

# DETA10T使用手册

---

RTK倾斜测量版本

版本: V23.1014

安徽飞迪航空科技有限公司

# FDILink - User guide

## 目录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1. 技术规格参数 .....         | 2  |
| 1.1 传感器参数 .....         | 2  |
| 1.2 性能规格 .....          | 2  |
| 2. 硬件使用说明 .....         | 3  |
| 2.1 引脚描述 .....          | 3  |
| 2.2 电路设计 .....          | 4  |
| 2.3 外形尺寸 .....          | 4  |
| 3. 数据协议与串口指令说明 .....    | 5  |
| 3.1 NAVI 惯性定位数据协议 ..... | 5  |
| 3.2 状态字STATUS说明 .....   | 6  |
| 3.3 配置指令集 .....         | 7  |
| 3.4 配置指令集概览 .....       | 7  |
| 3.5 指令详细说明 .....        | 7  |
| 4. 安装角校准说明 .....        | 10 |
| 4.1 校准目的 .....          | 10 |
| 4.2 报文协议 .....          | 10 |
| 4.3 校准前提条件 .....        | 10 |
| 4.4具体示例 .....           | 11 |
| 5. 倾斜测量使用流程 .....       | 12 |

# 1. 技术规格参数

## 1.1 传感器参数

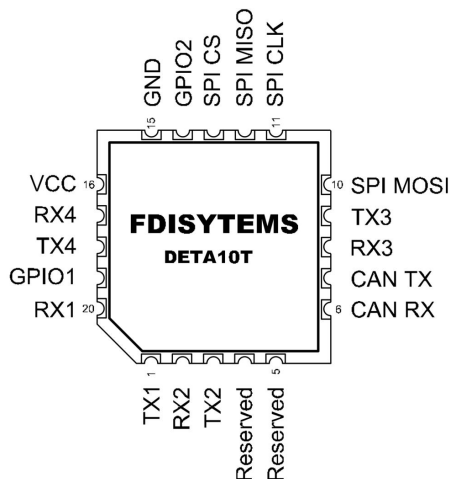
| 参数     | 加速度计       | 陀螺仪                     | 磁力计            |
|--------|------------|-------------------------|----------------|
| 量程     | ±16 g      | ±2000 °/s ,<br>±400 °/s | ±1000uT        |
| 刻度因子误差 | 300ppm     | 1,000 ppm               | -              |
| 零偏不稳定性 | 40ug       | < 10 °/hr               | -              |
| 线性度    | < 0.1 % FS | < 0.1 % FS              | 0.1 % FS       |
| 噪声密度   | 75µg/√Hz   | 0.0028°/s /√Hz          | 140 µGauss/√Hz |
| 带宽     | 500 Hz     | 500 Hz                  | 400 Hz         |
| 正交性误差  | ±0.05 °    | ±0.05 °                 | ±0.1 °         |

## 1.2 性能规格

| 参数               | 典型值           |
|------------------|---------------|
| 俯仰/横滚精度          | 0.1 °         |
| 航向精度             | 0.5 °         |
| 俯仰/横滚精度(RTK组合导航) | 0.05 °        |
| 航向精度 (RTK组合导航)   | 0.2 °         |
| 倾斜测量精度           | 2cm (倾角<30° ) |
| 初始化方法            | 摇一摇、走直线       |
| 倾斜测量初始化时间        | 1-3s          |
| 传感器原始数据输出速率      | 最高 400 Hz     |
| 导航数据输出速率         | 最高 200 Hz     |
| 安装角误差估计          | 支持            |

