

### 特性

超低功耗(随数据速率自动按比例变化)

低至30  $\mu A$ (测量模式,  $V_s = 3.3 V$ )

低至0.1  $\mu A$ (待机模式,  $V_s = 3.3 V$ )

低噪声性能

150  $\mu g/\sqrt{Hz}$ (典型值, X轴和Y轴)

250  $\mu g/\sqrt{Hz}$ (典型值, Z轴)

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

用户可选的分辨率

任意g范围内具有固定的10位分辨率

任意g范围内具有固定的1024 LSB/g灵敏度

分辨率可在 $\pm 0.5 g$ (10位)至 $\pm 4 g$ (13位)范围内按比例变化

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I<sup>2</sup>C数字接口

灵活的中断模式, 可映射到两个中断引脚

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(HSA)系统

电子刹车制动

数据记录仪(黑匣子)

### 概述

ADXL313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 $\pm 4 g$ 。数字输出数据为16位二进制补码格式, 可通过串行端口接口(SPI)(3线式或4线式)或I<sup>2</sup>C数字接口访问。

ADXL313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(1024 LSB/g)和低噪声(150  $\mu g/\sqrt{Hz}$ )性能, 能够分辨小到0.1°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0.025°。

该器件提供多种内置检测功能。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可用来存储数据, 最大程度地减少主机处理器的干预, 降低系统功耗。

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。

ADXL313采用5 mm × 5 mm × 1.45 mm、32引脚小型超薄LFCSP封装, 与ADXL312加速度计引脚兼容。

### 功能框图

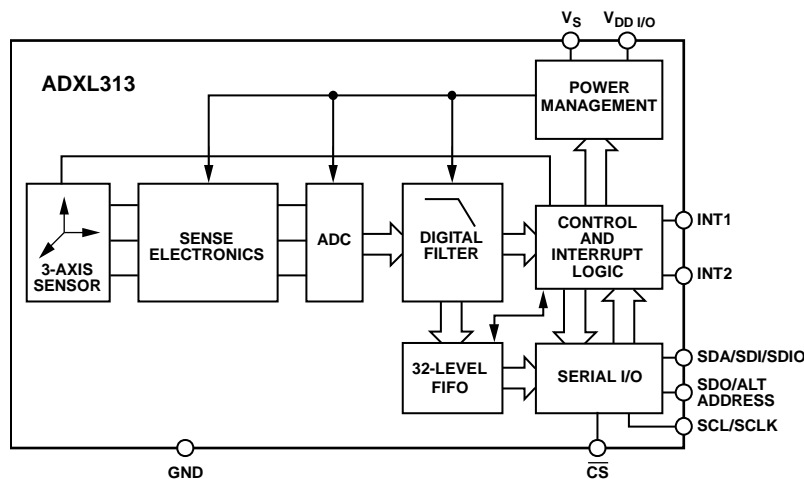


图1.

Rev. 0

### 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 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
Technical Support [www.analog.com](http://www.analog.com)

## 目录

特性.....	1	FIFO.....	15
应用.....	1	自检.....	16
概述.....	1	寄存器映射.....	17
功能框图.....	1	寄存器定义.....	18
修订历史.....	2	应用信息.....	22
技术规格.....	3	电源去耦.....	22
绝对最大额定值.....	4	机械安装注意事项.....	22
热阻.....	4	阈值.....	22
ESD警告.....	4	链接模式.....	22
引脚配置和功能描述.....	5	休眠模式与低功耗模式.....	22
典型性能参数.....	6	使用自检.....	23
工作原理.....	8	3200 Hz和1600 Hz ODR数据格式.....	24
电源时序.....	8	加速度灵敏度轴.....	25
省电特性.....	8	焊接温度曲线.....	26
串行通信.....	10	外形尺寸.....	27
SPI.....	10	订购指南.....	28
I <sup>2</sup> C.....	13	汽车应用级产品.....	28
中断.....	15		

## 修订历史

2013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 $+105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_S = V_{DD/I/O} = 3.3\text{ V}$ , 加速度 =  $0\text{ g}$ 。

表1.

参数 <sup>1</sup>	测试条件/注释	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		$\pm 0.5, \pm 1, \pm 2, \pm 4$		g
非线性度	满量程百分比		$\pm 0.5$		%
微型非线性度	以任意50 mg间隔测量		$\pm 2$		%
轴间对齐误差			$\pm 0.1$		度
跨轴灵敏度 <sup>2</sup>			$\pm 1$		%
输出分辨率	各轴				
所有g范围	默认分辨率		10		(位)
$\pm 0.5\text{ g}$ 范围	全分辨率使能		10		(位)
$\pm 1\text{ g}$ 范围	全分辨率使能		11		(位)
$\pm 2\text{ g}$ 范围	全分辨率使能		12		(位)
$\pm 4\text{ g}$ 范围	全分辨率使能		13		(位)
灵敏度	各轴				
$X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}$ 灵敏度	任何g范围, 全分辨率模式		1024		LSB/g
	$\pm 0.5\text{ g}$ , 10位或全分辨率	921	1024	1126	LSB/g
	$\pm 1\text{ g}$ , 10位分辨率	460	512	563	LSB/g
	$\pm 2\text{ g}$ , 10位分辨率	230	256	282	LSB/g
	$\pm 4\text{ g}$ , 10位分辨率	115	128	141	LSB/g
温度引起的灵敏度变化			$\pm 0.01$		%/ $^{\circ}\text{C}$
0 g偏置	各轴				
初始0 g输出	$T = 25^{\circ}\text{C}, X_{OUT}, Y_{OUT}$		$\pm 50$		mg
	$T = 25^{\circ}\text{C}, Z_{OUT}$		$\pm 75$		mg
整个温度范围内的0 g输出漂移	$-40^{\circ}\text{C} < T < +105^{\circ}\text{C}, X_{OUT}, Y_{OUT}$ , 参考初始0 g输出	-125		+125	mg
	$-40^{\circ}\text{C} < T < +105^{\circ}\text{C}, Z_{OUT}$ , 参考初始0 g输出	-200		+200	mg
0 g失调温度系数	$X_{OUT}, Y_{OUT}$		$\pm 0.5$		mg/ $^{\circ}\text{C}$
	$Z_{OUT}$		$\pm 0.75$		mg/ $^{\circ}\text{C}$
噪声性能					
噪声密度	X轴, Y轴		150		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
	Z轴		250		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
均方根噪声	X轴, Y轴, 100 Hz输出数据速率(ODR)		1.5		mg rms
	Z轴, 100 Hz ODR		2.5		mg rms
输出数据速率/带宽	用户可选				
测量速率 <sup>3</sup>		6.25		3200	Hz
自测 <sup>4</sup>	数据速率 $\geq 100\text{ Hz}$ , $2.0 \leq V_S \leq 3.6$				
X轴上的输出变化		0.20		2.36	g
Y轴上的输出变化		-2.36		-0.20	g
Z轴上的输出变化		0.30		3.70	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 $> 100\text{ Hz}$	100	170	300	$\mu\text{A}$
	数据速率 $< 10\text{ Hz}$	30	55	110	$\mu\text{A}$
待机模式漏电流			0.1	2	$\mu\text{A}$
开启(唤醒)时间 <sup>5</sup>			1.4		ms
温度					
工作温度范围		-40		+105	$^{\circ}\text{C}$

<sup>1</sup> 保证所有最低和最高技术规格。不保证典型技术规格。

<sup>2</sup> 跨轴灵敏度定义为任意两轴之间的耦合。

<sup>3</sup> 带宽为输出数据速率的一半。

<sup>4</sup> 自测变化定义为SELF\_TEST位 = 1(DATA\_FORMAT寄存器中的地址0x31)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 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。

<sup>5</sup> 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 $\tau = 1/(\text{数据速率})$ 。

