

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

PID+系统模板固定翼综合模型仿真验证（Simulink外部控制）

1.2 实验目的

在Simulink的Dll模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计固定翼控制器，并将控制器和动力学模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个固定翼整体仿真闭环，即综合模型。在得到综合模型后，通过外部控制的方法实现顶层控制。

1.3 关键知识点

载具模型

固定翼无人机的动力学模型参考 [..\..\1.BasicExps\2_FixWingModelCtrl](#)。

载具的控制器设计

固定翼控制器分为位置控制器与姿态控制器。

位置控制器

分为水平位置控制器、高度和空速控制器。

L1水平位置控制器需要根据当前的期望水平位置、上一个期望水平位置、当前的水平位置、当前水平速度联合计算出期望的滚转角。由此可见，L1控制器输入很多，但是输出只有一个滚转角。

使用TECS控制器进行高度和速率控制。对于固定翼而言只控制器空速，不能任意控制各个方向的速度。TECS

提供了一种解决方案，即根据能量而不是初始设定值来反映问题。一架飞行器的总能量是飞行器动能和势能之和。推力（通过油门控制）可以增加飞机的总能量。一个给定的总能量状态可以通过势能和动能的任意组合来实现，

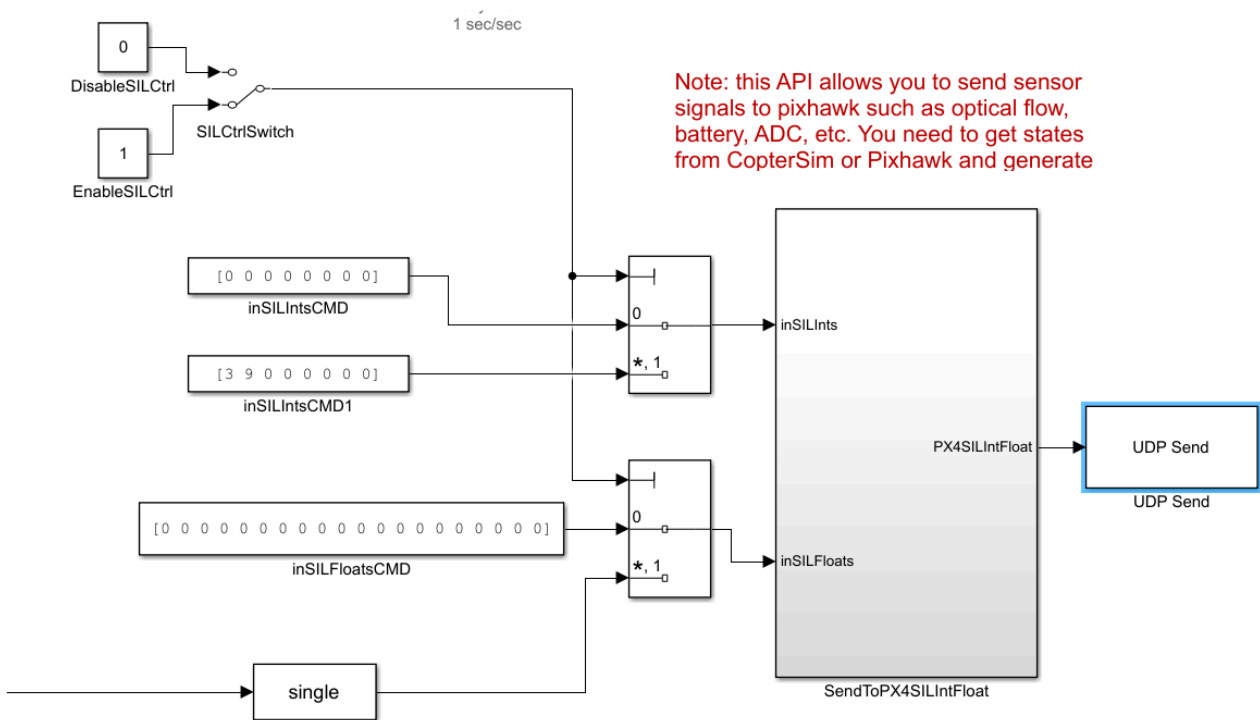
换句话说，飞行器在高海拔以低空速飞行和在低海拔以高空速飞行时的总能量是等价的。这种情况叫做比能量平衡，它是根据当前高度和真实空速设定值计算的。

