

失效保护逻辑设计实验

1. 实验目的

本实验主要内容则是详细介绍了多旋翼失效保护的原理和保护机制的设计，并设计了分步实验（基础实验、分析实验和设计实验）由浅入深的带领读者者领会这部分知识。**在基础实验中，读者将复现由手动控制模式（可能是自稳模式、定高模式或定点模式的一种）到返航模式或着陆模式的切换；**分析实验则要求读者更改状态转移条件，能够实现返航和着陆之间的切换；设计实验要求读者实现四旋翼在遥控器失联时多旋翼能自动返航着陆。

2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]；MATLAB 2022b及以上。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台；Pixhawk 6X飞控1台；遥控器1台；遥控器接收器1台；数据线、杜邦线等若干台^[2]。

3. 实验地址

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\e8-FailsafeLogic\e8.1](#)

- Sim：软件仿真文件夹
 - icon：图标及初始化数据库
 - e8_1_sim.slx：软件仿真模型文件
 - Init_control.m：初始化文件
- HIL：硬件在环仿真文件夹
 - icon：图标及初始化数据库
 - e8_1_HIL.slx：硬件在环仿真模型文件
 - Init_control.m：初始化文件

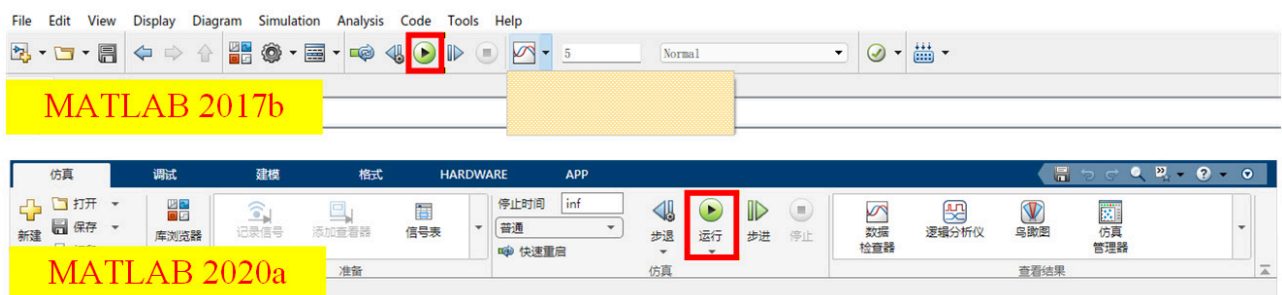
4. 实验内容或步骤

4.1 步骤1：软件仿真实验

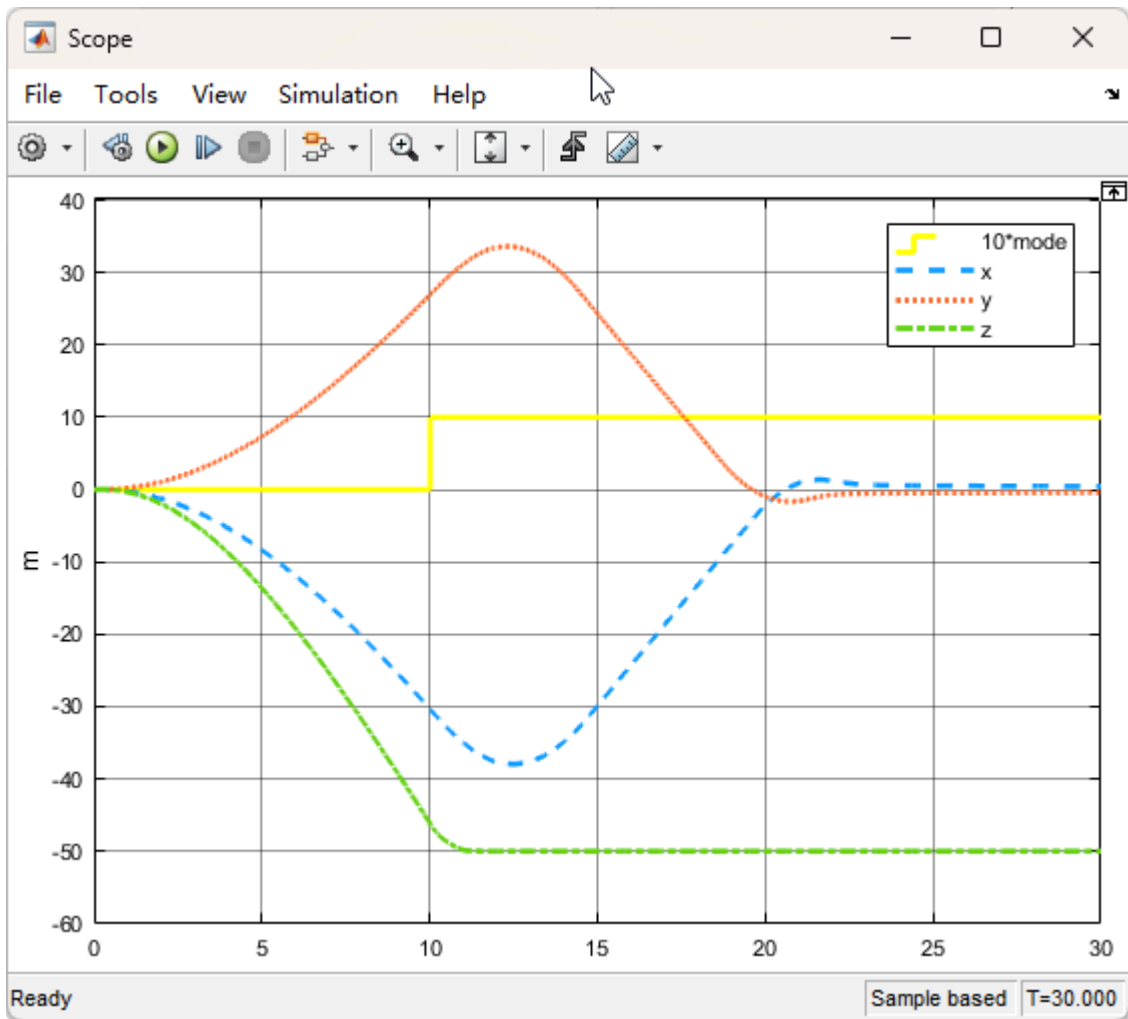
在MATLAB中运行 `Sim\Init_control.m` 文件，将自动打开 `Sim\e8_1_sim.slx` 文件，
打开"`\桌面\RflyTools\RflySim3D.Ink`"的RflySim3D。



