

特性

±70 g 数字加速度计/振动检测
22 kHz 传感器谐振带宽
100.2 kSPS 采样速率
SPI 兼容型串行接口
可编程的数字捕获功能:
3 个通道, 每个通道 1024 个样本
1 个加速度计/2 个辅助 ADC (AIN1 和 AIN2)
手动触发器, 用于执行用户启动
自动触发器, 用于执行定期数据捕获
事件触发器, 用于执行以条件驱动的捕获
数字温度传感器输出
数字控制采样速率
数字控制频率响应
2 个辅助数字 I/O
数字激活的自测功能
数字激活的低功耗模式
序列号和器件 ID
单电源供电: 3.15 V 至 3.6 V
工作温度范围: -40°C 至+125°C
9.2 mm × 9.2 mm 16 引脚 LGA 封装

应用

振动分析
冲击检测和事件捕获
状态监控
机械健康状况
仪器仪表、诊断
安全、关断检测
安保检测、防窃电检测

概述

ADIS16220 iSensor®是一款数字振动传感器, 集业界先进的 iMEMS® 检测技术与信号处理、数据捕获、便捷的 SPI (串行外设接口) 端口于一体。利用 SPI 和数据缓冲结构, 可以方便地访问宽带宽传感器数据。22 kHz 传感器谐振和 100.2 kSPS 采样速率可针对大多数机器健康状况监测应用提供充分的响应, 而均值/抽取滤波器则可优化低带宽应用控制。

内部时钟可驱动数据采样系统, 后者填充缓冲存储器供用户访问。数据捕获功能提供三种不同的触发模式。第一种是自动数据采集模式, 它根据可编程的占空比定期唤醒并捕获数据。第二种是手动数据捕获模式, 它允许用户启动数据捕获, 从而实现功耗和读取速率优化。第三种是事件捕获模式, 它会连续更新缓冲器, 监控预设的触发条件是否出现。这种模式捕获事前数据和事后数据, 并产生报警指示以激活一个中断。

ADIS16220 还提供数字温度传感器、数字电源测量和峰值输出捕获功能。

ADIS16220 采用 9.2 mm × 9.2 mm × 3.9 mm LGA 封装, 符合 JEDEC J-STD-020 标准的无铅焊接回流温度曲线要求, 并具有 -40°C 至+125°C 的宽工作温度范围。

功能框图

图 1.

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 ©2009 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

特性	1	SPI 读命令	9
应用	1	数据采集	11
概述	1	从捕获缓冲器读取数据	11
功能框图	1	捕获模式配置	12
修订历史	2	全局命令	13
技术规格	3	滤波	13
时序规格	5	失调调整	14
时序图	5	输入/输出功能	14
绝对最大额定值	6	诊断	14
ESD 警告	6	序列化	15
引脚配置和功能描述	7	闪存管理	15
推荐的焊盘布局	7	应用信息	16
工作原理	8	组装	16
传感元件	8	快速入门	16
数据采样和处理	8	接口板	16
用户接口	8	外形尺寸	17
基本工作原理	9	订购指南	17
SPI 写命令	9		

修订历史

2009 年 12 月-版本 0: 初始版

技术规格

除非另有说明， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ ， $\pm 1\text{ g}$ 。

表 1

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
加速度计					
测量范围	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-70		+70	g
灵敏度	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		19.073		mg/LSB
灵敏度误差	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		± 5		%
灵敏度温度系数			± 310		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
非线性度	相对于满量程		± 0.2	± 2	%
跨轴灵敏度			± 2		%
对齐误差	相对于封装		± 1		度
失调误差	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-19.1		+19.1	g
失调温度系数			± 5		mg/ $^{\circ}\text{C}$
输出噪声	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ，AVG_CNT = 0x0000		507		mg rms
输出噪声密度	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ，10 Hz 至 1 kHz		4		mg/ $\sqrt{\text{Hz}}$
传感器谐振频率		917	22		kHz
自测响应			1310	1703	LSB
辅助输入 (AIN1 和 AIN2)					
分辨率 ¹			12		位
灵敏度			305.18		$\mu\text{V}/\text{LSB}$
积分非线性			2.4		LSB
微分非线性			4		LSB
失调			VDD/2		V
失调误差			± 20.4		LSB
输入范围		0		VDD	V
输入电容			20		pF
片内基准电压					
输出电平			2.5		V
精度			± 5		mV
温度系数			± 40		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
输出阻抗			70		Ω
逻辑输入 ²					
输入高电压 V_{INH}		2.0			V
输入低电压 V_{INL}				0.8	V
逻辑 1 输入电流 I_{INH}	$V_{\text{IH}} = 3.3\text{ V}$		± 0.2	± 1	μA
逻辑 0 输入电流 I_{INL}	$V_{\text{IL}} = 0\text{ V}$				μA
$\overline{\text{RST}}$ 除外			-40	-60	μA
$\overline{\text{RST}}$			-1		mA
输入电容 C_{IN}			10		pF
数字输出 ²					
输出高电压 V_{OH}	$I_{\text{SOURCE}} = 1.6\text{ mA}$	2.4			V
输出低电压 V_{OL}	$I_{\text{SINK}} = 1.6\text{ mA}$			0.4	V
闪存					
耐久性 ³		10,000			周期
数据保持 ⁴	$T_J = 85^{\circ}\text{C}$	20			年
启动时间 ⁵					
初始启动时间			160		ms
复位恢复时间($\overline{\text{RST}}$)	$\overline{\text{RST}}$ 或软件(GLOB_CMD)		23		ms
休眠模式恢复时间			2.3		ms

