

1. 实验名称及目的

1.1. 实验名称

dll 模型带碰撞检测模块四旋翼模型 SIL/HIL 实验

1.2. 实验目的

该例程中的四旋翼模型具备碰撞检测模块，通过该例程熟悉碰撞检测功能的添加和使用。

1.3. 关键知识点

1.3.1 碰撞数据来源

RflySim3D 中根据载具模型的物理资产包围盒，以 6 面射线相交测试获得的距离数据，快速回传给 CopterSim 中 dll 模型的 InFloatsCollision 接口

InFloatsCollision 接口数据解析如下

1 校验位 12345

2 被碰物体 id

3 质量比

4~6 被碰物体位置

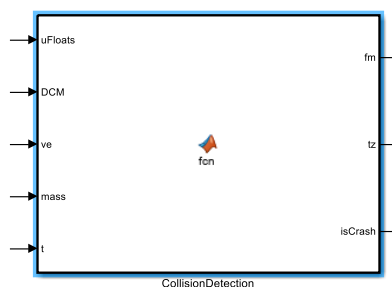
7~9 被碰物体速度

10~15 六面射线返回距离

1.3.2 四旋翼模型碰撞检测及响应的实现



碰撞检测和响应的功能主要通过 PhysicalCollisionModel 模块实现，其中的模块模拟了与移动物体和场景固定物体的交互



移动物体反作用力计算如下：

```

massOb=mass*uFloats(3)^2; 计算被撞物的广义质量，uFloats(3)表示质量比
veOb = uFloats(7:9); 获取被撞物的速度
veNew=(mass*ve+massOb*veOb)/(mass+massOb); 计算碰撞后本飞机的新速度，本飞机和被撞物的动量之和除以它们的质量之和。
mv0=mass*(veNew-ve); 计算冲量，本飞机的质量乘以速度的变化
mv=DCM*mv0; 将冲量旋转到体坐标系下。
mv(1)=mv(1)*(0.7+0.3*rand());: 计算 xb 方向上的冲量。原始冲量乘以一个介于 0.7 和 1 之间的随机数以模拟不确定性。
mv(2)=mv(2)*(0.7+0.3*rand());: 计算 yb 方向上的冲量，处理方式与 x 方向相同。
mv(3)=mv(3)*(0.7+0.3*rand());: 计算 zb 方向上的冲量，处理方式与 x 方向相同。
fOut(1:3) = mv/0.05; 冲量除以时间得到反作用力

```

场景固定物体反作用力计算如下：

```

%后障碍物碰撞反馈力
z=uFloats(11); 获取与后障碍物的碰撞距离重叠部分
根据重叠距离不同调整 kn 和 kc 计算  $F_n = k_n \delta_n^\alpha + k_c \delta_n$ 
if z>-0.01
    ddm(1)=-10*ve(1);
elseif z>-0.04
    ddm(1)=-200*z-20*ve(1);
else
    ddm(1)=-500*z-50*ve(1);
end
end

```

2. 实验效果

将带碰撞模块的四旋翼模型生成 DLL 文件后，通过指定脚本启动 PX4 软硬件在环仿真，点击 RflySim3D 并按下“P”键即可打开碰撞检测。在飞行过程中，如果无人机碰到了树木、房屋等物体，会在 RflySim3D/CopterSim 中进行提示，同时无人机飞行性能会受到一定影响。

3. 文件目录

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\10.InCollisionAPI\1.inFloatsCollision\2.inFloatsCollisionApi\](#)

文件夹/文件名称	说明
..\Intro.pdf	基于 InFloatsCollision 接口的碰撞引擎实现原理
inFloatsCollisionApiDemo.slx	带碰撞模块的四旋翼飞机模型文件。
inFloatsCollisionApiDemo_HITL.bat	硬件在环仿真批处理文件。
inFloatsCollisionApiDemo_SITL.bat	软件在环仿真批处理文件。
GenerateModelDLLFile.p	DLL 格式转化文件。
inFloatsCollisionApiDemo_init.m	动力学模型相关参数。
MavLinkStruct.mat	MavLink 数据结构体 mat 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 工具链	Pixhawk 6X 或其它飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017b 及以上 ^③	数据线	1

① : 推荐配置请见: <https://rflysim.com/>

② 若使用 Pixhawk 6X 飞控, 平台安装时的编译命令为: `px4_fmuv6x_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>。

