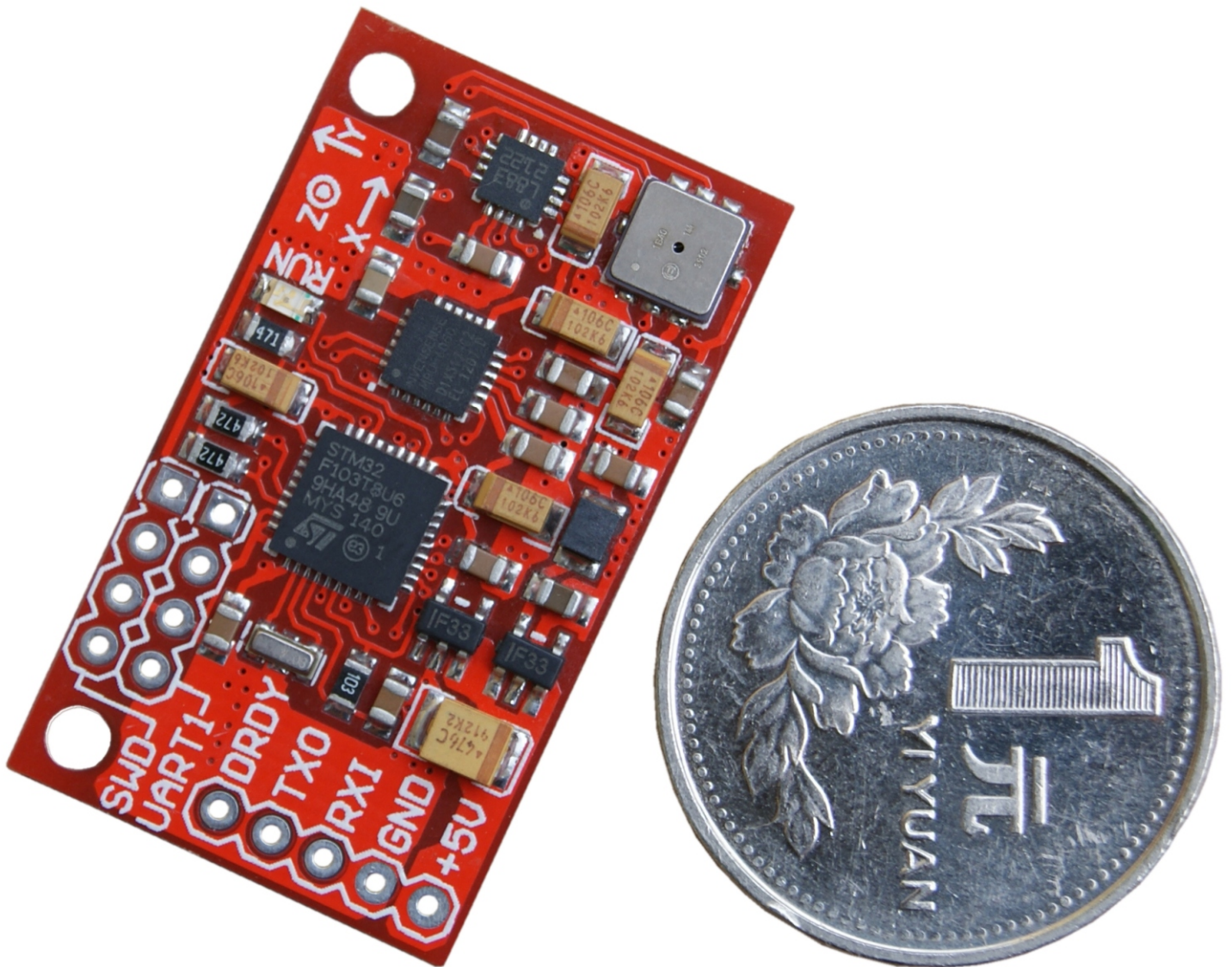


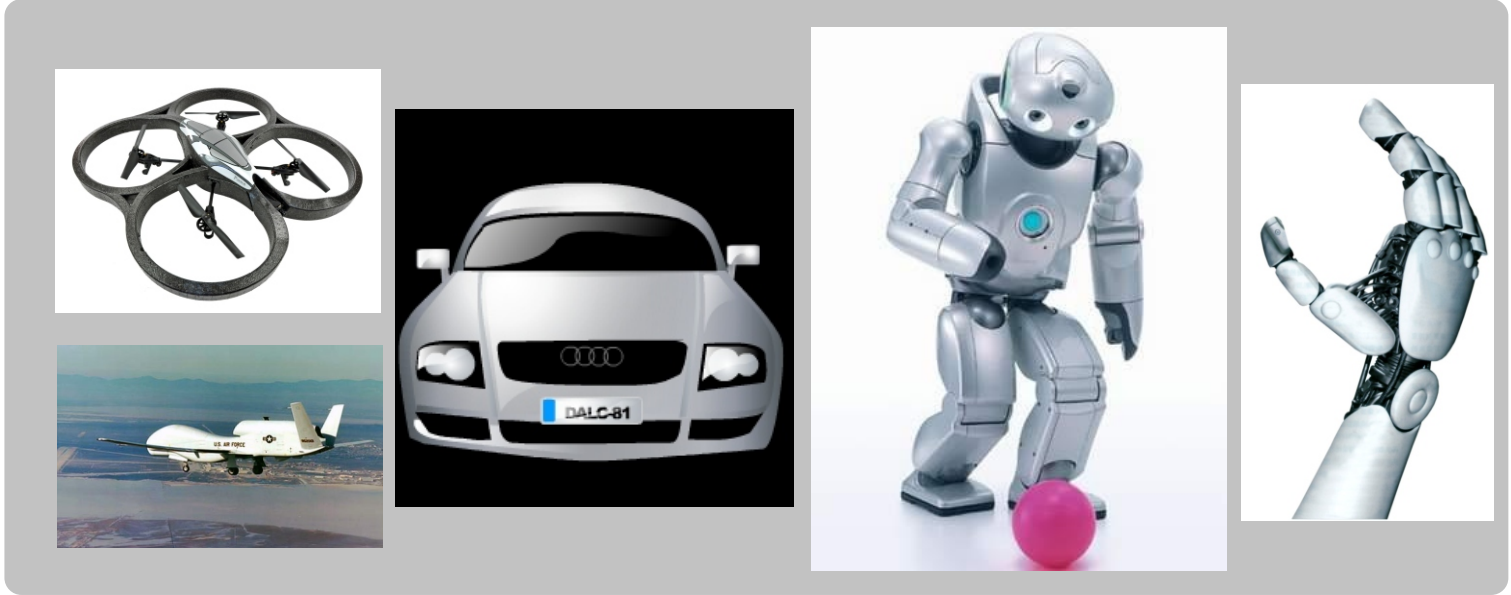
## Mini IMU AHRS 使用说明

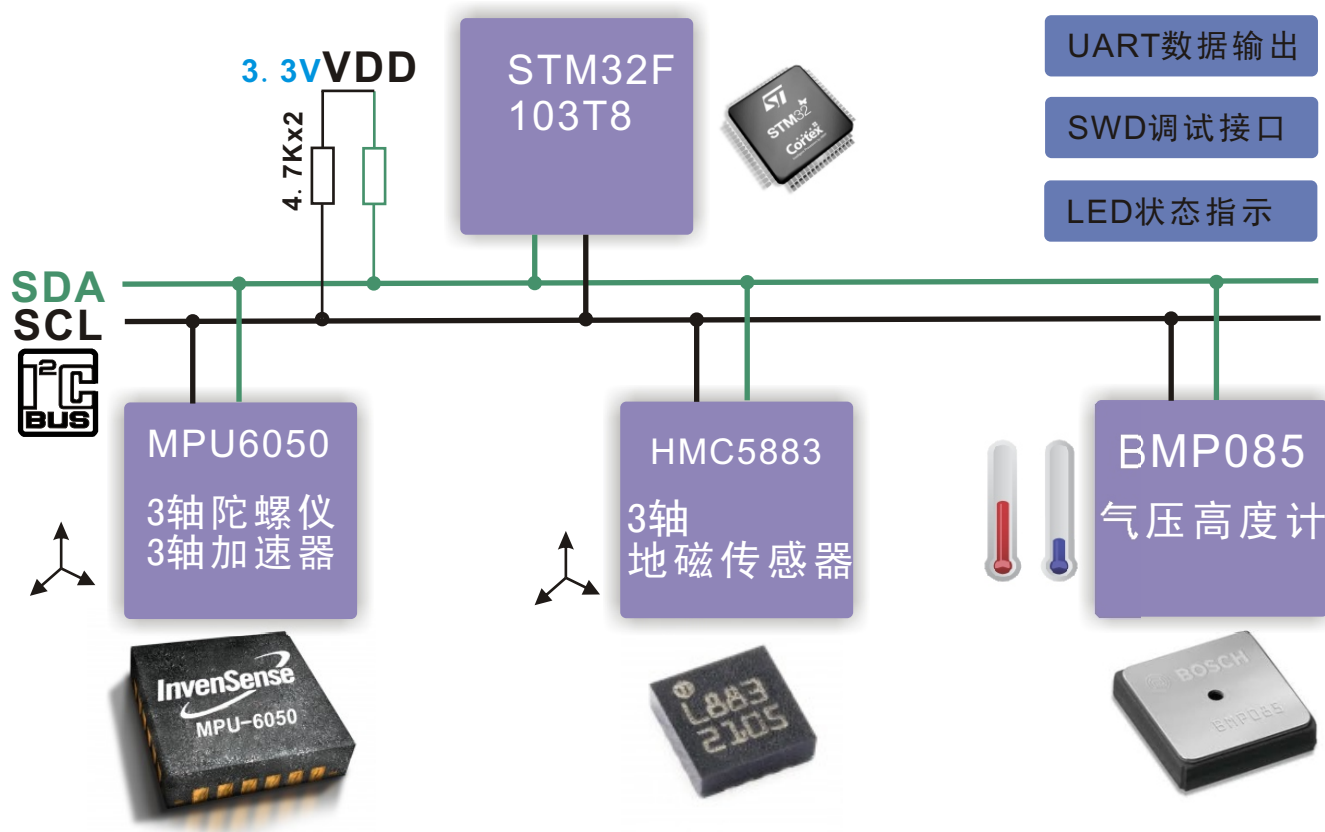
本章旨在说明MiniIMU姿态仪的功能和使用方法

1. MiniIMU的硬件组成和接口定义
2. MiniIMU的性能
3. 如何使用电脑软件与MiniIMU联机
4. 注意事项



# Mini IMU AHRS 应用框图





## 1 STM32F103

MiniIMU 的主控制芯片选用了STM32F103T8, ARM 32-bit Cortex™-M3 内核, 它有64KB的闪存存储器, 和20KB的运行内存。7通道的DMA, 7个定时器, 通过板子上的8M晶体和STM32内部的PLL, 控制器可以运行在72M的主频上, 对于姿态解算这种需要大量数学运行的程序, 更快的处理速度可以做更多的解算优化。

