

1 特性

1.1 硬件

- 高性能 MEMS-IMU
- 温度补偿, 标定比例因子、跨轴、零偏
- 陀螺仪零偏不稳定性可达 $1.6^{\circ}/h$
- 加速度计零偏不稳定性可达 $12\mu g$
- 全对称设计
- USB 接口方便易用)
- 优异的抗振性
- 集成温度传感器
- 小体积独立外壳封装, 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 $1000Hz$ 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 $<1s$
- 超核自定义二进制协议
- 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

- 低速无人驾驶机器人
- 人形机器人

3 描述

3.1 产品外观



Figure1: HI13

3.2 系统框图

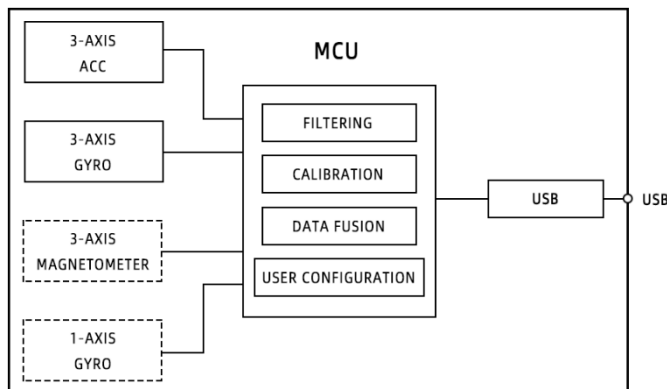


Figure2: Functional Block Diagram

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

利用高性能 MEMS-IMU、磁力计、气压计组成的 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。

HI13 系列传感器通过 USB 接口进行数据传输, 并且拥有丰富的用户配置。

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 参数 7

 7.1 绝对最大值..... 7

 7.2 正常工作参数..... 7

 7.3 接口参数 7

 7.4 陀螺仪 8

 7.4.1 HI13MX/HI13RX 陀螺仪参数 8

 7.4.2 HI13SX 陀螺仪参数 9

 7.5 加速度计 10

 7.5.1 HI13MX/HI13RX 加速度计参数..... 10

 7.5.2 HI13SX 加速度计参数..... 10

 7.6 磁力计 11

 7.7 温度传感器..... 11

 7.8 气压计 11

 7.9 Allan 方差曲线 12

 7.10 融合参数 13

 7.11 姿态角精度 13

 7.12 机械与环境参数 13

 7.13 产品尺寸 14

8 坐标系定义 15

 8.1 坐标系 15

8.2 传感器质心位置 15

8.3 推荐的安装方式 16

9 初始配置..... 17

9.1 接口初始配置..... 17

9.2 传感器初始配置 17

10 通信协议..... 18

10.1 串行二进制协议 18

4 产品选型

Table 1: 选型信息

HI13a-b-c ¹										
公司标识	产品系列	a-传感器				b-数据接口		c-定制信息		
HI	13	M0	6DoF 3°/h 30ug				USB	USB	000	默认
		R2	6DoF 1.6°/h 18ug						其他	有定制
		S2	6DoF 1.7°/h 12ug							
		R4	6DoF 1.6°/h 18ug + Magnetic +Pressure							
		S4	6DoF 1.7°/h 12ug + Magnetic +Pressure							

Note1: 型号举例：HI13S4-USB-000

5 产品订购

5.1 订购信息

Table 2: 订购信息

Part Number	Name	Description	Note
HI13M0-USB-000	IMU/VRU Module	6DoF 3°/h 30ug	
HI13R2-USB-000	IMU/VRU Module	6DoF 1.6°/h 18ug	
HI13S2-USB-000	IMU/VRU Module	6DoF 1.7°/h 12ug	
HI13R4-USB-000	IMU/AHRS Module	6DoF 1.6°/h 18ug+Magnetic+Pressure	
HI13S4-USB-000	IMU/AHRS Module	6DoF 1.7°/h 12ug+Magnetic+Pressure	

