

## NI 平台的设备配置流程

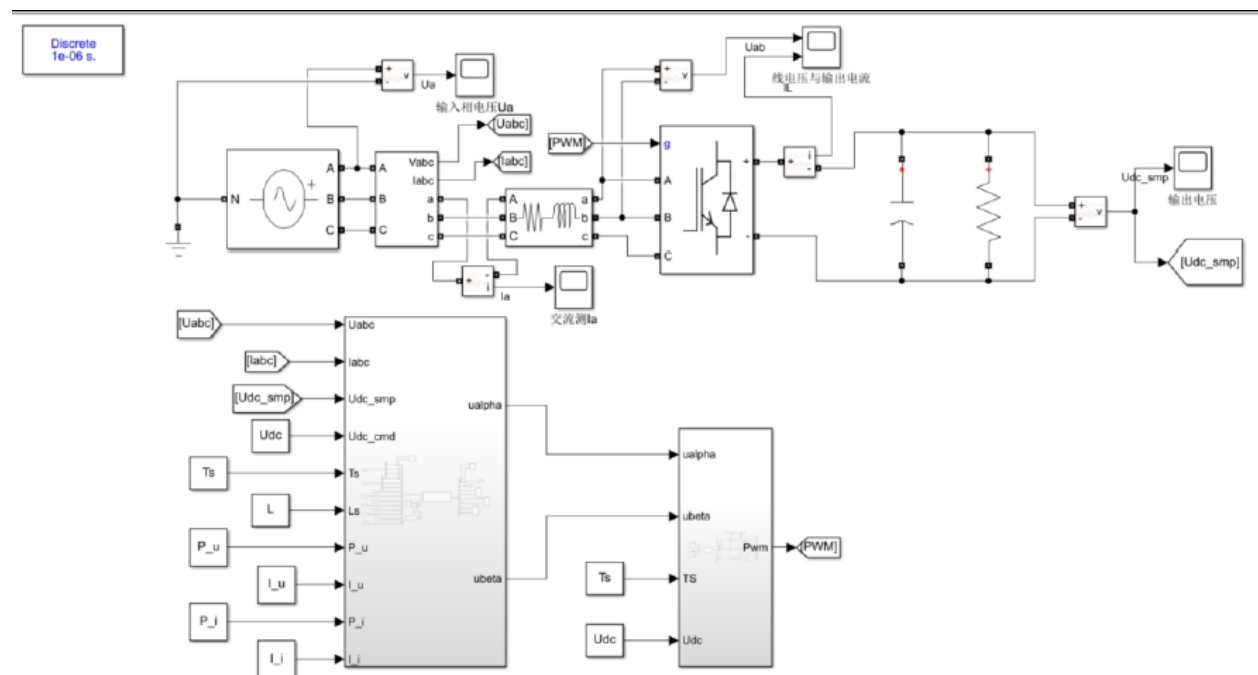
## 概述：

NI 半实物仿真平台是将电力电子设备中的主电路拓扑结构用 FPGA 仿真，在利用一个 FPGA 作为控制芯片来作为控制器，根据控制器是放在 RCP 还是和 HIL 组合在一起，可以分为外闭环和自闭环两种。

注意：PWM 发波模块在 FPGA 中单独做，因此，使用的 simulink 的控制器都只需要给出调制信号的参考波（在 -1~1 的范围内）——即给定模型的参考信号，进入 FPAG 的发波模块产生对应的 PWM 数字信号。

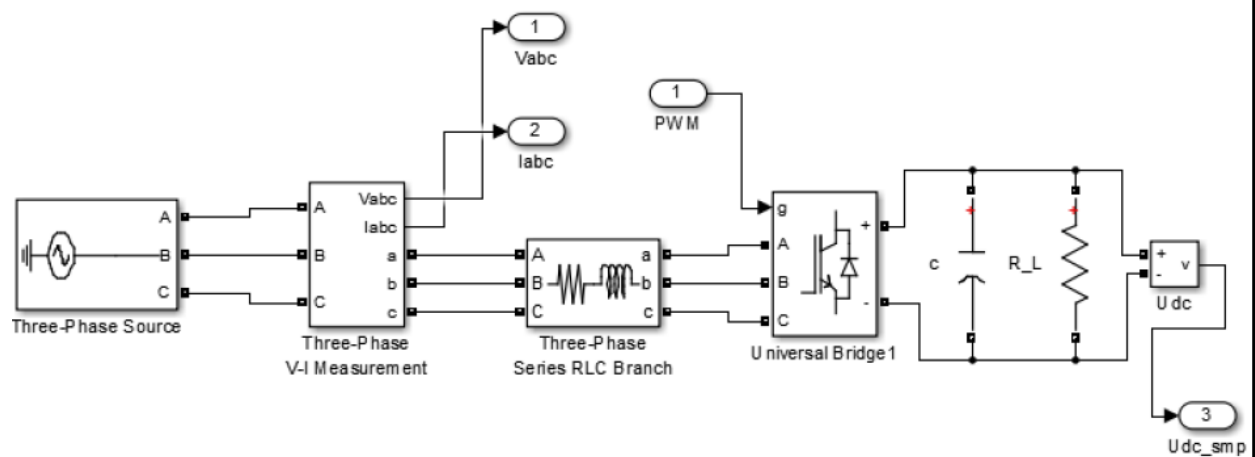
外闭环仿真方式的 NI 平台的配置参考例子:

整个整流电路的拓扑结构为:



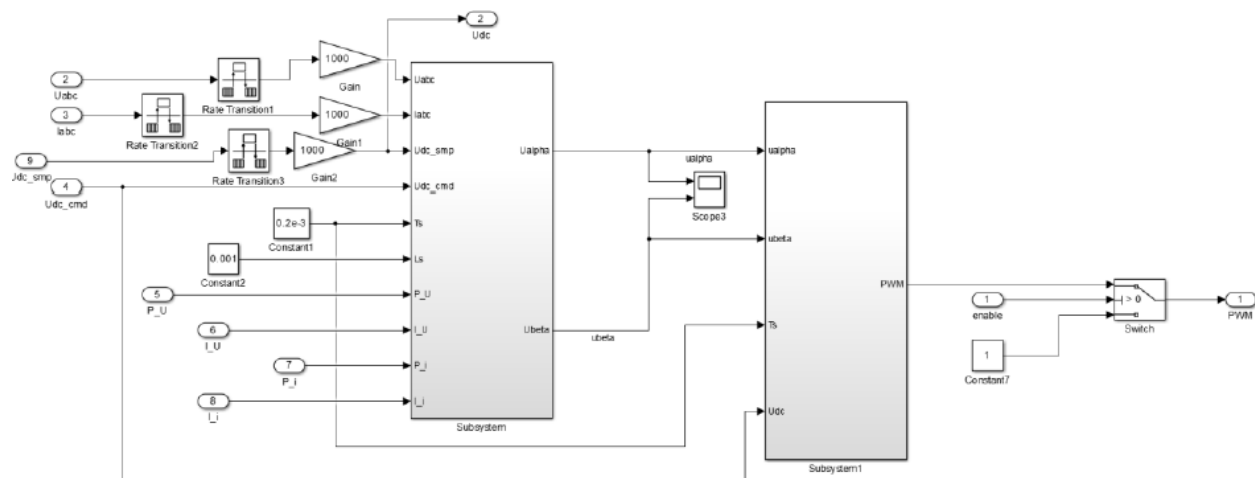
根据 NI 平台的模拟-将整个控制文件分为两部分主电路仿真文件和控制器文件, 并根据使用的控制器的型号, 将对应的控制器文件编写成为对应的代码文件。

拆分的主电路文件.slx 格式:



主电路的拓扑结构

控制器的拓扑结构：——注意，在控制器中的输入信号 加上了一个 gain-放大 1000 倍，还原 NI 平台中对于输出信号的缩放。



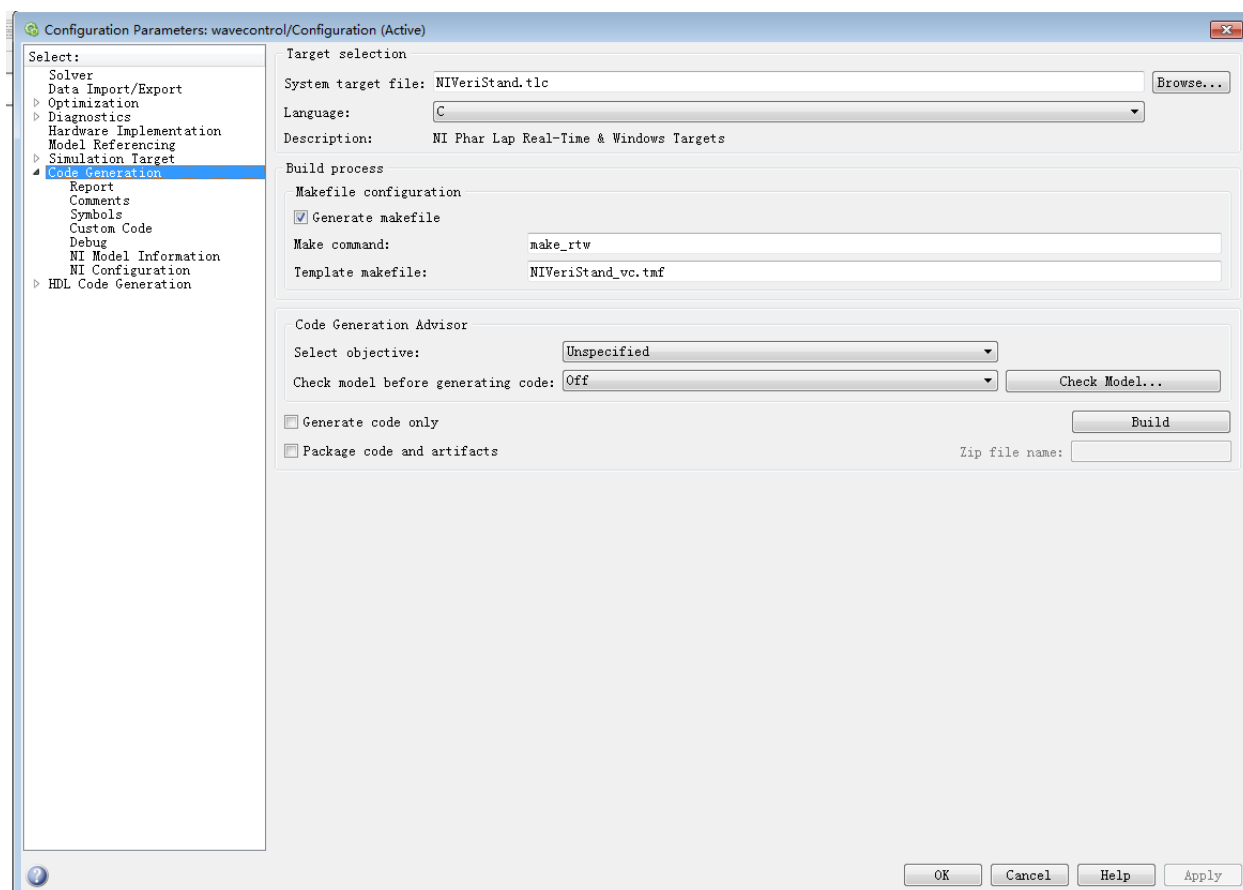
将控制其文件-编译成为对应的代码文件：

不同类型的控制器-与编译需要选择 tlc 文件、导入生成的编译文件的格式以及设备支持的最高仿真频率对应表格：

设备形式	编译选择文件	文件后缀	最高开关频率
自闭环 5 台	NIVeriStand.tlc	.dll	10k
外闭环 1050RCP	MTRealTime_ZYNQ.tlc	.a	50k

外闭环 GPLC 黑盒	NIVeriStand_Linux_ARM_32	.so	5k
外闭环 8821	NIVeriStand.tlc	.dll	10k

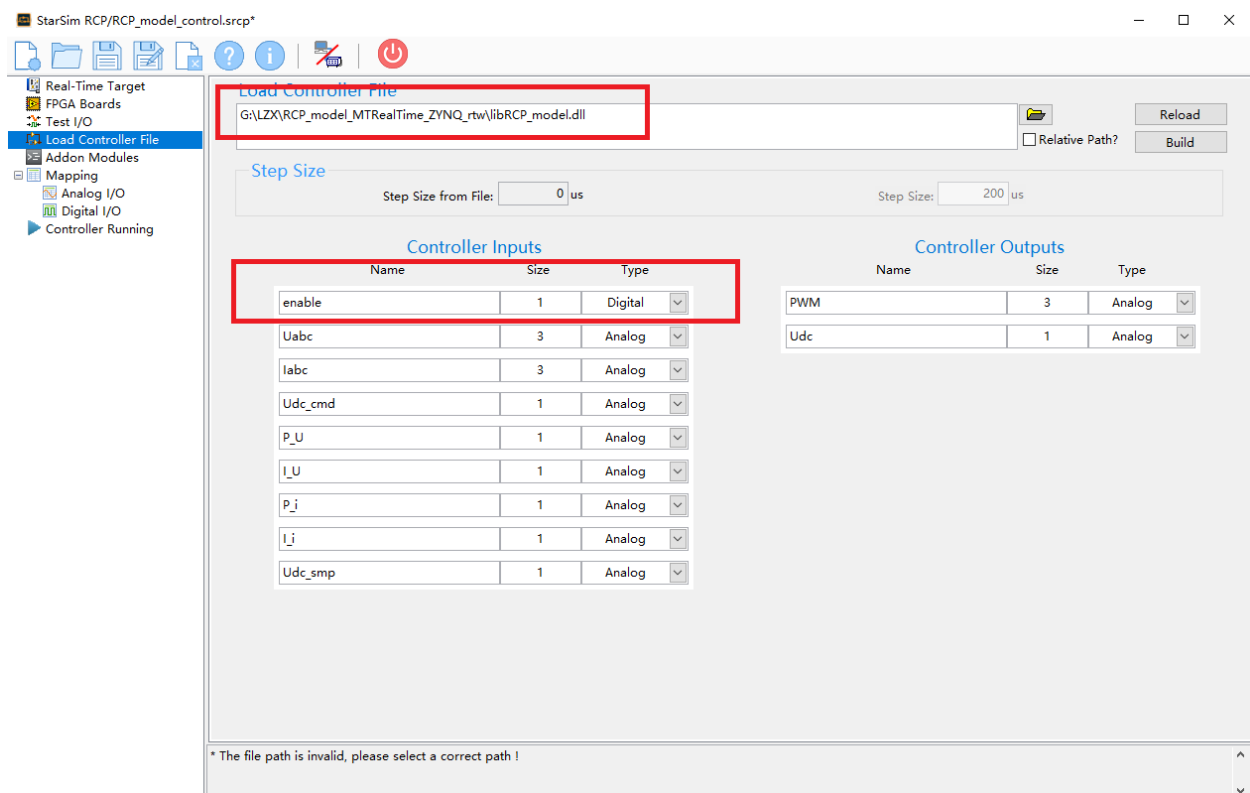
因为我的设备是一个 8821 型号的控制（白色的）-因此，是这个表格中的第四列，编译生成.dll 文件作为控制文件：——在 System target file 栏目中选择 NIVeriStand.tlc 文件，在点击 build 就可以生成对应的控制文件。



Matlab-编译生成 dll 文件图示

## 外闭环：

将对应的控制器生成的编译文件-放入到 RCP 中对应导入控制文件的窗口中导入控制器文件：

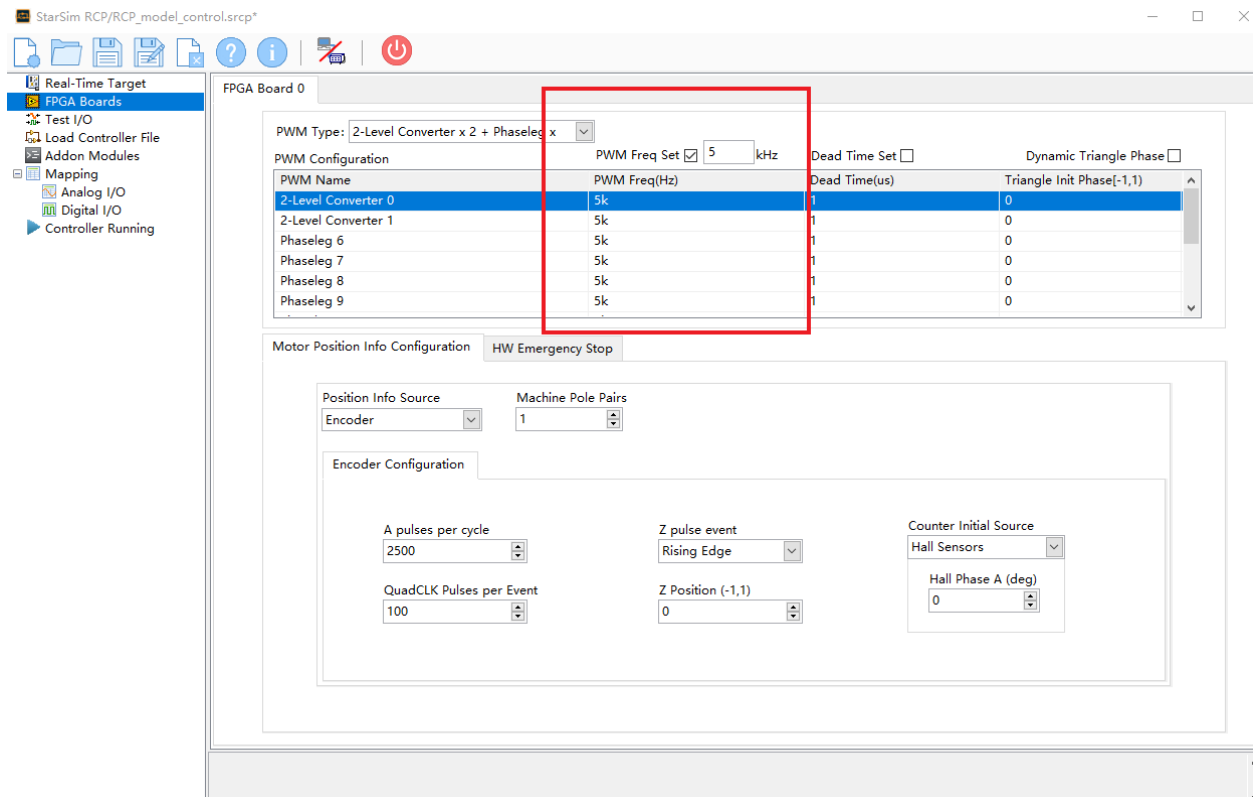


RCP 导入文件的图示

其中展示了控制器文件中输入和输出接口-并且区分了模拟量和数字量-默认是处于模拟量，需要手动把使能发波的 enable-选择为数字量，他才会后面的数字量窗口配置中出现。

