



智能无人集群系统开发与实践

基于RflySim平台的全栈开发案例

第4讲 载具运动建模与仿真



大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍（载具建模模板）
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验（个人版）
 5. 进阶案例实验（集合版）
 6. 扩展案例（完整版）
 7. 小结
-



飞思实验室



RflySim教程



1.实验平台配置

注：本平台支持在CopterSim上配置参数的方式，仿真不同多旋翼的模型；也支持在Simulink中开发飞机模型，并通过DLL模型导入方式，实现不同多旋翼，甚至固定翼、小车、小船等多样载具仿真。

1.1 Pixhawk 6C飞控仿真环境还原

- 重新运行一键安装脚本“OnekeyScript.p”
- PX4 固件编辑命令：“px4_fmu-v6c_default”
- 确保当前的PX4固件版本为7，即PX4版本为：1.13.3。
- 是否重新部署px4固件代码(8)、是否预先用选定命令编译固件(9)、是否屏蔽PX4官方控制输出(10)分别选择：“是”、“是”、“否”。
- 如果上述条件满足，直接退出安装脚本即可。如果上述条件不满足，需要配置合适选项，点击确定，进行环境调整。其他飞控配置仅需修改PX4固件编辑命令(2)，即可完成仿真环境还原。





1.实验平台配置

注：CopterSim主界面可选择合适的配件和重量等数据来仿真不同飞机模型，但是每次仿真完，请记得按本页步骤还原模型参数，避免影响后续实验效果。

1.2 CopterSim模型参数还原

- 在桌面RflyTools文件夹，打开CopterSim快捷方式，弹出主界面。
- 点击“模型参数”按钮，进入模型配置页面。
- 点击“还原默认参数”，再点击“存储并使用参数”来将自定义的飞机模型数据还原。
- 注：上述步骤可以还原之前，通过修改CopterSim主界面，配置的不同多旋翼模型或噪声等级。
- 注：上述方式不会影响DLL模型的参数与噪声，两套体系是相互独立的。





1.实验平台配置

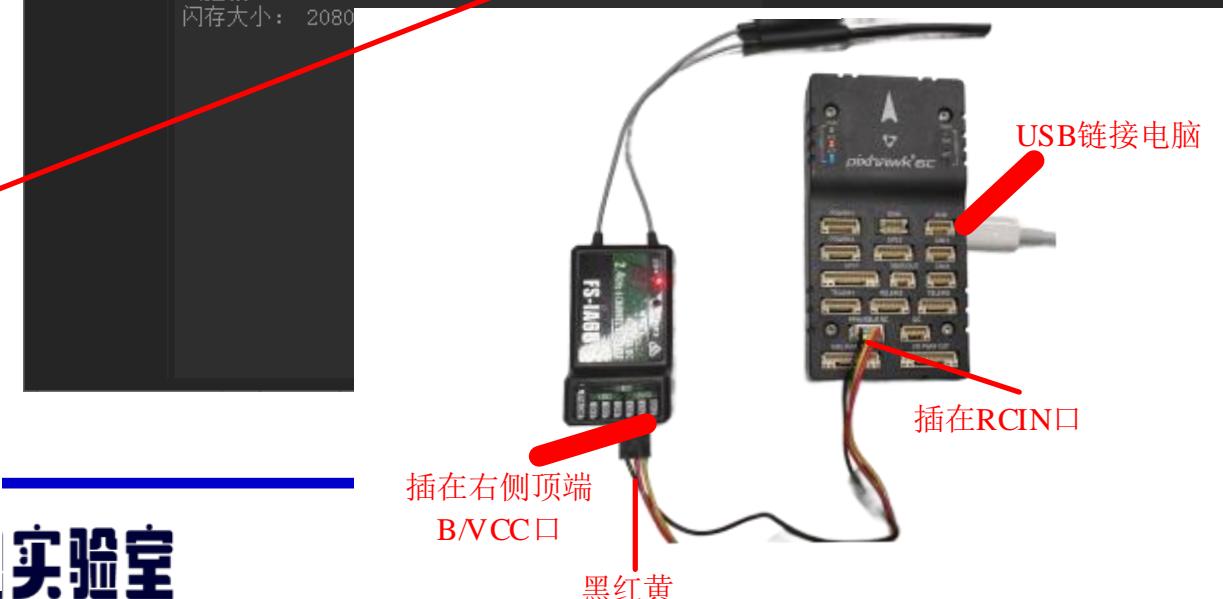
1.3 飞控固件还原

本小节例子需要使用PX4的官方固件，如果使用的是Simulink生成的自定义控制器，请按本页步骤还原固件：

- 1) 打开QGC地面站软件，断开Pixhawk；
- 2) 如右图上所示，点击工具栏齿轮图标进入载具设置页面，再点击“Firmware”（固件）标签进入固件烧录页面；
- 3) 用USB线连接Pixhawk自驾仪到电脑，此时软件会自动识别Pixhawk硬件，如右图所示所示，在界面右侧弹出固件配置窗口，勾选第一项“PX4 ***”，然后点击“确定”，QGC开始自动下载（需联网，无法联网请参考下一页使用本地固件）并安装最新的PX4固件到Pixhawk中；

注意1：本小节例子需要使用PX4的官方固件，任意版本均可，这里选择了最新固件

注意2：如果手头没有Pixhawk自驾仪硬件，可以跳过飞控硬件配置内容，直接进行软件在环仿真





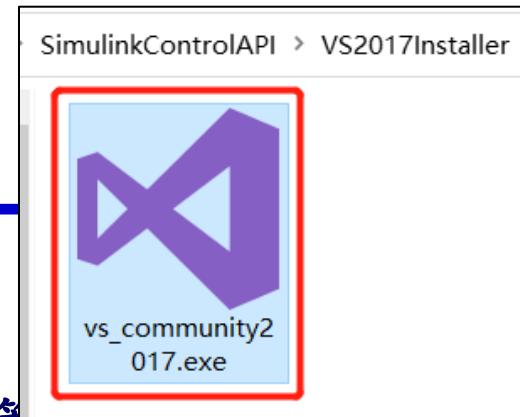
1.实验平台配置

1.4 安装Visual Studio编译器

- 后续课程很多地方都需要用到Visual Studio编译器，例如MATLAB S-Function Builder模块的使用、Simulink自动生成C/C++模型代码等
- 这里推荐安装Visual Studio 2017，在线安装步骤（需联网）如下：
- 双击“RflySimAPIs\SimulinkControlAPI\VS2017Installer\vs_community2017.exe”
- 本课程内容只需勾选右图的“C++的桌面开发”即可。
注意：高版本MATLAB也可安装VS2019，但是MATLAB只能识别到低于自己版本的Visual Studio，因此MATLAB 2017b无法识别VS 2019。
- 注意：请不要更改VS默认安装目录（例如装到D盘），会导致MATLAB无法识别。
- 不能使用Mingw编译器，需VS

注：本小节较多例子都需要使用VS编译器，推荐提前安装。

注：VS编译器也可以用其他版本，MATLAB能识别即可





1.实验平台配置

1.5 MATLAB编译器安装

确认

- 在MATLAB的命令行窗口中输入指令“mex-setup”
- 一般来说会自动识别并安装上VS 2017编译器，如右图所示显示“MEX配置使用‘Microsoft Visual C++ 2017’以进行编译”说明安装正确
- 若有其他编译器，本页面还可以切换选择VS 2013/2015等其他编译器

```
>> mex -setup
MEX 配置为使用 'Microsoft Visual C++ 2017 (c)' 以进行 c 语言编译。
警告: MATLAB C 和 Fortran API 已更改, 现可支持
包含 2^32-1 个以上元素的 MATLAB 变量。您需要
更新代码以利用新的 API。
您可以在以下网址找到更多的相关信息:
http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_external/upgrading-mex-files-to-use-64-bit-
要选择不同的 C 编译器, 请从以下选项中选择一种命令:
Microsoft Visual C++ 2013 (c) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2013.xml C
Microsoft Visual C++ 2015 (c) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2015.xml C
Microsoft Visual C++ 2017 (c) mex -setup:C:\Users\dream\AppData\Roaming\MathWorks\MATLAB\R2
要选择不同的语言, 请从以下选项中选择一种命令:
mex -setup C++
mex -setup FORTRAN
fx >>
```

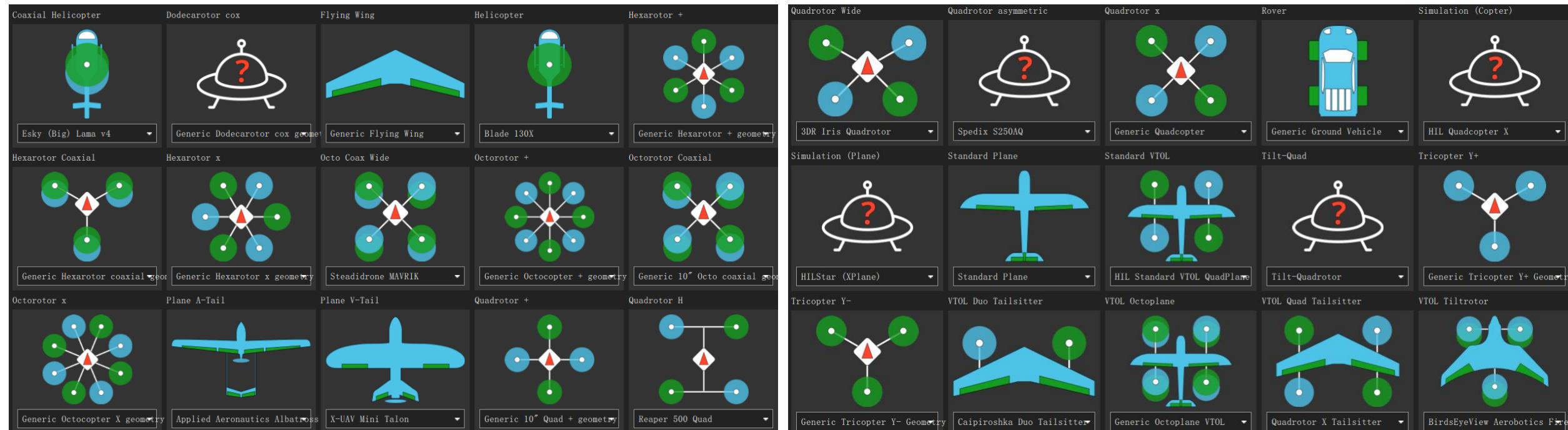




1.实验平台配置

1.6 平台支持的软/硬件在环仿真机型

- RflySim平台支持任意PX4可控机型的软硬件在环仿真。
- 所有支持机型可从QGroundControl的Airframe（机架）页面中查看，如下图所示。
- 目前RflySim平台包含了旋翼类、固定翼类的模型，其他模型需要用户Simulink搭建。





