

此处编写实验名称

1. 实验目的

以外部发送不同的rfly_ctrl消息ID数据来作为遥控器输入，同时会将收到的数据向rfly_px4发送出去，回传给外部程序。

以外部发送的rfly_ctrl数据来作为遥控器输入，同时会将收到的数据向rfly_px4发送出去，回传给外部程序。

2. 实验要求

此编写实验目的

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链¹。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台²。

3. 实验地址

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\9.PX4CtrlExternalTune](#)

- Exp12_Msg2SimulinkAPI.bat：硬件在环仿真脚本
- Exp12_Msg2SimulinkAPI.py：通信API（py版）
- Exp12_Msg2SimulinkAPI.slx：通信API（Simulink版）
- Init_control.m：初始化文件
- PX4ExtMsgReceiver.slx：PX4外部通信接收端模型文件
- PX4ExtMsgSender.slx：PX4外部通信发送端模型文件(Simulink版)

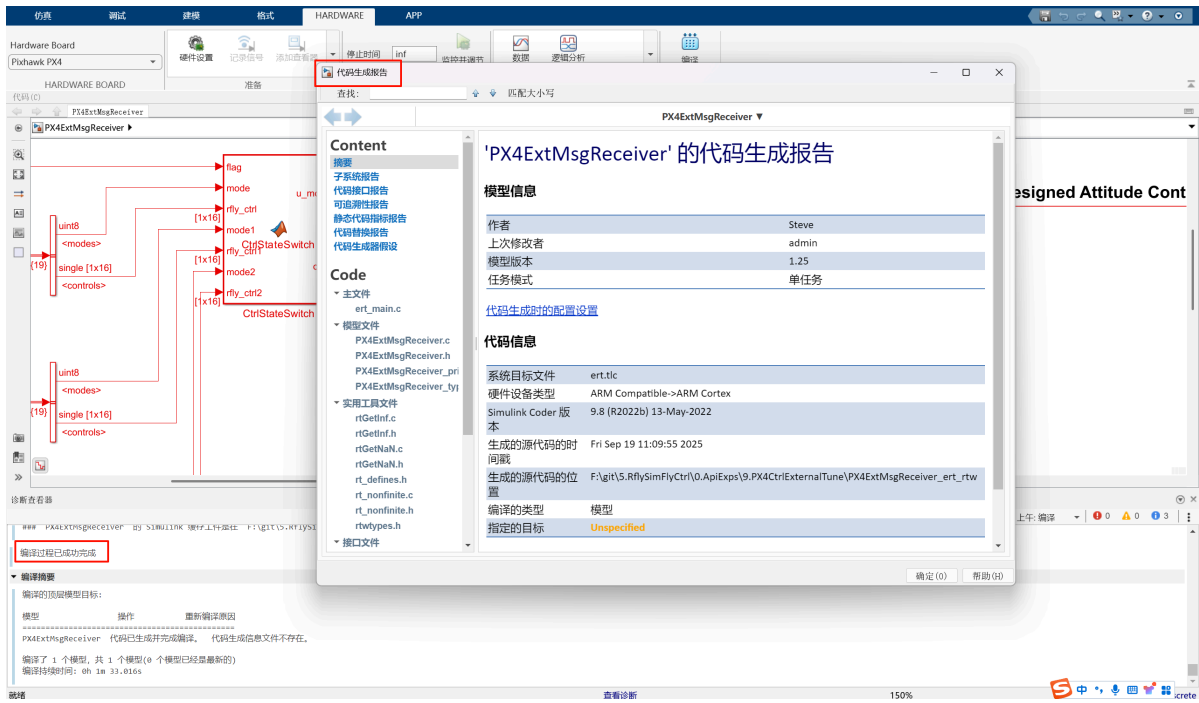
4. 实验内容或步骤

步骤1：Simulink控制硬件在环仿真

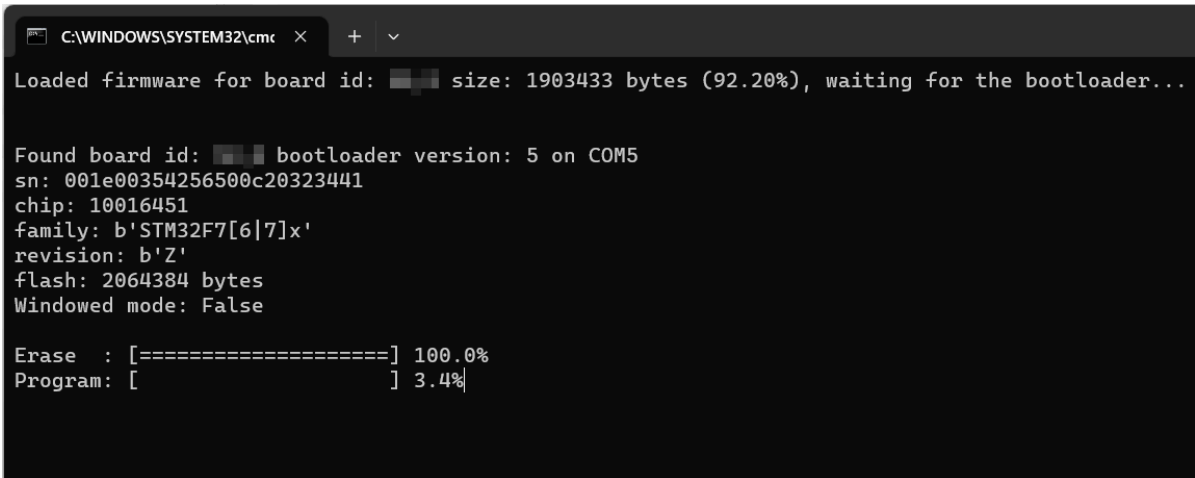
