



文件: hi13_um_cn

技术支持: support@hipnuc.com

属性: 公开

网站: www.hipnuc.com

文档变更历史

版本	日期	作者	备注
V1.1	2023年9月13日	HiPNUC	增加底部板对板连接器说明, 增加产品型号
V1.0	2023年5月21日	HiPNUC	初始版本

HI13系列用户手册

- 1 产品简介
 - 1.1 主要应用场景:
 - 1.2 主要优势
 - 1.2.1 完整的制造体系
 - 1.2.2 先进的软件算法
 - 1.2.3 工业级MEMS传感器
 - 1.2.4 完善的上位机软件CHCenter
 - 1.3 订购信息
- 2 机械/电气/接口参数
 - 2.1 HI13系列尺寸图(单位:mm)
 - 2.1.1 USB接口
 - 2.1.2 UCX接口
 - 2.2 安装方式
 - 2.3 外壳特性
 - 2.4 板对板连接器
 - 2.4.1 连接器简介
 - 2.4.2 引脚定义
 - 2.5 电气参数
 - 2.6 机械参数
 - 2.7 接口参数
 - 2.7.1 UART/Type-C
 - 2.7.2 CAN
 - 2.7.3 同步输入SYNC_IN1
 - 2.7.4 同步输出SYNC_OUT1
- 3 坐标系定义
- 4 技术规格
 - 4.1 姿态角量程
 - 4.2 姿态角精度
 - 4.3 陀螺仪
 - 4.4 加速度计
 - 4.5 磁传感器参数
 - 4.6 气压计参数
- 5 软件架构
 - 5.1 IMU
 - 5.1.1 陀螺仪数据处理过程
 - 5.1.2 加速度计数据处理过程
 - 5.1.3 磁场数据处理过程
 - 5.1.4 原始数据
 - 5.1.5 低通滤波
 - 5.1.6 工厂标定
 - 5.1.7 坐标变换
 - 5.1.8 地磁场的在线校准
 - 5.2 数据融合

- 5.2.1 卡尔曼融合算法
 - 5.2.2 运动状态动态分析
 - 5.3 串行数据输出
- 6 初始配置
 - 6.1 UART(TTL)/USB接口初始配置
 - 6.2 CAN接口初始配置
- 7 硬件设计参考
 - 7.1 电源设计
 - 7.2 通信电路设计
 - 7.2.1 Type-C
 - 7.2.2 UART
 - 7.2.3 CAN
- 8 安装注意事项
 - 8.1 注意事项
- 9 技术支持

1. 产品简介

HI13系列是利用高性能、小体积、工业级MEMS惯性器件感知物体姿态信息的姿态感知系统，它集成了惯性测量单元(IMU)、磁力计、气压计和一款搭载扩展卡尔曼融合算法（EKF）的微控制器。可输出经过传感器融合算法计算得到的基于当地地理坐标的三维方位数据，包含有绝对参考的航向角，俯仰角和横滚角。同时也可以输出校准过的原始的传感器数据。HI13系列的封装可以方便可靠地集成到用户的系统，HI13系列主要包含HI13M0N、HI13M3N、HI13R4系列，型号信息如下：

HI13ab-c-d					
HI 公司标识	13 产品系列	a 传感器组成	b 温补	c 数据接口	d 定制信息
		M0 1XIMU	N 无温补	USB USB	000 默认
		M3 1XIMU+ 地磁	T 有温补	UCX UART(TTL)+CAN	其他 有定制
		R4 4XIMU+ 地磁 + 气压			

如需使用 CAN 接口，需要搭配 CAN 接口芯片使用 比如 TJA1044GTK/3Z

如果您需要温补型产品请与我们联系support@hipnuc.com

1.1 主要应用场景:

HI13系列可以精确地感知移动设备的俯仰（Pitch）、横滚（Roll）、航向（Yaw）等姿态信息，比如AR/VR，自动导引小车（AGV），巡检机器人、无人机等应用领域。它可与激光雷达（Lidar）、视觉（Camera）等导航方案形成优势互补，增强设备的导航精度，并减小对外界参考物体的依赖。典型的应用市场如下：

