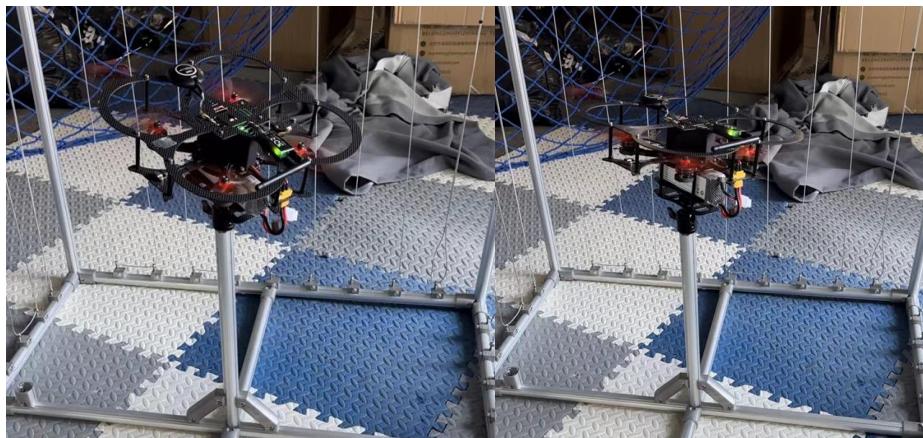


1. 实验名称及目的

单机控制台架实验：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。

2. 实验效果



3. 文件目录

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 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

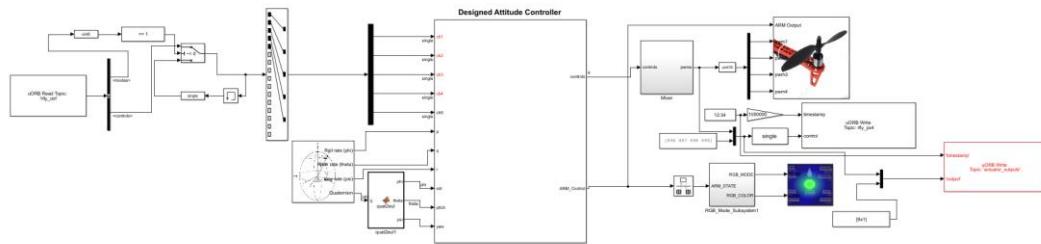
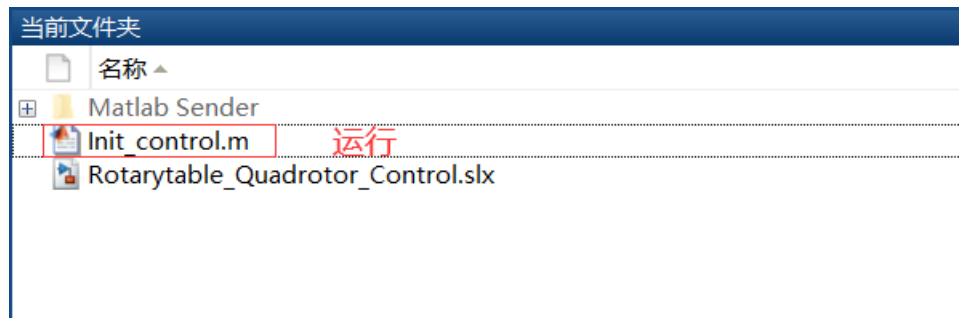
序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 ^①	1
2	RflySim 平台免费版	飞思 X200 飞机	1
3	MATLAB 2017B 及以上	台架	1
4		数传	1
5		USB-C 数据线	1

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

5. 实验步骤

Step1:

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。



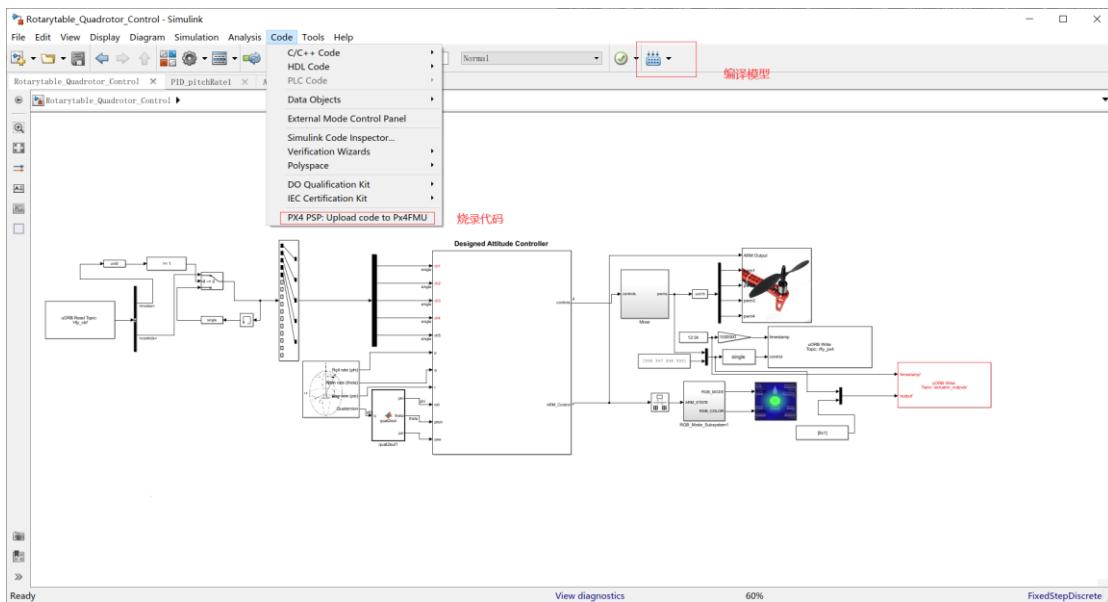
Step2:

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

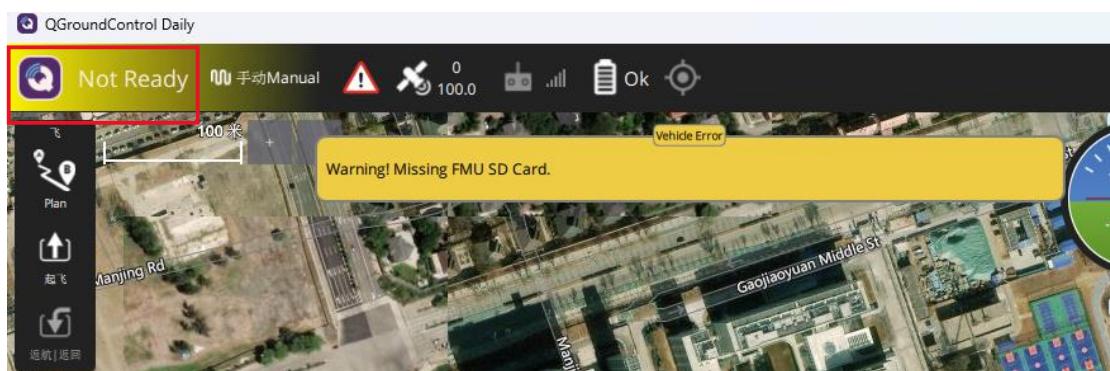
Step3:

编译模型，连接飞思 X200 飞机，烧录代码。

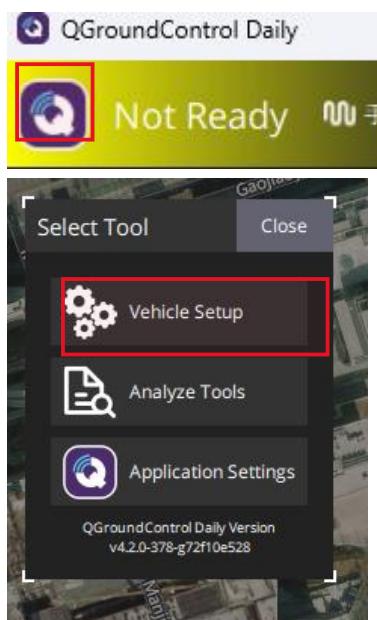


Step4:

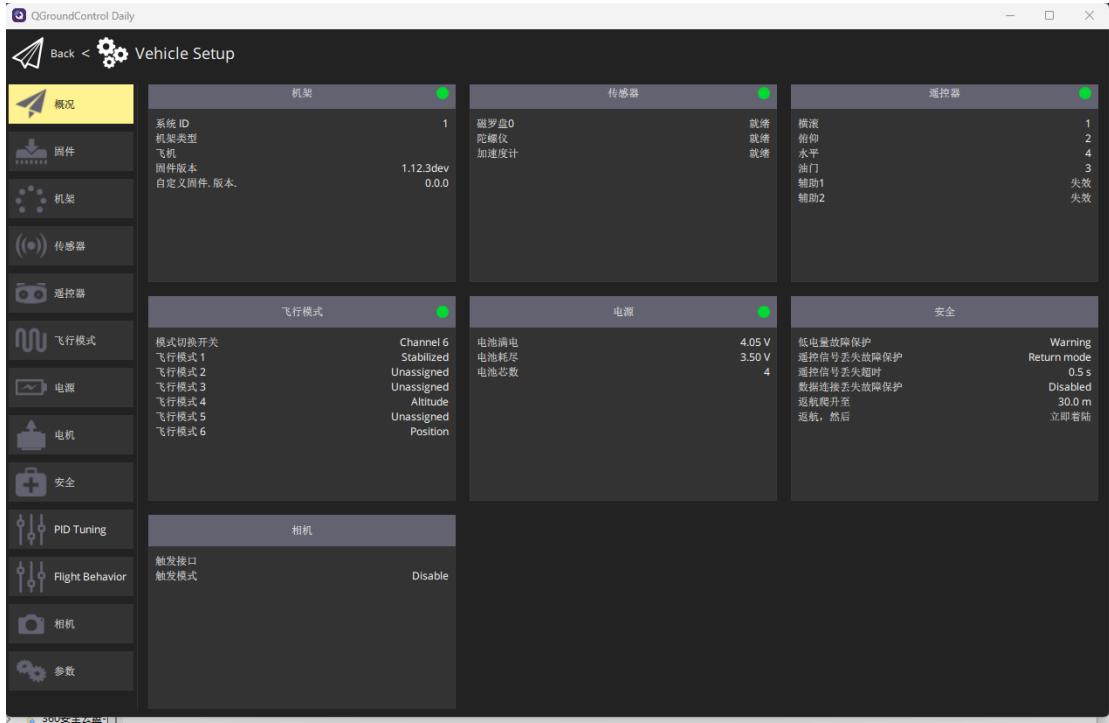
将代码烧录进去之后，打开 QGC，显示 Not Ready.