# ADXL313

## 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 <sub>S</sub>	-0.3 V至+3.9 V
V <sub>DD I/O</sub>	-0.3 V至+3.9 V
所有其它引脚	-0.3 V至V <sub>DD I/O</sub> +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	
上电	-40°C至+125°C
存储	-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, 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

$\theta_{JA}$  针对最差条件, 即焊接在电路板上的器件为表贴封装。

表3. 热阻

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

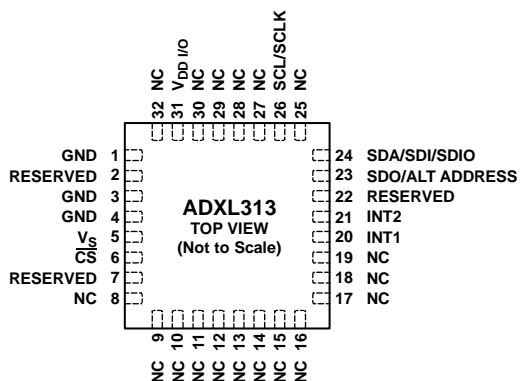
## ESD警告



### 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。

## 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.

11469-002

图2. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
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	RESERVED	保留。该引脚必须连接到GND或保持断开。
23	SDO/ALT地址	串行数据输出/备用I <sup>2</sup> C地址选择。
24	SDA/SDI/SDIO	串行数据(I <sup>2</sup> C)、串行数据输入(SPI 4线)、串行数据输入/输出(SPI 3线)。
25	NC	不连接。请勿连接该引脚。
26	SCL/SCLK	I <sup>2</sup> C串行通信时钟/SPI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。请勿连接该引脚。
	EP	裸露焊盘。裸露焊盘必须焊接到接地层。

## 典型性能参数

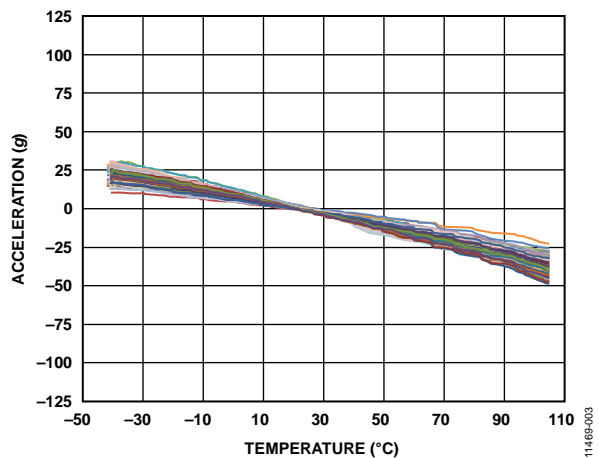


图3. X轴加速度与温度的关系 (三组, N = 80)

11469-003

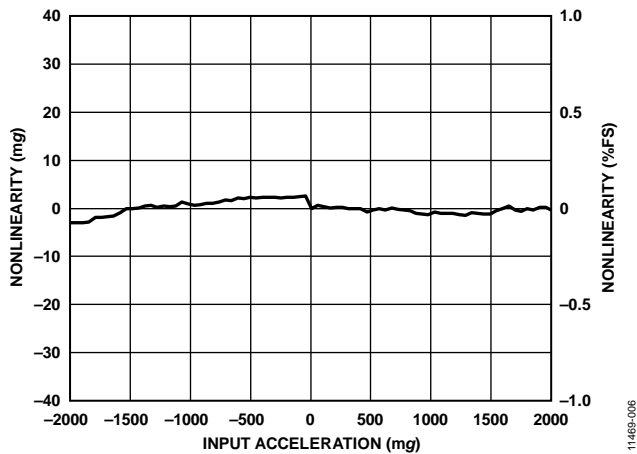


图6. X轴非线性度 (±2 g输入范围)

11469-006

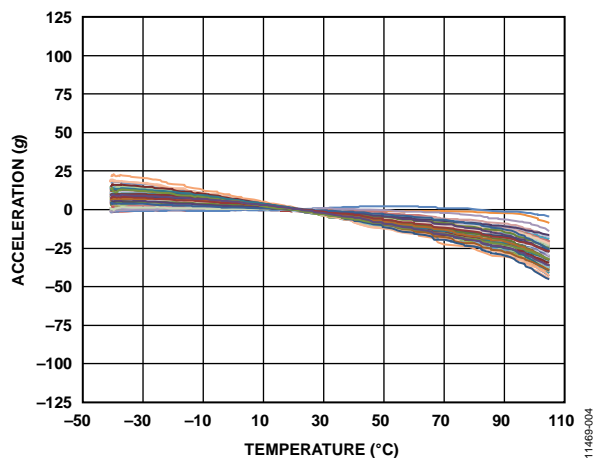


图4. Y轴加速度与温度的关系 (三组, N = 80)

11469-004

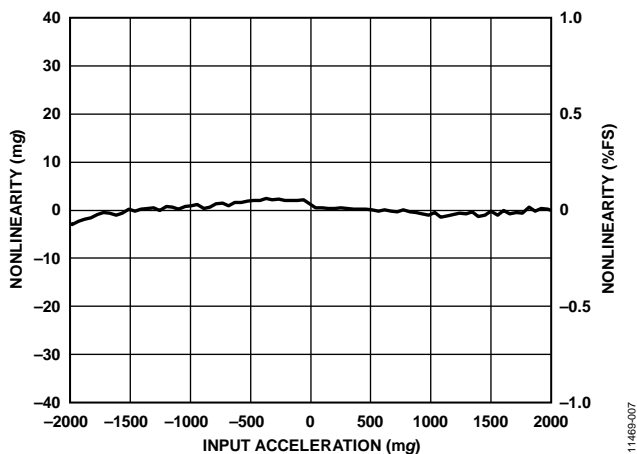


图7. Y轴非线性度 (±2 g输入范围)

11469-007

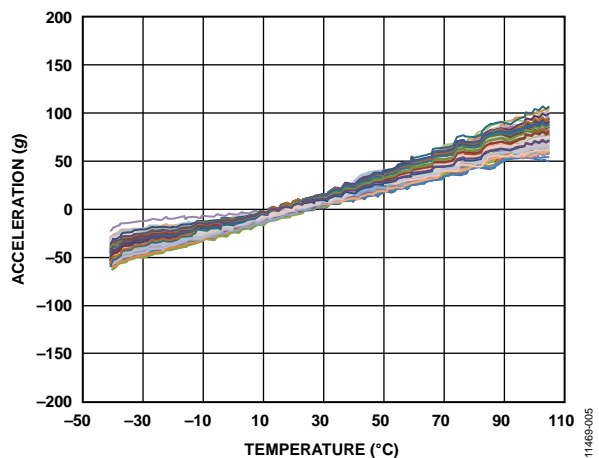


图5. Z轴加速度与温度的关系 (三组, N = 80)

11469-005

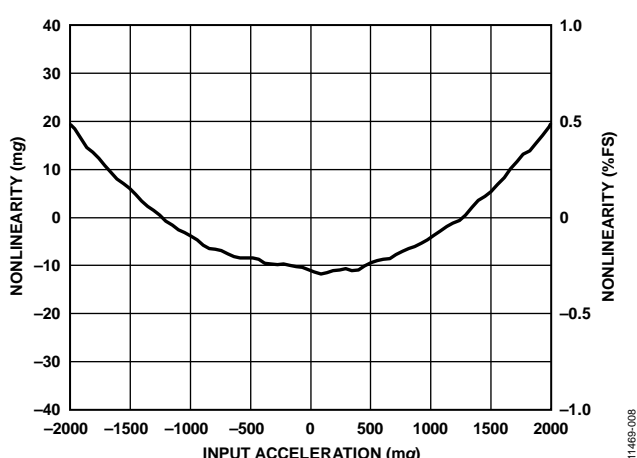


图8. Z轴非线性度 (±2 g输入范围)

