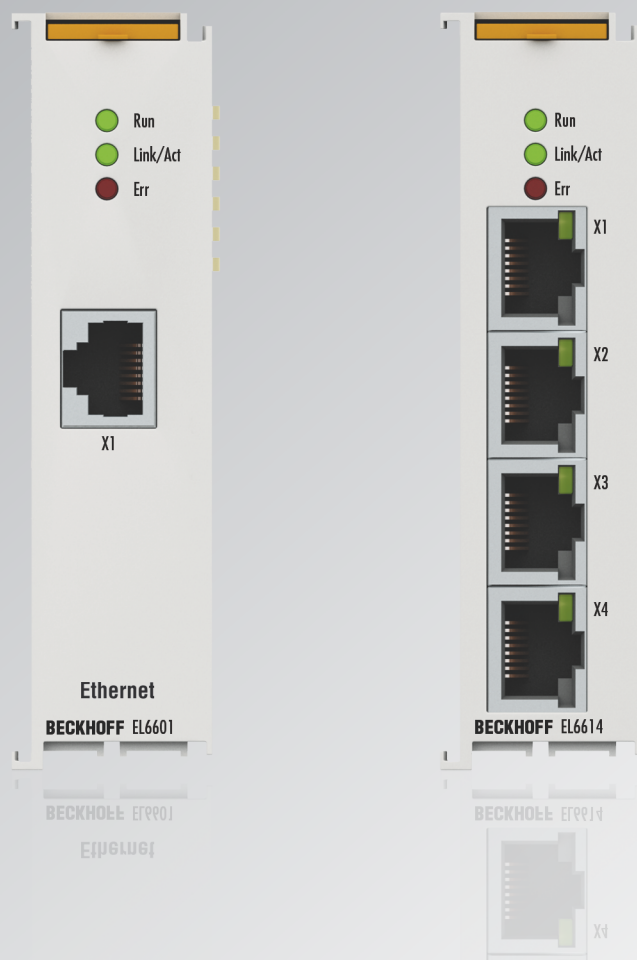


Documentation | ZH

EL6601, EL6614

以太网交换机端子模块



目录

1 前言	5
1.1 以太网交换机端子模块产品概述	5
1.2 文档说明	6
1.3 文档指南	7
1.4 信息安全说明	8
1.5 安全说明	9
1.6 文档发行状态	10
1.7 EtherCAT 设备的版本标识	13
1.7.1 关于标识的一般说明	13
1.7.2 EL 端子模块的版本标识	14
1.7.3 倍福识别码 (BIC)	15
1.7.4 BIC 电子读取 (eBIC)	17
2 产品描述	19
2.1 简介	19
2.2 技术数据	21
2.3 基本功能原理	22
2.4 EL66xx – 非实时	25
2.5 EL66xx 和 Beckhoff 网络变量	30
2.5.1 解释网络变量	30
2.5.2 系统管理器中的设置	31
2.5.3 注意	32
2.5.4 阻止发布者	32
2.5.5 过滤订阅者	33
2.5.6 TwinCAT 2.10 中的设置	34
2.5.7 TwinCAT 2.11 中的设置	36
2.6 在 CX20x0 和 CX50x0 系统中的配置	38
3 基本通讯	41
3.1 EtherCAT 基础知识	41
3.2 EtherCAT 布线 - 线缆连接	41
3.3 设置看门狗的一般注意事项	43
3.4 EtherCAT 状态机	44
3.5 CoE 接口	46
3.6 分布时钟 (Distributed Clock)	51
4 安装和接线	52
4.1 静电防护的说明	52
4.2 防爆	53
4.2.1 ATEX - 特殊条件 (扩展温度范围)	53
4.2.2 IECEx - 特殊条件	54
4.2.3 ATEX 和 IECEx 的持续性文件	54
4.2.4 cFMus - 特殊条件	55
4.2.5 cFMus 防爆认证的持续性文件	55

4.3	UL 声明.....	56
4.4	注意事项 - 电源.....	57
4.5	安装和拆卸 - 正面带拆卸手柄的端子模块	58
4.6	无通讯模块的安装位置	60
4.7	屏蔽说明	61
4.8	安装位置	62
4.9	处理	64
5	调试.....	65
5.1	TwinCAT 开发环境	65
5.1.1	TwinCAT real-time 实时驱动程序的安装	65
5.1.2	关于 ESI 设备描述文件的说明.....	71
5.1.3	创建 OFFLINE 配置.....	74
5.1.4	创建ONLINE配置.....	79
5.1.5	EtherCAT 设备的配置.....	86
5.2	EtherCAT 从站的一般调试说明	95
5.3	对象描述和参数设置	102
5.3.1	调试对象.....	102
5.3.2	常规操作的对象	103
5.3.3	标准对象 (0x1000-0x1FFF)	103
5.3.4	配置文件特定对象 (0x6000-0xFFFF)	106
5.4	Beckhoff 网络变量	110
5.4.1	简介	110
5.4.2	“发布者”的配置	111
5.4.3	订阅者的配置.....	114
5.4.4	倍福网络变量 - 设置.....	118
6	应用程序示例.....	125
6.1	示例程序.....	125
6.2	应用程序示例 - 网络打印机	126
6.3	应用程序示例 - 带有远程桌面的服务接口.....	132
6.4	应用程序示例 - 下一级控制系统	142
6.5	应用程序示例 - 将 EtherCAT 主站 PC 设置为网络桥接器	147
6.6	应用程序示例 - 灵活以太网端口	152
7	附录.....	157
7.1	固件兼容性	157
7.2	固件更新 EL/ES/EM/ELM/EPxxxx.....	159
7.2.1	设备描述 ESI 文件/XML	160
7.2.2	Firmware (固件) 说明.....	163
7.2.3	更新从站处理器的固件 *.efw.....	163
7.2.4	FPGA 固件 *.rbf.....	165
7.2.5	同时更新多个 EtherCAT 设备	169
7.3	恢复出厂状态.....	170
7.4	技术支持和服务	172

1 前言

1.1 以太网交换机端子模块产品概述

EL6601 [► 19]

1 端口通信接口，以太网交换机端口

EL6614 [► 19]

4 端口通信接口，以太网交换机端口

1.2 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>

1.3 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。

1.4 信息安全说明

Beckhoff Automation GmbH & Co.KG (简称 Beckhoff) 的产品，只要可以在线访问，都配备了安全功能，支持工厂、系统、机器和网络的安全运行。尽管配备了安全功能，但为了保护相应的工厂、系统、机器和网络免受网络威胁，必须建立、实施和不断更新整个操作安全概念。Beckhoff 所销售的产品只是整个安全概念的一部分。客户有责任防止第三方未经授权访问其设备、系统、机器和网络。它们只有在采取了适当的保护措施的情况下，方可与公司网络或互联网连接。

此外，还应遵守 Beckhoff 关于采取适当保护措施的建议。关于信息安全和工业安全的更多信息，请访问本公司网站 <https://www.beckhoff.com/secguide>。

Beckhoff 的产品和解决方案持续进行改进。这也适用于安全功能。鉴于持续进行改进，Beckhoff 明确建议始终保持产品的最新状态，并在产品更新可用后马上进行安装。使用过时的或不支持的产品版本可能会增加网络威胁的风险。

如需了解 Beckhoff 产品信息安全的信息，请订阅 <https://www.beckhoff.com/secinfo> 上的 RSS 源。

1.5 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。

1.6 文档发行状态

版本	注释
4.8.0	- 删除了“推荐的安装导轨”章节 - 更新“技术数据”章节 - 更新修订状态
4.7	- 更新“技术数据”章节 - 更新结构 - 更新修订状态
4.6	- 新增“信息安全说明”章节 - 更新结构
4.5	- 更新“技术数据”章节 - 更新“EtherCAT 设备的版本标识”章节 - 更新结构 - 更新说明 - 更新修订状态 - 新增废弃处理章节
4.4	- 更新“应用程序示例”章节 - 更新结构
4.3	- 更新“UL 公告”章节 - 更新“技术数据”章节 - 更新“固件兼容性”章节 - 更新结构
4.2	- 更新“对象描述”章节 - 更新结构 - 更新修订状态
4.1	- 在“地址分配”一章中新增注释 - 更新结构 - 更新修订状态
4.0	- 迁移 - 更新结构 - 更新修订状态
3.4	- 更新结构 - 更新“技术数据”章节 - 更新修订状态
3.3	- 更新结构 - 更新“技术数据”章节 - 更新“简介”章节 - 插入“CX20x0 和 CX50x0 系统配置”章节 - 更新修订状态
3.2	- 更新结构 - 更新“技术数据”章节 - 更新“EtherCAT-PC 作为网络桥接器”章节 - 更新修订状态
3.1	- 更新结构 - 更新“技术数据”章节 - 更新“安装和布线”章节
3.0	新增电缆冗余说明
版本	注释
2.9	新增订阅者过滤、诊断数据说明
2.8	新增技术说明
2.7	新增技术说明
2.6	新增技术说明
2.5	更新“固件”章节
2.4	新增技术说明网络变量

版本	注释
2.3	• 新增应用程序示例
2.2	• 新增技术说明
2.1	• 新增技术说明（订阅者、发布者）
2.0	• 新增技术说明和 CoE 对象
1.9	• 新增安装位置说明
1.8	• 新增技术说明
1.7	• 新增技术说明网络变量
1.6	• 新增 LED 指示灯和端口说明
1.5	• 已增加 EL6614
1.4	• 新增应用程序示例
1.3	• 新增技术数据（对象描述）
1.2	• 完善技术数据，新增邮箱通信和网络变量说明
1.1	• 新增技术数据、UL 标签
1.0	• 新增技术数据，首次公开发布
0.1	• EL6601 的初步文件

1.7 EtherCAT 设备的版本标识

1.7.1 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 “EL5021 EL 端子模块，标准 IP20 IO 设备，带有批号和修订版 ID (从 2014 年 01 月起) ”。
- 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。

