

1 特性

1.1 硬件

- 高性能 MEMS-IMU
- 出厂-40-85°C全温温补, 标定比例因子、跨轴、零偏
- 陀螺仪零偏不稳定性可达 1.6°/h
- 加速度计零偏不稳定性可达 18ug
- 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

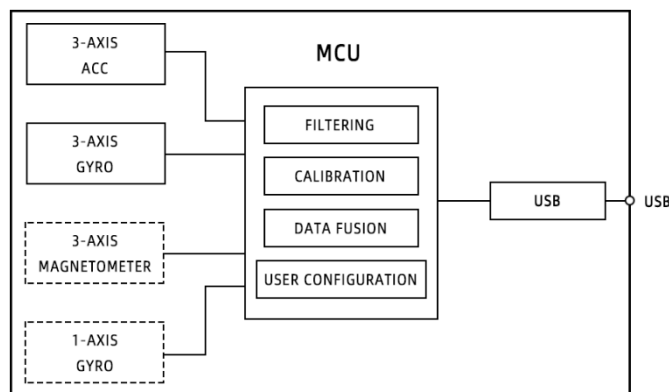


Figure2: Functional Block Diagram

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	7
7.3 接口参数	7
7.4 陀螺仪	8
7.5 加速度计	9
7.6 磁力计	9
7.7 温度传感器.....	9
7.8 气压计	9
7.9 Allan 方差曲线	10
7.10 陀螺仪与加速度计温补曲线	11
7.11 融合参数	12
7.12 姿态角精度	12
7.13 机械与环境参数	12
7.14 产品尺寸	13
8 坐标系定义	14
8.1 坐标系	14
8.2 传感器质心位置	14
8.3 推荐的安装方式	15
9 初始配置.....	16
9.1 接口初始配置.....	16
9.2 传感器初始配置	16
10 通信协议.....	17

10.1 串行二进制协议 17

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
		R4	6DoF 1.6°/h 18ug + Magnetic +Pressure						

Note1: 型号举例：HI13R4-USB-000

Note2: 所有型号默认全温温补，仅 1.5.4 及以上固件版本支持

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	
HI13R4-USB-000	IMU/AHRS Module	6DoF 1.6°/h 18ug+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 B0 及以上的模组。版本变更历史如下：

Table 3: 硬件版本变更

产品	硬件版本	变更内容
HI13	A4	初始版本
	A5	引出 IO 口备用，引出串口 3 备用
	B0	去除板对板连接器型号

6.2 文档版本信息

Table 4: 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

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，量程 2000°/s,12g,测试温度 25℃，供电电压 5V。

7.1 绝对最大值

Table 5: 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

Table 6: 正常工作

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
输入电压			5	5.5	V	
功耗	HI13M0			215	mW	
	HI13R2/HI13R4			310		
工作温度		-40	-	85	℃	
陀螺仪量程		125	2000	2000	°/s	
加速度计量程		3	12	24	g	
启动时间				2	s	1

Note1: 启动时间指的是系统从关机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 7: 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 CH9102，用户可自行下载驱动。

7.4 陀螺仪

Table 8: 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		<600	800	ppm	1
		HI13R2/HI13R4		<280	350		
非线性			-0.05	-	0.05	%Fs	2
3dB 带宽				47	116	Hz	
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI13M0		3		°/h	3
		HI13R2/HI13R4		1.6			
零偏稳定性	10s 平滑	HI13M0		10		°/h	
		HI13R2/HI13R4		5			
零偏重复性	Allan Variance	HI13M0		14.5		°/h	3
		HI13R2/HI13R4		8			
角度随机游走	Allan Variance	HI13M0		0.42		°/√h	3
		HI13R2/HI13R4		0.25			
零偏全温变化-40-85°C	Z			0.015	0.035	°/s	4
	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:** 测试样品平均值，参考 7.9-Allan 方差曲线
- Note4:** 超核实验室温箱转台测得，温升斜率小于 3°C/min，详细数据参考 Figure 7 温补曲线

