

英飞凌 XENSIV™ 数字绝对压力传感器

特性

- 高精度压力传感 (± 1.0 kPa)，压力范围 40 至 115 kPa
- 工作环境温度范围：-40°C 至 +125°C
- 业界领先的低功耗，配备专用掉电模式以实现节能
- 通过 SPI 接口提供 10、12 或 14 位分辨率的压力和温度值
- 集成针对信号路径的诊断功能
- 绿色和小型 4.5 mm x 5.1 mm 8 引脚 DFN 封装



潜在应用

- 汽车气压传感器 (BAP)
- 汽车歧管空气流量传感器 (MAF)
- 汽车电池监控系统 (BMS)
- 汽车座椅舒适系统
- 工业控制
- 气象站
- 高度计

产品验证

产品依据 AEC-Q103-002 进行验证。适用于汽车应用，已获得认证。

描述

英飞凌 KP464E 是一款基于电容式传感原理的高性能、高精度微型数字绝对压力传感器。它采用表面微加工技术，内含单片集成信号调节电路。

该器件可将物理压力转换为 10、12 或 14 位数字值，并通过 SPI 接口传输信息。此外，芯片上还集成了温度传感器。根据接收到的 SPI 命令，10 位、12 位或 14 位温度信息也将通过 SPI 接口传输。

该器件内置专用掉电模式，用户可进一步降低器件功耗。该器件集成诊断功能，可对传感器单元及信号路径进行测试，进一步提升可靠性。该诊断可通过 SPI 命令触发。

Product type	Package	Marking	Ordering code
KP464E	PG-DFN-8-1	KP46E	SP005430839

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	功能范围.....	7
4	产品特性	8
4.1	特性.....	8
4.1.1	电气特性.....	8
4.1.2	传递函数压力特性.....	9
4.1.3	传递函数温度特性.....	10
4.1.4	欠压范围特性.....	10
4.1.5	SPI 时序.....	10
4.2	功能描述.....	12
4.2.1	传递函数压力.....	12
4.2.2	传递函数温度.....	14
4.2.3	掉电模式.....	17
4.2.3.1	进入掉电模式.....	17
4.2.3.2	退出掉电模式.....	17
4.2.4	串行接口.....	17
4.2.4.1	EEPROM 可编程.....	18
4.2.4.2	命令.....	18
4.2.4.3	命令行为.....	18
4.2.4.4	结构.....	19
4.2.4.5	奇偶校验.....	20
4.2.4.6	命令定义.....	20
4.2.4.7	通信错误	23
4.2.4.8	标识符响应定义.....	23
4.2.4.9	单器件操作.....	23
4.2.4.10	菊花链操作.....	24
4.2.4.11	SPI 配置参数	26
4.2.5	诊断.....	27
4.2.5.1	诊断重置.....	28
4.2.5.1.1	复位位 = '1'	29
4.2.5.1.2	复位位 = '0'	29
4.2.5.2	压力超出范围.....	29
4.2.5.3	Diag1	29
4.2.5.4	Diag2	30



Table of contents

4.2.5.5 EEPROM 检查 30

4.2.6 计算总功耗..... 30

4.2.7 启动行为..... 31

5 应用信息 32

6 封装 33

6.1 识别代码..... 35

7 修订记录 36

 免责声明..... 37

1 框图

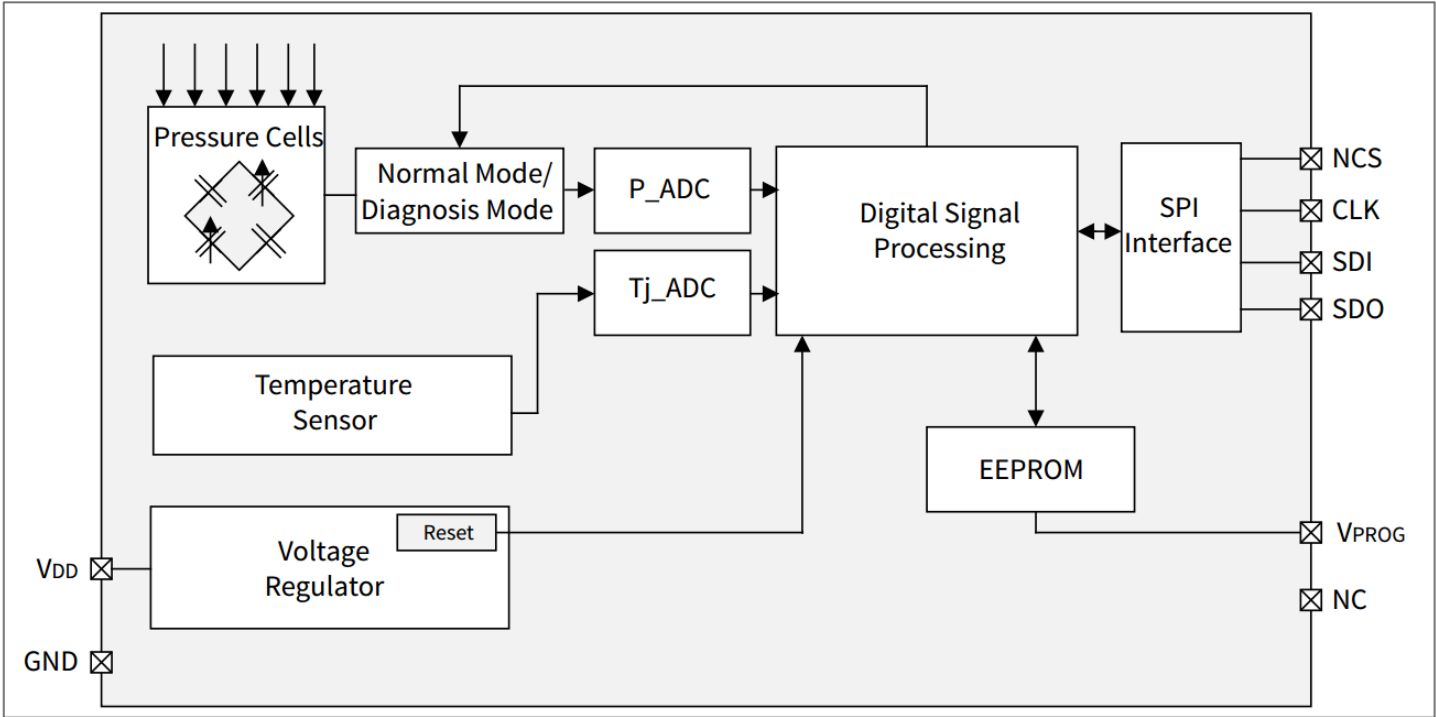


图 1 功能框图

2 引脚配置

下图显示了器件的引脚配置。

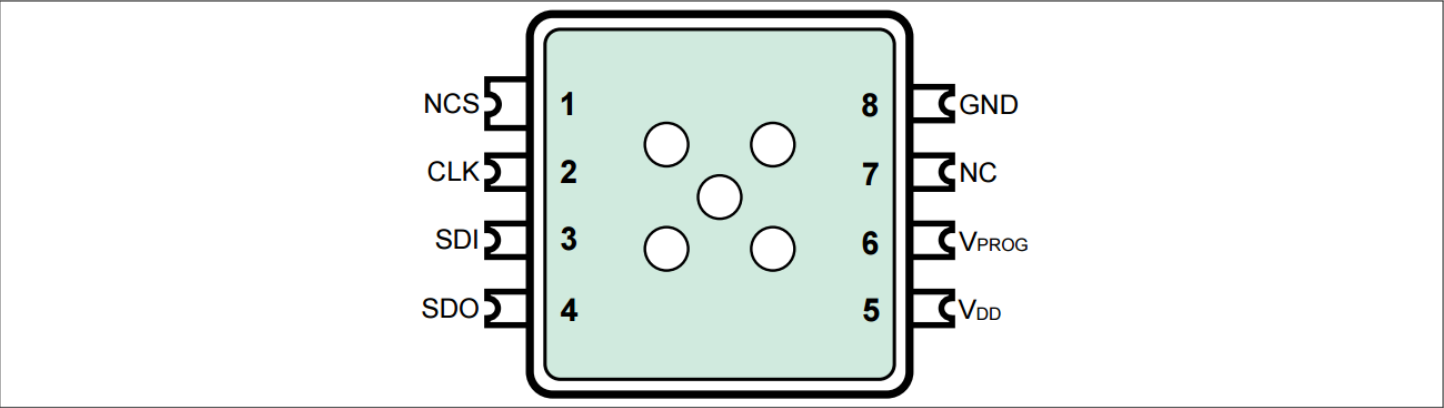


图 2 引脚配置（俯视图，图未按比例绘制）

下表列出了引脚说明。

表 1 引脚说明

Pin No.	Name	Function	Comment
1	NCS	Not-Chip-Select (active-low)	Communication is enabled when NCS is low
2	CLK	Serial Clock	External clock for serial communication
3	SDI	Serial Data In	Serial data input (e.g. from a controller)
4	SDO	Serial Data Out	Tri-state serial data output
5	V _{DD}	Supply voltage	–
6	V _{PROG}	Programming Voltage	Only required during EEPROM programming and Programming Mode entering
7	NC	Not connected	Pin is not bonded
8	GND	Ground	–

3 产品一般特性

3.1 绝对最大额定值

表 2 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum supply voltage range	V_{DD_max}	-0.3	-	5.5	V	
Maximum voltage range on any pin	V_{in_max}	-0.3	-	5.5	V	
Maximum voltage range on any pin (short term)	$V_{in_max_short}$	-0.3	-	6.0	V	Limited time: Max. 300s
Maximum voltage range at output pins	V_{out_max}	-0.3	-	$V_{DD} + 0.3$	V	
Storage temperature	T_s	-40	-	150	°C	
Maximum operating temperature range	T_{a_max}	-40	-	140	°C	Limited time: Max. 200h
Maximum input pressure range	P_{amb_max}	10	-	300	kPa	
Maximum input pressure range (short term)	$P_{amb_max_short}$	10	-	600	kPa	Limited time: Max. 300s
ESD robustness – HBM	V_{ESD_HBM}	-2000	-	2000	V	According to ANSI/ESDA/JEDEC JS-001
ESD robustness pins 1, 4, 5, 8 - CDM	V_{ESD_CDMc}	-750	-	750	V	According to ANSI/ESDA/JEDEC JS-002
ESD robustness pins 2, 3, 6, 7 - CDM	V_{ESD_CDMo}	-500	-	500	V	According to ANSI/ESDA/JEDEC JS-002

注意： 超过"绝对最大额定值"所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。这只是应力额定值，并不表示器件在这些条件下，或在"工作范围"章节中所述条件之外的任何条件下能够正常运行。此外，仅假设了单一错误情况。一个以上的应力/错误情况也可能损坏器件。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。在绝对最大额定值过载条件下，VDD 引脚上相对于接地(GND)的电压不得超过绝对最大额定值定义的值。生命周期声明是基于英飞凌 (Infineon) 认证测试结果外推得出的预期值。元件的实际生命周期取决于其应用形式、使用类型等因素，且可能与该声明存在偏差。生命周期声明在任何情况下均不得延长约定的保修期。

