

基于模型的直线倒立摆控制开发

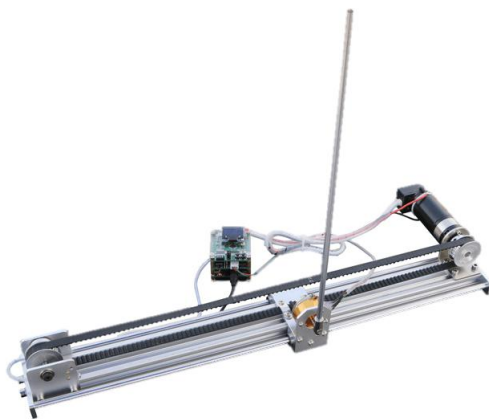
——平衡小车之家

本文档主要介绍基于模型的直线倒立摆控制开发，包括软件安装、环境配置、控制模型搭建、自动代码生成、仿真调试以及实物测试。

基于模型的设计（Model Based Design, MBD）是基于代码自动生成技术的发展，源于 20 世纪九十年代初，最初用于航空航天、汽车以及工业自动化等领域。而如空客 A380、美国通用混合动力汽车、特斯拉电动跑车、F-35 攻击机等都采用了基于模型的设计。NASA 做过研究，汽车、航天器等产品的代码量近些年在呈指数级增长，基于模型的设计则可以很好的保证算法的验证以及嵌入式的实现。特别的，近些年工业自动化以及机器人技术的发展，代码量也在迅速的膨胀，传统的手工编程模式面临着产品周期长，开发成本高、以及产品可靠性难以保证的困难。具体来说，基于模型的设计有以下四个方面的好处：

- a) **图形化设计：**图形化设计使得系统具有明确、清晰、唯一的特点，而且便于工程师之间的交流、维护；
- b) **早期验证：**在使用 MATLAB 开发基于模型的项目的时候，可方便的使用 Simulink 模型本省固有的仿真以及通过形式化方法工具对模型进行分析；
- c) **代码自动生成：**自动代码生成将开发人员从繁复的编程中解放出来，从而可以专注于控制算法的研发。利用 Simulink 自动生成的代码堪比具有 5 年以上编程经验的程序员的质量，并且安全性比人工编码更高。
- d) **文档自动化：**在基于模型设计的开发过程中，可以通过软件读取模型中相关信息并自动创建文档，实现文档自动化。

因此，在未来，基于模型的设计是高效开发所有自动控制系统的必然趋势。在本实验中，将详细介绍基于模型开发的步骤、流程、以及实现。



目录

1 软件安装.....	2
1.1 软件准备.....	2
1.2 matlab 软件安装.....	2
1.3 en.stm32-mat_target 硬件支持包安装.....	2
1.4 STM32CUBEMX 软件安装.....	5
1.5 keil_v5 编译软件安装.....	5
2、环境配置.....	6
3、运行模型.....	9
4、编译模型.....	13
5、下载代码.....	14
6、实验测试.....	16
7、模型仿真.....	17

1 软件安装

1.1 软件准备

基于模型的设计主要安装的软件有以下三种，建议安装推荐版本。

表 1: 安装软件列表

序号	软件
1	Matlab 2018a
2	Keil 5
3	STM32CubeMX-4.26.0
4	FlyMcu

1.2 matlab 软件安装

MATLAB 软件安装 matlab 2018a 或者以上版本，因为在模型中使用了一些 simulink 新模块，在低版本中会导致模型错误。

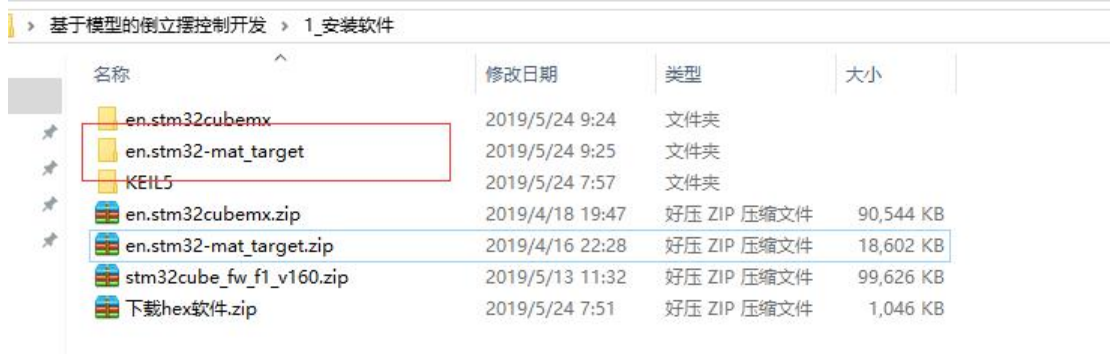
安装教程连接: <https://mp.weixin.qq.com/s/trjMYokY49qTK44PQtkhqQ>

Matlab 2018a /64 位 (中文版) 下载地址:
pan.baidu.com/s/1-7zDSTr7Let2ye7GLh4mIA
提取码: t2ff

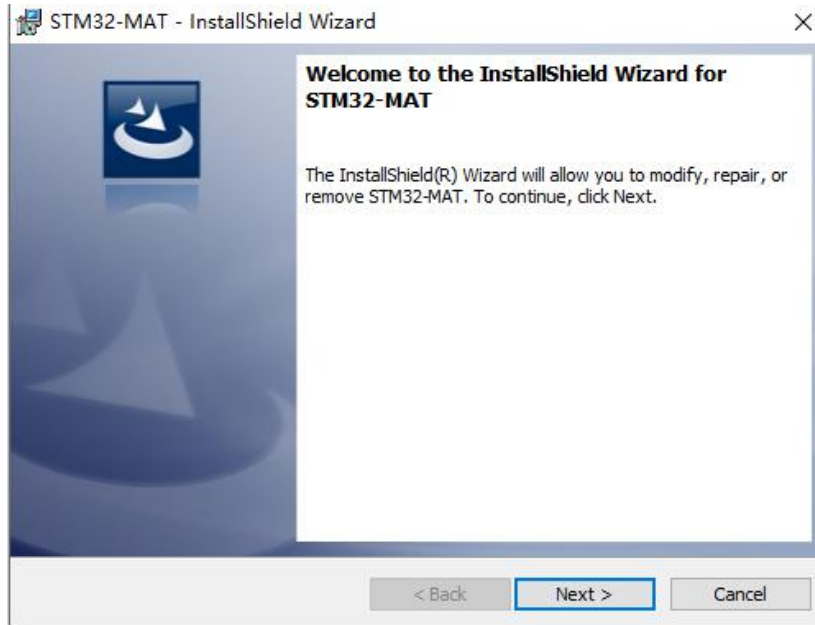
注意: matlab 的安装路径中不要有中文以及空格。默认路径的 “D:\Program Files (x86)\...” 中也是含有空格的，建议自己更换没有空格的安装路径。

1.3 en.stm32-mat_target 硬件支持包安装

Step1: 将压缩包 “en.stm32-mat_target.zip” 解压;



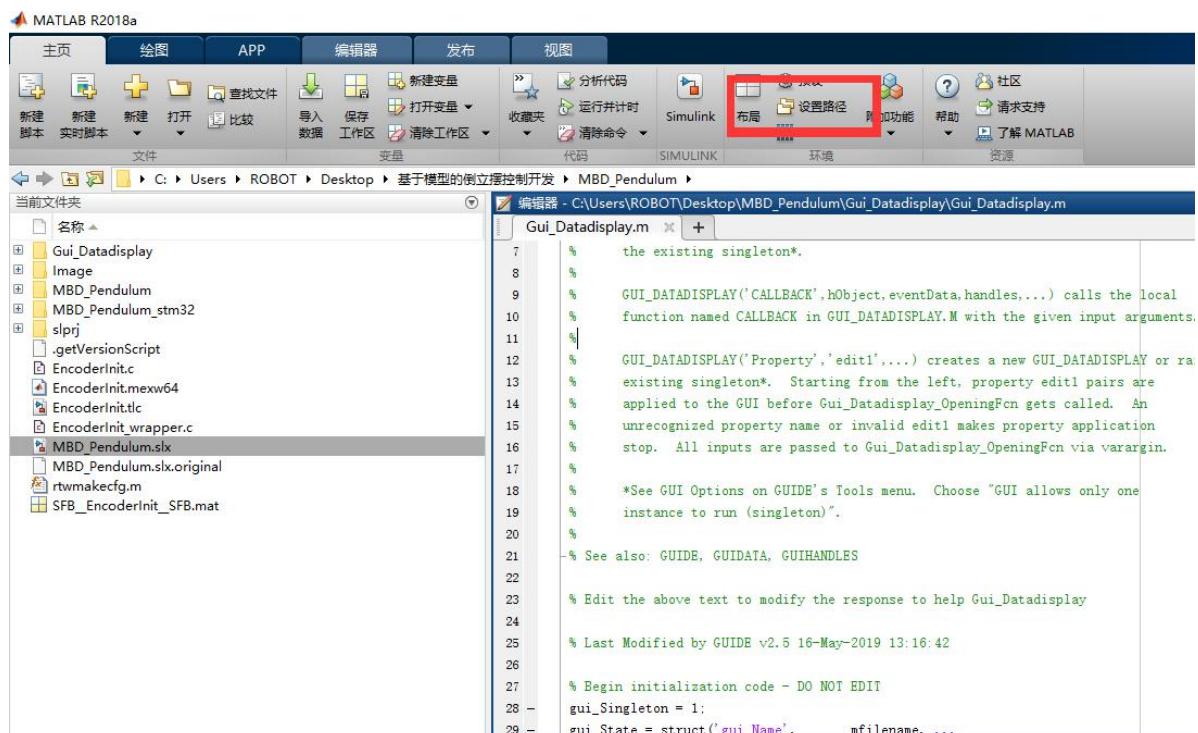
Step2 : 双击文件夹 “ en.stm32-mat_target ” 中的 安装软件 “STM32MatTarget_4.4.2_setup.exe”;