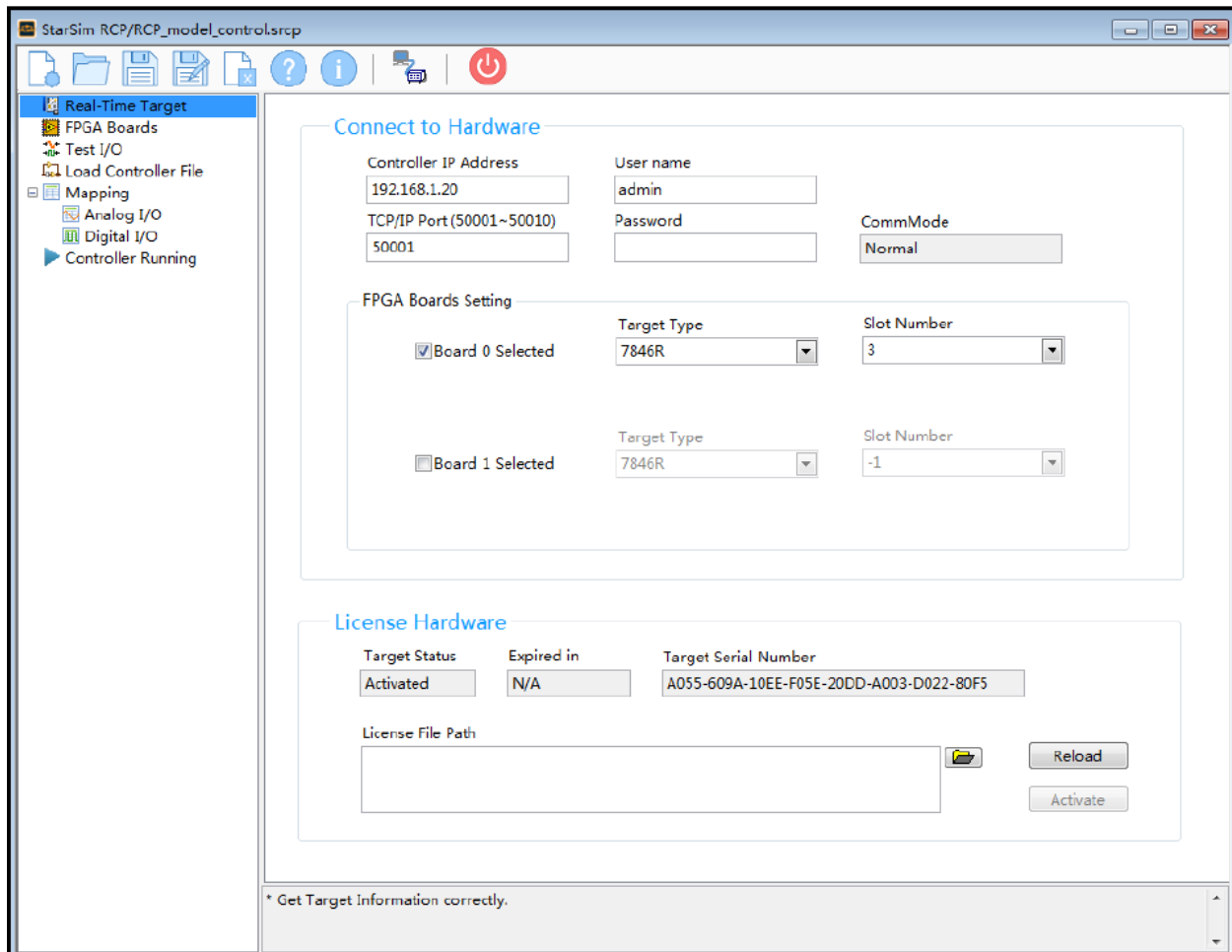
并且他也能自动识别控制器的控制步长-200us。

选择 RCP 中的 FPGA 发波模块的开关频率和桥路拓扑进行配置：



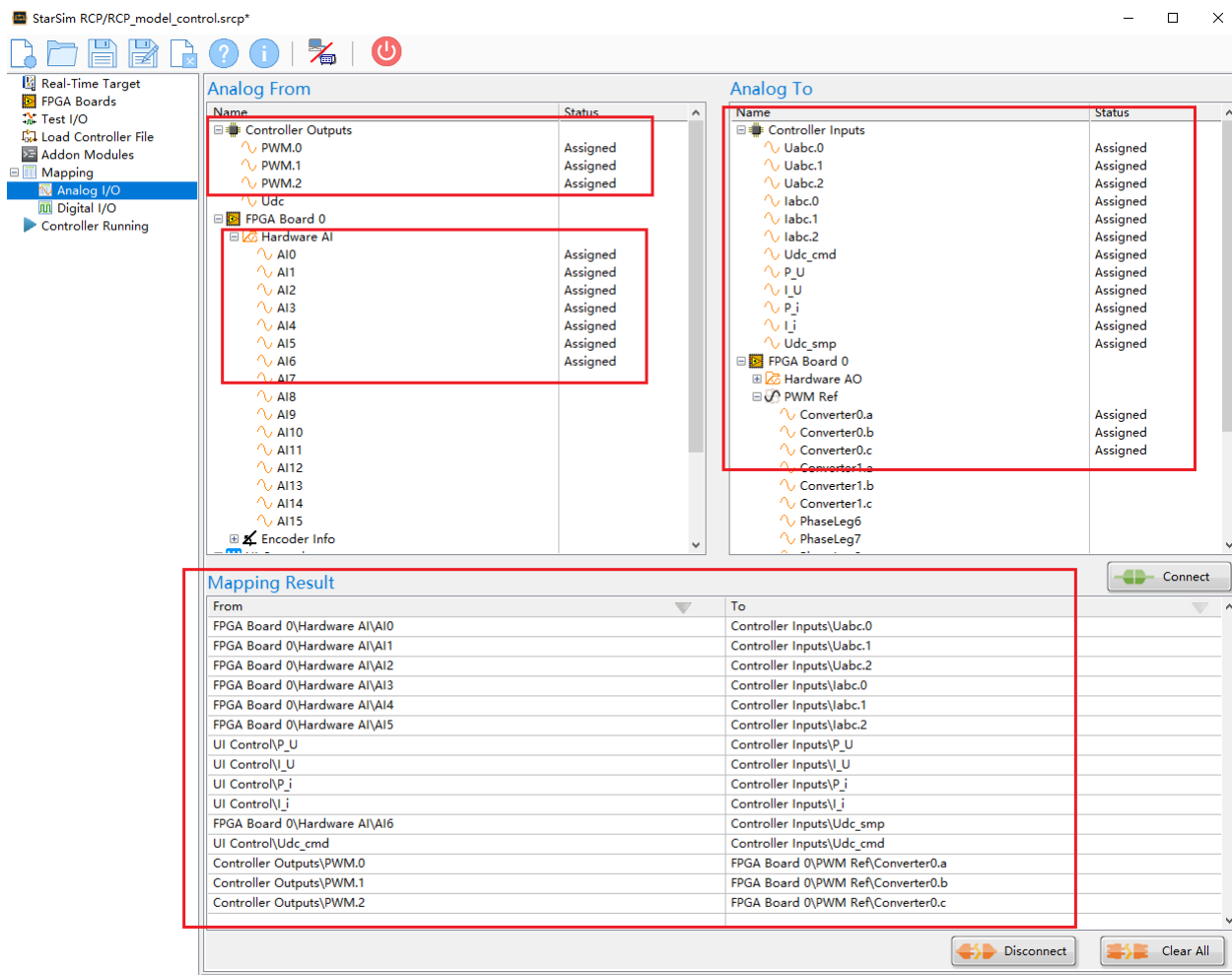
选择桥路和对应开关频率（死区按照自己需要加）

进行 RCP 设备与计算机上位机的连接：配置对应的 Ip 地址和设备的型号（可以通过 NImax 软件查看）——在点击左上角的连接按钮即可！



再根据控制器的输入和输出将对应的 io 进行分配：

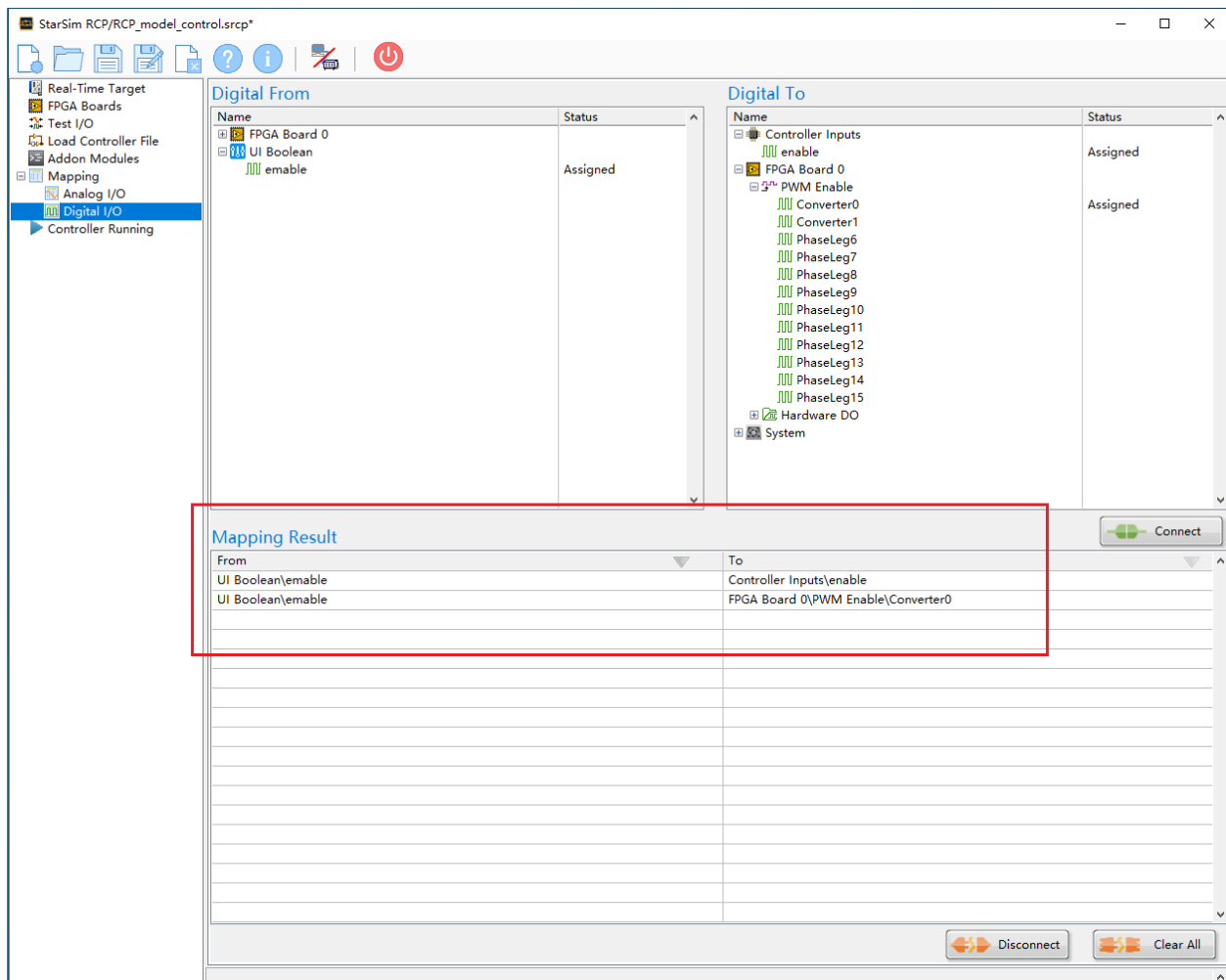
模拟量的分配-连接关系：



模拟量的连接分配表

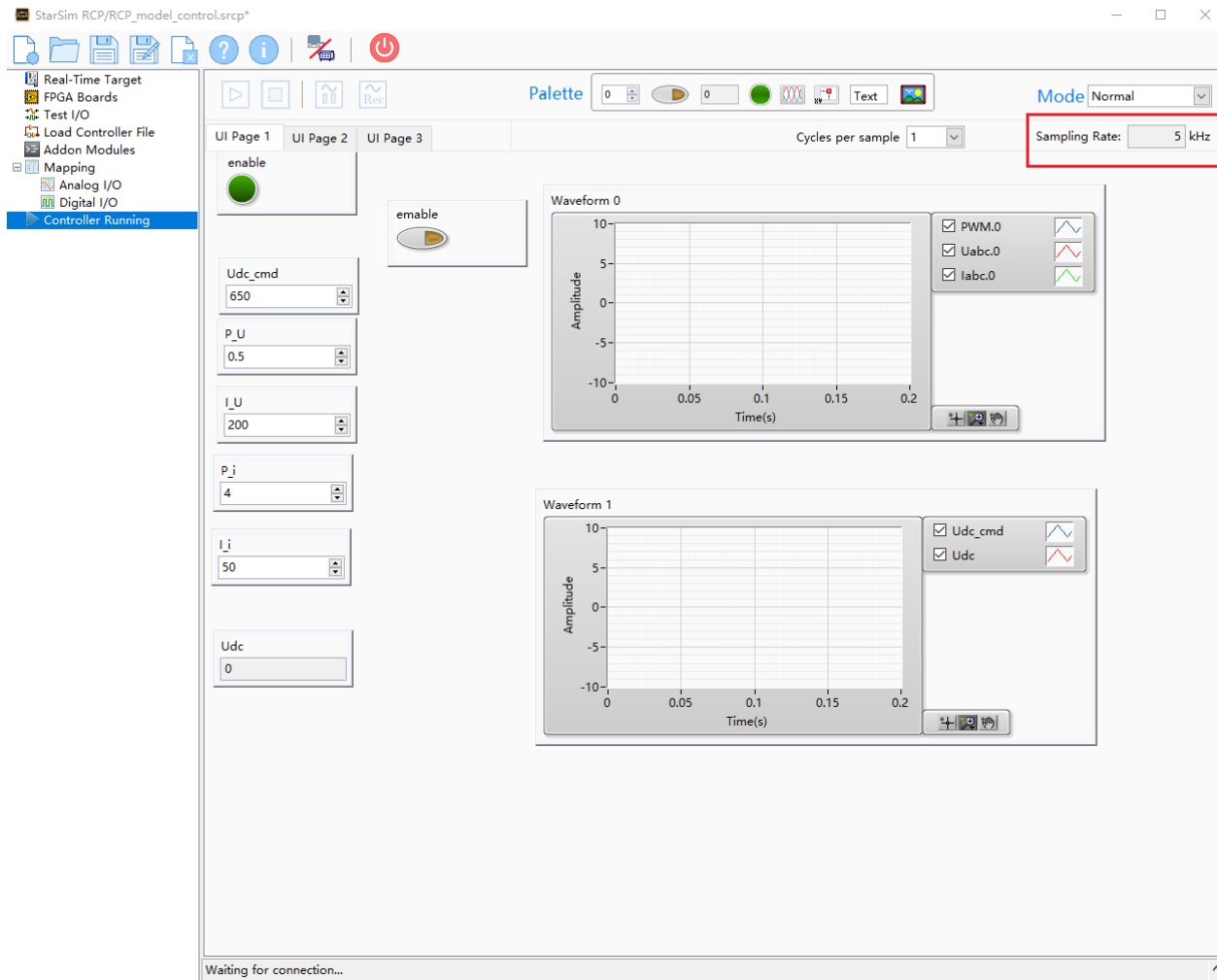
主要是对控制器的采样信号、输出信号、PWM 参考波信号进行分配。

数字量的分配——主要是控制器使能和 PWM 发波模块使能：



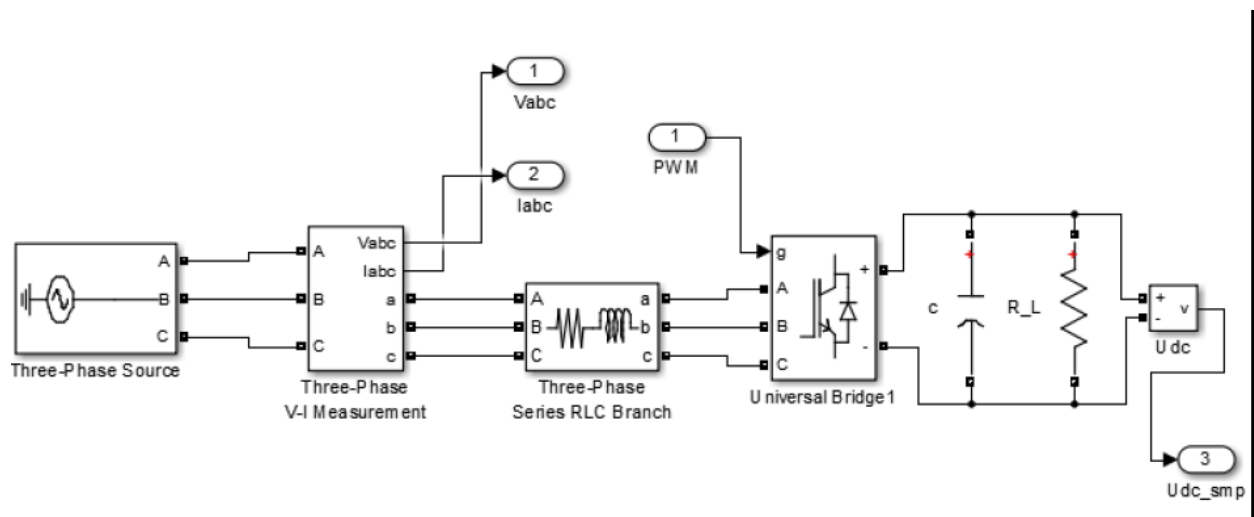
整体的 RCP 的 UI 界面：





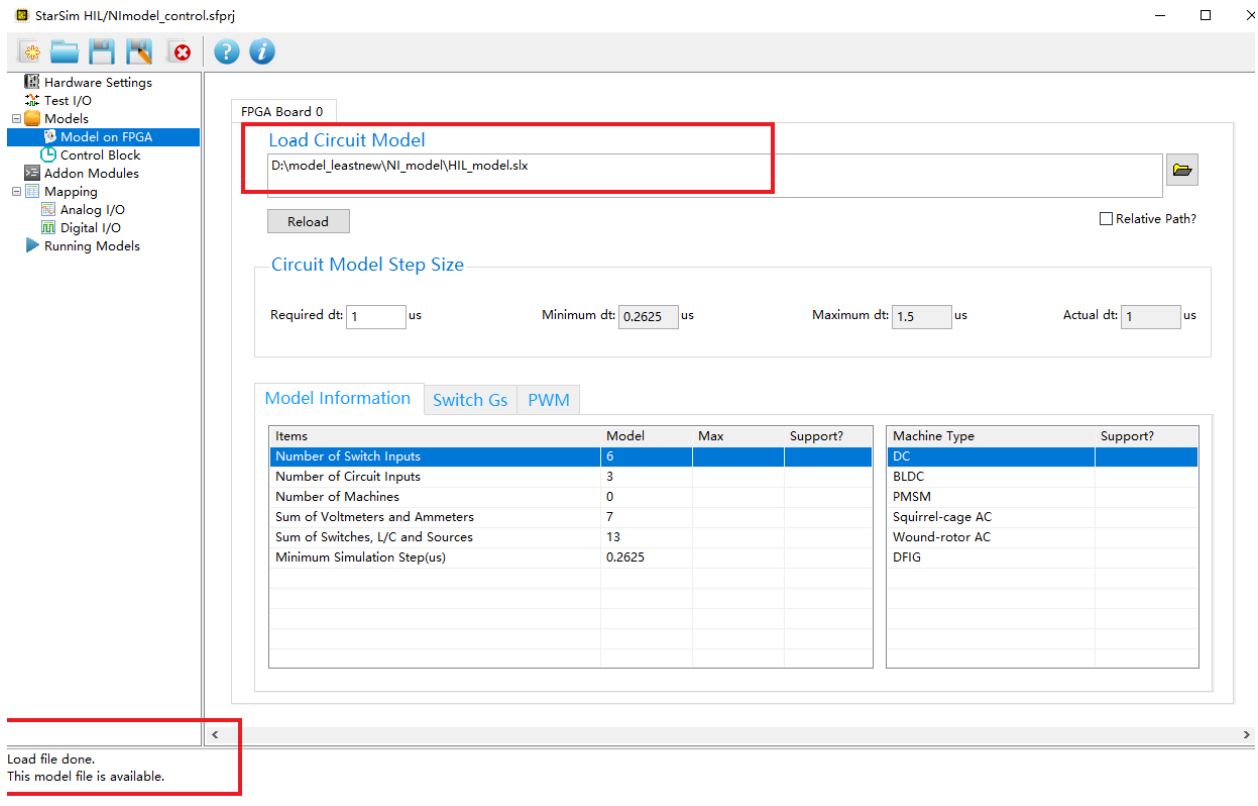
以上就是整体的 RCP 的连接配置。

下面进行 HIL 的硬件配置：

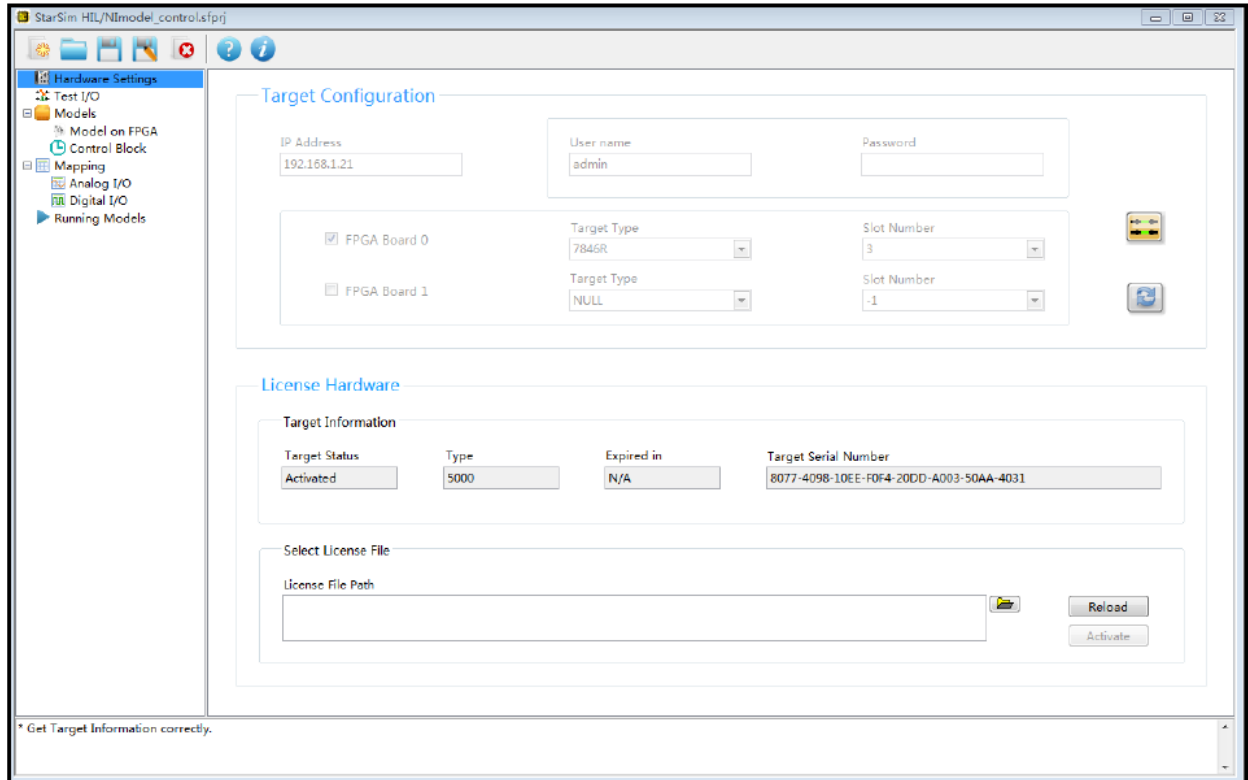


## 主电路拓扑结构图

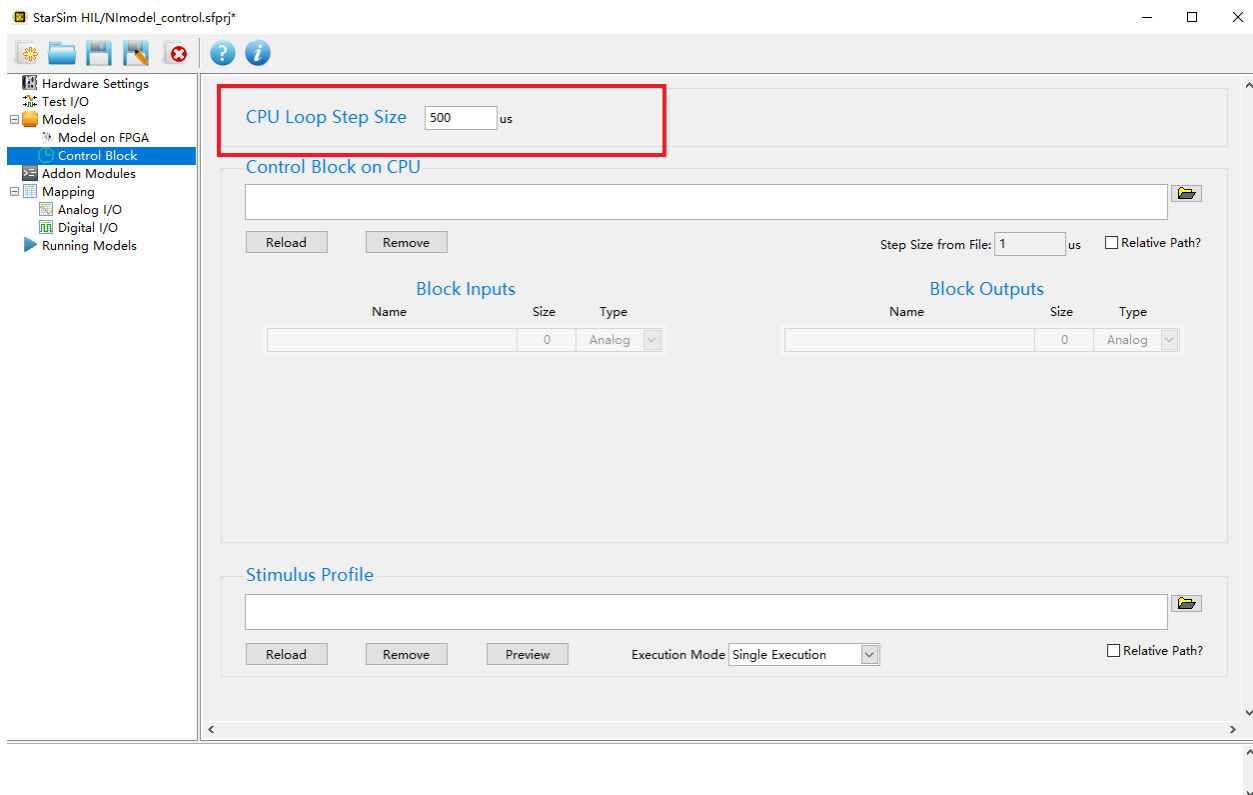
首先导入 HIL 对应的主电路拓扑文件：



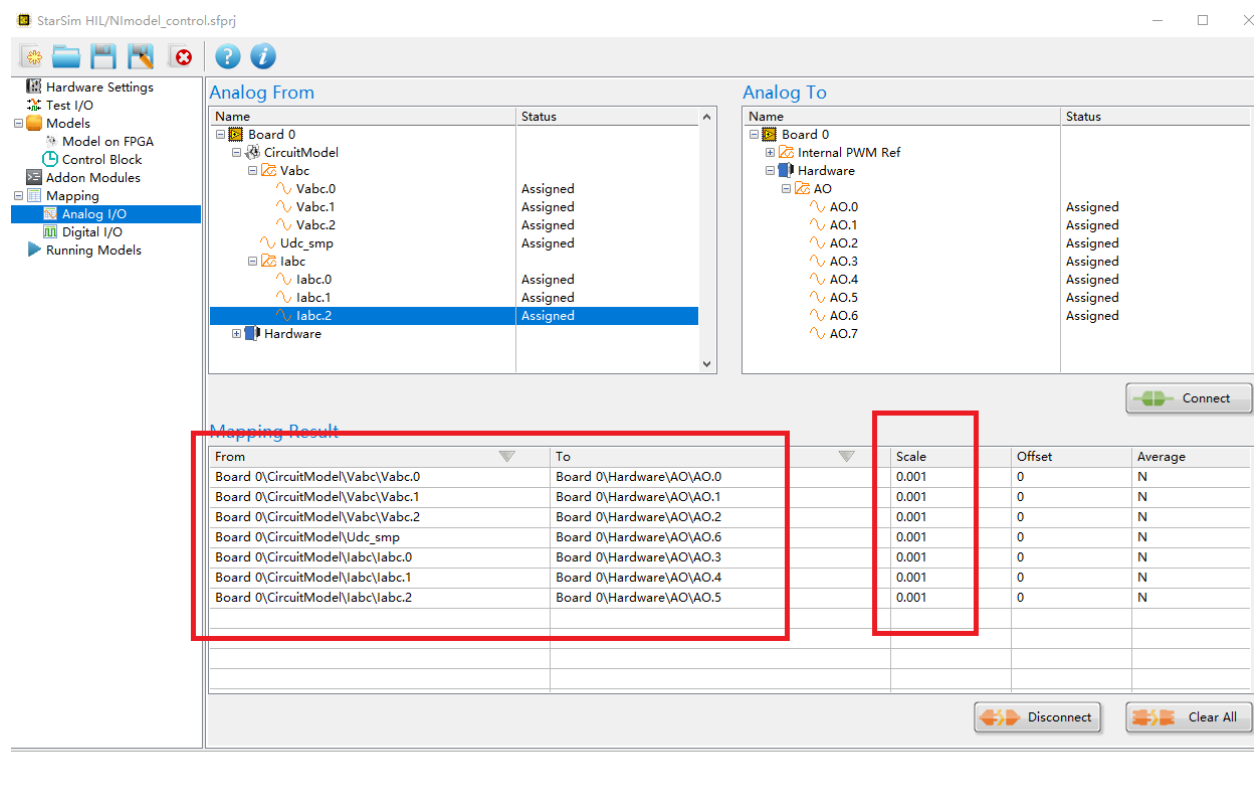
HIL 仿真平台与计算机的上位机界面的连接：——利用 NI Max 软件查看软件的 IP，在看设备的型号，选择一下板卡和卡槽，在进行设备的连接即可，下图是一个正确的连接的图示界面，连接成功也会有提示。