5. 实验步骤

5.1. 必做实验: DLL 模型生成

Step 1: 编译模型

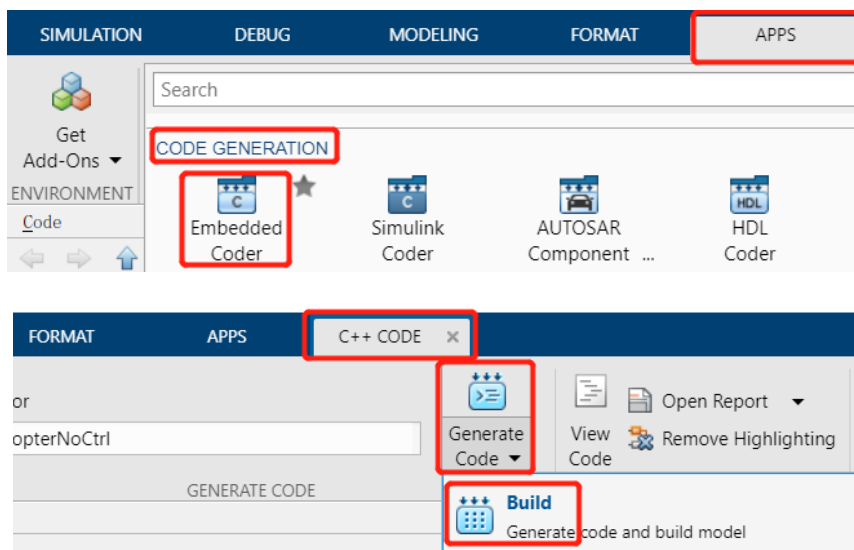
在 Matlab 中打开“inFloatsCollisionApiDemo.slx”Simulink 文件, 点击 Build Model 按钮生成代码。

名称	修改日期	类型	大小
GenerateModelDLLFile.p	2023/10/24 15:35	MATLAB.p.9.14.0	6 KB
inFloatsCollisionApiDemo.dll	2024/2/1 15:58	应用程序扩展	235 KB
inFloatsCollisionApiDemo.slx	2024/2/1 15:57	Simulink Model	75 KB
inFloatsCollisionApiDemo_HITL.bat	2023/10/24 15:33	Windows 批处理...	6 KB
inFloatsCollisionApiDemo_init.m	2023/10/24 15:33	Objective C 源文件	3 KB
inFloatsCollisionApiDemo_SITL.bat	2023/10/24 15:33	Windows 批处理文件	6 KB
MavLinkStruct.mat	2023/10/24 15:33	MATLAB Data	5 KB
Readme.docx	2024/2/1 16:31	Microsoft Word ...	9,174 KB
slprj	2024/2/1 16:32	文件夹	
inFloatsCollisionApiDemo_ert_rtw	2024/2/1 16:32	文件夹	
MulticopterModel.zip	2024/2/1 16:32	压缩(zipped)文件...	107 KB

对于 MATLAB 2019a 及之前版本, 工具栏样式见下图, 直接点击它的编译按钮 “Build” 即可。

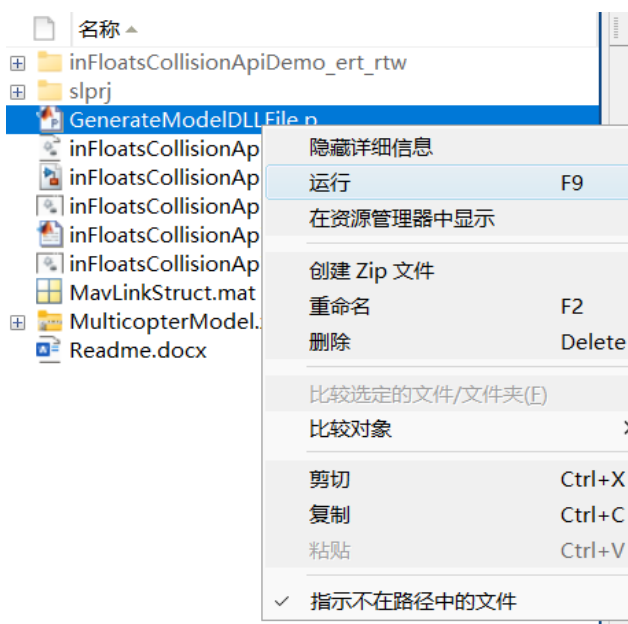


对于 2019b 及之后版本, 点击 APPS - CODE GENERATION - Embedded Coder 才能弹出代码生成工具栏, 在其中如下图所示点击 “C++CODE” - “Generate Code” - “Build” 按钮就能编译生成代码。



