

英飞凌 TLE49SRI3

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
- PSI5 协议 V1.3 和 V2.3 底盘与安全
- 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 $\pm 1^\circ$ 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）
- 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 PSI5 数字输出接口，符合 V2.3 基本标准和 V2.3 次标准底盘和安全要求。它还支持 PSI5 V1.3 规范的基本运行模式。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。该传感器是根据 ISO 26262 标准开发的，是一种脱离实际的安全元件。

表 1 变体排序代码

Product Type	Marking	Ordering Code	Package	Comment
TLE49SRI3	49SRI3	SP005398935	PG-SSO-3-41	PSI5 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.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	静电放电抗扰度.....	6
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.....	7
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.....	13
4.3	PG-SSO-3-41的内部电路	13
5	具体模块说明.....	14
5.1	诊断功能.....	14
5.1.1	磁场输出范围.....	14
5.1.2	欠压和过压条件.....	14
5.2	接口.....	15
5.2.1	PSI5 接口	15
5.2.1.1	PSI5 电流调制.....	16
5.2.1.2	同步脉冲	17
5.2.1.3	PSI5 初始化模式.....	18
5.2.1.4	插槽 ID 定义	19
5.2.1.5	帧控制.....	19
5.2.1.6	传输模式.....	19
5.2.1.6.1	异步模式.....	19
5.2.1.6.2	P10P 模式	19
5.2.1.6.3	P10 高分辨率	23
5.2.1.6.4	P16CRC 模式.....	31
5.2.1.6.5	P20CRC 模式.....	36
5.2.2	SICI 编程接口.....	39
5.3	编程特性.....	40
5.3.1	校准和查找表 (LUT).....	40
5.3.2	可编程测量范围.....	42
5.3.3	EEPROM	43

6	应用信息	44
7	封装信息	45
8	修订记录	49
	免责声明.....	50

1 框图

1 框图

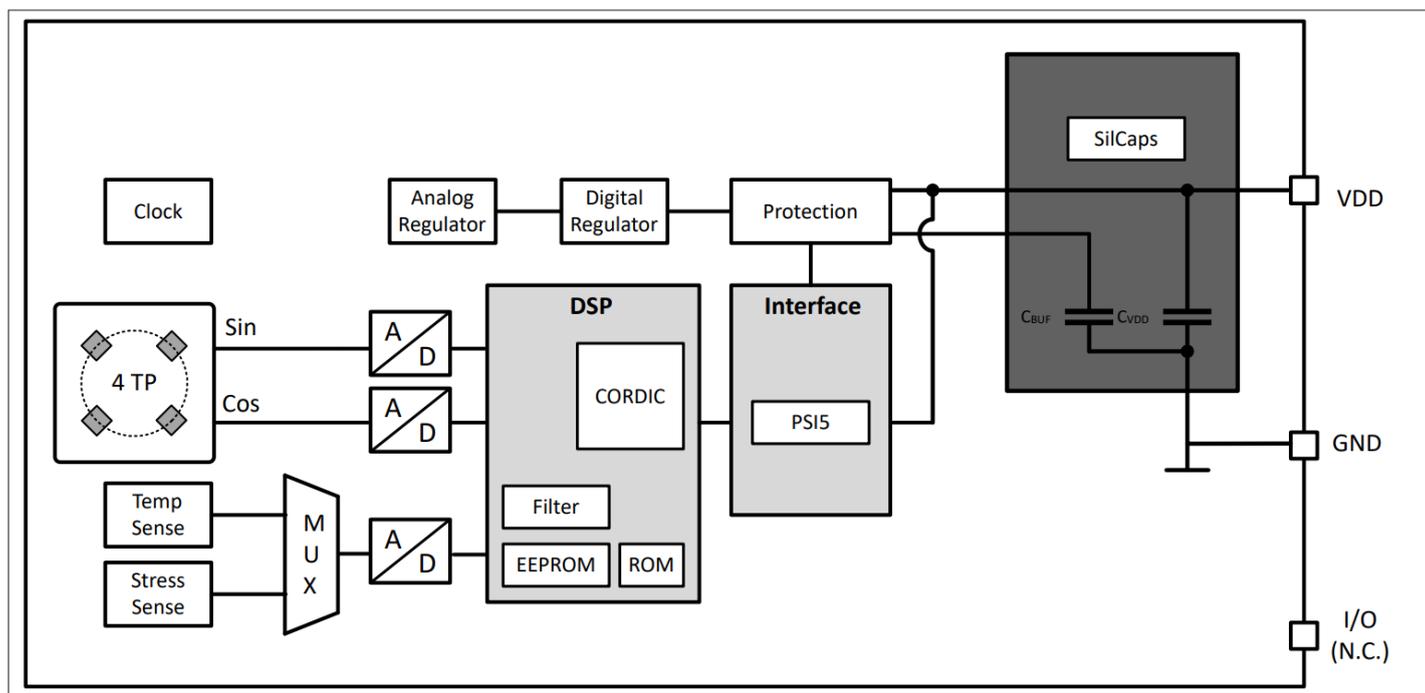


图 1 TLE49SR 的功能框图

2 引脚配置

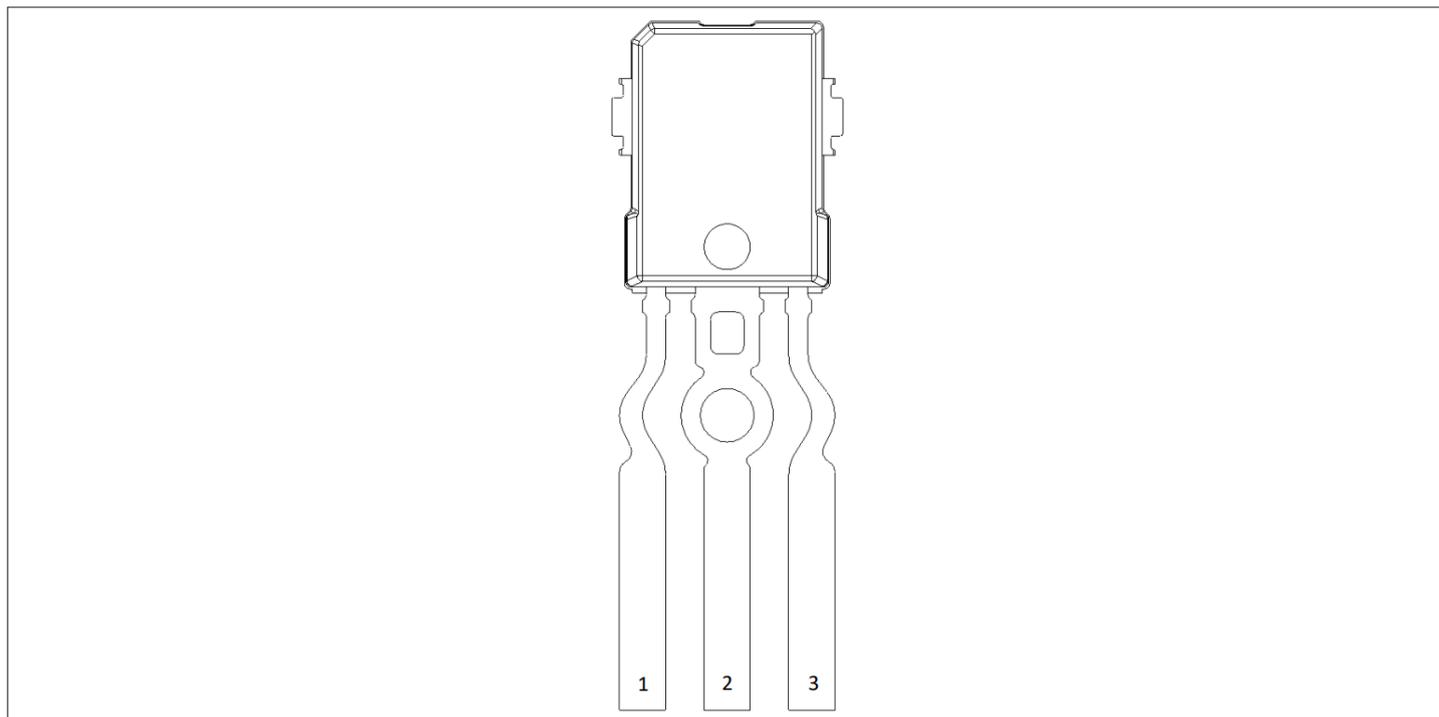


图 2 PG-SSO-3-41 引脚配置

表 2 引脚配置 PG-SSO-3-41

PIN number	Symbol	Description
1	n.c.	Not connected
2	GND	Ground
3	VDD	Supply voltage / PSI5 interface / programming interface

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 @ $T_J = 100^\circ\text{C}$
Voltage peaks VDD	V_{DD_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}	-105	-	50	mA	max. 40 h; 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 产品一般特性

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°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°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°C (not additive); Grade 0 qualification
Operating supply voltage	V _{DD}	5.0	-	11	V	-
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	-

3 产品一般特性

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。

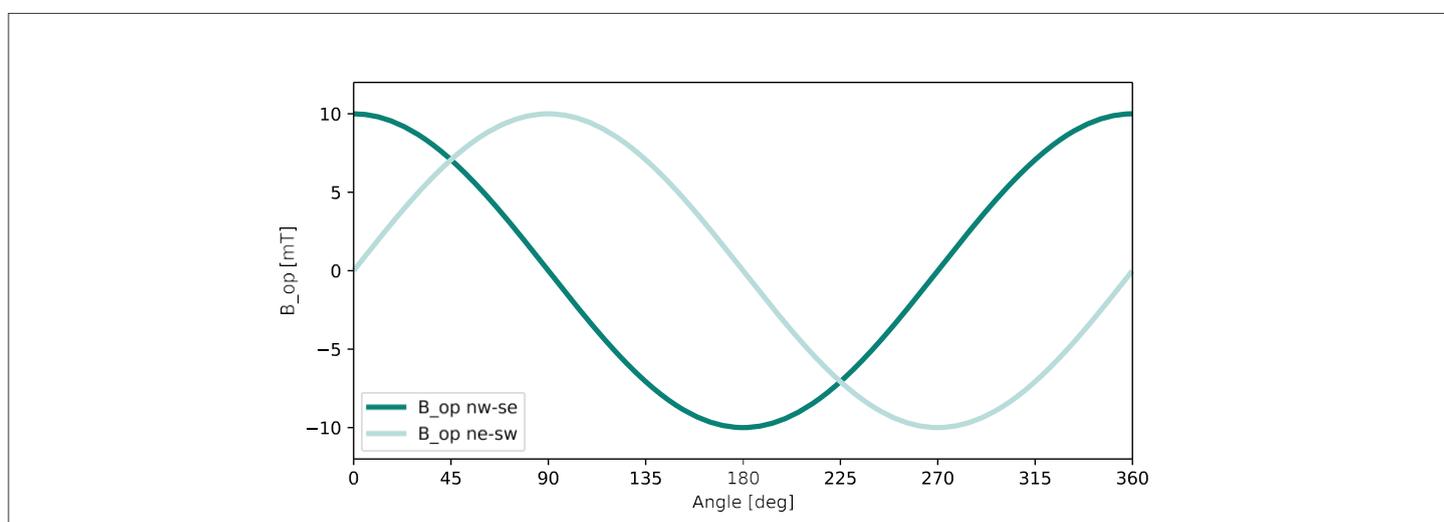


图 3 工作磁场示例

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

(表格续下页.....)

3 产品一般特性

表 10 (续) 角速度信号属性

Angle speed mode	va1	va2	va3	va4	Unit
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 功能描述

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

PSI5 接口时序

下图显示了从 PSI5 接口触发事件开始的接口时序概览。根据配置的滤波器特性对原始数据进行连续滤波，并随着接收到的触发同步脉冲的上升沿进行采样。一旦确定同步脉冲足够长，就开始使用 CORDIC 算法进行角度计算，并生成输出协议。这样，角度数据相对于触发事件的延迟时间就保持不变。

4 产品特性

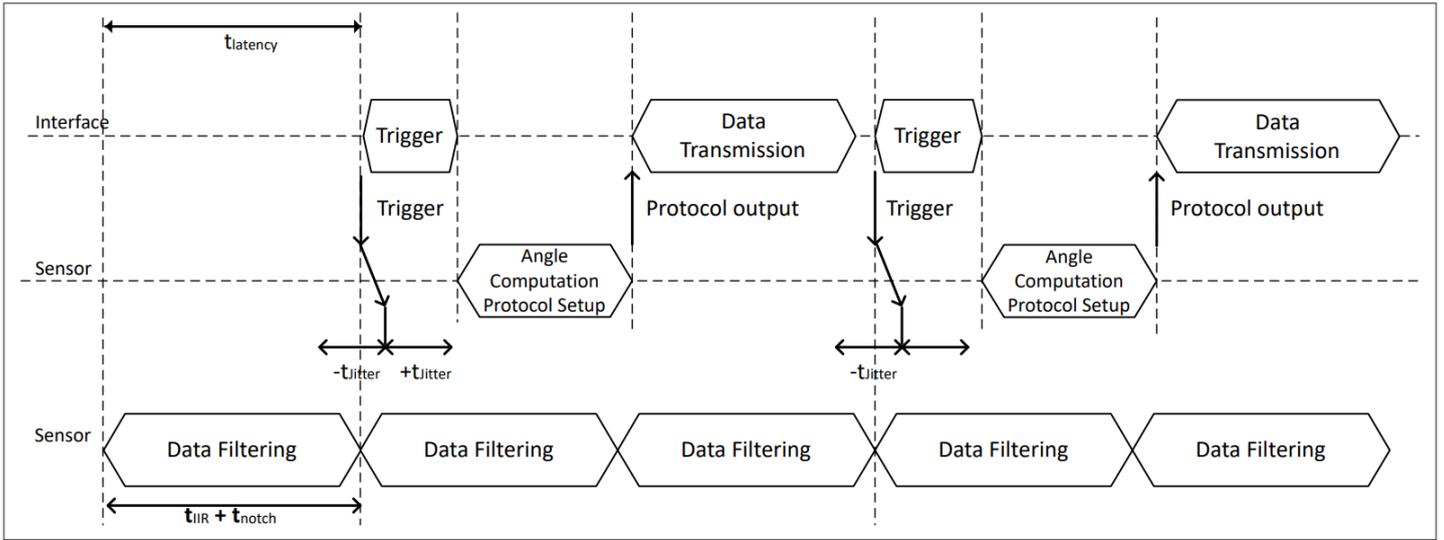


图 4 PSI5 接口时序概览

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： $t_{latency} = t_{jitter} + t_{notch} + t_{IIR}$ (μs)。

