

产品特性

超低功耗： $V_s = 3.3\text{ V}$ 时(典型值)，测量模式下低至57 μA ，

待机模式下为0.1 μA

功耗随带宽自动按比例变化

用户可选的分辨率

10位固定分辨率

全分辨率，分辨率随g范围提高而提高，±12 g时高达13位(在所有g范围内保持2.9 mg/LSB的比例系数)

正在申请专利的嵌入式FIFO技术可最大程度地减少主机处理器的负荷

内置运动检测功能可进行运动/非运动监控

电源和I/O电压范围：2.0 V至3.6 V

SPI(3线式和4线式)和I²C数字接口

灵活的中断模式，可映射到任一中断引脚

通过串行命令可选测量范围

通过串行命令可选带宽

宽温度范围(-40°C至+105°C)

抗冲击能力：10,000 g

无铅/符合RoHS标准

小而薄：5 mm × 5 mm × 1.45 mm LFCSP封装

通过汽车应用认证

应用

汽车报警

坡道起步辅助系统(HSA)

电子刹车制动

数据记录仪(黑匣子)

概述

ADXL312是一款小而薄的低功耗3轴加速度计，分辨率高(13位)，测量范围达±12 g。数字输出数据为16位二进制补码格式，可通过SPI(3线式或4线式)或I²C数字接口访问。

ADXL312非常适合汽车报警或黑匣子应用。它可以在倾斜检测应用中测量静态重力加速度，还可以测量运动或冲击导致的动态加速度。该器件具有高分辨率(2.9 mg/LSB)，能够分辨小到0.25°的倾角变化。内置FIFO有利于使用过采样技术，将倾角分辨率提升至0.05°。

该器件提供多种特殊检测功能。运动和非运动检测功能检测有无运动发生，以及任意轴上的加速度是否超过用户设置的限值。这些功能可以映射到中断输出引脚。集成的32级FIFO用来存储数据，最大程度地减少主机处理器的干预。

低功耗模式支持基于运动的智能电源管理，从而以极低的功耗进行阈值感测和运动加速度测量。

ADXL312采用5 mm × 5 mm × 1.45 mm、32引脚小型超薄LFCSP封装。

功能框图

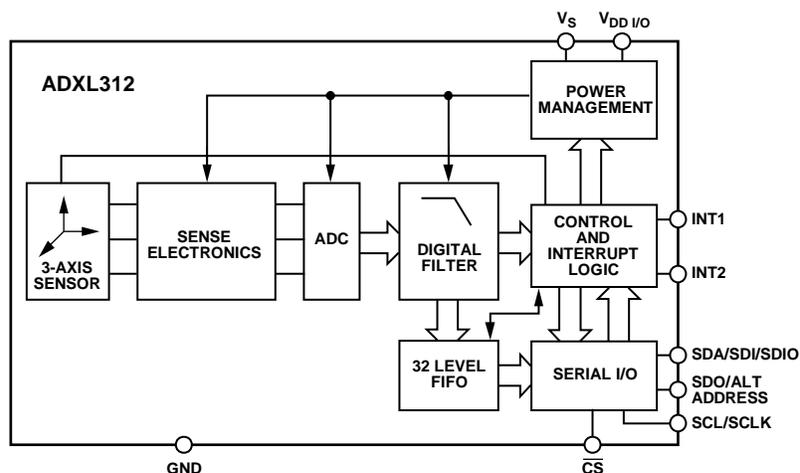


图1. ADXL312简化功能框图

Rev. 0

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

www.analog.com

Fax: 781.461.3113

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

目录

产品特性	1	FIFO	18
应用	1	自测	19
概述	1	寄存器映射	20
功能框图	1	寄存器定义	21
修订历史	2	应用信息	25
技术规格	3	电源去耦	25
绝对最大额定值	5	机械安装注意事项	25
热阻	5	阈值	25
ESD警告	5	链接模式	25
引脚配置和功能描述	6	休眠模式与低功耗模式	25
典型工作特性	7	使用自测	26
工作原理	10	高位数据速率的数据格式化	27
电源时序	10	噪声性能	28
省电功能	10	加速度灵敏度轴	29
串行通信	12	焊接温度曲线	30
SPI	12	外形尺寸	31
I ² C	15	订购指南	32
中断	17	汽车应用级产品	32

修订历史

修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+105^{\circ}\text{C}$, $V_S = V_{DD/I/O} = 3.3\text{ V}$, 加速度 = 0 g 。

表1. 技术规格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	用户可选		±1.5, 3, 6, 12		g
非线性度	满量程百分比		±0.5		%
轴间对齐误差			±0.1		度
跨轴灵敏度 ²			±1		%
输出分辨率	各轴				
所有g范围	默认分辨率		10		位
±1.5g范围	全分辨率使能		10		位
±3g范围	全分辨率使能		11		位
±6g范围	全分辨率使能		12		位
±12g范围	全分辨率使能		13		位
灵敏度	各轴				
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 和 Z_{OUT} 比例因子	±1.5 g, 10位或全分辨率	2.6	2.9	3.2	mg/LSB
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 和 Z_{OUT} 比例因子	±3 g, 10位分辨率	5.2	5.8	6.4	mg/LSB
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 和 Z_{OUT} 比例因子	±6 g, 10位分辨率	10.4	11.6	12.8	mg/LSB
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 和 Z_{OUT} 比例因子	±12 g, 10位分辨率	20.9	23.2	25.5	mg/LSB
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 灵敏度	±1.5 g, 10位或全分辨率	312	345	385	LSB/g
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 灵敏度	±3 g, 10位分辨率	156	172	192	LSB/g
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 灵敏度	±6 g, 10位分辨率	78	86	96	LSB/g
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 灵敏度	±12 g, 10位分辨率	39	43	48	LSB/g
温度引起的灵敏度变化			±0.01		%/°C
0 g 偏置	各轴				
初始0 g 输出	$T = 25^{\circ}\text{C}$, X_{OUT} , Y_{OUT}	-150		+150	mg
初始0 g 输出	$T = 25^{\circ}\text{C}$, Z_{OUT}	-250		+250	mg
整个温度范围内的0 g 输出	$-40^{\circ}\text{C} < T < 105^{\circ}\text{C}$, X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	-250		+250	mg
0 g 失调温度系数	X_{OUT} , Y_{OUT}		±0.8		mg/°C
0 g 失调温度系数	Z_{OUT}		±1.5		mg/°C
噪声性能					
噪声密度(X和Y轴)		200	340	440	μg/√Hz
噪声密度(Z轴)		200	470	595	μg/√Hz
输出数据速率/带宽	用户可选				
测量速率 ³		6.25		3200	Hz
自测 ⁴	数据速率 ≥ 100 Hz, $2.0 \leq V_S \leq 3.6$				
X轴上的输出变化		0.20		2.10	g
Y轴上的输出变化		-2.10		-0.20	g
Z轴上的输出变化		0.30		3.40	g
电源					
工作电压范围(V_S)		2.0		3.6	V
接口电压范围($V_{DD/I/O}$)		1.7		V_S	V
电源电流	数据速率 > 100 Hz	100	170	300	μA
	数据速率 < 10 Hz	30	55	110	μA
待机模式漏电流			0.1	2	μA
开启(唤醒)时间 ⁵			1.4		ms
温度					
工作温度范围		-40		+105	°C

ADXL312

¹ 保证所有最低和最高技术规格。不保证典型技术规格。

² 跨轴灵敏度定义为任意两轴之间的耦合。

³ 带宽为输出数据速率的一半。

⁴ 自测变化定义为SELF_TEST位 = 1(DATA_FORMAT寄存器中)时的输出(g)减去SELF_TEST位 = 0(DATA_FORMAT寄存器中)时的输出(g)。由于器件滤波作用, 使能或禁用自测时, 输出在 $4 \times \tau$ 后达到最终值, 其中 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。

⁵ 开启和唤醒时间取决于用户定义的带宽。在100 Hz数据速率时, 开启时间和唤醒时间大约为11.1 ms。其他数据速率时, 开启时间和唤醒时间大约为 $\tau + 1.1\text{ms}$, 其中 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。

绝对最大额定值

表2.

参数	额定值
加速度	
任意轴, 无电	10,000 g
任意轴, 有电	10,000 g
V_S	-0.3 V至3.9 V
$V_{DDI/O}$	-0.3 V至3.9 V
所有其它引脚	-0.3 V至 $V_{DDI/O} + 0.3$ V或 3.9 V, 取较小者
输出短路持续时间(任意引脚接地)	不定
温度范围	
有电	-40°C至+125°C
存储温度	-40°C至+125°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, 不表示在这些条件下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, 器件能够正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

热阻

θ_{JA} 针对最差条件; 即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。

表3. 热阻

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
32引脚 LFCSP封装	27.27	30	°C/W

ESD警告

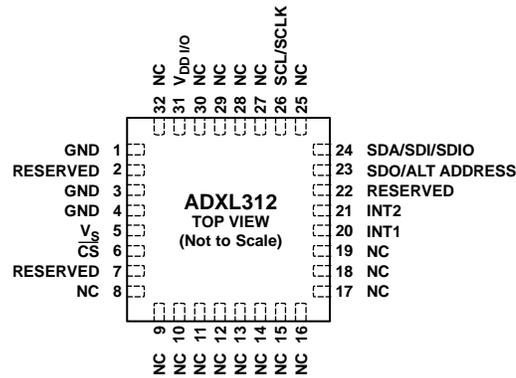


ESD(静电放电)敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路, 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丧失。

ADXL312

引脚配置和功能描述



- NOTES
1. NC = NO CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.
 2. THE EXPOSED PAD MUST BE SOLDERED TO THE GROUND PLANE.

087791-002

图2. 引脚配置(顶视图)

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	GND	该引脚必须接地。
2	保留	保留。该引脚必须连接到V _S 或保持断开。
3	GND	该引脚必须接地。
4	GND	该引脚必须接地。
5	V _S	电源电压。
6	\overline{CS}	片选。
7	保留	保留。该引脚必须保持断开。
8至19	NC	不连接。请勿连接该引脚。
20	INT1	中断1输出。
21	INT2	中断2输出。
22	保留	保留。该引脚必须连接到GND或保持断开。
23	SDO/ALT ADDRESS	串行数据输出，备用I ² C地址选择。
24	SDA/SDI/SDIO	串行数据(I ² C)、串行数据输入(SPI 4线式)、串行数据输入/输出(SPI 3线式)。
25	NC	不连接。请勿连接该引脚。
26	SCL/SCLK	串行通信时钟。
27至30	NC	不连接。请勿连接该引脚。
31	V _{DD/I/O}	数字接口电源电压。
32	NC	不连接。
	EP	裸露焊盘必须焊接到接地层。

典型工作特性

除非另有说明, N>1000.