Step 2: 生成 DLL 文件

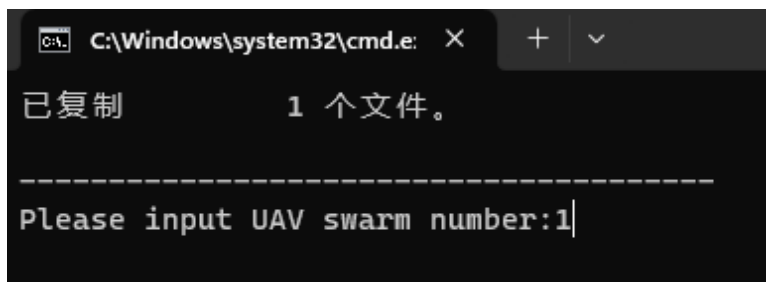
模型编译完成后，在 matlab 中右键“GenerateModelDLLFile.p”文件，点击运行，生成 DLL 文件。



5.2. 必做实验：软件在环仿真

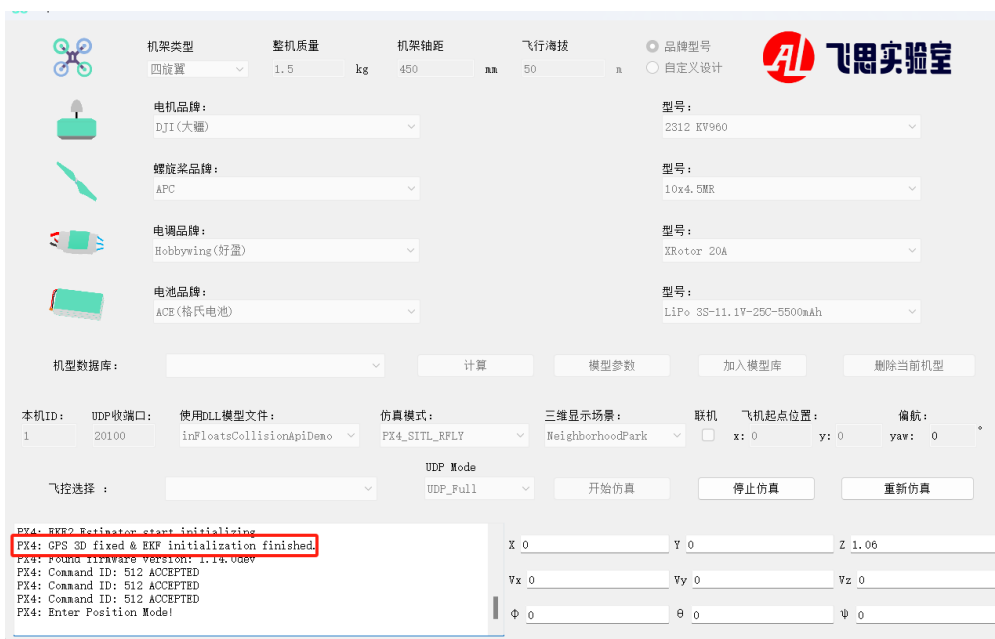
Step 1: 启动仿真

双击运行“inFloatsCollisionApiDemo_SITLRun.bat”批处理文件，在弹出的终端窗口中输入 1，启动一架飞机的软件在环仿真。



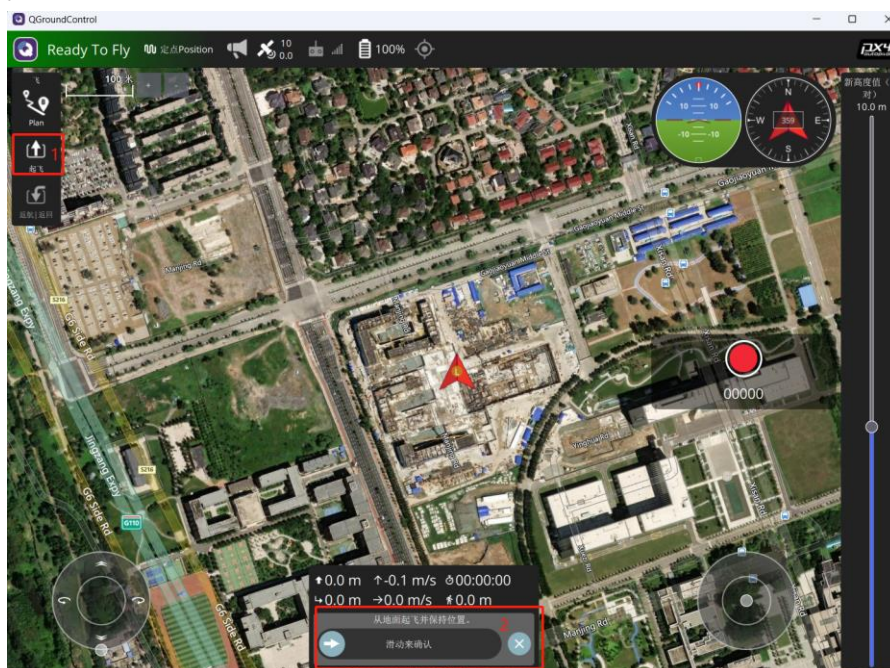
Step 2: 等待初始化完成

等待 CopterSim 中显示连接上 RflySim3D。



Step 3: 四旋翼起飞

通过 QGC 让四旋翼起飞到空中：点击左侧“起飞”按钮，拖动下方滑块确认。



