



RflySim 底层飞行控制算法开发 系列课程

第二讲 实验平台配置



大纲

1. 总体介绍
2. 软件配置和使用
3. 硬件配置和使用
4. 小结





总体介绍

本课程提供的实验平台总体可以分成两个部分：硬件平台和软件平台。本讲将依次介绍各个部分的基本组成，以及详细的平台配置步骤。

注意：本讲内容主要针对独立学习者或者实验课程老师，需要完成代码生成环境的部署工作并准备好实际飞行实验的平台。如果已经有配置好的实验平台，读者也可以跳过本讲的内容，直接在实验平台上按步骤完成后续实验课程。



总体介绍

□ 版本区别说明

- RflySim平台目前分为了三个版本：**基础版**（免费，已停止更新）、**高级体验版**（免费）和**高级完整版**（付费，请咨询 service@rflysim.com，或扫描PPT首页二维码）。
- **基础版**作为实验平台对应了《多旋翼飞行器设计与控制实践》一书，安装包体积较小，只包含了PX4底层算法Simulink开发的功能。
- **高级体验版**在**基础版**上增加了飞机动力学模型开发、UE4三维场景开发、视觉控制开发和集群算法开发等功能，但是限制了集群数量和分布式仿真等功能。
- **高级完整版**在**体验版**上增加了最新的UE5引擎、全球大场景仿真、分布式局域网集群视觉仿真等功能。

注：详细区别见：<http://rflysim.com/doc/RflySimVersions.xlsx>



总体介绍

□ 软件平台及功能

本平台支持MATLAB 2017b以上所有版本，

目前最高版本为MATLAB 2023a

推荐安装版本为： MATLAB 2017b



- 本书不提供MATLAB 的安装包与安装流程，请读者自行购买并安装上述工具箱。
- 安装时推荐勾选所有工具箱（全功能安装）。如果条件受限只能部分安装，本实验必须的工具箱包括：

MATLAB/Simulink
Control System Toolbox
Curve Fitting Toolbox
Aerospace Blockset
Aerospace Toolbox
MATLAB Coder
Simulink Coder
Stateflow





总体介绍

□ 软件平台及功能

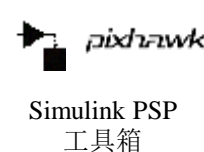
本实验平台依赖众多软件于工具来实现控制器设计、代码自动生成、自驾仪代码编译、硬件在环仿真等功能。本书附带的仿真软件包内有一键安装脚本，只需运行安装命令，即可完成所有软件的安装与配置。仿真软件包中包含：

1) **Pixhawk Support Package (PSP) 工具箱**：
Mathworks公司官方为Pixhawk自驾仪推出一个工具箱，用于将Simulink中设计的控制算法生成C代码并编译上传到Pixhawk自驾仪硬件。

控制器设计与仿真



代码自动生成与固件编译



代码阅读与修改



硬件在环仿真



室内外飞行实验





总体介绍

□ 软件平台及功能

2) **FlightGear**飞行模拟器：一款非常受欢迎的开源飞行模拟器软件，可以通过UDP接收Simulink发送的飞行状态，方便地观测Simulink仿真时飞机的飞行状态。

3) **PX4 Firmware**源代码：PX4 是一款开源飞行控制软件系统，它运行在Pixhawk系列自动驾驶仪硬件平台上，构成了Pixhawk PX4自动驾驶仪软硬件平台，是目前世界范围内广泛应用的开源无人机自动驾驶仪。

控制器设计与仿真



代码自动生成与固件编译



代码阅读与修改



硬件在环仿真



室内外飞行实验



飞思实验室



总体介绍

□ 软件平台及功能

4) **PX4 Toolchain**编译环境：用于将**PX4**原生代码和**PSP**工具箱生成的控制器代码编译成**.px4**格式的固件，然后上传并烧录到**Pixhawk**自动驾驶仪硬件中（类似于重装系统的过程），重新启动后就会自动运行**PSP**工具箱生成的控制算法。

5) **Visual Studio Code**：用于阅读与修改**PX4**源代码，是一款小巧的**C/C++**集成开发环境，功能类似于**Eclipse IDE for C/C++**。

控制器设计与仿真



代码自动生成与固件编译



代码阅读与修改



硬件在环仿真



室内外飞行实验



飞思实验室



总体介绍

□ 软件平台及功能

6) QGroundControl (QGC) 地面站：用于在多旋翼起飞前对Pixhawk自驾仪进行传感器校准和参数调整等初始化工作，以及在飞机飞行过程中通过无线数传接收飞行状态并实时发送控制指令。

7) CopterSim 实时运动仿真软件：北航可靠飞行控制研究组开发的针对Pixhawk PX4自驾仪平台的硬件在环仿真软件，可以在软件中配置多旋翼的模型，通过USB串口与Pixhawk自驾仪连接来实现硬件在环仿真，达到室内模拟室外飞行测试的效果。

控制器设计与仿真



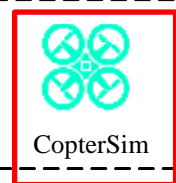
代码自动生成与固件编译



代码阅读与修改



硬件在环仿真



室内外飞行实验



飞思实验室



总体介绍

注意：目前RflySim高级版（RflySimAdvFree）中已经使用RflySim3D来替换3DDisplay作为三维实时观察工具，3DDisplay不再在安装包中提供。

□ 软件平台及功能

8) 3DDisplay/RflySim3D/RflySimUE5 三维可视化视景软件：北航可靠飞行控制研究组开发的多旋翼三维显示软件，通过UDP接收CopterSim的飞行数据来实时显示多旋翼的姿态与位置。CopterSim仿真程序与显示软件两者共同构成了硬件在环仿真平台，两者分布式独立运行机制保证了多机多视角的仿真成为可能。此外，基于UE4/UE5开发了更逼真的3D场景引擎RflySim3D/RflySimUE5，可用于后期的图像处理需求。

控制器设计与仿真



代码自动生成与固件编译



代码阅读与修改



硬件在环仿真



CopterSim



3DDisplay



QGC



Pixhawk自
驾仪系统



地面计算机



遥控器系统

室内外飞行实验



QGC



地面计算机



机架系统



动力系统



Pixhawk自
驾仪系统



遥控器系统



飞思实验室



总体介绍

□ 推荐电脑配置

- **系统:** Windows 10 x64系统（版本大于等于1809）
- **CPU:** Intel i7 八代处理器及以上，或同等性能AMD处理器
- **显卡:** 独立显卡NVIDIA GTX2060及以上，或同等性能AMD显卡
- **内存:** 容量16G及以上，频率DDR3 1600MHz及以上
- **硬盘:** 剩余容量40G及以上（推荐固态硬盘）
- **显示器:** 分辨率1080P（1920*1080）及以上（推荐双屏幕）
- **接口:** 至少有一个USB Type A接口（可用扩展线）
- **MATLAB:** 2017B或以上版本（推荐2017b版本）

注：电脑配置应该越高越好，低配电脑也可以运行本平台Demo，但是可能出现控制不稳定、实验效果不佳等问题。MATLAB请提前自行安装。





总体介绍

□ 硬件平台及功能

由于控制算法最终将会在真机上进行部署与飞行实验，一套可完成基本飞行任务的多旋翼硬件平台是必不可少的。如右图所示，本文选用的多旋翼硬件平台主要由5个部分组成：

1) 地面计算机：主要承担两部分工作

- 飞行前的控制算法开发与仿真验证（开发与仿真计算机功能）；
- 实际飞行实验过程中用于地面发送控制指令以及实时显示飞行状态（地面站功能）。





总体介绍

□ 硬件平台及功能

2) 自驾仪系统：作为控制软件的运行平台，具有强大的计算性能与丰富的传感器，来获取飞行状态并计算输出动力系统的控制指令，实现多旋翼的飞行控制。本书选用目前应用广泛的Pixhawk 系列和卓翼H7开源自驾仪系统。其中，Pixhawk是一个独立的开源硬件项目，致力于为教育、爱好和开发者提供易用、高品质且低成本的自驾仪硬件。针对不同的飞行任务、性能需求和成本需求，Pixhawk提供了一系列的自驾仪硬件产品，极大地推动了多旋翼无人机行业的发展。





