



MEMS 加速度传感器常见问题解答

编写	CAC(R)
时间	2013/07/07
版本	V1.0

声明

Analog Devices 公司拥有本文档及本文档中描述内容的完整知识产权 (IP)。Analog Devices 公司有权在不通知读者的情况下更改本文档中的任何描述。如果读者需要任何技术帮助, 请通过 china.support@analog.com 或免费热线电话 4006-100-006 联系亚洲技术支持中心团队。其他技术支持资料以及相关活动请访问以下技术支持中心网页 http://www.analog.com/zh/content/ADI_CIC_index/fca.html

Analog Devices, Inc.

版本历史

版本	日期	作者	描述
1.0	2013/7/7	CAC(R)	文档建立

目录

版本历史	II
目录	III
第 1 章 简介	4
1.1 MEMS 加速度传感器产品简介	4
1.2 MEMS 加速度传感器产品选型	4
第 2 章 原理简介	6
2.1 原理	6
2.2 参数	7
第 3 章 常见应用问题解答	9
3.1 什么是 iMEMS 器件, 什么是 iSensor 器件	9
3.2 加速度的定义	9
3.3 加速度传感器用于倾角测量	9
3.4 加速度传感器用于冲击检测	10
3.5 加速度传感器用于震动检测	10
3.6 如何判断加速度传感器的方向	10
3.7 加速度传感器 0g 的 offset 是否需要校正? 如果需要, 如何校正	11
3.8 加速度传感器的 sensitivity 如何确定	11
3.9 灵敏度和分辨能力的区别	12
3.10 如何选择加速度传感器的测量范围	12
3.11 加速度传感器能承受多大的加速度	12
3.12 在非 5V 供电, ADXL103/ADXL203 的 0g 偏置和灵敏度	12
3.13 MEMS 加速度传感器测量带宽能否到 DC	13
3.14 使用 ADXL345 检测到活动或者冲击, 但是读取的加速度值没有到达阈值	13
3.15 ADXL345 SPI 速度设置	13
3.16 加速度传感器测量动态倾角	13
3.17 MEMS 加速度传感器有哪些评估板可以使用	14

第1章 简介

1.1 MEMS 加速度传感器产品简介

作为微机械 IC 行业的先锋，Analog Devices, Inc. (简称 ADI) 推出首款全集成 iMEMS® (集成机电系统) 加速度计和陀螺仪。这类产品已通过 TS-16949 和 QS9000 认证，ADI 公司将继续改进产品和工艺，满足不断增长的客户需求。20 多年来，ADI 公司一直是 MEMS 创新产品的领导者，不仅提供全面的惯性检测解决方案，包括备受赞誉的 iMEMS 加速度计和陀螺仪、iSensor™ 智能传感器以及惯性测量单元(IMU)；同时 MEMS 技术还简化了运动检测在工业、医疗、消费电子、通信和汽车等众多领域中的应用，深受全球的市场领先公司欢迎。ADI 公司的 MEMS 加速度计系列产品在功率、噪声、带宽和温度规格方面处于业界领先地位，提供一系列 MEMS 传感器和信号调理片内集成。

