

| Gazebo与PX4联合仿真实验

| 1. 实验目的

掌握在RflySim平台上使用Gazebo直接连通PX4进行仿真的通用流程，并了解不同阶段PX4固件版本对应的Gazebo环境配置与运行机制。

| 2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]（包含QGC、WinWSL等环境）。若使用新版Gazebo，建议具备顺畅的网络环境。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]。

| 3. 实验地址

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\0.ApiExps\e14_GazeboSim](#)

| 4. 实验内容或步骤

RflySim平台支持直接使用Gazebo来连通PX4进行仿真，但是方法与常规的软件在环仿真存在一定区别。

| 4.1 通用步骤

1. 输入命令 `make px4_sitl [仿真器+机架]`
2. 打开QGC即可操控起飞
3. 进入ROS环境之类，还能通过mavros控制飞机。

| 4.2 实施方案一：PX4 1.12-1.13版本固件

1) 输入如下命令

```
1 | make px4_sitl gazebo
```

```
root@RflyMeeting01:/mnt/c/PX4PSP/Firmware# make px4_sitl gazebo
[0/11] git submodule Tools/sitl_gazebo
[6/11] Performing configure step for 'sitl_gazebo'
-- install-prefix: /usr/local
-- cmake build type: RelWithDebInfo
```

会自动开始编译并开始仿真

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Please input the Pixhawk COM port list for HITL
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks

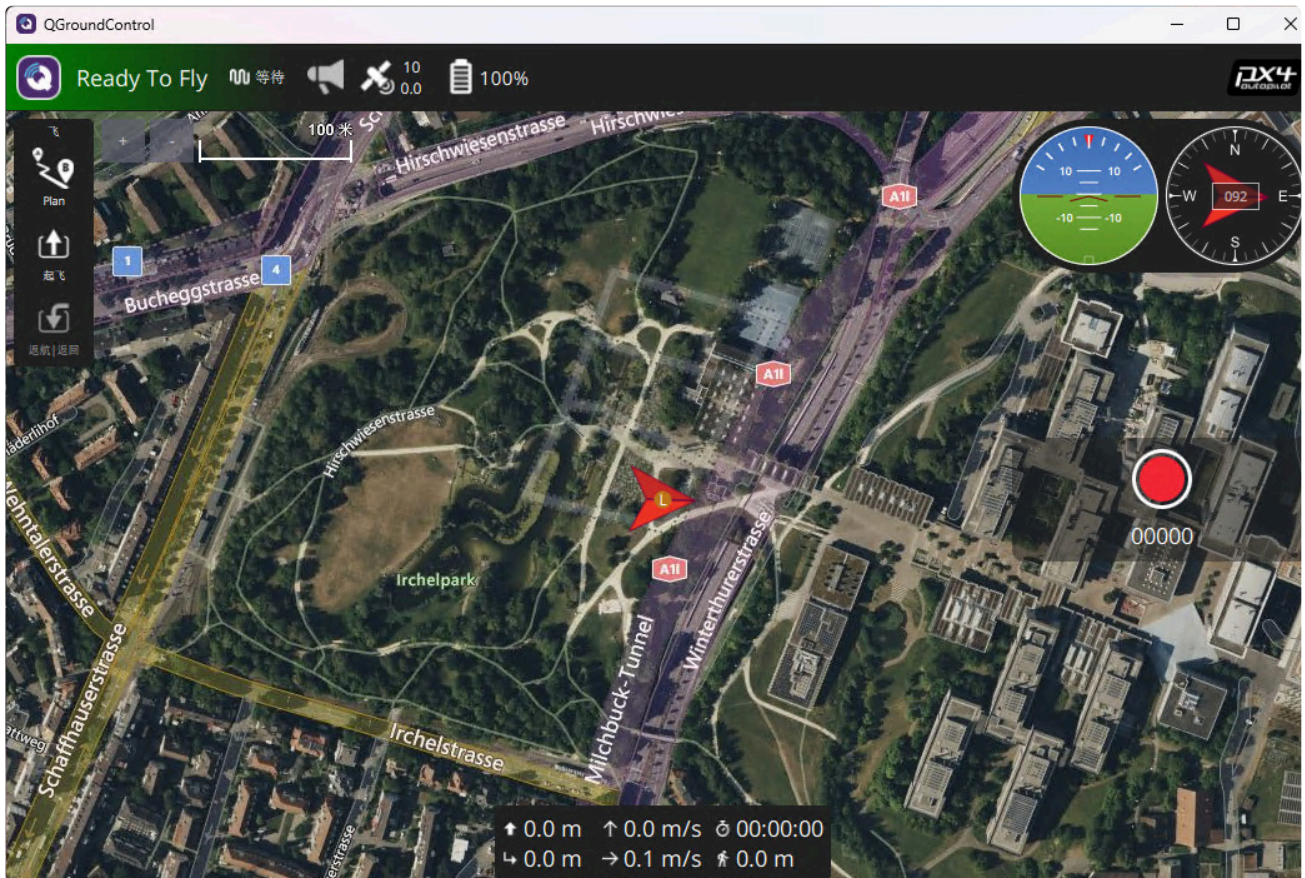
All COM ports on this computer are:

COM3: Intel(R) Active Management Technology - SOL (unavailable or busy)
COM4: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)

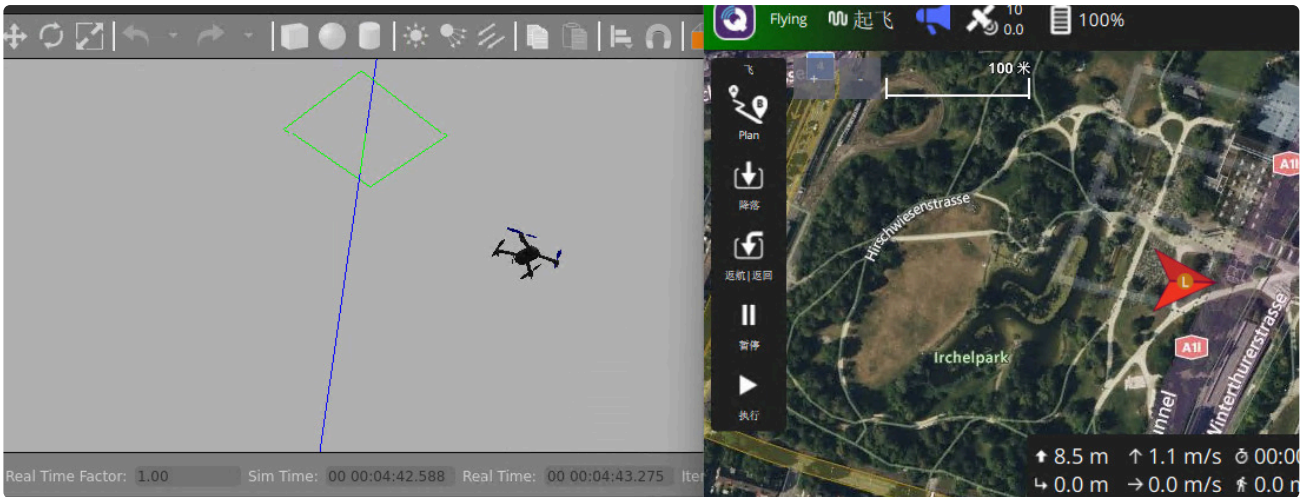
Recommended COM list input is: 4

My COM list for HITL simulation is: _
```

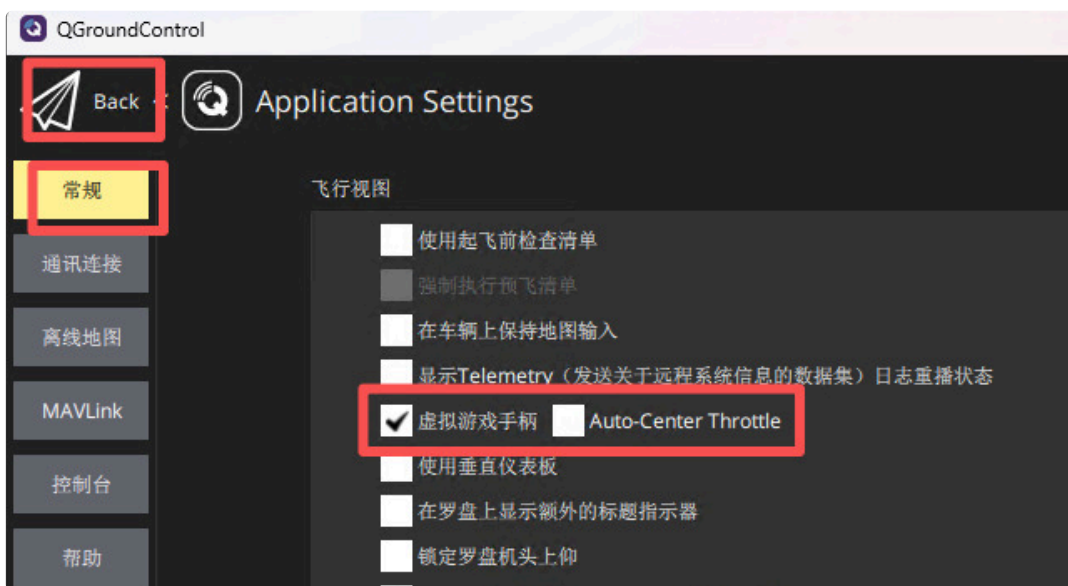
2) 打开QGC, 发现已自动连接



3) 通过QGC的起飞按钮, 可以控制起飞。



4) 先在QGC中，点击降落按钮，让飞机降落。然后，去QGC应用页面，把虚拟游戏手柄打开，确保Offboard不会因为缺失遥控器而进入返航模式。



5) 双击 [WinWSL.bat](#) 创建一个终端，并输入如下指令启动mavros

