

| 多无人机多轨迹/编队控制实验

| 1. 实验目的

本实验旨在通过Matlab软件，实现多无人机的不同队形的不同轨迹控制。

| 2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]；MATLAB 2022b及以上版本
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]；集群控制仿真单元 1台。

| 3. 实验地址

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\2.AdvExps\e1.MatCentCtrlUAVsSim\6.RflyUdpSimplemulticurve](#)

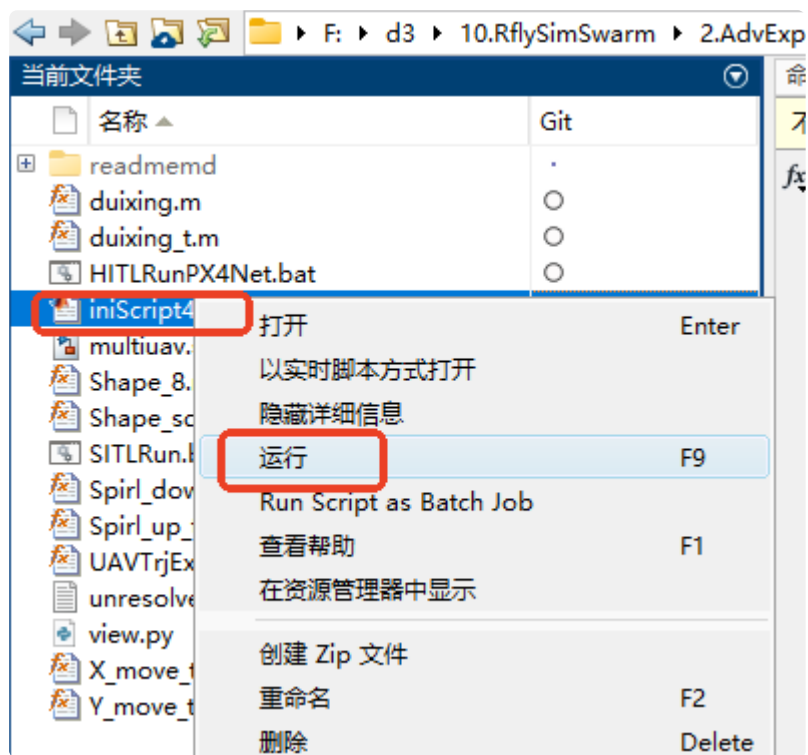
- [multiuav.slx](#)：Simulink主控制模型，包含通信、控制逻辑和轨迹调用模块
- [iniScript4Model.m](#)：系统初始化脚本，设置PID参数、仿真步长和工作空间变量
- [UAVTrjExpect1.m](#)：核心轨迹生成函数，统一管理编队和轨迹模式切换
- [duixing.m](#)：编队队形定义函数，支持一字、三角、正方形、菱形等多种编队
- [duixing_t.m](#)：编队队形变体函数，提供编队队形的时变版本
- [Shape_8.m](#)：8字轨迹生成函数，实现李萨如曲线飞行路径
- [Shape_square_trj.m](#)：方形轨迹生成函数，实现矩形飞行路径
- [Spirl_up_trj.m](#)：螺旋上升轨迹函数，实现螺旋上升飞行模式
- [Spirl_down_trj.m](#)：螺旋下降轨迹函数，实现螺旋下降飞行模式
- [X_move_trj.m](#)：X轴移动轨迹函数，实现沿X轴的直线运动
- [Y_move_trj.m](#)：Y轴移动轨迹函数，实现沿Y轴的直线运动
- [SITLRun6uavs.bat](#)：软件在环仿真环境一键启动脚本
- [HITLRunPX4Net.bat](#)：硬件在环仿真启动脚本