## 2. 硬件使用说明

### 2.1 引脚描述



| 管脚号 | I/O | 名称       | 描述                          |
|-----|-----|----------|-----------------------------|
| 1   | O   | TX1      | UART1发送, TTL电平, 默认921600bps |
| 2   | I   | RX2      | UART2接收, TTL电平, 暂时不用        |
| 3   | O   | TX2      | UART2发送, TTL电平, 暂时不用        |
| 4,5 | /   | Reserved | 保留无需连接                      |
| 6   | I   | CAN RX   | CAN 总线接收                    |
| 7   | O   | CAN TX   | CAN 总线发送                    |
| 8   | I   | RX3      | UART3 接收, TTL电平, 外部设备数据     |
| 9   | O   | TX3      | UART3 发送, TTL电平, 外部设备数据     |
| 10  | I   | SPI MOSI | SPI 总线输入, 主机模式/从机模式待开放      |
| 11  | I   | SPI SCK  | SPI 时钟, 主机模式/从机模式待开放        |
| 12  | O   | SPI MISO | SPI 总线输出, 主机模式/从机模式待开放      |
| 13  | I   | SPI CS   | SPI 使能, 主机模式/从机模式待开放        |
| 14  | IO  | GPIO2    | 可编程通用输入输出 PPS/IO            |
| 15  | /   | GND      | 电源地                         |
| 16  | /   | VCC      | 3.3v直流电源                    |
| 17  | I   | RX4      | UART4接收, TTL电平, 默认921600bps |
| 18  | O   | TX4      | UART4发送, TTL电平, 默认921600bps |
| 19  | IO  | GPIO1    | 可编程通用输入输出 PPS/IO            |

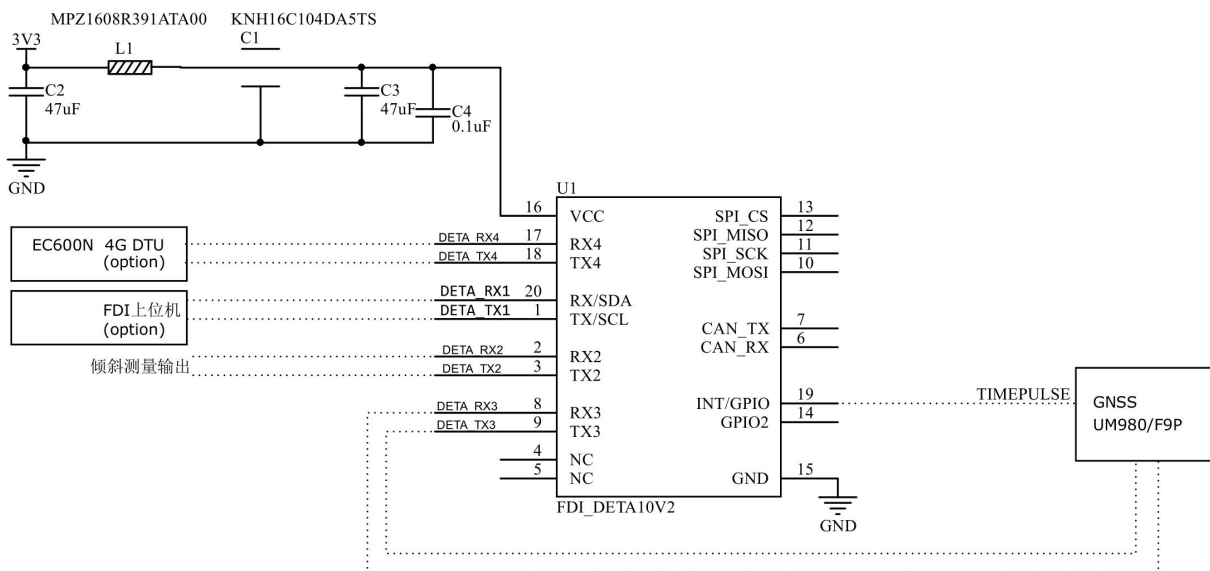
|    |   |     |                             |
|----|---|-----|-----------------------------|
| 20 | I | RX1 | UART1接收, TTL电平, 默认921600bps |
|----|---|-----|-----------------------------|

## 2.2 电路设计

DETA10T模组（不含EVB底板）能够容忍的电压是 $\pm 3.6V$ ，工作电压范围是 $1.8V-3.6V$ ，一般使用 $3.3V$   $200mA$ （或更大）的LDO电源供电，设计滤波电路保证良好的电源质量，所有对外接口请尽量设计ESD防护，以免设备损坏。

电源 EMI设计：

传感器电路需要电源具有更低的噪声, 建议通过低噪声LDO提供 $3V3$ 的电源，后续可以采用如下的EMI 静噪滤波器电路设计。C1是三端滤波器和L1以及G2、C3（不小于 $22\mu F$ ）组成滤波组合，layout时尽量将这几个元件靠近放置，去耦电容C4尽量靠近DETA10放置，减小环路面积。



