**使用Variant Management实现派生机型管理**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 作者：陈利君  职务：华南区 技术工程师  邮箱：l.chen@beckhoff.com.cn  日期：2021-09-03 |
| **摘 要：**  客户有一个标准机型，增加若干硬件又形成几个派生机型。客户希望派生机型调试时不用开发工程师去现场打开TwinCAT开发环境修改硬件配置，而是让调式人员在HMI直接切换配置。倍福的解决法是利用TwinCAT 3.1.4024及以上版本的Variant Management（变体管理）以及Automation Interface功能，在开发电脑上用同一套项目文件（.tszip）生成不同硬件、软件选项的Runtime配置和运行程序的变体，然后在C#界面上选择变体并激活配置。 | |
| **附 件：**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 序 号 | 文件名 | 备注 | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | | |
| **历史版本：**   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  | | |
| **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，如有改动，恕不事先通知，也欢迎您提出改进建议。 | |
| **参考信息：** | |

使用Variant Management实现派生机型管理

Version 2.0

倍福广州　陈利君　2021-09-03

**客户需求:**

现有机型是CX2030经EtherCAT总线带8个伺服控制器，派生机型需要9个或10个从站。有没有什么方法可以激活或取消EtherCAT从站，而不改变Device下的从站。比如直接配置上10个从站，若需要8个，我就把不需要的Disable（通过写程序实现），这样就不需要修改硬件配置。我项目的程序以后可以写成一个版本（不需要分8、9、10不同从站）。

另外我想在HMI操作，直接切换配置，这样用户如果配置有所改变，只需要进行HMI设置即可实现，不用我们到现场在进行现在程序。

**解决办法：**

TwinCAT 3.1.4024及以上版本支持Variant Management（变体管理）功能，可以在开发电脑上用同一套项目文件（.tszip）生成不同硬件、软件选项的Runtime配置和运行程序，下载到n个派生机型。

这里重点是**同一套TwinCAT项目文件，适用不同的机型**。如果这个系列的机型都要程序升级换代，那么就只要在这一套项目文件里修改就可以了。与n个项目文件对应n个机型相比，程序升级不仅要做n次，还要确保它们的一致性。

**上一版本：Version 1.0 日期2020.11.11**

更新：最新的TwinCAT 3 Automation Interface支持变体管理，可以调用函数实现变体切换。基于这个技术，倍福广州办冼工用C#制作了一个变体管理的小工具

目 录

[1 第1个变体管理的实例 4](#_Toc82510605)

[1.1 项目需求 4](#_Toc82510606)

[1.2 在TwinCAT项目中启用变体管理 4](#_Toc82510607)

[1.2.1 准备工作 4](#_Toc82510608)

[1.2.2 打开或者新建项目 4](#_Toc82510609)

[1.2.3 新建4个变体 4](#_Toc82510610)

[1.3 PLC程序中的变体设置 6](#_Toc82510611)

[1.3.1 PLC项目的Define属性启用变体管理 6](#_Toc82510612)

[1.3.2 变量声明中的条件编译 6](#_Toc82510613)

[1.3.3 PLC代码中的条件编译 7](#_Toc82510614)

[1.3.4 设置PLC程序的Define 8](#_Toc82510615)

[1.4 NC轴的变体设置 10](#_Toc82510616)

[1.4.1 在TwinCAT NC中配置10个轴 10](#_Toc82510617)

[1.4.2 设置Axis9和Axis10属性中的Project Variants下Disable项为True 10](#_Toc82510618)

[1.4.3 设置Axis9和Axis10在4个变体下的Disable属性 10](#_Toc82510619)

[1.5 IO Device的变体设置 11](#_Toc82510620)

[1.5.1 先扫描 IO硬件或者打开现有的TwinCAT项目定位到IO Device 11](#_Toc82510621)

[1.5.2 设置可选硬件的Project Variants的Disable项为True 11](#_Toc82510622)

[1.5.3 设置可选硬件的Disabled属性 12](#_Toc82510623)

[1.6 变量链接 12](#_Toc82510624)

[1.6.1 NC与伺服链接 12](#_Toc82510625)

[1.6.2 PLC变量与NC及IO的映射 13](#_Toc82510626)

[1.7 System的变体设置 14](#_Toc82510627)

[1.7.1 设置Real-time的属性启用变体管理 14](#_Toc82510628)

[1.7.2 设置System属性启用变体管理 15](#_Toc82510629)

[1.8 激活配置，创建引导程序 16](#_Toc82510630)

[1.8.1 步骤 16](#_Toc82510631)

[1.8.2 结果 16](#_Toc82510632)

[2 关于变体管理的补充说明 16](#_Toc82510633)

[2.1 通用说明 16](#_Toc82510634)

[2.2 变体选项：Parameter 17](#_Toc82510635)

[2.3 变体选项：Mapping 20](#_Toc82510636)

[3 最终用户在HMI上实现变体切换 21](#_Toc82510637)

[3.1 使用方法 21](#_Toc82510638)

[3.2 遇到的问题 23](#_Toc82510639)

# 第1个变体管理的实例

## 项目需求

在客户要求的基础上，简化为：

基本机型“Base”，含8个基本轴Axis[1]到Axis[8]

派生机型“Ex\_1”，含8个基本轴和扩展轴Axis\_Ex1，硬件是EL7201带伺服电机

派生机型“Ex\_2”，含8个基本轴和扩展轴Axis\_Ex2，硬件是EL7047带步进电机

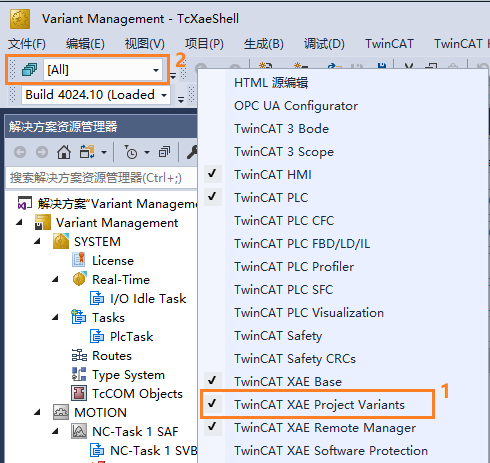
派生机型“Ex\_12”，含8个基本轴和扩展轴Axis\_Ex1及Axis\_Ex1

## 在TwinCAT项目中启用变体管理

### 准备工作

1. 开发电脑上安装TwinCAT 3.1.4024.10
2. 运行TwinCAT XAE并显示Variant Management工具条

如下图1处在菜单栏区域右键菜单中选中“TwinCAT XAE Project Variants”，然后就会显示Variant Management工具条，如图中2处。

