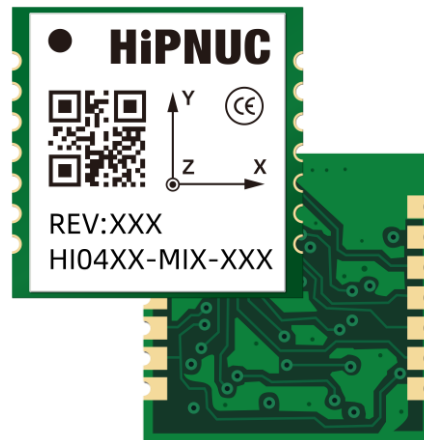


1 特性

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
- 支持 PPS + NMEA GPRMC 时间同步
- 支持 UART / CAN 通信
- 多功能 IO（同步、LED、报警等）
- 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
- 小体积表贴封装 $12.2 \times 12.2 \times 2.6\text{ mm}$ ，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
- 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

HI04 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

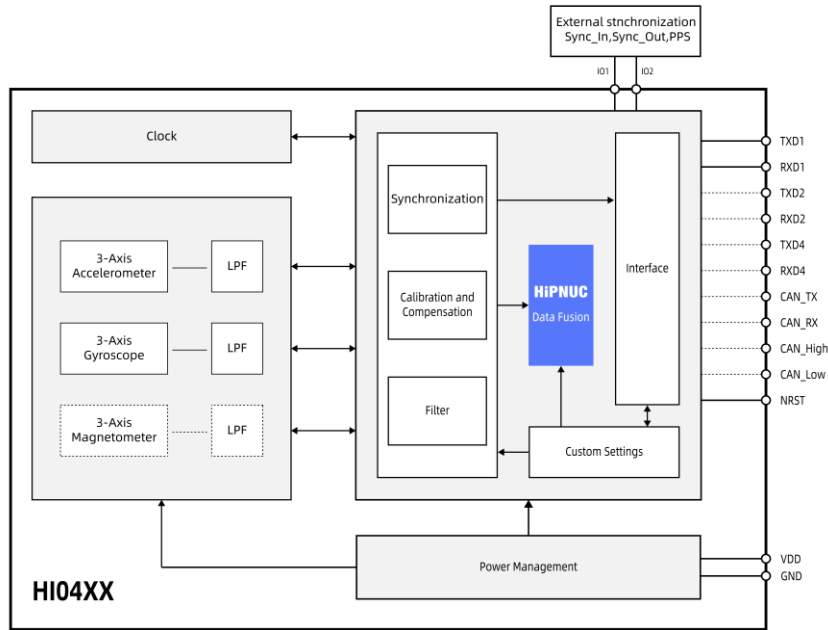


图 1 HI04 系列系统框图

注 1：虚线表示部分型号不支持，具体请参见表 1。

3.2 通用描述

HI04 系列是一款基于 MEMS IMU 的 IMU/VRU/AHRS 传感器模组，搭载自主研发的自适应扩展卡尔曼滤波、IMU 噪声动态分析及载体运动状态分析算法，可为用户提供原始惯性数据（加速度、角速度、磁场）以及解算姿态数据（欧拉角、四元数等）。HI04 系列根据型号不同支持 IMU、VRU 或 AHRS 功能，并非所有型号均集成磁力计或支持 AHRS 输出，具体配置请参见表 1 和表 2。

每个模组出厂前均完成温度、零偏、比例因子和交叉轴补偿标定。模组当前支持 UART/CAN 数据接口，支持 PPS + GPRMC 时间同步与同步触发功能，并配套 GUI 上位机用于配置、数据显示、固件升级和数据记录等评估操作。



图 2 GUI 上位机

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 联系方式.....	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 HI04 系统架构.....	8
7.1 IMU.....	8
7.2 VRU.....	8
7.3 AHRS.....	8
8 引脚定义.....	9
8.1 HI04M0/HI04M3 引脚定义.....	9
8.2 HI04S2/HI04S3 引脚定义.....	10
9 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 CAN 通信.....	11
9.3.1 HI04M0/HI04M3 CAN 参考设计.....	12
9.3.2 HI04S2/HI04S3 CAN 参考设计.....	12
9.4 同步系统参考设计.....	12
9.4.1 主机触发同步（串口通信）.....	12
9.4.2 主机 PPS + GPRMC 时间同步（串口通信）.....	13
9.4.3 外部设备 PPS + GPRMC 同步（串口通信）.....	13
9.4.4 CAN 通信（同步）.....	13
9.5 参考设计 BOM.....	13
10 传感器性能参数.....	14
10.1 陀螺仪.....	14
10.2 加速度计.....	16
10.3 磁力计.....	18

HI04 系列规格书

通用型 IMU/VRU/AHRS 模组

REV: 1.5

10.4 温度传感器	18
10.5 融合精度	18
11 系统与电气参数	19
11.1 电气参数	19
11.2 接口参数	19
11.3 系统参数	19
11.4 绝对最大值	20
12 机械尺寸	21
12.1 HI04 产品尺寸	21
12.2 HI04 推荐焊盘尺寸	22
13 坐标系定义	23
13.1 东北天（默认）	23
13.2 北西天与北东地	23
14 评估板与配线	24
15 通信协议	25
15.1 串行二进制协议	25
15.2 Modbus	25
15.3 CAN	25
16 焊接与安装	26
16.1 焊接曲线	26
16.2 安装建议	26
17 包装	27
17.1 卷带	27
17.2 卷盘	27
17.3 装箱方式	27
18 免责声明	28