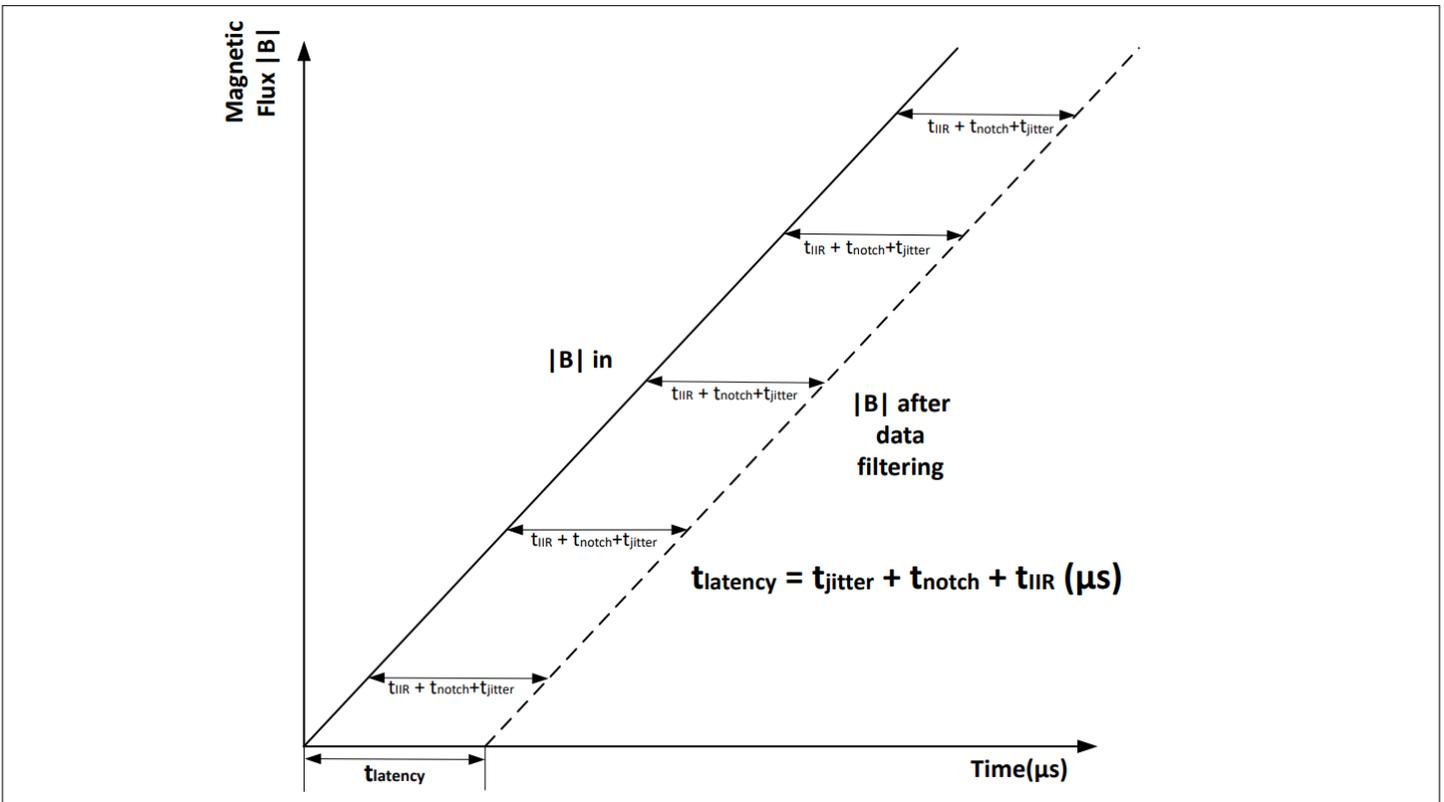


图 5 延迟时间说明

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。

4 产品特性

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 产品特性

4.2 电气特性

表 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}	5.1	6.8	8.5	nF	PG-SSO-3-41, PSI5
Capacitance at CBUF	C_{BUF}	51	68	85	nF	PG-SSO-3-41

5 具体模块说明

5.1 诊断功能

5.1.1 磁场超出范围

传感器通过状态位中的错误指示显示磁场超出指定范围。PSI5 错误协议中的诊断范围位提供了详细的错误描述。

5.1.2 欠压和过压条件

表 17 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}	16.5	-	21.5	V	above this level no protocol is transmitted
Undervoltage reset time	t_{UV}	-	-	50	μs	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}	1	1.5	2	V	-
Overvoltage reaction time	t_{OV_RT}	-	-	50	μs	time to react to overvoltage condition and disable output
Overvoltage recovery time	t_{OV}	-	-	50	μs	time after overvoltage condition to enable protocol output
Undervoltage reaction time	t_{UV_RT}	-	-	50	μs	time to react to undervoltage condition, and disable output
Undervoltage recovery time	t_{UV_RT}	-	-	50 + filter delay	μs	time after undervoltage condition to enable protocol output

5.2 接口

5.2.1 PSI5 接口

传感器支持 PSI5 接口，符合 V2.3 基本标准和 V2.3 底盘与安全次级标准。此外，还支持 PSI5 V1.3 规范的基本运行模式。

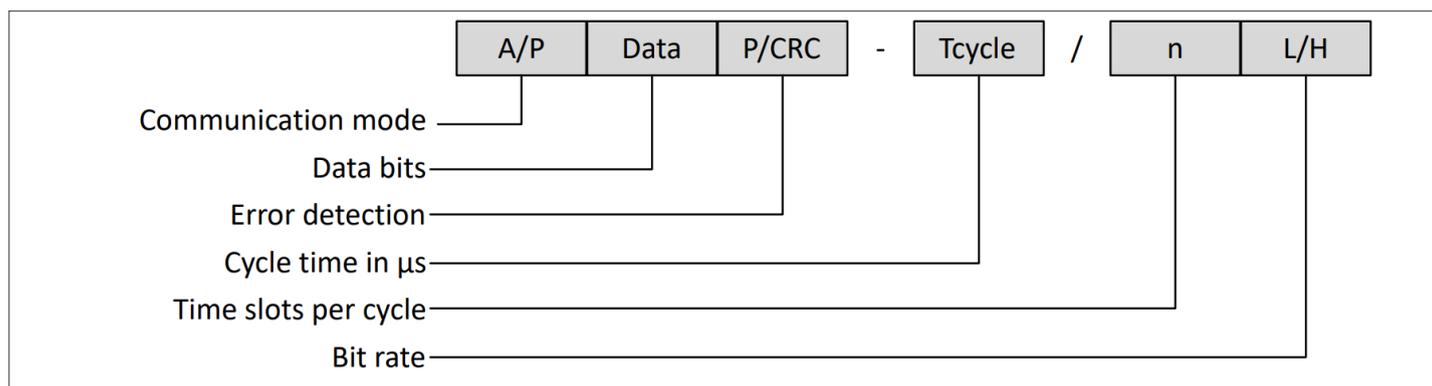


图 6 PSI5 工作模式名称

PSI5 模式的名称是这样定义的：

- 工作模式
 - A: 异步
 - P: 同步并行总线
- 位数：
 - 10 位
 - 10 位高分辨率
 - 16 位
 - 20 位
- 错误检测：
 - P: 一个奇偶校验位
 - CRC: 3 位循环冗余校验
- 周期时间（微秒）：
 - 200 微秒
 - 300 微秒
 - 400 微秒
 - 500 微秒
 - 1 毫秒
- 每个周期的时隙数：
 - 1 至 4，可单独配置
- 比特率：
 - L: 125 kbps
 - H: 189 kbps

5.2.1.1 PSi5 电流调制

PSi5 接口通过电源电流调制传输数据。静态电流 I_{s_low} 代表传感器的正常电流消耗。在 I_{s_high} 时，传感器的电流沉会增加，从而产生数据通信。数据帧使用曼彻斯特编码。上升斜率为逻辑"0"，下降斜率为逻辑"1"。

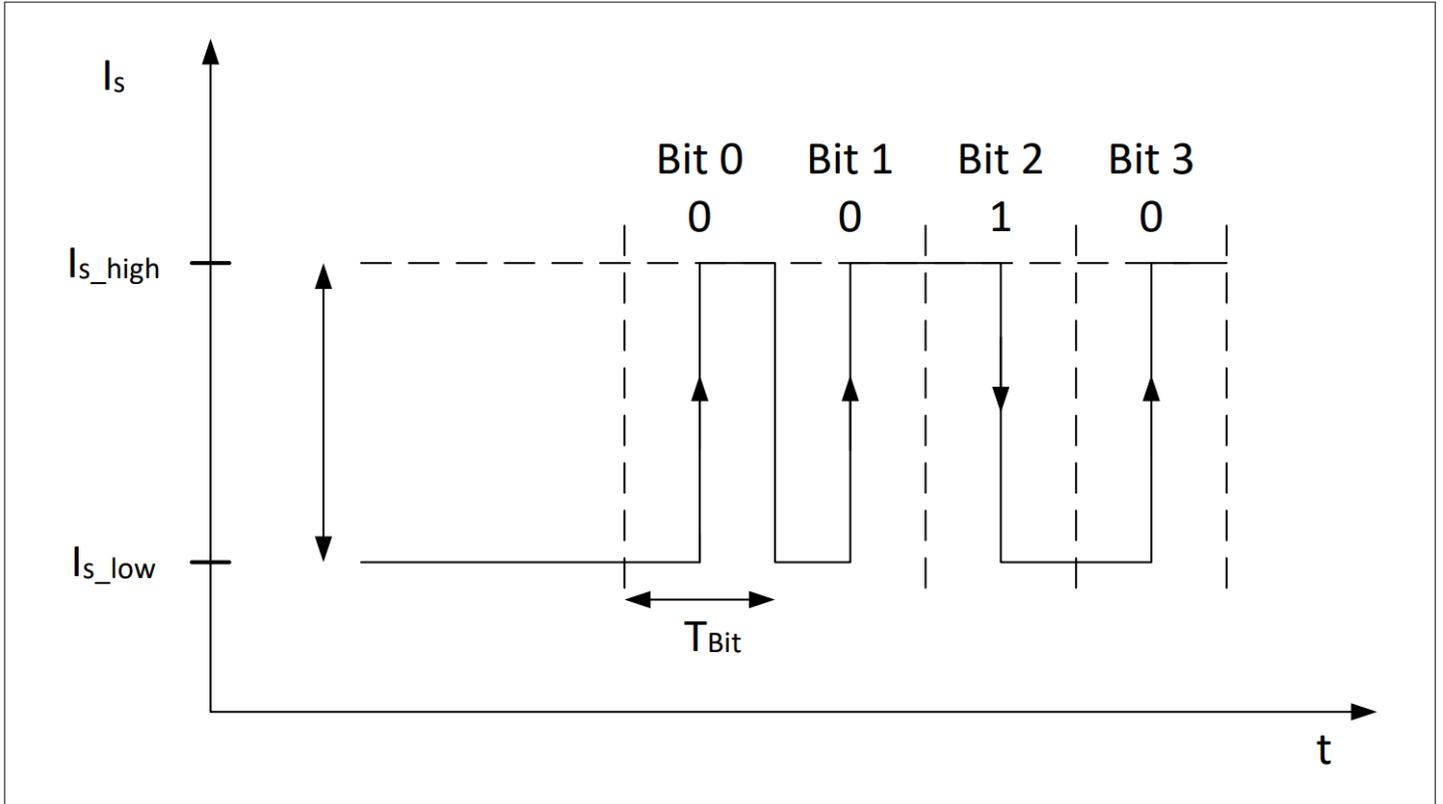


图 7 PSi5 电流调制与曼彻斯特编码

表 18 PSi5 电流调制参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Sink current	ΔI_{s_cm}	22	26	30	mA	Common mode
Sink current	ΔI_{s_lp}	11	13	15	mA	Low power mode
Quiescent current drift rate	$Drift_{I_s}$	0		10	mA/s	Measured after 1st order high-pass filter with corner frequency $f_{c1}=1\text{Hz}$

表 19 PSi5 时序参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Cycle time	T_{cycle}	200		1000	μs	Programmable

(表格续下页.....)

表 19 (续) PS15 时序参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Bit time high speed	$T_{\text{Bit_high}}$	5.0	5.3	5.6	μs	189 kbit/s (high speed)
Bit time low speed	$T_{\text{Bit_low}}$	7.6	8	8.4	μs	125 kbit/s (low speed)
Mark/Space Ratio at Sensor	MSR	47	50	53	%	$(t_{\text{fall}, 80} - t_{\text{rise}, 20}) / T_{\text{Bit}}$ ($t_{\text{fall}, 20} - t_{\text{rise}, 80}) / T_{\text{Bit}}$
Rising time current modulation	T_{Rise}	0.33	-	1	μs	20% to 80% of $\Delta I_S = (I_{S,\text{High}} - I_{S,\text{Low}})$
Falling time current modulation	T_{Fall}	0.33	-	1	μs	80% to 20% of $\Delta I_S = (I_{S,\text{High}} - I_{S,\text{Low}})$
Gap time high speed	T_{Gap}	5.6	5.9	-	μs	189 kbit/s mode
Gap time low speed	T_{Gap}	8.4	8.85	-	μs	125 kbit/s mode

5.2.1.2 同步脉冲

同步 (sync) 脉冲可为所有连接的传感器提供通用时基。ECU 通过电源线上的正电压调制产生同步脉冲。同步脉冲可长可短。

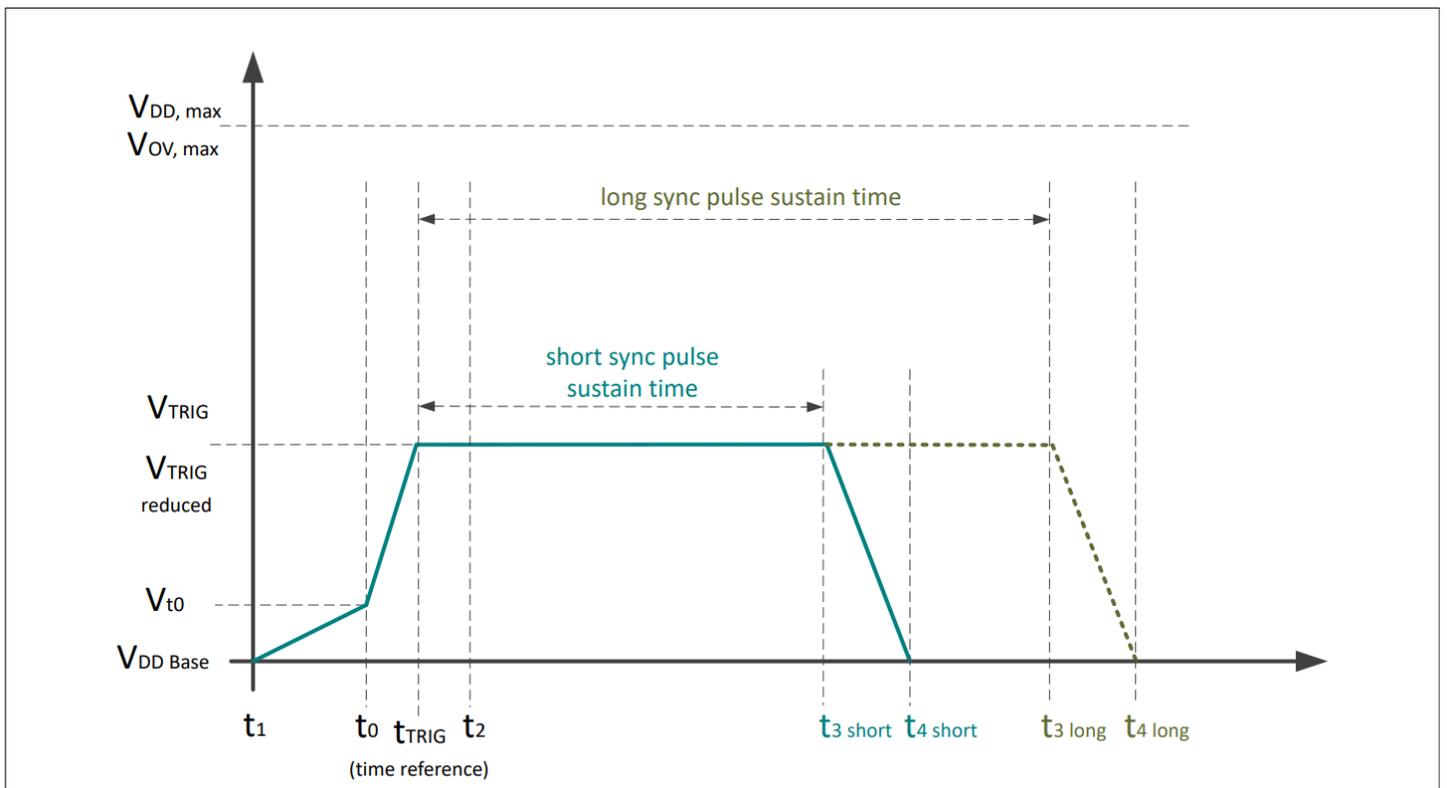


图 8 PS15 同步脉冲

表 20 同步脉冲参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Threshold sensor trigger	V_{trig}	$V_{DD} + 1.4$	$V_{DD} + 2.0$	$V_{DD} + 2.6$	V	Standard sync pulse
Threshold reduced sensor trigger	V_{trig_red}	$V_{DD} + 1.2$	$V_{DD} + 1.5$	$V_{DD} + 1.8$	V	Reduced sync pulse
Sync pulse hold time short	T_{sync_short}	9	-	28	μs	
Sync pulse hold time long	T_{sync_long}	36	-	55	μs	

