

1. 实验名称及目的

1.1. 实验名称

自定义屏蔽 PX4 中任意模块输出（仅限完整版及以上版本）

注：本例程需要升级 RflySim 到 2023 年 8 月 29 日及以上版本进行实验

1.2. 实验目的

基于 RflySim 底层控制算法开发时，为了验证所开发的控制算法，我们需要屏蔽掉 PX4 软件中的输出，在大多数情况下，我们只需要直接屏蔽掉 PX4 软件系统中的电机输出即可。但是，某些特定开发任务需要屏蔽的是 PX4 软件系统中某个模块的某个中间量，以此满足开发需求。本实验通过替换 PX4 中的姿态角速率环的 uORB 消息“actuator_controls_0”语句和替换修改好的 CPP 文件替换的方式屏蔽 PX4 相关功能为例详细阐述实验步骤。

1.3. 关键知识点

- 找到姿态角速率环控制相关的 uORB 消息定义，修改其发布逻辑，使其不再向外输出数据
- 将修改后的 CPP 文件编译并部署到 PX4 系统中

2. 实验效果

屏蔽 PX4 软件系统的姿态角速率环控制模块输出，实现多旋翼姿态控制 Simulink 模型成功起飞。

3. 文件目录

序号	文件夹/文件名称		说明
1	icon	FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
		pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	AttitudeSystemCodeGen.xls	四旋翼姿态控制模型文件。	
	Init_control.m	控制器初始化参数文件。	
	px4Block.xlsx	需屏蔽的代码表格。	
	vtol_att_control_main.cpp	需替换的代码文件。	

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 ^①	1
2	RflySim 工具链	卓翼 H7 飞控 ^②	1

3	MATLAB 2022b 及以上	遥控器 ^③	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：droneyee_zyfc-h7_default，固件版本为：1.12.3。其他配套飞控请见：<http://rflysim.com/hardware.html>

③③：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-RF 209S。遥控器相关配置见：<https://rflysim.com/doc/zh/B/3.1ET10.html>

