

### 主要特点

- 3.4-12V 电源输入
- 三轴振动位移微米级精度输出
- 三轴振动速度毫米级精度输出
- 三轴振动加速度输出
- 三轴振动频率输出
- 最高 20Hz 振动数据输出
- 最高 3333Hz 实时三轴加速度数据输出
- 串行全双工 460800bit, UART 从模块接口
- 一个可编程中断, 支持振动事件检测
- 无铅符合 ROHS 标准



### 应用场景

- 工业 4.0 生产系统中的应用
- 新能源设备运行环境中的应用
- 运输货物中的应用
- 汽车部件自检中的应用
- 动力仓中的应用
- 家用电器中的应用
- 道路桥梁中的应用

# 产品概述

MMV412C 适应于各类工业振动环境，通过对机器或结构的工作进行振动状态监测、故障诊断、环境控制、等级评定，测量机器或结构的受迫振动程度来获得被测对象的动态性能，如固有频率、阻尼、响应、模态等信息，找出薄弱环节，改进设计以提高机器或结构的抗振能力，或通过隔振处理改善机械的工作环境和性能。

MMV412C 提供全双工串口通信模式，基于自定义通信协议，支持命令接收和数据上报。内置中断功能可以根据参数配置及时触发响应。

衡量一个振动行为有三种指标：振动位移，振动速度，振动加速度。

MMV412C 以自定义协议的方式输出振动频率、位移、速度、加速度的算法模式，或实时加速度模式。

## 目录

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 1     | 硬件引脚定义.....      | 5  |
| 2     | 功能和电气规范.....     | 5  |
| 2.1   | 功能特性.....        | 5  |
| 2.2   | 电气特性.....        | 6  |
| 2.3   | 温度最大额定参数.....    | 6  |
| 3     | 串口数据格式.....      | 7  |
| 3.1   | 串口传输参数设定.....    | 7  |
| 3.2   | 数据格式.....        | 7  |
| 3.2.1 | 命令格式定义.....      | 7  |
| 3.3   | 详细命令表.....       | 8  |
| 3.3.1 | 算法功能使能.....      | 8  |
| 3.3.2 | 使能振动信息上报.....    | 8  |
| 3.3.3 | 上传实例：四选一.....    | 10 |
| 3.3.4 | 上传实例：四选二.....    | 10 |
| 3.3.5 | 上传实例：实时加速度.....  | 11 |
| 3.3.6 | 关闭振动信息上报.....    | 11 |
| 3.3.7 | 打开中断（只用于算法）..... | 12 |
| 3.3.8 | 关闭中断.....        | 12 |
| 3.3.9 | 中断信息读取.....      | 13 |
| 4     | 外形尺寸和封装.....     | 14 |
| 4.1   | 封装信息.....        | 14 |
| 4.2   | 输出数据解析 C 语言..... | 15 |
| 5     | 修订历史.....        | 16 |

## 图形目录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 图 1 模块引脚图.....       | 5  |
| 图 2 机械结构和封装尺寸描述..... | 14 |

## 表格目录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 表格 1 硬件引脚推荐连接方式..... | 5  |
| 表格 2 功能特性.....       | 5  |
| 表格 3 电气特性.....       | 6  |
| 表格 4 温度最大额定参数.....   | 6  |
| 表格 5 串口传输协议参数.....   | 7  |
| 表格 6 串口命令读写模式.....   | 7  |
| 表格 7 文档修订清单.....     | 16 |