- 自动导引小车（AGV/AMR）
- 服务机器人
- 巡检机器人
- 教育机器人

1.2 主要优势

1.2.1 完整的制造体系

- 自主研发自动化批量标定与测试产线，保证量产产品一致性。
- 小体积，嵌入式设计，产品兼容性好性价比高
- 零偏、比例因子、跨轴、温度等误差因素出厂标定

1.2.2 先进的软件算法

丰富的行业经验，融合先进的算法，实时估算零偏、地磁自动校准、抗磁场干扰等方面具有优势表现。

1.2.3 工业级MEMS传感器

- 陀螺仪零偏不稳定性 $2.5^{\circ}/h$
- 加速度计零偏不稳定性 $30\mu g$
- 高达 0.15° 姿态角精度

1.2.4 完善的上位机软件CHCenter

CHCenter是我们为了用户快速评估产品而开发的一款PC端软件，可以自由的运行在WIN/Linux之上。CHCenter具有如下特点：

- 数据显示
- 数据记录
- 数据分析
- 产品参数配置
- 固件升级



1.3 订购信息

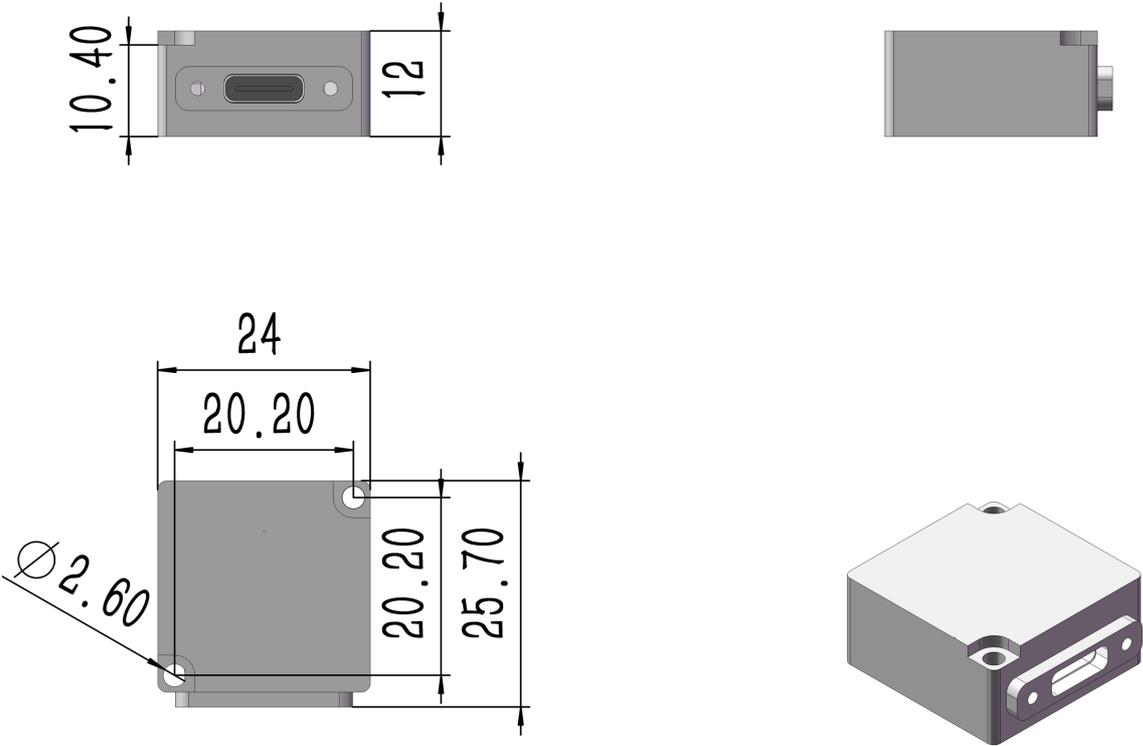
P/N	名称	规格描述
HI13M0N-USB-000	IMU/VRU模块	6DoF 5.1°/h USB 25.7X24X12mm
HI13M0N-UCX-000	IMU/VRU模块	6DoF 5.1°/h UART/CAN 24X24X12mm
HI13M3N-USB-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF 地磁 5.1°/h USB 24X24X12mm
HI13M3N-UCX-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF 地磁 5.1°/h UART/CAN 24X24X12mm
HI13R4N-USB-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF 地磁 气压 加速度计温补 2.5°/h USB 24X24X12mm
HI13R4N-UCX-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF 地磁 气压 加速度计温补 2.5°/h UART/CAN 24X24X12mm
HI13R4T-UCX-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF 地磁 气压 加速度计和陀螺仪温补 UART/CAN 2.5°/h 24X24X12mm

