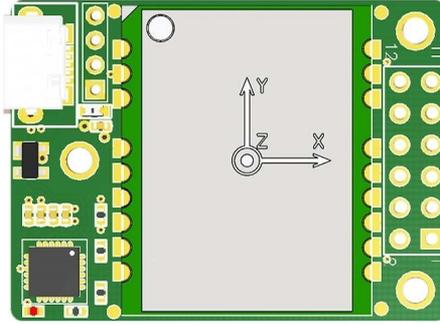


CH040 規格書

IMU/VRU/AHRS模組, Rev 1.0

適用於CH040



適用產品：CH040

官方網站：<https://sealandtech.com.tw>

屬性：公開

採購、支援：sltech@ms28.hinet.net

文件變更歷史

版本	日期	備註
V1.0	2024.04.10	CH040 initial release

CH040 規格書

1. CH040產品簡介

- 1. 1. 應用場景與優勢
- 1. 2. UI操作軟體
- 1. 3. 產品導入指引
 - 1. 3. 1. 選型
 - 1. 3. 2. 採購
 - 1. 3. 3. 連接方法
 - 1. 3. 4. 開始使用感測器

2. 機械/電氣/介面參數

- 2. 1. CH040_DK尺寸圖
- 2. 2. CH040尺寸圖
- 2. 3. CH040引腳定義
- 2. 4. 電氣與機械參數
 - 2. 4. 1. 電氣參數
 - 2. 4. 2. 機械參數
- 2. 5. 介面參數
 - 2. 5. 1. UART
 - 2. 5. 2. CAN
 - 2. 5. 3. 同步輸入SYNC_IN
 - 2. 5. 4. 同步輸出SYNC_OUT

3. 座標系定義

4. 技術規格

- 4. 1. 姿態角量程
- 4. 2. 姿態角精度
- 4. 3. 陀螺儀
- 4. 4. 加速度計
- 4. 5. Allan 方差
- 4. 6. 磁感測器參數
- 4. 7. 氣壓計參數

5. 軟體架構

- 5. 1. 數據輸出種類

6. 初始配置

- 6. 1. USB/UART(TTL)介面初始配置
- 6. 2. CAN介面初始配置

7. 硬體設計參考

- 7. 1. 電源設計
- 7. 2. 通訊電路設計
 - 7. 2. 1. UART

7. 2. 2. CAN

8. 焊接

8. 1. 焊接參數

8. 2. 注意事項

1. CH040產品簡介

1.1. 應用場景與優勢

本產品可以精確地感測移動裝置的俯仰 (Pitch)、橫滾 (Roll)、航向 (Yaw) 等姿態資訊，適用於陸、海、空等應用領域。它可與鐳射雷達 (Lidar)、視覺 (Camera) 等導航方案互補，增強裝置的導航精度，降低對外界參考物體的依賴。典型的應用如下：

- 陸地:智慧移動平台 (AGV/AMR)、無人搬運車、巡邏機器人、智慧農機、建築偵測、機台監測
- 海上:船用導航定位、海浪偵測、方位偵測
- 空中:飛行導航定位、無人機平衡系統

標準化製造

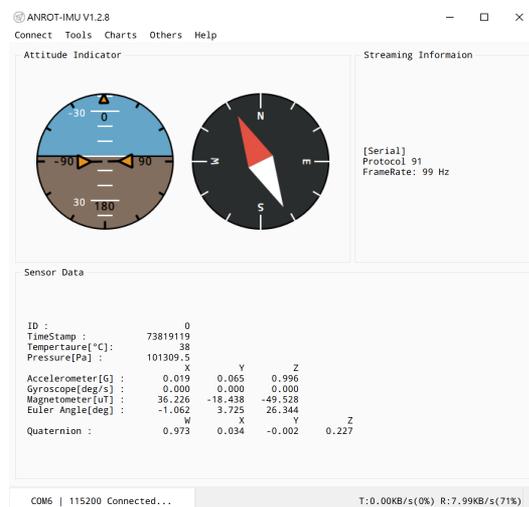
- 產線自動化的批量標定與測試，保證量產一致性
- 工業級校正機台，零偏、比例因子、跨軸
- 溫度等誤差因素已於出廠校正

