

产品特性

在单芯片IC上实现双轴加速度计

5 mm × 5 mm × 2 mm LCC封装

分辨率: 1 mg (60 Hz)

低功耗: 700 μA (典型值, $V_S = 5\text{ V}$)

高零偏稳定性

高灵敏度精度

脉冲宽度调制的数字输出

X轴和Y轴对齐精度: 0.1° (典型值)

利用单个电容调整带宽

单电源供电

抗冲击能力: 3,500 g

通过汽车应用认证

应用

汽车倾斜报警

数据投影仪

导航

平台稳定/调平

警报器和运动检测器

高精度双轴倾斜检测

概述

ADXL213是一款完整的低成本、低功耗、双轴加速度计，提供经过信号调理、占空比调制的输出，所有功能均集成于一个单芯片IC中。ADXL213能以 $\pm 1.2\text{ g}$ (典型值)的满量程范围测量加速度。ADXL213可同时测量动态加速度 (例如震动) 和静态加速度 (例如重力)。

输出为数字信号，其占空比 (脉冲宽度与周期之比) 与加速度成比例 (30%/g)。占空比输出可以直接通过微控制器测量，无需模数转换器或胶连逻辑。

该器件使用创新的设计技术，可确保高零偏稳定性 (典型值优于 $0.25\text{ mg}/^\circ\text{C}$)，以及严格的灵敏度稳定性 (典型值优于 $50\text{ ppm}/^\circ\text{C}$)。

典型本底噪声为 $160\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，因而在倾斜检测应用中，可以利用窄带宽 (<60 Hz) 解析 1 mg (0.06° 倾斜) 以下的信号。

用户使用 X_{FILT} 和 Y_{FILT} 引脚上的电容 C_X 和 C_Y 选择该加速度计的带宽。根据应用需要，可以选择 0.5 Hz 至 250 Hz 范围内的带宽。

ADXL213提供 5 mm × 5 mm × 2 mm、8 引脚密封 LCC 封装。

功能框图

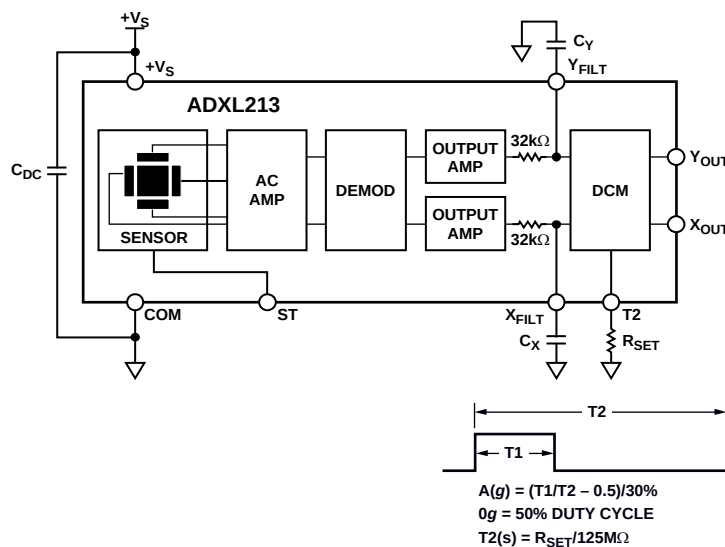


图1.

Rev. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
 Tel: 781.329.4700
 Fax: 781.326.8703 © 2004–2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
www.analog.com

目录

修订历史	2	选择滤波器特性的设计权衡:	
技术规格	3	噪声/带宽的取舍关系	9
绝对最大额定值	4	在非5 V工作电压下使用ADXL213	10
典型性能参数	5	ADXL213用作双轴倾斜传感器	10
工作原理	8	引脚配置和功能描述	11
性能	8	外形尺寸	12
应用	9	ESD警告	12
电源去耦	9	订购指南	12
利用CX和CY设置带宽	9	汽车应用级产品	12
自检	9		

修订历史

2010年8月—修订版0至修订版A

“特性”部分增加汽车应用系列	1
更新外形尺寸	12
更改订购指南	12
增加“汽车应用级产品”部分	12

2004年4月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ ， $V_S = 5\text{ V}$ ， $C_X = C_Y = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ ，加速度 = 0 g 。保证所有最低和最高技术规格。不保证典型技术规格。