MiniIMU 上的传感器通过I2C接口与STM32F连接, 同时传感器的数据中断引脚与STM32F的IO相连。使得传感器在完成ADC轮换后, STM32F在第一时间读取最新的数据, 快速响应姿态的变化。这样的连接使得控制器拥有最大的主动权, 最快地获取各传感器的状态和转换结果。

### 通信能力:

MiniIMU引出了STM32单片机的两个串行通信口:

1. UART1 做为从的连接端口
2. UART2 做为主的数据输出接口

两个串行接口都有独立的发送和接收共用的可编程波特率, 最高达4.5Mbits/s。在使用使用多缓冲器配置的DMA方式, 可以实现高速数据通信。

UART1可以用于连接一个外部GPS, 扩展更多的功能。

UART2 用于发送解算后的姿态数据。

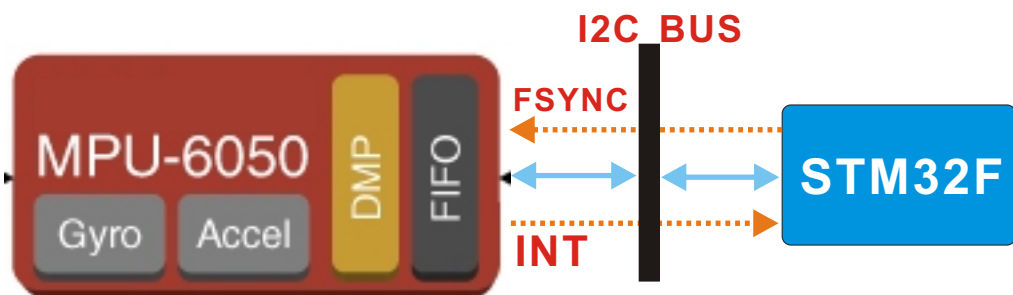
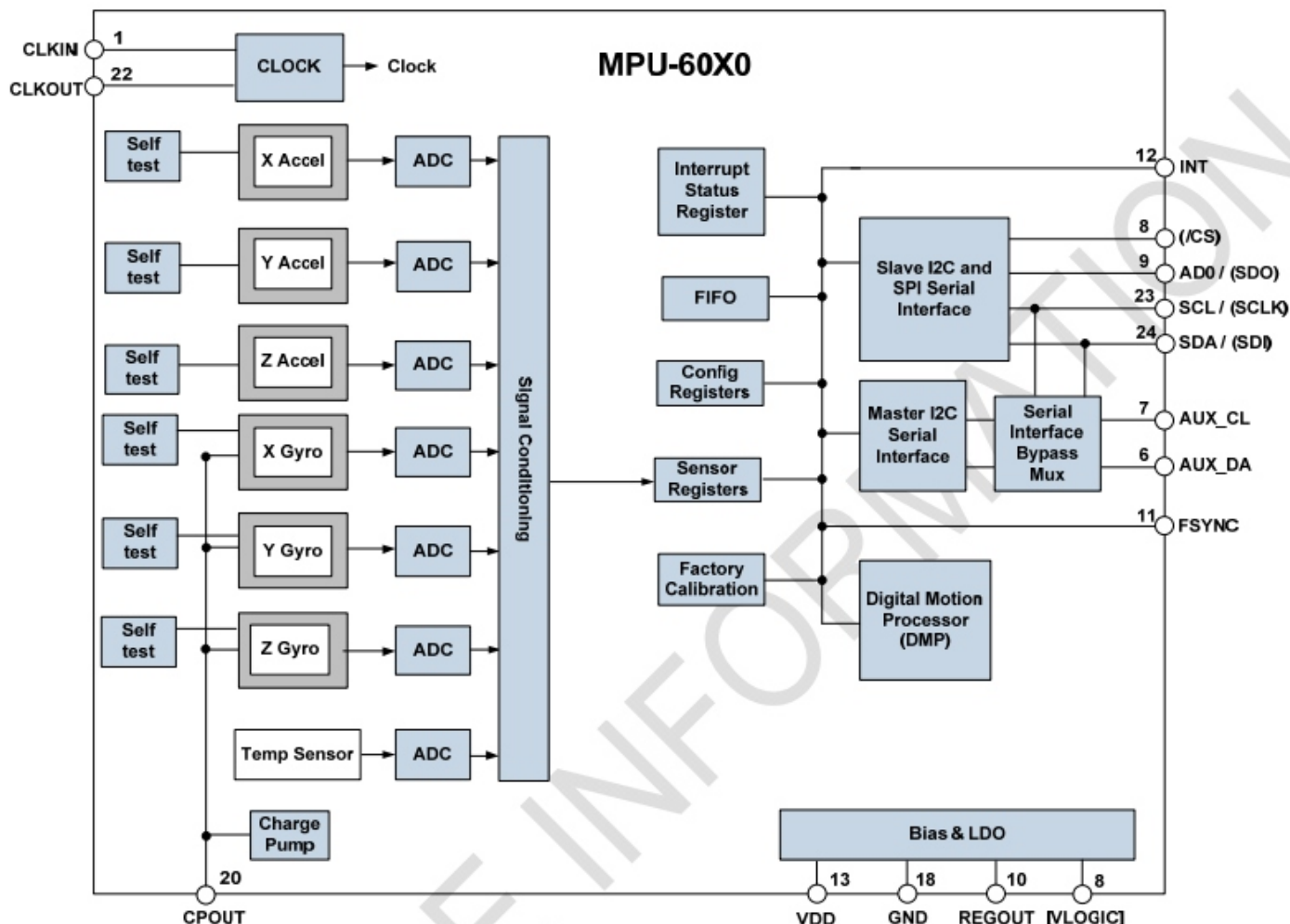
### SWD调试