11469-008

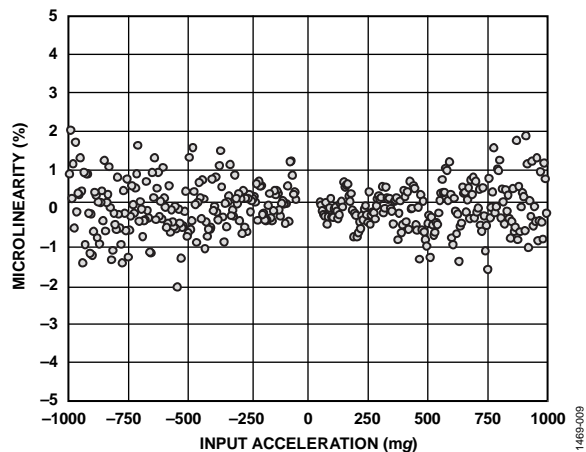


图9. X轴微线性度(50 mg步长)

11469-009

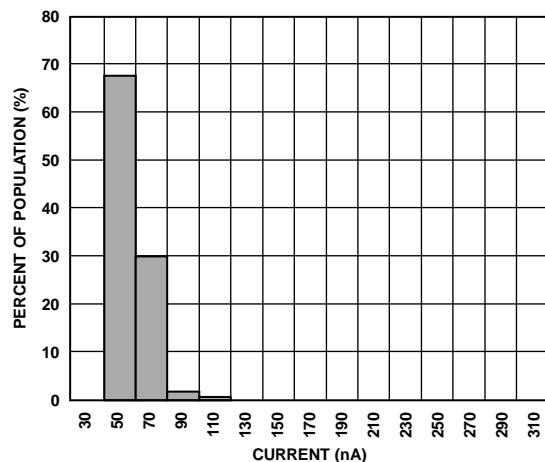


图12. 待机模式功耗( $V_S = V_{DD I/O} = 3.3 V$ ,  $25^\circ C$ )

11469-118

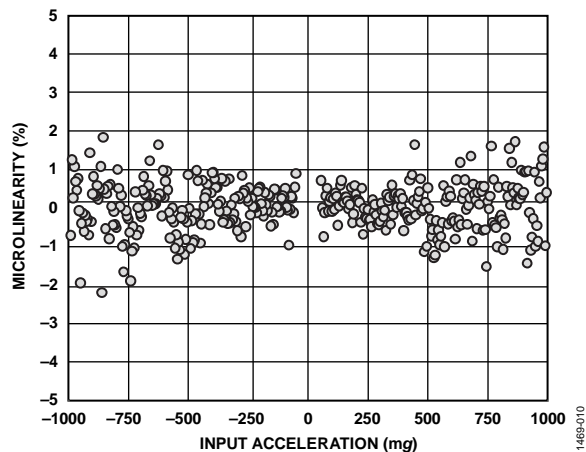


图10. Y轴微线性度(50 mg步长)

11469-010

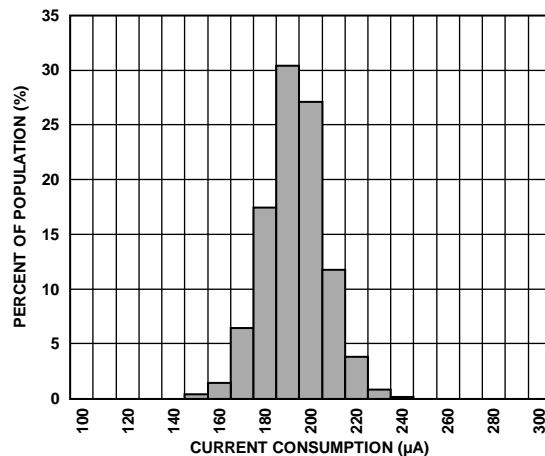


图13. 测量模式功耗(数据速率 = 100 Hz,  $V_S = V_{DD I/O} = 3.3 V$ ,  $25^\circ C$ )

11469-119

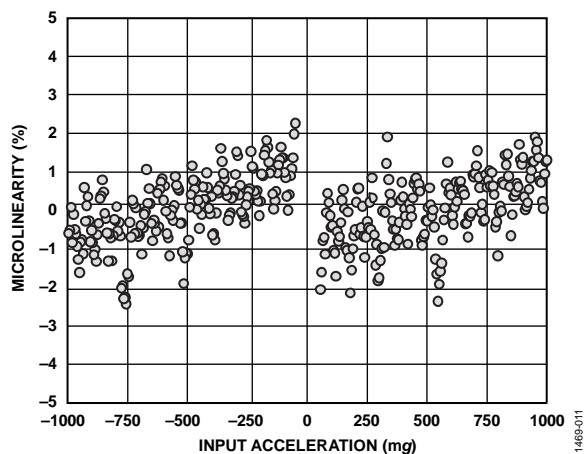


图11. Z轴微线性度(50 mg步长)

11469-011

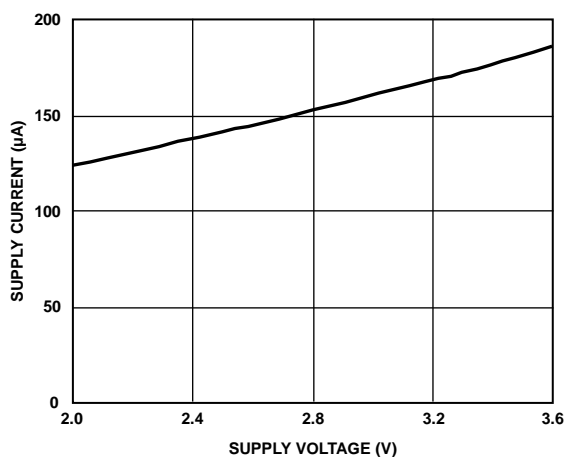


图14. 电源电流与电源电压的关系( $V_S$ 等于 $25^\circ C$ 时)

11469-233

# ADXL313

## 工作原理

ADXL313是一款完整的3轴加速度测量系统，可选择的测量范围有 $\pm 0.5\text{ g}$ 、 $\pm 1\text{ g}$ 、 $\pm 2\text{ g}$ 或 $\pm 4\text{ g}$ 。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。加速度使波束偏转、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

电源能以任何时序施加到 $V_S$ 或 $V_{DD I/O}$ 而不会损坏ADXL313。

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ADXL313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。

## 省电功能

### 功耗模式

ADXL313自动调节功耗，与输出数据速率成比例，如表5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，该模式在12.5 Hz至400 Hz输出数据速率条件下有效，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6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6未列出。因此，低功耗模式下推荐仅使用表6所列的数据速率。表5和表6列出了 $V_S$ 为3.3 V时的功耗值。

**表5. 功耗与数据速率的关系**  
( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = V_{DD I/O} = 3.3\text{ V}$ )

输出数据速率 (Hz)	带宽(Hz)	速率代码	$I_{DD}$ ( $\mu\text{A}$ )
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6. 功耗与数据速率的关系(低功耗模式)**  
( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = V_{DD I/O} = 3.3\text{ V}$ )

输出数据速率 (Hz)	带宽(Hz)	速率代码	$I_{DD}$ ( $\mu\text{A}$ )
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

**表7. 电源时序**

条件	$V_S$	$V_{DD I/O}$	说明
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。



**自动休眠模式**

通过让ADXL313在非活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，即视为无活动。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，那么器件即会自动切换到休眠模式。 $V_s$ 为3.3 V时，该模式下低于10 Hz数据速率的功耗通常为55  $\mu$ A。

**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  $\mu$ A(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I<sup>2</sup>C和SPI数字通信。上述两种情况下，ADXL313作为从机运行。 $\overline{CS}$ 引脚上拉至 $V_{DD I/O}$ ，I<sup>2</sup>C模式使能。 $\overline{CS}$ 引脚必须始终上拉至 $V_{DD I/O}$ 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I<sup>2</sup>C两种工作模式下，ADXL313写入期间，应忽略从ADXL313传输到主机的数据。

