

1 特性

1.1 硬件

- 高性能，低噪声 MEMS-IMU
- 出厂-40-85°C全温温补，标定比例因子、交叉轴、零偏
- 陀螺仪零偏不稳定性可达 1.7°/h
- 加速度计零偏不稳定性可达 0.012mg
- 精准的同步信号，支持 PPS 和 UTC 时间同步
- 优异的抗振性
- 集成温度传感器
- 小体积，易于集成
- RoHS、CE 认证

1.2 软件

- 自适应扩展卡尔曼融合算法，高达 1000Hz(HI16RX)输出，低延时
- 优异的动态跟随性能并且振动抑制性好
- 对线性加速度有出色的抑制作用
- 启动时间<1s
- 支持二进制、CANopen 等多种协议
- 无需外部指令配置、直接输出数据
- 丰富的用户配置指令
- 多功能 GUI，方便操作
- 支持 ROS、C、QT 等多种例程

2 应用

- 精密仪器仪表
- 平台稳定和控制
- 工程机械
- 人形机器人
- 无人机
- 低速无人驾驶机器人

3 描述

3.1 产品外观

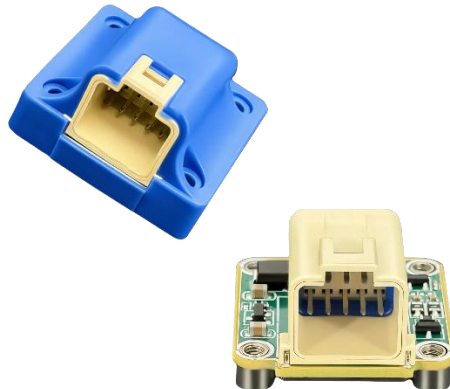


Figure1: HI16

3.2 系统框图

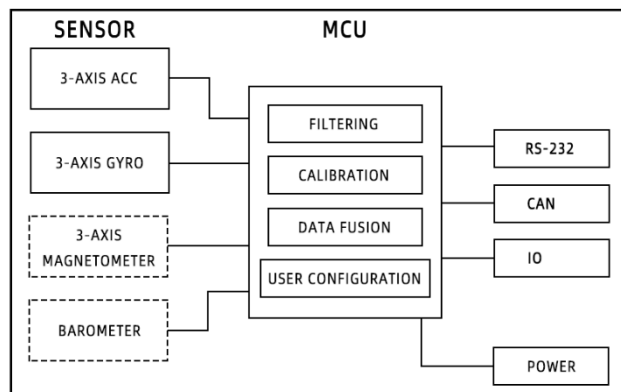


Figure2: Functional block diagram

Note1: 虚线表示有的型号不支持，具体请看产品选型表 Table1

3.3 通用描述

HI16 系列是利用 MEMS-IMU 组成的 IMU/VRU/AHRS 传感器，并且搭载了自主研发的自适应扩展卡尔曼滤波、IMU 噪声动态分析算法、以及载体运动状态分析算法，可以满足高动态下姿态角的精度，并且减小航向角的漂移。

每一个传感器出厂之前都经过了精细的补偿包括温度、零偏、比例因子、跨轴。

HI16 系列传感器通过 UART/CAN 接口进行数据传输，并且拥有丰富的用户配置。

HI16 系列可以通过外部触发与系统进行同步，可以接收 UTC 时间，还可以通过同步输出功能与外部系统比如雷达、摄像头时间对齐。

多功能上位机(GUI)可以帮助快速地评测产品，这些功能包括并不限于模块配置、数据显示、固件升级、数据记录等。

选型与订购信息，请参见 Table 1，Table 2。

目录

1 特性 1

 1.1 硬件..... 1

 1.2 软件..... 1

2 应用 1

3 描述 1

 3.1 产品外观 1

 3.2 系统框图 1

 3.3 通用描述 1

4 产品选型..... 4

5 产品订购..... 5

 5.1 订购信息 5

 5.2 联系我们 5

6 文档信息..... 6

 6.1 适用范围 6

 6.2 文档版本信息..... 6

 6.3 相关文档与开发套件..... 6

7 HI16 系统架构..... 7

 7.1 IMU 子系统..... 7

 7.2 VRU 子系统 7

 7.3 AHRS 子系统 7

8 引脚定义..... 8

 8.2 UART 接口 8

 8.3 MI1 接口 8

9 传感器性能参数 9

 9.1 陀螺仪 9

 9.2 加速度计 10

 9.3 磁力计 11

 9.4 温度传感器..... 11

 9.5 姿态角精度..... 11

10 系统与电气参数 12

 10.1 电气参数 12

 10.2 接口参数 12

 10.3 系统参数 12

 10.4 绝对最大值 13

11 产品尺寸 14

 11.1 产品尺寸 14

11.1.1 HI16XX-PCBA 产品尺寸 14

11.1.2 HI16XX-PCBA 产品尺寸数据表 14

11.1.3 HI16XX-BOX 尺寸 15

11.1.4 HI16XX-BOX 尺寸数据表 15

12 安装坐标系定义 16

12.1 坐标系 16

12.2 安装示意图 17

12.2.1 HI16XX-PCBA 安装示意图 17

12.2.2 HI16XX-BOX 安装示意图 17

13 配套线束 18

14 接线示意图 19

14.1 JWPF 母头转 OPEN(UART)..... 19

14.2 JWPF 母头转 OPEN(RS-232+CAN) 19

14.3 JWPF 母头转 OPEN(同步触发)..... 19

14.3.1 UART+GPRMC/UTC 同步 19

14.3.2 脉冲触发 20

15 通信协议 21

15.1 串行二进制协议 21

15.2 CAN..... 21

16 常见问题..... 22

16.1 串口问题 22

4 产品选型

Table 1: 选型信息

HI16a-b-cde ¹									
标识	系列	a-传感器		b-数据接口		c-同步	d-产品形态		e-定制信息
HI	16	M0	6DoF 3.0°/h 0.03mg	232	2XRS232	1 支持	0 BOX	0	默认
		R2	6DoF 1.7°/h 0.012mg	URT	2XUART(TTL)		1 PCBA	Other	定制
				MI1	RS232+CAN				

Note1: 型号举例：HI16R2-232-100

5 产品订购

5.1 订购信息

Table 2: 订购信息

Part Number	Name	Description	Note
HI16M0-232-100	IMU/VRU Module	6DoF 3°/h 0.03mg Sync Box 2XRS-232	
HI16M0-232-110	IMU/VRU Module	6DoF 3°/h 0.03mg Sync PCBA 2XRS-232	
HI16R2-URT-100	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync Box 2XUART(TTL)	
HI16R2-URT-110	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync PCBA 2XUART(TTL)	
HI16R2-232-100	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync Box 2XRS-232	
HI16R2-232-110	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync PCBA 2XRS-232	
HI16R2-MI1-100	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync BOX RS-232+CAN	
HI16R2-MI1-110	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 0.012mg Sync PCBA RS-232+CAN	

5.2 联系我们

产品可以通过以下形式订购：

1. 可以通过邮件与我们销售联系 sales@hipnuc.com
2. 可直接拨打电话进行联系
座机：010-69726346
移动电话：15801501203
web: www.hipnuc.com
3. 添加微信



4. 公众号与官网

新产品和技术资料可以通过官网获得



6 文档信息

6.1 适用范围

文档适用于硬件版本为 A0 及以上的模组

6.2 文档版本信息

Table 3: 文件版本

版本	日期	章节	变更内容
1.0	Jun 2, 2025	-	初始版本

6.3 相关文档与开发套件

1.

