

---

# 1. 实验名称及目的

## 1.1. 实验名称

PX4 功能替换切换实验（仅限完整版及以上版本）

## 1.2. 实验目的

我们在飞控开发时，只想替换 PX4 控制器中某个模块（例如，姿态环、速度环、或替换混控器来支持其他载具），这时候就需要能够对 PX4 原本的模块的输入输出信号进行拦截，并替换为我们自己的控制器的信号。

除了功能直接替换，为了方便调试或者算法对比，还需要支持随时能够切换 PX4 控制器或我们的 Simulink 控制器。

一方面，可以用 PX4 起飞悬停后，切换到我们自己的代码，进行一些算法验证；另一方面：在发生危险时，我们能够快速的切换回 PX4 的原有模式，并用遥控器接管控制器，来保证实验安全。

## 1.3. 关键知识点

- 信号拦截和替换
- 模块替换
- 调试和算法对比

# 2. 实验效果

通过发送 `actuator_outputs_rfly` 消息，就能实现控制信号的替换，再进行固件的编译和烧录，运行 HITLRun 就能观察实现效果。

# 3. 文件目录

文件夹/文件名称	说明	
1.BasicModiDemo	1.OrinFile	未修改的源码文件（1.12 固件版本）
	2.Modified	修改后的源码文件（1.12 固件版本）
	3.AutoModi	自动修改源码文件
	actuator_outputs_rfly_send.slx	actuator_outputs_rfly 消息发送模型
2.RflyAdvDemo	1.Modified	修改后的源码文件（1.12 固件版本）
	actuator_outputs_rfly_send.slx	actuator_outputs_rfly 消息发送模型
BasicModiDemo	1.OrinFile	未修改的源码文件（1.13 固件版本）
	2.Modified	修改后的源码文件（1.13 固件版本）
	3.AutoModi	自动修改源码文件
	actuator_outputs_rfly_send.slx	actuator_outputs_rfly 消息发送模型
4.RflyAdvDemo-	1.Modified	修改后的源码文件（1.13 固件版本）

1.13	actuator_outputs_rfly_send.slx	actuator_outputs_rfly 消息发送模型
Exp1_RePX4Block.slx		四旋翼姿态控制模型文件。

## 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 工具链	Pixhawk 6x 或 Pixhawk 6x mini <sup>②</sup>	1
		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>

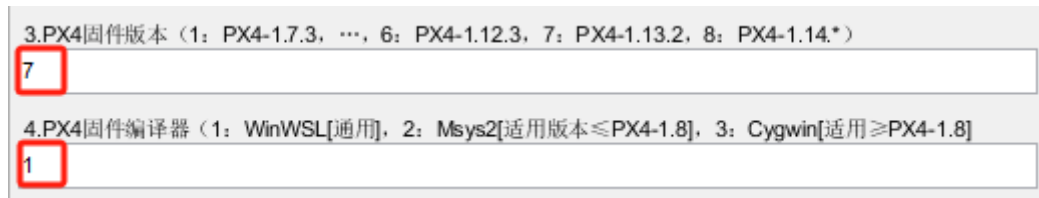
②：须保证平台安装时的编译命令为：px4\_fmu-v6x\_default，固件版本为：1.12.3 其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

③：本实验演示所使用的遥控器为：天地飞 WFLY-ET10、配套接收器为：WFLY-RF20 9S。遥控器相关配置见：<https://rflysim.com/doc/zh/B/3.1ET10.html>

## 5. 实验步骤

### 5.1. 手动代码修改实验

运行一键安装脚本，确保固件版本为“7”，即 1.13 版本。



方式一：在安装好后，我们可以选择手动修改源码，打开 C:\PX4PSP\Firmware\msg\actuator\_outputs.msg 和 C:\PX4PSP\Firmware\src\modules\mavlink\streams\HIL\_ACTUATOR\_CONTROLS.hpp，进行如下修改：

```

actuator_outputs.msg
1 uint64 timestamp # time since system start (microseconds)
2 uint8 NUM_ACTUATOR_OUTPUTS = 16
3 uint8 NUM_ACTUATOR_OUTPUT_GROUPS = 4 # for sanity checking
4 uint32 noutputs # valid outputs
5 float32[16] output # output data, in natural output units
6
7 # actuator_outputs_sim is used for SITL, HITL & SIH (with an output range of [-1, 1]) actuator_outputs_rfly
8 # TOPICS actuator_outputs actuator_outputs_sim actuator_outputs_rfly
9

```

直接搜索“ORB\_ID(actuator\_outputs)”字段，找到 ORB\_ID 相关代码，将消息 ID 从 actuator\_outputs 变为 actuator\_outputs\_rfly。

```
68 }
69
70 uORB::Subscription _act_sub{ORB_ID(actuator_outputs_rfly)};
71
72 uORB::Subscription _rfly_arm_sub{ORB_ID(actuator_armed_rfly)}; //DaiEdit
73 actuator_armed_s_rfly_arm; //DaiEdit
```