MiniIMU引出了STM32F的SWD调试接口。SWD接口只需要四条线就可以连接STM32F的内核进行仿真调试。

支持SWD接口的仿真器有：

1. JLINK V6及以上 目前淘宝上70-80 元就可以买到一只JLINK V8
2. ULINK2 , 请注意ULINK1 是不支持SWD接口调试的

## 2 MPU6050



## 概述

MPU-6050为全球首例整合性6轴运动处理组件，相较于多组件方案，免除了组合陀螺仪与加速器时之轴间差的问题，减少了大量的包装空间。

MPU-6000的角速度全格感测范围为 $\pm 250$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 1000$ 与 $\pm 2000^\circ / \text{sec}$  (dps)，可准确追踪快速与慢速动作，并且，用户可程式控制的加速器全格感测范围为 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 与 $\pm 16g$ 。产品传输可通过最高至400kHz的I2C总线。

### 特点：

1. 具有131 LSBs/ $^\circ / \text{sec}$  敏感度与全格感测范围为 $\pm 250$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 1000$ 与 $\pm 2000^\circ / \text{sec}$  的3轴角速度感测器(陀螺仪)。
2. 可程式控制，且程式控制范围为 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 和 $\pm 16g$ 的3轴加速器。

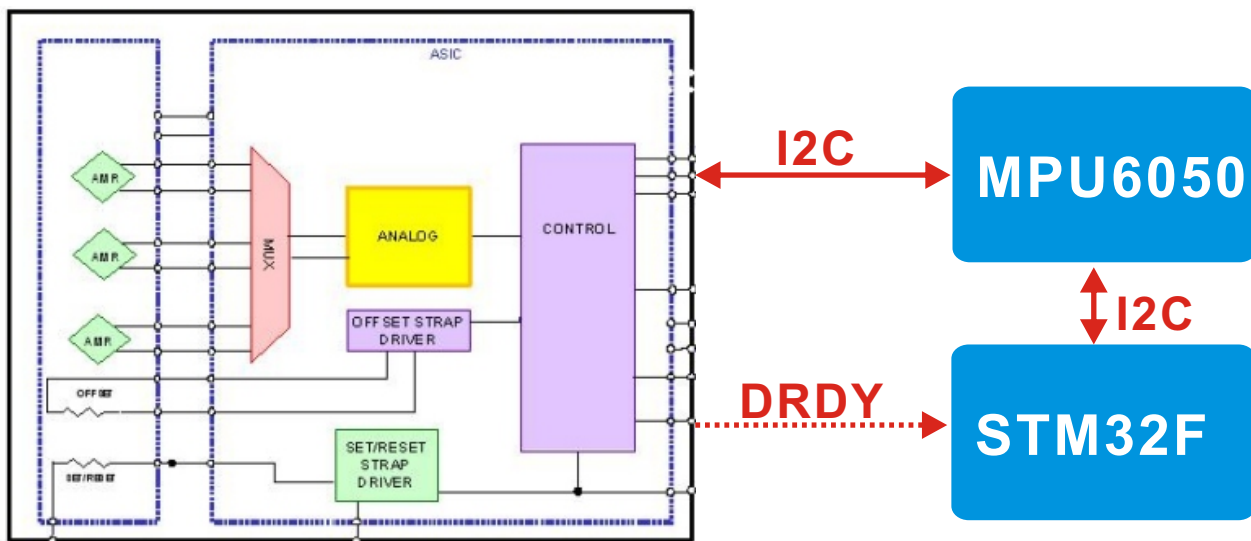


3. 移除加速器与陀螺仪轴间敏感度，降低设定给予的影响与感测器的飘移。
4. 以数字输出的温度传感器
5. 以数字输入的同步引脚(Sync pin)支持视频电子影相稳定技术与GPS
6. 可程式控制的中断(interrupt)支援姿势识别、摇摄、画面放大缩小、滚动、快速下降中断、high-G中断、零动作感应、触击感应、摇动感应功能。
7. 高达400kHz快速模式的I2C接口
8. 内建频率产生器在所有温度范围(full temperature range)仅有 $\pm 1\%$ 频率变化。
9. 10,000 g 碰撞容忍度

## 与主控制器的连接

MPU6050通过I2C接口连接到主控制器STM32F。在初始化阶段，STM32将要设置MPU6050的测量感度和采样频率，同时使能数据更新中断。之后STM32配置自己的引脚为中断输入。这样在一个新的采样完成后MPU6050产生中断，呼叫STM32读取新的数据。

## 3 HMC5883L



## 概述

HMC5883L 包括最先进的高分辨率 HMC118X 系列磁阻传感器，并附带霍尼韦尔专利的集成电路包括放大器、自动消磁驱动器、偏差校准、能使罗盘精度控制在  $1^\circ \sim 2^\circ$  的 12 位模数转换器、简易的 I2C 系列总线接口。

HMC5883L 采用霍尼韦尔各向异性磁阻(AMR)技术，该技术领先于其他磁传感器技术。这些各向异性传感器具有在轴向高灵敏度和线性高精度的特点。传感器具有的对正交轴的低灵敏度的固相结构能用于测量地球磁场的方向和大小，其测量范围从毫高斯到 8 高斯(gauss)。霍尼韦尔的磁传感器在低磁场传感器行业中是灵敏度最高和可靠性最好的传感器。

特点：

1. 12-bit ADC 与低干扰 AMR 传感器，能在  $\pm 8$  高斯的磁场中实现 2 毫高斯的分辨率
2. 内置自检功能
3. 内置驱动电路
4. I2C 数字接口
5. 最大输出频率可达160Hz
7. 带置位/复位和偏置驱动器用于消磁、自测和偏移补偿
8. 磁场范围广 ( $\pm 80\text{e}$ )

