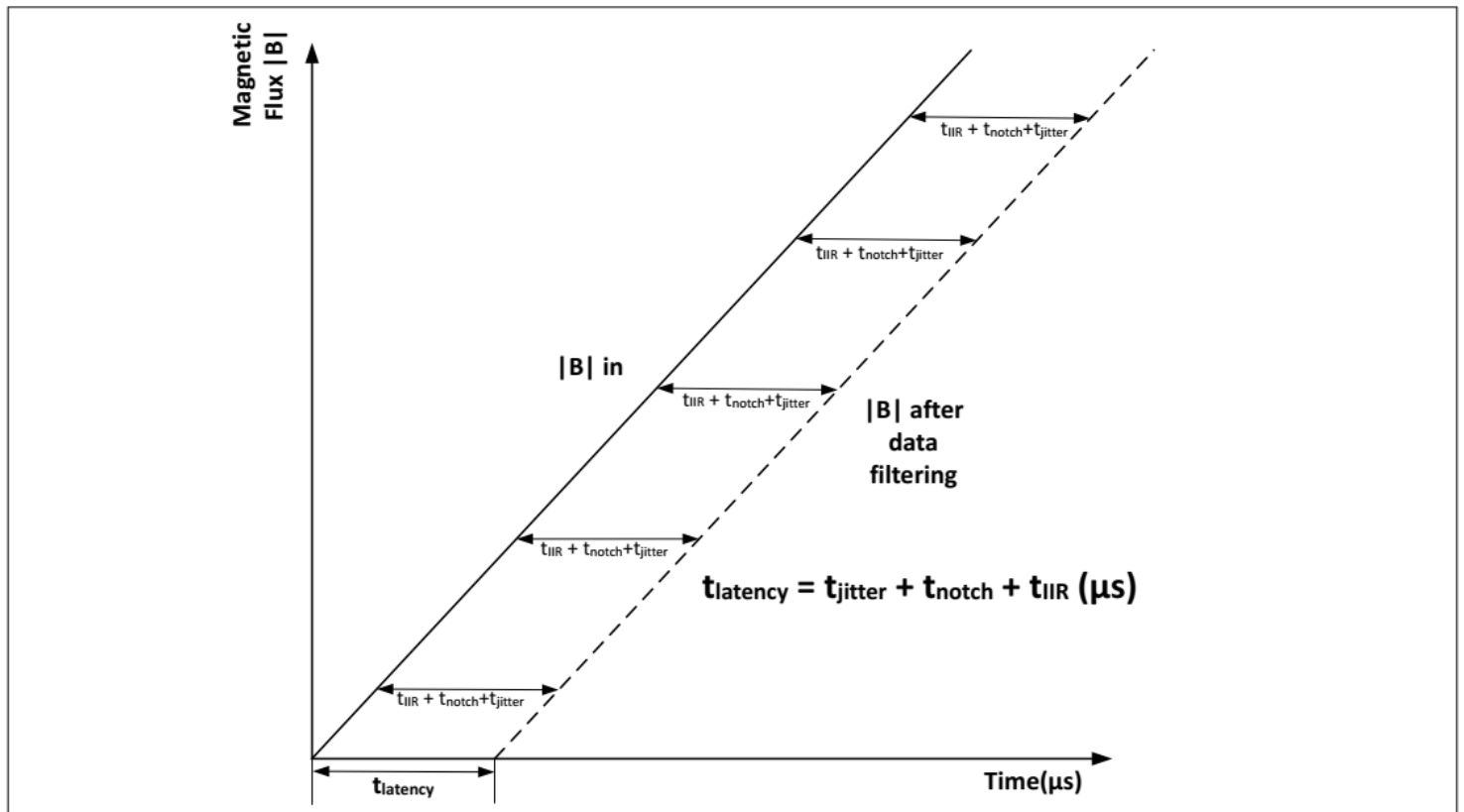


图 7 延迟时间说明

信号滤波时间配置

传感器可通过设置相应的滤波常数 k_{filter} 来配置滤波（延迟）时间。

表 13 信号和抖动延迟时间

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Jitter delay time	t_{jitter}	-1	-	1	μs	not including interface transmission
Signal filter delay	t_{IIR}	-	-	-	μs	filter setting delay, see Signal filter time configuration
Notch filter delay	t_{notch}	-	-	4.8	μs	
Latency time	t_{latency}	-	-	9.8	μs	for LP-setting 1, see Latency time description

表 14 信号滤波时间配置

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Filter setting 1	k_{filter1}	-	-	4	μs	49.2 kHz
Filter setting 2	k_{filter2}	-	-	6.2	μs	32.5 kHz
Filter setting 3	k_{filter3}	-	-	8.3	μs	24.3 kHz
Filter setting 4	k_{filter4}	-	-	12.6	μs	16.1 kHz
Filter setting 5	k_{filter5}	-	-	16.8	μs	12 kHz
Filter setting 6	k_{filter6}	-	-	25.4	μs	8 kHz
Filter setting 7	k_{filter7}	-	-	51	μs	4 kHz
Filter setting 8	k_{filter8}	-	-	136	μs	1.5 kHz (default)
Filter setting 9	k_{filter9}	-	-	204	μs	1 kHz
Filter setting 10	k_{filter10}	-	-	272	μs	0.75 kHz
Filter setting 11	k_{filter11}	-	-	409	μs	0.5 kHz
Filter setting 12	k_{filter12}	-	-	546	μs	0.375 kHz
Filter setting 13	k_{filter13}	-	-	819	μs	0.25 kHz
Filter setting 14	k_{filter14}	-	-	1.64	ms	125 Hz
Filter setting 15	k_{filter15}	-	-	2.18	ms	93 Hz
Filter setting 16	k_{filter16}	-	-	3.27	ms	62 Hz
Filter setting 17	k_{filter17}	-	-	4.36	ms	47 Hz
Filter setting 18	k_{filter18}	-	-	6.54	ms	31 Hz
Filter setting 19	k_{filter19}	-	-	8.72	ms	23 Hz
Filter setting 20	k_{filter20}	-	-	13.1	ms	15 Hz
Filter setting 21	k_{filter21}	-	-	26	ms	7.8 Hz

4.2 电气特性

Table 15 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Power-on time	t_{PON}	2	-	198	ms	time until the sensor is ready for operation after start-up or reset; configurable with a resolution of 192 μ s steps
Internal clock tolerance	Δf_{clock}	-3.5	-	3.5	%	including temperature and lifetime

4.3 PG-SSO-3-41 的内部电路

表 16 PG-SSO-3-41 的内部电路

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Capacitance at VDD	C_{VDD}	75	100	125	nF	PG-SSO-3-41, PWM / SENT / SPC interface
Capacitance at I/O pin	C_{IO}	0.975	1.30	1.625	nF	PG-SSO-3-41, for SPC interface: unit time of 0.75 μ s to 3 μ s depending on slope setting
Capacitance at CBUF	C_{BUF}	51	68	85	nF	PG-SSO-3-41

4.4 PG-SSO-3-41 的外部电路

表 17 PG-SSO-3-41 的外部电路

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Pull-Up resistor PWM	R_{PU_PWM}	-	50	-	k Ω	for PWM protocol starting with falling edge
Pull-down resistor PWM	R_{PD_PWM}	-	50	-	k Ω	for PWM protocol starting with rising edge
Pull-Up resistor SPC	R_{P_SPC}	1.45	2.2	10	k Ω	for SPC protocol according configured unit time
Pull-Up resistor SENT	R_{P_SENT}	10	-	55	k Ω	for SENT protocol

5 具体模块说明

5.1 诊断功能

5.1.1 磁场超出范围

如果磁场超出指定范围，传感器会通过状态和通信半字节中的警告位发出信号。

5.1.2 欠压和过压条件

表 18 欠压和过压条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Undervoltage detection on VDD	V_{UV}	3.2	-	4.1	V	below this level no protocol is transmitted
Overvoltage detection on VDD	V_{OV}	6.5	-	7.35	V	above this level no protocol is transmitted
Undervoltage reset time	t_{UV}	-	-	50	μ s	time below threshold for the sensor to initiate a safe reaction
Undervoltage hysteresis	V_{UV_hyst}	300	280	500	mV	-
Overvoltage hysteresis	V_{OV_hyst}	100	160	300	mV	-
Overvoltage reaction time	t_{OV_RT}	-	-	50	μ s	time to react to overvoltage condition and disable output
Overvoltage recovery time	t_{OV}	-	-	50	μ s	time after overvoltage condition to enable protocol output
Undervoltage reaction time	t_{UV_RT}	-	-	50	μ s	time to react to undervoltage condition, and disable output
Undervoltage recovery time	t_{UV_RT}	-	-	50 + filter delay	μ s	time after undervoltage condition to enable protocol output

5.2 接口

5.2.1 PWM接口

PWM接口是一个单向接口，角度信息编码在脉冲长度中。角度值与输出频率的占空比成正比。占空比按“高电平”时间与周期长度之比计算。角度越大，占空比越大，0°角度的占空比最小。PWM协议的起始边沿可编程为上升沿或下降沿。如果协议以上升沿启动（低电平启动），则需要一个下拉电阻。对于下降沿（高电平启动）的启动条件，则必须使用上拉电阻。该协议采用推/拉和开漏配置。

表“PWM频率公差”列出了编程PWM频率随温度和寿命变化的公差。

PWM协议还允许使用特性曲线功能，该功能主要用于底盘位置传感器应用。该功能可将360°的测量范围划分为90°或120°的较小范围（参见[可编程测量范围](#)），但不会传输象限信息。

错误指示

为了诊断和指示内部传感器故障，PWM的输出占空比受到限制。在预留的下占空比和上占空比范围内，不提供有效的角度信息。相反，该占空比范围用于错误指示，其占空比与可用数据占空比范围明确区分开来。下列事件已作说明：

- 发生内部或外部故障
- 传感器复位

配置

PWM接口可以配置频率、定义数据占空比范围以及诊断占空比的低值和高值。必须通过正确的设备配置确保数据占空比范围与诊断占空比的低值或高值不重叠。

一种可能的有效配置是：

- 数据占空比：12.5%...87.5%：12位角度值与该占空比相对应
- 诊断占空比，低：5%：用于显示固件安全检查错误的低诊断占空比，详情请查阅TLE49SRPx安全手册。
- 诊断占空比，高：95%：用于指示硬件相关错误的高诊断占空比，详情请查阅TLE49SRPx安全手册。