表1.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
传感器输入	各轴				
测量范围 ¹			± 1.2		g
非线性度	满量程百分比		± 0.5		%
封装对齐误差			± 1		度
对齐误差	X传感器与Y传感器		± 0.1		度
跨轴灵敏度			± 2		%
灵敏度(比率) ²	各轴				
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 灵敏度	$V_S = 5\text{ V}$	27	30	33	%/ g
温度引起的灵敏度变化 ³	$V_S = 5\text{ V}$		± 0.3		%
0 g偏置电平(比率)	各轴				
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 的0 g电压	$V_S = 5\text{ V}$		± 50		%
相对于理想值的初始0 g输出偏差	$V_S = 5\text{ V}$, 25°C		± 2		%
0 g失调与温度的关系			± 0.25		$\text{mg}/^{\circ}\text{C}$
噪声性能					
噪声密度	@ 25°C		160		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
频率响应 ⁴					
C_X 、 C_Y 范围 ⁵		0.002		4.7	μF
R_{FILT} 容差		22	32	42	$\text{k}\Omega$
传感器谐振频率			5.5		kHz
自测 ⁶					
逻辑输入低电平				1	V
逻辑输入高电平		4			V
ST输入电阻至地		30	50		$\text{k}\Omega$
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 的输出变化	在 25°C 条件下		23		%
PWM输出					
F_{SET}	$R_{SET} = 125\text{ k}\Omega$		1		kHz
T2漂移与温度			± 0.3		%
电源					
工作电压范围		3		6	V
静态电源电流			0.7	1.1	mA
开启时间 ⁷			20		ms

¹ 通过测量初始失调和灵敏度予以保证。

² 灵敏度随 V_S 而改变。 $V_S = 3\text{ V}$ 时，灵敏度典型值为 $28\%/g$ 。

³ 定义为环境温度至最高温度或环境温度至最低温度范围内的输出变化。

⁴ 实际频率响应受控于用户提供的外部电容(C_X 、 C_Y)。

⁵ 带宽 = $1/(2 \times \pi \times 32\text{ k}\Omega \times C)$ 。对于 C_X 、 $C_Y = 0.002\text{ }\mu\text{F}$ ，带宽 = 2500 Hz 。对于 C_X 、 $C_Y = 4.7\text{ }\mu\text{F}$ ，带宽 = 1 Hz 。最小值和最大值未测试。

⁶ 自测响应值随 V_S 而改变。 $V_S = 3\text{ V}$ 时，自测输出典型值为 8% 。

⁷ C_X 、 C_Y 值越大，则开启时间越长。开启时间约为 $160 \times C_X$ 或 $C_Y + 4\text{ ms}$ ，其中 C_X 、 C_Y 的单位是 μF 。

ADX213

绝对最大额定值

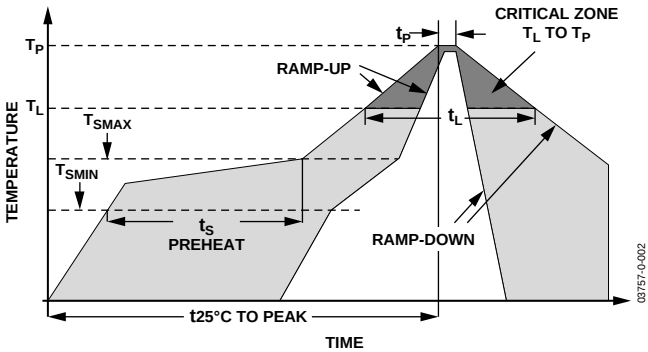
表2. ADXL213额定最值

参数	额定值
加速度(任意轴、无电)	3,500 g
加速度(任意轴、有电)	3,500 g
跌落试验(混凝土表面)	1.2 m
V _S	-0.3 V至+7.0 V
所有其它引脚	(COM - 0.3 V)至(V _S + 0.3 V)
输出短路持续时间 (任意引脚接公共端)	不定
工作温度范围	-55°C至+125°C
存储温度	-65°C至+150°C

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

表3. 封装特性

封装类型	θ _{JA}	θ _{JC}	器件重量
8引脚CLCC	120°C/W	20°C/W	<1.0克



曲线特征	条件	
	Sn63/Pb37	无铅
平均斜坡速率(T _L 至T _p)	3°C/秒(最大值)	
预热		
• 最低温度(T _{S MIN})	100°C	150°C
• 最低温度(T _{S MAX})	150°C	200°C
• 时间(T _{S MIN} 至T _{S MAX})(t _s)	60-120秒	60-150秒
T _{S MAX} 至T _L	3°C/秒	
• 上斜坡速率	3°C/秒	
液态维持时间(T _L)		
• 液态温度(T _L)	183°C	217°C
• 时间(t _L)	60-150秒	60-150秒
峰值温度(T _p)	240°C +0°C/-5°C	260°C +0°C/-5°C
实际峰值温度±5°C以内的时间(t _p)	10-30秒	20-40秒
下斜坡速率	6°C/秒(最大值)	
从25°C至峰值温度的时间	6分钟, 最大值	8分钟, 最大值

图2 推荐的焊接温度曲线

典型工作特性

(除非另有说明, 所有图片中 $V_s = 5\text{ V}$ 。)

