

# 1. 实验名称及目的

## 1.1. 实验名称

控制控制台架真机实验(simulink)

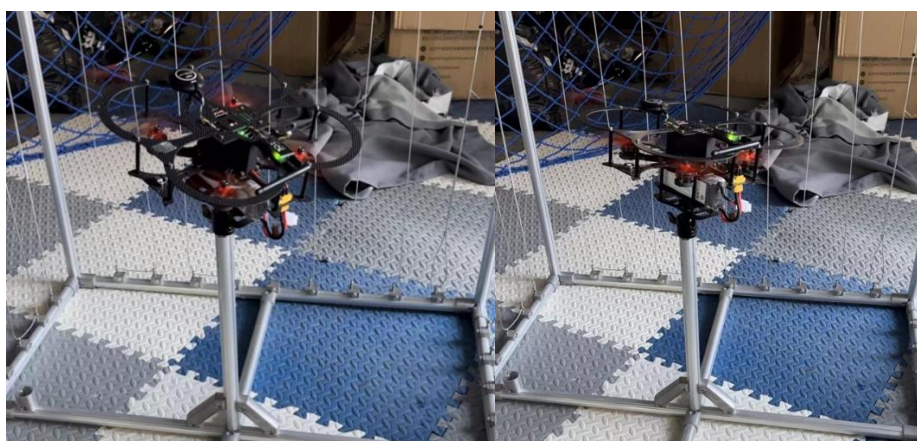
## 1.2. 实验目的

本实验通过在 MATLAB/Simulink 中搭建多旋翼飞行控制器，并通过 Simulink 发送控制指令，控制转台上的四旋翼无人机姿态。熟练掌握 MAVLINK 通信运用，熟练掌握四旋翼无人机姿态控制与参数整定。

## 1.3. 关键知识点

无

# 2. 实验效果



# 3. 文件目录

例题目录: [\[安装目录\]\RflySimAPIs\6.RflySimExtCtrl\1.BasicExps\e5\\_RackFlyCtrl\](#)

| 文件夹/文件名称                          |                                   | 说明                                |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Init_control.m                    |                                   | 初始化参数文件。                          |
| Rotarytable_Quadrotor_Control.slx |                                   | 转盘_四旋翼机控制整体模型。                    |
| Matlab<br>Sender                  | Mav_Control_Quadrotor.slx         | 四旋翼操作模块。                          |
|                                   | Mav_Control_Quadrotor_acc .mexw64 | MATLAB 专业的 64 位 Windows 版本的动态链接库。 |
|                                   | ...                               | 其余文件为 Mavlink 协议文件。               |

# 4. 运行环境


| 序号 | 软件要求 | 硬件要求 |
|----|------|------|
|----|------|------|

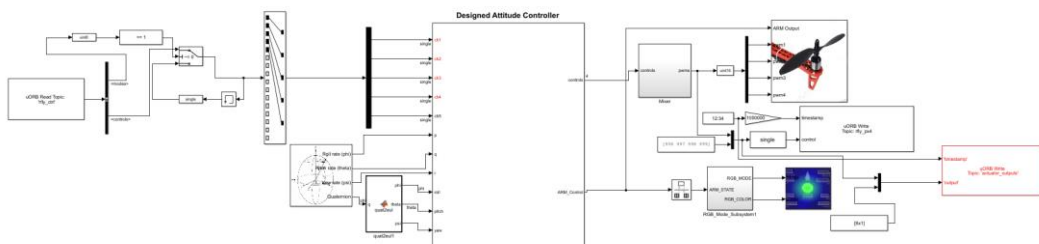
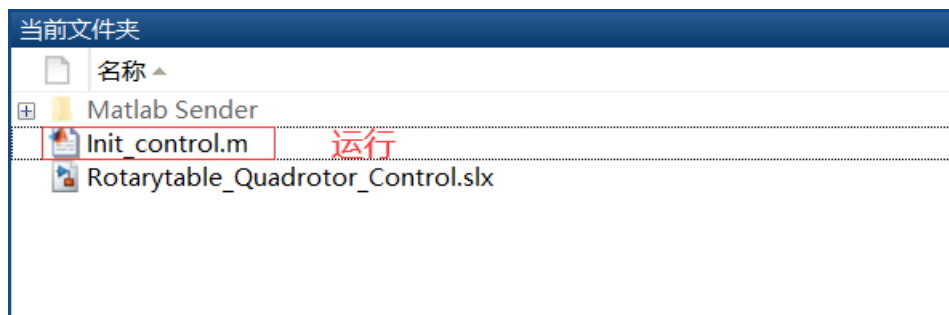
|   |                  | 名称                    | 数量 |
|---|------------------|-----------------------|----|
| 1 | Windows 10 及以上版本 | 笔记本/台式电脑 <sup>①</sup> | 1  |
| 2 | RflySim 工具链      | 飞思 X200 飞机            | 1  |
| 3 | MATLAB 2017B 及以上 | 台架                    | 1  |
| 4 |                  | 数传                    | 1  |
| 5 |                  | USB-C 数据线             | 1  |