### SPI

对于SPI通信，可使用3线式或4线式配置，如图15和图16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ADXL313， $\overline{CS}$ 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配置时，推荐将SDO引脚上拉至 $V_{DD I/O}$ 或通过10 k $\Omega$ 电阻下拉至GND。

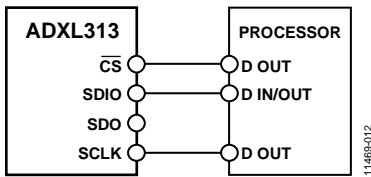


图15. 3线式SPI连接图

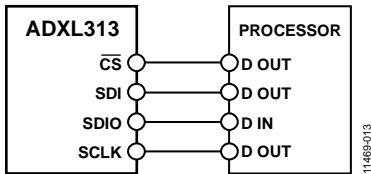


图16. 4线式SPI连接图

$\overline{CS}$ 为串行端口使能线，由SPI主机控制。如图17至图19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17至图19)R/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ADXL313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17显示了3线式SPI读取或写入的时序图。图18和图19分别显示了4线式SPI读取和写入的时序图。要使该器件正确操作，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/注释	限值 <sup>1</sup>		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( $I_{IL}$ )	$V_{IN} = V_{DD I/O}$		0.1	$\mu$ A
高电平输入电流( $I_{IH}$ )	$V_{IN} = 0V$	-0.1		$\mu$ A
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

<sup>1</sup> 限值基于特性数据，未经生产测试。

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

参数	限值 <sup>2,3</sup>		单位	说明
	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上升沿到 $\overline{CS}$ 上升沿。
$t_{DIS}$		10	ns	$\overline{CS}$ 上升沿至SDO禁用。
$t_{\overline{CS}, DIS}$	150		ns	$\overline{CS}$ 复位于SPI通信间。
$t_S$	$0.3 \times t_{SCLK}$		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。

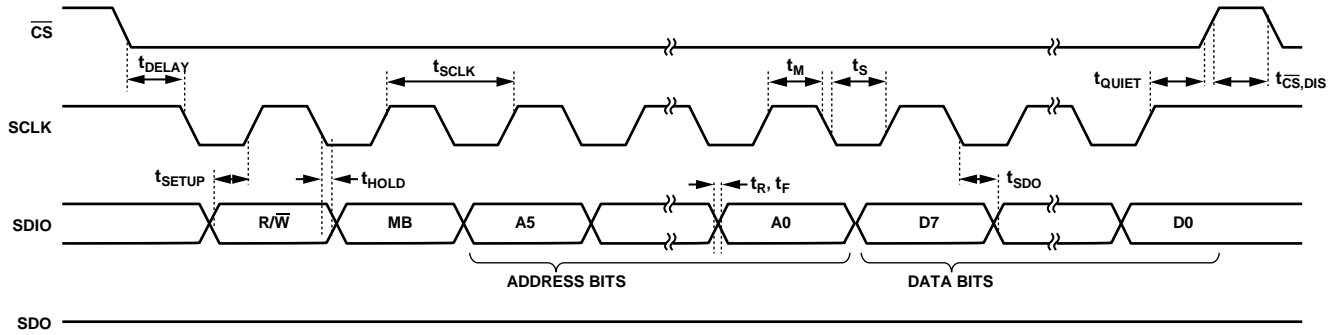
<sup>1</sup>  $\overline{CS}$ 、SCLK、SDI和SDO引脚没有采用内部上拉或下拉电阻，必须进行驱动以正确工作。

<sup>2</sup> 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。

<sup>3</sup> 测得的时序值对应表8给出的输入阈值( $V_{IL}$ 和 $V_{IH}$ )。

<sup>4</sup> 容性负载为150 pF时，测得的输出上升时间和下降时间。

# ADXL313



**NOTES**

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

图17. 3线SPI读取/写入

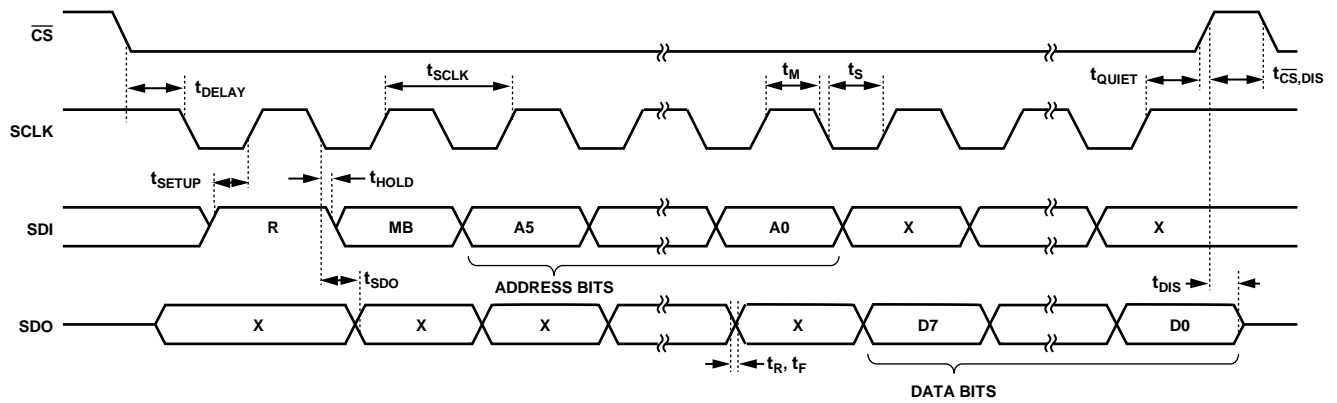


图18. 4线SPI读取

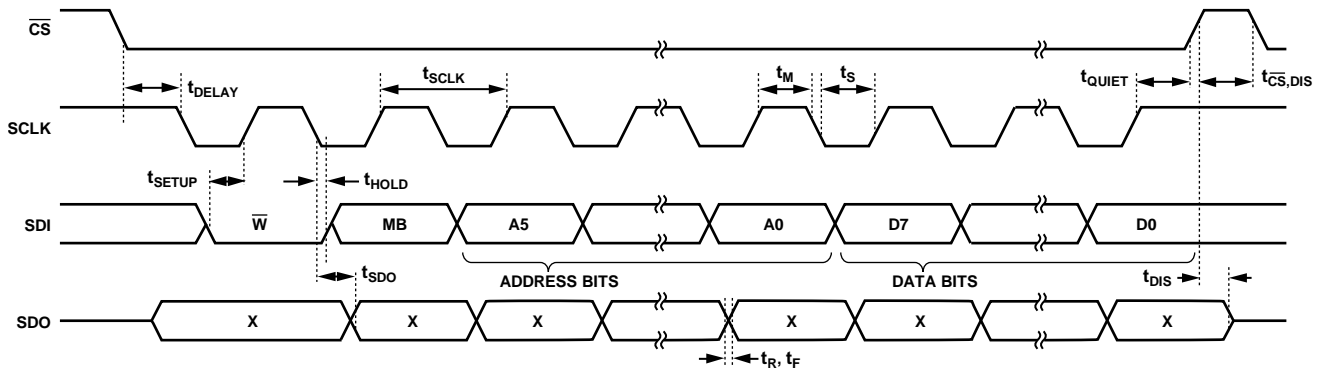


图19. 4线SPI写入

## I<sup>2</sup>C

如图20所示， $\overline{CS}$ 引脚拉高至 $V_{DD\ I/O}$ ，ADXL313处于I<sup>2</sup>C模式，需要简单双线式连接。ADXL313符合《UM10204 I<sup>2</sup>C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21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I<sup>2</sup>C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23)接地，可以选择备用I<sup>2</sup>C地址0x53(随后为R/ $\overline{W}$ 位)。这转化为0xA6写入，0xA7读取。

