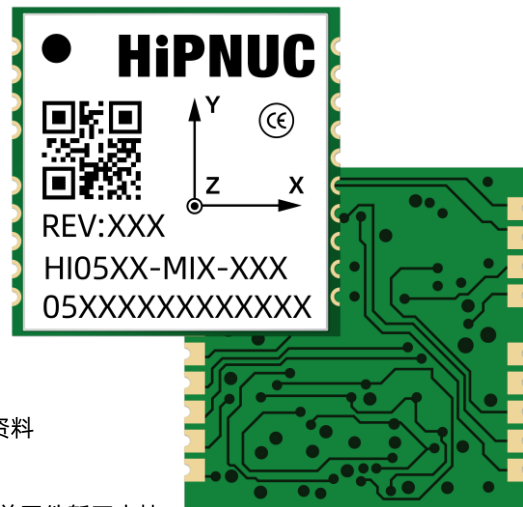


## 1 特性

### 1.1 硬件

- 高性能，低噪声 MEMS IMU
- 集成低噪声、高可靠性 LDO
- 出厂完成  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$  全温补偿与标定，包含零偏、比例因子和交叉轴校准
- 部分型号支持 PPS + GPRMC 时间同步，具体以选型表和接口定义为准
- 部分型号提供多功能 IO，可用于同步、LED、报警等功能
- 具备良好的抗振设计，适用于振动环境应用
- 集成温度传感器
- 可外接 GNSS
- 产品设计符合 RoHS 相关要求，材料满足无卤规范，认证状态请参考最新官方资料
- 小体积表贴封装  $15 \times 15 \times 2.6\text{ mm}$ ，易于集成
- 丰富的外设接口，提供  $4 \times \text{UART}$ ，部分型号支持 CAN，I2C/SPI 接口预留但当前固件暂不支持
- 支持定制



### 1.2 软件

- 自适应 EKF 融合算法
- UART 接口下输出帧率最高可达 1000 Hz，具体取决于输出数据类型与配置，且具有较低输出延时
- 面向动态运动场景优化姿态跟随与振动抑制性能
- 在典型工况下可降低线性加速度对姿态估计的影响
- 支持二进制、CAN、Modbus 等多种协议
- 丰富的用户配置指令
- 多功能 GUI，方便操作
- 支持 ROS1、ROS2、C、MATLAB、Python、Arduino 等多种例程

## 2 应用

HI05 系列面向高性能姿态感知与复杂工况应用，适用于温度变化、振动及动态运动条件下的姿态测量与控制场景。典型应用包括：

- 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
- 智慧农机

### 3 描述

#### 3.1 系统框图

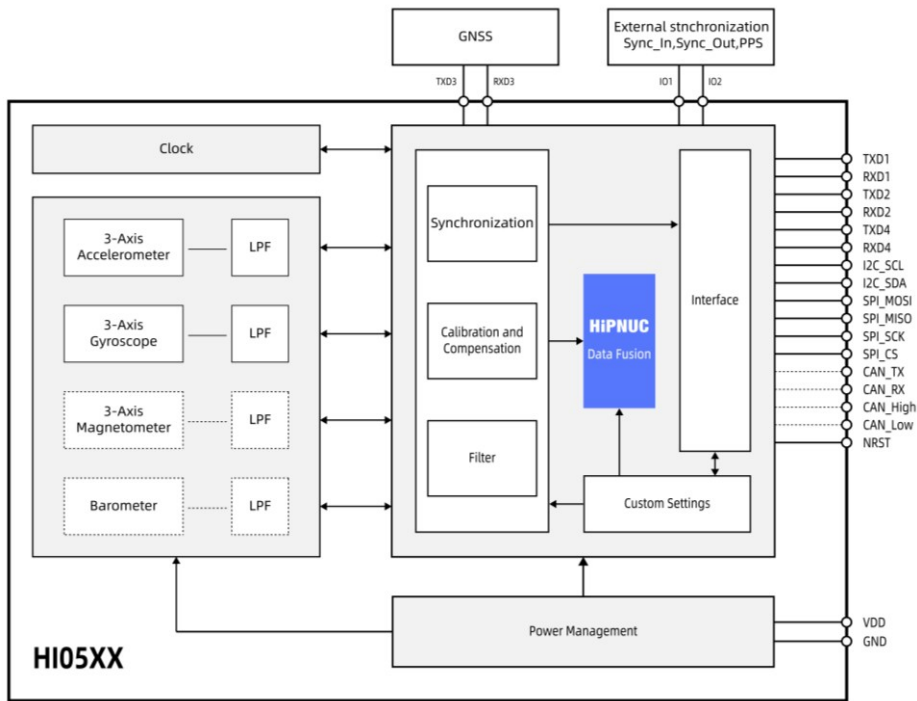


图 1: HI05 系列系统框图

注 1: 虚线表示有的型号不支持, 具体请参见表 1: 产品选型信息。

#### 3.2 通用描述

HI05 系列是一款基于 MEMS IMU 的 IMU/VRU/AHRS/INS 传感器模组, 集成了自主研发的自适应扩展卡尔曼滤波算法、IMU 噪声动态分析算法、载体运动状态分析算法以及 GNSS 融合算法, 可为用户提供高质量的姿态、角速度、加速度等信息; 对于支持 INS 的型号, 在外接 GNSS 后可提供位置和速度信息。

每个传感器在出厂前均经过补偿与标定, 覆盖温度、零偏、比例因子和交叉轴等项目。

模组可通过 UART 接口进行数据传输, 部分型号支持 CAN 接口; 其中部分型号在使用 CAN 时需要外接 CAN 收发器。I2C/SPI 接口当前固件版本暂不支持。支持同步功能的型号可通过 PPS+RMC 或同步触发功能与外部系统进行时间对齐。

多功能上位机软件 (GUI) 可帮助用户快速完成产品评估, 主要功能包括模块配置、数据显示、固件升级和数据记录等。



图 2: GUI 软件

## 目录

1 特性.....	1
1.1 硬件.....	1
1.2 软件.....	1
2 应用.....	1
3 描述.....	2
3.1 系统框图.....	2
3.2 通用描述.....	2
4 产品选型.....	5
5 产品订购.....	6
5.1 订购编码.....	6
5.2 联系我们.....	6
6 文档信息.....	7
6.1 历史版本.....	7
6.2 相关文档与开发套件.....	7
7 HI05 系统架构.....	8
7.1 IMU.....	8
7.2 VRU.....	8
7.3 AHRS.....	8
7.4 INS.....	8
8 引脚定义.....	9
8.1 MI0 接口引脚定义.....	9
8.2 MI1 接口引脚定义.....	10
9 外设接口与参考设计.....	11
9.1 电源参考设计.....	11
9.2 串口通信.....	11
9.3 I2C 通信.....	12
9.4 SPI 通信.....	12
9.5 CAN 通信.....	12
9.6 CAN 典型参考设计.....	12
9.6.1 MI0 接口参考设计.....	12
9.6.2 MI1 接口参考设计.....	12
9.7 同步系统参考设计.....	13
9.7.1 主机触发同步（串口通信）.....	13
9.7.2 主机 PPS+RMC 时间同步（串口通信）.....	13
9.7.3 外部设备 PPS+RMC 同步（串口通信）.....	13
9.7.4 CAN 通信（同步）.....	14
9.8 INS 系统参考设计.....	14

# HI05 系列规格书

全能型 IMU/VRU/AHRS/INS 模组

REV: 1.3

9.9 参考设计 BOM .....	14
10 传感器性能参数 .....	15
10.1 陀螺仪 .....	15
10.2 加速度计 .....	17
10.3 磁力计 .....	18
10.4 气压计 .....	18
10.5 温度传感器 .....	18
10.6 融合精度 .....	18
10.6.1 姿态角精度 .....	18
10.6.2 INS 精度（外接 GNSS） .....	19
11 系统与电气参数 .....	20
11.1 电气参数 .....	20
11.2 接口参数 .....	20
11.3 系统参数 .....	20
11.4 绝对最大值 .....	21
12 机械尺寸 .....	22
12.1 产品尺寸 .....	22
12.2 推荐封装尺寸 .....	23
13 坐标系定义 .....	24
13.1 IMU/VRU/AHRS 坐标系 .....	24
13.1.1 东北天（ENU 默认） .....	24
13.1.2 北西天（NWU）与北东地（NED） .....	24
13.2 INS 系统坐标系 .....	25
14 评估板与配线 .....	26
15 通信协议 .....	27
15.1 串行二进制协议 .....	27
15.2 Modbus .....	27
15.3 CAN .....	27
16 焊接与安装 .....	28
16.1 焊接曲线 .....	28
16.2 安装建议 .....	28
17 包装 .....	29
17.1 卷带 .....	29
17.2 卷盘 .....	29
17.3 装箱方式 .....	29
18 免责声明 .....	30

