

FSS-IMUA5-Pro 产品手册

特性

战术级 MEMS 陀螺仪

- 2.5°/hr 零偏不稳定性
- XY:0.4 °/hr 、Z:0.3 °/hr 角度随机游走
- 0.015°/s 温漂(-40°C~85°C, ≤1°C/min @1σ)

战术级 MEMS 加速度计

- 25μg 零偏不稳定性
- 0.04m/s²/hr 速度随机游走
- XY: 0.5mg、Z:2mg 温漂(-40°C~85°C, ≤1°C/min @1σ)

大范围精细化温度补偿

- -40°C至 85°C温度补偿
- 精细化温度标定

独立转台标定

- 独立标定每个模块：灵敏度、零偏、非正交误差

高强度工况耐受

- 超强冲击耐受：2000g (0.5ms, 半正弦, 3 轴)
- 超强振动耐受：10g (10~2KHz, 3 轴)
- 全温环境稳定工作：-40°C ~ 85°C
- 100% 磁屏蔽

实时而灵活的数字接口、体积小巧

- 高达 1KHz 的可配置输出采样率
- 39.1*36*13mm, 重量约 28g

产品概述

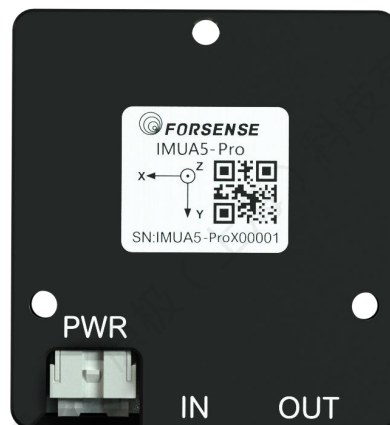
IMUA5_Pro 是原极科技倾力打造的 6 自由度 MEMS 惯性传感器模块。标配输出三轴陀螺仪与加速度信息。

高精度、高分辨率，可捕捉细微的震动与倾斜。大量程的输出，让大动态下的动作感知成为可能。所有模块出厂前都配置超宽温域的精细化温补与独立标定，让每个模块都能在各种极限工况下稳定发挥，同时保证所有产品性能高度一致。

应用领域

- 人形机器人

在标准性能及输出参数的基础上，原极也为您的特殊需求提供**定制化软件及 LOGO 定制服务**，在产品上助您一臂之力！



目录

1. 性能参数	2
1.1 陀螺仪关键指标	2
1.2 加速度计关键指标	3
2. 坐标系定义	5
3. 外形结构	6
3.1 IMU 测量中心 (单位: mm)	7
4. 电气特性	8
4.1 最大额定绝对值	8
4.2 工作条件	8
5. 引脚定义	9
6. 通信协议 (EtherCAT)	12
6.1 协议架构	12
6.2 通信接口规范	12
6.2.1 支持的协议	12
6.2.2 同步管理器 (SyncManager) 配置	12
6.2.3 分布式时钟 (DC) 配置	13
6.2.4 过程数据映射	13
6.2.5 SDO (主站→从站)	14
7. 主站示例及上位机使用 (EtherCAT)	15
7.1 主站示例	15
7.1.1 编译 IMU 驱动程序	15
7.1.2 运行 IMU 驱动程序	15
7.2 上位机	16
8. 更新记录	17

1. 性能参数

1.1 陀螺仪关键指标

表 1 陀螺仪关键指标

参数	测试条件/备注	最小值	典型值	最大值	单位
测量范围			±2000		°/s
零偏不稳定性 ¹	@25,ALLAN 方差, 1σ		2.5		°/hr
零偏稳定性	国军标, 10s 平滑		7		°/hr
零偏重复性	国军标		7		°/hr
分辨率			0.0305		°/s
轴间非正交			0.02		deg
内部低通截止频率	软件可调整		116		Hz
ODR			1000		Hz
测量延时			7		ms
全温范围零偏变化 ²	-40 ~ 85°C, ≤1°C/min @1σ		0.015		°/s
随机游走 ¹	@25,ALLAN 方差, 1σ		XY: 0.4 Z: 0.3		°/√hr
刻度系数误差			2.5		‰
刻度系数非线性			200		ppm