4 产品选型

表 1 选型信息

HI04a-b-c							
标识	系列	a-传感器配置		b-数据接口		c-其他信息	
		M0	IMU/VRU				
HI	04	M3	IMU/VRU/AHRS	MI0	UART+CAN (无 CAN 收发器)	000	默认
		S2	IMU/VRU	MI1	UART + CAN (集成 CAN 收发器)	其他	定制
		S3	IMU/VRU/AHRS				

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。

注 2: 后续有些产品描述会使用 HI04MX 代表 HI04M0/HI04M3, HI04SX 代表 HI04S2/HI04S3

表 2 HI04 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
HI04M0-MI0	√	√	×
HI04M3-MI0	√	√	√
HI04S2-MI1	√	√	×
HI04S3-MI1	√	√	√

表 3 HI04 系列模组接口配置表

型号	UART	CAN	2 路同步引脚 (多功能 IO)
HI04M0-MI0	1 路	×	√
HI04M3-MI0	1 路	×	√
HI04S2-MI1	3 路	√	√
HI04S3-MI1	3 路	√	√

注 1: HI04M0/HI04M3 的 CAN 接口需要外接 CAN 收发器

注 2: 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
HI04M0-MI0-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU
HI04M3-MI0-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS
HI04S2-MI1-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU 集成 CAN 收发器
HI04S3-MI1-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS 集成 CAN 收发器

5.2 联系方式

1. 邮箱: sales@hipnuc.com
2. 电话: 010-69726346 / 15801501203
3. 官网: 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	描述
1.0	2024 年 10 月 23 日	Hipnuc	初始版本
1.1	2024 年 11 月 21 日	Hipnuc	更改封装尺寸
1.2	2024 年 11 月 27 日	Hipnuc	更改封装尺寸, 同步说明
1.3	2024 年 12 月 28 日	Hipnuc	增加 HI04M3 与 HI04R3 型号
1.4	2025 年 3 月 3 日	Hipnuc	变更参数
1.5	2026 年 3 月 14 日	Hipnuc	增加 HI04SX 型号, 更新参数, 重新排版, 去除 HI04RX 产品

6.2 相关文档与开发套件

1. 指令与编程手册
2. STEP 模型/封装文件
3. EVAL HI04 评估板规格书与设计文件
4. RoHS 或其他认证文件
5. GUI 与参考例程

7 HI04 系统架构

HI04 系列是一类支持 IMU、VRU 及 AHRS 功能配置的传感器模组。根据具体型号不同，产品可提供加速度、角速度、磁场、欧拉角及四元数等数据输出。

根据不同型号配置，HI04 模组可集成 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪、3 轴磁力计及高性能处理器。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，同时，基于应用场景与传感器特性，模组支持 6-DoF、AHRS、人形机器人等多种模式，详情请参考指令与编程手册。

7.1 IMU

HI04 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。与未经模块级补偿与标定的原始惯性器件相比，HI04 的优势在于出厂前已完成系统级标定与补偿校正，可显著提升输出数据的一致性与稳定性，并改善测量精度。这些标定包括交叉轴、比例因子、零偏及温度补偿。

7.2 VRU

HI04 通过融合算法可输出基于重力参考的姿态信息，主要包括俯仰角 (Pitch) 和横滚角 (Roll)；在 6-DoF 模式下也可输出偏航角 (Yaw) 估计值，但该值会随时间累积漂移。

7.3 AHRS

HI04 在 IMU 和 VRU 的基础上，通过引入高精度、大量程的 TMR (隧道磁阻) 地磁传感器，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 HI04 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，包括长期稳定的俯仰角 (Pitch)、横滚角，以及基于磁北参考的偏航角 (Yaw)。

8 引脚定义

8.1 HI04M0/HI04M3 引脚定义

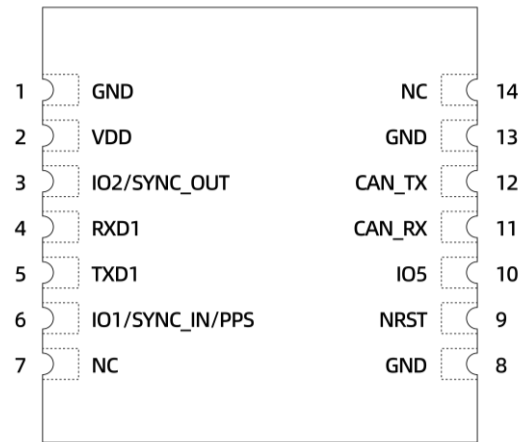


图 3 HI04M0/HI04M3 引脚定义

表 6 引脚功能描述

序号	名称	类型	功能	备注
1	GND	Power	电源地	
2	VDD	Power	电源输入	
3	IO2 (SYNC_OUT)	I/O	同步输出, 可作为 Data Ready 信号	
4	UART1_RX	I/O	UART1 接收	
5	UART1_TX	I/O	UART1 发送	
6	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	
7	NC	N/A	保留悬空	
8	GND	Power	电源地	
9	NRST	I/O	复位引脚, 低电平复位模组, 建议连接主机 GPIO, 不用可悬空	
10	IO5	I/O	LED 指示灯控制信号	
11	CAN_RX	I/O	CAN 接收信号	
12	CAN_TX	I/O	CAN 发送信号	
13	GND	Power	电源地	
14	NC	N/A	保留悬空	