5. 实验步骤

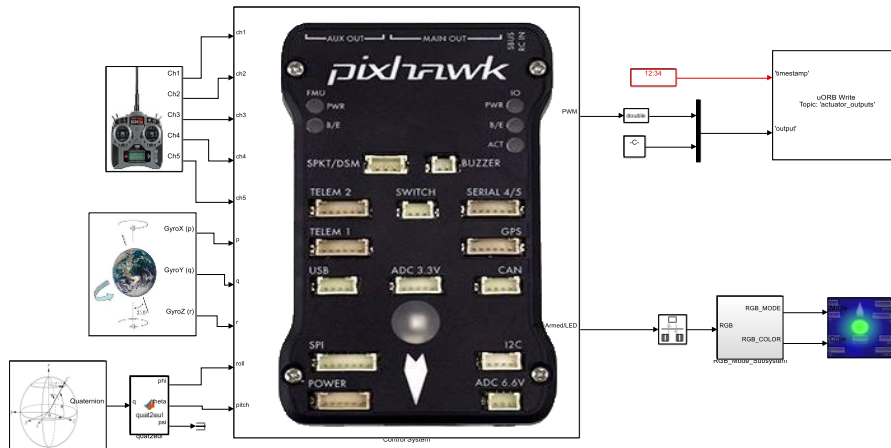
5.1. 自定义屏蔽 PX4 中任意模块输出实验

打开平台安装包文件夹，运行一键安装文件“OnekeyScript.p”，在弹出的对话框中，做如下图所示设置，等待 RflySim 安装完成。

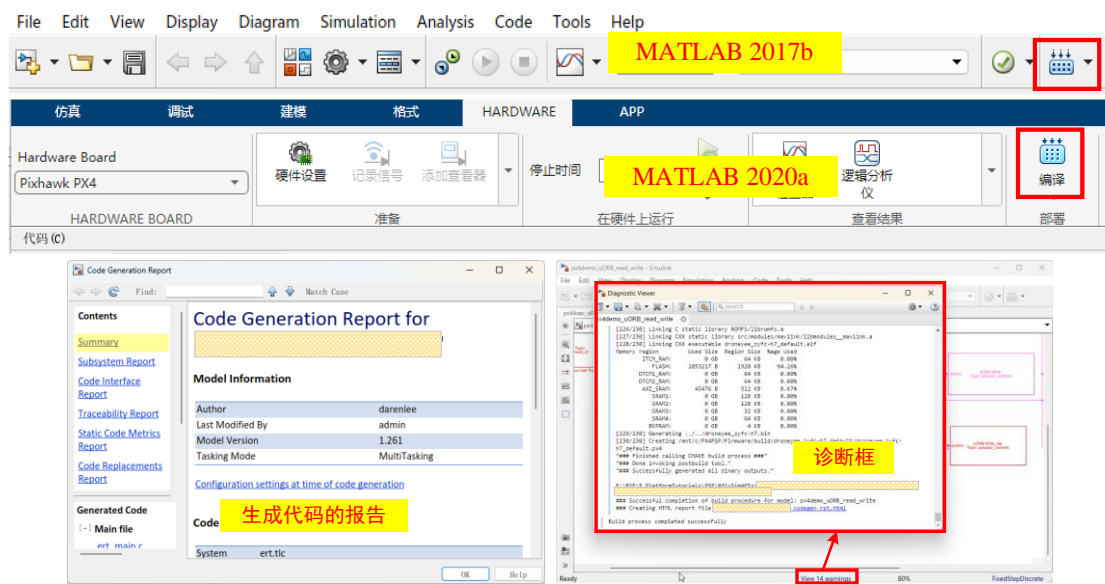


注：若有有弹出对话框请选择“PX4 官方输出”，此步是为了解除 RflySim 平台对 PX4 软件的电机输出屏蔽。

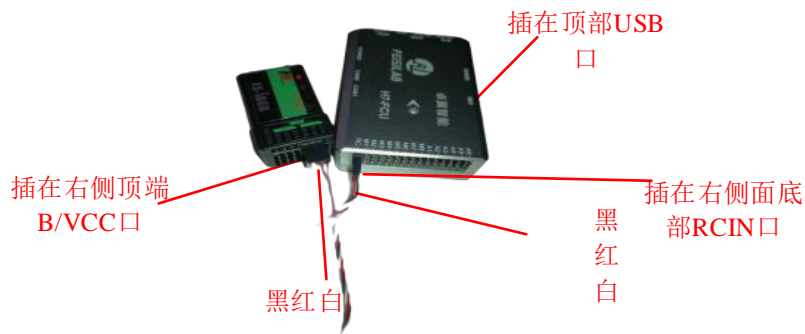
运行 Init_control.m，将自动打开“AttitudeSystemCodeGen.xls”文件，如下图所示。



