

作者： 技术支持部吴静雯  
日期： 2019-1-4  
版本： V1.0  
E\_mail: wujingwen@hcfa.cn

  
**智慧禾川 梦想未来**  
浙江省杭州市余杭区海创园 9 幢 6 楼

TEL:  
FAX:

## TwinCAT3 平台下的 X3T 使用 V1.0

---

### 概 述

此文档针对使用 TwinCAT3 4022 版本调试 HCFA X3T 驱动器的用户，包括使用 NC 平台和直接写控制字的调试方式。

### 文档中包含的文件

文件名称	文件说明
TwinCAT3 平台下的 X3T 使用.pdf	操作步骤说明
TC3_X3T.zip	测试程序
HCFA_X3T_ESI.xml	X3T 描述文件

### 版本更新

V1.0 2019 年 1 月 4 日星期五

### 免责声明

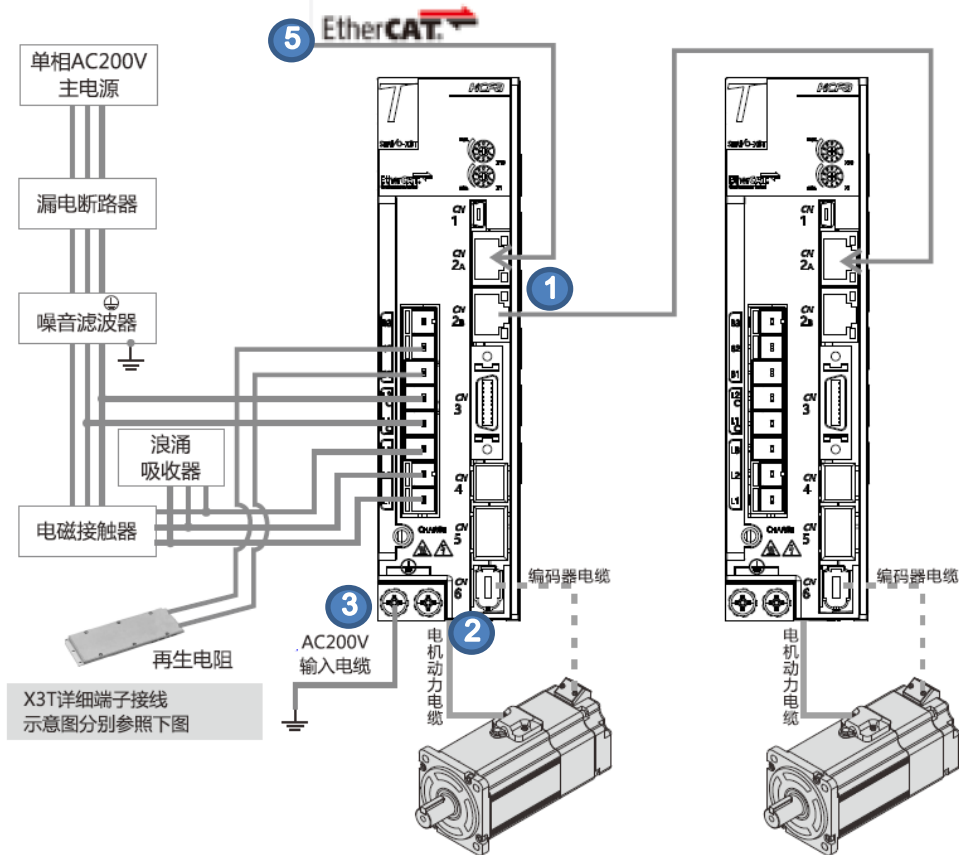
我们已对本文档描述的内容做测试。但是差错在所难免，无法保证绝对正确并完全满足您的使用需求。本文档的内容可能随时更新，也欢迎您提出改进建议。

如有问题请联系作者：wujingwen@hcfa.cn

# TwinCAT3 平台下的 X3T 使用

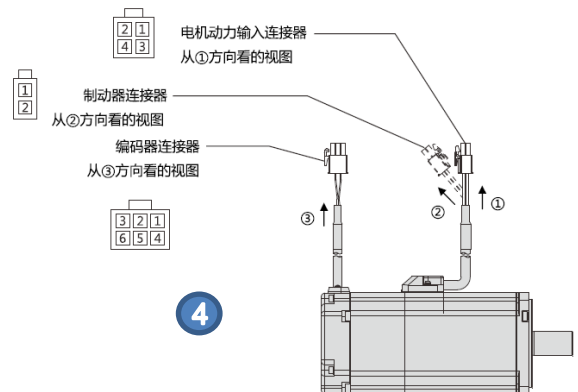
TwinCAT3 是德国 Beckhoff 目前主流控制器使用的功能强大的软件平台，X3T 是禾川推出的高性价比小功率伺服驱动器，上位支持 EtherCAT，本文档会介绍如何使用 TwinCAT3 调试 X3T，注意本文档仅作参考，TwinCAT3 版本不断更新，X3T 的 XML 文件也会更新，测试结果可能会有所不同，实际项目调试需详细阅读 X3T 手册按照规范进行。

其中测试使用 TwinCAT3 软件版本为 V3.1.4022.22，测试硬件平台由 PC（模拟倍福 CX 嵌入式控制器或者工控机）、X3T (SV-X3T5010A-A-EC) 驱动器和 X3 (SV-X3MM010A-N2LA) 电机组成，硬件接线图示例如下



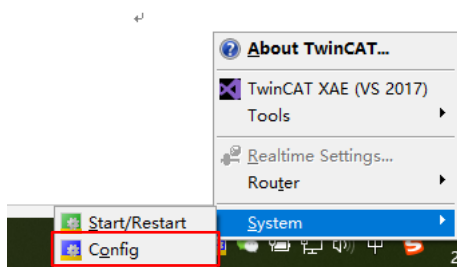
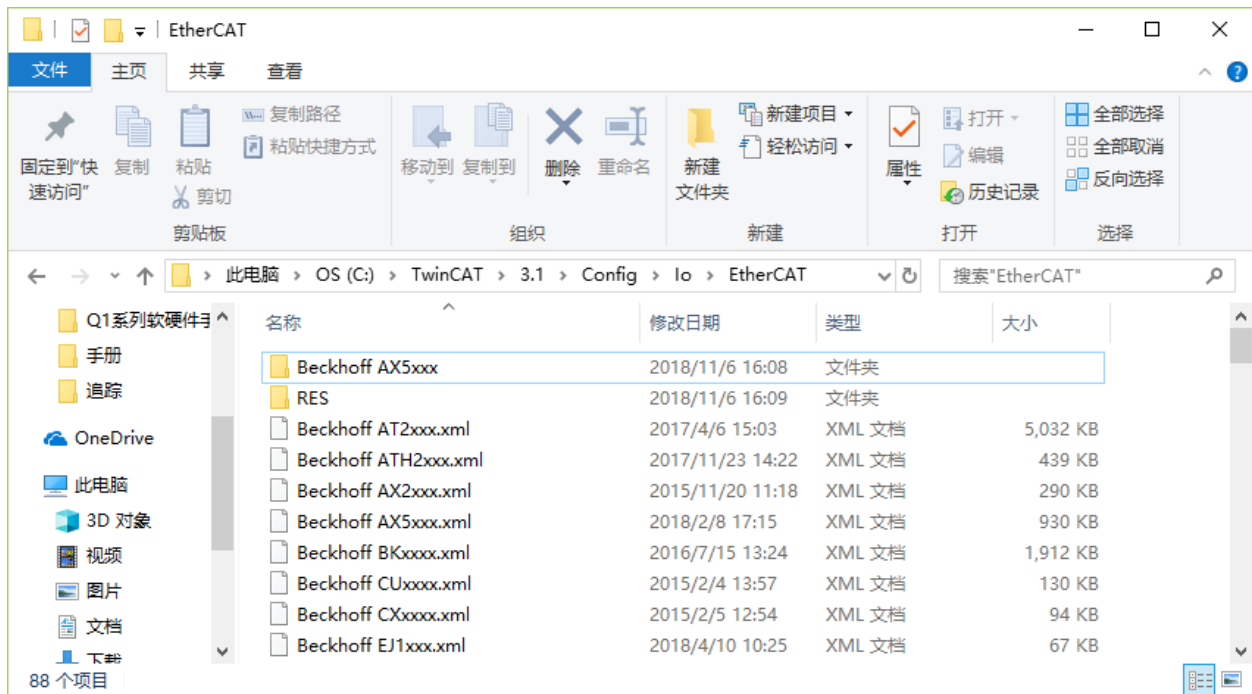
**注意:**

