CH110 用户手册

IMU/VRU姿态测量模块, Rev 1.0

简介

CH110是超核电子推出的一款超低成本、高性能、小体积、低延时的惯性测量单元(IMU)，本产品集成了三轴加速度计、三轴陀螺仪和一款微控制器。可输出经过传感器融合算法计算得到的基于当地地理坐标的三维方位数据，包含无绝对参考的相对航向角，俯仰角和横滚角。同时也可以输出校准过的原始的传感器数据。

典型应用:

- 机器人航向跟踪/无人驾驶等

特性

板载传感器

- 三轴陀螺仪, 最大量程: ±2000°/s
- 三轴加速度计, 最大量程:±8G

数据处理

- 加速度和陀螺仪出厂前经过三轴非正交和标度因子校准
- 数据融合算法计算并输出地理坐标系下的旋转四元数及欧拉角等姿态信息

通讯接口及供电

- RS232串行接口/CAN2.0总线
- 供电电压：5-24V

其他

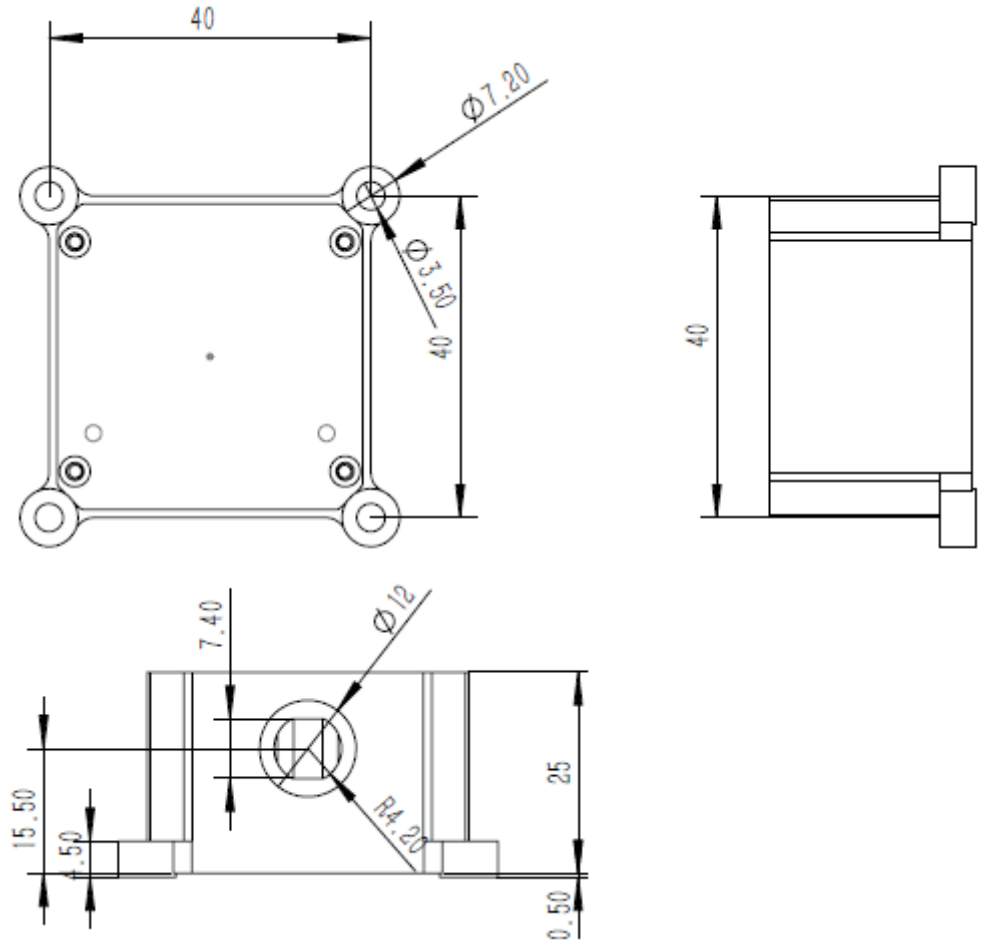
- PC端上位机程序，提供实时数据显示，波形，校准及excel 数据记录功能
- 多项模块参数用户可配置

硬件及尺寸

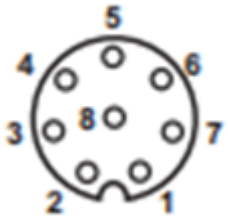
硬件参数

参数	描述
输出数据接口	RS232串行接口
工作电压	5-24V
温度范围	-20℃ - 85 ℃
最大线性加速度	0 - 115 m/s^2
尺寸	40 x 40 x 25mm (W x L x H)
板载传感器	三轴加速度计 三轴陀螺仪

