



10 DOF IMU Sensor 用户手册

1. 产品特性

驱动芯片	MPU6050 (3 轴加速度和 3 轴陀螺仪)	内置 16-Bit AD 转换器 陀螺仪量程: ± 250 、 ± 500 、 ± 1000 、 $\pm 2000^\circ/\text{秒}$ 加速度量程: ± 2 、 ± 4 、 ± 8 、 $\pm 16g$
	HMC5883L (3 轴罗盘)	内置 12-Bit AD 转换器 量程: 360° 精度: $1^\circ\sim 2^\circ$
	BMP180 (气压计)	内置温度传感器, 可进行温度补偿 量程: 300~1100hpa (海拔高度: +9000m ~ -500m) 精度: 0.02hPa (0.17m)
工作电压	3.3V , 5V	
支持接口	I2C	
外形尺寸	31mm * 18.4mm	

表 1. 产品特性

2. 主要用途

- 四轴飞行器;
- 运动功能游戏控制器;
- 室内惯性导航;
- 平衡机器人;
- 高度计;
- 工业测量仪表;

3. 接口说明

引脚号	标识	描述
1	VCC	3.3V 或 5V 电源
2	GND	电源地
3	SDA	I2C 数据线
4	SCL	I2C 时钟线
5	INT	MPU6050 数字中断输出
6	FSYNC	MPU6050 帧同步信号
7	DRDY	HMC5883L 数据转换完毕中断引脚，内部上拉。当数据被放置到数据输出寄存器时，DRDY 产生持续 250us 低电平

表 2. 接口说明

4. 操作与现象

下面，以接入微雪电子的 STM32 开发板为例，演示 10 DOF IMU Sensor 模块的实验效果。

- ① 将配套程序下载到相应的开发板中。
- ② 将串口线和模块接入开发板，把 10 DOF IMU Sensor 模块插在开发板的 I2C 2 接口上，并注意模块引脚与 I2C 2 接口必须对应起来，FSYNC 引脚悬空，DRDY 引脚悬空。