注 1: IEEE 标准, 在静态 25°C 环境下 Allan 方差曲线给出

注 2: 1°C/分钟升温情况下全温零偏变化 1σ 值

1.2 加速度计关键指标

表 2 加速度计关键指标

参数	测试条件/备注	最小值	典型值	最大值	单位
测量范围			±24		g
零偏不稳定性 ¹	@25,ALLAN 方差, 1σ		25		μg
零偏稳定性	国军标, 10s 平滑		55		μg
零偏重复性	国军标		0.2		mg
分辨率			0.3664		mg
轴间非正交			0.02		deg
内部低通截止频率	软件可调整		116		Hz
ODR			1000		Hz
测量延时			7		ms
全温范围零偏变化 ²	-40 ~ 85°C, ≤1°C/min @1σ		xy: 0.5 z: 2		mg
随机游走 ¹	@25,ALLAN 方差, 1σ		0.04		m/s/√hr
刻度系数误差			0.5		‰
刻度系数非线性			200		ppm

注 1: IEEE 标准, 在静态 25°C 环境下 Allan 方差曲线给出

注 2: 1°C/分钟升温情况下全温零偏变化 1σ 值

图 1 陀螺仪 ALLAN 方差典型曲线

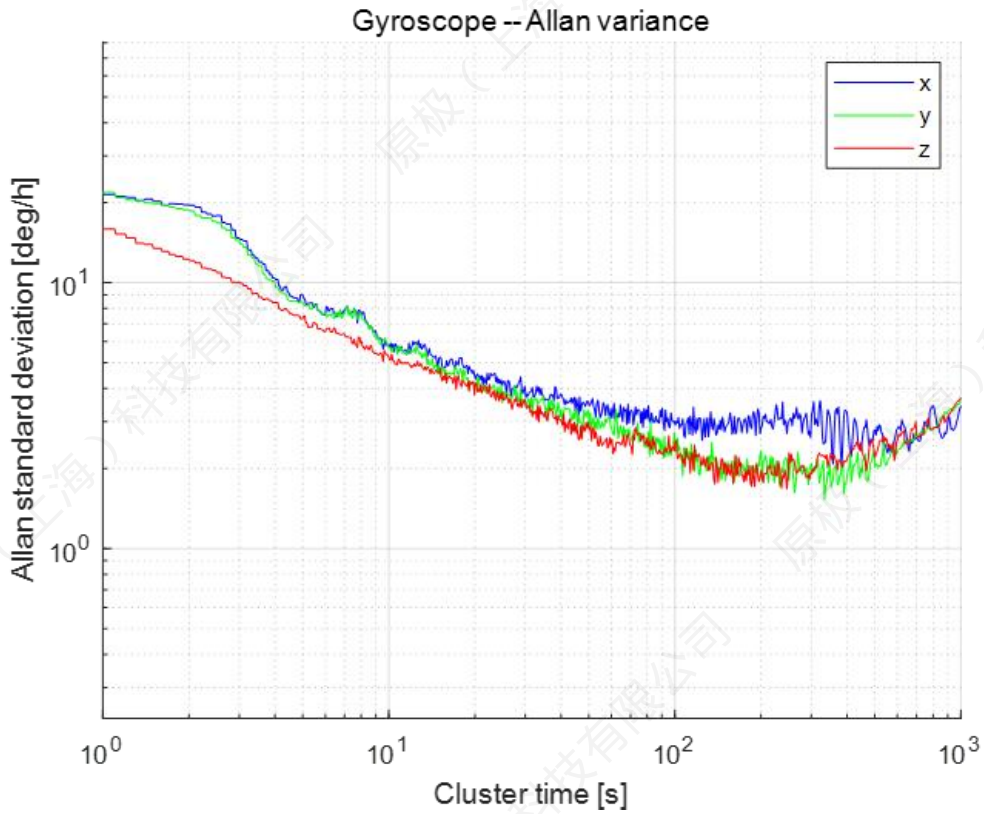
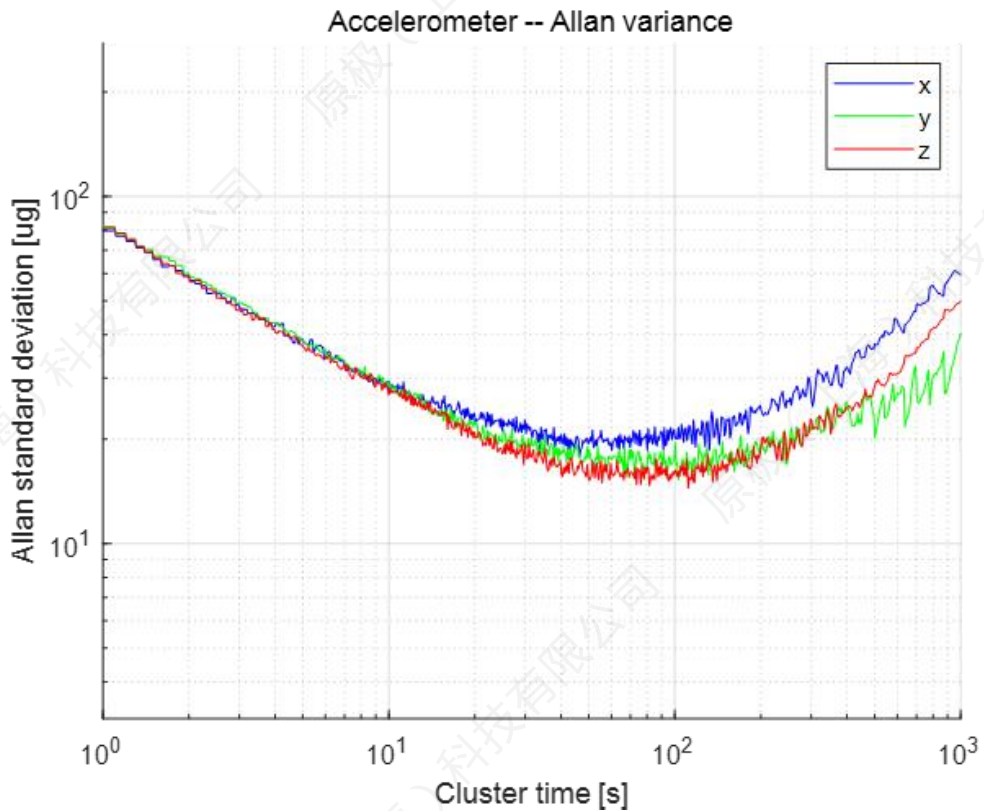
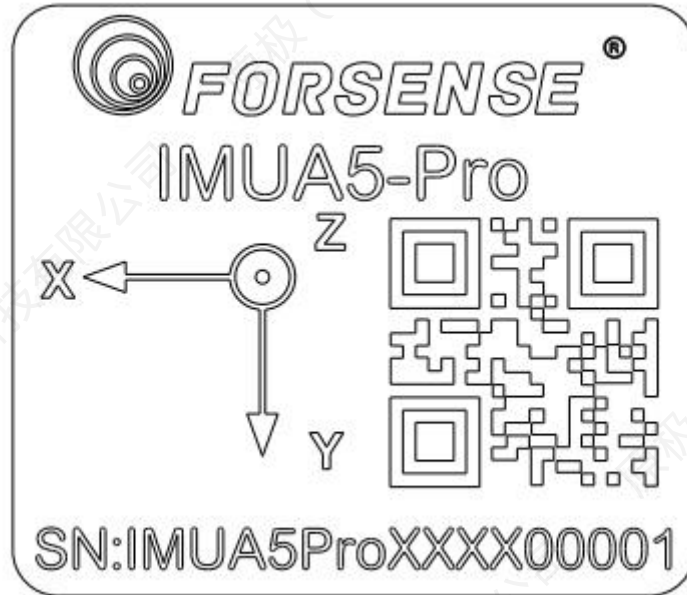


