

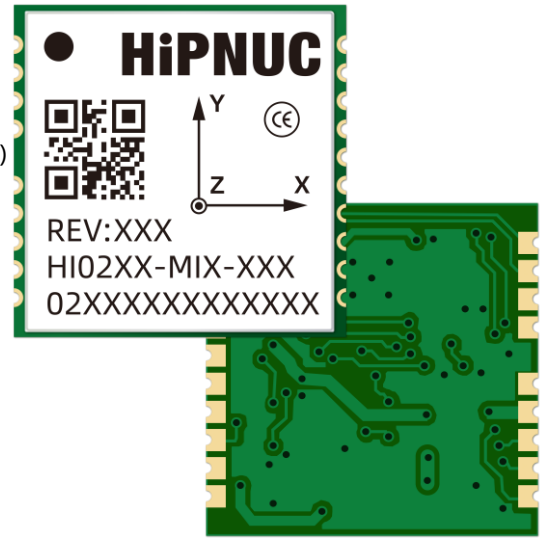
## 1 特性

### 1.1 硬件

- 高性能、低噪声 MEMS IMU
- 集成低噪声、高可靠性 LDO
- 出厂前已完成比例因子、跨轴误差和零偏标定（如需温度补偿，请联系销售）
- 优异的抗振性
- 集成温度传感器
- 小体积表贴封装，尺寸为 15 × 15 × 2.6 mm，易于集成
- 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

### 1.2 软件

- 自适应扩展卡尔曼融合算法，高达 200 Hz 输出，低延时
- 动态跟随性能优异，且具备良好的振动抑制能力
- 对线性加速度有出色的抑制作用
- 自定义二进制协议
- 丰富的用户配置指令
- 提供多功能 GUI，便于操作与配置
- 提供 ROS1、ROS2、C、MATLAB、Python、Arduino 等多种参考例程



## 2 应用

HI02 系列专为满足低成本应用需求而设计。

- 扫地机
- 割草机
- 泳池机器人

### 3 描述

#### 3.1 系统框图

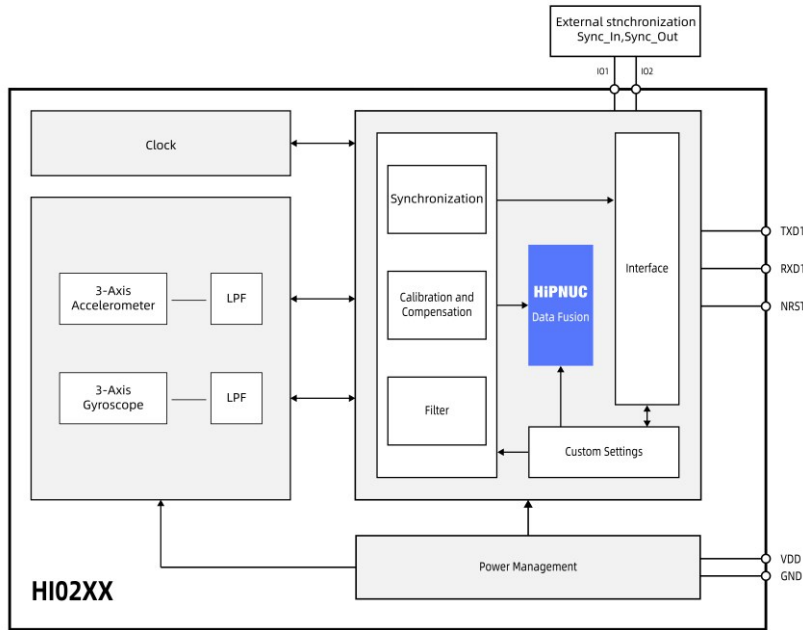


图 1 HI02 系列系统框图

#### 3.2 通用描述

HI02 系列是一款基于 MEMS IMU 的 IMU/VRU 传感器模组，模组搭载自主研发的自适应扩展卡尔曼滤波算法、IMU 噪声动态分析算法和载体运动状态分析算法，可为用户提供准确的姿态、加速度、角速度、四元数等信息。每个模组在出厂前均经过补偿与标定，包括零偏、比例因子和跨轴误差的校准。模组可通过 UART 接口进行数据传输。

