

1、实验名称及目的

基础实验：在自稳模式的基础上改成定点模式。根据实验分析，与自稳模式相比，多旋翼在定点模式下姿态和位置输出值的变化；利用三段拨码开关实现三种模式的自由切换，完成硬件在环仿真实验和实飞实验。

2、实验原理

与自稳模式相比，在定点模式下多旋翼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，多旋翼主要关注保持稳定的姿态，如滚转、俯仰和偏航角度。姿态控制是为了保持飞行器的水平稳定性。

在定点模式下，姿态控制仍然很重要，但同时会有额外的目标：保持特定的位置。姿态输出值可能需要相应地调整，以便无人机不仅保持水平稳定性，还要控制其位置，以使其留在目标位置上。

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。这些输出值通常会变化，以适应外部环境因素，如风等，以保持自稳的姿态。

在定点模式下，位置输出值变得更为关键。飞控系统会不断地比较当前 GPS 坐标和目标 GPS 坐标，然后计算出如何调整飞行器的姿态和动力输出，以尽量保持在目标位置上。如果无人机偏离目标位置，飞控系统 will 调整姿态和动力来纠正这些偏差。

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

解锁多旋翼，实现手动控制。当拨动 CH5 拨码开关切换到自稳模式时，四旋翼的响应与基础实验中的一致；当切换到定高模式时，四旋翼的表现与设计实验时一致；当切换到定点模式时，摇杆全部回中，四旋翼经过调整后定在空中保持不动，向前拨动 CH1 并保持不动，四旋翼沿 $o_e x_e$ 方向匀速飞行。

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	原数据
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	ModeSwitch_HIL.slx		Simulink 仿真模型文件。
	Init_control.m		控制器初始化参数文件。

Sim	icon	UE_Logo.jpg	UE 软件的 Logo
		Init.m	模型初始化参数文件。
		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。
	PosControl_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:

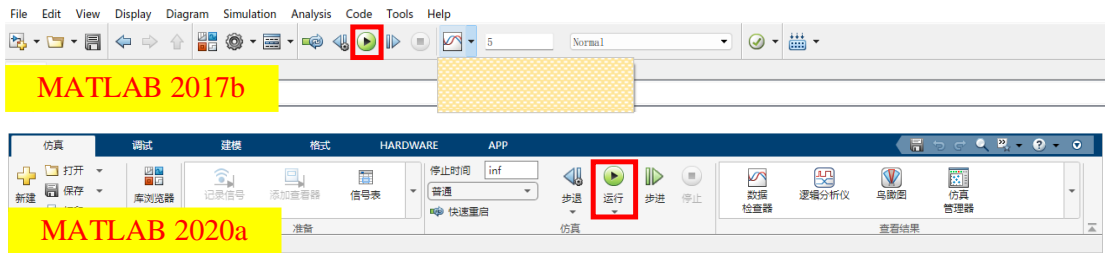
在 MATLAB 中，打开 e7-SemiAutoCtrl\e7.3\Sim\Init_control.m 文件，点击运行初始化参数，“PosControl_Sim.slx”文件将会自动打开。

Step 2:

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

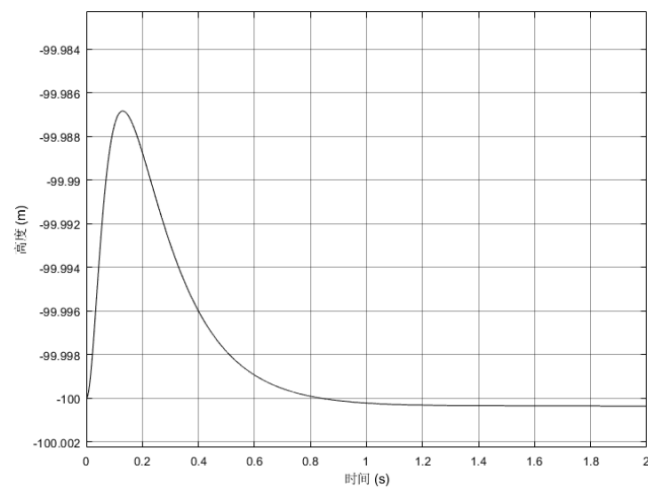
Step 3:

在 Simulink 中运行 PosControl_Sim.slx 文件。

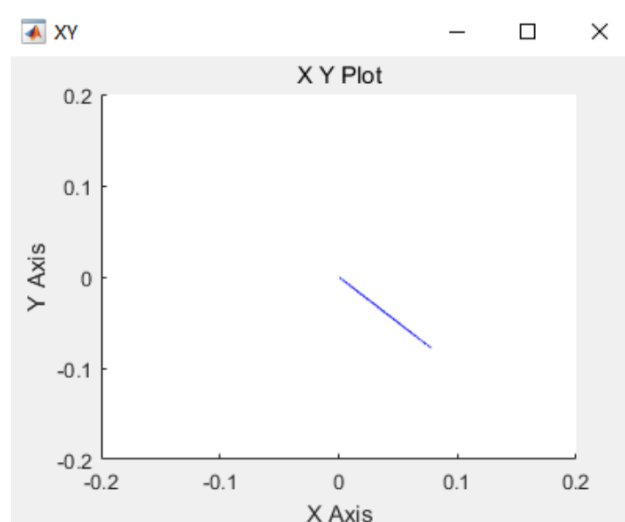


Step 4:

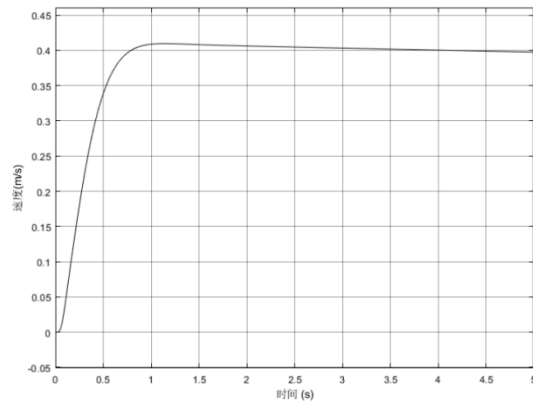
运行“e7/e7.3/Sim/PosControl_Sim.slx”文件。高度输出与高度控制模式相同，即高度能保持稳定，如下图所示。



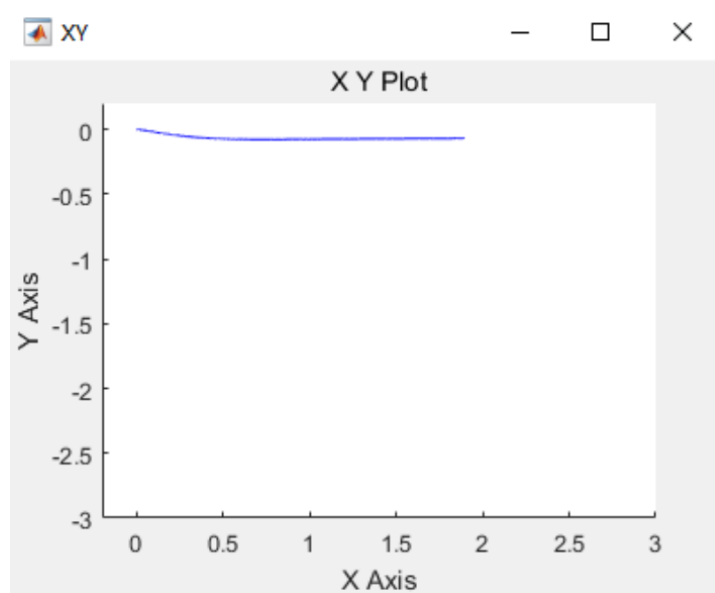
当“ch1”和“ch2”(对应遥控器的 CH1、CH2) 输入在 1460~1540 之间时，水平位置输出和水平速度输出如下图所示。



可以看到，尽管滚转、俯仰通道上固定干扰，但是在定点模式下，这种干扰被很好地抑制了。当“ch2”输入为 1600 时，观测的 $o_e x_e$ 轴的速度如图 11.32 所示。