1. EtherCAT 区分输入输出口，CN2A 为 IN，CN2B 为 OUT
2. 电机动力线在侧面
3. 注意接地
4. 右侧为电机接口详细说明针对 750W 以下电机
5. 驱动器支持 EtherCAT 信号传输，本次试验选择 PC 测试



1. 将 X3T 描述文件放到 TwinCAT3 根目录下: C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

双击右下角 TwinCAT3 图标选择 System→Config 切换 TwinCAT3 状态以保证描述文件更新成功

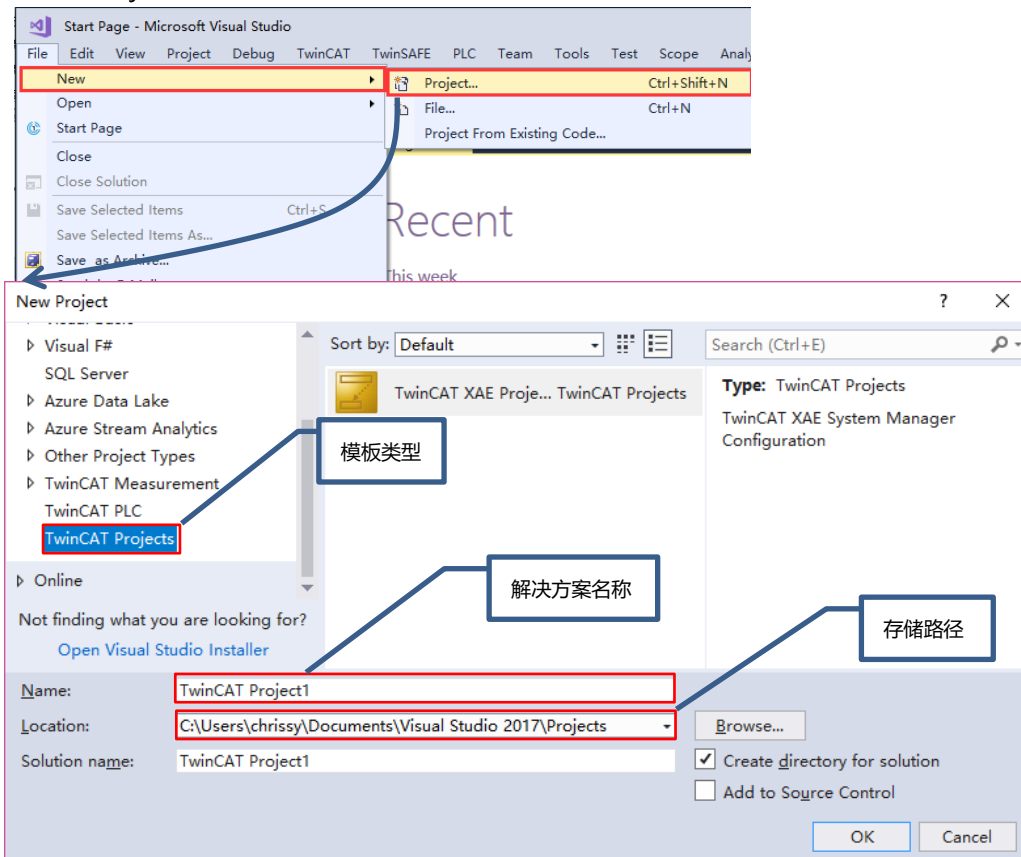


2. 新建 TwinCAT3 解决方案

按照图示完成 PC (或者倍福控制器工控机) 和 X3T 和 X3 连接后, 单击 TwinCAT3 图标选择 TwinCAT XAE

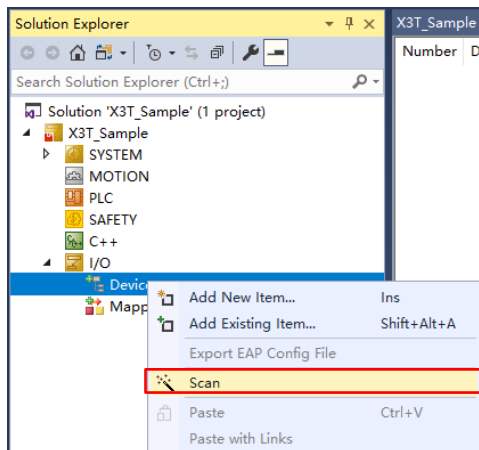
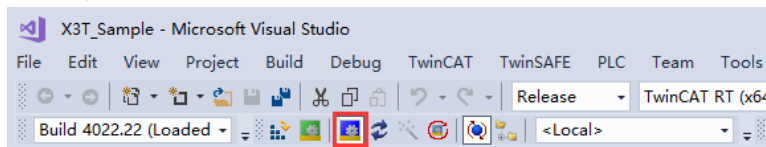


打开 TwinCAT3 软件后，选择菜单 File→New→Project，在弹出对话框 New Project 中选择左侧 Template 下的 TwinCAT Project，给定解决方案名称和存储路径后点击确定完成新建

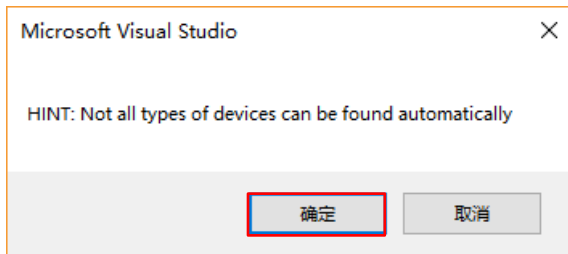


### 3. 扫描驱动器

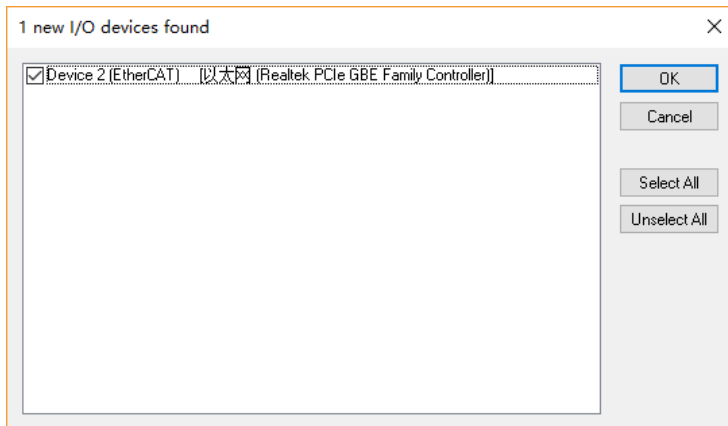
切换 TwinCAT3 到配置模式后扫描 IO



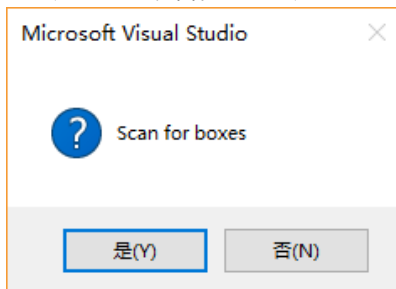
弹出对话框提示：不是所有类型的设备都可以被自动扫描到，点击“确定”



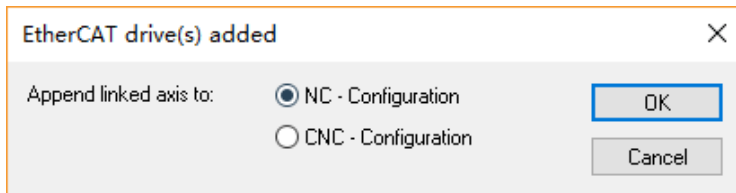
扫描到 EtherCAT 总线，点击“OK”



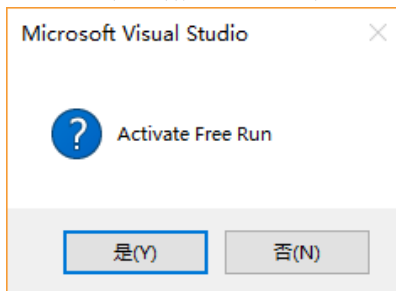
是否扫描设备，点击“是”



