

文件资料 | ZH

EL126x

带超采样功能的数字量输入端子模块



EtherCAT®

1 产品概述 - 带超采样功能的数字量输入/输出端子模块

本文档涵盖以下产品：

EL1262 [► 16]	EtherCAT 端子模块，2 通道数字量输入，24 V _{DC} ，1 μs，超采样
EL1262-0010 [► 21]	EtherCAT 端子模块，2 通道数字量输入 + 2 通道数字量输出，5 V _{DC} ，100 ns，0.1 A，RS422/RS485，超采样
EL1262-0050 [► 16]	EtherCAT 端子模块，2 通道数字量输入，5 V _{DC} ，1 μs，超采样
EL1264 [► 16]	EtherCAT 端子模块，4 通道数字量输入，24 V _{DC} ，1 μs，超采样

请使用产品概览表或产品搜索器查找适合您应用的产品
(<https://www.beckhoff.com/IO>)。

目录

1 产品概述 - 带超采样功能的数字量输入/输出端子模块	3
2 前言	7
2.1 文档说明	7
2.2 文档指南	8
2.3 安全说明	9
2.4 文档发行状态	10
2.5 EtherCAT 设备的版本标识	11
2.5.1 关于标识的一般说明	11
2.5.2 EL 端子模块的版本标识	12
2.5.3 倍福识别码 (BIC)	12
2.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)	13
3 产品描述	16
3.1 EL1262、EL1262-0050、EL1264	16
3.1.1 简介	16
3.1.2 技术数据	17
3.1.3 LED 和接线	18
3.2 EL1262-0010	21
3.2.1 简介	21
3.2.2 技术数据	22
3.2.3 LED 和接线	23
3.3 启动	26
4 基本通讯	27
4.1 EtherCAT 基础知识	27
4.2 EtherCAT 布线 - 线缆连接	27
4.3 设置看门狗的一般注意事项	29
4.4 EtherCAT 状态机	31
4.5 CoE 接口	33
4.6 分布时钟 (Distributed Clock)	39
5 安装和接线	40
5.1 静电防护的说明	40
5.2 防爆	41
5.2.1 ATEX - 特殊条件 (标准温度范围)	41
5.2.2 IECEx - 特殊条件	42
5.2.3 ATEX 和 IECEx 的持续性文件	42
5.2.4 cFMus - 特殊条件	43
5.2.5 cFMus 防爆认证的持续性文件	43
5.3 感性负载 DC 切换时的输出保护 (过电压限制)	44
5.4 UL 声明	47
5.5 安装在导轨上	48
5.6 安装位置	51
5.7 增强抗振模块的安装说明	54

5.8	无通讯模块的安装位置	55
5.9	接线	56
5.9.1	接线系统	56
5.9.2	接线	58
5.9.3	屏蔽	59
5.10	注意事项 - 电源	60
5.11	处理	61
6	调试	62
6.1	TwinCAT 快速入门	62
6.1.1	TwinCAT 2	65
6.1.2	TwinCAT 3	75
6.2	TwinCAT 开发环境	89
6.2.1	TwinCAT real-time 实时驱动程序的安装	89
6.2.2	关于 ESI 设备描述文件的说明	95
6.2.3	TwinCAT ESI Updater	98
6.2.4	Online 和 Offline 之间的区别	100
6.2.5	创建 OFFLINE 配置	100
6.2.6	创建 ONLINE 配置	106
6.2.7	EtherCAT 设备的配置	113
6.2.8	导入/导出 EtherCAT 设备为 SCI 和 XTI 文件	123
6.3	EtherCAT 从站的一般调试说明	130
6.4	超采样端子/端子盒模块和 TwinCAT Scope	137
6.4.1	TwinCAT 3 操作步骤	138
6.4.2	TwinCAT 2 操作步骤	147
6.5	EL1262-0000、EL1262-0050、EL1264 操作说明	156
6.6	EL1262-0010 操作说明	164
6.6.1	配置/电气设置	165
6.6.2	过程数据（功能与超采样）	167
6.6.3	过程数据（PDO）的解释	170
6.6.4	进行超采样设置	172
6.6.5	如有必要，调整分布式时钟	174
6.6.6	出错时的输出行为	176
6.6.7	建议在控制器/PLC 中进行诊断	176
6.7	输入的敏感度	177
6.8	CycleCounter（周期计数器）的监控说明	178
6.9	出错时的输出行为说明（Watchdog 看门狗、CycleCounter 周期计数器）	179
6.10	示例程序	183
6.10.1	示例程序 1：使用感应式传感器进行频率测量	186
6.10.2	示例程序 2：SENT 协议在 EL1262-0050 上的应用	187
6.10.3	示例程序 3：使用 EL1262-0050 和 EL2262 访问 TEDS	190
6.10.4	示例程序 4：CycleCounter 参数设置与 Watchdog（看门狗）行为	194
7	附录	196
7.1	EtherCAT AL 状态代码	196

7.2	固件兼容性	197
7.3	固件更新	198
7.3.1	设备描述 ESI 文件/XML	199
7.3.2	Firmware（固件）说明.....	202
7.3.3	更新从站处理器的固件 *.efw.....	202
7.3.4	FPGA 固件 *.rbf.....	204
7.3.5	同时更新多个 EtherCAT 设备	208
7.4	EL1262-0010 固件更新	209
7.5	恢复出厂状态.....	211
7.6	技术支持和服务	214

2 前言

2.1 文档说明

目标受众

本说明仅适用于熟悉国家标准且经过培训的控制和自动化工程专家。
在安装和调试组件时，必须遵循文档和以下说明及解释。
操作人员应具备相关资质，并始终使用最新的生效文档。

相关负责人员必须确保所述产品的应用或使用符合所有安全要求，包括所有相关法律、法规、准则和标准。

免责声明

本文档经过精心准备。然而，所述产品正在不断开发中。

我们保留随时修改和更改本文档的权利，恕不另行通知。

不得依据本文档中的数据、图表和说明对已供货产品的修改提出赔偿。

商标

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® 和 XTS® 是倍福自动化有限公司的注册商标并得到授权。

本出版物中使用的其他名称可能是商标，第三方出于自身目的使用它们可能侵犯商标所有者的权利。



EtherCAT® 是注册商标和专利技术，由德国倍福自动化有限公司授权使用。

版权所有

© 德国倍福自动化有限公司。
未经明确授权，禁止复制、分发和使用本文件以及将其内容传达给他人。
违者将被追究赔偿责任。在专利授权、工具型号或设计方面保留所有权利。

第三方品牌

本文档可能使用了第三方商标。有关商标信息，可以访问：<https://www.beckhoff.com/trademarks>

2.2 文档指南

注意



文件的其它组成部分

本文档介绍特定设备的内容。它是倍福 I/O 组件模块化文档体系的一部分。为了使用和安全操作本文档中描述的设备/装置，还需要阅读其它跨产品说明，请参见下表。

标题	描述
EtherCAT 系统文档 (PDF)	• 系统概览 • EtherCAT 基础知识 • 电缆冗余 • 热连接 • EtherCAT 设备配置
端子模块系统的防爆保护 (PDF)	根据 ATEX 和 IECEx 标准，在防爆区使用倍福端子模块系统的注意事项
控制图 I/O、CX、CPX (PDF)	接线图和防爆标记（符合 cFMus 标准）
EtherCAT/Ethernet 基础设施 (PDF)	关于设计、实施和测试的技术建议和注意事项
I/O 软件声明 (PDF)	倍福 I/O 组件的开源软件声明

可以在倍福公司网站 (www.beckhoff.com) 上通过以下版块查看或下载相关文档：

- 在相应产品页面的“文档和下载”区域，
- [下载中心](#)，
- [Beckhoff Information System](#)。

如果您对我们的文档有任何建议或意见，请发送电子邮件至 documentation@beckhoff.com，并注明文档标题和版本号。

2.3 安全说明

安全规范

请注意以下安全说明和解释！
可在以下页面或安装、接线、调试等区域找到产品相关的安全说明。

责任免除

所有组件在供货时都配有适合应用的特定硬件和软件配置。禁止未按文档所述修改硬件或软件配置，德国倍福自动化有限公司不对此承担责任。

人员资格

本说明仅供熟悉适用国家标准的控制、自动化和驱动工程专家使用。

警示性词语

文档中使用的警示信号词分类如下。为避免人身伤害和财产损失，请阅读并遵守安全和警告注意事项。

人身伤害警告

⚠ 危险
存在死亡或重伤的高度风险。
⚠ 警告
存在死亡或重伤的中度风险。
⚠ 谨慎
存在可能导致中度或轻度伤害的低度风险。

财产或环境损害警告

注意
可能会损坏环境、设备或数据。

操作产品的信息



这些信息包括：
有关产品的操作、帮助或进一步信息的建议。

2.4 文档发行状态

版本	注释
3.1.0	- 更新“技术数据”章节 - 更新“防爆”章节 - 更新“安装位置”章节 - 更新“CycleCounter监控说明”章节 - 更新“示例程序 4: CycleCounter参数设置与 Watchdog（看门狗）行为”章节 - 更新结构
3.0.0	- 更新“技术数据”章节 - 更新“感性负载 DC 切换时的输出保护（过电压限制）”章节 - 更新结构 - 更新修订状态
2.9.0	- 更新“终端和拓扑结构”章节 - 更新结构
2.8.2	- 增补 EL1264 的文档资料 - 已完成 EL1262-0010 的补充文档 - 将“产品概述”章节更名为“产品描述”章节，并对“简介”、“技术数据”、“LED 和连接”分章进行重组 - 将“使用 SENT 协议”和“访问 TEDS”分章从“调试”章节移至“示例程序”章节，并结合相应的示例进行汇总说明。 - 为“安装和接线”章节增补“电源注意事项”和“废弃处理”分章；更新“连接技术”分章，将其重命名为“连接”分章 - 更新“产品描述”章节中的所有“技术数据”分章 - 在前言中增补“文档指南” - 更新“EtherCAT 设备的版本标识”分章（前言），新增若干分章 “关于标识的一般说明” “EL 端子模块的版本标识” “BIC 电子读取（eBIC）” - 在“调试”章节中新增若干分章： “关于 EL1262-0010 的说明” “输入的敏感度” “CycleCounter监控说明” “出错时的输出行为说明（Watchdog（看门狗）、CycleCounter）” “固件更新 EL1262-0010”章节（附录）的新增内容
2.7	“示例程序”章节的新增内容 - 结构更新
2.6	“输入的敏感度”章节的新增内容 - 结构更新
2.5	- 更新“UL 说明”章节 - 更新“技术数据”章节 - 结构更新
2.4	调试/示例程序章节：增补“示例 3: 读取和写入 TEDS 数据”
2.3	在“调试”章节中增补“将 SENT 协议与 EL1262-0050 配合使用”章节（含示例程序 (2)）
2.2	- 更新“文档说明”章节 - 更新技术数据 - 新增“增强抗振模块的安装说明”章节 “TwinCAT 2.1x”章节更新为“TwinCAT 开发环境”和“TwinCAT 快速入门”
2.1	增补“超采样端子模块和 TwinCAT Scope”章节
0.1 – 2.0	*存档*

2.5 EtherCAT 设备的版本标识

2.5.1 关于标识的一般说明

名称

一个倍福 EtherCAT 设备有一个 14 位字符编号，由以下部分组成

- 系列号
- 型号
- 版本号
- 修订版本号

示例	系列号	型号	版本	修订版本号
EL3314-0000-0016	EL 端子模块 (12 mm, 不可插拔式前连接件)	3314 (4 通道热电偶端子模块)	0000 (基本型号)	0016
ES3602-0010-0017	ES 端子模块 (12 mm, 可插拔式前连接件)	3602 (2 通道电压测量模块)	0010 (高精度版本)	0017
CU2008-0000-0000	CU 设备	2008 (8 端口高速以太网交换机)	0000 (基本型号)	0000

注意

- 上述要素构成了**技术编号**。下面使用 EL3314-0000-0016 来举例说明。
- EL3314-0000 是订货号，在“-0000”的情况下，通常简写为 EL3314。“-0016”是 EtherCAT 版本号。
- **订货号**由
 - 系列号 (EL、EP、CU、ES、KL、CX 等)
 - 型号 (3314)
 - 版本号 (-0000) 组成
- **修订版本号** -0016 显示技术改进的版本，例如 EtherCAT 通讯方面的功能扩展，并由倍福公司管理。原则上除非文档中另有规定，较高修订版的设备可以替换装有较低修订版的设备。每个版本通常都有一个 XML 文件形式的描述 (ESI, EtherCAT Slave Information)，可从倍福公司网站下载。
从 2014 年 01 月起，修订版本号显示在 IP20 端子模块的外壳上，见图“EL2872，修订版本号 0022 和序列号 01200815”。
- 型号、版本号和修订版本号在读取时当作十进制数字，但它们在存储时按十六进制数字。

2.5.2 EL 端子模块的版本标识

倍福 IO 设备的序列号/数字代码通常是一个印在设备或标签上的 8 位数字。序列号表示交付状态下的配置，因此指的是整个生产批次，不区分批次中的各个模块。

序列号的结构：**KK YY FF HH**

KK - 生产周数 (CW, 日历周)

YY - 生产年份

FF - 固件版本号

HH - 硬件版本号

示例：序列号 12 06 3A 02：

12 - 生产周次为 12 周

06 - 生产年份为 2006 年

3A - 固件版本为 3A

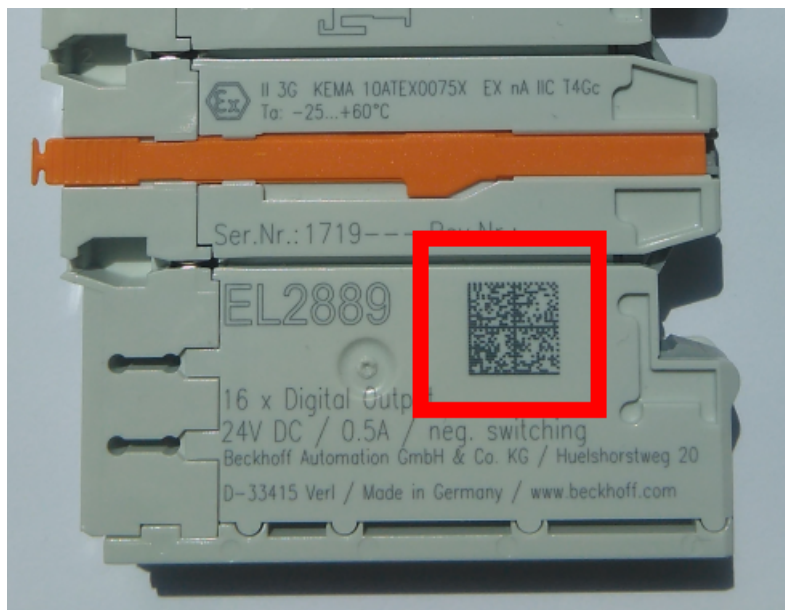
02 - 硬件版本为 02



附图 1: EL2872, 修订版本号 0022 和序列号 01200815

2.5.3 倍福识别码 (BIC)

倍福唯一识别码 Beckhoff Identification Code (BIC) 越来越多地应用于识别倍福产品。BIC 表示为二维码 (DMC, 编码格式 ECC200)，内容基于 ANSI 标准 MH10.8.2-2016。



附图 2: BIC 为二维码 (DMC, 编码格式 ECC200)

BIC 将在所有产品组中逐步引入。

根据不同的产品，可以在以下地方找到：

- 在包装单元上
- 直接在产品上 (如果空间足够)
- 在包装单元和产品上

BIC 可供机器读取，其中包含的信息客户可以用于产品管理。

每条信息都可以使用数据唯一标识符（ANSI MH10.8.2-2016）进行识别。数据标识符后面紧接着是一个字符串。两者加起来的最大长度如下表所示。如果信息较短，则会以空格填充。

可能出现的信息如下，位置 1 到 4 总是存在，其他信息则根据生产的需要而定：

位置	信息类型	说明	数据标识符	包括数据标识符的数字位数	示例
1	倍福订单号	倍福订单号	1P	8	1P072222
2	倍福可追溯性编号 (BTN)	独特的序列号，见以下说明	SBTN	12	SBTNk4p562d7
3	产品型号	倍福产品型号，例如 EL1008	1K	32	1KEL1809
4	数量	包装单位的数量，例如 1、10 等	Q	6	Q1
5	批次号	可选：生产年份和第几周	2P	14	2P401503180016
6	ID/序列号	可选：当前的序列号系统，例如安全产品的序列号系统	51S	12	51S678294
7	型号扩展代码	可选：基于标准产品的型号扩展代码	30P	12	30PF971, 2*K183
...					

倍福还使用更多类型的信息和数据标识符，用于内部流程。

BIC 结构

下面是包含位置 1 - 4及6 的复合信息示例。数据标识符以黑体字突出显示：

1P072222**SBTN**k4p562d7**1KEL**1809 **Q1** **51S**678294

对应的DMC如下：



附图 3: 示例 DMC 1P072222**SBTN**k4p562d7**1KEL**1809 **Q1** **51S**678294

BTN

BIC 的一个重要组成部分是倍福的可追溯性编号（BTN，位置 2）。BTN 是由八个字符组成的唯一序列号，从长远来看，它将取代倍福的所有其他序列号系统（例如，IO 组件上的批号、安全产品之前的系列序列号等）。BTN 也将被逐步引入，所以可能会出现 BTN 还没有在 BIC 中编码的情况。

注意

这些资料经过精心准备，但是所述流程还在不断优化，我们保留随时修改流程和文档的权利，恕不另行通知。不能依据本资料中的信息、插图和描述的修改提出任何要求。

2.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)

电子 BIC (eBIC)

倍福识别码 (BIC) 贴在倍福产品外壳上明显可见的位置。如果可能，其应该也可以通过电子设备读出。

对产品进行电子化处理的接口对于电子读出至关重要。

K-bus 设备 (IP20、IP67)

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

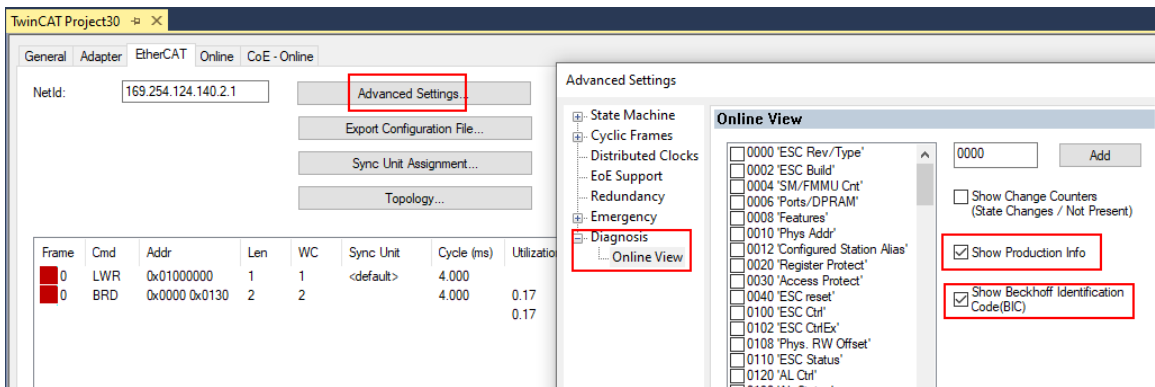
EtherCAT 设备 (IP20、IP67)

倍福的所有 EtherCAT 设备都有一个 ESI-EEPROM，其中包含 EtherCAT 标识和修订版本号。EtherCAT 从站信息，一般也被称为 EtherCAT 主站的 ESI/XML 配置文件，储存在其中。具体关系请参见 EtherCAT 系统手册中的相应章节（[链接](#)）。

倍福还将 eBIC 存储在 ESI-EEPROM 中。eBIC 于 2020 年引入倍福 IO 生产（端子模块、盒式模块）；截至 2023 年，实施工作已基本完成。

用户可以通过电子方式访问 eBIC（如果存在），具体如下：

- 对于所有 EtherCAT 设备，EtherCAT 主站 (TwinCAT) 可以从 ESI-EEPROM 读出 eBIC
 - TwinCAT 3.1 build 4024.11 及以上版本，在线视图中可以显示 eBIC。
 - 为此，在 EtherCAT → Advanced Settings → Diagnostics 中勾选 “Show Beckhoff Identification Code (BIC)” 复选框：



- 然后显示 BTN 及其内容：

No	Addr	Name	State	CRC	Fw	Hw	Production Data	ItemNo	BTN	Description	Quantity	BatchNo	SerialNo
1	1001	Term 1 (EK1100)	OP	0, 0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
2	1002	Term 2 (EL1018)	OP	0, 0	0	0	2020 KW36 Fr	072222	k4p562d7	EL1809	1	—	678294
3	1003	Term 3 (EL3204)	OP	0, 0	7	6	2012 KW24 Sa	—	—	—	—	—	—
4	1004	Term 4 (EL2004)	OP	0, 0	0	0	—	072223	k4p562d7	EL2004	1	—	678295
5	1005	Term 5 (EL1008)	OP	0, 0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
6	1006	Term 6 (EL2008)	OP	0, 0	0	12	2014 KW14 Mo	—	—	—	—	—	—
7	1007	Term 7 (EK1110)	OP	0	1	8	2012 KW25 Mo	—	—	—	—	—	—

- 注意：从图中可以看出，从 2012 年开始，生产数据包括软件版本、硬件版本和生产日期，也可以用 “Show Production Info” 来显示。
- 从 PLC 访问：TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本起，通过 Tc2_EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 FB_EcReadBIC 和 FB_EcReadBTN 用于读取数据到 PLC。
- 带有 CoE 目录的 EtherCAT 设备还可以通过对象 0x10E2:01 显示自己的 eBIC，PLC 也可以轻松访问这些 eBIC：

- 设备必须处于 PREOP/SAFEOP/OP 状态下才能访问：

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
⊕ 1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
⊕ 1018:0	Identity	RO	> 4 <
⊖ 10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	Subindex 001	RO	1P158442SBTN0008jekp1KELM3704 Q1 2P482001000016
⊕ 10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
⊕ 10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170bfb277e

- 对象 0x10E2 将在批量产品的必要固件修订过程中优先引入。
- 此 TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本，通过 Tc2_EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 FB_EcCoEReadBIC 和 FB_EcCoEReadBTN 用于读取数据到 PLC
- 为了在 PLC 中处理 BIC/BTN 数据，截至 TwinCAT 3.1 build 4024.24 版本，Tc2_Uilities 中提供了以下辅助功能
 - F_SplitBIC：该函数使用已知的标识符将倍福识别代码 (BIC) sBICValue 分割成不同的部分，并将识别出的子字符串作为返回值存储在 ST_SplitBIC 结构中
 - BIC_TO_BTN：该函数从 BIC 中提取 BTN 并将其作为返回值返回
- 注意：如果进行进一步电子处理，BTN 应作为一个 string (8) 来处理；标识符“SBTN”不是 BTN 的一部分。
- 技术背景
在设备生产过程中，新的 BIC 信息被作为一个附加的类别写入 ESI-EEPROM 中。ESI 内容的结构主要由 ETG 规范决定，因此，供应商附加的特定内容是按照 ETG.2010 规定的类别存储的。ID 03 的信息表明，所有 EtherCAT 主站在 ESI 更新时，不得覆盖这些数据，也不得在 ESI 更新后恢复这些数据。该数据的结构依照 BIC 的内容，参见此处。因此，EEPROM 需要大约 50...200 字节的内存。
- 特殊情况
 - 如果一个设备中安装了多个分层排列的 ESC，则只有最上层的 ESC 携带 eBIC 信息。
 - 如果一个设备中安装了多个非分层排列的 ESC，所有 ESC 都携带 eBIC 信息。
 - 如果设备由几个具有自己身份的子设备组成，但只有最上层设备可以通过 EtherCAT 访问，则最上层设备的 eBIC 位于 CoE 对象目录 0x10E2:01，子设备的 eBIC 位于 0x10E2:nn。

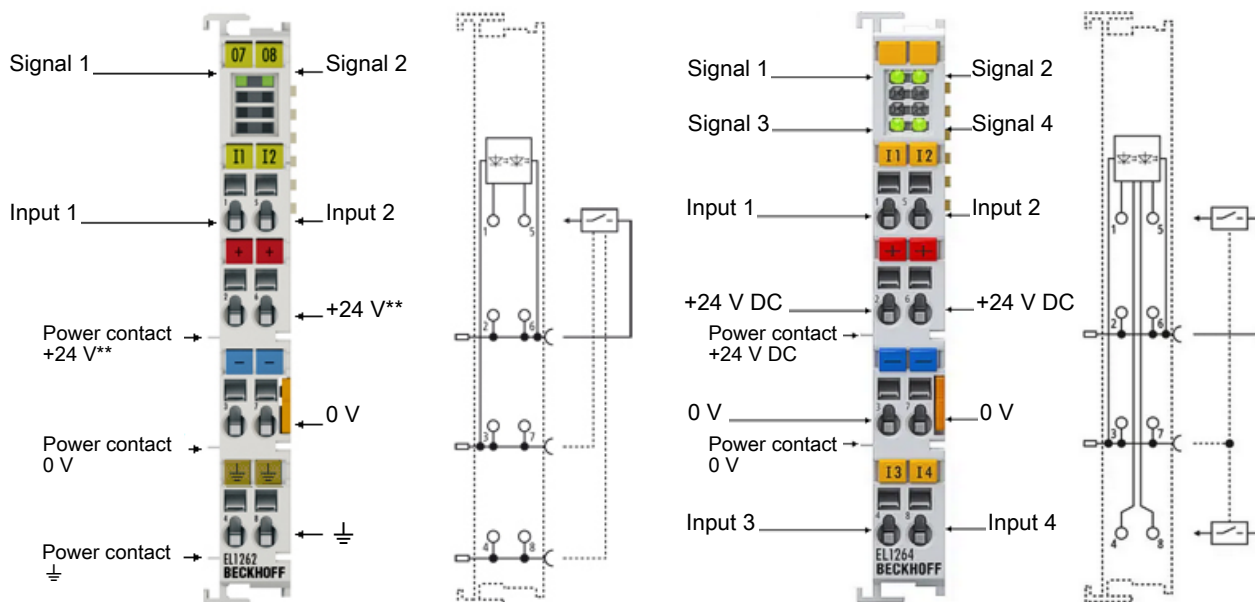
PROFIBUS、PROFINET、和 DeviceNet® 设备

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

3 产品描述

3.1 EL1262、EL1262-0050、EL1264

3.1.1 简介



**) +5 V for EL1262-0050

附图 4: 1262-00x0、EL1264

EtherCAT 端子模块，5/ 24 V_{DC}，1 μs，超采样

EL1262 数字量输入端子模块从执行层采集快速二进制控制信号，并以电气隔离的形式将这些信号传输到控制器。信号的采样周期为总线周期（每个总线周期有 n 个子周期）的整数倍（超采样系数： n ）。EtherCAT 端子模块为每一个子周期生成一个过程数据块，并且在下一个总线周期中被共同传输。端子模块的时基可以通过分布式时钟与其它的 EtherCAT 设备实现精确同步。这个过程使得数字量输入信号采集的时间分辨率增加到总线周期的 n 倍。

EL1262-0050 提供的版本需要 5 V 输入电压（TTL 电平）和 5 V 供电。

EL1264 是该端子模块的 4 通道版本。

快速链接

- [EtherCAT 基础知识](#)
- [LED 和接线 \[► 18\]](#)
- [调试 \[► 62\]](#)
- [基本功能原理 \[► 156\]](#)

3.1.2 技术数据

技术数据	EL1262	EL1264	EL1262-0050
数字量输入	2	4	2
额定输入电压	24 V _{DC} (-15%/+20%)		5 V _{DC} (-15%/+20%)
信号电压 “0”	-3 V ... +5 V (基于 EN 61131-2, type 3)		< 0.8 V
信号电压 “1”	+11 V ... +30 V (基于 EN 61131-2, type 3)		> 2.4 V
输入电流	典型值 3 mA (基于 EN 61131-2, type 3)		典型值 50 µA
输入滤波延迟时间	典型值 < 1 µs		
超采样系数	n = 周期的整数倍, 1...1000		
分布式时钟精度 (DC)	<< 1 µs		
采样率	最大采样率 1 M/s		
电子元件的电源	通过电源触点 (24 V)		通过电源触点 (5 V) (请遵守相关说明!)
E-bus 电流消耗	典型值 70 mA	典型值 80 mA	典型值 70 mA
电气隔离	500 V (E-bus/场电位)		
过程映像中的位宽	n x 2 个输入 + 64 位 CycleCounter/锁存电路	4 x (n 个输入 + 2 字节周期计数器)	n x 2 个输入 + 64 位 CycleCounter/锁存电路
配置	通过 TwinCAT System Manager		
重量	约 55 g		
运行期间允许的环境温度范围	0 °C ... + 55 °C		
存储期间允许的环境温度范围	-25 °C ... + 85 °C		
允许的相对空气湿度	95 %, 无冷凝		
外形尺寸 (W x H x D)	约 15 mm x 100 mm x 70 mm (对齐宽度: 12 mm)		
安装 [► 48]	35 mm 安装轨道, 符合 EN 60715 标准		
增强抗振模块	是, 另请参见增强抗振模块的安装说明 [► 54]		
抗振性 / 耐冲击性	符合 EN 60068-2-6/EN 60068-2-27 标准		
抗电磁干扰 / 抗电磁辐射性能	符合 EN 61000-6-2/EN 61000-6-4 标准		
防护等级	IP20		
安装位置	可变		
认证/标识 *)	CE、EAC、UKCA、CCC cFMus [► 43]、ATEX [► 41]、IECEX [► 42] cULus [► 47]	CE、EAC、UKCA	CE、EAC、UKCA、CCC ATEX [► 41]、IECEX [► 42] cULus [► 47]

*) 真正适用的认证/标志见侧面的型号牌 (产品标志)。

其它标记

标准	标记
ATEX	II 3 G Ex ec IIC T4 Gc
IECEX	Ex ec IIC T4 Gc
cFMus	Cl. I, Div. 2, Gr. A、B、C、D Cl. I, Zone 2, AEx/Ex ec IIC T4 Gc

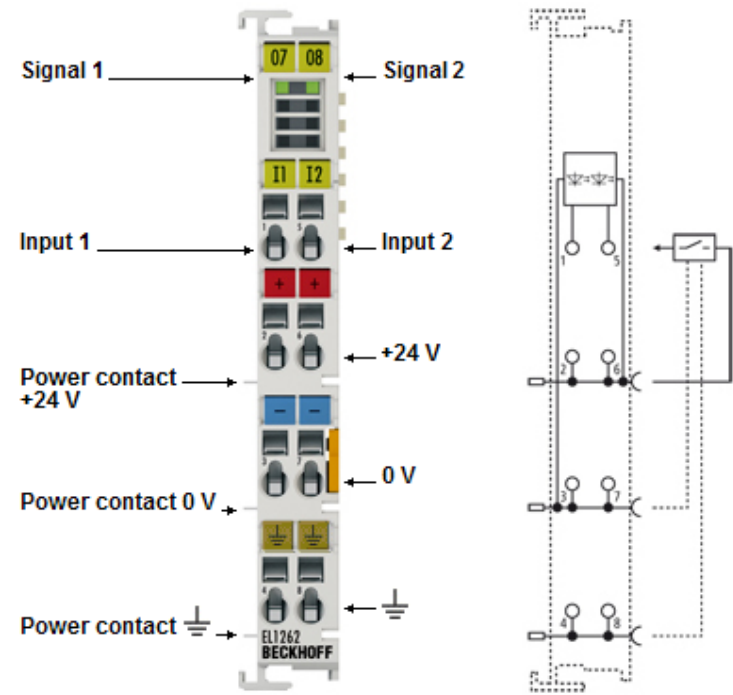


供电

EL1262/EL1264 的快速输入电路通过电源触点供电。请注意, EL1262-0050 只能在 5 V 电源电压下运行! 如有必要, 可使用 [EL9505](#) 电源端子模块为 EL1262-0050 供电。

3.1.3 LED 和接线

EL1262



附图 5: EL1262

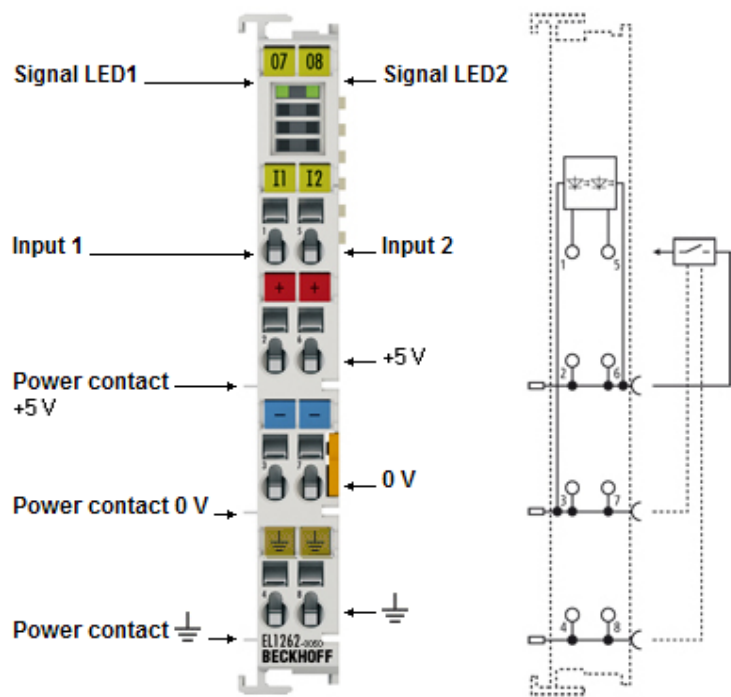
EL1262 LED

LED	颜色	含义	
INPUT 1 - 2	绿色	熄灭	相应输入端没有输入信号
		常亮	相应输入端 +24 V 输入信号

EL1262 连接

端子模块接点		描述
名称	编号	
Input 1	1	输入 1
+24 V	2	+24 V（内部连接至端子模块接点 6 和正电源触点）
0 V	3	0 V（内部连接至端子模块接点 7 和负电源触点）
⏏	4	接地（内部连接至端子模块接点 8 和 ⏏ 电源触点）
Input 2	5	输入 2
+24 V	6	+24 V（内部连接至端子模块接点 2 和正电源触点）
0 V	7	0 V（内部连接至端子模块接点 3 和负电源触点）
⏏	8	接地（内部连接至端子模块接点 4 和 ⏏ 电源触点）

EL1262-0050



附图 6: EL1262-0050

注意

务必使用正确的电源电压！

EL1262-0050 只能在 5 V 电源电压下运行！该端子模块在电源触点电压 24 V 的端子模块网络中无法工作！如有必要，可使用 [EL9505](#) 电源端子模块为 EL1262-0050 供电。

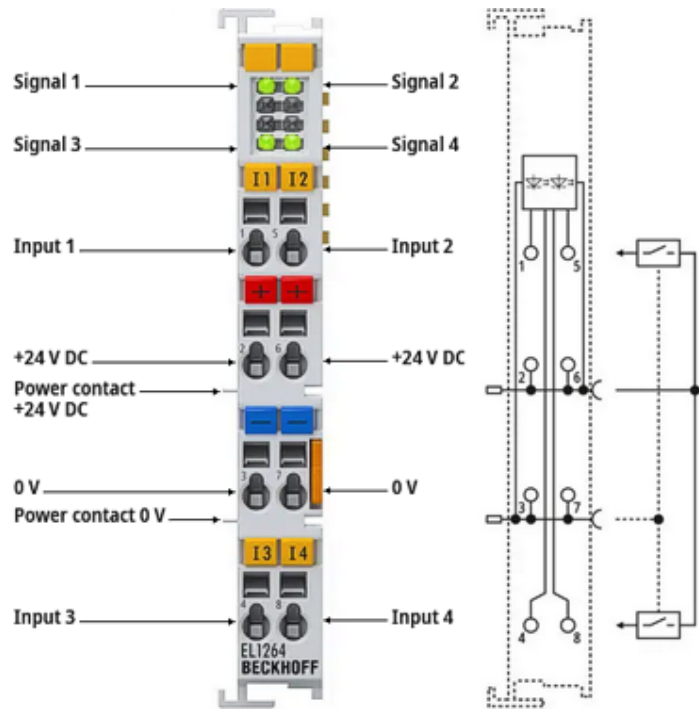
EL1262-0050 LED

LED	颜色	含义	
INPUT 1 - 2	绿色	熄灭	相应输入端没有输入信号
		常亮	相应输入端 +5 V 输入信号

EL1262-0050 连接

端子模块接点		描述
名称	编号	
Input 1	1	输入 1
+5 V	2	+5 V（内部连接至端子模块接点 6 和正电源触点）
0 V	3	0 V（内部连接至端子模块接点 7 和负电源触点）
⏏	4	接地（内部连接至端子模块接点 8 和 ⏏ 电源触点）
Input 2	5	输入 2
+5 V	6	+5 V（内部连接至端子模块接点 2 和正电源触点）
0 V	7	0 V（内部连接至端子模块接点 3 和负电源触点）
⏏	8	接地（内部连接至端子模块接点 4 和 ⏏ 电源触点）

EL1264



附图 7: EL1264

EL1264 LED

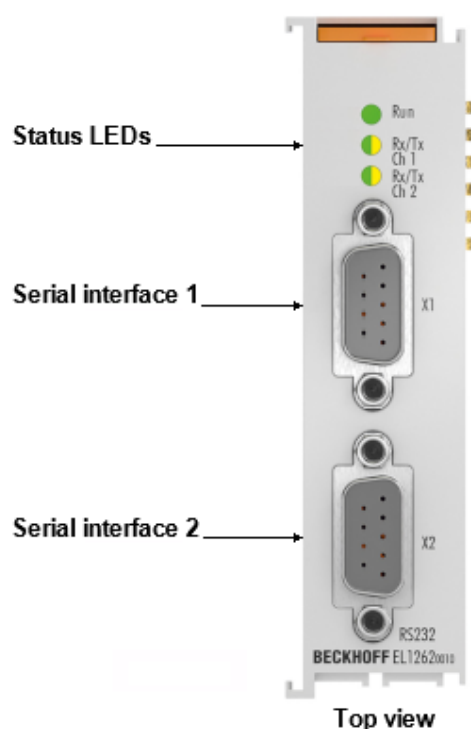
LED	颜色	含义	
INPUT 1-4	绿色	熄灭	相应输入端没有输入信号
		常亮	相应输入端 +24 V 输入信号

EL1264 连接

端子模块接点		描述
名称	编号	
Input 1	1	输入 1
+24 V	2	+24 V（内部连接至端子模块接点 6 和正电源触点）
0 V	3	0 V（内部连接至端子模块接点 7 和负电源触点）
Input 3	4	输入 3
Input 2	5	输入 2
+24 V	6	+24 V（内部连接至端子模块接点 2 和正电源触点）
0 V	7	0 V（内部连接至端子模块接点 3 和负电源触点）
Input 4	8	输入 4

3.2 EL1262-0010

3.2.1 简介



附图 8: EL1262-0010

EtherCAT 端子模块，2 通道数字量输入 + 2 通道数字量输出，5 V_{DC}，100 ns，0.1 A，RS422/RS485，超采样

EL1262-0010 是一款用于数字量输入和输出信号的高性能通用型超采样端子模块。作为 EtherCAT 超采样端子模块，它通过这个 XFC 过程使数字量信号的时间分辨率较 EtherCAT 总线周期提高了许多倍。端子模块的时基可以通过分布式时钟与其它 EtherCAT 设备实现精确同步。对于输入数据，它会在每个 EtherCAT 总线周期内生成一组过程数据，这些数据会在下一个总线周期中被收集并传输。反之，它会在每个 EtherCAT 总线周期内接收一组用于输出的输出数据。根据 EtherCAT 超采样原理，输出/读取时间无法自由设置，它取决于持续的运行时序。这正是“超采样”与“EtherCAT 时间戳原理”的区别所在，后者可以自由选择输出/读取时间（对比 EL1252、EL2252）。

该端子模块包含 2 个输入通道和 2 个输出通道。所有 4 个通道可同时使用，最高速率可达 10 Mbit/s。借此可实现最高 100 ns 精度的二进制信号读取与输出。并且将以前 1 Mbit/s 的 EL1262/EL2262 的应用范围扩大了 10 倍。

在电气特性上，它同时提供了差分 RS422（全双工）/RS485（半双工）以及双向 5 V 单端的接口类型。在串行操作时，可以通过软件切换终端电阻和偏置电阻。

因此，它适用于要求苛刻的高速应用，如

- 激光控制
- 读取或生成串行协议（协议仿真）
- 变流器的 PWM 控制

快速链接

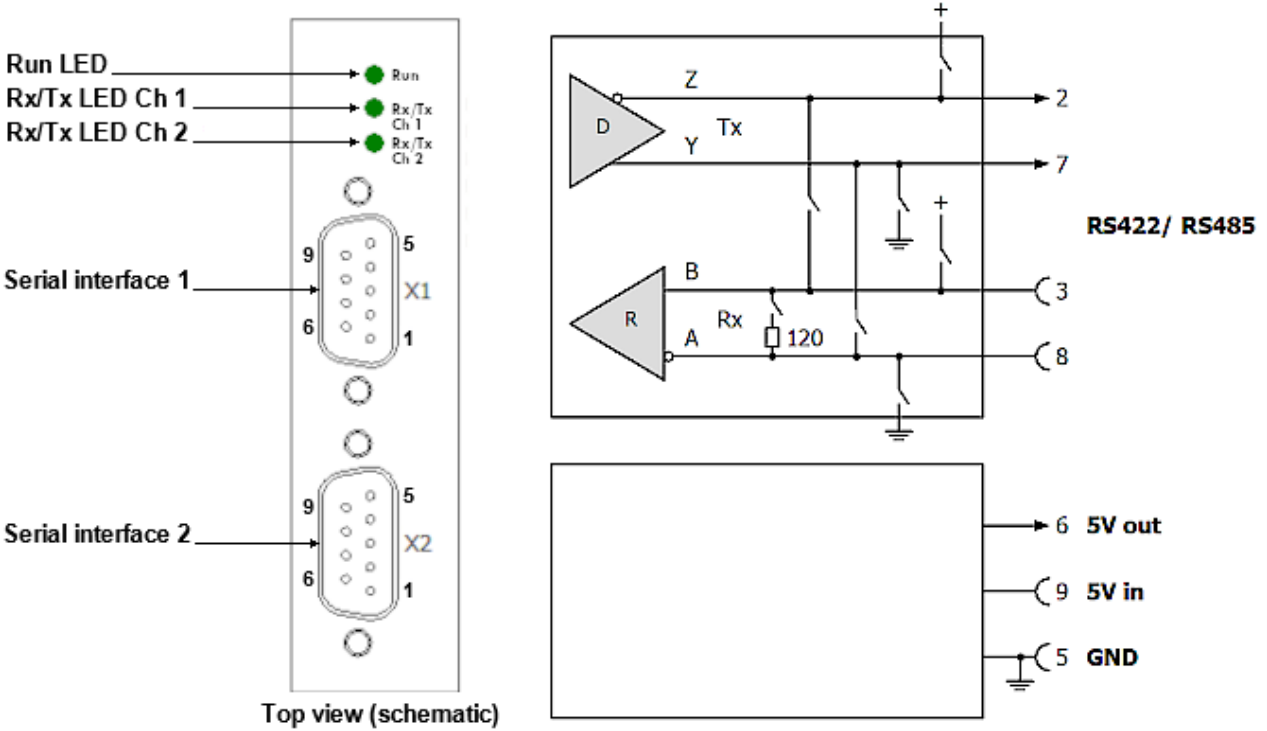
- [EtherCAT 基础知识](#)
- [LED 和接线 \[▶ 23\]](#)
- [调试 \[▶ 62\]](#)
- [基本功能原理 \[▶ 156\]](#)

3.2.2 技术数据

技术数据		EL1262-0010
连接技术		2x D-sub, 9 针, 母头
输入数量		2
采样率		最大采样率 10 MS/s, 最小时钟频率 0.1 μ s
输出数量		2
输出速率		最大采样率 10 MS/s, 最小时钟频率 0.1 μ s
超采样/多时间戳系数		n = 周期的整数倍, 8...10,000, 见相关文档资料
端子模块中的时间戳精度		10 ns
分布式时钟		是
分布式时钟精度		$\ll 1 \mu$ s
RS 操作	规范	RS422/RS485
5 V 操作	规范	5 V TTL
	最大输出电流	每个通道 0.1 A, 分别带短路保护功能
	输出级	推挽式
	负载类型	阻性负载
电气隔离		500 V (E-bus/场电位)
E-bus 电流消耗		典型值 540 mA
电源触点电流消耗		-
电子元件的电源		通过 E-bus
配置		通过 TwinCAT System Manager
功能特点		超采样, RS 模式下终端/偏置可切换, 5 V 电源始终有效
重量		约 55 g
运行期间允许的环境温度范围		0 °C... + 55 °C
存储期间允许的环境温度范围		-25 °C... + 85 °C
允许的相对空气湿度		95%, 无冷凝
外形尺寸 (W x H x D)		约 24 mm x 100 mm x 52 mm
安装 [► 48]		安装在 35 mm DIN 导轨上, 符合 EN 60715 标准
抗振性 / 耐冲击性		符合 EN 60068-2-6/EN 60068-2-27 标准
抗电磁干扰 / 抗电磁辐射性能		符合 EN 61000-6-2/EN 61000-6-4 标准
防护等级		IP20
安装位置		可变
认证/标识 *)		CE、EAC、UKCA

*) 真正适用的认证/标志见侧面的型号牌 (产品标志)。

3.2.3 LED 和接线



附图 9: EL1262-0010 LED 和连接器

EL1262-0010 LED

LED	颜色	含义	
RUN	绿色	熄灭	EtherCAT 状态机 [► 31] 的状态: INIT = 端子模块的初始化
		闪烁	EtherCAT 状态机的状态: PREOP = 邮箱通信的功能和不同的标准设置
		单次闪烁	EtherCAT 状态机的状态: SAFEOP = 检查 Sync Manager [► 121] (同步管理器) 和分布式时钟 [► 39] 的通道 (如支持)
		常亮	EtherCAT 状态机的状态: OP = 正常工作状态; 可以进行邮箱和过程数据通信
		闪烁	EtherCAT 状态机的状态: BOOTSTRAP = 用于端子模块固件更新 [► 198] 的功能

LED	颜色	含义	
Signal Rx/ Tx Ch(n)	绿色	熄灭	无信号输入活动
		常亮	信号输入活动
	黄色	熄灭	无信号输出活动
		常亮	信号输出活动

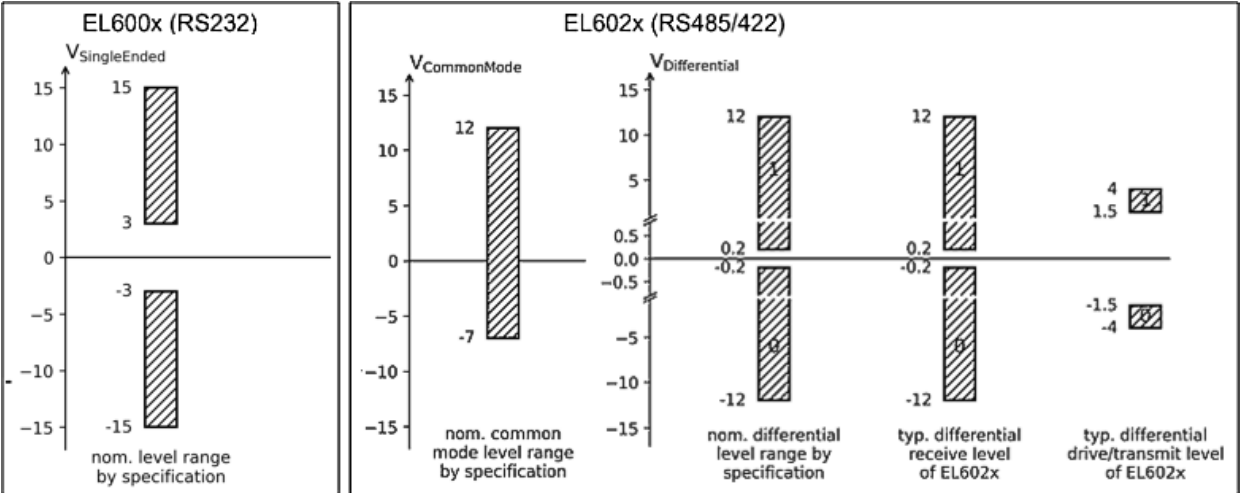
EL1262-0010 Sub-D 插座连接

Sub-D 9 极， X1 (通道 1) X2 (通道 2)	描述
引脚编号	
1	n.c
2	Tx+
3	Rx+
4	n.c.
5	GND
6	输出 +5 V DC
7	Tx-
8	Rx-
9	输入 +5 V DC

RS 接口的使用

电平接口

EL6001/6002 设备以参考地的 RS232 电平运行，EL6021/6022 设备以差分 RS485/422 电平运行。



附图 10: 电平接口 RS232、RS485/422

终端和拓扑结构

RS422 和 RS485 串行通信技术通过二线制线路上的电压电平运行。高电阻线路末端的反射会导致信号畸变。因此，需要在接收端安装终端电阻。对于 RS422/485，这些电阻为 120 Ω，与线路电阻一起在传输链路上产生压降。

● 允许电缆长度

i 线路电阻加上终端电阻会导致传输链路上的总体电压降。终端电阻数量过多会导致信号过度衰减。系统设计应确保接收端的电压不低于 200 mV（见图），这是最低电压要求。

在 RS422 模式下，每条线路末端的 RXD 必须连接 120 Ω 的终端电阻。

在有多个设备的 RS485 模式中，终端电阻只用于两个终端设备。

基本背景是 RS422/EIA-422 和 RS485/EIA-485 的设计不同：

- RS422：1 Rx → Tx n（最多 10 台个接收设备）

- RS485: n Rx → Tx m (最多 32/128 台设备, 视总线负载情况而定)

RS485 组件通常具有高阻态输入, 因此总线负载较低。

● 带有 BIAS 偏置电阻的 EL602x 终端

i 为了在总线模式下运行, EL602x 设备没有集成终端电阻。需要的任何终端装置都必须在端子模块外部进行连接。

带有 < 1 kΩ 集成 BIAS 偏置电阻的 EL602x 设备, 即使线路断开, 也能使总线达到规定的电平。

如果总线中连接了多个 EL602x 设备, 并联偏置电阻可能会影响数据通信。在这种情况下, 应将偏置电阻明显较高的 EL6021-0021 用作中间设备。

拓扑结构

终端电阻和偏置电阻在总线上产生负载。不过, 它们对确定总线电平至关重要, 因此必须谨慎定位。理想情况下, RS422/485 总线应配置为菊花链或线型。以下拓扑结构可能存在问题:

- 星形拓扑结构: 每个端点最好都有终端, 但这会导致总线负载过重和信号电平模糊。其它潜在问题还包括反射以及运行不稳定。
- 多分支拓扑: 没有明确的端点, 这意味着可能出现反射和环流。

屏蔽/屏蔽装置

注意

不要将功能接地用于释放剩余电流或电位差!

EL60xx 单元提供屏蔽连接, 可通过电缆屏蔽层 (FE, 即功能接地) 消除 EMC 干扰。屏蔽层不得被误用于释放剩余电流或电位差。

3.3 启动

调试准备：

- 按照[安装和接线](#) [► 40]部分所述，安装 EL126x/EL2262。
- 按照[调试](#) [► 62]部分所述，在 TwinCAT 中配置 EL126x/EL2262。

4 基本通讯

4.1 EtherCAT 基础知识

关于 EtherCAT 现场总线的基础知识，请参考 [EtherCAT 系统文档](#)。

4.2 EtherCAT 布线 - 线缆连接

两个 EtherCAT 设备之间的电缆长度不得超过 100 米。这源于快速以太网（FastEthernet）技术，首要的原因是电缆长度增加导致信号衰减。如果使用规范的电缆，则允许的最大连接长度为 5 + 90 + 5 米。另请参见[关于 EtherCAT/Ethernet 基础设施的设计建议](#)。

电缆和连接器

在连接 EtherCAT 设备时，只能使用符合 EN50173 或 ISO/IEC11801 标准的 5 类（CAT5）及以上以太网连接件（电缆 + 接头）。EtherCAT 使用 4 条线路进行信号传输。

例如，EtherCAT 使用 RJ45 插拔连接器。引脚分配与以太网标准（ISO/IEC 8802-3）兼容。

引脚	导线颜色	信号	描述
1	黄色	TD +	发送数据 +
2	橙色	TD -	发送数据 -
3	白色	RD +	接收数据 +
6	蓝色	RD -	接收数据 -

由于采用了自动电缆检测（交叉直连自适应）技术，在倍福的 EtherCAT 设备之间可以使用直连（1:1）或交叉的电缆。



推荐的电缆

建议使用适当的倍福组件，例如

- 电缆组件 ZK1090-9191-xxxx

相应的 RJ45 连接器、现场组件 ZS1090-0005

- EtherCAT 电缆、现场组件 ZB9010、ZB9020

用于连接 EtherCAT 设备的合适电缆可参见[倍福公司网站](#)！

E-bus 供电

总线耦合器可以用 5 V 的 E-bus 系统电压为添加在它上面的 EL 端子模块供电；一个耦合器通常可以提供达到 2 A 的 E-Bus 电流（详见各自的设备文件）。

关于每个 EL 端子模块需要消耗多少 E-bus 电流的信息，可参见倍福公司网站和产品目录。如果连接的端子模块需要的电流超过了耦合器可以提供的电流，则必须在整组端子模块的适当位置插入 E-Bus 电源模块（例如 EL9410）。

在 TwinCAT System Manager 中可以显示预计的理论上最大的 E-Bus 消耗电流。如果预计 E-Bus 供电不足，剩余电流总额就会是负数，并以感叹号 (!) 标记；在这种位置前面需要插入一个 E-Bus 电源模块。

I/O Devices

- Device 1 (EtherCAT)
 - Device 1-Image
 - Device 1-Image-Info
 - Inputs
 - Outputs
 - InfoData
 - Term 1 (EK1100)
 - InfoData
 - Term 2 (EL2008)
 - Term 3 (EL2008)

Number	Box Name	Add...	Type	In Si...	Out ...	E-Bus (mA)
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL2008)	1002	EL2008		1.0	1890
3	Term 3 (EL2008)	1003	EL2008		1.0	1780
4	Term 4 (EL2008)	1004	EL2008		1.0	1670
5	Term 5 (EL6740...	1005	EL6740-0010	2.0	2.0	1220
6	Term 6 (EL6740...	1006	EL6740-0010	2.0	2.0	770
7	Term 7 (EL6740...	1007	EL6740-0010	2.0	2.0	320
8	Term 8 (EL6740...	1008	EL6740-0010	2.0	2.0	-130 !
9	Term 9 (EL6740...	1009	EL6740-0010	2.0	2.0	-580 !

附图 11: System Manager中的电流计算

注意

可能发生故障！

一个 I/O 站里面所有 EtherCAT 端子模块的 E-Bus 电源必须使用相同的接地电位！

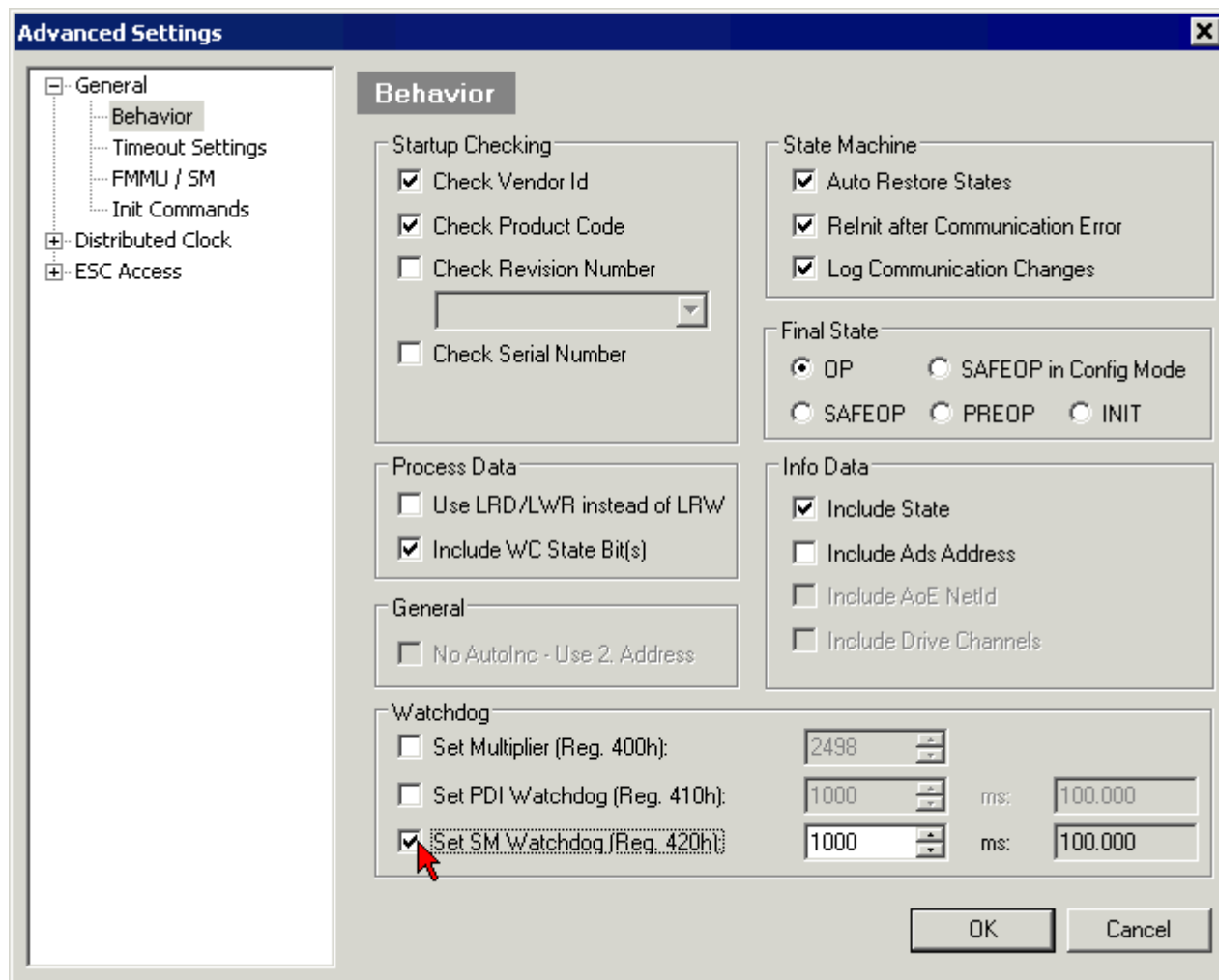
4.3 设置看门狗的一般注意事项

EtherCAT 端子模块配备了一个安全装置（看门狗），如果发生过程数据通讯中断的情况，就会根据设置在预定时间后将输出（如果存在）切换到预设状态，例如切换到 FALSE（关闭）或某个输出值。

EtherCAT 从站控制器（ESC）有两个看门狗：

- SM 看门狗（默认：100 ms）
- PDI 看门狗（默认：100 ms）

在 TwinCAT 中可以分别设置这两个看门狗的时间，如下所示：



附图 12: EtherCAT 选项卡 -> Advanced Settings -> Behavior-> Watchdog

注意：

- Multiplier Register (乘数寄存器) 400h（十六进制，即 x0400）可用于两个看门狗。
- 每个看门狗都有自己的计时设置 410h 或 420h，与 Multiplier 相乘得到一个时间。
- 重要的是：只有勾选了前面的复选框，在 EtherCAT 启动时，乘数/计时设置才会加载到从站。
- 如果没有勾选，则不会下载任何信息，ESC 中的设置保持不变。
- 下载的数值可以在 ESC 寄存器 x0400/0410/0420 中看到：ESC Access -> Memory

SM 看门狗 (Sync Manager 看门狗)

Sync Manager 看门狗在每次与端子模块成功进行 EtherCAT 过程数据通信时被重置。例如，如果由于线路中断，与端子模块的 EtherCAT 过程数据通信时间超过设定并激活的 SM 看门狗时间，则看门狗被触发。端子模块的状态（通常是 OP）不受影响。看门狗只有在 EtherCAT 过程数据访问成功后才会再次重置。

因此，从 EtherCAT 方面来看，Sync Manager 看门狗可以用来监测是否与 ESC 进行正确和及时的过程数据通信。

看门狗允许的最长时间取决于设备。例如，对于“简单的”EtherCAT 从站（无固件），在 ESC 中执行看门狗通常长达 170 秒。对于“复杂的”EtherCAT 从站（带固件），SM 看门狗功能通常通过寄存器 400/420 进行参数设置。因为是通过 μ C 执行，时间可以大大缩短。此外，看门狗的执行时间可能会有一定程度的波动。由于 TwinCAT 对话框允许的最大输入值为 65535，建议对所需的看门狗时间进行测试。

PDI 看门狗（过程数据看门狗）

如果与 EtherCAT 从站控制器（ESC）的 PDI 通讯丢失的时间超过了设定和激活的 PDI 看门狗时间，则该看门狗被触发。

PDI（过程数据接口）是 ESC 的内部接口，例如与 EtherCAT 从站中本地处理器的接口。通过 PDI 看门狗，可以监测这种通信是否有故障。

因此，从应用方面来看，PDI 看门狗可以用来监测是否与 ESC 进行正确和及时的过程数据通信。

计算方式

Watchdog time = $[1/25 \text{ MHz} * (\text{Watchdog multiplier} + 2)] * \text{PDI（或 SM）watchdog}$

例如：默认 Multiplier = 2498，SM watchdog = 1000 -> 100 ms

看门狗乘数 Multiplier + 2 的值对应于一个基数为 40ns 的看门狗刻度。

⚠ 谨慎

可能出现未定义的状态！

通过 SM 看门狗 = 0 来关闭 SM 看门狗的功能只在 -0016 及以上版本的端子模块中实现。在以前的版本中，不能使用这种操作方式。

⚠ 谨慎

可能出现设备损坏和未定义的状态！

如果 SM 看门狗被激活，并且输入了 0 值，看门狗就完全关闭。这样就会停用看门狗！如果通信中断，就不会将模块的输出设定在安全状态。

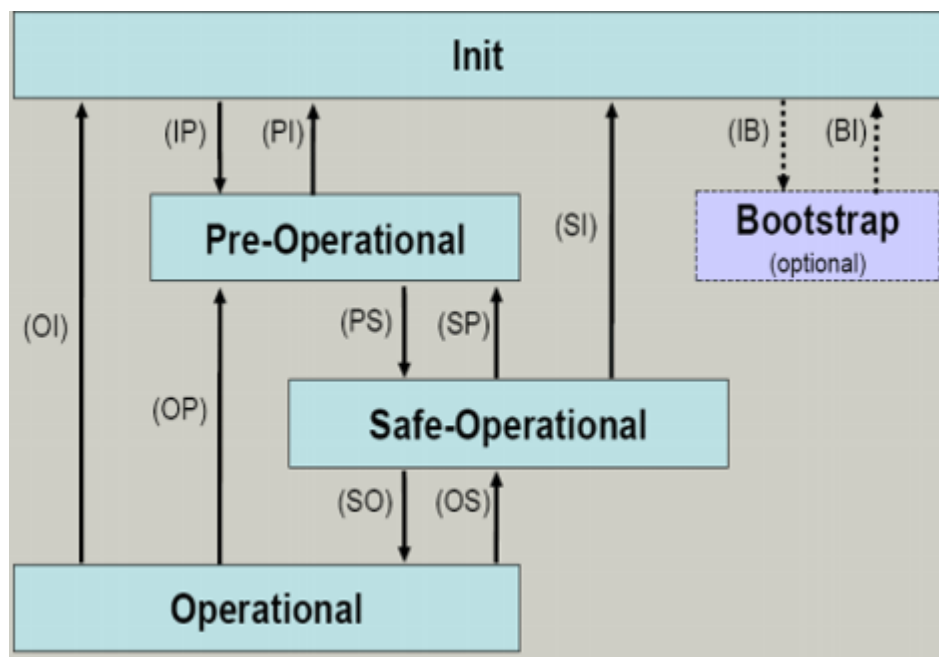
4.4 EtherCAT 状态机

EtherCAT 从站的状态是通过 EtherCAT 状态机 (ESM) 控制的。根据具体的状态，EtherCAT 从站可以访问或执行不同的功能。EtherCAT 主站必须在从站的不同状态下向其发送特定的命令，特别是在从站的启动期间。

以下状态之间有所区别：

- Init (初始化)
- Pre-Operational (预备运行)
- Safe-Operational (安全运行)
- Operational (运行)
- Boot (引导)

每个 EtherCAT 从站启动后的正常状态是 Operational (运行) 状态。



附图 13: EtherCAT 状态机的状态

Init

开机后，EtherCAT 从站处于 Init 状态。邮箱或过程数据通信无法进行。EtherCAT 主站初始化同步管理器 (Sync Manager) 通道 0 和 1，用于邮箱通信。

预备运行 (Pre-Op)

从 Init 切换到 Pre-Op 的过程中，EtherCAT 从站检查邮箱是否已正确初始化。

在 Pre-Op 状态下，可以进行邮箱通信，但不能进行过程数据通信。EtherCAT 主站对过程数据的同步管理器 (Sync Manager) 通道 (来自 Sync Manager 通道 2) 以及 FMMU 通道进行初始化。如果从站支持可配置的映射，主站也会对 PDO 映射或同步管理器 PDO 分配进行初始化。在这个状态下，还会传输过程数据的传输设置以及不同于默认值的模块特定参数。

安全运行 (Safe-Op)

从 Pre-Op 切换到 Safe-Op 的过程中，EtherCAT 从站检查用于过程数据通信的同步管理器 (Sync Manager) 是否正确，必要时还会检查分布时钟 (Distributed Clock) 的设置是否正确。在确认状态变化之前，EtherCAT 从站将当前的输入数据复制到 EtherCAT 从站控制器 (ECSC) 的相关 DP-RAM 区域。

在 Safe-Op 状态下，可以进行邮箱和过程数据通信，但从站输出保持在安全状态，而输入数据被周期性刷新。

● **SAFEOP 状态下的输出**

i 默认的看门狗 (Watchdog) 监视装置, 将模块的输出设置为 SAFEOP 和 OP 中指定的安全状态 (例如关闭状态)。如果通过停用模块中的看门狗监测来防止这种情况的发生, 那么输出也可以在 SAFEOP 状态下被切换或设置。

运行 (Op)

在 EtherCAT 主站将 EtherCAT 从站从 Safe-Op 切换到 Op 之前, 必须传输有效的输出数据。

在 Op 状态下, 从站将主站的输出数据复制到它的输出, 过程数据和邮箱通信都可以进行。

引导 (Boot)

在 Boot 状态下, 可以更新从站固件。Boot 状态只能通过 Init 状态达到。

在 Boot 状态下, 可以通过 file access over EtherCAT (FoE) 协议进行邮箱通信, 但不能进行其他邮箱通信或者过程数据通信。

4.5 CoE 接口

一般说明

CoE 接口（CAN application protocol over EtherCAT）用于 EtherCAT 设备的参数管理。EtherCAT 从站或 EtherCAT 主站管理固定（只读）或可变（读写）参数，这些参数用于运行、诊断或调试。

CoE 参数的组织形式为分层表格式。原则上用户可以通过现场总线进行读取访问。EtherCAT 主站（TwinCAT System Manager）可以通过 EtherCAT 以 Read 或 Write 模式访问从站本地的 CoE 列表，具体取决于 CoE 参数的属性。

CoE 参数类型可能各不相同，包括字符串（文本）、整数、布尔值或较长字节的字段。它们可以用来描述模块的各种特性。这些参数包括制造商 ID、序列号、过程数据设置、设备名称、模拟量测量的校准值或密码。

可以通过两层十六进制的索引号来指定参数的序号：（主）索引 Index，及随后的子索引 SubIndex。其数值范围是

- 索引 Index：0x0000 ... 0xFFFF (0...65535_{dec})
- 子索引 SubIndex：0x00...0xFF (0...255_{dec})

以这种方式定位的参数通常写成 0x8010:07，前面的“0x”用于标识十六进制数字范围，在 Index 和 SubIndex 之间用冒号分隔。

对于 EtherCAT 现场总线用户来说，相关的索引范围是：

- 0x1000：这是存储设备固定身份信息的地方，包括名称、制造商、序列号等，还有关于当前的和可用的过程数据配置的信息。
- 0x8000：这是储存所有通道的运行和功能参数的地方，例如滤波设置或输出频率。

其他重要的范围是：

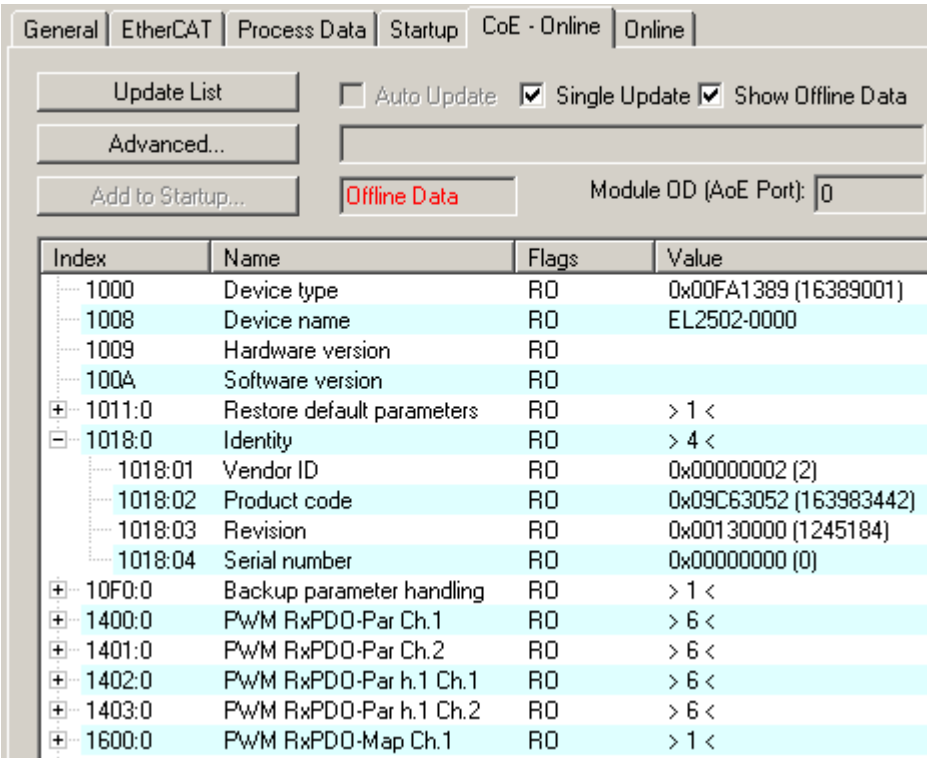
- 0x4000：有些 EtherCAT 设备在此存储通道参数。过去，这是在引入 0x8000 区域之前的第一个参数区。以前用 0x4000 配置参数的 EtherCAT 设备改用 0x8000 后，出于兼容性的考虑，这两个 CoE 索引范围都支持，并在内部进行映射。
- 0x6000：input PDO（“input”，是指从 EtherCAT 主站的角度看是输入）
- 0x7000：output PDO（“output”，是指从 EtherCAT 主站的角度看是输出）



适用性

不是每个 EtherCAT 设备都有 CoE 列表。没有专用处理器的简单 I/O 模块通常没有可变参数，因此没有 CoE 列表。

如果一个设备有 CoE 列表，它就会在 TwinCAT System Manager 中显示为一个单独的选项卡，并列各参数：



附图 14: “CoE Online” 选项卡

上图显示了设备“EL2502”中可用的 CoE 对象，范围从 0x1000 到 0x1600。0x1018 的子索引进行了展开显示。

注意

CoE 对象字典（CAN over EtherCAT）的修改，通过程序访问。

当使用/操作 CoE 参数时，请注意 EtherCAT 系统文档中“[CoE 接口](#)”章节中的一般 CoE 注意事项：

- 如果需要更换组件，请保留Startup List。
- 在线字典和离线字典之间的区别
- 当前最新的 XML 描述文件（从[倍福公司网站](#)下载），
- “CoE-Reload” 用于重置所做的更改。
- 系统运行期间通过 PLC 程序访问（参见 [TwinCAT 3 | PLC Library: "Tc2_EtherCAT"](#) 和 [Example program R/W CoE](#)）

数据管理和 “NoCoeStorage” 功能

有的参数，特别是从站的设置参数，是可配置的和可写入的。这可以在 Write 或 Read 模式下进行

- 通过System Manager 直接修改（图“CoE Online”选项卡）
这个方法在系统/从站调试时非常有用。点击修改参数的索引（Index）行，在“SetValue”对话框中输入一个值。
- 通过控制系统（PLC）的ADS通讯，例如通过 TcEtherCAT.lib 库中的功能块进行修改。
这个方法推荐用于系统运行时修改 CoE，或者暂时无法打开 System Manager 亦或是没有操作人员的情况下使用。

i 数据管理

如果从站的 CoE 参数被在线修改，倍福设备会将任何修改以掉电保持的方式存储在 EEPROM 中，也就是说，重新启动后，修改后的 CoE 参数仍然可用。但其它制造商的设备则可能情况有所不同。

EEPROM 在写入操作方面的使用寿命是有限的。通常写入 100,000 次以后，就不能保证新的（修改的）数据能被可靠地保存或仍然可读。这不会影响正常调试。然而，如果在机器运行时 CoE 参数通过 ADS 不断被修改，就很有可能达到极限使用寿命限。通过 NoCoeStorage 功能可以禁止保存修改后 CoE 值，但是否支持该功能取决于固件版本。
关于这个功能是否适用于相应的设备，请参考本文件中的技术数据。

- 如果支持该功能：通过在 CoE 0xF008 中一次性输入代码 0x12345678 来激活该功能，只要代码不被改变，该功能就一直有效。开启设备后，保存 CoE 值的功能就处于非活动状态。改变后的 CoE 值不会保存到 EEPROM 中，因此修改次数不受限制。
- 不支持该功能：考虑到使用寿命限值，不允许连续改变 CoE 值。

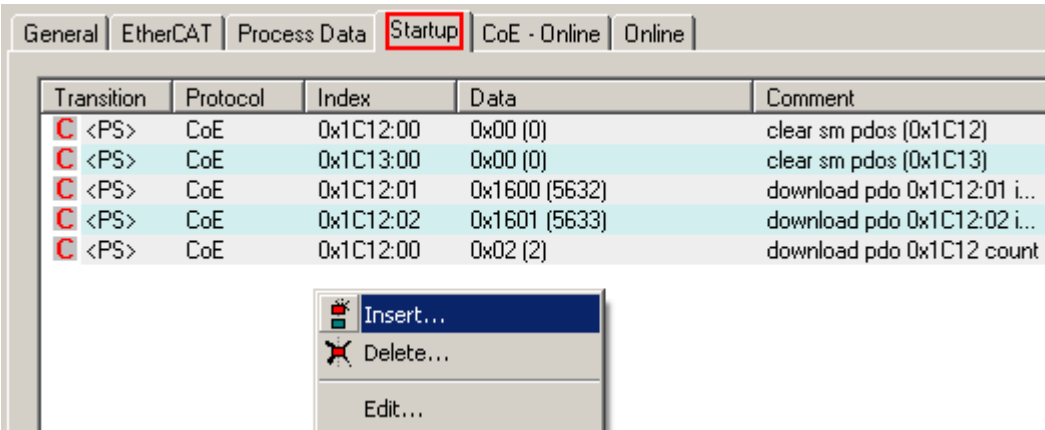
i Startup List

如果更换了端子模块，端子模块的本地 CoE 列表中的修改会丢失。如果一个端子模块被更换成新的倍福端子模块，新模块具有默认设置。因此，建议将 EtherCAT 从站所有的 CoE 修改项放到它的 Startup List，因为 EtherCAT 总线启动时会自动处理这个列表中的各项。通过这种方式，一个 EtherCAT 从站更换后可以自动按照用户的定义进行参数设置。

如果使用的 EtherCAT 从站不能在本地永久存储 CoE 值，则必须使用 Startup List。

手动修改 CoE 参数的推荐方法

- 在 System Manager 中进行必要的更改
数据存储在 EtherCAT 从站本地，
- 如果要永久保存该值，请在 Startup List 中输入。
Startup 中的条目顺序通常无关紧要。



附图 15: TwinCAT System Manager 中的 Startup List

Startup List 会事先包含那些 System Manager 基于 ESI 的定义配置的 CoE 参数值。也可以另外创建应用特定的条目。

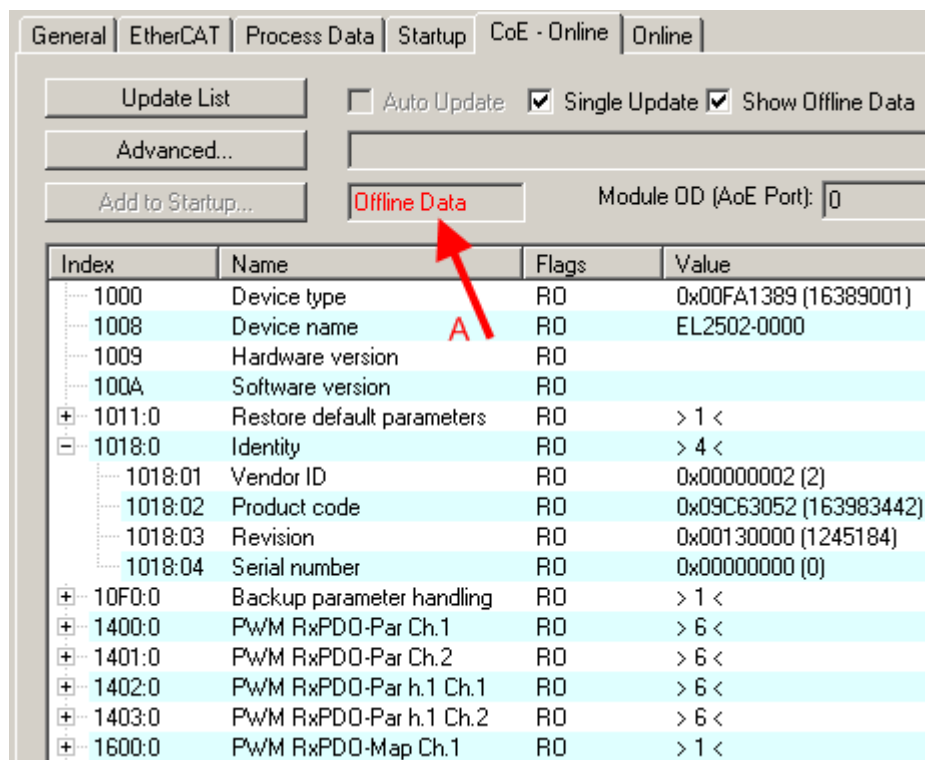
online/offline列表

在使用 TwinCAT System Manager 时，必须区分 EtherCAT 设备是否“可用”，即已经上电并连接到 EtherCAT 从而处于**在线（Online）**状态，或者是在从站未连接的情况下创建了一个**离线（Offline）**配置。

在这两种情况下，都会显示一个 CoE 列表，如图“CoE Online 选项卡”所示。连接状态显示为 offline/online。

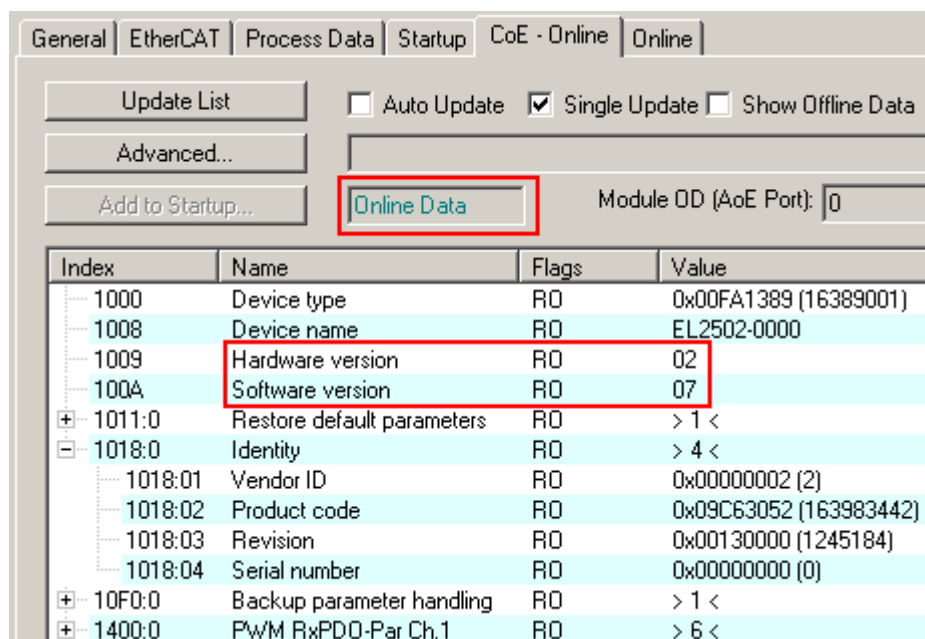
- 如果从站处于离线状态
 - 显示 ESI 文件中的离线列表。此时修改 CoE 参数是没有意义的，也无法进行。

- 配置的状态显示在“Identity”下。
- 不显示固件或硬件版本，因为只有实际在线的设备才有这些特征参数。
- Offline Data**显示为红色。



附图 16: 离线列表

- 如果从站是在线状态
 - 读取实际的当前从站列表。这可能需要几秒钟，具体取决于数据大小和周期时间。
 - 显示的是实际身份信息
 - 根据电子信息显示设备的固件和硬件版本
 - Online Data**显示为绿色。



附图 17: 在线列表

基于通道的顺序

通常包含几个相同功能通道的EtherCAT 设备都具有CoE 列表。例如，一个 4 通道模拟量 0...10 V 输入端子模块也有4条逻辑通道，因此有4套相同的通道参数。为了避免在文件中列出每个通道，往往用占位符“n”来表示各个通道的编号。

在 CoE 系统中，16 个 Index（每个 Index 有 255 个 SubIndex）通常足以表示所有通道参数。因此，基于通道的顺序是以 $16_{\text{dec}}/10_{\text{hex}}$ 的间隔排列的。以参数范围 0x8000 为例：

- 通道 0：参数范围 0x8000:00 ... 0x800F:255
- 通道 1：参数范围 0x8010:00 ... 0x801F:255
- 通道 2：参数范围 0x8020:00 ... 0x802F:255
- ...