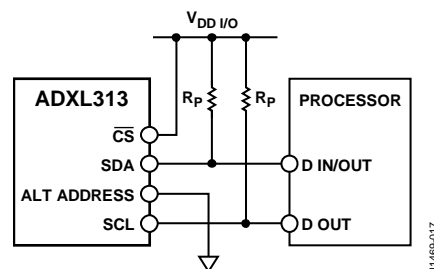


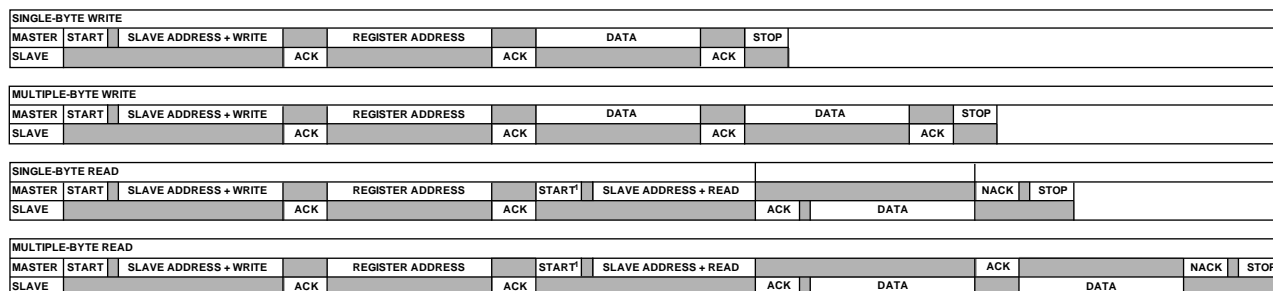
图20. I<sup>2</sup>C连接图(地址0x53)

如果有其他器件连接到同一I<sup>2</sup>C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。I<sup>2</sup>C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 I<sup>2</sup>C总线规范和用户手册》03版(2007年6月19日)。

表10. I<sup>2</sup>C数字输入/输出

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

<sup>1</sup> 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21. I<sup>2</sup>C器件寻址

# ADXL313

表11. I<sup>2</sup>C时序(T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>S</sub> = V<sub>DD/I/O</sub> = 3.3 V)

参数	限值 <sup>1,2</sup>		单位	说明
	最小值	最大值		
f <sub>SCL</sub>		400	kHz	SCL时钟频率
t <sub>1</sub>	2.5		μs	SCL周期时间
t <sub>2</sub>	0.6		μs	SCL高电平时间
t <sub>3</sub>	1.3		μs	SCL低电平时间
t <sub>4</sub>	0.6		μs	起始/重复起始条件的保持时间
t <sub>5</sub>	100		ns	数据建立时间
t <sub>6</sub> <sup>3,4,5,6</sup>	0	0.9	μs	数据保持时间
t <sub>7</sub>	0.6		μs	重复起始建立时间
t <sub>8</sub>	0.6		μs	停止条件的建立时间
t <sub>9</sub>	1.3		μs	一个结束条件和起始条件之间的总线空闲时间
t <sub>10</sub>		300	ns	接收时SCL和SDA的上升时间
t <sub>11</sub>	0	250	ns	接收时SDA的下降时间
		300	ns	传送时SCL和SDA的下降时间
	20 + 0.1 C <sub>b</sub> <sup>7</sup>		ns	传送或接收时SCL和SDA的下降时间
C <sub>b</sub>		400	pF	各条总线的容性负载

1 限值基于特性数据: f<sub>SCL</sub> = 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<sub>IH</sub>和V<sub>IL</sub>电平值。

3 t<sub>6</sub>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<sub>I, min</sub>)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(t<sub>3</sub>)没有延长, 则必须满足t<sub>6</sub>最大值。

6 t<sub>6</sub>最大值根据时钟低电平时间(t<sub>3</sub>)、时钟上升时间(t<sub>10</sub>)和最小数据建立时间(t<sub>5(min)</sub>)而定。该值计算公式为t<sub>6(max)</sub> = t<sub>3</sub> - t<sub>10</sub> - t<sub>5(min)</sub>。

7 C<sub>b</sub>是一条总线的总电容(单位: pF)。

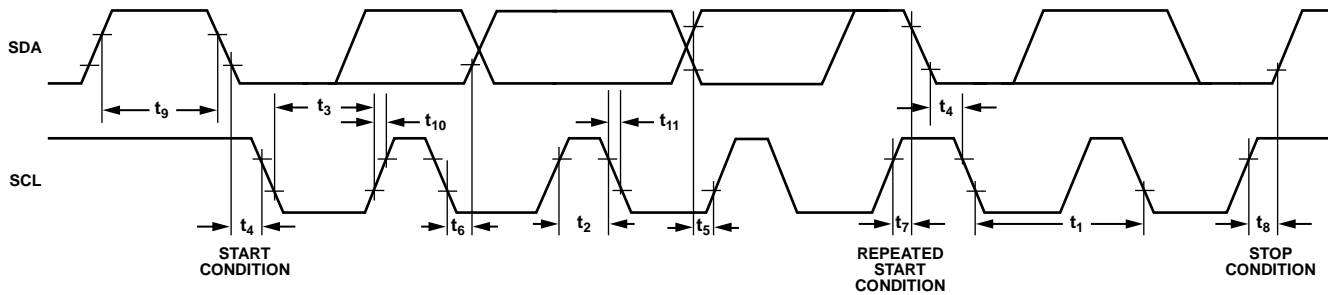


图22. I<sup>2</sup>C时序图

11489-01/6

## 中断

ADXL313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，功能配置有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。下节描述了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。

### Activity

当检测到加速度值超过THRESH\_ACT寄存器(地址0x24)的存储值时，activity位置位。

### Inactivity

当检测到加速度值小于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，inactivity位置位。TIME\_INACT最大值为255秒。

### Watermark

FIFO采样点数等于samples位(FIFO\_CTL寄存器，地址0x38)中存储的值时，watermark位置位。读取FIFO时，watermark位自动清零，内容返回至比samples位中存储值更低的值。

### Overrun

当有新数据替换未被读取的数据时，overrun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DATA\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx寄存器(地址0x32至0x37)中的未读取数据，则overrun位置位。在其他模式下，只有FIFO被存满时，overrun位才会置位。读取FIFO内容时，overrun位自动清零。

### FIFO

ADXL313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17)。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，因而保持为空。

表12. 中断引脚数字输出

参数	测试条件/注释	限值 <sup>1</sup>		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		$\mu A$
高电平输出电流( $I_{OH}$ )	$V_{OH} = V_{OH, min}$		-150	$\mu A$
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( $t_R$ ) <sup>2</sup>	$C_{LOAD} = 150 \text{ pF}$		210	ns
下降时间( $t_F$ ) <sup>3</sup>	$C_{LOAD} = 150 \text{ pF}$		150	ns

<sup>1</sup> 限值基于特性数据，未经生产测试。

<sup>2</sup> 测量上升时间为INTx引脚从 $V_{OL, max}$ 至 $V_{OH, min}$ 的转换时间。

<sup>3</sup> 测量下降时间为INTx引脚从 $V_{OH, min}$ 至 $V_{OL, max}$ 的转换时间。

# ADXL313

## FIFO模式

在FIFO模式下，x、y、z轴的测量数据存储存储在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  $\mu$ 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，会清空FIFO。

## 从FIFO中读取数据

从DATA\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx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\_Xx、DATA\_xY和DATA\_Zx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\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx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\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx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  $\mu$ 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CS引脚来确保5  $\mu$ 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  $\mu$ s。使用I<sup>2</sup>C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