5.2.1.3 PS15 初始化模式

初始化过程分为三个阶段，传感器仅在每次开机复位或软复位（如果软复位前未达到正常运行状态--可在 EEPROM 中配置）后的第 2 阶段发送初始化数据，因此在发送任何有效的传感器数据之前。在第 2 阶段，数据报文重复次数系数 k 通常为 4，但客户可自行配置。

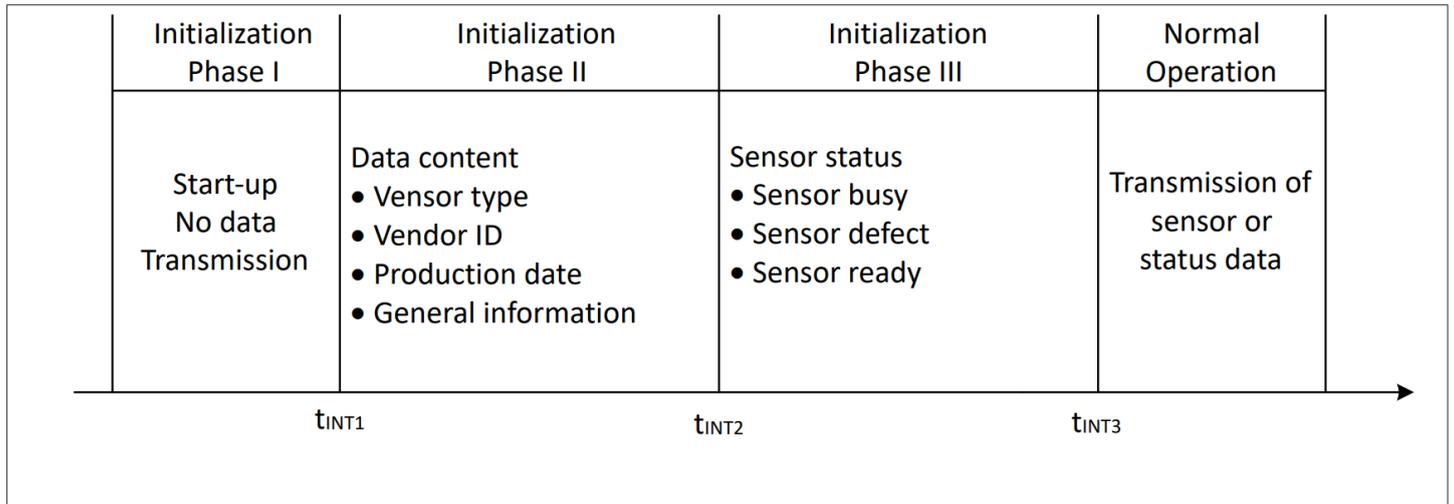


图 9 传感器初始化阶段

PS15 元信息初始化

在不同应用领域的传感器连接到一个总线系统（如动力总成、底盘和安全传感器）的情况下，可选的“元信息”标头保证了不同协议的互操作性，该标头在识别阶段开始时至少传输一次，标明 PS15 版本和用于识别数据传输的方法。无论采用何种识别程序，标头数据字段都以状态数据格式（数据范围 3 以外的 10 位值）发送。对于使用数据范围初始化（Data Range Initialization）* 的系统，元数据头是强制性的，至少包括一个标识符（ID1）和一个数据字节（D1）。

注释： TLE49SRI3 仅支持数据范围初始化。

可选择初始化阶段关闭功能

初始化阶段 1 的实际启动时间是可编程的。第 2 阶段和第 3 阶段传输的帧数均可编程。此外，如果第 2 阶段或第 3 阶段选择了零帧（即编程）则启动程序中省略相应阶段。

5.2.1.4 插槽 ID 定义

角度数据、角速度数据和温度数据的分配可为每个周期最多四个单独的槽进行配置。槽 ID 数据内容在传感器 EEPROM 中定义。如果所有插槽的配置都是"none"（即配置错误），则传感器使用插槽 1 作为默认角度数据输出。

在 PSI5 初始化阶段，所有选定的插槽都会为一个同步脉冲传输相同的数据。这样做是为了确保有多个配置插槽的传感器与只有一个插槽的传感器在启动过程中所需的时间相同。

5.2.1.5 帧控制

每当检测到一个有效的同步脉冲，帧控制就会递增 1，计数器会自动绕到 7 以上。

如果同步脉冲无效，则帧控制不会递增。

如果传输了多个插槽，则所有这些插槽都将具有相同的帧控制。

5.2.1.6 传输模式

传感器支持 PSI5 异步模式（A）和同步并行总线模式（P）。在异步模式下，传感器根据配置的周期时间定期传输数据。而在同步模式下，传感器传输由 ECU 通过发射同步脉冲触发。

5.2.1.6.1 异步模式

单向、异步数据传输。每个传感器通过两根导线与 ECU 连接。接通电源后，传感器开始定期向 ECU 传输数据。数据传输的时间和重复率由传感器控制。

5.2.1.6.2 P10P 模式

每种 PSI5 模式的初始化第二阶段都不同。此外，每个帧最多可重复 4 次，这由重复系数 k 定义。P10P 模式的初始化阶段 II 如下图所示。

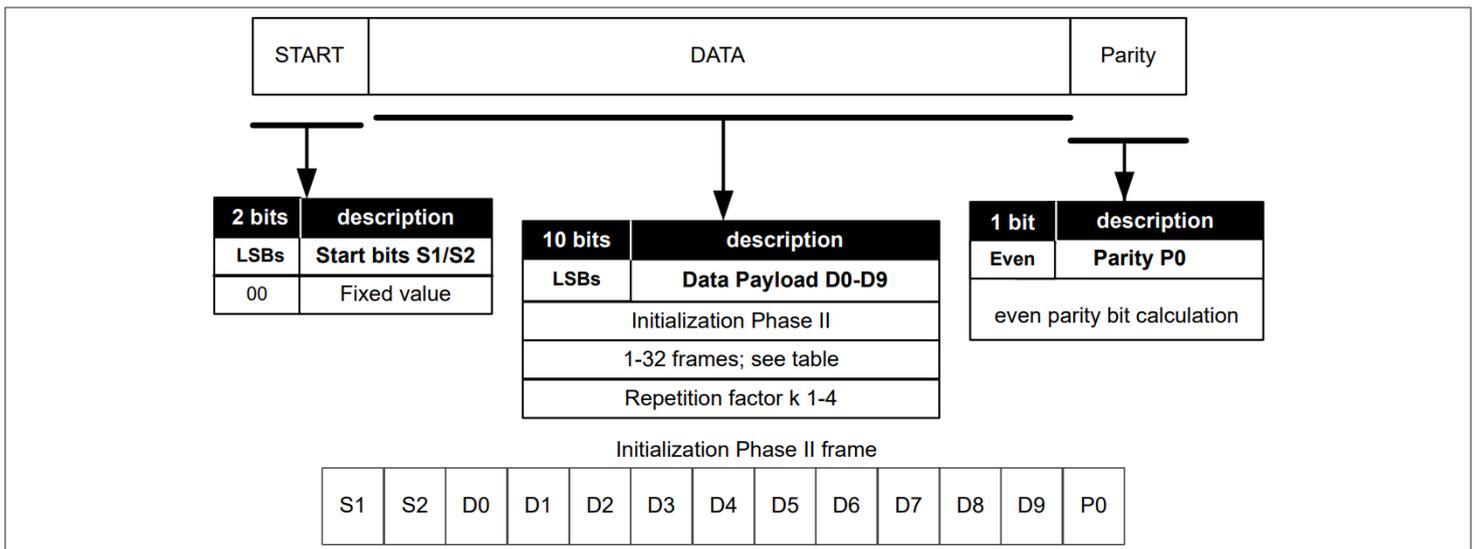


图 10 P10P 模式初始化第二阶段

5 具体模块说明

P10P 模式初始化第二阶段数据内容

下表定义了初始化第二阶段的第 0-31 帧：

表 21 P10P 模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0	ID01	0000	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	PSI5 Version (0110 = PSI5 v2.3)	0110	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
1	ID02	0001	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	Number of init frames to be transmitted (part 1)	eep_prot_psi5_init_frames ¹⁾	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
2	ID03	0010	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Number of init frames to be transmitted (part 2)	eep_prot_psi5_init_frames ¹⁾	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
3	ID04	0011	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	Vendor ID	eep_vendor_id	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
4	ID05	0100	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4	Vendor ID	eep_vendor_id	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
5	ID06	0101	-	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	Sensor Type (part 1)	eep_sensor_type	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
6	ID07	0110	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
6	Sensor Type (part 2)	eep_sensor_type	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
7	ID08	0111	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
7	User ID (part 1)	eep_usr_id_1	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
8	ID09	1000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8	User ID (part 2)	eep_usr_id_0	15:12	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
9	ID10	1001	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9	User ID (part 3)	eep_usr_id_0	11:8	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
10	ID11	1010	-	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
10	User ID (part 4)	eep_usr_id_0	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
11	ID12	1011	-	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
11	User ID (part 5)	eep_usr_id_0	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
12	ID13	1100	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
12	Production date (part 1)	eep_usr_prot_date	15:12	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
13	ID14	1101	-	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
13	Production date (part 2)	eep_usr_prot_date	11:8	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
14	ID15	1110	-	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1

(表格续下页.....)

5 具体模块说明

表 21 (续) P10P 模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
14	Production date (part 3)	eep_usr_prot_date	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
15	ID16	1111	-	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
15	Production date (part 4)	eep_usr_prot_date	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
16	ID01	0000	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	Wafer X Coordinates (part 1)	eep_wafer_x_coord	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
17	ID02	0001	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	Wafer X Coordinates (part 2)	eep_wafer_x_coord	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
18	ID03	0010	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
18	Wafer Y Coordinates (part 1)	eep_wafer_y_coord	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
19	ID04	0011	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
19	Wafer Y Coordinates (part 2)	eep_wafer_y_coord	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
20	ID05	0100	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	Wafer Lot Number (part 1)	eep_lot_wafer_nr	5:4	x	x	0	0	1	0	0	0	0	1
21	ID06	0101	-	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
21	Wafer Lot Number (part 2)	eep_lot_wafer_nr	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
22	ID07	0110	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
22	Lot Serial Number (part 1)	eep_lot_serial_19_10	9:6	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
23	ID08	0111	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
23	Lot Serial Number (part 2)	eep_lot_serial_19_10	5:2	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
24	ID09	1000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
24	Lot Serial Number (part 3)	eep_lot_serial_19_10 eep_lot_serial_9_0	1:0 9:8	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
25	ID10	1001	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
25	Lot Serial Number (part 4)	eep_lot_serial_9_0	7:4	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
26	ID11	1010	-	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
26	Lot Serial Number (part 5)	eep_lot_serial_9_0	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
27	ID12	1011	-	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
27	Fab Location	eep_fab_location	1:0	x	x	0	0	1	0	0	0	0	1
28	ID13	1100	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
28	Bitmap ID	eep_bitmap_id	3:0	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1
29	ID14	1101	-	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1

(表格续下页.....)

5 具体模块说明

表 21 (续) P10P 模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
29	Unused	0000	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
30	ID15	1110	-	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
30	Unused	0000	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
31	ID16	1111	-	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
31	Unused	0000	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

¹⁾ 如果设置了更高的值，eep_prot_psi5_init2_frames 将被钳位在最大值 32，因为这是将要传输的最大帧数

P10P 模式初始化第三阶段数据内容

D9 至 D0 位将包含传感器状态，根据错误标志状态，传感器状态可有以下三种值之一：

表 22 初始化第三阶段的帧

Sensor Status	Data	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
SENSOR_BUSY	0x1E8	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
SENSOR_DEFECT	0x1F4	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
SENSOR_READY	0x1E7	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

P10P 正常运行模式

P10P 模式的正常运行支持 3 种不同的帧格式：

- 10 位角度数据
- 10 位角速度数据
- 8 位温度数据

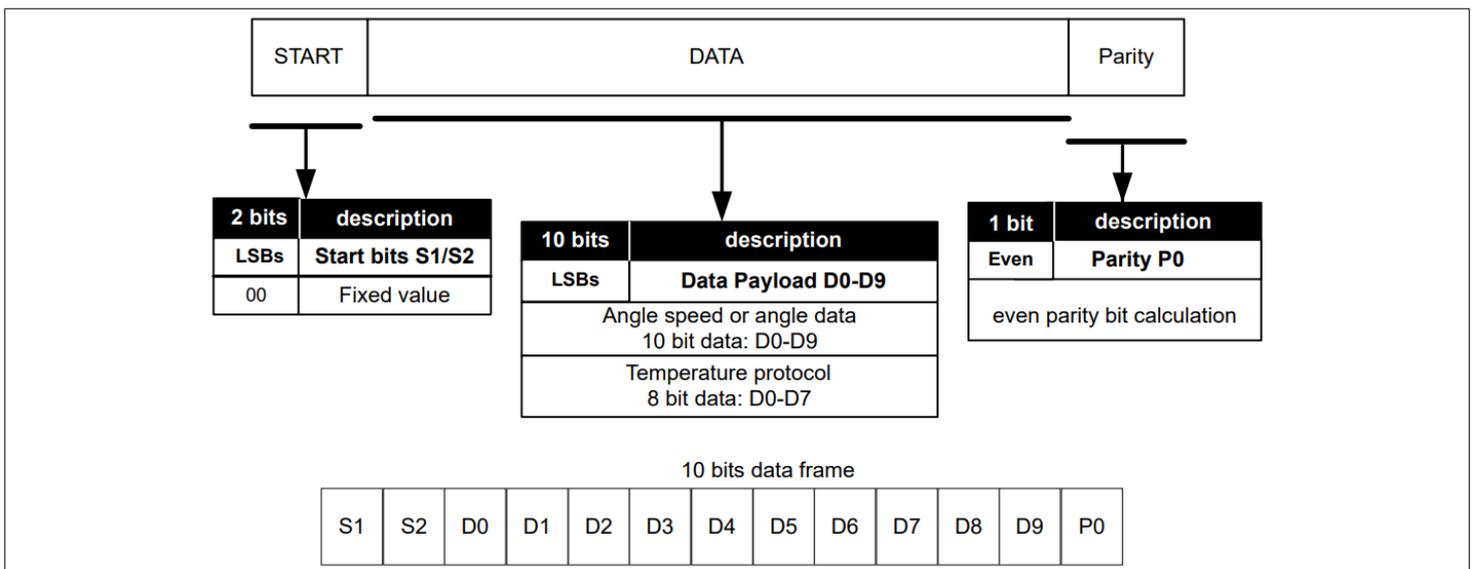


图 11 正常运行时的 P10P 模式

由于协议位数有限，该协议在正常运行时只有一个变体可用。

P10P data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle resolution
10 bit	angle value	15:6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.375°/LSB

图 12 P10P 角度协议数据

注释： 根据 PSI5 标准，角度值按比例调整，以适应[-480, 480] 的数值范围。

角速度协议取决于所选的角速度传输模式。

P10P angle speed mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle speed resolution
va1 (+-1000 °/s)	angle speed value	11:02	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2.083°/s/LSB
va2 (+-5000 °/s)	angle speed value	11:02	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	10.417°/s/LSB
va3 (+-4606°/s)	angle speed value	15:06	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	9.596°/s/LSB
va4 (+-180000°/s)	angle speed value	15:06	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	375°/s/LSB

