

产品特性

- 低功耗：测量模式下低至35 μA，
待机模式下为0.1 μA ($V_s = 2.5 V$)
- 功耗随带宽自动按比例变化
- 嵌入式、32级FIFO缓冲器可将处理器的负载降至最低
- 带宽高达1 kHz
- 通过串行命令可选带宽
- 冲击事件检测
- 活动/非活动监控
- 电源电压范围：2.0 V至3.6 V
- I/O电压范围：1.7 V至 V_s
- SPI(3线式或4线式)和I²C数字接口
- 宽工作温度范围：-40°C至+85°C
- 抗冲击能力：10,000 g
- 无铅/符合RoHS标准
- 小而薄：3 mm × 5 mm × 1 mm LGA封装

应用

- 脑震荡和头部创伤检测
- 强力事件检测

概述

ADXL375是一款小而薄的3轴加速度计，具有低功耗和高分辨率性能，测量范围达±200 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。

集成式存储器管理系统采用32级先进先出(FIFO)缓冲器，可用于存储数据，从而将主机处理器负荷降至最低，并降低整体系统功耗。

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。

ADXL375采用3 mm × 5 mm × 1 mm、14引脚小型超薄LGA封装。

功能框图

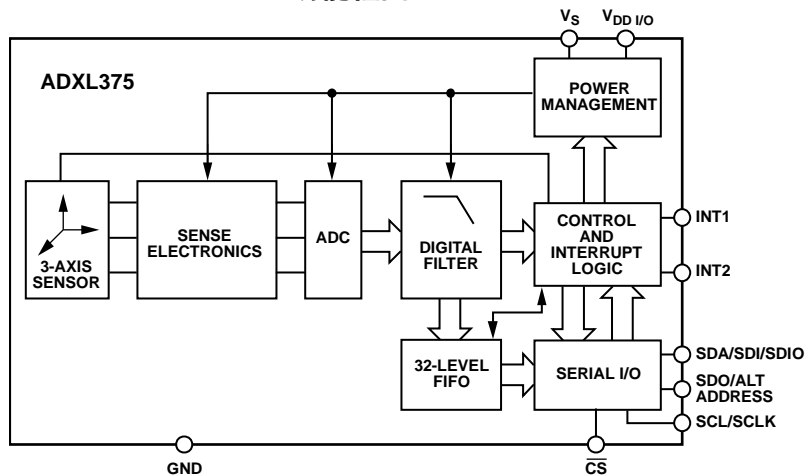


图1.

Rev. B

Document Feedback

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 ©2013–2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support www.analog.com

目录

特性.....	1	串行通信.....	15
应用.....	1	SPI模式.....	15
概述.....	1	I ² C模式.....	18
功能框图.....	1	寄存器映射.....	20
修订历史.....	2	寄存器描述.....	21
技术规格.....	3	应用信息.....	26
绝对最大额定值.....	4	电源去耦.....	26
热阻.....	4	机械安装注意事项.....	26
ESD警告.....	4	冲击检测.....	26
焊接温度曲线.....	5	阈值检测和带宽.....	27
引脚配置和功能描述.....	6	链接模式.....	27
典型性能参数.....	7	休眠模式与低功耗模式.....	28
工作原理.....	10	偏移校准.....	28
电源时序.....	10	输出数据速率为3200 Hz和1600 Hz下的数据格式化 ...	28
功耗和输出数据速率.....	10	使用自测功能.....	29
省电模式.....	11	加速度灵敏度轴.....	30
FIFO缓冲器.....	11	布局和设计建议.....	31
自测.....	12	封装信息.....	31
中断.....	13	外形尺寸.....	32
使能和禁用中断.....	13	订购指南.....	32
清零中断.....	13		
中断寄存器中的位.....	13		

修订历史

2014年4月—修订版A至修订版B

更改图24.....	15
更改寄存器0x1E、寄存器0x1F、寄存器0x20—OFSX、 OFSY、OFSZ(读/写)部分.....	21

2013年9月—修订版0至修订版A

产品名称中增加MEMS.....	1
------------------	---

2013年8月—修订版0:初始版

技术规格

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.5\text{ V}$, $V_{DDIO} = 2.5\text{ V}$, 加速度 = 0 g, $C_S = 10\ \mu\text{F}$ 钽电容, $C_{IO} = 0.1\ \mu\text{F}$, 输出数据速率(ODR) = 800 Hz。

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值 ¹	最大值	单位
传感器输入	各轴				
测量范围 ²		±180	±200		g
非线性度	满量程百分比		±0.25		%
跨轴灵敏度 ³			±2.5		%
满量程百分比	各轴				
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 的灵敏度 ^{2,4}	ODR ≤ 800 Hz	18.4	20.5	22.6	LSB/g
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 的比例因子 ^{2,4}	ODR ≤ 800 Hz	44	49	54	mg/LSB
温度引起的灵敏度变化			±0.02		%/°C
0 g偏移	各轴				
X_{OUT} 、 Y_{OUT} 、 Z_{OUT} 的0 g输出		-6000	±400	+6000	mg
0 g偏移与温度的关系			±10		mg/°C
噪声	X、Y、Z轴		5		mg/√Hz
输出数据速率和带宽 ⁵					
输出数据速率(ODR) ^{4,6}		0.1		3200	Hz
自测 ⁷					
Z轴上的输出变化			6.4		g
电源					
工作电压范围(V_S)		2.0	2.5	3.6	V
接口电压范围(V_{DDIO})		1.7	1.8	V_S	V
电源电流					
测量模式	ODR ≥ 100 Hz		145		μA
	ODR ≤ 3 Hz		35		μA
待机模式			0.1		μA
开启和唤醒时间 ⁸	ODR = 3200 Hz		1.4		ms
温度					
工作温度范围		-40		+85	°C
重量					
器件重量			30		mg

¹ 除灵敏度以外, 典型技术规格针对至少68%的零件总体, 并基于平均±1σ分布的最差情况, 表示目标值。

² 最小和最大规格表示平均±3σ分布的最差情况, 且生产中不能保证。

³ 跨轴灵敏度定义为任意两轴之间的耦合。

⁴ 1600 Hz和3200 Hz输出数据速率下的输出格式与其他输出数据速率下的输出格式不同。更多信息, 请参见“输出数据速率为3200 Hz和1600 Hz下的数据格式化”部分。

⁵ 带宽为-3 dB频率, 为输出数据速率的一半: 带宽 = ODR/2。

⁶ 输出数据速率低于6.25 Hz时, 表示额外失调偏移随温度增加而变化。

⁷ 自测变化定义为SELF_TEST位=1(DATA_FORMAT寄存器, 地址0x31)时的输出(g)减去SELF_TEST位=0时的输出(g)。由于器件过滤的作用, 启用或禁用自测时, 输出在 $4 \times \tau$ 后达到最终值, 其中 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。为使自测正常运行, 器件必须在正常功率下操作(LOW_POWER位 = 0, 在BW_RATE寄存器内, 地址0x2C)。

⁸ 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 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。

ADXL375

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
有电	10,000 g
V_S	-0.3 V 至 +3.9 V
$V_{DDI/O}$	-0.3 V 至 +3.9 V
数字引脚	-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)	未定
温度范围	
有电	-40°C 至 +105°C
存储	-40°C 至 +105°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。这只是额定最大值, 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。

热阻

θ_{JA} 针对最差条件, 即焊接在电路板上的器件为表贴封装。

表3.封装特性

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
14引脚 LGA	150	85	°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。

焊接温度曲线

图2和表4提供推荐的焊接温度曲线信息。

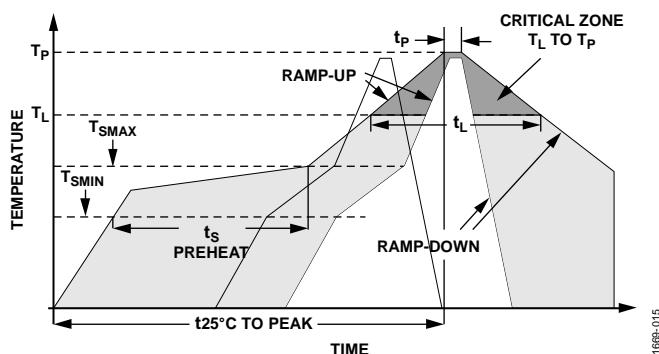


图2. 推荐的焊接曲线

表4. 推荐的焊接温度曲线限值^{1,2}

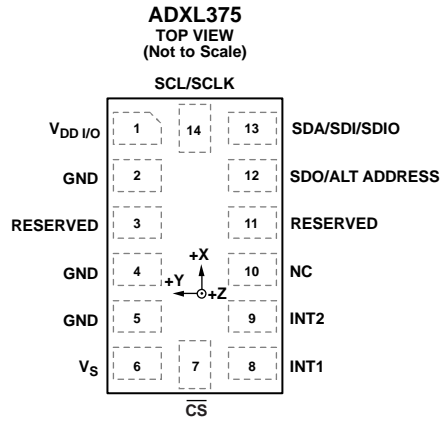
外形特征	Sn63/Pb37	无铅
平均斜坡速率(T_L 至 T_p)	3°C/秒(最大值)	3°C/秒(最大值)
预热		
最低温度(T_{SMIN})	100°C	150°C
最高温度(T_{SMAX})	150°C	200°C
从 T_{SMIN} 到 T_{SMAX} 的时间(t_s)	60秒至120秒	60秒至180秒
斜坡速率(T_{SMAX} 至 T_L)	3°C/秒(最大值)	3°C/秒(最大值)
液态温度(T_L)	183°C	217°C
T_L 以上维持时间(t_L)	60秒至150秒	60秒至150秒
峰值温度(T_p)	240°C + 0°C/-5°C	260°C + 0°C/-5°C
实际 T_p 在5°C以内的时间(t_p)	10秒至30秒	20秒至40秒
斜坡速率	6°C/秒(最大值)	6°C/秒(最大值)
从25°C ($t_{25°C}$)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。

ADXL375

引脚配置和功能描述



NOTES
1. NC = NOT INTERNALLY CONNECTED.

11695-002

图3. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	V _{DD I/O}	数字接口电源电压。
2	GND	地。该引脚必须接地。
3	RESERVED	保留。该引脚必须连接到VS或保持断开。
4	GND	地。该引脚必须接地。
5	GND	地。该引脚必须接地。
6	V _S	电源电压。
7	CS	片选。
8	INT1	中断1输出。
9	INT2	中断2输出。
10	NC	内部不连接。
11	RESERVED	保留。该引脚必须接地或保持断开。
12	SDO/ALT ADDRESS	SPI 4线式串行数据输出(SDO)/I ² C备用地址选择(ALT ADDRESS)。
13	SDA/SDI/SDIO	I ² C串行数据(SDA)/SPI 4线式串行数据输入(SDI)/SPI 3线式串行数据输入和输出(SDIO)。
14	SCL/SCLK	I ² C串行通信时钟(SCL)/SPI串行通信时钟(SCLK)。

典型性能参数

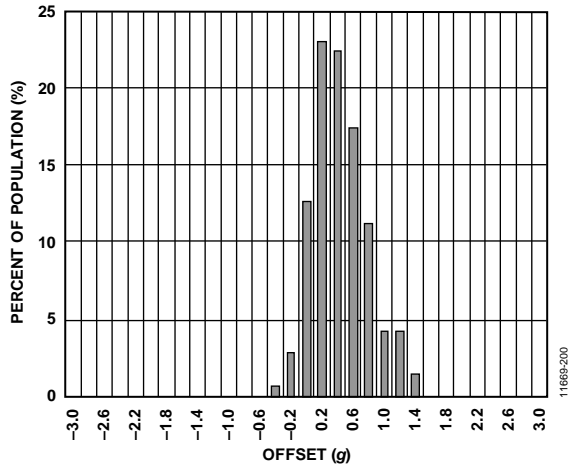


图4. 25°C时的X轴0g偏移($V_s = 2.5\text{ V}$)