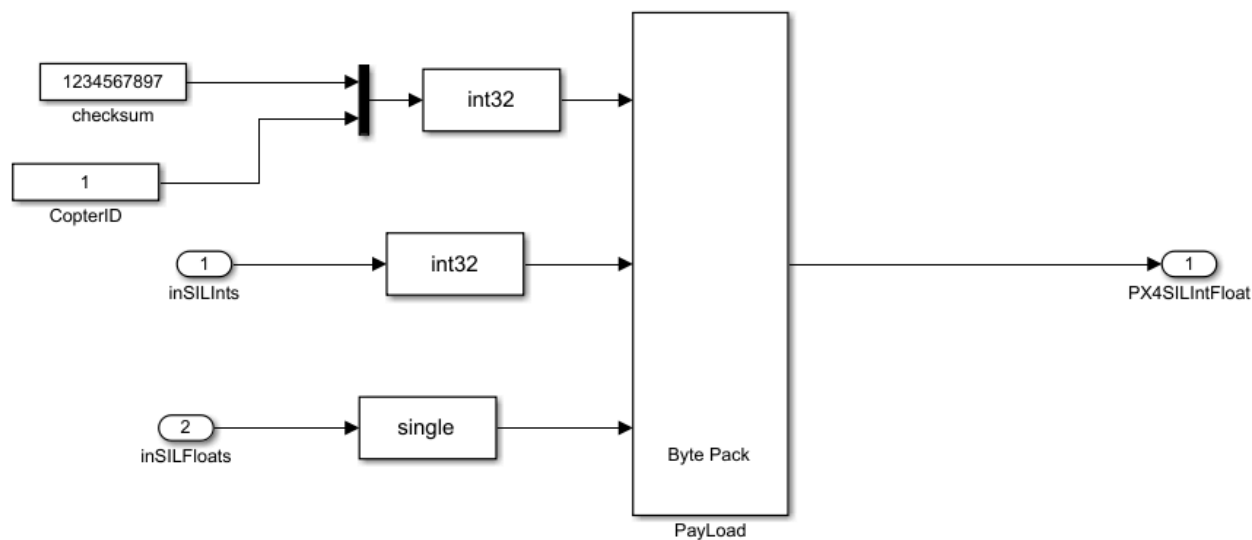
可以通过控制俯仰角来控制飞行器的比能量平衡。俯仰角增加将动能转变为势能，俯仰角减少则情况相反。这样，通过将初始空速和海拔设定值转化为能量大小（空速和海拔存在耦合，而能量大小可以独立控制），就可以把控制问题解耦。我们利用油门调节飞行器的特定总能量，利用俯仰角来维持势能（高度）和动能（真空速）的特定平衡点。TECS控制器输入期望的速率和高度值，并输入当前的高度和速率值，最后输出期望的俯仰角和油门值。

姿态控制器

姿态控制采用PID控制器，包括姿态环、角速度环，输入期望的滚转角、俯仰角，并输入实际的滚转、俯仰角和滚转、俯仰角速度，最后输出期望的滚转、俯仰力矩。

外部控制 (MATLAB/Simulink)





```

struct PX4SILIntFloat{
    int checksum;
    int CopterID;
    int inSILInts[8];
    float inSILFloats[20];
}

```

将输入数据打包（注意数据的维度和格式符合要求），使用Simulink中的UDP Send模块通过UDP 30100端口发送到CopterSim下的DLL模型的inSILFloats和inSILInts接口，从而实现外部控制。

2. 实验效果

通过RflySim平台启动固定翼综合模型仿真后，可以通过外部控制向综合模型发送解锁、起飞、期望位置等指令，可在RflySim3D中观察综合模型运动情况。

3. 文件目录

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3_FWingModelCtrl\6.CopterSimSILNoPX4](#)

| 文件夹/文件名称 | 说明 |
|--|-------------|
| CopterSender.slx | 外部控制文件 |
| AircraftMathworksNoPX4.bat | 固定翼综合模型启动脚本 |

| 文件夹/文件名称 | 说明 |
|----------------------------|---|
| AircraftMathworksNoPX4.dll | 固定翼综合模型动态链接库，由AircraftMathworksNoPX4.slx自动代码生成后打包形成 |

4. 运行环境

4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB 2017b及以上。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：px4_fmU-v6x_default，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：