这种情况一般写成 0x80n0。

关于 CoE 接口的详细信息，可参见倍福公司网站 [EtherCAT 系统文档](#)。

备份对象和校验和 0x10F0:01

为了保留信息，在其它对象之外，还在CoE 参数/对象目录中定义了以下对象类型，但不必每个设备中都同时出现这些类型：

- 供应商对象
 - 在设备中永久存储（故障安全）。
 - 技术上属性为 ReadWrite（RW）。
 - 只有在知道相应供应商密码的情况下才能修改/删除。
 - 用于特定供应商的调整或身份数据。
- 备份对象
 - 这些对象在设备中永久存储，即使在更改后也是如此。
 - 技术上属性为 ReadWrite（RW）。
 - 它们可通过 EtherCAT 主站的 CoE 访问权限随时修改/删除
 - 特别是，通过选择 "Restore Default Parameters"（参见 "Restore Default Parameters" 一章），可将它们重置为初始状态，该状态永久存储在固件中。由于重置为以前的值类似于恢复备份，因此这些对象被称为 "备份对象"。
 - 它们用于常规功能参数，决定设备行为。
- 具有写保护选项的备份对象。
 - 备份对象也是如此。
 - 此外，用户还可以使用 xF009 中的密码激活写保护，以防止意外更改。详情可查阅包含这些对象的设备的设备文档。
- 易失对象
 - 这些对象不会持久地存储在设备中。
 - 它们用于显示内部信息（过程数据、状态、温度.....），可作为只读参数 ReadOnly（RO）或功能参数（ReadWrite）使用。但是，如果后者要使用非默认值，则必须通过 EtherCAT 主站在每次上电时写入。

设备用 32 位对象 0x10F0:01 CheckSum（SubIndex 01）中的 16 位来显示所谓备份对象当前状态的 CRC 校验和：

10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F0:01	Checksum	RO	0x00003C62 (15458)

附图 18: CoE index 10F0

如果备份对象被改变了，固件会相应计算新的校验和。这可用于检测备份对象的变化。

注意：校验和的初始值可能因固件版本而异，因为功能扩展可能向 CRC 的校验区间中增加其他对象。

4.6 分布时钟 (Distributed Clock)

分布时钟表示 EtherCAT 从站控制器 (ESC) 中的一个本地时钟，具有以下特点：

- 单位 1 ns
- 零点 1.1.2000 00:00
- 大小 64 位 (足够未来 584 年使用；但是，一些 EtherCAT 从站只提供 32 位支持，即变量在大约 4.2 秒后溢出)
- EtherCAT 主站自动将本地时钟与 EtherCAT 总线中的主站时钟同步，精度<100 ns。

详细信息请参见 [EtherCAT 系统描述](#)。

5 安装和接线

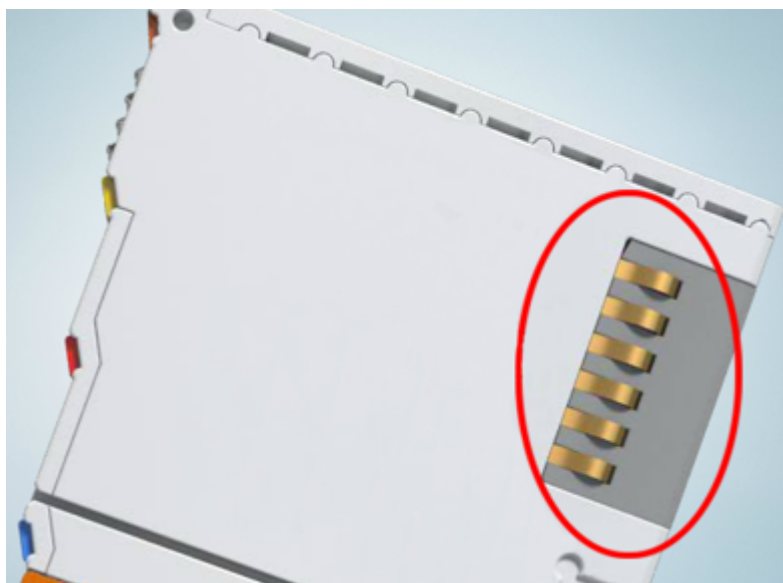
5.1 静电防护的说明

注意

静电放电可能会破坏设备！

这些设备含有因处理不当而导致静电放电风险的部件。

- 请确保已进行静电放电，避免直接接触设备的触点。
- 避免与高度绝缘的材料（合成纤维、塑料薄膜等）接触。
- 在处理该设备时，周围环境（工作场所、包装和人员）应恰当接地。
- 每个 I/O 站必须在最末端使用 [EL9011](#) 或 [EL9012](#) 端子盖板，以确保达到保护等级和 ESD 静电保护。



附图 19: 倍福 I/O 组件的弹黄触点

5.2 防爆

5.2.1 ATEX - 特殊条件 (标准温度范围)

⚠ 警告

请注意倍福标准温度范围的现场总线组件在潜在爆炸区域的特定使用条件！

- 经认证的组件应安装在符合EN 60079-7标准的合适外壳中，该外壳需确保防护等级至少达到IP54！使用过程中环境条件应当符合这个标准！
- 如果在额定运行期间，电缆、线路或管道的进线点的温度高于 70°C，或电线分支点的温度高于 80°C，那么必须选择耐受温度数据满足实际测量温度值的线缆！
- 在潜在爆炸性区域使用标准温度范围的 Beckhoff 现场总线组件，请遵守相关标准允许的环境温度范围 0 至 55°C！
- 必须采取措施，防止因瞬时干扰导致电压超过额定工作电压的 40% 以上！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以从总线端子模块系统中拔出或拆除单个模块！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以连接或断开经认证部件的接线！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以更换 KL92xx/EL92xx 馈电端子模块的保险丝！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能调整地址拨码和 ID 开关！

标准

符合下列标准规定，以满足基本健康和安全要求：

- EN IEC 60079-0:2018
- EN 60079-7:2015+A1:2018

标识

经防爆区域法规认证的倍福标准温度范围的现场总线元件带有以下标识：



II 3 G Ex ec IIC T4 Gc
KEMA 10 ATEX0075 X
DEKRA 22UKEX6024X
Ta: 0 ... 55 °C

5.2.2 IECEx - 特殊条件

警告

在潜在爆炸性区域使用 Beckhoff 现场总线组件，请遵守相关标准的特别规定！

- 关于气体：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在合适的外壳中，保证按照 EN 60079-7 标准至少达到 IP54 的防护等级！
- 本设备只能在 IEC 60664-1 规定的污染等级不超过 2 级的区域（Zone 2）内使用！
- 应作出规定，防止因瞬时干扰造成超过额定电压 119V！
- 如果在额定运行期间，电缆、线路或管道的进线点的温度高于 70°C，或电线分支点的温度高于 80°C，那么必须选择耐受温度数据满足实际测量温度值的线缆！
- 在潜在的爆炸性区域内使用 Beckhoff 现场总线组件时，请遵守相关标准允许的环境温度范围！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以从总线端子模块系统中拔出或拆除单个模块！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才可以连接或断开经认证部件的接线！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能调整地址拨码和 ID 开关！
- 只有在关闭电源电压或确保非爆炸性环境的情况下，才能打开经认证的设备的前盖！

标准

符合下列标准规定，以满足基本健康和安全要求：

- IEC 60079-0:2017 (7.0 版)
- IEC 60079-7: 2017 (5.1 版)

标识

经过 IECEx 认证可在有爆炸危险区域使用的 Beckhoff 现场总线组件带有以下标识：

IECEx DEK 16.0078 X

Ex ec IIC T4 Gc

5.2.3 ATEX 和 IECEx 的持续性文件

注意



符合 ATEX 和 IECEx 的关于防爆的持续性文件

请注意持续性文件

防爆 端子模块系统的防护

根据 ATEX 和 IECEx 标准，在危险区域使用倍福端子模块系统的注意事项

可以在倍福公司主页 www.beckhoff.com 的产品下载区下载！

5.2.4 cFMus - 特殊条件

警告

在潜在爆炸性区域使用 Beckhoff 现场总线组件，请遵守相关标准的特别规定！

- 设备应安装在防护等级不低于 IP54 的外壳中，确保符合 ANSI/UL 60079-0 (美国) 或 CSA C22.2 No.60079-0 (加拿大) 标准要求。
- 设备只能在 IEC 60664-1 规定的污染等级不超过 2 级的区域 (Zone 2) 内使用。
- 应提供瞬时保护，确保设备供电端子处的电压不超过额定峰值电压的 140%。
- 电路应满足 IEC 60664-1 规定的 II 类过电压保护要求。
- 只有在系统电源和现场电源均切断，或者确认当前场所为非危险区时，才可拆除或插入现场总线组件。
- 只有在系统电源切断，或者确认当前场所为非危险区时，才可断开或连接现场总线组件的接线。

标准

符合下列标准规定，满足基本健康和安全要求：

M20US0111X (美国)

- FM Class 3600:2018
- FM Class 3611:2018
- FM Class 3810:2018
- ANSI/UL 121201:2019
- ANSI/ISA 61010-1:2012
- ANSI/UL 60079-0:2020
- ANSI/UL 60079-7:2017

FM20CA0053X (加拿大)：

- CAN/CSA C22.2 No. 213-17:2017
- CSA C22.2 No. 60079-0:2019
- CAN/CSA C22.2 No. 60079-7:2016
- CAN/CSA C22.2 No.61010-1:2012

标志

通过 cFMus 防爆认证、适合在防爆危险区中使用的倍福现场总线组件带有以下标志：

FM20US0111X (美国)： **Cl. I, Div. 2, Gr. A, B, C, D**
Cl. I, Zone 2, AEx ec IIC T4 Gc

FM20CA0053X (加拿大)： **Cl. I, Div. 2, Gr. A, B, C, D**
Ex ec T4 Gc

5.2.5 cFMus 防爆认证的持续性文件

注意



依据cFMus的关于防爆的持续性文件

请注意持续性文件

I/O、CX、CPX 控制图

接线图和 Ex 防爆标志，

可以在倍福公司主页 www.beckhoff.com 的产品下载区下载！

5.3 感性负载 DC 切换时的输出保护（过电压限制）

数字量输出点可用于切换感性负载，但关断时产生的能量会在输出点外面耗散。本次讨论的重点是 DC 励磁负载（行业中通常使用的是 5-24 V DC）。

需要考虑 2 个问题。

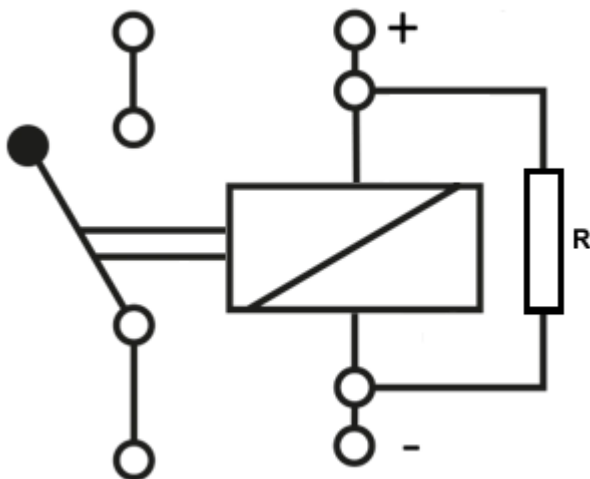
- 保护电路的选择
- 保护电路的尺寸

机电继电器、接触器或线圈等感性负载总是趋于保持其稳定状态。如果驱动端（我们的示例中就是倍福的数字量输出）停止供电（即关断），线圈将试图利用其存储的磁能来维持电流。然后，它将从正在切换的输出点“吸取”电流，直至寄生效应将磁能耗尽。如果不采取额外措施，由于线圈的自感作用，在切换的输出点会出现很高的反向电压（从几十伏到几千伏不等，具体取决于负载）。该电压可能会即刻造成破坏，或者在反复出现后造成损坏。半导体切换输出（如 EL20xx、EL28xx）和继电器切换输出（如 EL26xx）均会出现这种情况。

另一个缺点是，这种 $\text{kV}/\mu\text{s}$ 范围内的短时高电压（也称为“瞬变”）会产生大量电磁辐射，对邻近设备和线路造成电容性干扰。因此，所有阻尼/抑制部件最好安装在靠近负载的位置（即通断发生点），使瞬变电压无法传导至线路。

除其他措施外，还可以考虑采取以下措施。附图以继电器为例展示了常见的感性负载。

1. 并联电阻至电感



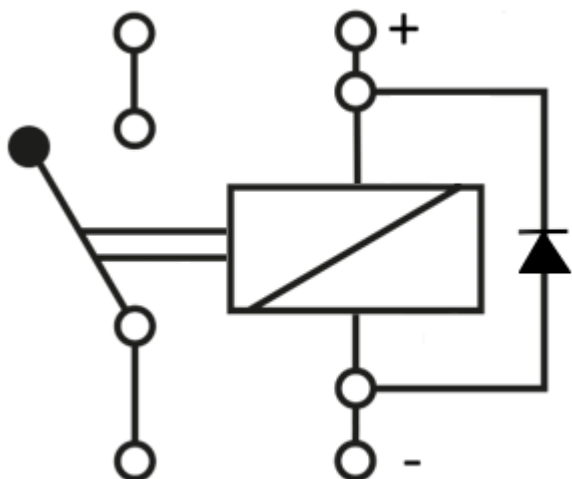
附图 20: 并联电阻至电感

这是一个非常简单的方法，但电流会不断无用地流过线圈。这种电路也称为缓冲电路。

注：RC 元件常用于 AC 励磁。但是，它的设计必须非常精确，才能确保达到最佳运行状态（时间特性、功率损耗）。

2. 半导体解决方案

- 电感上加短路二极管、续流二极管



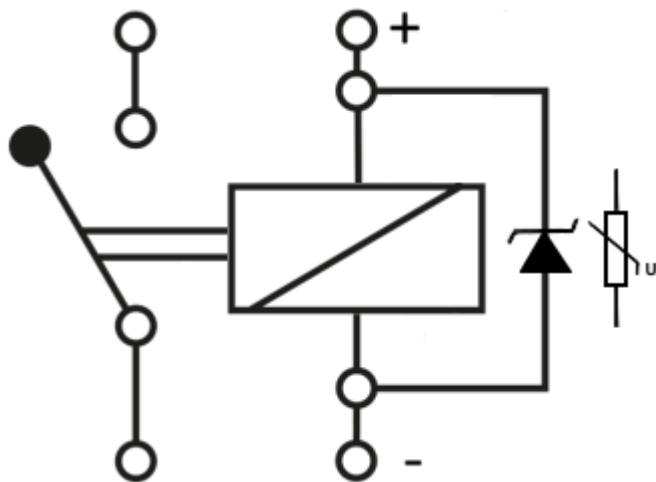
附图 21: 电感上加短路二极管、续流二极管

此解决方案通常最适用于 DC 励磁，应作为首选方案使用。由于自感电压被限制在 -1 V 左右（如果使用的是肖特基二极管，甚至会更低），因此它能有效地保护输出端。此外，由于二极管在 DC 电感很小的情况下几乎不耗散任何功率，因此通常很容易确定其尺寸。

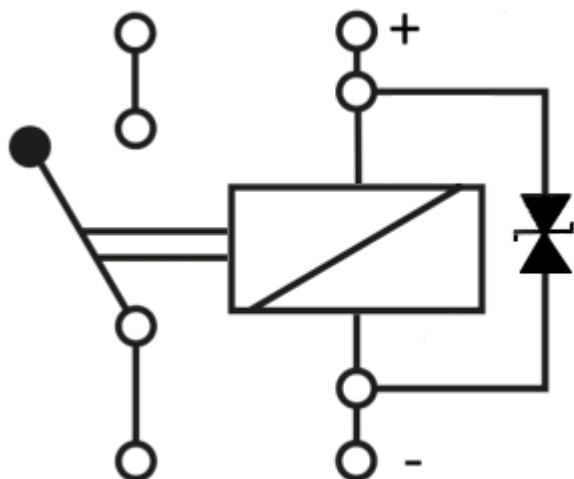
但是，感应电压只能非常缓慢地下降（若干毫秒），如果继电器需要切换负载或者快速关断，这种方法就会有缺陷。

注：如果考虑到电源故障的事件，这种门锁效应可能反而具有优势，可防止继电器过早断开。

- 压敏电阻或稳压二极管，最好是双向抑制二极管（TVS = 瞬态电压抑制器）



附图 22: 带稳压二极管的电路示例



附图 23: 带双向抑制二极管（瞬态电压抑制器）的电路示例

此方案可确保负载较为快速地下降（可能需要使用继电器）。线圈没有短路，但必须在较高的电压下耗散能量。这意味着磁场会迅速衰减。需要注意的是，半导体的温度会变得非常高。

稳压二极管的反向电压必须显著高于正常工作电压，否则无法正常工作。例如，在 24 V 工业系统中（允许使用的最大电压通常约为 29 V），反向电压为 35 V。在 24 V DC 电源中也经常使用这种二极管来处理暂时性短路瞬态！

遗憾的是，设计基于半导体的过电压限制并非易事。必须考虑以下几个因素：

1. 必须耗散多少（磁）能量？
如果已知负载的电感和标称电流，即可利用公式 $W [J] = 1/2 * L [H] * I^2$ 计算出线圈中储存的能量。遗憾的是，许多制造商都没有注明电感值，因此可能需要通过测量来确定电感值。
2. 输出切换装置能够承受多大的关断能量 [J、Ws、VAs]？该数值是否足够？参见技术数据。
3. 能量耗散的频率（切换频率）是多少？
4. 遗憾的是，我们很难确定保护部件可实现的性能，因为它取决于多个因素，包括如何耗散产生的热量（机械连接 = 热阻 -> 安装成本）、脉冲频率和可耐受的残余电压等级。
5. 因此，通常这种设计需要实验性的系统特定的方法。这种方法可以从市面上的标准二极管开始，例如 1N4007/1000 V 或 TVS 600 W。或者，您也可以选择进行规范测试，然后通过实验选择保护元件。

相应的元件都可以从市场上买到。

- 比如零散的接线元件（从各种电子元件分销商/商店购买）。
- 比如可直接安装的 DIN 导轨配件。
- 比如敏感产品（如接触器）的特殊配件。

5.4 UL 声明

⚠ 谨慎	
	应用 倍福 EtherCAT 模块只适用于与具备 UL 认证的倍福 EtherCAT 系统一起使用。
⚠ 谨慎	
	检查 关于 cULus 检查，仅对倍福 I/O 系统的火灾和电击风险进行了调查（符合 UL508 和 CSA C22.2 No.142 标准）。
⚠ 谨慎	
	带有以太网连接器的设备 不可用于连接通信电路（telecommunication circuits）。

基本原则

符合 UL508 的 UL 认证。有这种认证的设备带有此标志：



5.5 安装在导轨上

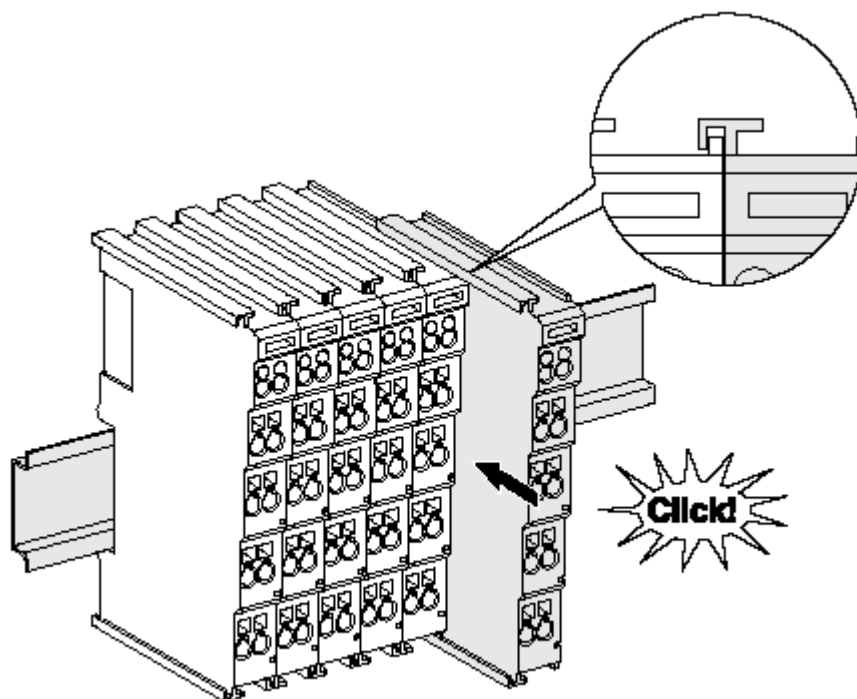
⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，请将总线端子模块系统带入一个安全的、断电的状态！

总线端子模块系统设计用于安装在控制柜或接线盒中。

组装



附图 24: 安装在安装轨道上

总线耦合器和总线端子模块通过施加轻微压力安装到市售 35 毫米安装导轨（符合 EN 60715 标准的 DIN 导轨）上：

1. 首先将现场总线耦合器安装在安装导轨上。
2. 总线端子模块安装在现场总线耦合器的右侧。连接模块的舌片和凹槽，将接线端子推到安装导轨上，直到锁扣卡入安装导轨。

如果先将接线端子夹在安装导轨上，然后在没有舌片和凹槽的情况下将其推到一起，连接将无法正常工作！正确组装后，外壳之间不应看到明显的间隙。

● 安装导轨的固定

i

端子模块和耦合器的锁紧部件延伸至安装导轨。在安装时，模块的锁紧部件不能顶住安装导轨的固定螺栓。为了在端子模块和耦合器下面安装高度为 7.5 毫米的安装导轨，应使用扁平的安装连接（如沉头螺钉或盲铆钉）。

注意

将安装轨道接地！

确保安装轨道充分接地。

一个总线端子 I/O 站内的连接

总线耦合器和总线端子模块之间的电气连接通过连接部件自动实现：

- 通过 K-bus/E-bus 的 6 个弹簧式触点实现数据的传输和总线端子模块供电。
- 电源触点给现场电子设备供电，因此形成了总线端子模块内的电源母线。电源触点通过总线耦合器上的端子模块接点供电（最高 24 V），或者对于更高的电压则通过电源端子模块供电。

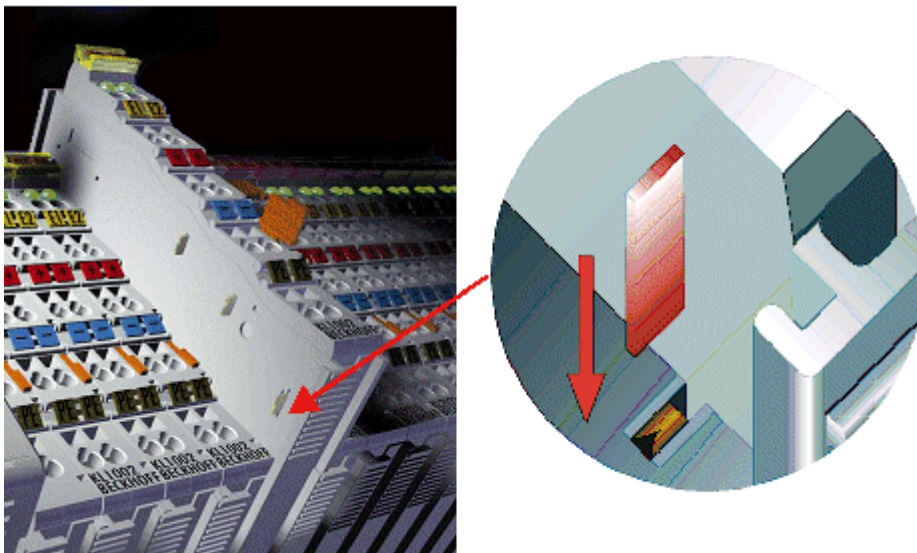
● 电源触点

在配置总线端子模块时，请注意各个总线端子模块的触点分配，因为某些类型的模块

- 没有或没有完整的通过电源触点的回路（如模拟量总线端子模块或数字量四通道总线端子模块），
- 电源触点断开，从而标志着新的电源母线（电源端子模块）的起点。

电源触点 ⚡

标有 ⚡ 的电源触点（接地连接，符合 IEC 60417-5017）可用作功能接地。出于安全考虑，插接时该触点先接合，可接地高达 125 A 的短路电流。



附图 25: 左侧的电源触点

⚠ 警告

有触电的危险！

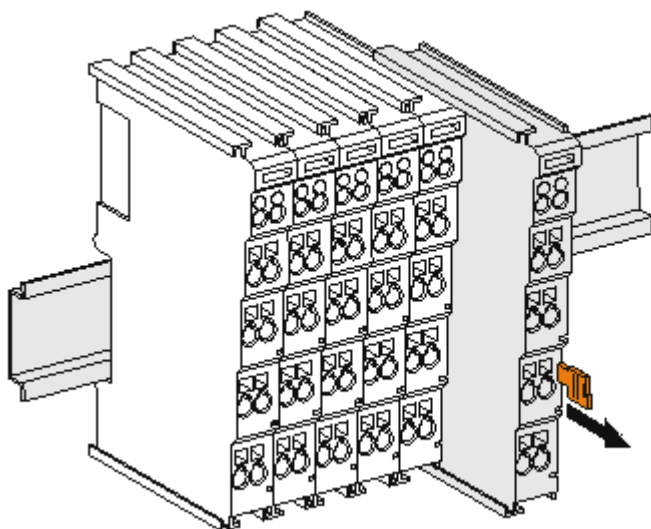
标有 ⚡ 的电源触点不得用于其他电位！

注意

设备可能的损坏

请注意，出于电磁兼容性的考虑，接地触点与安装导轨是电容耦合的。这可能会导致绝缘测试期间出现错误结果或损坏端子（例如，在对标称电压为 230 V 的用电设备进行绝缘测试期间，接地线会出现干扰性放电）。进行绝缘测试时，应断开总线耦合器或馈电端子上的接地供电线路！为了使关联的馈电点解耦以进行测试，可以松开这些馈电端子模块，并从端子组中拉出至少 10 mm。

拆卸



附图 26: 端子模块的拆卸

每个端子模块都由安装轨道上的锁扣固定，拆卸时必须松开锁扣：

1. 用橙色的接线柱拉动端子模块，使其离开安装轨道约 1 厘米。在这样做的时候，该端子模块的安装导轨锁扣会自动松开，您可以轻松地将该端子模块从总线端子排中拉出来，而不需要过度用力。
2. 用拇指和食指同时抓住松开的端子模块的上、下凹槽外壳表面，将端子模块从总线端子排中拉出。

5.6 安装位置

注意

关于安装位置和工作温度范围的限制

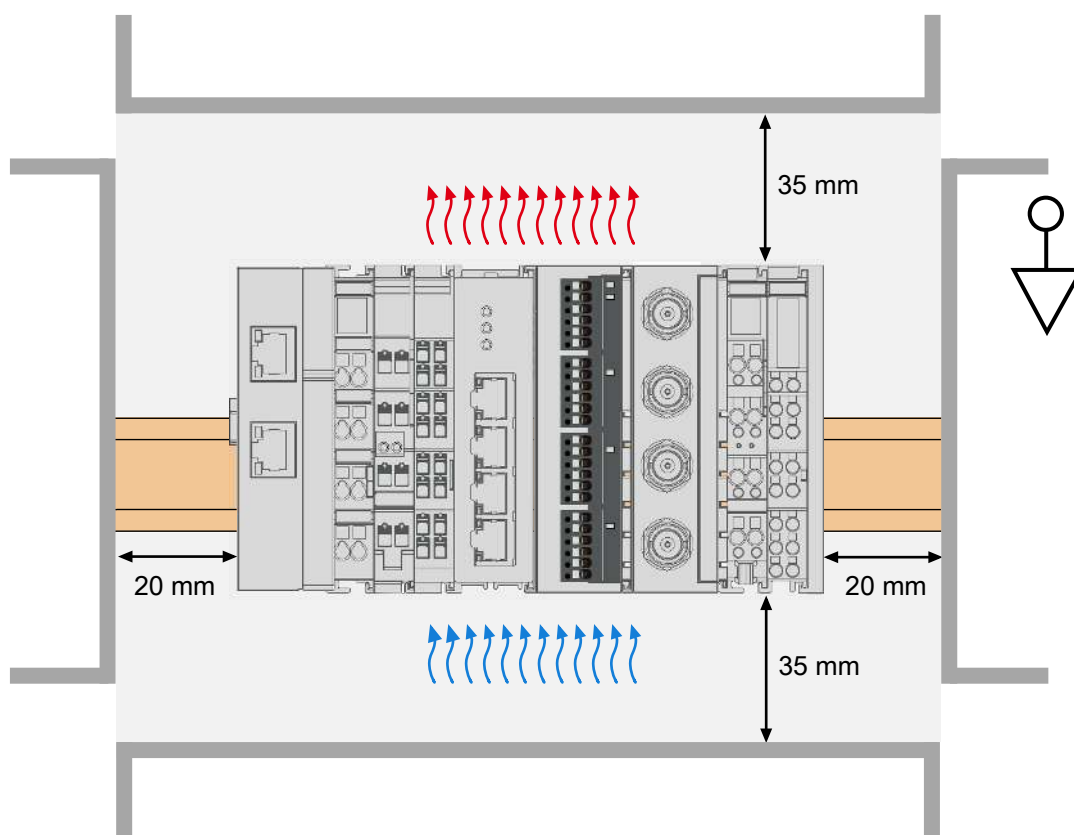
- 请参考设备的技术数据，以确定是否规定了关于安装位置和/或工作温度范围的任何限制。
- 在安装散热增强型设备时，应确保在运行期间设备上方和下方留有足够空间，以保证充分的通风！

安装导轨上各设备的安装位置及其名称如下所示。下图中的设备图示为示例。
以下内容适用于所有安装位置：参考方向“下”（见箭头）为重力加速度方向。

水平安装（标准安装）

安装导轨水平安装在垂直安装板上。
设备的接线端面朝前方。

设备从下面通风，通过对流实现电子元件的最佳散热。因此，这也是推荐的安装位置。



附图 27: 标准安装位置的建议最小距离

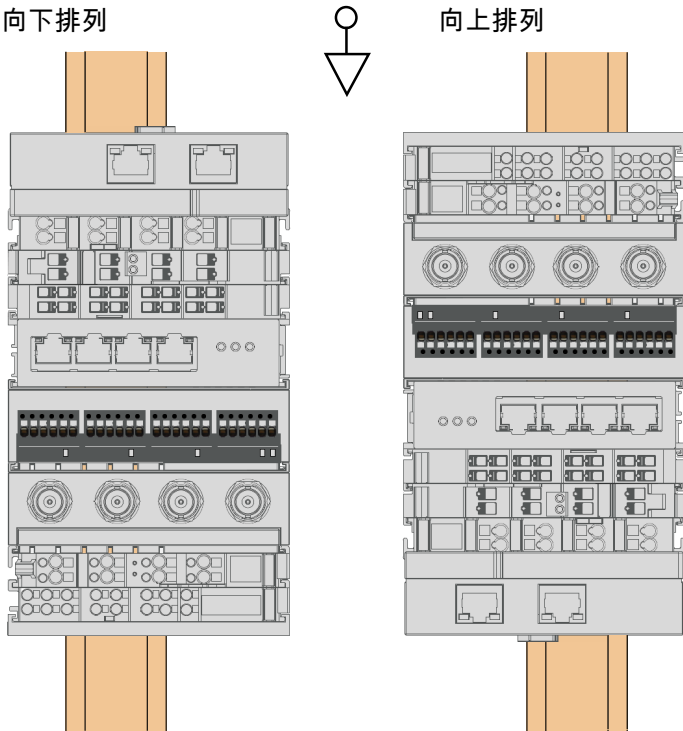
注意

遵守最小距离要求

强烈建议在所有安装位置都遵守“标准安装位置的建议最小距离”图中所示的最小距离。

垂直安装

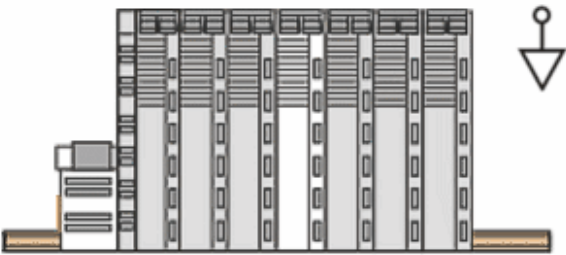
安装导轨垂直安装在垂直安装板上。
设备的接线端面朝前方。
设备可按如下方式排列：



附图 28: 垂直安装位置，向下排列（左）/向上排列（右）

水平安装

在水平安装位置，安装导轨铺设在水平安装板上。
设备的接线端面朝上。



附图 29: 水平安装位置

注意

滑脱安装导轨的危险

特别在“垂直”安装位置以及其他承受相应机械负载的安装位置，整节端子模块可能会在安装导轨上发生滑动。这些情况都可能导致意外故障。

- 如果存在这种风险，则应使用适当的锁定装置固定整节端子模块，例如将其夹紧在安装导轨上。

注意

遵守最小距离要求

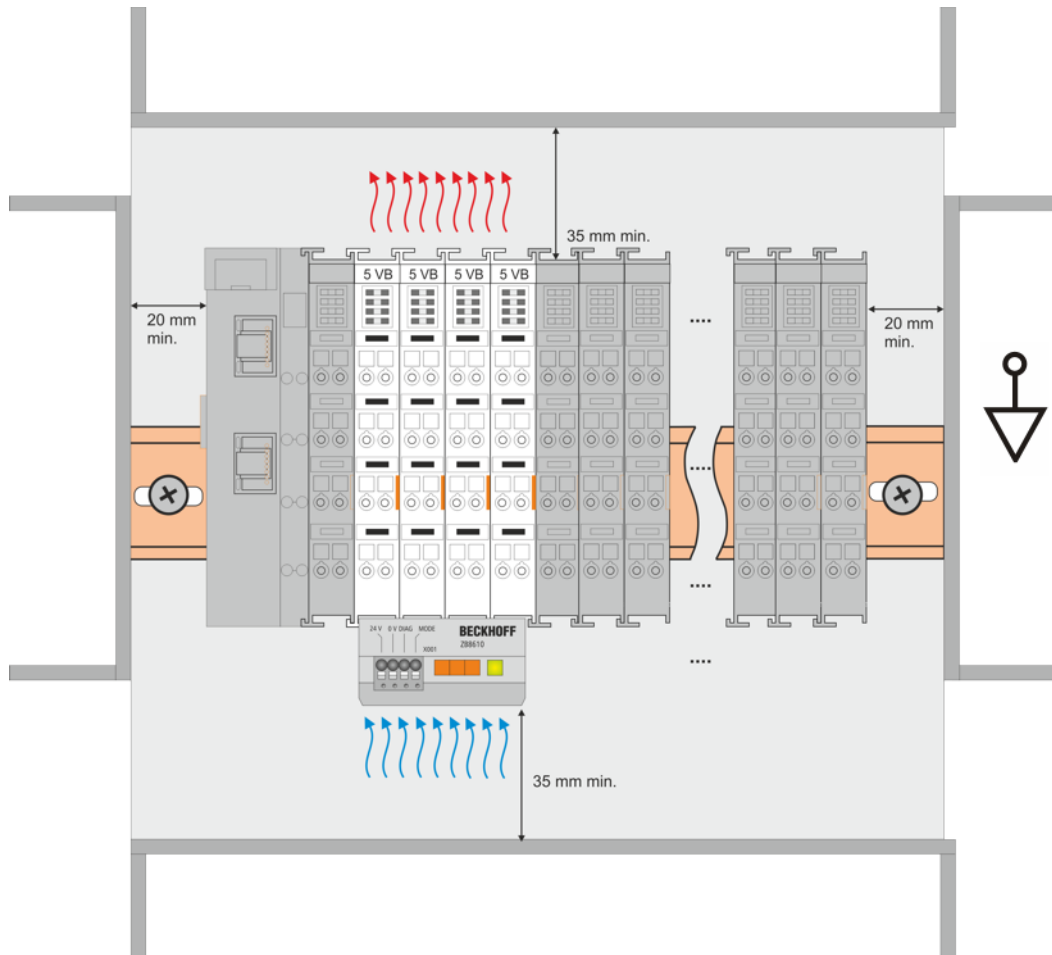
强烈建议在所有安装位置都遵守“标准安装位置的建议最小距离”图中所示的最小距离。

带 ZB8610 风扇盒的安装位置

如果特定应用需要或必须增强冷却效果，可在设备底部安装 ZB8610 风扇盒。在水平安装位置，设备通过风扇盒实现自下而上的通风。对流通风可进一步优化冷却效果（见下图）。

任何安装位置都可以使用风扇盒。

有关带风扇及无风扇运行的更多信息，请参见设备的技术数据（例如降额、安装位置信息等）。



附图 30: 以水平安装位置为例，带风扇运行的建议最小距离

注意

遵守最小距离要求

强烈建议遵守“带风扇运行的建议最小距离”图中所示的最小距离。

5.7 增强抗振模块的安装说明

⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，应将总线端子模块系统置于安全、断电的状态！

额外检查

这些端子模块经过了以下额外测试：

验证	说明
振动	在 3 个坐标轴方向上各 10 次
	6 Hz < f < 60 Hz，位移 0.35 mm，恒定振幅
	60.1 Hz < f < 500 Hz，加速度 5 g，恒定振幅
冲击	在 3 个坐标轴的每个方向上各 1000 次冲击
	25 g，6 ms

附加安装说明

对于增强抗振模块，适用以下附加的安装说明：

- 增强抗振能力适用于所有允许的安装位置
- 使用符合 EN 60715 TH35-15 标准的安装导轨
- 用机械固定装置将一组端子模块从安装导轨的两端固定住，例如接地端子或加固的端部堵头
- 一个端子模块 I/O 站的最大模块数量（不含耦合器）是：
64 个端子模块（12 mm）或 32 个端子（24 mm）
- 在安装导轨的加工和安装的过程中，应避免变形、扭曲、受挤压和弯曲
- 安装导轨的固定点必须以 5 厘米的间隔设置
- 使用沉头螺钉固定安装导轨
- 电缆的固定环和连接导线之间的自由长度应保持尽可能短。与线槽应保持约 10 厘米的距离。

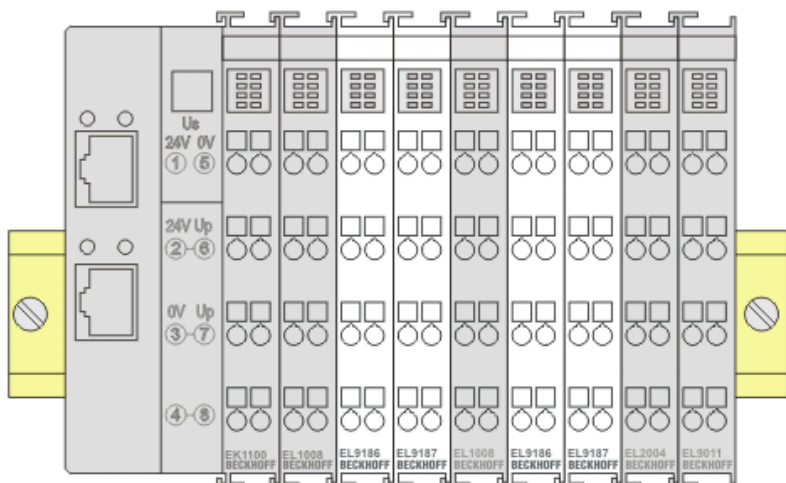
5.8 无通讯模块的安装位置

● 关于总线端子 I/O 站中无通讯模块安装位置的提示

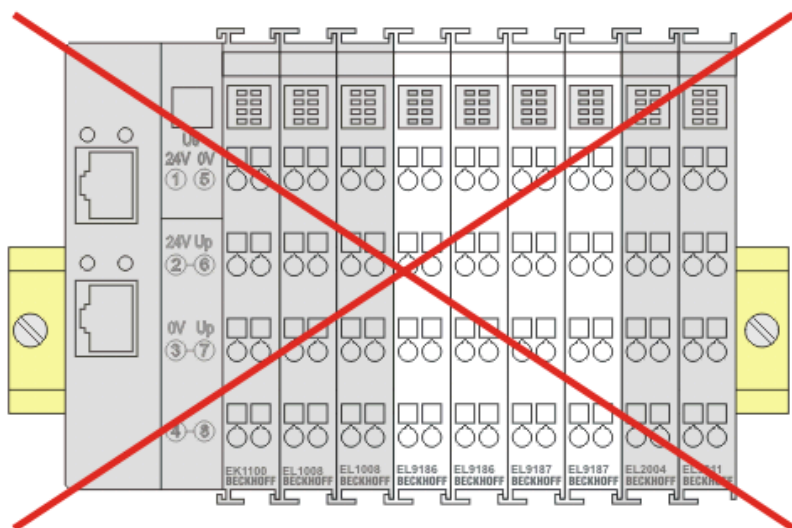
i 那些在总线端子 I/O 站中不参与数据传输的 EtherCAT 端子模块，即所谓的无通讯模块。无通讯模块不消耗 E-Bus 的电流。

为了确保最佳的数据传输，不能直接把超过两个的无通讯模块连续并列装在一起！

无通讯模块安装位置示例（高亮显示）



附图 31: 正确的安装位置



附图 32: 错误的安装位置

5.9 接线

5.9.1 接线系统

⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，请将总线端子模块系统带入一个安全的、断电的状态！

概述

总线端子模块系统提供不同的连接方式，以便根据各个具体的应用场合进行最佳选择：

- ELxxxx 和 KLxxxx 系列，带标准接线端子模块的外壳中集成了各种电子元件和接线装置。
- ESxxxx 和 KSxxxx 系列，具有可插拔的接线座，并能在模块更换时避免拆除和重新接线。
- High Density Terminals 高密度端子模块（HD 端子模块），在一个外壳中集成了各种电子元件和接线装置，具有较高的封装密度。

标准接线 (ELxxxx / KLxxxx)



附图 33: 标准接线

ELxxxx 和 KLxxxx 系列端子模块经过多年的使用和测试。特征是集成了免螺钉弹簧动力技术，可以快速和简单地接线。

可插拔接线 (ESxxxx / KSxxxx)



附图 34: 可插拔接线

ESxxxx 和 KSxxxx 系列端子模块的特征是具有一个可插拔的接线座。组装和接线过程与 ELxxxx 和 KLxxxx 系列相同。可插拔的接线座使得维护时可以把全部接线作为一个插拔连接器从外壳顶部拆卸下来。通过拉动解锁片，可以将模块下半部从 I/O 站中拆出来。装入新的组件并插入带接线的连接器。这样一来，可大大减少安装时间，避免接线错误。

常见端子模块的尺寸只有一点点变动。新的接线座在深度方向增加了约 3 mm。而端子模块的最大高度仍保持不变。

电缆的固定环可简化很多应用中的装配工作，防止在拆除接线座时发生连接线缠结在一起的现象。

截面积为 0.08 mm^2 至 2.5 mm^2 之间的导线仍采用弹簧连接技术。

ESxxxx 和 KSxxxx 系列整体保留了 ELxxxx 和 KLxxxx 系列产品的命名。

高密度端子模块 (HD 端子模块)



附图 35: 高密度端子模块

该系列端子模块有 16/32 个接线点，特点是设计特别紧凑，因为其封装密度是标准 12 毫米模块的两倍。大线径导线和带管型端子的导线可以直接插入弹簧式接线点，不需要工具。



高密度端子模块的接线

ELx8xx 和 KLx8xx 系列高密度端子模块不支持可插拔式接线。

超声“粘合” (超声焊接) 导线



超声“粘合”导线

标准模块和高密度端子模块也可以使用超声“粘合”（超声焊接）导体来接线。此时请注意以下有关导线尺寸宽度 [► 59] 的表格！

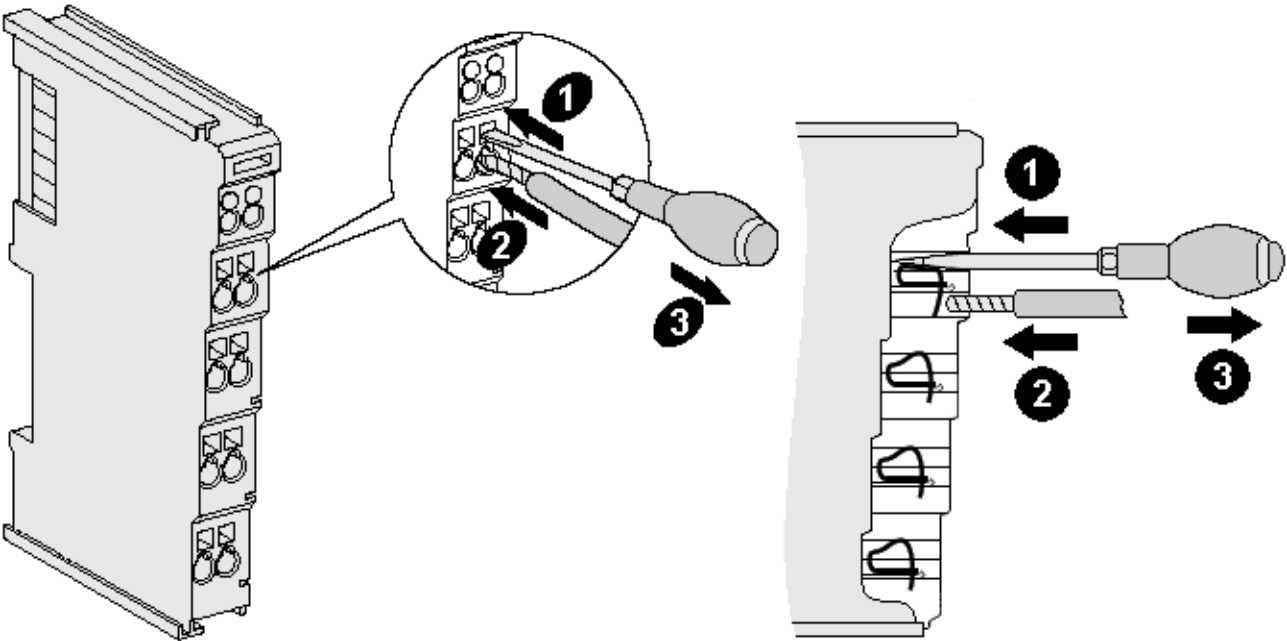
5.9.2 接线

⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或连接总线端子模块之前，请将总线端子模块系统带入一个安全的、断电的状态！

用于标准接线的端子模块 ELxxxx/KLxxxx 和用于可插拔接线的端子模块 ESxxxx/KSxxxx



附图 36: 在一个接线点上连接线缆

总线模块上最多提供 8 个接线点，用于连接单芯线缆或细绞线。接线点采用弹簧动力技术。按以下方式连接导线：

1. 将螺丝刀插入接线点上方的方形开口，一直插到底，使接线点张开。螺丝刀不要转动或上下移动（不要撬动）。
2. 然后将导线插入端子模块的圆形开口，不需要用力。
3. 拔出螺丝刀，接线点会自动闭合，永久地牢牢固定住接线。

端子模块适合的导线规格见下表。

端子模块外壳	ELxxxx, KLxxxx	ESxxxx, KSxxxx
导线规格（单芯线）	0.08 ... 2.5 mm ²	0.08 ... 2.5 mm ²
导线规格（细导线）	0.08 ... 2.5 mm ²	0.08 ... 2.5 mm ²
导线规格（带管型端子的导线）	0.14 ... 1.5 mm ²	0.14 ... 1.5 mm ²
剥线长度	8 ... 9 mm	9 ... 10 mm

高密度端子模块 (HD Terminals [► 57]) 有 16/32 个接线点

如果是单芯导线，则 HD 端子模块的接线采用直接插入的方式，不需要工具，即剥线后只需将其插入接线点。需要松开导线时，也像标准模块一样，用螺丝刀插入接线点上方的方形开口，直插到底，即可拔出电缆。端子模块适合的导线规格见下表。

端子模块外壳	高密度外壳
导线规格 (单芯线)	0.08 ... 1.5 mm ²
导线规格 (细导线)	0.25 ... 1.5 mm ²
导线规格 (带管型端子的导线)	0.14 ... 0.75 mm ²
导线规格 (超声“粘合”导线)	仅 1.5 mm ² (见注意事项 [► 57])
剥线长度	8 ... 9 mm

5.9.3 屏蔽



屏蔽
编码器、模拟量传感器和执行器的接线应当始终使用屏蔽双绞线。

5.10 注意事项 - 电源

警告

从 SELV/PELV 电源单元供电！

必须使用符合 IEC 61010-2-201 的 SELV/PELV 电路（安全超低电压 Safety Extra Low Voltage，保护超低电压 Protective Extra Low Voltage）为本设备供电。

注意事项：

- SELV/PELV 电路可能会引起 IEC 60204-1 等标准的进一步要求，例如关于电缆间距和绝缘。
- SELV（安全超低电压）电源提供安全的电气隔离和电压限制，而不需要连接到保护导体，PELV（保护性超低电压）电源也需要安全连接到保护导体。

5.11 处理



标有带叉轮式垃圾桶的产品不得与普通垃圾一起丢弃。该设备被认为是废弃的电气和电子设备。必须遵守国家对废弃电气和电子设备的处理规定。

6 调试

6.1 TwinCAT 快速入门

TwinCAT 是实时（real-time）控制器的开发环境，包括多 PLC 系统、NC 轴控制系统的编程和操作。通过 TwinCAT 可以进行整个系统的映射，并能够访问控制器的编程环境（包括编译）。也可以直接读取或写入单个数字量/模拟量的输入或输出，例如为了验证其功能。

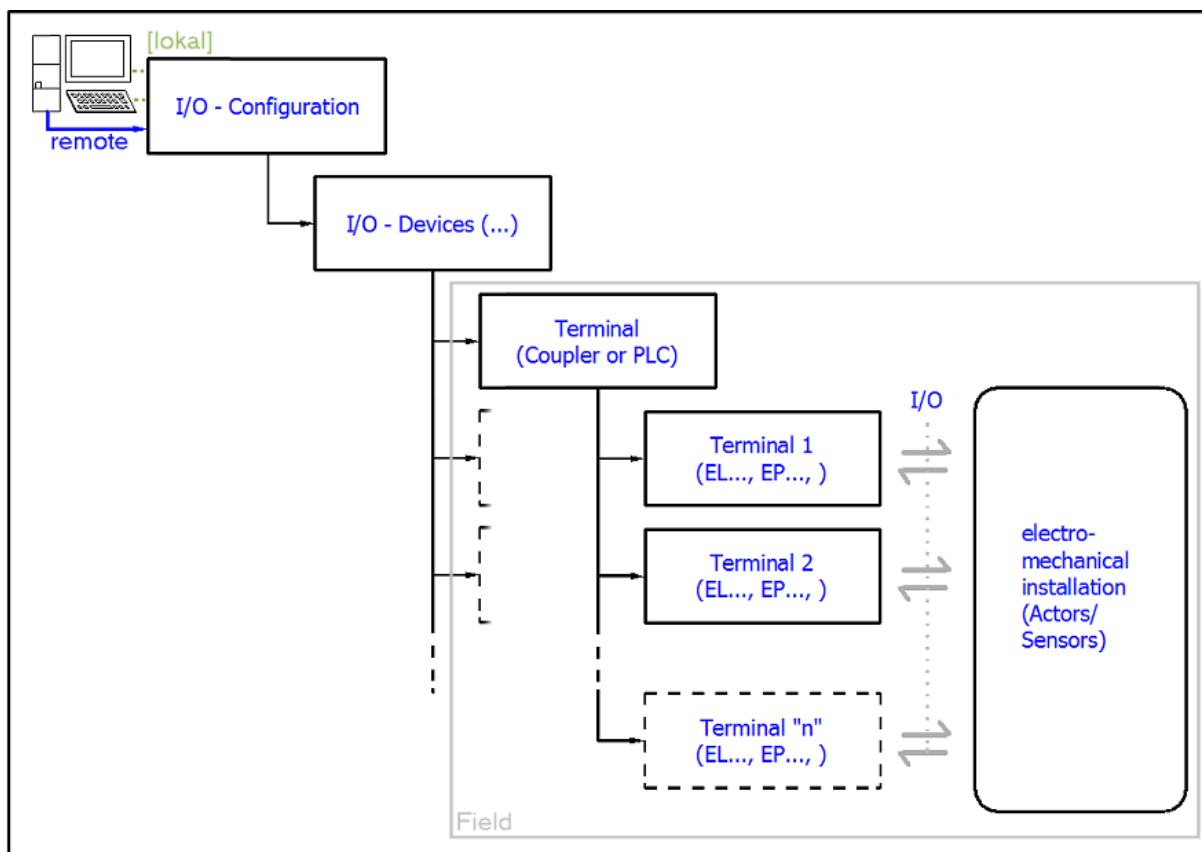
更多信息请参考 <http://infosys.beckhoff.com>：

- **EtherCAT 系统手册：**
Fieldbus Components → EtherCAT Terminals → EtherCAT System Documentation → Setup in the TwinCAT System Manager
- **TwinCAT 2** → TwinCAT System Manager → I/O Configuration
- 特别是 TwinCAT 驱动程序的安装：
Fieldbus components → Fieldbus Cards and Switches → FC900x – PCI Cards for Ethernet → Installation

Devices 下包含了实际配置的相关端子模块。所有配置数据的输入可以直接通过编辑功能（离线）或通过“扫描（Scan）”功能（在线）：

- **“offline”**：通过添加和放置单个组件来自定义配置，可以从一个目录中选择并配置。
 - 关于离线模式的步骤，请参见 <http://infosys.beckhoff.com>：
TwinCAT 2 → TwinCAT System Manager → IO Configuration → Add an I/O device
- **“online”**：读取现有的硬件配置
 - 另请参见 <http://infosys.beckhoff.com>：
Fieldbus components → Fieldbus Cards and Switches → FC900x – PCI Cards for Ethernet → Installation → Searching for devices

从用户的配置电脑到控制器及下属组件的层次关系如下：



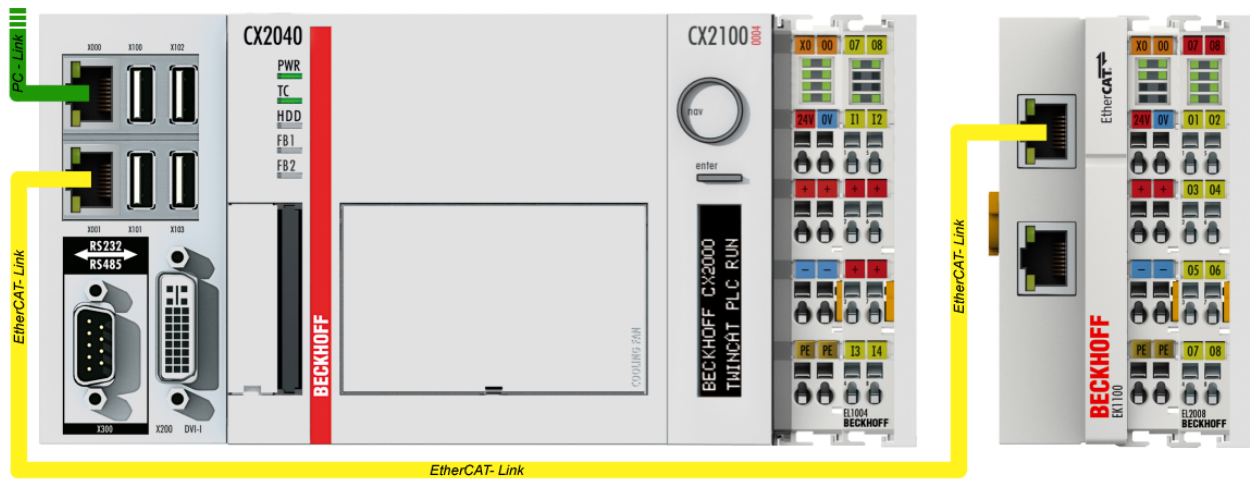
附图 37: 用户侧（调试）和实际安装组件之间的关系

在 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 中，用户插入某些组件（I/O device, terminal, box...）的方式相同。下列描述仅涉及在线操作过程。

配置示例（实际配置）

基于下面的配置示例，后面的小节描述了 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 的操作过程：

- **CX2040** 控制系统（PLC）包括 **CX2100-0004** 电源单元
- 连接到 CX2040 的右边（E-bus）：
EL1004（4 通道数字量输入端子模块 24 V DC）
- 通过 X001 端口（RJ-45）连接：**EK1100** EtherCAT 耦合器
- 连接到 EK1100 EtherCAT 耦合器的右边（E-bus）：
EL2008（8 通道数字量输出端子模块 24 V DC；0.5 A）
- （X000 可选连接外部 PC，提供用户接口）



附图 38: 系统配置，含嵌入式控制器、输入（EL1004）和输出（EL2008）

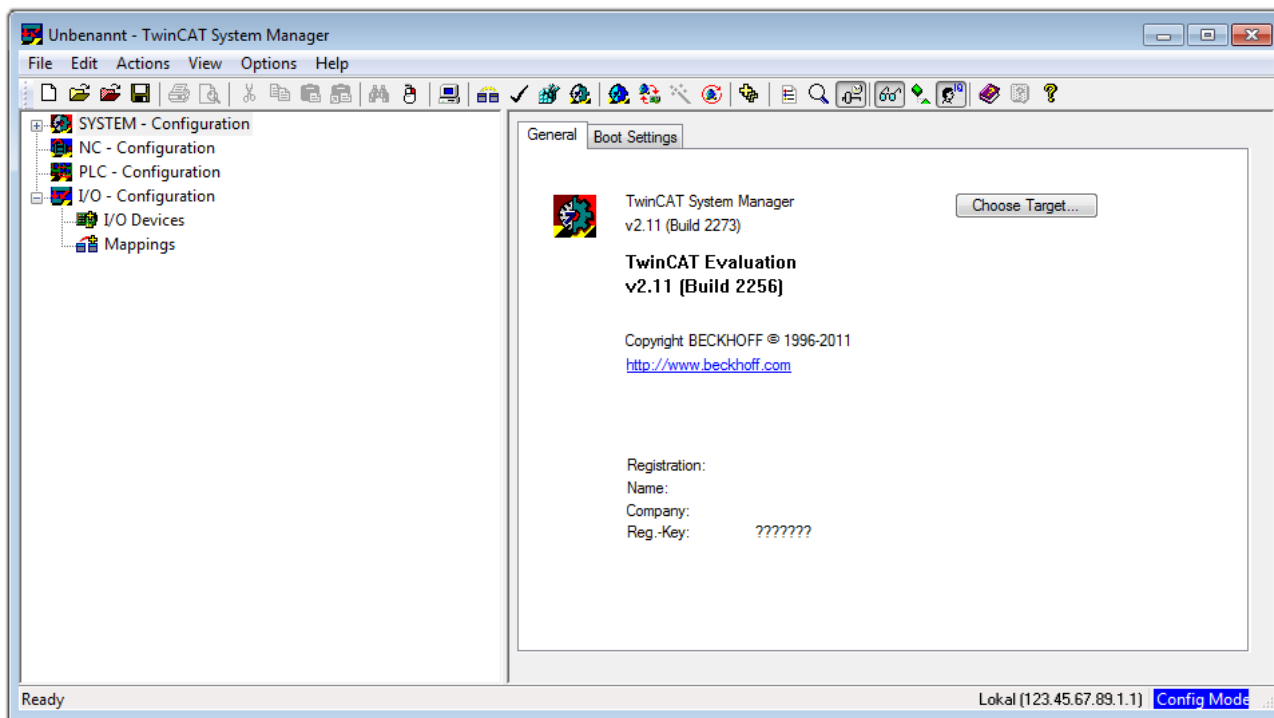
请注意，一个配置可能有多个任意组合；例如，EL1004 端子模块可以接在耦合器之后，或者 EL2008 端子模块可以附加到 CX2040 的右侧而无须 EK1100 耦合器。

6.1.1 TwinCAT 2

启动

TwinCAT 2 有两个用户界面：TwinCAT System Manager 用于硬件配置；TwinCAT PLC Control 用于控制程序的开发和编译。项目开发通常从 TwinCAT System Manager 开始。

在开发 PC 上成功安装 TwinCAT 系统后，启动 TwinCAT 2 System Manager，显示用户界面如下：



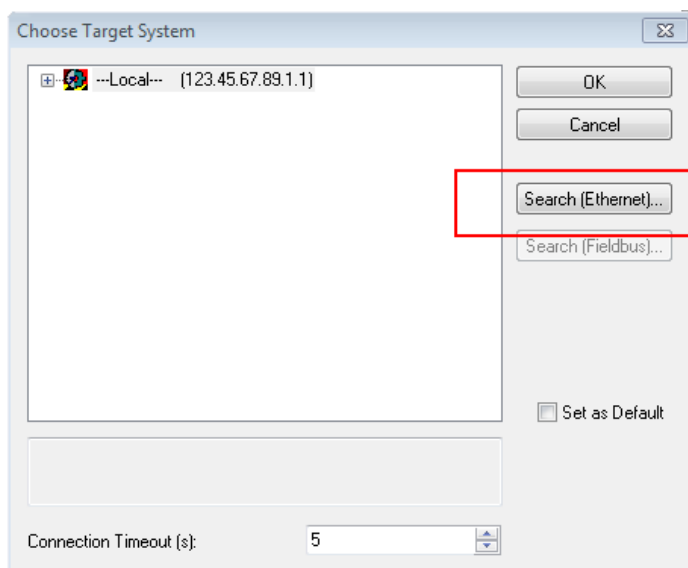
附图 39: TwinCAT 2 的初始用户界面

一般来说，TwinCAT 可以工作在本地或远程模式。如果目标 PLC 上安装了 TwinCAT 系统（含用户界面的标准开发环境），TwinCAT 就可以工作在本地模式。这种情况下，下一个步骤是“Insert Device（插入设备） [► 67]”。

如果要从 TwinCAT 开发环境连接到另一个安装在远程 PLC 上的 TwinCAT Runtime 运行环境，就得先识别到 Target System(目标系统)。在菜单中的“Actions(行动)”→“Choose Target System...”项下，通过符号



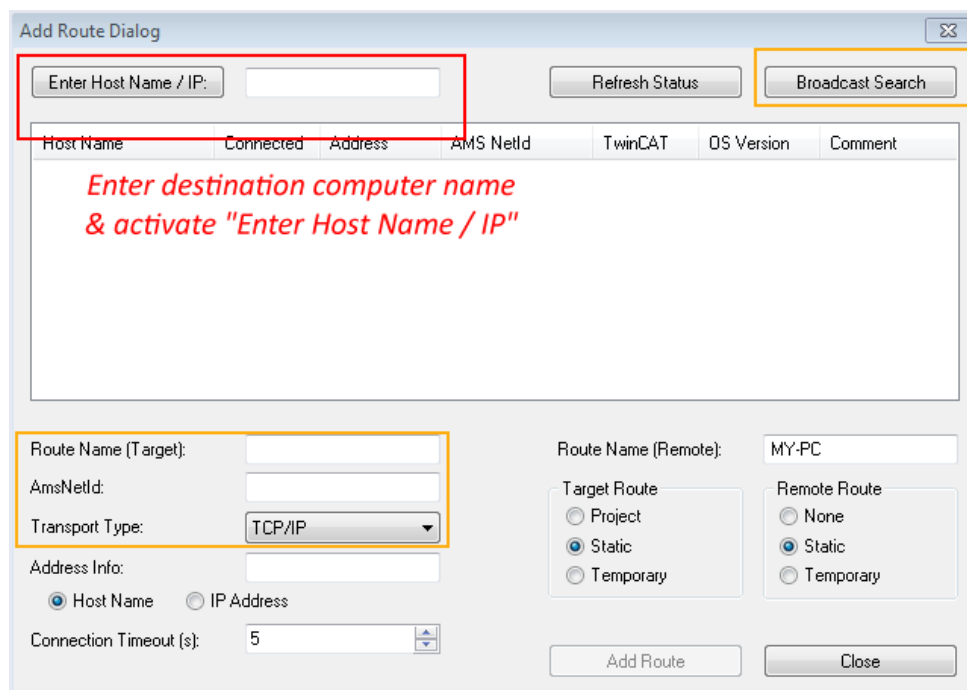
“ ” 或“F8”键，打开以下窗口：



附图 40: 选择目标系统

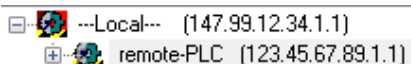
使用“Search (Ethernet)...”进入目标系统。弹出下一个对话框，在此可以选择：

- 在“Ether Host Name/IP: (输入主机名称/IP)”处输入已知的计算机名称（如红框所示）
- 执行“Broadcast Search (广播搜索)”（如果不知道确切的计算机名称）
- 输入已知的控制器 IP 或 AmsNetID



附图 41: 指定通过 TwinCAT System Manager 访问的 PLC：选择目标系统

进入目标系统后，就可以选择以下方式（可能需要输入正确密码）：



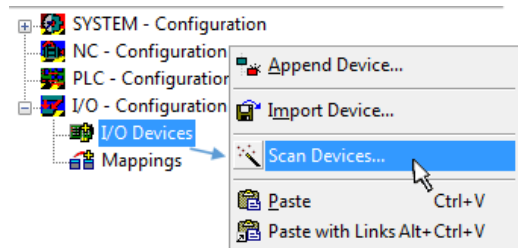
按“OK”确认，就可以通过 TwinCAT System Manager 访问目标系统。

添加设备

在 TwinCAT 2 System Manager 用户界面左侧的配置树中，选择 “I/O Devices”，然后右键单击，打开右键

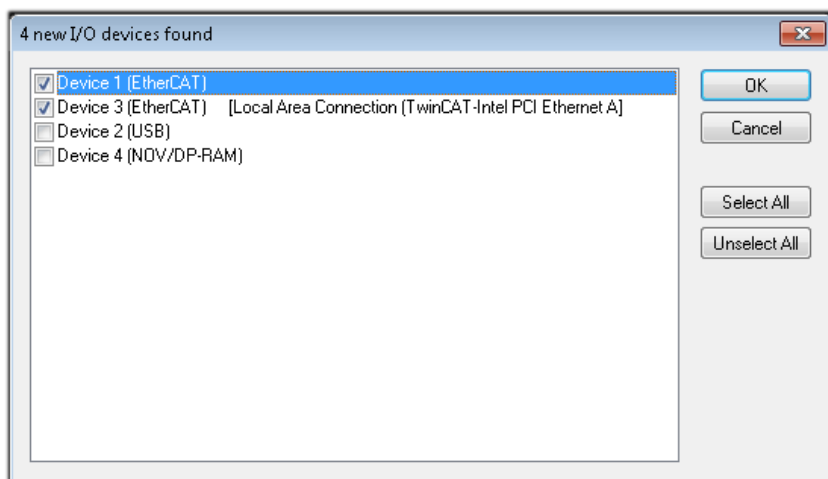
菜单，选择 “Scan Devices...”，或者通过  在菜单栏中启动该操作。首先，可能需要点击  或通过菜单

“Actions” → “Set/Reset TwinCAT Config Mode...” TwinCAT System Manager（Shift + F4）将 TwinCAT System Manager 设置为 “Config Mode(配置模式)”。



附图 42: 选择 “Scan Devices...”

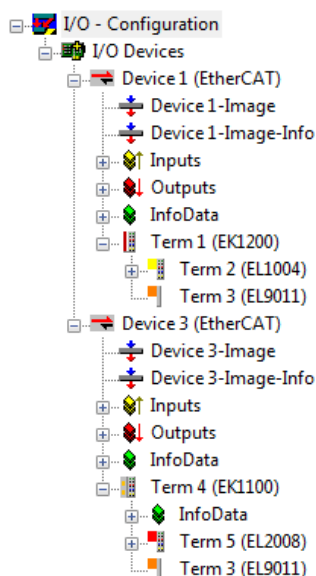
确认接下来的警告信息，并在对话框中选择 “EtherCAT” 设备：



附图 43: 自动检测 I/O 设备：选择要集成的设备

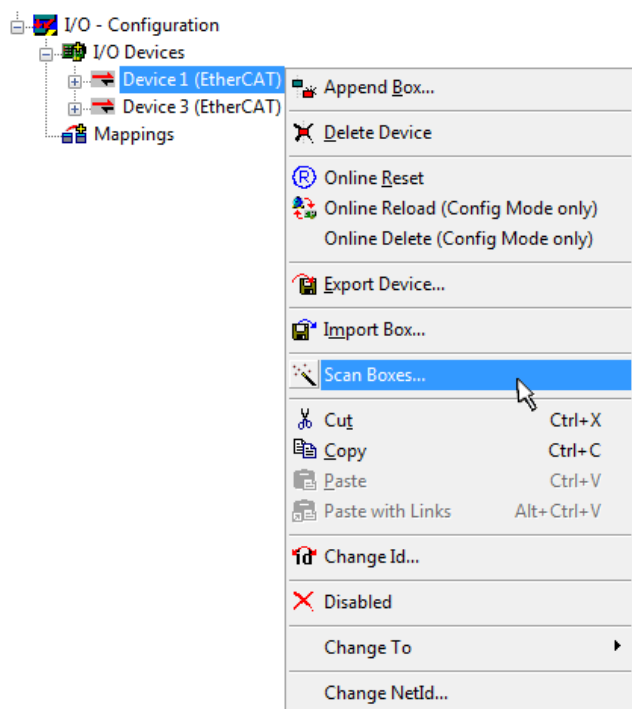
确认 “Find new boxes” 信息，以确定连接到设备的端子模块。“Free Run” 自由运行功能允许在 “Config Mode” 配置模式下操作输入和输出值，这个功能也需要确认才能启用。

根据本节开头描述的示例配置 [► 63]，结果如下：



附图 44: TwinCAT 2 System Manager 中的配置映射

上述整个过程包括两个步骤，可以独立进行（首先确定设备，然后确定每个设备连接的元件，如端子盒、端子模块等）。此外，也可以从“Device...”的右键菜单中选择“Scan Box”（搜索功能），读取目标设备 Device 下面连接的元件（从站）：



附图 45: 读取连接到 Device 的各个端子模块

这可功能可以用于快速发现实际配置的变动。

PLC 的编程和集成

TwinCAT PLC Control 开发环境可以用不同的语言创建控制程序：TwinCAT PLC Control 支持 IEC 61131-3 中描述的所有 5 种语言：包括两种基于文本的语言和三种图形化的语言：

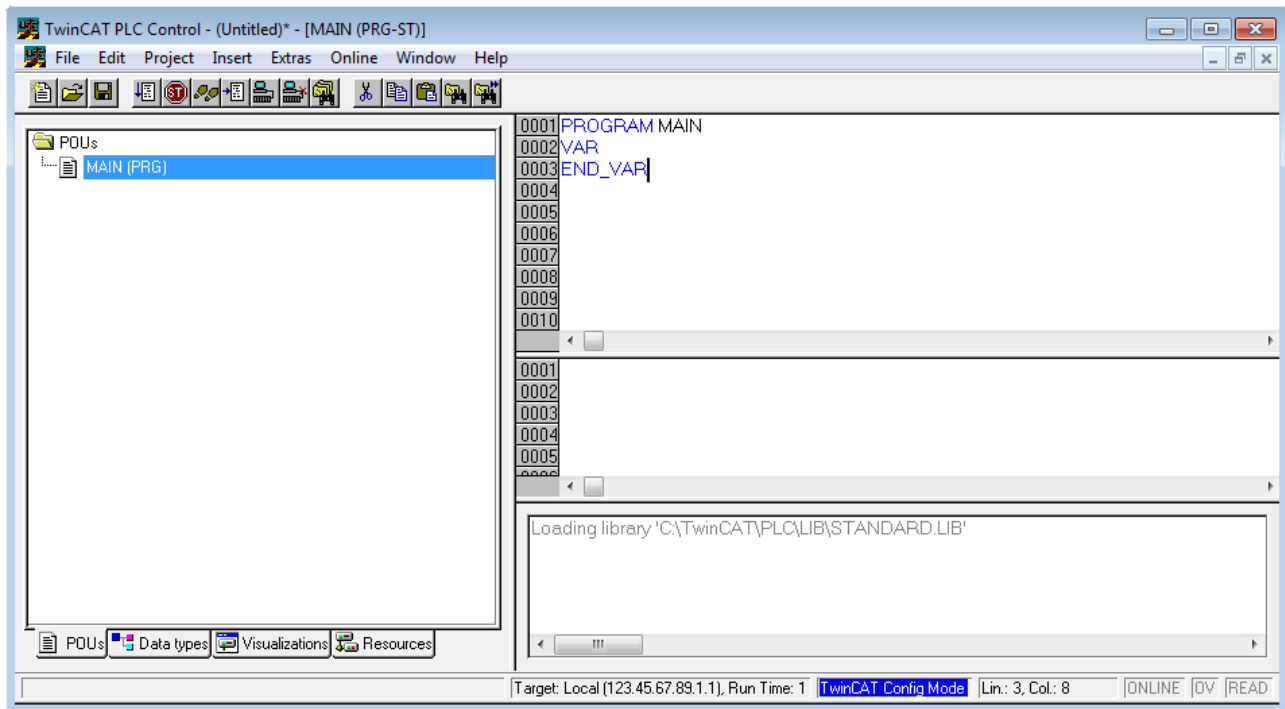
- 基于文本的语言
 - 指令表 (IL)
 - 结构化文本 (ST)

- 图形化语言

- 功能块图 (FBD)
- 梯形图 (LD)
- 连续功能块图 (CFC)
- 顺序流程功能图 (SFC)

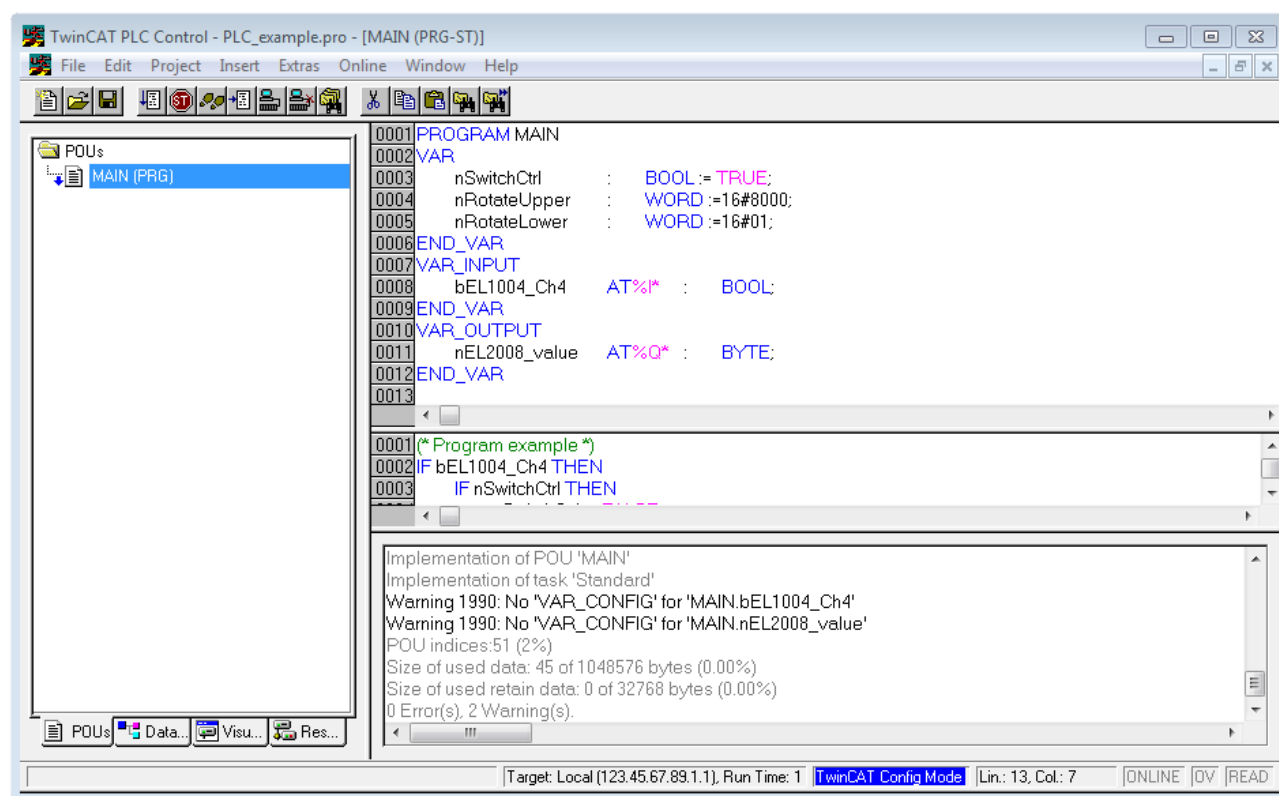
下面的内容只用到结构化文本 (ST) 。

启动 TwinCAT PLC Control 后, 新建一个项目, 显示以下用户界面:



附图 46: 刚启动的 TwinCAT PLC Control

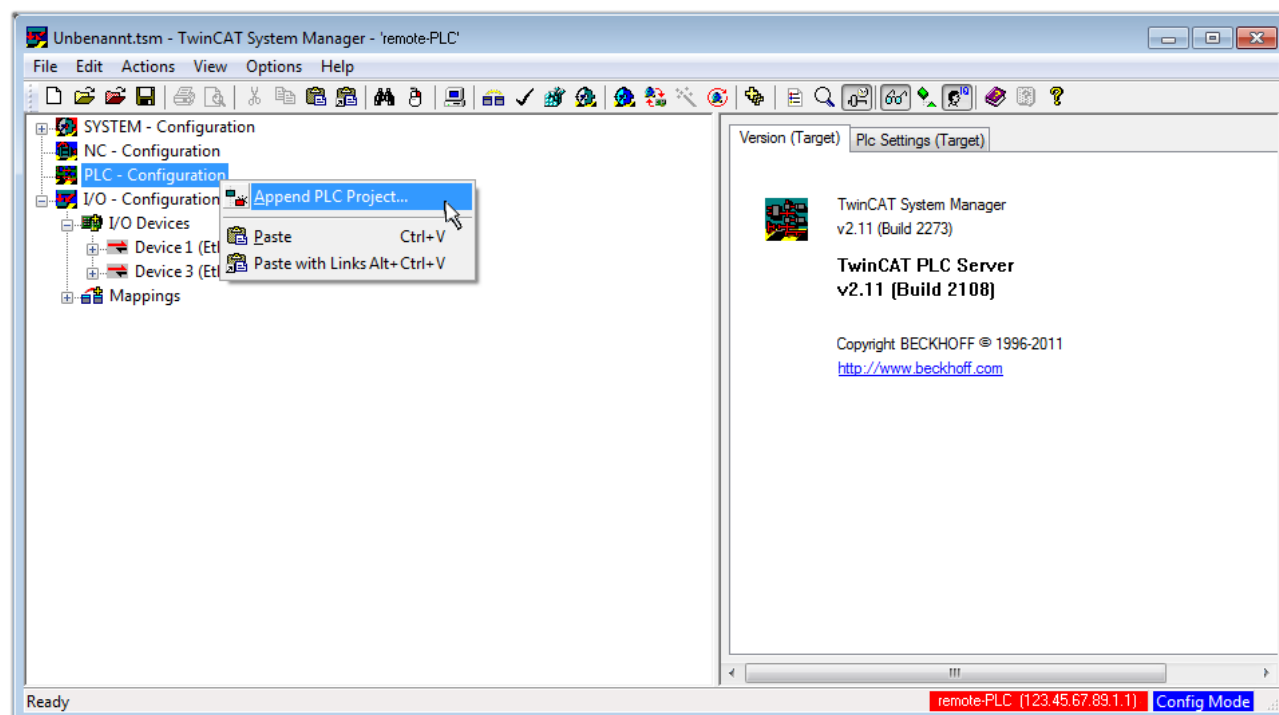
在示例项目中创建变量和程序, 并保存为名称 “PLC_example.pro” :



附图 47: 示例程序编译后，包含未分配地址的变量

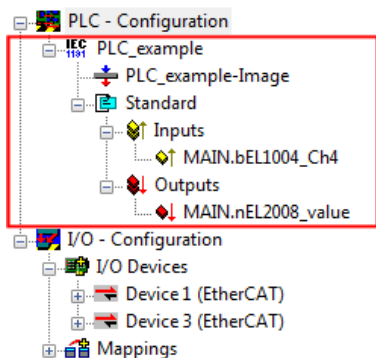
编译过程后的警告 Warning 1990 (missing “VAR_CONFIG”), 表示定义的外部变量 (含标志符 “AT%I*” 或 “AT%Q*”) 还没有分配地址。编译成功后, TwinCAT PLC Control 会在项目路径下创建一个 “*.tpy” 文件, 该文件包含了指定的 IO 变量, 但 System Manager 还没有为其分配地址, 因此出现了警告。只要在 System Manager 中引入该 .tpy 文件并保存, 再次编译时警告就不会再出现了。

首先, 在 **System Manager** 中导入 TwinCAT PLC Control 项目。从 PLC configuration 的右键菜单 (右击) 选择 “Append PLC Project...”:



附图 48: 添加 TwinCAT PLC Control 项目

在弹出的浏览窗口中选择 PLC 配置文件 “PLC_example.tpy”。这样 System Manager 的 System configuration 中就集成进了这个 PLC 项目，其中包含两个用 “AT” 标识的变量：

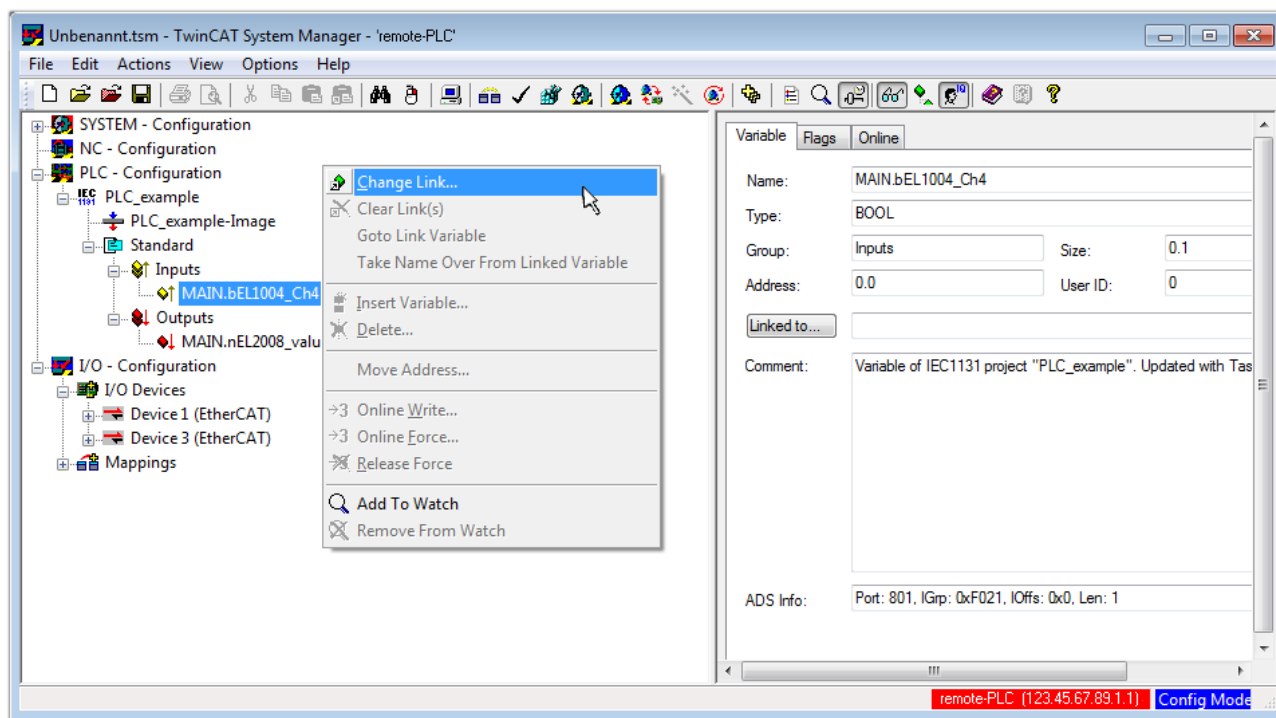


附图 49: 在 System Manager 的 PLC Configuration 下导入 PLC 项目

现在可以将两个变量 “bEL1004_Ch4” 和 “nEL2008_value” 分配给 I/O configuration 下的某些过程对象了。

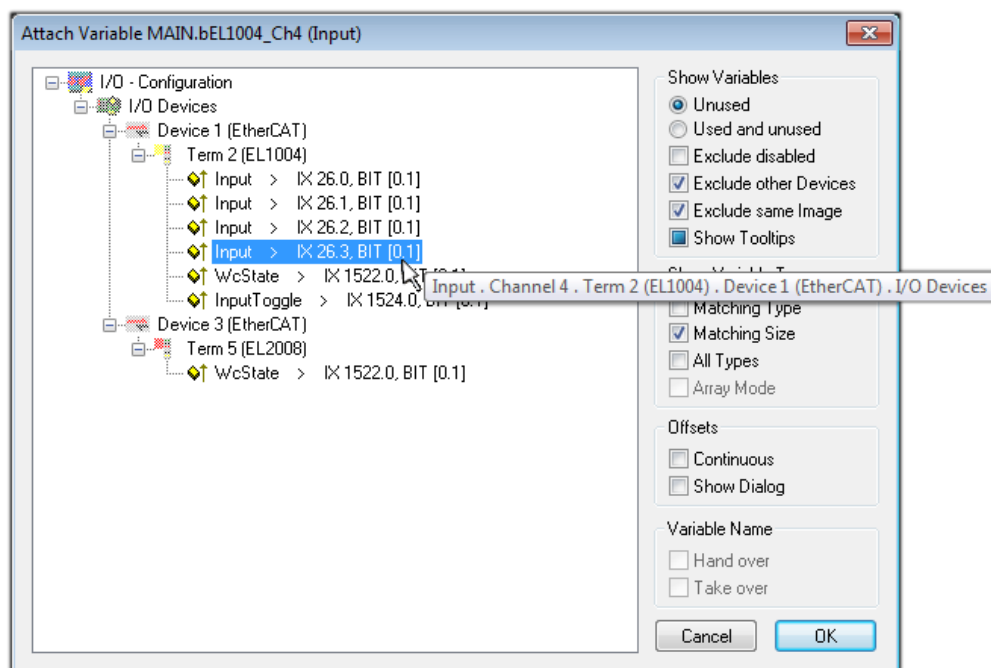
变量分配

通过集成的 “PLC_example” 项目中某个变量的右键菜单 “Change Link...” 打开一个窗口，选择合适的过程对象（PDO） “Standard”：