打开MATLAB软件，运行Init_control.m文件，同时将打开[PX4ExtMsgReceiver.slx]文件，在Simulink中，点击编译命令。



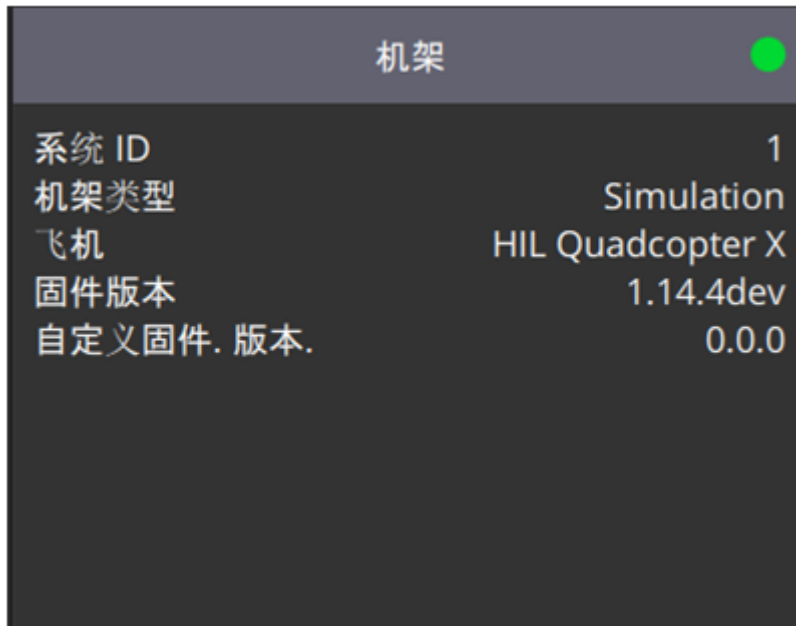
在Simulink的下方点击查看诊断，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出编译过程已成功完成，即可表示编译成功，也会弹出代码生成报告。



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PX4PSP: 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。



打开QGroundControl软件。确认无人机机架设置如下：



上传成功后，双击运行HITLRun.bat文件，在弹出对话框中输入飞控COM号如：4。

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Please input the Pixhawk COM port list for HITL
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks

All COM ports on this computer are:

COM3: Intel(R) Active Management Technology - SOL (unavailable or busy)
COM4: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)