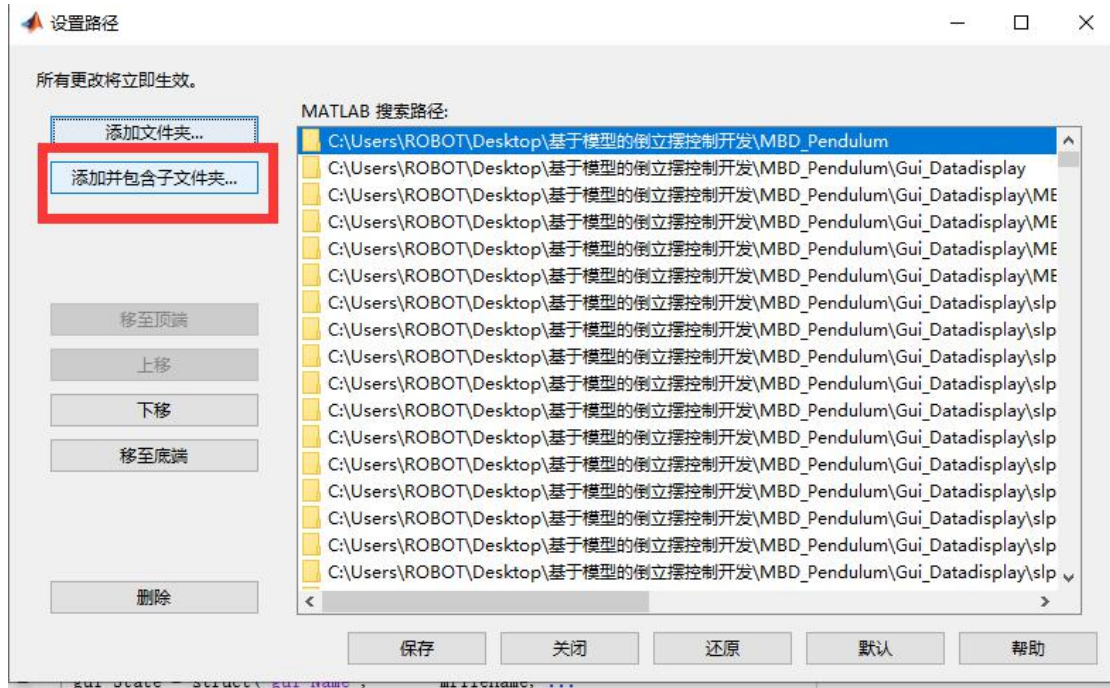
Step3: 点击 Next;

然后根据提示安装，需要注意记住安装路径。

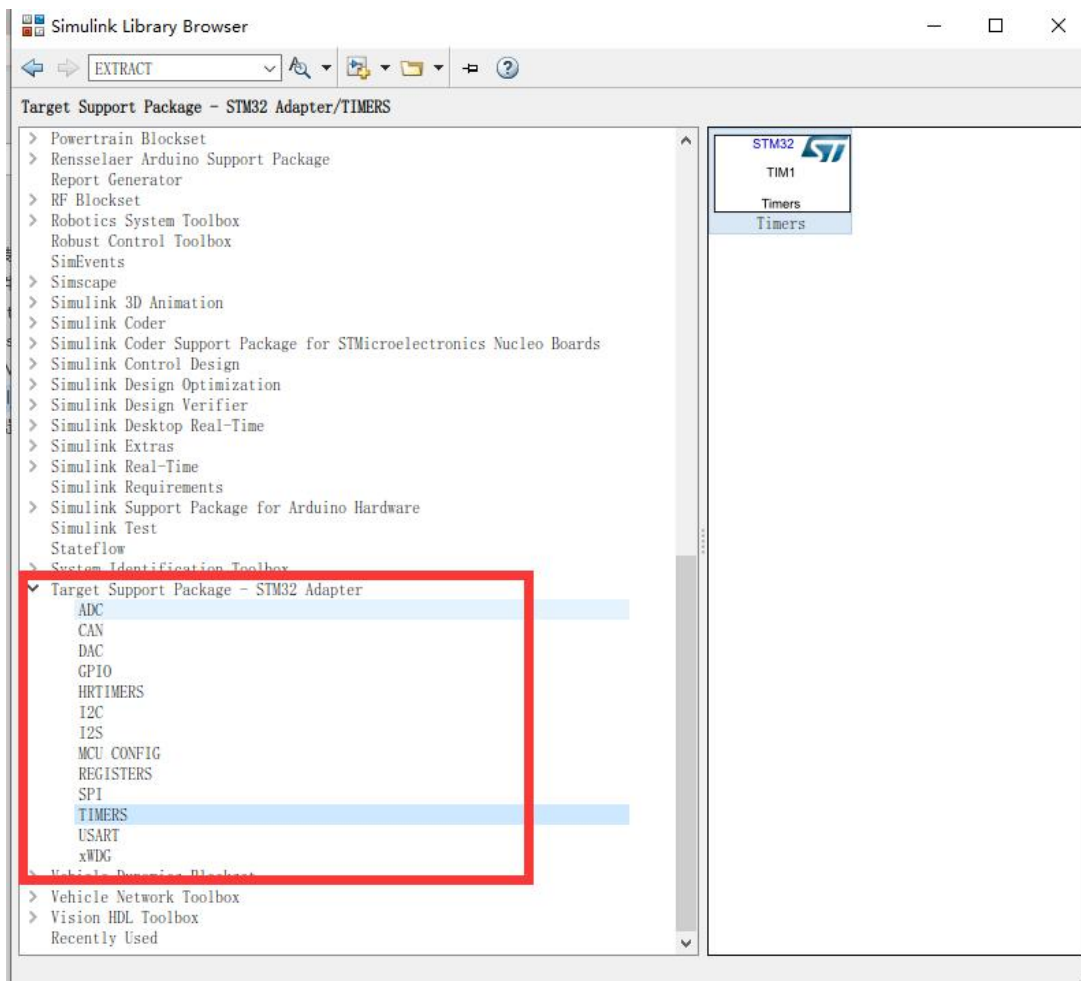
Step4: 默认安装路径 «C:\MATLAB\STM32-MAT» repository，将该路径添加到 MATLAB 的工作路径中



然后点击“添加并包含子文件夹”，将上面的路径添加进去。



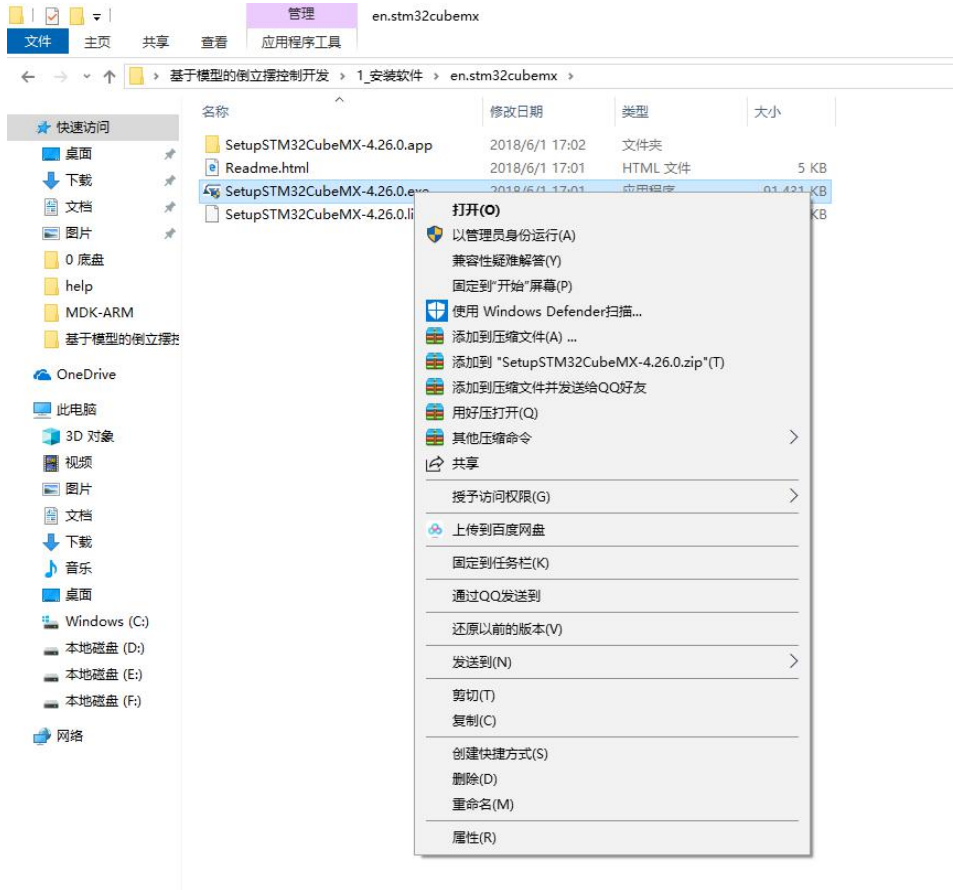
注：当安装完“en.stm32-mat_target”软件后，打开 simulink 的库查看是否有 STM32 的硬件支持包，如果没有，点击右键刷新。如下图所示：



1.4 STM32CUBEMX 软件安装

该软件的安装，参考资料包中文件夹“软件使用手册中的”《STM32CubeMX for STM32 configuration》的第四节。

Step1: 右键以管理员权限运行程序;



Step2: 按照提示安装即可;