## 4 产品选型

表 1: 选型信息

		HI05a-b-c					
标识	系列	a-传感器配置		b-数据接口		c-其他信息	
HI	05	R2	IMU/VRU				
		N2	IMU/VRU/INS				
		R3	IMU/VRU/AHRS	MIO	UART/CAN 需外接 CAN 收发器	000	默认
		N3	IMU/VRU/AHRS/INS	MI1	UART/CAN 集成 CAN 收发器	其他	定制
		R4	IMU/VRU/AHRS + Barometer				
		N4	IMU/VRU/AHRS/INS + Barometer				

注 1: 当前标准型号请参考产品订购章节, 其他型号支持定制。

表 2: HI05 系列模组配置表

型号	3 轴加速度计	3 轴陀螺仪	3 轴磁力计	气压计	惯导系统
HI05R2-MIO	√	√	×	×	×
HI05R2-MI1	√	√	×	×	×
HI05N2-MI1	√	√	×	×	√
HI05R3-MI1	√	√	√	×	×
HI05N3-MI1	√	√	√	×	√
HI05R4-MIO	√	√	√	√	×
HI05N4-MIO	√	√	√	√	√

表 3: HI05 系列模组接口配置表

型号	4 × UART	I2C/SPI	CAN	2 × 同步引脚 (多功能 IO)
HI05R2-MIO	√	预留, 当前固件暂不支持	需外接 CAN 收发器	√
HI05R2-MI1	√	预留, 当前固件暂不支持	√	√
HI05N2-MI1	√	预留, 当前固件暂不支持	√	×
HI05R3-MI1	√	预留, 当前固件暂不支持	√	√
HI05N3-MI1	√	预留, 当前固件暂不支持	√	×
HI05R4-MIO	√	预留, 当前固件暂不支持	需外接 CAN 收发器	√
HI05N4-MIO	√	预留, 当前固件暂不支持	需外接 CAN 收发器	×

注 1: 多功能 IO 不仅限于同步功能, 还支持 LED, 报警等多种功能, 详情参考指令与编程手册

## 5 产品订购

### 5.1 订购编码

表 4: 订购编码

型号	名称	描述	备注
HI05R2-MI0-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU	
HI05R2-MI1-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU 集成 CAN 收发器	
HI05N2-MI1-000	IMU/VRU/INS Module	IMU/VRU/INS 集成 CAN 收发器	
HI05R3-MI1-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS 集成 CAN 收发器	
HI05N3-MI1-000	IMU/VRU/AHRS/INS Module	IMU/VRU/AHRS/INS 集成 CAN 收发器	
HI05R4-MI0-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS 集成气压计	
HI05N4-MI0-000	IMU/VRU/AHRS/INS Module	IMU/VRU/AHRS/INS 集成气压计	

### 5.2 联系我们

1. 邮箱: [sales@hipnuc.com](mailto:sales@hipnuc.com)
2. 电话: 010-69726346 / 15801501203
3. 官网: [www.hipnuc.com](http://www.hipnuc.com)

## 6 文档信息

### 6.1 历史版本

表 5: 历史版本

版本	日期	作者	变更内容
1.0	2025 年 5 月 31 日	Hipnuc	初始版本
1.1	2025 年 8 月 20 日	Hipnuc	增加 HI05R3-MI1 型号
1.2	2025 年 8 月 21 日	Hipnuc	UART1, UART2, UART3 都支持接收 GPRMC 消息
1.3	2026 年 1 月 13 日	Hipnuc	增加型号, 修正参数

### 6.2 相关文档与开发套件

1. 指令与编程手册
2. STEP/封装文件
3. 评估板 EVAL HI05 规格书与设计文件
4. 认证与符合性文件（如 CE、RoHS, 具体以最新官方资料为准）
5. GUI 与参考例程

## 7 HI05 系统架构

HI05 系列是一款集 IMU、VRU、AHRS 和 INS 等功能于一体的高性能传感器模组，出厂经过严格的比例因子、跨轴、温度、零偏标定测试，可为用户提供传感器基础数据（如加速度、角速度，以及部分型号支持的地磁场、气压）、三维方向数据（欧拉角即俯仰、横滚、偏航）、四元数等数据。对于支持 INS 的型号，外接 GNSS 后还可提供速度、位置等信息。

HI05 模组根据型号不同，可配备 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪、3 轴磁力计、气压计和高性能处理器。该处理器主要用于传感器同步、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工作模式，例如 6-DoF、AHRS、人形机器人等，详情请参考指令与编程手册。

### 7.1 IMU

HI05 可以作为惯性测量单元（IMU）使用，为用户提供精准的三维加速度和三维角速度数据。这些数据是通过内部集成的高精度加速度计和陀螺仪采集的，能够实时反映物体在三维空间中的运动状态和动态变化。与传统的 IMU 芯片相比，HI05 的显著优势在于其出厂前经过了严格的标定与补偿校正，使得输出数据的精度和稳定性大幅提升。这些标定包括交叉轴、比例因子、零偏、温度。

### 7.2 VRU

HI05 通过我们自主研发的算法融合引擎，能够对 IMU 基础数据进行深度处理和优化，从而输出基于重力参考系的高精度三维方向数据。这些方向数据包括俯仰角（Pitch）、横滚角（Roll）以及偏航角（Yaw），为用户提供了直观且可靠的姿态信息支持。

### 7.3 AHRS

HI05 在 IMU 和 VRU 的基础上，通过引入高精度、大量程的 TMR（隧道磁阻）三轴磁力计，进一步升级为功能更强大的航姿参考系统（AHRS）。这一升级显著增强了 HI05 的姿态感知能力，使其能够为用户提供更加全面、精准的姿态数据，包括可输出长期稳定的俯仰角、横滚角以及基于磁北参考的偏航角。

### 7.4 INS

HI05 系列传感器通过外接全球导航卫星系统（GNSS）模块，可以升级为功能强大的惯性导航系统（INS）模组。通过结合 GNSS 的高精度定位能力和 HI05 内置 IMU 的惯性测量数据，INS 模组能够实现多种数据的高精度输出，这些数据包括：

**速度信息：**INS 模组可以输出物体在三维空间中的实时速度数据，结合 GNSS 信号和惯性测量数据，能够提供精准的速度变化信息，适用于动态运动分析和导航场景。

**位置信息：**通过 GNSS 的全球定位功能，INS 模组能够实时获取物体的地理位置坐标（经纬度、高度等）。与惯性测量数据的融合还能在短时间内实现对 GNSS 信号丢失的补偿，从而保证位置信息的连续性。

**姿态信息：**INS 模组在 IMU 和 GNSS 数据的联合作用下，可以提供高精度的三维姿态数据，包括俯仰角（Pitch）、横滚角（Roll）和偏航角（Yaw）。这些姿态数据经过算法优化，具有优异的动态响应性能和抗干扰能力，适用于飞行器、无人机、车辆导航等需要精确姿态感知的场景。

**授时信息：**INS 模组能够通过 GNSS 信号提供高精度的时间同步信息。这在需要时间严格同步的应用中（如通信基站、导航系统和科学实验）尤为重要。

此外，通过出厂标定与融合算法优化，可在一定程度上抑制惯性导航中常见的漂移累积，并在 GNSS 短时受阻场景下提供短时间连续导航能力。

## 8 引脚定义

### 8.1 MIO 接口引脚定义

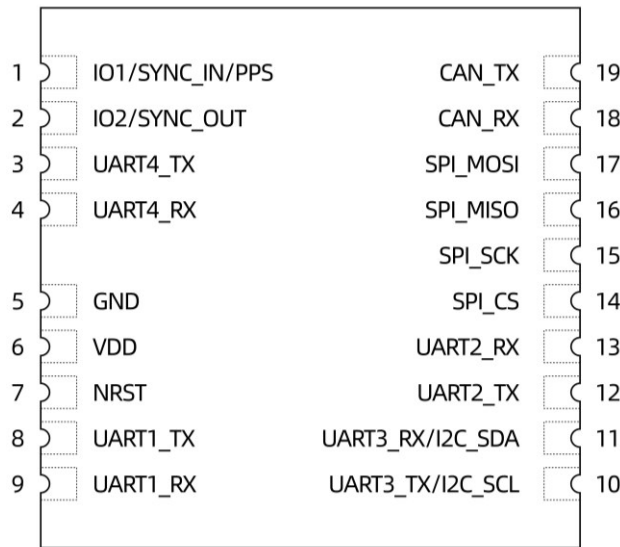


图 3: HI05XX-MIO 引脚定义

表 6: 引脚功能描述

序号	名称	类型	描述	备注
1	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	
2	IO2 (SYNC_OUT)	I/O	同步输出, 可作为 Data Ready 信号	
3	UART4_TX	I/O	UART4 发送	
4	UART4_RX	I/O	UART4 接收	
5	GND	Power	电源地	
6	VDD	Power	电源输入 3.3 V ~ 5.0 V	
7	NRST	I	复位引脚, 低电平复位模块, 建议连接主机 GPIO, 不用可悬空	
8	UART1_TX	I/O	UART1 发送	
9	UART1_RX	I/O	UART1 接收	
10	UART3_TX/I2C_SCL	I/O	UART3 发送, 可外接 GNSS 模块/I2C 时钟信号	
11	UART3_RX/I2C_SDA	I/O	UART3 接收, 可外接 GNSS 模块/I2C 数据信号	
12	UART2_TX	I/O	UART2 发送	
13	UART2_RX	I/O	UART2 接收	
14	SPI_CS	I/O	SPI 片选信号	
15	SPI_SCK	I/O	SPI 时钟信号	
16	SPI_MISO	I/O	SPI 数据输出信号 (从机)	
17	SPI_MOSI	I/O	SPI 数据输入信号 (从机)	
18	CAN_RX	I/O	CAN 接收信号	
19	CAN_TX	I/O	CAN 发送信号	

