高精度 6 轴惯性导航模块说明书

1 产品概述

此六轴模块采用高精度的陀螺加速度计 MPU6050，通过处理器读取 MPU6050 的测量数据然后通过串口输出，免去了用户自己去开发 MPU6050 复杂的 I2C 协议，同时精心的 PCB 布局和工艺保证了 MPU6050 收到外接的干扰最小，测量的精度最高。

模块内部自带电压稳定电路，可以兼容 3.3V/5V 的嵌入式系统，连接方便。

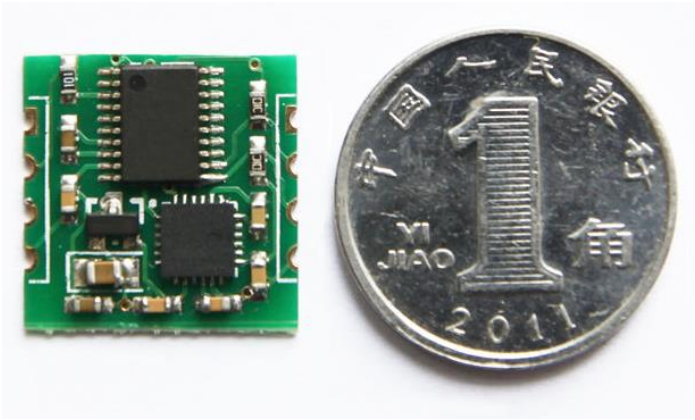
模块保留了 MPU6050 的 I2C 接口，以满足高级用户希望访问底层测量数据的需求。

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！

采用邮票孔镀金工艺，品质保证，可嵌入用户的 PCB 板中。

注：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。



2 性能参数

1、电压：3V~6V

2、电流：<10mA

3、体积：15.24mm X 15.24mm X 2mm

4、焊盘间距：上下 100mil(2.54mm)，左右 600mil(15.24mm)

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：6.1e-5g，角速度:7.6e-3°/s。

8、稳定性：加速度：0.01g，角速度 0.05°/s。

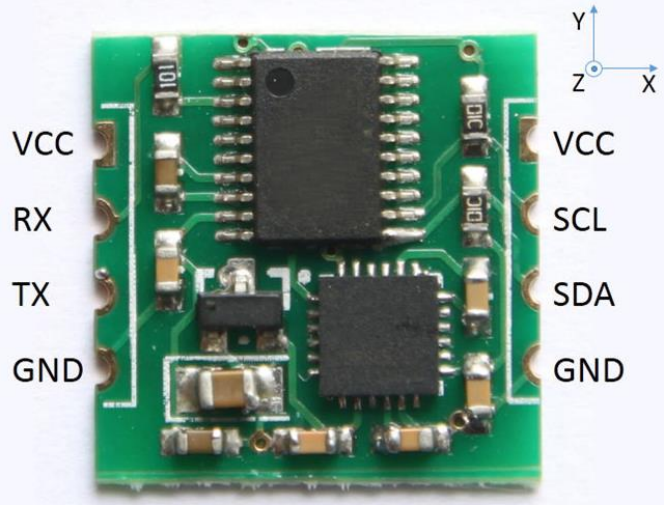
9、姿态测量稳定度：0.01°。

10、数据输出频率 100Hz(波特率 115200)/20Hz(波特率 9600)。

11、数据接口：串口（TTL 电平），I2C（直接连 MPU6050，无姿态输出）

10、波特率 115200kps/9600kps。

3 引脚说明



名称	功能
VCC	模块电源，3.3V 或 5V 输入
RX	串行数据输入，TTL 电平
TX	串行数据输出，TTL 电平
GND	地线
SCL	I2C 时钟线
SDA	I2C 数据线

