

特性

- ◆输出方式: SPI 或模拟差分输出
- ◆输出电压范围: $-4V \sim +4V$
- ◆5V 单电源供电
- ◆开放的前端放大器检测结构, 可适用于各种表头
- ◆模拟闭环+24bits Delta-Sigma ADC
- ◆温度传感器+14bits ADC
- ◆内部集成一次可编程非易失性存储器 (OTP), 用于调试、校准和配置系统参数 (CV 电容阵列参数、CV 增益、高压共模及其增益、PID 控制参数、温度补偿参数等)
- ◆CV 检测电路适配噪声低, 输出电压平滑、相移小;
- ◆内部集成电荷泵及高压驱动放大器, 可用于加速度计系统反馈控制
- ◆可配置高压驱动放大器共模电压
- ◆可编程高压驱动放大器增益, 实现闭环刻度因子配置和校准
- ◆内置基准和温度传感器电路
- ◆内置三阶温度补偿系统 (数字)
- ◆工作温度范围: -40°C 至 125°C
- ◆工作电流消耗: 8mA

应用

加速度计器件集成

电容测试

四川知微传感技术有限公司提供的信息被认为是准确和可靠的。四川知微传感技术有限公司对本说明书的使用不承担任何责任, 并对由本说明书使用造成的任何专利侵权或对第三方权益的侵犯也不具有责任。规格书变化恕不另行通知。在使用任何公布的信息或订购产品之前, 建议客户应获取该产品说明书的最新版本。并未在纳杰微电子的任何专利或专利权下通过隐含的方式或者其它的方式授予任何许可。商标和注册商标是其各自所有者的财产。

©2018 四川知微传感技术有限公司版权所有

ASIC 架构图

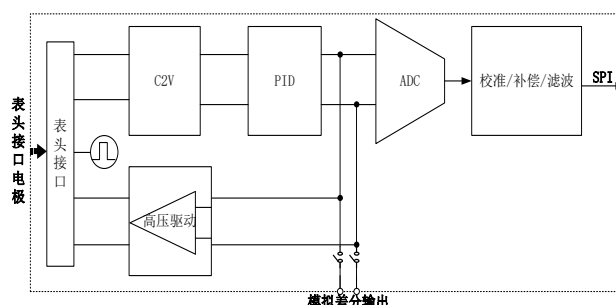


图 1. 加速度计电路引脚图【裸片】

概述

ZW-CA10B-01BL 为一款电容式加速度计接口电路芯片。本芯片采用闭环控制方式, 输出信号有模拟差分输出和数字输出 (SPI) 两种输出形式; 开放的前端检测放大器结构, 可通过搭建可变电容桥 (内部已集成匹配电容阵列), 适配各种加速度计表头; 5V 单电源供电; 内部集成 2.5V 电压基准、电荷泵; 具备高压输出, 可用于加速度计驱动闭环系统反馈控制; 内部集成温度传感器; 内部集成 24bits Delta-Sigma ADC 用于加速度信号量化, 集成 14bits ADC 用于温度传感器量化; 片内集成三阶温补系统 (可选); 内部集成一次可编程非易失性存储器 (OTP), 用于调试、校准和配置电路系统参数; 具有加速度计表头自检功能。

ZW-CA10B-01BL

性能指标

除非另有说明，@ 25 °C，AVDD = 5 V

参数	条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输出（模拟）					
输出范围		-4		+4	V
非线性度				0.05	% FS
滤波器频率	@-3dB		1		KHz
输出（数字）					
ADC 输入电压范围				±4.0	V
ADC 动态范围	0.1~100Hz		-120		dBV
非线性度				0.05	% FS
数据速率		7.63		31.25K	SPS
刻度因子（数字）			1864135		LSB/V
检测 CV					
电容灵敏度			4.5		V/pF
匹配电容范围		0.5		16.5	pF
等效输入噪声	基础/寄生电容：4pF/14pF		25		zF/√Hz
温度传感器					
输出电压		2.44	2.47	2.50	V
输出（数字）			0		LSB
温度刻度因子（模拟）			8.1		mV/°C
温度刻度因子（数字）			72		LSB/°C
非线性度				2	%
输出电压噪声	0.1 Hz ~ 1 kHz		16		μVrms
驱动高压输出					
增益调节范围	配置精度：0.125/LSB	1		7.992	V/V
共模调节范围		4.5		10	V
电源					
电源电压		4.75	5	5.25	V
静态电流			9		mA