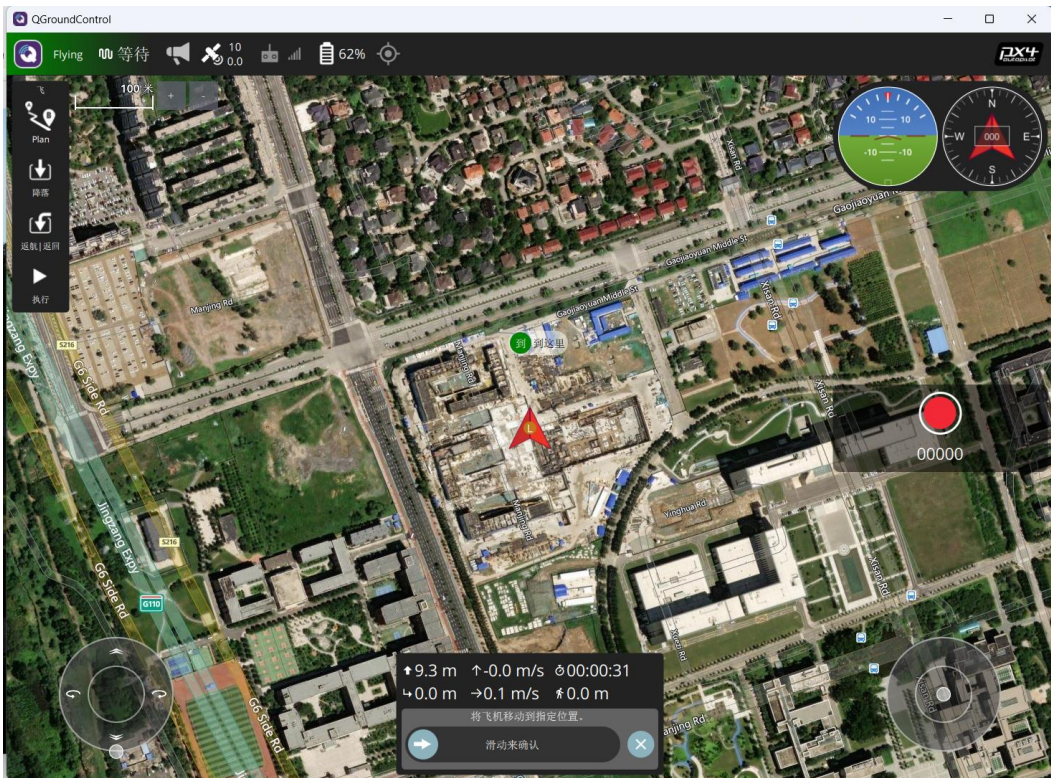
Step 4: 开启碰撞检测功能

点击 RflySim3D, 在 RflySim3D 中按下“P”键, 启动碰撞检测功能。



Step 5: 观察结果

通过 QGC 让无人机往物体较多的方向飞: 左键点击 QGC, 选择“前往位置”, 滑动滑块完成确认。



在无人机前飞过程中, 当碰撞到物体时, RflySim3D 左上角会提示所碰撞物体信息, 以及碰撞发生的位置, 同时, 无人机飞行性能受到一定影响。





机架类型

四旋翼

整机质量

1.5 kg

机架轴距

450 mm

飞行海拔

50 m

品牌型号

自定义设计



飞思实验室

电机品牌:	DJI (大疆)	型号:	2312 KV960
螺旋桨品牌:	APC	型号:	10x4.5MR
电调品牌:	Hobbywing (好盈)	型号:	XRotor 20A
电池品牌:	ACB (格氏电池)	型号:	LiPo 3S-11.1V-25C-5500mAh