8.2 HI04S2/HI04S3 引脚定义

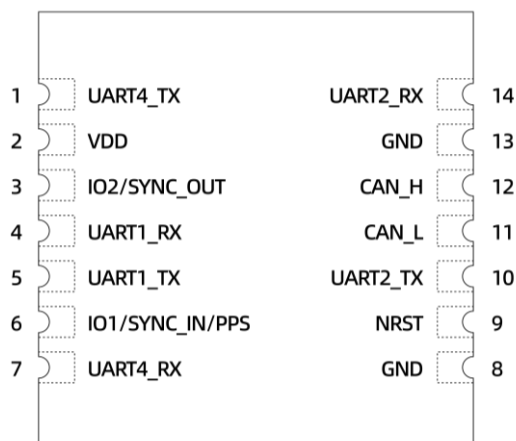


图 4 HI04S2/HI04S3-MI1 引脚定义

表 7 引脚功能描述

序号	名称	类型	功能	备注
1	UART4_TX	I/O	UART4 发送	
2	VDD	Power	电源输入	
3	IO2 (SYNC_OUT)	I/O	同步输出, 可作为 Data Ready 信号	
4	UART1_RX	I/O	UART1 接收	
5	UART1_TX	I/O	UART1 发送	
6	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	
7	UART4_RX	I/O	UART4 接收	
8	GND	Power	电源地	
9	NRST	I/O	复位引脚, 低电平复位模组, 建议连接主机 GPIO, 不用可悬空	
10	UART2_TX	I/O	UART2 发送	
11	CAN_L	AIO	CAN 低	
12	CAN_H	AIO	CAN 高	
13	GND	Power	电源地	
14	UART2_RX	I/O	UART2 接收	

表 8 串口功能描述

端口	数据传输	指令配置	GPRMC 输入	固件升级
UART1	√	√	√	√
UART2	√	√	√	×
UART4	×	×	×	×

9 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表 15。外部供电可采用 LDO 或 DC/DC。

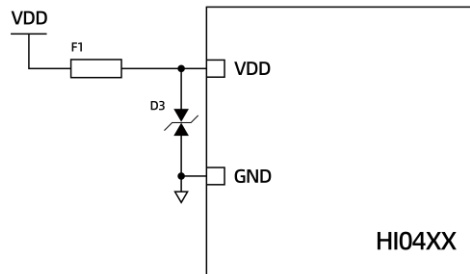


图 5 HI04 电源参考电路

9.2 串口通信

HI04 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对接。此外，HI04 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，进一步增强了模组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 HI04 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。

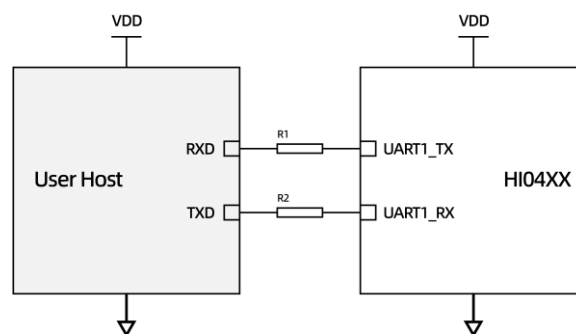


图 6 HI04 串口通信最小系统参考电路

9.3 CAN 通信

HI04 模组支持标准的 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的需求。同时，模组支持用户更改波特率，适应不同的通信场景需求。详情参考指令与编程手册。

9.3.1 HI04M0/HI04M3 CAN 参考设计

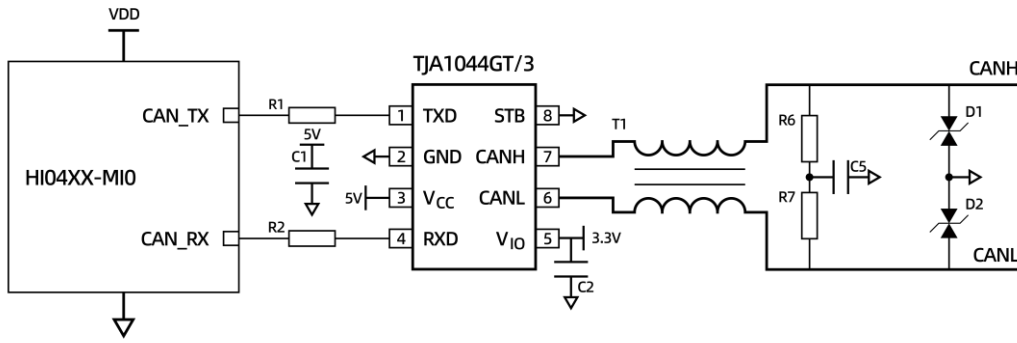


图 7 HI04M0/HI04M3 CAN 通信参考电路

9.3.2 HI04S2/HI04S3 CAN 参考设计

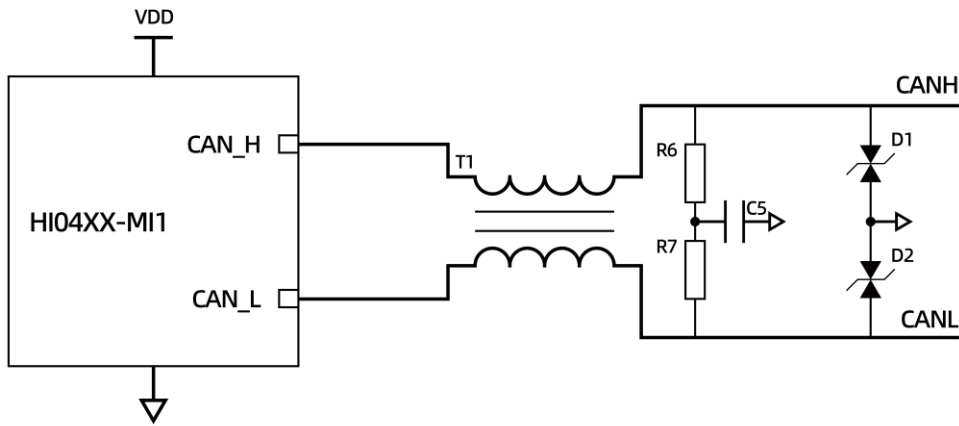


图 8 HI04S2/HI04S3 CAN 通信参考电路

注 1: 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。

注 2: 波特率, ID 等可以通过指令修改, 详情参考指令与编程手册

9.4 同步系统参考设计

HI04 支持脉冲触发同步和 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。

9.4.1 主机触发同步 (串口通信)