ADXL313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。静电力与 $V_s^2$ 成比例，因此输出随 $V_s$ 而变化。ADXL313的自测特性还具有双峰性。然而，表1和表13所示的限值对容许电压范围内所有潜在的自测值都有效。在低于100 Hz或在1600 Hz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100 Hz至800 Hz或3200 Hz的数据速率，以便自测功能正常运行。

表13. 自测输出( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $2.0\text{ V} \leq V_s \leq 3.6\text{ V}$ )

轴	最小值(g)	最大值(g)
X	0.20	2.36
Y	-2.36	+0.20
Z	0.30	3.70



## 寄存器映射

表14. 寄存器存储区分配

寄存器	名称	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	复位值	
0x00	DEVID_0	R	DEVID_0[7:0]									0xAD
0x01	DEVID_1	R	DEVID_1[7:0]									0x1D
0x02	PARTID	R	PARTID[7:0]									0xDC
0x03	REVID	R	REVID[7:0]									0x00
0x04	XID	R	XID[7:0]									0x00
0x05至 0x17	保留	RSVD	保留									
0x18	SOFT_RESET	R/W	SOFT_RESET[7:0]									0x00
0x19至 0x1D	保留	RSVD	保留									
0x1E	OFSX	R/W	OFSX[7:0]									0x00
0x1F	OFSY	R/W	OFSY[7:0]									0x00
0x20	OFSZ	R/W	OFSZ[7:0]									0x00
0x21至 0x23	保留	RSVD	保留									
0x24	THRESH_ACT	R/W	THRESH_ACT[7:0]									0x00
0x25	THRESH_INACT	R/W	THRESH_INACT[7:0]									0x00
0x26	TIME_INACT	R/W	TIME_INACT[7:0]									0x00
0x27	ACT_INACT_CTL	R/W	ACT_ AC/DC	ACT_X	ACT_Y	ACT_Z	INACT_ AC/DC	INACT_X	INACT_Y	INACT_Z	0x00	
0x28至 0x2B	保留	RSVD	保留									
0x2C	BW_RATE	R/W	0	0	0	LOW_POWER	Rate[3:0]				0x0A	
0x2D	POWER_CTL	R/W	0	I2C_ DISABLE	Link	AUTO_SLEEP	Measure	Sleep	Wake-up[1:0]		0x00	
0x2E	INT_ENABLE	R/W	DATA_ READY	0	0	Activity	Inactivity	0	Watermark	Overrun	0x00	
0x2F	INT_MAP	R/W	DATA_ READY	0	0	Activity	Inactivity	0	Watermark	Overrun	0x00	
0x30	INT_SOURCE	R	DATA_ READY	0	0	Activity	Inactivity	0	Watermark	Overrun	0x02	
0x31	DATA_FORMAT	R/W	SELF_ TEST	SPI	INT_ INVERT	0	FULL_RES	Justify	Range[1:0]		0x00	
0x32	DATA_X0	R	DATA_X0[7:0]									0x00
0x33	DATA_X1	R	DATA_X1[7:0]									0x00
0x34	DATA_Y0	R	DATA_Y0[7:0]									0x00
0x35	DATA_Y1	R	DATA_Y1[7:0]									0x00
0x36	DATA_Z0	R	DATA_Z0[7:0]									0x00
0x37	DATA_Z1	R	DATA_Z1[7:0]									0x00
0x38	FIFO_CTL	R/W	FIFO_MODE[1:0]		Trigger	Samples[4:0]				0x00		
0x39	FIFO_STATUS	R	FIFO_TRIG	0	Entries					0x00		

# ADXL313

## 寄存器定义

### 寄存器0x00—DEVID\_0(只读)

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

DEVID\_0寄存器保留固定器件ID标识，表示ADI为器件制造商。此寄存器的默认值为0xAD。

### 寄存器0x01—DEVID\_1(只读)

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

DEVID\_1寄存器保留固定器件ID，用于进一步增强ADXL313的可追溯性。此寄存器的默认值为0x1D。

### 寄存器0x02—PARTID(只读)

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

PARTID寄存器用于将器件标识为ADXL313。存储在该寄存器中的十六进制默认值0xCB表示313相应的八进制值。若用户不是从该寄存器中回读0xCB，则假定待测器件并非是一款ADXL313器件。

### 寄存器0x03—REVID(只读)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
REVID[7:0]							

REVID寄存器中的数字表示ADXL313的芯片版本。每次重大芯片版本更新，该数字便会增加。

### 寄存器0x04—XID(只读)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
XID[7:0]							

XID寄存器存储器件调节与校准过程中产生的半独特序列号。

### 寄存器0x18—SOFT\_RESET(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SOFT_RESET[7:0]							

将数值0x52写入寄存器0x18会触发ADXL313的软复位功能。软复位使ADXL313返回到其上电初始化例程的开始状态，清除写入到存储器映射中的配置设置，使ADXL313器件易于再次配置。

### 寄存器0x1E—OFSX(读/写)

### 寄存器0x1F—OFSY(读/写)

### 寄存器0x20—OFSZ(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OFSX[7:0]							
OFSY[7:0]							
OFSZ[7:0]							

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3.9 mg/LSB (即0x7F = 0.5 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)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
THRESH_ACT[7:0]							

THRESH\_ACT寄存器为8位寄存器，保存活动检测的阈值。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15.625 mg/LSB。如果使能活动中断，值为0可能导致工作异常。

### 寄存器0x25—THRESH\_INACT(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
THRESH_INACT[7:0]							

THRESH\_INACT寄存器为8位寄存器，保存静止检测的阈值。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15.625 mg/LSB。如果使能静止中断，值为0可能导致工作异常。

### 寄存器0x26—TIME\_INACT(读/写)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
TIME_INACT[7:0]							

TIME\_INACT寄存器为8位，包含无符号时间值。加速度值必须小于THRESH\_INACT寄存器中的值，且必须持续TIME\_INACT中指定的时间，才能发出非活动声明。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，静止功能采用滤波输出数据。要触发静止中断，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_AC/DC	ACT_X	ACT_Y	ACT_Z
D3	D2	D1	D0
INACT_AC/DC	INACT_X	INACT_Y	INACT_Z

#### ACT\_AC/DC和INACT\_AC/DC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，以确定检测到的是活动还是静止。

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，则认为器件处于静止状态，并触发静止中断。

### ACT\_x和INACT\_x位

设置为1时，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”，当任意参与轴超过阈值时，活动功能触发。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	Rate			

#### 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)。

#### Rate位

这些位选择器件带宽和输出数据速率(详见表5和表6)。默认值为0x0A，相当于100 Hz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。选择过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
0	I2C_DISABLE	Link	AUTO_SLEEP
D3	D2	D1	D0
Measure	Sleep	Wake-up	

#### I2C\_Disable位

ADXL313可通过SPI或I<sup>2</sup>C传输协议进行通信。通常，这些协议并不会重叠；但有时SPI处理会模仿I<sup>2</sup>C启动命令。这导致ADXL313的意外响应，造成与通信网络上其他器件的通信问题。若要确保ADXL313不会将SPI命令解读为I<sup>2</sup>C启动条件，可置位I2C\_Disable位。

#### Link位

当Link位设置为1且活动和静止功能均使能时，活动功能启动将延迟，直至检测到静止。检测到活动后，静止检测开始，活动检测停止。该位链接活动和静止功能。此位设置为0时，静止功能和活动功能同时进行。其他信息参见链接模式部分。

Link位清0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，Link位清零后的前几个数据采样点，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ADXL313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“Sleep位”部分的sleep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位清零后的前几个数据采样点，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。

#### Measure位

Measure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。ADXL313以功耗最小的待机模式上电。

#### Sleep位

Sleep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，只有活动功能可以使用。

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，休眠位清零后的前几个数据采样点，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。

# ADXL313

## 唤醒位

如表15所述，这些位控制休眠模式下的读取频率。

表15. 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	0	0	Activity
D3	D2	D1	D0
Inactivity	0	Watermark	Overrun

