

惯性测量单元 PA-IMU488B 使用说明书

组合导航系统 PA-GS488B 使用说明书

1. 产品简介:

惯性测量单元 PA-IMU488B 是一款国产化的高性能、小体积、耐高过载的惯性测量设备。陀螺零偏稳定性 $2^{\circ}/h$ (Allan)，加速度计零偏稳定性 $50\mu g$ (Allan)。可用于武器的精确导航、控制和动态测量。此系列产品采用高精度 MEMS 惯性器件，具有高可靠性和高坚固性，在恶劣环境下仍能精密的测量运动载体的角速度和加速度信息。

该惯性测量单元，内置 GPS/BD 单频双模卫星接收机，搭载了三轴磁传感器，同时集成了气压传感器，可实现高度测量。工作模式可在组合导航、AHRS、垂直陀螺等状态下灵活切换。可以满足多种组合导航应用需求，特别适用于无人机、车载导航、水面航行器等各类运动物体的导航及控制。

本产品搭载了自主知识产权的全新组合导航融合算法，可实现高灵敏度跟踪、开阔空间的准确定位，同时也可满足城市、深林、峡谷等地形的导航应用。该系统经过精心设计，将具备卓越组合导航性能的系统尺寸缩小至空前紧凑，并实现了质量的最小化。

2. 组成与功能

惯性测量单元 PA-IMU488B 款内置三轴陀螺、三轴加表的用于测量载体的三轴角速率，三轴加速度。通过串口按照约定通讯协议输出经过误差补偿（包括温度补偿、安装失准角补偿、非线性补偿等）的陀螺、加表数据。

组合导航系统 PA-GS488B 在惯性测量单元的基础上三轴磁传感器、气压传

感器、卫星接收机，并内置了组合导航融合算法。输出融合后的姿态、航向、速度、高度、位置、时钟等信息。

3. 产品特点:

- ※ 高精度 MEMS 惯导 ※ GPS/BD 双模
- ※ 组合导航、AHRS、垂直陀螺等多工作模式
- ※ 支持动态快速对准 ※ 高带宽、400Hz 组合模式数据更新率
- ※ 对外接口：1 路 SPI 和 1 路 UART
- ※ 支持多种外接传感器组合（里程计/DVL）
- ※ 体积小、重量轻 ※ 坚固可靠
- ※ 完全兼容国外某款 10 自由度惯性测量系统

4. 应用领域:

空基领域	无人飞行器	航拍摄影	农业植保	光电测探稳定
陆基领域	车载导航	车载卫星通讯	森林、国土监测	高速铁路轨检
海基领域	水文测量	航道检测	船载定位通讯	无人水面航行器



5. 主要技术指标

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
陀螺仪	测量范围		±400	±450	—	deg/s
	零偏稳定性	Allan 方差	—	2	—	deg /h
	随机游走		—	0.1	—	deg / √h
	零偏重复性	全温范围 -40° C ≤ TA ≤ +85° C		0.1	0.2	deg/s
	标度因数重	全温范围		0.2	1	%