<https://rflysim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

4.2 硬件要求

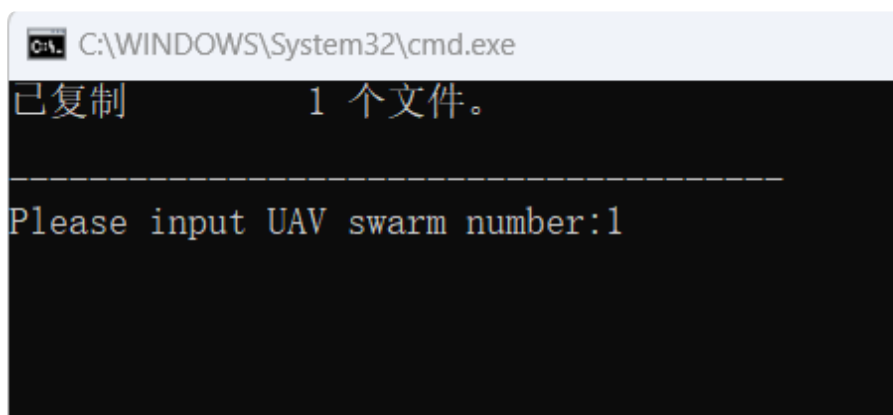
笔记本/台式电脑① 1台；\ \台；\ \台。

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

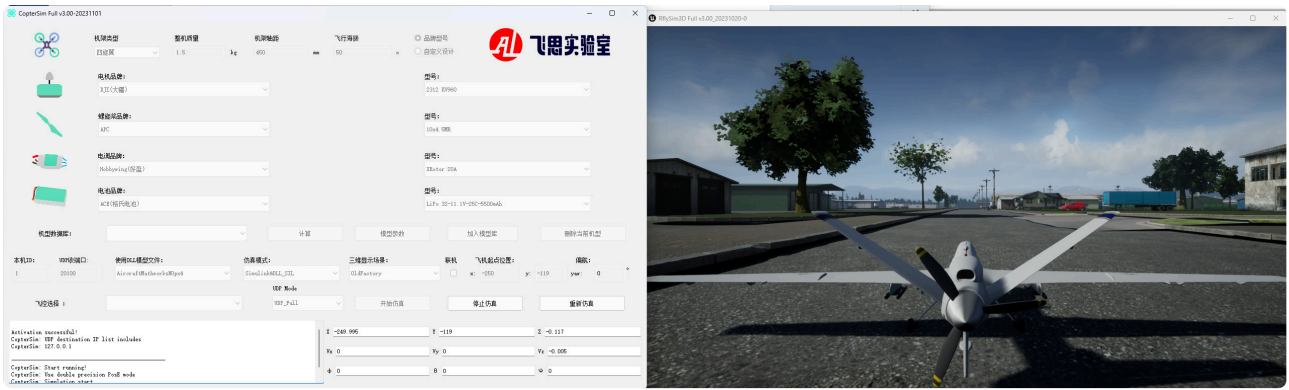
5. 实验步骤

Step 1: 启动仿真

右键点击 [AircraftMathworksNoPX4.bat](#) 并以管理员身份运行，输入1，启动1架固定翼综合模型的Simulink&dll综合仿真。

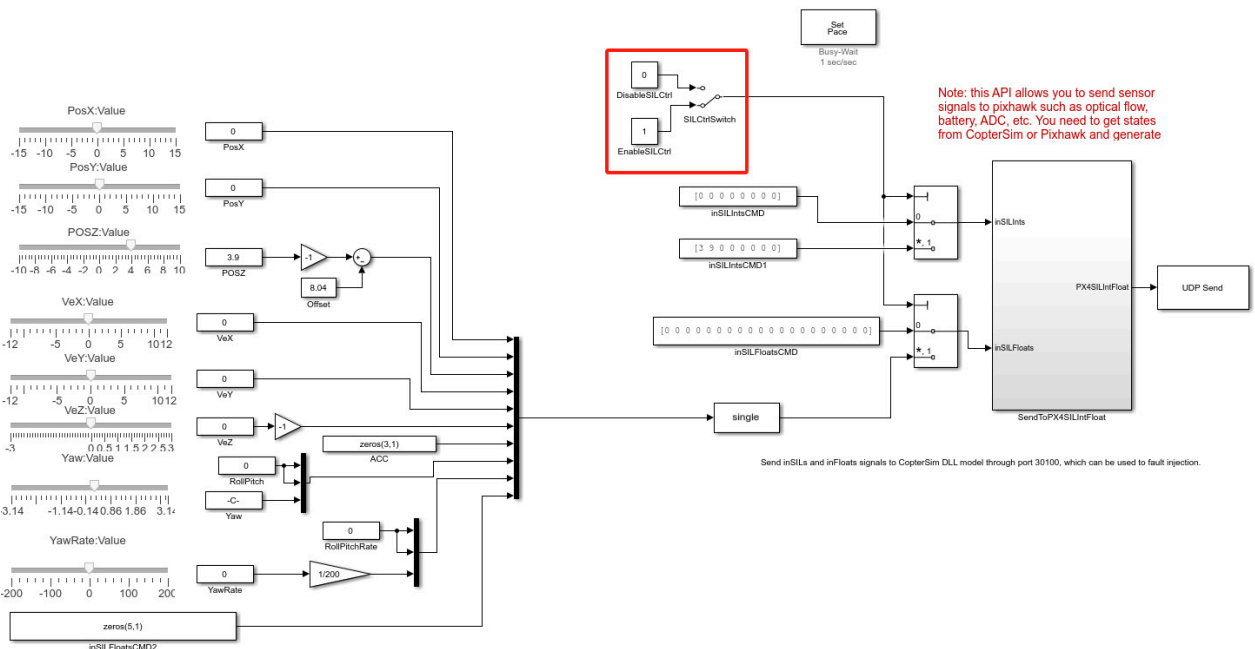


```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
已复制      1 个文件。
-----
Please input UAV swarm number:1
```