1.实验平台配置

注：下面的步骤都可以在bat脚本中自动实现，这里只需要了解实现流程。

1.7 软/硬件在环仿真配置简介

- 硬件在环仿真流程：CopterSim配置模型参数或Simulink导入DLL模型 → QGC配置Pixhawk进入对应的机架 → QGC配置进入硬件在环仿真模式 → CopterSim开始仿真
- 软件在环仿真流程：CopterSim配置模型参数或Simulink导入飞机模型 → PX4源码中配置机架文件 → bat启动脚本中选定机架样式 → 一键启动软件在环
 - PX4源码中配置文件拷贝流程：“Firmware\ROMFS\px4fmu_common\init.d\airframes”文件夹中拷贝需要机型文件到“Firmware\ROMFS\px4fmu_common\init.d-posix”，例如六旋翼X布局“6001_hexa_x”和固定翼“2100_standard_plane”。
 - bat启动脚本修改：拷贝一份SITLRun.bat文件，修改机型PX4SitlFrame为配置文件的非数字部分，例如六旋翼为“set PX4SitlFrame=hexa_x”，固定翼为“set PX4SitlFrame=standard_plane”，其他机型类似。
 - 选择专用地形：推荐使用OldFactory地形，带平地跑道，适合固定翼起飞。三个地方需要修改：选择场地“SET /a UE4_MAP=OldFactory”，X坐标“SET /a ORIGIN_POS_X=-250”，以及Y坐标“SET /a ORIGIN_POS_Y=-119”即可初始到跑道上。



大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍（载具建模模板）
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验（个人版）
 5. 进阶案例实验（集合版）
 6. 扩展案例（完整版）
 7. 小结
-



飞思实验室



RflySim教程



2.载具建模模板及相关接口实验

2.0 载具建模模板及相关接口实验

RflySim平台提供了两套载具的统一建模模板，分为最小系统的模版和最大系统的模版，模板的相关接口及区别简介可见文件：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\Readme.pdf](#)，其中最小系统的模版包含了最低要求的输入和输出接口，相关验证实验可见文件：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e1_MinModelTemp\Readme.pdf](#)，最大系统的模版包含了更丰富的附加功能，相关验证实验可见文件：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e1_MaxModelTemp\Readme.pdf](#)，同时，本小节也介绍了一些载具模型的开发过程中的接口，相关实验可见文件夹[0.ApiExps](#)



2.载具建模模板及相关接口实验

2.1 最小系统模型模版

- 16维已归一化的执行器控制量输入。

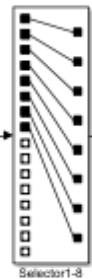
注：高级体验版的输入信号只支持前6维输入（后面数据全0），个人高级版以上支持全16维输入。
- 包含加速度传感器的加速度值、陀螺仪传感器的角速度值、磁罗盘传感器的磁场值，气压和空速传感器的气压值等众多传感器数据。
- 可自定义飞机的初始位置、初始姿态，以便适用导弹等竖直起飞的飞行器，设定合适的俯仰和滚转值。
- 模型发送给RflySim3D的真实仿真数据是平滑的理想值不像传感器和GPS模块会加上噪声和振动。

更多最小系统模板的详细资料请见：[1.BasicExps\1_MinModelTemp\Readme.pdf](#) -

Model Info
Exp1_MinModelTemp
Matlab version is MATLAB R2017b and above.
Coordinate frame is NED frame.
This model simulates the behavior of a multicopter based on performance parameters and RPM inputs

Replace with your actuators' dynamic model,
The input is the motor PWMs from 0 to 1
and the output is the motor rotation speed in rad/s

输入1：16维PWM输入，来自自驾仪



电机动态模型

Note2: There are three parameters essential for DLL model generation. They are "ModelInit_Inputs" (8D vector for input pwm signal initialization) in the "Motor Model" module, "ModelInit_PosE" (3D vector for position initialization) and "ModelInit_AngEuler" (3D vector for attitude initialization) in the "6DOF" module.

力和力矩模型

Replace it with your own force and moment model where the ground support force, the aerodynamic force and the actuator thrust force should be considered.

环境模型

Environment Model

数据输出接口

Environment Model Bus

MotorRads

TerrainZ
=Yg
=Xg
=Euler(rad)
=DCM
=ub
=dub/dt
=AccB
=PosGPS
=gravity
=TempC
=AirPressure
=RHg
=WindB
=MotorRads
=Flx
=PWM

TerrainZ
=Yg
=Xg
=Euler(rad)
=DCM
=ub
=dub/dt
=AccB
=PosGPS
=gravity
=TempC
=AirPressure
=RHg
=WindB
=MotorRads
=Flx
=PWM

输出1：机载传感器数据

输出2：GPS原始数据

输出3：三维运动数据

Kinetics Info

6DOF

六自由度模型

Kinematics Info

6DOF Bus

PWM

OutputSignals

SensorModel

Vehicle3DInfo
=Flx
=MotorRads
=Flz
=PWM

MavVehicle3DInfo
=Flx
=MotorRads
=Flz
=PWM

MavHLSensor
=MavLinkSensorData
=TerrainZ
=Yg
=Xg
=Euler(rad)
=DCM
=ub
=dub/dt
=AccB
=PosGPS
=gravity
=TempC
=AirPressure
=RHg
=WindB
=MotorRads
=Flx
=PWM

MavVehicle3DInfo
=Flx
=MotorRads
=Flz
=PWM



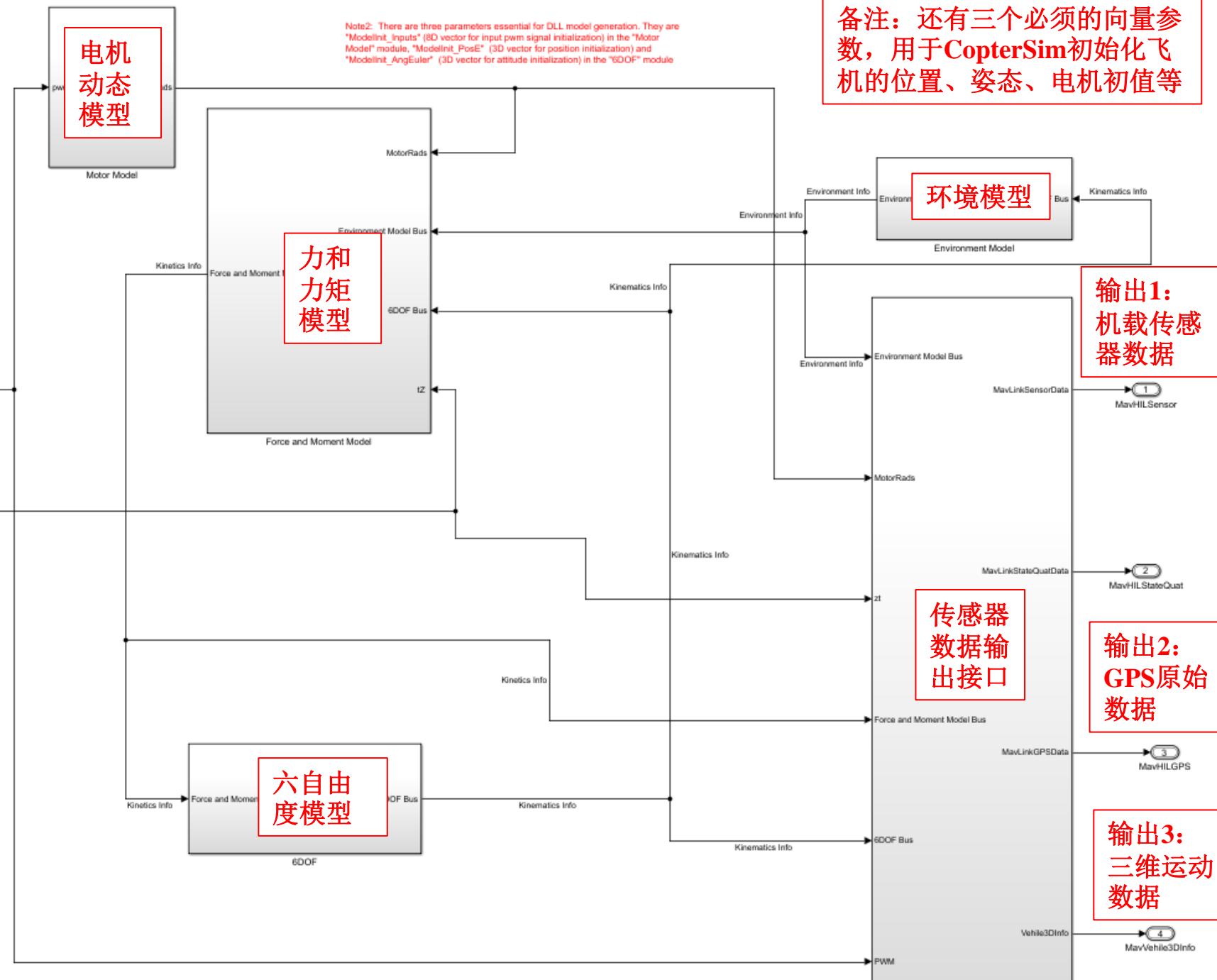
2.载具建模模板及相关接口实验

2.2 最大系统模型模版(仅限高级集合版以上)

- 保留最小系统模板的全部功能。
- 新增四个输入信号结构体分别为：1维地形高度的TerrainZ、20维实现碰撞引擎的inFloatsCollision、8维整型的inSILInts和20维浮点的inSILFloats来实现故障注入、外部传感器等功能。
- 新增一个输出信号结构体为：32维浮点数的ExtToUE4PX4用于传输其他传感器或必要数据给飞控。
- 新增故障电机随机故障注入，模拟导致飞机坠机。