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 B3 及以上的模组

6.2 文档版本信息

Table 3: 文件版本

版本	日期	作者	变更内容
1.0	May 23, 2023	HiPNUC	初始版本
1.1	Sep 13,2023	HiPNUC	增加底部板对板连接器说明
1.2	Dec 1, 2024	HiPNUC	HI13 更新 P/N, 去除板对板连接器型号
1.3	Mar 17,2025	HiPNUC	更新 Allan 参数
1.4	Jun 17,2025	HiPNUC	增加 S 配置

6.3 相关文档与开发套件

- 指令与编程手册
- CAE/封装文件
- CE/RoHS 等认证文件
- GUI 上位机与参考例程
- HI13 系列测试报告

7 参数

如无特殊备注，测试温度 25℃，供电电压 5V。

7.1 绝对最大值

Table 4: 绝对最大值

Parameters	Limit	Comment
机械冲击	2000g	Duration <1ms
存储温度	-40℃-85℃	
ESD HBM	2KV	JEDEC/ESDA JS-001
输入电压	6.5V	

7.2 正常工作参数

Table 5: 正常工作参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
输入电压			5	5.5	V	
功耗	HI13M0			215	mW	
	HI13RX/HI13SX			310		
工作温度		-40	-	85	℃	
陀螺仪量程	HI13M0/HI13RX	125	2000	2000	°/s	
	HI13SX		4000	4000		
加速度计量程	HI13M0/HI13RX	3	12	24	g	
	HI13SX		32	32		
启动时间				2	s	1

Note1: 启动时间指的是系统从上电到有效数据输出的时间。在此期间应该保持模块静止

7.3 接口参数

Table 6: 接口参数

Interf	Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
USB	波特率		9600	115200	921600	bps	1
	起始位		0	1		bit	
	数据长度		0	8		bits	
	停止位			1		bit	
	校验位			无		bit	
	输出帧率		0	100	1000	Hz	

Note1: USB 接口采用 USB 转串口，芯片型号为 CP2102N，用户可自行下载驱动。

7.4 陀螺仪

7.4.1 HI13MX/HI13RX 陀螺仪参数

Table 7: HI13MX/HI13RX/陀螺仪参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程				2000		°/s	
分辨率				16bit			
比例因子	100°/s	HI13M0		<500	600	ppm	1
		HI13R2/HI13R3		<200	350		
		HI13R5		<100	200		
非线性	最佳拟合直线 Fs=2000°/s		-0.05	-	0.05	%Fs	2
噪声密度		HI13M0		0.015		°/s/√Hz	
		HI13R2/HI13R3		0.008			
		HI13R5		0.006			
3dB 带宽				80	200	Hz	
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI13M0		3		°/h	1σ
		HI13R2/HI13R3		1.6			
		HI13R5		1.2			
零偏稳定性	10s 平滑	HI13M0		10		°/h	1σ
		HI13R2/HI13R3		5			
		HI13R5		4			
零偏重复性	Allan Variance	HI13M0		15		°/h	1σ
		HI13R2/HI13R3		12			
		HI13R5		8			
角度随机游走	Allan Variance	HI13M0		0.42		°/√Hz	1σ
		HI13R2/HI13R3		0.25			
		HI13R5		0.18			
零偏全温变化 -40-85°C	Z			0.015	0.03	°/s	3
	Y			0.05	0.18		
	X			0.03	0.08		
加计敏感性	All three axis			0.1		°/s/g	

- Note1:** 转台正反各旋转 10 圈，取平均测得
- Note2:** 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差
- Note3:** 超核实验室温箱转台测得，温升斜率小于 3°C/min

7.4.2 HI13SX 陀螺仪参数

Table 8: HI13SX 陀螺仪参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程			15.625	4000	4000	°/s	
分辨率				20bit			
比例因子	100°/s			<100	200	ppm	1
非线性			-0.05	-	0.05	%Fs	2
噪声密度	带宽 80Hz			0.025		°/s√Hz	3
3dB 带宽				80	200	Hz	
零速输出					±0.1	°/s	4
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance			1.7		°/h	1σ
零偏稳定性	10s 平滑			4		°/h	1σ
零偏重复性	Allan Variance			3.7		°/h	
角度随机游走	Allan Variance			0.1		°/s√Hz	1σ
	Z			TBD			
零偏全温变化-40-85°C	Y			TBD		°/s	5
	X			TBD			
加计敏感性	All three axis			0.05		°/s/g	