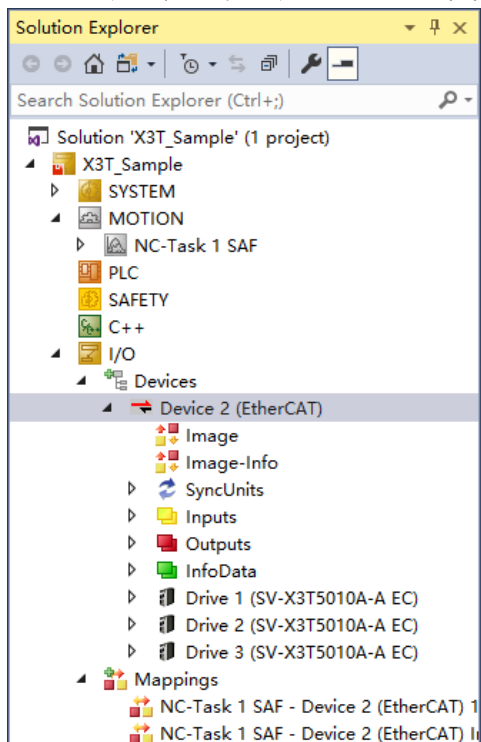
当扫描到运动控制设备的时候，系统会询问是否将扫描到的轴关联到 NC 配置上，点击“OK”完成映射



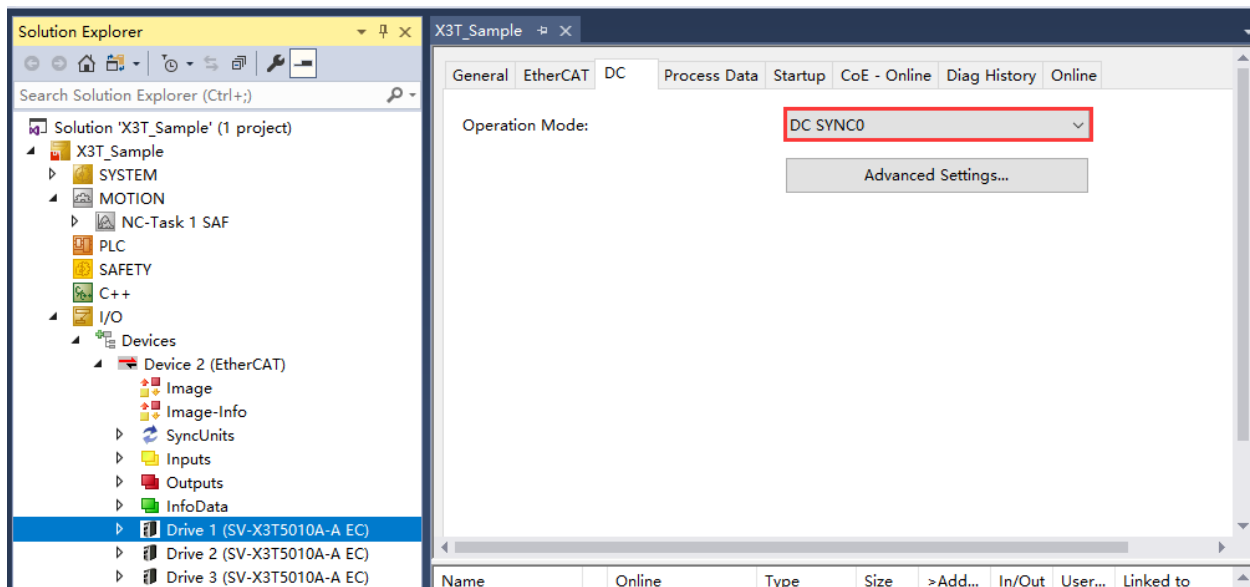
点击“是”激活 Freerun 调试模式，在调试模式下，用户可以无程序对 IO 进行测试，



完成以上操作后，可以看到左侧树形菜单 “I/O” → “Devices” 下已经成功扫描到 X3T 驱动器

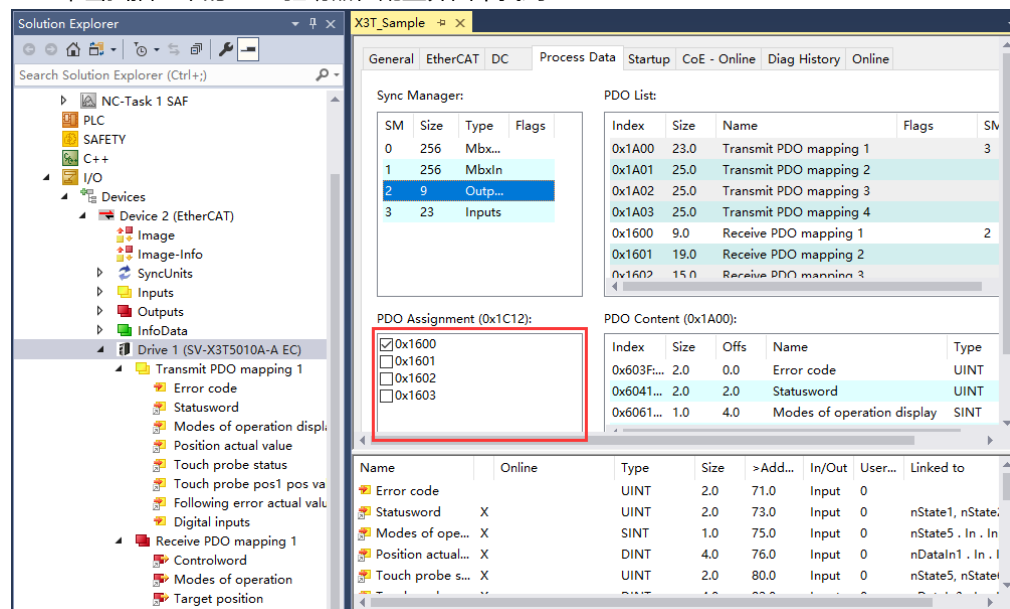


4. 修改驱动器工作在 DC 模式下，默认是 DC 则不需要修改，依次修改

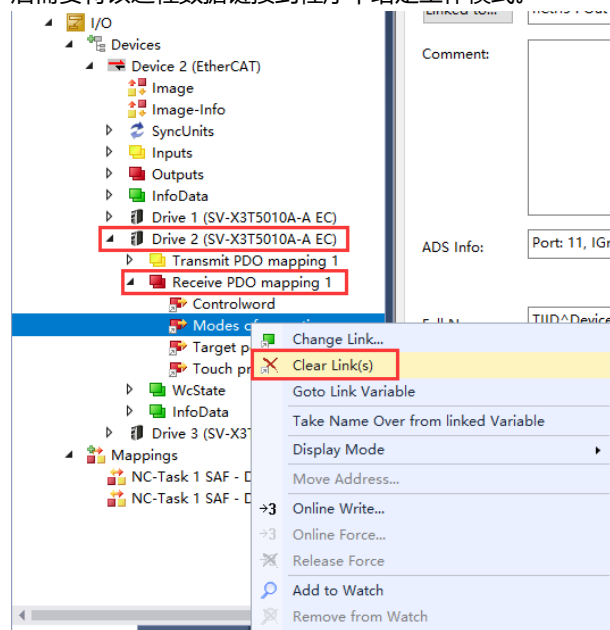


## 5. 选择需要的 PDO 映射

单击扫描上来的 X3T 驱动器在配置界面中找到 “Process Data”



第一组 PDO 中默认添加了驱动器的工作模式，右击 “Mode of Operation” 选择 Clear Link(s)清除原有链接，之后需要将该过程数据链接到程序中给定工作模式。



## 6. 设置编码器参数

在左侧树形菜单找到“Motion” → “Axes” → “Axis1” → “Enc” → “Parameter” 设置编码器各项参数

调试过程中电机空载，用户可根据自己的需求设置，测试中将此参数设置成 60，这样 1mm/s 就相当于 1r/min，因为电机的额定速度单位是 rpm，调试时以 rpm 为单位比较直观