尺寸



接口定义



序号	引脚号	功能(RS232+CAN)	功能(RS485+CAN)
1	红	Vin	Vin
2	黑	GND	GND
3	黄	RS232 TX	485 A
4	绿	RS232 RX	485 B
5	白	同步输出	同步输出
6	棕	同步输入	同步输入
7	蓝	CAN_H	CAN_H
8	灰	CAN_L	CAN_L

性能指标

姿态角输出精度

姿态角	典型值
横滚角\俯仰角 - 静态误差	0.8°
横滚角\俯仰角 - 动态误差	2.5°
零偏稳定性	10°/h

陀螺仪

参数	值
测量范围	±2000°/s
非线性度	±0.1% (25°最佳)
噪声密度	0.08°/s/$\sqrt{Hz}$
采样率	500Hz

加速度计

参数	值
测量范围	±8G (1G = 1x 重力加速度)
非线性度	±0.5% (25°最佳)
最大零点偏移	30mG
噪声密度	250 $uG\sqrt{Hz}$
采样率	500Hz

模块数据接口参数

参数	值
串口输出波特率	9600/115200可选
帧输出速率	10/50/100Hz 可选

融合及校准算法

陀螺仪校准

每一个姿态传感器都单独进行过全测量范围内的校准和测试。陀螺和加速度计的非正交和刻度因子误差参数都会保存在模块内部的Flash中。陀螺仪自动校准需要在上电后静止模块3s 左右以获得最好的校准效果。如果上电静置短于规定时间，则模块陀螺仪零偏校准效果会下降。

姿态传感器内建陀螺零速检测机制，当检测到长时间内三轴陀螺速度均小于1°/s时，模块认为当前为静止状态，陀螺输出为零偏，此次模块会将此时的陀螺读数记录下来作为零偏补偿。所以 **本产品不能用于旋转速度<1°/s的运动场景**。(既旋转速度低于秒针平均转速的1/6)

参考系定义

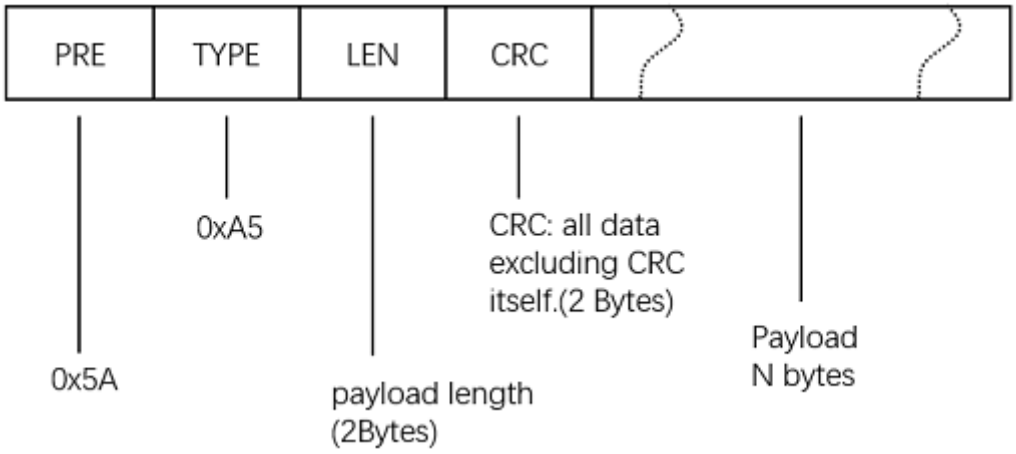
载体系使用 前-左-上(FLU)右手坐标系， 地理坐标系使用 北-西-天(NWU)坐标系。其中欧拉角旋转顺序为 ZYX(先转Z轴，再转Y轴，最后转X轴)旋转顺序。具体定义如下：

- 绕 Z 轴方向旋转: 航向角\Yaw\phi(ψ) 范围: -180° - 180°
- 绕 Y 轴方向旋转: 俯仰角\Pitch\theta(θ) 范围: -90°-90°
- 绕 X 轴方向旋转:横滚角\Roll\psi(ϕ)范围: -180°-180°

如果将模块视为飞行器的话。X 轴应视为机头方向。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°

串口通讯协议

模块上电后，模块默认按100Hz (出厂默认输出速率) 输出帧数据，帧格式如下：



其中：

域	值	长度(字节)	说明
PRE	0x5A	1	固定为0x5A
TYPE	0xA5	1	固定为0xA5
LEN	1-512	2	帧中数据域的长度。LSB(低字节在前)，长度表示数据域的长度，不包含 PRE,TYPE,LEN,CRC 字段。
CRC	-	2	除CRC 本身外其余所有帧数据的16 位CRC 校验和。LSB(低字节在前)
PAYLOAD	-	1-512	一帧携带的数据。PAYLOAD 由若干个子数据包组成。每个数据包 包含：数据包标签(DATA_ID)和数据(DATA) 两部分。DATA_ID决定了数据的类型及长度，DATA 为数据包内容。