总体介绍

□ 硬件平台及功能

3) 遥控器系统：包含遥控器、接收机、充电器等，用于将地面控制人员（飞控手）的操控指令发给自驾仪以实现多旋翼的飞行操纵。

4) 动力系统：包含电池、螺旋桨、电子调速器（电调）和电机，用于接收自驾仪发送的PWM控制指令，通过螺旋桨旋转产生拉力与力矩，控制多旋翼的运动。

5) 机架系统：包含机身、机臂、起落架等，用于承载负载、动力系统和自驾仪，需要优良的气动和结构强度来保证飞行任务可靠顺利的完成。

机架系统



动力系统



遥控器系统



自驾仪硬件系统



地面计算机

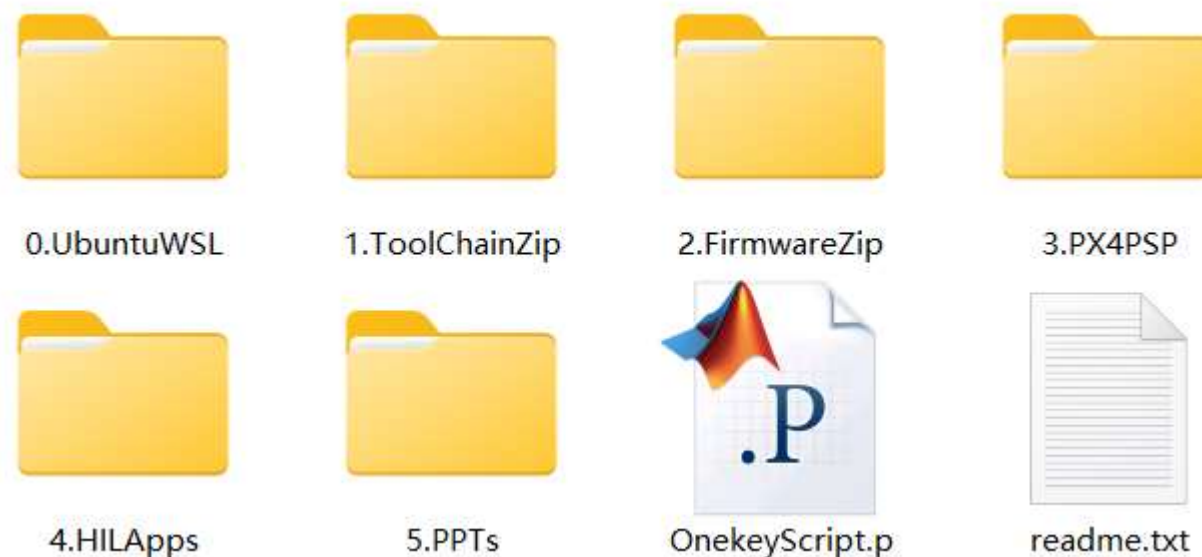
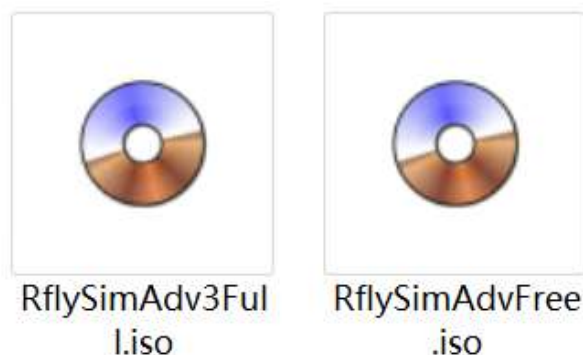




软件使用和配置

□ 获取安装包

- 从官方途径获取最新.iso的镜像（完整版是RflySimAdv3Full-****.iso，体验版是RflySimAdvFree-****.iso，后面****表示版本号），可以鼠标右键-打开方式-Windows资源管理器来加载镜像（或用解压软件解压，或用虚拟光驱加载），从而获取右图所示安装包文件夹。



注意：

- 基础版和高级体验版镜像可以通过填写邮箱的方式，从<https://rflysim.com/download> 获取云盘下载链接。
- 完整版下载链接和注册码请咨询service@rflysim.com
- 我们分享的云盘链接和密码不会变更，但里面的安装包会经常更新，因此以云盘中安装包更新的时间为版本基准。



1.平台安装



视频安装教程

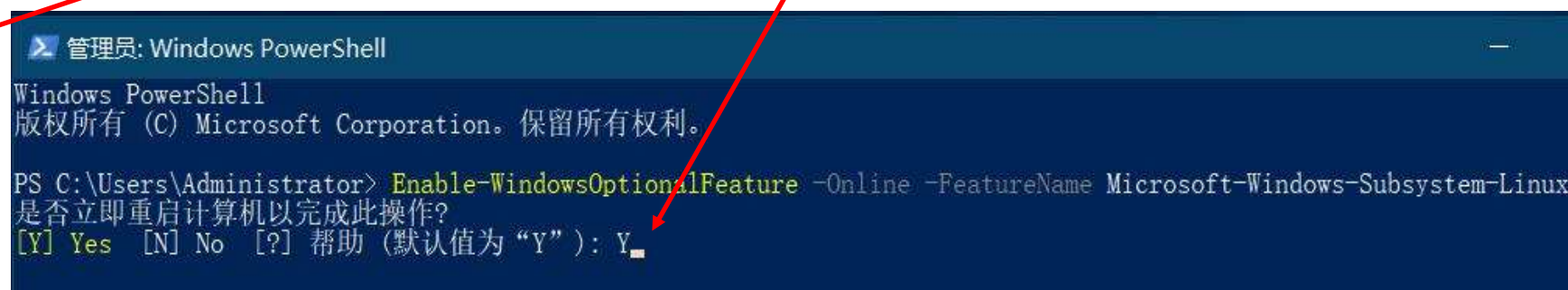
RflySimAdv3Full > 0.UbuntuWSL



1.3 启用WSL子系统功能。

1. 对于Win10和Win11系统：推荐使用Win10WSL编译器，需要先进行如下操作：

- 开启WSL子系统功能：双击“0.UbuntuWSL\ EnableWSL.bat”脚本（先关闭杀毒软件以免拦截），在“用户账户控制”窗口点击“是”，即可自动开启WSL子系统。
- 注意：电脑首次执行本命令，需要在弹出窗口中输入“Y”来确认并重启电脑。



2. 对于Win7系统（或Win10WSL编译器安装失败的情况）：只能使用Cygwin编译器。这里可以跳过上文步骤，直接在后文的一键安装脚本页面，输入“PX4固件编译器”时选择“3”：
Cygwin编译器。

4.PX4固件编译器 (1: Win10WSL[通用], 2: Msys2[适用版本≤PX4-1.8], 3: Cygwin[适用≥PX4-1.8])

3

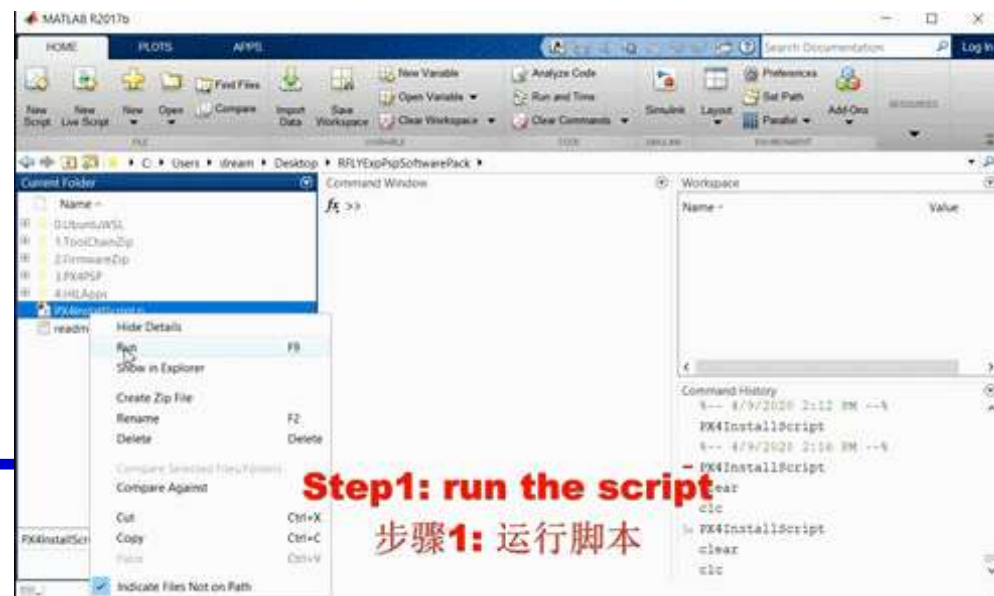
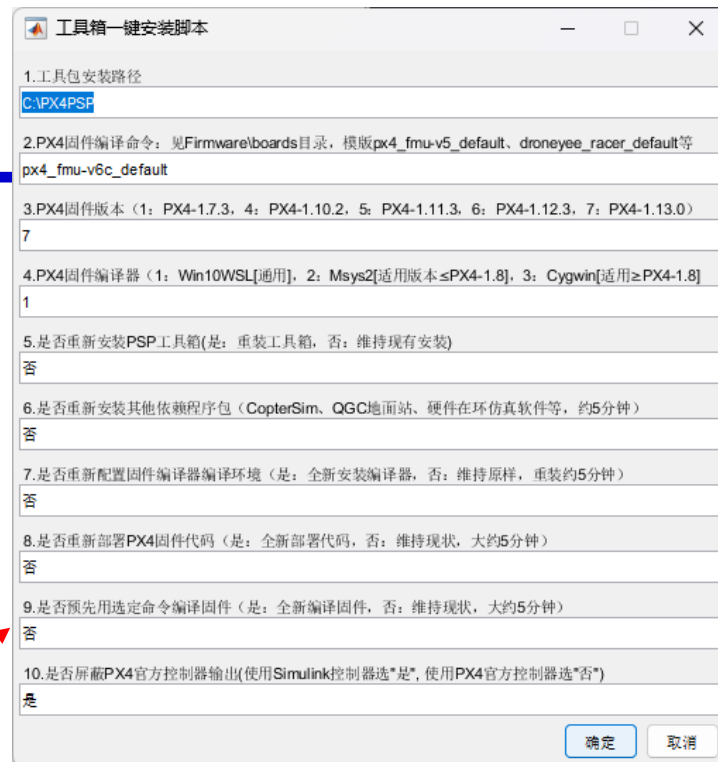
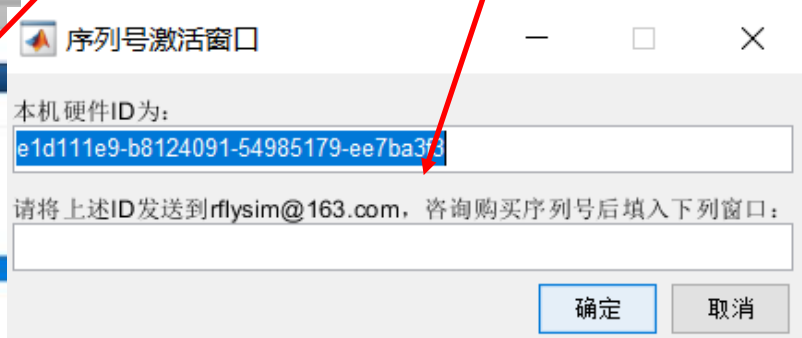
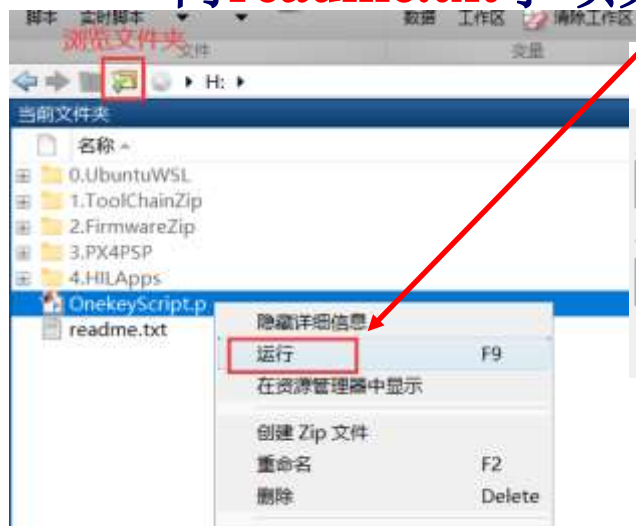