1.5 keil_v5 编译软件安装

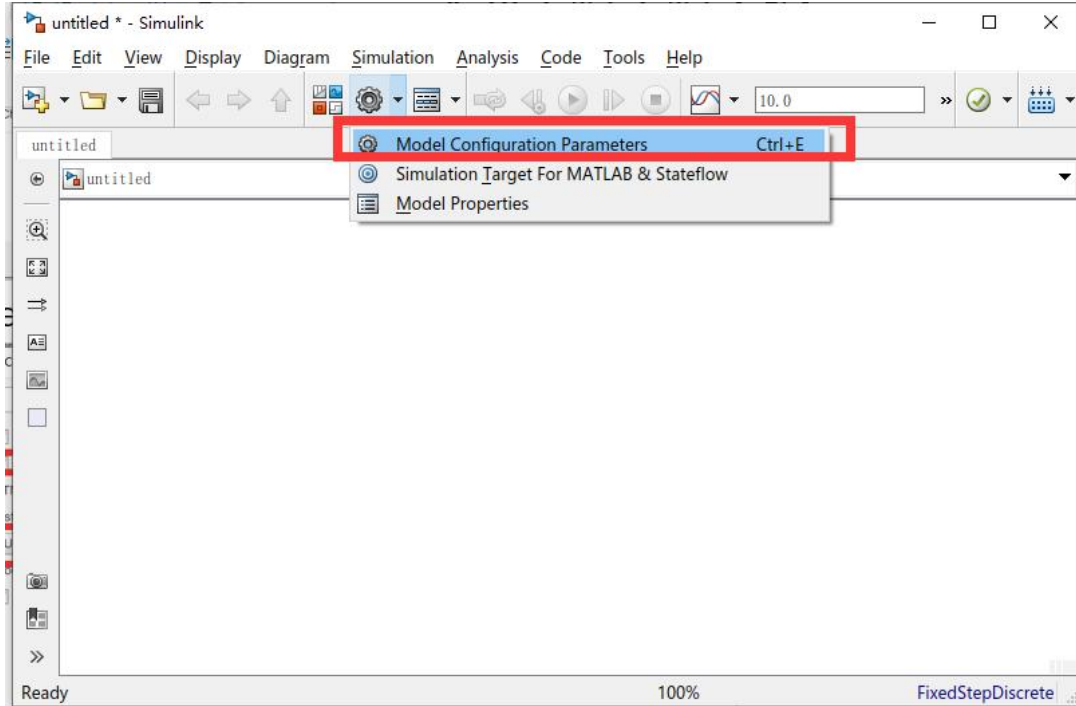
参考《如何安装 KEIL5》;

注意，在破解过程中要关闭电脑的安全保护以及防火墙。

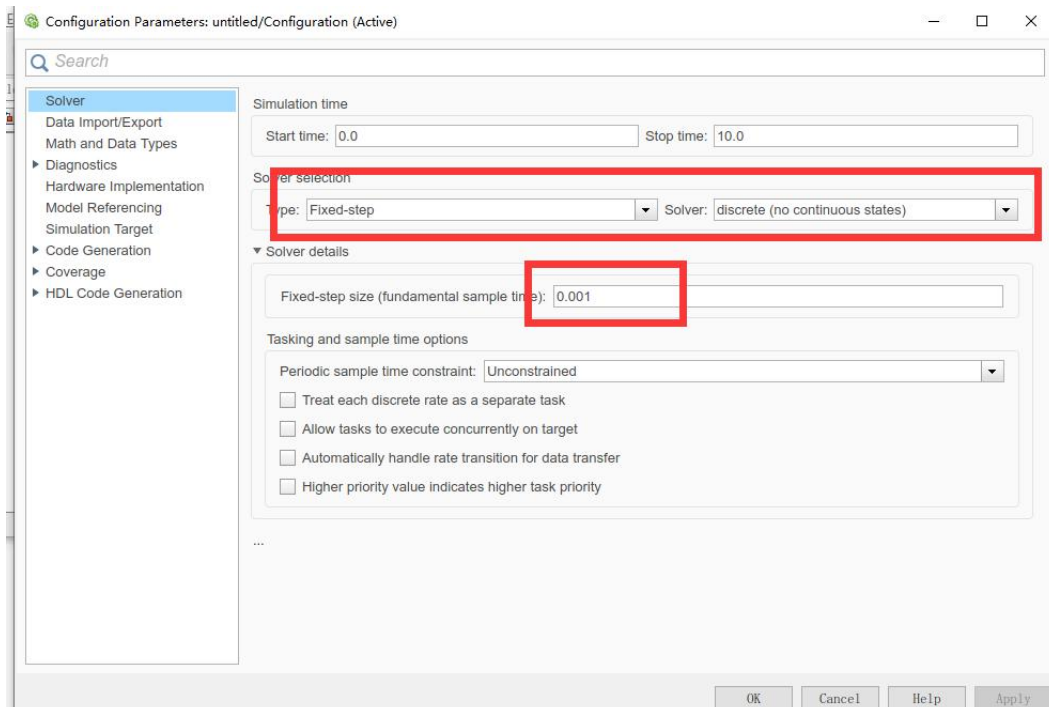
2、环境配置

如果使用提供的模型，请按照该配置步骤重新核对环境配置是否合适，因为对于提供的模型在不同的主机上运行的时候，需要重新设置文件加载路径。特别注意：Step5 需要重新配置。