## 与主控制器的连接

HMC5883L并没有直接和主控制器的I2C接口相连接。

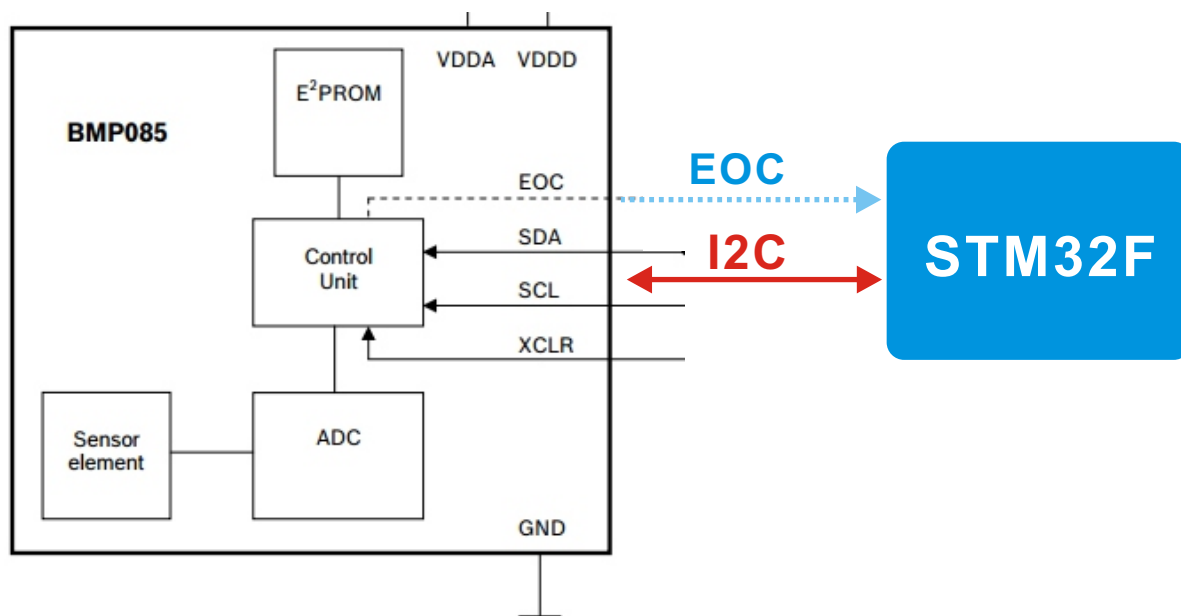
而是与MPU6050的AUX I2C接口连接，这样，有两种方式访问HMC5883L的数据。

1. 将MPU6050的AUX接口设置成直连式，STM32F可以通过I2C直接访问HMC5883L
2. 开启MPU6050的AUX接口为主控制器，通过AUX I2C接口MPU6050负责采集HMC5883L的采样结果，并将结果存放在自己的FIFO寄存器中。STM32F通过访问MPU6050读取HMC5883的转换结果。

以上两个方式都可以在miniIMU中实现，不需要额外的增加或者是修改电路，只需要设置MPU6050相应的控制寄存器。

HMC5883L的数据准备引脚连接到了STM32，通过查询该引脚的电平，判断是否有新的转换数据。

## 4 BMP085



## 概述

BMP085是一款高精度、超低能耗的压力传感器，可以应用在移动设备中。它的性能卓越，绝对精度最低可以达到0.03hPa，并且耗电极低，只有3uA。BMP085采用强大的8-pin陶瓷无引线芯片承载（LCC）超薄封装，可以通过I2C总线直接与各种微处理器相连。

### 主要特点：

压力范围：300 ... 1100hPa（海拔9000米...-500米）

量程：300-1100mbar 精度：0.03mbar

输出：I2C接口 数字输出

电源电压：1.8V ... 3.6V (VDDA)

1.62V ... 3.6V (VDDD)

低功耗：5μA 在标准模式 高精度：低功耗模式下，分辨率为0.06hPa（0.5米）

高线性模式下，分辨率为0.03hPa（0.25米）

- 含温度输出

- I2C接口

- 温度补偿

反应时间：7.5ms

待机电流：0.1μA

无需外部时钟电路

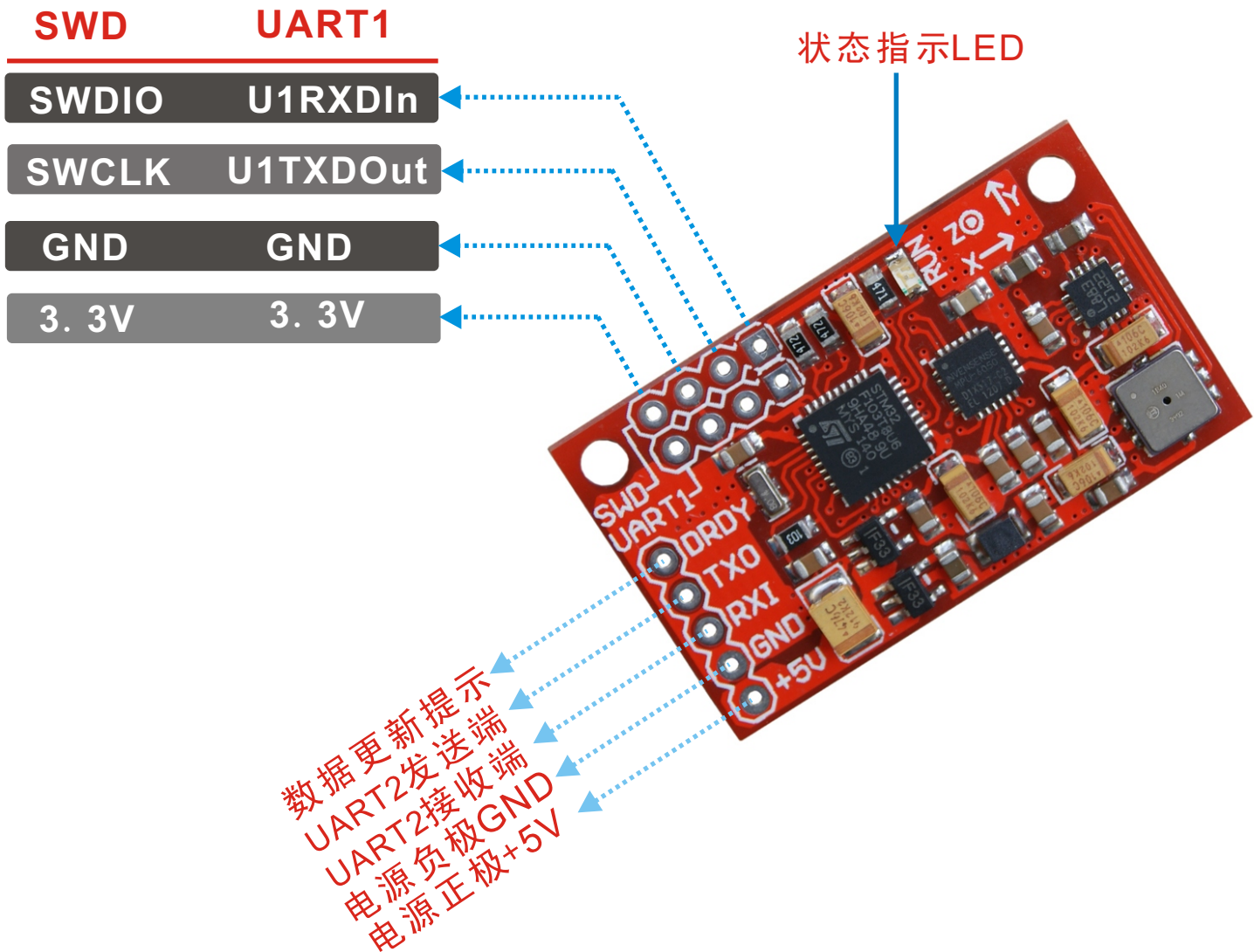
# 与主控制器的连接

BMP085挂接在I2C总线上，STM32可以直接访问读取BMP085上的转换数据。  
BMP085转换的时间相对长一些，在读取气压时，需要的时间如下表

Mode	Parameter oversampling_setting	Internal number of samples	Conversion time pressure max. [ms]	Avg. current @ 1 sample/s typ. [μA]	RMS noise typ. [hPa]	RMS noise typ. [m]
ultra low power	0	1	4.5	3	0.06	0.5
standard	1	2	7.5	5	0.05	0.4
high resolution	2	4	13.5	7	0.04	0.3
ultra high resolution	3	8	25.5	12	0.03	0.25