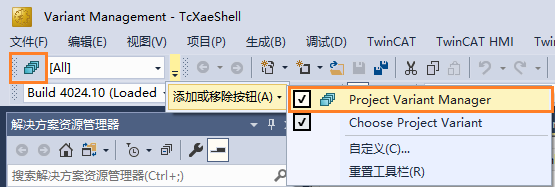


### 打开或者新建项目

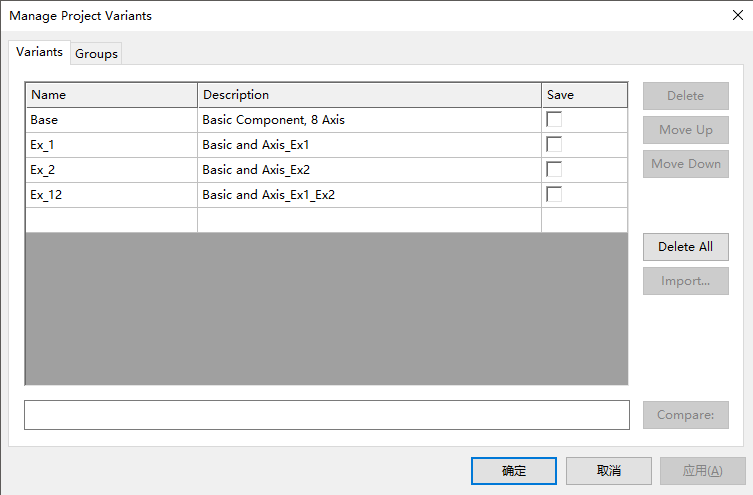
因为几个派生机型的轴数不同，按Variant Management的功能是可以在PLC里实现声明不同的轴数，以及某个变体下才执行某些代码的。但实际上因为PLC程序只在内存里运行，所以变量或者轴数声明多了，代码多了，并不影响大局。这里为了演示变体管理功能在PLC变量声明和程序里的应用，采用了实际多少物理轴就声明多少PLC轴和NC轴的做法，具体见1.3节。

### 新建4个变体

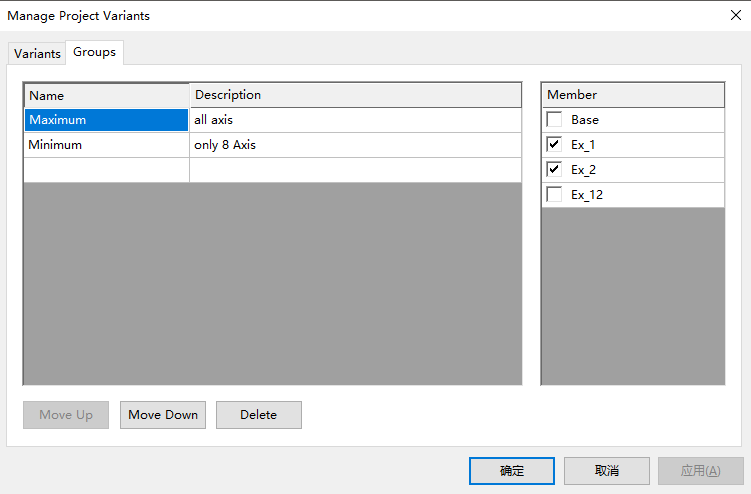
##### 打开项目变体管理器



新建4个Variants



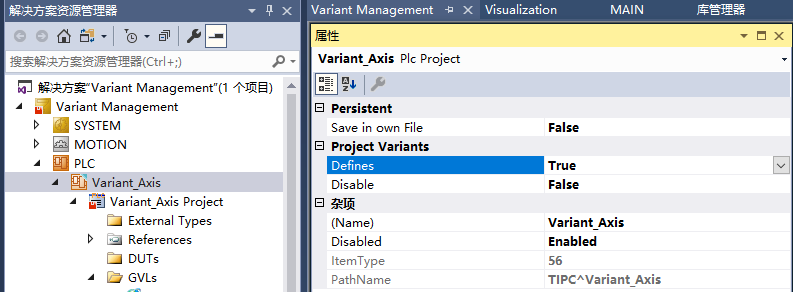
另外，再建两个Group分别是Minimum和Maximum，Maximum表示轴最多的时候10个Axis，包含的变体是Base，Minimum表示轴最少的时候，包含的变体是Base。注意，Ex\_1是指Axis9启用，Ex\_2指Axis10启用，所以包括这两个变体的Maximum就是Axis9和Axis10都启用，而不是都禁用。



## PLC程序中的变体设置

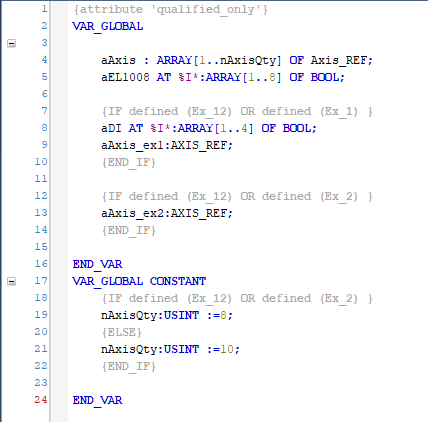
### PLC项目的Define属性启用变体管理

将PLC项目的属性中Project Variants下的Define设置为True：



此时 PLC项目图标右上角出现蓝色，代表启用项目Variant Management功能，并且Defines的条件可以直接使用前面变体管理器中声明过的变体Variants，换言之变体可以直接作为Define的编译条件。