如果您需要温补型产品请与我们联系support@hipnuc.com

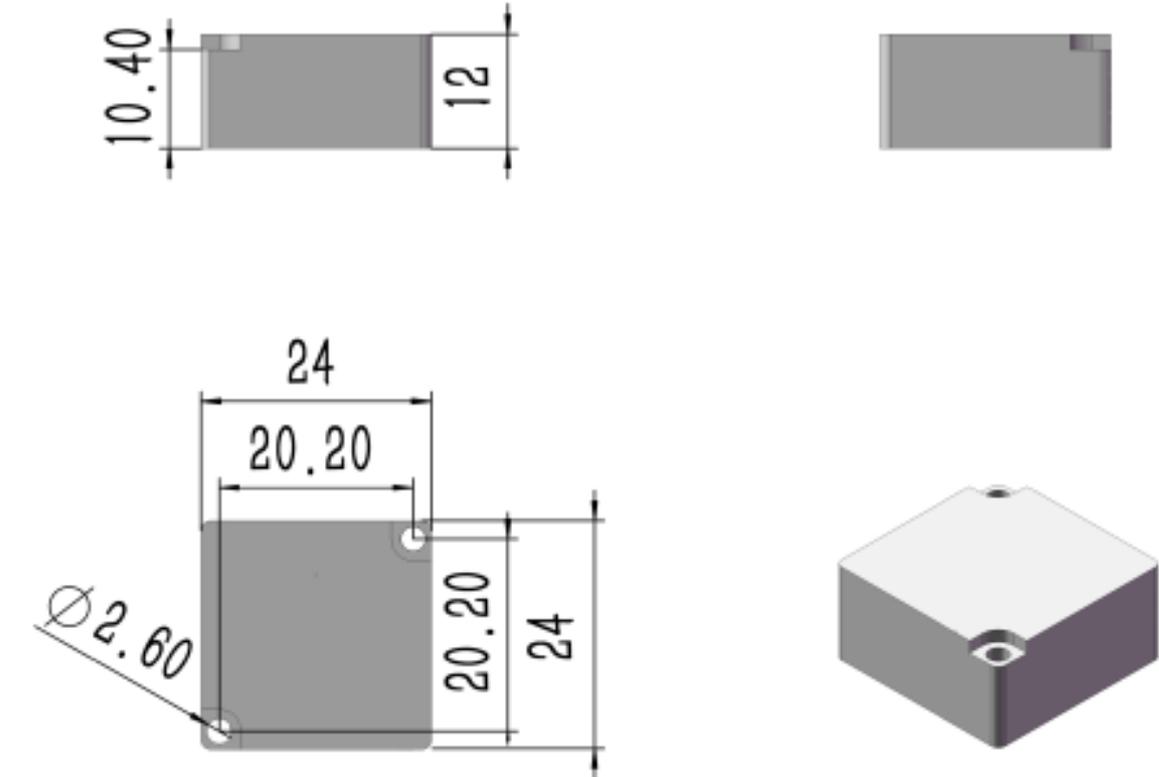
2. 机械/电气/接口参数

2.1 HI13系列尺寸图(单位:mm)

2.1.1 USB接口

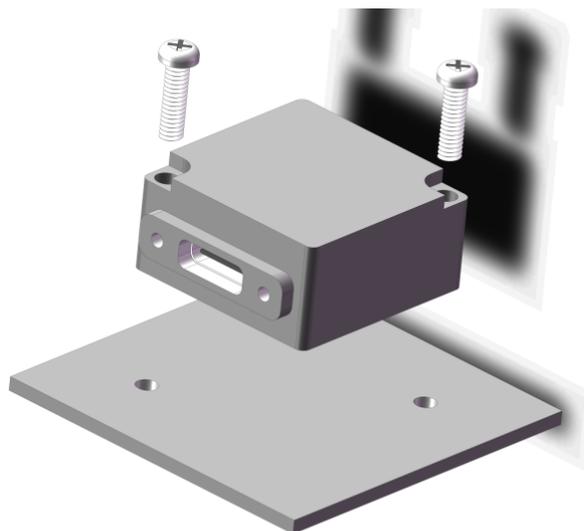


2.1.2 UCX接口



2.2 安装方式

我们推荐用户对模块进行水平安装，如下图所示：

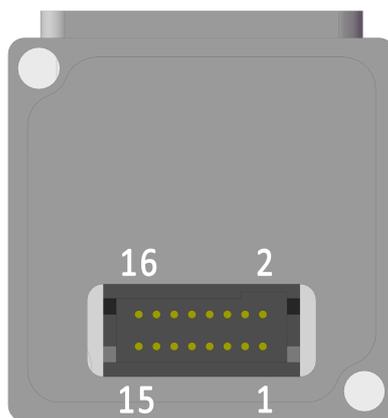


如需其他安装方式，请参考坐标系变换

2.3 外壳特性

参数	数值	备注
外壳材质	6061铝合金	
表面处理	磨砂 阳极氧化	Type II Class 2
固定螺丝	2XM2.5	螺丝长度需要根据用户使用场景而定

2.4 板对板连接器



2.4.1 连接器简介

连接器型号: 3131-16MG0BK00T2

适配连接器型号: 2344-216MG0CUNT4

制造商: WCON 维峰电子

2.4.2 引脚定义

序号	名称	类型	描述
1 3 10 16	NC	N/A	悬空
2	RXD2	I	串口2接收 UART2 RXD
4	TXD2	O	串口2发送 UART2 TXD
5	CAN_RX	I	CAN_RX
6	IO5	I/O	悬空
7	CAN_TX	O	CAN_TX
8	NRST	I	复位, 内部上拉。 >10uS 低电平复位模块。建议连接主机的GPIO, 不使用时悬空
9	SYNC_IN1	I	数据同步输入, 内部上拉, 当模块检测到下降沿时, 会输出一帧数据。不使用时悬空
11	SYNC_OUT1	O	数据同步输出, 内部上拉 无数据输出时为高电平(空闲), 一帧数据开始发送时变为低电平 一帧数据发送完成后, 返回高电平(空闲)。不使用时需悬空
12	GND	电源	电源