# 1 硬件引脚定义

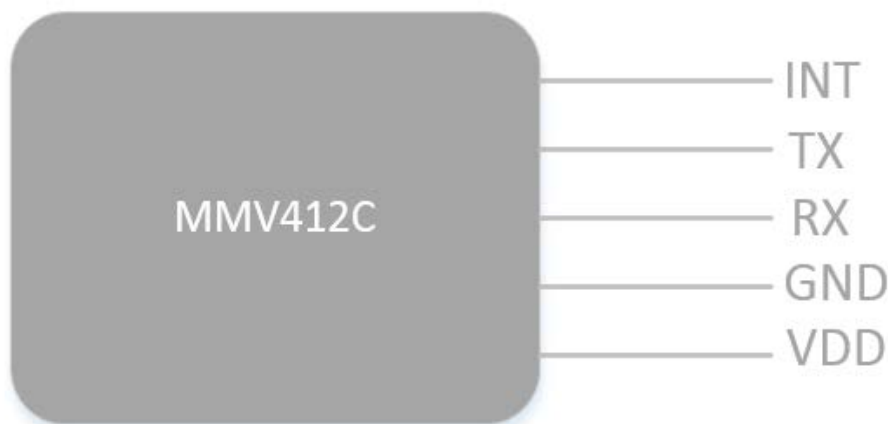


图 1 模块引脚图

表格 1 硬件引脚推荐连接方式

| 引脚序列 | 名称  | 线色 | 功能描述             |
|------|-----|----|------------------|
| 1    | INT | 蓝  | 中断脚，本版本中未引出，无法使用 |
| 2    | TX  | 灰  | 数据发送脚            |
| 3    | RX  | 褐  | 数据接收脚            |
| 4    | GND | 黑  | 接地脚              |
| 5    | VDD | 黄  | 电源脚              |

## 2 功能和电气规范

### 2.1 功能特性

VDD =5 V, T = 25 °C 标准测试环境，除非另有标注

表格 2 功能特性

| 参数          | 测试条件 | 最小值 | 典型    | 最大值    | 单位          |
|-------------|------|-----|-------|--------|-------------|
| 灵敏度         |      |     | 0.488 |        | mg/LSB      |
| 0-g 偏移      |      |     | ±60   |        | mg          |
| 噪声密度        |      |     | 110   |        | ug/sqrt(Hz) |
| 振幅测量范围（峰峰值） |      | 0   |       | 65.535 | mm          |
| 速度测量范围（峰值）  |      | 0   |       | 1000.0 | mm/s        |

|             |  |     |       |      |    |
|-------------|--|-----|-------|------|----|
| 加速度测量范围（峰值） |  | 0   |       | 16   | g  |
| 振动频率范围      |  | 1   |       | 1300 | Hz |
| 频谱分辨率       |  |     | 0.814 |      | Hz |
| 上报频率        |  | 0   |       | 20   | Hz |
| 实时加速度测量范围   |  | -16 |       | 16   | g  |
| 实时加速度上报频率   |  | 104 |       | 3333 | Hz |

## 2.2 电气特性

表格 3 电气特性

| 符号            | 参数          | 测试条件               | 最小值    | 典型  | 最大值    | 单位 |
|---------------|-------------|--------------------|--------|-----|--------|----|
| VDD           | 电源电压        |                    | 3.4    | 5   | 12     | V  |
| IDD           | 正常工作通信模式下功耗 | Top=25°C<br>VDD=5V |        | 55  | 70     | mA |
| VIH           | 数字输入高对应电压   |                    | 0.7VDD |     | VDD    | V  |
| VIL           | 数字输入低对应电压   |                    | 0      |     | 0.3VDD | V  |
| VOH           | 数字输出高对应电压   |                    |        | VDD |        | V  |
| VOL           | 数字输出低对应电压   |                    |        | 0   |        | V  |
| Start-up time | 启动时间        |                    |        |     | 1000   | ms |

## 2.3 温度最大额定参数

环境温度高于下列表格中“绝对最大额定参数”可能会造成永久性损坏设备。这仅仅是存储或运输环境的温度等级，运行情况下温度也必须严格遵守下列表格中参数。长时间接触最大额定值条件可能影响设备的可靠性。

表格 4 温度最大额定参数

| 参数   | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------|------|-----|-----|----|
| 贮存温度 |      | -45 | 125 | °C |
| 操作温度 |      | -40 | 85  | °C |