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf>

## 5. 实验步骤

### Setp1:

在桌面双击打开 MATLAB  软件，在桌面双击打开 MATLAB 软件，在 MATLAB 软件中打开文件：“\*\demo\Init\_control.m”。Init\_control.m 运行后会自动打开 Rotarytable\_Quadrotor\_Control.slx。



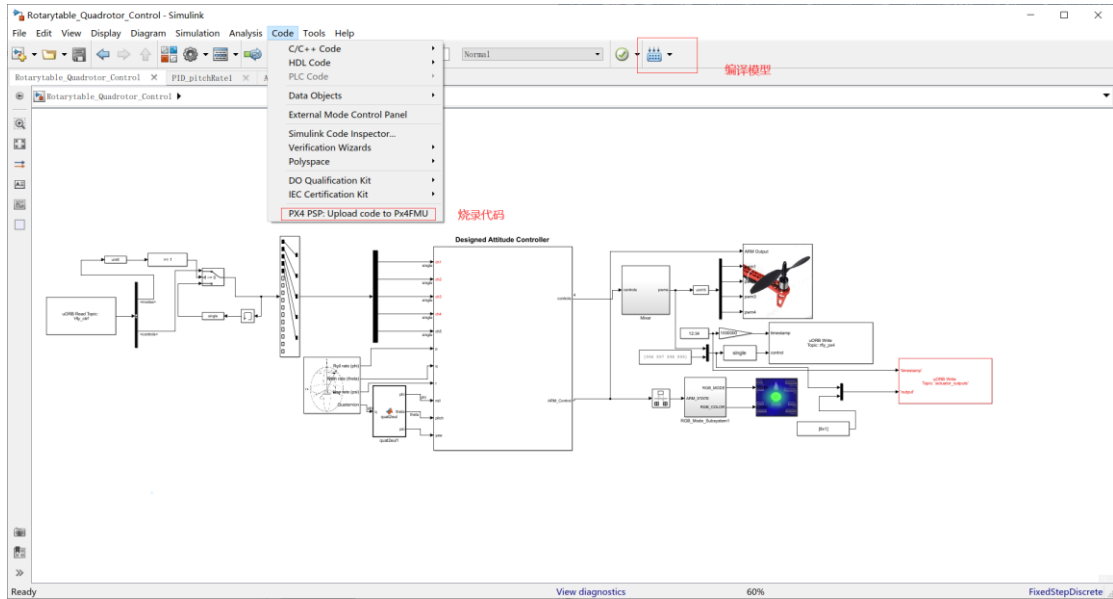
### Setp2:

在打开 Init\_control.m 文件，查看参数设置。如下参数适用于立式转台的 X200 飞机。可对 P 参数和 I 参数进行微调，优化控制效果。

```
Init_control.m x +
1
2 % 俯仰
3 — Kp_PITCH_ANGLE = 5;
4 — Kp_PITCH_AngleRate = 0.1;
5 — Ki_PITCH_AngleRate = 0.05;
6 — Kd_PITCH_AngleRate = 0.0001;
7
8 % 滚转
9 — Kp_ROLL_ANGLE = 5;
10 — Kp_ROLL_AngleRate = 0.1;
11 — Ki_ROLL_AngleRate = 0.05;
12 — Kd_ROLL_AngleRate = 0.0001;
13
14 % 偏航
15 — Kp_YAW_ANGLE = 2;
16 — Kp_YAW_AngleRate = 0.1;
17 — Ki_YAW_AngleRate = 0.01;
18 — Kd_YAW_AngleRate = 0.00;
19
20 % 积分饱和
21 — Saturation_I_RP_Max = 0.2;
22 — Saturation_I_RP_Min = -0.2;
23 — Saturation_I_Y_Max = 0.1;
24 — Saturation_I_Y_Min = -0.1;
25
26 % 最大角速率限制, rad/s
27 — MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_PITCH = 5;
28 — MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_ROLL = 5;
29 — MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_YAW = 3;|
30
31 % 启动模型
32 — Rotarytable_Quadrotor_Control
33
```