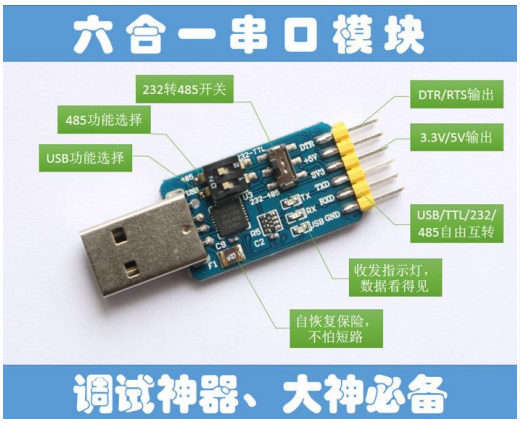
4 轴向说明

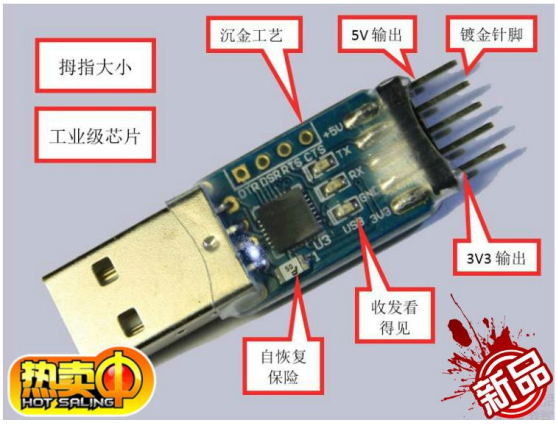
如上图所示，模块的轴向在上图的右上角标示出来，向右为 X 轴，向上位 Y 轴，垂直与纸面向外为 Z 轴。旋转的方向按右手法则定义，即右手大拇指指向轴向，四指弯曲的方向即为绕该轴旋转的方向。

5 硬件连接方法

5.1 与计算机

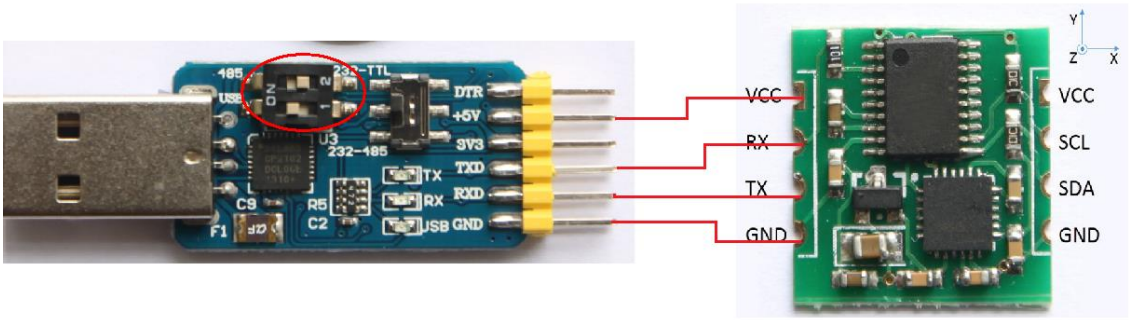
与计算机连接，需要 USB 转 TTL 电平的串口模块。推荐以下两款 USB 转串口模块。

