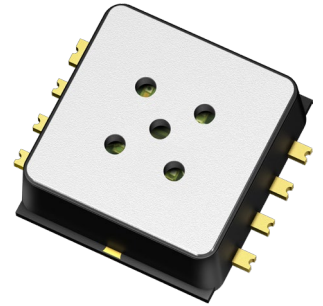


本文件仅为数据手册摘录，英飞凌可应要求提供完整版数据手册

特性

- 可通过 EEPROM 位选择多种 PSI5 模式
- 正常运行时通过 PSI5 i/f 传输温度和 p_0 压力信息
- 可通过 EEPROM 位选择两个压力范围
- 在两个时隙内传输具有不同灵敏度的两个 $\Delta p/p_0$ 值
- 符合 ISO 26262 标准的独立安全单元，支持 ASIL-D 等级安全要求
- 与 AK-LV 29 和 AK-LV 38 兼容
- 与 AK-LV 38 附录兼容，测量范围更广
- 通过 PSI5 接口进行末端 EEPROM 编程
- 用于 ID 号、校准和模式选择的 EEPROM
- 相对压力信号 ($\Delta p/p_0$ 信号)
- 与 KP20x 和 KP30x 的应用兼容



潜在应用

用于侧面碰撞、行人碰撞和正面碰撞检测的压力传感器

产品验证

根据 AEC-Q100 (1 级) 和 AEC-Q103-002 (M1 级) 进行产品验证。

适用于汽车应用，已获得认证。

描述

该装置是一种压力传感器，用于检测乘用车的侧面碰撞以及其他基于压力的碰撞检测系统，如行人或前部碰撞保护系统。在这些应用中，压力传感器安装在汽车侧门内的车门模块中，或与其他碰撞敏感气量（如汽车保险杠上的管子）相连。当碰撞导致空气量被压缩时，该装置就会输出与敏感空气量内部压力变化成比例的信号 ($\Delta p/p_0$)。输出的振幅与环境压力无关，但取决于相对压力的变化。该设备以数字曼彻斯特编码输出信号的形式提供相对压力。这种优化的成本配置使传感器能够自动运行，而无需在压力卫星中再安装逻辑集成电路。

Product type	Package	Marking	Ordering code
KP405	PG-DFN-8-1	KP405	SP005414529

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	产品描述	4
1.1	功能安全特性	4
1.2	操作模式	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	工作条件	7
3.3	电气特性	8
3.3.1	电源和微断电路	8
3.3.2	数据范围和精度	10
3.3.3	数字核心和信号路径滤波器	13
3.3.4	PSI5 接口	14
3.3.5	EEPROM 和负载特性	19
4	功能块说明	20
4.1	PSI5 接口：传感器与电子控制单元之间的通信	20
4.1.1	物理层	20
4.1.1.1	同步通信	20
4.1.1.2	同步脉冲检测	21
4.1.1.3	异步通信	23
4.1.2	数据链路层	23
4.1.2.1	PSI5 协议	23
4.1.2.2	数据协议（10 位格式）	24
4.1.2.2.1	数据范围	24
4.1.2.3	数据协议（16 位格式）	26
4.1.2.3.1	CRC 计算	26
4.1.2.3.2	数据范围缩放	27
4.1.2.3.3	数据范围	27
4.1.3	PSI5 接口应用层	29
4.1.3.1	第一阶段	29
4.1.3.2	第二阶段	29
4.1.3.2.1	识别数据内容	29
4.1.3.3	第三阶段	30
4.1.3.3.1	环境压力传输结构	31
4.1.3.4	第四阶段	31
4.1.3.5	错误序列	32
4.2	微断功能	32
4.3	测试模式	33

5	应用信息	34
5.1	潜在目标应用	34
5.2	应用电路示例	34
5.3	电磁兼容性 (EMC)	34
6	封装信息	35
6.1	封装外形	35
6.2	封装尺寸图	36
6.3	挑选和放置信息	36
6.3.1	元件放置	36
6.4	识别码	37
7	参考文档	38
8	修订记录	39
	免责声明	40

1 产品描述

1.1 功能安全特性

设备具有多种功能安全特性，可确保在相应应用中的安全运行。

1.2 操作模式

设备支持以下运行模式，可通过 EEPROM 进行选择。

表 1 有效运行模式定义

Mode	Dynamic range	Sensitivity	Available protocols	p ₀ range	p ₀ or T _j transmission
Mode 1	-5 ... +15%	20.48 LSB/%	P10P-500/3L P10P-500/4H P16CRC-500/3H P16CRC-500/2L	45.5 ... 110 kPa	no
Mode 2	-15 ... +23.4%	20.48 LSB/%	P10P-500/3L P10P-500/4H P16CRC-500/3H P16CRC-500/2L P10P-250/1L P10P-250/2H A10P-250/1L	45.5 ... 110 kPa 45.5 ... 140 kPa	in additional time slot
Mode 3	-15 ... +23.4% -15 ... +100%	20.48 LSB/% 4.80 LSB/%	P10P-500/3L P10P-500/4H transmission in different time slots	45.5 ... 110 kPa 45.5 ... 140 kPa	in additional time slot
Mode 4	-15 ... +100%	20.48 LSB/%	P16CRC-500/3H P16CRC-500/2L	45.5 ... 110 kPa 45.5 ... 140 kPa	in additional time slot

- 注：**
- 参数“动态范围”（削波限制）和“灵敏度”与所选操作模式相关联。
 - 只有这里规定的协议与运行模式相结合，才能被允许和验证。有关允许的最大时隙数，请参阅数据手册“PSI5 协议”部分（修订版1.10），2024-08-23
 - 对于某些具有额外时隙的运行模式，最大电源电压VDD会降低。详见表4。

2 引脚配置

下图显示了引脚配置。

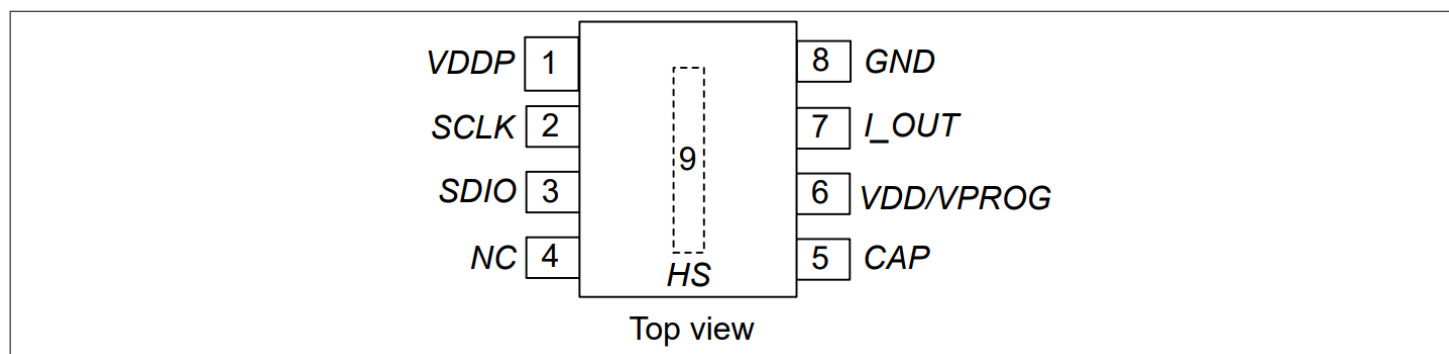


图 1 引脚配置 (PG-DFN-8-1)

下表列出了引脚说明。

表2 引脚描述

Pin No.	Symbol	Function	Comment
1	VDDP	power supply for serial i/f drivers	+5V, internal pull down
2	SCLK	serial interface clock	internal pull up
3	SDIO	input and output pin for serial interface	internal pull up
4	NC	not connected	
5	CAP	buffer capacitance	optional
6	VDD/VPROG	supply voltage / EEPROM Programming voltage	-
7	I_OUT	current modulator output	-
8	GND	sensor ground	-
9	HS	heat sink	on bottom side of package

注： 在应用中，引脚1...4 必须保持浮动电位。

引脚9 必须保持浮动电位，不得焊接到PCB 上。为此，在电路板设计时，应在散热器周围设置隔离区（参见第6.2章）。

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	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltage on VDD	V_{DD}	-16.5	-	24	V	$|V_{DD} - V_{iout}| \leq 24 \text{ V}$	REQ-2581
Voltage on I_OUT	V_{iout}	-16.5	-	24	V	$|V_{DD} - V_{iout}| \leq 24 \text{ V}$	REQ-2582
Voltage on CAP	V_{CAP}	-16.5	-	24	V	$|V_{DD} - V_{iout}| \leq 24 \text{ V}$	REQ-2583
Voltage on serial pins (VDDP, SCLK, SDIO, NC)	V_{dig_pin}	-0.3	-	5.5	V		REQ-2584
Current on serial pin (SCLK, SDIO)	I_{dig_out}	-	-	0.1	mA		REQ-2585
Supply current on VDDP pin	I_{VDDP}	-	-	1	mA		REQ-2586
Maximum operating temperature	T_{Op_max}	-	-	135	°C	time limited for 30 minutes maximum	REQ-2587
Ambient storage temperature	T_{st}	-55	-	135	°C		REQ-2588
Input pressure range	p_{range}	10	-	300 600 *)	kPa a kPa a	*) limited time: max. 300 s	REQ-2589
ESD robustness according to Human Body Model (HBM) HV-pins: VDD, GND, I_OUT, CAP	V_{ESD-HV}	-	-	4	kV	according to ANS/ESDA/ JEDEC JS-001	REQ-2590
ESD robustness according to Human Body Model (HBM) LV-pins: VDDP, SCLK, SDIO, NC	V_{ESD-LV}	-	-	2	kV	according to ANS/ESDA/ JEDEC JS-001	REQ-2591
Latch-up robustness for each pin	$I_{latchup}$	±100	-	-	mA	according to EIA/ JESD78	REQ-2592
Lid pull-off force	$F_{pull_off_lid}$	1	-	-	N	only valid at 0h and during module assembly	REQ-2593
Lid push-in force	$F_{push_in_lid}$	-	-	10	N	max. allowed force on top of the lid without damaging the sensor	REQ-2594

(表格续下页.....)

表 3 (续) 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Mechanical shock survival	g_{st}	-6000	-	6000	g	unpowered, 0.3 ms	REQ-2595
Differential pressure between inside and outside of package	p_{diff}	-90		300	kPa	the minimum absolute pressure of p_{range} must not be violated	REQ-2596

注意： 超过此处所列的最大额定值可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。最大额定值是绝对额定值；超过其中一个值可能会对集成电路造成不可逆转的损坏。

3.2 工作条件

表4 工作条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply voltage at pin VDD	V_{DD}	4.5	-	11.0	V	$V_{DD_max} = 9V$ for operation in triple slot mode with P10P-500/3L; $V_{DD_max} = 8.4V$ for operation in dual slot mode with P16CRC-500/2L	REQ-2598
Voltage at pin I_OUT	V_{iout}	3.5	-	11.0	V		REQ-2600
Voltage at pin CAP	V_{CAP}	-	-	V_{sync}	V	pin only defined to connect with a capacitor; connection with a constant voltage source not allowed	REQ-2602
Voltage during sync pulse at pin VDD & pin I_OUT	V_{sync}	-	-	16.5	V		REQ-2603
Supply voltage power up/down gradient	V_{grad}	1E-5	-	1E4	V/ms		REQ-2604
Ambient operating temperature	T_{Op}	-40	-	125	°C	temperature outside the sensor	REQ-2606

(表格续下页.....)