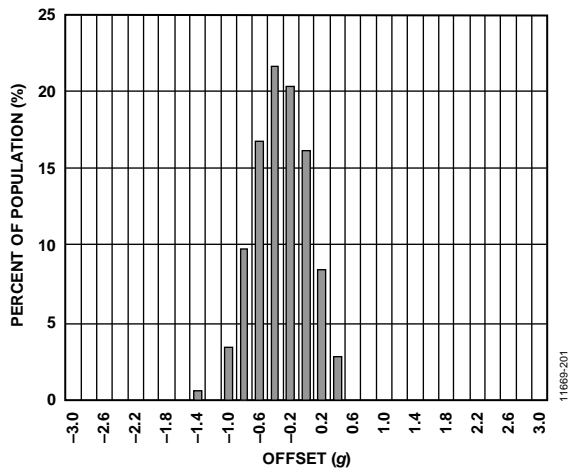


图5. 25°C时的Y轴0g偏移($V_s = 2.5\text{ V}$)

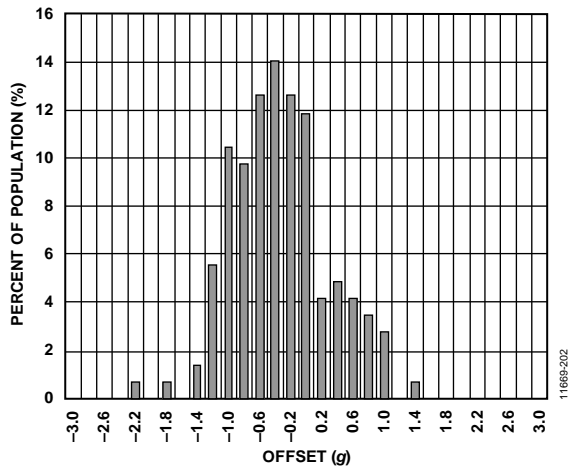


图6. 25°C时的Z轴0g偏移($V_s = 2.5\text{ V}$)

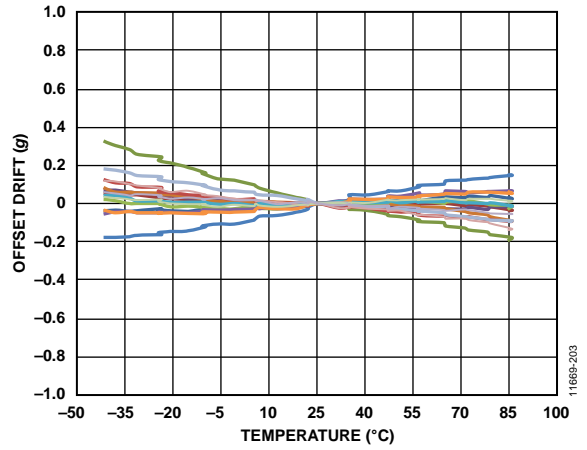


图7. X轴失调偏移(15个器件焊接至PCB, $V_s = 2.5\text{ V}$)

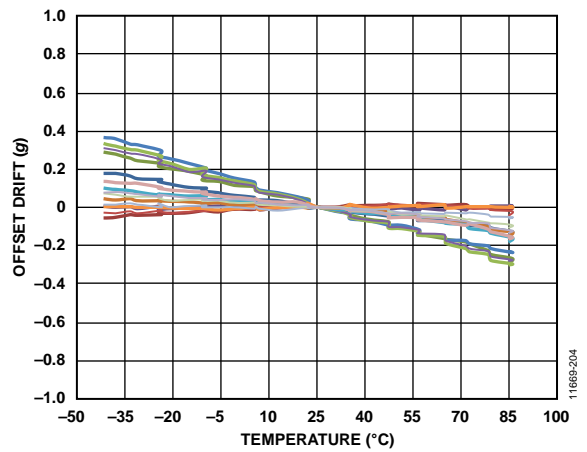


图8. Y轴失调偏移(15个器件焊接至PCB, $V_s = 2.5\text{ V}$)

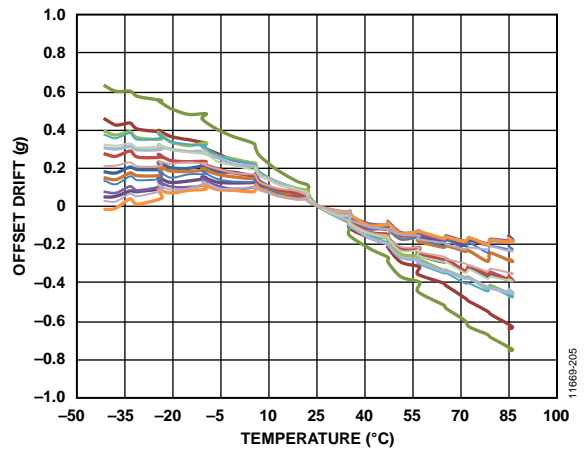


图9. Z轴失调偏移(15个器件焊接至PCB, $V_s = 2.5\text{ V}$)

ADXL375

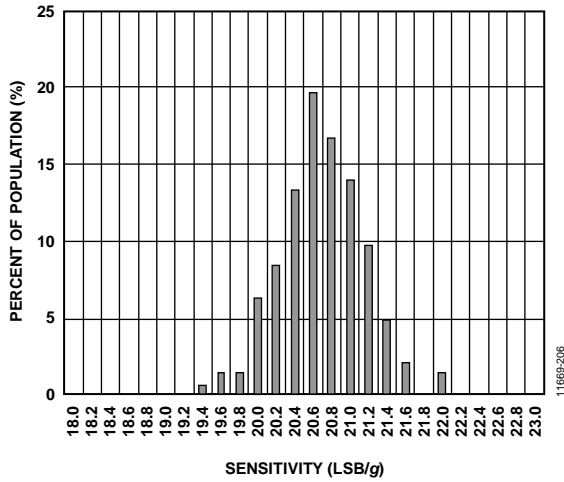


图10. X轴灵敏度(25°C, $V_s = 2.5 V$)

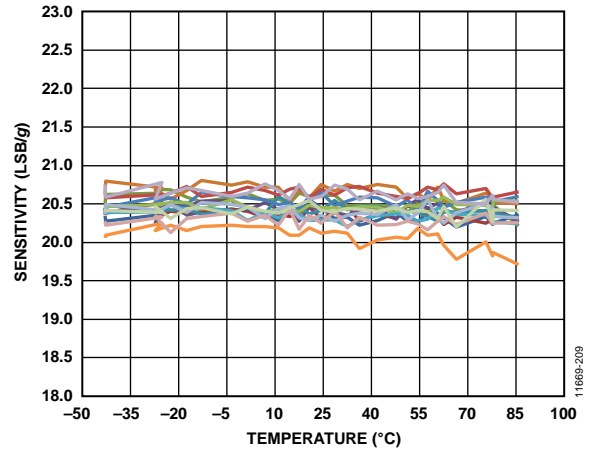


图13. X轴灵敏度与温度的关系(16个器件焊接到PCB, $V_s = 2.5 V$)

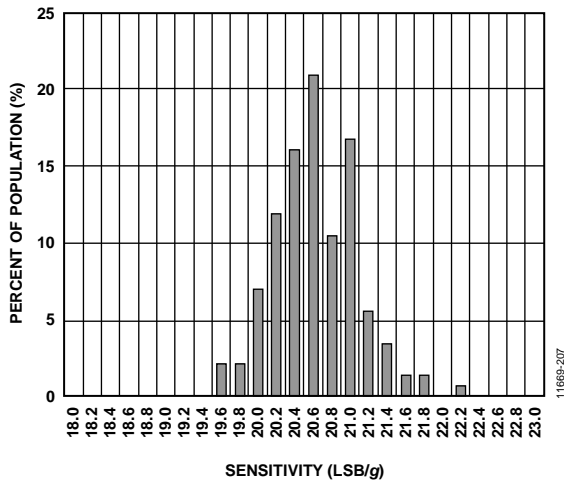


图11. Y轴灵敏度(25°C, $V_s = 2.5 V$)

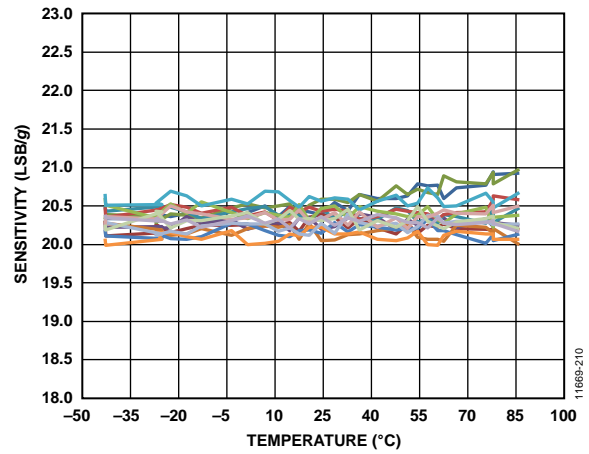


图14. Y轴灵敏度与温度的关系(16个器件焊接到PCB, $V_s = 2.5 V$)

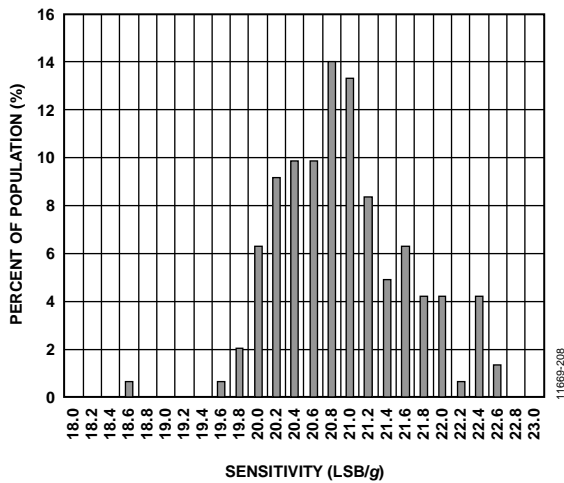


图12. Z轴灵敏度(25°C, $V_s = 2.5 V$)

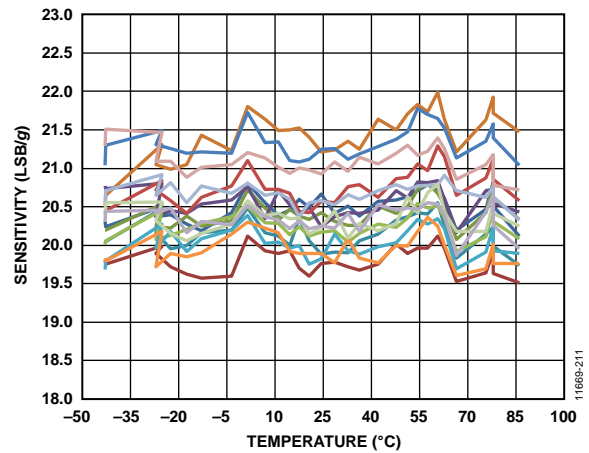


图15. Z轴灵敏度与温度的关系(16个器件焊接到PCB, $V_s = 2.5 V$)