绝对最大额定值

最大电源电压： 6 V
最大工作温度范围： -55 ℃ ~ 125 ℃
最大存储温度范围： -60 ℃ ~ 150 ℃

注意：超过以上数值的工作环境将对芯片造成永久的损害。以上数值的工作环境仅为极限条件。长时间工作在以上条件将有可能降低芯片的可靠性。

ESD 警告



ESD【静电放电】敏感器件

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专用保护电路，但在遇到高能量 ESD 时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的 ESD 防范措施，以避免器件性能下降或功能损失。

引脚配置和功能描述

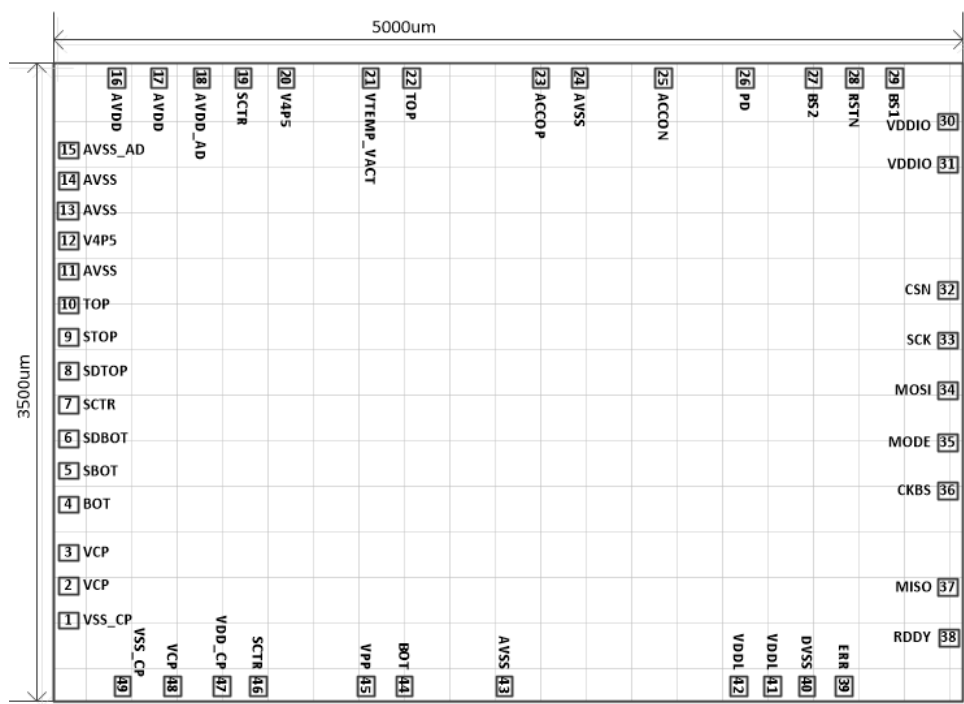


图 2. 加速度计电路引脚图【裸芯片】

ZW-CA10B-01BL

表 1. 引脚功能描述

编号	PAD 名称	管脚定义	坐标(X,Y)um
1	VSS_CP	电荷泵地	(86.0 408.39)
2	VCP	电荷泵输出电压, 需要外挂 0.1uF 电容	(86.0 605.85)
3	VCP	电荷泵输出电压, 需要外挂 0.1uF 电容	(86.0 789.89)
4	BOT	三电极表头下基板	(86.0 1134.73)
5	SBOT	五电极表头检测上极板	(86.0 1318.73)
6	SDBOT	五电极表头驱动上极板	(86.0 1502.73)
7	SCTR	三电极/五电极表头中间极板	(86.0 1686.73)
8	SDTOP	五电极表头驱动下极板	(86.0 1870.73)
9	STOP	五电极表头检测下极板	(86.0 2054.73)
10	TOP	三电极表头上基板	(86.0 2238.73)
11	AVSS	模拟地	(86.0 2422.73)
12	V4P5	4.5V 参考电压, 需挂 0.1uF 电容	(86.0 2596.73)
13	AVSS	模拟地	(86.0 2770.73)
14	AVSS	模拟地	(86.0 2944.73)
15	AVSS_AD	SADC 的地	(86.0 3118.73)
16	AVDD	5.0V 电源	(350.65 3414.0)
17	AVDD	5.0V 电源	(574.65 3414.0)
18	AVDD_AD	5.0V 的 AD 电源	(798.65 3414.0)
19	SCTR	三电极/五电极表头中间极板 (MASS)	(1022.65 3414.0)
20	V4P5	4.5V参考电压, 需挂0.1uF电容	(1246.65 3414.0)
21	VTEMP_VACT	温度传感器输出端, 2.5V@25℃	(1710.65 3414.0)
22	TOP	三电极表头上基板	(1934.65 3414.0)
23	ACCOP	模拟模式时差分同向输出端 数字模式时外部同步 SYNC 时钟输入引脚	(2637.0 3414.0)