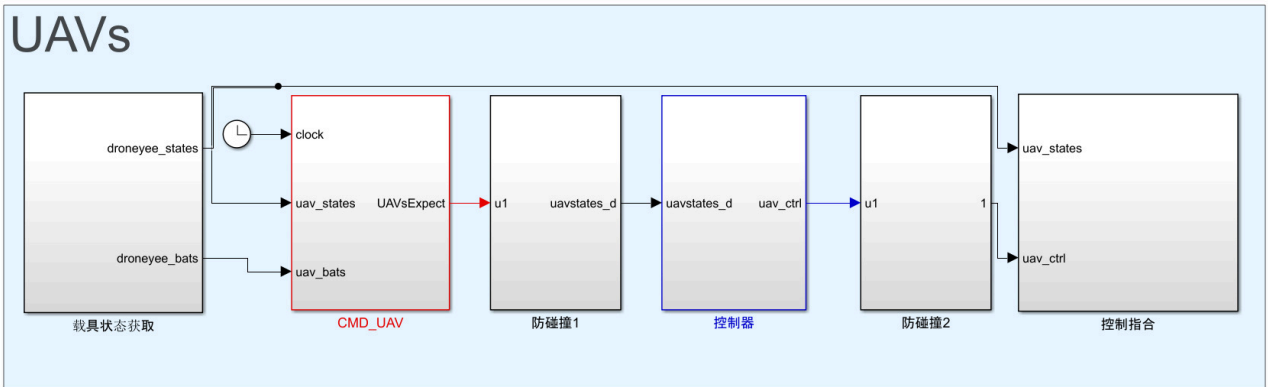
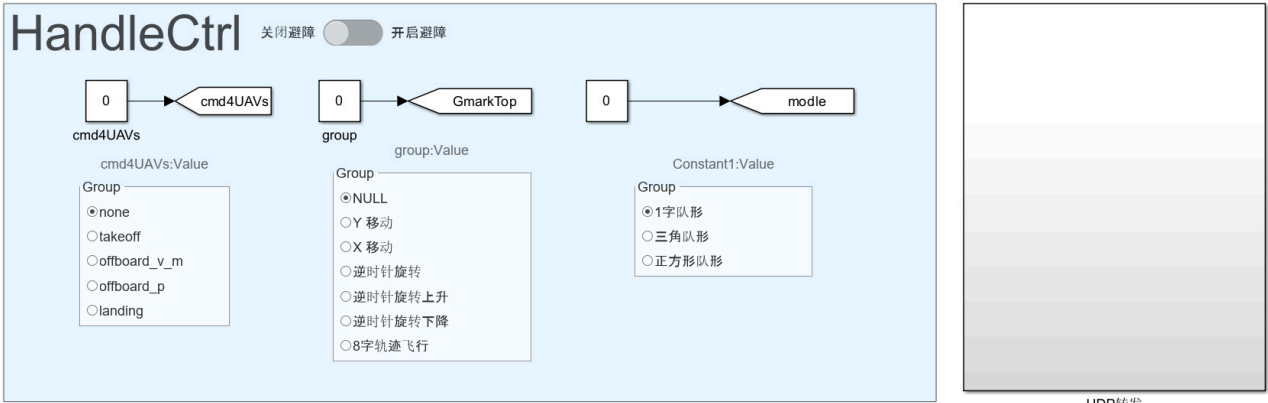
- [view.py](#)：Python可视化脚本，用于实时轨迹显示和数据分析

