

## 1、实验名称及目的

**基础实验：**利用数据采集模型和 Pixhawk 采集加速度计和陀螺仪数据，按步骤完成互补滤波，处理所得数据并绘制相关姿态角数据图；与原数据解算的姿态角和 PX4 自带姿态角解算出的数据作比较，以理解互补滤波器的优点。

## 2、实验效果

为得到准确的姿态角数据，使用互补滤波算法对陀螺仪和加速度计的数据进行融合。这种算法相当于对陀螺仪数据做高通滤波，而对加速度计数据做低通滤波。这样可以有效消除陀螺仪和加速度计的测量噪声，将两者数据进行互补。

## 3、文件目录

文件夹/文件名称	说明
Attitude_cf.m	互补滤波器实现
Attitude_estimator0.m	用于解算传感器数据（手摇飞控硬件在环）
Attitude_estimator0_fly.m	用于解算传感器数据（实飞）
e4_A.bin	传感器数据（手摇飞控）
log_data.slx	代码生成模板文件。
log_data_sfun.mexw64	用于在 Simulink 模型中记录数据并将其写入到 MATLAB 工作区
logdata.mat	传感器数据（实飞）
px4_read_binary_file.m	用于读取 PX4 飞控系统生成的二进制日志文件的 MATLAB 函数

## 4、运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 平台免费版	卓翼 H7 飞控 <sup>②</sup>	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 <sup>③</sup>	1
		遥控器接收器	1
		数据线、杜邦线等	若干
		SD 卡及读卡器	1

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com/1.1InstallMethod.html>

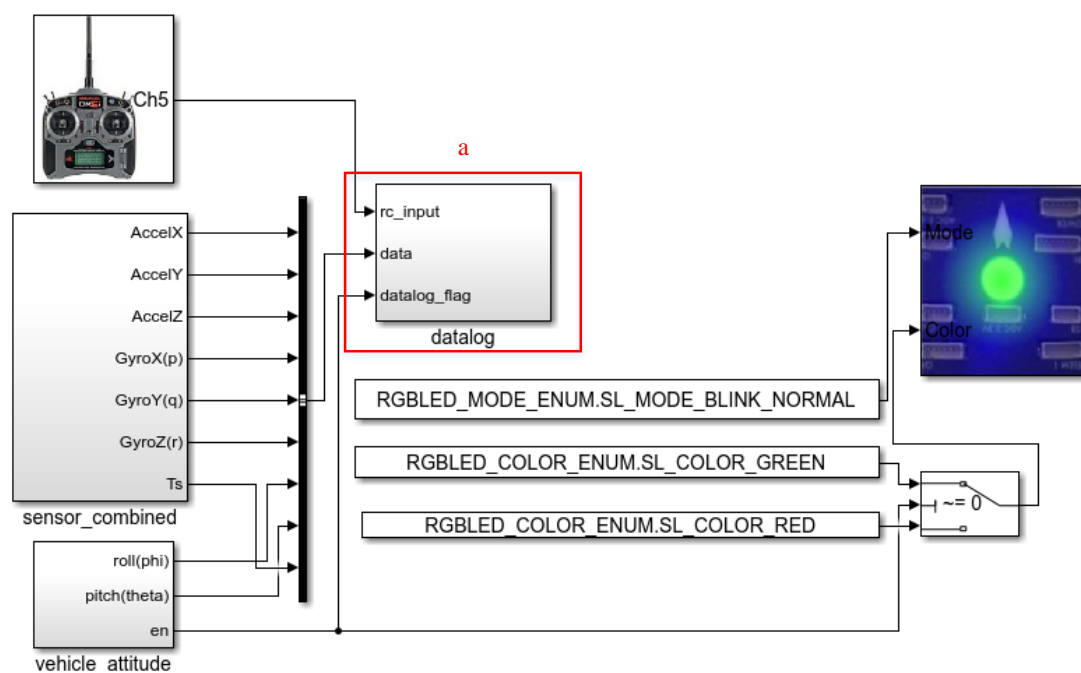
②：须保证平台安装时的编译命令为：droneyee\_zyfc-h7\_default，固件版本为：1.12.1。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