24	AVSS	模拟地	(2861.0 3414.0)
25	ACCON	模拟模式时差分反向输出端	(3309.0 3414.0)
26	PD	powerdown, PD=1 时, 系统停止工作	(3757.11 3414.0)
27	BS2	DSM bit 流测试输出端	(4127.68 3414.0)
28	RSTN	外部复位输入 (低有效), 缺省内部上拉	(4371.68 3414.0)
29	BS1	DSM bit 流测试输出端	(4615.68 3414.0)
30	VDDIO	IO 电源 (1.8V,3.3V/5V)	(4914.0 3154.05)
31	VDDIO	IO 电源 (1.8V,3.3V/5V)	(4914.0 2930.05)
32	CSN	SPI 从机片选信号输入端	(4914.0 2247.75)
33	SCK	SPI 从机时钟输入端	(4914.0 1973.75)
34	MOSI	SPI 从机数据输入, 主机数据输出端	(4914.0 1699.75)
35	MODE	输出模式选择, 默认数字输出, 拉高到 VDDIO 为模拟输出	(4914.0 1424.93)
36	CKBS	DSM 数据采样时钟测试输出	(4914.0 1152.04)
37	MISO	SPI 从机数据输出, 主机数据输入端	(4914.0 878.11)
38	RDDY	Data ready 信号	(4914.0 602.92)
39	ERR	自检测输出端	(4339.23 86.0)

接续前页表格

40	DVSS	数字地	(4145.23 86.0)
41	VDDL	LDO 2.5V 输出, 需挂 0.1uF 电容	(3777.23 86.0)
42	VDDL	LDO 2.5V 输出, 需挂 0.1uF 电容	(3951.33 86.0)
43	AVSS	模拟地	(2493.54 86.0)
44	BOT	三电极表头下基板	(1934.65 86.0)
45	VPP	OTP 编程时输入电压 7.5V, 正常工作时 NC	(1735.54 86.0)
46	SCTR	三电极/五电极表头中间极板	(1127.54 86.0)
47	VDD_CP	电荷泵电源	(923.54 86.0)
48	VCP	电荷泵输出电压, 需要外挂 0.1uF 电容	(649.54 86.0)
49	VSS_CP	电荷泵地	(375.54 86.0)

注: 1.裸芯片尺寸为: 5000 μ m (X 向) * 3500 μ m (Y 向) * 305 μ m (厚);

2.芯片 PAD 开窗尺寸: 120 μ m * 98 μ m;

3.PAD ESD 保护级别范围: 0V - 2000V

4.特殊要求:

芯片左侧 PAD 尽可能与表头 PAD 靠近, Pad7 与表头中间基板平直打线, 封装打线时要使 Pad 6 与 pad8 的打线、Pad5 与 Pad 9、Pad 4 与 Pad 10 的打线对称 (匹配)。