注 1: 如使用 CAN 需外接 CAN 收发器, 例如 TJA1044

### 8.2 MI1 接口引脚定义

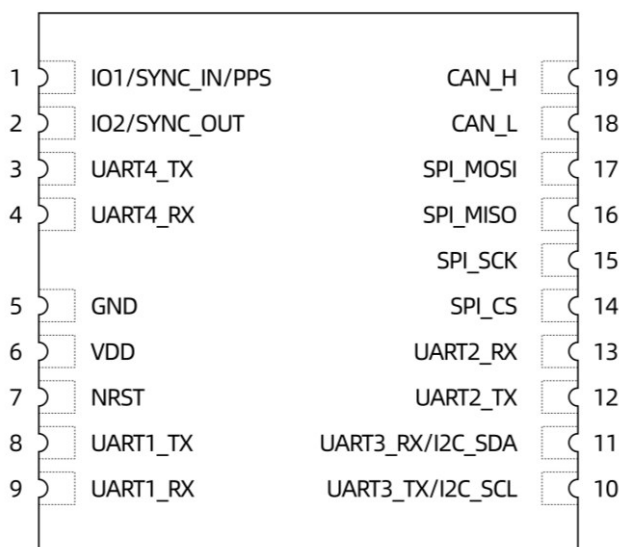


图 4: HI05XX-MI1 引脚定义

表 7: 引脚功能描述

序号	名称	类型	描述	备注
1	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	
2	IO2 (SYNC_OUT)	I/O	同步输出, 可作为 Data Ready 信号	
3	UART4_TX	I/O	UART4 发送	
4	UART4_RX	I/O	UART4 接收	
5	GND	Power	电源地	
6	VDD	Power	电源输入 3.3 V ~ 5.0 V	
7	NRST	I	复位引脚, 低电平复位模块, 建议连接主机 GPIO, 不用可悬空	
8	UART1_TX	I/O	UART1 发送	
9	UART1_RX	I/O	UART1 接收	
10	UART3_TX/I2C_SCL	I/O	UART3 发送, 可外接 GNSS 模块/I2C 时钟信号	
11	UART3_RX/I2C_SDA	I/O	UART3 接收, 可外接 GNSS 模块/I2C 数据信号	
12	UART2_TX	I/O	UART2 发送	
13	UART2_RX	I/O	UART2 接收	
14	SPI_CS	I/O	SPI 片选信号	
15	SPI_SCK	I/O	SPI 时钟信号	
16	SPI_MISO	I/O	SPI 数据输出信号 (从机)	
17	SPI_MOSI	I/O	SPI 数据输入信号 (从机)	
18	CAN_L	I/O	CAN 低	
19	CAN_H	I/O	CAN 高	

表 8: 串口功能描述

串口	数据传输	指令配置	GPRMC/UTC	RTCM	外接 GNSS	固件升级
UART1	√	√	√	×	×	√
UART2	√	√	√	√	×	×
UART3	×	×	√	×	√	×
UART4	×	×	×	×	×	×

## 9 外设接口与参考设计

### 9.1 电源参考设计

模组内置 LDO，用于抑制输入电源噪声对内部模拟与数字电路的影响。推荐输入电压范围为 3.2 V ~ 5.0 V，工作电压范围请参见 11.1 电气参数。外部供电可采用 LDO 或 DC/DC。

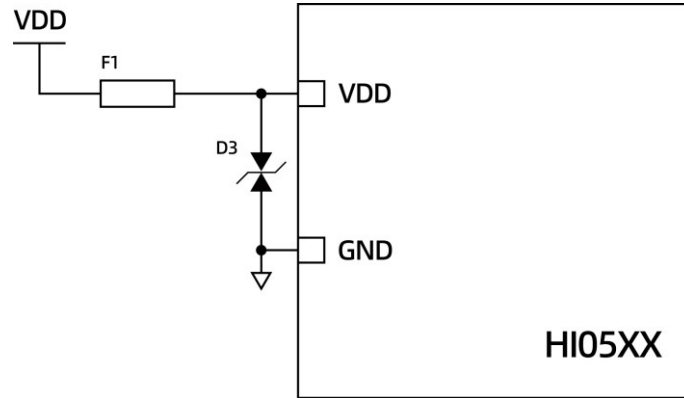


图 5: HI05 电源参考电路

### 9.2 串口通信

HI05 系列传感器支持灵活多样的通信方式，能够通过 UART1/UART2 以全双工模式进行通信。默认情况下，通信的帧格式为标准的 8N1 模式，即：

波特率：115200 bps（可根据需求调整）

数据位：8 位

校验方式：无奇偶校验（No Parity）

停止位：1 位

这种通信配置是工业应用中的标准配置，兼容性强，能够与绝大多数的嵌入式系统、工控设备、机器人控制器等进行无缝对接。此外，HI05 还可以通过外接 RS-485 或 RS-422 收发器，将 UART 接口扩展为 RS-485 或 RS-422 通信方式，进一步增强了模块的适用性和扩展能力。

**注 1：** 波特率与数据传输帧率都可以通过指令更改，详情参考指令与编程手册

在使用 HI05 系列传感器进行串口通信时，建议用户的处理器逻辑电平为 3.3 V。如果需要与逻辑电平为 5 V 或 1.8 V 的处理器进行通信，则需要用户自行添加电平转换芯片，以确保通信的可靠性和设备的安全性。

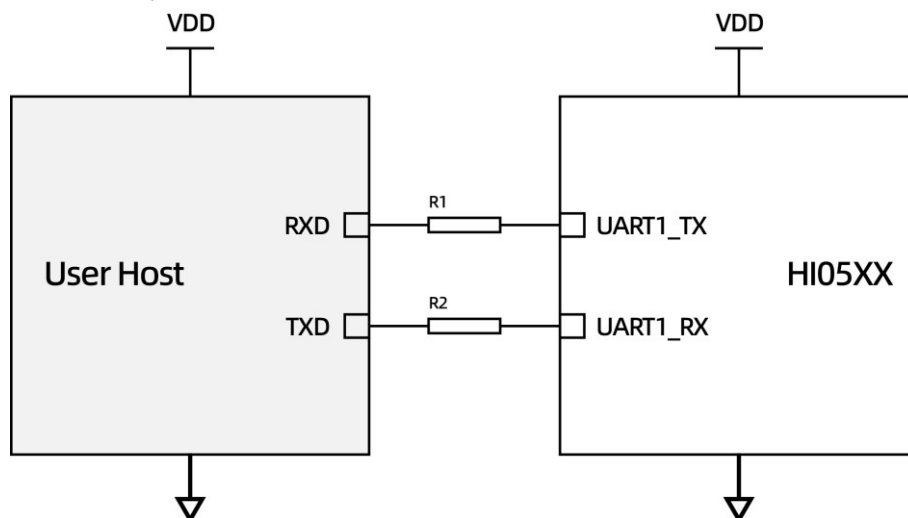


图 6: HI05 串口通信最小系统参考电路

### 9.3 I2C 通信

当前固件版本暂不支持，后续版本计划支持。

### 9.4 SPI 通信

当前固件版本暂不支持，后续版本计划支持。

### 9.5 CAN 通信

支持 CAN 功能的型号可实现标准 CAN 2.0B 通信协议，默认波特率为 500 kbps，能够满足大多数工业和嵌入式应用需求。用户也可通过指令修改波特率以适应不同通信场景，详情参考指令与编程手册。