## GNSS应用电路参考设计

### 2.3 外形尺寸

DETA10T模组标准PLCC20 封装支持SMT工艺， $9.5mm \times 9.5mm \times 2.5mm$ ，重量约为  $1g$ 。

## 3. 数据协议与串口指令说明

### 3.1 NAVI 惯性定位数据协议

DETA10T模组输出的 NAVI 惯性定位数据是 MEMS 数据和 GNSS 数据的融合定位结果。数据包括了：经纬高（°和m）、NED 速度（m/s）、欧拉角(rad)、安装角校准相关参数。安装角校准相关参数的具体说明见第4部分。其中，经纬高可以根据欧拉角和指定的臂杆坐标进行映射，完成如倾斜测量等类似的功能。协议采用小端模式（高位在前低位在后）。

| 描述   | 内容                 | 类型       | 偏移 |
|------|--------------------|----------|----|
| 包头1  | f                  | char     | 1  |
| 包头2  | m                  | char     | 2  |
| 包头3  | i                  | char     | 3  |
| 包头4  | n                  | char     | 4  |
| 字段1  | 时间                 | double   | 5  |
| 字段2  | 纬度                 | double   | 13 |
| 字段3  | 经度                 | double   | 21 |
| 字段4  | 高度                 | double   | 29 |
| 字段5  | 北向速度               | float    | 37 |
| 字段6  | 东向速度               | float    | 41 |
| 字段7  | 向下速度               | float    | 45 |
| 字段8  | 横滚角                | float    | 49 |
| 字段9  | 俯仰角                | float    | 53 |
| 字段10 | 偏航角                | float    | 57 |
| 字段11 | RTKTiltBufferCount | float    | 61 |
| 字段12 | FixRlsStage1       | float    | 65 |
| 字段13 | FixRlsStage2       | float    | 69 |
| 字段14 | FixRlsStage3       | float    | 73 |
| 字段15 | FixRlsStage4       | float    | 77 |
| 字段16 | state              | float    | 81 |
| 字段17 | first_yaw          | float    | 85 |
| 字段18 | 传感器温度              | float    | 89 |
| 字段19 | 状态字 <b>STATUS</b>  | uint32_t | 93 |

|     |            |          |     |
|-----|------------|----------|-----|
| 校验和 | 1-96Byte求和 | Uint16_t | 97  |
| 包尾1 | e          | char     | 99  |
| 包尾2 | d          | char     | 100 |

### 3.2 状态字STATUS说明

在NAVI 惯性定位数据协议中定义了状态字，具体如下所示，用户可以根据该数据判断模组是否初始化完成。

| NAVI 数据 STATUS 状态字 |              |            |            |
|--------------------|--------------|------------|------------|
| 序号                 | 名称           | 字符位        | 含义         |
| 1                  | Finit        | 0X00000001 | 滤波器未初始化标志  |
| 2                  | Ready        | 0X00000002 | 滤波器收敛完成标志  |
| 3                  | Inaccurate   | 0X00000004 | 滤波器收敛过程中   |
| 4                  | GnssReject   | 0X00000010 | GNSS 定位数据差 |
| 5                  | FixRlsStage1 | 0X00000040 | 安装角估计阶段 1  |
| 6                  | FixRlsStage2 | 0X00000080 | 安装角估计阶段 2  |
| 7                  | FixRlsStage3 | 0X00000100 | 安装角估计阶段 3  |
| 8                  | FixRlsStage4 | 0X00000200 | 安装角估计阶段 4  |
| 9                  | FixRlsOK     | 0X00000400 | 安装角估计完成    |

### 3.3 配置指令集

通过串口2可以对模块进行配置，指令的结构为：

AT+COMMAND[=][PARA1],[PARA2],[PARA3]\r\n

其中，所有字母均为大写，[ ]内部为可选参数，除模块激活指令外，任何配置如果不进行保存，则会断电重置。

默认波特率为：115200bps。对指令的基本响应为：

\r\nOK\r\n\r\n 或 \r\nError\r\n\r\n

### 3.4 配置指令集概览

| 指令概览                       |                 |
|----------------------------|-----------------|
| AT+SYSTEM_RESET            | 模块复位            |
| AT+SAVE_ALL                | 保存参数            |
| AT+AUTO_FIX=ENABLE/DISABLE | 倾斜测量应用中的安装角估计   |
| AT+CLUB_VECTOR=X,Y,Z       | 设置位置映射向量        |
| AT+NAVI_OUTPUT=UART1,RATE  | NAVI 惯性定位输出频率配置 |
| AT+LEVER_ARM =X,Y,Z        | 设置GNSS/INS杆臂    |
| AT+ALIGN_VEL=1.0           | 设置初始对准速度阈值      |
| AT+INSTALL_ANGLE=X,Y,Z     | 设置模块安装角         |