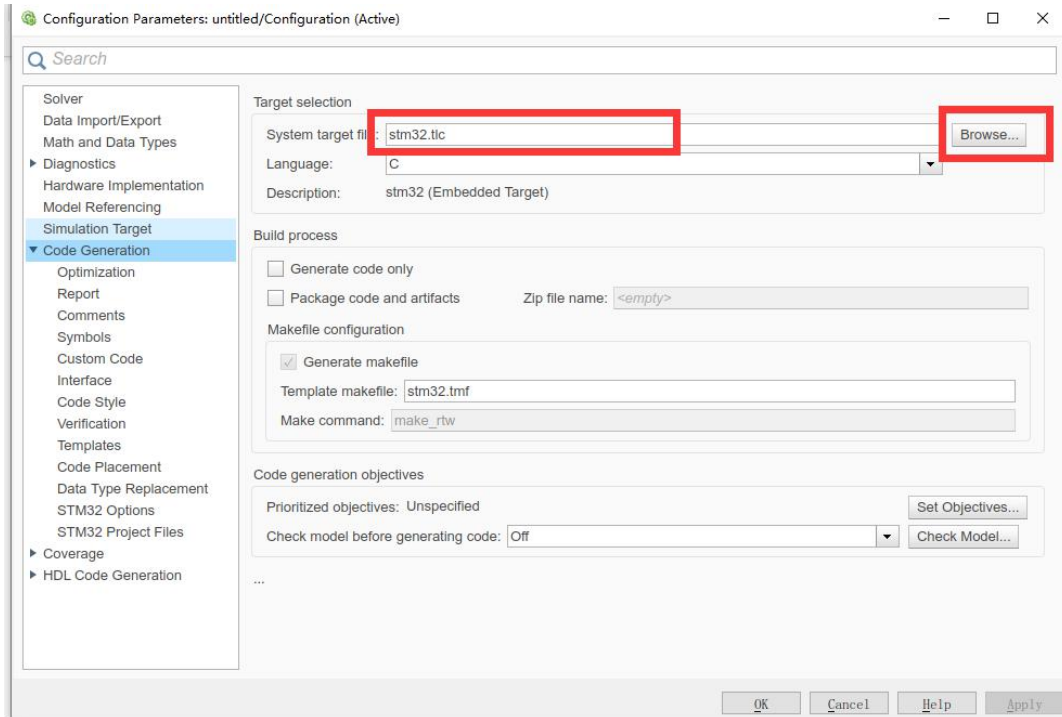
Step1、在 simulink 页面点击环境配置按钮；



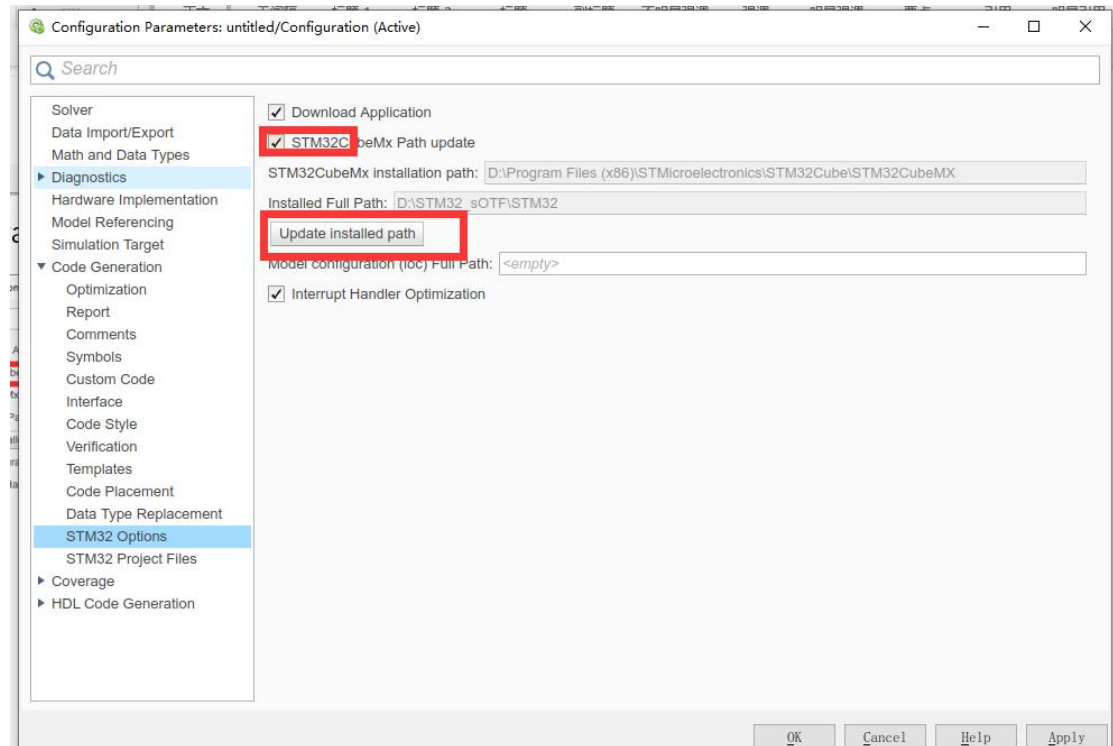
Step2、solver 设置为离散模式，固定步长。



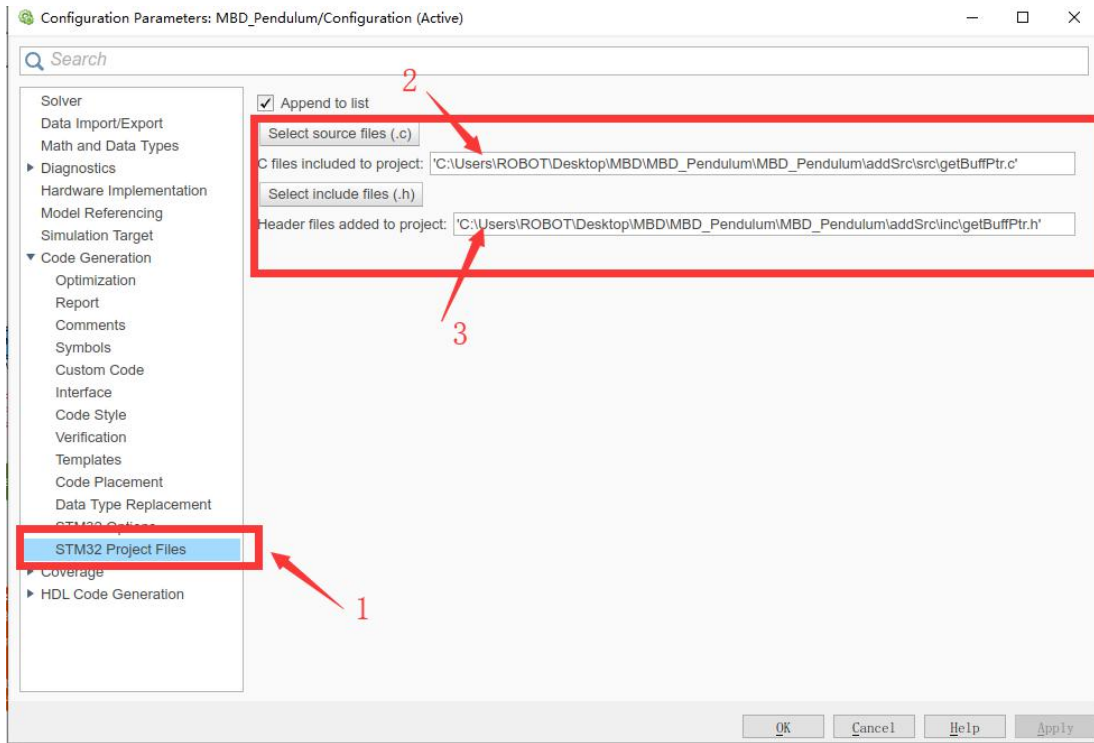
Step3、点击“code generation”菜单，在“Browse”中选择“stm32.tlc”



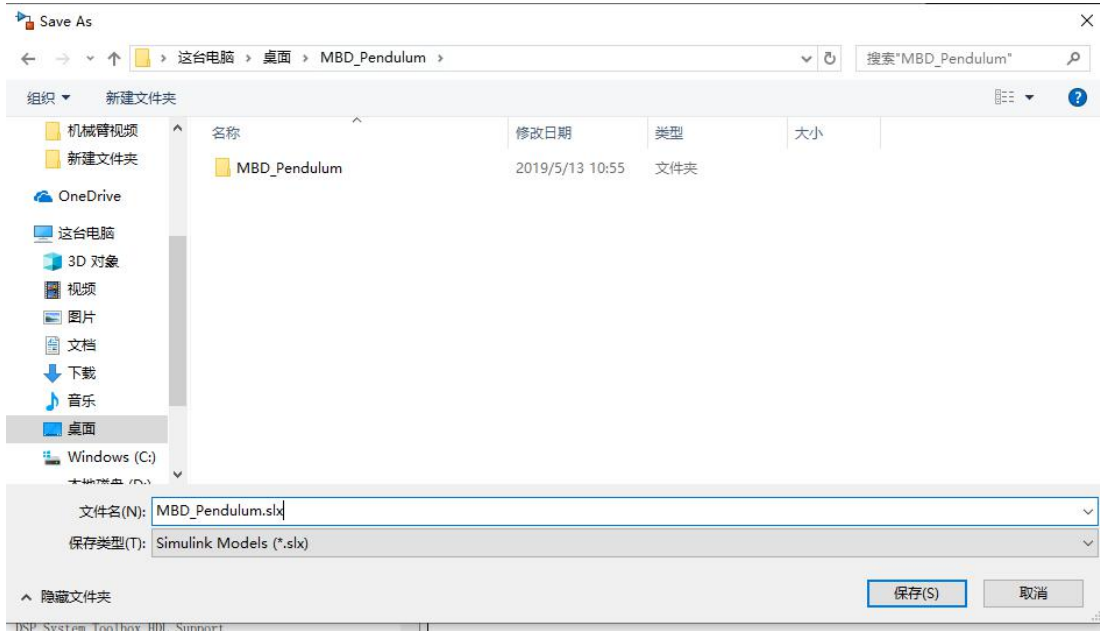
Step4、在“code generation”菜单中勾选路径更新按钮，然后更新路径。



Step5、在“STM32 PROJECT Files” 中选择外部调用文件的路径。**在加载之前先删除原有的路径，然后再重新添加。**该路径纪要加载的文件在“...\MBD\MBD_Pendulum\MBD_Pendulum\addSrc”

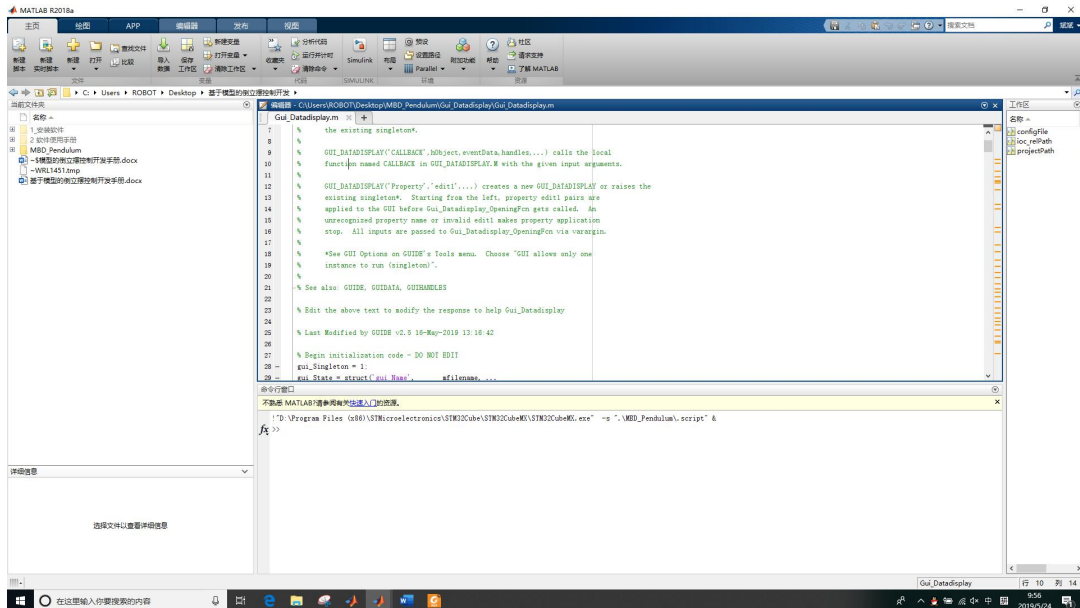


Step6、保存模型。

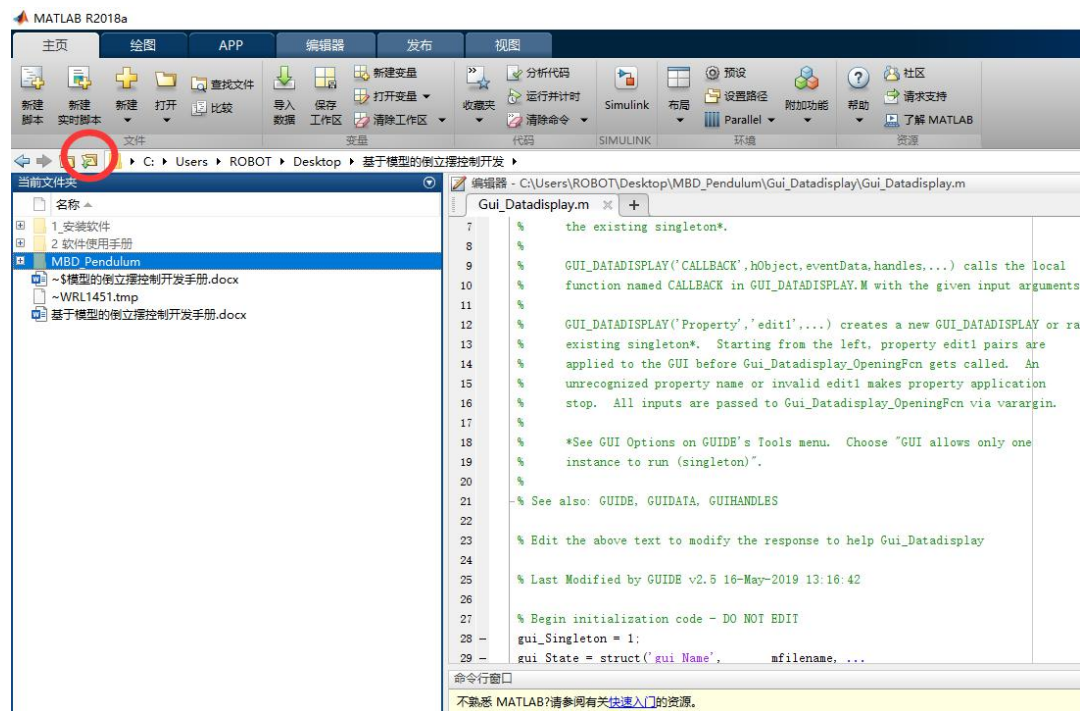


3、运行模型

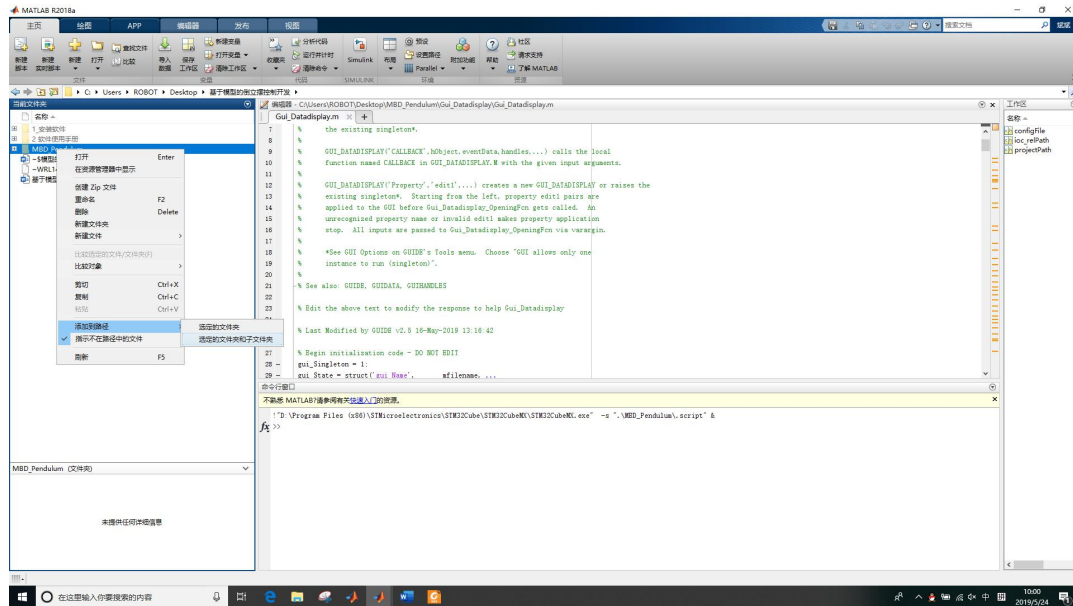
Step1、 打开 MATLAB;