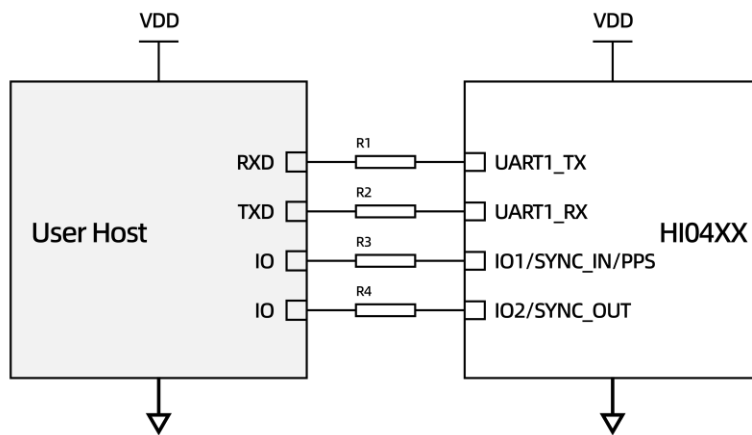


图 9 HI04 与主机触发同步 (串口通信)

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 HI04。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, 可作为 Data Ready 信号。IO1 与 IO2 无需同时使用, 用户可根据系统架构选择合适的同步方式。

9.4.2 主机 PPS + GPRMC 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 HI04。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，可作为 Data Ready 信号。UART1_RX 此时应该接收主机产生的 GPRMC 信息。

9.4.3 外部设备 PPS + GPRMC 同步（串口通信）

HI04 可以与外部的设备进行 PPS + GPRMC 时间同步，需要外部设备可以产生 PPS 和 GPRMC 信息，此时注意 HI04，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 接收 GPRMC 信息。

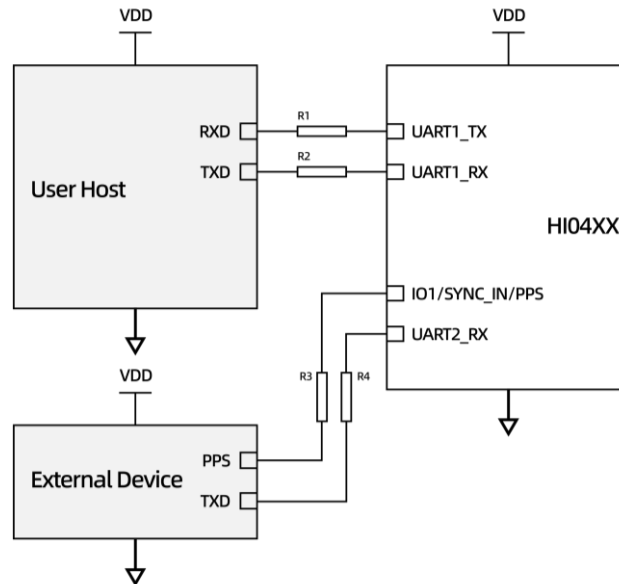


图 10 HI04 与外部设备 PPS + GPRMC 同步

9.4.4 CAN 通信（同步）

在 CAN 通信场景下，也可实现同步功能。此时 HI04 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。

9.5 参考设计 BOM

表 9 参考设计 BOM

类型	位号	规格	料号	供应商
保险丝	F1	300 mA	JK-SMD0603-030-6	JK
TVS	D3	SMF5.0CA	SMF5.0CA	Littelfuse
TVS	D1, D2	SMBJXXCA	SMBJXXCA	Littelfuse
电阻	R1, R2, R3, R4, R5	1 kΩ	RC0402JR-071KL	YAGEO
电阻	R6, R7	60.4 Ω	RC1206FR-0760R4L	YAGEO
电容	C1, C2	0.1 μF	CC0402KRX5R7BB104	YAGEO
电容	C5	1 nF	CC0402KRX7R9BB102	YAGEO
共模电感	T1	5.8 kΩ @ 10 MHz, 100 μH @ 100 kHz, 150 mA	ACT45B-101-2P-TL003	TDK

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	产品	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	HI04MX		±250			%/s	默认: 2000
			±500				
			±1000				
	HI04SX		±2000				
			±250				
			±500				
分辨率	HI04MX		16			bit	
	HI04SX		16	20		bit	
比例因子误差	HI04MX	SMT 之前, 100 °/s 旋转	<600		850	ppm	典型值: RMS
	HI04SX	SMT 之后, 100 °/s 旋转	<1200		2000	ppm	
非线性			±0.05			%FS	1
噪声密度	HI04MX	带宽 47 Hz	0.014			°/s/√Hz	
	HI04SX	带宽 10 Hz	0.0025			°/s/√Hz	
3 dB 带宽	HI04MX		80		200	Hz	2
	HI04SX		80		400	Hz	
零速输出					±0.45	°/s	3
采样率			1000			Hz	
零偏不稳定性	HI04MX	X	2.5		4	%/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	3.2		5.5		
		Z	3		5.5		
Allan Variance	HI04SX	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	HI04MX	X	10		14	%/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	13		17		
		Z	10		13		
10 s 平滑	HI04SX	X	10		16	%/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	4		7		
		Z	5		13		
零偏重复性	HI04MX	X	20		36	%/h	
		Y	36		61		
		Z	16		25		
零偏重复性	HI04SX	X	11		35	%/h	
		Y	10		30		
		Z	9		20		