表 4 (续) 工作条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Absolute operating pressure range	p_{abs}	38.7	–	280.0	kPa	range for pressure pulses during a crash	REQ-2610
Ambient operating pressure for p ₀ -range1	p_{amb_1}	45.5	–	110.0	kPa	range for p ₀ value in p ₀ -range1	REQ-2611
Ambient operating pressure for p ₀ -range 2	p_{amb_2}	45.5	–	140.0	kPa	range for p ₀ value in p ₀ -range2	REQ-2612
Lifetime	t_{live}	15	–	–	years		REQ-2613
Operating time 1	t_{Op_1}	–	–	12000	h	valid for temperature mission profile as specified in AK LV29 (SAB) [4]	REQ-2614
Operating time 2	t_{Op_2}	–	–	8000	h	valid for temperature mission profile as specified in AK LV38 (PED PRO) [5]	REQ-2615

注： 在正常工作电源电压范围之外，过压检测会禁用曼彻斯特通信。只要过电压检测未检测到过电压，传感器就会在规定的工作范围内运行。

请注意： 设备对通过压力端口进入的光线敏感。所有规格均适用于照度小于 1 lx 的情况。

3.3 电气特性

产品特性涉及在指定电压和环境温度范围内确保的数值范围。典型特征是产量的中位数。

3.3.1 电源和微断电路

表 5 电源和微断电路

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply current into VDD	I_{VDD}	3.5	–	5.5	mA		REQ-2617
Supply current into I_OUT	$I_{I_OUT_idle}$	0.0	–	0.8	mA		REQ-2618
Common supply current into VDD & I_OUT	I_{idle}	4.0	–	6.0	mA		REQ-2619

(表格续下页.....)

表 5 (续) 电源和微断电路

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Current during Manchester communication	I_{Man}	26	31	36	mA	$I_{Man} = I_{idle} + \Delta I_{mod}$	REQ-2620
Ripple current on supply voltage	I_{ripple}	-0.5	-	0.5	mA	0 Hz - 2 MHz; I_{ripple} is max AC amplitude and only valid with application circuit	REQ-2622
Supply current drift rate	I_{idle_drift}	-	-	1.0	mA/s	characterized by the average of minimum 1s	REQ-2623
Voltage level for activating micro break function	$V_{\mu b}$	3.1	-	4.1	V		REQ-2628
Microcut rejection time	t_{CAP}	10	-	-	μs	Time below $V_{\mu b}$ where no sensor reset is allowed; $C_{buf} > 100$ nF	REQ-2630
Micro break hysteresis	$V_{\mu b_hys}$	0.4	-	0.9	V	application resistors: $47 \Omega \pm 5\%$	REQ-2631
Load resistor for Cbuf	R_{CAP}	1.4	2.0	2.6	k Ω	resistor value between VDD and CAP pin	REQ-2633
External buffer capacitor	C_{buf}	0	-	1	μF	no capacitor needed to avoid oscillation of regulator; ¹⁾	REQ-2634
Allowed range for Cbuf to pass buffer-cap-diagnosis-test	C_{buf_test}	33	-	C_{buf}	nF	VDD = 6 V; CAP-pin discharged to GND before start-up; At values below, buffer-cap-diagnosis-test might diagnose a missing C_{buf}	REQ-2636

¹⁾ 如果使用的电容值低于 $C_{buf_test_min}$ ，则必须在 EEPROM 中禁用缓冲区电容诊断测试；如果电容值大于此处给出的值，则会导致违反 PS15 规范参数 t_{Th} ；

3.3.2 数据范围和精度

表 6 数据范围和精度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Nominal measurement range1 (Mode 1)	range _{nom1}	-5.0	-	+15.0	%	outside the specified nominal measurement range the output value is clipped	REQ-2637
Nominal measurement range2 (Mode 2)	range _{nom2}	-15.0	-	+23.4	%	outside the specified nominal measurement range the output value is clipped	REQ-2638
Nominal measurement range3 (Mode 3 or Mode 4)	range _{nom3}	-15.0	-	+100	%	outside the specified nominal measurement range the output value is clipped	REQ-2639
$\Delta p/p_0$ output data range1 (Mode 1)	$\Delta p/p_{0_dat1}$	-102	-	307	LSB	outside this defined output data range the output value is clipped	REQ-2640
$\Delta p/p_0$ output data range2 (Mode 2 and Mode 3-slot1)	$\Delta p/p_{0_dat2}$	-307	-	480	LSB	outside this defined output data range the output value is clipped	REQ-2641
$\Delta p/p_0$ output data range3 (Mode 3-slot2)	$\Delta p/p_{0_dat3}$	-72	-	480	LSB	outside this defined output data range the output value is clipped	REQ-2642
$\Delta p/p_0$ output data range4 (Mode 4)	$\Delta p/p_{0_dat4}$	-307	-	2048	LSB	outside this defined output data range the output value is clipped	REQ-2643
Nominal sensitivity1 (Mode 1, Mode 2, Mode 3-dp/p _{0_1} , Mode 4)	sense _{out1}	-	2.048	-	LSB/‰	output signal $\Delta p/p_0$	REQ-2645

(表格续下页.....)

表 6 (续) 数据范围和精度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Nominal sensitivity2 (Mode 3-dp/p0_2)	sense _{out2}	-	0.480	-	LSB/% ₀	output signal $\Delta p/p_0$ in additional time slot	REQ-2646
Pressure data offset	$\Delta p/p_{0_off}$	-0.5	-	0.5	LSB	average value at constant pressure	REQ-2647
Sensitivity error at 0h	sense _{err1_0h}	-6.0	-	+6.0	%	$\Delta p/p_0 > 10.0\%$ (over full temperature range)	REQ-2648
Sensitivity error over lifetime (-40°C ... +105°C)	sense _{err}	-7.0	-	+7.0	%	$\Delta p/p_0 > 10.0\%$; (overall sensitivity error: incl. temperature, non-linearity etc.)	REQ-2650
Sensitivity error over lifetime (+105° ... +125°C)	sense _{err_HT}	-10.0	-	+10.0	%	$\Delta p/p_0 > 10.0\%$; (overall sensitivity error: incl. temperature, non-linearity etc.)	REQ-2651
$\Delta p/p_0$ noise (RMS) (sensitivity1, p0 = 53.6 ... 110 kPa)	noise _{rms,1}	0	-	1.5	LSB	standard deviation of $\Delta p/p_0$ at constant pressure (e.g. 99.7% of the values inside the ± 4.5 LSB range)	REQ-2652
$\Delta p/p_0$ noise (RMS) (sensitivity1, p0 = 45.5 ... 53.6kPa)	noise _{rms,1_LP}	0	-	2.0	LSB	standard deviation of $\Delta p/p_0$ at constant pressure (e.g. 99.7% of the values inside the ± 6 LSB range)	REQ-2653
$\Delta p/p_0$ noise (Peak)	noise _{peak,1}	-6	-	+6	LSB	during characterization only: Peak value for 10k samples; 0h & 25°C, sensitivity1	REQ-2654

(表格续下页.....)

表 6 (续) 数据范围和精度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
$\Delta p/p_0$ noise (RMS) (sensitivity2)	noise _{rms,2}	0	–	0.5	LSB	standard deviation of $\Delta p/p_0$ at constant pressure (e.g. 99.7% of the values inside the ± 1.5 LSB range)	REQ-2655
Non-linearity for pressure pulses up to 23.4%	sense _{n_lin1}	-1.0	–	+1.0	‰	difference between actual characteristics and best fit quantized line	REQ-2656
Non-linearity for pressure pulses > 23.4%	sense _{n_lin2}	-2.5	–	+2.5	‰	difference between actual characteristics and best fit quantized line	REQ-2657
Pressure offset during acceleration	p _{acc}	–	–	3.5	Pa/g	ensured by design	REQ-2658
p0 data output range in Phase 4	p0_word_p4_lim	0	–	480	LSB	outside this defined pressure data range the output value is clipped	REQ-2660
p0 data transmission sensitivity (p0 range1)	p0_sens_r1	–	0.01868	–	kPa/LSB	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2661
p0 data transmission sensitivity (p0 range2)	p0_sens_r2	–	0.02310	–	kPa/LSB	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2662
p0 data transmission offset	p0_offset	–	50	–	kPa	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2663
p0 data error (p0 range1)	p0_err1	-3.5	–	3.5	kPa	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2664
p0 data error (p0 range2)	p0_err2	-3.5	–	3.5	kPa	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2665
Tj data output range in Phase 4	T _{word_p4_lim}	-425	–	-70	LSB ₁₀	outside this defined temperature data range the output value is clipped	REQ-2667
Tj data transmission sensitivity	T _{j_sens}	–	0.61162	–	°C/LSB	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2668

(表格续下页.....)

表 6 (续) 数据范围和精度

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Tj data transmission offset	T_{j_offset}	-	-94	-	°C	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2669
Tj error ($T_j = 0^\circ\text{C} \dots 100^\circ\text{C}$)	T_{j_err}	-5	-	+5	°C	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2670
Tj error ($T_j < 0^\circ\text{C}; T_j > 100^\circ\text{C}$)	T_{j_err2}	-10	-	10	°C	valid for Phase 3 and Phase 4	REQ-2671

3.3.3 数字核心和信号路径滤波器

表 7 数字核心和信号路径滤波器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Internal clock frequency	f_{clk}	-	16.0	-	MHz		REQ-2676
Clock variation	CLK_{tol}	-4.0	-	4.0	%		REQ-2677
Clock variation during Manchester frame	$CLK_{var/frame}$	-	-	0.1	%	maximum allowed temperature gradient is +/- 1 K/min	REQ-2678
Clock drift rate	CLK_{drift}	-	-	1.0	%/s	average of min. 1s; maximum allowed temperature gradient is +/-1 K/min	REQ-2679
Sigma delta sample frequency	f_{cic}	-	1	-	MHz	average over 1 second	REQ-2680
p & p0 register update	f_{preg}	-	31.25	-	kHz	proportional to clock frequency	REQ-2681
Cut-off frequency p filter	f_{cp}	-	370	-	Hz	2 nd order low pass filter proportional to clock frequency	REQ-2682
p0 filter gradient	$|\Delta p_0/\Delta t|$	0.39	0.44	0.49	kPa/s		REQ-2685

3.3.4 PSI5 接口

表 8 PSI5 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Bit time in 125 kbps mode	t_{Bit}	–	8.0	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2687
Bit time in 189 kbps mode	t_{Bit_H}	–	5.3	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2688
Signal modulation current	ΔI_{mod}	22	26	30	mA		REQ-2689
Fall/rise time current slope	$t_{\text{Man}_{R/F}}$	0.33	–	1.0	μs	$t_{\text{rise } 20, 80}$ & $t_{\text{fall } 80, 20}$, according to the PSI5 reference network, the PSI5 sensor reference tests conditions A & B [1] and the application circuit example	REQ-2691
Duty cycle ratio Manchester	$r_{\text{Man}_{\text{duty}}}$	47	50	53	%	$(t_{\text{fall},80} - t_{\text{rise},20}) / t_{\text{Bit}}$ ($t_{\text{fall},20} - t_{\text{rise},80}) / t_{\text{Bit}}$ according to the PSI5 reference network, the PSI5 sensor reference tests conditions A [2] and the application circuit example	REQ-2692
Sync pulse detection threshold	V_{trig}	1.4	2.0	2.6	V	The absolute sync pulse detection voltage is calculated by adding V_{trig} to the supply voltage V_{idle} (see Chapter 4.1.1.2)	REQ-2693

(表格续下页.....)

