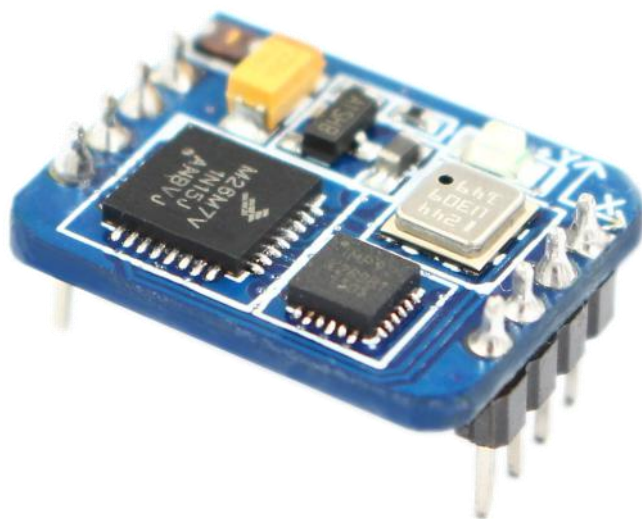


Uranus 姿态模块用户使用手册

适用型号： Hi219M, Hi209M(Uranus), Hi206L(Uranus Lite)



北京超核电子科技有限公司

www.beyondcore.net

目 录

- 产品概述..... 1
- 支持设备..... 1
- 模块参数..... 3
- 模块尺寸及引脚定义..... 4
 - 引脚定义..... 4
 - 引脚描述..... 5
- 初次使用..... 6
- 数据协议..... 8
 - 出厂默认数据输出协议..... 8
 - AT 指令详解..... 9
 - 自定义输出协议..... 10
- 校准模块..... 12
 - 加速度及陀螺仪校准..... 12
 - 地磁场校准..... 12
- 更新固件..... 14
- 恢复出厂设置..... 15
- 附录 A 参考代码..... 17
- 附录 B 术语表..... 18
- 附录 C 修订历史..... 19

产品概述

姿态模块 Uranus2 一款高性能的 9 轴运动组件，它拥有易用的数据输出接口，高精度的姿态角，收敛速度极快的绝对航向角，除此之外本模块内置了 NXP 低功耗微控制器，能够提供极好的用户体验。它可以嵌入到很多产品中，为您带来无限的创意和灵感。本模块被广泛用于智能机器人、VR 设备、动作捕捉、无人机、智能穿戴设备等场合。

VR 设备

Uranus 系列产品可以应用在游戏手柄、手枪、刀、眼镜等多款 VR 设备上



智能机器人

Uranus 系列产品在智能机器人领域也有很好的应用比如扫地机器人



动作捕捉

动作捕捉设备也是 Uranus 系列产品重要应用领域



无人机

无人机一直是姿态传感器的重要应用领域



智能硬件

在运动健康方面，姿态传感器也是大有作为



重力感应游戏

重力感应游戏的重要传感部件



支持设备

姿态模块 Uranus2 支持 windows, ubuntu 双操作系统，并且支持单片机、arduino、树莓派等多款嵌入式处

理。

支持windows、ubuntu双系统

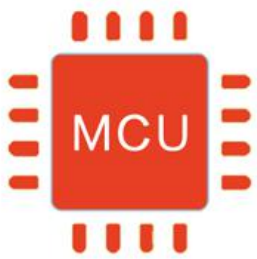
Uranus2支持windows、ubuntu双系统，用户可以自行开发上位机软件来获取姿态模块的数据。



