1 产品概述

MAG02 模块内置 TDK 高精度 6 轴 IMU(惯性测量单元) 传感器芯片，通过处理器读取传感器数据，并经过内部复杂运算后通过串口输出加速度，角速度，角度等数据，大大减轻了用户开发难度和工作量。同时精心的 PCB 布局和工艺保证了模块收到外接的干扰最小，测量的精度最高。

采用先进的数字滤波技术，能有效降低测量噪声，提高测量精度。

模块内部集成了姿态解算器，配合动态卡尔曼滤波算法，能够在动态环境下准确输出模块的当前姿态，姿态测量精度 0.01 度， 稳定性极高，性能甚至优于某些专业的倾角仪！

MAG02 模块适用于机器人、机械臂、智能小车、无人机、扫地机器人、游戏手柄、智能头盔、虚拟直播、空鼠、翻页笔、电动牙刷、美容仪、惯性导航、智能乐器及角度检测等领域。

2 性能参数

1）供电电压 VDD： 3.3±0.2V IO 高电平/低电平：>0.7VDD/<0.3VDD

2）电流： <3.5mA

3）体积： 21.2mm X 15.0mm X 1.0mm

4）焊盘孔间距：2.54mm

5）测量维度：加速度： 3 维，角速度： 3 维，姿态角：3 维

6）量程：加速度:± 16g，角速度:± 2000°/s

7）分辨率： 加速度：$6.1x10^{-5}$g，角速度:$7.6x10^{-3}$°/s

8）稳定性： 加速度：0.01g，角速度 0.05°/s

9）姿态测量稳定度：0.01°

10）数据输出频率 100Hz/20Hz

11）数据接口：串口(TTL 电平) 波特率 115200bps/9600bps

3 引脚说明

名称	功能
TX	串行数据发送， TTL 电平
RX	串行数据接收， TTL 电平
GND	地线
3V3	模块电源，接 3.3V
SWCLK	厂家保留，悬空
SWDIO	厂家保留，悬空
CUT	厂家保留，悬空
CUR	厂家保留，悬空

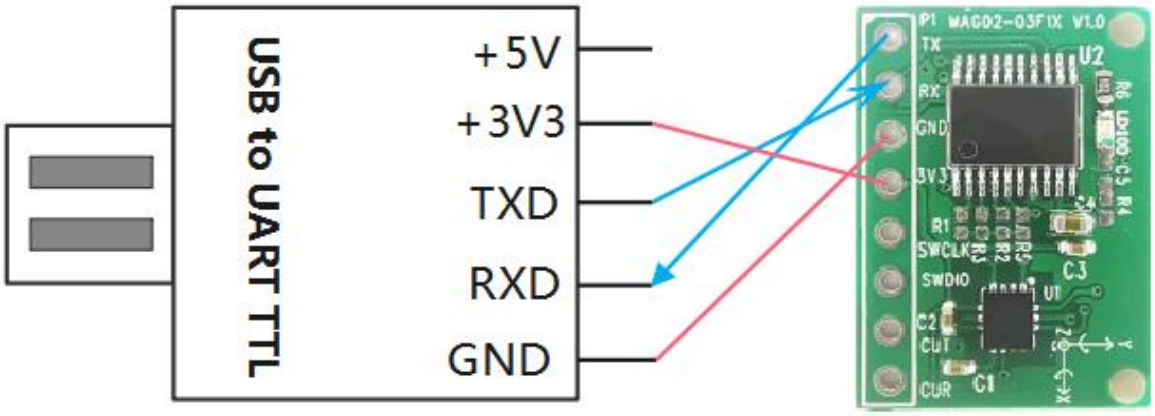
4 轴向说明

如上表格中图所示，模块的轴向在上图的右上角标示出来，向右为 X 轴，向上为 Y 轴，垂直与纸面向外为 Z 轴。旋转的方向按右手法则定义，即右手大拇指指向轴向，四指弯曲的方向即为绕该轴旋转的方向。