4. 实验内容或步骤

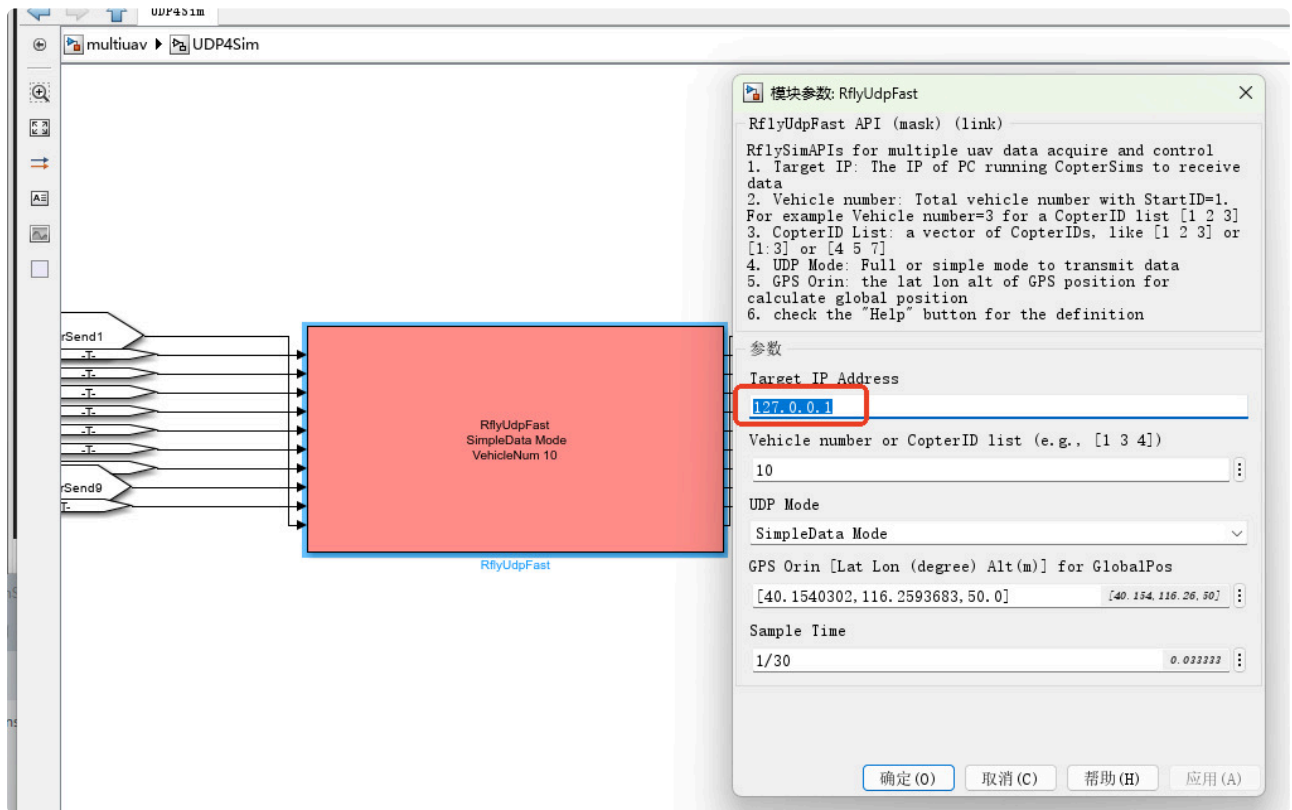
4.1 步骤1：初始化Simulink控制主程序

使用matlab打开本例程目录，双击打开 [iniScript4Model.m](#) 文件和multiuav.slx文件。其中 [iniScript4Model.m](#) 文件是初始化参数文件，先运行初始化文件之后才可以运行.slx文件（如果matalb版本是2022b,运行 [iniScript4Model.m](#) 初始化文件后multiuav.slx自动弹出）。