电机旋转一圈，编码器实际发送的脉冲数把 X3T 默认为 17 位编码器，参数为 131072

编码器子掩码，X3T 旋转一圈为 16#20000，考虑单圈清零，此处设置成 1FFFF

Scaling Factor 表示每个位置反馈的编码器脉冲对应的距离

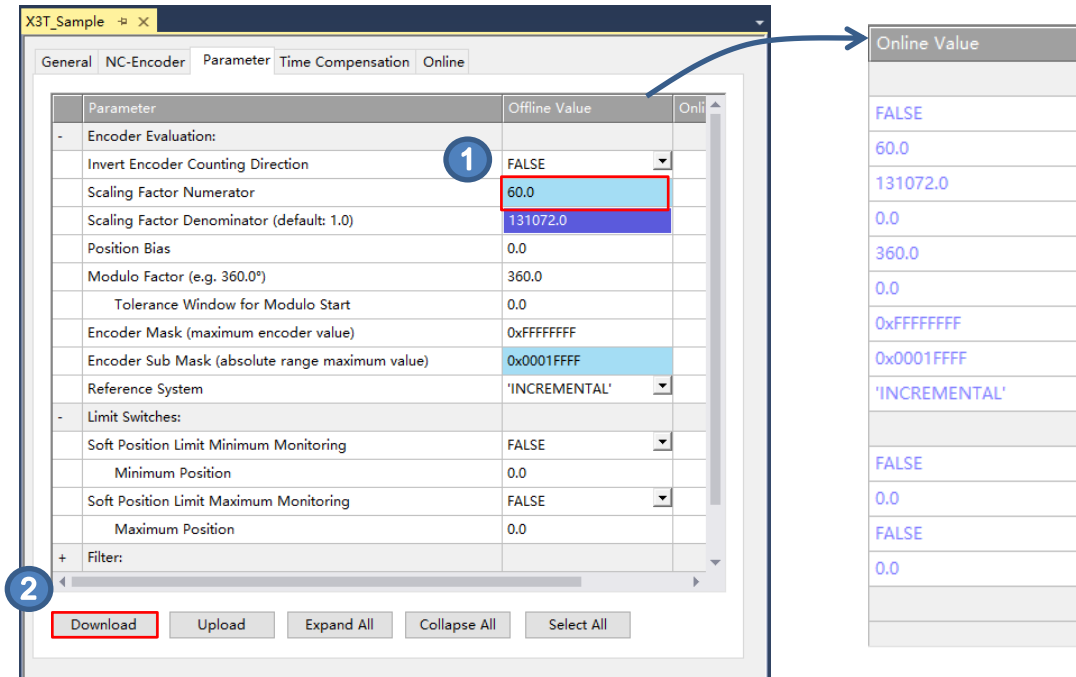
Scaling Factor Numerator 表示电机旋转一圈执行机构的位移

Scaling Factor Denominator 则表示电机旋转一圈编码器发送的脉冲数

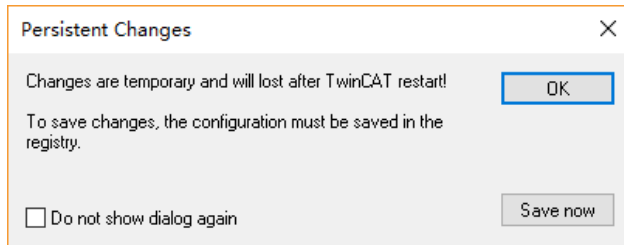
Encoder Sub Mask (absolute range maximum value) 编码器子掩码与最大反馈值有关，比如 16 位的增量编码器，正向超过 65535 就会变 0，这时候 NC 会处理过零问题，知道位置正在平稳增加，而不是真的有个位置突变，这时候，SubMask 就应该设置为 0x0000FFFF，需要注意的是，很多第三方驱动器（包括 X3T）习惯设置电机转动一圈的位置反馈增量为 36000，如果又启用了单圈清零，那 SubMask 就应该设置成 35999，否则 NC 计算位置累积时可能出错



最终设置参数如下，设置完成后，选择需要修改的单个参数后配置页面左下角“Download”逐一更新下载数据或者直接激活配置进行所有参数下载

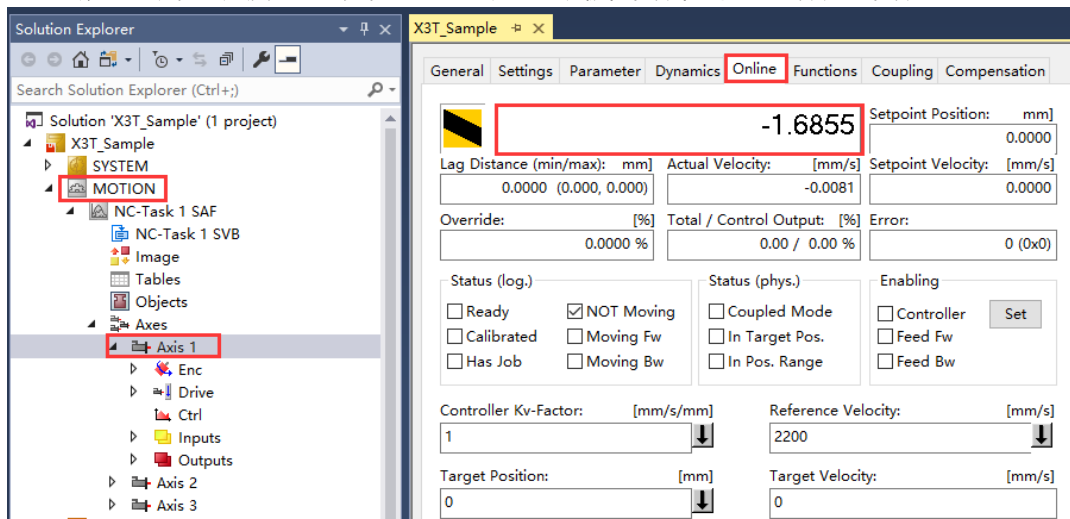


弹出对话框提示，参数下载是临时的，重启后数据仍会丢失，点击“OK”确定，之后可以看到离线数值会写入到在线数值当中。



### 7. 检查编码器反馈方向是否正确

选择“Motion” → “Axes” → “Axis1” → “Online”后，手动正向旋转电机，查看编码器值是否正向增加，如果正向旋转电机，但是反馈值减少，需要同时调整电机极性参数和编码器计数方向参数



如无需调整则跳过，下图为调整编码器计数方向

Parameter	Offline Value	Online Value	Unit
Encoder Evaluation:			
Invert Encoder Counting Direction	FALSE	FALSE	
Scaling Factor Numerator	FALSE	60.0	mm/...
Scaling Factor Denominator (default: 1.0)	TRUE	131072.0	
Position Bias	0.0	0.0	mm
Modulo Factor (e.g. 360.0°)	360.0	360.0	mm
Tolerance Window for Modulo Start	0.0	0.0	mm
Encoder Mask (maximum encoder value)	0xFFFFFFFF	0xFFFFFFFF	

下图为调整电机极性，需要和上一步同时完成，以免造成编码器计数错误

Parameter	Offline Value	Online Value	Unit
Output Settings:			
Invert Motor Polarity	FALSE	FALSE	
Reference Velocity	FALSE	2200.0	mm/s
at Output Ratio [0.0 ... 1.0]	TRUE	1.0	
Position and Velocity Scaling:			
Torque and Acceleration Scaling:			
Optional Position Command Output Smooth...			
Other Settings:			
Drive Mode	'STANDARD'	'STANDARD'	

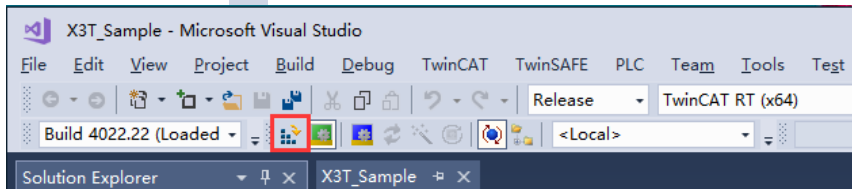
### 8. 修改 NC 手动调试速度

本次测试的 X3T 是 100W 的驱动器，额定转速 3000rpm，用户可以自行在“Motion” → “Axes” → “Axis1” → “Parameter” → “Manual Motion and Homing” 中修改 NC-Online 界面手动调试的转速