带有数据占空比范围和用于诊断的预留占空比的PWM接口如图“PWM接口，占空比范围从上升沿开始”所示。

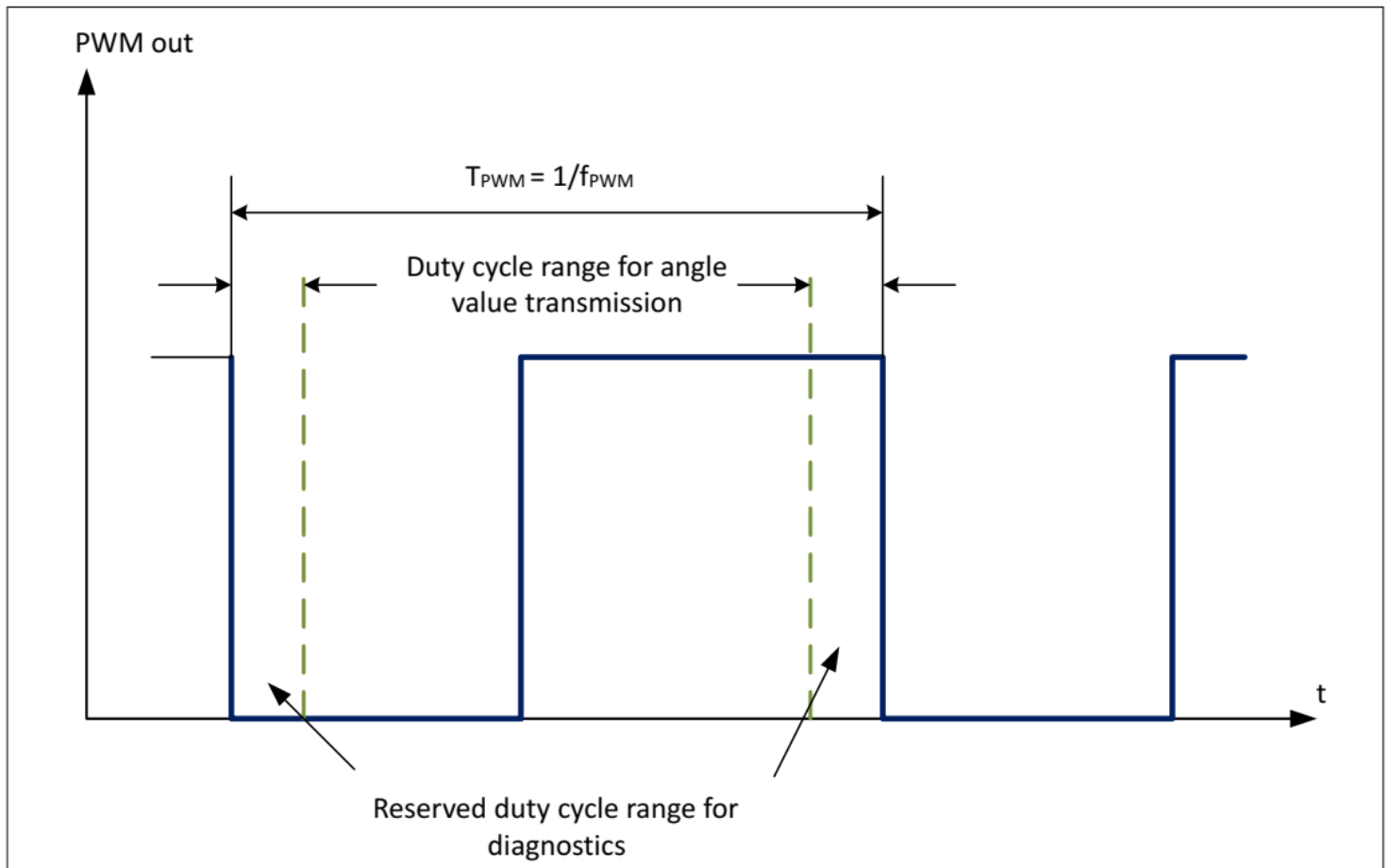


图 8 PWM 接口，占空比范围从上升沿开始

由于 PWM 接口是一种模拟协议，因此上升和下降时间以及用于检测信号高电平和低电平状态的触发电平都会对测量的占空比产生影响。因此会产生额外的角度误差，该误差随测量条件（如 R_p 、CW、触发电平）的不同而变化。这一误差不包括在角度误差定义中。

表 19 PWM 接口参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Data resolution	-	12	-	-	bit	-
Output frequencies	f_{PWM}	200	-	3000	Hz	configurable in steps of 1Hz; frequency depending rise/fall time inaccuracies result in additional angle error
Output frequency tolerance	PWM_{freq_tol}	-	-	± 5	%	-
Maximum data duty cycle range	DC_{data_max}	5	-	95	%	configurable, the 12 bit angle value is mapped to this duty cycle range
High diagnostic duty cycle	DC_{diag_high}	75	-	99	%	high time to period; $f < 2\text{kHz}$ PWM frequency

(表格续下页.....)

表 19 (续) PWM 接口参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
High diagnostic duty cycle ($f \geq 2\text{kHz}$)	$DC_{\text{diag_high},>2\text{kHz}}$	85	-	99	%	high time to period; $f \geq 2\text{kHz}$ PWM frequency
Low diagnostic duty cycle	$DC_{\text{diag_low}}$	1	-	25	%	high time to period; $f < 2\text{kHz}$ PWM frequency
Low diagnostic duty cycle ($f \geq 2\text{kHz}$)	$DC_{\text{diag_low},>2\text{kHz}}$	1	-	15	%	high time to period; $f \geq 2\text{kHz}$ PWM frequency
Minimum data duty cycle range	$DC_{\text{data_min}}$	29	-	71	%	high time to period; $f < 2\text{kHz}$ PWM frequency
Minimum data duty cycle range ($f \geq 2\text{kHz}$)	$DC_{\text{data_min},>2\text{kHz}}$	19	-	81	%	high time to period; $f \geq 2\text{kHz}$ PWM frequency

5.2.2 SENT 接口

该传感器支持符合 SAE J2716 v.2016-04 标准的 SENT（半字节传输）接口。

SENT 接口说明

SENT 接口是一个标准化的单向数字协议。信息以不同长度的半字节编码。一个半字节包含 4 位信息。

单位时间 (UT) 和半字节低电平时间可配置。这样可以减少整个框架的长度。低电平时间包括边沿的下降时间。必须确保边沿的下降时间足够快，以便在配置的低电平时间内达到低电平。

表 20 SENT 配置参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
SENT unit time	UT	0.75	-	3.0	μs	default $3.0\mu\text{s}$, configurable steps (0.75, 1, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0), tolerance given by clock tolerance
SENT nibble low time	t_{low}	3	-	5	UT	including the fall time of the edge.

标准传感器：

协议由以下几个半字节组成

- 一个同步周期 (56 UT)
- 一个 12-27 UT 的状态位半字节，以及可选的短串行报文信息
- 3 或 4 个 12-27 UT 的数据半字节，传输角度值或角度速度（可在 EEPROM 中配置）
- 可选 2 个温度半字节，每个 12-27 UT（可在 EEPROM 中配置）。
- 可选 12-27 UT 的 1 半字节 (4 位) 滚动计数器

5 具体模块说明

- 一个 12-27 UT 的 CRC 半字节
- 可选择暂停脉冲

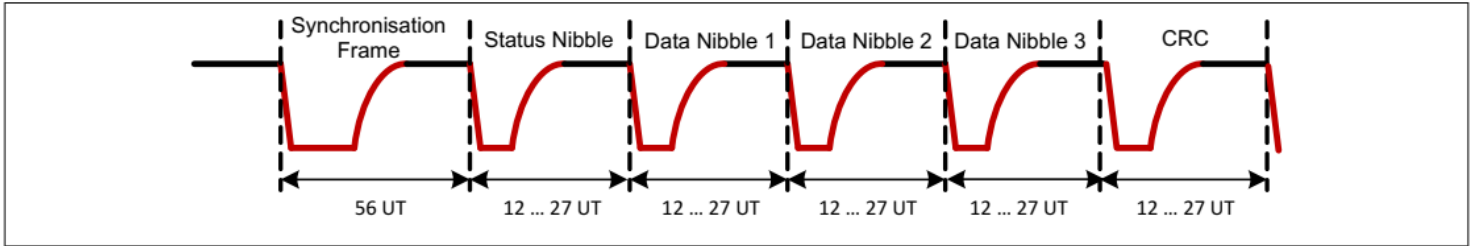


图 9 SENT 标准框架

单一安全传感器

协议由以下几个半字节组成

- 同步脉冲 (56UT)
- 12-27 UT 的状态半字节
- 3 个 12-27 UT 的数据半字节，传输 12 位角度值
- 带有 8 位滚动计数器信息的 2 个半字节
- 1 个半字节作为反相的第 1 个数据半字节
- 一个 12-27 UT 的 CRC 半字节
- 暂停脉冲，这是可选项，可以停用
- 简短的序列信息，这是可选项，可以停用

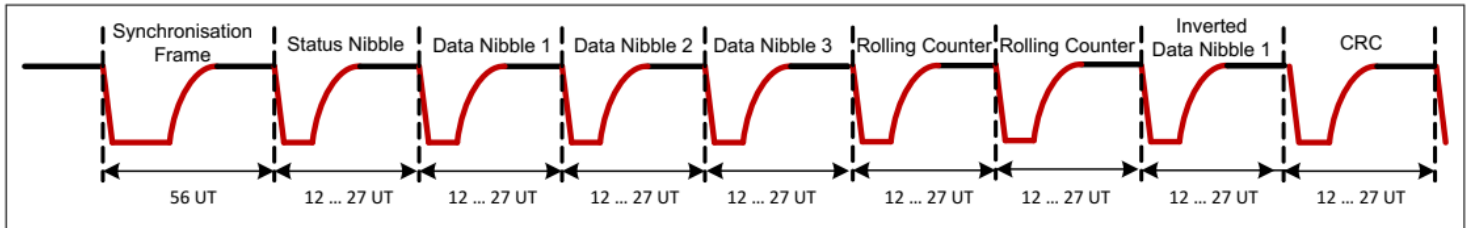


图 10 SENT 单一安全帧

SENT 半字节低电平时间

半字节低电平时间 t_{low} 可以配置为 3UT 或 5UT。这可以缩短整个帧的长度。低电平时间包括边沿的下降时间，因此必须确保边沿的下降时间足够快，以便在配置的低电平时间内达到低电平（SENT 配置参数 [EC-表]）。