高規格性能

- 高達2.5°/h的零偏穩定性，高達0.3°姿態角精度

1.2. UI操作軟體

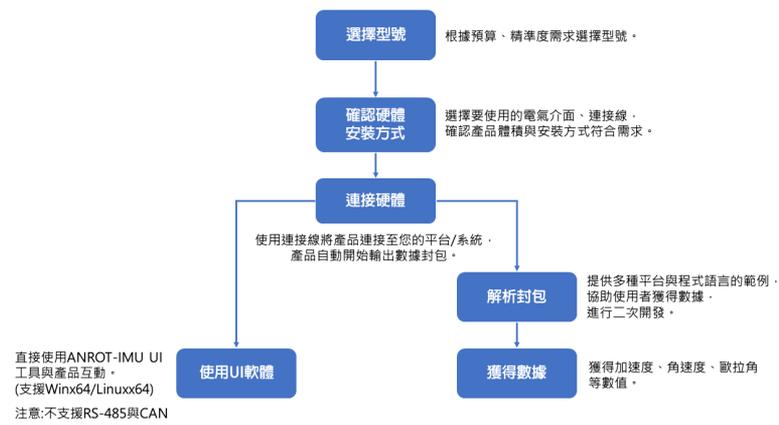
您可以免費使用 ANROT-IMU UI 軟體，顯示數據、記錄、分析、配置產品功能。本軟體可以在x64的WIN/Linux 系統上執行。



立即下載使用: [URL](#)

1.3. 產品導入指引

為協助各領域客戶加速導入系統，您可參考以下指引進行選型、整合與開發。



1.3.1. 選型

釐清使用場景

您可以根據下列判斷依據，先評估您的使用場景：

- 滿足您所需的數據內容
> [CH040的輸出數據內容](#)
- 評估硬體尺寸
> [CH040_DK的尺寸](#)
> [CH040的尺寸](#)

1.3.2. 採購

可向我司索取報價單。如有需要協助評估選型也歡迎詢問。

立即詢價: sltech@ms28.hinet.net

TEL: +886-02-89699610

P/N	名稱	規格描述
CH040	IMU/VRU/AHRS模組	6DoF+地磁 2.5°/h · 郵票孔封裝
CH040_DK	IMU/VRU/AHRS模組 · Development Kit	6DoF+地磁 2.5°/h · 此為評估板含USB輸出

1.3.3. 連接方法

使用標準MicroUSB線連接。連接後，感測器即自動輸出數據。

1.3.4. 開始使用感測器

快速入門

您可以直接下載ANROT-IMU UI工具。只要您有Windows/Linux x64的設備即可使用，快速開始紀錄、觀察、設定感測器。

> [查看ANROT-IMU UI工具](#)

平台整合需求

若您要將感測器整合進ROS, ROS2, RaspberryPi等平台，或是以C, Python語言在各種平台上接收資料並解包出感測器數值，我們同樣提供開發範例給您實作。請直接查看線上連結：

> [查看開發SDK](#)

配置指令

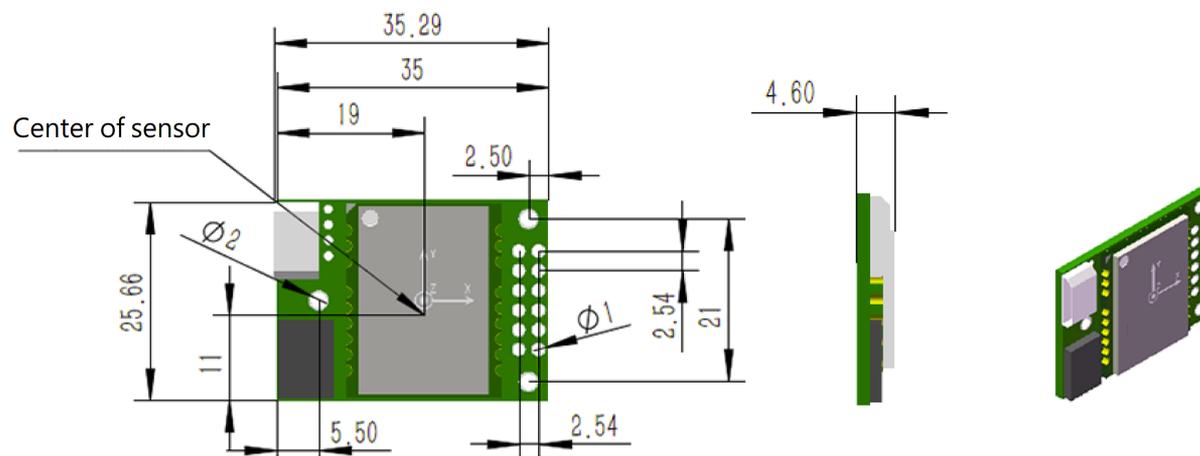
您可以直接使用串口工具，連接COM PORT，發送指令來設定感測器功能，並且持續接收串口的感測器的封包資料。

