

# 姿态控制器设计自动代码生成实验（仅限完整版使用）

## 1. 实验目的

Simulink的自动代码机制可以直接一键生成目标硬件的所有代码并调用相关的编译器自动生成工程文件，省去了模型应用层代码和底层驱动关联的工作环节。TLC（Target Language Compiler）语言在Simulink中是连接模型和目标代码的桥梁，是一种解释性语言。本实验将使用前面实验的文件[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\3.DesignExps\Exp4\\_AttitudeSystemCodeGen.slx](#)进行自动代码生成，说明基于RflySim平台的SITL仿真环境下验证自动生成的代码。

## 2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链<sup>1</sup>，MATLAB2022B以上版本，平台安装时的编译命令为：px4\_fmuv6x\_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<sup>2</sup>，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\14.SITLVeriGenCodeFirm\2.AttitudeCtrlCodeGen](#)

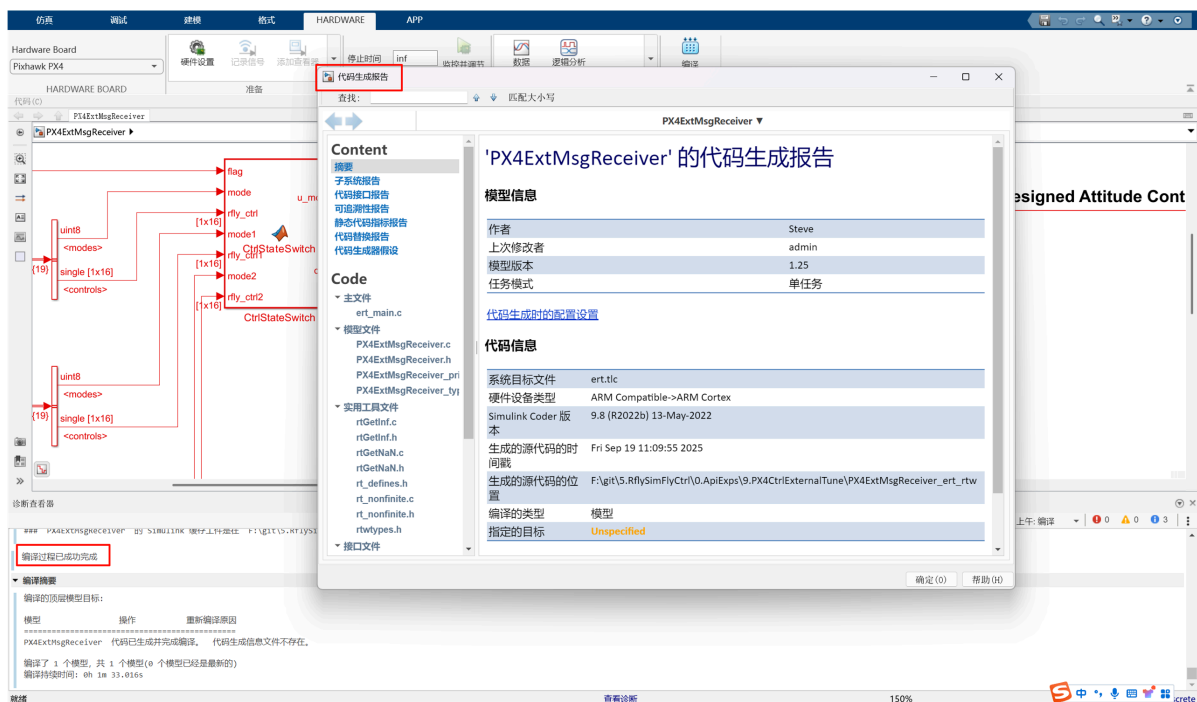
## 4. 实验内容或步骤

### 5.1 步骤1：ITL验证自动代码生成代码

打开MATLAB软件，在MATLAB中打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\3.DesignExps\init\\_control.m](#)文件并运行，运行完成后打开[\[安装目录\]\5.RflySimFlyCtrl\0.ApiExps\3.DesignExps\Exp5\\_AttitudeSystemCodeGen2.slx](#)文件，在Simulink中，点击编译命令。