软件使用和配置

□ 一键安装脚本

注：为提高安装速度并确保安装顺利完成，请关闭所有杀毒软件，以及Win10/11安全中心的“实时保护”

- 点击MATLAB的“浏览文件夹”按钮，定位到刚才加载iso镜像得到文件夹，鼠标右键**OnekeyScript.p**，点击“运行”按钮（或在窗口输入OnekeyScript 命令）
- 完整版会弹出激活页面，获取序列号后输入即可。体验版不会弹出激活窗无需输入序列号！
- 接着会弹出如右图所示安装页面（安装前请按照安装包内**readme.txt**事项关闭杀毒软件）





软件使用和配置

注：Win7系统，固件编译器选3：Cygwin即可（限完整版），也适用于WSL安装不上的用户。

□ 推荐安装配置-首次运行

- 首次安装本平台（或还原平台配置）可直接使用右图默认配置，全选“是”，点确定即可一键安装；底层飞控开发的用户，可根据需求修改：

- 针对Pixhawk 飞控的底层开发，Pixhawk 1 (2M闪存) 对应 px4_fmu-v3_default编译命令，使用1.12.3的固件版本；Pixhawk 6c飞控，编译命令为px4_fmu-v6c_default，使用1.13.2的固件；卓翼H7飞控，编译命令为droneyee_zyfc-h7_default。（如果手上有其他飞控硬件，请自行修改）
- 使用较新的Pixhawk 6c固件 PX4-1.13.0，固件版本选择“7”（顶层算法开发需要 ≥ 4 即 ≥ 1.10 固件）；
- 使用Win10WSL编译器，因此编译器选“1”；注：也可不安装WSL子系统，选“3”Cygwin（适用于Win7+），但是存在长时间运行不稳定问题，不推荐此方式。
- 是否屏蔽PX4输出选择“是”，用于满足底层算法开发需求（本选项不会屏蔽PX4_SITL控制器的输出，因此可以正常进行软件仿真）。
- 首次安装其余全部默认选“是”，再点击“确定”按钮即可开始安装。

工具箱一键安装脚本

1. 工具包安装路径
C:\PX4PSP

2. PX4固件编译命令：见firmware\boards目录，模版px4_fmu-v5_default、droneyee_racer_default等
px4_fmu-v6c_default

3. PX4固件版本（1: PX4-1.7.3, 4: PX4-1.10.2, 5: PX4-1.11.3, 6: PX4-1.12.3, 7: PX4-1.13.0）
7

4. PX4固件编译器（1: Win10WSL[通用], 2: Msys2[适用版本 \leq PX4-1.8], 3: Cygwin[适用 \geq PX4-1.8]）
1

5. 是否重新安装PSP工具箱（是：重装工具箱，否：维持现有安装）
否

6. 是否重新安装其他依赖程序包（CopterSim、QGC地面站、硬件在环仿真软件等，约5分钟）
否

7. 是否重新配置固件编译器编译环境（是：全新安装编译器，否：维持原样，重装约5分钟）
否

8. 是否重新部署PX4固件代码（是：全新部署代码，否：维持现有代码，约5分钟）
否

9. 是否预先选定命令编译固件（是：全新编译固件，否：维持现有编译固件，约5分钟）
否

10. 是否屏蔽PX4官方控制器输出（使用Simulink控制器选“是”，使用PX4官方控制器选“否”）
是

确定 取消

注：如果不是首次安装，而是平台更新，第7和8项可以选“否”，以节省安装时间。



注：免费版固件只能选1和6，编译器只能选1和2。若需要支持其他固件、编译器、Win7系统和三维场景，请联系 service@rflsim.com 获取完整版或者增量包。



软件使用和配置

□ 推荐安装配置-后续运行

- 下载新安装包，再次运行脚本，界面如右图
- 可以看到第5项到第9项的默认选项变为了“自动”，而不是“是”或“否”。
- 在自动模式下，脚本会根据安装包内文件更新，来自动确定是否更新文件，降低使用难度，加快升级速度，缩短时间。
- 如果需要还原固件、编译器、程序包等，也可以将“自动”改为“是”，来实现强制更新。
- 注：“6.是否...程序包”的输入除了“自动”、“是”和“否”，还可以单独指定强制更新的模块（逗号分隔）以节省时间，可选模块包括：**CopterSim,drivers,FlightGear,QGroundControl,RflySim3D,RflySimAPIs,UE3DDisplay**

强调：“自动”表示如果相关功能有更新会自动重装对应程序，以便提高平台安装速度，也可根据自己需求改为“是”或“否”。

工具箱一键安装脚本

- 1.工具包安装路径
C:\PX4PSP
- 2.PX4固件编译命令: PX4-1.8之前样式px4fmu-v3_default, PX4-1.9之后样式px4_fmu-v3_default
px4_fmu-v5_default
- 3.PX4固件版本 (1: PX4-1.7.3, 4: PX4-1.10.2, 5: PX4-1.11.3, 6: PX4-1.12.3)
6
- 4.PX4固件编译器 (1: Win10WSL[通用], 2: Msys2[适用版本≤PX4-1.8], 3: Cygwin[适用≥PX4-1.8])
1
- 5.是否重新安装PSP工具箱(是: 重装工具箱, 否: 维持现有安装)
自动
- 6.是否重新安装其他依赖程序包 (CopterSim、QGC地面站、硬件在环仿真软件等, 约5分钟)
自动
- 7.是否重新配置固件编译器编译环境 (是: 全新安装编译器, 否: 维持原样, 重装约5分钟)
自动
- 8.是否重新部署PX4固件代码 (是: 全新部署代码, 否: 维持现状, 大约5分钟)
自动
- 9.是否预先选定命令编译固件 (是: 全新编译固件, 否: 维持现状, 大约5分钟)
自动
- 10.是否屏蔽PX4官方控制器输出(使用Simulink控制器选"是", 使用PX4官方控制器选"否")
是