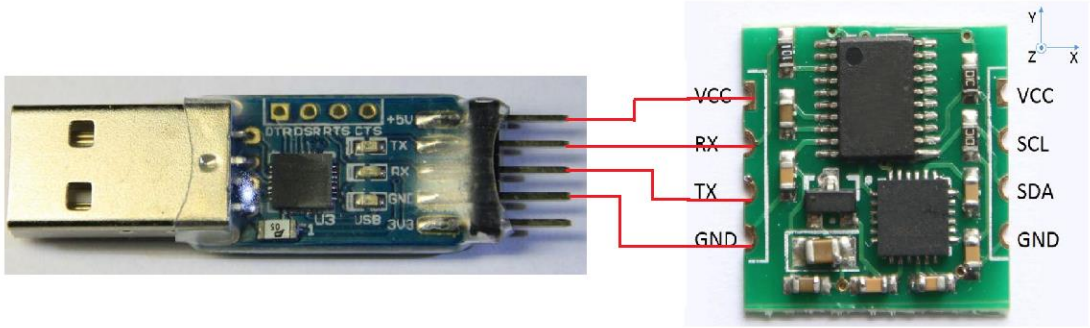




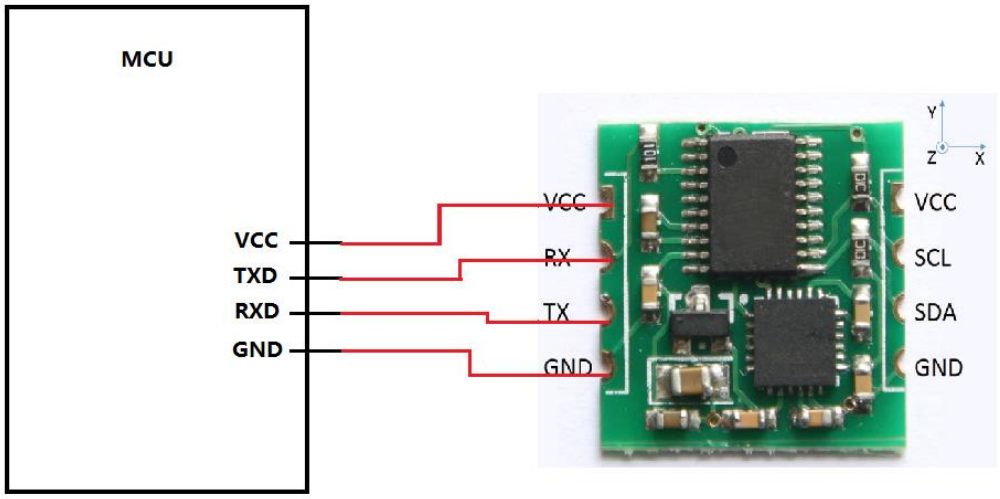
USB 串口模块连接 6050 模块的方法是：USB 串口模块的+5V，TXD，RXD，GND 接 6050 模块的 VCC，RX，TX，GND。注意 TXD 和 RXD 的交叉。

(注意：六合一串口模块连接 6050 模块时需要将 2 号拨码开关拨到 OFF 端，如下图：)