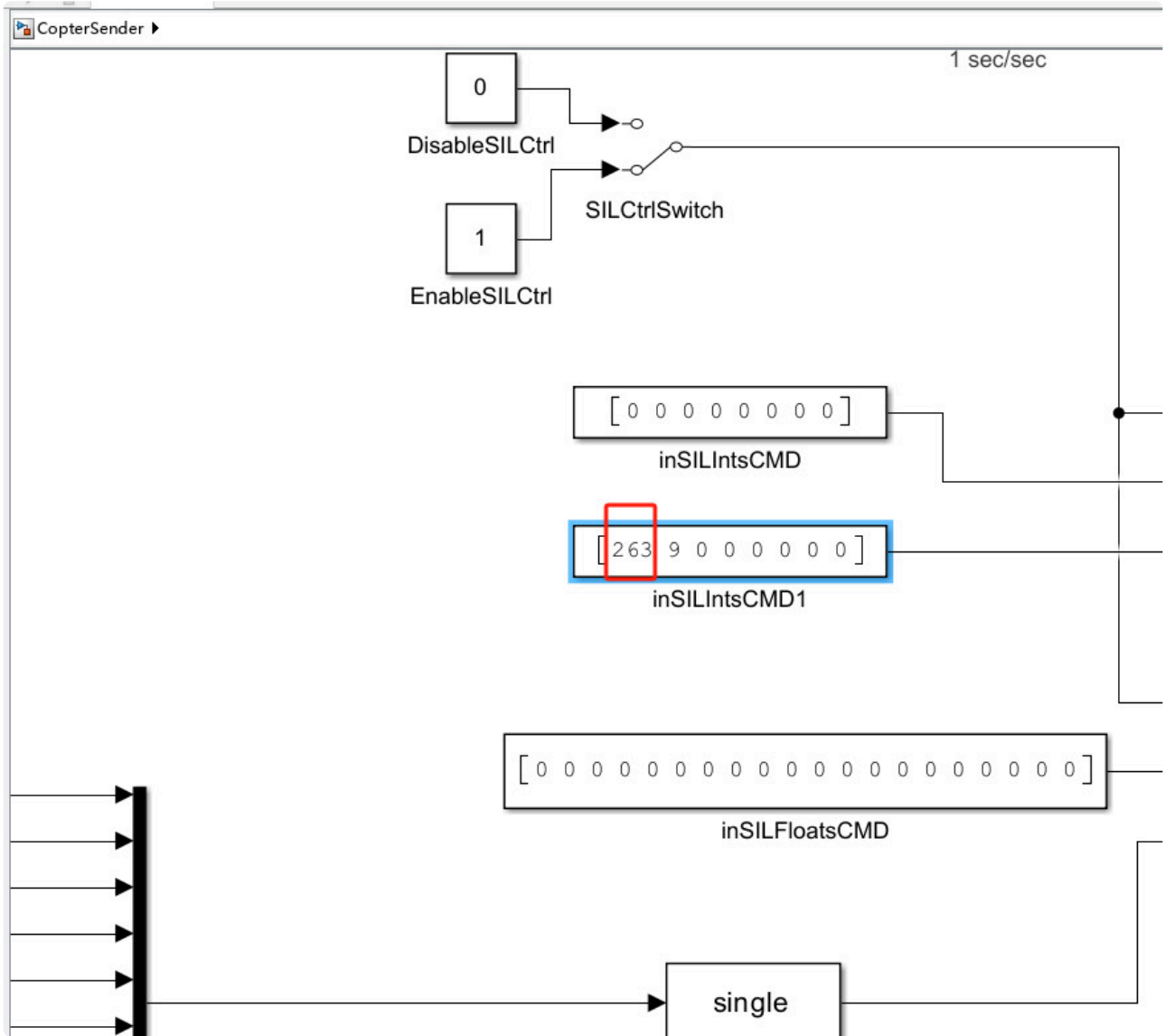
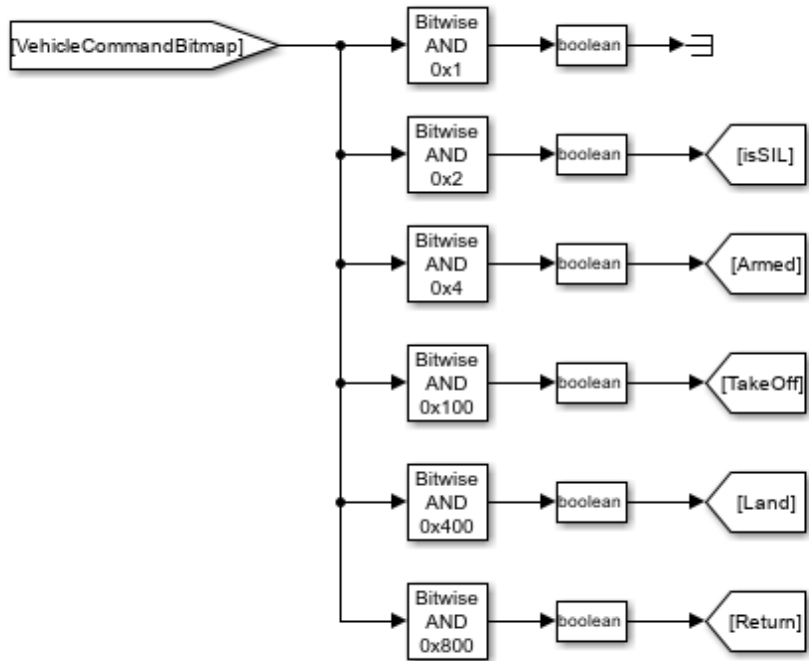
Step 2: 运行控制模型

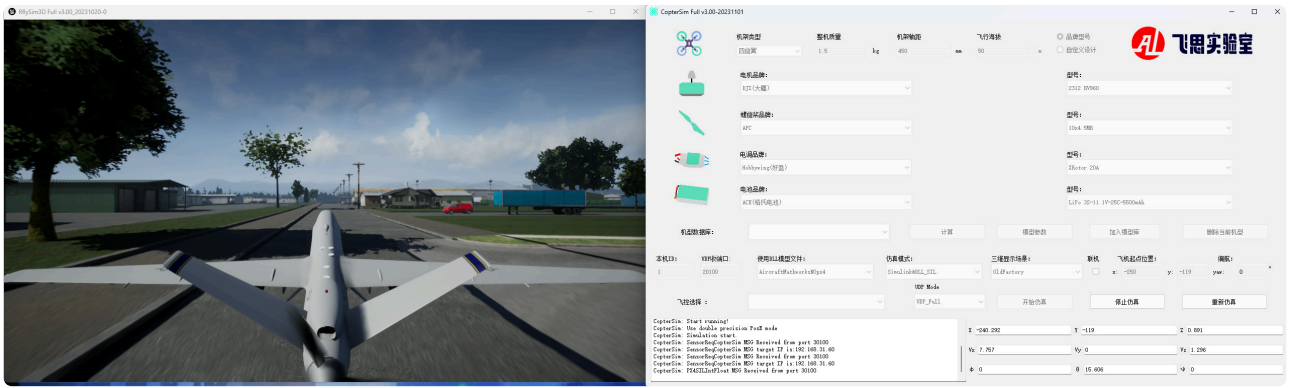
右键打开CopterSender.slx，运行该文件，点击红色框框住的SILCtrlSwitch将使能标志切换到EnableSILCtrl。