指令与编程手册
2.

Step/封装文件
3.

CE/RoHS 等认证文件
4.

GUI 上位机与参考例程

7 HI16 系统架构

HI16 系列是一款集 IMU、VRU、AHRS 多种功能于一体的全功能传感器模组，出厂经过严格的比例因子、跨轴、温度、零偏的标定测试，可以为用户提供传感器基础数据(加速度、角速度、地磁场、气压)、三维方向数据（欧拉角即俯仰、横滚、偏航）、四元数等数据。如果用户外接 GNSS，还可以提供速度、位置等信息。

HI16 模组配备了 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪、3 轴地磁和一颗高性能的处理器。该控制器主要用于传感器的同步、标定、算法融合以及用户配置等功能，同时基于应用场景与传感器特性我们为用户提供了多种模式比如 6DOF、AHRS、地磁辅助航向角、人形机器人、高振动等，详情参考指令与编程手册。

7.1 IMU 子系统

HI16 可以作为 IMU 可以为用户提供三维加速度，三维角速度相比于传统的 IMU 芯片，其优势在于这些数据经过了出厂的严格标定与补偿包括(交叉轴、比例因子、零偏、温度)。

7.2 VRU 子系统

经过我们自研的算法融合引擎，HI16 基于 IMU 基础数据可以输出基于重力参考系的三维方向数据，这些数据包含无漂移的俯仰角、横滚角以及无参考的偏航角（上电从 0 度开始累加），这些数据拥有优异的抗振性以及动态性。虽然偏航角没有参考，但是仍然具有行业内领先的低漂移特性。

7.3 AHRS 子系统

在 IMU/VRU 基础上我们引入了高精度，大量程的 TMR 地磁传感器,使 HI16 升级为更强的航姿参考系统 AHRS，可以为用户输出无漂移的俯仰角、横滚角、以及基于磁北的偏航角。

8 引脚定义

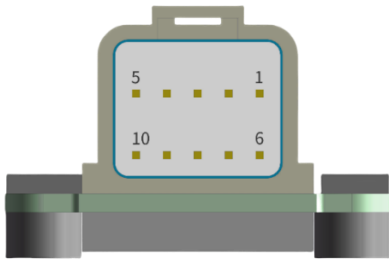


Figure3: HI16 pin assignment

8.2 UART 接口

Table 4: UART 接口引脚功能描述

Pin Number	Pin Name	Type	Functional	Note
1	RXD1	I	模块串口 1 接收	1
2	RXD2	I	模块串口 2 接收 HI16M0 不支持	1
3	SGND	Power	信号地	2
4	IO2(SYNC_OUT)	I/O	同步输出，可作为 Data ready 信号	
5	GND	Power	电源地	2
6	TXD1	O	模块串口 1 发送	1
7	TXD2	O	模块串口 2 发送 HI16M0 不支持	1
8	SGND	Power	信号地	2
9	IO1(SYNC_IN/PPS)	I/O	同步输入，可以接受外部触发信号 比如 GNSS 的 PPS 信号	
10	Vs	Power	电源输入 5-30V	

Note1: UART 电平取决于用户采购产品型号

Note2: 电源地与信号地内部相连

8.3 MI1 接口

Table 5: MI1 引脚功能描述

Pin Number	Pin Name	Type	Functional	Note
1	RS232_RX1	I	模块 COM1 接收 232 电平	
2	CAN H	AIO	CAN High HI16M0 不支持	
3	SGND	Power	信号地	1
4	IO2(SYNC_OUT)	I/O	同步输出，可作为 Data ready 信号	
5	GND	Power	电源地	1
6	RS232_TX1	O	模块 COM1 发送 232 电平	
7	CAN L	AIO	CAN low HI16M0 不支持	
8	SGND	Power	信号地	1
9	IO1(SYNC_IN/PPS)	I/O	同步输入，可以接受外部触发信号 比如 GNSS 的 PPS 信号	
10	Vs	Power	电源输入 5-30V	

Table 6: 串口功能描述

UART	Functional
UART1	主通信串口，用于数据输出，指令配置输入，固件升级
UART2	副通信串口，与串口 1 功能一致，同时支持其他功能配置，详见指令与编程手册

Note1: HI16M0 不支持 UART2

9 传感器性能参数

9.1 陀螺仪

Table 7: 陀螺仪性能参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		HI16M0	15.625	2000	2000	°/s	
		HI16RX	15.625	2000	4000		
分辨率				16bit	20Bit		
比例因子	100°/s	HI16M0		<600	800	ppm	1
		HI16RX		<100	200		
非线性			-0.05	-	0.05	%Fs	2
噪声密度	带宽 100Hz	HI16M0		0.015		°/s√Hz	3
		HI16RX		0.0025			
3dB 带宽		HI16M0		90	200	Hz	
		HI16RX			400		
零速输出					±0.1	°/s	4
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI16M0		3		°/h	1σ
		HI16RX		1.7			
零偏稳定性	10s 平滑	HI16M0		10		°/h	1σ
		HI16RX		4			
零偏重复性		HI16M0		5.3		°/h	
		HI16RX		3.7			
角度随机游走	Allan Variance	HI16M0		0.42		°/√h	1σ
		HI16RX		0.1			
零偏全温变化-40-85℃				0.07	0.2	°/s	
加计敏感性	All three axis			0.05		°/s/g	

- Note1: 转台正反各旋转 10 圈
- Note2: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差
- Note3: 测试样本均值
- Note4: 初始零偏标定之后，零偏可以在算法引擎中实时估计

