

QGC实时调整控制器参数实验

1. 实验目的

在进行硬件在环仿真和真机实验时，常常需要在QGC地面站中观察飞行状态，并对控制器参数进行实时调整，以使得飞机达到最佳的控制效果。

2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]，MATLAB2022B以上版本，平台安装时的编译命令为：px4_fmu-v6x_default，推荐PX4固件版本为：1.14.3。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]，Pixhawk 6X/Pixhawk 6X；遥控器和遥控器接收机；数据线和杜邦线等。

3. 实验地址

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\10.QGC-Param-Tune](#)

- [Init_control.m](#):初始化文件
- px4_simulink_app_params.c:px4的固件参数定义源文件
- PX4QGCTune.slx:Simulink控制器模型文件

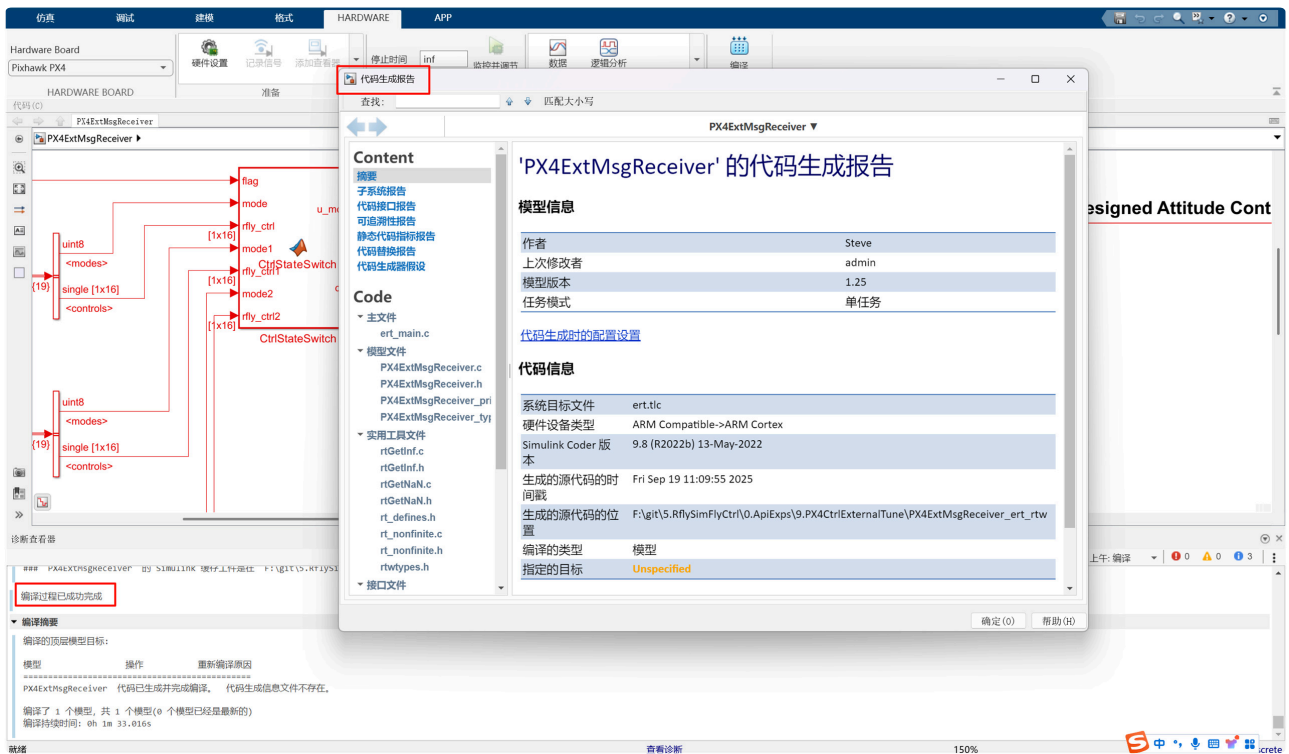
4. 实验内容或步骤

5.1 步骤1：QGC实时调整控制器参数

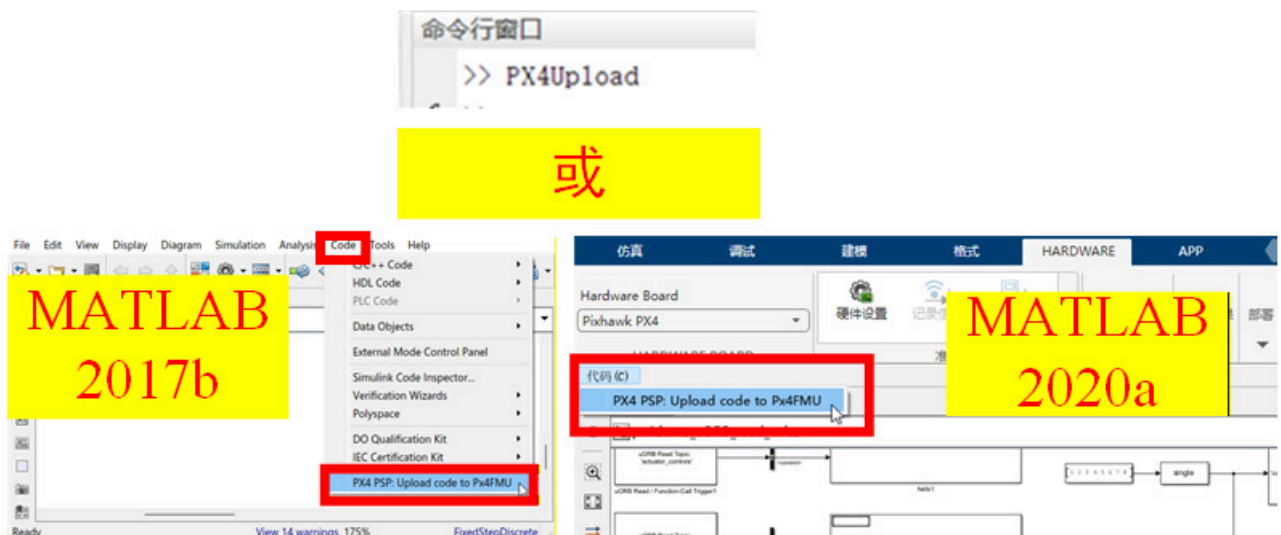
打开MATLAB软件，运行[Init_control.m](#)文件，同时将打开PX4QGCTune.slx文件，在Simulink中，点击编译命令。