3.2 工作范围

为了确保器件正确运行，不得超出以下工作范围。除非另有说明，以下部分中指定的所有参数均指这些操作条件。

表 3 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply voltage	V_{DD}	3.0	–	5.25	V	
Supply undervoltage	V_{DD_UV}	V_{UVR_max}	–	V_{DD_min}	V	Undervoltage range, reduced performance (see Characteristics in Undervoltage Range)
Supply voltage power up/power down gradient	V_{grad}	1E-5	–	1E4	V/ms	
Input voltage for high level at pins NCS, CLK & SDI	V_{high_in}	1.8	–	$V_{DD} + 0.3$	V	Not valid in Power-Down mode
Input voltage for high level at pins NCS, CLK & SDI (Power-Down mode)	$V_{high_in_pd}$	2.3	–	$V_{DD} + 0.3$	V	Not valid during normal operation
Input voltage for low level at pins NCS, CLK & SDI	V_{low_in}	-0.3	–	0.8	V	
Output voltage for low level at pin SDO	V_{low_out}	–	–	0.4	V	Test current (sink) at pin SDO is 2.0mA
Output voltage for high level at pin SDO	V_{high_out}	$V_{DD} - 0.4$	–	V_{DD}	V	Test current (source) at pin SDO is 2.0mA
Ambient operating temperature range	T_a	-40	–	125	°C	
Thermal resistance (junction-ambient)	R_{thJA}	250	–	350	K/W	Thermal resistance between die and T_{amb} (measured acc. JESD51-2)

4 Product features

4 产品特性

4.1 特性

4.1.1 电气特性

表 4 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Undervoltage reset/ release level	V_{UVR}	2.1	–	2.7	V	
Undervoltage reset hysteresis	V_{UVR_Hyst}	100	–	300	mV	
Supply current into VDD	I_{VDD}	–	–	3.5	mA	Without SPI communication
Supply current into VDD during power- down mode (quiescent current)	I_{VDD_PD}	–	–	10	μA	
Pressure signal path settling time	t_{path_pres}	–	–	5	ms	Pressure accuracy within specification
Temperature signal path settling time	t_{path_temp}	–	–	5	ms	Temperature accuracy within specification
Start-up time (with self diagnosis)	$t_{start-up_wd}$	–	–	10	ms	No SPI communication possible After $t_{start-up_wd}$ within full specification Configuration Parameter $power_up_{diag_en} = 1$
Start-up time (without self diagnosis)	$t_{start-up_wod}$	–	–	5	ms	No SPI communication possible After $t_{start-up_wod}$ within full specification Configuration Parameter $power_up_{diag_en} = 0$
Power down wake- up time (with self diagnosis)	$t_{PD_start-up_wd}$	–	–	10	ms	Configuration Parameter $wup_{diag_en} = 1$
Power down wake- up time (without self diagnosis)	$t_{PD_start-up_wod}$	–	–	5	ms	Configuration Parameter $wup_{diag_en} = 0$
Capacitive load at pins NCS, CLK & SDI	C_{load_in}	–	–	14	pF	
Capacitive load at pin SDO	C_{load_out}	–	–	19	pF	

(表格续下页.....)

表 4 (续) 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Tri-state leakage current	I_{SDO}	-5	–	5	μA	NCS = high $V_{DD} = 5V$
Hysteresis of input voltage at pins NCS, CLK & SDI	V_{SPI_Hys}	100	–	–	mV	
Current sink for NCS, CLK & SDI (each pin) - V_{low_in}	I_{SPI_in}	-100	–	-5	μA	$V_{low_in} = 0V$ No back biasing Not valid in Power-Down mode
Current sink for NCS, CLK & SDI (each pin) - V_{high_in}	I_{SPI_in}	–	–	5	μA	$V_{high_in} = 5V$ No back biasing

4.1.2 传递函数压力特性

表 5 传递函数压力特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Ambient operating pressure range	p_{amb}	40	–	115	kPa	
Accuracy pressure central temperature range	acc_p	-1.0	–	1.0	kPa	$T_a = 0^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$; additional drift from specifications for 24 hours after reflow soldering.
Accuracy pressure low temperature range	acc_{p_Tlow}	-1.5	–	1.5	kPa	$T_a = -40^{\circ}C$; additional drift from specifications for 24 hours after reflow soldering.
Accuracy pressure high temperature range	acc_{p_Thigh}	-1.5	–	1.5	kPa	$T_a = 125^{\circ}C$; additional drift from specifications for 24 hours after reflow soldering.

注释： 在回流焊接后或器件暴露于极端温度条件下时的参数漂移，最长持续时间为回流焊接后在标准条件下 ($25^{\circ}C$, $100kPa$) 24小时内。

注意： 器件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。

4 Product features

4.1.3 传递函数温度特性

表 6 传递函数温度特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Accuracy temperature low	acc_{T_low}	-5.0	–	5.0	°C	$T_a = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C After device self-heating within acc_{T_low}
Accuracy temperature central	acc_{T_cen}	-3.0	–	3.0	°C	$T_a = 25^{\circ}\text{C}$ to 85°C ; After device self-heating within acc_{T_cen}
Accuracy temperature high	acc_{T_high}	-3.5	–	3.5	°C	$T_a = 85^{\circ}\text{C}$ to T_{a_max} ; After device self-heating within acc_{T_high}

4.1.4 欠压范围特性

表 7 欠压范围特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Clock frequency of SPI interface	f_{SPI}	0.1	–	2.5	MHz	Undervoltage range V_{DD_UV}
Accuracy pressure central temperature range	acc_p	-2.0	–	2.0	kPa	$T_a = 0^{\circ}\text{C}$ to 85°C Undervoltage range V_{DD_UV}
Accuracy pressure low temperature range	acc_{p_Tlow}	-3.0	–	3.0	kPa	$T_a = -40^{\circ}\text{C}$ to 0°C Undervoltage range V_{DD_UV}
Accuracy pressure high temperature range	acc_{p_Thigh}	-3.0	–	3.0	kPa	$T_a = 85^{\circ}\text{C}$ to 125°C Undervoltage range V_{DD_UV}
Output voltage for low level at pin SDO	V_{low_out}	–	–	0.4	V	Test current (sink) at pin SDO is 1.5mA Undervoltage range V_{DD_UV}
Output voltage for high level at pin SDO	V_{high_out}	$V_{DD} - 0.4$	–	V_{DD}	V	Test current (source) at pin SDO is 1.5mA Undervoltage range V_{DD_UV}

4.1.5 SPI 时序

表 8 SPI 时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Clock frequency of SPI interface	f_{SPI}	0.1	–	5	MHz	

(表格续下页.....)

表 8 (续) SPI 时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Transition speed at SDO (low capacitive load)	$t_{\text{SDO_trans_l}}$	5	–	30	ns	$V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ $C_{\text{load}} = 50\text{pF}$ Rising edge = 20% - 80% Falling edge = 80% - 20%
Transition speed at SDO (high capacitive load)	$t_{\text{SDO_trans_h}}$	5	–	50	ns	$V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ $C_{\text{load}} = 150\text{pF}$ Rising edge = 20% - 80% Falling edge = 80% - 20%
Clock high time	t_{clh}	75	–	–	ns	
Clock low time	t_{cll}	75	–	–	ns	
NCS filter time	t_{fNCS}	10	–	60	ns	Pulses below the NCS filter time will be ignored
Delay between NCS falling edge and SDO active	t_{csdv}	–	–	75	ns	
Delay between CLK rising edge and start SDO data	t_{pcld}	–	–	50	ns	CLK to data at 10% of SDO rising edge $C_{\text{load}} = 120\text{pF}$
Delay between CLK low and start NCS low	t_{sclch}	75	–	–	ns	
Delay between NCS low and rising edge 1st CLK pulse	t_{hclcl}	75	–	–	ns	
Time between start SDI data and falling edge CLK	$t_{\text{scl d}}$	15	–	–	ns	
Time between falling edge CLK and end SDI data	$t_{\text{hcl d}}$	15	–	–	ns	
Delay between falling edge last CLK pulse and rising edge NCS	t_{sclcl}	100	–	–	ns	
Delay between rising edge NCS and rising edge CLK pulse	t_{hclch}	100	–	–	ns	

(表格续下页.....)

表 8 (续) SPI 时序

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Delay between rising edge NCS and end SDO data	$t_{p\text{chdz}}$	–	–	75	ns	
Time between rising edge NCS and falling edge next NCS	$t_{on\text{nncs}}$	300	–	–	ns	
Minimum input rise/fall time	$t_{\text{SPI_switch}}$	–	–	2	ns	20% - 80% at SDI, CLK, NCS
Maximum output over-/undershoot	$V_{\text{SDO_ovun}}$	-200	–	200	mV	$V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ $C_{\text{load}} = 150\text{pF}$ Trace inductance < 400nH
Valid pressure/temperature value after trigger diagnostic command	$t_{\text{diag_wait}}$	–	–	10	ms	

4.2 功能描述

4.2.1 传递函数压力

KP46x 的压力校准通过参数 S_p 和 $offs_p$ 进行调整。根据这些参数和传感器输出计算环境压力的公式如下所示：

$$p_{\text{amb}} = \frac{(out_p - offs_p)}{S_p} \tag{1}$$

KP46x 器件在交付时已完全校准。传感器在应用压力和数字输出信号之间具有线性传递函数。通过触发 "
 [获取压力命令](#)
"，器件可提供绝对压力值。

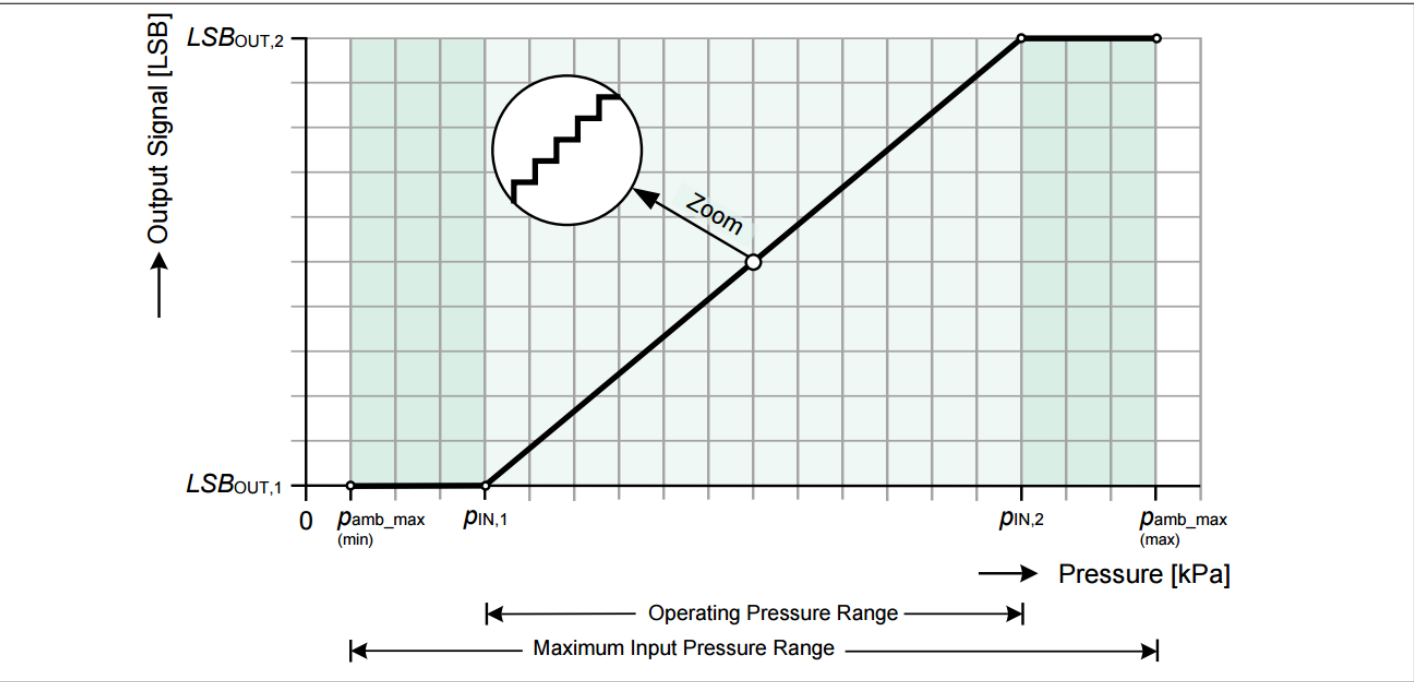


图 3 压力传递函数

表 9 压力传递函数特性（10 位）

Pressure			Output Code		
Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
$p_{IN,1}$	40	kPa	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
$p_{IN,2}$	115	kPa	$LSB_{OUT,2}$	1023	LSB