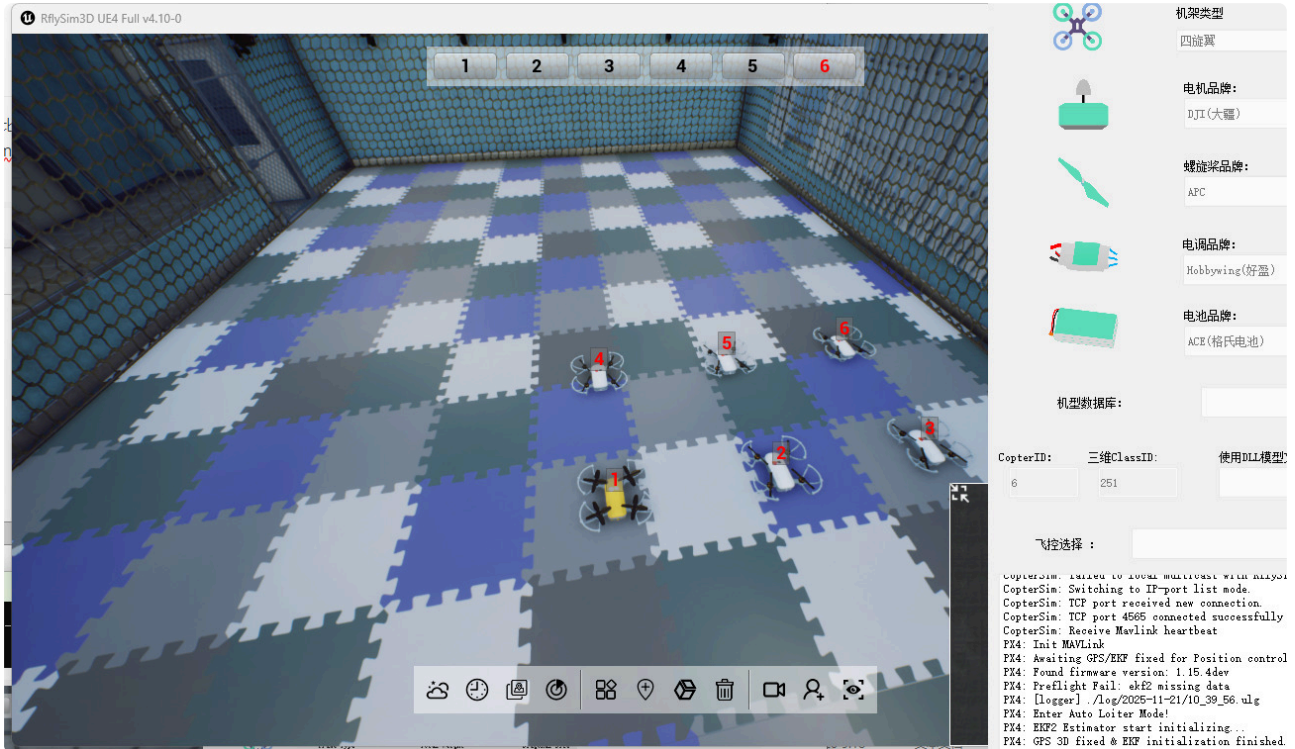


仿真实验前，点击UDP通信模块，设置UDP通信地址127.0.0.1，UDPmode设为Simpledata，保证与bat脚本中仿真软件通信配置保持一致



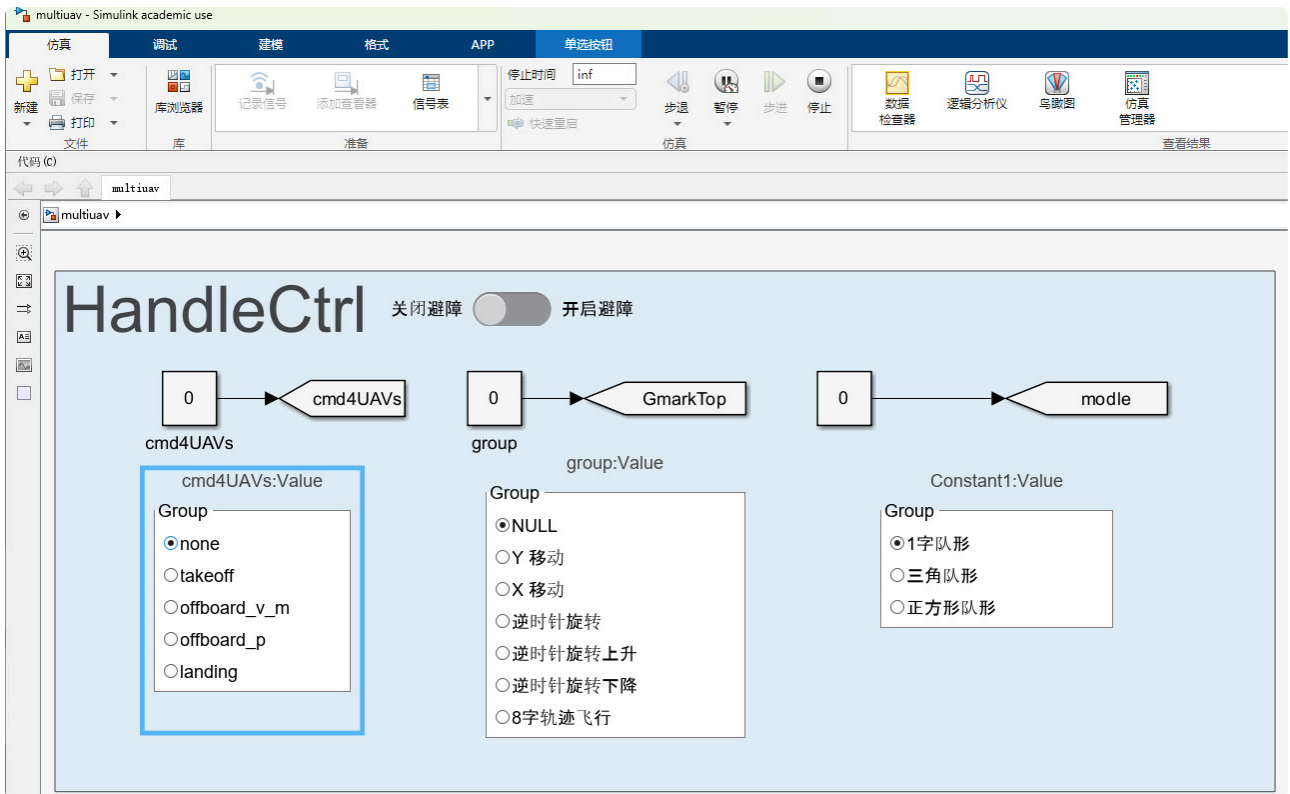
4.2 步骤2：启动软件在环仿真

双击 `SITLRun6uavs.bat` 启动6架飞机的软件在环，会自动弹出CopterSim、QGroundControl、RflySim3D/RflySimUE5等软件终端界面，待CopterSim弹出PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.证明启动正常。