在Simulink的下方点击查看诊断，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出编译过程已成功完成，即可表示编译成功，也会弹出代码生成报告。



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PX4PSP: Upload code toPx4FMU，弹出CMD对话框，显示正在上传固件至飞控中，等待上传成功。



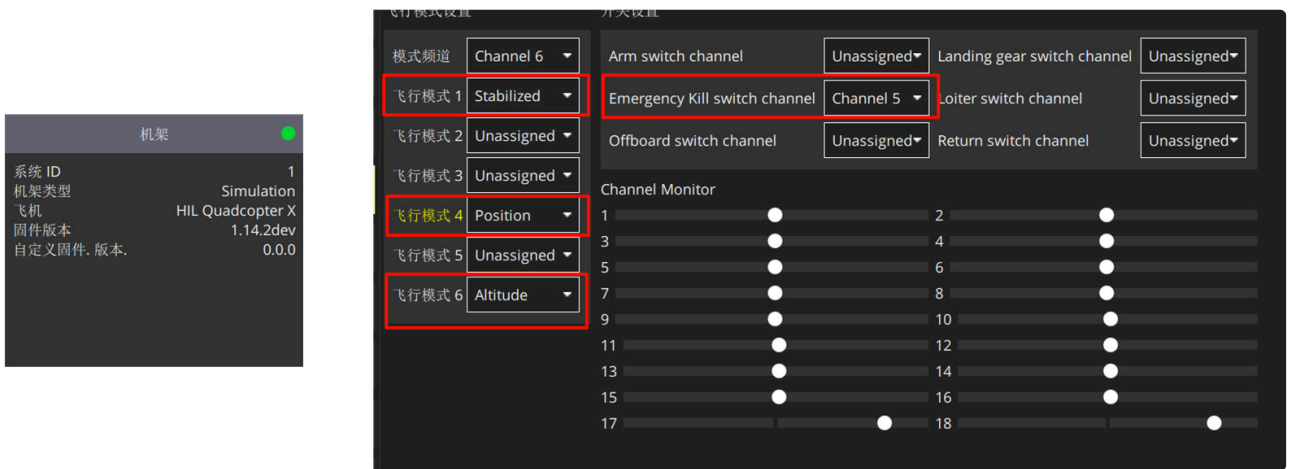
```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd  x  +  v

Loaded firmware for board id: [redacted] size: 1903433 bytes (92.20%), waiting for the bootloader...

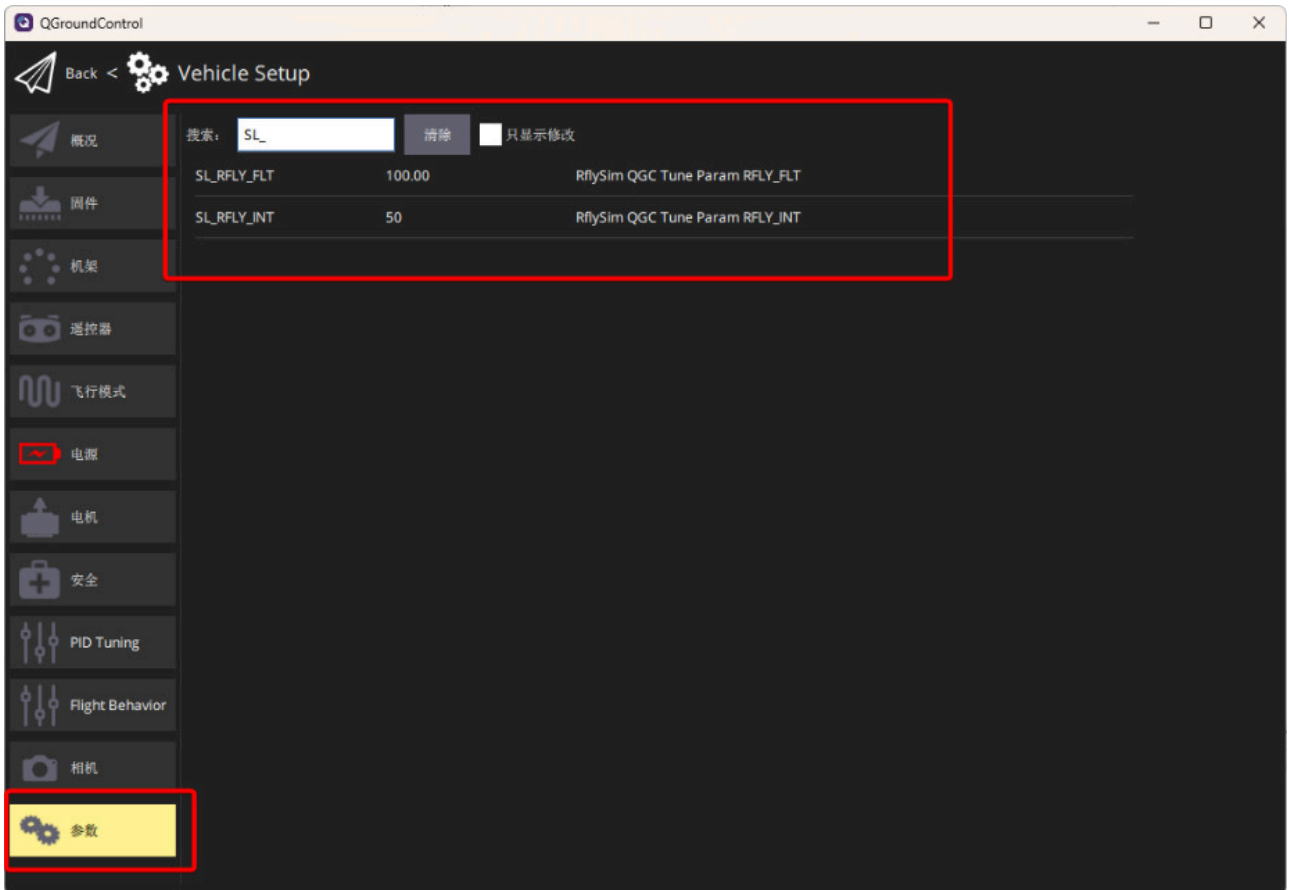
Found board id: [redacted] bootloader version: 5 on COM5
sn: 001e00354256500c20323441
chip: 10016451
family: b'STM32F7[6|7]x'
revision: b'Z'
flash: 2064384 bytes
Windowed mode: False

Erase : [=====] 100.0%
Program: [ ] 3.4%
```