1.7.2 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

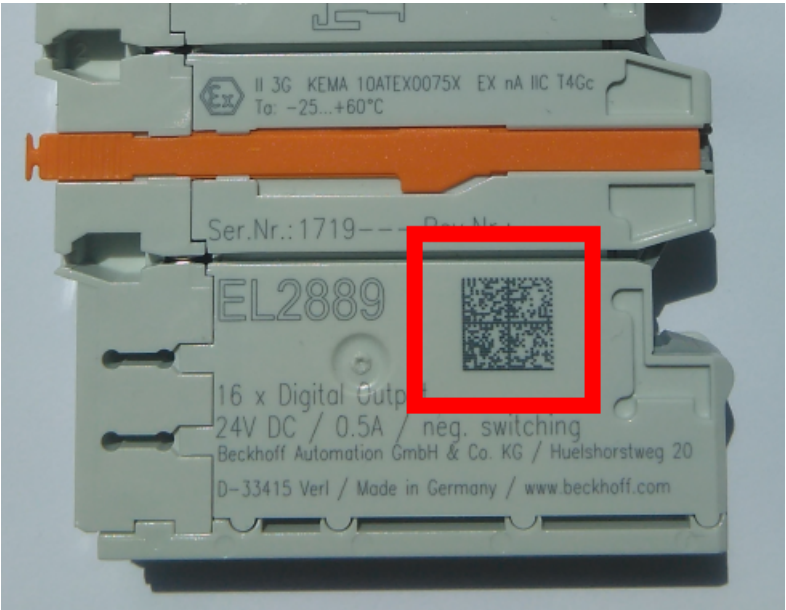
02 - 硬件版本为 02



附图 1: EL2872，修订版本号 0022 和序列号 01200815

1.7.3 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**1**KEL1809 **Q1 51S**678294

对应的DMC如下：



附图 3: 示例 DMC **1**P072222**SBTN**k4p562d7**1**KEL1809 **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。

1.7.4 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。

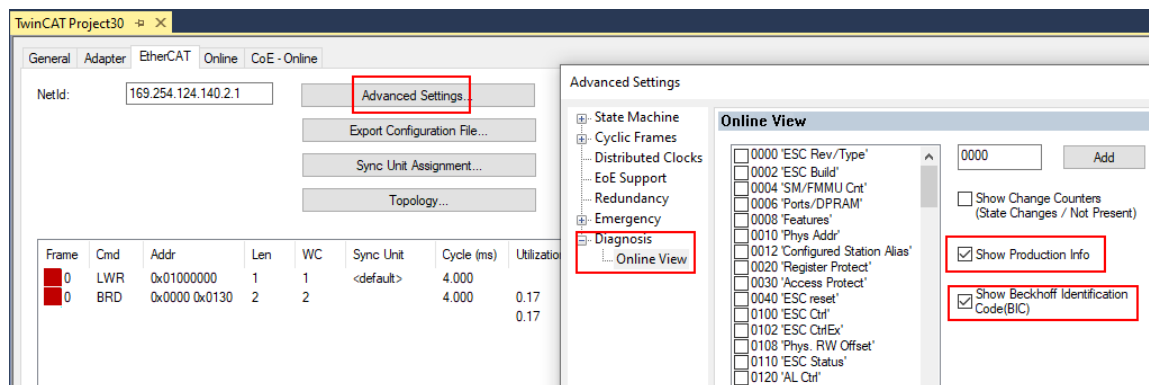
EtherCAT 设备 (IP20、IP67)

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	0x170fb277e

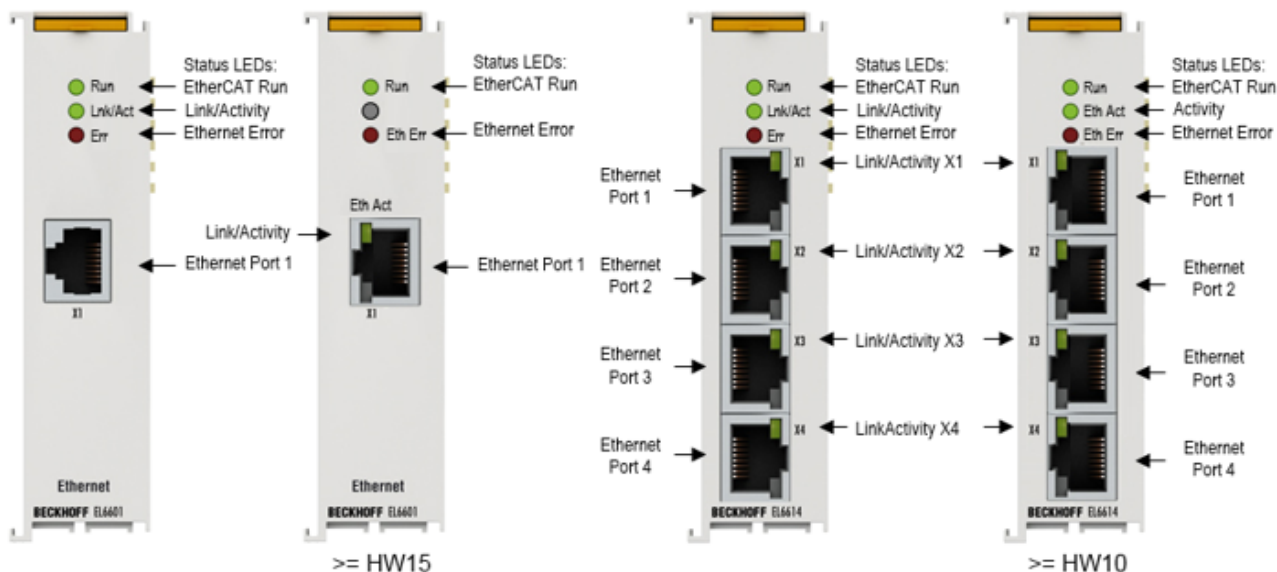
- 对象 0x10E2 将在批量产品的必要固件修订过程中优先引入。
- 此 TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本，通过 Tc2_EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 *FB_EcCoEReadBIC* 和 *FB_EcCoEReadBTN* 用于读取数据到 PLC
- 为了在 PLC 中处理 BIC/BTN 数据，截至 TwinCAT 3.1 build 4024.24 版本，*Tc2_Uutilities* 中提供了以下辅助功能
 - *F_SplitBIC*：该函数使用已知的标识符将倍福识别代码 (BIC) *sBICValue* 分割成不同的部分，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。

2 产品描述

2.1 简介



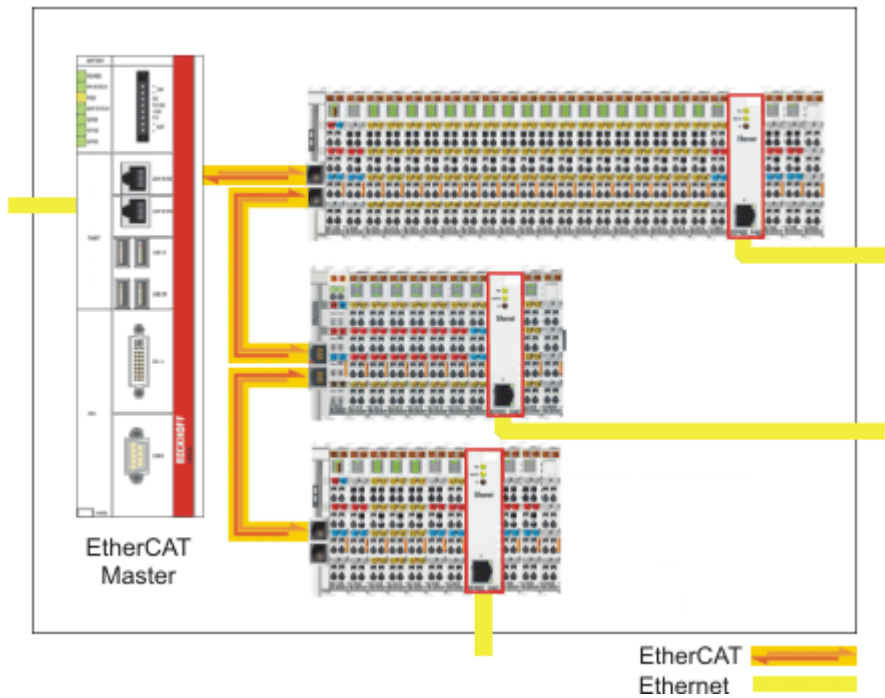
附图 4: EL6601、EL6614

以太网交换机端子模块

以太网交换机端子模块用于将任意以太网设备接入 EtherCAT 端子模块网络的分布式连接。EtherCAT 系统将以完全透明和无冲突的方式实现所连接设备的以太网通信。

4 端口以太网交换机端子模块 EL6614 将传入的帧有目的地从进入的端口转发到目标端口。在全双工模式下，它可以让所连接的设备之间实现无冲突通讯。

可以在 EtherCAT 端子模块网络的任意位置同时使用任意数量的 EL6601/EL6614。无需进行任何配置。结合 EtherCAT 主站的网络端口，EL6601/EL6614 设备就像一个端口分布在现场的虚拟交换机。该交换机的骨干网络是 EtherCAT 现场总线。



附图 5: EL6601 用作虚拟现场分布式交换机

该款端子模块具备的其它优点使其特别适用于工业环境应用场合：

- 紧凑的 EtherCAT 端子模块外壳设计
- 10/100 Mbaud，半双工或全双工模式，带自动波特率检测功能
- 自动交叉（自动检测交叉线）

LED

LED	颜色	含义
RUN	绿色	LED 指示端子模块正处于工作状态：
		熄灭 EtherCAT 状态机 [► 86] 的状态： INIT = 端子模块的初始化或 BOOTSTRAP = 用于端子模块固件更新 [► 159] 的功能
		闪烁 EtherCAT 状态机的状态： PREOP = 邮箱通信功能和不同标准设置
		单次闪烁 EtherCAT 状态机的状态： SAFEOP = 验证 Sync Manager [► 88] 通道和分布时钟。 输出保持在安全状态
		常亮 EtherCAT 状态机的状态： OP = 正常运行状态；可以进行邮箱和过程数据通信
Link/Act	绿色	现场总线侧的连接 / 数据交换
*Link/Act X1 – X4	绿色	以太网端口 X1 – X4 的连接 / 数据交换
Eth Err	红色	EtherCAT 错误信息（见诊断程序 [► 23]）