7.5 加速度计

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					5	mg	1
非线性				0.5		%Fs	
3dB 带宽				145		Hz	
采样率				1600		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance	HI13M0		30		ug	2
		HI13R2/HI13R4		18			
零偏稳定性	10s 平滑	HI13M0		70		Ug	
		HI13R2/HI13R4		35			
零偏重复性	Allan Variance	HI13M0		0.34		mg	2
		HI13R2/HI13R4		0.15			
随机游走	Allan Variance	HI13M0		0.08		m/s√h	2
		HI13R2/HI13R4		0.04			
零偏全温变化	-40-85℃			1	2.5	mg	3

Note1: 用户安装之后此数值会有变化以实际为准

Note2: 测试样品平均值，参考 7.9-Allan 方差曲线

Note3: 超核实验室温箱转台测得，温升斜率小于 3℃/min，详细数据参考 Figure 7 温补曲线

7.6 磁力计

Table 10: 磁力计参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程			±20		Gauss	
分辨率	Fs=2G		1		mGauss	
采样率			40z		Hz	
带宽			200		Hz	

7.7 温度传感器

Table 11: 温度传感器参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		-104	-	150	℃	
Offset error			±1		K	

7.8 气压计

Table 12: 气压计参数

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
量程		300	-	1200	hPa	
分辨率			± 0.006		hPa	
采样率			64Hz			
精度			± 0.06		hPa	