多功能上位机 (GUI) 可帮助用户快速评估产品性能，其功能包括但不限于模组配置、数据显示、固件升级和数据记录。



图 2 上位机界面

## 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 H102 系统架构	8
7.1 IMU	8
7.2 VRU	8
8 引脚定义	9
9 外设接口与参考设计	10
9.1 电源参考设计	10
9.2 串口通信	10
9.3 同步系统参考设计	11
9.4 参考设计 BOM	11
10 传感器性能参数	12
10.1 陀螺仪	12
10.2 加速度计	13
10.3 温度传感器	14
10.4 融合精度	14
11 系统与电气参数	15
11.1 电气参数	15
11.2 接口参数	15
11.3 系统参数	15
11.4 绝对最大值	15
12 机械尺寸	16
12.1 产品尺寸	16
12.2 推荐封装尺寸	17

# HI02 系列规格书

## 低成本 IMU/VRU 模组

REV: 1.1

---

13 坐标系定义 .....	18
13.1 东北天（默认） .....	18
13.2 北西天（NWU）与北东地（NED） .....	18
14 评估板与配线 .....	19
15 通信协议 .....	20
16 焊接与安装 .....	21
16.1 焊接曲线 .....	21
16.2 安装建议 .....	21
17 包装 .....	22
17.1 卷带 .....	22
17.2 卷盘 .....	22
17.3 装箱方式 .....	22

## 4 产品选型

表 1 选型信息

		HI02a-b-c					
标识	系列	a-传感器		b-数据接口		c-其他信息	
HI	02	M0	IMU/VRU	MIO	多接口	000	默认

注 1: 型号举例: HI02M0-MIO-000

## 5 产品订购

### 5.1 订购编码

表 2 订购编码

订购型号	名称	描述	备注
HI02M0-MI0-000	IMU/VRU 模组	IMU/VRU	

### 5.2 联系方式

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 3 历史版本

版本	日期	作者	描述
1.0	2025 年 5 月 31 日	HiPNUC	初始版本
1.1	2026 年 2 月 10 日	HiPNUC	更改外观, 重新排版

### 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 H102 用户指南与设计文件
4. CE/RoHS 等认证文件
5. GUI 软件与参考例程

## 7 HI02 系统架构

HI02 系列是一款集 IMU 和 VRU 功能于一体的传感器模组，出厂前经过严格的比例因子、跨轴误差和零偏标定，可以为用户提供传感器基础数据（加速度、角速度）、三维姿态数据（欧拉角，即俯仰、横滚、偏航）。

HI02 模组配备了 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪和一颗高性能处理器。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。

### 7.1 IMU

HI02 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，HI02 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。这些标定包括跨轴误差、比例因子和零偏。

### 7.2 VRU

HI02 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。

## 8 引脚定义

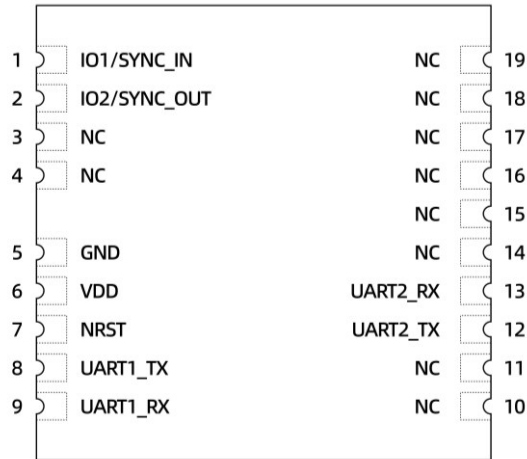


图 3 引脚定义

表 4 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	类型	功能	备注
1	IO1(SYNC_IN)	I/O	同步输入，可以接受外部触发信号	
2	IO2(SYNC_OUT)	I/O	同步输出，可作为 Data Ready 信号	
3,4,10,11,14,15,16,17,18,19	NC	N/A	保留引脚，建议悬空	
5	GND	Power	电源地	
6	VDD	Power	电源输入，3.2 ~ 5.0 V	
7	NRST	I	复位引脚，低电平时复位模组，建议连接主机 GPIO；如不使用，可悬空	
8	UART1_TX	I/O	UART1 发送	
9	UART1_RX	I/O	UART1 接收	
12	UART2_TX	I/O	UART2 发送，建议悬空	
13	UART2_RX	I/O	UART2 接收，建议悬空	

## 9 外设接口与参考设计

### 9.1 电源参考设计

HI02 系列传感器内置了低压差线性稳压器 (LDO)，这一设计在电源管理方面具有重要意义。LDO 的引入能够有效减少外部电源噪声对模组内部系统的干扰，从而提升系统的稳定性和可靠性。这种优化设计使得 HI02 在复杂电源环境下依然能够保持高精度的性能输出。因此，用户可以使用 LDO 或 DC-DC 对系统供电，输入电压范围为 3.3 ~ 5 V。