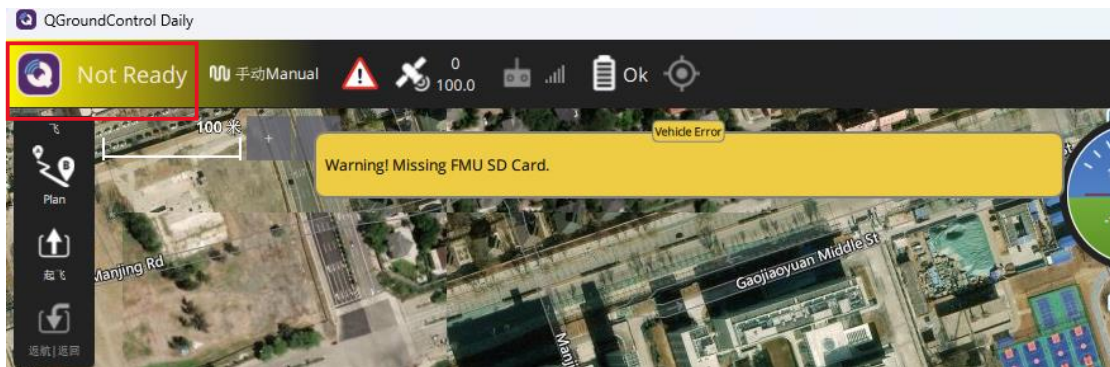
### Setp3:

编译模型，连接飞思 X200 飞机，烧录代码。

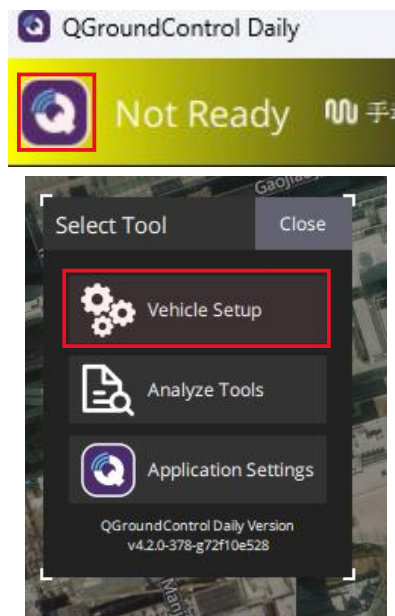


## Step4:

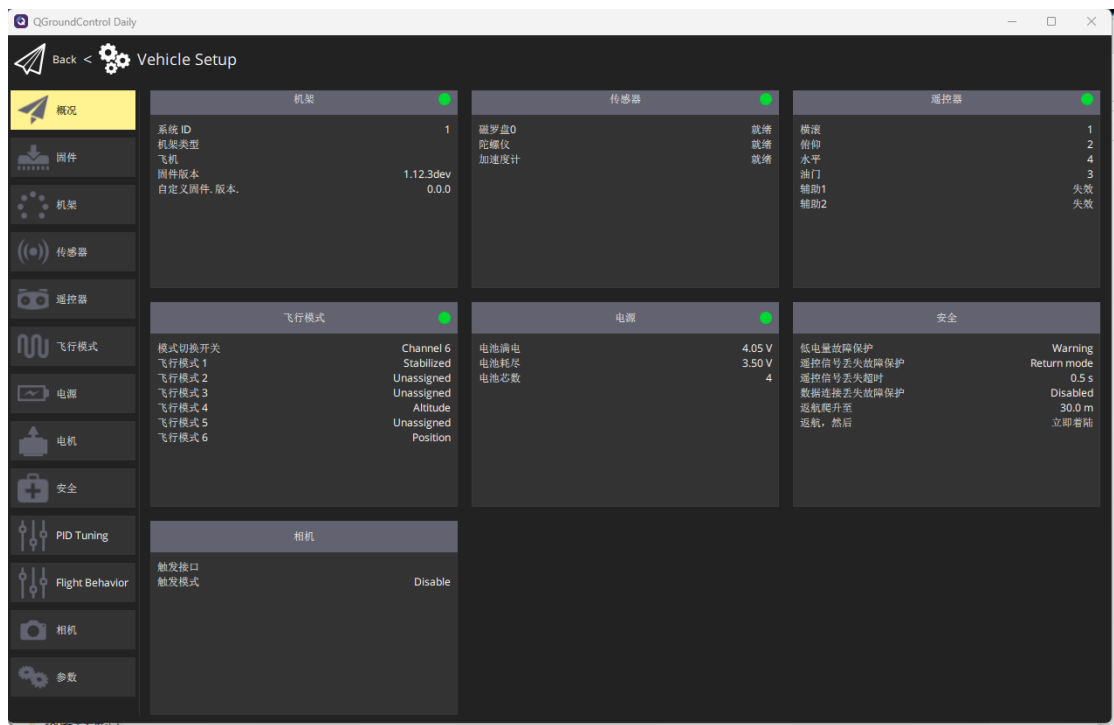
将代码烧录进去之后，打开 QGC，显示 Not Ready.