表 8 (续) PS15 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/3L slot1 mode	$t_{Slot1,frame}$	44.1	46.4	48.7	μs	1st Manchester bit starts with nom. 4 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing.	REQ-2704
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/3L slot2 mode	$t_{Slot2,frame}$	181.3	190.9	200.4	μs	1st Manchester bit starts with nom. 4 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2705
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/3L slot3 mode	$t_{Slot3,frame}$	328.9	346.3	363.6	μs	1st Manchester bit starts with nom. 4 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2706
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-250/1L mode	$t_{Slot,frame}$	71.4	75.2	78.9	μs	1st Manchester bit starts with nom. 4 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2707

(表格续下页.....)

表 8 (续) PS15 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-250/2H slot1 mode	$t_{2H_Slot1,frame}$	44.1	46.4	48.7	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2708
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-250/2H slot2 mode	$t_{2H_Slot2,frame}$	141.0	148.4	155.8	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2709
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/4H slot1 mode	$t_{4H_Slot1,frame}$	44.1	46.4	48.7	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2710
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/4H slot2 mode	$t_{4H_Slot2,frame}$	139.5	146.9	154.2	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2711

(表格续下页.....)

表 8 (续) PS15 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/4H slot3 mode	$t_{4H_Slot3,frame}$	245.5	258.4	271.4	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2712
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P10P-500/4H slot4 mode	$t_{4H_Slot4,frame}$	362.5	381.6	400.7	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2713
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P16CRC-500/3H slot1 mode	$t_{3H_Slot1,frame}$	44.5	46.4	48.3	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2714
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PS15-P16CRC-500/3H slot2 mode	$t_{3H_Slot2,frame}$	183.2	190.9	198.5	μs	1st Manchester bit starts with nom. 2.65 μs low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2715

(表格续下页.....)

表 8 (续) PSI5 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PSI5-P16CRC-500/3H slot3 mode	$t_{3H_Slot3,frame}$	332.4	346.3	360.1	μs	1st Manchester bit starts with nom. $2.65\mu s$ low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2716
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PSI5-P16CRC-500/2L slot1 mode	$t_{2L_Slot1,frame}$	44.1	46.4	48.7	μs	1st Manchester bit starts with nom. $4\mu s$ low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2717
Time between detected rising edge of sync pulse and start of 1st Manchester bit in the PSI5-P16CRC-500/2L slot2 mode	$t_{2L_Slot2,frame}$	252.8	266.1	279.4	μs	1st Manchester bit starts with nom. $4\mu s$ low time; the trigger detection tolerance (t_{tol_detect}) is not included in this timing	REQ-2718
Transmission rate in asynchronous mode	t_{async}	–	228.0	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2719
Filter sample time before start of frame for time slot 1	$t_{filter_freeze1}$	–	32	–	μs	proportional to clock frequency; valid for 1 st slot transmission in PSI5-P10P-500/3L and PSI5- P10P-500/4H modes only	REQ-2720
Filter sample time before start of frame for time slot 2 and 3 and 4	t_{filter_freeze}	–	40	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2721
Gap time in 125kHz modes	t_{GAP_L}	8.4	–	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2722

(表格续下页.....)

表 8 (续) PS15 接口

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Gap time in 189kHz modes	t_{GAP_H}	5.6	–	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2723
Trigger detection tolerance	t_{tol_detect}	0	–	3	μs		REQ-2724
Duration of phase 1	t_{P1}	90.0	–	110.0	ms		REQ-2725
Duration of phase 2a	t_{P2a}	–	256	–	frame		REQ-2726
Duration of phase 2b	t_{P2b}	0	–	768	frame		REQ-2727
Duration of phase 3a	t_{P3a}	–	5	–	frame		REQ-2728
Duration of phase 3b	t_{P3b}	–	14	–	frame		REQ-2729
Repetition of ID data	k	–	4	–			REQ-2730
Time threshold for the sensor to declare a gap	t_{sync_max}	–	576	–	μs	proportional to clock frequency	REQ-2731

3.3.5 EEPROM 和负载特性

表 9 EEPROM 和负载特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
No. of EEPROM programming cycles	n_{prog}	–	–	3	–	a programming cycle is defined as applying the programming pulse once in order to change the state of at least one EEPROM cell	REQ-2736
Programming temperature	T_{prog}	10	–	30	$^{\circ}\text{C}$		REQ-2741
Margin voltage “1”	V_{margin_1}	–	0	0.25	V	0h value, directly after programming	REQ-2742
Margin voltage “0”	V_{margin_0}	2.0	–	5.0	V	0h value, directly after programming	REQ-2743

4 功能块说明

4.1 PSI5 接口：传感器与电子控制单元之间的通信

根据 PSI5 标准 ([2] 和 [3])，ECU 与卫星之间的物理连接是双线双绞线连接。它为卫星提供电源电压，也用于卫星与 ECU 之间的数据传输。

卫星与 ECU 之间的通信可以是单向的（异步通信），也可以是双向的（同步通信）。

4.1.1 物理层

从传感器到 ECU 的数据传输采用曼彻斯特编码电流调制方式。

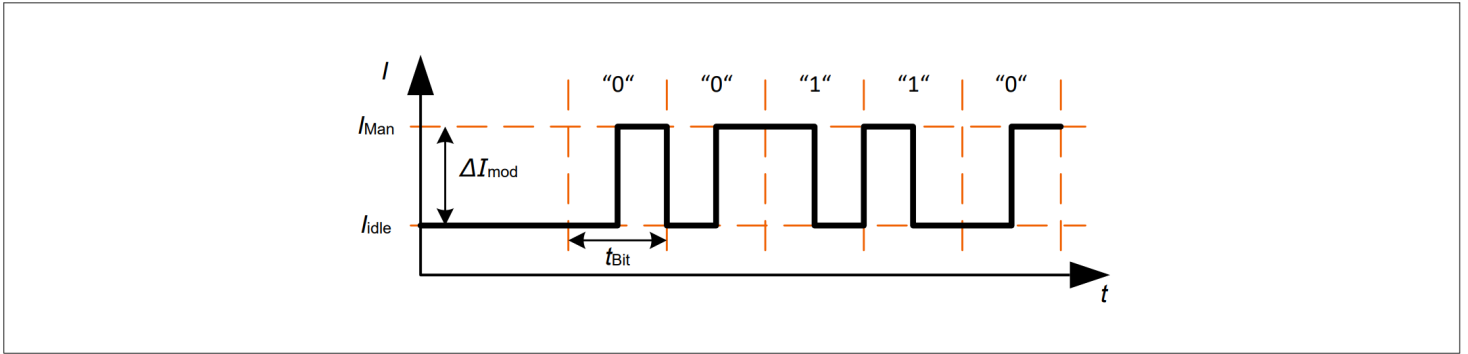


图 2 基于曼彻斯特的电流调制

4.1.1.1 同步通信

在同步通信模式下，接收器产生的短电压脉冲（同步脉冲）被用作同步事件。检测到该同步脉冲的传感器在规定时间内开始数据传输。这种运行模式支持每个物理通道有一个以上的卫星。

如果传感器配置为同步模式，则需要 ECU 提供同步脉冲。在同步模式下，传感器只有在识别到同步脉冲后才会传输数据信息。

以 PSI5-P10P-500/3L 模式为例，传感器可在第 1、第 2 或第 3 个槽中传输曼彻斯特帧 ($t_{Slot1,frame}$ 、 $t_{Slot2,frame}$ 、 $t_{Slot3,frame}$)。