Step 3: 解锁并起飞

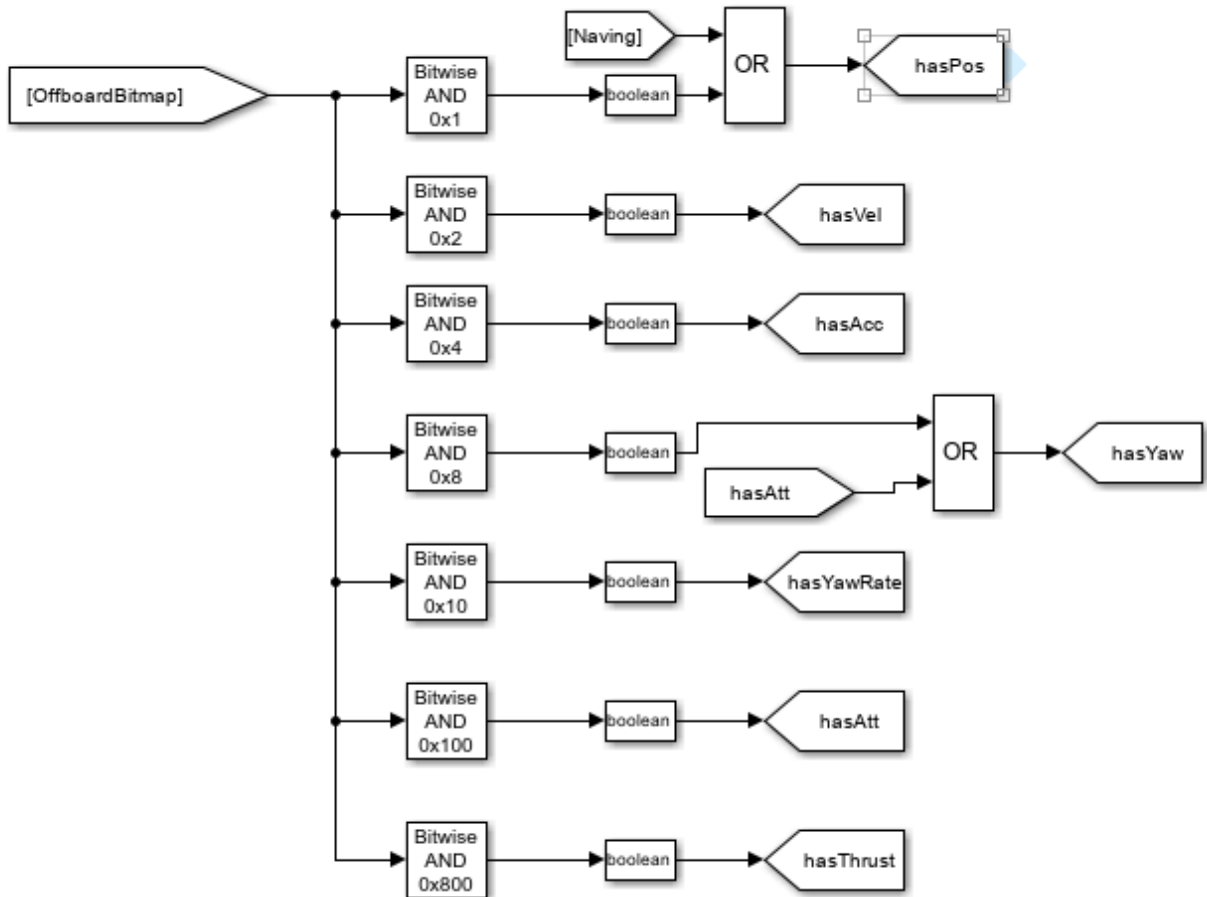
根据模型Bitmap，在inSILInts[0]为263时固定翼为固定翼解锁并起飞，接收控制指令。