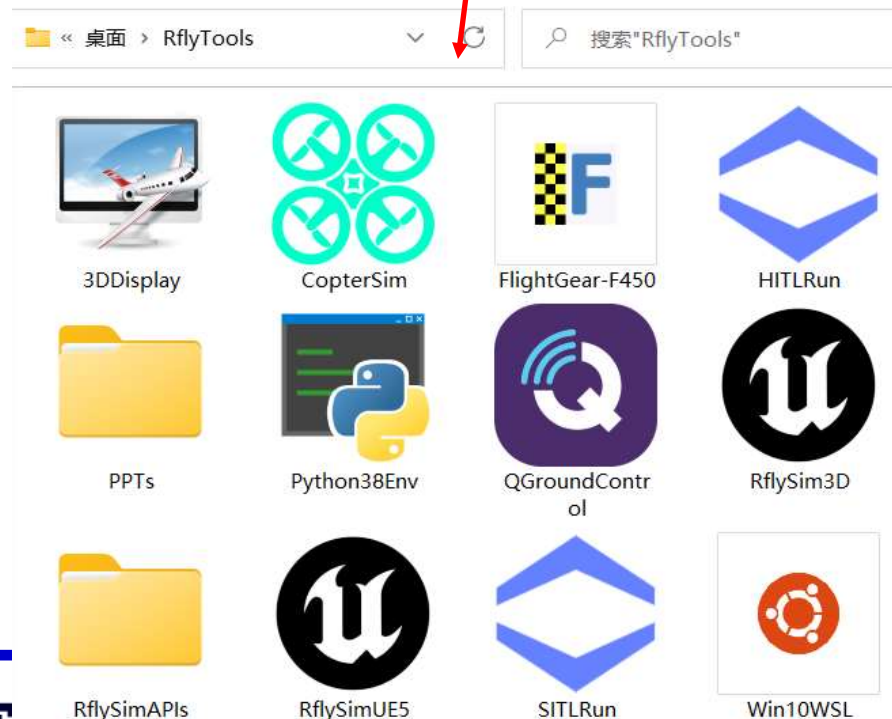
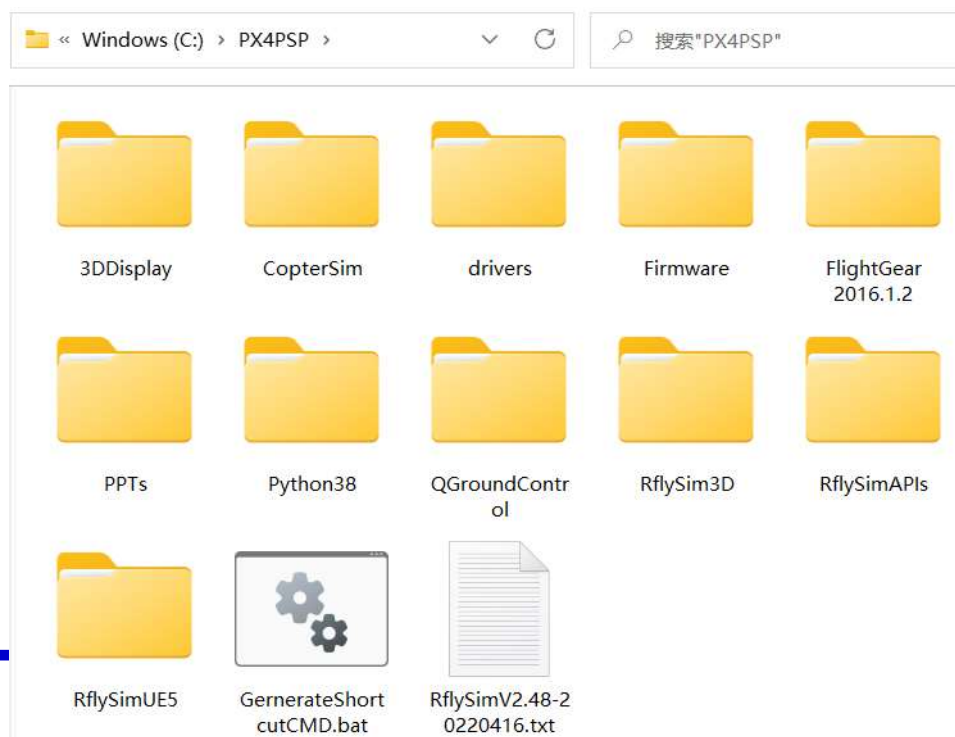
确定 取消



软件使用和配置

□ 安装后Windows效果

- 如下图所示，在安装目录（默认是C:\PX4PSP）下可以得到一系列的文件夹，其中“**RflySimAPIs**”文件夹是高级功能的接口教程文件夹，最为重要。
- 如右图所示，在桌面RflyTools文件夹内可以得到一系列的快捷方式。

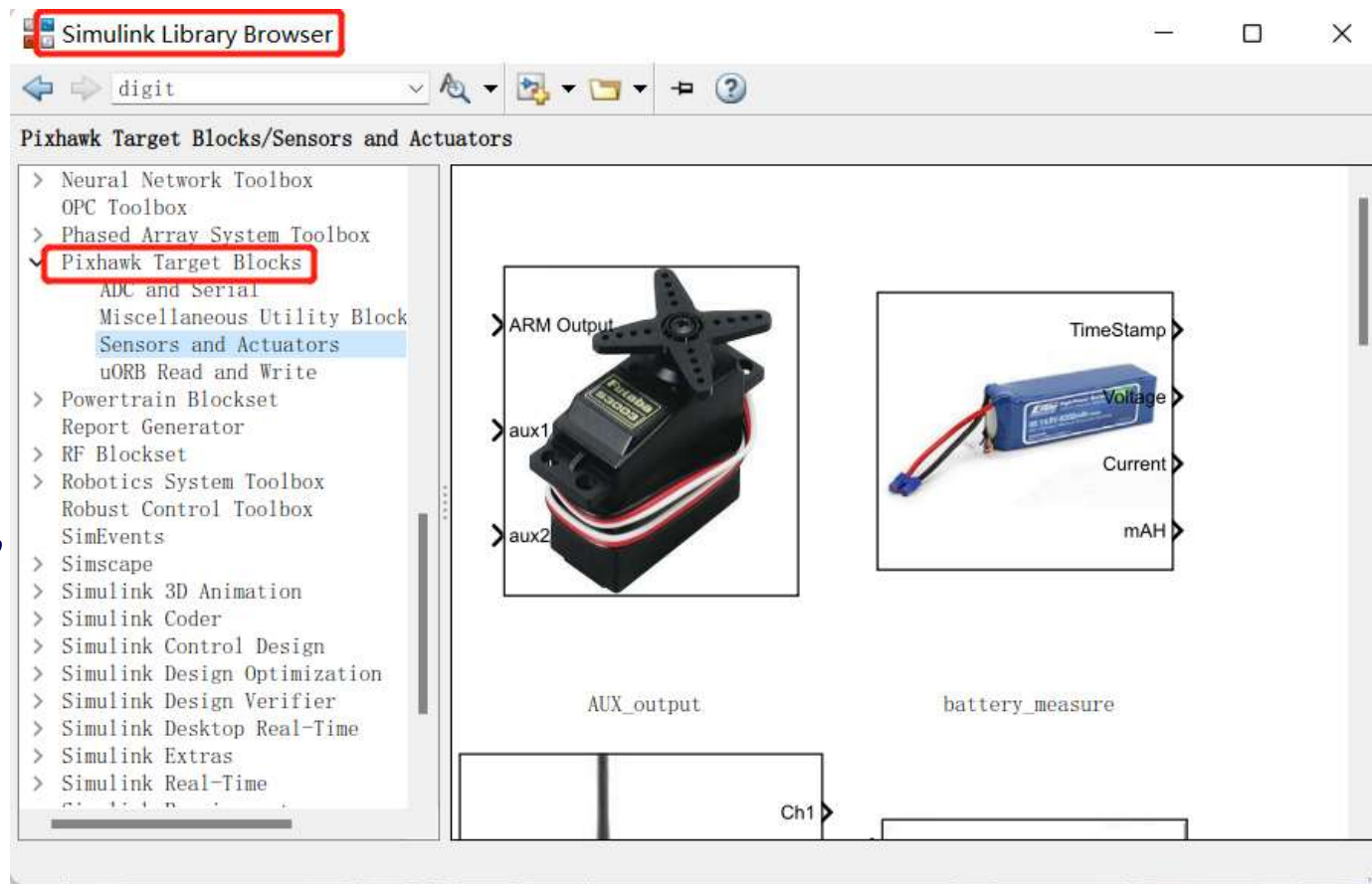




软件使用和配置

□ 安装后的Simulink工具箱

- 打开MATLAB，任意新建一个Simulink程序，进入库浏览器（Library browser）页面。
- 如右图，向下翻可以看到Pixhawk Target Blocks的工具箱，说明安装成功。
- 本功能针对底层飞控算法开发，支持Simulink设计飞控算法，并生成代码上传到Pixhawk中，进行硬件在环仿真和真机实验。

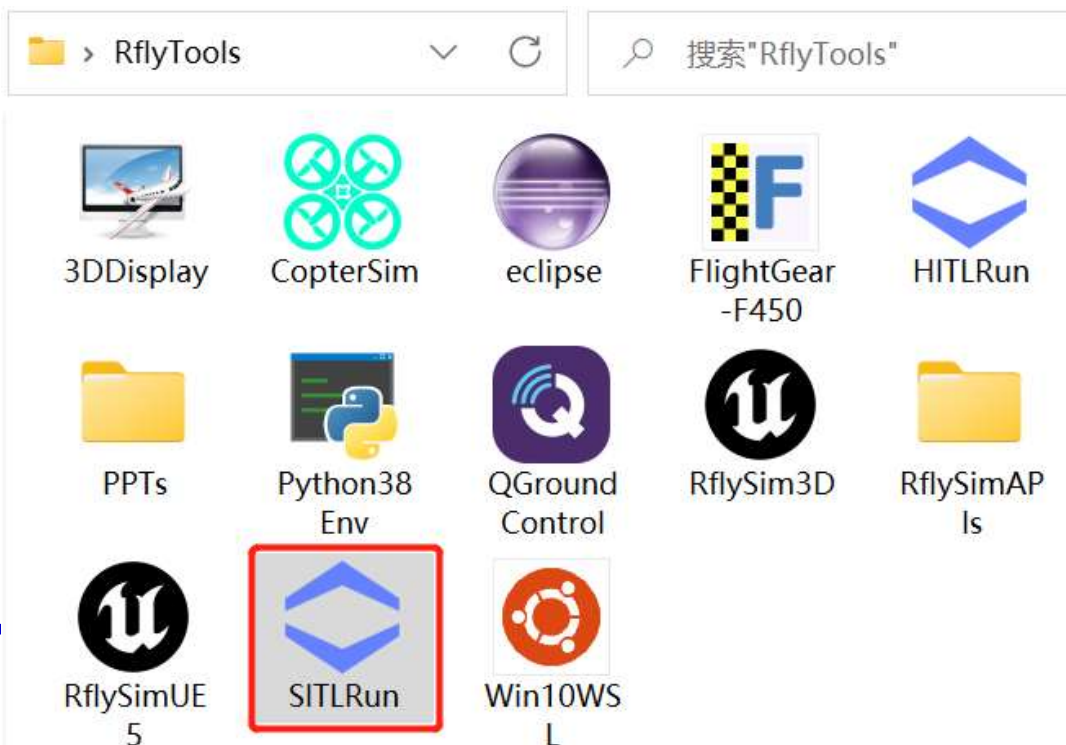




软件使用和配置

□ 平台安装成功验证

- 进入桌面“RflyTools”文件夹，双击“SITLRun”快捷方式，并输入1，再回车。
- 等到RflySim3D显示“*** EKF 3DFixed”（CopterSim上也会显示），表示飞控已经初始化完毕，可以开始控制自主飞行。