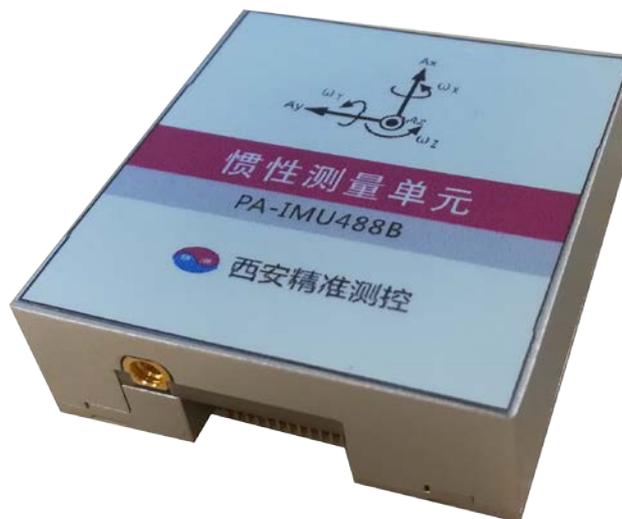
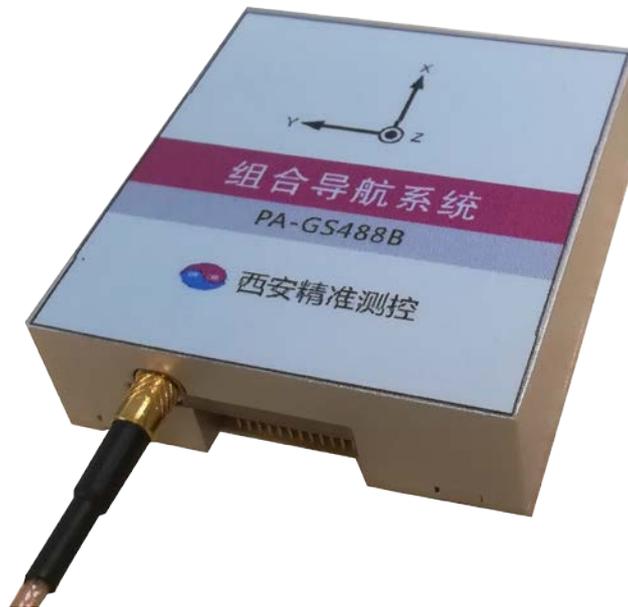
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
	复性	$-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +85^{\circ}\text{C}$				
	标度因数非线性	FS=450 °/s	0.1	0.2	%FS	
	带宽			400	Hz	
加速度计	量程		±6	±18	g	
	零偏稳定性		0.1		mg	
	随机游走		0.02	0.02	m/s/√h	
	零偏重复性	全温范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +85^{\circ}\text{C}$	±5		mg	
	标度因数重复性	全温范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +85^{\circ}\text{C}$	0.5	1	%	
	标度因数非线性		0.1 FS=6g	0.2 FS=18g	%FS	
	带宽			200	Hz 3dB	
	磁力计	动态测量范围	±2.5			gauss
分辨率			120		uGauss	
噪声密度			50		uGauss	
带宽			200		Hz	
气压计	压力范围	450		1100	mbar	
	分辨率		0.1		mbar	
	绝对测量精度		1.5		mbar	
基于外部GNSS的惯性卫星组合导航精度	航向精度	单 GNSS, 需机动, RMS	1.0		°	
	俯仰、滚动精度	GNSS 有效, RMS	0.3		°	
		GNSS 无效, 不限时间, RMS	2		°	
	位置精度	GNSS 有效, 单点 L1/L2, RMS	1.5		m	
速度精度	GNSS 有效, 单点 L1/L2, RMS	0.15		m/s		
通讯接口	1 路 SPI	波特率		15	MHz	
	1 路 UART	波特率	9.6	230.4	921.6	Kbps
电气特性	电压		3.0	3.3	3.6	V
	功耗				1.5	W
	纹波	P-P			100	mV
结构特性	尺寸		44×47×14		mm	
	重量				g	
使用环境	工作温度		-40	75	°C	
	存储温度		-45	85	°C	
	振动			10~2000Hz, 3g		
	冲击 过载	(Half-sine		30g, 11ms 1000		

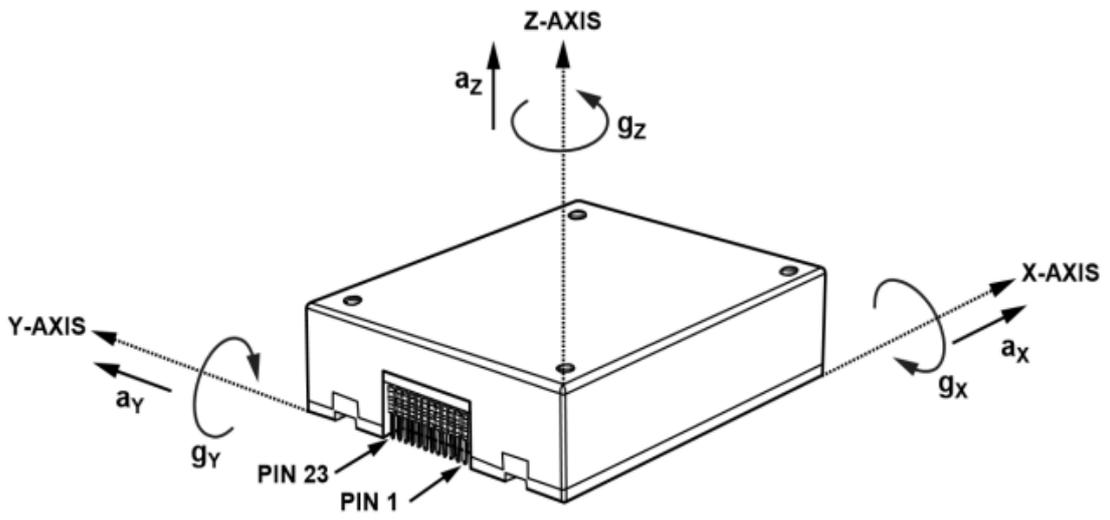
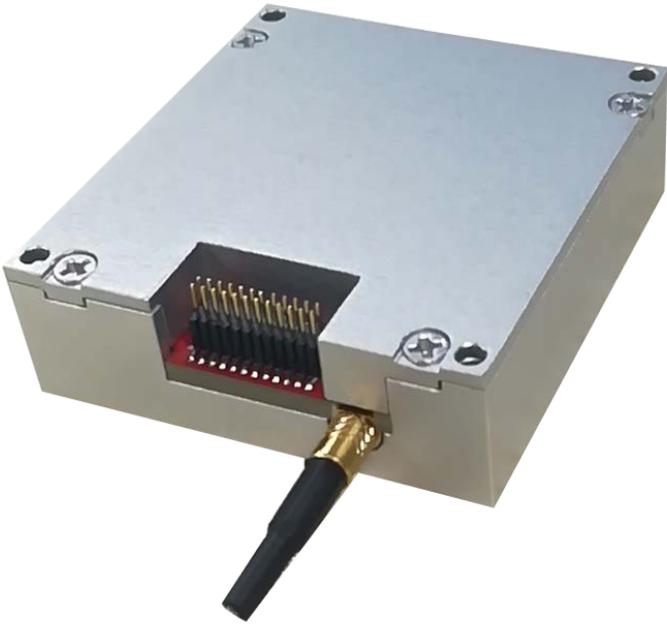
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	0.5msec)				
可靠性	MTBF		20000		h
	连续工作时间		120		h