Recommended COM list input is: 4

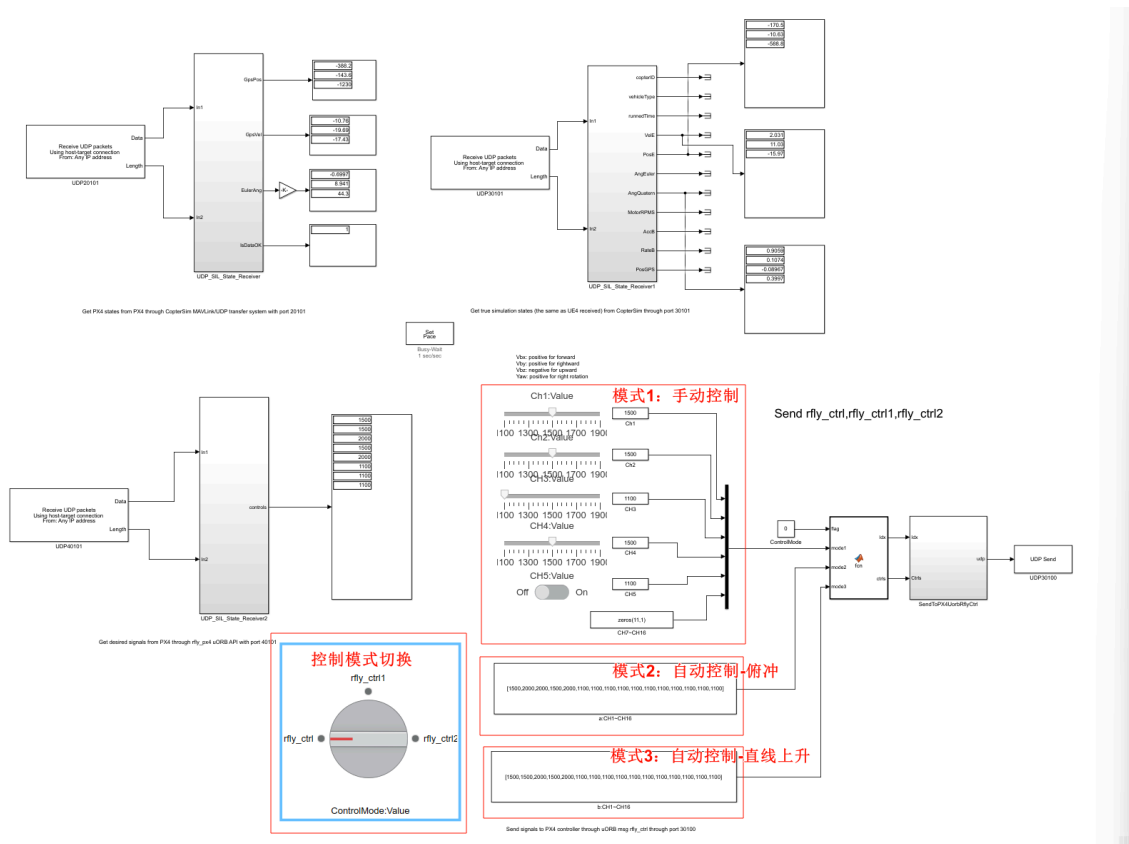
My COM list for HITL simulation is: _
```

等待仿真环境初始化完成。脚本将会启动 1 个 QGC 地面站，1 个 CopterSim、1 个 RflySim3D 软件，等待CopterSim软件下侧日志栏必须打印出 GPS 3D fixed & EKF initialization finished 字样代表初始化完成。如下图所示：



在MATLAB中运行PX4ExtMsgSender.slx文件，在运行过程中，可通过ControlMode名称的旋转开关来切换，通过30100端口发送的数据类型，其中，rfly_ctrl代表发送rfly_ctrl消息ID为：rfly_ctrl的数据，rfly_ctrl1代表发送rfly_ctrl1消息ID为：rfly_ctrl1的数据；rfly_ctrl2代表发送rfly_ctrl2消息ID为：rfly_ctrl2的数据。本实验三种类型的数据切换步骤如下：

1. 先将ControlMode旋转开关切换到：rfly_ctrl，再将遥控器CH7通道切换到最低位，进入模式1：手动控制，可通过滑块和开关控制解锁等操作。