注： 3UT 的半字节低电平时间不符合 SENT 标准 SAE J2716 JAN2010。

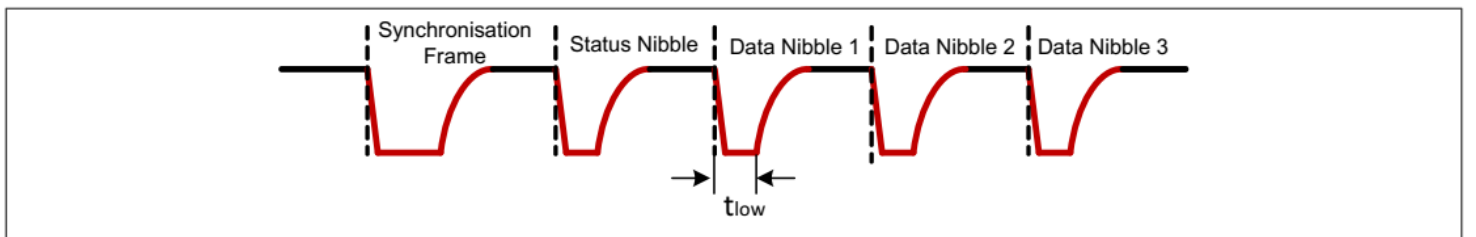


图 11 SENT 半字节低电平时间

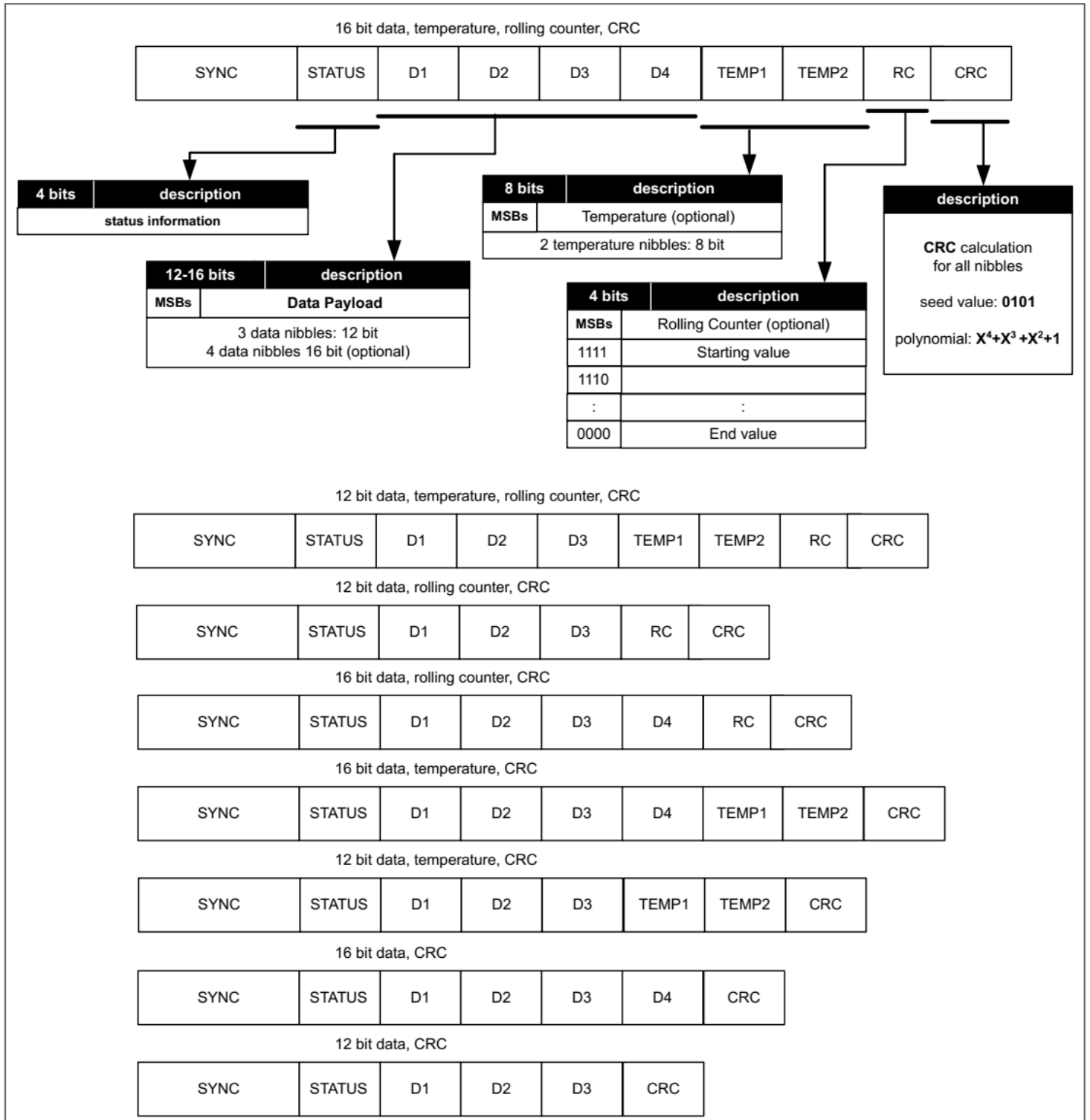


图 12 SENT 帧选项

5.2.2.1 SENT 协议数据

根据不同的设置，半字节 D1 至 D4 中的协议数据内容将有所不同，除了角度值信息（如上图所示）外，用户还可以选择传输角度特性曲线象限信息或角度速度信息。

下面显示这些参数的所有组合和相应的协议数据内容。SENT 和 SPC 协议的内容相同。

表 21 90°特性曲线的角度值

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield Bits	D1				D2				D3				D4				Angle Resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle value	13:4	-	-	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	-	-	-	-	0.088°/LSB
	quadrant info	1:0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16-Bit	angle value	13:0	-	-	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0.005°/LSB
	quadrant info	1:0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

表 22 120°特性曲线的角度值

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield Bits	D1				D2				D3				D4				Angle Resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle value	13:4	-	-	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	-	-	-	-	0.117°/LSB
	quadrant info	1:0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16-Bit	angle value	13:0	-	-	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0.007°/LSB
	quadrant info	1:0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

表 23 360°特性曲线的角度值

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield Bits	D1				D2				D3				D4				Angle Resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle value	15:4	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	-	-	-	-	0.088°/LSB
16-Bit	angle value	15:0	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0.005°/LSB

5 具体模块说明

表 24 模式va1的角速度值(+1000°/s)

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield bits	D1				D2				D3				D1				Angle resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle speed	15:4	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	1	0	-	-	-	-	0.488°/s/LSB
16-Bit	angle speed	11:0	-	-	-	-	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0.488°/s/LSB

表 25 模式va2的角速度值(+5000°/s)

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield bits	D1				D2				D3				D1				Angle resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle speed	15:4	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	1	0	-	-	-	-	2.442°/s/LSB
16-Bit	angle speed	11:0	-	-	-	-	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	2.442°/s/LSB

表 26 模式va3的角速度值(+4606°/s)

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield bits	D1				D2				D3				D1				Angle resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle speed	15:4	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	-	-	-	-	2.249°/s/LSB
16-Bit	angle speed	15:0	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0.141°/s/LSB

表 27 模式va4的角速度值 (+180000°/s)

SENT/SPC data payload	Data [LSB]	Bitfield bits	D1				D2				D3				D1				Angle resolution
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
12-Bit	angle speed	15:4	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	-	-	-	-	87.89°/s/LSB
16-Bit	angle speed	15:0	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	5.493°/s/LSB

5.2.2.2 SENT 特性

表 28 SENT 状态半字节结构

Bits	Description
[0] LSB	Error indication or sensor reset
[1]	Warning bit (e.g. air gap warning or OV/UV indication)
[2]	Short serial message bit (data bit) or 0 if SSM is disabled

(表格续下页.....)

表 28 (续) SENT 状态半字节结构

Bits	Description
[3] MSB	Short serial message bit (start indication) or 0 if SSM is disabled

注： 有关警告位和错误指示位的更多信息，请查阅TLE49SR用户手册。

校验和半字节详细信息

校验和半字节是数据半字节的 4 位 CRC。也可通过寄存器设置加入状态半字节。CRC 使用多项式 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 计算，种子值为 0101B。最后一个数据半字节后的余数作为 CRC 发送。

串行短报文

串行短报文是一个附加选项，可以启用或禁用。串行短报文通过传输 8 位温度值以及 52 位用户和传感器 ID，在状态半字节中提供额外信息。

由 16 个 SENT 帧组成 1 个串行短报文。在每个 SENT 帧中，状态半字节的第 [2] 位传输一位信息，其结构如下：

- 4 位信息 ID
- 8 位数据
- 4 位 CRC (根据报文 ID 和数据位计算得出)

状态半字节 [3] 中的 "1" 表示串行短报文的开始。在接下来的 15 个帧中，该位将包含一个 "0"。

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 [2] 位传输。

滚动计数器

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。该计数器用于在 ECU 中验证没有漏报帧或没有从传感器重复发送帧。

温度信息

温度编码为 8 位数值。该值以无符号整数格式传输，对应 -55°C 至 +200°C 的范围，因此传输值 55 对应 0°C。下表显示了结温与传输值之间的映射关系。

表 29 温度值的映射

Junction temperature	Typical decimal value from sensor	Note
-55°C	0 LSB	theoretical lower limit
0°C	55 LSB	-
25°C	80 LSB	-
200°C	255 LSB	theoretical upper limit

暂停脉冲

有一个可选的暂停脉冲，可通过寄存器中的相应位激活或停用。

5 具体模块说明

可使用以下暂停脉冲模式：

- 无额外暂停脉冲
- 产生至少 12 UT 的额外暂停脉冲，以确保两个协议帧之间的固件执行时间最短
- 生成最少 12 UT 的额外暂停脉冲，所有帧格式的总固定帧长为 312 UT

5.2.3 SPC 接口

传感器支持 SPC（短 PWM 代码）接口，该接口符合 1.0 版标准，并有额外的增强功能。

SENT 接口说明

短 PWM 代码 (SPC) 是一种同步数据传输，基于 SAE J2716 规定的 SENT 协议（单边半字节传输）。SENT 意味着连续传输数据，与之相反，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。所需的触发脉冲长度取决于传感器编号，传感器编号是可配置的。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，传感器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，传感器即进入接收模式（三态模式下的输出引脚），等待接收到有效触发信号。

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。

与 SENT 一样，两个连续下降沿之间的时间定义了代表 0 至 15 之间数字的 4 位半字节的值。因此，传输时间取决于传输的数据值。所有数值都使用单位时间概念来定义。

SPC 框架

协议由以下几个半字节组成：

- 主机（微控制器）发出触发脉冲，启动数据传输
- 同步周期为 56 UT
- 一个 12-27 UT 的状态半字节，可选择传输串行短报文
- 3 或 4 个 12-27 UT 的数据半字节，传输角度值或角度速度（可在 EEPROM 中配置）
- 可选 2 个温度半字节，每个 12-27 UT（可在 EEPROM 中配置）。
- 可选 12-27 UT 的 1 半字节（4 位）滚动计数器
- 12-27 UT 的 CRC 半字节（可在 EEPROM 中配置）
- 终止 SPC 传输的结束脉冲(12 UT)