图 2 加速度计 ALLAN 方差典型曲线



2. 坐标系定义



本产品坐标系默认使用 前左上 (X-Y-Z) 坐标系，使用 ZXY 的旋转顺序，欧拉角范围如下：

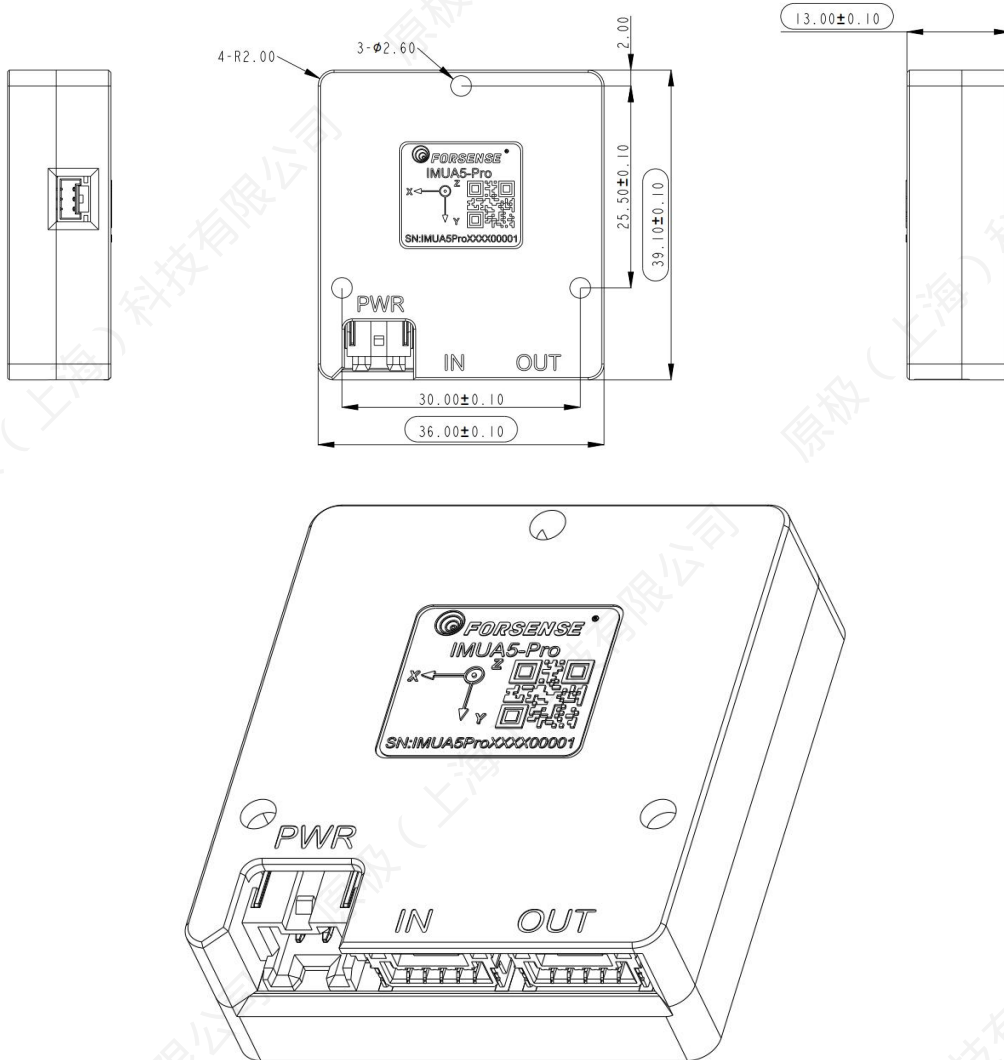
绕 Z 轴方向旋转：航向角 Yaw 范围： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$

绕 X 轴方向旋转：横滚角 Roll 范围： $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$

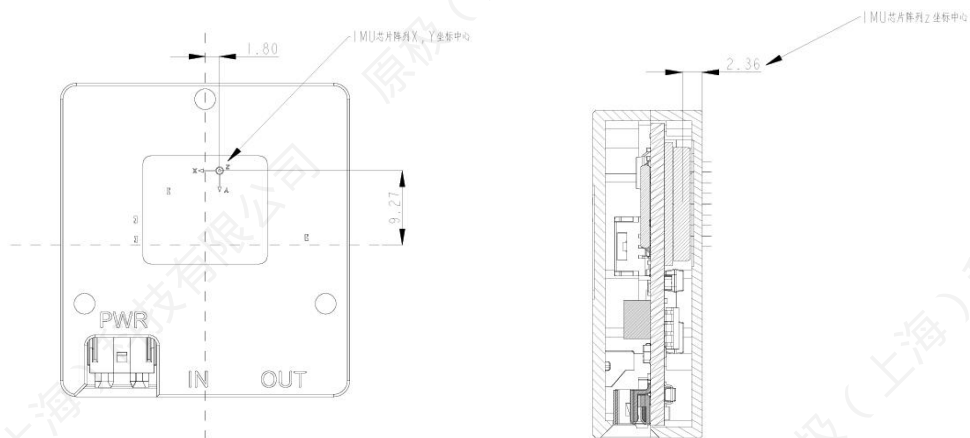
绕 Y 轴方向旋转：俯仰角 Pitch 范围： $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$