windows



ubuntu



单片机



树莓派



ARDUINO

Uranus2支持单片机、ardunio、树莓派等多款嵌入式处理器，可以更加方便地进行产品的研发。

更多平台期待您的应用

模块参数

指标	参数	Uranus2	Uranus Lite	Hi219M
物理特性	尺寸	13.97mm x 17.27mm	12.7mm x 15.24mm	12 mm x 12mm
	振动强度	X 和 Y 轴:10~500Hz, 50m/s2 Z 轴:10~500Hz, 50m/s2	X 和 Y 轴:10~500Hz, 50m/s2 Z 轴:10~500Hz, 50m/s2	和 Y 轴:10~500Hz, 50m/s2 Z 轴:10~500Hz, 50m/s2
	冲击强度	峰值加速度 500m/s2, 标称脉冲持续时间 11ms, 速度变化量: 半正弦波 3.4m/s, 后峰锯齿波 2.7m/s, 梯形波 4.9m/s	峰值加速度 500m/s2, 标称脉冲持续时间 11ms, 速度变化量: 半正弦波 3.4m/s, 后峰锯齿波 2.7m/s, 梯形波 4.9m/s	峰值加速度 500m/s2, 标称脉冲持续时间 9ms, 速度变化量: 半正弦波 3.4m/s, 后峰锯齿波 2.7m/s, 梯形波 4.4m/s
	工作温度湿度范围	-20℃~80℃ 相对湿度 45%~96%	-20℃~80℃ 相对湿度 45%~96%	-20℃~80℃ 相对湿度 45%~96%
性能	加速度(Acc)	量程 ±8g, 数据输出分辨率: 0.000244G(G=重力加速度 每 LSB)	量程 ±8g, 数据输出分辨率: 0.000244G(G=重力加速度 每 LSB)	量程 ±16g, 数据输出分辨率: 0.001G(千分之一重力加速度, 每 LSB)
	角速度(Gyro)	量程 ±2000°/s 数据输出分辨率: 0.1° /s(分每秒, 每 LSB)	量程 ±2000°/s 数据输出分辨率: 0.1° /s(分每秒, 每 LSB)	量程 ±2000°/s 数据输出分辨率: 0.1° /s(分每秒, 每 LSB)
	地磁(Mag)	量程 ±4800uT 数据输出分辨率:mG(毫高斯, 每 LSB)	无	量程 ±800mG 数据输出分辨率:mG(毫高斯, 每 LSB)
	大气压测量范围	300~1100Kpa 数据输出单位:1Pa	无	无
	融合数据精度	横滚角±0.01° 俯仰角±0.01° 航向角±0.5°	横滚角±0.01° 俯仰角±0.01° 航向角±0.5°	横滚角±0.01° 俯仰角±0.01° 航向角±0.5°
接口特性	输出接口	串口(9600 ~ 921600bps 出厂默认 115200bps)	串口(9600 ~ 921600bps 出厂默认 115200bps)	串口(9600 ~ 921600bps 出厂默认 115200bps)
	数据刷新率	0 - 500Hz	0 - 100Hz	0 - 1KHz
其他	供电	DC 2.8~3.6V /20ma(最大)	DC 2.8~3.6V /20ma(最大)	C 2.8~3.6V /20ma(最大)
	温飘	0.81%	0.81%	0.67%

模块尺寸及引脚定义

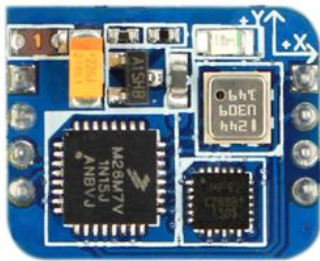
引脚定义

VCC

GND

NC

NC



TXD

RXD

NC

NC

3.3V

GND

NC

RST



TXD

RXD

NC

NC

功能表

物理编号

3.3V

GPIO1

RXD

TXD

GPIO2

1

2

3

4

5



物理编号

功能表

10

9

8

7

6

GND

GPIO5

GPIO4

GPIO3

RESET

引脚描述

引脚定义	功能说明
TX	模块串口输出
RX	模块串口输入
VCC	电源正极, 2.8V~3.3V
GND	地
NC	不接
RST	复位, 低脉冲(>10us) 模块复位, 一般情况下不接
GPIOx	保留, 一般情况下不接

初次使用

将模块的电源接好，Uranus2 模块正面蓝色指示灯会闪烁，说明模块工作已经正常。模块出厂时，默认为 6 轴模式，波特率为 115200/N/8/N/1。本产品内含地磁场传感器，如果使用 9 轴模式应远离磁铁、手机、电机等磁性物品，具体操作参考以下步骤：

1 连接模块：

（1）模块与 PC 机连接

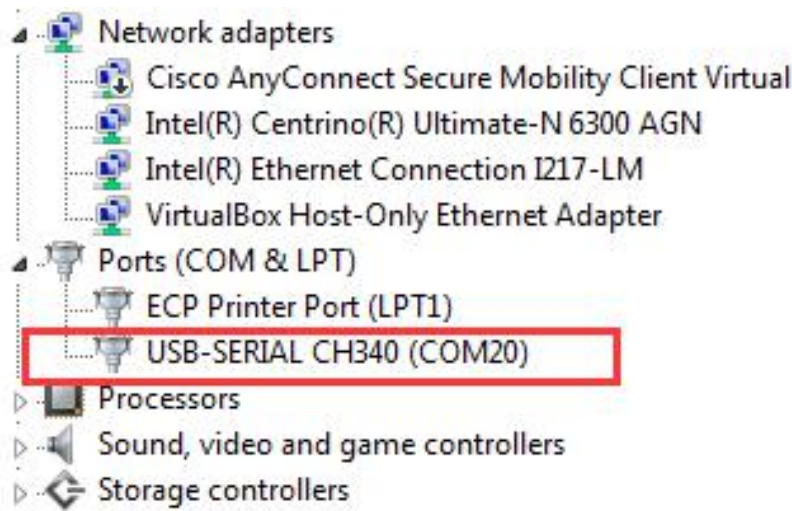
本模块可通过 USB 转串口模块（比如 CH340）与电脑进行通信，只需要将 TX, RX, GND 连接即可（注意 TX 和 RX 要交叉连接），也可以使用超核电子的测试底板进行测试。

（2）模块与 MCU 连接

将模块供电，并且与单片机的 TX, RX, GND 连接即可(逻辑电平为 3.3V)。默认串口格式为 115200,N8N1，即 波特率 115200 无校验位，1 位停止位。本手册最后给出了 C 语言的帧数据接收参考代码。

