

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；MATLAB 2022b及以上^[1]。

①：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>

- 硬件要求：笔记本/台式电脑① 1台；Pixhawk 6X飞控② 1台；遥控器③ 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\e8.3](#)

- Sim文件夹：包含软件仿真模型文件
 - icon：图标及初始化数据库。
 - e8_3_sim.slx：软件仿真模型文件
 - Init_control.m：初始化文件。
- HIL文件夹：包含硬件在环仿真模型文件
 - icon：图标及初始化数据库。
 - e8_3_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 软件仿真实验

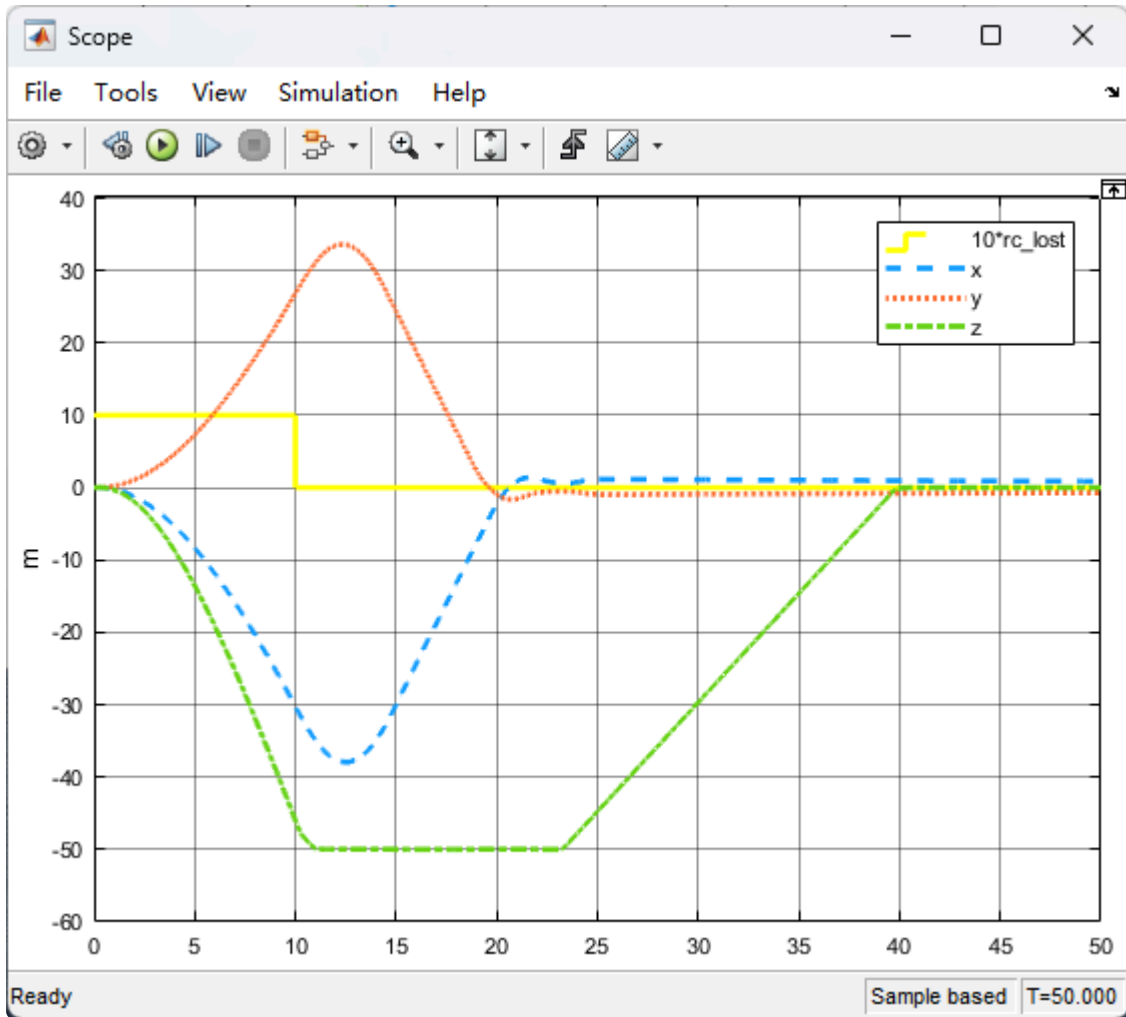
在MATLAB中运行 `Sim\Init_control.m` 文件，将自动打开 `Sim\e8_3_sim.slx` 文件，打开 `"*\桌面\RflyTools\RflySim3D.lnk"` 的 RflySim3D。



