

# 底层飞控开发软件在环仿真实验

---

## 1. 实验目的

---

熟悉Simulink控制器与仿真平台，该例程提供了一套基于Simulink/RflySim3D的较为逼真的仿真环境例程

## 2. 实验要求

---

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链<sup>1</sup>，推荐PX4固件版本为：1.12.3。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台<sup>2</sup>。

## 3. 实验地址

---

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\1.SoftwareSimExps](#)

- Init.m：模型初始化参数文件
- MavLinkStruct.mat：MavLink结构体文件
- pixhawk.png：Pixhawk硬件图片
- readme.pdf：Readme.pdf
- UE\_Logo.jpg：RflySim3D软件图片
- F450.png：F450模型图片
- CopterSim3DEnvironment.slx：Simulink仿真模型文件
- Init\_control.m：控制器初始化参数文件

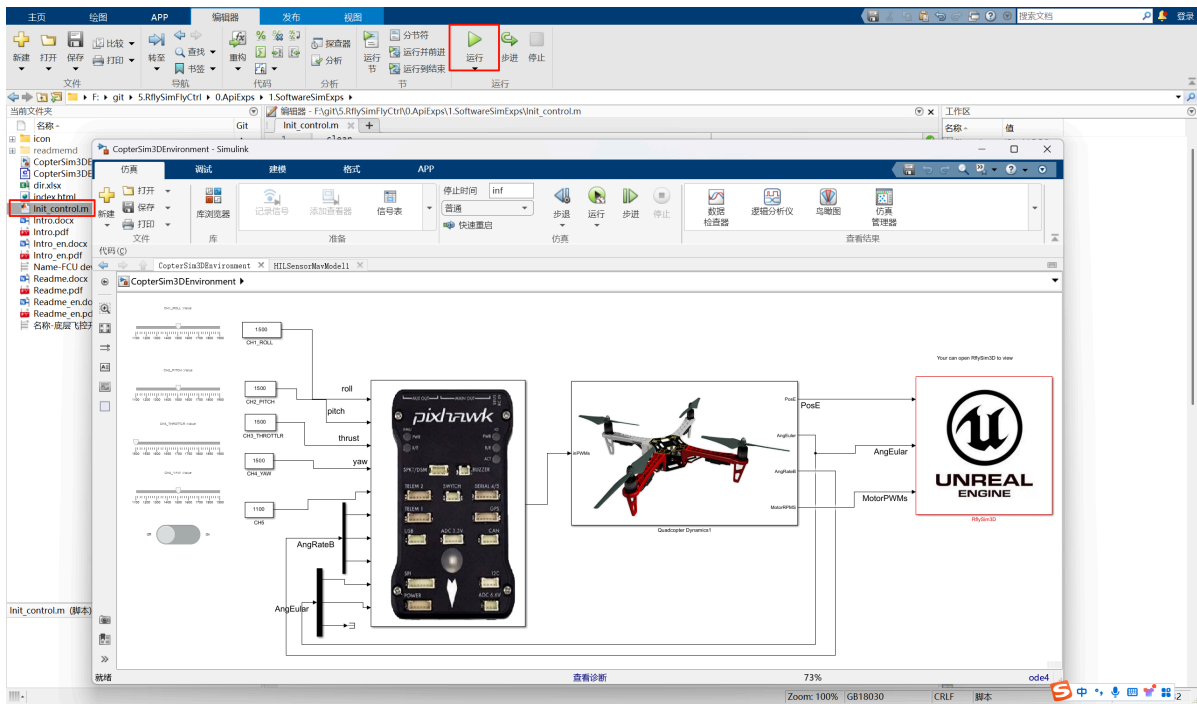
## 4. 实验内容或步骤

---

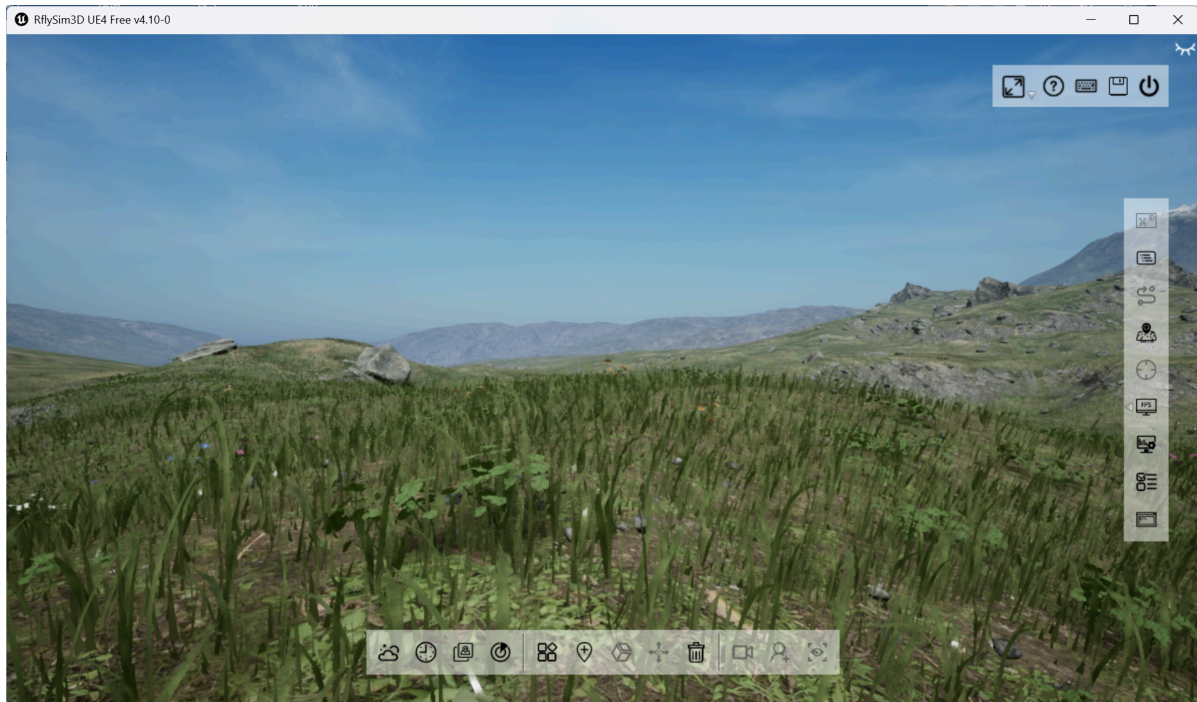
### 4.1 步骤1：软件在环仿真实验

---

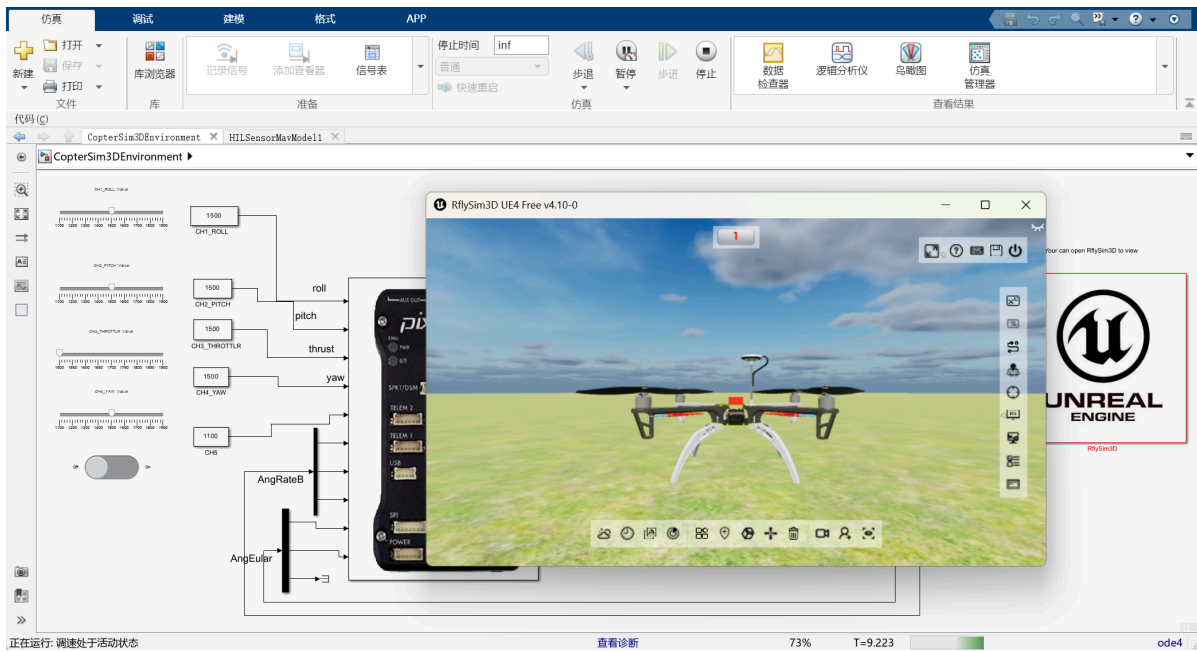
1. 打开MATLAB软件，在MATLAB中打开Init\_control.m文件，点击运行，自动打开CopterSim3DEnvironment.slx文件。



