

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

dll模型inCopterData输入接口（遥控器通道信号）实验

1.2 实验目的

在平台的模型例程中，除了必备的几个输入输出接口为平台的基本功能服务之外，还有一些输入接口能发送一些更为细致的载具仿真信息，其中inCopterData为CopterSim发往DLL模型的32维输入接口，其中9~24维为仿真中遥控器通道信号；本次通过其中的inCopterData（9~24）设计实验，使用户熟悉掌握该输入接口的使用方法。

1.3 关键知识点

inCopterData是32维double型数据，前8维存储PX4的状态，9-24维接收ch1-ch16 RC通道信号（遥控器输入），25-32维监听rfly_px4 uORB消息。

6

inCopterData

32-dimensional external input double signals from CopterSim, the definition is listed as follows.

1-8: PX4 state flags for simulation.
9-24: RC channel signals (ch1~ch16)
25-32: listen to rfly_px4

note:

inCopterData(1): armed flag of PX4
inCopterData(2): RCNum. Total number of RC channels being received. This value should be 0 when no RC channels are available.
inCopterData(3): simulation Mode. 0 for HITL, 1 for SITL, 2 for SimNoPX4
inCopterData(4): is 3D fixed in CopterSim.
inCopterData(5): is VTOL_STATE from PX4.
inCopterData(6): is LANDED_STATE from PX4.

Note:

The RC channel can be used to trigger animation during the simulation.

VTOL_STATE:

0: UNDEFINED
1: TRANSITION_TO_FW //正在转换到FW
2: TRANSITION_TO_MC //正在转换到MC
3: MC //多旋翼模式
4: FW //固定翼模式

7

inFromUE

来自UE的消息，32维double型数组，用于处理模型和场景的交互

遥控器发射机信号uORB消息input_rc.msg

:\PX4PSP\Firmware\msg文件夹下的input_rc.msg定义其格式:

uint64 timestamp # time since system start (microseconds)

uint8 RC_INPUT_SOURCE_UNKNOWN = 0

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_PPM = 1

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4IO_PPM = 2

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4IO_SPEKTRUM = 3

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4IO_SBUS = 4

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4IO_ST24 = 5

uint8 RC_INPUT_SOURCE_MAVLINK = 6

uint8 RC_INPUT_SOURCE_QURT = 7

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_SPEKTRUM = 8

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_SBUS = 9

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_ST24 = 10

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_SUMD = 11

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_DSM = 12

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4IO_SUMD = 13

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_CRSF = 14

uint8 RC_INPUT_SOURCE_PX4FMU_GHST = 15

uint8 RC_INPUT_MAX_CHANNELS = 18 # Maximum number of R/C input channels in the system. S.Bus has up to 18 channels.

uint64 timestamp_last_signal # last valid reception time

uint8 channel_count # number of channels actually being seen

int32 rssi # receive signal strength indicator (RSSI): < 0: Undefined, 0: no signal, 100: full reception

bool rc_failsafe # explicit failsafe flag: true on TX failure or TX out of range , false otherwise. Only the true state is reliable, as there are some (PPM) receivers on the market going into failsafe without telling us explicitly.

bool rc_lost # RC receiver connection status: True,if no frame has arrived in the expected time, false otherwise. True usually means that the receiver has been disconnected, but can also indicate a radio link loss on "stupid" systems.

Will remain false, if a RX with failsafe option continues to transmit frames after a link loss.

uint16 rc_lost_frame_count # Number of lost RC frames. Note: intended purpose: observe the radio link quality if RSSI is not available. This value must not be used to trigger any failsafe-alike functionality.

uint16 rc_total_frame_count # Number of total RC frames. Note: intended purpose: observe the radio link quality if RSSI is not available. This value must not be used to trigger any failsafe-alike functionality.