- Note1:** 转台正反各旋转 10 圈，取平均测得
- 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
- Note5:** 超核实验室温箱转台测得，温升斜率小于 3°C/min

7.5 加速度计

7.5.1 HI13MX/HI13RX 加速度计参数

Table 9: 加速度计参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程				12		g	
分辨率				16bit			
初始零偏					3	mg	
非线性	最佳拟合直线 Fs=3g			0.5		%Fs	
噪声密度		HI13M0		0.175		mg/√Hz	
		HI13RX		0.09			
3dB 带宽				145		Hz	
采样率				1600		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI13M0		0.03		mg	1σ
		HI13RX		0.018			
零偏稳定性	10s 平滑	HI13M0		0.07		mg	1σ
		HI13RX		0.035			
零偏重复性	Allan Variance	HI13M0		0.34		mg	1σ
		HI13RX		0.15			
随机游走	Allan Variance	HI13M0		0.08		m/s√Hz	1σ
		HI13RX		0.04			
零偏全温变化	-40-85°C			2	3	mg	1σ

7.5.2 HI13SX 加速度计参数

Table 10: HI13SX 加速度计参数

Parameters	Condition	Product	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程			2	8	32	g	
分辨率				20bit			
初始零偏				2	3	mg	
非线性				0.01		%Fs	
3dB 带宽				90	200	Hz	
噪声密度	带宽 90Hz			0.5	0.7	mg	
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance			0.012		mg	1σ
零偏稳定性	10s 平滑			0.015		mg	1σ
零偏重复性	Allan Variance			0.11		mg	1σ
随机游走	Allan Variance			0.018		m/s/√Hz	1σ
零偏全温变化	-40-85°C			2	3	mg	1σ

7.6 磁力计

Table 11: 磁力计参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程			20		Gauss	
噪声			450		nT	
线性度			20		uT	

7.7 温度传感器

Table 12: 温度传感器参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		-40	-	85	°C	
Offset error			±1		K	

7.8 气压计

Table 13: 气压计参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		300	-	1200	hPa	
分辨率			0.006		hPa	
精度			± 0.06		hPa	