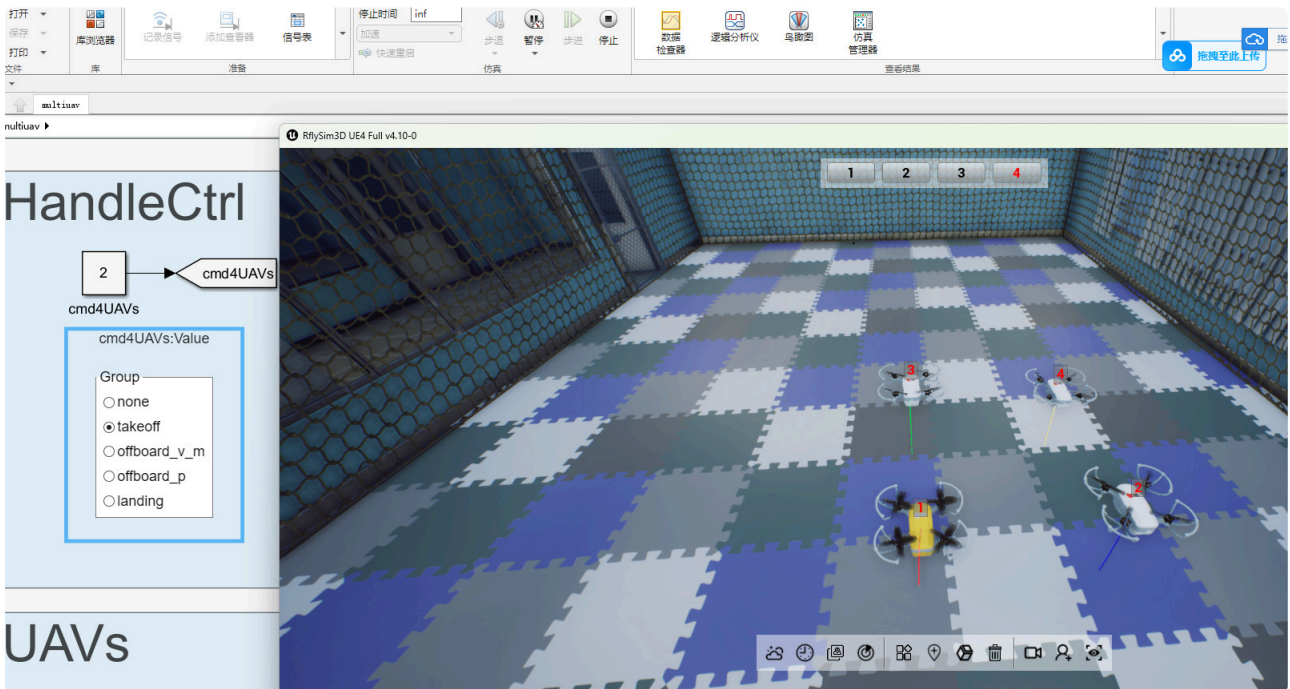
4.3 步骤3：运行Simulink控制程序

在multiuav.slx中将初始飞行模式设为none，点击"运行"，如下图