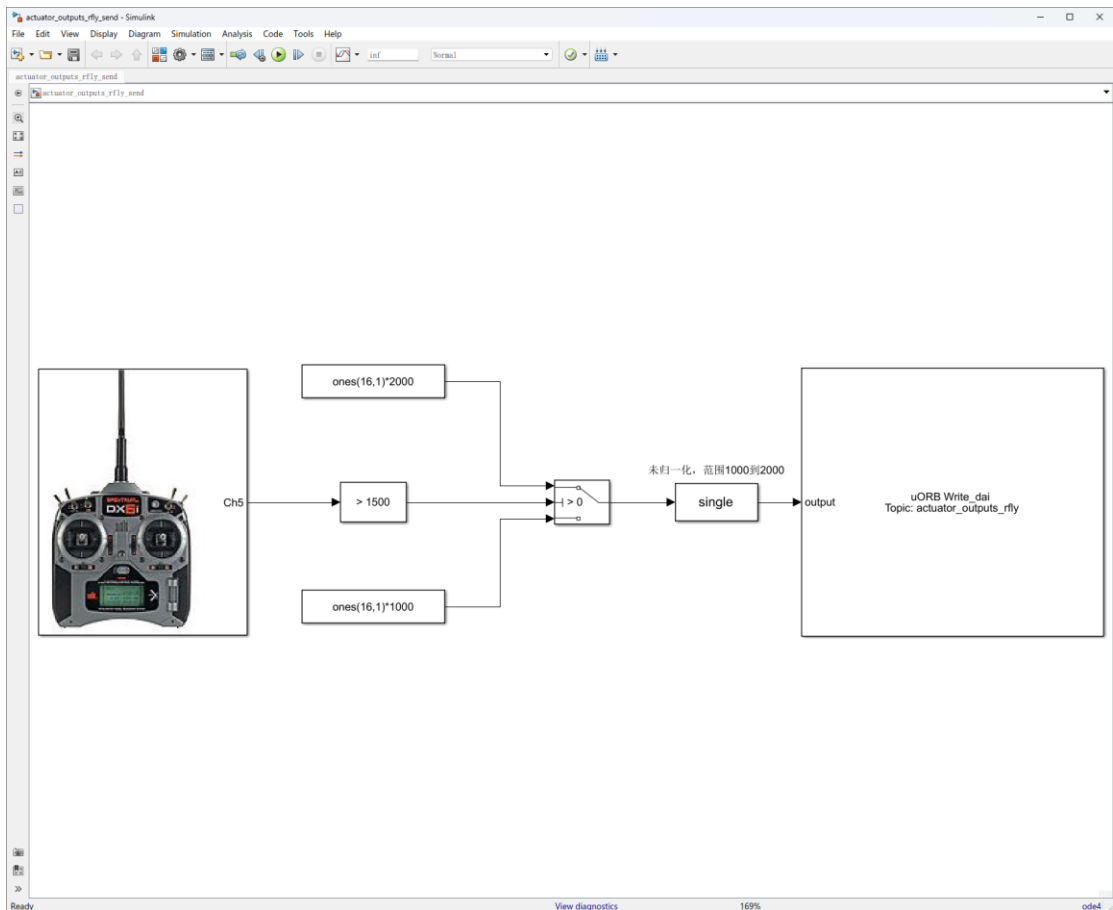
方式二：我们也可以选择直接替换的方式，打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\le0\\_AdvApiExps\5.RepPX4Func\3.BasicModiDemo-1.13\2.Modified](#)可以看到如下图所示 actuator\_outputs.msg 和 HIL\_ACTUATOR\_CONTROLS.hpp 修改好的源码。

名称	修改日期	类型	大小
actuator_outputs.msg	2024/5/6 14:44	Outlook.File.msg...	1 KB
HIL_ACTUATOR_CONTROLS.hpp	2024/5/6 15:35	C/C++ Header	9 KB

将 actuator\_outputs.msg 文件复制到 C:\PX4PSP\Firmware\msg 目录下和将 HIL\_ACTUATOR\_CONTROLS.hpp 文件复制到 C:\PX4PSP\Firmware\src\modules\mavlink\streams 目录下，注意：二者均选择“替换目标中的文件”。

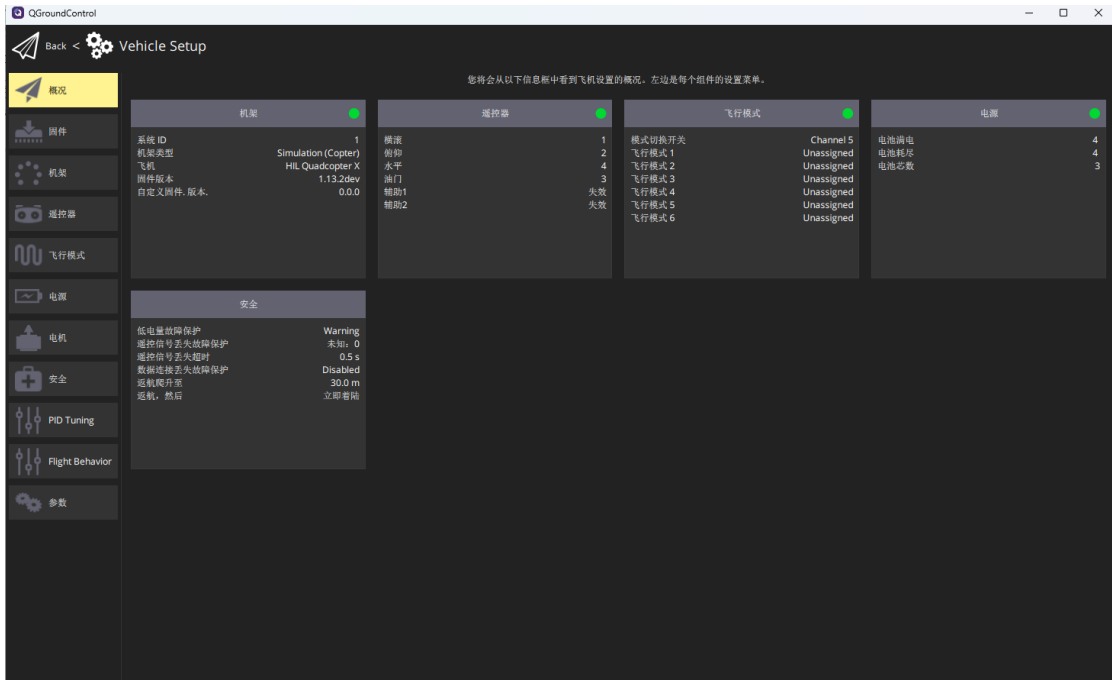


修改好之后，用 MATLAB 打开 [3.BasicModiDemo-1.13](#) 中的 actuator\_outputs\_rfly\_send.slx 例程