因为楼上的 HIL 平台的 CPU 比较弱，需要将来自闭环导入控制器文件部分的步长改成 500us，防止 HIL 设备跑死机，此时，只能够重启才能解决。——下图中的 CPU Loop Size 改为 500us



对 HIL 的硬件拓扑的模拟量连接：



HIL 的模拟量分配（需要我对信号缩放了 1000 倍）-对应前面控制器的 gain 增益

（此中的模拟量输出 AOx 信号需要与 RCP 的 Aix 信号的输入一一对应）

HIL 的数字量分配——主要是发出的 PWM 波的分配：

StarSim HIL/Nimodel\_control.sprj

Hardware Settings  
Test I/O  
Models  
Model on FPGA  
Control Block  
Addon Modules  
Mapping  
Analog I/O  
Digital I/O  
Running Models

**Digital From**

Name	Status
Board 0	
Internal PWM	
Hardware	
DI	
Con0_D0:D7	
Con0_D8:D15	
Con1_D0:D7	
Con1_D0	Assigned
Con1_D1	Assigned
Con1_D2	Assigned
Con1_D3	Assigned
Con1_D4	Assigned
Con1_D5	Assigned
Con1_D6	Assigned
Con1_D7	

**Digital To**

Name	Status
Board 0	
CircuitModel	
PWM	
PWM.0	Assigned
PWM.1	Assigned
PWM.2	Assigned
PWM.3	Assigned
PWM.4	Assigned
PWM.5	Assigned
Internal PWM Enable	