机型数据库:

1

计算

模型参数

加入模型库

删除当前机型

本机ID: 1 UDP收端口: 20100 使用DLL模型文件: inFloatsCollisionApiDemo 仿真模式: PX4_SITL_RFLY 三维显示场景: NeighborhoodPark 联机: 飞机起点位置: x: 0 y: 0 yaw: 0

飞控选择: UDP Mode: UDP_Full 开始仿真 停止仿真 重新仿真

```

PX4: Armed by external command
PX4: Enter Takeoff Mode!
PX4: Takeoff detected
PX4: Enter Auto Loiter Mode!
PX4: Command DO REPOSITION ACCEPTED
CopterSim: UseRayTraceDrone MSG Received from port 30100
CopterSim: Collide with vehicle #0
CopterSim: Collide with vehicle #0
PX4: Rollouts activated
          
```

X 85.798 Y -19.259 Z 9.958

Vx -0.419 Vy 0.626 Vz -0.016

φ 56.014 θ 5.242 ψ 30.127

5.3. 选做实验：硬件在环仿真

Step 1: 连接飞控

如下图所示，将飞控通过 USB 线连接电脑，并确保完成硬件在环仿真配置。注意，例程使用 Pixhawk6x 飞控，其他飞控配置方法类似（推荐使用 Pixhawk 飞控）