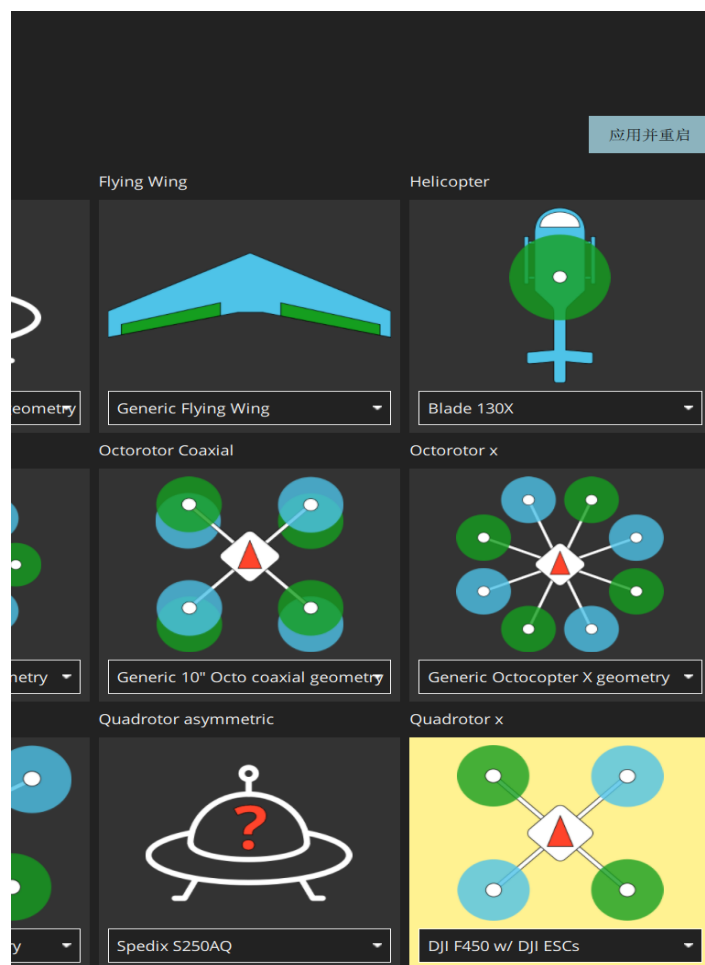
点击 QGC 图标，打开选择工具，打开设置。



完成传感器校准等工作。



机架类型选择，在机架选择之后，需要点击应用并重启。

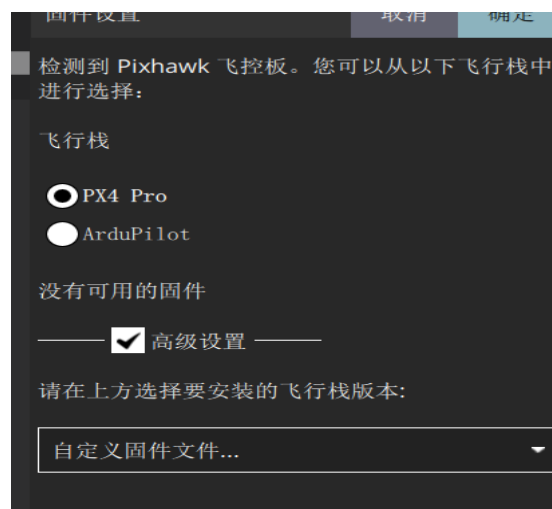
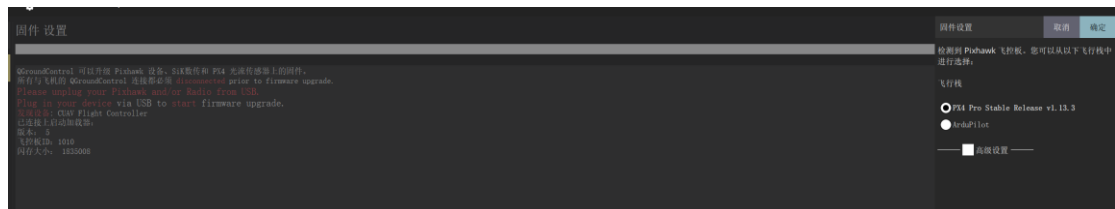