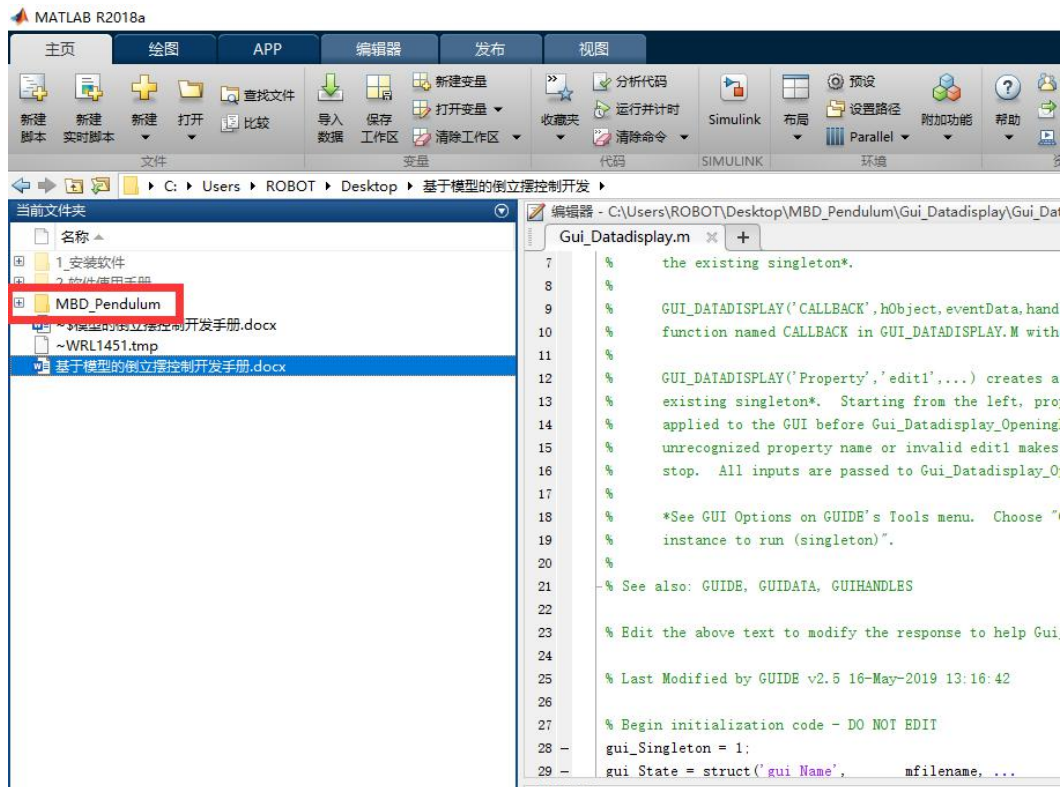
Step2、 点击打开文件按钮，在 MATLAB 中打开模型所在的文件夹;选择文件存贮的位置，然后打开该文件夹。



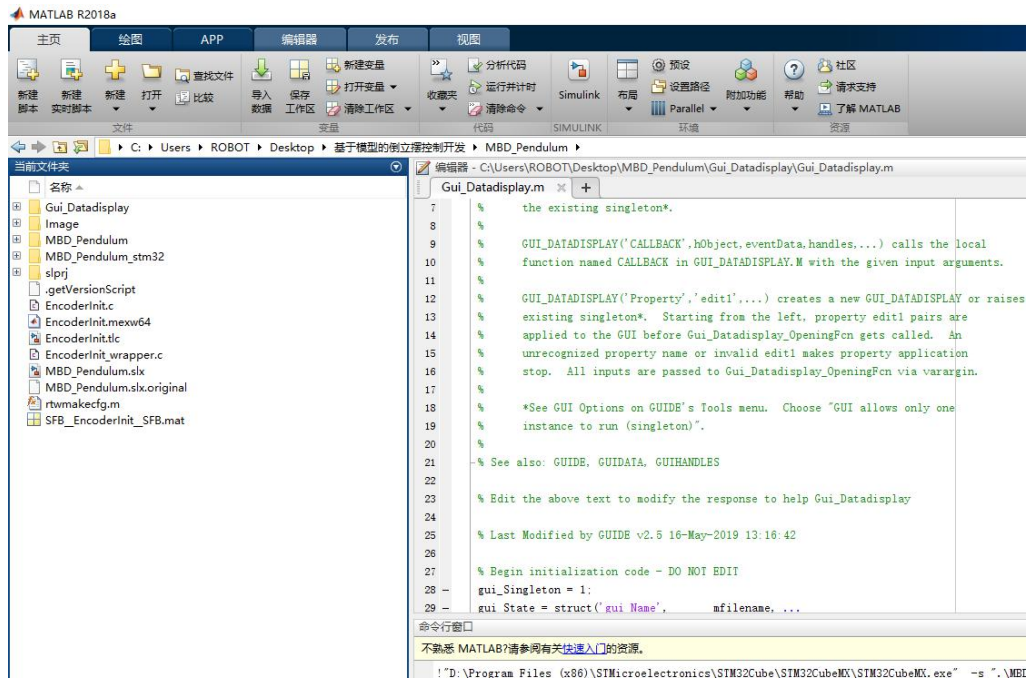
Step3. 鼠标左键选中“MBD_Pendulum”文件夹，然后右键选择“添加路径-选中的文件夹和子文件夹”；