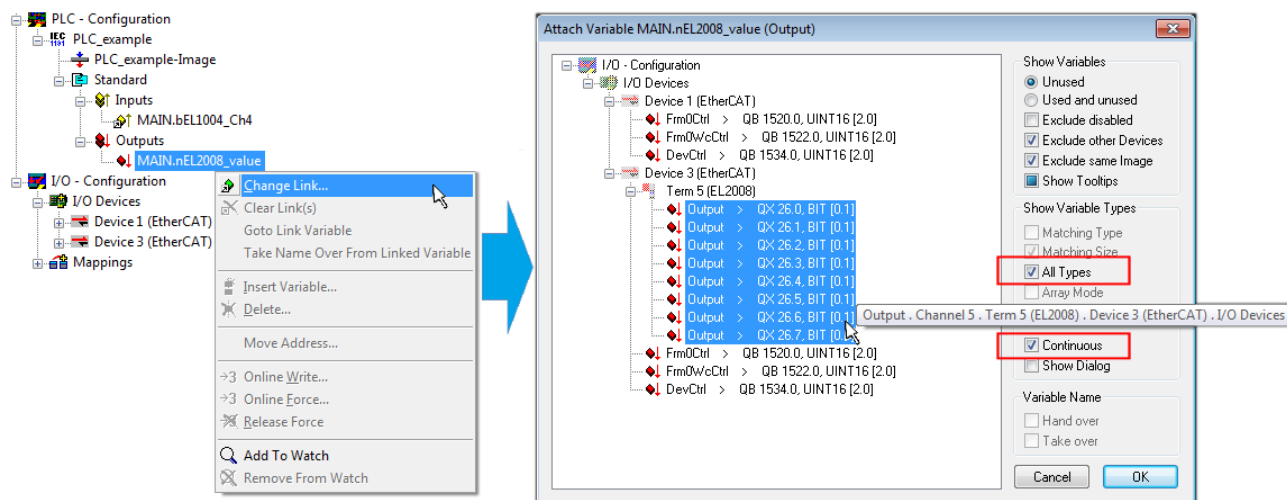
附图 50: 在 PLC 变量和过程对象之间建立链接

在弹出的窗口中，可以为 PLC configuration 中的 BOOL 类型变量 “bEL1004_Ch4” 选择过程对象：

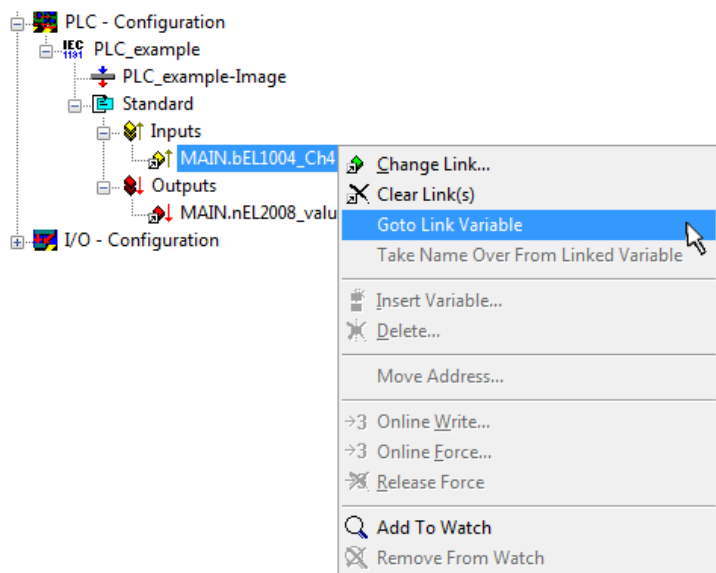


附图 51: 选择 BOOL 类型的 PDO

根据默认设置，只有部分PDO 对象可供选择。本例中，选择 EL1004 端子模块的通道 4 的 input 用于链接。否则，如果要为一个输出的字节变量分配一组八个独立的输出位，那么在创建链接时，必须勾选“**All types**”复选框。下图显示整个过程：

附图 52: 同时选择几个 PDO：勾选“Continuous”和“**All types**”

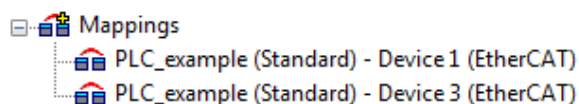
请注意，“Continuous”复选框也要勾选。这种设计旨在将变量“nEL2008_value”的字节中包含的位按顺序分配给 EL2008 端子模块的所有八个选定的输出位。这样就可以在 PLC 程序中用一个字节对应端子模块的所有 8 个输出，字节的第 0 到 7 位分别对应模块的第 1 到 8 通道。在变量的黄色或红色对象处有一个特殊符号（），表示变量已链接。也可以通过从变量的右键菜单中选择“Goto Link Variable（转到链接变量）”来检查链接。此时，链接的对方（在这种情况下是 PDO）被自动选中：



附图 53: “Goto Link Variable” 的应用，以 “MAIN.bEL1004_Ch4” 为例

为 PDO 分配变量的过程通过菜单选项 “Actions” → “Create assignment” 或者通过  来完成。

在配置文件中可以直观地查看变量的分配结果：



建立链接的过程也可以反向进行，即从 PDO 链接到变量。但在本例中，不可能为 EL2008 选择所有输出位，因为这个端子模块只提供单个数字量输出。如果一个端子模块有一个 byte, word, int 之类的 PDO，就有可能为其分配一套标准位宽的变量。在这里，“Goto Link Variable” 也可以反向执行，以选择相应的 PLC 实例。

激活配置

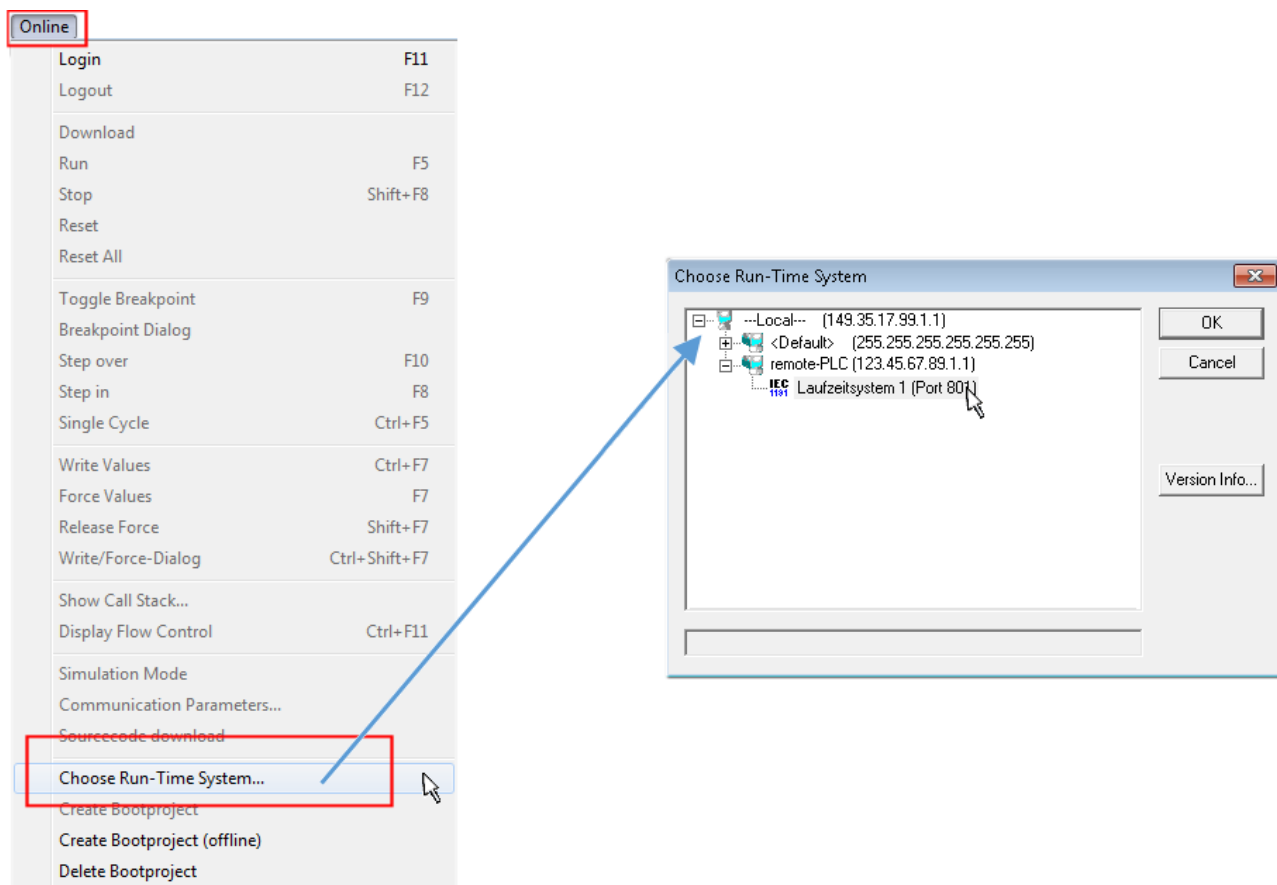
PDO 到 PLC 变量的分配过程建立了从控制器到端子模块的输入和输出的连接。下面激活该配置。首先，可以

通过  （或通过 “Actions” → “Check Configuration”）来检查配置。如果没有错误，可以通过  （或通过 “Actions” → “Activate Configuration”）激活配置，将 System Manager 的设置传输至 TwinCAT runtime 系统。确认此时弹出的信息 “Old configurations will be overwritten!”（以前的配置将被覆盖）点击 “OK” 按钮，确认 “Restart TwinCAT system in Run mode（重启 TwinCAT 系统至运行模式）”。

几秒钟后，TwinCAT real-time（实时核）的状态 **RTime 0%** 显示在 TwinCAT System Manager 的右下方。这样就可以按以下方法启动 PLC 系统了。

启动控制器

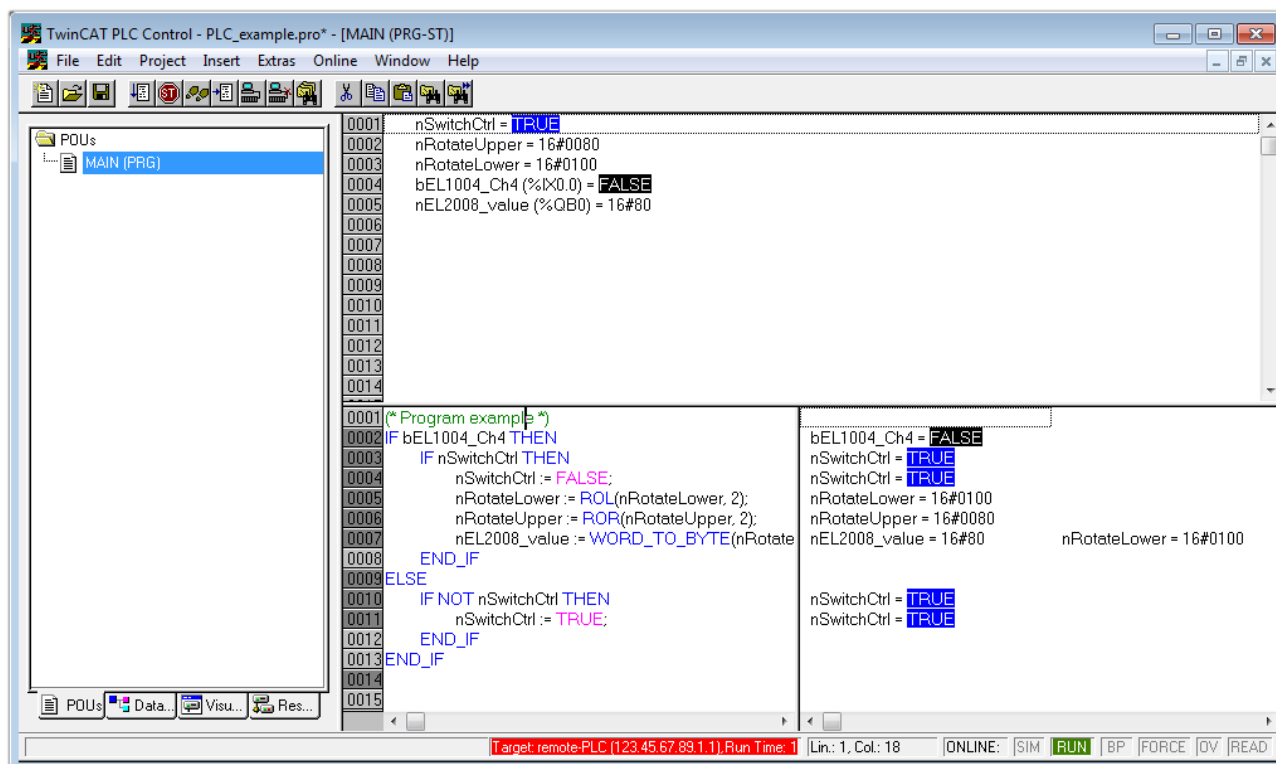
从远程系统操作控制器，必须先在 PLC Control 中通过菜单 “Online” → “Choose Runtime System...”，以便连接到 IPC/EPC：



附图 54: 选择目标系统（远程）

在此例中，选择了“Runtime system 1 (port 801)”并确认。通过菜单选项“Online”→“Login”，F11 键

或通过点击符号 ，将 PLC 与 TwinCAT real-time 实时系统链接起来。然后就可以加载控制程序并运行。系统弹出信息“No program on the controller! Should the new program be loaded?”，应点击“Yes”确认。TwinCAT runtime 运行环境已经做好程序启动的准备：



附图 55: PLC Control 登录，做好程序启动准备

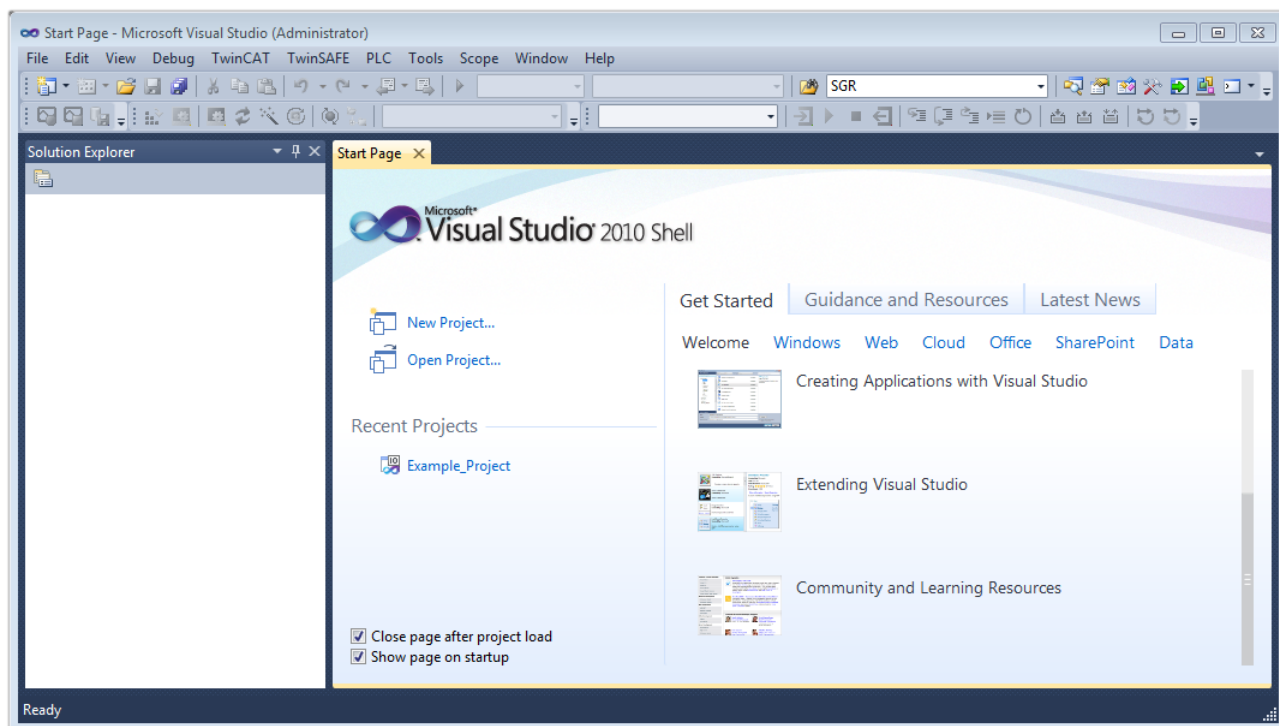
然后就可以通过“Online” → “Run”，F5 键或  启动 PLC。

6.1.2 TwinCAT 3

启动

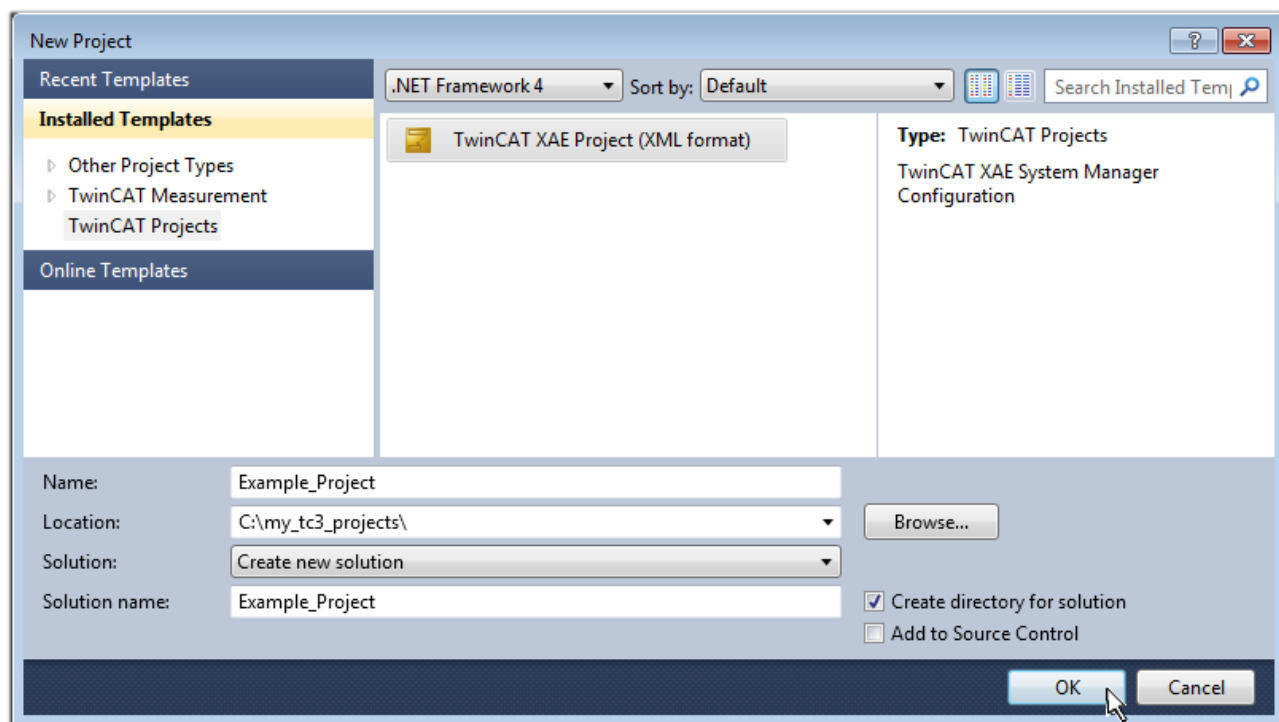
TwinCAT 3 集成于 Microsoft Visual Studio，所有功能都包含在一个开发环境中：启动后，项目文件浏览器显示在通用窗口区域的左侧（参见 TwinCAT 2 的“TwinCAT System Manager”），用于与电气组件进行通信。

用于开发的 PC 上成功安装 TwinCAT 系统后，TwinCAT 3 (shell) 在启动后显示以下用户界面：



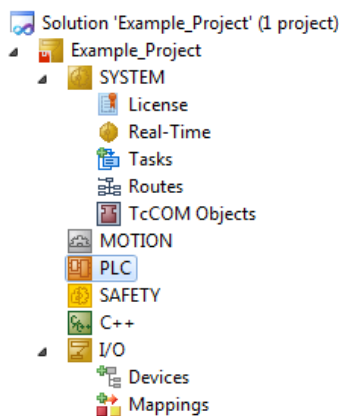
附图 56: TwinCAT 3 的初始用户界面

首先通过  **New TwinCAT Project...**（或“File” → “New” → “Project...”）创建一个新项目。在下面的对话框中，输入需要的信息（如图所示）：



附图 57: 新建 TwinCAT 3 项目

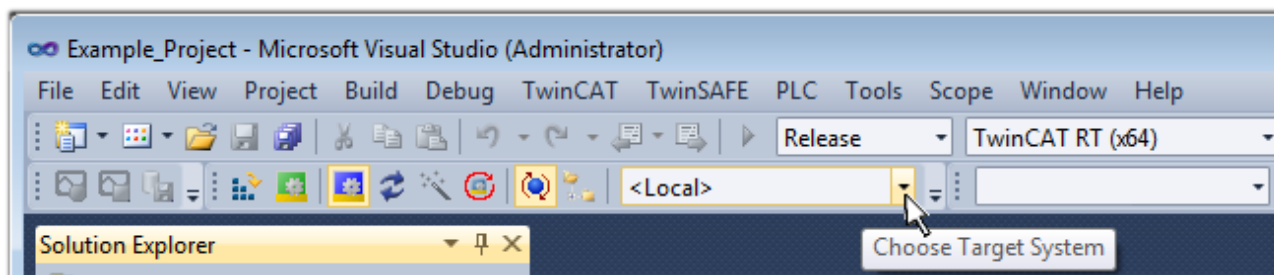
然后，在项目文件浏览器中就会显示新建的项目：



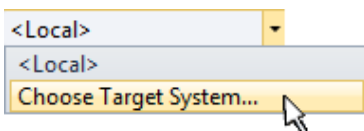
附图 58: 项目文件浏览器中的 TwinCAT 3 新建项目

一般来说, TwinCAT 可以工作在本地或远程模式。如果 TwinCAT 系统(包括标准的用户开发界面)安装在相应的 PLC 上(本地), TwinCAT 就可以在本地模式下使用, 这种情况下, 可以执行下一个步骤“[Insert Device](#) [► 78]”。

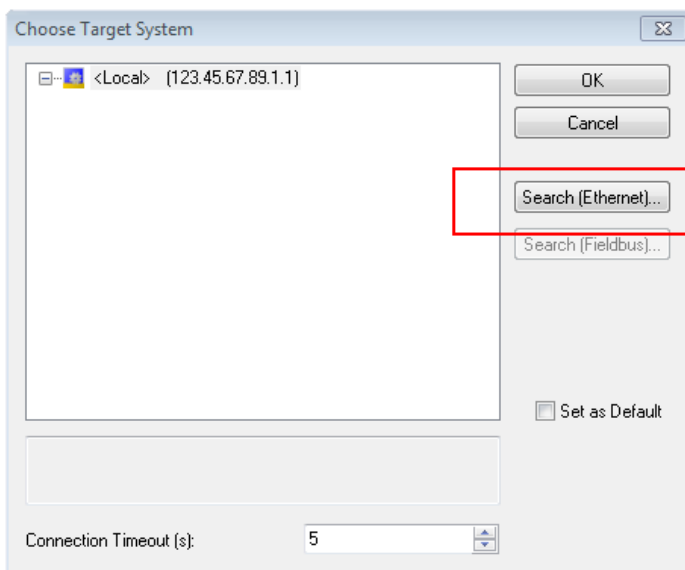
如果要从 TwinCAT 开发环境连接到另一个安装在远程 PLC 上的 TwinCAT Runtime 运行环境, 就得先识别到 Target System(目标系统)。通过菜单栏中的符号:



展开下拉菜单:



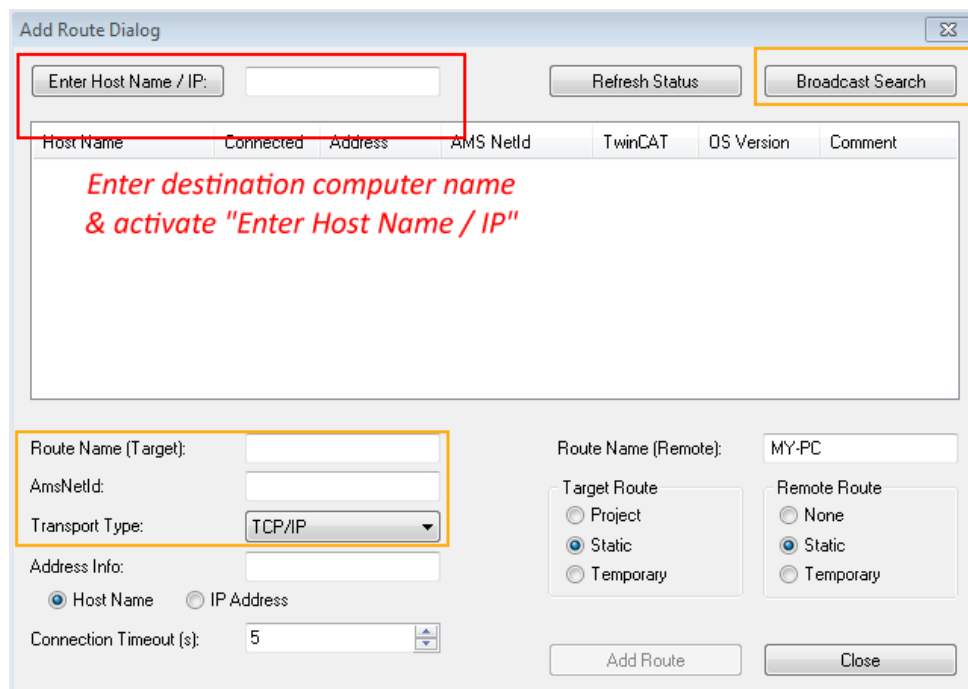
并打开以下窗口:



附图 59: 选择对话框: Choose the target system

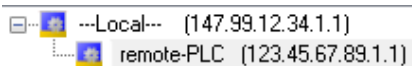
使用“Search (Ethernet)...”进入目标系统。弹出下一个对话框，在此可以选择：

- 在“Ether Host Name/IP: (输入主机名称/IP)”处输入已知的计算机名称（如红框所示）
- 执行“Broadcast Search (广播搜索)”（如果不知道确切的计算机名称）
- 输入已知的控制器 IP 或 AmsNetID



附图 60: 指定通过 TwinCAT System Manager 访问的 PLC：选择目标系统

进入目标系统后，按以下方式进行选择（可能需要输入正确密码）：



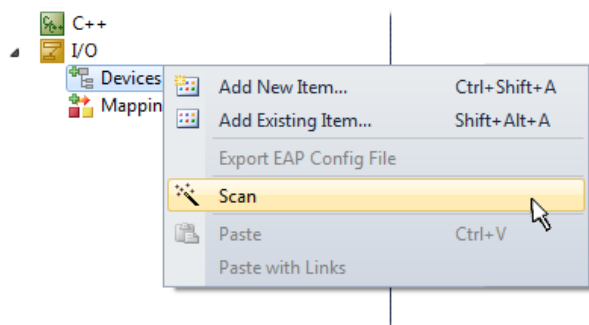
点击“OK”按钮确认，就可以通过 Visual Studio shell 访问目标系统。

添加设备

在 Visual Studio shell 用户界面左侧的项目文件浏览器中，选择“I/O”节点下的“Device”，然后右键单击

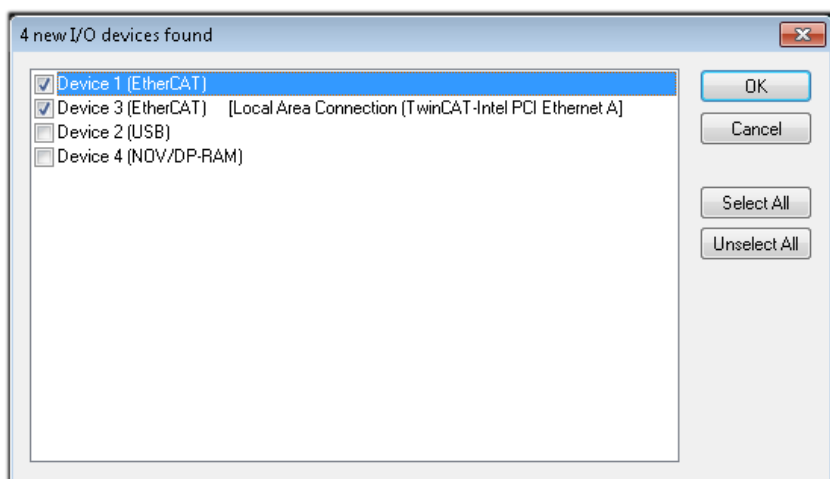
打开右键菜单，选择“Scan”或通过菜单栏中的  开始操作。首先，TwinCAT System Manager 可能需

要通过  或通过菜单“TwinCAT”→“Restart TwinCAT (Config Mode)”设置成“Config Mode”。



附图 61: 选择“Scan(扫描)”

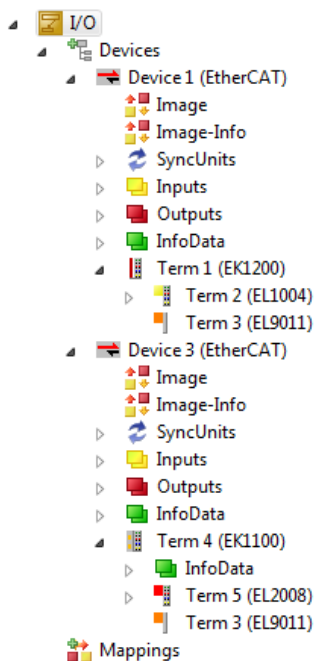
确认接下来的警告信息，并在对话框中选择“EtherCAT”设备：



附图 62: 自动检测 I/O 设备：选择要集成的设备

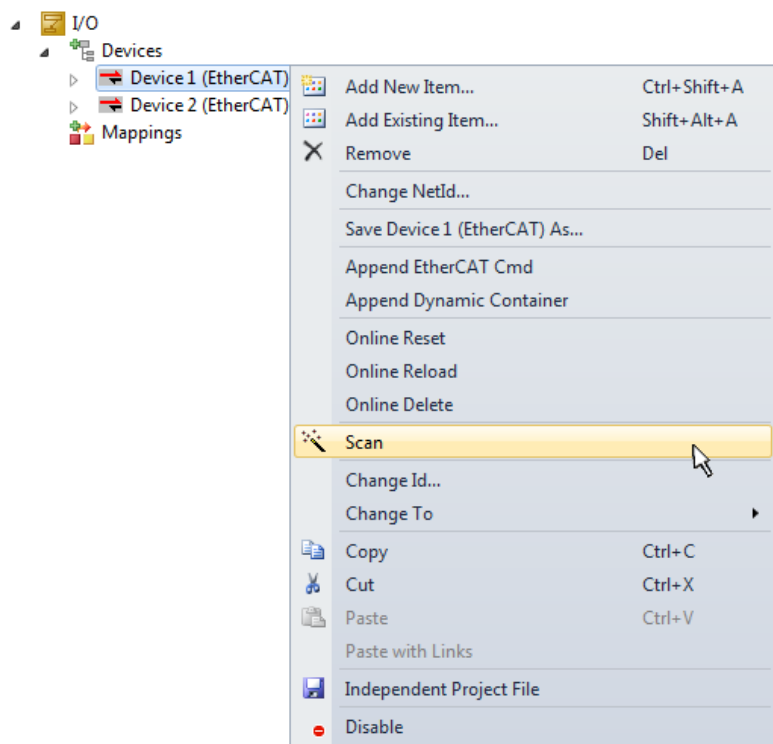
确认“Find new boxes”信息，以确定连接到设备的端子模块。“Free Run”自由运行功能允许在“Config Mode”配置模式下操作输入和输出值，这个功能也需要确认才能启用。

根据本节开头描述的示例配置 [► 63]，结果如下：



附图 63: 在集成于 VS shell 的TwinCAT 3 环境中配置映射

上述整个过程包括两个步骤，可以独立进行（首先确定设备，然后确定每个设备连接的元件，如端子盒、端子模块等）。此外，也可以从“Device...”的右键菜单中选择“Scan Box”（搜索功能），读取目标设备 Device 下面连接的元件（从站）：



附图 64: 读取连接到 Device 的各个端子模块

这可功能可以用于快速发现实际配置的变动。

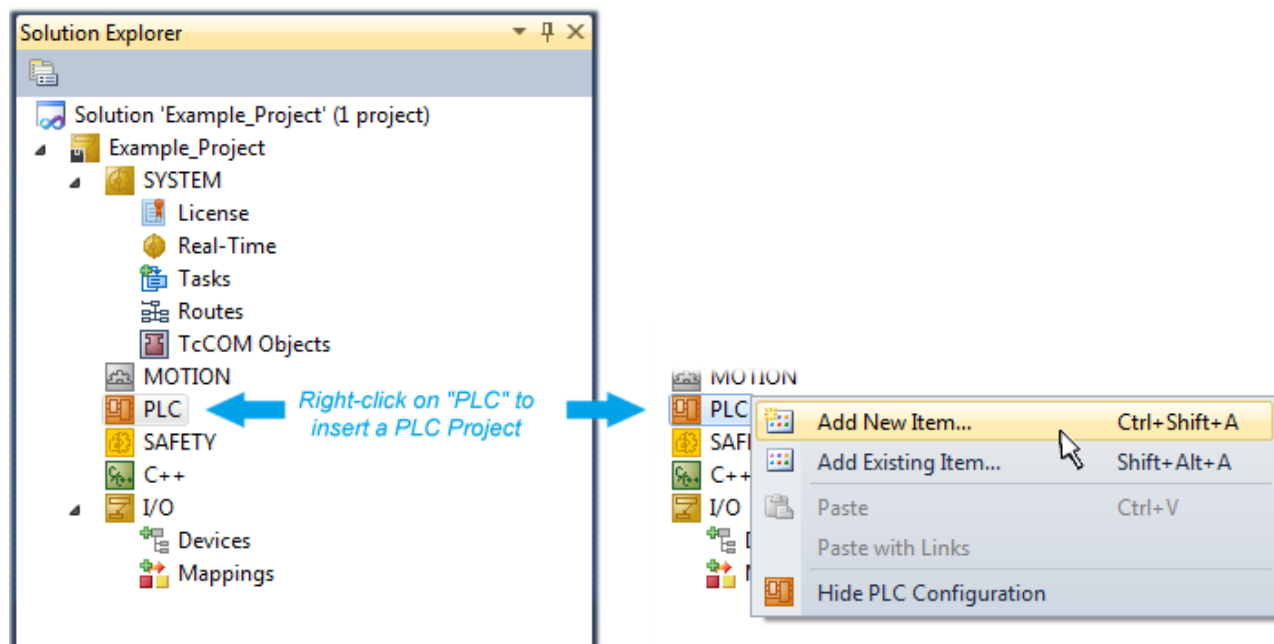
对 PLC 进行编程

TwinCAT PLC Control 开发环境可以用不同的语言创建控制程序：TwinCAT PLC Control 支持 IEC 61131-3 中描述的所有 5 种语言：包括两种基于文本的语言和三种图形化的语言：

- **基于文本的语言**
 - 指令表 (IL)
 - 结构化文本 (ST)
- **图形化语言**
 - 功能块图 (FBD)
 - 梯形图 (LD)
 - 连续功能块图 (CFC)
 - 顺序流程功能图 (SFC)

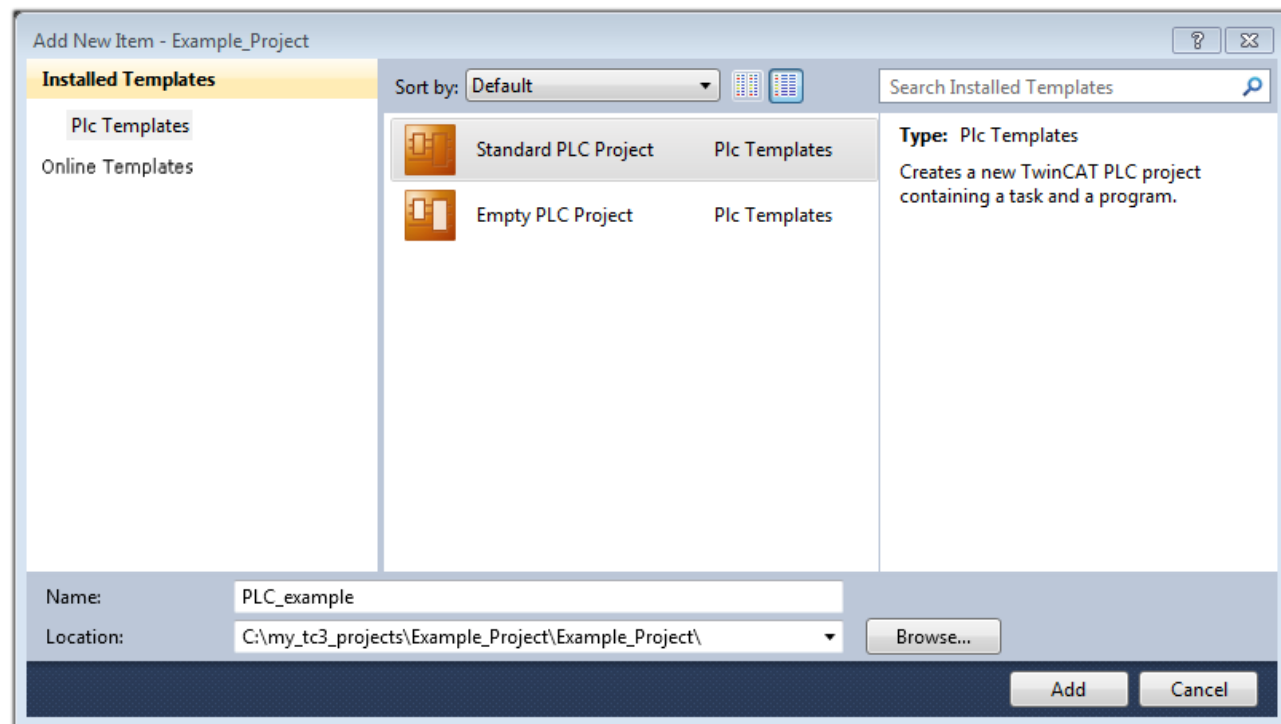
下面的内容只用到结构化文本 (ST)。

为了创建一个编程环境，通过项目文件浏览器中“PLC”的右键菜单，选择“Add New Item...”，将一个 PLC 子项目添加到示例项目中：



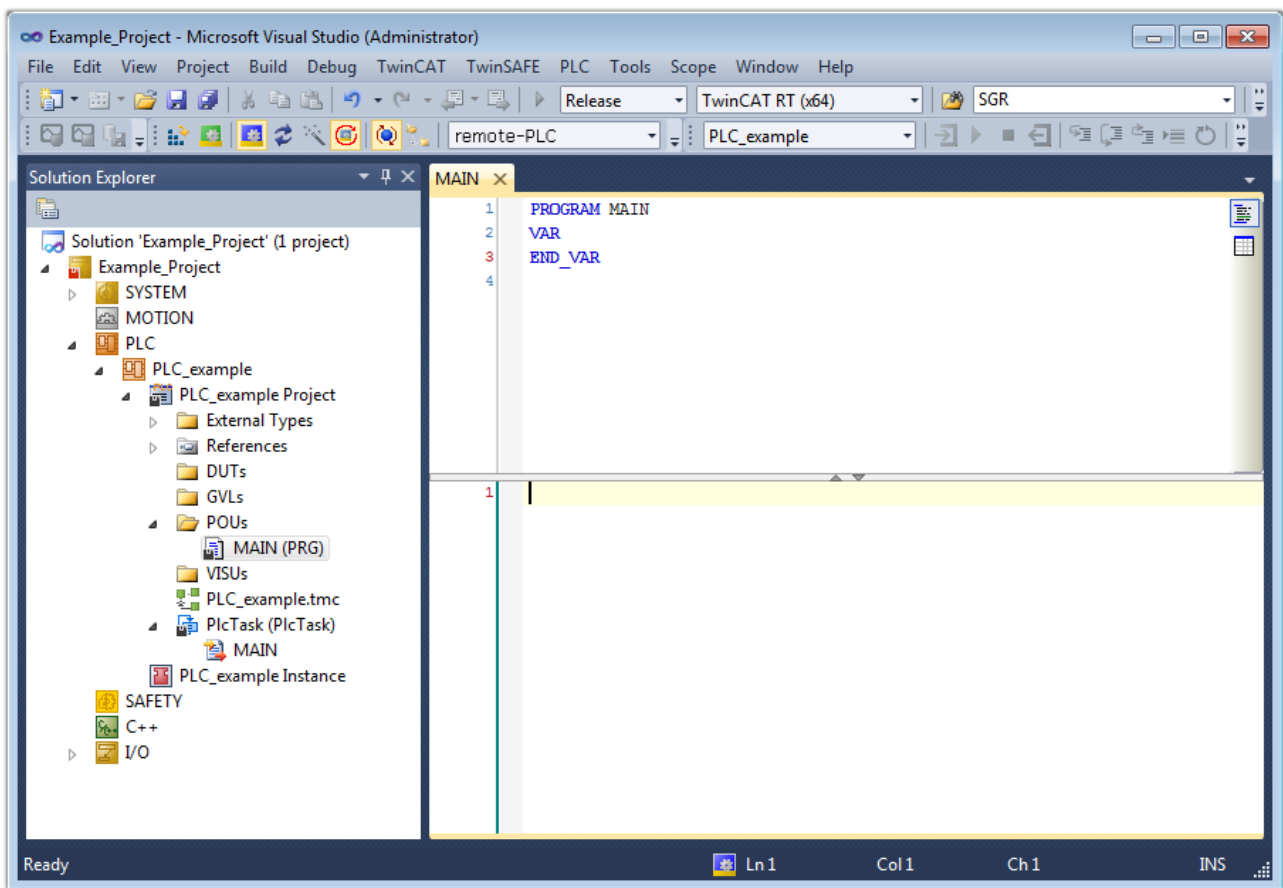
附图 65: 在节点“PLC”下添加编程环境

在弹出的对话框中选择“Standard PLC project”，并输入“PLC_example”作为项目名称（示例），然后选择一个相应的目录：



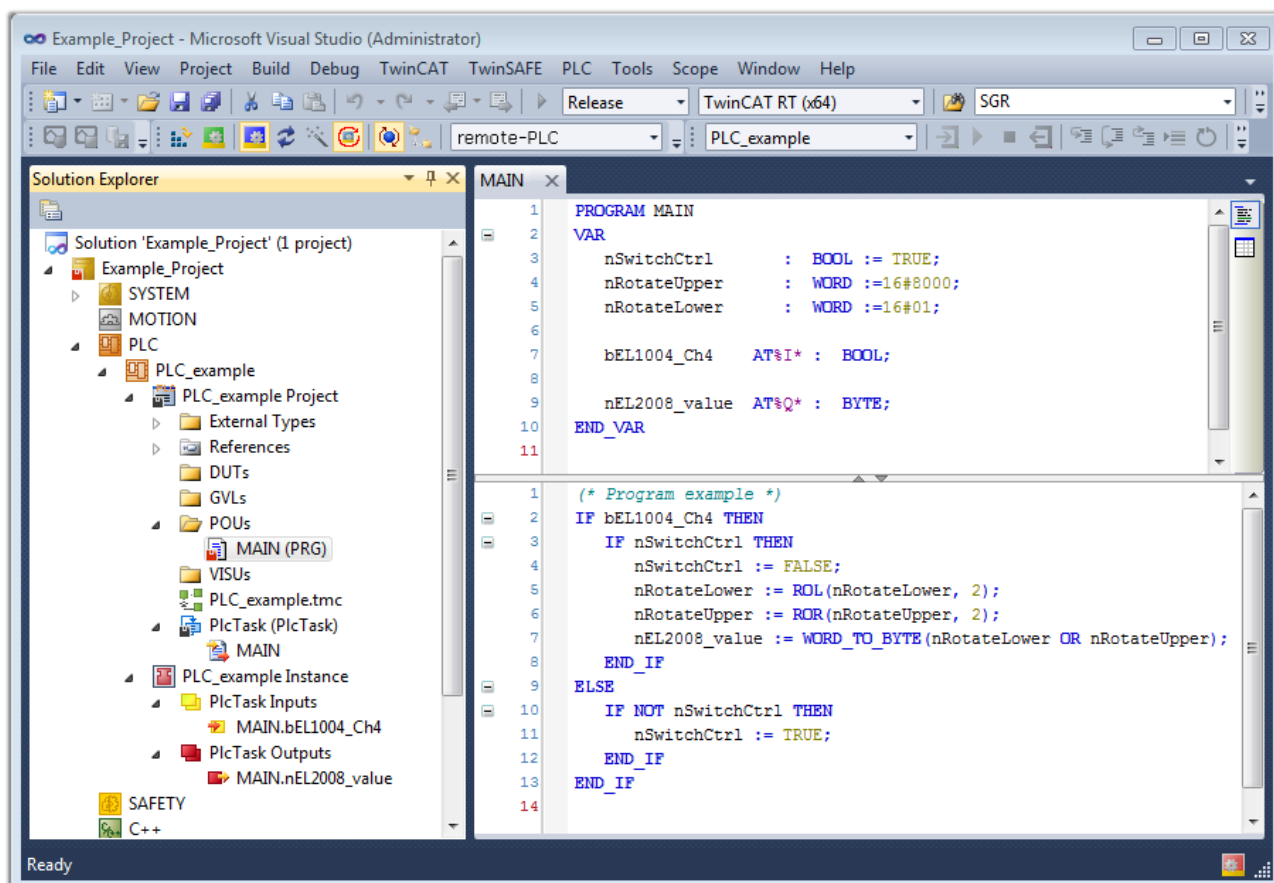
附图 66: 为 PLC 编程环境指定名称和目录

选择“Standard PLC project”已经存在的“Main”程序，可以通过双击“POUs”中的“PLC_example_project”打开。以下是一个初始项目的用户界面：



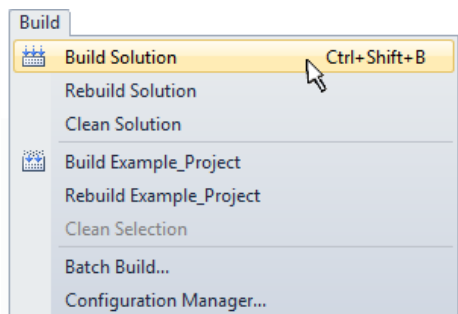
附图 67: 标准 PLC 项目的初始程序 “Main”

现在，已经为下一阶段的工作创建了示例变量和示例程序。



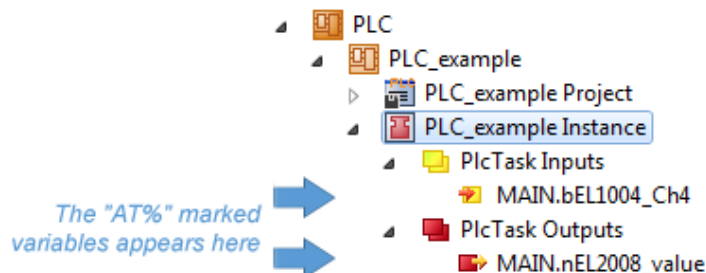
附图 68: 示例程序编译后，包含未分配地址的变量

现在，控制程序被创建为一个项目文件夹，接下来是编译过程：



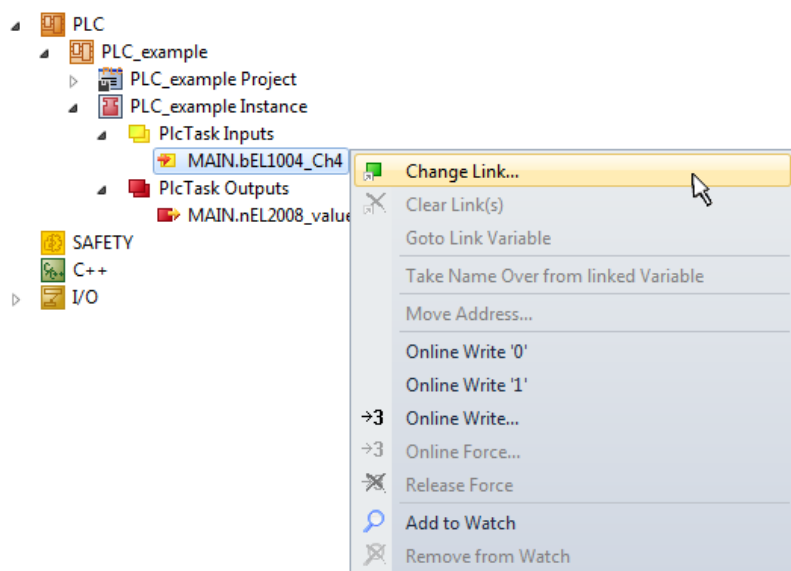
附图 69: 开始编译程序

下列变量在 ST/PLC 程序中以“AT%”标识，所以在项目文件浏览器的“Instance”中可为其分配硬件：



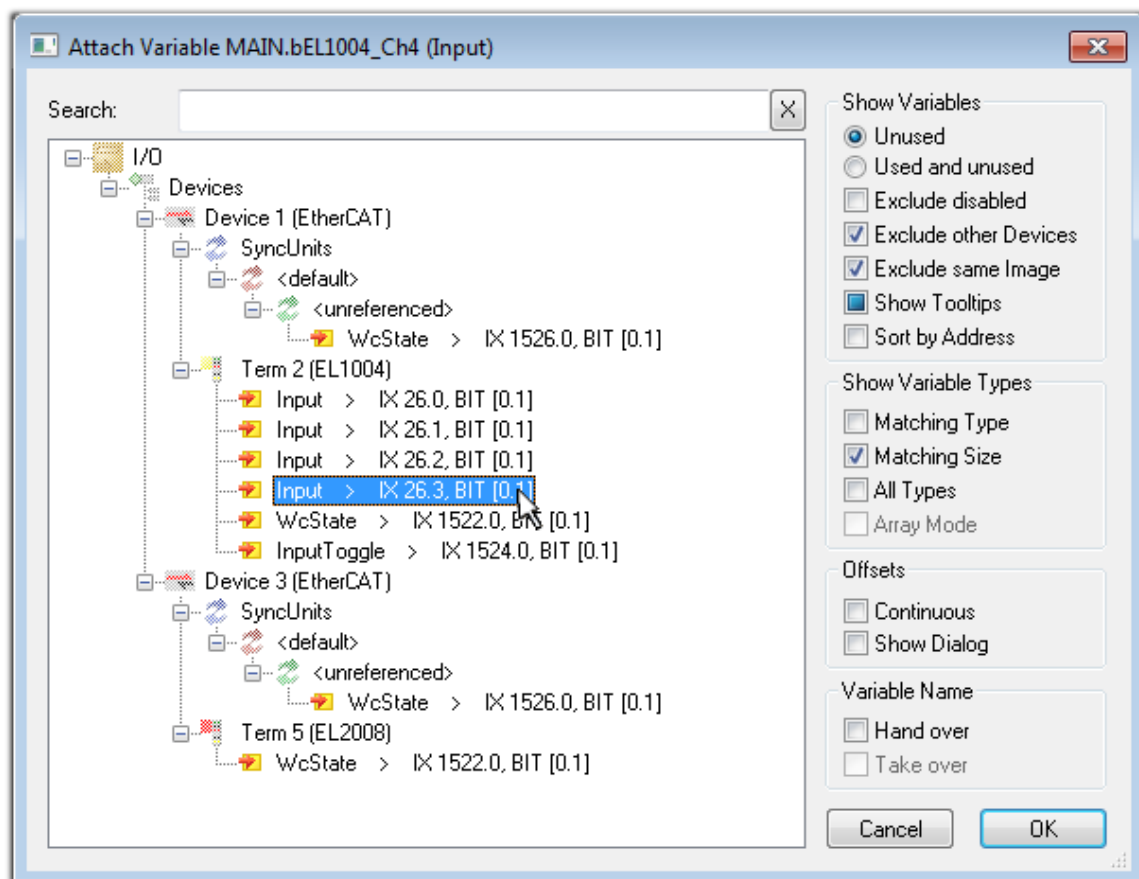
变量分配

通过 PLC instance 中一个变量的右键菜单，使用“Change Link...”打开一个窗口，选择合适的过程对象（PDO）进行链接：



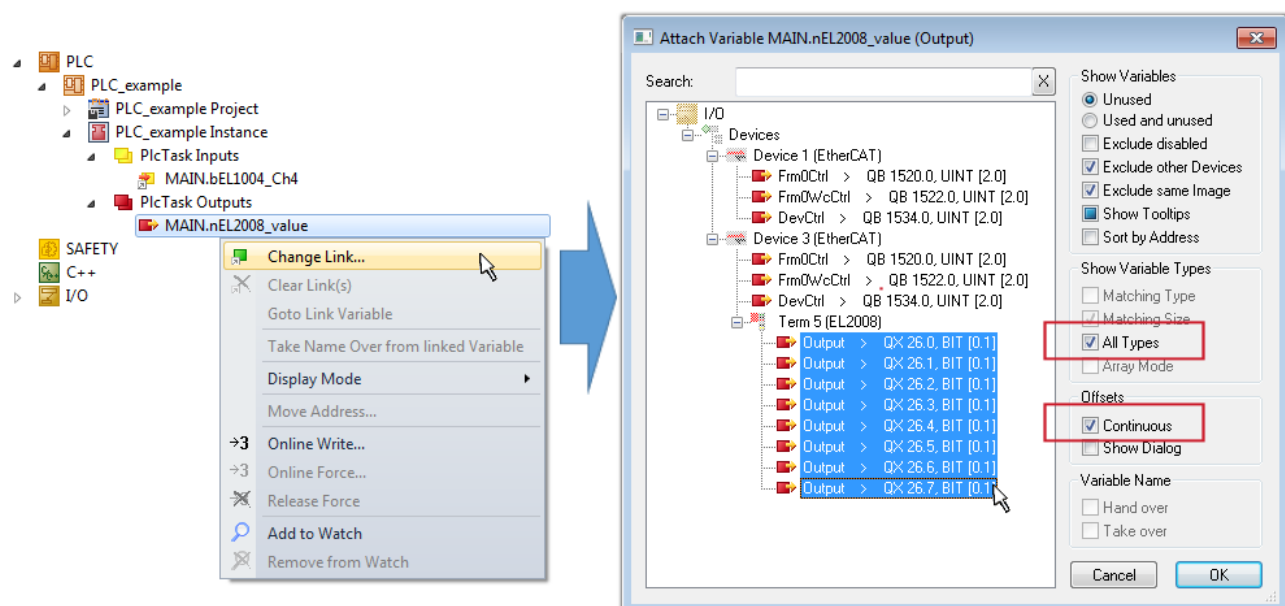
附图 70: 在 PLC 变量和过程对象之间建立链接

在弹出的窗口中，可以为 PLC configuration 中的 BOOL 类型变量“bEL1004_Ch4”选择过程对象：



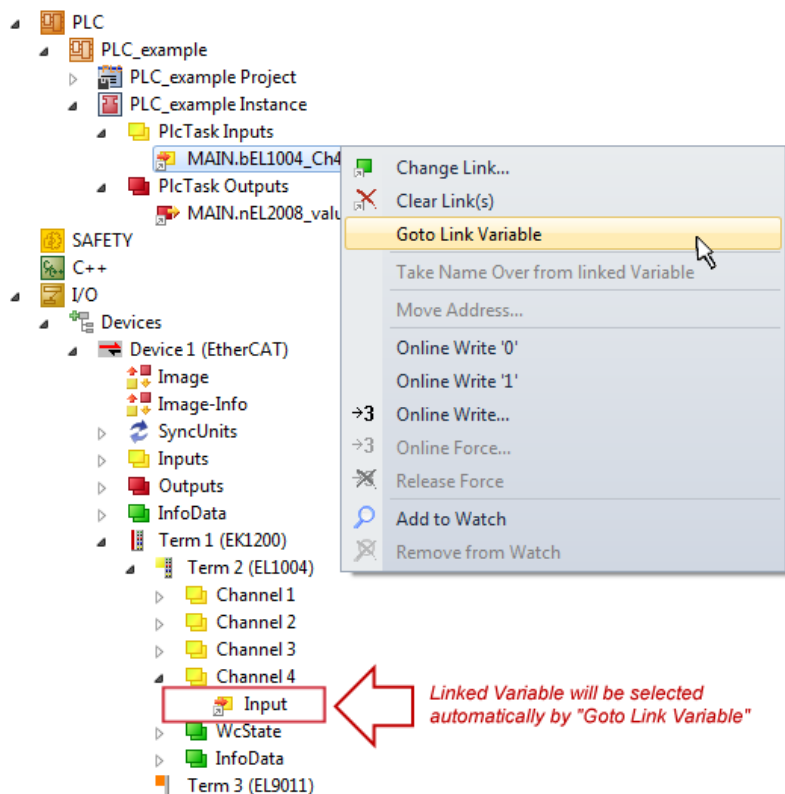
附图 71: 选择 BOOL 类型的 PDO

根据默认设置，只有部分PDO 对象可供选择。本例中，选择 EL1004 端子模块的通道 4 的 input 用于链接。否则，如果要为一个输出的字节变量分配一组八个独立的输出位，那么在创建链接时，必须勾选“**All types**”复选框。下图显示整个过程：



附图 72: 同时选择几个 PDO: 勾选 “Continuous” 和 “All types”

请注意, “Continuous” 复选框也要勾选。这种设计旨在将变量 “nEL2008_value” 的字节中包含的位按顺序分配给 EL2008 端子模块的所有八个选定的输出位。这样就可以在 PLC 程序中用一个字节对应端子模块的所有 8 个输出, 字节的第 0 到 7 位分别对应模块的第 1 到 8 通道。在变量的黄色或红色对象处有一个特殊符号 (🔗), 表示变量已链接。也可以通过从变量的右键菜单中选择 “Goto Link Variable (转到链接变量)” 来检查链接。此时, 链接的对方 (在这种情况下是 PDO) 被自动选中:



附图 73: “Goto Link Variable” 的应用, 以 “MAIN.bEL1004_Ch4” 为例

建立链接的过程也可以反向进行, 即从 PDO 链接到变量。但在本例中, 不可能为 EL2008 选择所有输出位, 因为这个端子模块只提供单个数字量输出。如果一个端子模块有一个 byte, word, int 之类的 PDO, 就有可能为其分配一套标准位宽的变量。在这里, “Goto Link Variable” 也可以反向执行, 以选择相应的 PLC 实例。

● 关于变量分配类型的说明

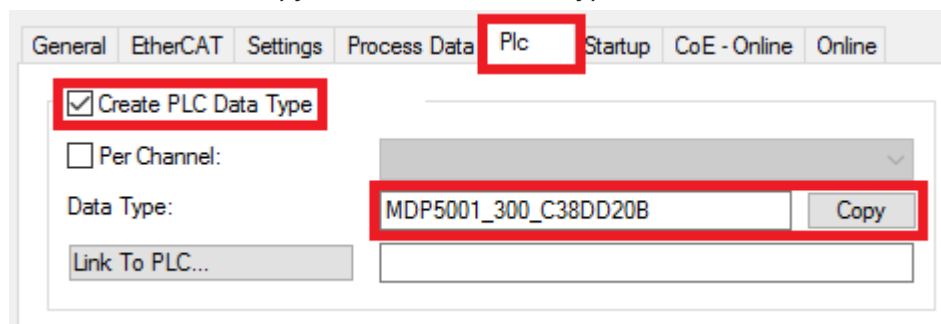


以下类型的变量分配方式只适用于 TwinCAT V3.1.4024.4 及以上版本，并且只能用于带微处理器的端子模块。

在 TwinCAT 中，可以根据一个端子模块的过程数据来创建一个结构体。然后在 PLC 中创建该结构体的一个实例，从而直接从 PLC 中访问过程数据，而无需自行声明变量。

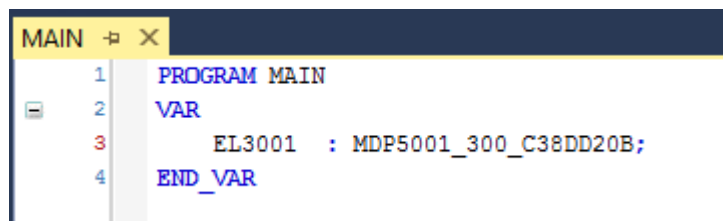
下面以 EL3001 单通道模拟量输入端子模块 -10...+10 V 为例，说明其操作步骤：

1. 首先，必须在 TwinCAT 的“Process data”选项卡中选择所需的过程数据。
2. 之后，必须通过复选框在“PLC”选项卡中生成 PLC 数据类型。
3. 然后可以用“Copy”按钮来复制“Data Type”文本框中的数据类型。



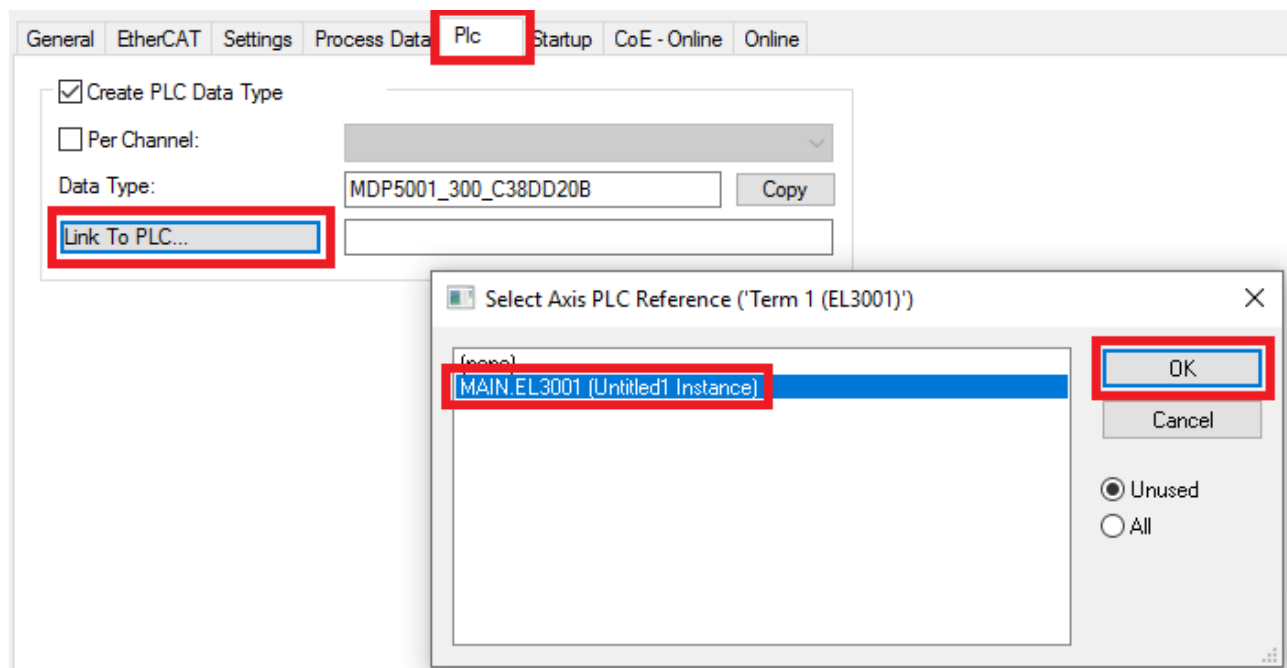
附图 74: 创建一个 PLC 数据类型

4. 接下来，必须在 PLC 中创建一个数据结构体的实例，类型为上一步复制的数据类型。



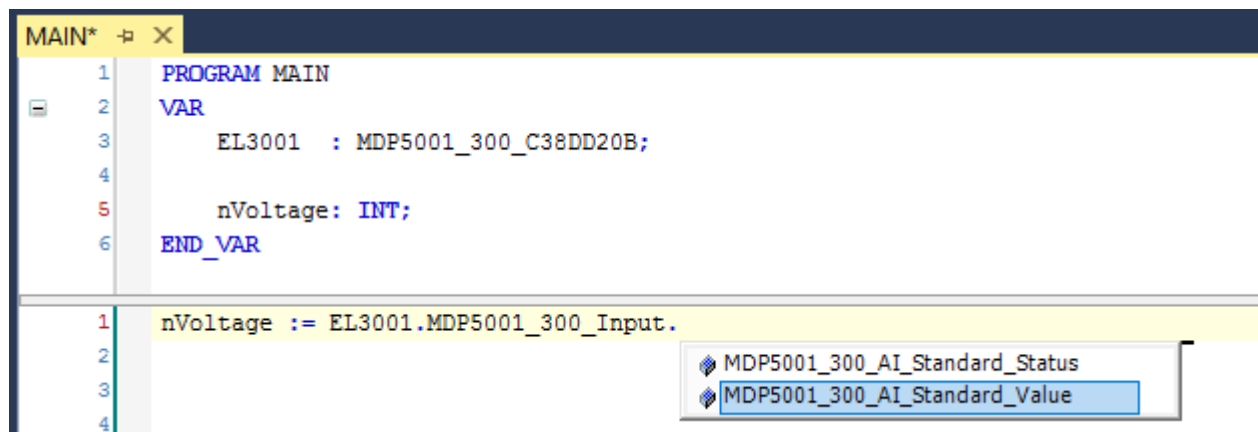
附图 75: 结构体的实例

5. 然后，还必须创建项目文件夹。这可以通过组合键“CTRL + Shift + B”或通过 TwinCAT 的“Build”菜单来完成。
6. 然后，必须将端子模块的“PLC”选项卡中的结构体链接到刚才创建的 PLC 结构体实例。



附图 76: 结构体的链接

7. 这样就可以在 PLC 的程序代码中通过结构体读取或写入过程数据。



附图 77: 从过程数据的结构体中读取一个变量

激活配置

PDO 到 PLC 变量的分配过程建立了从控制器到端子模块的输入和输出的连接。现在可以用  或通过菜单“TwinCAT”下的选项激活配置，以便将开发环境中的配置传送到 TwinCAT runtime 运行系统中。确认此时弹出的信息“Old configurations will be overwritten! (以前的配置将被覆盖)” 点击“OK”按钮，确认“Restart TwinCAT system in Run mode (重启 TwinCAT 系统至运行模式)”。在项目文件浏览器中可以看到对应的变量分配结果：

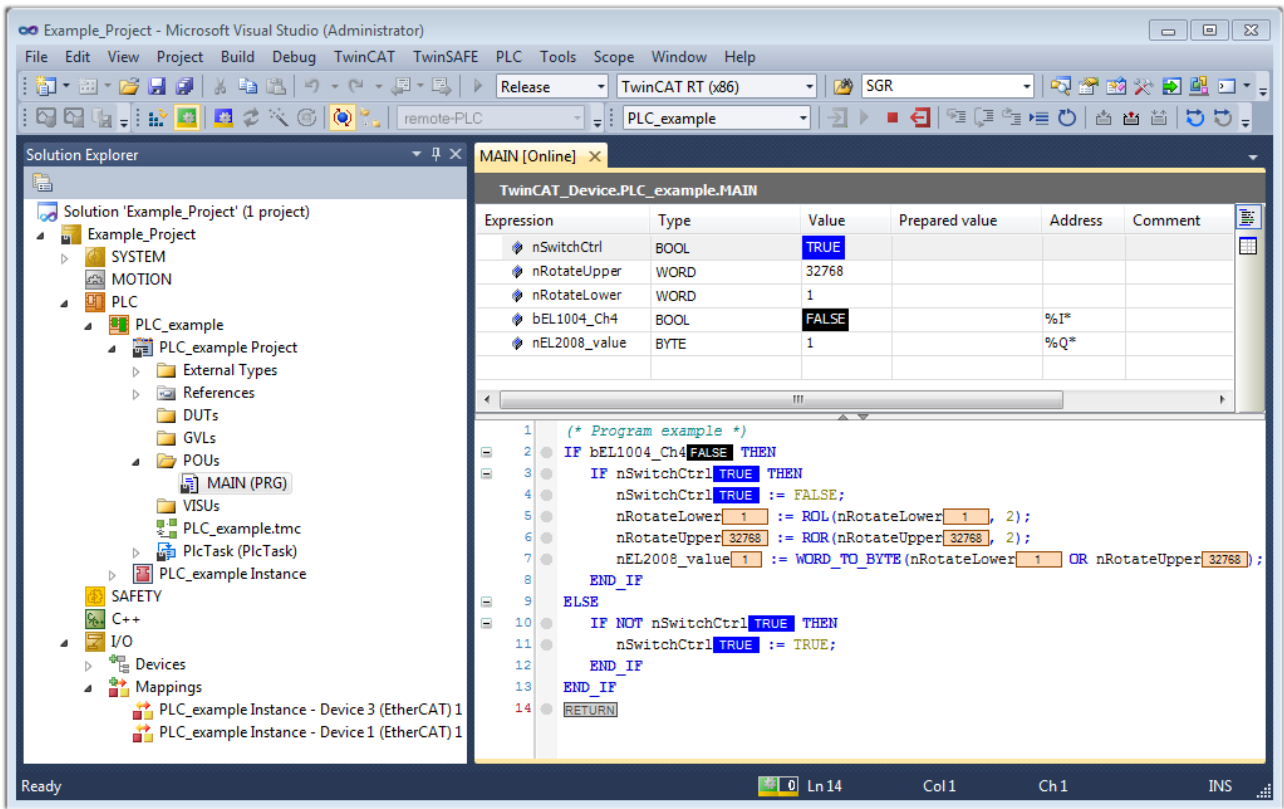
-  Mappings
 -  PLC_example Instance - Device 3 (EtherCAT) 1
 -  PLC_example Instance - Device 1 (EtherCAT) 1

几秒钟后，运行模式的相应状态会以不停旋转的符号  显示在 VS shell 开发环境的右下方。这样就可以按以下方法启动 PLC 系统了。

启动控制器

选择菜单选项“PLC” → “Login” 或点击 ，将 PLC 与 TwinCAT real-time 实时系统连接起来，并加载控制程序，准备运行。系统弹出信息 “No program on the controller! Should the new program be loaded?”，应点击 “Yes” 确认。TwinCAT runtime 运行环境已经准备好启动 PLC 程序，通过点击符号

、“F5” 键或通过菜单“PLC”中的“Start”即可启动。程序启动后，编程环境会在线显示 PLC runtime 中各个变量的实时值：



附图 78: TwinCAT 3 开发环境（VS shell）：Login 后，程序已运行

用于停止  和退出 (Logout)  的两个操控按键会产生对应的动作（“Shift + F5”也可用于停止，或者可以通过菜单“PLC”选择这两个动作）。

6.2 TwinCAT 开发环境

自动化软件 TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) 分为两种：

- TwinCAT 2: System Manager (用于配置) 和 PLC Control (用于编程)
- TwinCAT 3: TwinCAT 2 的增强版 (在同一个开发环境进行编程和配置)

详细信息：

- **TwinCAT 2:**
 - 以面向变量的方式将 I/O 设备与任务连接起来
 - 以面向变量的方式将任务与任务连接起来
 - 支持 Bit 级别的数据单位
 - 支持同步或异步映射关系
 - 支持连贯的数据区和过程映像交互
 - Datalink on NT - 程序符合开放式微软标准 (OLE、OCX、ActiveX、DCOM+ 等)
 - 在 Windows NT/2000/XP/Vista、Windows 7、NT/XP Embedded、CE 中集成 IEC 61131-3 软 PLC、软 NC 和 软 CNC。
 - 可连接所有常见的现场总线
 - 更多...

其他特点：

- **TwinCAT 3 (eXtended Automation) :**
 - 集成 Visual Studio®
 - 可以选择多种编程语言
 - 支持 IEC 61131-3 的面向对象扩展功能
 - 支持使用 C/C++ 语言编写实时应用程序
 - 可以连接 MATLAB®/Simulink®
 - 使用开放式接口，具有良好的扩展性
 - 灵活的 run-time (运行时) 环境
 - 支持多核 CPU 和 64 位操作系统
 - 提供 TwinCAT Automation Interface (自动化编程接口)，可以自动生成代码和创建项目
 - 更多...

在下面的章节中，将介绍在 PC 系统上通过 TwinCAT 开发环境进行控制系统的调试，以及特定控制组件的基本功能。

关于 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 的更多信息，请参见<http://infosys.beckhoff.com>。

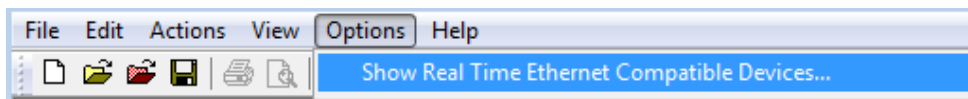
6.2.1 TwinCAT real-time 实时驱动程序的安装

为了使 IPC 控制器的标准以太网端口具备实时功能，必须在 Windows 下为该端口安装倍福 real-time 实时驱动程序。

可以通过几种方式进行：

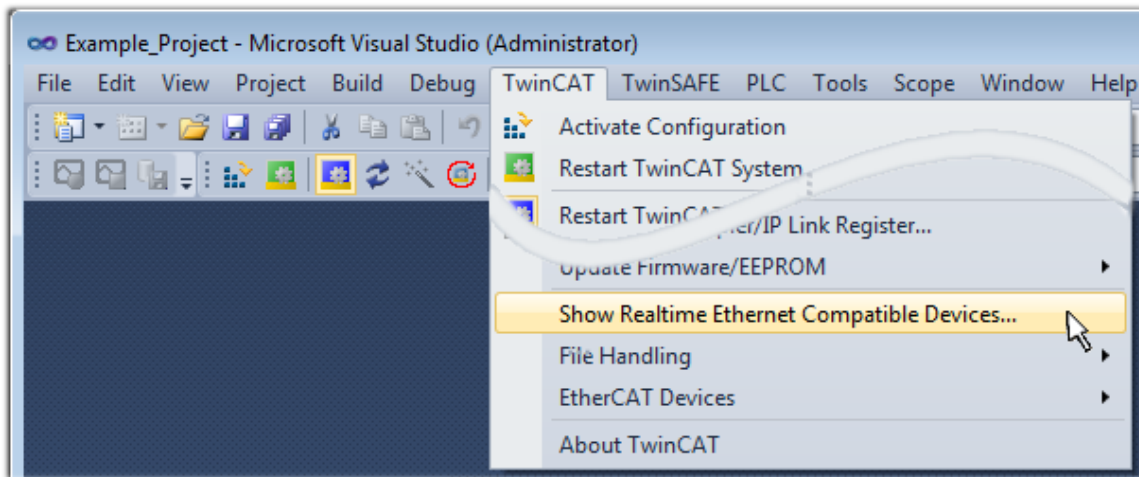
A：通过 TwinCAT 适配器对话框

在 System Manager 中，通过 “Options → Show Real Time Ethernet Compatible Devices”，调出本地以太网接口的 TwinCAT 概览。



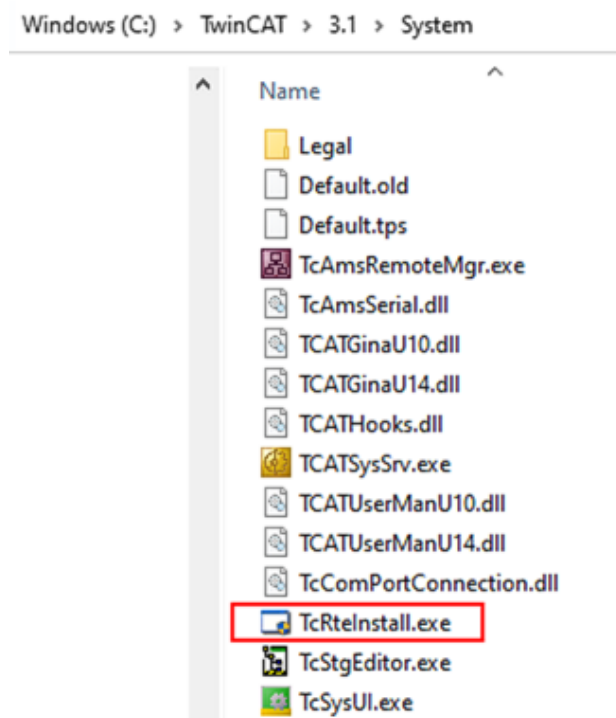
附图 79: System Manager “选项” (TwinCAT 2)

在 TwinCAT 3 环境中，这个功能需要通过菜单 “TwinCAT” 来调用：



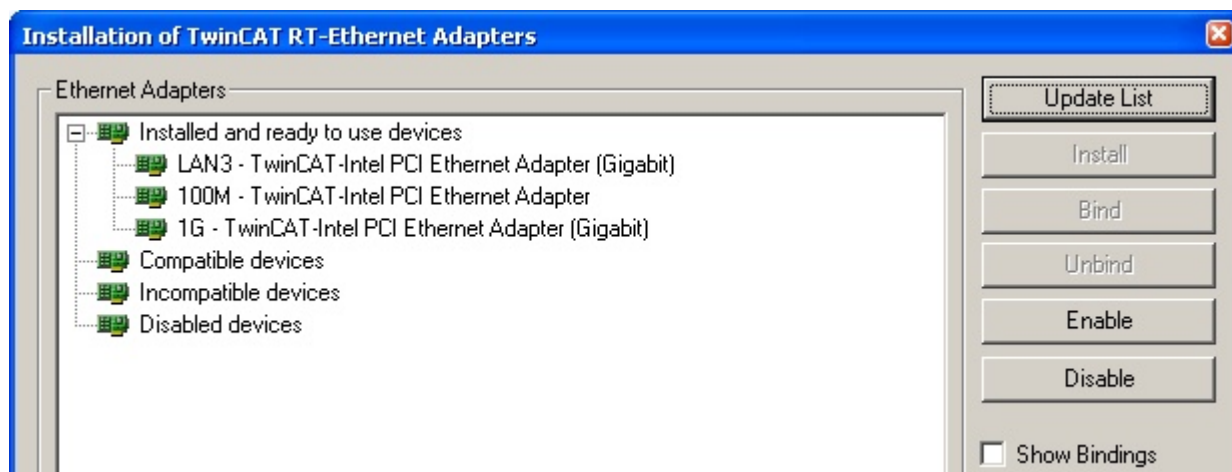
附图 80: 在 VS Shell 下调用 (TwinCAT 3)

B : 通过 TwinCAT 目录下的 TcRteInstall.exe



附图 81: TwinCAT 目录下的 TcRteInstall

两种情况下均出现以下对话框：



附图 82: 网络接口概览

在“Compatible devices（兼容设备）”下列出的接口可以通过“Install”按钮指定一个驱动程序。驱动程序只应安装在兼容的设备上。

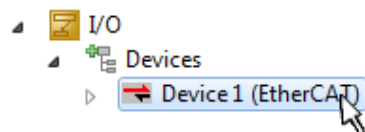
关于未签名驱动程序的 Windows 警告可以忽略。

或者，首先可以插入一个 EtherCAT 设备，如离线配置创建 [▶ 100] 章节所述，以便通过其 EtherCAT 属性（“Adapter”选项卡上的“Compatible Devices...”按钮）查看兼容的以太网端口：

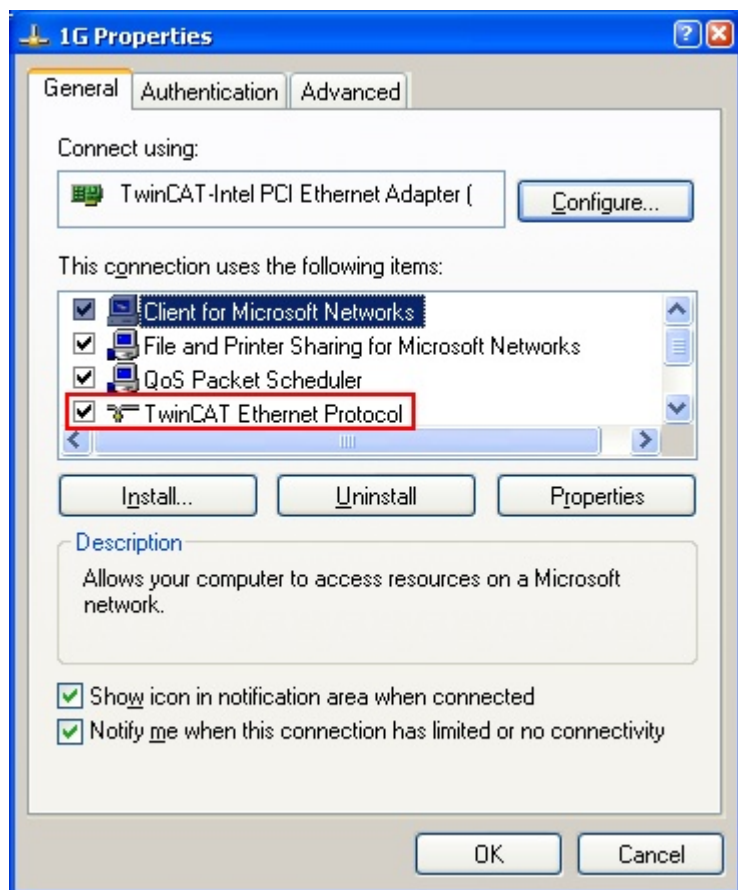


附图 83: EtherCAT 设备属性（TwinCAT 2）：点击“Adapter”选项卡的“Compatible Devices...”