SITLRun

Please input UAV swarm number:1_

RflySim3D-0

CopterSim/PX4 EKF 3DFixed: 1 / 1

实验室

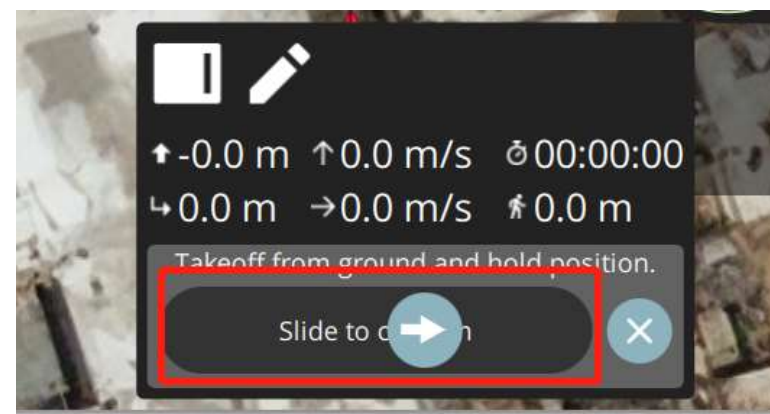
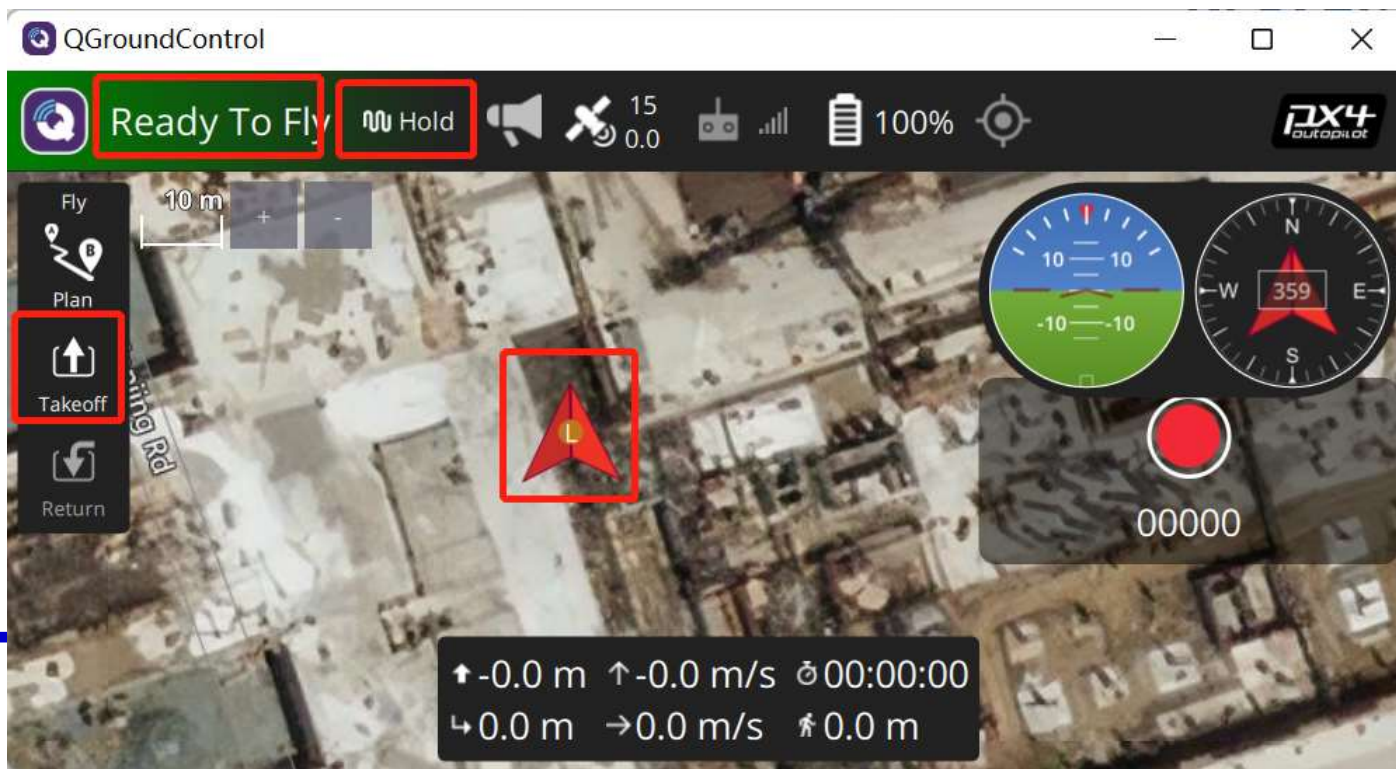


软件使用和配置

注：如果直接运行bat脚本出现飞机抖动，请用鼠标右键并使用管理员方式打开bat脚本！这样可以获取更高的运行优先级。

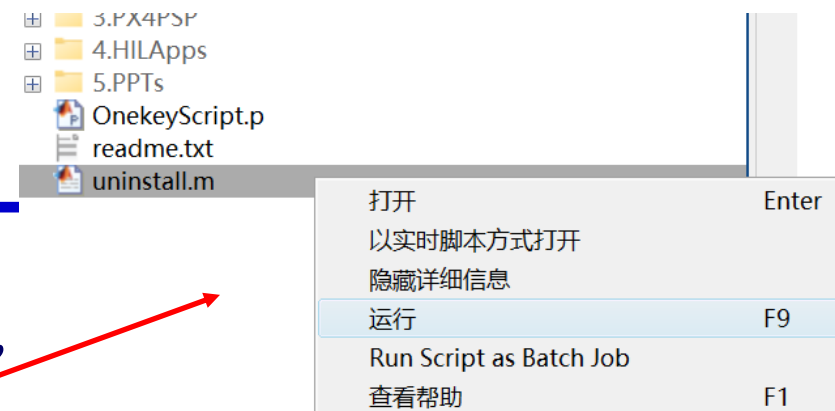
□ 平台安装成功验证

- 进入QGroundControl软件，看到飞机进入“Hold”模式，点击“Takeoff”按钮。
- 会弹出确认滑块，将其拖到最右侧，开始自动起飞。
- 如果飞机能离地起飞，说明平台配置正确。





1.平台安装



1.9 平台软件卸载方法

注：只有需要卸载本平台时才需要执行本页操作。

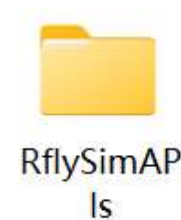
- **自动卸载：**用MATLAB打开安装包目录，运行“**uninstall.m**”脚本，即可完成所有卸载工作。
- **手动卸载：**包含如下流程（可查看uninstall.m 内注释）
 1. 删除桌面RflyTools内所示快捷方式；
 2. 删除 “[文档]\MATLAB\Add-Ons\Toolboxes\PX4PSP” 文件夹。
 3. 编辑MATLAB “pathdef.m”，查找并删除残余的PX4PSP路径条目；
 4. 在Windows系统中卸载Ubuntu 18.04 LTS程序。
 5. 删除[文档]目录下的QGroundControl、FlightGear等临时目录
 6. 删除RflyMaps的本地临时Cesium地图目录
 7. 注意：[文档]\Ogre目录下存储着序列号等文件sn6.txt，完整版会保留。
 8. 删除安装目录（默认 “C:\PX4PSP”）文件夹内的所有文件和子文件夹



软件使用和配置

□ 基本软件介绍

- **CopterSim**: 本平台核心仿真软件，运行多旋翼运动动态模型，并连同其他软件构成软/硬件在环仿真。
- **RflySim3D/RflySimUE5**: 本平台核心三维显示软件，基于Unreal Engine 4（UE4，虚幻4，**完整版支持UE5**）引擎开发，具备高逼真虚拟现实显示效果。
- **HILRun/SILRun**一键快速启动脚本，可以快速开启所有视觉/集群相关软件，并完成所需配置。
- **Python38Env**: 包含OpenCV等库的一个Python环境
- **RflySimAPIs例程文件夹**: 包含了本课程的所有例程和源码，覆盖了单/多机控制、集群飞行、视觉控制等。
- **PPTs课件文件夹**: 包含了本课程对应的所有课件。
- **QGroundControl（QGC）地面站**: 包含配置飞控参数和控制飞机起飞、降落、航线等功能。
- **Win10WSL编译器**: 用于编译固件和软件在环仿真。