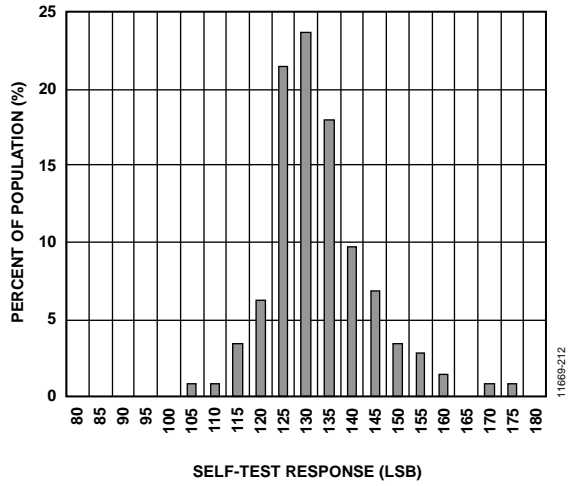


图16. 25°C时的Z轴自测响应, $V_s = 2.5\text{ V}$

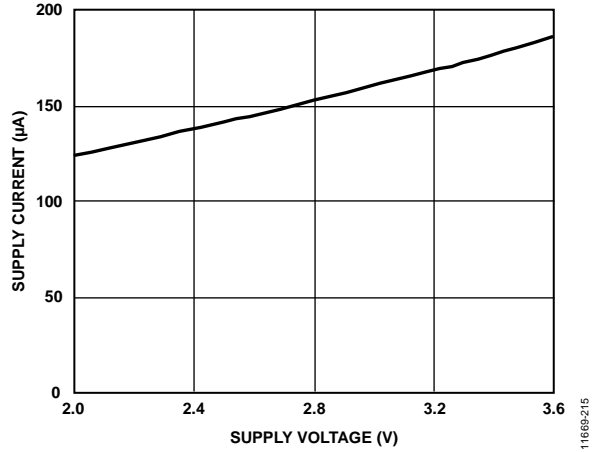


图19. 25°C时的电源电流与电源电压(V_s)的关系

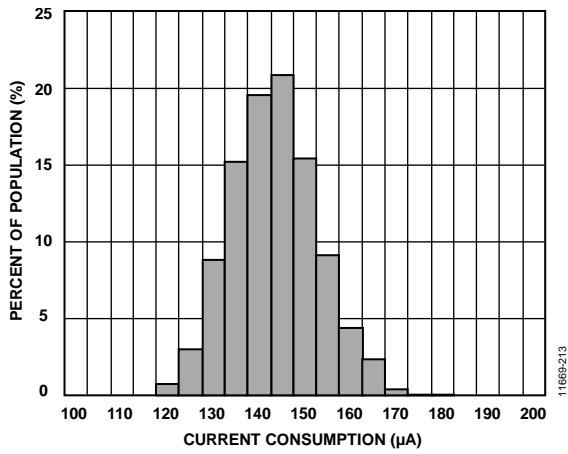


图17. 25°C时的功耗, 100 Hz输出数据速率, $V_s = 2.5\text{ V}$

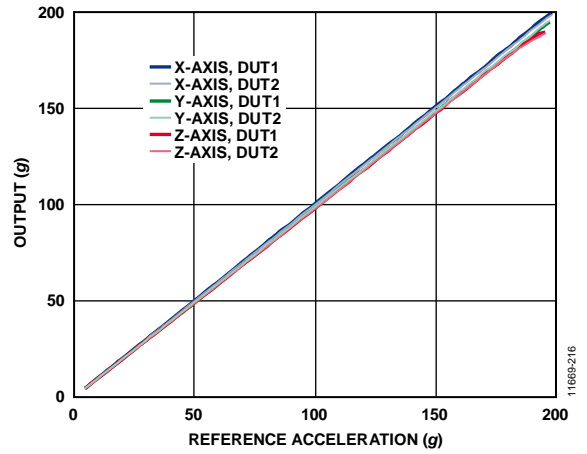


图20. 动态范围内的输出线性度

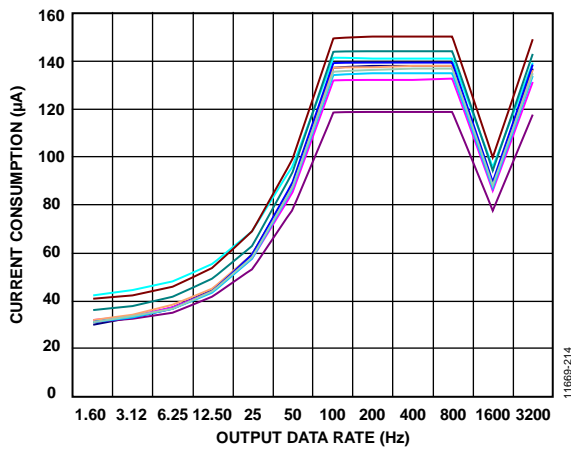


图18. 25°C时功耗与输出数据速率的关系(10个器件焊接到PCB, $V_s = 2.5\text{ V}$)

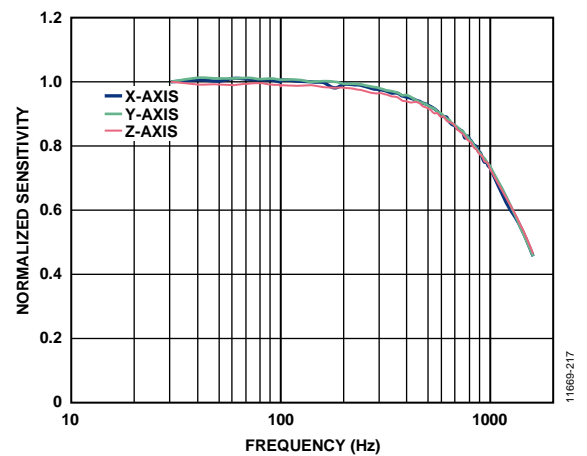


图21. 频率响应

工作原理

ADXL375是一款完整的3轴加速度测量系统，测量范围为±200 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。

该传感器为多晶硅表面微加工结构，置于晶圆顶部。多晶硅弹簧将该结构悬挂于晶圆表面之上，并抵抗加速度力。

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。加速度使惯性质量偏转，差分电容失衡，从而传感器输出的幅度与加速度成正比。相敏解调用于确定加速度的幅度和极性。

电源时序

电源能以任何时序施加到 V_S 或 $V_{DDI/O}$ 而不会损坏ADXL375。表7描述了所有功耗模式。接口电压电平通过接口电源电压 $V_{DDI/O}$ 设置，其存在确保了ADXL375跟通信总线不冲突。单电源供电模式中， $V_{DDI/O}$ 可以等于主电源 V_S 。然而，在双电源应用中， $V_{DDI/O}$ 可不等于 V_S ，只要 V_S 大于或等于 $V_{DDI/O}$ ，就可以适应所需的接口电压。

施加 V_S 后，器件进入待机模式。在待机模式下，功耗达到最小，器件等待施加 $V_{DDI/O}$ 和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(位D3)启动。

器件处于待机模式时，任何寄存器都可以写入或读取。建议在使能测量模式之前，首先在待机模式下对器件进行配置。清除测量位，器件返回到待机模式。

功耗和输出数据速率

ADXL375自动调节功耗，使其与输出数据速率成比例(见表6)。器件带宽和输出数据速率由BW_RATE寄存器(地址0x2C)中的速率位(位[D3:D0])指定。

表6. 典型功耗与数据速率($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.5\text{ V}$, $V_{DDI/O} = 1.8\text{ V}$)

速率位	输出数据速率 (Hz)	带宽(Hz)	I_{DD} (μA)
1111	3200	1600	145
1110	1600	800	90
1101	800	400	140
1100	400	200	140
1011	200	100	140
1010	100	50	140
1001	50	25	90
1000	25	12.5	60
0111	12.5	6.25	50
0110	6.25	3.13	40
0101	3.13	1.56	35
0100	1.56	0.78	35
0011	0.78	0.39	35
0010	0.39	0.20	35
0001	0.20	0.10	35
0000	0.10	0.05	35

表7. 功耗模式

功耗模式	V_S	$V_{DDI/O}$	说明
关断	关	关	该器件完全关断，但依然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，并且存在通信总线冲突。上电时应尽量减少总线禁用状态持续时间，以防通信总线冲突。
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	上电时，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。

省电模式 低功耗模式

提供低功耗模式，进一步省电。在低功耗模式下，内部采样速率降低，12.5 Hz至400 Hz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D4)。表8显示低功耗模式下不同输出数据速率的功耗，从中可见低功耗模式的优势。

表8. 典型功耗与数据速率(低功耗模式, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.5\text{ V}$, $V_{DDIO} = 1.8\text{ V}$)

速率位	输出数据速率(Hz)	带宽(Hz)	I_{DD} (μA)
1100	400	200	90
1011	200	100	60
1010	100	50	50
1001	50	25	45
1000	25	12.5	40
0111	12.5	6.25	35

对于表8中未显示的数据速率，则相对于正常功耗模式而言，使用低功耗模式并无任何优势。因此，建议只在表8所列的数据速率下使用低功耗模式。

自动休眠模式

通过让ADXL375在静止期间自动切换到休眠模式，可以进一步节省功耗。如需使能自动休眠模式：

1. 将THRESH_INACT寄存器(地址0x25)和TIME_INACT寄存器(地址0x26)设为表示静止的数值。合适的数值视应用而定。
2. 设置POWER_CTL寄存器(地址0x2D)中的AUTO_SLEEP位(位D4)和链接位(位D5)。

V_S 为2.5 V时，自动休眠模式下低于12.5 Hz数据速率的功耗典型值为35 μA 。

有关使用低功耗模式和自动休眠模式的优势信息，请参见“休眠模式与低功耗模式”部分。

待机模式

更低功率操作，也可以使用待机模式。待机模式下，功耗降低到0.1 μA (典型值)。在此模式下，不进行测量，但FIFO缓冲器上存在数据。清零POWER_CTL寄存器(地址0x2D)中的测量位(位D3)即可进入待机模式。

FIFO缓冲器

ADXL375包含嵌入式存储器管理系统专利技术，采用32位FIFO缓冲器，可将主机处理器负荷降至最低。缓冲分四种模式：旁路、FIFO、流和触发模式。在FIFO_CTL寄存器(地址0x38，见表9)内设置FIFO_MODE位(位[D7: D6])，可选择各模式。

表9. FIFO模式(FIFO_CTL寄存器，地址0x38)

设置		FIFO模式	说明
D7	D6		
0	0	旁路	旁路FIFO缓冲器。
0	1	FIFO	FIFO缓冲器收集多达32个样本，然后停止收集数据，只有缓冲器未填满时，才收集新的数据。
1	0	流	FIFO缓冲器保留最后32个样本。缓冲器填满时，新数据覆盖最早的数据。
1	1	触发器	FIFO缓冲器保存触发事件前的最后样本，然后继续收集数据，直到填满缓冲器。只有缓冲器未填满时才会收集新数据。

有关FIFO缓冲器和FIFO模式的详细说明，请参阅[应用笔记AN-1025](#)；ADI公司数字加速度计中先进先出(FIFO)缓冲器的使用。

旁路模式

旁路模式下，FIFO缓冲器不可操作，因而仍然为空。

FIFO模式

在FIFO模式下，x、y、z轴的测量数据存储于FIFO缓冲器中。当FIFO缓冲器中的样本数与FIFO_CTL寄存器(地址0x38)采样位规定的数量相等时，水印中断置位(参见“水印位”部分)。FIFO缓冲器继续收集样本，直到填满(x、y和z轴测量的32个样本)，然后停止收集数据。

FIFO缓冲器停止收集数据后，该器件继续工作，因此，FIFO缓冲器填满后，冲击检测等功能可以使用。水印中断位保持置位，直到FIFO缓冲器中的样本数量少于FIFO_CTL寄存器的采样位存储值。

流模式

在流模式下，x、y、z轴的测量数据存储于FIFO缓冲器中。当FIFO缓冲器中的样本数与FIFO_CTL寄存器(地址0x38)采样位规定的数量相等时，水印中断置位(参见“水印位”部分)。FIFO缓冲器继续收集样本；缓冲器保存从x、y和z轴收集的最近32个样本。新数据更新后，丢弃旧数据。水印中断位保持置位，直到FIFO缓冲器中的样本数量少于FIFO_CTL寄存器的采样位存储值。

触发模式

触发模式下，FIFO缓冲器收集样本，保存从x、y和z轴收集的最近32个样本。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寄存器中的触发位)，同时置位FIFO_STATUS寄存器(地址0x39)中的FIFO_TRIG位(位D7)。