TwinCAT 3: EtherCAT 设备的属性可以通过双击“I/O”下解决方案资源管理器中的“设备（EtherCAT）”打开：

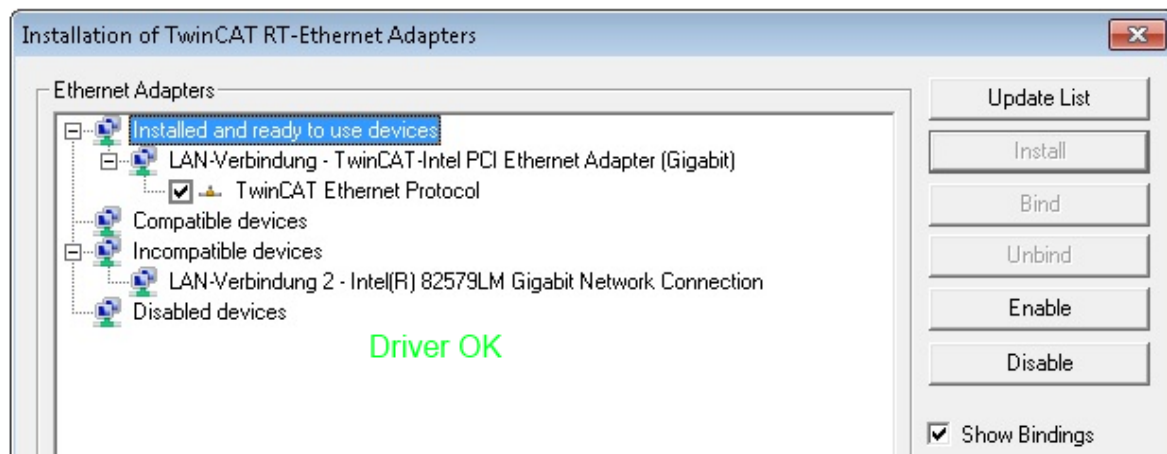


安装后，Windows 的网络接口概览中显示驱动程序已激活（Windows 开始→系统属性→网络）



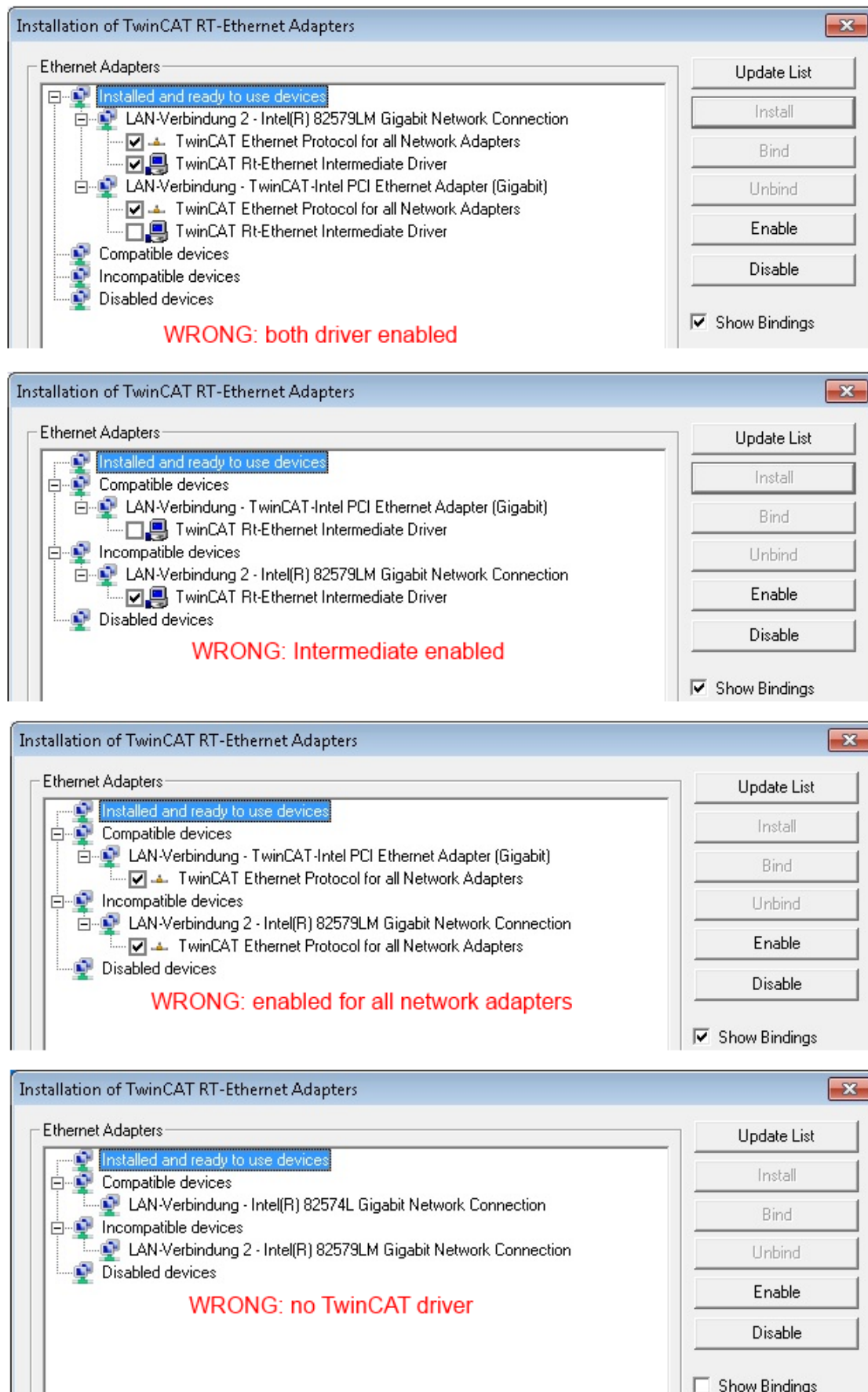
附图 84: Windows 的网络接口属性

驱动程序的正确设置如下：



附图 85: 以太网端口驱动程序的正确设置示例

必须避免下面几种可能的设置：

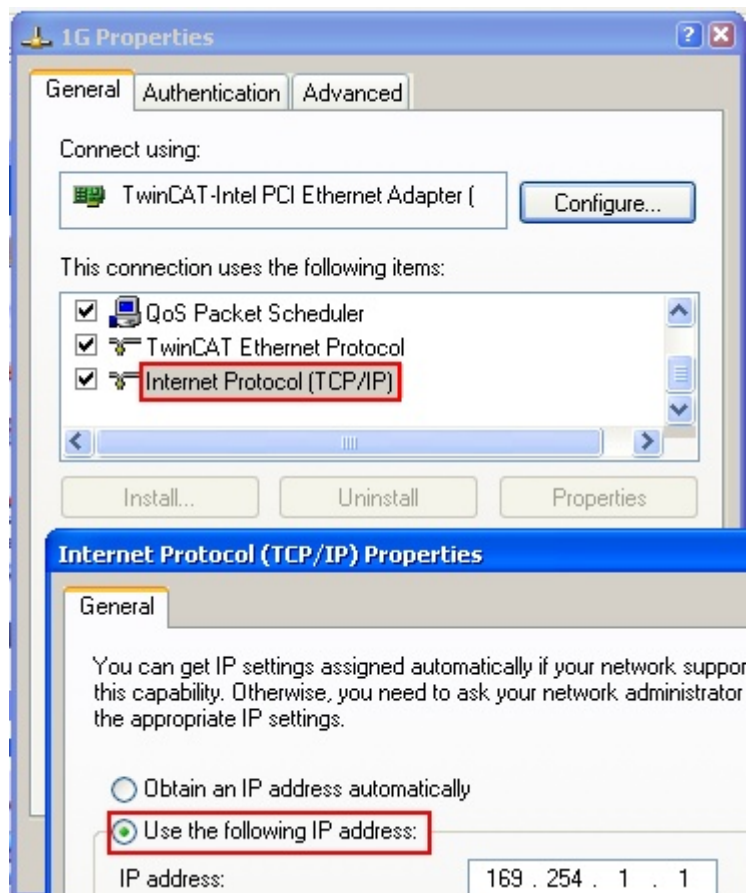


附图 86: 以太网端口驱动程序的错误设置

所用端口的 IP 地址

i IP 地址/DHCP

在大多数情况下，被配置为 EtherCAT 设备的以太网端口不会传输一般的 IP 数据包。因此，在使用 EL6601 或类似设备时，最好是通过“Internet Protocol TCP/IP”驱动设置为该端口指定一个固定的 IP 地址并禁用 DHCP。这样就避免了在没有 DHCP 服务器的情况下，以太网端口的 DHCP 客户端为自己分配默认 IP 地址所带来的延迟。例如，一个合适的地址空间是 192.168.x.x。



附图 87: 以太网端口的 TCP/IP 设置

6.2.2 关于 ESI 设备描述文件的说明

最新 ESI 设备描述文件的安装说明

TwinCAT EtherCAT 主站/System Manager需要所使用设备的设备描述文件，以便在在线或离线模式下生成配置。设备描述包含在 XML 格式的 ESI 文件（EtherCAT Slave Information）中。这些文件可以向各个从站的制造商索取。一个 *.xml 文件可能包含几个设备描述。

倍福 EtherCAT 设备的 ESI 文件可从[倍福公司网站](#)获取。

ESI 文件应存放在 TwinCAT 安装目录下。

默认设置：

- **TwinCAT 2:** C:\TwinCAT\IO\EtherCAT
- **TwinCAT 3:** C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

如果 ESI 文件在上次 System Manager 窗口打开后发生了变化，当打开一个新的 System Manager 窗口时，则会重新装载（一次）这些文件。

TwinCAT 的安装包括倍福 ESI 文件集，而该文件集是创建 TwinCAT build 版本时的最新 ESI 版本。

对于 TwinCAT 2.11/TwinCAT 3 及以上版本，如果编程 PC 连接到互联网，就可以通过以下方式从 System Manager 中更新 ESI 目录：

- **TwinCAT 2:** Option → “Update EtherCAT Device Descriptions”
- **TwinCAT 3:** TwinCAT → EtherCAT Devices → “Update Device Descriptions (via ETG Website)...”

也可以通过TwinCAT ESI Updater [► 98] 更新 ESI 目录。



ESI

*.xml 文件与 *.xsd 文件关联，后者描述了 ESI XML 文件的结构。因此，如需更新 ESI 设备描述，这两种文件类型都应更新。

设备的识别

EtherCAT 设备/从站由四个属性来区分，它们决定了完整的设备标识符。例如，设备标识符 EL2521-0025-1018 由以下部分组成：

- 系列号 “EL”
- 型号 “2521”
- 子版本号 “0025”
- 修订版本 “1018”

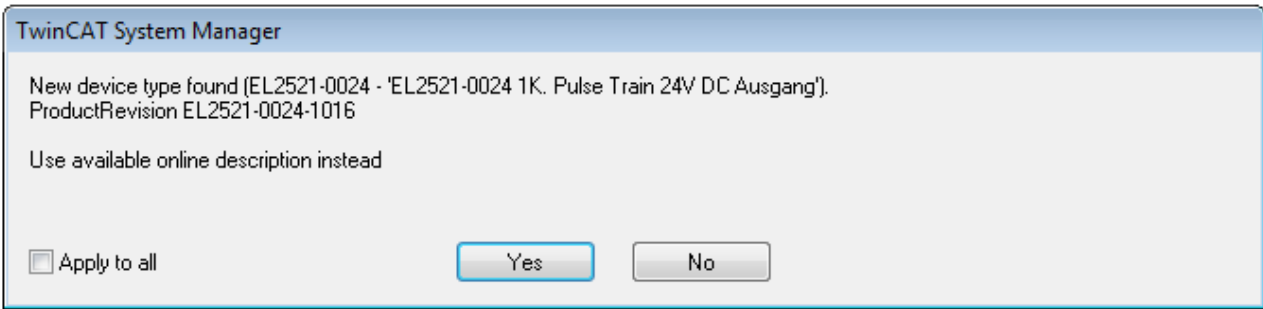
Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 88: 标识符结构

名称 + 类型组成的订货号（此处：EL2521-0025）描述了设备功能。修订版本表示技术上的升级，并由倍福公司进行管理。原则上，一个较高版本的设备可以替换一个较低版本的设备，除非在文件中另有规定。每个修订版都有自己的 ESI 描述。参见[详细说明](#) [► 11]。

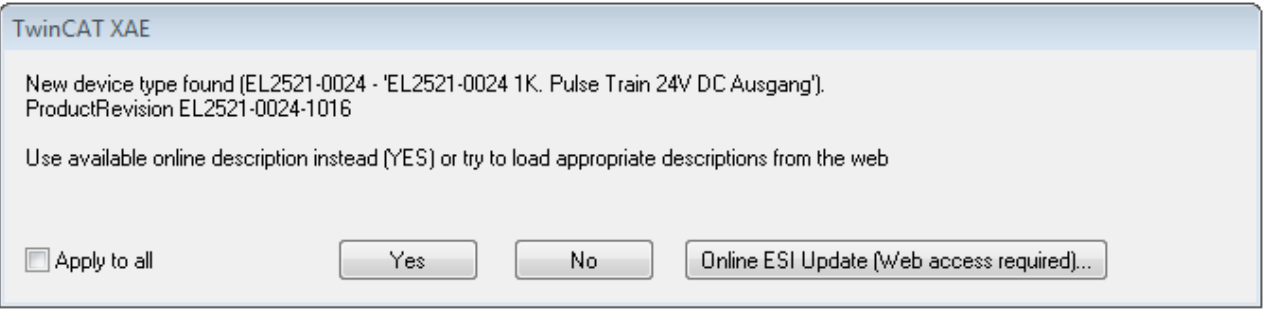
在线描述

如果 EtherCAT 配置通过扫描实际设备而在线创建的（参见在线设置部分），并且没有找到可用的从站 ESI 描述（由名称和修订版本号指定），System Manager 会询问是否应使用存储在设备中的描述。在任何情况下，System Manager 需要这些信息来正确设置与从站的周期性和非周期性通信。



附图 89: 在线描述信息窗口（TwinCAT 2）

在 TwinCAT 3 中，会出现一个类似的窗口，它也提供网络更新：



附图 90: 在线描述信息窗口（TwinCAT 3）

尽可能不要选择Yes，而是向从站设备制造商索取所需 ESI。安装完 XML/XSD 文件后，应重新配置。

注意

扫描设备时，修改“推荐”配置

- ✓ 如果扫描发现了 TwinCAT 未知的设备，必须对以下两种情况区别处理。这里以 EL2521-0000 的修订版 1019 为例
 - a) 根本没有 EL2521-0000 设备的 ESI，无论是 1019 版本还是更早版本。所以必须向制造商（这种情况下是倍福）申请 ESI。
 - b) 存在 EL2521-0000 设备的 ESI，但版本比实际扫描到的更旧，例例如1018 或 1017。
此时应首先进行内部检查，以确定库存的备件是否可以配置为高版本。一个新的/更高的修订版通常也会带来新的功能。如果不使用这些功能，可以毫无犹豫地在配置中使用以前的修订版 1018 继续工作。这也是倍福兼容性规则所声明的。

请特别参阅“关于使用倍福 EtherCAT IO 组件的一般注意事项”一章。关于手动配置请参考“[离线配置创建 \[► 100\]](#)”一章。

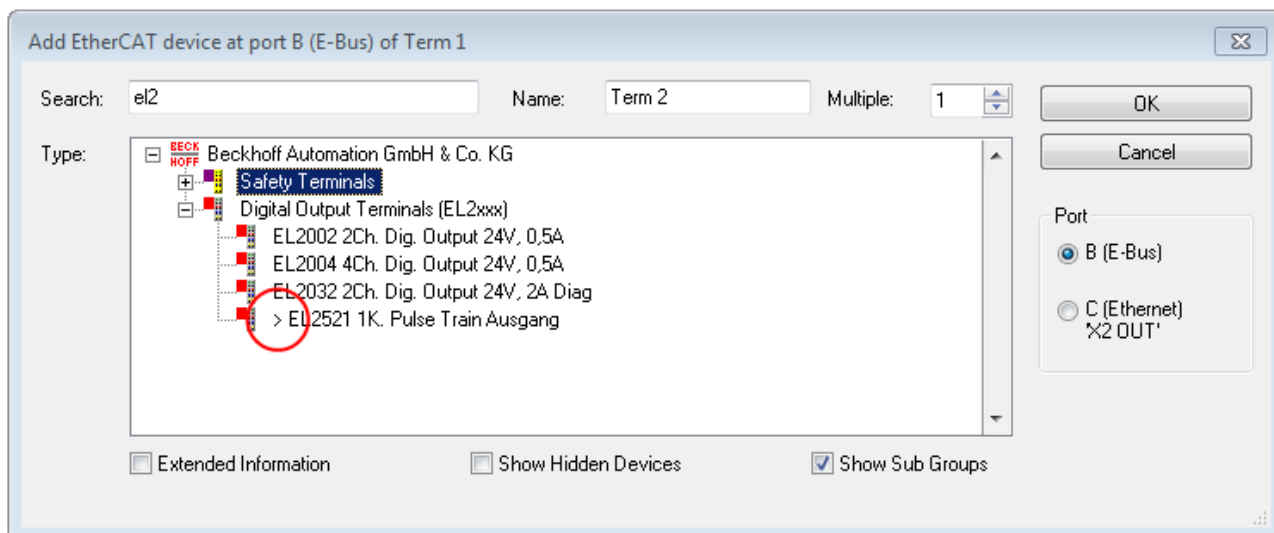
如果使用在线描述，System Manager 会从 EtherCAT 从站的 EEPROM 中读取一份设备描述。在复杂的从站中，EEPROM 的大小可能不足以容纳完整的 ESI，此时配置中的 ESI 就会不完整。因此，建议这种情况下优先使用离线 ESI 文件。

System Manager在其 ESI 目录下为在线扫描找到的设备创建一个新的描述文件“OnlineDescription0000...xml”，其中包含所有在线读取的 ESI 描述。

OnlineDescriptionCache000000002.xml

附图 91: System Manager 创建的文件 OnlineDescription.xml

也可以稍后再向该配置中手动添加一个从站。在线创建的从站在选择列表中以前缀“>”表示（参见图以 EL2521 的在线记录 ESI 为例进行说明）。



附图 92: 以EL2521为例说明用在线 ESI 文件创建的从站

如果使用了这样的在线 ESI 文件，而后来又拿到了制造商的 ESI 文件，应按以下方式删除 OnlineDescription.xml 文件：

- 关闭所有 System Manager 窗口
- 在 Config Mode 下重启 TwinCAT
- 删除 “OnlineDescription0000...xml”
- 重新启动 TwinCAT System Manager (System Manager)

在此过程后，该文件不再显示。如有必要，请按 <F5> 更新

● TwinCAT 3.x 的在线描述

除了上述 “OnlineDescription0000...xml” 文件外，TwinCAT 3.x 还创建了一个 EtherCAT 缓存，其中包含新发现的设备，例如在 Windows 7 下：

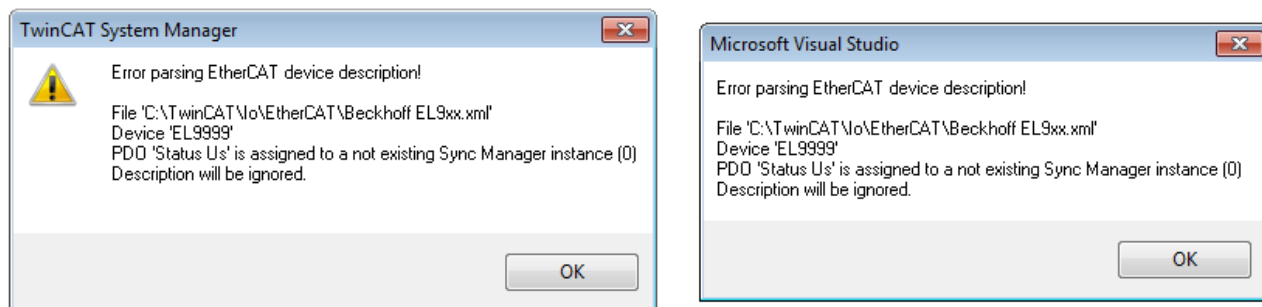
`C:\User\[USERNAME]\AppData\Roaming\Beckhoff\TwinCAT3\Components\Base\EtherCATCache.xml`

(请注意操作系统的语言设置！)

该文件也必须删除。

ESI 文件出错

如果某个 ESI 文件出错，System Manager 无法读取，则 System Manager 会弹出一个信息窗口。



附图 93: 错误 ESI 文件的信息窗口（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

可能的原因包括：

- *.xml 的结构与相关的 *.xsd 文件不一致 → 检查原理图
- 内容不能被翻译成设备描述 → 联系从站的制造商

6.2.3 TwinCAT ESI Updater

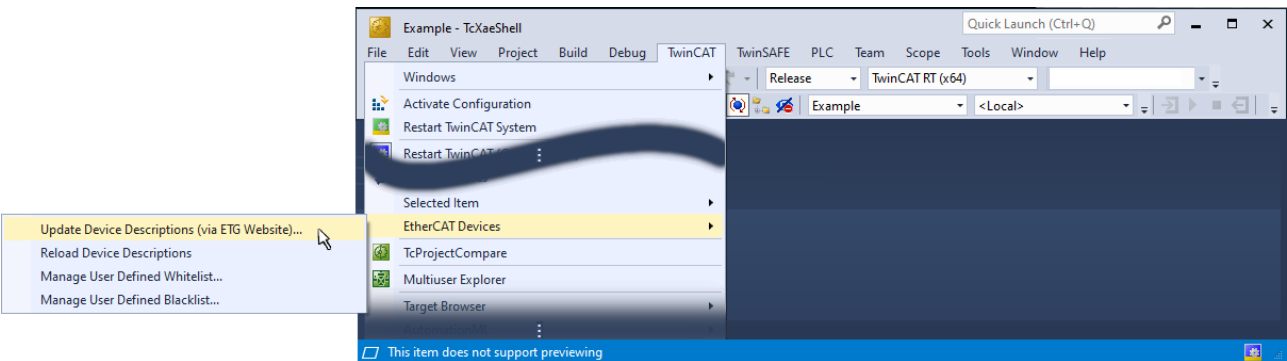
ESI Updater 可以非常方便地将 EtherCAT 制造商通过互联网提供的 ESI 数据自动下载到 TwinCAT 目录中（ESI = EtherCAT Slave Information）。TwinCAT 访问存储在 ETG 的中央 ESI ULR 目录；并且可以在 Updater 对话框中查看这些条目，但是无法在此进行更改。

6.2.3.1 TwinCAT 3

步骤 1) 更新 ESI 数据集

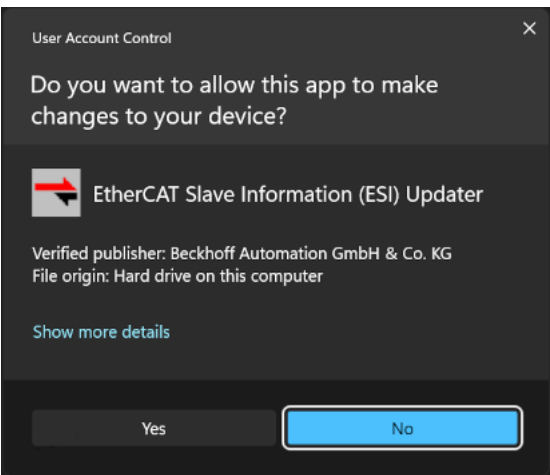
调用方式：

“TwinCAT” → “EtherCAT 设备” → “更新设备描述文件 (通过 ETG 网站)…”。

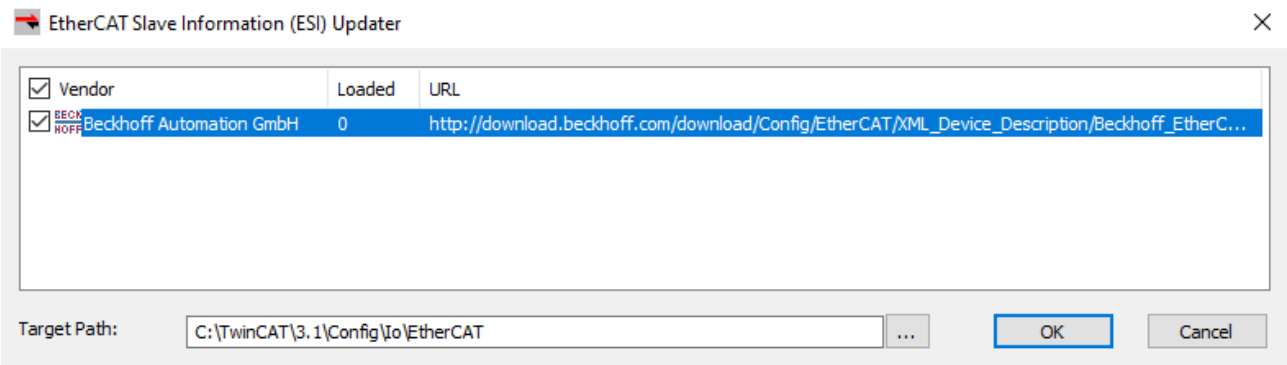


附图 94: 使用 ESI Updater (TwinCAT 3)

调用后会出现 Windows 用户账户控制提示，必须用 [是] 加以确认：



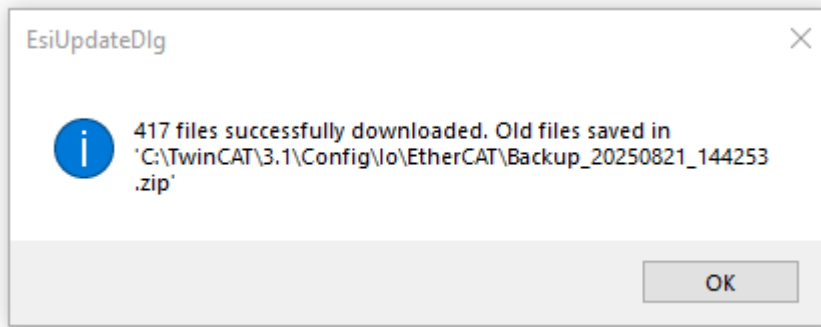
随后会出现 "更新器" 窗口，显示配置数据源：



附图 95: (ESI) 更新器

选择所需的行，然后单击 [OK] 开始下载或更新过程。这可能需要几分钟时间。

下载过程完成后会出现



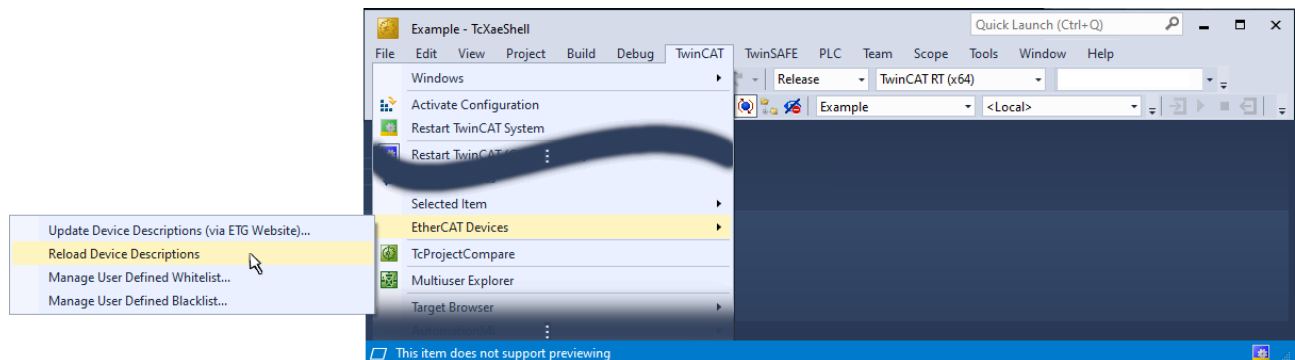
，显示下载文件的数量和存储位置或备份压缩文件夹。单击 [OK] 关闭窗口。

注意：手动添加的 ESI 文件不会移动到备份压缩文件夹中，仍可在 TwinCAT 中访问。仅自动管理 Beckhoff 提供的 ESI 文件。

现在可以使用 [X]（右上角）或 [取消] 关闭仍打开的 (ESI) 更新程序窗口。

步骤 2) 更新 ESI 缓存

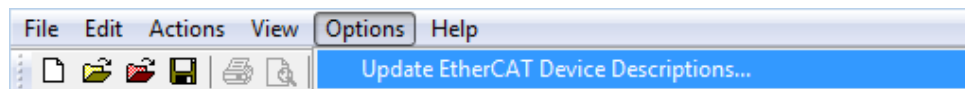
现在必须将 ESI 文件加载到应用程序缓存中，才能使用它们。具体方法是重启 TwinCAT 或调用 "TwinCAT" → "EtherCAT 设备" → "重新加载设备描述文件"：



缓存重建的状态可在 TwinCAT 的下部状态栏中查看。

6.2.3.2 TwinCAT 2

对于 TwinCAT 2.11 及以上版本，如果存在在线外网连接，System Manager 可以自动搜索当前的倍福 ESI 文件：



附图 96: 使用 ESI Updater (≥ TwinCAT 2.11)

调用方法：

“选项” → “更新 EtherCAT 设备描述文件”

6.2.4 Online 和 Offline 之间的区别

Online 和 Offline（在线和离线）之间的区别是针对实际存在物理 I/O（驱动器、端子模块、EJ-模块等）而言的。如果需要提前在编程电脑上进行系统配置，例如在笔记本电脑上，则只能在“Offline configuration（离线配置）”模式下进行。此时所有组件都必须在配置中手动输入，例如根据电气设计图纸。

如果目标控制器已经连接到 EtherCAT 系统，所有设备都已通电，且网络基础设施已准备就绪，就可以简单地通过目标控制器的“scanning（扫描）”来生成 TwinCAT 配置。这就叫做在线配置。

在任何情况下，每次启动过程中，EtherCAT 主站都会检查所发现的从站是否与当前配置相符。这个检查的规则可以在从站的扩展设置界面中进行选择。请参考最新 ESI 设备描述文件的安装说明 [► 95]。

配置前的准备工作：

- 实际 EtherCAT 硬件（设备、耦合器、驱动器）必须存在并安装完成
- 所有设备/模块必须通过 EtherCAT 电缆连接或者在 I/O 站中以设计的顺序组装连接
- 所有设备/模块接上电源，做好通信准备
- 目标系统上的 TwinCAT 必须处于 Config Mode（配置模式）。

在线扫描过程包括：

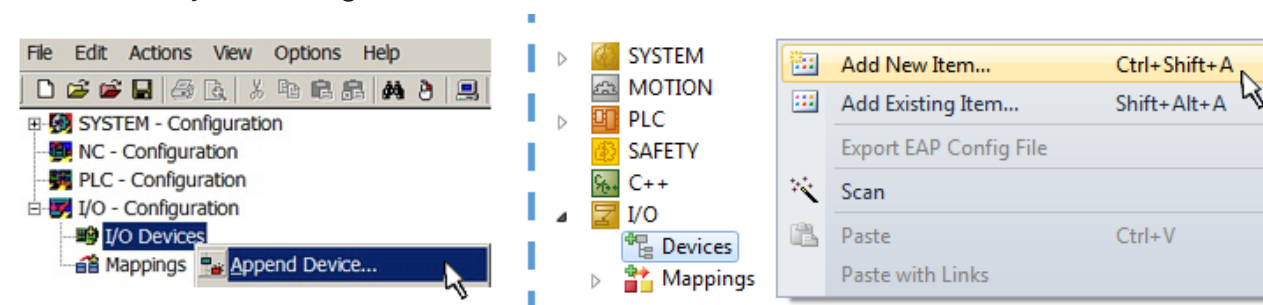
- [检测 EtherCAT 设备 \[► 106\]](#)（IPC 的以太网端口）
- [检测连接的 EtherCAT 从站 \[► 107\]](#)。这一步骤可独立于前一步骤单独进行。
- [故障排除 \[► 110\]](#)

也可以通过现有配置扫描 [► 110] 以进行比较。

6.2.5 创建 OFFLINE 配置

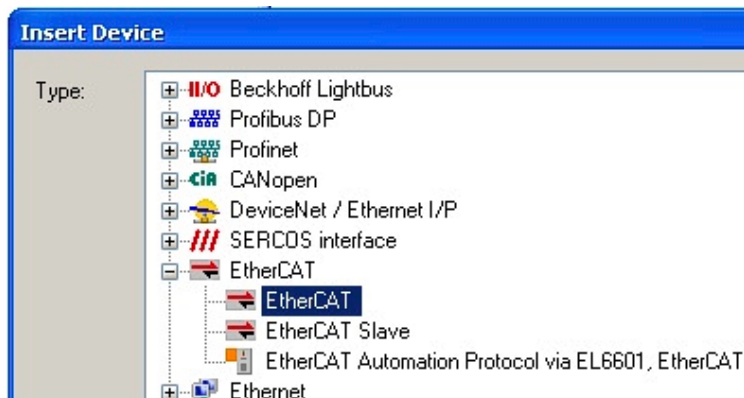
创建 EtherCAT 设备

在一个空白的 System Manager 窗口中创建一个 EtherCAT 设备。



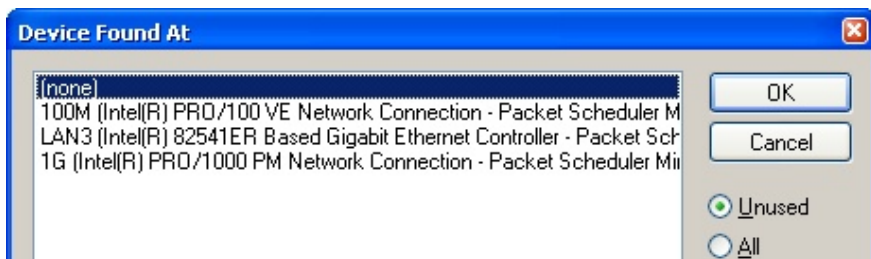
附图 97: 添加 EtherCAT 设备（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

对于带有 EtherCAT 从站的 EtherCAT I/O 应用，选择类型“EtherCAT”。对于目前通过 EL6601/EL6614 实现的 publisher/subscriber（发布/订阅）服务，选择“EtherCAT Automation Protocol via EL6601”。



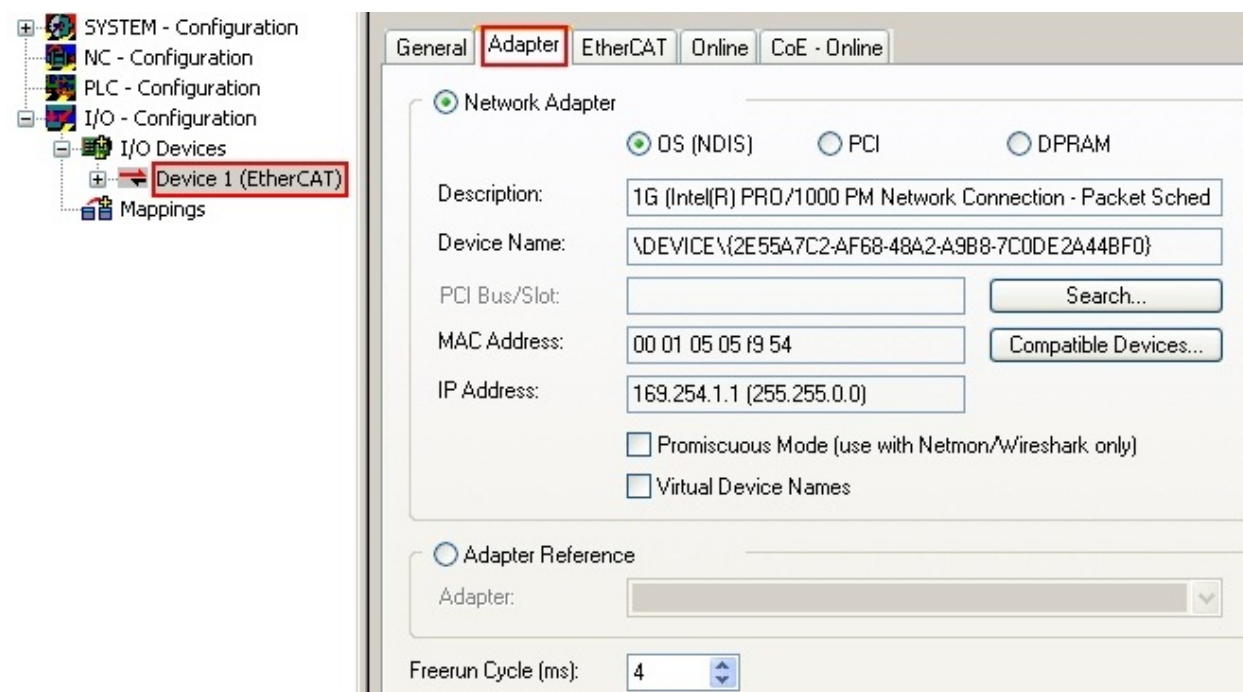
附图 98: 选择 EtherCAT 连接 (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

然后在 TwinCAT runtime 运行系统中为这个虚拟设备分配一个实际的以太网端口。



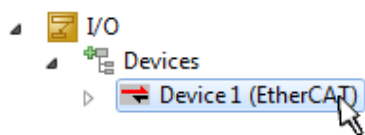
附图 99: 选择以太网端口

可以在创建 EtherCAT 设备时自动弹出的窗体中进行选择，也可以将来在属性对话框中进行设置/修改；参见图“EtherCAT 设备属性 (TwinCAT 2)”。



附图 100: EtherCAT 设备属性 (TwinCAT 2)

TwinCAT 3: EtherCAT 设备的属性可以通过双击“I/O”下解决方案资源管理器中的“设备 (EtherCAT)”打开：

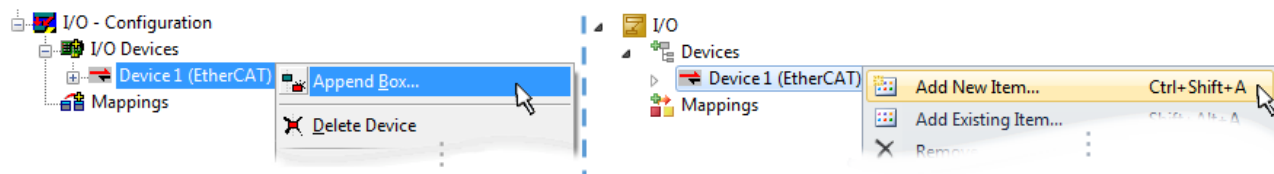


选择以太网端口

在安装了TwinCAT实时驱动程序的EtherCAT设备上才能选择以太网端口。这必须为每个端口单独进行。请参考各自的安装页面 [► 89]。

配置 EtherCAT 从站

选中配置树中的一个设备并右键单击，可以进一步添加其它设备。



附图 101: 添加 EtherCAT 设备（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

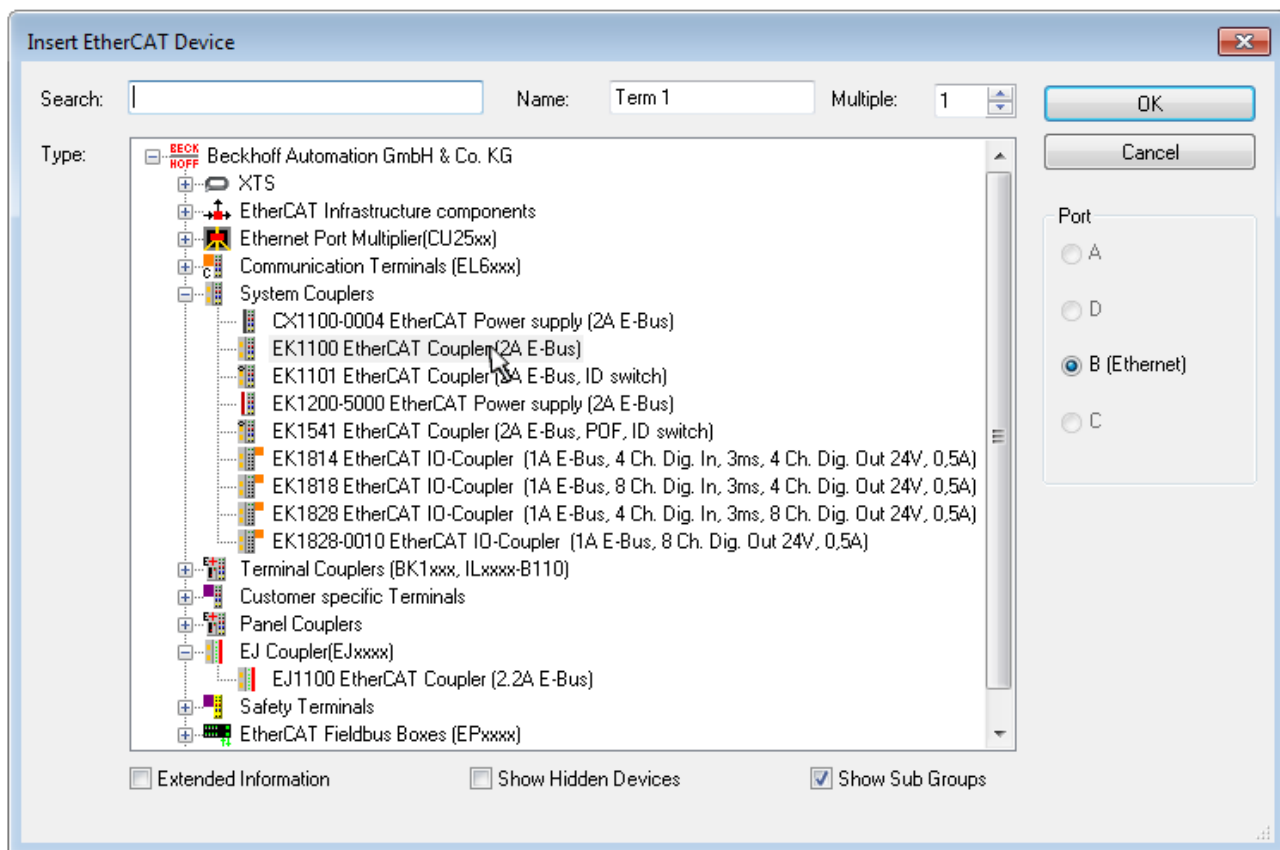
弹出选择新设备的对话框 对话框中只显示已有 ESI 文件的设备。

只显示可以添加到上一步选中项之后的设备，以供选择。也会显示端口可用的物理层（图“新增 EtherCAT 设备的选择对话框”）。如果是基于电缆的带PHY传输的 Fast-Ethernet（快速以太网）物理层，那么也只能选择基于电缆的设备，如图“新增 EtherCAT 设备的选择对话框”所示。如果上一个设备有多个空闲的端口（例如EK1122 或 EK1100），可以在右边选择需要的端口（A）。

物理层概述

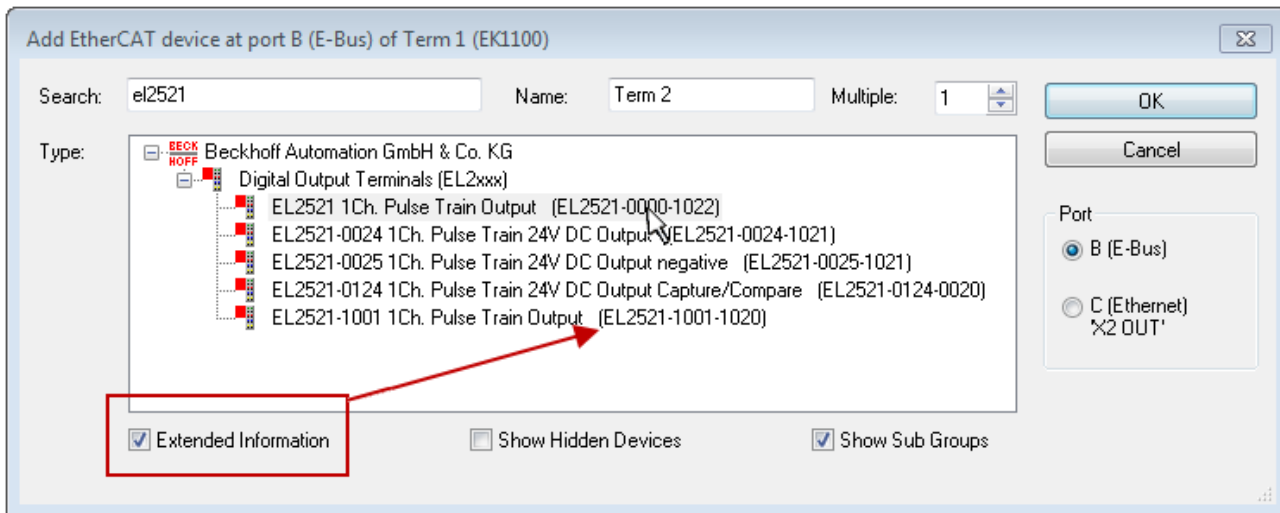
- “Ethernet”：基于电缆的 100BASE-TX：耦合器、盒模块、带 RJ45/M8/M12 连接器的设备
- “E-Bus”：LVDS “端子模块总线”，EtherCAT 插拔式模块（EJ），EtherCAT 端子模块（EL/ES），各种模块化模块

Search 搜索框用于查找指定的设备（自 TwinCAT 2.11 或 TwinCAT 3 起）。



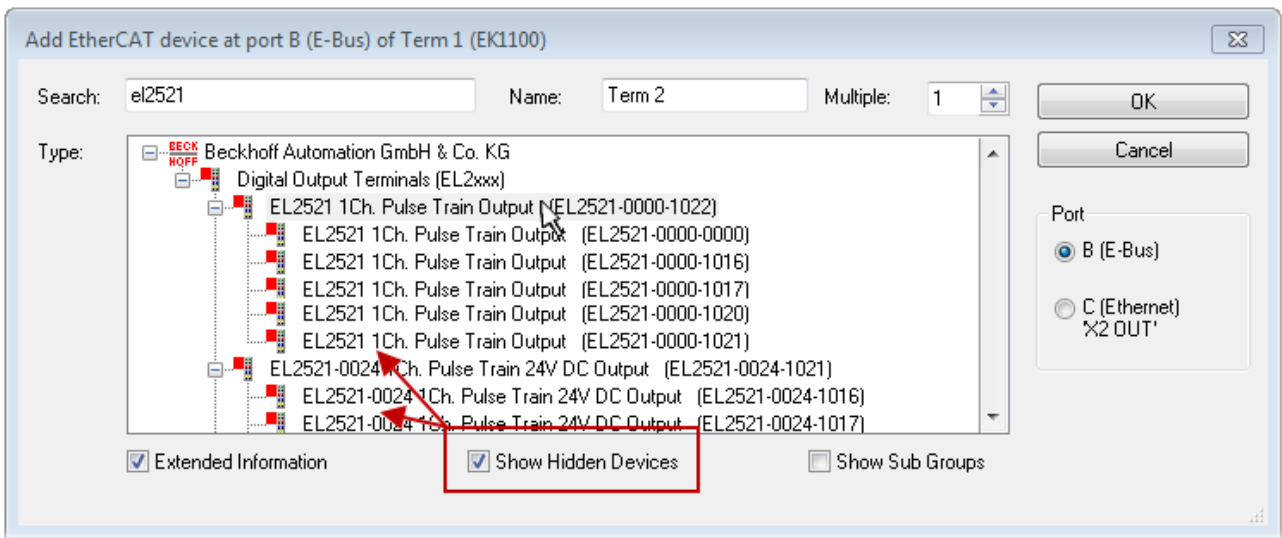
附图 102: 新增 EtherCAT 设备的选择对话框

默认情况下，只要根据名称/设备类型进行选择。如果要选择设备的特定版本，可以勾选“Extended Information”，把版本信息也显示出来。



附图 103: 显示设备版本

很多时候，由于历史原因或增加功能，例如进行了技术升级，一个设备可能存在多个版本。为简化起见（见图“新增 EtherCAT 设备的选择对话框”），在倍福设备的选择对话框中只显示最近（即最高）的修订版本，从而也是最新出厂的设备版本。如需以 ESI 描述显示系统可用的所有设备版本，请勾选“Show Hidden Devices（显示隐藏设备）”复选框，见图“显示以前的版本”。



附图 104: 显示以前的版本

i

修订版本的设备选择 - 兼容性

ESI描述还定义了过程图像、主站和从站/设备之间的通信类型以及设备功能（如果适用）。物理设备（固件，如果适用）必须支持主站的通信查询/设置。这是向后兼容的，也就是说，如果EtherCAT主站将其视为较早版本，那么应支持较新设备（较高版本）。对于Beckhoff的EtherCAT端子/端子盒/EJ模块，应符合以下兼容性规则。

系统中的设备版本 >= 配置中的设备版本

这也使得后续更换设备时无需改变配置（驱动器可能存在不同规格）。

示例

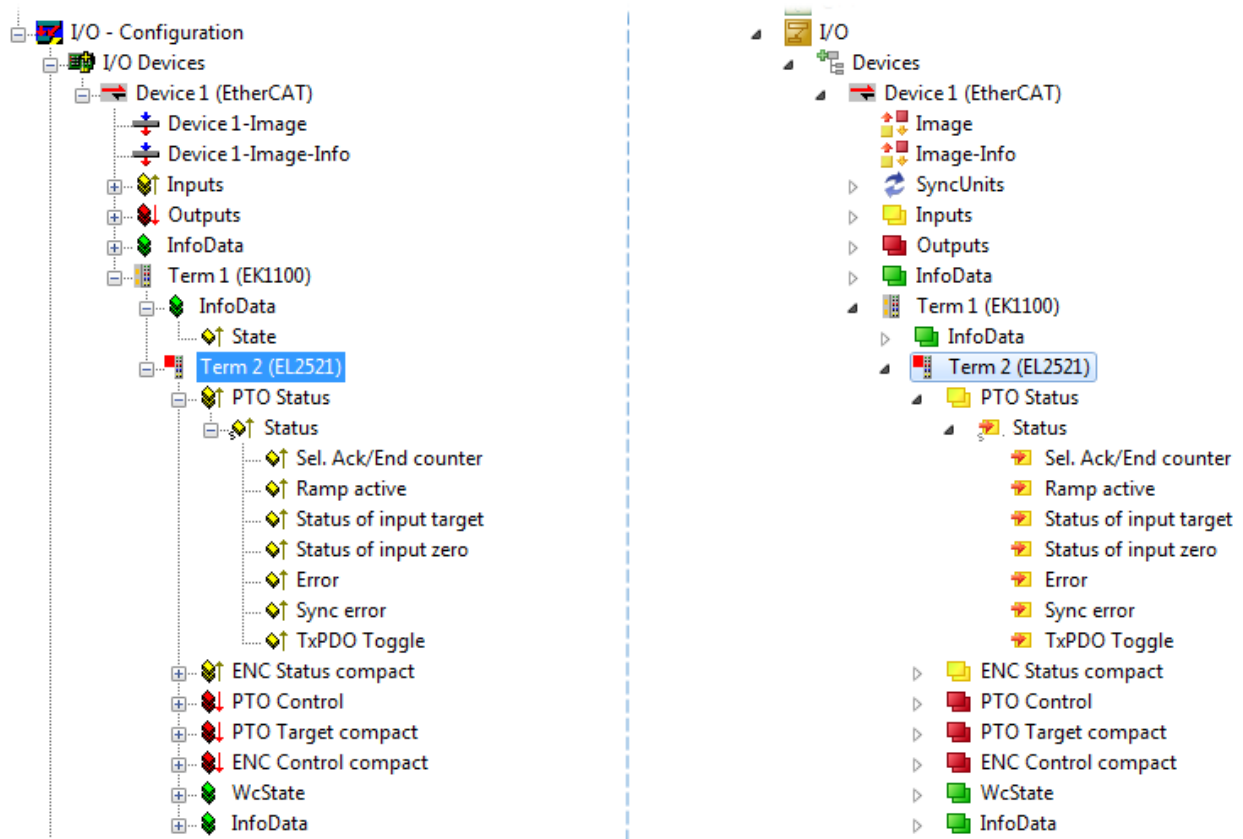
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-**1019**，-**1020**）。

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 105: 终端的名称/修订版本

如果TwinCAT系统中存在当前ESI描述，则选择对话框中提供的最新修订版本与Beckhoff的生产状态相符。如果在实际应用中使用了当前Beckhoff设备，建议在创建新配置时使用最近的设备版本。在应用中使用库存的较早设备时，方才应使用较早的修订版本。

在这种情况下，设备的过程图像显示在配置树中，并可以进行如下参数化：与任务的链接、CoE/DC设置、插件定义、启动设置…



附图 106: TwinCAT 树中的 EtherCAT 端子模块 (左: TwinCAT 2; 右: TwinCAT 3)

6.2.6 创建ONLINE配置

检测/扫描 EtherCAT 设备

如果 TwinCAT 系统处于CONFIG模式，则可以使用在线设备搜索。这可以通过下方信息栏中的符号表示：

- 在 TwinCAT 2 上，通过 TwinCAT System Manager 窗口中蓝色显示的 **Config Mode** 来表示“Config Mode”。
- 在 TwinCAT 3 上，通过开发环境用户界面中的符号  表示。

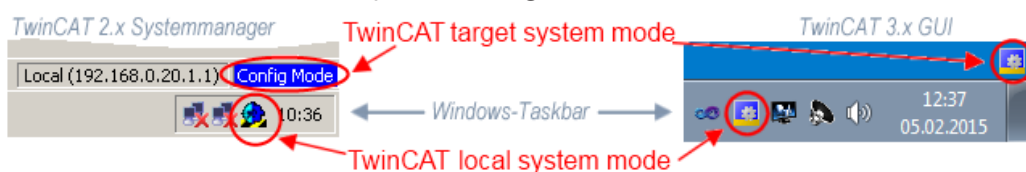
以下方法可以将TwinCAT 设置成配置模式：

- TwinCAT 2: 通过选择菜单栏中的  或通过“Actions”→“Set/Reset TwinCAT to Config Mode...”
- TwinCAT 3: 通过选择菜单栏中的  或通过“TwinCAT”→“Restart TwinCAT (Config Mode)”

配置模式下的在线扫描

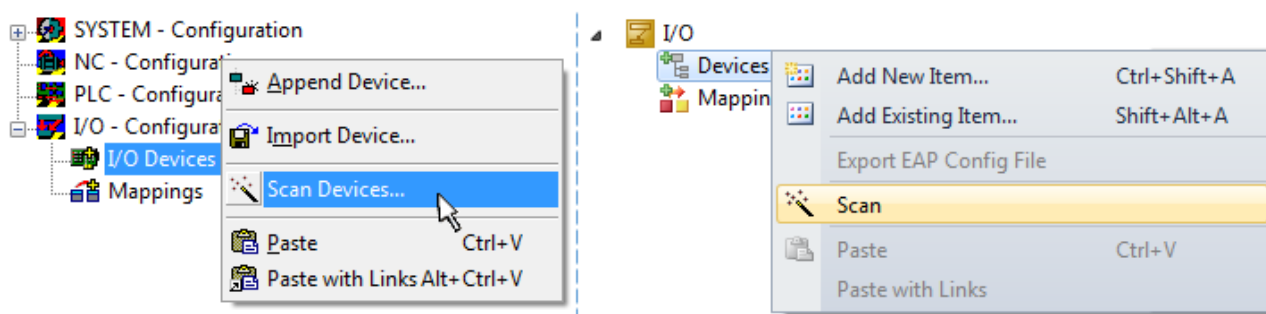
i 在 RUN 模式（生产运行）下，在线搜索不可用。注意 TwinCAT 编程系统和 TwinCAT 目标系统之间的区别。

Windows 任务栏中的 TwinCAT 2 图标 () 或 TwinCAT 3 图标 () 始终显示本地 IPC 的 TwinCAT 模式。与此相对，TwinCAT 2 的 System Manager 窗口或 TwinCAT 3 的用户界面会显示目标系统的状态。



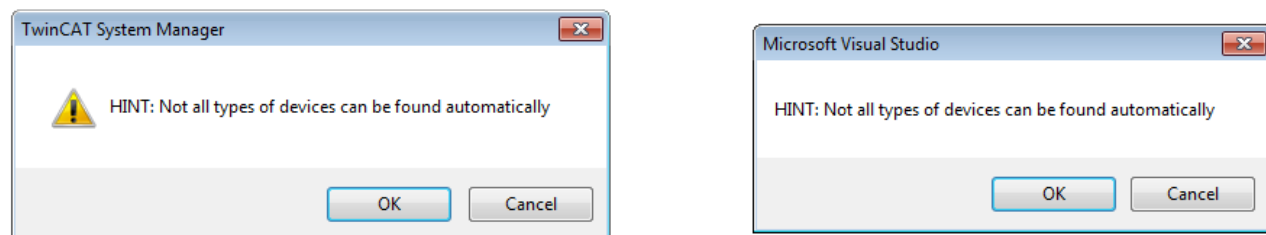
附图 107: 本地/目标系统差异（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

右键单击配置树中的“I/O Devices”可以打开搜索对话框。



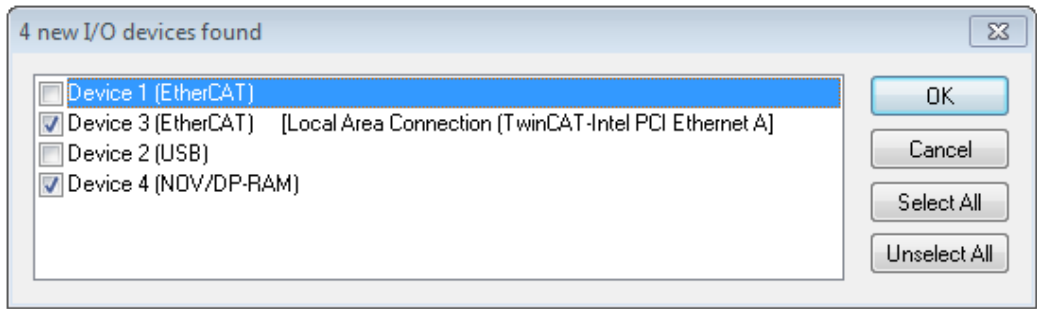
附图 108: Scan Devices（扫描设备）（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

这种扫描模式不仅试图找到 EtherCAT 设备（或可作为 EtherCAT 设备使用的以太网端口），而且还试图找到 NOVRAM、现场总线卡、SMB 等。然而，并非所有设备都能自动找到。



附图 109: 自动设备扫描的注意事项（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

安装了 TwinCAT real-time 实时驱动程序的以太网端口被显示为“RT Ethernet”设备。为测试目的，一个 EtherCAT 帧被发送到这些端口。如果扫描过程从响应中检测到已连接一个 EtherCAT 从站，该端口将立即显示为“EtherCAT Device”。



附图 110: 检测到的以太网设备

通过各自的复选框可以选择设备（如图“检测到的以太网设备”所示，例如图中设备 3 和设备 4 被选中）。在通过“OK”按钮进行确认后，建议对所有选定的设备进行设备扫描，见图“自动创建 EtherCAT 设备后的扫描”。

● 选择以太网端口



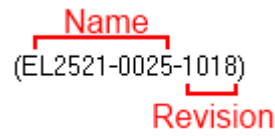
在安装了TwinCAT实时驱动程序的EtherCAT设备上才能选择以太网端口。这必须为每个端口单独进行。请参考各自的安装页面 [► 89]。

检测/扫描 EtherCAT 设备

● 在线扫描功能



在扫描过程中，主站在从站的 EEPROM 中查询 EtherCAT 从站的身份信息。名称和修订版本号用于确定类型。从存储的 ESI 数据中找到各个设备，并以其 ESI 文件定义的默认设置集成到当前配置。



附图 111: 默认设置示例

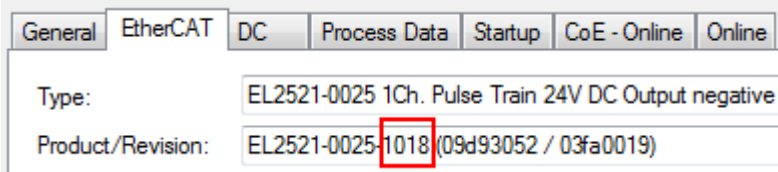
注意

在量产机型上使用从站扫描功能

扫描功能应谨慎使用。它是一个实用和快速的工具，用于创建一个初始配置，作为调试的基础。然而，扫描功能不应用于设备量产或重复生产时创建配置，而是仅在必要时用于和已定义的初始配置进行比较 [► 110]。背景：由于倍福出于产品维护的原因，已交付产品还会继续更新修订版本。通过在线扫描可以临时创建配置，根据设备清单，在线扫描的配置与初始配置是完全相同的（在机器结构相同的情况下）；但是，个别设备的修订版本可能与初始配置不同。

示例：

A 公司制造了一台机器 B 的原型机，该机器以后将被批量生产。为此，制造了原型机。在 TwinCAT 中对 IO 设备进行了扫描，并创建了初始配置“B.TSM”。修订版本为 1018 的 EL2521-0025 EtherCAT 端子模块装在某处。于是，它就这样创建到了 TwinCAT 配置文件中：



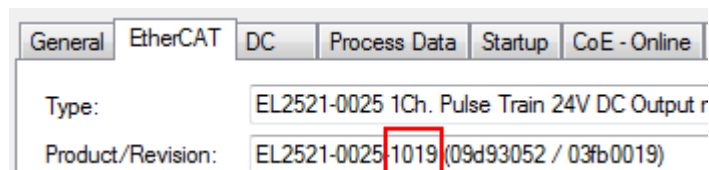
附图 112: 安装修订版本-1018的EtherCAT 端子模块，

同样，在原型机测试阶段，该端子模块的功能和属性由程序员/调试工程师进行测试完成以后就可以随时投入使用，比如通过 PLC “B.pro” 或 NC 寻址访问。（这也同样适用于TwinCAT 3 解决方案）。

原型开发完成以后，机器 B 开始批量生产，倍福继续为该机器提供 EL2521-0025-0018。如果机器批量生产部门的调试工程师总是进行扫描，那么每台机器都会再次产生一个内容相同的 B 配置。同样，A 公司可能会在全球范围内为即将批量生产的带有 EL2521-0025-1018 端子模块的机器创建备件仓库。

一段时间后，倍福对 EL2521-0025 进行了升级，新增了功能 C。因此更改了固件，在外观上标注了更高的固件版本和新的修订版本-**1019**。尽管如此，新设备自动支持前一版本的功能和界面；因此，没有必要对“B.TSM”甚至“B.pro”进行调整。量产机器可以继续用“B.tsm”和“B.pro”来生产；为了检查生产的机器，需要对照初始配置“B.tsm”进行比较扫描 [► 110]。

然而，如果现在机器批量生产部门不使用“B.tsm”，而是进行扫描来创建生产用的配置，那么修订版本-**1019**将被自动检测并创建到配置中：



附图 113: 检测修订版本 1019 的 EtherCAT 端子模块

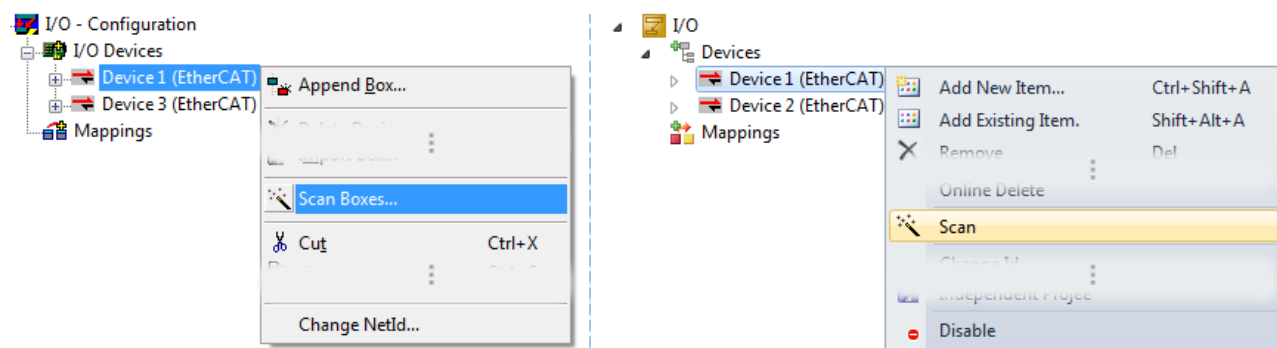
调试工程师通常不会注意到这一点。TwinCAT 也不会发出任何信号，因为实际上是从头创建了一个新的配置。然而，根据兼容性规则，这意味着不应该将 EL2521-0025-**1018** 的备件安装到这台机器上（即使这在绝大多数情况下还是可以使用的）。

此外，还可能发生的情况是，由于 A 公司的开发及生产，EL2521-0025-1019 的新功能 C（例如，改进的模拟量滤波器或用于诊断的额外过程数据）被发现并使用了，而无需经过内部审核。以前的备件库存就不能再用于以这种方式创建的新配置“B2.TSM”。如果机器已经开始批量生产，扫描就应该只是为了提供信息，以便和定义的初始配置进行比较。更改配置务必小心！

如果在配置中创建了 EtherCAT 设备（手动或通过扫描），则可以在 I/O 区域扫描设备/从站。



附图 114: 自动创建 EtherCAT 设备后的扫描（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）



附图 115: 手动扫描特定 EtherCAT 主站上的设备（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

在System Manager（TwinCAT 2）或用户界面（TwinCAT 3）中，可以通过状态栏底部的进度条监控扫描过程。



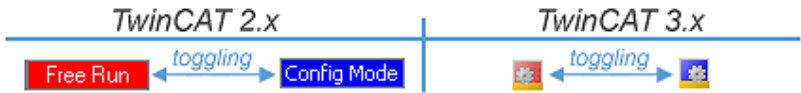
附图 116: TwinCAT 2 的扫描进度示例

配置已建立，然后可以切换到在线状态（OPERATIONAL）。



附图 117: Config/FreeRun 查询（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

在 Config/FreeRun 模式下，System Manager 在蓝色和红色之间交替显示，而 EtherCAT 设备继续以 4ms 的空转周期时间（默认设置）运行，即使没有活动任务（NC，PLC）也不例外。

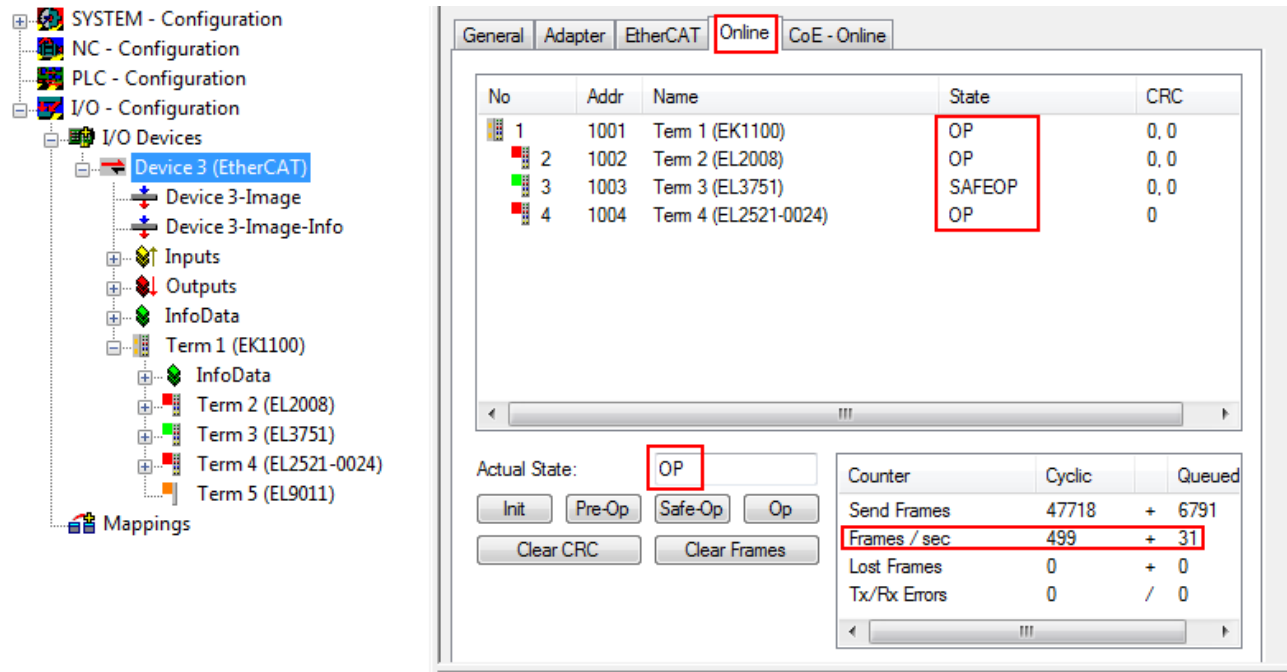


附图 118: 显示在状态栏下方的“Free Run”和“Config Mode”来回切换



附图 119: TwinCAT 也可以通过一个按钮切换到这种状态（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

然后 EtherCAT 系统应处于功能循环状态，如图在线显示示例所示。



附图 120: 在线显示示例

请注意：

- 所有从站应处于 OP 状态
- EtherCAT 主站的“Actual State”应处于 OP 状态

- “frames/sec” 应与周期时间相匹配，同时将 Sent Frames 纳入考量。
- 不应出现过多的 “Lost Frames” 或 CRC 错误

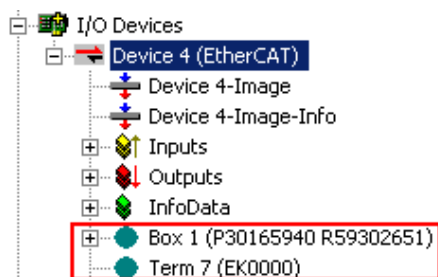
至此，配置工作就完成了。该配置可以按照[手动流程 \[► 100\]](#)中的描述进行修改。

故障排除

在扫描过程中可能会出现各种状况：

- 检测到一个**unknown device（未知设备）**，即没有 ESI XML 描述的 EtherCAT 从站。
此时，System Manager 可以读取该设备中存储的任何 ESI。这种情况在“关于 ESI 设备描述的说明”一章中进行了描述。
- **Device are not detected properly（设备未被正确检测到）**
可能的原因包括：
 - 数据链路出现故障，导致扫描过程中数据丢失
 - 从站的设备描述无效

应有针对性地检查接线和设备，例如通过 emergency scan（紧急扫描）进行检查。
然后重新执行扫描。



附图 121: 识别错误

在System Manager中，这种情况下的设备可能被识别为 EK0000 或 unknown devices（未知设备）。无法操作或操作无效。

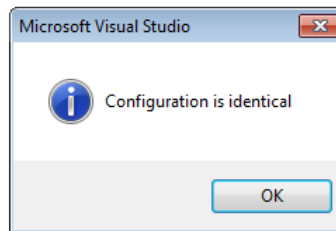
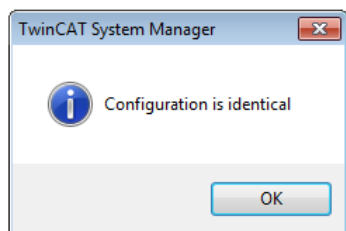
扫描现有配置

注意

比较后修改配置

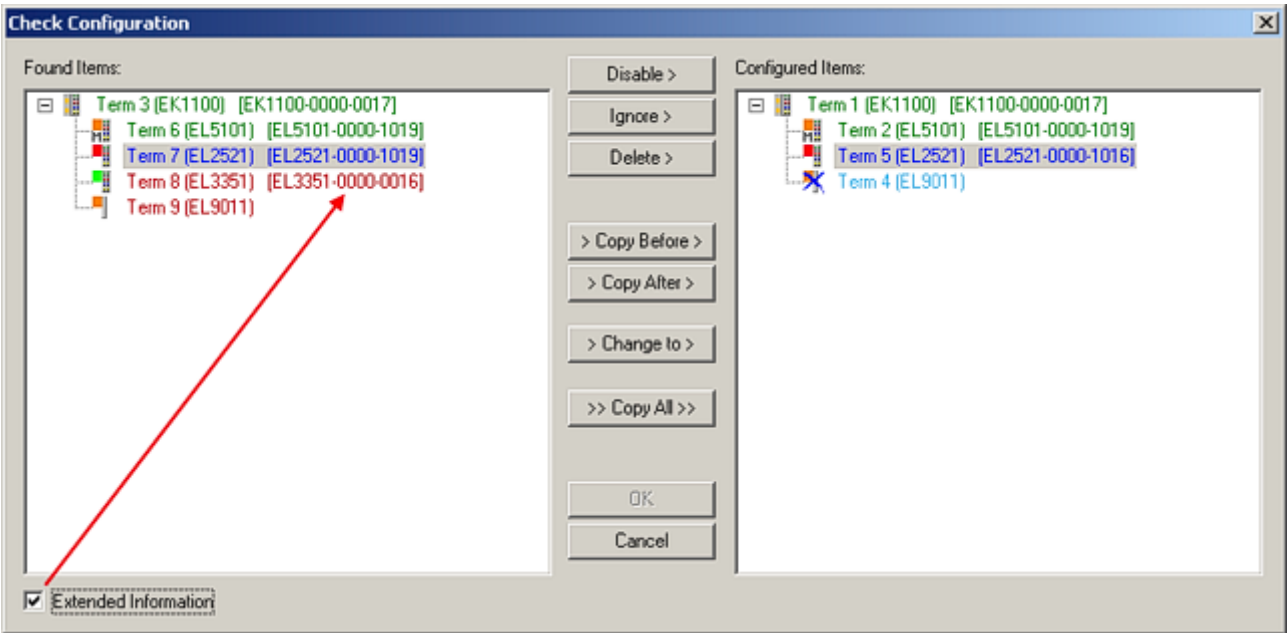
通过这种扫描（TwinCAT 2.11 或 3.1），目前只对设备属性中的供应商（制造商）、设备名称和修订版本进行比较！务必谨慎执行“ChangeTo（更改为）”和“Copy（复制）”操作，认真考虑倍福 IO 兼容性规则（见前文）。然后，原来配置的设备版本被扫描发现的修订版本所取代；这可能会影响设备支持的过程数据和功能。

如果对现有配置进行扫描，实际的 I/O 环境可能与配置完全一致，也可能有所不同。这样就可以比较两个配置了。



附图 122: 相同配置（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

如果检测到有改动，差异会显示在更正对话框中，从而让用户就可以根据需要修改配置。



附图 123: 更正对话框

建议勾选“Extended Information”复选框，以显示修订版本的差异。

颜色	说明
绿色	此 EtherCAT 从站与另一侧的条目相匹配。类型和修订版本均匹配。
蓝色	此 EtherCAT 从站在另一侧也存在，但其版本不同。其他修订版本可能具有过程数据和其他/附加功能的其他默认数值。 如果找到的修订版本高于配置的修订版本，只要考虑到兼容性问题，就可以使用该从站。 如果找到的修订版低于配置的修订版，很可能无法使用从站。找到的设备可能并不支持主站基于较高修订版本所期望的所有功能。
淡蓝色	此 EtherCAT 从站被忽略（“忽略”按钮）
红色	- 此 EtherCAT 从站在另一侧不存在。 - 存在但版本不同，且属性也与指定版本不同。 兼容性原则也适用于此处：如果找到的版本高于配置的版本，只要考虑到兼容性问题，就可以使用，因为后继设备应该支持前代设备的功能。 如果找到的修订版低于配置的修订版，很可能无法使用从站。找到的设备可能并不支持主站基于较高修订版本所期望的所有功能。

● 修订版本的设备选择 - 兼容性

i ESI描述还定义了过程图像、主站和从站/设备之间的通信类型以及设备功能（如果适用）。物理设备（固件，如果适用）必须支持主站的通信查询/设置。这是向后兼容的，也就是说，如果EtherCAT主站将其视为较早版本，那么应支持较新设备（较高版本）。对于Beckhoff的EtherCAT端子/端子盒/EJ模块，应符合以下兼容性规则。

系统中的设备版本 >= 配置中的设备版本

这也使得后续更换设备时无需改变配置（驱动器可能存在不同规格）。

示例

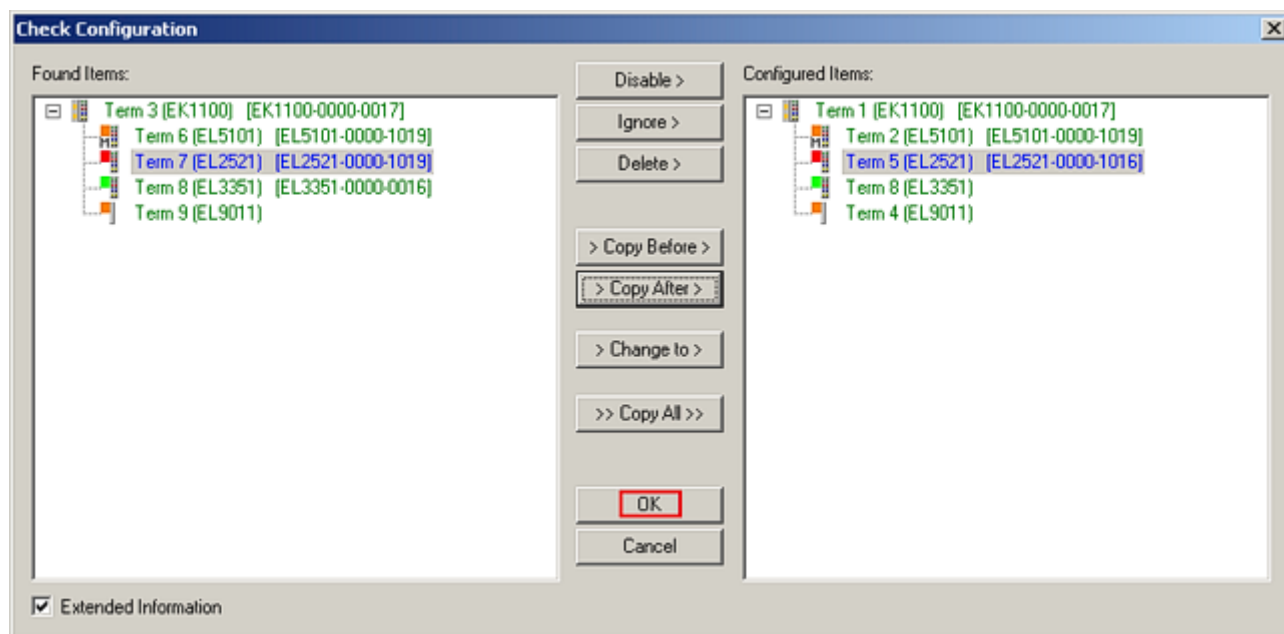
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-**1019**，-**1020**）。

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 124: 终端的名称/修订版本

如果TwinCAT系统中存在当前ESI描述，则选择对话框中提供的最新修订版本与Beckhoff的生产状态相符。如果在实际应用中使用了当前Beckhoff设备，建议在创建新配置时使用最近的设备版本。在应用中使用库存的较早设备时，方才应使用较早的修订版本。

在这种情况下，设备的过程图像显示在配置树中，并可以进行如下参数化：与任务的链接、CoE/DC设置、插件定义、启动设置…

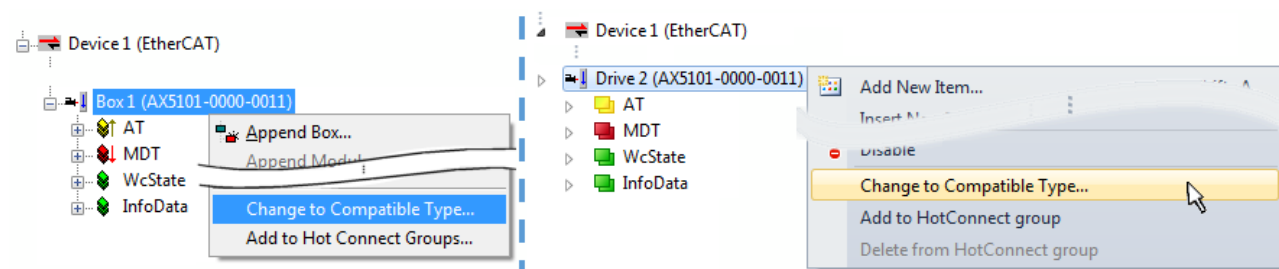


附图 125: 更正对话框，有修改项

一旦所有的修改被保存或接受，点击“确定”将它们传输到实际的 *.tsm 配置。

更改为兼容类型 (Change to Compatible Type)

TwinCAT 提供一个功能Change to Compatible Type...用于切换到另一个设备版本，同时保留任务中的链接。



附图 126: 对话框“Change to Compatible Type...”（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

TwinCAT 对 EtherCAT 设备的 ESI 中下列元素进行了比较，并假定它们是相同的，以决定一个设备是否被表示为“兼容”：

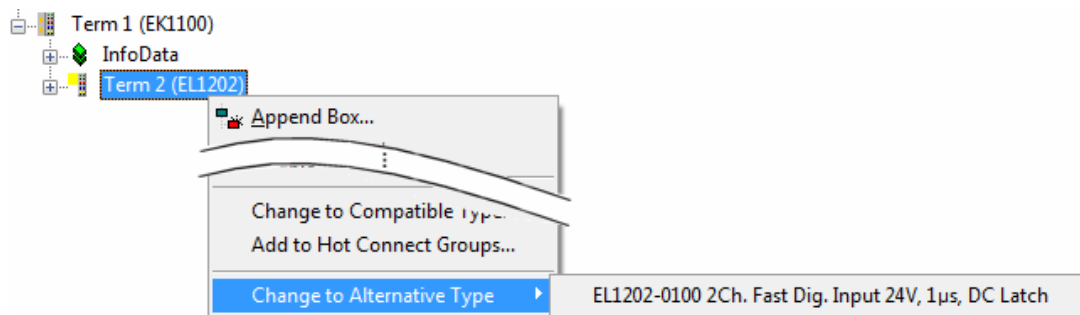
- 物理层（例如RJ45、Ebus...）
- FMMU（允许实际数量比配置的多）
- Sync Manager（SM，允许实际数量比配置的多）

- EoE (属性 MAC, IP)
- CoE (属性 SdoInfo, PdoAssign, PdoConfig, PdoUpload, CompleteAccess)
- FoE
- PDO (过程数据: Sequence, SyncUnit SU, Sync Manager SM, EntryCount, Entry.Datatype)

这个功能最好是在 AX5000 设备上使用。

更改为替代类型 (Change to Alternative Type)

TwinCAT System Manager 提供用于切换设备的功能: Change to Alternative Type

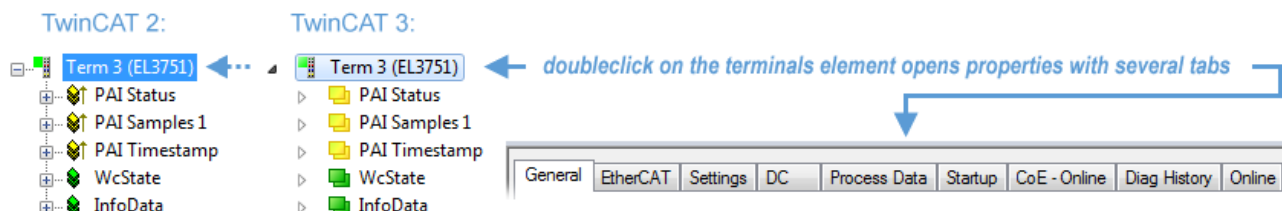


附图 127: TwinCAT 2 对话框 Change to Alternative Type

如果调用 Change to Alternative Type, System Manager 会在本地的设备 ESI (在此例中: EL1202-0000) 中搜索其中包含的兼容设备的详细信息。配置被更改, 且 ESI-EEPROM 也同时被覆盖, 因此这个过程只有在在线状态 (ConfigMode) 下才能执行。

6.2.7 EtherCAT 设备的配置

在 TwinCAT 2 System Manager 的左侧窗口或 TwinCAT 3 开发环境的 Solution Explorer (解决方案浏览器) 中, 分别点击树结构中希望配置的端子模块 (在示例中: EL3751 Term 3)。



附图 128: 树形结构的分支, 端子模块 EL3751

在 TwinCAT System Manager (TwinCAT 2) 或开发环境 (TwinCAT 3) 的右侧窗口中, 有各种用于配置端子模块的选项卡, 而具体提供哪些选项卡则取决于从站设备的复杂程度。因此, 如上面的例子所示, 端子模块 EL3751 提供许多设置选项, 也提供相应数量的选项卡。相反, 对于端子模块 EL1004, 就只提供 “General”、“EtherCAT”、“Process Data” 和 “Online” 选项卡。有的端子模块 (例如 EL6695) 通过一个带有自己名称的选项卡提供特殊功能, 本例中的选项卡名称就是 “EL6695”。此外, 还有一些端子模块提供一个特定的 “Settings” 选项卡, 其中包括诸多设置选项 (例如 EL3751)。

“General(常规)”选项卡

附图 129: “General(常规)” 选项卡

Name	EtherCAT 设备的名称
Id	EtherCAT 设备的编号
Type	EtherCAT 设备类型
Comment	注释 (例如关于系统的注释)。
Disabled	可以在此停用 EtherCAT 设备。
Create symbols	选中此复选框，才能通过 ADS 访问该 EtherCAT 从站。

“EtherCAT”选项卡

附图 130: “EtherCAT” 选项卡

Type	EtherCAT 设备类型
Product/Revision	EtherCAT 设备的产品编号和修订版本号
Auto Inc Addr.	EtherCAT 设备的自动增量寻址功能。自动增量寻址用于通过物理位置对通信环中的每个 EtherCAT 设备进行寻址。在启动阶段，当 EtherCAT 主站为 EtherCAT 设备分配地址时，将使用自动增量寻址。进行自动增量寻址时，通信链路上的第一个 EtherCAT 从站的地址为 0000 _{hex} 。每增加一个从站，地址就减 1 (FFFF _{hex} 、FFFE _{hex} ...)。
EtherCAT Addr.	一个 EtherCAT 从站的固定地址。该地址由 EtherCAT 主站在启动阶段分配。勾选输入字段左边的复选框，以修改默认值。
Previous Port	该设备连接的 EtherCAT 设备的名称和端口。如果可以在不改变通信环中 EtherCAT 设备顺序的情况下将该设备与另一个设备进行连接，则该组合字段被激活，可以选择该设备所连接的 EtherCAT 设备。
Advanced Settings	点击该按钮打开高级设置对话框。

标签底部的链接指向该 EtherCAT 设备对应的产品主页。

“Process Data (过程数据)”选项卡

用于过程数据配置。EtherCAT从站的输入和输出数据表示为CANopen过程数据对象（ProcessDataObjects, PDO）。如果EtherCAT从站支持该功能，用户可以通过 PDO 分配选择一个PDO，并通过该对话框修改各个PDO的内容。

GeneralEtherCATProcess DataStartupCoE - OnlineOnline

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	246	MbxOut	
1	246	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	5	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	5.0	Channel 1	F	3	0

PDO Assignment (0x1C13):

☒ 0x1A00

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default (hex)
0x3101:01	1.0	0.0	Status	BYTE	
0x3101:02	4.0	1.0	Value	UDINT	
		5.0			

Download

☒ PDO Assignment☒ PDO Configuration

Load PDO info from device

Sync Unit Assignment...