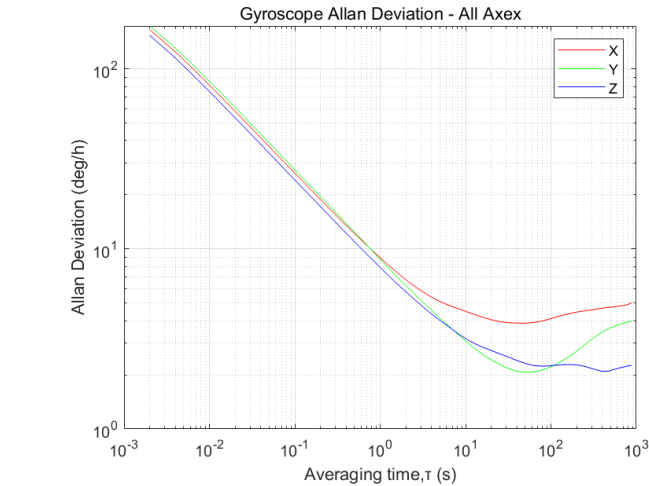


Figure4: HI16M0 Gyroscope Allan Variance

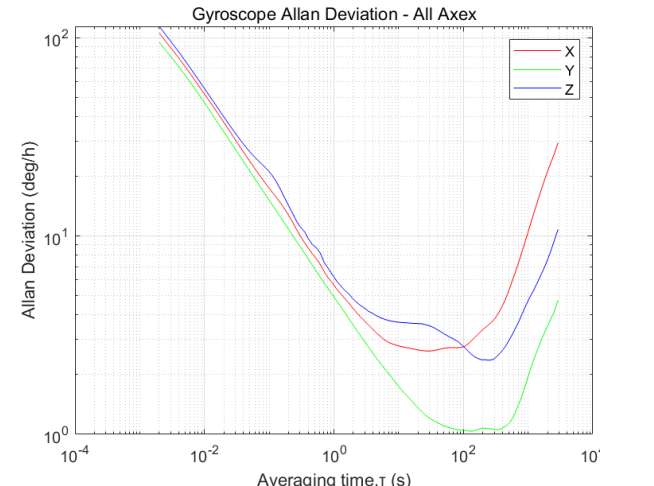


Figure5: HI16RX Gyroscope Allan Variance

9.2 加速度计

Table 8: 加速度计参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		HI16M0	3	12	16	g	
		HI16RX	2	8	32		
分辨率				16	20	bit	
初始零偏				2	20	mg	1
非线性				0.01		%Fs	
3dB 带宽		HI16M0			200	Hz	
		HI16RX		80	400		
噪声密度	带宽 100Hz	HI16M0		0.175		mg/√Hz	2
		HI16RX		0.05	0.07		
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI16M0		0.03		mg	1σ
		HI16RX		0.012			
零偏稳定性	10s 平滑	HI16M0		0.07		mg	1σ
		HI16RX		0.015			
零偏重复性		HI16M0		0.34		mg	
		HI16RX		0.11			
随机游走	Allan Variance	HI16M0		0.08		m/s/√h	1σ
		HI16RX		0.018			
零偏全温变化	-40-85℃			2.5	5	mg	3

Note1: 测试样品平均值

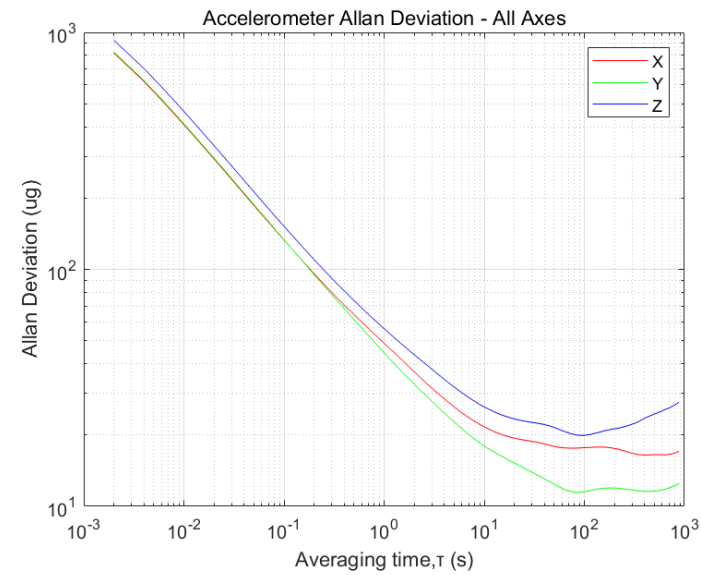


Figure6: HI16M0 Accelerometer Allan Variance

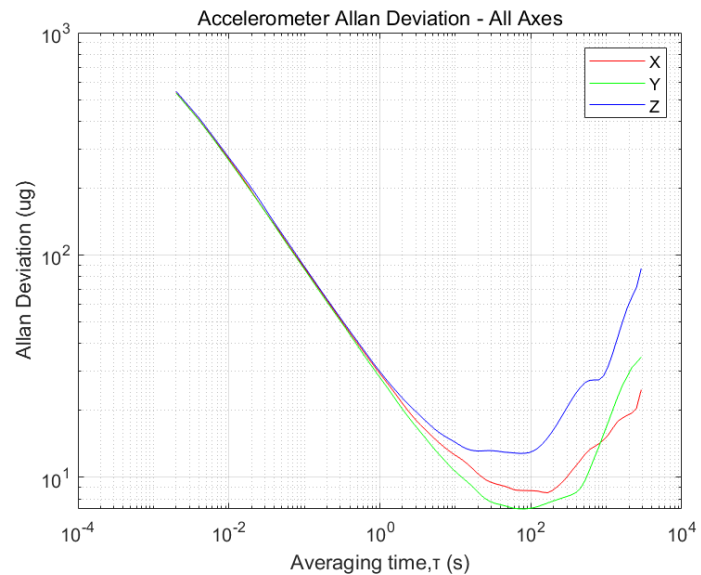


Figure7: HI16RX Accelerometer Allan Variance

9.3 磁力计

Table 9: 地磁传感器参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程			20		Gauss	
采样率			200Hz			
线性度			0.1		Fs%	

9.4 温度传感器

Table 10: 温度传感器参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		-40	-	85	°C	
Offset error			±5		°C	

9.5 姿态角精度

Table 11: 姿态角精度

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
俯仰/横滚(静态)				0.15	0.2	°	
俯仰/横滚(动态)				0.15	0.2	°	
航向角静态漂移(6DOF)	静止 2h			0.15	0.2	°	1
航向角动态漂移(6DOF)		HI16M0		9		°	2
		HI16RX		5			
航向角动态漂移(AHRS)		HI16R3		2	3	°	3
航向角旋转误差(6DOF)	100°/s 旋转	HI16M0		<0.8	3	°	4
		HI16RX			1.3		

- Note1:** 模块水平静止 2h
- Note2:** 模块在室内清洁机器人上运动 1h 测得。1σ
- Note3:** 地磁校准之后，周边无磁场干扰情况下测得，需要将产品配置为 AHRS 模式
- Note4:** 转台连续旋转 10 圈，航向角累积误差

10 系统与电气参数

10.1 电气参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
Input Voltage VDD		5	24	27	V	
功耗	HI16M0			200	mW	
	HI16R2			250		
	HI16R3			300		
IO	V _{OL}		-	0.4	V	
	V _{OH}	2.6				
	V _{IL}	-0.3		1		
	V _{IH}	1.9		3.6		
	V _{IH} Driver high-level input voltage	2				
RS-232	V _{IL} Driver low-level input voltage			0.8	V	
	VI Driver input voltage	0		5.5		
	Receiver input voltage	-25		25		
	Input resistance	3	5	7	kΩ	
	Output resistance	300	10M		Ω	