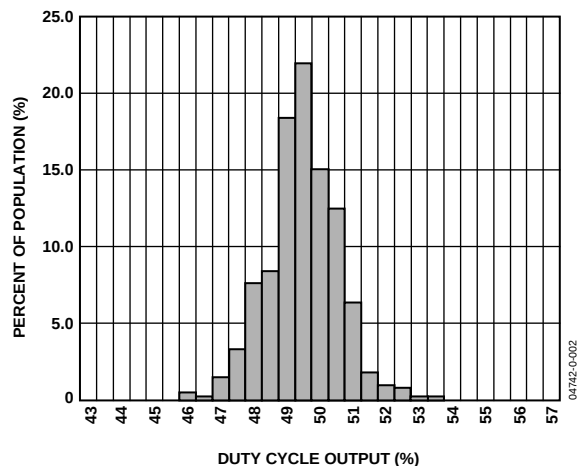


图3. 25°C时相对理想值的X轴0 g偏置

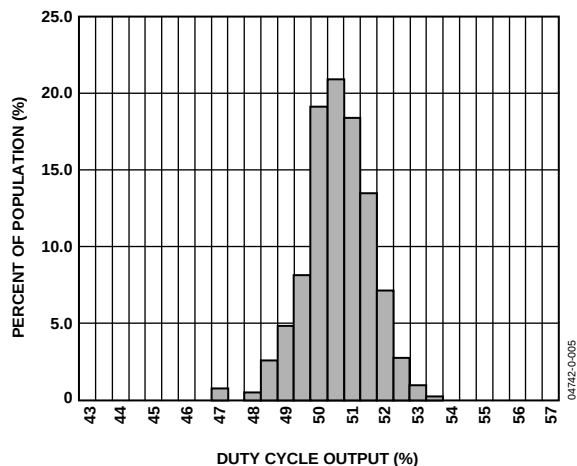


图6. 25°C时相对理想值的Y轴0 g偏置

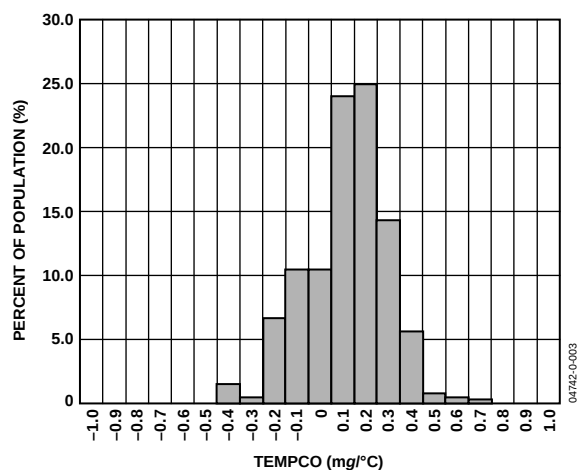


图4. X轴0 g偏置温度系数

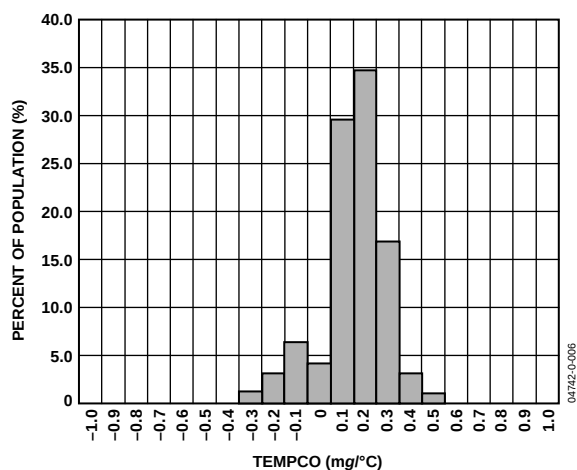


图7. Y轴0 g偏置温度系数

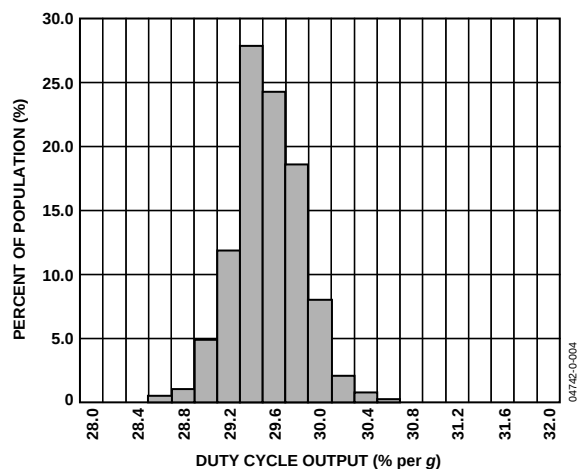


图5. 25°C时的X轴灵敏度

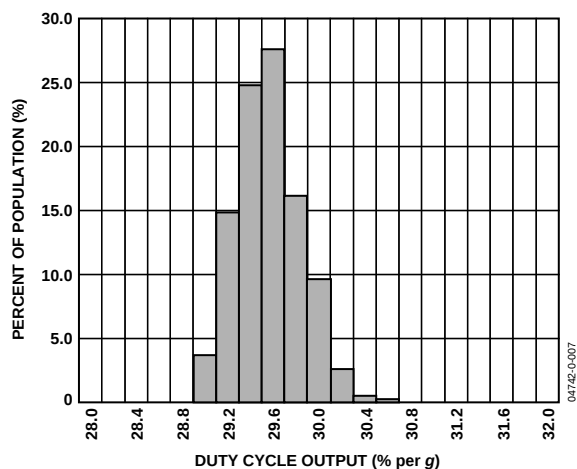


图8. 25°C时的Y轴灵敏度

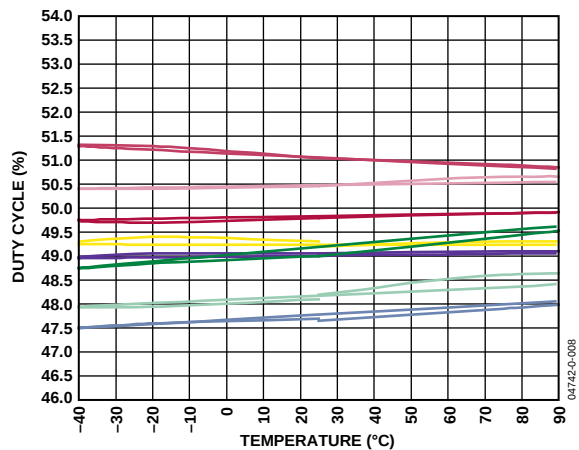


图9. 0 g偏置与温度的关系 - 器件焊接到PCB

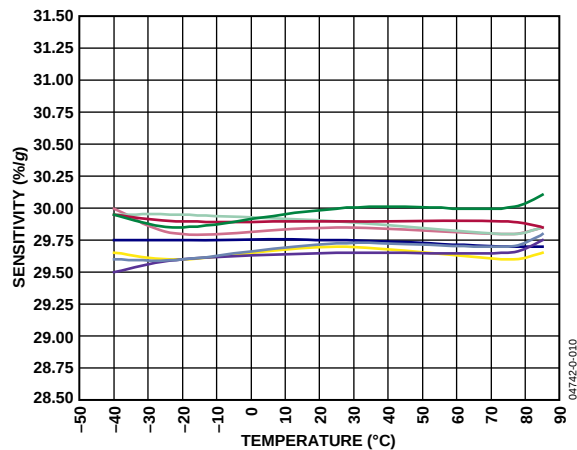


图12. 灵敏度与温度的关系 - 器件焊接到PCB

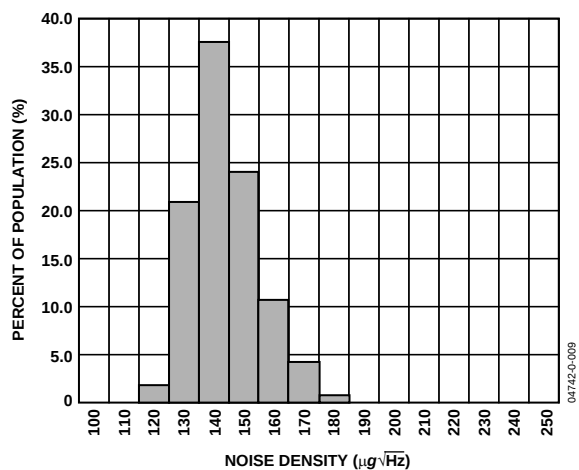