13	TXD1	O	串口1发送 UART1 TXD
14	VDD	电源	电源输入
15	RXD1	I	串口1接收 UART1 RXD

推荐用户通过UART1获取模块数据

2.5 电气参数

类型	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源输入VDD	Type-C	4.8	5	5.2	V
	板对板连接器	3.2	3.3/5	5.2	V
功耗P	HI13M0N	-	-	<50	mW
	HI13M3N	-	-	<135	mW
	HI13R4N	-	-	<135	mW
重量		-	-	10.6	g
IO电平阈值 V_{IH}	-	1.7	-	5	V
IO电平阈值 V_{IL}	-	-	-	0.6	V
IO电流 V_{IO}	-	-20	-	20	mA
ESD		HBM 2KV, CDM 1KV			
启动时间		<1s			
启动方式		水平静止启动			

严禁在使用过程中超过上述限制范围

2.6 机械参数

参数	条件	数值
尺寸	USB	25.7X24X12mm
	UCX	24X24X12mm
重量	CH010/CH020	<1.6g
	CH040/CH040MP	<2.5g
封装类型		独立安装
工作温度		-40-85°C
冲击		2000g
认证		RoHS、CE、HF

2.7 接口参数

2.7.1 UART/Type-C

UART(TTL)/Type-C	
波特率	9600/115200/230400/460800/921600bps(默认115200)
协议	超核二进制协议
帧率	1/5/10/50/100/200/500/1000Hz(默认100)

2.7.2 CAN

CAN	
波特率	125K/250K/500K/1000K(默认500K)
协议	CANopen
帧率	5/10/50/100/200Hz(默认100)