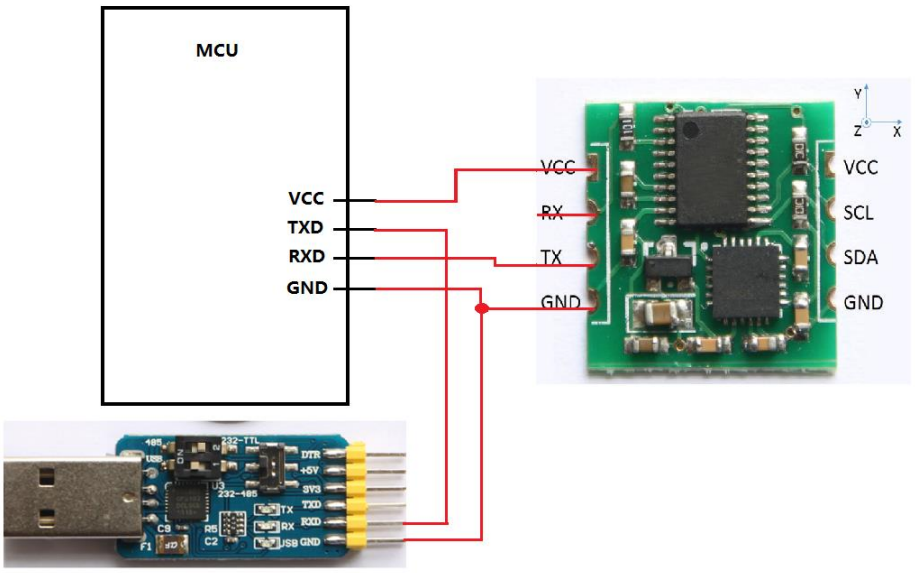


5.2 连单片机



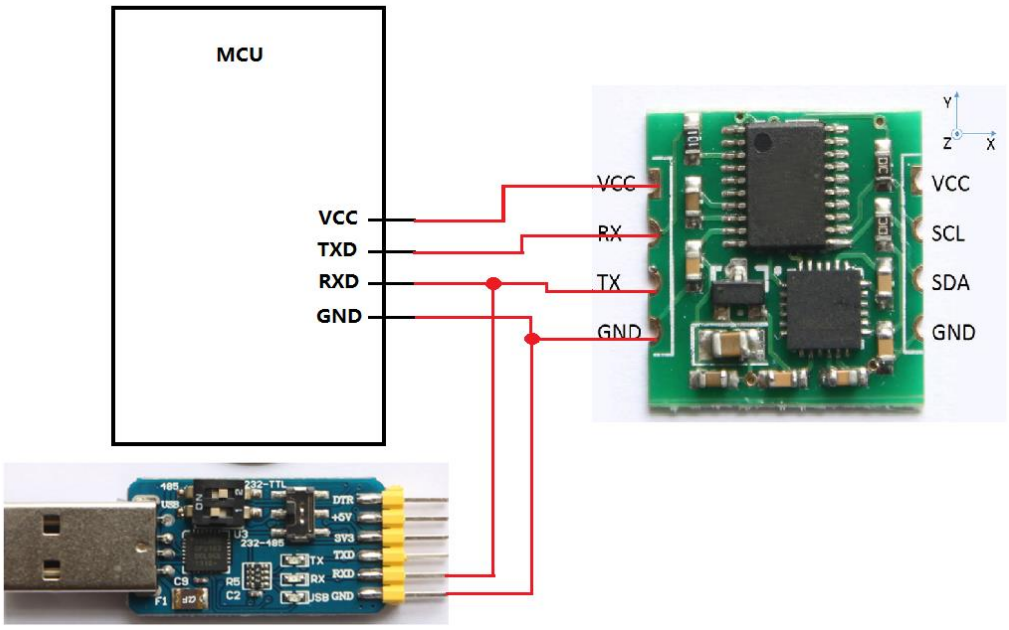
5.3 MCU 连单片机并输出调试信息。

通常情况下，MCU 的串口资源比较紧张，有的单片机只有一个串口，而且调试的时候需要通过串口输出调试信息，这时可以将 MCU 的 TX 引脚连接到 USB 转串口模块的 RX 上，6050 模块的 TX 接到 MCU 的 RX 引脚上，这样 MCU 既可以收到 6050 模块的数据，又可以输出调试信息了。只是 MCU 无法输出串口指令给 6050 模块了，不过模块的配置都是可以掉电保存的，而且校准可以再上电后第三秒钟自动执行，通常情况下不用发送任何指令即可工作。



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 6050 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：115200/9600，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	角度初始化	使 Z 轴角度归零
0xFF 0xAA 0x61	使用串口，禁用 I2C	掉电保存，建议使用上位机修改
0xFF 0xAA 0x62	禁用串口，使用 I2C 接口	掉电保存，建议使用上位机修改
0xFF 0xAA 0x63	波特率 115200，帧率 100Hz	掉电保存，建议使用上位机修改
0xFF 0xAA 0x64	波特率 9600，帧率 20Hz	掉电保存，建议使用上位机修改

说明：

1.模块上电以后需先保持静止，模块内部的 MCU 会在模块静止的时候进行自动校准（消除陀螺零漂），校准以后 Z 轴的角度会重新初始化为 0，Z 轴角度输出为 0 时，可视为自动校准完成的信号。

2.出厂默认设置使用串口，波特率 115200，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 115200 时每隔 10ms 输出 1 帧数据，波特率 9600 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) /340+36.53 ℃

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) /340+36.53 ℃

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

角速度计算公式：

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) /340+36.53 ℃

校验和：

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

注：

1. 姿态角结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-y-x,即先绕 z 轴转，再绕 y 轴转，再绕 x 轴转。
2. 滚转角的范围虽然是±180 度，但实际上由于坐标旋转顺序是 Z-Y-X，在表示姿态的时候，俯仰角(Y 轴)的范围只有±90 度，超过 90 度后会变换到小于 90 度，同时让 X 轴的角度大于 180 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 X 轴接近 90 度时，即使姿态只绕 X 轴转动，Y 轴的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。

6.2.4 IIC 模式指示：

本数据包用于指示模块进入 IIC 模式，模块将释放 MPU6050 的 IIC 总线，用户可以自行通过 IIC 访问 MPU6050 芯片。如果收到 0x55 0x50 开头的数据包，说明模块工作在 IIC 模式，如需切换至串口模式，请发送指令 0xFF 0xAA 0x61，或者使用上位机修改。