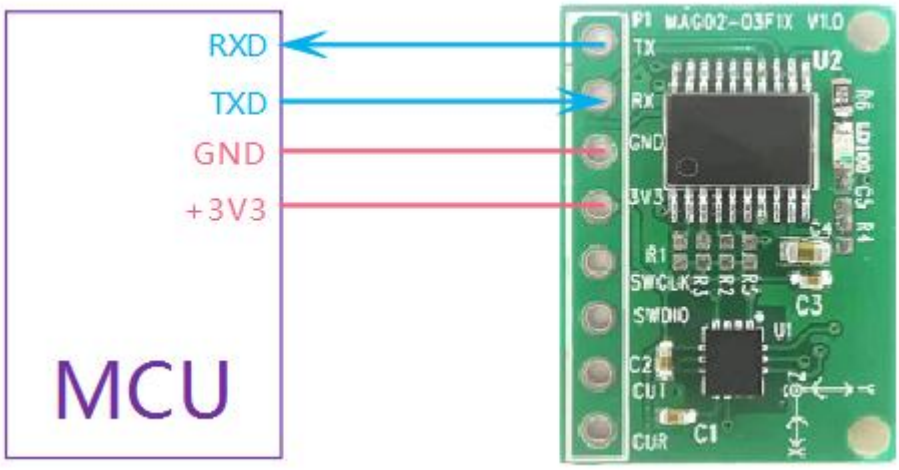
5 硬件连接方法

5.1 连计算机

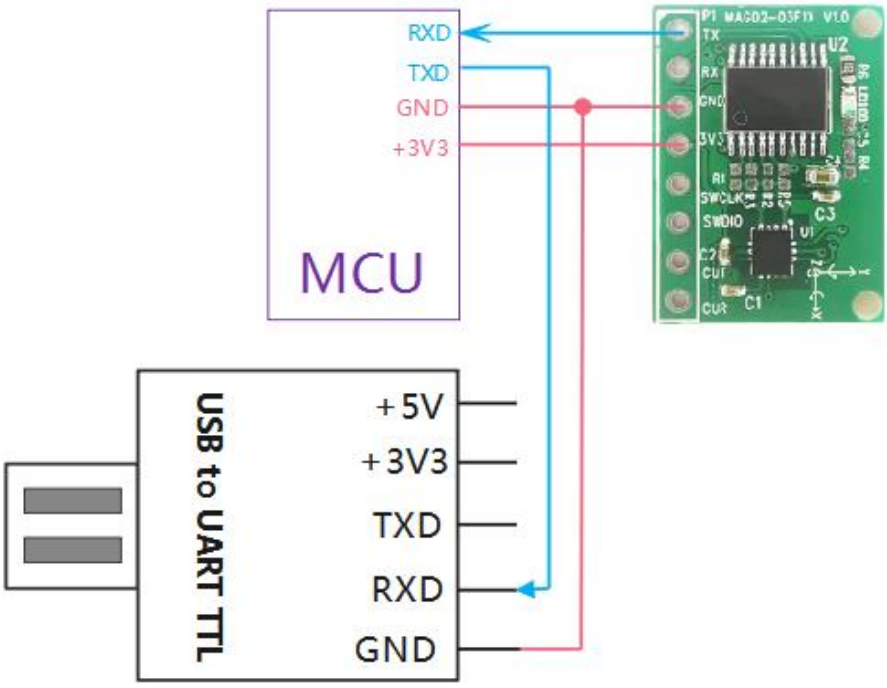
与计算机连接，需要 USB 转 TTL 电平的串口模块。USB 串口模块连接 MAG02 模块的方法是：USB 串口模块的+3V3 ，TXD ，RXD ，GND 接 MAG02 模块的 3V3 ，RX ，TX ，GND ，注意 TXD 和 RXD 的交叉。