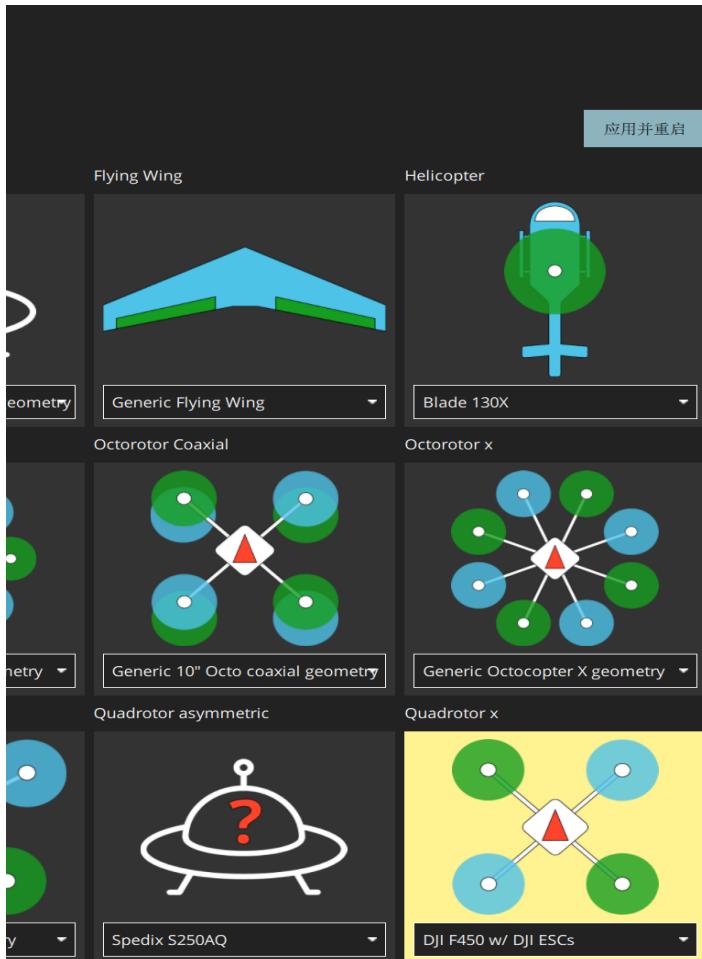
点击 QGC 图标，打开选择工具，打开设置。



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。

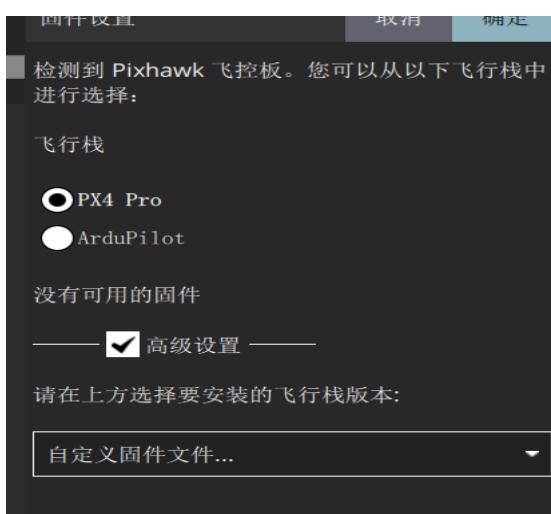
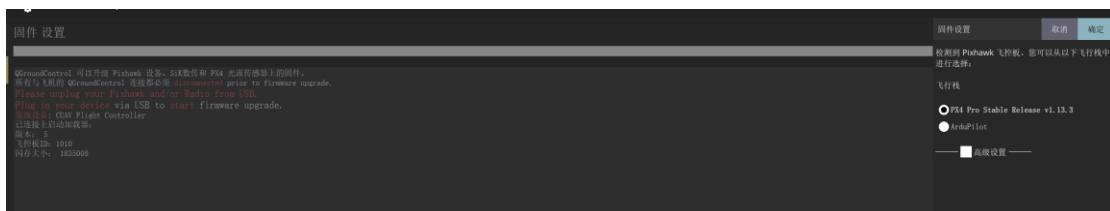