10.2 接口参数

Interf	Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
COM1/COM2	波特率		9600	115200	921600	bps	
	输出帧率	HI16RX	0	100	1000	Hz	
		HI16MX	0	100	200		
CAN	波特率		125K	500K	1M	bps	
	输出帧率		0	100	200	Hz	
	匹配电阻			无			

10.3 系统参数

Parameters	Product	Value	Note
尺寸	PCBA	25X26.7X17mm	
	BOX	28.2x28.2x17mm	
重量	PCBA	<7g	
	BOX	<12g	
系统启动时间		2s	1
工作温度		-40-85℃	
外壳材质		ABS+PC	
抗振动		1.0mm(10Hz-58Hz)&≤20g(58Hz-600Hz)	
环保		RoHS 指令 2011/65/EU	
EMC		LVD Directive 2014/35/EU	
跌落测试		在高 75cm 的实验台上，自由跌落 3 次	
温度冲击		温度在 1h 内从 -40℃升至 85℃，5 次	

Note1: 系统从上电到有效数据输出的时间

10.4 绝对最大值

Parameters	Limit	Comment
机械冲击	10000g	Duration <0.2ms
存储温度	-40°C-125°C	
ESD HBM	30KV	JEDEC/ESDA JS-001
输入电压	30V	
IO To GND	-0.3-5V	
RS-232 TX to GND	±13.2V	
RS-232 RX to GND	±25V	
CAN H or CAN L to GND	±36V	

11 产品尺寸

11.1 产品尺寸

All Dimensions in mm units

11.1.1 HI16XX-PCBA 产品尺寸

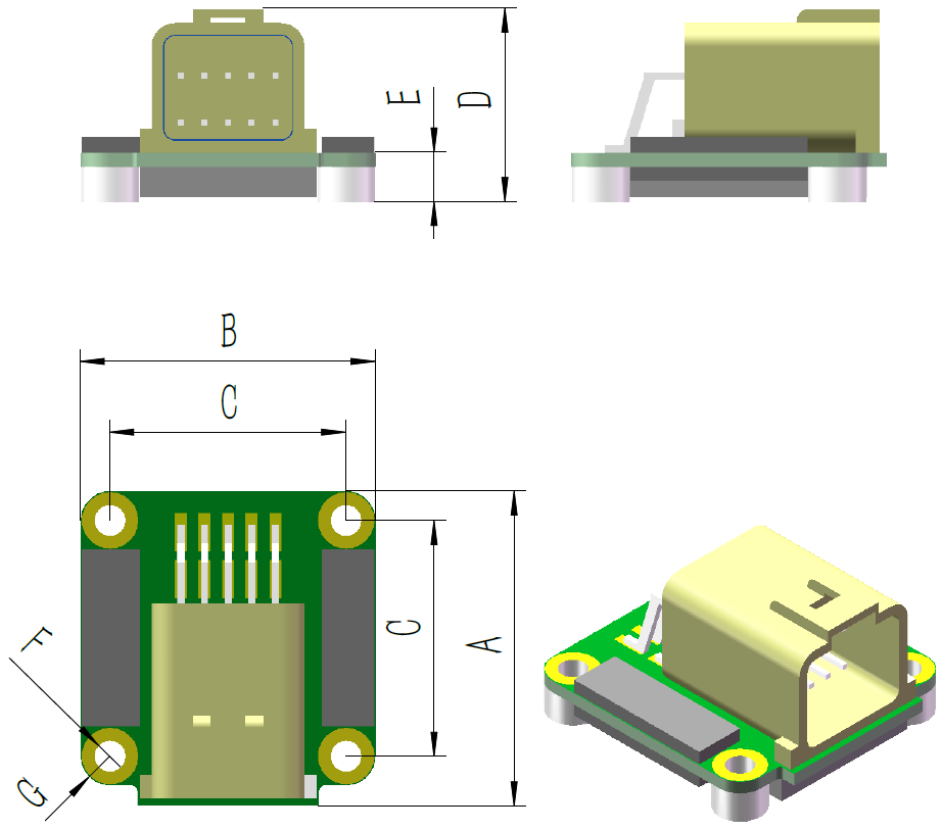


Figure8: HI16XX PCBA Mechanical Specifications

11.1.2 HI16XX-PCBA 产品尺寸数据表

Table 12: HI16XX-PCBA 尺寸数据表

Symbol	Min(mm)	Typ(mm)	Max(mm)
A	26.4	26.7	27
B	24.7	25	25.3
C	19.9	20	20.1
D	16.7	17	17.2
E	4	4.2	4.4
F	Φ2.5	Φ2.6	Φ2.7
G	R2.3	R2.5	R2.7