無論您是使用UI工具或是串口工具來與模組溝通，均可使用這些配置指令來設定感測器，讓它更符合您的使用場景。

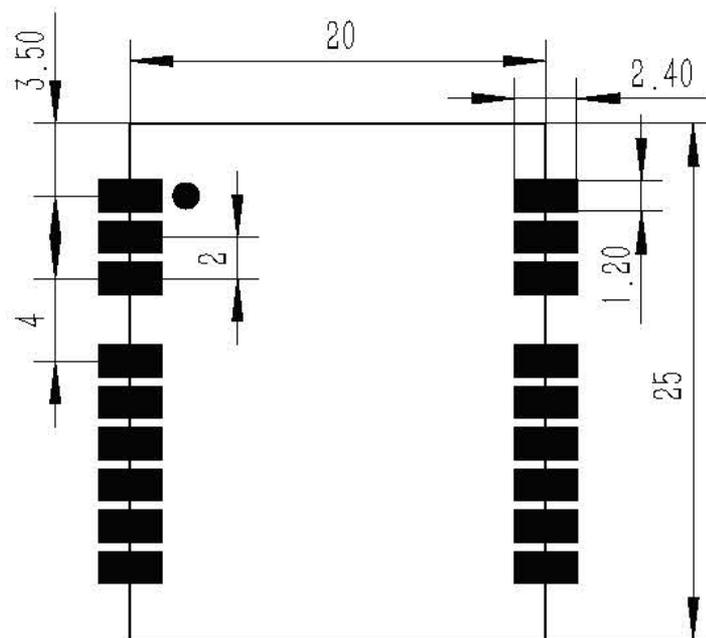
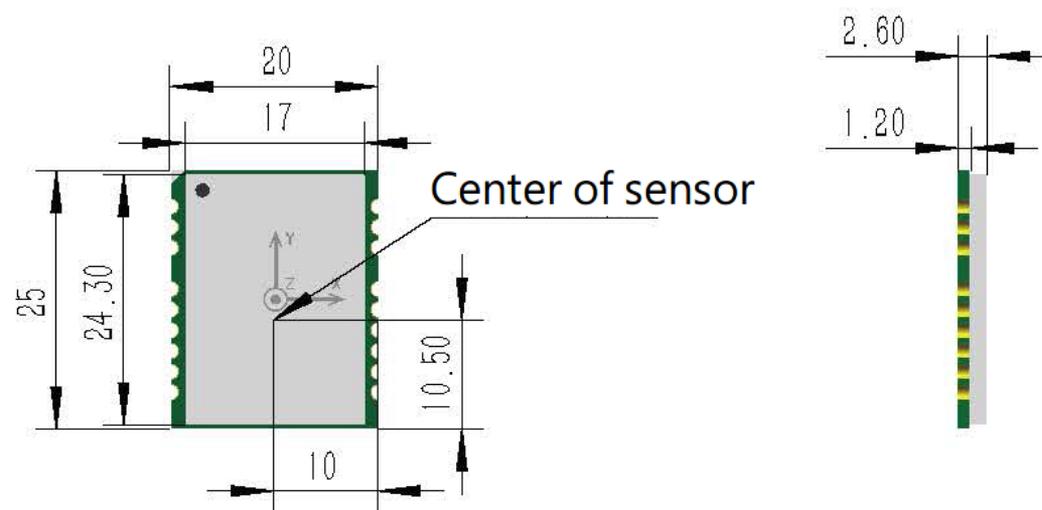
> [查看配置手冊](#)