2. 先将ControlMode旋转开关切换到：rfly_ctrl1，再将遥控器CH7通道切换到中间位，进入模式2：自动控制俯冲。
3. 先将ControlMode旋转开关切换到：rfly_ctrl2，再将遥控器CH7通道切换到最高位，进入模式1：自动控制直线上升。

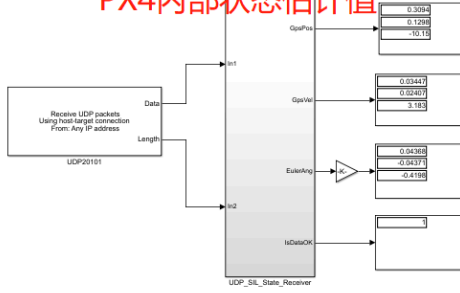


同时，在上图的左小脚的UDP40101中可以看到对应的控制量变化。



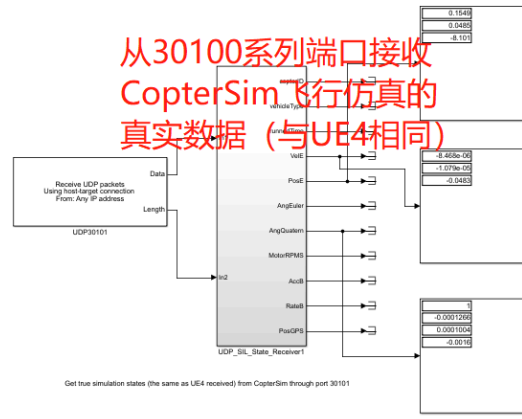
也可看到飞机的一些状态量，具体定义如下：

从20100系列端口接收
PX4内部状态估计值



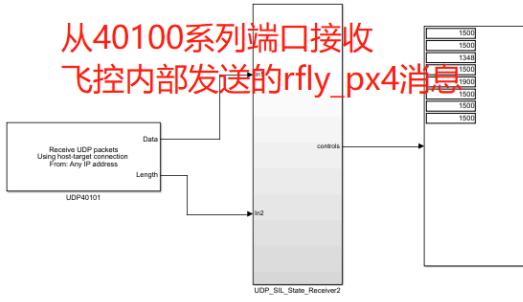
Get PX4 states from PX4 through CopterSim MAnLinkUDP transfer system with port 20101

从30100系列端口接收
CopterSim飞行仿真的
真实数据 (与UE4相同)



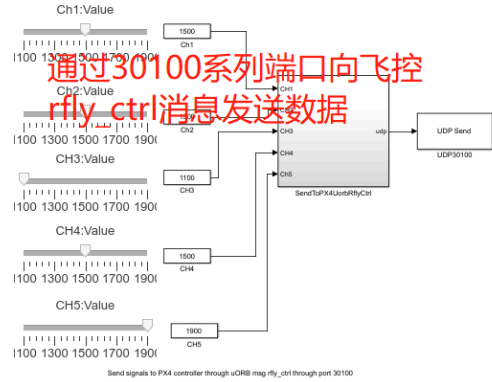
Get true simulation states (the same as UE4 received) from CopterSim through port 30101

从40100系列端口接收