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、Watermark位和Overrun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	0	0	Activity
D3	D2	D1	D0
Inactivity	0	Watermark	Overrun

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	0	0	Activity
D3	D2	D1	D0
Inactivity	0	Watermark	Overrun

该寄存器中的位设为1表示对应功能已触发事件，设为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、watermark位和overrun位始终会置位，并通过读取DATA\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx寄存器数据来清零。如FIFO部分的FIFO模式描述所述，DATA\_READY和Watermark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	Justify	Range	

DATA\_FORMAT寄存器控制寄存器0x32至寄存器0x37的数据显示。除±4 g范围以外的所有数据会被钳位以避免翻转。

### SELF\_TEST位

SELF\_TEST位设置为1时，自测力作用于传感器，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范围而增加，以保持1024 LSB/g的灵敏度。FULL\_RES位设置为0时，该器件为10位模式，Range位决定最大g范围和比例因子。

### Justify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。

### Range位

这些位设置g范围，如表16所述。

表16. g范围设置

设置		范围(g)
D1	D0	
0	0	±0.5
0	1	±1
1	0	±2
1	1	±4

**寄存器0x32和寄存器0x33—DATA\_X0, DATA\_X1(只读),**

**寄存器0x34和寄存器0x35—DATA\_Y0, DATA\_Y1(只读),**

**寄存器0x36和寄存器0x37—DATA\_Z0, DATA\_Z1(只读)**

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DATA_X0[7:0]							
DATA_X1[7:0]							
DATA_Y0[7:0]							
DATA_Y1[7:0]							
DATA_Z0[7:0]							
DATA_Z1[7:0]							

这6个字节(寄存器0x32至寄存器0x37)都是8位, 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, DATA\_x0为最低有效字节, DATA\_x1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		Trigger	Samples				

**FIFO\_MODE位**

这些位设置FIFO模式, 如表17所述。

**表17. 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	Trigger	通过触发位触发时, FIFO保存触发事件前的最后若干组数据采样点, 然后继续收集数据, 直到填满。FIFO填满后, 不再收集新的数据。

**Trigger位**

trigger位值为0时, 将触发事件链接至INT1; 值为1时, 则链接至INT2。

**Samples位**

这些位的功能取决于选定的FIFO模式(见表18)。Samples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Samples位值为0, 可能会出现工作异常。

**表18. Samples位功能**

FIFO模式	Samples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。
Trigger	指定触发事件之前在FIFO缓冲区要保留的FIFO采样点数。

**0x39—FIFO\_STATUS(只读)**

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FIFO_TRIG		0	Entries				

**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。

**Entries位**

这些位报告FIFO存储的数据值数量。通过DATA\_Xx、DATA\_Yx和DATA\_Zx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, 一组FIFO样本会被清零。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ADXL313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,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ADXL313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。

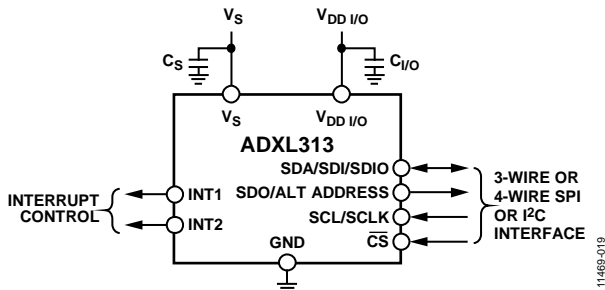


图23. 应用框图

### 机械安装注意事项

ADXL313应安装在PCB牢固安装点附近位置。如图24所示,如将ADXL313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。

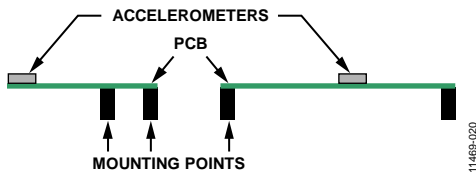


图24. 错误放置的加速度计

### 阈值

较低的输出数据速率是通过抽取器件内的采样频率来实现的。运动检测功能使用非抽取数据来执行,也就是用最高的采样率来判断是否发生运动中断。由于输出数据的带宽随输出数据速率而改变,速率越低,带宽越窄。因此如果设定的输出速率较低,可能器件本身已检测到高频率和高g值的数据,并给出中断,但在用户监测实时输出时却没有发现过门限的加速度值。

### 链接模式

POWER\_CTL寄存器(地址 $0x2D$ )中的link位的功能是通过设置器件仅查找静止之后的活动,来减少处理器必须服务的活动中断数量。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活动和静止中断。如果活动中断不清除,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,但一般不被用来进行数据采集。

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。为了防止产生多余的静止中断,将自动禁用静止中断功能,并使能活动功能。ADXL313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,该中断可用于唤醒主机处理器。与发生静止事件时类似,将禁用活动事件检测,并使能静止中断检测功能。

## 使用自检

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。

准确的自测测量要求ADXL313正确配置。器件应设置成大于或等于100 Hz的数据速率。这要求向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±4 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1024 LSB/g灵敏度。

正确配置后, 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。平均值应储存并适当标记为自测使能值, 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(g), 方法是用灵敏度1024 LSB/g乘以每个值。工作在10位模式时, 自测的LSB值根据选定的g范围而变化, 虽然自测力(以g表示)并未改变。使用低于±4 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。

# ADXL313

## 3200 HZ和1600 HZ ODR数据格式

下文内容仅适用于3200 Hz和1600 Hz输出数据速率。对于其他数据速率，可忽略该节内容。

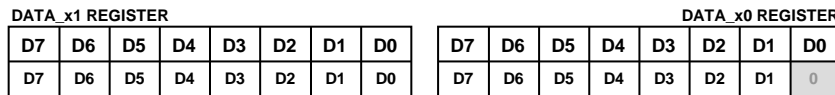
对于3200 Hz和1600 Hz输出数据速率，当ADXL313配置为±0.5 g输出范围或全分辨率模式使能时，输出数据字的LSB始终为0。若加速度数据字右对齐，则它对应DATA\_x0寄存器的位D0，如图25和表19所示。

数据左对齐且器件在±0.5 g模式下工作时，输出数据字的LSB是DATA\_x0寄存器的位D6。在全分辨率模式下，LSB的位置根据选定的输出范围而变化。表19和图26显示全分辨率模式使能时，LSB位置如何变化。

表19. LSB设为0的条件(仅3200 Hz和1600 Hz输出数据速率)

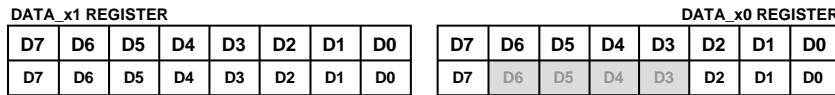
对齐 (0x31[2])	FULL_RES (0x31[3])	范围 (g)	LSB位位置
0	0或1	±0.5	D0
0	1	±1	D0
0	1	±2	D0
0	1	±4	D0
1	0或1	±0.5	D6
1	1	±1	D5
1	1	±2	D4
1	1	±4	D3

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±1 g、±2 g和±4 g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。



FOR THE RIGHT JUSTIFIED DATA:  
 WHEN OPERATING THE ADXL313 WITH AN OUTPUT RATE OF EITHER 3200Hz OR 1600Hz, THE D0 BIT OF THE DATA\_x0 REGISTER IS ALWAYS 0 UNDER EITHER OF THE FOLLOWING CONDITIONS:  
 1) FULL RESOLUTION MODE IS ENABLED (ANY g RANGE), OR  
 2) DEVICE RANGE IS SET TO ±0.5g

图25. 右对齐数据格式：3200 Hz和1600 Hz输出数据速率



FULL RESOLUTION AND 10-BIT MODE: LSB FOR ±0.5 RANGE = 0  
 FULL RESOLUTION MODE; LSB FOR ±1g RANGE = 0  
 FULL RESOLUTION MODE; LSB FOR ±2g RANGE = 0  
 FULL RESOLUTION MODE; LSB FOR ±4g RANGE = 0

FOR THE LEFT JUSTIFIED DATA:  
 WHEN OPERATING THE ADXL313 WITH AN OUTPUT RATE OF EITHER 3200Hz OR 1600Hz, THE LSB OF THE ACCELERATION DATA-WORD IS ALWAYS 0 UNDER THE FOLLOWING CONDITIONS:  
 1) FULL RESOLUTION MODE IS ENABLED (ANY g RANGE), OR  
 2) DEVICE RANGE IS SET TO ±0.5g.  
 FULL RESOLUTION MODE CAUSES THE LOCATION OF THE LSB TO CHANGE ACCORDING TO THE SELECTED g RANGE. ALTHOUGH ITS LOCATION MAY CHANGE, ITS VALUE WILL REMAIN 0.