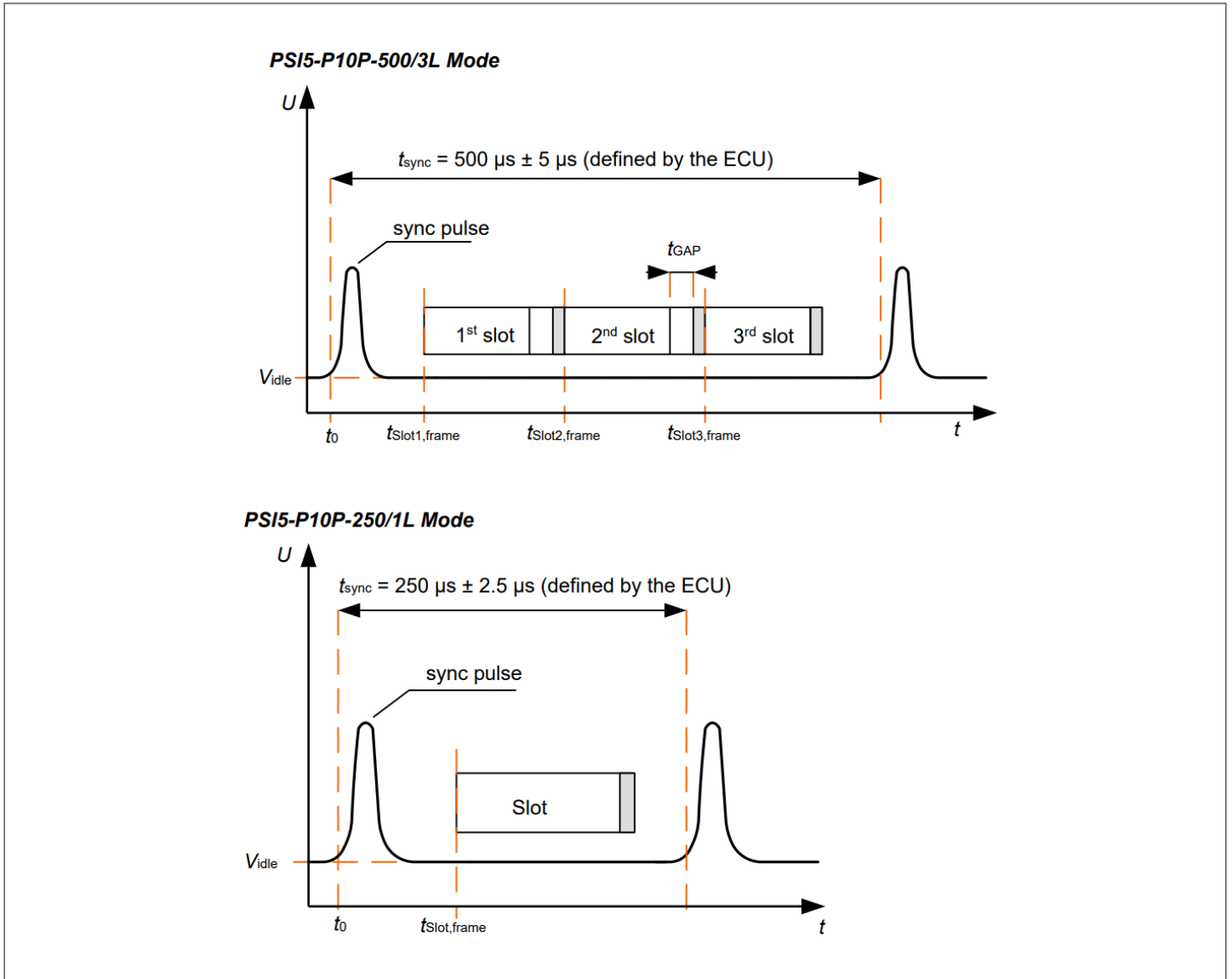


图 3 同步模式下的时序

4.1.1.2 同步脉冲检测

外部产生的同步脉冲由集成的同步脉冲检测电路检测。比较器是同步脉冲检测电路的一部分，它的输出端提供一个数字信号，显示是否检测到有效的同步脉冲电压。

该数字信号在同步脉冲上升沿位于同步脉冲检测窗口内时采样，延迟时间为 $t_{tol_detecto}$

图 4 显示 PSI5 输出与同步脉冲的时间相关性。

根据 PSI5 规范 [2] 的定义，系统级触发检测时间 T_{TRIG} 由传感器触发检测容差 $t_{tol_detecto}$ 和系统贡献值相加确定。

注：图 4 中未显示系统对触发检测时间 T_{TRIG} 的贡献。

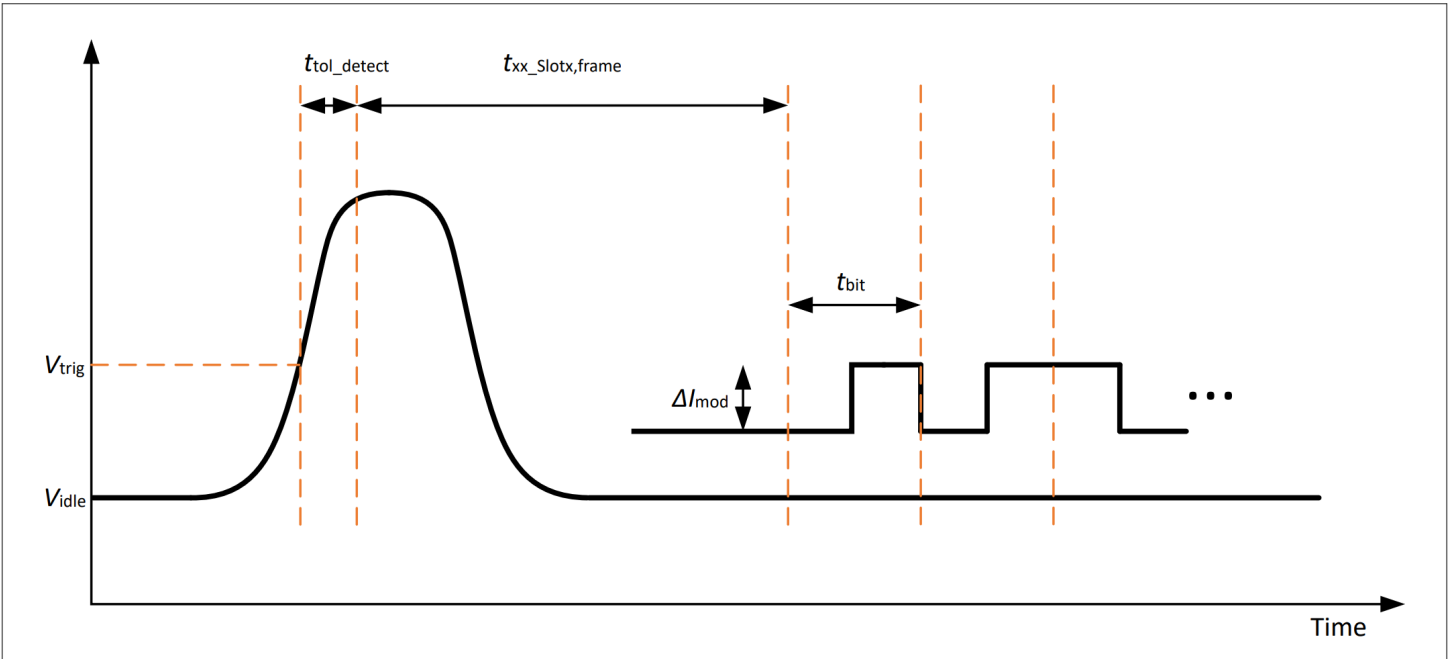


图 4 PS15 插槽时序

在检测到同步脉冲的上升沿后，传感器以 $f_{\text{sync_sampl}}$ 的采样频率观察 $n_{\text{sync_det}}$ 采样的同步脉冲电压电平。如果观察到的采样电压高于指定的同步脉冲检测阈值 V_{trig} ，则向上计数器的增量为“1”。如果线路电压低于检测阈值电压 V_{trig} ，则计数器不增量。在 $n_{\text{sync_det}}$ 采样后，向上计数器的状态将被读出。只有当计数器在 $n_{\text{sync_detval}}$ 范围内时，才会检测到有效的同步脉冲。否则将检测不到同步脉冲，并重置上位计数器。

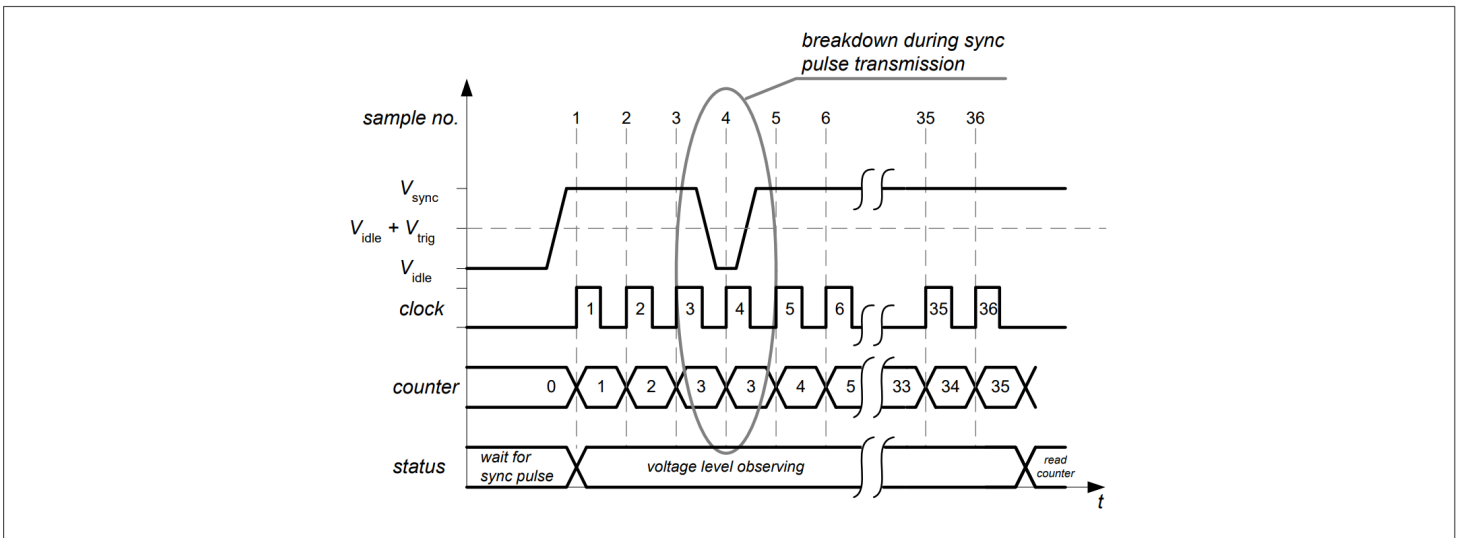


图 5 同步脉冲计数器功能

如果检测到一个有效的同步脉冲，就会在编程的时隙内发送一个曼彻斯特帧。在此期间 ($t_{\text{sync_off_xxx}}$)，无法再检测到同步脉冲。

建议使用正常持续时间至少为 $9\mu\text{s}$ 的同步脉冲。

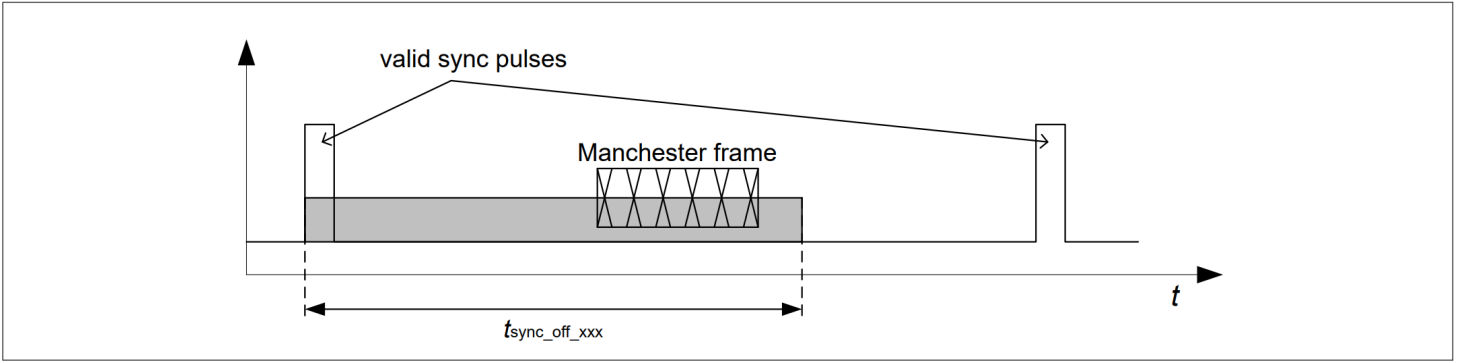


图 6 同步脉冲检测 关闭 时间

4.1.1.3 异步通信

如果将传感器配置为异步模式，传感器将以定义的数据传输速率运行。传感器将以固定的时间间隔 (t_{async}) 连续传输指定的数据信息。在此模式下，每个物理通道只能连接一颗卫星。

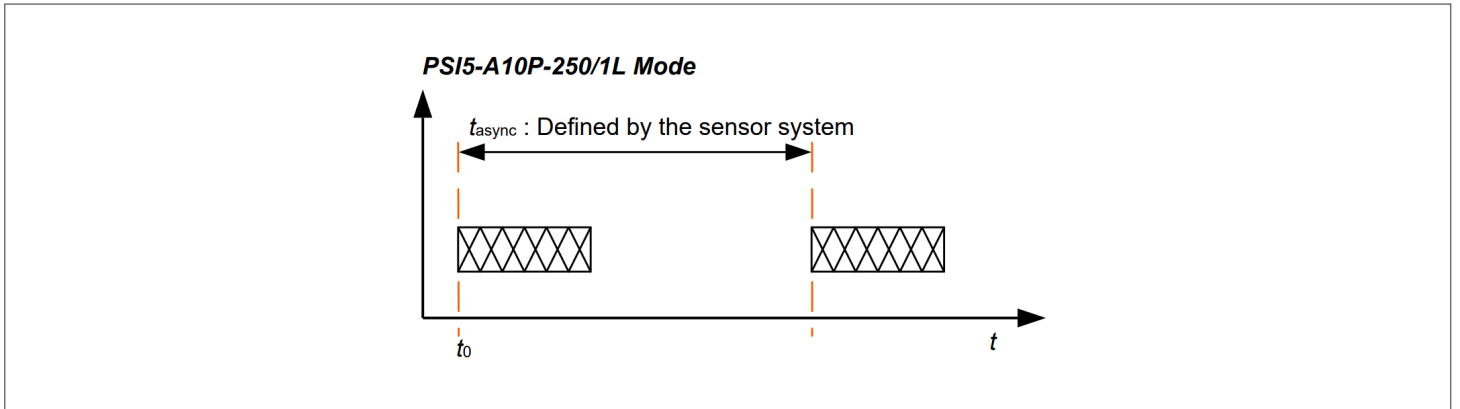


图 7 异步模式下的时序

4.1.2 数据链路层

4.1.2.1 PSI5 协议

数据链路层基于外设传感器接口技术规范[2]中描述的 PSI5 指定模式。

提供以下模式（可通过 EEPROM 位选择）：同步模式：

- PSI5-P10P-250/1L
- PSI5-P10P-250/2H - 单插槽模式 - 第1或第2插槽
- PSI5-P10P-500/3L - 单插槽模式 - 第1或第2或第3插槽
- PSI5-P10P-500/3L - 双插槽模式
- PSI5-P10P-500/3L - 三插槽模式（仅降低 VDD；见 表4）
- PSI5-P10P-500/4H - 单插槽模式 - 第1或第2 或第3或第4插槽
- PSI5-P10P-500/4H - 双插槽模式
- PSI5-P10P-500/4H - 三插槽模式
- PSI5-P16CRC-500/2L - 单插槽模式 - 第1或第2插槽
- PSI5-P16CRC-500/2L - 双插槽模式（仅降低 VDD；见 表4）