### 9.6 CAN 典型参考设计

#### 9.6.1 MI0 接口参考设计

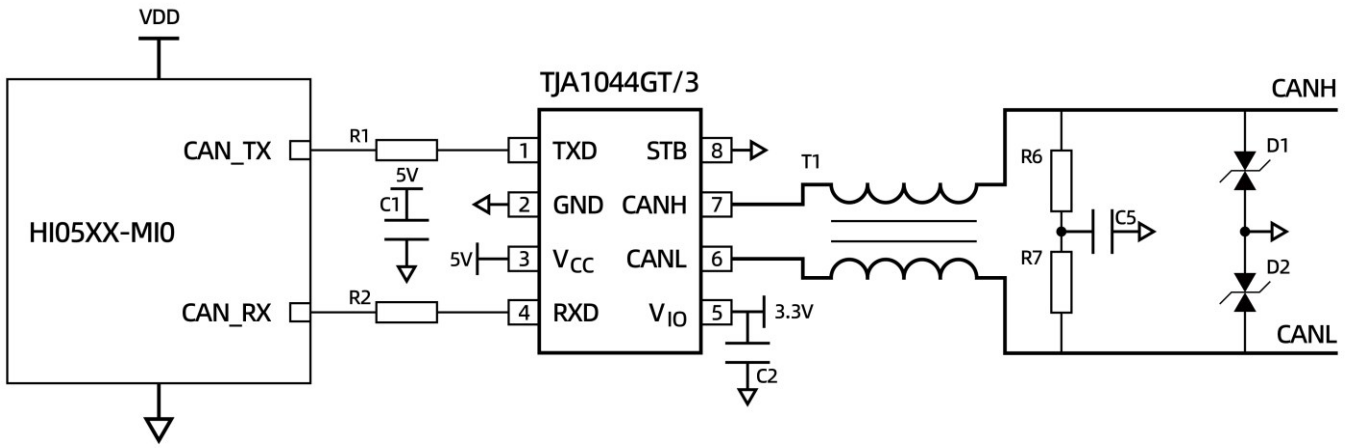


图 7: HI05XX-MI0 CAN 通信电路参考

注 1: 波特率, ID 等可以通过指令修改, 详情参考指令与编程手册。

注 2: 终端电阻配置需根据系统总线拓扑决定, 参考电路中的 R6/R7 仅供设计参考。

#### 9.6.2 MI1 接口参考设计

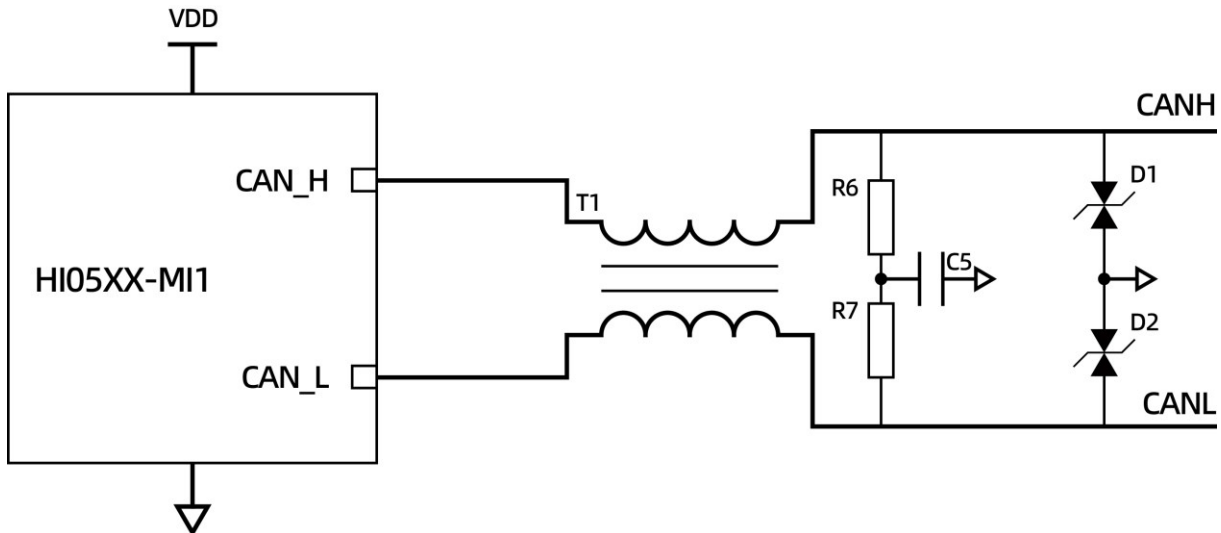


图 8: HI05XX-MI1 CAN 通信电路参考

### 9.7 同步系统参考设计

支持同步功能的 HI05 型号可实现脉冲触发同步和 PPS + GPRMC 时间同步，可与主机或外部设备（如 GNSS、摄像头、雷达等）进行时间对齐，具体支持情况以表 3 为准。

#### 9.7.1 主机触发同步（串口通信）

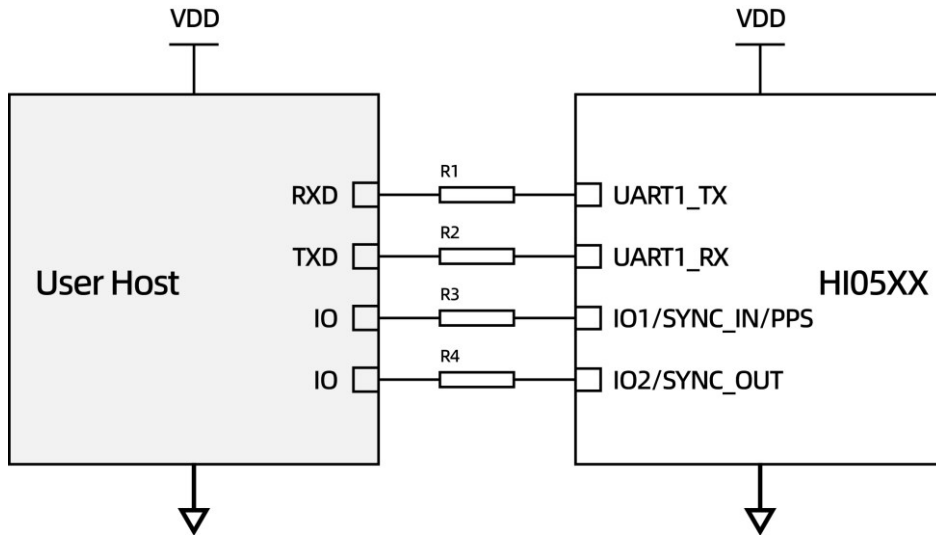


图 9: HI05 与主机触发同步（串口通信）

此种连接方式需要用户将 IO1/IO2 与主机系统直接相连，进行系统间触发同步。如果用户使用 IO1 同步输入，那么此时 IO1 处于同步输入模式且主机需要产生与数据帧率同频的脉冲给到 HI05。如果用户使用 IO2，那么 IO2 需要处于同步输出模式，同步输出的脉冲与数据帧率同频，可以当做 Data Ready 信号。IO1 与 IO2 可以不同时使用，具体需要使用哪种同步用户可以根据自己系统进行选择。

#### 9.7.2 主机 PPS+RMC 时间同步（串口通信）

此种连接方式需要用户将 IO1/IO2 与主机系统直接相连，进行系统间时间同步。此时 IO1 处于同步输入 PPS 模式且主机需要产生 PPS 秒脉冲给到 HI05。如果用户使用 IO2，那么 IO2 需要处于同步输出模式，同步输出的脉冲与数据帧率同频，可以当做 Data Ready 信号。UART1\_RX 此时应该接收主机产生的 RMC 信息。

#### 9.7.3 外部设备 PPS+RMC 同步（串口通信）

HI05 可以与外部的设备进行 PPS+RMC 时间同步，需要外部设备可以产生 PPS 和 RMC 信息，此时注意 HI05，用户主机，GNSS 三者之间共地，IO1 负责接收外部设备产生的 PPS 脉冲信号，UART2\_RX/UART3\_RX 接收 RMC 信息。

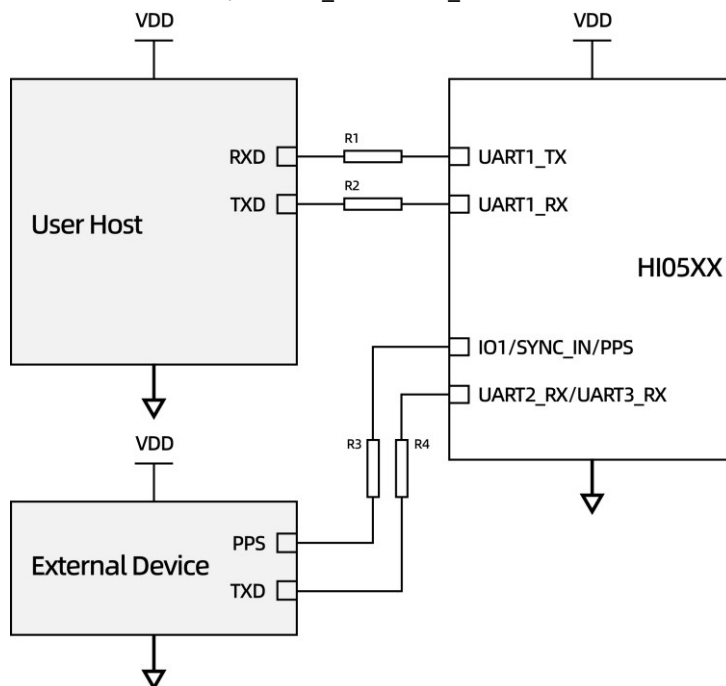


图 10: HI05 与外部设备 PPS+RMC 同步

### 9.7.4 CAN 通信（同步）

在 CAN 通信场景下，也可实现同步功能。此时 HI05 通过 CAN 接口与主机进行数据通信，同步 IO 可继续用于外部触发或时间对齐。具体同步时序与配置方式请参考串口同步方式。

