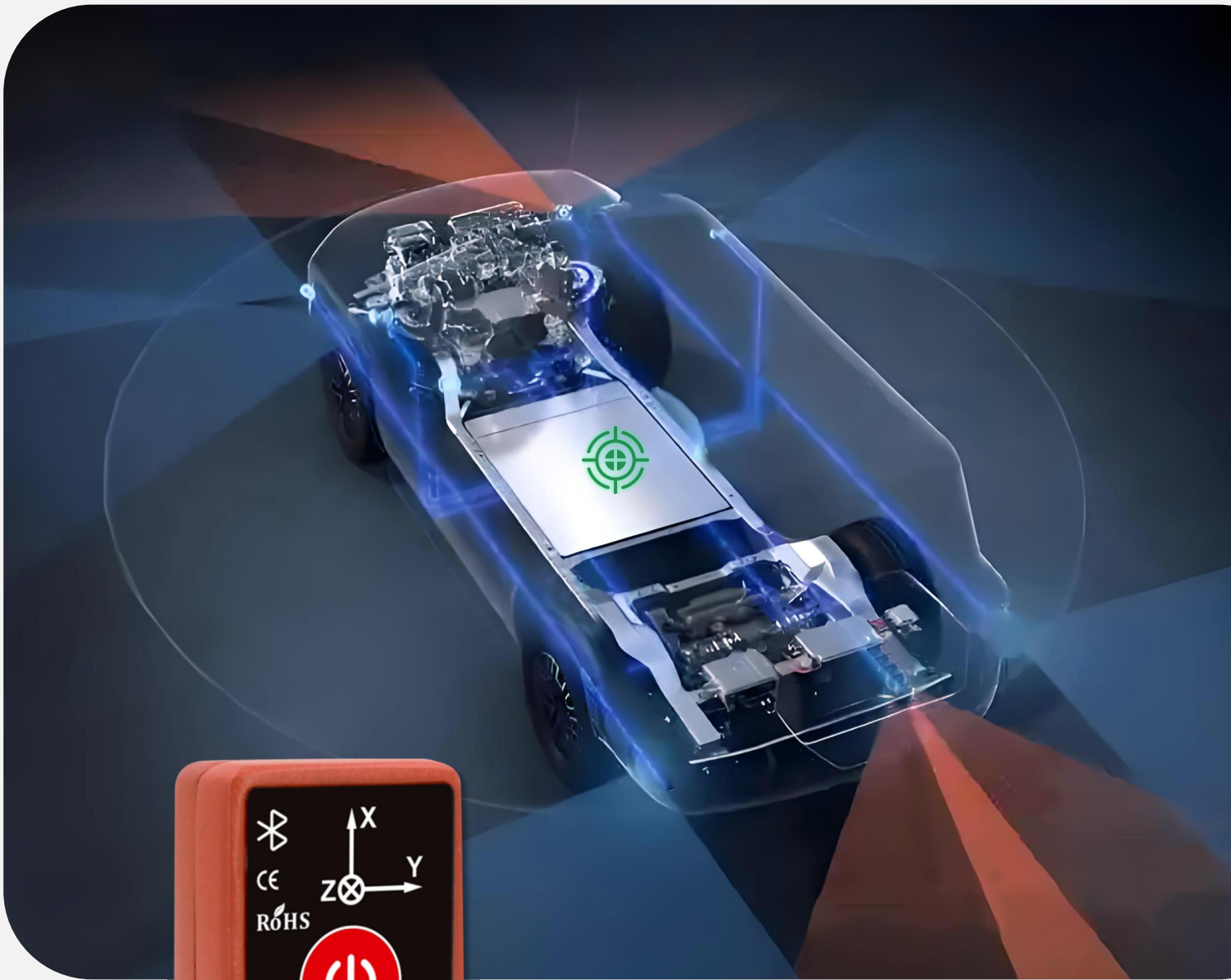




## GMU200-BL 蓝牙输出航姿系统 IMU 陀螺仪

### 产品说明书

V1.2-20260526

## 技术亮点

- ❖ 集成九轴传感器和温度传感器；
- ❖ 蓝牙 5.1 无线传输；
- ❖ 支持 VRU 和 AHRS；
- ❖ 实时三维动态测量；
- ❖ 实时三维动态测量；
- ❖ 结构紧凑，简便安装。

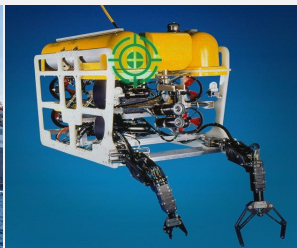
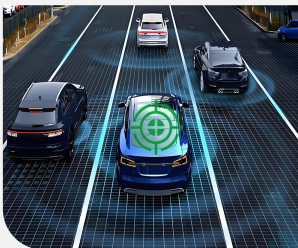


## 产品介绍

GMU200-BL 是一款高性价比的微型航姿参考系统（AHRS），适用于航模、机器人、农机、工程车、叉车等需要高动态平衡能力的设备。该设备通过采集传感器数据，融合卡尔曼滤波算法，实时输出姿态信息。采用三轴加速度计与三轴磁传感器辅助三轴陀螺，并集成温度补偿技术，使得产品在全姿态范围内具备良好的稳定性与实时性，可应用于多种运动姿态监测场景。该产品不仅能够输出姿态数据，还可提供三轴加速度、三轴陀螺仪及三轴磁场共九轴数据，同时支持系统运行参数的修改与扩展，适配不同应用平台。本产品采用蓝牙无线输出，搭载蓝牙 5.1 无线传输模块及 BLE 协议，集成 2.4GHz 自适应跳频技术，可实现无遮挡环境下 40 米视距传输，并支持通过 BLE DFU 进行蓝牙无线固件升级，有效提升工业现场部署的灵活性。