1.2 MEMS 加速度传感器产品选型

以下是加速度传感器的产品选型表，里面列出了目前（2013 年 11 月）所有的加速度传感器产品的型号及其主要性能指标。用户可以根据具体应用选择合适的产品。

iMEMS 器件

Part#	# of Axes	Range	Sensitivity	-3dB Bandwidth	Output Type	Noise Density (µg/rtHz)	Voltage Supply (V)	Supply Current	Package	Temp Range (°C)
ADXL001	1	± 70g	16 mV/g (± 70g)	22KHz	Analog	4000	3.135 to 6	5mA	5mm x 5mm Ceramic LCC	-40 to 125°C
ADXL103	1	±1.7g, ± 18g, ± 5g	1000 mV/g	2.5KHz	Analog	110	3 to 6	700µA	5mm x 5mm x 2mm LCC	-40 to 125°C
ADXL180	1	50 g to 500 g	0.125 g/LSB (50 g)	800Hz	Digital	-	5 to 14.5	7.7mA	CP-16	-40 to 125°C
ADXL193	1	± 250g	8 mV/g	400Hz	Analog	5000	4.75 to 5.25	1.5mA	E-8	-40 to 125°C
ADXL203	2	±1.7g, ± 18g, ± 5g	1000 mV/g	2.5KHz	Analog	110	3 to 6	700µA	5mm x 5mm x 2mm LCC	-40 to 125°C
ADXL206	2	± 5g	312 mV/g	-	Analog	110	4.75 to 5.25	700µA	8-Lead SBDIP	-40 to 175°C
ADXL212	2	± 2g	12.5 %/g	500Hz	Digital	-	3 to 5.25	700µA	8-Lead LCC	-40 to 85°C
ADXL213	2	± 1.2g	30 %/g	2.5KHz	PWM	160	3 to 6	700µA	5mm x 5mm x 2mm LCC	-40 to 85°C
ADXL278	2	± 70g	27mV/g	400Hz	Analog	1800	4.75 to 5.25	2.2mA	5mm x 5mm Ceramic LCC	-40 to 105-
ADXL312	3	± 12 g	345 LSB/g	1.6KHz	Digital	340	2.0 to 3.6	170µA	5mm x 5mm LFCSP	-40 to 105°C
ADXL313	3	± 0.5 g, ± 1.0 g, ± 2g, ± 4.0 g	1024 LSB/g	1.6KHz	Digital	150	2.0 to 3.6	170µA	5mm x 5mm LFCSP	-40 to 105-
ADXL325	3	± 5g	174 mV/g	1.6KHz	Analog	250	1.8 to 3.6	350µA	4mm x 4mm LFCSP	-40 to 85°C
ADXL326	3	± 16g	57 mV/g	1.6KHz	Analog	250	1.8 to 3.6	350µA	4mm x 4mm LFCSP	-40 to 85°C
ADXL327	3	± 2g	420 mV/g	1.6KHz	Analog	250	1.8 to 3.6	350µA	4mm x 4mm LFCSP	-40 to 85°C
ADXL335	3	± 3g	300 mV/g	1.6KHz	Analog	300	1.8 to 3.6	350µA	4mm x 4mm LFCSP	-40 to 85°C
ADXL337	3	± 3g	300 mV/g	1.6KHz	Analog	175	1.8 to 3.6	300µA	3mm x 3mm LFCSP	-40 to 85°C
ADXL343	3	± 2/4/8/16g	256 LSB/g	320Hz	Digital	-	2.0 to 3.6	-	-	-
ADXL344	3	± 2/4/8/16g	256 LSB/g	1.6KHz	SPI	-	1.7 to 2.75	140µA	-	-

Part#	# of Axes	Range	Sensitivity	-3dB Bandwidth	Output Type	Noise Density ($\mu\text{g}/\text{rtHz}$)	Voltage Supply (V)	Supply Current	Package	Temp Range ($^{\circ}\text{C}$)
ADXL345	3	$\pm 2/4/8/16\text{g}$	up to 256 LSB/g	1.6KHz	Digital	-	2.0 to 3.6	145 μA	3mm x 5mm x 1mm LGA	-40 to 85 $^{\circ}\text{C}$
ADXL346	3	$\pm 2/4/8/16\text{g}$	up to 256 LSB/g	1.6KHz	Digital	-	1.7 to 2.75	145 μA	3mm x 3mm x 0.95 mm LGA	-40 to 85 $^{\circ}\text{C}$
ADXL350	3	$\pm 2/4/8\text{g}$	up to 256 LSB/g	1.6KHz	SPI	-	2.0 to 3.6	166 μA	-	-40 to 85 $^{\circ}\text{C}$
ADXL362	3	$\pm 2/4/8\text{g}$	1 to 4 mg/LSB	200Hz	Digital	175	1.6 to 3.5	1.8 μA	-	-40 to 85 $^{\circ}\text{C}$
ADXL375	3	$\pm 200\text{g}$	20.5 LSBs/g	1.6KHz	Digital	5000	-	145 μA	3mm x 5mm x 1mm LGA	-
ADXL377	3	$\pm 200\text{g}$	6.5 mV/g	1.6KHz	Analog	2400	3 to 3.6	300 μA	-	-40 to 85 $^{\circ}\text{C}$
ADXL78	1	$\pm 70\text{g}$	27mV/g	400Hz	Analog	1800	4.75 to 5.25	1.3mA	5mm x 5mm Ceramic LCC	-40 to 105-