三电极只需将 PAD 的第 4、7 和 10 分别与表头 BOT、MASS、TOP 连接;

五电极时, 需将 PAD 的第 5、6、7、8 和 9 分别与表头检测正、驱动正、MASS、驱动负、检测负连接。

产品应用时, 除了与表头连接的引线, 有必要将 PAD 的第 VSS_CP(1,49)、VCP(2,48)、AVSS(11,13,14,24,43)、V4P5(12,20)、AVSS_AD(15)、AVDD(16,17)、AVDD_AD(18)、VTEMP_VACT(21)、ACCOP(23)、ACCON(25)、PD(26)、RSTN(28)、VDDIO(30,31)、CSN(32)、SCK(33)、MOSI(34)、MODE(35)、MISO(37)、RDDY(38)、ERR(39)、DVSS(40)、VDDL(41,42)、VPP(45)、VDD_CP(47)共计 26 个引脚引出。

ZW-CA10B-01BL

应用信息

下图是该 ASIC 的外围器件连接图，因该 ASIC 集成度非常高，在器件集成时，除电源 AVDD 需要外接退耦电容外，还需要考虑 VCP 和 V4P5、VDDL 外接电容，除此之外无需过多的辅助电路。这款 ASIC 电路可工作于模拟输出和数字输出两种工作模式。

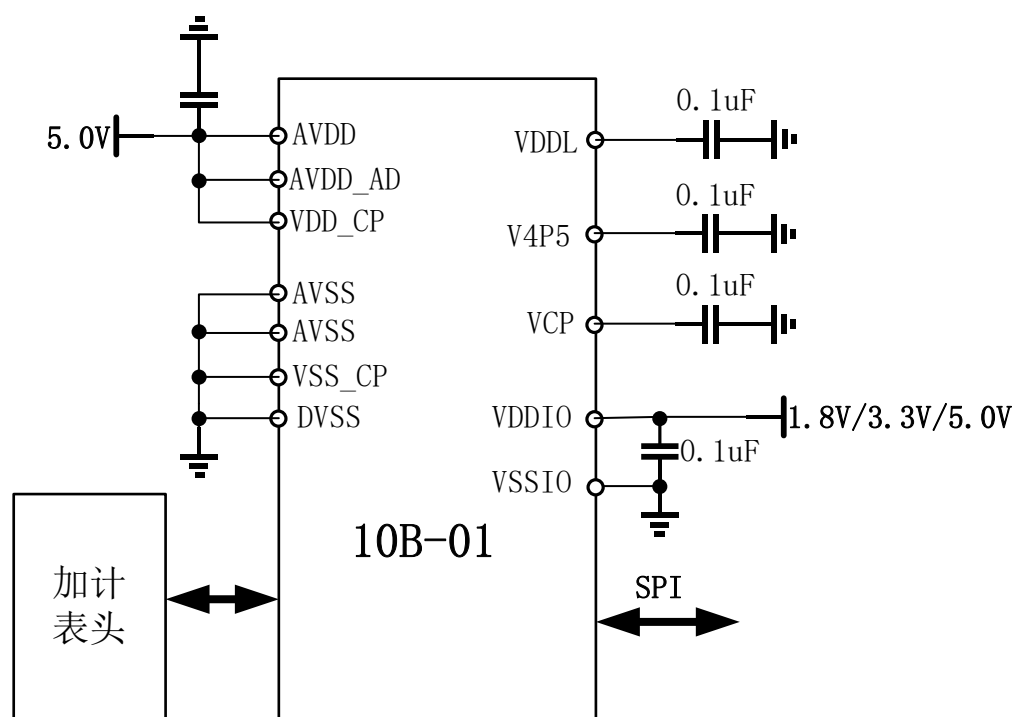


图 3 典型应用电路图

寄存器说明

由于该 ASIC 集成了各种可调功能，因此在与表头匹配时，需要对相应的寄存器进行软写或者硬写操作。该芯片推荐使用 Labview 软件进行参数匹配，图 4 是我司推荐的界面。