在 Simulink 中，点击编译命令。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，左图侧为生成的编译报告。

将固件烧录到飞控中，进行硬件在环仿真实验。



CH5 拨到最高档，发送 `actuator_outputs_rfly` 消息全为 2000，对应满油门，飞机会满油门上飞



在 Mavlink 控制台中输入:

```
listener actuator_outputs_rfly
```

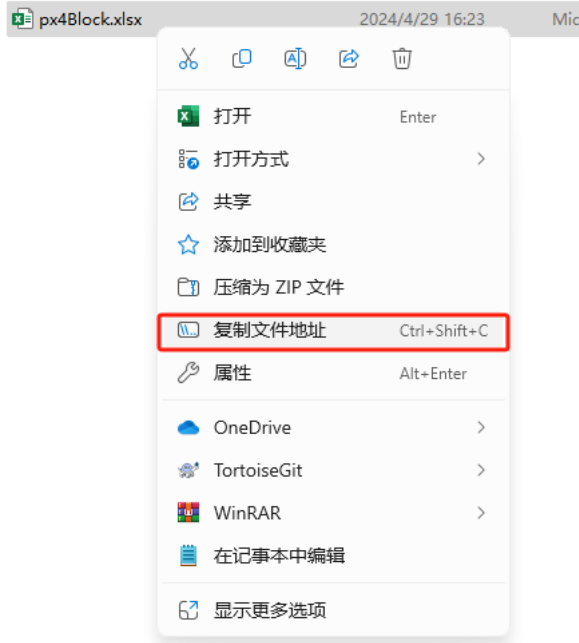




平台自动修改 `actuator_outputs.msg` 和 `HIL_ACTUATOR_CONTROLS.hpp` 文件，打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\e0\\_AdvApiExps\5.RepPX4Func\3.BasicModiDemo-1.13\3.AutoModi](#) 中的 `px4Block.xlsx` 文件，由于 1.13.2 固件版本 mag 消息 `actuator_outputs.msg` 中包含了 `# TOPICS actuator_outputs actuator_outputs_rfly` 这条消息。



然后打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\e0\\_AdvApiExps\5.RepPX4Func\3.BasicModiDemo-1.13\3.AutoModi](#) 右键选中“`px4Block.xlsx`”文件，点击“复制文件地址”，得到文件的绝对路径。

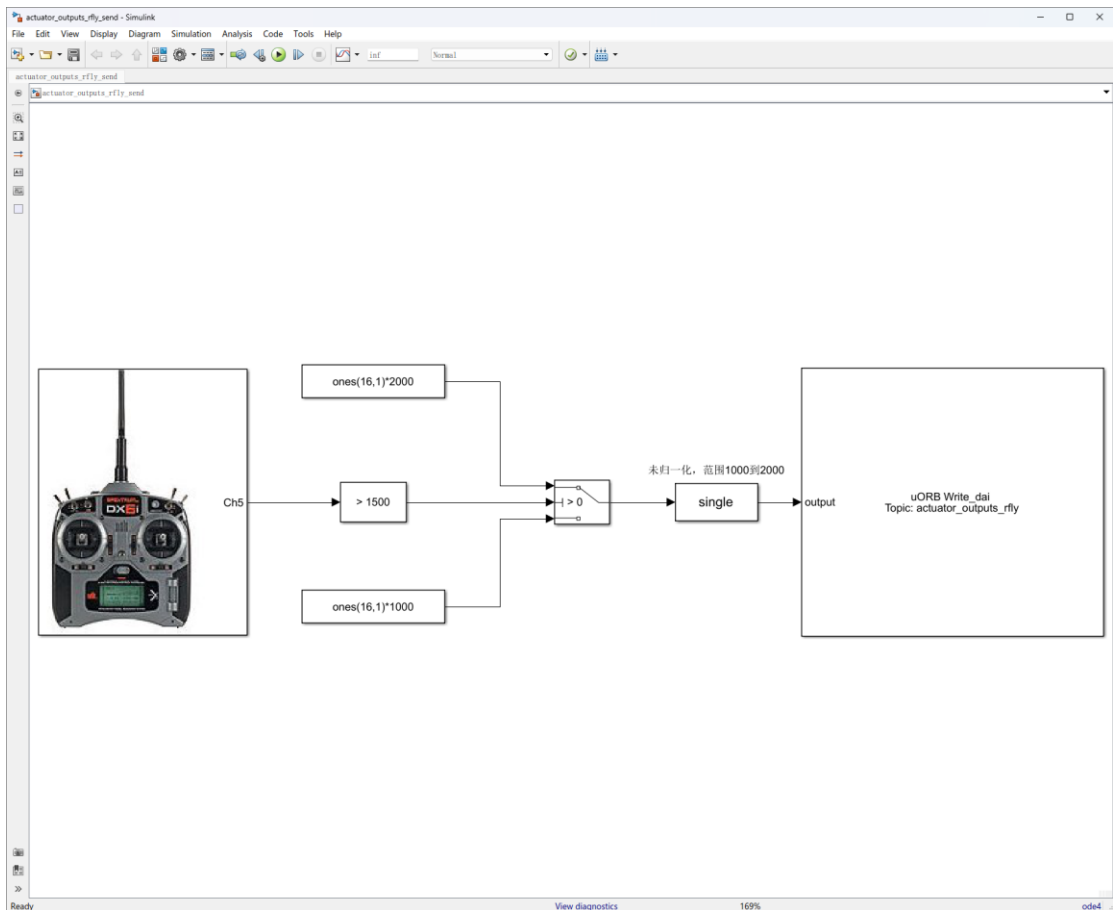


打开 MATLAB，运行如下指令

```
命令窗口
>> PX4ModiFile C:\Users\admin\Desktop\55555\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\e0_Adv
fx >> |
```