7.9 Allan 方差曲线

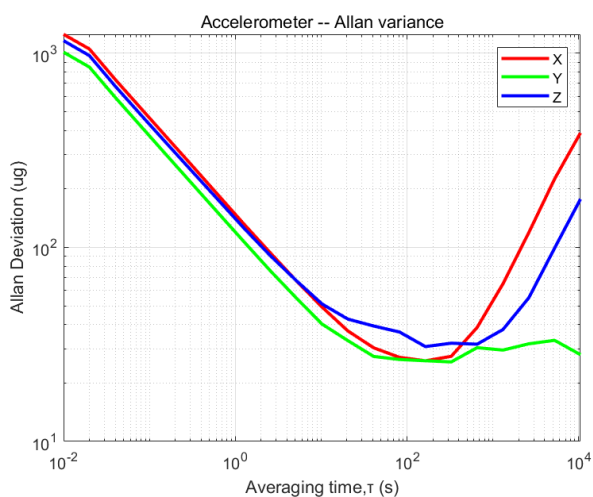


Figure3: HI13M0 Accelerometer Allan Variance

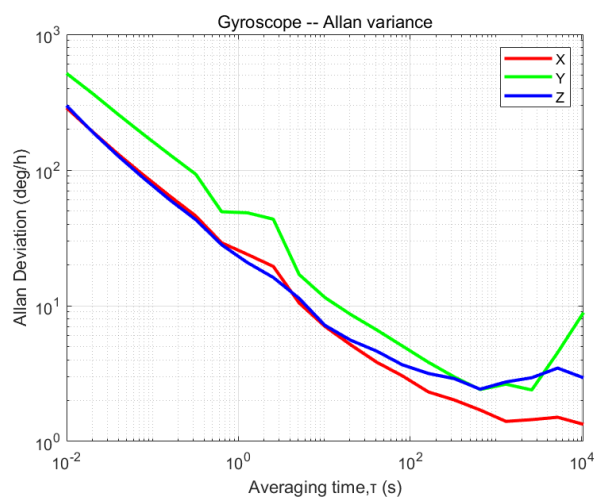


Figure4: HI13M0 Gyroscope Allan Variance

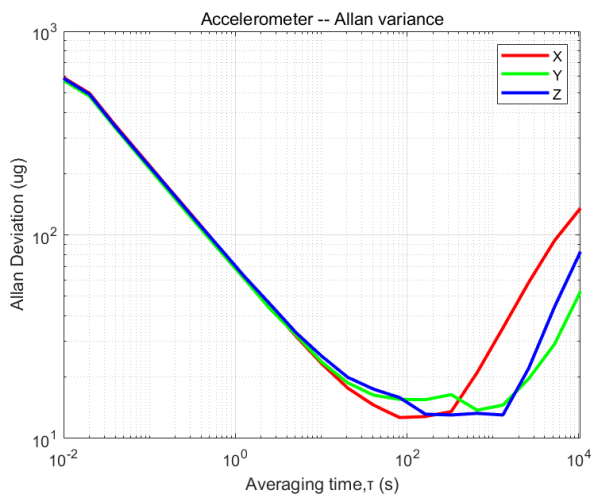


Figure5: HI13R2/HI13R4 Accelerometer Allan Variance

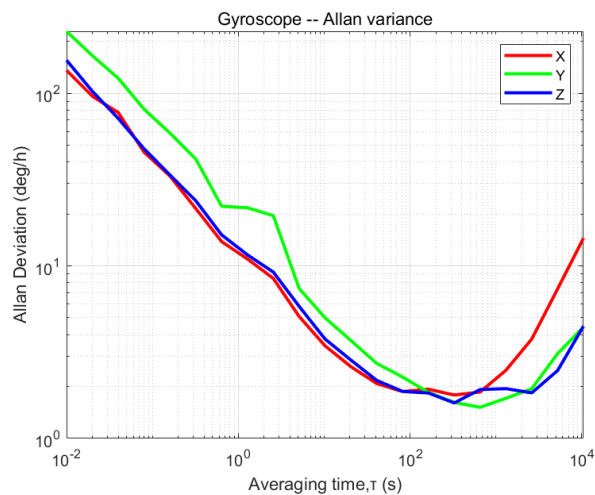


Figure6: HI13R2/HI13R4 Gyroscope Allan Variance

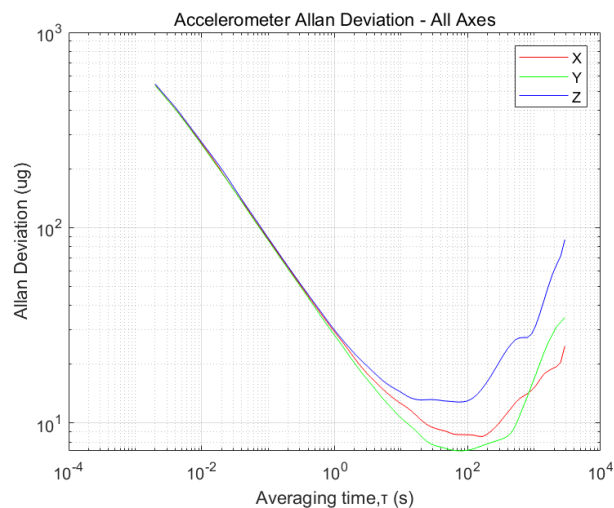


Figure7: HI13SX Accelerometer Allan Variance

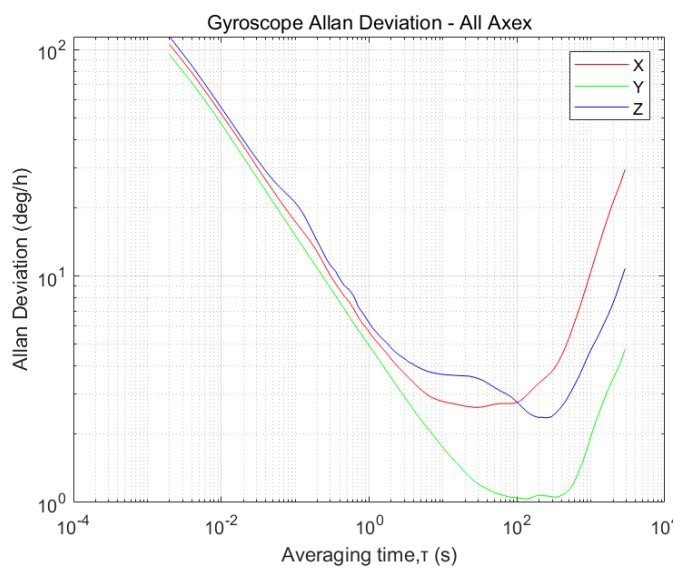


Figure8: HI13SX Gyroscope Allan Variance

7.10 融合参数

Table 14: 融合参数

Parameters	Value
俯仰角(Pitch)	±90°
横滚角(Roll)	±180°
航向角(Yaw)	±180°
分辨率	0.01°
四元数	支持

7.11 姿态角精度

Table 15: 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)		HI13M0		9		°	2
		HI13R2/HI13R4/HI13SX		5			
航向角磁辅助(AHRS)		HI13R4		2	3	°	3
航向角旋转误差(6DOF)	100°/s 旋转	HI13M0		<0.8	3	°	4
		HI13R2/HI13R4/HI13SX			1.5		

- 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

7.12 机械与环境参数

Table 16: 机械与环境参数

Parameters	Value	Note
尺寸	25.7X24X12mm	
重量	<11g	
外壳材质与工艺	铝合金 CNC	
装配螺丝	M2.5	
连接器	Type C	
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	

HI13 系列

通用型 IMU/VRU/AHRS 传感器

REV:1.4

7.13 产品尺寸

All Dimensions in mm units.