2 上位机测试：

以超核测试底板为例，首先安装 CH340 USB 转串口驱动，安装完成后，在任务管理器中会显示出一个串口设备，如下图所示：



然后打开上位机调试软件，开启串口即可：

Oscilloscope	2015/9/1 19:55	文件夹	
参考例程	2015/8/10 23:03	文件夹	
参考设计	2015/7/13 18:11	文件夹	
AvionicsInstrumentControlDemo.dll	2015/9/1 19:55	应用程序扩展	2,834 KB
超核姿态模块(Uranus2).pdf	2015/8/10 23:08	Adobe Acrobat ...	334 KB
超核姿态上位机.exe	2015/9/1 19:44	应用程序	3,626 KB
模块参考设计驱动程序-CH340G.exe	2015/6/2 23:38	应用程序	228 KB
姿态开源程序.exe	2015/8/10 22:57	应用程序	120 KB

软件运行主界面



除此之外软件还有数据保存功能，方便用户后期的处理，Uranus 系列上位机也提供了所有常用的模块配置及评估功能，用户可以根据需要改变模块的输出速率、安装方式、工作模式等方面内容。

数据协议

出厂默认数据输出协议

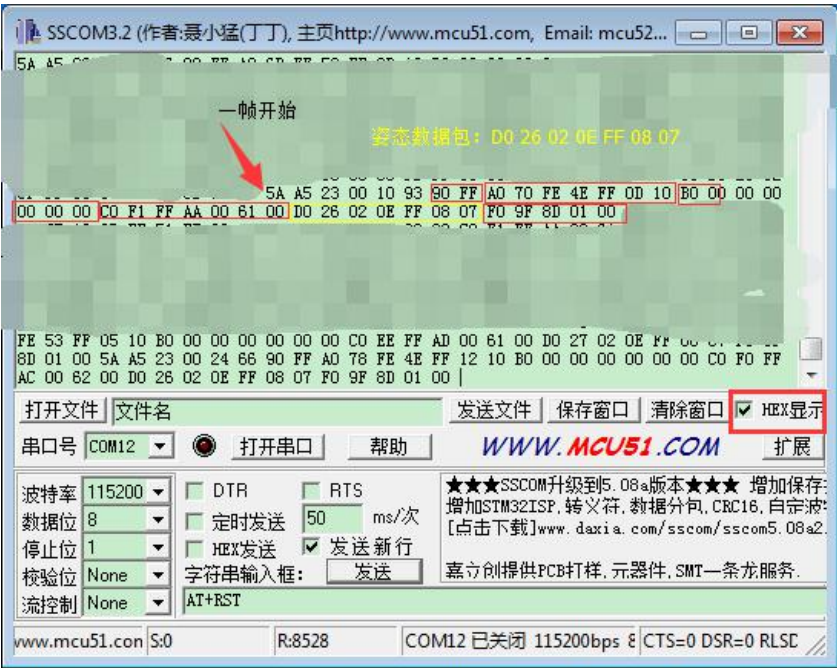
上电后，模块默认按 60Hz (出厂默认输出速率) 输出数据包，数据包格式如下：

5A+A5+LEN+CRC+90+ID+A0+ACC+B0+GYO+C0+MAG+D0+AltE+F0+PRS

字段	长度(字节)	解释
5A	1	帧头识别
A5	1	帧类别，固定为 0xA5
LEN	2	整个帧长度 2 字节表示，低字节在前
CRC	2	除 CRC 本身外其余所有帧数据的 16 位 CRC 校验和。低字节在前。 附带例程中提供 CRC 校验函数实现
90 + ID	2	ID 数据包，ID 值可使用 AT 指令设置, 90 为 ID 数据包标识
A0+ACC	7	加速度数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前。 A0 为数据包标识
B0+GYO	7	角速度数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前。 B0 为数据包标识
C0+MAG	7	地磁数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前。 C0 为数据包标识
D0+AltE	7	姿态角数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，低字节在前。Roll, Pitch 为实际值乘以 100 后得到的数值，Yaw 为乘以 10 得到的数值。D0 为数据包标识。(关于 Roll, Pitch Yaw 的定义参见附录)
F0+PRS	5	大气压力数据包，格式为 int32，低字节在前，单位为 Pa. F0 为数据包标识

输出协议示例：

使用串口调试助手捕捉到某帧数据如下所示：仅作欧拉角数据包分析



得到姿态数据包数据序列(16 进制): D0 26 02 0E FF 08 07, 其中:

D0: 为欧拉角数据包标识符, 俯仰角原始数据: 0x26 0x02, 横滚角原始数据: 0x0E 0xFF, 航向角原始数据: 0x08 0x07
解算过程如下:

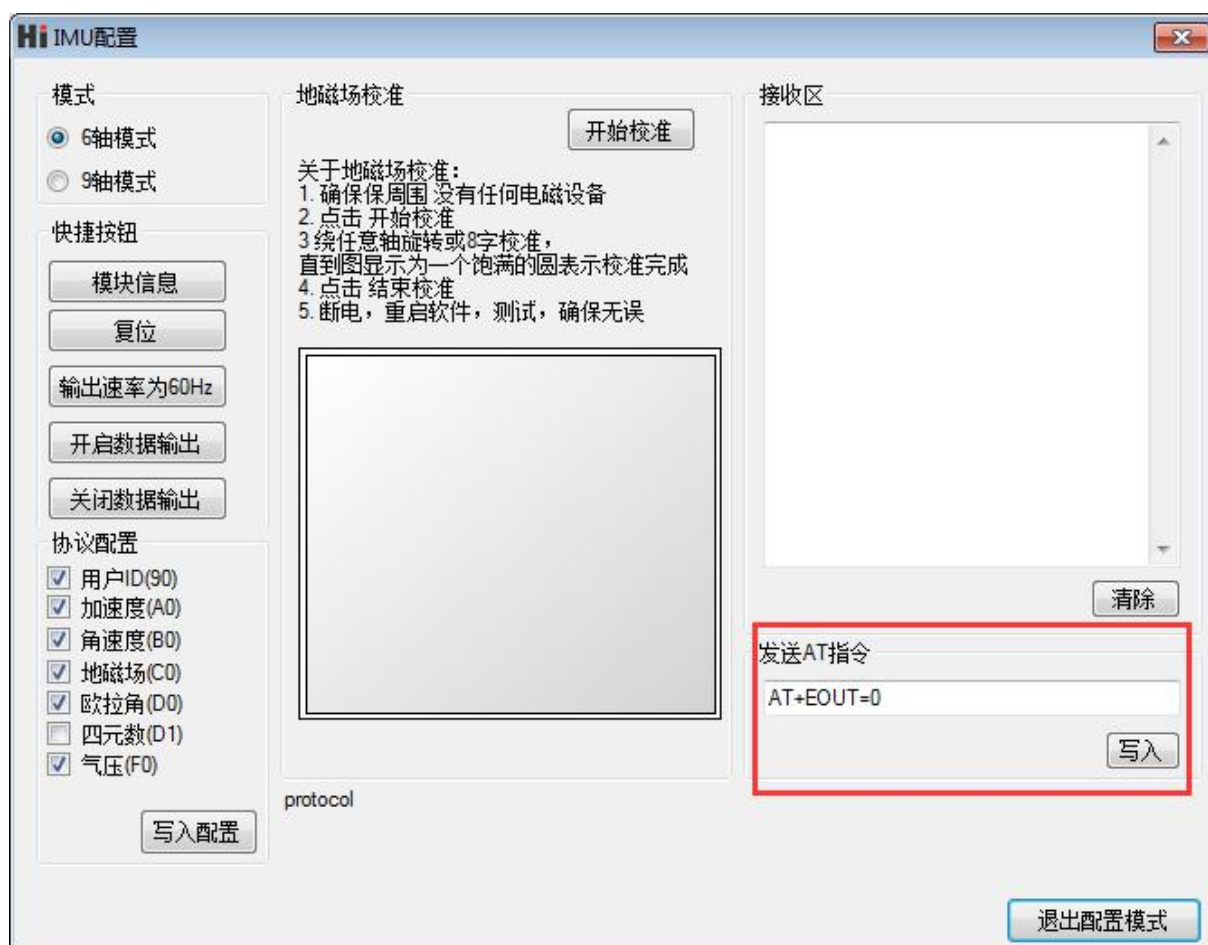
俯仰角: $0x26\ 0x02 = (0x26 + 0x02 * 256) / 100 = 5.50^\circ$

横滚角 $0x0E\ 0xFF = -(0xF2 + 0x00 * 256) / 100 = -2.42^\circ$ (最高位为 1, 负数 补码形式存放, 除符号位外取反+1)

航向角 $0x08\ 0x07 = (0x08 + 0x07 * 256) / 10 = 180.0^\circ$

AT 指令详解

本模块采用 AT 指令集配置/查看参数。AT 指令总以 ASCII 码 "AT" 开头, 后面跟控制字符, 最后以回车换行 "\r\n" 结束。可使用串口调试助手进行测试:

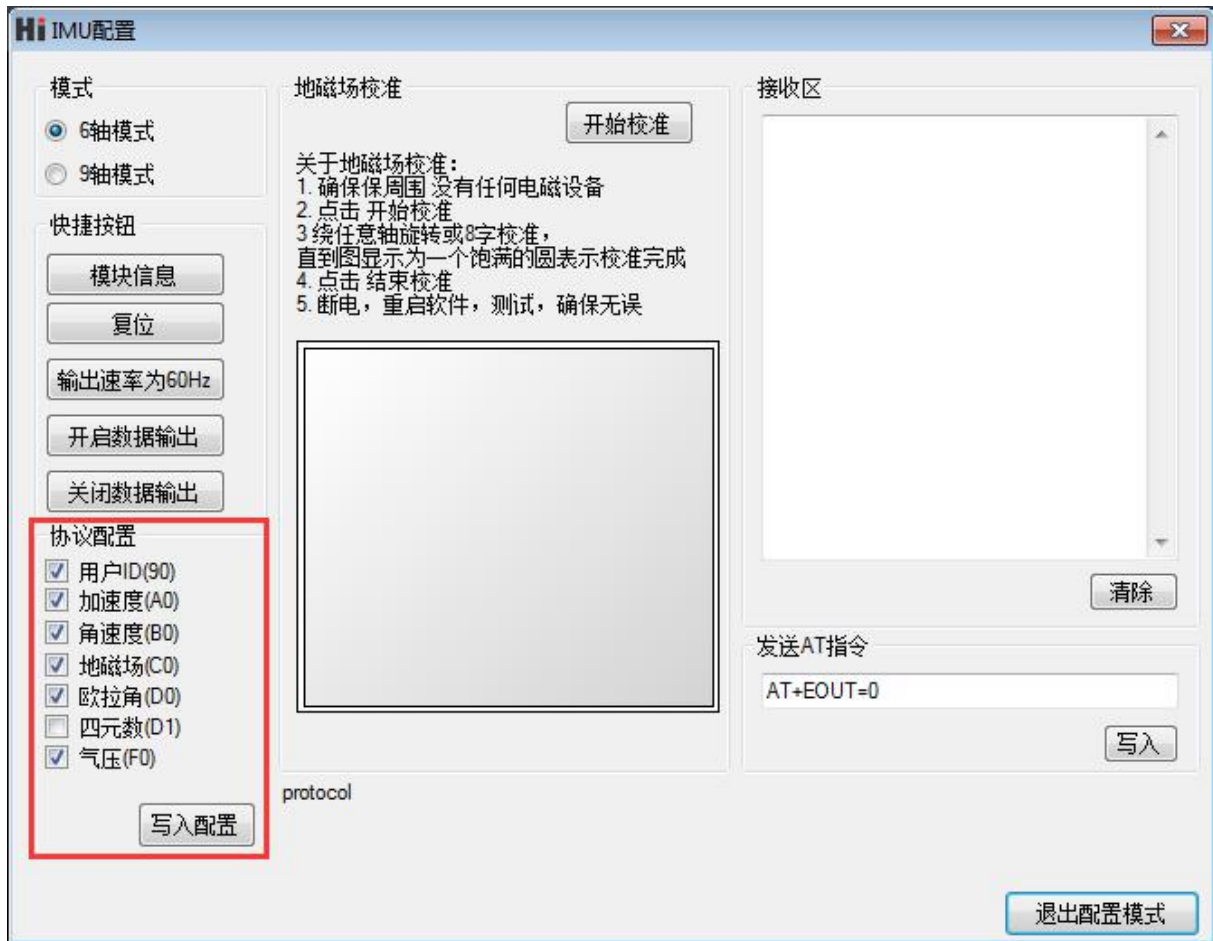


所有用户可用 AT 指令集描述如下:

指令	掉电保存	默认/出厂值	说明	示例
AT+INFO	N	N/A	列出模块当前版本信息及所有状态信息	输出模块信息: AT+INFO
AT+ODR	Y	60	设置模块输出帧频率	设置输出速率为 60Hz: AT+ODR=60
AT+BAUD	Y	115200	设置模块输出波特率 注意: 波特率参数设置好后会立即生效, 因此上位机的波特率也要做相应修改。升级固件时, 需要切换回 115200 波特率	设置波特率为 115200: AT+BAUD=115200
AT+MODE	Y	0	设置模块工作模式: AT+MODE=0 6 轴模式 AT+MODE=1 9 轴模式	设置为 6 轴模式: AT+MODE=0
AT+EOUT	N	1	设置数据输出开关: AT+EOUT=0 关闭数据输出 AT+EOUT=1 开启数据输出	关闭输出输出: AT+EOUT=0
AT+RST	N	N/A	复位	复位: AT+RST
AT+ID	Y	255	设置模块用户 ID: 每个模块可以设置一个用户可编程 ID, AT+ID 读取 ID 值 AT+ID=x 设置 ID 值 x=0-255	设置 ID 为 100 AT+ID=100
AT+DIR	Y	0	设置初始水平方向 AT+DIR=0 航向角与重力方向垂直(默认出厂设置, 适用于一般情况) AT+DIR=1 航向角与重力方向平行(适用于垂直安装的情况) 注意: 修改初始方向后需要复位模块并且重新校准各个传感器的值	设置为垂直模式: AT+DIR=1
AT+TRG	N	N/A	触发模块输出一帧数据, 可以配合 AT+ODR=0 来实现单次触发输出。	AT+TRG

自定义输出协议

用户可在上位机配置界面下自定义模块的数据包种类输出, 添加或删除任意几组数据包:



所有自定义数据包格式列表如下：

名称	包头	长度(字节)	解释
自定义 ID	0x90	2	ID 数据包，ID 值可使用 AT 指令设置 90+ID
加速度	0xA0	7	加速度数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前
角速度	0xB0	7	角速度数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前
地磁场	0xC0	7	地磁数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，X、Y、Z 三轴共 6 个字节，低字节在前
欧拉角	0xD0	7	姿态角数据包，格式为 int16，共三个轴，每个轴占 2 个字节，低字节在前。Roll, Pitch 为实际值乘以 100 后得到的数值，Yaw 为乘以 10 得到的数值。
四元数	0xD1	17	单位四元数数据包，格式为 float 型，共 4 个 float 型数据，每个数据占 4 字节，范围为 0.000 - ±1.000，小端格式(与 C# windows 端格式相同，可直接用 BitConverter.ToSingle 转换)，为别为 w,x,y,z.
气压	0xF0	5	大气压力数据包，格式为 int32，低字节在前，单位为 Pa.