FIFO缓冲器保留最后n个样本(n等于FIFO_CTL寄存器采样位指定的数值)，然后在FIFO模式下运行，只有FIFO缓冲器未填满时才会收集新的样本。从触发事件发生到开始FIFO缓冲器数据回读，之间至少延迟5 μ s，以便缓冲器丢弃和保留必要样本。

器件复位至触发模式后，才能识别额外的触发事件。如需将器件复位至触发模式：

1. 必要的话，可从FIFO缓冲器读取数据(参见“从FIFO缓冲器获取数据”部分)。

将器件复位至触发模式前，先回读FIFO数据；将器件设为旁路模式可清零FIFO缓冲器。

2. 将地址0x38的位[D7:D6]置位为00，配置器件的旁路模式。
3. 将地址0x38的位[D7:D6]置位为11，配置器件的触发模式。

从FIFO缓冲器获取数据

FIFO缓冲器工作在FIFO模式、流模式或触发模式时，可从数据寄存器(地址0x32至地址0x37)读取FIFO数据。每次从FIFO缓冲器读取数据，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样本的剩余数据字节会丢失。因此，所有目标轴的数据应以突发(多字节)读取操作进行读取。为确保FIFO缓冲器为空(即所有新数据移入数据寄存器)，在数据寄存器回读结束后以及数据寄存器或FIFO_STATUS寄存器(地址0x39)新数据读取前的这一段时间至少间隔5 μ s。读数数据寄存器结束的标志为从寄存器0x37至寄存器0x38的转换，或 \overline{CS} 引脚变为高电平。

当SPI操作在1.6 MHz或更低频率下使能时，传输的寄存器处理部分充分延迟，确保FIFO缓冲器完全清零。当SPI操作在高于1.6 MHz的频率下使能时，CS引脚必须解除置位，以确保总延迟为5 μ s；否则，延迟会不够充分。当SPI操作在5 MHz使能时，所需的总延迟最多为3.4 μ s。

器件使能I²C模式时，通信速率足够低，确保两次FIFO读取之间具有充分延迟。

自测

ADXL375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，且有助于器件体验外部加速度。增加的静电力导致x、y和z轴上的输出变化。静电力与VS2成比例，因此输出随V_S而变化。

X轴和y轴上的自测响应表现出双峰特性，因此不能始终可靠地指示传感器的健康状况或潜在的器件灵敏度偏移。由于这个原因，在z轴上执行自测检查。

在低于100 Hz或1600 Hz的数据速率上使用自测功能可能会产生图16所示限值以外的数值。若要使自测功能正常工作，器件必须处于正常工作模式(BW_RATE寄存器中的LOW_POWER位 = 0，地址0x2C)，并配置为100 Hz至800 Hz或3200 Hz的数据速率(见表6)。

有关自测功能的更多信息，请参见“使用自测”部分。

中断

ADXL375为驱动中断提供两个输出引脚：INT1和INT2。两个中断引脚均为推挽低阻抗引脚(输出规格见表10)。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(位D5)，可以将极性更改为低电平有效。所有中断功能可同时使能，但某些功能可能需要共享同一个中断引脚。

使能和禁用中断

设置INT_ENABLE寄存器(地址0x2E)的适当位可使能中断；根据INT_MAP寄存器(地址0x2F)内容可确定中断映射到INT1引脚或INT2引脚。用户首次配置中断引脚时，建议使能中断前完成功能和中断映射的配置。

请遵循如下步骤，更改中断配置：

1. 通过清零INT_ENABLE寄存器中对应功能的位，可禁用中断。
2. 重新配置中断功能。
3. 在INT_ENABLE寄存器中重新使能中断。

中断禁用时，功能配置有助于防止中断意外发生。

清零中断

可根据下列步骤锁存并清零中断功能：

1. 读取数据寄存器(地址0x32至地址0x37)清零与数据有关的中断。
2. 读取INT_SOURCE寄存器(地址0x30)清零余下的中断。

中断寄存器中的位

本节描述了INT_ENABLE寄存器(地址0x2E)的中断设置和INT_SOURCE寄存器(地址0x30)的中断监测。

有关FIFO缓冲器和中断位的详细说明，请参阅[应用笔记AN-1025](#)：ADI公司数字加速度计中先进先出(FIFO)缓冲器的使用。

DATA_READY位

当有新的数据产生时，DATA_READY中断置位；当没有新的数据时，DATA_READY中断清除。

SINGLE_SHOCK位

加速度值超过THRESH_SHOCK寄存器(地址0x1D)值，并且持续时间小于DUR寄存器(地址0x21)规定的时间范围的时候，SINGLE_SHOCK中断置位。更多信息参见“冲击检测”部分。

DOUBLE_SHOCK位

当发生两次加速度事件，其值超过THRESH_SHOCK寄存器(地址0x1D)中的值并且持续时间小于DUR寄存器(地址0x21)规定的时间时，DOUBLE_SHOCK位置位。第二次冲击事件在延迟寄存器(地址0x22)规定的时间后开始，但须在窗口寄存器(地址0x23)规定的时间以内。更多信息参见“冲击检测”部分。

Activity位

当任意活动轴上的加速度值超过THRESH_ACT寄存器(地址0x24)的存储值时，activity位置位。活动轴由ACT_IN_ACT_CTL寄存器(地址0x27)指定。

表10. 中断引脚数字输出规格

参数	测试条件/注释	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	$f_{IN} = 1 \text{ MHz}, V_S = 2.5 \text{ V}$		8	pF
上升/下降时间	$C_{LOAD} = 150 \text{ pF}$			
上升时间(t_r) ²			210	ns
下降时间(t_f) ³			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。

ADXL375

Inactivity位

当加速度值小于THRESH_INACT寄存器(地址0x25)的存储值且在所有活动轴上的时间超过TIME_INACT寄存器(地址0x26)中所规定的时间时, inactivity位置位。活动轴由ACT_INACT_CTL寄存器(地址0x27)指定。TIME_INACT最大值为255秒。

水印位

FIFO缓冲器的样本数等于FIFO_CTL寄存器(地址0x38)采样位(位[D4:D0])中存储的值时, 水印位置位。读取FIFO缓冲器时, 水印位自动清零, FIFO内容返回至比采样位中存储值更低的数值。

溢出位

当有新采样点更新了未被读取的前次采样点时, 溢出位置位。溢出功能与FIFO的工作模式有关(参见“FIFO缓冲器”部分)。

- 在旁路模式下, 如果新数据替换了数据寄存器(地址0x32至地址0x37)中的未读数据, 则溢出位置位。
- 在FIFO模式、流模式和触发模式下, 当FIFO缓冲器存满时, 溢出位置位。

读取FIFO缓冲器内容后, 溢出位自动清零。

串行通信

ADXL375支持I²C和SPI数字通信。上述两种情况下，ADXL375作为从机运行。当 $\overline{\text{CS}}$ 引脚连接高电平($V_{\text{DDI/O}}$)，则使能I²C模式。 $\overline{\text{CS}}$ 引脚必须连接高电平($V_{\text{DDI/O}}$)或通过外部控制器驱动。若 $\overline{\text{CS}}$ 引脚未连接，用户可能无法与器件通信。SPI模式下， $\overline{\text{CS}}$ 引脚由总线主机控制。SPI和I²C两种工作模式下，ADXL375写入期间，应忽略从ADXL375传输到主机的数据。

SPI模式

ADXL375可配置为3线式SPI模式或4线式SPI模式，如图22和图23所示。清零DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)中的SPI位(位D6)可选择4线式模式；置位SPI位可选择3线式模式。100pF最大负载时的最大SPI时钟为5 MHz。时序方案要求时钟极性(CPOL) = 1和时钟相位(CPHA) = 1。如果在时钟极性和主机处理器相位配置之前将电源施加到ADXL375，则 $\overline{\text{CS}}$ 引脚应在时钟极性和相位改变之前拉高。使用3线式SPI模式时，推荐将SDO引脚上拉至 $V_{\text{DDI/O}}$ 或通过10 k Ω 电阻下拉至GND。

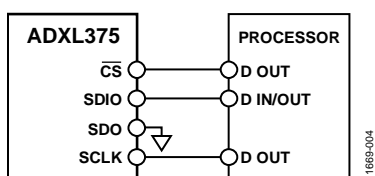


图22. 3线式SPI连接图

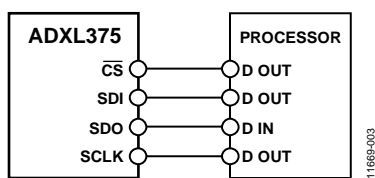


图23. 4线式SPI连接图

$\overline{\text{CS}}$ 为串行端口使能线，由SPI主机控制。如图25至图27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。在4线式SPI模式下，SDI和SDO分别为串行数据输入和输出。在3线式SPI模式下，SDIO用作串行数据的输入和输出。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25至图27)R/W位后的多字节位。寄存器寻址字节和数据的第一个字节后，8个时钟脉冲的随后每次设置导致ADXL375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， $\overline{\text{CS}}$ 复位。要执行不同不连续寄存器的读取或写入，传输之间 $\overline{\text{CS}}$ 必须复位，新寄存器另行寻址。

图25和图26分别显示4线式SPI写入和读取的时序图。图27显示3线式SPI读取或写入的时序图。要进行该器件的正确操作，任何时候都必须满足表11和表12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。

防止总线流量错误

ADXL375 $\overline{\text{CS}}$ 引脚同时用于启动SPI传输和使能I²C模式。在连接多个器件的SPI总线上使用ADXL375时，其 $\overline{\text{CS}}$ 引脚在主机与其它器件通信时保持高电平。可能存在这样的情况，传输给另一个器件的SPI命令看起来像是一个有效的I²C命令。这种情况下，ADXL375将此命令解读为试图在I²C模式下通信，可能会干扰其它总线流量。除非能够充分控制总线流量，确保这种情况不会发生，否则建议在引脚13(SDA/SDI/SDIO)之前增加一个逻辑门，如图24所示。当 $\overline{\text{CS}}$ 为高电平时，此OR门使SDA线保持高电平，防止ADXL375处的SPI总线流量表现为I²C起始命令。

