

1 特性

1.1 硬件

- 高性能，低噪声 MEMS-IMU
- 出厂标定温度、比例因子、跨轴、零偏
- 陀螺仪零偏不稳定性可达 3°/h
- 加速度计零偏不稳定性可达 0.03mg
- 优异的抗振性
- 集成温度传感器
- 小体积表贴封装，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 200Hz 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
- 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

- 割草机
- 扫地机
- 泳池机器人
- 轮足机器人

3 描述

3.1 产品外观

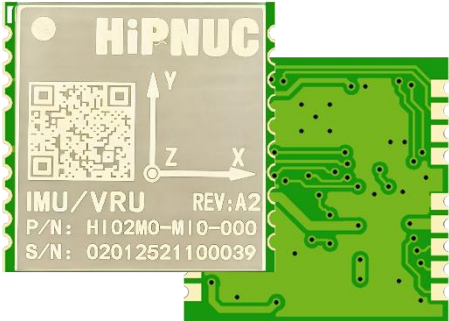


Figure1: HI02

3.2 系统框图

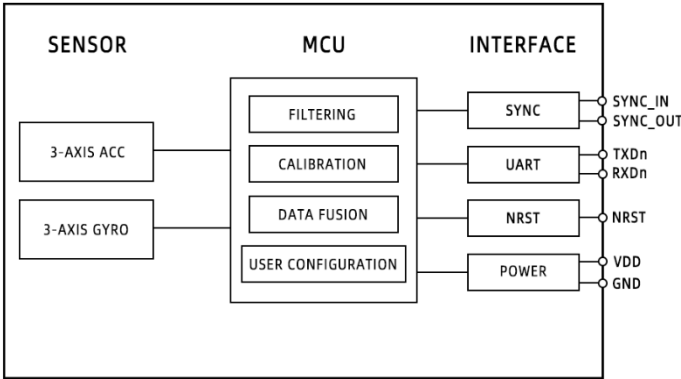


Figure2: Functional block diagram

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

HI02 系列是利用 MEMS-IMU 组成的 IMU/VRU 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。

HI02 系列传感器通过 UART 接口进行数据传输，并且拥有丰富的用户配置。

HI02 系列可以通过外部触发与系统进行同步，还可以通过同步输出功能与外部系统比如雷达、摄像头时间对齐。

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 正常工作条件.....	7
7.3 接口参数	7
7.4 陀螺仪	8
7.5 加速度计	9
7.6 温度传感器.....	9
7.7 初始零偏	10
7.8 Allan 方差曲线	11
7.9 陀螺仪与加速度计温度特性.....	12
7.10 姿态角精度	13
7.11 机械与环境参数	13
7.12 产品尺寸与引脚定义.....	14
7.12.1 HI02M0 产品尺寸	14
7.12.2 HI02M0 产品尺寸数据表	14
7.12.3 HI02M0 推荐封装尺寸	15
7.12.4 HI02M0 推荐尺寸数据表	15
7.12.5 HI02M0 引脚定义	16
7.12.6 HI02M0 引脚功能描述	16
8 坐标系定义	17
8.1 坐标系	17
8.2 传感器质心位置	17

9 典型参考设计 18

 9.1 电源供电 18

 9.2 串口通信 18

 9.2.1 串口通信最小系统参考设计 18

 9.2.2 串口通信(IMU 与用户主机同步) 19

10 初始配置 20

 10.1 接口初始配置..... 20

 10.2 传感器初始配置 20

11 通信协议 21

12 焊接与安装 22

 12.1 焊接曲线 22

 12.2 安装建议 23

13 常见问题..... 24

 13.1 串口问题 24

4 产品选型

Table 1: 选型信息

		HI02a-b-c				
公司标识	产品系列	a-传感器		b-数据接口	c-定制信息	
HI	02	M0	6DoF 3°/h 0.03mg	MI0	000	默认
					其他	有定制

Note1: 型号举例：HI02M0-MI0-000

Note2: I2C 接口需要定制

Note3: 3°/h 0.03mg 指的是陀螺仪和加速度计的零偏不稳定性

5 产品订购

5.1 订购信息

Table 2: 订购信息

Part Number	Name	Description	Note
HI02M0-MI0-000	IMU/VRU Module	6DoF 3°/h 0.03mg	

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 A2 及以上的模组

6.2 文档版本信息

Table 3: 文件版本

版本	日期	章节	变更内容
1.0	May 31, 2025	-	初始版本

6.3 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 HI02 规格书与设计文件
- 4. CE/RoHS 等认证文件
- 5. GUI 上位机与参考例程



7 参数

如无特殊备注，测试温度 25℃，供电电压 5V。

7.1 绝对最大值

Table 4: 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	8V	
IO To GND	-0.3-5V	

7.2 正常工作条件

Table 5: 正常工作条件

Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
输入电压		3.2	-	5.5	V	
功耗				150	mW	
工作温度		-40	-	85	℃	
陀螺仪量程			2000		°/s	
加速度计量程			12		g	
启动时间				2	s	1

Note1: 启动时间指的是系统从上电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 6: 接口参数

Interf	Parameters	Condition	Min	Nom	Max	Unit	Note
UART(TTL)	波特率		9600	115200	921600	bps	
	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	200	Hz	
	逻辑电压	High	1.9	3.0	3.6	V	
IO		Low			0.8		
	逻辑电压	High	1.9		3.6	V	
		Low			0.8	V	
	延时(触发功能)	从触发产生到数据传输			800	us	

7.4 陀螺仪

Table 7: 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			<600	800	ppm	1
非线性			-0.05	-	0.05	%Fs	2
3dB 带宽				80	116	Hz	
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance			3		°/h	3
零偏稳定性	10s 平滑			10		°/h	
零偏重复性	Allan Variance			14.5		°/h	3
角度随机游走	Allan Variance			0.42		°/√h	3
零偏全温变化-40-85°C	XY			0.001		°/s/°C	4
	Z			0.0005			
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，用户焊接完后此数值会有变化，具体以实际为准

Note2: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差

Note3: 参考 7.8-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。

7.5 加速度计

Table 8: 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					20	mg	1
非线性				0.5		%Fs	
3dB 带宽				90	145	Hz	
采样率				1600		Hz	
零偏不稳定性	Allan Variance			0.03		mg	2
零偏稳定性	10s 平滑			0.07		mg	
零偏重复性	Allan Variance			0.3		mg	2
随机游走	Allan Variance			0.08		m/s/√h	2
零偏全温变化	-40-85℃			<0.025		mg/℃	3

Note1: 用户焊接之后此数值会有变化以实际为准，参考 7.7 初始零偏

Note2: 参考 7.8-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

7.6 温度传感器

Table 9: 温度传感器参数

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

7.7 初始零偏

HI02M0 初始零偏如下:

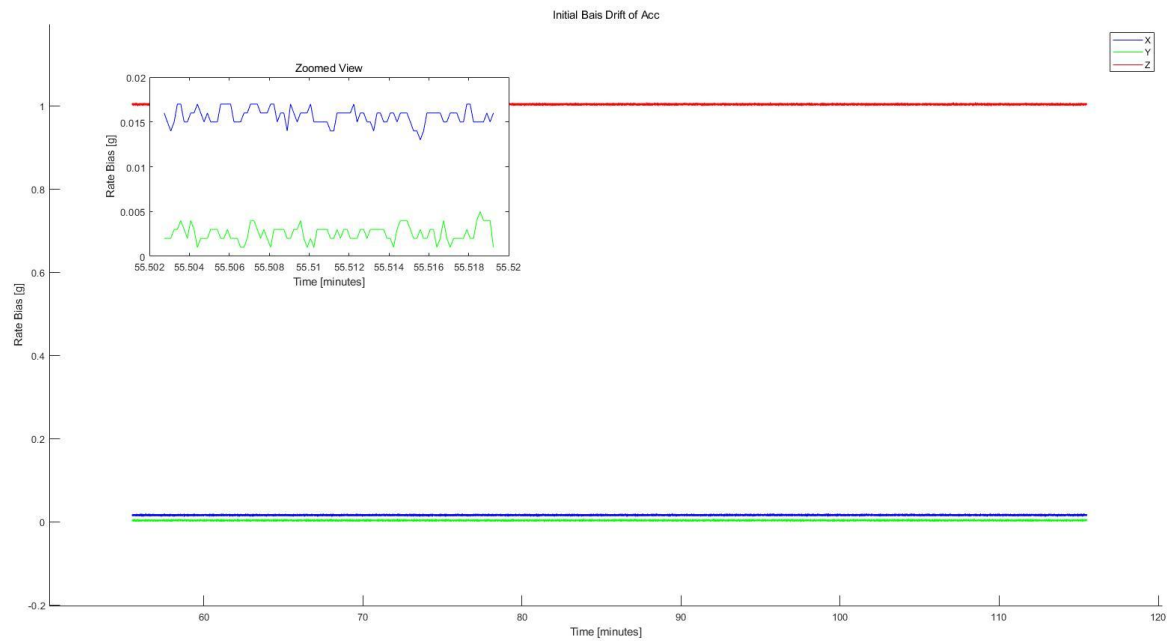


Figure3: HI02M0 initial bias drift of accelerometer

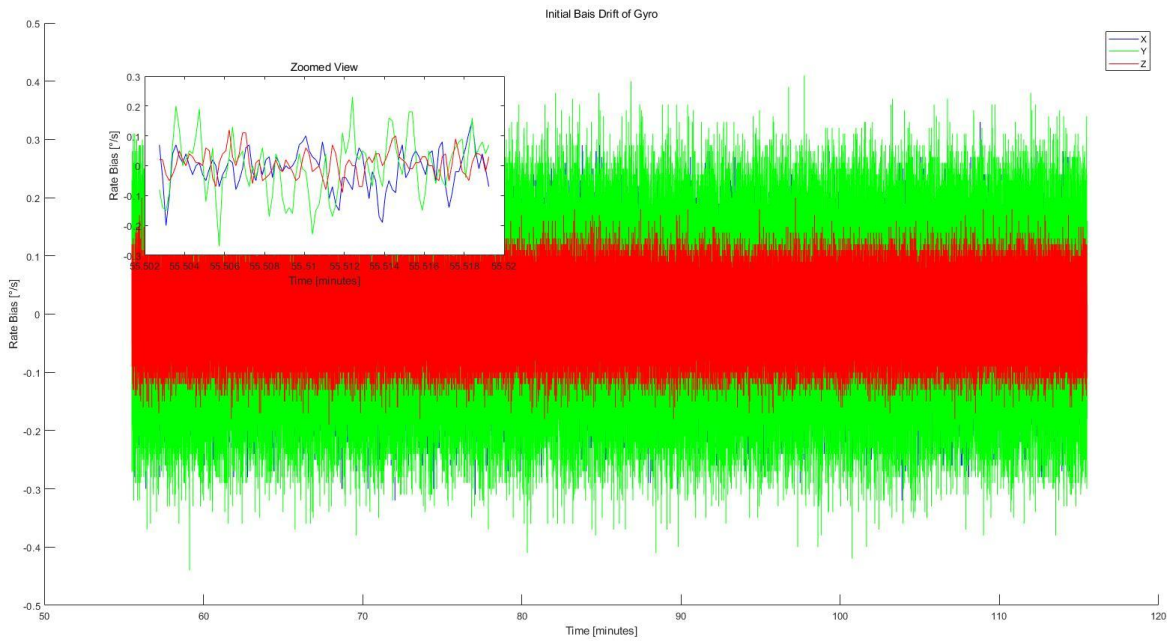


Figure4: HI02M0 initial bias drift of gyroscope

7.8 Allan 方差曲线

HI02M0 Allan 方差曲线如下:

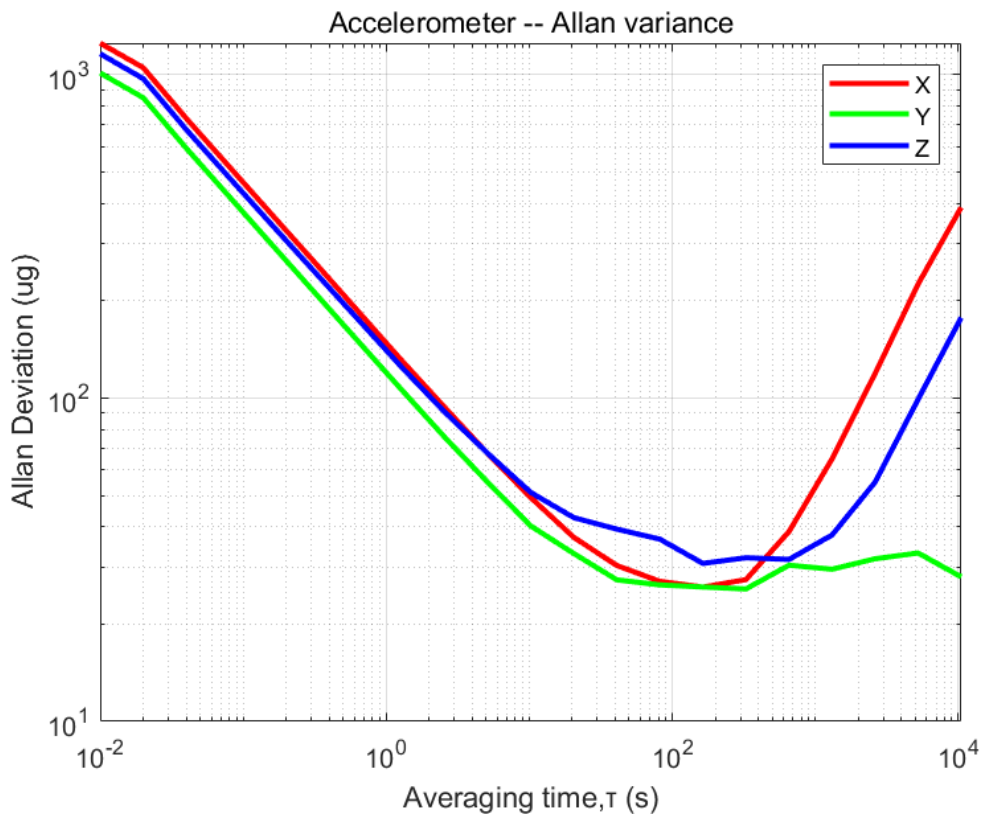


Figure5: HI02MX Accelerometer Allan Variance

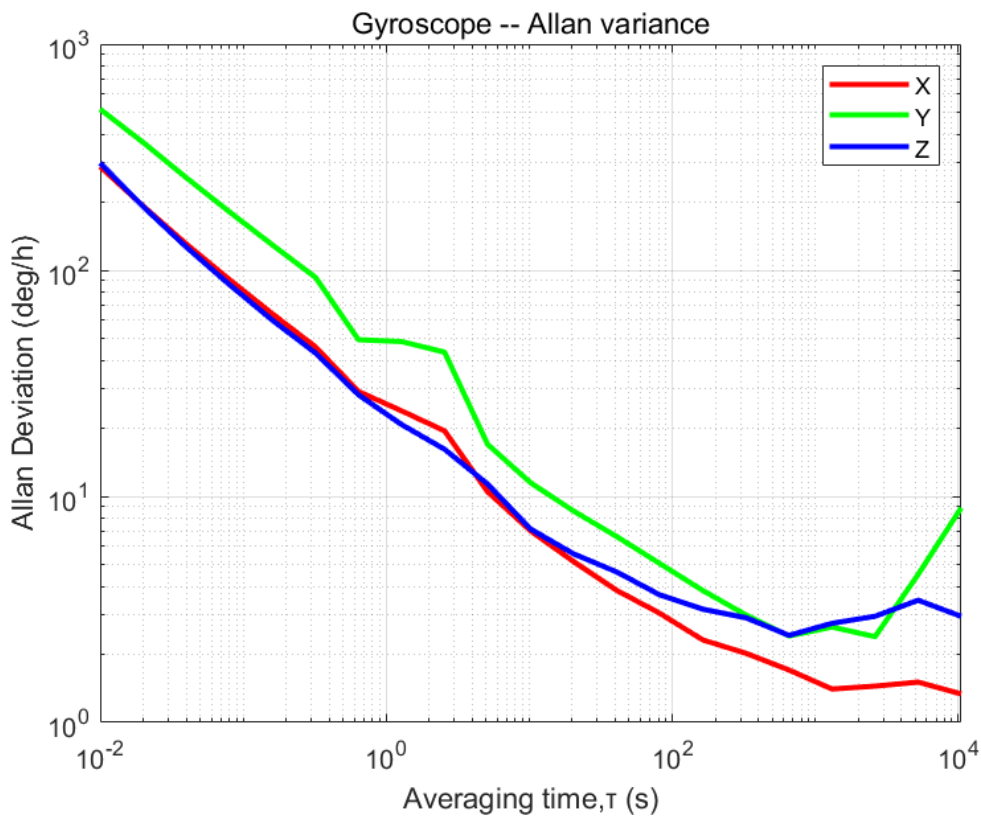


Figure6: HI02MX Gyroscope Allan Variance

7.9 陀螺仪与加速度计温度特性

将被测样品从-40℃升温至 85℃，对样品零偏数据进行补偿，补偿结果如下

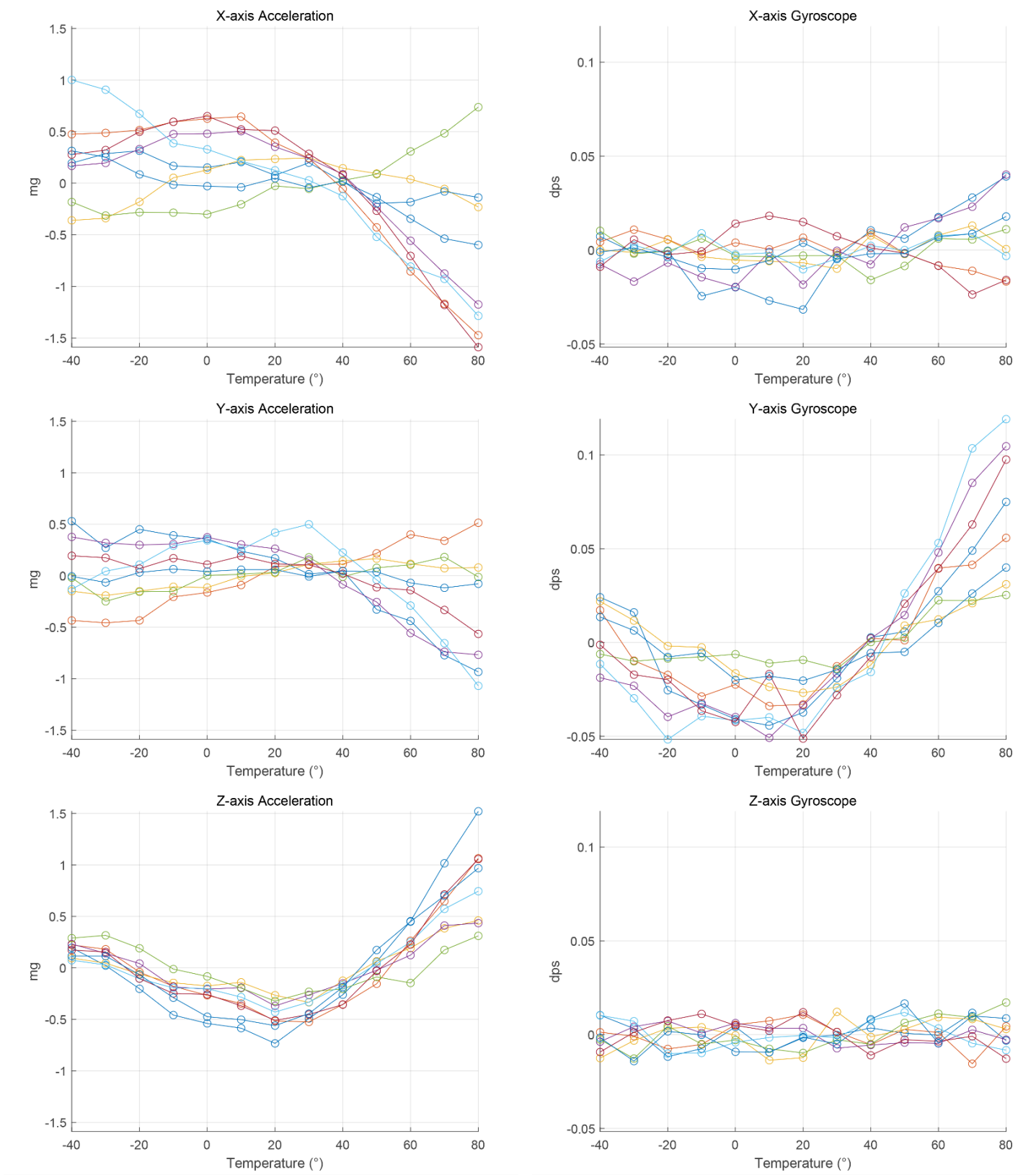


Figure7: Accelerometer and Gyroscope Temperature Compensated Curve

7.10 姿态角精度

Table 10: 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)				9		°	2
航向角旋转误差(6DOF)	100°/s 旋转			<0.8	3	°	3

- 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:** 转台连续旋转 10 圈，航向角累积误差

7.11 机械与环境参数

Table 11: 机械与环境参数

Parameters	Product	Value	Note
尺寸		15X15X2.6mm	
重量		<1g	
屏蔽罩材质		洋白铜	
抗振动		1.0mm(10Hz-58Hz)&≤20g(58Hz-600Hz)	
环保		RoHS 指令 2011/65/EU	
CE		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	