iSensor 器件

Part#	Device Function	Primary Sensing Axis	Range	-3dB Bandwidth	Voltage Supply (V)	Sensitivity	Sensitivity Accuracy (%)	Temp Sensor	Package
ADIS16000	Wireless gateway for ADIS	-	-	-	-	-	-	-	-
ADIS16003	Accelerometer	X, Y	$\pm 1.7\text{g}$	2.25KHz	3 to 5.25	1.22 mg/LSB	7	Yes	7mm x 7mm LGA
ADIS16006	Accelerometer	X, Y	$\pm 5\text{g}$	2.25KHz	3 to 5.25	3.91 mg/LSB	6	Yes	7mm x 7mm LGA
ADIS16201	Inclinometer	X, Y	$\pm 1.7\text{g}$	2.25KHz	3 to 3.6	0.10 $^{\circ}$ /LSB	1	Yes	9 mm x 9mm LGA
ADIS16203	Inclinometer	Z	$\pm 180^{\circ}$	2.25KHz	3 to 3.6	0.025 $^{\circ}$ /LSB	-	Yes	9 mm x 9mm LGA
ADIS16204	Impact/Recorder	X, Y	$\pm 70\text{g}$ X & $\pm 37\text{g}$ Y	40Hz	3 to 3.6	17.13 mg/LSB	-	Yes	9 mm x 9mm LGA
ADIS16209	Inclinometer	X, Y	$\pm 90^{\circ}$ or $\pm 180^{\circ}$	50Hz	3 to 3.6	0.025 $^{\circ}$ /LSB	0.4	Yes	9 mm x 9mm LGA
ADIS16210	Inclinometer	X, Y, Z	$\pm 1.7\text{g}$	50Hz	3.15 to 3.6	-	0.21	Yes	-
ADIS16220	Accelerometer	X	$\pm 70\text{g}$	1KHz	3.15 to 3.6	19.073 mg/LSB	-	-	9.2mm x 9.2mm LGA
ADIS16223	Accelerometer	X, Y or Z	$\pm 70\text{g}$	14.25KHz	3.15 to 3.6	4.768 mg/LSB	5	-	-
ADIS16227	Accelerometer W/FFT proce	X, Y, Z	$\pm 70\text{g}$	9KHz	-	-	5	-	-
ADIS16228	Accelerometer W/FFT proce	X, Y, Z	-	5KHz	3.15 to 3.6	-	6	Yes	-
ADIS16229	Accelerometer for ADIS160	-	-	840Hz	3 to 3.6	-	0.3	-	-
ADIS16240	Impact/Recorder	X, Y, Z	$\pm 18\text{g}$	1.6KHz	2.4 to 3.6	51.4 mg/LSB	-	-	12 mm x 12 mm BGA

第2章 原理简介

2.1 原理

使用图 1 中的模型，一个质量块两端通过弹簧进行固定。在没有加速度的情况下，弹簧不会发生形变，质量块静止。当产生加速度时，弹簧发生形变，质量块的位置会发生变化。弹簧的形变量随着加速度的增大而增大。