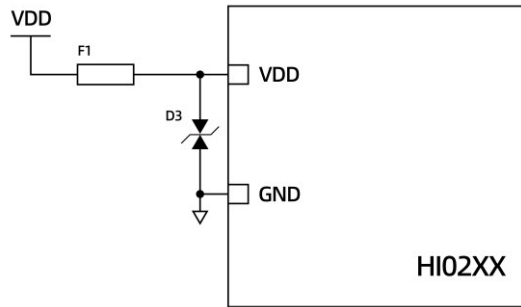


图 4 电源参考电路

### 9.2 串口通信

HI02 系列传感器支持灵活多样的通信方式，能够通过 UART1 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，HI02 还可以通过外接 RS-232/RS-485/RS-422 收发器，将 UART 接口扩展为 RS-232/RS-485/RS-422 通信方式，进一步增强了模组的适用性和扩展能力。

**注 1：** 波特率和数据输出帧率均可通过指令修改，详情请参考《指令与编程手册》。

在使用 HI02 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。

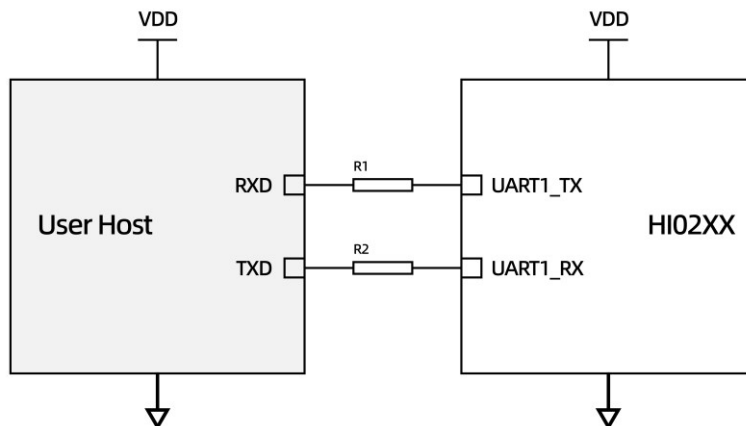


图 5 HI02 串口通信最小系统参考电路

### 9.3 同步系统参考设计

HI02 支持脉冲触发功能，可与用户系统实现同步

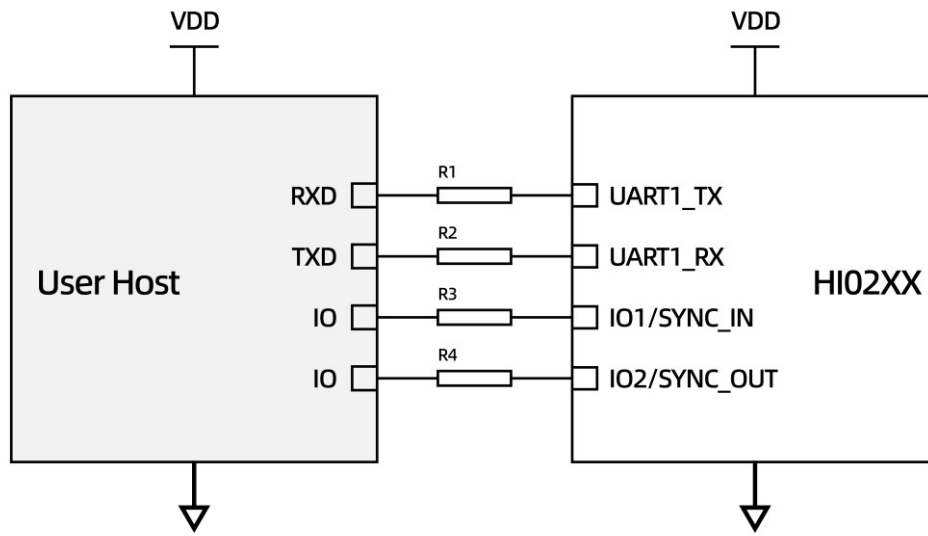


图 6 HI02 与主机触发同步（串口通信）

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 HI02。如果用户使用 IO2，则 IO2 需处于同步输出模式，其输出脉冲与数据帧率同频，可作为 Data Ready 信号。IO1 与 IO2 无需同时使用，用户可根据自身系统需求选择同步方式。

### 9.4 参考设计 BOM

表 5 参考设计 BOM

类型	位号	规格	料号	供应商
保险丝	F1	300mA	JK-SMD0603-030-6	JK
TVS	D3	SMF5.0CA	SMF5.0CA	LittleFuse
电阻	R1, R2, R3, R4	1K	RC0402JR-071KL	YAGEO