uint16 rc_ppm_frame_length # Length of a single PPM frame. Zero for non-PPM systems

uint8 input_source # Input source

uint16[18] values # measured pulse widths for each of the supported channels

这个定义包含了时间戳、遥控器输入源、信道数量、信号强度指示（RSSI）、失控保护状态以及接收到和丢失的帧计数等信息。以下是每个字段的详细说明：

timestamp: 自系统启动以来的时间（微秒），用于记录消息的时间戳。

RC_INPUT_SOURCE_XXXX: 这些是枚举值，定义了遥控器信号的来源，例如PX4FMU_PPM、PX4IO_SPEKTRUM、MAVLINK等。这些来源包括直接从飞控单元（FMU）或PX4IO板接收的PPM、Spektrum、S.Bus、ST24等信号，也包括通过MAVLink或其他通讯方式接收的信号。

RC_INPUT_MAX_CHANNELS: 系统中遥控器输入通道的最大数量，S.Bus支持最多18个通道。

timestamp_last_signal: 最后一次有效接收信号的时间戳。

channel_count: 实际接收到的信道数量。

rss_i: 接收信号强度指示（RSSI），范围从<0（未定义）、0（无信号）到100（满信号）。

rc_failsafe: 显式失控保护标志，为true表示发射机故障或超出范围，只有true状态是可靠的，因为市面上有些（PPM）接收器在失控保护时不会显式通知。

rc_lost: 遥控器接收器连接状态，true表示在预期时间内未接收到帧，通常意味着接收器已断开连接，但也可能表示“简单”系统上的无线链路丢失。如果具有失控保护选项的接收器在链路丢失后继续传输帧，则会保持为false。

rc_lost_frame_count: 丢失的遥控器帧数量，目的是在RSSI不可用时观察无线链路质量，此值不应用于触发任何类似失控保护的功能。

rc_total_frame_count: 遥控器帧的总数量，目的同样是在RSSI不可用时观察无线链路质量。

这些字段为PX4飞行控制系统提供了丰富的遥控器输入信息，支持高级功能如遥控信号质量监控、失控保护以及多种遥控器和输入模式的适配。

2. 实验效果

在高精度垂起无人机的模型中将inCopterData（9~24）输入接到3D显示界面ExtToUE4输出接口以便实时观测inCopterData（9~24）的输入变化，修改完成后启动硬件在环仿真，拨动遥控器，inCopterData（9~24）的输入也对应遥控器各通道的状态进行改变。

3. 文件目录

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\9.inCopterData\2.RC_channel_signals](#)

文件夹/文件名称	说明
MulticopterNoCtrl.slx	垂直起降飞机模型文件。
MulticopterNoCtrl_HITL.bat	硬件在环仿真批处理文件。
GenerateModelDLLFile.p	DLL格式转化文件。
MulticopterNoCtrl_init.m	垂直起降飞机动力模型相关参数。
MavLinkStruct.mat	MavLink数据结构体mat文件

4. 运行环境

4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB 2017b及以上③。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：px4_fmu-v6x_default，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：
<https://rflsim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