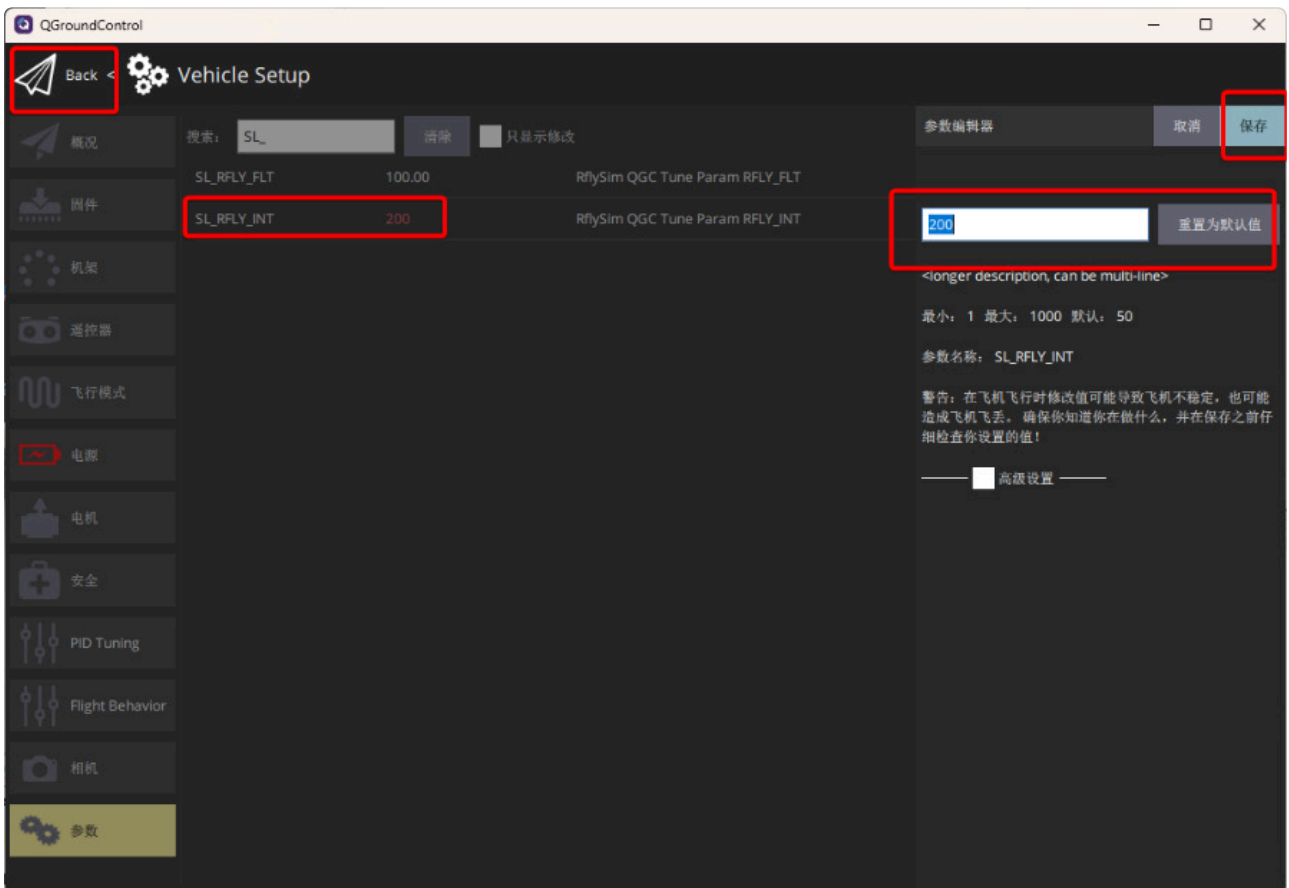
打开QGroundControl软件。确认无人机机架及遥控器通道设置如下：



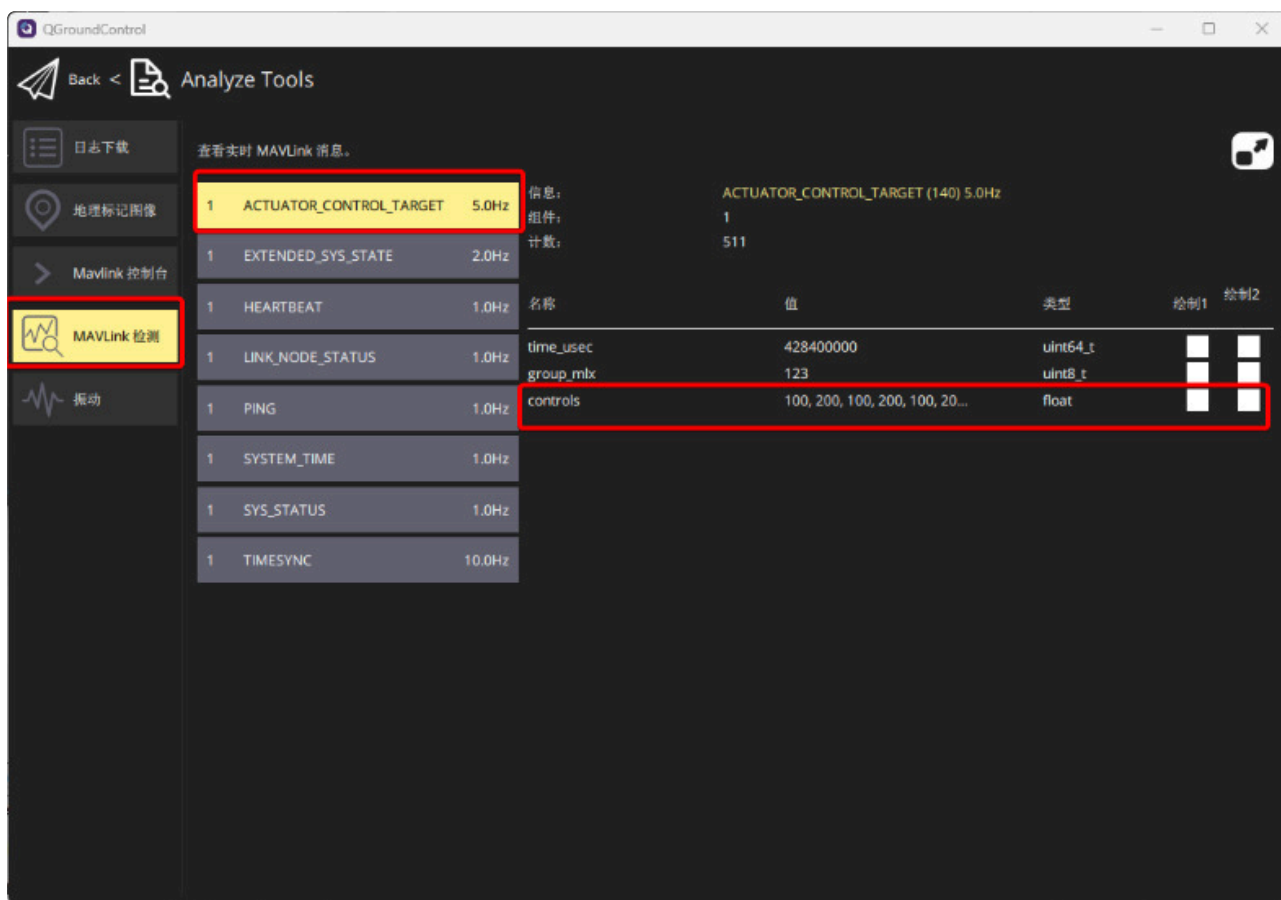
上传成功后，双击打开QGroundControl软件，等待连接成功后，在QGC的Logo处点击在弹出对话框中选择Vehicle_Steup。在界面中选择参数，上方搜索框中输入：SL_，即可弹出MATLAB中定义的两个参数：SL_RFLY_FLT、SL_RFLY_INT。如下图所示。