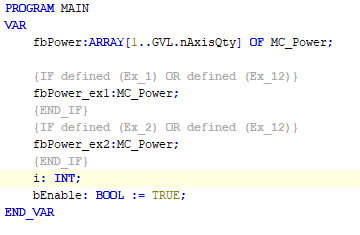
### 变量声明中的条件编译

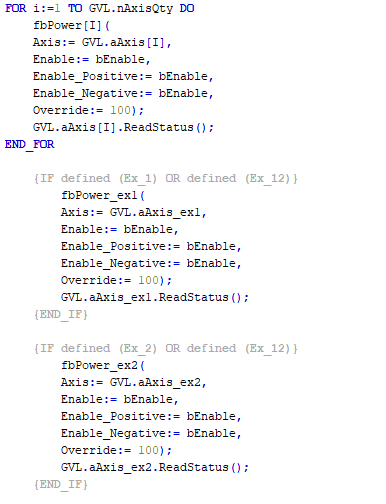


要在不同变体下，某些轴变量存在，而某些不存在，就采用VAR\_GLOBAL中的方式；

要在不同变体下，直接修改数组变量的个数，就采用VAR\_GLOBAL CONSTANT的方式；

### PLC代码中的条件编译

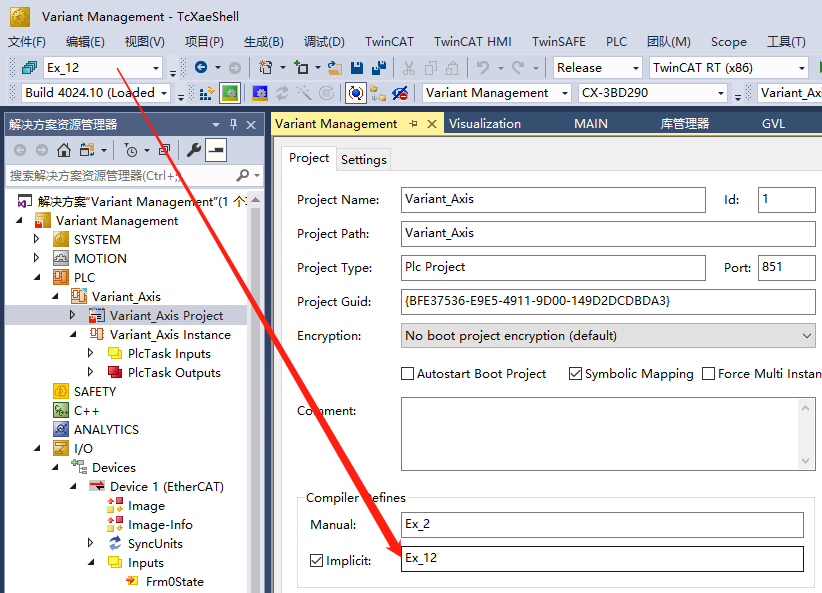




此代码仅供演示，具体到应用项目，也可以选择在不同变体下所有变量都无条件声明，所有代码都无条件编译，只是部份变量不链接到NC轴或者硬件即可。

### 设置PLC程序的Define

写完程序之后，链接PLC变量到NC或者IO通道之前，要编译PLC程序。对于启用于变体管理的PLC项目，在编译之前要选择编译条件——基于哪个变体来编译，具体的做法是在PLC项目的Project页面的Compiler Define中进行设置：



默认的选项是勾选Implicit，而Manual为空。此时，变体管理工具栏中显示的当前变体就会自动出现在Implicit栏，如果该变体还被包含于某个Group，则这个Group也会出现在这里。

如果不勾选Implicit，则把要编译的变体写在Manual栏，有多个就以逗号隔开。在本例中如果同Manual中填Ex\_1,Ex\_2，编译的结果就等效于Ex\_12。

提示：虽然Manual和Implicit可以同时使用，但是建议一种机型对应一种变体，对于第一次使用变体管理功能，一一对应的方式比较简单，不容易在多种变体组合与多种机型对应的时候产生混乱。

例如，Manual处填写Base和Ex\_1，编译结果就是：



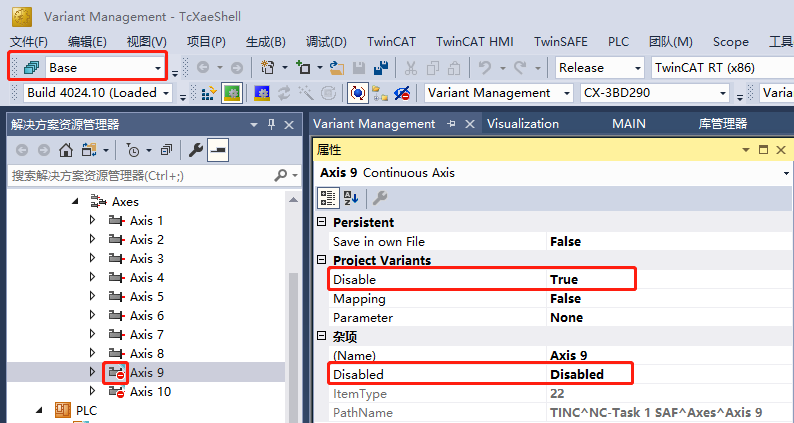
## NC轴的变体设置

### 在TwinCAT NC中配置10个轴

其中Axis 9作为将链接到Ex\_1轴，Axis10将链接到Ex\_2轴。

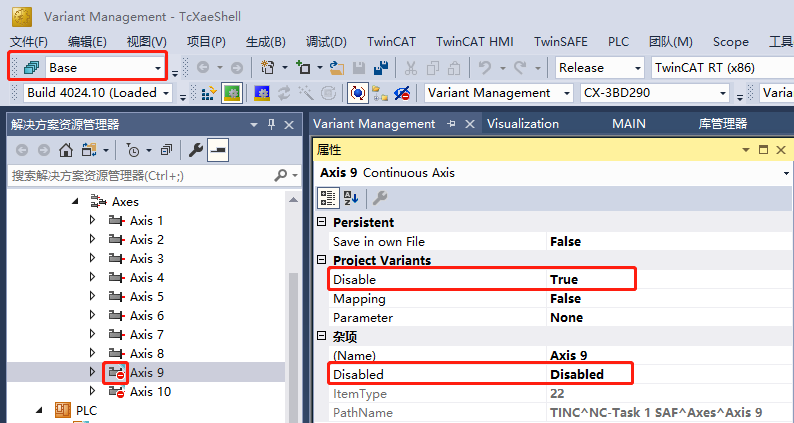
### 设置Axis9和Axis10属性中的Project Variants下Disable项为True

Project Variants中的Disable项为True表示轴的**Disable属性**启用了变体管理——当前的Disable属性仅对现在这个变体适用。



### 设置Axis9和Axis10在4个变体下的Disable属性

先设置Axis9在变体Base中的属性：



上图表示TwinCAT项目用于Base变体的机型时，Axis9是禁用的。

杂项下的Disabled是指属性是否禁用，在这里选择Disabled等效于从轴的右键菜单Disable。

同样的办法设置Axis9和Axis10在4个变体下的Disabled属性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Axis 9 | Axis 10 |
| Base | Disable | Disable |
| Ex\_1 | Enable | Disable |
| Ex\_2 | Disable | Enable |
| Ex\_12 | Enable | Enable |