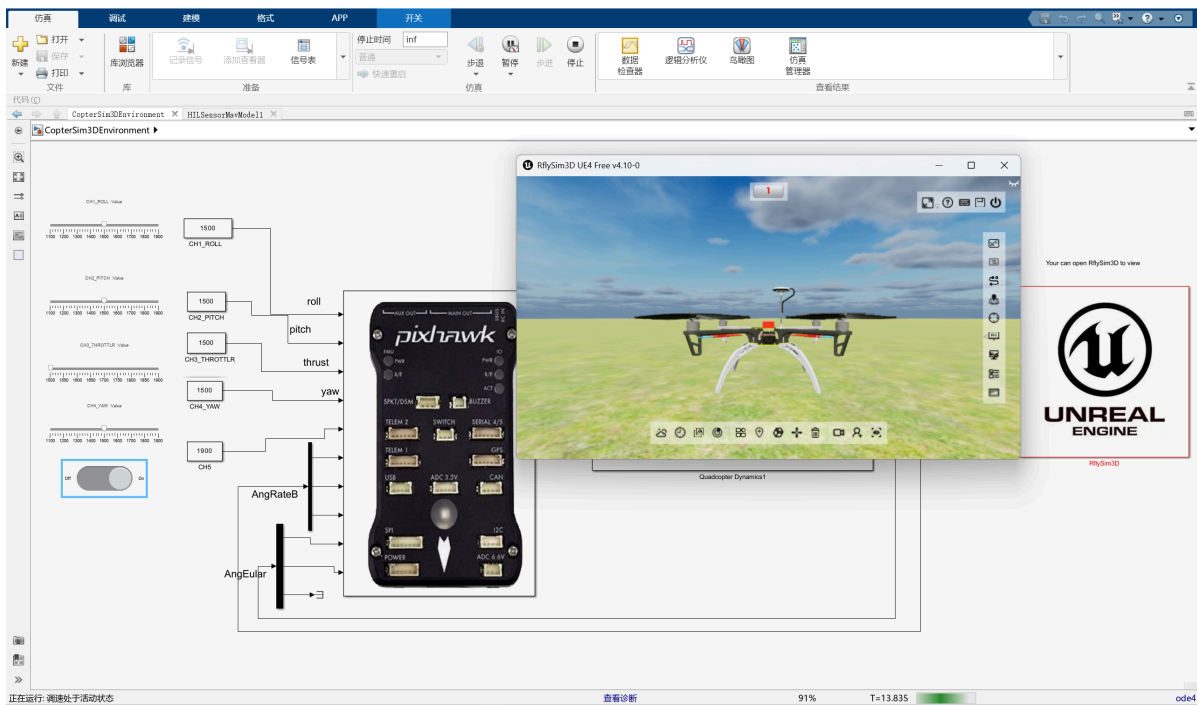
2. 在桌面RflyTools文件夹下打开RflySim 3D。



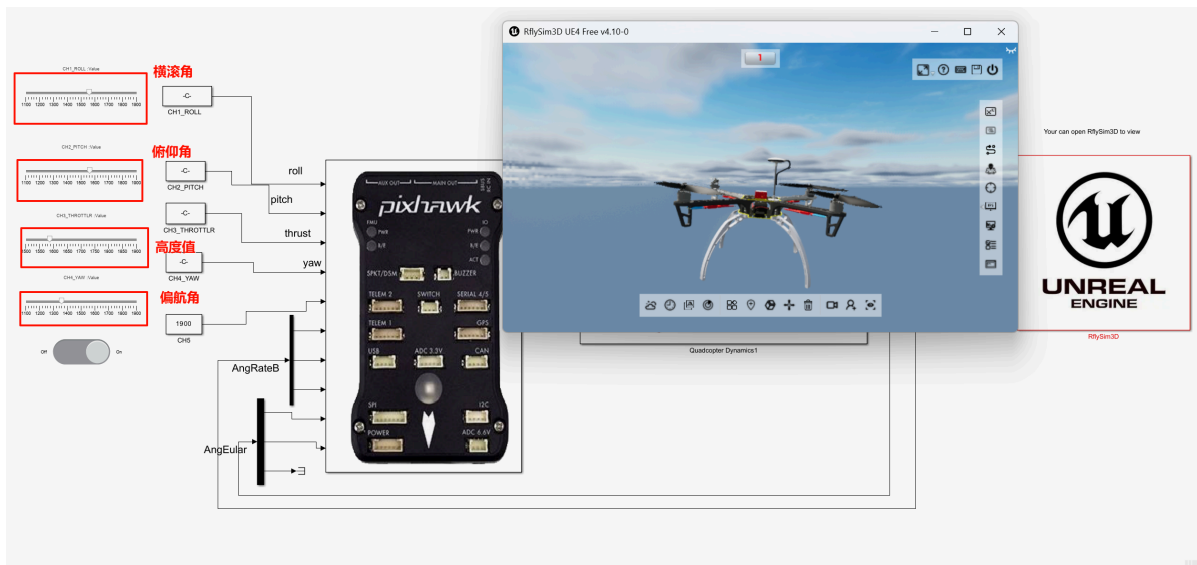
3. 在Simulink中，点击运行。可看到在RflySim3D中加载出一个四旋翼模型。



4. 把Slider Switch模块切换到On, 对无人机发送解锁指令。



5. 在Simulink运行过程中, 操作左侧CH1、CH2、CH3、CH4的Slider模块。观察RflySim3D中四旋翼的飞行效果。



## 5. 关键知识点

### 关键知识点1：控制器子系统结构

输入接口：

第15号接口：对应遥控器五个通道输入("ch1"~"ch5")

第6~8号接口：对应陀螺仪传感器的滚转、俯仰和偏航角速度("p"~"q"~"r")

第9~10号接口：对应滚转角和俯仰角("phi"~"theta")

计算流程：

输入接口模块：接收遥控器信号和飞机状态观测信号

遥控信号处理模块：将5个通道信号映射为期望滚转和俯仰角度

姿态控制器模块：计算期望输出力和力矩控制飞行器姿态

电机控制输出分配：将力和力矩映射为4个电机油门控制量(1000~2000)

输出接口模块：补齐控制量并映射为8维PWM控制信号

### 关键知识点2：遥控器信号处理模块

信号处理函数：

输入参数 $u$ ，输出参数 $y$

限制输入范围在1100~1900之间

设置死区大小为 $\pm deadZone$ (8%的信号范围)

死区处理逻辑：

输入 $u$ 大于 $1500 + deadZone$ 或小于 $1500 - deadZone$ 时，输出等于输入

否则输出为1500(中位值)