数据编号	数据内容	含义
0	0x55	包头
1	0x50	标识模块进入 IIC 模式
2	0x00	

3	0x01	
4	0x00	
5	0x02	
6	0x00	
7	0x03	
8	0x00	
9	0x04	
10	Sum	校验和

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]))/340.0+36.25;
		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]))/340.0+36.25;
		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]))/340.0+36.25;
		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(一下为 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：

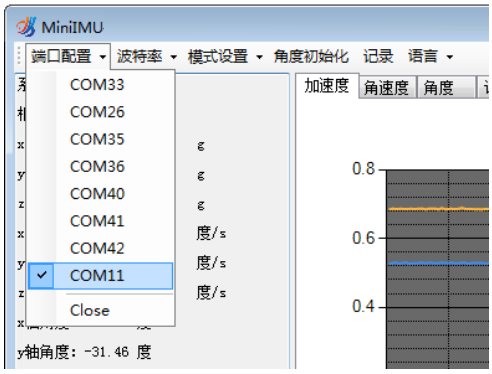
```
float a[3],w[3],angle[3],T;
extern unsigned char Re_buf[11],counter;
extern unsigned char sign;
while(1)
{
    if(sign)
    {
        sign=0;
        if(Re_buf[0]==0x55)       //检查帧头
        {
            switch(Re_buf [1])
            {
            case 0x51:
                a[0] = (short(Re_buf [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]))/340.0+36.25;
                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]))/340.0+36.25;
                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]))/340.0+36.25;
                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：

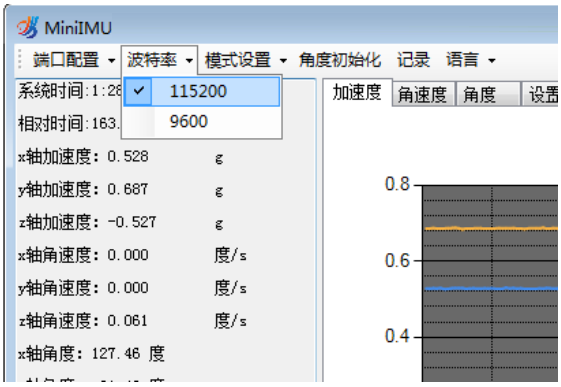
http://www.microsoft.com/zh-cn/download/details.aspx?id=17718

选择正确的串口