图26. 左对齐数据格式：3200 Hz和1600 Hz输出数据速率



加速度灵敏度轴

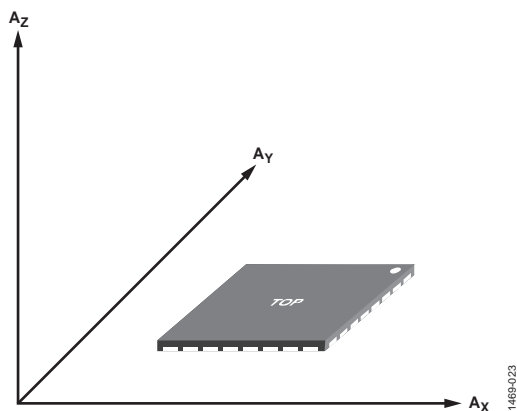


图27. 加速度灵敏度轴(沿敏感轴加速时相应输出增加)

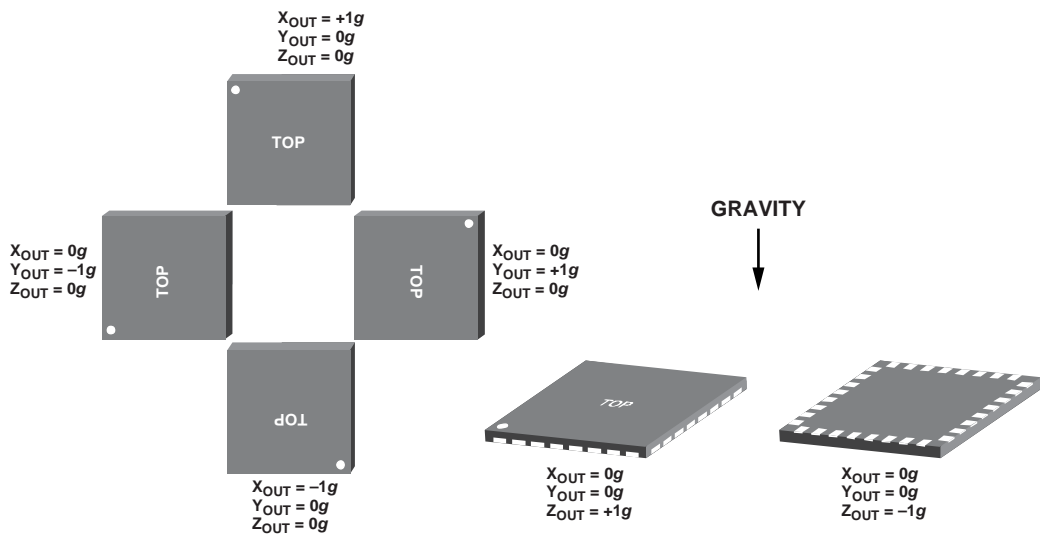


图28. 输出响应与相对于重力的方向的关系

## 焊接温度曲线

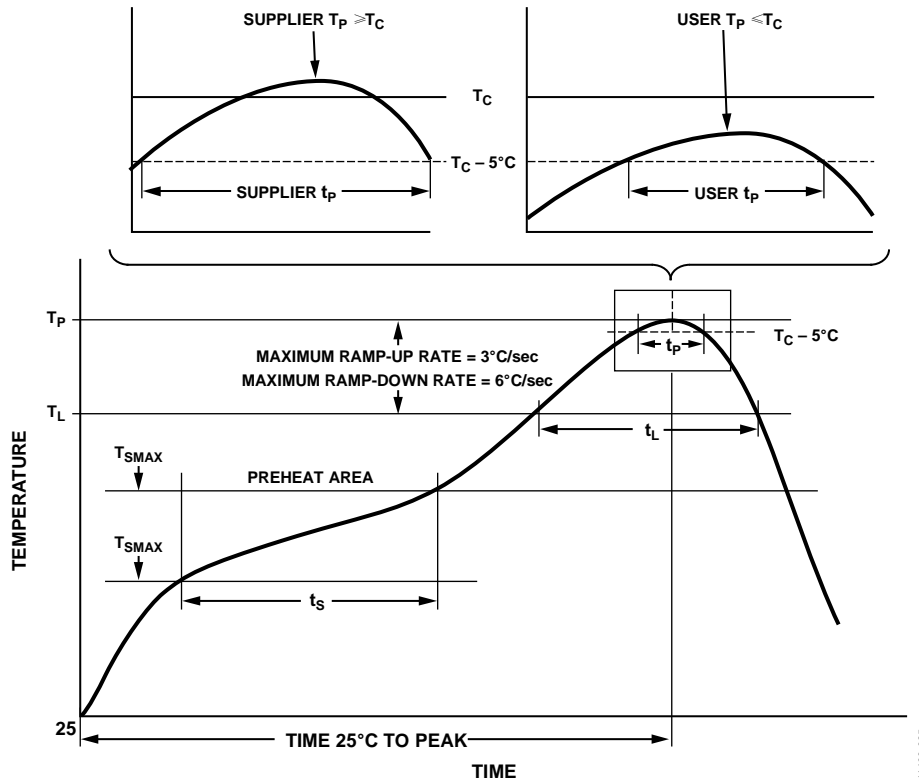


图29. 推荐的焊接温度曲线

表20. 推荐的焊接温度曲线<sup>1,2</sup>

曲线特性	条件	
	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
时间( $T_{SMIN}$ 至 $T_{SMAX}$ )( $t_s$ )	60秒至120秒	60秒至180秒
$T_{SMAX}$ 至 $T_L$ 斜升速率	3°C/秒	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
实际峰值温度5°C以内的时间( $t_p$ )	10秒至30秒	20秒至40秒
斜降速率	6°C/秒(最大值)	6°C/秒(最大值)
从25°C至峰值温度的时间	6 min(最大值)	8 min(最大值)

<sup>1</sup> 基于JEDEC标准J-STD-020D.1。

<sup>2</sup> 要得到最好结果，请确保焊接温度曲线符合所用焊膏厂家的推荐规范。



# ADXL313

## 订购指南

型号 <sup>1,2</sup>	测量范围	额定电压(V)	温度范围	封装描述	封装选项
ADXL313WACPZ-RL	$\pm 0.5\text{ g}/\pm 1\text{ g}/\pm 2\text{ g}/\pm 4\text{ g}$	3.3	-40°C至+105°C	32引脚引脚架构芯片级封装 [LFCSP_LQ]	CP-32-17
ADXL313WACPZ-RL7	$\pm 0.5\text{ g}/\pm 1\text{ g}/\pm 2\text{ g}/\pm 4\text{ g}$	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-ADXL313-Z				评估板	
EVAL-ADXL313-Z-S				评估板	
EVAL-ADXL313-Z-M				评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

<sup>2</sup> W = 通过汽车应用认证。

## 汽车应用产品

ADXL313W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。

I<sup>2</sup>C指最初由Philips Semiconductors(现为NXP Semiconductors)开发的一种通信协议。