## 应用范围

- ❖ 医疗康复器械监测
- ❖ 肢体康复监测
- ❖ 人体捕捉
- ❖ 姿态角度监测



 性能参数

| GMU200-BL                        | 参数                                                                                                                                     |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 测量范围                             | 横滚 $\pm 180^\circ$ ，俯仰 $\pm 90^\circ$ ，方位 $\pm 180^\circ$ (VRU 模式下蓝牙断开重连初始值为 $0^\circ$ ，AHRS 模式下输出为磁航向角)                               |
| 测量轴                              | X 轴 / Y 轴 / Z 轴                                                                                                                        |
| 横滚俯仰静态精度 <sup>1)</sup> @25℃      | $\pm 0.1^\circ$                                                                                                                        |
| 横滚俯仰动态精度(rms) @25℃               | $\pm 0.25^\circ$                                                                                                                       |
| 磁航向精度(AHRS) @25℃                 | $\pm 1.5^\circ$                                                                                                                        |
| 陀螺仪                              |                                                                                                                                        |
| 陀螺仪量程 (可设)                       | $\pm 125^\circ/\text{s}$ , $\pm 250^\circ/\text{s}$ , $\pm 500^\circ/\text{s}$ , $\pm 1000^\circ/\text{s}$ , $\pm 2000^\circ/\text{s}$ |
| 零偏稳定性(10s 平滑)                    | $10^\circ/\text{h}$                                                                                                                    |
| 零偏不稳定性(allan)                    | $5^\circ/\text{h}$                                                                                                                     |
| 角度随机游走系数(allan)                  | $0.25^\circ/\text{sqrt}(\text{h})$                                                                                                     |
| 加速度计                             |                                                                                                                                        |
| 加速度量程 (可设)                       | $\pm 2\text{g}$ , $\pm 4\text{g}$ , $\pm 8\text{g}$ , $\pm 16\text{g}$                                                                 |
| 零偏稳定性(10s 均值)                    | $0.1\text{mg}$                                                                                                                         |
| 零偏不稳定性(allan)                    | $0.05\text{mg}$                                                                                                                        |
| 速度随机游走系数(allan)                  | $0.005\text{m/s}/\text{sqrt}(\text{h})$                                                                                                |
| 磁力计                              |                                                                                                                                        |
| 磁力计量程                            | $\pm 8\text{Gauss}$                                                                                                                    |
| 分辨率                              | $< 2.5\text{mgauss}$                                                                                                                   |
| 带宽                               | $< 100\text{Hz}$                                                                                                                       |
| 其他                               |                                                                                                                                        |
| 零点温度系数 <sup>2)</sup> @-20 ~ 65℃  | $\pm 0.01^\circ/\text{C}$                                                                                                              |
| 灵敏度温度系数 <sup>3)</sup> @-20 ~ 65℃ | $\leq 100\text{ppm}/\text{C}$                                                                                                          |
| 上电启动时间                           | $\leq 3.5\text{s}$                                                                                                                     |
| 响应时间                             | $0.01\text{s}$                                                                                                                         |
| 电磁兼容性                            | 依照 EN61000 和 GBT17626                                                                                                                  |
| 接收灵敏度                            | $-96\text{dBm}$                                                                                                                        |
| 发射功率                             | $8\text{dBm}$                                                                                                                          |
| 蓝牙传输距离                           | 40m(空旷无遮挡状态下)                                                                                                                          |
| 使用时间(电池满电状态)                     | 连续工作 6 小时，待机时间 83 天                                                                                                                    |
| 绝缘电阻                             | $\geq 100$ 兆欧                                                                                                                          |
| 抗冲击                              | $100\text{g}@11\text{ms}$ 、三轴向(半正弦波)                                                                                                   |
| 抗振动                              | $10\text{grms}$ 、 $10 \sim 1000\text{Hz}$                                                                                              |
| 外壳材质                             | ABS 塑料外壳                                                                                                                               |
| 重量                               | $\leq 10\text{g}$                                                                                                                      |

- 1)精度: 指在常温条件下, 对角度多次测量(> 16 次), 取测量值与实际角度误差的均方根差。
- 2)零点温度系数: 指传感器零值状态下, 在其额定工作温度范围内相对常温的示值变化率。
- 3)灵敏度温度系数: 指传感器在其额定工作温度范围内满量程示值相对于常温满量程示值的百分比, 随温度的变化率。

✓ 电池参数

| 项目     | 参数     |
|--------|--------|
| 标称容量   | 100mAh |
| 标称电压   | 3.7V   |
| 充电截止电压 | 4.20   |

✓ 电气参数

| 参数       | 条件                             | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|--------------------------------|------|-----|-----|----|
| 充电电压(DC) | 标准                             | 4.5V | 5V  | 5.5 | V  |
| 充电电流     |                                |      | 0.1 |     | A  |
| 充电温度     | 0 ~ +55℃ (注意: 充电温度过高或过低都会损坏电池) |      |     |     |    |
| 充电接口     | Type-C 接口                      |      |     |     |    |
| 充电时间     | 2.5 小时(25℃)                    |      |     |     |    |
| 工作电流     |                                |      | 18  |     | mA |
| 关机及休眠电流  |                                |      | 50  |     | uA |
| 工作温度     |                                | -20  |     | +70 | ℃  |
| 存储温度     |                                | -20  |     | +70 | ℃  |

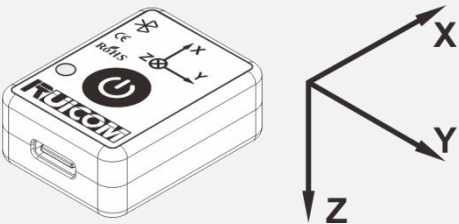
✓ 订购选型

| 型号        | 安装方向     | 应用场景        |
|-----------|----------|-------------|
| GMU200-BL | H: 水平安装  | OB: 船载应用    |
|           | HD: 水平向下 | EV: 工程挖机    |
|           | V: 垂直安装  | EGP: 工程碎石打桩 |
|           | VL: 垂直向左 | V: 车载应用     |
|           | VR: 垂直向右 | MTA: 矿车应用   |
|           |          | TC: 塔吊      |

例: GMU200-BL-H-OB: 水平安装 / 船载应用。

✓ 测量方向

传感器规范安装可避免测量误差, 核心把控一面、一线:  
安装面与被测面平整贴紧、固定牢固, 基面不平会产生测角偏差; 传感器轴线与被测件轴线平行, 无夹角。



## 工作指示灯说明

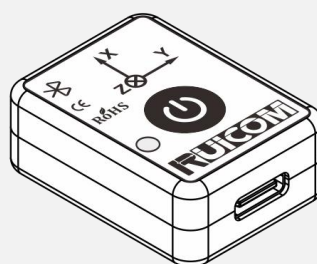
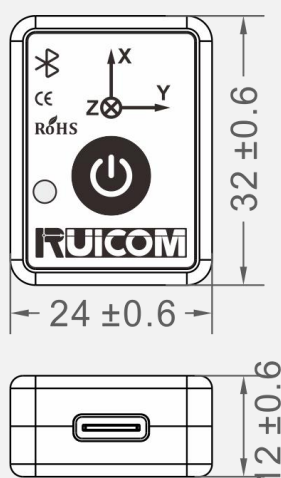
- ①开机: 长按 2 秒, 绿灯闪亮 2 秒。
- ②关机: 长按 2 秒, 绿灯常亮 2 秒。
- ③连接主机后, 绿灯 5 秒闪亮一次。
- ④充电时: 红灯常亮。