Hardware	

**Mapping Result**

From	To
Board 0\Hardware\DI\Con1_D0	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.0
Board 0\Hardware\DI\Con1_D1	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.1
Board 0\Hardware\DI\Con1_D2	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.2
Board 0\Hardware\DI\Con1_D3	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.3
Board 0\Hardware\DI\Con1_D4	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.4
Board 0\Hardware\DI\Con1_D5	Board 0\CircuitModel\PWM\PWM.5

HIL 的整机 UI 检测界面:

StarSim HIL/Nimodel\_control.sprj

Hardware Settings  
Test I/O  
Models  
Model on FPGA  
Control Block  
Addon Modules  
Mapping  
Analog I/O  
Digital I/O  
Running Models

Waiting for connecting...

<100 CPU Cycles per sample    Fs: 10 kHz

UI Page 1   UI Page 2   UI Page 3

Chart 0

Amplitude

Time(s)

☒ Vabc.0  
☒ Vabc.1  
☒ Vabc.2  
☒ Iabc.0

Chart 1

Amplitude

Time(s)

☒ Iabc.0  
☒ Iabc.1  
☒ Iabc.2

Chart 2

Amplitude

Time(s)

☒ Udc\_smp

Waiting for connecting...

此上就是整个 HIL 和 RCP 的连接配置流程。在运行 HIL 和 RCP 即可看到仿真的结果。注意先跑硬件 HIL，在跑 RCP 平台。

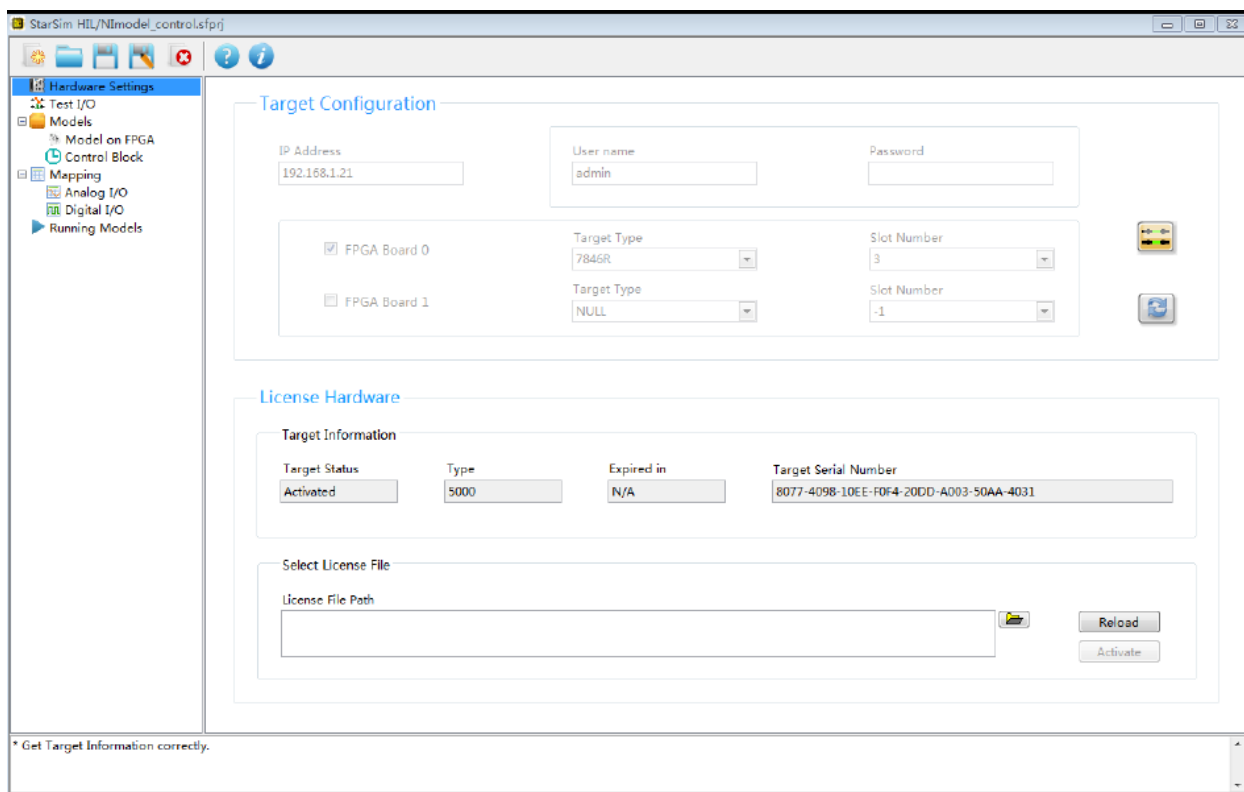
## 自闭环：

自闭环设备的连接方式——只使用一个设备 HIL 即模拟控制器、也模拟硬件。

参照上文中的主电路.slx 文件（主电路）和.dll 文件（控制电路）的生成方式，此时的控制器不需要 gain 增益进行放大 1000 倍了，需要去掉这个 1000，重新编译生成对应的 dll 控制器文件。

下面是主要的配置步骤：

- 1、自闭环的设备连接：利用 NI Max 软件，查设备 IP 和板卡型号，进行设备的连接，下面是配置图示：



- 2、导入主电路拓扑对应的仿真文件进入 FPGA 中，并配置 PWM 发波模块的桥路和载波频率，导入图示为：

StarSim HIL/NImodel\_control.sfpri

Hardware Settings

Test I/O

Models

Model on FPGA

Control Block

Addon Modules

Mapping

Analog I/O

Digital I/O

Running Models

FPGA Board 0

Load Circuit Model

D:\model\_leastnew\NI\_model\HIL\_model.slx

Reload

Relative Path?