2. 機械/電氣/介面參數

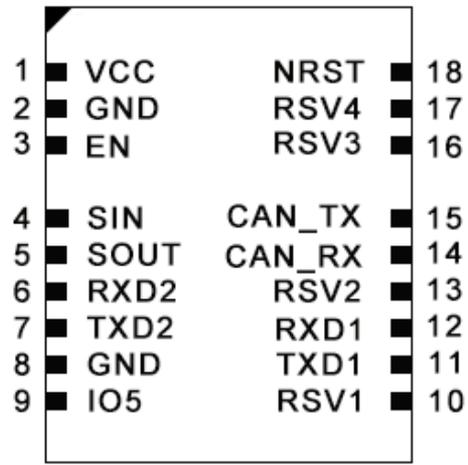
2.1. CH040_DK尺寸圖



2.2. CH040尺寸圖



2.3. CH040引腳定義



序號	名稱	型別	描述
1	VCC	電源	電源輸入3.3-5.5VDC
2	GND	電源	GND
3	EN	I	預設上拉使能，不用時可懸空，如果關閉模組可以拉低該引腳電壓
4	SYNC_IN	I	數據同步輸入，內部上拉，當模組檢測到下降沿時，會輸出一幀數據。不使用時懸空
5	SYNC_OUT	O	數據同步輸出，內部上拉，無數據輸出時為高電平(空閑)，一幀數據開始發送時變為低電平，一幀數據發送完成後，返回高電平(空閑)。不使用時需懸空
6	RXD2	I	串列埠2接收 UART2 RXD (保留)
7	TXD2	O	串列埠2發送 UART2 TXD (保留)
8	GND	電源	GND
9	IO5	I/O	懸空
10	RSV	N/A	懸空
11	TXD1	O	串列埠1發送 UART1 TXD
12	RXD1	I	串列埠1接收 UART1 RXD
13	RSV	N/A	懸空
14	CAN_RX	I	CAN_RX
15	CAN_TX	O	CAN_TX
16	RSV	N/A	懸空
17	RSV	N/A	懸空
18	NRST	I	復位，內部上拉。>10uS 低電平復位模組。建議連線主機之GPIO，不使用時懸空

使用CAN功能時需外接CAN晶片，比如TJA1044

2.4. 電氣與機械參數

2.4.1. 電氣參數

型別	條件	最小值	典型值	最大值	單位
電源輸入	VCC	3.3	3.3/5	7	V
使能輸入電壓	EN	-0.3	-	VCC	V
EN電壓 V_{EN}	-	0	-	VCC	V
EN電流 I_{EN}	-	-	0.01	1	uA
功耗 P	-	-	242	mW	uA
IO電平閾值 V_{IH}	-	1.7	-	5	V
IO電平閾值 V_{IL}	-	-	-	0.6	V
IO電流 V_{IO}	-	-20	-	20	mA
ESD	HBM 2KV · CDM 1KV				
啟動時間	<1s				
啟動方式	水平靜止啟動				

嚴禁在使用過程中超過上述限制範圍

2.4.2. 機械參數

參數	數值
結構尺寸	25X20X3mm(CH040) · 35.3x25.7x4.6mm(CH040_DK)
重量	<2.5g(CH040) · <15g(CH040_DK)
封裝型別	SMD
工作溫度	-40-85°C
衝擊	2000g
認證	RoHS · CE

2.5. 介面參數

2.5.1. UART

UART(TTL)	
波特率	9600/115200/230400/460800/921600bps(預設115200)
協議	自主研發二進制協議
幀率	5/10/50/100/250/500Hz(預設100)

2.5.2. CAN

CAN	
波特率	125K/250K/500K/1000K(預設500K)
協議	CANopen
幀率	5/10/50/100/200Hz(預設100)

2.5.3. 同步輸入SYNC_IN

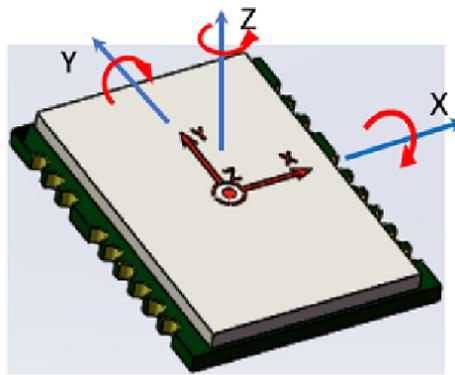
SYNC_IN		
輸入電壓		-0.5-3.6V
輸入頻率		0-500Hz

2.5.4. 同步輸出SYNC_OUT

SOUT1		
輸出電壓		0-3.3V
輸出頻率		0-500Hz

3. 座標系定義

載體系使用 右-前-上(RFU)座標系，地理座標系使用 東-北-天(ENU)座標系。加速度和陀螺儀軸向如下圖所示。



歐拉角旋轉順序為東-北-天-312(先轉Z軸，以繞Z軸旋轉后的座標系為基準再轉X軸，然後再以繞X軸旋轉后的座標系為基準，最後轉Y軸)旋轉順序。具體定義如下：

- 繞 Z 軸方向旋轉: 航向角\Yaw\psi(\psi) 範圍: $-180^\circ - 180^\circ$
- 繞 X 軸方向旋轉: 俯仰角\Pitch\theta(\theta) 範圍: $-90^\circ - 90^\circ$
- 繞 Y 軸方向旋轉: 橫滾角\Roll\phi(\phi) 範圍: $-180^\circ - 180^\circ$

如果將模組視為飛行器的話，Y軸正方向應視為機頭方向。當感測器系與慣性系重合時，歐拉角的理想輸出為: Pitch = 0° , Roll = 0° , Yaw = 0°