开机后, 传感器一直处于低功耗蓝牙广播

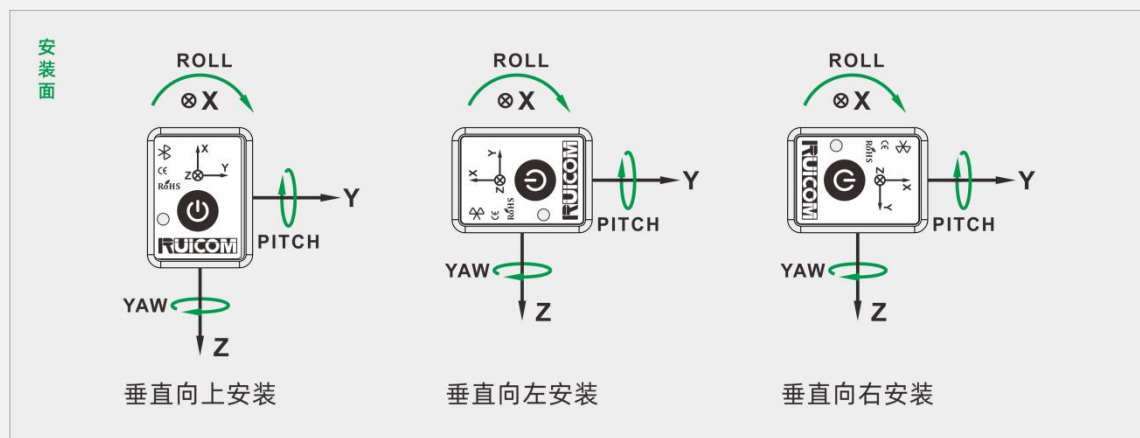
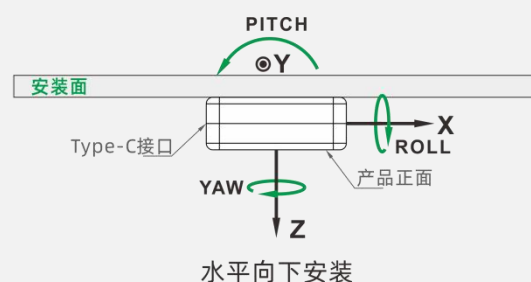
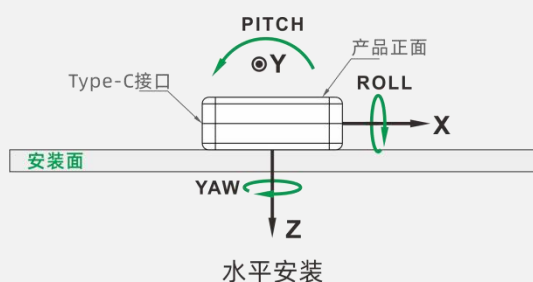
状态, 等待主机连接, 打开主机蓝牙可扫描发现从机, 并进行连接。若主机连接成功, 从机与主机进行传感器数据传输, 此时绿灯 5 秒闪亮一次, 若出现连接超时事件, 蓝牙断开连接, 传感器再次处于低功耗蓝牙广播状态, 等待主机连接。

## 外壳尺寸图



外壳尺寸: L32×W24×H12mm

## 安装方向



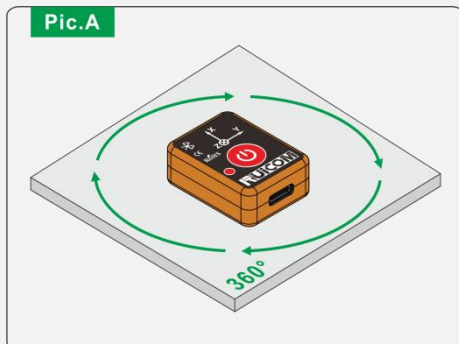
## 校准方法

校准前提: 1)测试传感器精度达不到要求;

2) 传感器安装环境有磁场干扰, 这种干扰是固定的, 确保罗传感器装后与干扰磁场不再发生距离变化(例: 传感器安装在有磁干扰的载体(铁)上, 此时传感器与载体不能分开, 固定同时旋转校准, 如未固定造成分开则需重新校准。如传感器与安装载体的距离不能固定, 尽量远离干扰源选择安装位置, 安全距离控制在 30CM 以上)。

### 水平安装校准模式:

1)平面旋转一圈以上 360°: 如图 A



水平开始校准命令

TX: 54 4D 0F 16 00 00 E2 D0

RX: 54 4D 0F 16 00 00 E2 D0

数据域(0byte)

水平匀速旋转 1 圈以上, 保证时间在 20S 以上, 保存值才有效, 低于 20S 保存值无效。

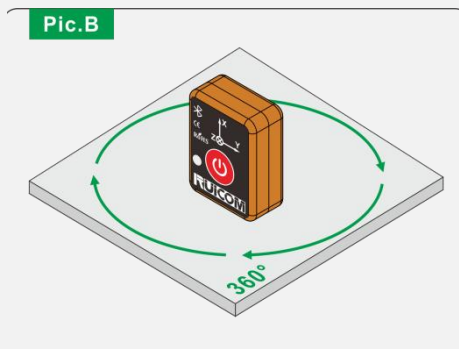
水平校准停止命令

TX: 54 4D 0F 17 00 00 B3 10

RX: 54 4D 0F 17 00 00 B3 10

数据域(0byte)

无数据域命令



2)垂直向上旋转一圈以上 360°: 如图 B

垂直向上开始校准命令

TX: 54 4D 0F 0B 00 00 72 D6

RX: 54 4D 0F 0B 00 00 72 D6

数据域(0byte)

北朝天, 垂直匀速旋转 1 圈以上, 保证时间在 20S 以上。保存值才有效, 低于 20S 保存值无效。

垂直向上校准停止命令

TX: 54 4D 0F 0C 00 00 C3 17

RX: 54 4D 0F 0C 00 00 C3 17

数据域(0byte)

无数据域命令

## BLE 协议

本协议适用于基于蓝牙低功耗(BLE)技术的主机与从机之间的通信, 主要应用于主机和蓝牙从机(GMU200-BL, 以下称从机)的数据采集、数据传输、远程控制等。

**BLE 协议基础:** 基于 GATT(通用属性协议)模型, 从机作为 GATT 服务器, 主机(手机 APP, 或 PC 端)作为 GATT 客户端。

GATT(通用属性协议): BLE 数据传输的核心协议, 基于客户端-服务器模型。

服务(Service): 定义设备功能(如 RX、TX 服务)。

特征(Characteristic): 服务中的具体数据点(如倾角值、加速度值、陀螺角速度值、电池电量等)。

描述符(Descriptor): 配置特征的附加信息(如通知使能)。

通信模型

角色定义:

主机(Central): 发起连接请求, 读取或写入数据到从机。

从机(Peripheral): 广播自身服务, 向主机发起连接及数据传输请求, 响应主机的读写请求。

通信模式: 支持主从双向通信模式。

场景一: 蓝牙从机设备定时向主机广播传输数据(定时周期可通过主机远程下发指令调整);

场景二: 主机可以向蓝牙外设发起通信请求, 读取及写入数据到外设, 如修改外设相关参数等。

术语和定义

GATT: 通用属性协议, 用于 BLE 数据传输。

UUID: 通用唯一标识符, 用于标识服务和特征值。

数据格式

服务与特征值定义

从机提供以下 GATT 服务及特征值:

客户 UUID type: 0x02(BLE\_UUID\_TYPE\_VENDOR\_BEGIN)

基础 UUID: 0x00000000-32F7-11F1-8000-CD55B35033B3

主服务 UUID: 0x6801(倾角传感器)

特征值 1: 数据接收(UUID: 0x6802, 可写、没有回应写)

特征值 2: 数据发送(UUID: 0x6803, 可读、通知)

OTA DFU 固件升级服务(具体参考 Nordic 官网介绍):