2.7.3 同步输入SYNC_IN1

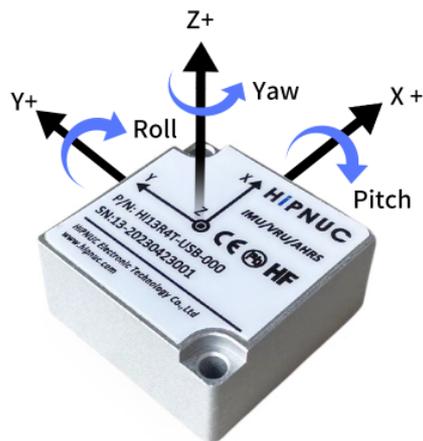
SYNC_IN	
输入电压	-0.5-3.6V
输入频率	0-1000Hz

2.7.4 同步输出SYNC_OUT1

SOUT1	
输出电压	0-3.3V
输出频率	0-500Hz

3. 坐标系定义

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



欧拉角旋转顺序为东-北-天-312(先转Z轴，以绕Z轴旋转后的坐标系为基准再转X轴，然后再以绕X轴旋转后的坐标系为基准，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 $\text{Yaw} \backslash \psi (\psi)$ 范围: $-180^\circ - 180^\circ$
- 绕 X 轴方向旋转: 俯仰角 $\text{Pitch} \backslash \theta (\theta)$ 范围: $-90^\circ - 90^\circ$
- 绕 Y 轴方向旋转: 横滚角 $\text{Roll} \backslash \phi (\phi)$ 范围: $-180^\circ - 180^\circ$

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: $\text{Pitch} = 0^\circ$, $\text{Roll} = 0^\circ$, $\text{Yaw} = 0^\circ$

4. 技术规格

4.1 姿态角量程

型号	HI13M0N	HI13M3N	HI13R4N
量程(横滚,航向)	±180°	±180°	±180°
量程(俯仰)	±90°	±90°	±90°
分辨率	0.001°	0.001°	0.001°

4.2 姿态角精度

型号	HI13M0N	HI13M3N	HI13R4N
俯仰/横滚(静态)	0.2°	0.2°	0.2°
俯仰/横滚(动态)	0.2°	0.2°	0.2°
航向角静态漂移(VRU) ^①	<0.2°/h	<0.2°/h	<0.12°/h
航向角动态误差(VRU) ^②	<10°	<10°	<5°
航向角(地磁辅助) ^③	-	2°	2°
航向角旋转误差(VRU) ^④	<1°	<1°	<1°

①模块在25°C绝对静止1h测得

②模块在室内清洁机器人上运动1h测得, 室温25°C, 1 σ

③地磁校准之后, 周边无磁场干扰情况下室温25°C测得, 需要将产品配置为AHRS模式, HI13M0N-USB不支持AHRS模式

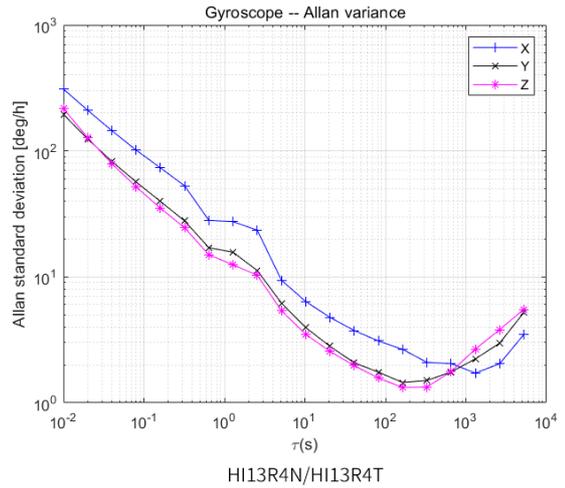
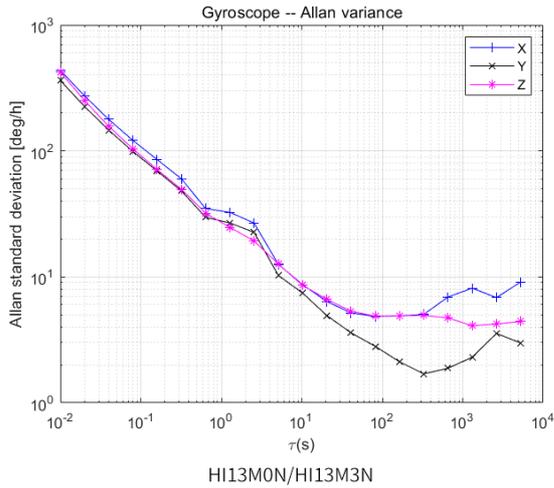
④转台连续旋转10圈, 航向角累积误差, 室温25°C