注 1：1 kΩ 电阻可根据实际应用场景调整。若传输距离较远，可适当减小阻值，例如 33 Ω 或 100 Ω。

### 10 传感器性能参数

#### 10.1 陀螺仪

表 6 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		±125	±2000	±2000	°/s	
分辨率			16		bit	
比例因子	SMT 前, 100 °/s 旋转		600	850	ppm	典型值: RMS
	SMT 后, 100 °/s 旋转		1200	2200		
非线性			±0.05		%FS	1
噪声密度	带宽 47 Hz		0.014		°/s/√Hz	
3 dB 带宽			80	200	Hz	2
零速输出		<0.1		±0.45	°/s	3
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性	艾伦方差	X	2.5	4	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	3.2	5.5		
		Z	3	5.5		
零偏稳定性	10s 平滑	X	10	14	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	13	17		
		Z	10	13		
零偏重复性		X	20	36	°/h	
		Y	36	61		
		Z	16	25		
角度随机游走	艾伦方差	X	0.55	1.1	°/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.82	1.2		
		Z	0.47	0.7		
零偏全温变化 (温补后)	-40 °C ~ 85 °C		0.07	0.15	°/s	4
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 6DoF 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: 默认不进行温度补偿, 如有需求请联系销售代表。数据由超核实验室温箱转台测试获得, 温升斜率小于 3 °C/min

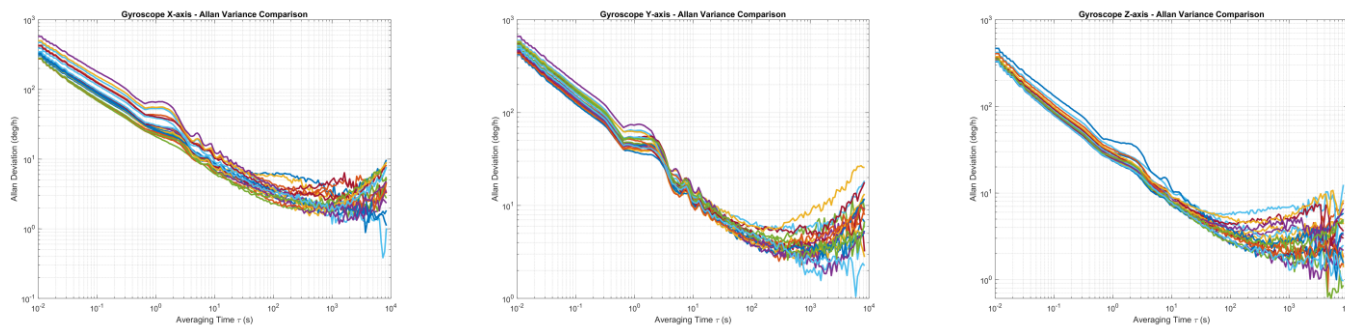


图 7 陀螺仪艾伦方差

## 10.2 加速度计

表 7 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	±12	±24	g	
分辨率			16		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		10	20		
非线性			±0.5		%FS	1
3 dB 带宽			90	200	Hz	2
噪声密度			0.16	0.2	mg/√Hz	
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性	艾伦方差	X	0.021	0.035	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.032	0.065		
		Z	0.023	0.03		
零偏稳定性	10s 平滑	X	0.068	0.1	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.09	0.19		
		Z	0.07	0.1		
零偏重复性		X	0.22	0.4	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.15	0.21		
		Z	0.12	0.2		
速度随机游走	艾伦方差	XYZ	0.09	0.11	m/s/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
零偏全温变化(温补后)	-40 °C ~ 85 °C		3	8	mg	4