4.2 硬件要求

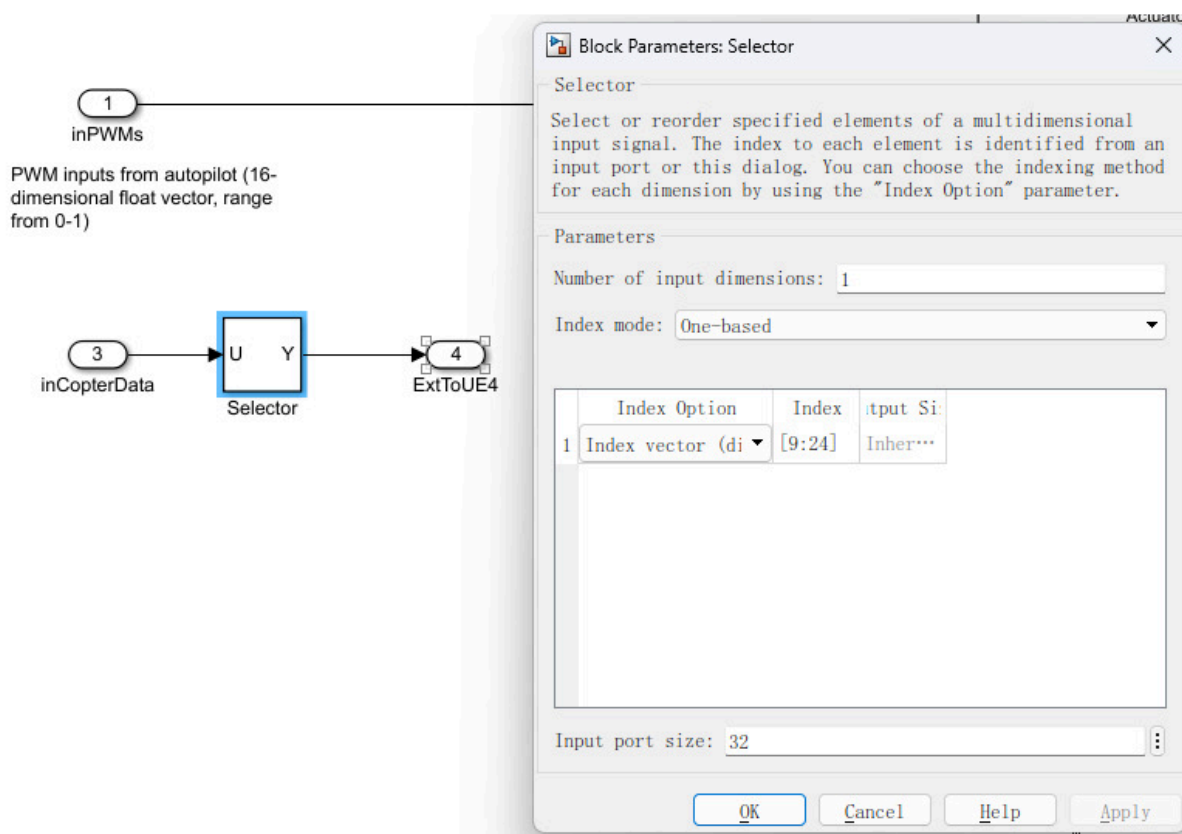
笔记本/台式电脑① 1台；Pixhawk 6X或其他飞控 1台；数据线 1台。

①：推荐配置请见：<https://rflsim.com/>

5. 实验步骤

Step 1: 修改Simulink模型

打开“MulticopterNoCtrl.slx”文件，将inCopterData (9:24) 输出到ExtToUE4的16维输出接口。



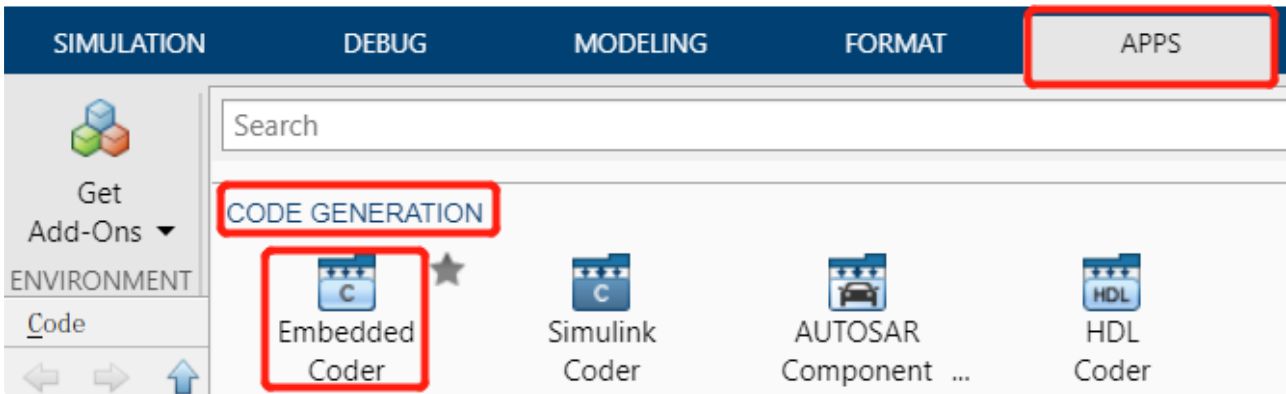