### 9.8 INS 系统参考设计

HI05NX 系列可以外接 GNSS 实现 INS 系统，可以为用户提供姿态、位置、速度、授时等信息，这里以 UM982 为例描述 HI05NX 如何外接 GNSS。

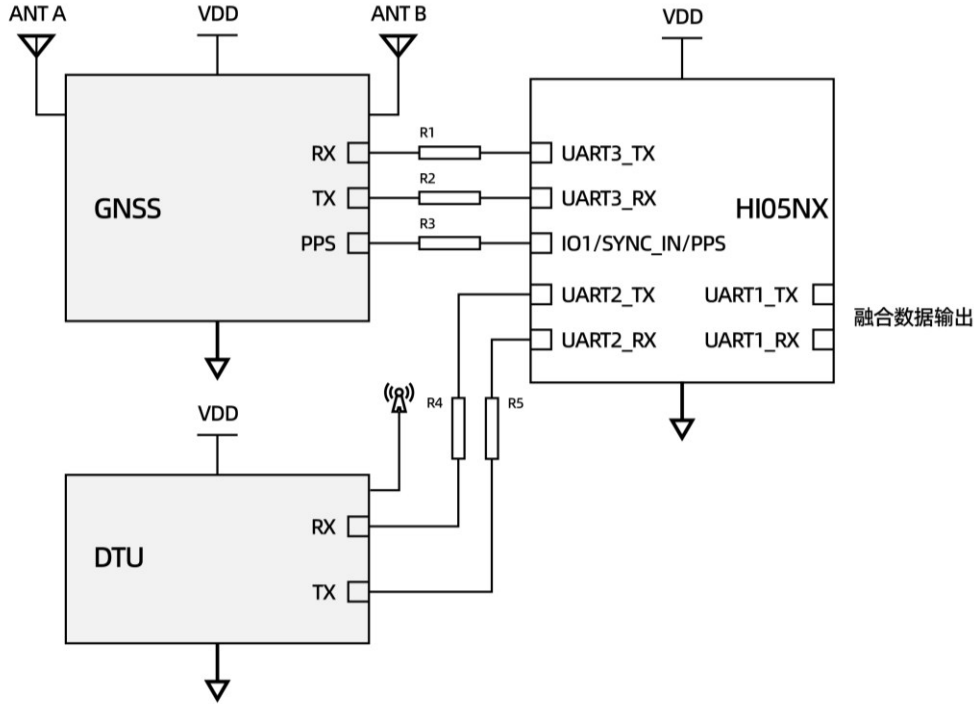


图 11: HI05NX 外接 GNSS

注 1: DTU 是系统非必要元素，用户可以根据自己系统设计需要是否添加 DTU。

### 9.9 参考设计 BOM

表 9: 参考设计 BOM

类型	编号	规格	型号	供应商
Fuse	F1	300 mA	JK-SMD0603-030-6	JK
TVS	D3	SMF5.0CA	SMF5.0CA	Littlefuse
Resistor	R1, R2, R3, R4, R5	1 kΩ	RC0402JR-071KL	YAGEO
Resistor	R6, R7	60.4 Ω	RC1206FR-0760R4L	YAGEO
Capacitor	C1, C2	0.1μF	CC0402KRX5R7BB104	YAGEO
Capacitor	C5	1 nF	CC0402KRX7R9BB102	YAGEO
Common Choke	T1	5.8 kΩ @ 10 MHz, 100 μH @ 100 kHz, 150 mA	ACT45B-101-2P-TL003	TDK
TVS	D1, D2	SMBJXXCA	SMBJXXCA	Littlefuse

注 1: 串联电阻可根据通信距离、速率及系统抗扰要求进行匹配，典型可选 33 Ω、100 Ω 或 1 kΩ。

注 2: TVS 器件的电压等级需根据系统供电平台选择；多节点级联场景下，也可选用 SMAJ 系列器件

## 10 传感器性能参数

### 10.1 陀螺仪

表 10: 陀螺仪性能参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程			±250			
			±500			
			±1000		°/s	默认: ±2000
			±2000			
			±4000			
分辨率			16	20	bit	
比例因子误差	100 °/s SMT 之前		250	400	ppm	典型值: RMS
	100 °/s SMT 之后		1390	2225		
非线性			±0.05		%Fs	1
噪声密度	带宽 10 Hz		0.0025		°/s/√Hz	
3 dB 带宽			80	400	Hz	2
零速输出				±0.12	°/s	3
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性	艾伦方差	X	4	6	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	1.5	2.5		
		Z	1.7	4		
零偏稳定性	10 s 平滑	X	10	16	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	4	7		
		Z	5	13		
零偏重复性		X	11	35	°/h	4
		Y	10	30		
		Z	9	20		
角度随机游走	艾伦方差	X	0.12	0.16	°/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.1	0.12		
		Z	0.1	0.14		
零偏全温变化	-40 °C ~ 85 °C		0.07	0.15	°/s	5
加计敏感性			XYZ	0.05	°/s/g	

注 1: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差

注 2: 不同的模式具有不同的带宽, 默认 6-DoF 模式为 80 Hz

注 3: 初始零偏标定之后, 零偏可以在算法引擎中实时估计

注 4: 超核实验室温箱转台测得, 温升斜率小于 3 °C/min

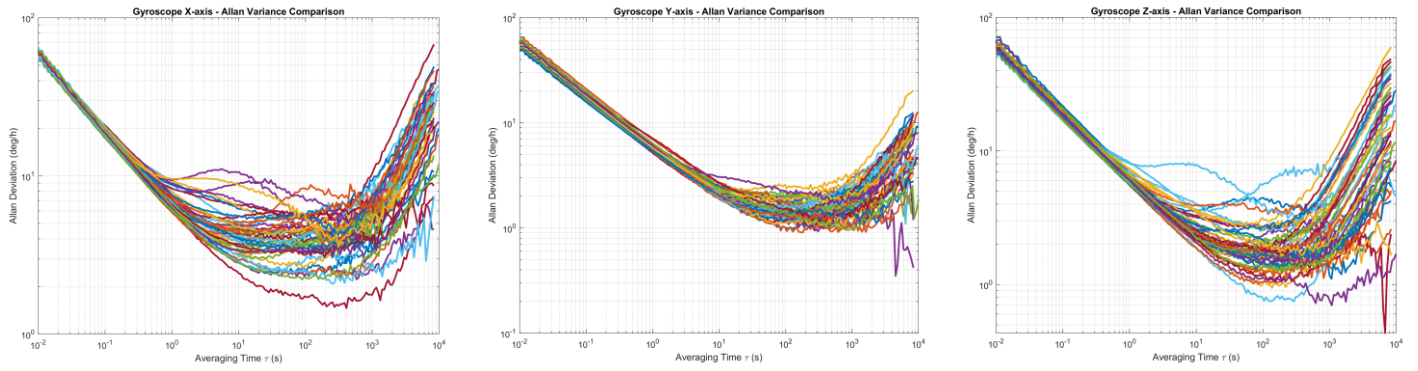


图 12: HI05XX 陀螺仪艾伦方差

## 10.2 加速度计

表 11: 加速度计参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程			±2		g	默认: ±16
			±8			
			±16			
			±32			
分辨率		16	20		bit	
初始零偏	SMT 之前 水平静止		1	2	mg	典型值: RMS
	SMT 之后 水平静止		5	10		
非线性			0.01		%FS	1
3 dB 带宽			90	400	Hz	2
噪声密度	带宽 10 Hz		0.05	0.07	mg/√Hz	
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性	艾伦方差	X	0.012	0.02	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.009	0.015		
		Z	0.016	0.022		
零偏稳定性	10 s 平滑	X	0.032	0.055	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.022	0.032		
		Z	0.048	0.082		
零偏重复性		X	0.1	0.3	mg	3 典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.06	0.2		
		Z	0.1	0.2		
随机游走	艾伦方差	X	0.0185	0.022	m/s/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.0177	0.021		
		Z	0.0204	0.028		
零偏全温变化	-40 °C ~ 85 °C	XY	2	5	mg	4
		Z	6	15		