最长的时间为25.5ms, 我们不希望程序在读取气压的时候等待转换完成。那么在启动一次转换后，如何占用更少的CPU而得知转换完成了呢？  
这时我们需要读取EOC的电平来判断是否完成了一次转换。开启STM32F的端口中断将产生一次转换完成中断。

## 5 MiniIMU 接口定义



## 6 MiniIMU 性能特点

### 物理特性

模块工作电压：	4.0V-7.0V
工作电流：	50mA @5.0V
外形尺寸：	37 x 22 x 5 mm
重量（不包括电线）：	10g
温度范围：	-10C - 60C
数字接口：	UART异步串行通信口 TTL电平
工作时功耗：	250mW

### 传感器特性

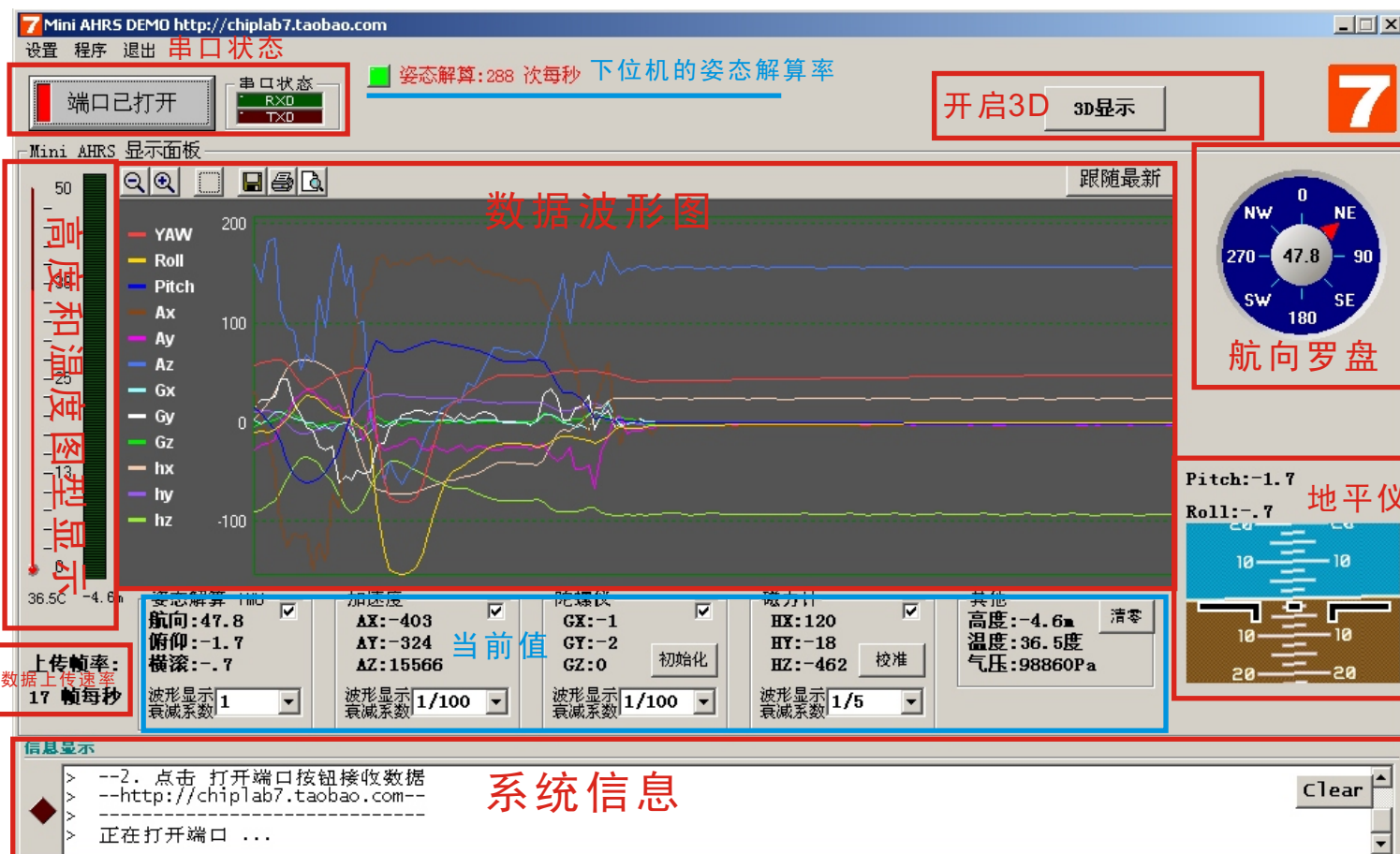
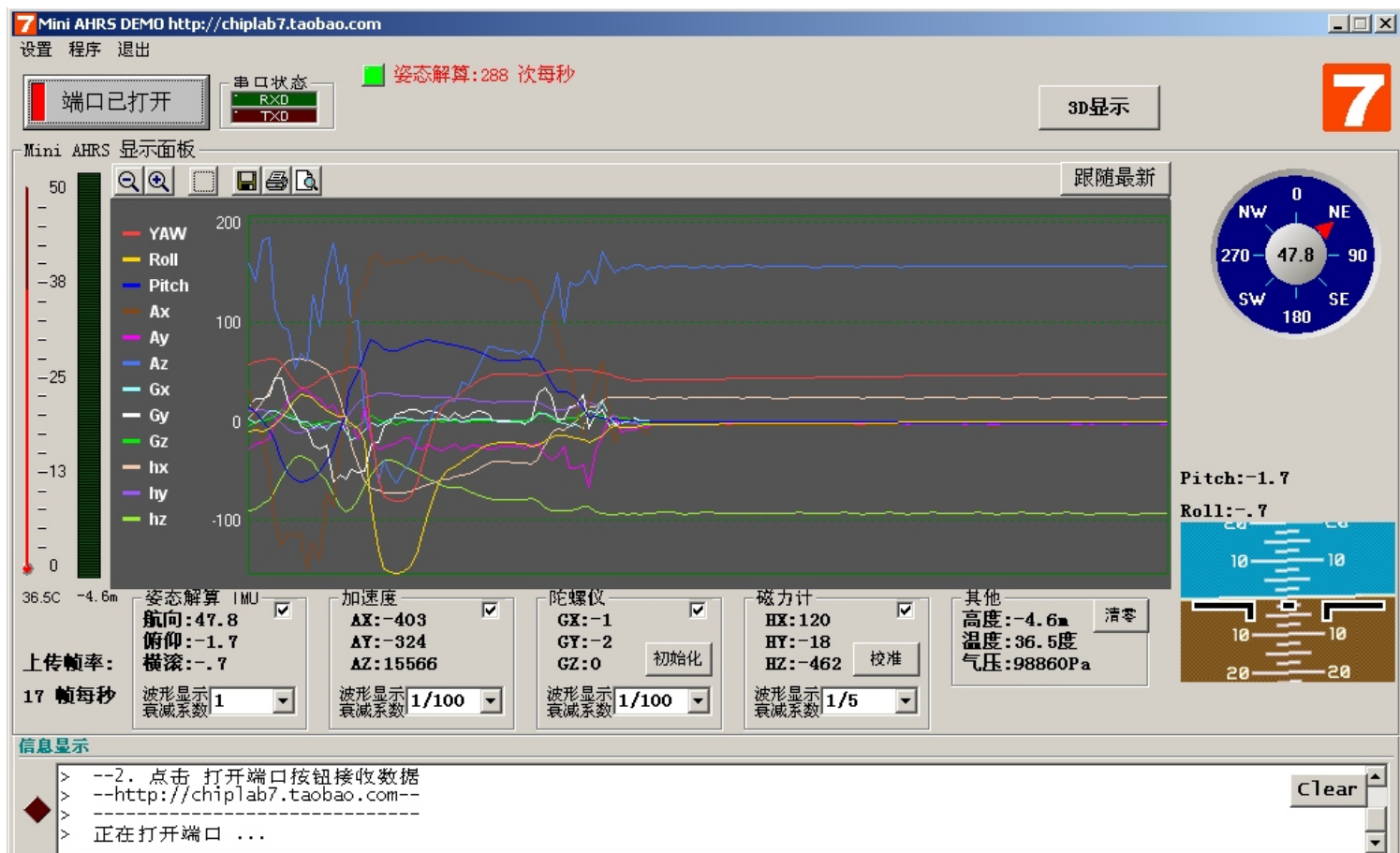
	三轴陀螺仪	三轴加速度	三轴磁场	气压高度计
启动时间	100ms	100ms	50ms	10ms
最大量程	±2,000度/秒	±16G	±8高斯	300-1100hPa
最小量程	±250度/秒	±2G	±1高斯	300-1100hPa
ADC位数	16 Bit	16 Bit	12 Bit	16 Bit
分辨率 <sub>(量程最大时)</sub>	16.4 LSB/(°/s)	2,048 LSB/g	4.35 milli-gauss	0.01hPa
分辨率 <sub>(量程最小时)</sub>	131 LSB/(°/s)	16,384 LSB/g	0.73 milli-gauss	0.01hPa
更新率	4 - 8000 hz	4 -1000 hz	0.75 - 75 hz	4.5 - 25.5 mS