## 3 串口数据格式

### 3.1 串口传输参数设定

表格 5 串口传输协议参数

| 电平类型 | 波特率    | 数据位  | 校验位  | 停止位  | 硬件流控制 |
|------|--------|------|------|------|-------|
| TTL  | 460800 | 8Bit | None | 1Bit | None  |

### 3.2 数据格式

MMV412C 提供振动频率、振动位移，振动速度，振动加速度数据。

#### 3.2.1 命令格式定义

表格 6 串口命令读写模式

| 读写模式 |      |         |        |                          |
|------|------|---------|--------|--------------------------|
| 数据传输 | 序号   | 定义      | 取值范围   | 说明                       |
| 主→从  | 0    | 命令头字节   | 00-FFH | 命令头字节 1                  |
|      | 1    | 命令头字节   | 00-FFH | 命令头字节 2                  |
|      | 2    | 命令长度    | 00-FFH | 从序号 0 到序号 3+2N 的数据个数     |
|      | 3    | 命令字节 1  | 00-FFH | 写入从机的命令数据                |
|      | 2+N  | 命令字节 N  | 00-FFH |                          |
|      | 3+N  | 数据 1    | 00-FFH | 写入从机的数据，共 N 个            |
|      | 2+2N | 数据 N    | 00-FFH |                          |
|      | 3+2N | CRC 校验位 | 00-FFH | 从序号 0 到序号 2+2N 的 8 位 CRC |
| 从→主  | 0    | 命令头字节   | 00-FFH | 同上序号 0                   |
|      | 1    | 命令头字节   | 00-FFH | 同上序号 1                   |
|      | 2    | 命令长度    | 00-FFH | 从序号 0 到序号 3+2N 的数据个数     |
|      | 3    | 命令字节 1  | 00-FFH | 从机反馈的命令数据                |
|      | 2+N  | 命令字节 N  | 00-FFH |                          |
|      | 3+N  | 数据 1    | 00-FFH | 从机反馈的数据，共 N 个            |
|      | 2+2N | 数据 N    | 00-FFH |                          |
|      | 3+2N | CRC 校验位 | 00-FFH | 从序号 0 到序号 2+2N 的 8 位 CRC |

### 3.3 详细命令表

#### 3.3.1 算法功能使能

| 数据传输 | 序号  | 定义   | 说明   |
|------|-----|------|--|
| 主→从  | 0   | 0xFF | 命令头字节 1  |
|      | 1   | 0xFE | 命令头字节 2  |
|      | 2   | 0x07 | 命令长度   |
|      | 3   | 0xAE | 上报设置   |
|      | 4   | 0x01 | 打开   |
|      | 5   | 0xFF | 检测类型 (bit-0 位移, bit-1 速度, bit-2 加速度, bit-3 频率) |
|      | 6   | CRC  | CRC  |
| 从→主  | 0   | 0xFF | 命令头字节 1  |
|      | 1   | 0xFE | 命令头字节 2  |
|      | 2   | 0x06 | 命令长度   |
|      | 3   | 0xAE | 开关设置   |
|      | 4   | 0x01 | 打开标志   |
|      | 5   | 0xB2 | CRC  |
| 例如:  | 主→从 |      | FF FE 07 AE 01 0F C2                           |
|      | 从→主 |      | FF FE 06 AE 01 B2                              |