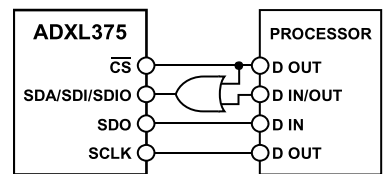


图24. 单根总线连接多个SPI器件时的推荐SPI连接图

ADXL375

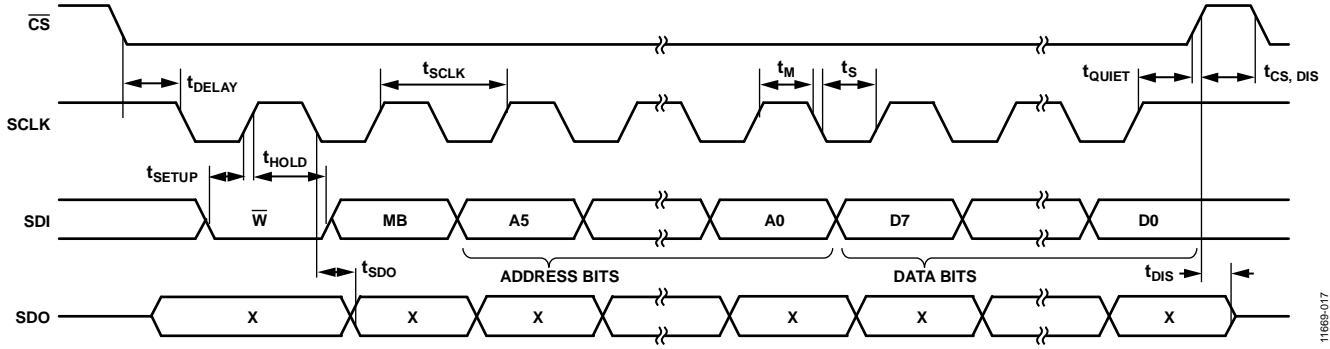


图25. SPI 4线式写入时序图

11669-017

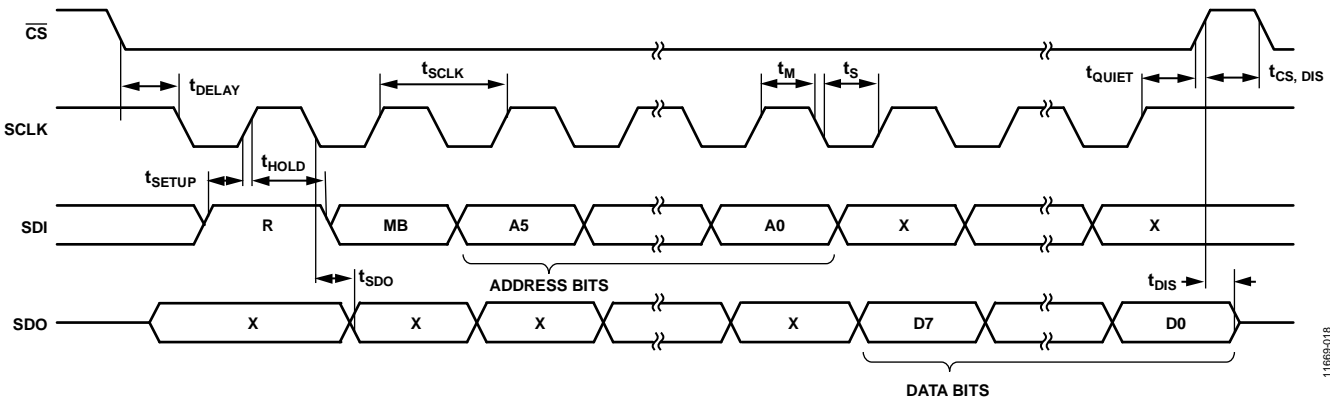


图26. SPI 4线式读取时序图

11669-018

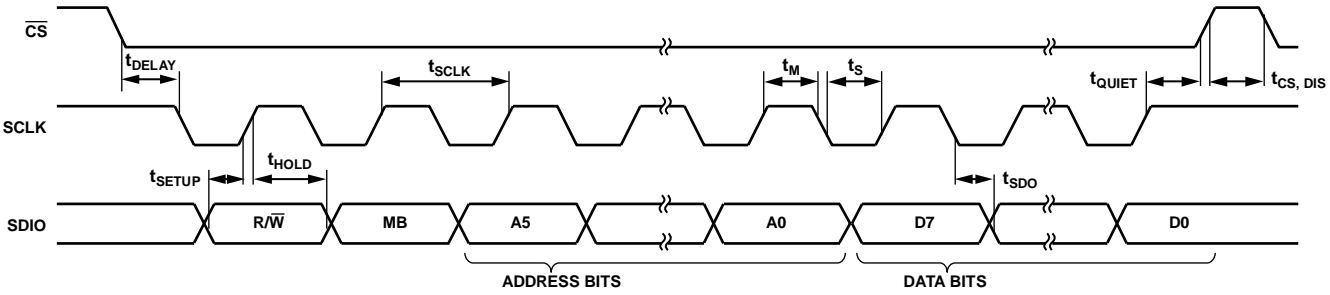


图27. SPI 3线式读取/写入时序图

11669-019

NOTES
1. t_{SDO} IS ONLY PRESENT DURING READS.

表11.SPI数字输入/输出规格

参数	测试条件/注释	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})	$V_S = V_{DD I/O}$		0.1	μA
高电平输入电流(I_{IH})	$V_S = 0 V$	-0.1		μA
数字输出				
低电平输出电压(V_{OL})	$I_{OL} = 10 mA$		$0.2 \times V_{DD I/O}$	V
高电平输出电压(V_{OH})	$I_{OH} = -4 mA$	$0.8 \times V_{DD I/O}$		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	$f_{IN} = 1 MHz, V_S = 2.5 V$		8	pF

¹ 限值基于特性数据，未经生产测试。

表12. SPI时序($T_A = 25^\circ C, V_S = 2.5 V, V_{DD I/O} = 1.8 V$)¹

参数	限值 ^{2, 3}		单位	说明
	参数	最大值		
f_{SCLK}		5	MHz	SPI时钟频率
t_{SCLK}	200		ns	\overline{CS} 下降沿到SCLK下降沿
t_{DELAY}	5		ns	\overline{CS} 下降沿到SCLK下降沿
t_{QUIET}	5		ns	SCLK上升沿到 \overline{CS} 上升沿
t_{DIS}		10	ns	\overline{CS} 上升沿至SDO/SDIO禁用
$t_{CS, DIS}$	150		ns	\overline{CS} SPI通信失效
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	SDI/SDIO上升沿之前SCLK有效
t_{HOLD}	5		ns	SDI/SDIO上升沿之后SCLK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SDIO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； $f_{SCLK} = 5 MHz$ ，总线负载电容100 pF，未经生产测试。

³ 时序值对应表11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。 t_R 和 t_F 未显示在图25至图27中。

ADXL375

I²C模式

当CS引脚连接高电平($V_{DDI/O}$)，则ADXL375配置为I²C模式。I²C模式要求简单的2线式连接，如图28所示。ADXL375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13和表14列出的总线参数，ADXL375便能支持标准(100 kHz)和快速(400 kHz)数据传输模式。

如图29所示，支持单个或多个字节的读取和写入。ALT ADDRESS引脚(引脚12)连接高电平($V_{DDI/O}$)时，器件的7位I²C地址是0x1D，随后为R/W位。在该配置中，写入地址为0x3A，读取地址为0x3B。通过将ALT ADDRESS引脚接地，可以选择备用I²C地址0x53(见图28)。在该配置中，写入地址为0xA6，读取地址为0xA7。

未使用的引脚无内部上拉或下拉电阻；因此，如果引脚保持悬空或不连接，则CS和ALT ADDRESS引脚不存在已知状态或默认状态。使用I²C模式时，要求CS引脚连接 $V_{DDI/O}$ ，ALT ADDRESS引脚连接 $V_{DDI/O}$ 或GND。

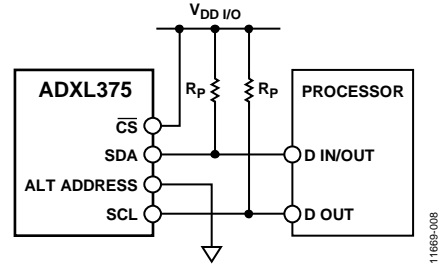
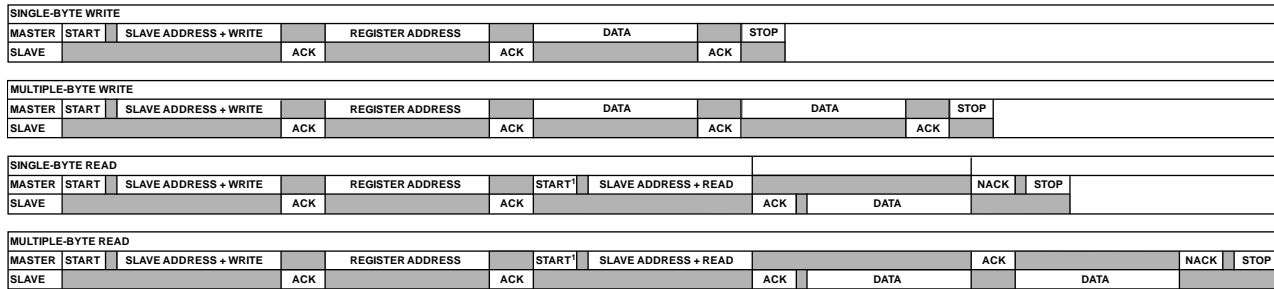


图28 I²C连接图(地址0x53)

由于通信速度限制，使用400 kHz I²C模式时，最大输出数据速率为800 Hz，与I²C通信速度按比例呈线性变化。例如，使用100 kHz I²C模式时，最大ODR为200 Hz。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。

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 $V_{DDI/O}$ 0.3V以上。I²C正确操作需要外接上拉电阻Rp(见图28)。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)。



¹THIS START IS EITHER A REPEATED START OR A STOP FOLLOWED BY A START.

NOTES

1. THE SHADED AREAS REPRESENT WHEN THE DEVICE IS LISTENING.

图29. I²C器件寻址

表13. I²C数字输入/输出规格

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

¹限值基于特性数据，未经生产测试。

表14. I²C时序(T_A = 25°C, V_S = 2.5 V, V_{DD1/O} = 1.8 V)

参数	限值 ^{1, 2}		单位	说明
	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	SCL高电平时间
t ₃	1.3		μs	SCL低电平时间
t ₄	0.6		μs	起始/重复起始条件保持时间
t ₅	100		ns	数据建立时间
t ₆ ^{3, 4, 5}	0	0.9	μs	数据保持时间
t ₇	0.6		μs	重复起始条件的建立时间
t ₈	0.6		μs	停止条件的建立时间
t ₉	1.3		μs	一个结束条件和起始条件之间的总线空闲时间
t ₁₀		300	ns	接收时SCL和SDA的上升时间
	0		ns	接收或传送时SCL和SDA的上升时间
t ₁₁		300	ns	接收时SCL和SDA的下降时间
		250	ns	发送时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 时序值对应表13给出的输入阈值(V_{IL}和V_{IH})。

³ t₆为SCL下降沿测得的数据保持时间。适用于传输和应答阶段数据。

⁴ 发送器件必须为SDA信号(相对于SCL信号的V_{IH}, M_{1N})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。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)}。

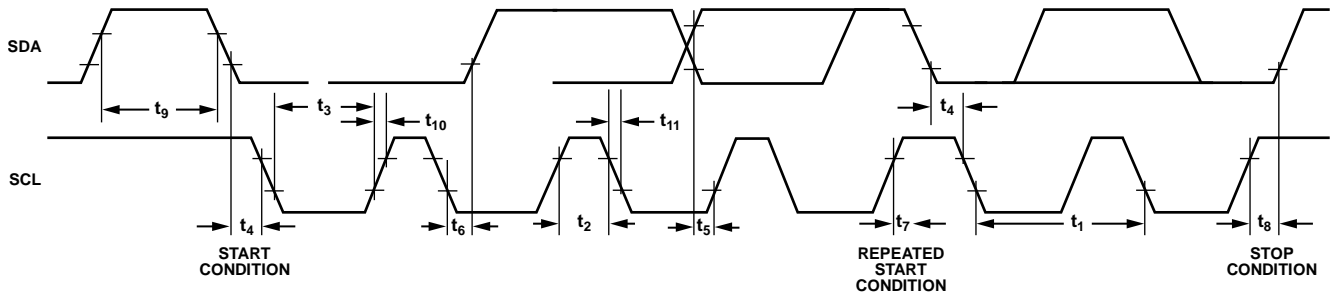


图30. I²C时序图

11669-034

ADXL375

寄存器映射

ADXL375中的所有寄存器长度均为8位。

表15. 寄存器存储区分配

地址		寄存器名称	访问类型	复位值	说明
十六进制	十进制				
0x00	0	DEVID	R	11100101	器件ID
0x01至 0x1C	1至28	保留	N/A	N/A	保留，不要操作
0x1D	29	THRESH_SHOCK	R/ \overline{W}	00000000	冲击阈值
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	DUR	R/ \overline{W}	00000000	冲击持续时间
0x22	34	Latent	R/ \overline{W}	00000000	冲击延迟
0x23	35	Window	R/ \overline{W}	00000000	冲击窗口
0x24	36	THRESH_ACT	R/ \overline{W}	00000000	活动阈值
0x25	37	THRESH_INACT	R/ \overline{W}	00000000	静止阈值
0x26	38	TIME_INACT	R/ \overline{W}	00000000	静止时间
0x27	39	ACT_INACT_CTL	R/ \overline{W}	00000000	轴使能控制活动和静止检测
0x2A	42	SHOCK_AXES	R/ \overline{W}	00000000	单次冲击/双次冲击轴控制
0x2B	43	ACT_SHOCK_STATUS	R	00000000	单次冲击/双次冲击源
0x2C	44	BW_RATE	R/ \overline{W}	00001010	数据速率及功率模式控制
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