4.3 陀螺仪

参数	HI13M0N/HI13M3N	HI13R4N	备注
测量范围	±2000°/s	±2000°/s	
分辨率	0.01°/s	0.01°/s	
3dB带宽	116	116	Hz
零偏不稳定性	5.1°/hr	2.5°/hr	@25°C,1 σ
零偏重复性	0.09°/s	0.05°/s	@25°C,1 σ
非正交误差	±0.1%	±0.1%	@25°C,1 σ
随机游走	0.6°/ \sqrt{hr}	0.3°/ \sqrt{hr}	@25°C,1 σ
刻度非线性度	±0.1%	±0.1%	满量程时(最大)
刻度系数误差	400ppm	200ppm	出厂前校准后
加速度敏感性	0.1°/s/g	0.1°/s/g	
Z轴全温零偏变化 ^①	0.004°/s/°C	0.0005°/s/°C	-40°C - 85°C

①测试样品平均值

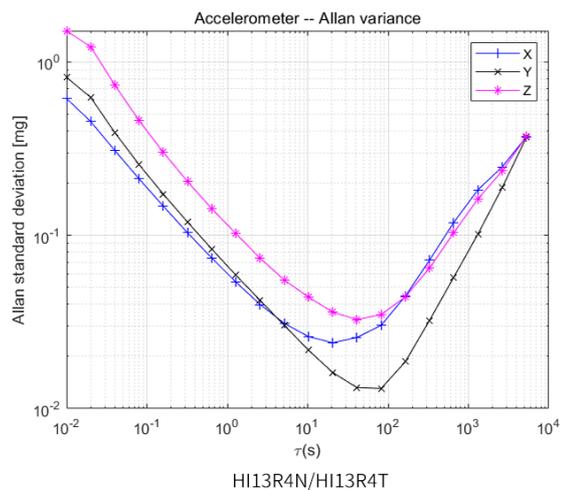
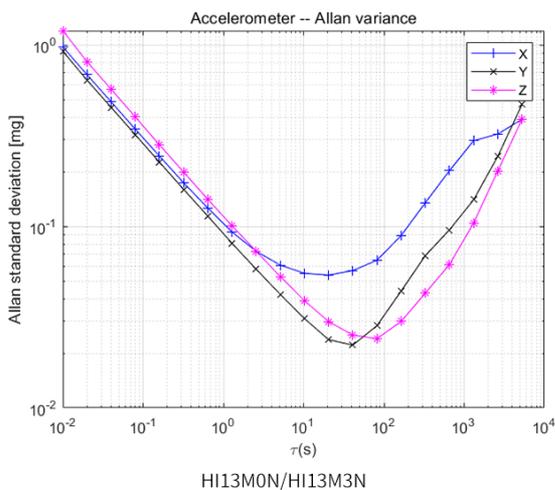
陀螺仪Allan方差曲线



4.4 加速度计

参数	HI13M0N/HI13M3N-	HI13R4N	备注
测量范围	±12g	±12g	1g = 1x 重力加速度
分辨率	1ug	1ug	
3dB带宽	145	145	Hz
零偏不稳定性	60ug	30ug	@25°C, 1σ
零偏重复性	1.8mg	1.2mg	@25°C, 1σ
非正交误差	±0.1%	±0.1%	@25°C, 1σ
随机游走	$0.08m/s\sqrt{h}$	$0.04m/s\sqrt{h}$	@25°C, 1σ
刻度系数误差	±1%	±0.3%	出厂前校准后, 满量程时
全温范围温度变化	<0.3mg/°C	<0.005mg/°C	-40°C - 85°C