## IO Device的变体设置

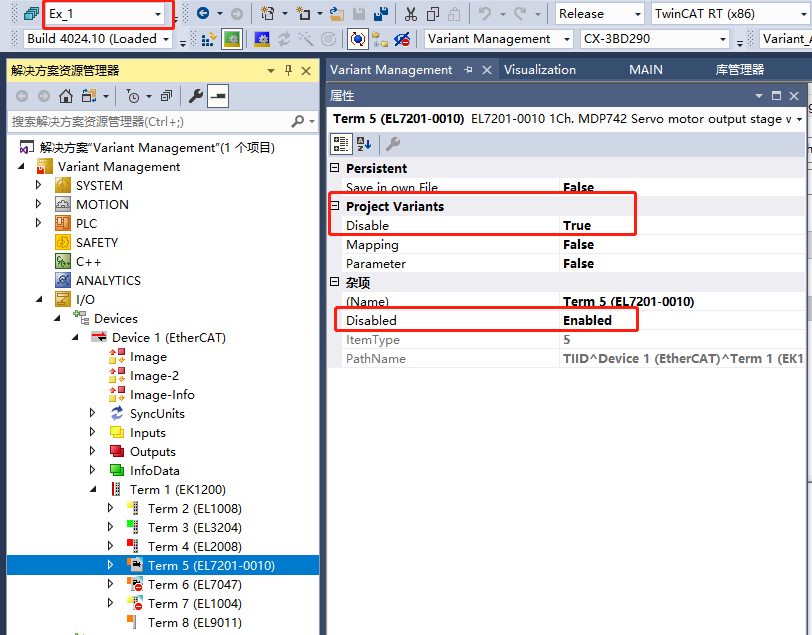
在本例中，基本的8个轴都设置为虚轴，仅仅把Axis9和Axis10用作物理轴，计划分别链接到EL7201（伺服驱动模块）和EL7047（步进驱动模块）。

### 先扫描 IO硬件或者打开现有的TwinCAT项目定位到IO Device

### 设置可选硬件的Project Variants的Disable项为True

本例中就是EL7201和EL7047

### 设置可选硬件的Disabled属性



杂项下的Disabled是指属性是否禁用，在这里选择Disabled等效于从轴的右键菜单Disable。

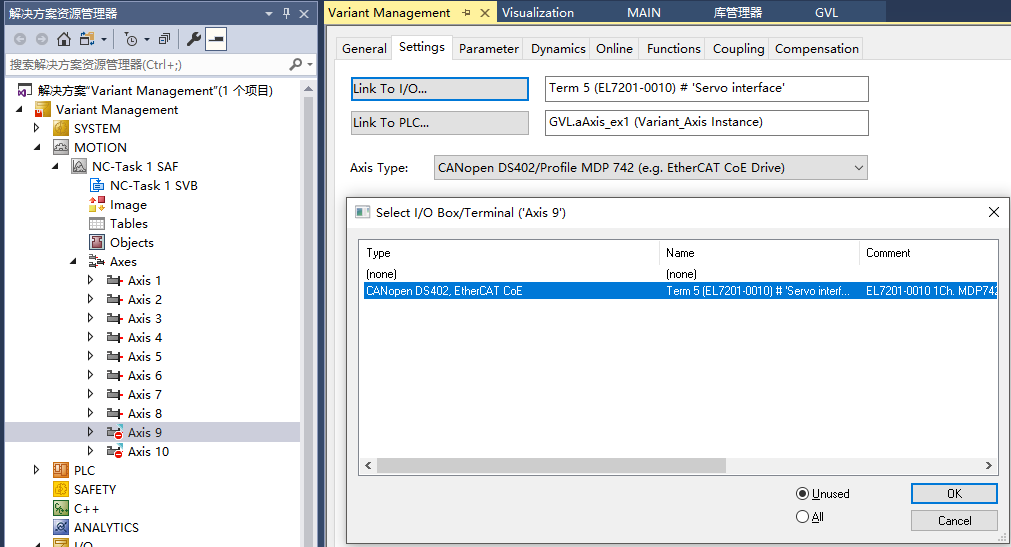
同样的办法设置EL7201和EL7047在4个变体下的Disabled属性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | EL7201 | EL7047 |
| Base | Disable | Disable |
| Ex\_1 | Enable | Disable |
| Ex\_2 | Disable | Enable |
| Ex\_12 | Enable | Enable |