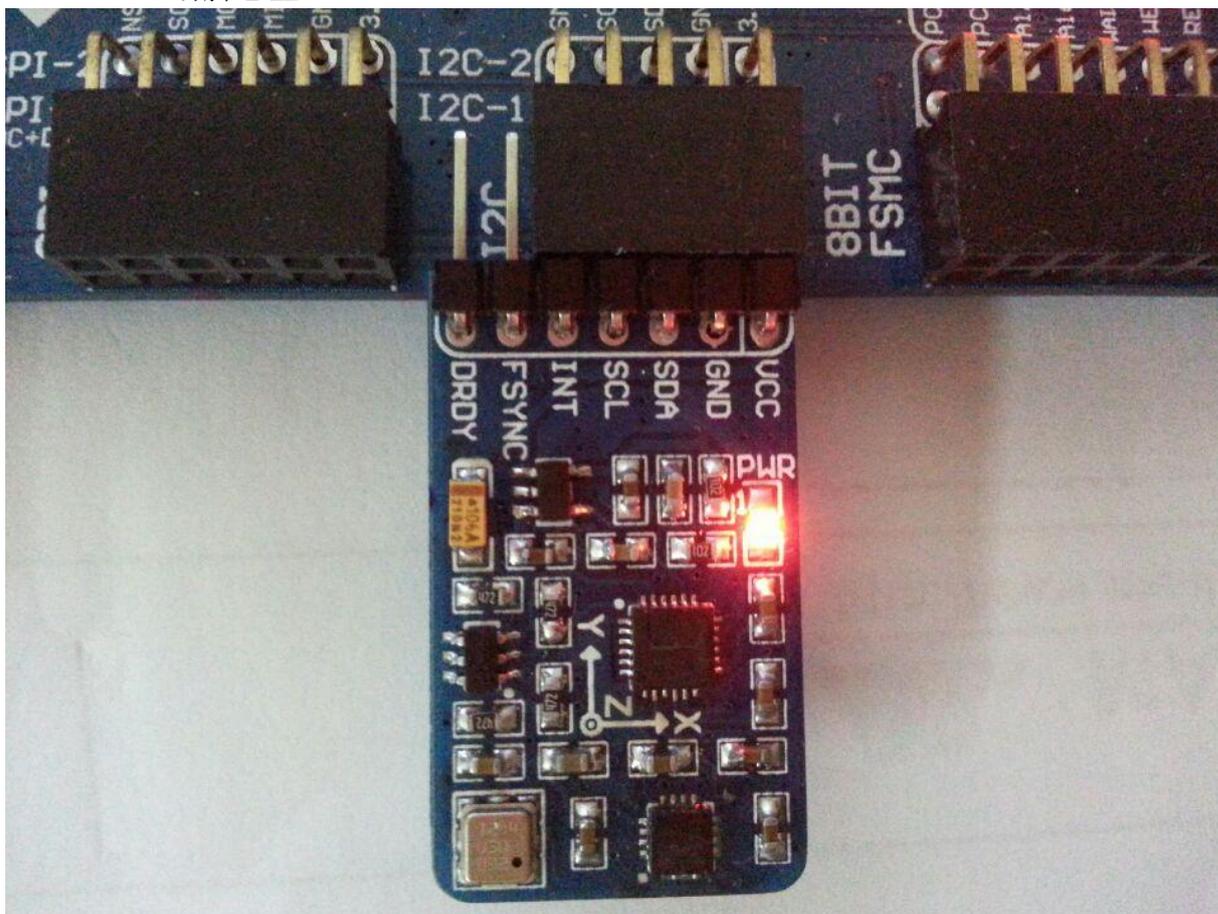


图 1.10 DOF IMU Sensor 模块接线图

③ 串口配置如表 3. 串口配置 所示:

波特率	115200
数据位	8
停止位	1
奇偶校验	无

表 3. 串口配置

④ 因为模块在上电之后会首先进行水平校准, 所以模块保持水平静止才可以上电, 直至串口输出数据为止, 模块才可以动作。串口输出数据随模块位置角度变化而变化, 如图 2. 10 DOF IMU Sensor 模块水平状态时输出的数据所示:

```

////////////////////////////////////
Roll: -0.46 Pitch: -1.65 Yaw: 38.08

Acceleration: X: -471 Y: -114 Z: 15824

Gyroscope: X: 3 Y: 0 Z: -12

/-----/

Magnetic: X: 105 Y: 80 Z: -159

Angle: 37.3

/-----/

Pressure: 1003.90 Altitude: 24.95

Temperature: 27.3
    
```

图 2. 10 DOF IMU Sensor 模块水平状态时输出的数据

串口输出数据含义如下:

Roll, Pitch, Yaw	Roll 倾角 (°), Pitch 倾角 (°), Yaw 倾角 (°)
Acceleration	加速度 (LSB, 可换算为 g)
Gyroscope	陀螺仪角速度 (LSB, 可换算为°/秒)
Magnetic	电子罗盘倾角 (°)
Angle	方向角 (°), 理论上等于 Yaw 倾角。
Pressure	气压值 (hPa)
Altitude	海拔高度 (m)
Temperature	温度值 (°C)

表 4. 串口输出数据含义

5. 参数校准和计算：

5.1 校准海拔高度

用户第一次使用 10 DOF IMU Sensor 模块时可能会发现模块输出的值 Altitude 误差较大，因为模块是先通过模块当前位置（已知）的海拔高度 Altitude，和气压值（已知）计算出海平面气压值 P_0 作为基准。请参考 [BST-BMP180-DS000-09.pdf](#)：

3.7 Calculating pressure at sea level

With the measured pressure p and the absolute altitude the pressure at sea level can be calculated:

$$p_0 = \frac{p}{\left(1 - \frac{\text{altitude}}{44330}\right)^{5.255}}$$

Thus, a difference in altitude of $\Delta\text{altitude} = 10\text{m}$ corresponds to 1.2hPa pressure change at sea level.

图 3. 计算海平面气压值

以 P_0 为基准，就可以计算出模块当前位置的海拔高度 Altitude：

3.6 Calculating absolute altitude

With the measured pressure p and the pressure at sea level p_0 e.g. 1013.25hPa, the altitude in meters can be calculated with the international barometric formula:

$$\text{altitude} = 44330 * \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right)$$

图 4. 计算模块当前位置

因此，用户需要在示例代码 10 DOF IMU Sensor\SRC\HardWare\BMP180\ BMP180.h 中给定模块当前所在位置高度的值作为一个基准（一般以地面的海拔高度值作为基准，单位 mm）。例如：

```
#define LOCAL_ADS_ALTITUDE    2500           //mm    altitude of your position now
```

5.2 计算加速度

程序测量出的加速度单位是 LSB（最低有效位），实际使用中常常把单位换算成重力加速度（g）。模块的示例程序默认设置 AFS_SEL=0，对应量程为 16384 LSB/g（±2g），所以测量的实际加速度为：

$$a = \frac{\text{Acceleration}}{16384}, \quad \text{Unit: g}$$

请参考：

MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification.pdf 第 13 页

MPU6050 Register Map and Descriptions.pdf 第 15 页

5.3 计算陀螺仪角速度

程序测量出的角速度单位是 LSB（最低有效位），实际使用中常常把单位换算成角速度（°/秒）。模块的示例程序默认设置 FS_SEL=2，对应量程为 32.8 LSB/(°/s)（±1000°/秒），所以测量的实际角速度为：

$$\omega = \frac{\text{Gyroscope}}{32.8}, \quad \text{Unit: } ^\circ/\text{s}$$

请参考:

MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification.pdf 第 12 页

MPU6050 Register Map and Descriptions.pdf 第 14 页