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。

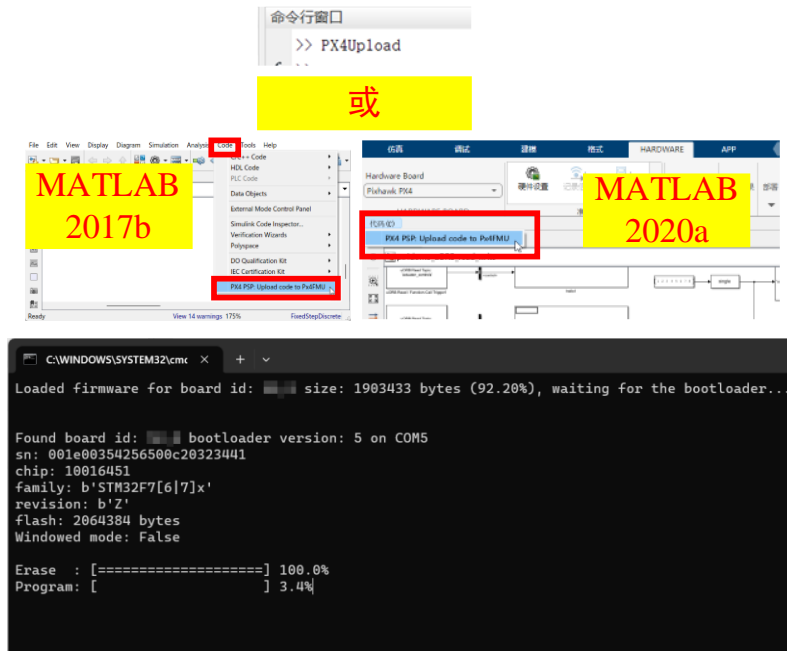


如下图将遥控器接收机和卓翼 H7 飞控连接好，并将遥控器与遥控器接收器对码完成。
注意：电源线接线顺序从上到下依次为黑红白。

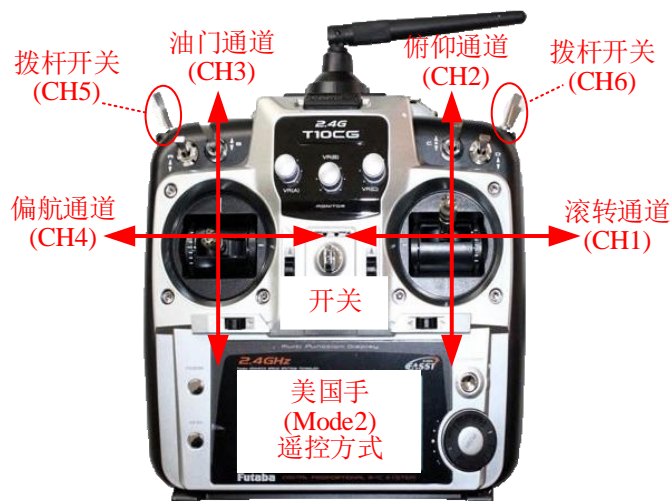


用 USB 数据线链接飞控与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4upload 并运行，

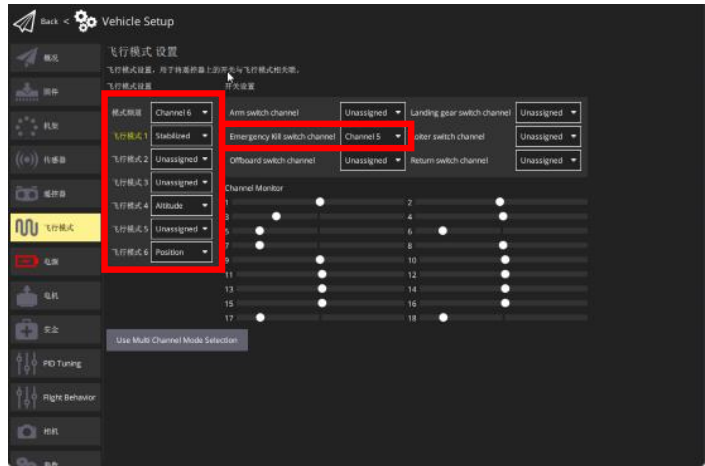
弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞控中，等待上传成功。



遥控器的设置如下图，通过控制不同的通道即可在 RflySim3D 中观察到无人机的飞行姿态，完成硬件在环仿真。注：具体设置请见本平台的[遥控器配置手册](#)，其中 CH5 为两段式解锁通道，CH6 为三段式模式切换通道。



打开 QGroundControl 软件，确认飞机机架和遥控器通道设置如下图所示。



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.
```

在 RflySim3D 按下快捷键“D”即可显示飞机的状态量，通过 CH5 解锁之后，通过推动 CH3 通道即可在 RflySim3D 中看到飞机无法正常起飞，电机输出异常，说明 PX4 软件系统中的姿态控制模型输出和 Simulink 中烧录的模型输出有干扰，从而导致无法正常起飞。



PX4 软件系统中的姿态角速率环控制器的模块(该位置为 PX4-1.12.3 版本，其他版本请

查看 PX4 官方帮助文件)在: *\\PX4PSP\\Firmware\\src\\modules\\mc_rate_control。打开该文件夹中的“MulticopterRateControl.cpp”文件, 根据 px4 的源码构架可知, 姿态角速率环的输出 uORB 消息是“actuator_controls_0”(该消息详细定义可以参考 <https://docs.px4.io/v1.12/en/concept/mixing.html>)。通过查阅代码可得, 发布“actuator_controls_0”消息的代码如下(也可通过搜索: “_actuators_0_pub.publish(actuators);”找到):