图 13 P10P 角速度协议数据

温度协议传输来自内部温度计的完整 8 位数据。

P10P Temperature	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Angle resolution
8 bit	Temperature	7:0	0	1	2	3	4	5	6	7	1°C/LSB

图 14 P10P 温度数据

P10P 错误模式

对于 P10 定义，没有定义专门的错误条件协议。相反，该协议使用 PSI5 数据范围，因此错误信息由状态和错误信息范围内的值表示。参见 [P10P 模式初始化第三阶段数据内容](#)

5.2.1.6.3 P10 高分辨率

P10 高分辨率模式意味着两个 10 位帧（即分配给两个相邻插槽）组合起来，传输 12 位内容（角度、角速度或温度）。引入一个专用位来指示低字节或高字节帧。顺序是先高字节，后低字节。

为了使用 P10 高分辨率模式，必须分配两个相邻的具有相同数据内容的插槽（例如：槽 1 和槽 2 的角度数据；其他选项为角度速度或温度）。

P10 高分辨率模式初始化第二阶段数据内容

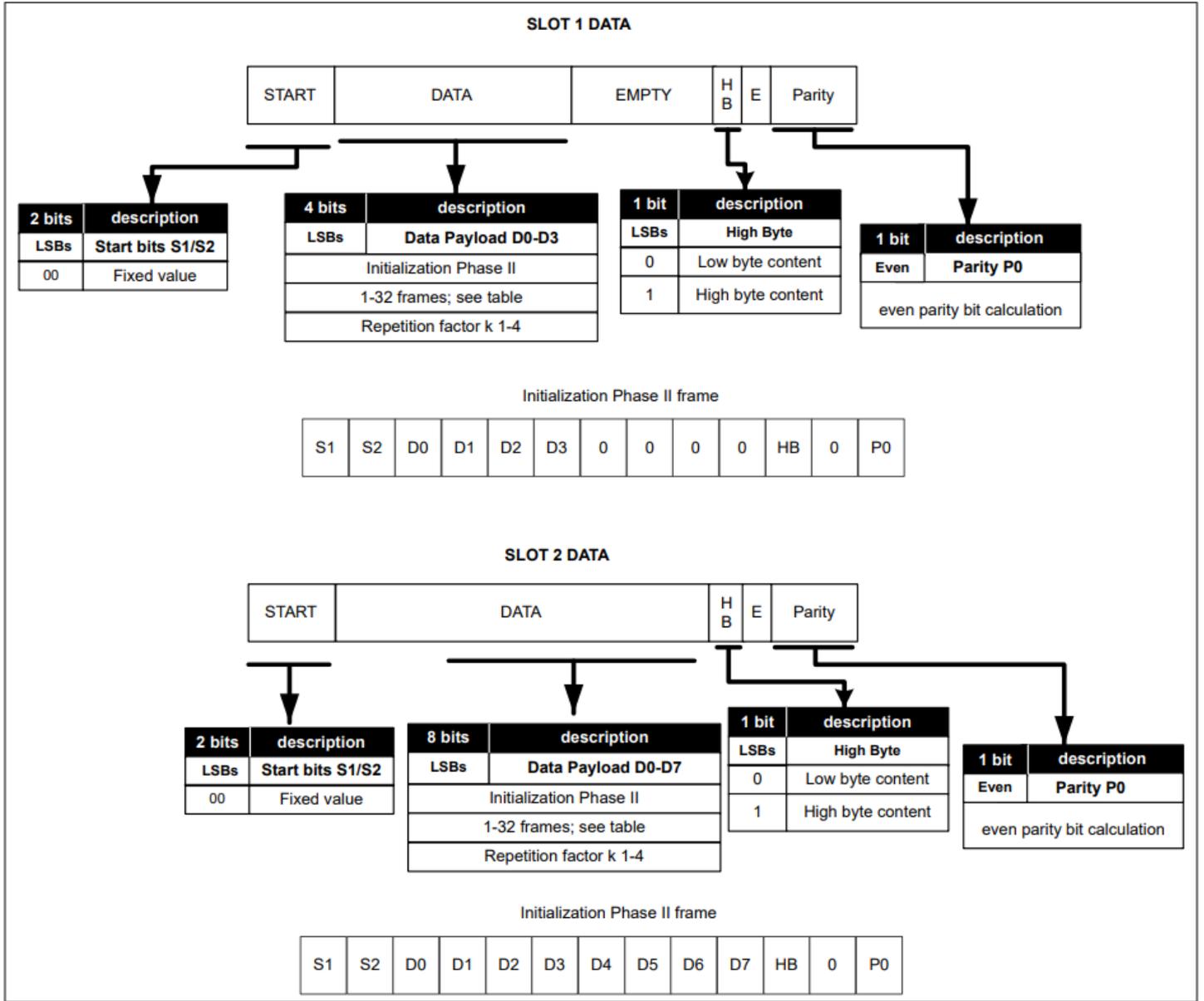


图 15 P10 高分辨率模式初始化第二阶段

注释: 12 位初始化数据在高字节和低字节之间分割。这意味着，如第一行所示，12 位初始化数据的前 4 个最有效位通过第一插槽的 D0 至 D3 位传输，其余 8 个最小有效位通过第二插槽的 D0 至 D7 位传输。

下表定义了初始化第二阶段的第 0-31 帧：

表 23 P10 高分辨率模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	Slot 1				Slot 2									
				D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7		
0	ID01	0000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(表格续下页.....)

表 23 (续) P10 高分辨率模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	Slot 1				Slot 2							
				D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	PSi5 Version (0110 = PSi5 v2.3)	0110	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
1	ID02	0001	-	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	Number of init frames to be transmitted (part 1)	eep_prot_psi5_init 2_frames ¹⁾	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
2	ID03	0010	-	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	Number of init frames to be transmitted (part 2)	eep_prot_psi5_init 2_frames ¹⁾	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
3	ID04	0011	-	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
3	Vendor ID	eep_vendor_id	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
4	ID05	0100	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
4	Vendor ID	eep_vendor_id	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
5	ID06	0101	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
5	Sensor Type (part 1)	eep_sensor_type	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
6	ID07	0110	-	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
6	Sensor Type (part 2)	eep_sensor_type	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
7	ID08	0111	-	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
7	User ID (part 1)	eep_usr_id_1	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
8	ID09	1000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
8	User ID (part 2)	eep_usr_id_0	15:12	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
9	ID10	1001	-	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
9	User ID (part 3)	eep_usr_id_0	11:8	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
10	ID11	1010	-	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
10	User ID (part 4)	eep_usr_id_0	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
11	ID12	1011	-	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
11	User ID (part 5)	eep_usr_id_0	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
12	ID13	1100	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
12	Production date (part 1)	eep_usr_prot_date	15:12	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
13	ID14	1101	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
13	Production date (part 2)	eep_usr_prot_date	11:8	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
14	ID15	1110	-	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
14	Production date (part 3)	eep_usr_prot_date	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
15	ID16	1111	-	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0

(表格续下页.....)

5 具体模块说明

表 23 (续) P10 高分辨率模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	Slot 1				Slot 2							
				D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
15	Production date (part 4)	eep_usr_prot_date	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
16	ID01	0000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Wafer X Coordinates (part 1)	eep_wafer_x_coord	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
17	ID02	0001	-	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
17	Wafer X Coordinates (part 2)	eep_wafer_x_coord	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
18	ID03	0010	-	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
18	Wafer Y Coordinates (part 1)	eep_wafer_y_coord	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
19	ID04	0011	-	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
19	Wafer Y Coordinates (part 2)	eep_wafer_y_coord	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
20	ID05	0100	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
20	Wafer Lot Number (part 1)	eep_lot_wafer_nr	5:4	0	0	0	1	0	0	x	x	0	0	1	0
21	ID06	0101	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
21	Wafer Lot Number (part 2)	eep_lot_wafer_nr	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
22	ID07	0110	-	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
22	Lot Serial Number (part 1)	eep_lot_serial_19_10	9:6	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
23	ID08	0111	-	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
23	Lot Serial Number (part 2)	eep_lot_serial_19_10	5:2	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
24	ID09	1000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
24	Lot Serial Number (part 3)	eep_lot_serial_19_10 eep_lot_serial_9_0	1:0 9:8	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
25	ID10	1001	-	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
25	Lot Serial Number (part 4)	eep_lot_serial_9_0	7:4	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
26	ID11	1010	-	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
26	Lot Serial Number (part 5)	eep_lot_serial_9_0	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
27	ID12	1011	-	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
27	Fab Location	eep_fab_location	1:0	0	0	0	1	0	0	x	x	0	0	1	0
28	ID13	1100	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0

(表格续下页.....)

表 23 (续) P10 高分辨率模式初始化第二阶段数据内容

Frame	Description	Bitmap Bitfield / Data	Bitfield Bits	Slot 1				Slot 2							
				D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
28	Bitmap ID	eep_bitmap_id	3:0	0	0	0	1	0	0	x	x	x	x	1	0
29	ID14	1101	-	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
29	Unused	0000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
30	ID15	1110	-	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
30	Unused	0000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
31	ID16	1111	-	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
31	Unused	0000	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

¹⁾ 如果设置了更高的值，eep_prot_psi5_init2_frames 将被钳位在最大值 32，因为这是将要传输的最大帧数

P10 高分辨率模式初始化第三阶段数据内容

表 24 初始化第三阶段的帧

Sensor Status	Data	Slot 1				Slot 2								
		D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
SENSOR_BUSY	0x1E8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SENSOR_DEFECT	0x1F4	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
SENSOR_READY	0x1E7	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1

注释： 原始的10 位值按比例放大到12 位（左移2 位）。

P10 高分辨率正常运行模式

P10 高分辨率模式的正常运行支持 3 种不同的帧格式：

- 12 位角度数据
- 12 位角速度数据
- 8 位温度数据

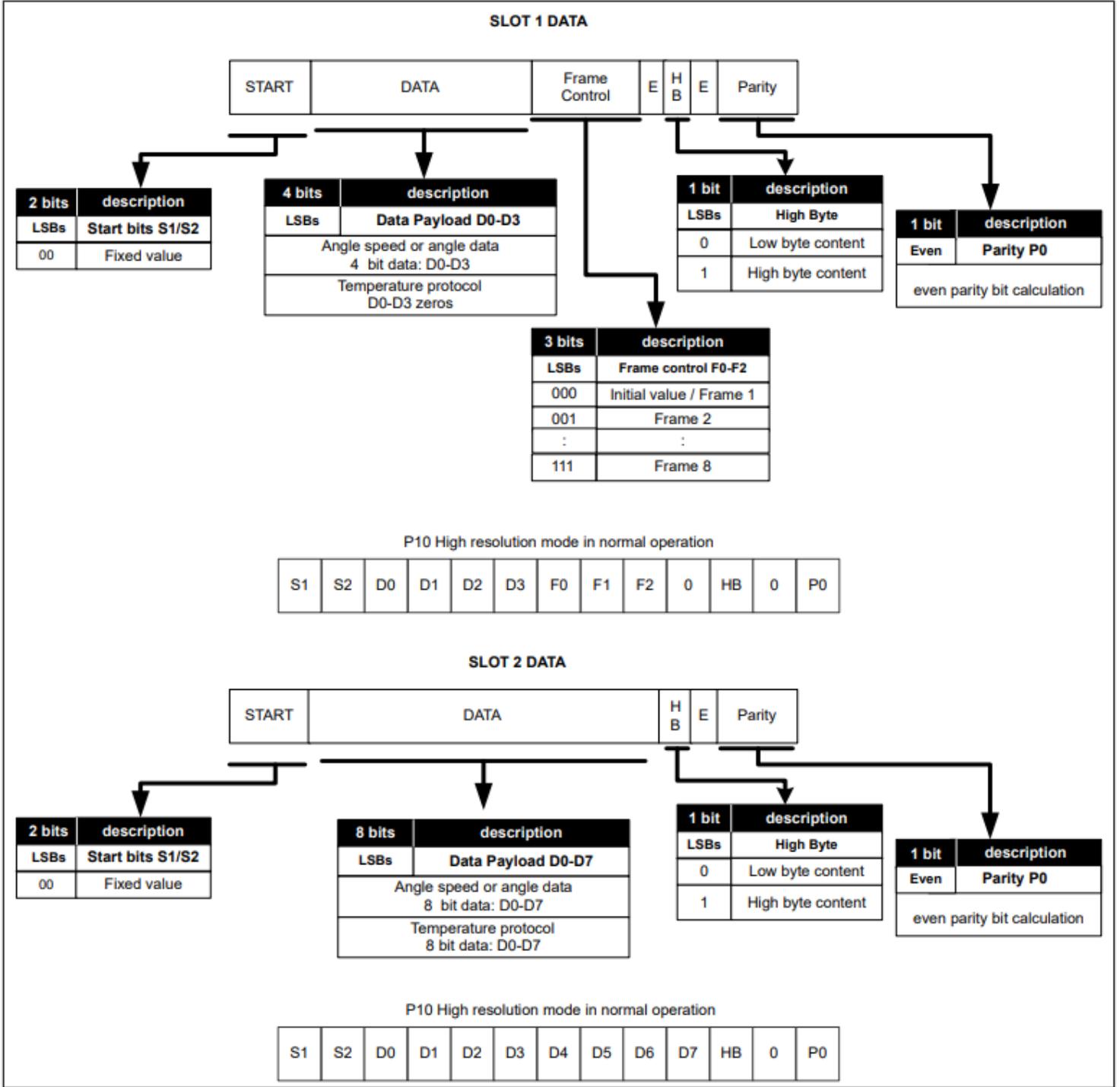


图 16 P10 高分辨率正常运行模式

由于协议位数有限，该协议在正常运行时只有一个变体可用。

P10 high resolution data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	Slot 1				Slot 2							Angle resolution	
			D0	D2	D1	D0	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6		D7
10 bit	Angle value	15:4	12	13	14	15	4	5	6	7	8	9	10	11	0.094°/LSB

图 17 P10 高分辨率角度协议数据

注释： 根据PS15 标准，角度值按比例调整，以适应[-1920, 1920] 的数值范围。

角速度协议取决于所选的角速度传输模式。

P10 high resolution angle mode	Data [LSB]	Bitfield bits	Slot 1				Slot 2							Angle speed resolution	
			D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6		D7
$v\alpha 1 (\pm 1000^\circ/s)$	Angle speed value	11:0	8	9	10	11	0	1	2	3	4	5	6	7	0.521°/s/LSB
$v\alpha 2 (\pm 5000^\circ/s)$	Angle speed value	11:0	8	9	10	11	0	1	2	3	4	5	6	7	2.604°/s/LSB
$v\alpha 3 (\pm 4606^\circ/s)$	Angle speed value	15:4	12	13	14	15	4	5	6	7	8	9	10	11	2.399°/s/LSB
$v\alpha 4 (\pm 180000^\circ/s)$	Angle speed value	15:4	12	13	14	15	4	5	6	7	8	9	10	11	93.75°/s/LSB

图 18 P10 高分辨率角速度协议

温度协议传输内部温度的完整 8 位。

P10 high resolution temperature	Data [LSB]	Bitfield bits	Slot 2							Temperature resolution	
			D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6		D7
10 bit	Temp.	7:0	0	1	2	3	4	5	6	7	1°C/LSB