更多最大系统模板的详细资料请见：[2.AdvExps\c1_MaxModelTemp\Readme.pdf](#)

备注：还有三个必须的向量参数，用于CopterSim初始化飞机的位置、姿态、电机初值等

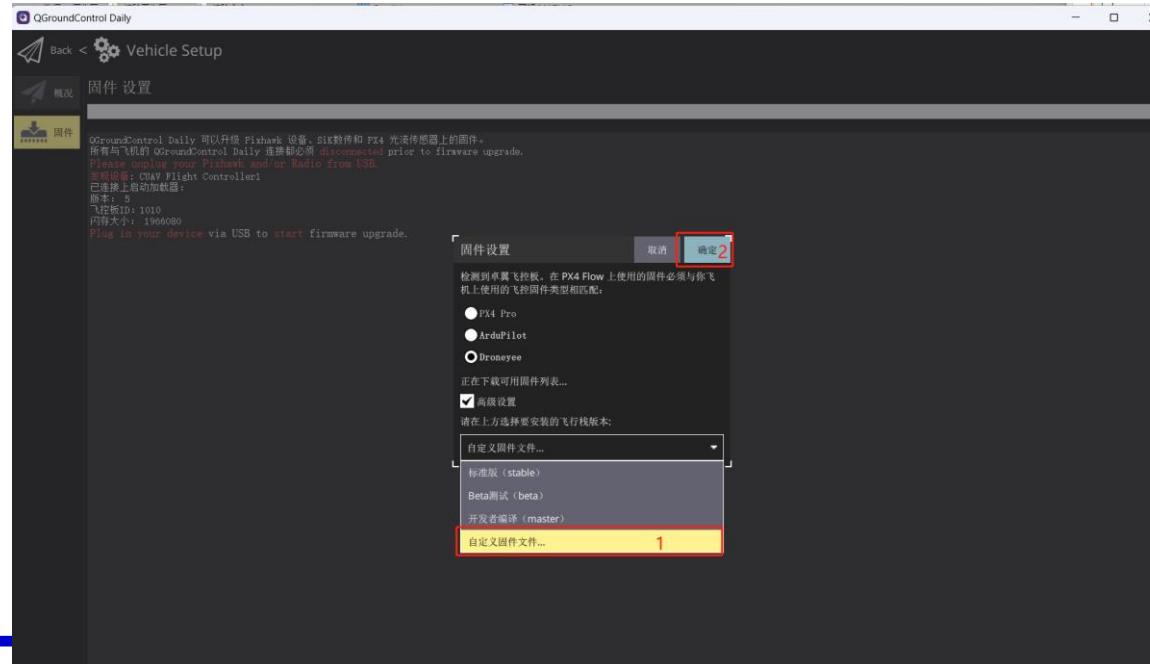




2.载具建模模板及相关接口实验

2.3 RflySim平台飞控固件生成实验

通过该例程，使用户理解如何配置平台一键安装脚本、如何使用平台完成底层自主开发控制器固件生成和原生固件生成。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e0 ModelAPIUsage\1.PX4FirmwareGen\Readme.pdf。](#)

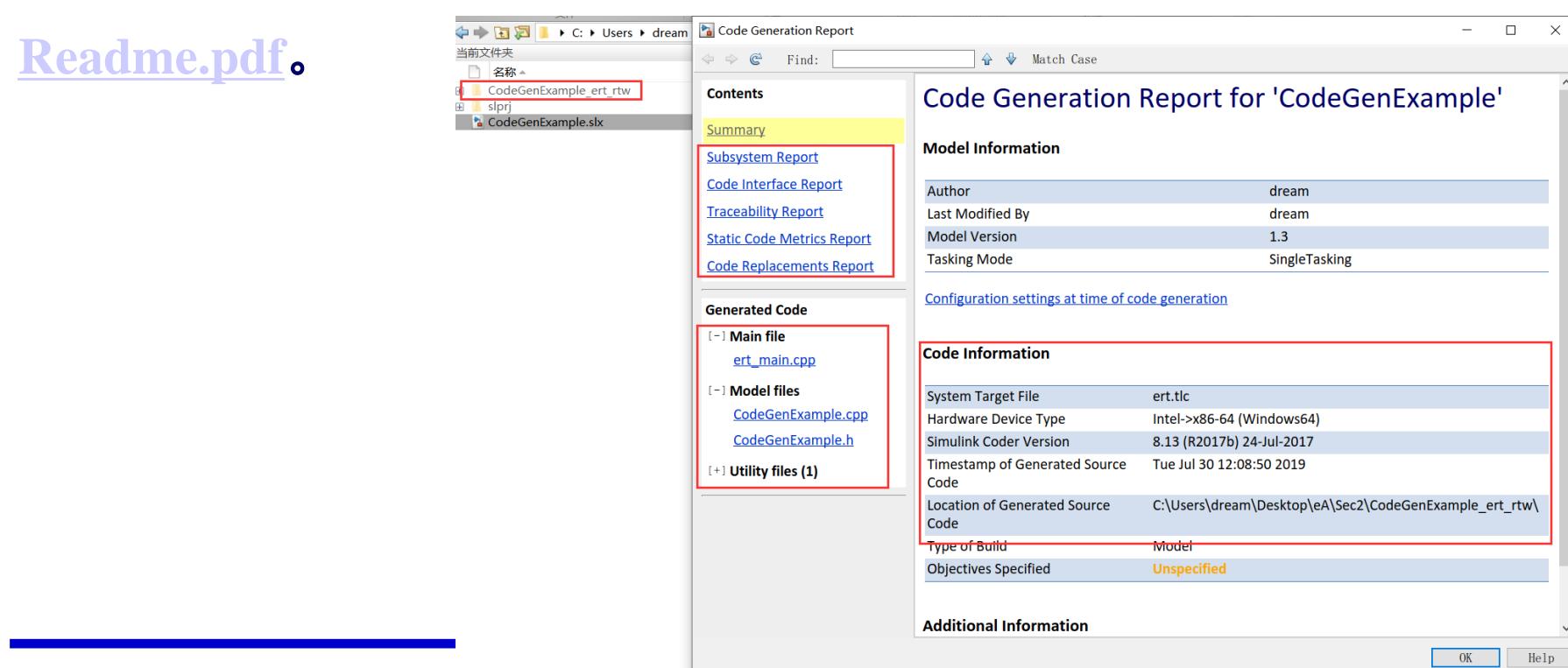




2.载具建模模板及相关接口实验

2.4 RflySim平台自主生成C/C++代码实验

通过该例程对Simulink模型如何自动代码生成C/C++文件进行介绍。具体实验操作步骤请见：[* PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e0 ModelAPIUsage\ 2.UserDefinedC++\ Readme.pdf。](#)





大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验 (个人版)
 5. 进阶案例实验 (集合版)
 6. 扩展案例 (完整版)
 7. 小结
-



飞思实验室



RflySim教程

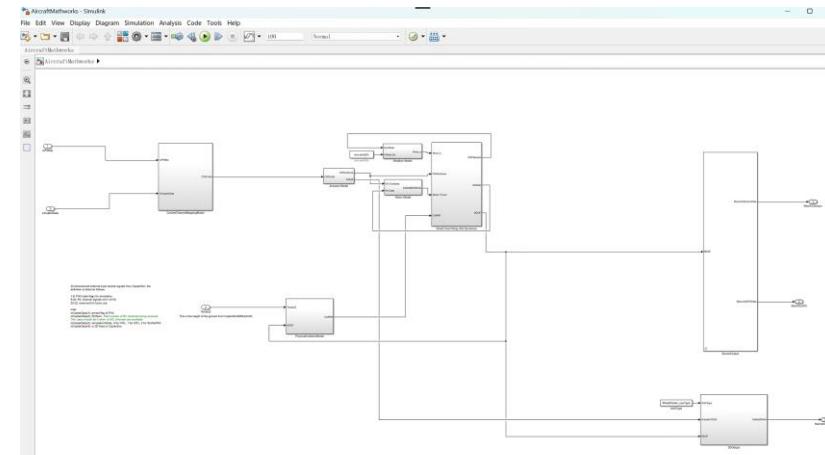


3.基础实验（平台固定翼）

3.1 固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验

在 Matlab 将固定翼 Simulink 模型编译并生成 DLL 模型文件，并通过 QGC 上传航线的方式进行固定翼无人机的软硬件在环仿真。

具体实验操作步骤请见：[*PX4PSP/RflySimAPIs/4.RflySimModel/1.BasicExps/e2_FixWingModelCtrl/Readme.pdf](#)。





3.基础实验（其他载具）

3.2 阿克曼底盘无人车模型代码生成及软硬件在环仿真实验

在Matlab将Simulink文件编译生成阿克曼底盘无人车的DLL模型文件；并对生成的阿克曼底盘无人车模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台阿克曼底盘无人车模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e3_CarAckermanModeCtrl\Readme.pdf。](#)





3.基础实验（其他载具）

3.3 差动无人车模型代码生成及软硬件在环仿真实验

在Matlab将Simulink文件编译生成差动无人车的DLL模型文件；并对生成的差动无人车模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台差动无人车模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\CarR1DiffModelCtrl\Readme.pdf。](#)





大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验 (个人版)
 5. 进阶案例实验 (集合版)
 6. 扩展案例 (完整版)
 7. 小结
-



飞思实验室



RflySim教程



4.进阶接口实验

4.0 进阶接口总览

本小节相对于第2节的关键接口介绍，主要介绍了一些载具模型的开发过程中的进阶接口实验，具体如下：

实验名称	例程路径
外部通信实验之读取状态估计值	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\1.ExtCtrlAPI-UDP20100\Readme.pdf
外部通信实验之读取仿真真值数据	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\2.ExtCtrlAPI-UDP30100\Readme.pdf
外部通信实验之获取平台rfly_px4 uORB消息	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\3.ExtCtrlAPI-UDP40100\Readme.pdf
ExtToUE4接口验证实验	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\4.ExtToUE4\Readme.pdf
ExtToPX4接口验证	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\5.ExtToPX4\Readme.pdf