11.1.3 HI16XX-BOX 尺寸

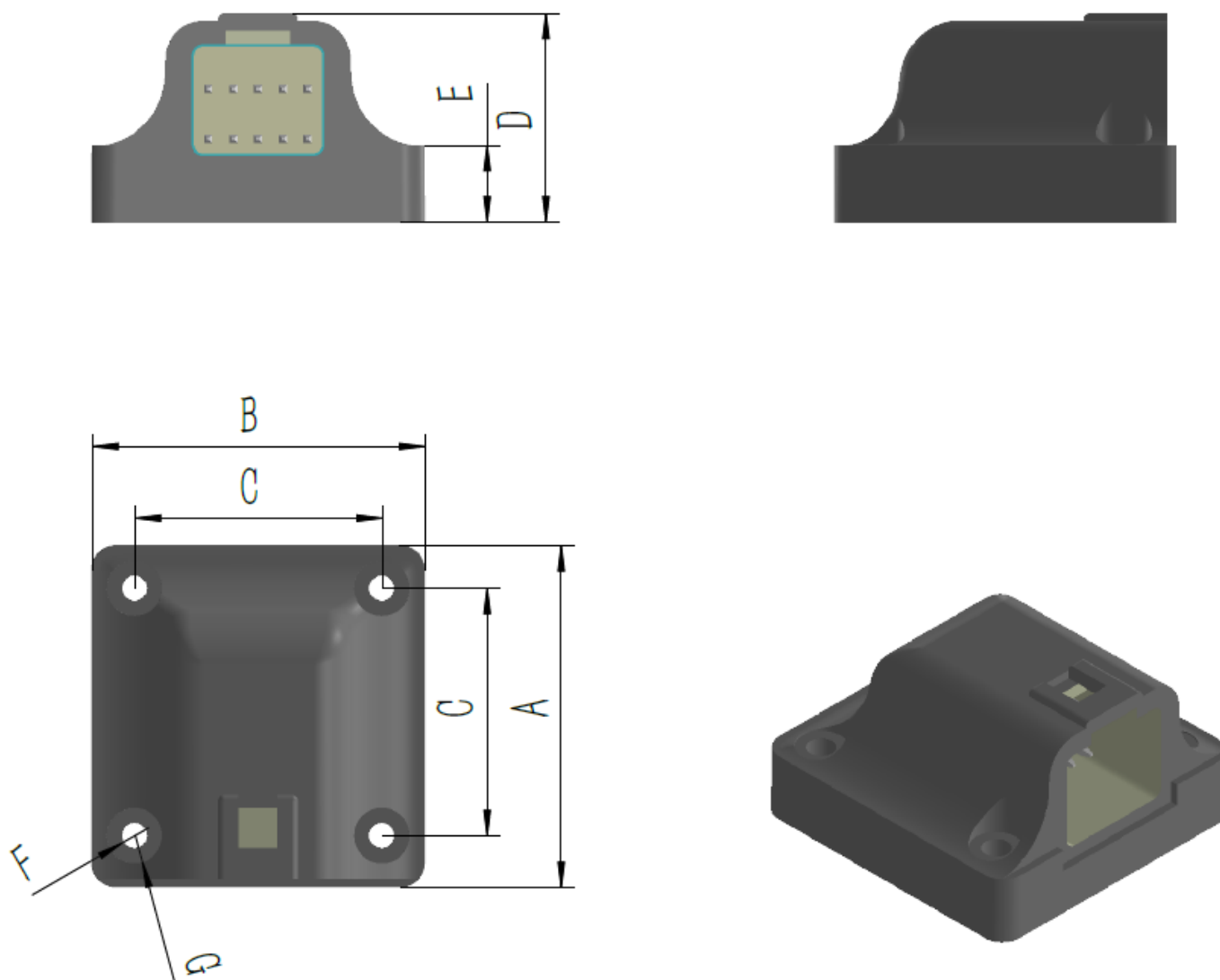


Figure9: HI16XX BOX Mechanical Specifications

11.1.4 HI16XX-BOX 尺寸数据表

Table 13: HI16XX-BOX 尺寸数据表

Symbol	Min(mm)	Typ(mm)	Max(mm)
A	28	28.2	28.5
B	28	28.1	28.3
C	19.9	20	20.1
D	16.7	17	17.2
E	6.5	6.6	6.7
F	Φ2.5	Φ2.6	Φ2.7
G	R2.1	R2.25	R2.4