图10. 25°C时的X轴噪声密度

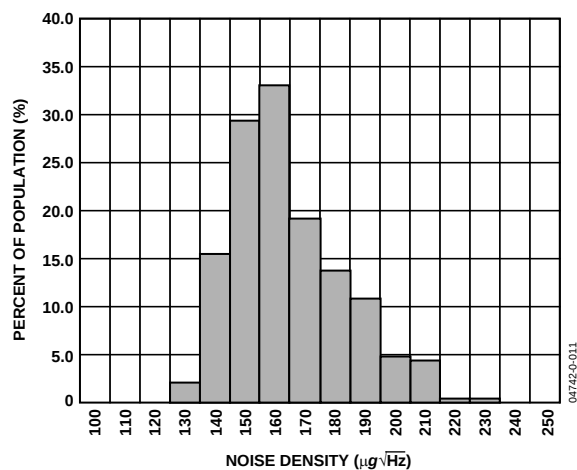


图13. 25°C时的Y轴噪声密度

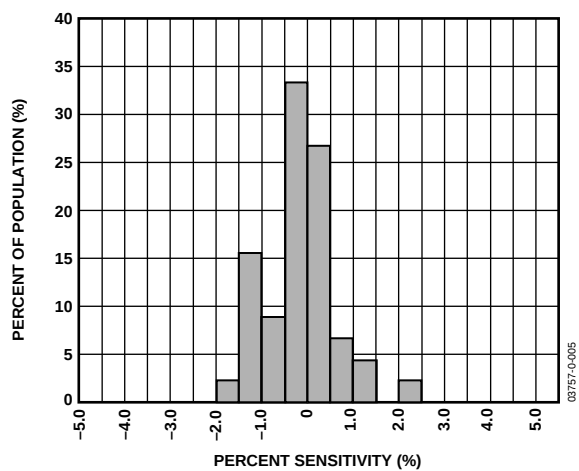


图11. Z与X的跨轴灵敏度

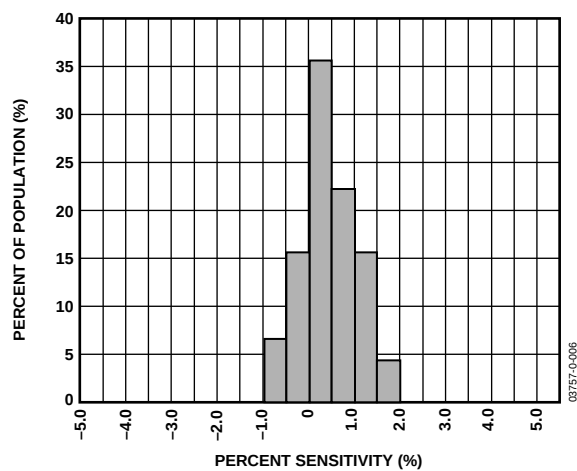


图14. Z与Y的跨轴灵敏度

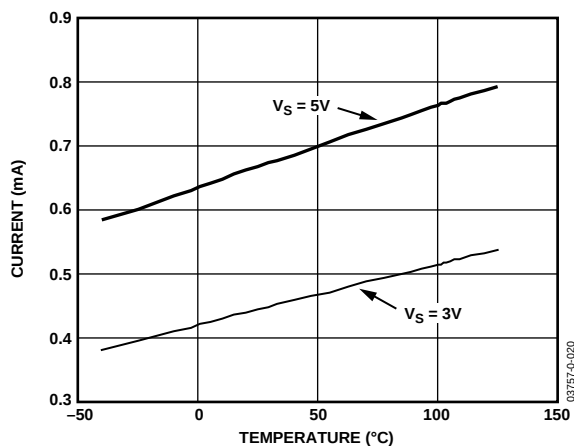


图15. 电源电流与温度的关系

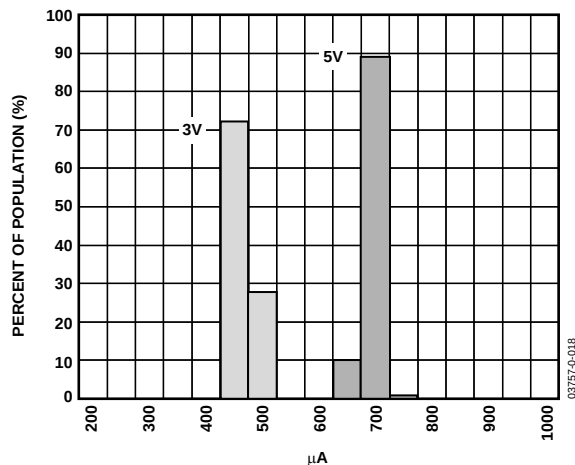


图18. 25°C时的电源电流

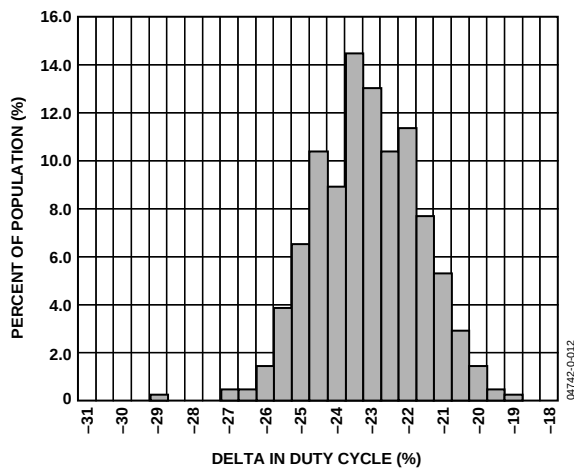


图16. 25°C时的X轴自测响应

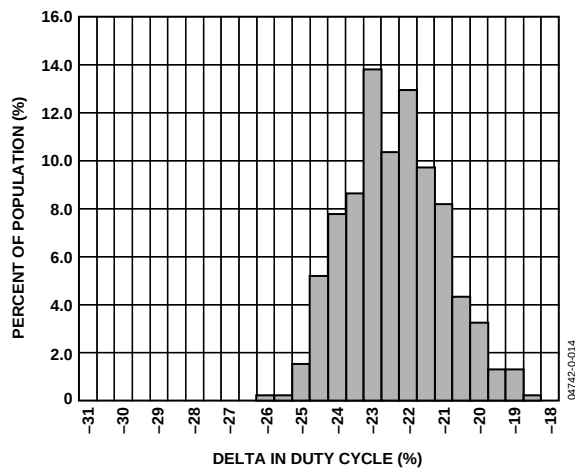


图19. 25°C时的Y轴自测响应

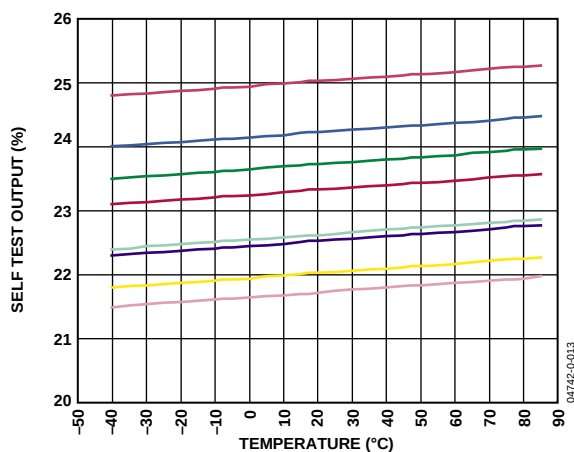
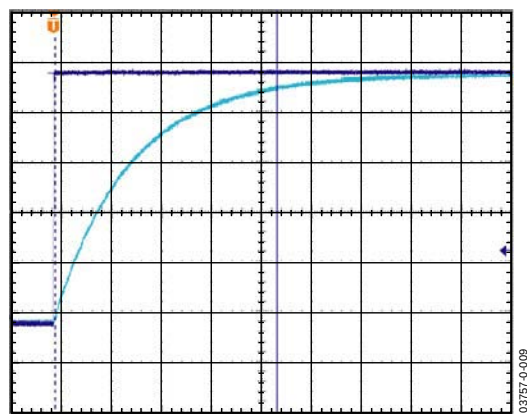