在进行机架选择之后，需要分别对传感器，遥控器，飞行模式以及电源进行校验。



在对电源进行校验时，需要先使用官方固件。

点击固件，数据线重新插拔，显示固件设置，选择高级设置，选择自定义固件文件，安装官方固件。



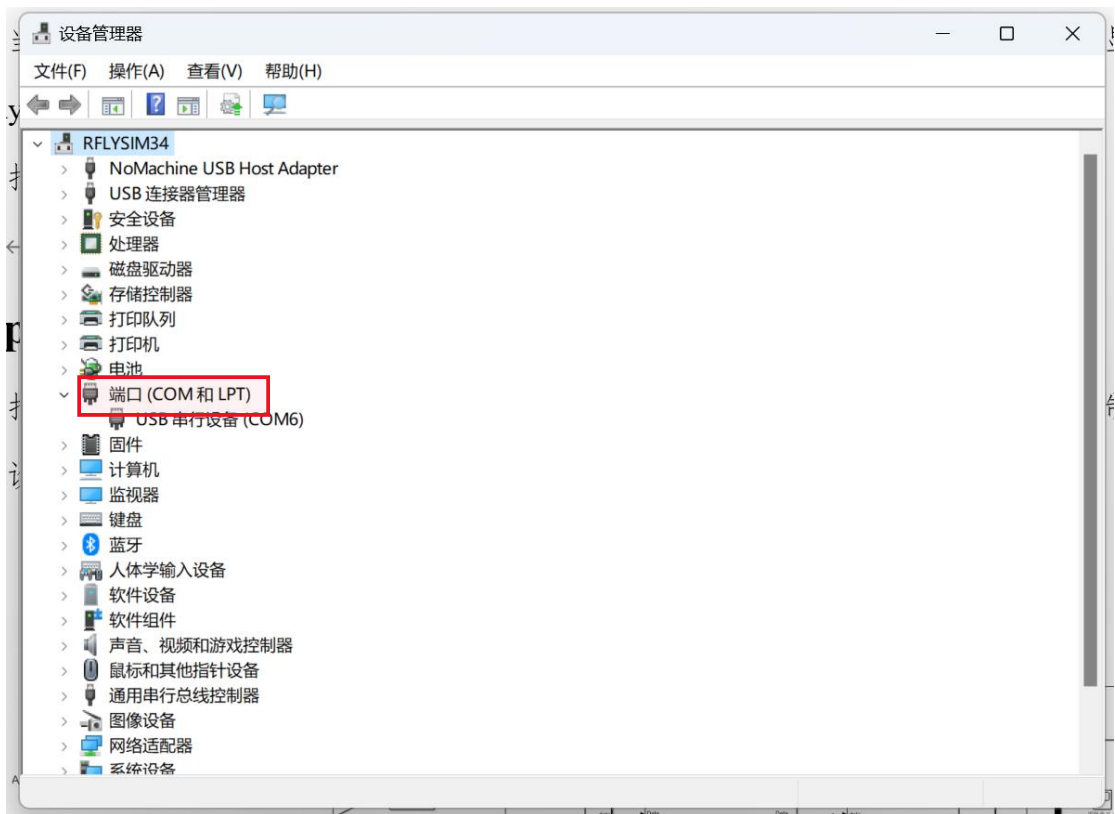
安装官方固件后，当显示升级完成后，需要重新对传感器等进行校验，这时可以对电源进行校验。再进行校验之后，便可以重新烧录自己的固件。在烧录自己的固件时，需要先关闭 QGC。