### 3.5 指令详细说明

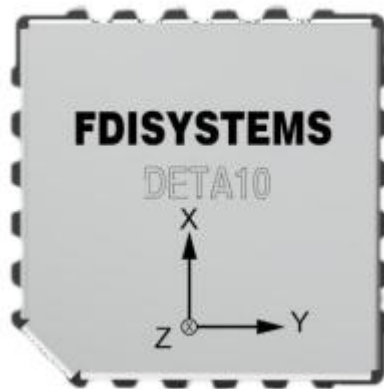


(1) AT+AUTO\_FIX=ENABLE

可以通过此指令来完成倾斜测量应用中的安装角估计。注意，此指令只有在滤波器收敛稳定后，处于 Ready 状态时，才会起作用。当估计完成时，自动返回 DISABLE 状态。

(2) AT+CLUB\_VECTOR= X,Y,Z

DETA10T 模组支持将 GNSS 天线相位中心位置根据当前姿态映射到任意指定位置。映射时需要设置映射向量，向量坐标系原点位于天线相位中心，坐标方向为DETA10T的方向，具体可见下图。倾斜测量一般而言只需要将对中杆长的值赋予Z即可，对于对中杆长为1.85米（测量杆底到天线相位中心的距离）的倾斜测量应用，输入指令为：AT+CLUB\_VECTOR= 0,0,1.85。



(3) AT+LEVER\_ARM=X,Y,Z

DETA10T的安装与天线相位中心一般不重合，因此在GNSS/INS组合导航中需要通过杆臂XYZ将DETA10T计算的速度和位置转换到天线相位中心处进行滤波融合，杆臂XYZ定义的坐标方向为DETA10T的方向，如上图所示，模组方向在外壳中有标注，其中Z轴朝下，意味着当天线相位中心高于惯导安装位置时，其Z方向的值为负值。

(4) AT+NAVI\_OUTPUT=UART1,RATE

NAVI惯性定位协议输入频率配置指令，可配置的频率通过RATE值改变，可配置的频率为0（不输出），1,2,5,10,20,50,100，单位为Hz。默认配置输出的频率为5Hz，如果需要配置输出频率为50Hz，输入指令为AT+NAVI\_OUTPUT=UART1,50。

(5) AT+INSTALL\_ANGLE=X,Y,Z

模组安装到RTK倾斜测量设备时，其Z轴应与对中杆平行，但是安装时存在安装角，该值会对倾斜量测量的定位精度产生影响，必须要将安装角计算或者测量出来并进行补偿。DETA10T模组集成了一套安装角校准的算法，具体可以参考第四章，该算法自动计算并保存安装角。如果用户能通过其它方式测量该值，则可以通过该指令手动输入，比如对于1.5°的横滚安装角和1°的俯仰安装角，输入的指令为AT+INSTALL\_ANGLE=1.5,1,0。

(6) AT+SAVE\_ALL

如果在进行指令配置后没有输入AT+SAVE\_ALL进行参数保存，则断电重启后配置的参数均丢失。

## 4. 安装角校准说明

### 4.1 校准目的

安装角校正的用于估计安装角和对中杆形变。校正流程如下：发送AT+AUTO\_FIX=ENABLE 指令开始安装角校正模式后，算法自动选定目标航向，晃动对中杆以达到不同的倾角进行采集，每个航向采集 50 个点，采集完成后目标航向在当前基础上+90度，用户必须根据提示顺时针旋转对中杆90°后重复采集50个点，直到4个方向共200个数据点采集完成后模组自动计算安装角并退出校正模式。