3. 外形结构

图 3 外形结构及尺寸 (单位: mm)



3.1 IMU 测量中心 (单位: mm)



4. 电气特性

4.1 最大额定绝对值

表 3 最大额定绝对值

参数	符号	范围	单位
供电电压	VCC	-0.3 to 32	V
电源地	GND	-	-
使用温度	Tot	-40 to 85	°C
存储温度	Tstg	-55 to 105	°C

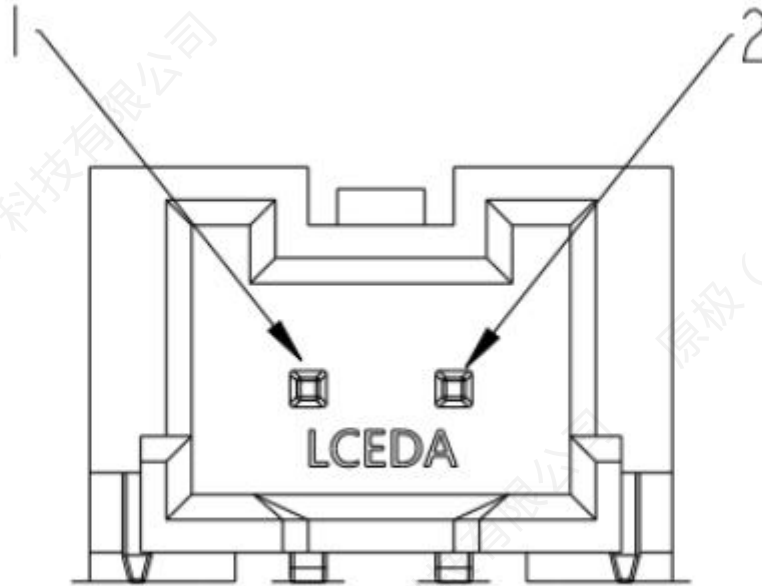
4.2 工作条件

表 4 工作条件

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	VIN	4.5	5	32	V
VIN 最大纹波	Vrpp		±40		mV
功耗	P		1.2		W
使用温度	Tot	-40		85	°C
存储温度	Tstg	-55		105	°C

5. 引脚定义

图 4 电源引脚示意图

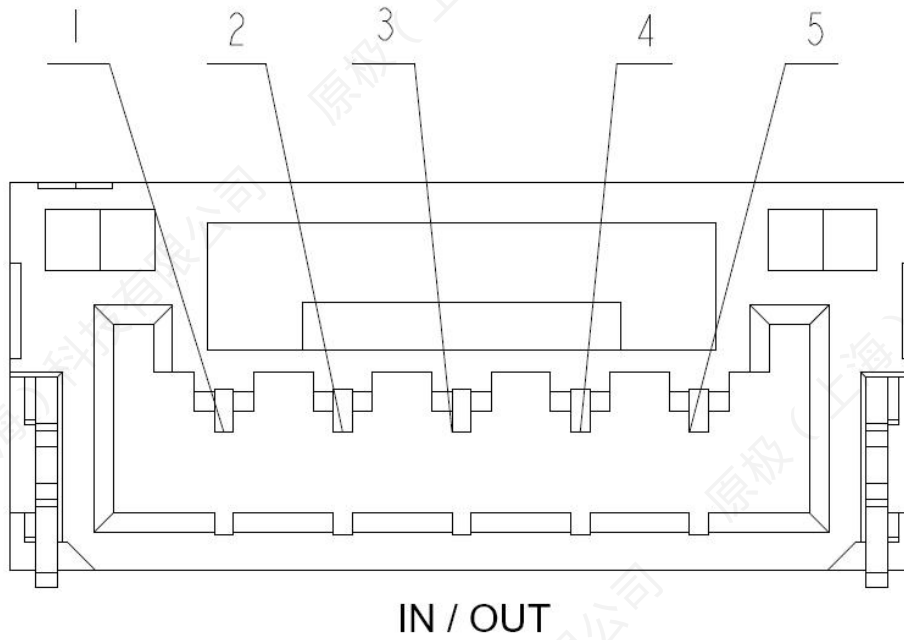


连接器型号：SM02B-PASS-1-TBT(LF)(SN) 厂家：JST

表 5 电源引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚描述
1	VIN	5~32V 电源输入
2	GND	电源地