此时，该文件夹高亮显示，如下图：



Step4. 鼠标左键选中双击文件夹“MBD_Pendulum”，进入到该文件夹；



Step5. 鼠标左键双击，打开模型“MBD_Pendulum”；



Step6. 检查环境配置， **特别注意： Step5 需要重新配置。**

Step7. 鼠标左键单击，编译模型，自动生成代码；

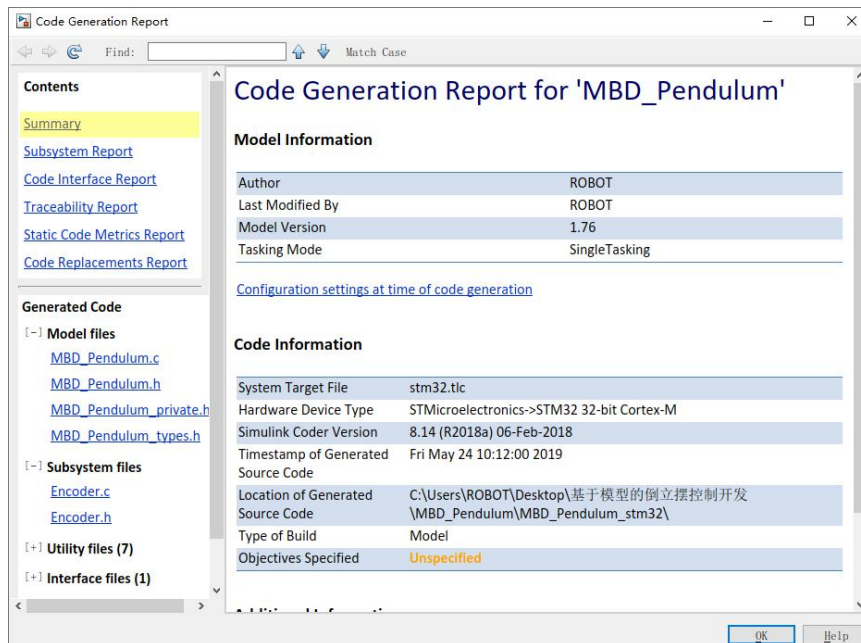


注意：每次在编译模型，生成代码的时候，需要都在该文件夹下执行，否则会导致编译生成的文件在其他文件夹下，会使得后面代码编译的时候出现错误。

Step8. 鼠标左键单击，编译模型，自动生成代码；

第一次编译可能会花费的时间比较多，，，，

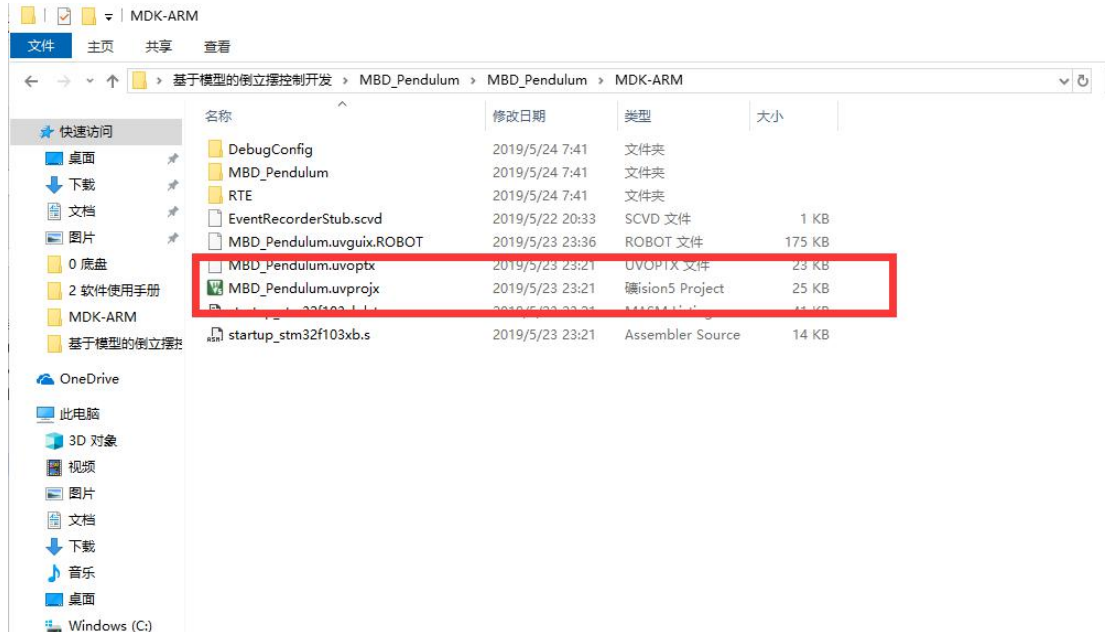
编译成功后，会弹出如下对话框（该对话框可在设置中关闭）



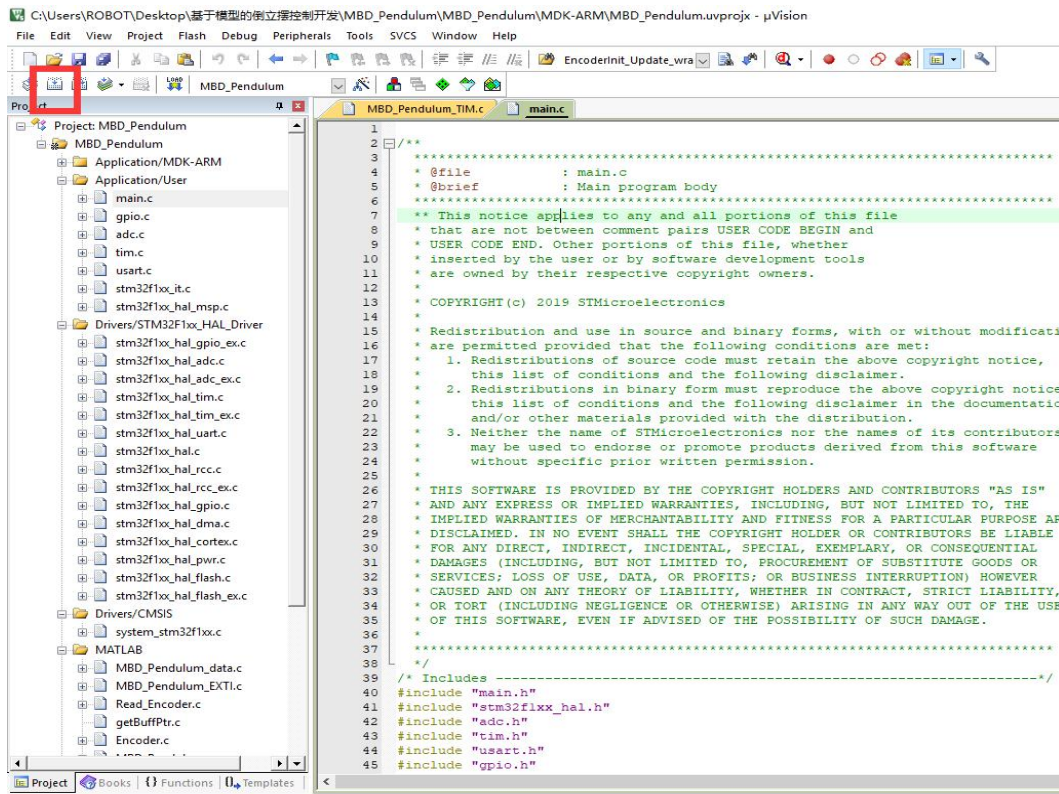
4、编译模型

Step1、 鼠标左键单击打开工程，生成 hex 文件；

该步骤的目的在于，使用第三方编译工具，编译生成的代码，生成可.hex 文件。
我们在文件夹 C:\Users\ROBOT\Desktop\基于模型的倒立摆控制开发\MBD_Pendulum\MBD_Pendulum\MDK-ARM 打开工程。