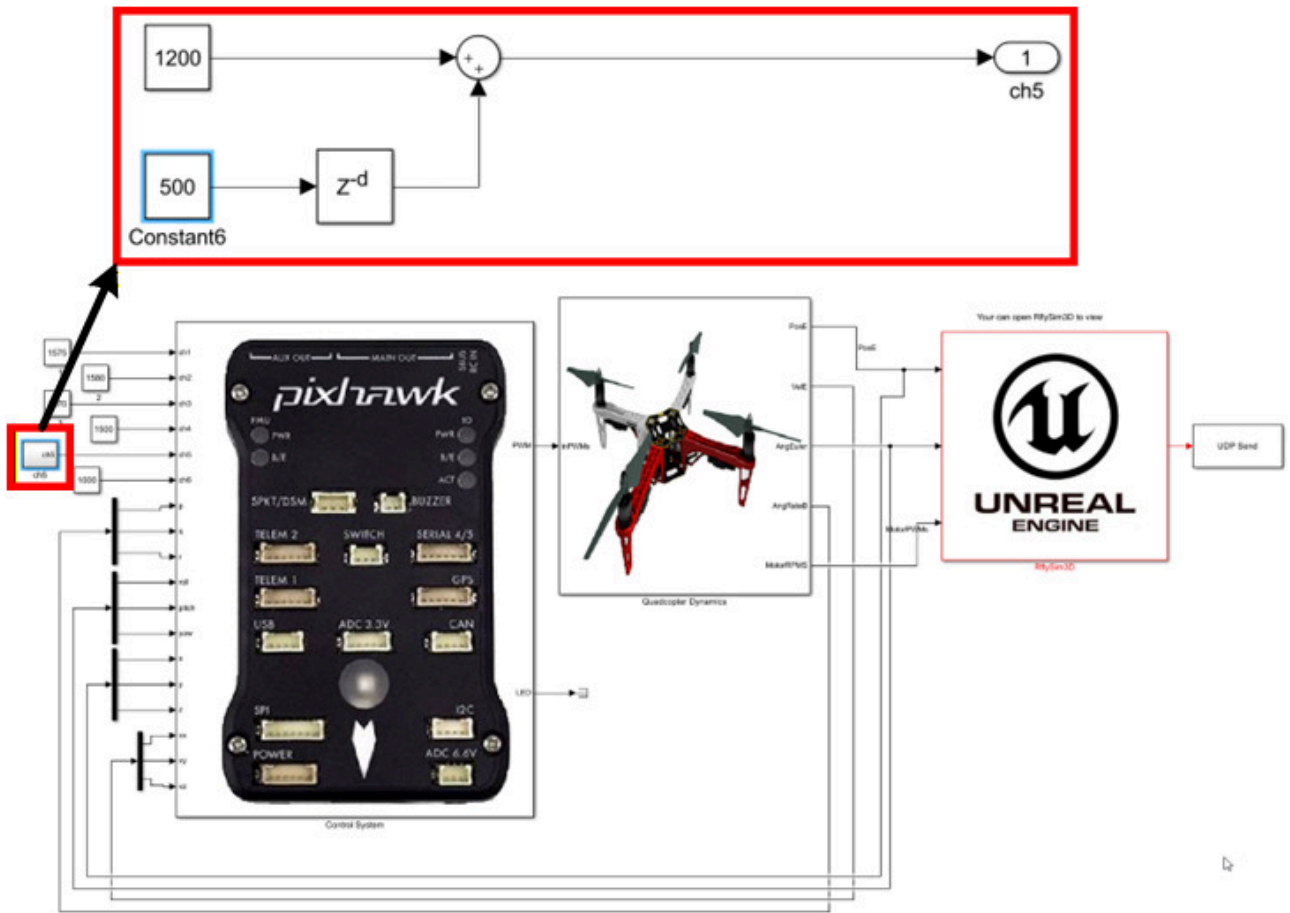
在Simulink中运行 `Sim\e8_1_sim.slx` 文件。



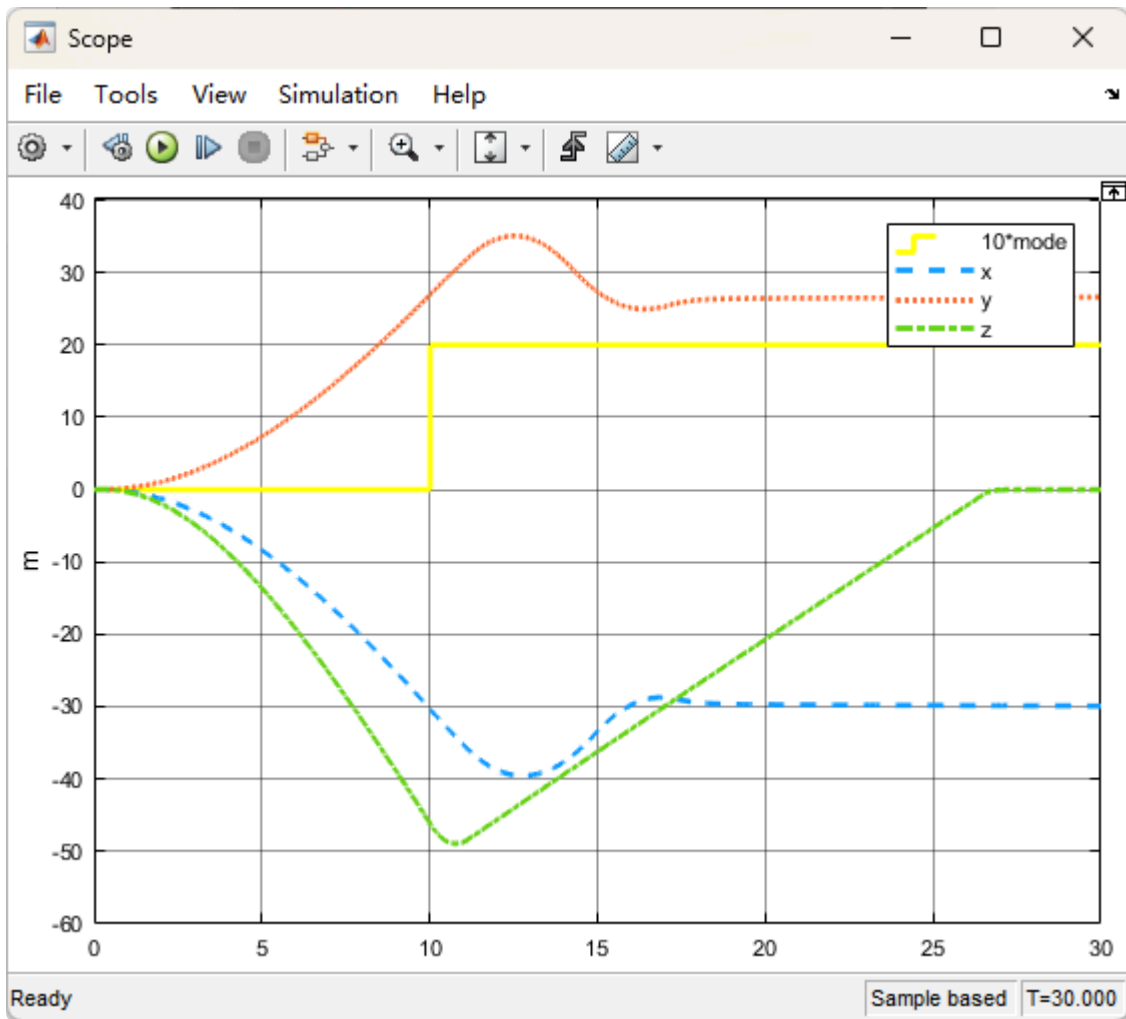
即可看到，手动模式下返航仿真曲线如下：



修改Sim\e8_1_sim.slx文件中的ch5通道，将原来300修改为500。如下图所示。

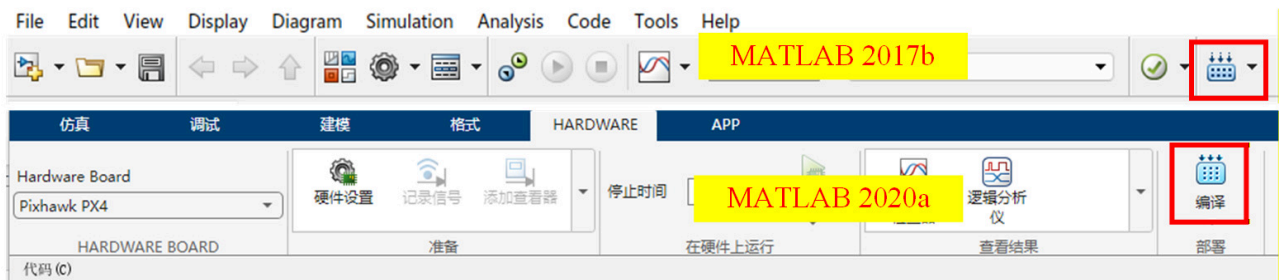