CRC实现函数：

```
/*
    currectCrc: previous crc value, set 0 if it's first section
    src: source stream data
    lengthInBytes: length
*/
static void crc16_update(uint16_t *currectCrc, const uint8_t *src, uint32_t lengthInBytes)
{
    uint32_t crc = *currectCrc;
    uint32_t j;
    for (j=0; j < lengthInBytes; ++j)
    {
        uint32_t i;
        uint32_t byte = src[j];
        crc ^= byte << 8;
        for (i = 0; i < 8; ++i)
        {
            uint32_t temp = crc << 1;
            if (crc & 0x8000)
            {
                temp ^= 0x1021;
            }
```

```
            crc = temp;
        }
    }
    *currectCrc = crc;
}
```

数据包

数据包总览

数据包标签(DATA_ID)	数据包长度(包含标签1字节)	名称	备注
0x90	2	用户ID	
0xA0	7	加速度	
0xB0	7	角速度	
0xC0	7	磁场强度	
0xD0	7	欧拉角	
0xD1	17	四元数	
0xF0	5	气压	输出0
0x91	76	IMUSOL(IMU数据集合)	推荐使用

产品支持数据包列表

下表列出所有产品支持的数据包,* 表示支持 -表示不支持

产品	90	A0	B0	C0	D0	D1	F0	91
HI226	*	*	*	*	*	*	-	*
HI229	*	*	*	*	*	*	-	*
CH110	-	-	-	-	-	-	-	*

0x90(用户ID)

共2字节，用户设置的ID。

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0x90
1	uint8_t	1	-	用户ID

0xA0(加速度)

共7 个字节，LSB。输出传感器的原始加速度

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0xA0
1	int16_t	2	0.001G(1G = 1重力加速度)	X轴加速度
3	int16_t	2	0.001G	Y轴加速度
5	int16_t	2	0.001G	Z轴加速度

0xB0(角速度)

共7字节，LSB。输出传感器的原始角速度

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签：0xB0
1	int16_t	2	0.1°/s	X轴角速度
3	int16_t	2	0.1°/s	Y轴角速度
5	int16_t	2	0.1°/s	Z轴角速度

0xC0(磁场强度)

共7字节，LSB。输出传感器的原始磁场强度

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0xC0
1	int16_t	2	0.001Gauss	X轴磁场强度
3	int16_t	2	0.001Gauss	Y轴磁场强度
5	int16_t	2	0.001Gauss	Z轴磁场强度

0xD0(欧拉角)

共7字节，LSB。格式为int16，共三个轴，每个轴占2 个字节，顺序为Pitch/Roll/Yaw。接收到Roll, Pitch 为物理值乘以100 后得到的数值，Yaw 为乘以10 得到的数值。

例：当接收到的Yaw = 100 时，表示航向角为10°

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0xD0
1	int16_t	2	0.01°	Pitch(俯仰角)
3	int16_t	2	0.01°	Roll(横滚角)
5	int16_t	2	0.1°	Yaw(航向角)

0XD1(四元数)

共17字节，格式为float，共4个值，顺序为:W X Y Z.。每个值占4 字节(float)，整个四元数为4个float，LSB。

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0xD1
1	float	4	-	W
5	float	4	-	X
9	float	4	-	Y
13	float	4	-	Z

0XF0(气压)

共5字节，格式为float。(只针对有气压传感器的产品)

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0xF0
1	float	4	Pa	大气压

0X91(IMUSOL)

共76字节，新加入的数据包，用于替代A0,B0,C0,D0,D1等数据包。集成了IMU的传感器原始输出和姿态解算数据。

字节偏移	类型	大小	单位	说明
0	uint8_t	1	-	数据包标签:0x91
1	uint8_t	1	-	ID
2	-	6	-	保留
8	uint32_t	4	ms	时间戳信息，从系统开机开始累加，每毫秒增加1
12	float	12	1G(1G = 1重力加速度)	X,Y,Z轴的加速度，注意单位和0xA0不同
24	float	12	deg/s	X,Y,Z轴的角速度，注意单位和0xB0不同
36	float	12	uT	X,Y,Z轴的磁场强度(HI229支持,注意单位和0xC0不同)
48	float	12	deg	节点欧拉角集合, 顺序为：横滚角(Roll)，俯仰角(Pitch)，航向角(Yaw)(注意顺序和单位与0xD0数据包不同)
60	float	16	-	节点四元数集合,顺序为WXYZ

出厂默认数据包

出厂默认一帧中携带数据包数据定义如下：

产品	默认输出数据包
HI226	90,A0,B0,C0,D0,F0
HI229	90,A0,B0,C0,D0,F0
CH110	90,A0,B0,C0,D0,F0