飞控内部发送的rfly_px4消息



Get desired signals from PX4 through rfly_px4 uORB API with port 40101

通过30100系列端口向飞控
rfly_ctrl消息发送数据



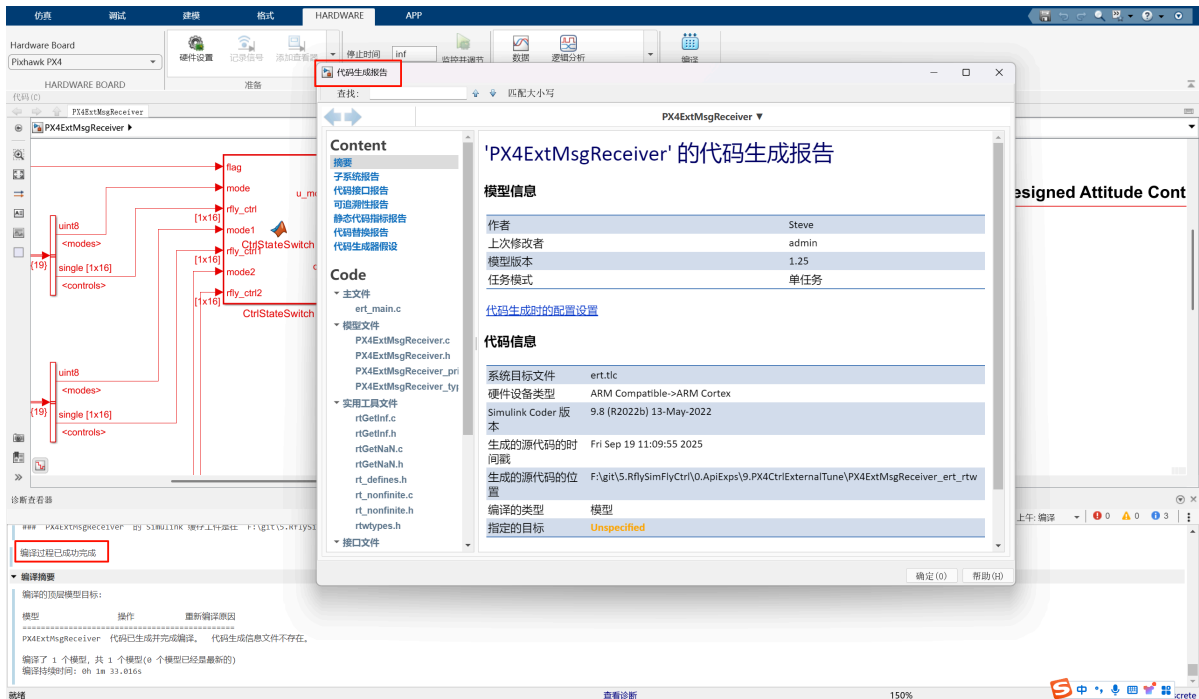
Send signals to PX4 controller through uORB msg rfly_ctrl through port 30100

步骤2: Python控制硬件在环仿真

打开MATLAB软件, 运行9.PX4CtrlExternalTune文件夹下的Init_control.m文件, 同时将打开PX4ExtMsgReceiver.slx文件, 在Simulink中, 点击编译命令。



在Simulink的下方点击查看诊断, 即可弹出诊断对话框, 可查看编译过程。在诊断框中弹出编译过程已成功完成, 即可表示编译成功, 也会弹出代码生成报告。



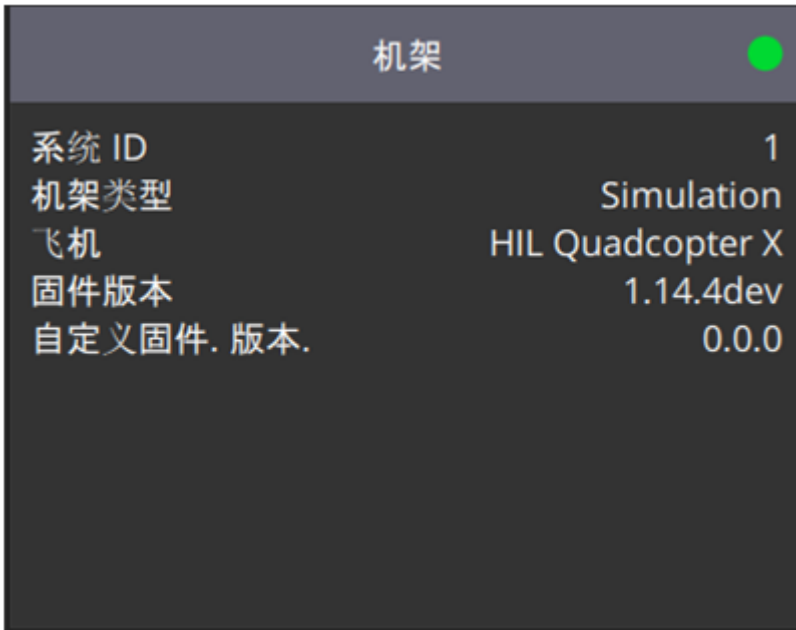
用USB数据线链接飞控与电脑。在MATLAB命令行窗口输入: PX4Upload并运行或点击PX4PSP: Upload code to Px4FMU, 弹出CMD对话框, 显示正在上传固件至飞控中, 等待上传成功。