Circuit Model Step Size

Required dt: 1 us

Minimum dt: 0,2625 us

Maximum dt: 1,5 us

Actual dt: 1 us

Model Information

Switch Gs

PWM

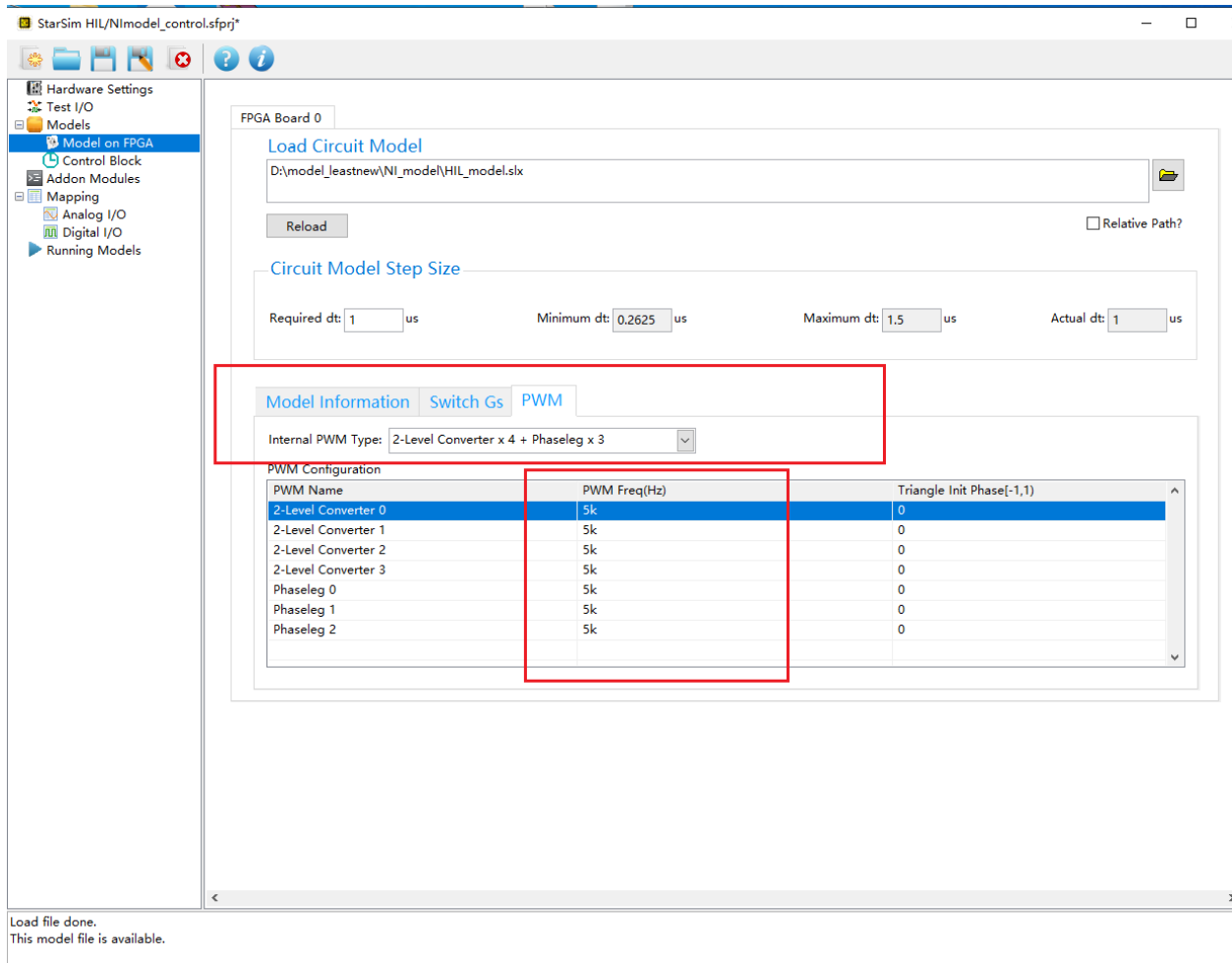
Items	Model	Max	Support?
Number of Switch Inputs	6		
Number of Circuit Inputs	3		
Number of Machines	0		
Sum of Voltmeters and Ammeters	7		
Sum of Switches, L/C and Sources	13		
Minimum Simulation Step(us)	0,2625		

Machine Type	Support?
DC	
BLDC	
PMSM	
Squirrel-cage AC	
Wound-rotor AC	
DFIG	

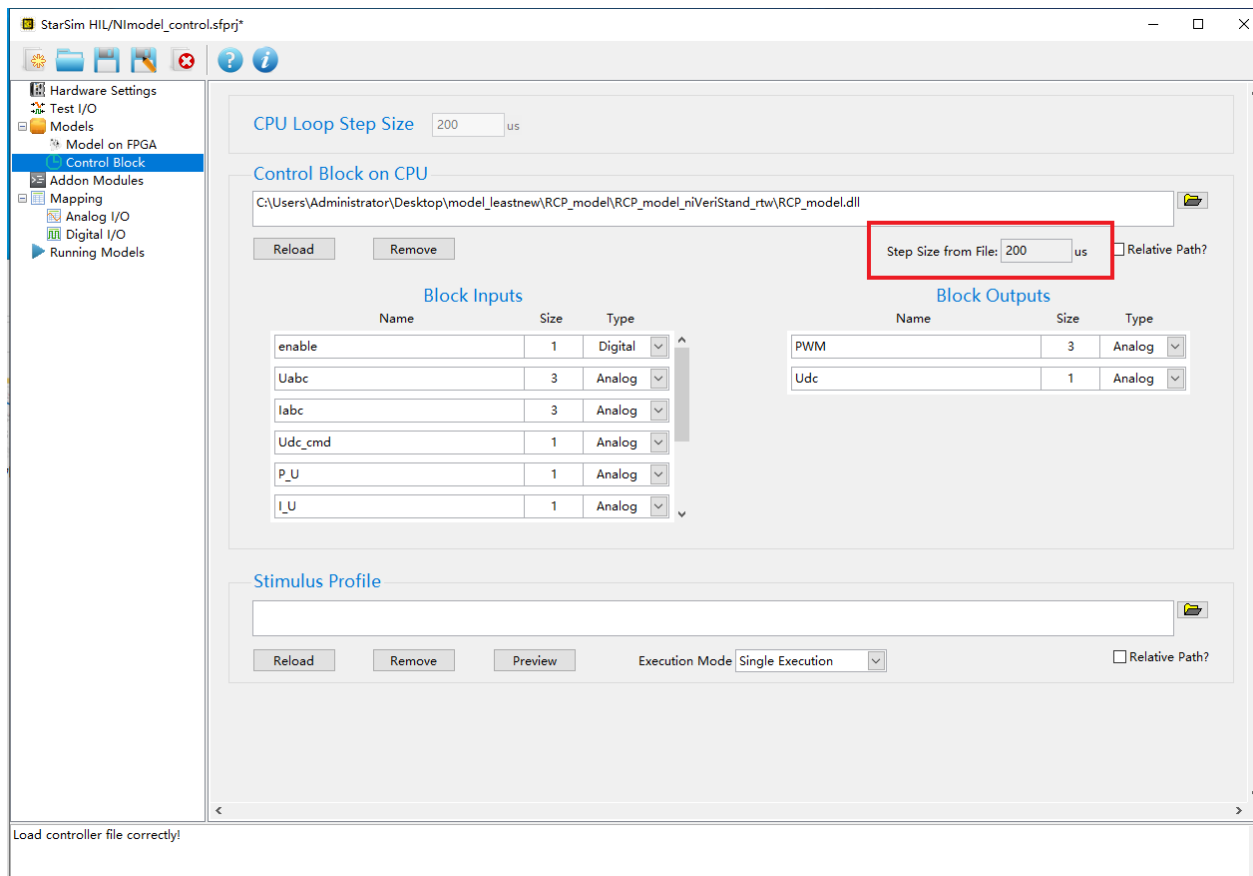
Load file done.

This model file is available.