7.12 产品尺寸与引脚定义

All Dimensions in mm units

7.12.1 HI02M0 产品尺寸

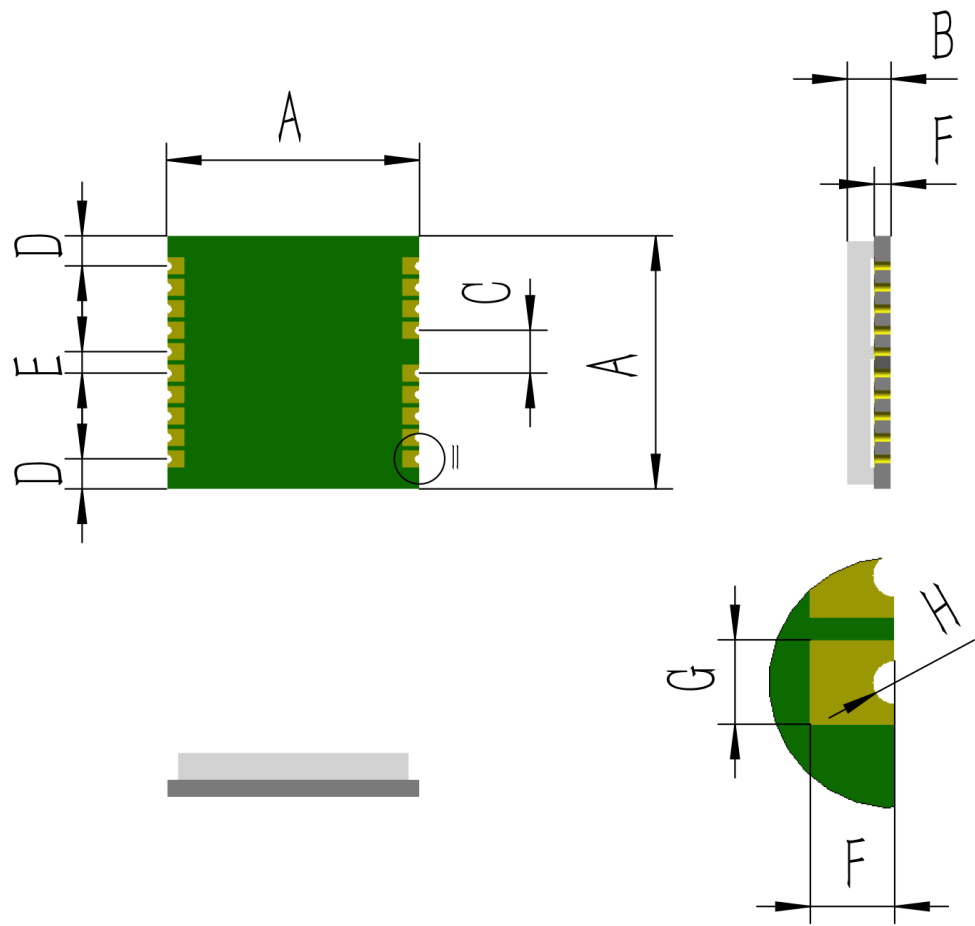


Figure8: HI02M0 mechanical specifications

7.12.2 HI02M0 产品尺寸数据表

Table 12: HI02M0 尺寸数据表

Symbol	Min(mm)	Typ(mm)	Max(mm)
A	14.8	15	15.2
B	2.4	2.5	2.6
C	2.44	2.54	2.64
D	1.69	1.79	1.89
E	1.17	1.27	1.37
F	0.9	1	1.1
G	0.85	0.9	0.95
H	Φ0.4	Φ0.5	Φ0.6

7.12.3 HI02M0 推荐封装尺寸

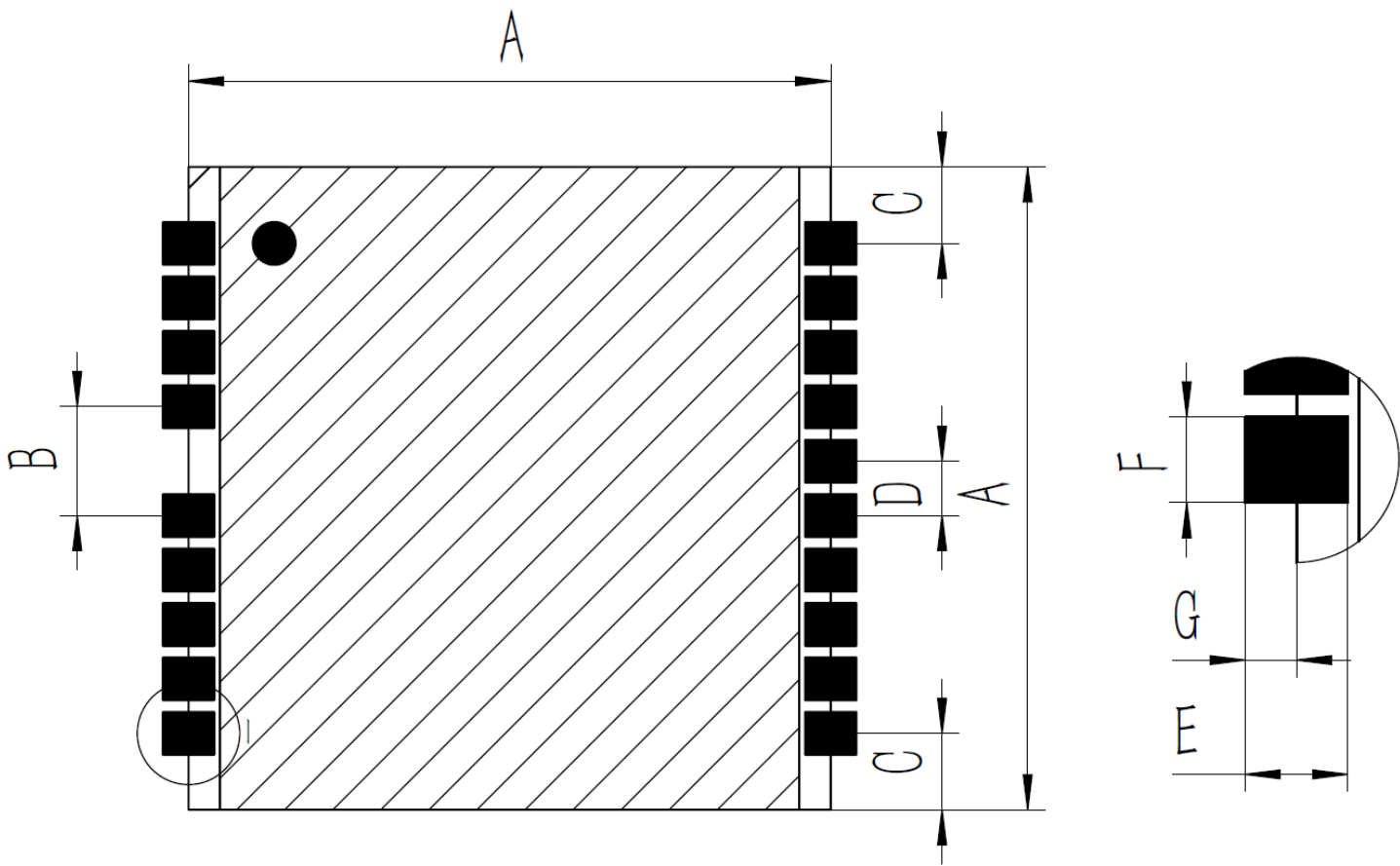


Figure9: HI02R2 recommended PCB footprint

Note1: 阴影区域内静止覆铜与走线

7.12.4 HI02M0 推荐尺寸数据表

Symbol	Min(mm)	Typ(mm)	Max(mm)
A		15	
B		2.54	
C		1.79	
D		1.27	
E		1.2	
F		0.9	
G		0.6	