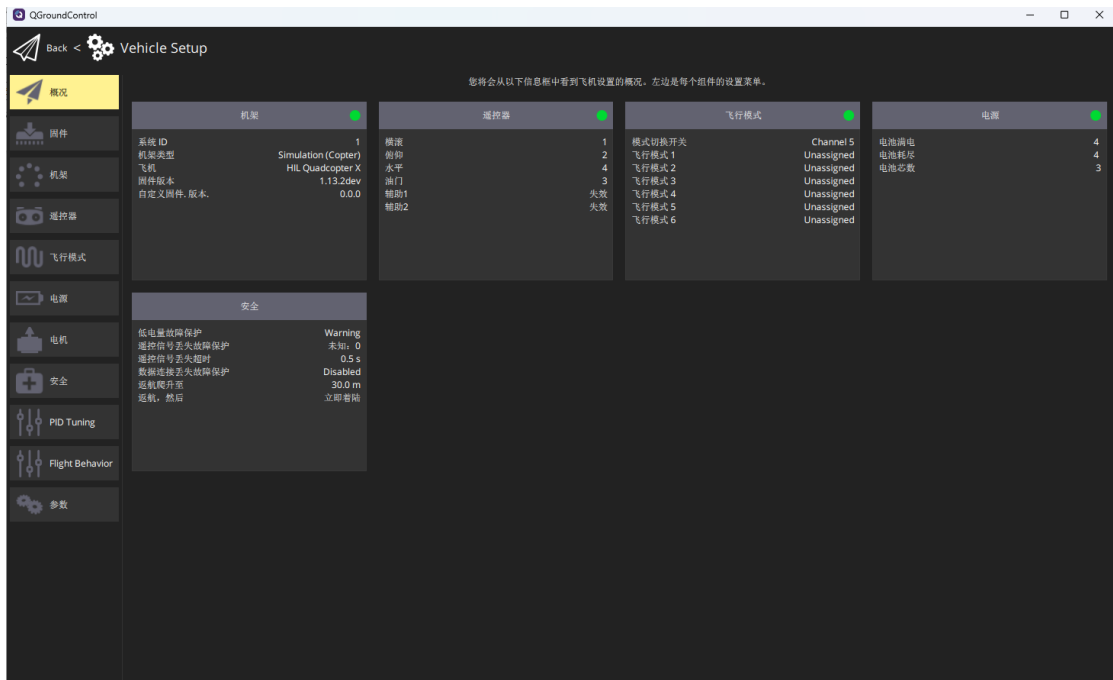
注意：文件名不需要引号；文件名要用绝对地址。

修改好之后，用 MATLAB 打开 [3.BasicModiDemo-1.13](#) 中的 `actuator_outputs_rfly_send.s`  
lx 例程



在 Simulink 中，点击编译命令。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，左图侧为生成的编译报告。

将固件烧录到飞控中，进行硬件在环仿真实验。



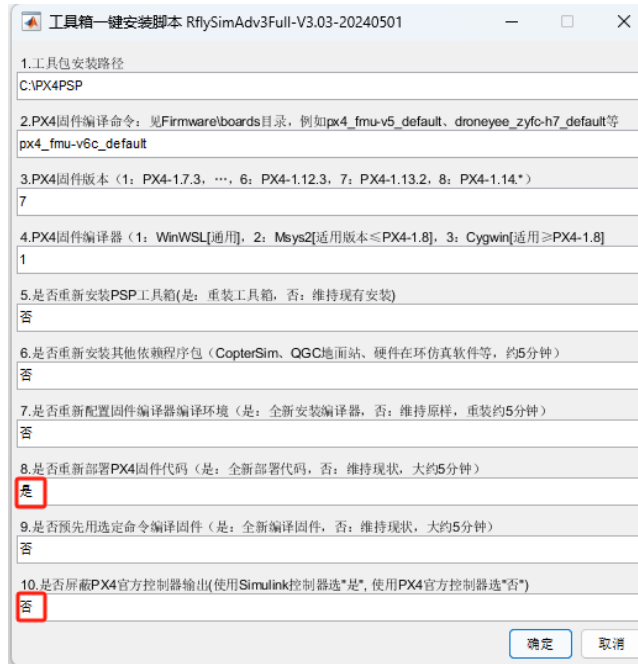
CH5 拨到最高档，发送 `actuator_outputs_rfly` 消息全为 2000，对应满油门，飞机会满油门上飞



在 Mavlink 控制台中输入:

```
listener actuator_outputs_rfly
```





方式一：阅读 C:\PX4PSP\Firmware\msg\ actuator\_armed.msg 和 C:\PX4PSP\Firmware\msg\ actuator\_outputs.msg。在 1.13.2 固件版本中，由于 actuator\_armed.msg 消息中包含了#TOPICS actuator\_armed\_rfly 和 actuator\_outputs.msg 这条消息中包含了#TOPICS actuator\_outputs\_rfly，所以我们不用作修改。