		X	0.55	1.1		
角度随机游走	HI04MX	Y	0.82	1.2	°/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Z	0.47	0.7		
		Allan Variance		X		
	HI04SX	Y	0.1	0.12	°/√h	
		Z	0.1	0.14		
零偏全温变化		-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 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

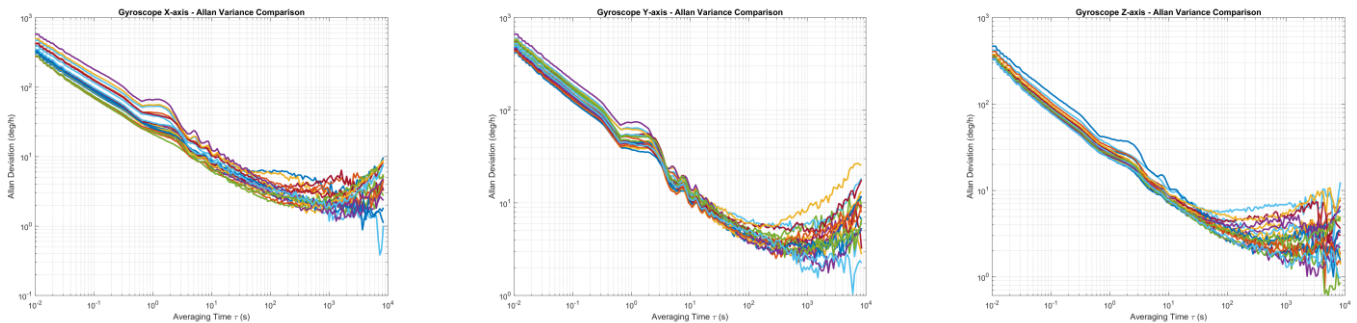


图 11 HI04MX 陀螺仪艾伦方差

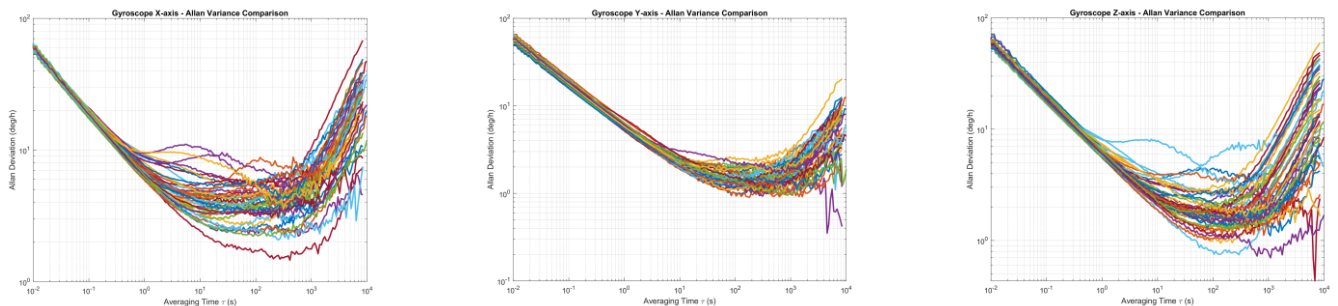


图 12 HI04SX 陀螺仪艾伦方差

HI04 系列规格书

通用型 IMU/VRU/AHRS 模组

REV: 1.5

10.2 加速度计

表 11 加速度计参数

参数	产品	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	HI04MX		±3			g	默认: ±12
			±6				
			±12				
			±24				
	HI04SX		±2			g	默认: ±16
			±8				
		±16					
		±32					
分辨率	HI04MX		16			bit	
	HI04SX		16	20		bit	
初始零偏		SMT 前水平静止	1		2	mg	典型值: RMS
		SMT 后水平静止	10		20	mg	
非线性	HI04MX		±0.5			%FS	1
	HI04SX		±0.01				
噪声密度	HI04MX		0.16	0.2		mg/√Hz	
	HI04SX	带宽 10 Hz	0.05	0.07		mg/√Hz	
3 dB 带宽	HI04MX		90		200	Hz	2
	HI04SX		90		400	Hz	
采样率			1000			Hz	
零偏不稳定性	HI04MX	X	0.021	0.035		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.032	0.065			
		Z	0.023	0.03			
艾伦方差	HI04SX	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	HI04MX	X	0.068	0.1		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.09	0.19			
		Z	0.07	0.1			
10 s 平滑	HI04SX	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	HI04MX	X	0.22	0.4		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.15	0.21			
		Z	0.12	0.2			
	HI04SX	X	0.1	0.3		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.06	0.2			
		Z	0.1	0.2			
随机游走	HI04MX	XYZ	0.09	0.11		m/s/√h	典型值: 1σ
艾伦方差	HI04SX	XYZ	0.019	0.03		m/s/√h	最大值: 3σ

零偏全温变化	HI04MX	XYZ	2	5	mg	
-40 °C ~ 85 °C	HI04SX	XY	2	5	mg	3
		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