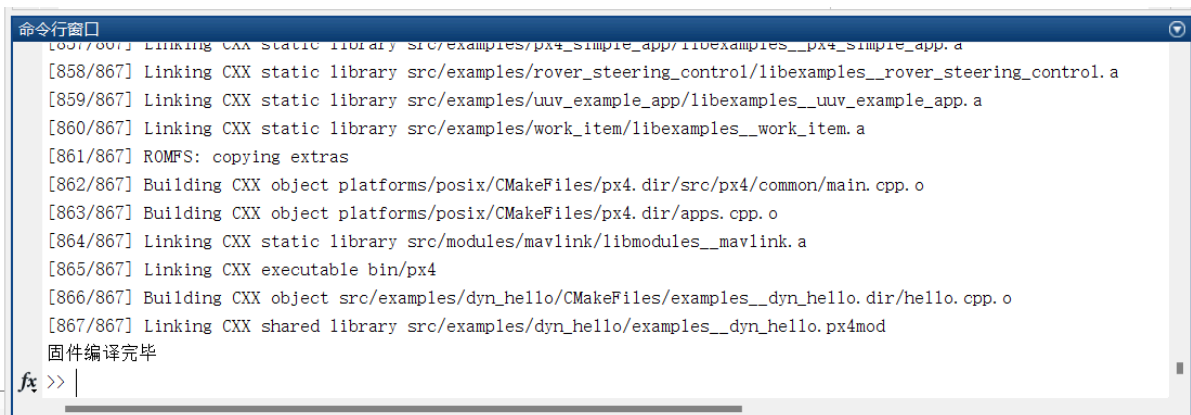
在Simulink的下方点击查看诊断，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出编译过程已成功完成，即可表示编译成功，也会弹出代码生成报告。



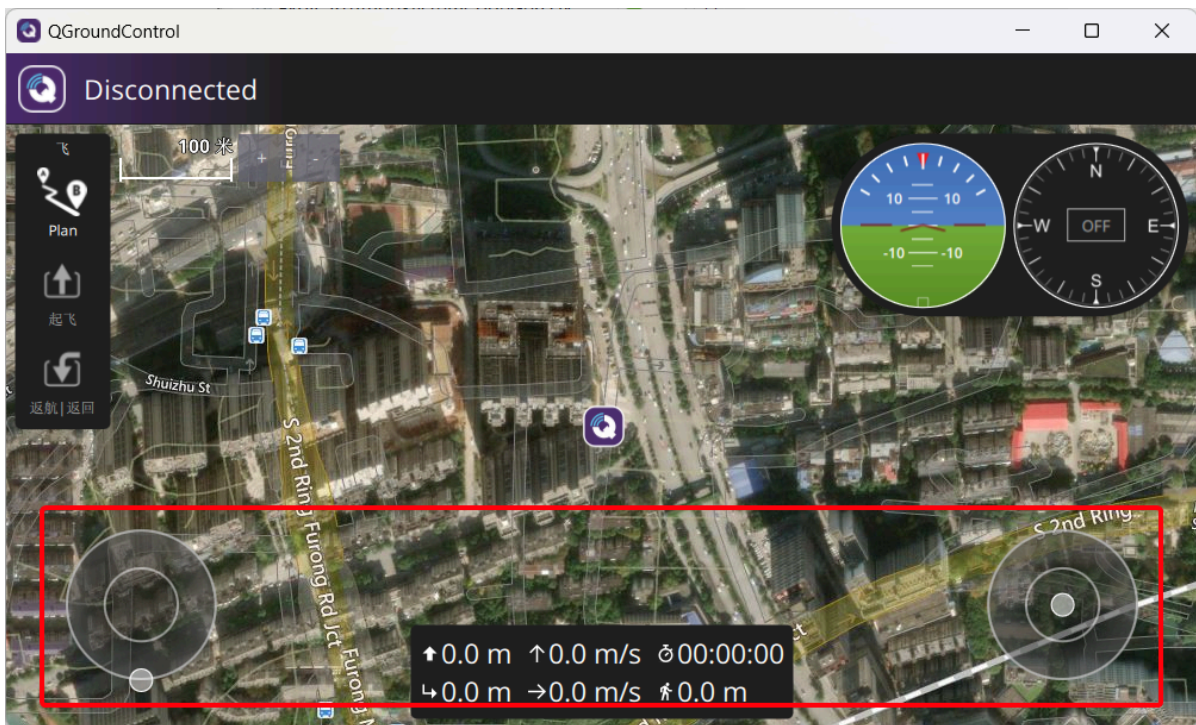
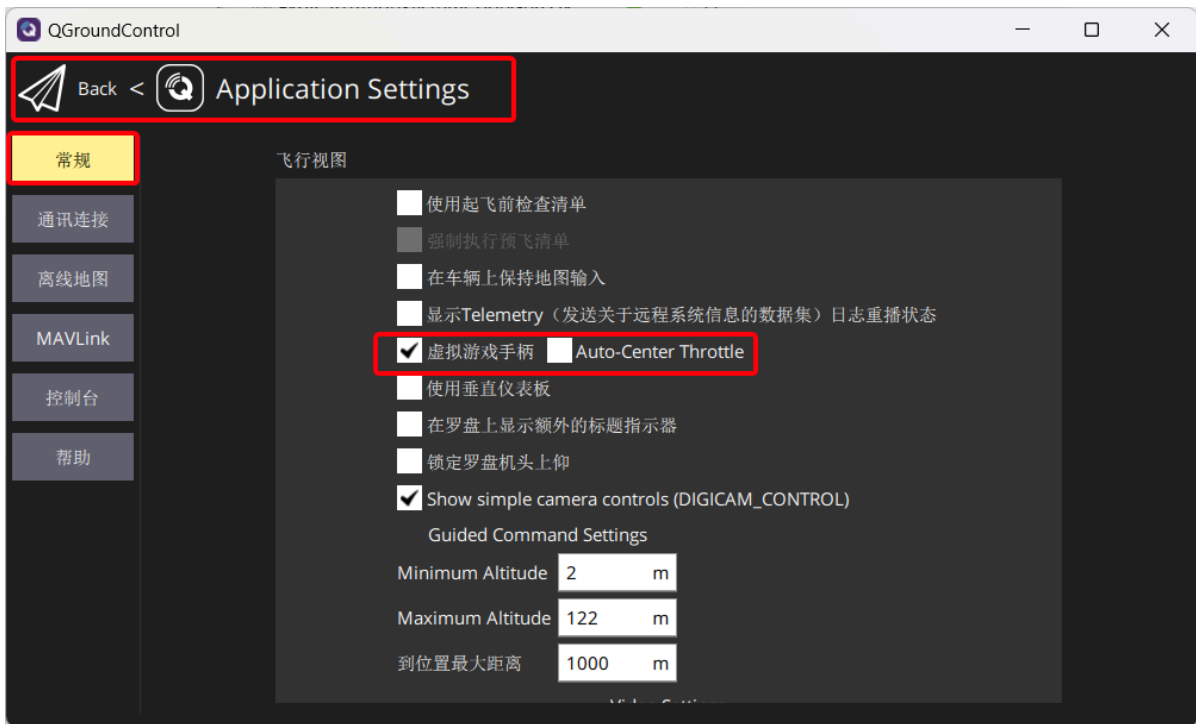
在MATLAB的命令行窗口运行：PX4SitiSet

```
>> PX4SitiSet
Checking fold existing...
Backup BkFile/Origin folder...
Backup and replace rcS file...
Backup and replace cmake file...
Reconfiguring px4_simulink_app...
px4_simulink_app 已经修改过，跳过修改。
Model name:
发现旧的编译信息，正在删除...
```