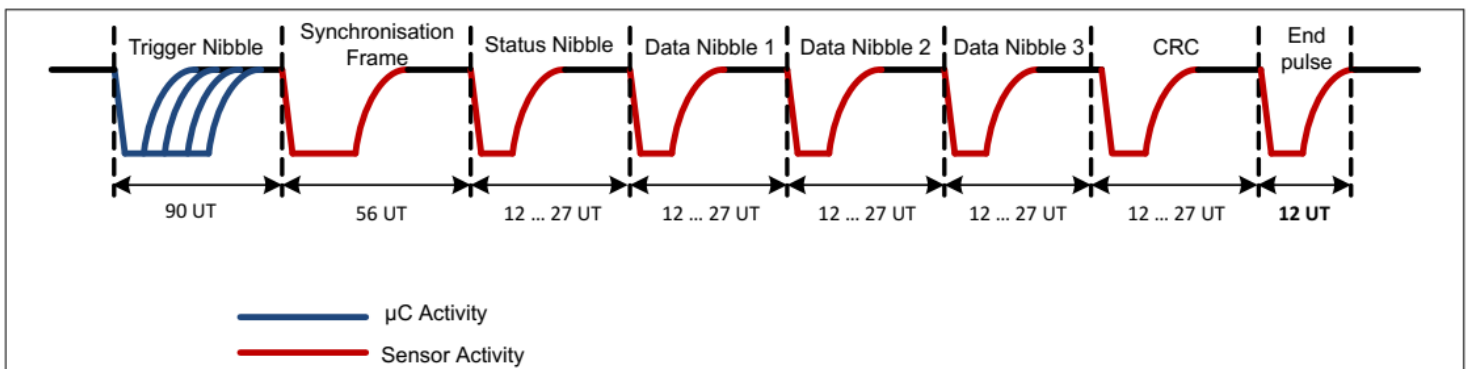


图 13 带有 3 个数据半字节的 SPC 帧

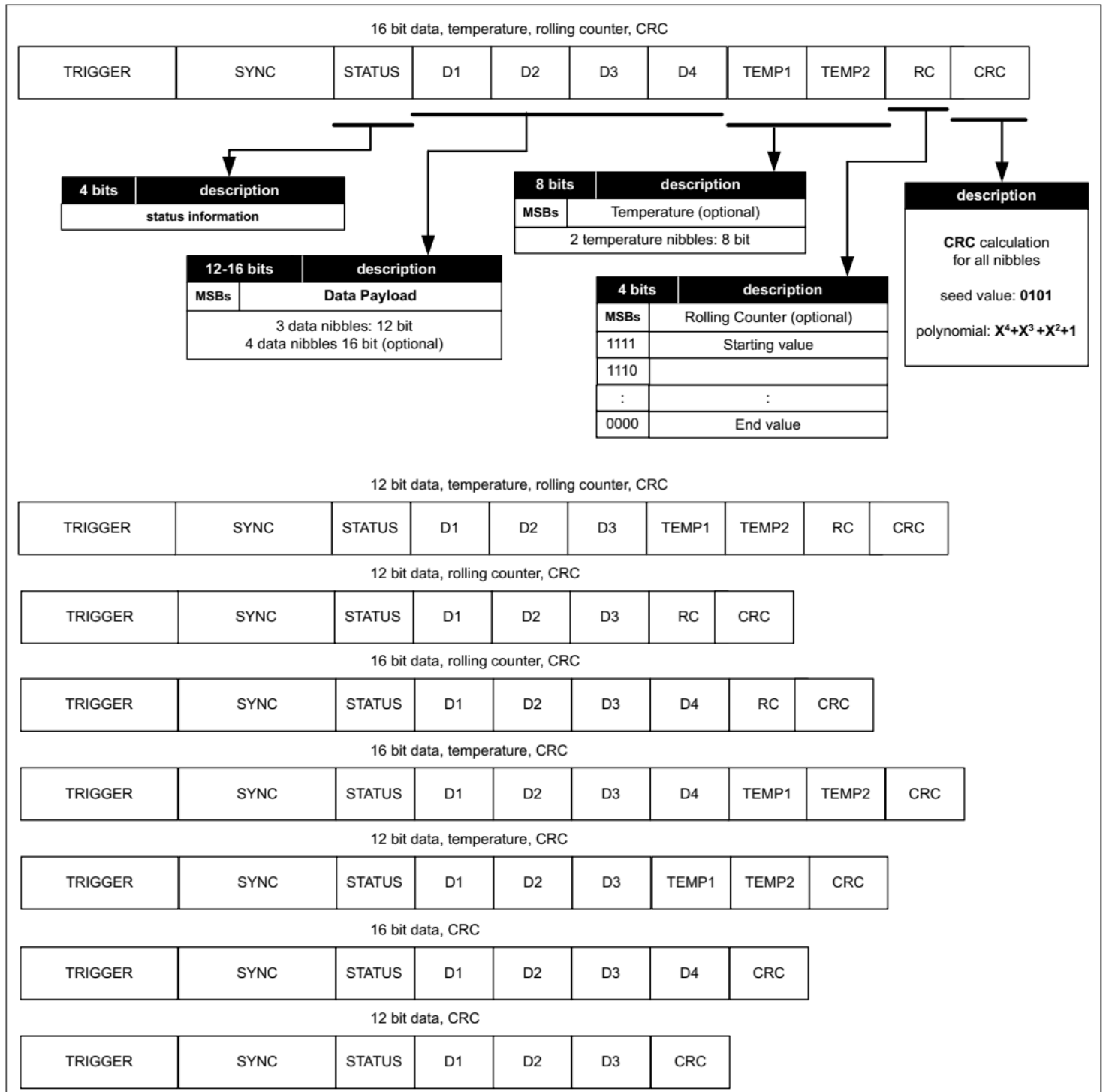


图 14 SPC 帧模式

根据不同的设置，字节 D1 至 D4 中的协议数据内容将有所不同，除了角度值信息（如上图所示）外，用户还可以选择传输角度特性曲线象限信息或角度速度信息。

配置与 SENT 协议数据相同。

表 30 SPC 单位时间

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
SPC unit time	UT	0.75	-	3.0	μs	default 3.0 μs , configurable steps (0.75, 1, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0), tolerance given by clock tolerance

5.2.3.1 SPC 总线模式

当传感器在总线模式下与其他传感器共用一条 SPC 线路时，必须为每个传感器分配单独的地址以便识别。在 SPC 总线模式下操作传感器时，强烈建议将传感器 ID 写入传感器的 EEPROM 中，因为所有传感器的预设值均为 "ID = 0"。

微控制器发出的相应触发半字节可寻址到每个传感器。每个触发点低电平时间对应一个传感器地址。触发位点的总长度可选择为恒定 90 UT（恒定触发长度）或可变（可变触发长度）。

5.2.3.2 SPC 主机触发脉冲

SPC 传输由输出引脚上的主机触发脉冲启动。要检测到低电平，电压必须低于阈值 V_{th} 。一旦超过 V_{th} ，传感器就会检测到输出线被释放。图 "SPC 主机脉冲时序" 显示了主机脉冲的时序定义。主机低电平时间 $t_{m\text{low}}$ 见表 "总线模式下的 SPC 触发器"。总触发时间 $t_{m\text{tr}}$ 见表 "SPC 主机脉冲时序"。

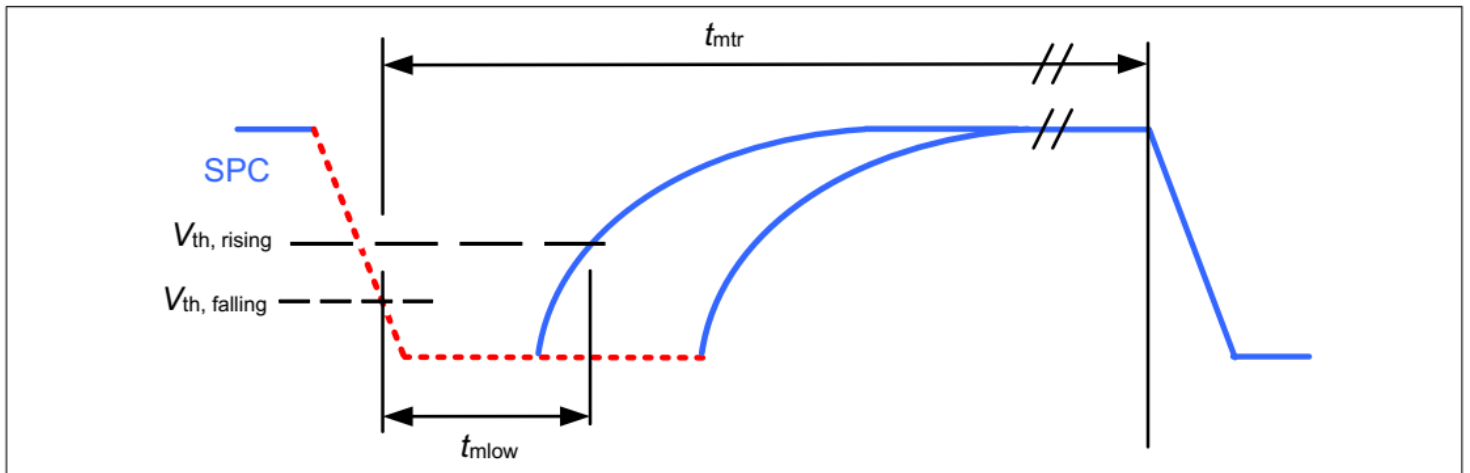


图 15 SPC 主机脉冲时序

表 31 传感器 SPC 触发参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	2	-	5	UT	synchronous mode, $UT \geq 1.5\mu\text{s}$
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	2	-	7	UT	synchronous mode, $UT \leq 1.25\mu\text{s}$

(表格续下页.....)

表 31 (续) 传感器 SPC 触发参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	8	-	15	UT	addr. 0
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	16	-	28	UT	addr. 1
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	29	-	49	UT	addr. 2
Master nibble low time	$t_{m\text{low}}$	50	-	82	UT	addr. 3

表 32 SPC 主机脉冲参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Threshold, falling edge	$V_{\text{th_falling}}$	-	35	-	% of VDD	
Threshold, rising edge	$V_{\text{th_rising}}$	-	50	-	% of VDD	not subject to production test - verified by design/characterization
Total trigger time	t_{mtr}	-	90	-	UT	for constant trigger length
Total trigger time	t_{mtr}	-	$t_{m\text{low}} + 12$	-	UT	trigger time in the sensor is fixed to the number of units specified in the "typ." column, but the effective trigger time varies due to the sensor's clock variation for variable trigger length

5.2.3.3 SPC 特性

SPC 状态半字节

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，则设置状态半字节中相应的故障位。只要错误持续存在，状态半字节中的相应故障位就会显示错误，但至少显示一次。

表 33 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]	Warning bit (e.g. air gap warning or OV/UV indication)
[3] MSB	Error indication or sensor reset

注： 有关警告位和错误标志位的更多信息，请查阅 TLE49SR 用户手册。

校验和半字节详细信息

校验和半字节是数据半字节的 4 位 CRC。也可通过寄存器设置加入状态半字节。CRC 使用多项式 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 计算，种子值为 0101B。最后一个数据半字节后的余数作为 CRC 发送。

串行短报文

串行短报文是一个附加选项，可以启用或禁用。串行短报文通过传输 8 位温度值以及 52 位用户和传感器 ID，在状态半字节中提供额外信息。

由 16 个 SPC 帧组成 1 个串行短报文。在每个 SPC 帧中，状态位点的第 [0] 位传输一位信息，其结构如下：

- 4 位信息 ID
- 8 位数据
- 4 位 CRC (根据报文 ID 和数据位计算得出)

状态半字节 [1] 中的 "1" 表示串行短报文的开始。在接下来的 15 个帧中，该位将包含一个 "0"。

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

滚动计数器

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。该计数器用于在 ECU 中验证没有漏报帧或没有从传感器重复发送帧。

温度信息

与 SENT 章节中的格式相同，请参阅 [SENT 特性](#) 章节中的温度信息。

SPC 帧架

SPC 帧架可使总线上的多个传感器同步测量传感器值。在没有帧保持器功能的情况下，传感器会在触发脉冲后立即发送响应，此时传感器 ID 和触发器 ID 相同。如果激活了框架保持器功能，总线上的所有传感器都会

5 具体模块说明

在触发脉冲后开始角度测量，并将测量结果存储在存储器中。在收到总线上的触发器后，只有被寻址的传感器会立即回复。当相应的传感器 ID 被单独的触发脉冲轮询时，所有其他传感器都将做出响应。

5.2.4 SICI 编程接口

单线接口（SICI）是在与 PWM, SENT/SPC 输出相同的输出引脚上实现的。该接口用于执行 EEPROM 编程，其中包含应用和客户特定数据（角基、查找表、客户 ID）。此外，还可以进行一些芯片配置。更多详情可参阅相应的用户手册。

5.3 编程特性

传感器 ID

传感器有一个电存储 ID，可在生产后进行唯一跟踪。

客户 ID

客户特定数据，例如客户模块 ID 可通过 SICI 接口写入 EEPROM。

SICI 编程 SPC

在同一 SPC 总线线路和同一电源上，最多可对 4 个总线参与者配置的传感器进行编程。如果传感器输出引脚未被通信寻址，则该引脚处于三态。

5.3.1 校准和查找表 (LUT)

