

1、实验名称及目的

自定义屏蔽 PX4 中任意模块输出实验：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。

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。

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 平台免费版	卓翼 H7 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	1
		遥控器接收器	1
		数据线、杜邦线等	若干

②：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：1.12.3。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：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:

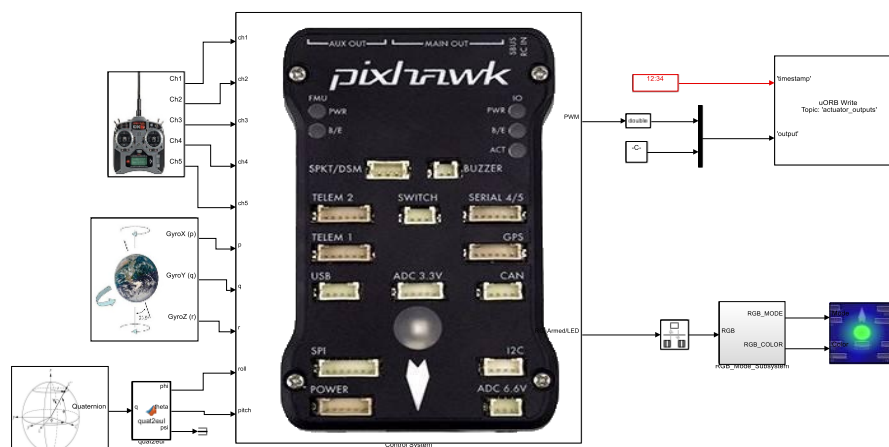
打开平台安装包文件夹，运行一键安装文件“**OnekeyScript.p**”，在弹出的对话框中，做如下图所示设置，等待 RflySim 安装完成。



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。

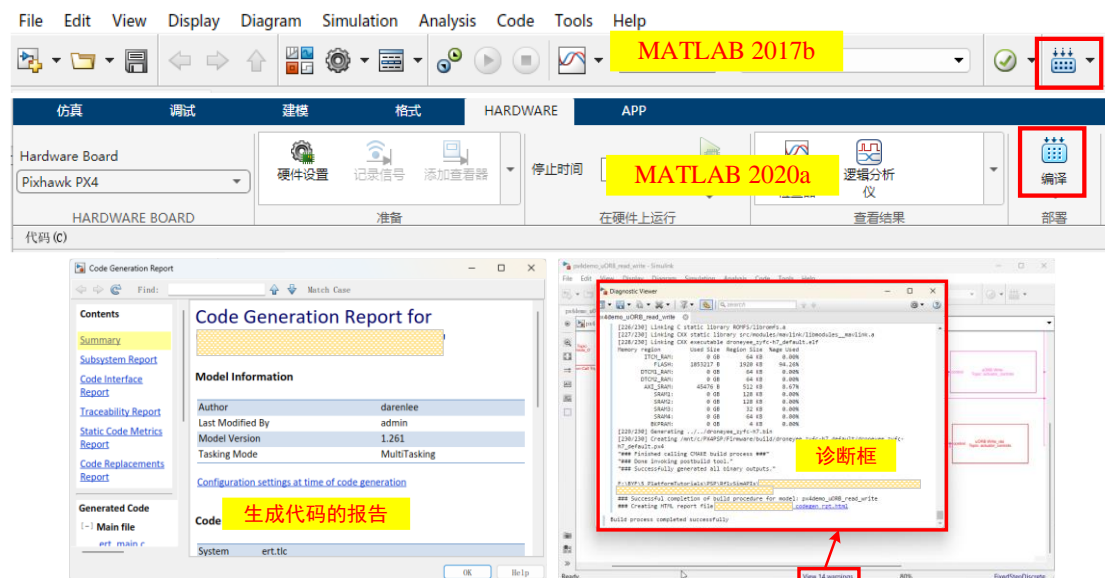
Step 2:

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



Step 3:

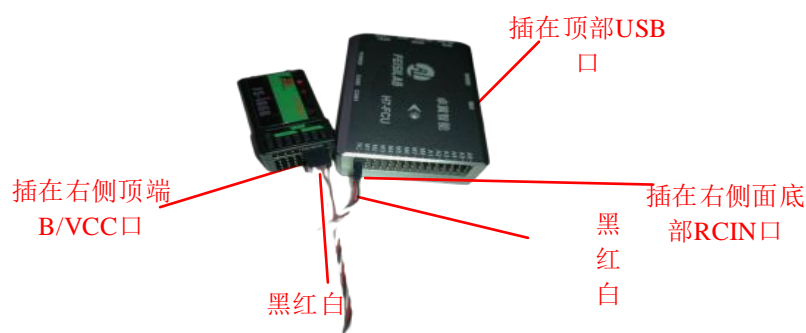
在 Simulink 中，点击编译命令。在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图侧为生成的编译报告。



Step 4:

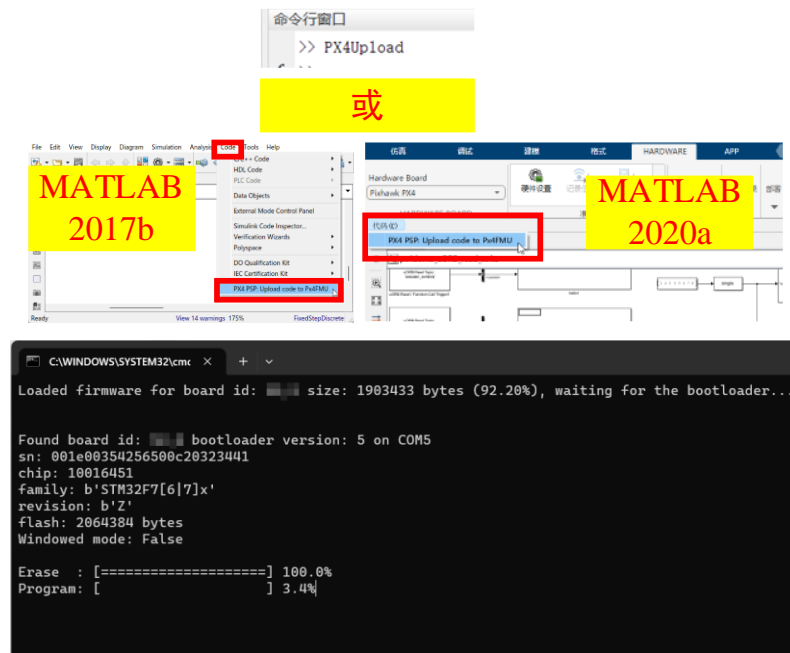
如下图将遥控器接收机和卓翼 H7 飞控连接好，并将遥控器与遥控器接收器对码完成。

注意：电源线接线顺序从上到下依次为黑红白。



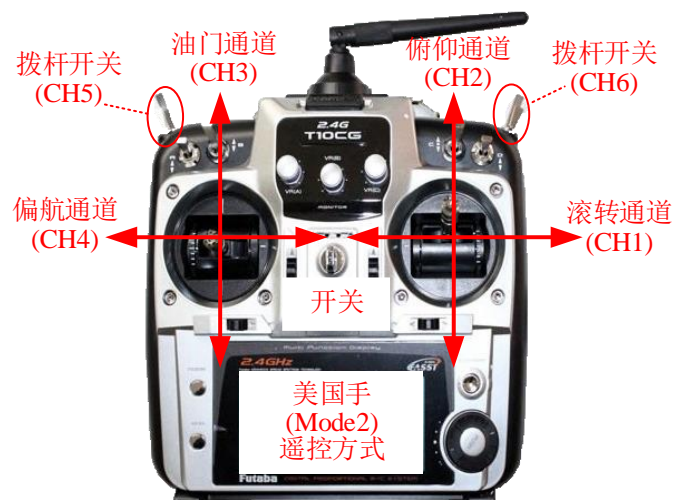
Step 5:

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。



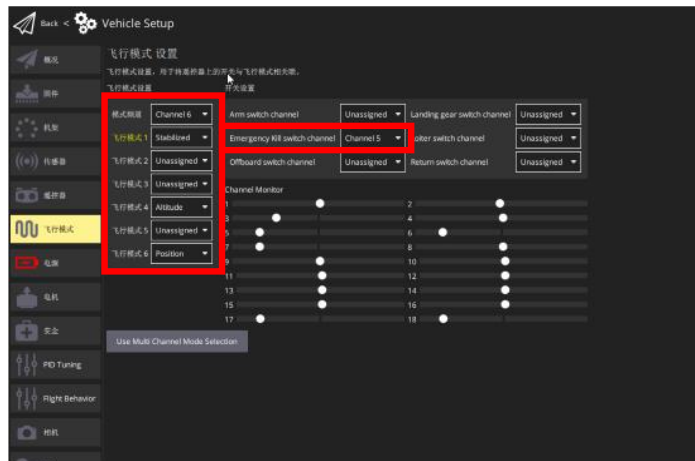
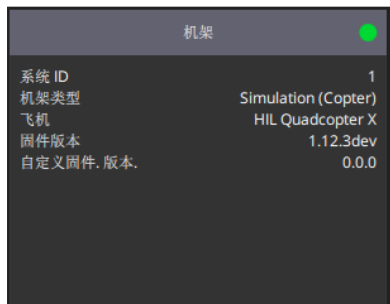
Step 6:

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。



Step 7:

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



Step 6:

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 7:

在 RflySim3D 下按下快捷键“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。



Step 7:

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。

Step 8

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。

- “_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)
- “_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。

Step 9:

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 Repalce (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串时替换，-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。

- a) 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”
- b) 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。

- c) **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，替换更多行请填入数字。
- d) **第 4 列：**请填入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。

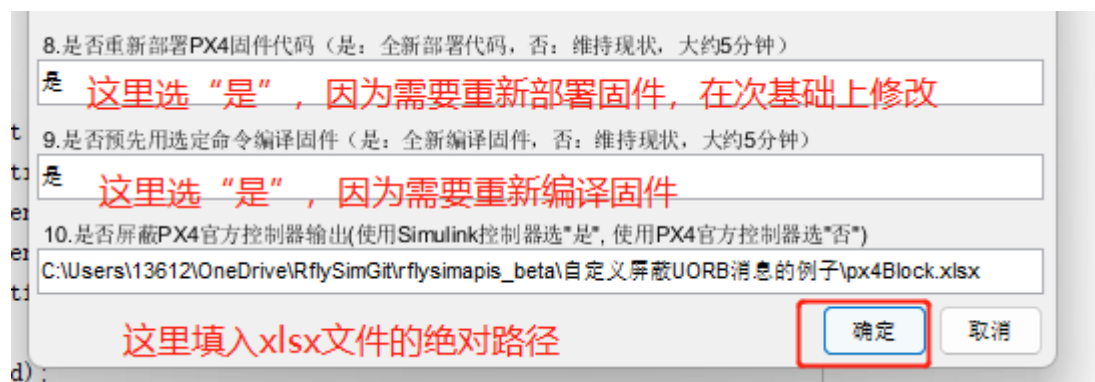
- e) **第 5 列：**请输入第几次匹配时，进行语句替换。注意：这里适用于第 3 列的搜索字符串，会匹配出多个行，但是我们只想屏蔽某一行的情形。如果只想替换第 1 次匹配到的语句，请输入 1；如果想替换所有匹配到的语句，这里请输入-1；如果不替换，请输入 0；如果是想进行文件替换，这里请输入-2，会进入文件替换模式。

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。

Step 10:

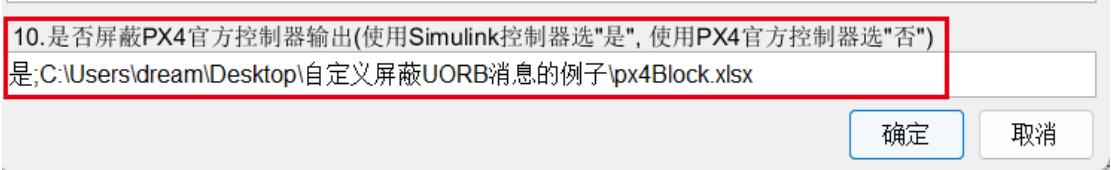
打开平台安装包文件夹，运行一键安装文件“OnekeyScript.p”，在弹出的对话框中，做如下图所示设置。注意：第 10 个选项中，须输入在 Step 9 中所保存的 Excel 文件在 Windows 中的(全局)绝对地址，本次演示文件地址为：C:\Users\13612\OneDrive\RflySimGit\rflysimapis_beta\自定义屏蔽 UORB 消息的例子\px4Block.xlsx



Step 11: (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。

Step 12:

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。



7、参考文献

[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。