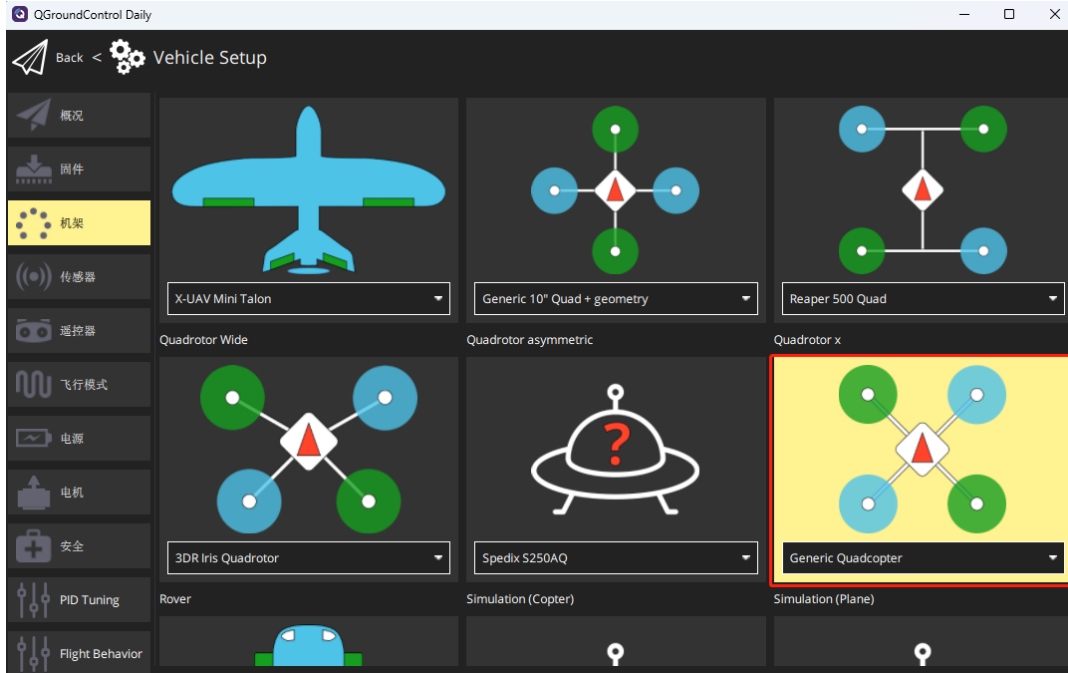


Step 2: 设置硬件在环机架

在 Rflytools 文件夹中打开 QGC 地面站。

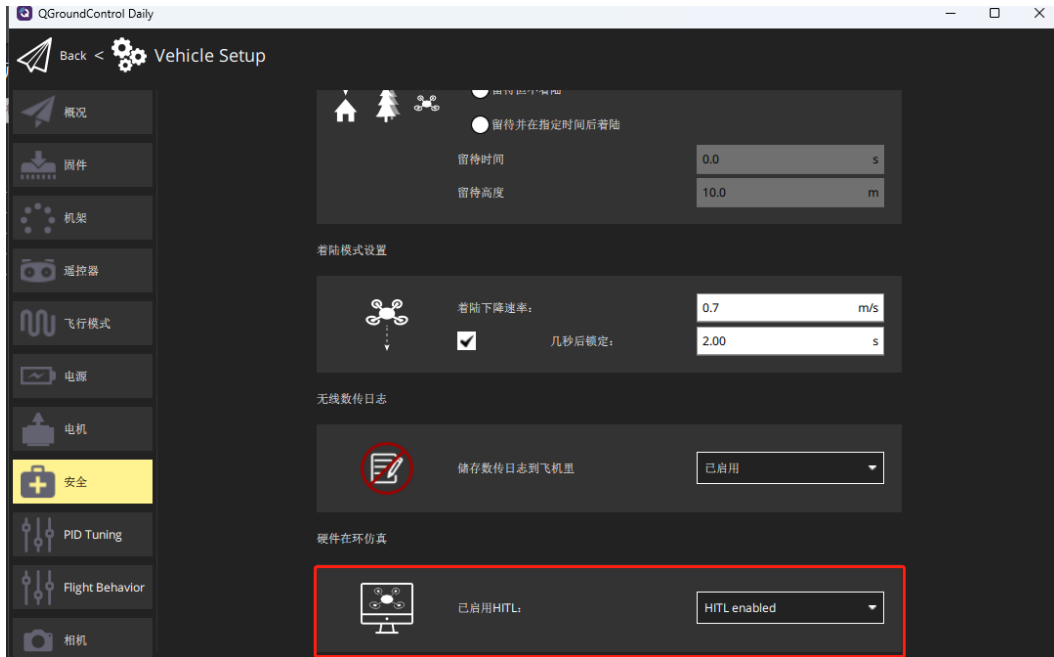
3DDisplay	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
CopterSim	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
FlightGear-F450	2023/7/27 15:02	快捷方式	2 KB
HITLRun	2023/7/27 15:02	快捷方式	2 KB
Python38Env	2023/7/27 15:02	快捷方式	2 KB
QGroundControl	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
RflySim3D	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
RflySimAPIs	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
RflySimUE5	2023/7/27 15:02	快捷方式	1 KB
SITLRun	2023/7/27 15:02	快捷方式	2 KB
Win10WSL	2023/7/27 15:02	快捷方式	2 KB

在机架界面设置机架型号为“Generic Quadcopter”，设置完毕后点击右侧“应用并重启”。



Step 3: 配置硬件在环参数

在“安全”界面，选择“HITL enabled”启动硬件在环仿真，之后在概况界面中确认配置完成后，重新插拔飞控完成设置。



Step 4: 启动仿真

右键以管理员身份运行“inFloatsCollisionApiDemo_HITL.bat”批处理文件，在弹出的终端窗口中根据串口提示输入串口号，启动一架飞机的硬件在环仿真。

名称	修改日期	类型	大小
GenerateModelDLLFile.p	2023/10/24 15:35	MATLAB,p.9.14.0	6 KB
inFloatsCollisionApiDemo.dll	2024/2/1 15:58	应用程序扩展	235 KB
inFloatsCollisionApiDemo.slx	2024/2/1 15:57	Simulink Model	75 KB
inFloatsCollisionApiDemo_HITL.bat	2023/10/24 15:33	Windows 批处理...	6 KB
inFloatsCollisionApiDemo_init.m	2023/10/24 15:33	Objective C 源文件	3 KB
inFloatsCollisionApiDemo_SITL.bat	2023/10/24 15:33	Windows 批处理...	6 KB
MavLinkStruct.mat	2023/10/24 15:33	MATLAB Data	5 KB
slprj	2024/2/1 16:32	文件夹	
inFloatsCollisionApiDemo_ert_rtw	2024/2/1 16:32	文件夹	
MulticopterModel.zip	2024/2/1 16:32	压缩(zipped)文件...	107 KB
Readme.docx	2024/2/1 16:49	Microsoft Word ...	13,539 KB

```

C:\Windows\system32\cmd.e  X  +  v
已复制 1 个文件。

-----
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

Available COM ports on this computer are:
COM3: ??????????
COM4: ??????????
COM5: USB ????
Recommended COM list input is: 3,4,5

-----
My COM list for HITL simulation is:5