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 6DoF 模式为 90 Hz

注 3: 默认无温补, 如需温补请与销售代表联系, 超核实验室温箱转台测得, 温升斜率小于 3 °C/min

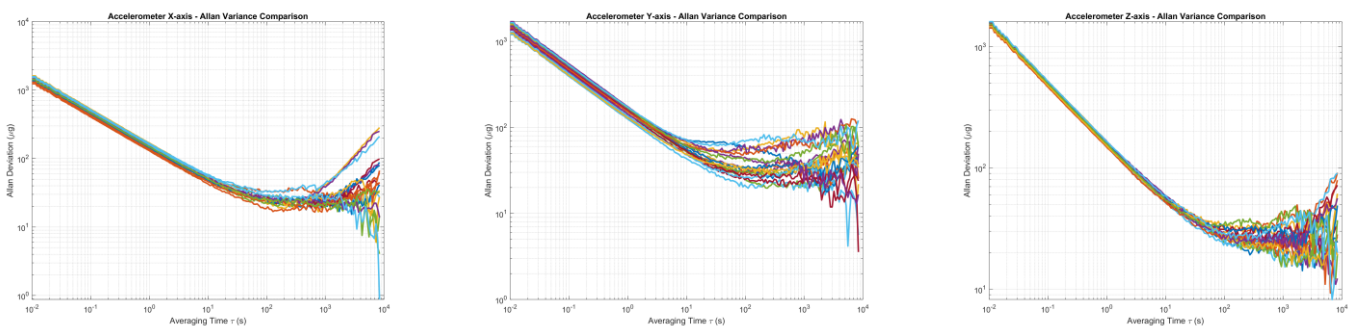


图 8 加速度计艾伦方差

## 10.3 温度传感器

表 8 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	
偏移误差			±5		°C	

## 10.4 融合精度

表 9 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	0.5		
俯仰/横滚(动态)	SMT 前		0.2	0.3	°	
	SMT 后		0.5	0.8		
航向角静态漂移(6DoF)	静止 2 h		0.15	0.2	°	
航向角动态漂移(6DoF)			10	18	°	2
航向角旋转误差(6DoF)	SMT 前, 100 °/s 旋转		0.2	0.3	°	3
	SMT 后, 100 °/s 旋转		0.4	0.7		

注 1: 数据参考校准平面, 数据来源于 20 个测试样品。

注 2: 数据为模组安装于室内清洁机器人上连续运动 1 h 的测试结果, 统计口径为  $1\sigma$

注 3: 数据为模组在转台上旋转 10 圈后计算得到的单圈平均误差

## 11 系统与电气参数

### 11.1 电气参数

表 10 电气参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入电压 VDD		3.2	-	5.5	V	
功耗				150	mW	
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 11 接口参数

接口	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
UART1	波特率	9600	115200	921600	bps	
	输出帧率	0	100	200	Hz	

### 11.3 系统参数

表 12 系统参数

参数	描述	备注
尺寸	15 × 15 × 2.6 mm	
重量	<1.5 g	
系统启动时间	2 s	1
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	从 75 cm 高的实验台自由跌落 3 次	
温度冲击	温度在 1 h 内由 -40 °C 升至 85 °C, 共循环 5 次	
湿敏等级	MSL2	

注 1: 系统从上电到有效数据输出的时间

### 11.4 绝对最大值

表 13 绝对最大值

参数	限值	备注
机械冲击	10,000 g	Duration <0.2 ms
存储温度	-40 °C ~ 125 °C	
ESD HBM	2 kV	JEDEC/ESDA JS-001
输入电压	6 V	
IO To GND	-0.3 V ~ 5 V	