烧录自己的固件之后，无人机的校验结果应该是直接显示完成的。

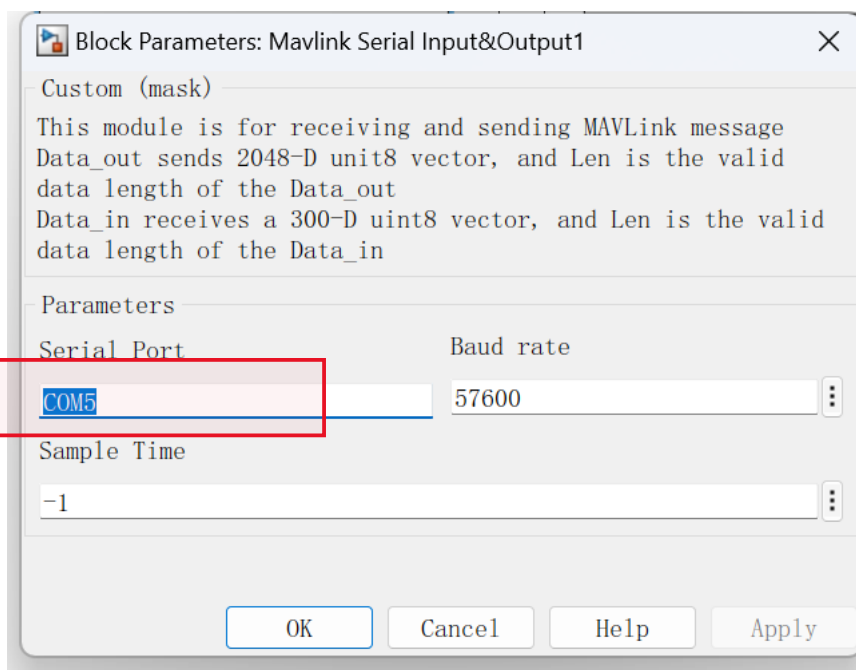
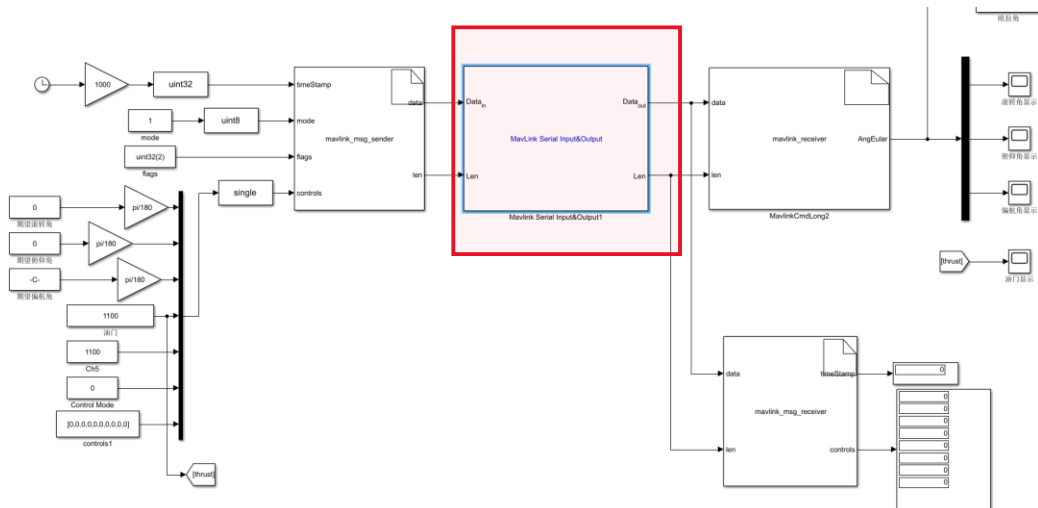
## Step5:

飞机固定在台架上，并连接数传。当连接数传之后，我们可以在 QGC 上看到数传与无人机是否建立连接，当 QGC 显示 Ready to fly,需要关闭 QGC，否则会抢占端口，使后续工作无法完成。打开设备管理器，找到端口。

注：若出现插入数传后，电脑无法识别端口号，请安装数传驱动  
`*\PX4PSP\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\e0-PlatformStudy\0.Device-Driver\Readme.pdf`。