7.12.5 HI02M0 引脚定义

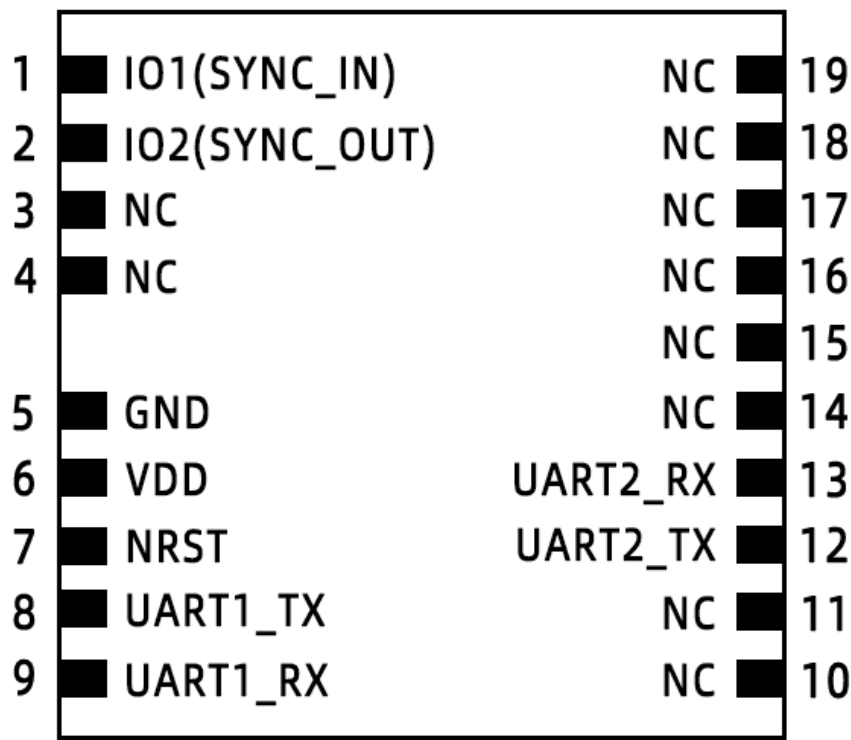


Figure10: HI02M0 pin assignment

7.12.6 HI02M0 引脚功能描述

Pin Number	Pin Name	Type	Functional	Note
1	IO1(SYNC_IN)	I/O	同步输入，不用可悬空	
2	IO2 (SYNC_OUT)	I/O	同步输出，不用可悬空	
3,4,10,11,14,15,16,17,18,19	NC	N/A	保留，当前需悬空	
5	GND	POWER	GND	
6	VDD	POWER	电源输入 3.3-5V	
7	NRST		复位引脚,低电平复位模块。无需外接阻容，建议连接主机 GPIO，不用可悬空	
8	UART1_TX	O	模块 UART1 发送	
9	UART1_RX	I	模块 UART1 接收	
14	UART2_TX	O	模块 UART2 发送 当前悬空	
15	UART2_RX	I	模块 UART2 接收 当前悬空	

Note1: 当前需要用 UART1 数据通信

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：

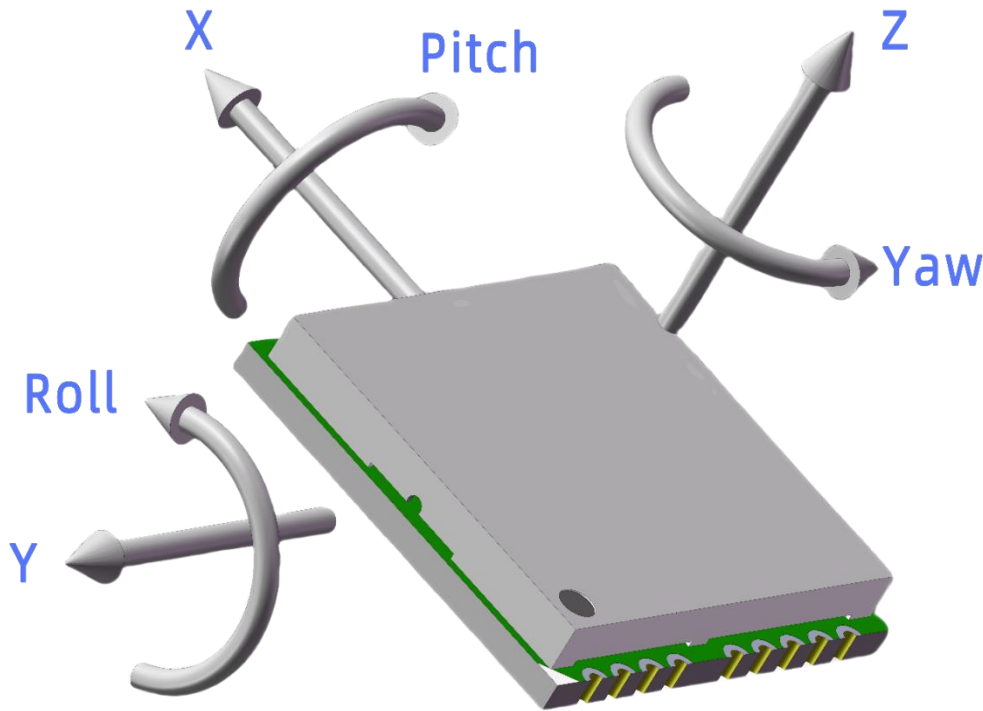


Figure11: HI02 Coordinate System

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

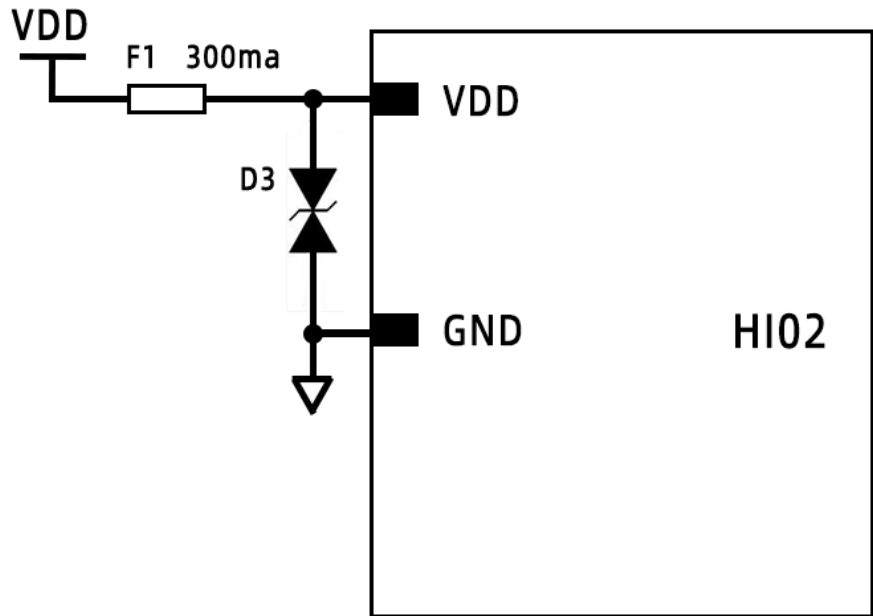
Table 13: HI02 系列传感器中心位置

Axis	X-offset	Y-offset	Z-offset	Unit
X	0	-3	0	mm
Y	0	-3	0	mm
Z	0	-3	0	mm

9 典型参考设计

9.1 电源供电

HI02 系列内置 LDO 以及电源滤波过流和过压保护电路，尽可能的减少外部电源噪声对内部系统进行干扰，因此用户可以选择用 LDO/DC-DC 对模块进行供电，电压范围 3.3-5V。