12 安装坐标系定义

12.1 坐标系

载体系使用右-前-上(RFU)坐标系，地理坐系使用东-北-天(ENU)坐标系。加速度和陀螺仪轴向如下图所示：

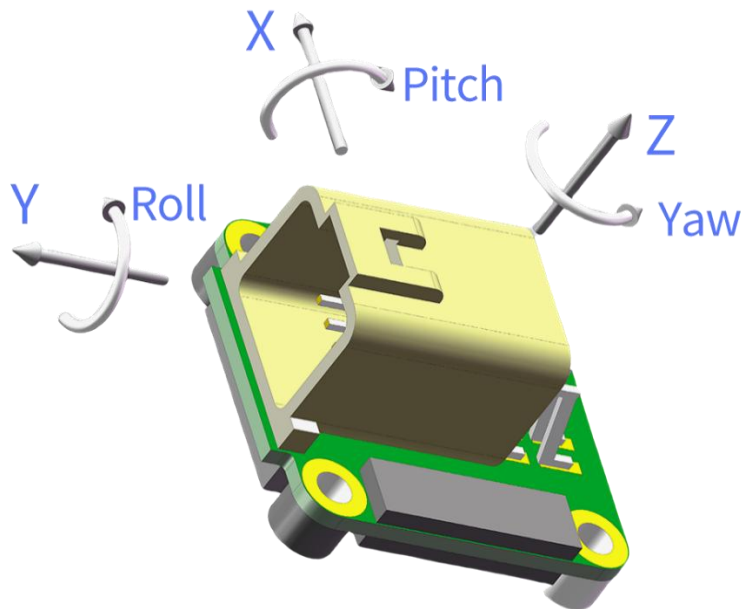


Figure10: HI16 Coordinate System

欧拉角旋转顺序为东-北-天-312(先转 Z 轴，再转 X 轴，最后转 Y 轴)旋转顺序。具体定义如下：

绕 Z 轴方向旋转：航向角\Yaw\psi(ψ) 范围：-180° - 180°

绕 X 轴方向旋转：俯仰角\Pitch\theta(θ) 范围：-90°-90°

绕 Y 轴方向旋转：横滚角\Roll\phi(ϕ)范围：-180°-180°

如果将模块视为飞行器的话。Y 轴正方向应视为机头方向。当传感器系与惯性系重合时，欧拉角的理想输出为：Pitch = 0°，Roll = 0°，Yaw = 0°。

用户如果需要更改传感器默认坐标系，可以参考指令与编程手册。

12.2 安装示意图

12.2.1 HI16XX-PCBA 安装示意图

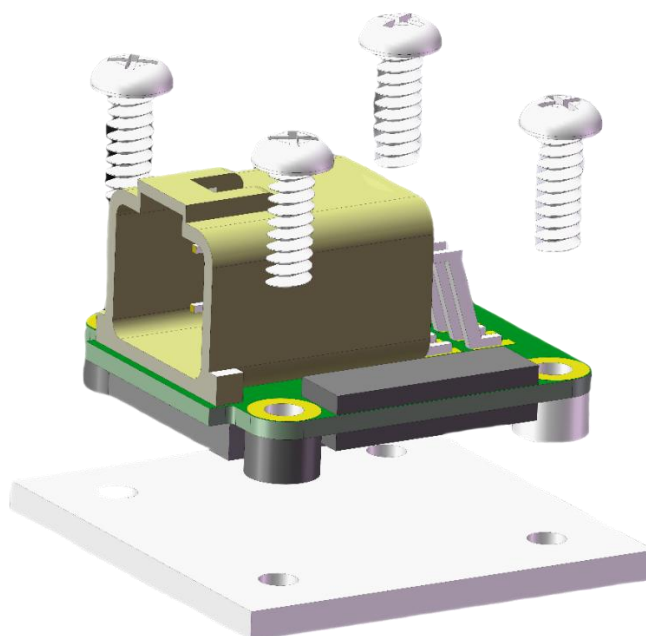


Figure11: HI16XX-PCBA Mounting Example

12.2.2 HI16XX-BOX 安装示意图

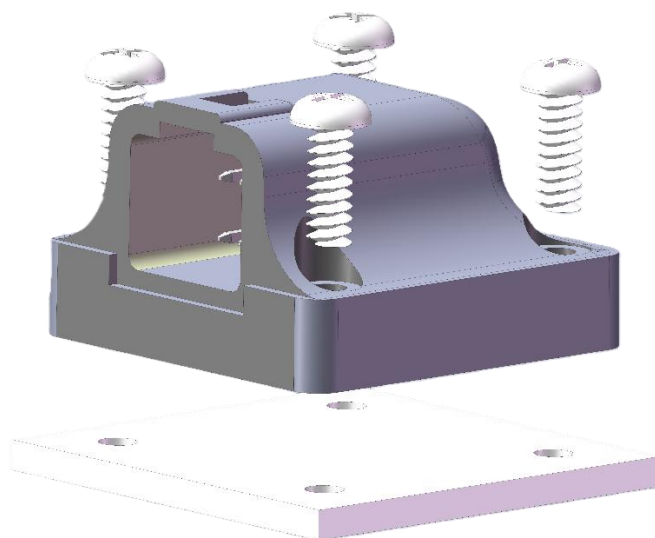


Figure12: HI16XX-BOX Mounting Example

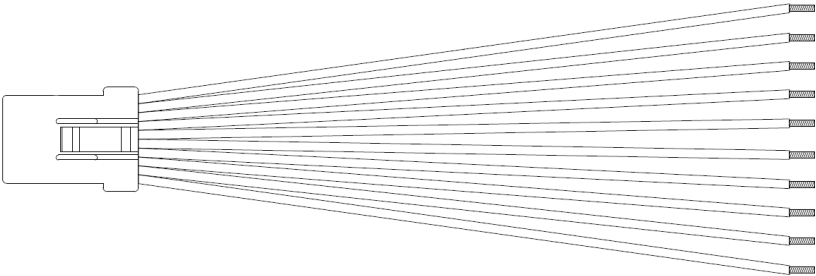
Note1: 建议将模块安装到被测物体振动小，温度变化小的位置

Note2: 如需其他安装方式，请参考指令与编程手册对坐标系进行旋转

13 配套线束

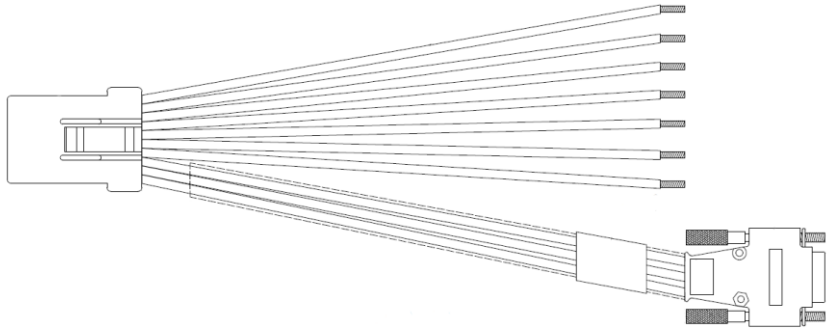
Description	Digram	Note
-------------	--------	------

JWPF 母头-OPEN



1

JWPF 母头-DB9 母头



2

Note1: 线长有 0.5 和 1.5m 两种选择

Note2: 线长 1.5m

14 接线示意图

14.1 JWPF 母头转 OPEN(UART)

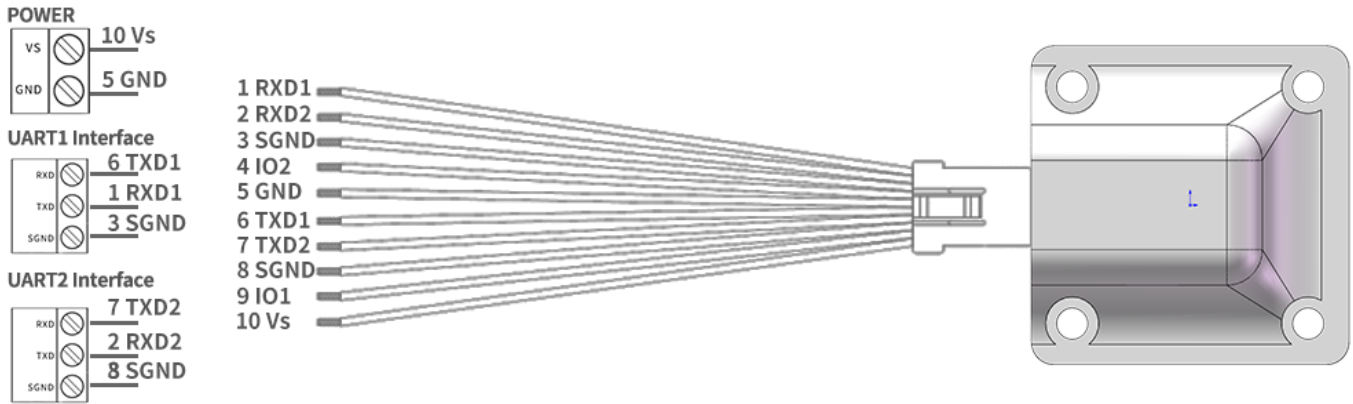


Figure13: JWPF Female to OPEN(UART)

Note1: UART 接口可以是 TTL/RS232

Note2: UART1 和 UART2 用户可以只使用 1 路，默认使用 UART1

Note3: HI16M0 不支持 UART2

14.2 JWPF 母头转 OPEN(RS-232+CAN)

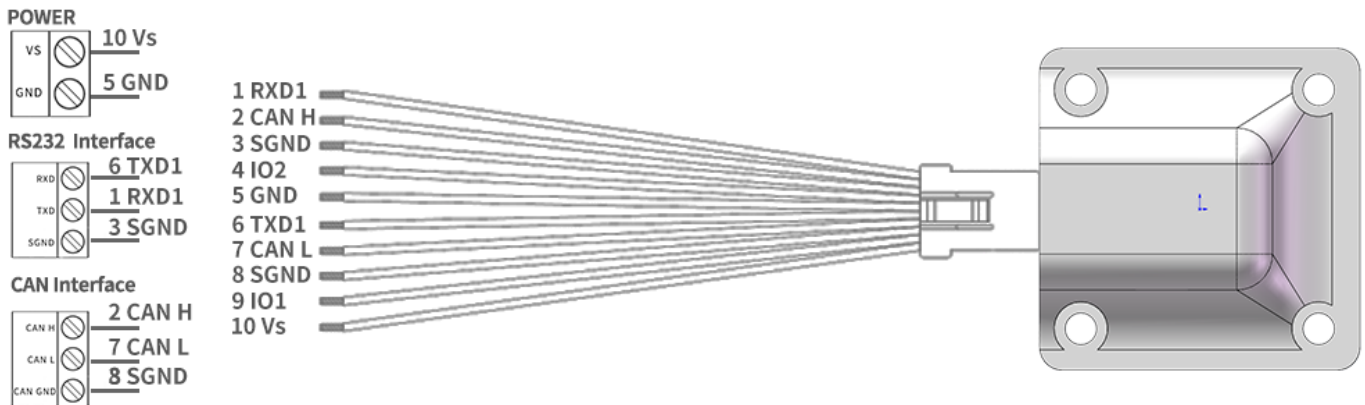


Figure14: JWPF Female to OPEN(RS232+CAN)