Step 2: 编译模型

将模型保存后点击编译命令。对于MATLAB 2019a及之前版本，工具栏样式见下图，直接点击它的编译按钮“Build”即可。

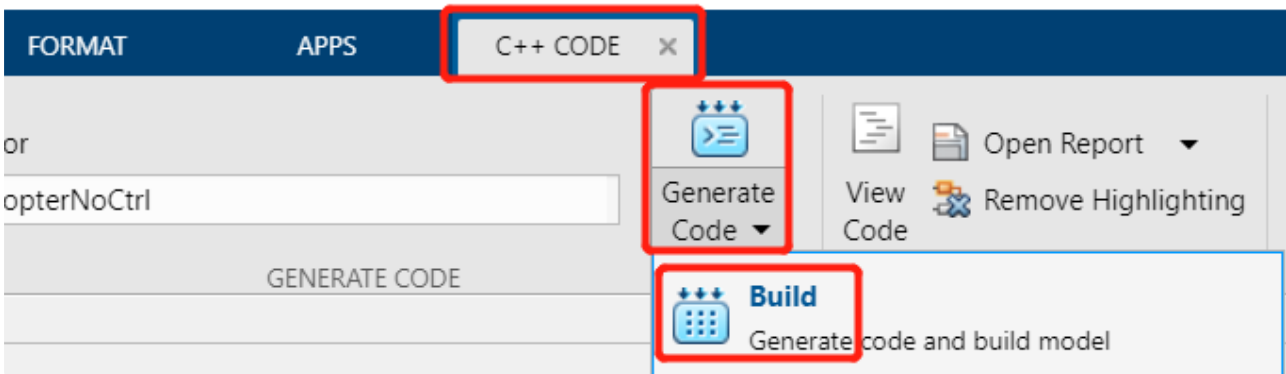


对于2019b及之后版本，点击APPS - CODE GENERATION - Embedded Coder才能弹出代码生成工具栏，在其中如下图所示点击“C++CODE” - “Generate Code” - “Build”按钮就能编译生成代码。

