

# CH110 用戶手冊



## CH110 用戶手冊

簡介

特性

板載感測器

數據處理

通訊接口及供電

其他

硬體及尺寸

硬體參數

尺寸

接口定義

坐標系定義

性能指標

姿態角輸出精度

陀螺儀

加速度計

磁感測器參數

模組數據接口參數

感測器校準

地磁校準

磁干擾分類

6軸和9軸模式區別

校準方法

序列埠通訊協議

數據包

數據包總覽

產品支持數據包列表

0x90(用戶ID)

0xA0(加速度)

0xB0(角速度)

0xC0(磁場強度)

0xD0(歐拉角)

0xD1(四元數)

0xF0(氣壓)

0x91( IMUSOL)

出廠默認數據包

數據幀結構示例

數據幀配置為 0x90, 0xA0, 0xB0, 0xC0, 0xD0, 0xF0 數據包

數據幀配置為 0x91 數據包

CAN通訊協議

CANopen 默認設置

CANopen PTO傳輸細節

## 修改CAN接口配置

1. 使能數據輸出(開啟異步觸發)
2. 修改CAN波特率，輸出速率及輸出幀資訊

修改波特率

修改輸出速率

使能TPDO輸出

## AT指令

AT+ID

AT+INFO

AT+ODR

AT+BAUD

AT+EQUT

AT+RST

AT+SETPTL

AT+MODE

## 附錄C - 韌體升級與恢復出廠設置

# 簡介

•

# 特性

## 板載感測器

：

## 數據處理

：

## 通訊接口及供電

：

## 其他

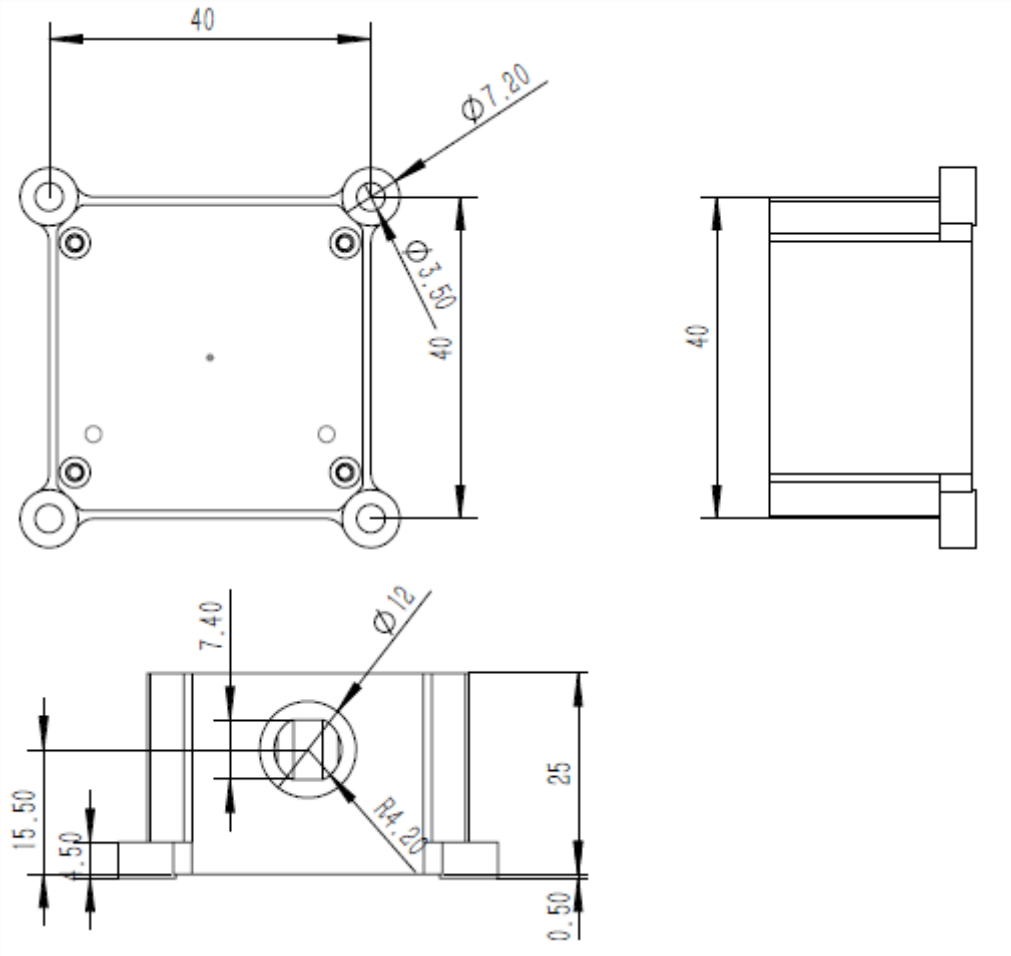
：

# 硬體及尺寸

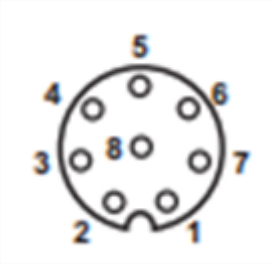
## 硬體參數

| 參數      | 描述                         |
|---------|----------------------------|
| 輸出數據接口  | RS232串行接口                  |
| 工作電壓    | 5-24V                      |
| 溫度範圍    | -20°C - 85 °C              |
| 最大線性加速度 | 0 - 115 $m/s^2$            |
| 尺寸      | 40 x 40 x 25mm (W x L x H) |
| 板載感測器   | 三軸加速度計 三軸陀螺儀 三軸磁感測器        |

# 尺寸



# 接口定義



| 序號 | 引腳號 | 功能       |
|----|-----|----------|
| 1  | 紅   | Vin      |
| 2  | 黑   | GND      |
| 3  | 黃   | RS232 TX |
| 4  | 綠   | RS232 RX |
