

# bmi088

## 高性能应用程序的6轴运动跟踪



### BMI088: 数据表

文件修订	1.3
文件发布日期	2018年5月
文档编号	BST-BMI088-DS001-13
技术参考代码	0 273 141 365
注意事项	本文件中的数据 and 描述如有更改，恕不另行通知。产品的照片和图片仅用于说明的目的，可能不同于真正的产品外观

## 基本说明

BMI088是一个惯性测量单元(IMU)，用于检测6个自由度（6个自由度）中的运动和旋转。它结合了两个惯性传感器的功能，在一个设备中：一个先进的三轴16位陀螺仪和一个多功能的，前沿的三轴16位加速度计。

BMI088旨在满足高性能消费者在恶劣振动环境中应用的所有需求，如在无人机和机器人应用中遇到的需求。IMU被设计为有效地抑制由于pcb或整个系统结构上的共振而偶尔发生的几百hz以上的振动。

该传感器的扩展测量范围可达 $\pm 24g$ ，以避免强信号暴露下的信号裁剪。

一种评估电路(ASIC)转换了微机电传感结构(MEMS)的输出，这是在玻色设备中开发、生产和测试的。相应的芯片组被封装在一个单一的LGA3.0mmx4.5mmx0.95mm的外壳中。为了实现最佳的系统集成，BMI088配备了数字接口(SPI或I2C)，提供从1.2V到3.6V的宽VDDIO电压范围3.6V。为了提供最大的性能和可靠性，每个设备都进行测试并随时使用校准。

为了提高灵活性，陀螺仪和加速度计不仅可以单独操作，而且可以连接在一起以实现数据同步。芯片上的特性包括用于加速和陀螺仪数据的fifo和中断控制器。

BMI08x具有良好的温度行为，具有显著的低温偏移系数(TCO)和灵敏度的温度系数(TCS)。

内容索引

基本说明.....2

1. 规范.....6

    1.1 电气规范.....6

        电气技术规格：加速度计/陀螺仪..... 71.1.1

    1.2 加速度计规范.....8

    1.3 陀螺仪规范.....9

    1.4 温度传感器的规格书.....10

    1.5 绝对最大评级..... 11

2. 块状图..... 12

3. 快速入门指南-设备初始化..... 12

4. 功能描述..... 13

    4.1 电源管理和电源模式.....13

        4.1.1 动力模式：加速度计.....13

        4.1.2 动力模式：陀螺仪.....14

    4.2 传感器数据.....14

    4.3 传感器时间.....15

    4.4 输出数据速率 (ODR) 和低通滤波器.....15

        4.4.1 加速度计.....15

        4.4.2 陀螺仪.....15

    4.5 范围设置.....15

    4.6 自我测试.....15

        4.6.1 加速度计.....16

        4.6.2 陀螺仪.....16

    4.7 新的数据中断.....17

        4.7.1 加速度计.....17

4.7.2	陀螺仪.....	17
4.8	软重置.....	17
5.	注册地图.....	18
5.1	与传感器通信.....	18
5.2	注册地图：加速度计.....	19
5.3	注册说明：加速度计.....	20
5.3.1	注册0x00: ACC_CHIP_ID.....	20
5.3.2	注册0x02: ACC_ERR_REG.....	20
5.3.3	注册0x03: ACC_STATUS.....	20
5.3.4	注册0x12-0x17: ACC数据.....	20
5.3.5	注册0x18-0x1A: 传感器时间数据.....	21
5.3.6	注册0x1D: ACC_INT_STAT_1.....	21
5.3.7	注册0x22-0x23: 温度传感器数据.....	21
5.3.8	注册0x40: ACC_CONF.....	22
5.3.9	注册0x41: ACC_RANGE.....	23
5.3.10	注册0x53: INT1_IO_CONF.....	23
5.3.11	注册0x54: INT2_IO_CONF.....	24
5.3.12	注册0x58: INT1_INT2_MAP_DATA.....	24
5.3.13	注册0x6D: ACC_SELF_TEST.....	24
5.3.14	注册0x7C: ACC_PWR_CONF.....	25
5.3.15	注册0x7D: ACC_PWR_CTRL.....	25
5.3.16	注册0x7E: ACC_SOFTRESET.....	25
5.4	注册地图：陀螺仪.....	26
5.5	注册描述：陀螺仪.....	27
5.5.1	注册0x00: GYRO_CHIP_ID.....	27
5.5.2	注册0x02-0x07: 速率数据.....	27
5.5.3	注册0x0A: GYRO_INT_STAT_1.....	27
5.5.4	注册0x0F: GYRO_RANGE.....	28
5.5.5	注册0x10: GYRO_BANDWIDTH.....	28

5.5.6	注册0x11: GYRO_LPM1.....	29
5.5.7	注册0x14: GYRO_SOFTRESET.....	29
5.5.8	注册0x15: GYRO_INT_CTRL.....	29
5.5.9	注册0x16: INT3_INT4_IO_CONF.....	30
5.5.10	注册0x18: INT3_INT4_IO_MAP.....	30
5.5.11	注册0x3C: GYRO_SELF_TEST.....	31
<b>6.</b>	<b>数字接口.....</b>	<b>32</b>
6.1	串行外设接口 (SPI) .....	33
6.1.1	陀螺仪部件的SPI接口.....	34
6.1.2	加速度计零部件的SPI接口.....	34
6.2	集成电路 (I <sup>2</sup> C) .....	35
<b>7.</b>	<b>插件和连接图.....</b>	<b>40</b>
7.1	插件.....	40
7.2	连接图SPI.....	41
7.3	连接图I <sup>2</sup> C.....	41
<b>8.</b>	<b>包.....</b>	<b>42</b>
8.1	大纲尺寸.....	42
8.2	传感器轴方向.....	43
8.3	标记.....	44
8.3.1	大规模生产样品.....	44
8.3.2	工程样品.....	44
8.4	PCB的布局和焊接的指导方针.....	44
8.5	处理说明.....	45
8.6	环境安全.....	45
8.6.1	卤素含量.....	45
<b>9.</b>	<b>法律免责声明.....</b>	<b>46</b>

9.1 工程样品.....46

9.2 产品使用.....46

9.3 应用程序示例和提示.....46

10. 文档的历史记录和修改..... 47

## 1. 规范

如果没有另有说明，则给定值超过寿命，全性能温度和电压范围，最小/最大值为±3°。

### 1.1 电气规范

表1：电气参数规范

参数	符号	条件	最小	最大	单元
供应电压内部域	Vdd		2.4	3.6	V
供电电压I/O域	vddio		1.2	3.6	V
电压输入低水平	V <sub>IL</sub> , a	SPI和i <sup>2</sup> c		0.3VDDIO	—
电压输入高 级别	V <sub>IH</sub> , a	SPI和i <sup>2</sup> c	0.7VDDIO		—
电压输出低水平	V <sub>OL</sub> , a	I <sub>醇</sub> ≤2mA, SPI		0.23VDDIO	—
电压输出高水平	V <sub>哦</sub>	I <sub>哦</sub> ≤2mA, SPI	0.8VDDIO		—
工作温度	TA		−40	+85	°C

1.1.1 电气技术规格：加速度计/陀螺仪

表2：电气参数规格加速度计

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单位
总供应 正常模式下的 电流	I <sub>dd</sub>	VDD=VDDIO=3.0V, 25° C, gFS4g		150		μA
总供应 持续模式下的 当前	I <sub>DDsum</sub>	VDD=VDDIO=3.0V, 25° C		3		μA
通电时间	t <sub>s_up</sub>	从暂停到第一个有效 样本的时间 模式			1	ms

表3：电气参数规格要求的陀螺仪

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单元
在正常模式下的 供电电流	I <sub>dd</sub>	VDD=VDDIO=3.0V, 25° C, ODR=1kHz		5		mA
处于暂停模式下的 供应电流	I <sub>DDsum</sub>	VDD=VDDIO=3.0V, 25° C		25		μA
供应电流 深度辅助模式	I <sub>DDdsum</sub>	VDD=VDDIO=3.0V, 25° C		<5		μA
启动时间	t <sub>su</sub>	至最终值的±1°/s, 从断电		30		ms
唤醒时间	t <sub>wusm</sub>	从悬挂模式和深度暂停模式		30		ms
唤醒时间	t <sub>wufpm</sub>	从快速上电模式		10		ms



## 1.2 加速度计规范

表4: 加速度计规格

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单位
加速范围	gFS3g	可选的 通过串行数字接口		±3		$g$
	gFS6g			±6		$g$
	gFS12g			±12		$g$
	gFS24g			±24		$g$
敏感性	S3g	gFS3g, TA=25° C		10920		LSB/g
	S6g	gFS6g, TA=25° C		5460		LSB/g
	S12g	gFS12g, TA=25° C		2730		LSB/g
	S24g	gFS24g, TA=25° C		1365		LSB/g
灵敏度温度漂移	TCS			0.002		%/K
零g偏移	关闭	名义VDD和VDDIO, 25° C, gFS6g		20		mg
零g偏移温度漂移	tco			<0.2		mg/K
输出数据速率	odr		12.5		1600	Hz
带宽范围	bw	加速度计的3dB截止频率 取决于ODR和 osr	5		280 (Z轴 245)	Hz
非线性	nl	最适合的直线, gFS3g		0.5		%FS
输出噪声密度	$n_{rms}$	gFS3g, TA=25° C 标称VDD电源为正常模式		190 (z 轴)  160 (X- & Y- 轴)		$\mu g/ \sqrt{Hz}$
交叉轴敏感性	S	其中任何两者之间的相 对贡献 三个轴		0.5		%
对齐错误	EA	相对于包大纲		0.5		°