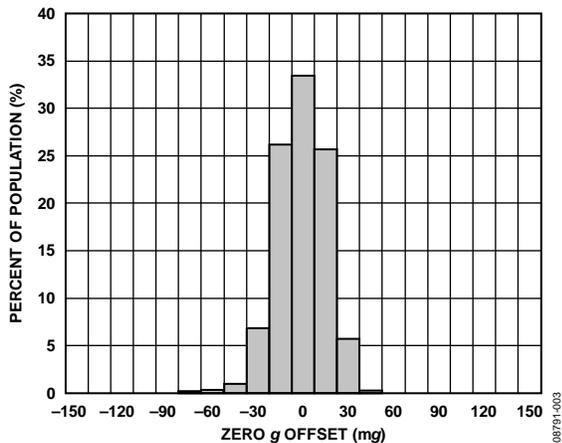


图3. X轴0g偏置(25°C, $V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

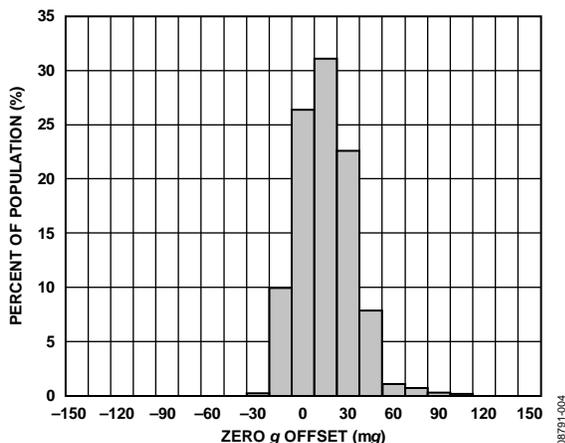


图4. Y轴0g偏置(25°C, $V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

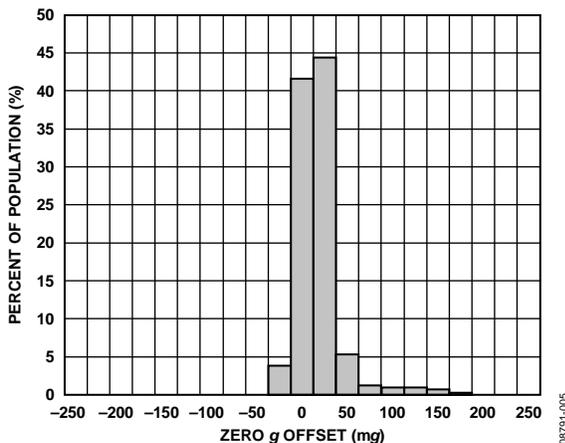


图5. Z轴0g偏置(25°C, $V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

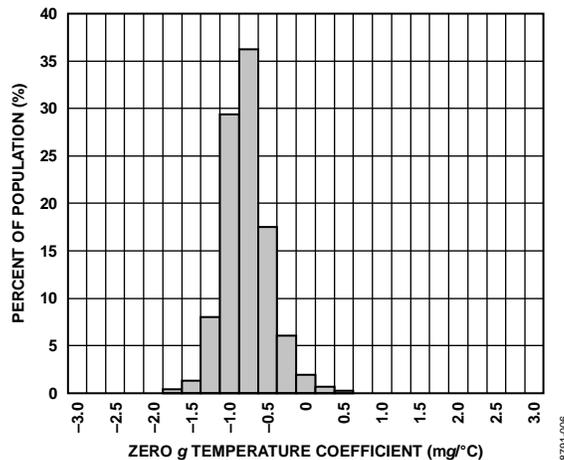


图6. X轴0g偏置漂移($V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

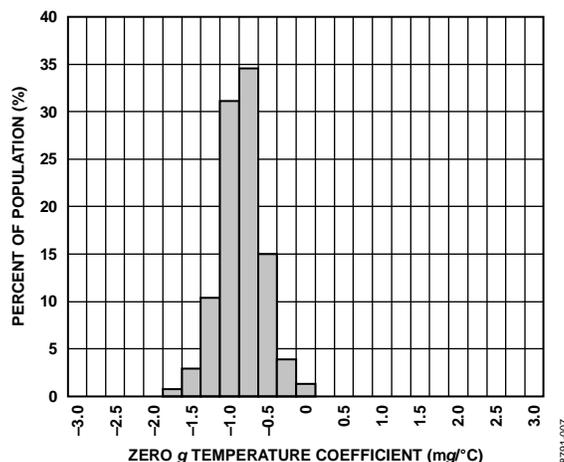


图7. Y轴0g偏置漂移($V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

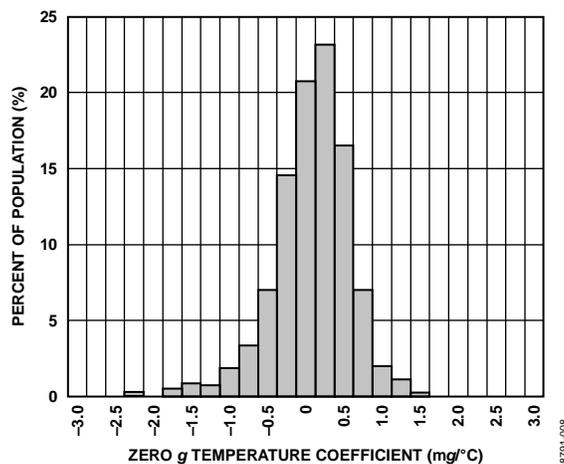


图8. Z轴0g偏置漂移($V_S = V_{DD/IO} = 3.3 V$)

ADXL312

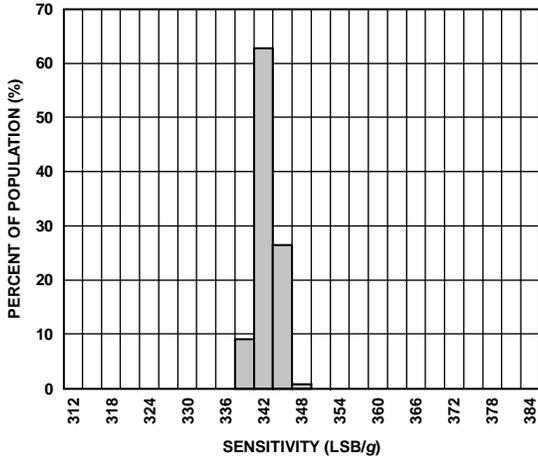


图9. X轴灵敏度 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$, 25°C)

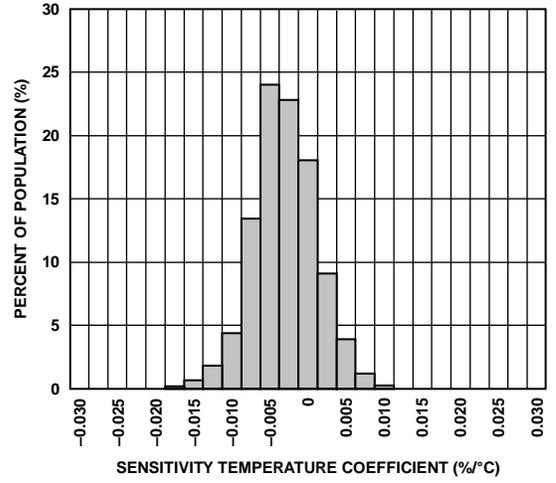


图12. X轴灵敏度温度系数 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$)

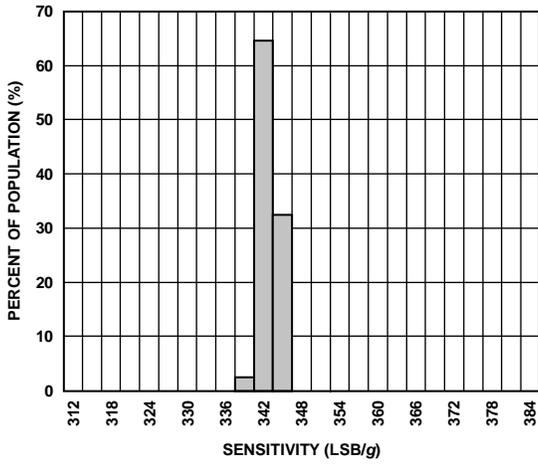


图10. Y轴灵敏度 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$, 25°C)

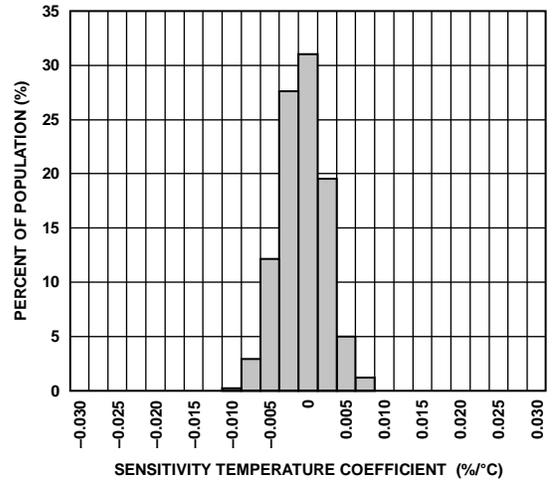


图13. Y轴灵敏度温度系数 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$)

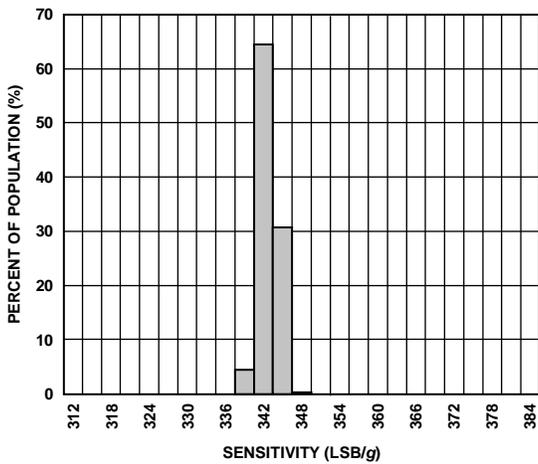


图11. Z轴灵敏度 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$, 25°C)

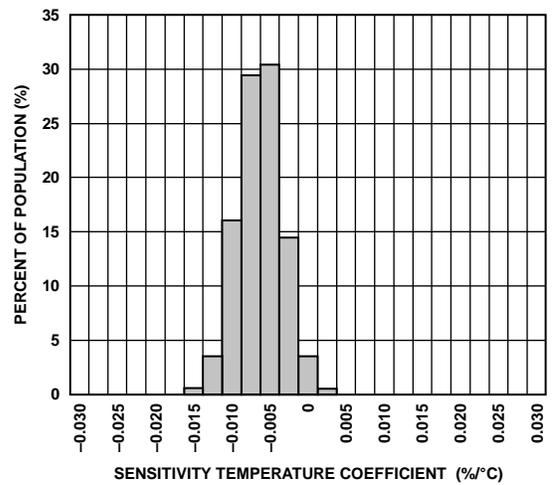


图14. Z轴灵敏度温度系数 ($V_s = V_{DD I/O} = 3.3 \text{ V}$)

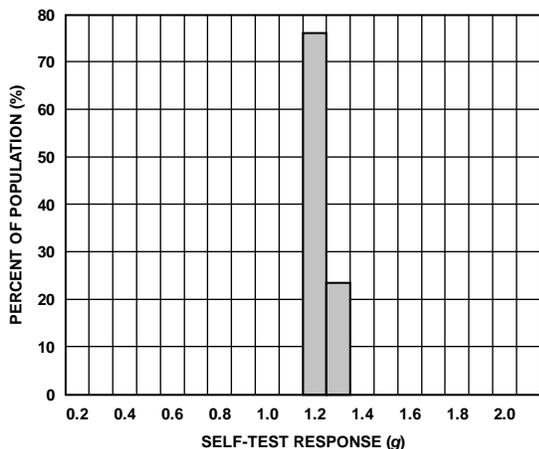


图15. X自测数据值($V_S = V_{DDIO} = 3.3\text{ V}$, 25°C)

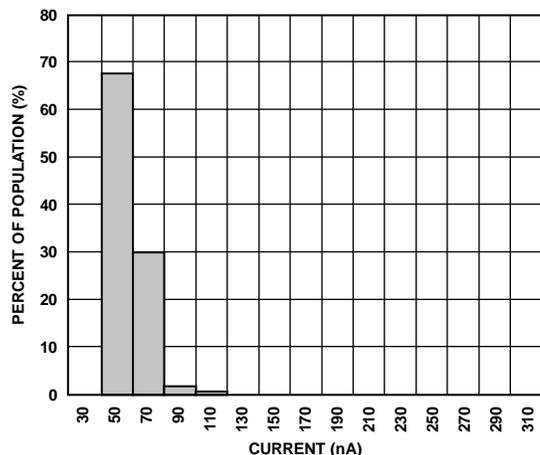


图18. 待机模式功耗($V_S = V_{DDIO} = 3.3\text{ V}$, 25°C)

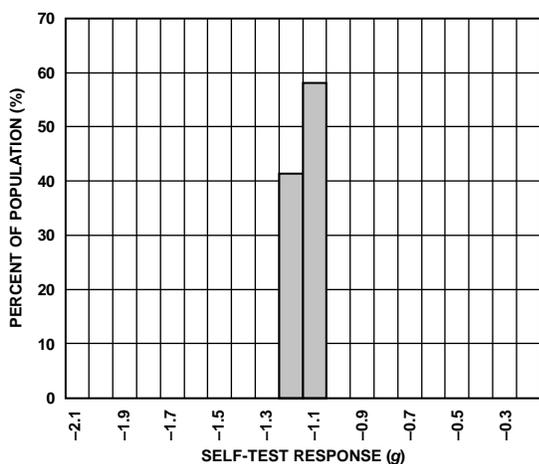


图16. Y自测数据值($V_S = V_{DDIO} = 3.3\text{ V}$, 25°C)