校准模块

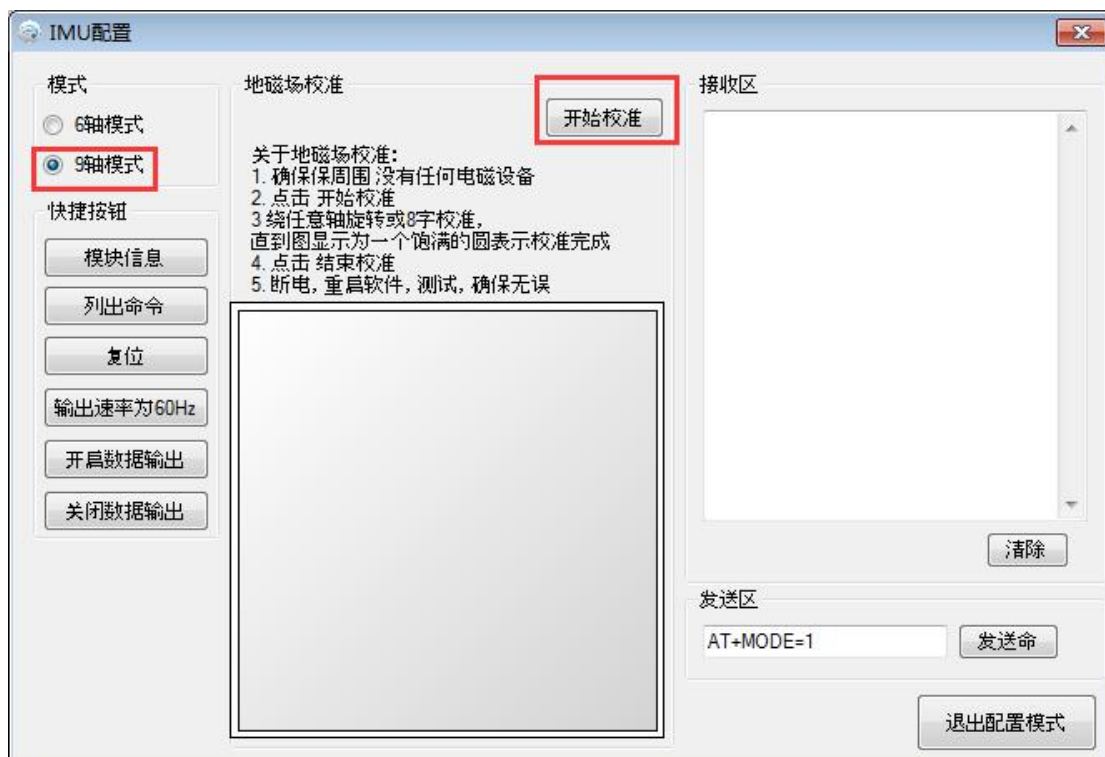
加速度及陀螺仪校准

姿态模块内置 CH_DynamicSens® (专利保护) 动态校准技术，加速度和陀螺仪会根据使用情况自动校准，并将数据存储在模块中(掉电保存)，用户无需干预。需要注意的是，首次使用时需要较长的时间(~60s) 来让自动校准系统获得比较理想的校准值。