图 4 Labview 烧写软件界面

烧写步骤：

A.1 软写校准

- (1) 芯片上电，电流 8mA 左右，将进入写模式，运行 labview 程序，点击图 4 界面中的【软写】、【自校准 CB】、【自校准 CCAN】、【启动 START】即可将界面中的数据软写至芯片。
- (2) 测试软写后输出，根据要求的指标，对照第表 2 中的寄存器说明，调节相应的参数。
- (3) 配置参数计算好之后，填入 labview 烧写界面，重新运行程序，再次进行软写操作。
- (4) 重复 (2) (3) 步骤，直到调配到想要的参数。

注：软写模式下，断电后写入的数据就没有了。要在软写模式下测试，写入后需要一直保持上电状态，但烧写器可以去掉。【自校准 CB】、【自校准 CCAN】的功能是校准零偏的，所以点击这两个按钮时一定要保证加速度计处于零位状态。

A.2 硬写

若想将软写调试好的参数固化在芯片里，需要对芯片进行硬写操作（写 OTP）。操作步骤如下：

- (1) 运行 labview 程序，点击图 4 界面中的【软写】、【自校准 CB】、【自校准 CCAN】、【自校准 CB 使能】、【自校准 CCAN 使能】、【启动 START】，确认参数无误后点击【硬写】，即可完成硬写操作。
- (2) 点击硬写后可点击【读取】，检测是否写入正确的值。也可不进行读取。
- (3) 断开 VPP 接的 7.7V 电压，重新上电后测试芯片输出，硬写过程完成。

注：

- (1)※ 软写（可反复擦除寄存器）时，进入软写测试模式。
- (2)※ 硬写（烧写 OTP，参数固化）时，需要给 VPP 输入 7.7V 电压，进行硬写模式。
- (3)※ 工作模式下，MODES 拉高到 VDDIO 电平，可进入模拟输出模式；拉低至低（或悬空），可进入数字输出模式。
- (4)※ 注意【自校准使能】选择。

ZW-CA10B-01BL

表 2 ZW-CA10B-01BL 寄存器说明

寄存器名称	位宽	功能说明	可调范围
PICISL	5	PIC 输入电阻配置	2401~76k Ω , (step=-75k Ω)
PICFSL	7	PIC 反馈电阻配置	1~2382.25k Ω , (step=18.75k Ω)
PICCDL	3	PIC 微分电容配置	3.5385~771.393pF, (step=109.6935pF)
PICCLSL	3	PIC 积分电容配置	403.389~1815.2505pF, (step==201.6945pF)
PICCLSL	3	PIC 高频滤波电容配置	3.5385~771.393pF, (step=17.6925pF)
CBCSL	5	匹配电容配置	1~16.5pF, (step=0.5pF)
CCAN	12	零偏补偿电容配置	-460~+460fF
K0SLDIF	8	高压输出零偏校准配置	-1.8~1.8V
C2VCFSL	3	CV 增益配置	C2VCFSL =0.25 , 0.5, 0.75 , 1.00 pF, 对应增益: 4.5/ C2VCFSL V/pF
K1SL	10	高压增益/标度因子配置	0~7.992[倍], (step=1/128)
HVCMSL	6	高压驱动共模电压配置	4.52~10V
HVSL	6	高压配置	9.04~20V
OUTPLT	1	输出极性配置	0/1
PHSSL	1	闭环正/负反馈配置	0/1
3TEN	2	适配 3/5 端表头配置	0: 5 端表头; 1~3:3 端表头
COMP1ST	6	一阶温度补偿调节	def: 32d, 实测推荐值 23
V2P5CLB	7	REF2.5V@25℃精度调节	def: 96d, 实测推荐值 117
BIAS4	30	零偏三阶方程常数项	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
BIAS3	30	零偏三阶方程一阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
BIAS2	30	零偏三阶方程二阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
BIAS1	30	零偏三阶方程三阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
SF4	30	比例因子三阶方程常数项	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h10000000
SF3	30	比例因子三阶方程一阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
SF2	30	比例因子三阶方程二阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
SF1	30	比例因子三阶方程三阶系数	含 1bit 符号位, 默认值为 30'h0
GAIN	16	输出增益	含 1bit 符号位, 默认值为 16'h1000
COMPSL	1	温度补偿开启使能	0: 开启 (默认); 1: 关闭
OUTBW	3	平均滤波器带宽选择	0:31.25KHz (默认); 1:15.625KHz; 2:7.813KHz; 3:3.906KHz; 4:1.953KHz; 5:965Hz; 6, 7:488Hz
IIRBW	3	IIR 滤波器带宽选择	0: 直通 (默认); 1:100Hz; 2:150Hz; 3:200Hz; 4:250Hz; 5:300Hz; 6:350Hz; 7:400Hz
READONLY	1	数据输出格式控制	0: 数据输出顺序依次为 DRDY 信号, 随后为 24bit 加速度信号等 (默认); 1: 数据输出顺序依次为 24bit 加速度信号, 随后为 DRDY 信号等
SYNC_EN	1	外同步信号使能	0: 不接受外同步信号 (默认); 1: 接受外同步信号