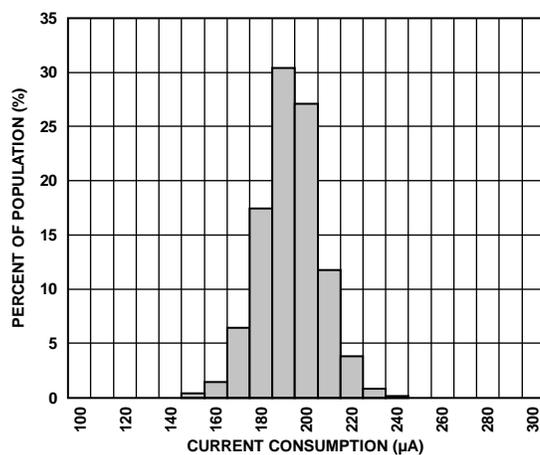


图19. 测量模式功耗(数据速率 = 100 Hz, $V_S = V_{DDIO} = 3.3\text{ V}$, 25°C)

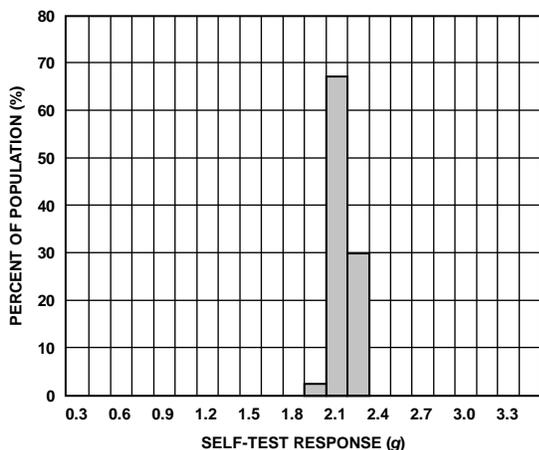


图17. Z自测数据值($V_S = V_{DDIO} = 3.3\text{ V}$, 25°C)

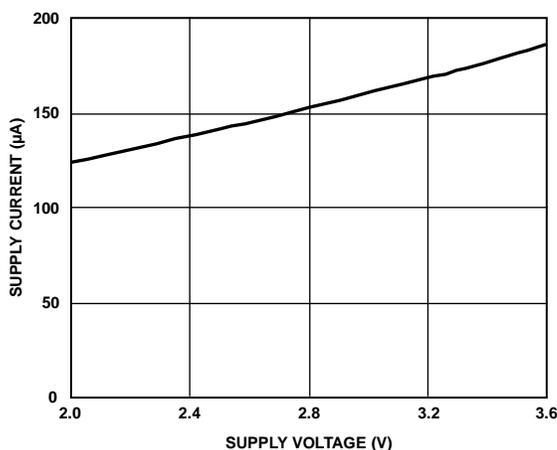


图20. 25°C 时的电源电流与电源电压的关系

ADXL312

工作原理

ADXL312是一款完整的3轴加速度测量系统，可选择的测量范围有 $\pm 1.5\text{ g}$ 、 $\pm 3\text{ g}$ 、 $\pm 6\text{ g}$ 或 $\pm 12\text{ g}$ 。该器件既能测量运动或冲击导致的动态加速度，也能测量静止加速度，例如重力加速度，因此可作为倾斜传感器使用。

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。加速度使梁偏转，差分电容失衡，从而传感器输出的幅度与加速度成比例。相敏解调用于确定加速度的幅度和极性。

电源时序

电源能以不损坏ADXL312的任何时序施加到 V_S 或 $V_{DD\ I/O}$ 。表5总结了所有可能的上电模式。该接口电压电平设置了接口电源电压 $V_{DD\ I/O}$ ，其存在确保了ADXL312跟通信总线不冲突。单电源供电模式中， $V_{DD\ I/O}$ 可以等于主电源 V_S 。然而，在双电源应用中， $V_{DD\ I/O}$ 可不等于 V_S ，只要 V_S 大于或等于 $V_{DD\ I/O}$ ，就可以适应所需的接口电压。

施加 V_S ，器件进入待机模式，此时功耗最小。器件等待施加 $V_{DD\ I/O}$ 和接收进入测量模式的命令。(此命令可以通过设置POWER_CTL寄存器(地址0x2D)的测量位启动。)此外，器件处于待机模式时，可以写入或读取任何寄存器，以配置器件。建议在待机模式配置器件，然后使能测量模式。清除测量位，器件返回到待机模式。

表5. 电源时序

条件	V_S	$V_{DD\ I/O}$	描述
关断	关	关	该器件完全关断，但可能存在通信总线冲突。
总线禁用	开	关	该器件开启，进入待机模式，但通信不可用，并且与通信总线冲突。上电时应尽量减少该状态持续时间，以防冲突。
总线使能	关	开	无功能可用，但该器件不会与通信总线冲突。
待机或测量模式	开	开	该器件处于待机模式，等待进入测量模式的命令，所有传感器功能关闭。该器件得到指示后进入测量模式，所有的传感器功能都可用。

省电功能

功耗模式

ADXL312自动调节功耗，与输出数据速率成比例，如表6所示。如果需要额外省电，可采用低功耗模式。该模式下，内部采样速率降低，12.5Hz至400Hz数据速率范围内达到省电目的，而噪声略微变大。要进入低功耗模式，在BW_RATE寄存器(地址0x2C)中设置LOW_POWER位(位4)。表7为低功耗模式下的功耗，低功耗模式的优势从中可见。相对于正常功耗模式的数据速率，低功耗模式的数据速率并无任何优势，表7未列出。因此，低功耗模式下推荐仅使用表7所列的数据速率。表6和表7列出了 V_S 为3.3 V时的功耗值。

表6. 功耗与数据速率($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = V_{DDI/O} = 3.3\text{ V}$)

输出数据速率(Hz)	带宽(Hz)	速率代码	I_{DD} (μA)
3200	1600	1111	170
1600	800	1110	115
800	400	1101	170
400	200	1100	170
200	100	1011	170
100	50	1010	170
50	25	1001	115
25	12.5	1000	82
12.5	6.25	0111	65
6.25	3.125	0110	57

表7. 低功耗模式下的功耗与数据速率
($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = V_{DDI/O} = 3.3\text{ V}$)

输出数据速率(Hz)	带宽(Hz)	速率代码	I_{DD} (μA)
400	200	1100	115
200	100	1011	82
100	50	1010	65
50	25	1001	57
25	12.5	1000	50
12.5	6.25	0111	43

自动休眠模式

通过让ADXL312在非运动期间自动切换到休眠模式，可以省电。要启用此功能，请将THRESH_INACT寄存器(地址0x25)设为加速度阈值。当加速度水平低于此阈值时，即视为无运动水平。将TIME_INACT(地址0x26)设为相应的非运行时限。然后，设置POWER_CTL寄存器(地址0x2D)的AUTO_SLEEP位和链接位。如果器件在TIME_INACT秒内未检测到超过THRESH_INACT的加速度水平，那么器件即会自动转换到休眠模式。 V_S 为3.3 V时，该模式下低于8 Hz数据速率的功耗通常为30 μA 。

待机模式

要进一步降低功耗，可以使用待机模式。待机模式下，功耗降低到0.1 μA (典型值)。该模式中，无测量发生。清除POWER_CTL寄存器(地址0x2D)的测量位(位D3)，可进入待机模式。器件在待机模式下保存FIFO内容。

串行通信

可采用I²C和SPI数字通信。上述两种情况下，ADXL312作为从机运行。 \overline{CS} 引脚上拉至 $V_{DD I/O}$ ，I²C模式使能。 \overline{CS} 引脚应始终上拉至 $V_{DD I/O}$ 或由外部控制器驱动，因为 \overline{CS} 引脚无连接时，默认模式不存在。因此，如果没有采取这些措施，可能会导致该器件无法通信。SPI模式下， \overline{CS} 引脚由总线主机控制。SPI和I²C两种操作模式下，ADXL312写入期间，应忽略从ADXL312传输到主机的数据。

SPI

对于SPI，可使用3线式或4线式配置，如图21和图22的连接图所示。清除DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的SPI位时选择4线式模式，设置SPI位时则选择3线式模式。最大负载为100 pF时，最大SPI时钟速度为5 MHz，时序方案按照时钟极性(CPOL) = 1、时钟相位(CPHA) = 1执行。如果配置主处理器的时钟极性和相位之前，将电源施加到ADXL312， \overline{CS} 引脚应在时钟极性和相位改变之前连接至高电平。使用3线式SPI时，推荐将SDO引脚上拉至 $V_{DD I/O}$ 或通过10 k Ω 电阻下拉至GND。

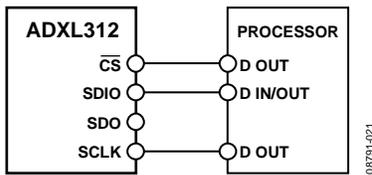


图21. 3线式SPI连接图

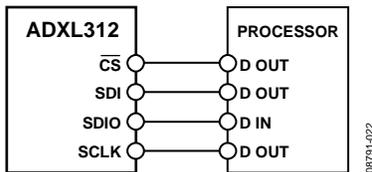


图22. 4线式SPI连接图

\overline{CS} 为串行端口使能线，由SPI主机控制。如图23所示，此线必须在传输起点变为低电平，传输终点变为高电平。SCLK为串行端口时钟，由SPI主机提供。无传输期间，SCLK为空闲高电平状态。SDI和SDO分别为串行数据输入和输出。SCLK下降沿时数据更新，SCLK上升沿时进行采样。

要在单次传输内读取或写入多个字节，必须设置位于第一个字节传输(MB，图23至图25) R/\overline{W} 位后的多字节位。寄存器寻址和数据的第一个字节后，时钟脉冲的随后每次设置(8个时钟脉冲)导致ADXL312指向下一个寄存器的读取或写入。时钟脉冲停止后，移位才随之中止， \overline{CS} 复位。要执行不同不连续寄存器的读取或写入，传输之间 \overline{CS} 必须复位，新寄存器另行寻址。

图25显示了3线式SPI读取或写入的时序图。图23和图24分别显示了4线式SPI读取和写入的时序图。要进行该器件的正确操作，任何时候都必须满足表8和表9中的逻辑阈值和时序参数。

SPI通信速率大于或等于2 MHz时，推荐采用3200 Hz和1600 Hz的输出数据速率。只有通信速度大于或等于400 kHz时，推荐使用800 Hz的输出数据速率，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。以低于推荐的最小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。

表8. SPI数字输入/输出

参数	测试条件	限值 ¹		单位
		最小值	最大值	
数字输入				
低电平输入电压(V_{IL})			$0.3 \times V_{DD I/O}$	V
高电平输入电压(V_{IH})		$0.7 \times V_{DD I/O}$		V
低电平输入电流(I_{IL})	$I_{IN} = V_{DD I/O}$		0.1	μA
高电平输入电流(I_{IH})	$I_{IN} = 0\text{V}$	-0.1		μA
数字输出				
低电平输出电压(V_{OL})	$I_{OL} = 10\text{mA}$		$0.2 \times V_{DD I/O}$	V
高电平输出电压(V_{OH})	$I_{OH} = -4\text{mA}$	$0.8 \times V_{DD I/O}$		V
低电平输出电流(I_{OL})	$V_{OL} = V_{OL, max}$	10		mA
高电平输出电流(I_{OH})	$V_{OH} = V_{OH, min}$		-4	mA
引脚电容	$f_{IN} = 1\text{MHz}, V_{IN} = 2.5\text{V}$		8	pF

¹ 限值基于特性数据，未经生产测试。

表9. SPI时序($T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = V_{DD I/O} = 3.3\text{V}$)¹