客户 UUID type: 0x01(BLE\_UUID\_TYPE\_BLE)

基础 UUID: 0x8EC90000-F315-4F60-9FB8-838830DAEA50

主服务 UUID: 0xFE59

特征值: BLE\_DFU\_BUTTONLESS\_CHAR\_UUID (0x0003)

设备名称(Device Name): GMU200-BL-XXXXXXXX

GMU200-BL: 表示产品型号;

XXXXXXXX: 表示产品识别号 ID(如 GMU200-BL-25090001);

 蓝牙 BLE 数据协议

数据帧格式:

|          |                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|
| Sync1    | 'T'                                                                        |
| Sync2    | 'M'                                                                        |
| Class    | 1Byte 数据帧类                                                                 |
| ID       | 1Byte 数据帧 ID                                                               |
| Length   | Length of the Data(2 Bytes)<br>不包括 sync,class,ID,length and Checksum 域的字节数 |
| Data     | 数据域, 长度根据 Class, ID 的不同而不同                                                 |
| Checksum | 2Bytes CRC16 Checksum                                                      |

帧头 Sync1,Sync2: 帧起始同步字, 所有数据帧由 2 个同步字符'T'M'开始。

Class 域: 1 Byte. 定义数据帧的类型。

ID 域: 1 Byte, 定义帧功能 ID。

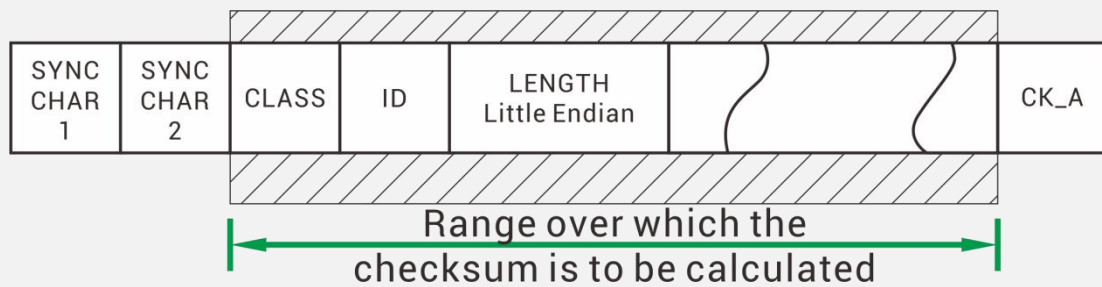
Length 长度域: 2 Byte, 定义 Data 数据域的字节长度, 不包括帧同步字, Class 域, ID 域和

Checksum 域: 双字节无符号整型, 小端模式, 低字节在前, 高字节在后。

Data 域: 数据部分, 长度可变, 内容由 Class 和 ID 域决定。

Checksum 域: 双字节无符号整型, 小端模式, 低字节在前, 高字节在后, 计算方法如下。

Checksum 计算:



The checksum 的运算是 16 位 CRC 验证, 只包括 CLASS, ID, LENGTH 和 DATA 部分。

```
INT16U const CRC16Table[256] = {
    0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
    0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
    0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCFC1, 0xCE81, 0x0E40,
    0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
    0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
    0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
    0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
    0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
    0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
    0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
    0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
    0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
    0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
    0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
    0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
    0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
    0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
    0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,
    0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
    0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
    0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
    0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
    0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
    0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
    0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
    0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,
    0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
    0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x99C0, 0x9880, 0x9841,
    0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
    0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
    0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
    0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040
};
```

```
INT16U CRC16(INT8U *p, INT16U length)
{
```

```

INT16U checksum = 0;
for( ; length > 0; length-- )
{
    checksum = ( checksum >> 8 ) ^ CRC16Table[ (checksum&0xFF) ^ *p ];
    p++;
}
return checksum;
}

```

Class 与 ID 功能码列表清单:

| Class | ID   | Data Length | Data Type | 功能说明        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0x0F  | 0x03 | 0x0001      | UInt8     | 设置安装测量方向    | <b>00: 水平方向(默认);</b> 01: 垂直向上;<br>02: 侧向向左;            03: 侧向向右;<br>04: 水平反向;<br>例程: 安装方向设为水平:<br>TX: 54 4D 0F 03 01 00 00 05 85<br>RX: 54 4D 0F 03 00 00 F3 14                                                                                                                                                                                                          |
| 0x0F  | 0x83 | 0x0000      | NULL      | 查询当前安装测量方向  | 例程: 读取当前安装测量方向:<br>TX: 54 4D 0F 83 00 00 F2 FC<br>RX: 54 4D 0F 83 01 00 00 2C 45<br>当前安装方向为水平                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 0x0F  | 0x04 | 0x0001      | UInt8     | 设置输出数据项 MAP | OUTMAP_EULER: 0x01 表示欧拉角;<br>OUTMAP_ACCEL: 0x02 表示加速度;<br>OUTMAP_GYRO: 0x04 表示陀螺角速度;<br>OUTMAP_MAG: 0x08 表示磁力计;<br>OUTMAP_TC: 0x10 表示温度;<br>OUTMAP_BAT: 0x20 表示电池电量;<br>OUTMAP_STS: 0x40 表示 IMU 状态;<br>OUTMAP_TPS: 0x80 表示时间;<br>0x07: 表示欧拉角, 加速度计及陀螺角速度;<br><b>(默认为 0xFF)</b><br>例程: 设置输出数据项 MAP=0xFF:<br>TX: 54 4D 0F 04 01 00 FF 44 B1<br>RX: 54 4D 0F 04 00 00 42 D5 |
| 0x0F  | 0x84 | 0x0000      | NULL      | 查询输出数据项 MAP | 例程: 读取当前数据项输出 MAP。<br>TX: 54 4D 0F 84 00 00 43 3D<br>RX: 54 4D 0F 84 01 00 FF 6D 71<br>输出数据项 MAP=0xFF;                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 0x0F  | 0x05 | 0x0001      | UInt8     | 设置当前加速度输出类型 | <b>0x00: 线加速度(默认)</b><br>0x01: 体加速度<br>例程: 设置加速度输出类型为体加速度。<br>TX: 54 4D 0F 05 01 00 01 C4 CD<br>RX: 54 4D 0F 05 00 00 13 15                                                                                                                                                                                                                                              |
| 0x0F  | 0x85 | 0x0000      | NULL      | 查询当前加速度输出类型 | 例程: 读取当前加速度输出类型。<br>TX: 54 4D 0F 85 00 00 12 FD<br>RX: 54 4D 0F 85 01 00 01 ED 0D<br>加速度输出类型为体加速度;                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|      |      |        |       |              |                                                                                                                                                                                                                    |
|------|------|--------|-------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0x0F | 0x06 | 0x0001 | UInt8 | 手动陀螺零偏清除     | 0x00: 手动陀螺零偏清除停止;<br>0x01: 手动陀螺零偏清除开始;<br>例程: 手动陀螺零偏清除开始。<br>TX: 54 4D 0F 06 01 00 01 C4 89<br>RX: 54 4D 0F 06 00 00 E3 15                                                                                         |
| 0x0F | 0x86 | 0x0000 | NULL  | 查询手动陀螺零偏清除状态 | 回复:<br>0x00: 手动陀螺零偏清除已停止;<br>0x01: 手动陀螺零偏清除进行中;<br>例程: 查询手动陀螺零偏清除状态。<br>TX: 54 4D 0F 86 00 00 E2 FD<br>RX: 54 4D 0F 86 01 00 00 2C 89<br>手动陀螺零偏清除已停止                                                               |
| 0x0F | 0x07 | 0x0001 | 0x0A  | 保存陀螺零偏       | 例程: 保存手动陀螺零偏。<br>TX: 54 4D 0F 07 01 00 0A 84 B2<br>RX: 54 4D 0F 07 00 00 B2 D5                                                                                                                                     |
| 0x0F | 0x15 | 0x0001 | UInt8 | 设置数据输出频率     | 0x00: 停止输出;<br>0x01: 1Hz;<br>0x02: 5Hz;<br>0x03: 10Hz;<br>0x04: 20Hz;<br><b>0x05: 25Hz(默认);</b><br>0x06: 50Hz;<br>0x07: 100Hz;<br>例程: 设置输出频率为 5Hz<br>TX: 54 4D 0F 15 01 00 02 80 0C<br>RX: 54 4D 0F 15 00 00 12 D0 |
| 0x0F | 0x95 | 0x0000 | NULL  | 查询数据输出频率     | 例程: 查询输出频率<br>TX: 54 4D 0F 95 00 00 13 38<br>RX: 54 4D 0F 15 01 00 02 A9 CC<br>输出频率为 5Hz                                                                                                                           |
| 0x0F | 0x16 | 0x0000 | NULL  | 水平旋转校准开始     | 例程: 水平旋转校准开始<br>TX: 54 4D 0F 16 00 00 E2 D0<br>RX: 54 4D 0F 16 00 00 E2 D0                                                                                                                                         |
| 0x0F | 0x17 | 0x0000 | NULL  | 水平旋转校准停止     | 例程: 水平旋转校准停止<br>TX: 54 4D 0F 17 00 00 B3 10<br>RX: 54 4D 0F 17 00 00 B3 10                                                                                                                                         |
| 0x0F | 0x0B | 0x0000 | NULL  | 垂直旋转校准开始     | 例程: 垂直旋转校准开始<br>TX: 54 4D 0F 0B 00 00 72 D6<br>RX: 54 4D 0F 0B 00 00 72 D6                                                                                                                                         |
| 0x0F | 0x0C | 0x0000 | NULL  | 垂直旋转校准停止     | 例程: 垂直旋转校准停止<br>TX: 54 4D 0F 0C 00 00 C3 17<br>RX: 54 4D 0F 0C 00 00 C3 17                                                                                                                                         |
| 0x0F | 0x0F | 0x0004 | Ft32  | 设置磁偏角        | 例程: 设置磁偏角大小为 3.5 度:<br>TX: 54 4D 0F 0F 04 00 00 00 60 40 97 34<br>RX: 54 4D 0F 0F 00 00 32 FF                                                                                                                      |
| 0x0F | 0x8F | 0x0000 | NULL  | 查询磁偏角大小      | 例程: 查询磁偏角大小:<br>TX: 54 4D 0F 8F 00 00 32 FF                                                                                                                                                                        |

|      |      |        |        |           |                                                                                                                                                                       |
|------|------|--------|--------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |        |        |           | RX: 54 4D 0F 8F 04 00 00 00 60 40 16 FC<br>磁偏角大小为 3.5 度                                                                                                               |
| 0x0F | 0x24 | 0x0001 | UInt8  | 设置运行模式    | 0x00: IMU;<br><b>0x01:VRU(默认-航向角为陀螺航向, 上电 0);</b><br>0x02:AHRS(航向角为磁航向);<br>例程: 设置运行模式为 AHRS:<br>TX: 54 4D 0F 24 01 00 02 8E F0<br>RX: 54 4D 0F 24 00 00 43 1F        |
| 0x0F | 0xA4 | 0x0000 | NULL   | 查询当前运行模式  | 例程: 查询运行模式:<br>TX: 54 4D 0F A4 00 00 42 F7<br>RX: 54 4D 0F A4 01 00 02 A7 30<br>运行模式为 AHRS;                                                                           |
| 0x0F | 0x1A | 0x0000 | NULL   | 软件复位      | 用于新的配置有效, 如量程, 运行模式等<br>例程: 执行软件复位:<br>TX: 54 4D 0F 1A 00 00 22 D3<br>RX: 54 4D 0F 1A 00 00 22 D3<br>软件复位后须重新连接。                                                      |
| 0x0F | 0x1D | 0x0004 | UInt32 | 设置产品 ID 号 | 蓝牙设备名称:<br>GMU200-BL-XXXXXXXX 中的 XXXXXXXX<br>例程: 设置 PRODUCT ID 为<br>0x78C2EAC1(2026040001):<br>TX: 54 4D 0F 1D 04 00 C1 EA C2 78 C1 8F<br>RX: 54 4D 0F 1D 00 00 93 12 |
| 0x0F | 0x9D | 0x0000 | NULL   | 查询产品 ID 号 | 例程: 查询 PRODUCT ID:<br>TX: 54 4D 0F 9D 00 00 92 FA<br>RX: 54 4D 0F 9D 04 00 C1 EA C2 78 40 47<br>Product ID 为 0x78C2EAC1(2026040001)                                   |
| 0x0F | 0x11 | 0x0001 | UInt8  | 设置零点      | <b>0x00: 设置当前为绝对零点(默认);</b><br>0x01: 设置当前为相对零点;<br>备注: 用于小角度的安装误差修正<br>例程: 设置相对零点:<br>TX: 54 4D 0F 11 01 00 01 C1 3D<br>RX: 54 4D 0F 11 00 00 53 15                   |
| 0x0F | 0x91 | 0x0000 | NULL   | 查询当前零点类型  | 例程: 查询当前零点类型:<br>TX: 54 4D 0F 91 00 00 52 F9<br>RX: 54 4D 0F 01 01 00 01 E8 FD<br>当前为相对零点。                                                                            |
| 0x0F | 0x28 | 0x0000 | NULL   | 当前航向角清零   | 只针对 IMU, VRU 模式;<br>例程: 对陀螺航向角清零:<br>TX: 54 4D 0F 28 00 00 83 1C<br>RX: 54 4D 0F 28 00 00 83 1C<br>执行后当前航向角为 0.                                                       |
| 0x0D | 0x12 | 0x0001 | UInt8  | 设置启动模式    | <b>0x00: 0 秒启动模式(默认);</b><br>0x01: 5 秒静止启动模式;<br>例程: 设置 5 秒静止启动模式:                                                                                                    |