注：如果是 1.13 固件版本之前没有的话，需要我们自行添加。

```

actuator_armed.msg
1 uint64 timestamp # time since system start (microseconds)
2
3 bool armed # Set to true if system is armed
4 bool prearmed # Set to true if the actuator safety is disabled but motors are not armed
5 bool ready_to_arm # Set to true if system is ready to be armed
6 bool lockdown # Set to true if actuators are forced to being disabled (due to emergency or HIL)
7 bool manual_lockdown # Set to true if manual throttle kill switch is engaged
8 bool force_failsafe # Set to true if the actuators are forced to the failsafe position
9 bool in_esc_calibration_mode # IO/FMU should ignore messages from the actuator controls topics
10 bool soft_stop # Set to true if we need to ESCs to remove the idle constraint
11
12 # TOPICS actuator_armed actuator_armed_rfly
13

```

```


actuator_outputs.msg
1 uint64 timestamp # time since system start (microseconds)
2 uint8 NUM_ACTUATOR_OUTPUTS = 16
3 uint8 NUM_ACTUATOR_OUTPUT_GROUPS = 4 # for sanity checking
4 uint32 noutputs # valid outputs
5 float32[16] output # output data, in natural output units
6
7 # actuator_outputs_sim is used for SITL, HIL & SIH (with an output range of [-1, 1]) actuator_outputs_rfly
8 # TOPICS actuator_outputs actuator_outputs_sim actuator_outputs_rfly
9

```

打开 C:\PX4PSP\Firmware\src\modules\mavlink\streams\HIL\_ACTUATOR\_CONTROLS.hpp,修改如下。

```
73 actuator_armed_s_rfly arm; //DaiEdit
74 bool _is_ctrl_rfly=false; //DaiEdit
75 bool _is_init=false; //DaiEdit
76 bool _is_io_rfly=DEFAULT_IO_RFLY; //DaiEdit
77 bool _is_sim_rfly=DEFAULT_SIM_RFLY; //DaiEdit
```

方式二：我们也可以选择直接替换的方式，打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\5.0\\_AdvApiExps\5.RepPX4Func\4.RflyAdvDemo-1.13\1.Modified](#) 可以看到如下图所示 `actuator_armed.msg`、`actuator_outputs.msg` 和 `HIL_ACTUATOR_CONTROLS.hpp` 修改好的源码。

名称	修改日期	类型	大小
 <code>actuator_armed.msg</code>	2024/5/6 14:44	Outlook.File.msg...	1 KB
 <code>actuator_outputs.msg</code>	2024/5/6 14:44	Outlook.File.msg...	1 KB
 <code>HIL_ACTUATOR_CONTROLS.hpp</code>	2024/5/6 15:59	C/C++ Header	9 KB

将 `actuator_armed.msg` 和 `actuator_outputs.msg` 文件复制到 `C:\PX4PSP\Firmware\msg` 目录下，将 `HIL_ACTUATOR_CONTROLS.hpp` 文件复制到 `C:\PX4PSP\Firmware\src\modules\mavlink\streams` 目录下，注意：三者均选择“替换目标中的文件”。