| 5  | 白   | 保留       |
| 6  | 棕   | 保留       |
| 7  | 藍   | CAN_H    |
| 8  | 灰   | CAN_L    |

## 坐標系定義

- 
- 
- 

$$\begin{matrix} \psi \\ \theta \\ \phi \end{matrix}$$

## 性能指標

### 姿態角輸出精度

| 姿態角                      | 典型值  |
|--------------------------|------|
| 橫滾角\俯仰角 - 靜態誤差           | 0.8° |
| 橫滾角\俯仰角 - 動態誤差           | 2.5° |
| 運動中航向角精度(9軸模式下,無磁干擾,校準後) | 3°   |

### 陀螺儀

| 參數     | 值                          |
|--------|----------------------------|
| 測量範圍   | ±2000°/s                   |
| 零偏穩定性  | 10°/h                      |
| 刻度非線性度 | ±0.1%(滿量程時)                |
| 噪聲密度   | $0.08^{\circ}/s/\sqrt{Hz}$ |
| 加速度敏感性 | 0.001°/s/g                 |

## 加速度計

| 參數    | 值                           |
|-------|-----------------------------|
| 測量範圍  | ±8G (1G = 1x 重力加速度 )        |
| 零偏穩定性 | 30mG                        |
| 非線性度  | ±0.5% (滿量程時)                |
| 噪聲密度  | $120\text{ }\mu G\sqrt{Hz}$ |

## 磁感測器參數

| 參數   | 值          |
|------|------------|
| 測量範圍 | ±8G(Gauss) |
| 非線性度 | ±0.1%      |
| 分辨率  | 0.25mG     |

## 模組數據接口參數

| 參數       | 值                           |
|----------|-----------------------------|
| 序列埠輸出波特率 | 9600/115200/460800/921600可選 |
| 幀輸出速率    | 1/25/50/100Hz 可選            |

## 感測器校準

1.

2.