4.进阶接口实验

4.0 进阶接口总览

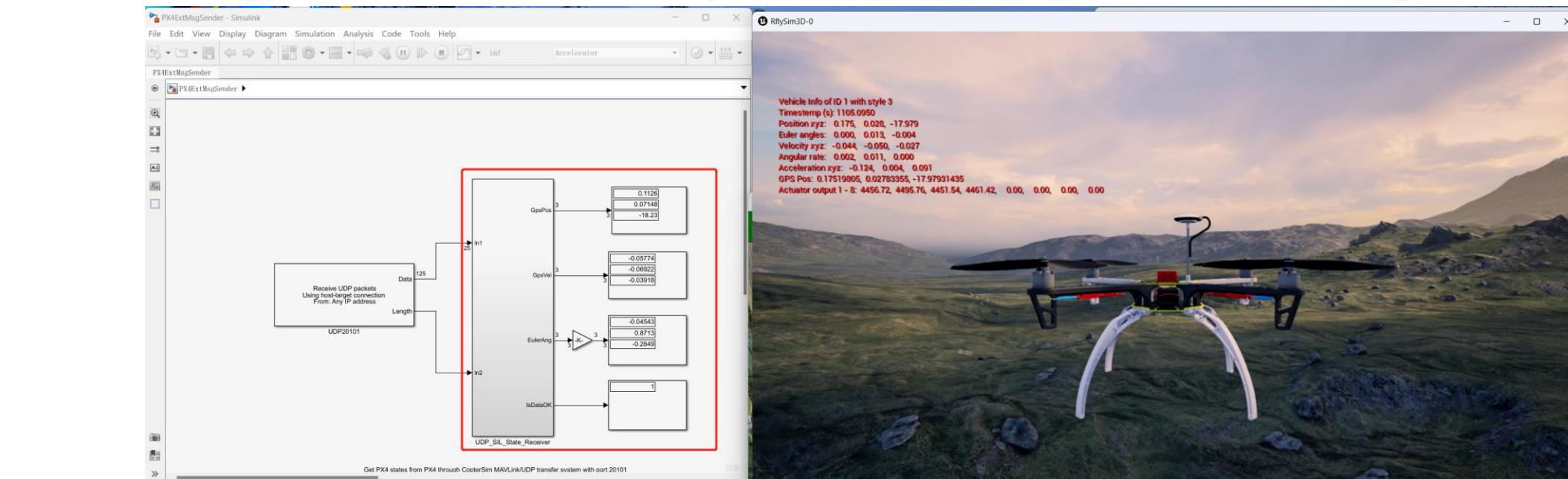
实验名称	例程路径
最大系统模型OutCopterData接口验证实验	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\ 7.OutCopterData\ readme.pdf
故障模块动态修改参数实验	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\ 8.FaultParamsDynMod\ Readme.pdf
InFloatsCollision的物理引擎验证实验	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\ 9.InFloatsCollision
InSILInts和InSILFloats接口实验	2.AdvExps\ e0_AdvApiExps\ 10.InSILInts&Floats\ Readme.pdf



4.进阶接口实验

4.1 外部通信实验之读取状态估计值(仅限个人高级版以上)

在使用RflySim平台时，可以UDP_Full模式进行软/硬件在环仿真时，可以通过监听UDP20100系列端口接收PX4内部状态估计值。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0 ModelAPIAdvUsage\1.ExtCtrlAPI-UDP20100\Readme.pdf。](#)

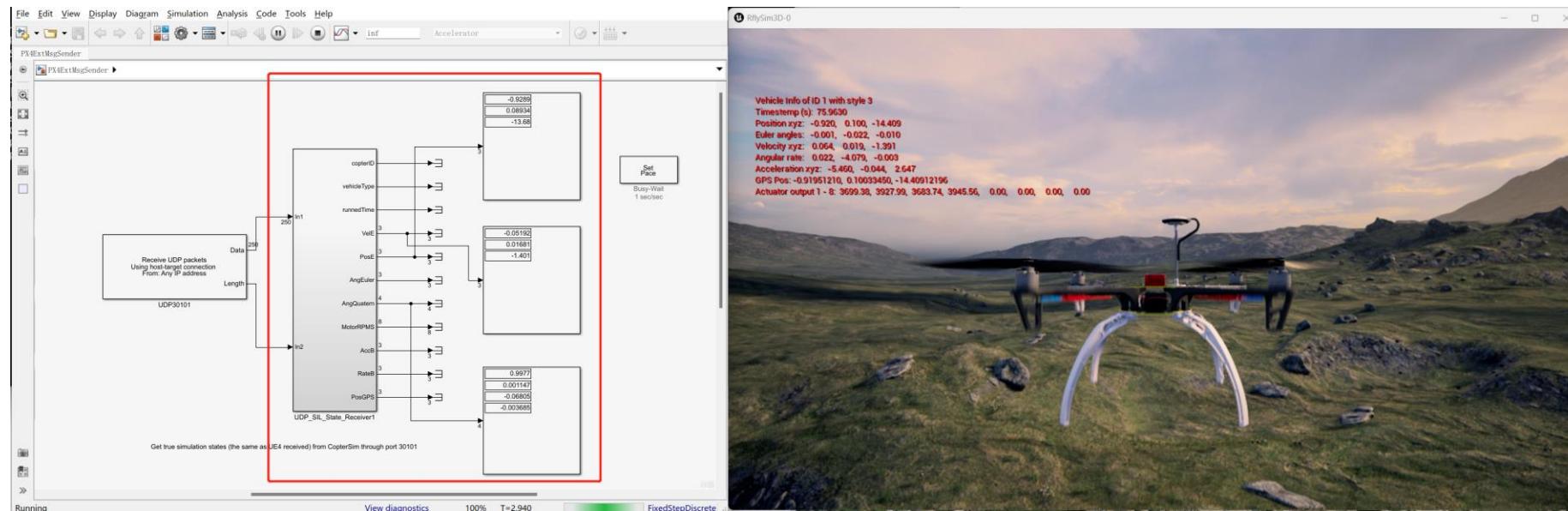




4.进阶接口实验

4.1 外部通信实验之读取仿真真值数据(仅限个人高级版以上)

在使用平台（UDP/MAVLink模式皆可）进行软/硬件在环仿真时，可以通过监听UDP30100系列端口接收CopterSim飞行仿真的真实数据。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0 ModelAPIAdvUsage\1.ExtCtrlAPI-UDP30100\Readme.pdf](#)。

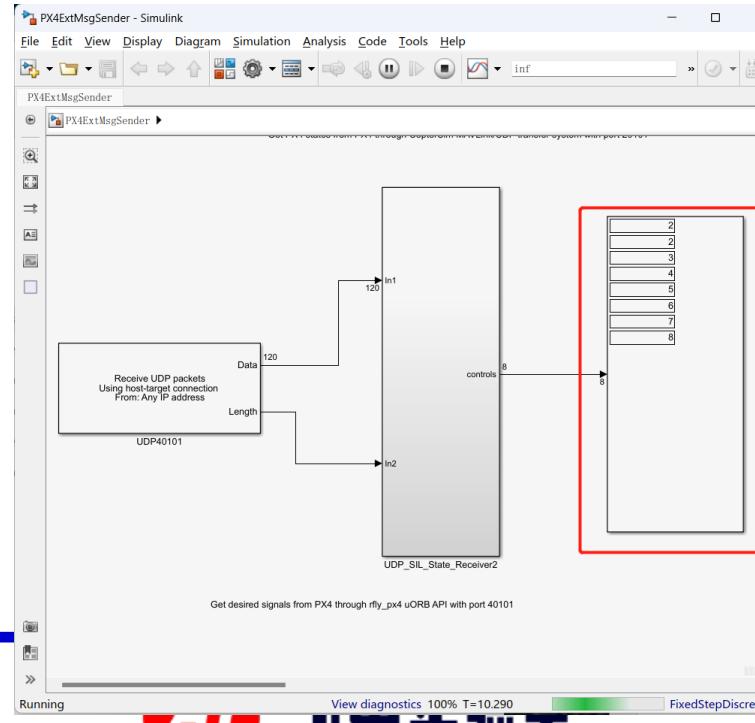




4.进阶接口实验

4.1 外部通信实验之获取平台rfly_px4 uORB消息(仅限个人高级版以上)

当订阅了rfly_px4 uORB消息，并使用平台最大模板进行硬件在环仿真时，可以通过监听UDP40100系列端口接收rfly_px4消息。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2 ModelAPIAdvUsage\1.ExtCtrlAPI-UDP40100\Readme.pdf。](#)





4.进阶接口实验

4.2 ExtToUE4接口验证实验(仅限个人高级版以上)

该例程可以让用户自定义发送至最大模型ExtToUE4接口的数据，方便模型的开发及调试。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0 ModelAPIAdvUsage\4.ExtToUE4\Readme.pdf。](#)