数据帧结构示例

数据帧配置为 0x90 , 0xA0 , 0xB0 , 0xC0 , 0xD0 , 0xF0 数据包

使用串口助手采样一帧数据,共41字节, 前6字节为帧头, 长度和CRC校验值。剩余35字节为数据域。假设数据接收到C语言数组buf中。如下所示:

5A A5 23 00 FD 61 **90** 00 **A0** 55 02 3D 01 E2 02 **B0** FE FF 17 00 44 00 **C0** 80 FF 60 FF 32 FF **D0** 64 F2 6C 0E BB 01 **F0** 00 00 00 00

- 第一步：判断帧头，得到数据域长度和帧CRC：

帧头:5A A5

帧数据域长度:23 00: (0x00<<8) + 0x23 = 35

帧CRC校验值:FD 61:(0x61<<8) + 0xFD = 0x61FD

- 第二步： 校验CRC

```
    uint16_t payload_len;
    uint16_t crc;

    crc = 0;
    payload_len = buf[2] + (buf[3] << 8);

    /* calulate 5A A5 and LEN filed crc */
    crc16_update(&crc, buf, 4);

    /* calulate payload crc */
    crc16_update(&crc, buf + 6, payload_len);
```

得到CRC值为0x61FD, 与帧携带的CRC值相同, 帧CRC校验通过。

- 第三步：接收数据

`90 00`：ID 数据包, 0x90为数据包标签, ID = 0x00.

`A0 55 02 3D 01 E2 02`:加速度数据包,0xA0为数据包标签，三轴加速度为：

X轴加速度= (int16_t)((0x02<<8)+ 0x55) = 597(单位为mG)

Y轴加速度 = (int16_t)((0x01<<8)+ 0x3D) = 317

Z轴加速度= (int16_t)((0x02<<8)+ 0xE2) = 738

`B0 FE FF 17 00 44 00`:角速度数据包,0xB0为数据包标签，三轴角速度为：

X轴角速度= (int16_t)((0xFF<<8)+ 0xFE) = -2(单位为0.1°/s)

Y轴角速度 = (int16_t)((0x00<<8)+ 0x17) = 23

Z轴角速度= (int16_t)((0x00<<8)+ 0x44) = 68

`C0 80 FF 60 FF 32 FF`:磁场数据包,0xC0为数据包标签，三轴磁场为：

X轴角速度= (int16_t)((0xFF<<8)+ 0x80) = -128 (单位为0.001Gauss)

Y轴角速度 = (int16_t)((0xFF<<8)+ 0x60) = -160

Z轴角速度= (int16_t)((0xFF<<8)+ 0x32) = -206

`D0 64 F2 6C 0E BB 01` 欧拉角数据包, 0xD0为数据包标签

Pitch= (int16_t)((0xF2<<8)+ 0x64) / 100 = -3484 / 100 = -34.84 °

Roll= (int16_t)((0x0E<<8)+ 0x6C) / 100 = 3692 / 100 = 36.92°

Yaw = (int16_t)((0x01<<8)+ 0xBB) / 10 = 443 /10 = 44.3°

`F0 00 00 00 00`气压数据包，0xF0为数据包标签

```
float prs;
prs = memcpy(&prs, &buf[37], 4);
```

最后得到结果：

```
id              : 0
acc(G)          :    0.597    0.317    0.738
gyr(deg/s)      :   -0.200    2.300    6.800
mag(uT)         :  -12.800  -16.000  -20.600
eul(R/P/Y)      :   36.920  -34.840   44.300
```

数据帧配置为 `0x91` 数据包

使用串口助手采样一帧数据,共82字节, 前6字节为帧头, 长度和CRC校验值。剩余76字节为数据域。假设数据接收到C语言数组`buf`中。如下所示:

5A A5 4C 00 6C 51 **91** 00 A0 3B 01 A8 02 97 BD BB 04 00 9C A0 65 3E A2 26 45 3F 5C E7 30 3F E2 D4 5A C2 E5 9D A0 C1 EB 23 EE C2 78 77 99 41 AB AA D1 C1 AB 2A 0A C2 8D E1 42 42 8F 1D A8 C1 1E 0C 36 C2 E6 E5 5A 3F C1 94 9E 3E B8 C0 9E BE BE DF 8D BE

- 第一步：判断帧头，得到数据域长度和帧CRC：

帧头:`5A A5`

帧数据域长度:`4C 00`: (0x00<<8) + 0x4C = 76

帧CRC校验值:`6C 51`:(0x51<<8) + 0x6C = 0x516C

- 第二步： 校验CRC

```
    uint16_t payload_len;
    uint16_t crc;

    crc = 0;
    payload_len = buf[2] + (buf[3] << 8);

    /* calulate 5A A5 and LEN filed crc */
    crc16_update(&crc, buf, 4);

    /* calulate payload crc */
    crc16_update(&crc, buf + 6, payload_len);
```