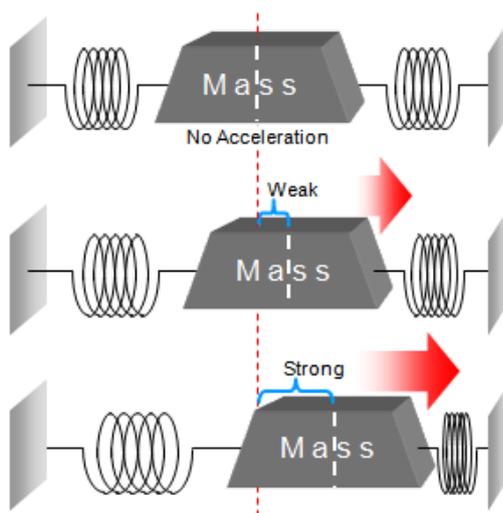


图 1 抽象模型

根据胡克定律，弹簧所产生的力与弹簧的劲度系数 k 还有弹簧的形变量是成正比的。用公式来表示，则为 $F=kx$ ，其中 k 为弹簧的劲度系数，它由材料的性质所决定，通常是一个已知的参数； x 为弹簧的形变量。根据牛顿第二定律物体的加速度 a 跟物体所受的合外力 F 成正比，跟物体的质量 m 成反比，用公式表示为 $F=ma$ 。结合胡克定律 $F=kx$ ，可以知道加速度值 $a=kx/m$ 。因为在系统中，通常弹簧的劲度系统 k 和质量块的质量 m 都是已知的，所以我们只要求出产生加速度时弹簧的形变量就可以求出系统的加速度。

加速度传感器内部有 **finger sets**，用来测量产生加速度读时质量块的位移。每一个 **finger set** 相当两个电容极板，当有加速度时质量块会产生相对运动，而位移的变化会导致差分电容的变化。

下面链接中有关于加速度传感器原理介绍视频和动画，请参考

<http://videos.analog.com/video/chinese/1887604894001/-----/>

2.2 参数

下面介绍有关加速度传感器的重要参数。

测量范围是传感器可以支持的输出加速度范围，通常用 $\pm g$ 表示。这就是加速度传感器可以测量并准确输出的最大加速。例如，一个测量范围是 $\pm 3g$ 加速度计的输出一直到加速度达到 $\pm 3g$ 时是线性的。

灵敏度表示传感器输出随加速度（输入）变化的比例，它定义理想情况下加速度和传感器输出的直线关系，如图 2 中的灰线。对于模拟输出的加速度传感器，灵敏度是在指定的供电下给出的，通常用 mV/g 表示。数字输出的传感器的灵敏度通常使用 LSB/g 或 mg/LSB 表示。

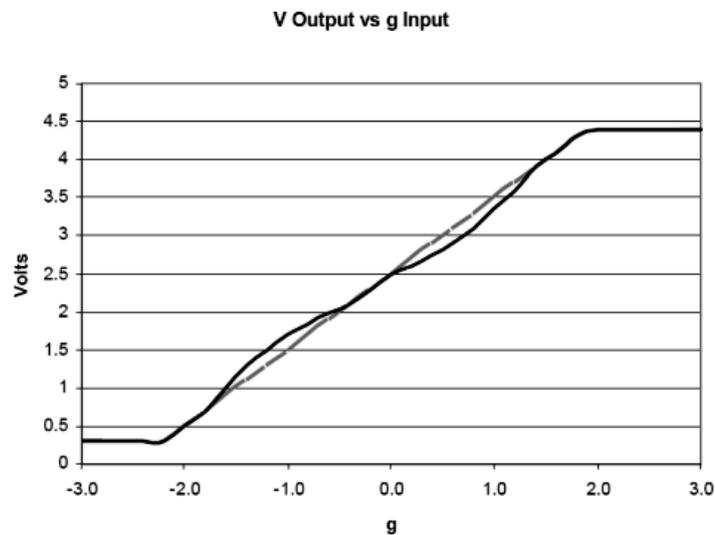


图 2 非线性示意图

黑线是假设的实际传感器输出，灰色是传感器理想响应

0g 偏置表示在没有加速度（零输入）时输出的水平。模拟输出的传感器通常使用伏特或毫伏表示，数字输出的传感器使用码字表示。模拟输出的传感器 0g 偏置在指定供电下给出，和供电成比例关系（通常 0g 偏置是供电电压的一半）。