ADIS16220

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
转换速率	AVG_CNT = 0x0000		100.2		kSPS
时钟精度			3		%
电源	工作电压范围 VDD	3.15	3.3	3.6	V
电源电流	捕获模式, T _A = 25°C		38	46	mA
	休眠模式, T _A = 25°C		230		μA
	休眠模式, T _A = 85°C		250		μA
	休眠模式, T _A = 125°C		600		μA

¹ 12 位模数转换器用于为 AIN1 和 AIN2 输入构建 14 位数字量程。

² 数字 I/O 信号兼容 5 V 电压。

³ 耐久性是在分别在 -40°C、+25°C、+85°C 及 +125°C 时依据 JEDEC 22 标准方法 A117 来认定的。

⁴ 根据 JEDEC 22 标准方法 A117, 保持期限相当于 85°C 结温时的寿命。保持期限会随着结温递减。参见图 16。

⁵ 此处给出的启动时间并不包括数据捕获时间, 后者取决于 AVG_CNT 寄存器设置。

时序规格

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 。

表 2

参数	描述	最小值 ¹	典型值	最大值	单位
f _{SCLK}	SCLK 频率	0.01		2.25	MHz
t _{STALL}	数据之间（即第 16 个和第 17 个 SCLK 之间）的停转周期	15.4			μs
t _{CS}	片选至 SCLK 边沿	48.8			ns
t _{DAV}	SCLK 边沿之后的 DOUT 有效时间			100	ns
t _{DSU}	SCLK 上升沿之前的 DIN 建立时间	24.4			ns
t _{DHD}	SCLK 上升沿之后的 DIN 保持时间	48.8			ns
t _{SCLKR} , t _{SCLKF}	SCLK 上升/下降时间		5	12.5	ns
t _{SR}	SCLK 高电平脉宽			12.5	ns
t _{SF}	SCLK 低电平脉宽			12.5	ns
t _{DF} , t _{DR}	DOUT 上升/下降时间		5	12.5	ns
t _{SFS}	SCLK 边沿之后的 $\overline{\text{CS}}$ 高电平时间	5			ns

¹ 通过设计保证，未经过测试。

时序图

图 2. SPI 时序

图 3. DIN 位序

绝对最大额定值

表 3

参数	额定值
加速度	
任意轴, 无电	2000 g
任意轴, 有电	2000 g
VDD 至 GND	-0.3 V 至+6.0 V
数字输入电压至 GND	-0.3 V 至+5.3 V
数字输出电压至 GND	-0.3 V 至 VDD + 0.3 V
模拟输入至 GND	-0.3 V 至+3.6 V
工作温度范围	-40°C 至+125°C
存储温度范围	-65°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。

表 4. 封装特性

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	器件重量
16 引脚 LGA	250°C/W	25°C/W	0.6 g

ESD 警告



ESD (静电放电) 敏感器件。

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

引脚配置和功能描述

图 4. 引脚配置

表 5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	类型 ¹	描述
1	SCLK	I	SPI, 串行时钟。
2	DOUT	O ²	SPI, 数据输出。
3	DIN	I	SPI, 数据输入。
4	$\overline{\text{CS}}$	I	SPI, 片选。
5	DIO1	I/O	数字输入/输出。
6	DIO2	I/O	数字输入/输出。
7, 8, 10, 11	NC	N/A	不连接。
9	$\overline{\text{RST}}$	I	复位, 低电平有效。
12	AIN2	I	模拟输入通道 2。
13	VDD	S	电源, 3.3 V。
14	AIN1	I	模拟输入通道 1。
15	VREF	O	AIN1 和 AIN2 的基准电压。
16	GND	S	地。

¹ S = 电源; O = 输出; I = 输入; I/O = 输入/输出。

² 当 $\overline{\text{CS}}$ 为低电平时, DOUT 为输出。当 $\overline{\text{CS}}$ 为高电平时, DOUT 处于三态、高阻抗模式。

推荐的焊盘布局

图 5. 推荐的焊盘布局

工作原理

ADIS16220 是一款用于执行振动分析的宽带宽、数字加速度传感器。此检测系统将自主采集数据，并提供给任意支持 4 线式串行外设接口(SPI)的处理器系统。

传感元件

ADIS16220 中的数字振动检测始于宽带宽 MEMS 加速度计内核，可提供将线性运动转换为电信号的传感器功能。图 6 基本物理图显示了传感元件及其对线性加速度的响应。该元件利用固定框架和移动框架构成差分电容网络以响应线性加速度。微型弹簧将移动框架连接到固定框架，并决定加速度和物理位移之间的关系。移动极板上的调制信号会通过各容性路径馈入固定框架极板和解调电路，从而生成与器件上加速运动成正比的电信号。

图 6. MEMS 传感器图

数据采集和处理

模拟加速度信号馈入模数转换器(ADC)级，接着后者将数字化的数据传递至控制器。控制器处理加速度数据，将其存储在捕获缓冲器中，并利用 SPI/寄存器用户接口来管理其访问。处理选项包括失调调整、滤波和预设报警条件检查。