表 10 增益和偏移压力传递函数（10 位）

Gain and Offset		
Symbol	Values (Typ.)	Unit
S_p	13.64	LSB/kPa
$offs_p$	-545.6	LSB

表 11 压力传递函数特性（12 位）

Pressure			Output Code		
Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
$p_{IN,1}$	40	kPa	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
$p_{IN,2}$	115	kPa	$LSB_{OUT,2}$	4095	LSB

表 12 增益和偏移压力传递函数（12 位）

Gain and Offset		
Symbol	Values (Typ.)	Unit
S_p	54.6	LSB/kPa
$offs_p$	-2184	LSB

表 13 压力传递函数特性（14 位）

Pressure			Output Code		
Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
$p_{IN,1}$	40	kPa	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
$p_{IN,2}$	115	kPa	$LSB_{OUT,2}$	16383	LSB

表 14 增益和偏移压力传递函数（14 位）

Gain and Offset		
Symbol	Values (Typ.)	Unit
S_p	218.44	LSB/kPa
$offs_p$	-8737.6	LSB

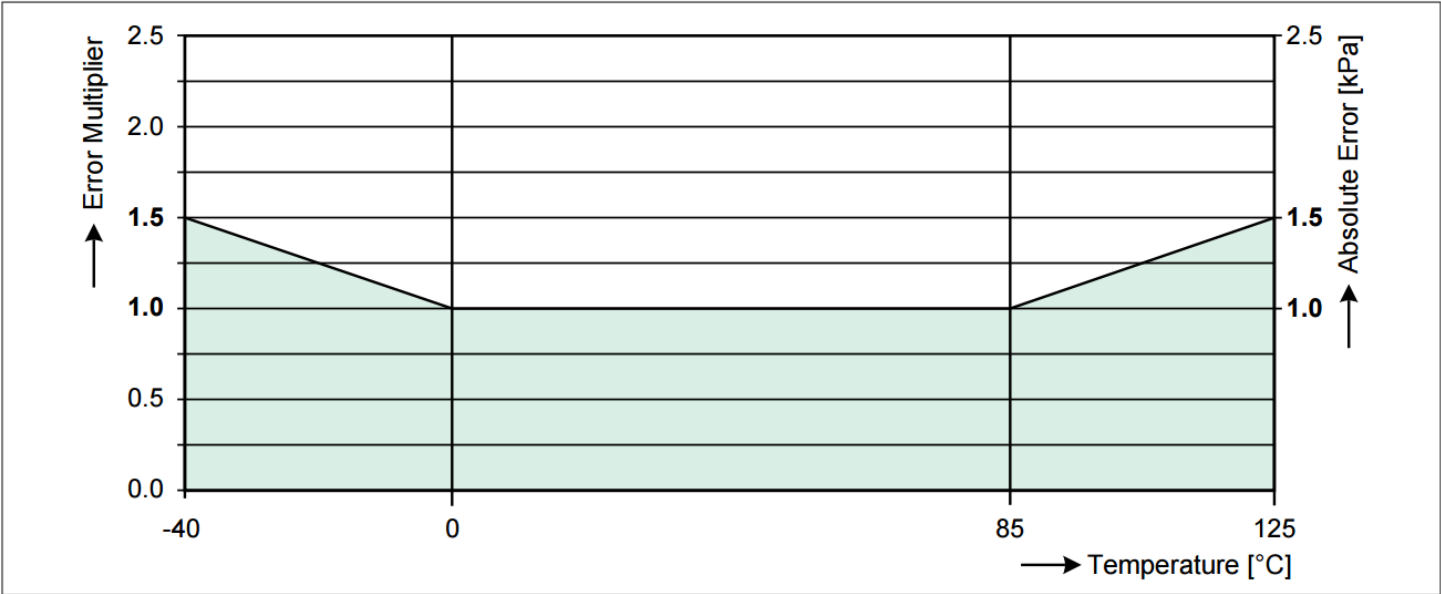


图 4 压力采集精度

4.2.2 传递函数温度

KP46x 温度校准通过参数 S_T 和 $offs_T$ 进行调整。根据这些参数和传感器输出计算环境温度的公式如下所示：

$$T_{amb} = \frac{(out_T - offs_T)}{S_T} \quad (2)$$

KP46x 器件在交付时已完全校准。传感器在应用温度和数字输出信号之间具有线性传递函数。通过触发 "获取温度命令"，器件可提供环境温度值。

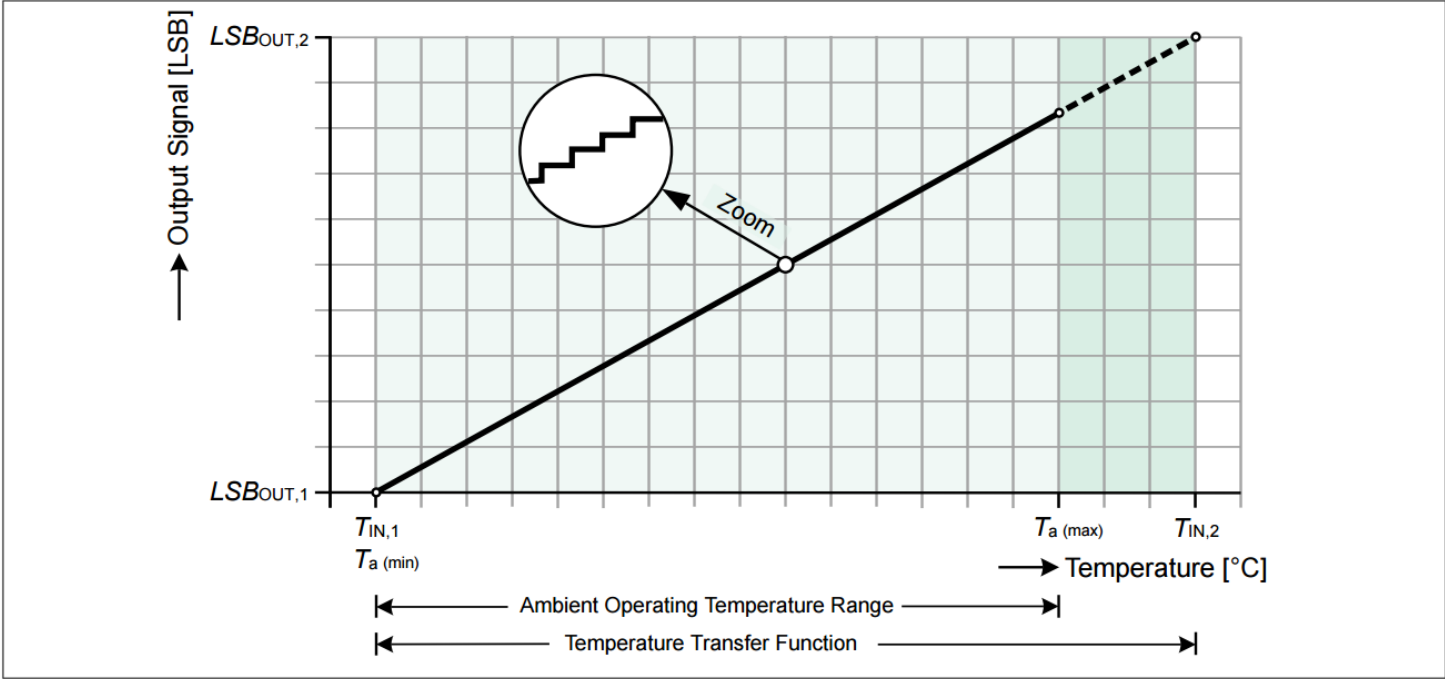


图 5 温度传递函数

表 15 温度传递函数特性（10 位）

<i>kp25x_{t_compat}</i>	<i>vdd_{range}</i>	<i>V_{DD}</i>		Temperature			Output Code		
Bit	Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
0	0	3.3	V	<i>T_{IN,1}</i>	-40	°C	<i>LSB_{OUT,1}</i>	0	LSB
				<i>T_{IN,2}</i>	160	°C	<i>LSB_{OUT,2}</i>	1023	LSB
	1	5.0	V	<i>T_{IN,1}</i>	-40	°C	<i>LSB_{OUT,1}</i>	0	LSB
				<i>T_{IN,2}</i>	160	°C	<i>LSB_{OUT,2}</i>	1023	LSB
1	-	3.3	V	<i>T_{IN,1}</i>	-38.5	°C	<i>LSB_{OUT,1}</i>	0	LSB
				<i>T_{IN,2}</i>	161.5	°C	<i>LSB_{OUT,2}</i>	1023	LSB
	-	5.0	V	<i>T_{IN,1}</i>	-40	°C	<i>LSB_{OUT,1}</i>	0	LSB
				<i>T_{IN,2}</i>	160	°C	<i>LSB_{OUT,2}</i>	1023	LSB

表 16 增益和偏移温度传递函数（10 位）

<i>kp25x_{t_compat}</i>	<i>V_{DD}</i>		Gain and offset		
Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
1	3.3 / 5.0	V	<i>S_T</i>	5.115	LSB/°C
	5.0		<i>offs_{T_5.0}</i>	204.6	LSB
	3.3		<i>offs_{T_3.3}</i>	196.9	LSB
0	3.3 / 5.0	V	<i>S_T</i>	5.115	LSB/°C
			<i>offs_T</i>	204.6	LSB

表 17 温度传递函数特性 (12 位)

$kp25x_{t_compat}$	vdd_{range}	V_{DD}		Temperature			Output Code		
Bit	Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
0	0	3.3	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	4095	LSB
	1	5.0	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	4095	LSB
1	-	3.3	V	$T_{IN,1}$	-38.5	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	161.5	°C	$LSB_{OUT,2}$	4095	LSB
	-	5.0	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	4095	LSB

表 18 增益和偏移温度传递函数 (12 位)

$kp25x_{t_compat}$	V_{DD}		Gain and offset		
Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
1	3.3 / 5.0	V	S_T	20.48	LSB/°C
	5.0		$offs_{T_{5.0}}$	819	LSB
	3.3		$offs_{T_{3.3}}$	788.3	LSB
0	3.3 / 5.0	V	S_T	20.48	LSB/°C
			$offs_T$	819	LSB

表 19 温度传递函数特性 (14 位)

$kp25x_{t_compat}$	vdd_{range}	V_{DD}		Temperature			Output Code		
Bit	Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit
0	0	3.3	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	16383	LSB
	1	5.0	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	16383	LSB
1	-	3.3	V	$T_{IN,1}$	-38.5	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	161.5	°C	$LSB_{OUT,2}$	16383	LSB
	-	5.0	V	$T_{IN,1}$	-40	°C	$LSB_{OUT,1}$	0	LSB
				$T_{IN,2}$	160	°C	$LSB_{OUT,2}$	16383	LSB

表 20 增益和偏移温度传递函数 (14 位)

$kp25x_{t_compat}$	V_{DD}		Gain and offset		
Bit	Values (Typ.)	Unit	Symbol	Values (Typ.)	Unit

(表格续下页.....)