MulticopterCtrlVelocity/Force and Moment Model - Simulink

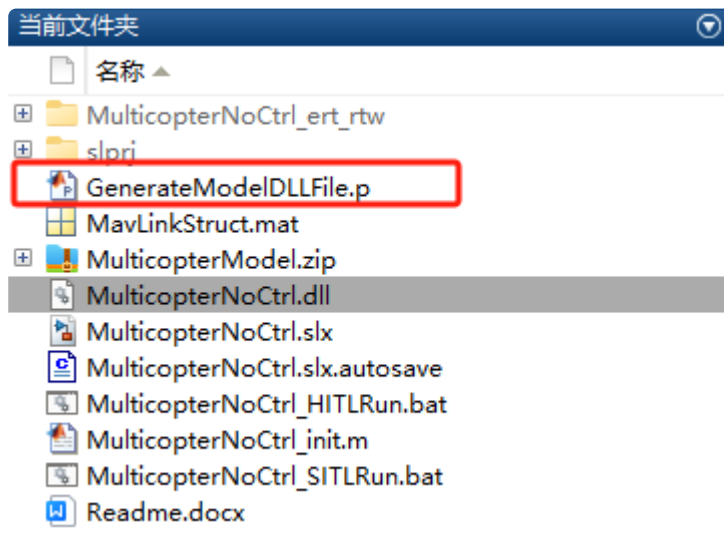


k



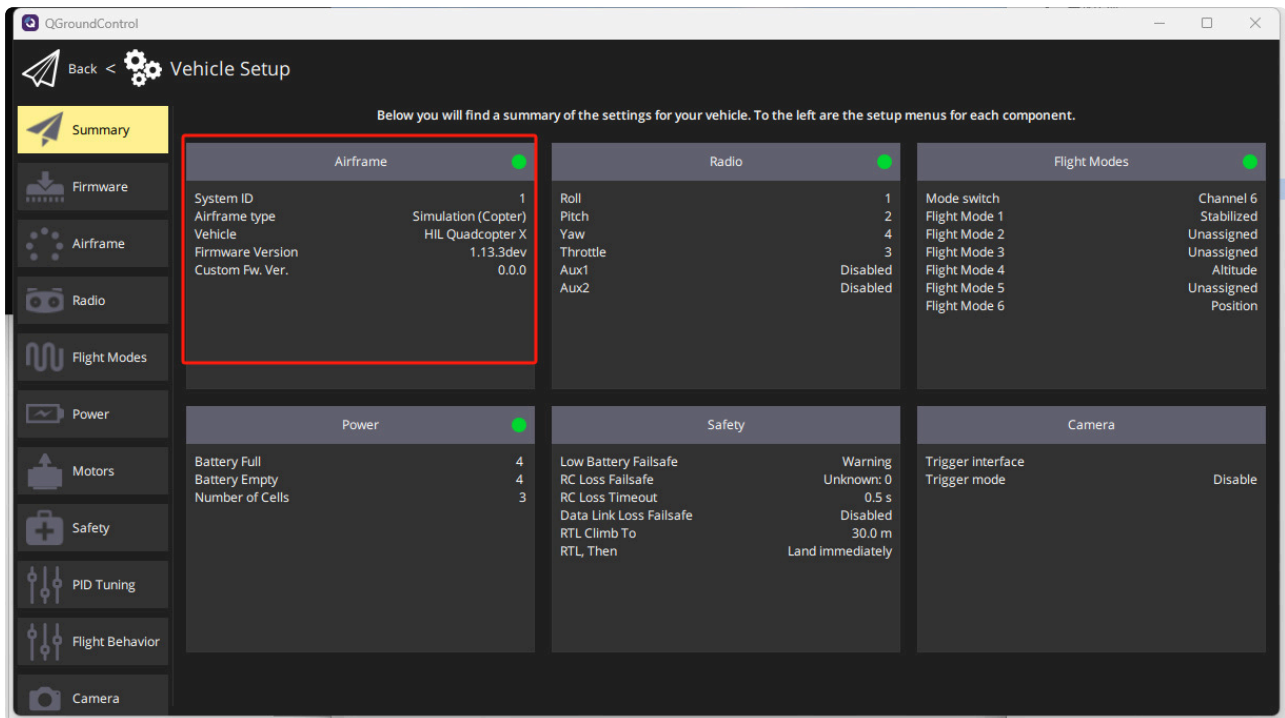
Step 3: 生成DLL文件

右键运行“GenerateModelDLLFile.p”文件，将上一步的代码生成动态链接库dll文件。



Step 4: 硬件在环仿真配置

将飞控通过USB线连接至电脑，并完成硬件在环仿真配置。硬件在环机架设置为“HIL Quadcopter X”，并在“安全”界面设置HIL enabled。遥控器校准步骤参考[1]。



Step 5: 启动仿真

右键以管理员身份运行“MulticopterNoCtrl_HITL.bat”批处理文件，开启硬件在环仿真。

名称	修改日期	类型	大小
MulticopterNoCtrl_ert_rtw	2024/1/23 17:44	文件夹	
slprj	2024/1/23 17:44	文件夹	
GenerateModelDLLFile.p	2023/11/15 10:06	MATLAB,p.9.14.0	6 KB
MavLinkStruct.mat	2023/11/15 10:06	MATLAB.mat.9.1...	5 KB
MulticopterModel.zip	2024/1/23 17:44	360压缩 ZIP 文件	101 KB
MulticopterNoCtrl.dll	2024/1/23 17:48	应用程序扩展	226 KB
MulticopterNoCtrl.slx	2024/1/23 17:38	Simulink Model	76 KB
MulticopterNoCtrl.slx.autosave	2024/1/23 17:44	AUTOSAVE 文件	69 KB
MulticopterNoCtrl_HITLRun.bat	2023/12/25 14:41	Windows 批处理...	6 KB
MulticopterNoCtrl_init.m	2023/11/15 10:06	MATLAB Code	3 KB
Readme.docx	2024/1/23 18:27	DOCX 文档	8,694 KB