得到CRC值为0x516C. 帧CRC校验通过。

- 第三步：接收数据

从0x91开始为数据包的数据域。在C语言中可以定义结构体来方便的读取数据：

定义0x91数据包结构体如下：

```
__packed typedef struct
{
    uint8_t     tag;                /* data packet tag */
    uint8_t     id;
    uint8_t     rev[6];             /* reserved */
    uint32_t    ts;                 /* timestamp */
    float       acc[3];
    float       gyr[3];
    float       mag[3];
    float       eul[3];             /* eular angles: Roll,Pitch,Yaw */
    float       quat[4];            /* quaternion */
}id0x91_t;
```

__packed 为编译器关键字(Keil下)，表示结构体按字节紧对齐，结构体每一个元素一一对应0x91数据包的结构定义。接收数据时将接收到的数组直接memcpy到结构体即可：(注意定义结构体时必须4字节对齐), 其中buf指向帧头, buf[6]指向帧中数据域 。

```
    /* 接收数据并使用0x91数据包结构定义来解释数据 */
    __align(4) id0x91_t dat;    /* struct must be 4 byte aligned */
    memcpy(&dat, &buf[6], sizeof(id0x91_t));
```

最后得到dat数据结果：

```
id              : 0
timestamp       : 310205
acc             :    0.224    0.770    0.691
gyr             :  -54.708  -20.077 -119.070
mag             :   19.183  -26.208  -34.542
eul(R/P/Y)      :   48.720  -21.014  -45.512
quat            :    0.855    0.310   -0.310   -0.277
```

CAN通讯协议

模块CAN接口遵循以下标准：

- CAN接口符合CANopen协议，所有通讯均使用标准数据帧
- 只使用PTO1-4 传输姿态数据，所有传输均采用标准数据帧，不接收远程帧和拓展数据帧。

- PTO采用异步定时触发模式, 默认输出速率为20Hz
- 当模块上电时，按照CANopen协议，模块会主动发送一条(一次)节点上线报文。节点上电处于预操作状态(pre-operational) 需要主机发送NMT协议将节点设置为operation状态才会开始发送数据