表 20 (续) 增益和偏移温度传递函数 (14 位)

$kp25x_{t_compat}$	V_{DD}		Gain and offset		
1	3.3 / 5.0	V	S_T	81.92	LSB/°C
	5.0		$offs_{T_5.0}$	3276.6	LSB
	3.3		$offs_{T_3.3}$	3153.7	LSB
0	3.3 / 5.0	V	S_T	81.92	LSB/°C
			$offs_T$	3276.6	LSB

注释： $T_{IN,1}/LSB_{OUT,1}$ 和 $T_{IN,2}/LSB_{OUT,2}$ 点定义的是校准传递函数，而不是工作范围。工作温度范围由参数工作温度 T_a 定义。

4.2.3 掉电模式

KP46x 具有一种特殊的省电功能，称为掉电模式。传感器将进入掉电状态，功耗将大幅降低。有关掉电模式下的电流消耗，请参阅参数 I_{VDD_PD} （参见“电气特性”表）。

4.2.3.1 进入掉电模式

当通过 SPI 接口接收到[触发掉电模式命令](#)时，器件进入掉电模式。

4.2.3.2 退出掉电模式

要从掉电模式唤醒传感器，NCS 引脚必须在 CLK 引脚上升沿期间为低电平。

注释： 如果传感器处于掉电状态，则下一条命令将触发唤醒过程（NCS 必须为低电平，同时 CLK 边沿上升）。

为了使传感器在从掉电模式唤醒后能够重新供电，用户需要在发送第一个 SPI 命令（例如[“获取压力命令”](#)）之前，等待 $t_{start-up}$ 时间（参见“电气特性”表）。

注释： 如果 NCS 和 CLK 唤醒序列中包含一条命令，则必须忽略第一条命令期间传感器的响应。下一条 SPI 命令将返回第一条命令的响应。

4.2.4 串行接口

通信和数据传输基于标准的16位串行外设接口（SPI）。SPI 时序及相关时序参数如下所示：

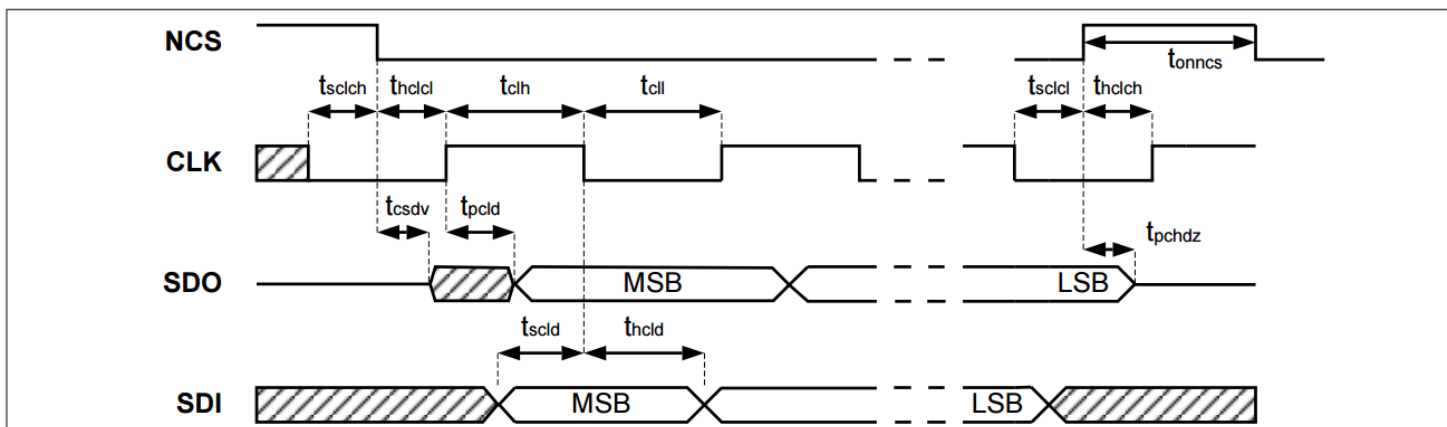


图 6 SPI 时序

当 NCS 为高电平时，SDO 处于高阻抗状态（无法进行 SPI 通信）。

当 CLK 周期数不为 0 或 16 的倍数时，下一个 SPI 应答就会发出通信错误的信号。

如果 NCS 为低电平时没有 CLK 边沿，则认为传输有效。上一个命令的响应将在下一次传输中发送。

器件可根据要求发送唯一的 ID 号。该可追溯性标识确保 KP46x 系列的所有编号都是唯一的。

4.2.4.1 EEPROM 可编程

用户可通过 SPI 接口对 EEPROM 的以下部分进行编程：

- 标识符响应 (spi_id：第 0-7 位)

- SPI 接口配置：

- $kp25x_{res_compat}$
- vdd_{range}
- $kp25x_{t_compat}$

- 启动自诊断：

- wup_{diag_en}
- $power_up_{diag_en}$

4.2.4.2 命令

定义了以下命令

- 获取标识符
- 获取压力（包括诊断压力超出范围、EEPROM 检查和最后更新的 Diag1 & Diag2¹⁾
- 获取温度（包括诊断压力超出范围、EEPROM 检查和最后更新的 Diag1 & Diag2¹⁾
- 触发掉电模式（激活掉电状态）
- 触发诊断（触发器 Diag1、Diag2）
- 触发编程模式（只有当引脚 V_{PROG} 上出现高电平 (>10V) 时才会进入编程模式)