7.9 Allan 方差曲线

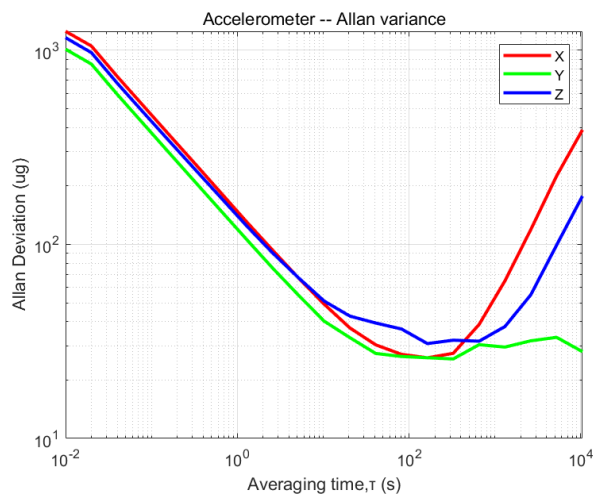


Figure3: HI13M0 Accelerometer Allan Variance

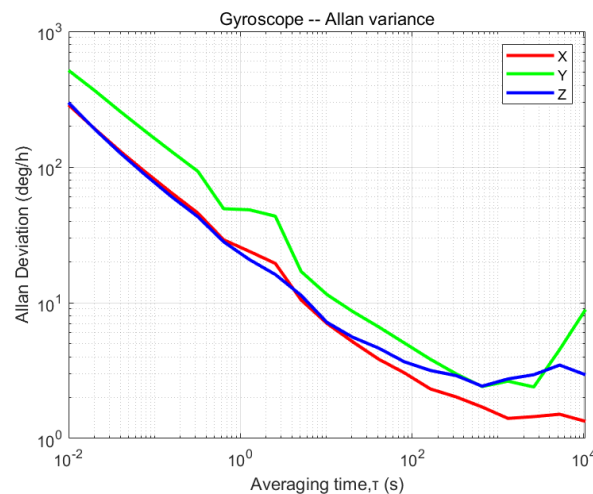


Figure4: HI13M0 Gyroscope Allan Variance

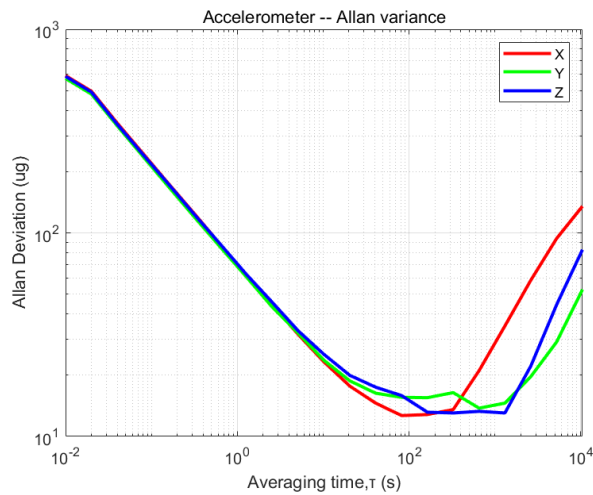


Figure5: HI13R2/HI13R4 Accelerometer Allan Variance

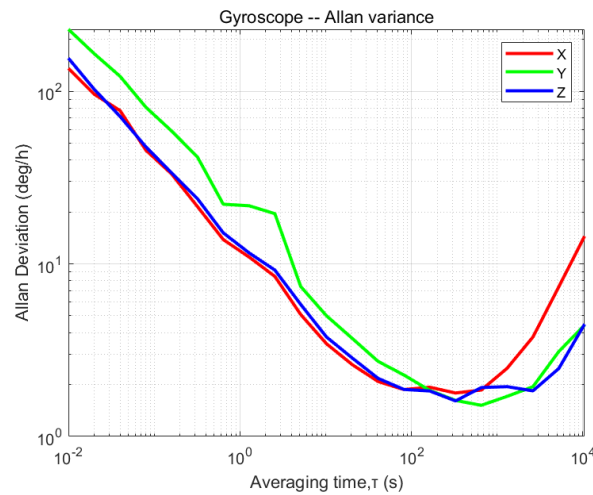


Figure6: HI13R2/HI13R4 Gyroscope Allan Variance

7.10 陀螺仪与加速度计温补曲线

将被测样品从-40°C升温至 85°C，对样品零偏数据进行补偿，补偿结果如下

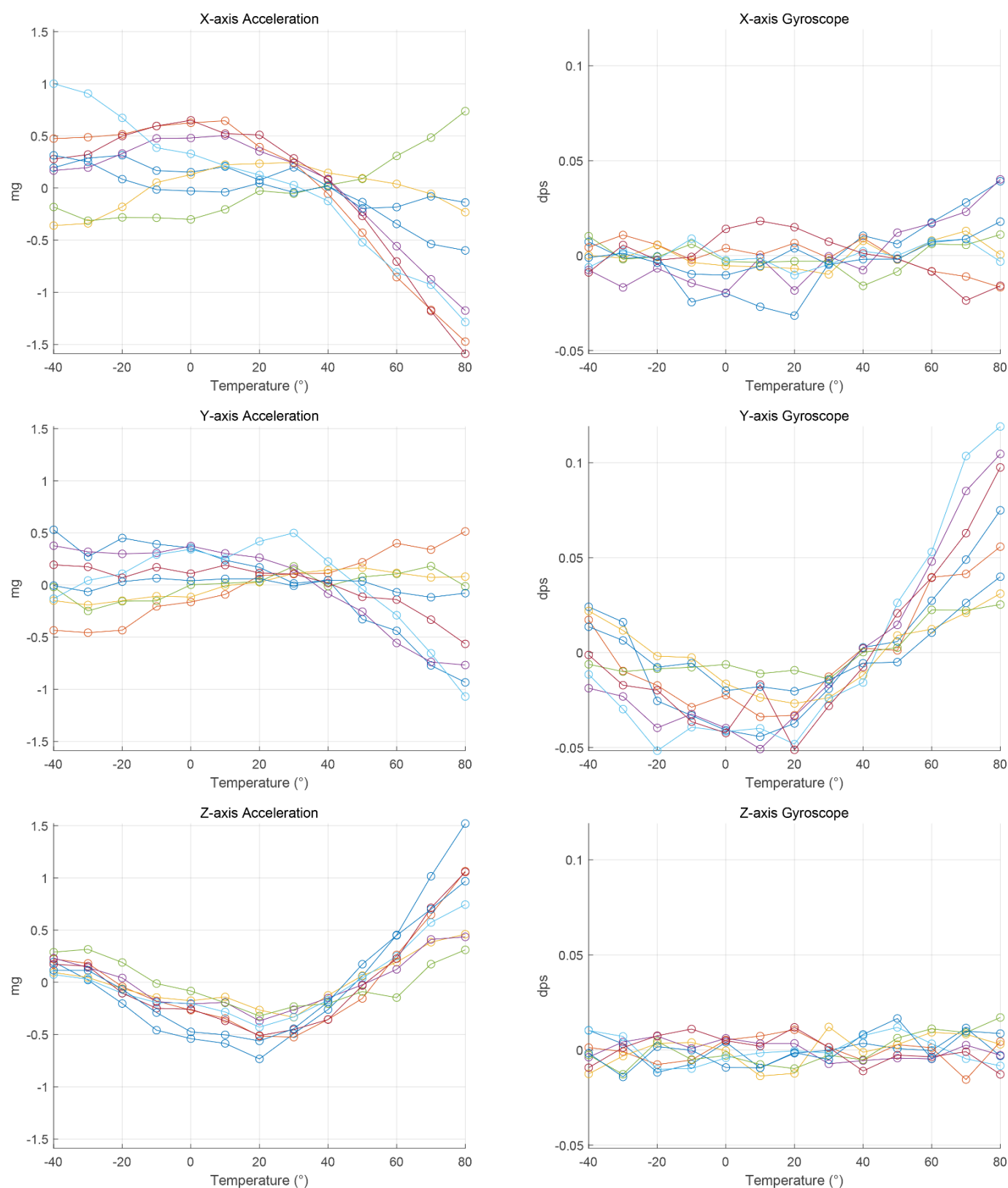


Figure7: Accelerometer and Gyroscope Temperature Compensated Curve

7.11 融合参数

Table 13: 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°

7.12 姿态角精度

Table 14: 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		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			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

7.13 机械与环境参数

Table 15: 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	

REV:1.3

7.14 产品尺寸

All Dimensions in mm units.

