

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^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\e8.2](#)

- Sim文件夹：包含软件仿真模型文件e8_2_sim.slx和初始化文件Init_control.m等。
- HIL文件夹：包含硬件在环仿真模型文件e8_2_HIL.slx和初始化文件Init_control.m等。

4. 实验内容或步骤

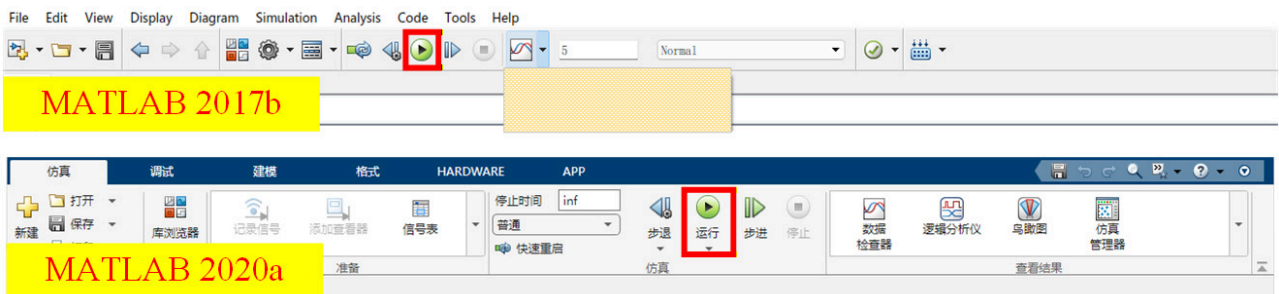
4.1 步骤1：软件仿真实验

在MATLAB中运行[Sim\Init_control.m](#)文件，将自动打开Sim\e8_2_sim.slx文件，

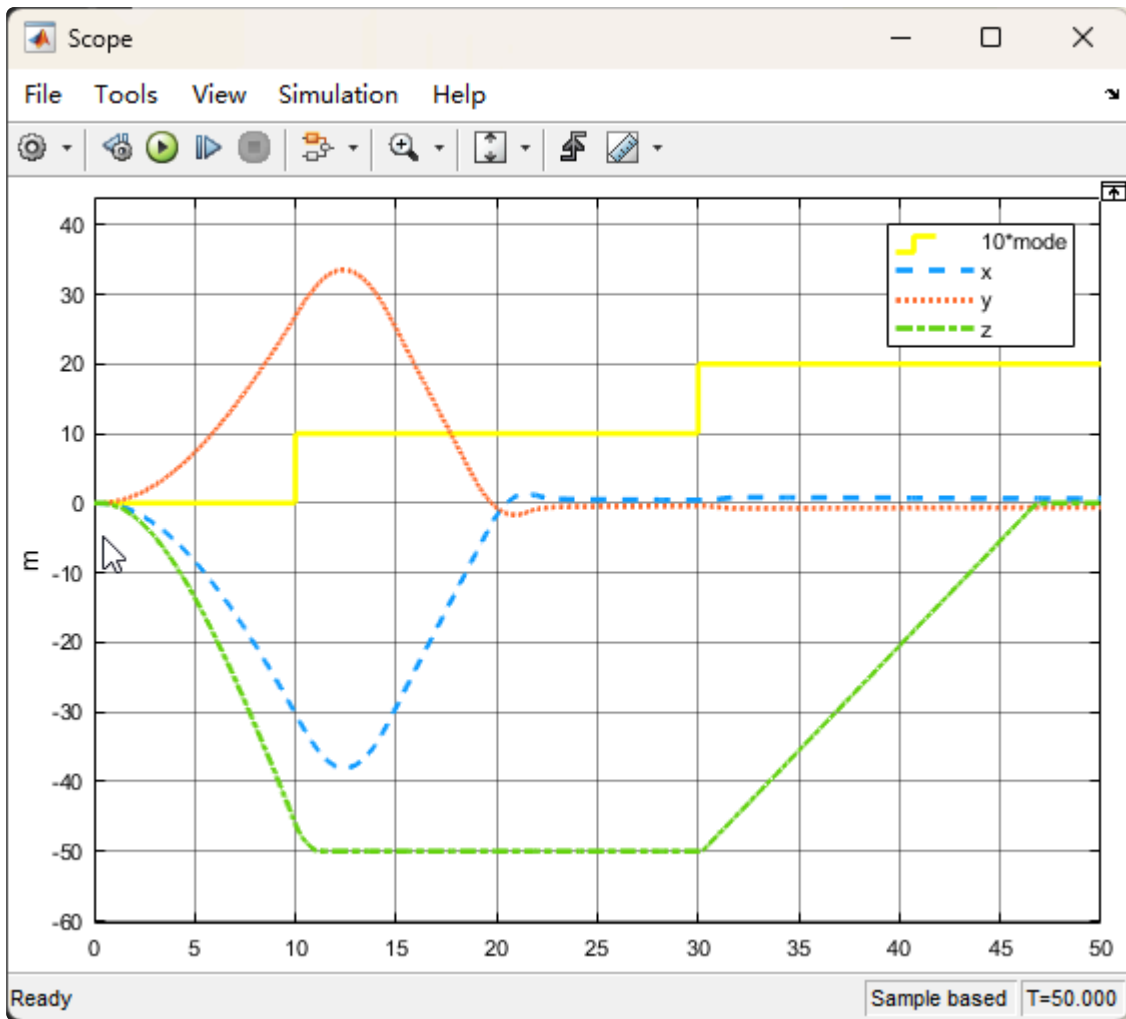
打开"*\桌面\RflyTools\RflySim3D.lnk"的RflySim3D。