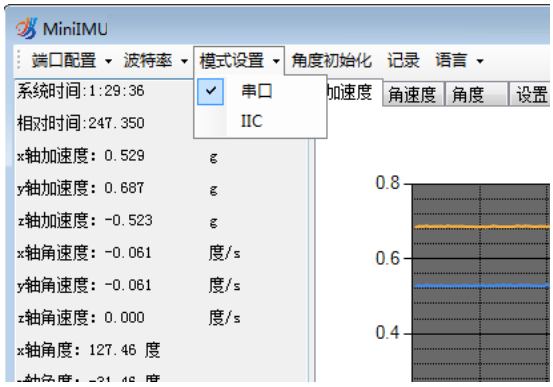


正常情况下，选择好正确的串口就可以看到数据了。

如果需配置波特率，请点击波特率菜单。

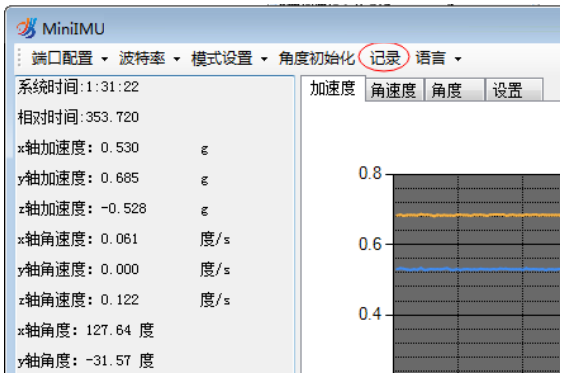


点模式菜单以设置模块的工作模式，旋转串口模式。

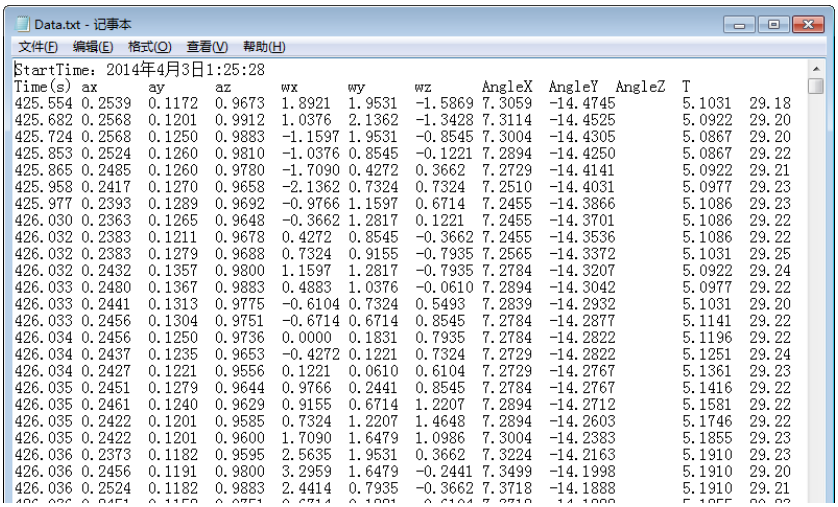


角度初始化用于让 Z 轴的角度数据归零。

点记录按钮可以将数据保存为文件



保存的文件在上位机程序的目录下 Data.txt：



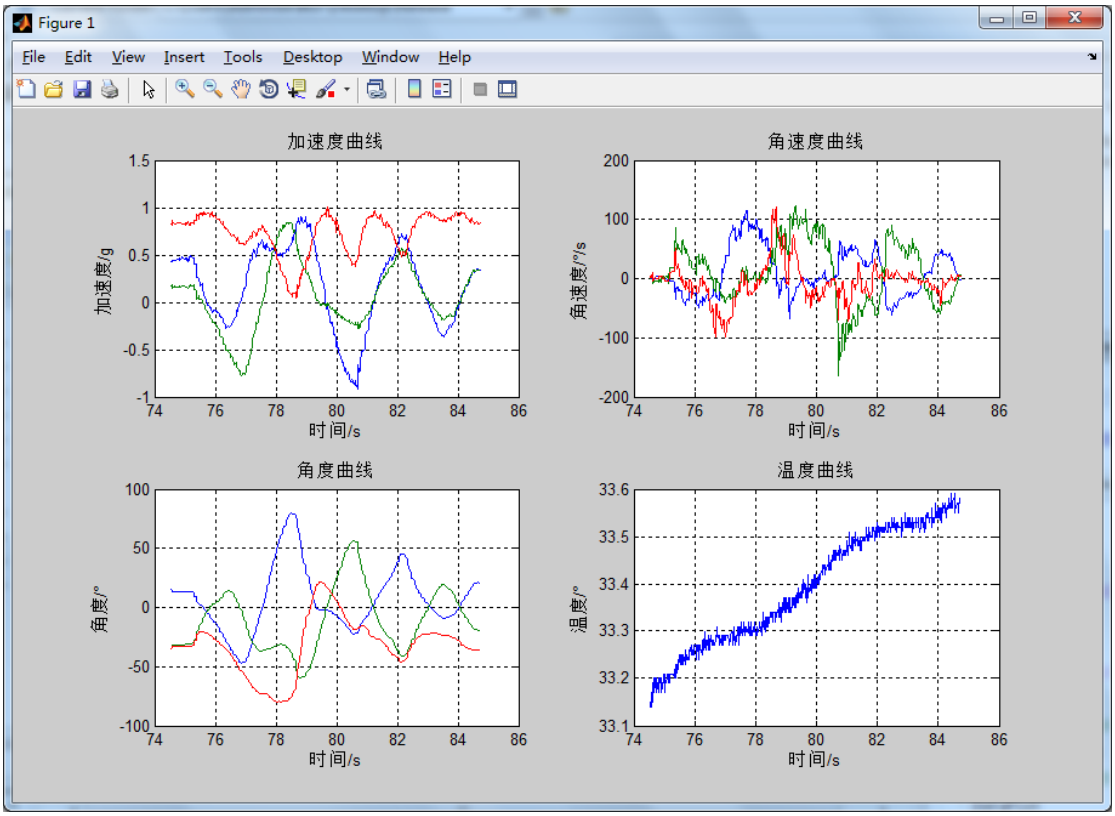
Data.txt - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

StartTime：2014年4月3日1:25:28

Time(s)	ax	ay	az	wx	wy	wz	AngleX	AngleY	AngleZ	T	
425.554	0.2539	0.1172	0.9673	1.8921	1.9531	-1.5869	7.3059	-14.4745		5.1031	29.18
425.682	0.2568	0.1201	0.9912	1.0376	2.1362	-1.3428	7.3114	-14.4525		5.0922	29.20
425.724	0.2568	0.1250	0.9883	-1.1597	1.9531	-0.8545	7.3004	-14.4305		5.0867	29.20
425.853	0.2524	0.1260	0.9810	-1.0376	0.8545	-0.1221	7.2894	-14.4250		5.0867	29.22
425.865	0.2485	0.1260	0.9780	-1.7090	0.4272	0.3662	7.2729	-14.4141		5.0922	29.21
425.958	0.2417	0.1270	0.9658	-2.1362	0.7324	0.7324	7.2510	-14.4031		5.0977	29.23
425.977	0.2393	0.1289	0.9692	-0.9766	1.1597	0.6714	7.2455	-14.3866		5.1086	29.23
426.030	0.2363	0.1265	0.9648	-0.3662	1.2817	0.1221	7.2455	-14.3701		5.1086	29.22
426.032	0.2383	0.1211	0.9678	0.4272	0.8545	-0.3662	7.2455	-14.3536		5.1086	29.22
426.032	0.2383	0.1279	0.9688	0.7324	0.9155	-0.7935	7.2565	-14.3372		5.1031	29.25