|      |      |        |       |           |                                                                                                                                                                                                                  |
|------|------|--------|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |        |       |           | TX: 54 4D 0D 12 01 00 01 B8 B9<br>RX: 54 4D 0D 12 00 00 A2 A9<br>备注: 5 秒静止启动模式主要针对一些对航向精度要求很高, 陀螺零偏很小的应用场合(如 AGV), IMU 在连接启动后须静止 5 秒, 进行一次陀螺零偏去除操作。                                                              |
| 0x0D | 0x92 | 0x0000 | NULL  | 查询启动模式    | 例程: 查询启动模式:<br>TX: 54 4D 0D 92 00 00 A3 41<br>RX: 54 4D 0D 92 01 00 01 91 79<br>当前为: 5 秒静止启动模式                                                                                                                   |
| 0x0D | 0x13 | 0x0001 | UInt8 | 设置加速度量程   | 0x00: 2g;<br><b>0x01: 4g(默认);</b><br>0x02: 8g;<br>0x03: 16g;<br>例程: 设置加速度量程为 8g:<br>TX: 54 4D 0D 13 01 00 02 F9 44<br>RX: 54 4D 0D 13 00 00 F3 69                                                                |
| 0x0D | 0x93 | 0x0000 | NULL  | 查询加速度量程   | 例程: 查询加速度量程:<br>TX: 54 4D 0D 93 00 00 F2 81<br>RX: 54 4D 0D 93 01 00 02 D0 84<br>加速度量程为: 8g                                                                                                                      |
| 0x0D | 0x14 | 0x0001 | UInt8 | 设置角速度量程   | 0x00: 125deg/sec;<br>0x01: 250deg/sec;<br><b>0x02: 500deg/sec(默认);</b><br>0x03: 1000deg/sec;<br>0x04: 2000deg/sec;<br>例程: 设置角速度量程为 2000deg/sec:<br>TX: 54 4D 0D 14 01 00 04 78 32<br>RX: 54 4D 0D 14 00 00 42 AB |
| 0x0D | 0x94 | 0x0000 | NULL  | 查询角速度量程   | 例程: 查询角速度量程:<br>TX: 54 4D 0D 94 00 00 43 40<br>RX: 54 4D 0D 94 01 00 04 51 F2<br>角速度量程为: 2000deg/sec                                                                                                             |
| 0x0D | 0x15 | 0x0001 | UInt8 | 设置 3dB 带宽 | 0x00: 25Hz;                      0x01: 50Hz;<br><b>0x02: 99Hz(默认);</b> 0x03: 249Hz;<br>例程: 设置 3dB 带宽为 249Hz:<br>TX: 54 4D 0D 15 01 00 03 38 0C<br>RX: 54 4D 0D 15 00 00 13 68                                    |
| 0x0D | 0x95 | 0x0000 | NULL  | 查询 3dB 带宽 | 例程: 查询 3dB 带宽:<br>TX: 54 4D 0D 95 00 00 12 80<br>RX: 54 4D 0D 95 01 00 03 11 CC<br>3dB 带宽为 249Hz                                                                                                                 |
| 0x0D | 0x10 | 0x0001 | UInt8 | 设置运行平台    | 0x00: 工程挖机(机臂);<br>0x01: 工程塔吊;<br>0x02: 工程碎石;<br>0x03: AGV/车载应用;                                                                                                                                                 |

|      |      |        |      |        |                                                                                                                                                       |
|------|------|--------|------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |        |      |        | 0x04: 矿车应用;<br>0x05: 船载应用;<br>0x06: 发电风机;<br>0x07: 农机或机器人应用;<br>例程: 设置应用平台为农机/机器人应用:<br>TX: 54 4D 0D 10 01 00 07 39 03<br>RX: 54 4D 0D 10 00 00 03 69 |
| 0x0D | 0x90 | 0x0000 | NULL | 查询运行平台 | 例程: 查询运行平台:<br>TX: 54 4D 0D 90 00 00 02 81<br>RX: 54 4D 0D 90 01 00 07 10 C3<br>当前应用平台为农机/机器人应用。                                                      |

IMU 数据输出(Class-0x0F, ID=0x01)

1. 数据输出项 Out Map

OutMap 规定了输出的数据项，及数据输出的顺序，可根据 MAP 的值对数据进行解析。

| 数据输出 Out Map 项   | 描述          | 顺序 | Map 值 |
|------------------|-------------|----|-------|
| IMU_OUTMAP_EULER | 姿态角         | 1  | 0x01  |
| IMU_OUTMAP_ACCEL | 三轴加速度       | 2  | 0x02  |
| IMU_OUTMAP_GYRO  | 三轴陀螺角速度     | 3  | 0x04  |
| IMU_OUTMAP_MAG   | 三轴磁力计       | 4  | 0x08  |
| IMU_OUTMAP_TC    | 温度          | 5  | 0x10  |
| IMU_OUTMAP_BAT   | 电池电量%       | 6  | 0x20  |
| IMU_OUTMAP_STS   | IMU 状态      | 7  | 0x40  |
| IMU_OUTMAP_TPS   | IMU 本地时间 mS | 8  | 0x80  |

2. 数据项解析

2.1 姿态角 IMU\_OUTMAP\_EULER

姿态角包括 Roll, Pitch 和 Yaw, float 表示, 共 12 个字节, 小端模式存储, 单位是度。

存储格式:

|      |       |     |
|------|-------|-----|
| Roll | Pitch | Yaw |
|------|-------|-----|

2.2 三轴加速度 IMU\_OUTMAP\_ACCEL

标定后的三轴加速度 Ax, Ay 和 Az, float 表示, 共 12 个字节, 小端模式存储, 单位是 g。

存储格式:

|    |    |    |
|----|----|----|
| Ax | Ay | Az |
|----|----|----|

2.3 三轴角速度 IMU\_OUTMAP\_GYRO

标定后的三轴角速度 Gx, Gy 和 Gz, float 表示, 共 12 个字节, 小端模式存储, 单位是度/秒。

存储格式:

|    |    |    |
|----|----|----|
| Gx | Gy | Gz |
|----|----|----|

2.4 三轴磁力计 IMU\_OUTMAP\_MAG

标定后的三轴角速度 Mx, My 和 Mz, float 表示, 共 12 个字节, 小端模式存储, 单位是 uT。

存储格式:

|    |    |    |
|----|----|----|
| Mx | My | Mz |
|----|----|----|

2.5 温度 IMU\_OUTMAP\_TC

float 表示, 共 4 个字节, 小端模式存储, 单位℃。

存储格式:

|    |
|----|
| Tc |
|----|

2.6 电池容量 IMU\_OUTMAP\_BAT

无符号 uint8 表示, 共 1 个字节, 0-100%。

存储格式:

|      |
|------|
| Bat% |
|------|

2.7 倾角状态 IMU\_OUTMAP\_STS

无符号 uint8 表示, 共 1 个字节。

存储格式:

|        |
|--------|
| status |
|--------|

status(B<sub>7</sub>B<sub>6</sub>B<sub>5</sub>B<sub>4</sub>B<sub>3</sub>B<sub>2</sub>B<sub>1</sub>B<sub>0</sub>): 无符号单字节, 表示安装测量方式和 IMU 自检状态:

B<sub>1</sub>B<sub>0</sub>: 00: 表示 IMU 工作模式, 01 表示 VRU, 10 表示 AHRS;

B<sub>3</sub>B<sub>2</sub>: 表示上电自检结果:

- 00: 自检成功;
- 01: 陀螺加速度计自检失败;
- 10: 磁力计自检失败;
- 11: 陀螺加速度计和磁力计自检均失败;

B<sub>7</sub>B<sub>6</sub>B<sub>5</sub>B<sub>4</sub>: status 字节高 4 位表示安装测试方式(具体参考测量安装方式图示):

- 0000: 水平安装测量方式。
- 0001: 垂直向上安装测量方式。
- 0010: 表示垂直向左(侧向向左)安装测量方式。
- 0011: 表示垂直向右(侧向向右)安装测量方式。
- 0100: 表示水平向下安装测量方式。

2.8 IMU 本地时间 IMU\_OUTMAP\_TPS

无符号 uint32 表示, 共 4 个字节, 小端模式存储, 单位 mS.