上图中的任意参数进行修改，如修改SL_RFLY_INT为200，在点击保存，点击左上角Back，回到QGC初始界面，在QGC的Logo处点击在弹出对话框中选择Analyze Tools。



在弹出的界面中选择MAVLink检测->ACTUATOR_CONTROL_TARGET，即可看到修改之后的值，如下图所示。



5.2 步骤2：特别注意：

- 1、自定义的参数必须为全大写字母。
- 2、自定义的参数长度必须小于16个字符。
- 3、C文件中的注释必须按照本例程中px4_simulink_app_params.c的样式进行，且其中的大小值必须设置合理，也就是你得自定义参数的数据在最大值和最小值之间。如：设置的参数范围min1和max 1000，则PARAM_DEFINE_FLOAT(SL_RFLY_FLT,100.0);中自定义的参数是SL_RFLY_FLT=100.0，在其范围之内即可。

5. 关键知识点

关键知识点1：参数定义与配置

SL_RFLY_FLT：飞行器滤波参数，类型为浮点型，初始值100.0，取值范围1-1000。
SL_RFLY_INT：飞行器积分参数，类型为整数型，初始值50，取值范围1-1000。

参数通过 px4_simulink_app_params.c 文件定义，并在QGC中可调。

```
px4_simulink_app_params.c * X
杂项文件 (全局范围)
1  /**
2   * RflySim QGC Tune Param RFLY_FLT
3   *
4   * <longer description, can be multi-line>
5   *
6   * @min 1
7   * @max 1000
8   * @decimal 2
9   * @increment 1
10  * @group simulink
11  */
12  PARAM_DEFINE_FLOAT(SL_RFLY_FLT, 100.0);
13  /**
14   * RflySim QGC Tune Param RFLY_INT
15   *
16   * <longer description, can be multi-line>
17   *
18   * @min 1
19   * @max 1000
20   * @decimal 2
21   * @increment 1
22   * @group simulink
23   */
24  PARAM_DEFINE_INT32(SL_RFLY_INT, 50);
```

关键知识点2: Digital Clock—数字时钟

Digital Clock（数字时钟）是一种用于模拟系统中时间的工具。它允许在模型中创建一个数字时钟，以便跟踪模拟的时间。以下是 Digital Clock 模块的一些关键特性和用途：

显示模拟时间：Digital Clock 模块允许在 Simulink 模型中显示当前的模拟时间。这对于调试和分析模型行为在不同时间点的变化非常有用。

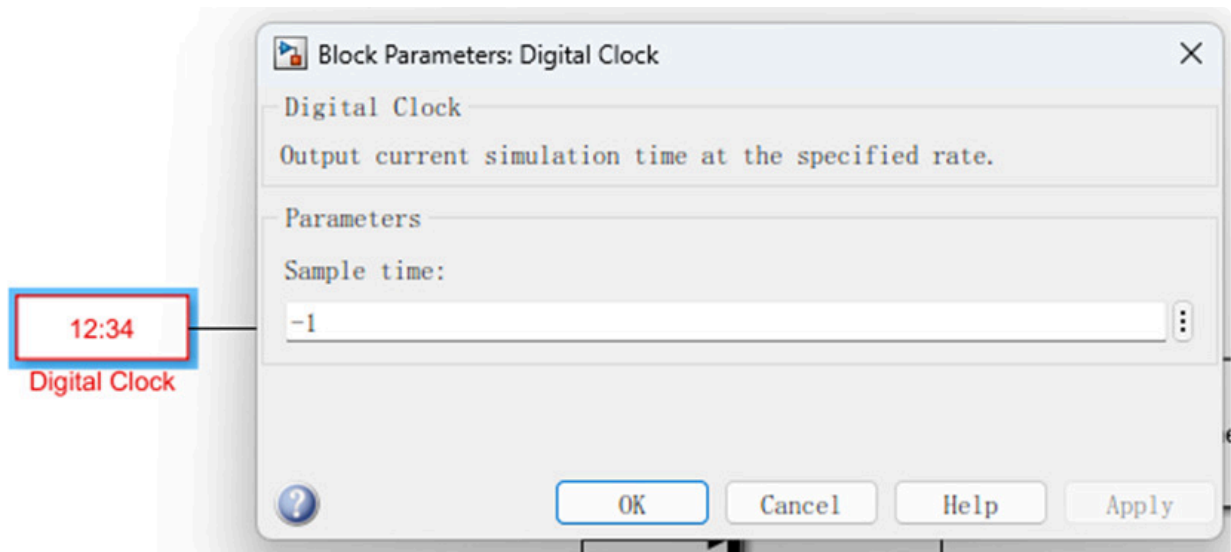
可配置时间格式：可以根据需要配置 Digital Clock 模块来显示不同的时间格式，例如 24 小时制或 12 小时制，以及小时、分钟、秒或毫秒等时间单位。