¹⁾ 仅当此前任意时间已发送触发诊断命令（参见第 4.2.4.6 章），且诊断复位未激活（复位位 C12 = '1'）的情况下，才能获得最后更新的诊断信息。

4.2.4.3 命令行为

在 SPI 帧 N 中发送的命令的应答将通过下一个 SPI 帧 (N+1) 发送。

当发送一条命令 (N) 时，如果前一条命令 (N-1) 的处理尚未完成，则最后一条命令(N) 不会中断处理。

诊断命令触发 Diag1 和 Diag2 测量；在执行自我诊断期间，压力值（包括超出量程的信息）不会更新。

传感器在上电或复位后的第一个应答是独立于命令的标识符应答（请参阅[第4.2.4.8章](#)）。

4.2.4.4 **结构**

SPI 命令的结构如下：

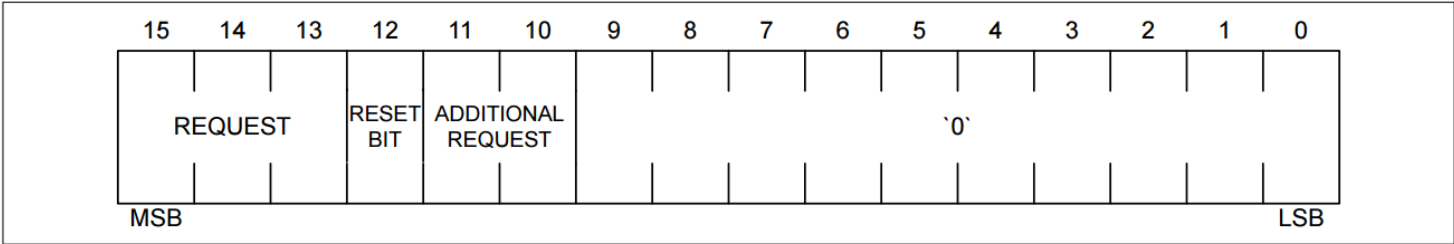


图 7 **SPI 命令结构**

以下结构为 10 位 SPI 的响应定义：

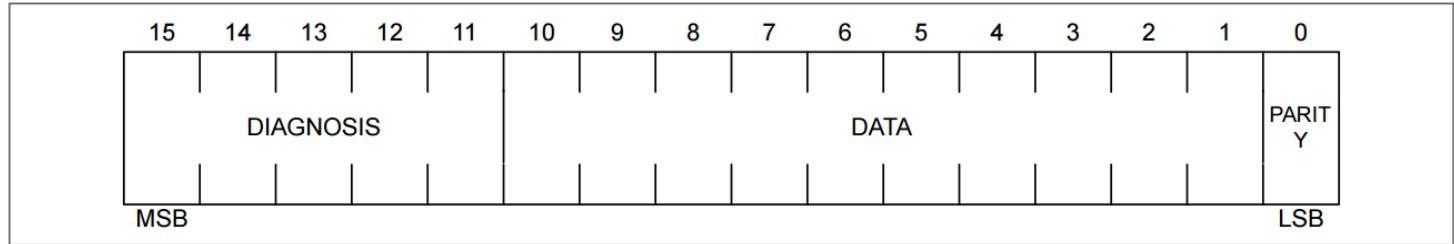


图 8 **SPI 响应结构（10 位）**

该响应结构适用于获取压力命令（10 位）、获取温度命令（10 位）和触发诊断命令（10 位）。

以下结构为 12 位 SPI 的响应定义：

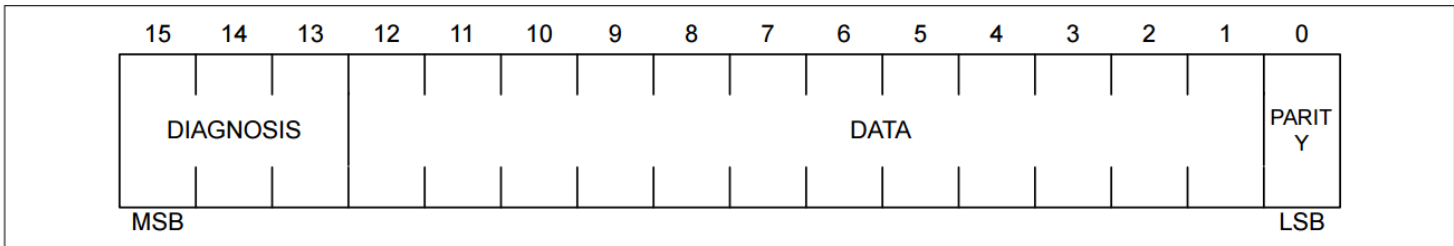


图 9 **SPI 响应结构（12 位）**

该响应结构适用于获取压力命令（12 位）、获取温度命令（12 位）和触发诊断命令（12 位）。

以下结构为 14 位 SPI 的响应定义：

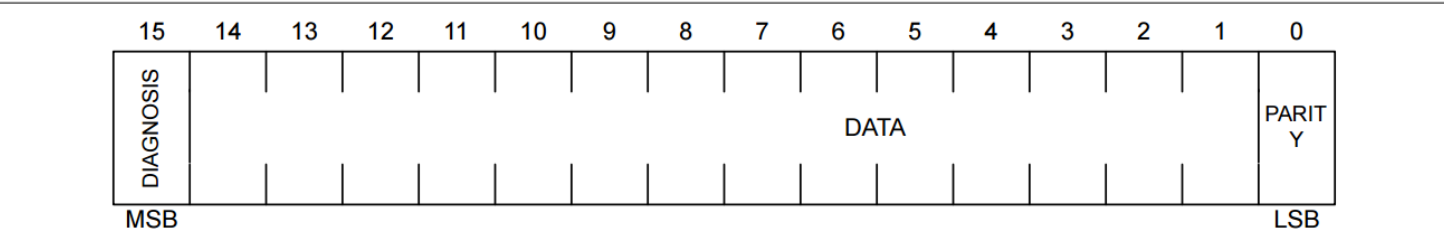


图 10 SPI 响应结构（14 位）

该响应结构适用于获取压力命令（14 位）、获取温度命令（14 位）和触发诊断命令（14 位）。

以下结构为标识符的 SPI 响应定义：

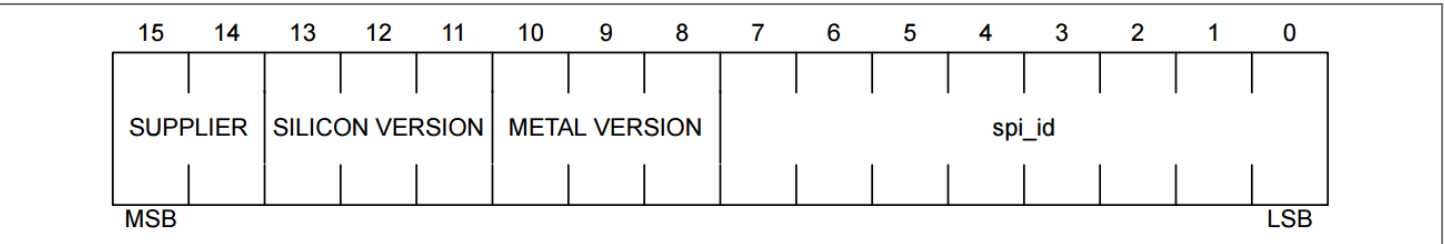


图 11 标识符的 SPI 响应结构

4.2.4.5 奇偶校验

以下 SPI 响应包括奇偶校验（LSB，[0]）：

- 获取压力
- 获取温度
- 触发诊断
- 通讯错误

16 位响应中数值为一的位数为奇数（包括奇偶校验位）。

4.2.4.6 命令定义

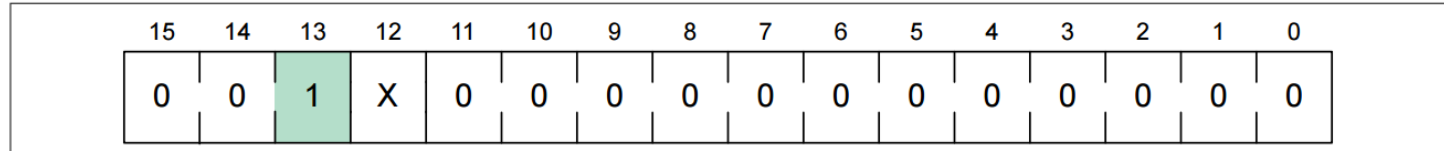


图 12 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时的获取压力命令（10 位）

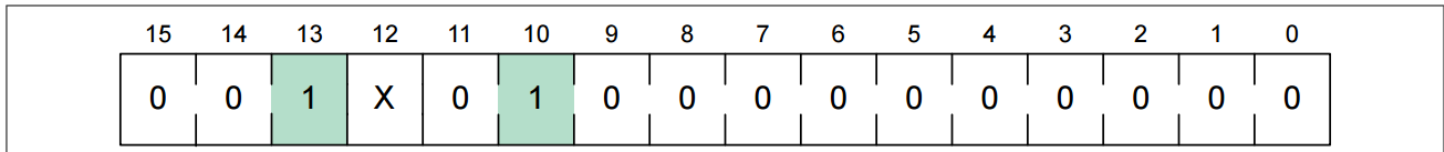


图 13 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时的获取压力命令（10 位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 14 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时的获取压力命令 (12 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 15 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时的获取压力命令 (12 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 16 获取压力命令 (14位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 17 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时的获取温度命令 (10 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 18 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时的获取温度命令 (10 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 19 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时的获取温度命令 (12 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 20 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时的获取温度命令 (12 位)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 21 获取温度命令（14位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 22 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时触发诊断命令（10 位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 23 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时触发诊断命令（10 位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 24 当 $kp25x_{res_compat} = 0$ 时触发诊断命令（12 位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 25 当 $kp25x_{res_compat} = 1$ 时触发诊断命令（12 位）

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 26 触发诊断命令（14 位）

注意： 在触发诊断命令后，用户必须等待时间 t_{diag_wait} （参见 [SPI 时序表](#)），才能获取有效的压力或温度值。

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 27 触发掉电模式命令

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 28 获取标识符命令

注释：复位位（C12）决定如何处理诊断复位。

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 29 触发编程模式命令

4.2.4.7 通讯错误

正常运行时，只有指定的命令有效。这些命令的每一次异常（例如未使用的命令、未使用位取其他值，以及时钟数与 16n（其中 n = 1、2、3...）不符）将导致通信错误。检测到通信错误时的响应如下。

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

图 30 通信错误后的响应

4.2.4.8 标识符响应定义

"获取标识符命令" 的响应是每个衍生值的定义值，如下所述。当 KP46x 传感器在带有多个不同部件的总线系统中运行时，可通过该响应识别传感器。

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0

图 31 标识符响应定义

4.2.4.9 单器件操作

下图举例说明了如何将单个器件连接到微控制器。NCS 被拉至低电平后，请求命令将在接下来的 16 个 CLK 周期内发送至传感器。同时返回传感器对上一条请求命令的响应。