如下图所示，该传感器可配置 32 个等距校准点或 16 个可自由编程的校准点：

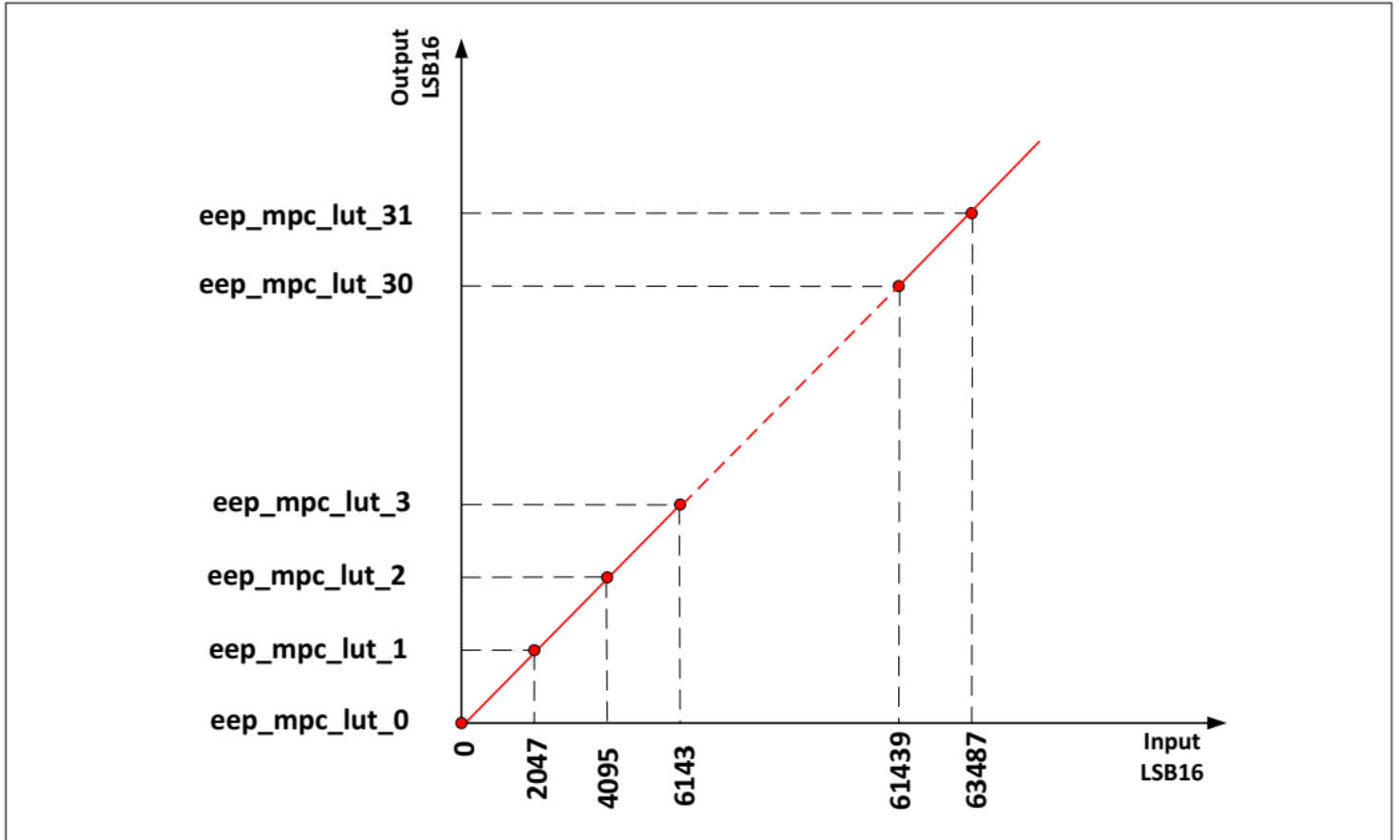


图 16 32 个等距校准点

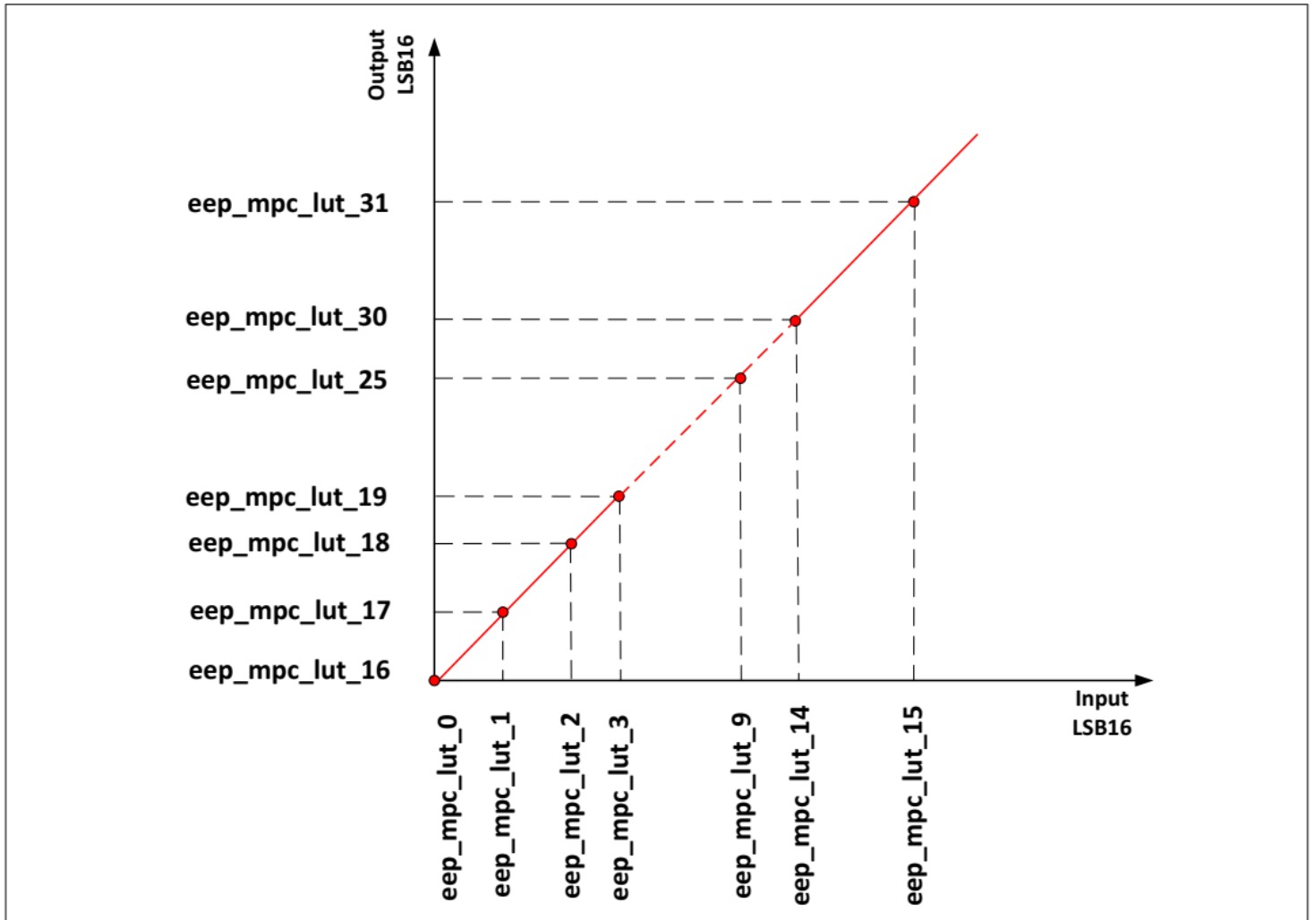


图 17 16 个可自由编程的点

5.3.2 可编程测量范围

自由选择测量范围

测量范围（开始/停止）可自由选择，分辨率为14位。14位的分辨率指的是360°。

传感器的特性曲线可分为4个预定义段。通常情况下，360°的角度范围分为4 x 90°、3 x 120°或1 x 360°段。

此外，还可以在整個360°范围内定义测量范围。例如，可将70°测量范围定义为40°至110°。

还可以夹紧角度限值，客户可以自由配置，此外，校准点还可用于特性曲线的线性化。

请注意，校准点始终为360°，因此，如果角度范围被夹紧，则至少要牺牲1或2个点才能完成360°。

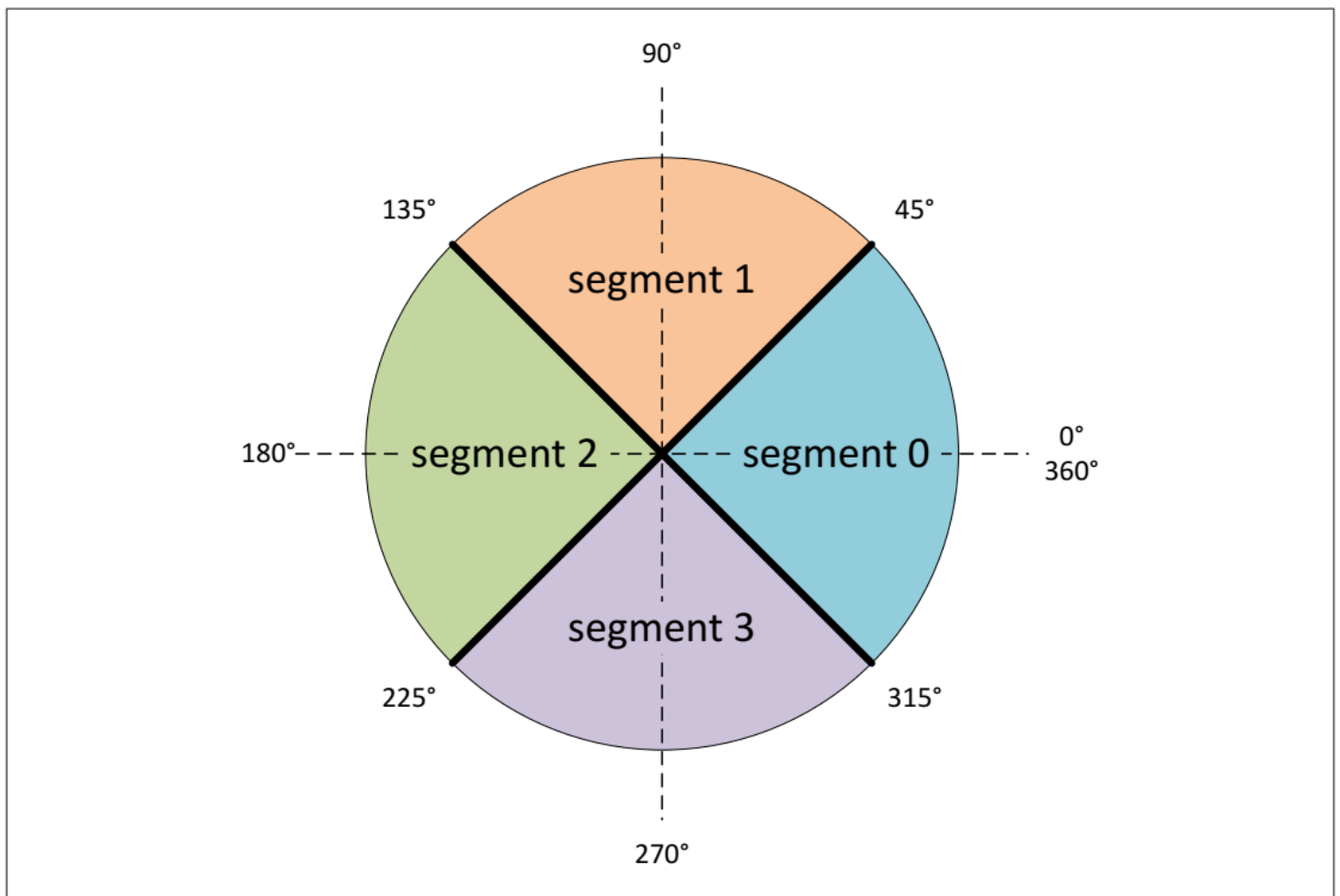


图 18 可编程输出 90° 特性曲线