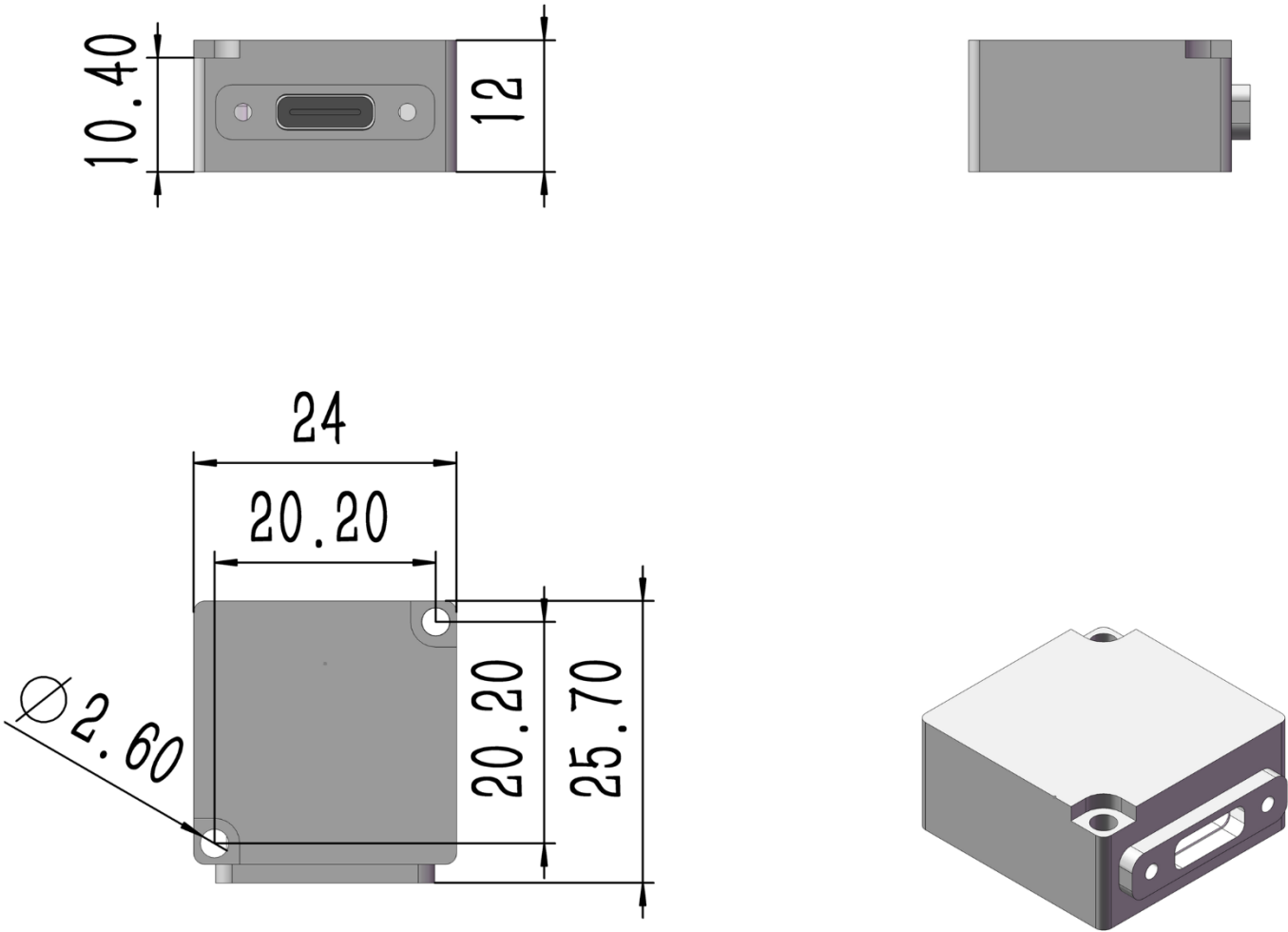


Figure9: HI13 mechanical dimension

8 坐标系定义

8.1 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：

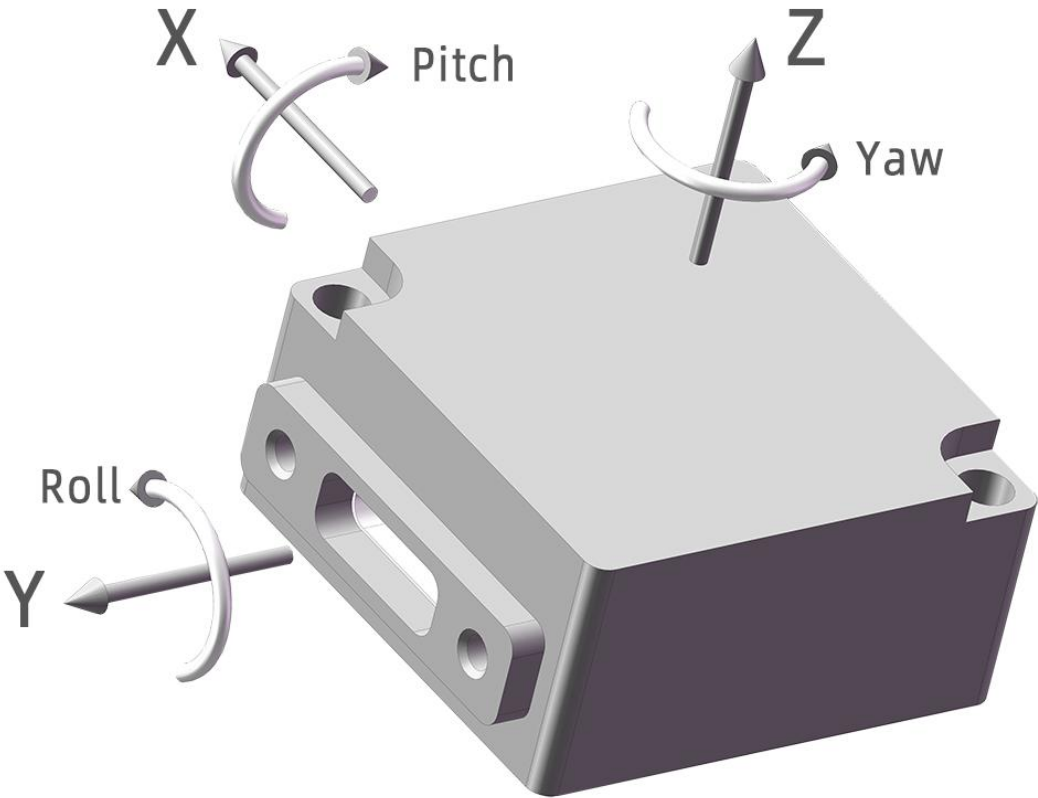


Figure10: HI13 Coordinate System

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(\psi) 范围：-180° - 180°

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

绕 Y 轴方向旋转：横滚角\Roll\phi(\phi)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。