噪声密度是噪声输出的功率谱密度，使用 $\mu g/\sqrt{Hz}$ RMS 表示。总噪声可以根据以下式子计算

$$\text{总噪声} = \text{噪声密度} \times \text{SQRT}(1.6 \times \text{BW})$$

BW 表示加速度传感器带宽，可以通过传感器输出引脚电容设定。

非线性在理想的情况下，传感器输出电压与加速度之间的关系是线性的，由灵敏度表

示。非线性表示与完全恒定灵敏度的测量偏差，通过满量程范围（FSR）或 \pm 满量程（% FS）的百分比偏差表示。如图 2。通常情况下，FSR= FS+ FS。ADI 的加速度传感器的非线性足够低，所以通常可以被忽略。

封装调准误差是传感器测量轴与参考的封装特征间的角度，如图 3。“输入轴对齐”是用于这个误差的另一个术语。通常使用“度”来表示

正交调准误差是多轴角速度传感器各轴间角度与理想的角度（通常是 90 度）的误差，如图 3。ADI 的角速度传感器通过在一个硅片上使用光刻方法制造，轴与轴之间的对准误差通常不是问题。

跨轴灵敏度是当加速度施加到另一个轴时，在一个轴上输出测量值。通常使用百分数表示。

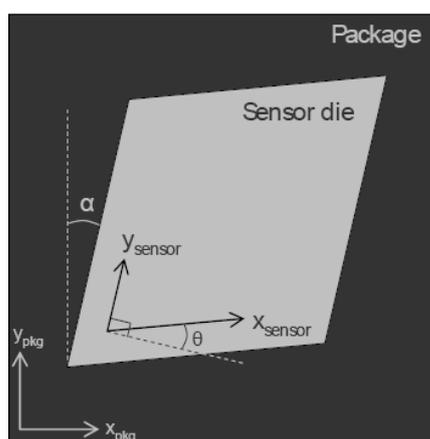


图 3 封装调准误差和正交调准误差

α 是传感器轴和封装间角度， θ 是传感器轴间和正交角度之间的误差

第3章 常见应用问题解答

下面按顺序对 FAQ 进行详细的叙述。其中标题为问题的叙述，标题以下的正文为问题的详细解答。

3.1 什么是 iMEMS 器件，什么是 iSensor 器件

iMEMS 器件是惯性传感；iSensor 集成了惯性传感器件的小型系统，以提供更好的性能

3.2 加速度的定义

加速度表示在单位时间内的速度变化。速度以米/秒(m/s)来表示，并且同时包括位移速率和运动方向。因此，加速度就以米/秒²(m/s²)来表示。加速度有时候会是负值——如司机踩刹车时车速变慢，这时也被称作减速度。

加速度传感器常用 g 来表示加速度值大小。g 是万有引力对地球上物体产生的单位力(1 g 约等于 9.8 m/s²。)

3.3 加速度传感器用于倾角测量

倾斜检测是测量相对于重力的倾斜度或角度变化。当器件向某个方向倾斜时，由于重力加速度在对应的轴上的分量，可以产生加速度输出的变化。通过三角函数可以计算倾斜的角度。典型的倾斜检测应用或功能包括手持式设备的横屏/竖屏检测、工业设备平台稳定、工业机械安全、水平监控或校正等等。使用加速度传感器实现倾角检测的方法请参考应用文档 AN1057。

影响到倾角测量精度因素很多，与使用的加速度传感器性能以及使用环境相关。要相对较高精度的倾角测量，需要很多校准工作。可以影响到测量的指标包括 0g 的偏置，灵敏度的误差，0g 偏置和灵敏度随温度的漂移，以及非线性，正交误差，跨轴灵敏度，噪声，迟滞等。其中 0g 的偏置，灵敏度的误差，0g 偏置和灵敏度随温度的漂移，非线性，正交误差，跨轴灵敏度是可以校准的。