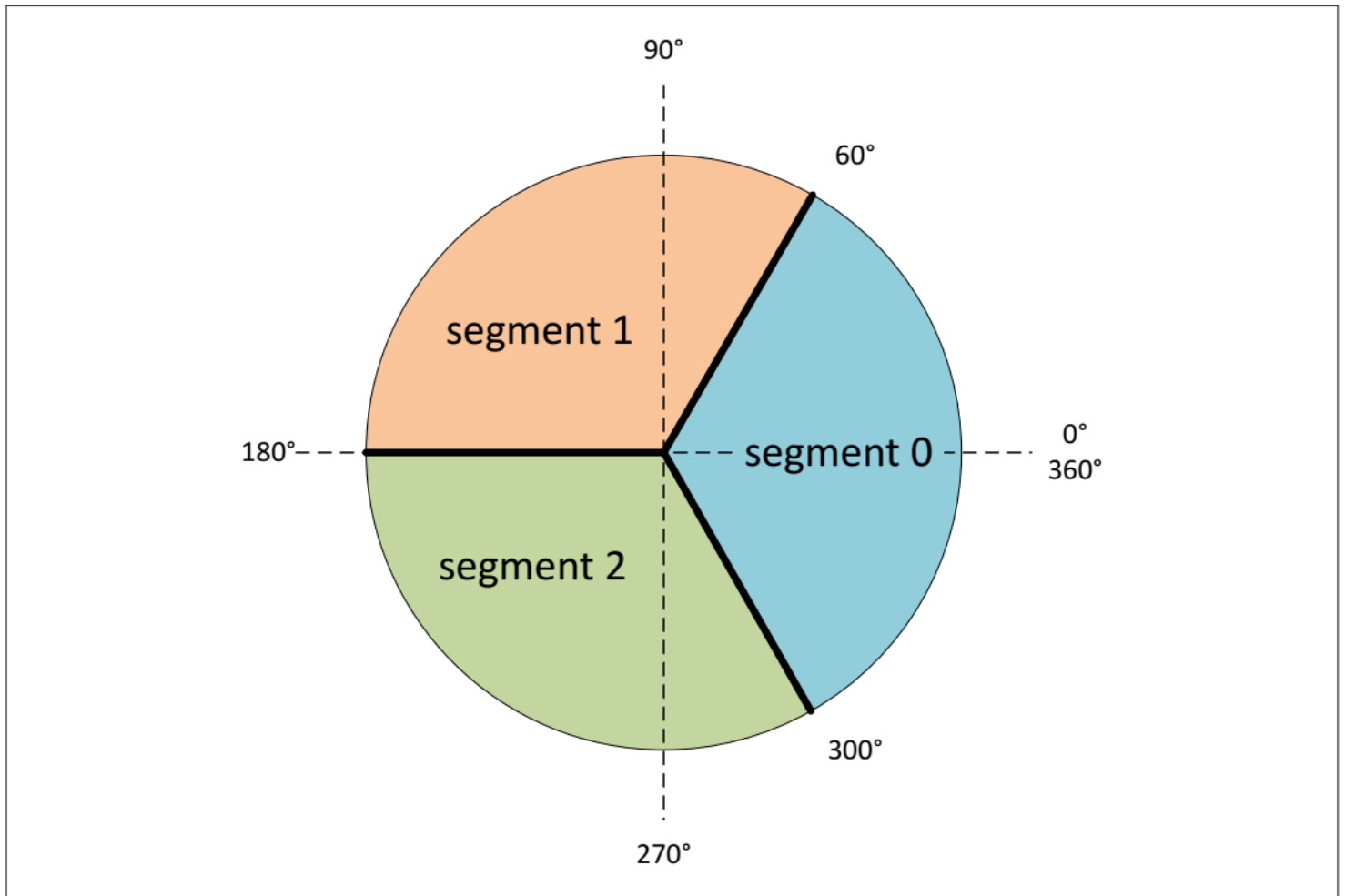


图 19 可编程输出 120° 特性曲线

5.3.3 EEPROM

传感器包括一个非易失性存储器 (NVM)，校准数据和传感器配置数据都存储在其中。客户可以访问该存储器的一部分，用于存储特定的应用数据（例如查找表 & 客户 ID）

表 34 EEPROM 参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Number of possible NVM programming cycles	n_{Prog}	-	-	100	-	-
Time for programming of whole NVM (customer relevant part)	t_{Prog}	-	0.5	-	s	incl. look-up table, configuration, customer ID
Programming temperature	$T_{\text{prog_temp}}$	10	-	60	°C	

