# 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。

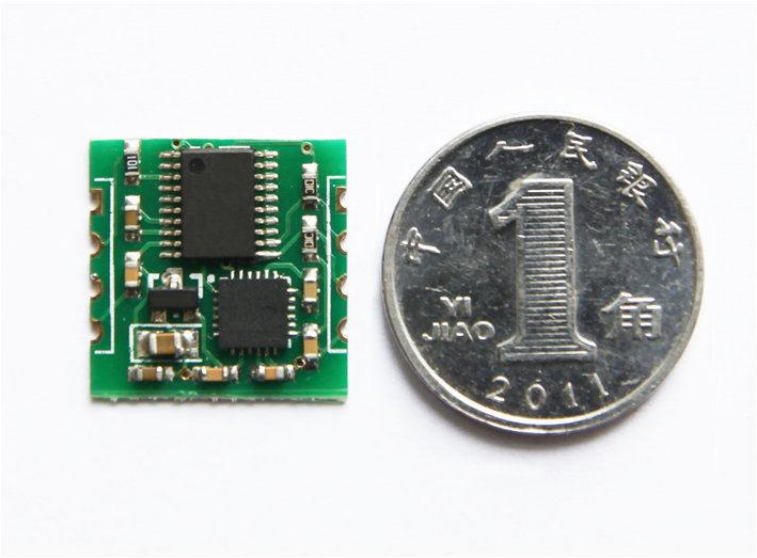
模块内部自带电压稳定电路，可以兼容 3.3V/5V 的嵌入式系统，连接方便。

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。




## 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。

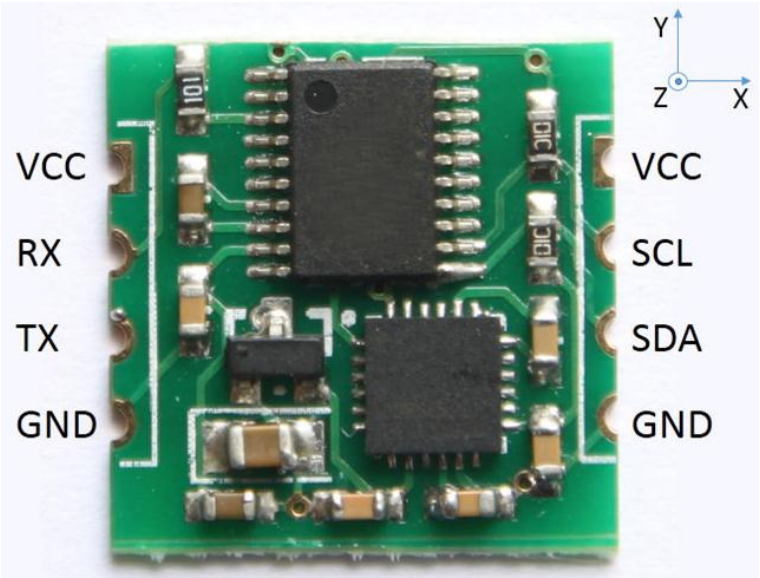
9、姿态测量稳定度：0.01°。

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：

