

1、实验名称及目的

基础实验：在自稳模式的基础上改成定高模式。根据实验数据分析，与自稳模式相比，多旋翼在定高模式下姿态和位置输出值的变化；完成硬件在环仿真。

2、实验原理

在四旋翼无人机中，自稳模式是基本的飞行模式，它旨在保持飞行器的姿态和位置稳定。而定高模式是在自稳模式的基础上增加了高度控制功能，使无人机能够在一定高度上进行定点悬停或飞行。

以下是根据实验数据分析，比较自稳模式和定高模式下四旋翼无人机的姿态和位置输出值变化的原理：

姿态输出值变化：在自稳模式下，四旋翼无人机会根据传感器测量值和控制指令进行姿态调整。输出值通常表示无人机的姿态角（如滚转、俯仰和偏航角度）。在定高模式下，姿态输出值仍然会根据传感器和控制指令进行调整，但它们会受到高度控制的影响。如果无人机的高度与目标高度有偏差，控制系统会相应地调整姿态，以使无人机上升或下降来纠正高度偏差。

位置输出值变化：在自稳模式下，位置输出值通常指无人机的 GPS 坐标（经纬度）或相对于起始点的位置偏差。这些位置输出值主要用于导航和控制。在定高模式下，位置输出值同样会受到高度控制的影响。无人机的高度偏差将影响其位置调整。例如，如果无人机处于目标高度以下，则控制系统会调整位置输出值，以使无人机上升并保持在目标高度上。

详细内容请参考上层路径文献[3]第 11 讲_实验七_半自主控制模式设计实验.pptx，文献[4]第 13 讲_任务决策 V2.pptx。

3、实验效果

用遥控器解锁多旋翼，实现手动控制。使用遥控器控制四旋翼时，四旋翼的姿态与水平位置的表现与自稳模式相同，当油门摇杆回中时，四旋翼高度能保持稳定

4、文件目录

	文件夹/文件名称		说明
HIL	icon	FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
		pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
		vehicle_local_position.mat	
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	HeightControl_HIL.slx		Simulink 仿真模型文件。
	Init_control.m		控制器初始化参数文件。
	icon	UE_Logo.jpg	UE 软件的 Logo
		Init.m	模型初始化参数文件。

Sim		FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
		pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
		SupportedVehicleTypes.pdf	机架类型修改说明文件。
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	HeightControl_Sim.slx		Simulink 仿真模型文件。
	Init_control.m		控制器初始化参数文件。

5、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 平台免费版	Pixhawk 6C 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	1
		遥控器接收器	1
		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-RF209S。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，打开 e7-SemiAutoCtrl\e7.2\Sim\Init_control.m 文件，点击运行初始化参数，“HeightControl_Sim.slx”文件将会自动打开。

Step 2:

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

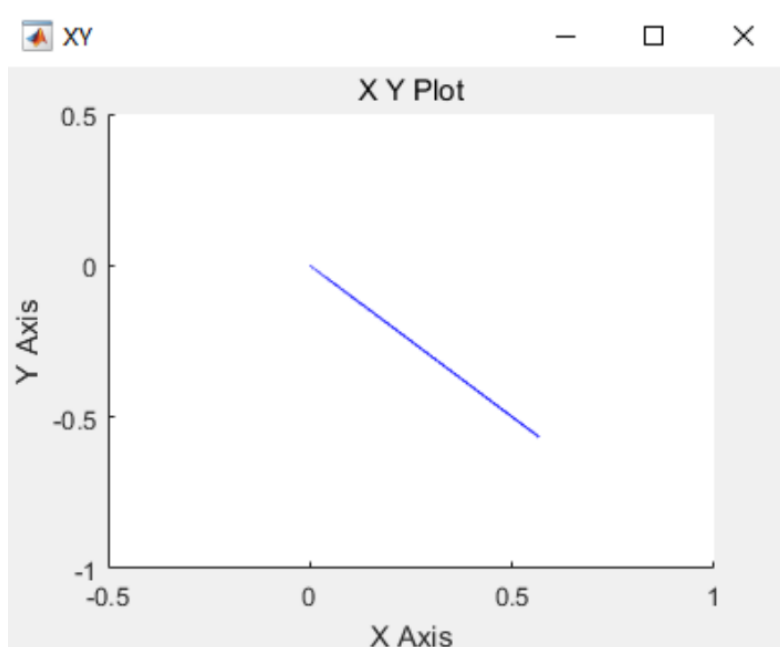
Step 3:

在 Simulink 中运行 HeightControl_Sim.slx 文件。

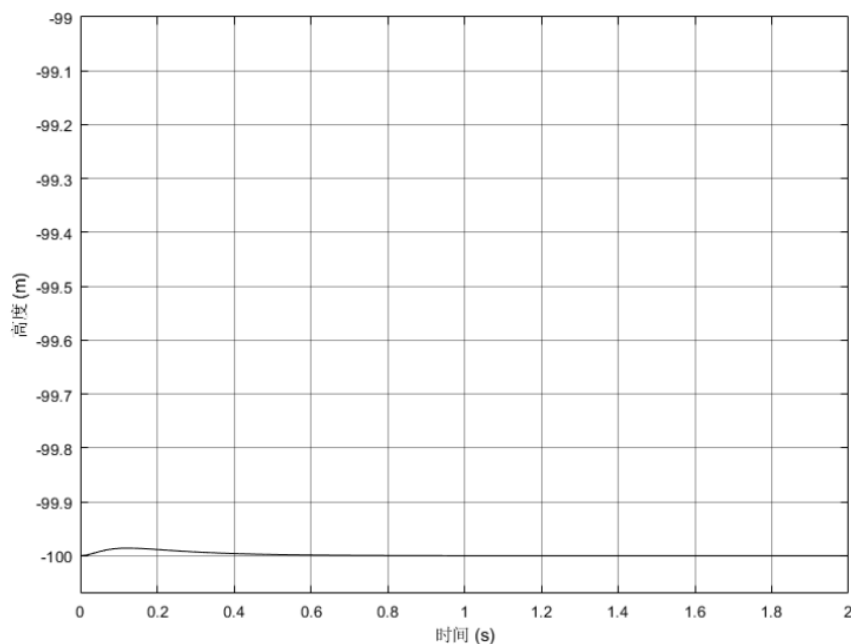


Step 4:

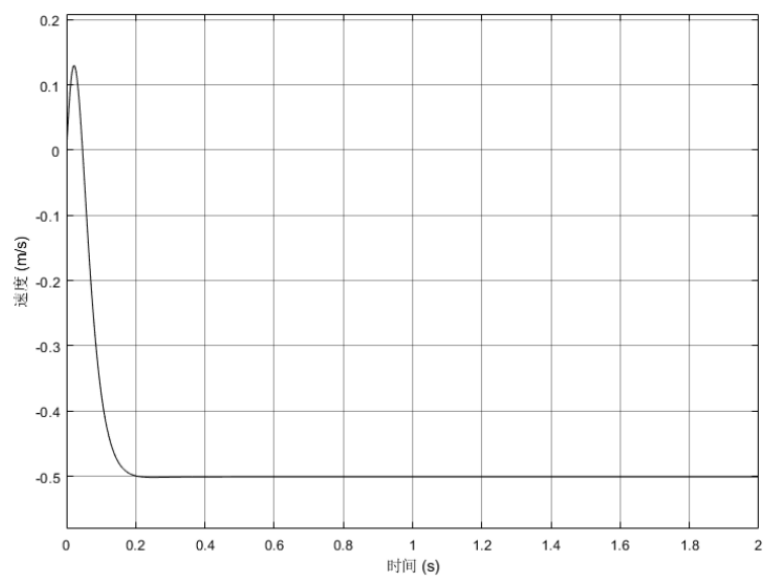
运行“e7/e7.2/Sim/HeightControl_Sim.slx”文件。观察示波器结果可知，姿态和水平位置输出与自稳模式下相同，即姿态能保持稳定，而水平位置不能保持稳定，如下图所示。