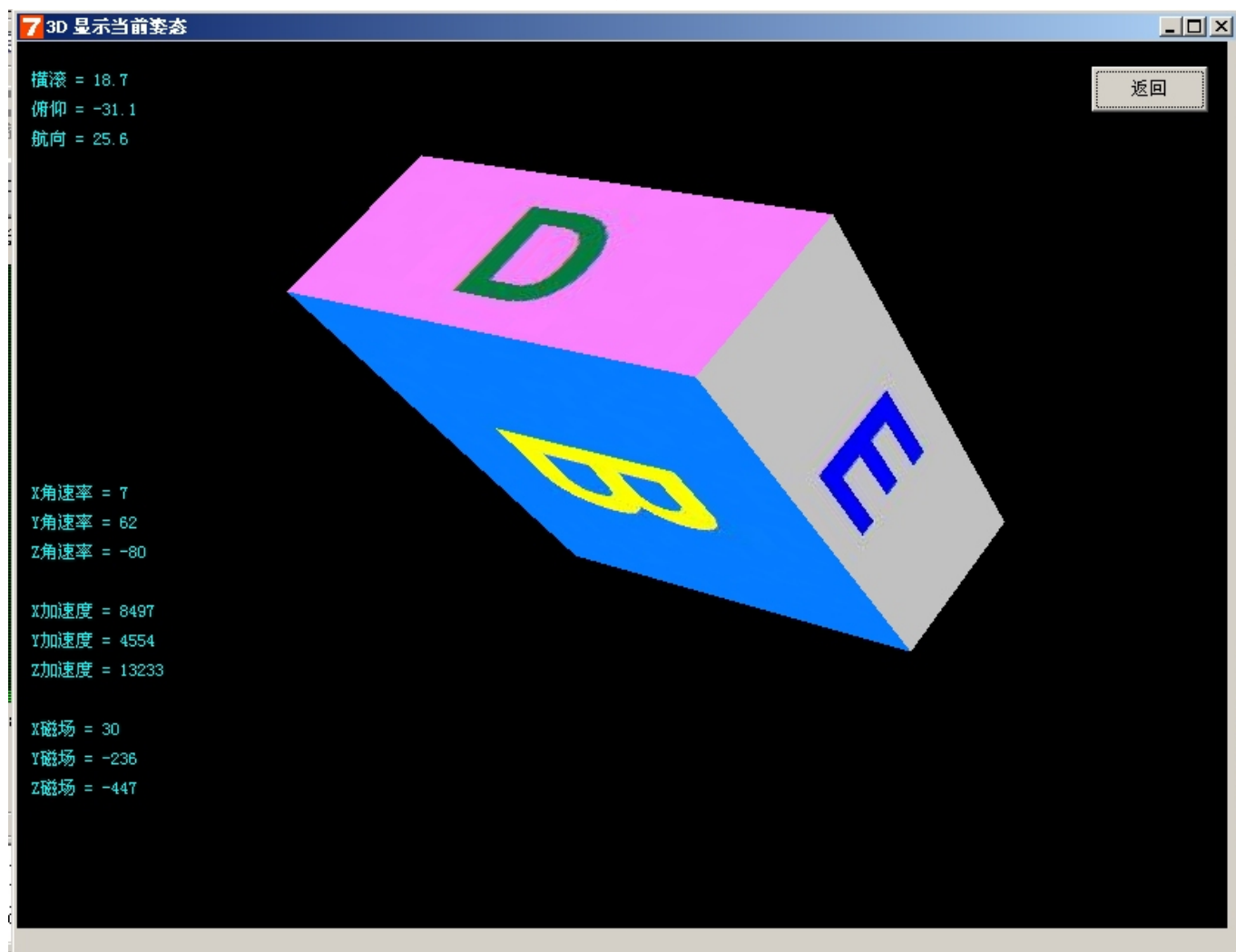
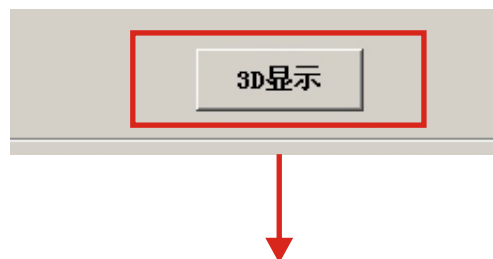
# 7 MiniIMU 与PC联机