图 7. 传感器信号处理示意图

用户接口

SPI 接口

用户寄存器可控制操作并管理传感器数据和配置输入的用户访问。各个 16 位寄存器都拥有自己独有的位分配，并具有两个地址：一个地址用于高位字节，另一个地址用于低位字节。表 8 是各个寄存器的存储器映射，其中包括其功能和低位字节地址。各数据采集和配置命令均采用由四线组成的 SPI。片选(\overline{CS})信号激活 SPI 接口，而串行时钟(SCLK)则同步串行数据线。输入命令在 SCLK 上升沿读入 DIN 引脚，每次一位；输出数据则在 SCLK 下降沿从 DOUT 引脚逐个输出。作为 SPI 从机，DOUT 内容反映使用 DIN 命令请求的信息。

双存储器结构

用户寄存器为 SPI 接口上的所有输入/输出操作提供寻址服务。控制寄存器采用双存储器结构。SRAM 可在器件开启期间控制操作，还能为所有用户配置输入提供便利。闪存为拥有闪存备份功能的控制寄存器提供非易失性存储（参见表 8）。要将配置数据存储于闪存中，需要使用手动闪存更新命令（GLOB_CMD[12] = 1，DIN = 0xBF10）。当器件上电或复位时，闪存内容载入 SRAM，然后器件根据控制寄存器中的配置开始生成数据。

图 8. SRAM 和闪存图

基本工作原理

ADIS16220 利用串行外设接口(SPI)进行通信,因此能够与兼容的嵌入式处理器平台实现简单连接,如图 9 所示。凭借两个通用线路,该器件可提供繁忙指示器、报警指示器、通用输入/输出功能和外部捕获触发输入等选项。

图9. 电气连接图

表 6. 通用主处理器引脚名及功能

引脚名称	功能
\overline{SS}	选择从机
IRQ1、IRQ2	中断请求输入
MOSI	主机输出, 从机输入
MISO	主机输入, 从机输出
SCLK	串行时钟

ADIS16220 SPI 接口支持全双工串行通信(同时执行发射和接收)并采用图 13 中所示的位序。表 7 提供了常见设置列表,当针对 ADIS16220 SPI 接口初始化处理器串行端口时需要注意。

表 7. 通用主处理器 SPI 设置

处理器设置	描述
主机	ADIS16220 用作从机
SCLK 速率 ≤ 2.25 MHz	比特率设置
SPI 模式 3 (1, 1)	时钟极性/相位 (CPOL = 1, CPHA = 1)
MSB 优先	位序
16 位	移位寄存器/数据长度

表 8 中的用户寄存器决定所有数据采集和配置。图 10 是以各寄存器位描述为参考时的通用位分配。

图10. 通用寄存器位定义

SPI写命令

表 8 中的控制寄存器提供各种功能的配置选项。主处理器使用图 13 中的简单固件命令和位分配对寄存器执行写入,每次一个字节。由于寄存器中的每个字节是相互独立的,因此一些功能仅需要一个写周期。例如,设置 GLOB_CMD[11] = 1 (DIN = 0xBF08),即可启动手动捕获序列。在最后一个位读入 DIN (第 16 个 SCLK 上升沿)之后,手动捕获即会立刻开始。

图11. 启动手动捕获的 SPI 序列(DIN = 0xBF08)

SPI读命令

单个寄存器读取操作需要两个 16 位 SPI 周期,这两个周期也使用图 13 中的位分配。第一个序列设置 $\overline{R}/W = 0$ 并传送目标地址(A6:A0)。对于读取请求,D7:D0 是无关位。为简明起见,在读取请求命令期间将 D7:D0 设置为等于零。在第二个序列期间,DOOUT 逐个输出数据。第二个序列还使用 DIN 来设置下一读取。图 12 是以重复模式读取加速度捕获缓冲器(CAPT_BUFA)时全部四种 SPI 信号的信号图。在此图中,DIN = 0x1400 且 DOOUT 反映 CAPT_BUFA 寄存器内容。

