

iSensor® IMU 快速入门指南和偏置优化技巧

作者: Mark Looney

简介

iSensor IMU产品包括ADIS1636x和ADIS1640x。这些多轴、惯性检测系统可为多种运动分析和控制应用(如导航和平台稳定)提供基本构建模块。

物理安装和操作

iSensor IMU封装有两个基本部件,用于将其运动和安装到系统中:一块铝底板和一个柔性连接器(见图1)。铝底板提供4个安装耳片,支持多种安装方式。图2和图3显示了一种简单的安装方法,使用2颗M2或2-56机械螺丝将底板固定在系统印刷电路板上。它还提供了一种选项,即利用精对齐孔,强化相对于系统在偏航轴上的惯性参考系的初始传感器对齐效果。请注意,图3中的尺寸假设底板安装在电气对接连接器所在的同一表面上。

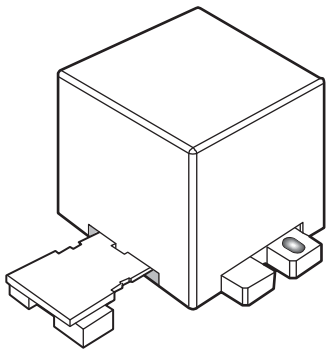


图1. IMU封装样式

08403-001

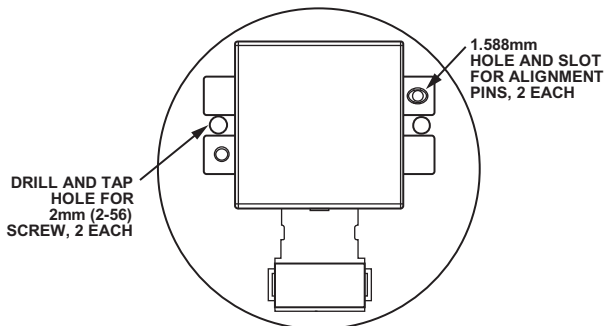


图2. 利用对齐引脚的双螺丝安装法

08403-002

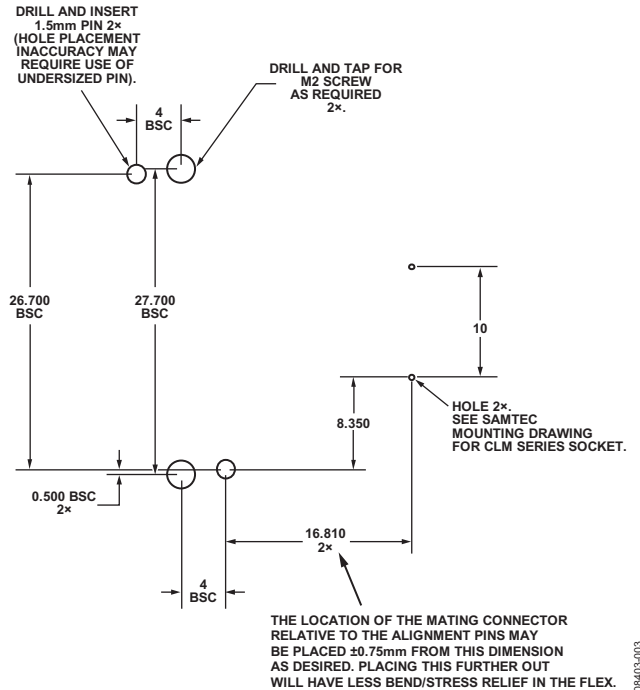


图3. 安装孔建议位置

08403-003

预期会发生高冲击和振动的应用可能需要更为精巧的安装系统,以消除机械共振,但双螺丝法为在机械系统设计的同时开始数据收集工作提供了一个简单的起点。图4给出了ADISUSBZ评估系统上的对接连接器(Samtec CLM-112-02-LM-D-A)所用的焊盘布局图。