9.2 串口通信

建议用户的处理器的逻辑电平为 3.3V，如果需要与 5V 或者 1.8V 处理器串口通信需要用户自行加电平转换芯片，在不影响串口传输速度的情况下，我们为用户推荐 74LVCH1T45GW,125

9.2.1 串口通信最小系统参考设计

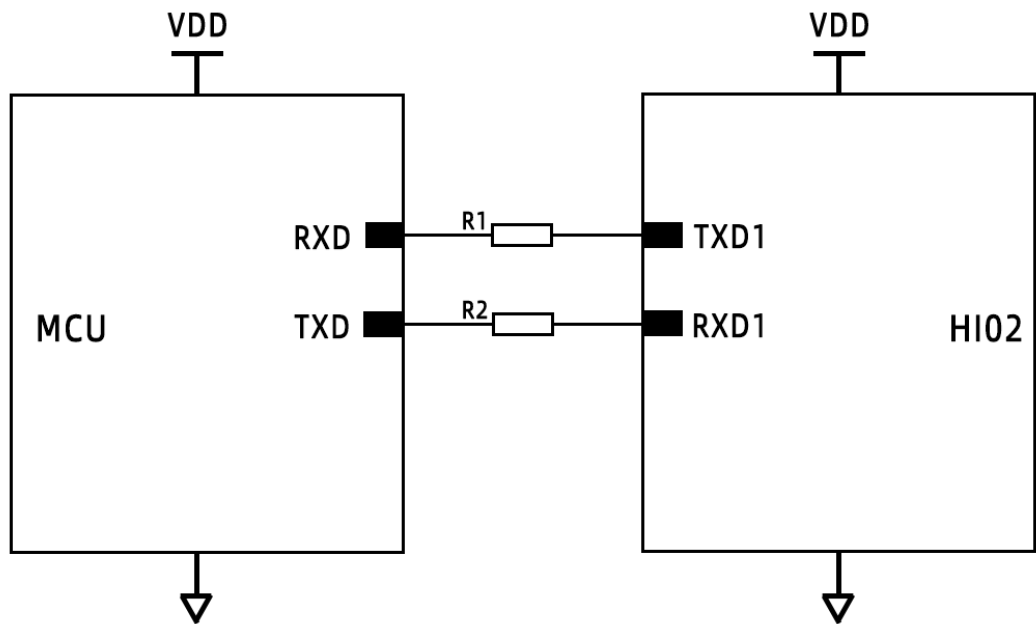


Figure12: HI02 串口通信参考电路图

9.2.2 串口通信(IMU 与用户主机同步)

此种连接方式需要用户将 SYNC_IN/SYNC_OUT 与主机系统相连，进行数据同步。可以不同时使用，具体需要使用哪种与用户系统设计有关。

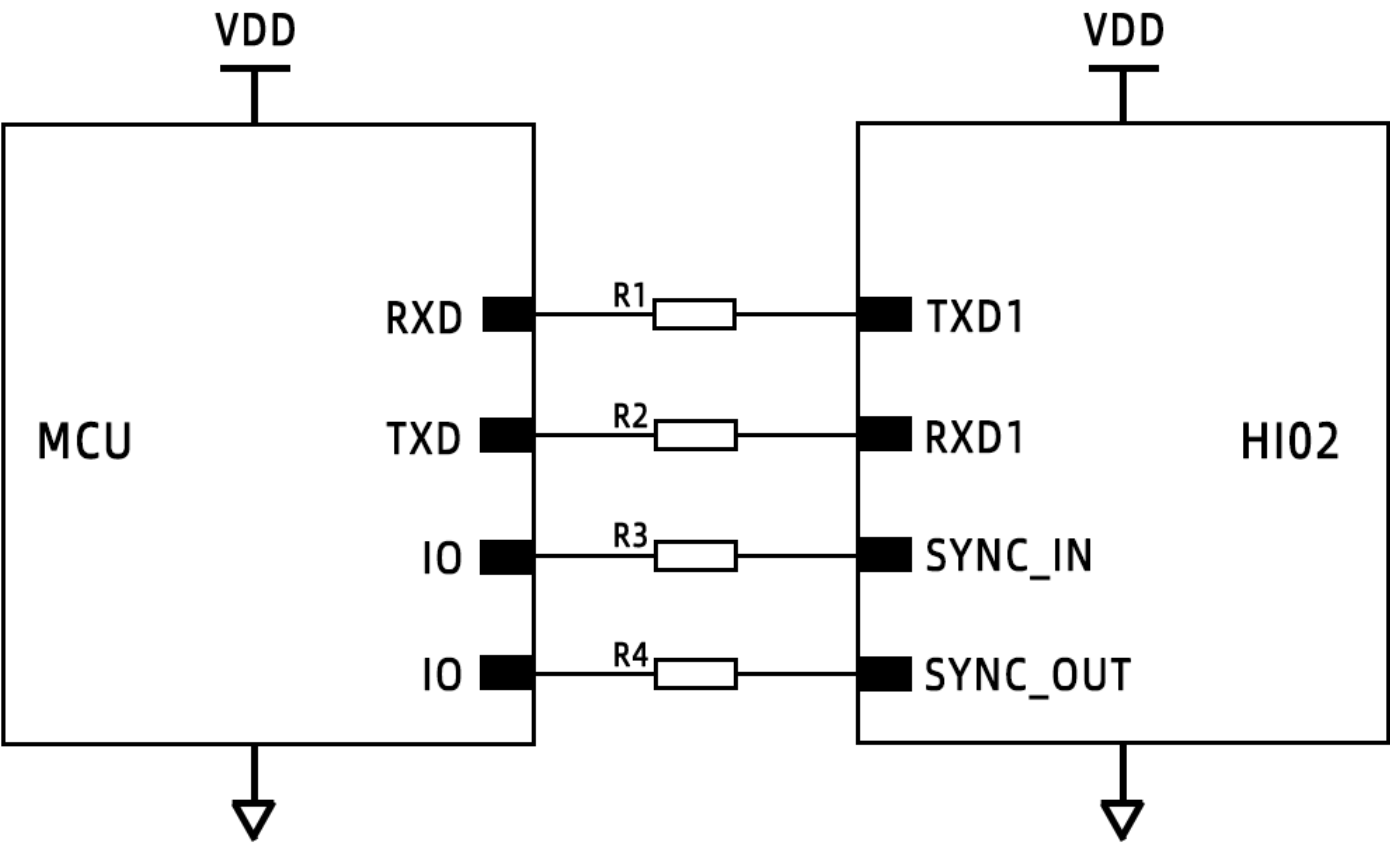


Figure13: HI02 串口通信不带同步

Note1: 如果用户使用 SYNC_IN，此时用户主机 IO 产生的脉冲应该与数据帧率同频，详情参考编程手册

Note2: 如果用户使用 SYNC_OUT，此时可以当做 Data Ready 信号，详情参考编程手册。

Table 14: 参考设计的物料信息

Item	Reference	Part	P/N	Vendor
Fuse	F1	300mA	JK-SMD0603-030-6	JK
TVS	D3	SMF5.0CA	SMF5.0CA	TWGMC
Resistor	R1,R2,R3,R4	1K	RC0402JR-071KL	YAGEO