需要的测量精度越高，对加速度信号分辨能力的要求也越高。同时需要很好的校准工作。

ADIS16209, ADIS16210 是高精度数字倾角计。ADXL350 提供业界领先的温度性能，保证了温度范围内的最低/最高失调规格。适合较大温度范围，又不希望对做温度范围内校准补偿的应用。

3.4 加速度传感器用于冲击检测

冲击检测是测量预定位置处的突然撞击力。典型的冲击检测应用或功能包括针对数据输入的敲击检测、针对启用/禁用功能或菜单控制的敲击检测、针对个人安全或安保的冲击事件检测等。

冲击可以使用峰值幅度和脉冲宽度来表征。因此，更宽带宽的加速度传感器将能够更准确地捕捉范围更广的冲击或碰撞。冲击检测通常需要传感器的带宽最小在 1kHz，带宽过窄会使实际输出失真。

ADXL001 有 3 个动态范围（ $\pm 70\text{g}/\text{ADXL001-70}$ ， $\pm 250\text{g}/\text{ADXL001-250}$ ， $\pm 500\text{g}/\text{ADXL001-500}$ ）可以选择，带宽可到 22kHz。

ADXL377, ADXL375 是三轴 MEMS 加速度计，测量范围 $\pm 200\text{g}$ 。ADXL377 为模拟输出的传感器，ADXL375 是数字输出的传感器。

3.5 加速度传感器用于震动检测

振动检测是测量以一定规律出现的加速度。震动的轻微变化可以用于了解轴承磨损、机械部件未对准以及包括工业设备在内的其它机械问题。具有很高带宽的小型 MEMS 加速度计可以监控马达、风扇和压缩机内的震动。如果能够进行预测性的维护，可以使制造厂商避免损坏昂贵的设备，以及避免那些可能导致降低生产效率的代价高昂的故障。

典型的振动检测应用或功能包括检测不良振动，以便对工业设备和机械进行预见性、预防性维护、检测异常振动，避免发生安全或安保事故、检测声波振动信号，用于触发事件、结构健康状况监控、地质和地震设备等。

选型时需要根据应用中带宽、测量范围、噪声密度等参数选择器件。

ADIS16227 和 ADIS16228 是集成 FFT 分析和存储系统数字三轴振动传感器。

ADIS16000 和 ADIS16229 可用于创建简单的无线振动检测网络，适合广泛的工业设备应用。

3.6 如何判断加速度传感器的方向

在加速度传感器的 datasheet 中，会给出一个方向指示图，如下图所示。根据图中所示的传感器放置方向及相应的输出，可以判断出 X、Y 轴的正方向如红色箭头所示。也就是说，使得某个轴得到+1g 输出的方向，就是该轴的正方向。