```
1 | roslaunch mavros px4.launch fcu_url:="udp://:14540@127.0.0.1:14557"
```

6) 双击 [WinWSL.bat](#)，发送mavros起飞命令

循环发布mavlink消息

```
1 | rostopic pub /mavros/setpoint_position/local geometry_msgs/PoseStamped "{header: {frame_id: 'map'}, pose: {position: {x: 0.0, y: 0.0, z: 2.0}, orientation: {x: 0.0, y: 0.0, z: 0.0, w: 1.0}}}" -r 10
```

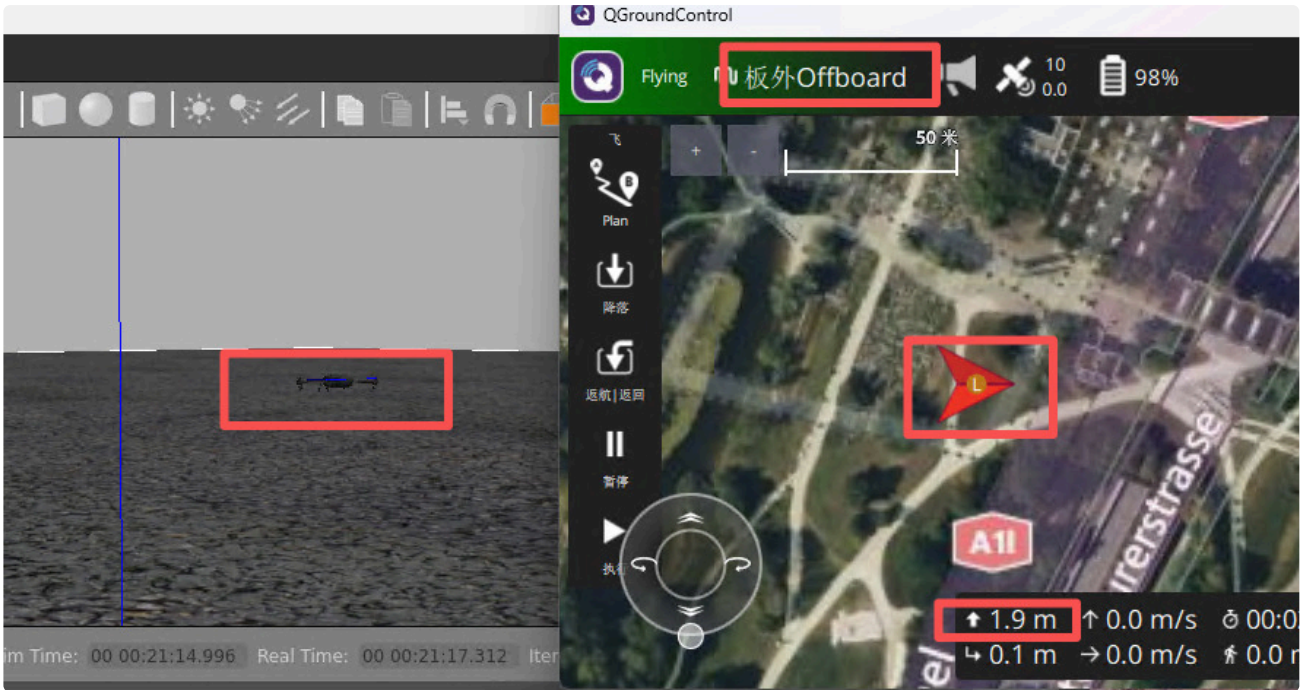
切换offboard模式