③：本实验演示所使用的遥控器为：福斯 FS-i6S、配套接收器为：FS-iA6B。遥控器相关配置见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

## 5、实验步骤

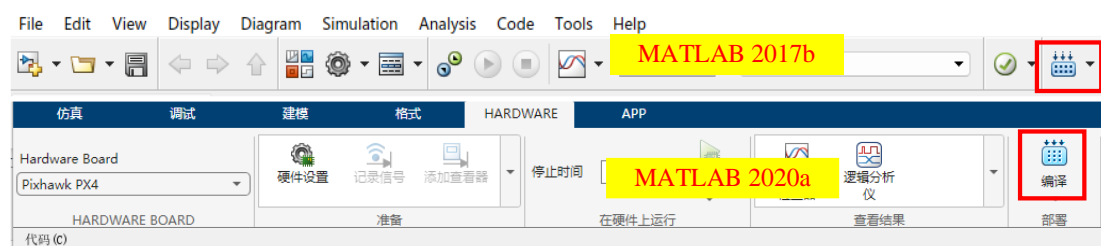
### Step 1:

打开”log\_data.slx”文件。该文件使用 PSP 工具箱的模块搭建，可以读取加速度、角速度、时间戳和飞控自带算法解算出的姿态角数据。我们可以使用遥控器控制开始写入数据以及停止写入数据，最终将数据存储到卓翼 H7 飞控的 SD 中。

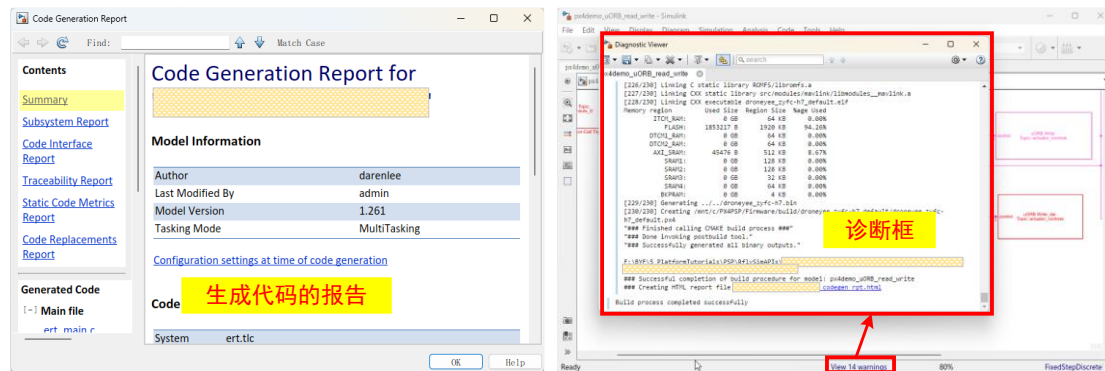


### Step 2:

编译并下载文件“log\_data.slx”到 Pixhawk 中。



在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



### Step 3:

用 USB 数据线链接飞控与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4Upload 并运行或点击 PX4 PSP: Upload code to Px4FMU，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞控中，等待上传成功。



### Step 4:

卓翼 H7 飞控的 LED 指示灯变红意味着 PX4 软件没有正常工作。因此，在连接好遥控器接收机和卓翼 H7 飞控后，等待 10s 以上，直到飞控的指示灯变绿（如果飞控的指示灯没有变绿，请重新拔插飞控）。准备就绪后，将遥控器 CH5 拨到最顶部，开始采集数据。手动转动飞控，在数据采集完成后将遥控器 CH5 拨到最底部停止写数据到 SD 卡。**注：手动控制应该注意什么时候开始写入数据，什么时候停止写入数据，避免写入很多无用的数据。**

### Step 5:

将 SD 卡取出，使用读卡器将文件“e4\_A.bin”复制到实验代码目录“e4\4.1”下。使用函数

```
[datapoints, numpoints] = px4_read_binary_file('e4_A.bin')
```