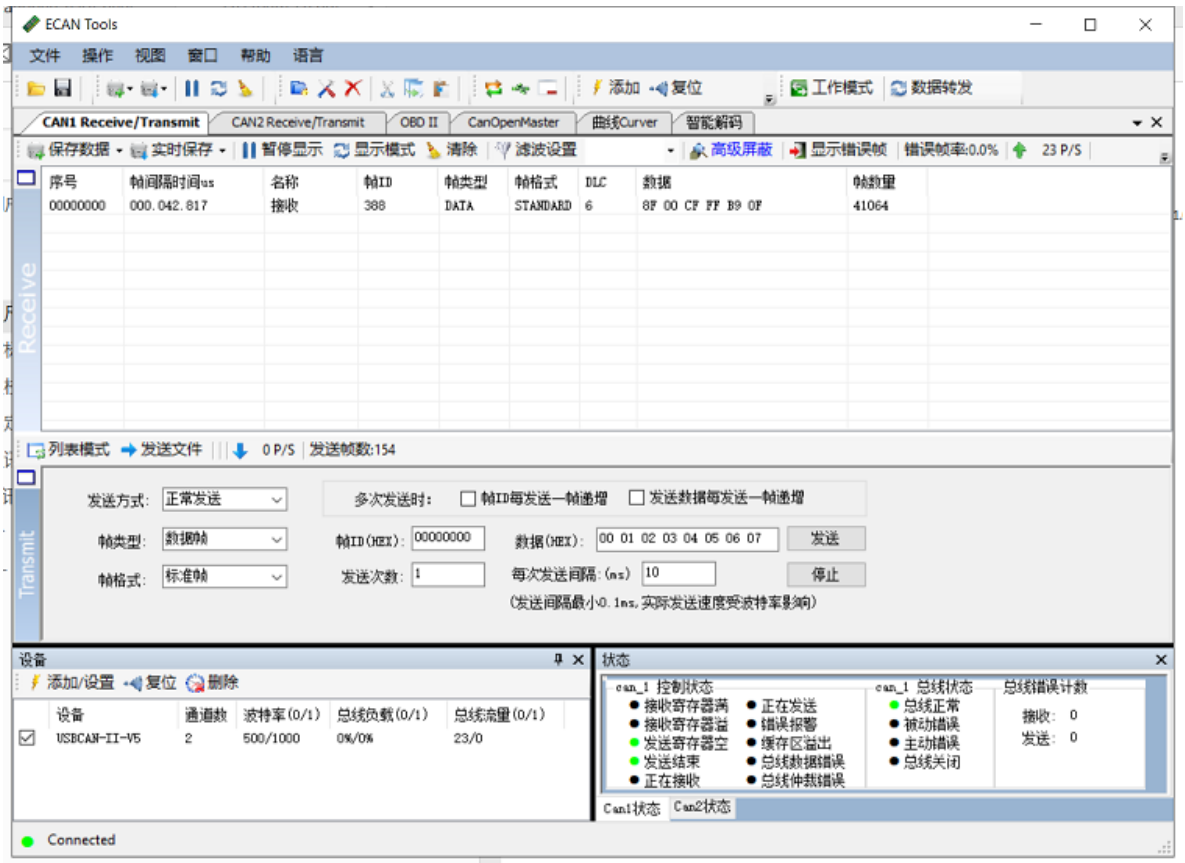
CANopen 默认设置

CANopen默认配置	值
CAN 波特率	500KHz
CANopen节点ID	8
初始化状态	预操作(Pre-operational),需要发送Start Remote Node命令模块才能开始输出数据
心跳包	无

CANopen PTO传输细节

PTO通道	PTO 帧ID	长度	PTO传输方式	发送数据	说明
TPDO1	0x180+ID	6	循环同步(0x01)	加速度	每轴数据类型为(INT16,低字节在前)，分别为X,Y,Z轴加速度，单位为mG(0.001重力加速度)
TPDO2	0x280+ID	6	循环同步(0x01)	角速度	每轴数据类型为(INT16,低字节在前)，分别为X,Y,Z轴角速度，单位为0.1DPS(°/s)
TPDO3	0x380+ID	6	异步定时(0xFE)	欧拉角	每轴数据类型为(INT16,低字节在前)，顺序分别为横滚角(Roll,绕X轴旋转),俯仰角(Pitch,绕Y轴旋转),航向角(Yaw绕Z轴旋转)。欧拉角单位为0.01°
TPDO4	0x380+ID	8	循环同步(0x01))	四元数	每轴数据类型为(INT16,低字节在前)，分别为q_w q_x q_y q_z。单位四元数扩大10000倍后结果。如四元数为1,0,0,0时, 输出10000,0,0,0.

使用USB-CAN工具抓取默认CAN输出包截图如下：



其中 欧拉角(PTO3) CAN帧ID =0x380 + 8(默认ID) = 0x388， 数据为:

- X轴： (0x00 <<8)+ 0x8F = 0x008F = 1.43°
- Y轴： (0xFF<<8)+ 0xCF = 0xFFCF = -0.49°
- Z轴：(0x0F<<8)+ 0xB9 = 0x0FB9= 40.25°

修改CAN接口配置

数据字典以下位置存放厂商参数配置数据, 可通过CANopen主站修改，掉电保存，重启生效

数据字典位置	名称	值类型	默认值	说明
0x2100	CAN_BAUD	INTEGER32	500000	CAN总线波特率
0x2101	NodeID	INTEGER32	8	节点ID

使能异步触发数据输出

发送标准CANopen协议帧，使用NMT: Start Remote Node命令:

`ID=0x000,DLC=2,DATA=0x01,0x08`

其中 0x01为Start Remote Node指令， 0x08为节点ID

修改CAN波特率

发送标准CANopen协议帧，使用标准快速SDO指令

如将CAN波特率修改为125K, 则发送：

`ID=0x608 ,DLC=8,DATA=0x23,0x00,0x21,0x00,0x48,0xE8,0x01,0x00`(ID=0x608, 长度为8的标准数据帧)

其中 0x01, 0xE8, 0x48 = (0x01<<16) + (0xE8<<8) + 0x48 = 125000, 注意发送ID为(0x600+ID,写SDO命令帧)

如将CAN波特率修改为250K, 则发送：

`ID=0x608 ,DLC=8,DATA=0x23,0x00,0x21,0x00,0x90,0xD0,0x03,0x00`

其中 0x03, 0xD0, 0x90 = (0x03<<16) + (0xD0<<8) + 0x90 = 250000

修改输出速率

发送标准CANopen协议帧，使用标准快速SDO指令:

如修改TPDO3(欧拉角)输出速率为100Hz:(10ms event触发)

`ID=0x608 ,DLC=8,DATA=0x2B,0x02,0x18,0x05,0x0A,0x00,0x00,0x00`

其中 0x00, 0x0A = (0x00<<8) + 0x0A = 10(10ms触发=100Hz)

AT指令

当使用串口与模块通讯时, 模块支持AT 指令集配置/查看模块参数。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：

通用模块 AT指令如下

指令	功能	掉电保存(Y)	立即生效(Y),复位生效(R)
AT+ID	设置模块用户ID	Y	R
AT+URFR	旋转模块传感器坐标系	Y	R
AT+INFO	打印模块信息	N	Y
AT+ODR	设置模块串口输出帧频率	Y	R
AT+BAUD	设置串口波特率	Y	R
AT+EOUT	数据输出开关	N	Y
AT+RST	复位模块	N	Y
AT+TRG	单次输出触发	N	Y
AT+SETPTL	设置输出数据包	Y	Y
AT+MODE	设置模块工作模式	Y	R
AT+GWID	设置无线网关ID	Y	R
AT+GWCFG	设置接收机无线网络属性	Y	R