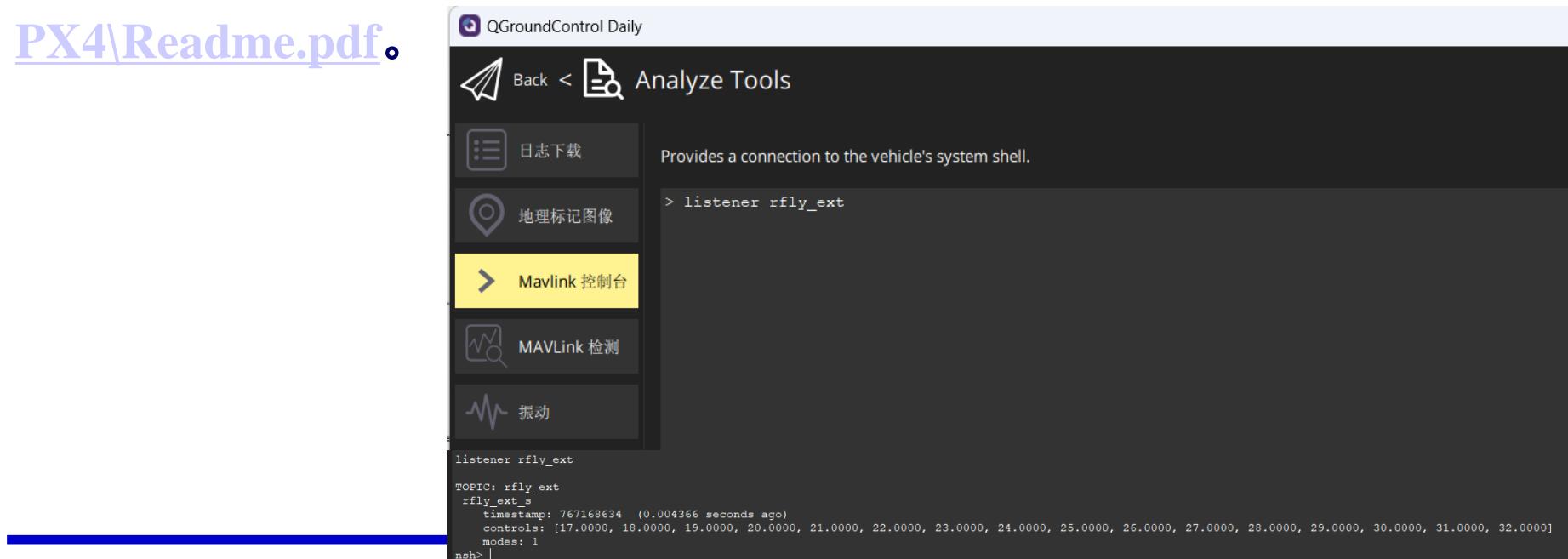




4.进阶接口实验

4.3 ExtToPX4接口验证(仅限个人高级版以上)

该例程可以让用户自定义发送至最大模型ExtToPX4接口的数据，该接口为发送给PX4的uORB消息rfly_ext，用于传输其他传感器或必要数据给飞控，方便模型的开发及调试。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0 ModelAPIAdvUsage\ 5.ExtToPX4\Readme.pdf。](#)





4.进阶接口实验

4.4 最大系统模型OutCopterData接口验证实验(仅限个人高级版以上)

该例程可以让用户明白如何使用最大系统模型中的outCopterData接口，该接口支持自定义记录仿真过程中的32维数据。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0_ModelAPIAdvUsage\7.OutCopterData\Readme.pdf。](#)

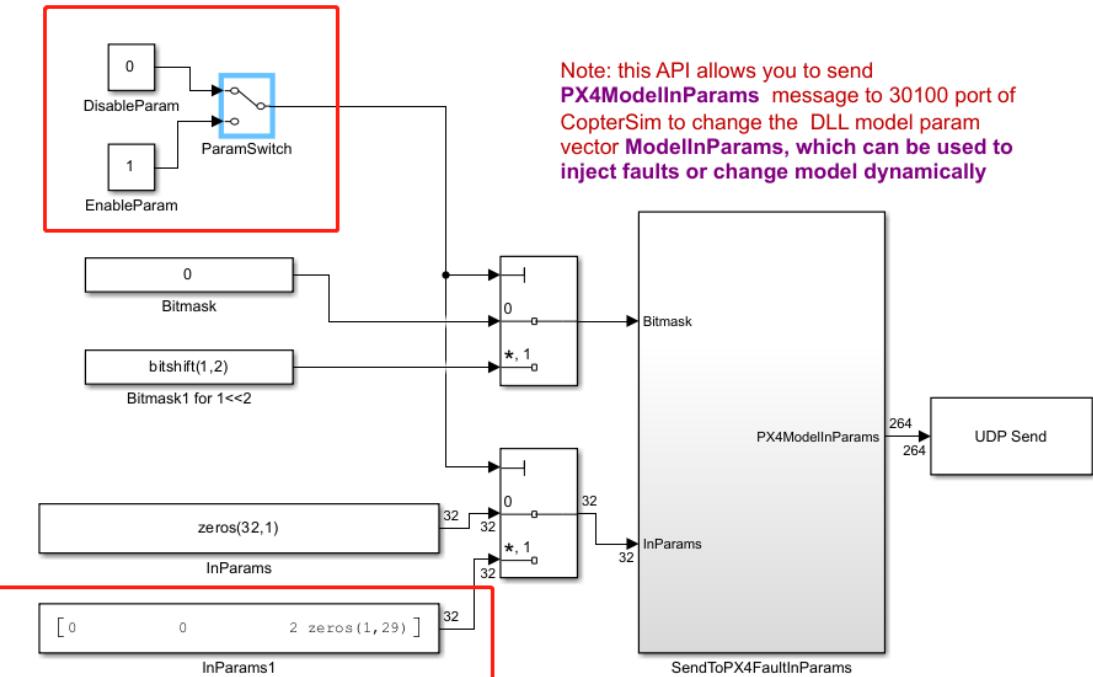




4.进阶接口实验

4.5 故障模块动态修改参数实验(仅限个人高级版以上)

熟悉平台最大系统模型 FaultInParam 动态修改参数的原理及过程。在使用 RflySim 平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型会接收 FaultInParam 数据，端口号为 30100 系列，且 FaultInParam 中第三位参数与电机输出相关，因此可以通过动态修改参数使得电机输出全为 0 从而实现飞机降落。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\4. FaultParamsDynMod\Readme.pdf。](#)





4.进阶接口实验

4.6 InFloatsCollision的物理引擎验证实验(仅限个人高级版以上)

熟悉平台最大模型inFloatsCollision碰撞模型端口的使用。在使用RflySim平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型中的inFloatsCollision为碰撞模型预留端口，可以通过该接口获取来自RflySim3D的UDP数据。因此，用户可以通过inFloatsCollision接口来实现物理引擎的功能。

具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e0_ModelAPIAdvUsage\9.InFloatsCollision\Readme.pdf](#)。

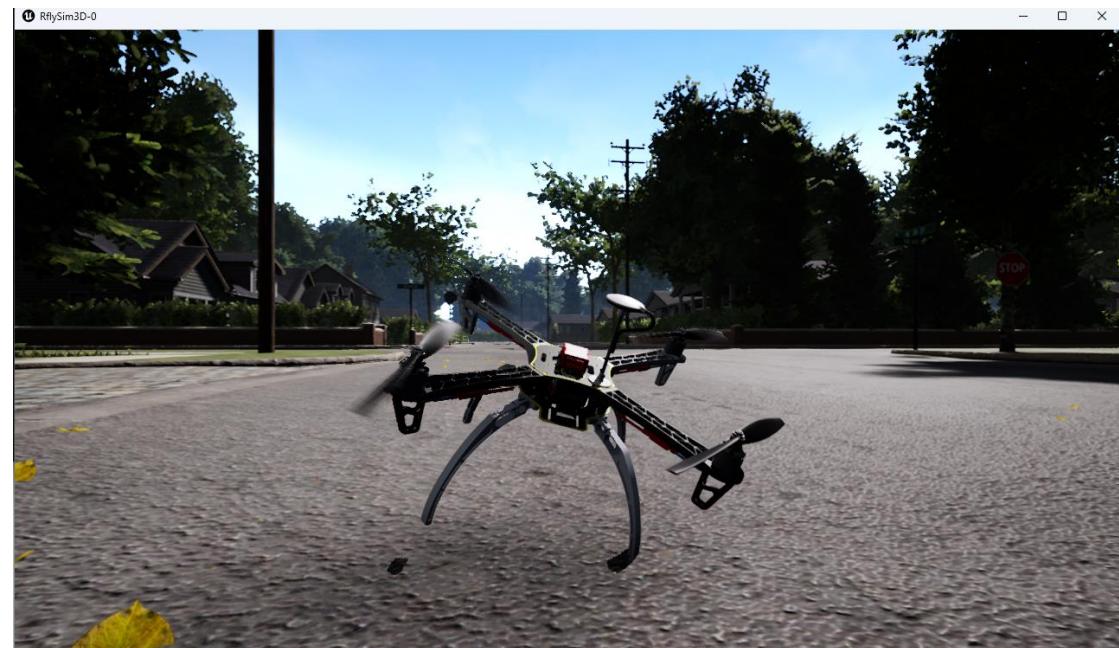




4.进阶接口实验

4.7 InSILInts和InSILFloats接口实验(仅限个人高级版以上)

熟悉平台最大系统模型inSILInts和inSILFloats接口的使用。在使用RflySim平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型中的inSILInts和inSILFloats接口会接收来自外部的UDP结构体数据，端口号为30100系列。因此，用户可以通过inSILInts和inSILFloats接口来实现附加功能，如故障注入。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\10.ModelAPIAdvUsage\10.InSILInts&Floats\Readme.pdf。](#)





大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验(个人版)
 5. 进阶案例实验(集合版)
 6. 扩展案例(完整版)
 7. 小结
-



5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

5.0 多旋翼仿真实验总览

本小节阐述了几种多旋翼模型的综合模型和软、硬件在环仿真实验，具体实验如下：

实验名称
四旋翼综合模型仿真验证实验(仅限高级集合版以上)
四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(仅限高级集合版以上)
四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)(仅限高级集合版以上)
六旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(仅限高级集合版以上)

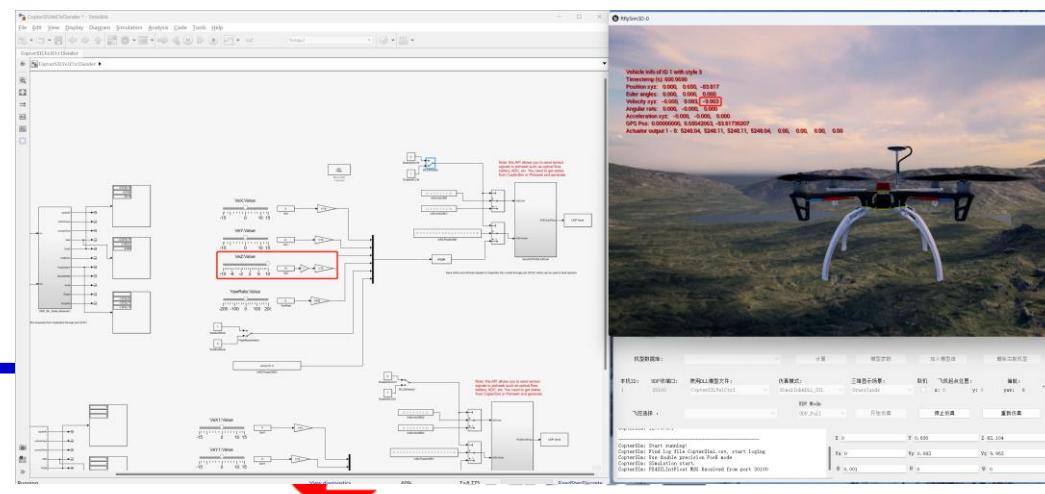


5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

5.0 四旋翼综合模型仿真验证实验(仅限高级集合版以上)