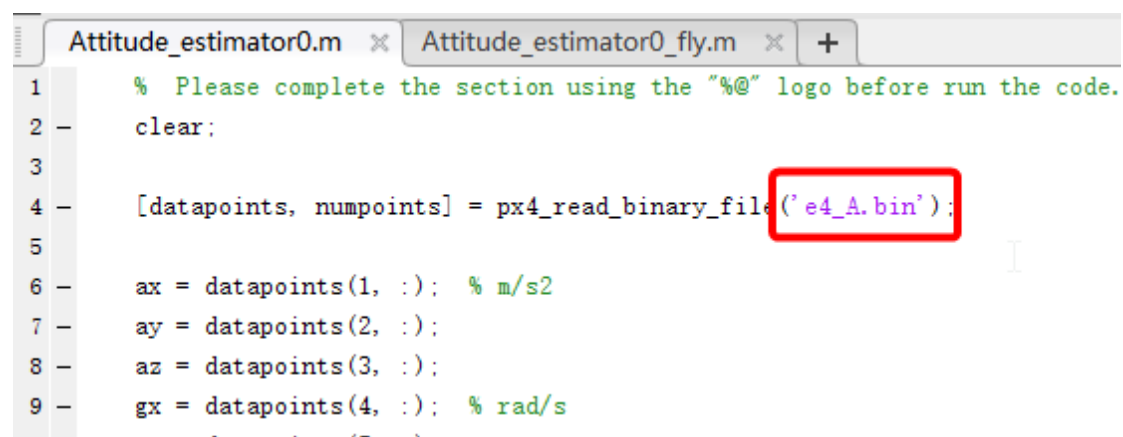
解码数据，数据保存在“datapoints”中，数据个数保存在“numpoints”中。

## Step 6:

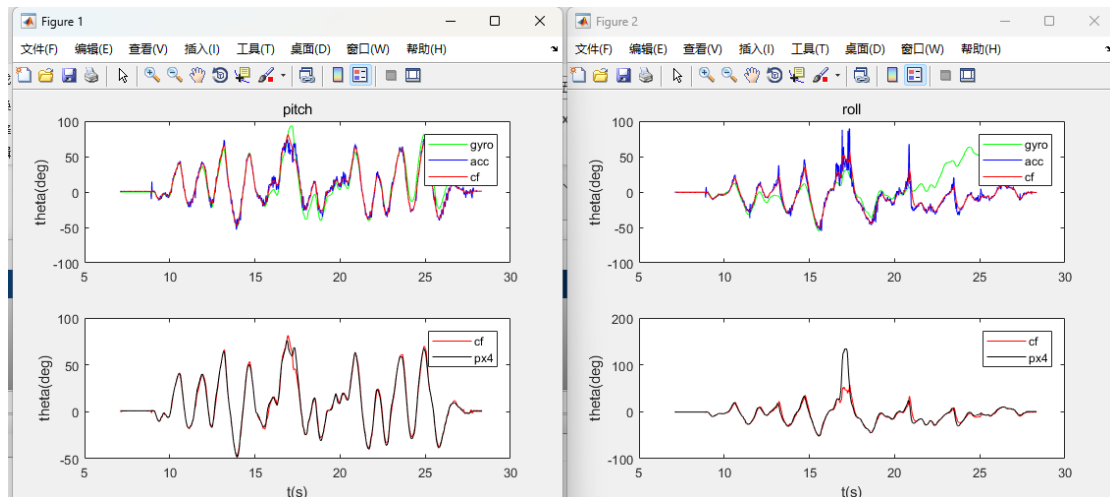
互补滤波器可参考“Attitude\_cf.m”文件。其中，“theta\_am”和“phi\_am”分别代表由加速度计计算出的俯仰角和滚转角；“theta\_cf”和“phi\_cf”分别代表由互补滤波计算出来的俯仰角和滚转角。

```
function [ phi_cf, theta_cf ] = Attitude_cf(dt, z, phi_cf_k, theta_cf_k,
tao)
%函数描述:
% 互补滤波姿态结算。
%输入:
% dt: 时间间隔,单位: s
% z: 三轴陀螺仪和三轴加速度计测量值, [gx, gy, gz, ax, ay, az]',
% 单位: rad/s, m/s2
% phi_cf_k, theta_cf_k: 上一时刻的角度值, 单位: rad
% tao: 滤波器系数
%输出:
% phi_cf, theta_cf: 解算的姿态角, 单位: rad
gx = z(1); gy = z(2);
ax = z(4); ay = z(5); az = z(6);
%使用加速度计测量值计算姿态角
g = sqrt(ax*ax + ay*ay + az*az);
theta_am = asin(ax/g);
phi_am = -asin(ay/(g*cos(theta_am)));
%互补滤波
theta_cf = tao/(tao + dt)*(theta_cf_k + gy*dt) + dt/(tao +
dt)*theta_am;
phi_cf = tao/(tao + dt)*(phi_cf_k + gx*dt) + dt/(tao +
dt)*phi_am;
end
```