产品支持数据包列表

下表列出所有产品支持的数据包,* 表示支持 -表示不支持

产品	ID	URFR	INFO	ODR	BAUD	EOUT	RST	TRG	SETPTL	MODE	GWID	GWCFG
HI226	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-
HI229	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-
CH110	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-
HI221	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-
HI221GW	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	*

AT+ID

设置模块用户ID

例 `AT+ID=1`

AT+URFR

某些情况下传感器需要倾斜垂直安装，这时候需要旋转传感器坐标系，这条指令提供了旋转传感器坐标系的接口：

`AT+URFR=C00,C01,C02,C10,C11,C12,C20,C21,C22`

其中 C_{nn} 支持浮点数

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}_U = \begin{bmatrix} C00 & C01 & C02 \\ C10 & C11 & C12 \\ C20 & C21 & C22 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}_B \tag{1}$$

其中 $\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}_U$ 为旋转后的 传感器坐标系下 传感器数据，$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}_B$ 为旋转前 传感器坐标系下 传感器数据

下面是几种常用旋转举例：

- 新传感器坐标系为 绕原坐标系X轴 旋转 90°， 输入命令：`AT+URFR=1,0,0,0,0,1,0,-1,0`
- 新传感器坐标系为 绕原坐标系X轴 旋转-90°， 输入命令：`AT+URFR=1,0,0,0,0,-1,0,1,0`
- 新传感器坐标系为 绕原坐标系X轴 旋转180°， 输入命令：`AT+URFR=1,0,0,0,-1,0,0,0,-1`
- 新传感器坐标系为 绕原坐标系Y轴 旋转 90°， 输入命令：`AT+URFR= 0,0,-1,0,1,0,1,0,0`

- 新传感器坐标系为绕原坐标系Y轴旋转-90°，输入命令：`AT+URFR= 0,0,1,0,1,0,-1,0,0`
- 新传感器坐标系为绕原坐标系Y轴旋转180°，输入命令：`AT+URFR= -1,0,0,0,1,0,0,0,-1`
- 恢复默认值：`AT+URFR=1,0,0,0,1,0,0,0,1`

AT+INFO

打印模块信息，包括产品型号，版本，固件发布日期等。AT+INFO可以拓展二级指令实现更多信息的查询

INFO二级拓展指令	功能	示例
CAL	显示模块内部校准参数	AT+INFO=CAL
RF	显示无线设备参数	AT+INFO=RF
VER	显示详细版本信息	AT+INFO=VER

AT+ODR

设置模块串口输出速率。 掉电保存，复位模块生效

例 设置串口输出速率为100Hz: `AT+ODR=100`

AT+BAUD

设置串口波特率，可选值：4800/9600/115200/256000/460800`

例 `AT+BAUD=115200`

!!! note "注意"

- 使用此指令需要特别注意，输入错误波特率后可能会导致无法和模块通讯
- 波特率参数设置好后掉电保存，复位模块生效。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。