* 仅限 EL6614

连接

- 1 个 RJ45，接 10BASE-T/100BASE-TX 以太网 (EL6601)
4 个 RJ45，接 10BASE-T/100BASE-TX 以太网 (EL6614)

2.2 技术数据

技术数据	EL6601	EL6614
总线系统	所有基于以太网 (IEEE 802.3) 的协议	
以太网端口数量	1	4
以太网接口	10BASE-T/100BASE-TX 以太网, 带 1 个 RJ45 接口	10BASE-T/100BASE-TX 以太网, 带 4 个 RJ45 接口
电缆长度	最长 100 m 双绞线	
数据传输速率	10/100 Mbit/s, IEEE 802.3u 自适应, 10 及 100 Mbit/s 下都支持半双工和全双工模式, 自动设置	
网络变量	EL6601 从固件 07 开始, EL6614 从固件 03 开始: 最大 32 个发布者, 数据总量 [► 30] 最大为 1024 字节 最大 32 个订阅者, 数据总量 [► 30] 最大为 1024 字节	
分布式时钟	否	
诊断	LED 状态指示灯, 通过 ADS 访问的 CoE 数据	
电源	通过 E-bus 供电	
E-bus 电流消耗	典型值 260 mA	典型值 310 mA
电气隔离	500 V (E-bus/以太网)	
过程映像中的位宽	-	
配置	TwinCAT 系统管理器/EtherCAT 主站	
重量	约 75 g	约 85 g
运行期间允许的环境温度范围	-25 °C ... +60 °C (宽温范围)	水平安装位置: -25 °C ... +60 °C (宽温范围) 所有其他安装位置: -25 °C ... +45 °C, 见说明 [► 62]
存储期间允许的环境温度范围	-40 °C ... +85 °C	-40 °C ... +85 °C
允许的相对湿度	95 %, 无冷凝	
外形尺寸 (W x H x D)	约 26 mm x 100 mm x 52 mm (对齐宽度: 23 mm)	
安装	35 mm 安装导轨, 符合 EN 60715 标准	
抗振/抗冲击性能	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	见说明 [► 62]
认证 / 标识*	CE、cULus [► 56]、UKCA、EAC、ATEX [► 53]、IECEx [► 54]、cFMus [► 55]	CE、cULus [► 56]、UKCA、EAC、ATEX [► 53]、IECEx [► 54]

*) 真正适用的认证/标志见侧面的型号牌 (产品标志)。

其它标记

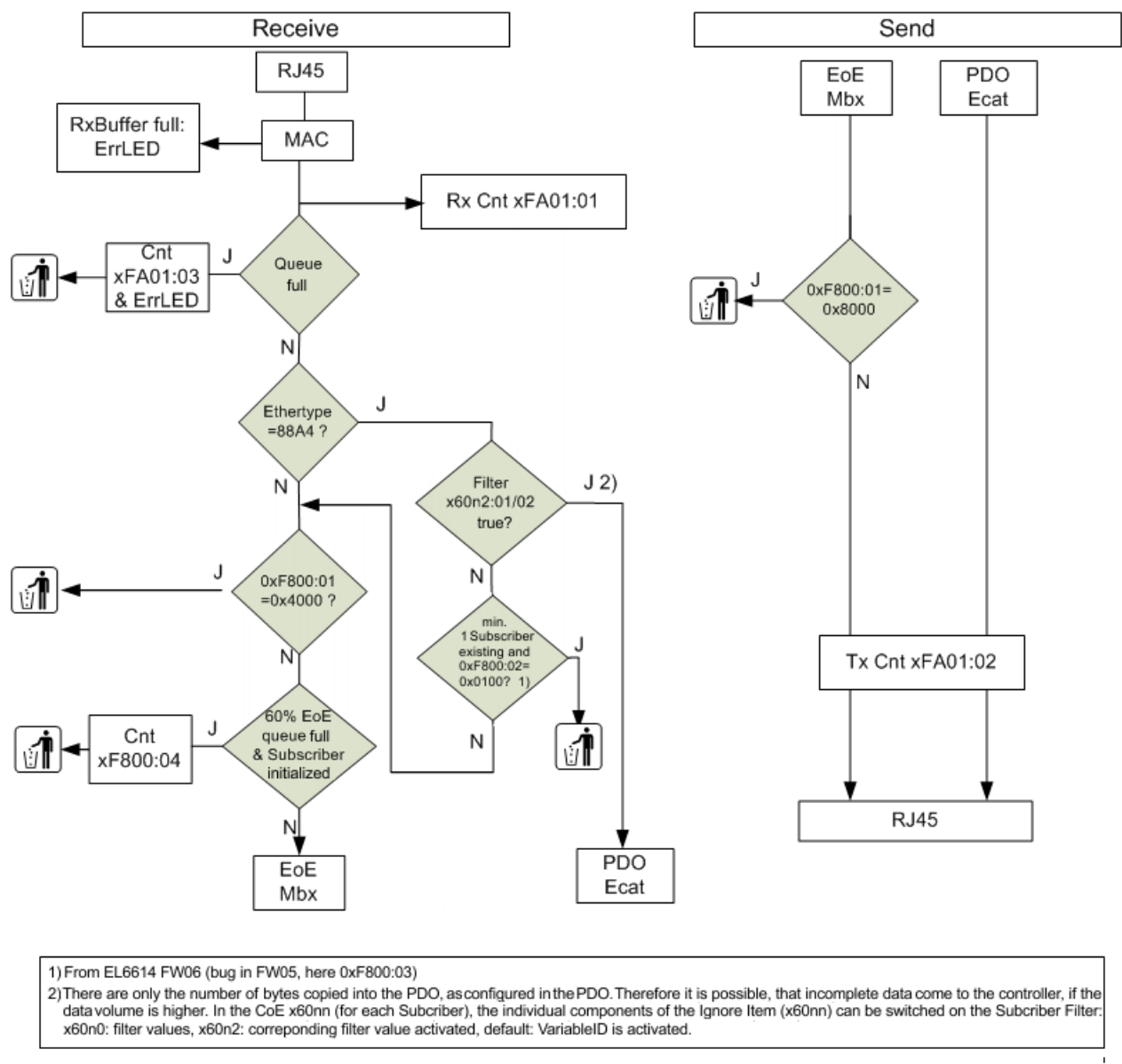
标准	标记
ATEX	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
IECEx	Ex nA IIC T4 Gc
cFMus	Cl. I, Div. 2, Gr. A、B、C、D Cl. I, Zone 2, AEx/Ex ec IIC T4 Gc

2.3 基本功能原理

EL66xx 以太网交换机端口端子模块有 2 种不同的运行模式，非常适合需要以太网连接的任务。这两种运行模式可以同时启用，提供高实时性的传输和接收配置好的网络变量，以及传输标准的以太网通信，后者虽然不是高实时性的，但涉及使用 IP 协议等大型数据流：

- **实时数据交换：**发布者/订阅者、Beckhoff 网络变量、EtherCAT Automation Protocol
当 EtherCAT 启动时，TwinCAT 配置文件 *.tsm 会以这样的方式配置 EL66xx 的 CoE 参数，即
 - 作为发布者，在实时周期内传输通过周期性数据输送交付的数据。
 - 通过周期性 EtherCAT 数据交换将接收到的订阅者以相同方式发送到 EtherCAT 主站。与 EL66xx 的循环数据交换是在 EtherCAT 启动时在 EL66xx 的 PDO 设置中配置的，无法在线更改。
- **非实时的数据交换**
与此同时，EL66xx 还可以通过端子模块与 EtherCAT 主站/TwinCAT 之间的非周期性邮箱交换 (EoE = Ethernet over EtherCAT) 传输以太网帧。这种数据交换针对吞吐量进行了优化，并可能涉及自动分片，默认情况下，所有未在 PDO 配置中传输的报文都采用 EoE 方式通过非周期通道传输。

EL66xx 的数据流示意图如下：



附图 6: EL66xx 数据示意图

EL6601/EL6614 无法传输 *EtherNet Industrial Protocol (EtherNet/IP)*。

诊断

在线诊断

CoE 目录中用于初始诊断的对象如下：

- 0xFA01, 子索引 01: 帧计数器 Rx (传入 RJ45 接口)。
- 0xFA01, 子索引 02: 帧计数器 Tx (从 RJ45 接口传出)。

可以使用 PLC 功能块 (TcEtherCAT.lib 中的 FB_EcCoeSdoRead) 从控制器中读取数值。

这些信息以及 EL66xx CoE 的更多诊断信息可通过https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el6601_el6614/Resources/2349552907.zip  获取。

错误 LED

如果出现以下情况，红色故障 LED 指示灯会亮起 250 ms

- 以太网接收超限 --> 一般情况下，表示 RJ45 连接处接收的以太网帧数超过了能够经由 EtherCAT (PDO 或邮箱) 发送的帧数。这些报文被丢弃。
- 以太网 EoE 超限 --> RJ45 连接器接收到的非实时帧数超过 EtherCAT/EoE 可传输的帧数，数据被丢弃。
- 以太网帧错误

如果发生超限而导致数据丢失，那么以太网网络中更高的协议层会负责重新发送。

i 超限

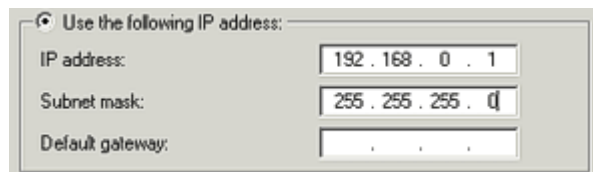
可采用以下措施来应对超限：

- 激活相关 EL66xx 中的订阅者过滤器 [► 30]
- 增加/延迟发布者的循环时间
- 暂时禁止发布者传输或在系统管理器中取模
- 缩短/加快订阅者的 EtherCAT 循环时间，以便 EL66xx 取走更多数据

