

## 1、实验名称及目的

**PX4 模块替换实验：**因 Simulink 控制器模块与 PX4 内部子模块是相互独立，并行运行的。因此，在本实验中只需要将 PX4 模块的输出消息屏蔽掉，用 Simulink 控制器发送该消息，就能实现模块的替换。

## 2、实验效果

手动成功屏蔽了 uORB 消息：actuators\_0，并将 Simulink 的控制器模型烧录飞控只可实现正常硬件在环仿真。

## 3、文件目录

文件夹/文件名称		说明
icon	Init.m	模型初始化参数文件。
	MavLinkStruct.mat	MAVLink 结构体数据文件。
	pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
Exp6_ReplacePX4AttitudeCtrler.slx		改造后的姿态控制模型。
Init_control.m		控制器初始化参数文件。

## 4、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 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 平台免费版	卓翼 H7 飞控 <sup>②</sup>	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 <sup>③</sup>	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：droneyee\_zyfc-h7\_default，固件版本为：1.12.1。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：福斯 FS-i6S、配套接收器为：FS-iA6B。遥控器相关配置见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

## 5、实验步骤

### Step 1:

打开 MATLAB 软件，在 MATLAB 中打开 RflySim 安装文件夹，运行 OnekeyScript.p 一键安装脚本，在弹出的一键安装脚本对话框中，进行如下设置。设置完成后，点击确认等待安装完成。

工具箱一键安装脚本 V2.53-20230529

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-v6x\_default, droneeye\_racer\_default等  
droneeye\_zyfc-h7\_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: PX4-1.13.3)  
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)  
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)  
是

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)  
是

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)  
是

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")  
否

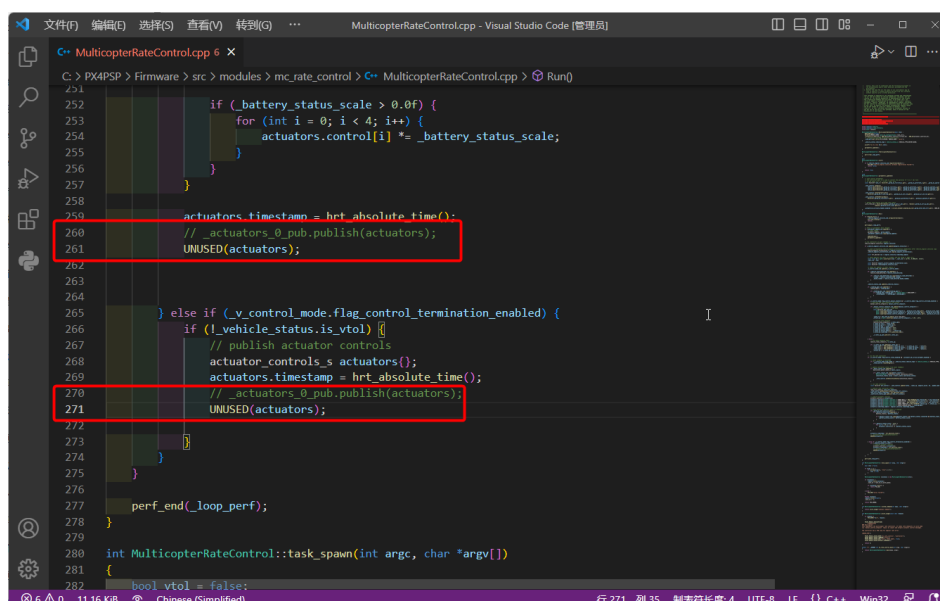
确定 取消

## Step 2:

使用 VScode 打开"\*PX4PSP\Firmware\src\modules\mc\_rate\_control\MulticopterRateControl.cpp"文件, 在文件搜索 "\_actuators\_0\_pub.publish(actuators);", 可以看出文件中有两处该程序段。

```
251 if (_battery_status_scale > 0.0f) {  
252     for (int i = 0; i < 4; i++) {  
253         actuators.control[i] *= _battery_status_scale;  
254     }  
255 }  
256 }  
257 }  
258 }  
259 actuators.timestamp = hrt_absolute_time();  
260 _actuators_0_pub.publish(actuators);  
261 }  
262 }  
263 } else if (_v_control_mode.flag_control_termination_enabled) {  
264     if (!vehicle_status.is_vtol) {  
265         // publish actuator controls  
266         actuator_controls_s actuators{};  
267         actuators.timestamp = hrt_absolute_time();  
268         _actuators_0_pub.publish(actuators);  
269     }  
270 }  
271 }  
272 }  
273 }  
274 perf_end(_loop_perf);  
275 }  
276 }  
277 int MulticopterRateControl::task_spawn(int argc, char *argv[])  
278 {  
279     bool vtol = false;  
280 }  
281 if (argc > 1) {  
282     if (strcmp(argv[1], "vtol") == 0) {
```