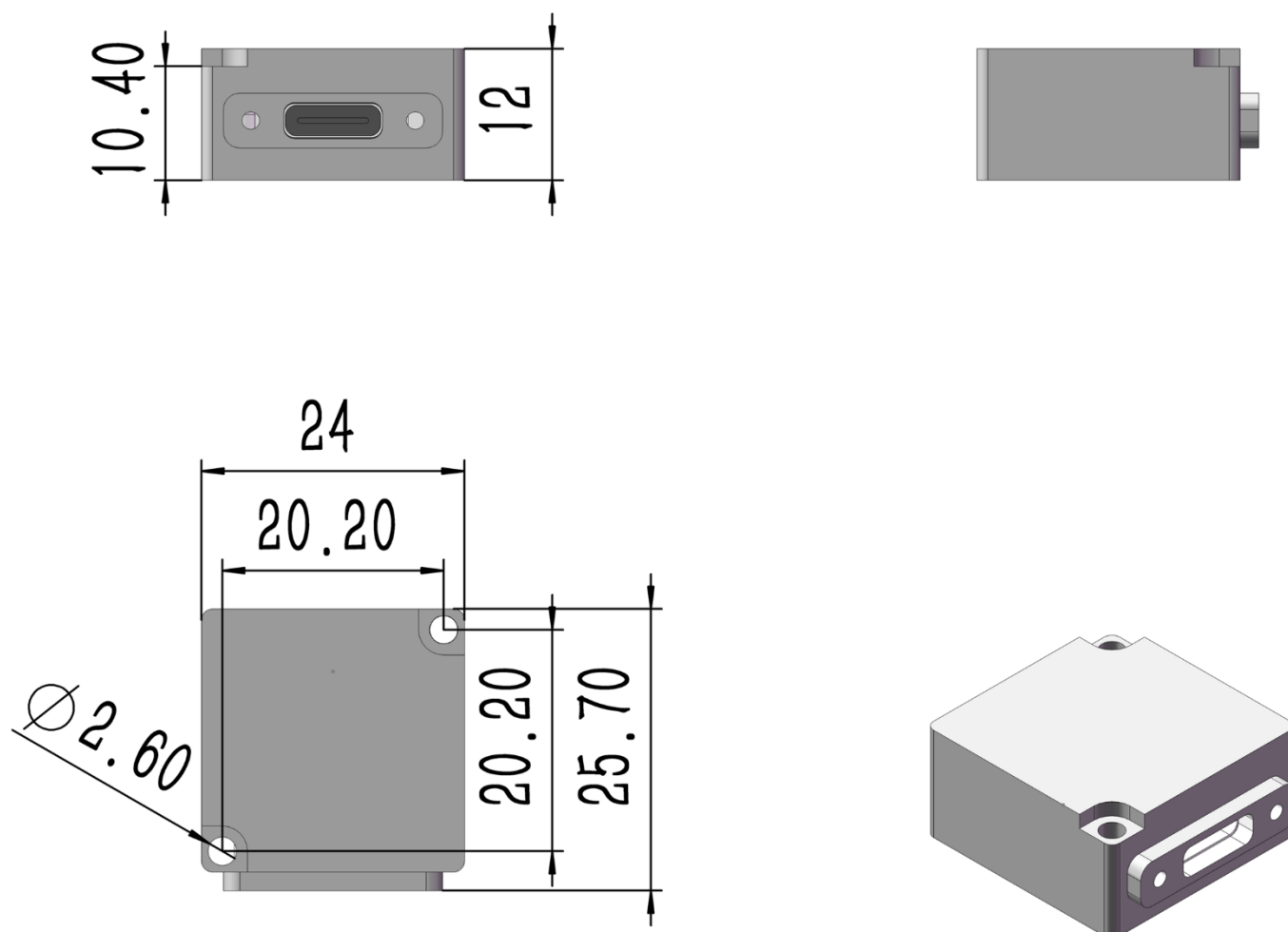


Figure8: HI13 mechanical dimension

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：

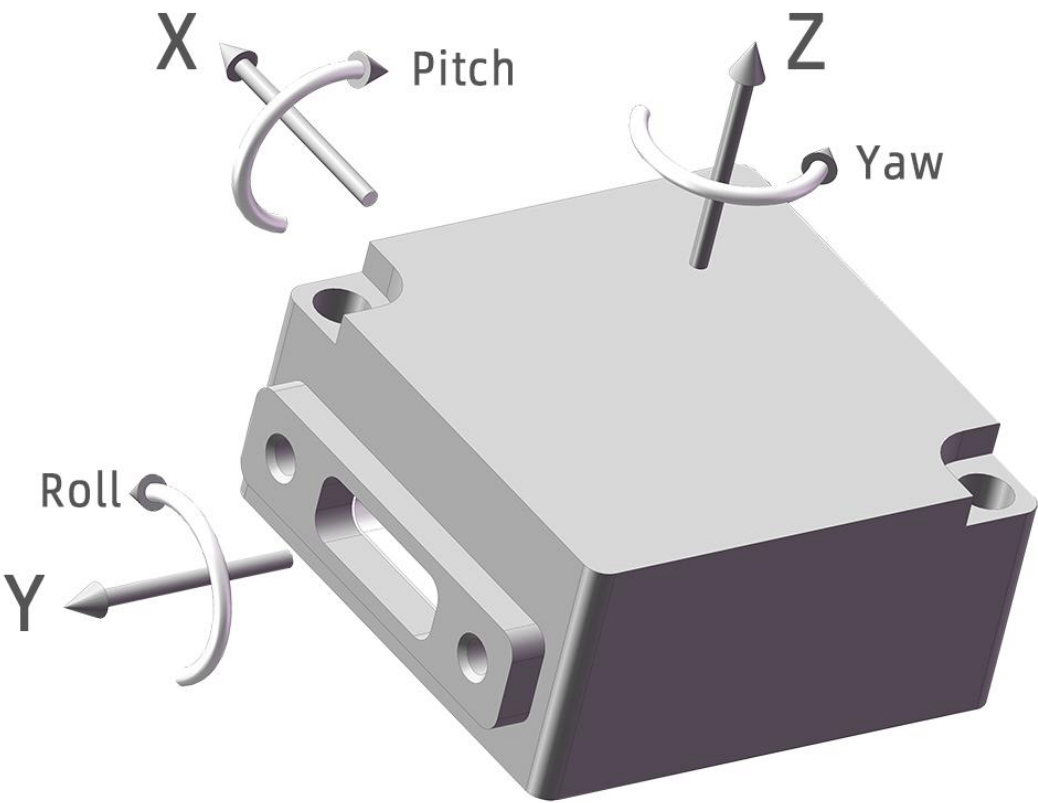


Figure9: HI13 Coordinate System

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(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。

8.2 传感器质心位置

Table 16: 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