图17. 自测响应与温度的关系

图20. 开启时间 - $C_x, C_y = 0.1 \mu F$, 时间标度 = 2 ms/div

工作原理

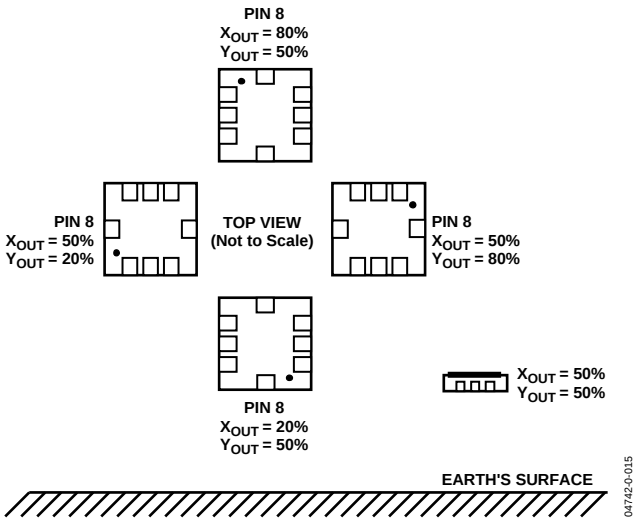


图21. 输出响应与方向的关系

ADXL213是单芯片IC上完整的双轴加速度测量系统。它包含多晶硅表面微加工传感器和信号调理电路，具有开环加速度测量架构。输出信号为占空比调制数字信号，与加速度成比例。ADXL213能够测量1.2 g的正负加速度。该加速度计可以测量重力等静态加速力，因而可用作倾角传感器。

该传感器为多晶硅表面微加工结构，置于晶圆顶部。多晶硅弹簧悬挂于晶圆表面的结构之上，提供加速度力量阻力。差分电容由独立固定板和活动质量连接板组成，能对结构偏转进行测量。固定板由180°反相方波驱动。加速度使梁偏转，使差分电容失衡，从而使输出方波的幅度与加速度成比例。然后，使用相敏解调技术来对信号进行整流并确定加速度的方向。

解调输出经放大，然后通过32 kΩ电阻输出片外。用户可通过在此处添加电容来设置信号带宽。该滤波处理改善了测量分辨率，并且有助于防止出现混叠。