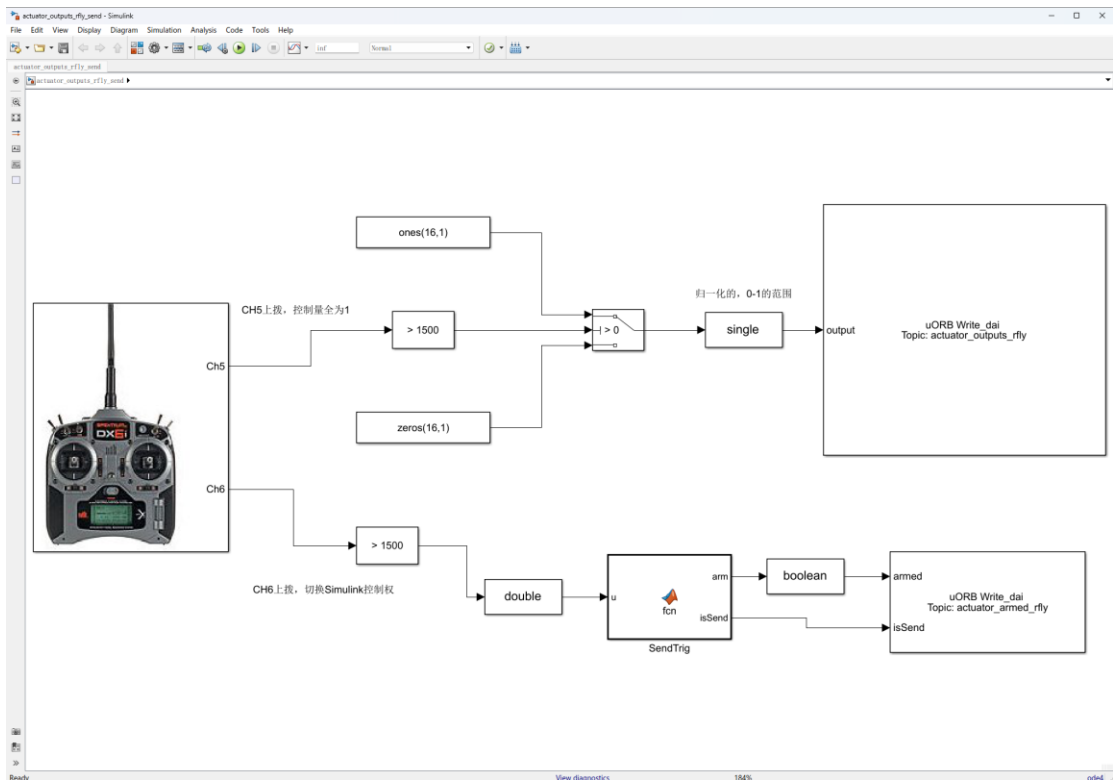


在该源码中需要注意：

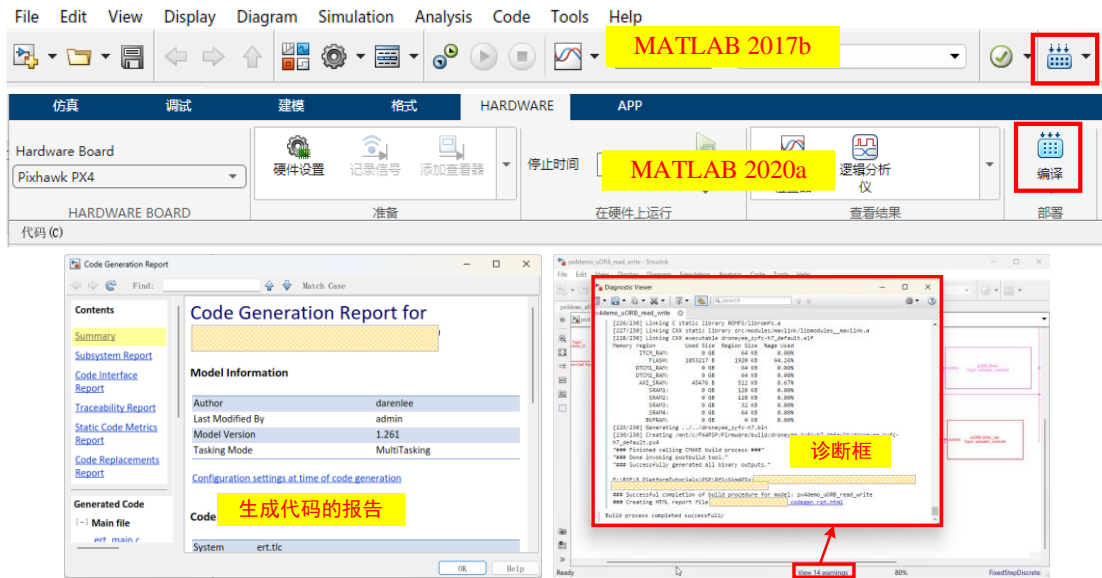
注意 1：1.13 之前的 PX4 官方控制器的 `actuator_outputs` 范围是 1000~2000，会被重映射到 -1~1 范围再通过 `hil_actuator_controls` 消息发出去，被 CopterSim 的无人机模型接收。从 1.13 开始，`actuator_outputs` 消息直接使用归一化的 -1 到 1 的范围量。

注意 2：这里的 `msg.flags=123` 是一个暗号，告诉 CopterSim 输出量 `actuator_outputs` 已完成归一化，直接使用。

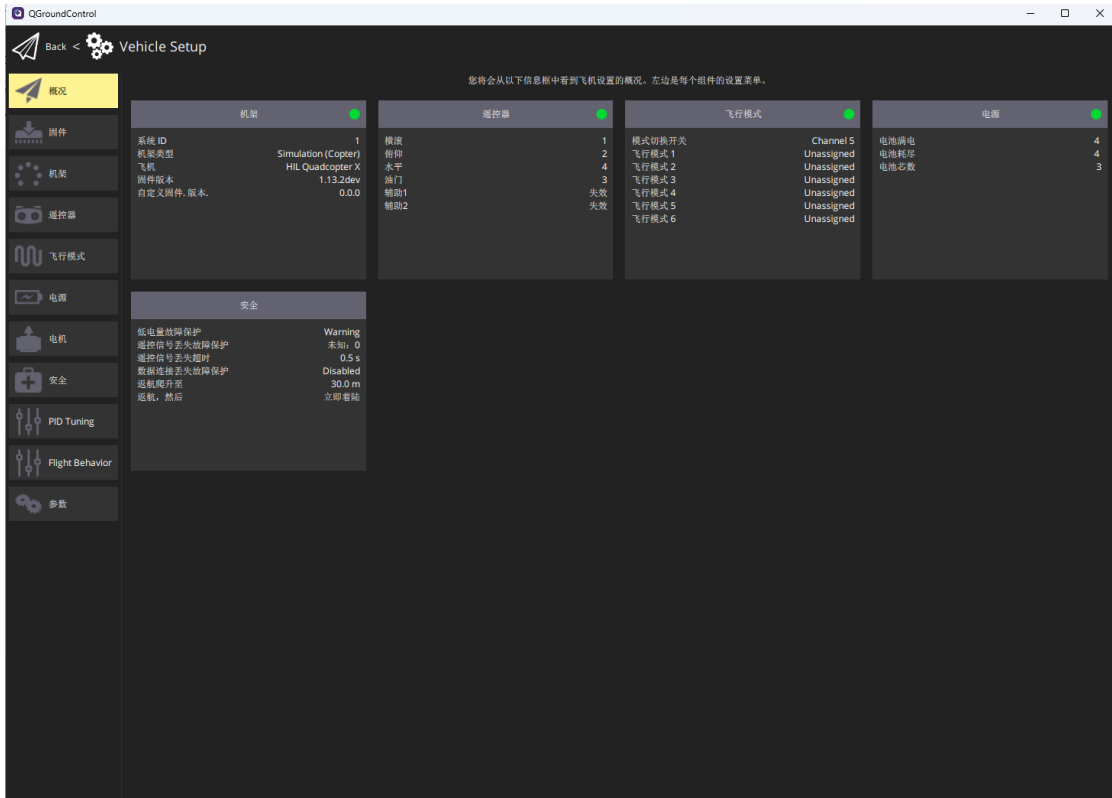
修改好之后，用 MATLAB 打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\2.AdvExps\5.0\\_AdvApiExps\5.RepPX4Func\2.RflyAdvDemo](#) 中的 `actuator_outputs_rfly_send.slx` 文件。