图 19 P10 高分辨率温度协议

P10 高分辨率误差模式

如 [P10 高分辨率模式初始化第三阶段数据内容](#) 所述，定义了 P10 高分辨率模式中的错误信息。

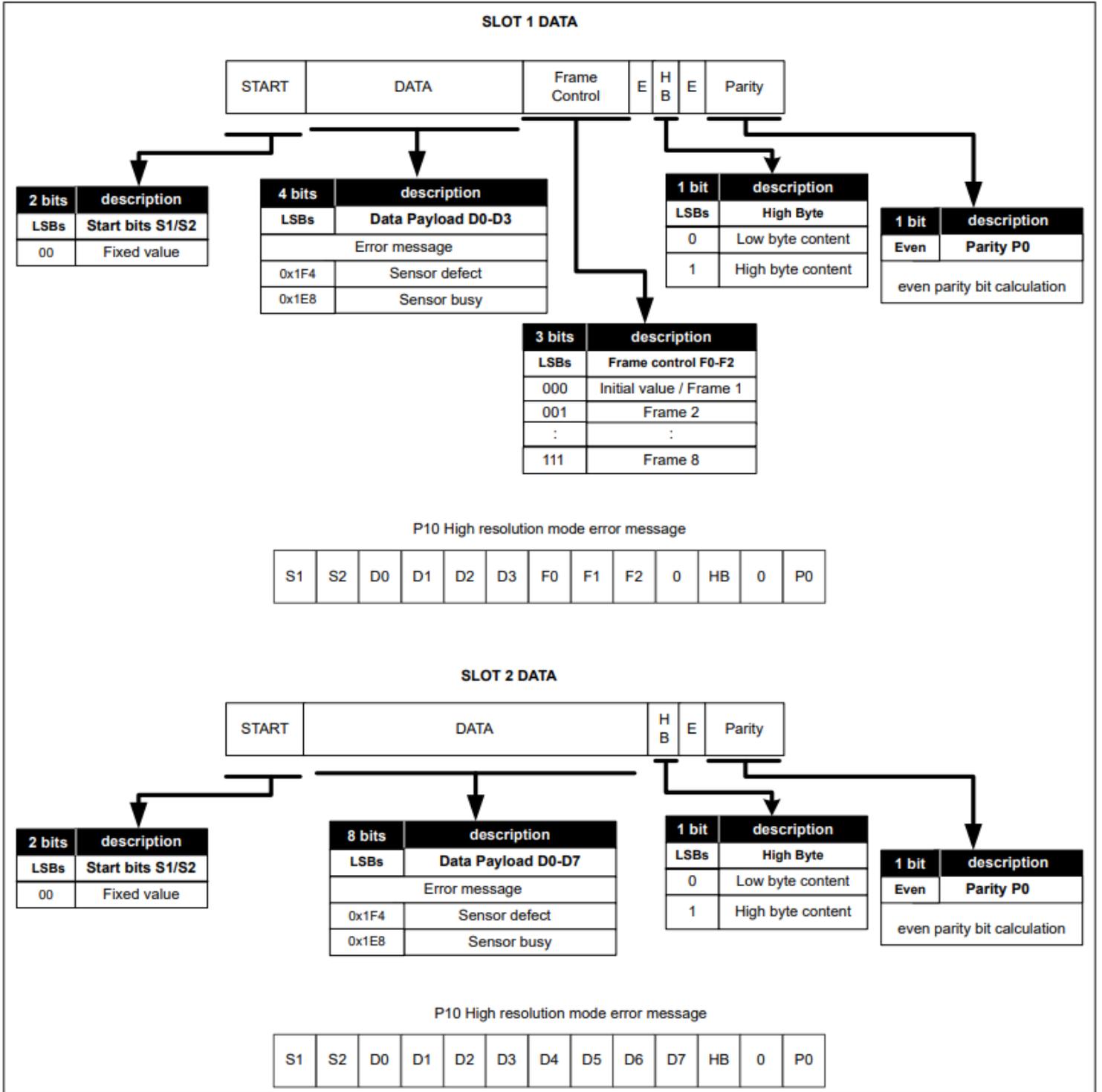


图 20 P10 高分辨率错误模式

5.2.1.6.4 P16CRC 模式

每种 PSi5 模式的初始化第二阶段都不同。此外，每个帧最多可重复 4 次，这由重复系数 k 定义。P16CRC 模式的初始化第二阶段如下图所示。

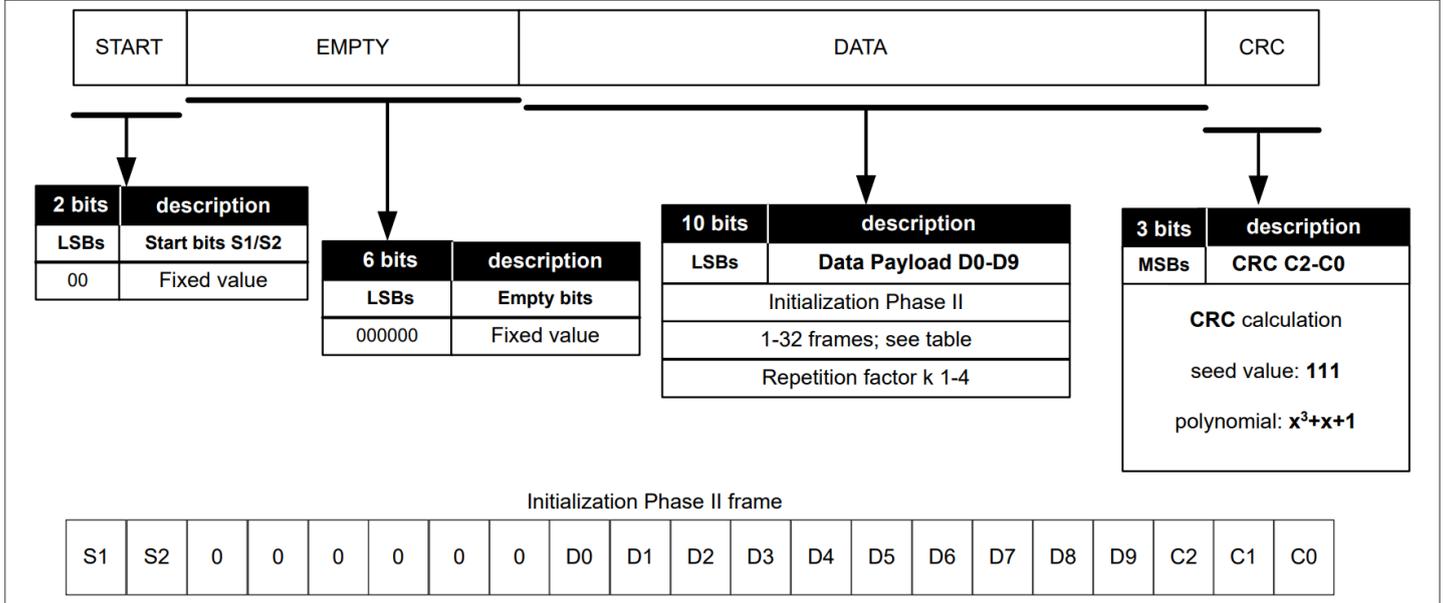


图 21 P16CRC 模式初始化第二阶段

P16CRC 模式初始化第二阶段数据内容

初始化第二阶段的第 0-31 帧与 [P10P 模式初始化第二阶段数据内容](#) 中定义的初始化第二阶段相同，但向上移动了 6 位。

P16CRC 模式初始化第三阶段数据内容

D6 至 D15 位将包含传感器状态，根据错误标志状态，传感器状态可以有以下三种值之一：

表 25 初始化第三阶段的帧

Sensor Status	Data	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
SENSOR_BUSY	0x1E8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
SENSOR_DEFECT	0x1F4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
SENSOR_READY	0x1E7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

P16CRC 正常运行模式

P16CRC 模式的正常运行支持 8 种不同的帧格式：

- 12、14、16 位角度数据
- 12、16 位角速度数据
- 16 位温度

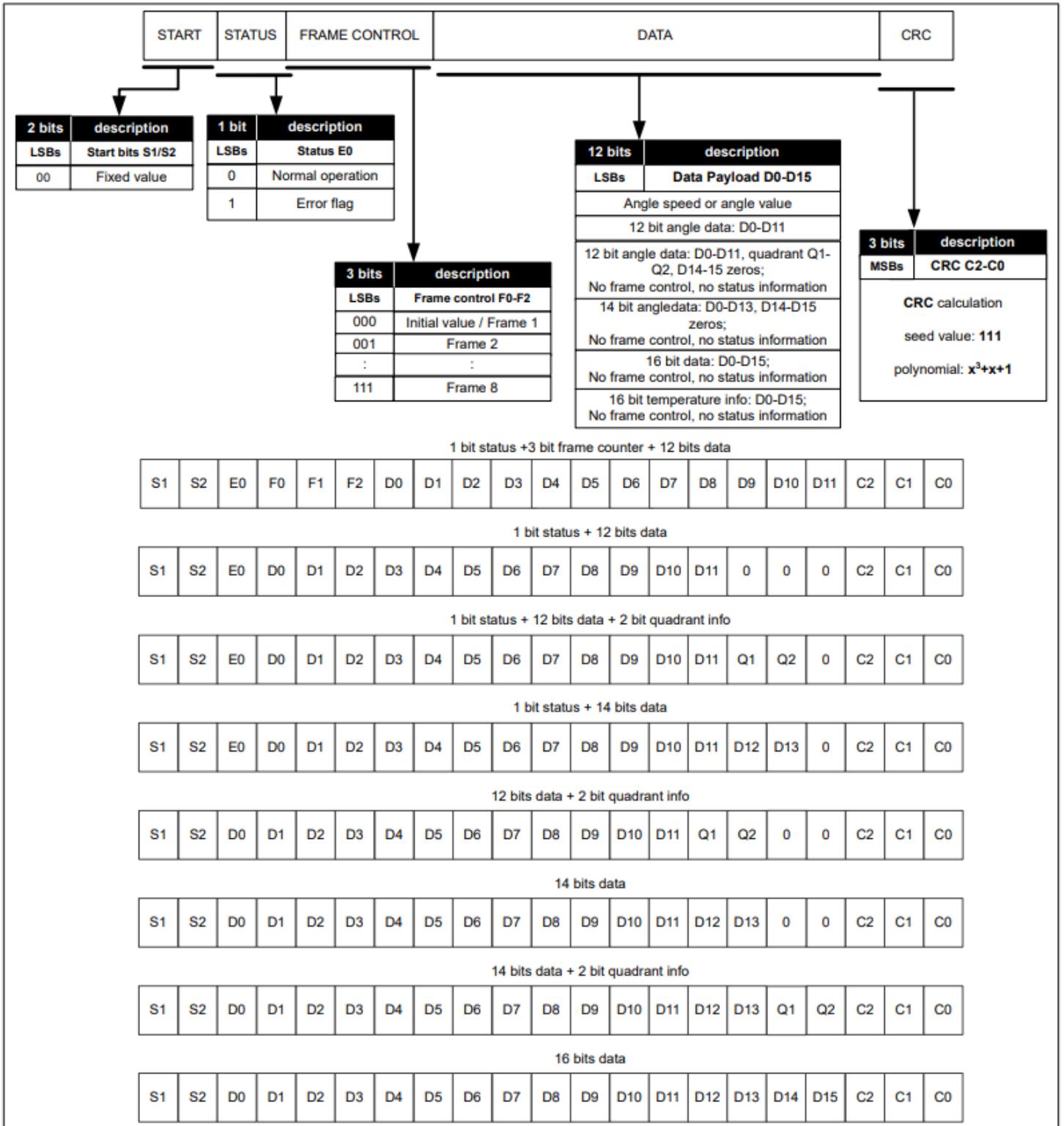


图 22 正常运行时的 P16CRC 模式

5 具体模块说明

P16CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Angle resolution
0	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022°/LSB
	Frame counter	2:0	-	F0	F1	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Angle value	13:2	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022°/LSB
	Angle value	13:2	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	
2	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022°/LSB
	Angle value	13:2	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	
3	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005°/LSB
	Angle value	13:0	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	
4	Angle value	13:0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	-	0.023°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	
5	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.006°/LSB
6	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.006°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	
7	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.006°/LSB

图 23 特性曲线 90°

P16CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Angle resolution
0	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.029°/LSB
	Frame counter	2:0	-	F0	F1	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Angle value	13:2	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.029°/LSB
	Angle value	13:2	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	
2	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.029°/LSB
	Angle value	13:2	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	
3	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007°/LSB
	Angle value	13:0	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	
4	Angle value	13:0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	-	-	0.031°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	
5	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.008°/LSB
6	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.008°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	
7	Angle value	13:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.008°/LSB

图 24 特性曲线 120°

5 具体模块说明

P16CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Angle resolution
0	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.088°/LSB
	Frame counter	2:0	-	F0	F1	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Angle value	15:4	-	-	-	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.088°/LSB
	Angle value	15:4	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	-	-	
2	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.088°/LSB
	Angle value	15:4	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	-	-	
3	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.022°/LSB
	Angle value	15:2	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	
4	Angle value	15:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	-	-	-	0.094°/LSB
5	Angle value	15:2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	-	0.023°/LSB
6	Angle value	15:2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	-	-	0.023°/LSB
7	Angle value	15:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.006°/LSB

图 25 特性曲线 360°

角速度协议取决于所选的角速度传输模式。

P16CRC Angle speed mode	Data [LSB]	Bitfields bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Angle speed resolution
vα1 (+1000°/s)	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.488°/s/LSB
	Frame counter	2:0	-	F0	F1	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Angle speed value	11:0	-	-	-	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
vα2 (+5000°/s)	Status	-	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.441°/s/LSB
	Frame counter	2:0	-	F0	F1	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Angle speed value	11:0	-	-	-	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
vα3 (+4606°/s)	Angle speed value	15:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.150°/s/LSB
vα4 (+180000°/s)	Angle speed value	15:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	5.859°/s/LSB

图 26 P16CRC 角速度协议数据

温度协议传输来自内部温度计的完整 16 位数据。

P16CRC temperature	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Temperature resolution
16 bit	Temperature	15:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.033°C/LSB