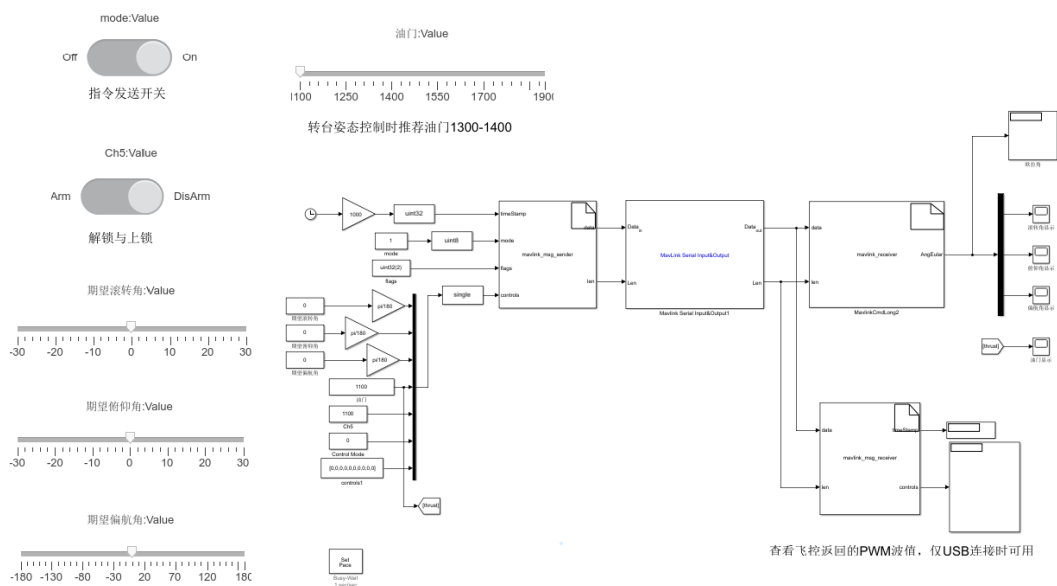


之后，打开该文件夹下的 Matlab Sender 目录，打开 Mav\_Control\_Quadrotor.slx 文件，在 Simulink 中把相应的模块改为对应的端口。



## Step6:

打开 Mav\_Control\_Quadrotor.slx 发送消息控制无人机，整体形式如下图所示。控制指令的设置集中在左侧和上部，返回结果的显示集中在右侧。



下面详细介绍每一个部分的功能。如下图所示，是发送端的两个关键控制开关，排在上面的是“指令发送开关”，排在下面的是“解锁与上锁”开关。

当“指令发送开关”设置为 Off 时，Mav\_Control\_Quadrotor.slx 上的任何修改都不起作用，即不会发送任何有效指令。当“指令发送开关”设置为 On 时，“解锁与上锁”开关将变得有效，同时滚转、俯仰、偏航及油门的设置也将生效。

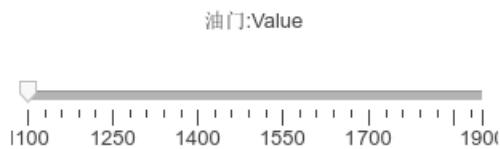
“解锁与上锁”开关用于控制电机解锁。在首次解锁时，需要三步才能将电机进行解锁：第一步将“解锁与上锁”开关打到 Arm，等待 2s，电机会发出一声滴答声；第二步将“解锁与上锁”开关打到 DisArm，等待 2s，电机会发出一声滴答声；第三步，将“解锁与上锁”开关打到 Arm，将完成电机的解锁。

**警告△：**电机解锁前，应仔细检查油门、期望滚转角、期望俯仰角、期望偏航角的设置，否则可能应转速过大损坏飞机或者造成人员受伤。

**建议：**首次实验时，油门值设定为最低，期望滚转角、期望俯仰角、期望偏航角设置为 0。待熟悉了平台的基本使用后，再调整油门值、期望滚转角、期望俯仰角、期望偏航角。

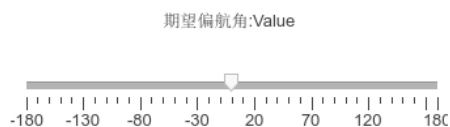
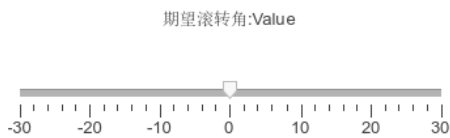


油门值设置。如下图滑杆，可以设置油门值。油门值可以理解为 PWM 脉宽，通常无刷电机支持的脉宽是 1000-2000，但为了安全起见仅支持设置 1100-1900。当滑杆打到最左侧时，将设置为最低值 1100，当打到最右侧时将设置为最大值 1900。在做转台上 V200 飞机姿态控制时，建议将油门设置为 1300-1400。