注 1: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差

注 2: 不同的模式具有不同的带宽, 默认 6-DoF 模式为 90 Hz

注 3: 超核实验室温箱转台测得, 温升斜率小于 3 °C/min

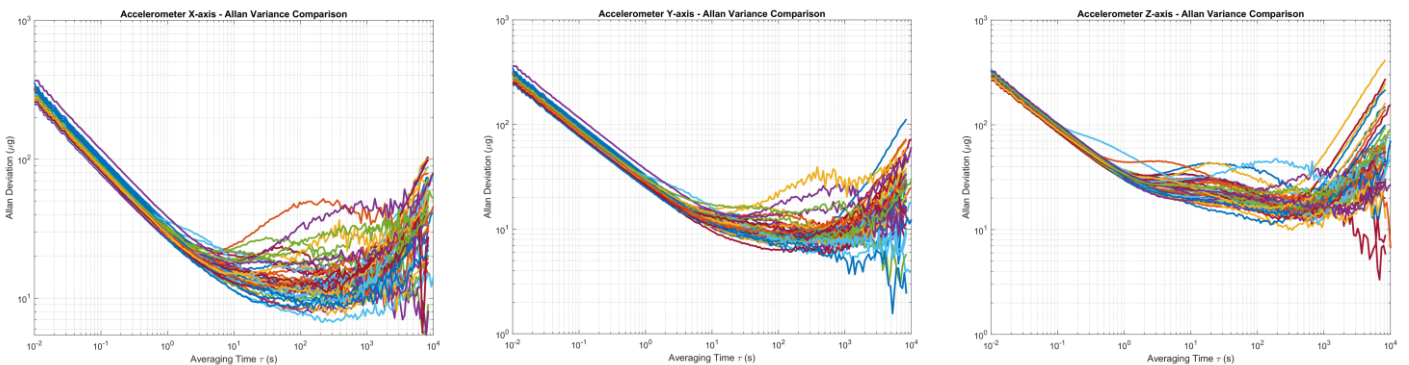


图 13: HI05XX 加速度计艾伦方差

## 10.3 磁力计

表 12: 地磁传感器参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程		-2000	±2000	2000	μT	
噪声		0.19	0.45		μT	
非线性度		±10	±20		μT	

## 10.4 气压计

表 13: 气压计参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程		300	-	1200	hPa	
分辨率			0.006		hPa	
精度			±0.06		hPa	

## 10.5 温度传感器

表 14: 温度传感器参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程		-40	-	85	°C	
偏置误差			±5		°C	

## 10.6 融合精度

除特别说明外，以下融合精度数据均在完成出厂标定后、典型安装条件下测得。姿态角精度与安装平整度、机械应力、振动环境、线性加速度、磁场环境及用户标定状态有关，实际应用结果可能存在差异。

### 10.6.1 姿态角精度

表 15: 姿态角精度

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
俯仰/横滚 (静态)	SMT 前		0.1	0.2	°	1
	SMT 后		0.3	0.4		
俯仰/横滚 (动态)	SMT 前		0.2	0.3	°	
	SMT 后		0.4	0.6		
航向角 (AHRS)			2	3	°	2
航向角静态漂移 (6-DoF)	静止 2 h		0.15	0.2	°	
航向角动态漂移 (6-DoF)			5	10	°	3
航向角旋转误差 (6-DoF)	100°/s 旋转 SMT 前		0.2	0.3	°	4
	100°/s 旋转 SMT 后		0.4	0.7		

注 1: 数据参考校准平面，数据来源于 20 pcs 测试样品。

注 2: 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。

注 3: 模组在室内清洁机器人上运动 1 h 测得，结果为 1σ。6-DoF 模式下的航向角为无磁参考条件下的估计值，其长期稳定性受初始对准、运动工况、环境条件、以及时间影响。

注 4: 模块在转台上旋转 10 圈平均每圈误差。

## 10.6.2 INS 精度 (外接 GNSS)

表 16: INS 精度 (外接 GNSS)

失锁时间	定位精度 RMS	速度精度 RMS	姿态精度 RMS (Pitch/Roll)	姿态精度 RMS (Heading)
3 s	3 cm	0.03 m/s	0.15°	0.1°
10 s	30 cm	0.1 m/s	0.2°	0.15°
60 s	3 m	0.15 m/s	0.2°	0.25°

注 1: 模块失锁前处于 RTK 定位模式, 失锁后有里程计接入, 外接 GNSS 型号为 UM982。

## 11 系统与电气参数

### 11.1 电气参数

表 17: 电气参数

参数	产品	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作电压范围 VDD		3.2	-	5.5	V	
功耗	HI05R2/N2			195		
	HI05R3/N3			200	mW	
	HI05R4/N4			205		
V <sub>OL</sub>			-	0.4	V	
V <sub>OH</sub>		2.6			V	
V <sub>IL</sub>		-0.3		1	V	
V <sub>IH</sub>		1.9		3.6	V	

### 11.2 接口参数

表 18: 接口参数

接口	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
UART1/UART2	波特率	9600	115200	921600	bps	
	输出帧率	0	100	1000	Hz	
UART3	波特率		115200		bps	可适配不同型号的 GNSS 板卡
	波特率	125	500	1000	kbps	
CAN	输出帧率	0	100	200	Hz	
	总线差分电压 V <sub>diff</sub>		1.5	3	V	
	终端电阻		无		Ω	
I2C			当前固件, 暂不支持			
SPI			当前固件, 暂不支持			

### 11.3 系统参数

表 19: 系统参数

参数	功能	描述	备注
尺寸		15 × 15 × 2.6 mm	
重量		< 1.5 g	
系统启动时间	IMU/VRU/AHRS	2 s	1
	INS	30 s	
工作温度		-40 °C ~ 85 °C	
屏蔽罩材质		洋白铜	
抗振动		1.0 mm (10 Hz ~ 58 Hz), ≤20 g (58 Hz ~ 600 Hz)	
环保		符合 RoHS 相关要求	
合规材料		相关认证及符合性文件请参考最新官方资料	
跌落测试		在高 75 cm 的实验台上, 自由跌落 3 次	
温度冲击		温度在 1 h 内从 -40 °C 升至 85 °C, 共 5 次	
湿敏等级		MSL2	

注 1: 系统从上电到有效数据输出的时间, INS 系统首次启动取决于 GNSS 进入定位模式的时间一般 < 30 s

## 11.4 绝对最大值

表 20: 绝对最大值

参数	限值	描述
机械冲击	2000 g	持续时间 < 0.2 ms
存储温度	-40 °C ~ 125 °C	
ESD (人体模型)	2 kV	JEDEC/ESDA JS-001
输入电压	9 V	
I/O 对地电压	-0.3 V ~ 5 V	
CAN_H 或 CAN_L 对地电压	±36 V	

### 12 机械尺寸

所有尺寸单位: mm

#### 12.1 产品尺寸

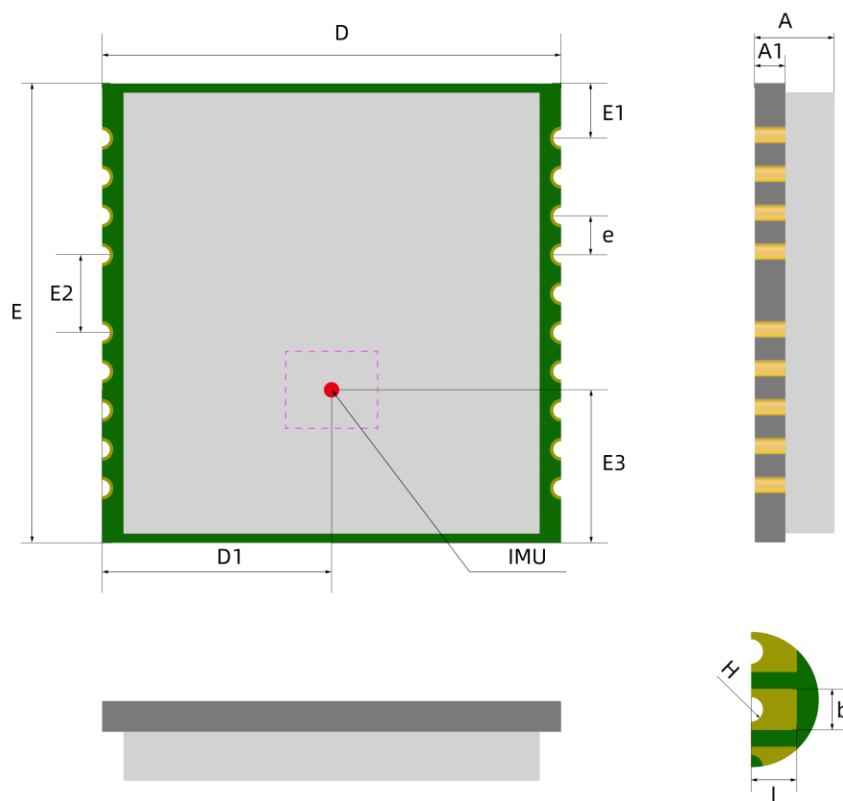


图 14: HI05 机械尺寸与 IMU 位置

表 21: 产品尺寸数据表

符号	最小值 (mm)	典型值 (mm)	最大值 (mm)
A	2.5	2.6	2.7
A1	0.95	1	1.05
D	14.8	15	15.2
D1	7.45	7.5	7.55
E	14.8	15	15.2
E1	1.69	1.79	1.89
E2	2.5	2.54	2.55
E3	4.9	5	5.1
e	1.25	1.27	1.28
L	0.95	1	1.05
b	0.87	0.9	0.92
H	R0.26	R0.27	R0.28