5.2 连单片机

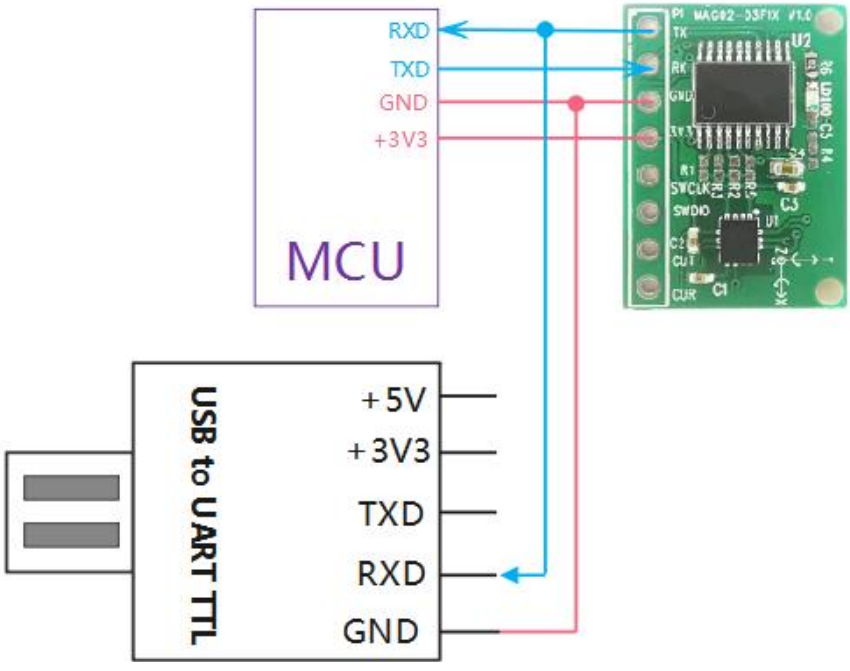


5.3 MCU 连单片机并输出调试信息。



5.4 用上位机监视模块与单片机的通信。

如果需要在 MCU 接受 MAG02 模块的输出数据的同时，用上位机监视当前的数据，可以将 USB 转串口模块的 RX 接到模块的 TX 引脚上，并共地即可。



6 通信协议

电平：TTL 电平(非 RS232 电平，若将模块错接到 RS232 电平可能造成模块损坏)波特率：115200bps/9600bps，停止位 1，校验位 0。

6.1 上位机至模块

指令内容	功能	备注
0xFF 0xAA 0x52	航向角清零	使Z 轴角度归零，掉电不保存
0xFF 0xAA 0x63	波特率115200bps，帧率100Hz	缺省值，掉电保存
0xFF 0xAA 0x64	波特率9600bps，帧率20Hz	掉电保存
0xFF 0xAA 0x65	模块 X 轴为机头方向	掉电保存
0xFF 0xAA 0x66	模块 Y 轴为机头方向	缺省值，掉电保存
0xFF 0xAA 0x67	零偏校准	掉电保存

说明：
出厂默认设置使用串口，波特率115200bps，帧率100Hz。配置可通过上位机软件配置， 因为所有配置都是掉电保存的，所以只需配置一次就行。

6.2 模块至上位机：

模块发送至上位机每帧数据分为 3 个数据包， 分别为加速度包、角速度包和角度包，3 个数据包顺序输出。波特率 115200bps 时每隔 10ms 输出 1 帧数据,波特率 9600bps 时每隔 50ms 输出一帧数据。

6.2.1 加速度输出：

数据编号	数据内容	含义
0	0x55	包头
1	0x51	标识这个包是加速度包
2	AxL	x 轴加速度低字节
3	AxH	x 轴加速度高字节
4	AyL	y 轴加速度低字节
5	AyH	y 轴加速度高字节
6	AzL	z 轴加速度低字节
7	AzH	z 轴加速度高字节
8	TL	温度低字节
9	TH	温度高字节
10	Sum	校验和