经低通滤波后，占空比调制器将模拟信号转换为占空比调制输出，可由计数器读取。单个电阻(R_{SET})可设置完整的周期。0 g加速度产生50%占空比。通过测量正脉冲宽度($t1$)和周期($t2$)，即可确定加速度。ADXL213的标称传递函数为：

$$\text{加速度} = ((t1/t2) - 0\text{ g偏置})/\text{灵敏度}$$

使用ADXL213时：

$$0\text{ g偏置} = 50\% \text{ 占空比}$$

$$\text{灵敏度} = 30\%/g \text{ 占空比}$$

$$t2 = R_{SET}/125\text{ M}\Omega$$

性能

该器件没有使用额外的温度补偿电路，而是采用创新的设计技术来确保实现高性能。因此，它基本上不存在量化误差或其它非单调性，温度迟滞非常低(在-40℃至+85℃的温度范围内通常小于10 mg)。

图9显示8个器件(X轴和Y轴)在-40℃至+85℃温度范围内的0 g输出性能。

图12显示 $V_s = 5\text{ V}$ 时整个温度范围内的典型灵敏度偏移。灵敏度稳定性针对 $V_s = 5\text{ V}$ 进行了优化，但在额定范围内都非常好； $V_s = 3\text{ V}$ 时，灵敏度偏移在整个温度范围内通常优于±2%。