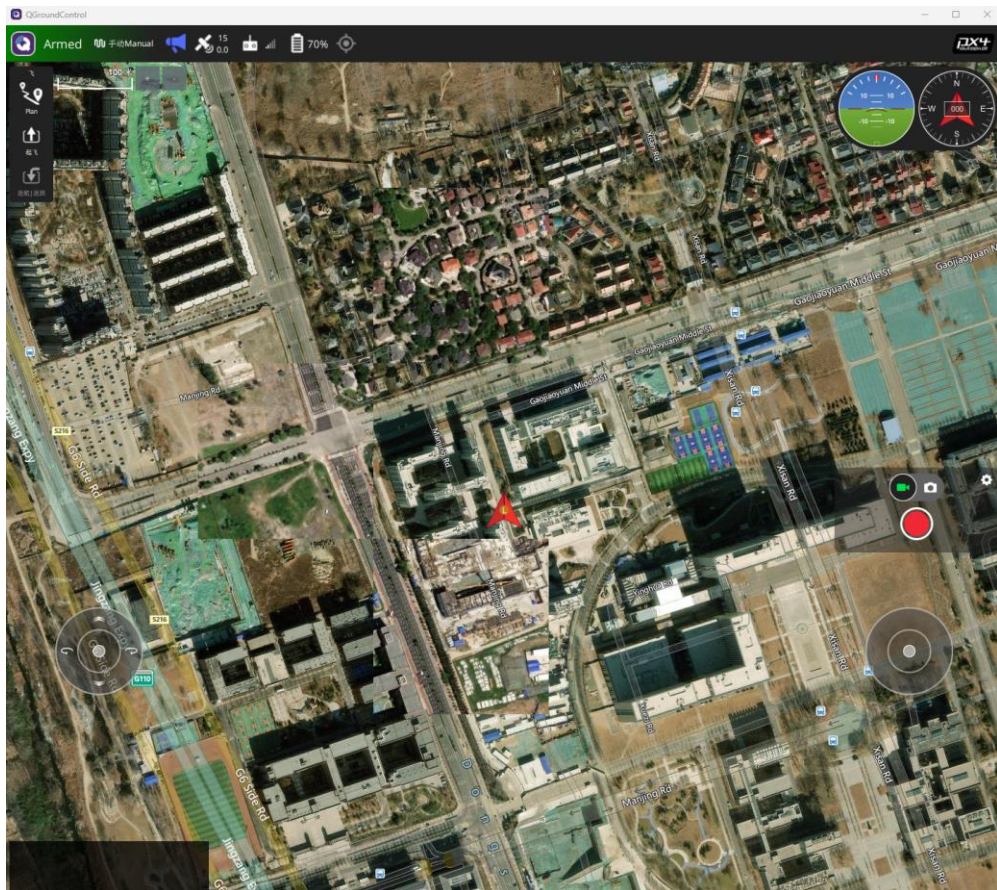
在 Simulink 中，点击编译命令。在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图例为生成的编译报告。



将固件烧录到飞控中，进行硬件在环仿真实验。



CH6 下拨, 会触发 armed\_rfly 消息发出, 有 armed 位为 1, 将切换到接收 actuator\_outputs\_rfly 的消息, 也就是切换 Simulink 控制权。同理, CH6 下拨, 切换 PX4 控制权。