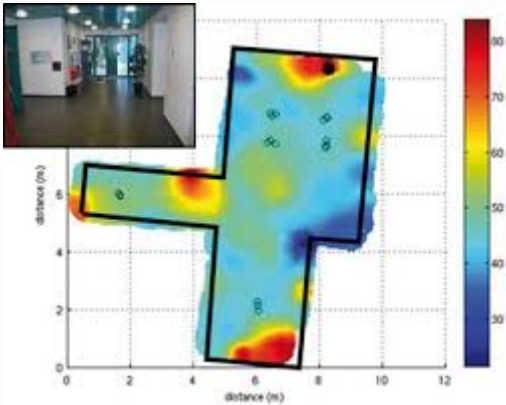
狀態或者緩慢轉動狀態則陀螺性能嚴重下降

如上電5s內模組處於非靜止

# 地磁校準

## 磁干擾分類

| 種類         | 定義                     | 典型干擾源  | 影響   | 措施                  |
|------------|------------------------|--|--|---------------------|
| 空間磁場干擾     | 干擾不隨感測器運動而運動，而處於世界坐標系下 | 各種固定的磁干擾源，傢俱，家用電器，電纜，房屋內的鋼筋結構等。一切不隨磁感測器運動而運動的干擾源     | 無論磁場感測器是否校準的好，這些空間磁場的干擾(或者說環境磁場不均勻)都會使得空間地磁場發生畸變。地磁補償會錯誤並且無法獲得正確的航向角。他們是造成室內地磁融合難以使用的主要元兇。這種干擾不能被校準，會嚴重影響地磁性能。空間磁場干擾在室內尤其嚴重。 | 模組內置的勻質磁場檢測及屏蔽非勻質磁場 |
| 感測器坐標系下的干擾 | 干擾源隨感測器運動而運動           | 模組PCB，與模組固定在一起的板子，儀器設備，產品等。他們和磁感測器視為同一個剛體，隨磁感測器運動而運動 | 對感測器造成硬磁/軟磁干擾。這些干擾可以通過地磁校準算法加以很好的消除。   | 地磁校準                |



注意

## 6軸和9軸模式區別



| 模式    | 適用環境   | 典型應用  | 優點                                 | 缺點   | 注意事項             |
|-------|--------|---|------------------------------------|--|------------------|
| 6 軸模式 | 各種環境   | 雲台等低動態姿態檢測，室內機器人  | 1. 姿態角輸出穩定性好<br>2. 完全不受磁場干擾        | 航向角隨時間緩慢漂移   | 航向角會隨時間緩慢飄移且無法補償 |
| 9 軸模式 | 無磁干擾環境 | 1.指南針，尋北系統 2. 空曠且磁干擾較少的室內，模組基本不會大範圍在室內移動(典型的如攝影棚內動作捕捉，且被測者不會做大範圍走動) | 1. 航向角不會隨時間漂移 2.一旦檢測到地磁場可快速修正航向角指北 | 任何磁干擾都會出現航向角準確度下降。室內干擾嚴重情況下 航向角無法指向正確方向。另外，移動機器人的金屬結構和電機運行時會產生非常強的磁干擾，所以移動機器人平台不適用於9軸模式。 | 首次使用前需要校準地磁感測器   |