### 1.3 陀螺仪规范

表5: 陀螺仪规格表

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单元
范围	Rfs125	可选择的 通过串行数字接口		125		° /s
	Rfs250			250		° /s
	Rfs500			500		° /s
	Rfs1000			1000		° /s
	Rfs2000			2000		° /s
敏感性		Ta=25° C, Rfs125		262.144		LSB/° /s
		Ta=25° C, Rfs250		131.072		LSB/° /s
		Ta=25° C, Rfs500		65.536		LSB/° /s
		Ta=25° C, Rfs1000		32.768		LSB/° /s
		Ta=25° C, Rfs2000		16.384		LSB/° /s
灵敏度耐受性		Ta=25° C, Rfs2000		±1		%
敏感性变化 温度过高	TCS	名义VDD供应 -40° C ≤ T ≤ +85° C A Rfs2000		±0.03		%/K
灵敏度供应电 压。漂移	SVdd	TA=25° C, Vdd最小≤VDD≤VDD最大		<0.4		%/V
非线性	n1	最适合直线Rfs1000, Rfs2000		±0.05		%FS
g-敏感性		对加速刺激的敏感性 所有三个轴 (频率 <20kHz)			0.1	° /s/g
零率偏移	Off x y和 z	标称VDD供应T=25° C, 缓慢和快捷 A 抵消取消		±1		° /s
零率偏移 更改 温度	tco	名义VDD供应 -40° C ≤ T ≤ +85° C A Rfs2000		±0.015		每K° /s
零速率偏移供应电 压。漂移	Off Vdd	TA=25° C, Vdd最小≤VDD≤VDD最大		<0.1		° /s /V
输出噪声	n <sub>rms</sub>	rms, BW=47Hz (@0.014		0.1		° /s

		$^{\circ} / \text{s} / \sqrt{\text{Hz}}$				
--	--	--	--	--	--	--

带宽BW	$f_{-3dB}$			523 230 116 64 47 32 23 12		Hz
数据速率 (xyz率)				2000 1000 400 200 100		Hz
数据速率公差 (xyz 速率)				±0.3		%
交叉轴敏感性		在无意义的方向上对 刺激的敏感性		±1		%

1.4 温度传感器的规格书

表6: 温度传感器的技术规格

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单位
温度传感器的测量 范围	TS		-104		150	° C
温度传感器边沿	dTS			0.125		k/lsb
温度传感器偏移错 误	0tS	在25° C		±1		K

## 1.5 绝对最大评级

表7：绝对最大评级

参数	条件	最小	最大	单位
电源插件的电压	VDDPin	-0.3	4	V
	VDDIOPin	-0.3	4	V
在任何逻辑引脚上的电压	非供应品	-0.3	vddio+0.3	V
被动存储模板。范围	≤65%rel. H.	-50	+150	° C
机械冲击	持续时间≤200μs		10,000	g
	持续时间≤1.0ms		2,000	g
	免费秋季 在硬表面上		1.8	m
esd	HBM, 在任何Pin		2	kV
	cdm		500	V
	毫米		200	V

注意：应力超过这些限制可能会对设备造成损坏。超过规定的电气限制可能会影响设备的可靠性或导致故障。

## 2. 块状图

图1显示了BMI088的基本构件：

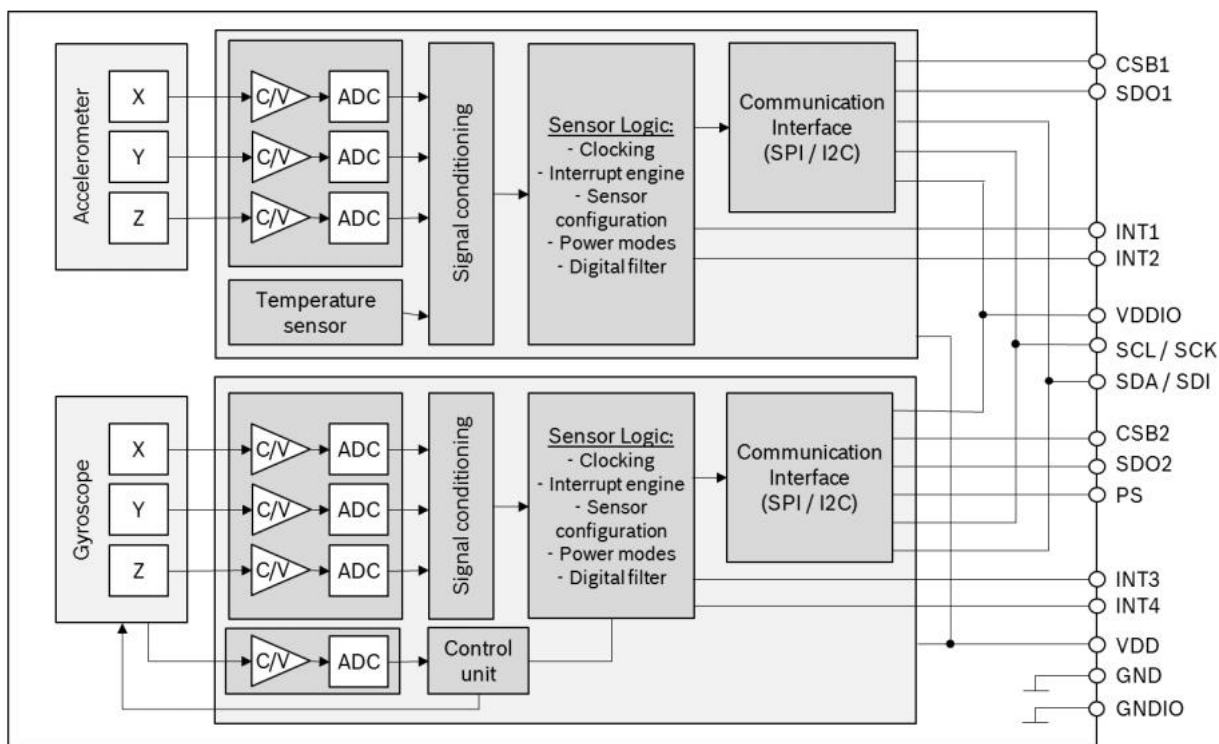


图1：BMI088方框图

## 3. 快速入门指南-设备初始化

为了实现正确的设备初始化，应考虑以下步骤：

- 在HW设计过程中，用户必须决定已经的接口（I2C或SPI）：使用PS销，用户决定传感器应该听哪个接口（参见第6章）。
- BMI088的陀螺仪部分根据PS针脚给出的选择初始化其I/O引脚。
- 加速度计部件以I2C模式启动。它将保持在I2C模式，直到它检测到CSB1针上的上升边缘（加速计的芯片选择），在此上加速度计部件切换到SPI模式，并保持在这个模式，直到下一次通电重置。
- 要在初始化阶段将加速度计更改为SPI模式，用户可以执行一个虚拟的SPI读取操作，例如寄存器ACC\_CHIP\_ID（获得的值将无效）。

POR后，陀螺仪处于正常模式，而加速度计处于暂停模式。要将加速计切换到正常模式，用户必须执行以下步骤：

- 为传感器供电
- 等待1ms
- 通过将“4”写入ACC\_PWR\_CTRL，进入正常模式
- 等待50ms

## 4. 功能描述

### 4.1 电源管理和电源模式

BMI088有两个不同的电源引脚：

- VDD是内部模块的主要电源
- VDDIO是一个单独的电源销，主要用于接口的供电

两个引脚相对于彼此的电压水平没有限制，只要它们都在其工作范围内。此外，该设备可以完全关闭（VDD=0V），同时保持VDDIO电源打开（VDDIO>0V），反之亦然。

当VDDIO电源关闭时，所有接口引脚（CSB、SDI、SCK、PS）都必须保持在附近gnd潜力。

该设备包含一个通电复位（POR）发生器。它在打开VDD和VDDIO后重置逻辑部分和寄存器值。这意味着所有不等于默认设置的应用程序特定设置（参考6.2寄存器地图加速计和8.2寄存器映射陀螺仪），必须在POR后更回其指定值。

请注意：POR也会重置接口。对于陀螺仪部分，接口由PS引脚上的电压电平来定义。加速度计部分的接口由POR启动时CSB1引脚的电压电平定义（参见第3章）。

#### 4.1.1 动力模式：加速度计

BMI088加速度计的功率状态通过寄存器ACC\_PWR\_CTRL进行控制。寄存器ACC\_PWR\_CTRL可启用和禁用加速计和温度传感器。

要进入正常模式，必须将值0x04写入ACC\_PWR\_CTRL。要进入挂起模式，必须清除

注册ACC\_PWR\_CTRL。

注：复位（POR或软复位）后，传感器处于暂停模式，因此用户需要积极进入正常模式才能获得加速度值。

注意：在POR或软复位后，加速度传感器最多需要1ms的启动时间。当改变电源模式时，传感器最高需要5ms才能解决。在此期间，应避免与传感器进行任何通信。

### 4.1.2 动力模式：陀螺仪

该陀螺仪有三种不同的电源模式。除表示设备完全运行状态的正常模式外，还有两种节能模式：暂停模式和深暂停模式。

通电回仪处于正常模式后，使设备的所有部分保持通电，并连续进行数据采集。

在暂停模式下，整个模拟部件将断电。不执行任何数据采集。在挂起模式下，将保存最新的速率数据和所有配置寄存器的内容。这些寄存器仍然可以被读取（尽管它们没有被更新）。

暂停模式是通过将0x80写入寄存器GYRO\_LPM1来输入的。它可以通过写入0x00到GYRO\_LPM1或软重置（见4.9）。

尽管以全接口时钟速度(SCL或SCK)支持对寄存器的写入访问，但必须在两个连续的写入周期之间插入一个等待期（也请参见第9.2.1节）。

在深暂停模式下，设备达到尽可能低的功耗。只有接口部分保持有效。不执行数据采集，配置寄存器的内容丢失。

通过写入0x20进入深度暂停模式。它可以通过写入0x00到GYRO\_LPM1或软重置（见4.9）。

请注意，所有不等于默认设置的应用程序特定设置，在离开深度暂停模式后，必须重置为其指定的值。

注：在POR或软复位后，或在不同的电源模式之间切换时，陀螺仪传感器需要高达30ms的时间才能达到新的状态。在此期间，应避免与传感器进行任何通信。

## 4.2 传感器数据

陀螺仪和加速度计传感器数据的宽度是16位（温度传感器是11位），以两者的补充表示。

每个轴的位被分成MSB上部和LSB下部。读取传感器数据寄存器应始终从LSB部分开始。为了确保传感器数据的完整性，通过读取相应的LSB寄存器（阴影过程）来锁定MSB寄存器的内容。