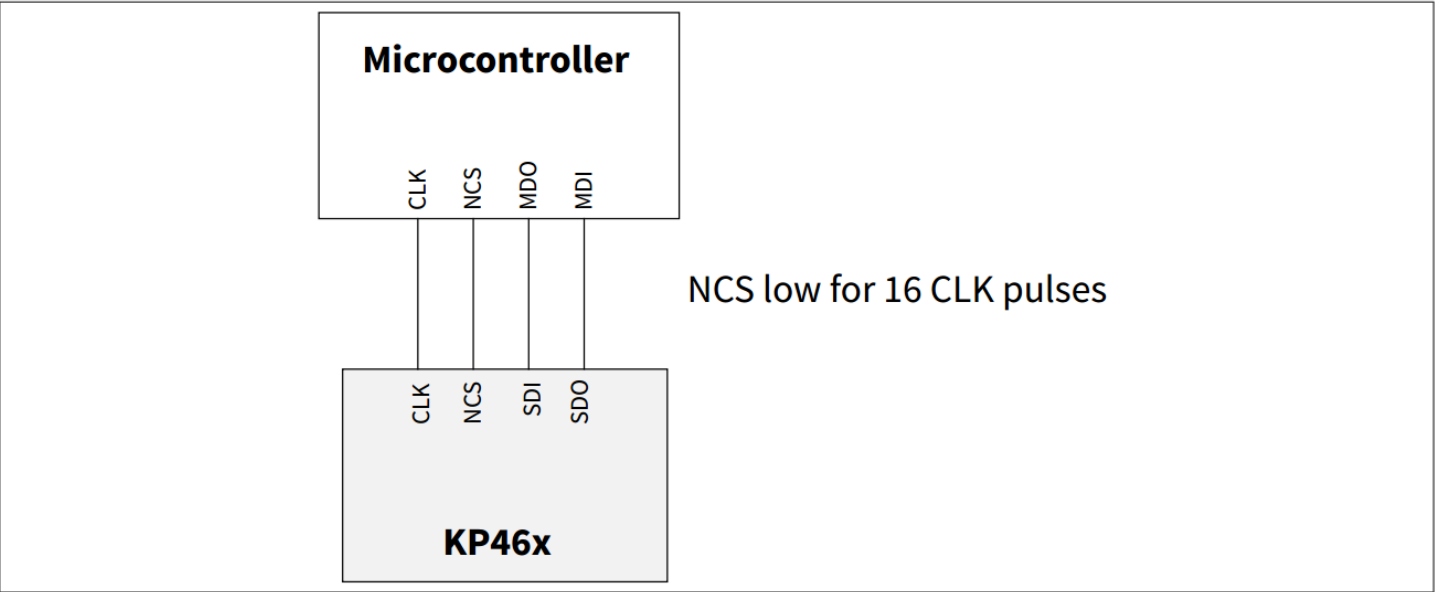


图 32 单器件运行示例

单器件运行的 SPI 信号时序如下图所示。

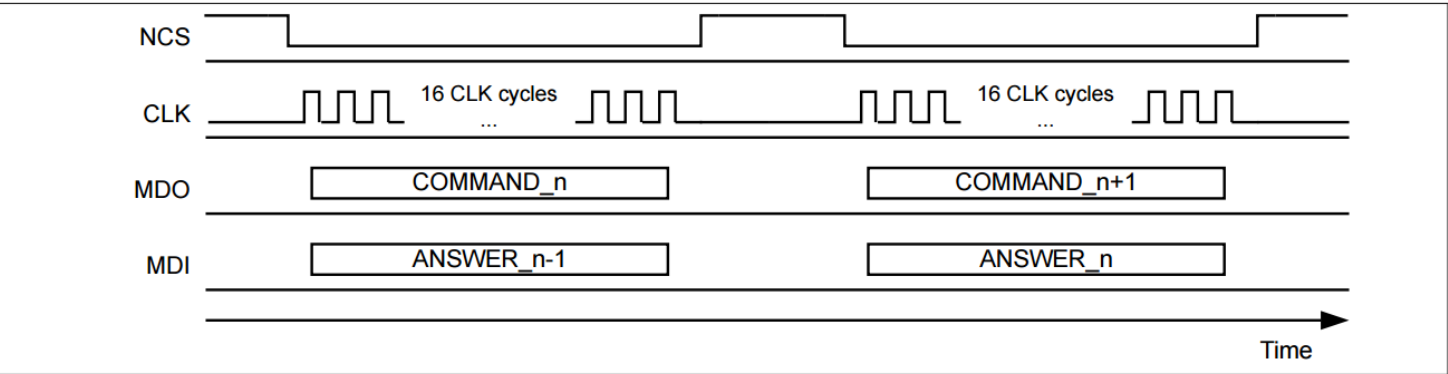


图 33 单器件信号图示例

4.2.4.10 菊花链操作

菊花链操作可用于将多个器件连接到一个 SPI 连接，以节省微控制器引脚。请参阅“菊花链操作示例”，了解如何将多个器件连接到一个微控制器。

以菊花链方式连接的器件数量不受限制。

下图显示了菊花链模式和并行操作相结合的示例。

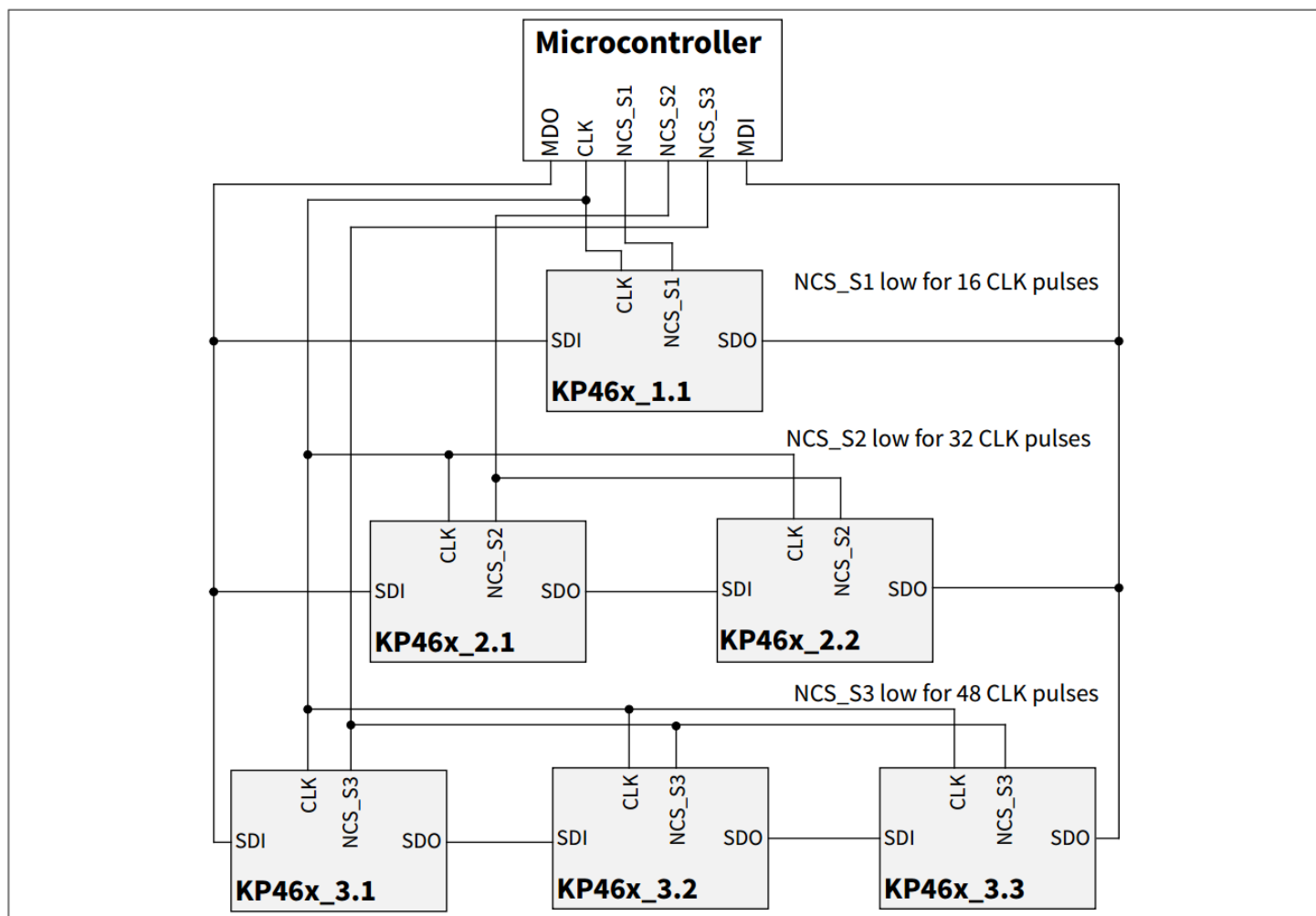


图 34 菊花链操作示例

注释： 本例中并非所有五个传感器都能同时寻址。一次只能寻址一个分支（如KP46x_2.x 分支）。最后，同一时间只能有一条NCS 线路为低电平(NCS_S1, NCS_S2 or NCS_S3)。

菊花链操作示例图显示了菊花链模式和并联运行相结合的示例。在整个通信过程中，寻址传感器组的响应NCS 线路必须为低电平。在此期间，所提供的时钟脉冲数必须是菊花链中传感器数量的 16 倍乘积（例如："菊花链操作示例"图中的KP46x_2.x分支为32个时钟脉冲）。重要的是，NCS_S2.1 和 NCS_S2.2在整个传输过程中保持低电平。因此，传感器在接收到超过 16 个时钟脉冲而 NCS 信号不变的情况下，能够自动切换到菊花链模式（在此示例中，传感器 S2.1 接收到的第一个 16 位输入数据将通过最后 16 个时钟脉冲时钟传送到传感器 S2.1 的输出端）。图"菊花链操作信号图" 展示了完整的信号图。

4 Product features

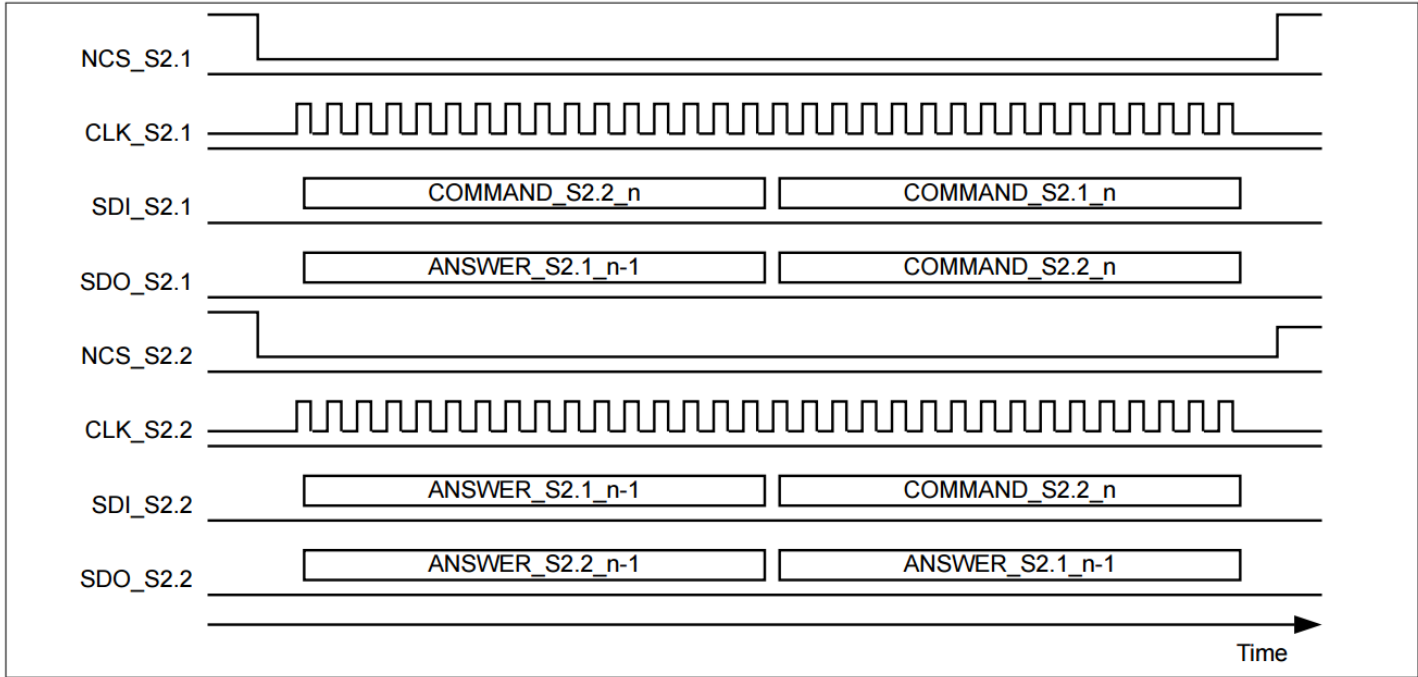


图 35 菊花链信号图示例

时钟脉冲的数量必须是16的倍数，这一点非常重要。否则，该菊花链分支上的所有命令都将被识别为无效命令，且该分支上所有传感器的响应都将显示为“通信错误”响应。

4.2.4.11 SPI 配置参数

用户可对数字接口的下列参数进行配置：

表 21 接口配置参数

Configuration parameter	Symbol	Nominal range	Unit	Step width	Default	Note
Start-up diagnostics - VDD Power-On	<i>power_up</i> _{diag_en}	0 of 1	bit	-	1	Can be adjusted by changing the corresponding EEPROM bit: 0: Deactivated self diagnostics during <i>V_{DD}</i> start-up 1: Activated self diagnostics during <i>V_{DD}</i> start-up This influences the average power consumption of the device.
Start-up diagnostic - PD Power-Up	<i>wup</i> _{diag_en}	0 or 1	bit	-	1	Can be adjusted by changing the corresponding EEPROM bit: 0: Deactivated self diagnostics during PD start-up 1: Activated self diagnostics during PD start-up This influences the average power consumption of the device.

(表格续下页.....)

表 21 (续) 接口配置参数

Configuration parameter	Symbol	Nominal range	Unit	Step width	Default	Note
VDD range	vdd_{range}	0 or 1	bit	-	1	Can be adjusted by changing the corresponding EEPROM bit: 0: 3.3 V supply voltage for the device 1: 5.0 V supply voltage for the device
Temperature compatibility	$kp25x_{t_compat}$	0 or 1	bit	-	1	Can be adjusted by changing the corresponding EEPROM bit: 0: vdd_{range} bit is active. Same temperature offset parameter and transfer function for 3.3 V and 5.0 V supply voltage (please see Transfer Function Temperature) 1: vdd_{range} bit is inactive. Different temperature offset parameter and transfer function for 3.3 V and 5.0 V supply voltage (please see Transfer Function Temperature)
Acquire pressure and temperature command	$kp25x_{res_compat}$	0 or 1	bit	-	0	Can be adjusted by changing the corresponding EEPROM bit: 0: 10-bit acquire pressure/temperature command like e.g. KP254 1: 12-bit acquire pressure/temperature command like e.g. KP253

4.2.5 诊断

传感器可自动检测以下故障：

- 压力超出范围（低压和高压）
- 信号路径检查 (Diag1)
- 传感器单元检查 (Diag2)
- EEPROM 检查（ECC 错误）

如果检测到故障，则在下一次响应时发送响应的诊断代码。

注释： $Diag1$ 和 $Diag2$ 测试只能通过单独的“触发诊断命令”来触发。执行该命令后，用户必须等待 t_{diag_wait} 时间（参见 [SPI 时序表](#)），才能在新请求后获得有效的压力或温度值。