6. 坐标系定义

6.1 IMU 极性定义

3 个陀螺 (g_x, g_y, g_z) 和 3 个加速度计 (a_x, a_y, a_z) 的坐标系定义如下图所示, 箭头方向为正。





6.2 航向角、俯仰角、滚动角定义

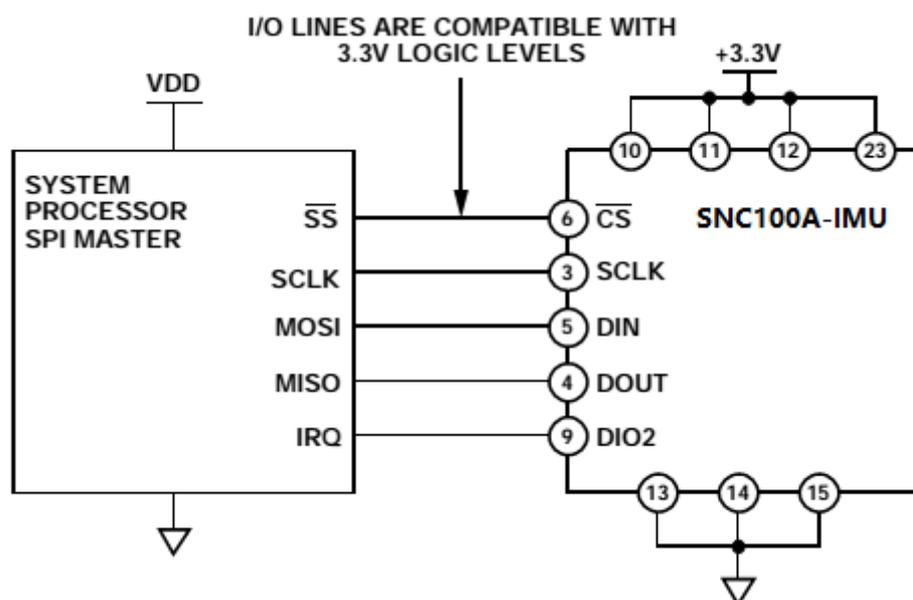
航向角定义：以 Z 轴为旋转轴，逆时针为正，北向为零，范围是【 $-180^{\circ}, 180^{\circ}$ 】；

俯仰角定义：以 X 轴为旋转轴，逆时针为正，水平为零，范围是【 $-90^{\circ}, 90^{\circ}$ 】；

滚动角定义：以 Y 轴为旋转轴，逆时针为正，水平为零，范围是【 $-180^{\circ}, 180^{\circ}$ 】。

7. 读写数据

PA-IMU488B 是一款自治传感器系统，当存在有效电源时，它会自动启动。完成初始化过程后，它开始采样、处理以及将校准的传感器数据载入输出寄存器，通过 SPI 端口可访问该数据。SPI 端口通常连接到嵌入式处理器的兼容端口，连接图参见图 1。四个 SPI 信号支持同步串行数据传输。在工厂默认配置下，DIO2 引脚提供数据就绪信号；当输出数据寄存器中有新数据可用时，该引脚变为高电平。