附图 131: “Process Data (过程数据)” 选项卡

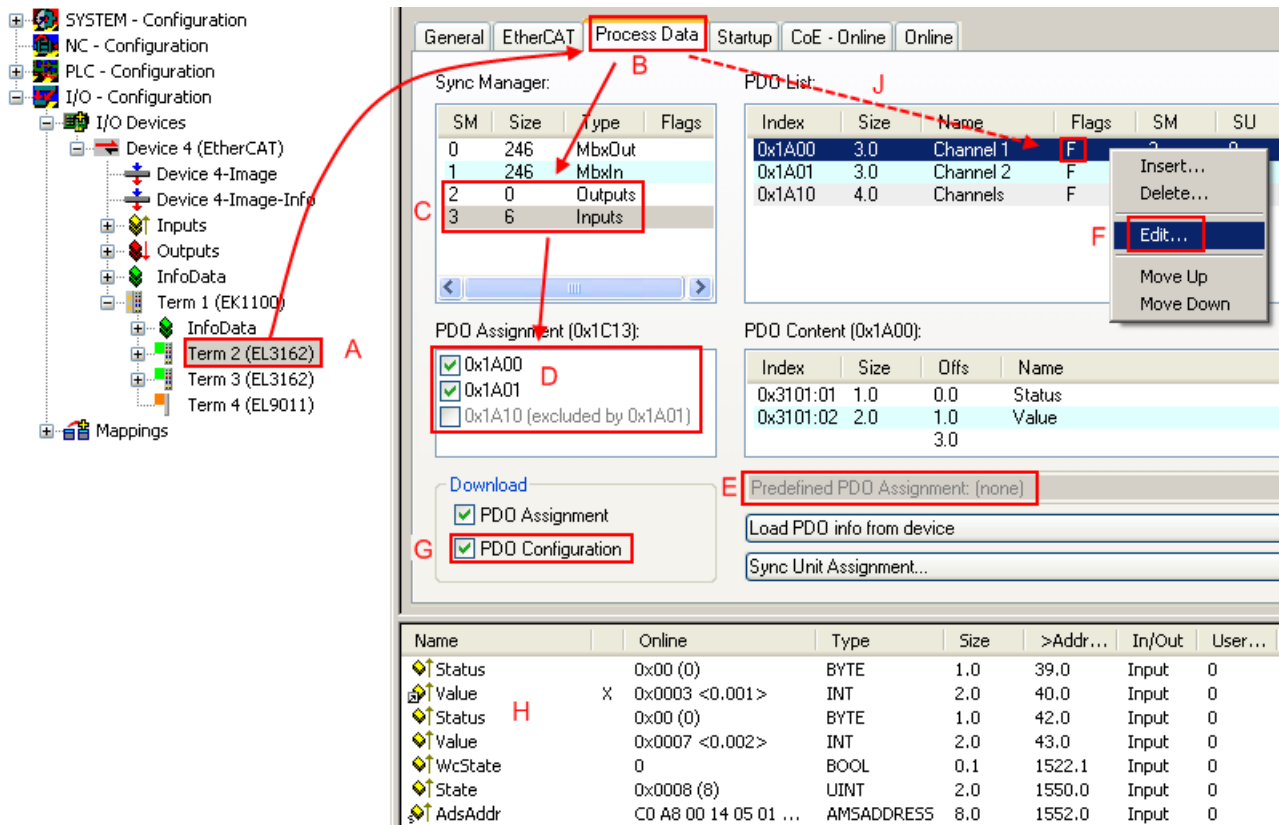
EtherCAT从站在每个周期内传输的过程数据（PDO）是应用程序期望周期性更新的用户数据，或者是被发送到从站的用户数据。为此，EtherCAT 主站 (Beckhoff TwinCAT) 在启动阶段对每个EtherCAT从站进行了参数设置，以定义其希望传输到该从站或从该从站传输的过程数据 (位/字节大小、数据源位置、传输类型)。如果配置错误，将会使从站启动失败。

对于Beckhoff EtherCAT EL、ES、EM、EJ和EP从站，一般情况下适用以下规定：

- 设备支持的输入/输出过程数据由制造商在 ESI/XML 描述中定义。TwinCAT EtherCAT 主站使用 ESI 描述来正确配置从站。
- 过程数据可以在System Manager (系统管理器) 中修改。参见设备文件。
修改示例包括：屏蔽一个通道、显示额外的循环信息、16位显示代替8位数据大小等等。
- 在所谓的“智能”EtherCAT 设备中，过程数据信息也被存储在 CoE 目录中。CoE 目录中任何导致不同 PDO 设置的更改都会使从站启动失败。不建议修改模块出厂配置的过程数据，因为设备固件 (如有) 与这些 PDO 组合是配套的。

如果设备文件允许修改过程数据，请按以下步骤操作（见图配置过程数据）。

- A：选择需要配置的设备
- B：在“Process Data”标签中选择Sync Manager 同步管理器下的输入或输出（C）
- D：可以选择或取消选择 PDO
- H：新的过程数据在System Manager (系统管理器) 中作为可链接的变量可见
一旦配置被激活且TwinCAT被重新启动（或EtherCAT主站被重新启动），新的过程数据就会激活。
- E：如果从站支持，可以通过选择一个所谓的 PDO 记录（“predefined PDO settings”）来同时修改输入和输出的 PDO。



附图 132: 配置过程数据

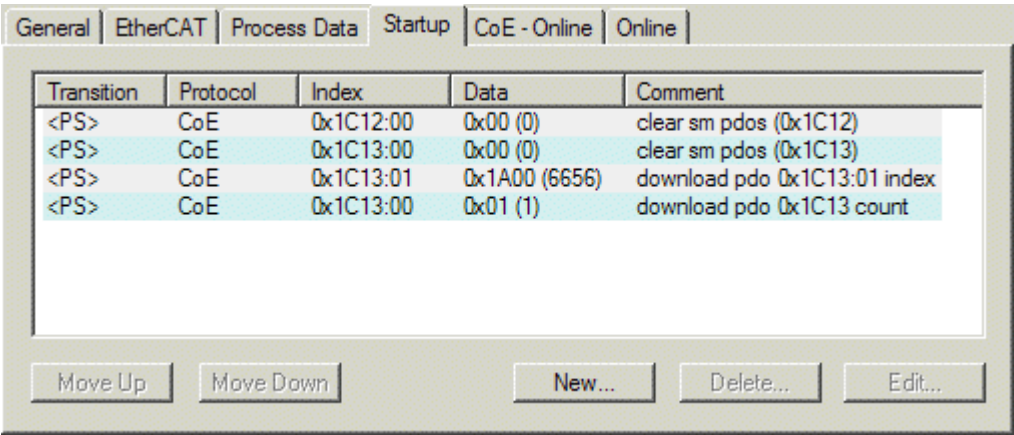
手动修改过程数据

根据ESI的描述，一个 PDO 可以在PDO概述中以标志“F”标为“固定”（图配置过程数据，J）。即使 TwinCAT 提供相关对话框（“Edit”），也不能改变此类 PDO 的配置。特别是，CoE内容不能作为循环过程数据显示。这通常也适用于设备支持下载 PDO 配置的情况，“G”。在配置不正确的情况下，EtherCAT从站通常会拒绝启动，并改变为OP状态。System Manager (系统管理器) 显示“invalid SM cfg”记录器信息：这个错误信息（“invalid SM IN cfg”或“invalid SM OUT cfg”）也提示了启动失败的原因。

此外，还可在本节末尾查看详细说明 [► 121]。

“Startup (启动)”选项卡

如果EtherCAT从站配有邮箱并支持CANopen over EtherCAT（CoE）或Servo drive over EtherCAT协议，则显示Startup (启动)选项卡。这个选项卡显示了在启动期间哪些下载请求被发送到邮箱。另外，也可以在列表显示中添加新的邮箱请求。下载请求会按照它们在列表中显示的相同顺序发送到从站。



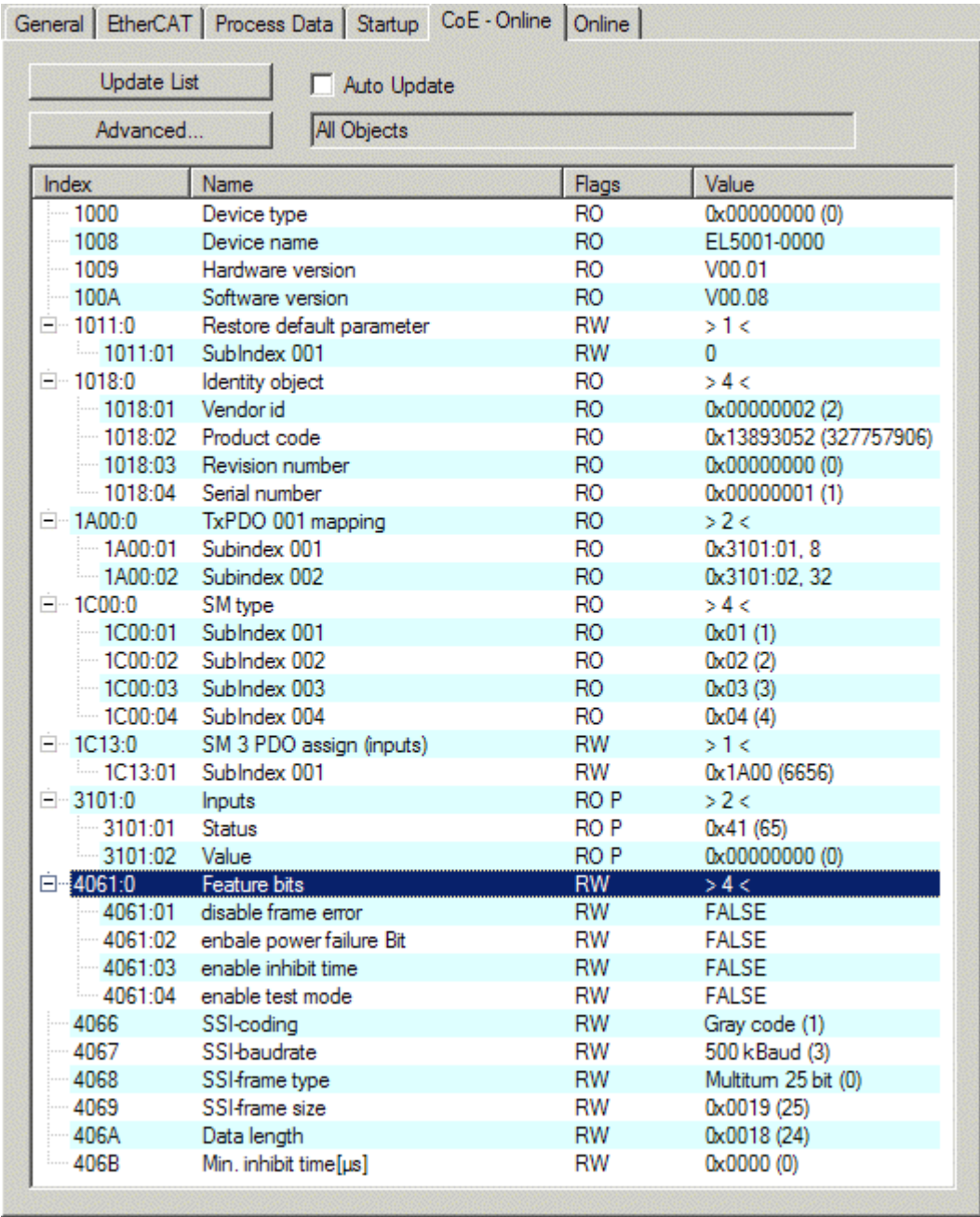
附图 133: “Startup (启动)” 选项卡

列	Description
Transition	发送请求的过渡期。这可以是 - 从Pre-OP到Safe-OP（PS）的过渡，或 - 从Safe-OP到运行（SO）的过渡。 如果过渡用“<>”括起来（如<PS>），则这种邮箱请求是固定的，用户不能修改或删除。
Protocol	邮箱协议类型
Index	对象的索引
Data	该对象要下载的数据。
Comment	将被发送到邮箱的请求的描述

- Move Up**
该按钮可将所选请求在列表中向上移动一个位置。
- Move Down**
该按钮可将所选请求在列表中向下移动一个位置。
- New**
该按钮可添加一个新的邮箱下载请求，将在启动时发送。
- Delete**
该按钮可以删除选定的条目。
- Edit**
该按钮可编辑当前的邮箱请求内容。

“CoE - Online”选项卡

如果EtherCAT从站支持CANopen over EtherCAT（CoE）协议，则会显示额外的CoE - Online选项卡。该对话框列出了从站对象列表的内容（SDO上传），并让用户能够从这个列表中修改对象的内容。关于各个EtherCAT设备对象的详细信息，可参见设备特定的对象描述。

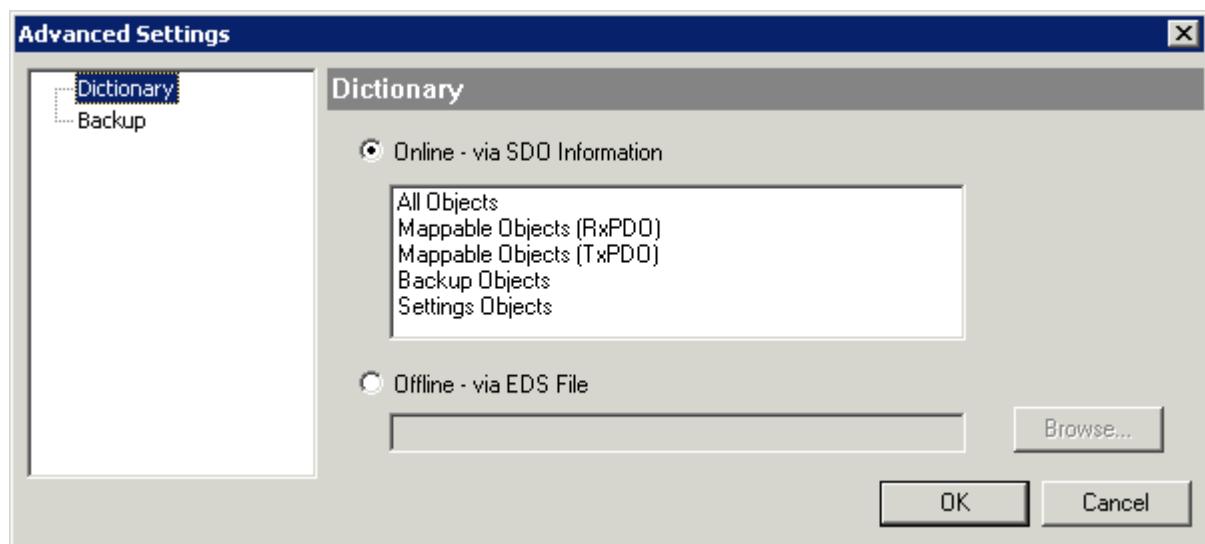


附图 134: “CoE - Online” 选项卡

对象列表显示

列	Description	
Index	对象的索引和子索引	
Name	对象的名称	
Flags	RW	该对象可以被读取，且数据可被写入对象（读/写）。
	RO	该对象可以被读取，但不能向该对象写入数据（只读）。
	P	附加P将对象标识为过程数据对象。
Value	对象数值	

- Update List** Update List 按钮可更新显示列表中的所有对象。
- Auto Update** 如果选择了这个复选框，对象的内容会自动更新。
- Advanced** Advanced 按钮可打开 Advanced Settings 对话框。在这里，你可以指定哪些对象会显示在列表中。

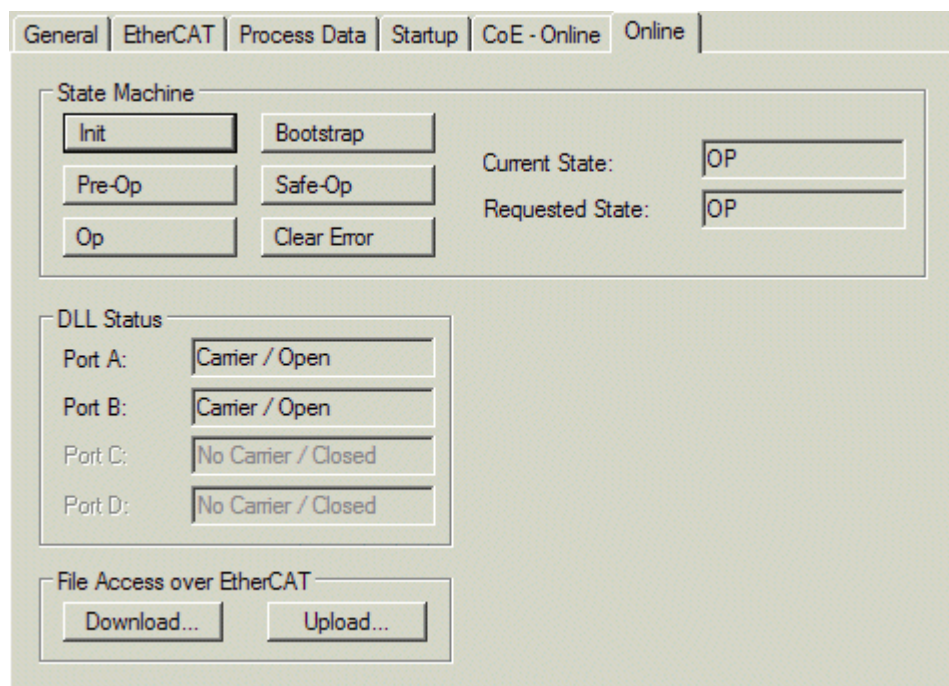


附图 135: “Advanced settings (高级设置)” 对话框

Online - via SDO Information 如果选择了这个选项按钮，就会通过SDO信息从从站上传包含在从站对象列表中的对象列表。下面的列表可以用来指定哪些对象类型要被上传。

Offline - via EDS File 如果选择了这个选项按钮，将从用户提供的EDS文件中读取对象列表中包含的对象列表。

“Online (在线)”选项卡



附图 136: “Online (在线)” 选项卡

State Machine 状态机

Init	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为Init状态。
Pre-Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为Pre-OP状态。
Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为OP状态。
Bootstrap	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为Bootstrap状态。
Safe-Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为Safe-OP状态。
Clear Error	点击该按钮删除故障显示。如果 EtherCAT 从站在状态改变期间出现故障，将会设置错误标志。 示例：EtherCAT 从站处于 PREOP 状态 (预运行)。主站现在请求 SAFEOP 状态 (安全运行)。如果从站在状态改变期间出现故障，将设置错误标志。目前状态显示为 ERR PREOP。在按下 Clear Error 按钮后，错误标志将被清除，且当前状态再次显示为 PREOP。
Current State	指示 EtherCAT 设备的当前状态。
Requested State	指示 EtherCAT 设备请求的状态。

DLL Status

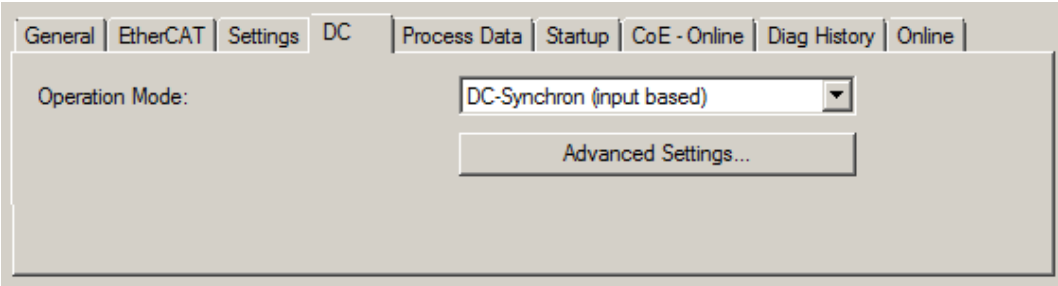
指示 EtherCAT 从站各个端口的 DLL 状态 (数据链路层状态)。DLL 状态分为以下四种：

Status	Description
No Carrier / Open	端口没有通讯信号，但端口处于打开状态。
No Carrier / Closed	端口没有通讯信号，且端口处于关闭状态。
Carrier / Open	端口有通讯信号，且端口处于打开状态。
Carrier / Closed	端口有通讯信号，但端口处于关闭状态。

通过 EtherCAT 进行文件访问

Download	通过这个按钮，文件可以被写入EtherCAT设备中。
Upload	通过这个按钮，可以从EtherCAT设备中读取一个文件。

“DC”选项卡 (分布时钟)



附图 137: “DC” 选项卡 (分布时钟)

Operation Mode	选项 (可选) : • FreeRun • SM-Synchron • DC-Synchron (Input based) • DC-Synchron
Advanced Settings...	用于重新调整TwinCAT时钟的高级设置，这是EtherCAT从站实时特性的决定性因素

关于分布时钟的详细信息，请参见<http://infosys.beckhoff.com>：

Fieldbus Components → EtherCAT Terminals → EtherCAT System documentation → EtherCAT basics
→ Distributed Clocks

6.2.7.1 Process Data (过程数据) 选项卡的详细描述

Sync Manager (同步管理器)

列出了Sync Manager 同步管理器 (SM) 的配置。

如果EtherCAT设备有一个邮箱，SM0用于邮箱输出 (MbxOut)，SM1用于邮箱输入 (MbxIn)。SM2用于输出过程数据 (输出)，SM3 (输入) 用于输入过程数据。

如果选择了一个输入，相应的 PDO 分配会显示在下面的 PDO 分配列表中。

PDO 分配

所选Sync Manager 同步管理器的 PDO 分配。所有为该Sync Manager 同步管理器类型定义的 PDO 都在这里列出：

- 如果在Sync Manager 同步管理器列表中选择了输出Sync Manager 同步管理器 (输出)，则显示所有的 RxPDO。
- 如果在Sync Manager 同步管理器列表中选择了输入Sync Manager 同步管理器 (输入)，则显示所有的 TxPDO。

所选条目是参与过程数据传输的 PDO。在System Manager (系统管理器) 的树状图中，这些 PDO 被显示为 EtherCAT 设备的变量。变量名称与 PDO 的 Name 参数相同，如 PDO 列表中所示。如果 PDO 分配列表中的一个条目被停用 (未被选中且呈灰色)，这表明该输入被排除在PDO分配之外。为了能够选择一个灰色的 PDO，必须先取消选择当前选定的PDO。



激活 PDO 分配

- ✓ 如果改变 PDO 分配以激活新的PDO分配，

a) EtherCAT从站必须运行一次PS状态转换周期 (从Pre-OP到Safe-OP) (见Online(在线) 选项卡 [▶ 119])，

b) 且System Manager (系统管理器) 必须重新加载EtherCAT从站

(TwinCAT 2按钮或 TwinCAT 3按钮)

PDO list (PDO 列表)

该 EtherCAT 设备支持的所有 PDO 列表。所选 PDO 的内容显示在 PDO Content 列表中。PDO 配置可通过双击条目进行修改。

列	Description
Index	PDO 索引。
Size	PDO 大小 (单位：字节)。
Name	PDO名称。 如果这个 PDO 被分配给一个Sync Manager 同步管理器，它将作为从站的一个变量出现，并以这个参数作为名称。
Flags	F 固定内容：该 PDO 内容固定，System Manager (系统管理器) 无法更改。
	M 必须填写的 PDO 内容。该 PDO 为必填项，因此必须分配给一个Sync Manager 同步管理器！因此，该 PDO 不能从 PDO Assignment 列表中删除。
SM	被分配 PDO 的 Sync Manager 同步管理器。如果该条目为空，则该 PDO 不参与过程数据通信。
SU	被分配 PDO 的同步单元。

PDO Content (PDO 内容)

显示当前选中的 PDO 内容。如果 PDO 的标志F (固定内容) 没有被设置，表示其内容可以被修改。

Download (下载)

对于具备 Mailbox 邮箱功能的智能设备，PDO Configuration (配置) 和 PDO Assignment (分配) 都可以下载到设备上。这是一个可选的功能，并非所有 EtherCAT 从站都支持。

PDO 分配

如果选择这个复选框，在 PDO 分配列表中配置的 PDO 分配会在启动时下载到设备。发送给设备的请求命令可以在 [Startup \[► 116\]](#) 选项卡中查看。

PDO 配置

如果选择了该复选框，各 PDO 的配置（如 PDO 列表和 PDO 内容显示中所示）将被下载到 EtherCAT 从站。

6.2.8 导入/导出 EtherCAT 设备为 SCI 和 XTI 文件

SCI 和 XTI 导出/导入 - 处理用户定义/修改的 EtherCAT 从站

6.2.8.1 基本原则

EtherCAT 从站一般通过以下要素进行参数化：

- 周期性过程数据（PDO）
- 同步特性（分布时钟DC、FreeRun、SM-Synchron）
- CoE 参数（非周期性对象字典）

注意：根据从站的类型，这三个要素可能不会全部出现。

为了更好地理解导出/导入功能，暂时只考虑 IO 配置的常规流程：

- 用户/编程人员在 TwinCAT 系统环境中进行 IO 配置。这涉及到所有输入/输出设备，例如连接到所用现场总线的驱动器。
注意：在以下章节中，仅说明 TwinCAT 系统环境中的 EtherCAT 配置。
- 用户手动将设备添加到配置中，或通过在线系统执行扫描。
- 然后配置 IO 系统。
- 插入一个从站时，系统配置中出现从站供应商提供的默认配置，包括默认 PDO、默认同步方法和 ESI（XML 设备描述文件）中定义的 CoE StartUp 参数。
- 如果有必要，可以根据相应的设备文档修改从站的配置元素，例如 PDO 配置或同步方法。

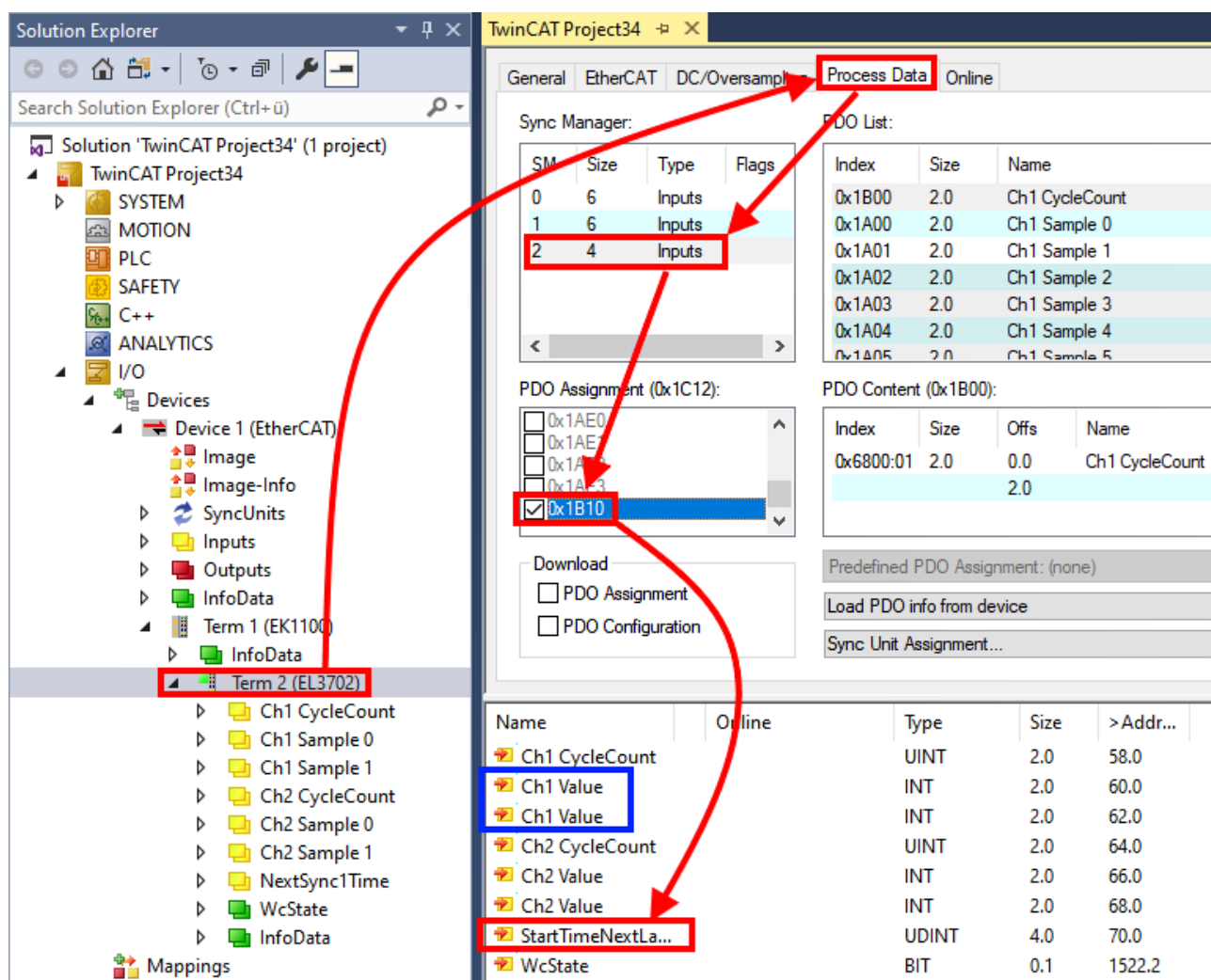
有时需要在其他项目中重复使用参数完全相同的从站，而不必在从站默认配置的基础上进行重复修改。为了实现这个功能，需要执行如下步骤：

- 从项目中导出从站配置，
- 以文件形式存储和传输，
- 导入到另一个 EtherCAT 项目中。

TwinCAT 为此提供了两种方法：

- 用于 TwinCAT 环境中：Export/Import as **xti** 文件 或
- 外部使用，即用于非 TwinCAT 的 EtherCAT 主站：Export/Import as **sci** 文件。

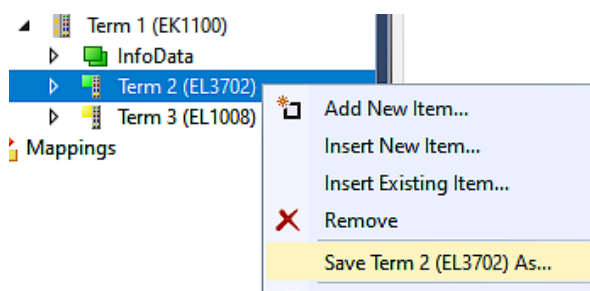
举例说明：一个标准的 EL3702 端子模块被设置为 2 倍超采样（蓝色），并添加了选项 PDO “StartTimeNextLatch”（红色）：



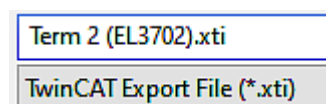
下面演示上述两种导出和导入修改过配置的端子模块的方法。

6.2.8.2 导出/导入 xti 文件的步骤 (用于 TwinCAT 环境)。

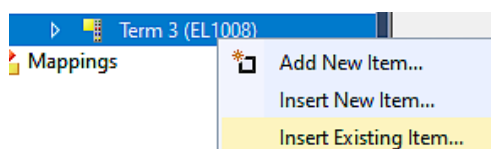
每个 IO 设备都可以单独导出/保存:



xti 文件可以存储:



并通过“Insert Existing item (插入现有项目)”在另一个 TwinCAT 系统中再次导入:



6.2.8.3 导出/导入 sci 文件的步骤 (用于 TwinCAT 和第三方EtherCAT 主站) .

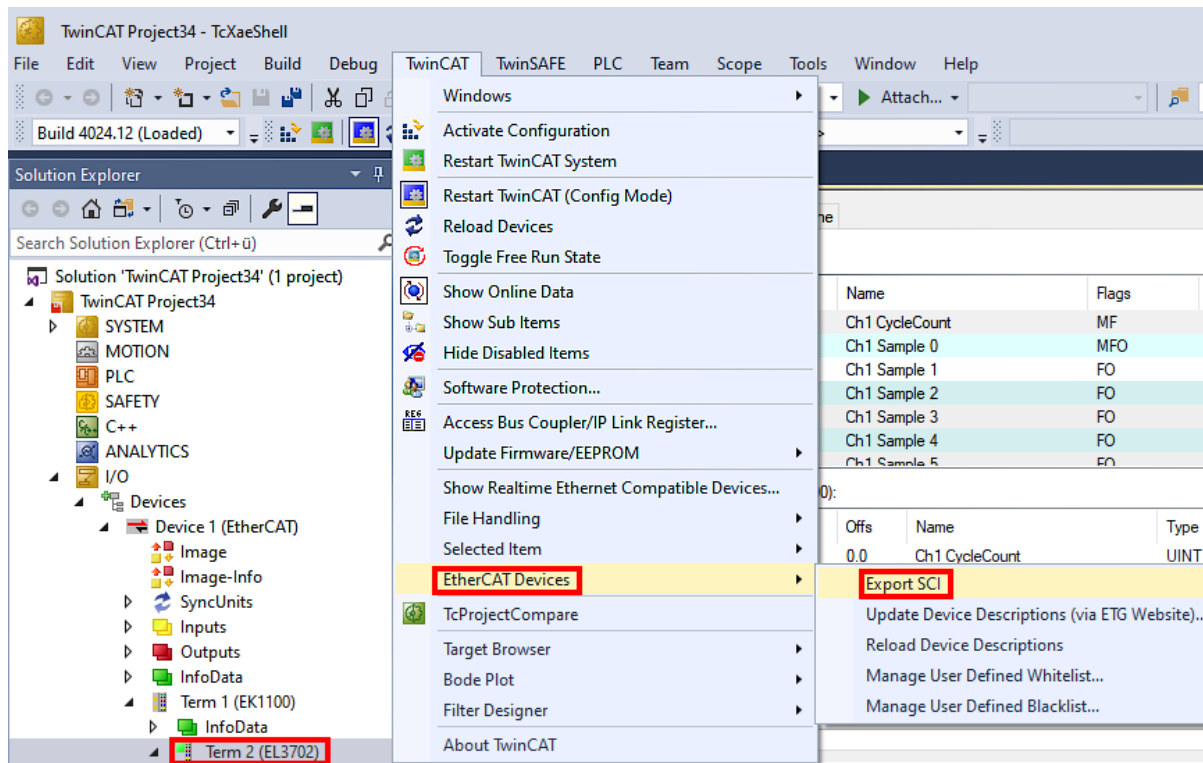
关于适用性的说明 (2021/01)

TwinCAT 3.1 build 4024.14 及以上版本才支持 SCI 方法。

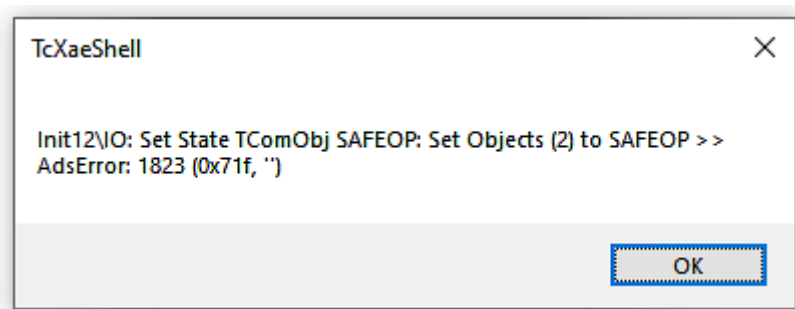
SCI 文件 (Slave Configuration Information) 基于 ESI 文件 (EtherCAT Slave Information) 的设置选项, 描述了 EtherCAT 从站 (端子模块、端子盒、驱动器...) 具体完整的配置。也就是说, 它包括 PDO、CoE 和同步特性。

Export:

- 通过菜单选择单个设备 (也可进行多选):
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



- 如果 TwinCAT 处于离线状态 (即没有连接到一个实际运行的控制器), 可能会出现一个警告信息, 因为在执行该功能后, 系统会尝试重新加载 EtherCAT 网络。但是, 这并不会影响到结果, 可以通过点击 OK 来确认:



- 还可以提供描述信息：

Export SCI | based on specification 1.0.12.3 (Draft)

Name

EL3702 with added StartTimeNextLatch

Description

just an example for a specific description

Options

☐ Keep Modules

☐ Keep FSoE Module Information

☐ AoE | Set AmsNetId

☐ EoE | Set MAC and IP

☐ CoE | Set cycle time (0x1C3x.2)

Export

- 对话框的说明：

Name		SCI 的名称，由用户指定。
描述		实际应用的从站配置描述，由用户指定。
Options	Keep modules （保留模块）	如果一个从站支持 modules/slots（模块/插槽），用户可以决定是否导出这些模块/插槽，或者在导出时将模块和设备数据合并。
	AoE Set AmsNetId	配置的 AmsNetId 被导出。通常情况下，这取决于网络，不能总是事先确定。
	EoE Set MAC and IP	配置的虚拟 MAC 和 IP 地址存储在 SCI 中。通常情况下，这些都取决于网络，不能总是事先确定。
	CoE Set cycle time(0x1C3x.2)	配置的周期时间被导出。通常情况下，这取决于网络，不能总是事先确定。
ESI		参考原始 ESI 文件。
Export		保存 SCI 文件。

- 系统提供下述列表视图用于多重选择（Export multiple SCI files 导出多个 SCI 文件）：

Image-Info

SyncUnits

Inputs

Outputs

InfoData

Box 1 (Drive1)

Module 1 (Position Mode)

Position Inputs

Position Outputs

WcState

InfoData

Box 2 (Drive1)

Mappings

NC-Task 1 SAF - Device 1 (EtherCAT) 1

Export SCI

AllNone

☒ Box 1 (Drive1)

☒ Box 2 (Drive1)

Name

Box 1 (Drive1)

Description

- 1 of 2 axis is configured (in position mode)
- Distributed clocks synchronization is enabled
- Software position range limit (0x607D) is set

Options

☒ Keep Modules

☐ AoE | Set AmsNetId [10.35.16.42.2.2]

☐ EoE | Set MAC and IP [02 01 05 10 03 e9 | 192.1

☐ CoE | Set cycle time (0x1C3x.2)

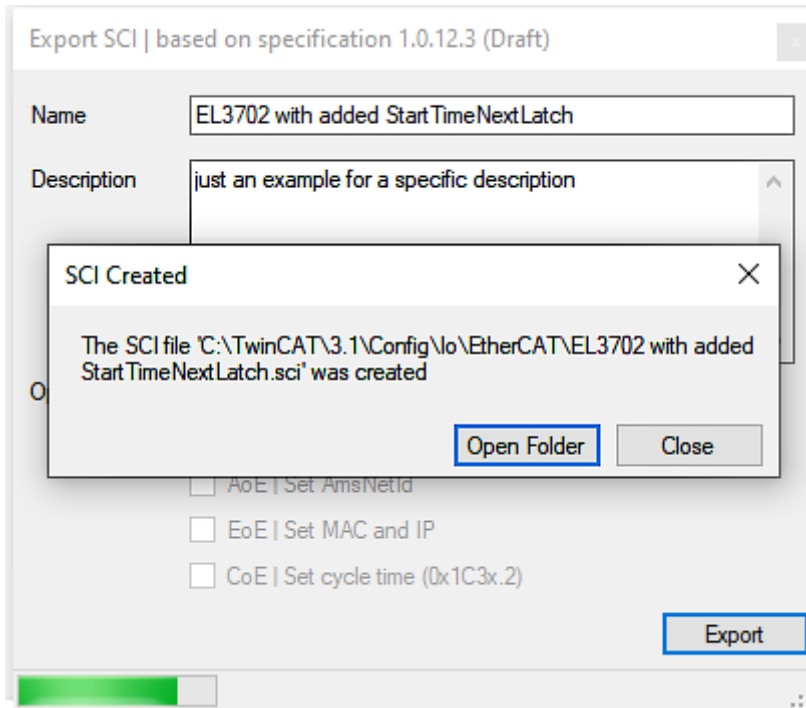
Export

- 选择要导出的从站：
 - All:
所有从站都被选中进行导出。

- None:
所有从站都被取消选择。
- sci 文件可以保存在本地：

Dateiname:	EL3702 with added StartTimeNextLatch.sci
Dateityp:	SCI file (*.sci)

- 执行导出：



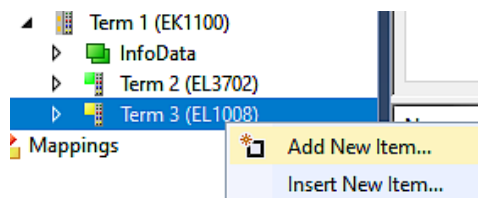
Import

- 一个 sci 描述可以像任何普通的倍福设备描述一样，手动插入到 TwinCAT 配置中。
- sci 文件必须位于 TwinCAT ESI 路径中，通常在：
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

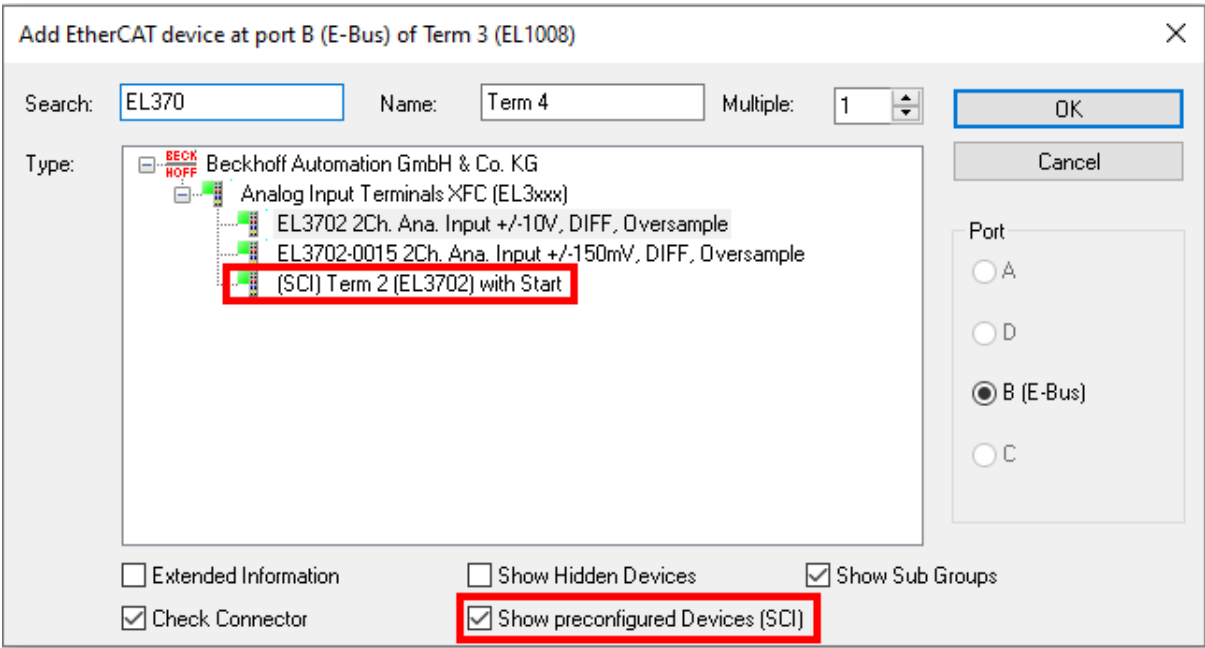
	EL3702 with added StartTimeNextLatch.sci	11.01.2021 13:29	SCI-Datei	6 KB
--	--	------------------	-----------	------

下

- 打开选择对话框：

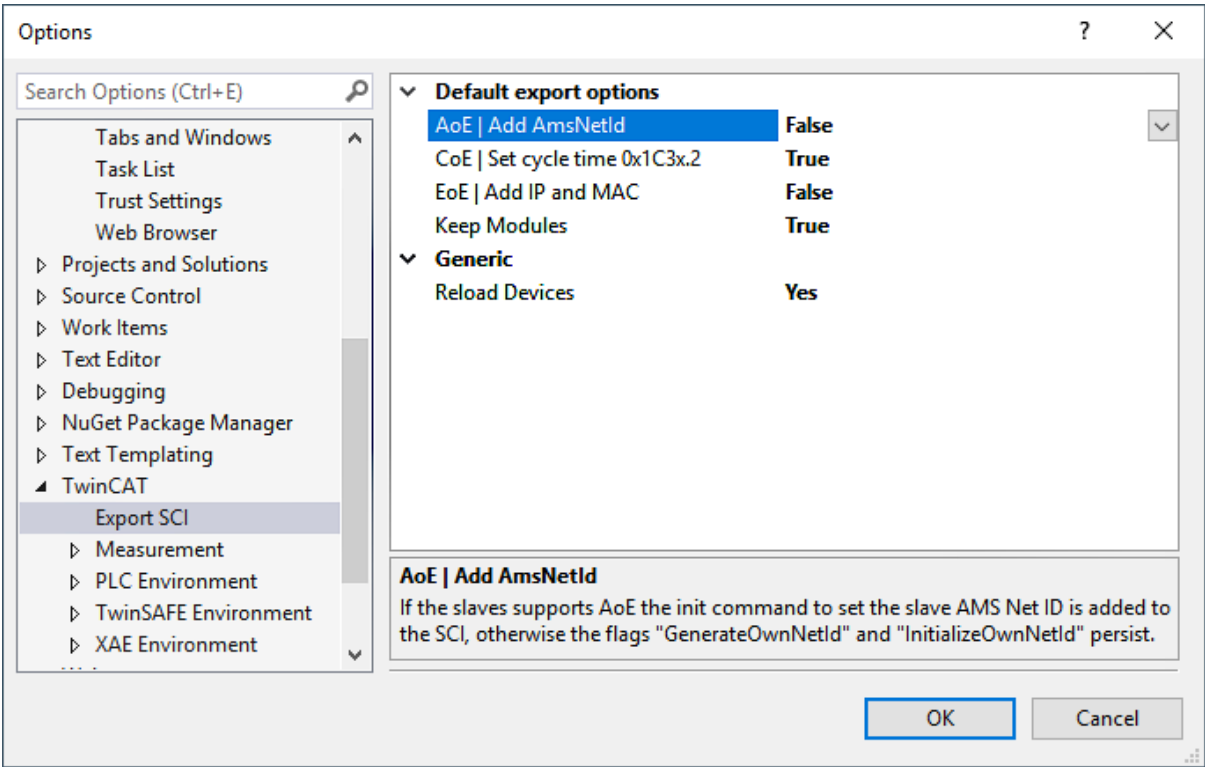


- 显示 SCI 设备，选择并插入所需设备：



补充说明

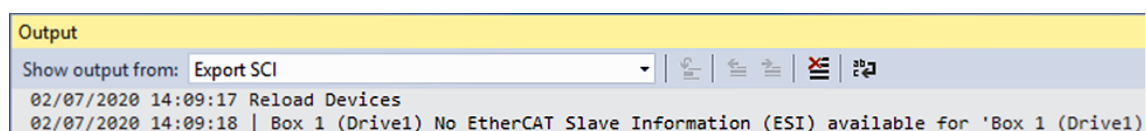
- 可以通过常规选项对话框（Tools → Options → TwinCAT → Export SCI）对 SCI 功能进行设置：



设置说明：

Default export options (默认的导出选项)	AoE 设置 AmsNetId	默认设置：是否导出配置的 AmsNetId。
	CoE Set cycle time(0x1C3x.2)	默认设置：是否导出配置的周期时间。
	EoE Set MAC and IP	默认设置：是否导出配置的 MAC 和 IP 地址。
	Keep modules (保留模块)	默认设置：模块是否持续存在。
Generic (通用选项)	Reload Devices (重新载入设备)	设置是否在 SCI 导出前执行重新载入设备命令。 强烈建议这样做，以确保从站配置的一致性。

如果需要，SCI 错误信息会显示在 TwinCAT 日志的输出窗口：



6.3 EtherCAT 从站的一般调试说明

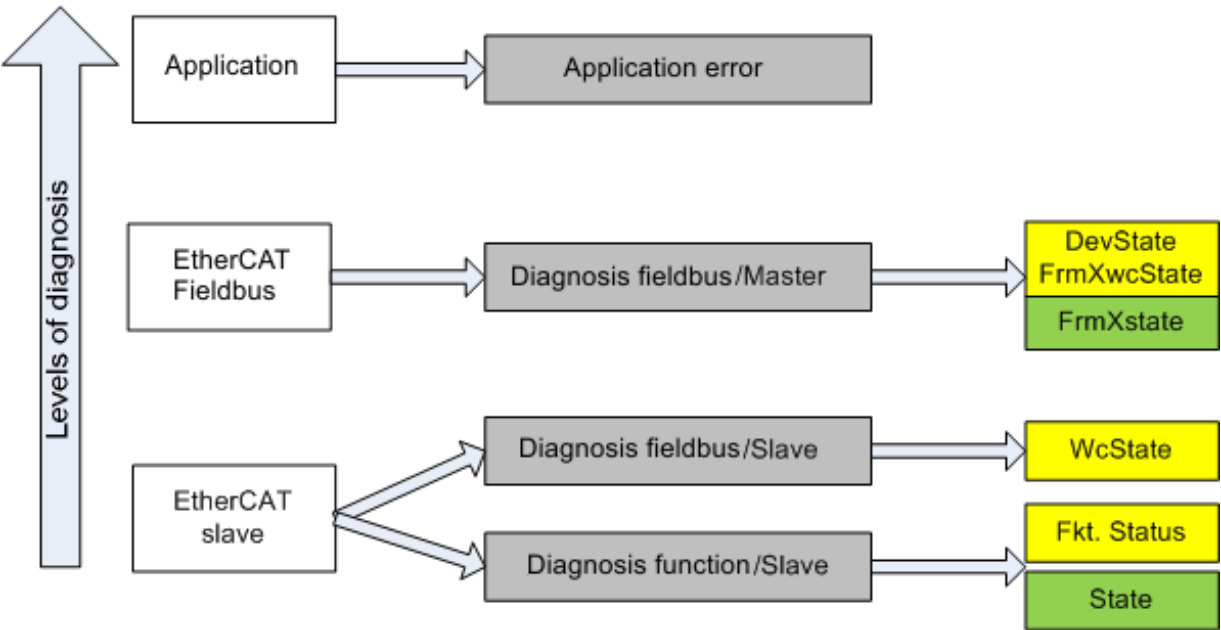
该摘要简单介绍了 TwinCAT 下的 EtherCAT 从站运行的若干方面。关于详细信息，可查看相应章节，例如 [EtherCAT 系统文档](#)。

实时诊断：WorkingCounter、EtherCAT State 和 Status

一般来说，EtherCAT 从站提供可供控制任务使用的各种诊断信息。

这种诊断信息与不同的通信层级有关。因此，它有不同的来源，也会在不同的时间进行更新。

任何应用，如果严格要求现场总线的 I/O 数据保持正确和最新，就必须对相应的底层进行诊断性访问。EtherCAT 和 TwinCAT System Manager 全面提供这种诊断要素。下面讨论那些有助于控制任务进行诊断，且在正常运行时（而不仅是在调试阶段），能够在当前周期保持准确刷新的诊断要素。



附图 138: 选择 EtherCAT 从站的诊断信息

一般来说，EtherCAT 从站提供

- 典型的从站通信诊断（成功参与过程数据交换以及正确运行模式的诊断）
这种诊断对所有从站都一样。

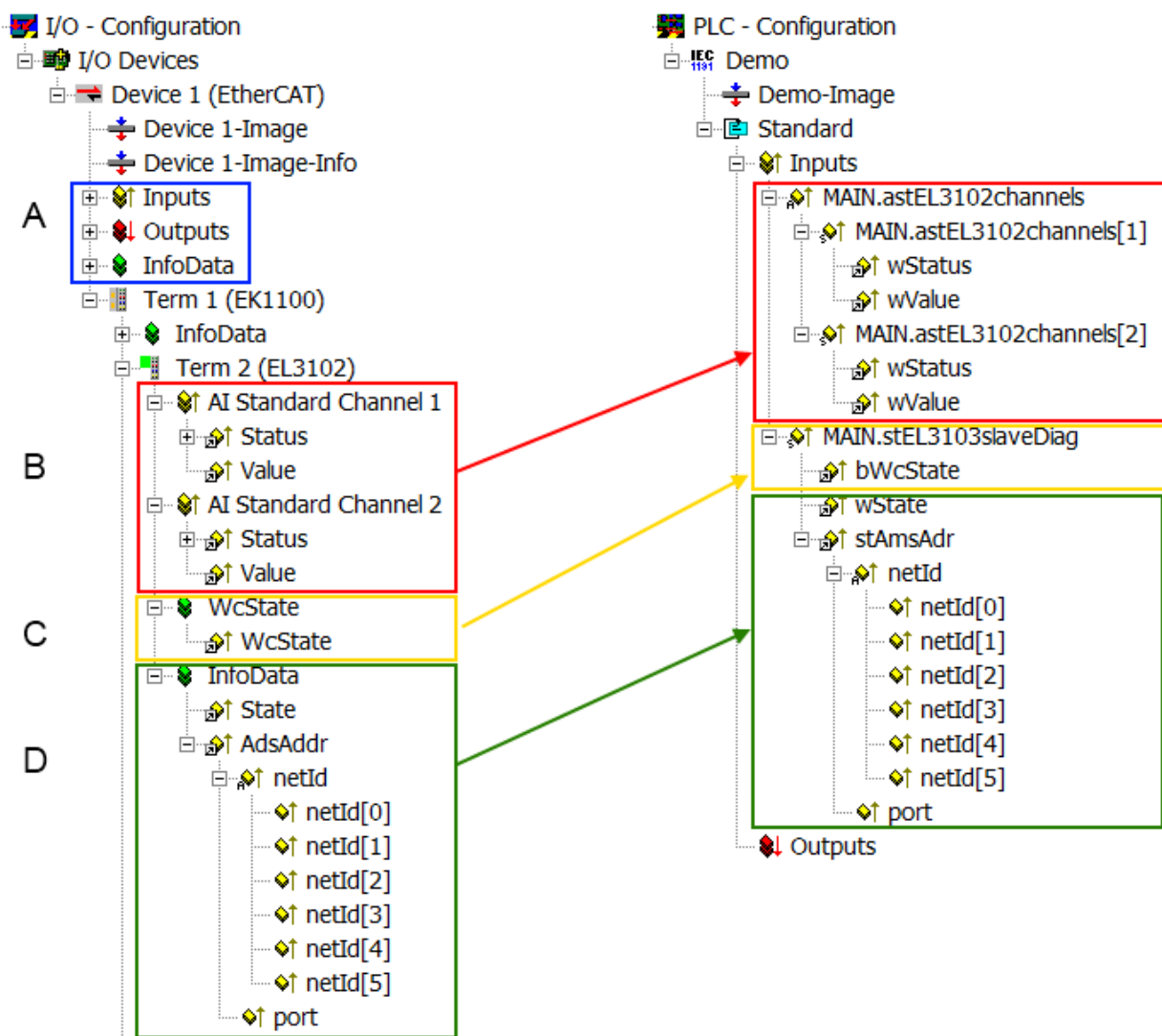
以及

- 典型的通道功能诊断（与设备有关）
参见相应的设备文件

图选择 EtherCAT 从站的诊断信息中的颜色也与 System Manager（系统管理器）中的变量颜色相对应，参见图 PLC 中的基本 EtherCAT 从站诊断。

颜色	含义
黄色	从站到 EtherCAT 主站的输入变量，在每个周期内更新
红色	EtherCAT 主站到从站的输出变量，在每个周期内更新
绿色	EtherCAT 主站的信息变量，非周期性更新。这意味着，在任意的特定周期，它们有可能并不代表最新的状态。因此，通过 ADS 读取此类变量非常有用。

图 PLC 中的基本 EtherCAT 从站诊断显示了实现基本 EtherCAT 从站诊断的示例。这里使用的是倍福 EL3102（2 通道模拟量输入端子模块），因为它既能提供典型的从站通信诊断，又能提供通道特有的功能诊断。在 PLC 中创建结构体作为输入变量，每个结构体都与过程映像相对应。



附图 139: PLC 中的 EtherCAT 从站基本诊断

这里包括以下几个方面：

代码	功能	实施	应用/评估
A	EtherCAT 主站的诊断信息 周期性更新（黄色）或非周期性提供（绿色）。		至少要对 PLC 中最近一个周期的 DevState 进行评估。 相对于 EtherCAT 系统文档中所涉及诊断，这里的 EtherCAT 主站诊断信息提供了更多的可能性。几个关键词： - 主站中的 CoE 用于与/通过从站进行通信 - TcEtherCAT.lib 功能 - 执行在线扫描
B	在选择的示例中（EL3102），EL3102 包括两个模拟量输入通道，传输最近周期的单一功能状态。	Status - 位符号可参见设备手册 - 其他设备可能提供更多的信息，或者没有典型的从站信息	为了确保上级 PLC 任务（或相应的控制应用）能够获取正确的数据，必须评估从站功能的状态。因此，此类信息与最近一个周期的过程数据一起提供。
C	对于每个拥有周期性过程数据的 EtherCAT 从站，主站通过 WorkingCounter 显示该从站是否成功、无错误地参与了过程数据的周期性交换。于是在 System Manager 中提供了 EtherCAT 从站在最近周期的这一重要的基本信息，并且与 EtherCAT 主站的综合诊断变量（见 A 点）具有相同的内容，以进行链接。 1. 2.	WcState（工作计数器） 0：在最近一个周期中有效的实时通信 1：无效的实时通信 这可能会对位于同一 SyncUnit（同步单元）中其他从站的过程数据产生影响。	为了使上级 PLC 任务（或相应的控制应用）能够依赖正确的数据，必须评估 EtherCAT 从站的通信状态。因此，此类信息与最近一个周期的过程数据一起提供。
D	EtherCAT 主站的诊断信息在从站中表示，以便于链接，但实际上是由主站为相关的从站确定和进行表示。这种信息不能称为实时信息，因为它 - 除了系统启动时，很少/从不改变。 - 本身是非周期性确定的（例如 EtherCAT 状态）	State 从站的当前状态（INIT...OP）。正常运行时，从站必须处于 OP（=8）状态。 AdsAddr ADS 地址用于从 PLC/任务通过 ADS 与 EtherCAT 从站进行通信，例如对 CoE 进行读/写。从站的 AMS-NetID 与 EtherCAT 主站的 AMS-NetID 相对应；通过端口（= EtherCAT 地址），可以与各个从站进行通信。	EtherCAT 主站的信息变量，非周期性更新。这意味着，在任意的特定周期，它们有可能并不代表最新的状态。因此，可以通过 ADS 读取此类变量。

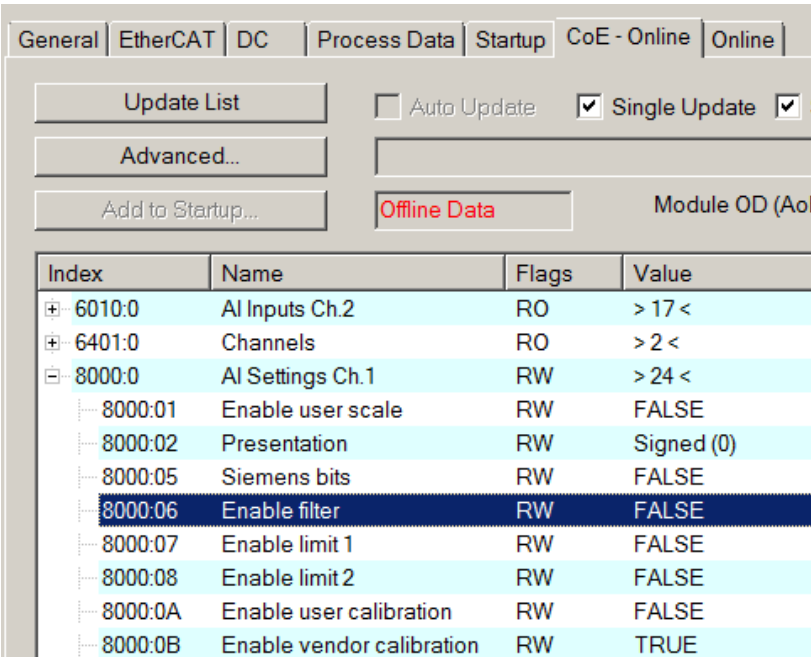
注意

诊断信息

强烈建议对所提供的诊断信息进行评估，以便应用能够适当的反应。

CoE 参数目录

CoE 参数目录（CanOpen-over-EtherCAT）用于管理相关从站的设定值。在某些情况下，当调试一个相对复杂的 EtherCAT 从站时，可能需要在进行这里进行修改。它可以通过 TwinCAT System Manager 访问，参见图 EL3102，CoE 字典：



附图 140: EL3102, CoE 字典



EtherCAT 系统文档

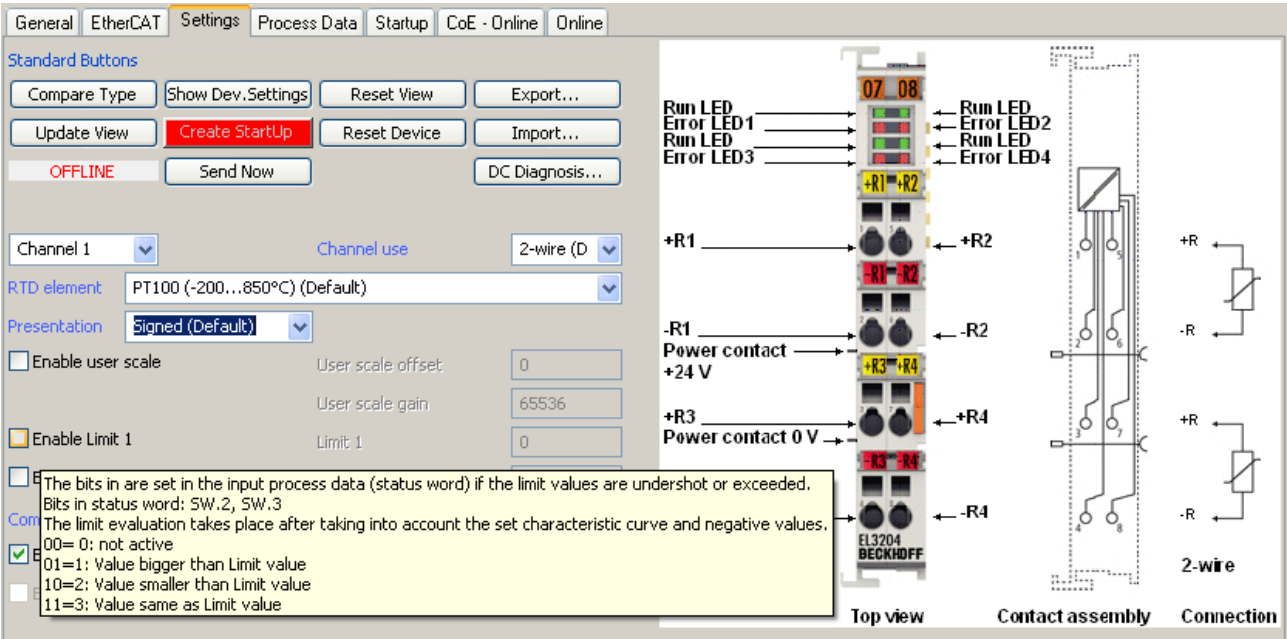
必须遵守 [EtherCAT 系统文档](#)（EtherCAT 基础知识-->CoE 接口）中的全面描述！

简要摘录：

- 在线目录中的更改是否保存在从站本地，这取决于从站设备。EL 端子模块（EL66xx 除外）能够以这种方式保存修改的参数。
- 用户必须管理对“StartUp”列表的更改。

TwinCAT System Manager 中的调试助手

TwinCAT 中引入了调试界面，这是 EL/EP 等 EtherCAT 设备持续开发过程的一个新增功能。从 TwinCAT 2.11R2 及以上版本开始，都在 TwinCAT System Manager 中提供了调试助手。它们通过适当扩展的 ESI 配置文件集成到 System Manager 中。



附图 141: EL3204 调试助手示例

这个调试过程同时还管理：

- CoE 参数目录
- DC/FreeRun 模式
- 可用的过程数据（PDO）

尽管“Process Data”、“DC”、“Startup”和“CoE-Online”等过去必须的设置选项卡仍然需要显示，但如果使用调试助手，建议不要用它来改变自动生成的设置。

调试工具并未涵盖 EL/EP 设备所有可能的应用。如果可用的设置选项不够齐全，用户可以像过去一样手动进行 DC、PDO 和 CoE 设置。

EtherCAT 状态：TwinCAT System Manager 的自动默认行为和手动操作

工作电源接通后，EtherCAT 从站必须经历以下状态

- INIT
- PREOP
- SAFEOP
- OP

以确保稳定运行。EtherCAT 主站根据从站的初始化流程来主导每个从站的状态，该流程是在 ESI/XML 和用户设置（分布时钟（DC）、PDO、CoE）中专为调试设备而定义的。另请参见链接“[通信原理，EtherCAT 状态机 \[▶ 31\]](#)”。根据需要完成配置的数量以及整体通信情况，启动过程可能需要几秒钟。

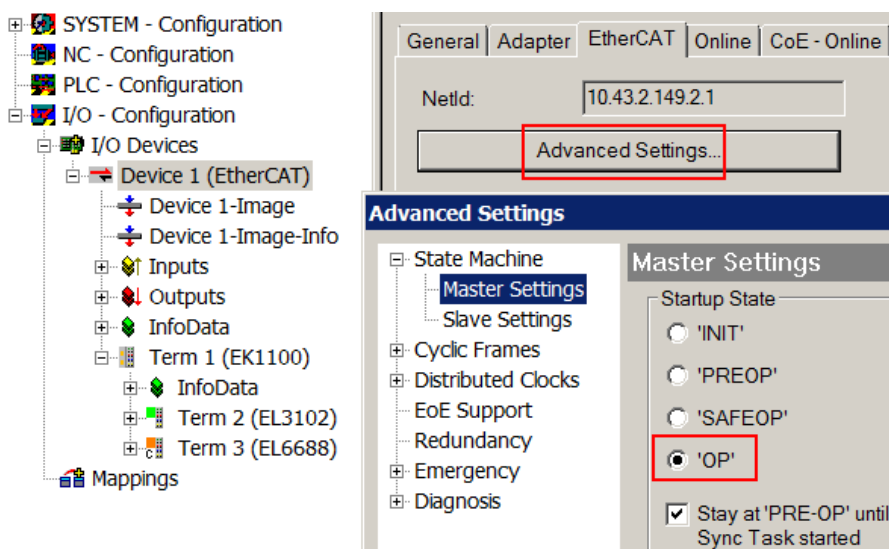
EtherCAT 主站本身在启动时必须经过这些例行的步骤，直到目标状态 OP。

用户所需的目标状态可在系统管理器中进行设置，TwinCAT 启动时会自动引导状态切换。一旦 TwinCAT 进入 RUN 状态，TwinCAT EtherCAT 主站就会逐步达到目标状态。

标准设置

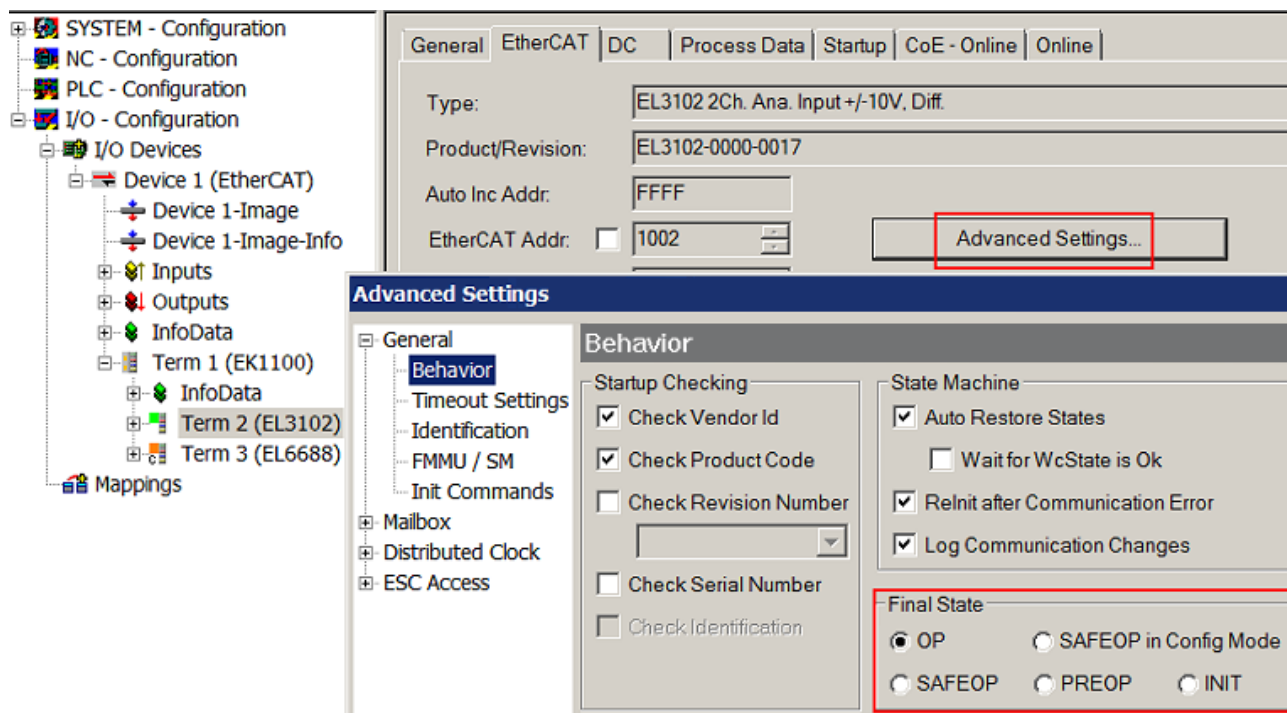
EtherCAT 主站的 advanced settings（高级设置）的标准设置如下：

- EtherCAT 主站：OP
 - 从站：OP
- 该设置同样适用于所有从站。



附图 142: System Manager 的默认行为

此外，任何特定从站的目标状态均可在“Advanced Settings”对话框中设置；标准设置仍然是 OP。



附图 143: 从站的默认目标状态

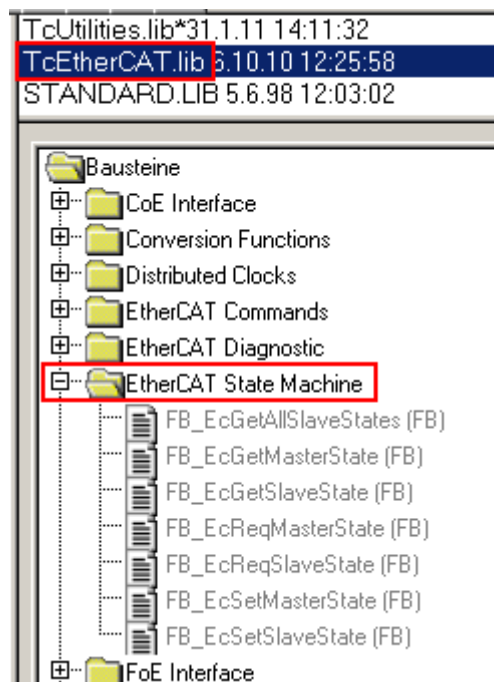
手动控制

在某些特殊原因下，可能需要从应用/任务/PLC 中控制EtherCAT状态。例如：

- 出于诊断的原因
- 为了触发一个可控的 EtherCAT 重启过程
- 因为需要改变 EtherCAT 主站的启动时间

此时适合在 PLC 程序中调用来自 TcEtherCAT.lib 的 PLC 功能块（包含在TwinCAT 标配功能中）并使用 FB_EcSetMasterState 等以可控的方式推进各种状态的切换。

所以，在 EtherCAT 主站设置中将主站和从站不（的目标状态）都设置到 INIT 状态是很有用的。



附图 144: PLC 功能块

关于 E-Bus 电流的说明

EL/ES 端子模块置于 DIN 导轨上，紧跟在耦合器后面。总线耦合器可以向后续的EL 端子模块供给 5V 的 E-bus 系统电压；耦合器原则上可以负担最多 2 A 的 E-Bus 电流。关于每个 EL 端子模块需要消耗多少 E-bus 电流的信息，可参见倍福公司网站和产品目录。如果后续的端子模块需要的电流超过了耦合器可以提供的电流，则必须在 I/O 站的适当位置插入E-Bus电源端子模块（例如 EL9410）。

预先计算的最大 E-Bus 理论电流在 TwinCAT System Manager 中显示为一列数值。如果预计E-Bus供电不足，剩余电流总额就会是负数，并以感叹号 (!) 标记；在这种位置前面需要插入一个E-Bus电源模块。

General Adapter EtherCAT Online CoE - Online						
NetId:		10.43.2.149.2.1		Advanced Settings...		
Number	Box Name	Address	Type	In Size	Out S...	E-Bus (..
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL3102)	1002	EL3102	8.0		1830
3	Term 4 (EL2004)	1003	EL2004		0.4	1730
4	Term 5 (EL2004)	1004	EL2004		0.4	1630
5	Term 6 (EL7031)	1005	EL7031	8.0	8.0	1510
6	Term 7 (EL2808)	1006	EL2808		1.0	1400
7	Term 8 (EL3602)	1007	EL3602	12.0		1210
8	Term 9 (EL3602)	1008	EL3602	12.0		1020
9	Term 10 (EL3602)	1009	EL3602	12.0		830
10	Term 11 (EL3602)	1010	EL3602	12.0		640
11	Term 12 (EL3602)	1011	EL3602	12.0		450
12	Term 13 (EL3602)	1012	EL3602	12.0		260
13	Term 14 (EL3602)	1013	EL3602	12.0		70
14	Term 3 (EL6688)	1014	EL6688	22.0		-240 !

附图 145: E-Bus 电流非法超出电源限值

从 TwinCAT 2.11 及以上版本开始，在该配置激活时，警告信息“E-Bus Power of Terminal...”将出现在日志窗口：

Message
E-Bus Power of Terminal 'Term 3 (EL6688)' may to low (-240 mA) - please check!