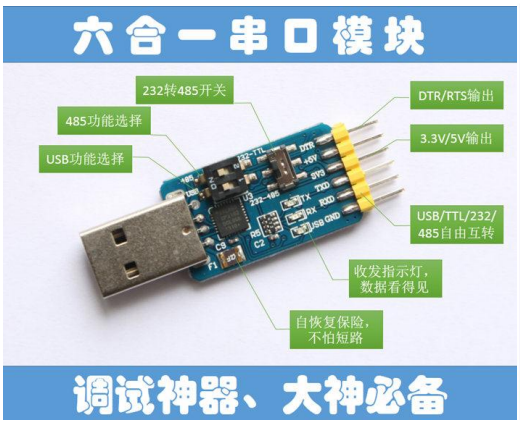


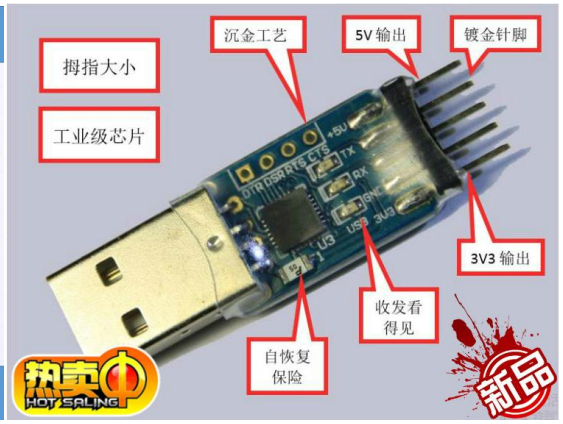

| 名称 | 功能 |
|---|---|
| VCC | 模块电源，3.3V 或 5V 输入 |
| RX | 串行数据输入，TTL 电平 |
| TX | 串行数据输出，TTL 电平 |
| GND | 地线 |
| SCL | I2C 时钟线 |
| SDA | I2C 数据线 |

# 4 硬件连接方法

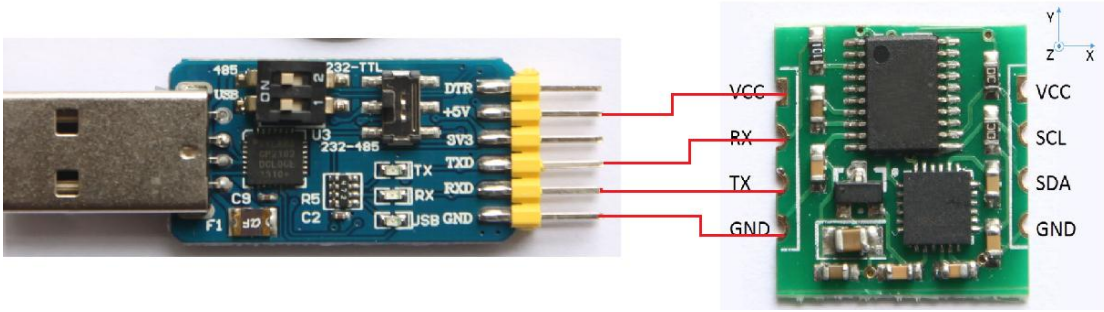
## 4.1 与计算机

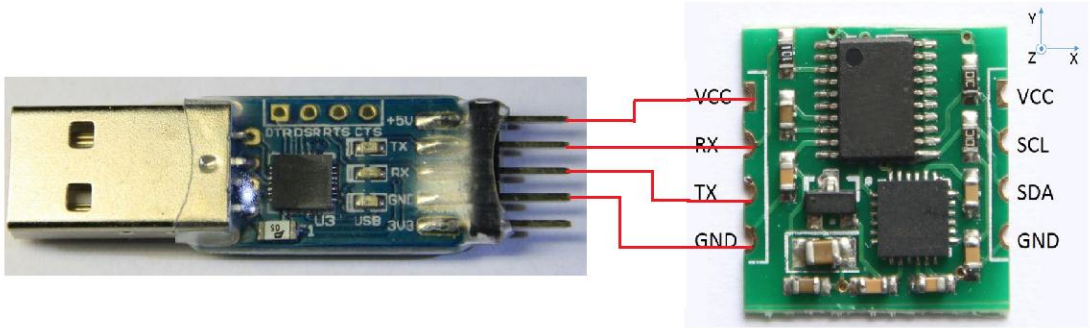
与计算机连接，需要 USB 转 TTL 电平的串口模块。推荐以下两款 USB 转串口模块。