加速度计算公式：

a_x=((AxH<<8)|AxL)/32768*16g(g 为重力加速度，可取 9.8m/s^2)

a_y=((AyH<<8)|AyL)/32768*16g(g 为重力加速度，可取 9.8m/s^2)

a_z=((AzH<<8)|AzL)/32768*16g(g 为重力加速度，可取 9.8m/s^2)

温度计算公式：

T=((TH<<8)|TL) /128+25 ℃

校验和：

Sum=0x55+0x51+AxH+AxL+AyH+AyL+AzH+AzL+TH+TL

6.2.2 角速度输出：

数据编号	数据内容	含义
0	0x55	包头
1	0x52	标识这个包是角速度包
2	wxL	x 轴角速度低字节
3	wxH	x 轴加速度高字节
4	wyL	y 轴加速度低字节
5	wyH	y 轴加速度高字节
6	wzL	z 轴加速度低字节
7	wzH	z 轴加速度高字节
8	TL	温度低字节
9	TH	温度高字节
10	Sum	校验和

角速度计算公式：

w_x=((wxH<<8)|wxL)/32768*2000(° /s)

w_y=((wyH<<8)|wyL)/32768*2000(° /s)

w_z=((wzH<<8)|wzL)/32768*2000(° /s)

温度计算公式：

T=((TH<<8)|TL) /128+25 ℃

校验和：

Sum=0x55+0x52+wxH+wxL+wyH+wyL+wzH+wzL+TH+TL

6.2.3 角度输出：

数据编号	数据内容	含义
0	0x55	包头
1	0x53	标识这个包是角度包
2	RollL	x 轴角度低字节
3	RollH	x 轴角度高字节
4	PitchL	y 轴角度低字节
5	PitchH	y 轴角度高字节
6	YawL	z 轴角度低字节
7	YawH	z 轴角度高字节
8	TL	温度低字节
9	TH	温度高字节
10	Sum	校验和

角度计算公式：

滚转角(x 轴) Roll=((RollH<<8)|RollL)/32768*180(°)

俯仰角(y 轴) Pitch=((PitchH<<8)|PitchL)/32768*180(°)

偏航角(z 轴) Yaw=((YawH<<8)|YawL)/32768*180(°)

温度计算公式：

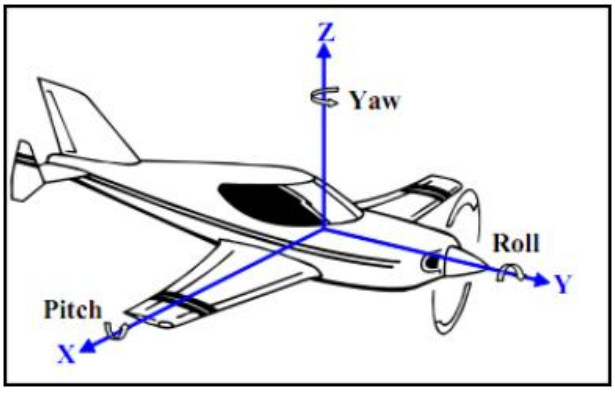
T=((TH<<8)|TL) /128+25 ℃

校验和：

Sum=0x55+0x53+RollH+RollL+PitchH+PitchL+YawH+YawL+TH+TL

注：

1. 姿态角解算时所使用的坐标系为东北天坐标系，正方向放置模块,如下图所示向左为 X 轴，向前为 Y 轴，向上为 Z 轴。欧拉角表示姿态时的坐标系旋转顺序定义为为 Z-X-Y，即先绕 Z 轴转，再绕 X 轴转，再绕 Y 轴转。



2. 滚转角的范围是±180 度，由于坐标旋转顺序是 Z-X-Y，在表示姿态的时候，俯仰角(上位机的 Y 轴角度)的范围只有±90 度，超过 90 度后会变换到小于 90 度，同时让翻滚角(上位机的 X 轴角度）的角度变成负角度。详细原理请大家自行百度欧拉角及姿态表示的相关信息。