图 5 信号 IN/OUT 引脚示意图

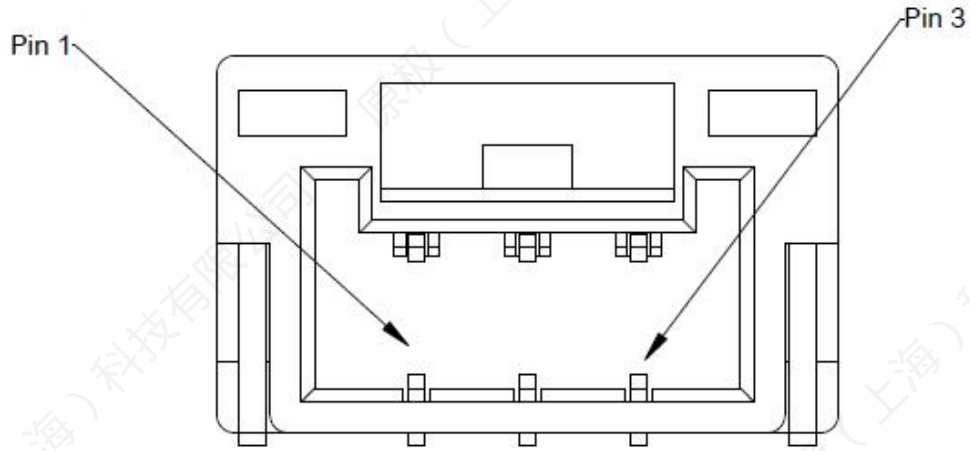


连接器型号：10155242-05111LF 厂家：Amphenol

表 6 信号 IN/OUT 引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚描述
1	TXIN+	EtherCat IN Port
2	TXIN-	
3	PGND_LAN	
4	RXIN+	
5	RXIN-	
1	TXOUT+	EtherCat OUT Port
2	TXOUT-	
3	PGND_LAN	
4	RXOUT+	
5	RXOUT-	

图 6 串口引脚示意图



连接器型号：SM03B-GHS-TB(LF)(SN) 厂家：JST

表 7 串口引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚描述
1	GND	信号地
2	RX1	串口 1 数据接收
3	TX1	串口 1 数据发送

6. 通信协议（EtherCAT）

6.1 协议架构

本设备基于 EtherCAT 协议实现实时数据传输，采用 **分布式时钟同步** 和 **PDO 快速映射** 机制，imu 数据支持 1ms 通信周期。协议层次如下：

Plain Text

应用层（IMU 数据）	# 加速度/角速度/四元数
过程数据层（PDO）	# 输入 PDO 映射传感器数据
同步管理层（SM）	# SM2/SM3 管理实时数据流
EtherCAT 帧处理层	# 遵循 ETG.1001 标准

6.2 通信接口规范

6.2.1 支持的协议

- CoE（CANopen over EtherCAT）：支持 SDO 信息服务、分段 SDO、完整访问
- FoE（File Access over EtherCAT）：支持文件传输

6.2.2 同步管理器（SyncManager）配置

SM	类型	起始地址	控制字节	默认大小	功能
SM0	Mailbox Out	0x1000	0x26	128 字节	主站→从站邮箱
SM1	Mailbox In	0x1080	0x22	128 字节	从站→主站邮箱
SM2	Outputs	0x1100	0x64	4 字节	过程数据输出（RxPDO）
SM3	Inputs	0x1400	0x20	44 字节	过程数据输入（TxPDO）