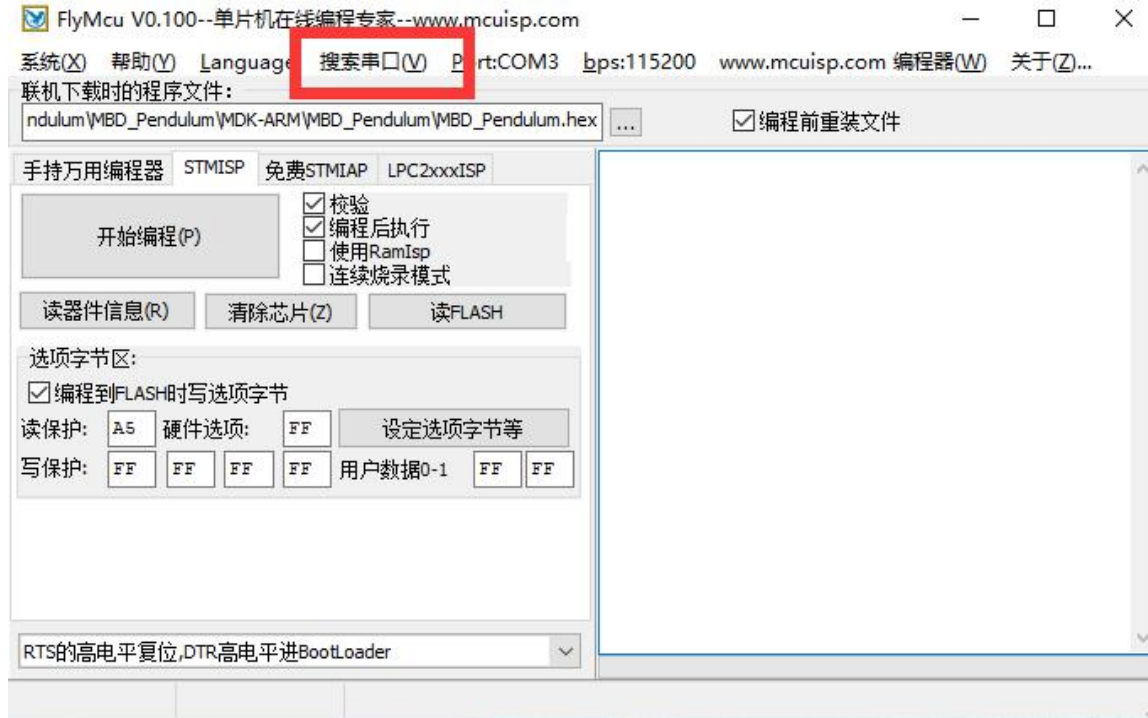
Step2、 点击编译；



5、下载代码

Step1、 双击打开软件“FlyMcu”，点击搜索串口；如果此时，倒立摆的控制电路通过USB已经连接到电脑，则会自动搜索到串口号。

因此，在该步骤以及以后的步骤，请确保有平衡小车之家的控制器，然后将控制电路通过USB口连接到电脑。

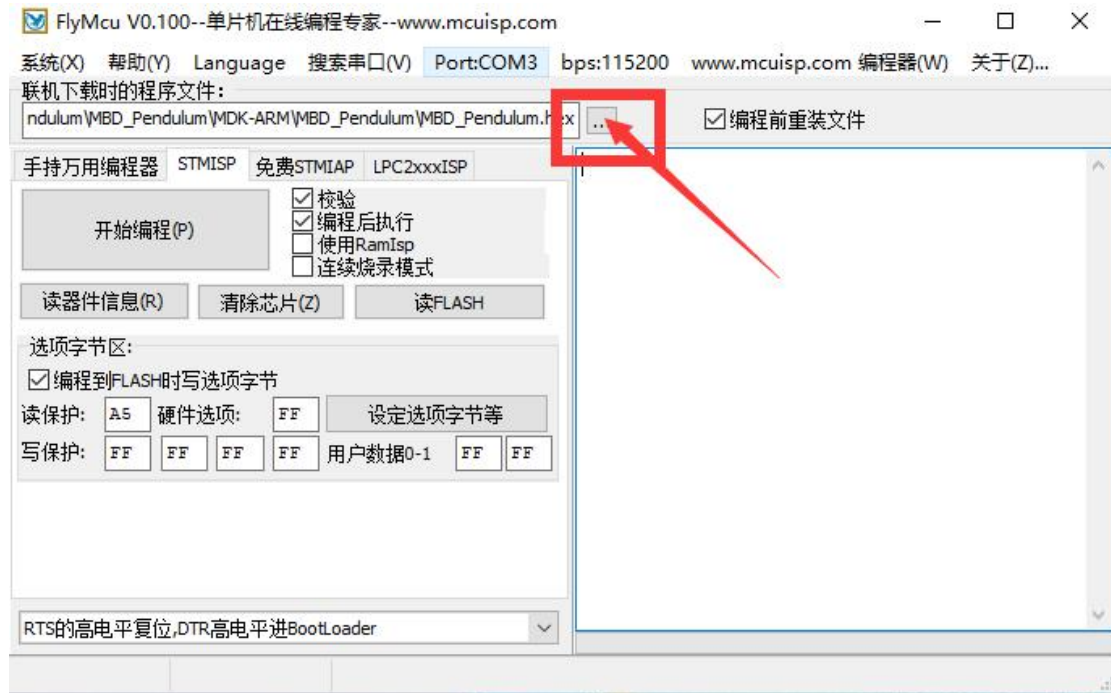


Step2、 对软件“FlyMcu”做如下设置：

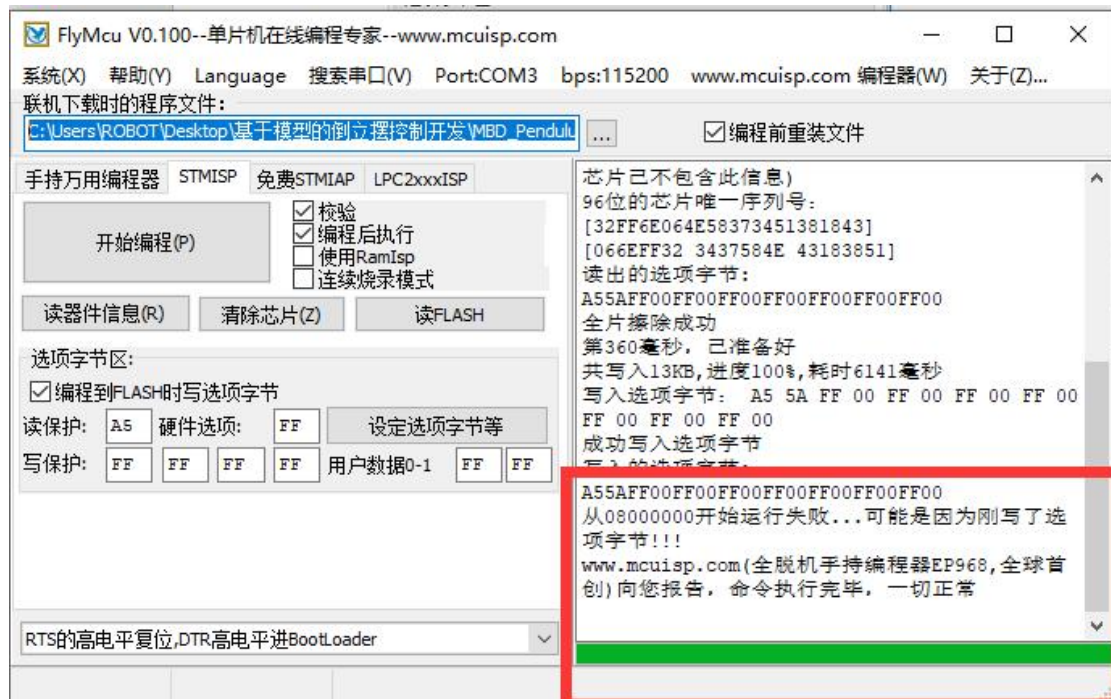


Step3. 加载生成的.hex 文件，路径为：

C:\Users\ROBOT\Desktop\ 基于模型的倒立摆控制开发
\MBD_Pendulum\MBD_Pendulum\MDK-ARM\MBD_Pendulum\MBD_Pendulum.hex