```
253         |         |         | }
254         |         |         | }
255         |         |         |
256         |         |         | actuators.timestamp = hrt_absolute_time();
257         |         |         | _actuators_0_pub.publish(actuators);
258         |         |         |
259         |         |         | } else if (_v_control_mode.flag_control_termination_enabled) {
260         |         |         |     if (!_vehicle_status.is_vtol) {
261         |         |         |         // publish actuator controls
262         |         |         |         actuator_controls_s actuators{};
263         |         |         |         actuators.timestamp = hrt_absolute_time();
264         |         |         |         _actuators_0_pub.publish(actuators);
265         |         |         |     }
266         |         |         | }
267         |         |     }
268         |     }
```

因此, 我们需要屏蔽的是上述两行代码。

方法一:

为了屏蔽这两行代码, 我们只需要将其删除、注释掉、或者替换成其他无效代码就行。由于 PX4 的编译检查非常严格, 再上面两行代码处直接注释, 可能会导致 actuators 定义了但是未被使用, 从而出现编译错误, 因此这里需要用 UNUSED 宏来实现屏蔽。代码的屏蔽可以根据情况采用如下规则中的一种。

- a) “_actuators_0_pub.publish(actuators);” 替换为 → “”。(这里是空字符, 相当于删除。注意, 这种方式仅限于不会出现变量未使用报错的情形)
- b) “_actuators_0_pub.publish(actuators);” 替换为 → “//_actuators_0_pub.publish(actuator s);” 这里相当于注释掉行, 注意事项同上)
- c) “_actuators_0_pub.publish(actuators);” 替换为 → “UNUSED(actuators);”。(这里相当于替换为无效语句。注意, 这种方式适用于直接删除 actuators 变量会报错的情形, 且适用于 PX4 1.12 及以下版本, 因为 1.13 固件开始 UNUSED 宏被取消了)
- d) “_actuators_0_pub.publish(actuators);” 替换为 → “(void)(actuators);”。(这里相当于替换为无效语句。注意, 这种方式适用于直接删除 actuators 变量会报错的情形, 且适用于包括 1.13 版本固件在内的所有版本)

方法二:

可以直接用一个修改好的文件替换掉待修改的文件。平台提供的接口能够满足上面的需求。平台的一键安装脚本提供了源码文件替换的功能, 核心思想是按照给定的 excel 文件模版, 将要替换的文件和内容进行描述, 在运行安装脚本时填入 excel 文件地址, 即可实现平台安装时, 自动进行文件的替换或文件内容的修改。

打开给定的模版文件“px4Block.xlsx”, 在其中定义了两条语句, 一条语句时对一个文件进行修改(通过查找行, 并替换为给定字符串的方式), 另一条语句是对文件进行替换(直接用改好的文件替换源文件)。如下图所示, 该文件中每一列表示为:

A	B	C
Target File To Replace (待替换文件)	Target String To Search (通过字符串匹配行)	待替换代码行数 (1表示仅替换本行, 大于1表示会替换本行和之后多行)
src\modules\mc_rate_control\MulticopterRateControl.cpp	_actuators_0_pub.publish(actuators);	1
src\modules\vtol_att_control\vtol_att_control_main.cpp		