寄存器描述

ADXL375中的所有寄存器长度均为8位。

寄存器0x00—DEVID(只读)

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

只读DEVID寄存器保存0xE5固定器件ID代码(345八进制)。

寄存器0x1D—THRESH_SHOCK(读/写)

THRESH_SHOCK寄存器包含冲击中断的无符号阈值。冲击事件的幅度与THRESH_SHOCK寄存器中的值进行比较,检测冲击。比例因子为780 mg/LSB。如果使能单次冲击/双次冲击中断,值为0可能会导致工作异常。

寄存器0x1E、0x1F、0x20—OFSX、OFSY、OFSZ(读/写)

OFSX、OFSY和OFSZ寄存器含有用户配置的偏移调整,格式为二进制补码,比例因子为0.196 g/LSB。偏移寄存器的存储值自动添加到加速度数据,结果值存储在输出数据寄存器(地址0x32至地址0x37)。更多有关偏移校准和偏移寄存器的使用信息,请参考“偏移校准”部分。

寄存器0x21—DUR(读/写)

DUR寄存器含有无符号时间值,表示必须是THRESH_SHOCK阈值之上的事件才能称之为冲击事件的最大时间。比例因子为625 μ s/LSB。值为0时,禁用单次冲击和双次冲击功能。

寄存器0x22—Latent(读/写)

Latent寄存器包含无符号时间值,表示从冲击事件检测到时间窗口(由Window寄存器定义)开始的等待时间,在此期间,能检测出可能的第二次冲击事件。比例因子为1.25 ms/LSB。值为0时,禁用双次冲击功能。

寄存器0x23—Window(读/写)

Window寄存器包含无符号时间值,表示延迟时间(由Latent寄存器确定)期满后的时间量,在此期间,可开始进行第二次有效冲击。比例因子为1.25 ms/LSB。值为0时,禁用双次冲击功能。

寄存器0x24—THRESH_ACT(读/写)

THRESH_ACT寄存器包含检测活动的无符号阈值。活动事件的幅度与THRESH_ACT寄存器中的值进行比较。比例因子为780 mg/LSB。如果使能活动中断,值为0时,可能导致工作异常。

寄存器0x25—THRESH_INACT(读/写)

THRESH_INACT寄存器包含检测静止的无符号阈值。静止事件的幅度与THRESH_INACT寄存器中的值进行比较。比例因子为780 mg/LSB。如果使能静止中断,值为0时,可能导致工作异常。

寄存器0x26—TIME_INACT(读/写)

TIME_INACT寄存器包含无符号时间值,表示加速度的时间量必须小于THRESH_INACT寄存器的值,才能检测静止。比例因子为1 sec/LSB。有别于其他使用未滤波输出数据(见“阈值检测和带宽”部分)的中断功能,该静止功能采用滤波输出数据。

为要触发的静止中断,必须生成至少一个输出样本。由于这个原因,如果TIME_INACT寄存器设置值小于输出数据速率的时间常数,静止功能可能无响应。当输出数据小于THRESH_INACT寄存器的值,值为0导致中断。TIME_INACT最大值为255秒。

寄存器 0x27—ACT_INACT_CTL(读/写)

D7	D6	D5	D4
ACT AC/DC	ACT_X enable	ACT_Y enable	ACT_Z enable
D3	D2	D1	D0
INACT AC/DC	INACT_X enable	INACT_Y enable	INACT_Z enable

ACT_INACT_CTL寄存器选择直流耦合或交流耦合工作方式,并选择活动和静止检测所用的轴。

ACT交流/直流位与INACT交流/直流位

ACT交流/直流和INACT交流/直流位设置为0时,选择直流耦合工作模式;设置为1时选择交流耦合工作模式。在直流耦合工作模式下,将当前加速度值直接与THRESH_ACT和THRESH_INZ。

在活动检测的交流耦合工作模式下,活动检测开始时的加速度值为参考值。在此基础上,将新的加速度数据样本与该参考值进行比较,如果差值幅度超过THRESH_ACT值,则触发活动中断。

同样,在静止检测的交流耦合工作模式下,用参考值进行比较,并在器件超过静止阈值时更新该参考值。选择参考值之后,器件将参考值和当前加速度之间的差值与THRESH_INACT值进行比较。如果差值低于THRESH_INACT寄存器中的数值并持续TIME_INACT寄存器中指定的时间,则认为器件处于静止状态,并触发静止中断。

ADXL375

ACT_x使能和INACT_x使能位

ACT_x使能位和INACT_x使能位置位为1可使能x、y或z轴参与检测活动或静止。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。活动检测时，所有参与轴为逻辑“或”，当任意参与轴超过活动阈值时，活动功能触发。静止检测时，所有参与轴为逻辑“和”，只有当在特定时间所有参与轴低于静止阈值时，静止功能触发。

寄存器0x2A—SHOCK_AXES(读/写)

D7	D6	D5	D4
0	0	0	0
D3	D2	D1	D0
抑制	SHOCK_X使能	SHOCK_Y使能	SHOCK_Z使能

SHOCK_AXES寄存器指定三个轴的每一个参与单次冲击/双次冲击检测。

抑制位

如果两次冲击之间的延迟期间，加速度大于THRESH_SHOCK寄存器中的值，则设置抑制位会抑制双次冲击检测。更多信息参见“冲击检测”部分。

SHOCK_x使能位

SHOCK_X使能、SHOCK_Y使能或SHOCK_Z使能位设置为1时，使能x轴、y轴或z轴参与冲击检测。设置为0时，从冲击检测参与轴排除选定轴。

寄存器0x2B—ACT_SHOCK_STATUS(只读)

D7	D6	D5	D4
0	ACT_X来源	ACT_Y来源	ACT_Z来源
D3	D2	D1	D0
Asleep	SHOCK_X来源	SHOCK_Y来源	SHOCK_Z来源

只读ACT_SHOCK_STATUS寄存器表示涉及活动或冲击事件的第一轴。

ACT_x来源和SHOCK_x来源位

ACT_x来源和SHOCK_x来源位表示涉及活动或冲击事件的第一轴。设置为1时，对应参与事件，设置为0时，对应未参与。新数据可用时，这些位不会清零，但新数据会覆盖这些位。清零中断前，读取ACT_SHOCK_STATUS寄存器。当下一活动或单次冲击/双次冲击事件发生时，禁用某个轴参与活动或冲击事件将使寄存器中的对应源位清零。

休眠位

休眠位设置为1，表示器件为休眠状态，设置为0表示为非休眠状态。只有器件配置为自动休眠时，此位才会切换。有关自动休眠模式的更多信息，请参见“AUTO_SLEEP位”部分。

寄存器0x2C—BW_RATE(读/写)

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

BW_RATE寄存器配置器件带宽和输出数据速率；该寄存器还使能或禁用低功耗模式。

LOW_POWER位

LOW_POWER位设置为0，选择正常操作；设置为1，选择低功耗操作，此时噪声有所增加。更多信息，参见“低功耗模式”部分。

速率位

速率位能选择器件带宽和输出数据速率(见表6和表8)。这些位默认值为0x0A，转换为100Hz的输出数据速率。选定的输出数据速率必须适合所选的通信协议和频率。针对通信速度，选择过高的输出数据速率可能使样本被丢弃(更多信息，参见“串行通信”部分)。

寄存器0x2C—BW_RATE(读/写)

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

POWER_CTL寄存器可用于配置器件的自动休眠模式；该寄存器还可用于设置器件的测量模式或待机模式。

链接位

链接位串行链接活动和静止功能。若使能活动和静止功能，则链接位设置为1可延迟活动检测功能的开始时刻，直到检测到静止。检测到活动后，静止检测开始，活动检测停止。此位设置为0时，静止功能和活动功能同时进行。有关链接功能的更多信息，请参见“链接模式”部分。

清零链接位之前，建议将器件置于待机模式下(设置测量位(位D3)为0)。清零链接位后，将器件复位至测量模式(设置测量位(位D3)为1)。此配置序列确保如果手动禁用休眠模式，该器件适当偏置，否则，链接位清零后的前几个数据样本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

若设置Link位，则AUTO_SLEEP位设置为1可使能自动休眠功能。自动休眠模式下，如果使能静止功能，并检测出静止，ADXL375会自动切换到休眠模式(即至少在TIME_INACT值规定的时间内，加速度值低于THRESH_INACT值)。如果活动检测功能也使能，ADXL375在活动检测后自动唤醒，并以BW_RATE寄存器设置的输出数据速率恢复运行。AUTO_SLEEP位设置为0可禁用自动切换至休眠模式。

如果链接位未设置，AUTO_SLEEP特性禁用，设置AUTO_SLEEP位不会影响器件运行。有关链接功能的更多信息，参见“链接位”部分和“链接模式”部分。有关自动休眠模式的更多信息，请参见“自动休眠模式”部分。

清零AUTO_SLEEP位之前，建议将器件置于待机模式下(设置测量位(位D3)为0)。清零AUTO_SLEEP位后，将器件复位至测量模式(设置测量位(位D3)为1)。此配置序列确保如果手动禁用休眠模式，该器件适当偏置，否则，AUTO_SLEEP位清零后的前几个数据样本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，将器件置于待机模式，设置为1，置于测量模式。ADXL375在功耗最小的待机模式上电(参见“电源时序”部分)。

休眠位

休眠位设置为0，将器件置于普通工作模式，设置为1，置于休眠模式。休眠模式抑制DATA_READY中断，停止对FIFO缓冲器的数据传输，并切换至唤醒位规定的采样速率(位[D1:D0])。休眠模式下，只有活动功能可以使用。当DATA_READY中断被抑制，输出数据寄存器(寄存器0x32至寄存器0x37)仍然以唤醒位设置的采样速率更新。

清零休眠位之前，建议将器件置于待机模式下(设置测量位(位D3)为0)。清零休眠位后，将器件复位至测量模式(设置测量位(位D3)为1)。

唤醒位

唤醒位控制休眠模式下的采样速率(见表16)。

表16. 休眠模式下的采样速率

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	SINGLE_SHOCK	DOUBLE_SHOCK	活动
D3	D2	D1	D0
静止	0	水印	溢出

INT_ENABLE寄存器的任意位设置为1，使能特定功能，产生中断；该寄存器中的任意位设置为0，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。建议在此寄存器中使能中断输出前，首先在寄存器0x2F中配置中断。有关中断的更多信息，请参见“中断寄存器中的位”部分。

寄存器0x2F—INT_MAP(读/写)

D7	D6	D5	D4
DATA_READY	SINGLE_SHOCK	DOUBLE_SHOCK	活动
D3	D2	D1	D0
	0	水印	溢出

INT_MAP寄存器的任意位设置为0，则特定中断发送至INT1引脚；该寄存器中的任意位设置为1则特定中断发送至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	SINGLE_SHOCK	DOUBLE_SHOCK	活动
D3	D2	D1	D0
静止	X ¹	水印	溢出

¹X = 忽略该位。

INT_SOURCE寄存器的任意位设置为1，表示特定功能触发了一次中断；该寄存器中的任意位设置为0表示特定功能未触发中断。如果发生对应的中断，则DATA_READY、水印和溢出位始终置位，而无论INT_ENABLE寄存器中的设置如何；从数据寄存器读取数据可清零这些位(地址0x32至地址0x37)。DATA_READY和水印位可能需要多次读取才能清零。通过读取INT_SOURCE寄存器，其他位和相应的中断清零。