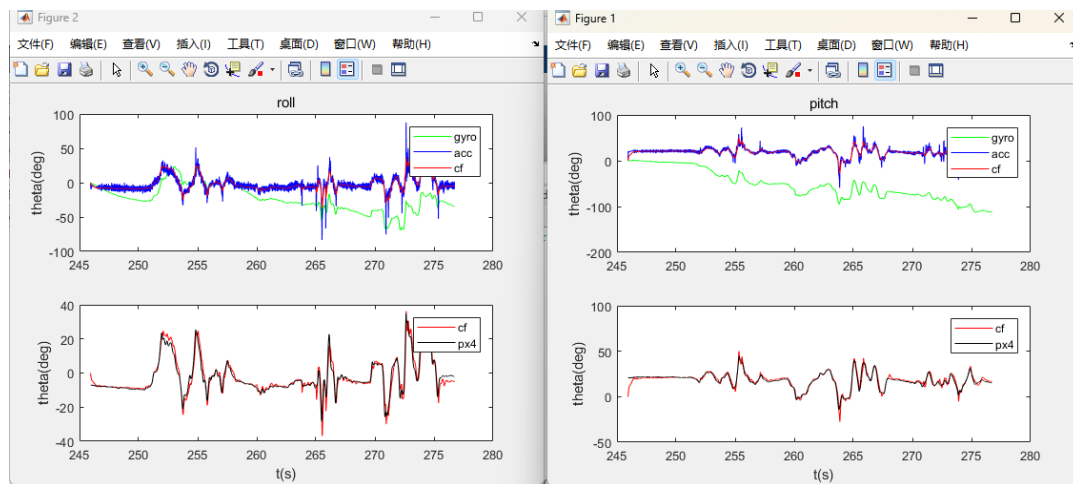
运行“Attitude\_estimator0.m”文件，即可看到硬件在环仿真时，生成的陀螺仪数据，得到的姿态角对应“gyro”、直接使用加速度计数据计算的姿态角对应“acc”、使用互补滤波解算的姿态角对应“cf”和 PX4 自带算法解算的姿态角对应“px4”。注：运行时请注意下图文件名与自主采集的数据文件名相同。



```
Attitude_estimator0.m x Attitude_estimator0_fly.m x +
1 % Please complete the section using the "%@" logo before run the code.
2 clear;
3
4 [datapoints, numpoints] = px4_read_binary_file('e4_A.bin');
5
6 ax = datapoints(1, :); % m/s2
7 ay = datapoints(2, :);
8 az = datapoints(3, :);
9 gx = datapoints(4, :); % rad/s
```



运行“Attitude\_estimator0\_fly.m”文件，即可看到实飞时，生成的陀螺仪数据，得到的姿态角对应“gyro”、直接使用加速度计数据计算的姿态角对应“acc”、使用互补滤波解算的姿态角对应“cf”和PX4自带算法解算的姿态角对应“px4”。



## 6、参考文献

- [1]. 全权,杜光勋,赵峙尧,戴训华,任锦瑞,邓恒译.多旋翼飞行器设计与控制[M],电子工业出版社, 2018.
- [2]. 全权,戴训华,王帅.多旋翼飞行器设计与控制实践[M],电子工业出版社, 2020.