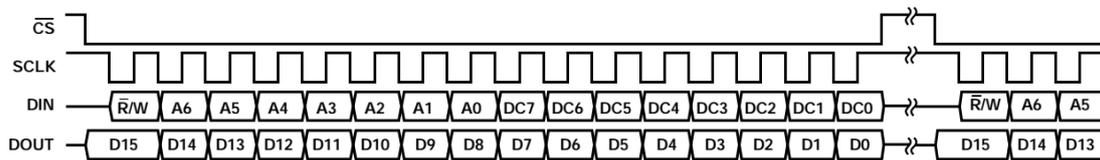
与外部设备连接示意图

7.1 通用主机处理器 SPI 设置

处理器设置	说明
主机	PA-IMU488BD 用作从机
$SCLK \leq 15 \text{ MHz}$	最大串行时钟速率
SPI 模式 3	CPOL = 1 (极性), CPHA = 1 (相位)
MSB 优先模式	位序
16 位模式	移位寄存器/数据长度

7.2 SPI 通信

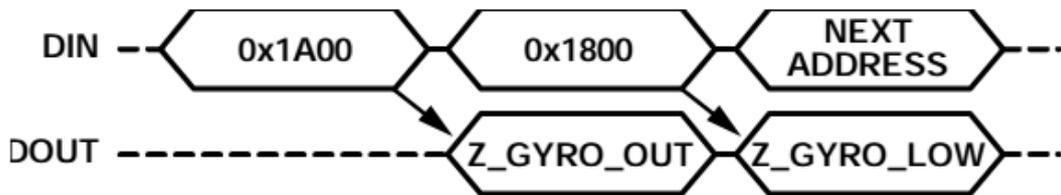
如果前一命令为读取请求，则 SPI 端口支持全双工通信，外部处理器可以在读取 DOUT 的同时写入 DIN，如下图。



SPI 读写时序

读取传感器数据

PA-IMU488BD 自动启动并激活第 0 页，以便进行数据寄存器访问。访问任何其它页面后，应将 0x00 写入 PAGE_ID 寄存器 (DIN = 0x8000) 以激活第 0 页，为后续数据访问做好准备。单个寄存器读操作需要两个 16 位 SPI 周期。在第一个周期中，利用图 1 中的位分配功能请求读取一个寄存器的内容；在第二个周期中，寄存器内容通过 DOUT 输出。DIN 命令的第一位是 0，然后是寄存器的高位或低位地址。后 8 位是无关位，但 SPI 需要完整的 16 个 SCLK 来接收请求。下图显示了两个连续的寄存器读操作，首先是 DIN = 0x1A00，请求 Z_GYRO_OUT 寄存器的内容，然后是 DIN = 0x1800，请求 Z_GYRO_LOW 寄存器的内容。



SPI 读操作示例

用户寄存器存储器映射 (N/A 表示不适用)

R/W	PAGE_ID	地址	默认	寄存器描述
R/W	0x00	0x00	0x00	页面标识
R	0x00	0x0E	N/A	温度
R	0x00	0x10	N/A	x 轴陀螺仪输出，低位字

R	0x00	0x12	N/A	x 轴陀螺仪输出, 高位字
R	0x00	0x14	N/A	y 轴陀螺仪输出, 低位字
R	0x00	0x16	N/A	y 轴陀螺仪输出, 高位字
R	0x00	0x18	N/A	z 轴陀螺仪输出, 低位字
R	0x00	0x1A	N/A	z 轴陀螺仪输出, 高位字
R	0x00	0x1C	N/A	x 轴加速度计输出, 低位字
R	0x00	0x1E	N/A	x 轴加速度计输出, 高位字
R	0x00	0x20	N/A	y 轴加速度计输出, 低位字
R	0x00	0x22	N/A	y 轴加速度计输出, 高位字
R	0x00	0x24	N/A	z 轴加速度计输出, 低位字
R	0x00	0x26	N/A	z 轴加速度计输出, 高位字
R/W	0x03	0x00	0x00	页面标识
R/W	0x03	0x06	0x000D	控制, I/O 引脚, 功能定义
R/W	0x03	0x08	0x00X0	控制, I/O 引脚, 通用
R/W	0x04	0x00	0x00	页面标识
R	0x04	0x20	无	序列号

变换公式

$$\text{当前温度} = 25 + \text{TEMP_OUT} * 0.00565$$

x 陀螺举例	X_GYRO_OUT	X_GYRO_LOW
	1LSB=0.02° /S	MSB 的权重为 0.01° /S, 后续各位的权重为前一位的一半
	0.02*X_GYRO_OUT	0.01*MSB+0.005*.....

YZ 陀螺计算方式同 X 轴陀螺类似。

X 轴加计举例	X_ACCL_OUT	X_ACCL_LOW
	1LSB=0.8mg	MSB 的权重为 0.4mg, 后续各位的权重为前一位的一半
	0.8*X_ACCL_OUT	0.4*MSB+0.2*.....