```
1 | rosservice call /mavros/set_mode "custom_mode: 'OFFBOARD'"
```

解锁飞机

```
1 | rosservice call /mavros/cmd/arming "{value: true}"
```

7) 观察效果。可以看到飞机进入板外模式，并起飞2米高。



更多命令:

The supported vehicles and `make` commands are listed below (click links to see vehicle images).

Note: For the full list of build targets run `make px4_sitl list_vmd_make_targets` (and filter on those that start with `gazebo_`).

Vehicle	Command
Quadrotor	<code>make px4_sitl gazebo</code>
Quadrotor with Optical Flow	<code>make px4_sitl gazebo_iris_opt_flow</code>
3DR Solo (Quadrotor)	<code>make px4_sitl gazebo_solo</code>
Typhoon H480 (Hexrotor) (supports video streaming)	<code>make px4_sitl gazebo_typhoon_h480</code>
Standard Plane	<code>make px4_sitl gazebo_plane</code>
Standard Plane (with catapult launch)	<code>make px4_sitl gazebo_plane_catapult</code>
Standard VTOL	<code>make px4_sitl gazebo_standard_vtol</code>
Tailsitter VTOL	<code>make px4_sitl gazebo_tailsitter</code>
Ackerman vehicle (UGV/Rover)	<code>make px4_sitl gazebo_rover</code>
HippoCampus TUHH (UUV: Unmanned Underwater Vehicle)	<code>make px4_sitl gazebo_uuv_hippocampus</code>
Boat (USV: Unmanned Surface Vehicle)	<code>make px4_sitl gazebo_boat</code>
Cloudship (Airship)	<code>make px4_sitl gazebo_cloudship</code>

Note: The [Installing Files and Code](#) guide is a useful reference if there are build errors.

4.3 实施方案二：PX4 1.14-更高版本固件-旧版Gazebo

从1.14开始，默认编译器升级到了22.04，可以使用更新的Gazebo环境。因此，将Gazebo版本分为了旧版（classic版）和新版。这里先介绍旧版。

注：旧版和新版gazebo是互斥的，不能同时存在。需要通过安装命令来切换。

WinWSL里面默认使用的是旧版编译器，通过下面命令可以直接运行。

```
1 | make px4_sitl gazebo-classic
```

For the full list of build targets run `make px4_sitl list_vmd_make_targets` (and filter on those that start with `gazebo-classic_`).

Vehicle	Command
Quadrotor	<code>make px4_sitl gazebo-classic</code>
Quadrotor with Optical Flow	<code>make px4_sitl gazebo-classic_iris_opt_flow</code>
Quadrotor with Depth Camera (forward-facing)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_iris_depth_camera</code>
Quadrotor with Depth Camera (downward-facing)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_iris_downward_depth</code>
3DR Solo (Quadrotor)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_solo</code>
Typhoon H480 (Hexrotor) (supports video streaming)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_typhoon_h480</code>
Standard Plane	<code>make px4_sitl gazebo-classic_plane</code>
Standard Plane (with catapult launch)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_plane_catapult</code>
Standard VTOL	<code>make px4_sitl gazebo-classic_standard_vtol</code>
Tailsitter VTOL	<code>make px4_sitl gazebo-classic_tailsitter</code>
Ackerman UGV (Rover)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_rover</code>
Differential UGV (Rover)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_r1_rover</code>
HippoCampus TUHH (UUV: Unmanned Underwater Vehicle)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_uuv_hippocampus</code>
Boat (USV: Unmanned Surface Vehicle)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_boat</code>
Cloudship (Airship)	<code>make px4_sitl gazebo-classic_cloudship</code>

4.4 实施方案三：PX4 1.14-更高版本固件-新版Gazebo（选做，需联网）

- 1) 使用一键安装脚本，全新不是1.14以及更高版本。
- 2) 双击 [WinWSL.bat](#)，输入如下命令（要输入Y确认），来安装新版gazebo（会自动卸载旧版），清理环境：