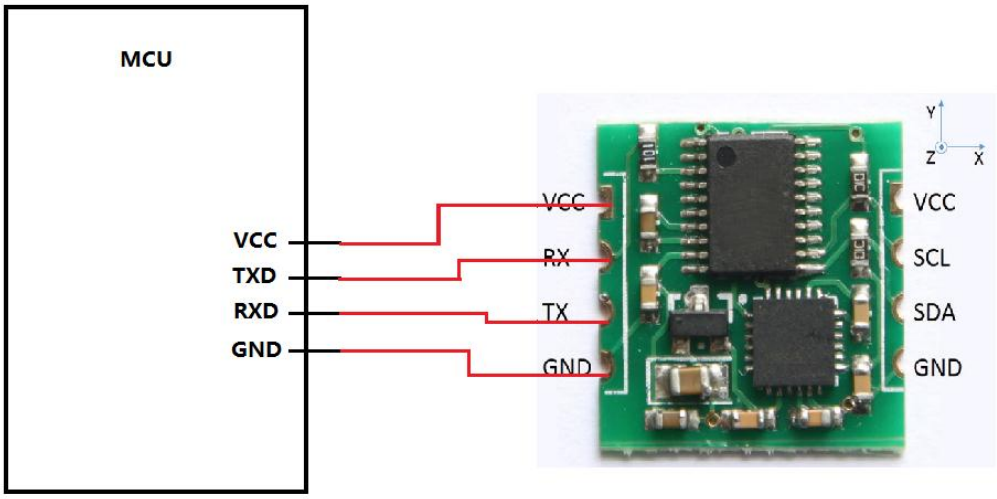




USB 串口模块连接 6050 模块的方法是：USB 串口模块的+5V，TXD，RXD，GND 接 6050 模块的 VCC，RX，TX，GND。注意 TXD 和 RXD 的交叉。