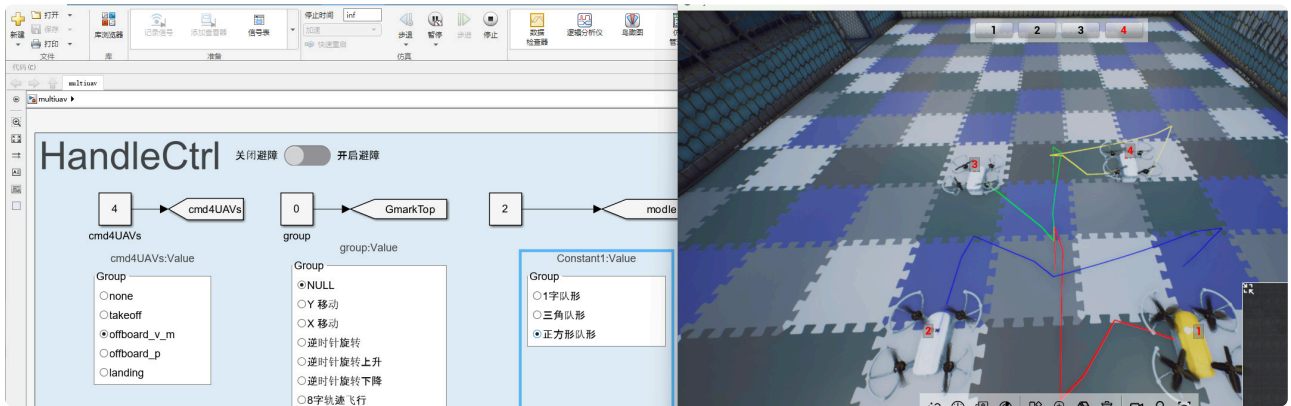
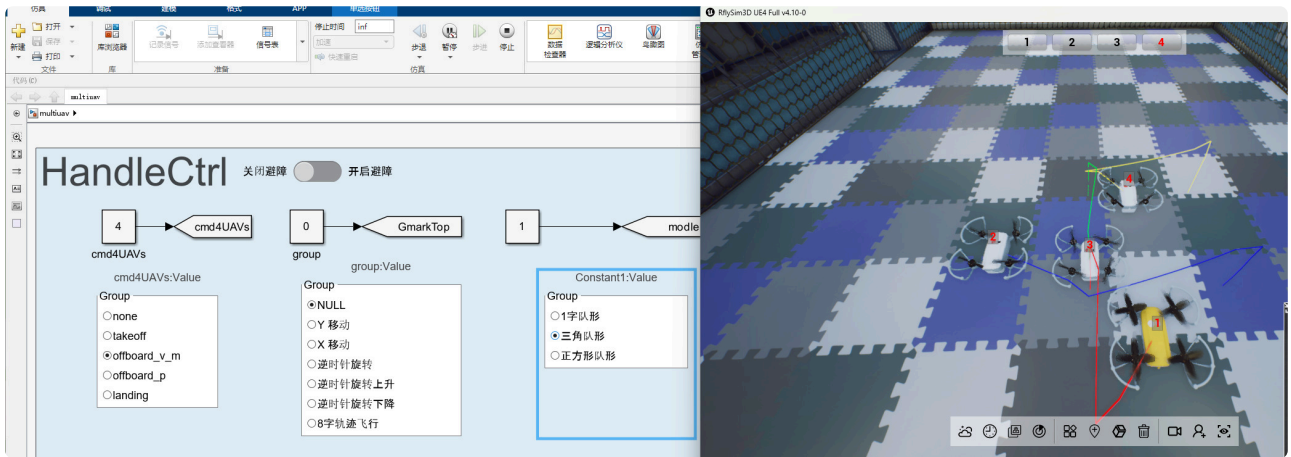
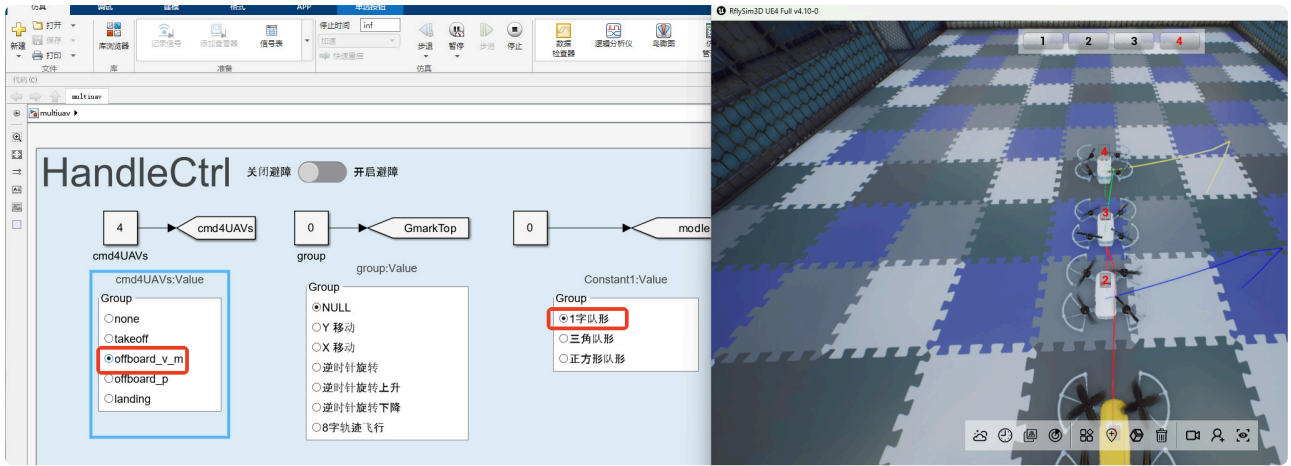