参数	限值 ^{2,3}		单位	描述
	最小值	最大值		
f_{SCLK}		5	MHz	SPI时钟频率。
t_{SCLK}	200		ns	SCLK输入的1/(SPI时钟频率)传号空号比为40/60至60/40。
t_{DELAY}	5		ns	\overline{CS} 下降沿到SCLK下降沿。
t_{QUIET}	5		ns	SCLK上升沿至 \overline{CS} 上升沿。
t_{DIS}		10	ns	\overline{CS} 上升沿至SDO禁用。
$t_{CS,DIS}$	150		ns	SPI通信间 \overline{CS} 复位。
t_S	$0.3 \times t_{SCLK}$		ns	SCLK低电平脉冲宽度(空号)。
t_M	$0.3 \times t_{SCLK}$		ns	SCLK高电平脉冲宽度(传号)。
t_{SETUP}	5		ns	SCLK上升沿之前SDI有效。
t_{HOLD}	5		ns	SCLK上升沿之后SDI有效。
t_{SDO}		40	ns	SCLK下降沿至SDO/SDIO输出转换。
t_R^4		20	ns	SDO/SDIO输出高电平至输出低电平转换。
t_F^4		20	ns	SDO/SDIO输出低电平至输出高电平转换。

¹ \overline{CS} 、SCLK、SDI和SDO引脚没有采用内部上拉或下拉电阻，必须进行驱动以正确工作。

² 限值基于特性数据： $f_{SCLK} = 5\text{MHz}$ ，总线负载电容100 pF，未经生产测试。

³ 测得的时序值对应表8给出的输入阈值(V_{IL} 和 V_{IH})。

⁴ 容性负载为150 pF时，测得的输出上升时间和下降时间。

ADXL312

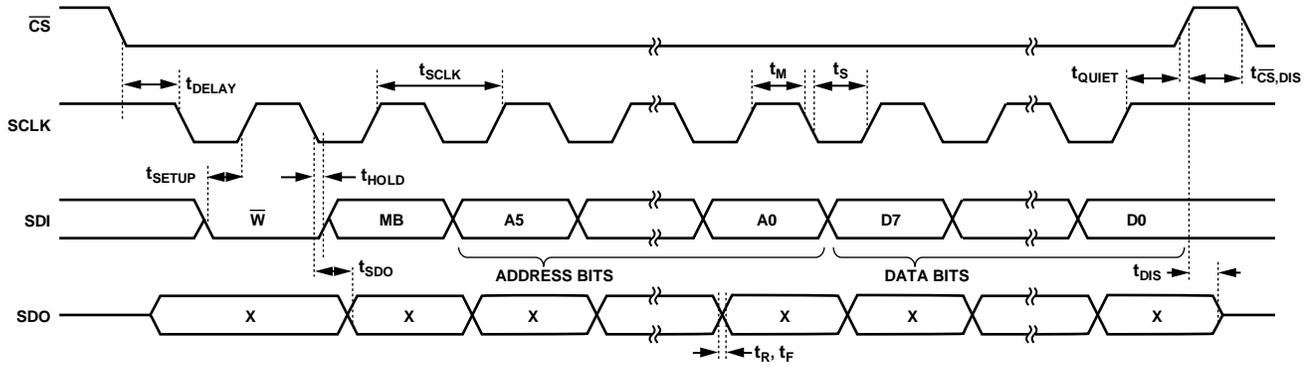


图23. 4线式SPI写入

08791-129

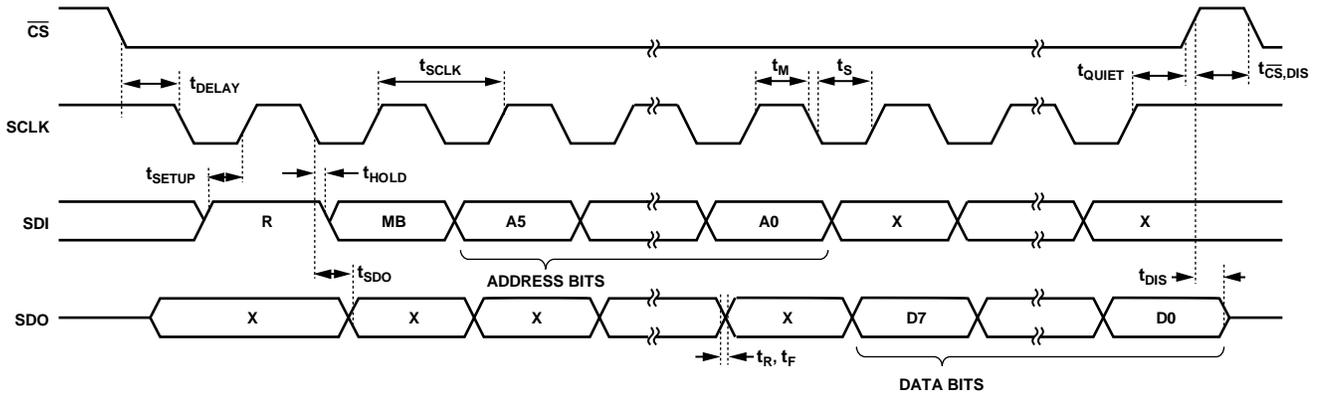
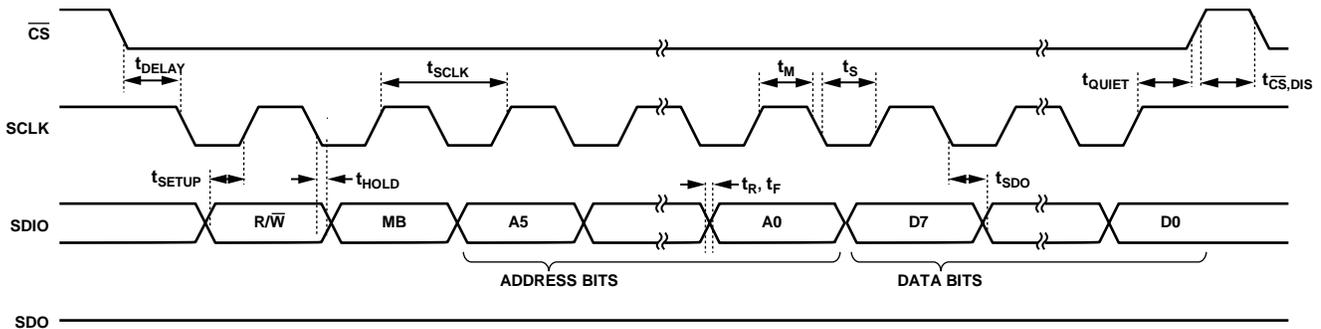


图24. 4线式SPI读取

08791-130



NOTES

- t_{SDO} IS ONLY PRESENT DURING READS.

图25. 3线式SPI读取/写入

08791-131

I²C

如图26所示， \overline{CS} 引脚拉高至 $V_{DD\ I/O}$ ，ADXL312处于I²C模式，需要简单双线式连接。ADXL312符合《UM10204 I²C总线规范和用户手册》03版(2007年6月19日，NXP Semiconductors提供)。如果满足了表10和表11列出的总线参数，便能支持标准(100 kHz)和快速(400 kHz)数据传输模式。如图27所示，支持单个或多个字节的读取/写入。ALT ADDRESS引脚处于高电平，器件的7位I²C地址是0x1D，随后为 R/\overline{W} 位。这转化为0x3A写入，0x3B读取。通过ALT ADDRESS引脚(引脚7)接地，可以选择备用I²C地址0x53(随后为 R/\overline{W} 位)。这转化为0xA6写入，0xA7读取。

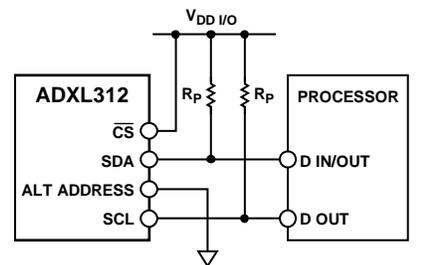


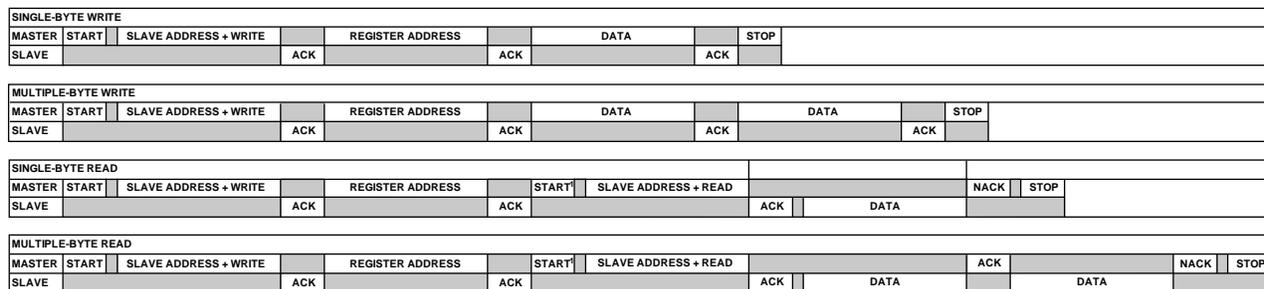
图26. I²C连接图(地址0x53)

如果有其他器件连接到同一I²C总线，这些器件的额定工作电压电平不能高于 $V_{DD\ I/O} - 0.3V$ 以上。I²C正确操作需要外接上拉电阻 R_p 。为确保正确操作，选择上拉电阻值时，请参考《UM10204 I²C总线规范和用户手册》03版(2007年6月19日)。

表10. I²C数字输入/输出

参数	测试条件	限值 ¹		单位
		最小值	最大值	
数字输入				
低电平输入电压(V_{IL})	$V_{IN} = V_{DD\ I/O}$ $V_{IN} = 0V$	$0.7 \times V_{DD\ I/O}$	$0.3 \times V_{DD\ I/O}$	V
高电平输入电压(V_{IH})				V
低电平输入电流(I_{IL})		-0.1	0.1	μA
高电平输入电流(I_{IH})				μA
数字输出				
低电平输出电压(V_{OL})	$V_{DD\ I/O} < 2V, I_{OL} = 3mA$ $V_{DD\ I/O} \geq 2V, I_{OL} = 3mA$		$0.2 \times V_{DD\ I/O}$	V
低电平输出电流(I_{OL})		3	400	mV
引脚电容	$f_{IN} = 1MHz, V_{IN} = 2.5V$		8	pF

¹ 限值基于特性数据，未经生产测试。



NOTES

1. THIS START IS EITHER A RESTART OR A STOP FOLLOWED BY A START.
2. THE SHADED AREAS REPRESENT WHEN THE DEVICE IS LISTENING.