### 4.2 报文协议

部分变量用于实时表示安装角校准过程的状态，其名称与定义如下表所示：

|                    |   |
|--------------------|---|
| RTKTiltBufferCount | 当前航向采集的数据点数量，范围 0-50                          |
| FixRlsStage1       | 第一个航向角数据采集完成标志，1 表示采集完成，0 表示采集未完成。            |
| FixRlsStage2       | 第二个航向角数据采集完成标志，1 表示采集完成，0 表示采集未完成。            |
| FixRlsStage3       | 第三个航向角数据采集完成标志，1 表示采集完成，0 表示采集未完成。            |
| FixRlsStage4       | 第四个航向角数据采集完成标志，1 表示采集完成，0 表示采集未完成。            |
| state              | 当前校准状态，当该值从 0 开始累加，当值变为 3 时表示 4 个方向航向数据均采集完成  |
| first_yaw          | 当前采集数据源的基准航向，每次采集完成后该值+90°，若值超过 360° 则减去 360° |

### 4.3 校准前提条件

进入安装角校正模式的前提是①模组姿态初始化完成②GPS处于固定解状态，这两个条件不满足则自动退出安装角校正模式；如果一开始满足条件，但是在校准过程中条件不满足则同样自动退出安装角校正模式。

## 4.4具体示例

1. 当发送AT+AUTO\_FIX=ENABLE 指令开始安装角校正模式, 模组自动记录当前的航向角数据first\_yaw = 300°。同时相关状态RTKTiltBufferCount、FixRlsStage1-4以及state全部初始化为0;
2. 用户摇晃对中杆开始第一阶段的数据采集, 在当前first\_yaw的正负30°区间内数据采集有效, 同时RTKTiltBufferCount开始累加, 当RTKTiltBufferCount变为50时当前航向数据采集完成, FixRlsStage1变为1, state仍然是0, first\_yaw自动加90°, 此时first\_yaw变为390°, 由于超过了360°, 因此自动减去360°变为30°, 最后RTKTiltBufferCount自动置0。
3. 用户根据当前航向first\_yaw = 30°顺时针旋转90°进行第二阶段的数据采集, 在当前first\_yaw的正负30°区间内数据采集有效, 同时RTKTiltBufferCount开始累加, 当RTKTiltBufferCount变为50时当前航向数据采集完成, FixRlsStage2变为1, state变为1, first\_yaw自动加90°, 此时first\_yaw变为120°, 最后RTKTiltBufferCount自动置0。
4. 用户根据当前航向first\_yaw = 120°顺时针旋转90°进行第三阶段的数据采集, 在当前first\_yaw的正负30°区间内数据采集有效, 同时RTKTiltBufferCount开始累加, 当RTKTiltBufferCount变为50时当前航向数据采集完成, FixRlsStage3变为1, state变为2, first\_yaw自动加90°, 此时first\_yaw变为210°, 最后RTKTiltBufferCount自动置0。
5. 用户根据当前航向first\_yaw = 210°顺时针旋转90°进行第三阶段的数据采集, 在当前first\_yaw的正负30°区间内数据采集有效, 同时RTKTiltBufferCount开始累加, 当RTKTiltBufferCount变为50时当前航向数据采集完成, FixRlsStage4变为1, state变为3。
6. 当state的值变为3时, 模组判断安装角校正的数据采集工作完成, 自动开始计算安装角, 安装角计算完成后自动退出安装角校正模式。

## 5. 倾斜测量使用流程

- 1) 用户在测量设备内安装好DETA10T模组后，测量DETA10T到天线相位中心的距离XYZ以及天线相位中心到对中杆底端的距离L，每次上电工作后发送AT+LEVER\_ARM=X,Y,Z以及AT+CLUB\_VECTOR= 0,0,L指令。
- 2) 在上电工作后，用户需要摇晃对中杆或者拿着设备进行走动，同时实时读取NAVI数据包中的状态字段，当滤波器收敛完成标志为1时姿态初始化完成，同时GPS处于RTK固定解状态，即可开始进行RTK倾斜测量，上述运动过程一般3s内即可实现姿态初始化。
- 3) 如果用户无法手动测量安装角并通过指令输入到模组内，则建议通过AT+AUTO\_FIX=ENABLE指令进行安装角校准。除非在长时间使用过程中对中杆发生弯曲变形，或者测试环境温度发生大的改变，否则一台设备只需要通过指令校准一次安装角即可。