## 校準方法

用戶無須任何操作/指令即可實現地磁校準

AT+INFO=HSI

Received Message

valid: 13

fiterr: 0.026630

bin\_status: 100%

cal\_cnt: 1

flux: 61.265064

inclination: 63.203552

OK

Clear

Send AT

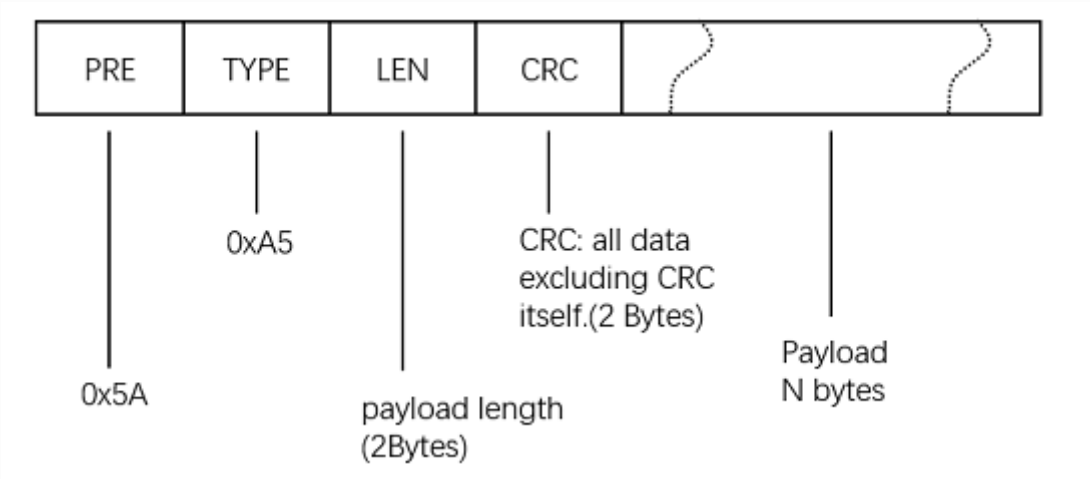
AT+INFO=MSI

Write

| 參數顯示        | 意義    | 說明  |
|-------------|-------|---|
| valid       | 有效標誌  | 0: 不存在有效校準參數(沒有校準或者從來沒有校準成功過)。非0: 地磁校準完成  |
| fiterr      | 擬合殘差  | 殘差越小，說明參數擬合效果越好，通常在0.03以下說明校準結果已經足夠好。如果擬合結果始終>0.1，說明地磁干擾很大，最好再次校準以期得到更好的校準結果。擬合殘差會隨著時間緩慢增長。 |
| flux        | 當地磁場  | 最近一次擬合器估計出的地磁場強，單位為uT   |
| inclination | 當地磁傾角 | 最近一次擬合器估計出的磁傾角，單位為°   |

•

# 序列埠通訊協議



| 域       | 值     | 長度 (字節) | 說明  |
|---------|-------|---------|---|
| PRE     | 0x5A  | 1       | 固定為0x5A   |
| TYPE    | 0xA5  | 1       | 固定為0xA5   |
| LEN     | 1-512 | 2       | 幀中數據域的長度。LSB(低字節在前)，長度表示數據域的長度，不包含 PRE，TYPE，LEN，CRC 字段。   |
| CRC     | -     | 2       | 除CRC 本身外其餘所有幀數據的16 位CRC 校驗和。LSB(低字節在前)  |
| PAYLOAD | -     | 1-512   | 一幀攜帶的數據。PAYLOAD 由若干個子數據包組成。每個數據包 包含：數據包標籤(DATA_ID)和數據(DATA) 兩部分。DATA_ID決定了數據的類型及長度，DATA 為數據包內容。 |

```
1  /*
2      currentCrc: previous crc value, set 0 if it's first section
3      src: source stream data
4      lengthInBytes: length
5  */
6  static void crc16_update(uint16_t *currentCrc, const uint8_t *src, uint32_t
lengthInBytes)
7  {
8      uint32_t crc = *currentCrc;
9      uint32_t j;
10     for (j=0; j < lengthInBytes; ++j)
11     {
12         uint32_t i;
13         uint32_t byte = src[j];
14         crc ^= byte << 8;
15         for (i = 0; i < 8; ++i)
16         {
17             uint32_t temp = crc << 1;
18             if (crc & 0x8000)
```

```
19         {
20             temp ^= 0x1021;
21         }
22         crc = temp;
23     }
24 }
25 *currentCrc = crc;
26 }
```

# 數據包

## 數據包總覽

| 數據包標籤(DATA_ID) | 數據包長度(包含標籤1字節) | 名稱              | 備註   |
|----------------|----------------|-----------------|------|
| 0x90           | 2              | 用戶ID            |      |
| 0xA0           | 7              | 加速度             |      |
| 0xB0           | 7              | 角速度             |      |
| 0xC0           | 7              | 磁場強度            |      |
| 0xD0           | 7              | 歐拉角             |      |
| 0xD1           | 17             | 四元數             |      |
| 0xF0           | 5              | 氣壓              | 輸出0  |
| 0x91           | 76             | IMUSOL(IMU數據集合) | 推薦使用 |

## 產品支持數據包列表

### 0x90(用戶ID)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位 | 說明         |
|------|---------|----|----|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -  | 數據包標籤:0x90 |
| 1    | uint8_t | 1  | -  | 用戶ID       |