YZ 加计计算方式同 X 轴加计类似。

7.3 UART 读写数据

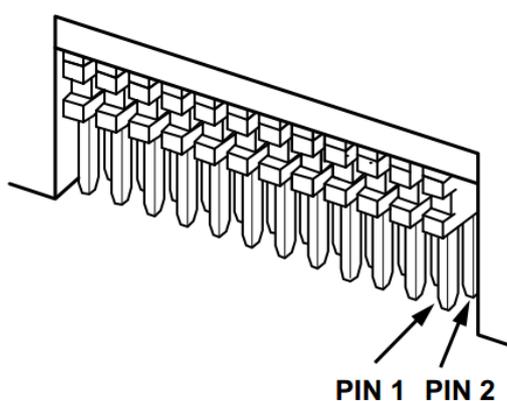
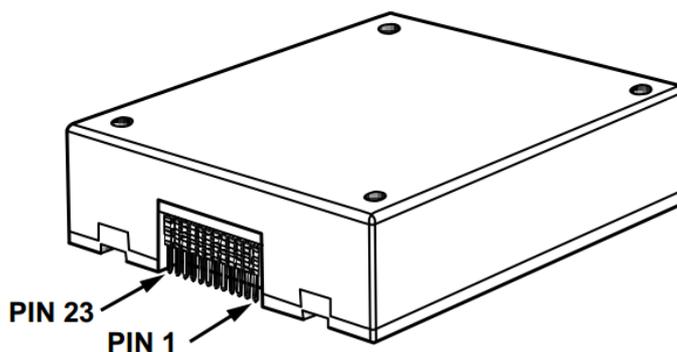
接口：230400bps，8 位数据位，1 位停止位，无奇偶校验；

协议格式：

分为协议头、协议体和协议尾；200Hz；坐标轴定义为右前上

协议	字节序号	数据	单位	数据类型	备注
协议头	0	0x5a			
	1	0x5a			
协议体	2~5	X 轴陀螺	° /s	float	
	6~9	Y 轴陀螺	° /s	float	
	10~13	Z 轴陀螺	° /s	float	
	14~17	X 轴加表	g	float	
	18~21	Y 轴加表	g	float	
	22~25	Z 轴加表	g	float	
	26~29	航向角	rad	float	
	30~33	俯仰角	rad	float	
	34~37	横滚角	rad	float	
	38~41	温度	°C	float	
	42~45	气压计	mbar	float	
	46~49	X 轴磁力计	uT	float	
	50~53	Y 轴磁力计	uT	float	
54~57	Z 轴磁力计	uT	float		
协议尾	58	校验和			2 至 57 字节累加求和，取低字节

8. 电气接口



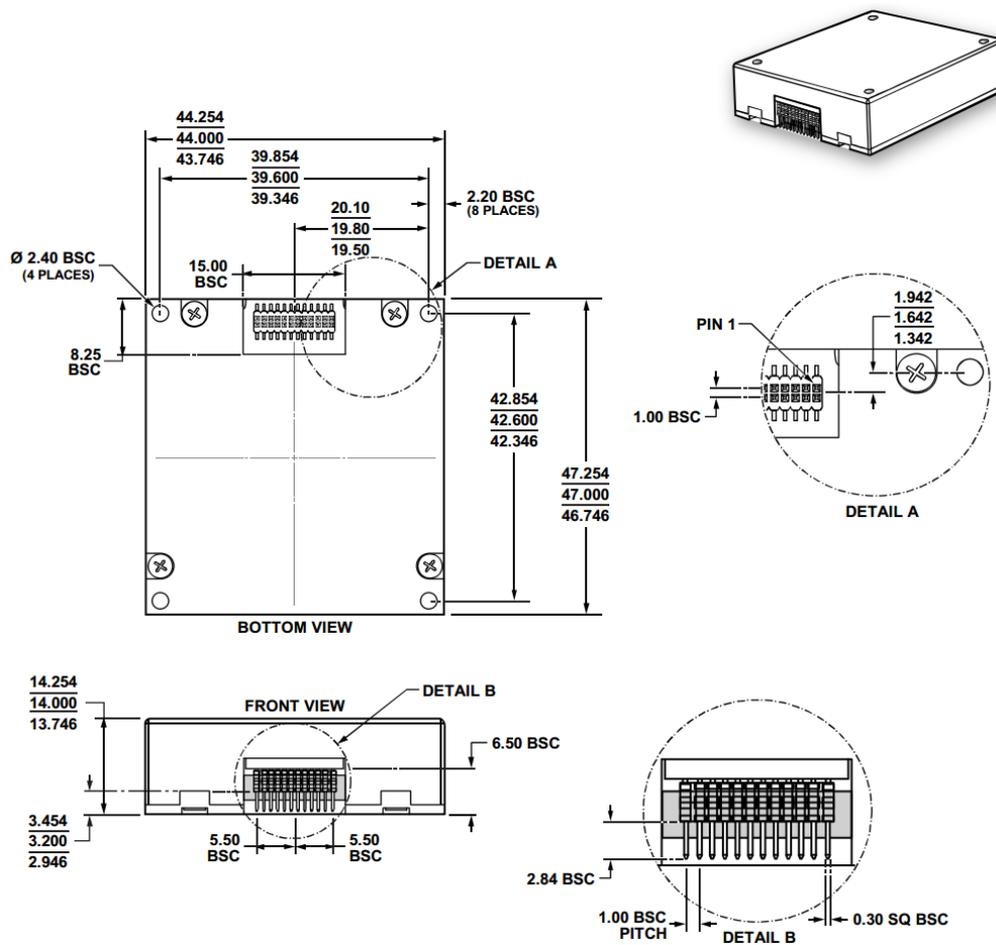
DNC	DNC	DNC	DNC	DNC	GND	VDD	VDD	RST	CS	DOUT	DIO4
24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
VDDRTC	DNC	DNC	DNC	GND	GND	VDD	DIO2	DIO1	DIN	SCLK	DIO3