4. 技術規格

4.1. 姿態角量程

姿態角量程	
俯仰角(Pitch)	±90°
橫滾角(Roll)	±180°
航向角(Yaw)	±180°

4.2. 姿態角精度

型號	CH040
俯仰/橫滾(靜態)	0.3°
俯仰/橫滾(動態)	0.3°
航向角靜態漂移(VRU) ^①	<0.12°/h
航向角動態漂移(VRU) ^②	<5°
航向角(地磁輔助) ^③	2°
航向角旋轉誤差(VRU) ^④	<2°
解析度	0.005°

① 模組在25°C絕對靜止1h測得

② 模組在室內清潔機器人上運動1h測得，室溫25°C，1 σ

③ 地磁校準之後，周邊無磁場干擾情況下室溫25°C測得，需要將產品配置為地磁輔助模式(AHRS)

④ 轉檯連續旋轉10圈，航向角累積誤差，室溫25°C

4.3. 陀螺儀

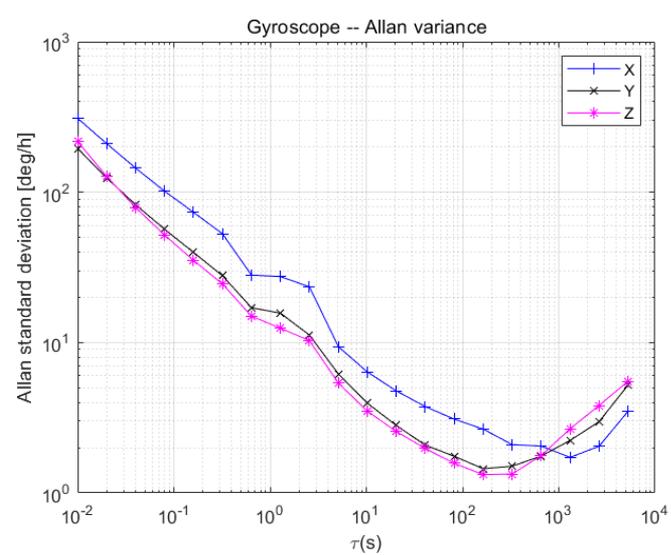
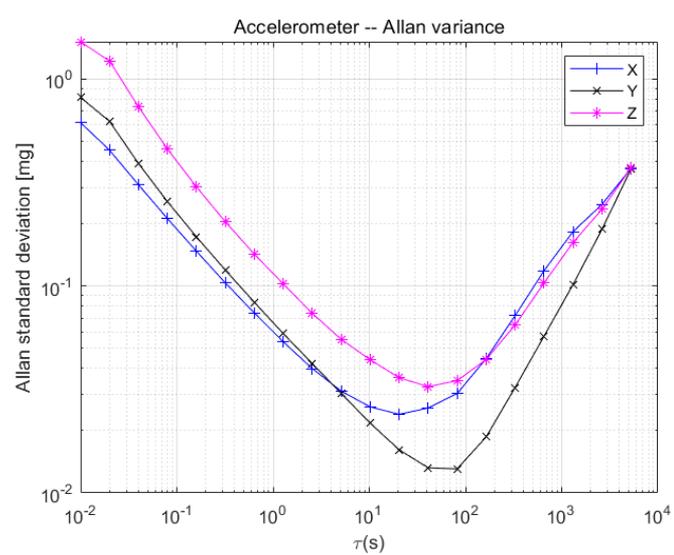
參數	CH040	備註
測量範圍	±2000°/s(可調)	
解析度	0.001°/s	
3dB頻寬	116Hz(可調)	
零偏不穩定性	2.5°/hr	@25°C,1 σ
零偏重複性	0.05°/s	@25°C,1 σ
非正交誤差	±0.1%	@25°C,1 σ
隨機遊走	0.3° / \sqrt{hr}	@25°C,1 σ
刻度非線性度	±0.1%	滿量程時(最大)
刻度係數誤差	550ppm	出廠前校準后
加速度敏感性	0.1°/s/g	
z軸全溫零偏變化 ^①	TBD	-40°C - 85°C

① 測試樣品平均值

4.4. 加速度計

參數	CH040	備註
測量範圍	±12g	1g = 1x 重力加速度
解析度	1µg	
3dB頻寬	145Hz	
零偏不穩定性	30µg	@25°C, 1σ
零偏重複性	1.2mg	@25°C, 1σ
非正交誤差	±0.1%	@25°C, 1σ
隨機遊走	$0.04m/s\sqrt{h}$	@25°C, 1σ
刻度係數誤差	±0.3%	出廠前校準后・滿量程時
全溫範圍溫度變化	<0.005mg/°C	-40°C - 85°C