### 0xA0(加速度)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位                  | 說明         |
|------|---------|----|---------------------|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -                   | 數據包標籤:0xA0 |
| 1    | int16_t | 2  | 0.001G(1G = 1重力加速度) | X軸加速度      |
| 3    | int16_t | 2  | 0.001G              | Y軸加速度      |
| 5    | int16_t | 2  | 0.001G              | Z軸加速度      |

0xB0(角速度)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位     | 說明          |
|------|---------|----|--------|-------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -      | 數據包標籤： 0xB0 |
| 1    | int16_t | 2  | 0.1°/s | X軸角速度       |
| 3    | int16_t | 2  | 0.1°/s | Y軸角速度       |
| 5    | int16_t | 2  | 0.1°/s | Z軸角速度       |

0xC0(磁場強度)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位         | 說明         |
|------|---------|----|------------|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -          | 數據包標籤:0xC0 |
| 1    | int16_t | 2  | 0.001Gauss | X軸磁場強度     |
| 3    | int16_t | 2  | 0.001Gauss | Y軸磁場強度     |
| 5    | int16_t | 2  | 0.001Gauss | Z軸磁場強度     |

0xD0(歐拉角)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位    | 說明         |
|------|---------|----|-------|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -     | 數據包標籤:0xD0 |
| 1    | int16_t | 2  | 0.01° | Pitch(俯仰角) |
| 3    | int16_t | 2  | 0.01° | Roll(橫滾角)  |
| 5    | int16_t | 2  | 0.1°  | Yaw(航向角)   |

0XD1(四元數)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位 | 說明         |
|------|---------|----|----|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -  | 數據包標籤:0xD1 |
| 1    | float   | 4  | -  | W          |
| 5    | float   | 4  | -  | X          |
| 9    | float   | 4  | -  | Y          |
| 13   | float   | 4  | -  | Z          |

0XF0(氣壓)

| 字節偏移 | 類型      | 大小 | 單位 | 說明         |
|------|---------|----|----|------------|
| 0    | uint8_t | 1  | -  | 數據包標籤:0xF0 |
| 1    | float   | 4  | Pa | 大氣壓        |

0X91( IMUSOL)

| 字節偏移 | 類型       | 大小 | 單位              | 說明   |
|------|----------|----|-----------------|--|
| 0    | uint8_t  | 1  | -               | 數據包標籤:0x91   |
| 1    | uint8_t  | 1  | -               | ID   |
| 2    | -        | 6  | -               | 保留   |
| 8    | uint32_t | 4  | ms              | 時間戳資訊，從系統開機開始累加，每毫秒增加1                                       |
| 12   | float    | 12 | 1G(1G = 1重力加速度) | X,Y,Z軸的加速度，注意單位和0xA0不同                                       |
| 24   | float    | 12 | deg/s           | X,Y,Z軸的角速度，注意單位和0xB0不同                                       |
| 36   | float    | 12 | uT              | X,Y,Z軸的磁場強度(HI229支持,注意單位和0xC0不同)                             |
| 48   | float    | 12 | deg             | 節點歐拉角集合,順序為：橫滾角(Roll)，俯仰角(Pitch)，航向角(Yaw)(注意順序和單位與0xD0數據包不同) |
| 60   | float    | 16 | -               | 節點四元數集合,順序為WXYZ  |

# 出廠默認數據包

| 產品    | 默認輸出數據包 |
|-------|---------|
| HI226 | 0x91    |
| HI229 | 0x91    |
| CH110 | 0x91    |

## 數據幀結構示例

數據幀配置為 0x90,0xA0,0xB0,0xC0,0xD0,0xF0 數據包



```
1 uint16_t payload_len;
2 uint16_t crc;
3
4 crc = 0;
5 payload_len = buf[2] + (buf[3] << 8);
6
7 /* calulate 5A A5 and LEN filed crc */
8 crc16_update(&crc, buf, 4);
9
10 /* calulate payload crc */
11 crc16_update(&crc, buf + 6, payload_len);
```