修改完成之后，重复Step 3运行本文件，即可得到手动模式下着陆仿真曲线如下所示。

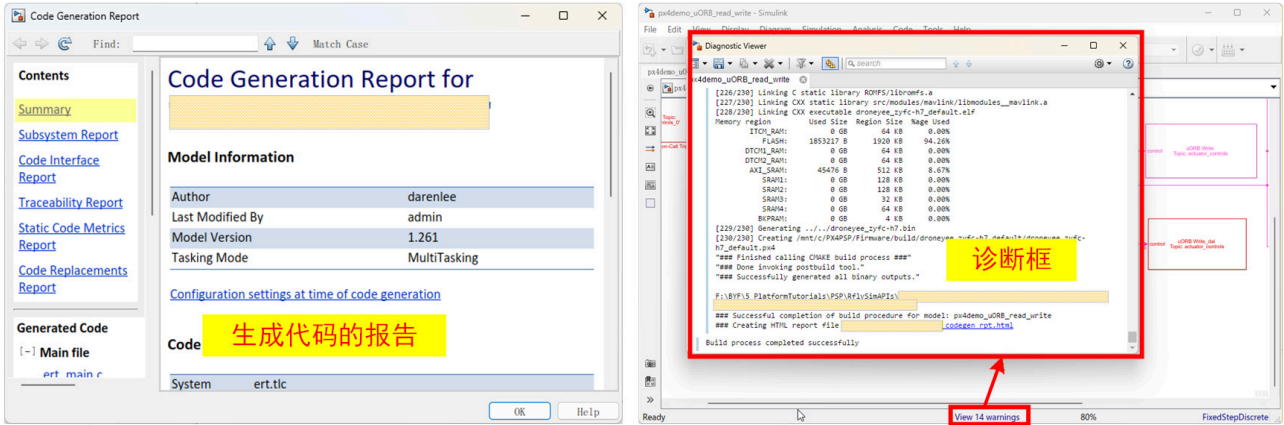


4.2 步骤2：硬件在环仿真实验

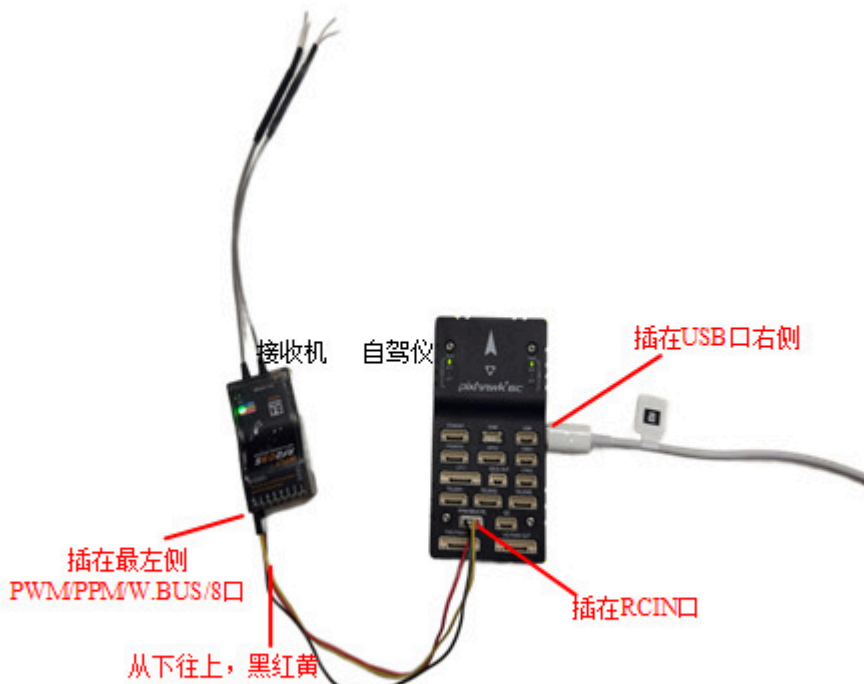
在MATLAB中运行 `HIL\init_control.m` 文件，将自动打开 `HIL\e8_1_HIL.slx` 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。

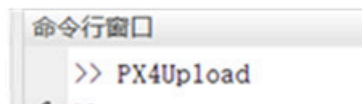


在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。

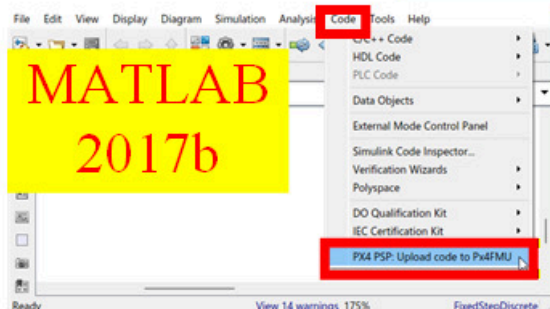


用USB数据线链接飞控与电脑。在MATLAB命令行窗口输入：PX4Upload并运行或点击PX4 PSP: Upload code to Px4FMU，弹出CMD对话框，显示正在上传固件至飞控中，等待上传成功。