## 变量链接

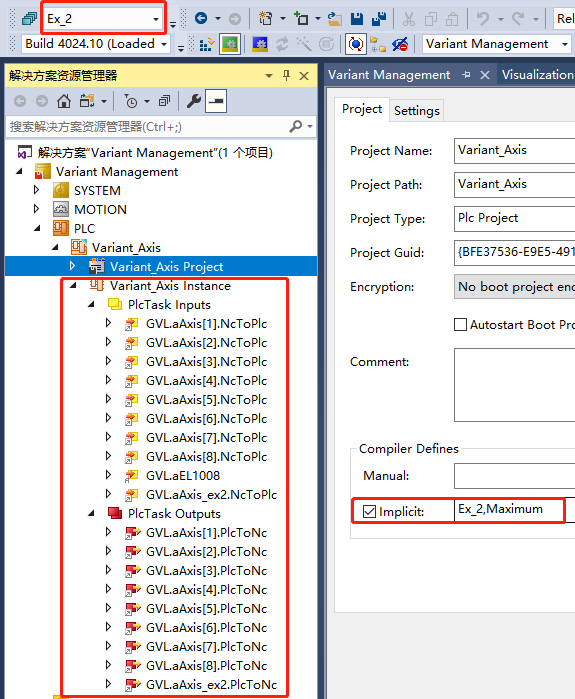
### NC与伺服链接

无论当前选择什么变体，所有NC轴和IO模块、伺服从站都会出现，虽然有的可能打上了禁用标记，但是仍然可以参与变量映射。



### PLC变量与NC及IO的映射

由于PLC变量按不同的变体进行条件编译，生成的TMC文件中的IO变量可能不同，所以PLC变量与NC及IO的映射，必须在PLC条件编译完成以后来进行。



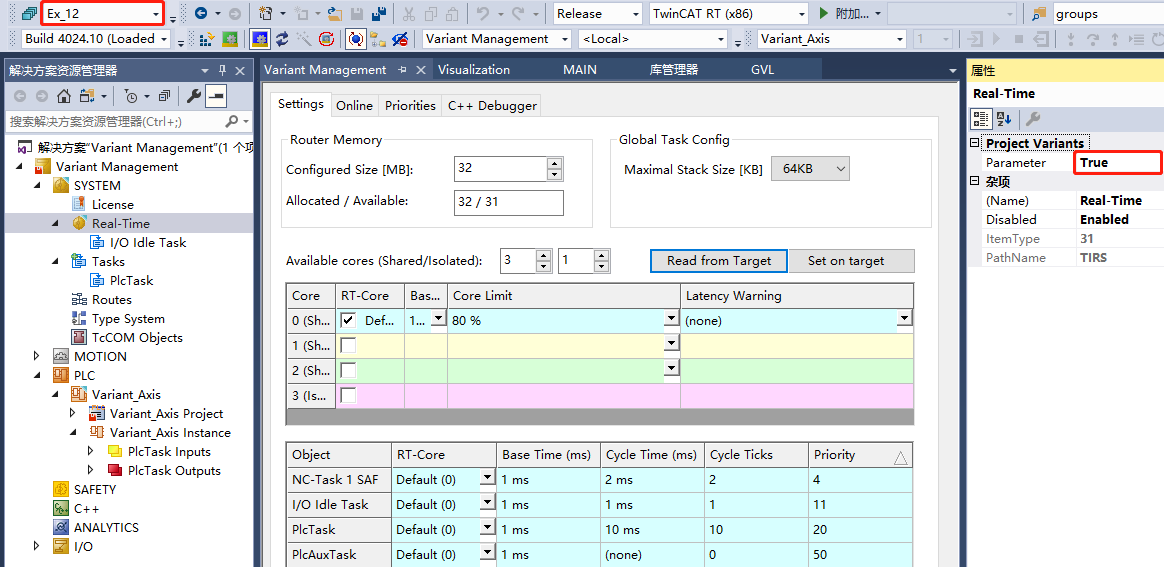
## System的变体设置

### 设置Real-time的属性启用变体管理

如果一套TwinCAT程序用到几个机型上，并且分别使用单核、双核、四核控制器，那就需要用变体管理把Realtime设置也管起来。具体做法是，

#### Project Variants的Parameter设置为True

在Real-time的属性页面把Project Variants的Parameter设置为True，如图：



这样Settimg页面的所有设置都只对于当前的变体有效。

#### 选择不同的变体，编辑Setting页面的各项

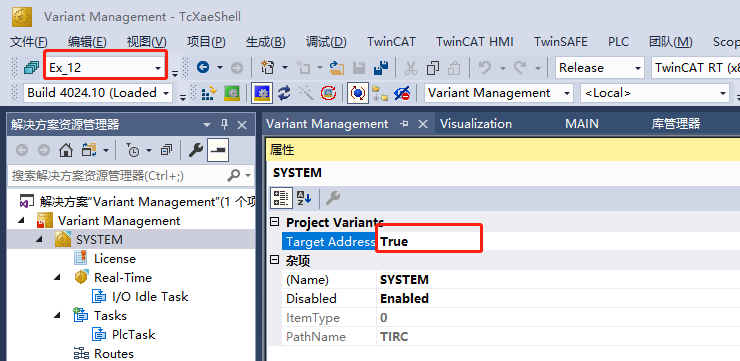
如果这套TwinCAT程序只使用了1个CPU内核，那么也不是必须启用Real Time变体管理。总的来说，推荐的做法是通过变体管理，把运行在高性能CPU上的TwinCAT任务周期缩短，在低性能的CPU上时则任务周期加长。

如果使用这套程序的机型，有的是单核CPU，有的是多核CPU，为了充分发挥TC3的性能，在多核CPU上就有必要分配部分任务到非第一核。这时就一定要用到变体管理了。

### 设置System属性启用变体管理

#### System的Project Variants属性的Target Address项设置为True

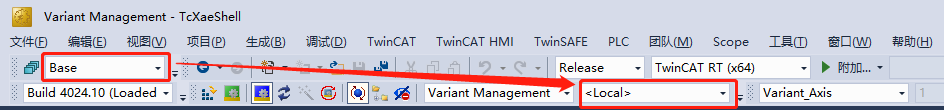
TwinCAT项目可以保存当前的目标控制器，如果调试的时候几个机型的控制器都在线上，可以使用变体功能来选择控制器。



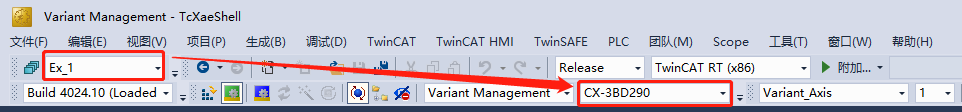
个人感觉这个功能应该很少使用，因为通常都是一次调一台机，而且一台机型也可能不只一台机，用变体选择目标控制器意义不大。

#### 切换变体，选择不同的目标控制器

例如变体Base用于Local：



例如变体Ex\_1用于CX-3BD290：



## 激活配置，创建引导程序

### 步骤

1. **拆装硬件（EL7201或者EL7047）**
2. **选择与硬件匹配的变体（Base、Ex\_1、Ex\_2或者Ex\_12）**
3. **编译PLC程序，并链接好NC或者IO变量**
4. **链接NC与IO变量**
5. **激活配置**
6. **PLC程序下载运行**
7. **调试完成，创建引导程序**

### 结果

4种机型可以使用同一套TwinCAT程序，维护方便。

# 关于变体管理的补充说明

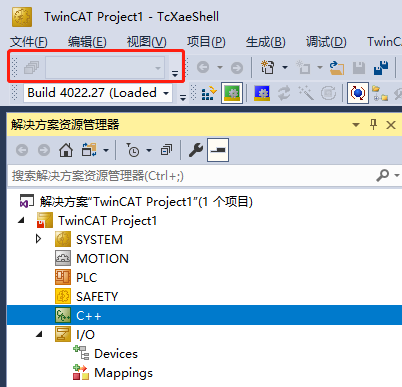
## 通用说明

1. **变体管理功能是TwinCAT 3开发环境的功能，对控制器没有要求。**

经测试，在TwinCAT 3.1.4024.10的环境下，使用变体管理功能的TwinCAT测试程序下载到CX5130+TC3.1.4022.30，也可以运行起来。既然与控制器TwinCAT 版本无关，也就无须授权。

当然这仅仅是测试，首推的做法还是使用与控制器匹配的TwinCAT XAE或者RM。

又测试在TwinCAT 3.1.4024.10的环境下，装载4022.27的RM，此时开发环境中变体管理的工具栏不可用了：



1. **切换变体即更换硬件、软件的选项，只能在TwinCAT 3开发环境中完成**

切换变体后，必须激活生效，激活后必然会覆盖当前的TwinCAT配置。

所以不能直接在HMI实现。

1. **变体管理可以实现以下几方面的选项：**

在PLC代码和变量声明。

硬件IO模块启用及参数配置、

NC轴的启用及参数配置、

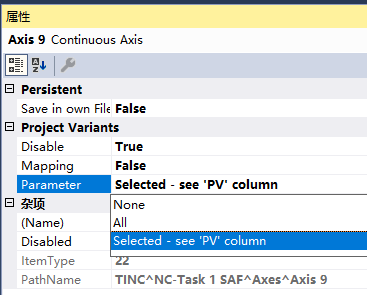
系统配置，包括目标控制器地址（Target Address）和Realtime选项（TwinCAT Task与CPU核的分配，隔离核设置等）

## 变体选项：Parameter

1. **NC轴参数的变体管理**

大部分用户希望用变体管理实现硬件“有”或者“没有”的切换，实现上变体管理还可以实现参数的切换。比如一个机型某个NC轴的丝杠导程是10mm，另一个机型的导程是5mm，那个NC轴的脉冲当量就可以用变体管理来设置。