有关寄存器和对这些寄存器中发现的数据的详细解释，请参见：

- 关于陀螺仪部件的第5.5.2章
- 第5.3.4章或加速计部分
- 关于温度传感器的第5.3.7章

突发访问机制提供了一种有效的读出角速率数据的方法<sup>2</sup>C或SPI模式。在突发访问期间，传感器会在每个字节之后自动增加起始读取地址。突发访问允许数据通过I进行传输<sup>2</sup>C总线，数据密度降低高达50%。只要突发读取访问被激活，所有读出寄存器中的传感器数据（角速率或加速度数据）就会被锁定。以突发读取模式读取每个陀螺仪和加速度计部分的传感器数据寄存器，确保所有读出寄存器中的传感器值属于同一样本。



### 4.3 传感器时间

BMI088的加速度计部分有一个内置的宽度为24位的计数器。它的分辨率为39.0625 $\mu$ s。详细信息见第5.3.5章。

### 4.4 输出数据速率(ODR)和低通滤波器

来自加速度传感器和陀螺仪模拟前端的传感器信号分别通过一个低通滤波器发送。

#### 4.4.1 加速度计

数字低通滤波器的3db截止频率取决于所选择的ODR和过采样比(OSR)。两者都可以在寄存器ACC\_CONF中进行配置。下表列出了可能的选项：

表8：3根据ACC\_CONF寄存器中的ODR和OSR设置，加速度计的dB截止频率

加速器 ODR[Hz] 12.5	正常 (acc bwp=2)	osr2 (acc bwp=1)	osr4 (acc bwp=0)
25	)	2Hz	1Hz
50	5Hz	5Hz	3Hz
100	10Hz	9Hz	5Hz
200	20Hz	19Hz	10Hz
400	40Hz	38Hz	20Hz
800	80Hz	75Hz	40Hz
1600	145Hz	140Hz	80Hz
	230Hz (z通道为200Hz)	234Hz (z信道为215hz)	145Hz
	280Hz (z信道为245Hz)		

#### 4.4.2 陀螺仪

用户可以在8种不同的ODR和低通滤波器带宽设置中进行选择（见第5.5.5节）。

### 4.5 范围设置

测量范围可以通过加速度计5.3.9节和陀螺仪5.5.4节所述的寄存器来设置。

### 4.6 自我测试

BMI088包含了加速度计和陀螺仪的自检功能，表明传感器是否仍然正常。

#### 4.6.1 加速度计

自检功能允许通过对传感器核心施加静电而不是外部加速度来检查传感器的功能。通过物理偏转地震质量，测试了传感器的整个信号路径。激活自检会导致加速数据中的静态偏移。在自检过程中施加于传感器的任何外部加速度或重力，都将在传感器输出中观察到，作为加速度和自检信号的叠加。这意味着自检信号取决于传感器的方向。为了克服这一问题，完整的自检程序应该在静态情况下执行，例如，当部件不被激发到除重力以外的任何加速度时。

推荐的自检程序如下：

- 1) 通过写入0x03来设置±24g范围来注册ACC\_RANGE(0x41)
- 2) 通过写入0xA7来注册ACC\_CONF(0x40)，设置ODR=1.6kHz、连续采样模式、“正常模式”(norm\_avg4)
  - 连续过滤器功能：在ACC\_CONF中设置第7位
  - “正常的avg4模式”：ACC\_CONF|=0x02<<4
  - ODR=1.6kHz：ACC\_CONF|=0x0C
- 3) 等待>2ms
- 4) 启用正的自检极性（即写入0x0D来注册ACC\_SELF\_TEST(0x6D)）
- 5) 等待>50ms
- 6) 读取每个轴的加速度计偏移值（阳性自检响应）
- 7) 启用负的自测试极性（即写入0x09来注册ACC\_SELF\_TEST(0x6D)）
- 8) 等待>50ms
- 9) 读取每个轴的加速度计偏移值（负的自检响应）
- 10) 禁用自检（即写入0x00以注册ACC\_SELF\_TEST(0x6D)）
- 11) 计算阳性和阴性自检反应的差异，并与期望值进行比较（见下表）
- 12) 等待>50ms，让传感器稳定到正常模式稳态运行

表9：加速度计自检：正负自检信号的最小差信号

x轴信号	y轴信号	z轴信号
≥1000mg	≥1000mg	≥500mg

建议在执行自检后对设备进行复位，因为自检响应也会影响中断的生成。如果无法执行重置，则必须保留以下顺序，以防止发生不必要的中断：禁用中断、更改中断参数、等待至少50ms，并启用所需的中断。

#### 4.6.2 陀螺仪

内置的陀螺仪自检设施不会改变机械MEMS结构（正如加速度计自检所做的那样），但这个测试也提供了一种快速的方法来确定陀螺仪是否在指定的条件下运行。

要触发自测试，必须设置地址GYRO\_SELF\_TEST中的位#0(“bist\_trig”)。当测试完成后，#1位(“bist\_rdy”)将由陀螺仪设置，然后测试结果可以在#2位(“bist\_fail”)中找到。“0”表示测试已通过，没有出现问题。如果发生故障，则位“bist\_fail”将被设置为“1”。

可以通过读取位#4在地址GYRO\_SELF\_TEST中来检查在后台连续运行的进一步测试。如果该位被设置为“1”，则表示传感器功能正常。

## 4.7 新的数据中断

加速度计和陀螺仪部分都提供了一个新的数据准备中断，每当一个新的数据样本集完成并在相应的传感器数据寄存器中提供时，它就会触发。这允许一个低延迟的数据读出。

### 4.7.1 加速度计

新的数据中断标志可以在寄存器ACC\_INT\_STAT\_1中找到（位#7）。当数据寄存器中有新数据可用时设置并自动清除。

中断可以映射到寄存器INT1\_INT2\_MAP\_DATA中的中断引脚INT1和/或INT2。

中断针INT1和INT2都可以根据它们的电气行为进行配置(参见INT1\_IO\_CONF和INT2\_IO\_CONF)。

### 4.7.2 陀螺仪

该陀螺仪提供了一个新的数据中断，它将在数据寄存器中存储一个新的z轴角速率数据值后，每次都会产生一个中断。在280-400μs后自动清除中断。

与加速度计部分相反，对于陀螺仪，必须通过将0x80写入寄存器GYRO\_INT\_CTRL来显式地启用新的数据中断。

中断可以映射到寄存器INT3\_INT4\_IO\_MAP中的中断引脚INT3和/或INT4。

中断引脚INT3和INT4都可以根据它们的电气行为进行配置(参见INT3\_INT4\_IO\_CONF)。

## 4.8 软重置

可以随时启动软重置

- 对于加速度计部分，通过写入命令软重置（0xB6）来注册ACC\_SOFTRESET（参见5.3.16）
- 用于 the 陀螺仪 部分 通过写作 the 命令 软重置 （0xB6） 到 注册 GYRO\_SOFTRESET（见5.5.7）

软重置对设备执行一个基本的复位，这基本上相当于一个功率循环。延迟后，所有用户配置设置将被默认状态覆盖。

5. 注册地图

5.1 与传感器通信

与设备的整个通信都是通过读取和写入寄存器来执行的。寄存器的宽度为8位，它们被映射到8位地址空间。加速度计和陀螺仪有单独的寄存器图。通过选择相应的芯片选择引脚(SPI模式)或I来选择合适的寄存器图<sup>2</sup>C地址(I<sup>2</sup>C模式)。有关数字界面的详细信息，请参见第0章。

功能寄存器和包含功能位的寄存器地址将在以下寄存器映射中进行标记。所有的非功能寄存器都被标记为保留的，应该被用户完全忽略。

建议掩码部分包含功能位的寄存器的非功能位(逻辑位和零)(用“-”标记)(即首先读取寄存器内容，通过位操作更改位，并将修改后的字节写回寄存器)。

寄存器图中颜色的含义:

read/write	只读	只写
------------	----	----

## 5.2 注册地图：加速度计

Reg. 阿德尔。	注册名称	重置值	bit 7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	
0x7E	acc_softreset	0x00	softreset_cmd(0xb6)								
0x7D	acc_pwr_ctrl	0x00	acc_enable								
0x7C	acc_pwr_conf	0x03	pwr_save_mode								
0x7B-0x6E: 保留			-								
0x6D	acc_self_test	0x00	acc_self_test								
0x6B-0x59: 保留			-								
0x58	int_map_data	0x00	-	int2_d rdy	-			int1_d r迪	-		
0x57-0x55: 保留			-								
0x54	int2_io_ctrl	0x00	-			int2_ i n	int2_ou t	int2_o d	int2_l vl	-	
0x53	int1_io_ctrl	0x00	-			int1_ i n	int1_ou t	int1_o d	int1_l vl	-	
0x52-0x42: 保留			-								
0x41	acc_range	0x01	-							acc_range	
0x40	acc_conf	0xA8	1	acc_bwp			acc_odr				
0x3F-0x24: 保留			-								
0x23	temp_lsb	0x00	temperature[2: 0]			-					
0x22	temp_msb	0x00	temperature[10: 3]								
0x21-0x1E: 保留			-								
0x1D	acc_int_stat_1	0x00	acc_ drdy	-							
0x1C-0x1B: 保留			-								
0x1A	SENSORTIME_2	0x00	sensor_time[23: 16]								
0x19	SENSORTIME_1	0x00	sensor_time[15: 8]								
0x18	SENSORTIME_0	0x00	sensor_time[7: 0]								
0x17	acc_z_msb	0x00	acc_z[15: 8]								
0x16	acc_z_lsb	0x00	acc_z[7: 0]								
0x15	acc_y_msb	0x00	acc_y[15: 8]								
0x14	acc_y_lsb	0x00	acc_y[7: 0]								
0x13	acc_x_msb	0x00	acc_x[15: 8]								
0x12	acc_x_lsb	0x00	acc_x[7: 0]								
0x11-0x04: 保留			-								
0x03	acc_status	0x10	drdy_ acc	-							
0x02	acc_err_reg	0x00	-			error_code			-	fatal_ e rr	
0x01	-	-	-								