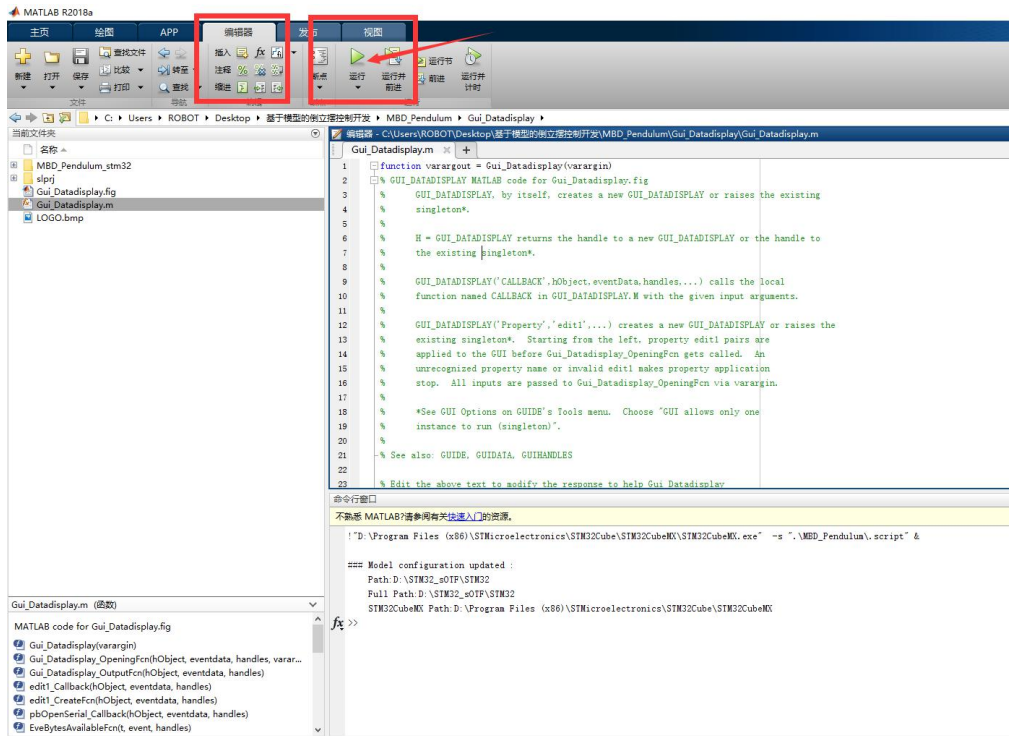


Step4. 点击“开始编程”按钮，下载代码，下载成功如下图所示：

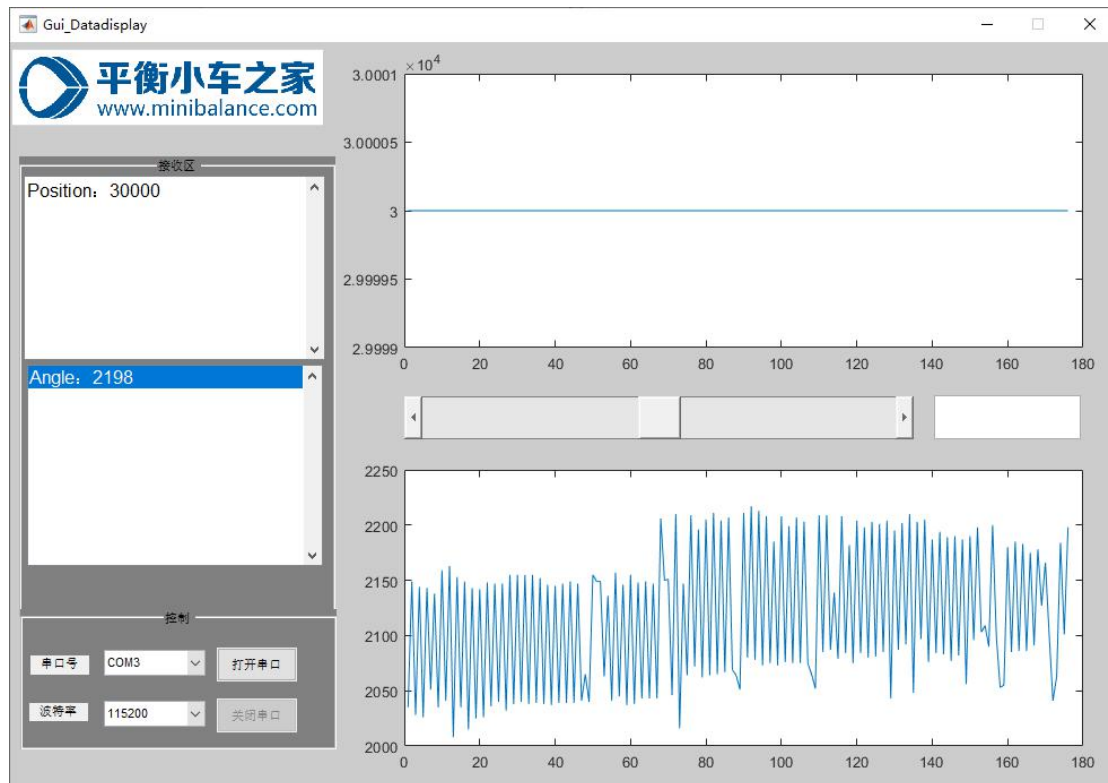


6、实验测试

Step1、 打开 MATLAB 中的文件夹“Gui_Datadisplay”中的 Gui_Datadisplay.m 文件，点击运行；会弹出 GUI 界面；

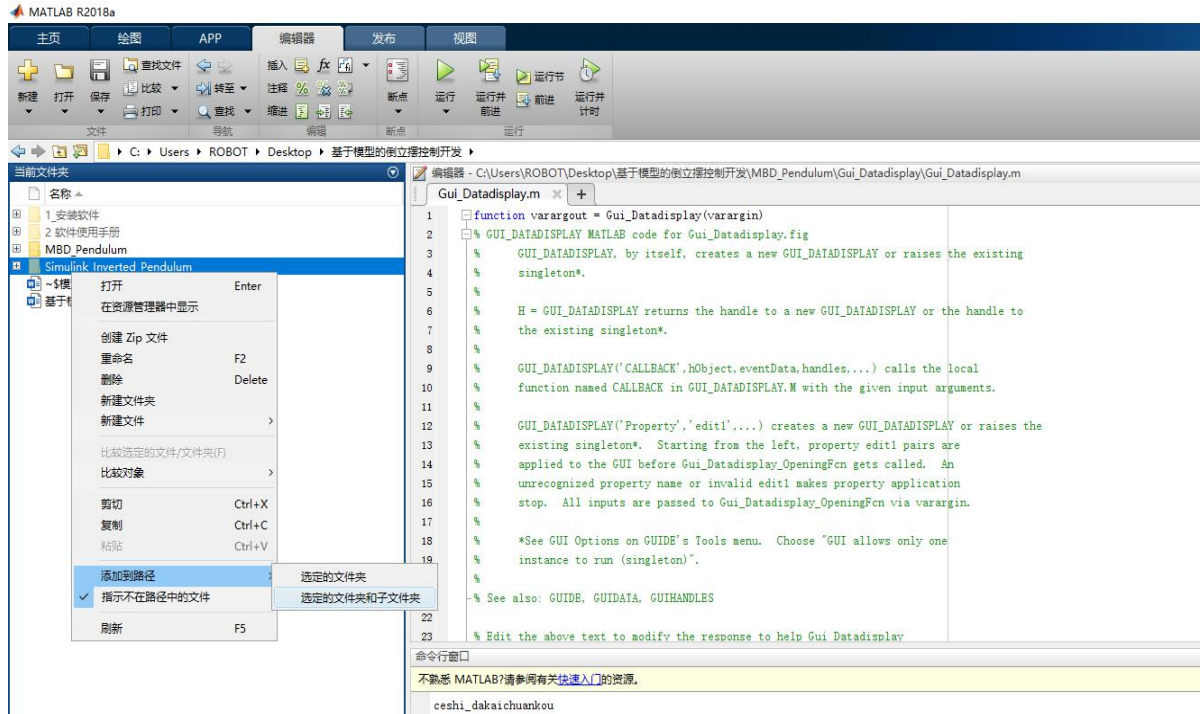


Step2、 选择 com 口，打开串口；则可实时观察到反馈的数据，也可利用 GUI 给控制器发送命令；

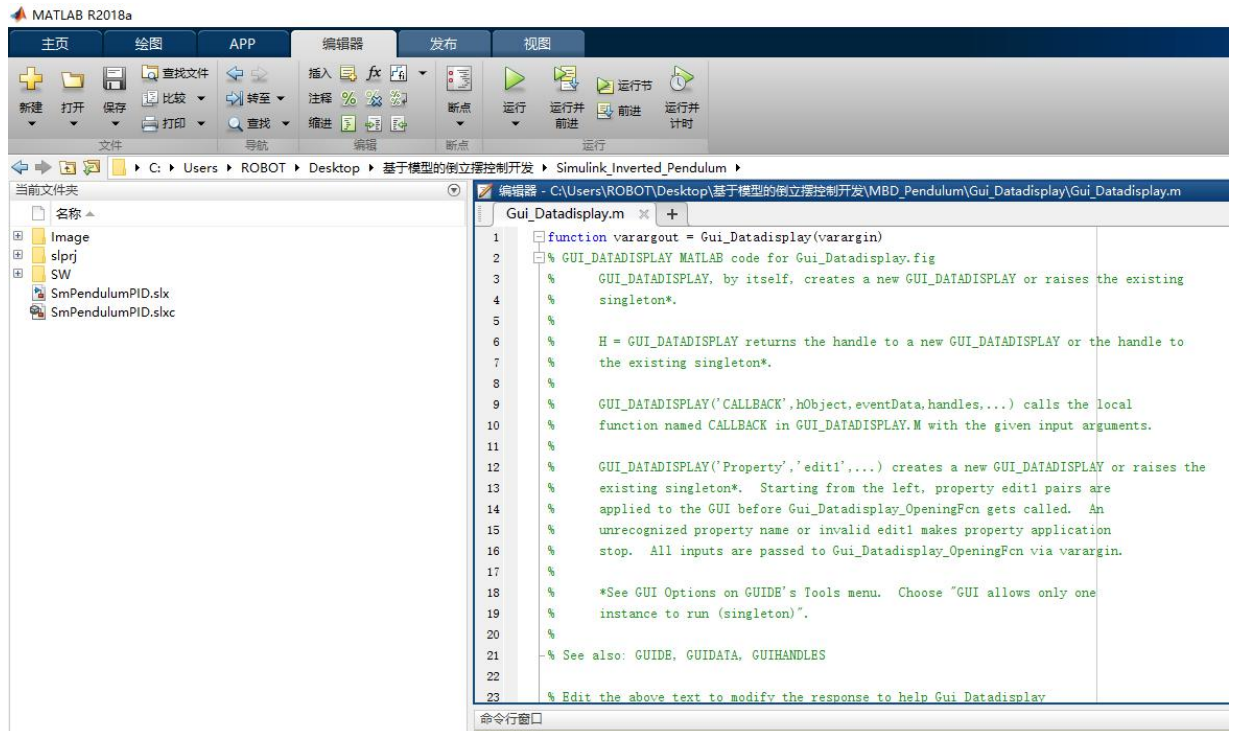


7、模型仿真

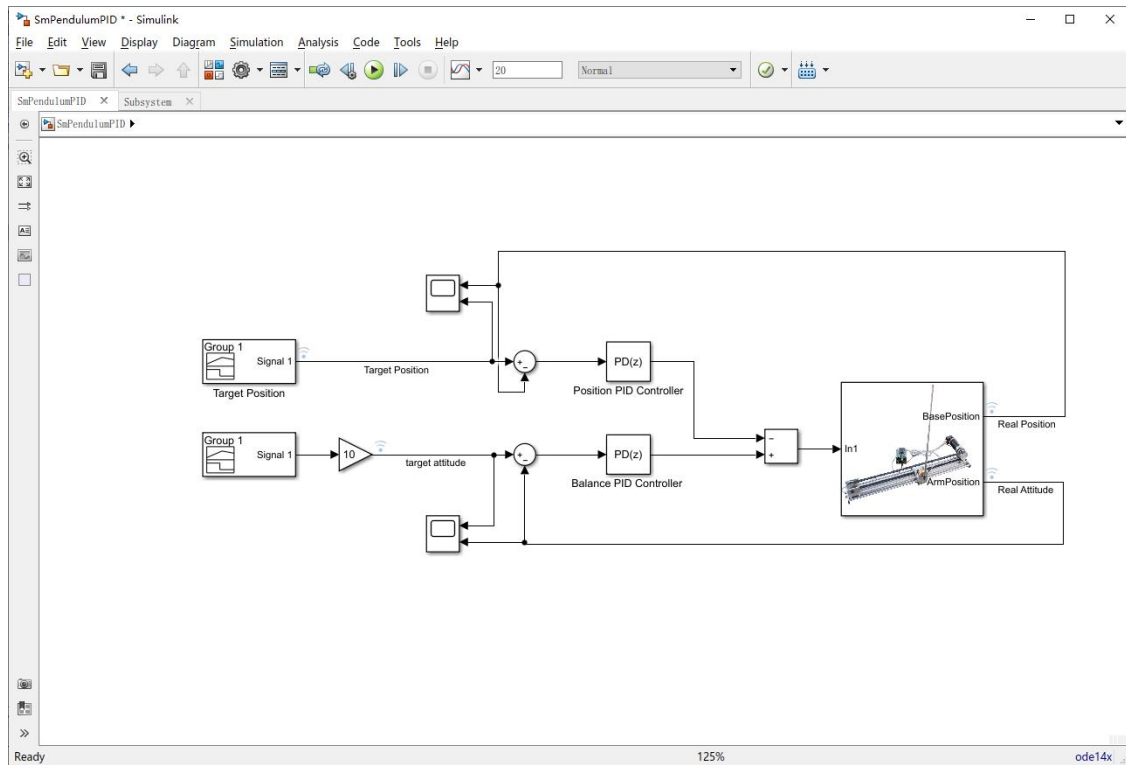
Step1、 在 MATLAB 工作目录中, 将文件夹“Simulink_Inverted_Pendulum”, 添加到 matlab 的工作路径中;



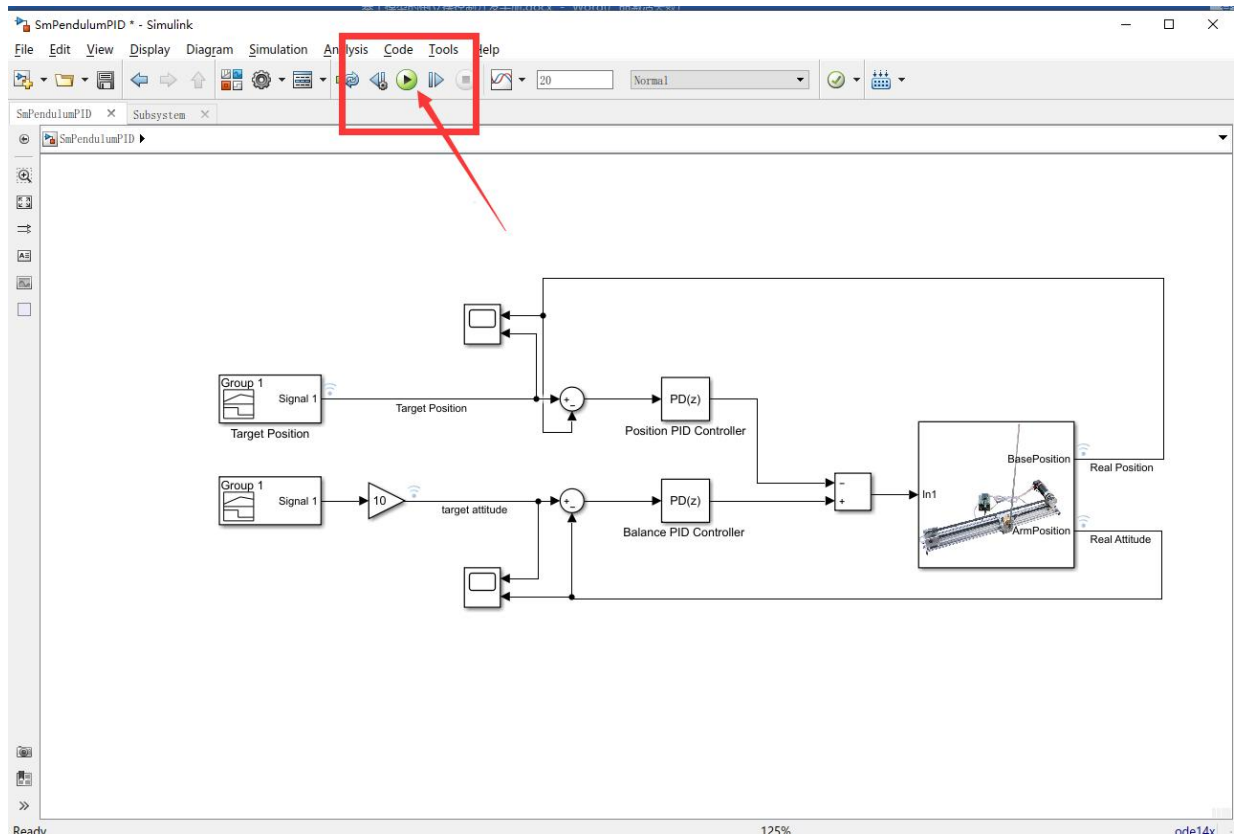
Step2、 在 MATLAB 工作目录中, 点击进入文件夹“Simulink_Inverted_Pendulum”, 如下图所示:



Step3. 在 MATLAB 工作目录中，双击打开模型 “SmPendulumPID. slx”



Step4. 运行该模型，



Step5、运行该模型，查看运行数据