8.2 传感器质心位置

Table 17: HI13 系列传感器中心位置

Axis	X-offset	Y-offset	Z-offset	Unit
X	0	0	3	mm
Y	0	0	3	mm
Z	0	0	3	mm

8.3 推荐的安装方式

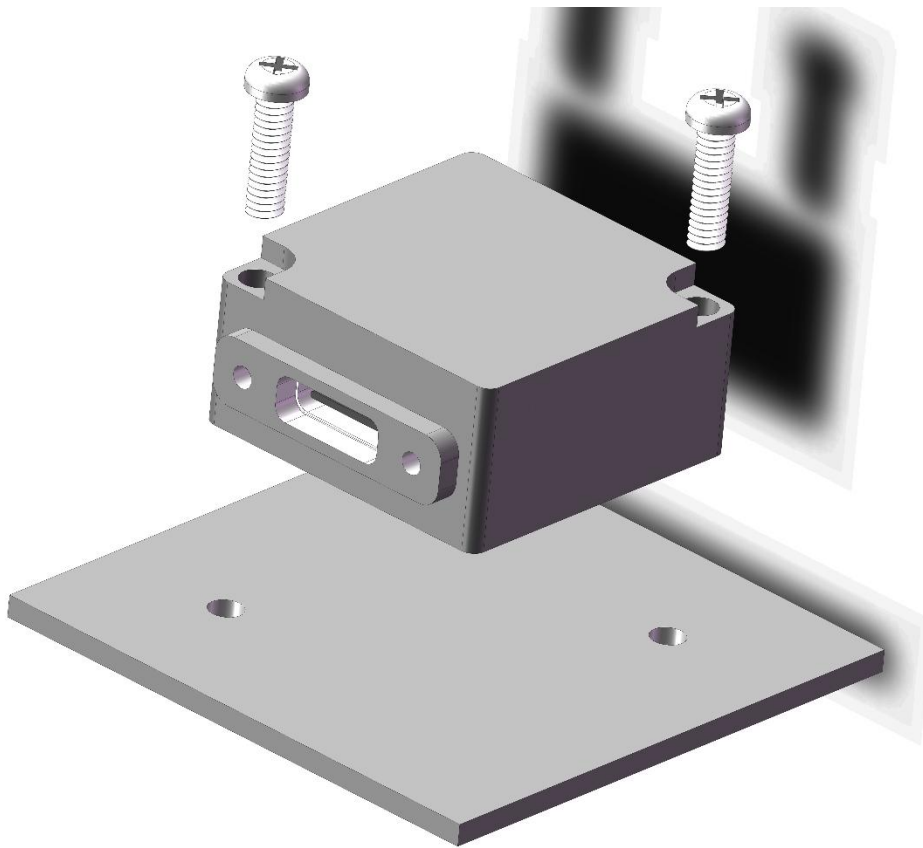


Figure11: Installation diagram

Note1: 水平安装，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

Note2: 建议将模块安装到被测物体振动小，温度变化小的位置

Note3: 将 IMU 与被测载体刚性固定

Note4: Y 轴指向车头

9 初始配置

HI13 系列设计的初衷是用户进行最低限度的配置，以实现覆盖绝大部分应用场景的操作。因此默认配置已经可以满足很多工况的场景，但是我们也为用户提供了其他配置选项以应对特殊场景。

9.1 接口初始配置

Table 18: 接口初始配置

Interf	Parameters	Value	Unit	Note
USB	波特率	115200	bps	1
	起始位	1	bit	
	数据长度	8	bits	
	停止位	1	bit	
	校验位	None		
	协议	二进制协议(91)		
	数据帧率	100	Hz	2

Note1: 如需更改波特率请参考指令与编程手册

Note2: 如需更改输出帧率请参考指令与编程手册

9.2 传感器初始配置

Table 19: 传感器初始配置

Parameters	Value	Unit	Note
陀螺仪量程	HI13MX/RX ±2000	°/s	1
	HI13SX ±4000		
3dB 带宽	90	Hz	1
加速度计量程	HI13MX/RX ±12	g	1
	HI13SX ±32		
3dB 带宽	80	Hz	1
模式	6DOF		1

10 通信协议

10.1 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。