图27. I²C器件寻址

ADXL312

表11. I²C时序(T_A = 25°C, V_S = V_{DD/I/O} = 3.3 V)

参数	限值 ^{1,2}		单位	描述
	最小值	最大值		
f _{SCL}		400	kHz	SCL时钟频率
t ₁	2.5		μs	SCL周期时间
t ₂	0.6		μs	t _{HIGH} , SCL高电平时间
t ₃	1.3		μs	t _{LOW} , SCL低电平时间
t ₄	0.6		μs	t _{HD, STA} , 起始/重复起始条件保持时间
t ₅	100		ns	t _{SU, DAT} , 数据建立时间
t ₆ ^{3, 4, 5, 6}	0	0.9	μs	t _{HD, DAT} , 数据保持时间
t ₇	0.6		μs	t _{SU, STA} , 重复起始建立时间
t ₈	0.6		μs	t _{SU, STO} , 停止条件建立时间
t ₉	1.3		μs	t _{BUF} , 一个结束条件和起始条件之间的总线空闲时间
t ₁₀		300	ns	t _R , 接收时SCL和SDA的上升时间
t ₁₁	0	250	ns	t _F , 接收时SDA的下降时间
		300	ns	t _F , 传送时SCL和SDA的下降时间
	20 + 0.1 C _b ⁷		ns	t _F , 传送或接收时SCL和SDA的下降时间
C _b		400	pF	各条总线的容性负载

¹ 限值基于特性数据: f_{SCL} = 400 kHz和3 mA吸电流, 未经生产测试。

² 所有值均参考表10中的V_{IH}和V_{IL}电平值。

³ t₆为SCL下降沿测得的数据保持时间。适用于传输和应答数据。

⁴ 发送器件必须为SDA信号(相对于SCL信号的V_{IH(min)})内部提供至少300 ns的输出保持时间, 以便桥接SCL下降沿未定义区域。

⁵ 如果器件SCL信号的低电平周期(t₃)没有延长, 则必须满足t₆最大值。

⁶ t₆最大值根据时钟低电平时间(t₃)、时钟上升时间(t₁₀)和最小数据建立时间(t_{5(min)})而定。该值计算公式为t_{6(max)} = t₃ - t₁₀ - t_{5(min)}。

⁷ C_b是一条总线的总电容(单位: pF)。

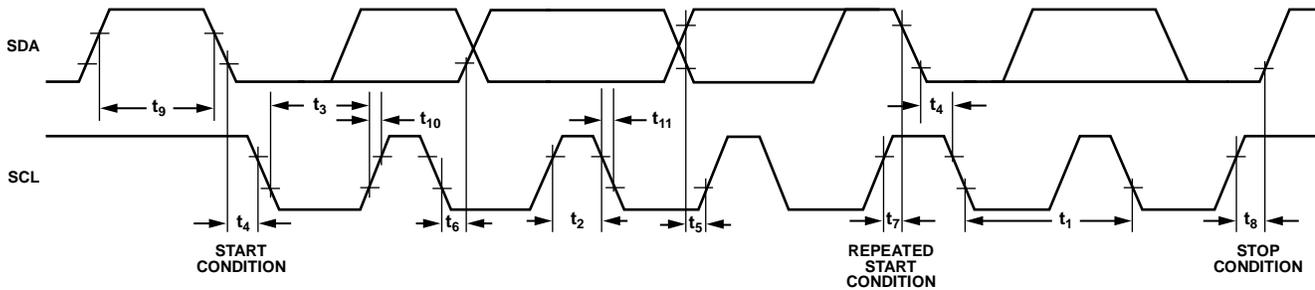


图28. I²C时序图

08791-03-4

中断

ADXL312为驱动中断提供两个输出引脚：INT1和INT2。这两个中断引脚都是推挽低阻抗引脚，其输出规格如表12所示。中断引脚默认配置为高电平有效。设置DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)中的INT_INVERT位，可以更改为低电平有效。所有功能都可以同时使用，但是，一些功能可能需要共享中断引脚。

中断通过设置INT_ENABLE寄存器(地址0x2E)的适当位来使能，并会映射到INT1引脚或INT2引脚，具体根据INT_MAP寄存器(地址0x2F)内容而定。最初配置中断引脚时，建议中断使能前完成功能和中断映射。改变中断配置时，建议先通过清零INT_ENABLE寄存器的功能对应位，禁用中断，然后再使能中断，重新进行功能配置。中断禁用时，功能配置助于防止中断意外发生。

数据相关中断条件失效前，读取数据寄存器(地址0x32至地址0x37)，或读取INT_SOURCE寄存器(地址0x30)的剩余中断，锁存和清除中断功能。本节描述了INT_ENABLE寄存器的中断设置和INT_SOURCE寄存器的中断监测。

DATA_READY

当有新的数据产生时，DATA_READY位置位；当没有新的数据时，DATA_READY位清除。

运动

当加速度值超过THRESH_ACT(地址0x24)寄存器的存储值时，运动位置位。

非运动

当加速度值小于THRESH_INACT寄存器(地址0x25)的存储值且时间超过TIME_INACT寄存器(地址0x26)中所规定的时间时，非运动位置位。TIME_INACT最大值为255秒。

水印

FIFO采样点数等于存储在采样点位(FIFO_CTL寄存器，地址0x38)的值时，水印位置位。读取FIFO时，水印位自动清零，返回至采样点位存储值的更低值。

溢出

当有新数据替换了未被读取的数据时，溢出位置位。溢出功能与FIFO的工作模式有关。在旁路模式下，如果有新数据替换了DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器(地址0x32至0x37)里的数据，则溢出位置位。在其他模式下，只有FIFO被存满时，溢出位才会置位。读取FIFO内容时，溢出位自动清零。

表12. 中断引脚数字输出

参数	测试条件	限值 ¹		单位
		最小值	最大值	
数字输出				
低电平输出电压(V_{OL})	$I_{OL} = 300 \mu A$		$0.2 \times V_{DD I/O}$	V
高电平输出电压(V_{OH})	$I_{OH} = -150 \mu A$	$0.8 \times V_{DD I/O}$		V
低电平输出电流(I_{OL})	$V_{OL} = V_{OL, max}$	300		μA
高电平输出电流(I_{OH})	$V_{OH} = V_{OH, min}$		-150	μA
引脚电容	$f_{IN} = 1 \text{ MHz}, V_{IN} = 2.5 \text{ V}$		8	pF
上升/下降时间				
上升时间(t_R) ²	$C_{LOAD} = 150 \text{ pF}$		210	ns
下降时间(t_F) ³	$C_{LOAD} = 150 \text{ pF}$		150	ns

¹ 限值基于特性数据，未经生产测试。

² 测量上升时间为中断引脚从 $V_{OL, max}$ 至 $V_{OH, min}$ 的转换时间。

³ 测量下降时间为中断引脚从 $V_{OH, min}$ 至 $V_{OL, max}$ 的转换时间。

ADXL312

FIFO

ADXL312包含嵌入式存储器管理系统(专利申请中),采用32位FIFO,可将主机处理器负荷降至最低。该缓冲器支持四种工作模式:旁路、FIFO、流和触发模式(见表21)。通过设置FIFO_CTL寄存器(地址0x38)的FIFO_MODE位,可选择各模式。

旁路模式

旁路模式下, FIFO不可操作, 因此, 仍然为空。

FIFO模式

在FIFO模式下, x、y、z轴的测量数据存储在FIFO中。当FIFO中的采样点数与FIFO_CTL寄存器(地址0x38)采样点位规定的数量相等时, 水印中断置位。FIFO继续收集采样点, 直到填满(x、y和z轴测量的32位采样点), 然后停止收集数据。FIFO停止收集数据后, 该器件继续工作, 因此, FIFO填满后, 运动检测等功能可以使用。水印中断继续发生, 直到FIFO采样点数少于FIFO_CTL寄存器的采样点位存储值。

流模式

在流模式下, x、y、z轴的测量数据存储在FIFO中。当FIFO中的采样点数与FIFO_CTL寄存器(地址0x38)采样点位规定的数量相等时, 水印中断置位。FIFO继续收集采样点, 保存从x、y和z轴收集的最近32位采样点。新数据更新后, 丢弃旧数据。水印中断继续发生, 直到FIFO采样点数少于FIFO_CTL寄存器的采样点位存储值。

触发模式

触发模式下, FIFO收集采样点, 保存从x、y和z轴收集的最近32位采样点。触发事件发生后, 中断被发送到INT1引脚或INT2引脚(取决于FIFO_CTL寄存器的触发位), FIFO保持最后n个采样点(其中n为FIFO_CTL寄存器采样点位规

定值), 然后在FIFO模式下运行, 只有FIFO没有填满时, 才会收集新采样点。从触发事件发生到开始从FIFO读取数据, 至少有5 μ s延迟, 允许FIFO丢弃和保留必要采样点。触发模式复位后, 才能识别附加触发事件。要复位触发器模式, 请将器件设为旁路模式, 然后再设置回触发模式。请注意, 应首先读取FIFO数据, 因为进入旁路模式时, 会清零FIFO。

从FIFO中读取数据

从DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器(地址0x32至0x37)读取FIFO数据。当FIFO为FIFO模式、流模式或触发模式时, DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器读取存储在FIFO中的数据。每次从FIFO读取数据, x、y和z轴的最早数据存入DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器。

如果执行单字节读取操作, 当前FIFO采样点的剩余数据字节会丢失。因此, 所有目标轴应以突发(或多字节)读取操作进行读取。为确保FIFO完全弹出(即新数据完全移动到DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器), 读取数据寄存器结束后至FIFO重新读取或FIFO_STATUS寄存器(地址0x39)读取前, 至少必须有5 μ s延迟。读取数据寄存器结束的标志为从寄存器0x37至寄存器0x38的转变或 \overline{CS} 引脚变为高电平。

对于1.6 MHz或更低频率下的SPI操作, 传输的寄存器处理部分充分延迟, 确保FIFO完全弹出。对于大于1.6 MHz频率下的SPI操作, 有必要复位 \overline{CS} 引脚来确保5 μ s的总延迟; 否则, 延迟会不充分。5 MHz操作所需的总延迟时间最多为3.4 μ s。使用I²C模式时, 不用担心这个问题, 因为通信速率足够低, 确保FIFO读取间存在充分延迟。

自测

ADXL312具备自测功能，可同时有效测试机械系统和电子系统。自测功能使能时(通过DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的SELF_TEST位)，有静电力施加于机械传感器之上。与加速度同样的方式，静电力驱使力敏传感元件移动，且有助于器件体验加速度。增加的静电力导致x、y和z轴上的输出变化。因为静电力与 V_s^2 成比例，所以输出随着 V_s 而变化。该效应如图29所示。表13所示的比例因子可用于为不同的电源电压 V_s 调整预期的自测输出限值。ADXL312的自测功能也表现为双峰行为。然而，由于双峰性，表1和表14至表17所示的限值对潜在的自检值都有效。在低于100Hz或在1600Hz的数据速率下，使用自测功能，可能产生超出这些限值的值。因此，器件必须处于正常工作模式(BW_RATE寄存器的(地址0x2C)LOW_POWER位=0)，并置于100Hz至800Hz或3200 Hz的数据速率，以便自测功能正常运行。

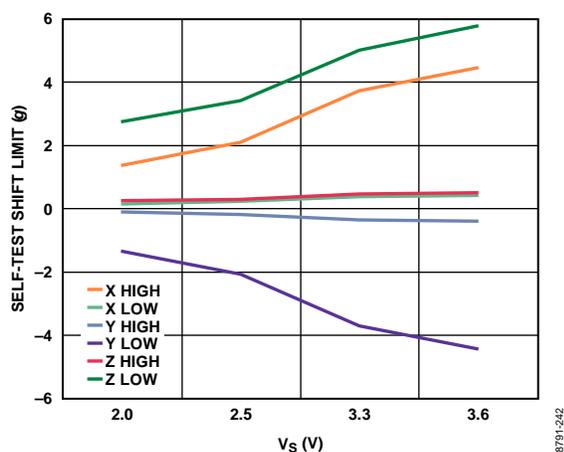


图29. 自测输出变化限值与供电电压的关系

表13. 自测输出与不同电源电压 V_s 的比例因子

电源电压(V_s)	X轴和Y轴	Z轴
2.00 V	0.64	0.8
2.50 V	1.00	1.00
3.00 V	1.77	1.47
3.30 V	2.11	1.69

表14. $\pm 1.5 g$ 的自测输出(LSB)，10位或全分辨率

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_s = V_{DD I/O} = 2.5 \text{ V}$)

轴	最小值	最大值	单位
X	65	725	LSB
Y	-725	-65	LSB
Z	100	1175	LSB

表15. $\pm 3 g$ 的自测输出(LSB)，10位分辨率

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_s = V_{DD I/O} = 2.5 \text{ V}$)

轴	最小值	最大值	单位
X	32	362	LSB
Y	-362	-32	LSB
Z	50	588	LSB

表16. $\pm 6 g$ 的自测输出(LSB)，10位分辨率

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_s = V_{DD I/O} = 2.5 \text{ V}$)

轴	最小值	最大值	单位
X	16	181	LSB
Y	-181	-16	LSB
Z	25	294	LSB

表17. $\pm 12 g$ 的自测输出(LSB)，10位分辨率

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_s = V_{DD I/O} = 2.5 \text{ V}$)