在Simulink中运行 `Sim\e8_3_sim.slx` 文件。

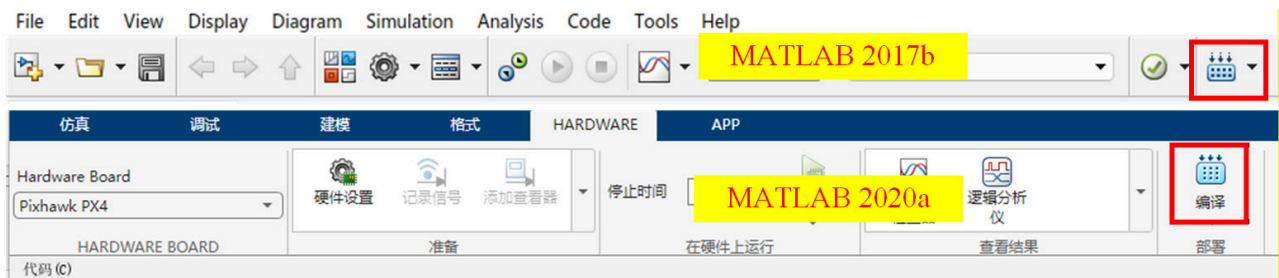


即可看到，失效保护仿真曲线如下：

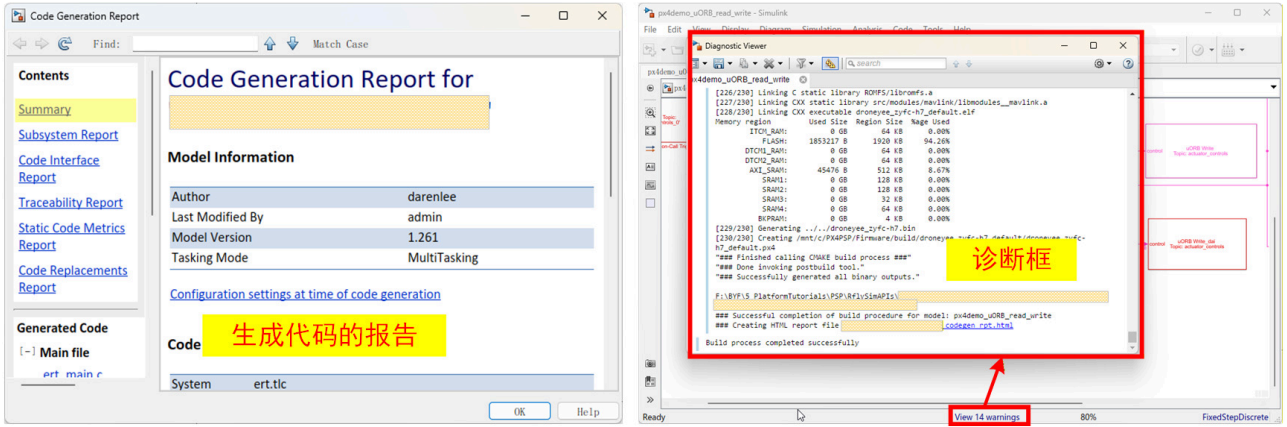


4.2 硬件在环仿真实验

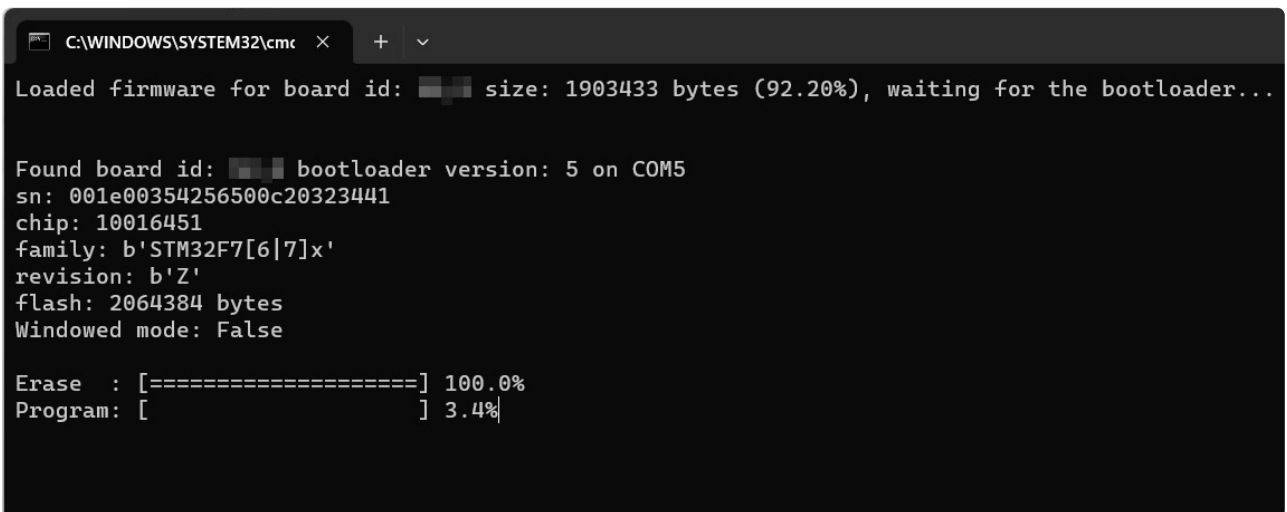
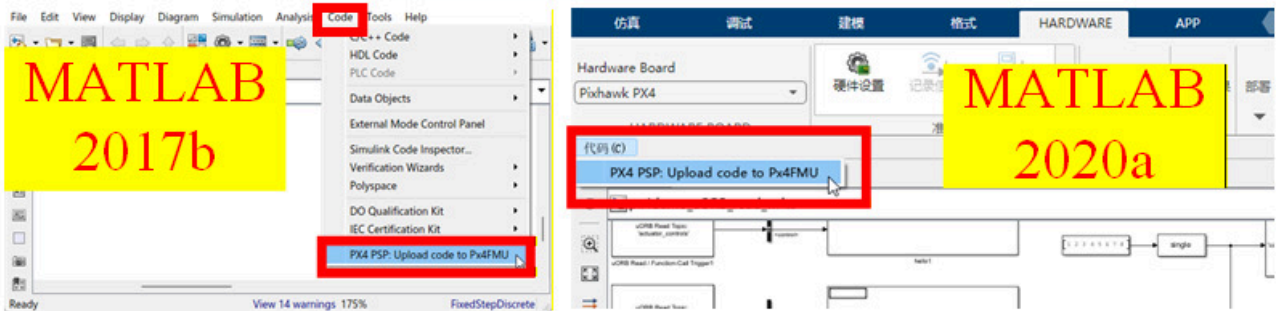
在MATLAB中运行 `HIL\init_control.m` 文件，将自动打开 `HIL\e8_3_HIL.slx` 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