模拟时间控制：Digital Clock 模块还可以与其他模块结合使用，例如与 Clock 模块一起，以便在模拟中控制时间步长或时间戳。

用于事件触发：Digital Clock 可以用作触发器，例如在特定时间或间隔时触发模型中的某些事件或操作。

在仿真结果中可见：Digital Clock 模块生成的时间信息会在 Simulink 仿真结果中显示，有助于更清晰地理解模型的行为。

通过 Digital Clock 模块，可以更方便地管理和跟踪模拟系统中的时间，从而更有效地分析和调试 Simulink 模型。



关键知识点3：Constant—常数

如下图所示，Constant（常数）模块用于生成一个固定值的信号。这个固定值可以是任何你想要的数值，可以是标量、向量或矩阵形式，用于提供模型中的常量输入或参数。

Constant 模块的主要特点和用法包括：

固定数值：该模块生成的信号具有固定的数值，不会随时间变化。可以在模块的参数设置中指定这个固定的数值。

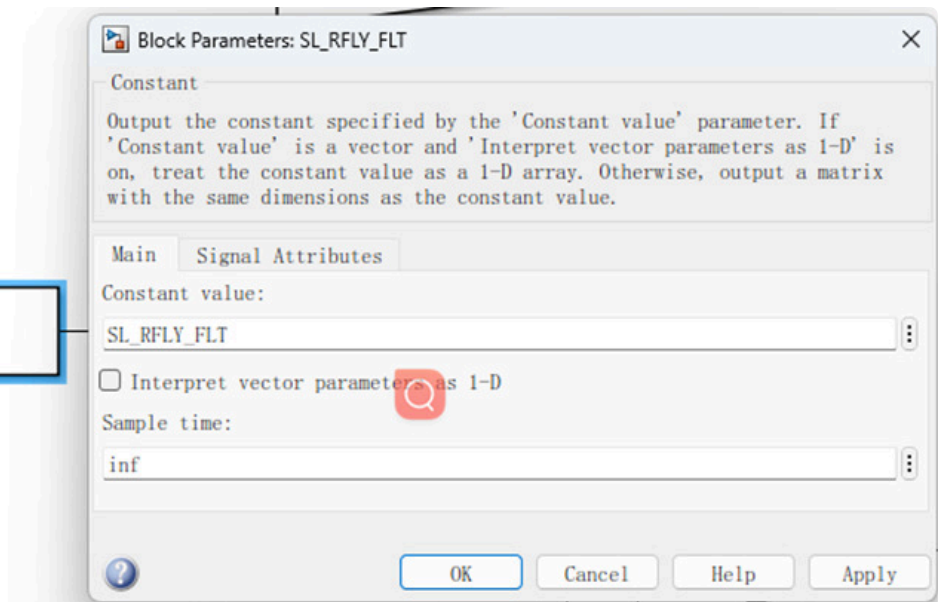
参数设置：可以在 Constant 模块的参数设置中指定生成的固定数值。这使得能够轻松地在模型中引入常量值，用于初始化参数、提供固定输入信号等。

输出信号：Constant 模块生成的固定值信号可以作为模型中的输入信号，连接到其他模块的输入端口，用于模拟系统中的固定条件或参数。例如，可以将该信号连接到控制系统中的某些参数，以评估系统在固定条件下的行为。

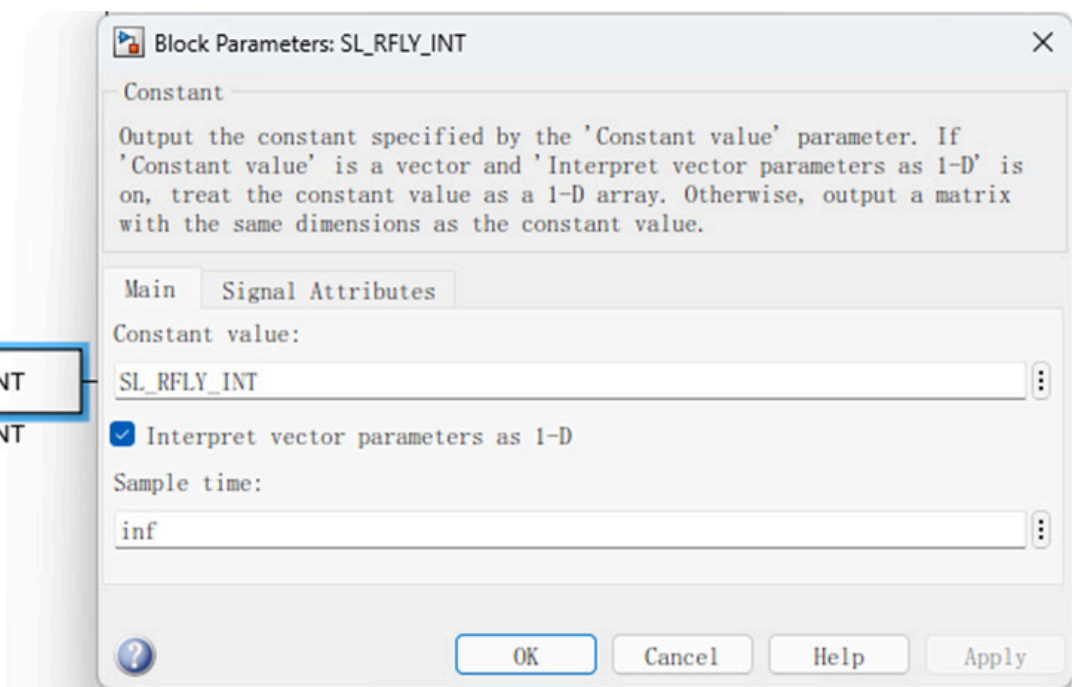
多维数组支持：除了标量值外，Constant 模块还支持生成向量或矩阵形式的固定值信号。这使得能够在模型中引入多维数组的常量值，用于初始化参数或提供多维输入信号。

本实验中的SL_RFLY_FLT和SL_RFLY_INT这两个参数是由ParamUpdate模块提供的，ParamUpdate模块是一种使用QGroundControl更新参数的机制。

SL_RFLY_FLT
SL_RFLY_FLT



SL_RFLY_INT
SL_RFLY_INT



关键知识点4: Data Type Conversion—数据类型转换

Data Type Conversion（数据类型转换）模块用于将输入信号的数据类型转换为所需的输出数据类型。这个模块在处理不同数据类型之间的转换时非常有用，例如将整数转换为浮点数，或者将固定点数转换为双精度浮点数等。