SPI 接口

采用标准 4 线 SPI 接口进行通信，从模式运行。CS 设置为低，初始化通信，MOSI 和 MISO 的数据变化必须同步于 SCK 下降沿，而主从采样输入必须同步于 SCK 的上升沿。

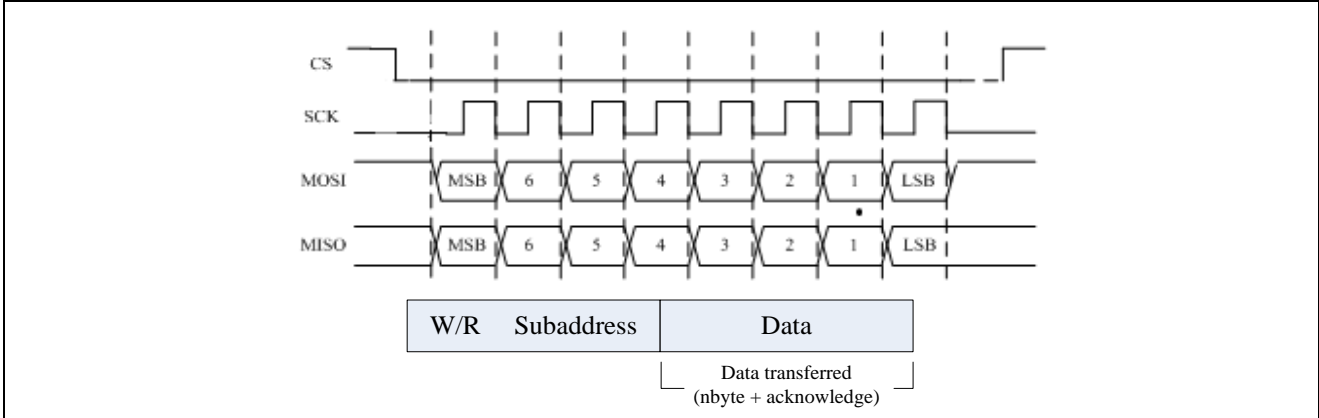


图 5. SPI 通用协议

SPI 寄存器

本 ASIC 内部集成了 64*8 OTP，这些寄存器由厂家设定，地址从 0x00 开始，到 0x3F，SPI 的配置速率不得高于 200KHz。

表 3. SPI 寄存器表

地址	bit 位							
HEX	7	6	5	4	3	2	1	0
00	OTP register							
01								
02								
03								
...								
35								
地址	bit 位							
HEX	7	6	5	4	3	2	1	0
40~4F	Reseved by WIZMEMS							
51	DRDY	Output Accelerometer[23:0]						
	ERR							
	Output Temperature[13:0]							
5E	READ_DATAONLY	IIRBW			OUTBW			COMPSL
5F	0	0	0	0	0	SYNC_EN	0	0