8.1 结构安装

管脚序号	名称	类型	描述
10, 11, 12	VDD	电源	
13, 14, 15	GND	电源地	
7	DIO1	输入/输出	通用 IO, 可配置

9	DI02	输入/输出	
1	DI03	输入/输出	
2	DI04	输入/输出	
3	SPI-CLK	输入	SPI 主从模式可配置， 默认为从模式
4	SPI-MISO	输出	
5	SPI-MOSI	输入	
6	SPI-CS	输入	
19	UART-0-TXD	输出	UART0，波特率可配置， 默认为 230400bps
21	UART-0-RXD	输入	
8	RST	输入	复位
23	VDDRTC	电源	暂无
16~19, 21, 24	NC	备用	厂家保留

9. 机械结构:

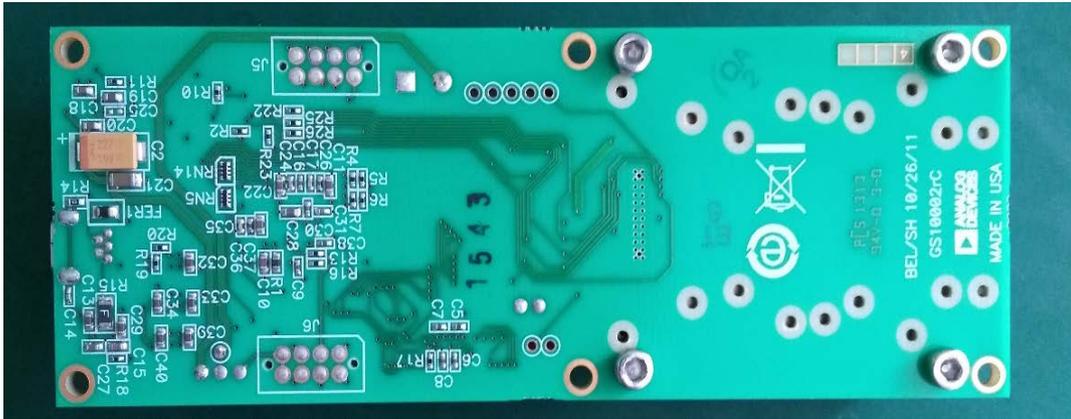


10. 评估板的使用说明

完全匹配 ADI 公司的 EVAL-ADIS 评估板

评估板可以采集 PA-IMU488BD 的原始数据，支持操作系统包括 Win10、Win7，详细说明见《EVAL-ADIS User Guides.pdf》。主要操作步骤如下：

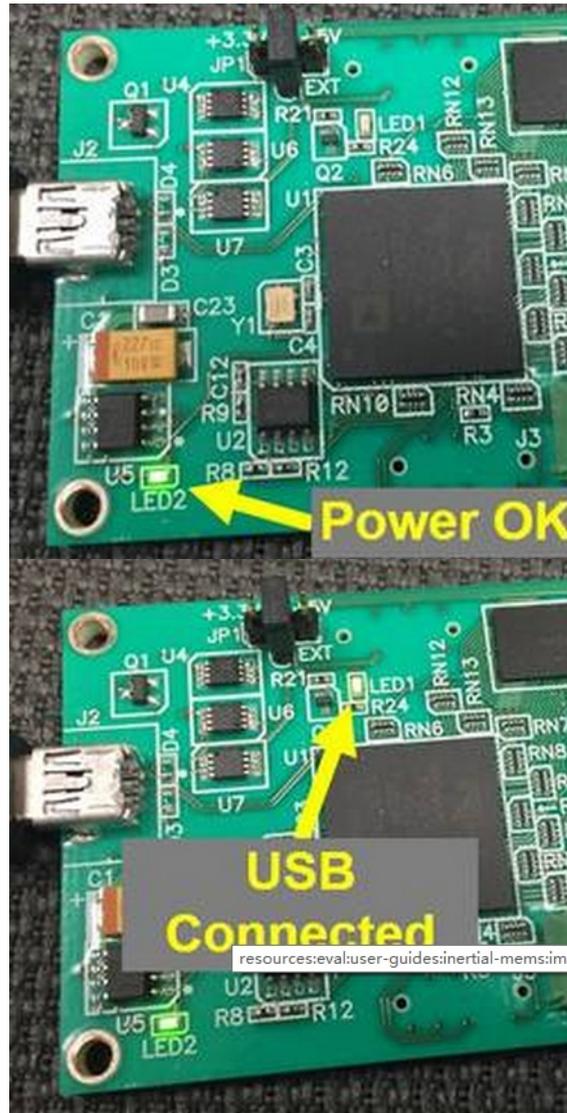
- 1) 安装评估板驱动程序 SDPDrivers_2.exe;
- 2) 将 PA-IMU488BD 安装在评估板上;