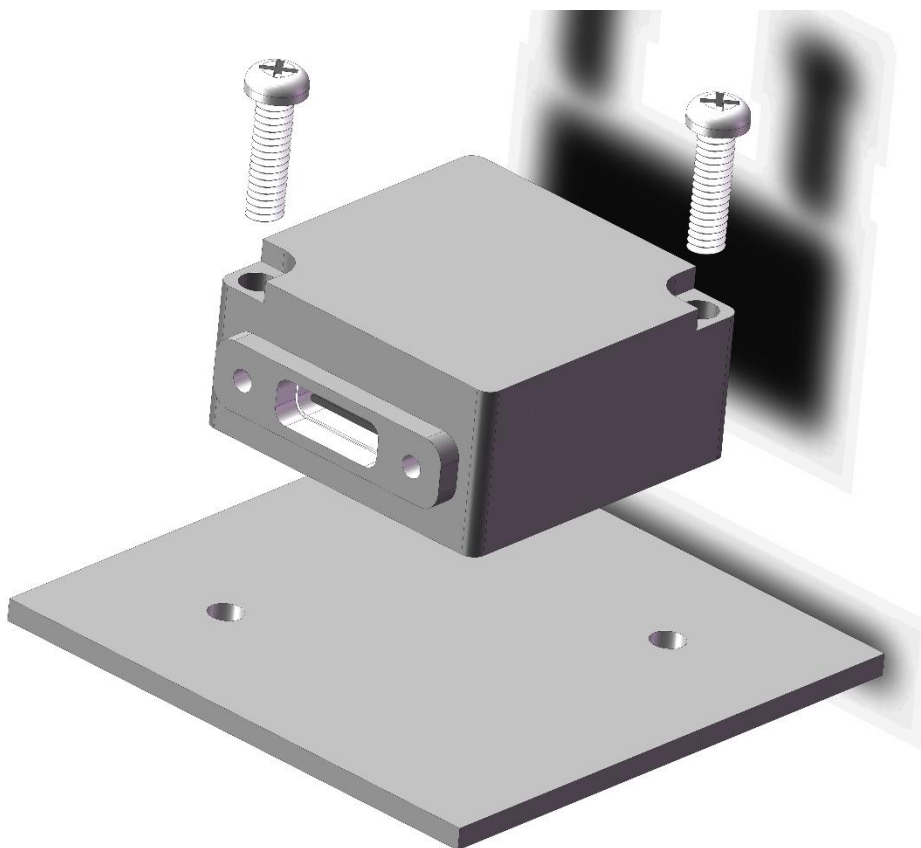


Figure10: Installation diagram

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 17: 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 18: 传感器初始配置

Parameters	Value	Unit	Note
陀螺仪量程	±2000	°/s	1
3dB 带宽	47	Hz	1
加速度计量程	±12	g	1
3dB 带宽	145	Hz	1
磁力计量程	±20	Gauss	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。