图 27 P16CRC 温度数据

P16CRC 错误模式

P16CRC 模式下的错误信息定义为：

5 具体模块说明

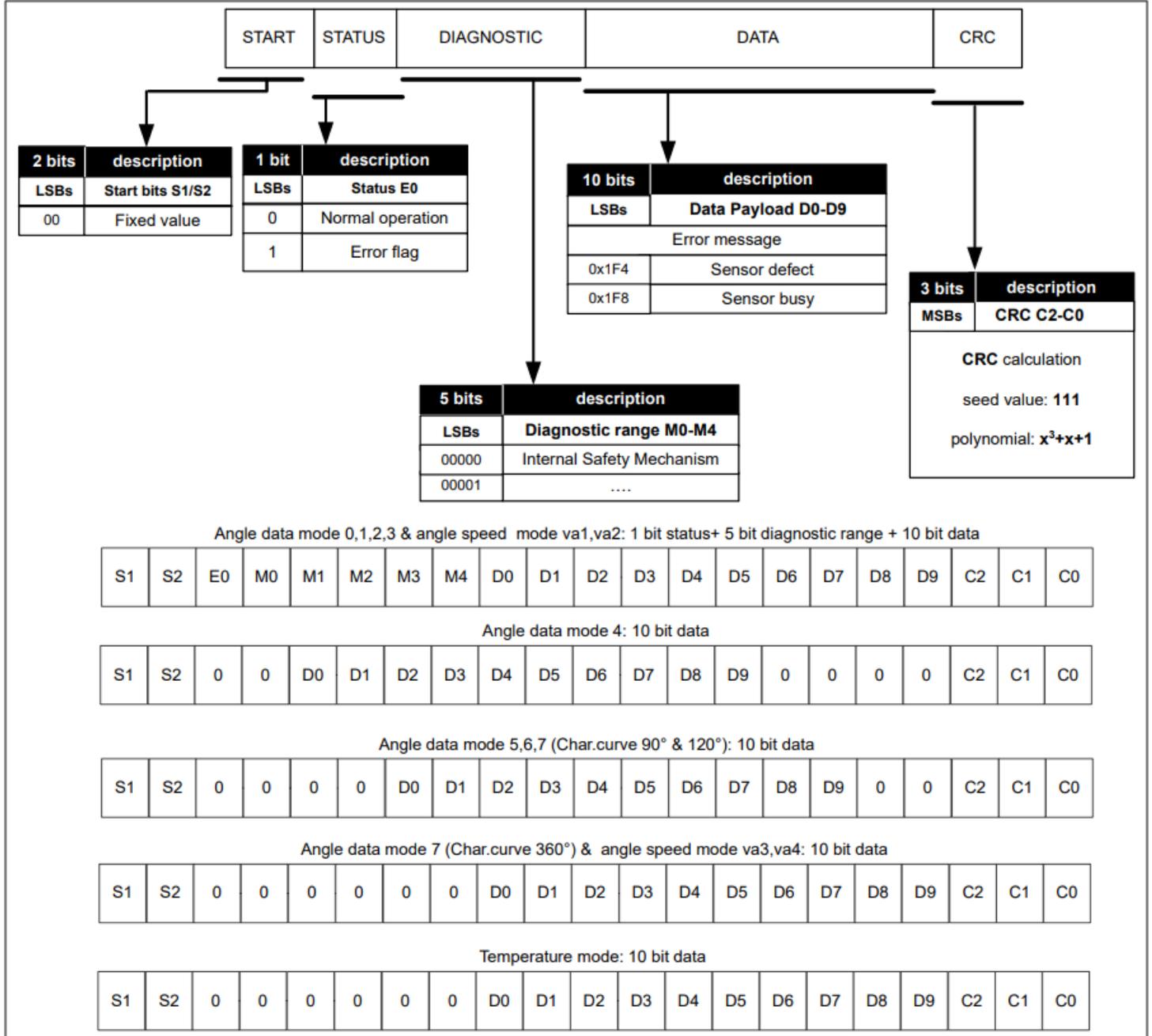


图 28 P16CRC 模式错误信息

注释: 有关诊断范围代码的更多信息, 请查阅TLE49SR 用户手册。

5.2.1.6.5 P20CRC 模式

每种 PS15 模式的初始化第二阶段都不同。此外，每个帧最多可重复 4 次，这由重复系数 k 定义。P20CRC 模式的初始化第二阶段如下图所示。

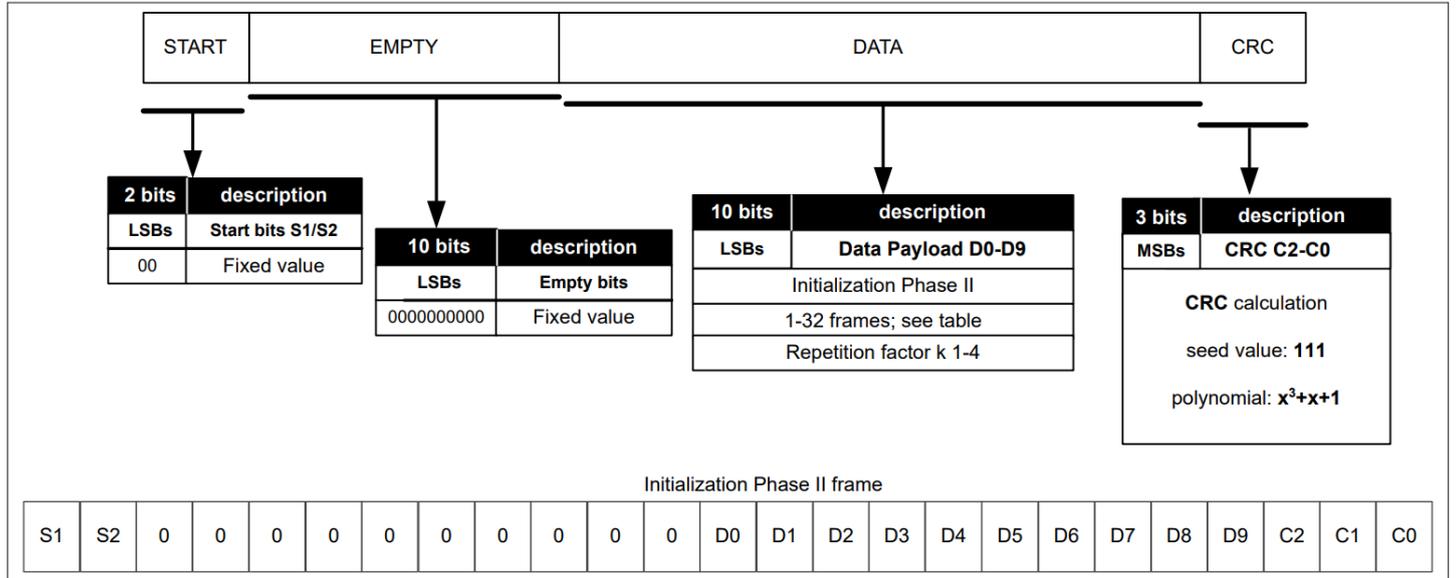


图 29 P20CRC 模式初始化第二阶段

P20CRC 模式初始化第二阶段数据内容

初始化第二阶段的第 0-31 帧与 [P10P 模式初始化第二阶段数据内容](#) 中定义的初始化第二阶段相同

P20CRC 模式初始化第三阶段数据内容

初始化第三阶段的帧与 [P16CRC 模式初始化第三阶段数据内容](#) 中定义的初始化第三阶段相同。

P20CRC 正常运行模式

P20CRC 模式的正常运行支持 5 种不同的帧格式：

- 12、14、16 位角度数据
- 12、16 位角速度数据
- 16 位温度

5 具体模块说明

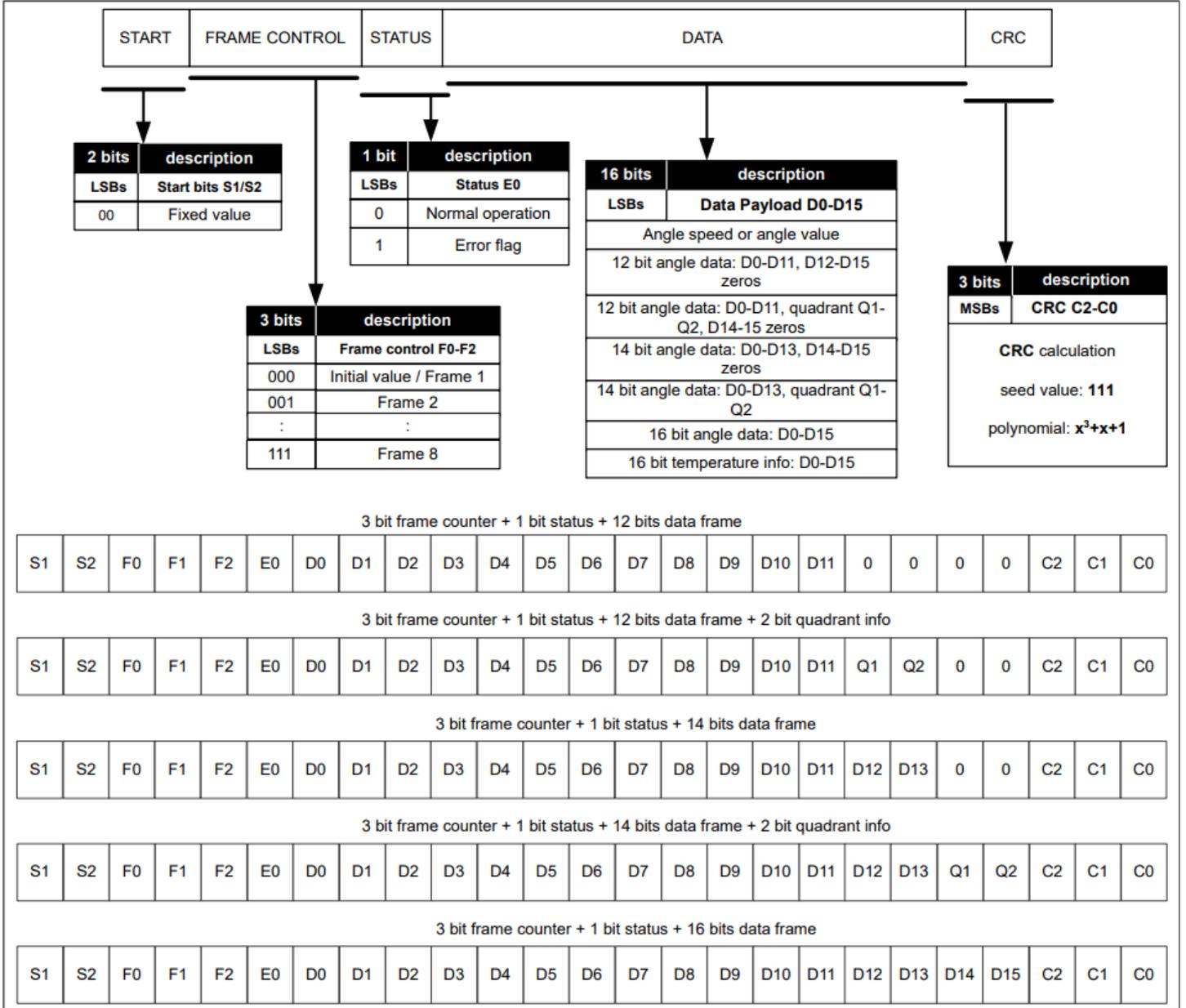


图 30 P20CRC 正常运行模式

角速度协议取决于所选的角速度传输模式。

P20CRC angle speed	Data [LSB]	Bitfield bits	Frame counter	Frame counter	Frame counter	Status	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Angle speed resolution
$v\alpha 1 (+1000^\circ/s)$	Angle speed value	11:0	F0	F1	F2	E0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	-	-	-	-	0.488°/LSB
$v\alpha 2 (+5000^\circ/s)$	Angle speed value	11:0	F0	F1	F2	E0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	-	-	-	-	2.442°/LSB
$v\alpha 3 (+4606^\circ/s)$	Angle speed value	15:0	F0	F1	F2	E0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.141°/LSB
$v\alpha 4 (+180000^\circ/s)$	Angle speed value	15:0	F0	F1	F2	E0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	5.493°/LSB

图 31 P20CRC 角速度协议数据

温度协议传输内部温度的完整 16 位。

P20CRC temperature data	Data [LSB]	Bitfield bits	Frame counter	Frame counter	Frame counter	Status	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	Temperature resolution
16 bit	Temperature	15:0	F0	F1	F2	E0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.031°s/LSB

图 32 P20CRC 温度数据

P20CRC 错误模式

P20CRC 模式下的错误信息定义为：

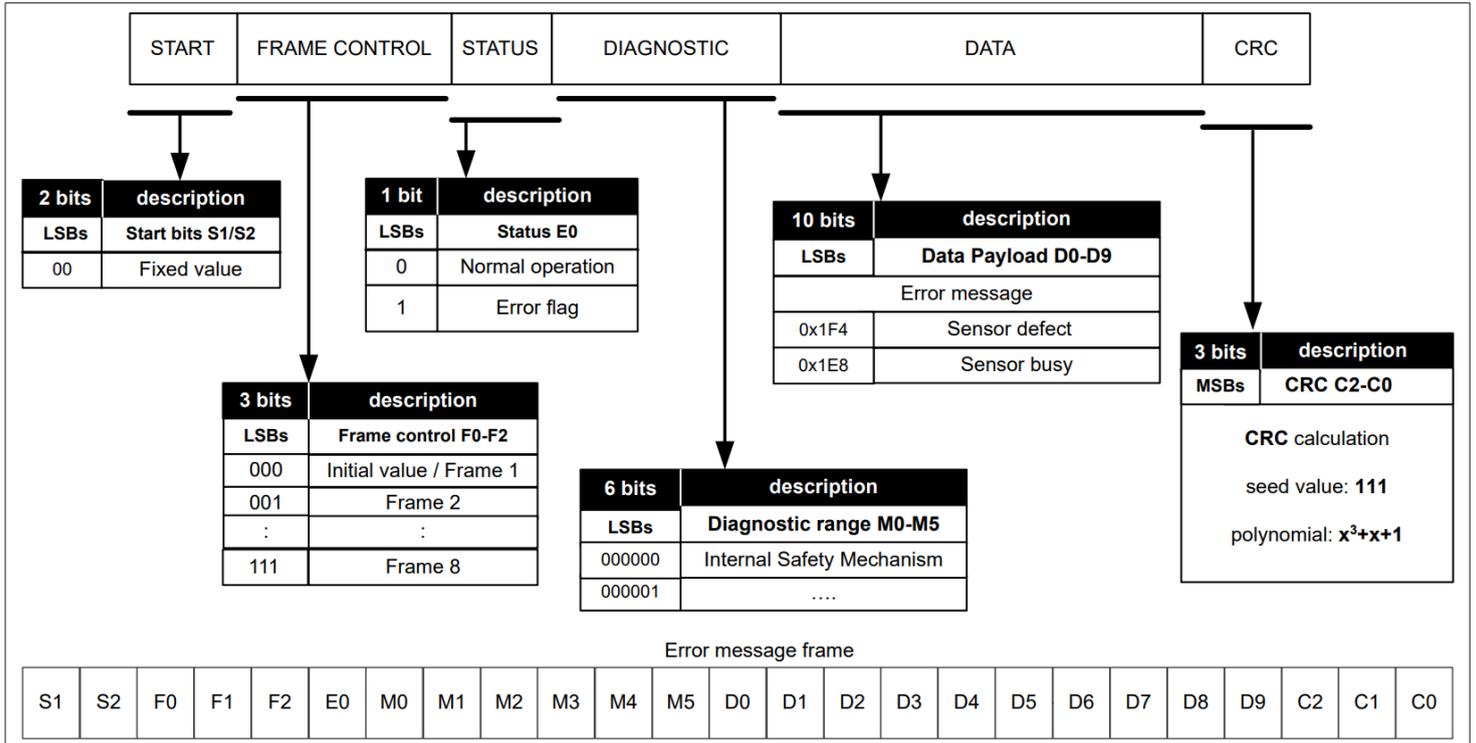


图 33 P20CRC 错误模式

注释： 有关诊断范围代码的更多信息，请查阅TLE49SR 用户手册。

P20CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle resolution
0	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.088°/LSB
1	Angle value	13:6	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.352°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	0	1		
2	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.088°/LSB
3	Angle value	13:6	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.352°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	0	1		
4	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.088°/LSB

图 34 特性曲线 90°

P20CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle resolution
0	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.117°/LSB
1	Angle value	13:6	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.469°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	0	1		
2	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.117°/LSB
3	Angle value	13:6	6	7	8	9	10	11	12	13	-	-	0.469°/LSB
	Quadrant info	1:0	-	-	-	-	-	-	-	0	1		
4	Angle value	13:4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.117°/LSB

图 35 特性曲线 120°

P20CRC data mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle resolution
0, 1, 2, 3, 4	Angle value	15:6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0.352°/LSB

图 36 特性曲线 360°

P20CRC angle speed mode	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Angle speed resolution
va1 (+-1000°/s)	Angle speed value	11:2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1.953°/s/LSB
va2 (+-5000°/s)	Angle speed value	11:2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	9.766°/s/LSB
va3 (+-4606°/s)	Angle speed value	15:6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	8.996°/s/LSB
va4 (+-180000°/s)	Angle speed value	15:6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	351.6°/s/LSB

图 37 P20CRC 错误模式角速度协议数据

P20CRC temperature	Data [LSB]	Bitfield bits	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Temperature resolution
16 bit	Temperature	15:6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2°C/LSB