```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd
Loaded firmware for board id: [REDACTED] size: 1903433 bytes (92.20%), waiting for the bootloader...

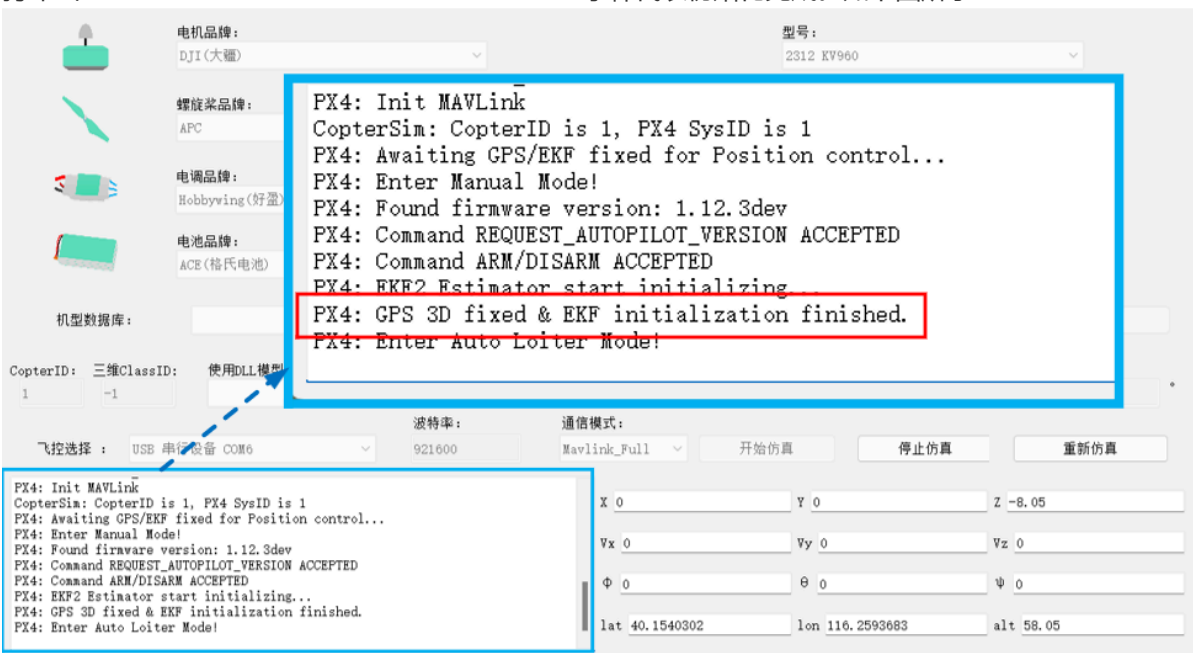
Found board id: [REDACTED] bootloader version: 5 on COM5
sn: 001e00354256500c20323441
chip: 10016451
family: b'STM32F7[6|7]x'
revision: b'Z'
flash: 2064384 bytes
Windowed mode: False