6 应用信息

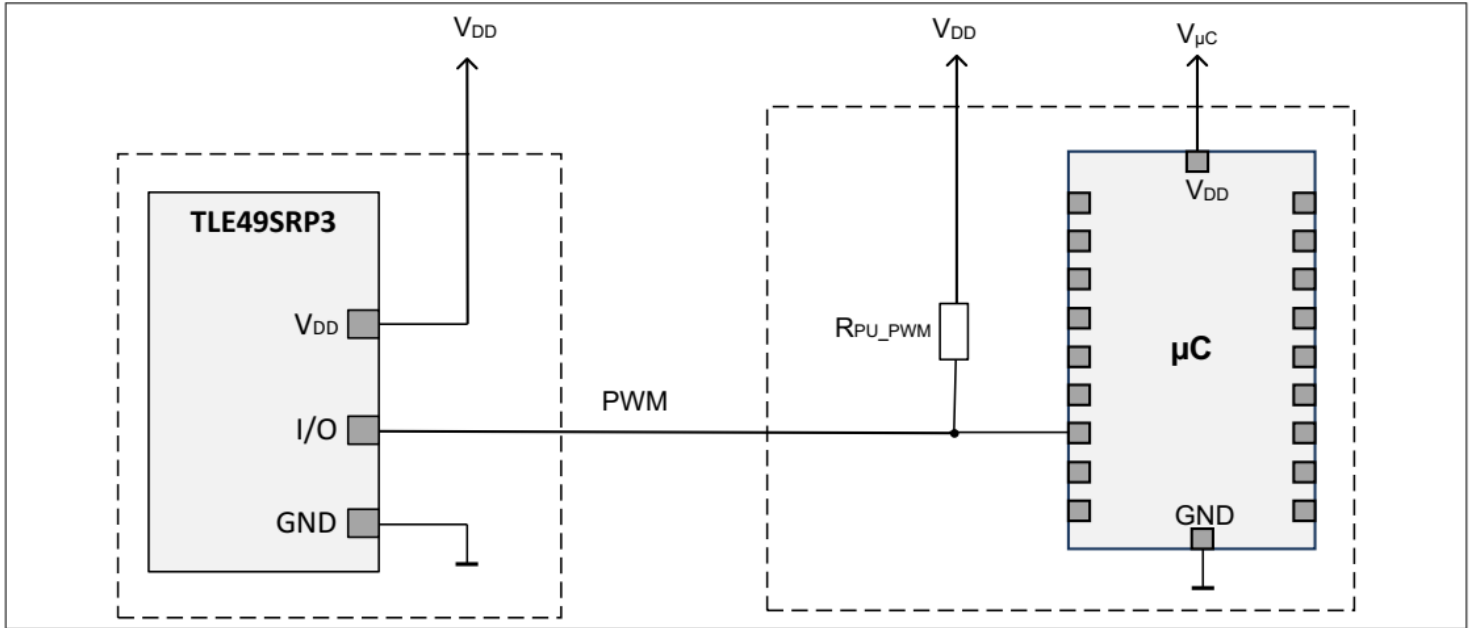


图 20 PWM 接口应用电路（下降沿启动）

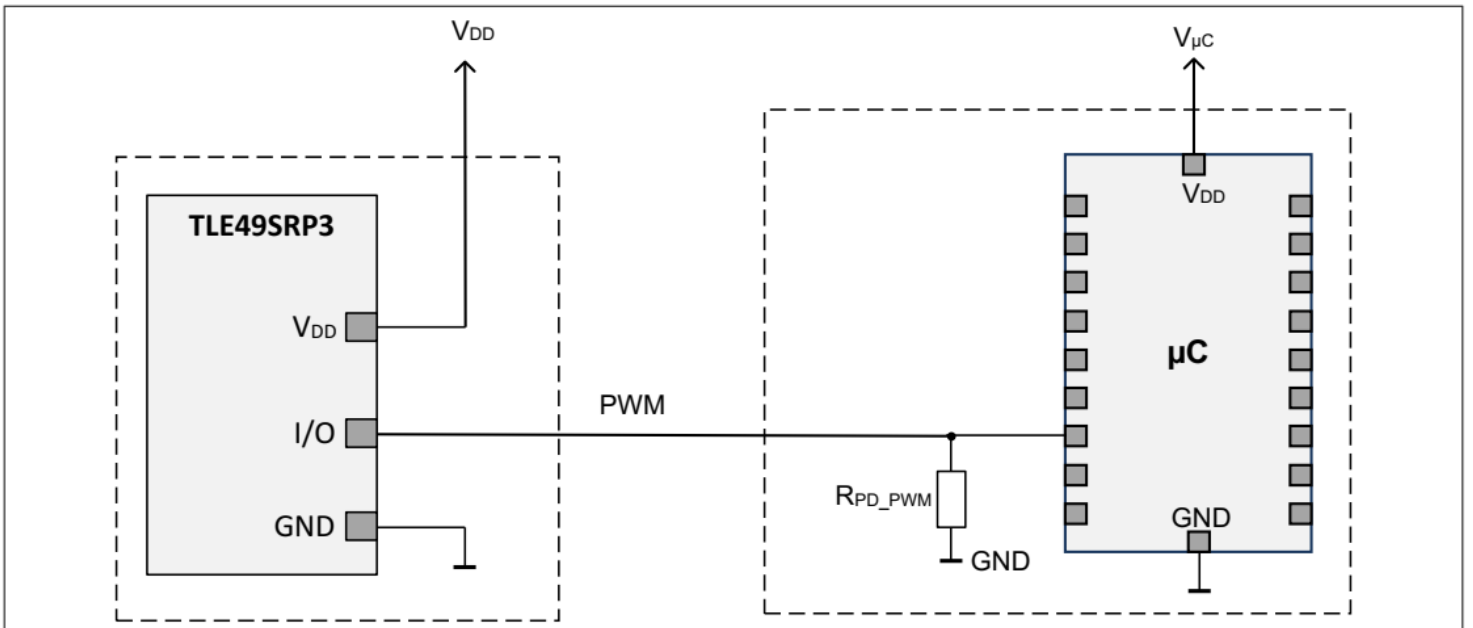


图 21 PWM 接口应用电路（上升沿启动）

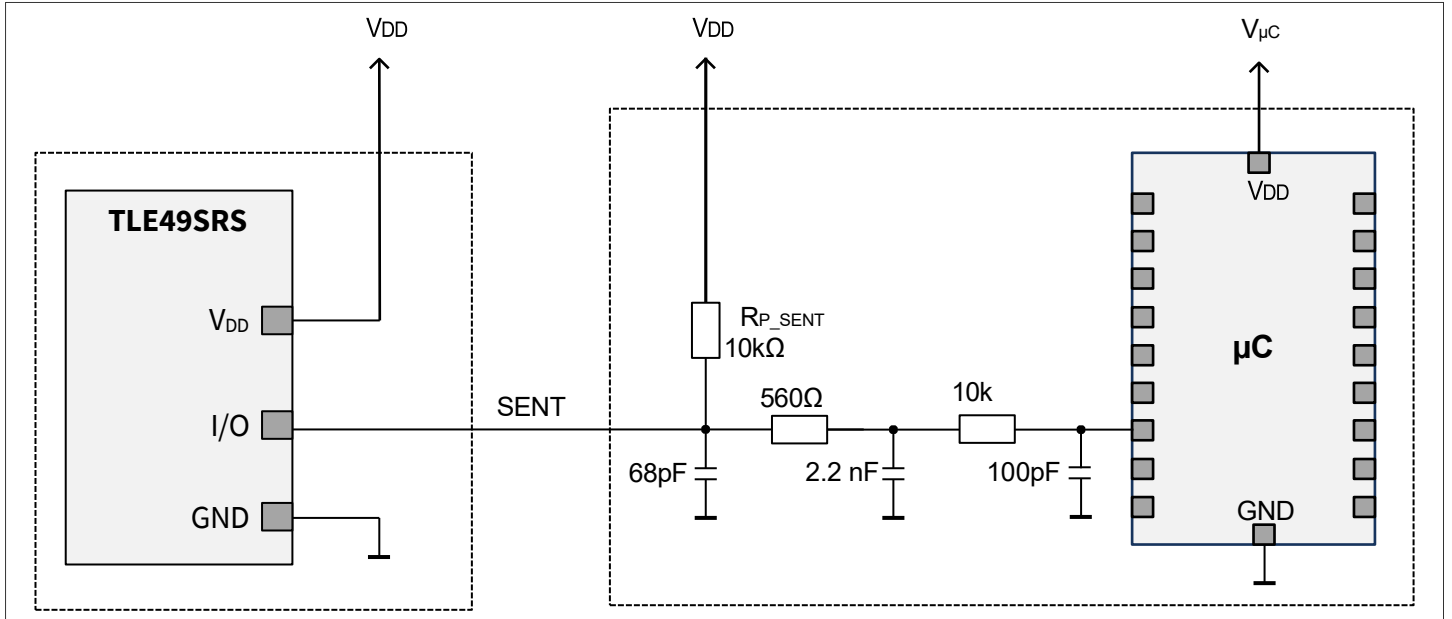


图 22 SENT 接口的应用电路

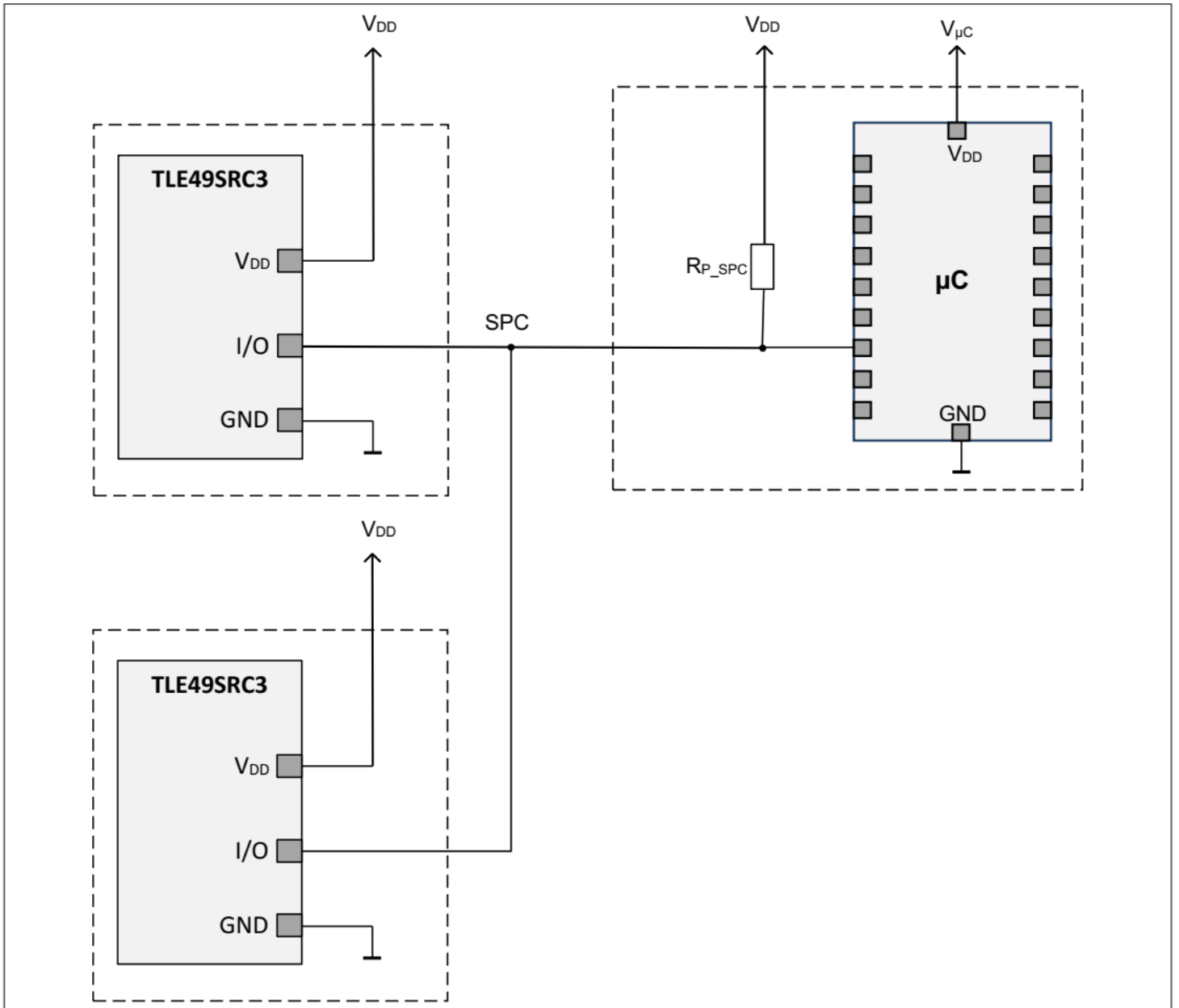


图 23 SPC 总线接口的应用电路

7 封装信息

该器件不含卤素、铅，符合 RoHS 规范。

表 35 模具到封装的位置公差

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Tilt	-	-	-	2	°	in respect to the z-axis and reference plane
Rotational displacement	-	-	-	3	°	in respect to the reference axis
Placement tolerance in package	-	-	-	100	μm	in x and y direction