附图 146: 超过 E-Bus 电流的警告信息

注意

注意！可能发生故障！

一个 I/O 站里面所有 EtherCAT 端子模块的 E-Bus 电源必须使用相同的接地电位！

6.4 超采样端子/端子盒模块和 TwinCAT Scope

通常，端子/端子盒模块的输入数据可通过示波器直接获取（通过已激活的 ADS 服务器），或是创建与端子/端子盒 PDO 绑定的 PLC 变量来记录数据。首先将分别对 TwinCAT 3 (TC3) 和 TwinCAT 2 (TC2) 的操作流程进行说明。

超采样是指模拟或数字输入设备在每个过程数据周期/ EtherCAT 周期（时长为 T）内，不仅提供一个测量值，而是提供多个按固定间隔 t（t < T）采样得到的测量值。T/t 的比值即为超采样系数 n。

因此，一个通道不仅可提供一个用于连接过程数据的 PDO（如本例中的 EL3102），还可提供 n 个 PDO（如 EL3702 和其他超采样端子/端子盒模块）。

倍福视角下对“超采样”的定义不应与 DeltaSigma ADC 的超采样过程相混淆：

- **deltaSigma ADC**：ADC 用于采样模拟量信号的频率比所提供的数字量数据的频率高出数倍（通常在 kHz 范围内）。这称为超采样，是由该类型转换器的功能原理所决定的，其用途之一是抗混叠。
- **倍福**：设备/端子/端子盒模块读取所用 ADC（也可以是 deltaSigma ADC）的数字量采样数据，其采样次数是 PLC/总线周期时间的 n 倍，并将每个采样值作为一个超采样 PDO 数据包打包传输至控制器。

例如，这两种方法在 EL3751 中技术实现方式是顺序进行的，也可以同时存在。

EL3102			EL3702		
Name	Type	Size	Name	Type	Size
↕↑ Status	Status_4099	2.0	↕↑ Ch1 CycleCount	UINT	2.0
↕↑ Value	INT	2.0	↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
↕↑ Status	Status_4099	2.0	↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
↕↑ Value	INT	2.0	↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch1 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 CycleCount	UINT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0
			↕↑ Ch2 Value	INT	2.0

附图 147: EL37xx 系列的超采样 PDO 以及与 EL31xx 的比较

因此，Scope2（TC2）或 Scope View（TC3）可以在每个周期内以正确的时间间隔读入并显示多个 PDO。

6.4.1 TwinCAT 3 操作步骤

从 TwinCAT 3.1 4012 版本开始，在配置中使用下文指定的版本时，集成的 Scope View 会在其变量浏览器中识别出超采样数据是数组包，并自动激活 ForceOversampling。必须使用 AddSymbol 选中整个数组（具体说明参见下一节），扩展的 PDO 名称为此提供了基础。自相应端子模块的特定修订版本开始，Scope View 能够自动检测一组变量的数组类型。

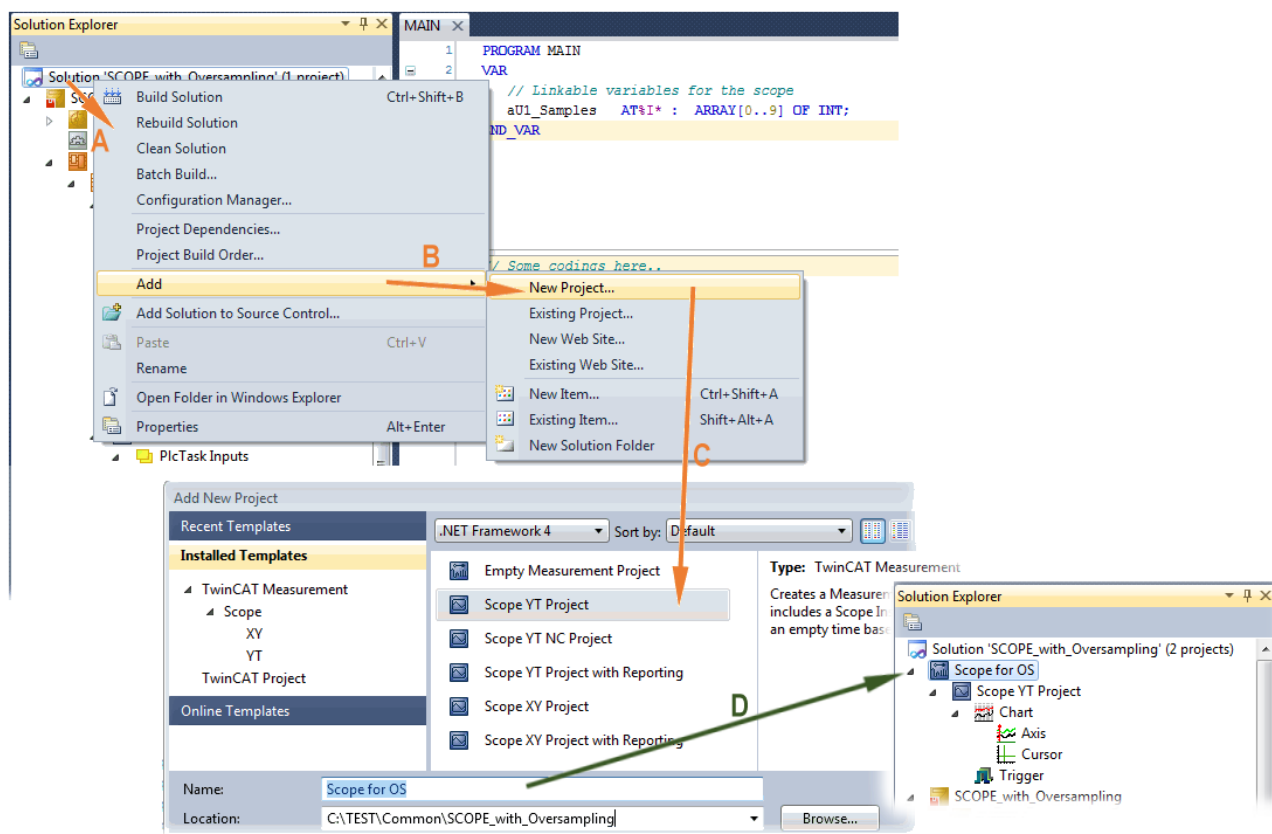
端子模块	修订版本
EL4732	全部
EL4712	全部
EL3783	EL3783-0000-0017
EL3773	EL3773-0000-0019
EL3751	全部
EL3742	全部
EL3702	全部
EL3632	全部
EL2262	全部
EL1262-0050	全部
EL1262	全部
EP3632-0001	全部
EPP3632-0001	全部

使用 TwinCAT 3 Scope View 记录 PLC 变量

在已创建 TwinCAT 3 项目、PLC 已连接且配置中包含支持超采样的端子/端子盒模块的前提下，本文将演示如何在 Scope（TwinCAT 3 环境的标准组件）显示超采样变量：我们将以一个示例项目“SCOPE_with_Oversampling”作为标准 PLC 项目，通过若干步骤对此进行说明。

步骤 1：添加项目“Scope YT”

为示例项目“SCOPE_with_Oversampling”添加一个 TwinCAT Measurement 项目“Scope YT 项目” (C)，通过右键点击 (A) 并选择 (B) “Add” → “New Project...”（“添加” → “新项目...”）。然后输入“Scope for OS”作为名称。新项目随即会出现在 Solution Explorer（解决方案资源管理器）(D) 中。



附图 148: 将 Scope 项目添加到现有项目中

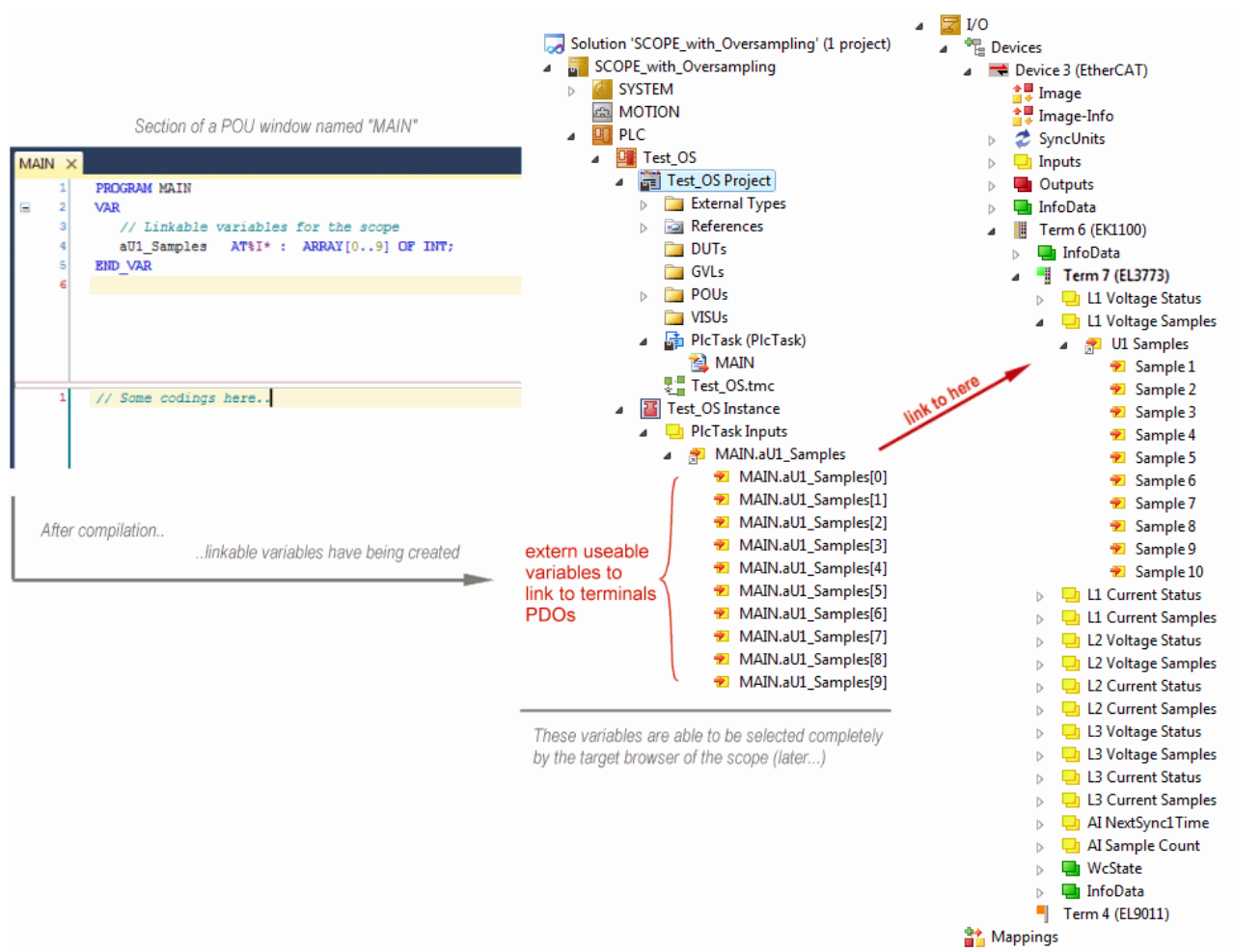
步骤 2a : 在 POU 内创建 PLC 变量

在 TwinCAT 3 开发环境中，首先必须定义一个输入变量，该变量为一个数组，其元素数量由超采样系数决定，正如在 POU “MAIN” 以及超采样系数为 10 的示例中，使用结构化文本 (ST) 所演示，具体如下：

```
PROGRAM MAIN
VAR
    aU1_Samples AT%I* : ARRAY[0..9] OF INT;
END_VAR
```

标识符 “AT%i*” 表示将此数组变量暂存，以便稍后将其链接到端子模块/端子盒模块的过程数据对象 (PDO)。请注意，元素的数量至少与超采样系数相同，这样才能将索引也设置为从 0 到 9。一旦编译过程启动并成功结束（在此过程中不得存在任何程序代码），该数组即会出现在 TwinCAT 3 开发环境中的 Solution Explorer（解决方案资源管理器）内，位于 PLC 部分的 “...Instance”（...实例）下。

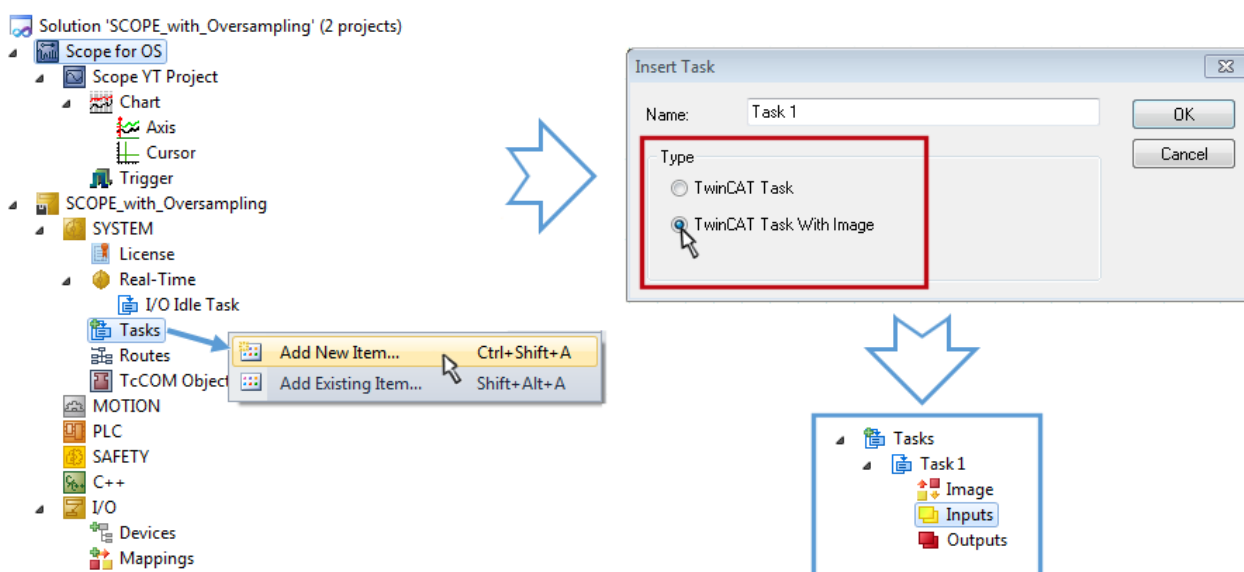
下图展示了右侧 Solution Explorer（解决方案资源管理器）的部分结构。作为示例，以下内容展示了将数组变量链接到 EL3773 的一组超采样过程数据：



附图 149: 所创建的 PLC 数组变量（“aUI_Samples”）与 EL3773 的超采样 PDO 进行链接的表示

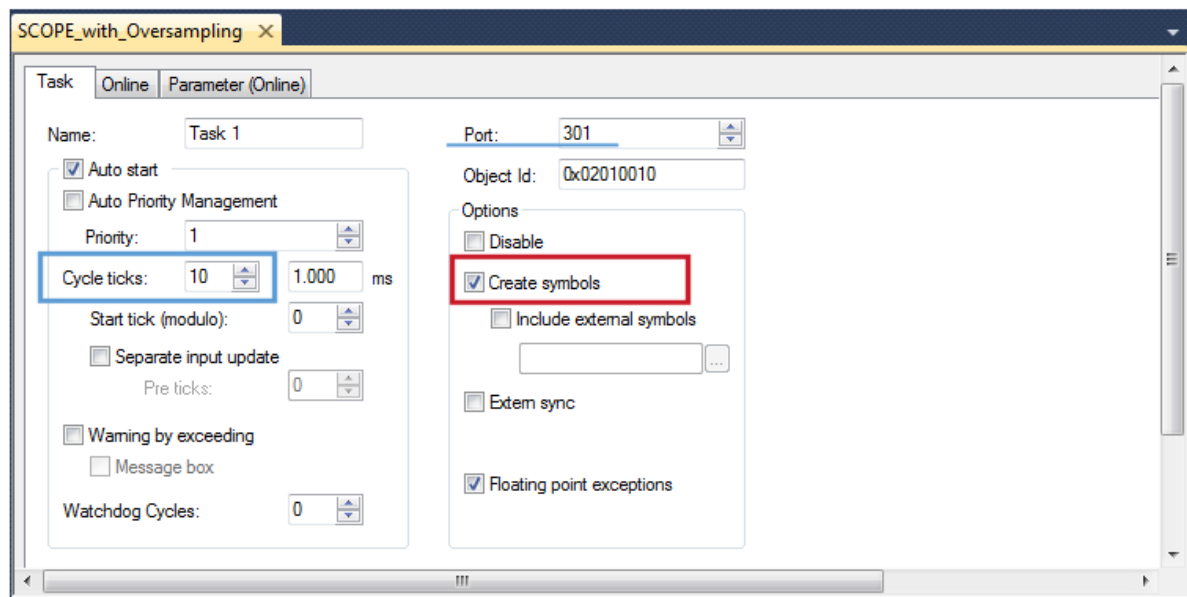
步骤 2b：通过空闲任务创建 PLC 变量

当特定系统中不需要 POU 时，也可通过空闲任务来应用引用变量。如果尚不存在空闲任务，则可通过右键点击 SYSTEM 中项目的“Task”（任务），然后选择“Add New Item...”（添加新项目...）进行创建。



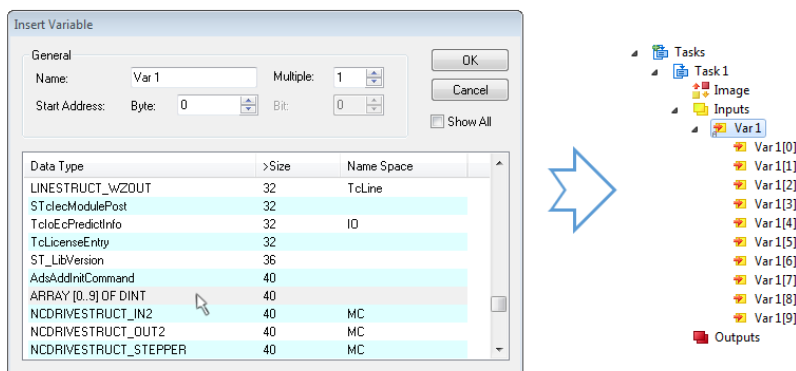
附图 150: 插入空闲任务

该任务必须作为“TwinCAT Task With Image”（带映像的 TwinCAT 任务）插入，且会自动创建一个“Inputs”（输入）和一个“Outputs”（输出）文件夹。新任务（或视情况已存在的任务）的属性必须已激活“Create symbols”（生成符号）属性，以便稍后可以通过 Scope 的“Target Browser”（目标浏览器）进行选择。如有必要，必须更改任务循环时间。然后，以 10 倍超采样为例，在 100 μ s 基准时间下达到 1 ms，例如使用 EL3751 时将产生 10 个节拍：



附图 151: 务必激活任务属性“Create symbols”（生成符号）

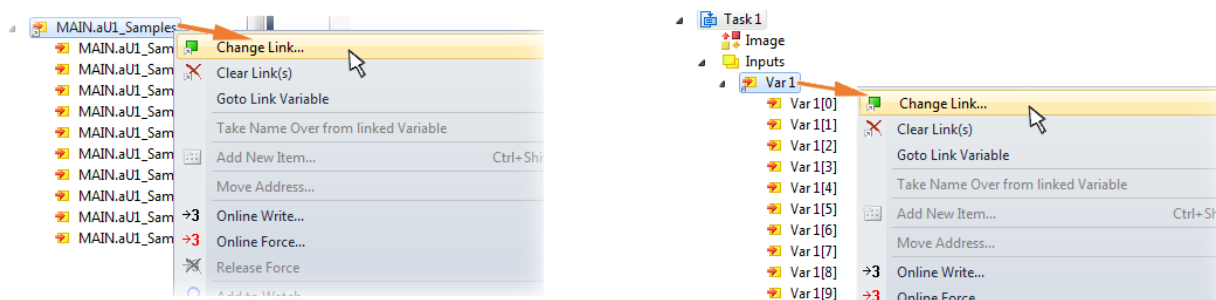
端口号 (301) 有一个默认值，如有必要，应予以更改。如果适用，稍后必须将该编号配置到 Scope 中。通过右键点击“Inputs”（输入），现在可添加基于超采样的变量，并为其指定合适的数组数据类型。在本示例中，将“ARRAY [0..9] OF DINT”称为“Var 1”：



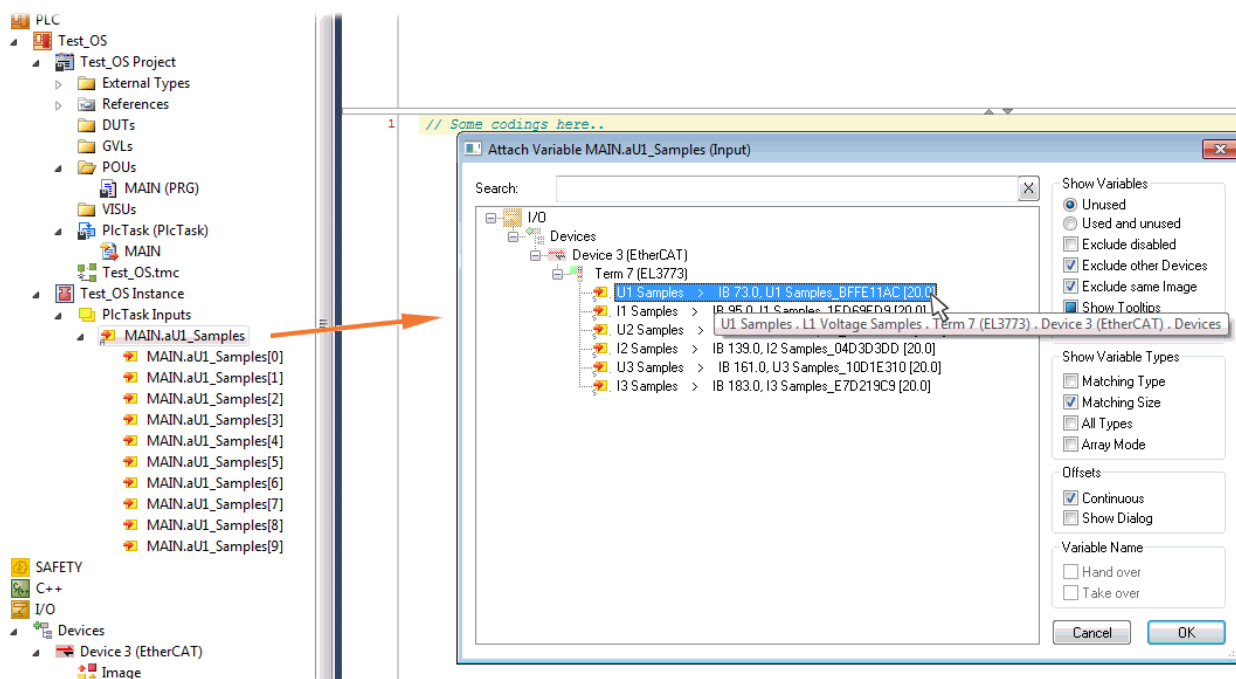
附图 152: 插入与超采样（系数）相匹配的变量“Var 1”

步骤 3：将数组变量与超采样 PDO 链接

在 Solution Explorer（解决方案资源管理器）中，右键点击“MAIN.aUI_Samples”（根据上文步骤 2a）或空闲任务 1 的“Var 1”（根据上文步骤 2b），将打开一个用于选择过程数据的窗口：



附图 153: 配置 PLC 数组变量的链接（左侧：对应上文步骤 2a，右侧：对应上文步骤 2b）



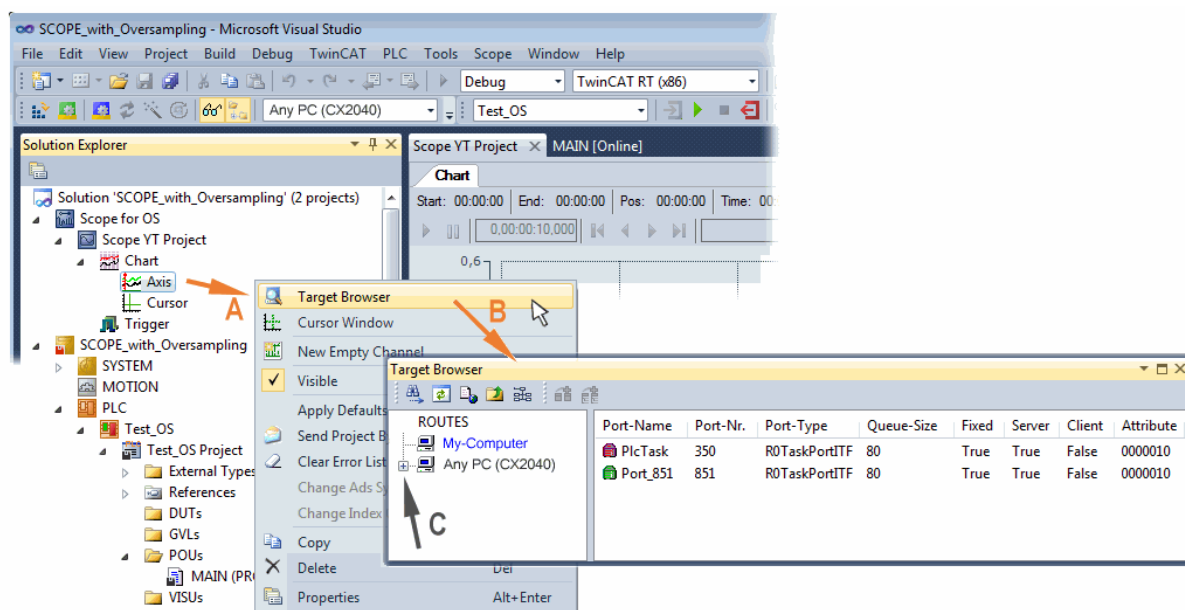
附图 154: 选择 EL3773 PDO “L1 Voltage Samples”（L1 电压采样），以创建与 PLC 数组变量“aUI_Samples”的链接

根据上文步骤 2a，针对“MAIN.aUI_Samples”选择 EL3773 的 PDO “U1 Samples”（U1 采样）操作方式如上图所示，对于“Var 1”，需以相同的方式进行相应的选择。

步骤 4：为示波器的 Y 轴选择 PLC 数组变量

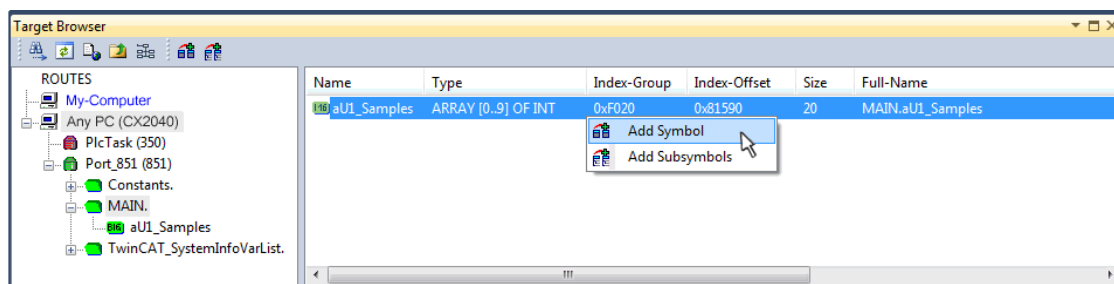
现在，配置将被激活（）并登录到 PLC（）中，这样该数组变量将在示波器的目标浏览器中可见，以供选择。

为此，通过右键点击“Axis”（轴）(A) 打开下拉菜单，以便选择示波器功能 (B)：



附图 155: 使用目标浏览器选择超采样变量

通过访问代表包含该数组变量PLC的相应系统（在本示例中为“Any PC (CX2040)”），向上导航至变量“aUI_Samples”（C）。



附图 156: 在 Solution Explorer（解决方案资源管理器）的示波器项目中，将变量“aUI_Samples”添加到“axis”（轴）下方

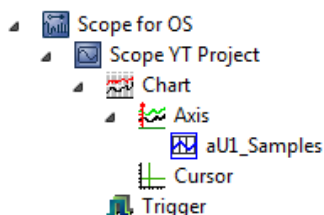
● 变量未出现在目标浏览器中

i 如果“ROUTES”无法选择所提供的变量，则应为目标浏览器声明相应的端口：



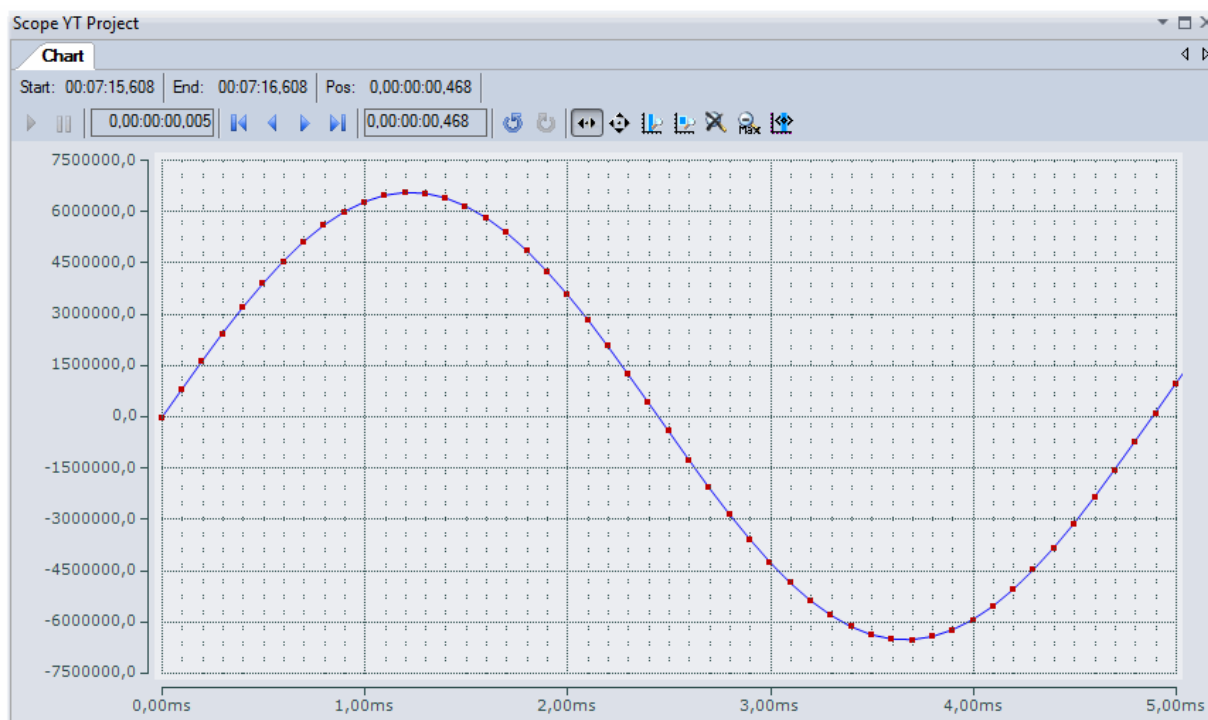
"Enable Server Ports"

使用“Add symbol”（添加符号）后，变量“aUI_Samples”将直接显示在 Solution Explorer（解决方案资源管理器）示波器项目中的“axis”（轴）下方。



现在，尽管还没有程序，但仍须  执行程序启动。使用“Start Recording”（开始记录），现在可通过所链接的 PLC 数组变量，根据时间记录超采样 PDO “L1 Voltage Samples”（L1 电压采样）的过程数据值。

作为示例，正弦波输入测量值（204.5 Hz）如下图所示：

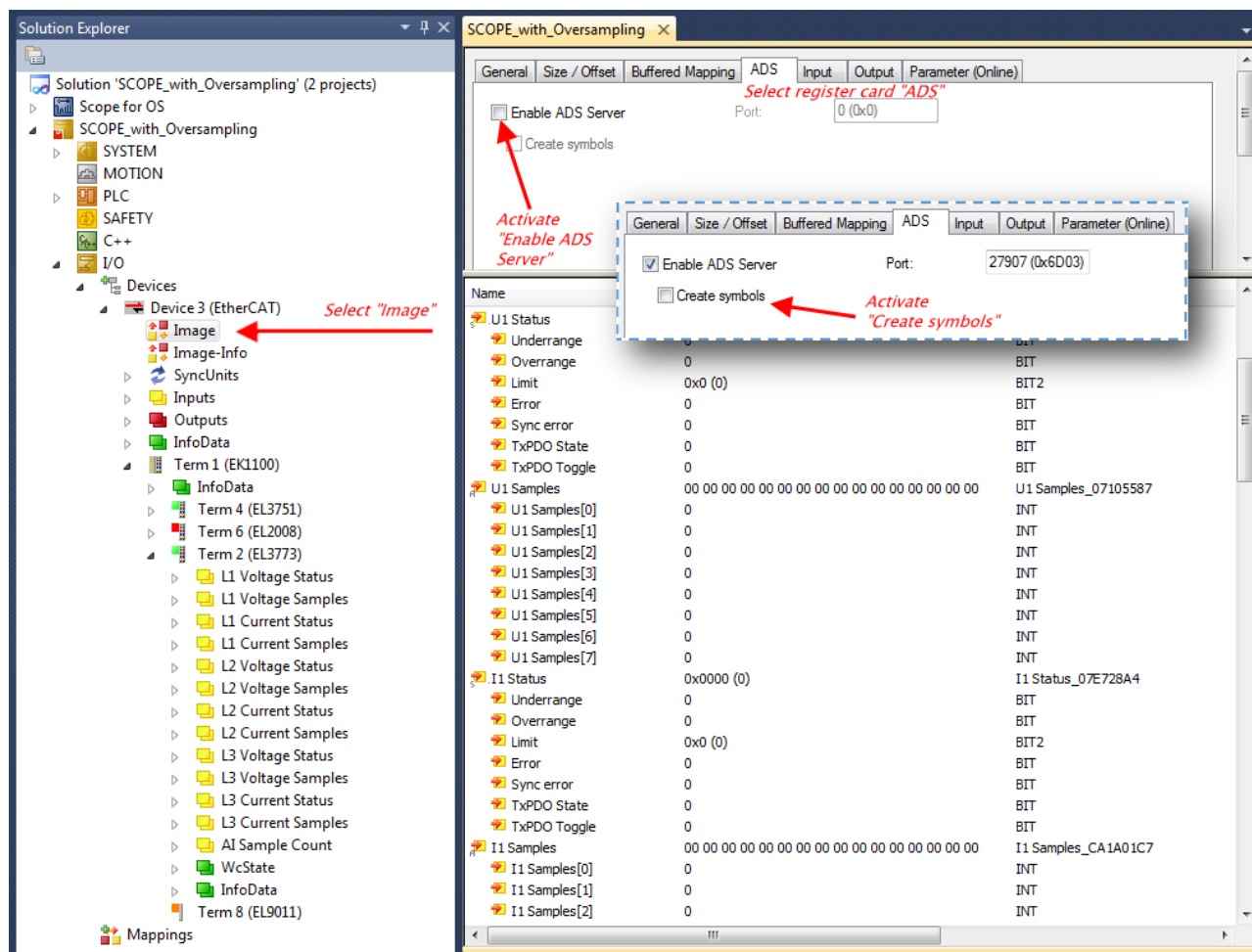


附图 157: 以 1 ms 测量周期时间进行 10 倍超采样记录正弦信号的示例

停止记录后 ，通过使用“Panning X”（平移 X），对 X 轴视图进行了适当调整。随后，将“Chart”（图表）属性中的“Use X-Axis SubGrid”（使用 X 轴子网格）被设置为 TRUE，并划分 10 等份；同时将“ChannelNodeProperties”中的“Marks”（标记）设置为“On”（开启），其中“Line Color”（线条颜色）设为蓝色，“Mark Color”（标记颜色）设为红色。因此，后者通过红色标记指示出 10 个超采样测量点。

使用或通过 ADS 继续进行

在先前的 TwinCAT 3 版本（或上表 [▶ 138](#) 中指定的较低版本）中，通过激活 ADS 服务器，可使相应支持超采样的端子模块/端子盒模块的超采样 PDO 对 Scope View 可见。

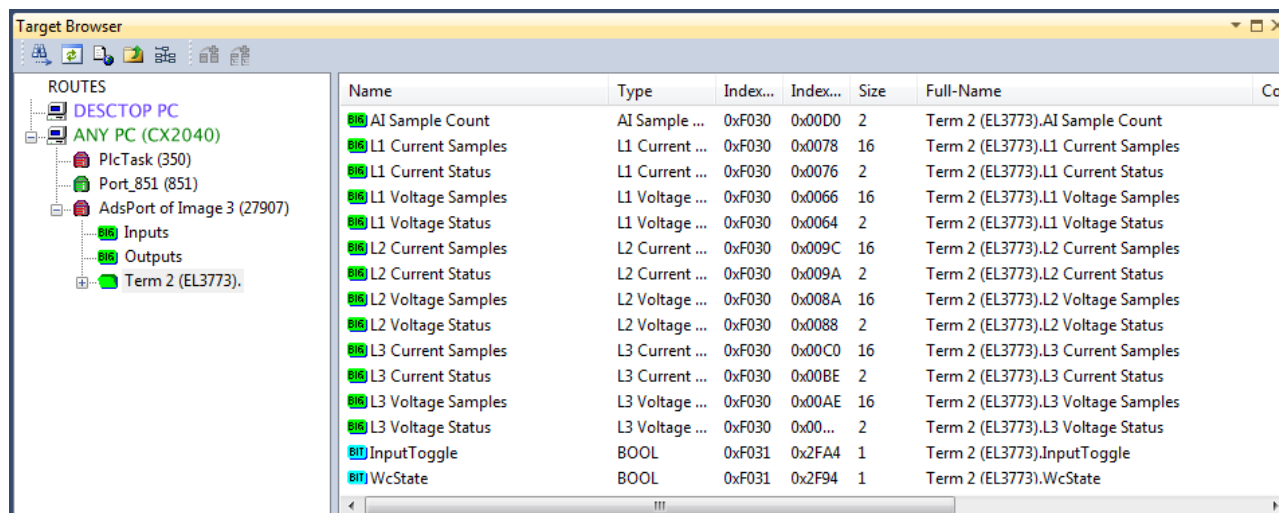


附图 158: 激活 EtherCAT 设备（TwinCAT 3）的 ADS 服务器

服务器的激活可通过在左侧 Solution Explorer（解决方案资源管理器）中选择“Image”（映像）来完成：“I/O → Devices → Device... (EtherCAT) → Image”（I/O → 设备 → 设备... (EtherCAT) → 映像）。

然后，必须选择“ADS”选项卡，依次勾选复选框“Enable ADS Server”（启用 ADS 服务器）和“Create symbols”（生成符号）（端口条目将自动完成输入）。

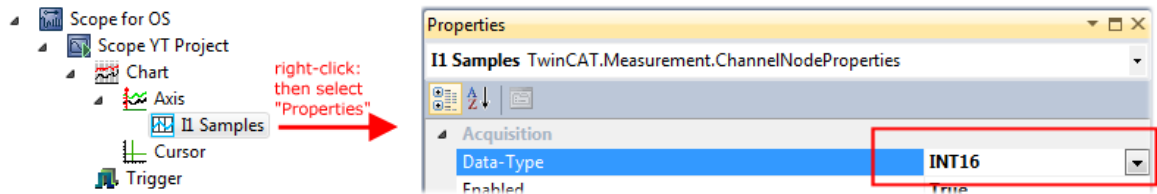
因此，无需嵌入式 POU，也无需链接变量，即可访问过程数据：



附图 159: 通过 Scope View 直接访问端子模块模块的 PDO

数据类型无效

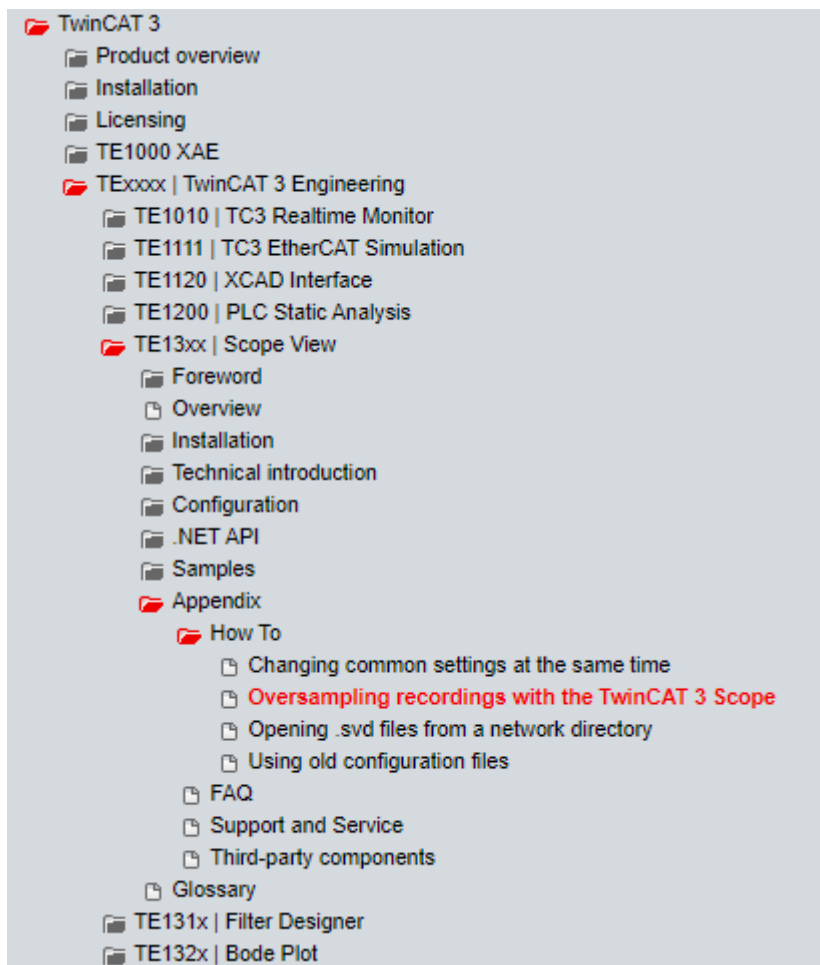
在插入超采样 PDO 之后（通常对应于一个数组变量），可能会发生目标浏览器无法确定数据类型的情况。在这种情况下，可以通过通道属性进行更改：



TwinCAT 3：激活 EtherCAT 设备的 ADS 服务器

另请参见倍福信息系统：

infosys.beckhoff.com → TwinCAT 3 → TExxxx | TwinCAT 3 Engineering → TE13xx | Scope View
 → Appendix → How To → Oversampling recordings with the TwinCAT 3 Scope
 (infosys.beckhoff.com → TwinCAT 3 → TExxxx | TwinCAT 3 Engineering → TE13xx | Scope View
 → 附录 → 操作指南 → 使用 TwinCAT 3 Scope 进行超采样记录)



6.4.2 TwinCAT 2 操作步骤

TwinCAT Scope2 支持导入和显示超采样过程数据，例如支持超采样的端子模块/端子盒模块所使用的数据。



系统要求

必须在系统中安装 TwinCAT Scope2。
配置中必须包含支持超采样的端子模块。

变量的数据类型也通过 ADS 数据传送到 TwinCAT Scope2。因此，必须在下列位置创建数组变量

- 在 PLC 中创建，请参见步骤 1a [► 147]
- 或直接在 System Manager 中创建（若仅有一个空闲任务），请参见步骤 1b [► 147]

无论采用哪种方式，都需要在 Scope2 中进行相同的设置，请参见步骤 2 [► 149]

使用 TwinCAT 2 – Scope2 记录 PLC 变量

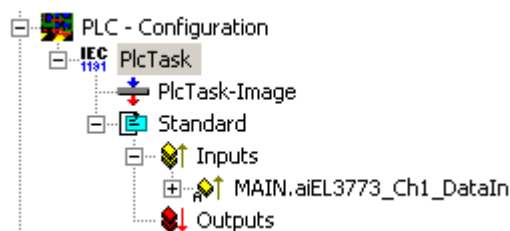
步骤 1a : TwinCAT 2 PLC

由于通道数据将在 PLC 中使用，因此必须在 PLC 中创建一个可链接的 ARRAY 变量，如下例所示：

```
VAR
    aiEL3773_Ch1_DataIn AT%I*: ARRAY[1..10] OF INT;
END_VAR
```

附图 160: PLC 声明

该变量随后会显示在 System Manager 的列表中；通常无需额外操作即可通过 ADS 访问，因为 PLC 变量始终会在后台自动生成为 ADS 符号。

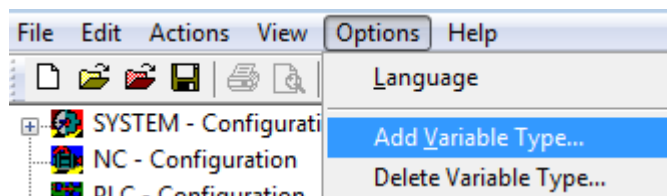


附图 161: System Manager 中的 PLC

注意：仅当 TwinCAT 和 PLC 处于 RUN 模式时，Scope2 才能在变量浏览器中“看到”此类变量。

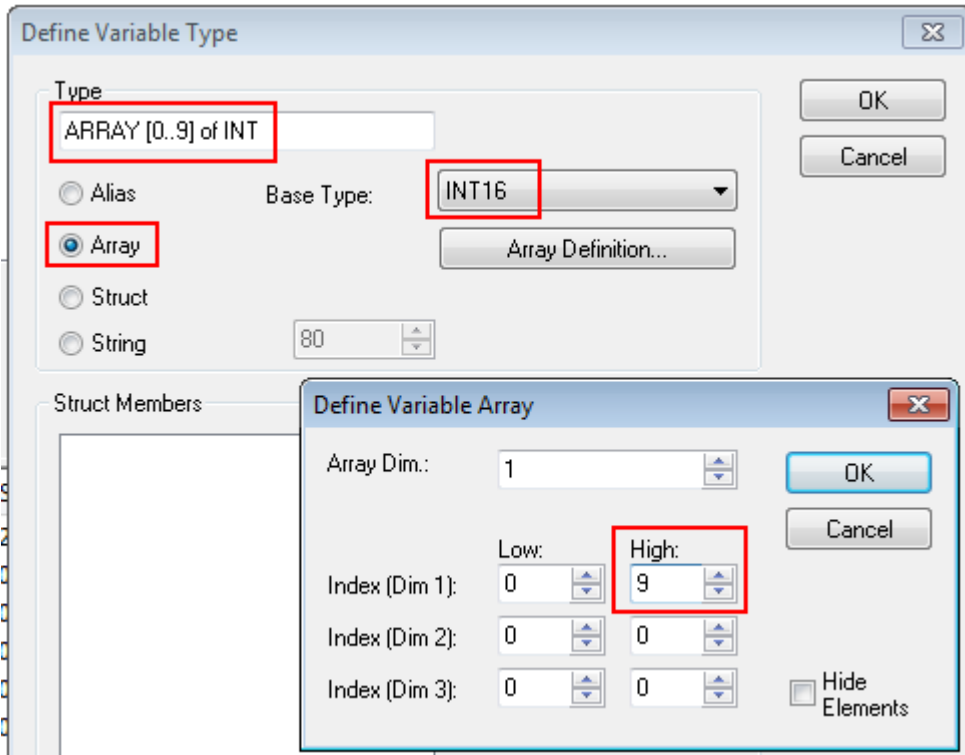
步骤 1b : TwinCAT 2 - 空闲任务

Scope2 所需的数组变量也可以在 System Manager 中手动定义和创建。



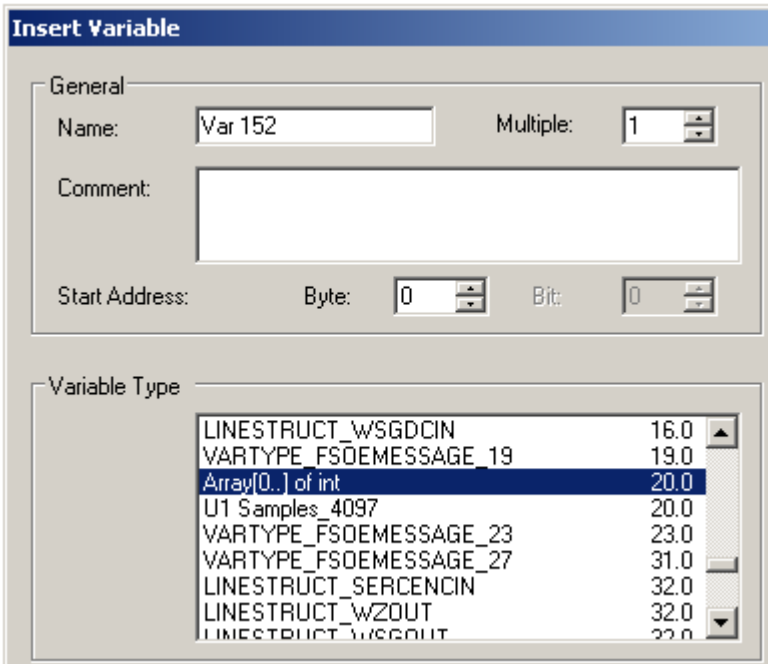
附图 162: 添加变量类型

与之前程序（POU “Main”）中的操作相同，必须创建一个 ARRAY 变量，其类型与相应端子模块/端子盒模块的超采样 PDO 的类型相同。在本例中为整型、范围为 0...9 的数组，即包含 10 个字段。



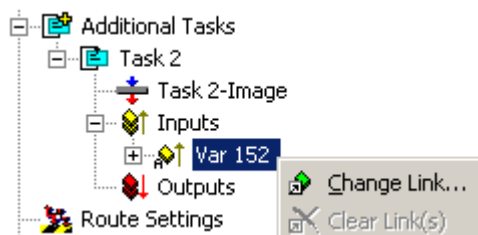
附图 163: 变量类型的定义

一旦该变量为 System Manager 所知，即可通过右键点击将其实例分配给一个附加任务。它会出现现在概览中，并根据位大小排序。



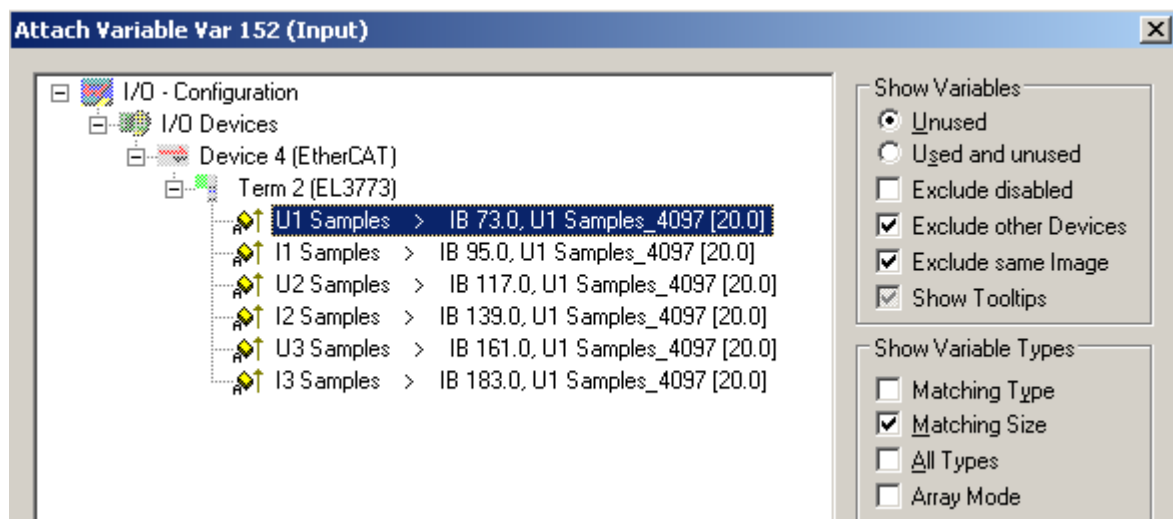
附图 164: 声明的类型概述

本例中创建了变量 Var152。现在即可将其与端子/端子盒模块对应通道的 PDO 数组完成链接。



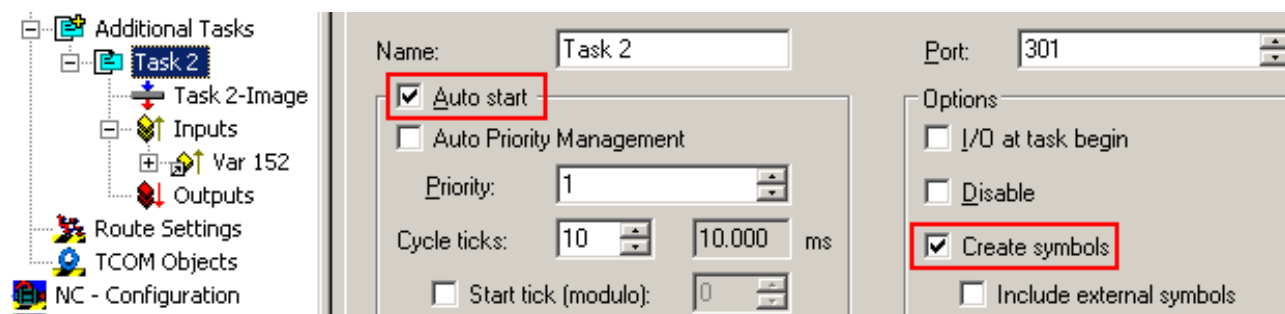
附图 165: 链接

若对话框中激活了 MatchingSize 选项，将直接显示各个通道选项。



附图 166: 超采样端子模块的数组变量

此外，为通过 ADS 在 Scope2 中找到变量，必须启用 ADS 符号和启用“自动启动” (Auto-Start)，否则任务将无法自动运行。随后，会为过程数据映像中分配了该任务的所有变量创建 ADS 符号表。

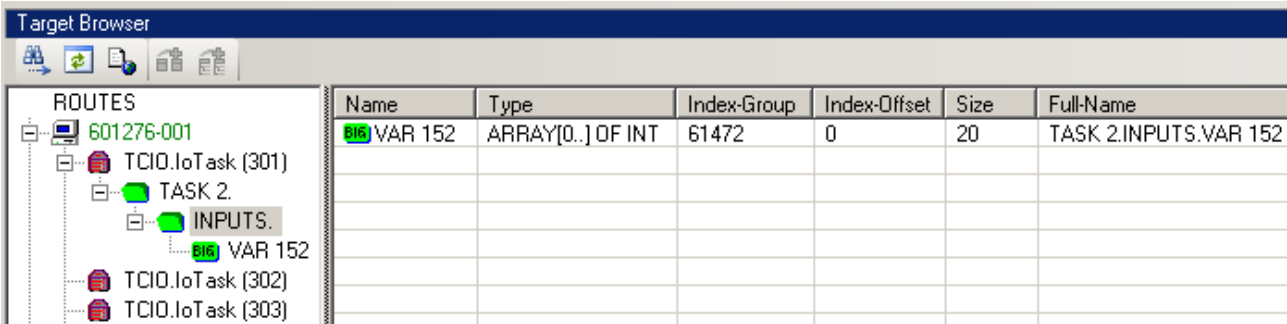


附图 167: 其他任务中的设置

步骤 2 : Scope2 中的配置

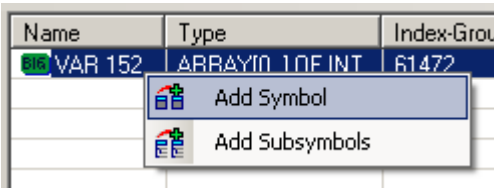
为使链接生效，System Manager 中必须存在一个包含相应端子/端子盒模块通道数据的数组变量；即每个超采样数据包都必须位于一个数组中。该数组变量必须手动定义和创建；具体操作见上文 [▶ 147]。

此时，您可在 Scope2 中浏览相关变量。



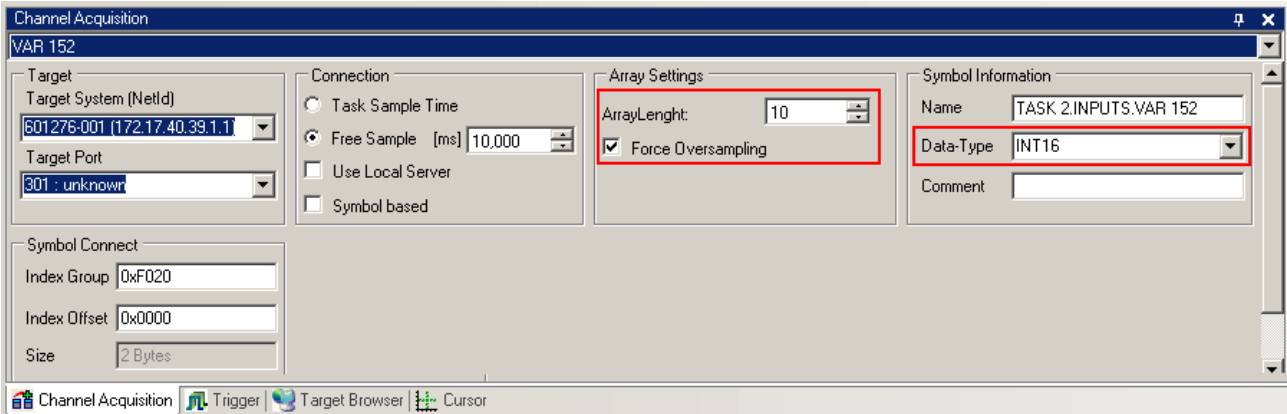
附图 168: 导航至数组 VAR152 的变量浏览器

此时不要展开数组，而应通过右键点击 AddSymbol 来选择数组符号。



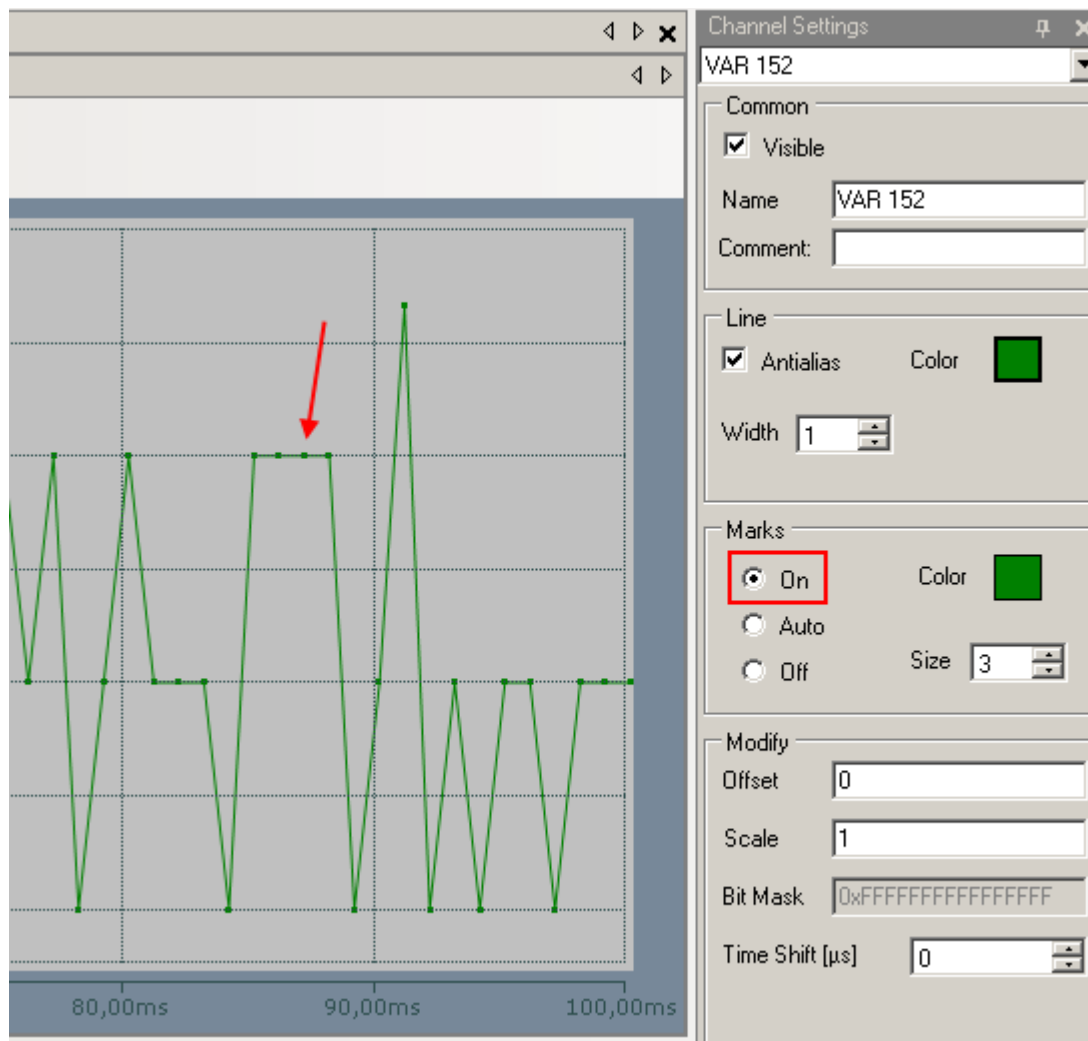
附图 169: 数组中的 AddSymbol 选项

必须在已创建的通道中设置 ForceOversampling 和 DataType INT16。必要时，还须暂时停用 SymbolBased。



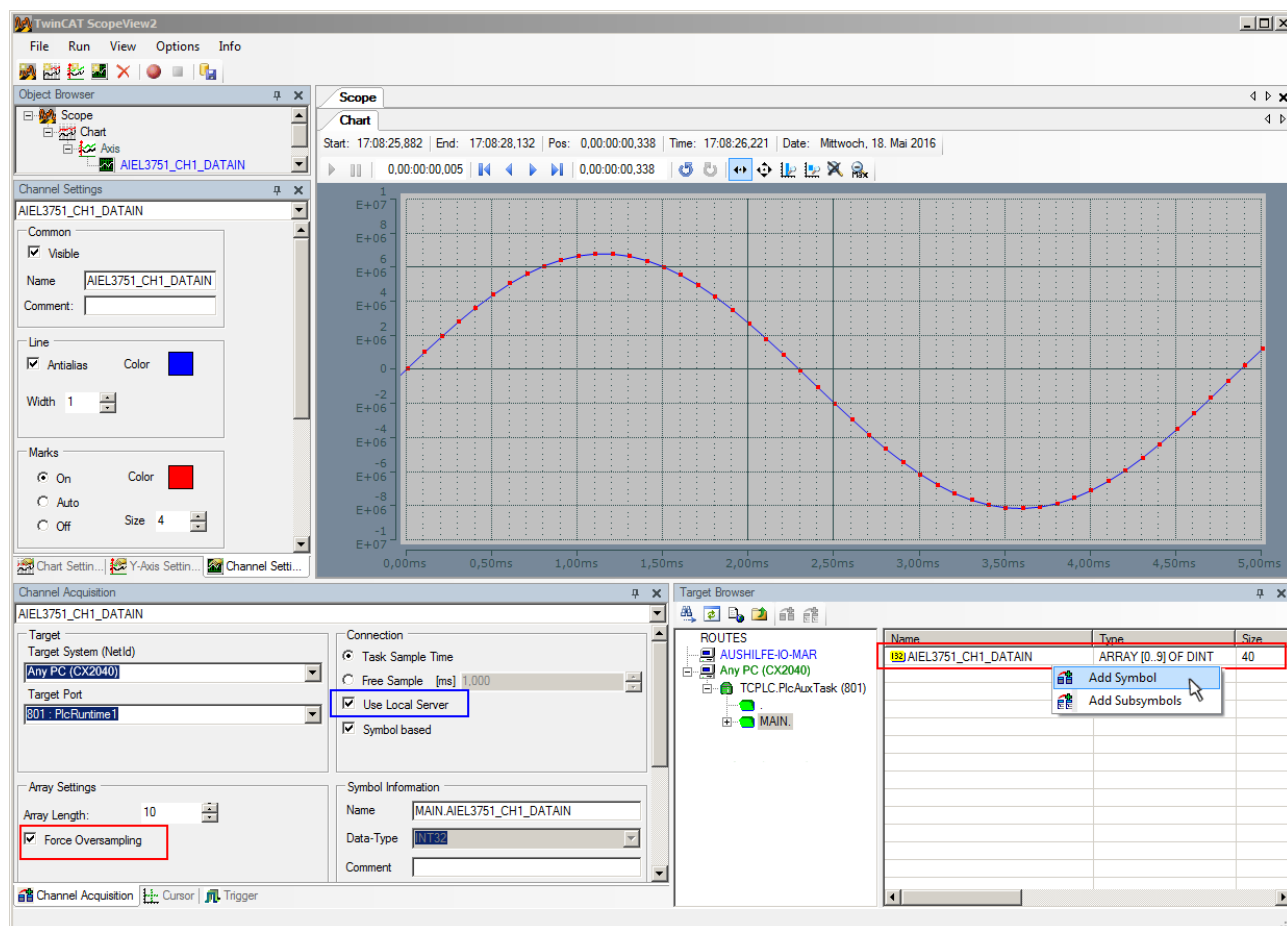
附图 170: 通道设置

若要确认单个超采样值确实已被记录，可在 Scope2 中激活 Marks（标记）功能。请观察任务循环时间、Scope2 通道采样时间及超采样系数之间的相互关系。



附图 171: 激活标记功能

另一示例通过下图说明：展示了来自 EL3751、超采样倍数为 10 倍的超采样变量：



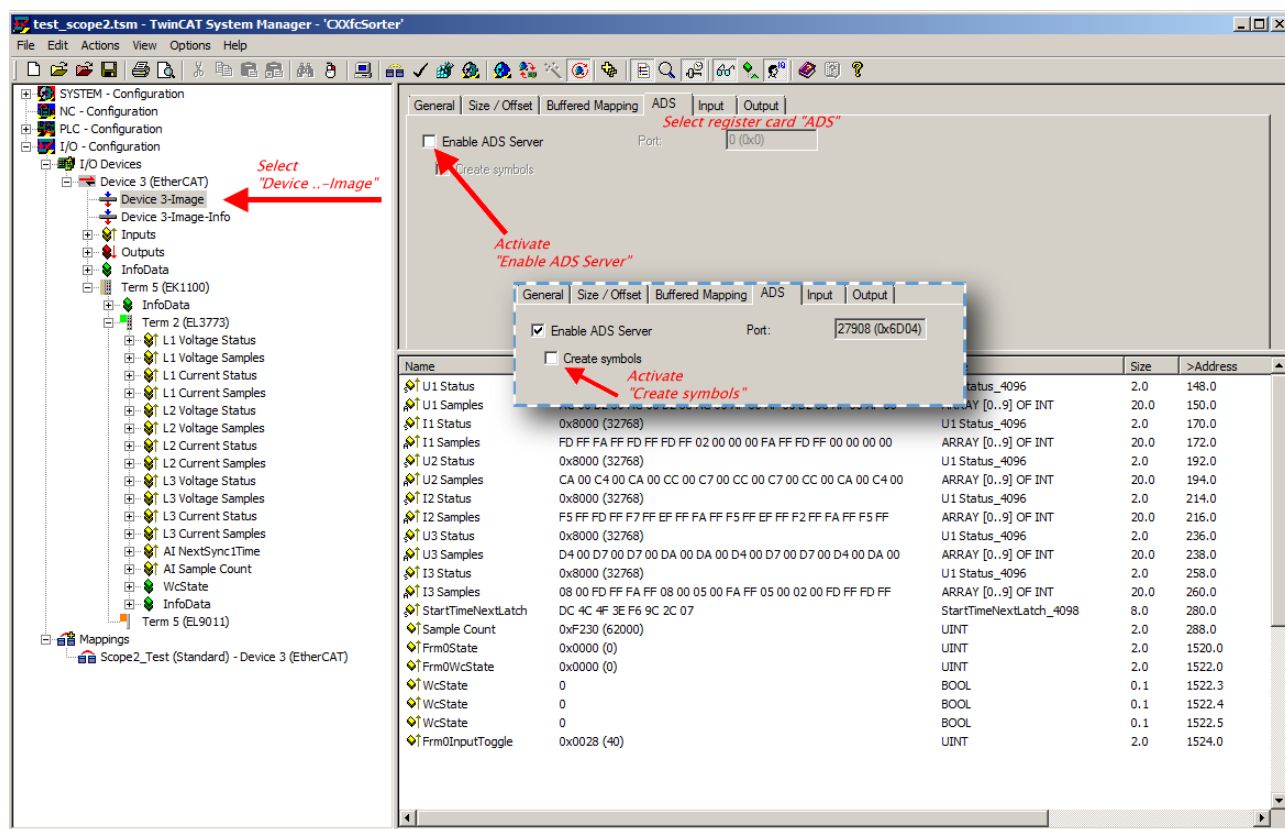
附图 172: Scope2 中 EL3751 的 10 倍超采样变量示意图

之后在映像中标记了源自 PLC 的超采样变量已被添加到 Y 轴（请注意在“ROUTES”树中 PLC-POU 名称“MAIN”）。据此，由于超采样变量并非由端子/端子盒模块提供，“Force Oversampling”（强制超采样）被激活。

使用 TwinCAT 2 或通过 ADS 继续进行

在先前的 TwinCAT 2 版本（或上表 [▶ 138] 中指定的较低版本）中，通过激活 ADS 服务器，可使相应支持超采样的端子/端子盒模块的超采样 PDO 对 Scope2 可见。

因此，也可无需创建 PLC 变量。因此，必须激活 EtherCAT 设备的 ADS 服务器，且已连接支持超采样的端子/端子盒模块。



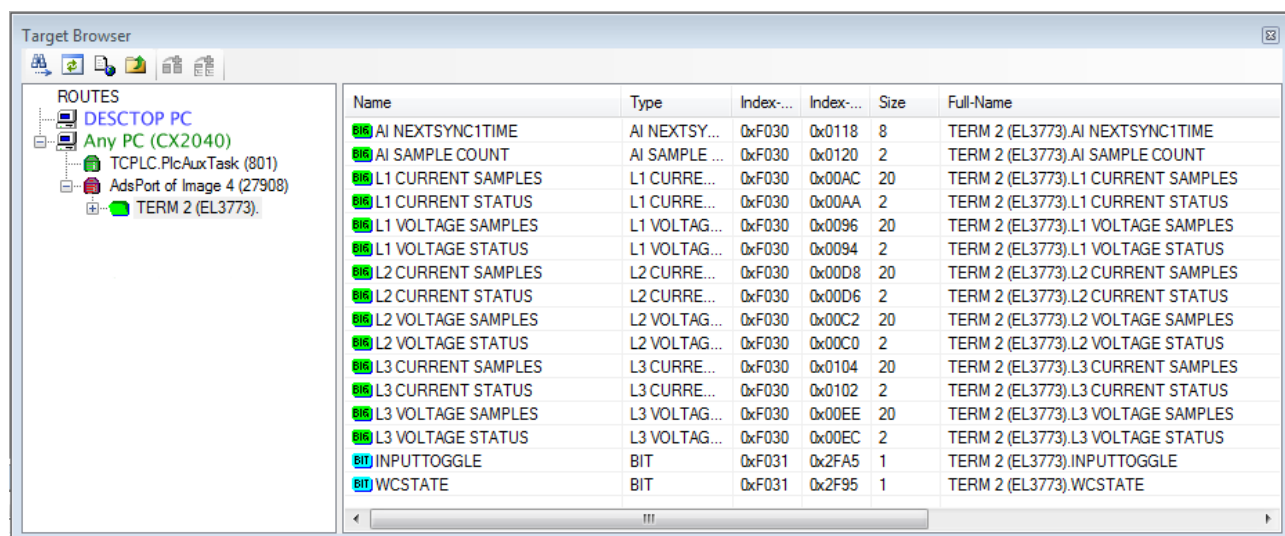
附图 173: 激活 EtherCAT 设备（TwinCAT 2）的 ADS 服务器

ADS 服务器的激活必须通过在左侧配置树中选择“Device – Image”（设备 – 映像）来完成：

“I/O – Configuration → I/O Devices → Device... (EtherCAT) → Device... – Image”（I/O – 配置 → I/O 设备 → 设备 (EtherCAT) → 设备... – 映像）。

然后，必须选择“ADS”选项卡，依次勾选复选框“Enable ADS Server”（启用 ADS 服务器）和“Create symbols”（生成符号）（端口条目将自动完成输入）。

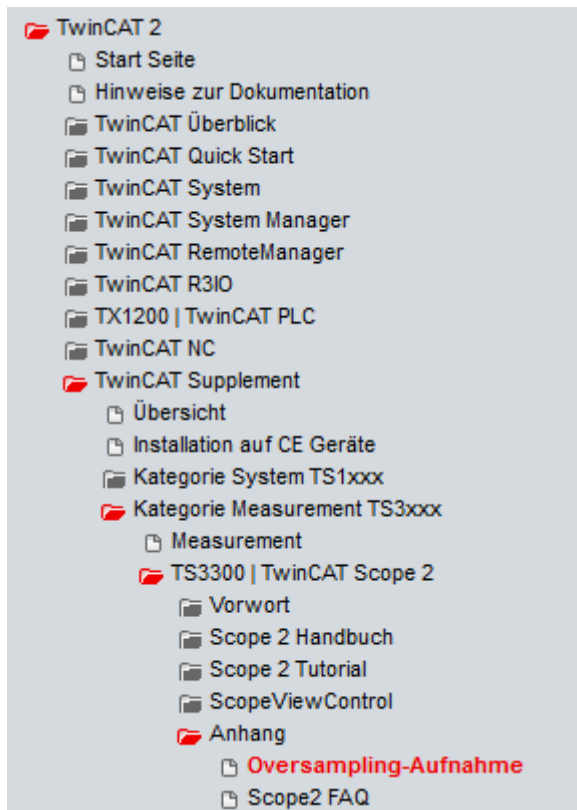
因此，使用 Scope2 时，无需嵌入式 POU，也无需变量引用，即可通过目标浏览器访问过程数据。



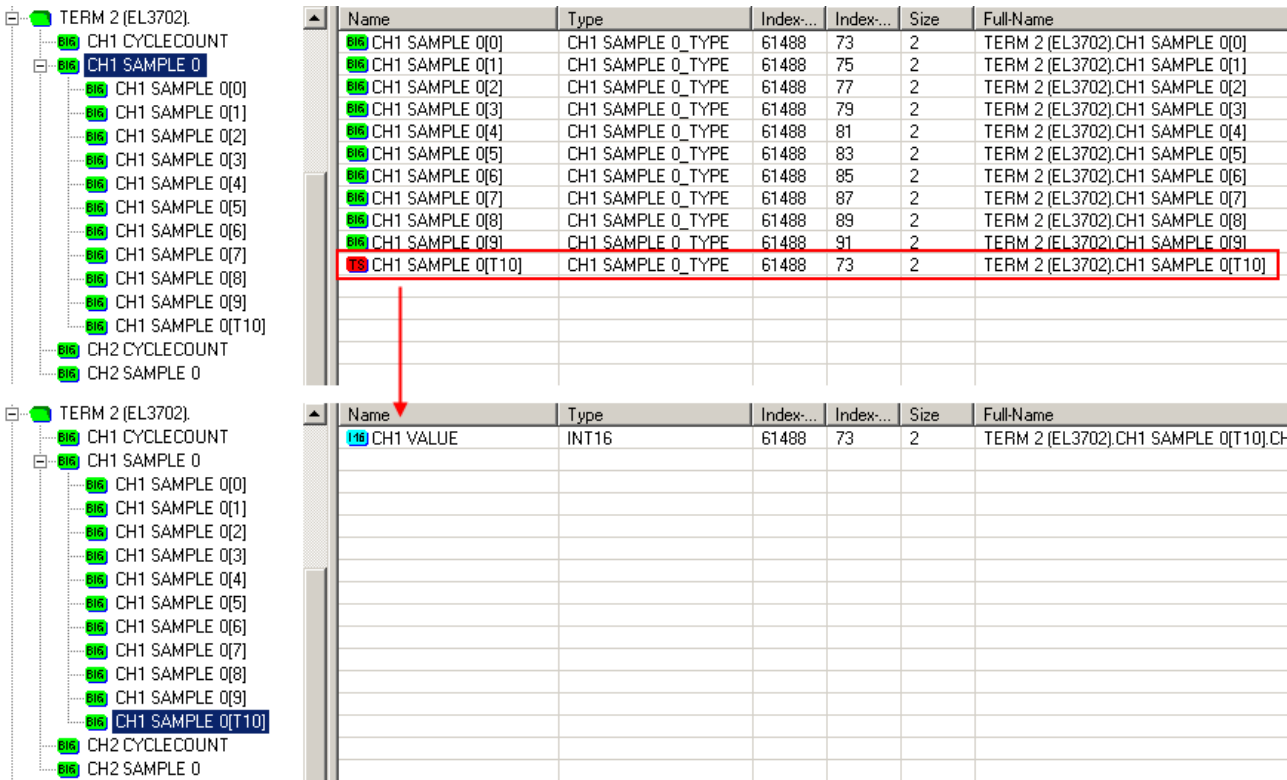
附图 174: Scope2 直接访问端子模块的 PDO

i 另请参见倍福信息系统

infosys.beckhoff.com → TwinCAT 2 → TwinCAT Supplement → Category Measurement TS3xxx → TS3300 | TwinCAT Scope 2 → Annex → Oversampling record (infosys.beckhoff.com → TwinCAT 2 → TwinCAT 补充组件 → 测量类别 TS3xxx → TS3300 | TwinCAT Scope 2 → 附录 → 超采样记录)：



Beckhoff TwinCAT 以一种特殊方式，在后台自动计算出特殊的 ADS 数组符号，该符号会出现在 Scope2 的变量浏览器中，从而为某些超采样设备提供 Scope2 支持。随后，该符号可作为变量进行链接，并自动携带数组信息。



附图 175: Scope2 中自动计算的数组变量（红色）

总结：必须提供一个可通过 ADS 访问的数组变量。这可以是 POU 的 PLC 变量，也可以是通过 System Manager 定义的数组变量，或直接激活端子或端子盒模块所在设备的 ADS 服务器。随后，Scope2 会检测到该变量。

6.5 EL1262-0000、EL1262-0050、EL1264 操作说明

目录

- 交付状态 [▶ 156]
- 功能 [▶ 156]
- 分布式时钟 [▶ 156]
- 输入特性 [▶ 157]
- 启动行为 [▶ 158] ♠
- 过程数据 [▶ 158]
- 操作提示 [▶ 160]

交付状态

首次调试 EL126x 时，无需进行特殊设置。EL126x 作为常规的 2/4 通道数字量输入端子模块运行。

● XML 设备描述



如果您的系统中没有 EL126x 的 XML 描述，您可以从[倍福网站](#)下载区下载最新的 XML 文件，并按照安装说明进行安装。

工作原理

EL126x 是一个具有 2/4 通道的数字量输入端子模块。它不仅可以随 EtherCAT 周期循环读取电压电平，还可以在周期之间多次读取。EL126x 支持分布式时钟功能正是用于此目的。在 EL126x 中，ESC（EtherCAT 从站控制器）负责与 EtherCAT 现场总线之间的数据传输，并支持分布式时钟功能。这使得 ESC 能够以高精度等间隔循环读取 EL126x 的输入，并将值存储在内存中。当 EtherCAT 帧从 EL126x 获取数据时，整组过程数据已准备好进行传输。输入采样频率可以显著高于现场总线周期。因此得名“超采样”。

分布式时钟

分布式时钟超采样要求端子模块内置一个时钟发生器，用于触发各个独立的数据采样事件。端子模块内的本地时钟（称为分布式时钟）正是用于此目的。

分布式时钟是 ESC 内的本地时钟，具备以下特性：

- 单位 1 ns
- 零点 1.1.2000 00:00
- 大小 64 位（足够未来 584 年使用）；但一些 EtherCAT 从站仅提供 32 位支持，即变量在大约 4.2 秒后溢出
- EtherCAT 主站自动将本地时钟与 EtherCAT 总线中的主站时钟同步，精度 < 100 ns。

EL126x 仅提供 32 位支持。

● EtherCAT 和分布式时钟



关于 EtherCAT 和分布式时钟的基本介绍可从[倍福网站](#)下载。

示例：

现场总线/EtherCAT 主站按 1 ms 的周期运行，例如为匹配上层 PLC 的 1 ms 周期。也就是说，主站每 1 ms 会发送一个 EtherCAT 帧，收集 EL126x 模块的过程数据。因此，端子模块本地时钟每 1 ms（1 kHz）会在 ESC 中触发一次中断，以便及时准备好过程数据，供 EtherCAT 帧进行采集。这第一个中断称为 SYNC1。

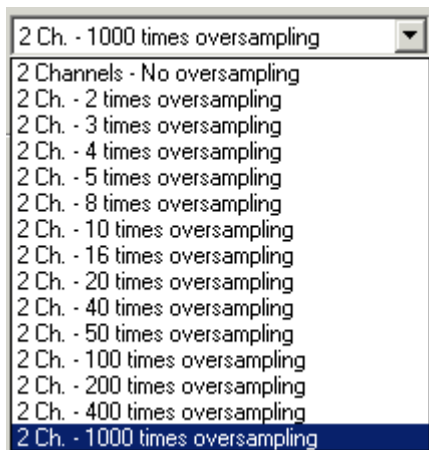
例如，在 TwinCAT System Manager 中将 EL126x 的超采样系数设置为 $n = 1000$ ，请参见 TwinCAT System Manager 中 EL1262 的超采样系数选择对话框。这将导致 ESC 在端子模块中产生频率高 n 倍的第二个中断，在本示例中为 1 MHz 或 1 μ s 周期。这个中断称为 SYNC0。每个 SYNC0 信号都会将电压作为数字值（0/1）进行采样，并将相应的值按顺序存储到缓冲区中。

由分布式时钟网络中经过同步的本地时钟生成 SYNC0 脉冲，可以确保输入值以 SYNC1 脉冲的周期严格多等分时间间隔进行采样。

最大超采样系数取决于所用 ESC 的内存大小，在 KKYY0200 版本的 EL126x 中，为 $n = 1000$ 。

缓冲区中累积的值将以数据包的形式发送至上级控制器。例如，对于 2 通道（EL1262），当 $n = 1000$ 时，每个 EtherCAT 周期传输的过程数据量为 $2 \times 1000 \text{ 位} = 2000 \text{ 位} = 250 \text{ 字节}$ 。

EL126x 的超采样系数可在预设值范围内设置为 1 至 1000。



附图 176: TwinCAT System Manager 中的 EL1262 超采样系数选择对话框

请注意，EL126x 的过程映像特性会随超采样系数的变化而改变，请参见[过程数据 \[► 158\]](#)描述。

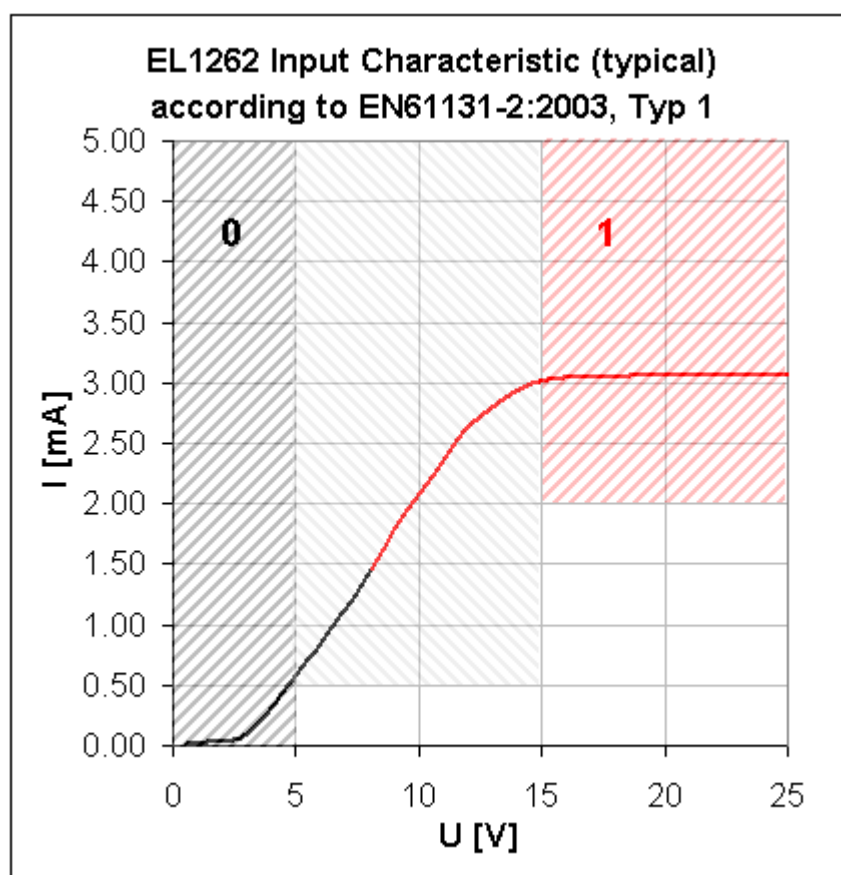


超采样系数

关于根据手动指定的超采样系数从 SYNC1 脉冲计算 SYNC0，请注意 SYNC0 的间隔仅计算纳秒整数值。例如：允许采用 $187.500 \mu\text{s}$ ，而不允许采用 333.333 333 。不支持选择对话框中提供的值以外的值。如果使用了不合理值，端子模块虽然会进入 OP 状态，但其行为将等同于超采样系数为 1 的情况，只有第一位包含有效数据。例如，当 SYNC1/EtherCAT 周期 = 1 ms ，允许使用 1、2、5 或 100 等超采样系数，但不允许使用 3。

输入特性

EL126x 的输入特性符合 EN61131-2:2003 Type 1 的要求。



附图 177: EL1262 典型输入特性。倍福保留不作另行通知即进行更改的权利。

EL12xx 的输入电路经过优化，可以对快速变化的信号进行尽可能快的信号采集。EL12xx 系列模块的信号变化（上升沿或下降沿）从端子模块正面的接线点传播至中央评估单元（ESC）的逻辑处理器所需的时间 $T_{on}/T_{off} < 1 \mu s$ ，此规定同时适用于上升沿（ T_{on} ）和下降沿（ T_{off} ）。由于此绝对传播延迟时间较短，因此该延迟时间的温度漂移也非常小。

需要注意的是，输入电路不包含任何滤波。该输入电路已针对从输入端到评估单元的最快信号传输进行了优化。因此， μs 范围内的快速电平变化或脉冲会未经滤波或衰减地到达评估单元。为了消除周围环境的干扰，可能需要使用屏蔽电缆。

传感器/信号传感器必须能够产生足够陡峭的信号边沿。所使用的电源应具有足够的缓冲储能，以确保在存在电容性或电感性电缆损耗的情况下，信号仍能以足够陡峭的边沿到达端子模块。

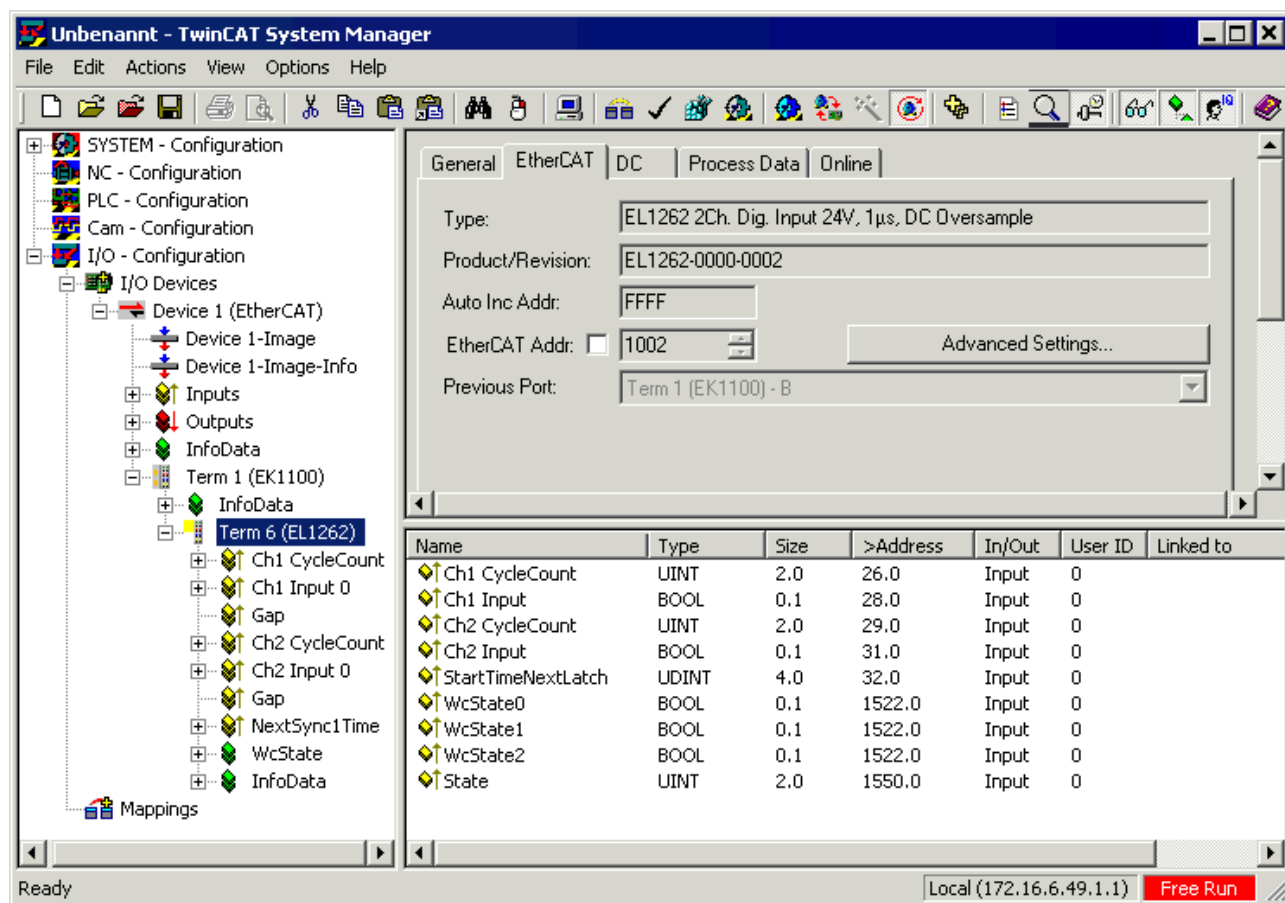
启动行为

从 EtherCAT 现场总线启动开始，EL126x 大约需要 60 个总线周期，才能在 OP 状态下首次提供连续的过程数据。

过程数据

EL126x 提供一系列过程数据用于传输，

例如 EL1262：在默认状态下，该端子模块在 System Manager 中的显示如 EL1262 默认状态所示。



附图 178: EL1262 默认状态

- **Chx Cycle Count**

EL1262 周期计数器：在每个周期中，EL1262 将该 16 位计数器加 1。该计数器可用于检查 EL1262 是否存在帧丢失或数据重复的情况。两个通道的周期计数器显示相同的值。