图12. 第二个 16 位 SPI 读序列示例

图13. SPI 读序列示例

ADIS16220

请注意，表 8 中的所有寄存器均由两个字节组成。所有未用存储器位置均保留供将来使用。

表 8. 用户寄存器存储器映射

名称	访问类型	闪存备份	地址 ¹	默认值	功能	位分配
FLASH_CNT	只读	有	0x00	N/A	状态，闪存写操作计数	表 35
ACCL_NULL	读/写	有	0x02	0x0000	控制，加速度失调调整控制	表 25
AIN1_NULL	读/写	有	0x04	0x0000	控制，AIN1 失调调整控制	表 26
AIN2_NULL	读/写	有	0x06	0x0000	控制，AIN2 失调调整控制	表 26
			0x08 至 0x09		保留	
CAPT_SUPPLY	只读	有	0x0A	0x8000	输出，捕获期间电源	表 10
CAPT_TEMP	只读	有	0x0C	0x8000	输出，捕获期间温度	表 10
CAPT_PEAKA	只读	有	0x0E	0x8000	输出，捕获期间峰值加速度	表 10
CAPT_PEAK1	只读	有	0x10	0x8000	输出，捕获期间峰值 AIN1 电平	表 10
CAPT_PEAK2	只读	有	0x12	0x8000	输出，捕获期间峰值 AIN2 电平	表 10
CAPT_BUFA	只读	无	0x14	0x8000	输出，加速度的捕获缓冲器	表 10
CAPT_BUF1	只读	无	0x16	0x8000	输出，AIN1 的捕获缓冲器	表 10
CAPT_BUF2	只读	无	0x18	0x8000	输出，AIN2 的捕获缓冲器	表 10
CAPT_PNTR	读/写	无	0x1A	0x0000	控制，捕获缓冲器地址指针	表 9
CAPT_CTRL	读/写	有	0x1C	0x0020	控制，捕获控制寄存器	表 15
CAPT_PRD	读/写	有	0x1E	0x0000	控制，捕获周期（自动模式）	表 16
ALM_MAGA	读/写	有	0x20	0x0000	控制，报警 A，加速度峰值阈值	表 19
ALM_MAG1	读/写	有	0x22	0x0000	控制，报警 1，AIN1 峰值阈值	表 20
ALM_MAG2	读/写	有	0x24	0x0000	控制，报警 2，AIN2 峰值阈值	表 20
ALM_MAGS	读/写	有	0x26	0x0000	控制，报警 S，峰值阈值	表 21
ALM_CTRL	读/写	有	0x28	0x0000	控制，报警配置寄存器	表 18
			0x 至 0x31		保留	
GPIO_CTRL	读/写	有	0x32	0x0000	控制，通用 I/O 配置	表 28
MSC_CTRL	读/写	有	0x34	0x0003	控制，自测控制，AIN 配置	表 30
DIO_CTRL	读/写	有	0x36	0x000F	控制，数字 I/O 配置	表 27
AVG_CNT	读/写	有	0x38	0x0000	控制，滤波器配置	表 24
			0x 至 0x3B		保留	
DIAG_STAT	只读	有	0x3C	0x0000	状态，系统状态	表 29
GLOB_CMD	只写	无	0x3E	N/A	控制，系统命令	表 23
ST_DELTA	只读	有	0x40	N/A	状态，自测响应	表 31
			0x42 至 0x51		保留	
LOT_ID1	只读	有	0x52	N/A	日期代码识别	表 32
LOT_ID2	只读	有	0x54	N/A	日期代码识别	表 33
PROD_ID	只读	有	0x56	0x3F5C	产品标识符；转换为十进制后，则为 16220	N/A
SERIAL_NUM	只读	有	0x58	N/A	序列号	表 34

¹ 每个寄存器均包含两个字节。显示的是低位字节的地址。高位字节的地址等于低位字节的地址加上 1。

数据采集

ADIS16220 通过捕获事件来对加速度（振动）和模拟输入信号数据进行采样和存储。捕获事件涉及数个采样/处理操作，如图 11 所示。首先，ADIS16220 生成加速度和模拟输入通道数据的 1024 个样本并存储到捕获缓冲器中。接着，捕获事件以 50 kHz 的采样速率在 5.12 ms 周期内记录电源测量结果并将此记录的均值载入 CAPT_SUPPLY 寄存器。最后，捕获事件在 1.7 ms 周期内采集内部温度数据的 64 个样本，并将此记录的均值载入 CAPT_TEMP。

图 14. 加速度捕获缓冲器结构和操作；CAPT_BUF1 (AIN1) 和 CAPT_BUF2 (AIN2) 采用类似结构

从捕获缓冲器读取数据

捕获完成后，第一个数据样本载入 CAPT_BUFx 寄存器，同时 0x0000 载入索引指针(CAPT_PNTR)。索引指针决定了载入 CAPT_BUFx 寄存器的具体数据样本。例如，将 0x0138 写入 CAPT_PNTR 寄存器（DIN = 0x9A38，DIN = 0x9B01）后，缓冲存储器中的第 313 个样本将载入 CAPT_BUFx 寄存器。

表 9. CAPT_PNTR 位功能描述

位	描述（默认值 = 0x0000）
[15:10]	保留
[9:0]	数据位

索引指针会自动随 CAPT_BUFA、CAPT_BUF1 或 CAPT_BUF2 读命令递增，从而将下一组捕获数据载入各捕获缓冲寄存器。

输出数据格式

表 10 总结了各个输出寄存器使用的数据格式。表 11、表 12、表 13 和表 14 是各个寄存器的输出编码示例。

表 10. 捕获输出寄存器格式

寄存器	格式 ¹	参考资料
CAPT_SUPPLY	12 位二进制，0 V = 0 LSB， 1.2207 mV/LSB	表 13
CAPT_TEMP	12 位二进制，+25°C = 1278 LSB， -0.47°C/LSB	表 14
CAPT_BUFA， CAPT_PEAKA	16 位二进制补码 19.073 mg/LSB	表 11
CAPT_BUF1 CAPT_BUF2 CAPT_PEAK1 CAPT_PEAK2	16 位二进制补码 305.18 μV/LSB	表 12

¹ 12 位数据格式均为 LSB 对齐。上述情况下并不使用高四位。

表 11. CAPT_BUFA¹ 数据格式示例

加速度(g)	LSB	十六进制	输出（二进制）
+70	+3670	0x0E56	0000 1110 0101 0111
+0.019073	+1	0x0001	0000 0000 0000 0001
0	0	0x0000	0000 0000 0000 0000
-0.019073	-1	0xFFFF	1111 1111 1111 1111
-70	-3670	0xF1AA	1111 0001 1010 1010

¹ 此表同样适用于 CAPT_PEAKA 寄存器。

表 12. CAPT_BUF1¹ 数据格式示例

电平(mV) ²	LSB	十六进制	输出（二进制）
VDD/2+1000	+3277	0x0CCD	0000 1100 1100 1101
VDD/2+0.305	+1	0x0001	0000 0000 0000 0001
VDD/2	0	0x0000	0000 0000 0000 0000
VDD/2-0.305	-1	0xFFFF	1111 1111 1111 1111
VDD/2-1000	-3277	0xF333	1111 0011 0011 0011