3. 由于三轴是耦合的， 只有在小角度的时候会表现出独立变化，在大角度的时候姿态角度会耦合变化，比如当俯仰角（上位机的 Y 轴角度）接近 90 度时，即使姿态只绕 X 轴转动，即只改变俯仰角，翻滚角（上位机的 X 轴角度）和偏航角（上位机的 Z 轴角度）也会跟着发生较大变化，这是欧拉角表示姿态的固有问题。

6.3 数据解析示例代码

```
double a[3],w[3],Angle[3],T;

void DecodeIMUData(unsigned char chrTemp[])
  {
      switch(chrTemp[1])
      {
      case 0x51:
          a[0] = (short(chrTemp[3]<<8|chrTemp[2]))/32768.0*16;
          a[1] = (short(chrTemp[5]<<8|chrTemp[4]))/32768.0*16;
          a[2] = (short(chrTemp[7]<<8|chrTemp[6]))/32768.0*16;
          T = (short(chrTemp[9]<<8|chrTemp[8]))//128.0+25.0;
          break;
      case 0x52:
          w[0] = (short(chrTemp[3]<<8|chrTemp[2]))/32768.0*2000;
          w[1] = (short(chrTemp[5]<<8|chrTemp[4]))/32768.0*2000;
          w[2] = (short(chrTemp[7]<<8|chrTemp[6]))/32768.0*2000;
          T = (short(chrTemp[9]<<8|chrTemp[8]))//128.0+25.0;
          break;
      case 0x53:
          Angle[0] = (short(chrTemp[3]<<8|chrTemp[2]))/32768.0*180;
          Angle[1] = (short(chrTemp[5]<<8|chrTemp[4]))/32768.0*180;
          Angle[2] = (short(chrTemp[7]<<8|chrTemp[6]))/32768.0*180;
          T = (short(chrTemp[9]<<8|chrTemp[8]))//128.0+25.0;
          printf("a = %4.3f\t%4.3f\t%4.3f\t\r\n",a[0],a[1],a[2]);
          printf("w = %4.3f\t%4.3f\t%4.3f\t\r\n",w[0],w[1],w[2]);
          printf("Angle = %4.2f\t%4.2f\t%4.2f\tT=%4.2f\r\n",Angle[0],Angle[1],Angle[2],T);
          break;
      }
  }
```

6.4 嵌入式环境下解析数据实例

分成两个部分，一个是中断接收，找到数据的头，然后把数据包放入数组中;另一个是数据解析，放在主程序中。中断部分(以下为 AVR 单片机代码，不同单片机读取寄存器略有差异，需根据实际情况调整)：

```
unsigned char Re_buf[11],counter=0;
unsigned char sign;
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void) //USART 串行接收中断
 {
       Re_buf[counter]=UDR;//不同单片机略有差异
       if(counter==0&&Re_buf[0]!=0x55) return;              //第 0 号数据不是帧头，跳过
       counter++;
       if(counter==11) //接收到 11 个数据
       {
          counter=0; //重新赋值，准备下一帧数据的接收
          sign=1;
       }
 }
```

主程序部分：

```
float a[3],w[3],angle[3],T;
extern unsigned char Re_buf[11],counter;
extern unsigned char sign;
while(1)
{
   if(sign)
    {
       sign=0;
       if(Re_buf[0]==0x55) //检查帧头
       {
            switch(Re_buf [1])
            {
            case 0x51:
                  a[0] = (short(Re_buf [3]<<8| Re_buf [2]))/32768.0*16;
                  a[1] = (short(Re_buf [5]<<8| Re_buf [4]))/32768.0*16;
                  a[2] = (short(Re_buf [7]<<8| Re_buf [6]))/32768.0*16;
                  T = (short(Re_buf [9]<<8| Re_buf [8]))//128.0+25.0;
                  break;
            case 0x52:
                  w[0] = (short(Re_buf [3]<<8| Re_buf [2]))/32768.0*2000;
                  w[1] = (short(Re_buf [5]<<8| Re_buf [4]))/32768.0*2000;
                  w[2] = (short(Re_buf [7]<<8| Re_buf [6]))/32768.0*2000;
```