硬件使用和配置

□ 硬件实验开发流程

- 控制器设计与仿真
- Simulink代码生成/Python编程
- 软件/硬件在环仿真
- 室外实验

软件在环仿真

硬件在环仿真

飞行测试



飞



硬件使用和配置

□ 基于模型开发流程简介

(1) 软件在环仿真阶段

整个阶段都在MATLAB环境下进行，利用给定多旋翼仿真模型和例程，在Simulink中进行控制算法设计，并正确连接模型和控制器，确保输入输出信号与实际多旋翼系统一致。类似于实际多旋翼系统，多旋翼模型将传感器数据或状态估计信息（例如，姿态角、角速率、位置和速度等）发送给控制器，控制器将每个电机PWM控制指令发回给模型，从而形成一个软件在环仿真闭环系统。在本阶段，读者可以观察控制性能，自行修改或设计控制器来达到期望的性能需求。



图. 实验流程图





硬件使用和配置

□ 基于模型开发流程简介

(2) 硬件在环仿真阶段

利用给定的模型和例程，进行实验。模型在硬件在环多旋翼飞行器仿真器里，而控制器上传到Pixhawk飞控硬件环境下，其中通讯过程是通过串口线直接连接。模型通过串口线将姿态角、姿态角速率、位置和速度发送给控制器，控制器通过串口线将每个电机PWM控制指令发回给模型，从而形成一个闭环。

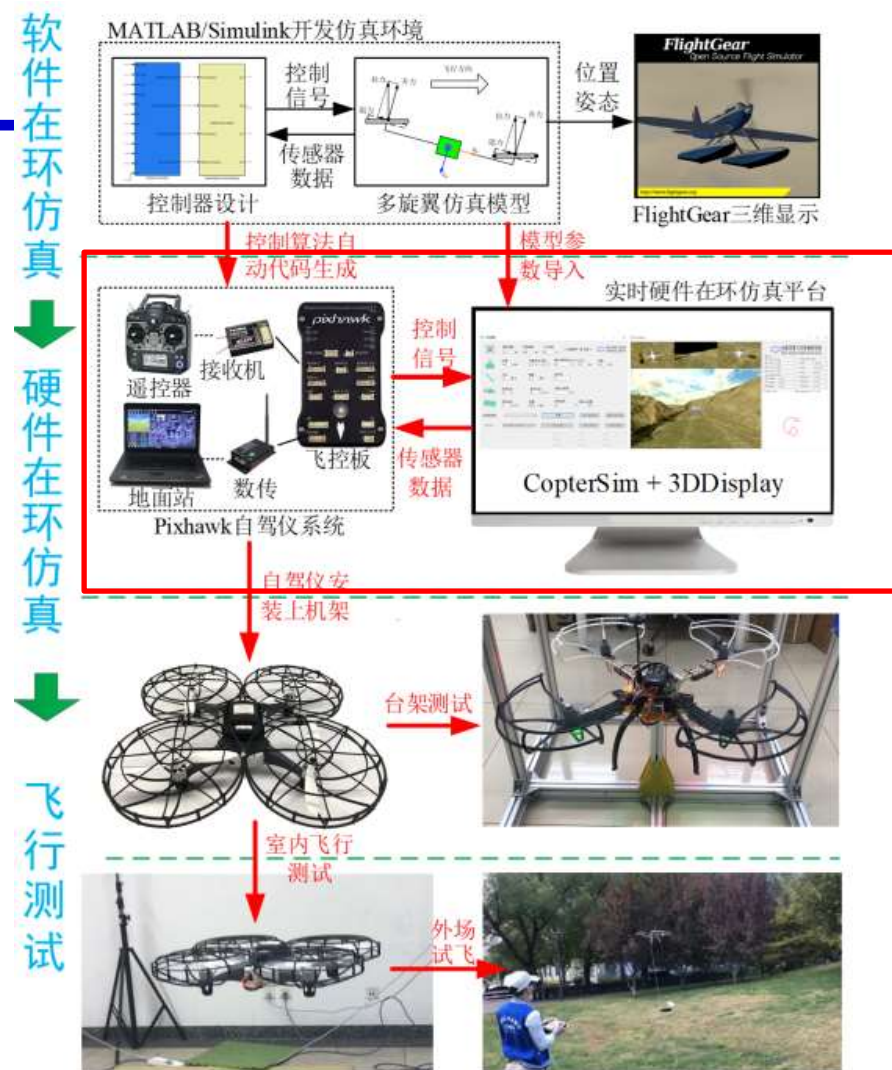


图. 实验流程图



硬件使用和配置

□ 基于模型开发流程简介

(2) 硬件在环仿真阶段

将Simulink多旋翼模型参数导入到CopterSim中，并将Simulink控制器算法生成代码下载到Pixhawk自驾仪，然后用USB实体信号线替代Simulink中的虚拟信号线。

CopterSim将传感器数据（例如，加速度计、气压计、磁力计等）通过USB数据线发送给Pixhawk系统；Pixhawk系统中的PX4自驾仪软件将收到传感器数据进行滤波和状态估计，将估计的状态信息通过内部的uORB消息总线发送给控制器；控制器再通过USB数据线将每个电机的PWM控制指令发回给CopterSim，从而形成一个硬件在环仿真闭环。

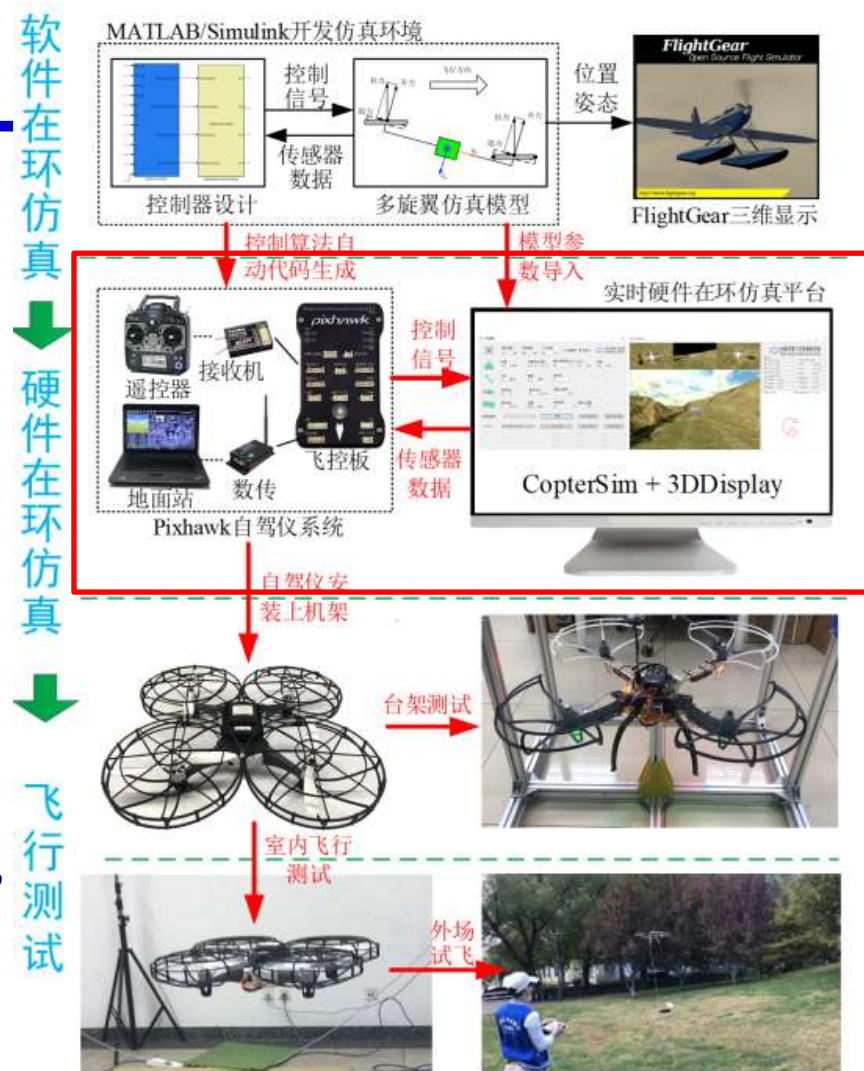


图. 实验流程图



硬件使用和配置

□ 基于模型开发流程简介

(3) 飞行测试阶段

在这个阶段，CopterSim的虚拟仿真模型进一步由真实多旋翼飞行器替代，传感器数据直接由传感器芯片感知飞行运动状态得到，控制器信号直接输出给电机，从而实现真实飞机的控制。需要注意的是，无论是硬件在环仿真还是软件在环仿真，其仿真模型都难以与真实飞机保持完全一致，因此进一步的参数调整也是必要的。





硬件使用和配置

□ 硬件系统组成

- 地面计算机/机载计算机
- 机架系统（机臂、机身、起落架等）
- 动力系统（电机、电调、电池、螺旋桨等）
- 遥控器系统（遥控器发射器、接收机、充电器、锂电池等）
- 自驾仪系统（自驾仪/飞控、GPS模块、电源模块、USB数据线、数传模块、机载AI视觉/集群计算机）