3、导入控制器对应的 dll 文件，他会自动读取控制器的仿真步长，导入图示为



将 enable 使能信号 改为 数字信号

4、配置模拟信号的连接

StarSim HIL/NImodel\_control.sprj\*

Hardware Settings  
Test I/O  
Models  
Model on FPGA  
Control Block  
Add-on Modules  
Mapping  
Analog I/O  
Digital I/O  
Running Models

**Analog From**

Name	Status
abc	Assigned
abc.0	Assigned
abc.1	Assigned
abc.2	Assigned
Hardware	
ControlBlock	
RCP_model.dll	
PWM.0	Assigned
PWM.1	Assigned
PWM.2	Assigned
Udc	Assigned
UI Control	
Udc_cmd	Assigned
P_U	Assigned
I_U	Assigned
P_I	Assigned
I_I	Assigned

**Analog To**

Name	Status
2-Level Converter	
Converter 0	Assigned
Ref_a	Assigned
Ref_b	Assigned
Ref_c	Assigned
Converter 1	
Converter 2	
Converter 3	
Hardware	
ControlBlock	
RCP_model.dll	
Uabc.0	Assigned
Uabc.1	Assigned
Uabc.2	Assigned
abc.0	Assigned
abc.1	Assigned
abc.2	Assigned
Udc_cmd	Assigned

Connect

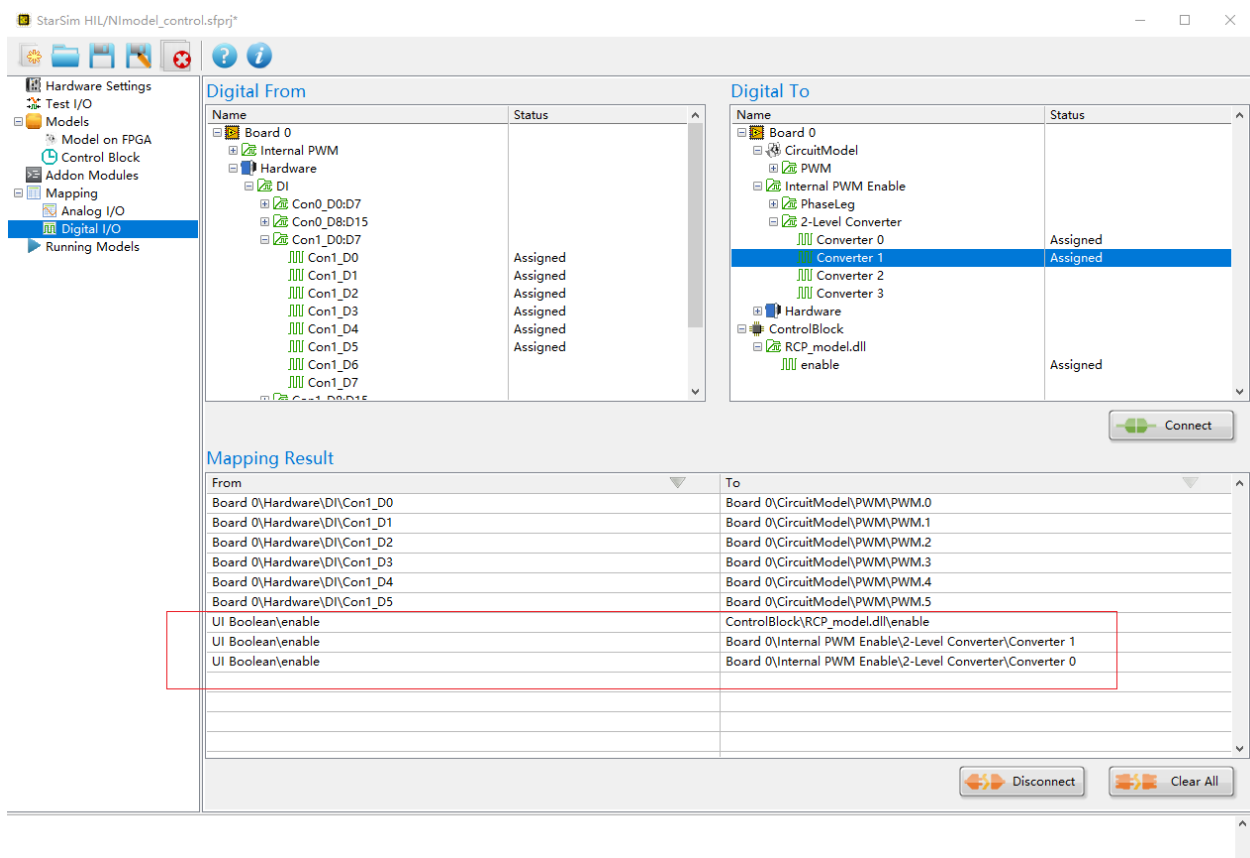
**Mapping Result**

From	To	Scale	Offset	Average
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.0	ControlBlock\RCP_model.dll\Uabc.0	1	0	N
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.1	ControlBlock\RCP_model.dll\Uabc.1	1	0	N
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.2	ControlBlock\RCP_model.dll\Uabc.2	1	0	N
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.0	ControlBlock\RCP_model.dll\abc.0	1	0	N
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.1	ControlBlock\RCP_model.dll\abc.1	1	0	N
Board 0\CircuitModel\Vabc\Vabc.2	ControlBlock\RCP_model.dll\abc.2	1	0	N
ControlBlock\RCP_model.dll\PWM.0	Board 0\Internal PWM Ref\2-Level Converter\Converter 0	1	0	N
ControlBlock\RCP_model.dll\PWM.1	Board 0\Internal PWM Ref\2-Level Converter\Converter 1	1	0	N
ControlBlock\RCP_model.dll\PWM.2	Board 0\Internal PWM Ref\2-Level Converter\Converter 2	1	0	N
UI Control\Udc_cmd	ControlBlock\RCP_model.dll\Udc_cmd	1	0	N
UI Control\P_U	ControlBlock\RCP_model.dll\P_U	1	0	N
UI Control\I_U	ControlBlock\RCP_model.dll\I_U	1	0	N
UI Control\P_I	ControlBlock\RCP_model.dll\P_I	1	0	N
UI Control\I_I	ControlBlock\RCP_model.dll\I_I	1	0	N

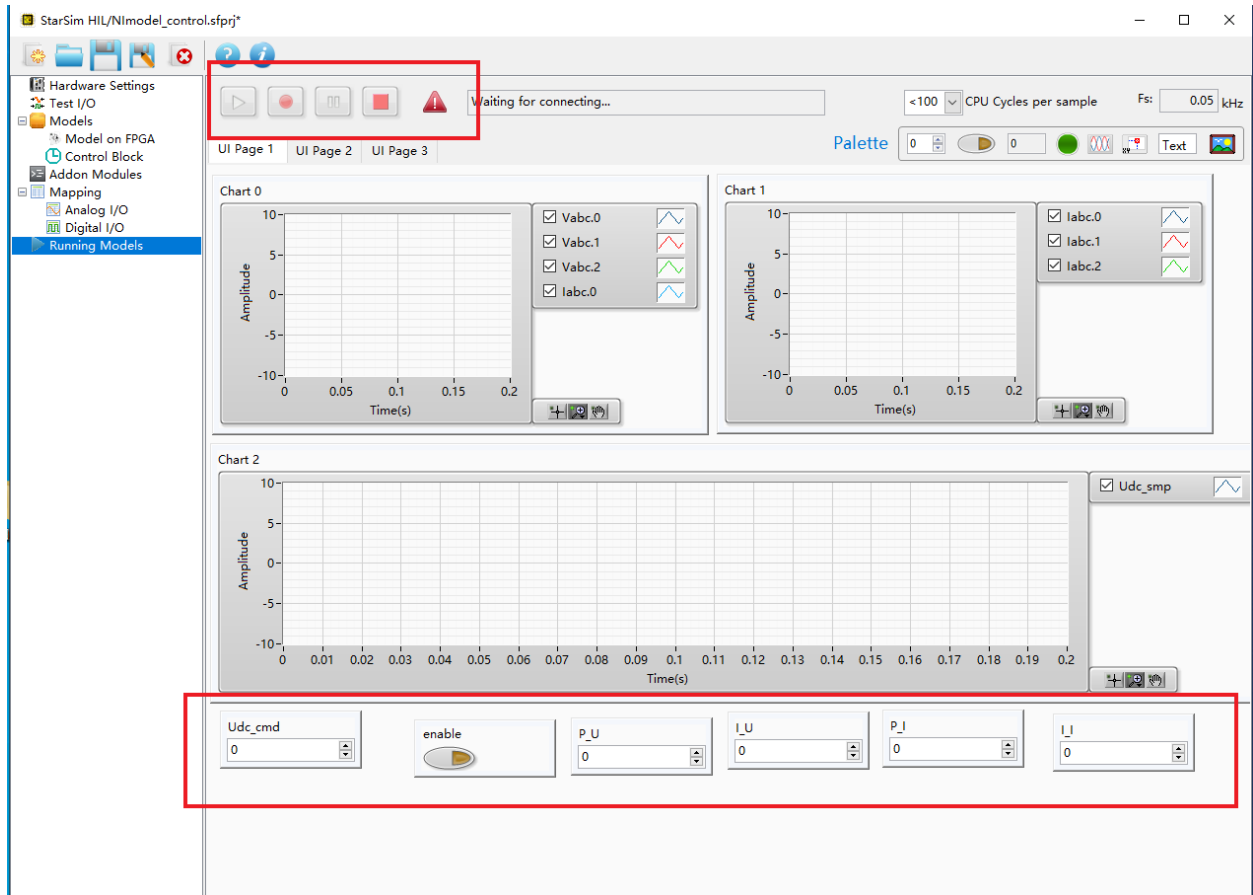
Disconnect Clear All

因为采用自闭环，对应的输出信号，不需要通过设备的板卡连接，可以直接传输到对应的控制器中，因此，自闭环这里的信号不许要进行缩放。

## 5、配置数字信号的连接



6、配置检测观察的 UI 界面，并配置控制所需的数字输入量的输入框



7、以上就是自闭环设备上位机的各个界面的相关配置和连接，在按照自己程序中对直流电压的给定值、电压环和电流环的 PI 输入值，在其中的对应输入框进行给定，再进行设备运行即可。

以上就是自闭环和外闭环的两种方式下的 NI 平台的使用，实际中主要对于外闭环而言，需要自行 test 一下 IO，找一下 RCP 的 PWM 输出与 HIL 对应的那个 convert 的连线是对应的进行设备的连接。