在Simulink的DLL模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计四旋翼控制器，并将控制器和Dll模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个飞机整体仿真闭环，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。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2_AdvModelCtrl\1.CopterSimSILNoPX4\Readme.pdf](#)

1.CopterSimSILNoPX4\Readme.pdf。

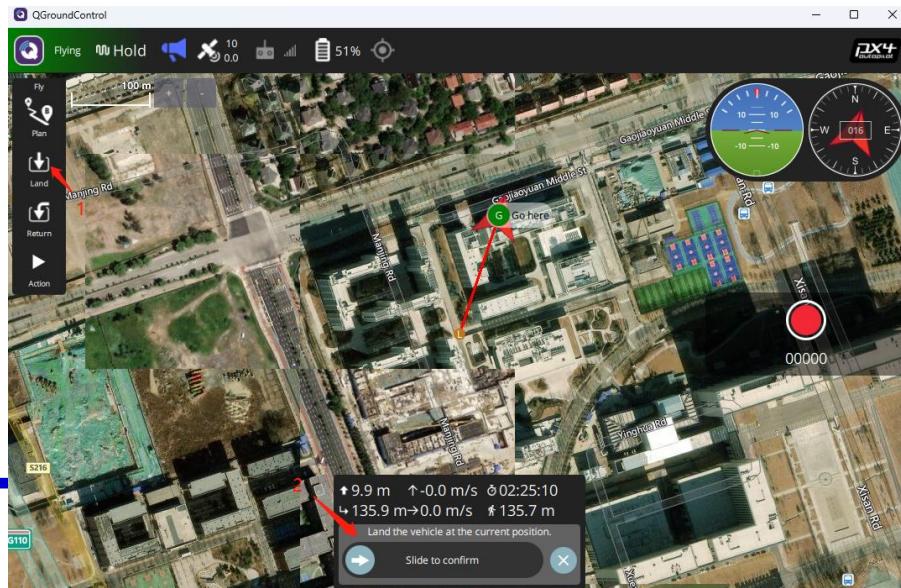




5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

5.0 四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(仅限高级集合版以上)

在Matlab将Simulink文件编译生成四旋翼的DLL模型文件；并对生成的四旋翼模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台四旋翼模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2. MultiModelCtrl\2.MultiModelCtrl\Readme.pdf。](#)



飞思乐

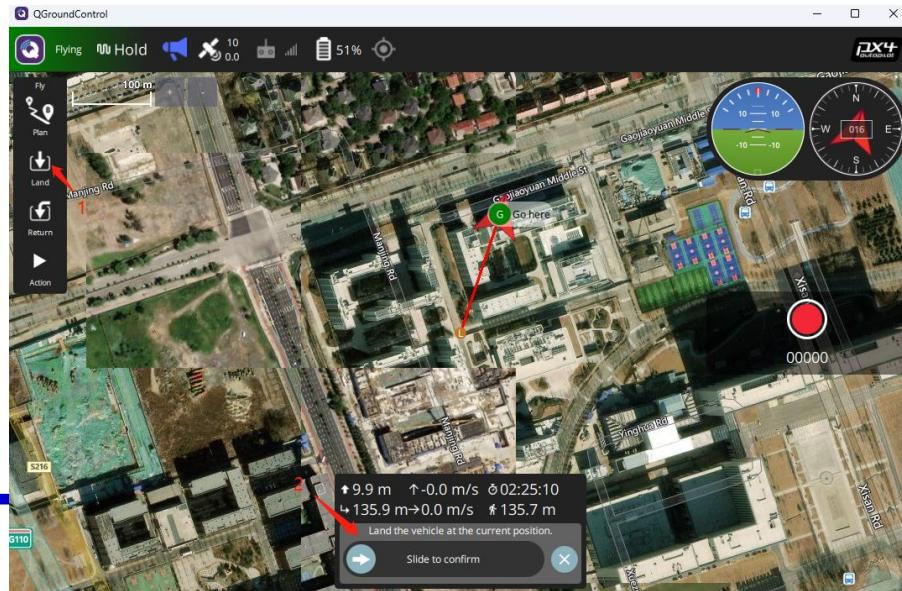




5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

5.0 四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测) (仅限高级集合版以上)

在Matlab将Simulink文件编译生成四旋翼的DLL模型文件；并对生成的四旋翼模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台四旋翼模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2_MultiModelCtrl\3.MultiModelCtrlColl\Readme.pdf](#)。

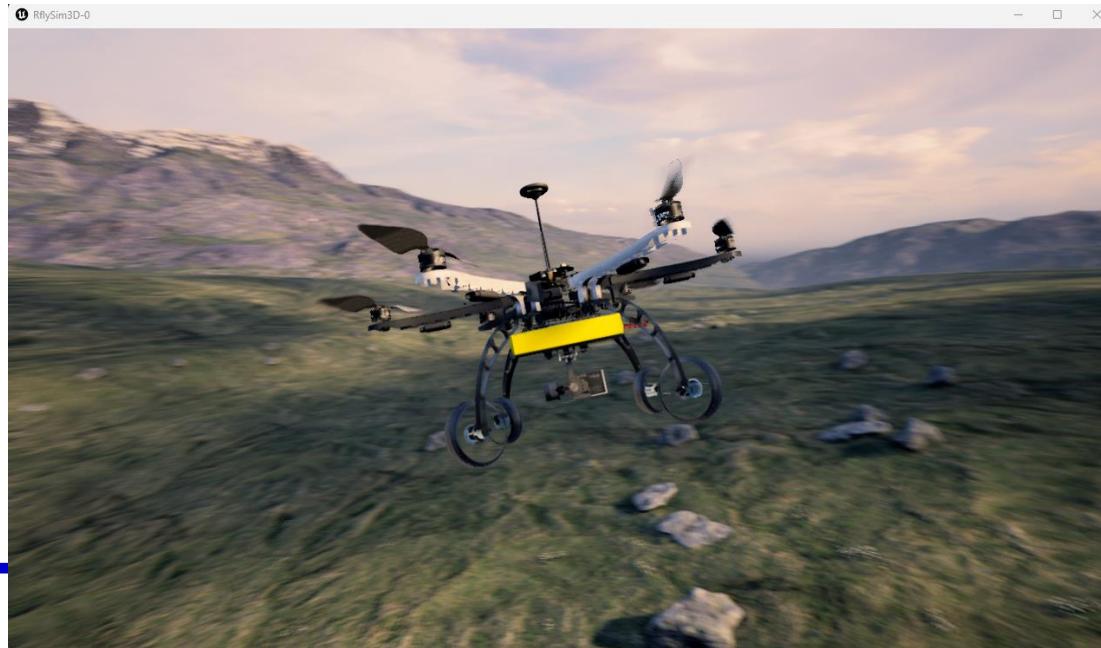




5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

5.0 六旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(仅限高级集合版以上)

在Matlab将Simulink文件编译生成六旋翼的DLL模型文件；并对生成的六旋翼模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台六旋翼模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2_MultiModelCtrl\4.HexModelCtrl\Readme.pdf。](#)





5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

5.1 平台固定翼仿真实验总览

本小节以固定翼为例，讲解了固定翼几个接口实验和软、硬件在环仿真实验，具体实验如下：

实验名称
固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)
固定翼航点控制实验
固定翼以固定俯仰角飞行实验
固定翼速度/高度/偏航接口验证实验



5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

5.1 固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测) (仅限高级集合版以上)

在Matlab将Simulink文件编译生成固定翼的DLL模型文件；并对生成的固定翼模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台固定翼模型的使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3_FWingModelCtrl\1.FixWingModelCtrlColl\Readme.pdf](#)。

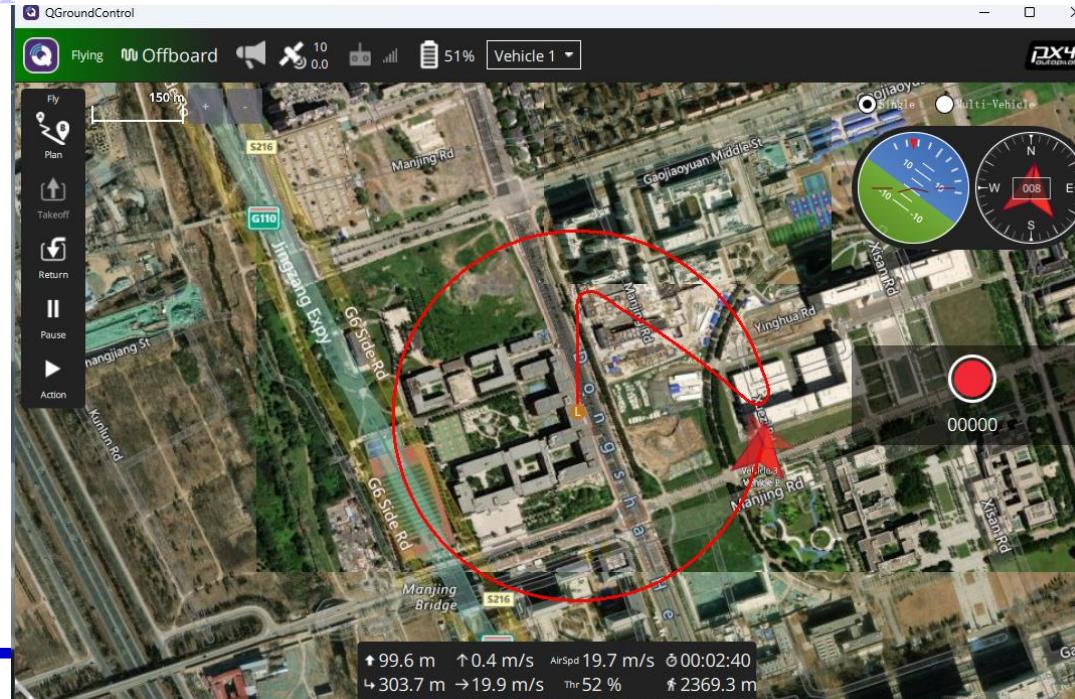




5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

5.1 固定翼航点控制实验(仅限高级集合版以上)