如果器件收到 10 位获取温度或压力命令，则将在下一次接收命令时传输 5 位诊断结果，作为 10 位响应结构的一部分（参见[第4.2.4.4章](#)）。

如果有一个以上的测试失败，则只发送优先级最高的诊断代码。

表 22 5 位诊断代码

Failure	Priority	Diagnosis Code				
		Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11
EEPROM: ECC error	1	1	0	0	0	0
Acquisition chain failure: Diag1	2	0	1	0	0	0
Sensor cell failure: Diag2	3	0	0	1	0	0
Pressure out of range: High	4	0	0	0	1	0
Pressure out of range: Low	5	0	0	0	0	1
No error	-	0	1	0	1	0

如果器件收到 12 位获取温度或压力命令，则将在下一次接收命令时传输 3 位诊断结果，作为 12 位响应结构的一部分（参见第4.2.4.4章）。

如果有一个以上的测试失败，则只发送优先级最高的诊断代码。

表 23 3 位诊断代码

Failure	Priority	Diagnosis Code		
		Bit 15	Bit 14	Bit 13
EEPROM: ECC error	1	1	0	0
Acquisition chain failure: Diag1	2	0	1	0
Sensor cell failure: Diag2	3	0	0	1
No error	-	0	1	1

如果器件收到 14 位获取温度或压力命令，则将在下一次接收命令时传输 1 位诊断结果，作为 14 位响应结构的一部分（参见第4.2.4.4章）。

表 24 1 位诊断代码

Failure	Diagnosis Code
	Bit 15
EEPROM: ECC error	1
No error	0

注释： 诊断代码Diag1 和Diag2 不会更新，直到通过发送触发诊断命令启动自诊断

4.2.5.1 诊断重置

SPI 命令中的复位位 C12 允许采用不同的复位策略：

- 复位位 = '0'：所有传输故障将被重置（ECC 错误除外）
- 复位位'1'：传输故障不会被复位

注意： 无法重置 ECC 错误。ECC 错误一旦被检测到并传输，就会一直存在，直到电源复位或进入掉电模式。

4.2.5.1.1 复位位 = '1'

一旦检测到故障，即使故障消失/不再存在，只要符合以下条件，相应的诊断代码仍会持续传输：

- 未检测到优先级更高的故障
- 传感器未复位（掉电）

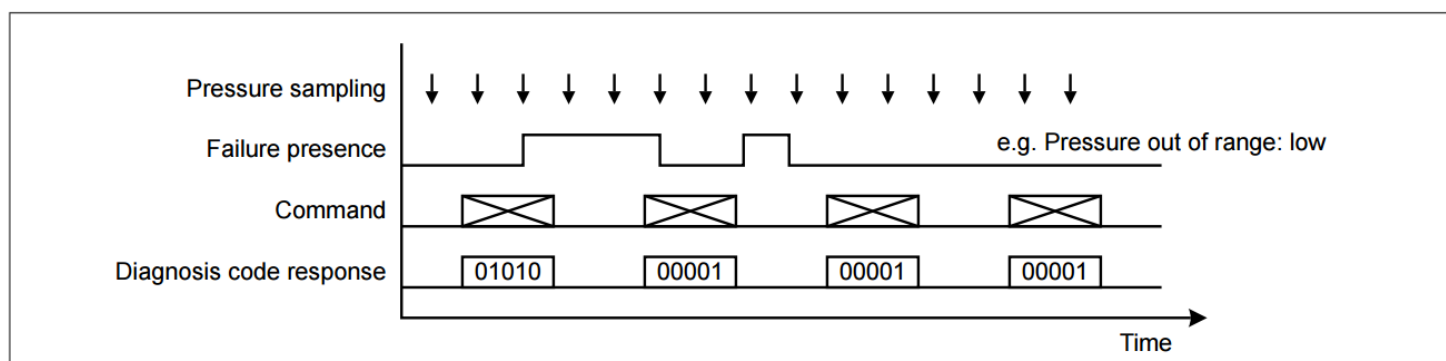


图 36 复位策略示例复位位 C12 = '1'

4.2.5.1.2 复位位 = '0'

除 ECC 错误外，只要故障存在，检测到的故障仅由响应的诊断代码传送。诊断代码传送一次后将被重置。只有当再次检测到故障时，诊断代码才会随下一次响应再次发送。

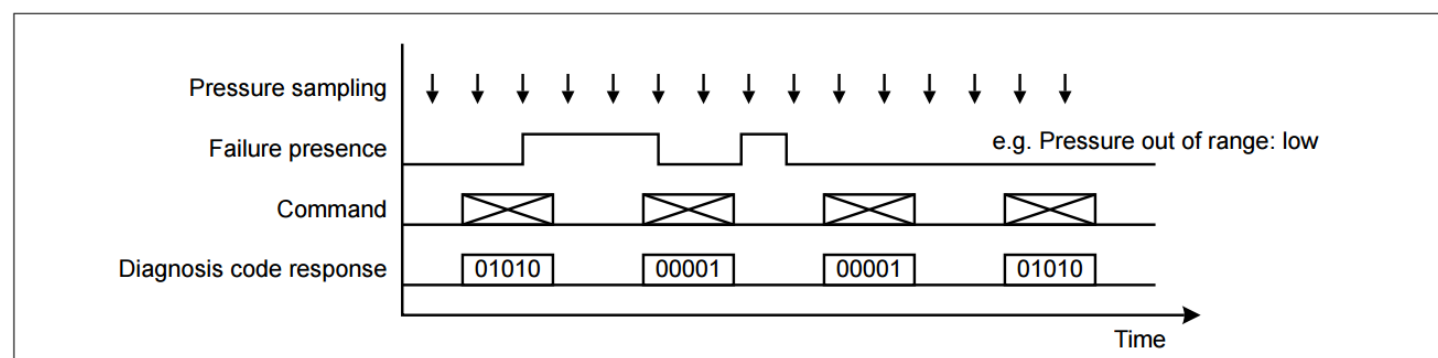


图 37 复位策略示例复位位 C12 = '0'

4.2.5.2 压力超出范围

内部检查测量的压力。如果压力值低于下限 $p_{IN,1}$ 或超过上限 $p_{IN,2}$ ，则会设置相应的诊断代码。下限和上限在[传递函数压力](#)章节中定义。

4.2.5.3 Diag1

Diag1 测试检查信号路径的功能。因此， Σ - Δ ADC 的输入端是短路的。然后，将系统响应与预期范围（约为满量程的 50%）进行比较。如果系统响应超出范围，则设置诊断代码。

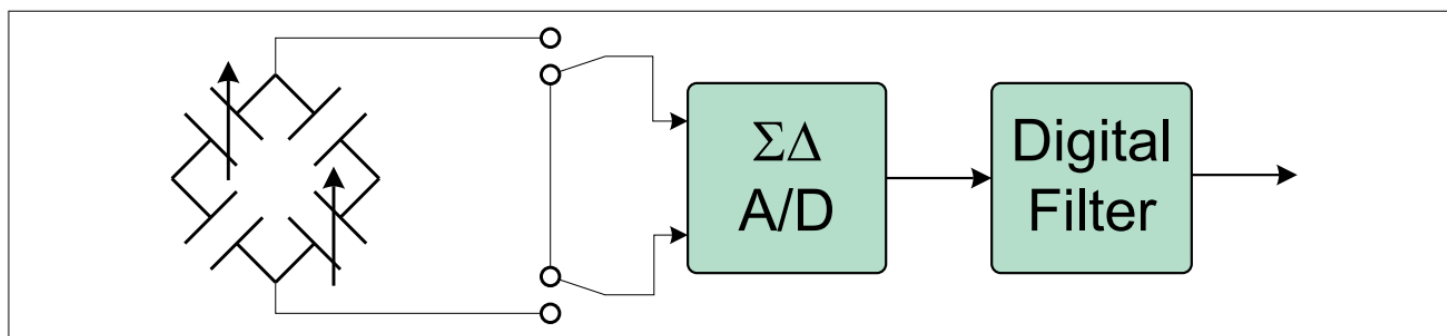


图 38 Diag1 功能

4.2.5.4 Diag2

Diag2 测试检查压力传感器单元的功能。因此，可以检测出故障（例如膜破损）。KP46x 压力传感元件由 2 个测量单元和 2 个参考单元组成。在正常模式下，这四个电阻以惠斯通电桥配置连接。在 Diag2 模式下，单元格的连接方式会发生变化，如下图所示：

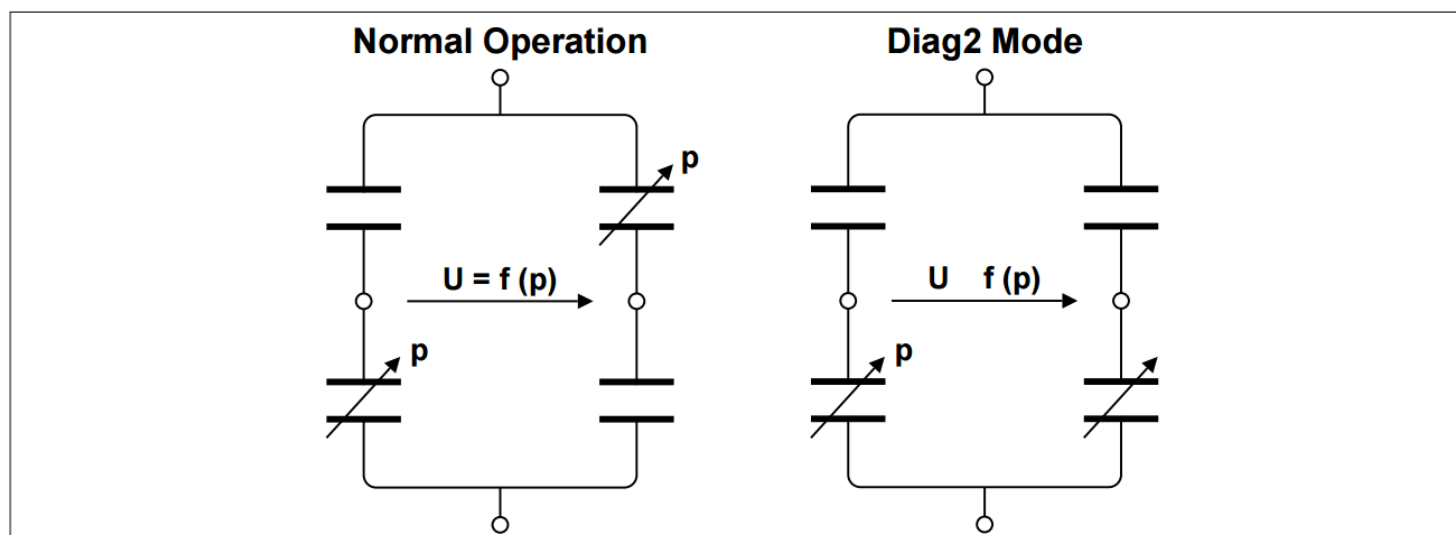


图 39 Diag2 功能

4.2.5.5 EEPROM 检查

每次启动和唤醒都会执行一次完整的 EEPROM ECC 测试。每个 EEPROM 字由 16 个数据位和 6 个 ECC 位组成。6 个 ECC 位可在一个 EEPROM 字（16 个数据位）内检测和纠正一个翻转数据位或检测两个翻转数据位。