Erase : [=====] 100.0%
Program: [ ] 3.4%
```

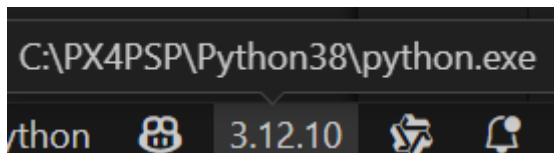
打开QGroundControl软件。确认无人机机架设置如下：



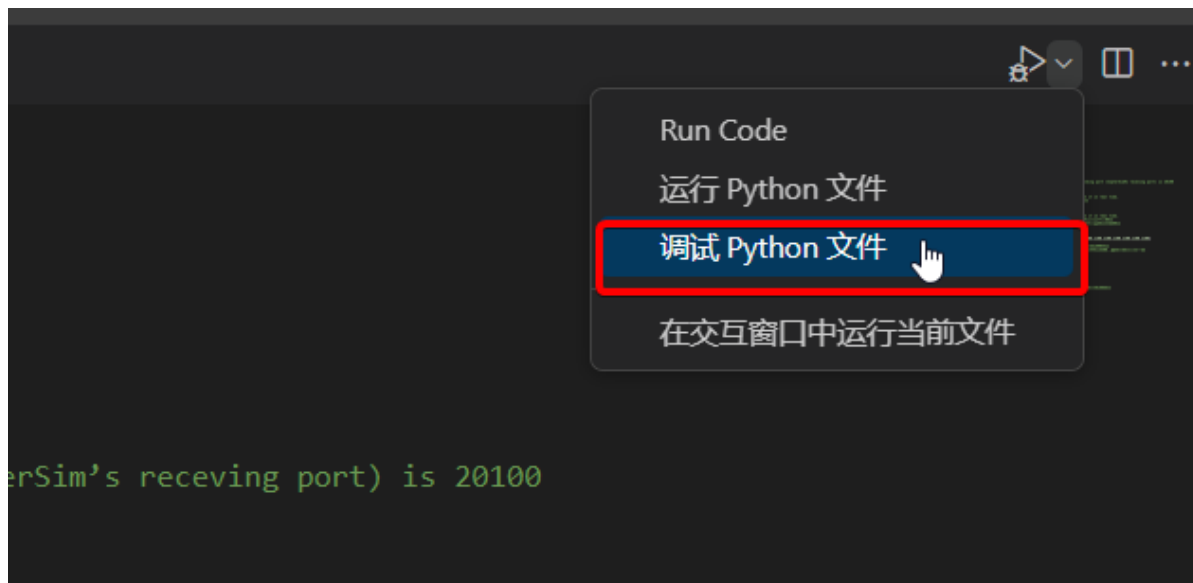
上传成功后，双击运行[PythonSender\PythonSender.bat]文件，等待仿真环境初始化完成。脚本将会启动 1 个 QGC 地面站，1 个 CopterSim、1 个 RflySim3D 软件，等待CopterSim软件下侧日志栏必须打印出 GPS 3D fixed & EKF initialization finished 字样代表初始化完成。如下图所示：



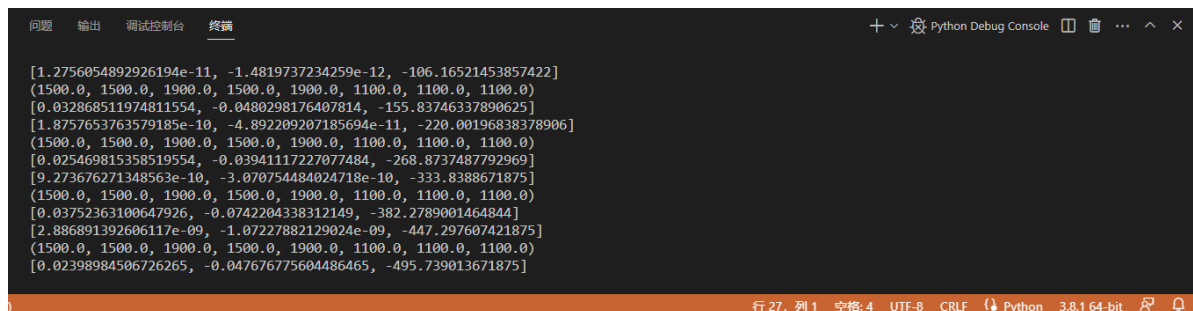
打开VScode，在VScode中文件->打开文件夹，打开问实验文件夹目录，请确认选择的编译器为：
*PX4PSP\Python38\python.exe，即RflySim平台的Python38Env环境。



在VSCode中打开 [PythonSender\PythonSender.py](#)文件，点击右上角的“调试Python文件”按钮。



在RflySim3D中可看到飞机起飞，同时在VSCode的终端框中分别循环实时打印出：分别来自20100、30100、40100端口的PX4内部状态估计值、CopterSim飞行仿真真实数据以及飞控内部发送的rfly_px4消息。



5. 关键知识点

关键知识点1：控制器初始化参数

Init_control.m文件：控制器初始化参数文件，定义多旋翼姿态控制和角速率控制参数

基本常量：

角度与弧度转换系数：RAD2DEG = 57.2957795, DEG2RAD = 0.0174533

悬停油门值：THR_HOVER = 0.609

PID控制参数：

俯仰角控制：Kp_PITCH_ANGLE = 6.5

俯仰角速率控制：Kp_PITCH_AngleRate = 0.1, Ki_PITCH_AngleRate = 0.02, Kd_PITCH_AngleRate = 0.001

横滚角控制：Kp_ROLL_ANGLE = 6.5

横滚角速率控制：Kp_ROLL_AngleRate = 0.1, Ki_ROLL_AngleRate = 0.02, Kd_ROLL_AngleRate = 0.001

偏航角速率控制：Kp_YAW_AngleRate = 0.5, Ki_YAW_AngleRate = 0.01, Kd_YAW_AngleRate = 0.00

系统限制参数：

积分饱和限制：Saturation_I_RP_Max = 0.3, Saturation_I_RP_Min = -0.3, Saturation_I_Y_Max = 0.2, Saturation_I_Y_Min = -0.2

油门幅度限制: $MAX_MAN_THR = 0.9$, $MIN_MAN_THR = 0.05$

最大控制角度: $MAX_CONTROL_ANGLE_ROLL = 35$, $MAX_CONTROL_ANGLE_PITCH = 35$

最大控制角速率: $MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_PITCH = 220$, $MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_ROLL = 220$, $MAX_CONTROL_ANGLE_RATE_Y = 200$

关键知识点2: PX4外部通信接收端模型

PX4ExtMsgReceiver.slx文件: PX4外部通信接收端模型文件

主要构成模块:

uORB Read and Function-Call Trigger