4.5. Allan 方差



4.6. 磁感測器參數

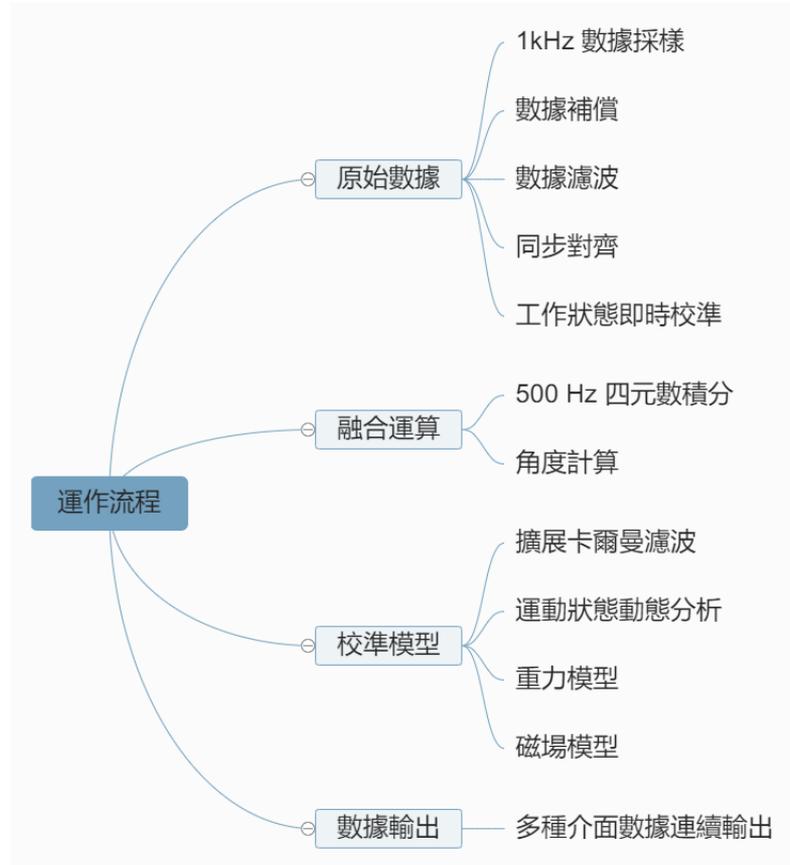
參數	CH040
測量範圍	±8G(Gauss)
非線性度	±0.1%
解析度	0.25mG

4.7. 氣壓計參數

參數	CH040
測量範圍	300 – 1200 hPa
解析度	± 0.006 hPa (or ±5 cm)
精度	± 0.06 hPa (or ±50 cm)
內部採樣頻率	64Hz

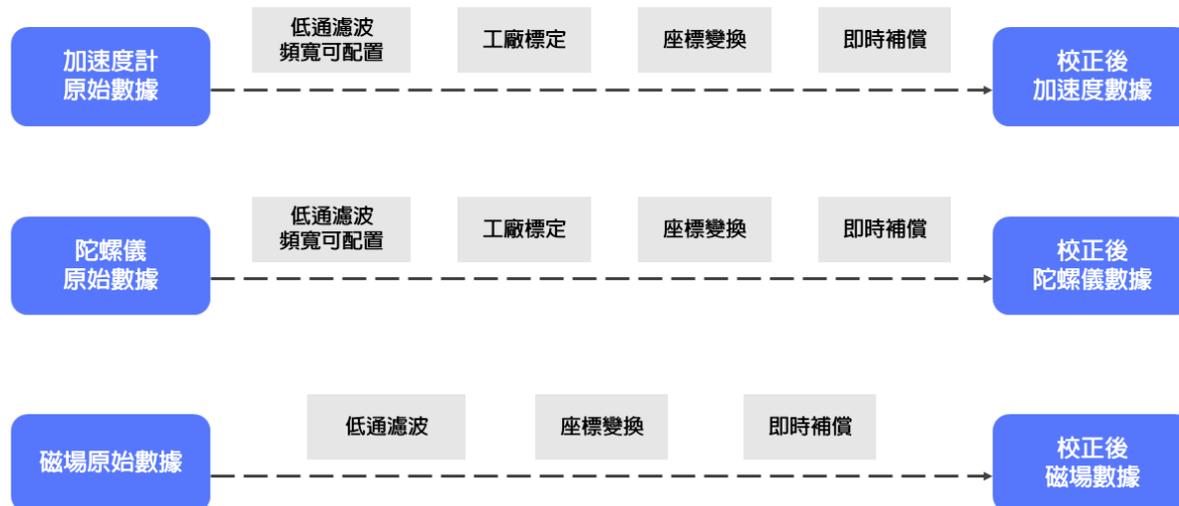
5. 軟體架構

CH040採用最新的融合演算法引擎，該演算法引擎採用了自主研發的擴充套件卡爾曼濾波和IMU噪聲動態分析技術，可以滿足高動態下姿態角的精度，並且減小航向角的漂移。演算法架構主要包含IMU、融合狀態、融合演算法、數據輸出4個部分：