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

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

|   |            |   |         |         |         |
|---|------------|---|---------|---------|---------|
| 1 | id         | : | 0       |         |         |
| 2 | acc(G)     | : | 0.597   | 0.317   | 0.738   |
| 3 | gyr(deg/s) | : | -0.200  | 2.300   | 6.800   |
| 4 | mag(uT)    | : | -12.800 | -16.000 | -20.600 |
| 5 | eul(R/P/Y) | : | 36.920  | -34.840 | 44.300  |

數據幀配置為 0x91 數據包

buf

91

•

5A A5

4C 00

6C 51

•



```

1  uint16_t payload_len;
2  uint16_t crc;
3
4  crc = 0;
5  payload_len = buf[2] + (buf[3] << 8);
6
7  /* calculate 5A A5 and LEN filed crc */
8  crc16_update(&crc, buf, 4);
9
10 /* calculate payload crc */
11 crc16_update(&crc, buf + 6, payload_len);

```

•

0x91

```

1  __packed typedef struct
2  {
3      uint8_t    tag;                /* data packet tag */
4      uint8_t    id;
5      uint8_t    rev[6];            /* reserved */
6      uint32_t    ts;                /* timestamp */
7      float      acc[3];
8      float      gyr[3];
9      float      mag[3];
10     float      eul[3];            /* eular angles: Roll,Pitch,Yaw */
11     float      quat[4];           /* quaternion */
12 }id0x91_t;

```

\_\_packed

buf

buf[6]

```

1  /* 接收數據並使用0x91數據包結構定義來解釋數據 */
2  __align(4) id0x91_t dat;  /* struct must be 4 byte aligned */
3  memcpy(&dat, &buf[6], sizeof(id0x91_t));