#### 3.3.2 使能振动信息上报

| 数据传输 | 序号 | 定义   | 说明  |
|------|----|------|---|
| 主→从  | 0  | 0xFF | 命令头字节 1   |
|      | 1  | 0xFE | 命令头字节 2   |
|      | 2  | 0x07 | 命令长度  |
|      | 3  | 0xAA | 上报设置  |
|      | 4  | 0x01 | 打开  |
|      | 5  | 0xFF | <p>振动信息包括算法数据和裸数据，同一时刻支持一类数据上传，当上传算法数据时，必须先使能算法功能。</p> <p>算法数据（位移、速度、加速度、频率）上传频率：</p> <p>0x01: 1Hz<br/>0x02: 2Hz<br/>0x05: 5Hz<br/>0x0A: 10Hz<br/>0x14: 20Hz</p> <p>裸数据（实时三轴加速度裸数据）上传频率：</p> <p>0xFA: 104Hz<br/>0xFB: 208Hz<br/>0xFC: 416Hz<br/>0xFD: 833Hz</p> |



|     |     |                |  |
|-----|-----|----------------|--|
|     |     |                | 0xFE: 1666Hz<br>0xFF: 3333Hz   |
|     | 6   | CRC            | CRC  |
| 从→主 |     |                |  |
| 从→主 | 0   | 0xFF           | 命令头字节 1  |
|     | 1   | 0xFE           | 命令头字节 2  |
|     | 2   | 0x06           | 命令长度   |
|     | 3   | 0xAA           | 上报设置   |
|     | 4   | 0x01           | 打开标志   |
|     | 5   | 0xAE           | CRC  |
| 从→主 |     |                |  |
| 从→主 | 0   | 0xFF           | 命令头字节 1  |
|     | 1   | 0xFE           | 命令头字节 2  |
|     | 2   | 0xFF           | 命令长度 12/18/24/30   |
|     | 3   | 0xDD           | 数据上传   |
|     | 4   | 0xFF           | 检测类型 (bit-0 位移, bit-1 速度, bit-2 加速度, bit-3 频率)   |
|     | 5   | X_LSB(D/V/A/F) | 回传数据 (顺序->位移 速度 加速度 频率):<br>short 型<br>位移时单位 um (1mm=1000um)<br>速度时单位 mm/s<br>加速度时单位 0.01m/s <sup>2</sup> , 实时加速度单位为 mg, 实时加速度峰值<br>单位为 0.01m/s <sup>2</sup><br>频率时单位 Hz<br>运行算法时 5-28 字节不是必须的, 详见表 3.3.3 和表 3.3.4 举例,<br>也可四选三或全选。<br>上报实时数据时只有 5-10 字节, 详见表 3.3.5 举例 |
|     | 6   | X_MSB(D/V/A/F) |  |
|     | 7   | Y_LSB(D/V/A/F) |  |
|     | 8   | Y_MSB(D/V/A/F) |  |
|     | 9   | Z_LSB(D/V/A/F) |  |
|     | 10  | Z_MSB(D/V/A/F) |  |
|     | 11  | X_LSB(V/A/F)   |  |
|     | 12  | X_MSB(V/A/F)   |  |
|     | 13  | Y_LSB(V/A/F)   |  |
|     | 14  | Y_MSB(V/A/F)   |  |
|     | 15  | Z_LSB(V/A/F)   |  |
|     | 16  | Z_MSB(V/A/F)   |  |
|     | 17  | X_LSB(A/F)     |  |
|     | 18  | X_MSB(A/F)     |  |
|     | 19  | Y_LSB(A/F)     |  |
|     | 20  | Y_MSB(A/F)     |  |
|     | 21  | Z_LSB(A/F)     |  |
|     | 22  | Z_MSB(A/F)     |  |
|     | 23  | X_LSB(F)       |  |
|     | 24  | X_MSB(F)       |  |
|     | 25  | Y_LSB(F)       |  |
|     | 26  | Y_MSB(F)       |  |
|     | 27  | Z_LSB(F)       |  |
|     | 28  | Z_MSB(F)       |  |
| 29  | CRC | CRC            |  |