- **Chx Input 0**

根据所选超采样系数的不同，数字量输入值在此处列出，每个通道从 1 位到 125 字节不等。字节顺序在时间上对应于递增的数组索引，而一个字节中的各个位按时间顺序从右向左读取，即从最低有效位 (.0) 到最高有效位 (.7)

- **Gap**

该变量仅用作占位符，不代表可用的过程数据。

- **NextSync1Time**

如上所述，SYNC1 中断触发提供 EL1262 中积存的过程数据，与现场总线保持同步。SYNC1 中断的时间与第一个 SYNC0 中断的时间相同，后者用于确定输入采样的时刻。EL1262 在一个 EtherCAT 周期内传输的 NextSync1Time 值是下一次 SYNC1 中断的起始值，分辨率为 32 位（请参见分布式时钟 [156]）。NextSync1Time 过程数据可以在“ProcessData（过程数据）”选项卡中停用。NextSync1Time 可用于在分布式时钟精度范围内确定每个单独采样点的读取时间。

● Chx 输入显示方式

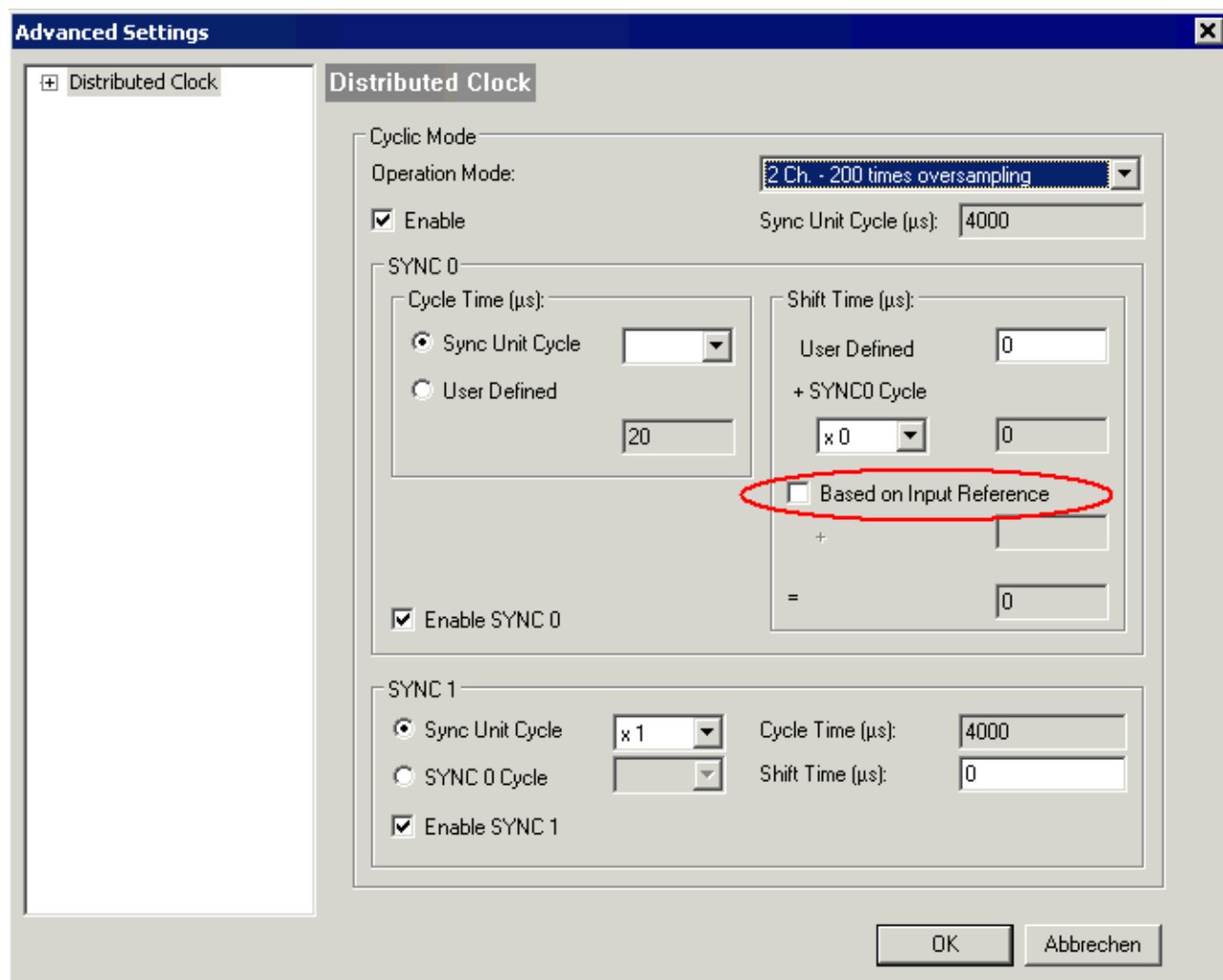
Chx 输入过程数据必须覆盖从 1 到 1000 位的大范围值。为了保持配置树和任务变量链接的清晰显示，Chx 输入变量以位或字节形式显示。超采样系数 ≤ 100 ：显示单个的位。超采样系数 > 100 ：将位合并为字节。

因此，接收 EL126x 过程数据的任务必须相应地提供位数组或字节数组。

操作提示

分布式时钟设置

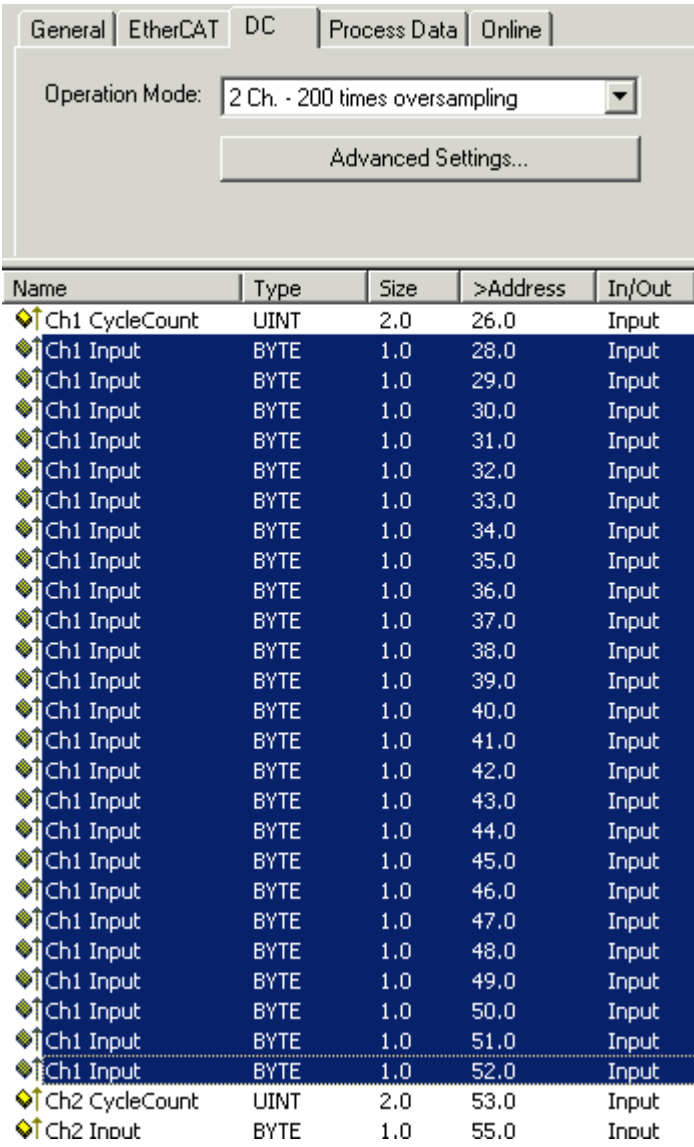
在 EL126x 针对分布式时钟的高级设置中，SYNC1 中断的时间可以稍微向前偏移，请参见示例 EL1262 高级设置，分布式时钟。通过激活“Based on Input Reference”（基于输入参考）复选框，SYNC1 中断会向前偏移几微秒。有关更多信息，请参阅[分布式时钟系统描述](#) [► 156]。



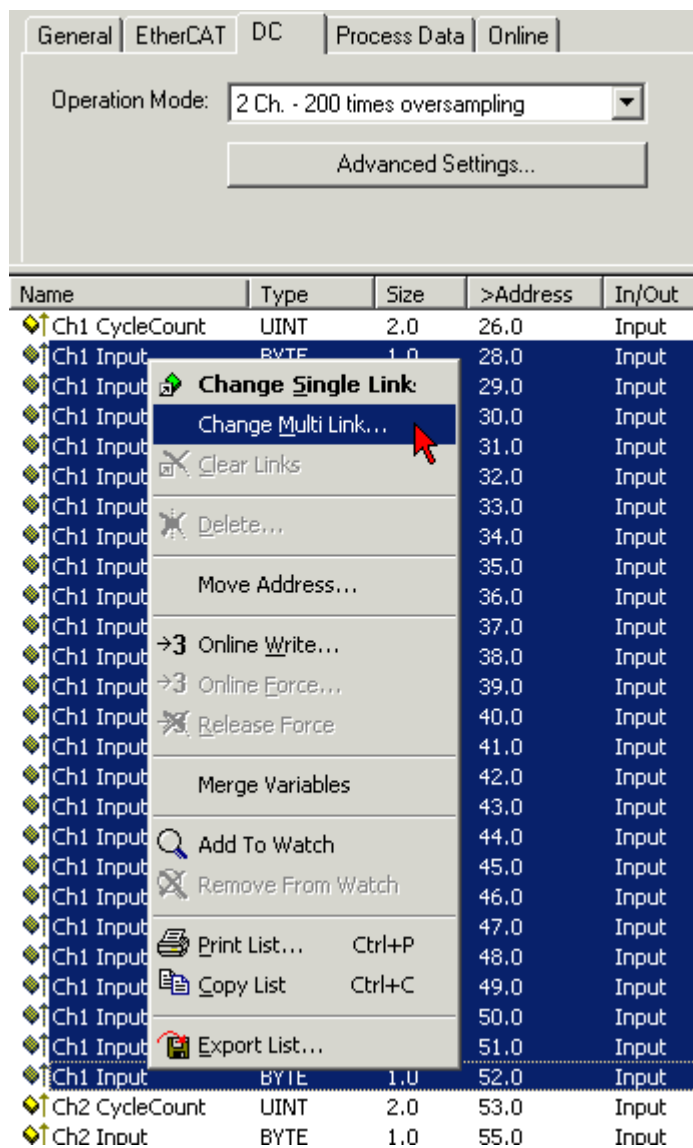
附图 179: EL1262 高级设置，分布式时钟

链接大型变量

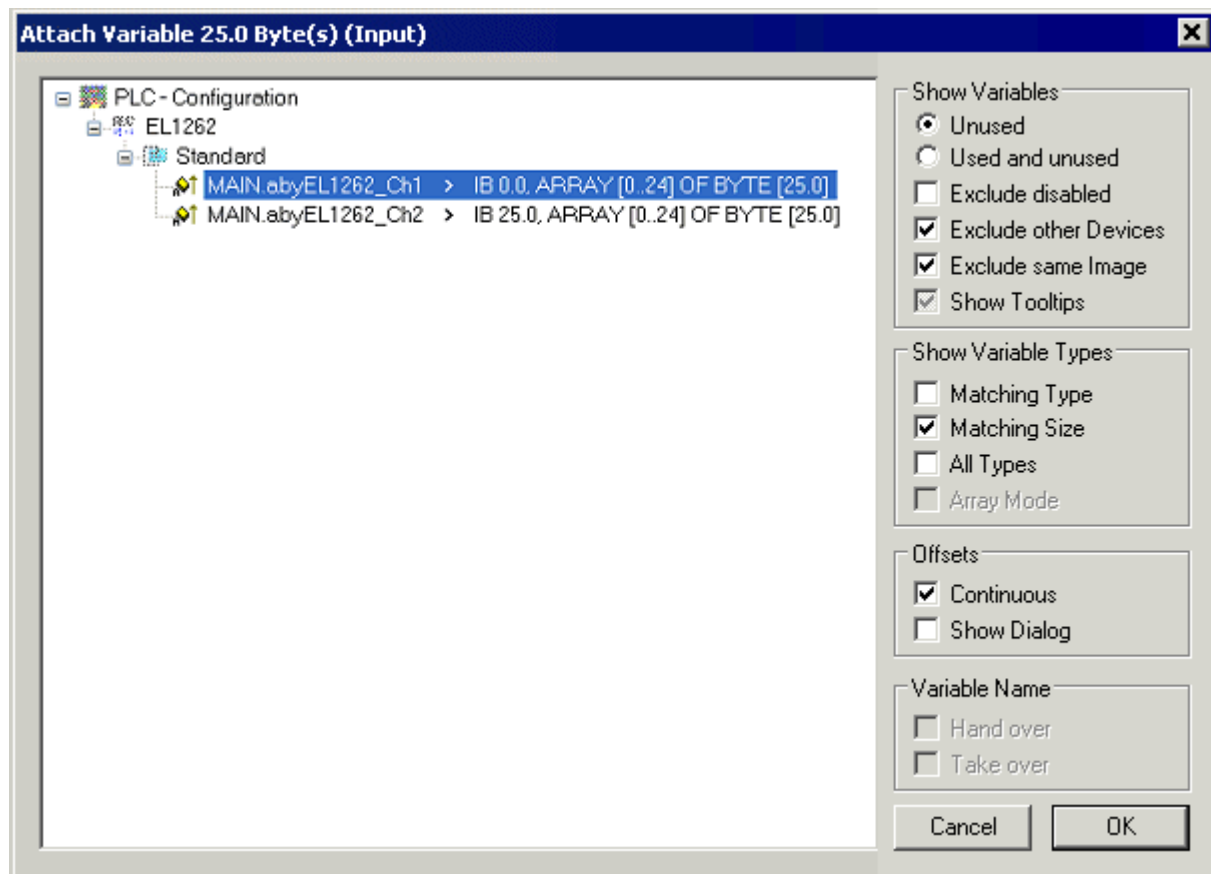
可以使用“Change Multi Link”（更改多个链接）选项，将较大的内存区域与连续变量进行链接。操作步骤如下：



附图 180: 使用鼠标选择端子模块中的变量



附图 181: 右键点击, Change Multi Link (更改多个链接)

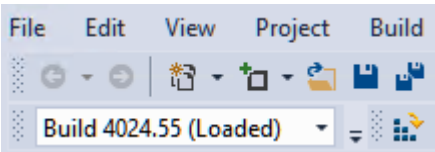


附图 182: 在任务中选择变量范围

6.6 EL1262-0010 操作说明

基本说明

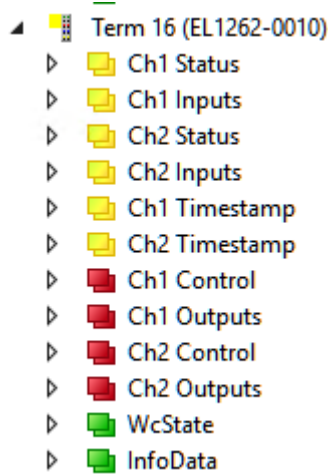
- 措辞说明：下文中的“输入”指端子模块的数字量输入，即从控制器视角来看的输入。下文中的“输出”指端子模块的数字量输出，即从控制器视角来看的输出。
- EL1262-0010 每通道每秒最高可处理 10,000,000 个采样点（位）。这相当于每个端子模块每秒钟的有效数据为 20 Mbit，对应 100 Mbit 的 EtherCAT 网段可算出 20% 的带宽占用率。
- 使用条件
 - TwinCAT 3.1 Build 4024.55 或更高版本，例如 Build 4025/26
注意：请注意版本号设置
 - 固件 FW02 及以上版本
 - 修订版本 -0001 及以上



附图 183: TwinCAT 3.1 Build 4024.55 或更高版本

在 TwinCAT 3.1 中扫描或手动插入该端子模块后，其响应如下

- 通道 1+2 上 80 倍超采样



附图 184: TwinCAT 树型结构中的 EL1262-0010

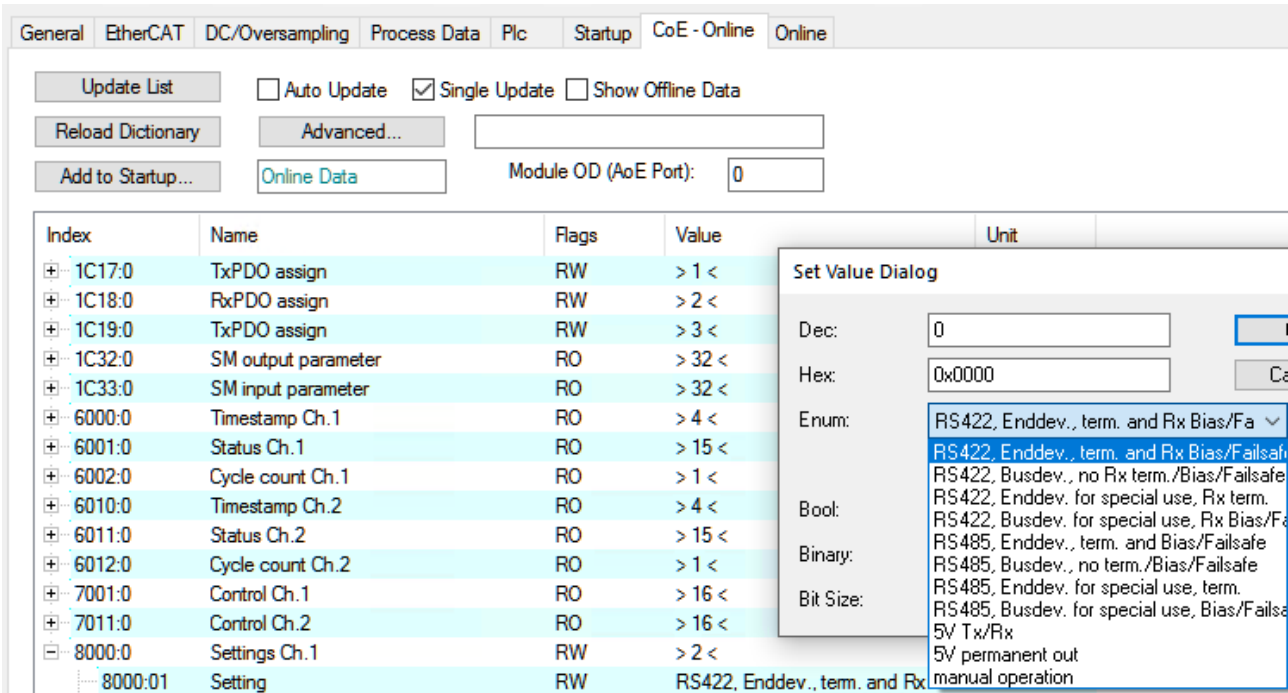
- 两个通道的 CoE 中的 RS422 设置

8000:0	Settings Ch.1	RW	> 2 <
8000:01	Setting	RW	RS422, Enddev., term. and Rx Bias/Failsafe (0)
8000:02	Timestamp correction	RW	0 ns
8001:0	Manual settings Ch.1	RW	> 12 <
8010:0	Settings Ch.2	RW	> 2 <
8010:01	Setting	RW	RS422, Enddev., term. and Rx Bias/Failsafe (0)
8010:02	Timestamp correction	RW	0 ns
8011:0	Manual settings Ch.2	RW	> 12 <

附图 185: CoE 中的 RS422 设置

6.6.1 配置/电气设置

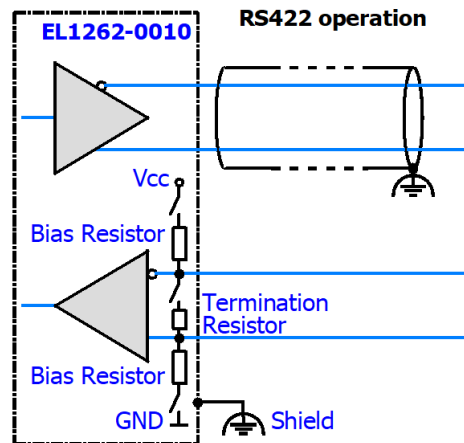
第一步，根据预期用途，为每个通道在 CoE 0x80n0:01 中进行电气设置（通道 1：n=0，通道 2：n=1）。每个通道均可在 5 V 单端模式或 RS 模式下运行。



附图 186: 设置“CoE- Online”（CoE- 在线）选项卡，RS 或单端运行

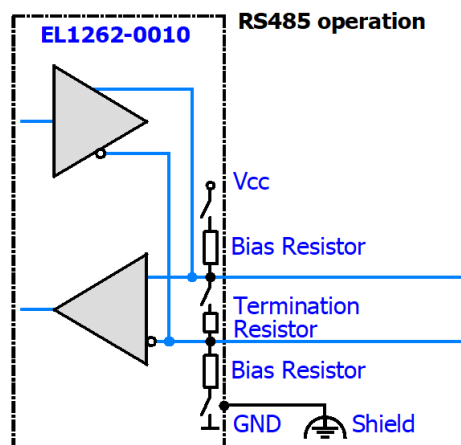
1. RS422/RS485 运行模式：该通道上的 RS422/485 电气驱动电路处于激活状态。终端电阻和偏置电阻（也称为：故障安全）可按通道切换。此处可选择 4 种常用配置。需要注意的是，RS422/485 是一个 Tx+/Tx- 或 Rx+/Rx- 之间的差分信号。一般情况下，在电缆长度较短且仅连接一个远程终端时，使用“Enddev., term. and Rx Bias/Failsafe”（终端设备、终端电阻和接收器偏置/故障安全）配置能够成功运行。建议使用合适的测量仪器（例如示波器）检查电信号质量（串扰、上升时间）。

- RS422：双向运行，输入和输出可相互独立使用



附图 187: RS422：双向运行

- RS485：单向运行，例如用于串行通信，输入和输出在内部已连通



附图 188: RS485: 单向运行

- 2. “5 V Tx/Rx” 运行模式：该通道上的 5 V 输入/输出处于电气激活状态。
- 3. “5 V permanent out” 运行模式：适用于测试目的或为远程终端供电。此时，“5 V Tx/Rx” 运行模式不可用。
如果 5 V 输出需在 RS 运行期间同时永久用于设备供电，则必须通过 “manual operation” 进行设置。
- 4. “manual operation” 运行模式：若选择此模式，端子模块的各项功能可通过 0x80n1 单独启用

8001:0	Manual Settings Ch.1	RW	> 12 <
8001:01	Differential Rx enabled	RW	TRUE
8001:02	Differential FullDuplex enabled	RW	TRUE
8001:03	Differential enabled	RW	TRUE
8001:04	Differential Termination enabled	RW	TRUE
8001:05	Differential Termination Tx enabled	RW	FALSE
8001:06	Differential Tx Filter enabled	RW	FALSE
8001:07	Differential Rx/Tx Shutdown enable	RW	FALSE
8001:08	Differential Enable Bias/Failsafe Tx	RW	FALSE
8001:09	Differential Enable Bias/Failsafe Rx	RW	TRUE
8001:0A	5V SingleEnded Rx enable	RW	FALSE
8001:0B	5V SingleEnded Tx enable	RW	FALSE
8001:0C	5V permanent enable	RW	FALSE

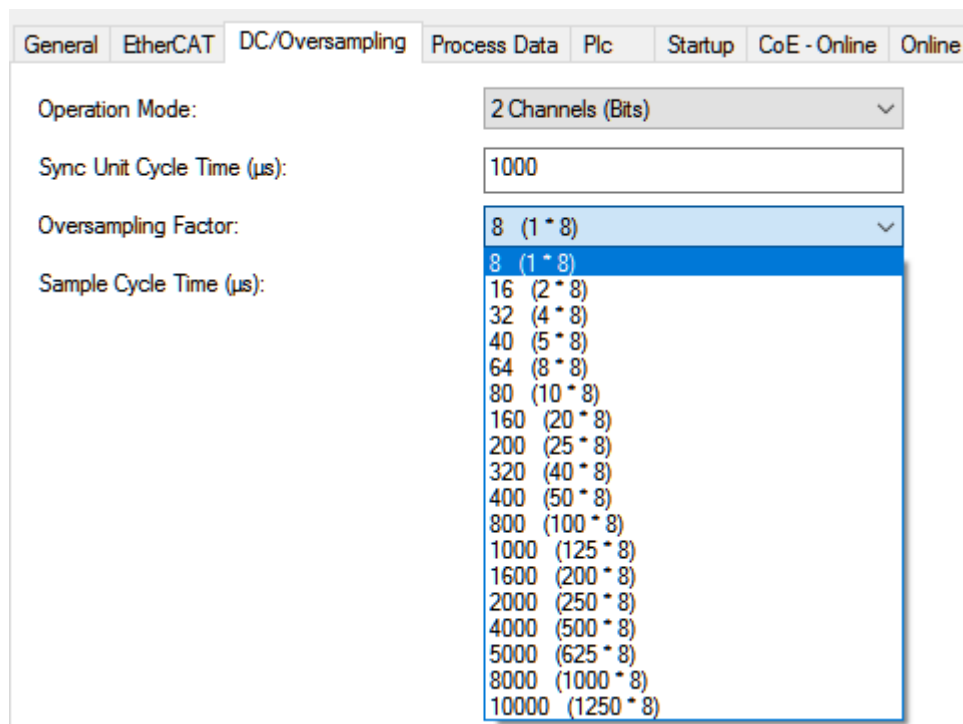
附图 189: 在 “manual operation” 运行模式下，通过 CoE 对象 8001 启用各项功能

6.6.2 过程数据（功能与超采样）

1. 功能

- **输入功能：**端子模块的每个通道以设定的超采样系数 n 对其输入（RS 或 5 V）进行采样（即采样频率为 EtherCAT 周期的 n 倍），并将采样结果作为位数据流（例如 0011001001001...）通过 EtherCAT 在过程映像中传送至控制器/PLC。为便于处理，将各位组合成字节。
- **输出功能：**端子模块的每个通道从控制器/PLC 接收位数据流（例如 01001000101...），并以设定的超采样系数 n 通过其输出端（RS 或 5 V）输出（即输出频率为 EtherCAT 周期的 n 倍）。

2. 超采样及过程数据的范围必须通过 TwinCAT DC 对话框进行设置（另请参见 [进行超采样设置 \[► 172\]](#) 一章）。

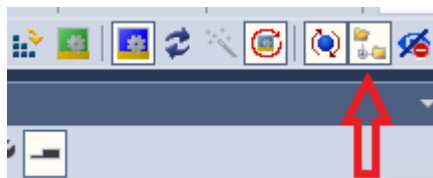


附图 190: 设置“DC/Oversampling”选项卡

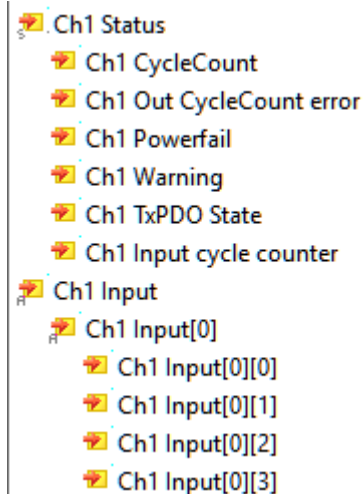
规则：

- 超采样系数对于输入和输出必须相同（若两者均使用）
- 超采样系数对于通道 1 和通道 2 必须相同（若两者均使用）
- 由 EtherCAT 周期和超采样系数得出的采样时间必须符合以下公式： $100 \text{ ns} + n * 20 \text{ ns}$ ；因此最小采样时间为 100 ns、120 ns、140 ns.....

为了便于链接各个 PDO 变量，建议激活 Show Sub items（显示子项）功能，这样 PDO 会被“展开”，并可逐个进行链接：



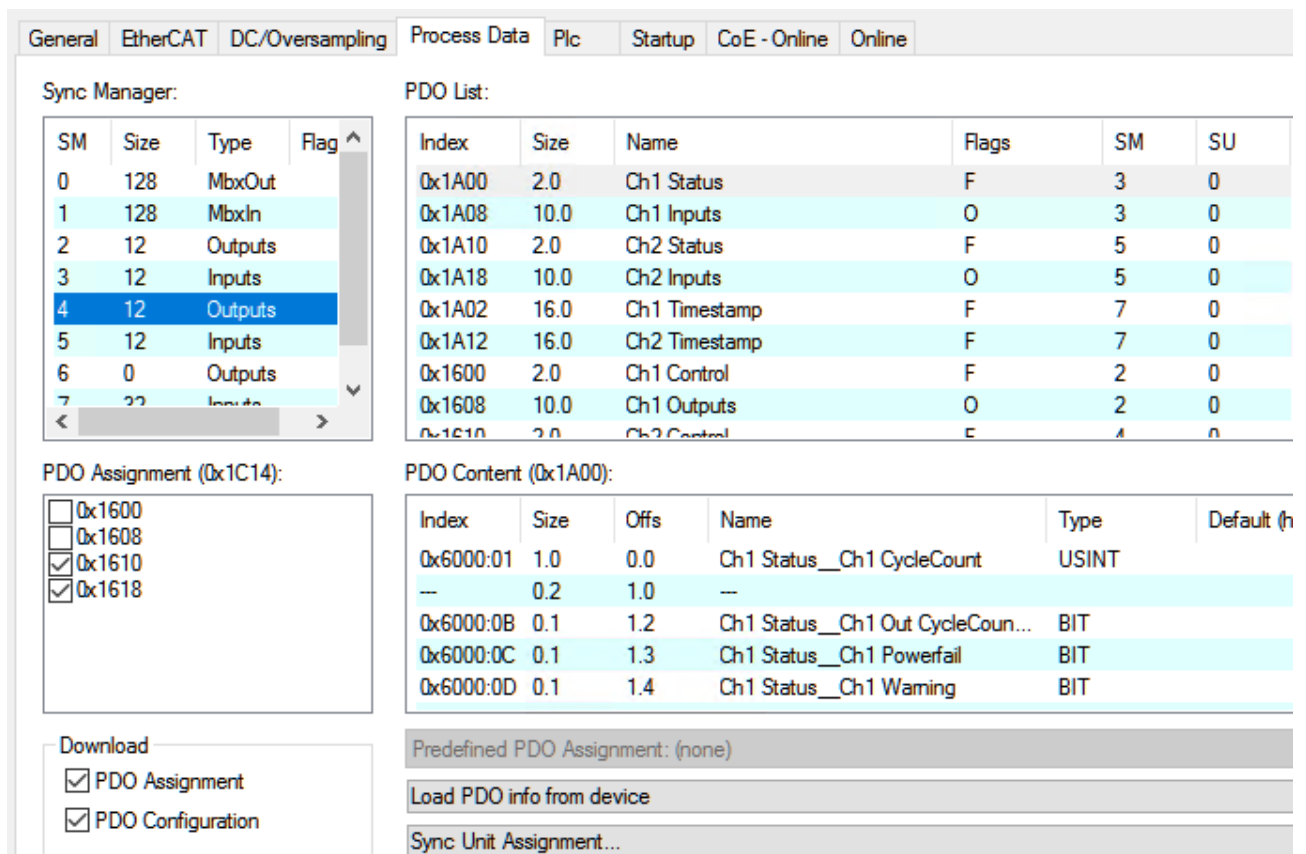
附图 191: “Show sub items（显示子项）”按钮



附图 192: PDO 树

3. 手动 PDO 配置

可通过 PDO Assignment (PDO 分配) 对话框手动设置单个 PDO 配置，例如仅使用输入通道或仅使用通道 1 运行：



附图 193: “Process data (过程数据)” 选项卡, PDO 分配

操作步骤如下：

- 在 DC/Oversampling (DC/超采样) 对话框中设置所需的超采样系数, 随后所有 PDO 均会被激活
- 在 SyncManager (同步管理器) 对话框中, 取消选中不需要的 PDO:

0、1: Mailbox, 不可更改

2: Outputs channel 1

3: Inputs channel 1

4: Outputs channel 2

5: Inputs channel 1
6: empty, 不使用
7: 时间戳通道 1+2

6.6.3 过程数据 (PDO) 的解释

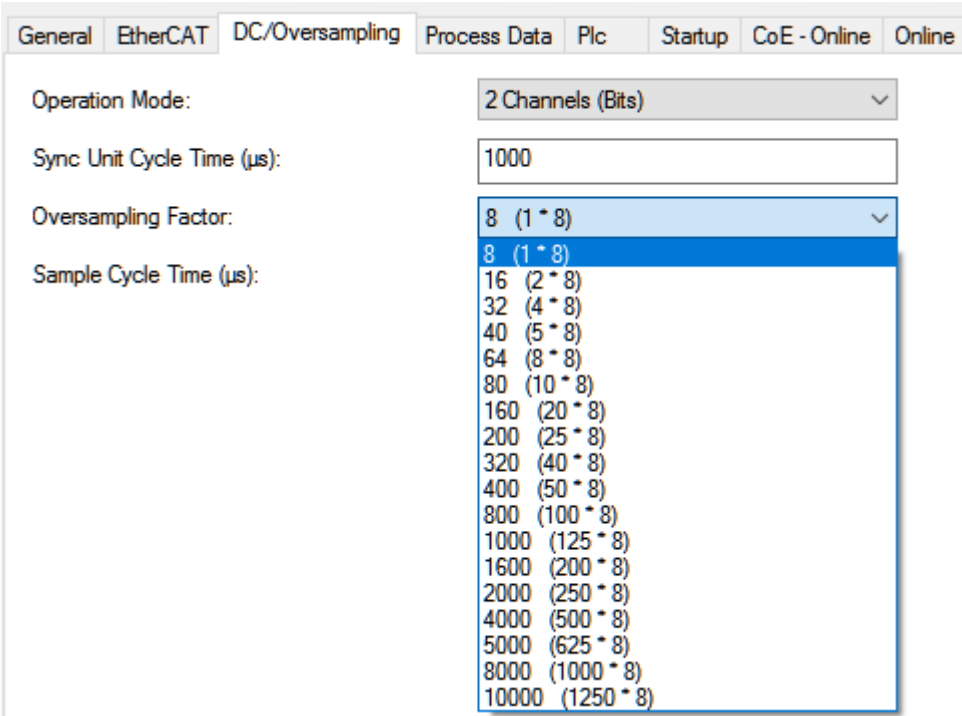
端子模块的过程数据可分配至 4 个区域（设备信息、通道信息、用作数字量输入、用作数字量输出）：

设备信息  WcState  WcState  InputToggle  InfoData  State  AdsAddr  DcOutputShift  DcInputShift	WcState		“0”：正常运行 “1”：端子模块在本周期内未交换任何过程数据
	 WcState	0	
	InputToggle		周期性变化 0/1/0/1……：正常运行
	 InputToggle	0	非周期性变化 0/1/1/0/……：端子模块在本周期内未交换任何过程数据。
	State		位 3 = TRUE: “0”：正常运行
	 State	8	
	AdsAddr		端子模块的 AMS NetId 和端口号，对于控制器与 CoE 及寄存器之间的非周期性通信非常重要。
	DcOutputShift		输出端子模块相对于当前任务节拍的偏移量（由 TwinCAT 设置，单位为 [ns]） 无论设备是否具有输入或输出功能，TwinCAT 通常都会显示此 PDO。 注意：EL1262-0010 在此设置的意义上作为输出端子模块运行。
	DcInputShift		输入端子模块相对于当前任务节拍的偏移量（由 TwinCAT 设置，单位为 [ns]） 无论设备是否具有输入或输出功能，TwinCAT 通常都会显示此 PDO。不适用于 EL1262-0010。
通道信息，分别对应通道 1 和通道 2  Ch1 Status  Ch1 CycleCount  Ch1 Out CycleCount error  Ch1 Powerfail  Ch1 Warning  Ch1 TxPDO State  Ch1 Input cycle counter	Ch CycleCount	字节	每个周期递增 [0..255]，可在控制器端用于检查端子模块是否在每个 EtherCAT 周期中提供新数据，因此预期值为 +1
	Ch Out CycleCount error	Bool	相应输出的反馈通道。 “0”：无传输错误 “1”：输出通道检测到计数 > +1
	Powerfail		“0”：正常运行 “1”：内部错误，请联系售后服务部门 [▶ 214]
	Warning		“0”：正常运行 “1”：内部警告，可能过热
	TxPDO		“0”：正常运行 “1”：本周期内与该通道的 EtherCAT 数据交换失败
	Input cycle Counter		每个周期递增 0→1→2→3→0…：正常运行
	 Ch1 Input cycle counter	0x3 (3)	非“+1”递增，例如 0→2→2→3→0…：EtherCAT 帧未能及时与从站交换数据
用作数字量输入  Term 16 (EL1262-0010)  Ch1 Timestamp  Ch1_StartTimeNextLatch  Ch1_StartTimeNextOutput  Ch1 Status  Ch1 CycleCount  Ch1 CycleCount  Ch1 Inputs  Ch1 Input  Ch1 Input[0]	StartTimeNextLatch		下一次超采样数据包中第一个采样点的 64 位 DC 时间戳 [ns]
	CycleCount		周期性计数 +1： 正常运行
	 Ch1 CycleCount	34418	周期性变化 +0 或 +2： 如有必要，必须通过更改 ShiftTime 将端子模块的同步时间移至令此处无跳变的范围内，以确保与 EtherCAT 帧之间的数据传输安全可靠
过程数据按通道结构组织，以便在控制器侧与特定 FB 进行链接，因此 DC 时间戳会提供两次	Input[n]		用于控制的按字节输入过程数据； 过程数据大小取决于所设置的超采样

用作数字量输出 Term 16 (EL1262-0010) Ch1 Timestamp Ch1_StartTimeNextLatch Ch1_StartTimeNextOutput Ch1 Status Ch1 CycleCount Ch1 Inputs Ch2 Timestamp Ch2 Status Ch2 CycleCount Ch2 Inputs Ch1 Control Ch1 Control Ch1 CycleCount Ch1 CycleCount Activate Ch1 Outputs Ch1 Output Ch1 Output[0] 过程数据按通道结构组织，以便在控制器侧与特定 FB 进行链接，因此 DC 时间戳会提供两次	StartTimeNextOutput	下一次超采样数据包中第一个采样点的 64 位 DC 时间戳 [ns]
	CycleCount Ch1 CycleCount Ch1 CycleCount Activate X 139 X 1	8 位计数器，控制器可对其进行周期性 +1 操作。在运行过程中，两个通道计数器都必须使用！ 请参见 CycleCounter（周期计数器）的监控说明 [p. 178]
	CycleCount Activate	激活端子模块内对 CycleCount “+1” 操作的监控功能。 请参见 CycleCounter（周期计数器）的监控说明 [p. 178]
	Output[n]	从控制器按字节输出过程数据；过程数据大小取决于所设置的超采样

6.6.4 进行超采样设置

1. 端子模块对输入和输出均支持 8 倍至 10,000 倍的超采样系数。
条件：两个通道以及输入和输出的超采样系数必须相同。



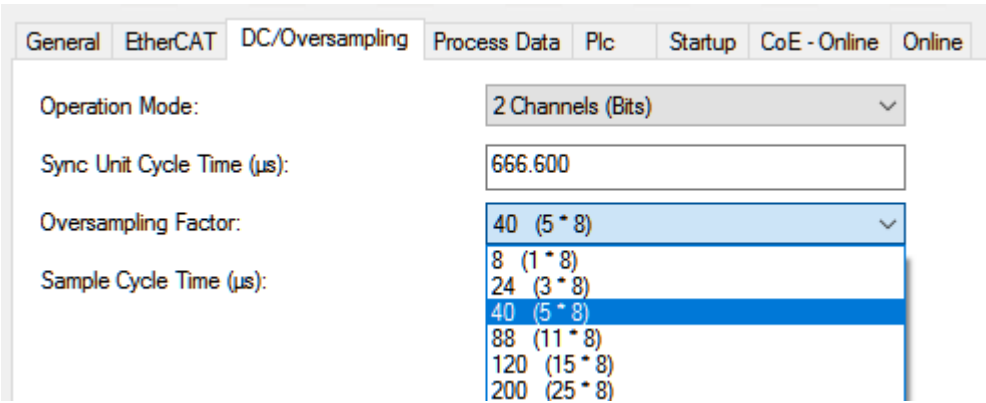
附图 194: DC/oversampling 设置

注意：超采样系数的选择必须基于 EtherCAT 周期，以确保以 [1 ns] 为单位的除数保持为整数。

2. 示例：

- 周期 100 μs, OVS = 32 → 3.125 μs = 正常
- 周期 666.6 μs, OVS = 32 → 20.0909... μs = 不正常

TwinCAT 通常根本不会显示不可执行的配置组合（此处：OVS = 32）：

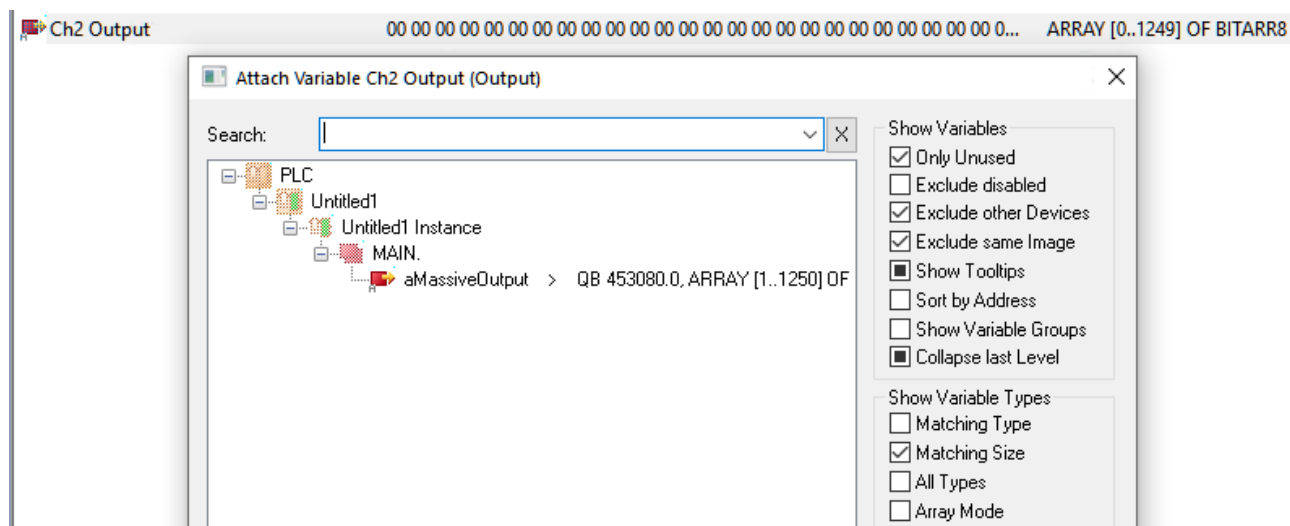


附图 195: 超采样系数的合适表达式

3. 与 PLC 进行链接时，采用字节数组是合适的。例如，当 OVS = 10,000 时，使用大小为 1250 的字节数组：

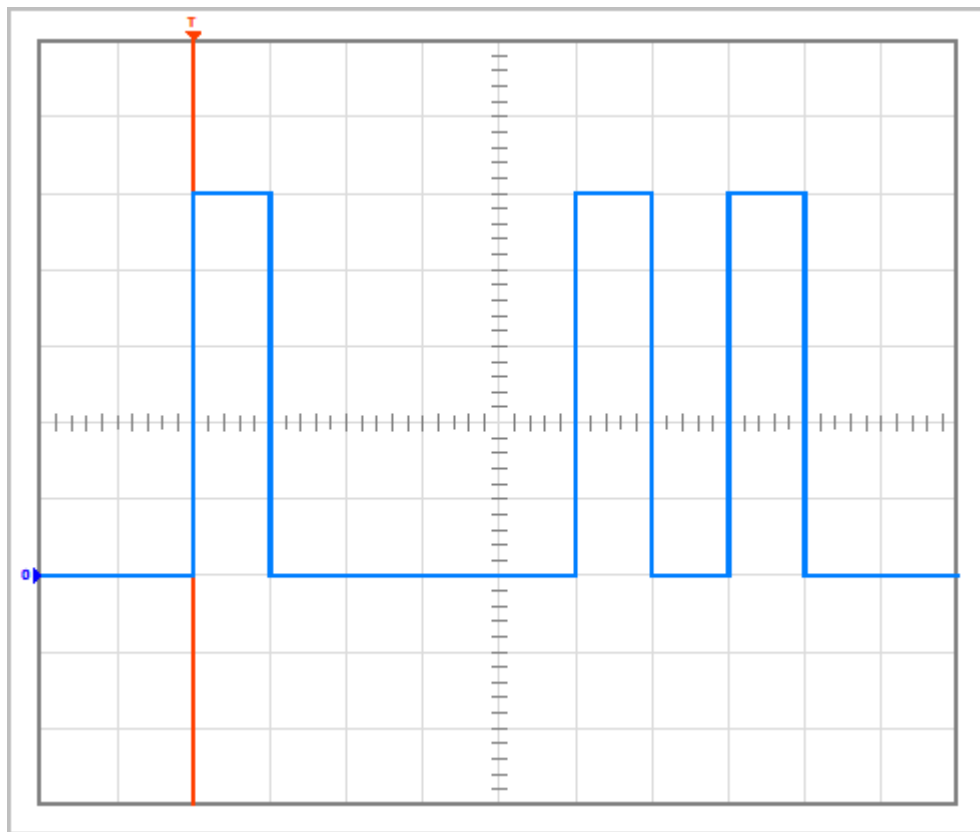
```
aMassiveOutput AT %Q*:ARRAY[1..1250] OF BYTE;
```

例如，在 TwinCAT 3 中，可在选择“Matching Size（匹配大小）”时进行链接：



附图 196: 通过“Matching Size（匹配大小）”的变量类型进行链接

需要注意的是，字节顺序在时间上对应于递增的数组索引，而一个字节中的各个位从右向左输出，即从最低有效位（.0）到最高有效位（.7）：字节 2#10100001 在示波器上（1 V/格，1 μ s/格，时间轴从左向右）将显示为 10000101（蓝线）：



附图 197: 示波器显示

6.6.5 如有必要，调整分布式时钟

EL1262-0010 通过单一内部触发信号（即 ESC Sync0）来控制输入和输出操作（读取或写入 PDO），因此两者在时间上无法独立控制。ShiftTime 设置（无论通过 EtherCAT 主站还是从站自有对话框进行配置）始终作用于整个端子模块（输入和输出）。

关于 EtherCAT 主站 DC-ShiftTime 对话框的说明：

SYNC Shift Time (µs)

Percent of cycle time: 30% ▾

For Outputs: 371.700 + 0

For Inputs: -100 + 1

附图 198: DC-ShiftTime 对话框的示例值

EL1252-0010 通过 ESI 被配置成了“DC Output Device”，如有必要，须使用“For Outputs”（用于输出）选项。

通过 DcShiftTime 实现 EL1262-0010 输入/输出过程的时间偏移，在以下 2 种情况下具有实际意义：

- 需要改变 EL1262-0010 与其他 DC 设备在时间上的“同步性”（相对意义上，即输出/读取的提前或延后）
- 存在数据传输丢失（例如在周期计数器中出现跳变 $\leftrightarrow +1$ 的情况即可识别），因为 EtherCAT 帧经过 EL1262-0010 的时间与 ESC 内部的 PDO 数据传输发生重叠

因此，必须按以下步骤操作：

1. 端子模块只用到了输入

- 更改 DcShiftTime
 - 针对 EtherCAT 网段中的所有设备（较为少见）：
在 EtherCAT 主站对话框中为“For Outputs”（用于输出）输入所需的值：

SYNC Shift Time (µs)

Percent of cycle time: 30% ▾

For Outputs: 371.700 + 0

For Inputs: -100 + 1

附图 199: 更改 SYNC shift time（同步偏移时间）

- - 针对单个端子模块：

按需更改 SYNC0 的“User Defined ShiftTime”（用户自定义偏移时间），以 [µs] 单位为（支持小数） -> 这将直接影响读取时间，即采样起始时刻 = 因而也就是 PDO StartTimeNextLatch- 中的值

Cyclic Mode

Operation Mode: 2 Channels (Bits) ▼

☒ Enable Sync Unit Cycle (µs): 2000

SYNC 0

Cycle Time (µs):

☒ Sync Unit Cycle / 80 ▼

☐ User Defined 25

Shift Time (µs):

User Defined 0.870

+ SYNC0 Cycle x 0 ▼ 0

☐ Based on Input Reference

+

= 0.870

☒ Enable SYNC 0

附图 200: 更改用户自定义偏移时间

- 如果需要补偿外部延迟时间，也可在 C0E x80n0:02 “Timestamp correction”（时间戳校正）中写入以 [ns] 为单位的值，此时，每个周期内 PDO StartTimeNextLatch 中的值都会以该条目进行偏移（加或减）。电气读取时间不变，仅所传输的时间戳被修改。

2. 端子模块只用到了输出

- 更改 DcShiftTime
 - 针对 EtherCAT 网段中的所有设备（较为少见）：请参见输入の説明
 - 针对单个端子模块：参见输入の説明
- 无法单独操作输出时间

3. 端子模块用到了输入和输出

首先，按上述方法设置输出，然后使用“Timestamp correction”（时间戳校正）设置输入时间戳。



DC 时间戳的传输

DC 时间戳 StartTimeNextLatch/StartTimeNextOutput 的传输，为基于“真实”时间而非周期时间来处理过程数据提供了可能。这需要在控制器侧编写额外的代码，在 TwinCAT 3 XFC 库或 NC/凸轮控制器的情况下，倍福已提供了相应代码；否则需在应用侧自行编写。

还请参阅有关此

- ▣ CycleCounter（周期计数器）的监控说明 [► 178]
- ▣ 出错时的输出行为说明（Watchdog 看门狗、CycleCounter 周期计数器） [► 179]
- ▣ 过程数据（PDO）的解释 [► 170]

6.6.6 出错时的输出行为

如需设置出错时的输出行为（无当前周期数据或 Watchdog（看门狗）），请参见“[出错时的输出行为说明（Watchdog 看门狗、CycleCounter 周期计数器）](#) [► 179]”。

6.6.7 建议在控制器/PLC 中进行诊断

对于这种高性能端子模块而言，确保其在每个 EtherCAT 周期内都能获得当前的输出数据或能够提供其输入数据，尤为重要。因此，建议在 TwinCAT 切换至 RUN 模式后，持续（在每个实时周期内）检查以下 PDO，以确保正常运行：

- 设备
 - State
 - WcState
 - InputToggle
- 通道
 - Powerfail
 - Warning
 - TxPDO State
 - Input cycle Counter
- 与输入相关：
 - CycleCount:
- 与输出相关：请参见“[CycleCounter（周期计数器）的监控说明](#) [► 178]”

有关相应含义/设定值的说明，请参见前一章 [过程数据（PDO）的解释](#) [► 170] 中的 PDO 说明。

如果出现问题，可能需要调整相应的设置，例如 PLC 实时负载、DC ShiftTime、超采样系数。

6.7 输入的敏感度

EL12xx 的输入电路经过优化，可实现快速的信号变化和尽可能短的信号检测。EL12xx 系列模块的信号变化上升沿/下降沿从端子模块正面的接线点传到中央处理单元 (ESC) 的逻辑处理器所需的时间

$T_{ON}/T_{OFF} < 1 \mu s$ ，此规定同时适用于上升沿 (T_{ON}) 和下降沿 (T_{OFF})。

由于这个绝对循环时间很短，所以该循环时间的温度漂移也非常短。

需要考虑的是，输入电路几乎没有或完全没有滤波功能，视具体型号而定。它经过优化，能以最快的速度将信号从输入点传输到评估单元。 μs 范围内的快速电平变化/脉冲，例如由于可能的 EMC 影响，未经滤波/阻尼就会到达评估单元，并可能被视作输入状态的变化。

如有必要，应使用屏蔽电缆，以排除环境影响。

请注意，如果信号源具有足够的韧性，由于内部电容式 EMC 保护电路的作用，数字输入可能会引起 $> 2 \text{ mA}$ 的浪涌电流。这会影响敏感的执行器/信号发射器（如舌簧开关）或使其过载。在这种情况下，我们建议使用外部 "制动电阻" 来降低电流峰值，例如使用 $1 \text{ k}\Omega$ 的电阻。

6.8 CycleCounter (周期计数器) 的监控说明

端子模块必须能够识别其是否已获得周期性的当前数据。为此，应确保 PDO CycleCount Activate = TRUE，并对 PDO CycleCount 进行周期性 +1 操作。在数据包丢失（例如因 LostFrame）或帧重复的情况下，端子模块会将 ESC 寄存器 0x030D 中的一个本地 8 位错误计数器（0...255）递增（+1）。通过不定期地读取该计数器（并在必要时将其置零），应用程序便可判断（例如每秒）端子模块是否检测到传输错误。寄存器的读取和写入必须通过 ADS（非周期性通信）进行。如有必要，应通过更改端子模块偏移时间将端子模块的同步时间移至无抖动的范围内，以确保与 EtherCAT 帧之间的数据传输安全可靠。

请参见 [示例程序 4: CycleCounter 参数设置与 Watchdog \(看门狗\) 行为 \[► 194\]](#)。

6.9 出错时的输出行为说明 (Watchdog 看门狗、CycleCounter 周期计数器)

出错时的行为 - Watchdog (看门狗) 和周期计数器

该输出端子模块依赖于控制器定期提供的周期性更新数据。如果情况并非如此，则需区分 2 种阶段，并采用以下工具

- 短暂缺失 (一个或多个周期) → CycleCounter 监控
在 CycleCounter 监控中，设备需要控制器在过程数据变量 CycleCounter 中指定周期性递增的值 (+1)。这样，设备才能基于这个连续值判断是否发生了帧重复或 LostFrame。如果未激活 CycleCounter 监控，则固件无法检测到数据未到达的情况，并会重复上一个采样点的数据，直至 Watchdog (看门狗) 超时。

诊断：如果设备未检测到 +1 递增，则至少内部寄存器 030D_{hex} ” PDI-Error “会向上计数 1。计数器溢出 255 → 0 不被解释为错误。如果计数器一次增量大于 1，随后又恢复为 +1，则仅输出一个 PDI 错误，因为事件之后的所有计数器值均为 +1 递增。该寄存器可通过非周期性方式读取，例如由 PLC 读取，请参见“周期计数器监控说明”。

输出行为：此外，在此情况下，固件继续按照 ESC 寄存器的设置进行输出：

- 对于通道 1：寄存器 0x0F00
位 0 = TRUE → 参数设置激活
位 1 至 3：CycleCounterError 时的行为默认值，请参见下文。
- 对于通道 2：寄存器 0x0F01
位 0 = TRUE → 参数设置激活
位 1 至 3：CycleCounterError 时的行为默认值，请参见下文。
- 注意：两个字节寄存器 0x0F00 和 0x0F01 应以 1 个字访问的方式同时写入。
- CycleCounter 行为的可能寄存器值如下 (名称取自下方演示程序)：
ZERO: “000”：输出逻辑 “0” (默认值)
ONE: “001”：输出逻辑 “1”
HOLD: “010”：输出上一周期中的最后一位的值
CONTINUE: “011”：输出 PDI 错误，但输出缓冲区中的当前数据。这些数据可能已过期。
ALT: “100”：交替输出 0 和 1
OFF: “101” (仅限 EL2262)：输出级切换为高阻态。无信号电平输出。

 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ONE	BOOL	TRUE
 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_HOLD	BOOL	FALSE
 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_CONTI...	BOOL	FALSE
 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ALT	BOOL	FALSE
 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_OFF	BOOL	FALSE
 bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ZERO	BOOL	FALSE

TC3 示例程序中的图

- 长时间缺失 (Watchdog (看门狗) 时间及更长) → SM-Watchdog (看门狗)
该设备作为输出端子模块，具有可参数化的 **SM-Watchdog (看门狗)** (同步管理器 Watchdog (看门狗))。在每个成功的 EtherCAT 周期中，它都会被重新 “上紧发条” 或复位。如果在一定时间内 (默认值: 100 ms) 未被使用，则输出将被设置为可定义的状态。有关 SM Watchdog (看门狗) 基于时间的参数设置，请参见 [此处 \[► 29\]](#)。

Watchdog (看门狗) 触发后的输出行为，通过 ESC 寄存器进行如下参数设置：

- 对于通道 1：寄存器 0x0F00
位 0 = TRUE → 参数设置激活
位 4 至 6：Watchdog (看门狗) 行为默认值，请参见下文。
- 通道 2：寄存器 0x0F01
位 0 = TRUE → 参数设置激活
位 4 至 6：Watchdog (看门狗) 行为默认值，请参见下文。
- Watchdog (看门狗) 监控的默认行为是输出=FALSE

- 注意：两个字节寄存器 0x0F00 和 0x0F01 必须以 1 个字访问的方式同时写入。Watchdog (看门狗) 行为默认值为：
- Watchdog (看门狗) 行为的可能寄存器值如下 (名称取自下方演示程序)：
 - ZERO: “000”：输出逻辑 0 (默认值)
 - ONE: “001”：输出逻辑 1
 - HOLD: “010”：输出上一周期中的最后一位的值
 - REP: “011” 重复输出上一周期的数据
 - ALT: “100”：交替输出 0 和 1
 - OFF: “101” (仅限 EL2262)：输出级切换为高阻态。无信号电平输出

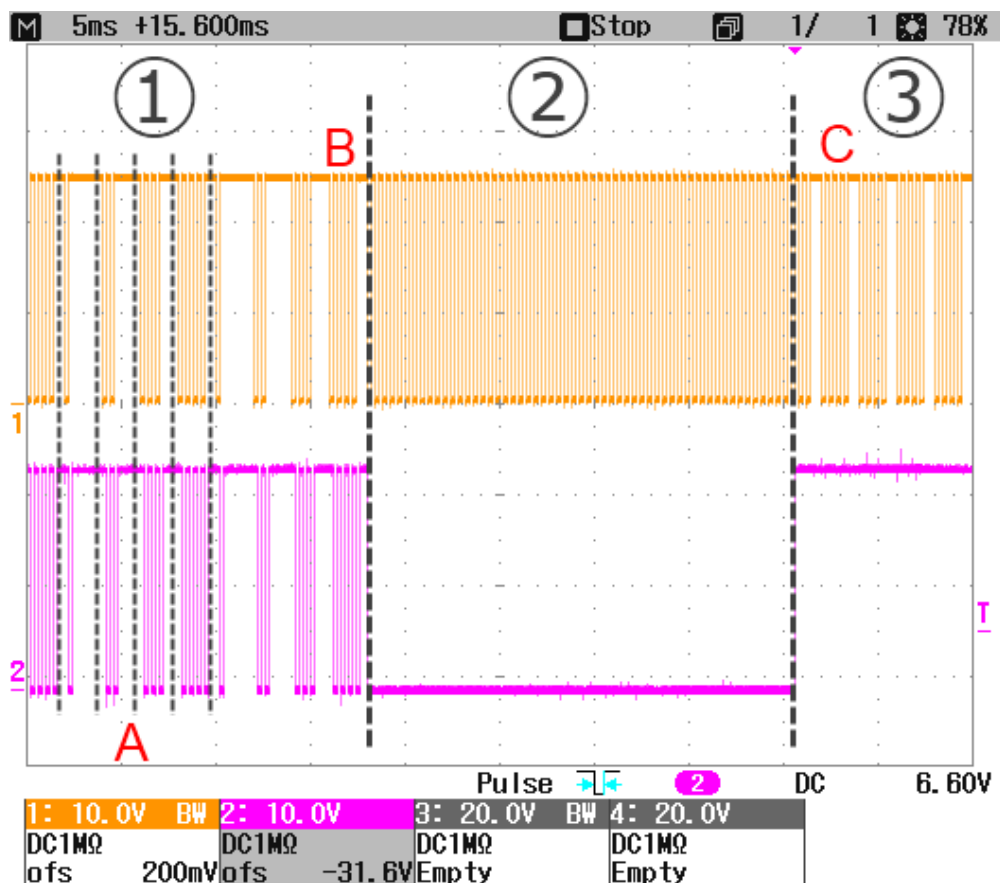
由于周期计数器和 Watchdog (看门狗) 行为由同一寄存器控制，因此两个寄存器的配置应通过 1 次操作完整写入，请参见示例程序。

● 使用 ESC 寄存器

I 如果将设置加载到 ESC 寄存器中 (例如，在本示例中为 0x0F00)，这些设置将一直保留，直至被覆盖或系统断电。如果系统断电，则需将所需值重新加载到寄存器中。

以下关于通信中断时端子模块功能的示例，说明了由此产生的 3 个阶段。

- 在 EL2262 的通道 1 和通道 2 上输出模拟信号 (由 PLC 指定)，并通过示波器进行观察。
- 为便于演示，通道 1 和通道 2 采用不同的参数设置
- 该示例同样适用于 EL1262-0010 (输出)。



附图 201: 示例：EL2262 的错误，自固件版本 FW09 起

- 阶段 1: 正常运行：**周期性过程数据按时发送至端子模块，端子模块输出这些数据。
在本示例中，通道 1 和通道 2 输出相同的信号曲线，10 倍超采样，周期为 2 ms，具有重复模式
 - 常规输出 = TRUE，1 个采样点 = FALSE
 - 常规输出 = TRUE，2 个采样点 = FALSE，然后在下一个周期中
 - 常规输出 = TRUE，3 个采样点 = FALSE，然后在下一个周期中

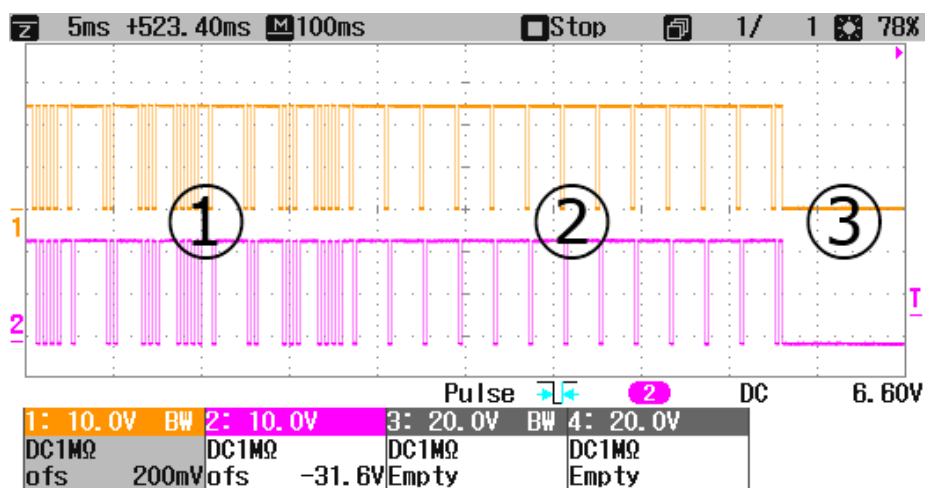
- [illegible]

关于 EL2262 的说明:

固件	CycleCounter监控行为	Watchdog（看门狗）行为
< FW09	寄存器 030D _{hex} ：+1 递增 无法对输出产生影响	输出：FALSE
>= FW09	寄存器 030D _{hex} ：+1 递增 参数化输出行为	参数化输出行为

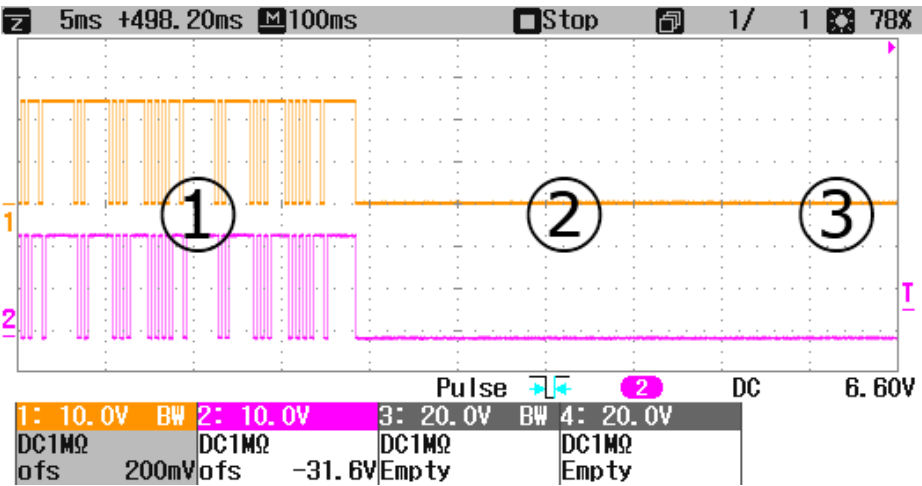
CycleCounter监控演示

在本示例中，看门狗（Watchdog）被设置为 25 ms。默认情况下，最后一个采样块在阶段 2 中重复输出，直到阶段 3：



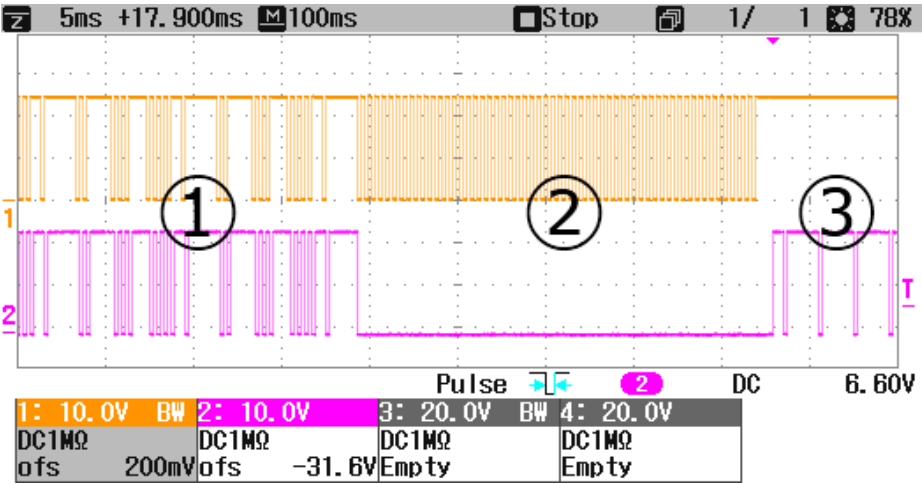
附图 202: CycleCounter监控停用时的默认输出行为

如果CycleCounter监控已激活，则阶段 2 中的默认输出 = FALSE。



附图 203: CycleCounter监控已激活时的默认输出行为

现在，为通道 1 参数设置阶段 2 中的CycleCounter特殊行为“ALT”，并为通道 2 参数设置 Watchdog（看门狗）特殊行为“REP”：



附图 204: 参数化输出行为（系统相关）

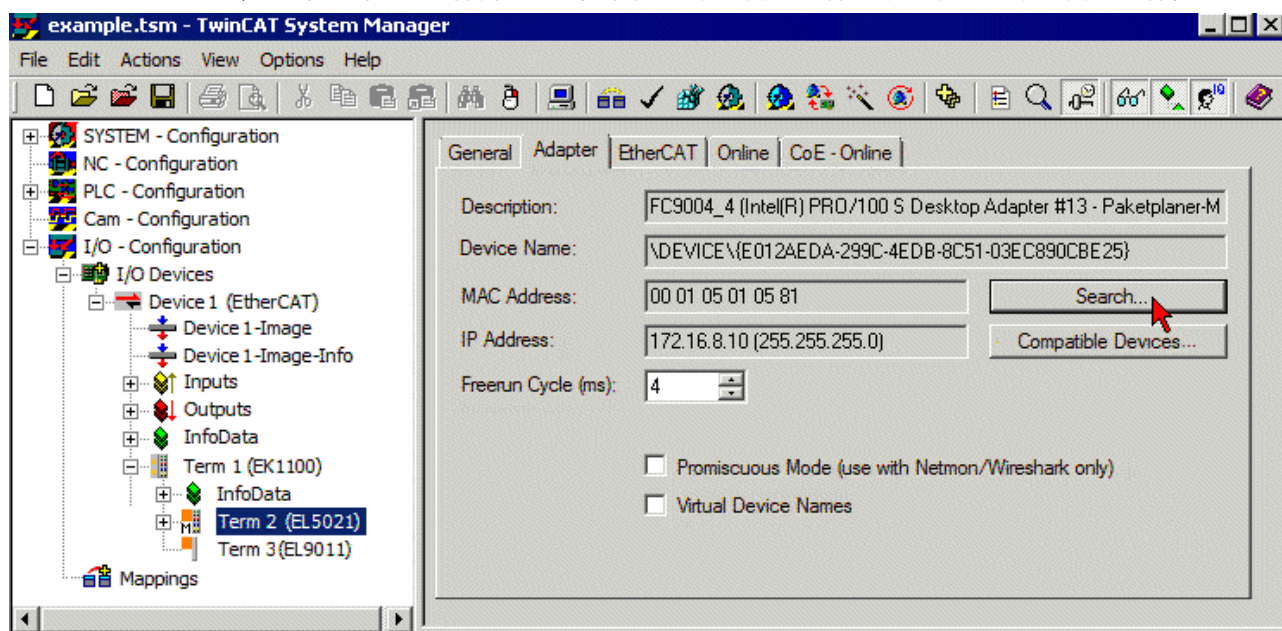
6.10 示例程序

● 使用示例程序

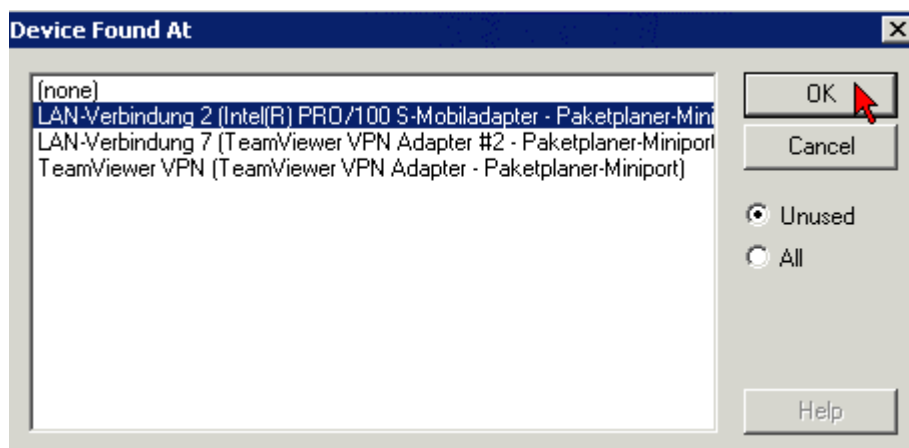
本文件包含我们产品在某些应用领域的应用案例。这里提供的应用说明是基于我们产品的典型特征，仅作为示例。本文件中的说明明确地不涉及具体的应用。因此，客户有责任评估和决定产品是否适用于特定的应用。我们对本文件所包含的源代码的完整性和正确性不承担任何责任。我们保留在任何时候修改本文件内容的权利，对错误和遗漏的信息不承担任何责任。

程序启动步骤

- 单击“Download”按钮后，将压缩文件保存在本地硬盘上，并将*.TSM（配置）和*.PRO（PLC程序）文件解压到临时工作文件夹中。
- *.pro文件可以通过双击打开，也可以通过TwinCAT PLC控制应用程序的菜单选择“File/ Open”打开。*.tsm文件针对TwinCAT系统管理器提供（用于查看或替换配置）。
- 连接硬件，并将PC的以太网适配器连接至EtherCAT耦合器（更多相关信息请参见相应的耦合器手册）
- 在“System configuration”、“I/O configuration”、“I/O devices”、“设备(EtherCAT)”下选择本地以太网适配器（带real-time实时驱动程序，如适用）；然后在“Adapter”选项卡上选择“Search...”，选择适当的适配器并确认（见图搜索以太网适配器 + 搜索和确认以太网适配器）。



附图 205: 搜索以太网适配器

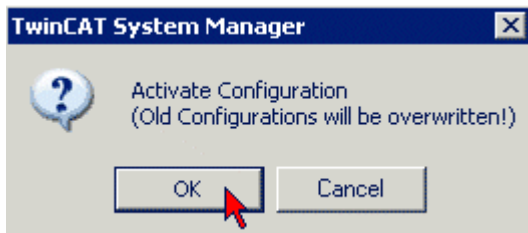


附图 206: 选择并确认以太网适配器

- 激活并确认配置（图激活配置+确认激活配置）

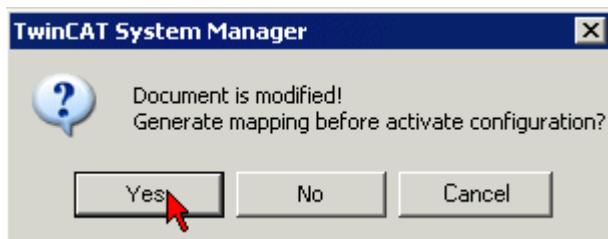


附图 207: 激活配置

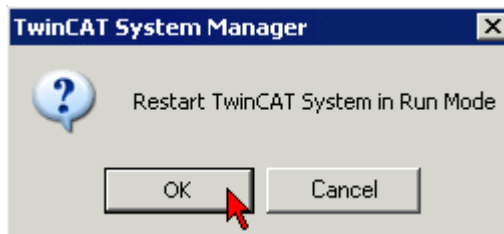


附图 208: 确认已激活配置

- 确认新的变量映射，重新启动至运行模式（图生成变量映射 + 重新启动至运行模式 TwinCAT）

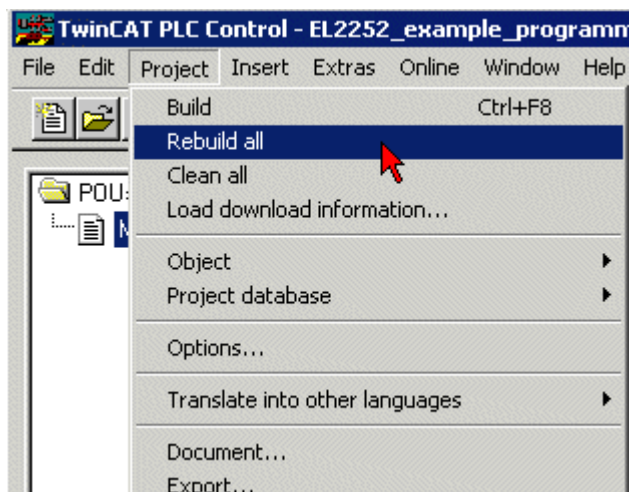


附图 209: 生成变量映射



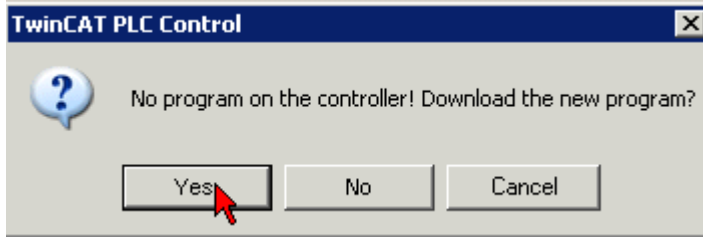
附图 210: 在 RUN 模式下重启 TwinCAT

- 在 TwinCAT PLC 的“Project”菜单下，选择“Rebuild all”以编译项目（图编译项目）



附图 211: 编译项目

- 在 TwinCAT PLC 中：使用“F11”按钮登录，确认加载程序（图正在确认程序启动），使用“F5”按钮运行程序



附图 212: 确认程序启动

6.10.1 示例程序 1：使用感应式传感器进行频率测量

示例 1：使用感应式传感器进行频率测量

 下载: (<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el126x/Resources/1675495563.zip>)

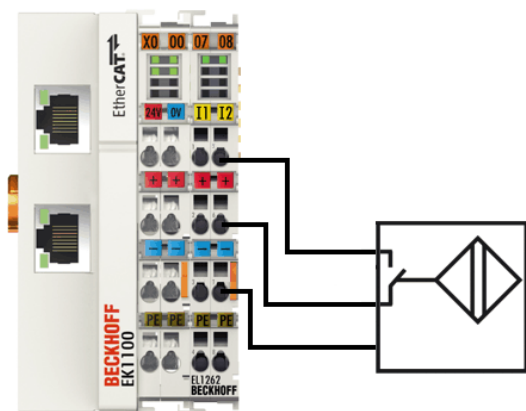
内容:

- TwinCAT2 版本：两个文件 *.pro 和 *.tsm
- TwinCAT3 版本：一个文件 *.tnzip

数据:

- 1 ms 周期
- 两个通道均为 1000 倍超采样

接线图：



附图 213: 示例程序 1 的接线

6.10.2 示例程序 2：SENT 协议在 EL1262-0050 上的应用

SAE J2716 SENT (单边沿半字节传输)

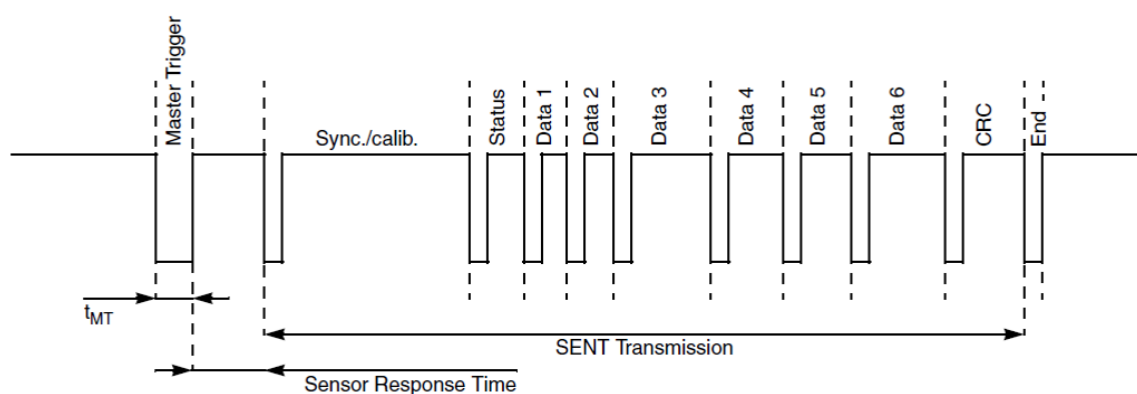
SENT 协议是一种用于将信号值从传感器传输至控制器的点对点方案。该协议旨在以比现有串行数据解决方案更低的系统成本实现高分辨率数据传输。⁽¹⁾

硬件

SENT 协议是一种单向同步电压接口，需要 3 根线：信号线（低电平 < 0.5V，高电平 > 4.1V）、电源电压线（5 V）和地线。

协议

数据以 4 位（1 个半字节）为单位进行传输。调制的恒幅电压信号的 2 个下降沿（单边沿）之间的时间间隔标识着一帧数据的开始，并必须在接收端进行评估。



附图 214: SENT 协议

一条 SENT 消息长度为 32 位（8 个半字节），由以下部分组成：

- 24 位信号数据（6 个半字节），代表 2 个测量通道，每个通道 3 个半字节（例如压力和温度）
- 4 位（1 个半字节）用于 CRC 错误检测
- 4 位（1 个半字节）用于状态/通信信息

⁽¹⁾ SAE J2716 标准，sae.org，访问日期 2011-09-13

控制的实现

```

fb_SENT
wEL1262_State (%IB128) = 16#0008
bEL1262_WC (%IX130.0) = FALSE
byInput (%IB0)
fbFlanke
iNewData = 16#2F45
byStatus = 16#0C
iValue_1 = 16#00CD
iValue_2 = 16#0034
LogicCheckOK = 16#00002F45
LogicChecknOK = 16#00000000

IF wEL1262_State.3 AND NOT bEL1262_WC THEN

    fb_SENT(byInput:=byInput); (* Call Sent functionblock *)

    fbFlanke(CLK:=fb_SENT.bNewData ); (* if new Data are available *)
    IF fbFlanke.Q THEN
        iNewData:=iNewData+1; (* Counter: Counts up ++1 if a sent protocol rece:
        byStatus:=fb_SENT.arSentData[0];
        iValue_1:=BYTE_TO_WORD(fb_SENT.arSentData[3])+ROL(BYTE_TO_WORD(fb_SENT.ar
        iValue_2:=fb_SENT.arSentData[5]+fb_SENT.arSentData[4]*16#F;
        (* Only for Slave which mirror the Data nibbles *)
        IF (fb_SENT.arSentData[1]+fb_SENT.arSentData[6])=15 THEN
            LogicCheckOK:=LogicCheckOK+1;
        ELSE
            LogicChecknOK:=LogicChecknOK+1;
        END_IF
    END_IF
END_IF

```

附图 215: TwinCAT 中 ST 实现的摘录

示例 2：读取 SENT 协议

 下载 TwinCAT 2: (<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el126x/Resources/4241239179.zip>)

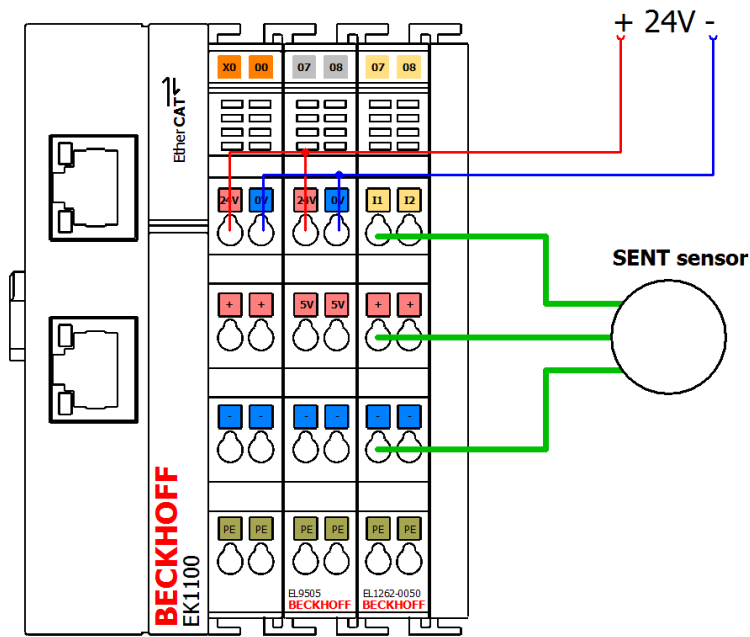
 下载 TwinCAT 3: (<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el126x/Resources/9757494539.zip>)