0x00	acc_chip_id	0x1E	acc_chip_id
------	-------------	------	-------------

### 5.3 注册说明：加速度计

#### 5.3.1 注册0x00: ACC\_CHIP\_ID

比特	访问	重置值	描述
[7:0]	ro	0x1E	包含加速度传感器的标识码

#### 5.3.2 注册0x02: ACC\_ERR\_REG

报告传感器错误条件。

比特	名称	访问	重置值	描述
[7:5]	保留			
[4:2]	error_code	ro	0x00	持续错误的错误代码： 0x00：无错误 0x01：加速度计配置中发生错误（寄存器ACC_CONF中的数据无效）
[1]	保留			
[0]	fatal_err	ro	0x0	致命错误，芯片不处于运行状态（启动、电源系统）。此标志只能通过通电重置或软重置来复位。

#### 5.3.3 注册0x03: ACC\_STATUS

传感器状态标志。

比特	名称	访问	重置值	描述
[7]	acc_drdy	ro	0x0	为加速计准备的数据。重置时，一个将读取加速度数据寄存器。
[6:0]	保留			

#### 5.3.4 注册0x12-0x17: ACC数据

包含加速度传感器输出的寄存器。传感器输出以已签名的16位号以2的补充格式存储在每个2个寄存器中。从寄存器中，加速度值可以计算如下：

$$\text{Accel\_X\_int16} = \text{ACC\_X\_MSB} * 256 + \text{ACC\_X\_LSB}$$

$$\text{Accel\_Y\_int16} = \text{ACC\_Y\_MSB} * 256 + \text{ACC\_Y\_LSB}$$

$$\text{Accel\_Z\_int16} = \text{ACC\_Z\_MSB} * 256 + \text{ACC\_Z\_LSB}$$

当读取包含加速度值LSB值的寄存器时，相应的MSB寄存器内部锁定，直到读取。通过这种机制，可以确保LSB值和MSB值都属于相同的加速度值，并且不会在单个寄存器的读出之间进行更新。

该单位在LSB中。从LSB到加速度(mg)的转换基于范围设置，可计算如下(<0x41>: ACC\_RANGE寄存器的内容)：

```
Accel_X_in_mg=Accel_X_int16/32768*1000*2^(<0x41>+1)
Accel_Y_in_mg=Accel_Y_int16/32768*1000*2^(<0x41>+1)
Accel_Z_in_mg=Accel_Z_int16/32768*1000*2^(<0x41>+1)
```

5.3.5 注册0x18-0x1A: 传感器时间数据

包含内部24位计数器值的寄存器。

- 寄存器0x18 (SENSORTIME\_0) 包含计数器的下8位。这个寄存器每39.0625µs增加一次。
- 寄存器0x19 (SENSORTIME\_1) 包含计数器的中间8位。此寄存器在SENSORTIME\_0溢出时增加，即每10ms增加一次。
- 寄存器0x1A (SENSORTIME\_2) 包含计数器的较高的8位。这个寄存器在SENSORTIME\_1溢出时增加，即每2.56秒增加一次。

完整的24位计数器会在655.36秒或近11分钟后溢出。

5.3.6 注册0x1D: ACC\_INT\_STAT\_1

中断状态寄存器。

比特	名称	访问	重置值	描述
[7]	acc_drdy	ro	0x00	加速数据已准备好的中断。读取时清除此寄存器的
[6:0]	保留			

5.3.7 注册0x22-0x23: 温度传感器数据

包含温度传感器数据输出的寄存器。数据以2的补体格式的11位值存储。分辨率为0.125° C/LSB，因此温度如下：

Temp\_uint11=(TEMP\_MSB\*8)+(TEMP\_LSB/32) 如果

Temp\_uint11>1023:

Temp\_int11=Temp\_uint11 - 2048

其他:

Temp\_int11=Temp\_uint11

温度=Temp\_int11\*0.125° C/LSB+23° C

temp_msb	temp_lsb	Temp_int11	温度
0x3E	0x00	496	85 ° C
...	...	...	...
0x00	0x60	3	23.375 ° C
0x00	0x40	2	23.250 ° C
0x00	0x20	1	23.125 ° C
0x00	0x00	0	23.0° C
...	...	...	...
0xC1	0x00	-504	-40 ° C
0x80			无效

温度传感器数据每1.28秒更新一次。



5.3.8 注册0x40: ACC\_CONF

加速度计配置寄存器。

比	名称	访问	重 置 值	描述																						
[7]	保留	卢	0x01	这一位必须总是“1”。																						
[6:4]	acc_bwp	卢	0x03	<div>该参数会影响加速度计低通滤波器的带宽。详细信息请参见第4.4.1节。可能的值。</div> <table><tr><th>acc_bwp</th><th>过滤器设置</th></tr><tr><td>0x00</td><td>OSR4（4倍过采样）</td></tr><tr><td>0x01</td><td>OSR2（2倍过采样）</td></tr><tr><td>0x02</td><td>正常</td></tr><tr><td>0x03 - 0x07</td><td>保留</td></tr></table>	acc_bwp	过滤器设置	0x00	OSR4（4倍过采样）	0x01	OSR2（2倍过采样）	0x02	正常	0x03 - 0x07	保留												
acc_bwp	过滤器设置																									
0x00	OSR4（4倍过采样）																									
0x01	OSR2（2倍过采样）																									
0x02	正常																									
0x03 - 0x07	保留																									
[3:0]	acc_odr	卢	0x08	<div>此参数设置输出数据速率ODR。可能的值：</div> <table><tr><th>acc_odr</th><th>ODR在Hz</th></tr><tr><td>0x00 - 0x04</td><td>保留</td></tr><tr><td>0x05</td><td>12.5</td></tr><tr><td>0x06</td><td>25</td></tr><tr><td>0x07</td><td>50</td></tr><tr><td>0x08</td><td>100</td></tr><tr><td>0x09</td><td>200</td></tr><tr><td>0x0A</td><td>400</td></tr><tr><td>0x0B</td><td>800</td></tr><tr><td>0x0C</td><td>1600</td></tr><tr><td>0x0D - 0x0F</td><td>保留</td></tr></table>	acc_odr	ODR在Hz	0x00 - 0x04	保留	0x05	12.5	0x06	25	0x07	50	0x08	100	0x09	200	0x0A	400	0x0B	800	0x0C	1600	0x0D - 0x0F	保留
acc_odr	ODR在Hz																									
0x00 - 0x04	保留																									
0x05	12.5																									
0x06	25																									
0x07	50																									
0x08	100																									
0x09	200																									
0x0A	400																									
0x0B	800																									
0x0C	1600																									
0x0D - 0x0F	保留																									

### 5.3.9 注册0x41: ACC\_RANGE

加速度计范围设置寄存器。

比特	名称	访问	重置值	描述										
[7:2]	保留													
[1:0]	acc_range	卢	0x01	此参数将设置测量范围。可能的值： <table><tr><th>acc_range</th><th>范围设置</th></tr><tr><td>0x00</td><td>±3g</td></tr><tr><td>0x01</td><td>±6g</td></tr><tr><td>0x02</td><td>±12g</td></tr><tr><td>0x03</td><td>±24g</td></tr></table>	acc_range	范围设置	0x00	±3g	0x01	±6g	0x02	±12g	0x03	±24g
acc_range	范围设置													
0x00	±3g													
0x01	±6g													
0x02	±12g													
0x03	±24g													

### 5.3.10 寄存器0x53: INT1\_IO\_CONF

配置输入/输出引脚INT1。

比特	名称	访问	重置值	描述						
[7:5]	保留									
[4]	int1_in	卢	0x00	启用INT1作为输入引脚。						
[3]	int1_out	卢	0x00	启用INT1作为输出引脚。						
[2]	int1_od	卢	0x00	<table><tr><th>int1_od</th><th>Pin行为</th></tr><tr><td>0x00</td><td>推拉</td></tr><tr><td>0x01</td><td>开放式排水沟</td></tr></table>	int1_od	Pin行为	0x00	推拉	0x01	开放式排水沟
int1_od	Pin行为									
0x00	推拉									
0x01	开放式排水沟									
[1]	int1_lvl	卢	0x00	<table><tr><th>int1_lvl</th><th>活动状态</th></tr><tr><td>0x00</td><td>活动低</td></tr><tr><td>0x01</td><td>活动高</td></tr></table>	int1_lvl	活动状态	0x00	活动低	0x01	活动高
int1_lvl	活动状态									
0x00	活动低									
0x01	活动高									
[0]	保留									

## 5.3.11 注册0x54: INT2\_IO\_CONF

配置输入/输出引脚INT2。

比特	名称	访问	重置值	描述						
[7:5]	保留									
[4]	int2_io	卢	0x00	启用INT2作为输入引脚。						
[3]	int2_out	卢	0x00	启用INT2作为输出引脚。						
[2]	int2_od	卢	0x00	<table><tr><th>int2_od</th><th>Pin行为</th></tr><tr><td>0x00</td><td>推拉</td></tr><tr><td>0x01</td><td>开放式排水沟</td></tr></table>	int2_od	Pin行为	0x00	推拉	0x01	开放式排水沟
int2_od	Pin行为									
0x00	推拉									
0x01	开放式排水沟									
[1]	int2_lvl	卢	0x00	<table><tr><th>int2_lvl</th><th>活动状态</th></tr><tr><td>0x00</td><td>活动低</td></tr><tr><td>0x01</td><td>活动高</td></tr></table>	int2_lvl	活动状态	0x00	活动低	0x01	活动高
int2_lvl	活动状态									
0x00	活动低									
0x01	活动高									
[0]	保留									

## 5.3.12 注册0x58: INT1\_INT2\_MAP\_DATA

将数据准备中断映射到输出引脚INT1和/或INT2。

比	名称	访问	重置值	描述
[7]	保留			
[6]	Int2_drd	卢	0x00	将数据准备中断映射到固定INT2
[5:3]	保留			
]	Int1_drd	卢	0x00	将数据准备中断映射到引脚INT1
[2]	保留			

## 5.3.13 注册0x6D: ACC\_SELF\_TEST

启用传感器自检信号，作为对传感器输出的稳定偏移而发生。请注意，用户需要主动关闭自检（详细信息见4.6.1）。

比特	访问	重置值	描述	
[7:0]	卢	0x00		
			self_test	行为
			0x00	自我测试被关闭。
			0x0D	启用阳性自检信号。

				0x09	启用负值自检信号。	
--	--	--	--	------	-----------	--

5.3.14 注册0x7C: ACC\_PWR\_CONF

将加速计切换到暂停模式，以节省电源。在此模式下，数据采集将停止。

比特	名称	访问	重置值	描述						
[7:0]	acc_pwr_save	卢	0x03	<table><tr><td>acc_pwr_save</td><td>过滤器设置</td></tr><tr><td>0x03</td><td>暂停模式</td></tr><tr><td>0x00</td><td>活动模式</td></tr></table>	acc_pwr_save	过滤器设置	0x03	暂停模式	0x00	活动模式
acc_pwr_save	过滤器设置									
0x03	暂停模式									
0x00	活动模式									