## 3.3.3 上传实例：四选一

|     |     |          |                                      |
|-----|-----|----------|--------------------------------------|
| 从→主 | 0   | 0xFF     | 命令头字节 1                              |
|     | 1   | 0xFE     | 命令头字节 2                              |
|     | 2   | 0x0C     | 命令长度 12                              |
|     | 3   | 0xDD     | 数据上传                                 |
|     | 4   | 0x02     | 检测类型 (bit-1 速度)                      |
|     | 5   | X_LSB(V) | 回传数据 (速度) :<br>short 型<br>速度时单位 mm/s |
|     | 6   | X_MSB(V) |                                      |
|     | 7   | Y_LSB(V) |                                      |
|     | 8   | Y_MSB(V) |                                      |
|     | 9   | Z_LSB(V) |                                      |
|     | 10  | Z_MSB(V) |                                      |
| 11  | CRC |          |                                      |
| 例如: | 主→从 |          | FF FE 07 AA 01 05 B4                 |
|     | 从→主 |          | FF FE 06 AA 01 AE                    |
|     | 从→主 |          | FF FE 0C DD 02 00 72 04 00 00 82 A9  |

## 3.3.4 上传实例：四选二

|     |     |          |   |   |
|-----|-----|----------|---|---|
| 从→主 | 0   | 0xFF     | 命令头字节 1   |   |
|     | 1   | 0xFE     | 命令头字节 2   |   |
|     | 2   | 0x12     | 命令长度 18   |   |
|     | 3   | 0xDD     | 数据上传  |   |
|     | 4   | 0x05     | 检测类型 (bit-0 位移 bit-2 加速度)   |   |
|     | 5   | X_LSB(D) | 回传数据 (顺序 (位移 加速度)) :<br>short 型<br>位移时单位 um (1mm=1000um)<br>加速度时单位 0.01m/s <sup>2</sup> |   |
|     | 6   | X_MSB(D) |   |   |
|     | 7   | Y_LSB(D) |   |   |
|     | 8   | Y_MSB(D) |   |   |
|     | 9   | Z_LSB(D) |   |   |
|     | 10  | Z_MSB(D) |   |   |
|     | 11  | X_LSB(A) |   |   |
|     | 12  | X_MSB(A) |   |   |
|     | 13  | Y_LSB(A) |   |   |
|     | 14  | Y_MSB(A) |   |   |
|     | 15  | Z_LSB(A) |   |   |
|     | 16  | Z_MSB(A) |   |   |
| 17  | CRC |          |   |   |
| 例如: | 主→从 |          |   | FF FE 07 AA 01 05 B4                                  |
|     | 从→主 |          |   | FF FE 06 AA 01 AE                                     |
|     | 从→主 |          |   | FF FE 12 DD 05 00 72 04 00 00 82 00 52 05 00 12 21 73 |

## 3.3.5 上传实例：实时加速度

|     |     |       |  |
|-----|-----|-------|--|
| 从→主 | 0   | 0xFF  | 命令头字节 1  |
|     | 1   | 0xFE  | 命令头字节 2  |
|     | 2   | 0x0C  | 命令长度 12  |
|     | 3   | 0xDD  | 数据上传   |
|     | 4   | 0x04  | 检测类型 (bit-2 加速度)   |
|     | 5   | X_LSB | 回传数据：实时加速度或峰值<br>short 型<br>首位为符号位<br>单位 mg 或 0.01m/s <sup>2</sup> |
|     | 6   | X_MSB |  |
|     | 7   | Y_LSB |  |
|     | 8   | Y_MSB |  |
|     | 9   | Z_LSB |  |
|     | 10  | Z_MSB |  |
| 11  | CRC |       |  |
| 例如： | 主→从 |       | FF FE 07 AA 01 FF AE (3333Hz 频率上报)                                 |
|     | 从→主 |       | FF FE 06 AA 01 AE  |
|     | 从→主 |       | F FE 0C DD 04 55 00 EC 01 76 FC 9E                                 |