加速度计Allan方差曲线



4.5 磁传感器参数

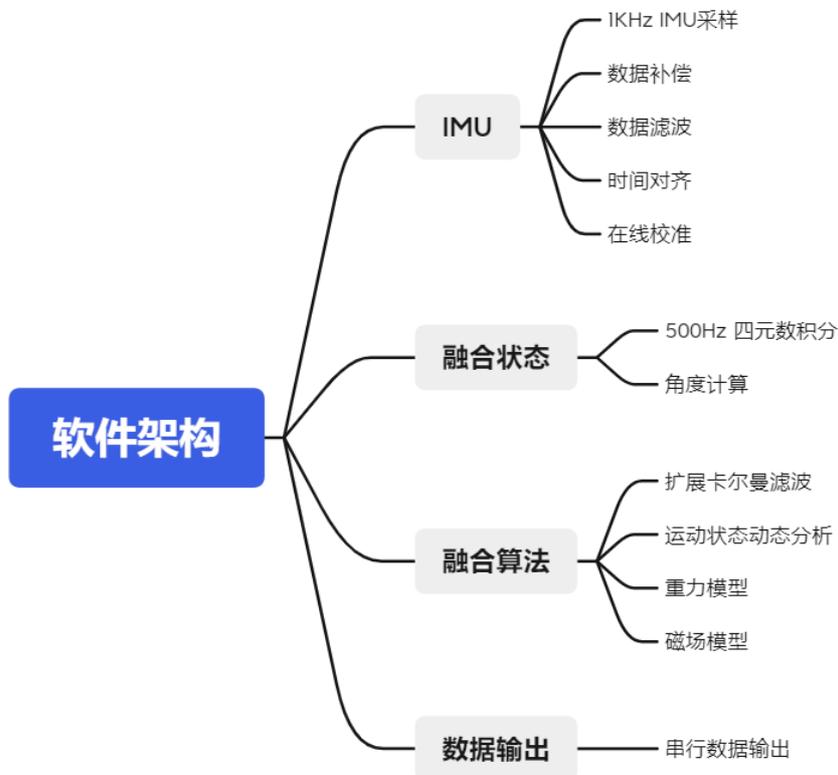
参数	HI13M3N/HI13R4N
测量范围	±8G(Gauss)
非线性度	±0.1%
分辨率	0.25mG

4.6 气压计参数

参数	HI13R4N
测量范围	300 – 1200 hPa
分辨率	± 0.06 Pa (or ±5 cm)
精度	± 6Pa (or ±50 cm)
内部采样频率	64Hz

5. 软件架构

HI13系列采用超核最新的融合算法引擎，该算法引擎采用了自主研发的扩展卡尔曼滤波和IMU噪声动态分析技术，可以满足高动态下姿态角的精度，并且减小航向角的漂移。算法架构主要包含IMU、融合状态、融合算法、数据输出4个部分：



5.1 IMU

IMU系统主要工作是对IMU原始数据进行标定补偿，使得IMU的数据可以更好地满足多种多样的用户场景。

5.1.1 陀螺仪数据处理过程



5.1.2 加速度计数据处理过程



5.1.3 磁场数据处理过程



5.1.4 原始数据

MCU以1Khz的采样频率采集加速度计和陀螺仪的原始数据

5.1.5 低通滤波

HI13系列为用户提供了多种低通滤波方案(参考用户配置章节),这些滤波方案可以满足用户的多场景应用。

5.1.6 工厂标定

每个MEMS IMU在生产制造过程中,都有一些共性的零偏,比例因子、跨轴等误差,除此之外还会受到,温度变化的影响,因此我们在生产、制造、测试的过程中通过专有的设备将这些误差的影响降低到最小。

- 1.HI13M0N-USB、HI13M3N-USB不支持温度补偿
- 2.HI13R4N-USB的加速度计支持温度补偿

5.1.7 坐标变换

我们默认推荐用户对产品进行水平安装使用,但是受限于用户的使用场景,有时不得不将模块进行其他位置安装,因此我们可以支持对传感器的坐标系进行旋转以更好地满足用户安装需求。参考配置用户配置章节

5.1.8 地磁场的在线校准

地磁场的在线校准支持自动校准,具体内容可参考初始配置与操作-地磁校准章节

5.2 数据融合

5.2.1 卡尔曼融合算法

处理器利用扩展卡尔曼算法将加速度计、陀螺仪、磁力计的原始数据进行固定频率(1000Hz)的四元数全姿解算,通过数据融合可以得到四元数、欧拉角等融合后的信息。同时可以估计陀螺仪、加速度计等传感器的零偏,这对于依赖低延时、低抖动姿态信息作为控制输入信息的系统非常重要。

融合数据输出

欧拉角(俯仰、横滚、航向)

四元数

5.2.2 运动状态动态分析

根据加速度计、陀螺仪等传感器提供的信息,可以间接分析当前载体的运动状态,从而调整卡尔曼融合状态,使模块性能处于最佳状态。

5.3 串行数据输出

不同的数据接口拥有不同的输出协议,详见下表:

数据接口	协议
UART(TTL)/USB	超核自定义二进制协议(91协议)
CAN	CANopen

USB接口的HI13模块内置了USB转串口IC,型号为CP2102N,用户可自行下载驱动

6. 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。

6.1 UART(TTL)/USB接口初始配置

配置	参数
模式	6DoF 无地磁辅助
波特率	115200
数据帧率	100Hz
坐标系	参考坐标系定义章节
陀螺仪带宽(3dB)	116Hz
加速度计带宽(3dB)	145Hz
陀螺仪量程	$\pm 2000^\circ/\text{s}$
加速度计量程	$\pm 12\text{g}$