轴	最小值	最大值	单位
X	8	90	LSB
Y	-90	-8	LSB
Z	12	147	LSB

ADXL312

寄存器映射

表18. 寄存器映射

地址		名称	类型	复位值	描述
十六进制	十进制				
0x00	0	DEVID	R	11100101	器件ID。
0x01至0x1D	1至29	保留			保留。不要操作。
0x1E	30	OFSX	R/ \overline{W}	00000000	X轴偏移。
0x1F	31	OFSY	R/ \overline{W}	00000000	Y轴偏移。
0x20	32	OFSZ	R/ \overline{W}	00000000	Z轴偏移。
0x21	33	保留			保留。不要操作。
0x22	34	保留			保留。不要操作。
0x23	35	保留			保留。不要操作。
0x24	36	THRESH_ACT	R/ \overline{W}	00000000	运动阈值。
0x25	37	THRESH_INACT	R/ \overline{W}	00000000	非运动阈值。
0x26	38	TIME_INACT	R/ \overline{W}	00000000	非运动时间。
0x27	39	ACT_INACT_CTL	R/ \overline{W}	00000000	轴使能控制运动和非运动检测。
0x28	40	保留			保留。不要操作。
0x29	41	保留			保留。不要操作。
0x2A	42	保留			保留。不要操作。
0x2B	43	保留			保留。不要操作。
0x2C	44	BW_RATE	R/ \overline{W}	00001010	数据速率及功耗模式控制。
0x2D	45	POWER_CTL	R/ \overline{W}	00000000	省电特性控制。
0x2E	46	INT_ENABLE	R/ \overline{W}	00000000	中断使能控制。
0x2F	47	INT_MAP	R/ \overline{W}	00000000	中断映射控制。
0x30	48	INT_SOURCE	R	00000010	中断源。
0x31	49	DATA_FORMAT	R/ \overline{W}	00000000	数据格式控制。
0x32	50	DATA0	R	00000000	X轴数据0。
0x33	51	DATA1	R	00000000	X轴数据1。
0x34	52	DATAY0	R	00000000	Y轴数据0。
0x35	53	DATAY1	R	00000000	Y轴数据1。
0x36	54	DATAZ0	R	00000000	Z轴数据0。
0x37	55	DATAZ1	R	00000000	Z轴数据1。
0x38	56	FIFO_CTL	R/ \overline{W}	00000000	FIFO控制。
0x39	57	FIFO_STATUS	R	00000000	FIFO状态。

寄存器定义

寄存器0x00—DEVID(只读)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	1	0	0	1	0	1

DEVID寄存器保存0xE5的固定器件ID代码。

寄存器0x1E、0x1F、0x20—OFSX、OFSY、OFSZ(读/写)

OFSX、OFSY和OFSZ寄存器都为8位寄存器，在二进制补码格式中提供用户设置偏移调整，比例因子为11.6 mg/LSB (即 $0x7F = +1.5\text{ g}$)。偏移寄存器的存储值自动添加到加速度数据中，结果存储在输出数据寄存器中。

寄存器0x24—THRESH_ACT(读/写)

THRESH_ACT寄存器为8位寄存器，保存检测运动的阈值。数据格式无符号；因此，运动事件的幅度与THRESH_ACT寄存器的值进行比较。比例因子为46.4 mg/LSB。

如果使能运动中断，值为0时，可能导致工作异常。

寄存器0x25—THRESH_INACT(读/写)

THRESH_INACT寄存器为8位寄存器，保存用于检测非运动的阈值。数据格式无符号；因此，非运动事件的幅度与THRESH_INACT寄存器的值进行比较。比例因子为46.4 mg/LSB。如果使能非运动中断，值为0时，可能导致工作异常。

寄存器0x26—TIME_INACT(读/写)

TIME_INACT寄存器为8位寄存器，包含无符号时间值，表示加速度值必须在多长时间内小于THRESH_INACT寄存器中值，才能宣布存在非运动。比例因子为1 sec /LSB。有别于其他使用未滤波数据(见“阈值”部分)的中断功能，该非运动功能采用滤波输出数据。要触发非运动中断，必须生成至少一个输出采样点。如果TIME_INACT寄存器设置值小于输出数据速率的时间常数，将导致功能反应迟钝。当输出数据小于THRESH_INACT寄存器的值，值为0导致中断。

寄存器0x27—ACT_INACT_CTL(读/写)

D7	D6	D5	D4
ACT交流/直流	ACT_X使能	ACT_Y使能	ACT_Z使能
D3	D2	D1	D0
INACT交流/直流	INACT_X使能	INACT_Y使能	INACT_Z使能

ACT交流/直流位与INACT交流/直流位

设置为0时，选择直流耦合操作；设置为1时，则使能交流耦合操作。在直流耦合工作模式下，将当前加速度幅度直接与THRESH_ACT和THRESH_INACT进行比较，以确定检测到的是运动还是非运动。

在运动检测的交流耦合工作模式下，运动检测开始时的加速度值为参考值。在此基础上，将新的加速度采样与该参考值进行比较，如果差值幅度超过THRESH_ACT值，则器件会触发运动中断。

同样，在非运动检测的交流耦合工作模式下，用参考值进行比较，并在器件超过非运动阈值时更新该参考值。选择参考值之后，器件将参考值与当前加速度的差值幅度与THRESH_INACT进行比较。如果在TIME_INACT中设定的时间内差值低于THRESH_INACT的值，则认为器件处于非运动状态，并触发非运动中断。

ACT_x使能位和INACT_x使能位

设置为1时，使能x、y或z轴参与检测运动或非运动。设置为0时，从参与项排除选定轴。如果所有轴都被排除，该功能禁用。运动检测时，所有参与轴为逻辑“或”，当任意参与轴超过阈值时，运动功能触发。非运动检测时，所有参与轴为逻辑“与”，只有在特定时限内所有参与轴低于阈值时，非运动功能才会触发。

寄存器0x2C—BW_RATE(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	LOW_POWER	速率			

LOW_POWER位

LOW_POWER位设置为0时，选择正常操作；设置为1时，选择低功率操作，而此时噪声有所增加(详情见“功耗模式”部分)。

速率位

这些位能选择器件带宽和输出数据速率(详见表6和表7)。默认值为0x0A，转换为100Hz的输出数据速率。应选择适合所选通信协议和频率的输出数据速率。选择太高输出数据速率和低通信速度会导致采样丢弃。

寄存器0x2D—POWER_CTL(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	链接	AUTO_SLEEP	测量	休眠	唤醒	

链接位

当链接位设置为1且运动和非运动功能均使能时，运动功能启动将延迟，直到检测到非运动。检测到运动后，非运动检测开始，运动检测停止。该位链接运动和非运动功能。此位设置为0时，非运动功能和运动功能同时进行。其他信息见“链接模式”部分。

ADXL312

链接位清零后，建议将器件置于待机模式，然后复位为测量模式，随后写入。这样做是为了确保如果手动禁用休眠模式，该器件适当偏置，否则，链接位后的前几个数据采样点清零后，可能会有额外的噪声，特别是该位清零后器件为休眠状态时。

AUTO_SLEEP位

如果链接位置位，通过将AUTO_SLEEP位设为1，可使ADXL312在检测到非运动时(即加速度小于THRESH_INACT值并且至少持续了TIME_INACT中指定的时间)切换到休眠模式。设为0时则禁止自动切换至休眠模式。有关更多信息，请参见本节的休眠位描述。

AUTO_SLEEP清零后，建议将器件置于待机模式，然后复位为测量模式，随后写入。这样做是为了确保如果手动禁用睡眠模式，该器件适当偏置，否则，AUTO_SLEEP位后的前几个数据采样点清零后，可能会有额外的噪声，特别是该位清零后器件为休眠状态时。

测量位

测量位设置为0时，将器件置于待机模式；设置为1，则置于测量模式。ADXL312以功耗最小的待机模式上电。

休眠位

休眠位设置为0时，将器件置于普通工作模式；设置为1时，置于休眠模式。休眠模式会抑制DATA_READY(参见寄存器0x2E、寄存器0x2F和寄存器0x30)、停止对FIFO的数据传输并将采样速率切换至唤醒位规定的值。休眠模式下，只有运动功能可以使用。

休眠位清零后，建议将器件置于待机模式，然后复位为测量模式，随后写入。这样做是为了确保如果手动禁用睡眠模式，该器件适当偏置，否则，休眠位后的前几个数据采样点清零后，可能会有额外的噪声，特别是该位清零后器件为休眠状态时。

唤醒位

如表19所述，这些位控制休眠模式下的读取频率。

表19. 休眠模式下的读取频率

设置		频率(Hz)
D1	D0	
0	0	8
0	1	4
1	0	2
1	1	1

寄存器0x2E—INT_ENABLE(读/写)

D7	D6	D5	D4
DATA_READY	N/A	N/A	运动
D3	D2	D1	D0
非运动	不适用	水印	溢出

通过该寄存器的各个位设置为1，可以使能相应功能，来生成中断；设置为0时，则阻止这些功能产生中断。DATA_READY位、水印位和溢出位仅使能中断输出；这些功能总是处于使能状态。建议在使能其输出前进行中断配置。

寄存器0x2F—INT_MAP(读/写)

D7	D6	D5	D4
DATA_READY	不适用	不适用	运动
D3	D2	D1	D0
非运动	不适用	水印	溢出

该寄存器的任意位设置为0时，将发送对应中断到INT1引脚；设置为1时，则发送到INT2引脚。给定引脚的所有选定中断都为逻辑“或”。

寄存器0x30—INT_SOURCE(只读)

D7	D6	D5	D4
DATA_READY	不适用	不适用	运动
D3	D2	D1	D0
非运动	不适用	水印	溢出

该寄存器中的位置1表示对应功能已触发事件，值为0则表示没有相应的事件发生。不管INT_ENABLE寄存器设置如何，如果有相应的事件发生，DATA_READY位、水印位和溢出位始终会置位，并通过读取DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器数据来清零。如FIFO部分的FIFO模式描述所述，DATA_READY和水印位可能需要多次读取。通过读取INT_SOURCE寄存器，其他位和相应的中断清零。

寄存器0x31—DATA_FORMAT(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SELF_TEST	SPI	INT_INVERT	0	FULL_RES	对齐	范围	

DATA_FORMAT寄存器控制寄存器0x32至寄存器0x37的数据显示。除±12 g范围以外的所有数据必须剪除，避免翻转。

SELF_TEST位

SELF_TEST位设置为1时，自测力应用至传感器，造成输出数据转换。值为0时，禁用自测力。

SPI位

SPI位值为1时，将器件置于3线式SPI模式；值为0时，则将器件置于4线式SPI模式。

INT_INVERT位

INT_INVERT位值为0时，将中断设为高电平有效；值为1时，则将中断设为低电平有效。

FULL_RES位

当此位值设置为1时，该器件为全分辨率模式，输出分辨率随着范围位设置的g范围以2.9 mg/LSB的比例因子而增加。FULL_RES位设置为0时，该器件为10位模式，范围位决定最大g范围和比例因子。

对齐位

对齐位设置为1时，选择左对齐(MSB)模式；设置为0时，选择右对齐模式，并带有符号扩展功能。

范围位

这些位设置g范围，如表20所述。

表20. g范围设置

设置		g范围
D1	D0	
0	0	±1.5 g
0	1	±3 g
1	0	±6 g
1	1	±12 g

寄存器0x32至0x37—DATAx0、DATAx1、DATAY0、DATAY1、DATAZ0和DATAZ1(只读)

这6个寄存器(寄存器0x32至寄存器0x37)都为8位寄存器，用于保存各轴的输出数据。寄存器0x32和0x33保存x轴输出数据，寄存器0x34和0x35保存y轴输出数据，寄存器0x36和0x37则保存z轴输出数据。

输出数据为二进制补码，DATAx0为最低有效字节，DATAx1为最高有效字节，其中x代表X、Y或Z。DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)控制数据格式。建议所有寄存器执行多字节读取，以防止相继寄存器读取之间的数据变化。

寄存器0x38—FIFO_CTL(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FIFO_MODE		触发器		采样点			

FIFO_MODE位

这些位设置FIFO模式，如表21所述。

表21. FIFO模式

设置		模式	功能
D7	D6		
0	0	旁路	FIFO旁路。
0	1	FIFO	FIFO收集多达32个值，然后停止收集数据，只有FIFO未填满时，才收集新的数据。
1	0	流	FIFO保存最后32个数据值。FIFO填满时，新数据覆盖最早的数据。
1	1	触发	通过触发位触发时，FIFO保存触发事件前的最后数据采样点，然后继续收集数据，直到填满。FIFO填满后，不再收集新的数据。