### 12 机械尺寸

所有尺寸单位均为 mm

#### 12.1 产品尺寸

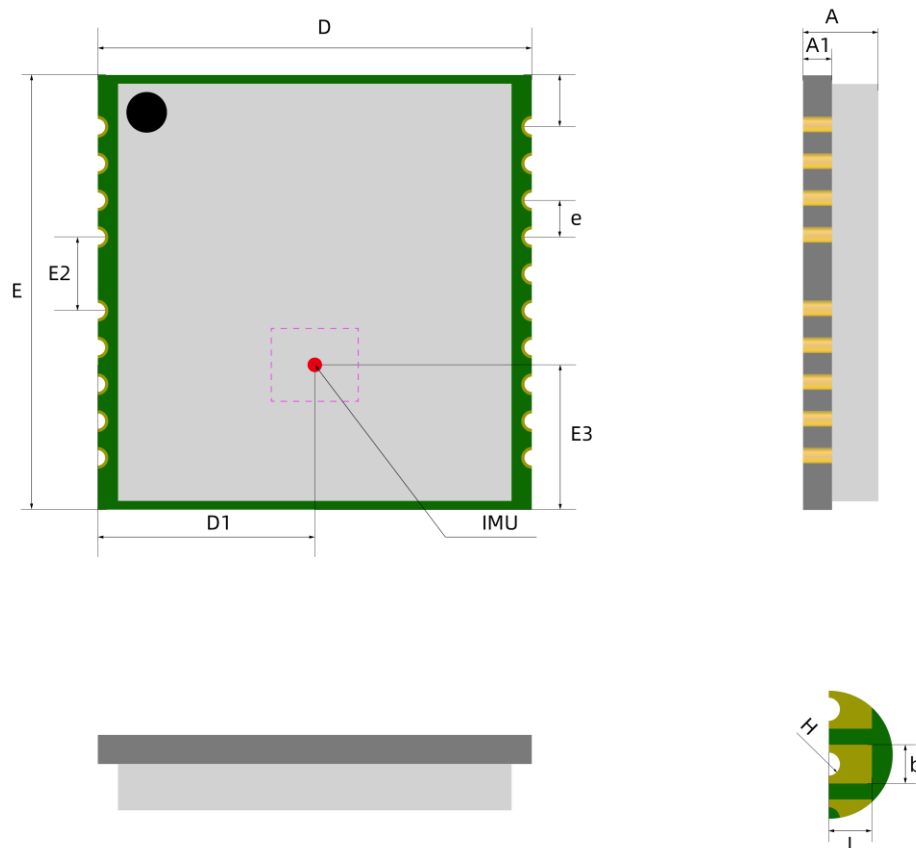


图 9 HI02 机械尺寸与 IMU 位置

表 14 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

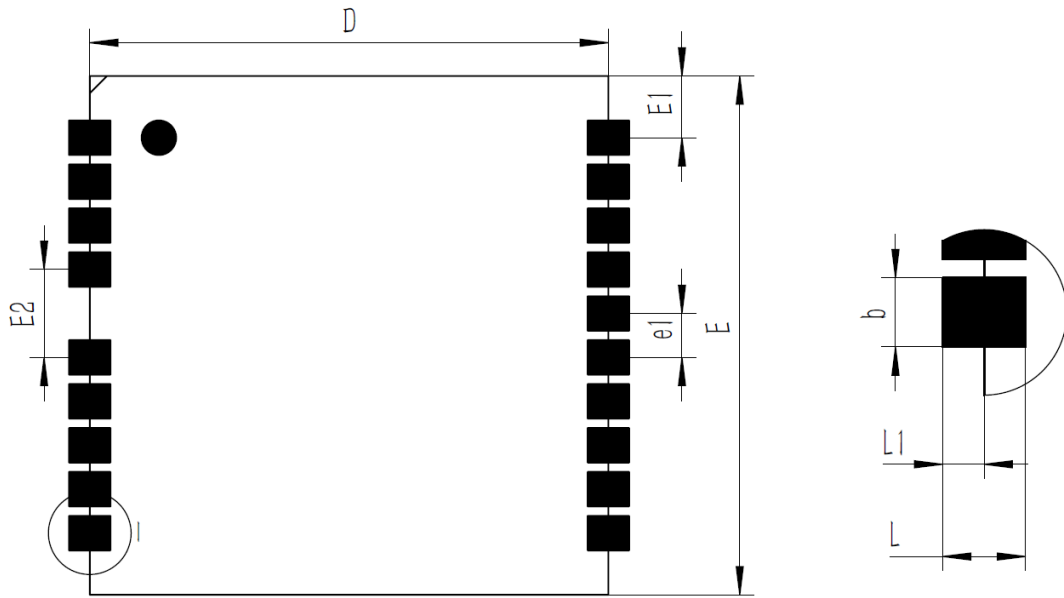


图 10 推荐的封装尺寸

注 1: 器件背部禁止有裸露铜皮。

表 15 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	
E		15	
E1		1.79	
E2		2.54	
e		1.27	
b		0.9	
L		2	
L1		1	

## 13 坐标系定义

### 13.1 东北天（默认）

载体使用右-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：

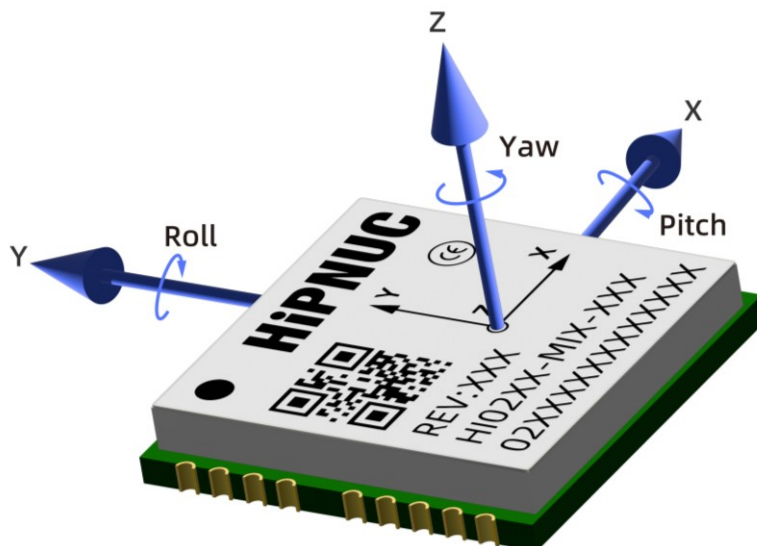


图 11 HI02 坐标系

欧拉角旋转顺序为东-北-天（312 顺序，即先绕 Z 轴、再绕 X 轴、最后绕 Y 轴旋转）。具体定义如下：

绕 Z 轴方向旋转：航向角（Yaw,  $\psi$ ）范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$