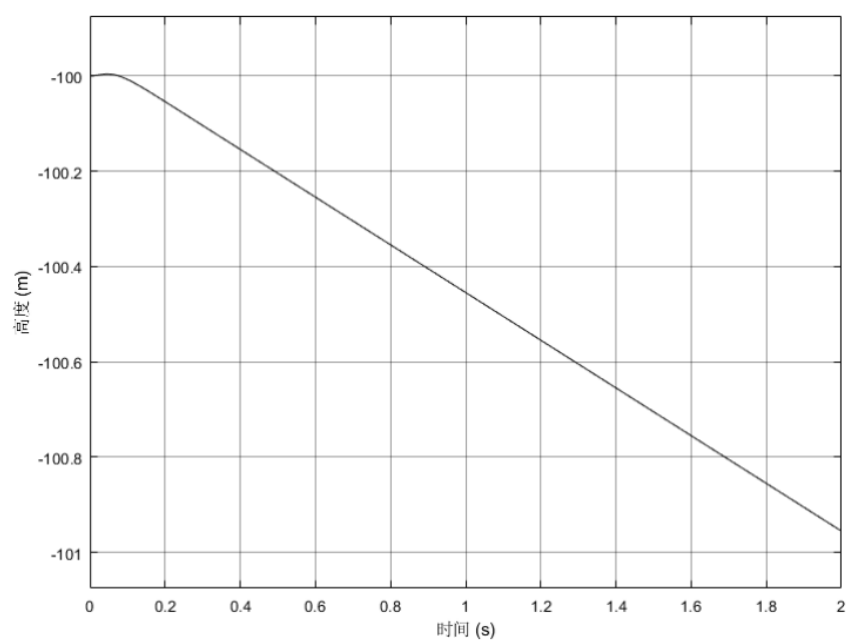
当高度输入在 1460~1540 之间时，即油门摇杆在中间死区时，如下图所示。



可以看到高度波动很小误差在 $\pm 0.002\text{m}$ 之间，可以认为高度保持稳定成立。当油门超过死区，如油门输入为 1600 时，可以看到沿 $o_e z_e$ 轴实际速度能够跟随期望速度并保持稳定，如下图所示。



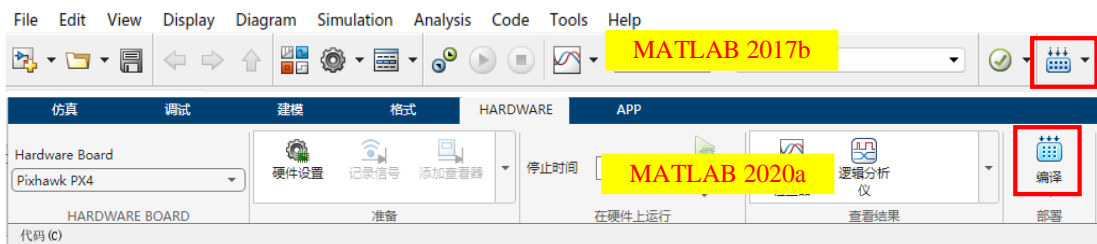
高度持续升高，如下图所示。



7、硬件在环仿真实验步骤

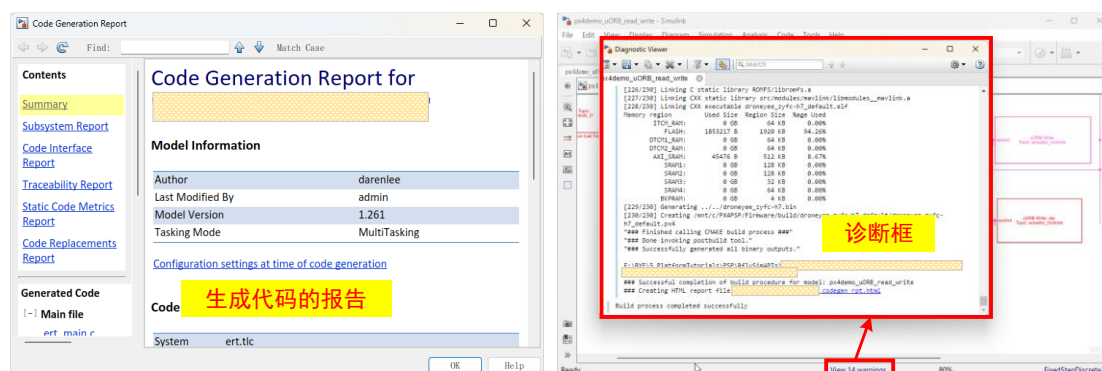
Step 1:

在 MATLAB 中运行 e7-SemiAutoCtrl\e7.2\HIL\Init_control.m 文件，将自动打开 HeightControl_HIL.slx 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