10 初始配置

10.1 接口初始配置

Table 15: 接口初始配置

Interf	Parameters	Value	Unit	Note
UART	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		1
	协议	二进制协议(91)		
	数据帧率	100	Hz	1

Note1: 如需更改帧率、波特率请参考指令与编程手册

10.2 传感器初始配置

Table 16: 传感器初始配置

Parameters	Value	Unit	Note
陀螺仪量程	±500	°/s	1
3dB 带宽	80	Hz	1
加速度计量程	±12	g	1
3dB 带宽	90	Hz	1

11 通信协议

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。

12 焊接与安装

12.1 焊接曲线

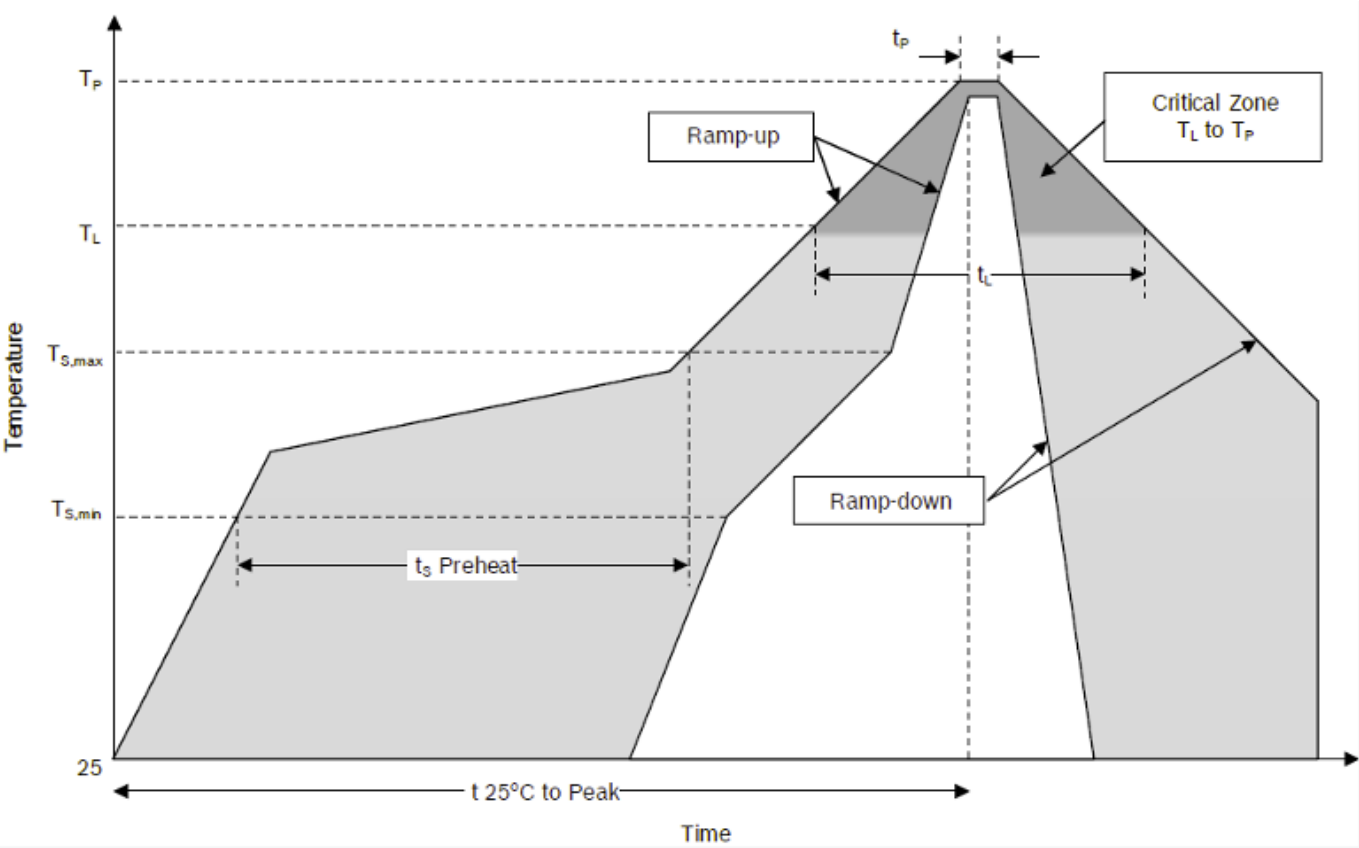


Figure14: SMT 温度曲线

Table 17: 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})	60-180s
Temperature (T_L)	170°C
Time (t_L)	60-150s
Peak classification temperature (T_P)	250°C
Time within 5 °C of actual peak temperature (t_p)	20-40s
Ramp-down rate	6°C/min max
Time 25°C to peak temperature	8min max

12.2 安装建议

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：

- 建议将模块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 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。

13 常见问题

13.1 串口问题

造成对 IMU 不能进行配置或者不能对 IMU 数据进行正确接收的原因有很多，比较典型的有以下几种情况：

- 1. IMU 的串口没有与主机的串口进行交叉连接，现象是不能对 IMU 配置也不能接收 IMU 数据，如下图所示：

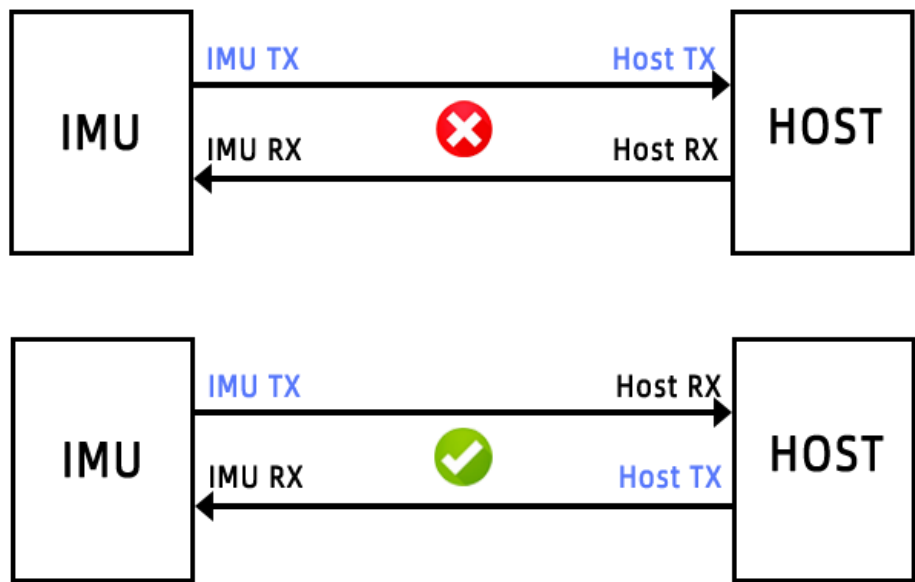


Figure15: IMU 串口与单主机相连

- 2. 串口配置不正确

串口的配置有很多包括波特率、起始位、数据长度、校验、停止位等，默认配置参考 10.1 章节，出错最常见的是波特率不匹配，尤其是用户在更改 IMU 波特率后，忘记对主机的波特率进行相应更改。现象是不能对 IMU 配置也不能接收 IMU 数据，如下图所示：