¹ 此表同样适用于 CAPT_BUF2、CAPT_PEAK1 和 CAPT_PEAK2 寄存器。

² 此项适用于 MSC_CTRL = 0x0003。当 MSC_CTRL = 0x0000 时，用 3300 mV 取代 VDD。

表 13. CAPT_SUPPLY 数据格式示例

电源电平(V)	LSB	十六进制	二进制输出
3.6	2949	0xB85	1011 1000 0101
3.3 + 0.0012207	2704	0xA90	1010 1001 0000
3.3	2703	0xA8F	1010 1000 1111
3.3 - 0.0012207	2702	0xA8E	1010 1000 1110
3.15	2580	0xA14	1010 0001 0100

表 14. CAPT_TEMP 数据格式示例

温度(°C)	LSB	十六进制	二进制输出
+125	1065	0x429	0100 0100 1001
+25.47	1277	0x4FD	0100 1111 1101
+25	1278	0x4FE	0100 1111 1110
+24.53	1279	0x4FF	0100 1111 1111
-40	1416	0x588	0101 1000 1000

ADIS16220

捕获模式配置

CAPT_CTRL 寄存器 (参见表 15) 支持三种捕获模式 (手动、自动和事件), 并提供多种用于支持这些模式的配置特性。这三种模式均使用位于 GLOB_CMD[11] 中的开始位/停止位 (参见表 23) 来管理捕获操作。

表 15. CAPT_CTRL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0020)
[15:7]	保留
[6]	报警触发时自动将捕获缓冲存储到闪存 (1 = 使能)
[5:4]	事件模式的事件前捕获长度 00 = 64 个样本 01 = 128 个样本 10 = 256 个样本 11 = 512 个样本
[3:2]	捕获模式 00 = 手动: 使用 GLOB_CMD[11] 来启动捕获 01 = 自动: 使用 CAPT_PRD[9:0] 来设置捕获周期 10 = 事件: 根据 ALM_CTRL、ALM_MAGA、ALM_MAG1 和 ALM_MAG2 中所设条件持续监控数据。 11 = 未使用
[1]	捕获事件之间的关断 1 = 使能, 要求 CS 切换至唤醒
[0]	保留

手动捕获模式

捕获模式的出厂默认配置为手动模式。在手动模式下, ADIS16220 等待启动命令来执行捕获事件。在此模式下, 设置 GLOB_CMD[11] = 1 (DIN = 0xBF08) 即可启动捕获。捕获过程开始后, GLOB_CMD[11] 复位至零, 并用作停止位, 直到捕获事件完成为止。设置 GLOB_CMD[11] = 1 可停止进行中的捕获事件。

自动捕获模式

在自动模式下, ADIS16220 根据 CAPT_PRD 中的时间定期执行捕获事件 (参见表 16)。表 17 是自动模式的配置和启动示例。当器件收到启动命令时, 即会执行捕获事件, 然后开始进入执行下一捕获事件的倒计时。自动模式启动后, GLOB_CMD[11] 变为停止位。

表 16. CAPT_PRD 寄存器位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:10]	保留
[9:8]	比例 00 = 1 秒/LSB 01 = 1 分/LSB 10 = 1 小时/LSB
[7:0]	数据位, 二进制格式

表 17. 自动模式配置序列示例

DIN	描述
0x9F02、0x9E18	CAPT_PRD[15:8] = 0x02, 将时标设为小时
0x9C06	CAPT_PRD[7:0] = 0x18, 将捕获周期设为 24 小时
0xBF08	设置器件的触发器模式并使能关断
0xBF08	启动: 器件执行捕获并关断

事件捕获模式

事件模式的工作原理类似于数字示波器中的单事件触发器。此模式有利于捕获冲击事件和进行冲击前运动/振动分析。此模式启动后, 器件将根据预设事件触发器条件监控连续实时数据流。事件触发器设置位于以下寄存器中: ALM_CTRL (参见表 18)、ALM_MAGA (参见表 19) 和 ALM_MAG1/ALM_MAG2 (参见表 20)。当加速度或模拟输入信号激活报警触发器设置时, 器件将根据 CAPT_CTRL[5:4] 中的前置触发器配置, 使用前置触发器和后置触发器数据来填充捕获缓冲器。

在事件模式下配置器件的四个步骤:

1. 使用 ALM_CTRL 选择要使能的数据通道。
2. 使用 ALM_MAGx 寄存器设置各个阈值。
3. 通过设置 CAPT_CTRL[3:2] = 10 来选择事件捕获模式。
4. 通过设置 GLOB_CMD[11] = 1 来启动采样。表 22 是此模式下的器件配置示例。启动连续采样之后, GLOB_CMD[11] = 1 停止采样过程。

表 18. ALM_CTRL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:6]	保留
[5]	系统报警比较极性 1 = 低于 ALM_MAGS[11:0] 时触发 0 = 高于 ALM_MAGS[11:0] 时触发
[4]	系统报警触发源 1 = 温度, 0 = 电源
[3]	系统报警使能(ALM_MAGS) 1 = 使能, 0 = 禁用
[2]	AIN2 报警使能(ALM_MAG2) 1 = 使能, 0 = 禁用
[1]	AIN1 报警使能(ALM_MAG1) 1 = 使能, 0 = 禁用
[0]	加速度报警使能(ALM_MAGA) 1 = 使能, 0 = 禁用

表 19. ALM_MAGA 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:0]	加速度阈值设置的数据位; 二进制补码, 19.073 mg/LSB。 范围 = +8191 LSB/-8192 LSB。