或

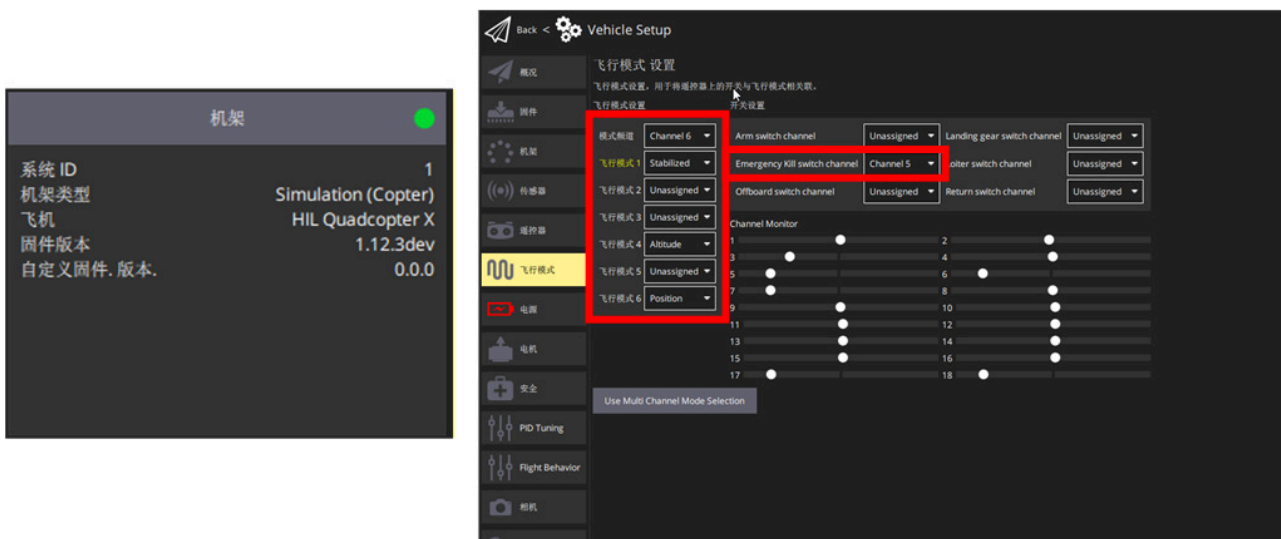


```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd
Loaded firmware for board id: [redacted] size: 1903433 bytes (92.20%), waiting for the bootloader...

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%
```

上传成功后，打开QGroundControl软件。确认无人机机架及遥控器通设置如下：



遥控器的设置如下图。注：遥控器设置中，CH5通道需设置为二段式开关，CH6通道设置为三段式开关。



油门：控制上下运动，对应固定翼油门杆
 偏航：控制机头转向，对应固定翼方向舵
 俯仰：控制前后运动，对应固定翼升降舵
 滚转：控制左右运动，对应固定翼副翼

解锁多旋翼，并将多旋翼飞行到一定高度。将 CH5 从最靠近使用者的档位向上拨到中间位置实现返航。再往上拨一段到最远离使用者位置，四旋翼仍处于返航状态，这是因为状态转移条件中，没有返航与着陆之间的切换。随后将 CH5 拨到最靠近使用者的档位，四旋翼重新进入手动控制模式，快速将 CH5 拨到离使用者最远的档位，四旋翼进入着陆模式。

5. 关键知识点

- 多旋翼失效保护原理
- RflySim平台软硬件在环仿真

6. 参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [PX4官方固件文档](#)
3. 遥控器相关配置见：<https://rflysim.com/doc/zh/B/3.1ET10.html>

7. 常见问题

Q1：在硬件在环实验中，上传固件时出现错误，无法成功上传到飞控，该怎么办？

A1：请检查以下几点：

- 确保USB数据线正常连接飞控与电脑
- 确认MATLAB中没有其他占用串口的程序
- 检查飞控型号是否为Pixhawk 6X，并确认编译命令为px4_fmu-v6x_default
- 重启飞控并重新尝试上传命令PX4Upload

Q2：在遥控器模式切换时，飞行器无法正确响应CH5通道的模式切换指令，应该如何解决？

A2：请按以下步骤检查：

- 确认遥控器CH5通道已设置为二段式开关
- 检查Simulink模型中ch5通道的阈值设置是否正确（返航模式为500，着陆模式需要设置其他值）
- 确认PX4固件中的RC_MAP_OFFB_SW参数设置正确
- 检查QGroundControl中是否正确映射了飞行模式通道

Q3: 软件仿真时，飞行器无法从手动模式切换到返航或着陆模式，仿真结果不符合预期，如何处理？

A3: 请检查以下方面：

- 确认Simulink模型中ch5通道数值设置是否正确（300为返航，500为着陆）
- 检查飞行器初始状态是否正确设置（已解锁并处于空中）
- 验证RflySim3D是否正常启动并连接到Simulink模型
- 确认 [Sim\Init_control.m](#) 初始化脚本已正确运行

1. <https://rflysim.com/> ↩

2. 推荐配置请见：<https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf> ↩