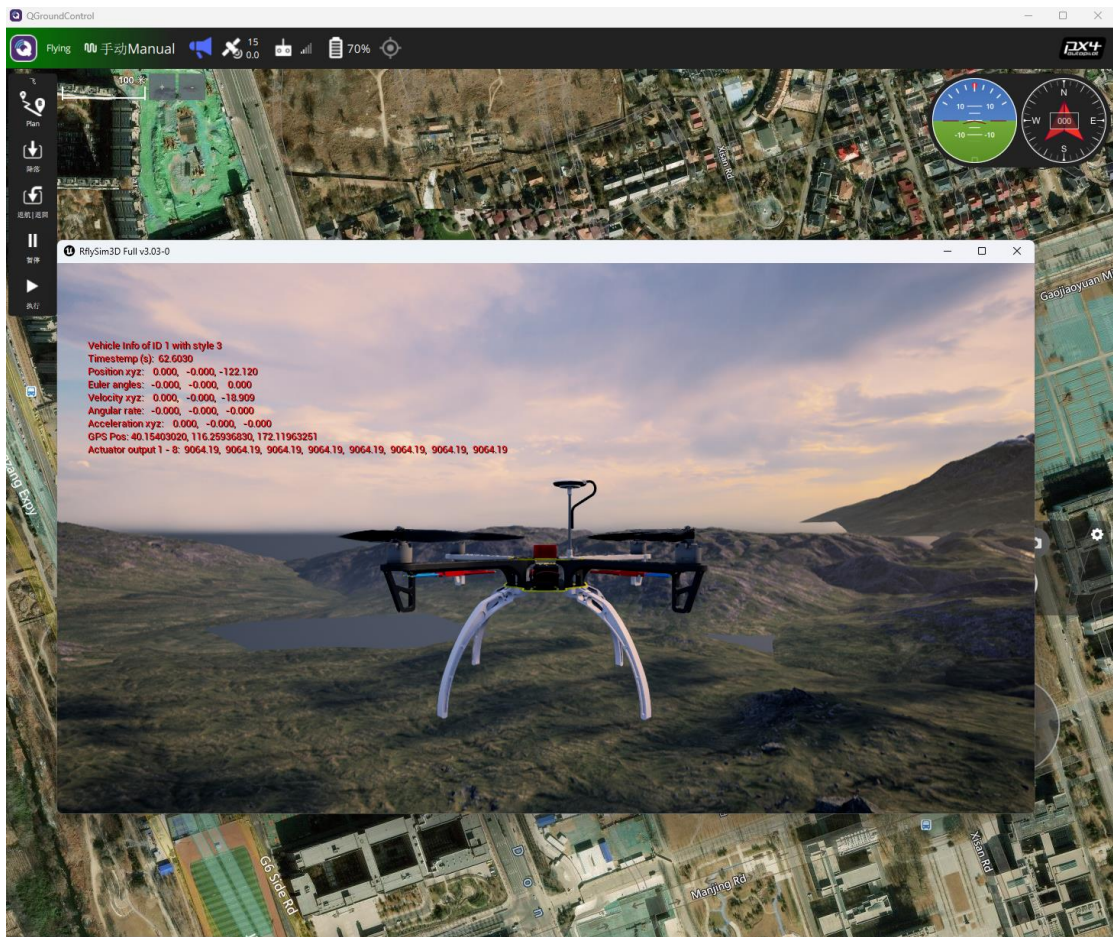


在 Mavlink 控制台中输入查看：

```
listener actuator_armed_rfly
```

```
listener actuator_armed_rfly
TOPIC: actuator_armed_rfly
actuator_armed_rfly
  timestamp: 210703211 (6.432930 seconds ago)
  armed: True
  prearmed: False
  ready_to_arm: False
  lockdown: False
  manual_lockdown: False
  force_failsafe: False
  in_esc_calibration_mode: False
nsh>
```

在 CH6 下拨的前提下，也就是处于 arm 模式，CH5 下拨，电机全为 1，飞机上飞；

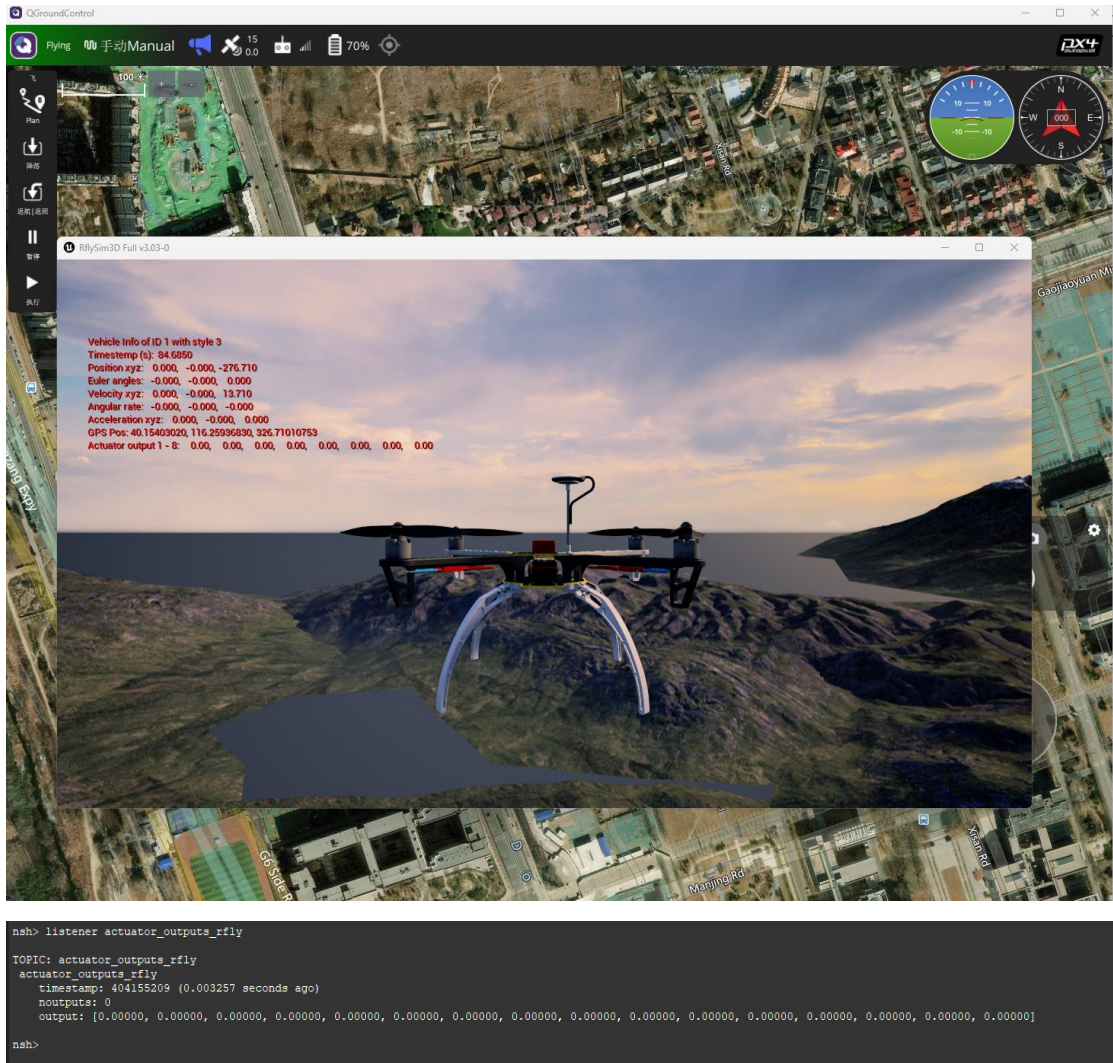


在 Mavlink 控制台中输入查看：

```
listener actuator_outputs_rfly
```

```
listener actuator_outputs_rfly
TOPIC: actuator_outputs_rfly
actuator_outputs_rfly
  timestamp: 380439210 (0.004368 seconds ago)
  outputs: 0
  output: [1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000, 1.00000]
nsh>
```

CH5 上拨，电机全为 0，飞机落地。



## 6. 参考资料

[1] 无。

## 7. 常见问题

Q1: \*\*\*

A1: \*\*\*