3. 数据解析

确保数据输出频率不为零。

| 说明                                    | 含义/ 范例                                                                                                                           | 说明                                                                                                   |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Class=0x0F</b><br><b>ID = 0x01</b> | <b>传感器应答回复</b><br>54 4D 0F 01 3B 00 FF 79 42<br>26 43 26 69 BE C0 67 4A 27<br>C2 A5 84 82 BD 2A 10 48<br>3E 91 54 3B C0 26 3A 53 | <b>数 据 域</b><br>OUTMAP_EULER: 0x01 表示欧拉角;<br>OUTMAP_ACCEL: 0x02 表示加速度;<br>OUTMAP_GYRO: 0x04 表示陀螺角速度; |

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BD 99 5E 8A C0 65 41 F3<br>BE 27 5C CB 40 04 E8 2D<br>C2 7A FA 04 42 92 96 03 42<br>5D 02 3E 43 24 00 82 57 | <p>OUTMAP_MAG: 0x08 表示磁力计;</p> <p>OUTMAP_TC: 0x10 表示温度;</p> <p>OUTMAP_BAT: 0x20 表示电池电量;</p> <p>OUTMAP_STS: 0x40 表示 IMU 状态;</p> <p>OUTMAP_TPS: 0x80 表示时间;</p> <p>OUTMAP=0xFF: 表示以上数据项全部输出, 对应数据项输出按字节从高到低依次输出。</p> <p>54 4D: 分别为 Sync1, Sync2;</p> <p>0F 01: 分别为 Class, ID;</p> <p>3B 00: 为 Length;</p> <p>FF: 为 OUTMAP;</p> <p>79 42 26 43: 表示 Roll;</p> <p>26 69 BE C0: 表示 Pitch;</p> <p>67 4A 27 C2: 表示 Heading;</p> <p>A5 84 82 BD: 表示 Accel_X</p> <p>2A 10 48 3E: 表示 Accel_Y</p> <p>91 54 3B C0: 表示 Accel_Z</p> <p>26 3A 53 BD: 表示 Gyro_X</p> <p>99 5E 8A C0: 表示 Gyro_Y</p> <p>65 41 F3 BE: 表示 Gyro_Z</p> <p>27 5C CB 40: 表示 Mag_X</p> <p>04 E8 2D C2: 表示 Mag_Y</p> <p>7A FA 04 42: 表示 Mag_Z</p> <p>92 96 03 42: 表示温度</p> <p>5D: 表示电量%</p> <p>02: 表示 IMU 状态</p> <p>3E 43 24 00: 表示本地时间</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Byte Offset | No. Format | name    | Content (HEX) | bytes |                          |
|-------------|------------|---------|---------------|-------|--------------------------|
| 0           | INT8U      | Sync1   | 54            | 1     | 帧头 1                     |
| 1           | INT8U      | Sync2   | 4D            | 1     | 帧头 2                     |
| 2           | INT8U      | CLASS   | 0F            | 1     | CLASS                    |
| 3           | INT8U      | ID      | 01            | 1     | ID=01 表示数据               |
| 4           | INT16U     | length  | 3B 00         | 2     | 数据长度                     |
| 6           | INT8U      | OUTMAP  | FF            | 1     | MAP=0xFF, 所有数据项输出        |
| 7           | FT32       | Roll    | 79 42 26 43   | 4     | 0x43264279=166.259659 度  |
| 11          | FT32       | Yaw     | 26 69 BE C0   | 4     | 0xC0BE6926 = -5.950336 度 |
| 11          | FT32       | Heading | 67 4A 27 C2   | 4     | 0xC2274A67=-41.822659 度  |

|    |        |        |             |   |                                                                                                                                                                                  |
|----|--------|--------|-------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | FT32   | Acc_X  | A5 84 82 BD | 4 | 0xBD8284A5=-0.063730g                                                                                                                                                            |
| 15 | FT32   | Acc_Y  | 2A 10 48 3E | 4 | 0x3E48102A=0.195374g                                                                                                                                                             |
| 17 | FT32   | Acc_Z  | 91 54 3B C0 | 4 | 0xC03B5491=-2.927037g                                                                                                                                                            |
| 19 | FT32   | Gyro_X | 26 3A 53 BD | 4 | 0xBD533A26=-0.051569deg/sec                                                                                                                                                      |
| 21 | FT32   | Gyro_Y | 99 5E 8A C0 | 4 | 0xC08A5E99=-4.324048deg/sec                                                                                                                                                      |
| 23 | FT32   | Gyro_Z | 65 41 F3 BE | 4 | 0xBEF34165=-0.475108deg/sec                                                                                                                                                      |
| 25 | FT32   | Mag_x  | 27 5C CB 40 | 4 | 0x40CB5C27=6.354999uT                                                                                                                                                            |
| 27 | FT32   | Mag_Y  | 04 E8 2D C2 | 4 | 0xC22DE804=-43.476578uT                                                                                                                                                          |
| 29 | FT32   | Mag_Z  | 7A FA 04 42 | 4 | 0x4204FA7A=33.244606uT                                                                                                                                                           |
| 31 | FT32   | TC     | 92 96 03 42 | 4 | 0x42039692=32.897041C                                                                                                                                                            |
| 32 | INT8U  | BATT   | 5D          | 1 | 0x5D=93%                                                                                                                                                                         |
|    | INT8U  | STS    | 02          | 1 | B <sub>7</sub> B <sub>6</sub> B <sub>5</sub> B <sub>4</sub> =0000: 水平安装测量方式; B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> =00: 磁力计自检和陀螺加计自检成功;<br>B <sub>1</sub> B <sub>0</sub> =10: AHRS 工作模式。 |
| 33 | INT32U | TPS    | 3E 43 24 00 | 4 | 0x0024433E=2376510mS                                                                                                                                                             |
| 35 | INT16U | CRC16  | 82 57       | 2 | -                                                                                                                                                                                |

## 附录 A: 数据发送例程

```

#define IMU_OUTPUTMASK_EULER    0x01
#define IMU_OUTPUTMASK_ACCEL    0x02
#define IMU_OUTPUTMASK_GYRO     0x04
#define IMU_OUTPUTMASK_MAG      0x08
#define IMU_OUTPUTMASK_TEMPTC    0x10
#define IMU_OUTPUTMASK_BATT     0x20
#define IMU_OUTPUTMASK_STS      0x40
#define IMU_OUTPUTMASK_TIME     0x80