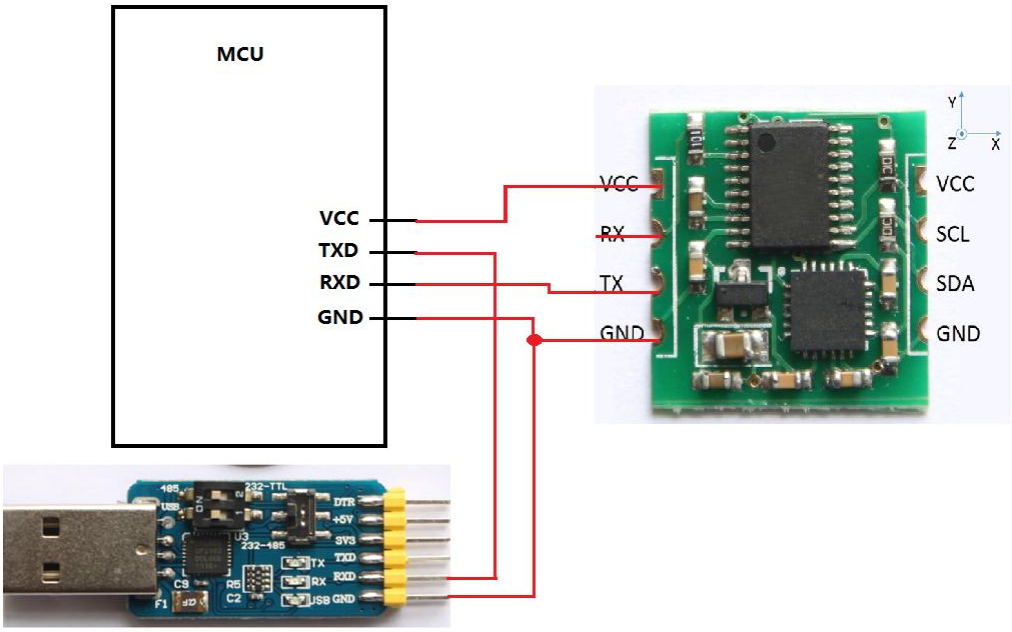



## 4.2 连单片机



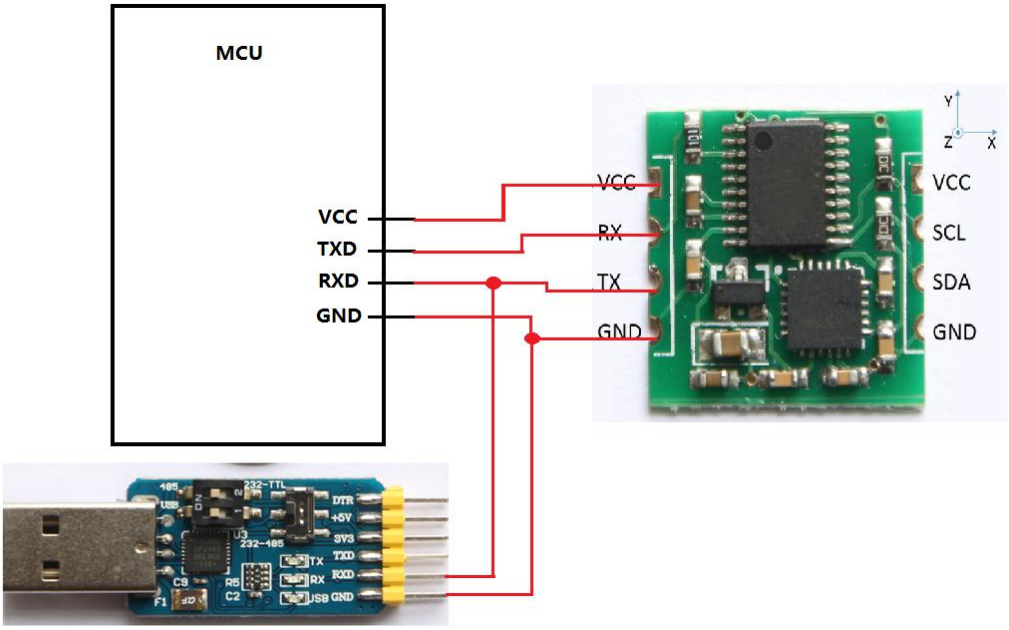

## 4.3 MCU 连单片机并输出调试信息。

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。



### 4.4 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。




# 5 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。

### 5.1 上位机至模块

| 指令内容 | 功能 | 备注 |
|---|---|---|
| 0x52 | 角度初始化 | 使 Z 轴角度归零 |
| 0x61 | 使用串口，禁用 I2C | 掉电保存，建议使用上位机修改 |
| 0x62 | 禁用串口，使用 I2C 接口 | 掉电保存，建议使用上位机修改 |
| 0x63 | 波特率 115200，帧率 100Hz | 掉电保存，建议使用上位机修改 |
| 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。

## 5.2 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。

### 5.2.1 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

### 5.2.2 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：

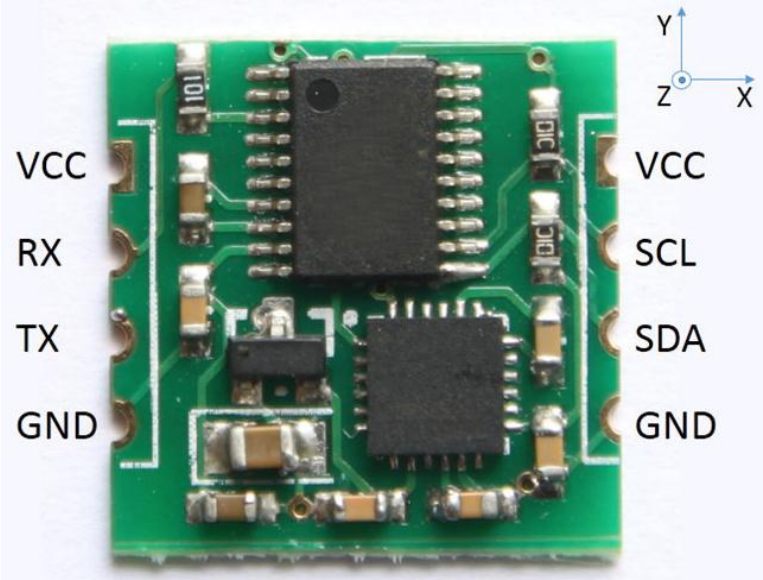
$w_x$=((wxH<<8)|wxL)/32768*2000(°/s)
$w_y$=((wyH<<8)|wyL)/32768*2000(°/s)
$w_z$=((wzH<<8)|wzL)/32768*2000(°/s)
温度计算公式：
T=((TH<<8)|TL) /340+36.53 ℃
校验和：
Sum=0x55+0x52+wxH+wxL+wyH+wyL+wzH+wzL+TH+TL

### 5.2.3 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。




## 5.3 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;
		printf("a = %4.3f\t%4.3f\t%4.3f\t\r\n",a[0],a[1],a[2]);
		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;
		printf("w = %4.3f\t%4.3f\t%4.3f\t\r\n",w[0],w[1],w[2]);
		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("Angle = %4.2f\t%4.2f\t%4.2f\tT=%4.2f\r\n",Angle[0],Angle[1],Angle[2],T);
		break;
	}
}
```

## 5.4 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
```