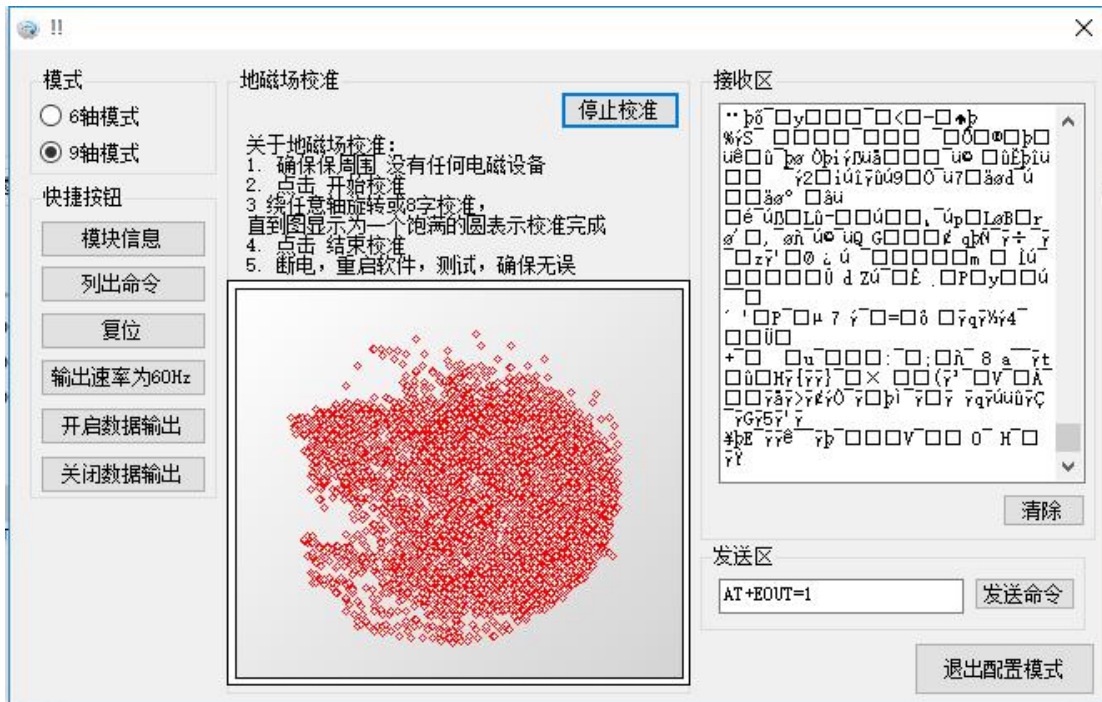
地磁场校准

由于使用模块时周围环境磁场复杂，对航向角的准确性有一定的影响，所以在使用前，需要对模块进行磁场校准，避免周围环境对模块的影响。在 9 轴模式下，需要用户自行校准地磁场后，9 轴模式才可以使用。校准时请不要放置磁性大的物体在模块周围。校准步骤如下：

- (1) 打开上位机软件，连接模块，确保模块已经可以正常工作
- (2) 打开 IMU 界面，切换到配置模块选项，选择 9 轴模式，点击开始校准



(3) 手持模块，远离磁场等电子设备，分别绕三个轴各转 360 度或者 8 字校准，直到下面的绘图区显示出一个相对饱满的圆为止，校准完成后，点击“停止校准”按钮，到此校准结束。校准示意图如下图所示：



更新固件

本产品支持在线升级固件，固件升级方法：

获得最新的固件程序，扩展名为.hex。固件程序可以登陆官网 www.beyondcore.net 获得

打开上位机，切换到固件升级配置模块，打开串口，连接好模块，点击连接按钮(波特率必须是 115200)

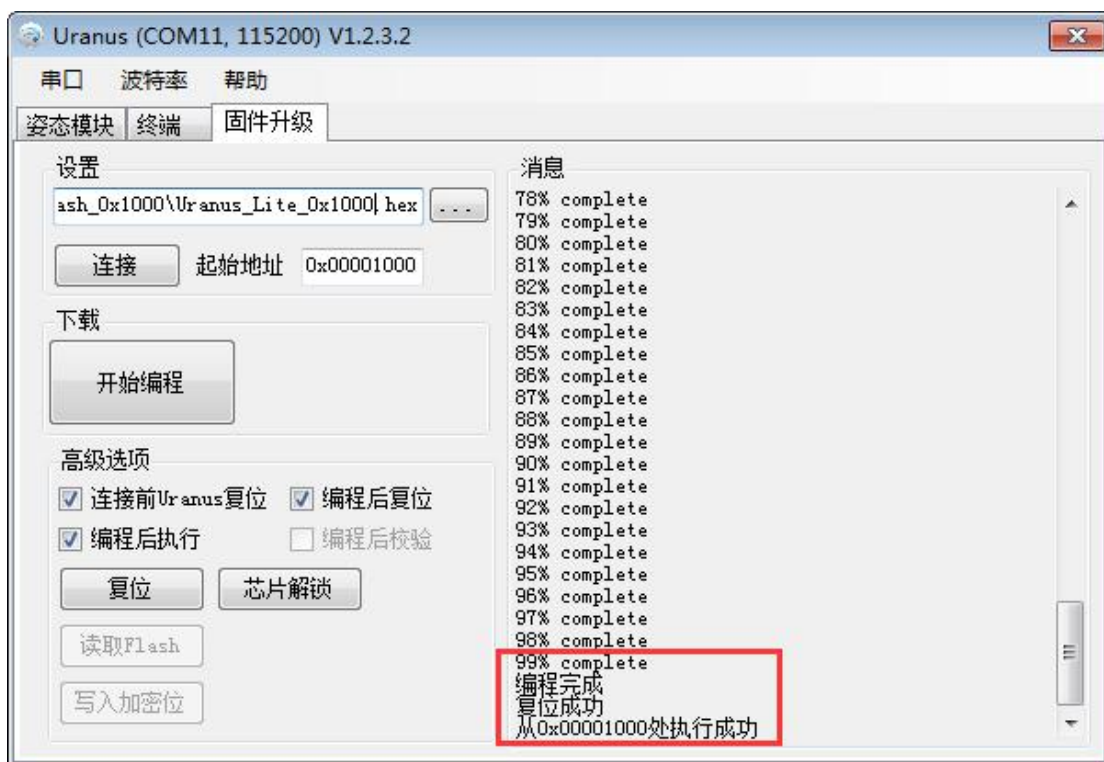
如果出现 BOOT 连接信息（协议版本，程序版本等），则说明升级系统准备就绪，点击文件选择器（...），选择 hex 或 bin 镜像，起始地址设置为 0x00001000，点击开始编程。