绕 X 轴方向旋转：俯仰角（Pitch,  $\theta$ ）范围： $-90^\circ \sim 90^\circ$

绕 Y 轴方向旋转：横滚角（Roll,  $\phi$ ）范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$

如果将模组视为飞行器，则 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 =  $0^\circ$ , Roll =  $0^\circ$ , Yaw =  $0^\circ$ 。

如需切换坐标系，请参考《指令与编程手册》。

### 13.2 北西天（NWU）与北东地（NED）

载体也可以配置为北西天/北东地坐标系，需由用户自行配置，详情请参考《指令与编程手册》。

## 14 评估板与配线

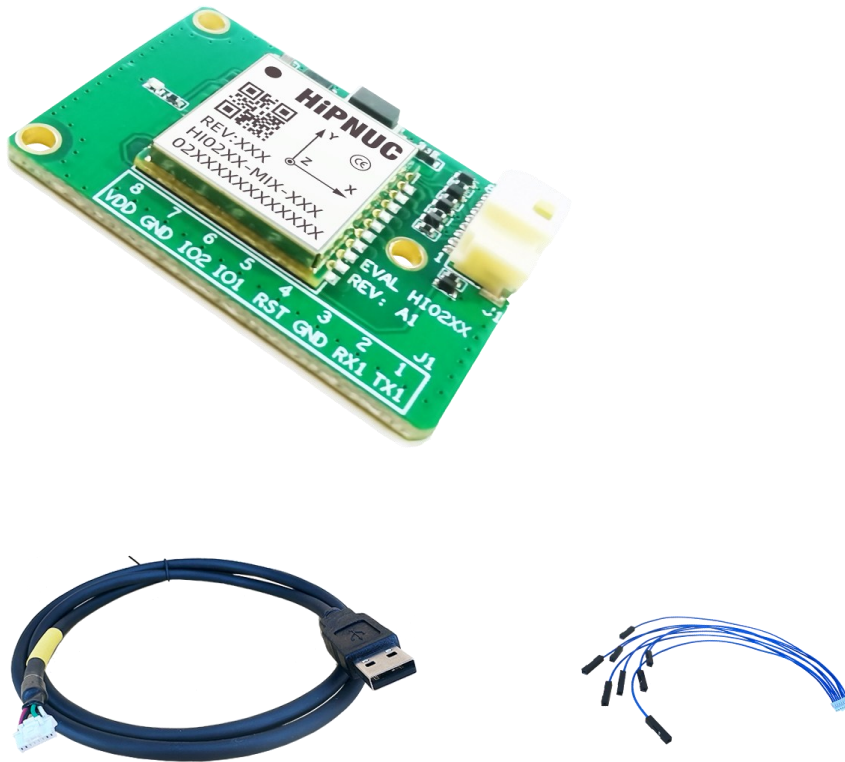


图 12 评估板与线束

注 1: USB 转 Molex 线束长度为 1 m, Molex 转杜邦头线束长度为 0.3 m

## 15 通信协议

为方便用户使用，我们提供了自定义二进制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》。

## 16 焊接与安装

### 16.1 焊接曲线

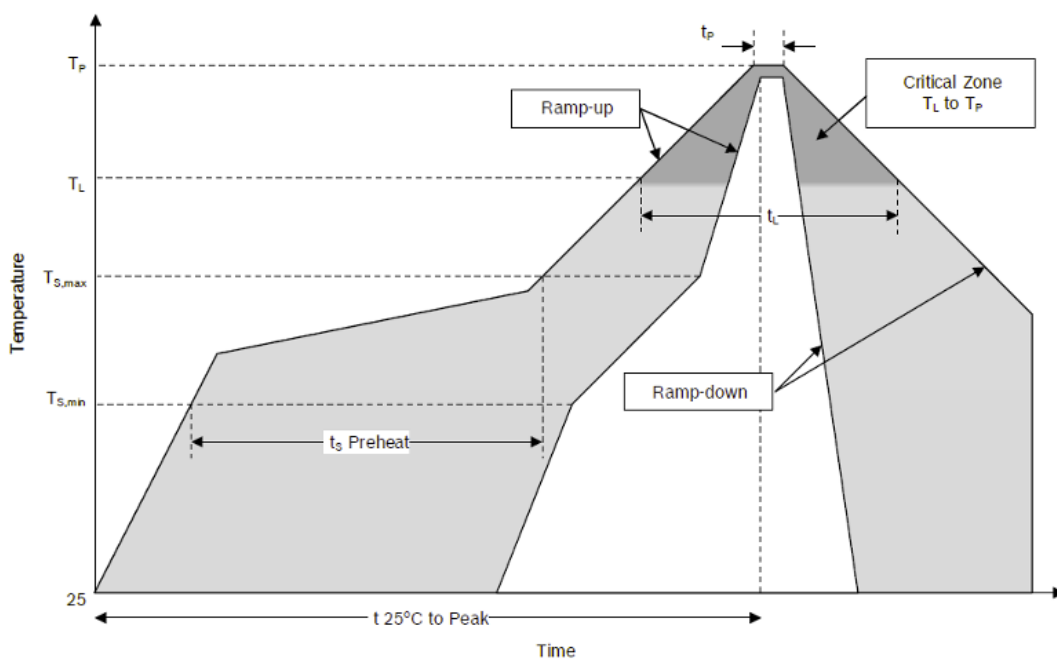


图 13 SMT 温度曲线

表 16 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 传感器是由电子与机械结构组成的高精度测量设备，在设计上兼顾精度、效率和机械可靠性。当需要将传感器安装到印刷电路板 (PCB) 上时，建议考虑以下事项：