表 20. ALM_MAG1 和 ALM_MAG2 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:0]	AIN1 和 AIN2 信号阈值设置的数据位; 二进制补码, 305.18 μ V/LSB。 范围 = +8191 LSB/-8192 LSB。

表 21. ALM_MAGS 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:12]	保留。
[11:0]	温度或电源阈值设置的数据位。 二进制格式与 CAPT_TEMP 或 CAPT_SUPPLY 格式匹配, 具体取决于 LM_CTRL[4]设置。

各个 ALM_MAGx 寄存器均在 DIAG_STAT 寄存器中拥有对应的错误标志, 以通过软件监控报警条件。请注意, 虽然 ALM_MAGS 寄存器中的系统报警 (参见表 21) 在 DIAG_STAT[11]中拥有错误标志, 但并不能触发数据捕获。

表 22. 事件模式配置序列示例

DIN	描述
0xA00C、 0xA102	通过设置 ALM_MAGA = 0x020C, 可在 >+10 g 和 <-10 g 处设置加速度触发点。
0xA809	通过设置 ALM_CTRL[7:0] = 0x09, 可将系统报警设为超过温度配置, 并使能加速度和系统报警。
0xB61F	通过设置 DIO_CTRL[7:0] = 0x1F, 可将 DIO1 保持为繁忙指示器并将 DIO2 设为正报警指示器。
0x9C5A	通过设置 CAPT_CTRL[7:0] = 0x5A, 可将捕获设为事件模式、使能自动捕获存储至闪存、使能捕获之间的关断, 以及将事件前捕获长度设为 128 个样本。
0xBF08	通过设置 GLOB_CMD[11] = 1, 可启动事件捕获模式。

关断控制

CAPT_CTRL[1]提供了一个选项, 可在捕获事件后自动关断器件, 从而降低功耗。通过拉低 \overline{CS} 可将器件从省电模式唤醒。此外, 自动模式中的定时器也可唤醒器件。拉低 \overline{CS} 后, 器件需要 2 ms 时间才能唤醒。与处于休眠模式的器件进行通信同样可以唤醒器件。器件将一直保持唤醒状态, 直到下一捕获后或手动将器件置回休眠状态。捕获后提取数据时, 用户可以通过设置 GLOB_CMD[1] = 1 (DIN = 0xBE02)命令器件返回到休眠状态。唤醒多个器件时, \overline{CS} 必须在不同时间出现, 以免在 DOUT 线上产生冲突。

自动闪存备份控制

CAPT_CTRL[6]提供了一个选项, 可在捕获结束时自动将捕获缓冲数据存储在非易失性闪存中的镜像位置。达到报警条件时, 器件也会执行系统备份, 即将寄存器和捕获缓冲器存储在闪存中。设置 GLOB_CMD[13] = 1 (DIN = 0xBF40)即可从闪存恢复这些设置。

捕获时间的估算公式如下:

$$T_C = 0.014 + \frac{1}{97,184} \times 1024 \times 2^{AVG_CNT} \text{ (无闪存)}$$

$$T_C = 0.516 + \frac{1}{97,184} \times 1024 \times 2^{AVG_CNT} \text{ (含闪存)}$$

有关 AVG_CNT 设置, 请参见表 24。

全局命令

为了方便起见, GLOB_CMD 寄存器提供了单写命令阵列。通过将表 23 中指定的分配位设为 1, 即可激活各项功能。功能执行完毕后, 对应位即会自行恢复至 0。例如, 可使用单次 DIN 写序列 DIN=0xBF01 来清空捕获缓冲器。GLOB_CMD 寄存器中的所有命令均要求电源位于正常限制之内, 以确保执行时间如表 23 所列。执行时间反映适用的出厂默认配置及返回正常运行所需的时间。

表 23. GLOB_CMD 位功能描述

位	描述	执行时间 ¹
[15:14]	保留	N/A
[13]	从闪存恢复 捕获数据和设置	0.88 ms (无捕获) 6.91 ms (含捕获)
[12]	将捕获数据和设置复制到闪存	350 ms (无捕获) 502 (含捕获)
[11]	捕获模式开始/停止	N/A
[10]	设置 CAPT_PNTR = 0x0000	0.037 ms
[9]	保留	N/A
[8]	清空捕获缓冲器	0.84 ms
[7]	软件复位	22.7 ms
[6]	保留	N/A
[5]	闪存测试, 比较闪存总量和 SRAM 总量	10.5 ms
[4]	清空 DIAG_STAT 寄存器	0.035 ms
[3]	出厂设置恢复	335 ms
[2]	自测	12 ms
[1]	关断, 唤醒时要求将 \overline{CS} 切换至低电平	N/A
[0]	自动调零	678 ms

¹ 这表示从命令写入到器件返回正常运行的典型持续时间。

滤波

ADIS16220 采用 1024 样本捕获缓冲器, 为可能需要较高频率分辨率的低带宽应用提供了一个均值/抽取滤波器。

图 15. 信号处理简单流程图

ADIS16220

AVG_CNT[3:0]以二项步进控制均值/抽取滤波器结构，从 1 开始，到 1024 结束。例如，通过设置 AVG_CNT[7:0] = 0x08 (DIN=0xB608)可选择 256 个均值和 1/256 的抽取速率。请注意，采样时间缩短将影响总捕获时间(Tc):

$$AVG_CNT[7:0] = 0x08 = 8, N = 2^8 = 256 \text{ 个均值}$$

表 24. AVG_CNT 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:4]	保留
[3:0]	均值数量的二次幂设置，二进制