应用

电源去耦

对于大部分应用而言，单个0.1 μF电容 C_{DC} 可以对加速度计充分去耦，从而消除电源噪声。但在某些情况下，尤其是噪声存在于内部时钟频率140 kHz(或其任何谐波)时，电源噪声可能会干扰ADXL213输出。若需进一步去耦，可在ADXL213电源线中加入一个100 Ω(或更小)的电阻或铁氧体磁珠。此外，亦可在 C_{DC} 处并联一个较大的旁路电容(1 μF至22 μF)。

利用 C_X 和 C_Y 设置带宽

ADXL213可提供 X_{OUT} 和 Y_{OUT} 引脚的限带功能。各引脚必须添加一个电容，以便利用低通滤波实现抗混叠和噪声抑制。 -3 dB带宽的计算公式如下：

$$F_{-3\text{ dB}} = 1/(2\pi(32\text{ k}\Omega) \times C_{(X,Y)})$$

或简化为：

$$F_{-3\text{ dB}} = 5\text{ }\mu\text{F}/C_{(X,Y)}$$

内部电阻(R_{FILT})的容差通常在其标称值(32 kΩ)的±25%范围内变动，带宽因此也随之变动。在所有情况下， C_X 和 C_Y 所需的最小电容为2000 pF。

表4. C_X 和 C_Y 的滤波器电容值选择

带宽(Hz)	电容值(μF)
1	4.7
10	0.47
50	0.10
100	0.05
200	0.027
500	0.01

自测

ST引脚控制自测功能。当该引脚设为 V_S 时，会有静电力施加于加速度计的波束上，使波束移动，以便用户测试加速度计是否工作。输出的典型变化范围是750 mg(相当于23%)。正常使用中，此引脚可保持开路或连接到公共地。

不要使ST引脚上的电压超过 $V_S + 0.3\text{ V}$ 。若系统的设计无法保证这一条件(例如，存在多个电源电压)，则建议使用一个具有低 V_F 的箝位二极管连接ST与 V_S 。

选择滤波器特性的设计权衡：噪声/带宽的取舍关系

所选加速度计的带宽最终将决定测量分辨率(最小可测加速度)。可使用滤波降低本底噪声，从而提升加速度计的分辨率。分辨率取决于 X_{FILT} 和 Y_{FILT} 的模拟滤波器带宽。

ADXL213的典型输出带宽为2.5 kHz。用户必须在该处过滤信号，以便抑制混叠误差。为最大程度减少混叠，模拟带宽必须不得超过PWM频率的五分之一。可进一步降低模拟带宽，以减少噪声并提升分辨率。

ADXL213的噪声具有白高斯噪声的特征，在所有频率下都会造成相同的效果，以μg/Hz表示(即该噪声与加速度计带宽的平方根成比例)。用户应将带宽限制为应用所需的最低频率，以便最大程度地提高加速度计的分辨率和动态范围。

由于具有单极点滚降特征，因此ADXL213的噪声典型值可以通过下式确定：

$$rmsNoise = (160\text{ }\mu\text{g} / \sqrt{\text{Hz}}) \times (\sqrt{BW \times 1.6})$$

100 Hz时，噪声为

$$rmsNoise = (160\text{ }\mu\text{g} / \sqrt{\text{Hz}}) \times (\sqrt{100 \times 1.6}) = 2\text{ mg}$$

一般要知道噪声的峰值。峰峰值噪声仅可采用统计方法估算。表5可用来估算在给定均方根值的条件下，超过各种峰值的概率。

表5. 峰峰值噪声估算

峰峰值	噪声超过标称峰峰值的时间百分比(%)
2 × RMS	32
4 × RMS	4.6
6 × RMS	0.27
8 × RMS	0.006

ADXL213

峰峰值噪声可以更好地估算一次测量中的不确定性。表6给出了不同C_x和C_y值下ADXL213的典型输出噪声。

表6. 滤波器电容值选择(C_x、C_y)

带宽(Hz)	C _x , C _y (μF)	RMS噪声 (mg)	峰峰值噪声 估计值(mg)
10	0.47	0.64	3.8
50	0.1	1.4	8.6
100	0.047	2	12
500	0.01	4.5	27.2