```

```

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

```

# CAN通訊協議

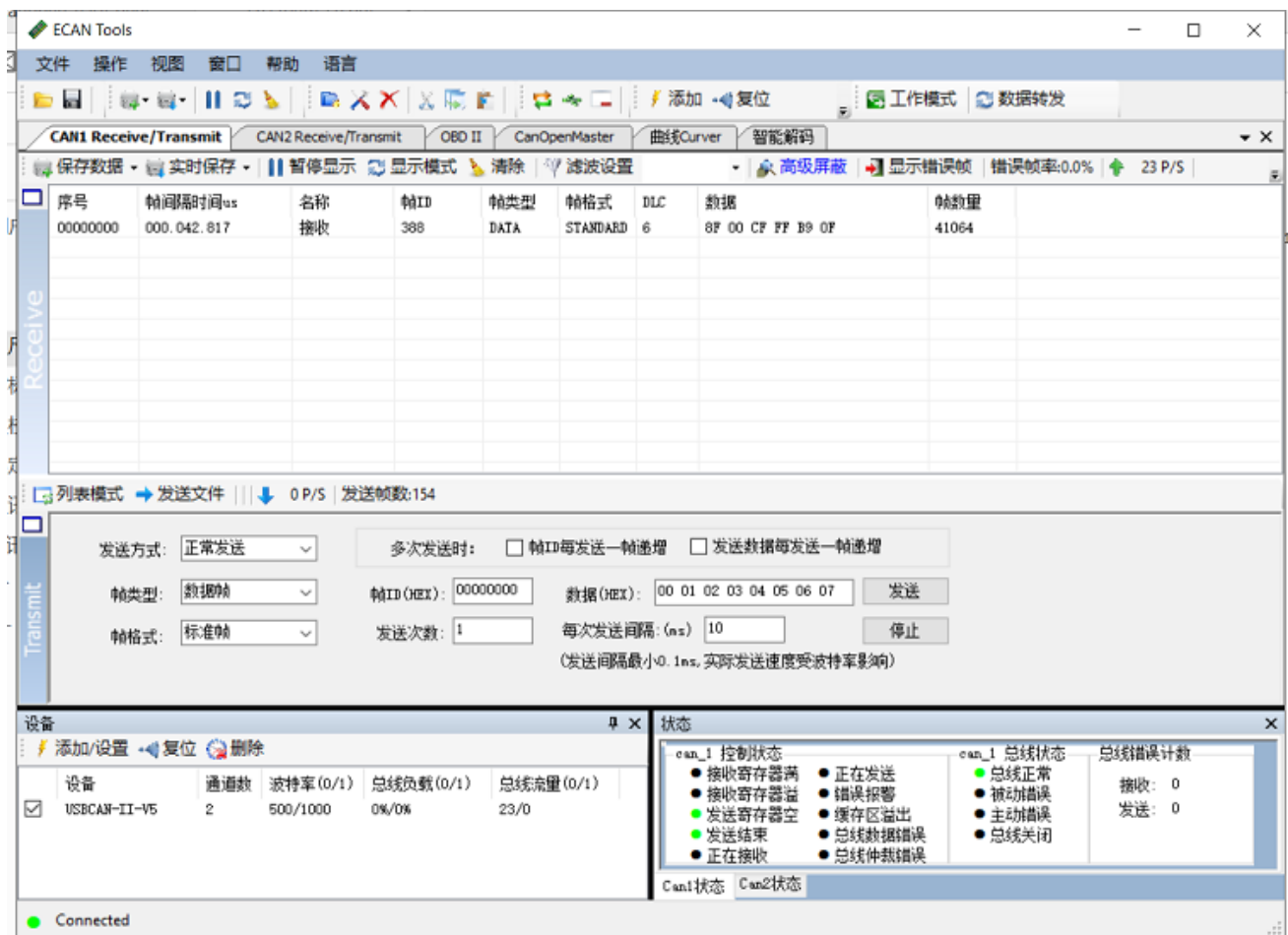
- 
- 
- 
- 

## CANopen 默認設置

| CANopen默認配置 | 值  |
|-------------|--|
| CAN 波特率     | 500KHz   |
| CANopen節點ID | 8  |
| 初始化狀態       | 預操作(Pre-operational),需要發送Start Remote Node命令模組才能開始輸出數據 |
| 心跳包         | 無  |

## CANopen PTO傳輸細節

| PTO通道 | PTO 幀 ID | 長度 | PTO 傳輸方式     | 發送數據 | 說明   |
|-------|----------|----|--------------|------|--|
| TPDO1 | 0x180+ID | 6  | 循環同步 (0x01)  | 加速度  | 每軸數據類型為(INT16,低字節在前), 分別為X,Y,Z軸加速度, 單位為mG(0.001重力加速度)  |
| TPDO2 | 0x280+ID | 6  | 循環同步 (0x01)  | 角速度  | 每軸數據類型為(INT16,低字節在前), 分別為X,Y,Z軸角速度, 單位為0.1DPS(°/s)   |
| TPDO3 | 0x380+ID | 6  | 異步定時 (0xFE)  | 歐拉角  | 每軸數據類型為(INT16,低字節在前), 順序分別為橫滾角(Roll,繞X軸旋轉),俯仰角(Pitch,繞Y軸旋轉),航向角(Yaw繞Z軸旋轉)。歐拉角單位為0.01°              |
| TPDO4 | 0x480+ID | 8  | 循環同步 (0x01)) | 四元數  | 每軸數據類型為(INT16,低字節在前), 分別為 $q_w$ $q_x$ $q_y$ $q_z$ 。單位四元數擴大10000倍後結果。如四元數為1,0,0,0 時, 輸出10000,0,0,0. |



## 修改CAN接口配置

| 數據字典位置 | 名稱       | 值類型       | 默認值    | 說明       |
|--------|----------|-----------|--------|----------|
| 0x2100 | CAN_BAUD | INTEGER32 | 500000 | CAN總線波特率 |
| 0x2101 | NodeID   | INTEGER32 | 8      | 節點ID     |

### 1. 使能數據輸出(開啟異步觸發)

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

## 2. 修改CAN波特率，輸出速率及輸出幀資訊

| PTO通道 | PTO 幀ID  | TPDO參數索引地址(CANopen協議默認定義) |
|-------|----------|---------------------------|
| TPDO1 | 0x180+ID | 0x1800                    |
| TPDO2 | 0x280+ID | 0x1801                    |
| TPDO3 | 0x380+ID | 0x1802                    |
| TPDO4 | 0x480+ID | 0x1803                    |