```
1 | apt install gz-garden
2 | make clean
3 | rm -rf build
4 | git submodule update --init --recursive
```

注：若无网络环境，无法在线安装。也可以参考例程 [1.RflySimIntro\2.AdvExps\3.WinWSL2-GPU](#)，下载并部署RflySim的WSL2-GPU专用集成外挂环境（已经集成了gz-garden环境），然后，双击 [WinWSL2.bat](#)来执行后续命令。

增量WinWSL2-GPU环境包含功能

本增量WinWSL2-GPU发行版环境相对于默认的RflySim-20.04发行版，主要增加了如下开发环境，重点在于GPU加速和AI训练的支持，同时也更贴近机载板卡的开发环境，后续会针对性开发更多例程：

1. Cuda开发所需环境，暂定使用cuda-toolkit-12-4
2. Pytorch-GPU版本，暂定使用 `torch==2.6.0 torchvision==0.21.0 torchaudio==2.6.0`
3. cuDNN环境，默认9.10版本
4. OpenCV-GPU环境，OpenCV-4.10 (4.10.0.84)，支持arch8.6, 8.9版本，支持Cuda加速
5. numpy==1.26.4，注意ROS1的原因，暂时无法升级numpy 2.0。
6. ollama环境，自带qwen3:0.6b（还可以加载别的本地大模型，这里提供了启元大模型增量包）
7. Anaconda3，暂定2024.10-1版本
8. tensorflow，暂定版本为2.20.0+tf-keras==2.20.1
9. docker环境，已打通GPU驱动
10. `Stable-Baselines3==2.7.0 + Gymnasium==1.2.2` 用于强化学习训练
11. `Genesis==0.3.6` 强化学习框架+ `rsl-rl-lib==2.2.4`
12. Gazebo（gz-garden版本）支持PX4 1.14以上版本固件使用`make px4_sitl gz_**`来运行SITL仿真。注：Gazebo11通过PPA方式并行保留，命令行使用gz11来引用。

- 3) 然后，继续输入如下新的编译命令（gz_打头），来启用新的Gazebo环境：