在非5 V工作电压下使用ADXL213

ADXL213在V_s = 5 V下进行测试且以其为额定电源电压，然而，V_s可以低至3 V或高达6 V。某些性能参数随着电源电压变化而变化。

ADXL213输出与电源电压成比例。V_s = 3 V时，输出灵敏度典型值为28%/g。

0 g偏置输出是比率式的，因此所有电源电压情况下，0 g输出的标称值均等于50%。

输出噪声还随着电源电压而改变。V_s = 3 V时，噪声密度的典型值为200 μg/Hz。

自测响应(单位g)与电源电压的平方大致成正比。因此，当V_s = 3 V时，自测响应约为270 mg(典型值)，或8%。

电源电流随电源电压的下降而下降。V_{DD} = 3 V时的典型功耗为450 μA。

ADXL213用作双轴倾斜传感器

ADXL213最受欢迎的应用之一是倾斜测量。加速度计使用重力作为输入矢量来确定空间中物体的方向。

当加速度计的敏感轴垂直于重力方向时，即与地球表面平行时，它对倾斜最敏感。在这一方向上，对倾角变化的灵敏度最高。当加速度计朝向重力方向时，即其读数接近+1 g或-1 g时，每度倾斜的输出加速度变化可忽略不计。当加速度计垂直于重力方向时，每度倾斜的输出变化约为17.5 mg。在45°时，每度倾斜的输出变化仅有12.2 mg，分辨率也会降低。

双轴倾斜传感器：加速度转换为倾角

当该加速度计的X轴和Y轴均与地球表面平行时，它可以用具有滚动轴和俯仰轴的双轴倾斜传感器。加速度计的输出信号转换为-1 g至+1 g范围内的加速度后，就可以通过下式计算输出倾角(单位：度)：

$$PITCH = ASIN(A_x/1\text{ g})$$

$$ROLL = ASIN(A_y/1\text{ g})$$

务必考虑超范围情况。加速度计可能会因为振动、冲击或其它加速情况而输出大于±1 g的信号。

引脚配置和功能描述

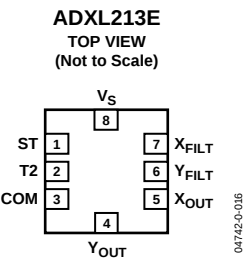


图22. ADXL213 8引脚CLCC

表7. ADXL213 8引脚CLCC引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	ST	自测
2	T2	R _{SET} 电阻连接公共引脚
3	COM	公共引脚
4	Y _{OUT}	Y通道输出
5	X _{OUT}	X通道输出
6	Y _{FILT}	Y通道滤波器引脚
7	X _{FILT}	X通道滤波器引脚
8	V _S	3 V至6 V

ADXL213

外形尺寸

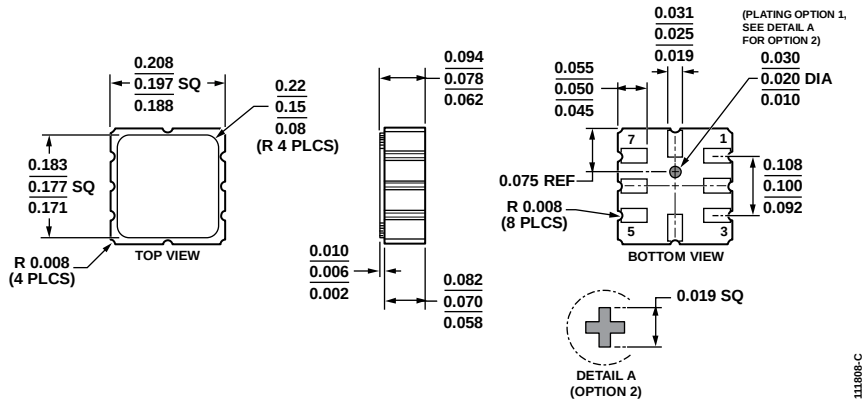


图23. 8引脚陶瓷无引线式芯片载体封装[LCC]
(E-8-1)
尺寸单位: inch

ESD警告

ESD(静电放电)敏感器件。静电电荷很容易在人体和测试设备上累积，可高达4000 V，并可能在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专用ESD保护电路，但在遇到高能量静电放电时，可能会发生永久性器件损坏。因此，建议采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。



订购指南

型号 ^{1, 2, 3}	轴数	额定电压(V)	温度范围	封装描述	封装选项
ADXL213AE	1	5	-40°C至+85°C	8引脚陶瓷无引线式芯片载体封装[LCC]	E-8-1
ADXL213AE-REEL	1	5	-40°C至+85°C	8引脚陶瓷无引线式芯片载体封装[LCC]	E-8-1
ADXL213WAEZA	1	5	-40°C至+85°C	8引脚陶瓷无引线式芯片载体封装[LCC]	E-8-1
ADXL213WAEZA-REEL	1	5	-40°C至+85°C	8引脚陶瓷无引线式芯片载体封装[LCC]	E-8-1
ADXL213EB				评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。
² ADXL213AE和ADXL213AE-REEL型号采用引脚表面处理技术—钨上镀镍，镍上镀金。
³ W = 通过汽车应用认证。

汽车应用级产品

ADXL213W生产工艺受到严格控制，以提供满足汽车应用的质量和可靠性要求。请注意，车用型号的技术规格可能不同于商用型号；因此，设计人员应仔细阅读本数据手册的技术规格部分。只有显示为汽车应用级的产品才能用于汽车应用。欲了解特定产品的订购信息并获得这些型号的汽车可靠性报告，请联系当地ADI客户代表。