每个 EEPROM 字的一位错误将得到纠正。传感器将继续正常运行。该 EEPROM 字中的任何额外位错误都会导致 ECC 错误。如果出现 ECC 错误，相应的诊断代码将随下一次响应一起传送。

4.2.6 计算总功耗

根据系统和 SPI 配置（例如 SDO 上的 C_{load} ），可以使用下面的公式计算正常运行模式下器件的总平均功耗：

$$I_{VDD_{average}} [\mu A] = I_{VDD} + I_{SPI_{average}} \quad (3)$$

$$I_{VDD_{average}} \left[\mu A \right] = I_{VDD} + \frac{16 \times f_{NCS}}{f_{SPI}} \times \left(250 \mu A + \frac{f_{SPI} \times C_{load} \times V_{DD}}{2} \right)$$

(4)

表 25 总平均功耗公式变量

Variable	Description	Unit
I_{VDD}	Supply current into VDD	μA
f_{NCS}	Sampling rate (e.g. pressure requests)	MHz
f_{SPI}	Clock frequency of SPI interface	MHz
C_{load}	Load capacitance on SDO	pF
V_{DD}	Supply Voltage	V

4.2.7 启动行为

在启动阶段（ $t_{start-up}$ —参见“[电气特性](#)”表），器件对任何 SPI 命令均无SPI响应。

5 应用信息

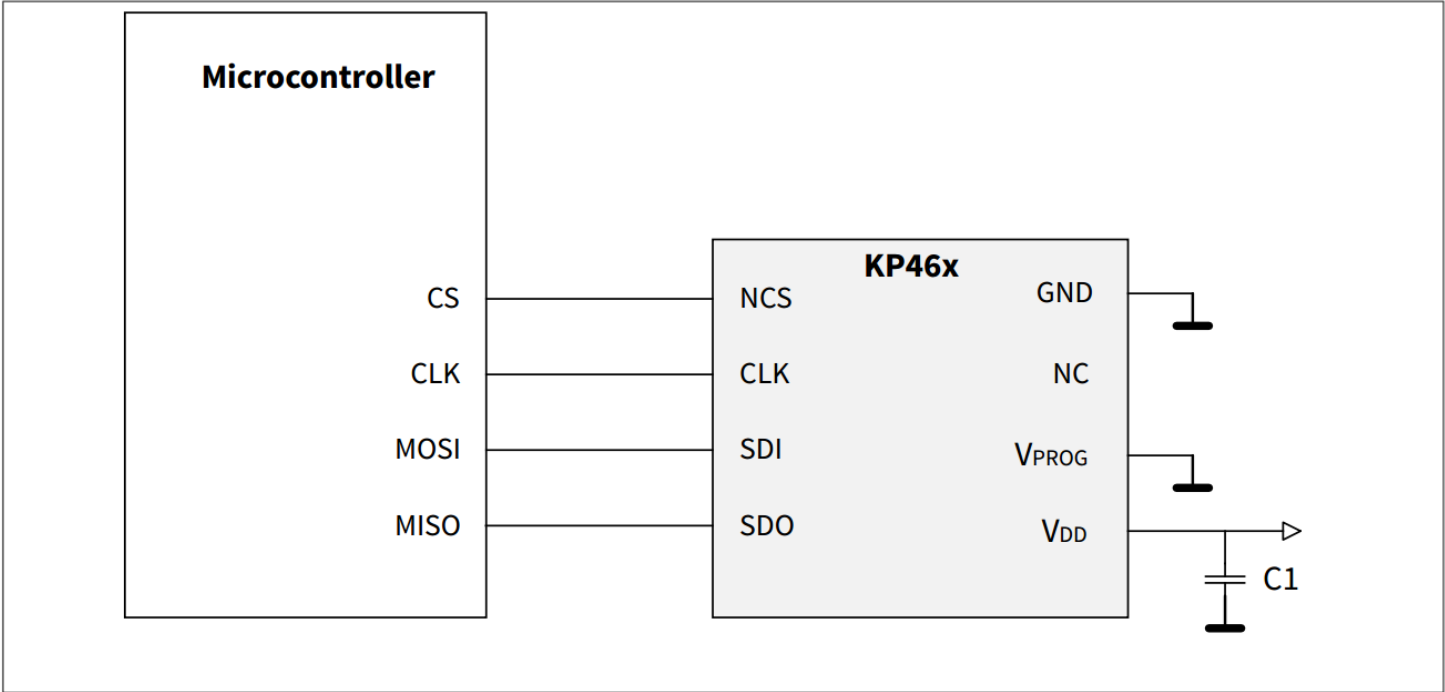


图 40 应用示意图

表 26 元件值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Supply Decoupling Capacitor	C1	30	100	–	nF	Typ: The use of a blocking capacitor with at least a nominal value of 100nF is mandatory; any drift or tolerances in capacity of standard capacitors are already considered. To avoid any measurement inaccuracy the supply blocking capacitor has to be placed as close as possible to the VDD pin, at least the distance must be less than 10mm. Min: The minimum capacity C1 including any variations or drift over lifetime must not undershoot the minimum C1 value.

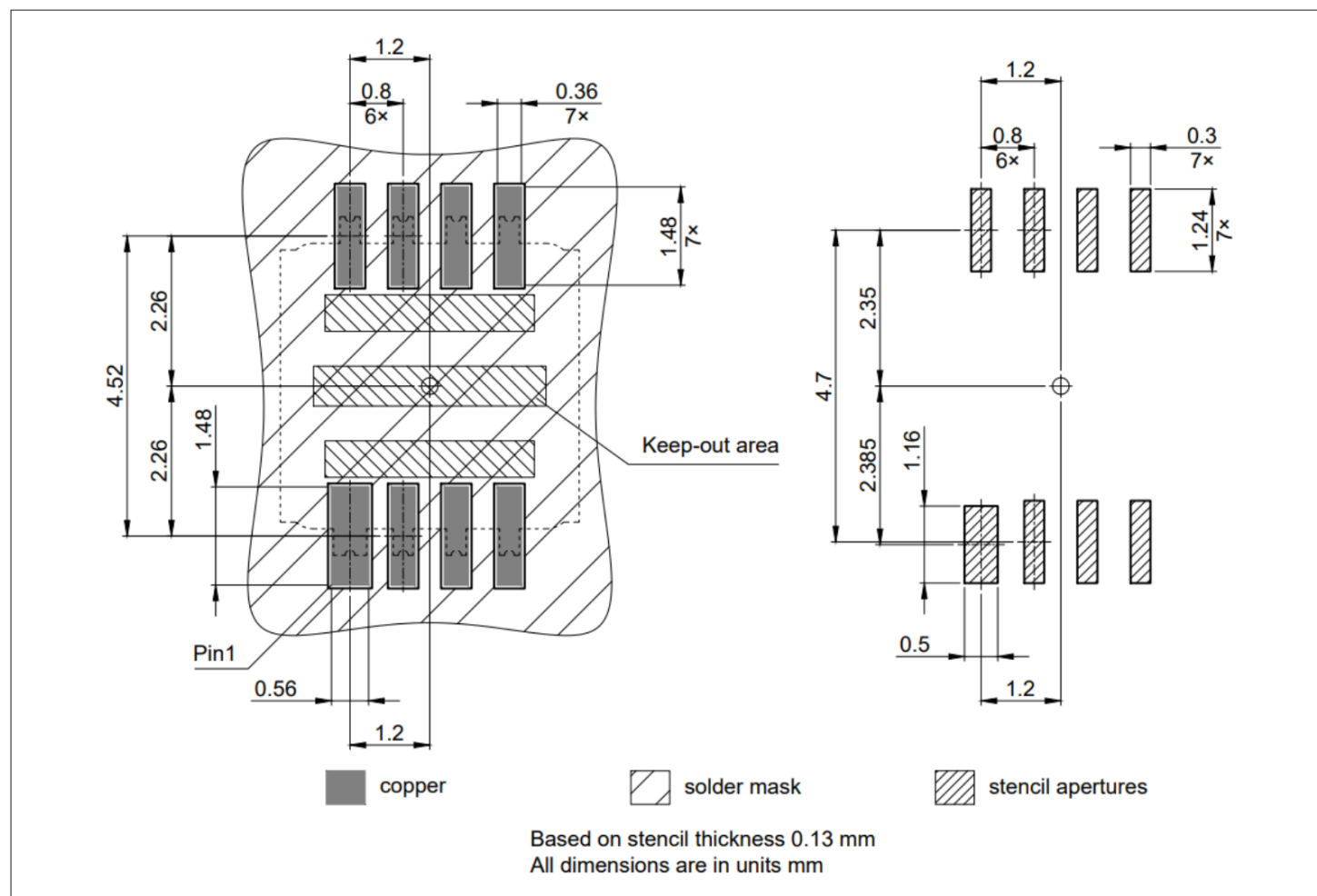


图 42 封装占板图

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 mm、间距为 0.8 mm 的 PG-DFN 封装，建议使用自动拾取贴装器件，以实现可靠的焊点。该器件采用卷带包装，适合在拾放器件中使用。

6.1 识别代码

器件的识别代码与引脚 1 位于封装的同一侧。

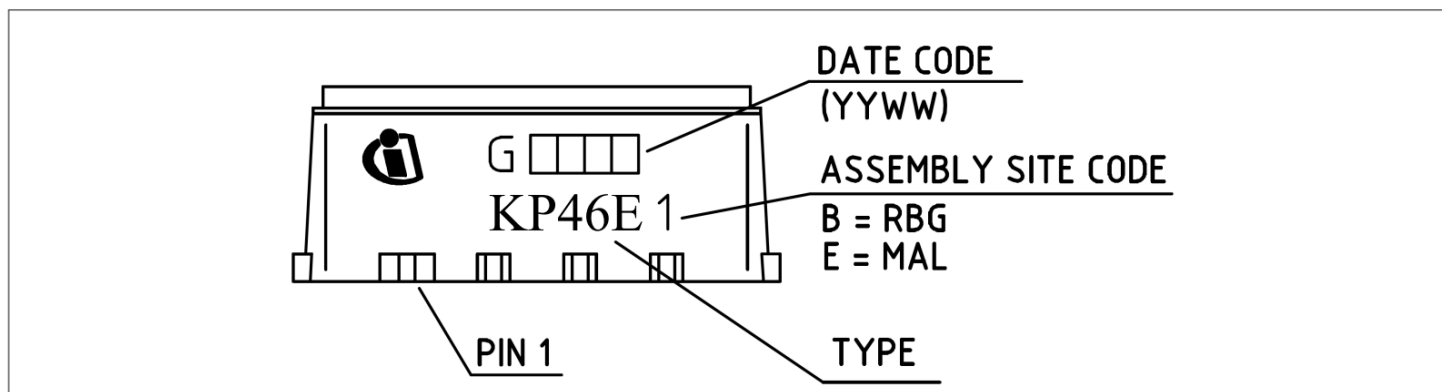


图 43 识别代码

7 修订记录

表 27 修订记录

Revision number	Date of release	Description of changes
1.0	2022-11-25	Initial release
1.1	2024-01-18	New SP Number
1.2	2024-05-23	Identification Code updated



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 2026-06-25

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

**Do you have a question about this
document?**

Email:

erratum@infineon.com

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

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

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

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

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

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

如果产品包含安全功能：

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

如果本文件包含或引用软件：

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

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