在进行机架选择之后，需要分别对传感器，遥控器，飞行模式以及电源进行校验。



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。



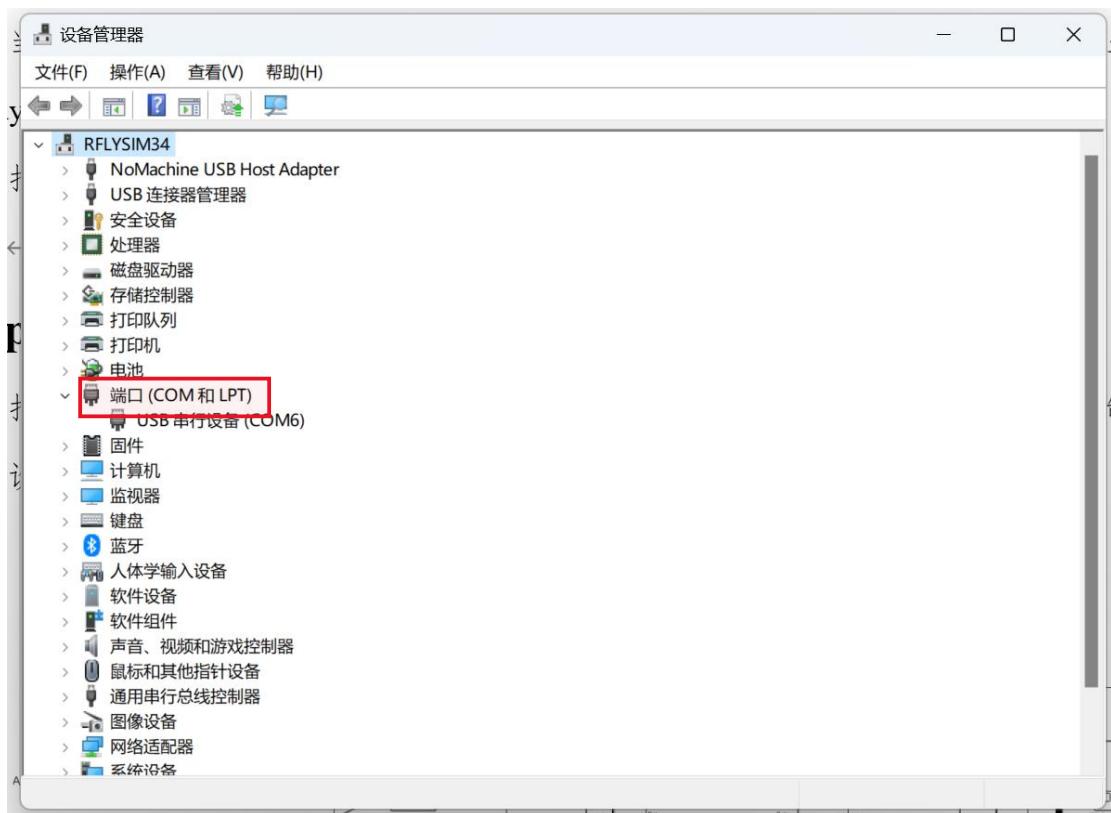
安装官方固件后，当显示升级完成后，需要重新对传感器等进行校验，这时可以对电源进行校验。再进行校验之后，便可以重新烧录自己的固件。在烧录自己的固件时，需要先关闭 QGC。

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。

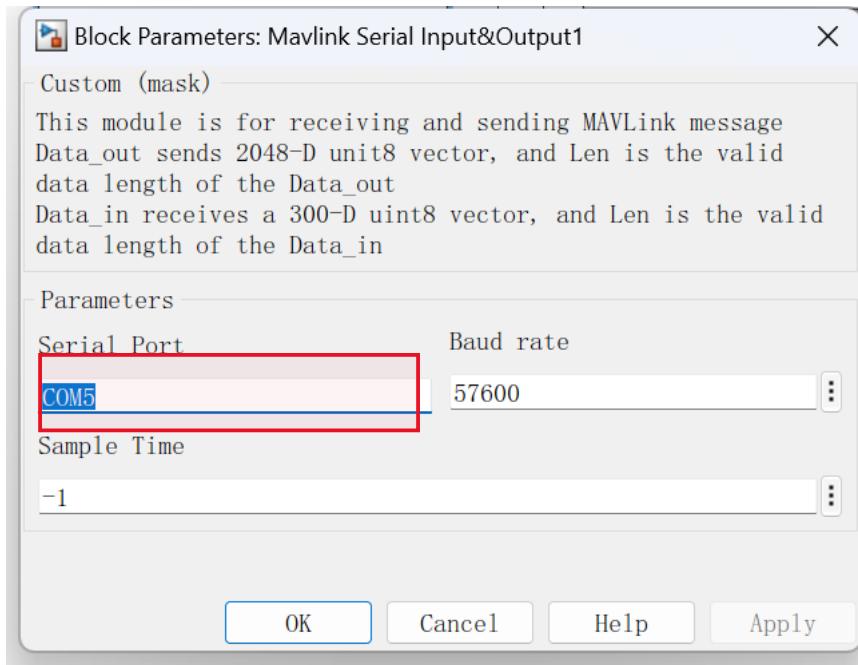
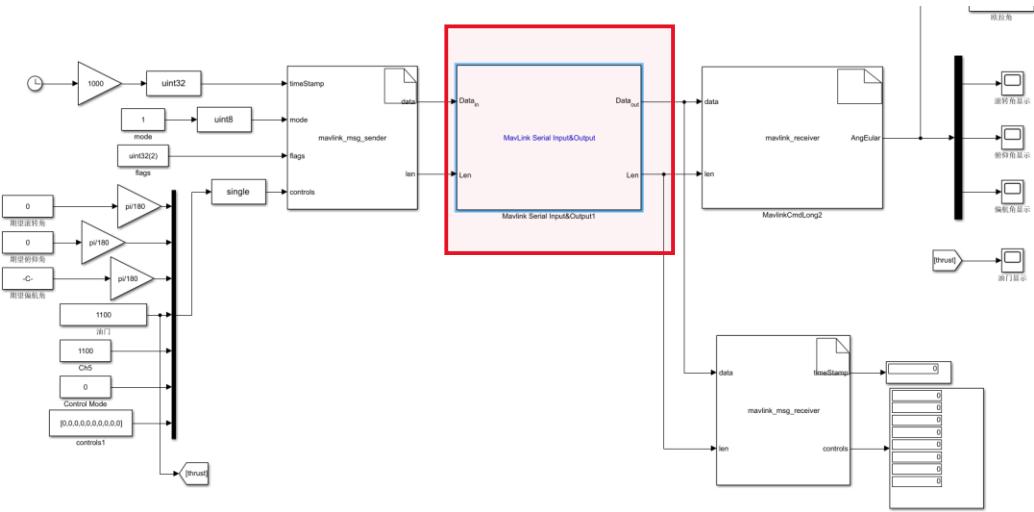
Step5:

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。

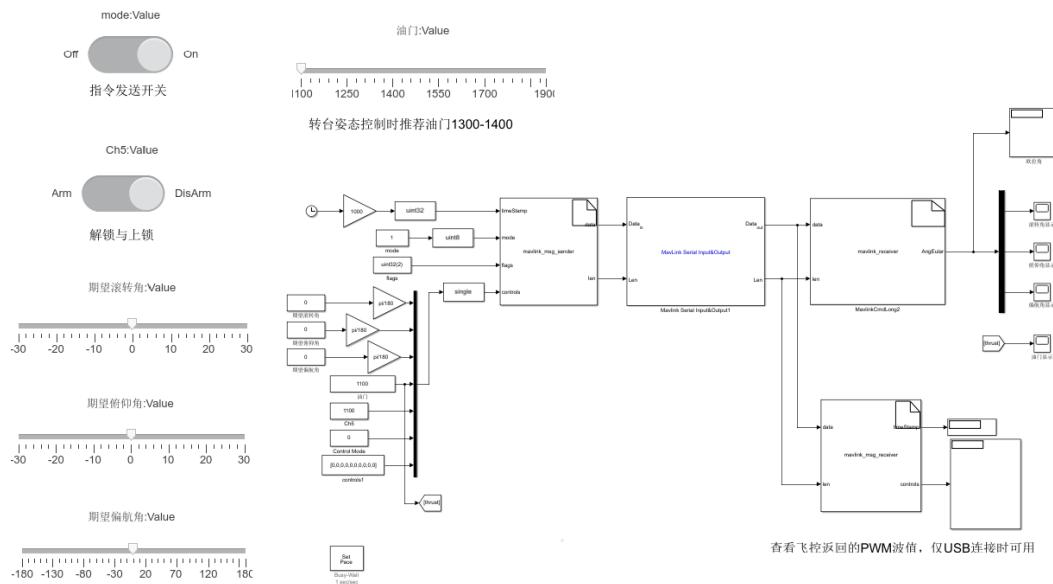


之后，需要在 Simulink 中相应的模块改为对应的端口。



Setup6:

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，否则可能因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**。