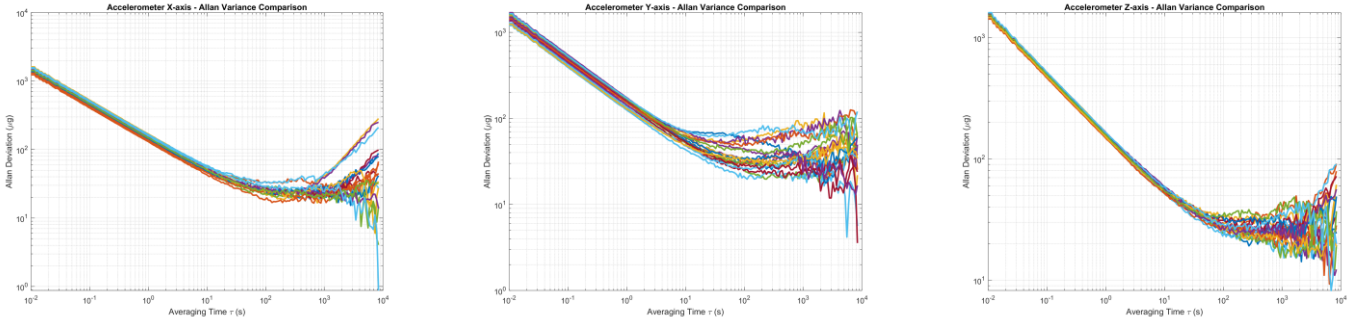


图 13 HI04MX 加速度计艾伦方差

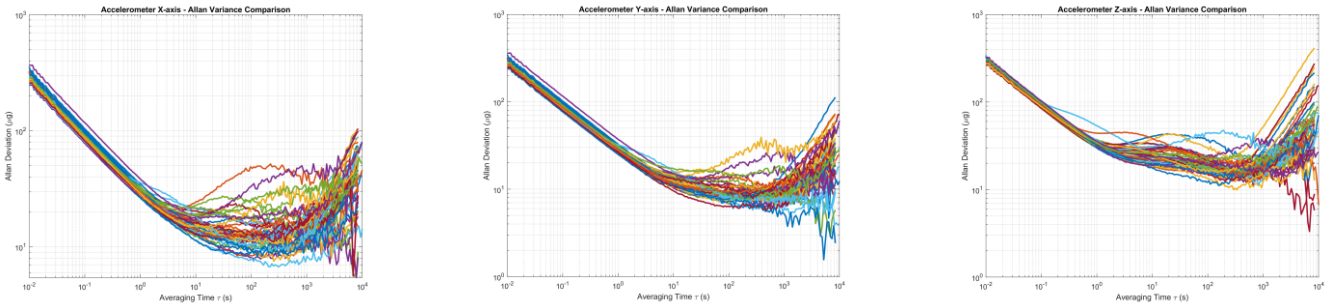


图 14 HI04SX 加速度计艾伦方差

10.3 磁力计

表 12 磁力计参数

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

10.4 温度传感器

表 13 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	

10.5 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。

表 14 姿态角精度

参数	产品	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）	HI04MX			±10	±18	°	3
	HI04SX			±5	±10		
航向角旋转误差（6-DoF）		SMT 前, 100 °/s 旋转		0.2	0.3	°	4
		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 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：模组在转台上旋转 10 圈平均每圈误差

11 系统与电气参数

11.1 电气参数

表 15 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	HI04MX			160	mW	
	HI04SX			240		
V _{OL}			-	0.4	V	
V _{OH}		2.6			V	
V _{IL}		-0.3		1	V	
V _{IH}		1.9		3.6	V	

11.2 接口参数

表 16 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	
CAN	波特率	125	500	1000	kbps	
	输出帧率	0	100	200	Hz	
	总线差分电压 V _{diff}		1.5	3	V	
	内部终端电阻		无		Ω	

11.3 系统参数

表 17 系统参数

参数	产品	数值	备注
尺寸		12.2 × 12.2 × 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		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

11.4 绝对最大值

表 18 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	

注 1: 超过绝对最大额定值可能导致器件永久损坏；器件不保证在该条件下正常工作。

12 机械尺寸

所有尺寸单位: mm

12.1 HI04 产品尺寸

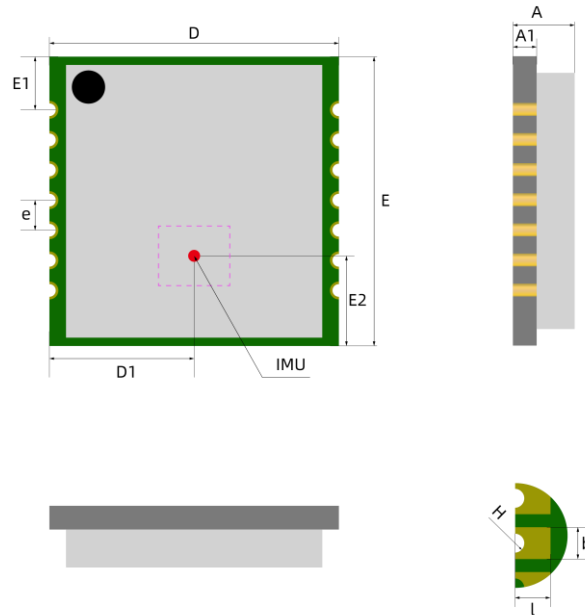


图 15 HI04 机械尺寸与 IMU 位置

表 19 HI04 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	12	12.2	12.4
D1	6	6.1	6.2
E	12	12.2	12.4
E1	2.04	2.24	2.44
E2	3.6	3.8	4
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 HI04 推荐焊盘尺寸