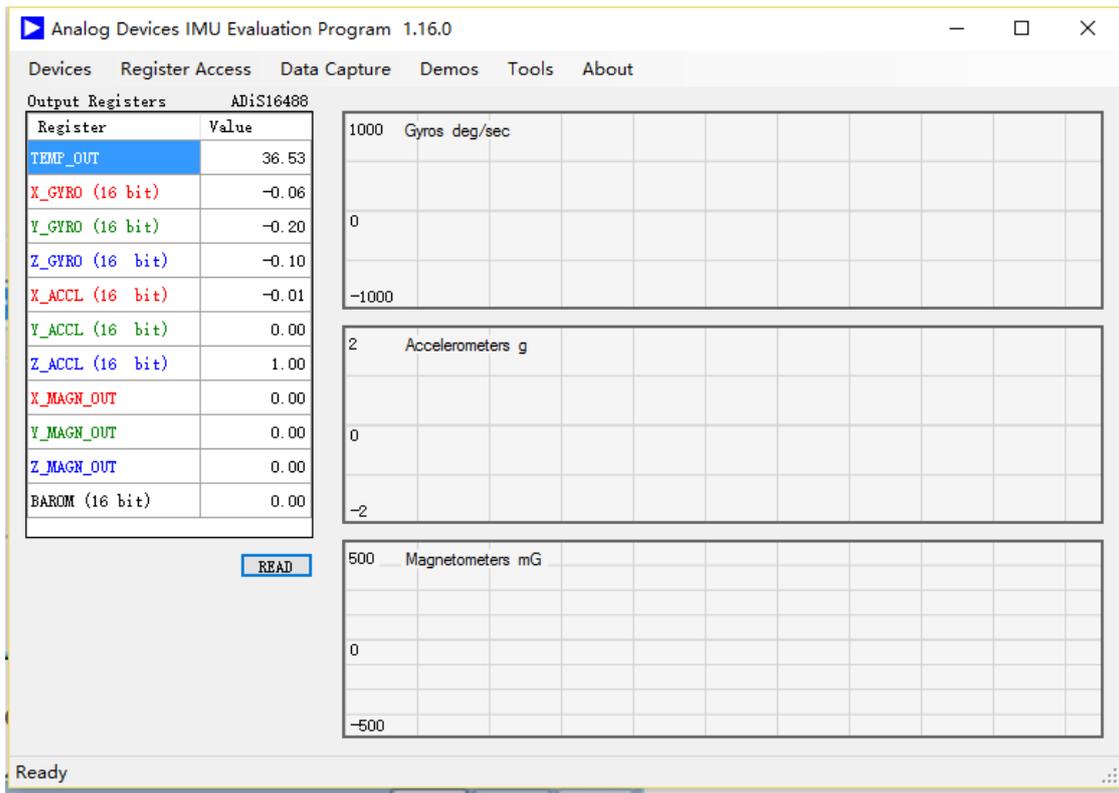
3) 评估板上的电源跳线选择为 3.3V;