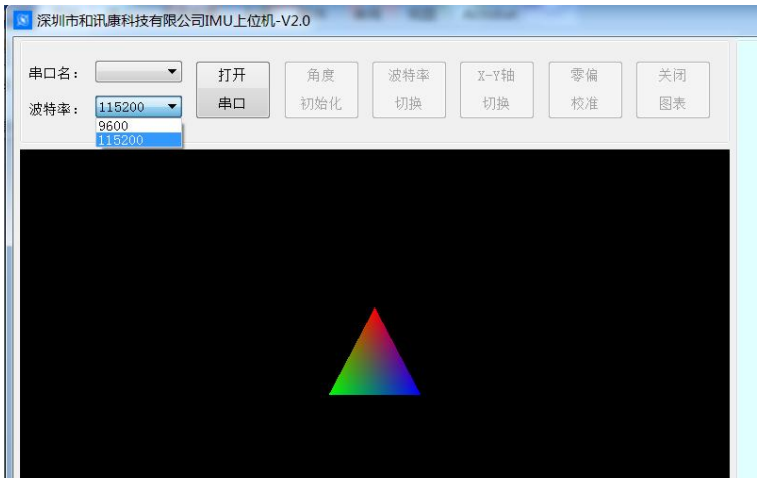
```
                T = (short(Re_buf [9]<<8| Re_buf [8]))//128.0+25.0;
                break;
            case 0x53:
                angle[0] = (short(Re_buf [3]<<8| Re_buf [2]))/32768.0*180;
                angle[1] = (short(Re_buf [5]<<8| Re_buf [4]))/32768.0*180;
                angle[2] = (short(Re_buf [7]<<8| Re_buf [6]))/32768.0*180;
                T = (short(Re_buf [9]<<8| Re_buf [8]))//128.0+25.0;
                break;
            }
        }
    }
```