信号转换：通过 $Fcn6$ 函数和阶跃响应将幅值控制在0-1之间

### 关键知识点3：姿态控制器模块

输入信号：

$\phi$ (滚转角)、 $\theta$ (俯仰角)

$roll\_pitch\_d$ (期望滚转角和俯仰角)

$yaw\_d$ (期望偏航角)

$p$ 、 $q$ 、 $r$ (姿态角速率)

输出信号：Roll、Pitch和Yaw(姿态角)

功能作用：计算期望输出力和力矩大小，控制多旋翼飞行器姿态到期望角度

## 关键知识点4：电机控制输出分配模块

输入参数：Roll、Pitch、Yaw和Thrust(推力)

输出结果：四个电机的PWM值

计算公式：

$$M1 = (\text{Thrust} + \text{Pitch} - \text{Roll} + \text{Yaw}) * 1000 + \text{idle\_PWM}$$

$$M2 = (\text{Thrust} - \text{Pitch} + \text{Roll} + \text{Yaw}) * 1000 + \text{idle\_PWM}$$

$$M3 = (\text{Thrust} + \text{Roll} + \text{Pitch} - \text{Yaw}) * 1000 + \text{idle\_PWM}$$

$$M4 = (\text{Thrust} - \text{Roll} - \text{Pitch} - \text{Yaw}) * 1000 + \text{idle\_PWM}$$

控制原理：通过滚转、俯仰、偏航角调整电机输出实现姿态控制

## 关键知识点5：多旋翼模型子系统组成

六个核心模块：

Motor Model(电机模型)

Force and Moment Model(力与力矩模型)

6DOF(六自由度)

Environment Model(环境模型)

OutputSignals(输出信号)

Sensor Model(传感器模型)

功能整合：各模块协同工作模拟真实多旋翼飞行器的动态特性

## 关键知识点6：电机模型功能

输入信号：16维PWM值，选择前8维进行处理

处理过程：经过各电机的非线性动力学模型计算

输出结果：

输入给力和力矩模型的电机转速(弧度每秒)

输入给UE的电机转速(转每分钟)

建模精度：考虑电机非线性动力学特性

## 关键知识点7：力与力矩模型

输入参数：

电机转速MotorRads(由电机模块计算)

Environment Model Bus(环境模型)

飞机运动学姿态6DOF Bus(由6DOF模块计算)

tZ(地面支撑力)

输出结果：机体坐标系下多旋翼合力、合力矩

作用机制：整合各输入参数计算飞行器受力情况

## 关键知识点8：六自由度模型

运动描述：描述无人机在空中的姿态和位置变化

自由度范围：

三个旋转运动：俯仰、横滚和偏航

三个平移运动：前后、左右和上下

模型输入：合力Fb和合力矩Mb(由力和力矩模块计算)

模型输出：飞机的位姿运动状态6DOF

## 关键知识点9：环境模型功能

模拟内容：重力和大气压强对无人系统飞行的影响

物理因素：考虑地球重力场和大气环境条件

仿真精度：为飞行器动力学提供真实的环境背景

## 关键知识点10：传感器模型特点

建模对象：磁力计、惯性导航等关键传感器

噪声模拟：加入噪声模拟提高仿真真实性

系统完整性：提供完整的传感器数据输出

## 关键知识点11：RflySim3D接口系统

输入参数：多旋翼位置、多旋翼姿态欧拉角和电机PWM信号

通信机制：自动向本地RflySim3D接口发送飞行数据

数据结构：

SOut2Simulator结构体包含飞机ID、构型、仿真时间等152字节数据

netDataShort结构体总长度200字节，包含192字节载荷和40字节保留

网络配置：UDP端口号为20010

# 6.参考资料

---

1. [https://docs.qgroundcontrol.com/Stable\\_V4.3/en/qgc-dev-guide/](https://docs.qgroundcontrol.com/Stable_V4.3/en/qgc-dev-guide/)

# 7.常见问题

---

Q1：无

A1：\*\*\*

- 
1. <https://rflysim.com/> [↗](#)

2. 推荐配置请见：<https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf> [↗](#)