ADXL375

寄存器0x31—DATA_FORMAT(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
自测	SPI	INT_INVERT	0	1	对齐	1	1

DATA_FORMAT寄存器通过寄存器0x37控制寄存器0x32的数据显示。

SELF_TEST位

SELF_TEST位设置为1，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。有关自测功能的更多信息，请参见“自测”部分和“使用自测”部分。

SPI位

SPI位值为1，配置器件为3线式SPI模式，值为0，则配置为4线式SPI模式。

INT_INVERT位

INT_INVERT位值为0，设置中断引脚极性为高电平有效，值为1，则设置中断引脚极性为低电平有效。

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(LSB)模式，并带有符号扩展功能。

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

这6个字节(寄存器0x32至寄存器0x37)长度都为8位，并含有各轴的输出数据。

- 寄存器0x32和寄存器0x33含有x轴的输出数据。
- 寄存器0x34和寄存器0x35含有y轴的输出数据。
- 寄存器0x36和寄存器0x37含有z轴的输出数据。

输出数据为二进制补码格式。DATAx0是最低有效位字节，DATAx1是最高有效位字节(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6个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。

使用3200 Hz或1600 Hz输出数据速率时，输出数据字的LSB始终为0。数据右对齐时，LSB对应于DATAx0寄存器的位D0；数据左对齐时，LSB对应DATAx0寄存器的位D3。

寄存器0x38—FIFO_CTL (读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FIFO_MODE		触发器	样本				

FIFO_CTL寄存器用于配置器件的FIFO缓冲器。更多信息，请参见“FIFO缓冲器”部分。

有关FIFO缓冲器的深入描述，请参阅[应用笔记AN-1025](#)：ADI公司数字加速度计中先进先出(FIFO)缓冲器的使用。

FIFO_MODE位

这些位设置FIFO模式，如表17所述。

表17. FIFO模式

设置		FIFO模式	说明
D7	D6		
0	0	旁路	旁路FIFO缓冲器。
0	1	FIFO	FIFO缓冲器收集多达32个样本，然后停止收集数据，只有缓冲器未填满时，才收集新的数据。
1	0	流	FIFO缓冲器保留最后32个样本。缓冲器填满时，新数据覆盖最早的数据。
1	1	触发器	FIFO缓冲器保存触发事件前的最后样本，然后继续收集数据，直到填满缓冲器。只有缓冲器未填满时才会收集新数据。

触发位

触发位值为0，链接触发器模式下的触发事件至INT1引脚，值为1，则链接至INT2引脚。

样本位

这些样本位的功能取决于选定的FIFO模式(见表18)。样本位设置值为0时，不管选择哪种FIFO模式，立即在INT_SOURCE寄存器设置水印位。触发器模式下，如果样本位值为0，可能会出现工作异常。

表18 样本位功能

FIFO模式	样本位功能
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。
触发器	指定触发事件之前在FIFO缓冲区要保留的FIFO样本数。

寄存器0x39—FIFO_STATUS(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FIFO_TRIG	0	条目数					

只读FIFO_STATUS寄存器指示触发事件是否已发生，并汇报保存在FIFO缓冲器中的数据值数量。

FIFO_TRIG位

当FIFO_TRIG位设为1时，发生触发事件；当FIFO_TRIG位设为0时，无触发事件。

条目位

条目位报告FIFO缓冲器中存储的数据值数量。保存在FIFO缓冲器中的数据通过读取数据寄存器访问(地址0x32至地址0x37)。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缓冲器的电平清零。FIFO缓冲器可最多存储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($C_{I/O}$),这两个电容应置于ADXL375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,可能会有所帮助。此外,在 V_S 上增加旁路电容为 $10\ \mu\text{F}$ 的钽电容,与 $0.1\ \mu\text{F}$ 的陶瓷电容并联,也可以改善噪声性能。

确保ADXL375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。如果使用独立电源不可行,如前面提到的,可能需要附加电源过滤。

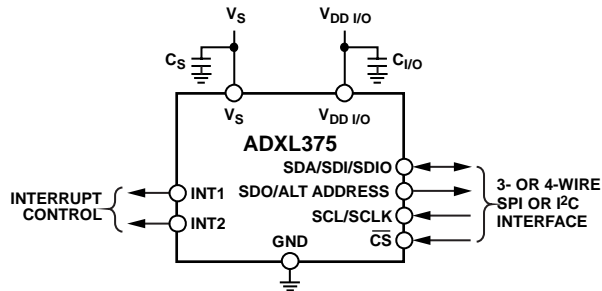


图31. 应用图

机械安装注意事项

ADXL375应安装在PCB牢固安装点附近位置。如图32所示,如将ADXL375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。

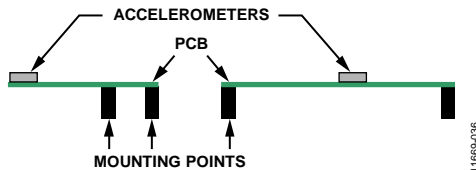


图32. 错误放置的加速度计

冲击检测

冲击中断功能可根据幅度和脉冲宽度检测机械冲击事件。图33显示下列有效单次冲击事件和有效双次冲击事件的参数。

- 冲击检测阈值—由THRESH_SHOCK寄存器(地址0x1D)定义。
- 最大冲击持续时间(冲击时间限制)—由DUR寄存器(地址0x21)定义。
- 冲击延迟时间—由Latent寄存器(地址0x22)定义。延迟时间是从第一次冲击结束到时间窗口开始(此时可检测第二次冲击)的等待时间。
- 第二次冲击的时间窗口—由窗口寄存器(地址0x23)定义。时间窗口是延迟时间之后的时间间隔(由Latent寄存器设置)。尽管延迟时间过后必须开始第二次冲击,但不需要在窗口寄存器定义的时间结束前完成。

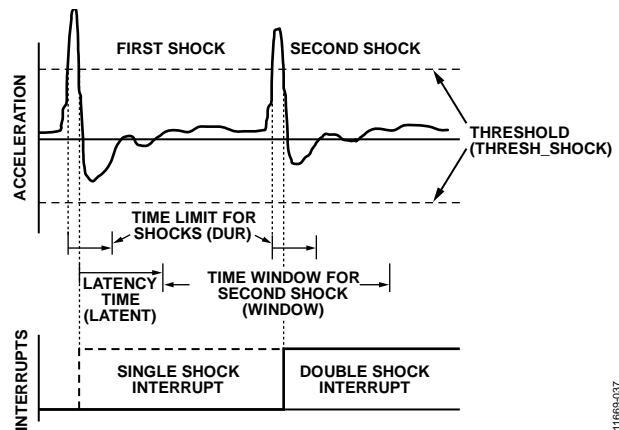


图33 有效单次冲击和双次冲击的冲击中断功能

如果只有单次冲击功能在使用,只要没有超出持续时间,则加速度低于阈值时,就会触发单次冲击中断。如果使用了单次冲击和双次冲击功能,则单次冲击中断在双次冲击事件有效或无效时触发。

多个事件可使双击冲击事件的第二次冲击无效。

- 如果SHOCK_AXES寄存器中的抑制位(位D3, 地址0x2A)置位, 延迟时间(由Latent寄存器设置)期间, 阈值之上的任何加速度峰值使双击冲击检测失效(如图34所示)。

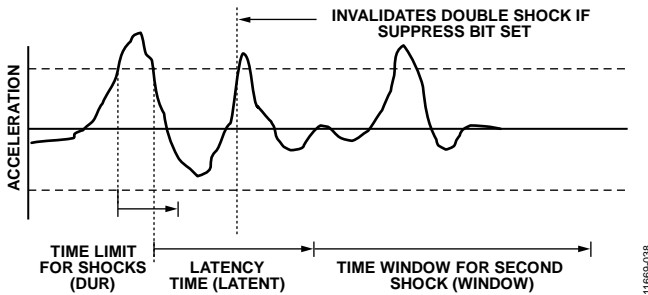


图34. 设置抑制位时高9事件导致双击冲击事件无效

- 如果第二次冲击(由窗口寄存器设置)的时间窗口开始时, 检测到加速度在阈值以上, 双击事件也失效, 因而窗口起始处的双击冲击无效(见图35)。
- 如果加速度超过冲击的时间限制(由DUR寄存器设置), 双击冲击事件也可能失效, 导致第二次冲击事件的DUR时间限制结束时双击冲击无效(如图35所示)。

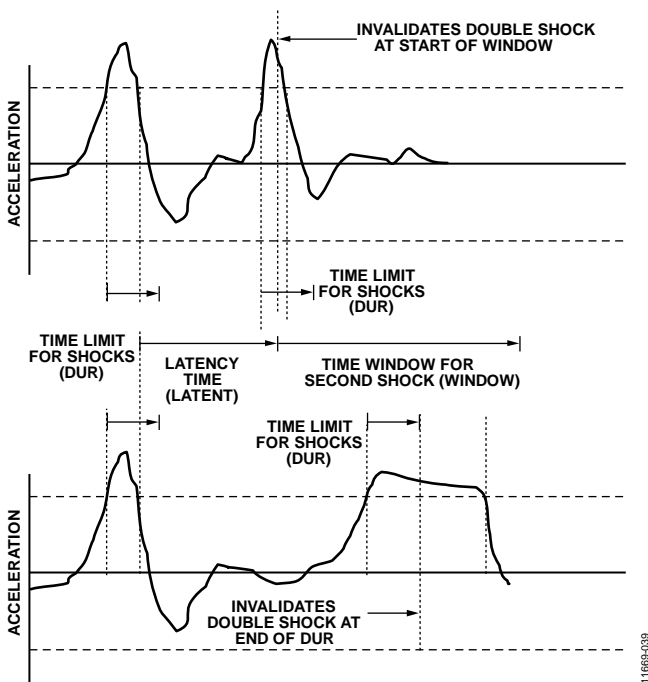


图35. 无效双击冲击中断功能

设置INT_ENABLE寄存器(地址0x2E)的相应位, 能检测单次冲击、双击冲击或两者都能检测到。设置SHOCK_AXES寄存器(地址0x2A)的相应位, 可对单次冲击/双击冲击检测的任意一个参与轴进行控制。要进行双击冲击功能操作, latent寄存器和窗口寄存器必须设置为非零值。

基于系统的机械特性, 每个机械系统的冲击响应略有不同。因此, DUR寄存器、latent寄存器、窗口寄存器和THRESH_SHOCK寄存器的值必须进行一些试验。

Latent寄存器、窗口寄存器或THRESH_SHOCK寄存器的值设置非常低时, 可能导致不可预知的响应, 因为加速度计会拾取冲击输入的回声。

接收冲击中断后, 超过THRESH_SHOCK水平的第一轴在ACT_SHOCK_STATUS寄存器(地址0x2B)报告。该寄存器从不清零, 但会用新的数据覆盖。

阈值检测和带宽

通过抽取器件内常见采样频率, 达到较低的输出数据速率。活动和单次冲击/双击冲击检测功能使用非抽取数据执行。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, 如果检查到加速度计输出, 用于确定活动和单次冲击/双击冲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。

链接模式

POWER_CTL寄存器(地址0x2D)中的链接位(位D5)可用于减少处理器必须处理的活动中断数。链接位配置器件为仅在静止之后查找活动。

为正常运行该功能, 通过读取INT_SOURCE寄存器(地址0x30), 处理器必须仍然响应活动和静止中断, 从而清零中断。如果活动中断不清零, 器件不能进入自动休眠模式。ACT_SHOCK_STATUS寄存器(地址0x2B)的asleep位(位D3)指示器件是否处于休眠状态。

ADXL375

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。低功耗模式保存DATA_READY中断和FIFO缓冲器功能,以便加速度数据的后处理。要启用低功耗模式,在BW_RATE寄存器(地址0x2C)中设置LOW_POWER位(位D4)。