将这两处进行修改, 修改之后的程序如下图, 修改完成之后点击保存。



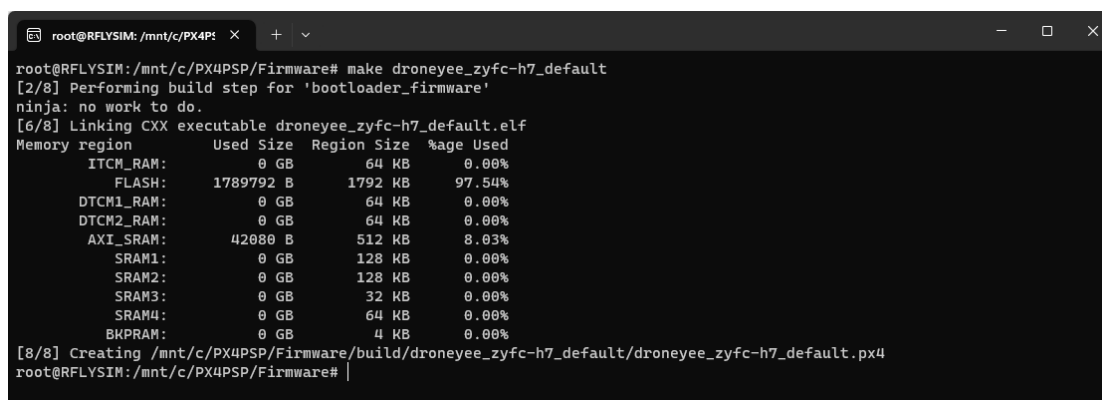
此操作是为了能够替换掉飞控的姿态控制器（手动模式），屏蔽掉原来 PX4 姿态控制器 mc\_rate\_control 的最关键输出 uORB 消息，也就是“actuator\_controls\_0”。但是，由于上述代码中涉及到了 actuators 变量，直接注释可能导致 actuators 变量定义了但是未被使用，在 PX4 严格的代码检查模式，这种不规范的编程行为（定义变量但是未使用，这段代码就没有意义）将会视为错误，导致编译不通过。因此，我们添加 UNUSED 宏来标注未使用的变量，避免编译器报错。

### Step 3:

打开桌面“\*\桌面\RflyTools\Win10WSL.lnk”的 WSL 子系统快捷方式，输入：

```
make droneeye_zyfc-h7_default
```

等待编译成功，如下图：



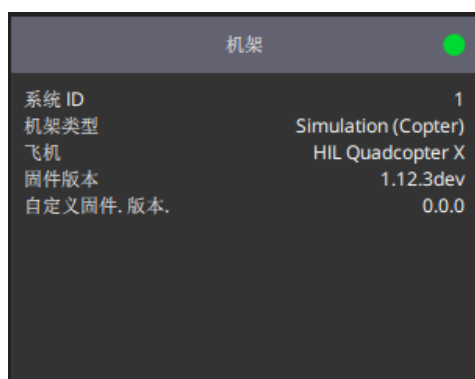
### Step 4:

打开 QGC 烧录上一步编译的固件，此固件位置在：“\*\PX4PSP\Firmware\build\droneeye\_zyfc-h7\_default\droneeye\_zyfc-h7\_default.px4”，具体烧录步骤请查看视频：[https://www.bilibili.com/video/BV1sa4y1V7hv/?spm\\_id\\_from=333.999.0.0&vd\\_source=1654a620e9867b8f22757a07c243c61d](https://www.bilibili.com/video/BV1sa4y1V7hv/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=1654a620e9867b8f22757a07c243c61d)，或扫码观看。