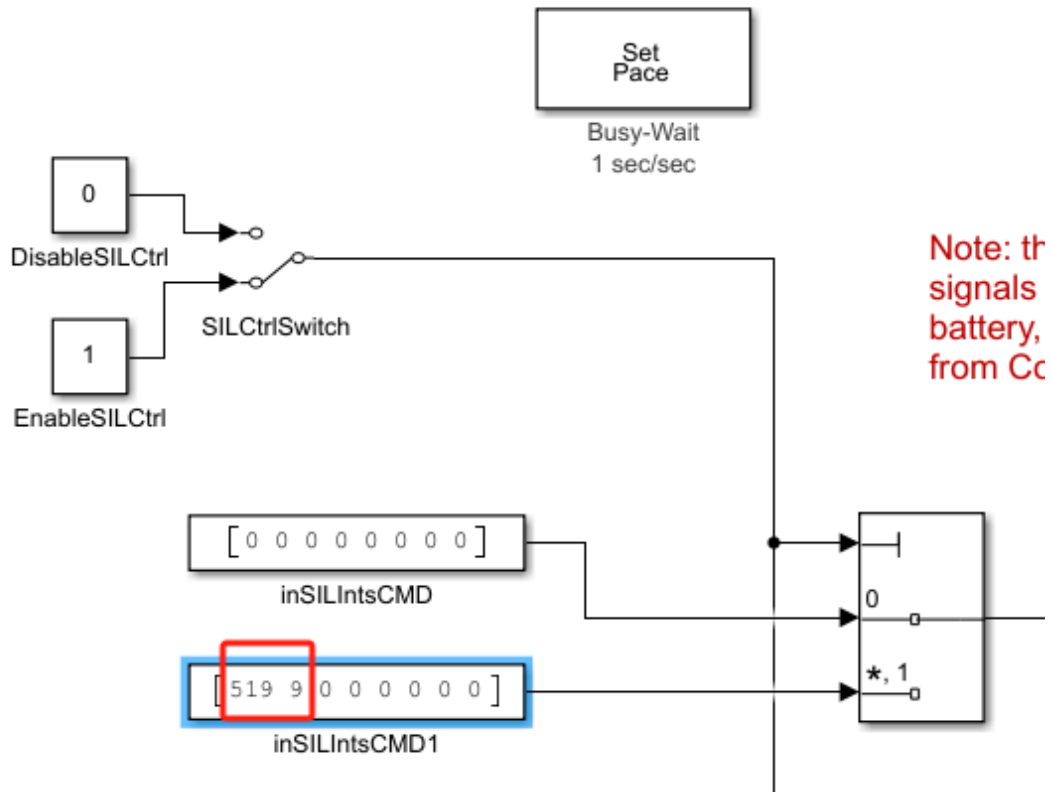




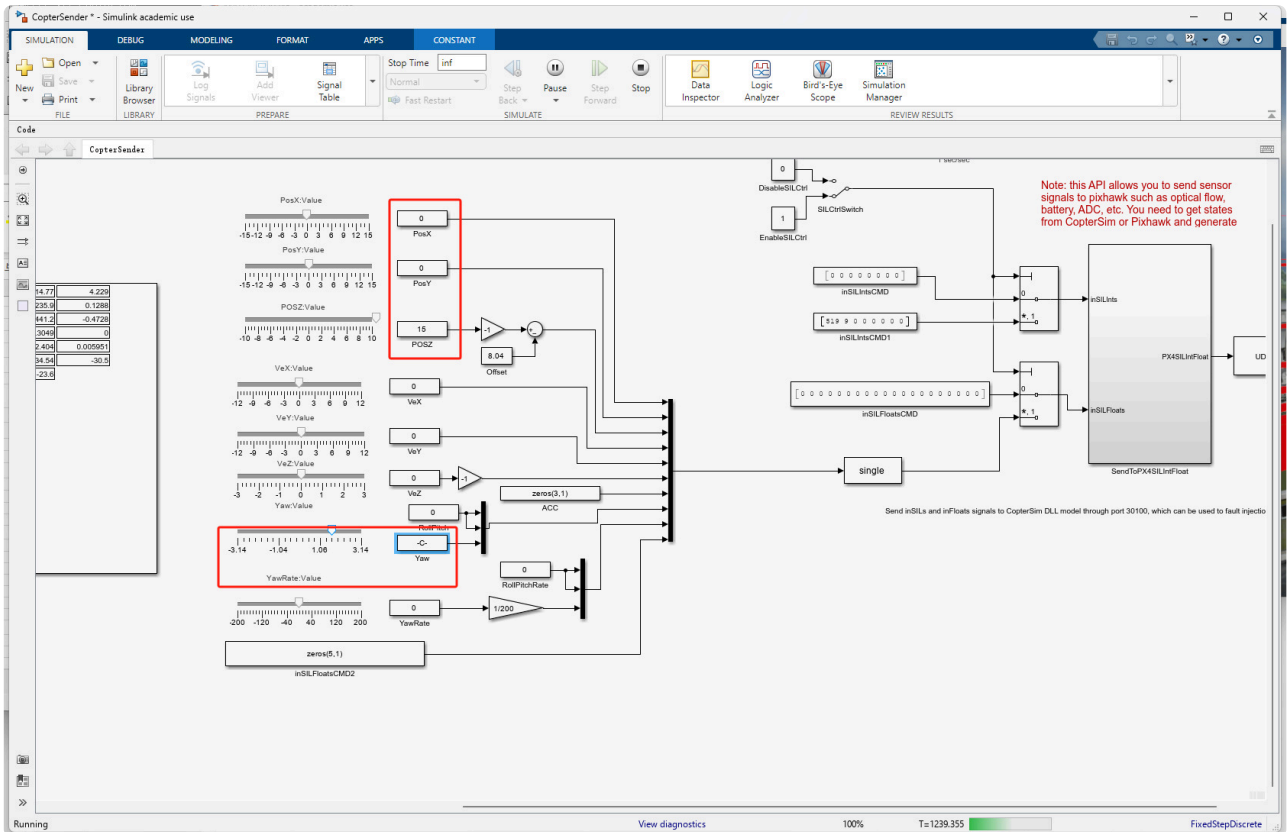
Step 4: 固定翼控制

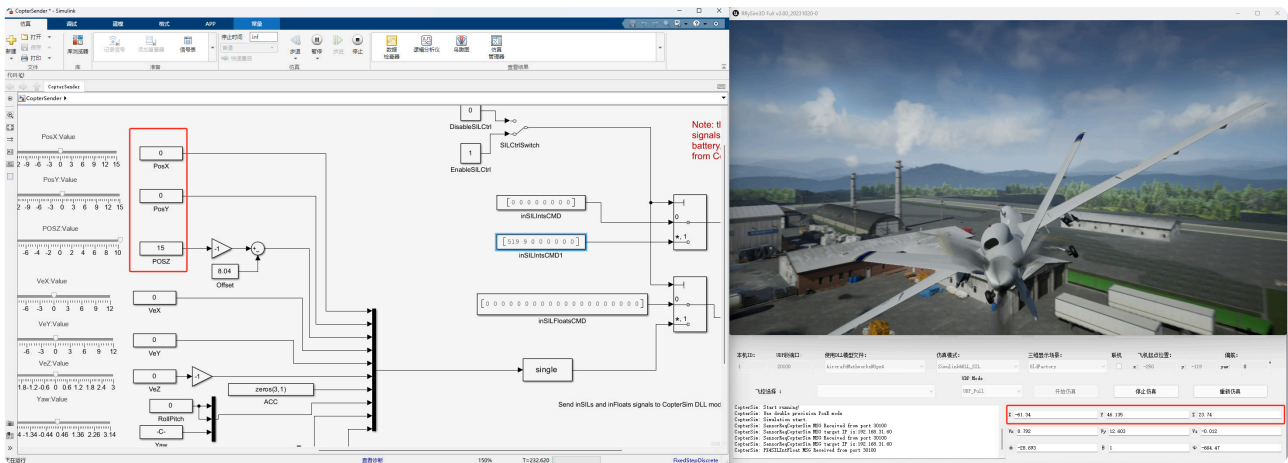
起飞完成后固定翼将自动进入定点模式；或者，可以手动将inSILInts[0]修改为519切换为定点模式，inSILInts[1]表示的是使能固定翼综合模型Offboard控制，也就是typemask，当inSILInts[1]为9时，即代表位置控制和偏航角速率控制使能为1，表明可以通过外部控制来控制固定翼综合模型的位置和偏航角速率。