休眠模式也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,则检测到静止时,器件可以自动切换到低功耗、低采样速率模式。为了防止产生多余静止中断,会自动禁用静止中断,并使能活动中断。要启用自动休眠模式,需设置POWER_CTL寄存器(地址0x2D)中的AUTO_SLEEP位(位D4)和链接位(位D5)。

ADXL375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。检测到活动时,加速度计自动切换回应用的原始数据速率,并提供活动中断,可用于唤醒主机处理器。同样,出现静止事件时,活动事件检测禁用,静止事件检测使能。

偏移校准

加速度计为机械结构,包含可以自由移动的元件。这些运动部件对机械应力非常灵敏,程度远远超过固态电子产品。

0 g偏置或偏移为重要加速度计指标,因为它定义了用于测量加速度的基线。组装载有加速度计的系统时,可施加附加应力。这些应力可能来自,但不限于,元件焊接、安装时的电路板应力和元件上的任何混合物的应用。如果有必要校准,建议系统组装完成后进行校准,以补偿这些影响。

假设ADXL375灵敏度如表1所列,简单的校验方法是测量偏移。使用内置偏移寄存器,可以自动记录偏移量。此校准结果是从数据寄存器收集的数据已补偿偏移。

在无调头或单点校准方案中,器件调整为:一个轴通常为z轴在1 g重力场,其余轴,通常是x和y轴在0 g场。然后取一系列样本的平均值,测量其输出。

系统设计人员可选择平均样本数,但建议100 Hz或更高数据速率的起点为0.1秒,即100 Hz数据速率下10个样本。对于低于100Hz的数据速率,建议平均至少有10个样本。x轴、y轴上的0 g测量结果和z轴上的1g测量结果分别存储为X_{0g}、Y_{0g}和Z+1 g。

X_{0g}和Y_{0g}的实测值对应于x轴和y轴偏移,通过从加速度计输出中减去这些值进行补偿,以获取实际加速度,如下所示:

$$X_{\text{ACTUAL}} = X_{\text{MEAS}} - X_{0g}$$

$$Y_{\text{ACTUAL}} = Y_{\text{MEAS}} - Y_{0g}$$

因为z轴测量在+1 g场完成,所以无调头或单点校准方案假定为z轴的理想灵敏度S_z。从Z+1 g减去该值得到z轴偏移,然后从未来测量值减去z轴偏移,获得实际值,如下所示:

$$Z_{0g} = Z + 1 \text{ g} - S_z$$

$$Z_{\text{ACTUAL}} = Z_{\text{MEAS}} - Z_{0g}$$

使用偏移寄存器(寄存器0x1E、寄存器0x1F和寄存器0x20),ADXL375可以自动补偿偏移输出。这些寄存器包含8位二进制补码值,为自动添加到所有测得的加速度值,其结果随后置入到数据寄存器。因为置于偏移寄存器的值为附加值,寄存器中的负值消除正偏移,而寄存器中的正值则消除负偏移。寄存器比例因子为1.56 g/LSB。

与ADXL375的所有寄存器一样,当器件电源移除后,偏移寄存器不保留写入的值。重新启动ADXL375后,偏移寄存器回到默认值0x00。

由于无调头或单点校准方法假定z轴为理想灵敏度,任何灵敏度误差都会导致偏移误差。

输出数据速率为3200 Hz和1600 Hz下的数据格式化

使用3200 Hz或1600 Hz输出数据速率时,输出数据字的LSB始终为0。数据右对齐时,LSB对应于DATAx0寄存器的位D0;数据左对齐时,LSB对应DATAx0寄存器的位D3。

使用自测

自测变化定义为自测使能轴的加速度输出与自测禁用的同一轴的加速度输出之间的差异。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 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。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ADXL375正确配置。如需配置器件的自测模式，请遵循下列步骤：

1. 将数据速率从100Hz设为800Hz，或者通过置位BW_RATE寄存器(地址0x2C)中的速率位(位[D3:D0])，将数据速率设为3200Hz。写入0x0A至0x0D中的任意值，或向BW_RATE寄存器写入0x0F。
2. 为实现精确的自测测量，清零BW_RATE寄存器(地址0x2C)的LOW_POWER位(位D4)，配置器件为正常功耗模式。
3. 器件配置为精确自测测量后，从传感器获取x、y和z轴的加速度数据的样本，并取平均值。
系统设计人员可选择平均样本数，但建议100 Hz或更高数据速率的起点为0.1秒，即100 Hz数据速率下10个样本。
4. 平均值应储存并适当标记为自测禁用数据，即XST_OFF、YST_OFF和ZST_OFF。
5. 置位DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)中的SELF_TEST位(位D7)，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。
6. 输出建立后，应捕获x轴、y轴和z轴加速度数据的样本并取平均值。建议同非自测平均值一样，为自测平均值采用相同数量的样本。

7. 平均值应储存并适当标记为自测使能值，即XST_ON、YST_ON和ZST_ON。
8. 清零DATA_FORMAT寄存器(地址0x31)中的SELF_TEST位(位D7)，禁用自测。

运用自测使能和禁用的存储值，自测变化如下：

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

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

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

由于各轴的测量输出以LSB表示，因此XST、YST和ZST也同样以LSB表示。这些值可转换为加速度(g)，方法是用49 mg/LSB比例因子乘以每个值。

如果自测在有效范围内变化，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。然而，变化大于最大幅度的器件不一定有故障。

X轴和y轴上的自测响应表现出双峰特性，因此不能始终可靠地指示传感器的健康状况或潜在的器件灵敏度偏移。由于这个原因，在z轴上执行自测检查。

使用自测来验证加速度计功能的另一个有效方法是以某一速率切换自测，然后对输出执行FFT。在自测的切换频率处，FFT应有一个对应的信号音。使用这样的FFT可以消除测试与电源电压和自测幅度的相关性，否则测试结果可能在相当宽的范围内变化。

ADXL375

加速度灵敏度轴

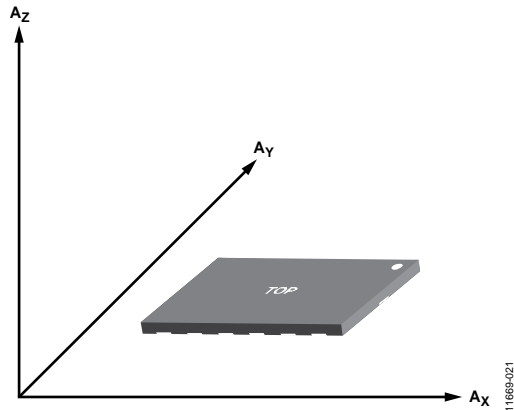


图36.加速度灵敏度轴 (沿敏感轴加速时相应输出电压增加)

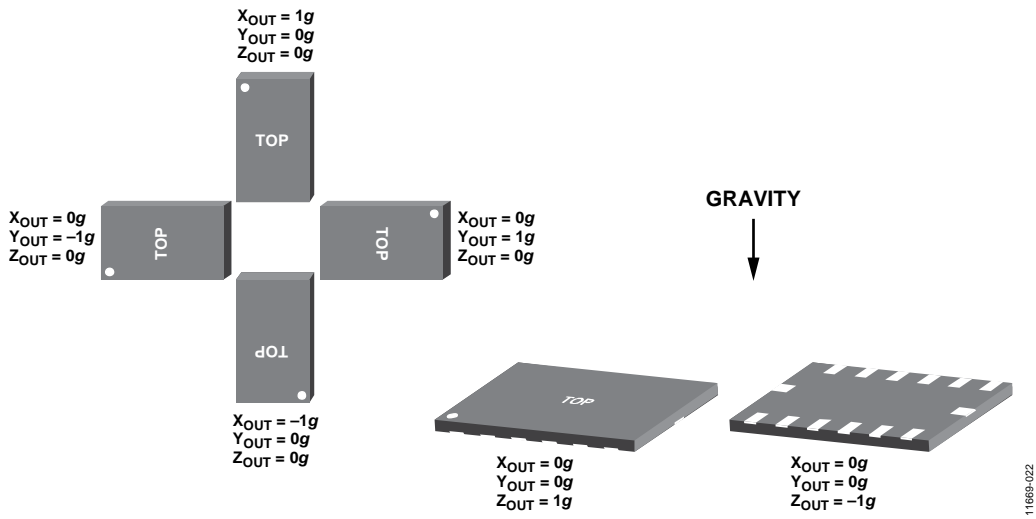


图37.输出响应与相对于重力的方向的关系

布局和设计建议

图38给出了推荐的印刷电路板焊盘图形。

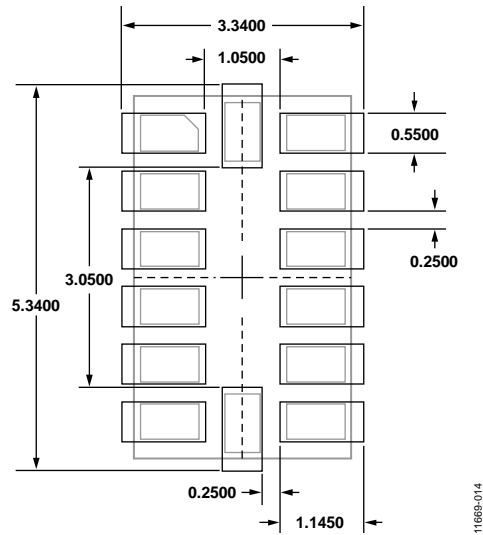


图38.推荐的印刷电路板和模式 (尺寸以毫米为单位)

封装信息

图39和表19提供了ADXL375封装标识的详情。

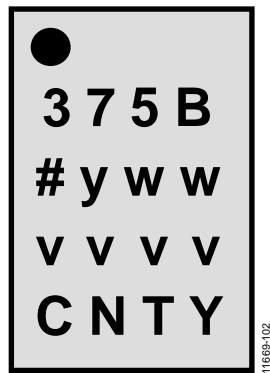


图39.产品封装信息(顶视图)

表19.封装标识信息

标识码	字段说明
375B	ADXL375 器件标识符
#	符合RoHS标准
yww	日期代码
vvvv	工厂批次代码
CNTY	原产国

ADXL375

外形尺寸

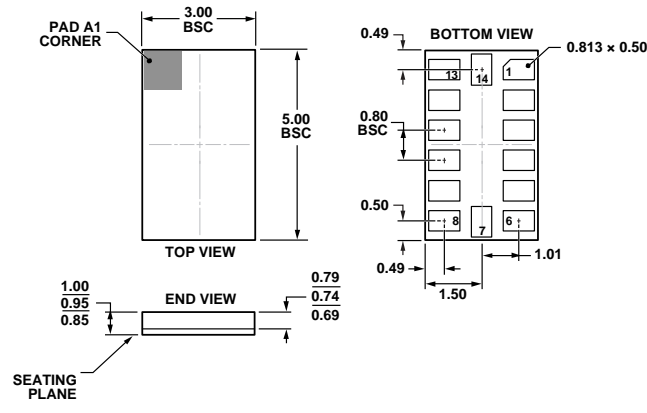


图40. 14引脚基板栅格阵列封装[LGA] (CC-14-1)
图示尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围	测量范围(g)	额定电压(V)	封装描述	封装选项
ADXL375BCCZ	-40°C至+85°C	±200	2.5	14引脚基板栅格阵列封装	CC-14-1
ADXL375BCCZ-RL	-40°C至+85°C	±200	2.5	14引脚基板栅格阵列封装	CC-14-1
ADXL375BCCZ-RL7	-40°C至+85°C	±200	2.5	14引脚基板栅格阵列封装	CC-14-1
EVAL-ADXL375Z	-40°C至+85°C			评估板	
EVAL-ADXL375Z-M				惯性传感器评估系统, 包括ADXL375卫星板导航	
EVAL-ADXL375Z-S				ADXL375卫星板导航, 独立器件(能与其他惯性传感器评估系统一同使用)	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件

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