电缆冗余

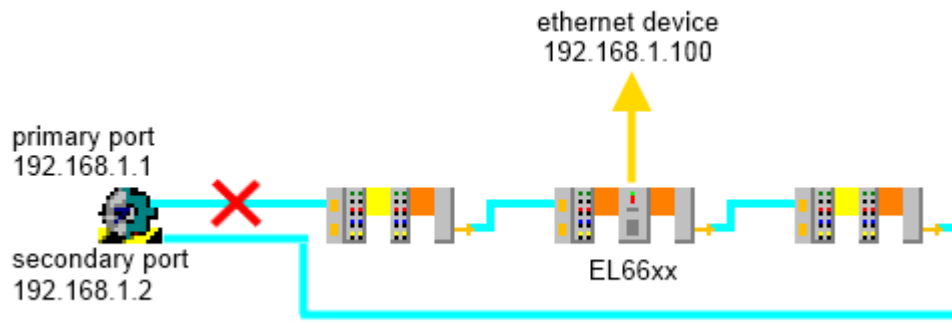
如果 EL66xx 在带电缆冗余的系统中运行，请注意以下几点：

- 支持通过网络变量进行实时操作
- 在使用 IP 传输进行非实时操作时，IP 流量通过 EtherCAT 主端口传输。因此，也会使用该端口的 Windows IP 设置。



附图 7: EtherCAT 端口的 IP 设置

如果这个端口的连接丢失，那么 TwinCAT 2 或 3 下从 Windows 到该端口的 IP 通信也自此中断。因此，不要让 EtherCAT 主端口和首个 EtherCAT 从站之间的以太网连接失效，否则通过 EL66xx 进行的 IP 通信将不再可行。



附图 8: EtherCAT 主端口和首个从站之间的连接失败 (X)

2.4 EL66xx – 非实时

EL66xx 和以太网传输是通过邮箱通信实现的

除了常规的周期性过程数据交换之外，EtherCAT 主站还提供了向 EtherCAT 从站传输数据或从中读取数据的更多机制。该机制用于一次性或动态交替的数据交换，例如 EtherCAT 从站的参数设定。邮箱通信还可用于根据主站或从站的要求，以非周期性的方式传输大型数据块。这种附加通信在 EtherCAT 总线上的两个周期性过程数据帧（常规 EtherCAT 帧）的间隔里进行。

● 邮箱通信的数据吞吐量

i

由于邮箱通信只能在常规过程数据帧的间隙里进行，因此这种通信方式的数据吞吐量取决于 EtherCAT 总线的负载。这意味着 EL6601 的以太网吞吐量也取决于它所在的 EtherCAT 现场总线的负载。

EL66xx 采用 EoE 方法 (Ethernet over EtherCAT)。系统管理器中对此有专门的设置。

数据吞吐量

EL66xx 的数据吞吐量（以太网帧或字节/秒）取决于

- 现场总线上的 EtherCAT 循环时间：用于过程数据的 EtherCAT 循环时间越短，就能完成越多的非周期性邮箱查询。如果 EtherCAT 链路中使用了多个不同的 EtherCAT 循环时间，则以最快的循环时间为准
- 可用于邮箱通信的过程数据帧之间的时间：以太网线路用于非周期性邮箱通信的空闲时间越长，EL6601 的以太网数据吞吐量就越高。
- 以字节为单位的邮箱大小 [► 27]：邮箱越大，EL6601 可同时向 EtherCAT 主站发送或接收的以太网帧数就越多。
- 此 EtherCAT 系统中同时使用邮箱通信的端子模块数量。
- 有关 TwinCAT 系统管理器中的 EoE 设置 [► 28]，请参见 EoE 部分。

例如，基于特定条件确定了以下数值（TwinCAT 2.10、2.11）

- 从 EL6601 到以太网设备 > 5 Mbit/s
- 从以太网设备到 EL6601 > 2 Mbit/s

条件是：EtherCAT 周期为 100 μ s，邮箱大小为 1024 字节。

● 缩短响应时间的技巧

i

我们建议采用以下步骤来缩短应用程序中的响应时间（如 ping 请求）：大幅降低当前使用的 EtherCAT 周期，或插入一个周期更短的新任务，例如：500 μ s，如果此前您一直使用 2.5 ms EtherCAT 周期。重要提示：该任务必须从 EtherCAT 从站访问真正的 IO 过程数据，并可在设备 EtherCAT -> 选项卡 EtherCAT 下识别，见图 *TwinCAT 系统管理器中的真实帧结构*

Fra...	Cmd	Addr	Len	WC	Sync Unit	Cycle (ms)	Utilization (...)	Size / Duration ...
0	LRD	0x00010000	1	1	<default>	0.500		
0	LRD	0x00080000	1	1		0.500	1.34	42 / 6.72
1	LRD	0x00020000	3	12	<default>	2.500		
1	BRD	0x0000 0x0130	2	15		2.500	0.27	45 / 6.72



附图 9: TwinCAT 系统管理器中的真实帧结构

● 关于指定值的说明

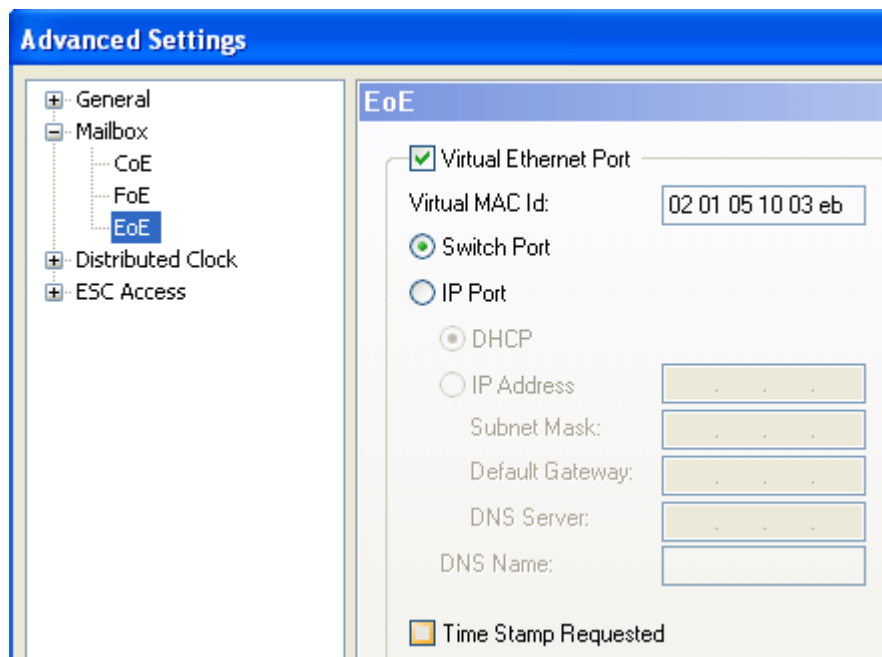
i

这些数值为典型值，不确保。在不同的应用程序中，吞吐率可能因边界条件而异。

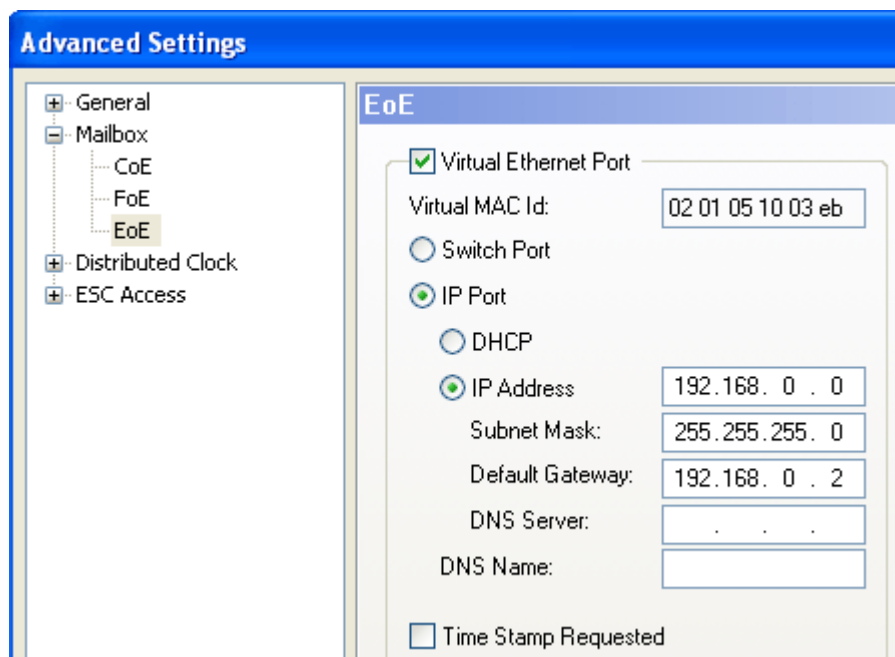
地址分配

从 FW03 开始，EL6601/6614 还可以为相连设备分配 IP 地址，并作为一台设备的 DHCP 或 BOOTP 服务器运行。需要在系统管理器（EL66xx --> 高级设置 --> 邮箱 --> EoE）中进行以下设置：

- 设置“交换机端口”，图 EL66xx 作为交换机端口的默认设置，不分配 IP 地址。
EL66xx 像普通交换机一样工作，会将以太网帧透明地传递给 TwinCAT/Windows
- “IP 端口”的设置，图从 FW03 开始：动态分配 IP 地址的设置
EL66xx 可为一台相连的以太网设备分配地址。必须在设备中激活 DHCP 或 BootP 客户端（请参阅操作系统中的网络适配器设置）。EL66xx 会响应设备相应的 DHCP/BootP 查询，为设备分配指定的 IP 地址/子网掩码。在 DHCP 方法中，该地址由客户端定期查询并分配给服务器/EL66xx。