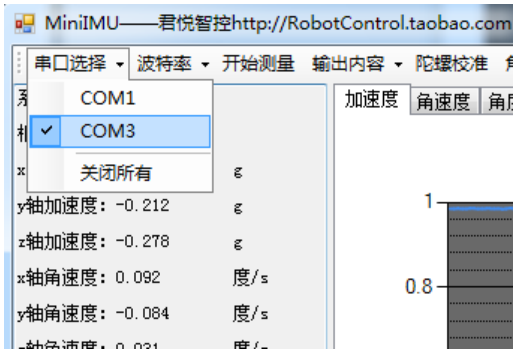
```
{
        Re_buf[counter]=UDR;//不同单片机略有差异
        if(counter==0&&Re_buf[0]!=0x55) return;        //第 0 号数据不是帧头，跳过
        counter++;
        if(counter==11) //接收到 11 个数据
        {
            counter=0; //重新赋值，准备下一帧数据的接收
            sign=1;
        }
}
```

主程序部分：

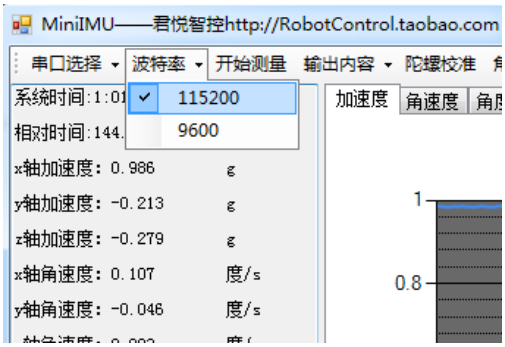
```
float a[3],w[3],angle[3],T;
extern unsigned char Re_buf[11],counter;
extern unsigned char sign;
while(1)
{
    if(sign)
    {
        sign=0;
        if(Re_buf[0]==0x55)          //检查帧头
        {
            switch(Re_buf [1])
            {
            case 0x51:
                a[0] = (short(Re_buf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

# 6 上位机使用方法

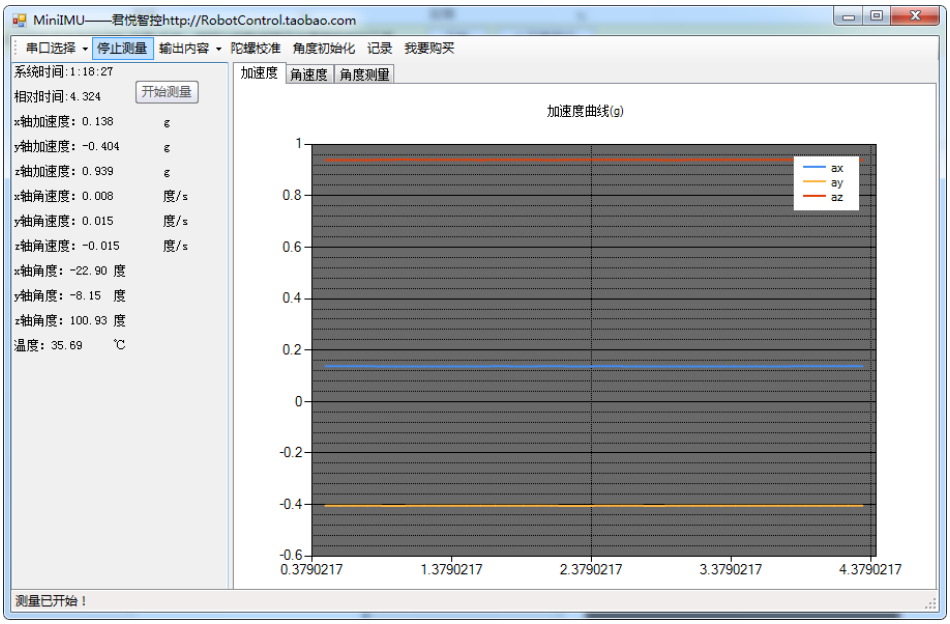
选择正确的串口



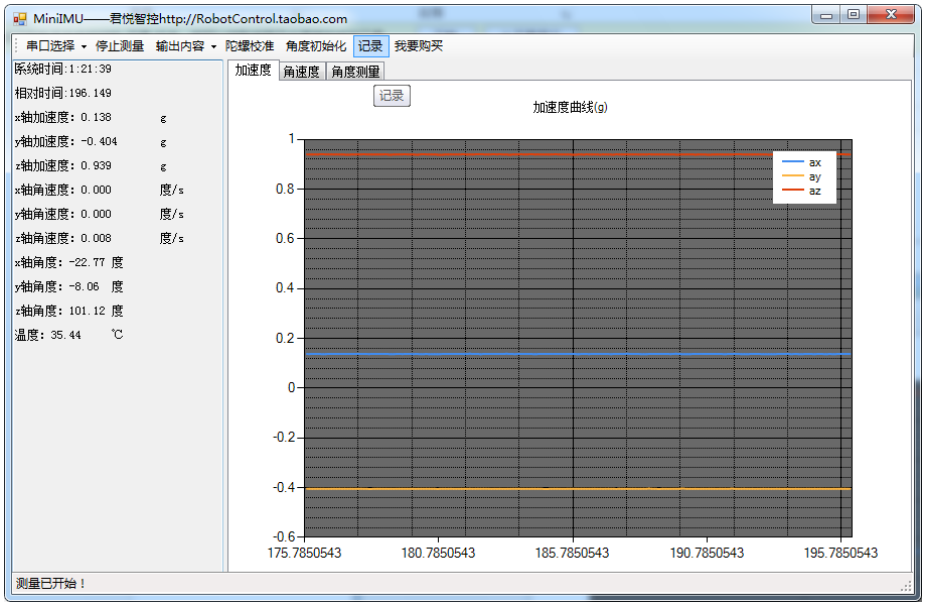