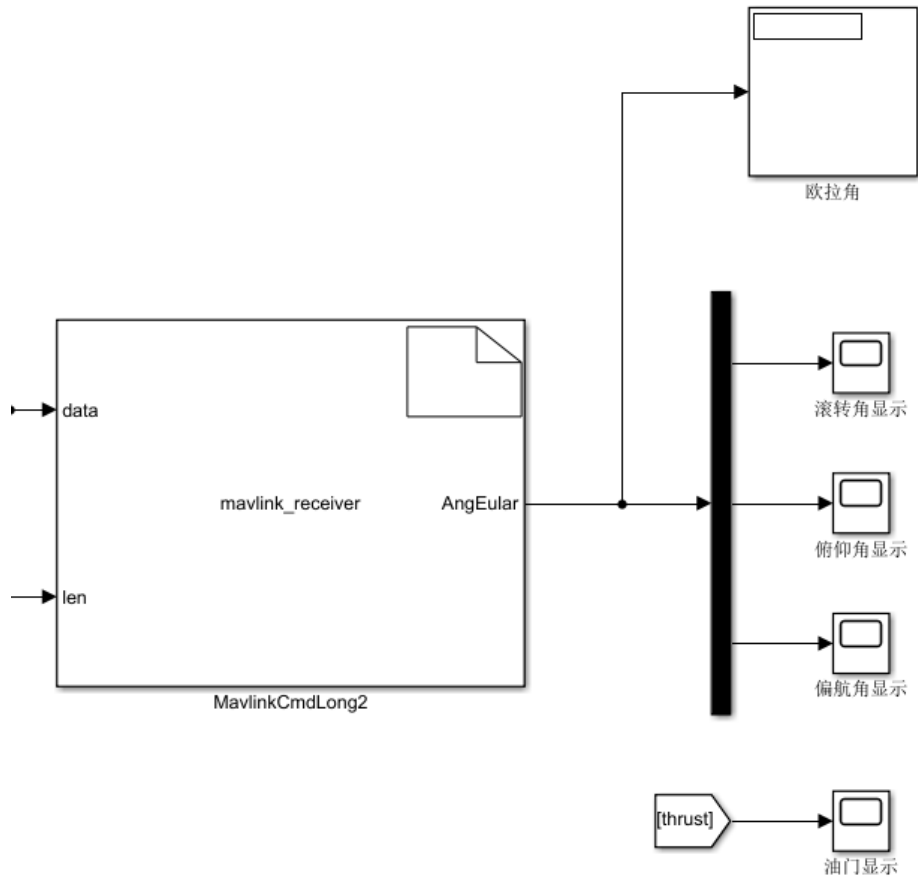
转台姿态控制时推荐油门1300-1400

期望姿态设置。如下可设置期望滚转角、期望俯仰角、期望偏航角。期望滚转角、期望俯仰角可设置-30° ~30°，在开始调试时建议最大倾角不超过 20°。偏航角支持-180° ~180°，偏航角可随意设置，对系统稳定性影响较小。

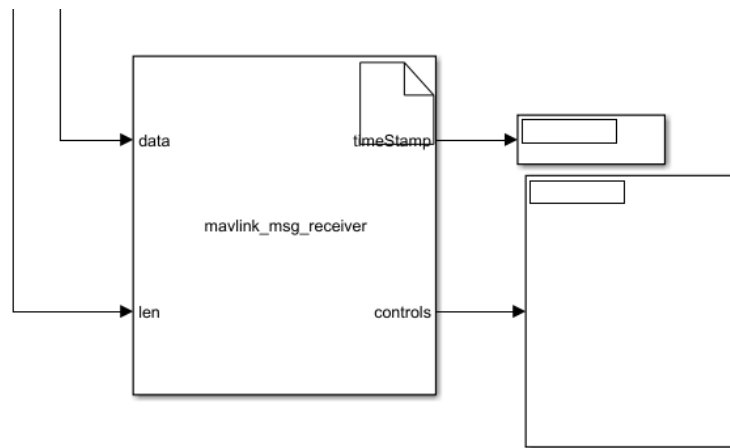


在 Mav\_Control\_Quadrotor.slx 的右侧，可以显示实时欧拉角的数值，也可以通过示波

器查看欧拉角的曲线。在最下面的一个示波器，可以显示油门值。



在设计控制器时，往往需要验证控制逻辑是否符合预期，这时需要查看控制器的原始输出。如下图的模块可以显示控制器的原始输出，即每一个电机对应的 PWM 波的脉宽。该功能仅使用 USB 连接飞控时可用，因为使用数传连接时速率太低，相应的消息不会发送。



查看飞控返回的PWM波值，仅USB连接时可用

---

## 6. 参考资料

- [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.
- [3]. MAVLink 官方使用文档网站: <https://mavlink.io/en/messages/common.html>

## 7. 常见问题

Q1: \*\*\*\*

A1: \*\*\*\*