## 3.3.6 关闭振动信息上报

| 数据传输 | 序号  | 定义   | 说明                |
|------|-----|------|-------------------|
| 主→从  | 0   | 0xFF | 命令头字节 1           |
|      | 1   | 0xFE | 命令头字节 2           |
|      | 2   | 0x06 | 命令长度              |
|      | 3   | 0xAA | 上报设置              |
|      | 4   | 0x02 | 关闭                |
|      | 5   | 0xAF | CRC               |
| 从→主  | 0   | 0xFF | 命令头字节 1           |
|      | 1   | 0xFE | 命令头字节 2           |
|      | 2   | 0x06 | 命令长度              |
|      | 3   | 0xAA | 上报设置              |
|      | 4   | 0x02 | 关闭标志              |
|      | 5   | 0xAF | CRC               |
| 例如：  | 主→从 |      | FF FE 06 AA 02 AF |
|      | 从→主 |      | FF FE 06 AA 02 AF |

## 3.3.7 打开中断（只用于算法）

| 数据传输 | 序号  | 定义    | 说明  |
|------|-----|-------|---|
| 主→从  | 0   | 0xFF  | 命令头字节 1   |
|      | 1   | 0xFE  | 命令头字节 2   |
|      | 2   | 0x0D  | 命令长度  |
|      | 3   | 0xBB  | 中断设置  |
|      | 4   | 0x01  | 打开  |
|      | 5   | 0xXX  | 阈值类型：1-位移 2-速度 3-加速度 4-频率   |
|      | 6   | X_LSB | short 型<br>位移时单位 um (1mm=1000um)<br>速度时单位 mm/s<br>加速度时单位 0.01m/s <sup>2</sup><br>频率时单位 Hz |
|      | 7   | X_MSB |   |
|      | 8   | Y_LSB |   |
|      | 9   | Y_MSB |   |
|      | 10  | Z_LSB |   |
|      | 11  | Z_MSB |   |
|      | 12  | CRC   | CRC   |
| 从→主  | 0   | 0xFF  | 命令头字节 1   |
|      | 1   | 0xFE  | 命令头字节 2   |
|      | 2   | 0x06  | 命令长度  |
|      | 3   | 0xBB  | 中断设置  |
|      | 4   | 0x01  | 打开标志  |
|      | 5   | 0xBF  | CRC   |
| 例如：  | 主→从 |       | FF FE 0D BB 01 01 28 01 50 02 A0 04 E6  |
|      | 从→主 |       | FF FE 06 BB 01 BF   |

## 3.3.8 关闭中断

| 数据传输 | 序号 | 定义   | 说明      |
|------|----|------|---------|
| 主→从  | 0  | 0xFF | 命令头字节 1 |
|      | 1  | 0xFE | 命令头字节 2 |
|      | 2  | 0x06 | 命令长度    |
|      | 3  | 0xBB | 中断设置    |
|      | 4  | 0x02 | 关闭      |
|      | 5  | 0xC0 | CRC     |
| 从→主  | 0  | 0xFF | 命令头字节 1 |
|      | 1  | 0xFE | 命令头字节 2 |
|      | 2  | 0x06 | 命令长度    |
|      | 3  | 0xBB | 中断设置    |
|      | 4  | 0x02 | 关闭标志    |
|      | 5  | 0xC0 | CRC     |

|     |     |                   |
|-----|-----|-------------------|
| 例如: | 主→从 | FF FE 06 BB 02 C0 |
|     | 从→主 | FF FE 06 BB 02 C0 |