主要特点和用法包括：

数据类型转换：Data Type Conversion 模块可以将输入信号的数据类型转换为指定的输出数据类型。常见的数据类型包括整数、浮点数、固定点数等。

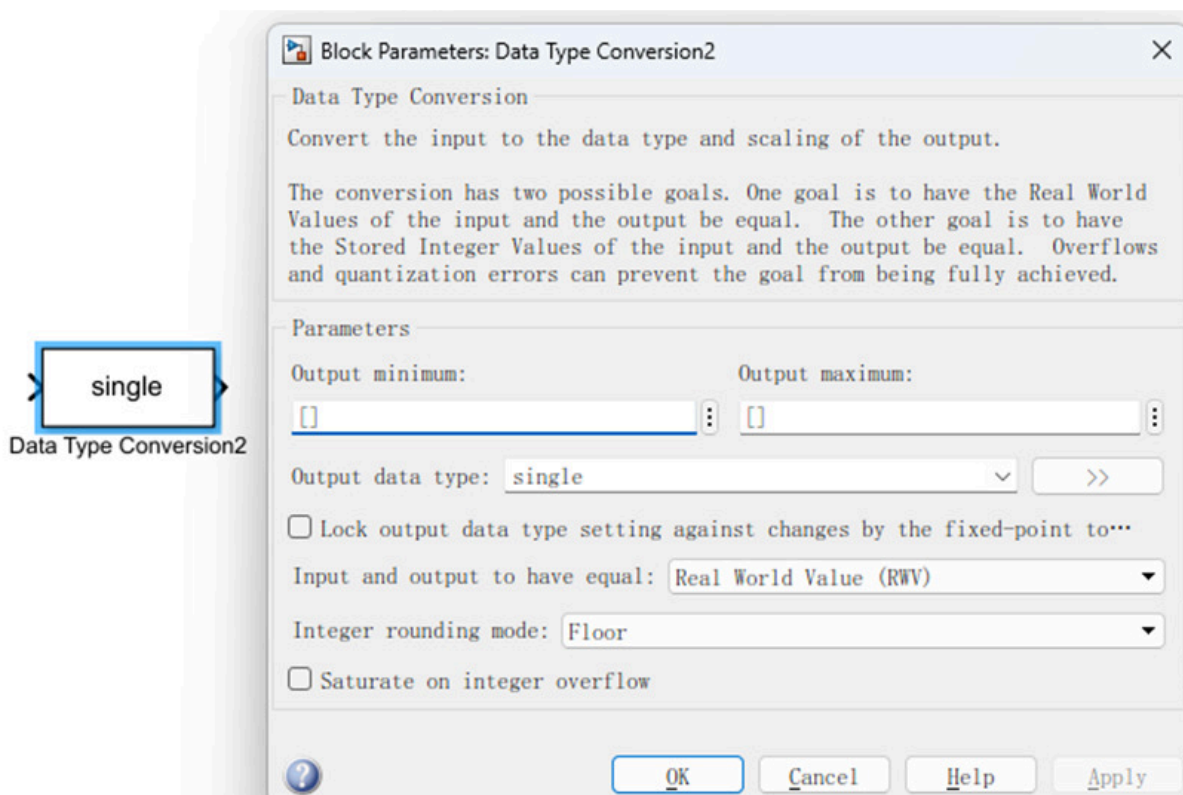
精度控制：通过 Data Type Conversion 模块，可以控制信号的精度，例如从高精度转换到低精度，或者从低精度转换到高精度。这对于在系统中平衡性能和计算成本非常有用。

饱和和截断：在进行数据类型转换时，可以选择是否进行饱和或截断操作。饱和操作会将超出目标数据类型范围的值限制在目标范围内，而截断操作则会直接舍弃超出目标数据类型范围的部分。

舍入模式：在进行浮点数或定点数转换时，可以选择不同的舍入模式，包括向上舍入、向下舍入、向零舍入等。这有助于控制在转换过程中的舍入误差。

输出端口数目：Data Type Conversion 模块可以有一个或多个输出端口，取决于输入信号的数量和转换类型。你可以根据需要选择合适的输出端口。

通过 Data Type Conversion 模块，可以灵活地控制信号的数据类型和精度，以满足系统建模和仿真的需求。这在处理不同数据类型的信号、接口以及在不同精度下进行计算时非常有用。



关键知识点5：Gain—增益

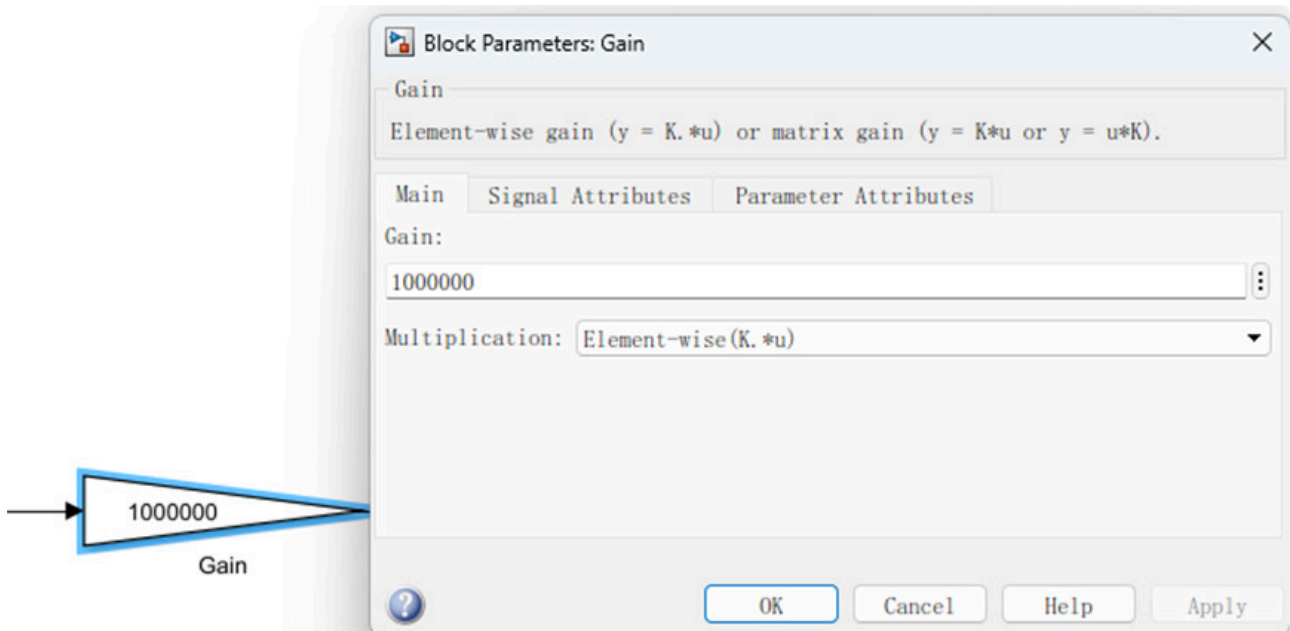
Gain（增益）模块是一种用于放大或缩小信号的基本模块。它允许通过乘以一个常数来调整输入信号的幅度。Gain模块在模拟和数字信号处理中非常常见，用于调整系统的增益或放大输入信号以满足特定要求。