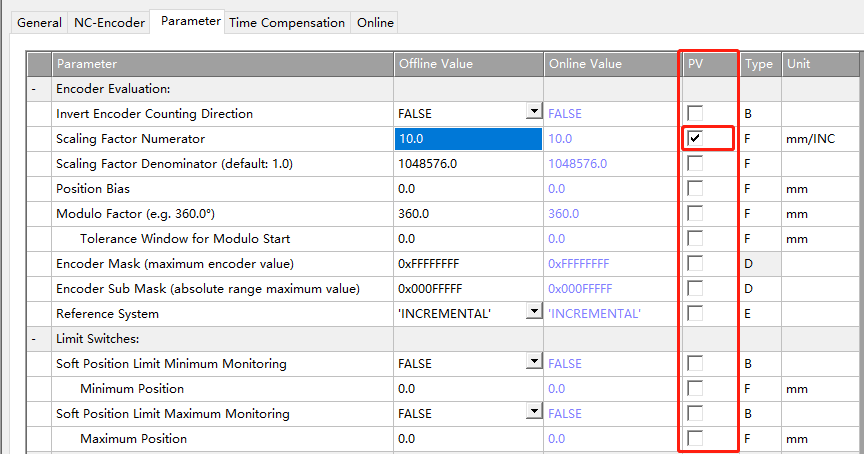
先把轴的属性中Project Variants下面的Parameter设置Selected –see PV column



这里选择None是说没有变体管理，这个轴在所有变体下的参数都是一样的；

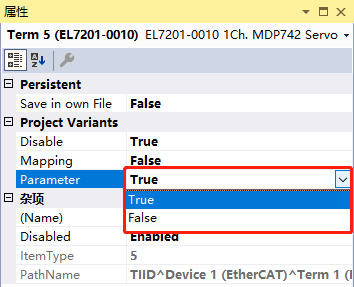
All是说所有参数都由变体来管理

最常用的是Selected –see PV column，表示只有在PV列勾选中的参数才随变体切换而改变。选中该项后，NC的参数就多了一列PV：

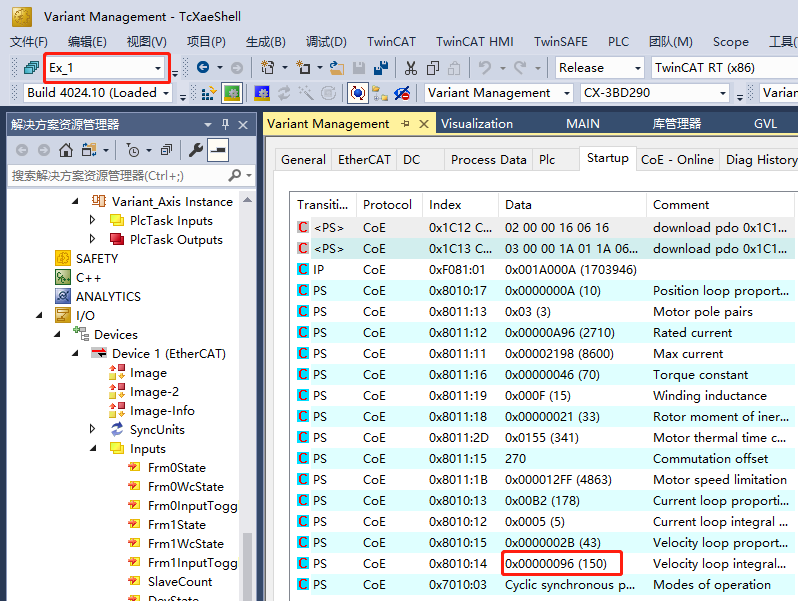


1. **EL模块参数的变体管理**

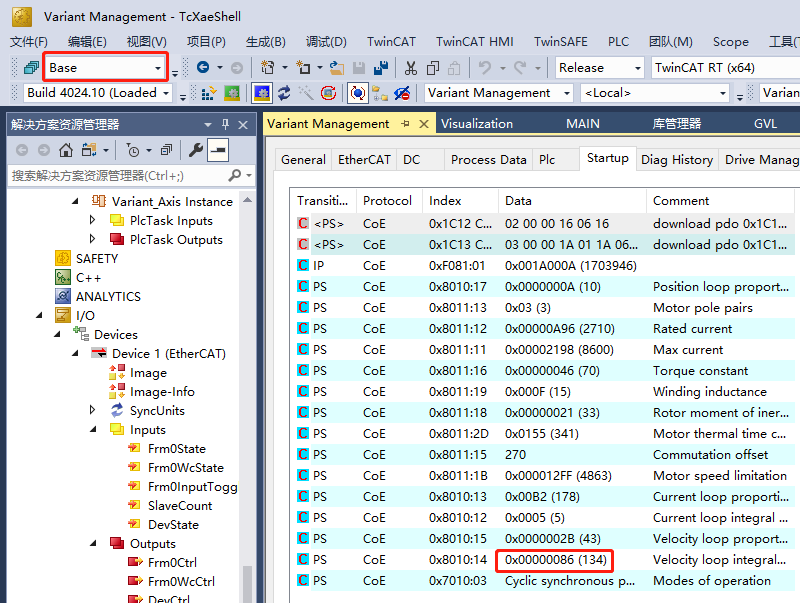
先把轴的属性中Project Variants下面的Parameter设置为True：



然后就可以设备EL模块分别在不同变体下的StartupList了，比如在变体Base下，EL7201的速度环增益设置为134，而在变体Ex\_1下，速度环增益设置为150：



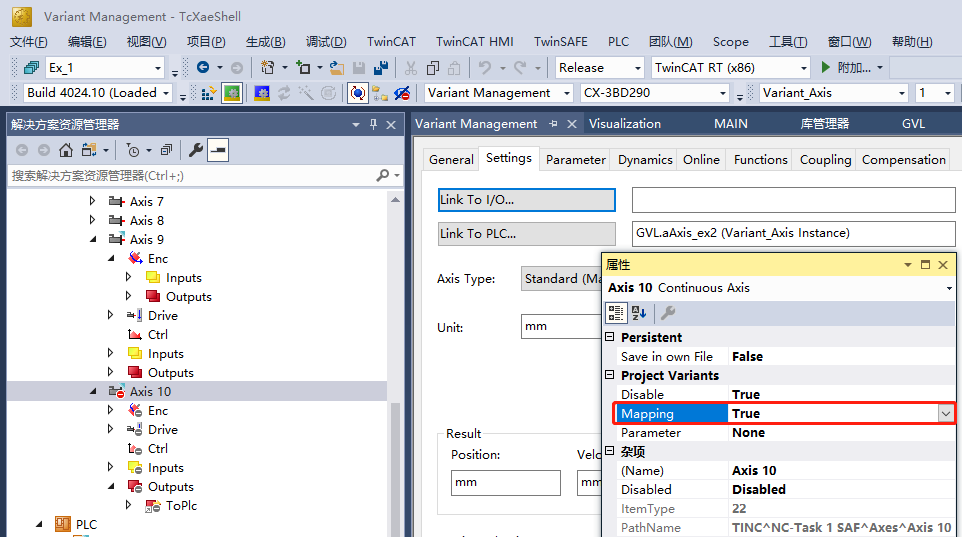
在变体Ex\_1下，EL7201的速度环增益设置为150。



在变体Base下，EL7201的速度环增益设置为134。

## 变体选项：Mapping

变体管理可以管理的内容还包括Mapping关系。启用该功能需要设置属性Project Variants中的Mapping为True，然后分别设置不同变体下轴的与PLC或者伺服的映射关系：