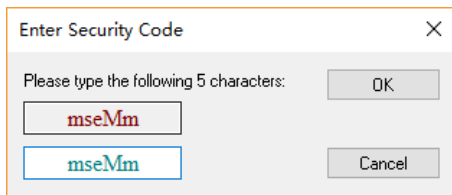
Parameter	Offline Value	Online Value	Unit
Maximum Dynamics:			
Default Dynamics:			
Manual Motion and Homing:			
Homing Velocity (towards plc cam)	30.0		
Homing Velocity (off plc cam)	30.0	30.0	mm/s
Manual Velocity (Fast)	600.0	600.0	mm/s
Manual Velocity (Slow)	100.0	100.0	mm/s
Jog Increment (Forward)	5.0	5.0	mm
Jog Increment (Backward)	5.0		
Fast Axis Stop:			
Limit Switches:			
Monitoring:			
Setpoint Generator:			
NCI Parameter:			
Other Settings:			

### 9. 激活项目，在 NC 界面调试驱动器

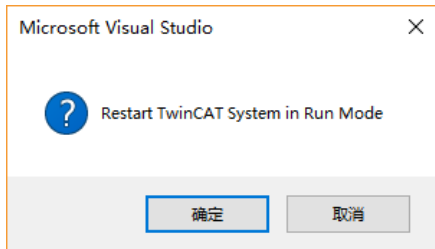
找到工具栏激活 按钮，激活当前配置好的项目进入运行状态



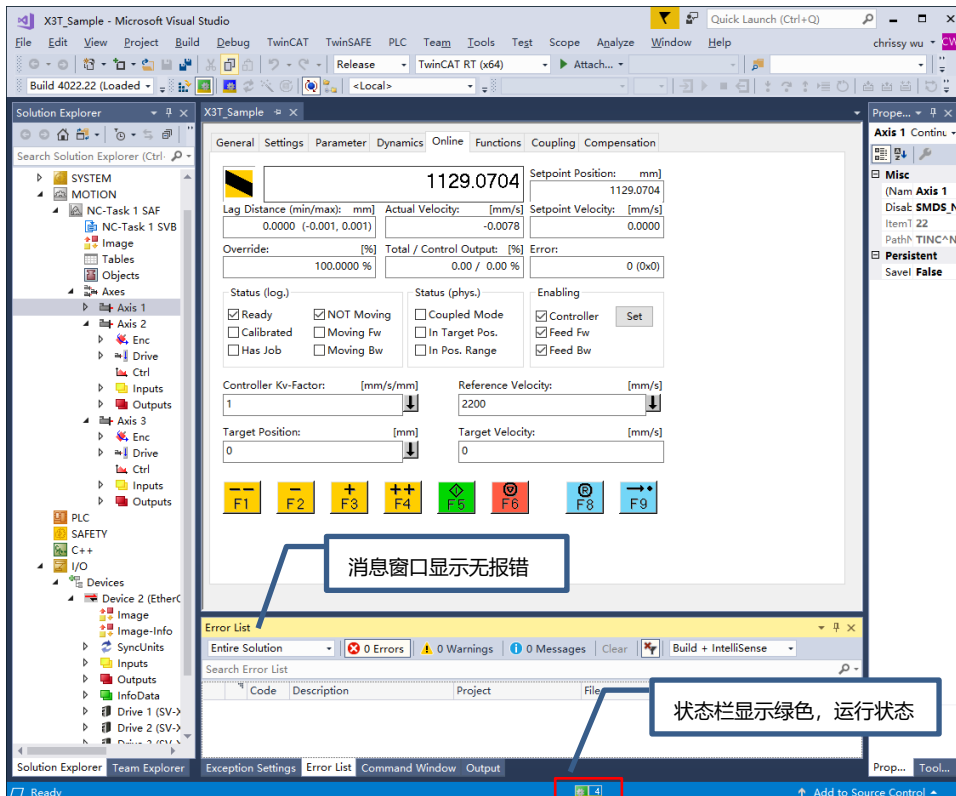
系统会弹出对话框提示输入五位验证码，验证码区分大小写，这是因为 Beckhoff 的 NC 是收费的，但是提供七天的免费试用，正确输入验证码即可获得七天临时授权，按照提示正确输入后，验证码会从蓝色变成绿色之后，点击“OK”