4 功能块说明

- PSI5-P16CRC-500/3H - 单插槽模式 - 第1或第2或第3插槽
- PSI5-P16CRC-500/3H - 双插槽模式异

步模式:

- PSI5-A10P-250/1L

注意: 只有此处规定的协议与第 1.2 章中规定的运行模式相结合, 才可以使用和验证。

在多时隙模式下, 传感器可在多个时隙内传输传感器信息。用户可以选择传输额外的 p_0 或 T_j 数据, 也可以选择传输两个不同的 $\Delta p/p_0$ 数据集。

灵敏度可以选择 p_0 或 T_j 数据, 也可以在每次传输中交替使用这两个值。详情请参阅完整版数据手册。

4.1.2.2 数据协议 (10 位格式)

默认数据帧结构由 13 位报文格式定义。报文由两 (2) 个起始位、十 (10) 个数据位和一 (1) 个奇偶校验位 (二进制数据和奇偶校验值中的高位数)。

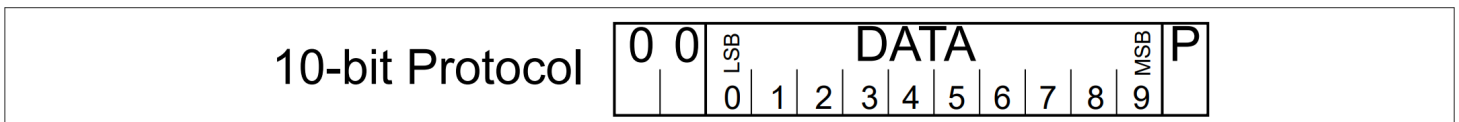


图 8 10 位协议 (13 位报文)

信息位见下表:

表 10 数据字段 13 位报文

Message Bit	Definition	Logic Level
0 ... 1	start bit 1 and 2	0
2 ... 11	data bit 0 (LSB) ... data bit 9 (MSB)	0, 1
12	parity (even)	0, 1

4.1.2.2.1 数据范围

设备的运行分为四个阶段。每个阶段将使用各自的数据范围从传感器向 ECU 传输数据。下图描述了 10 位协议 (13 位数据报文) 的独立数据范围。有关四个阶段的详情, 请参阅 4.1.3 章。

4 功能块说明

Range	dec	hex	Phase 1	Phase 2		Phase 3		Phase 4	Phase 4	PSI5 test mode		
				2a	2b optional	3a	3b	dp/p0 data	p0 and T data			
2	Status & Error Messages	511	1FF	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved		
		...	...					reserved	reserved	
		501	1F5					reserved	reserved			
		500	1F4					reserved	reserved			
		499	1F3					reserved	reserved			
		...	...					reserved	reserved	
		489	1E9					reserved	reserved			
		488	1E8					sensor busy	reserved		reserved	
		487	1E7					reserved	reserved		reserved	
						reserved	reserved		reserved	
1	Sensor Output Signal	480	1E0	reserved	reserved	reserved	reserved	Δp/p0 maximum (Mode 2 & 3)	p0 = max	reserved		
				
		307	133					Δp/p0 maximum (Mode 1)	...			
				
		1	001					...	...	
		0	000					Δp/p0 = 0%	p0 = min			
		-1	3FF					...	reserved			
		...	...					...	Tj = max
		-70	3BA					...	...	
		-72	3B8					...	...	
				
		-102	39A					...	...	
				
		-307	2CD					...	...	
				
		-425	257					...	...	
...									
-480	220	...	...							
3	Block ID's and Data for Initialization	-481	21F	reserved (no data)	reserved	reserved	reserved	status 1111	reserved	reserved		
				
		-492	214					...	...	
				
		-496	210					status 0000	nibble 10000			
		-497	20F					ID code 16	nibble 01111		reserved	reserved
		-498	20E					ID code 15	nibble 01110		reserved	reserved
		-499	20D					ID code 14	nibble 01101		reserved	reserved
		-500	20C					ID code 13	nibble 01100		sensor cell error	sensor cell error
		-501	20B					ID code 12	nibble 01011		reserved	reserved
		-502	20A					ID code 11	nibble 01010		reserved	reserved
		-503	209					ID code 10	nibble 01001		reserved	reserved
		-504	208					ID code 9	nibble 01000		signal chain error	signal chain error
		-505	207					ID code 8	nibble 00111		reserved	reserved
		-506	206					ID code 7	nibble 00110		reserved	reserved
		-507	205					ID code 6	nibble 00101		reserved	reserved
		-508	204					ID code 5	nibble 00100		p0 init error	p0 init error
		-509	203					ID code 4	nibble 00011		reserved	reserved
		-510	202					ID code 3	nibble 00010		reserved	reserved
		-511	201					ID code 2	nibble 00001		p0 out of range error	p0 out of range error
-512	200	ID code 1	nibble 00000	reserved	reserved							

图 9 数据内容概览 (10 位协议)

4.1.2.3 数据协议（16 位格式）

在 16 位工作模式下运行时，数据帧结构由 21 位报文格式定义。报文包括两 (2) 个起始位、两 (2) 个串行通道位、十四 (14) 个数据位和三 (3) 个 CRC 校验位。

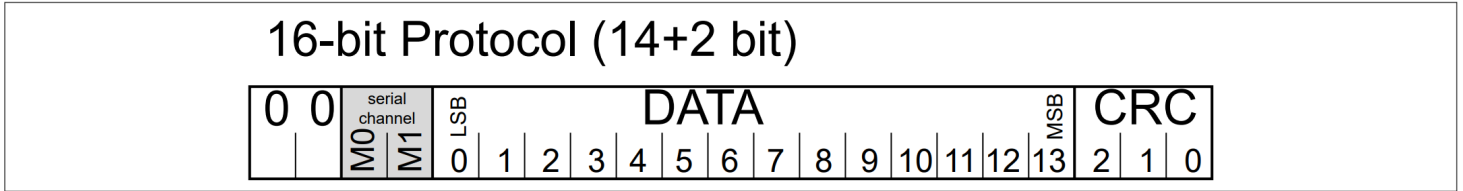


图 10 第 4 阶段的 16 位协议（21 位报文）

信息位描述如下。

表 11 数据字段 21 位报文

Message Bit	Definition	Logic Level
0 ... 1	start bit 1 and 2	0
2 ... 3	serial channel bits	0, 1
4 ... 17	data bit 0 (LSB) ... data bit 13 (MSB)	0, 1
18 ... 20	CRC check bits (C2, C1, C0)	0, 1

注： 不使用串行报文传送通道，这两个位固定为零（"0"）。

4.1.2.3.1 CRC 计算

错误检测由三位 CRC 实现，CRC 由全部 16 位有效载荷位（14+2 位）计算得出。CRC 的生成多项式为 $g(x) = 1 + x + x^3$ ，二进制 CRC 初始化值为"111"。CRC 校验中忽略起始位。三个校验位按相反顺序传输（MSB 在前：C2、C1、C0）。

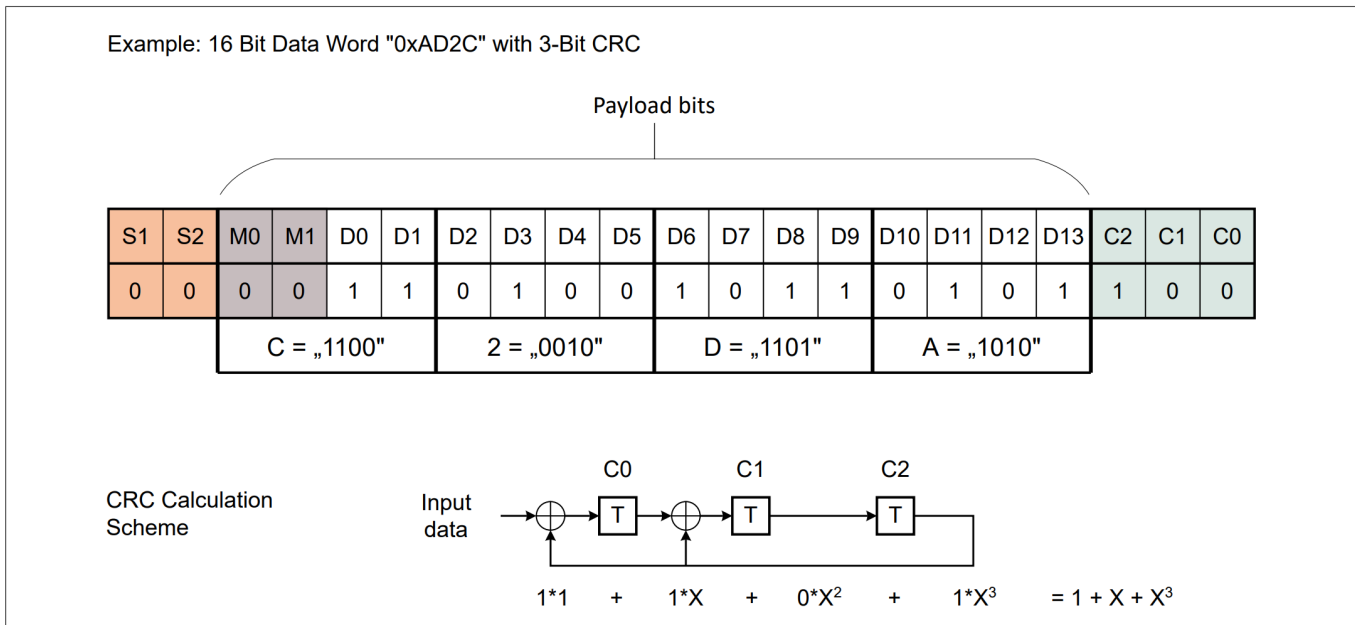


图 11 CRC 计算示例

4.1.2.3.2 数据范围缩放

在第 2 和第 3 阶段以及错误信息期间，不传输串行通道位。取而代之的是，使用完整的 16 位字按以下格式传输数据：

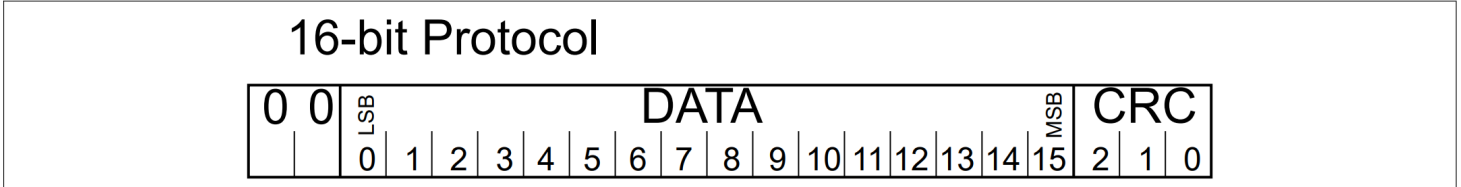


图 12 第 2 和第 3 阶段的 16 位协议 (21 位报文)