#### 场景A：NC轴映射到不同型号的伺服

Idea：NC轴与PLC变量的对应关系一般不变。但是不同机型选择的伺服驱动器的型号、功率甚至品牌不一样都是有可能的，这时候用变体管理来切换一个NC轴对应的驱动器就很方便。

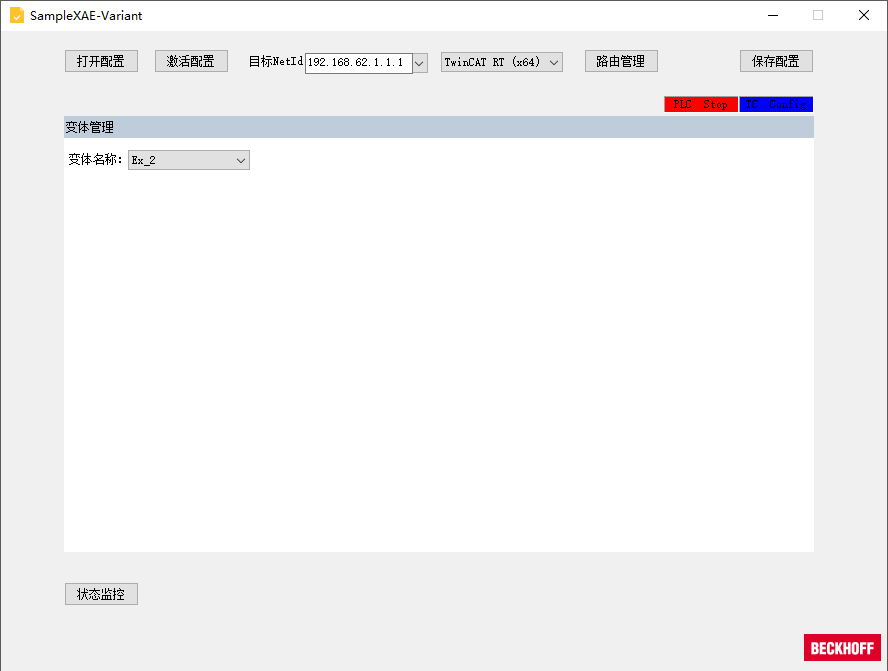
#### 场景B：办公司调试时NC轴不映射到硬件

用变体管理切换Mapping另一个应用是用实现虚轴与实轴的切换。比如工程师在车间调试的时候要带实轴，在办公室调试的时候要用虚轴。如果新建一个变体Virtual，在该变体下，所有NC轴都不链接硬件，并且EtherCAT网络禁用，目标控制器是Local，那么工程师在办公室调试时只要打开原项目切换到Virual变体就可以工作了。

# 最终用户在HMI上实现变体切换

上一版本的实现思路是在出厂前用同一套TwinCAT项目，选择不同的变体，生成多套引导文件夹，再从HMI控制PLC调用不同.bat从不同的引导文件夹复制内容到\TwinCAT\Boot\，以实现变体切换。这个方法必须固定各机型的Boot文件夹名称，并且不支持CE系统。

最新的TwinCAT 3 Automation Interface支持变体管理，可以调用函数实现变体切换。基于这个技术，倍福广州办冼工用C#制作了一个变体管理的小工具：



使用这个DIY工具，现场操作人员不必打开TwinCAT开发环境，就可以选择不同的配置文件并激活到控制器，大大降低了操作工人的技术门槛；并且该工具也可以给CE系统切换配置。