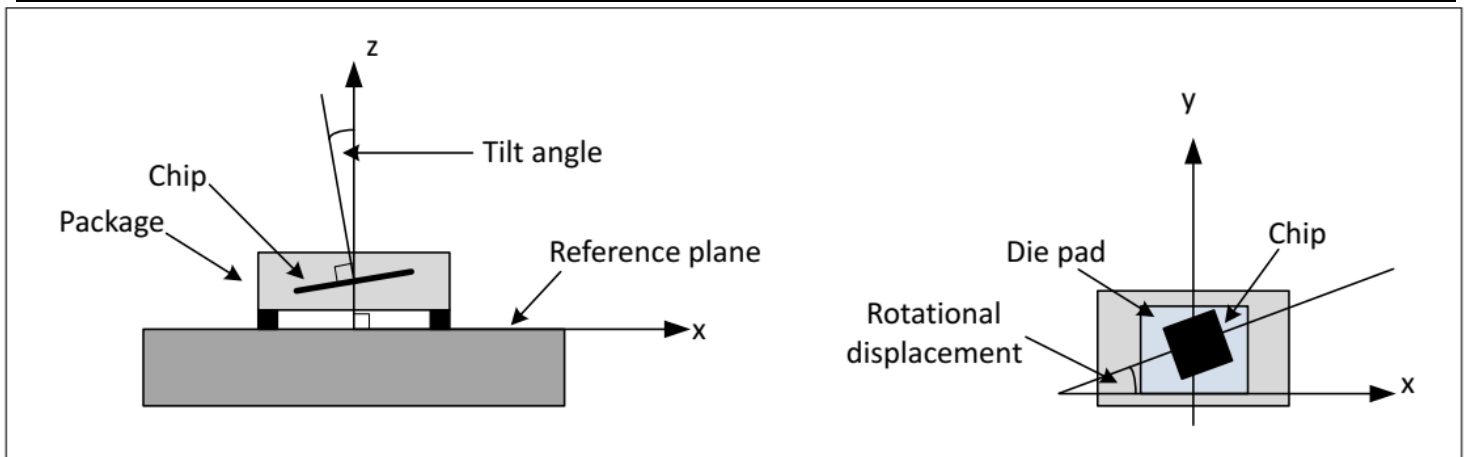


图 24 封装中模具的公差

封装类型为 PG-SSO-3-41

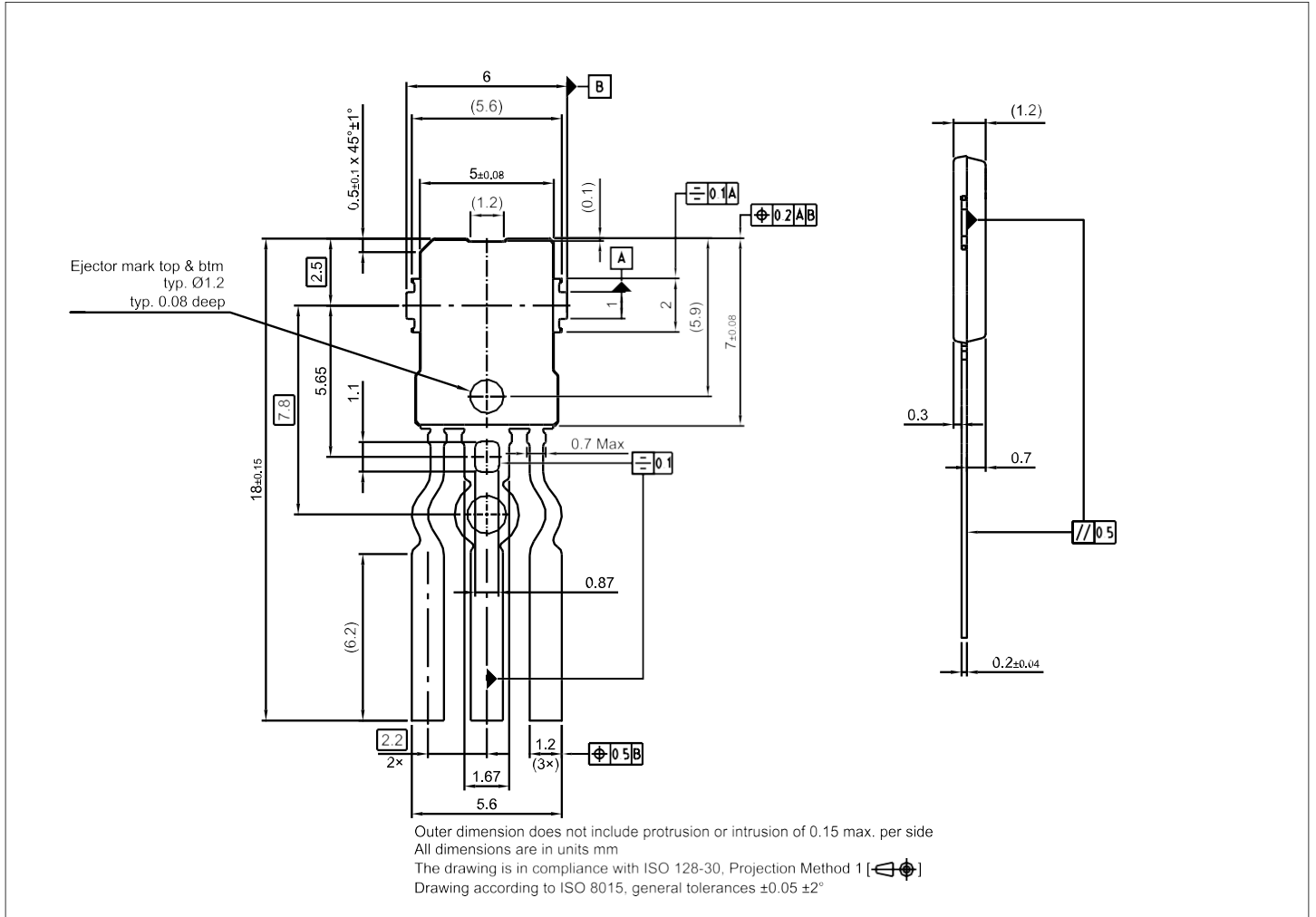


图 25 PG-SSO-3-41 封装图

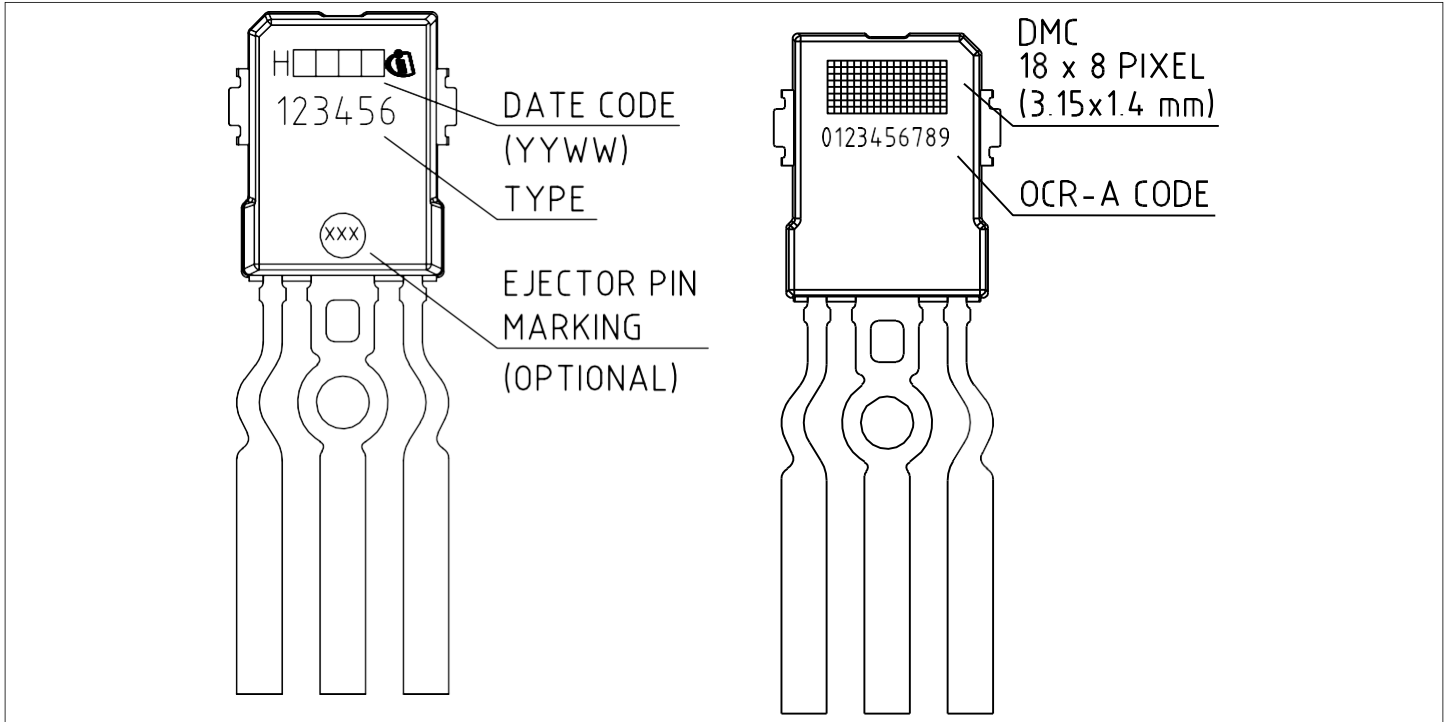


图 26 PG-SSO-3-41 标记规格

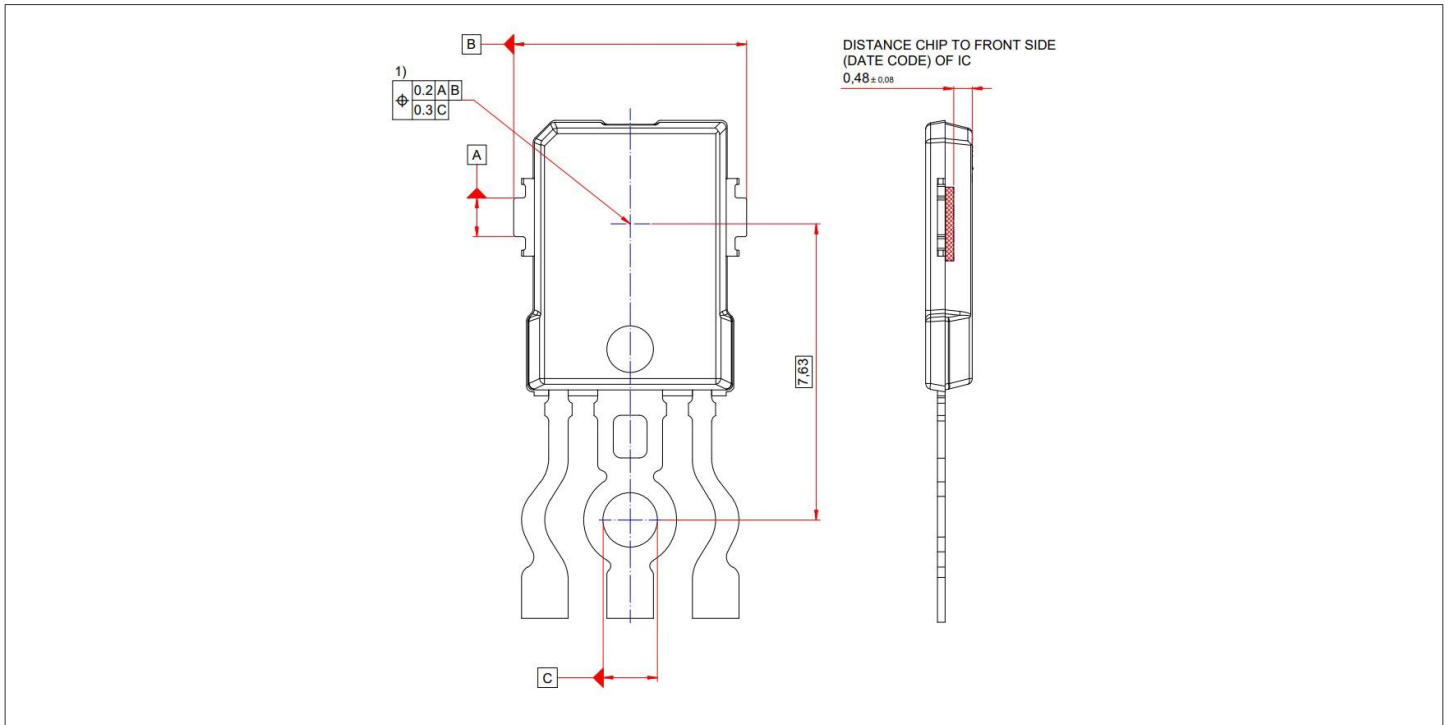


图 27 PG-SSO-3-41 敏感区中心

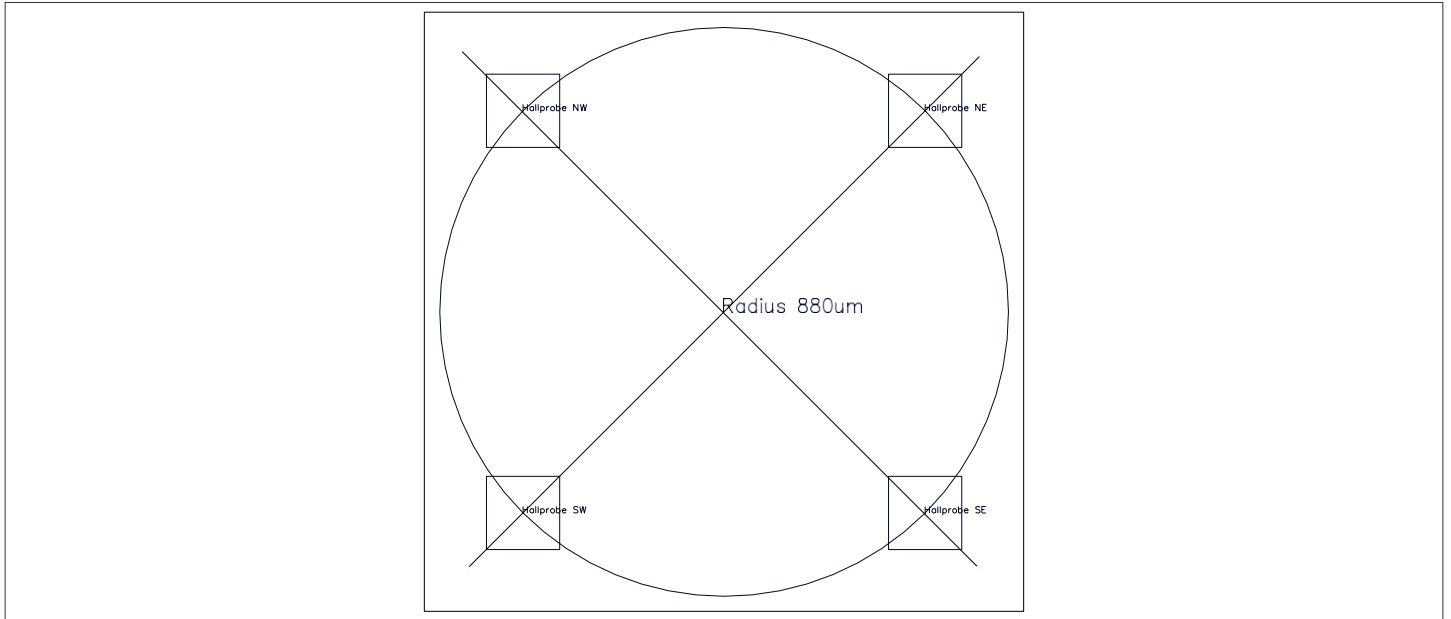


图 28

TLE49SR 霍尔元件半径

8 修订记录

Revision	Date	Change description
Rev. 1.00	2024-03-13	Initial 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 2026-03-30

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>。