触发位

触发位值为0时，将触发模式下的触发事件链接至INT1；值为1时，则链接至INT2。

采样点位

这些位的功能取决于选定的FIFO模式(见表22)。采样点位设置值为0时，不管选择哪种FIFO模式，INT_SOURCE寄存器中的水印状态位都会立即置位。触发模式下，如果采样点位值为0，可能会出现工作异常。

表22. 采样点位功能

FIFO模式	采样点位功能
旁路	无。
FIFO	指定触发水印中断需要的FIFO条目数。
流	指定触发水印中断需要的FIFO条目数。
触发	指定触发事件之前在FIFO缓冲区要保留的FIFO采样点数。

ADXL312

0x39—FIFO_STATUS(只读)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FIFO_TRIG	0	条目					

FIFO_TRIG位

FIFO_TRIG位值为1表示有触发事件发生，值为0则表示无FIFO触发事件发生。

条目位

这些位报告FIFO存储的数据值数量。通过DATA_X、DATA_Y和DATA_Z寄存器，可从FIFO收集数据。FIFO应采取突发读取模式或多字节读取模式，因为FIFO的任意(单字节或多字节)读取后，每个FIFO水平清零。FIFO可最多存储32个条目，相当于任何时间内最多有33项条目，因为器件的输出滤波器有一项附加条目。

应用信息

电源去耦

建议在 V_S 处连接一个 $1\ \mu\text{F}$ 钽电容(C_S)并在 $V_{DD\ I/O}$ 处连接一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 陶瓷电容($C_{I/O}$)且这两个电容应置于ADXL312电源引脚附近,以便对加速度计进行充分去耦,从而消除电源噪声。如果需要进一步去耦,与 V_S 串联一个不大于 $100\ \Omega$ 的电阻或氧化铁磁珠,可能会起作用。此外,将 V_S 上的旁路电容增加到 $10\ \mu\text{F}$ 钽电容与 $0.1\ \mu\text{F}$ 陶瓷电容并联,也可以改善噪声。

应注意确保ADXL312地与电源地之间的连接具有低阻抗,因为通过地传输的噪声与通过 V_S 传输的噪声具有类似效果。建议 V_S 和 $V_{DD\ I/O}$ 采用单独的电源,以尽量减少 V_S 电源的数字时钟噪声。如果不可行,如前面提到的,可能需要对电源进行额外滤波。

机械安装注意事项

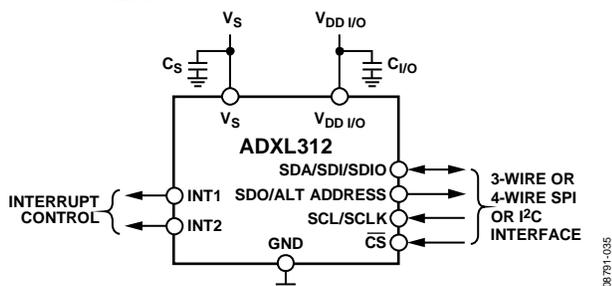


图30. 应用图

ADXL312应安装在PCB牢固安装点附近位置。如图31所示,如将ADXL312安装在无支撑的PCB位置,由于PCB振动未受到抑制,可能会导致明显测量误差。将加速度计安装在牢固安置点附近,确保加速度计上的任何PCB振动高于加速度计的机械传感器的共振频率,从而加速度计的振动实际可忽略。多个安装点时,接近传感器和/或较厚的PCB也有助于降低系统共振对传感器性能的影响。

阈值

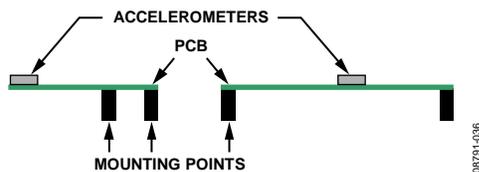


图31. 错误放置的加速度计

通过抽取器件内常见采样频率,达到较低的输出数据速率。运动检测功能使用非抽取数据来执行。由于输出数据的带宽随数据速率而改变,且低于非抽取数据的带宽,因此检查加速度计输出时用于确定运动的高频率和高g数据可能不会出现。这可能会导致在加速度数据似乎不满足用户针对相应功能设置的条件时触发功能。

链接模式

链接位的功能是通过设置使器件仅查找非运动之后的运动,从而减少处理器必须服务的运动中断数量。为确保该功能正常工作,处理器必须仍能通过读取INT_SOURCE寄存器(地址 $0x30$)进而清除中断来响应运动和非运动中断。如果运动中断不清除,器件无法进入自动休眠模式。

休眠模式与低功耗模式

在要求低数据速率和低功耗(牺牲噪声性能)的应用中,建议使用低功耗模式。使用低功耗模式时会保留DATA_READY中断和FIFO功能,以便对加速度数据进行后处理。休眠模式虽能提供低数据速率和低功耗,但并不进行数据采集。

不过,如果休眠模式与自动休眠模式和链接模式一起使用,则检测到非运动时,器件可以自动切换到低功耗、低采样速率模式。为了防止产生多余非运动中断,将自动禁用非运动中断功能,并使能运动功能。ADXL312处于休眠模式时,主机处理器也可置于休眠模式或低功耗模式,以节省大量系统功耗。检测到运动时,加速度计自动切换回应用的原始数据速率,并提供运动中断,该中断可用于唤醒主机处理器。与发生非运动事件时类似,将禁用运动事件检测,并使能非运动功能。

ADXL312

使用自测

自测变化定义为使能自测时轴的加速度输出与自测禁用时同一轴的加速度输出之间的差值(见表1的尾注4)。该定义假设传感器不在这两个测量间移动, 因为如果传感器移动, 非自测相关移位会破坏测试。

准确的自测测量需要ADXL312正确配置。器件应设置成大于或等于100Hz的数据速率。这样做是为了确保向BW_RATE寄存器(地址0x2C)的速率位(位D0至位D3)写入大于或等于0x0A的值。器件也必须置于正常功耗模式, 方法是确保BW_RATE寄存器的LOW_POWER位清零(LOW_POWER位= 0), 以启动自测测量。建议将器件设置为全分辨率12 g模式, 以确保整个自测移位有足够的动态范围。这可通过将DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的位D3置1并将值0x03写入DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的范围位(位D1和位D0)来完成。这将产生很高的测量动态范围和2.9 mg/LSB的比例因子。

针对准确自测测量对器件进行配置后, 应从传感器读取x轴、y轴和z轴加速度数据的多个样本并取平均值。系统设计人员可选择取平均值的样本数, 但建议起点为0.1秒的有效数据, 也就相当于在数据速率为100 Hz时选择10个样本。平均值应储存并适当标记为自测禁用数据, 即 X_{ST_OFF} 、 Y_{ST_OFF} 和 Z_{ST_OFF} 。

然后, 应将DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的位D7置1来使能自测。使能自测后, 输出需要一些时间(约4个样本)来建立。输出建立后, 应再次捕获x轴、y轴和z轴加速度数据的多个样本并取平均值。建议选择与之前相同数量的样本来求取此平均值。平均值应再次储存并适当标记为自测

使能数据, 即 X_{ST_ON} 、 Y_{ST_ON} 和 Z_{ST_ON} 。然后, 通过将DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)的位D7清零来禁用自测。

根据自测使能时和禁用时的存储值来计算自测变化, 如下所示:

$$X_{ST} = X_{ST_ON} - X_{ST_OFF}$$

$$Y_{ST} = Y_{ST_ON} - Y_{ST_OFF}$$

$$Z_{ST} = Z_{ST_ON} - Z_{ST_OFF}$$

由于各轴的测量输出以LSB表示, 因此 X_{ST} 、 Y_{ST} 和 Z_{ST} 也同样以LSB表示。如果配置为全分辨率模式, 这些值可以转换为加速度的g值, 方法是用2.9 mg/LSB的比例因子乘以每个值。此外, 表14至表17对应于转换为LSB的自测范围, 并可与 V_s 为3.3 V时测得的自测变化比较。其他电压下, 最小和最大自测输出值应根据(乘以)表13所示的比例因子进行调整。如果器件置于 ± 1.5 g、10位或全分辨率模式下, 则应使用表14列出的值。虽然可使用固定10位模式或12 g以外的范围, 但必须使用一组不同的值, 如表15至表17所示。使用低于6 g的范围可能会导致动态范围不足, 在选择自测测量的操作范围时应考虑到这点。

如果自测变化在有效范围内, 测试被认为是成功的。一般来说, 如果实现最小的变化幅度, 器件视为合格。不过, 变化大于最大幅度的器件不一定有故障。

高数据速率的数据格式

3200Hz和1600Hz输出数据速率下的数据格式变化取决于工作模式(全分辨率或固定10位分辨率)和所选输出范围。

在全分辨率或 $\pm 1.5g$ 、10位分辨率模式下，输出数据字的LSB始终为0。数据右对齐时，这对应于DATAx0寄存器的位D0，如图32所示。数据左对齐且器件在 $\pm 1.5g$ 、10位分辨率模式下时，输出数据字的LSB为DATAx0寄存器的位D6。在全分辨率模式下，数据左对齐时，LSB的位置根据选定的输出范围而变化。对于 $\pm 1.5g$ 范围，LSB为DATAx0寄存器的位D6；对于 $\pm 3g$ ，则为DATAx0的位D5；对于 $\pm 6g$ ，则为

DATAx0寄存器的位D4；而对于 $\pm 12g$ ，则为DATAx0寄存器的位D3，如图33所示。

在固定10位分辨率模式，当输出数据速率为3200 Hz和1600 Hz且输出范围为 $\pm 3g$ 、 $\pm 6g$ 和 $\pm 12g$ 时，得到的LSB有效且随着应用的加速度而变化。因此，在这些工作模式中，输出数据右对齐时，位D0并不总为0；输出数据左对齐时，位D6并不总为0。以800Hz或更低的数据速率工作时，在所有范围内和模式下均可得到有效的LSB，且LSB随着应用的加速度而变化。

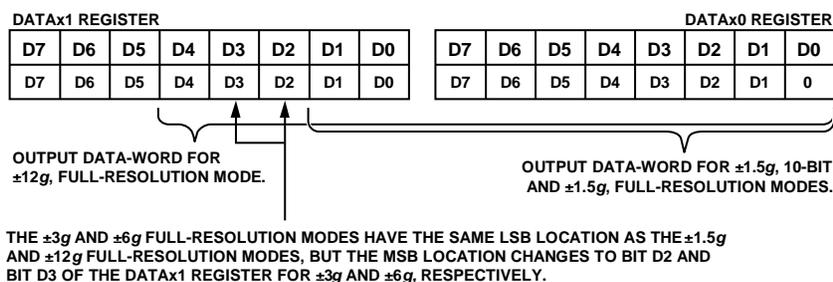


图32. 输出数据右对齐时，全分辨率和 $\pm 1.5g$ 、10位分辨率工作模式下的数据格式

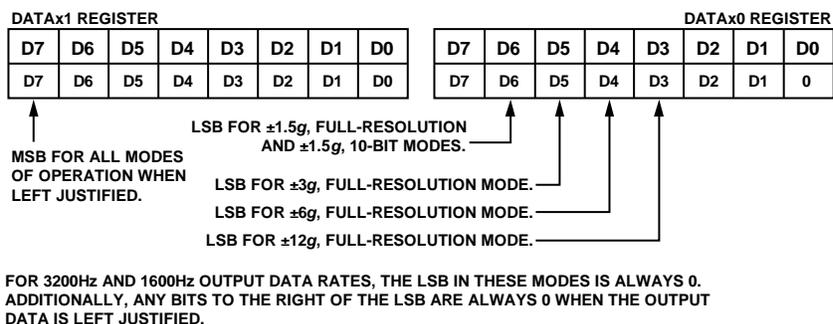


图33. 输出数据左对齐时，全分辨率和 $\pm 1.5g$ 、10位分辨率工作模式下的数据格式

ADXL312

噪声性能

表1所示的噪声规格对应于ADXL312在正常功耗模式下(BW_RATE寄存器(地址0x2C)中的LOW_POWER位 = 0)的最佳情况噪声。在数据速率小于100Hz的正常功耗模式下, ADXL312的噪声等同于100Hz输出数据速率下所产生的噪声(以LSB表示)。如果数据速率大于100Hz, 每当数据速率加倍时, 噪声即大致变大 $\sqrt{2}$ 倍。例如, 在400Hz的输出数据速率下, x轴和y轴的典型噪声小于2.0 LSB rms, z轴的典型噪声小于3.0 LSB rms。