## 使用方法

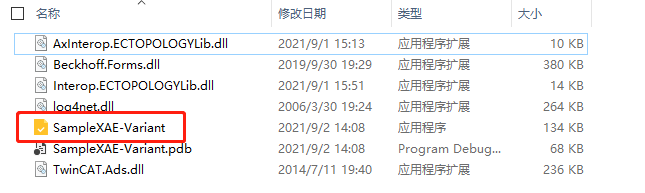
1. **文件准备**

向作工具作者索要以下文件——

TwinCAT项目：Variant Management\_CX5140.tszip

变体管理工具：DIY\_Tools\_变体管理.zip

变体管理工具是一个免安装的.exe文件，与其它相关的dll文件同一路径：

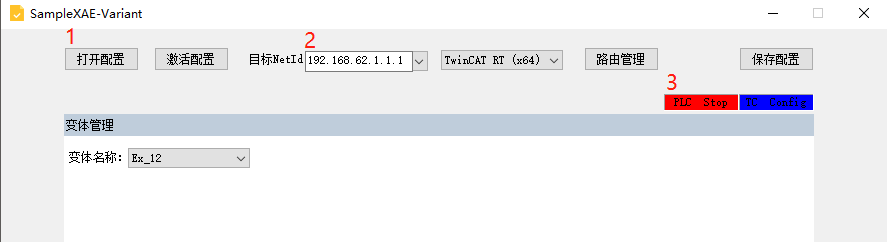


1. **路由准备**

运行DIY工具的PC上应安装TwinCAT 3开发环境，并成功添加到目标控制器的路由

1. **按钮操作**

打开配置，选择目标系统，确定已经成功连接到控制器

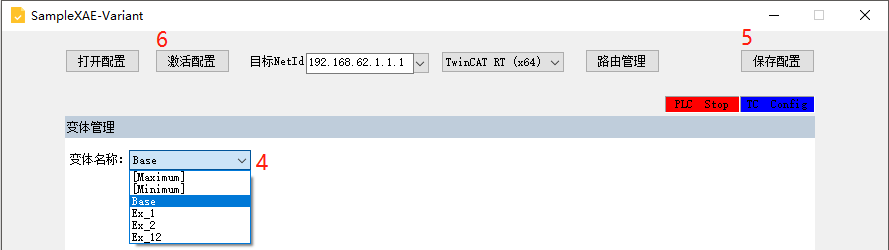


如果成功连接到控制器，上图中第3处的右边图标会是蓝色或者绿色，红色表示连接失败。

如果目标NetId的列表中没有目标控制器，还可以点击“路由管理”进行添加。

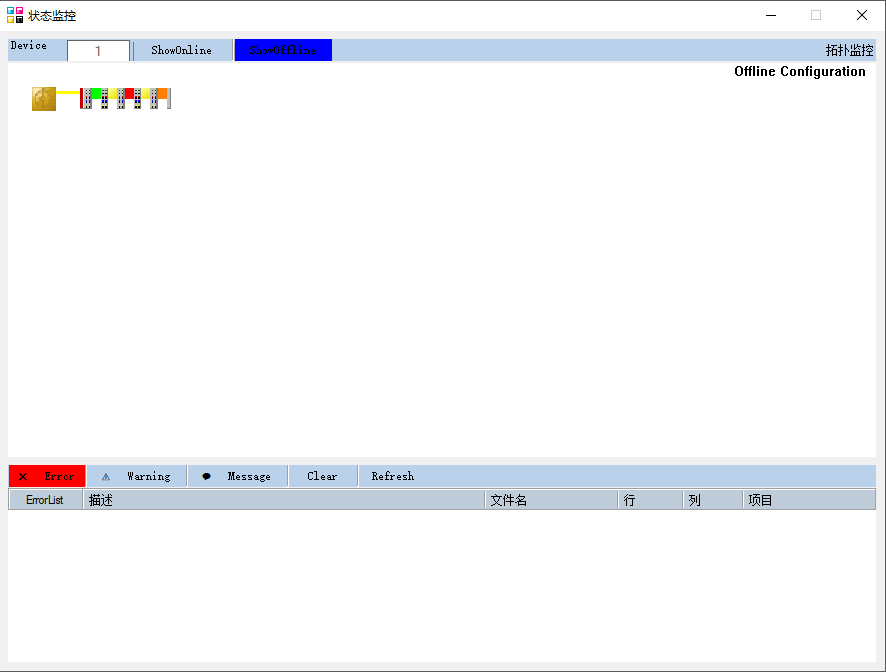
如果控制器的OS与显示的不一致，可以通过TwinCAT RT (x64)下拉框选择。

1. **选择变体，保存配置，激活配置**



1. **查看拓朴结构**

点击主窗体左下角的“状态监控”，可以显示EtherCAT的拓朴结构：



点击顶部的“Show Online”，显示的是目标控制器上当前配置的EtherCAT拓朴及状态；点击“Show Offline”则显示当前打开文件的离线拓朴。这个拓朴显示功能与TwinCAT 3 XAE的对应窗体一致。

1. **报警和消息**

在状态监控页面的底部，可以显示目标控制器上的TwinCAT报警和消息窗，与TwinCAT 3 XAE中的对应窗体一致。

## 遇到的问题

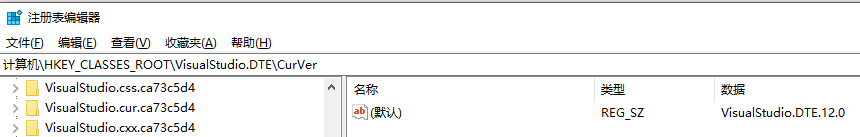
测试过程中遇到两个小问题，提醒注意：

1. **运行EXE文件时报错**



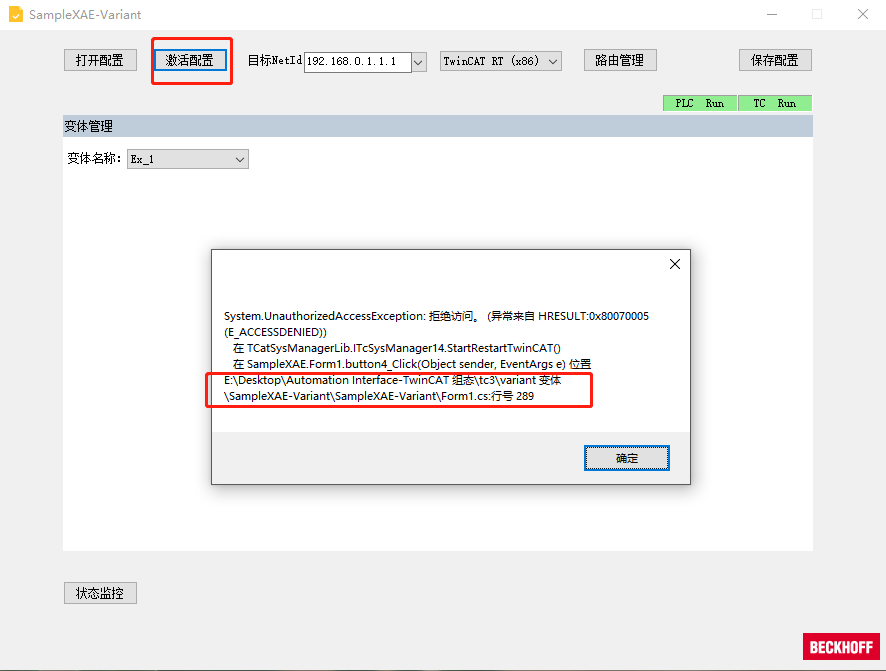
虽然此后也会出现窗体，但无法正常打开文件。经查，原因是测试的笔记本电脑上安装了VS2013和VS2017，而默认是VS2013，而实际VS2013却无法启动。

解决办法：修改注册表项



把Visual Studio.DTE的CurVer默认值从12.0改成15.0，即默认VS环境为VS2017

1. **选择某些变体时激活报错**



由于TC3项目的子项太多，打开项目文件和切换变体都需要较长时间。如果项目还没有打开完成，或者变体切换还没有完成，就点击“激活配置”，程序会报错。但实测时，碰到一种现象，无论打开或者切换变体后等待多久再激活配置，始终会报错“拒绝访问”，而目标控制器的消息框并不无显示。

经查，这是由于原TwinCAT项目中的变体设置非法。比如附件例子中的NC Axis 10的Project Variants的Mapping为True，而它对应EL7211-0010的Mapping却为False。选中某个变体去激活配置时就会出现一个Mapping关系的两侧一方允许一方不允许映射的情况。把EL7211-0010的Mapping也修改为True，就不再报错了。

1. **尝试将配置激活到ADS Over MQTT的远程控制器**

不考虑安全性的话，开发工程师可以用这个DIY工具给现场的控制器切换配置。

实际测试时发现NetId列表中只显示静态路由表，不显示MQTT上可用的TwinCAT系统。

当然对于开发工程师，完全可以用标准的TwinCAT XAE开发环境来做任何事情，所以即使用不了这个DIY工具给现场的控制器切换配置，也可以用标准的XAE通过VPN或者ADS Over MQTT来连接现场控制器。