14.3 JWPF 母头转 OPEN(同步触发)

14.3.1 UART+GPRMC/UTC 同步

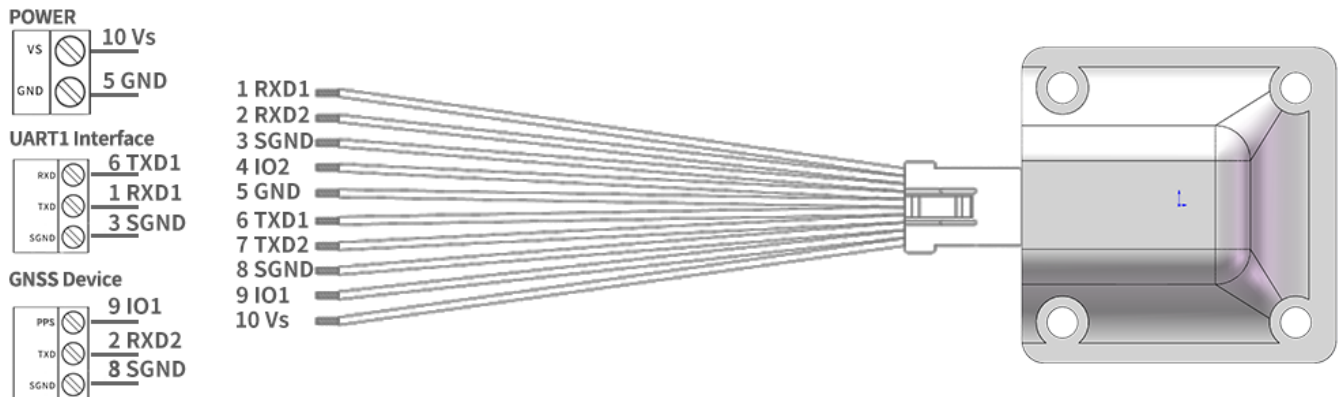


Figure15: JWPF Female to OPEN(UART+UTC/GPRMC 同步)

Note1: HI16M0 不支持此功能

14.3.2 脉冲触发

除了 PPS 授时同步的方式，HI16 也支持脉冲触发，脉冲支持同步输入 IO1(SYNC_IN)与同步输出 IO2(SYNC_OUT),

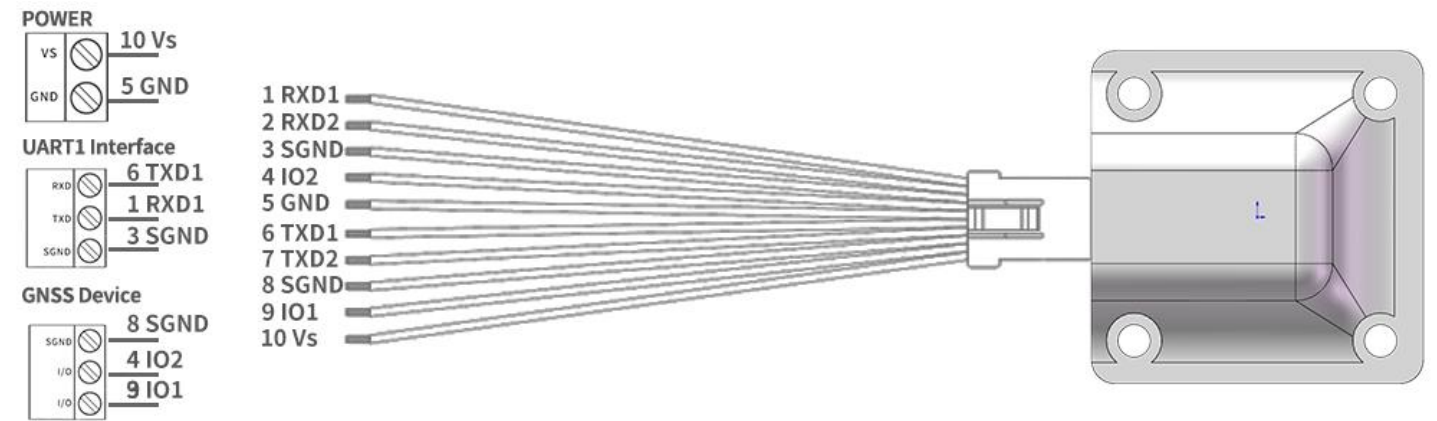


Figure16: JWPFF Female to OPEN(Trigger)

- Note1:** 如果用户使用同步输入 IO1 那么用户主机需要输出与数据帧率同频的脉冲信号，比如数据 100Hz，那么触发脉冲也需要 100Hz
- Note2:** 如果用户使用 IO2，那么 IO2 输出频率与数据帧同步，IO2 等同于 Data Ready 信号

15 通信协议

15.1 串行二进制协议

为方便用户使用,我们提供了比较丰富的串行协议供用户选择,更详细的内容请参考指令与编程手册。

15.2 CAN

CAN 通信支持 CANopen 与 SAEJ1939 详情参考指令与编程手册

16 常见问题

16.1 串口问题

造成对 IMU 不能进行配置或者不能对 IMU 数据进行正确接收的的原因有很多，比较典型的有以下几种情况：

1. IMU 的串口没有与主机的串口进行交叉连接，现象是不能对 IMU 配置也不能接收 IMU 数据，如下图所示：

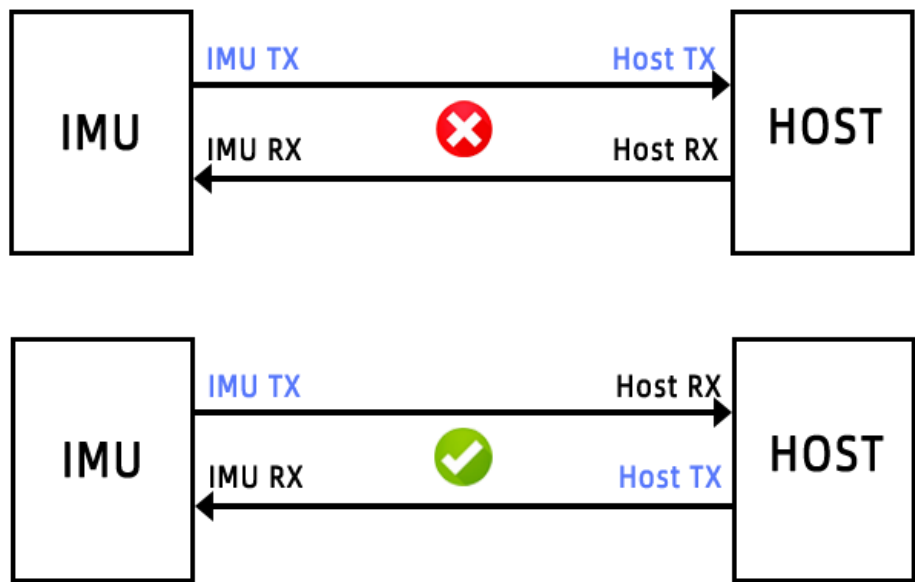


Figure17: IMU 串口与单主机相连

2. 串口配置不正确

串口的配置有很多包括波特率、起始位、数据长度、校验、停止位等，默认配置参考 10.1 章节，出错最常见的是波特率不匹配，尤其是用户在更改 IMU 波特率后，忘记对主机的波特率进行相应更改。现象是不能对 IMU 配置也不能接收 IMU 数据，如下图所示：