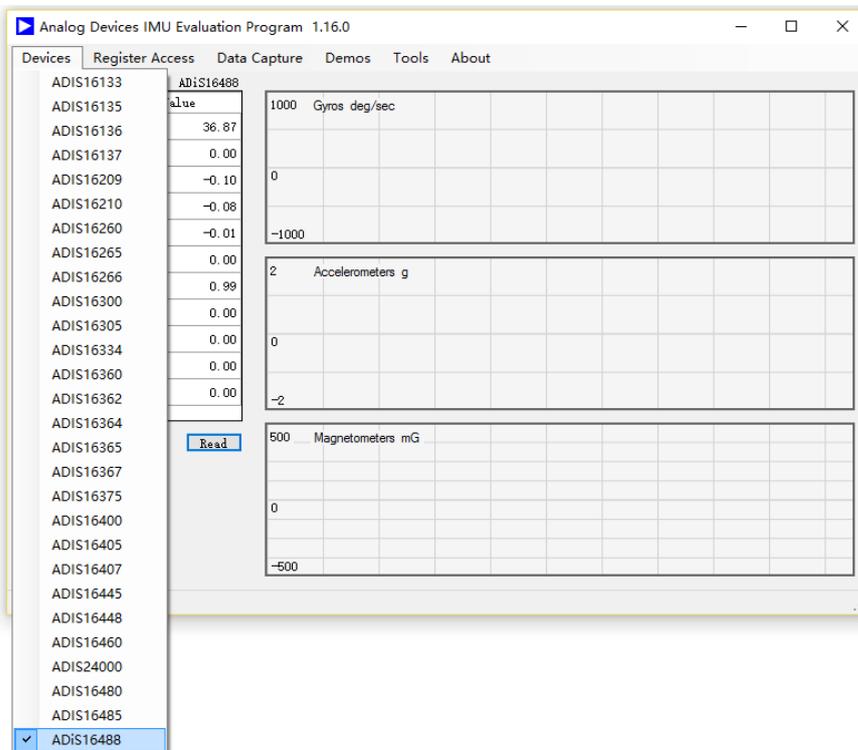
4) 用 USB 连接评估板和电脑，LED2 先亮，表示评估板供电正常，大约 5~10s 后 LED1 点亮，表示评估板的 USB 口与 PC 机连接成功；



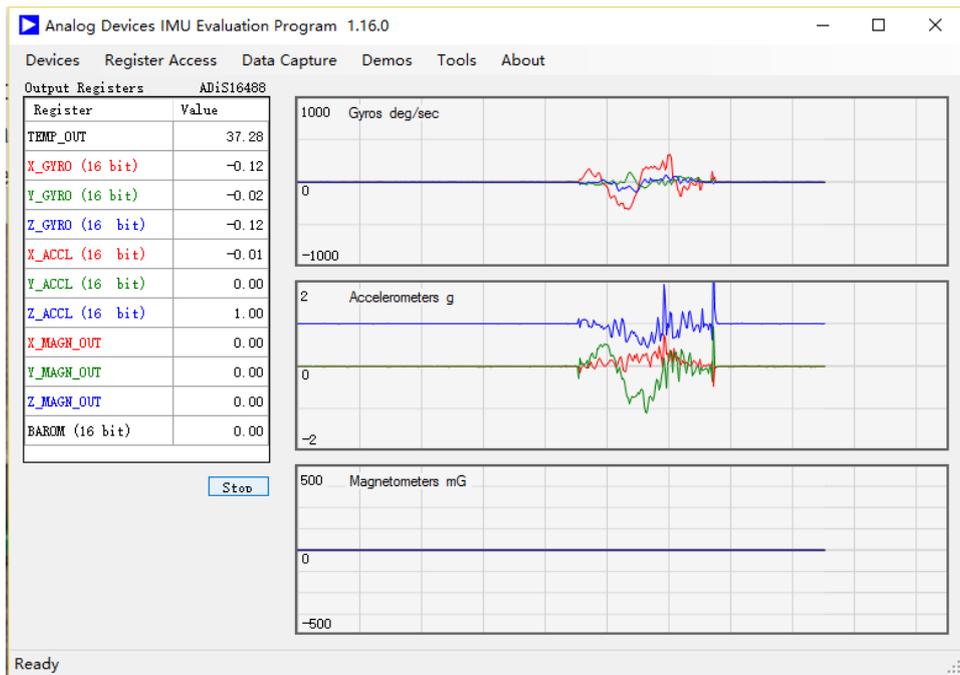
5) 打开评估板测试软件 IMU_Evaluation.exe



6) 在 Devices 中选择 ADIS16488B;



7) 点击 Read 就可以读取数据，并在界面上显示。



11. 选型指导

PA-XXX488B, PA-XX488B 表示不同的产品类型，对应关系如下：

- 1) XXX=IMU：惯性测量单元；
- 2) XXX=GS：惯性/卫星组合导航系统。

不同类型的区别如下表所示：

代号	名称	航向	俯仰、滚动	速度	位置	加速度	角速度
IMU488B	惯性测量单元	×	√	×	×	√	√
GS488B	惯性/卫星组合导航系统	√	√	√	√	√	√

西安精准测控有限责任公司
Xi'an Precise Measurement & Control Co., Ltd

电话：029-88814882/883/891/892 传真：029-88814881

网址：www.siliconmems.com

E-mail: admin@siliconmems.com

地址：西安市高新区科技二路65号清华科技园（东区）三层