5.3.15 注册0x7D: ACC\_PWR\_CTRL

打开或关闭开关加速度计。每次重置后都需要完成，以获得加速度值。

比特	名称	访问	重置值	描述						
[7:0]	acc_enable	卢	0x00	<table><tr><td>acc_enable</td><td>过滤器设置</td></tr><tr><td>0x00</td><td>加速计关闭</td></tr><tr><td>0x04</td><td>加速度计</td></tr></table>	acc_enable	过滤器设置	0x00	加速计关闭	0x04	加速度计
acc_enable	过滤器设置									
0x00	加速计关闭									
0x04	加速度计									

5.3.16 注册0x7E: ACC\_SOFTRESET

比特	访问	重置值	描述
[7:0]	W	N/A	将此寄存器写入0xB6将重置传感器。（不要向此寄存器写入任何其他内容。） 延迟1ms后，所有配置设置都被重置值覆盖。 任何操作模式都可以触发软复位。

## 5.4 注册地图：陀螺仪

Reg. 阿德	注册名称	重置值	bit7	bit6	bit5	bit4	bit 3	bit2	bit1	bit0
0x3F-0x3D: 保留			-							
0x3C	gyro_self_test	N/A	-			rate_ok	-	bist_fail	bist_ready	trigger_status
0x3B-0x19: 保留			-							
0x18	INT3_INT4_IOP	0x00	int3_int4_iop							
0x17: 保留			-							
0x16	INT3_INT4_IOP_CONF	0x0F	-				Int4_od	Int4_level	Int3_od	Int3_level
0x15	gyro_int_ctrl	0x00	gyro_int_ctrl							
0x14	gyro_softreset	N/A	softreset							
0x13-0x12: 保留			-							
0x11	gyro_lpm1	0x00	gyro_pm							
0x10	gyro_bandwidth	0x80	gyro_bw							
0x0F	gyro_range	0x00	gyro_range							
0x0E-0x0B: 保留			-							
0x0A	gyro_int_stat_1	N/A	gyro_drdy	-						
0x09-0x08: 保留			-							
0x07	rate_z_msb	N/A	rate_z[15: 8]							
0x06	rate_z_lsb	N/A	rate_z[7: 0]							
0x05	rate_y_msb	N/A	rate_y[15: 8]							
0x04	rate_y_lsb	N/A	rate_y[7: 0]							
0x03	rate_x_msb	N/A	rate_x[15: 8]							
0x02	rate_x_lsb	N/A	rate_x[7: 0]							
0x01	保留	N/A	-							
0x00	gyro_chip_id	0x0F	gyro_chip_id							

## 5.5 注册描述：陀螺仪

### 5.5.1 注册0x00: GYRO\_CHIP\_ID

比特	访问	重置值	描述
[7:0]	ro	0x0F	包含陀螺仪的标识码。

### 5.5.2 注册0x02-0x07: 速率数据

包含角速度传感器输出的寄存器。传感器输出以已签名的16位号以2的补充格式存储在每个2个寄存器中。从寄存器中，陀螺仪值可以计算如下：

Rate\_X : RATE\_X\_MSB\*256+RATE\_X\_LSB

Rate\_Y : RATE\_Y\_MSB\*256+RATE\_Y\_LSB

Rate\_Z: RATE\_Z\_MSB\*256+RATE\_Z\_LSB

当读取包含速率值的LSB值的寄存器时，相应的MSB寄存器在内部锁定，直到读取。通过这种机制，可以确保LSB和MSB值都属于相同的速率范围值，并且不会在单个寄存器的读出之间进行更新。

该单位在LSB中。从LSB到角速度（每秒度）的转换基于范围设置（见5.5.4）。例如，对于寄存器0x0F中的默认范围设置为0x00，将应用以下转换表：

传感器输出[LSB]	角率（2000° /s范围模式）
+32767	+ 2000° /s
...	...
0	0° /s
...	...
-32767	- 2000° /s

### 5.5.3 注册0x0A: GYRO\_INT\_STAT\_1

比特	名称	访问	重置值	描述
[7]	gyro_drdy	ro	N/A	数据已就绪中断状态。在280-400μs后自动清除中断。

## 5.5.4 注册0x0F: GYRO\_RANGE

比特	访问	重置值	描述																		
[7:0]	卢	0x00	角度速率范围和分辨率。可能的值： <table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																		
3.8m° /s/LSB																					

## 5.5.5 注册0x10: GYRO\_BANDWIDTH

比特	访问	重置值	描述																											
[7:0]	卢	0x80 <sup>1</sup>	<div><p>该寄存器允许选择速率数据滤波器的带宽和输出数据速率(ODR)。可能的值：</p><table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table><div><div>0x07</div><div>100</div><div>32</div></div></div>																											

<sup>1</sup>注意：第7位是只读的，总是1 ‘，但没有功能，可以安全地忽略。



5.5.6 注册0x11: GYRO\_LPM1

主要电源模式的选择。请注意，只允许在正常模式和暂停模式之间切换，不可能在暂停和深暂停之间切换，反之亦然。

比特	访问	重置值	描述								
[7:0]	卢	0x00	<div>切换到主电源模式。<div><div>GYRO_LPM1</div><div>电源模式</div><table><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table></div></div>								

5.5.7 注册0x14: GYRO\_SOFTRESET

比特	访问	重置值	描述
[7:0]	W	N/A	将此寄存器写入0xB6将重置传感器。（将忽略其他值。） 延迟30ms后，所有配置设置都被其重置值覆盖。 从任何操作模式下都可以触发软复位。

5.5.8 注册0x15: GYRO\_INT\_CTRL

比特	访问	重置值	描述	
[7:0]	卢	0x00	gyro_int_ctrl	行为
			0x00	没有触发任何数据就绪的中断
			0x80	允许在新数据上触发新的数据中断。有关将中断映射到中断针，请参见陀螺仪部分。

5.5.9    注册0x16：INT3\_INT4\_IO\_CONF

设置中断引脚的电气特性和逻辑特性。

比特	名称	访问	重置值	描述						
[3]	Int4_o	卢	‘	<table><tr><th>Int4_od</th><th>PinINT4输出配置</th></tr><tr><td>‘0’</td><td>推拉</td></tr><tr><td>‘1’</td><td>开放式排水沟</td></tr></table>	Int4_od	PinINT4输出配置	‘0’	推拉	‘1’	开放式排水沟
Int4_od	PinINT4输出配置									
‘0’	推拉									
‘1’	开放式排水沟									
[2]	Int4_l	卢	‘	<table><tr><th>Int4_lv 1</th><th>PinINT4活动状态</th></tr><tr><td>‘0’</td><td>活动低</td></tr><tr><td>‘1’</td><td>活动高</td></tr></table>	Int4_lv 1	PinINT4活动状态	‘0’	活动低	‘1’	活动高
Int4_lv 1	PinINT4活动状态									
‘0’	活动低									
‘1’	活动高									
[1]	Int3_o	卢	‘	<table><tr><th>Int3_od</th><th>PinINT3输出配置</th></tr><tr><td>‘0’</td><td>推拉</td></tr><tr><td>‘1’</td><td>开放式排水沟</td></tr></table>	Int3_od	PinINT3输出配置	‘0’	推拉	‘1’	开放式排水沟
Int3_od	PinINT3输出配置									
‘0’	推拉									
‘1’	开放式排水沟									
[0]	Int3_l	卢	‘	<table><tr><th>Int3_lv 1</th><th>PinINT3活动状态</th></tr><tr><td>‘0’</td><td>活动低</td></tr><tr><td>‘1’</td><td>活动高</td></tr></table>	Int3_lv 1	PinINT3活动状态	‘0’	活动低	‘1’	活动高
Int3_lv 1	PinINT3活动状态									
‘0’	活动低									
‘1’	活动高									

5.5.10    注册0x18：INT3\_INT4\_IO\_MAP

将数据就绪中断插脚映射到其中一个中断插脚INT3和/或INT4中。

比特	访问	重置 值	描述												
			<table><tr><th></th><th></th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>												

Revision\_1.3\_052018

## 5.5.11 注册0x3C: GYRO\_SELF\_TEST

陀螺仪内置自测。

比特	访问	名称	重置值	描述
[4]	R	rate_ok	‘0’	值“1”表示传感器功能正常。
[2]	R	bist_fail	‘0’	如果“0”和bist_rdy=“1”：内置自检正常，则传感器正常 如果“1”和bist_rdy=“1”：内置自检不正常，则传感器值可能不在预期范围内
[1]	R	bist_rdy	‘0’	如果位为“1”，则已执行并完成内置自检
[0]	W	trig_bist	N/A	将此位设置为“1”（即将此寄存器写入0x01）将启动内置的自检。

## 6. 数字接口

BMI088支持两个串行数字接口协议，以作为与主机设备的从机进行通信：SPI和I<sup>2</sup>C。活动接口由Pin#07(PS)“协议选择”针的状态选择：

- PS='VDDIO' 选择I<sup>2</sup>C
- PS='GND' 选择SPI

### 重要事项：

- 请注意，对于SPI协议，BMI088的加速度计部分的初始化过程需要一些额外的步骤（见第3章）。
- 还请注意，由于软件包的针脚是在加速计和陀螺仪部分之间共享的，因此不建议为这两个部分配置不同的接口。

这两个数字接口共享部分相同的引脚。此外，每个惯性传感器（加速度计和陀螺仪）都提供了特定的接口引脚，允许用户相互独立地操作惯性传感器。每个接口和每个惯性传感器的映射如下表所示：