寄存器地址 5E 和 5F 客户可配，易失寄存器，掉电无效，两个寄存器需连续配置，SPI 的速

ZW-CA10B-01BL

率不得高于 20MHz。

外部 SPI 主机可以通过配置地址 0x5E[0]设置内部温度补偿使能。

可以通过配置地址 0x5E[3:1]OUTBW 和 0x5E[6:4]IIRBW 配置滤波器带宽。

可通过配置 0x5E[7] READ_DATAONLY，改变数据输出格式。通过读取命令从地址 0x51 读出相应数据速率的加速度输出和温度输出。

器件的配置

本 ASIC 内部寄存器及数据的读取和写入格式如图 6 所示，第一 Byte 的最高位为读写标志位，为‘1’表示接下来为读取操作，为‘0’则表示接下来为写入操作，第一 Byte 的低 7 位为地址位，对应表 2 寄存器表。

表 3 配置寄存器

命令	地址	参数	描述
1bit	7bit	8bit	
0	寄存器地址	N bytes 数据	向寄存器地址连续写入 n 个 8bit 数据
1	寄存器地址	N bytes 0x00	从寄存器地址连续读出 n 个 8bit 数据

传感器输出数据的读取

加速度数据输出为 24bit，温度数据输出为 14bit，在数据最高位之前加入了 1bit 的新数据标志位 DRDY，所以外部 SPI 主机可以同时读取加速度数据和温度传感器数据，客户根据自己所需采集的数据，参考下列格式进行配置及采集， DRDY 在每个新数据的起始时被设置为‘1’，当采样数据被读取后自动恢复为‘0’，所以每个读取的加速度数据都应该判断 DRDY 以保证这是一个不重复的新数据，这里要求 SPI 的数据采样率稍稍略高于加速度数据输出速率以保证数据不会丢失，数据输出率为 31.25KHz。SPI 读取加速度数据命令形式：

0xD1

6/5/4bytes 0x00

8`hD1+48`h000000000000(DRDY+VOUT+ERR+TEMP+errout);

8`hD1+40`h0000000000 (DRDY+VOUT+ERR+TEMP);

8`hD1+24`h000000(VOUT)，只输出 24bit 数据时，寄存器 REGL5E[7] READ_DATAONLY 需配置为 1；



图 6 数据输出形式

温度补偿参数计算

加速度信号 VOUT 为 24bit 有符号数；温度信号 TEMP 为 14bit 有符号数。记录加速度输出及刻度因子 K 随温度变化的数据，并将上述三组数据保存为正负数十进制数，然后对其进行扩位运算；

$$Vout_30bit = VOUT * 2^6;$$

$$K_30bit = K * 2^6, \text{ 找出 } 25^{\circ}\text{C}(\text{TEMP}=0)\text{时的刻度因子 K25};$$

$$Temp_20bit = TEMP * 2^6;$$

以上数据中加速度零偏、刻度因子的数据与温度点一一对应，采用 matlab 工具中的 polyfit 进行 3 阶拟合

$$p1 = \text{polyfit}(Temp_20bit, Vout_30bit, 3);$$

$$p2 = \text{polyfit}(Temp_20bit, K25./K_30bit, 3);$$

$$BIAS1 = \text{round}(p1(1) * 2^{59});$$

$$BIAS2 = \text{round}(p1(2) * 2^{38});$$

$$BIAS3 = \text{round}(p1(3) * 2^{19});$$

$$BIAS4 = \text{round}(p1(4));$$

$$SF1 = \text{round}(p2(1) * 2^{85});$$

$$SF2 = \text{round}(p2(2) * 2^{66});$$

$$SF3 = \text{round}(p2(3) * 2^{47});$$

$$SF4 = \text{round}(p2(4) * 2^{28});$$

上述参数计算结果为十进制，如采用本公司配置软件，可直接填入十进制数，若自行开发配置软件，映射地址时请转换为带符号的 30bit 十六进制数。

ZW-CA10B-01BL

修订记录

修订	日期	说明
V0.01	2019年11月	初始版本
V0.02	2019年12月	增加2.5V基准温度补偿寄存器
V1.0	2020年3月	添加芯片原理图