## Step 5:

上传成功后，在 QGC 中校准遥控器并设置飞行模式，打开 QGroundControl 软件。确认无人机机架及遥控器通设置如下：

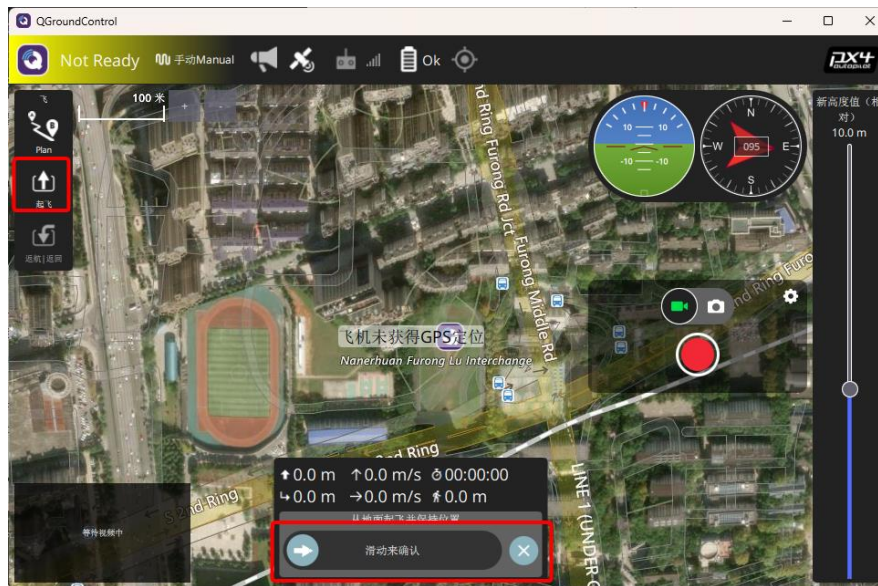


完成后双击打开"\*\\桌面\\RflyTools\\HITLRun.lnk"或"\*\\PX4PSP\\RflySimAPIs\\HITLRun.bat"文件，在弹出的 CMD 对话框中输入插入的飞控 Com 端口号，即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、QGroundControl 软件，等待 CopterSim 的状态框中显示：PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished。

```
PX4: Init MAVLink
CopterSim: CopterID is 1, PX4 SysID is 1
PX4: Awaiting GPS/EKF fixed for Position control...
PX4: Enter Manual Mode!
PX4: Found firmware version: 1.12.3dev
PX4: Command ARM/DISARM ACCEPTED
PX4: Command REQUEST_AUTOPILOT_VERSION ACCEPTED
PX4: EKF2 Estimator start initializing...
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.
```

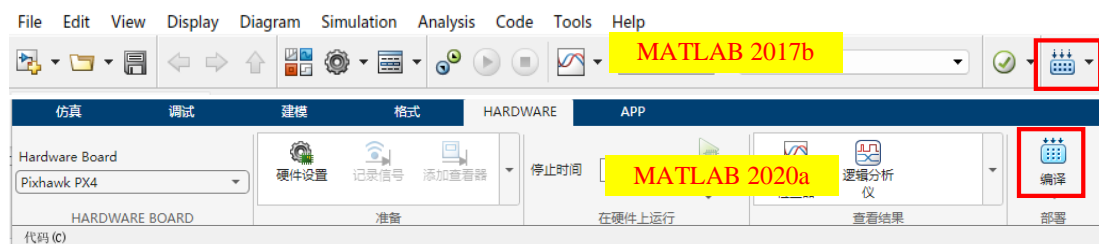
## Step 6:

通过 QGC 软件进行起飞，如果不能起飞，说明输出接口屏蔽成功。或者通过 QGC 的 MAVLink Inspector 中观察返回的数据，来看是否有姿态控制数据发出（这种方法适用于其他模块的替换）。



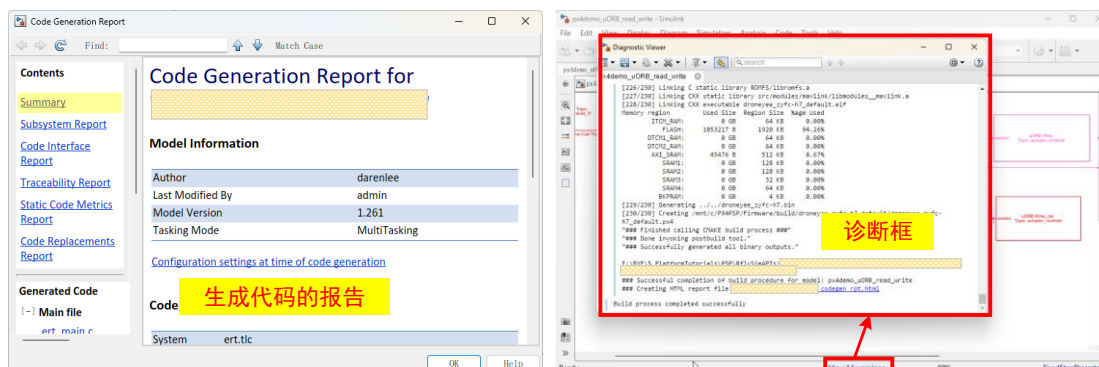
## Step 7:

在 MATLAB 中运行 Init\_control.m 文件，将自动打开 Exp6\_ReplacePX4AttitudeCtrlr.slx 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



## Step 8:

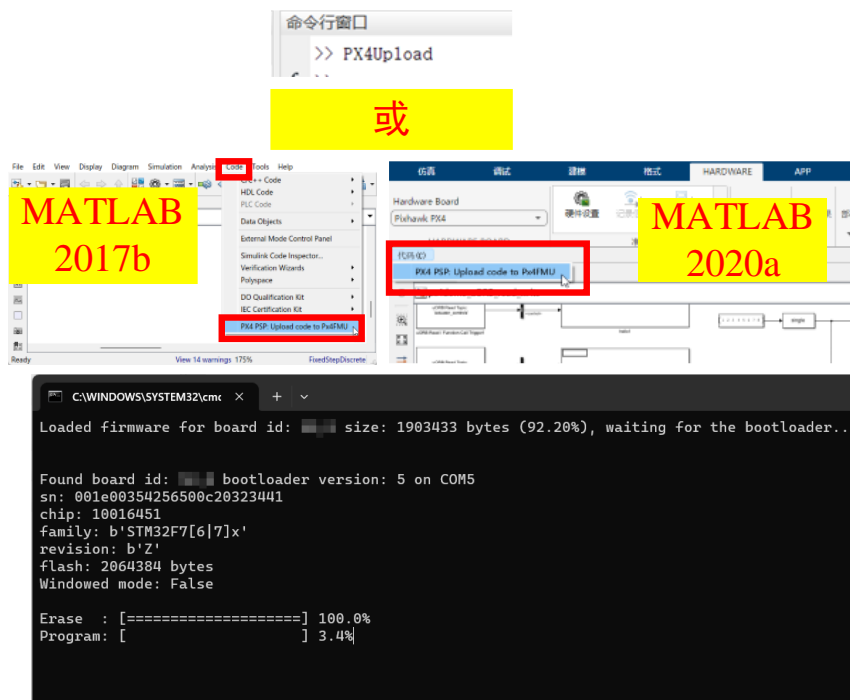
在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



## Step 9:

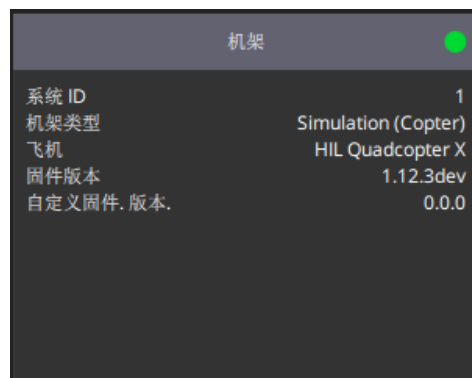
用 USB 数据线链接飞控与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4Upload 并运行或点击 PX4 PSP: Upload code to Px4FMU，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞控中，

等待上传成功。或查看视频教程：[https://www.bilibili.com/video/BV1sa4y1V7hv/?spm\\_id\\_from=333.999.0.0&vd\\_source=1654a620e9867b8f22757a07c243c61d](https://www.bilibili.com/video/BV1sa4y1V7hv/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=1654a620e9867b8f22757a07c243c61d)。



## Step 10:

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 11:

重复步骤 Step5、Step6，使用 QGC 解锁，通过遥控器控制飞机。飞机能够起飞，并且能够控制姿态（应该不如原生的姿态控制效果好，特别是偏航通道）。这里我们用 Simulink 编写控制器，订阅角速度 `vehicle_angular_velocity`、角度 `vehicle_attitude` 数据、和遥控输入数据 `manual_control_setpoint`，实现姿态控制器，再发送“`actuator_controls_0`”消息，从而实现姿态控制器的替换。

注：由于我们这里只修改了遥控器输入下的姿态控制，因此需要用遥控器，将飞控模式切换到自稳模式（CH5 或 CH6 通道），然后用遥控器解锁起飞来测试。

## Step 12:

开发完成后，请务必将修改的代码归回原位，以免影响其他功能的开发。可以重新运行安装脚本，使用如下配置进行固件还原。



配置项	配置值
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-v6x_default, droneeye_racer_default等	droneeye_zyfc-h7_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: PX4-1.13.3)	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)	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)	是
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)	是
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)	是
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

## 6、参考资料

- [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.