內嵌運算系統

內嵌運算系統主要工作是標定補償原始的感測數據，讓所有產品保持的數據和性能保持一致。



原始數據

以高感度晶片，1kHz採樣頻率採集加速度計、陀螺儀、地磁場的原始數據。

低通濾波

提供多種低通濾波方案，您可自由運用於不同場景。

工廠標定

每顆感測晶片的生產過程中，存在一些共性的零偏，比例因子、跨軸等誤差，除此之外還會受到溫度變化的影響。我們的產線已導入專業校正儀器將這些誤差的影響降低到最小。

座標變換

推薦您水平安裝本產品，但是受限於部分特殊的使用場景，若您不得不將模組安裝在特殊角度，可參考配置手冊，旋轉感測器的座標系。

線上補償

模組上電時需靜止1秒，此時產品在自動採集並計算目前的陀螺零偏狀態，動態補償以校正陀螺儀的數據。

地磁場即時校正

模組在移動旋轉過程中，會自動校正現場環境的地磁場，無須介入。

卡爾曼融合演算法

處理器利用擴充套件卡爾曼演算法將加速度計、陀螺儀、磁力計的原始數據進行固定頻率(預設500Hz)的四元數全姿解算，通過數據融合可以得到四元數、歐拉角等融合後的資訊。陀螺儀、加速度計的零偏也透過演算法降至最低，這對於需要低延時、低抖動姿態資訊作為控制輸入資訊的系統非常重要。

運動狀態動態分析

根據加速度計、陀螺儀的即時數據，可以間接分析目前載體的運動狀態，從而調整卡爾曼融合狀態，使模組效能處於最佳狀態。

5.1. 數據輸出種類

數據輸出種類	數據內容
原始數據	加速度、角速度、溫度、磁場
融合數據	歐拉角(俯仰、橫滾、航向)、四元數

6. 初始配置

CH040系列設計的初表是使用者進行最低限度的配置，以實現覆蓋絕大部分應用場景的操作。因此預設配置已經可以滿足很多工況，但是我們也為使用者提供了其他配置選項以應對特殊場景。

6.1. USB/UART(TTL)介面初始配置

配置	參數
模式	6DoF 無地磁輔助
波特率	115200
數據幀率	100Hz
座標系	參考座標系定義章節
陀螺儀頻寬(3dB)	116Hz
加速度計頻寬(3dB)	145Hz
陀螺儀量程	$\pm 2000^{\circ}/s$
加速度計量程	$\pm 12g$

6.2. CAN介面初始配置

配置	參數
模式	6DoF 無地磁輔助
波特率	500K
數據幀率	100Hz
座標系	參考座標系定義章節
陀螺儀頻寬(3dB)	116Hz
加速度計頻寬(3dB)	145Hz
陀螺儀量程	$\pm 2000^{\circ}/s$
加速度計量程	$\pm 12g$