AT+EOUT

串口输出开关

例 打开串口输出 `AT+EOUT=1` 关闭串口输出 `AT+EOUT=0`

AT+RST

复位模块

例 `AT+RST`

AT+TRG

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。

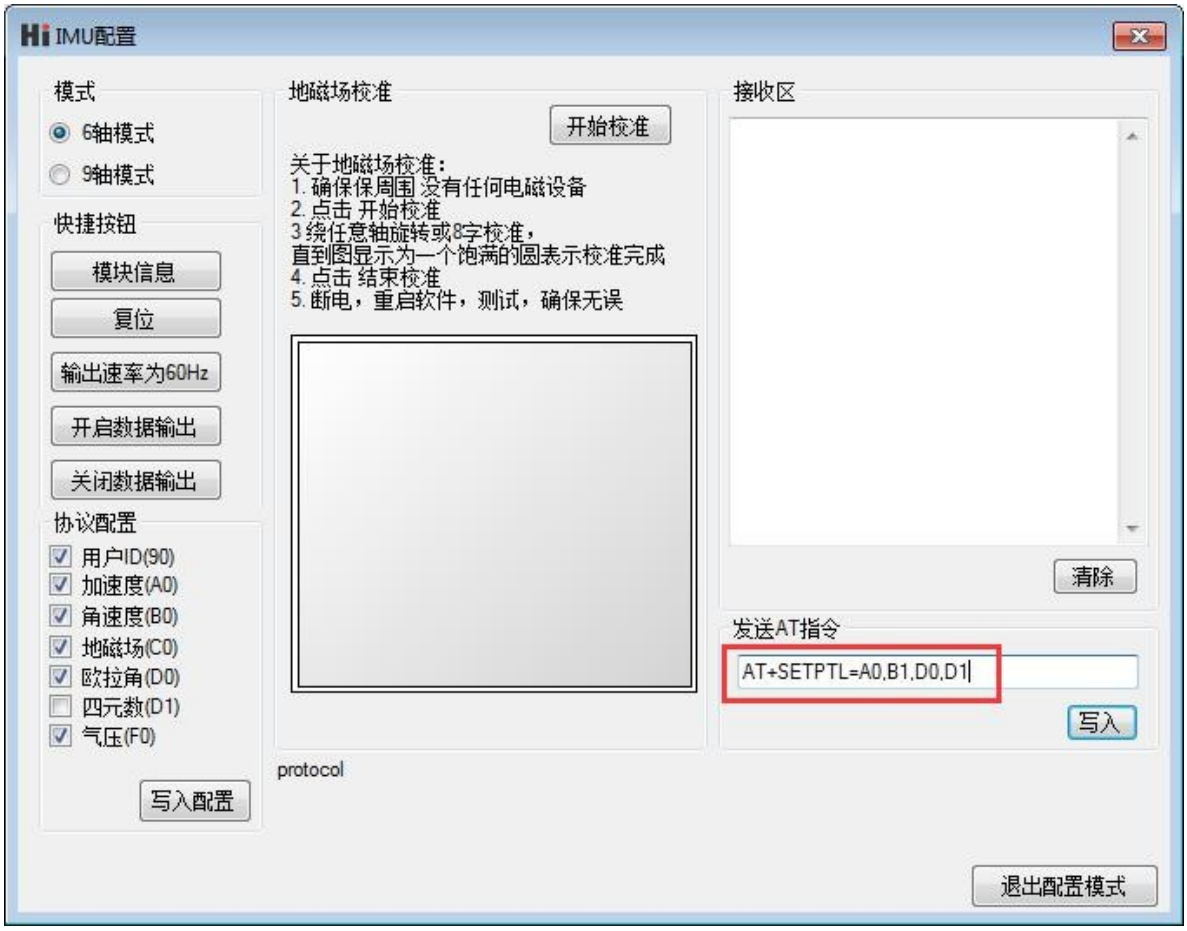
例 `AT+TRG`

AT+SETPTL

设置输出协议:

模块数据帧中的数据包组成可使用AT指令配置，格式为`AT+SETPTL=<ITEM_ID>,<ITEM_ID>...`一帧输出可包含最多8个数据包。

例 配置模块输出加速度，角速度,整形格式欧拉角和四元数的指令为：`AT+SETPTL=A0,B1,D0,D1`



AT+MODE

设置模块工作模式

例

- 设置模块工作在6轴模式(无磁校准) `AT+MODE=0`
- 设置模块工作在9轴模式(地磁场传感器参与航向角校正) `AT+MODE=1`

AT+GWID

可通过AT+GWID指令配置，GWID属性决定了接收器和节点的RF频率，只有节点的GWID 和接收器的GWID相同时，模块和接收器直接才能通讯。GWID相当于无线网段，当在同一地点使用多个接收机组成多个星形网络时，必须保证每个接收器的GWID(网段)不同。

例 将一个接收器设置为GWID=3， 并将3个模块的自身ID设置为 0,1,2 并连接到这个接收器上：

接收机配置：

```
AT+GWID=3
```

节点0配置：

```
AT+GWID=3
AT+ID=0
```

节点1配置：

```
AT+GWID=3
AT+ID=1
```

节点2配置：

```
AT+GWID=3
AT+ID=2
```

最后所有接收机节点复位/重新上电生效。

AT+GWCFG

配置接收机支持的节点数和无线通讯频率。接收机默认支持8个节点，每个节点100Hz通讯频率。(通讯频率乘以节点)的乘积受到RF带宽的限制，错误的配置将会导致无法输出数据。推荐的配置如下：

配置选项	通讯频率(Hz,每个节点)	支持的节点数
1(出厂默认)	100	8
2	200	4
3	30	16

例 配置接收机支持的最大节点数为16，每个节点接收频率为30Hz，依次输入:

```
AT+GWCFG=FRQ,30
AT+GWCFG=CNT,16
```

附录C - 固件升级与恢复出厂设置

本产品支持升级固件。 固件升级步骤:

- 连接模块，打开上位机，将模块和上位机波特率都设置为115200. 打开固件升级窗口
- 点击连接按钮，如出现模块连接信息。则说明升级系统准备就绪，点击文件选择器(...)选择拓 展名为.hex 的固件，然后点击开始编程。下载完成后会提示编程完成，此时关闭串口， 重新给模块上电，模块升级完成。