功能特点：

增益调节：Gain模块允许以任意比例调整输入信号的幅度。可以通过设置模块参数中的增益值来实现所需的放大或缩小效果。

常数乘法：Gain模块实际上执行了一个简单的乘法运算，将输入信号乘以一个常数。这种乘法运算是模拟和数字信号处理中的基本操作之一。

实时调节：可以在Simulink模型中动态调整Gain模块的增益值，以便在仿真过程中实时改变系统的放大倍数。



关键知识点6：ParamUpdate—更新参数

ParamUpdate（更新参数）模块用于更新模型参数。以下是 ParamUpdate 模块的一些关键特性和用途：

参数更新：ParamUpdate 模块允许在仿真运行时更新模型中的参数值。这对于在仿真过程中动态地改变系统参数非常有用，以模拟不同的工况或场景。

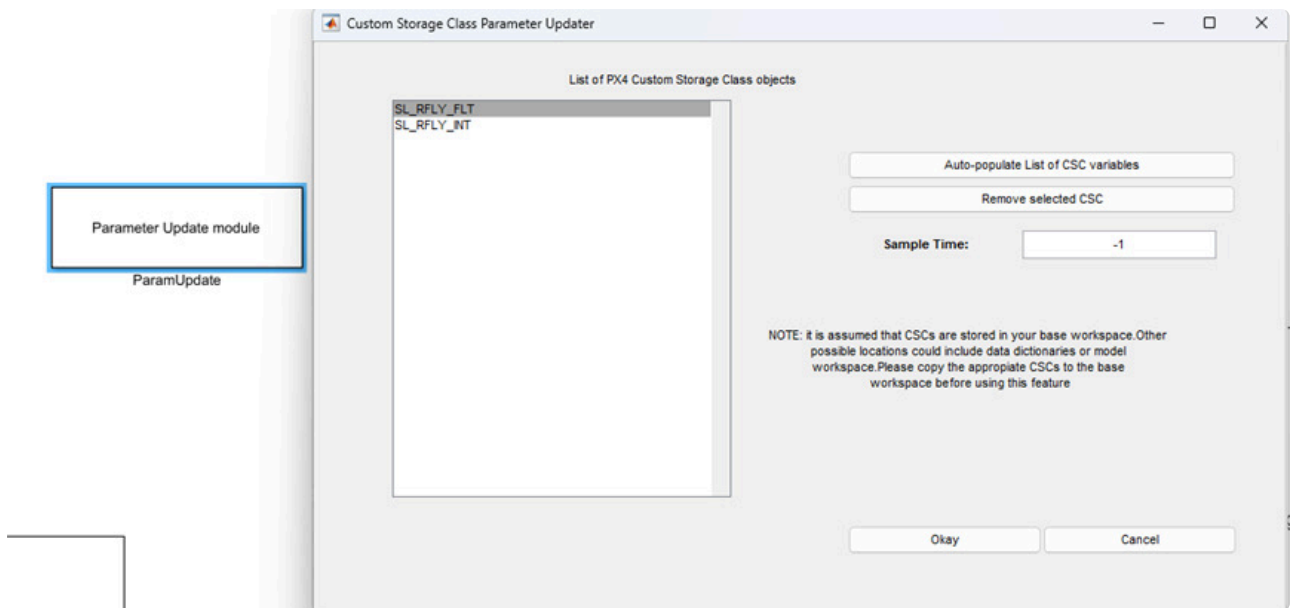
灵活性：ParamUpdate 模块可以与 MATLAB 函数、信号生成器和其他模块结合使用，以根据特定条件或触发事件来更新参数。这使得模型的行为可以根据输入信号、仿真时间或其他因素进行调整。

参数类型：ParamUpdate 模块可以更新各种类型的参数，包括模型参数、信号源参数和其他模块的参数。这使可以在仿真运行时修改不同类型的参数。

实时调试：ParamUpdate 模块提供了一种实时调试模型的方法，可以在仿真运行时动态地改变参数并观察系统的响应，以进行调试和优化。

模型更新：ParamUpdate 模块的参数更新可以直接影响到整个模型的行为，从而实现模型的动态调整和优化。

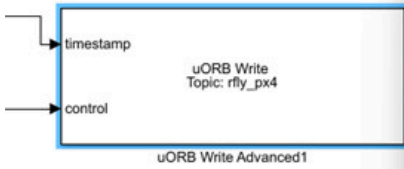
本实验中ParamUpdate块提供了一种使用QGroundControl更新参数的机制。将uORB主题订阅到“parameter_update”，以检查参数何时收到更新。并且使用块UI来指定要更新列表中SL_RFLY_FLT和SL_RFLY_INT这两个参数。



关键知识点7：uORB Write Advanced—uORB Write Advanced接口

该接口可允许用户对其发布的数据进行更灵活的控制。在Simulink中使用uORB WriteAdvanced接口，可以实现更加复杂和精确的消息发布方式。可选择要写入的消息文件和一个消息ID。此外，还可以设置消息的优先级、队列大小等高级选项。

如下图所示，可以看到当前话题名，点击按钮“Open.msg file”打开对应的消息内容，点击按钮“Select.msg file”打开话题列表，并且可以设置输入端口名及数据类型以对应话题消息。



uORB Write Block

当前话题名称 查看话题列表 打开消息内容

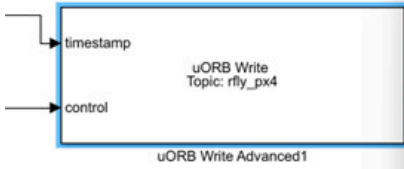
uORB Message:

	Struct Field	Dimensions	DataType	Enable
1	timestamp	1	double	<input checked="" type="checkbox"/>
2	control	8	single	<input checked="" type="checkbox"/>

Enable/Disable All

Advertisement Queue (0 = no queue):

Sample Time:



uORB Write Block

当前话题名称 查看话题列表 打开消息内容

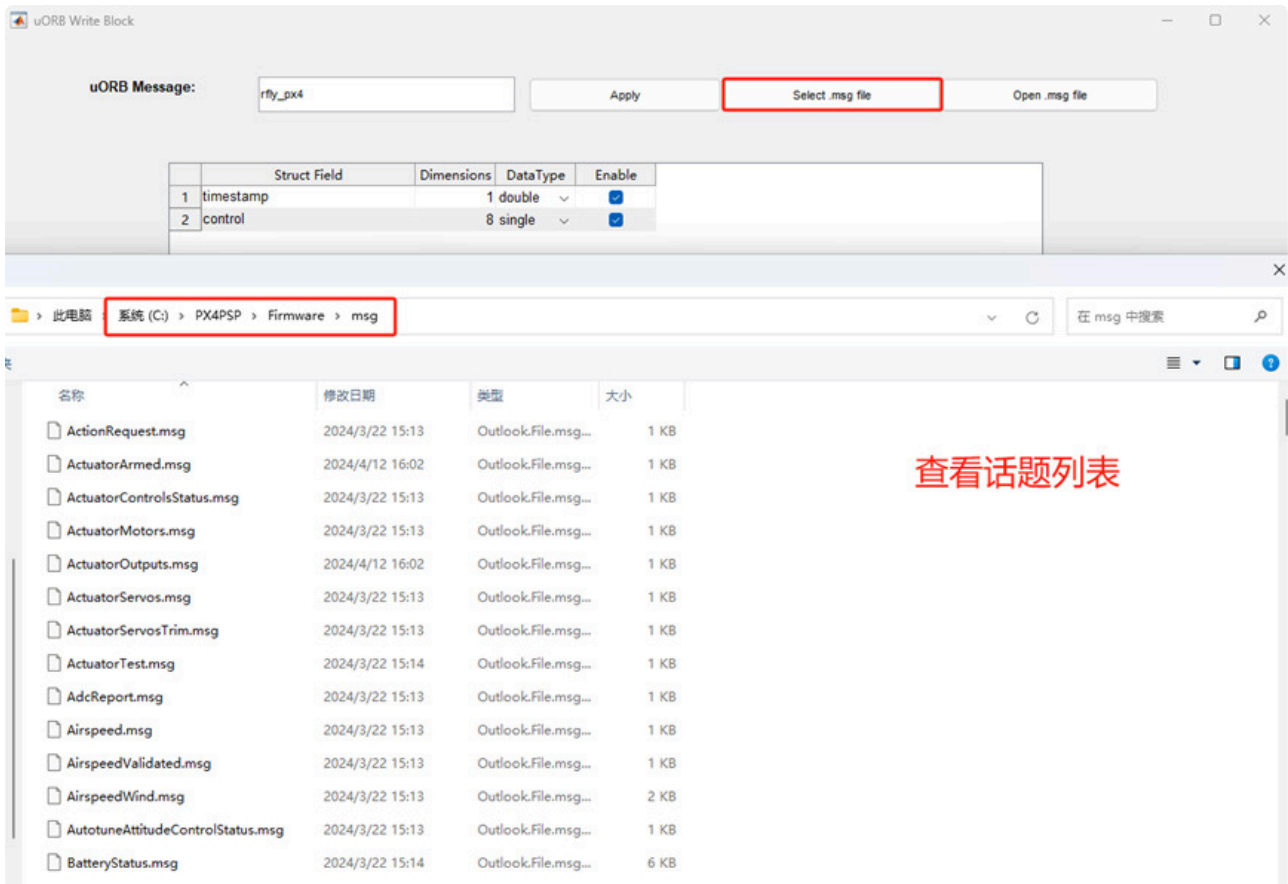
uORB Message:

	Struct Field	Dimensions	DataType	Enable
1	timestamp	1	double	<input checked="" type="checkbox"/>
2	control	8	single	<input checked="" type="checkbox"/>

Enable/Disable All

Advertisement Queue (0 = no queue):

Sample Time:



关键知识点8：rfly_px4—rfly_px4消息

rfly_px4消息将PX4内部数据，通过UDP或mavlink协议传输外部，消息定义格式：

```

1 | uint64timestamp      #timesincesystemstart(microseconds)
2 | float32[8]control   #8Dcontrolsignals

```

更详细信息请参考：[API.pdf](#)中的4.3.

6.参考资料

1. [RflySim官方文档](#)
2. [QGroundControl用户指南](#)
3. [PX4飞控官方文档](#)
4. MathWorks Simulink文档. <https://www.mathworks.com/help/simulink/>
5. MAVLink协议规范. <https://mavlink.io/en/>

7. 常见问题

Q1: QGC无法识别自定义参数SL_RFLY_FLT和SL_RFLY_INT

A1: 这通常是因为固件未正确上传或者参数定义格式不正确。请检查:

1. 确保px4_simulink_app_params.c文件中参数定义符合规范 (全大写, 少于16个字符)
2. 确认已执行PX4Upload命令成功上传固件
3. 重启QGroundControl并重新连接飞控
4. 在参数搜索框中准确输入"SL_"前缀进行查找

Q2: 修改参数后在ACTUATOR_CONTROL_TARGET中看不到变化

A2: 可能原因包括:

1. 参数修改后未点击保存按钮
2. MAVLink检测界面未正确选择消息类型
3. 飞控与地面站通信异常, 尝试重新连接
4. Simulink模型中缺少ParamUpdate模块或配置错误

Q3: 编译PX4QGCTune.slx模型时报错

A3: 编译错误通常由以下原因引起:

1. MATLAB版本过低, 请使用2022b或更高版本
2. 缺少必要的工具箱, 确保已安装RflySim工具链
3. 模型引用的文件路径错误或文件缺失
4. 参数定义不符合PX4规范, 检查px4_simulink_app_params.c文件格式

1. <https://rflysim.com/> ↩

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