7. 硬體設計參考

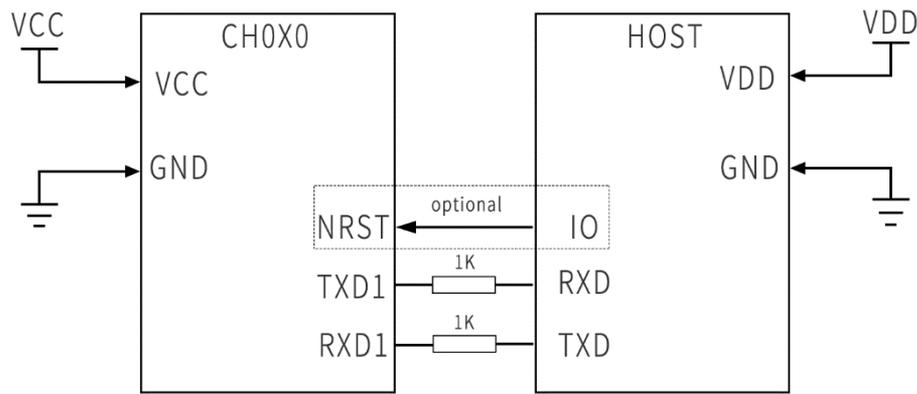
7.1. 電源設計

CH040系列內建LDO，因此使用者可以根據CH040的電氣參數選擇DC-DC或者LDO供電。

7.2. 通訊電路設計

7.2.1. UART

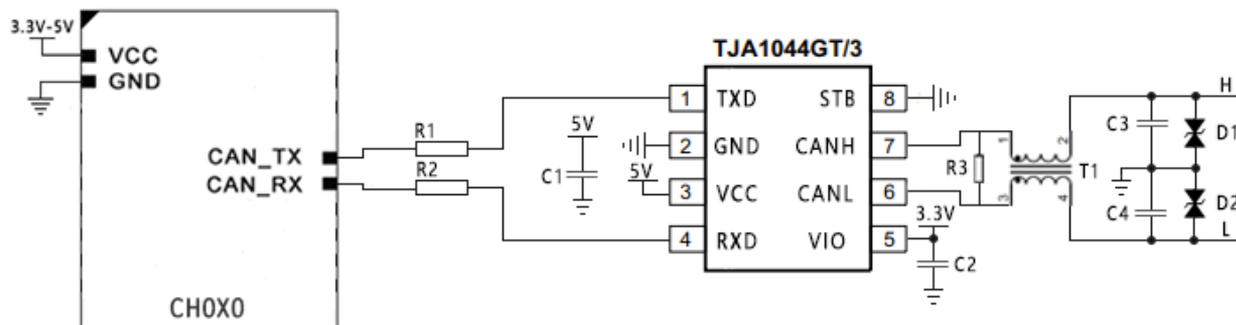
UART1和UART2均可以作為數據傳輸介面，推薦使用者使用UART1與主機系統相連，如下圖所示：



如果使用者需要使用同步和復位功能，也可以將模組同步輸出（SOUT）、同步輸入（SIN）、NRST與主機相連，NRST內部已經內建阻容復位電路

7.2.2. CAN

選擇TJA1044GT/3作為參考示例



終端電阻R3可根據實際情況選擇是否需要焊接

Item	Reference	Part	P/N	Vendor	Note
電阻	R1,R2	1K	RC0402JR-071KL	YAGEO	
電阻	R3	120Ω	RC1206FR-07120RL	YAGEO	optional
電容	C1,C2	0.1uF	CC0402KRX5R7BB104	YAGEO	
電容	C3,C4	100pF	CC0402JRNPO9BN101	YAGEO	
共模電感	T1	5.8kΩ@10MHz 100uH@100kHz 150mA	ACT45B-101-2P-TL003	TDK	
TVS	D1,D2	SMBJ6.5CA	SMBJ6.5CA	GOODWORK	

8. 焊接

感測器 滿足上IPC/JEDEC 標準的無鉛焊接要求，即迴流焊，峰值溫度高達260°C。

感測器禁止手工維修和焊接，會影響精度

8.1. 焊接參數

參數型別	無鉛
Average ramp-up rate (TSmax to Tp)	3°C/s max
Temperature min (TSmin)	150°C
Temperature max (TSmax)	200°C
Time (TSmin to TSmax)	60-180s
Temperature (TL)	170°C
Time (tL)	60-150s
Peak classification temperature (TP)	260°C
Time within 5 °C of actual peak temperature (tp)	20-40s
Ramp-down rate	6°C/min max
Time 25°C to peak temperature	8 min max

8.2. 注意事項

通常來說MEMS感測器是由電子和機械結構組成的高精度測量裝置，為實現精度、效率和機械堅固性而設計，需要將感測器安裝在印刷電路板 (PCB) 上時，應考慮以下建議。

- 通常建議將PCB厚度最小化，因為薄PCB的固有應力較小，例如在彎曲過程中。(建議≤ 1.2 毫米)
- 不建議將感測器直接放在按鈕觸點的下方或旁邊，因為這會導致機械應力。
- 不建議將感測器直接放置在溫度極高的熱點附近 (例如控制器或圓形晶片)，因為這會導致PCB升溫，從而導致感測器發熱。
- 不建議將感測器放置在機械應力最大值附近 (例如在對角交叉的中心)。機械應力會導致PCB和感測器彎曲。
- 不建議將感測器安裝距離螺絲孔太近
- 避免將感測器安裝在PCB可能或預期會出現諧振 (振動) 的區域。

如果上述建議無法得到適當實現，則在將器件放置在PCB上後進行特定的線上偏移校準可能有助於最大限度地減少潛在的影響。