- 建议将模组水平放置在被测载体上
- 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 快速升温，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。

### 17 包装

#### 17.1 卷带

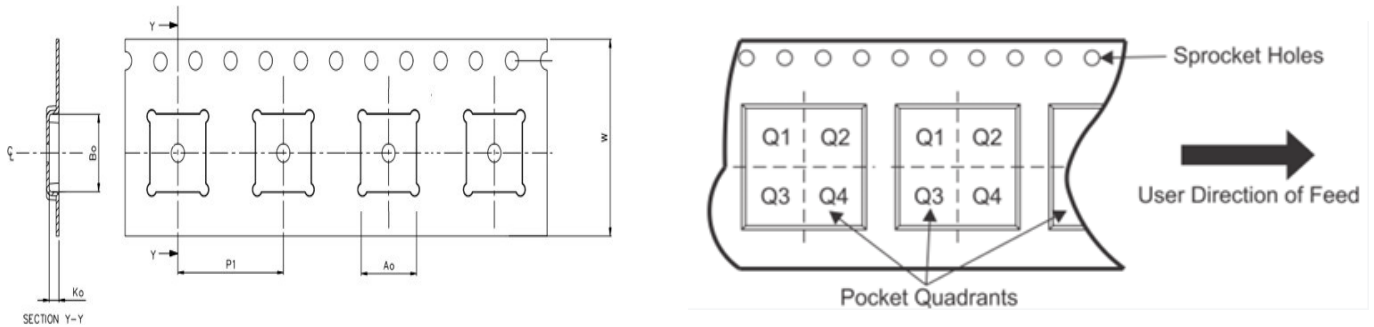


图 14 载带尺寸及 Pin 1 方向

表 17 载带尺寸信息

产品	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)
HI02	15.4	15.4	2.9	20	24

#### 17.2 卷盘

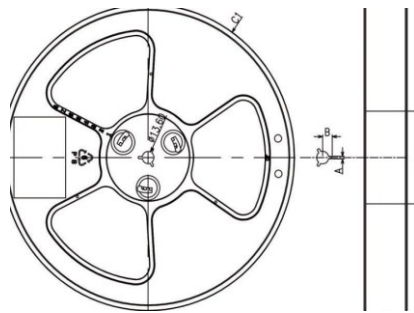


图 15 卷盘尺寸

表 18 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)
HI02	1000	330	16.8	2.5	11	2.0	100

#### 17.3 装箱方式

HI02 系列采用标准的纸箱包装



HI02

卷盘

真空包装

外箱

表 19 纸箱尺寸

产品	标准包装数量(PCS)	L (mm)	W (mm)	H (mm)
HI02	1000	360	360	40

## 18 免责声明

本文档所列参数为产品在指定测试条件下的典型值、最大值或测试值，不构成最终交付承诺。Hipnuc 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。