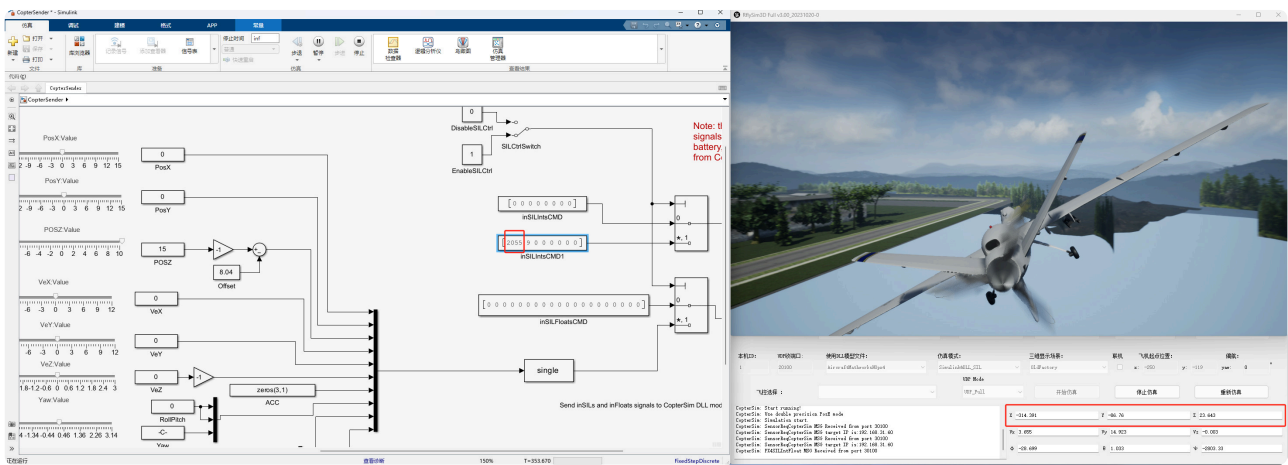
因此，我们可以通过CopterSender.slx右侧的滑块控制固定翼的位置与偏航角速率，当发送期望位置和期望偏航角速率时，飞机会以期望的偏航角速率绕该位置进行盘旋。





Step 5: 返回起始位置

当inSILInts[0]为2055时固定翼会返回起始位置，到达后盘旋在起始位置上空。



6. 参考资料

1. 外部控制接口 ..\..\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf
- 2.