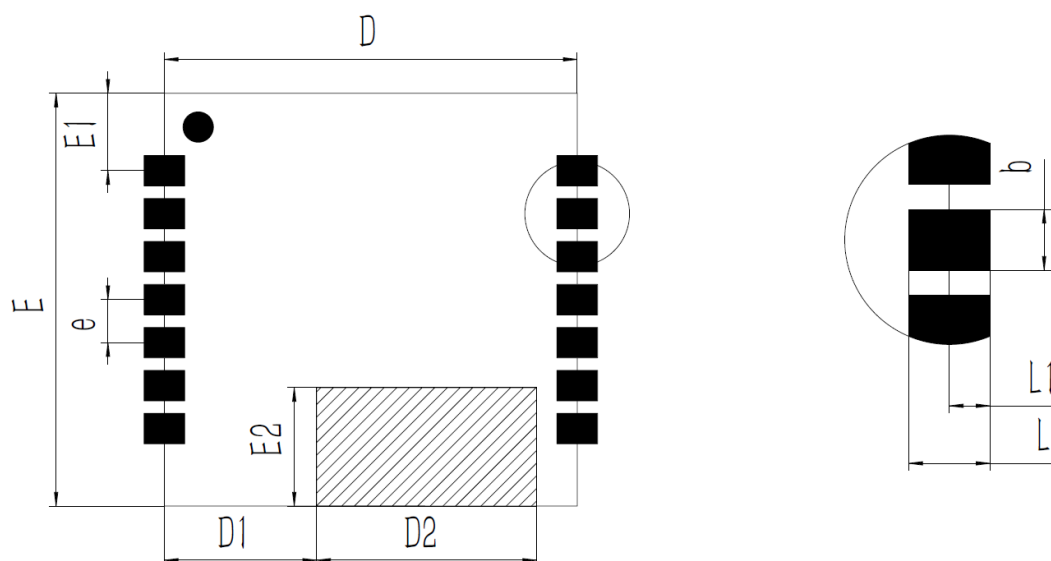


图 16 HI04 推荐的焊盘尺寸

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 HI04, 阴影区域禁止覆铜和走线。

表 20 HI04 推荐焊盘尺寸数据表

符号	最小值 (mm)	典型值 (mm)	最大值 (mm)
D		12.2	
D1		5	
D2		5.5	
E		12.2	
E1		2.24	
E2		5	
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：

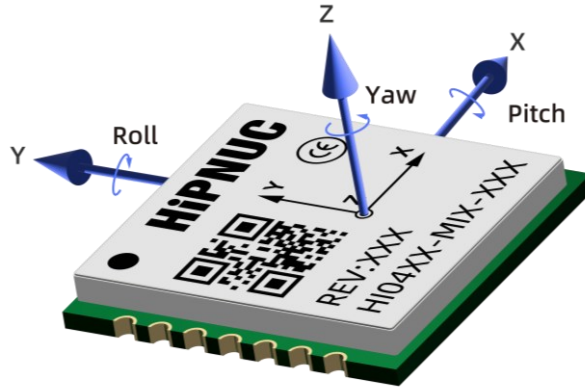


图 17 HI04 坐标系

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。欧拉角采用 Z-X-Y（312）旋转顺序输出；涉及内旋/外旋及坐标变换约定时，请以指令与编程手册中的定义为准。具体定义如下：

- 绕 Z 轴旋转：航向角（Yaw, ψ ），范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$
- 绕 X 轴旋转：俯仰角（Pitch, θ ），范围： $-90^\circ \sim 90^\circ$
- 绕 Y 轴旋转：横滚角（Roll, ϕ ），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° 、Roll = 0° 、Yaw = 0° 。