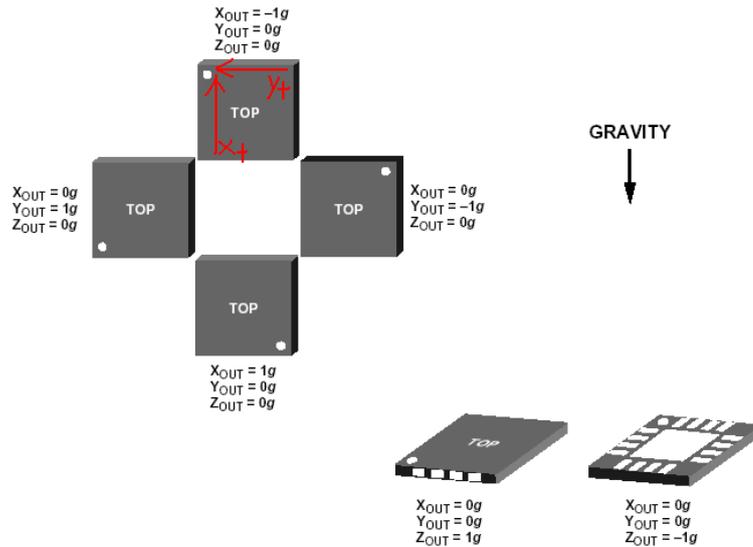


Figure 3. Output Response vs. Orientation

3.7 加速度传感器 0g 的 offset 是否需要校正？如果需要，如何校正

不同型号的加速度传感器的 0g 的 offset 不同，同一型号的不同芯片的 0g 的 offset 也不同，甚至同一颗芯片中不同轴的 0g 的 offset 也不同，是否需要校正要视具体应用而定。如果应用中只关心加速度的相对变化，而不关心加速度的具体数值，则不需要校正。如果是关心加速度的具体数值，而所选器件的 offset 又比较大，则必须要校正。

某些加速度传感器本身有 offset 寄存器（ADXL345），这是只需要把待校准的轴沿水平方向静止放置，测量其 0g 时的输出，并把这个值乘以-1 写入 offset 寄存器即可。如果加速度传感器本身没有 offset 寄存器，则需要用户在自己的处理器中记录这个数值，并在实际的测量结果中减去这个 offset。

另外，需要注意的是。数据手册中一般会给出 offset 的典型值，最大值和最小值。这些值都是在一定的供电电压下给出的。而当供电电压改变后，offset 的值也会相应按比例改变。通常为供电电压的一半。

更多校准内容参看链接中的文章 <http://ez.analog.com/message/44897#44897>

3.8 加速度传感器的 sensitivity 如何确定

对于某电平输出的加速度传感器，数据手册中会给出 sensitivity = XXX mV/g，

对于数字输出的加速度传感器，会有 sensitivity = XXX LSB/g，

对于占空比输出的加速度传感器，会有 sensitivity = XXX %/g，这和电平输出的概念类似。

当然通常 sensitivity 会存在一定的误差，所以数据手册中会给出典型值，最大值，最小值的指标。

以 ADXL203 为例, typical sensitivity = 1000 mV/g, max sensitivity = 960 mV/g, min sensitivity = 1040 mV/g。电平输出的 sensitivity 还和供电电压有关, 成线性比例变化。以 ADXL203 为例, 当 5V 供电时 typical sensitivity = 1000 mV/g, 当 3V 供电时 typical sensitivity 变为 560 mV/g。按照线性可以得到其他供电下的典型灵敏度值。

3.9 灵敏度和分辨能力的区别

灵敏度表示把电压或数字转换成实际加速度值的系数。它定义理想情况下加速度和传感器输出的直线关系, 如图 1 中的灰线。对于模拟输出的加速度传感器, 灵敏度是在指定的供电下给出的, 通常用 mV/g 表示。数字输出的传感器的灵敏度通常使用 LSB/g 或 mg/LSB 表示。请参考 3.3 中的解释。

分辨能力 (resolution) 代表可以分辨到的最小加速度值 (需要注意的是, 这里 resolution 的含义和数字输出的加速度传感器是不同的, 数字输出加速度传感器的 resolution 表示位数)。可以分辨的最小加速度值由噪底决定, 这与噪声密度和测量带宽有关。噪声可以通过下面公式计算

$$\text{总噪声} = \text{噪声密度} \times \text{SQRT}(1.6 \times \text{BW})$$

以 ADXL203 为例, ADXL203 的噪声密度典型值是 $110 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。如果带宽选择 100Hz, 那么

$$\text{rmsNoise} = (110 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}) \times \text{SQRT}(1.6 \times 100) = 1.4 \text{ mg}$$

估算一次测量中的不确定性要计算峰峰噪声值; 峰峰值噪声通过 $6 \times \text{rms}$ 来估算

3.10 如何选择加速度传感器的测量范围

目前加速度传感器测量范围可以分为 high g 和 low g 两种, high g 产品的测量范围在十几到上百 g, 而 low g 产品的测量范围通常在 1g 到几 g。客户可以根据具体应用来选择。比如, 如果需要测量器件的倾斜角度, 可以选择 1-2g 的 low g 加速度传感器; 如果在消费类产品中用作运动检测, 则 10g 以下的产品比较适合; 如果用在汽车的安全气囊中, 则需要选择上百 g 的加速度传感器。