作为数据内容，使用 10 位状态字和初始化字，并按以下规则扩展为 16 位字：

- 10 位字在 16 位帧的 MSB 部分传输
- 6 个 LSB (D5 ... D0) 由 10 位数据字中"D0" 位对应的位值填充。

这样就可以检查接收器中是否有卡住的比特。示例如下。

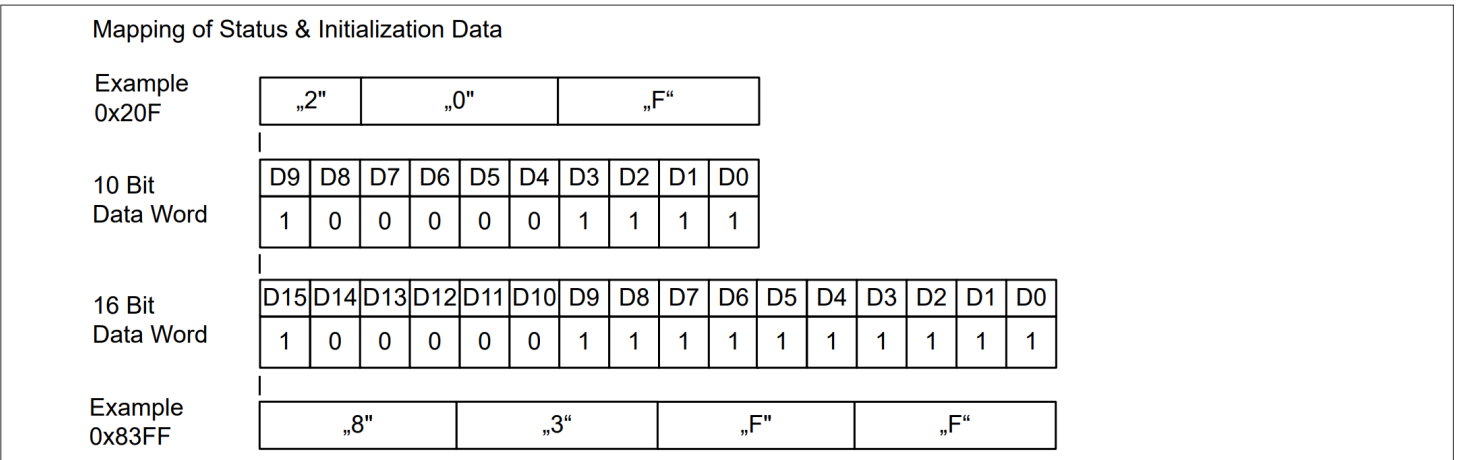


图 13 示例：将状态和初始化数据映射到数据字中

4.1.2.3.3 数据范围

设备的运行分为四个阶段。每个阶段使用各自的数据范围从传感器向 ECU 传输数据。下图描述了 16 位协议的不同数据范围。有关四个阶段的详情，请参阅 4.1.3 章。

Range	dec	hex	Phase 1	Phase 2		Phase 3		Phase 4 dp/p0 data
				2a	2b optional	3a	3b	
2	Status & Error Messages (16-bit)	+32767	0x7FFF	reserved	reserved	reserved	reserved	reserved
		...	...				reserved	reserved
		+32000	0x7D00				sensor defect	sensor defect
		...	...				reserved	reserved
		+31232	0x7A00				sensor busy	reserved
		+31231	0x79FF				sensor ready	reserved
		+30721	0x7801				reserved	reserved
1	Sensor Output Signal (14-bit)	+7680	0x1E00	reserved (no data)	reserved	reserved	...	...
	
		+2048	0x0800				$\Delta p/p_0$ maximum (Mode 4)	...
	
		+480	0x01E0				$\Delta p/p_0$ maximum (Mode 2 & 3)	...
	
		+307	0x0133				$\Delta p/p_0$ maximum (Mode 1)	...
	
		1	0x0001				...	...
		0	0x0000				$\Delta p/p_0 = 0\%$	...
		-1	0x3FFF				...	...
	
		-102	0x039A				$\Delta p/p_0$ minimum (Mode 1)	...
...					
-307	0x3ECD	$\Delta p/p_0$ minimum (Mode 2 & 3 & 4)	...					
...	...	reserved	reserved					
3	Block ID's and Data for Initialization (16-bit)	-30721	0x87FF	status 1111	reserved	reserved	nibble 1111	...
		
		-31488	0x8500	...			...
		
		-31744	0x8400	status 0000			nibble 10000	reserved
		-31745	0x83FF	ID code 16			nibble 01111	reserved
	
		-32000	0x8300	...			...	sensor cell error
		...	...	...			...	reserved
		-32256	0x8200	...			...	signal chain error
		...	...	...			...	reserved
		-32512	0x8100	...			...	p0 init error
		...	...	...			...	reserved
-32641	0x807F	...	...	p0 out of range error				
-32768	0x8000	ID code 1	nibble 00000	reserved				

Note: For data in range 2 and 3, the full 16-bit data word is used.

图 14 数据内容概览 (16 位报文)

4.1.3 PSI5 接口应用层

下一章将详细介绍设备的不同运行阶段。

4.1.3.1 第一阶段

第一阶段不传输数据。

- 持续时间: t_{P1}
- 对同步脉冲无反应
- 复位和传感器自检
- 初始化 p_0 滤波器（内部复位后通过 $t_{p0_init_start}$ ，持续时间: t_{p0_init} ）。初始化后，用于 p_0 计算的递减/递增滤波器进入内部时钟。
- 检查 PSI5 测试模式的输入键。
- 检查测试模式输入键，通过 SPI 命令设置。

只有在第一阶段才能进入 PSI5 测试模式。为此，ECU 必须发送一个预定义的进入键序列。成功进入 PSI5 测试模式后，传感器将不再继续第 2 阶段，而是停留在该模式下，直至 ECU 发出复位指令。有关 PSI5 测试模式的详细信息，请参阅完整版数据手册。

注： 可通过循环 VDD 引脚上的电压触发 ECU 复位。

4.1.3.2 第二阶段

在第 2 阶段，传感器传输识别测试并进行内部自检

- 持续时间: $t_{P2a} + t_{P2b}$
- 第 2a 阶段：传输传感器识别数据；重复识别数据: k
- 第 2b 阶段：基于 p_0 过滤器初始化测试结果

有关第 2b 阶段的其他信息，请参阅完整版数据手册。

4.1.3.2.1 识别数据内容

在第 2a 阶段，传感器传输识别数据。数据块对应 PSI5 标准中的 D1...D32。

表 12 第 2a 阶段数据内容

Data Field	Identifier	Data block	Parameter	Content	Value	Comment
F1	PSI5 protocol version	D1	PSI5 spec	V1.3 or V2.1	xxxx	V1.3 is pre-programmed, but is re-programmable by the customer
F2	number of data blocks	D2, D3	number of blocks	32 * 4-bit data blocks	0010 0000	fixed in ROM
F3	satellite manufacturer code 1	D4, D5	satellite manufacturer code 1	customer programming	xxxx xxxx	customer programmable
F4	sensor type	D6	sensor type	pressure sensor	xxxx	customer programmable
		D7			1000 _b	fixed for $\Delta p/p_0$ data in sense _{out1}

(表格续下页.....)

表 12 (续) 第 2a 阶段数据内容

Data Field	Identifier	Data block	Parameter	Content	Value	Comment
					1100 _b	fixed for $\Delta p/p_0$ data in sense _{out2}
					xxxx	customer programmable for p_0 or T_j data
F5	sensor parameter	D8, D9	sensor parameter	customer specific parameters	xxxx xxxx	customer programmable
F6	satellite manufacturer code 2	D10, D11	satellite manufacturer code 2	sensor specific definition	xxxx xxxx	customer programmable
F7	sensor code	D12-D14	sensor code	AK-wide defined device index	xxxx xxxx xxxx	customer programmable
F8	production date	D15	year	Yn: 7 bit (0...99)	Y6 Y5 Y4 Y3	supplier production date is pre-programmed, but is re-programmable by the customer
		D16	year / month	Mn: 4 bit (1...12)	Y2 Y1 Y0 M3	
		D17	month / day	Dn: 5 bit (1...31)	M2 M1 M0 D4	
		D18	day		D3 D2 D1 D0	
F9	serial number	D19-D20	serial number	IFX line/lot/serial number	0000 0000	fixed
		D21-D32			xxxx	programmed and locked by the supplier

注： 在多时隙模式下，每个时隙发送自己的 ID 数据。每个同步脉冲的 ID 数据完全相同，只有 D7 字段不同。

字段 F9 包含每个传感器的唯一序列号，可对传感器进行全面跟踪。

该序列号不同于之前所有的 SAB 传感器设备（例如 KP106...KP109、KP20x、KP30x）。设备可通过 D24 位的产品 ID 进行识别。

表 13 产品 ID (D24)

Product name	Product ID
KP405	0010 _b

4.1.3.3 第三阶段

在第 3 阶段，传感器传输诊断数据。

- 持续时间： $t_{P3a} + t_{P3b}$
- 第 3a 阶段：发送状态信息“传感器正常” (0x1E7) 或错误序列（传感器缺陷 (0x1F4) 和错误分类帧）
- 第 3a 阶段： p_0 传输
- 第 3b 阶段为可选阶段：传输传感器特定诊断数据（有关第 3b 阶段的更多信息，请参阅完整版数据手册）

4 功能说明

在第 3a 阶段的第 1 帧中，传感器发送传感器就绪 (OK, 0x1E7)，如果检测到错误，则发送错误序列 (参见 4.1.3.5 章)。传感器状态的判断基于之前的测试结果。

如果没有检测到错误，接下来的 4 个帧将传输 $p_{0_word_p3}$ 值 (12 位值，由四个 5 位字节分隔)。

表 14 第 3a 阶段数据内容

Frame No.	Normal operation		Error	
	Function	Code	Function	Code
1	Sensor ready	0x1E7	Sensor defect	0x1F4
2	nibble 0	0x200 ... 0x207	Error Code	0x20x
3	nibble 1	0x208 ... 0x20F	Sensor defect	0x1F4
4	nibble 2	0x210 ... 0x217	Error Code	0x20x
5	nibble 3	0x218 ... 0x21F	...	...