12.2 推荐封装尺寸

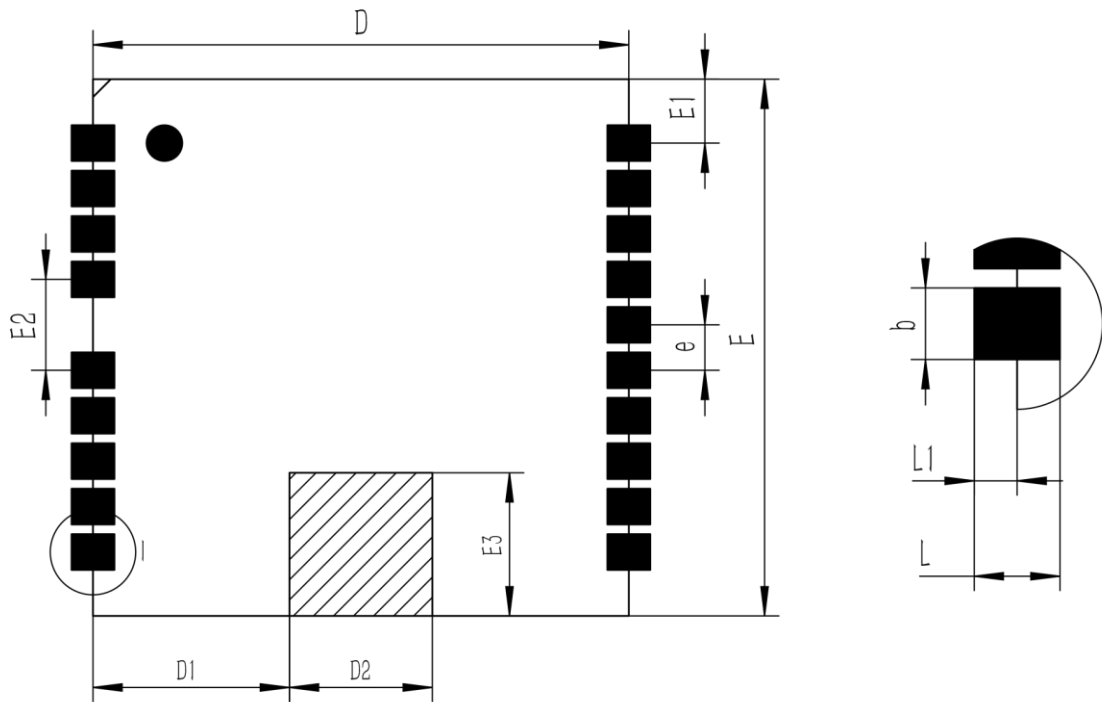


图 15: HI05 推荐的焊盘尺寸

注 1: 器件背部禁止有裸露铜皮, 如果用户使用带有地磁功能的 HI05, 阴影区域禁止覆铜和走线。

表 22: HI05 推荐封装尺寸数据表

符号	最小值 (mm)	典型值 (mm)	最大值 (mm)
D		15	
D1		5	
D2		5	
E		15	
E1		1.79	
E2		2.54	
E3		5	
e		1.27	
b		0.9	
L		2	
L1		1	

## 13 坐标系定义

### 13.1 IMU/VRU/AHRS 坐标系

#### 13.1.1 东北天 (ENU 默认)

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：

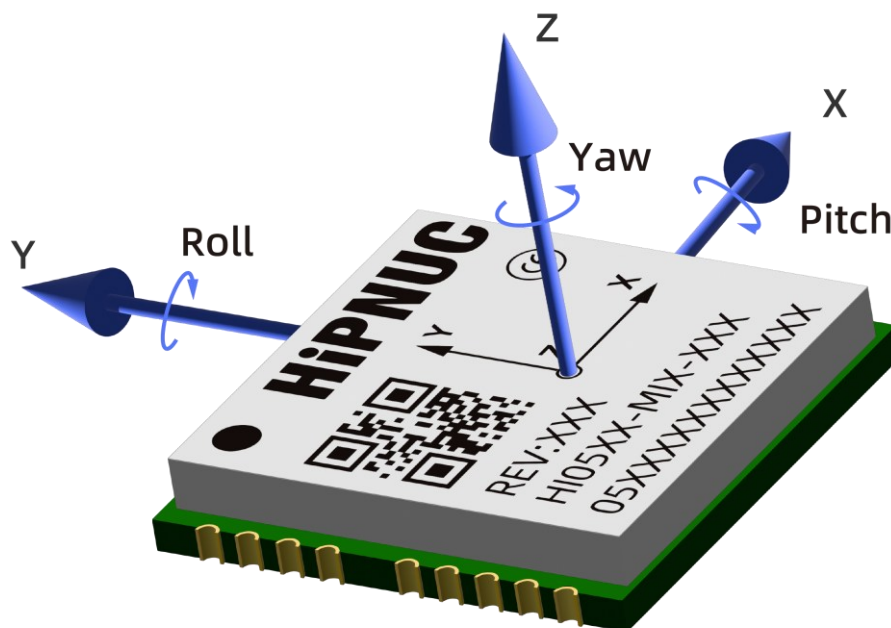


图 16: HI05 坐标系

角速度正方向遵循右手定则，四元数输出顺序以指令与编程手册定义为准。欧拉角输出对应航向角 (Yaw)、俯仰角 (Pitch) 和横滚角 (Roll)，其旋转顺序采用 Z-X-Y (312) 约定；涉及内旋/外旋及坐标变换定义时，请以指令与编程手册为准。具体定义如下：

- 绕 Z 轴旋转：航向角 (Yaw,  $\psi$ )，范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$
- 绕 X 轴旋转：俯仰角 (Pitch,  $\theta$ )，范围： $-90^\circ \sim 90^\circ$
- 绕 Y 轴旋转：横滚角 (Roll,  $\phi$ )，范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$

当模组坐标系与参考坐标系重合时，欧拉角的理想输出为 Pitch =  $0^\circ$ 、Roll =  $0^\circ$ 、Yaw =  $0^\circ$ 。

如需旋转坐标系，请参考指令与编程手册

#### 13.1.2 北西天 (NWU) 与北东地 (NED)

载体也可以配置为北西天 (NWU) / 北东地 (NED) 坐标系，需要用户自行配置，详情请参考指令与编程手册。

### 13.2 INS 系统坐标系

载体坐标系定义如下：载体前进方向为 Y 轴正方向，X 轴指向载体右侧，构成东北天-右前上坐标系。被测载体、GNSS 天线、HI05NX 三者之间需要刚性连接。

双天线分为 A 天线和 B 天线，在传感器外壳上有醒目标识，其中 A 为主天线（定位天线），B 为从天线（定向天线），AB 天线所确定的向量（从 A 到 B），称为定向基线。AB 天线所确定的向量需与载体前进方向（IMU Y 轴正方向）的夹角为  $0^\circ$ （顺时针为正）。AB 天线的距离推荐在 0.8 ~ 2 m 之间，注意天线位置安装完毕后，需要重新上电或者重启模块。