Step 6: 查看飞机状态信息

在QGC界面点击起飞后滑动下方滑块起飞后，在UE界面按D可以显示包括ExtToUE4（也就是inCopterData（9~24））输出在内的飞机状态信息，前四维为遥控器的滚转，俯仰，油门和偏航通道。



Step 7: 俯仰通道

遥控器操作示意如下：



在俯仰角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机俯仰角发生变化，同时遥控器俯仰角通道的值减小。



同理反方向在俯仰角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机俯仰角反向变化，同时遥控器俯仰角通道的值增大。



Step 8: 滚转通道

在滚转角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机滚转角发生变化，同时遥控器俯仰角通道的值增大。



同理反方向在滚转角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机滚转角反向变化，同时遥控器滚转角通道的值减小。



Step 9: 偏航通道

在偏航角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机偏航角发生变化，同时遥控器偏航角通道的值增大。



同理反方向在偏航角通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机偏航角反向变化，同时遥控器偏航角通道的值减小。



Step 10: 油门通道

在油门通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机高度上升，同时遥控器油门通道的值增大。



同理反方向在油门通道拨动遥控器摇杆，可以看到飞机高度下降，同时遥控器油门通道的值减小。

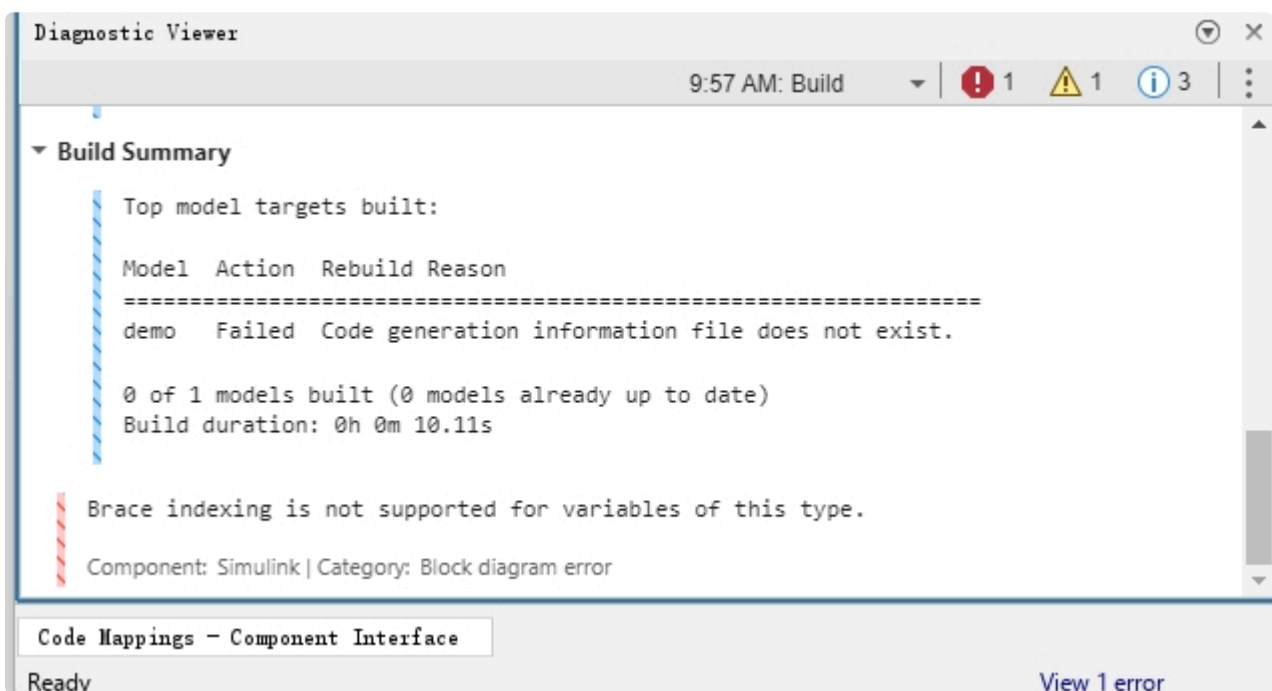


6.参考资料

1. 遥控器校准步骤 [..\..\..\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e11_RC-Config\Readme.pdf](#)
2. DLL/SO模型与通信接口 [..\..\PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf](#)
- 3.