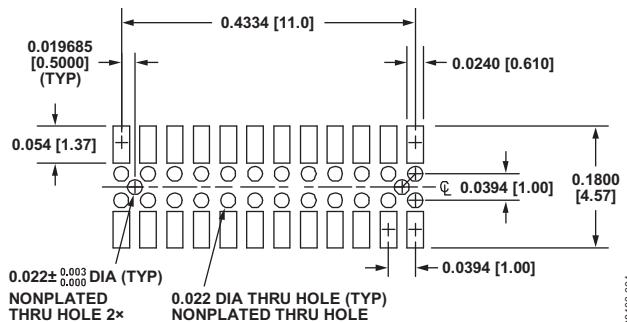


图4. 对接连接器的建议布局和机械设计

08403-004

IMU安装和拆除

IMU安装分两步来执行：

1. 用机械螺丝固定底板。
2. 将连接器压入对接连接器。

拆除时，用小型一字螺丝刀将连接器轻轻从其对接连接器中撬起。然后，卸除螺丝并拿起器件。拔出连接器时，切勿猛拉塑料壳或底板。柔性连接器在一般操作中非常可靠，但如果操作不当，也可能破裂。破裂的柔性连接器无法修复。

电气连接

加电后，传感器产品启动，无论有无用户输入，都将开始产生数据。图5给出了电气连接图，提供电源、接地、4个串行信号和1个数据就绪信号。数据就绪信号通常驱动主机处理器的中断服务例程，以确保数据一致性，同时优化处理器资源。

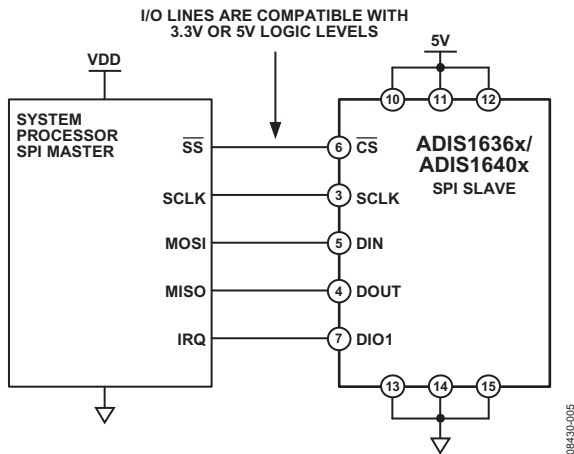


图5. 电气连接图

表1. 通用主机处理器引脚名称和功能

引脚名称	功能
SS	从机选择
IRQ	中断请求
MOSI	主机输出，从机输入
MISO	主机输入，从机输出
SCLK	串行时钟

SPI接口

表2列出了主机处理器与iSensor IMU通过SPI接口进行通信所需的典型设置。这些设置一般位于控制寄存器中。例如，ADSP-BF533处理器系列的寄存器SPI_BAUD、SPI_CTL和SPI_FLG就用于这个目的。

表2. 通用主机处理器SPI设置

处理器设置	描述
主机	iSensor IMU用作从机
SCLK速率 ≤ 2 MHz	普通模式，SMPL_PRD[7:0] ≤ 0x09
SPI模式3	CPOL = 1（极性），CHPA = 1（相位）
MSB优先模式	位序列
16位模式	移位寄存器/数据长度

数据通信要求固件级寄存器管理。在DIN上设置一个命令涉及到写入发射缓冲寄存器(ADSP-BF533的SPI_TDBR)。从DOUT获取输出数据涉及到读取接收缓冲寄存器(ADSP-BF533的SPI_RDBR)。

优化偏置精度和稳定性

所有iSensor IMU均包括工厂校准功能，它所实现的偏置精度较之大多数MEMS陀螺仪都有显著的提高。某些环境条件(如温度周期性变化和安装等)可能导致陀螺仪输出偏置发生微小偏移。单点调整可以处理这些偏移，恢复全部校准，包括某些器件带有的温度校正。这涉及到测量零速旋转的陀螺仪输出，并将相反的值写入其偏移寄存器。对陀螺仪执行单点调整有三个基本选项：自动调零、精密自动调零和手动校准。下列条件和设置有助于确保在此过程中实现最佳精度：

1. 采样速率 = 819.2 SPS (SMPL_PRD[7:0] = 0x01)
2. 热稳定性
读取温度输出寄存器可帮助确定其发生时间。
3. 零速旋转(包括振动)
采集一个小的样本数据，确保输出噪声与数据手册一致。例如，无滤波时，ADIS1636x和ADIS1640x在其陀螺仪上的噪声应小于1°/s均方根值。