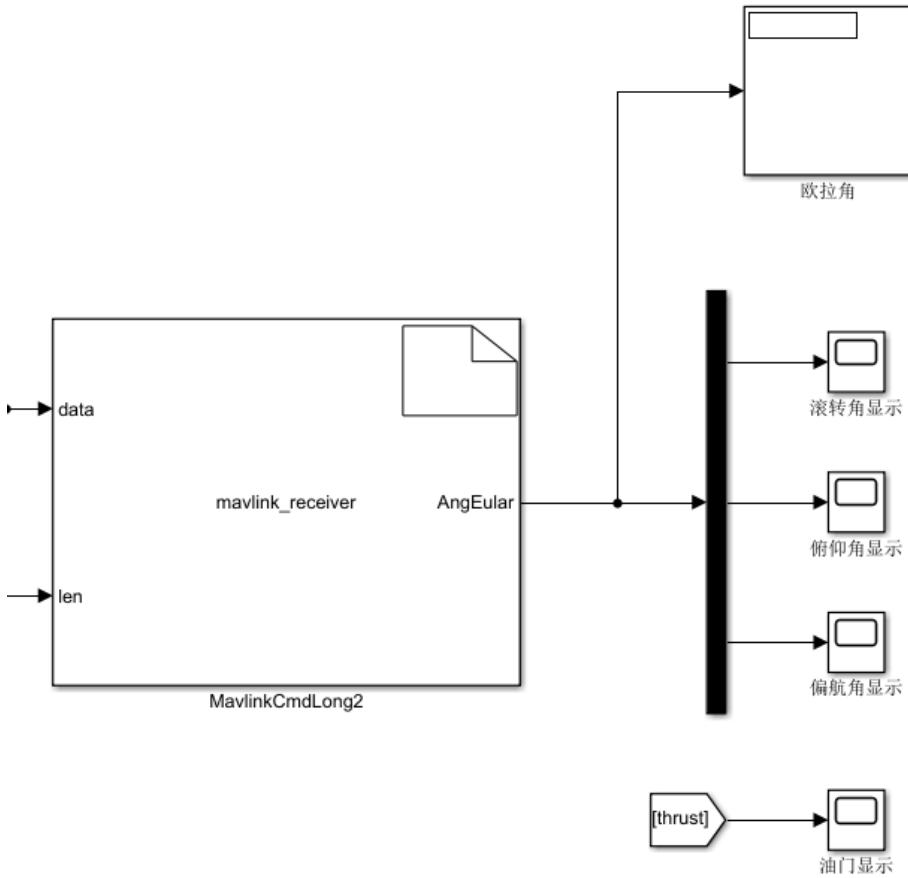


期望姿态设置。如下可设置期望滚转角、期望俯仰角、期望偏航角。期望滚转角、期望俯仰角可设置 $-30^\circ \sim 30^\circ$ ，在开始调试时建议最大倾角不超过 20° 。偏航角支持 $-180^\circ \sim 180^\circ$ ，偏航角可随意设置，对系统稳定性影响较小。

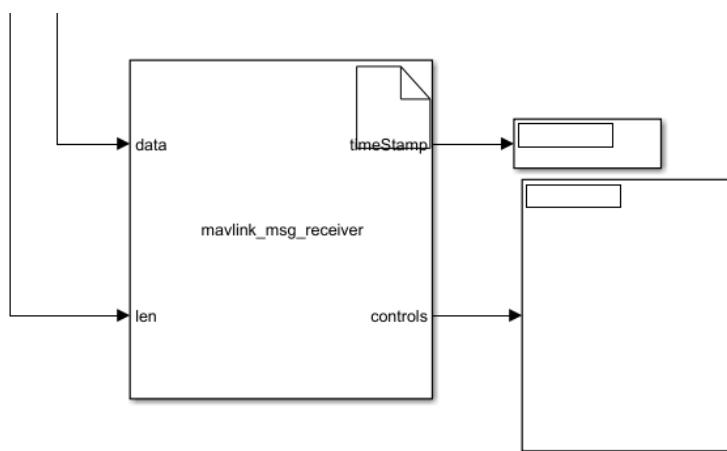


在 Mav_Control_Qualdrotor.slx 的右侧，可以显示实时欧拉角的数值，也可以通过示波

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