uORB Write Advanced

Subsystem

quat2eul

CtrlStateSwitch

input_rc

RGB_LED

关键函数:

quat2eul函数: 实现四元数到欧拉角的转换, 输入四元数向量, 输出欧拉角[phi, theta, psi] (弧度)

CtrlStateSwitch函数: 根据标志位切换控制模式, 支持三种模式切换 ($flag \leq 1200$, $1200 < flag < 1600$, $flag \geq 1600$)

关键知识点3: 通信API模型

Exp12_Msg2SimulinkAPI.slx文件: 通信API模型文件

功能特点:

利用Msg2SimulinkAPI接口订阅RflySim平台提供的外部传数接口

订阅rfly_ctrl、rfly_ctrl1、rfly_ctrl2消息

支持接收外部发送的障碍物、航路点等信息

实现速度、位置等Offboard上层控制

消息结构:

uint32 flags: 控制标志

uint8 modes: 模式标志

float32[16] controls: 16维控制信号

数据整合: 分别将前3维、前3维和前2维整合成8维向量, 通过rfly_px4发送

关键知识点4: 实验控制模式

三种控制模式切换:

模式1 (手动控制): ControlMode切换到rfly_ctrl, 遥控器CH7通道切换到最低位

模式2 (自动控制俯冲): ControlMode切换到rfly_ctrl1, 遥控器CH7通道切换到中间位

模式3 (自动控制直线上升): ControlMode切换到rfly_ctrl2, 遥控器CH7通道切换到最高位

端口监控: 通过UDP40101端口可观察控制量变化

键知识点5: 数据监控与反馈

状态监控: 通过CopterSim状态框确认"PX4:GPS 3D fixed & EKF initialization finished"

数据端口:

20100端口: PX4内部状态估计值

30100端口: CopterSim飞行仿真真实数据

40100端口: 飞控内部发送的rfly_px4消息

实时反馈: 在VScode终端中循环打印各端口数据

6.参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. PX4官方文档. <https://docs.px4.io/>
3. MathWorks MATLAB & Simulink Documentation. <https://www.mathworks.com/help/>
4. QGroundControl User Guide. <https://docs.qgroundcontrol.com/>

7.常见问题

Q1: 编译PX4ExtMsgReceiver.slx模型时报错

A1: 检查MATLAB和Simulink的版本是否兼容, 确保已正确安装PX4 PSP工具箱。如果仍有问题, 尝试清理之前的编译结果并重新编译。

Q2: HITL仿真环境中无法获取GPS锁定

A2: 确保CopterSim完全初始化完成, 等待日志显示"GPS 3D fixed & EKF initialization finished"后再进行后续操作。检查网络连接和防火墙设置, 确保相关端口未被阻塞。

Q3: 通过Python发送控制指令但无人机无响应

A3: 检查ControlMode设置是否正确, 确认CH7通道的位置与控制模式匹配。验证网络连接及端口号是否正确, 使用网络抓包工具确认数据正常传输。

-
1. <https://rflysim.com/> [↗](#)
 2. 推荐配置请见: <https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf> [↗](#)