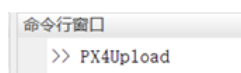
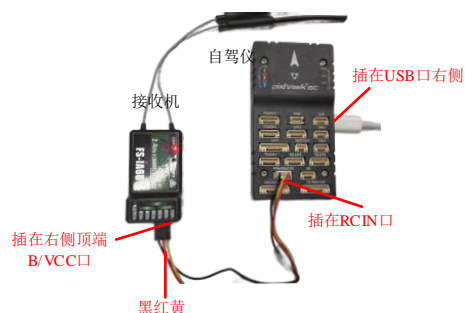
Step 2:

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。

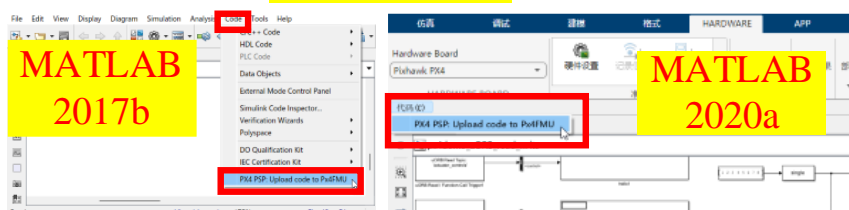


Step 3:

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。



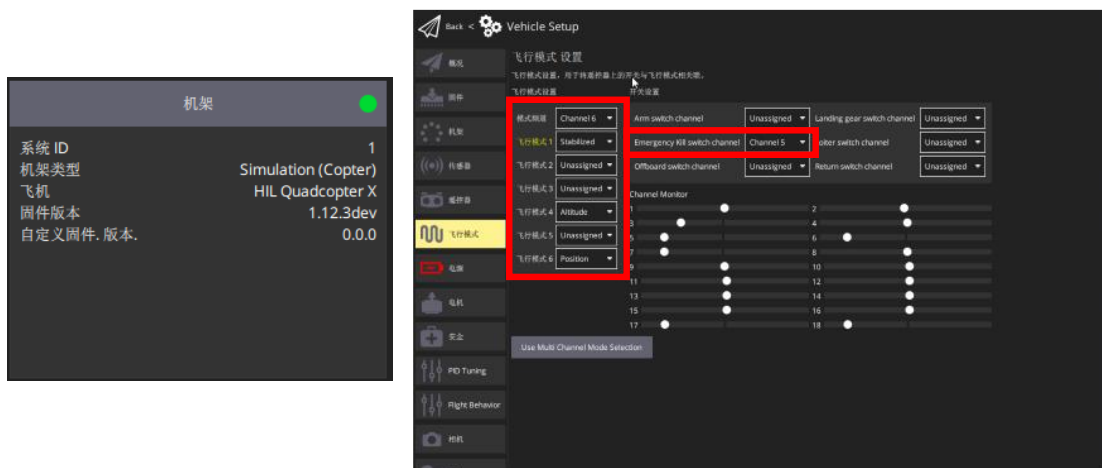
或



```
C:\Windows\SYSTEM32\cmd.exe
Loaded firmware for board id: 1010,0 size: 1798496 bytes (98.01%), waiting for the bootloader...
Attempting reboot on COM3 with baudrate=57600...
If the board does not respond, unplug and re-plug the USB connector.
Found board id: 1010,0 bootloader version: 5 on COM3
sn: 0044004b3232511537343834
chip: 20036450
family: b'STM32H7[4]x'
revision: b'v'
flash: 1966080 bytes
Windowed mode: False
Erase : [=====] 100.0%
Program : [=====] 100.0%
Verify : [=====] 100.0%
Rebooting. Elapsed Time 75.630
C:\Users\admin\Desktop\e7.1\HIL>
```

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:

通过遥控器给定四旋翼一个期望的姿态，可以看到四旋翼能够快速跟踪上期望的姿态，当遥控器摇杆全部回中时，四旋翼姿态基本保持水平，在 RflySim3D 中按下快捷键“T”，即可显示飞机的轨迹线，可以看到四旋翼轨迹仍在移动，说明四旋翼位置在漂移。

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 11 讲_实验七_半自主控制模式设计实验.pptx.
- [4]. 第 13 讲_任务决策 V2.pptx.

9、常见问题

Q1: 无

A1: 无