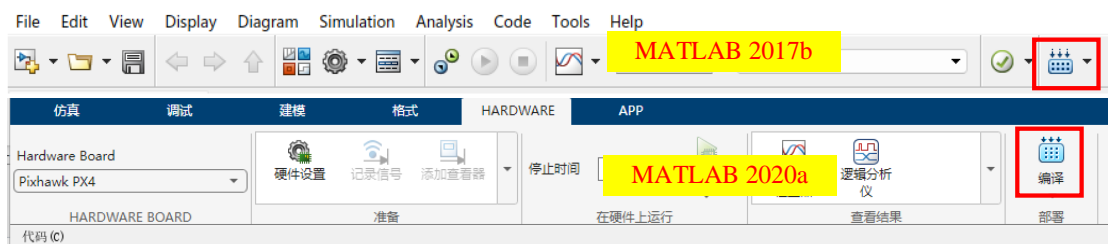
速度输出能够比较好的跟随期望速度。此时水平位置如下图所示。



7、硬件在环仿真实验步骤

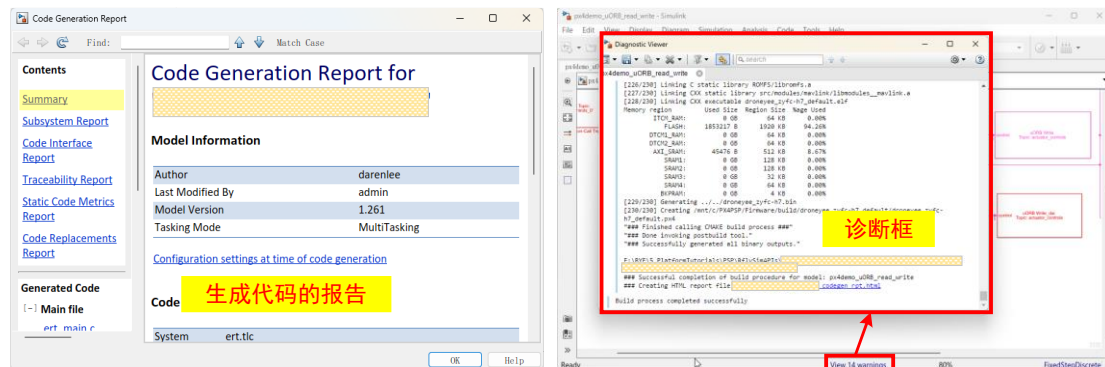
Step 1:

在 MATLAB 中运行 e7-SemiAutoCtrl\7.3\HIL\Init_control.m 文件，将自动打开 ModeSwitch_HIL.slx 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



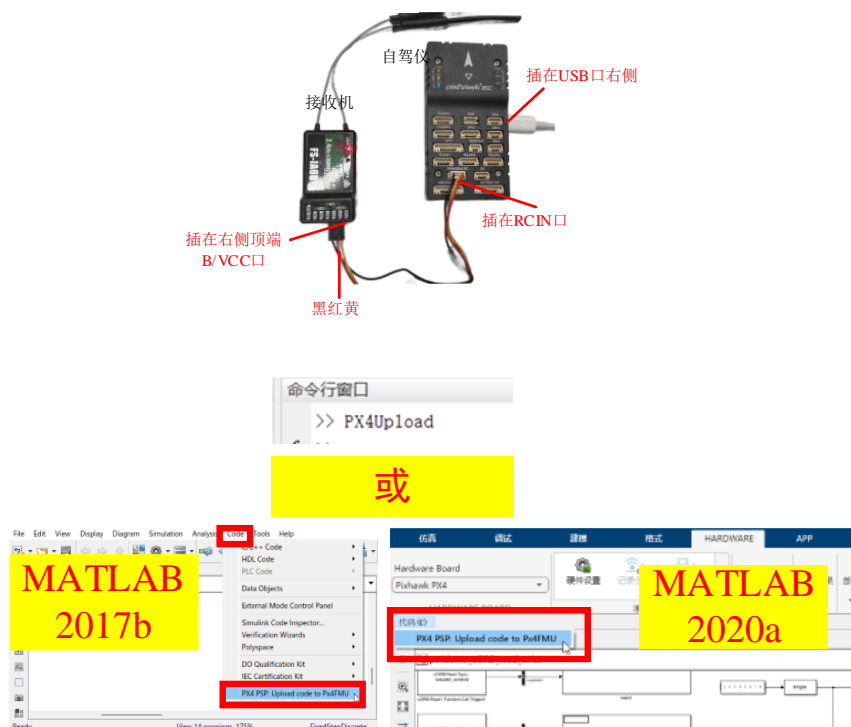
Step 2:

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.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.

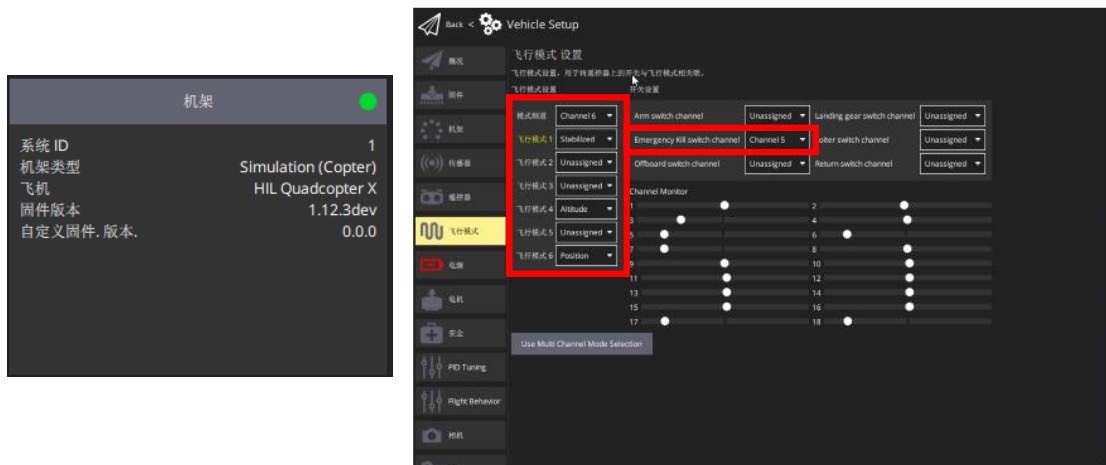
Found board id: 1010,0 bootloader version: 5 on COM3
sn: 0044004b3232511537343834
chip: 20036450
family: b'STM32H7[4]x'
revision: b'v'
flash: 1966080 bytes
Windowed mode: False

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