4.4 步骤4：执行起飞并切换模式完成队形变换

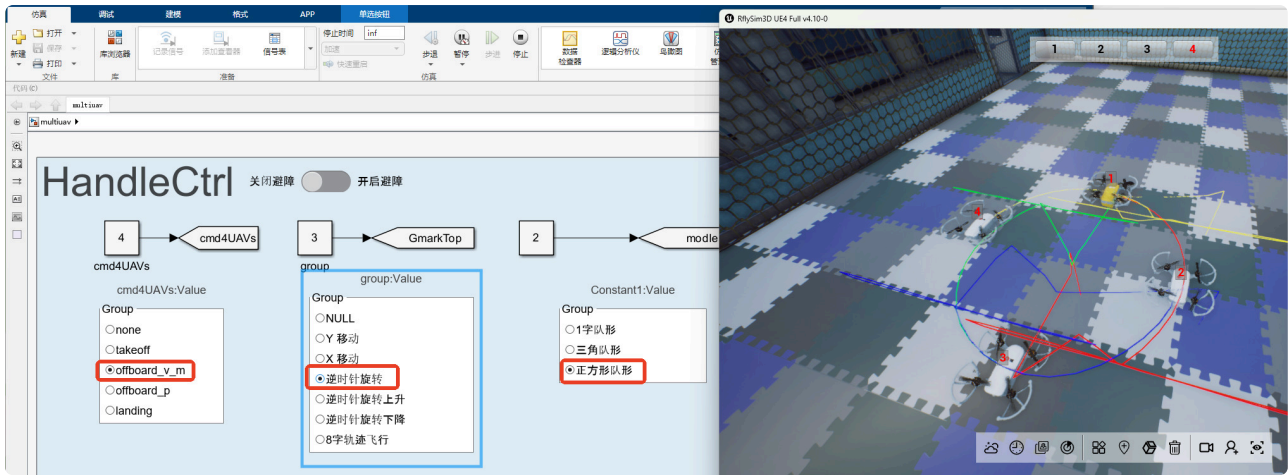
左侧按键先置于takeoff，此时无人机按照 UAVTrjExpect1.m 的主函数设定的位置到达初始点。