图 38 P20CRC 错误模式温度数据

5.2.2 SICI 编程接口

单线接口 (SICI) 是在与 PS15 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。

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：

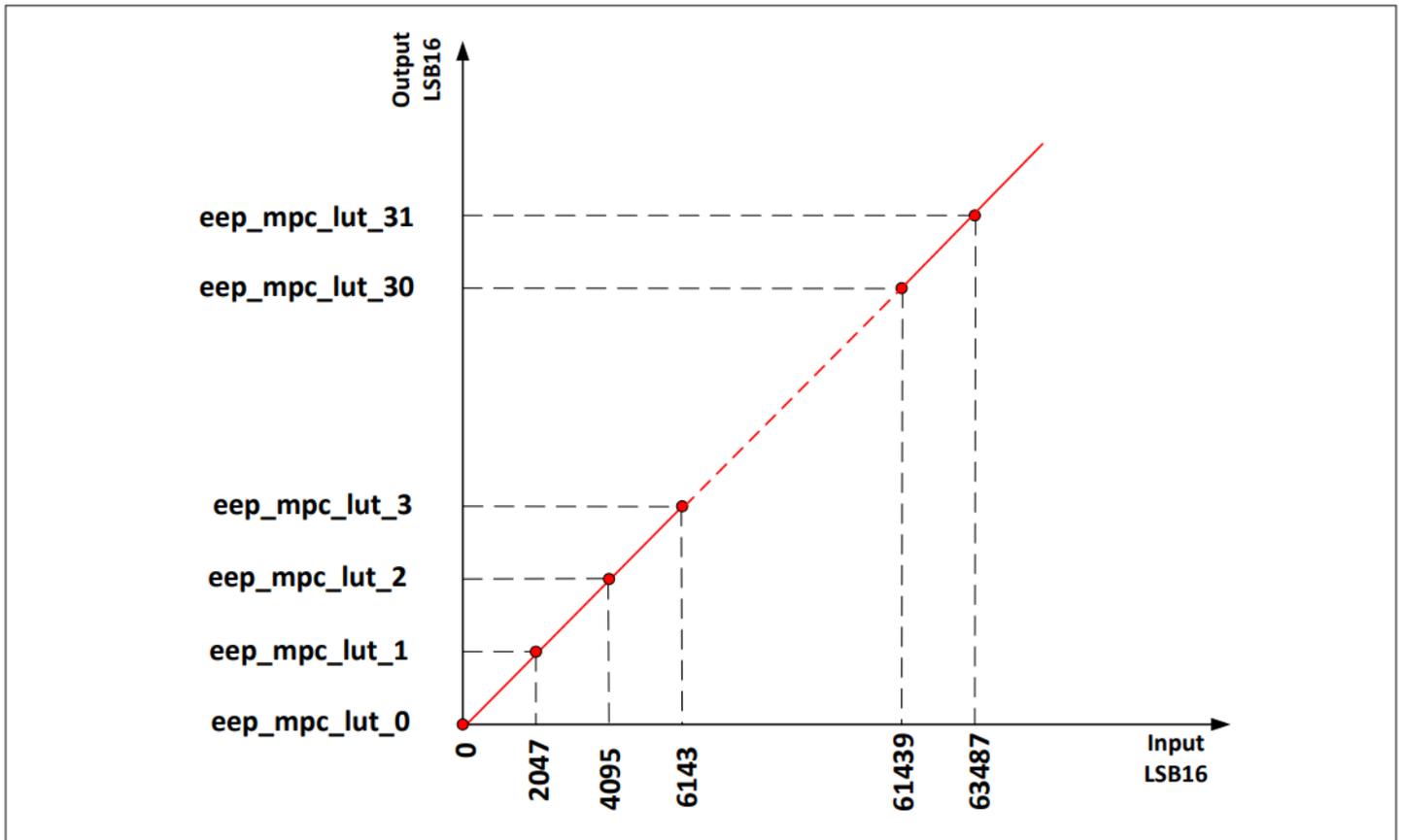


图 39 32 个等距校准点

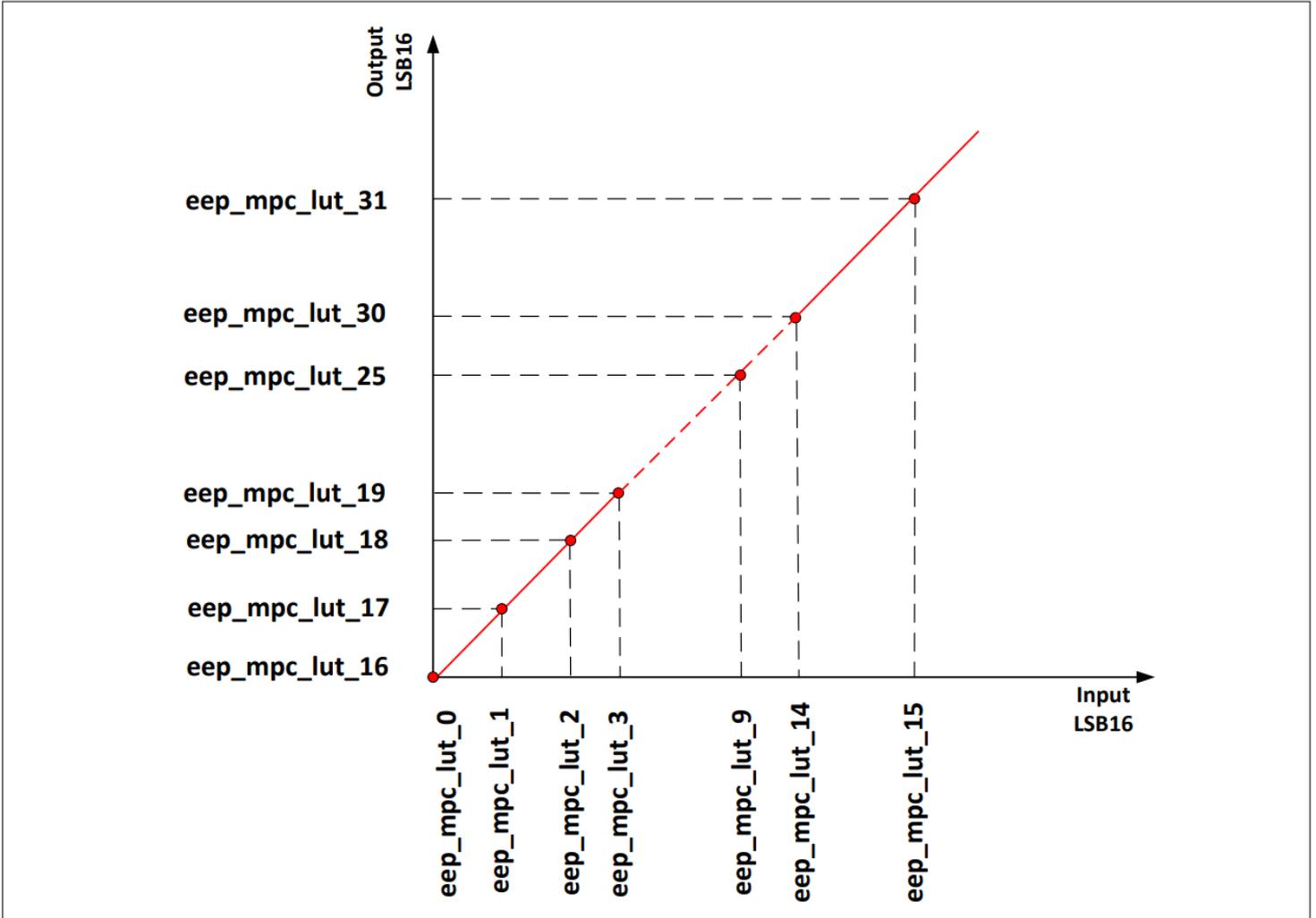


图 40 16 个可自由编程的点

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 16 位。16 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 $4 \times 90^\circ$ 、 $3 \times 120^\circ$ 或 $1 \times 360^\circ$ 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° 。