失调调整

ACCL_NULL、AIN1_NULL 和 AIN2_NULL 寄存器提供偏置调整功能。例如，通过设置 ACCL_NULL = 0x009D (DIN = 0x829D)可将加速度偏置调高 157 LSB (3 g)。通过设置 GLOB_CMD[0] = 1 (DIN = 0x3E01)则可执行自动调零功能，即在失调寄存器载入一个从加速度数据的 678 ms 均值中获得的值。

表 25. ACCL_NULL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:0]	数据位，二进制补码，19.073 mg/LSB 灵敏度。有关对输出造成的影响，请参见图 15。范围 = +8191 LSB/-8192 LSB

表 26. AIN1_NULL 和 AIN2_NULL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:0]	数据位，二进制补码，305.18 μV/LSB 灵敏度。信号路径类似于 15。范围 = +8191 LSB/-8192 LSB

输入/输出功能

DIO1 和 DIO2 均可配置为 I/O 线路，为多种用途提供服务。其工作方式由以下寄存器优先级决定：DIO_CTRL 第一，GPIO_CTRL 第二。DIO_CTRL 寄存器针对每个信号提供四种专用配置选项。捕获触发器输入选项与手动捕获模式配合使用，并为驱动数据捕获事件提供硬件选项。此功能使能后，即会搜索正脉冲，并在此脉冲的下降沿开始捕获。捕获事件期间，繁忙指示器输出处于活动状态，有助于防止异常中断。例如，设置 DIO_CTRL[5:0] = 101111 (DIN = 0xB62F)可将 DIO2 设定为捕获触发器输入，并将 DIO1 保持为正极繁忙指示器输出。通过将繁忙指示器用作中断驱动器，可使主处理器尽快收集捕获数据，而无需轮询输入或估算执行时间。ALM_CTRL 和 ALM_MAGx 设置的触发器激活后，报警指示器输出处于活动状态。当 GPIO_CTRL 寄存器配置为通用线路时，可对 DIO1 和 DIO2 进行配置。例如，通过设置 GPIO_CTRL = 0x0103 (DIN = 0xB203，然后是 0xB301)可将 DIO1 和 DIO2 设为输出，且 DIO1 处于 1 状态，而 DIO2 处于 0 状态。

表 27. DIO_CTRL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x000F)
[15:6]	保留
[5:4]	DIO2 功能选择 00 = 通用 I/O (使用 GPIO_CTRL) 01 = 报警指示器输出 (每个 ALM_CTRL) 10 = 捕获触发器输入 11 = 繁忙指示器输出
[3:2]	DIO1 功能选择 00 = 通用 I/O (使用 GPIO_CTRL) 01 = 报警指示器输出 (每个 ALM_CTRL) 10 = 捕获触发器输入 11 = 繁忙指示器输出
[1]	DIO2 线路极性; 如果 [5:4] = 00, 则参见 GPIO_CTRL 1 = 高电平有效 0 = 低电平有效
[0]	DIO1 线路极性; 如果 [3:2] = 00, 则参见 GPIO_CTRL 1 = 高电平有效 0 = 低电平有效

表 28. GPIO_CTRL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15:10]	保留
[9]	通用 I/O 输出电平, DIO2
[8]	通用 I/O 输出电平, DIO1
[7:2]	保留
[1]	通用 I/O 线路, 数据方向控制, DIO2 1 = 输出, 0 = 输入
[0]	通用 I/O 线路, 数据方向控制, DIO1 1 = 输出, 0 = 输入

诊断

在 DIAG_STAT 的所有错误标志中，1 表示错误条件，0 表示正常运行。在收到下一捕获或复位命令(GLOB_CMD[4] = 1)前，所有标志保持不变。如果错误条件仍然存在，则在下一采样(或捕获)后 DIAG_STAT[1:0]会返回至 1。在读取整个捕获缓冲之前，DIAG_STAT[14:12]会提供标志来检查事件捕获的来源。DIAG_STAT[10:8]提供的标志则可根据 ALM_CTRL 和 ALM_MAGx 寄存器中的条件来检查捕获中的峰值。闪存测试会在 DIAG_STAT[6]中生成一个错误标志，来检查操作内存的总量与相同闪存位置的总量是否匹配。当捕获序列正在进行时，如果用户尝试使用 SPI，则捕获周期冲突标志(DIAG_STAT[4])将升至 1。通过将采用出厂默认配置的 DIO1 线路用作繁忙指示器，有助于防止此类冲突。在 SPI 传输期间，如果 SCLK 时钟的总数不是 16 的倍数，则 DIAG_STAT[3]中的 SPI 通信标志将升至逻辑 1。

表 29. DIAG_STAT 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0000)
[15]	保留
[14]	AIN2 采样 > ALM_MAG2
[13]	AIN1 采样 > ALM_MAG1
[12]	加速度采样 > ALM_MAGA
[11]	编入 ALM_MAGS[11:0]和 ALM_CTRL[5:4]的错误条件为真
[10]	AIN2 数据捕获中的峰值 > ALM_MAG2
[9]	AIN1 数据捕获中的峰值 > ALM_MAG1
[8]	加速度数据捕获中的峰值 > ALM_MAGA
[7]	数据就绪, 捕获完成
[6]	闪存测试结果, 校验和标志
[5]	自测诊断错误标志
[4]	捕获周期冲突/中断
[3]	SPI 通信故障
[2]	闪存更新失败
[1]	电源超过 3.625 V
[0]	电源低于 3.15 V