附图 10: EL66xx 作为交换机端口的默认设置，不分配 IP 地址



附图 11: 从 FW03 开始：动态分配 IP 地址的设置

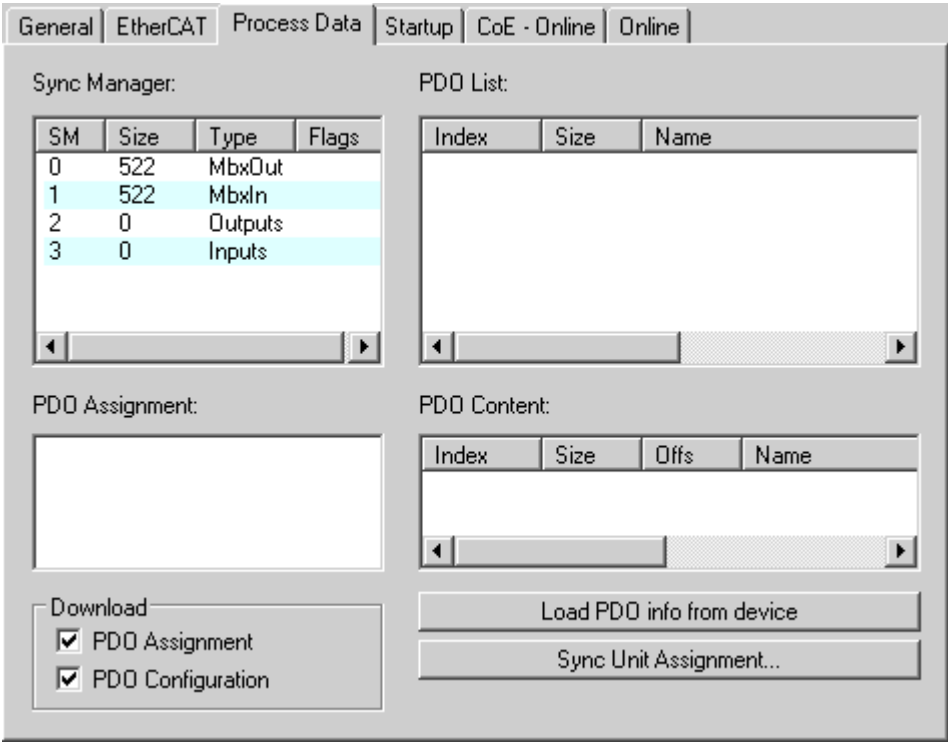
请注意：

- 不得使用“DHCP”复选框，“IP 地址”复选框可启用 EL66xx 中的 DHCP/BootP 功能。

- 网关、掩码和服务器设置同样会传送给客户端/设备
- 只能分配一个地址，即后续不能连接带多个设备的交换机。
- 地址范围必须与 EtherCAT 适配器的地址范围一致。
- DHCP 服务器标识符：如果有多个 DHCP Server，则需要在响应报文中提供 ServerID。
从固件版本 15 起，EL6601 的解决方案：必须在对象 0xF800:01 中输入值 0x1000。如果在 EL6601 中设置了默认网关，则该网关会用作 DHCP 服务器标识符。

邮箱设置

邮箱大小可在Beckhoff TwinCAT 系统管理器中修改：

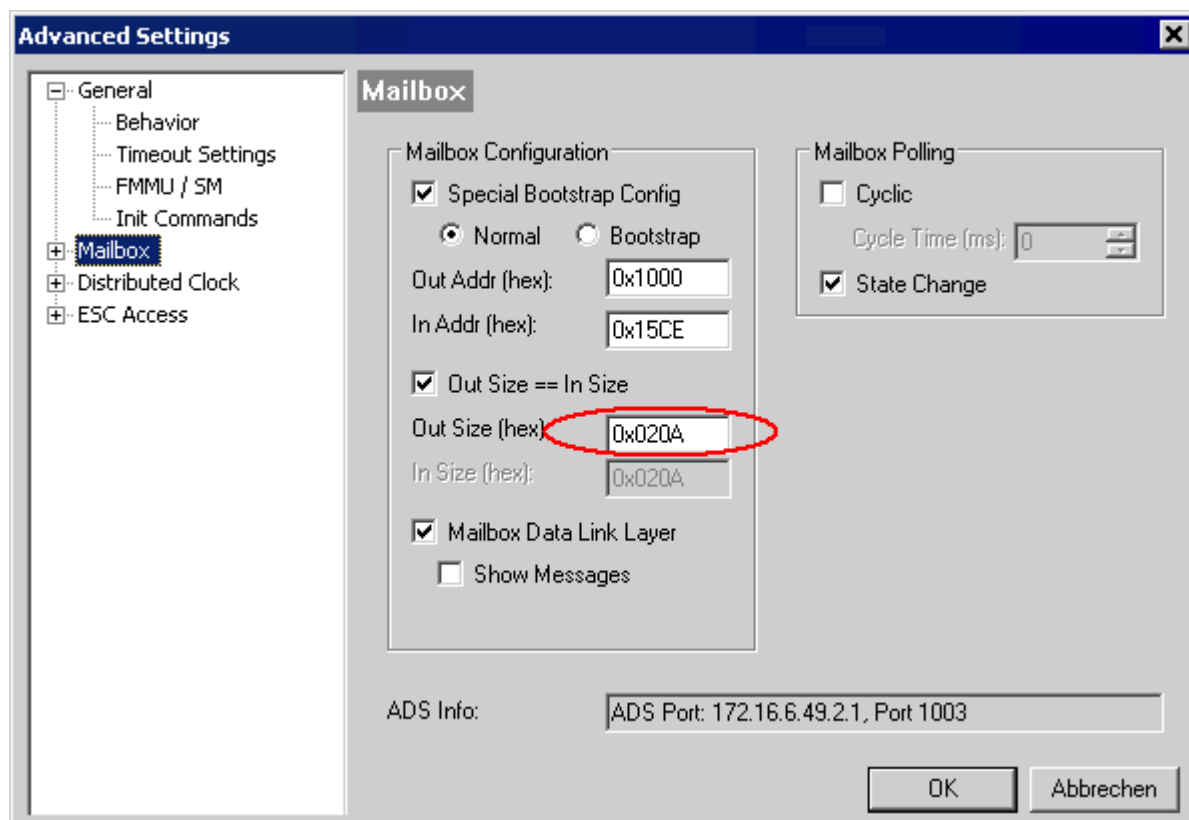


附图 12: 默认邮箱设置

默认情况下，邮箱设置为 522 字节输入和 522 字节输出 (20 A_{hex})，见图 *邮箱默认设置*、同步管理器 0 和 1 的条目。要提高数据吞吐量，可将邮箱大小增加到 1024 字节，见图 *增加邮箱大小*。

默认邮箱大小

i 从修订版 EL66xx-0000-0018 开始，邮箱默认设置为双向 1024 字节，因此无法进一步扩大。先前表述适用于修订版为 -0000、-0016 或 -0017 的端子模块。

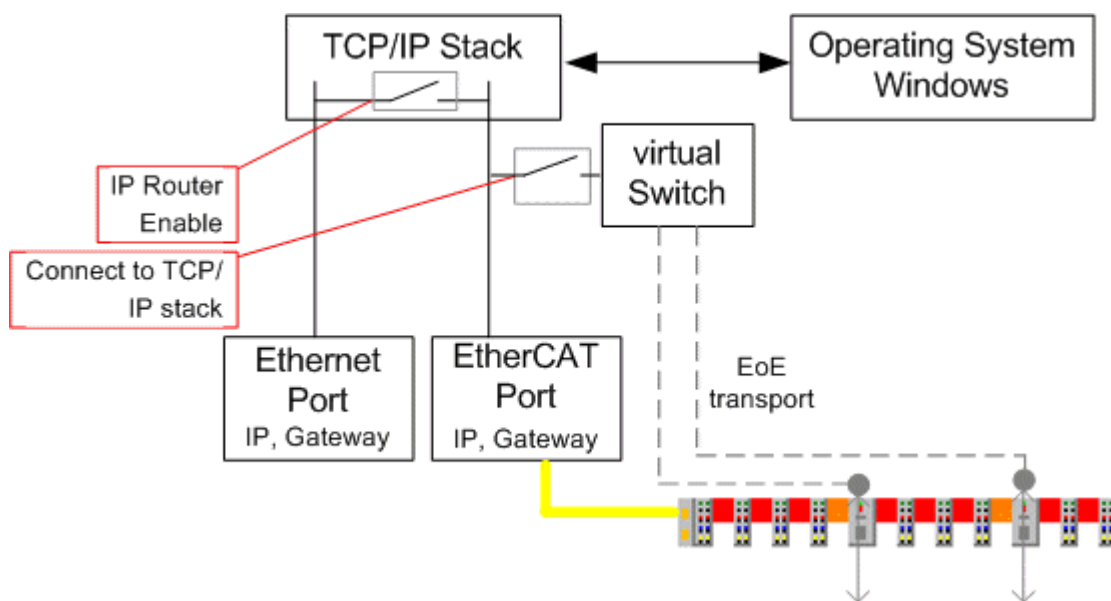


附图 13: 增加邮箱大小

在 EL6601 -> EtherCAT 选项卡 -> “高级设置...” -> “邮箱”下，“输出大小”可设置为介于 $42_{dec}/2A_{hex}$ 和 $1024_{dec}/400_{hex}$ 字节之间的十六进制值。大于 EL6601 邮箱的以太网帧会被 EL6601 或 EtherCAT 主站切分成多片，并在全部通过 EtherCAT 系统后重新组装。