- 硬件要求：
 - EL1262-0050
 - EL9505
 - 支持至少 1 ms 任务周期的控制器 (IPC/CX)

EL1262-0050 能够以 1 μ s 的超采样工作，且每 1 ms 可提供 1000 位数据。

一条 SENT 报文的每数位分辨率为 3 μ s。因此，如果采用 1 μ 分辨率，则足以解析所接收的数据信号。

接线图：



附图 216: 示例程序 2 的接线

启动示例程序

应用程序示例已在测试配置下经过测试，并进行了相应的说明。
在搭建实际应用时可能会出现某些偏差。

该测试配置使用以下硬件和软件：

- TwinCAT 主站 PC，安装 Windows XP Professional SP 3，TwinCAT 2.10 版本（Build 1330）和 Intel® PRO/100 VE 以太网适配器
- 倍福 EtherCAT 耦合器 EK1100、EL1262 和 EL9011 端子模块
- 感应式接近限位开关，正电位切换，三线制连接，最大开关频率：3000 Hz

6.10.3 示例程序 3：使用 EL1262-0050 和 EL2262 访问 TEDS

使用 EL1262-0050 和 EL2262 端子模块，可以实现与 TEDS 模块（作为传感器和执行器的组成部分）的简单通信。

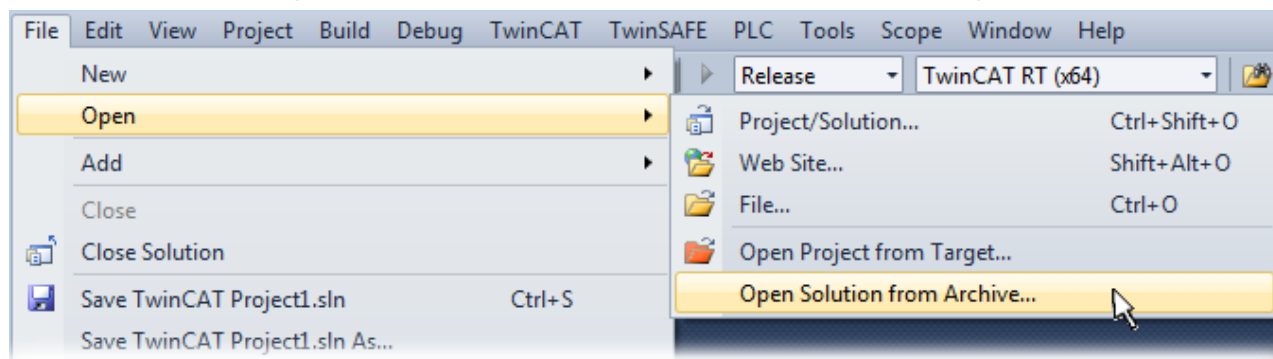
请参见示例：读取和写入 TEDS 数据。

通过该示例可读取 URN，以便使用其更多功能。

示例 3：读取和写入 TEDS 数据

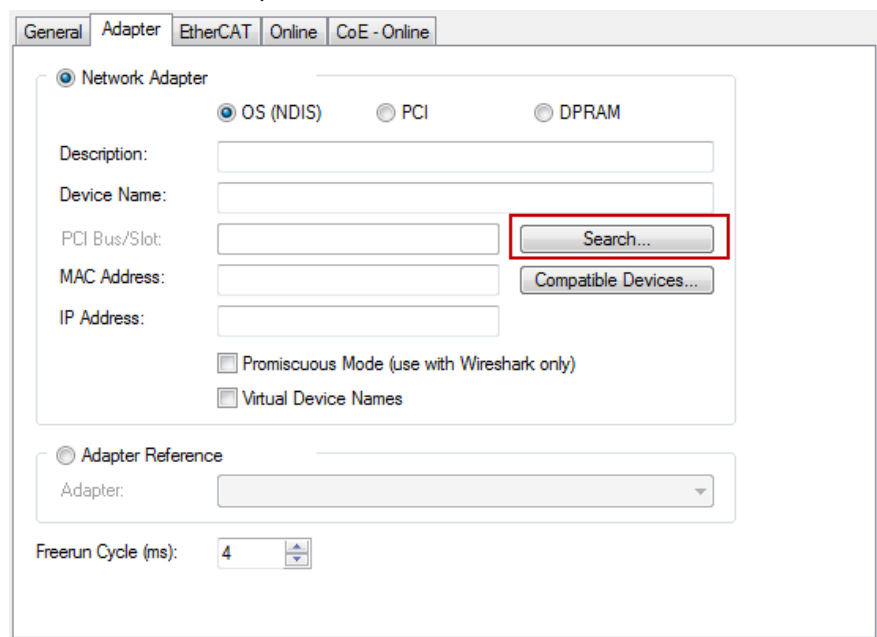
启动示例程序的准备工作（tnzip 文件/TwinCAT 3）

- 点击下载按钮将 Zip 压缩包保存到本地硬盘，然后在临时文件夹中解压 *.tnzip 压缩包文件。



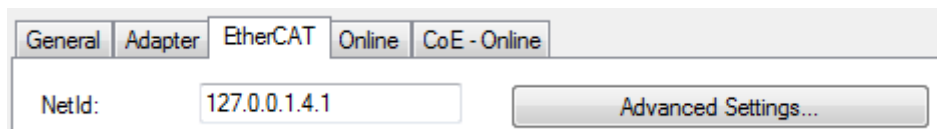
附图 217: 打开 *.tnzip 压缩包

- 选择 .tnzip 文件（示例程序）。
- 在弹出的窗口中，选择用于存储项目的目标目录。
- 有关 PLC 调试程序和启动程序的一般说明，请参阅端子模块文档资料或 EtherCAT 系统文档资料。
- 示例中的 EtherCAT 设备通常应声明为您当前的系统。在“Solutionexplorer”中选择 EtherCAT 设备后，选择“Adapter”选项卡并点击“Search...”：



附图 218: 搜索示例 EtherCAT 配置的现有硬件配置

- 检查 NetId: EtherCAT 设备的“EtherCAT”选项卡显示配置的 NetId:



前四个数字必须与目标系统的项目 NetId 相同。可在上述 TwinCAT 环境中查看项目 NetId，打开下拉菜单可选择目标系统（在文本字段中点击右键）。数字块置于目标系统每个计算机名称旁的括号中。

- 修改 NetId: 右键单击解决方案资源管理器中的“EtherCAT device”，打开一个上下文菜单，其中会显示“Change NetId...” 必须进行选择。必须输入目标计算机 NetId 的前四个数字；最后两个值通常都是 4.1。

示例:

- 项目的 NetId: myComputer (123.45.67.89.1.1)
- 通过“Change NetId...” 输入: 123.45.67.89.4.1

程序说明/功能

本示例程序演示了如何读取/写入独立 TEDS 模块（TEDS = 传感器电子数据表）的数据。此类 TEDS 模块在市场上可用于对传感器或执行器进行改造升级，以便在安装后识别设备，或读取特定数据（校准信息、制造商等）。本示例中所使用的设备为 HBM TEDS 1-TEDS-BOARD-L，版本 2018。

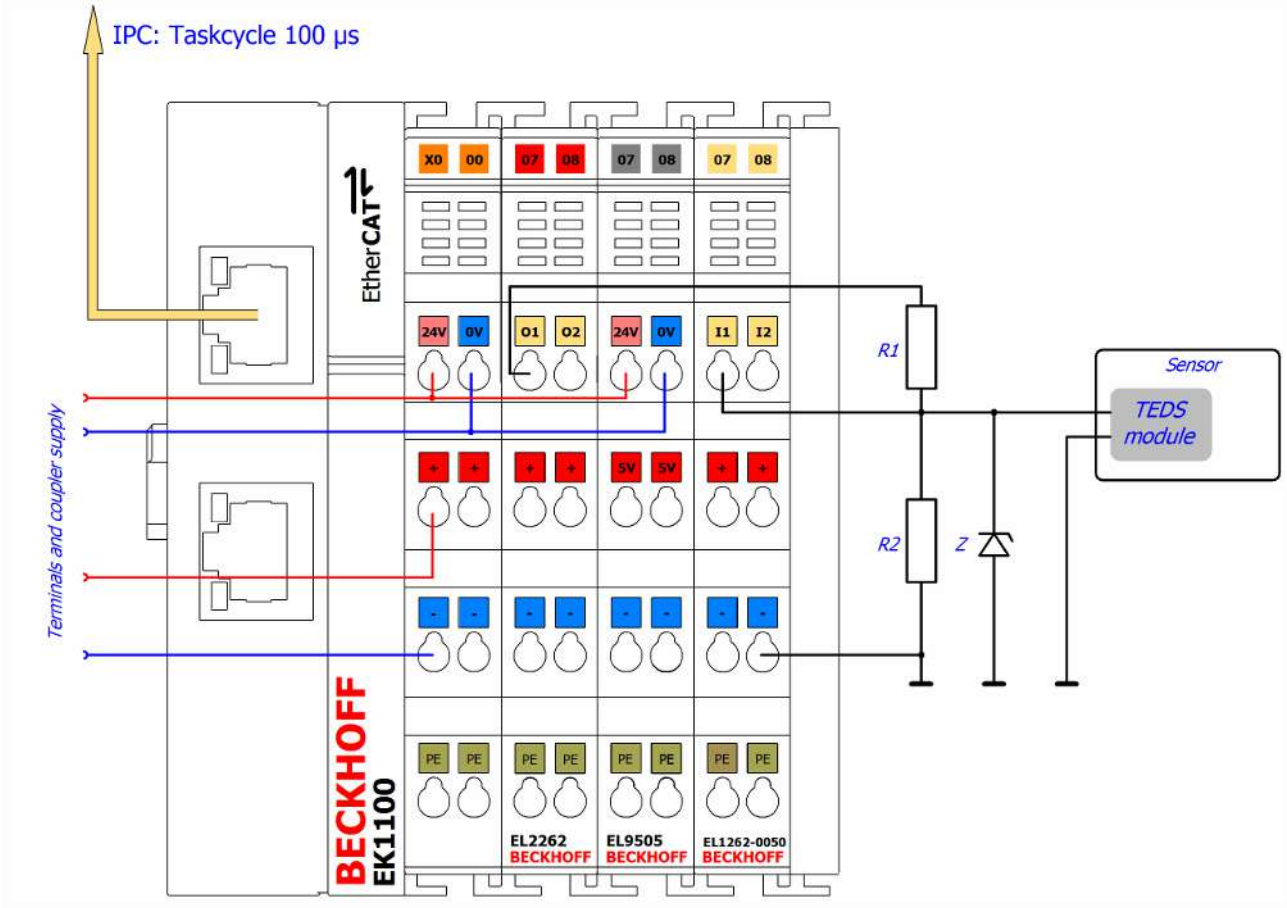
本示例程序明确旨在作为可行性演示。特别说明，不保证与任何其他 TEDS 模块的互操作性。由用户负责将此处所述的方法转换到自己的实现中。

本演示不涉及集成在传感器中并通过传感器线路进行通信的 TEDS 模块。这种形式常见于 IEPE（振动）或应变计/测量电桥。可以为配备 TEDS 的 IEPE 传感器连接倍福 ELM3602/ELM3604 端子模块。

需要进行以下配置:

[EK1100] + [EL2262] + [EL9505] + [EL1262-0050] + EL9011

该配置可以控制 2 个 TEDS 模块。示例中仅展示了单通道操作。



附图 219: 示例程序 3 的接线

分压器可按如下方式选型：R1 = 2180 Ω（例如 680 Ω + 1500 Ω），R2 = 680 Ω，Z = 5.1 V，以上仅为示例值。

程序说明 (可视化)

首先必须读取 URN (A)。只有在此之后，更多功能才可用。

该程序通过重新初始化模块来确定每个位的 URN，因为输入端子模块引起的时间偏移过大（请参见右上角的“位重复计数”）。

数据可通过输入十六进制值 (B) 或文本字符串 (ASCII) (C) 的方式进行写入；十六进制值在文本字段中必须以空格分隔。可通过复选框“Write ASCII data”（写入 ASCII 数据）(E) 指定使用上述两种输入中的哪一种进行写入：

A GET URN

Family Code: 0x23 0x3E 0xCD 0x68 0x02 0x00 0x00 CRC: 0x5B

Serial No.:

B

Data (hex):

#1: 54 68 65 20 73 65 6E 73 6F 72 20 73 75 70 70 6F 72 74 20 61 20 54 45 44 53 20 28 54 72 61 6E 73

#2: 64 75 63 65 72 20 45 6C 65 63 74 72 6F 6E 69 63 20 44 61 74 61 20 53 68 65 65 74 29 20 69 64 65

#3: 6E 74 69 66 69 65 64 20 62 79 20 74 68 65 20 55 52 4E 20 74 68 61 74 20 63 6F 6E 74 61 69 6E 73

#4: 20 46 61 6D 69 6C 79 43 6F 64 65 2C 53 65 72 69 61 6C 4E 75 6D 62 65 72 20 61 6E 64 20 43 52 43

C Data (ASCII): The sensor support a TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) identified by the URN that contains FamilyCode, SerialNumber and CRC

☒ Write ASCII data **E**

D

READ MEM TEDS address: 384 +128 -128

WRITE MEM page: 12 + - Execute command

☒ Write complete read size **G**

☐ Include application register (hex):

Command: 0x2004000C **H**

00 00 00 00 00 00 00 00

Status: 0 (no error)

附图 220: 使用 EL1262-0050 和 EL2262 的 TEDS 示例程序可视化

识别 URN 后的基本功能为 (D)：读取 (READ MEM) 和写入 (WRITE MEM) TEDS 数据。发出此类命令后，相应的命令语句将生成在文本字段 (H) 中，用户也可对其进行更改，然后通过“Execute command”（执行命令）执行。可通过 +/- 按钮更改 TEDS 地址或页面 (F)。可直接输入起始地址和“Page”（页面），用于读取/写入访问。

文本框 #1 至 #4 中的十六进制数据 (B) 各代表总读取/写入缓冲区（大小为 128 字节，按示例程序中的配置）中的 32 字节。如果复选框“Complete read size”（完整读取大小）(G) 未勾选，则通常仅使用文本框 #1 进行写入（除非模块支持的页面大小 > 32 字节）。因此，将仅写入 ASCII 数据文本中的前几个字符。在任何情况下，都将使用 TEDS 模块所配置的页面字节数。请注意，该模块通常仅支持对页面大小整数倍地址的写入访问。例如，假设页面大小为 32 字节，如果输入地址 234，执行 WRITE MEM 命令时将产生错误 0x35 “写入失败”；但如果使用地址 352，则是有效的，不会出错。

选择“Include application register”（包含应用寄存器）可指定是否额外写入或读取应用寄存器 (G)。

下载：

<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el126x/Resources/5750275595.zip>

6.10.4 示例程序 4 : CycleCounter参数设置与 Watchdog (看门狗) 行为.

 下载 (<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el126x/Resources/1909494283.zip>)

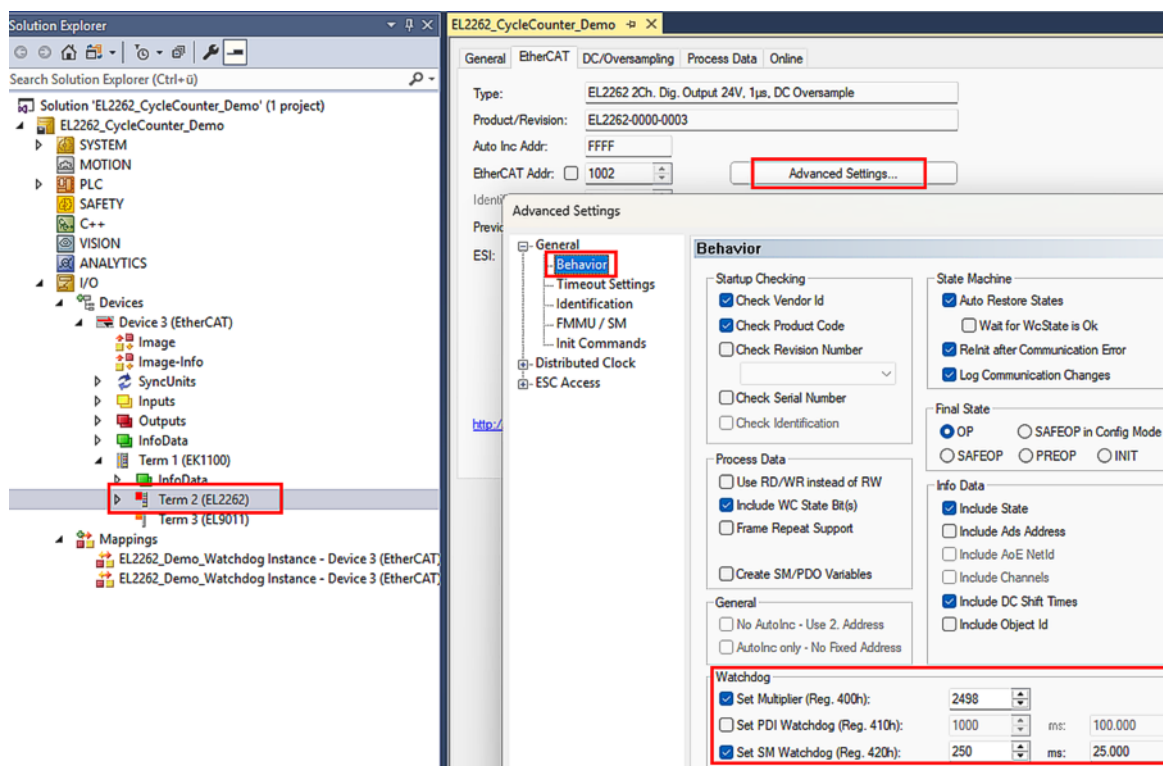
本示例使用 TwinCAT 3 PLC 程序来演示 EL2262 在 CycleCounter和 Watchdog (看门狗) 情况下的行为。

该示例同样适用于 EL1262-0010。

数据:

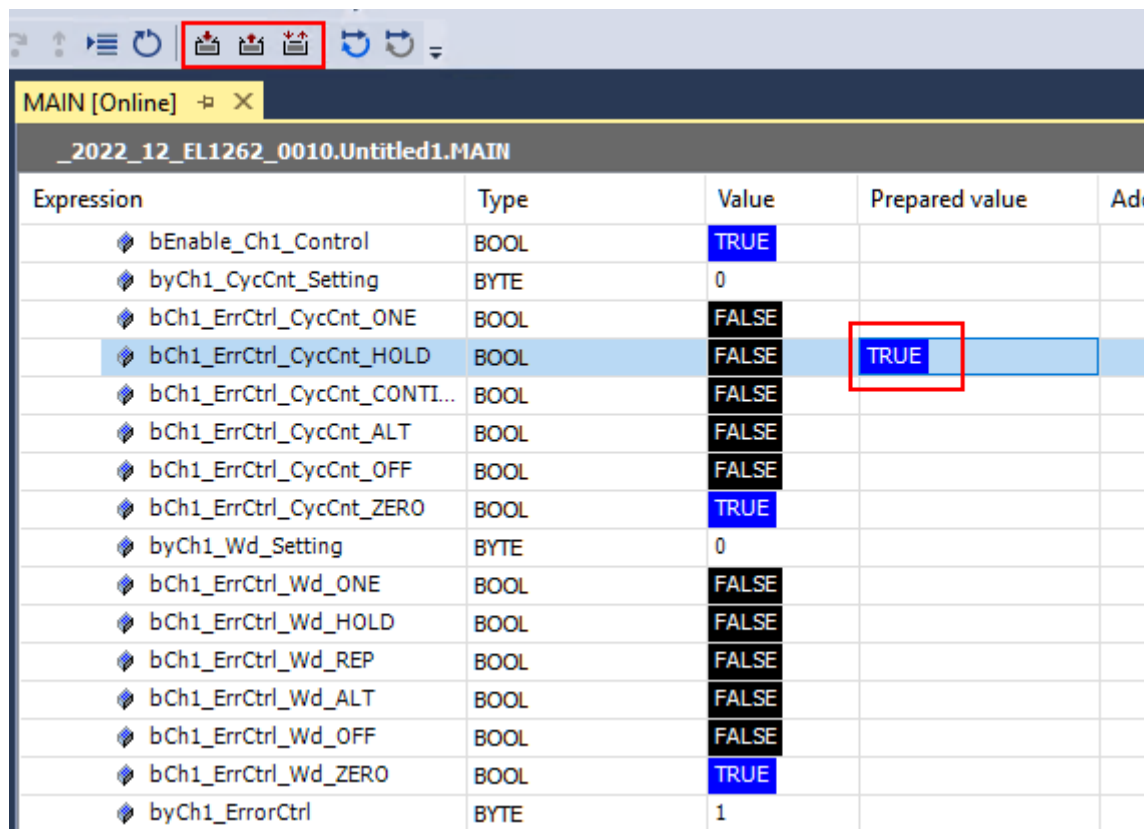
- 2 ms 周期
- 两个通道均为 10 倍超采样
- 定义的输出模式, 每 4 个周期重复一次

在端子模块的“Settings (设置)”对话框中, 将 SyncManager 的 Watchdog 时间设为 25 ms。



附图 221: System Manager Watchdog (看门狗) 时间

PLC 启动后, 可在线模式下为每个通道设置 CycleCounter 和 Watchdog (看门狗) 行为:



MAIN [Online] X				
_2022_12_EL1262_0010.Untitled1.MAIN				
Expression	Type	Value	Prepared value	Address
bEnable_Ch1_Control	BOOL	TRUE		
byCh1_CycCnt_Setting	BYTE	0		
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ONE	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_HOLD	BOOL	FALSE	TRUE	
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_CONTI...	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ALT	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_OFF	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_CycCnt_ZERO	BOOL	TRUE		
byCh1_Wd_Setting	BYTE	0		
bCh1_ErrCtrl_Wd_ONE	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_Wd_HOLD	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_Wd_REP	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_Wd_ALT	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_Wd_OFF	BOOL	FALSE		
bCh1_ErrCtrl_Wd_ZERO	BOOL	TRUE		
byCh1_ErrorCtrl	BYTE	1		

这些设置每秒通过 ADS/非周期性数据通信加载到寄存器 0x0F00/0x0F01 中，随后生效。

读取寄存器 0x030D 中计数的任何 PDI 错误。

如要重新调整通信中断，可拔掉 EL2262 的 EtherCAT 电缆，或通过 DisableEcFrameSending 以软件方式停止周期性数据发送。

i 使用 ESC 寄存器

如果将设置加载到 ESC 寄存器中（例如，在本示例中为 0x0F00），这些设置将一直保留，直至被覆盖或系统断电。如果系统断电，则需将所需值重新加载到寄存器中。

7 附录

7.1 EtherCAT AL 状态代码

详细信息请参见 [EtherCAT系统描述](#)。

7.2 固件兼容性

倍福 EtherCAT 设备在交付时都装有最新的固件版本。固件和硬件必须相互兼容；但不是每种组合都能确保兼容性。下面的概述显示了可以运行固件的硬件版本。

注意

- 建议为相应的硬件使用可用的最新固件
- 对于已交付的产品，倍福没有任何义务为客户提供免费固件更新。

注意

设备损坏风险！

请注意单独页面 [► 198] 上的固件更新说明。

如果在固件更新时设备处于 BOOTSTRAP 模式，则在下载新固件时不会检查新固件的适用性。这可能导致设备损坏！因此，请务必确保固件适用于硬件版本！

EL1262			
硬件 (HW)	固件 (HW)	修订版本号	发布日期
00 - 09	01	EL1262-0000-0002	2008/02
	02		2011/01
	03		2011/02
10 - 16 *)	04 *)	EL1262-0000-0003	2024/01

EL1262-0010			
硬件 (HW)	固件 (HW)	修订版本号	发布日期
02 - 03	01	EL1262-0010-0000	2023/10
04 *)	02 *)	EL1262-0010-0001	2024/03

EL1262-0050			
硬件 (HW)	固件 (HW)	修订版本号	发布日期
00 - 04 *)	03	EL1262-0050-0002	2012/06
	04 *)	EL1262-0050-0003	2024/01

EL1264			
硬件 (HW)	固件 (HW)	修订版本号	发布日期
00 *)	05 *)	EL1262-0000-0016	03/2025

*) 这是在编写本文件的时兼容的固件/硬件版本。请在倍福网页上查看是否有更多最新文档。

7.3 固件更新

本节介绍了倍福 ED/EF, EL/ES、ELM、EM、EK 和 EP 系列 EtherCAT 从站设备的更新情况。只有在与倍福支持部门协商后才能进行固件更新。

注意

仅使用 TwinCAT 3 软件!

必须在安装了 TwinCAT 3 之后才能进行倍福 IO 设备的固件更新。建议尽可能使用最新的固件，可在倍福公司网站上免费下载 <https://www.beckhoff.com/en-us/>。

为了更新固件，TwinCAT 可以在 FreeRun 模式下运行，不需要付费许可。

待更新的设备通常可以保留在安装位置，但 TwinCAT 必须在 FreeRun 模式下运行。请确保 EtherCAT 通讯良好（没有丢失帧等）。

不应使用其他 EtherCAT 主站软件，例如 EtherCAT Configurator，因为它们可能不支持复杂的更新固件、EEPROM 和其他设备组件。

储存地点

一个 EtherCAT 从站最多可以在三个位置上存储运行数据：

- 每个 EtherCAT 从站都有一个设备描述文件，包括标识（名称、产品代码）、时序定义、通信设置等。该设备描述文件（ESI: EtherCAT Slave Information）可以从 Beckhoff 网站下载区的 [zip 文件](#) 中下载，并在 EtherCAT 主站中用于离线组态，例如在 TwinCAT 中。
最重要的是，每个 EtherCAT 从站都将其可供电子读取的设备描述文件（ESI）存放在其本地存储芯片，即 **ESI EEPROM** 中。从站上电以后，该描述文件将加载到从站本地，并告知其通信配置；另一方面，EtherCAT 主站可以通过这种方式识别从站，并相应地设置 EtherCAT 通信。

注意

用项目定义的 ESI-EEPROM 写入

ESI 文件是设备制造商根据 ETG 标准为相应产品开发和发布的。

- ESI 文件的含义：禁止从使用侧（比如用户）进行修改。
- ESI EEPROM 的含义：即使技术上允许写入，EEPROM 中的 ESI 部分和可能存在的空闲存储区域也不得在正常更新过程之外进行更改。特别是对于周期性的内存写入（运行时间计数器等），必须使用专门的存储器产品，例如 EL6080 或 IPC 自己的 NOVRAM（掉电保持存储器选件）。

- 根据功能和性能的不同，EtherCAT 从站有一个或几个本地处理器来处理 I/O 数据。相应的程序就称作 **Firmware 固件**，文件格式为 *.efw。
- 在一些 EtherCAT 从站中，EtherCAT 通讯也可能集成在这些本地处理器中。此时，本地处理器通常是一个 **FPGA** 芯片，带有 *.rbf 固件。

客户可以通过 EtherCAT 现场总线及其通讯机制来访问 Firmware（固件）。Firmware 的更新或读取是通过非周期性邮箱通信（mailbox）或对 ESC 的寄存器访问实现的。

如果要更新从站的固件，TwinCAT System Manager 提供使用新固件刷新上述三处运行数据的机制。从站通常不会检查新的固件是否合适，也就是说，如果下载了错误的固件，从站可能就无法再运行。

通过 bundle firmware（捆绑固件）简化更新

使用所谓的 **bundle firmware（捆绑固件）** 进行更新更为方便：此时从站处理器的固件和 ESI 描述组合在一个 *.efw 文件中；固件更新期间，在端子模块中的 Firmware 和 ESI 都会改变。要实现这种功能，要求以下几点：

- 固件为打包格式：可通过文件名识别，其中还包含修订版本号，例如 ELxxxx-xxxx_REV0016_SW01.efw
- 在下载对话框中输入密码=1 时，使用捆绑固件更新。如果密码=0（默认设置），则只进行固件更新，不进行 ESI 更新。
- 只用于支持此功能的设备。打包文件的内容通常不能再修改；这个功能是自 2016 年以来诸多新开发功能的一部分。

更新之后，应确认是否成功

- ESI/Revision: 例如，通过 TwinCAT ConfigMode/FreeRun 中的在线扫描，这是确定固件修订版本的简便方法
- Firmware: 例如，通过查看设备的 CoE Online 数据

注意

设备损坏风险！

✓ 下载新设备文件时注意以下几点

a) EtherCAT 设备的固件下载不能中断

b) 必须确保通畅的 EtherCAT 通讯。必须避免 CRC 错误或丢帧。

c) 供电必须稳定。信号电平必须符合规范。

⇒ 如果在更新过程中出现故障，EtherCAT 设备可能无法使用，只能返回制造商重新调试。

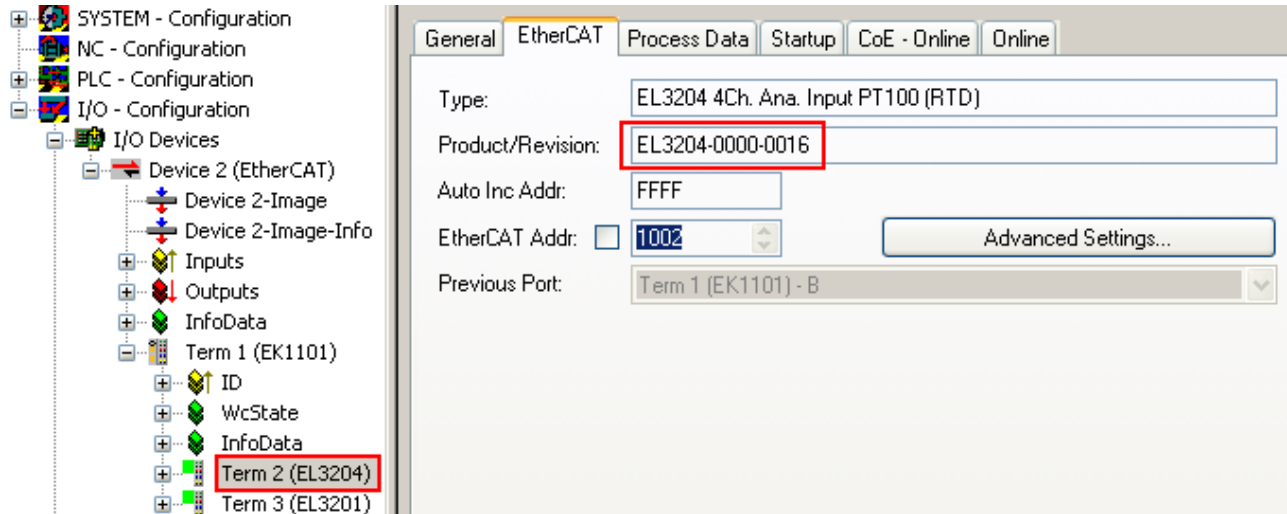
7.3.1 设备描述 ESI 文件/XML

注意

关于更新 ESI 描述文件/EEPROM 的注意事项

一些从站在 EEPROM 中存储了用于生产的校准和配置数据。在更新过程中，这些信息会被覆盖，无法恢复。

ESI 设备描述存储在从站上，并在启动时加载。每个设备描述都有一个唯一标识符，包括从站名称 (9 个字符/9 位数) 和修订版本号 (4 位数)。在 System Manager 中配置的每个从站都在 EtherCAT 选项卡中显示其标识符：



附图 222: 由名称 EL3204-0000 和修订版本号 0016 组成的设备标识符

配置的标识符必须与作为硬件使用的实际设备描述兼容，即从站在启动时加载的描述（本例中为 EL3204）。通常情况下，配置的版本必须与端子模块网络中实际存在的版本相同或更低。

有关这方面的进一步信息，请参考 [EtherCAT 系统文件](#)。

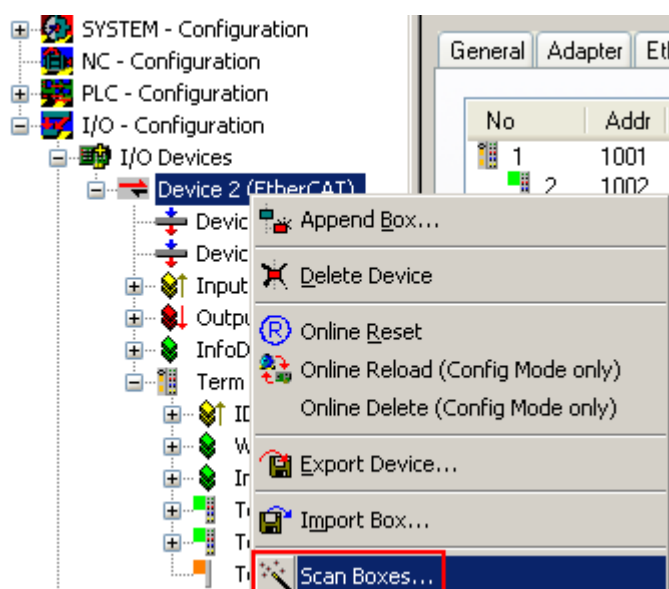


XML/ESI 描述的更新

设备的修订版本与所使用的 Firmware（固件）和 Hardware（硬件）密切相关。不兼容的组合会导致故障，甚至使设备最终关闭。只有在与倍福支持（售后）部门协商后才能进行相应的更新。

ESI 从站标识符的显示

确定所配置的设备描述和实际设备是否相符的最简单方法是在 TwinCAT Config Mode/FreeRun 模式下扫描 EtherCAT 从站：



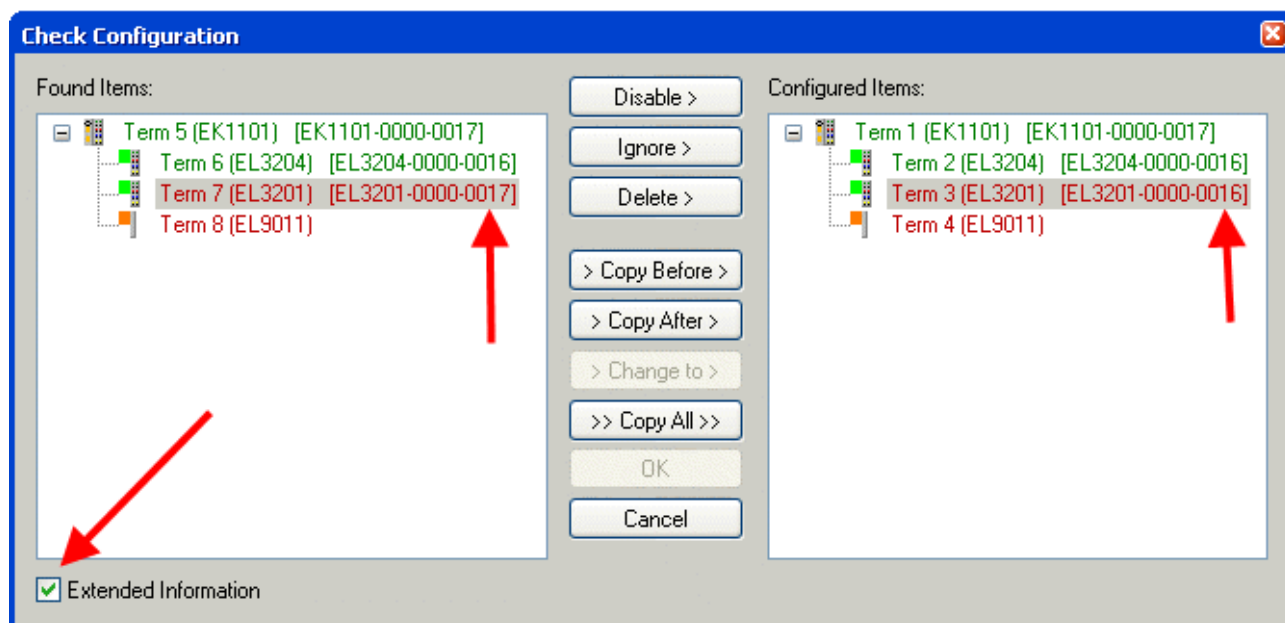
附图 223: 右键单击 EtherCAT Device 扫描下级从站

如果找到的内容与配置的内容相符，则显示



附图 224: 配置是相同的

否则就会出现一个更改对话框，用于选择实际配置。



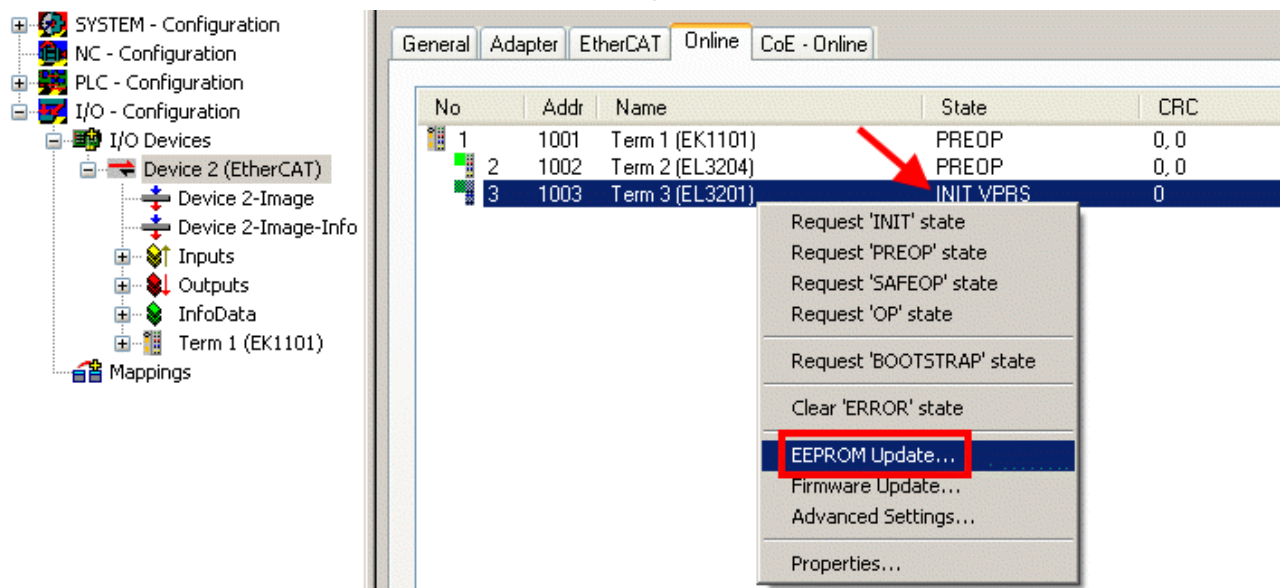
附图 225: 更改对话框

在图更改对话框的示例中，发现了一个 EL3201-0000-**0017**，而原配置中是 EL3201-0000-**0016**。此时可以通过 Copy Before 按钮来调整配置。必须选中 Extended Information 复选框，以显示修订版本。

更改 ESI 从站标识符

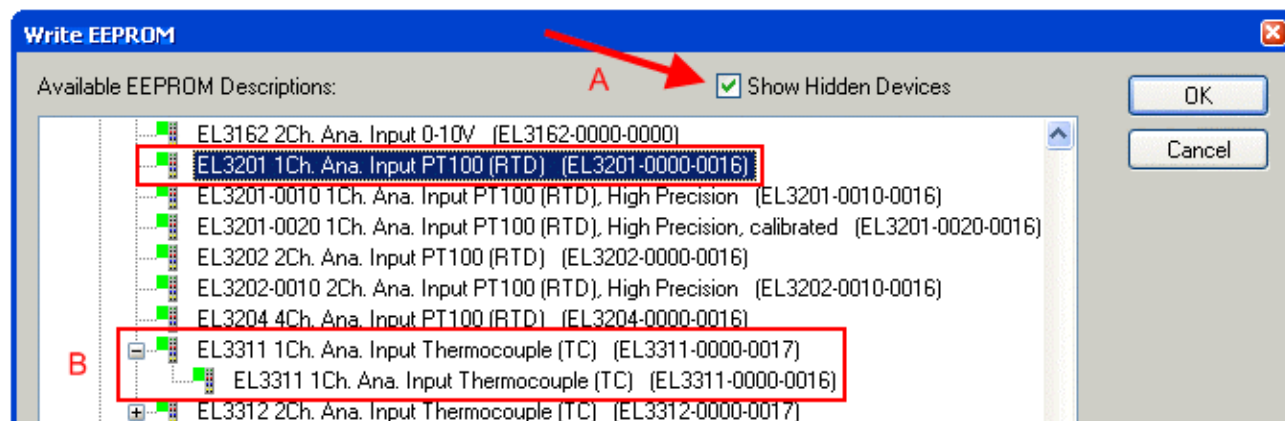
ESI/EEPROM 标识符可以在 TwinCAT 下按如下方式更新：

- 必须与从站建立正确无误的 EtherCAT 通讯。
- 从站的状态无关紧要。
- 右键单击 Online 中显示的从站，打开 EEPROM Update 对话框，参见图 EEPROM 更新



附图 226: EEPROM 更新

在以下对话框中选择新的 ESI 描述，参见图选择新的 ESI。通过复选框 Show Hidden Devices 还能显示旧的、通常隐藏的从站版本。



附图 227: 选择新的 ESI

System Manager 弹出一个进度条，显示 EEPROM 写入的进度。首先写入数据，然后进行验证。



只有在设备重新启动后，以上更改才会生效。

大多数 EtherCAT 设备会立即或从 INIT 启动后读取修改后的 ESI 描述。一些通信设置（例如：分布时钟）只在开机时读取。因此，EtherCAT 从站必须短暂地关机，以使更改生效。

7.3.2 Firmware (固件) 说明

确定固件版本

通过 TwinCAT System Manager 确定版本

如果主站可以在线访问从站，TwinCAT System Manager 会显示从站处理器的固件版本。点击需要检查其处理器固件的 E-Bus 端子模块（在此例中为端子模块 2（EL3204）），并选择选项卡 CoE Online（CAN over EtherCAT）。

● CoE Online 和 Offline CoE（在线 CoE 和离线 CoE）

- i

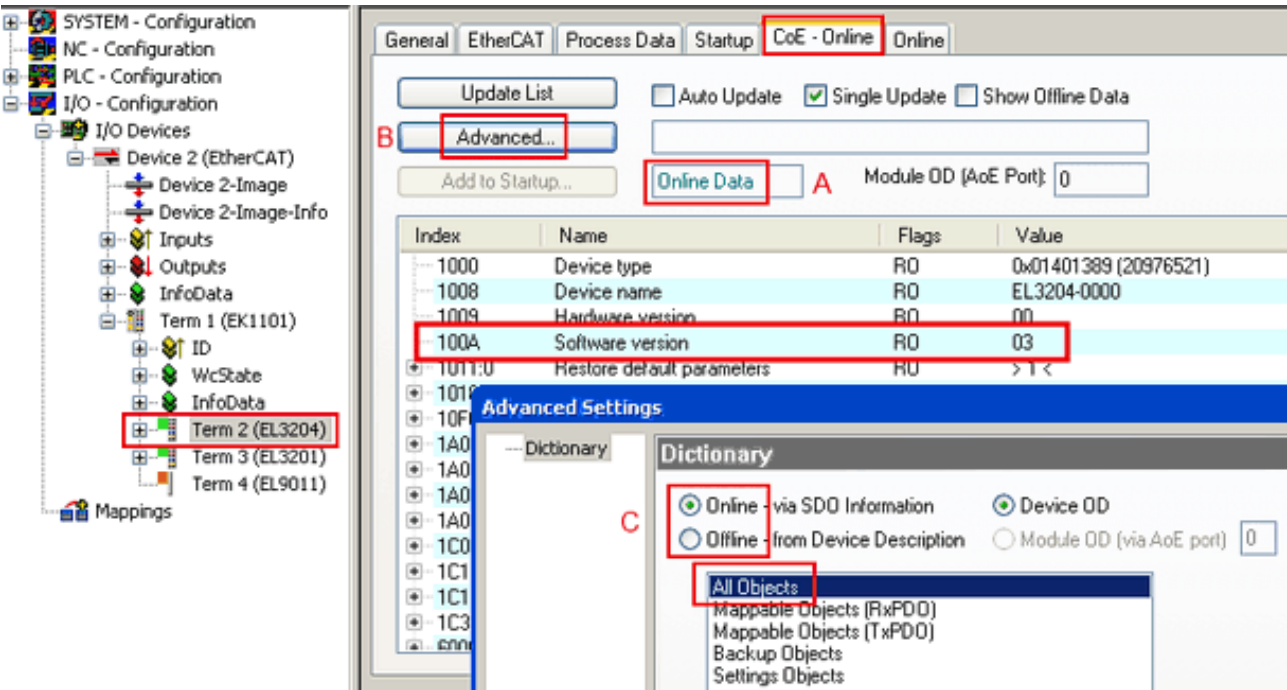
可用的 CoE 目录有两套：

online: 如果 EtherCAT 从站支持，从站处理器会提供该功能。该 CoE 目录只有在从站连接并运行时才能显示。

Offline: EtherCAT 从站信息文件 ESI/XML 包含的 CoE 默认内容。只有在 ESI 中包含了 CoE 目录才能显示（例如“倍福 EL5xx.xml”）。

要在两个视图之间切换，必须使用按钮“Advanced”。

在图 EL3204 固件版本的显示中，所选 EL3204 的固件版本在 CoE 条目 0x100A 中显示为 03。



附图 228: EL3204 固件版本的显示

在（A）处，TwinCAT 2.11 表明当前显示的是“Online CoE”目录。如果不是，可以通过 Advanced Settings 中（B）处的Online选项和双击 All Objects 来加载 Online 目录。

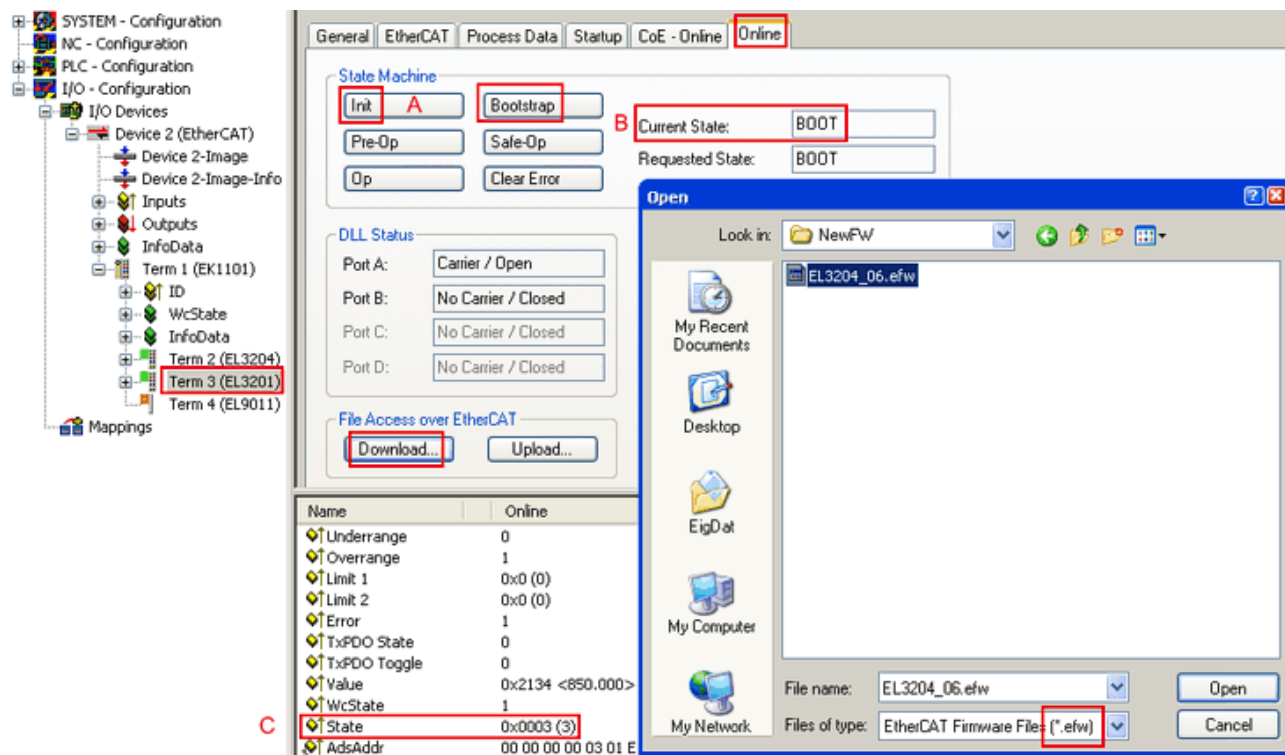
7.3.3 更新从站处理器的固件 *.efw

● CoE 目录

- i

Online CoE 目录由从站处理器管理，并存储在专用的 EEPROM 中，在固件更新期间一般不会改变。

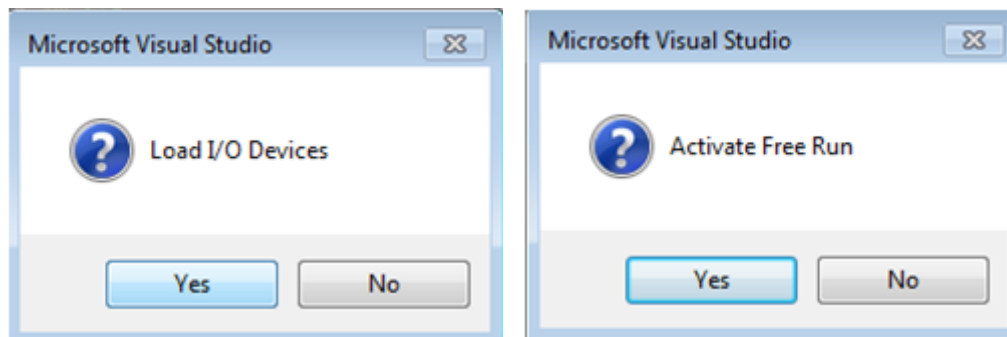
切换到Online选项卡，更新从站处理器的固件，参见图固件更新。



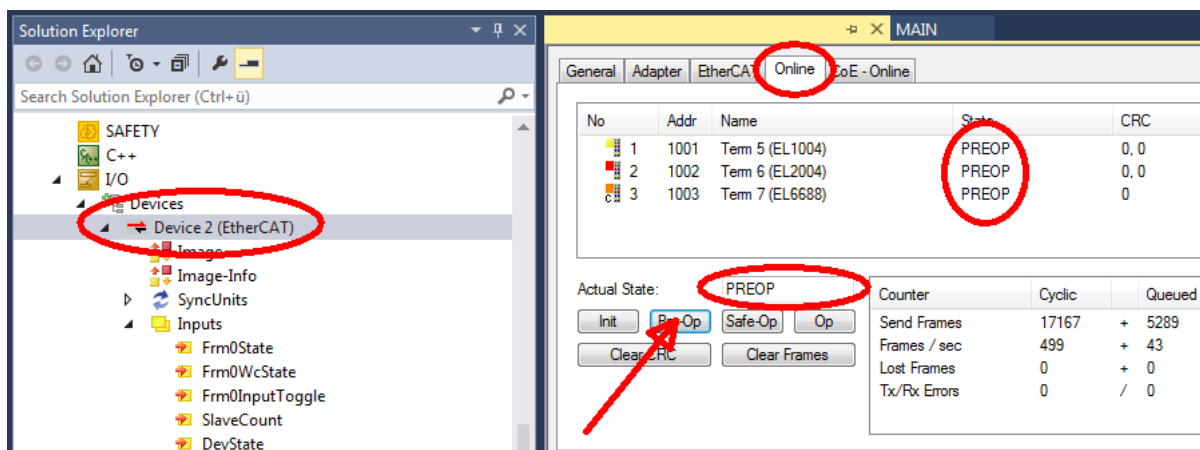
附图 229: 固件更新

除非倍福的支持（售后）部门另有说明，否则请按以下步骤进行。适用于 TwinCAT 2 和 TwinCAT 3 作为 EtherCAT 主站的情况。

- 将 TwinCAT 系统切换到 Config Mode/FreeRun，周期时间 ≥ 1 ms（配置模式下默认为 4 ms）。不建议在实时核运行时（Running 模式）进行固件更新。

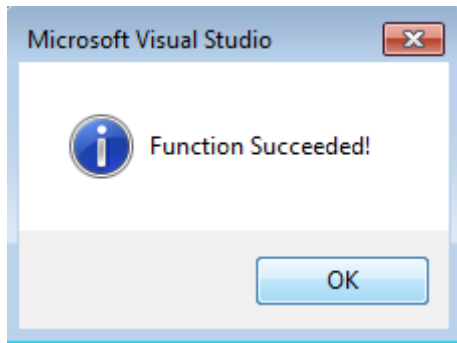


- 将 EtherCAT 主站切换到 PreOP



- 将从站切换到 INIT (A)
- 将从站切换到 BOOTSTRAP

- 检查当前状态（B、C）
- 下载新的 *efw文件（一直等待，直到下载结束）。通常不需要密码。



- 下载完成后，切换到 INIT，再到 PreOP
- 短时切断从站电源（不要拉低电压！）
- 在 CoE 0x100A 内检查固件状态（FW版本）是否被正确替换。

7.3.4 FPGA 固件 *.rbf

如果是用 FPGA 芯片处理 EtherCAT 通信，固件更新则通过 *.rbf 文件完成。

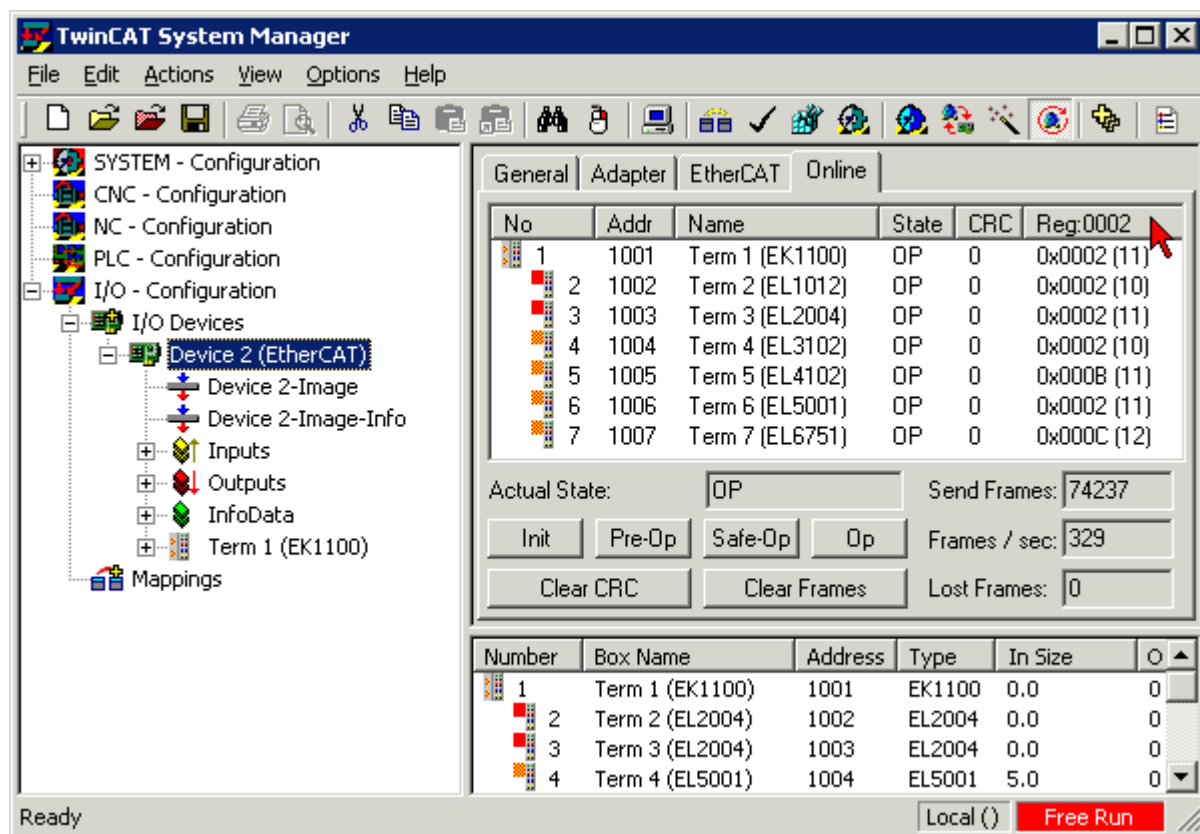
- 用于处理 I/O 信号的从站处理器固件
- 用于 EtherCAT 通讯的 FPGA 固件（仅适用于带 FPGA 的端子模块）

端子模块序列号中包含的固件版本号包含这两个固件成分。如果修改了其中任何一个，固件版本号都会更新。

通过 TwinCAT System Manager 确定版本

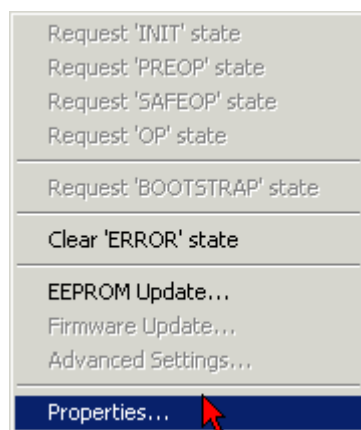
TwinCAT System Manager 显示 FPGA 固件版本。点击 EtherCAT 总线的以太网卡（例中的 Device 2），选择 Online选项卡。

Reg:0002 栏表示各个 EtherCAT 设备的固件版本，以十六进制和十进制表示。



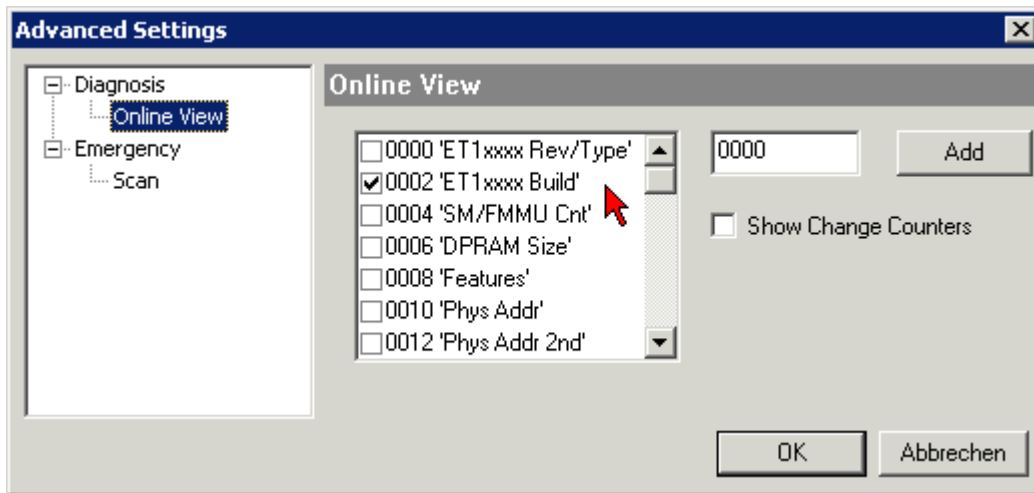
附图 230: FPGA 固件版本定义

如果没有显示 Reg:0002 列，请右击表头，在右键菜单中选择Properties。



附图 231: 右键菜单Properties

出现Advanced Settings对话框，可以选择要显示的列。在Diagnosis/**Online View**下，选择 '0002 ETxxxx Build' 复选框，以便激活 FPGA 固件版本显示。



附图 232: 对话框 Advanced Settings

更新

要更新以下 FPGA 固件

- EtherCAT 耦合器的 FPGA 固件：耦合器必须具有 FPGA 固件版本 11 或更高版本；
- E-Bus 端子模块的 FPGA 固件：端子模块必须有 FPGA 固件版本 10 或更高版本。

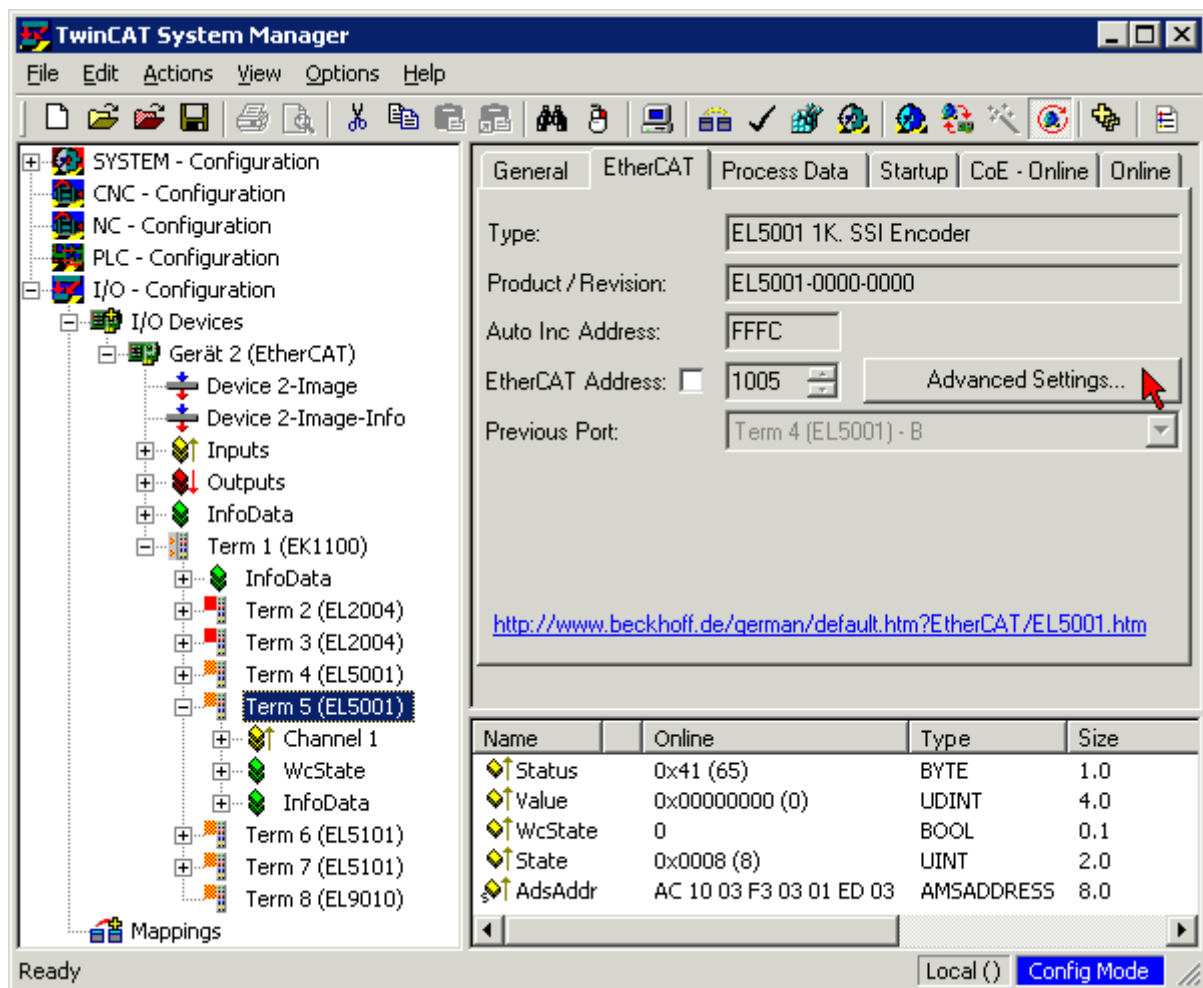
旧的固件版本只能由制造商进行更新！

更新一个 EtherCAT 设备

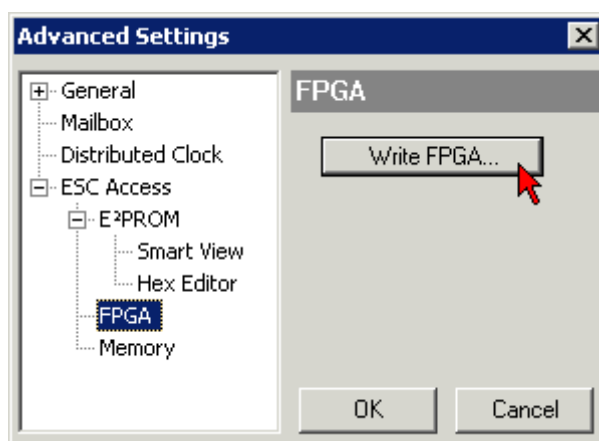
如果没有给出其他规定（例如来自倍福支持部门），则必须满足以下顺序：

- 将 TwinCAT 系统切换到 Config Mode/FreeRun，周期时间 ≥ 1 ms（配置模式下默认为 4 ms）。不建议在实时核运行时（Running 模式）进行固件更新。

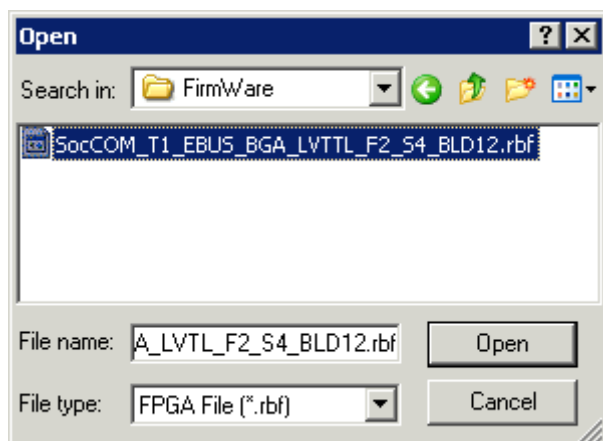
在 TwinCAT System Manager 中，选择需要更新 FPGA 固件的端子模块（例如：端子模块 5：EL5001），并在 EtherCAT 选项卡中点击 Advanced Settings 按钮：



- 出现 Advanced Settings 对话框。在 ESC Access/E²PROM/FPGA 下，点击 Write FPGA 按钮：



- 选择带有新 FPGA 固件的文件 (*.rbf)，并将其传输到 EtherCAT 设备上：



- 一直等待，直到下载结束
- 短时切断从站电源（不要拉低电压！）。为了激活新的 FPGA 固件，需要重新启动 EtherCAT 设备（断电重启）。
- 检查新的 FPGA 状态

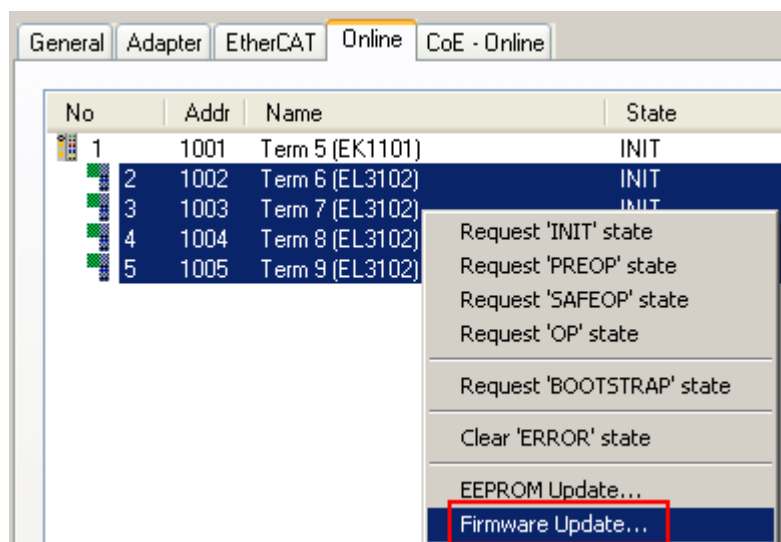
注意

设备损坏风险！

在任何情况下，都不能中断 EtherCAT 设备下载固件的过程！如果下载固件的过程中发生了断电或者断网，EtherCAT 设备只能返回制造商重新调试！

7.3.5 同时更新多个 EtherCAT 设备

如果几个设备有相同的固件文件/ESI，这些设备的固件和 ESI 描述可以同时更新。



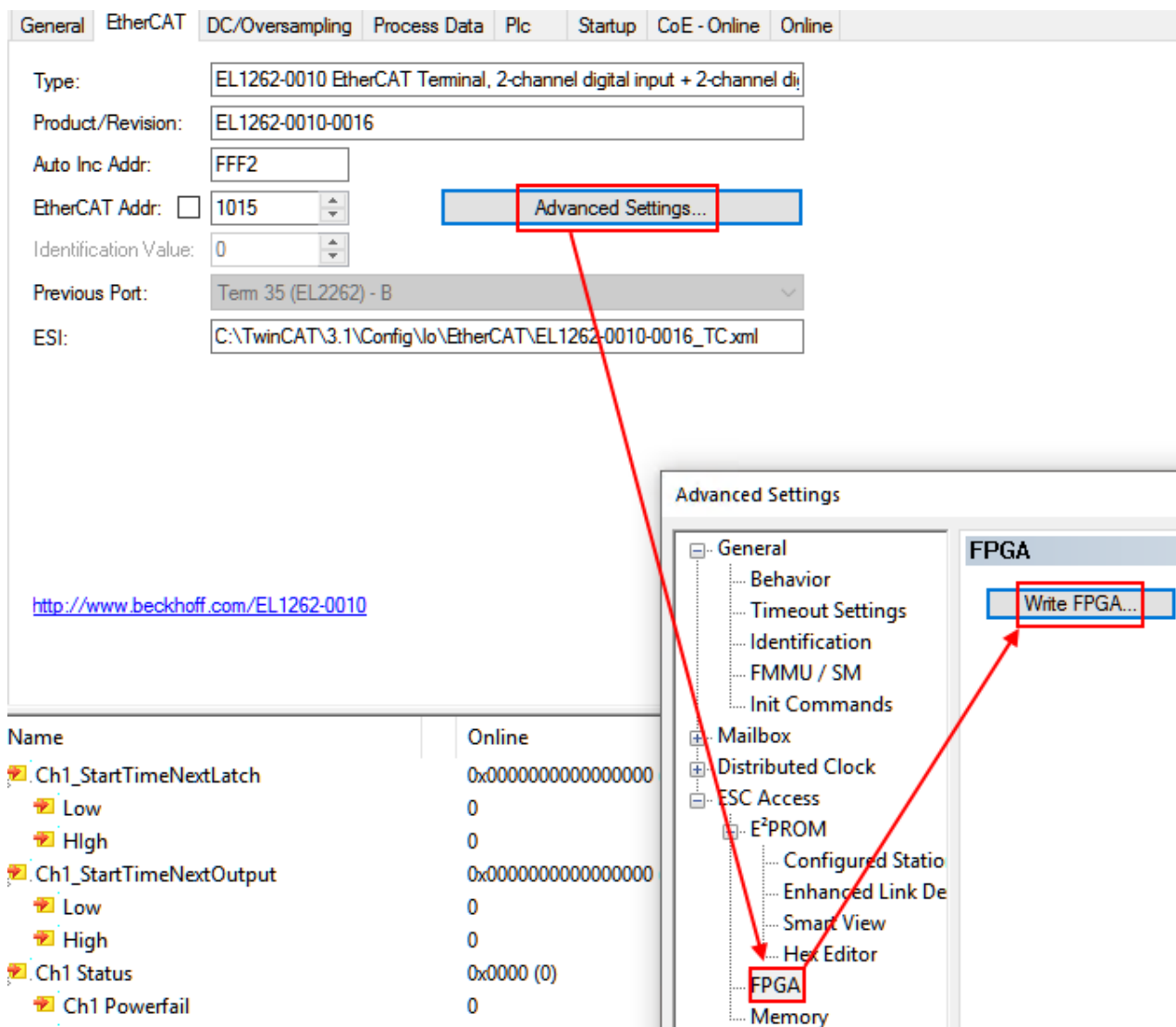
附图 233: 多重选择和固件更新

选择所需的从站，如上所述在 BOOTSTRAP 模式下进行固件更新。

7.4 EL1262-0010 固件更新

FPGA 更新

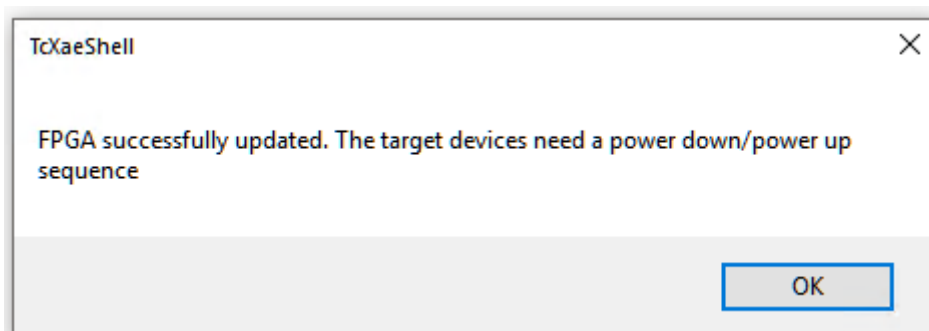
当使用 FPGA 压缩文件：



*选择 .zip 文件，此过程需要数分钟，请注意进度条



，运行两次



确认：

FPGA 状态可在寄存器 x0E00 中查看

Advanced Settings

General

Mailbox

Distributed Clock

ESC Access

E²PROM

FPGA

Memory

Memory

Start Offset: 0e00

Length: 0400

Working Counter: 1

☐ Auto Reload

Reload

Offs	Dec	Hex
0e00	76	004c
0e02	22	0016
0e04	2841	0b19
0e06	1262	04ee

μC 更新

μC 固件更新必须按常规方式进行，例如通过对话框

GeneralEtherCATDC/OversamplingProcess DataPlcStartupCoE - OnlineOnline

State Machine

Init

Pre-Op

Op

Bootstrap

Safe-Op

Clear Error

Current State: OP

Requested State: OP

DLL Status

Port A: Carrier / Open

Port B: No Carrier / Closed

Port C: No Carrier / Closed

Port D: No Carrier / Closed

File Access over EtherCAT

Download...

Upload...

操作步骤：将设备设置为 bootstrap 模式，然后将 *.efw 文件加载到设备中。

当前 FW 状态可在 CoE 目录中查看

GeneralEtherCATDC/OversamplingProcess DataPlcStartupCoE - OnlineOnline

Update List

Reload Dictionary

Add to Startup...

☐ Auto Update

☒ Single Update

☐ Show Offline Data

Advanced...

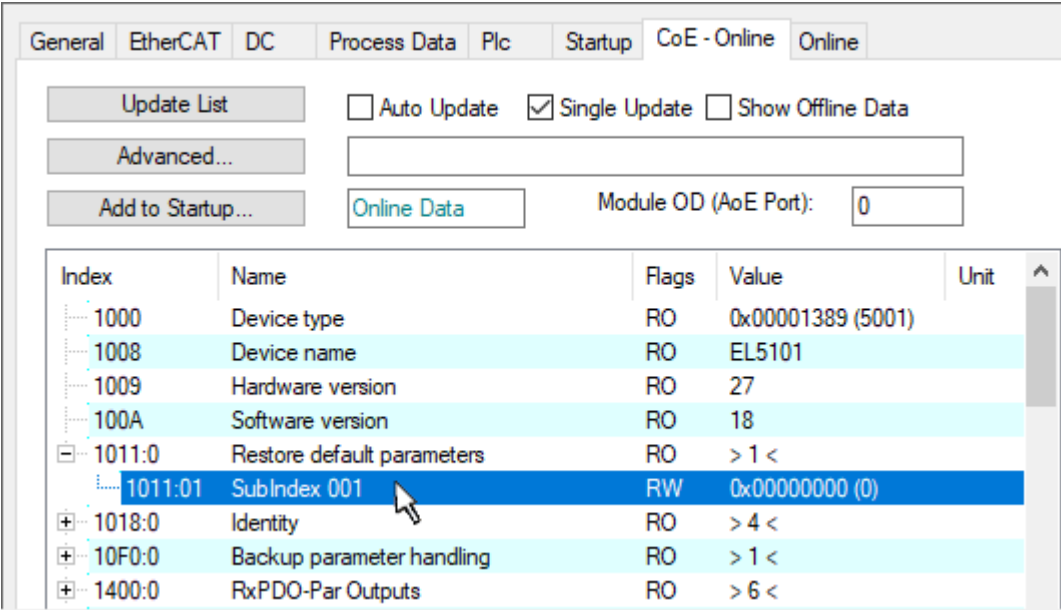
Online Data

Module OD (AoE Port): 0

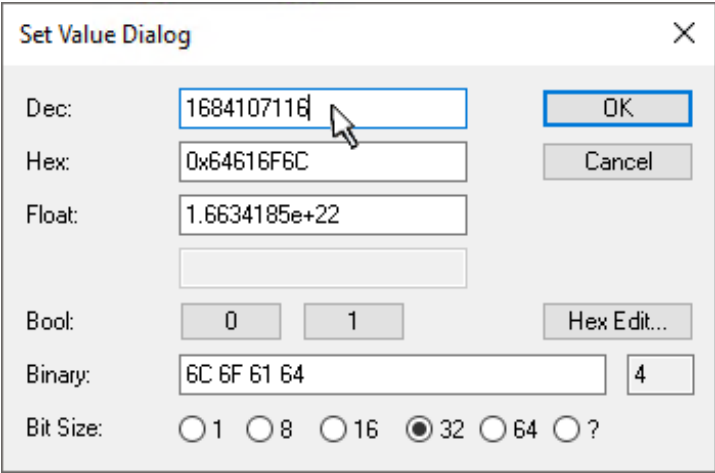
Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x02621389 (399819)
1008	Device name	RO	EL1262-0010
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J5.1.49.0

7.5 恢复出厂状态

某些 EtherCAT 设备 ("从站"、"子设备") 以持久化 (非易失) 方式在本地保存参数或数据。要重置这些参数, 可通过 EtherCAT 主站 (如 TwinCAT) 使用 CoE 对象 "恢复默认参数" 子索引 001 (见图: 选择 "恢复默认参数" PDO)



附图 234: 选择 Restore default parameters



附图 235: 在 Set Value dialog 中输入一个恢复值

双击 SubIndex 001, 进入设置值对话框。

目的是将持续存储在设备中,用户可以更改的功能控制 "参数" (设置、值) 重置为默认状态。

易失性 (非断电安全) "参数" 被重置

- 通过重新开机/关机
- 通过 INIT 更改 EtherCAT 状态

除非设备文件中另有说明。根据设备和 FW 版本的不同, 可提供一个或两个复位功能; 有关可用性, 请参阅相应的设备文档。

注意

更改现有校验和
参数范围的任何现有校验和都将 (当然) 会因重置而改变。

复位级别 1：功能复位 "加载"

假设重置功能的使用频率较高，可能会多次使用，例如在调试期间。

将重置值 **1684107116** 输入字段 Dec 中，或将数值 **0x64616F6C** 输入字段 Hex 中(ASCII: "load")，并按 OK 确认(图：在 Set Value dialog 中输入恢复值)。

- 从站中所有可写的条目都将重置为默认值。
例外：通过密码受写保护的对象
- 根据对象字典的大小，这个过程可能需要几毫秒到 > 1 秒。
- 只有直接对从站的 Online CoE 进行重置，才能成功恢复出厂值。在 Offline CoE 中不能更改任何值。
- 为此，TwinCAT 必须处于 RUN 或 CONFIG/FreeRun 状态，即保持 EtherCAT 数据交换。确保 EtherCAT 传输正确无误。
- 重置不需要单独确认。如要进行验证，可以事先向某个可写对象写入一个值。
- 该重置过程也可以作为从站 Startup List 的第一个条目，例如在状态转换 PREOP->SAFEOP 中，或者如图 CoE reset 作为 Startup 条目所示的 SAFEOP->OP 中。
- CoE 中的所有备份对象重置为交付状态。

注意

根据设备的不同，个别数值不会重置

根据设备的不同，有些值在 "加载" 时故意不重置，例如，如果这些值是调试或设备基本功能所必需的，而且确定这些值（删除后）需要花费大量精力。

● 替代的恢复值

i

对于某些较旧的终端（2007 年左右或更早创建的 FW），备份对象可通过替代还原值进行更改：十进制值：1819238756，十六进制值：0x6C6F6164。

恢复值输入错误不会产生任何影响！

重置级别 2：数据重置 "擦除"

假设很少使用数据重置，例如在产品退役时。

将重置值 **2003398757** 输入字段 Dec 中，或将数值 **0x77697065** 输入字段 Hex 中(ASCII: "wipe")，并按 OK 确认(图：在 Set Value dialog 中输入恢复值)。

- 该功能的目的是完全重置（删除数据）出厂设置，以便之后无法读取用户特定设置。该功能的目的是完全重置删除数据出厂设置，之后无法读取用户特定设置
- 它会影响以下参数区域（如果设备上有的话）
 - CoE (参数)
 - SoE (参数)
 - FoE (设备上的文件)
 - 寄存器值（如果持续存储）
 - 用户存储器，如 NOVRAM（如有）
 - 其他数据区域,如果有的话
- 即使值/数据受到保护，例如有用户定义的写保护密码，也会被删除。
- 下列内容无法重置：
 - FW 版本和 EtherCAT 修订状态；设备上仍安装有任何更新版本
 - 电气健康数据，如设备统计数据（CoE: 0x1020）、各类运行时间计数器、可能与环境温度或负载条件有关的直方图或峰值, ...
 - 供应商校准数据受供应商密码保护，无法更改。供应商校准功能已启用供应商校准功能已启用

7.6 技术支持和服务

倍福公司及其合作伙伴在世界各地提供全面的技术支持和服务，对与倍福产品和系统解决方案相关的所有问题提供快速有效的帮助。

倍福分公司和代表处

有关倍福产品本地支持和服务方面的信息，请联系倍福分公司或代表处！

世界各地倍福分公司和代表处的地址可参见以下网页：<http://www.beckhoff.com>

该网页还提供更多倍福产品组件的文档。

支持

倍福支持部门提供全面的技术援助，不仅帮助使用各种倍福产品，还提供其他广泛的服务：

- 技术支持
- 复杂自动化系统的设计、编程和调试
- 以及倍福系统组件的各种培训课程

热线电话：+49 5246 963 157
电子邮箱：support@beckhoff.com
网址：www.beckhoff.com/support

服务

倍福服务中心提供所有售后服务：

- 现场服务
- 维修服务
- 备件服务
- 热线服务

热线电话：+49 5246 963 460
电子邮箱：service@beckhoff.com
网址：www.beckhoff.com/service

德国总部

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Germany

电话：+49 5246 963 0
电子邮箱：info@beckhoff.com
网址：www.beckhoff.com

Trademark statements

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® and XTS® are registered and licensed trademarks of Beckhoff Automation GmbH.

Third-party trademark statements

CANopen and CANopen FD are registered trademarks of CAN in AUTOMATION - International Users and Manufacturers Group e.V.

ControlNet®, DeviceNet and EtherNet/IP are trademarks of ODVA, Inc.

DSP System Toolbox, Embedded Coder, MATLAB, MATLAB Coder, MATLAB Compiler, MathWorks, Predictive Maintenance Toolbox, Simscape, Simscape™ Multibody™, Simulink, Simulink Coder, Stateflow and ThingSpeak are registered trademarks of The MathWorks, Inc.

Excel, IntelliSense, Microsoft, Microsoft Azure, Microsoft Edge, PowerShell, Visual Studio, Windows and Xbox are trademarks of the Microsoft group of companies.

MAX®, Stratix®, Cyclone®, Altera®, Agilex™, Arria®, Intel, the Intel logo, Intel Core, Xeon, Intel Atom, Celeron and Pentium are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries.

更多信息:
www.beckhoff.com/el1xxx

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Germany
电话号码: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