表10：接口引脚的映射

插 件#	名称	使用 w/SPI	使用 w/I <sup>2</sup> C	描述
15	sdo1	sdo1	地址	SPI: Accel数据输出 I <sup>2</sup> C: 用于设置LSB的AccelI <sup>2</sup> C地址
10	sdo2	sdo2	地址	SPI: Gyro数据输出 I <sup>2</sup> C: 用于设置LSB的陀螺仪I <sup>2</sup> C地址
9	SDA/SDI	SDI	SDA	SPI: Accel和Gyro数据在 I <sup>2</sup> C: 串行数据
14	csb1	csb1	未使用	SPI: Accel芯片选择（启用）
5	csb2	csb2	未使用	陀螺仪芯片选择（启用）
8	SCL/SCK	sck	scl	SPI: 串行时钟SCKI <sup>2</sup> C: 串行时钟SCL

接口脚电气规格如下表：表11：接口脚电气规格

参数	符号	条件	最小	类型	最大	单位
拉起电阻，CSB销	R <sub>上升</sub>	VDDIO内下拉阻力	75	100	125	k
输入能力	C <sub>在</sub>			5	10	pF
I <sup>2</sup> C总线负载容量(最大值。 驱动能力)	C <sub>I2C_Load</sub>				400	pF

为了允许对写入BMI088的数据进行正确的内部同步，必须遵循至少2μs（正常模式）或1000μs（暂停模式）的等待时间。

## 6.1 串行外设接口 (SPI)

陀螺仪部分和加速度计部分的SPI接口行为略有不同：

- 初始化阶段：如第3章所述，陀螺仪部分的接口是由PS销的水平来选择的。与此相反，加速度计部分总是从I中开始<sup>2</sup>C模式（无论PS针的级别如何），需要通过发送CSB1针上的上升边（加速度计的芯片选择）主动更改为SPI模式，其中加速度计部分切换到SPI模式并保持在此模式直到下一次通电复位。要在初始化阶段将传感器更改为SPI模式，用户可以执行一个虚拟的SPI读取操作，例如寄存器ACC\_CHIP\_ID（获得的值将无效）。
- 在读取操作中，加速度计部分的SPI接口在主服务器发送了相应的寄存器地址后，不直接发送所请求的信息，而是首先发送一个内容不可预测的虚拟字节。只有在此虚拟字节之后，才会发送所需的内容。（此虚拟字节过程不适用于陀螺仪部件。）请在下面的第6.1.2节中找到更多的细节。

BMI088的SPI时间规范如下表所示：

表12：SPI时间

参数	符号	条件	最小	最大	单位
时钟频率	f <sub>SPI</sub>	最大。加载到SDI或SDO=25pF上		10	MHz
SCK低脉冲	t <sub>sckl</sub>		45		ns
SCK高脉冲	t <sub>sckh</sub>		45		ns
SDI安装时间	t <sub>SDI_setup</sub>		20		ns
SDI保持时间	t <sub>SDI_hold</sub>		20		ns
SDO输出延迟	t <sub>SDO_OD</sub>	负载=25pF		30	ns
		负载=250pF, VDDIO>2.4V		40	ns
CSB安装时间	t <sub>CSB_setup</sub>		40		ns
CSB持有时间	t <sub>CSB_hold</sub>		40		ns
在写入访问之间的空闲时间	t <sub>IDLE_wacc</sub>	正常模式	2		μs

下图显示了SPI时间的定义：

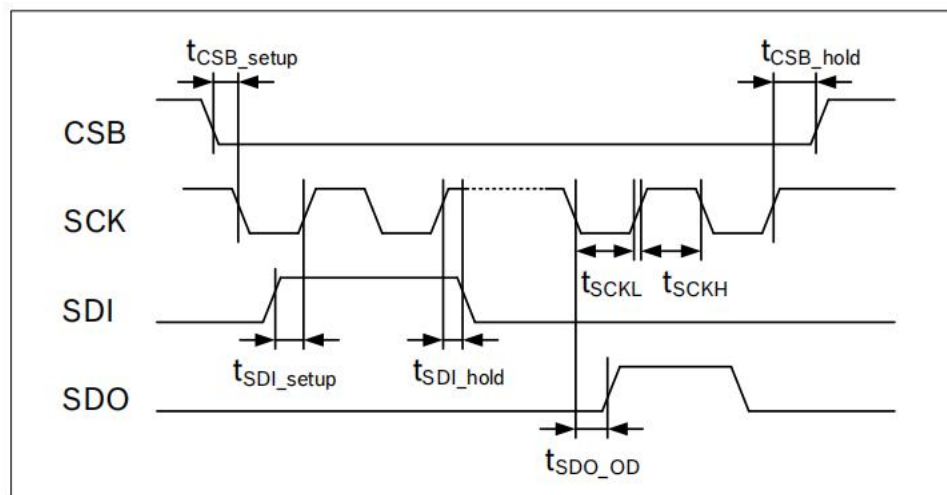


图2：SPI时序图

BMI088的SPI接口兼容‘00’和‘11’两种模式。[CPOL=‘0’和CPHA=‘0’]和[CPOL=‘1’和CPHA=‘1’]之间的自动选择根据CSB（1或2）下降后的SCK值进行控制。

### 6.1.1 陀螺仪部件的SPI接口

对于单字节的读取和写操作，都使用了16位协议。SPI接口还支持多字节读操作（突发读）。

当CSB（1或2）被SPI主节点拉低时，通信开始，当CSB（1或2）被拉高时，通信停止。SCK也由SPI主服务器控制。SDI和SDO（1或2）在SCK的下降边缘被驱动，应该在SCK的上升边缘被捕获。

数据位的使用方式如下：

- 位#0：读/写位。当为0时，将数据SDI写入芯片。当1时，读取芯片上的数据SDO。
- 位#1-7：地址AD（6：0）。
- #8-15位：在写入模式时，这些是数据SDI，它将被写入地址。在读取模式时，这些是从地址读取的数据SDO。

通过保持CSB较低水平并继续数据传输（即继续切换SCK），可以进行多个读取操作（突发读取）。只需要写入第一个寄存器地址。只要CSB保持低活动状态，地址在每次读取访问后都会自动增加。

### 6.1.2 加速度计零部件的SPI接口

在加速度计部分的读取操作中，不会立即发送所请求的数据，而是首先发送一个虚拟字节，在这个虚拟字节之后，会发送实际请求的寄存器内容。

这意味着，与第6.1.1节中的描述相反，单个字节读取操作需要以突发模式读取2个字节，其中第一个接收到的字节可以被丢弃，而第二个字节包含所需的数据。

突发读取操作也是如此。例如，要在SPI模式下读取加速度计的值，用户必须从地址0x12(ACC数据)开始读取7个字节。用户必须从这些字节丢弃第一个字节并查找字节#2-#7找到加速度信息（对应于地址0x12-0x17的内容）。

数据位的使用方式如下：

- 位#0：读/写位。当为0时，将数据SDI写入芯片。当1时，读取芯片上的数据SDO。
- 位#1-7：地址AD（6：0）。
- 位#8-15：
  - 在写入模式下，这些是数据SDI，它将被写入地址。
  - 在读取模式下，这些位包含不可预测的值，用户必须读取位#16-23才能从读取地址获取实际数据。

## 6.2 集成电路（I<sup>2</sup>C）

I<sup>2</sup>C总线使用SCL(=SCx引脚、串行时钟)和SDA(=SDx引脚、串行数据输入和输出)信号线。两条线路都通过上拉电阻连接到VDDIO，这样当母线空闲时，它们就被拉高。

BMI088的I<sup>2</sup>C接口与I<sup>2</sup>C规范UM10204修订版兼容。03日（2007年6月19日），可于<http://www.nxp.com>。BMI088支持I<sup>2</sup>C标准模式和快速模式，仅支持7位地址模式。

**默认的I<sup>2</sup>C地址是：**

加速度计：

SD01针拉到“GND”：0011000b(0x18)

SD01针拉到“VDDIO”：0011001b(0x19)

陀螺仪：

SD02销拉到“GND”：1101000b(0x68)

SD02销被拉到“VDDIO”：1101001b(0x69) BMI088的

I<sup>2</sup>C的时间规格如表13所示：



表13： I<sup>2</sup>C时间

参数	符号	最小	最大	单位
时钟频率	f <sub>scl</sub>		400	千赫
SCL低周期	t <sub>低</sub>	1.3		s
SCL高周期	t <sub>高</sub>	0.6		
SDA安装时间	t <sub>苏丹</sub>	0.1		
SDA保持时间	t <sub>hddat</sub>	0.0		
重复启动条件的设置时间	t <sub>苏斯塔</sub>	0.6		
为一个开始条件的保持时间	t <sub>hdsta</sub>	0.6		
一个停止条件的设置时间	t <sub>susto</sub>	0.6		
在一个新的变速器可以启动之前的时间	t <sub>buf</sub>	1.3		
写入访问之间的空闲时间，正常模式	t <sub>IDLE_wacc_nm</sub>	2		μs
在写访问之间的空闲时间， 暂停模式	t <sub>IDLE_wacc_sum</sub>	1000		μs

图3显示了表13中给出的I<sup>2</sup>C时间的定义：

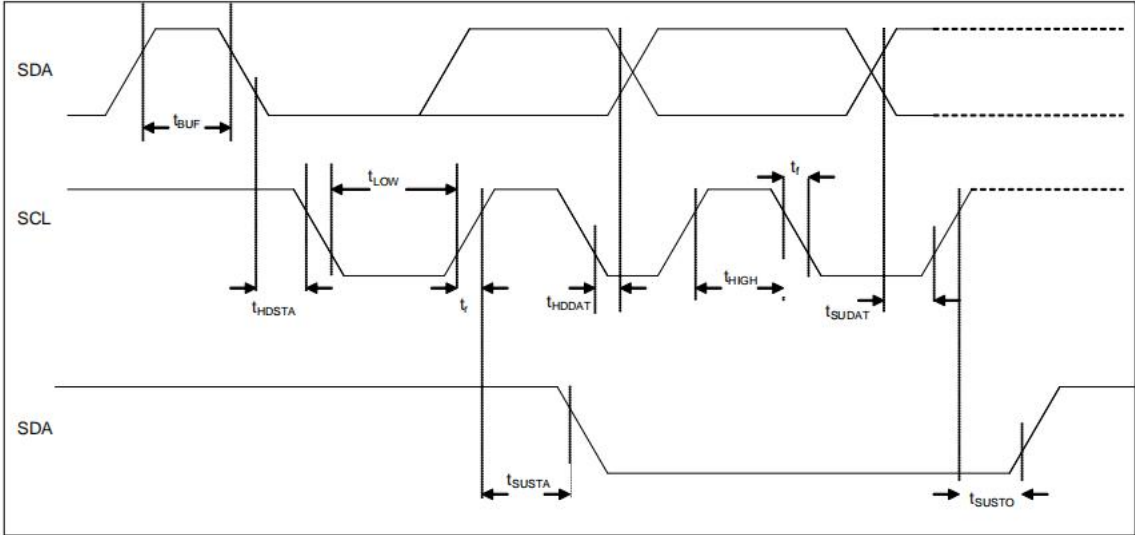


图3： I<sup>2</sup>C时序图

I<sup>2</sup>C协议的工作原理如下：

启动：总线上的数据传输从SDA线上的高到低过渡开始，而SCL保持高（I<sup>2</sup>C总线主机指示的启动条件(S)）。一旦主信号传输了启动信号，总线就被认为是繁忙的。