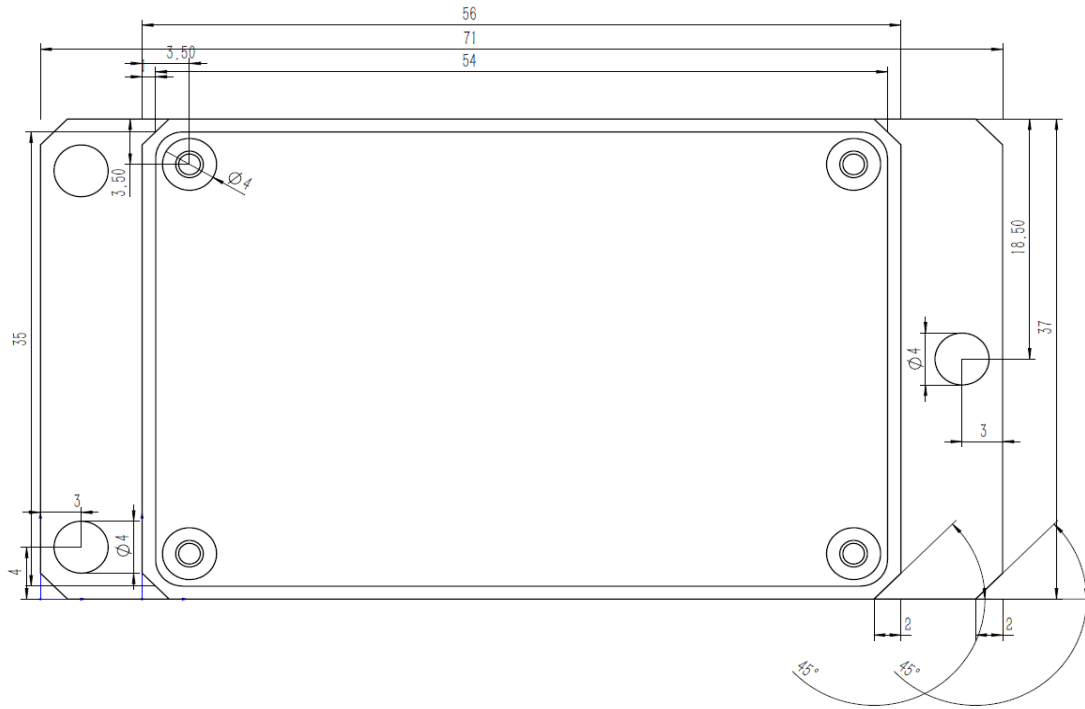
### 3.3.9 中断信息读取

| 数据传输 | 序号                  | 定义                   | 说明  |
|------|---------------------|----------------------|---|
| 主→从  | 0                   | 0xFF                 | 命令头字节 1   |
|      | 1                   | 0xFE                 | 命令头字节 2   |
|      | 2                   | 0x05                 | 命令长度  |
|      | 3                   | 0xCC                 | 中断信息获取  |
|      | 4                   | 0xCE                 | CRC   |
| 从→主  | 0                   | 0xFF                 | 命令头字节 1   |
|      | 1                   | 0xFE                 | 命令头字节 2   |
|      | 2                   | 0XX                  | 命令长度 6/7/8/9/10   |
|      | 3                   | 0xCC                 | 中断信息获取  |
|      | 4                   | 0XX                  | 中断类型, bit-0 位移, bit-1 速度, bit-2 加速度, bit-3 频率                                 |
|      | 5                   | 0XX(D/V/A/F)         | 5-8 字节不是必须的, 由中断类型 (位移 速度 加速度 频率) 决定。<br>产生中断的轴: Bit0-X 轴, Bit1-Y 轴, Bit2-Z 轴 |
|      | 6                   | 0XX(V/A/F)           |   |
|      | 7                   | 0XX(A/F)             |   |
|      | 8                   | 0XX(F)               |   |
|      | 9                   | CRC                  | CRC   |
| 例如:  | 主→从                 | FF FE 05 CC CE       |   |
|      | 从→主                 | FF FE 07 CC 01 03 D4 |   |
| 注意:  | 当 INT 引脚产生中断时, 主机读取 |                      |   |