机架系统



动力系统



遥控器系统



自驾仪硬件系统



地面计算机





视频安装教程

硬件使用和配置

注意1: 本小节例子需要使用PX4的官方固件, 任意版本均可, 这里选择了最新固件

注意2: 如果手头没有Pixhawk自驾仪硬件, 可以跳过飞控硬件配置内容, 直接进行软件在环仿真

□ Pixhawk硬件配置(1) — 在线固件下载

方法如下:

1) 打开QGC地面站软件, **断开Pixhawk的USB与电脑的连接;**

2) 如右图上所示, 点击进入“Vehicle Setup”(载具设置)页面, 再点击“Firmware”(固件)标签进入固件烧录页面;

3) 用USB线**重新**连接 Pixhawk 自驾仪到电脑, 此时软件会自动识别 Pixhawk 硬件, 如右图所示所示, 在界面右侧弹出固件配置窗口, 勾选第一项“PX4 ***”, 然后点击“确定”

4) QGC 开始自动下载(需联网, 无法联网请参考下一页使用本地固件)并安装最新的 PX4 固件到 Pixhawk中;



USB线连接电脑



飞控RC口
连接接收机



视频安装教程

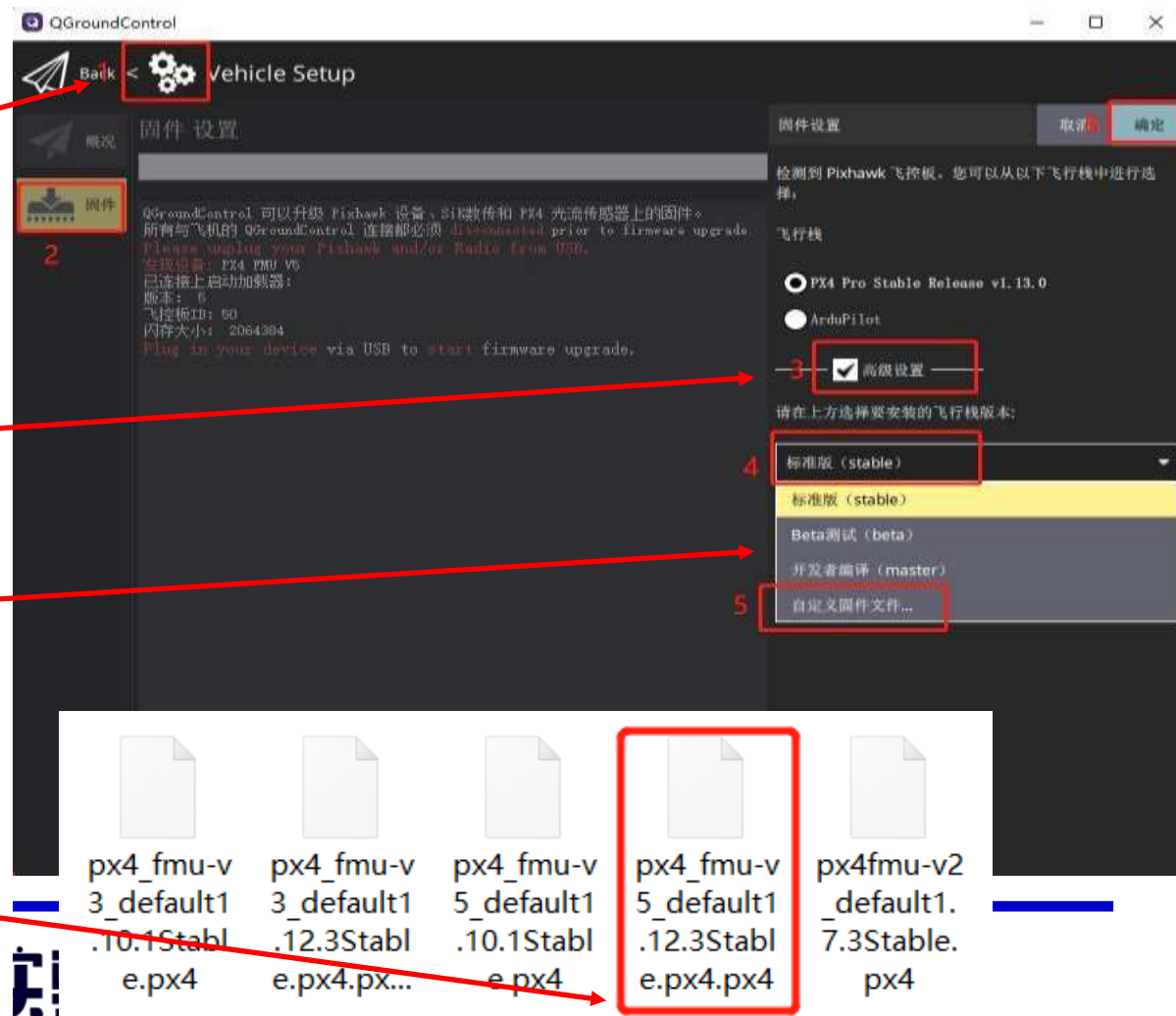
硬件使用和配置

注意：如果文件夹中没有需要版本固件，请访问 <https://github.com/PX4/Firmware/releases> 下载

❑ Pixhawk硬件配置(2) — 离线固件下载 (因网络无法在线下载固件时采用本方法)

方法如下：

- 1) 打开QGC地面站软件；
- 2) 点击“**Firmware**”（固件）标签，此时用USB数据线连接Pixhawk自驾仪，地面站会自动检测自驾仪。
- 3) 勾选“**advanced settings**”（高级设置）选框；
- 4) 点击“**Standard Version (stable)**”（标准版 Stable）标签 – “**Custom firmware file ...**”（自定义固件文件...）选项，再点“确定”；
- 5) 在弹出的文件选择页面中，如果使用Pixhawk 4飞控选择“RflySimAPIs\Flight ControlExpCourse\code\e0\4.PX4Firmwares\px4_fmu-v5_default1.12.3Stable.px4”，（如果使用Pixhawk 1，选择fmu-v3的固件）





视频安装教程

硬件使用和配置

□ Pixhawk硬件配置(2) — 离线固件下载

3.4 Pixhawk硬件配置(3) — 离线固件编译生成（前两者都无法使用时采用本方法）

- 在MATLAB中重新运“**OnekeyScript.p**”一键安装脚本；
- 第2行输入“**px4_fmu-v5_default**”（注意：这里针对Pixhawk 4，请根据自己的飞控硬件选择编译命令）
- 如右图所示，将第9项和第10项分别设置为“是”和“否”，其他选项保持默认（选“否”），点击“确定”按钮，即可编译出不屏蔽PX4自身输出的PX4官方固件。
- 在MATLAB中运行“**PX4Upload**”命令，即可弹出固件烧录页面，此时插入Pixhawk飞控，即可将官方固件烧入。