在Simulink中运行Sim\e8_2_sim.slx文件。

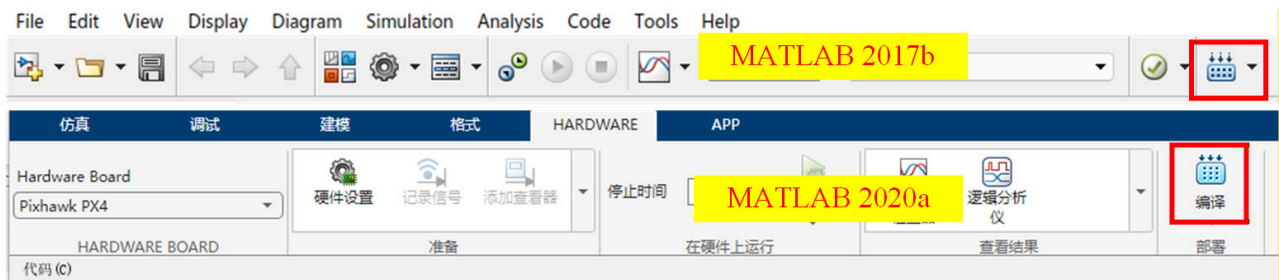


即可看到，返航与着陆切换仿真曲线如下：

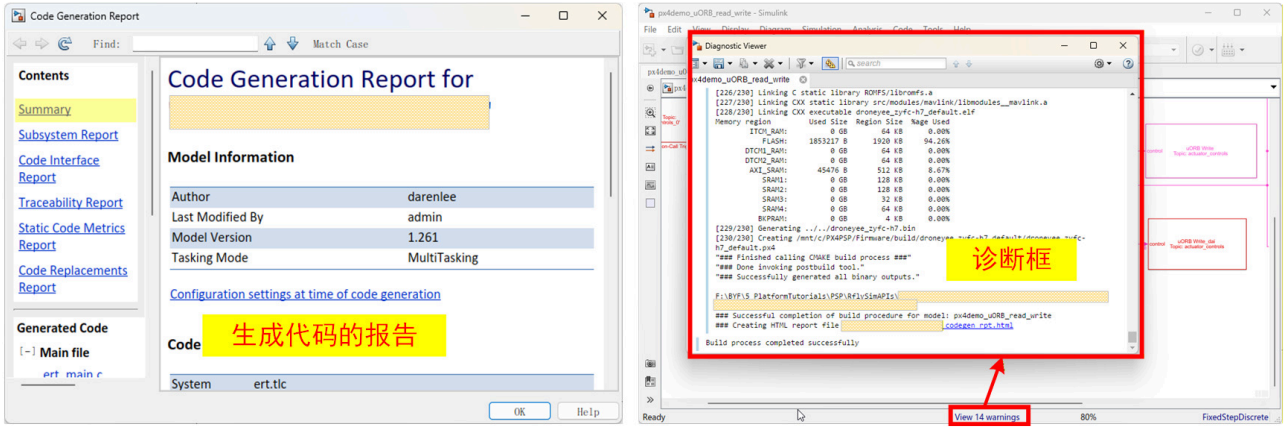


4.2 步骤2：硬件在环仿真实验

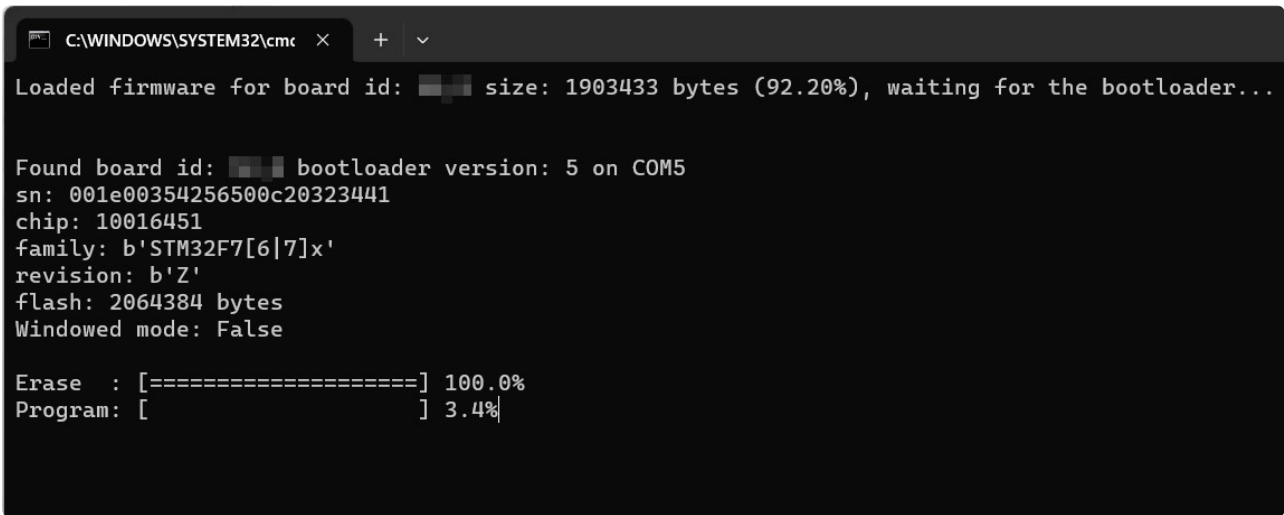
在MATLAB中运行 `HIL\init_control.m` 文件，将自动打开 `HIL\e8_2_HIL.slx` 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



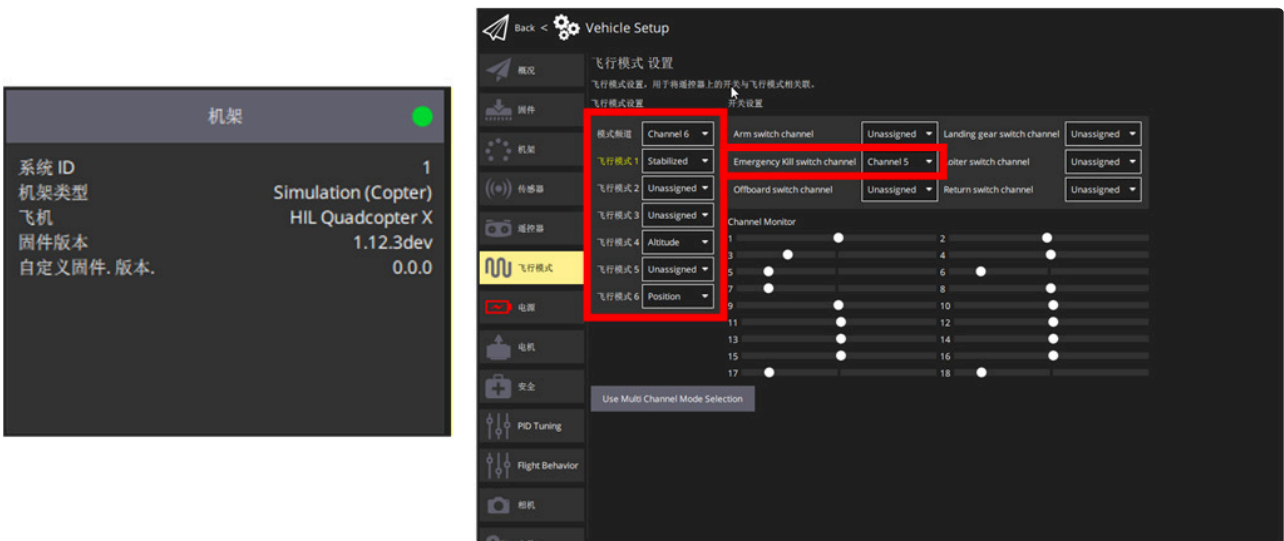
在 Simulink 的下方点击 `View diagnostics` 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 `Build process completed successfully`，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



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，并操控多旋翼飞行到一定高度，将 CH5 向后拨一段实现返航。返航完成后，再将 CH5 向后拨一段实现着陆。这里与基础实验不同，基础实验中因为没有返航和着陆之

间的切换，返航后直接切到着陆是没有响应的。注：多旋翼在返航和着陆的过程中需要一点时间，在仿真过程中应该空出足够的时间让多旋翼保持稳定。

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. 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.
2. 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.
3. 第12讲_实验八_失效保护逻辑设计实验.pptx.
4. 第14讲_健康评估和失效保护V2.pptx.
5. [RflySim官方文档](#)

7. 常见问题

Q1：使用Pixhawk 6X飞控时，编译命令和固件版本有什么要求？

A1：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>

Q2：硬件在环仿真实验中，如何确认编译成功？

A2：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。

Q3: 在遥控器操作中需要注意什么?

A3: 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。多旋翼在返航和着陆的过程中需要一点时间, 在仿真过程中应该空出足够的时间让多旋翼保持稳定。

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