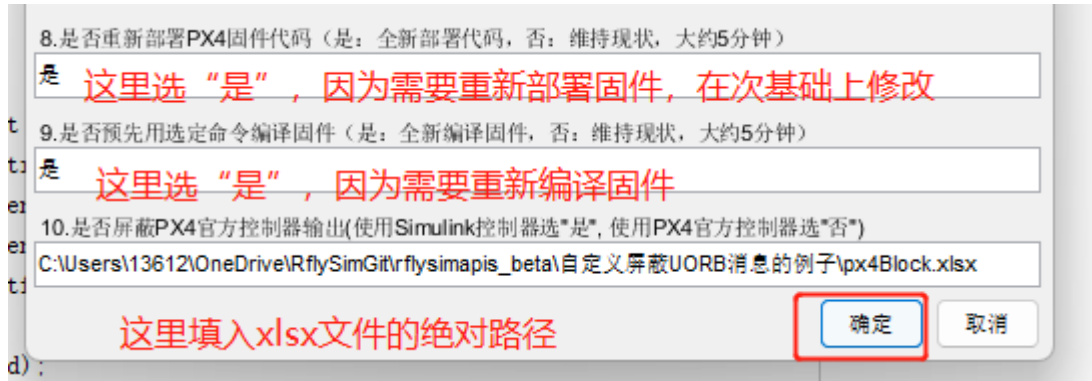
D	E
Replace with Line (将本行代码替换为代码, 可替换多行) 将文件替换为文件 (-2模式, 文件替换模式)	Which time or mode to replace (字符替换模式: 第几次出现匹配字符时替换, -1表示每次都替换, 0表示本次不替换, 1以上表示替换第几次出现匹配语句时替换) 这里也可以填-2, 这样的话, 就会进入文件替换模式。
UNUSED(actuators); //Test.	-1
vtol_att_control_main.cpp	-2

注意: 从第二行开始填入自己的需要屏蔽的文件和语句。

- 第 1 列:** 请填入飞控源码目录 Firmware 下的, 需要修改的文件的名字。在本实验中的是 “src\modules\mc_rate_control\MulticopterRateControl.cpp”
- 第 2 列:** 请输入定位到需要修改的行, 所需要的字符串。**注意: 这里不一定要填整行代码, 只要通过本行字符串能够匹配到这一行代码就行。**如: 在本实验中使用的是 “_actuators_0_pub.publish(actuators);”, 当然由于这个字符串只用于搜索, 填字符串 “_actuators_0_pub.publish” 也行, 都能唯一确定代码行。
- 第 3 列:** 匹配到语句之后, 是替换本行, 还是之后的多行一起替换。这里填数字 1 表示仅替换本行, 替换更多行请填写数字。
- 第 4 列:** 请填写代码行需要被替换成的语句 (或文件)。在本例中是 “UNUSED(actuators);”, 这里是因为 actuators 直接删除, 会出现未使用的报错, 因此要用宏定义来注释。
 注: 这里也可以直接复制粘贴多行文本。
 注: 当第 5 列设置为-2 时, 会进入文件替换模式, 这里应该输入本 excel 文件同目录下的文件名 (例如本例的 “vtol_att_control_main.cpp”)。文件替换模式下, 第 3 和第 4 列可以留空。
- 第 5 列:** 请输入第几次匹配时, 进行语句替换。**注意: 这里适用于第 3 列的搜索字符串, 会匹配出多个行, 但是我们只想屏蔽某一行情形。如果只想替换第 1 次匹配到的语句, 请输入 1; 如果想替换所有匹配到的语句, 这里请输入-1; 如果不替换, 请输入 0; 如果是想进行文件替换, 这里请输入-2, 会进入文件替换模式。**
 注意: 如果在一个文件中, 我想匹配第 1 次和第 3 次出现的语句, 那可以在 excel 中拆分成两行去逐步修改。

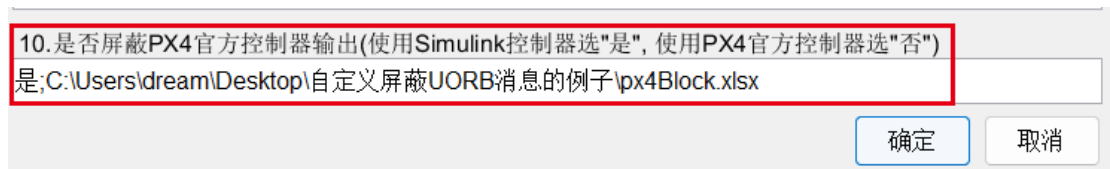
上述步骤进行完成之后, 保存本 Excel 文件。

打开平台安装包文件夹，运行一键安装文件“`OnekeyScript.p`”，在弹出的对话框中，做如下图所示设置。注意：第 10 个选项中，须输入在 Step 9 中所保存的 Excel 文件在 Windows 中的(全局)绝对地址，本次演示文件地址为：`C:\Users\13612\OneDrive\RflySimGit\rflysimapis_beta\自定义屏蔽 UORB 消息的例子\px4Block.xlsx`



(可选性步骤)

Step10 的代码替换规则中，如果直接填入 excel 文件的地址，则 RflySim 不会对 PX4 源码进行输出屏蔽，而只采用 excel 规定替换规则。考虑到部分用户需要在 RflySim 的输出屏蔽规则的基础上，额外增加代码替换的需求，可以采用如下设置方案。在安装 RflySim 时，第 10 个选项输入框中，输入“是;excel 文件地址”的格式，可告诉一键安装脚本，先运行 RflySim 的替换规则，再按照 excel 的格式进行二次替换。



同时，除了在安装界面，能够进行文件模版替换，还能用命令的方式进行替换。在 MATLAB 命令行中输入如下命令 `PX4ModiFile('excel 文件路径')`，例如：



注意：这种方式会直接修改“`PX4PSP\Firmware\BkFile\Current\Firmware`”下的源文件，如果不存在则直接在“`PX4PSP\Firmware`”目录下的修改，并替换一份到“`PX4PSP\Firmware\BkFile\Current\Firmware`”，将来进行自动代码生成时，会自动被调用。

重复上述步骤 Step 2~Step 6。通过 CH5 解锁之后，通过推动 CH3 通道即可在 RflySim 3D 中看到飞机正常起飞，电池输出也正常，说明已经成功屏蔽了 PX4 软件系统中的姿态控制模型输出。



6. 参考资料

- [1]. PX4 软件系统部分文件夹说明: https://www.bilibili.com/video/BV19h4y137Pv/?spm_id_from=333.999.0.0。

7. 常见问题

Q1: ***

A1: ***