Mini IMU 配置了一个上位机软件，用于显示各个传感器的输出，和解算后的姿态。多种显示模式：

1. 波形，以波形的形式显示数据值与时间的关系
2. 文字，文字显示当前的值
3. 3D显示，解算后的姿态数据可以使用3D显示各个数据。



## 开启3D姿态显示



## 数据通信协议

要与上位机通信，需要通信协议的支持。固定的帧格式和字节数都是指定的。上位机将通过已知的协议进行解帧并把相应的数据更新到波形、文字和3D显示。

在这个协议里面，只有两种帧从下位机发送到上位机：

1. 原始的传感器ADC数据
2. 解算后的姿态角和气压高度

原始的传感器ADC数据是指，直接从传感器读取出来的测量值，ADC转换的结果。没有经过解算处理

解算后的姿态角和气压高度是指，将得到各个传感器值进行解算，得到目标载体当前的姿态，俯仰角，滚转角，航向角等数据

这两个帧可以独立发送。比如，只更新原始的ADC数据，或者是只更新解算后的数据，这都是允许的。

# 原始的传感器ADC数据帧格式

起始 2字节  
0xA5 0x5A

帧起始字节，共两个字节做为起始标志  
一个帧发送的第一字节为0xA5 紧接着是0x5A

本帧字节数  
0x16

帧包含的字节个数 计算方法为，除了起始字节(A5 5A)外所有的字节（包含它本身和结束字节）的总数

帧功能字节  
0xA2

帧功能字节， 用于标识该帧所指定的帧类型。

加速计X轴  
高位 低位

数据区的第一个字，用于表示加速度计X轴的ADC测量值。它有高位和低位组成，高位在前，低位在后

磁力计Z轴  
高位 低位

数据区的最后一个字，用于表示磁力计Z轴的ADC测量值。它有高位和低位组成，高位在前，低位在后

帧校验字节  
0xFF

协议采用累加合校验，所有的数据（除了两个起始字节外）进行累加，最后取低8位做为校验结果。

帧结束字节  
0xAA

帧结束字节

\*\*\*\*\*实现函数\*\*\*\*\*

\*函数原型: void UART1\_ReportMotion(int16\_t ax,int16\_t ay,int16\_t az,int16\_t gx,int16\_t gy,int16\_t gz,  
int16\_t hx,int16\_t hy,int16\_t hz)

\*功 能: 向上位机发送当前传感器的输出值

输入参数:

int16\_t ax 加速度 X轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t ay 加速度 Y轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t az 加速度 Z轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t gx 陀螺仪 X轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t gy 陀螺仪 Y轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t gz 陀螺仪 Z轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t hx 磁罗盘 X轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t hy 磁罗盘 Y轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
int16\_t hz 磁罗盘 Z轴ADC输出 范围: 一个有符号整型  
输出参数: 没有

\*\*\*\*\*

void UART1\_ReportMotion(int16\_t ax,int16\_t ay,int16\_t az,int16\_t gx,int16\_t gy,int16\_t gz,  
int16\_t hx,int16\_t hy,int16\_t hz)

```
{
    unsigned int temp=0xA5;
    char ctemp;
    UART1_Put_Char(0xA5);
    UART1_Put_Char(0x5A);
    UART1_Put_Char(14+8);
    UART1_Put_Char(0xA2);

    if(ax<0)ax=32768-ax;
    ctemp=ax>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=ax;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(ay<0)ay=32768-ay;
    ctemp=ay>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=ay;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    Temp+=ctemp;

    if(az<0)az=32768-az;
    ctemp=az>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    Temp+=ctemp;
    ctemp=az;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(gx<0)gx=32768-gx;
    ctemp=gx>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    Temp+=ctemp;
    ctemp=gx;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(gy<0)gy=32768-gy;
    ctemp=gy>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    Ctemp=gy;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(gz<0)gz=32768-gz;
    ctemp=gz>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=gz;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(hx<0)hx=32768-hx;
    ctemp=hx>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=hx;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(hy<0)hy=32768-hy;
    ctemp=hy>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=hy;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;

    if(hz<0)hz=32768-hz;
    Ctemp=hz>>8;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    temp+=ctemp;
    ctemp=hz;
    UART1_Put_Char(ctemp);
    Temp+=ctemp;

    UART1_Put_Char(temp%256);
    UART1_Put_Char(0xAA);
}
```

## 解算后的姿态数据帧格式

The diagram illustrates the structure of a data frame, consisting of the following fields:

- 起始 2字节** (Start 2 bytes): 0xA5 0x5A. Description: 帧起始字节，共两个字节做为起始标志。一个帧发送的第一字节为0xA5，紧接着是0x5A。
- 本帧字节数** (Frame length): 0x10. Description: 帧包含的字节个数。计算方法为，除了起始字节(A5 5A)外所有的字节（包含它本身和结束字节）的总数。
- 帧功能字节** (Frame function): 0xA1. Description: 帧功能字节，用于标识该帧所指定的帧类型。
- 航向角** (Heading angle): 高位 低位. Description: 数据区的第一个字，用于表示经过IMU解算后的航向角数据。以0.1度为单位表示该值。
- 解算速率** (IMU rate): 高位 低位. Description: 数据区的最后一个字，表示IMU运行频率，解算的速度。这个值应该为正数。
- 帧校验字节** (Frame checksum): 0xFF. Description: 协议采用累加和校验，所有的数据（除了两个起始字节外）进行累加，最后取低8位做为校验结果。
- 帧结束字节** (Frame end): 0xAA. Description: 帧结束字节。

```

/*****实现函数*****/

```

```
*函数原型: void UART1_ReportIMU(int16_t yaw,int16_t pitch,int16_t roll
, int16_t alt,int16_t tempr,int16_t press)
```

\*功能: 向上位机发送经过解算后的姿态数据

输入参数:

int16_t yaw	经过解算后的航向角度。单位为0.1度 0 -> 3600 对应 0 -> 360.0度
int16_t pitch	解算得到的俯仰角度，单位 0.1度。-900 - 900 对应 -90.0 -> 90.0 度
int16_t roll	解算后得到的横滚角度，单位0.1度。-1800 -> 1800 对应 -180.0 -> 180.0度
int16_t alt	气压高度。单位0.1米。 范围一个整型变量
int16_t tempr	温度。单位0.1摄氏度 范围：直到你的电路板不能正常工作
int16_t press	气压压力。单位10Pa 一个大气压强在101300pa 这个已经超过一个整型的范围。需要除以10再发给上位机
int16_t IMUpersec	姿态解算速率。运算IMUpersec每秒。

输出参数: 没有 \*\*\*\*\*/

```
void UART1_ReportIMU(int16_t yaw, int16_t pitch, int16_t roll,
int16_t alt, int16_t tempr, int16_t press, int16_t IMUpersec)
```

```
unsigned int temp=0xaF+2;
char ctemp;
UART1_Put_Char(0xa5);
UART1_Put_Char(0x5a);
UART1_Put_Char(14+2);
UART1_Put_Char(0xA1);
```

```
if (yaw<0) yaw=32768-yaw;
ctemp=yaw>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=yaw;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
```

```

if (pitch<0) pitch=32768-pitch;
ctemp=pitch>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=pitch;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
if (roll<0) roll=32768-roll;
ctemp=roll>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=roll;
UART1_Put_Char(ctemp);
Temp+=ctemp;

```

```
if(alt<0)alt=32768-alt;
ctemp=alt>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=alt;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
```

```
if (tempr<0) tempr=32768-tempr;
ctemp=tempr>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=tempr;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
```

```
if (press<0) press=32768-press;
ctemp=press>>8;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
ctemp=press;
UART1_Put_Char(ctemp);
temp+=ctemp;
```

```
UART1_Put_Char(temp%256);
UART1_Put_Char(0xaa);
```

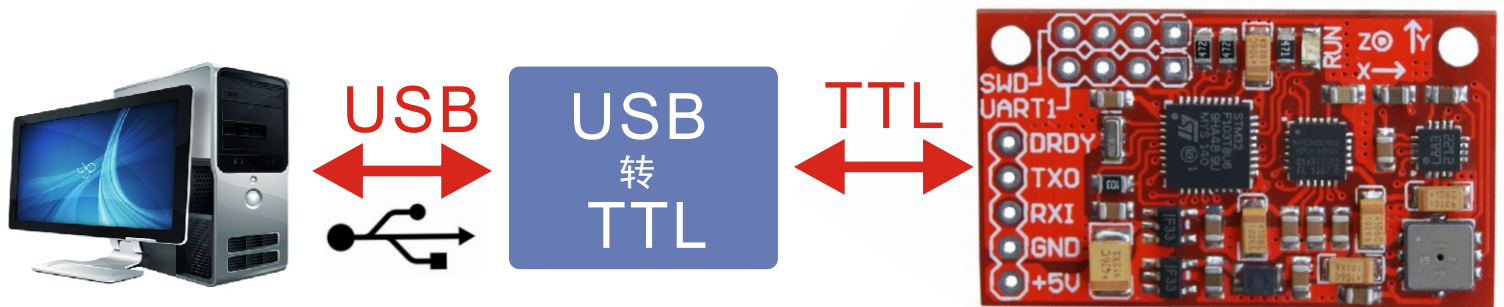


# Mini IMU与PC的硬件连接

Mini IMU 的接口为TTL 电平的UART信号。不能与计算机直接连接。需要转换器。对于有串口的电脑，我们可以使用一个RS232转TTL电平的模块做为桥接器。或者是一个USB转TTL串口的模块。



