

1、实验名称及目的

失效保护逻辑设计实验：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、实验原理

首先进行手动模式下，实现飞行器的返航和着陆模式，体会模式转换间的区别。
详细内容请参考文献[3]第 12 讲_实验八_失效保护逻辑设计实验.pptx，文献[4]第 14 讲_健康评估和失效保护 V2.pptx。

3、实验效果

在 Simulink 仿真环境中，在手动模式下，实现飞行器的返航和着陆，并记录和分析过程，并完成硬件在环仿真。

4、文件目录

文件夹/文件名称		说明
Sim	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	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。

5、运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量(个)
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 ^①	1
2	RflySim 平台免费版及以上	Pixhawk 6C 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	1
4		遥控器接收器	1
5		数据线、杜邦线等	若干

- ①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com/1.1InstallMethod.html>
②：须保证平台安装时的编译命令为：px4_fmu-v6c_default，固件版本为：1.13.3。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>
③：本实验演示所使用的遥控器为：天地飞 WFLY-ET10、配套接收器为：WFLY-RF209

S。遥控器相关配置见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

6、软件仿真实验步骤

Step 1:

在 MATLAB 中运行 Sim\Init_control.m 文件，将自动打开 Sim\e8_1_sim.slx 文件，

Step 2:

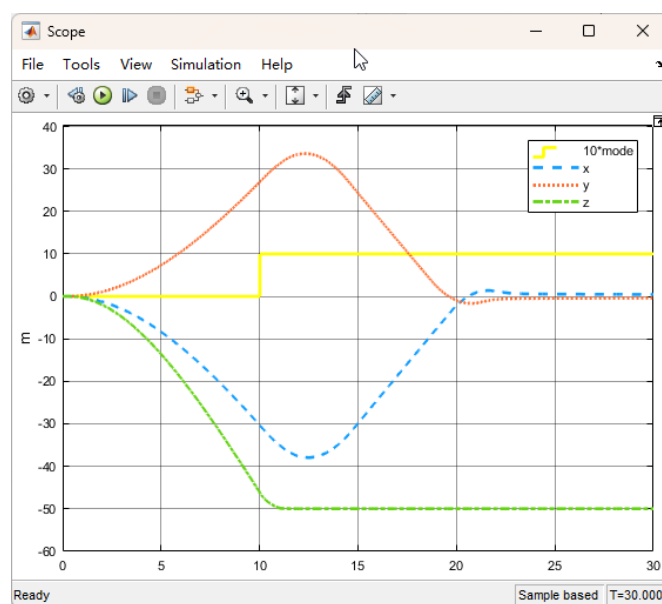
打开"*\桌面\RflyTools\RflySim3D.lnk"的 RflySim3D。

Step 3:

在 Simulink 中运行 Sim\e8_1_sim.slx 文件。

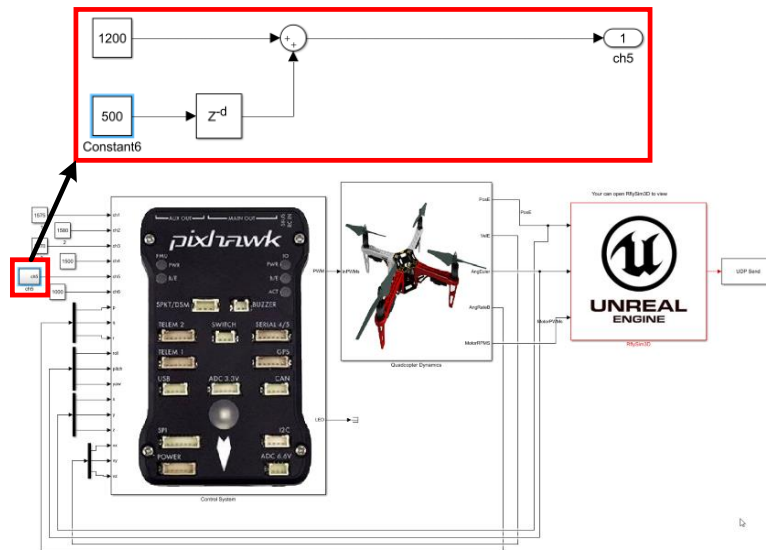


即可看到，手动模式下返航仿真曲线如下：

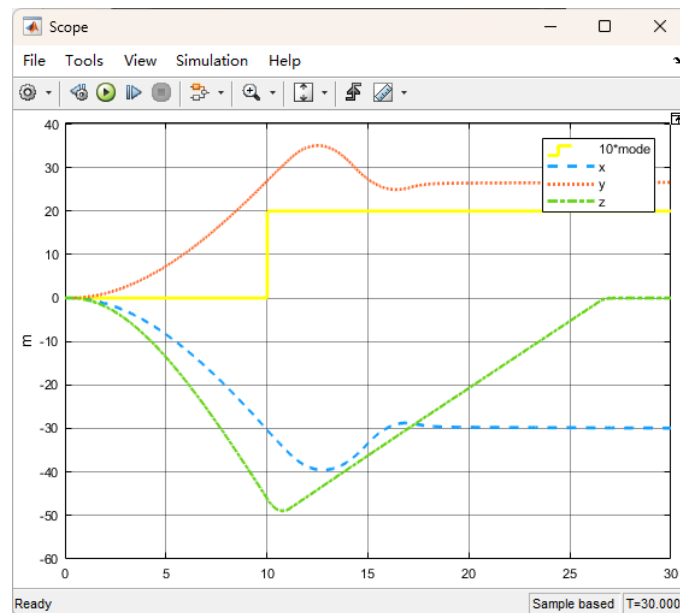


Step 4:

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。



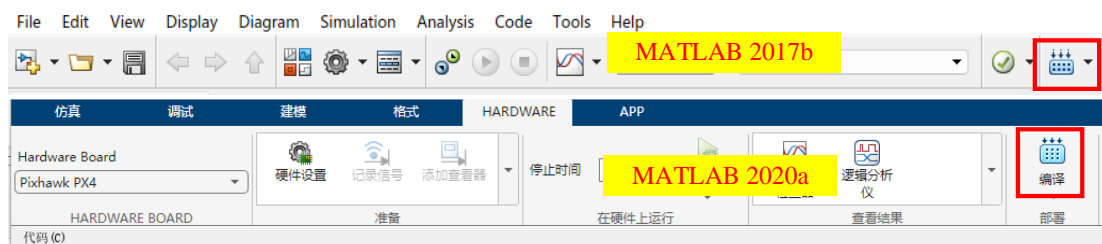
修改完成之后，重复 Step 3 运行本文件，即可得到手动模式下着陆仿真曲线如下所示。



7、硬件在环仿真实验步骤

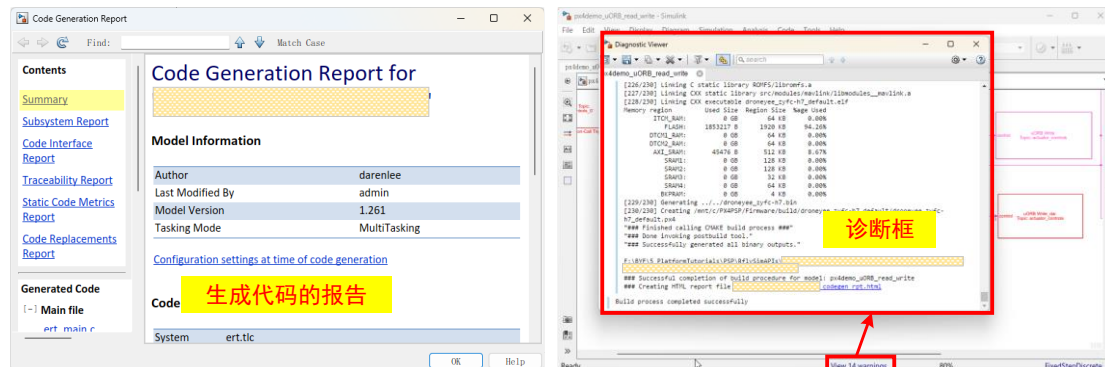
Step 1:

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。



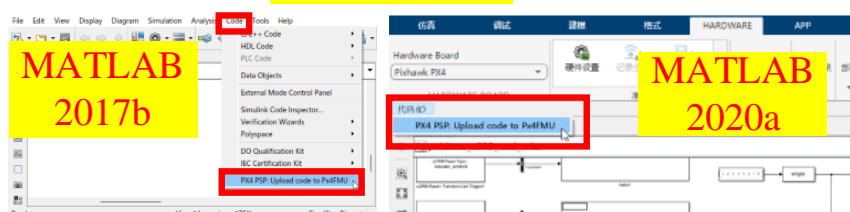
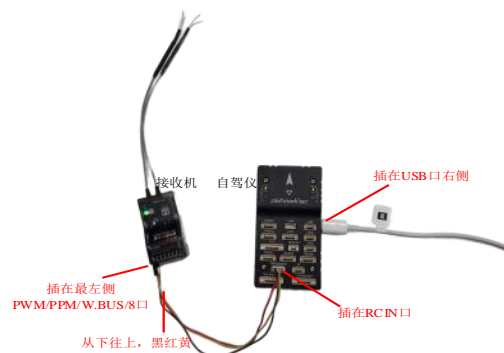
Step 2:

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。



Step 3:

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。



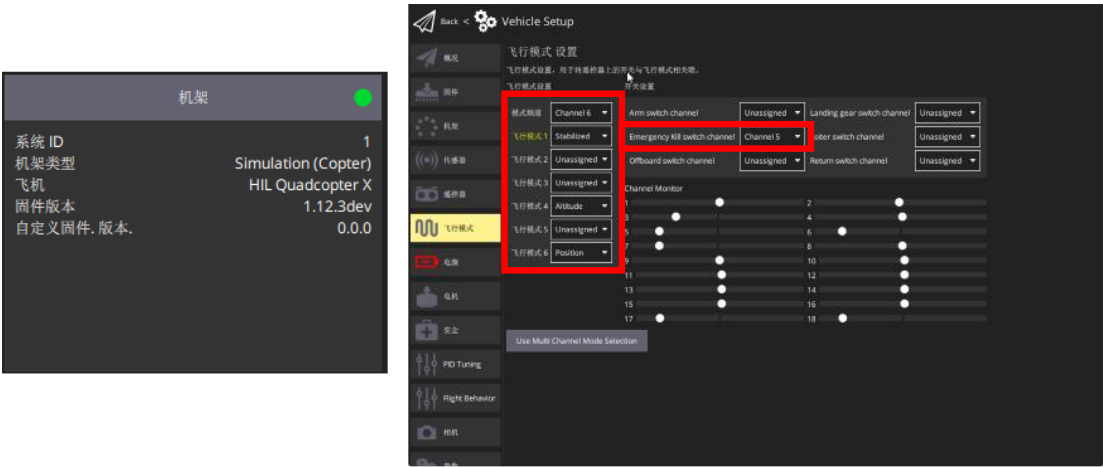
```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd
Loaded firmware for board id: size: 1903433 bytes (92.20%), waiting for the bootloader...

Found board id: bootloader version: 5 on COM5
sn: 001e00354256500c20323441
chip: 10016451
family: b'STM32F7[6]x'
revision: b'Z'
flash: 2064384 bytes
Windowed mode: False

Erase : [=====] 100.0%
Program: [ ] 3.4%
```

Step 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：



Step 5:

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。



Step 6:

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。

8、参考文献

- [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.

9、常见问题

Q1: 无

A1: 无