下载完成后会提示编程完成，此时关闭串口，重新上电，模块升级完成。

注意，升级模块固件后，用户配置数据和校准数据会丢失，需要用户重新设置或校准。

固件升级成功示意图如下所示：



恢复出厂设置

当模块被设置成错误的波特率时，会导致输出波特率不正确造成不能再接受新的 AT 指令（波特率不能与上位机匹配导致）。这时如果忘记了模块的波特率的话，可以通过以下方法来强制恢复模块所有配置参数为出厂默认参数（出厂默认波特率:115200）。恢复出厂设置会清除所有用户配置数据。

1. 将模块断电，并且短接与 RXD 相邻的 NC 引脚，如下图：（只有 Hi209 有此功能）



2. 重新上电模块，然后断开此引脚与 GND 的连接，此时参数会被恢复为出厂值。

附录 A 参考代码

见资料包附件

附录 B 术语表

项目	说明
9 轴(nine axis)	指加速度(acc)在空间三个方向的分量 + 角速度(gyro)在三个空间方向的分量 + 地磁场(mag)在三个空间方向上的分量
加速度(acc/a)/角速度(gyo/g)/地磁场(mag/m)	指 9 轴传感器输出的原始数据, 每个物理量有 3 个空间方向, 加在一起共 9 个数据
姿态角(pitch/roll/yaw)	<p>也称 p/r/y 或欧拉角 指俯仰角(Pitch)横滚角(Roll)和航向角(Yaw), 他们通过 9 轴原始数据融合, 解算得出, 是描述物体空间旋转状态的重要参数。由四元数转换而来。</p> <p>本模块输出的欧拉角的定义为:</p> <p>Pitch(θ,theta): 绕 Y 轴旋转, 范围[-90, 90]°</p> <p>Roll(ϕ, phi): 绕 X 轴旋转, 范围[-180, 180]°</p> <p>Yaw(ψ,psi): 绕 Z 轴旋转, 范围[0-360]°</p> <p>其中 XYZ 轴即为模块上丝印标注的 XYZ 轴</p>
四元数	<p>四个浮点数表示一个空间姿态:</p> <p>记做: q0, q1, q2, q3 或 w, x, y, z</p> <p>四元数转欧拉角公式:</p> $\begin{bmatrix} \phi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{atan2}(2(q_0 q_1 + q_2 q_3), 1 - 2(q_1^2 + q_2^2)) \\ \text{asin}(2(q_0 q_2 - q_3 q_1)) \\ \text{atan2}(2(q_0 q_3 + q_1 q_2), 1 - 2(q_2^2 + q_3^2)) \end{bmatrix}$ <p>欧拉角转四元数: (以欧拉 321 转动次序为例(先转 Z,然后 Y,然后 X))</p> $\begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c(\frac{\phi}{2})c(\frac{\theta}{2})c(\frac{\psi}{2}) + s(\frac{\phi}{2})s(\frac{\theta}{2})s(\frac{\psi}{2}) \\ s(\frac{\phi}{2})c(\frac{\theta}{2})c(\frac{\psi}{2}) - c(\frac{\phi}{2})s(\frac{\theta}{2})s(\frac{\psi}{2}) \\ c(\frac{\phi}{2})s(\frac{\theta}{2})c(\frac{\psi}{2}) + s(\frac{\phi}{2})c(\frac{\theta}{2})s(\frac{\psi}{2}) \\ c(\frac{\phi}{2})c(\frac{\theta}{2})s(\frac{\psi}{2}) - s(\frac{\phi}{2})s(\frac{\theta}{2})c(\frac{\psi}{2}) \end{bmatrix}$ <p>其中 c = cos, s = sin</p> <p>参考: https://en.wikipedia.org/wiki/Conversion_between_quaternions_and_Euler_angles</p>
航向角零飘	指在六轴融合中由于没有地磁场数据的校正时, 由于陀螺仪(角速度计)积分误差, 算出的航向角缓慢漂移的现象
LVT33 和 LVC25	可以和 3.3V/ 2.5V 单片机直连

附录 C 修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2015/06/01	首次发布
V2.0	2016/06/15	文档改版，增加数据刷新率
V2.1	2016/08/05	文档改版，修改协议描述
V2.2	2016/09/19	增加恢复出厂设置章节，增加 Pitch Row, Yaw 说明
V2.3	2016/11/25	增加四元数数据包解释
V2.4	2017/2/12	增加 Hi219M 说明