正常情况下，选择好正确的串口就可以看到数据了。
如果需配置波特率，请点击




点开始测量、停止测量，选择是否使用串口输出数据。




陀螺仪校准按钮用于校准陀螺零位，校准时需保持静止。
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：

加速度 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

起始时间：2013年8月22日23:54:57

| 时间(s) | x轴加速度 | y轴加速度 | z轴加速度 | 温度 |
|---|---|---|---|---|
| 9.702 | 0.0137 | 0.0107 | 1.0396 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0137 | 0.0107 | 1.0396 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0137 | 0.0107 | 1.0396 | 35.90 |
| 9.702 | 0.0137 | 0.0107 | 1.0396 | 35.90 |
| 9.702 | 0.0137 | 0.0107 | 1.0396 | 35.91 |

角速度 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

起始时间：2013年8月22日23:54:57

| 时间(s) | x轴角速度 | y轴角速度 | z轴角速度 | 温度 |
|---|---|---|---|---|
| 9.660 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.90 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.90 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.91 |
| 9.702 | 0.0153 | 0.0000 | 0.0000 | 35.91 |

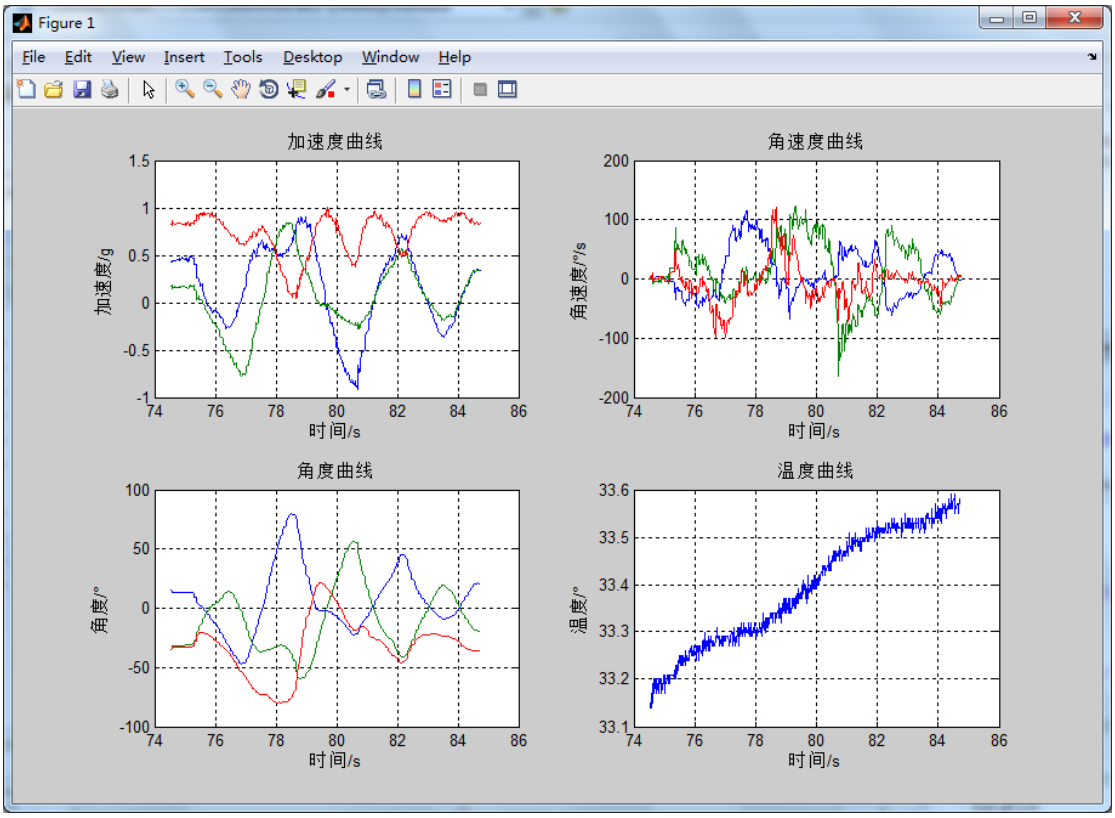
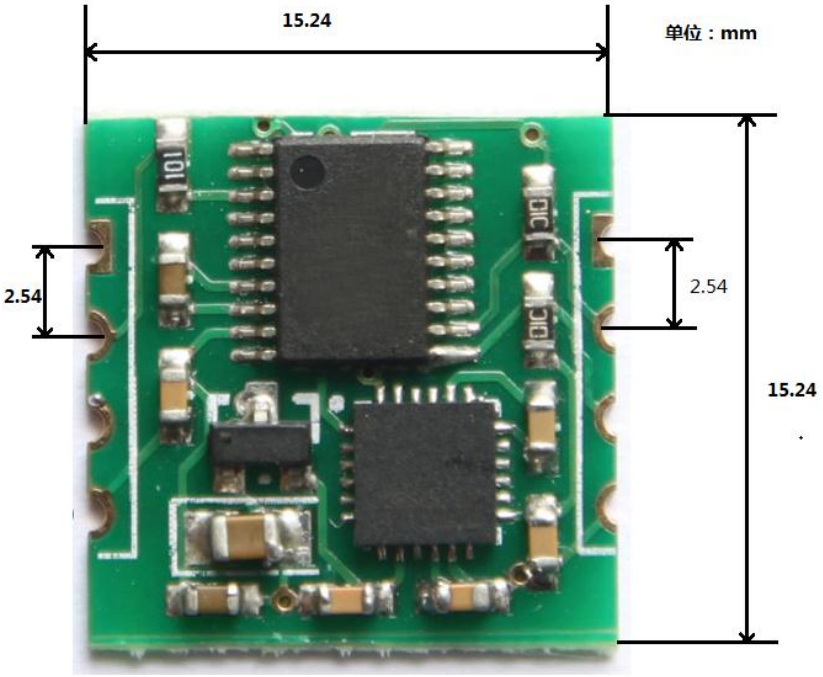
角度 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

起始时间：2013年8月22日23:54:57

| 时间(s) | x轴角度 | y轴角度 | z轴角度 | 温度 |
|---|---|---|---|---|
| 9.684 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.91 |
| 9.702 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.91 |
| 9.702 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.91 |
| 9.702 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.90 |
| 9.702 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.90 |
| 9.702 | 0.3955 | -0.5548 | -3.6255 | 35.91 |

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。



# 7 机械尺寸