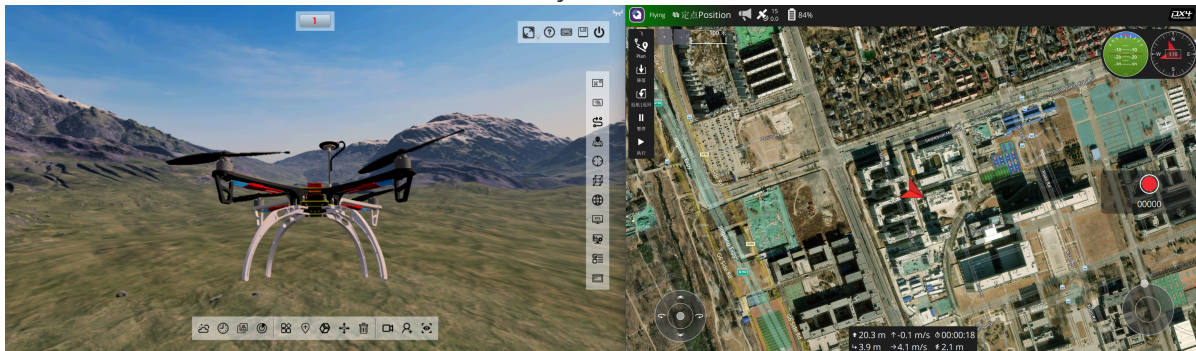
等待编译完成。



双击运行“\*桌面\RflyTools\SITLRun.Ink”，输入1。即可启动软件在环仿真环境，在自动打开的QGrounControl软件中设置打开虚拟手柄。