对各陀螺仪的多个样本求均值有助于解决与陀螺仪噪声相关的不确定性。Allan方差曲线可提供均值时间与偏置精度之间的关系。

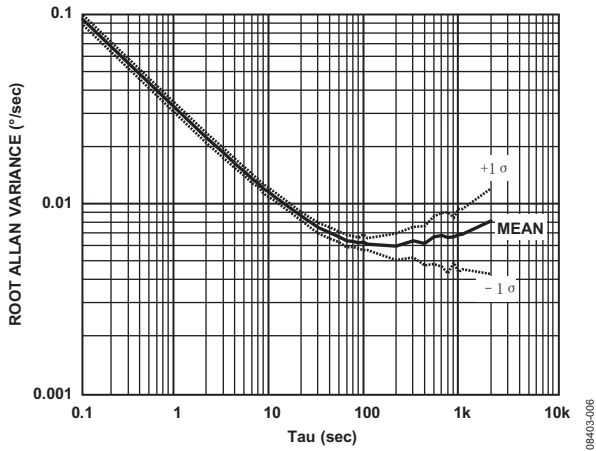


图6. ADIS1636x/ADIS1640x的Allan方差曲线

自动调零功能

自动调零功能自动读取各陀螺仪输出寄存器，并将相反的值写入适当的用户偏移寄存器。执行下列步骤可获得此选项的最佳结果：

1. $SMPL_PRD[7:0] = 0x01$ (DIN = $0xB601$)
2. $SENS_AVG[7:0] = 0x06$ (DIN = $0xB806$)
3. 为内部滤波器抽头填充提供200 ms时间
4. $GLOB_CMD[0] = 1$ (DIN = $0xBE01$)

执行该程序时，等效均值时间约为0.15秒。根据图6可知，偏置精度约为 $0.08^\circ/s$ 。

精密自动调零功能

与自动调零功能相比，精密自动调零功能可实现更高的精度，其方法是先对各陀螺仪输出求30秒平均值，再计算适当的校正系数，并将其载入用户偏移寄存器。在30秒测量期间，IMU自动设置采样速率和滤波器，以执行最佳数据采集。对于ADIS1636x和ADIS1640x系列，偏置校正精度可接近 $0.008^\circ/s$ (参见图6，30秒均值时间)。执行此功能时，须设置 $GLB_CMD[4] = 1$ (DIN = $0xBE10$)。

手动校准

手动校准的优势在于可以针对支持长均值时间的应用优化偏置精度。观察Allan方差曲线(见图6)可知：对于给定种类的器件，100秒均值时间可提供最佳精度。执行下列步骤可实现手动校准的最佳结果：

1. $SMPL_PRD[7:0] = 0x01$ (DIN = $0xB601$)
2. 等待一两分钟，以便完成初始热建立。根据应用不同，预热时间可能长达10到15分钟。
3. 读取TEMP_OUT寄存器进行确认。
4. 以819.2 SPS的采样速率读取82,000个样本(约100秒)。
5. 计算这些值的平均值。
6. 将该估计值转换为偏移校正系数。对于内部用户偏移寄存器：
 - a. 将估计值乘以80。
 - b. 舍入至最近的整数。
 - c. 将该数值转换为14位二进制补码格式。
7. 将其写入适当的用户偏移寄存器。
8. 如果使用内部用户偏移校正寄存器，则设置 $GLOB_CMD[3] = 1$ (DIN = $0xBE04$)。

用户偏移寄存器的分辨率步进为 $0.0125^\circ/s$ ，这对于绝大部分应用是足够的。用户如果有机会在处理器中执行校正，则可以实现递增性能增益，提高能够达到图6所示 $0.006^\circ/s$ 偏置精度的器件数量。这种情况下，须使用一个16位寄存器以与IMU陀螺仪输出相加，并将步骤6a中的乘法系数从80变为320。

采样速率抽取

819.2SPS的内部采样速率对于保持这些产品的最佳偏置稳定性至关重要。对于需要更低采样速率的应用，应利用内部Bartlett窗口滤波器限制带宽，并抽取陀螺仪和加速度计输出寄存器中可用的数据。一种方法是利用数据就绪输出驱动一个计数器，从而将系统级采样速率除以整数。虽然各种系统可能有各自特定的调谐要求，但各种设置的最大除法系数应为Bartlett窗口滤波器每级的抽头数。例如，如果 $SENS_AVG[2:0] = 100$ ，相当于每级16抽头，则用户可以将采样速率除以2到16之间的任意整数，同时仍能保持最佳偏置稳定性。

注释