RS232转TTL电平的转接器连接



使用USB转TTL电平的转接器连接

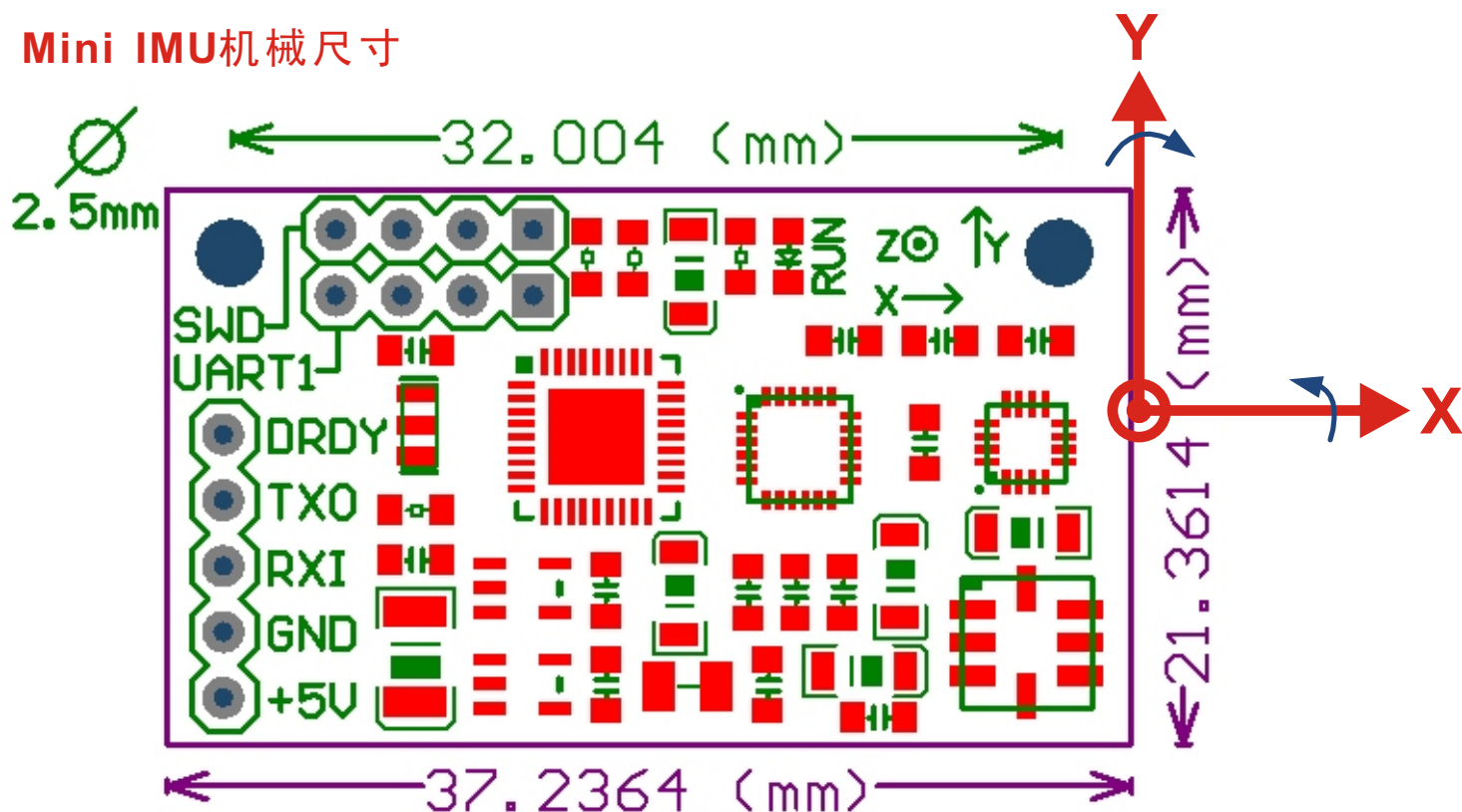
## 特别提示

TXO 为模块的数据发送接口，信号方向为输出  
RXI 是模块的数据接收端口，信号方向为输入

除了连接以上的通信装置外，你还需要给模块供电才能使它工作。如果使用USB转TTL，可以从电脑的USB接口取电。

## 6 安装使用注意事项

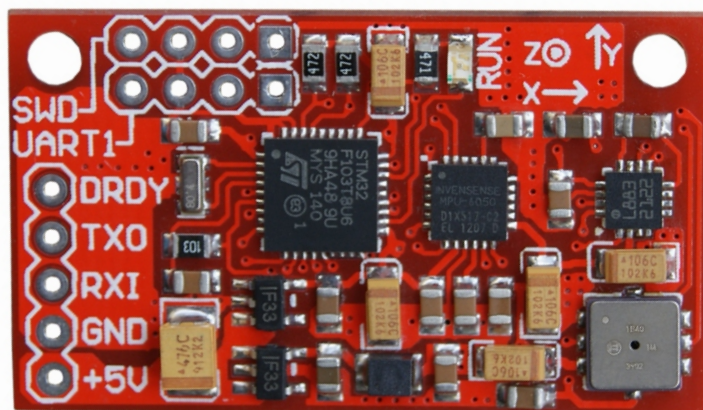
### Mini IMU机械尺寸



### Mini IMU安装固定

Mini IMU 上有两个螺丝孔，用于固定模块，螺丝孔的孔径为2.7mm。可以放置直径为2.5mm的固定螺丝。

模块必须水平放置，尽量安装在被测载体的重心附近，在出厂默认情况下X轴箭头方向朝前，与载体机头方向一致。需要适当采取减震措施，最好能将模块安装到减震架上面，再把减震架安装到被测载体上。如果减震不符合要求，会影响 Mini IMU 模块的姿态解算精度，甚至可能导致姿态解算误差很大而不能正常使用。



被测体机头方向

## Mini IMU磁场影响

HMC5883L电子罗盘是检测地球磁场工作的设备，地表上的地磁场强度并不均匀，强度因地理位置而有所变化.在更换场地后，需要进行磁场校准。

地球的磁场强度从0.3-0.6高斯不等，强度非常微弱且容易受到干扰，带金属的物体，有电流的地方都会产生干扰。在车辆或船舶上使用时应远离发动机等铁磁性较大的装备。

有两个方法可以减少这些干扰：

1. 安装miniIMU 必须尽量远离有金属的物体，特别不要安装在电机这种产生可变磁场的地方。
2. 在一次安装完成后，需要对HMC5883L进行磁场标定操作。这个操作可以解决固定的磁力影响，如附近的金属物质产生的干扰场，但是不能解除可变的磁力影响。

# Thanks !

## 感谢你关注和选择mini IMU

MiniIMU AHRS姿态板销售网址：  
[Http://chiplab7.taobao.com/](http://chiplab7.taobao.com/)