7 上位机使用方法

注意，上位机无法运行的用户请下载安装.NET Framework4.0

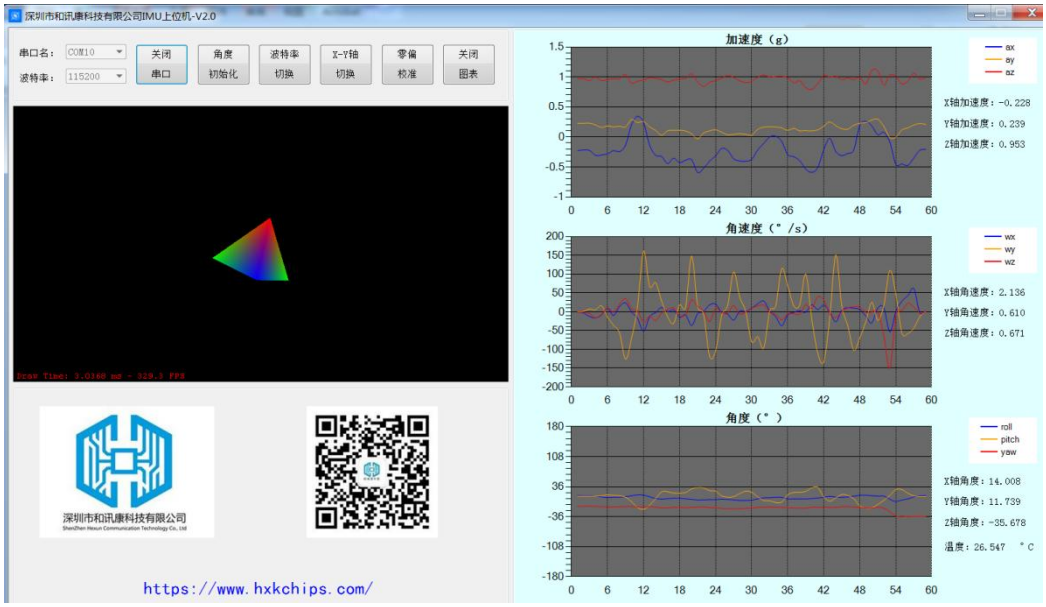
（1）选择正确的串口

（2）正常情况下，选择好正确的串口就可以看到数据了。如果需配置波特率，请点击“波特率”菜单。



（3）以上设置完成后点击“打开串口”按钮，旋转 MAG02 模块就可以看到上位机的数据曲线

输出，且 3D 模型跟随 MAG02 模块运动。



（4）若发现上位机 3D 模型运动方向与 MAG02 模块不一致时，可将 MAG02 模块的机头方向（X 轴或 Y 轴的正方向）对准屏幕并水平放置在桌面，点击“角度初始化”按钮将航向角归零。

（5）点击“X-Y 轴切换”按钮可将 MAG02 模块的机头方向在 X 轴正方向和 Y 轴正方向之间切换。

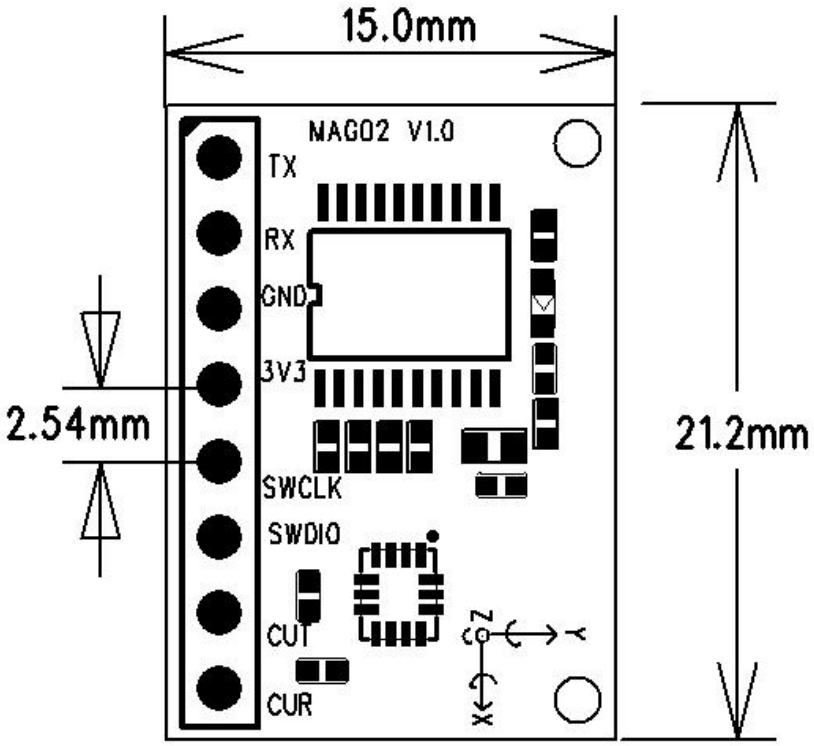
（6）点击“零偏校准”按钮可对 MAG02 模块进行零偏校准，模块会在按下按钮后 2 秒内进行校准，校准过程中请将模块水平放置在桌面并保持静止。校准后的零偏数据存储在模块中，只应用于模块姿态角的计算，模块输出的加速度数据和角速度数据不会修正零偏，还是 IMU 芯片输出的原始数据。

（7）点击“关闭图表”按钮可将右侧数据曲线图表关闭，关闭图表后上位机的 3D 模型跟随模块运动的显示会更加流畅。

8. 注意事项

注意：本模块不含磁场计，没有磁场的观测量对偏航角进行滤波，所以偏航角度是通过纯积分计算出来的，不可避免地会有漂移现象，只能实现短时间内的旋转角度测量。而 X， Y 轴角度可以通过重力场进行滤波修正，不会出现漂移现象。

9. 结构尺寸


15.0mm
MAG02 V1.0
TX
RX
GND
3V3
SWCLK
SWDIO
CUT
CUR
2.54mm
21.2mm
Z
Y
X