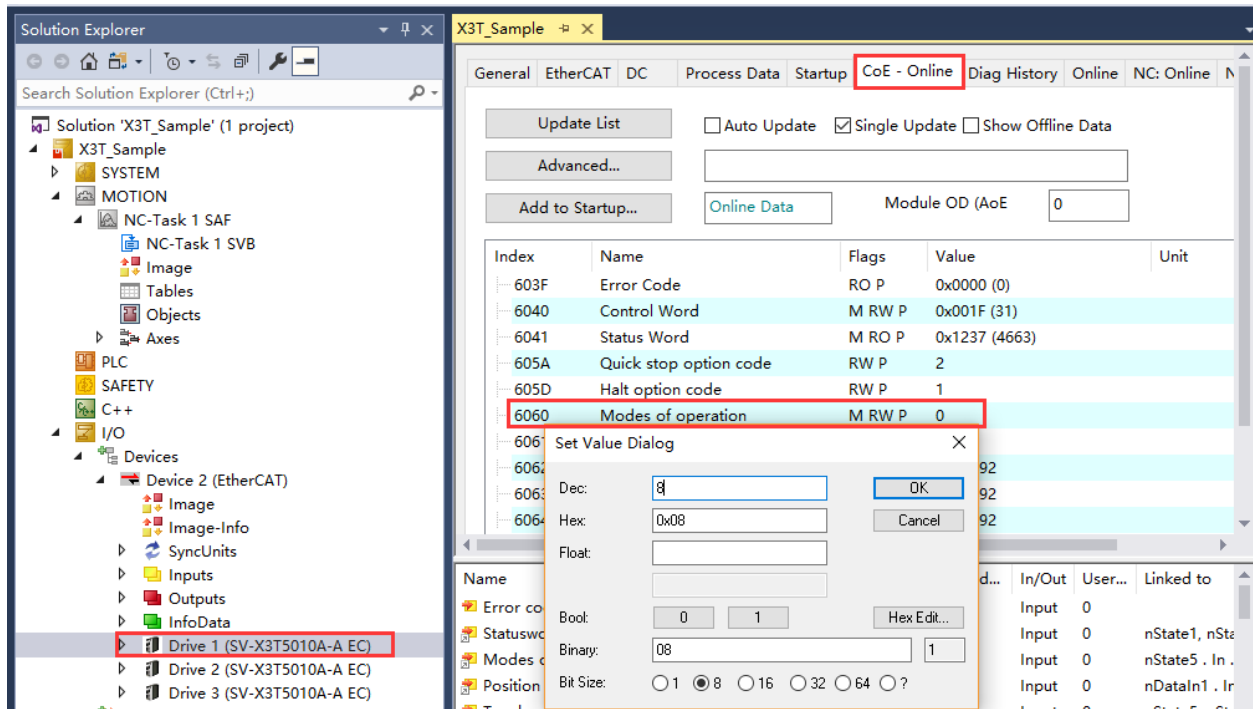
系统提示，是否切换 TwinCAT 到运行模式，点击确定即可完成状态切换



正确切换运行状态后的界面显示如下：



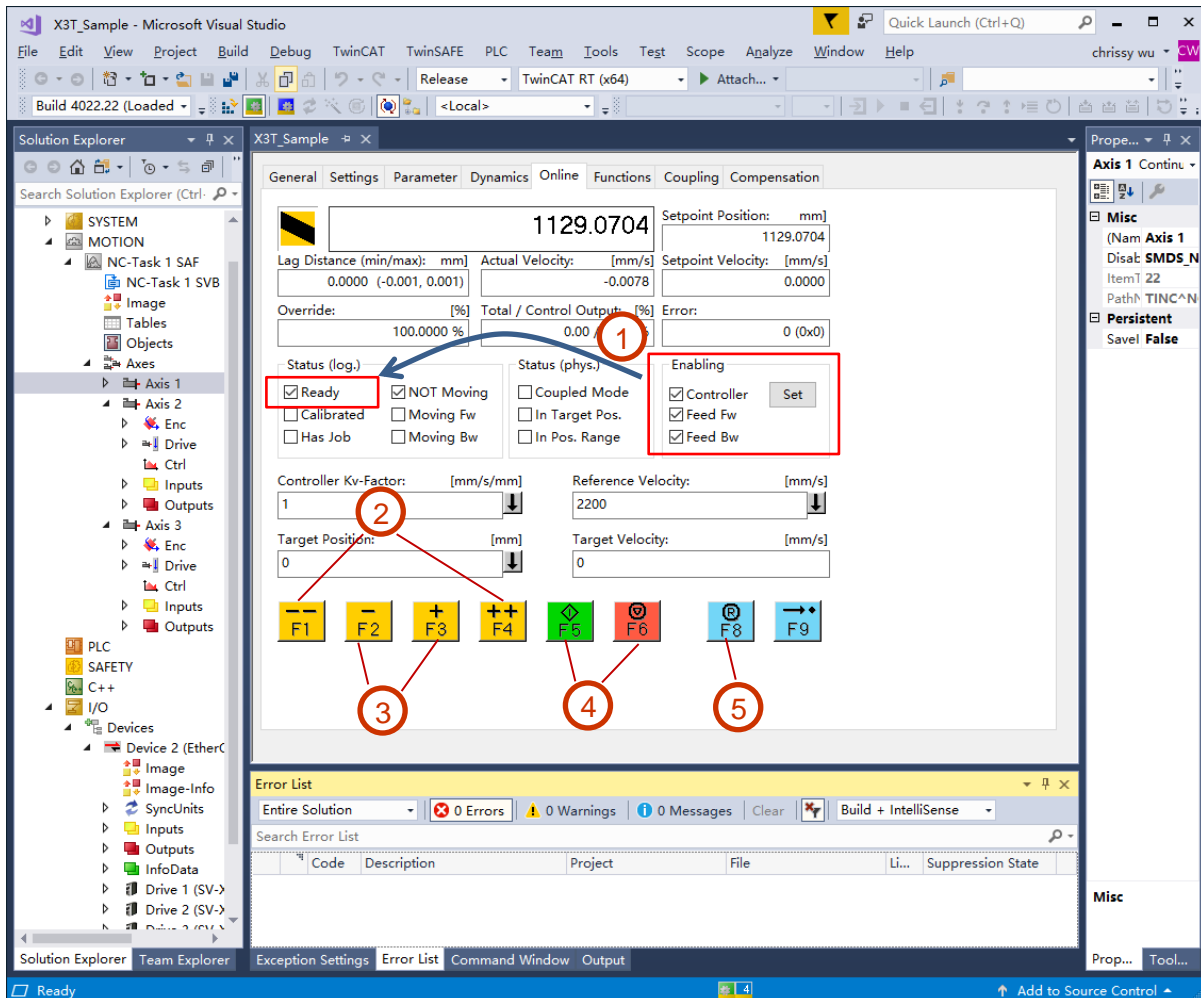
在需要调试的轴的 COE 界面给定工作模式，选中 “I/O” → “Devices” 展开 EtherCAT 主站后，找到 X3T 驱动器，单击，在右侧配置界面可以找到 CoE-Online 选项卡，单击，下拉找到 6060 Mode of Operation 双击修改工作模式到 CSP 也就是给定数字 8



状态字对应工作模式如下：

Value	操作显示模式	简称	对应*1)
-128 - -1	Reserved	-	-
0	No mode change/no mode assigned (模式未变更/模式未设定)	-	Yes
1	Profile position mode (Profile 位置控制模式)	pp	Yes
2	Velocity mode (速度控制模式)	vl	No
3	Profile velocity mode (Profile 速度控制模式)	pv	Yes
4	Torque profile mode (Profile 转矩控制模式)	tq	Yes
6	Homing mode (原点复位位置控制模式)	hm	Yes
7	Interpolated position mode (补偿位置控制模式)	ip	No
8	Cyclic synchronous position mode (Cyclic 位置控制模式)	csp	Yes
9	Cyclic synchronous velocity mode (Cyclic 速度控制模式)	csv	Yes
10	Cyclic synchronous torque mode (Cyclic 控制模式)	cst	Yes
11 - 127	Reserved	-	-

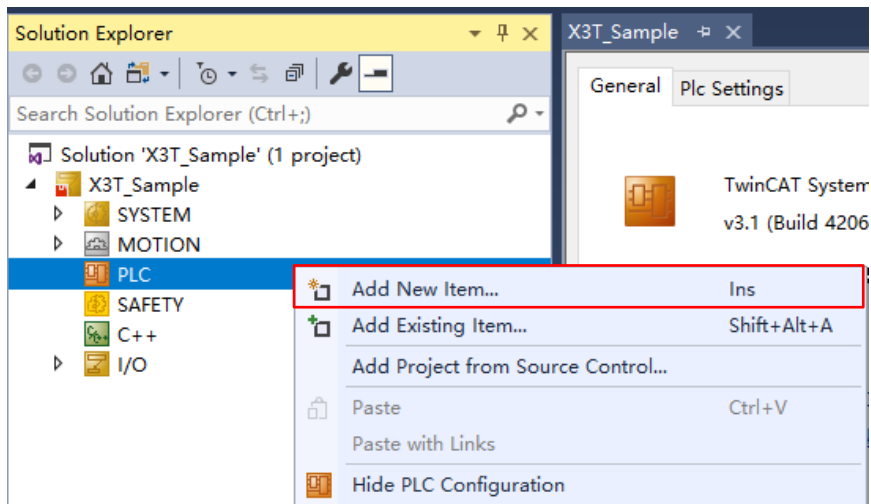
设置好工作模式后，点击进入 “Motion” → “Axes” → “Axis1” → “Online” 进行无程序调试



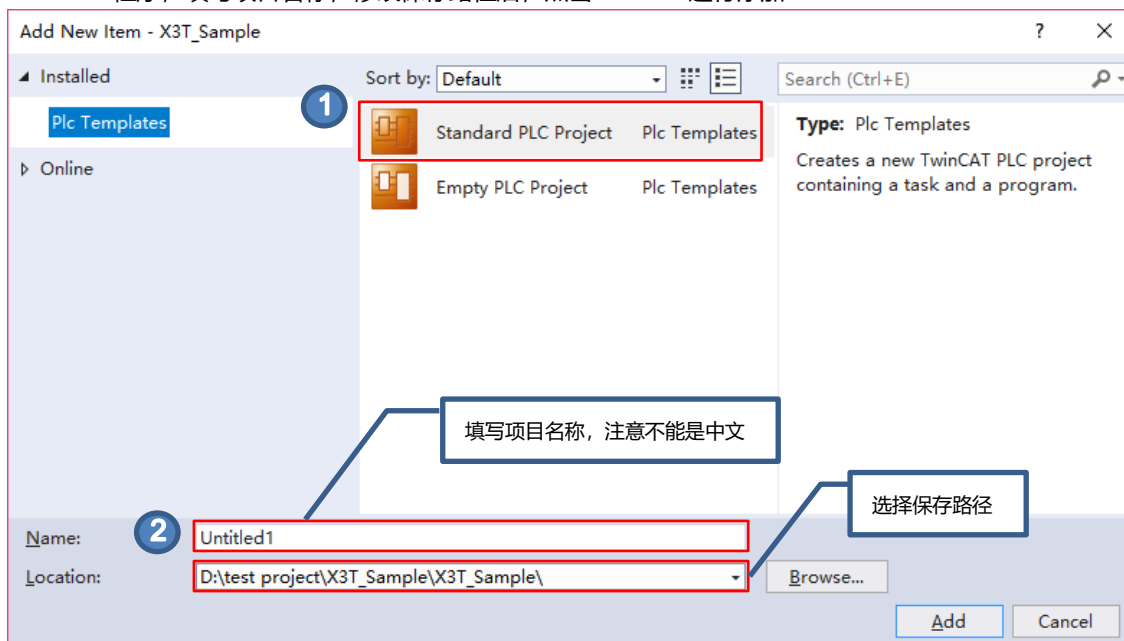
- ① 选择 Online 界面下的 Enabling 右侧 Set 按钮，选择弹出对话框 all 进行设置，可以看到 Status (log.) 窗口中 ready 前打勾，此时驱动器和电机无报错且已准备好执行运动控制指令，操作 F1-F4 手动调试
- ② F1 是反向快速点动，F4 是正向快速点动，速度在 Parameter 下设置
- ③ F2 是反向慢速点动，F3 是正向慢速点动，速度在 Parameter 下设置
- ④ F5 是启动，F6 是停止
- ⑤ F8 是复位，当 Online 界面中 Error 出现报错信息时，可以通过 F8 进行复位