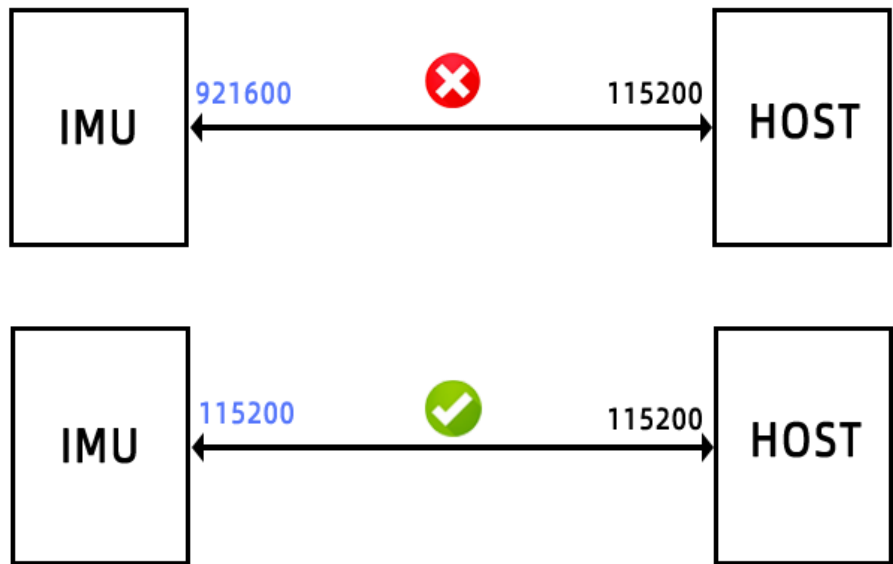


Figure18: IMU 串口与单主机相连

Note3: 上述波特率问题同样适用于 CAN 接口，CAN 接口也要求 IMU 与用户主机波特率一致。

3. IMU 的接收(RX)同时与多个设备的发送(TX)相连

有时候用户会在不知情的情况下会将串口与两个主机设备相连，这时候用户的两台主机都会收到 IMU 数据，但是不能对 IMU 进行配置，最典型的情况是用户误将 IMU 同时与用户主机以及我们的上位机相连，如图 27 所示

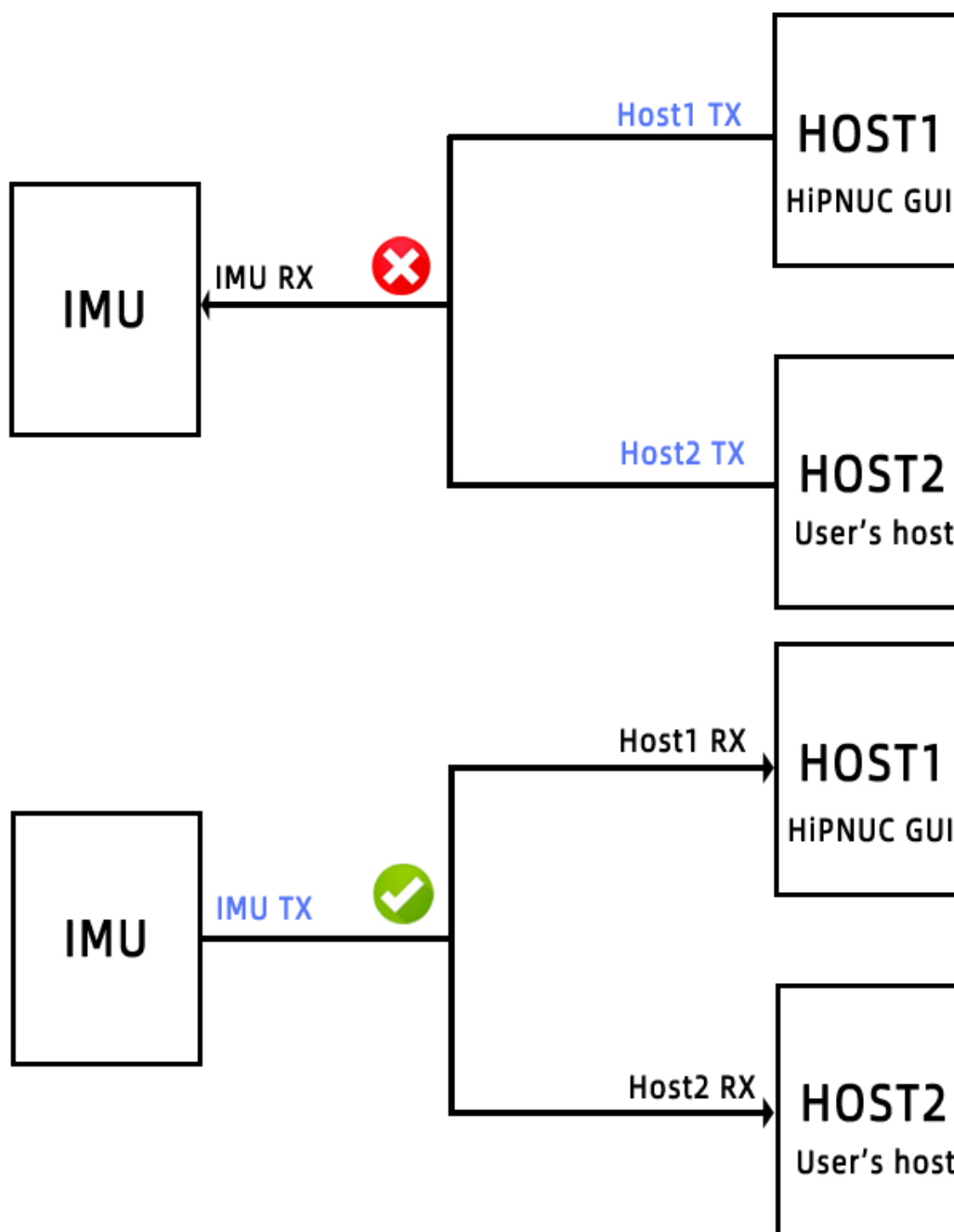


Figure19: IMU 串口同时与用户主机和 HiPNUC GUI 相连

4. 软件问题

用户写的接收端程序不是很健全，比如不能正确解析数据，CRC 校验不对等都会导致不能正确接收和配置 IMU 数据，此种情况请参考我们官方的解析例程，或者与我们联系获得技术支持。

5. 其他问题

硬件虚焊或者虚接，线束太长或者质量不好。建议优先使用我们为用户准备的 USB 转串口线。我们的线束都是考虑用户全场景应用的。