7. 常见问题

Q1: 关于执行航线任务时，模型卡在起飞跑道上的问题

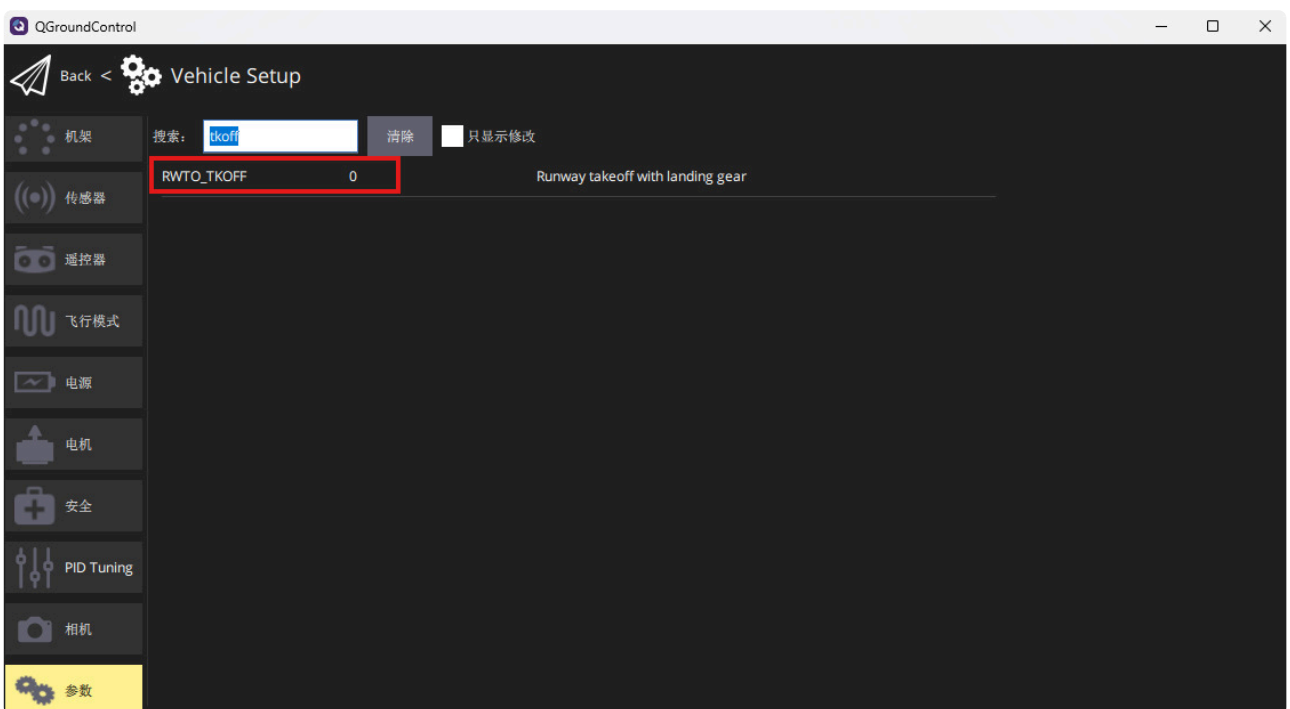


A1: PX4的固定翼模型默认不能滑跑起飞，在起飞前需要使能跑道参数RWTO_TKOFF（修改为1）。修改步骤如下：

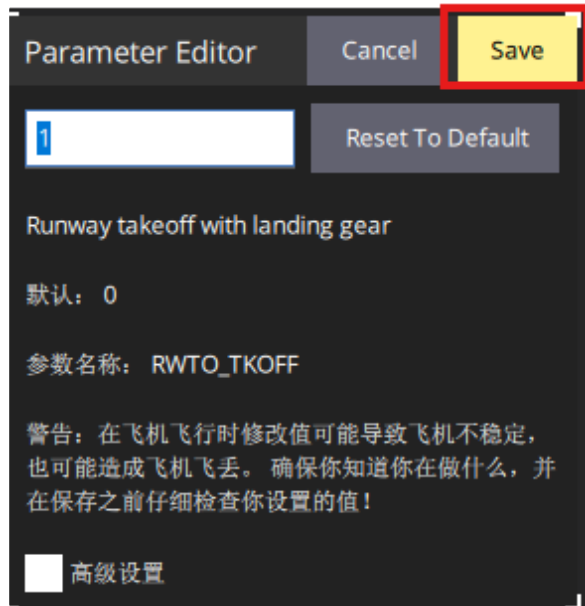
启动软件在环脚本或硬件在环脚本，使QGroundControl自动连接上PX4控制器。

在QGroundControl中，导航到Vehicle

Setup（车辆设置）页面，然后点击Parameters（参数）。在参数搜索栏中输入RWTO_TKOFF，查找到该参数。



将RWTO_TKOFF参数的值设置为1（启用）。



Q2: 编译报错，无法加载库文件



A2: 这可能是由于安装平台时PX4PSP工具箱未更新到最新版，更新RflySim安装包后按照如下配置重新安装平台即可

Toolbox one-key installation script: RflySimA... — □ ×

(1) Software package installation directory
C:\PX4PSP

(2) PX4 firmware compiling command: firmware versions <= PX4-1.8 use format px4fmu-v3_default; >= PX4-1.9 use format px4_fmu-v3_default
px4_fmu-v6c_default

(3) PX4 firmware version (1: PX4-1.7.3, ... , 6: PX4-1.12.3, 7: PX4-1.13.2, 8: PX4-1.14.4, 9: PX4-1.15.0)
9

(4) PX4 firmware compiling toolchain (1: WinWSL[suitable for all versions], 2: Msys2[suitable for <= PX4-1.8], 3: Cygwin[for >=PX4-1.8])
1

(5) Whether to reinstall PSP toolbox (yes to reinstall and no to remain current installation)
yes

(6) Whether to reinstall the dependent software packages (CopterSim, QGroundControl, CopterSim, etc. About 5 minites)
no

(7) Whether to reinstall the selected compiling toolchain (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(8) Whether to reinstall the selected PX4 firmware source code (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(9) Whether to pre-compile the selected firmware with the selected command (yes to compile and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(10) Whether to block the actuator outputs in the PX4 firmware code ("yes" to use Simulink controller, "no" to use PX4 official controller)
no

OK Cancel