## 10. 编写测试程序

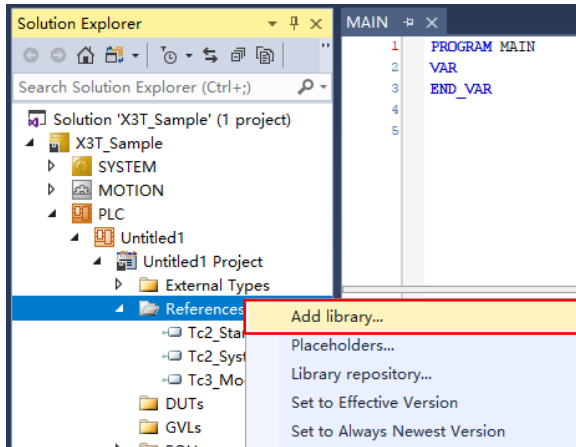
首先新建 PLC 项目，选择树形菜单 “PLC” 找到 “Add New Item”



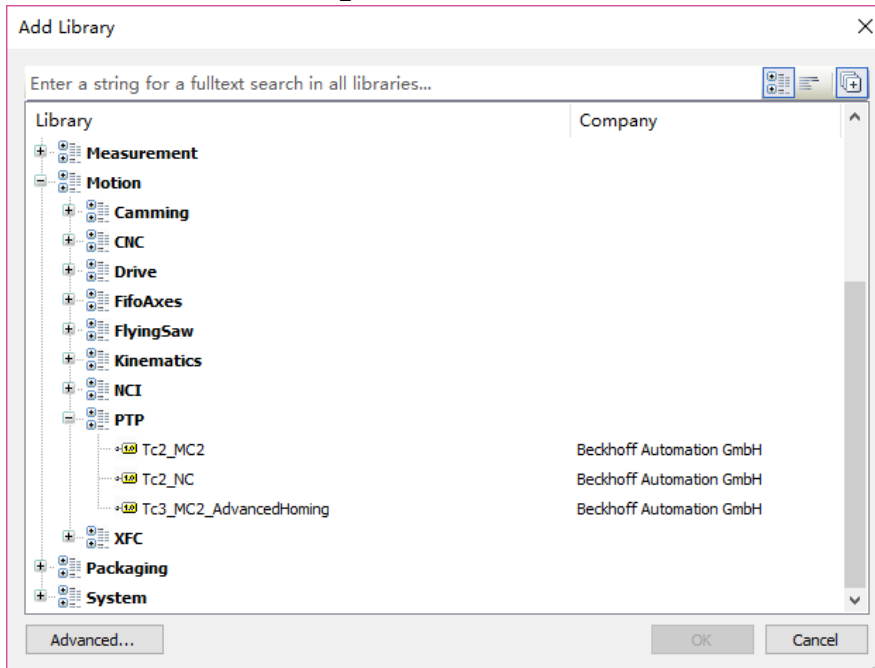
在弹出的新建 PLC 项目的对话框中，选择新建标准的 PLC 项目，这个项目会包含一个任务和一个默认创建好的 “Main” 程序，填写项目名称，修改保存路径后，点击 “Add” 进行添加



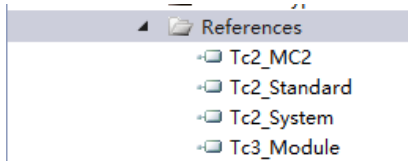
添加运动控制库，找到“PLC” → “Reference” → “Add Library”



在添加库的页面中找到 Tc2\_MC2,选中后选择右下角“OK”进行添加



添加完成后在“Reference”下就引用了这个库



接下去，编写示例程序，通过这个程序可以通过切换功能块 Jog1 中的输入输出接口上链接的变量分别对多根轴进行点动，需要注意的是，MC\_Jog 本身具有多种工作模式，具体请用户自行查看 Beckhoff 帮助系统

```

MAIN*  MAIN (PRG)
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3
4      ModeOfOperation AT%Q*:SINT:=8;
5      axis1,axis2,axis3:axis_ref;
6      power1,power2,power3:MC_Power;
7      jog1:MC_Jog;
8      power_on: BOOL;
9      Jog_fw: BOOL;
10     Jog_bw: BOOL;
11 END_VAR

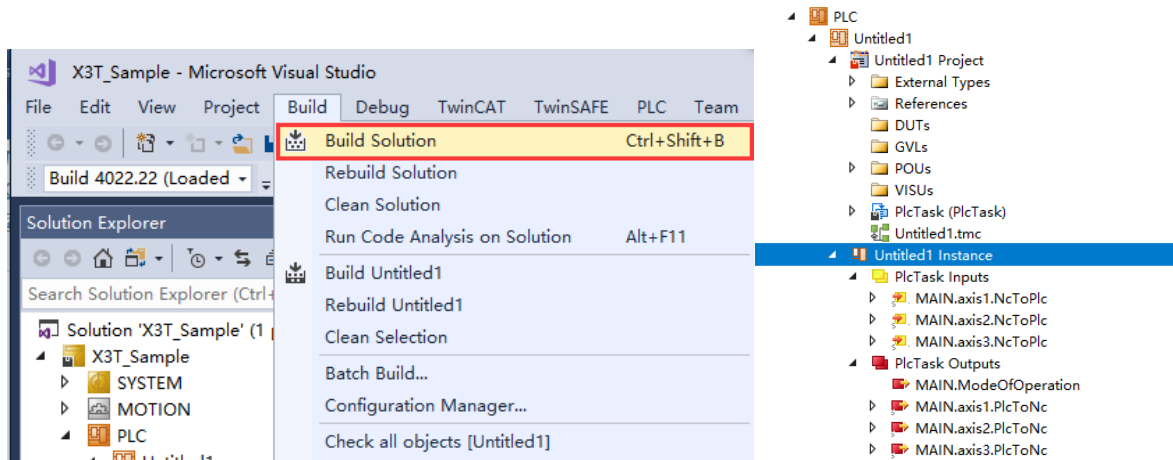
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
power1(
    Axis:=axis1 ,
    Enable:=power_on ,
    Enable_Positive:=TRUE ,
    Enable_Negative:=TRUE ,
    Override:=100 ,
);
power2(
    Axis:=axis2 ,
    Enable:=power_on ,
    Enable_Positive:=TRUE ,
    Enable_Negative:=TRUE ,
    Override:=100 ,
);
power3(
    Axis:=axis3 ,
    Enable:=power_on ,
    Enable_Positive:=TRUE ,
    Enable_Negative:=TRUE ,
    Override:=100 ,
);
jog1(
    Axis:=axis1 ,
    JogForward:=Jog_fw ,
    JogBackwards:=Jog_bw ,
    Mode:=2 ,
    Position:=1000 ,
    Velocity:=100 ,
    Acceleration:= ,
    Deceleration:= ,
    Jerk:= ,
);