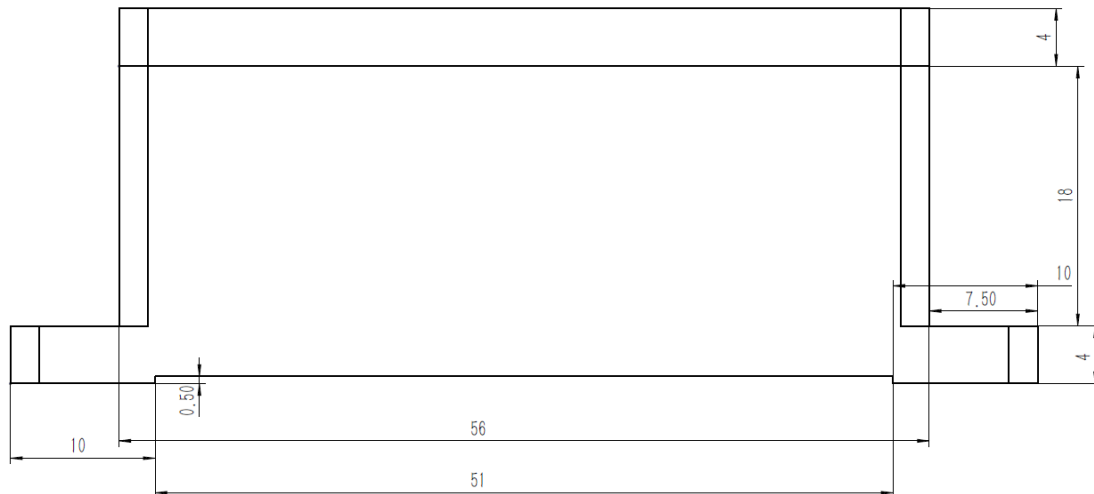
## 4 外形尺寸和封装

### 4.1 封装信息

产品尺寸：L71\*W37\*H26 (mm)



俯视图



侧视图

图 2 机械结构和封装尺寸描述

## 4.2 输出数据解析 C 语言

```
extern int16_t gX_acc;
extern int16_t gY_acc;
extern int16_t gZ_acc;

unsigned char calc_information_crc_u(unsigned char *transfer_buffer, unsigned char len) {
    int ki;
    unsigned char temp_dat = 0;

    for (ki = 0; ki < len; ki++) {
        temp_dat += *(transfer_buffer + ki);
    }

    return temp_dat;
}

bool parse_data(uint8_t *data_string) {
    int16_t x_acc, y_acc, z_acc;
    uint16_t check_sum, length_t;
    //Verify packet heading information
    if (data_string[0] != 0xFF && data_string[1] != 0xFE && data_string[3] != 0xDD) {
        printf("Data heading error");
        return false;
    }
    length_t = data_string[2];
    check_sum = calc_information_crc_u(data_string, length_t-1);

    if (data_string[length_t-1] != (check_sum & 0xFF)) {
        printf("CRC error");
        return false;
    }

    //Assemble data,if only Acc
    x_acc = (int16_t)((data_string[5] & 0xFF) | (data_string[6] << 8));
    y_acc = (int16_t)((data_string[7] & 0xFF) | (data_string[8] << 8));
    z_acc = (int16_t)((data_string[9] & 0xFF) | (data_string[10] << 8));

    //Scale and store data
    gX_acc = x_acc;
    gY_acc = y_acc;
    gZ_acc = z_acc;
    return true;
}
```

## 5 修订历史

表格 7 文档修订清单

| 日期         | 版本  | 注释                         |
|------------|-----|----------------------------|
| 2018-11-20 | 0.1 | 初始版本                       |
| 2019-01-14 | 0.2 | 命令形式选择检测类型、频率检测添加          |
| 2019-01-31 | 0.3 | 添加低功耗模式                    |
| 2019-06-06 | 1.0 | 文档结构调整，错误修改                |
| 2019-06-06 | 1.1 | 增加实时加速度数据输出指令，变更波特率为460800 |
| 2020-09-16 | 1.2 | 增加实时加速度峰值输出指令，提高灵敏度        |