6.2 CAN接口初始配置

配置	参数
模式	6DoF 无地磁辅助
波特率	500K
数据帧率	100Hz
坐标系	参考坐标系定义章节
陀螺仪带宽(3dB)	116Hz
加速度计带宽(3dB)	145Hz
陀螺仪量程	$\pm 2000^\circ/\text{s}$
加速度计量程	$\pm 12\text{g}$

7. 硬件设计参考

7.1 电源设计

HI13系列内置LDO，因此用户可以根据电气参数选择DC-DC或者LDO供电。

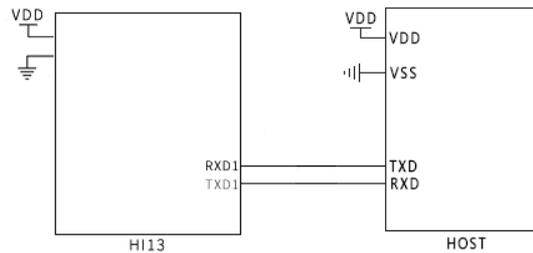
7.2 通信电路设计

7.2.1 Type-C

用户可以直接使用我们提供的USB转Type-C数据线与主机通信，使用之前需要安装CP2102N的驱动，可以前往Siliconlab的官网下载。

7.2.2 UART

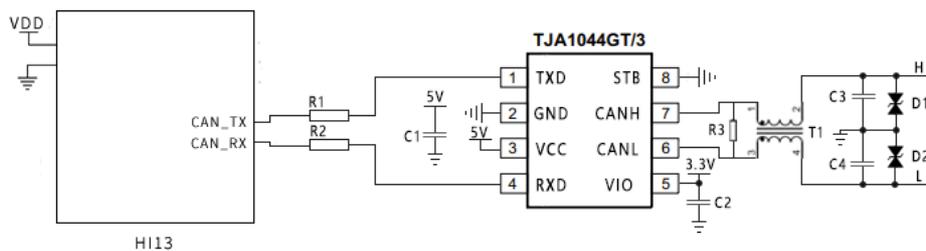
UART1和UART2均可以作为数据传输接口，推荐用户使用UART1与主机系统相连，如下图所示：



如果用户需要使用同步和复位功能，也可以将模块同步输出（SYNC_OUT1）、同步输入（SYNC_IN1）、NRST与主机相连，NRST内部已经内置阻容复位电路

7.2.3 CAN

选择TJA1044GT/3作为参考示例



终端电阻R3可根据实际情况选择是否需要焊接

Item	Reference	Part	P/N	Vendor	Note
电阻	R1,R2	1K	RC0402JR-071KL	YAGEO	
电阻	R3	120Ω	RC1206FR-07120RL	YAGEO	optional
电容	C1,C2	0.1uF	CC0402KRX5R7BB104	YAGEO	
电容	C3,C4	100pF	CC0402JRNPO9BN101	YAGEO	
共模电感	T1	5.8kΩ@10MHz 100uH@100kHz 150mA	ACT45B-101-2P-TL003	TDK	
TVS	D1,D2	SMBJ6.5CA	SMBJ6.5CA	GOODWORK	

8. 安装注意事项

8.1 注意事项

通常来说MEMS传感器是由电子和机械结构组成的高精度测量设备，为实现精度、效率和机械坚固性而设计，需要将传感器安装在印刷电路板（PCB）上时，应考虑以下建议：

- 不建议将传感器直接放在按钮触点的下方或旁边，因为这会导致机械应力。
- 不建议将传感器直接放置在温度极高的热点附近（例如控制器或图形芯片），因为这会导致PCB升温，从而导致传感器发热。
- 不建议将传感器放置在机械应力最大值附近（例如在对角交叉的中心）。机械应力会导致PCB和传感器弯曲。
- 不建议将传感器安装距离螺丝孔太近
- 避免将传感器安装在PCB可能或预期会出现谐振（振动）的区域。

如果上述建议无法得到适当实现，则在将器件放置在PCB上进行特定的在线偏移校准可能有助于最大限度地减少潜在的影响。

9. 技术支持

新产品信息及技术支持，请关注超核电子公众号和官方网站