```

```

unsigned short int const CRC16Table[256] =
{

```

```

    0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
    0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
    0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCFC1, 0xCE81, 0x0E40,
    0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
    0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
    0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
    0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
    0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
    0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
    0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
    0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
    0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
    0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
    0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
    0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
    0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
    0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
    0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,

```

```

0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,
0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x59C0, 0x5880, 0x9841,
0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040
};

unsigned short int CRC16_Check(unsigned char *p, unsigned short int length)
{
    unsigned short int checksum = 0;
    for( ; length > 0; length-- )
    {
        checksum = ( checksum >> 8 ) ^ CRC16Table[ (checksum&0xFF) ^ *p ];
        p++;
    }
    return checksum;
}

typedef union
{
    float ft32_data;
    uint8_t u8_data[4];
}ft32_Type;

void IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(uint8_t *p8, float f32) // float to u8
{
    ft32_Type ft32_value;
    uint8_t i;
    ft32_value.ft32_data = f32;
    for(i = 0; i<4; i++)
    {
        p8[i]=ft32_value.u8_data[i];
    }
}

void AH100B_BLE_AutoOut(uint8_t mask)
{
    unsigned short int checksum, index=0;

    BLE_Nus_Txd_Buf[0] = 'T';
    BLE_Nus_Txd_Buf[1] = 'M';
    BLE_Nus_Txd_Buf[2] = 0x0F;
    BLE_Nus_Txd_Buf[3] = 0x01;

    BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] = mask;
    index++;
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_EULER)
    {
        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, cr);
    }
}

```

```

        index += 4;
        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, cp);
        index += 4;
        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, ch);
        index += 4;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_ACCEL)
    {
        if(userConfig.accelOutType == 0){
            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.absnrzi);
            index += 4;
            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.absnpzi);
            index += 4;
            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.absnzzi);
            index += 4;
        }else{
            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(    BLE_Nus_Txd_Buf+6+index,
imuData.obj_AC_x);
            index += 4;
            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(    BLE_Nus_Txd_Buf+6+index,
imuData.obj_AC_z);
            index += 4;

            IMU_Ft32_To_Int8_UnPack( BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, -imuData.obj_AC_y);
            index += 4;
        }
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_GYRO)
    {

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.tempgroyxx);
        index += 4;

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.tempgroyyy);
        index += 4;

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.tempgroyzz);
        index += 4;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_MAG)
    {

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, magicData.Xraw);
        index += 4;

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, magicData.Yraw);
        index += 4;

        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, magicData.Zraw);
        index += 4;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_TEMPTC)
    {
        IMU_Ft32_To_Int8_UnPack(BLE_Nus_Txd_Buf+6+index, imuData.tc);
        index += 4;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_BATT)
    {

```

```

        BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] = imuData.batVol;
        index++;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_STS)
    {
        BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] = facConfig.fixed_Mode<<4;
        if(b_MMCSts==1){BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] |= 0x08;}
        if(b_limSts==1){BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] |= 0x04;}
        BLE_Nus_Txd_Buf[6+index]=facConfig.navMode;
        index++;
    }
    if(mask&IMU_OUTPUTMASK_TIME)
    {
        *((uint32_t *)&BLE_Nus_Txd_Buf[6+index]) = elapsedTime;
        index+=4;
    }
    BLE_Nus_Txd_Buf[4] = index;
    BLE_Nus_Txd_Buf[5] = index>>8;

    checksum = CRC16_Check(BLE_Nus_Txd_Buf+2, 4+index);
    BLE_Nus_Txd_Buf[6+index] = checksum&0x00FF;
    BLE_Nus_Txd_Buf[7+index] = checksum>>8;
    BLE_Nus_Transmit_Enable(BLE_Nus_Txd_Buf,index+8);
}

```

## 附录 B: 数据解析例程

```
unsigned char GetAH100BMapData(unsigned char *pxdata)
```

```

{
    unsigned char map, datalen = 0;
    map = pxdata[0];
    datalen++;
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_EULER)
    {
        imuData.phi = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.theta = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.psi = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_ACCEL)
    {
        imuData.accx = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.accy = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.accz = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_GYRO)
    {
        imuData.groyx = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.groyy = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.groyz = *((float *)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
}

```

```

    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_MAG)
    {
        imuData.magx = *((float*)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.magy = *((float*)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
        imuData.magz = *((float*)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_TEMPTC)
    {
        imuData.imu_tc = *((float*)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_BATT)
    {
        imuData.batvol = *(pxdata + datalen);
        datalen += 1;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_STS)
    {
        imuData.imuStatus = *(pxdata + datalen);
        datalen += 1;
    }
    if (map&IMU_OUTPUTMASK_TIME)
    {
        imuData.elapsedtime = *((unsigned int*)(pxdata + datalen));
        datalen += 4;
    }
    return datalen;
}
void AH100B_Command_Check(unsigned char *pxdata)
{
    unsigned char ahrs_class, ahrs_id, map, temp;
    unsigned short cmd_length;
    CEdit *pedit;
    float ppfloat;
    CString str1;

    ahrs_class = *pxdata;
    ahrs_id = *(pxdata + 1);
    temp = *(pxdata + 2);
    cmd_length = *(pxdata + 3);
    cmd_length <= 8;
    cmd_length |= temp;

    if (ahrs_class == 0x0F)
    {
        switch (ahrs_id)
        {
            case 0x01:
            {
                map = *(pxdata + 4);
                if (map != 0)
                {
                    if (cmd_length != GetAH100BMapData(pxdata + 4))
                    {

```

```

        }
        }
        break;
    }
    Default:
        Break;
    }
}

}

Void main(viod)
{
    If(b_FrameRec == 1)
    {
        AH100B_Command_Check(frameAH100BPack.Usart_Rxd_Buf + 2);
    }
}

```

#### 附录 C: 手动陀螺零偏清除

Step1: 将 IMU 静置, 发送手动陀螺零偏清除开始命令:

手动陀螺零偏清除开始

TX: 54 4D 0F 06 01 00 01 C4 89

RX: 54 4D 0F 06 00 00 E3 15

Step2: 等待 5 秒钟, 查询当前手动陀螺零偏清除状态,

查询手动陀螺零偏清除状态

TX: 54 4D 0F 86 00 00 E2 FD

RX: 54 4D 0F 86 01 00 01 ED 49 返回值为 01, 手动陀螺零偏进行中。

继续查询, 直到以下回复返回值为 00, 说明手动陀螺零偏结束。

TX: 54 4D 0F 86 00 00 E2 FD

RX: 54 4D 0F 86 01 00 00 2C 89

手动陀螺零偏清除已结束。

Step3: 保存陀螺零偏

TX: 54 4D 0F 07 01 00 0A 84 B2

RX: 54 4D 0F 07 00 00 B2 D5

#### 附录 D: AHRS 模式下的磁场水平与垂直旋转校准