该例程通过平台固定翼控制接口，在软硬件在环仿真过程中让固定翼往期望航点飞行。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3_FWingModelCtrl\2.FWPosCtrlAPI\Readme.pdf](#)。





5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

5.1 固定翼以固定俯仰角飞行实验(仅限高级集合版以上)

该例程通过平台固定翼控制接口控制固定翼俯仰角，让固定翼以固定 10° 的俯仰角前飞。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\3_FWingModelCtrl\3.FWAAttCtrlAPI\Readme.pdf](#)。





5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

5.1 固定翼速度/高度/偏航接口验证实验(仅限高级集合版以上)

该例程以Simulink/Python的形式，通过平台固定翼接口，实现在软硬件在环仿真过程中固定翼按期望指令飞行。Python程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3_FWingModelCtrl\4.VelAltYawCtrlAPI Py\Readme.pdf](#)。

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3_FWingModelCtrl\5.VelAltYawCtrlAPI Mat\Readme.pdf](#)。





5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 其他载具仿真总览

本小节主要介绍几种其他常见的载具建模思路，包含：垂直起飞机、阿克曼底盘无人车、差动无人车、四旋翼尾座式垂起无人机，讲解了几种模型开发的接口实验和软、硬件在环仿真实验，具体实验如下：

实验名称
高精度垂直起降飞机DLL生成及SIL/HIL实验
阿克曼底盘无人车位置软/硬件在环仿真实验
阿克曼底盘无人车速度软/硬件在环仿真实验
差动无人车速度软/硬件在环仿真实验
四旋翼尾座式垂起无人机软硬件在环仿真实验



5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 高精度垂直起降飞机DLL生成及SIL/HIL实验(仅限高级集合版以上)

在Matlab将Simulink文件编译生成垂直起降飞机的DLL模型文件；并对生成的垂直起降飞机模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉垂直起降飞机的建模与使用。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\4_VTOLModelCtrl\1_VTOLModelCtrl\Readme.pdf](#)。

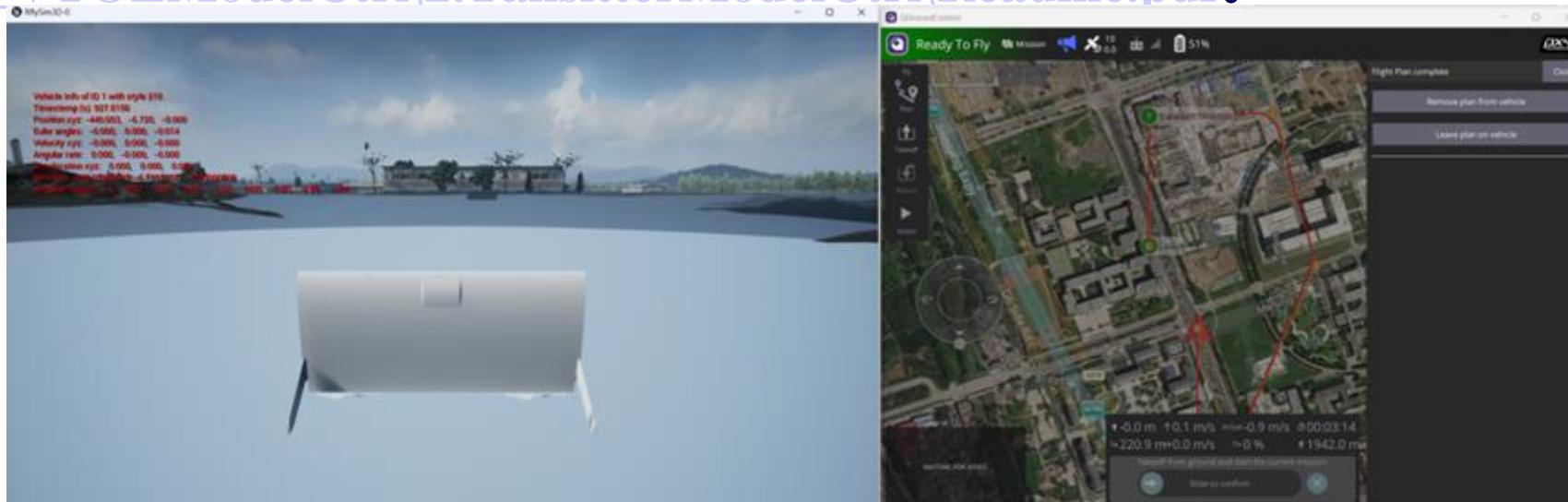




5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2四旋翼尾座式垂起无人机软硬件在环仿真(仅限高级集合版以上)

该例程介绍了如何使用平台四旋翼尾座式垂起无人机进行软硬件在环仿真。在平台软硬件在环仿真下，通过QGC上传航迹的方式控制四旋翼尾座式垂起无人机起飞、模式切换、前飞、返航和降落的过程。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimMode\2.AdvExps\2.TailsitterModelCtrl\Readme.pdf。](#)





5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 阿克曼底盘无人车位置软/硬件在环仿真实验(仅限高级集合版以上)

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台位置控制接口实现单辆/多辆阿克曼底盘无人车位置控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5_CarAckermanCtrl\2.CarAckermanPosCtrl_Py\Readme.pdf。](#)

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5_CarAckermanCtrl\3.CarAckermanPosCtrl_Mat\Readme.pdf。](#)



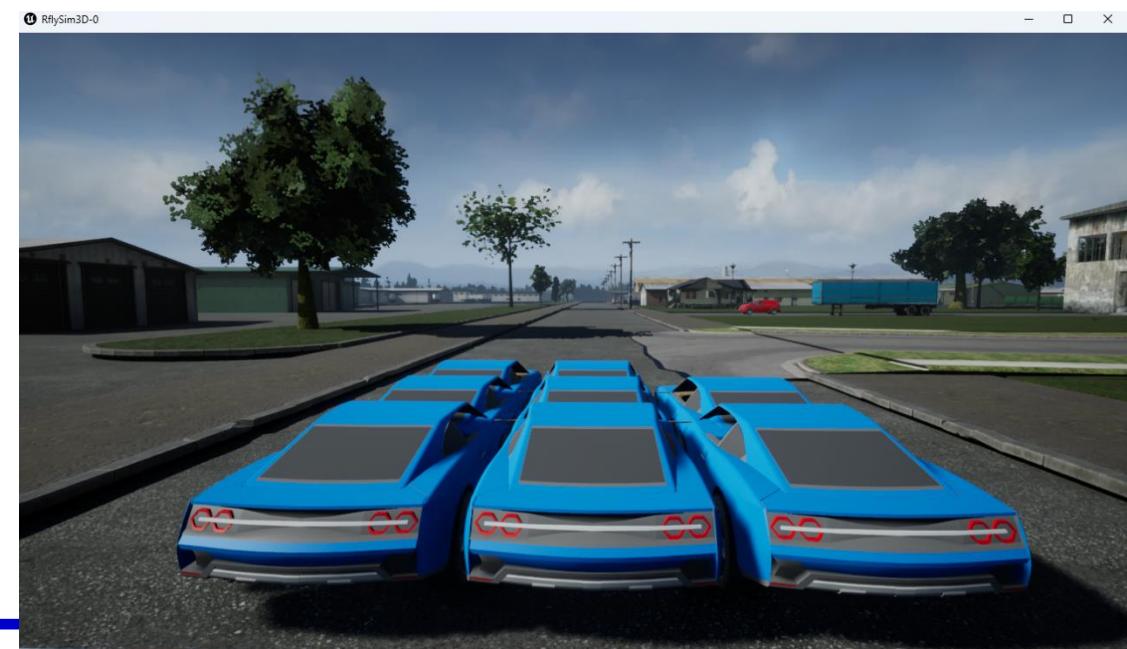


5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 阿克曼底盘无人车速度软/硬件在环仿真实验(仅限高级集合版以上)

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台速度控制接口实现单辆/多辆阿克曼底盘无人车速度控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5_CarAckermanCtrl\4.CarAckermanVelCtrl_Py\Readme.pdf。](#)

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5_CarAckermanCtrl\5.CarAckermanVelCtrl_Mat\Readme.pdf。](#)



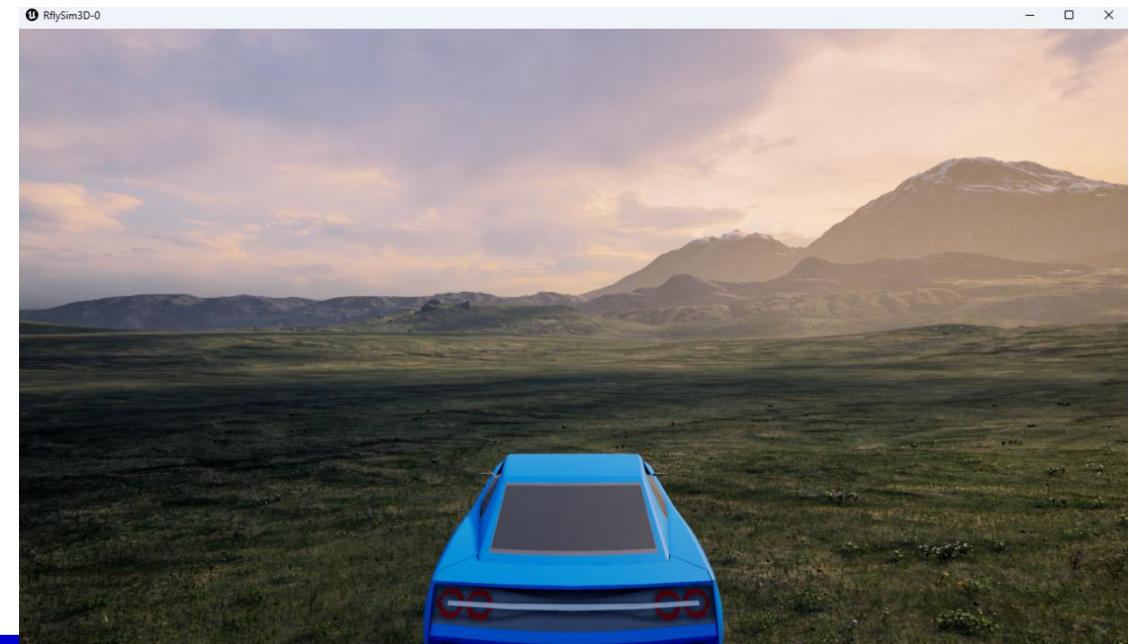


5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 差动无人车位置软/硬件在环仿真实验(仅限高级集合版以上)