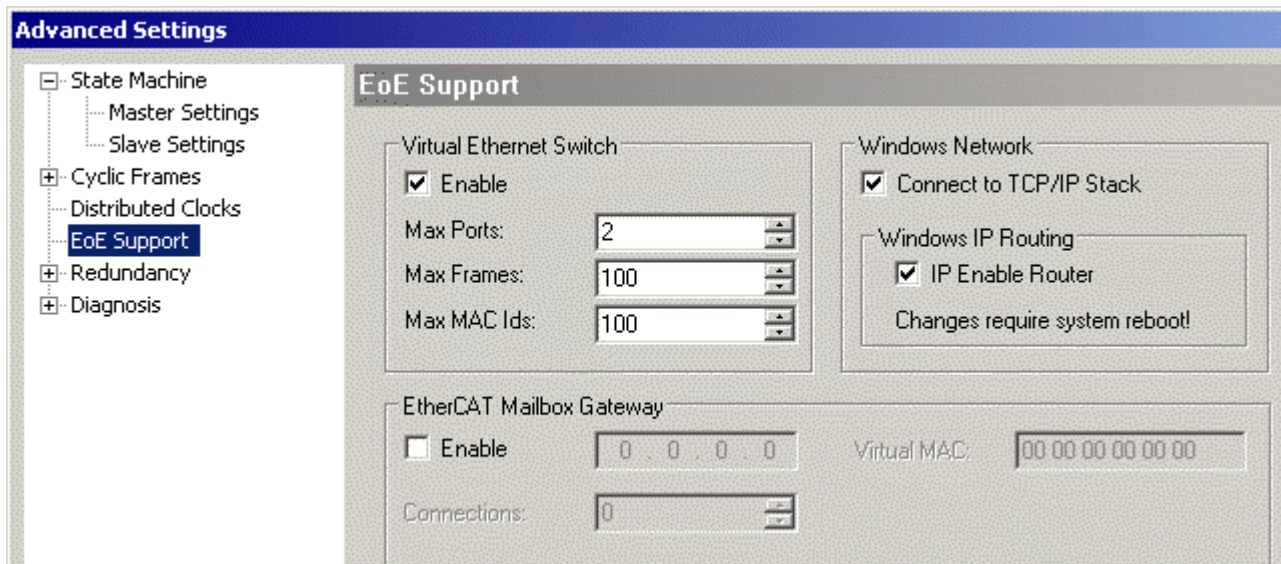
虚拟交换机设置

TwinCAT 系统中的 EL66xx 设备通常显示为虚拟交换机，将 EtherCAT 系统作为“骨干网络”。



附图 14: TwinCAT 2.11, 虚拟 TwinCAT 交换机

所需设置可在 TwinCAT | EtherCAT 设备 | 高级设置下找到



附图 15: TwinCAT 2.11, 虚拟 TwinCAT 交换机

注意

- 如果 EtherCAT 链上使用了大量 EL66xx 设备, 则提高 *MaxFrames* 的值可能会有所帮助
- 如果 EL66xx 只用于传输网络变量, 则应禁用 *ConnectToTcpStack*
- 默认情况下, IP 路由处于激活状态。这一点也可以通过在命令行 (Windows) 上输入 “ipconfig/all” 来检查

2.5 EL66xx 和 Beckhoff 网络变量

2.5.1 解释网络变量

网络变量

EL66xx 支持发送/接收网络变量。这适用于固件 07 的 EL6601 和固件 03 的 EL6614。

每个 EL66xx 最多允许发布者和订阅者各 32 个。

● 硬件替换

i 如果系统设计时使用的是以前的 EL6601 版本 (EL6601-0000-0000)，则可顺利更换为 EL6601-0000-0017 以上版本。如果系统是为 EL6601-0000-0017 或更高版本设计的，由于以前的版本不支持网络变量，所以无法进行替换。

网络变量是专门配置的以太网帧，可使 Beckhoff 设备之间通过以太网进行实时通信。此类设备可以发送（发布者）或接收（订阅者）信息。

每个发布者可以发送一个以太网帧（基于以太网）。因此，每个发布者最多可发送 1500 字节的数据。在一个发布者/订阅者中可以创建多个变量（发布者和订阅者变量）。

一般来说，每个发送/接收设备（如 IPC 或 EL6601）可以配置多个发布者/订阅者。

因此，根据数据发送方的示例，层次结构由以下各项组成

- 发送设备至少有一个以太网接口：IPC、CX、FC9011、EL6601、...
 - 支持 FastEthernet/100 MBit 和 1 GBit
 - 该以太网接口在本地 TwinCAT 系统管理器中配置为实时的以太网设备
- 配置 1..n 个发布者 – 每个发布者作为一个独立的以太网帧发送，因此最多可包含 1500 字节
- 其中包含 1..n 个发布者变量，用于与任务/PLC 连接
 - 为每个发布者变量，传输其用户数据和诊断数据 [► 30]

在接收端，配置也是对应的。

EL66xx 还可以将多个发布者和订阅者作为同一个帧的数据进行处理

- 最多 32 个发布者和/或订阅者
- 每个传输方向（发布者或订阅者）的最大值如下：
 - 所有发布者：数据总量为 [► 30] 1024 字节
 - 所有订阅者：数据总量为 [► 30] 1024 字节

● 更新端子模块

i 上述数值适用于 EL6601/6614-0000-0018。版本 -0017 仅支持每个发布者/订阅者最多 300 字节。如果使用的是 -0017 端子模块，则可以通过更新到修订版 -0018 来达到上述规定值。请联系我们的技术支持。

通过适当的 EtherCAT 循环时间，并根据 EL66xx 中配置的发布者/订阅者的规模和数量，实时的周期可低至 500 µs 或以下。

EL6601、FW08、修订版 EL6601-0000-0018 的典型吞吐量值为

- 1 个 1000 字节的发布者，1 个 1000 字节的订阅者，同时双向操作：2 ms
- 1 个 100 字节的发布者，1 个 100 字节的订阅者，同时双向操作：300 µs

这两个特征值都是通过该示例程序  确定的。*.tsm 系统管理器文件需要使用 2.11 版以上的 TwinCAT。

以 EL6601 为例，说明作为发布者或订阅者的网络变量配置。此处 TwinCAT 2.10 和 TwinCAT 2.11 下的对话框略有不同。

以下有关 TwinCAT 系统管理器中 EL6601 对话框的说明同样适用于 EL6614。

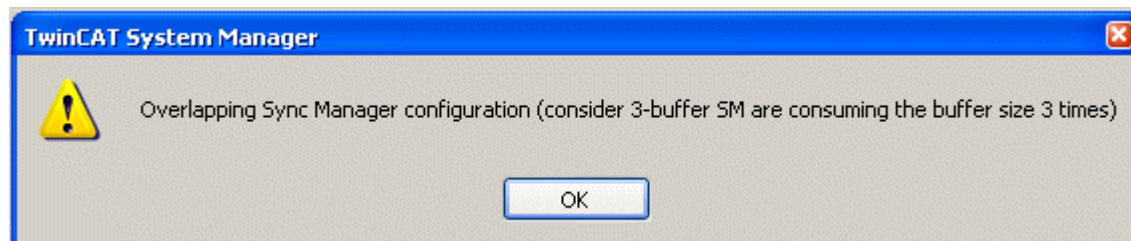
关于术语“数据总量”的说明

对于每个数据方向，从修订版 -0018 开始的 EL6601/EL6614 最多可传输 1024 字节的数据总量。数据总量包含用户数据（如 UDINT）和 EL66xx 的诊断数据。

诊断数据字节数计算公式

- 发布者方向：2 + ((发布者数量) * 2)
- 订阅者方向：2 + ((订阅者变量数) * 4)

如果配置的数据量超过 1024 字节，则在尝试激活时会出现相应的消息窗口：



附图 16: 关于超出配置数据量的通知

关于数据量的说明

EL66xx（从 FW07 开始的 EL6601，从 FW03 开始的 EL6614）有一个 8 千字节的数据内存，默认分配如下

类型	可用容量	操作模式	分配的内存
发件邮箱	1024 字节		1024 字节（固定）
收件邮箱	1024 字节		1024 字节（固定）
发布者	1024 字节	3倍缓存模式	3072 字节
订阅者	1024 字节	3倍缓存模式	3072 字节

如果应用程序需要更多的发布者或订阅者数据，则可相应修改 SyncManagers。邮箱无法修改。

有关此的文档

📄 https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el6601_el6614/Resources/17350688139.zip

2.5.2 系统管理器中的设置

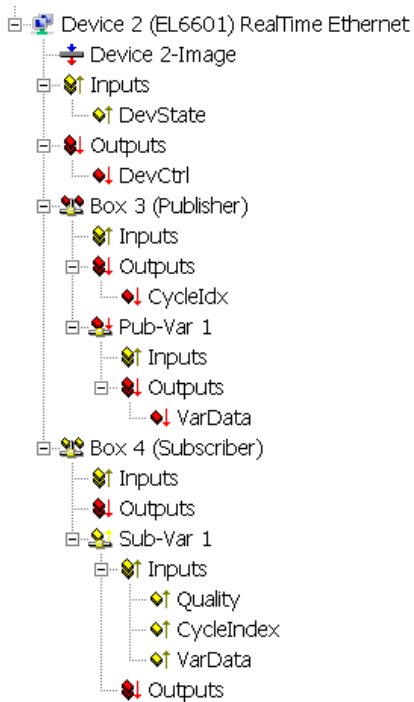


变量的显示

根据所用平台（PC 或 EL66xx）的不同，发布者/订阅者的显示方式也不同。可以这样创建一个发布者/订阅者：

- 在 PC 网络接口上，请参见 [Beckhoff 网络变量 – 设置 \[► 118\]](#)
- 在 EL66xx 上

下方示例说明了在 TwinCAT 2.10 下某个 EL6601 上如何设置发布者变量和订阅者变量（每个变量的大小为 16 位字）。



附图 17: EL6601 上的网络变量配置示例

过程数据：

- “CycleIdx”：必须由应用程序提供，才能在订阅者端进行评估
- “CycleIndex”：订阅者端的 CycleIdx 对应信息。
- “VarData”：要发送的数据。

2.5.3 注意

- 对于 EL66xx-RT 设备，TwinCAT 下不支持 RT 统计显示。
解决方案：作为替代方案，可读取相应的 CoE 参数用于诊断。
- EL66xx 不支持 “OnChangeOnly” 和 “DataExchange (divider/modulo)” 的发布者功能。
解决方案：[从 FW08 开始] DevCtrl 可以按周期禁止传输配置的发布者变量。
- 如果在 EL66xx 上设置了发布者，那么必须由用户处理发布者的 CycleIndex [► 118]。另一方面，在 PC 上，它们则由 TwinCAT 进行递增。
- 建议采用以下方法对网络变量连接进行诊断：
 1. 监控 RT 设备的 “DevState”（设备 --> 输入 --> DevState）中的连接状态。预期状态为 *DevState* = 0。
 2. 监控订阅者的 *Quality* 和 *CycleIndex*。
- EL66xx 中的连接 LED 指示灯仅表明电缆连接状态，而非可能存在的网络变量连接状态。
- 如果 EL66xx 只用于传输网络变量，则应禁用 ConnectToTcpStack [► 29]。
- 每个 EL66xx 最多允许发布者和订阅者各 32 个。