注意：前两种方法都失效时才尝试本方法；本方法可以生成任何PX4支持的固件；这里主要需要设置编译命令和取消输出屏蔽，固件版本根据自身需求选择。

2.PX4固件编译命令：PX4-1.8之前样式px4fmu-v3_default, PX4
px4_fmu-v5_default

3.PX4固件版本（1: PX4-1.7.3, 4: PX4-1.10.2, 5: PX4-1.11.
6

9 是否预先用选定命令编译固件（是

是

10 是否屏蔽PX4官方控制器输出(使

否

>> PX4Upload

>>

实验室

fx

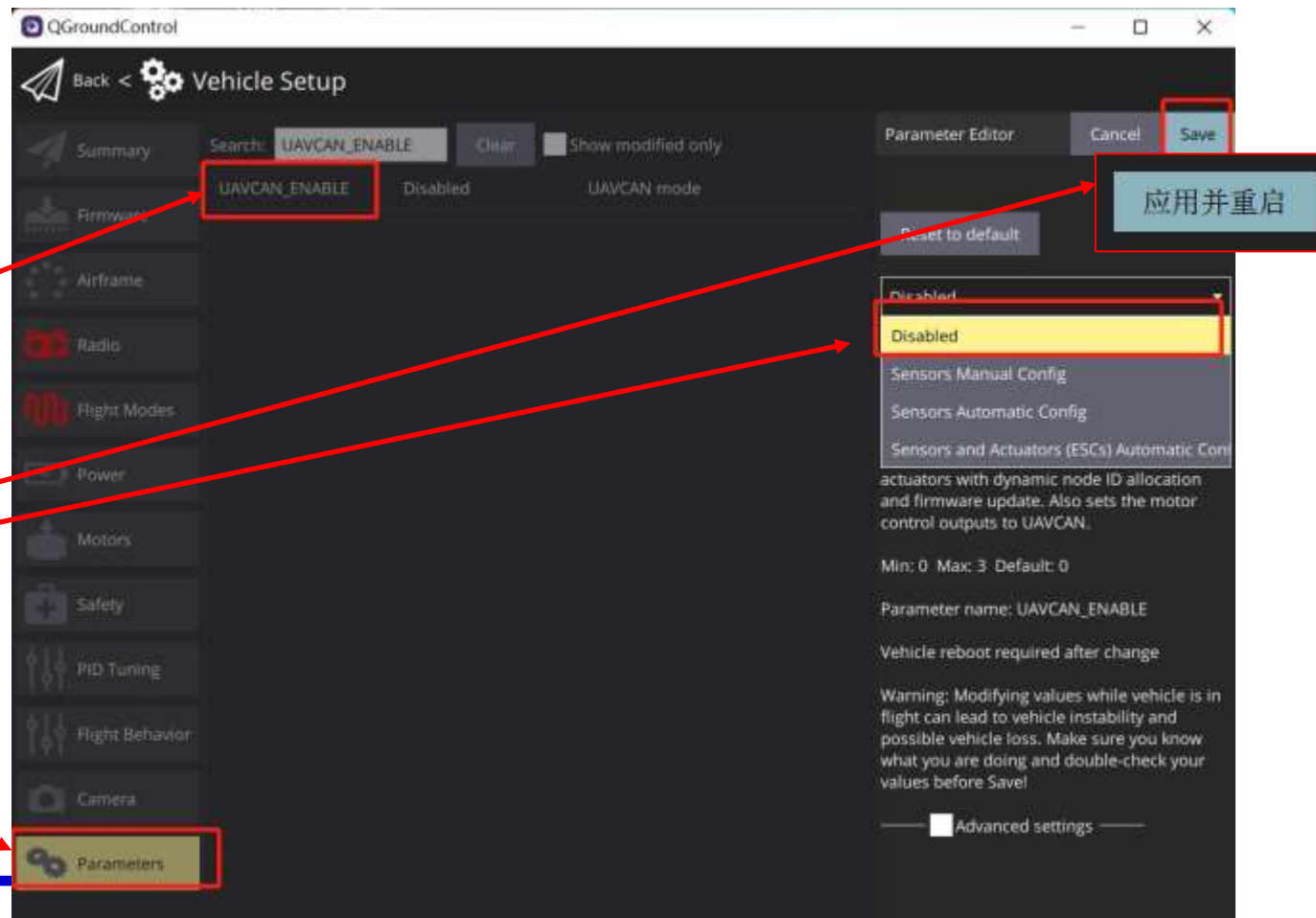


硬件使用和配置

□ Pixhawk硬件在环仿真模式设置

- 对于使用1.13版本的固件时，需要新增一个这个步骤也就是设置完HITL Enable的后，再加上一个这个参数设置。
- 使用QGC连接上飞控后，打开设置选项，在搜索栏中搜索UAVCAN_ENABLE后，在弹出的界面中设置未Disabled，接着点击应用并重启飞控即可。

注意：其他固定翼、无人车之类，做硬件在环仿真时，都要确认一下后面uavcan这个参数disabled状态。

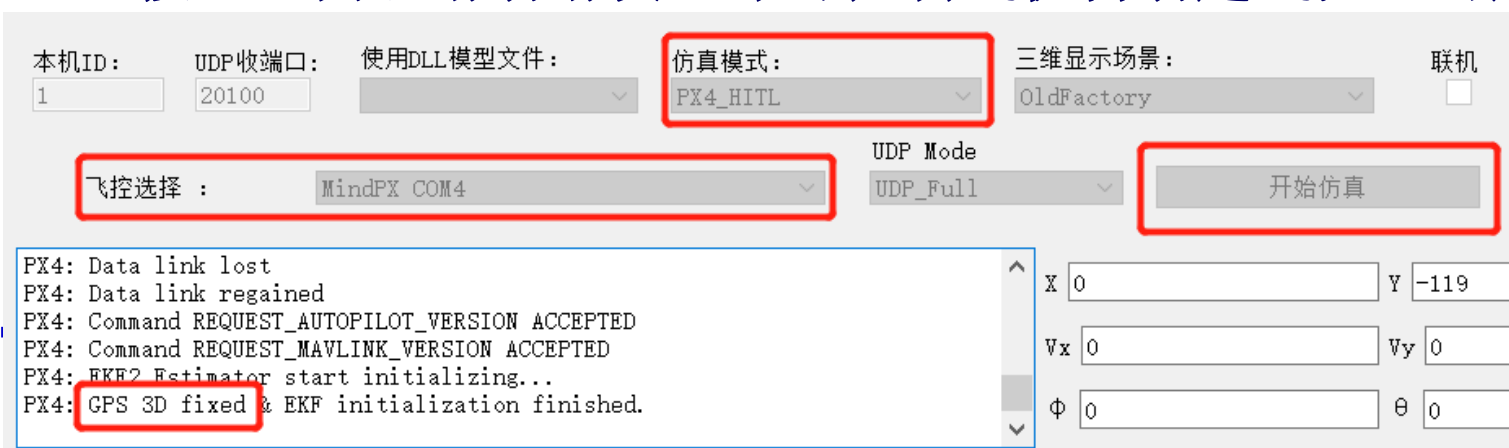




硬件使用和配置

□ 开启单机硬件在环仿真（HITL）步骤

- 将Pixhawk自驾仪（已经按上一节配置好，并连接遥控器和接收机）通过USB插入电脑
- 打开CopterSim软件，并在其“仿真模式”选项选择标签“PX4_HITL”，同时检查其他配置，确保模型参数、地图、初始位置和偏航满足需求，再打开RflySim3D配置视景。
- 在“飞控选择”中选择Pixhawk对应串口，然后点击CopterSim界面的“开始仿真”按钮，即可开始硬件在环仿真（注：也可以双击HITLRun快捷方式，并输出飞控串口号数字直接开始硬件在环仿真），等待左下角消息框提示“GPS 3D Fixed”完成初始化。
- 打开QGroundControl（QGC）地面站软件，在FLY页面（纸飞机图标）点击“起飞”按钮，向右滑动滑块，即可控制飞机自动起飞；也可用遥控器手动控制飞机起飞。





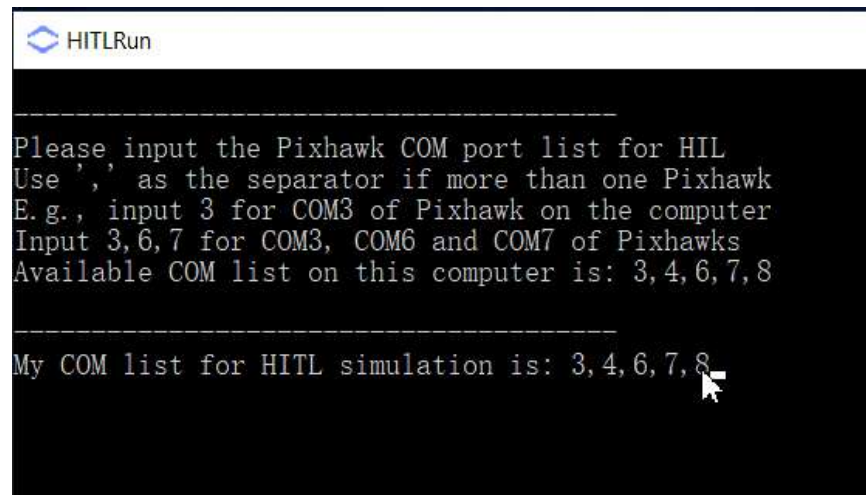
硬件使用和配置

注意：可以在地面站上控制飞机依次起飞，来观察仿真现象，具体操作请看视频

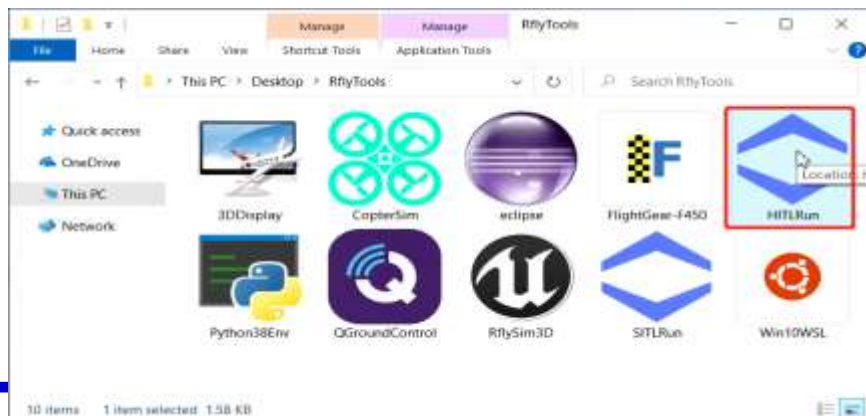
□ 同时连多个Pixhawk进行仿真步骤



1. 插入任意个Pixhawk飞控



3. 输入Pixhawk串口号序列



2. 双击HITLRun一键启动脚本



4. QGC控制起飞



小结

- (1) 本课程提供的**RflySim**基础版平台总体可以分为两个部分：硬件平台和软件平台。硬件平台包含了计算机、自驾仪、遥控器等；软件平台包含了**MATLAB/Simulink**、**CopterSim**、**QGroundControl**等工具。本讲详细介绍了软硬件平台的组成与配置方法。
- (2) 本讲内容主要面对独立学习读者或者实验课程老师，需要完成**RflySim**软硬件平台的部署，并准备好实际飞行实验的平台。
- (3) 对于学生而言，如果老师已经布置好了实验平台，可以跳过本讲的平台配置内容，直接在搭建的平台上开始后续课程的学习与实验。
- (4) 如有疑问，请到 <https://doc.rflysim.com> 查询更多信息。



谢谢！