停止：每次数据传输都应由主机生成的停止信号(P)终止。SCL线上STOP的低到高转换，而SCL保持高。

ACK：传输的每个字节必须被确认。它由接收器发送的确认位表示。发射器必须在确认脉冲期间释放SDA线（无下拉），而接收器必须将SDA线拉低，以便在确认时钟周期的高期间保持稳定的低水平。

在下图中，使用了这些缩写：S            开始  
P            停止  
acks        奴隶承认  
Ackm       由NACKM大师承认      不承  
认           阅读/写

不支持立即启动STOP(不支持SCL从‘VDDIO’切换到‘GND’)。如果出现这样的组合，则设备无法识别STOP。

I<sup>2</sup>C写访问：

I<sup>2</sup>C写访问可用于以一个序列写入数据字节。

该序列从主服务器生成的起始条件开始，然后是7位从属地址和一个写位(RW=0)。从服务器发送一个确认位(ACK=0)并释放总线。然后主节点发送一个字节的寄存器地址。从属再次确认传输并等待8位数据，这些数据应写入指定的寄存器地址。从确认数据字节之后，主生成停止信号并终止写入协议。

I<sup>2</sup>C对加速度计的写入访问的示例，写入0xA8地址0x40(即设置连续滤波器功能，平均为4个样本，ODR到100Hz)：

开始	奴隶地址 (0x18)							卢	acks	假人	注册地址 (0x40)								acks	数据								acks	停止
S	0	0	1	1	0	0	0	0	A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	A	1	0	1	0	1	0	0	0	A	P

图4： I<sup>2</sup>C写

**I<sup>2</sup>C读取访问：**

I<sup>2</sup>C读取访问也可以用于以一个序列读取一个或多个数据字节。

读序列由一个字节的I<sup>2</sup>C写阶段，然后是I<sup>2</sup>C读阶段组成。变速器的两个部分必须通过重复启动条件(Sr)分开。I<sup>2</sup>C写入阶段为从属服务器提供地址，并发送要读取的寄存器地址。在从服务器确认传输后，主服务器再次生成一个启动条件，并将从服务器地址与一个读取位一起发送(RW=1)。然后主释放总线，等待从从读取数据字节。在每个数据字节之后，主节点必须生成一个确认位(ACK=0)，以启用进一步的数据传输。来自主服务器的NACK(ACK=1)停止从从服务器传输的数据。从属服务器释放总线，以便主服务器能够产生一个停止条件并终止传输。

寄存器地址会自动递增，因此，可以按顺序读出多个字节。一旦一个新的数据读取传输开始，开始地址将被设置为在最新的I<sup>2</sup>C写入命令中指定的寄存器地址。默认情况下，起始地址设置为0x00。这样，就可以从相同的起始地址重复进行多字节读取。



## 7. 插件和连接图

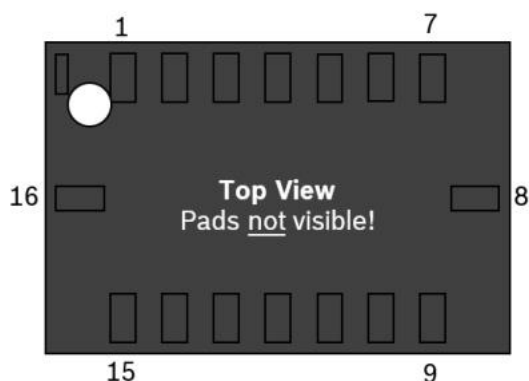


图6: 打印出的顶部视图

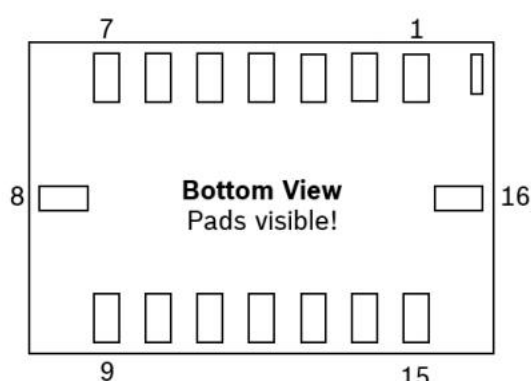


图7: 打印输出的底部视图

### 7.1 插件

表14: 平<sub>1</sub>描述

插件#	名称	I/O类型	描述	SPI模式	I <sup>2</sup> C模式
1*	int2	数字I/O	中断引脚2 (accelint#2)	int2	int2
2	nc	--	--	gnd	gnd
3	Vdd	供应	电源模数域 (2.4-3.6V)	Vdd	Vdd
4	gnda	地面	模拟域地面	gnd	gnd
5	csb2	数字在	SPI芯片选择Gyro	csb2	DNC (浮动)
6	格尼迪奥	地面	I/O地面	gnd	gnd
7	PS	数字在	协议选择陀螺仪 (GND=SPI, VDDIO=I <sup>2</sup> C)	gnd	vddio
8	SCL/ SCK	数字在	SPI: 串行时钟 SCKI <sup>2</sup> C: 串行时钟SCL	sck	scl
9	SDA/S DI	数字I/O	I <sup>2</sup> C: SDA串行数据 I/O SPI4W: SDI串行数据 I SPI3W: SDA串行数据I/O	SDI	SDA
10	sdo2	数字输出	SPI串行数据出陀螺仪地 址选择在I <sup>2</sup> C模式下 见第9.2章	sdo2	gnd 默认的addr。
11	vddio	供应	数字输入/输出电源电压 (1.2V3.6V) ...	vddio	vddio
12*	int3	数字I/O	中断引脚3 (陀螺仪Int#1)	int3	int3
13*	int4	数字I/O	中断引脚4 (陀螺仪int#2)	int4	int4
14	csb1	数字在	SPI芯片选择Accel	csb1	VDDIO或DNC (浮动)
15	sdo1	数字输出	SPI串行数据输出的Accel 在I <sup>2</sup> C模式下选择地址, 请参见第9.2章	sdo1	gnd 默认的addr。
16*	int1	数字I/O	中断引脚1 (连接int#1)	int1	int1

\*如果不使用INT，请不要连接它们 (DNC) !

## 7.2 连接图SPI

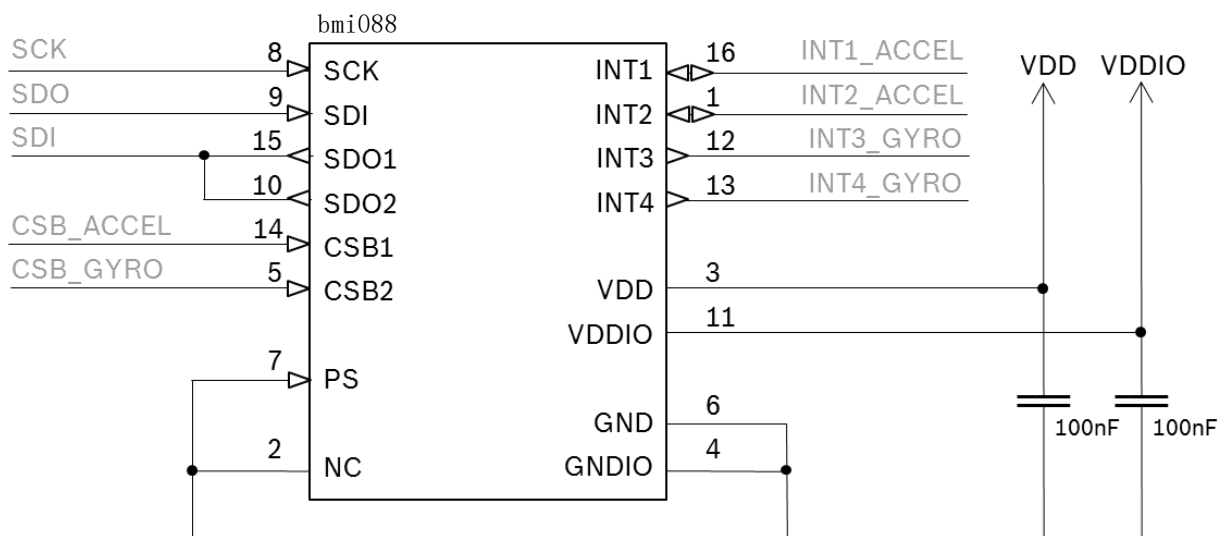


图8: SPI连接

## 7.3 连接图IC

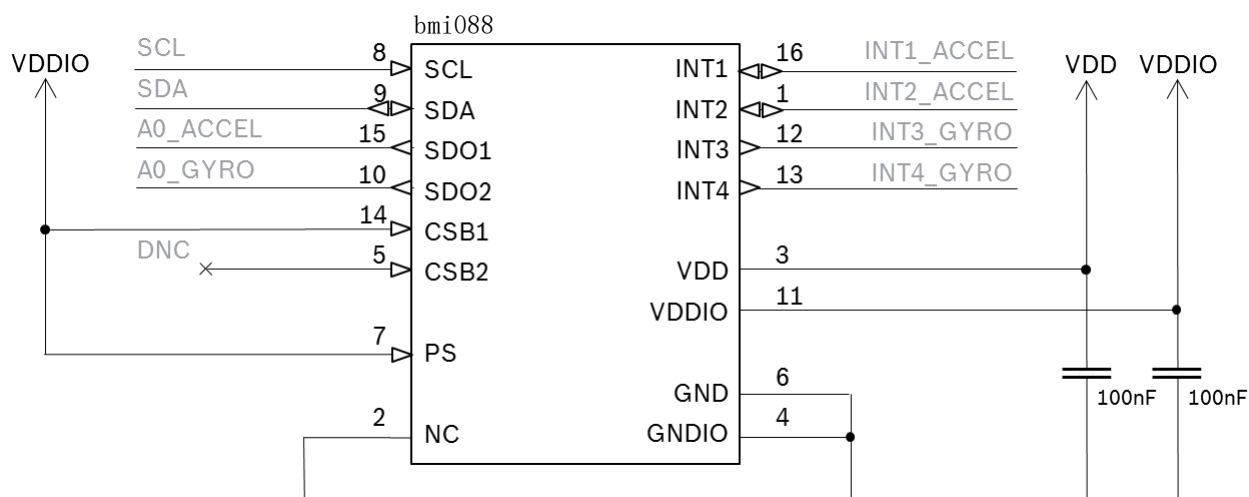


图9: I<sup>2</sup>C连接





8.2 传感器轴方向

如果传感器在指示的方向上加速和/或旋转，则设备的相应通道将提供一个正加速度和/或偏航速率信号（动态加速度）。如果传感器处于静止状态，没有任何旋转，重力与指示方向相反，相应加速度通道输出为正，相应陀螺仪通道为“零”（静态加速度）。