待飞机平稳后，切换为offboard_v_m或者offboard_p，此时飞机会按 duixing.m 中的预设编队，最右侧按键可用于切换不同的队形。



中间按键切换飞机的飞行轨迹（切换到8字轨迹时原有的编队失效）。



待程序飞完以后，左侧按键置于land无人机降落。

4.5 硬件在环仿真（选做）

首先参考例程

[【安装目录】\RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\e9.ConfigTools\e2.FeisiSwarmBox_Config](#)

完成集群控制仿真单元的配置，使用本实验目录的 [HITLRunPX4Net.bat](#) 启动硬件在环仿真环境。其余仿真步骤与4.1软件在环仿真完全一致。

5. 关键知识点

关键知识点1：核心技术原理

参见 [10.RflySimSwarm\2.AdvExps\e1.MatCentCtrlUAVsSim\2.RflyUdpSimplePosCtrl](#)

关键知识点2：核心程序架构解析

文件依赖关系

本实验项目采用分层架构设计，实现了灵活的轨迹规划和编队控制系统：

主要执行流程：

1. `iniScript4Model.m` → 初始化系统参数 → `multiuav.slx`
2. `multiuav.slx` → 调用轨迹生成函数 → `UAVTrjExpect1.m`
3. `UAVTrjExpect1.m` → 根据模式标志调用：

- 编队控制: `duixing.m` / `duixing_t.m`
- 轨迹飞行: `Shape_8.m` / `Shape_square_trj.m` / `Spirl_down_trj.m` 等

架构特点:

- **模块化设计**: 每个轨迹类型独立封装为函数模块
- **参数化控制**: 通过统一接口实现不同轨迹的切换
- **状态持久化**: 使用persistent变量保持飞行状态连续性

关键知识点3: 轨迹生成与控制算法

状态管理机制: 使用persistent变量维护飞行状态的连续性:

- `x0, y0`: 记录初始起飞位置
- `GmarkEna`: 编队使能状态
- `EncounterTime`: 模式切换时间戳
- `arriveTime`: 到达目标时间记录

轨迹平滑算法: 为避免模式切换时的突变, 实现轨迹平滑过渡:

- 记录切换时刻的当前位置
- 计算目标位置与当前位置的差值
- 按时间进行线性插值生成平滑轨迹

6. 参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [QGroundControl用户指南](#)
3. [PX4开发指南](#)

7. 常见问题

Q1: RflySim软件无法启动或无人机数量设置错误

A1: 现象: 双击SITLRun.bat后, 软件启动失败或显示无人机数量与预期不符。原因: 软件路径配置错误或批处理脚本中的路径设置不正确。解决方案: 1.检查SITLRun.bat中的软件

安装路径是否正确 2.确认CopterSim和QGroundControl软件已正确安装 3.以管理员权限运行批处理脚本 4.检输入的无人机数量是否为5。预防措施：安装软件时记录安装路径，定期检查软件更新。

Q2: Matlab与RflySim通信失败

A2: 现象：Simulink模型运行后，UDP通信显示连接失败或数据传输异常。原因：IP地址设置错误、端口被占用或防火墙阻止通信。解决方案：1.确认UDP通信地址设置为127.0.0.1（仿真模式）2.检查端口27000-27009是否被其他程序占用 3.临时关闭Windows防火墙测试连接 4.重启Matlab和RflySim软件重新建立连接。预防措施：使用专用的网络端口，避免与其他应用冲突。

Q3: 无人机解锁失败或无法进入Offboard模式

A3: 现象：Matlab控制界面显示解锁失败，或无人机无法响应位置控制指令。原因：飞控状态异常、传感器未准备就绪或通信延迟过大。解决方案：1.检查QGroundControl中飞控连接状态和传感器状态 2.使用遥控器手动解锁测试飞控是否正常 3.校准加速度计、陀螺仪和磁力计传感器 4.确认GPS信号状态显示为"3D fixed"。预防措施：飞行前进行全面的传感器检查和校准。

1. <https://rflysim.com/> ↩

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