3.11 加速度传感器能承受多大的加速度

在数据手册中的 absolute maximum ratings 中会给出各个轴可以承受的最大加速度。通常在几千至上万 g。

3.12 在非 5V 供电, ADXL103/ADXL203 的 0g 偏置和灵敏度

ADXL103/ADXL203 供电范围可以在 3V 到 6V。传感器在 $V_S = 5 \text{ V}$ 下进行测试且以其为额定电源电压。某些性能参数随着电源电压变化而变化。

输出灵敏度(或比例因子)与电源电压成比例变化。 $V_S = 3 \text{ V}$ 时, 输出灵敏度典型值

为 560 mV/g; $V_S = 5\text{ V}$ 时, 输出灵敏度典型值为 1000mV/g。其他供电电压下的灵敏度可以通过这两点供电的灵敏度根据线性关系计算得到。

0 g 偏置输出是和供电成比例的, 因此所有电源电压情况下, 0 g 输出的标称值均等于 $V_S/2$ 。

3.13 MEMS 加速度传感器测量带宽能否到 DC

可以。MEMS 加速度传感器可以同时测量动态加速度(例如振动)和静态加速度(例如重力)。

3.14 使用 ADXL345 检测到活动或者冲击, 但是读取的加速度值没有到达阈值

ADXL345 通过对采样值抽取达到较低的输出数据速率。使用非抽取数据, 进行活动功能、自由落体功能、和无改善敲击使能的单击/双击功能的检测。输出速率的改变会使得带宽改变, 降低输出数据速率带宽会低于非抽取数据的带宽。如果检查到加速度计输出, 用于确定活动、自由落体和单击/双击事件的高频率和高 g 数据可能不会出现。当加速度数据似乎没有满足用户设置的相应功能的条件时, 这可能会导致功能触发。

3.15 ADXL345 SPI 速度设置

当采用 3200 Hz 和 1600 Hz 的输出数据速率时, 推荐 SPI 通信速率大于或等于 2 MHz。使用 800 Hz 的输出数据速率, 推荐通信速度大于或等于 400 kHz 时, 剩余的数据传输速率按比例增减。例如, 200 Hz 输出数据速率时, 推荐的最低通信速度为 100 kHz。

以高于推荐的最大值输出数据速率运行, 可能会对加速度数据产生不良影响, 包括采样丢失或额外噪声。

3.16 加速度传感器测量动态倾角

加速度传感器测量倾角是使用重力加速度进行计算的。当传感器倾斜时, 由于重力加速度在对应的轴上的分量, 可以产生加速度输出的变化。通过三角函数可以计算倾斜的角度。

除了重力加速度还有其他加速度信号的话, 会影响到测量的精度。这个影响和运动的加速度大小有关。如果需要精确的动态角度测量, 需要和其他传感器如陀螺仪联合使用。

3.17 MEMS 加速度传感器有哪些评估板可以使用

MEMS 评估工具有分线板、实施评估系统、独立开发板。

分线板提供简单的连接器接口，可以方便与其他控制器连接，进行设计。

实时评估系统提供接口硬件和应用软件，可以和 PC 连接。实现利用 PC 对分线板和或传感器进行评估。

独立开发板提供接口硬件和系统级代码开发的嵌入式软件开发工具。电路板可以通过电池供电，运行期间无需连接至电脑，因此可以在几乎任何地方测量加速度。数据保存在 microSD 卡的文本文件中，因此可以使用任意操作系统和各种不同后处理选项。

链接中包含几类评估板信息

<http://www.analog.com/zh/mems-sensors/mems-inertial-sensors/adxl345/products/EVAL-MST-ALL/eb.html>