4.1.3.3.1 环境压力传输结构

$p_{0_word_p3}$ 的定义如下，并基于 p_0 滤波器的输出。

$$\begin{aligned}
 p_{0_word_p3} &= d_{11} d_{10} d_9 d_8 d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0 \\
 nibble_0 &= 00 d_{11} d_{10} d_9 \\
 nibble_1 &= 01 d_8 d_7 d_6 \\
 nibble_2 &= 10 d_5 d_4 d_3 \\
 nibble_3 &= 11 d_2 d_1 d_0
 \end{aligned}$$

图 15 $p_{0_word_p3}$ 定义

4.1.3.4 第四阶段

正常运行时， $\Delta p/p_0$ 输出值通过 PS15 接口传输。如果归一化相对压力 ($\Delta p/p_0$) 低于或超过测量范围 ($range_{nomx}$)，则 $\Delta p/p_0$ 值将被削去，成为允许的最小/最大 $\Delta p/p_0$ 输出值 ($\Delta p/p_{0_datx}$)。限值取决于所选的运行模式。

如果 p_0 超出范围或检测到错误，但仍可进行曼彻斯特通信，则发送错误序列。详见 第 4.1.3.5 章。

注： 只要传感器传输曼彻斯特数据，数据就在指定范围内。即使在工作电压和复位电压电平之间的范围内，也不会发送错误数据。

根据所选的协议模式，实际 p_0 值或结温 T_j 将与 $\Delta p/p_0$ 值同时在额外的时隙中传输。如果数值超出输出范围，则会被削去最小/最大允许输出值 ($T_{word_p4_lim}$ 或 $p_{0_word_p4_lim}$)。

$$p_0 = 8 \times p_{0_word_p4} \times p_{0_sens_rx} + p_{0_offset}$$

图 16 第 4 阶段 p_0 数据的计算公式

$$T_j = (T_{word_p4} + 512) \times T_{j_sens} + T_{j_offset}$$

图 17 第 4 阶段 T_j 数据的计算公式

4.1.3.5 错误序列

如果检测到错误且曼彻斯特通信仍处于启用状态，则在第 3 和第 4 阶段发送错误序列。错误序列由以下两个帧组成：

- 第1 帧：“传感器缺陷” 报文 (0x1F4)
- 第2帧：错误代码（更多信息请参见完整版数据手册）

该错误序列将一直发送，直至触发断电。如果同时出现多个错误，在 PSI5 错误序列中只报告优先级最高的错误。

4.2 微断功能

微断路控制是可选项，可通过在器件的 CAP 引脚上连接一个外部缓冲电容器来实现。该缓冲电容器可为微断路期间的正确操作提供能量。电容器充电至最大 $V_{DD} - V_{drop}$ 。缓冲电容器的负载电流由电阻器 R_{CAP} 限制。

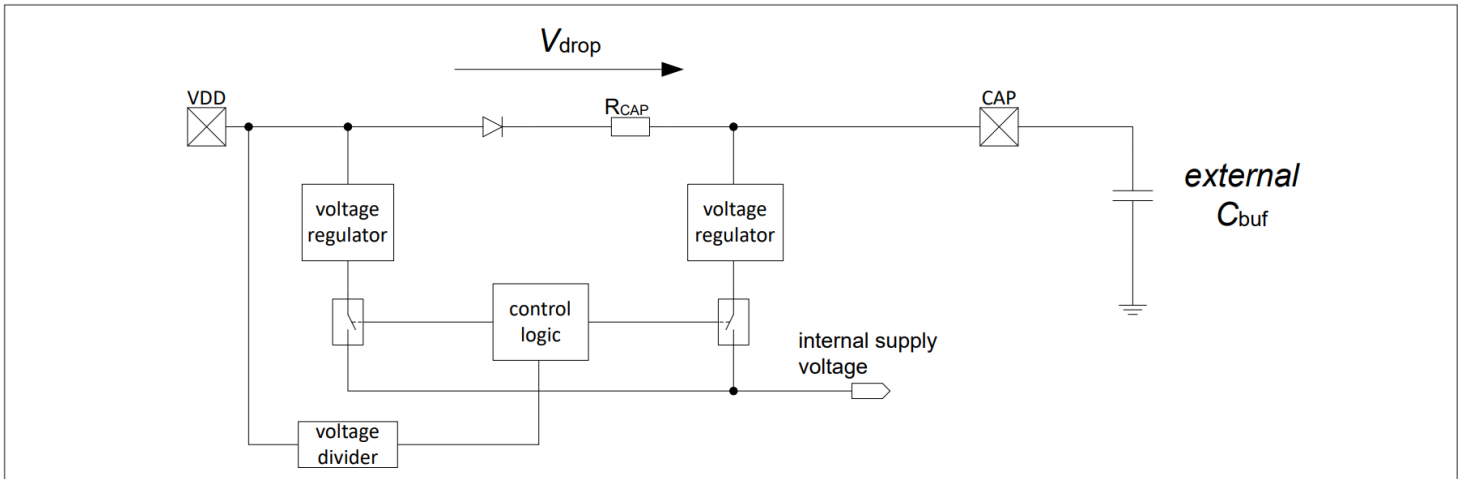


图 18 微断功能的简化框图

二极管可防止电流流向错误的方向，以免干扰数据传输。微断控制是电压调整器概念的一部分。

只要传感器传输曼彻斯特数据，数据就在指定范围内。即使在工作电压和复位电压电平之间的范围内，也不会发送错误数据。

电容器的大小取决于所需的微断路时序 $t_{\mu b}$ ，可按下式计算：

$$t_{\mu b} = \frac{(V_{DD} - V_{drop} - V_{\mu b_drop}) \cdot C_{buf}}{I_{VDD}}$$

图 19 微断时间计算公式

当 V_{DD} 引脚上的电压低于 $V_{\mu b}$ 时，微断功能启动。然后，稳压器由 C_{buf} 电容供电。

在同步模式下，同步脉冲电压还用于为缓冲电容器充电。因此，缓冲电容器的电荷高于只提供电源电压的异步模式。给出的公式没有考虑同步脉冲的额外电荷，该公式仅适用于直流电源。同步脉冲对缓冲电容器充电的影响取决于同步脉冲的持续时间和电压水平，以及所用缓冲电容器的类型和电容器的内阻。因此，没有给出计算公式。

曼彻斯特调制在主动微断模式期间中断。缓冲电容器的能量不会用于曼彻斯特调制。一旦 V_{DD} 恢复正常工作状态，电流调制器就会立即开始工作。

如果 ECU 要强制复位传感器，电源引脚上的电压必须保持在 V_{ub_min} 以下，时间必须长于 t_{ub} 。

4.3 测试模式

该设备有两种不同的测试模式：

- PS15 测试模式是客户在生产过程中对 EEPROM 进行编程的主要界面。
- SPI 测试模式仅供英飞凌使用。

只有在第一阶段才能进入测试模式。在测试模式下，传感器无法正常工作，并将停止发送 $\Delta p/p_0$ 数据。

5 应用信息

5.1 潜在目标应用

该装置可用于检测侧面碰撞时车门内部的压力变化，也可用于行人保护管路系统或前部碰撞检测系统以及其他类似应用。

5.2 应用电路示例

电容器 C_1 和 C_2 必须尽可能靠近设备。任何较远的距离都可能影响 EMC 性能。 C_{buf} 仅用于防止微断路时的电压损失。

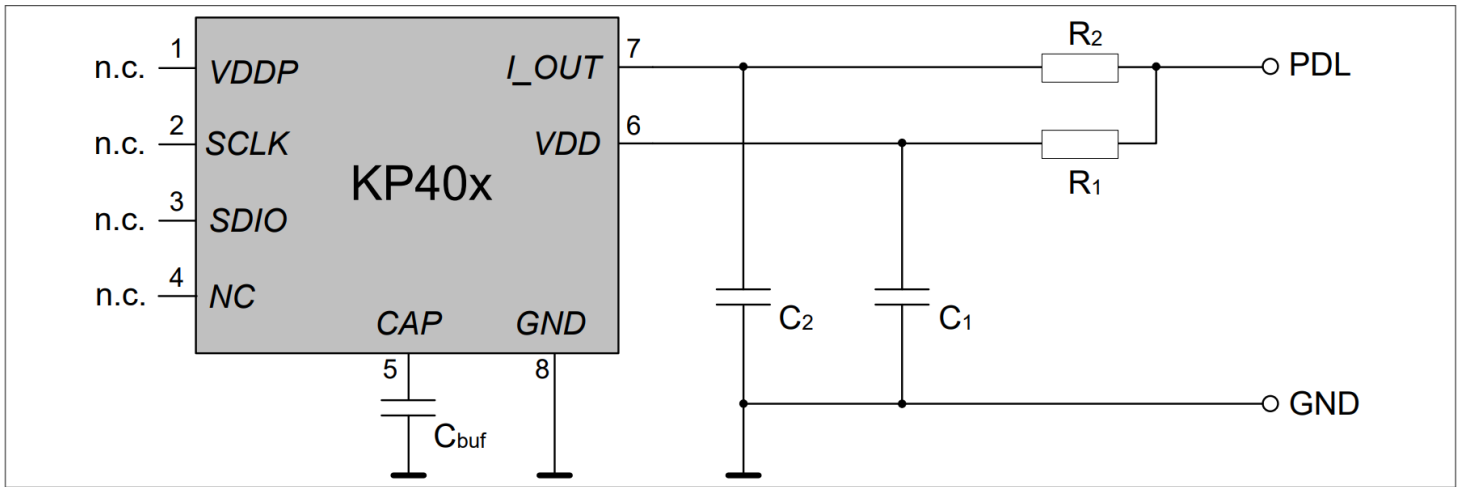


图 20 应用图示例

数字引脚（VDDP、SCLK、SDIO）有一个内部上拉或下拉电阻（ R_{pu} 、 R_{pd} ），因此正常操作必须使用浮动引脚（在接地线开路的情况下，浮动引脚可通过相应的 ESD 二极管防止交叉接地）。导线间应保持足够的间距，以避免串行接口与设备的高压引脚之间发生短路。

为避免传感器过热，卫星设计必须确保传感器环境温度与模块环境温度之间的最大温差为 T_{rise_modo}

表 15 应用电路元件

Component	Value	Unit	Tolerance
R_1	47	Ω	+/-5%
R_2	47	Ω	+/-5%
C_1	15	nF	+/-20%
C_2	2.2	nF	+/-20%
C_{buf}	see Table 5		