自测

内部 MEMS 传感元件具备静电自测功能, 可模拟与加速事件相关的物理位移。可通过两种选项使用此功能, 以验证加速度计传感器和信号链的完整性。通过设置 GLOB_CMD[2] = 1 来执行自动自测序列, 从而检验传感元件、观察输出端变化、将结果记录到 ST_DELTA、与预设最大值/最小值进行比较, 并在 DIAG_STAT[5]中报告通过/失败结果。

另一选项是通过设置 MSC_CTRL[8] = 1 (参见表 30) 来手动激活传感元件。然后, 执行手动捕获, 从而反映与自测设置相关的响应。

表 30. MSC_CTRL 位功能描述

位	描述 (默认值 = 0x0003)
[15:9]	保留
[8]	自测使能, 设为 1 时激活, (完成后返回至 0)
[7:2]	保留
[1]	电源补偿, AIN2 1 = 使能, 0 = 禁用
[0]	电源补偿, AIN1 1 = 使能, 0 = 禁用

MSC_CTRL[1:0]提供了一个选项, 可降低比率传感器 (如 ADXL001) 在灵敏度上对电源的依赖性。

表 31. ST_DELTA 位功能描述

位	描述
[15:0]	加速度数据, 二进制补码, 19.073 mg/LSB

序列化

LOT_ID1 和 LOT_ID2 相结合, 可提供 24 位长度的唯一批次代码。SERIAL_NUM 为给定批次内的每个器件提供唯一序列号。

表 32. LOT_ID1 位功能描述

位	描述
[15:8]	批次识别代码, 最低有效字节
[7:0]	保留供内部使用, 不要使用

表 33. LOT_ID2 位功能描述

位	描述
[15:0]	批次识别代码, 最高有效字节

表 34. SERIAL_NUM 位功能描述

位	描述
[15:0]	序列号, 特定于批次

闪存管理

FLASH_CNT 寄存器 (参见表 35) 提供了一个管理闪存耐久性的工具。每次向闪存执行写入时, FLASH_CNT 寄存器的值即会递增。图 16 量化了数据保持期与结温之间的关系。

表 35. FLASH_CNT 位功能描述

位	描述
[15:0]	计算闪存写入次数的二进制计数器

图 16. Flash/EE 存储器数据保持期

应用信息

组装

制定在 PCB 上安装 ADIS16220 的工艺流程时，请参见 JEDEC 标准文档 J-STD-020C 以了解回流温度曲线和处理信息。ADIS16220 可采用此标准中的锡铅共熔工艺和无铅共熔工艺。有关湿度敏感等级(MSL)的处理要求，请参见 JEDEC J-STD-033。这些器件的 MSL 额定值标注在防静电袋上，该防护袋可在运输和处理过程中保护这些器件。组装之前，请查看相关工艺流程，了解当引入的冲击水平超过 ADIS16220 绝对最大额定值时需要注意的信息。PCB 分离和超声波清洗工艺会引入高冲击，可能会损坏 MEMS 元件。焊接回流后弯曲 PCB 或将其弯成弓形也会在焊盘结构上造成较大的剥离应力，可能会损坏器件。如果上述情况不可避免，可考虑使用底部填充材料来帮助将这些作用力分散到整个封装底部。

快速入门

当电源电压达到 3.15 V 后，ADIS16220 即会执行启动序列，将器件置于手动捕获模式。以下代码示例通过设置 `GLOB_CMD[11] = 1` (`DIN = 0xBF08`)启动手动数据捕获，并使用 `DIN = 0x1400` 读取加速度捕获缓冲器中的所有 1024 个样本。从第一个 `spi_reg_read` 取得的数据无效，因为此命令正在启动该过程。第二个 `spi_reg_read` 命令（嵌入式 For 循环内的第一次读取）生成第一个有效数据。此代码序列会生成类似于图 12 中所示的 \overline{CS} 、SCLK 和 DIN 信号。

```
spi_write(BF08h);
delay 30ms;
Data(0) = spi_reg_read(14h);
For n = 0 to 1023
    Data(n) = spi_reg_read(14h);
    n = n + 1;
end
```

接口板

ADIS16220/PCBZ 在 1.2 inch × 1.3 inch 印制电路板(PCB)上提供 ADIS16220 功能，简化了与现有处理器系统的连接。四个安装孔可容纳 M2 (2mm)或 2-56 型机械螺丝。这些电路板均采用 S410 材料制成，厚度为 0.063 英寸。第二级组装采用 SAC305 兼容型焊料成分（无铅），其预焊回流厚度大约为 0.005 英寸。ADIS16220/PCBZ 上的焊盘图形与图 5 所示相符。J1 和 J2 为双排 2 mm（间距）连接器，可在数种扁平电缆系统中使用，其中包括 3M 产品型号 152212-0100-GB（扁平压接连接器）和 3M 产品型号 3625/12（扁平电缆）。

图 17. 电路原理图

图 18. PCB 组装视图和尺寸

外形尺寸

图 19.16 引脚堆叠基板栅格阵列封装[LGA] (CC-16-2) 图示尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项
ADIS16220CCCZ	-40°C 至+125°C	16 引脚堆叠基板栅格阵列封装[LGA]	CC-16-2
ADIS16220/PCBZ		评估板	

¹ Z = 符合 RoHS 标准的兼容器件

注释

注释

注释