7.常见问题

Q1: 未正确安装visual studio c++编译环境并配置mex，导致Simulink文件编译失败



A1: 首先将低于当前MATLAB版本的Visual Studio C++编译环境安装到VS默认安装目录，然后在MATLAB的命令行窗口中输入指令“mex -setup”，一般来说会自动识别并安装上支持的编译器（例如Visual C++ 2017），命令行显示“MEX 配置使用 ‘Microsoft Visual C++ 2017’ 以进行编译”的字样说明安装正确。详细环境配置参考” [RflySim平台安装目录]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf “中的环境配置。



```
命令窗口
>> mex -setup
MEX 配置为使用 'Microsoft Visual C++ 2017 (C)' 以进行 C 语言编译。
警告: MATLAB C 和 Fortran API 已更改, 现可支持
包含 2^32-1 个以上元素的 MATLAB 变量。您需要
更新代码以利用新的 API。
您可以在以下网址找到更多的相关信息:
http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab\_external/upgrading-mex-files-to-use-64-bit

要选择不同的 C 编译器, 请从以下选项中选择一种命令:
Microsoft Visual C++ 2013 \(C\) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2013.xml C
Microsoft Visual C++ 2015 \(C\) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2015.xml C
Microsoft Visual C++ 2017 \(C\) mex -setup:C:\Users\dream\AppData\Roaming\MathWorks\MATLAB\R2

要选择不同的语言, 请从以下选项中选择一种命令:
mex -setup C++
mex -setup FORTRAN
fx >>
```

Q2: 编译报错, 无法加载库文件



```
诊断台
下午4:48: 编译
-----
Exp1_modelTemp 信息: 保存文件完成工作失败。 无法编译。 有关详细信息, 请参阅编译日志。  ed
编译了 0 个模型, 共 1 个模型(0 个模型已经是最新的)
编译持续时间: 0h 0m 3.7699s
-----
无法加载 "pixhawk_slib_adv\interface\model" 引用的库 "pixhawk_slib_adv1".
附件: Simulink | 类别: Block diagram 错误
代码映射 - 组件接口
```

A2: 这可能是由于安装平台时PX4PSP工具箱未更新到最新版, 更新RflySim安装包后按照如下配置重新安装平台即可

Toolbox one-key installation script: RflySimA... — □ ×

(1) Software package installation directory
C:\PX4PSP

(2) PX4 firmware compiling command: firmware versions <= PX4-1.8 use format px4fmu-v3_default; >= PX4-1.9 use format px4_fmu-v3_default
px4_fmu-v6c_default

(3) PX4 firmware version (1: PX4-1.7.3, ... , 6: PX4-1.12.3, 7: PX4-1.13.2, 8: PX4-1.14.4, 9: PX4-1.15.0)
9

(4) PX4 firmware compiling toolchain (1: WinWSL[suitable for all versions], 2: Msys2[suitable for <= PX4-1.8], 3: Cygwin[for >=PX4-1.8])
1

(5) Whether to reinstall PSP toolbox (yes to reinstall and no to remain current installation)
yes

(6) Whether to reinstall the dependent software packages (CopterSim, QGroundControl, CopterSim, etc. About 5 minites)
no

(7) Whether to reinstall the selected compiling toolchain (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(8) Whether to reinstall the selected PX4 firmware source code (yes to reinstall and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(9) Whether to pre-compile the selected firmware with the selected command (yes to compile and no to remain unchanged, about 5 minites)
no

(10) Whether to block the actuator outputs in the PX4 firmware code ("yes" to use Simulink controller, "no" to use PX4 official controller)
no

OK Cancel