426.032	0.2432	0.1357	0.9800	1.1597	1.2817	-0.7935	7.2784	-14.3207		5.0922	29.24
426.033	0.2480	0.1367	0.9883	0.4883	1.0376	-0.0610	7.2894	-14.3042		5.0977	29.22
426.033	0.2441	0.1313	0.9775	-0.6104	0.7324	0.5493	7.2839	-14.2932		5.1031	29.20
426.033	0.2456	0.1304	0.9751	-0.6714	0.6714	0.8545	7.2784	-14.2877		5.1141	29.22
426.034	0.2456	0.1250	0.9736	0.0000	0.1831	0.7935	7.2784	-14.2822		5.1196	29.22
426.034	0.2437	0.1235	0.9653	-0.4272	0.1221	0.7324	7.2729	-14.2822		5.1251	29.24
426.034	0.2427	0.1221	0.9556	0.1221	0.0610	0.6104	7.2729	-14.2767		5.1361	29.23
426.035	0.2451	0.1279	0.9644	0.9766	0.2441	0.8545	7.2784	-14.2767		5.1416	29.22
426.035	0.2461	0.1240	0.9629	0.9155	0.6714	1.2207	7.2894	-14.2712		5.1581	29.22
426.035	0.2422	0.1201	0.9585	0.7324	1.2207	1.4648	7.2894	-14.2603		5.1746	29.22
426.035	0.2422	0.1201	0.9600	1.7090	1.6479	1.0986	7.3004	-14.2383		5.1855	29.23
426.036	0.2373	0.1182	0.9595	2.5635	1.9531	0.3662	7.3224	-14.2163		5.1910	29.23
426.036	0.2456	0.1191	0.9800	3.2959	1.6479	-0.2441	7.3499	-14.1998		5.1910	29.20
426.036	0.2524	0.1182	0.9883	2.4414	0.7935	-0.3662	7.3718	-14.1888		5.1910	29.21

数据可以导入到 Exel 或者 Matlab 中进行分析。在 Matlab 环境下运行上位机根目录下的“Matlab 绘图.m”文件，可以绘制数据曲线图。



8 机械尺寸