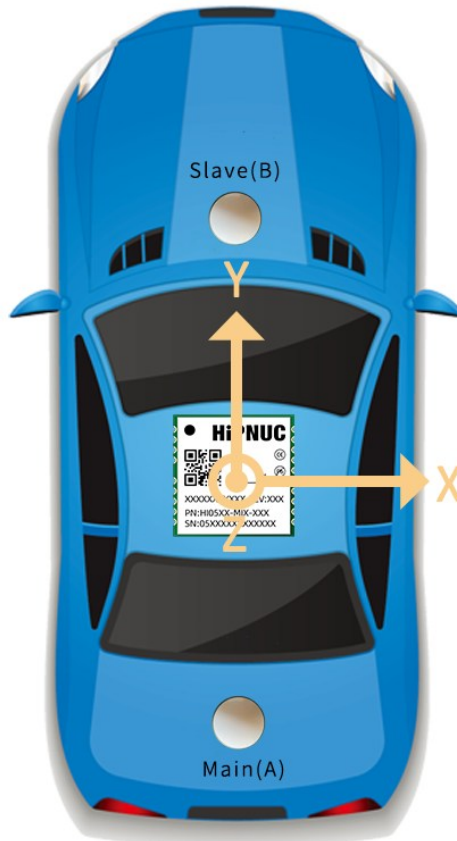


图 17: HI05 外接 GNSS 坐标系定义

注 1: 图中的天线仅为安装示意，实际需要与 GNSS 模块相连。

## 14 评估板与配线

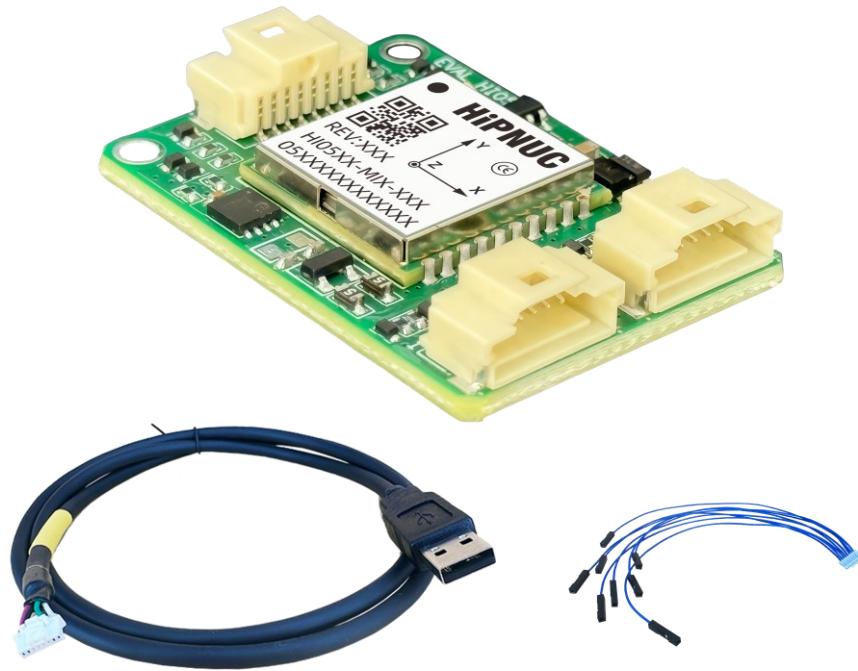


图 18: HI05 系列评估板与线束

注 1: 详情参考 EVAL HI05 评估板用户指南。

## 15 通信协议

### 15.1 串行二进制协议

产品支持串行二进制通信协议，具体报文格式、输出配置及指令定义请参考指令与编程手册。

### 15.2 Modbus

通过外接 RS-485 收发器后，可支持基于 Modbus RTU 的通信方式，详细协议请参考指令与编程手册。

### 15.3 CAN

CAN 通信支持 CANopen 与 SAE J1939，详细协议定义请参考指令与编程手册。

## 16 焊接与安装

### 16.1 焊接曲线

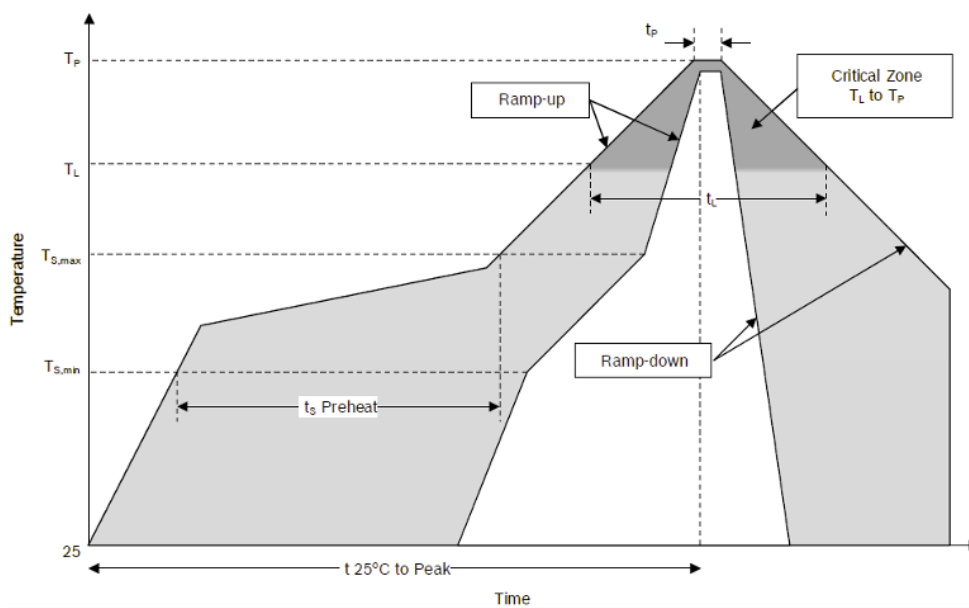


图 19: SMT 温度曲线

表 23: 焊接曲线说明

参数	说明
Average ramp-up rate ( $T_{Smax}$ to $T_P$ )	3 °C/s max
Temperature min ( $T_{Smin}$ )	150 °C
Temperature max ( $T_{Smax}$ )	200 °C
Time ( $T_{Smin}$ to $T_{Smax}$ )	60-180 s
Temperature ( $T_L$ )	170 °C
Time ( $t_L$ )	60-150 s
Peak classification temperature ( $T_P$ )	250 °C
Time within 5 °C of actual peak temperature ( $t_p$ )	20-40 s
Ramp-down rate	6 °C/min max
Time 25 °C to peak temperature	8 min max

### 16.2 安装建议

MEMS 传感器属于同时包含电子结构与机械敏感结构的高精度测量器件。为获得更好的测量精度、装配一致性及机械可靠性，建议用户在 PCB 设计与整机安装时注意以下事项：

- 对于带磁力计的型号，应尽量远离电机、电感、大电流回路、铁磁材料及磁性紧固件，以减小磁干扰对航向角精度的影响
- 建议将模组水平安装在被测载体上
- 不建议将传感器安装在按键、连接器或其他易引入局部机械应力的位置附近
- 不建议将传感器安装在高热源附近，例如主控、功率器件或图形处理器周边，以避免局部快速升温对测量结果造成影响
- 不建议将传感器安装在 PCB 机械应力集中的区域，例如对角连线中心或螺丝孔附近
- 应避免将传感器安装在 PCB 可能出现谐振或高振动响应的位置

如果受整机结构限制，无法完全满足上述安装建议，建议在整机装配完成后进行针对具体应用的在线偏移或安装误差补偿校准，以降低潜在影响。

## 17 包装

### 17.1 卷带

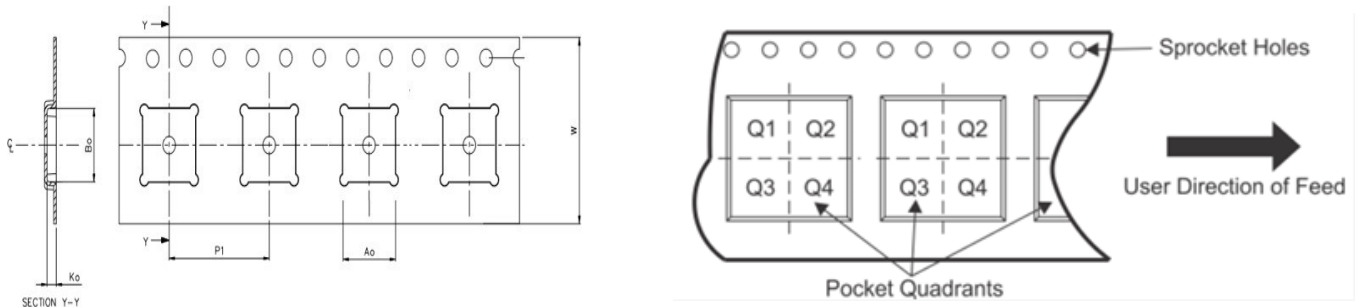


图 20: 卷带尺寸与 1 脚方向

表 24: 卷带尺寸

产品	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)
HI05	15.4	15.4	2.9	20	24

### 17.2 卷盘

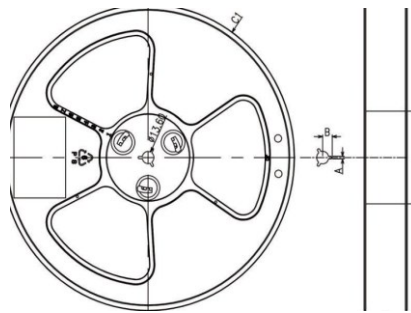


图 21: 卷盘尺寸

表 25: 卷盘尺寸

产品	标准包装数量 (pcs)	卷盘直径 C1 (mm)	卷盘宽度 H (mm)	A (mm)	B (mm)	T (mm)	D (mm)
HI05	1000	330	16.8	2.5	11	2.0	100

### 17.3 装箱方式

HI05 系列采用标准的纸箱包装

表 26: 装箱



表 27: 装箱尺寸

产品	标准包装数量 (pcs)	L (mm)	W (mm)	H (mm)
HI05XX	1000	360	360	40

## 18 免责声明

本文档中的参数、描述及应用信息仅供产品选型与设计参考，不构成最终交付承诺或质量保证。产品的适用性需由用户结合具体应用自行评估。除双方另有书面约定外，超核不对因本文档使用、解释或依赖所导致的直接或间接损失承担责任。超核保留在不另行通知的情况下对产品、文档及相关信息进行修改的权利。