5.3 电磁兼容性（EMC）

该器件的特性符合"通用集成电路电磁兼容性测试规范" [7]中描述的电磁兼容性要求。

系统级的电磁兼容性能取决于模块设计和 ECU 实施。根据 AK-LV - EMC 规范 [8]，该设备能够通过系统测试，应用电路定义见 第 5.2 章。

6 封装信息

为了进行钝化处理，传感器芯片上覆盖了一层透明的硅凝胶。不允许在键合导线附近出现气泡（交货状态）。键合丝将被凝胶完全覆盖。凝胶表面光滑。

传感器封装符合 RoHs 标准。

6.1 封装外形

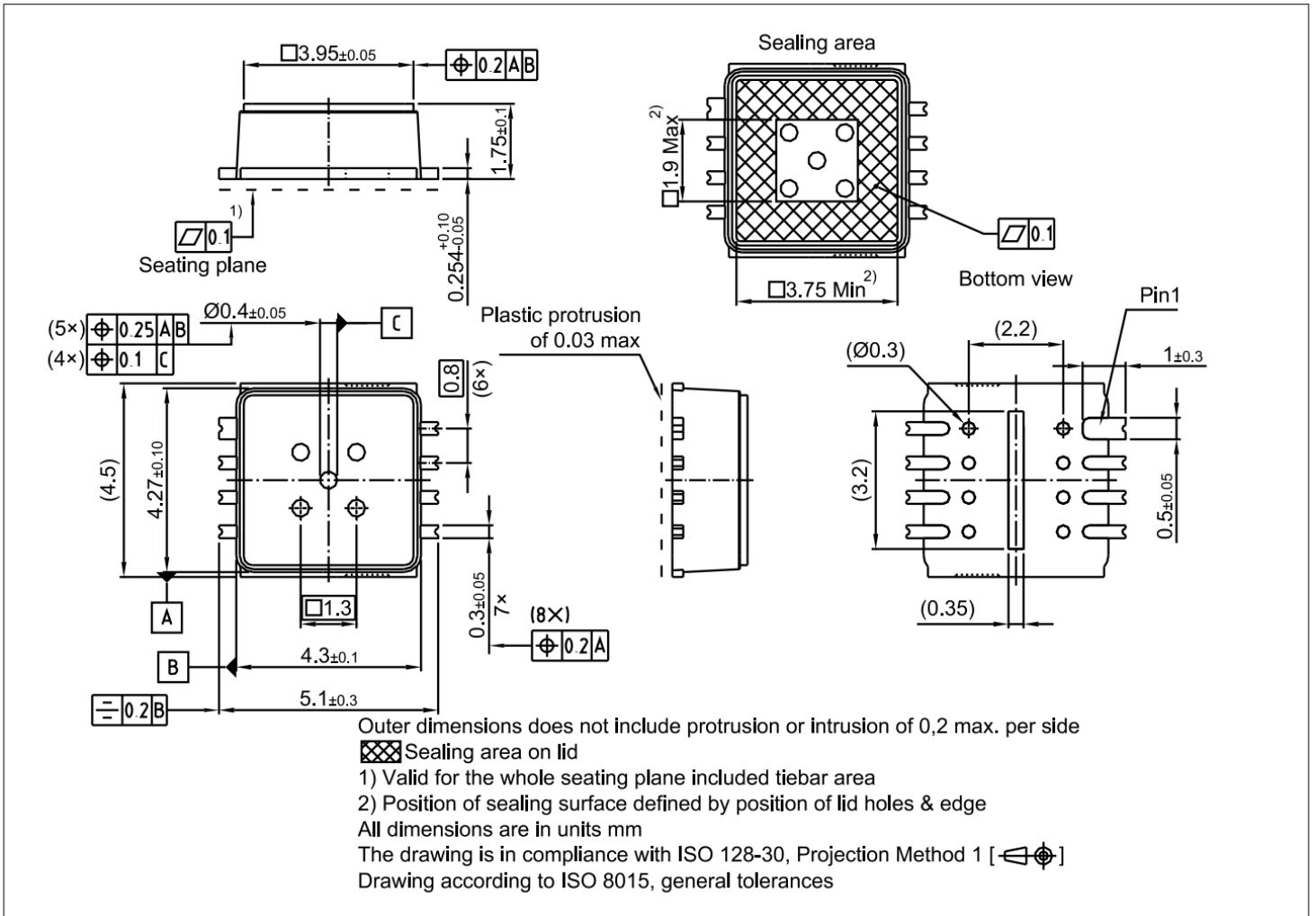


图 21 PG-DFN-8-1 封装外形

6.2 封装尺寸图

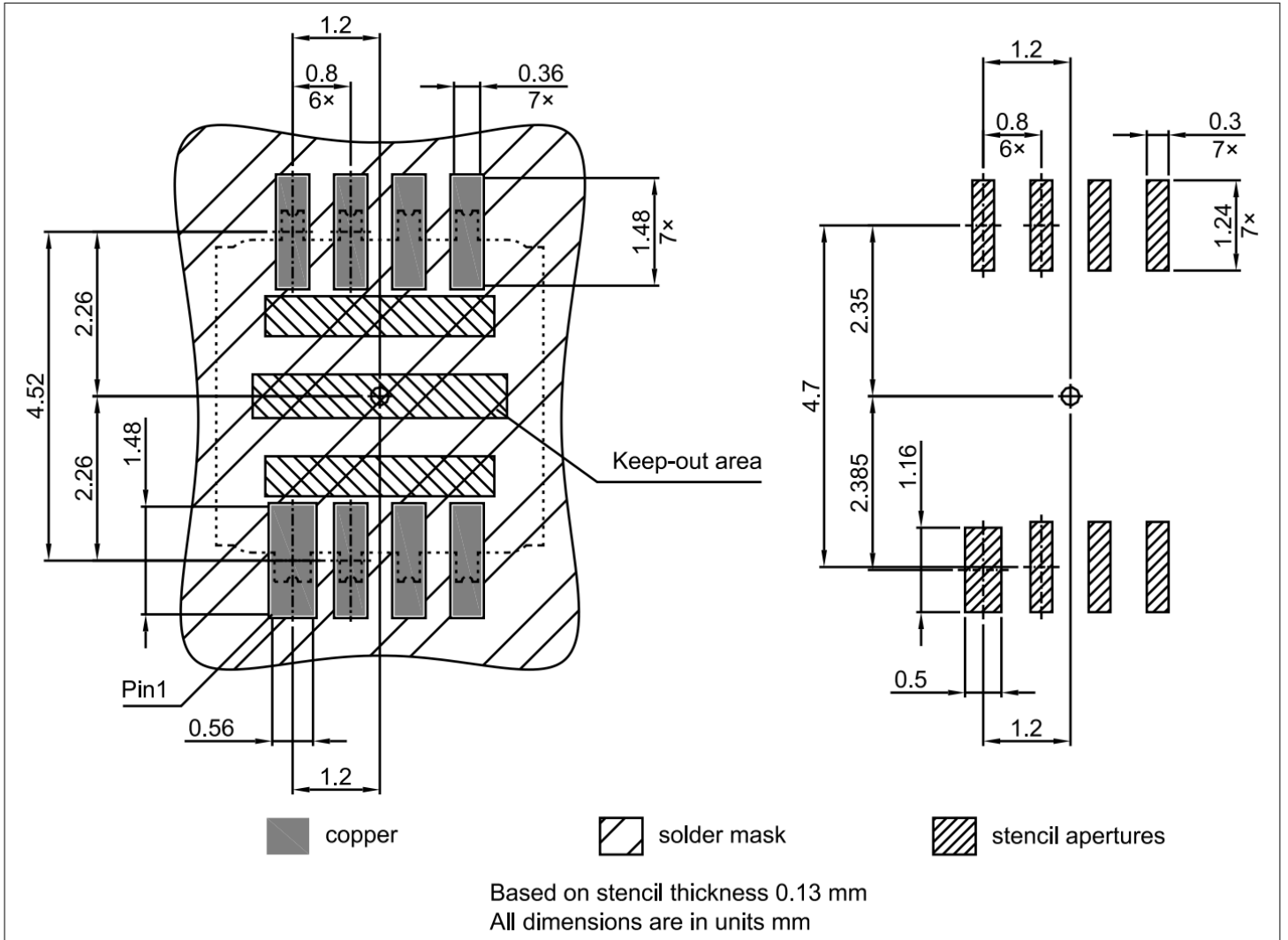


图 22 PG-DFN-8-1 封装尺寸图

6.3 挑选和放置信息

下一章将介绍 PG-DFN 封装的拾取和贴装功能。

详细信息可参见附加文件，包括电路板组装建议 [12]。

6.3.1 元件放置

虽然液态焊料的表面张力所产生的自对准效应有助于形成可靠的焊点，但元件必须根据其几何形状准确放置。不建议手动定位货包，但这是可行的。

对于焊盘宽度为 0.3 毫米、间距为 0.8 毫米的 PG-DFN 封装，建议使用自动拾取贴装设备，以实现可靠的焊点。设备以卷带式包装交付，适合在取放设备中使用。包装内外的压差不应超过 p_{diff} （见表 3）。

6.4 识别码

器件的识别码与引脚 1 位于封装的同一侧。

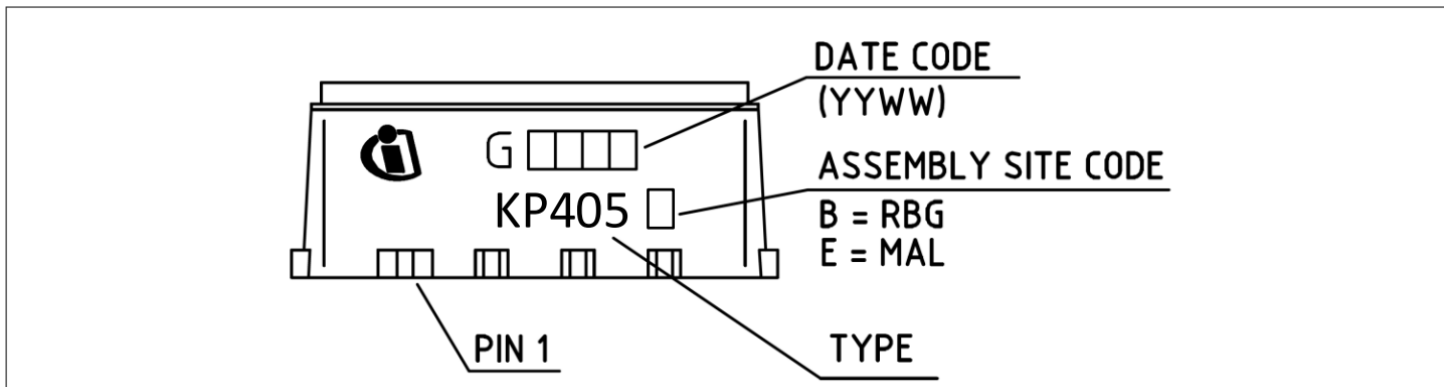


图 23 KP405 的识别代码

7 参考文档

表 16 参考文档

Number	Bibliography
[1]	PSI5 Specification, V1.3, 29.07.08
[2]	PSI5 Specification, V2.1, 08.10.2012
[3]	PSI5 Substandard Airbag, V2.1, 05.10.2012
[4]	AK-LV 29, V1.4, 03/2011, "Standard AK-Pressure Sensors for Crash Detection"
[5]	AK-LV 38, V1.0, 13.02.2014, "Druckbasierter Aufprallsensor"
[6]	AK-LV 38 Addendum, Zusatzblatt_20161021_entwurf.pdf, Draft-Version 21.10.2016
[7]	BISS, "Generic IC EMC Test Specification", Version 1.0, July, 6th 2004
[8]	AK-LV 27 / AK-LV 29, Part 3 "EMC Requirements", V2.06, March, 9th 2011
[9]	Siemens Norm SN 29500-2, Edition 2010-09, Siemens AG Munich
[10]	Declaration of Compliance to the RoHS Directive for Infineon "Green Products", MatQ-2013-103-RoHS, Nov. 2013
[11]	ISO 26262, Vehicles Functional Safety, Version 2018
[12]	Recommendations for board assembly of Infineon pressure sensor packages for automotive applications, Revision 1.0, Infineon Technologies AG

8 修订记录

表 17 修订记录

Revision number	Date of release	Description of changes
1.0	2025-01-31	<ul style="list-style-type: none">Initial release of technical product description extracted from the datasheet of KP405, Rev. 1.10



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 2025-12-24

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。

如果本文档包含或引用软件：

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

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