6.2.3 分布式时钟 (DC) 配置

参数	值	说明
支持模式	Synchron / DC	同步事件或分布式时钟
SYNC0	可配置	主站动态配置周期
SYNC1	可配置	可选的第二同步信号

6.2.4 过程数据映射

6.2.4.1 RxPDO (主站→从站, SM2)

索引: 0x1600

子索引	参数名	数据类型	位长	对象索引	说明
1	REV	REAL	32 位	0x7000.03	控制命令/保留字段

6.2.4.2 TxPDO (从站→主站, SM3)

索引: 0x1A00

子索引	参数名	数据类型	位长	对象索引	说明
1	ACC_X	REAL	32 位	0x6000.01	X 轴加速度 m/s^2
2	ACC_Y	REAL	32 位	0x6000.02	Y 轴加速度 m/s^2
3	ACC_Z	REAL	32 位	0x6000.03	Z 轴加速度 m/s^2
4	Q_W	REAL	32 位	0x6000.04	四元数 W 分量
5	Q_X	REAL	32 位	0x6000.05	四元数 X 分量
6	Q_Y	REAL	32 位	0x6000.06	四元数 Y 分量
7	Q_Z	REAL	32 位	0x6000.07	四元数 Z 分量
8	GYRO_X	REAL	32 位	0x6000.08	X 轴角速度 rad/s
9	GYRO_Y	REAL	32 位	0x6000.09	Y 轴角速度 rad/s
10	GYRO_Z	REAL	32 位	0x6000.10	Z 轴角速度 rad/s
11	TEMP	REAL	32 位	0x6000.11	温度 $^{\circ}C$

7. 主站示例及上位机使用（EtherCAT）

EtherCAT 主站代码或上位机联系技术支持获取。

串口上位机官网中有下载

7.1 主站示例

7.1.1 编译 IMU 驱动程序

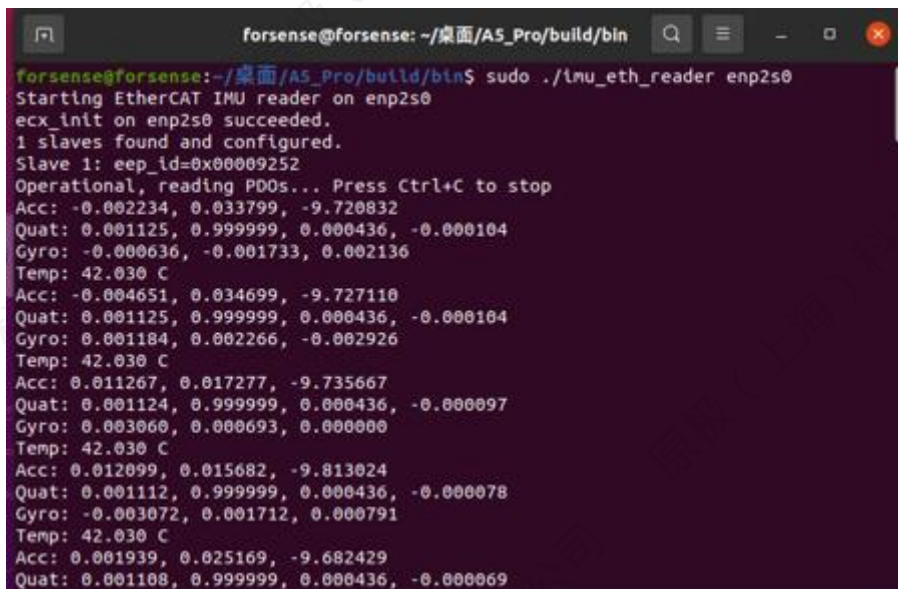
```
Makefile  
编译  
cd ~/Desktop/A5  
make
```