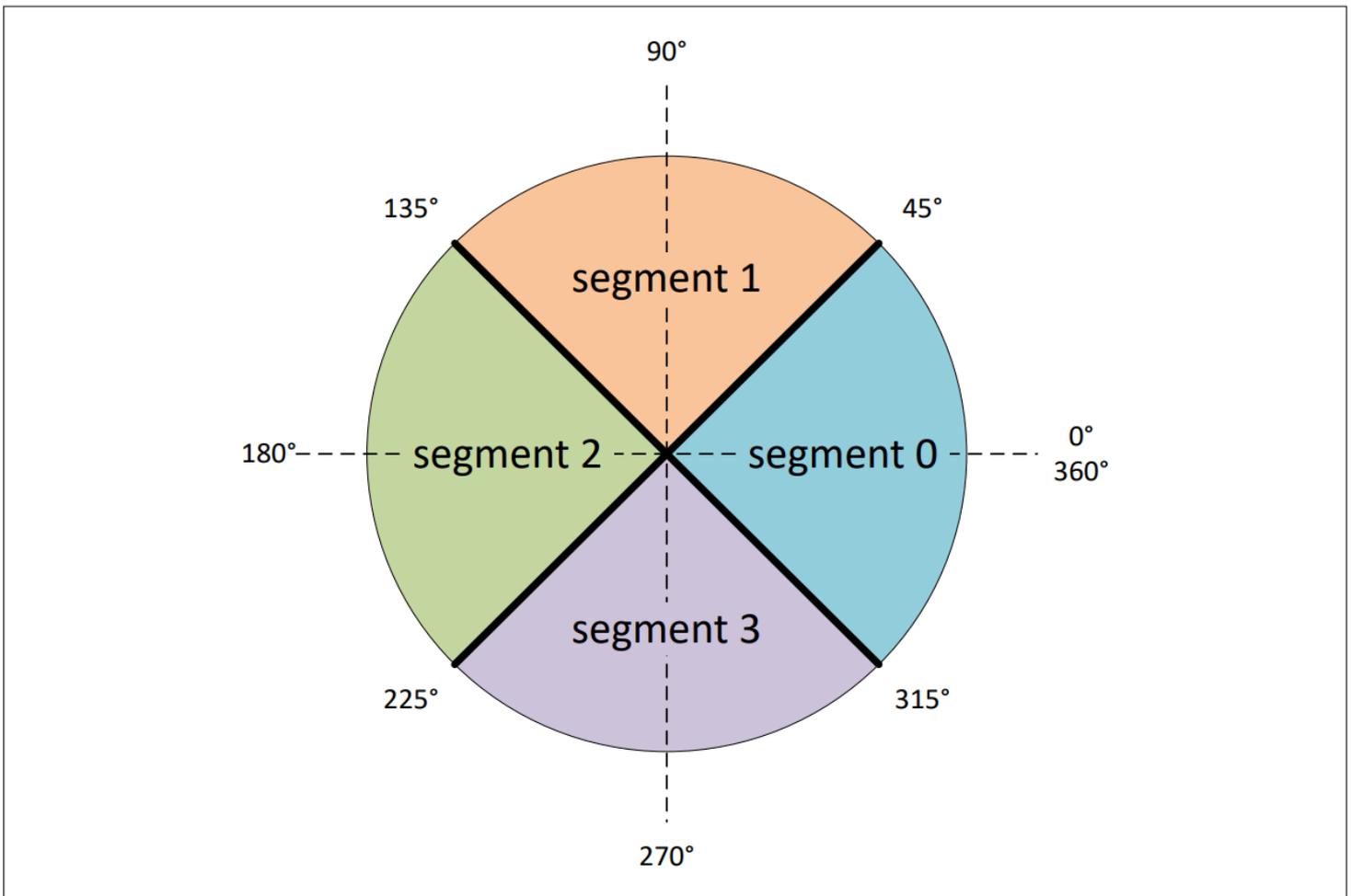


图 41 可编程输出 90° 特性曲线

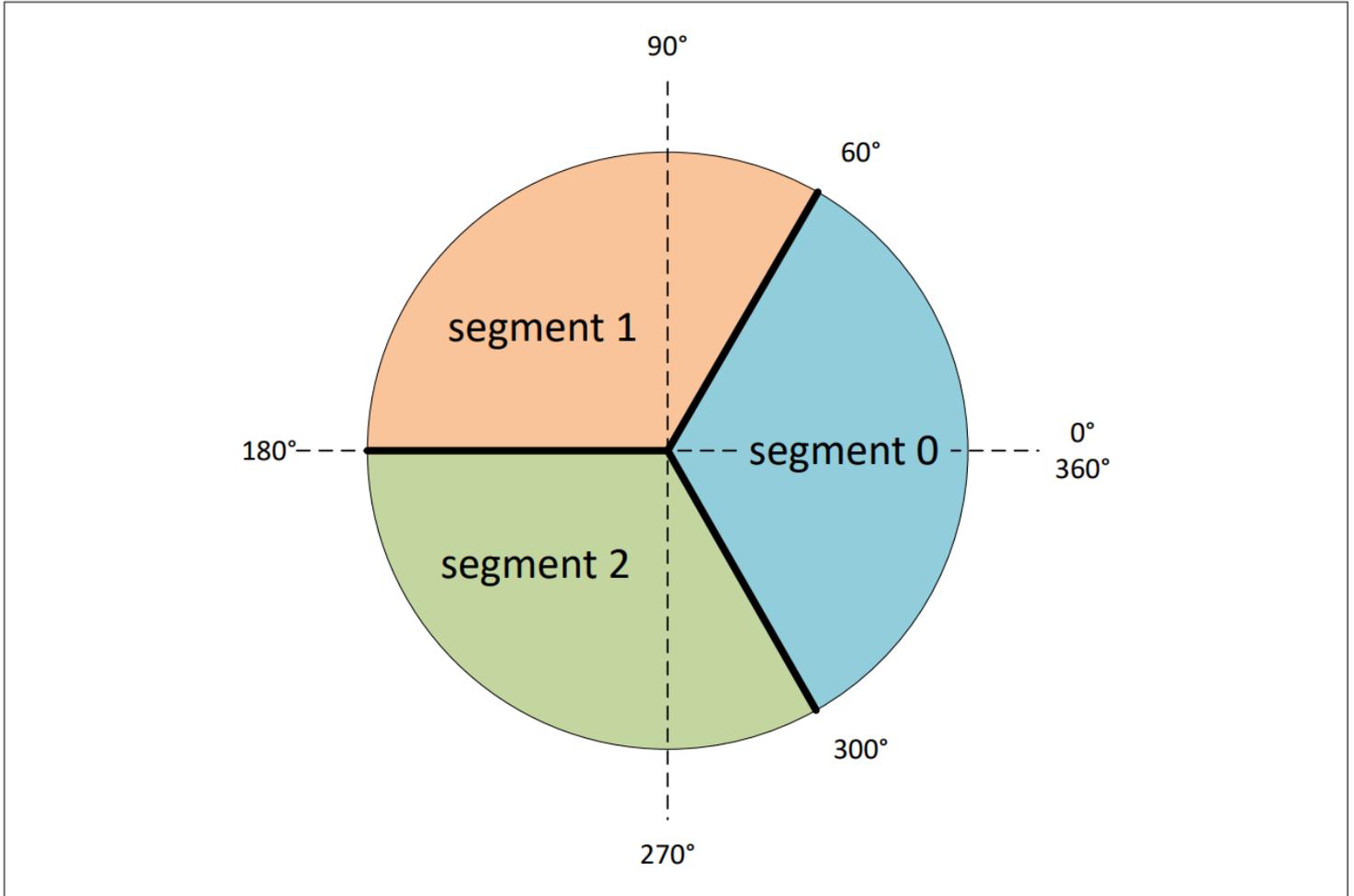


图 42 可编程输出 120° 特性曲线

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（例如查询表 & 客户 ID）

表 26 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

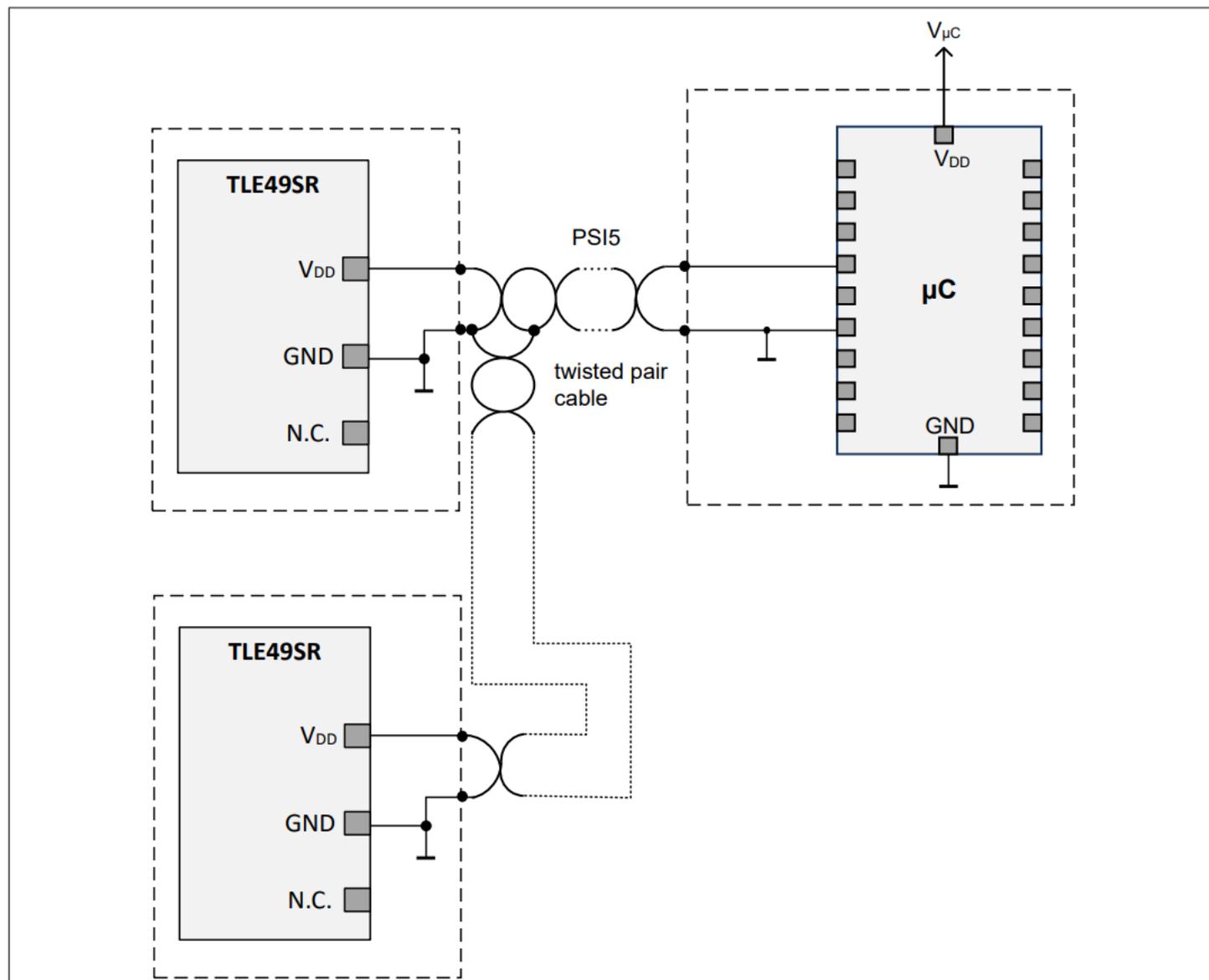


图 43 PSI5 接口的应用电路

7 封装信息

该器件不含卤素、铅，符合 RoHS 规范。

表 27 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

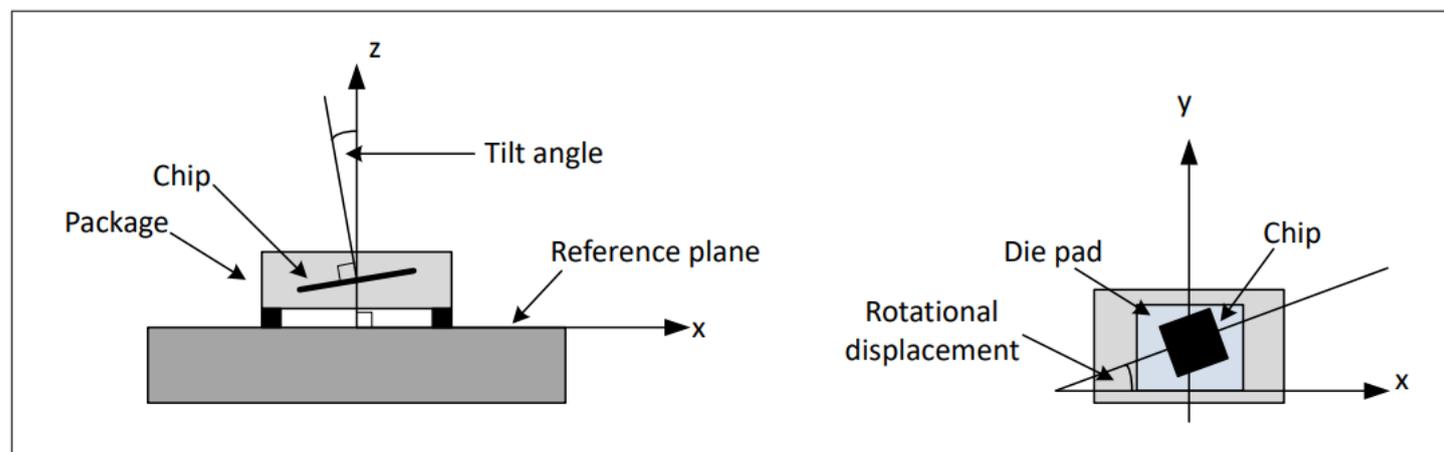


图 44 封装中模具的公差

封装类型为 PG-SSO-3-41

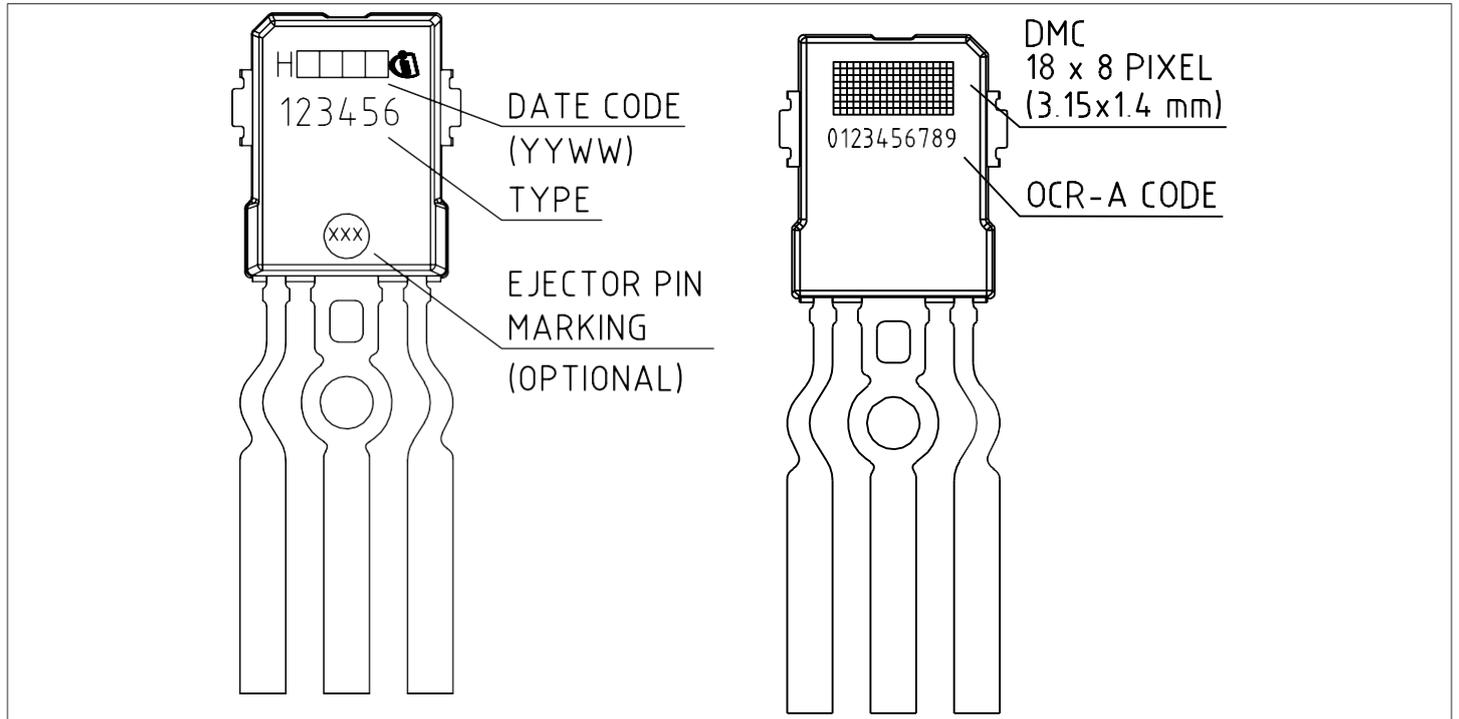


图 46 PG-SSO-3-41 标记规格

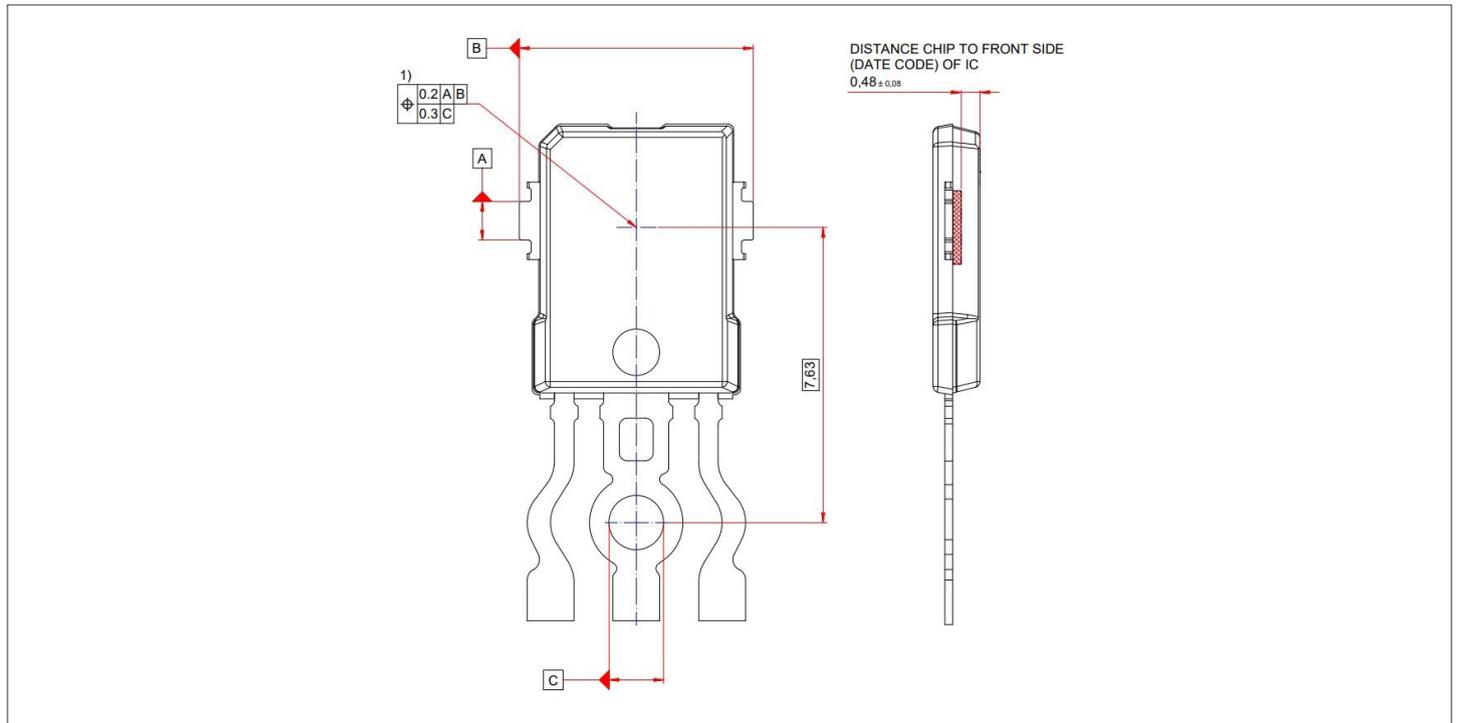


图 47 PG-SSO-3-41 敏感区中心

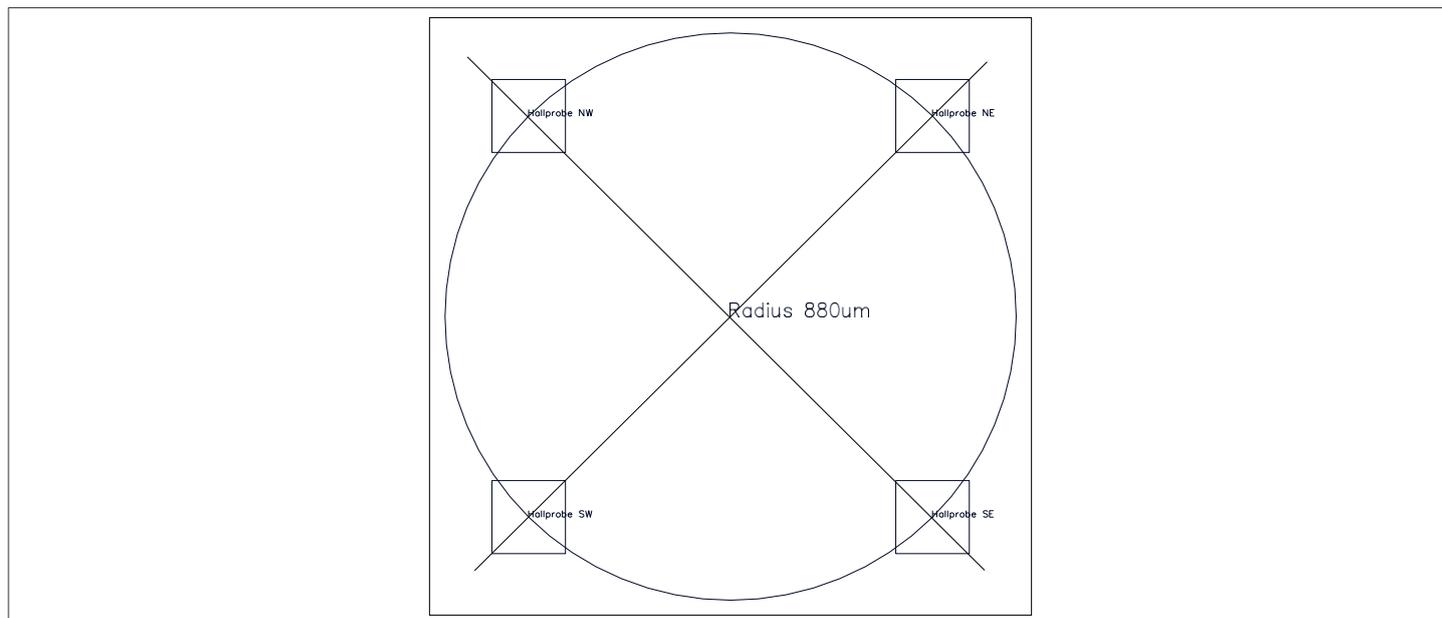


图 48 TLE49SR 霍尔元件半径

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 2026-01-26

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

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

Do you have a question about this
document?

Email:

erratum@infineon.com

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

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

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

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

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

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

如果产品包含安全功能：

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

如果本文件包含或引用软件：

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

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