例如：如果传感器在根据下图显示的重力场中处于静止状态或处于均匀运动状态，则输出信号为：

- XACC通道
  - YACC通道
  - +1g为ZACC通道
- 和

和

和
- $\Omega$  的  $0^\circ$  /sec

$\Omega$  的  $0^\circ$  /sec

$\Omega$  的  $0^\circ$  /sec
- XGYR通道
- YGYR通道
- ZGYR通道

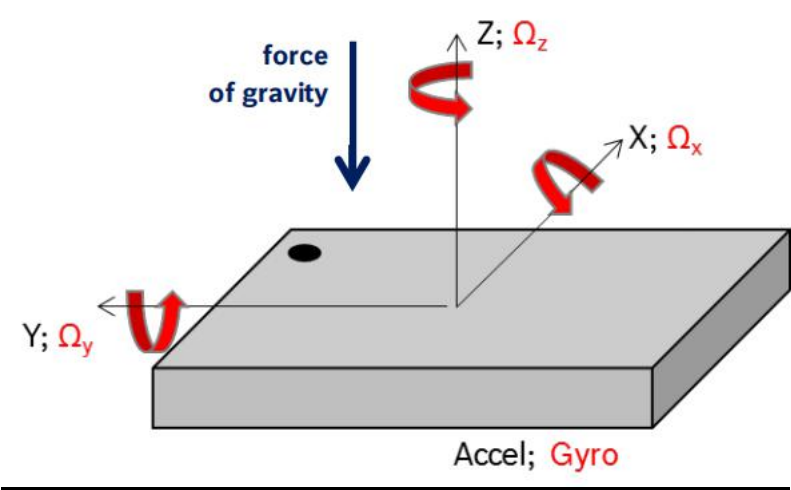
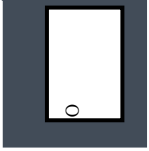
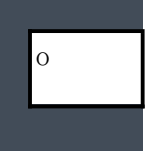
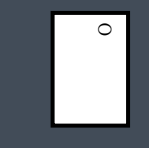

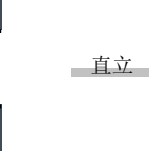
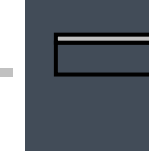


图11：传感轴的方向

下表列出了在如上所示的自上而下的重力向量假设下，当传感器在重力场中处于静止或均匀运动时，X、Y、Z上的所有相应的输出信号。  
陀螺仪信号  $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$  显示在这些静态条件下的0dps输出。

表15：根据设备方向不同的输出信号

传感器方向 (重力矢量 ↓)						
输出信号X	0g	+1g	0g	-1g	0g	0g
输出信号Y	-1g	0g	+1g	0g	0g	0g
输出信号Z	0g	0g	0g	0g	+1g	-1g

8.3 标记

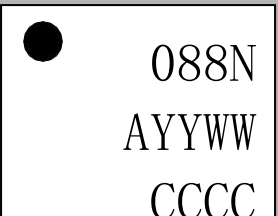
8.3.1 大规模生产样品

表16：批量生产部件标记

标签	名称	符号	残留物
	产品编号	365	3位数字，固定，以识别产品类型
	子图标ID	L	1字母数字数字，识别子标识的变量
	日期代码	yyww	4位数字，固定识别YY= “年” “WW=” 工作周
	批次计数器	cccc ●	4个字母数字，变量 来生成大规模生产的跟踪代码
	Pin1标识符		--

8.3.2 工程样品

表17：工程样品的标记情况

标签	名称	符号	残留物
	Eng. 样本ID	N	1字母数字，固定识别工程样本， N= “+” 或 “e” 或 “E”
	示例ID	ayww	
	计数器ID	cccc ●	4个字母数字的数字，用变量来 生成跟踪代码
	Pin1标识符		--

8.4 PCB的布局和焊接的指导方针

推荐使用以下一般布局规则

- PCB土地宽度=LGA焊针宽度
- PCB地面长度，=LGA焊针长度，每边+0.1mm
- 折叠面罩开口宽度=PCB地面宽度+0.05mm
- 折叠掩模开口长度=PCB地面长度+0.05mm

模板设计及焊浆应用建议

- 建议将信号垫的模板面罩的开口保持在PCB垫面积的70%到90%之间。
- 建议准确对准模板和印刷电路板（在0.025mm范围内）。
- 丝网印刷推荐采用模板厚度为80-150 μ m

BMI088传感器的水分敏感度水平 (MSL) 对应于JEDEC级1。也请参见：

- IPC/JEDECJ-STD-020C “联合行业标准：非密封性固体表面安装装置的水分/回流灵敏度分类”
- IPC/JEDECJ-STD-033A “联合行业标准：水分/回流敏感表面安装设备的搬运、包装、装运和使用”

该传感器满足上述IPC/JEDEC标准的无铅焊接要求，

i.. 最高温度为260° C。

有关更多详细信息，请参阅[https](https://www.bosch-sensortec.com/bst/support_tools/downloads/overview_downloads)上提供的处理、焊接和安装说明文档：[//www.bosch-sensortec.com/bst/support\\_tools/downloads/overview\\_downloads](https://www.bosch-sensortec.com/bst/support_tools/downloads/overview_downloads)

## 8.5 处理说明

微机械传感器被设计为即使在低振幅下也能高精度地感知加速度，并在传感器元件内部包含高度灵敏度的结构。MEMS传感器可以承受高达几千克的机械冲击。然而，在极限冲击负载的条件下，可能超过这些极限，例如锤击在传感器或传感器旁边，传感器落到硬表面等。

我们建议，在确定和合格的安装过程中，传感器在运输、搬运和安装过程中避免重力超过规定的极限。

该装置具有内置的防止高静电放电或电场的保护措施（例如2kVHBM）；但是，对于任何其他CMOS组件，都应采取防静电预防措施。除非另有规定，只有当所有端子电压都保持在电源电压范围内时，才能进行正常操作。未使用的输入必须始终绑定到一个已定义的逻辑电压电平上。

## 8.6 环境安全

BMI088传感器符合EC危险物质限制 (RoHS) 指令的要求，另见：

*1月3日欧洲议会和理事会的2011/65/欧盟指令<sup>rd</sup>关于限制在电气和电子设备中使用某些危险物质的问题。*

### 8.6.1 卤素含量

BMI088不含卤素。有关分析结果的更多细节，请与您的博世传感器技术代表联系。

## 9. 法律免责声明

### 9.1 工程样品

工程样本用星号（\*）或(e)标记。样品可能与本数据表中包含的产品系列的有效技术规范有所不同。因此，它们不打算或不适合转售给第三方或用于最终产品。它们的唯一目的是内部客户端测试。工程样品的测试绝不能取代产品系列的测试。博世传感器技术公司对使用工程样品不承担任何责任。买方应赔偿博世传感器特克因使用工程样品而引起的所有索赔。

### 9.2 产品使用

博世传感器技术公司的产品是为消费品行业开发的。它们没有被设计或批准用于军事应用、生命支持设备、安全关键汽车应用和设备或系统，这些产品的故障可以合理预期导致人身伤害的设备或系统。它们只能在本产品数据表的参数中使用。

产品的转售和/或使用由买方承担风险，买方自己负责。

买方应赔偿博世传感器特克因本产品数据表参数范围内或未经博世传感器特克批准的任何产品使用而产生的所有第三方索赔，并赔偿博世传感器特克与此类索赔相关的所有费用。


买方承担监督所购买产品的市场的责任，特别是关于产品安全，并立即通知任何安全相关事件的博世传感器特克。

### 9.3 应用程序示例和提示

关于本协议给出的任何示例或提示、本协议所述的任何典型值和/或有关本设备应用的任何信息，博世传感器特克在此否认任何和任何形式的保证和责任，包括但不限于不侵犯任何第三方的知识产权或版权的保证。本文件中提供的信息无论如何均不应被视为对条件或特征的保证。它们仅供说明目的提供，没有对侵犯知识产权或版权或功能、性能或错误进行评估。

## 10. 文档的历史记录和修改

牧师。没有	第章	修改/变更的说明	日期
1.0	-	初始发布	2017年12月3日
1.1	所有	打字符	2018年1月30日
1.2	3 + 4.1.1 5.2 5.3.6 5.2+5.3.10+5.3.11 5.4	更新了电源模式之间的切换，固定了寄存器范围内的输入错误 添加数据准备输入位的清除条件修正INT引脚设置位 修正了寄存器0x16中位命名中的打字错误	2018年3月23日
1.3	7.1	更新了I2C模式下的Pin14分配	2018年4月27日



博世传感器有限公司格哈德-  
金德勒-Straße9 72770 鲁特  
林根/德国

contact@bosch-  
sensortec.comwww.bosch-  
sensortec.com

保留修改  
文件编号: BST-BMI088-DS001-13Revision\_1.3\_052018