如需旋转坐标系请参考指令与编程手册

13.2 北西天与北东地

载体也可以配置为北西天/北东地坐标系，需要用户自行配置，详情参考指令与编程手册

14 评估板与配线

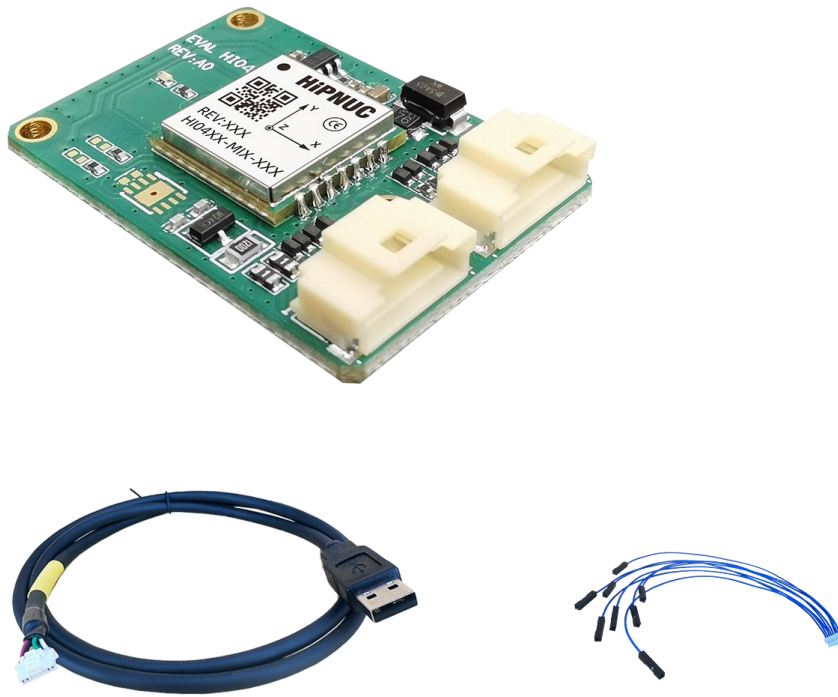


图 18 HI04 系列评估板与线束

注 1: 详情参考 EVAL HI04 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

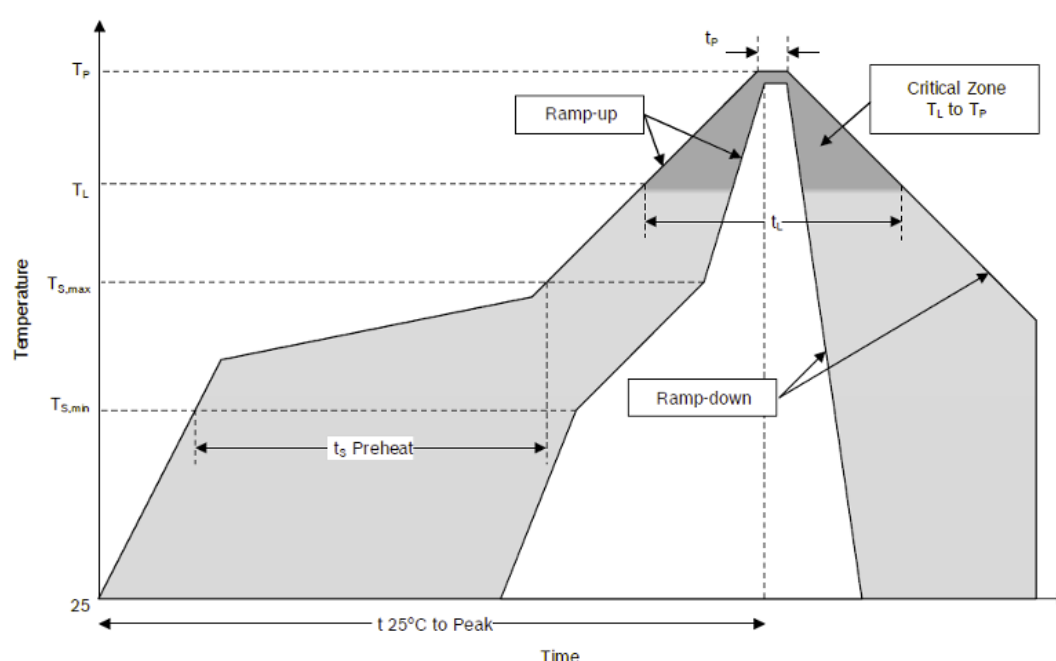


图 19 SMT 温度曲线

表 21 焊接曲线说明

参数	说明
Average ramp-up rate ($T_{s,max}$ to T_p)	3 °C/s max
Temperature min ($T_{s,min}$)	150 °C
Temperature max ($T_{s,max}$)	200 °C
Time ($T_{s,min}$ to $T_{s,max}$)	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

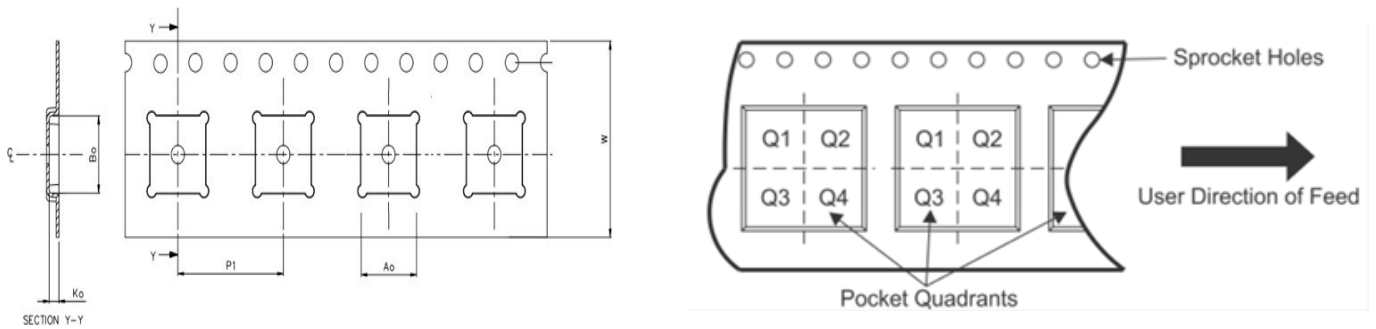


图 20 卷带尺寸与 Pin 1 方向

表 22 卷带尺寸

产品	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)
HI04	12.5	12.5	3.0	16	24

17.2 卷盘

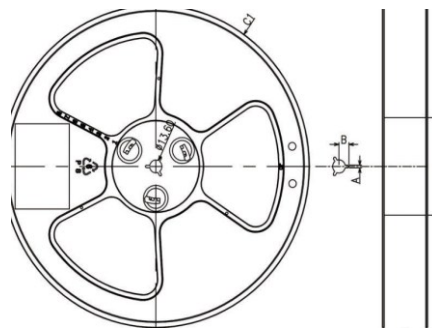


图 21 卷盘尺寸

表 23 卷盘尺寸

产品	标准包装数量 (pcs)	卷盘直径 C (mm)	卷盘宽度 H (mm)	A (mm)	B (mm)	T (mm)	D (mm)
HI04	1000	330	12.8	2.5	11	2.0	100

17.3 装箱方式

HI04 系列采用卷盘、真空封装及纸箱包装方式，标准包装数量及箱规尺寸请参考下表：



表 24 纸箱尺寸

产品	标准包装数量 (pcs)	L (mm)	W (mm)	H (mm)
HI04	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，Hipnuc 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。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。