在地面站中进行解锁，拉动油门通道，即可在RflySim3D中看到飞机正常起飞。



注：实验完成后，MATLAB中运行PX4SITLRec命令，可以恢复SITL环境，做正常的其他实验。

# 5. 关键知识点

## 关键知识点1: TLC自动代码生成机制

TLC文件功能: 将Simulink生成的rtw文件转换成目标硬件的专用代码, 控制代码生成流程

定制能力: 通过定制关键TLC文件实现主函数定制、模块参数传递、系统头文件包含、调用目标编译器等

自动化部署: RflySim平台采用Pixhawk系列目标硬件, 实现在PX4软件支持的飞控硬件上自动化部署代码

语言特性: TLC是一种解释性语言, 作为连接模型和目标代码的桥梁

## 关键知识点2: 控制器参数初始化配置

初始化脚本: 控制器和多旋翼模型参数存储在Init\_control.m和Init.m脚本中

运行机制: Init\_control.m脚本在Simulink仿真开始时自动运行, 将参数导入工作空间

基础设置:

清除MATLAB工作区和命令窗口

添加./icon/文件夹到搜索路径

设置比例因子kFactor = 1.2

控制参数:

滚转/俯仰角度PID:  $K_pRollAttitude = 0.630138625117681/kFactor$ ,  $K_iRollAttitude = 0.0552303199591522/kFactor$

角速率PID:  $K_pRollRate = 1.31533836563383/kFactor$ ,  $K_iRollRate = 0.460338699849681/kFactor$

偏航角速率:  $K_pYawRate = 1.31533836563383/kFactor2$ ,  $K_iYawRate = 0.460338699849681/kFactor2$

## 关键知识点3: PID控制参数与系统限制

PID参数设置:

角度控制:  $K_p\_RP\_ANGLE = 6.5$ ,  $K_p\_RP\_AngleRate = 0.10$ ,  $K_i\_RP\_AngleRate = 0.02$ ,  $K_d\_RP\_AngleRate = 0.001$

偏航控制:  $K_p\_YAW\_AngleRate = 0.3$ ,  $K_i\_YAW\_AngleRate = 0.1$ ,  $K_d\_YAW\_AngleRate = 0.00$

积分饱和限制:

滚转俯仰:  $Saturation\_I\_RP\_Max = 0.3$ ,  $Saturation\_I\_RP\_Min = -0.3$

偏航:  $Saturation\_I\_Y\_Max = 0.2$ ,  $Saturation\_I\_Y\_Min = -0.2$

控制幅度限制:

最大控制角度:  $MAX\_CONTROL\_ANGLE\_ROLL = 35$ ,  $MAX\_CONTROL\_ANGLE\_PITCH = 35$

最大控制角速度:  $MAX\_CONTROL\_ANGLE\_RATE\_PITCH/ROLL = 220$ ,

$MAX\_CONTROL\_ANGLE\_RATE\_Y = 200$

悬停油门值:  $THR\_HOVER = 0.609$

## 关键知识点4: 四元数到欧拉角转换算法

函数功能: quat2eul函数将vehicle\_attitude1输出的四元数转换为欧拉角

输入输出:

输入: 四元数向量q (四元素, 表示实部和虚部)

输出: 欧拉角[phi, theta, psi] (滚转角、俯仰角、偏航角)

转换过程:

提取四元数分量a, b, c, d

计算平方值和常量

构建旋转矩阵(DCM)元素

使用反三角函数asin和atan2计算欧拉角

异常处理：条件语句处理极端情况，确保计算过程稳定

## 关键知识点5：实验模型系统架构

模型文件：Exp4\_AttitudeSystemCodeGen.slx和Exp5\_AttitudeSystemCodeGen2.slx

输入信号：遥控器Ch1-Ch5通道、姿态角速率、俯仰和滚转角

核心模块：

input\_rc1：遥控器输入模块

vehicle\_attitude1：姿态数据模块

RGB\_LED：LED指示模块

PWM\_output：电机PWM输出模块

Subsystem：控制器子系统

Mixer：混控器模块

## 6.参考资料

---

此处编写参考资料，编写样式如下：

1. [RflySim官方文档](#)
2. [MATLAB/Simulink官方文档](#)
3. [PX4官方文档](#)

## 7.常见问题

---

### Q1：编译过程中出现错误提示"Compilation failed"

---

A1：这个问题通常由MATLAB路径设置不正确或者缺少必要的工具箱引起。请检查是否正确安装了RflySim工具链以及MATLAB 2022b以上版本，并确认所有必需的路径已经添加到MATLAB路径中。

### Q2：SITL仿真环境无法正常启动，提示端口被占用

---

A2：这通常是由于之前运行的实例没有完全关闭导致的。请先确认任务管理器中没有残留的PX4进程，然后重启SITL仿真环境。也可以尝试更换通信端口来解决冲突问题。

### Q3：生成的代码在实际硬件上运行不稳定或控制效果不佳

---

A3：这可能是PID参数未针对具体机型进行调整所致。建议根据实际飞行器特性重新调节PID参数，特别是比例系数Kp和积分系数Ki，同时检查传感器数据是否准确。

---

1. <https://rflysim.com/> 

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