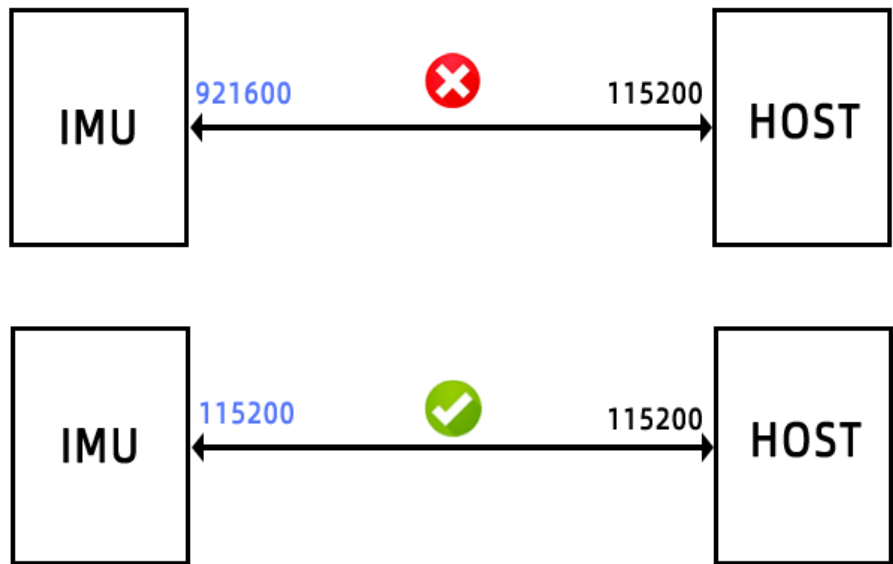


Figure16: IMU 串口与单主机相连

Note2: 上述波特率问题同样适用于 CAN 接口，CAN 接口也要求 IMU 与用户主机波特率一致。

3. IMU 的接收(RX)同时与多个设备的发送(TX)相连

有时候用户会在不知情的情况下会将串口与两个主机设备相连，这时候用户的两台主机都会收到 IMU 数据，但是不能对 IMU 进行配置，最典型的情况是用户误将 IMU 同时与用户主机以及我们的上位机相连，如图 27 所示

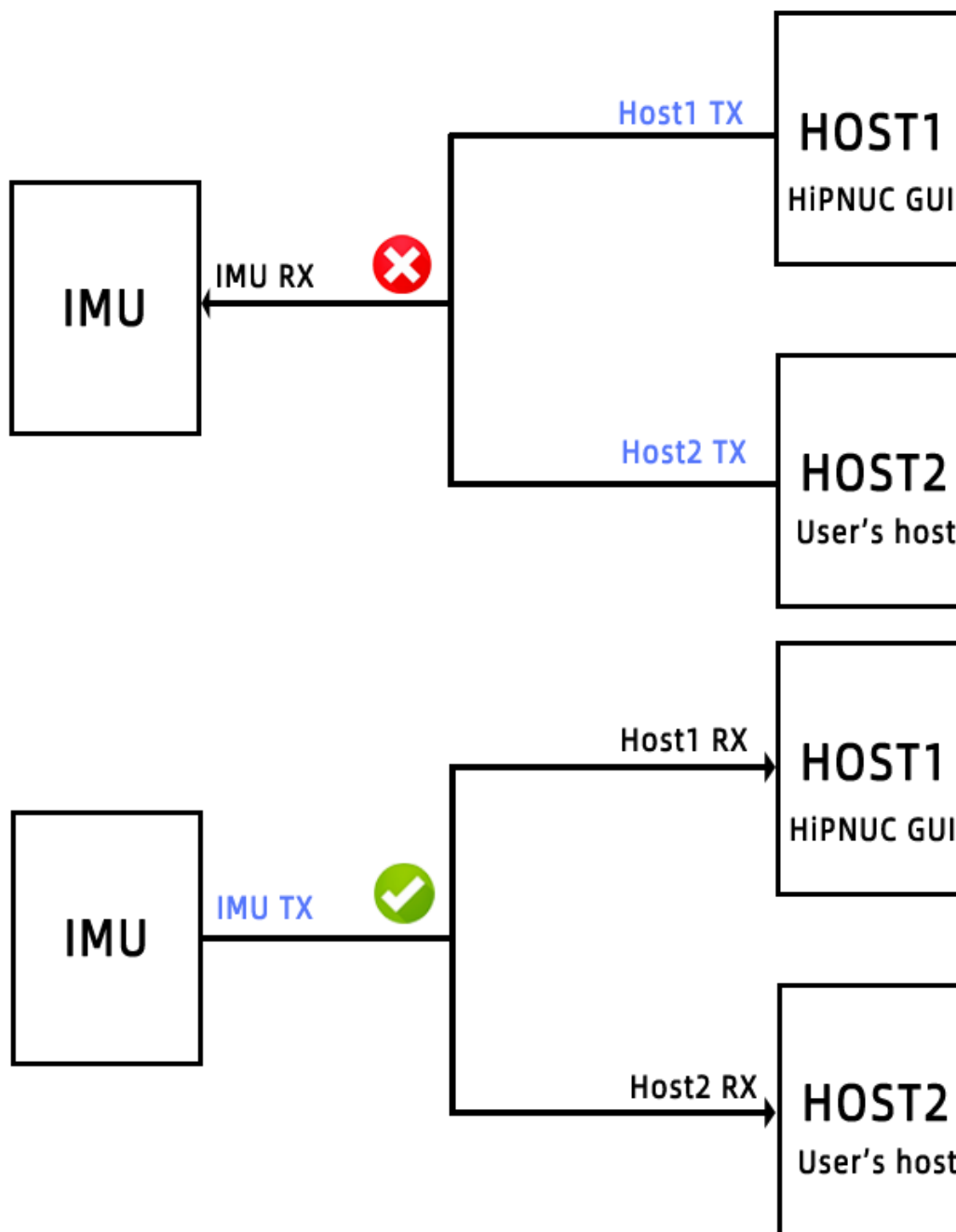


Figure17: IMU 串口同时与用户主机和 HiPNUC GUI 相连

4. 软件问题

用户写的接收端程序不是很健全，比如不能正确解析数据，CRC 校验不对等都会导致不能正确接收和配置 IMU 数据，此种情况请参考我们官方的解析例程，或者与我们联系获得技术支持。

5. 其他问题

硬件虚焊或者虚接，线束太长或者质量不好。建议优先使用我们为用户准备的 USB 转串口线。我们的线束都是考虑用户全场景应用的。