```

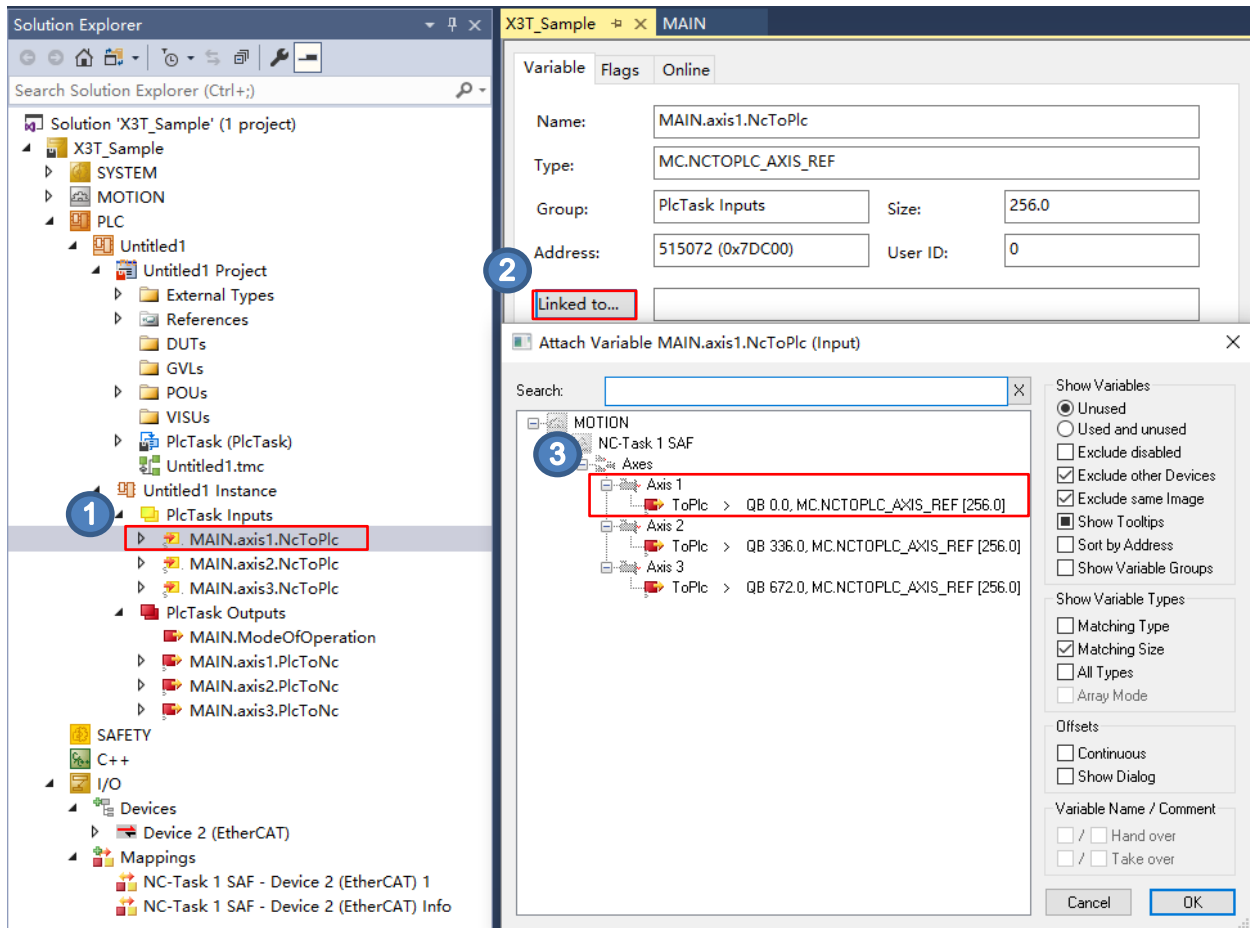


### 11. 编译并完成变量映射

对编写好的程序进行编译，编译完成后，消息窗口会显示编译结果，当编译结果无报错，外部变量会自动在“Instance”下生成输入输出接口

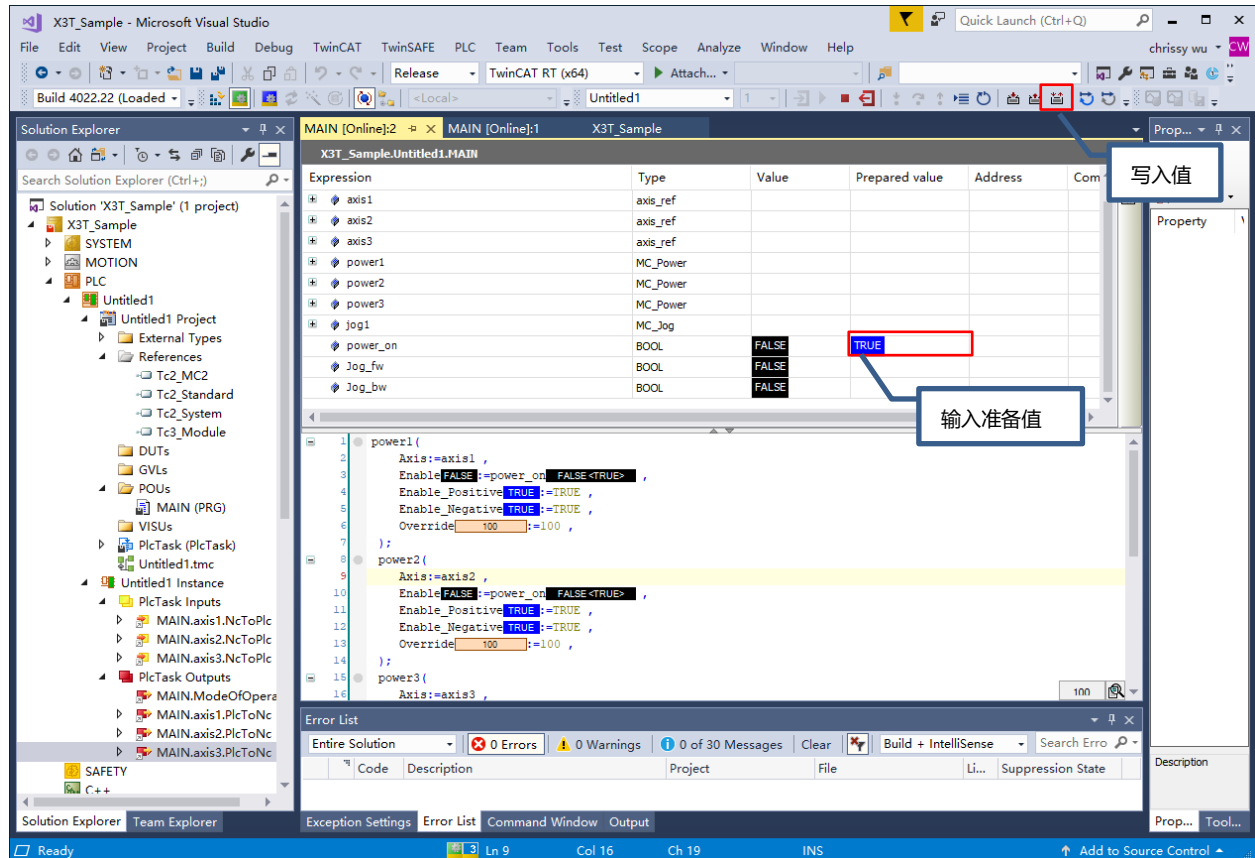
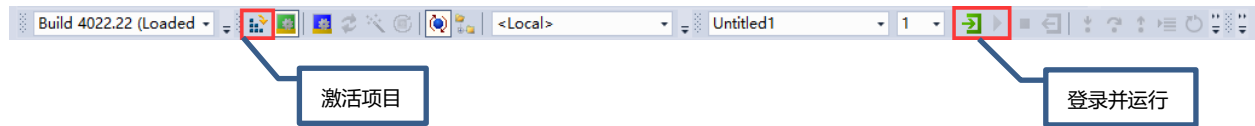


完成变量映射



## 12. 在线调试

激活项目，登录运行



其他运动控制指令请直接参考 Beckhoff 提供的说明书

13. 如果用户需要修改 HCFA 驱动器的内部参数，需要安装伺服调试软件：

[http://www.hcfa.cn/home/content/file\\_down/id/18.html](http://www.hcfa.cn/home/content/file_down/id/18.html)

安装好之后在桌面找到快捷方式 HCS Studio，双击打开根据自己的需求设置相关参数



14. 通过控制字直接对驱动器进行控制（不推荐，做简单说明，详细请查看 EtherCAT 通讯规格）

以工作模式 CSP 作为例子说明，

1. 在 PDO 中添加需要使用的过程数据，PDO 中没有提供的数据，需要用户在 COE 中直接修改或者调用 ADSWRITE 功能块写入（此处不做详细说明）

添加完成后，在左侧树形菜单就会出现变量的接口，之后完成变量映射即可

2. 在程序中编辑外部变量，完成变量映射并激活项目

编辑示例程序如下：

```
MAIN [Online]:2  MAIN [Online]:1  MAIN:1  [ ] X
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3      ErrorCode AT%I^:UINT;
4      Statusword AT%I^:UINT;
5      controlword AT%Q^:UINT;
6      ModeOfOperation AT%Q^:SINT:=8;
7      Targetposition AT%Q^:DINT;
8      TargetVelocity AT%Q^:DINT;
9  END_VAR
10
```

编译，完成变量映射和激活项目请参考上一节[第 11 点](#)及后续部分

3. 给定控制数据，实现通过程序直接完成对电机的控制

登录并运行后，按照 EtherCAT 通讯规格.pdf 的说明，

工作模式写入 8

控制字分别写入 0-6-7-15 进行使能

之后在目标位置和目標速度中分别按照自己的需求给定数值即可