低功耗模式(BW_RATE寄存器(地址0x2C)的LOW_POWER位 = 1)下, 对于所有有效数据速率, ADXL312的噪声均为常数, 如表7所示。x轴和y轴的典型值小于2.4 LSB rms, z轴的典型值小于3.5 LSB rms。

图34显示了ADXL312的典型艾伦偏差。如图所示, 该器件的1/f转折频率很低, 允许大约100 μg 的绝对分辨率(假定存在足够积分时间)。该图还显示x轴和y轴的噪声密度为340 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$, z轴为470 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

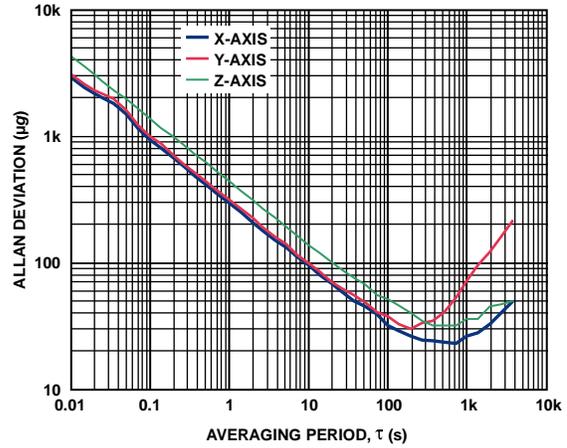


图34. 艾伦偏差

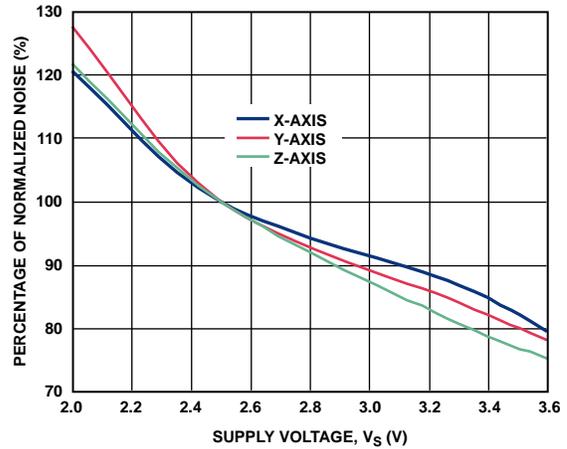


图35. 归一化噪声与电源电压 V_s 的关系

加速度灵敏度轴

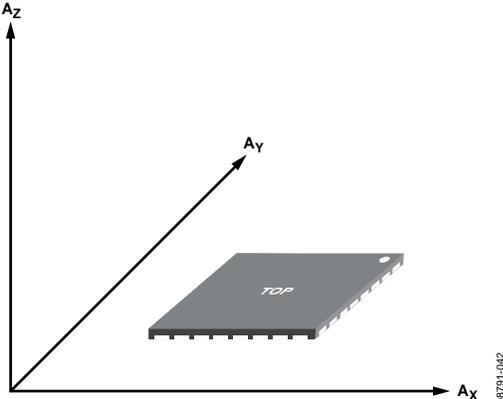


图36. 加速度灵敏度轴(沿敏感轴加速时相应输出电压增加)

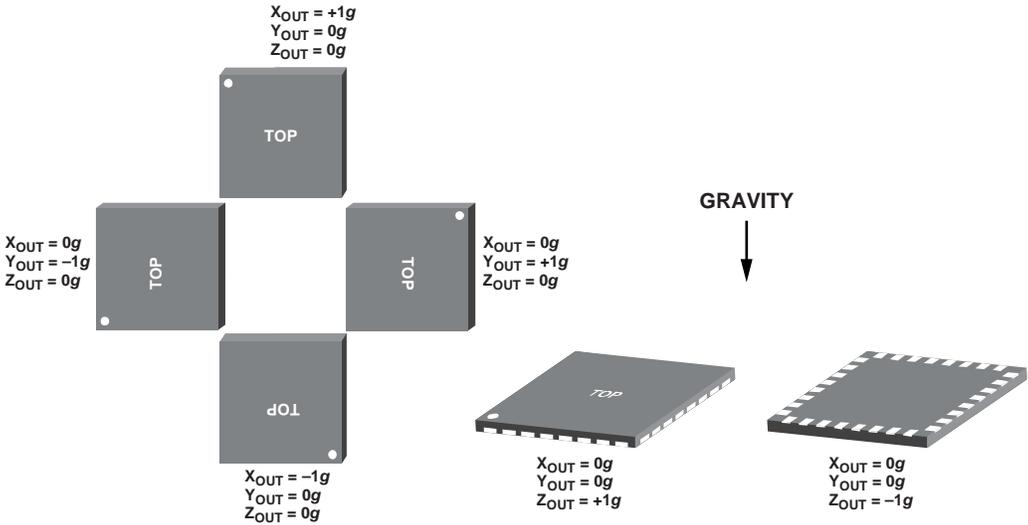


图37. 输出响应与相对于重力的方向的关系

焊接温度曲线

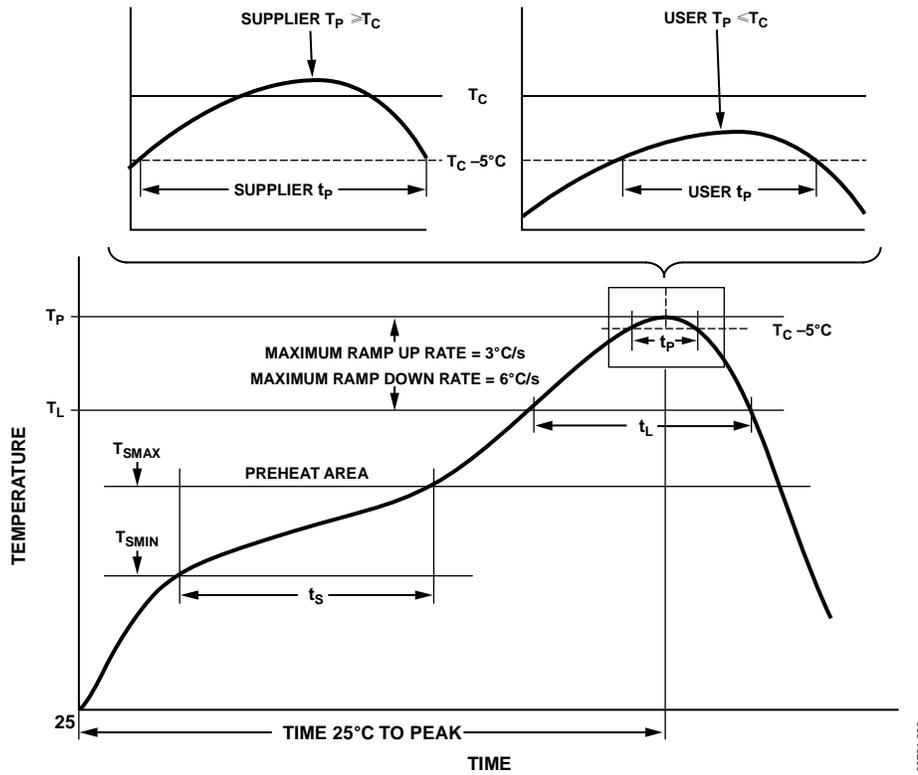


图38: 推荐的焊接温度曲线

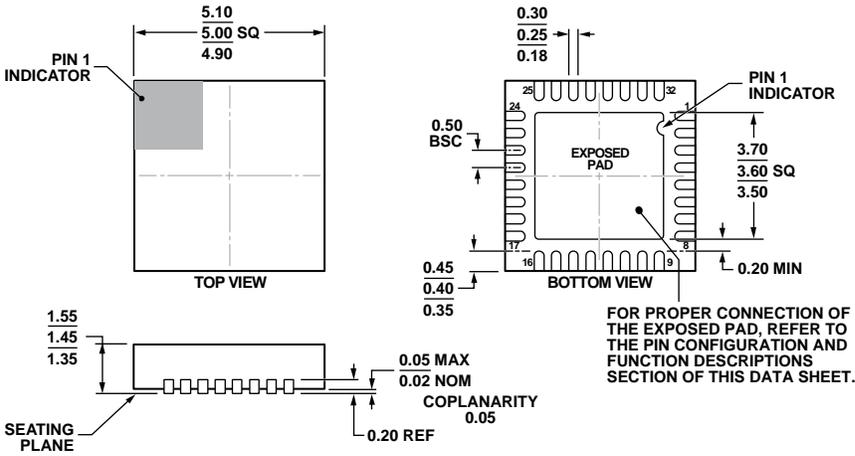
表23: 推荐的焊接温度曲线^{1,2}

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_{SMIN})	100°C	150°C
最高温度(T_{SMAX})	150°C	200°C
时间(T_{SMIN} 至 T_{SMAX}) (t_s)	60至120秒	60至180秒
T_{SMAX} 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至150秒	60至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至30秒	20至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)

¹ 基于JEDEC标准J-STD-020D.1

² 要得到最好结果, 焊接外形应符合所用焊膏厂家的推荐规范。

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-254-LJJD.

图39. 32引脚架构芯片级封装[LFCSP_LQ] 5 mm × 5 mm
厚四方体(CP-32-17)
尺寸单位: mm

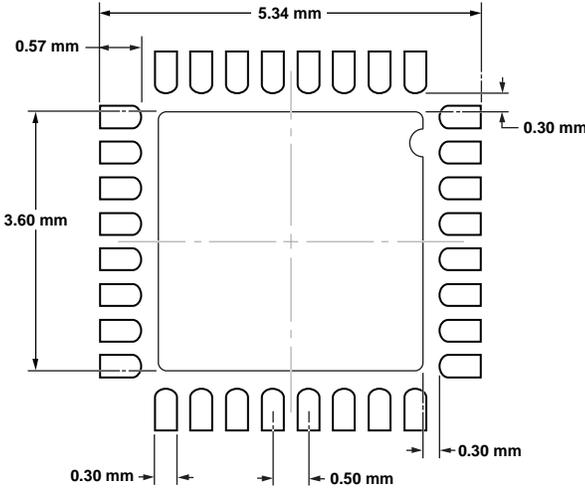


图40. 样片焊盘布局(焊盘图形)

12-03-2010-B

08751-038

ADXL312

订购指南

型号 ^{1,2}	测量范围	额定电压(V)	温度范围	封装描述	封装选项
ADXL312WACPZ	±1.5 g, ±3 g, ±6 g, ±12 g	3.3	-40°C至+105°C	32引脚引脚架构芯片级封装 [LFCSP_LQ]	CP-32-17
ADXL312WACPZ-RL	±1.5 g, ±3 g, ±6 g, ±12 g	3.3	-40°C至+105°C	32引脚引脚架构芯片级封装 [LFCSP_LQ]	CP-32-17
ADXL312ACPZ	±1.5 g, ±3 g, ±6 g, ±12 g	3.3	-40°C至+105°C	32引脚引脚架构芯片级封装 [LFCSP_LQ]	CP-32-17
ADXL312ACPZ-RL	±1.5 g, ±3 g, ±6 g, ±12 g	3.3	-40°C至+105°C	32引脚引脚架构芯片级封装 [LFCSP_LQ]	CP-32-17
EVAL-ADXL312Z EVAL-ADXL312Z-M EVAL-ADXL312Z-S				评估板 评估板 评估板	

¹Z = 符合RoHS标准的器件

²W = 通过汽车应用认证

汽车应用级产品

ADXL312W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。

I²C指最初由Philips Semiconductors(现为NXP Semiconductors)开发的一种通信协议。