### 修改波特率

ID=0x608 , DLC=8, DATA=0x23, 0x00, 0x21, 0x00, 0x48, 0xE8, 0x01, 0x00

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

### 修改輸出速率

ID=0x608 , DLC=8, DATA=0x2B, 0x02, 0x18, 0x05, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00

•  
•  
•  
•

### 使能TPDO輸出

ID=0x608 , DLC=8, DATA=0x2F, 0x00, 0x18, 0x02, 0xFE, 0x00, 0x00, 0x00

•  
•  
•

# AT指令

AT

\r\n

模式

☐ 6軸模式  
☒ 9軸模式

快捷按鈕

模組資訊

復位

輸出速率為50Hz

開啟數據輸出

關閉數據輸出

協議配置

老協議

☐ 用戶ID(90)  
☐ 加速度(A0)  
☐ 角速度(B0)  
☐ 地磁場(C0)  
☐ 歐拉角(D0)  
☐ 氣壓(P0)  
☐ 四元數(D1)

新協議

☒ IMU數據集合(91)

寫入配置

接收區

HI221 1.0.4 build Sep 25 2019  
2007 - 2019 Copyright by HiPNUC  
MODE: 1(9 AXIS)  
ID: 1  
SERIAL: 813DDE6F  
ODR: 50Hz  
MODE=1  
OK

清除

發送AT指令

AT+MODE=1

寫入

退出配置模式

| 指令        | 功能           | 掉電保存(Y) | 立即生效(Y),復位生效(R) | 備註  |
|-----------|--------------|---------|-----------------|-----|
| AT+ID     | 設置模組用戶ID     | Y       | R               |     |
| AT+INFO   | 打印模組資訊       | N       | Y               |     |
| AT+ODR    | 設置模組序列埠輸出幀頻率 | Y       | R               |     |
| AT+BAUD   | 設置序列埠波特率     | Y       | R               |     |
| AT+EOUT   | 數據輸出開關       | N       | Y               |     |
| AT+RST    | 復位模組         | N       | Y               |     |
| AT+TRG    | 單次輸出觸發       | N       | Y               | 不支援 |
| AT+SETPTL | 設置輸出數據包      | Y       | Y               |     |
| AT+MODE   | 設置模組工作模式     | Y       | R               |     |
| AT+GWID   | 設置無線網關ID     | Y       | R               | 不支援 |

### AT+ID

例 AT+ID=1

### AT+INFO

### AT+ODR

例 AT+ODR=100

### AT+BAUD

例 AT+BAUD=115200

### 注意

- 
- 
-

AT+EOUT

例 AT+EOUT=1 AT+EOUT=0

AT+RST

例 AT+RST

AT+SETPTL

AT+SETPTL=<ITEM\_ID>,<ITEM\_ID>...

例 AT+SETPTL=A0,B0,D0,D1

模式

☐ 6軸模式

☒ 9軸模式

快捷按鈕

模組資訊

復位

輸出速率為50Hz

開啟數據輸出

關閉數據輸出

協議配置

老協議

☐ 用戶ID(90)

☐ 加速度(A0)

☐ 角速度(B0)

☐ 地磁場(C0)

☐ 歐拉角(D0)

☐ 氣壓(P0)

☐ 四元數(D1)

新協議

☒ IMU數據集合(91)

寫入配置

接收區

new packet items:  
(NULL) [0x91]  
OK  
  
HI221 1.0.4 build Sep 25 2019  
2007 - 2019 Copyright by HiPNUC  
MODE: 1(9 AXIS)  
ID: 1  
SERIAL: 813DDE6F  
ODR: 50Hz  
new packet items:  
OK  
new packet items:  
(NULL) [0x91]  
OK

清除

發送AT指令

AT+SETPTL=91

寫入

退出配置模式

AT+MODE

例

- AT+MODE=0
- AT+MODE=1

# 附錄C - 韌體升級與恢復出廠設置

- 
- 
- 

Hi 韌體升級

×

設置

C:\hi229.hex

---

連接

下載

開始編程

復位

消息

建議使用超核專用USB轉串口測試版來進行韌體升級  
升級時，上位機 下位機必須切換回115200波特率