2.5.4 阻止发布者

适用于：2.11 版本以上的 TwinCAT、FW08 以上的 EL6601、FW04 以上的 EL6614

如果 EL66xx 运行的循环时间较短，且配置了发布者，则会对相连网络造成较大负荷。因此，可以通过 *DevCtrl* 变量配置 EL66xx，从而阻止个别发布者的传输。为此，必须在 CoE (CanOpenOverEtherCAT) 中使用对象 0xF800:02。

可以通过设置适当的位（发布者帧）来阻止若干组的发布者。0xF800:02 最上面的 4 位（高字节的高位小字节）指定了组 1...15 的颗粒度，即多少个发布者帧作为一个组一起处理：

然后，*DevCtrl*（格式：16 位）的上 8 位会在当前周期阻止位于相应组中的发布者帧传输。

DevCtrl 的高字节：

- 0 = 无阻塞
- $n = DevCtrl$ 中的每一位对应一组 n 个发布者，其中 n 的取值范围为 [1...31]

因此，最多只能阻止 8 组发布者。

示例：

$DevCtrl.10 = true$ 并且 $0xF800:02 = 0x2000$ 表示在此 PLC 周期中将阻止第三组。一个组包含 2 个发布者帧，这意味着在这种情况下，位于发布者帧 5 和 6 中的所有发布者变量都不会被传送。

注意

阻止个别发布者

作为系统管理器中的发布者项，“发布者”的结构是

- 一个以太网帧，包含
- n 个发布者

DevCtrl 中的每个位分别阻止一组发布者帧。

例如，可以使用 Wireshark 等网络监控器来观察这种方法达到的效果。



CoE 的修改

如果 CoE 内容是可写的，则可使用 TwinCAT 系统管理器在线更改。但是，在重启端子模块或 EtherCAT 系统后，这一更改将不再保留；默认值将生效。由此可得，任何永久性更改都必须存储在端子模块的 CoE 启动列表中。

注：在本文档中，位计数从 0 开始：value.0、value.1、...

2.5.5 过滤订阅者

适用于：2.11 版本以上的 TwinCAT、FW08 以上的 EL6601、FW06 以上的 EL6614

根据以太网网络的配置方式，网络中 EL66xx 设备收到的有用发布者报文可多可少。开始，EtherCAT 主站会配置 EL66xx 将要接收的订阅者变量：源 AMS Net ID 和变量 ID 被加载到对应每个订阅者的 CoE 中。然后，CoE 对象 $0x60n0:01$ 和 $0x60n0:02$ 分别包含要检查的 *AmsNetId* 和变量 ID。这样 EL66xx 设备就可以根据传入的发布者 ID，将其与自己的订阅者 ID 进行比较，从而进行过滤。为此，接收到的以太网帧中包含的发布者变量将被分解并逐个检查。

如果传入订阅者

- 与配置的 AMS Net ID 和变量 ID 一致，那么便会通过 PDO 将内容传输到 EtherCAT。
- 如果与上述信息不符，则按标准将内容传输到非周期性的邮箱接口，再传输到主站。

这是 EL66xx 的标准设置。

第二种方式会产生较高的非周期性 EtherCAT 传输负载，因为 EL66xx 接收到的订阅者传输的是根本不应该由这个 EL66xx 传输的内容。因此，订阅者过滤器可通过 **CoE 条目 $0xF800:02 = 0x0100$ (位 8 = TRUE) 激活**。与 *AmsNetId/Variables ID* 过滤器不一致的订阅者数据就会在端子模块中被丢弃，不会传输到邮箱。



过滤订阅者

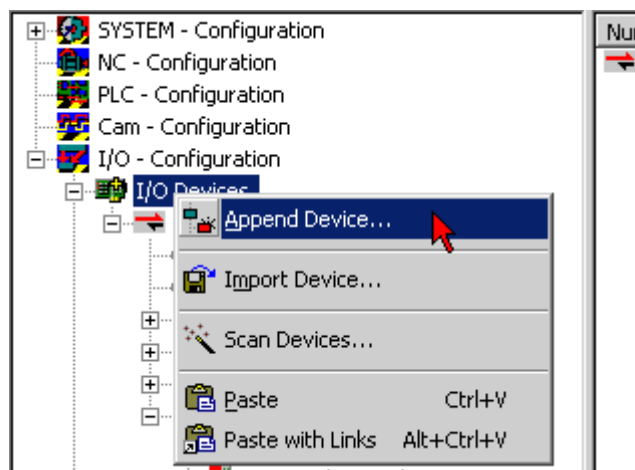
建议激活订阅者过滤器。

由于 EL66xx 需要在每次 INIT-OP 转换时重新初始化，因此必须在启动列表中设置指定的 CoE 条目。

注：在本文档中，位计数从 0 开始：value.0、value.1、...