7.1.2 运行 IMU 驱动程序

enp2s0 是对应的网卡名

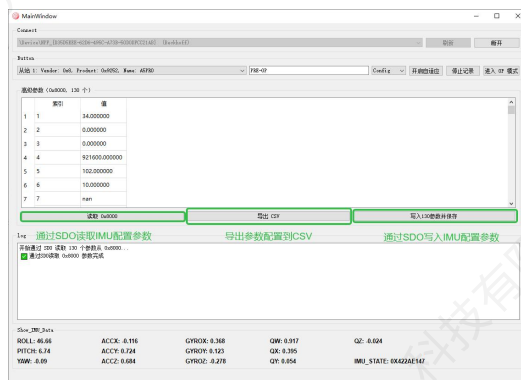
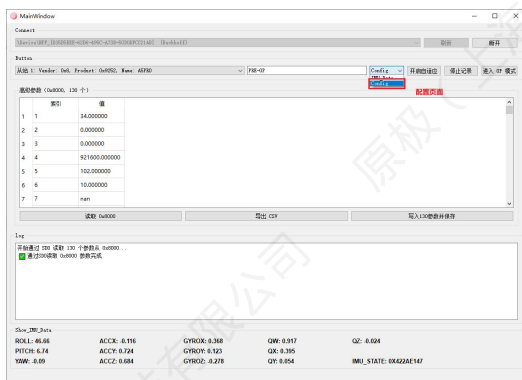
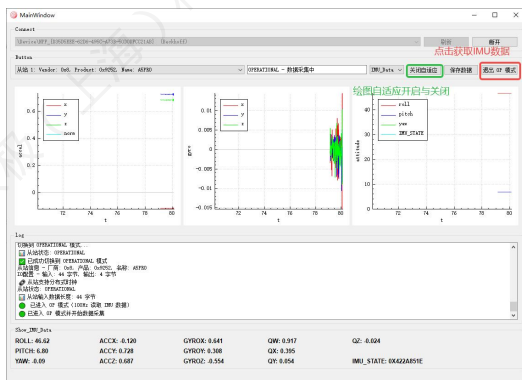
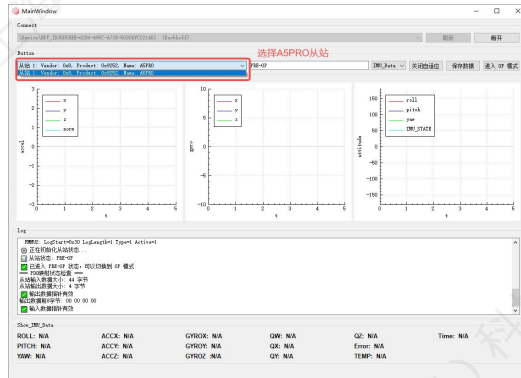
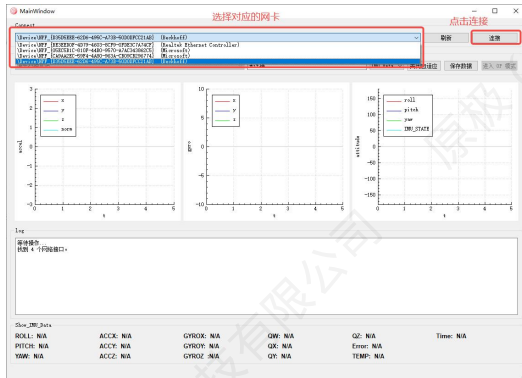
使用 ifconfig 查看对应网卡

```
Shell  
运行  
cd build/bin/  
sudo ./imu_eth_reader enp2s0
```



```
forsense@forsense: ~/桌面/A5_Pro/build/bin  
forsense@forsense:~/桌面/A5_Pro/build/bin$ sudo ./imu_eth_reader enp2s0  
Starting EtherCAT IMU reader on enp2s0  
ecx_init on enp2s0 succeeded.  
1 slaves found and configured.  
Slave 1: eep_id=0x00009252  
Operational, reading PDOs... Press Ctrl+C to stop  
Acc: -0.002234, 0.033799, -9.720832  
Quat: 0.001125, 0.999999, 0.000436, -0.000104  
Gyro: -0.000636, -0.001733, 0.002136  
Temp: 42.030 C  
Acc: -0.004651, 0.034699, -9.727110  
Quat: 0.001125, 0.999999, 0.000436, -0.000104  
Gyro: 0.001184, 0.002266, -0.002926  
Temp: 42.030 C  
Acc: 0.011267, 0.017277, -9.735667  
Quat: 0.001124, 0.999999, 0.000436, -0.000097  
Gyro: 0.003060, 0.000693, 0.000000  
Temp: 42.030 C  
Acc: 0.012099, 0.015682, -9.813024  
Quat: 0.001112, 0.999999, 0.000436, -0.000078  
Gyro: -0.003072, 0.001712, 0.000791  
Temp: 42.030 C  
Acc: 0.001939, 0.025169, -9.682429  
Quat: 0.001108, 0.999999, 0.000436, -0.000069
```

7.2 上位机



8. 更新记录

手册最新版本: [IMUA5-Pro Datasheet 产品手册](#)

版本	日期	状态/注释
版本 1.0	2025.03.14	初稿
版本 1.1	2025.07.04	修改协议
版本 1.1	2025.11.24	修改协议
版本 1.3	2025.12.13	修改协议, 新增 SDO, 更新上位机及主站程序
版本 1.4	2025.12.30	新增 IMU 相位中心
版本 1.5	2026.01.26	修改连接器型号