```
1 | make px4_sitl gz_x500
```

注：如果出现git子模块下载失败问题，可能需要自行解决外网连接问题。

支持的机型如下（下表为最新版PX4的列表）：

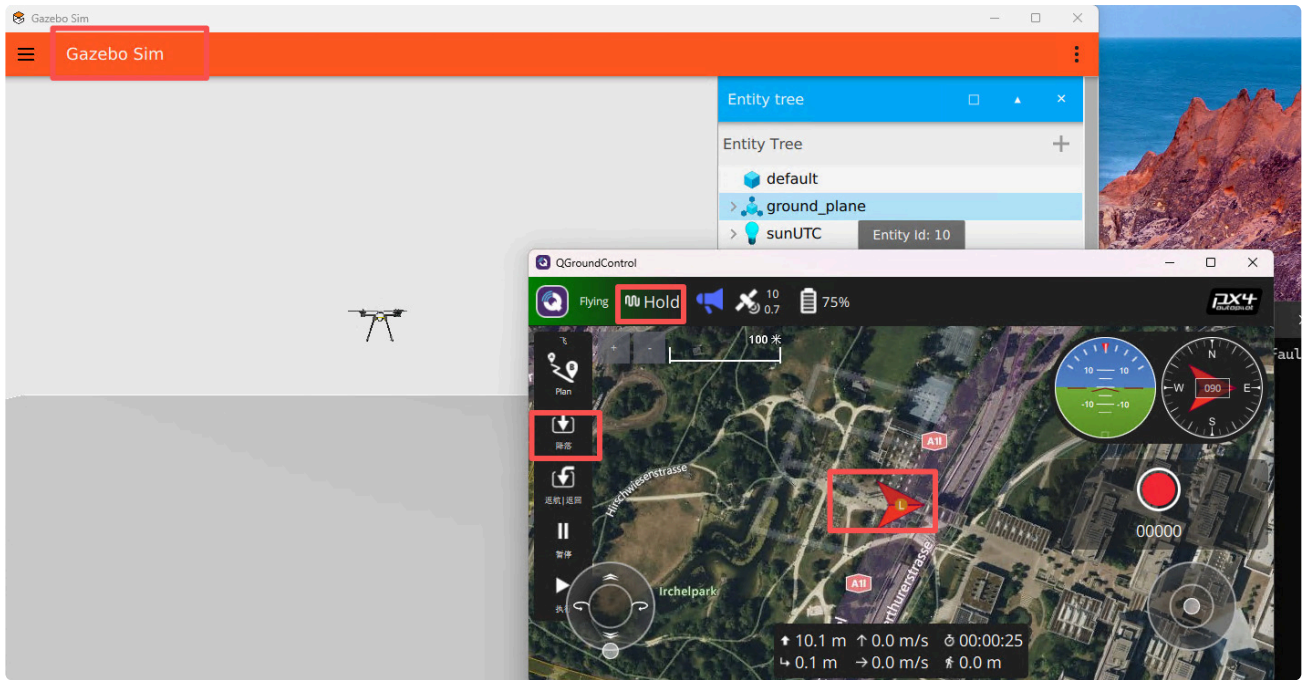
Vehicle	Command	PX4_SYS_AUTOSTART
Quadrotor (x500)	<code>make px4_sitl gz_x500</code>	4001

Vehicle	Command	PX4_SYS_AUTOSTART
X500 Quadrotor with Depth Camera (Front-facing)	<code>make px4_sitl gz_x500_depth</code>	4002
Quadrotor(x500) with Vision Odometry	<code>make px4_sitl gz_x500_vision</code>	4005
Quadrotor(x500) with 1D LIDAR (Down-facing)	<code>make px4_sitl gz_x500_lidar_down</code>	4016
Quadrotor(x500) with 2D LIDAR	<code>make px4_sitl gz_x500_lidar_2d</code>	4013
Quadrotor(x500) with 1D LIDAR (Front-facing)	<code>make px4_sitl gz_x500_lidar_front</code>	4017
Quadrotor(x500) with gimbal (Front-facing) in Gazebo	<code>make px4_sitl gz_x500_gimbal</code>	4019
VTOL	<code>make px4_sitl gz_standard_vtol</code>	4004
Plane	<code>make px4_sitl gz_rc_cessna</code>	4003
Advanced Plane	<code>make px4_sitl gz_advanced_plane</code>	4008
Quad Tailsitter VTOL	<code>make px4_sitl gz_quadtailsitter</code>	4018
Tiltrotor VTOL	<code>make px4_sitl gz_tiltrotor</code>	4020
Differential Rover	<code>make px4_sitl gz_rover_differential</code>	5000
Ackermann Rover	<code>make px4_sitl gz_rover_ackermann</code>	51000
Mecanum Rover	<code>make px4_sitl gz_rover_mecanum</code>	52000

不同版本编译命令的区别如下：

- https://docs.px4.io/v1.14/en/sim_gazebo_gz/
- https://docs.px4.io/v1.15/en/sim_gazebo_gz/
- https://docs.px4.io/v1.16/en/sim_gazebo_gz/

4) 其他操作和前文大致相同。请自行探索。



5) 若要还原旧版Gazebo环境，可使用同样方法：

```

1 | apt install gazebo
2 | make clean
3 | rm -rf build
4 | git submodule update --init --recursive
5 | make px4_sitl gazebo-classic

```

5. 关键知识点

- **Gazebo与PX4联合仿真机制:** RflySim支持绕开常规SITL，直接调用原生Gazebo连通PX4。
- **不同版本PX4下Gazebo配置特点:** 随着PX4演进，1.14版本及以后默认开始迁移至gz-garden环境，在多版本测试中需明确切换（`make clean`、换包）。
- **Windows下Mavros对接测试:** 在QGC挂载后，可通过WSL快速开启mavros并发布Offboard位置指令控制飞机。

6. 参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [PX4 1.12 Gazebo Vehicles](#)
3. [PX4 1.14 Gazebo Classic](#)
4. [PX4 1.14+ gz-garden](#)

7. 常见问题

Q1: 新版Gazebo环境编译中如果出现git子模块下载失败问题该如何处理?

A1: 可能需要自行解决外网网络连接问题, 确保代理或环境可以正常访问GitHub进行依赖包和子模块拉取。

Q2: 为什么发送Offboard指令后, 飞机没有起飞或者退出了Offboard模式?

A2: 缺少遥控器的心跳检测会导致飞控触发Failsafe安全保护, 进而退出Offboard并进入返航或降落模式。解决方法是在QGC地面站中开启虚拟游戏手柄, 维持控制连接。

Q3: 旧版和新版Gazebo能否同时存在?

A3: 旧版和新版gazebo是互斥的, 不能同时存在。需要使用 `apt install gazebo` 或 `apt install gz-garden` 安装命令来切换, 且切换前请执行清理指令以避免冲突。

1. <https://rflysim.com/> ↩

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