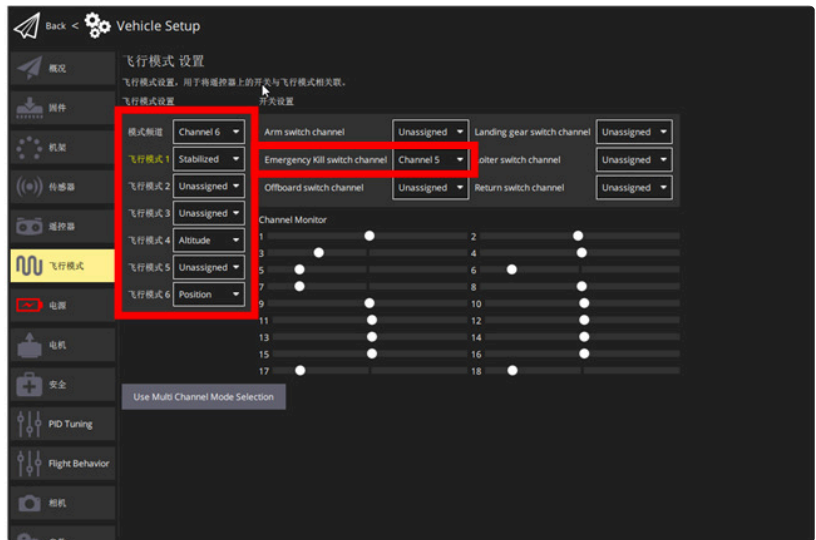
在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



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。



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，先在手动模式下飞行一段时间，然后关闭遥控器电源，这意味着遥控器失联了，可以看到飞行器自动返航并着陆。

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. 全权,杜光勋,赵峙尧,戴训华,任锦瑞,邓恒译.多旋翼飞行器设计与控制[M],电子工业出版社, 2018.
3. 全权,戴训华,王帅.多旋翼飞行器设计与控制实践[M],电子工业出版社, 2020.
4. 第12讲_实验八_失效保护逻辑设计实验.pptx.
5. 第14讲_健康评估和失效保护V2.pptx.

7. 常见问题

Q1: 如何正确设置遥控器通道以实现失效保护功能?

A1: 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。确保遥控器和接收机正确配对并连接, 这样在遥控器失联时系统能够自动触发失效保护机制。

Q2: 硬件在环仿真中固件上传失败怎么办?

A2: 检查飞控与电脑的连接是否正常, 确认设备管理器中显示的COM端口号是否正确。确保使用与飞控型号匹配的固件版本, 如使用Pixhawk 6X飞控时, 编译命令应为px4_fmuv6x_default, 推荐固件版本为1.12.3。

Q3: 仿真中飞行器无法自动返航或着陆如何解决?

A3: 检查GPS信号是否正常 (需要3D定位和EKF初始化完成), 确认QGroundControl中的返航点已正确设置, 以及飞行器当前模式是否支持自动返航功能。同时验证失效保护逻辑参

数设置是否正确。

1. <https://rflysim.com/> ↩

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