```

Step 5: 仿真过程

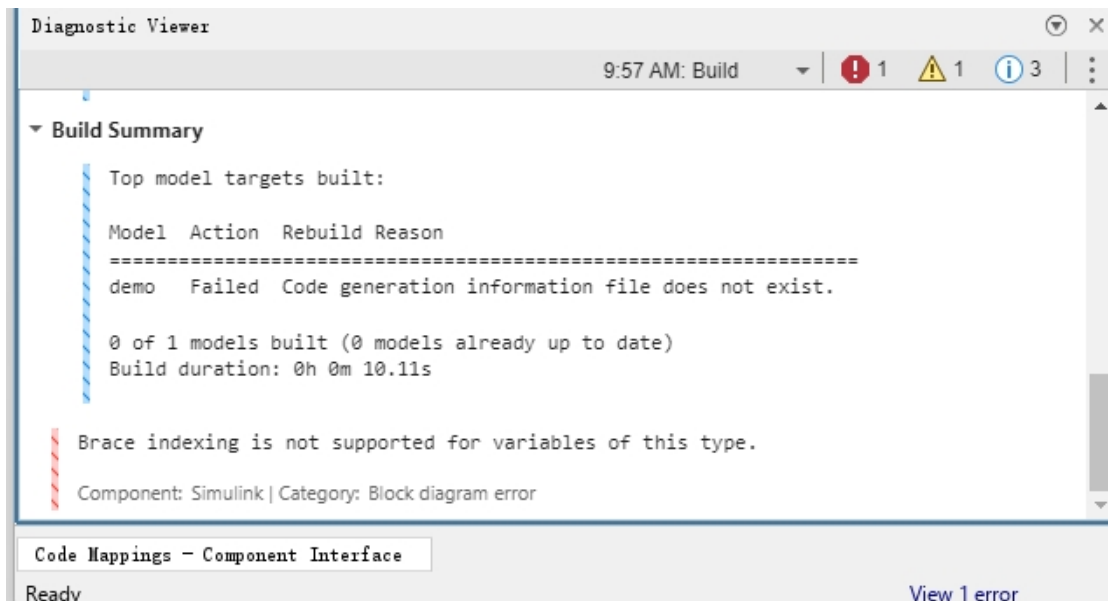
之后测试步骤与软件在环仿真的 Step3 到 Step5 相同，仿真效果一致。

6. 参考资料

- [1]. [PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf](#) 中 [DLL/SO 模型与通信接口的重要参数部分](#)。
- [2]. [PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf](#) 中的 [环境配置](#)
- [3]. [PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf](#) 中的 [Simulink 建模模板介绍](#)
- [4]. [PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf](#) 中 [DLL/SO 模型与通信接口的数据协议部分](#)
- [5].

7. 常见问题

Q1: 未正确安装 visual studio c++编译环境并配置 mex, 导致 Simulink 文件编译失败



A1: 首先将低于当前 MATLAB 版本的 Visual Studio C++编译环境安装到 VS 默认安装目录, 然后在 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支持的编译器, 命令行显示“MEX 配置使用 ‘Microsoft Visual C++ 2017’ 以进行编译”的字样说明安装正确。详细环境配置参考” [RflySim 平台安装目录]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf “中的环境配置



Q2: 编译报错, 无法加载库文件

```
诊断查看器
下午4:48:编译
-----
Exp1_MiNodeTemp 信息保存文件或工件缺少。无法编译。有关详细信息, 请参阅编译日志。 ed
编译了 0 个模型, 共 1 个模型(0 个模型已经是最新的)
编译持续时间: 0h 0m 3.7699s
无法加载 'pixhawk_slib_adv/CopterForceModel' 引用的库 'pixhawk_slib_adv1'。
附件: Simulink|类别: Block diagram 情况
代码映射 - 组件接口
```

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