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台位置控制接口实现单辆/多辆差动无人车位置控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6_CarR1DiffCtrl\2.CarR1DiffPosCtrl_Py\Readme.pdf。](#)

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6_CarR1DiffCtrl\3.CarR1DiffPosCtrl_Mat\Readme.pdf。](#)



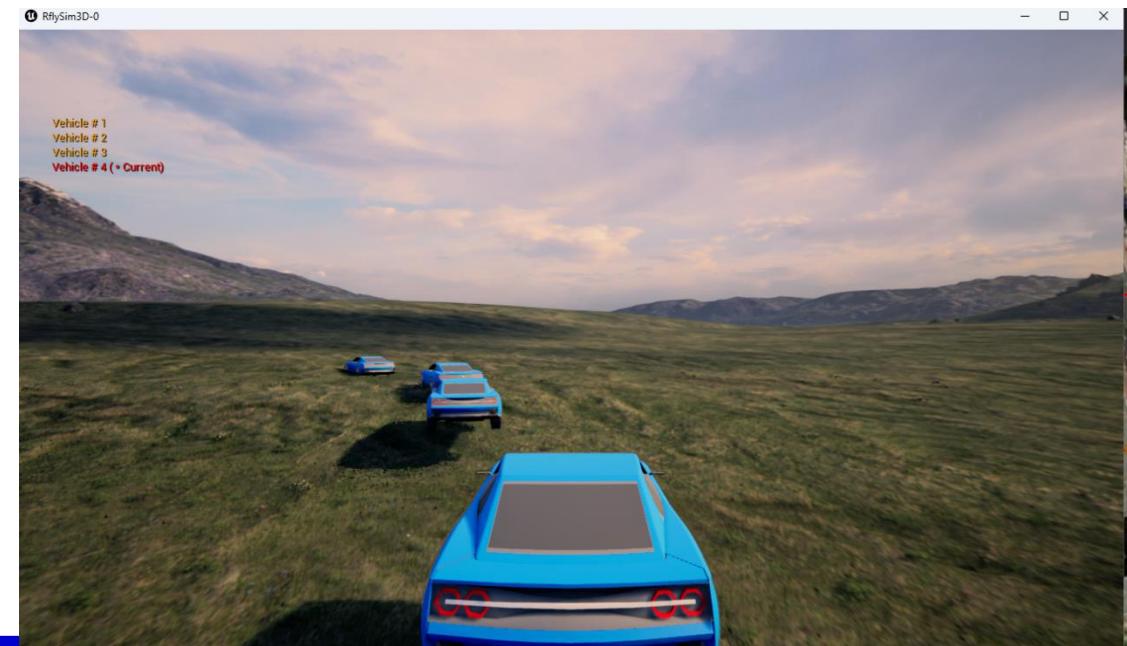


5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 差动无人车速度软/硬件在环仿真实验(仅限高级集合版以上)

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台速度控制接口实现单辆/多辆差动无人车速度控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6_CarR1DiffCtrl\4.CarR1DiffVelCtrl_Py\Readme.pdf。](#)

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6_CarR1DiffCtrl\5.CarR1DiffVelCtrl_Mat\Readme.pdf。](#)

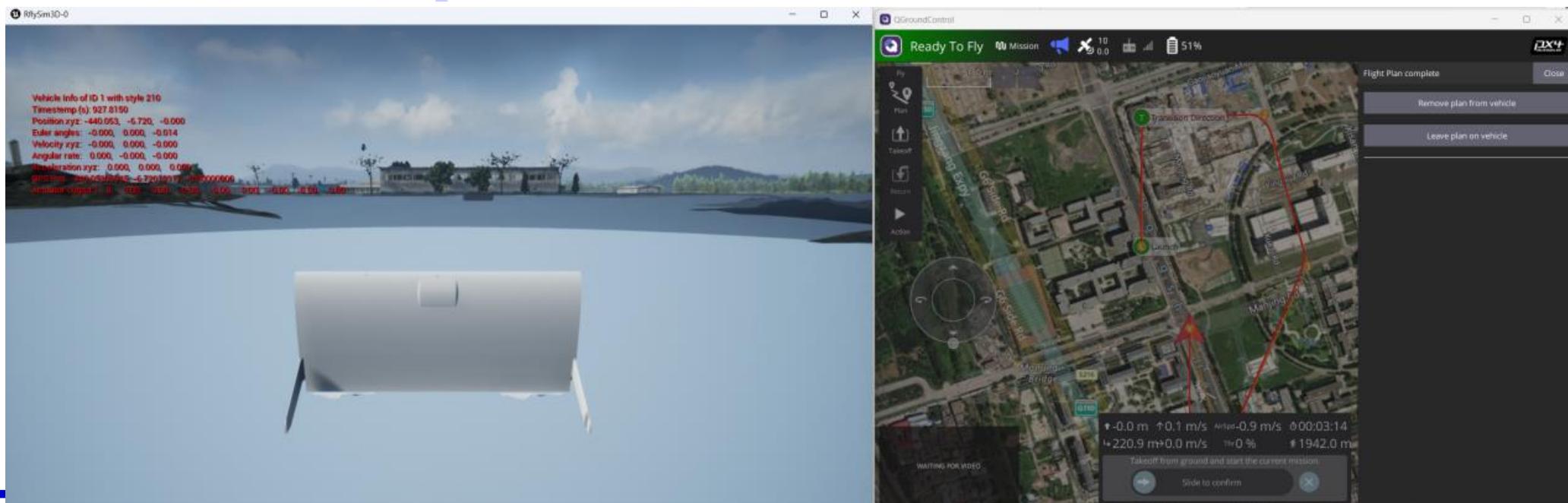




5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 四旋翼尾座式垂起无人机软硬件在环仿真实验(仅限高级集合版以上)

该例程介绍了如何使用平台四旋翼尾座式垂起无人机进行软硬件在环仿真。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e7 TailsitterModelCtrl\1.TrailerModelCtrl\Readme.pdf](#)。

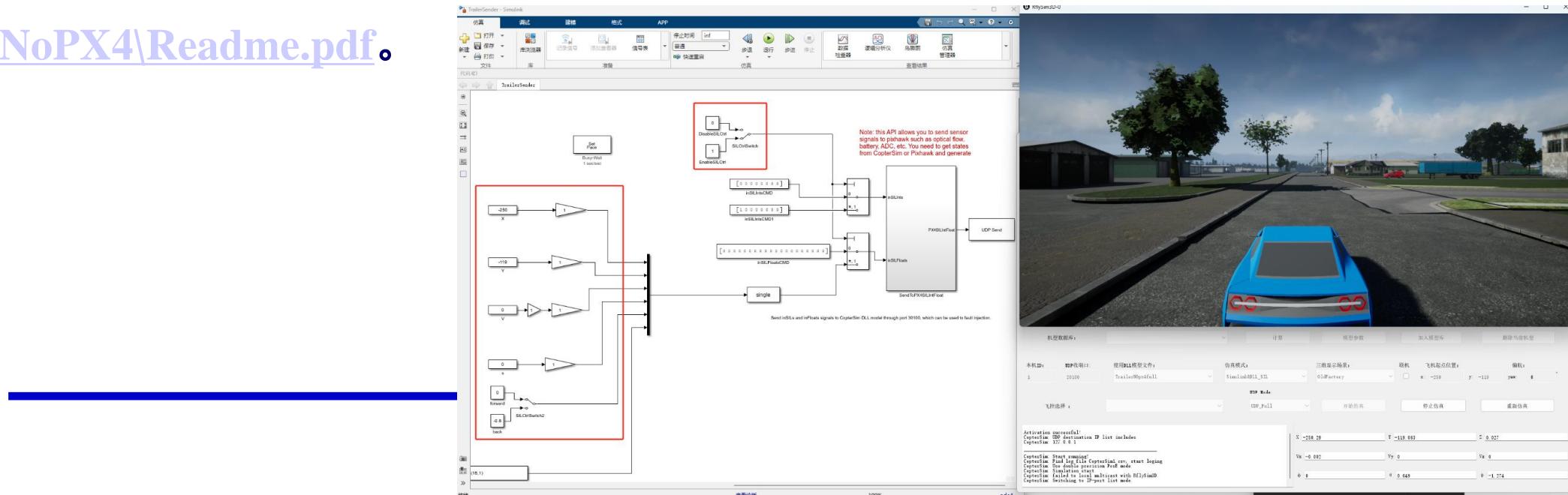




5.进阶案例实验（其他载具仿真）

5.2 无人车综合模型仿真验证(仅限高级集合版以上)

在Simulink的Dll模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计无人车控制器，并将控制器和Dll模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个无人车整体仿真闭环，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。具体实验操作步骤请见：[*\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2.Traile](#)
[rNoPX4\Readme.pdf。](#)





大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验(个人版)
 5. 进阶案例实验(集合版)
 6. 扩展案例(完整版)
 7. 小结
-



6. 扩展案例

• 开发中



大纲

1. 实验平台配置
 2. 关键接口介绍
 3. 基础实验案例(免费版)
 4. 进阶接口实验(个人版)
 5. 进阶案例实验(集合版)
 6. 扩展案例(完整版)
 7. 小结
-



7. 小结

- 本讲主要讲解无人载具的运动模型建模和仿真的例程，RflySim平台采用基于模型的设计理念，它以模型为核心，大量采用自动代码生成等技术，大大提升无人载具系统的开发效率。因此本讲以循序渐进的方式讲述了RflySim平台模型开发的相关接口实验、模型开发实验以及各种载具的SIL/HIL实验。

如有疑问，请到<https://doc.rflysim.com/>查询更多信息。



RflySim更多教程



扫码咨询与交流



飞思RflySim技术交流群



谢谢！