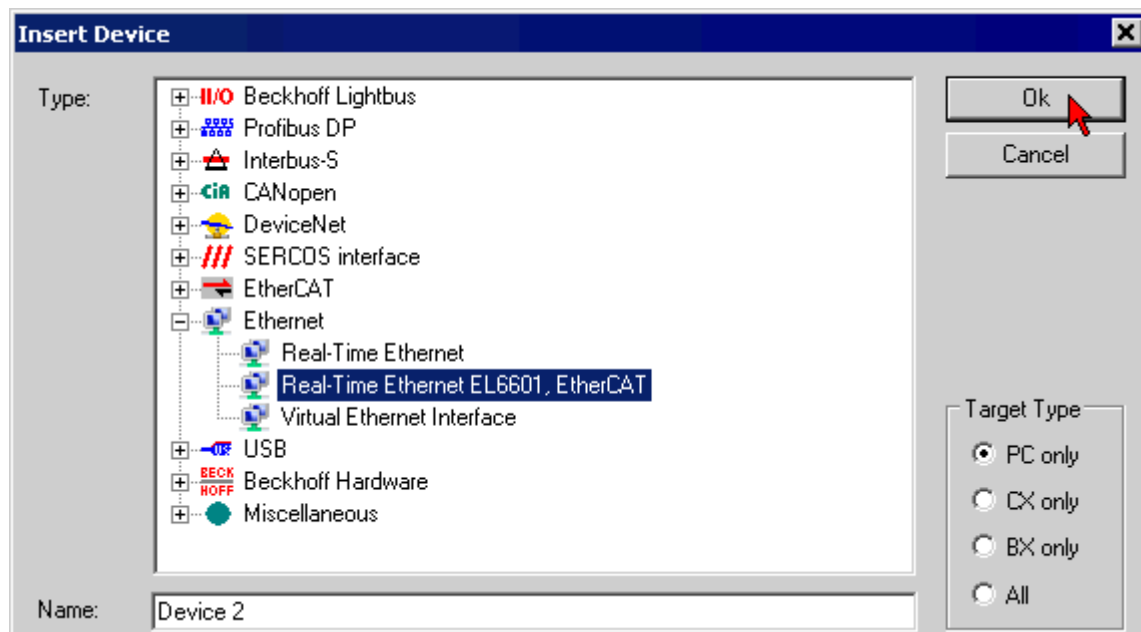
2.5.6 TwinCAT 2.10 中的设置

EtherCAT 总线及其设备配置完成后，就要在配置树中添加一个单独的设备 EL6601。



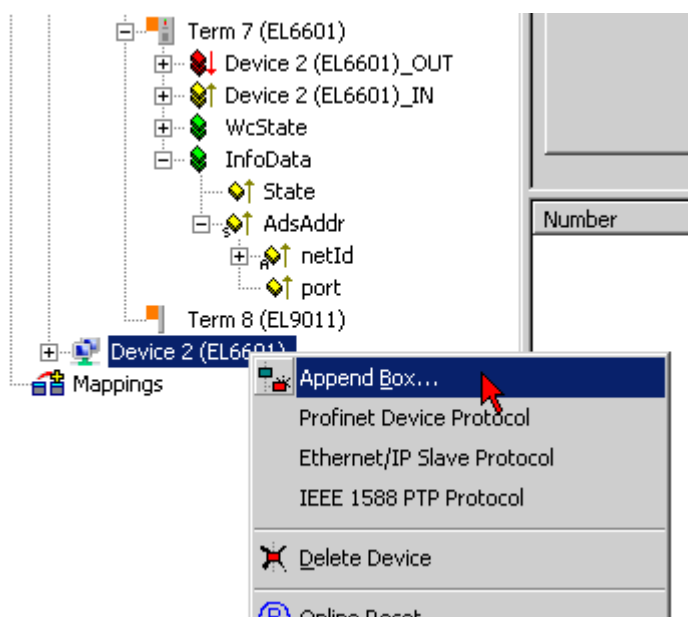
附图 18: 添加设备

在选择对话框中，提供了一个 EL6601 作为实时的以太网设备。使用 EL6614 时，也必须在此处选择 EL6601。

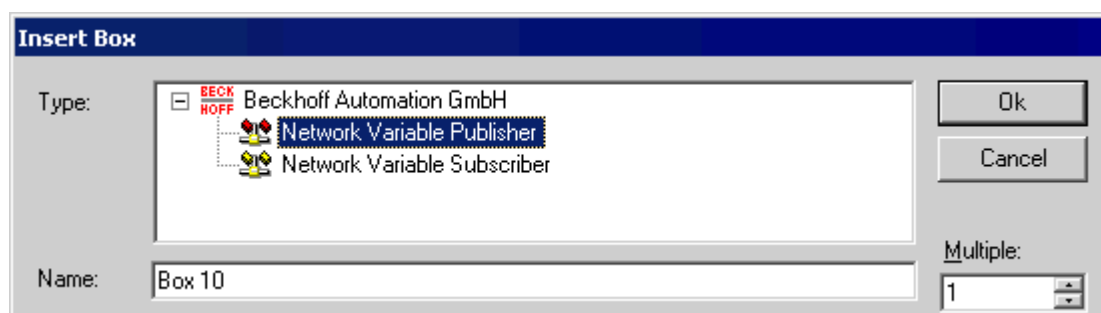


附图 19: 选择 EL6601

现在，EL6601 上添加了一个虚框，作为发布者或订阅者。

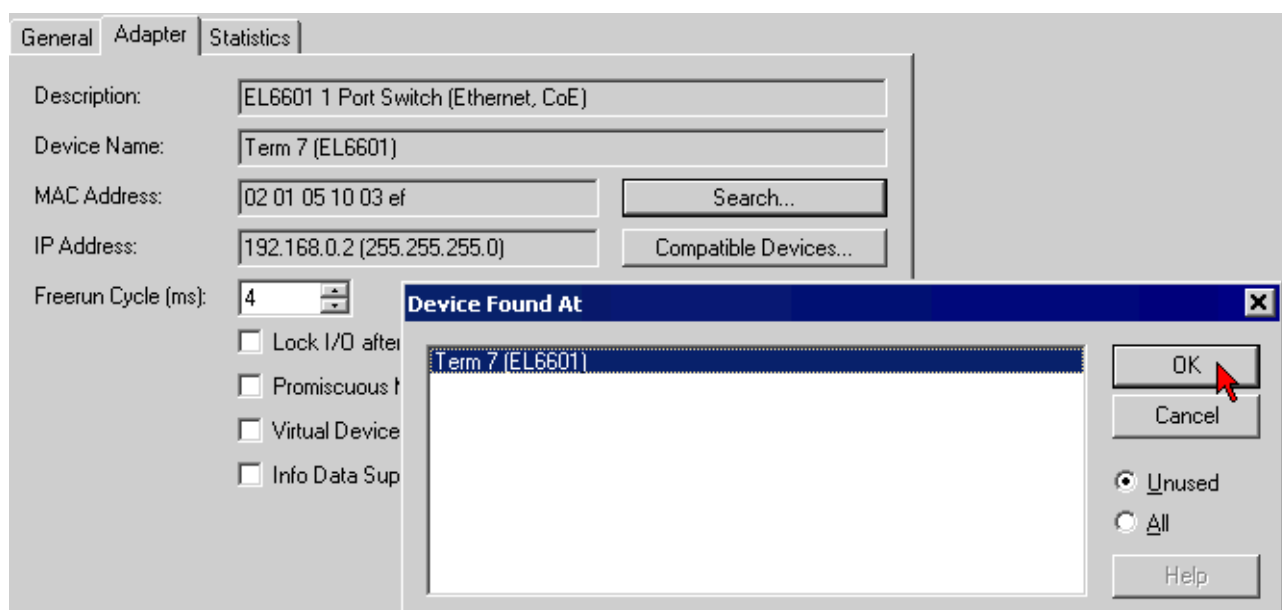


附图 20: 添加节点



附图 21: 添加网络变量

在选择对话框（“适配器”选项卡 -> “搜索...”）中，“EL6601 设备”现已关联至实际的 EL6601 或 EL6614。

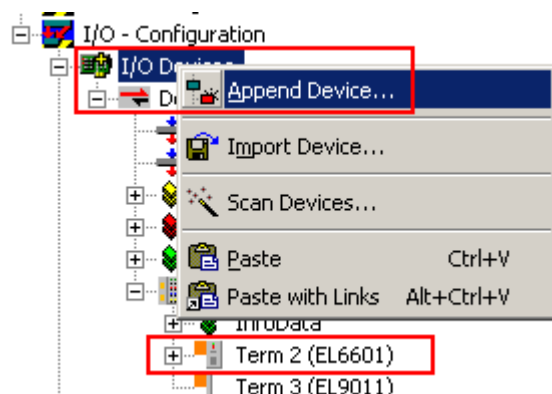


附图 22: 将设备与 EL6601 关联

所有后续步骤均按前几节所述执行。

2.5.7 TwinCAT 2.11 中的设置

如果 EtherCAT 配置是手动创建或从现场自行扫描的，则现在可以将 EL66xx 配置为网络变量的发送器/接收器。



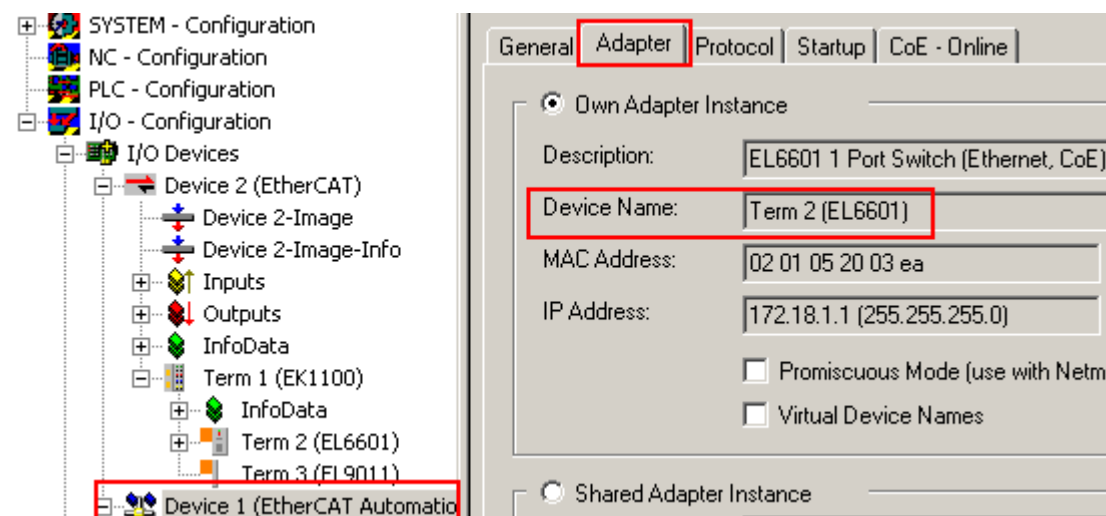
附图 23: 添加新设备

在设备对话框中选择 EtherCAT 自动化协议：



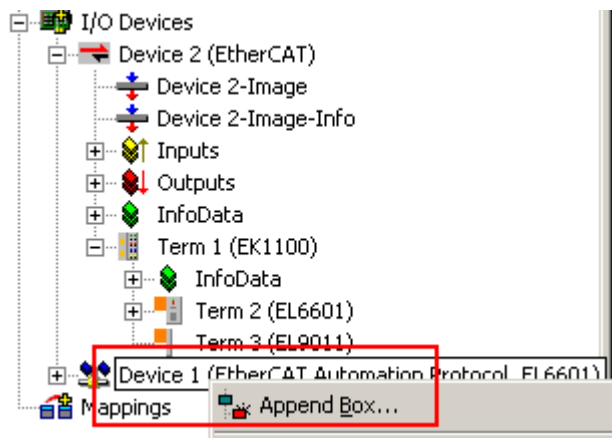
附图 24: 选择 EtherCAT Automation Protocol

新设备会自动分配至可用的 EL66xx，也可手动分配：



附图 25: EL66xx 的设备分配

现在必须创建发送器/接收器的变量：



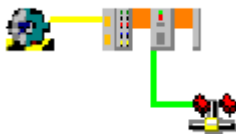
附图 26: 添加节点

每个 EtherCAT 自动化协议设备可创建多个发布者和订阅者。



附图 27: 发布者/订阅者

EtherCAT 自动化协议设备在拓扑结构视图中显示如下：

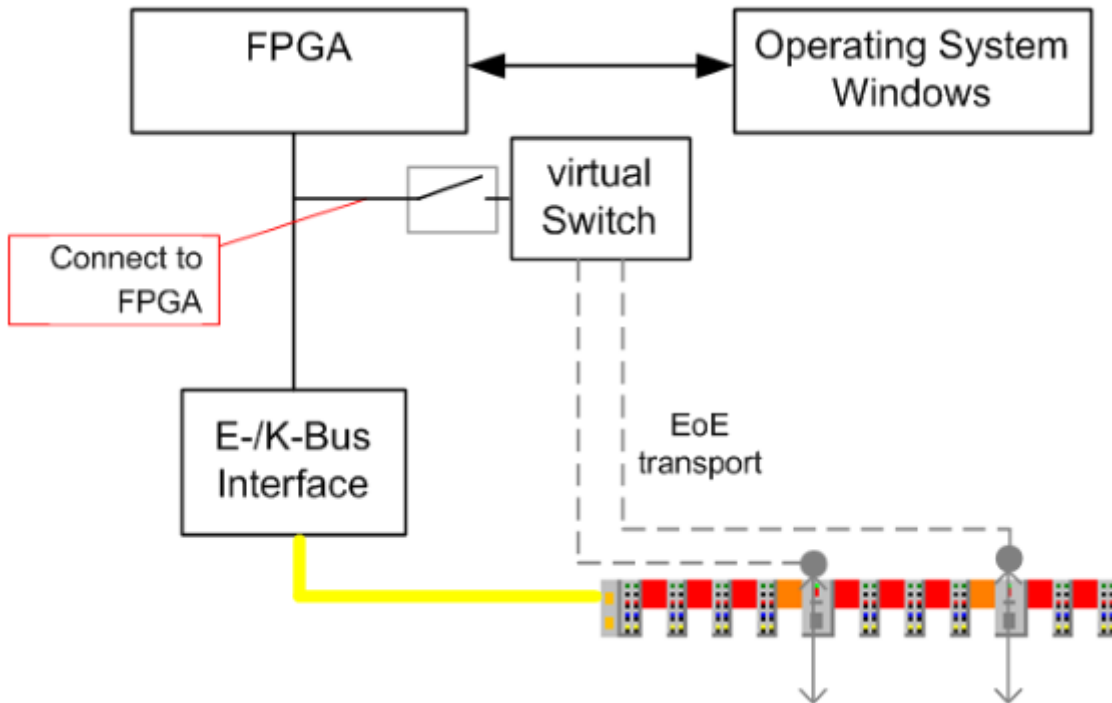


附图 28: 拓扑结构视图

所有后续步骤均按前几节所述执行。

2.6 在 CX20x0 和 CX50x0 系统中的配置

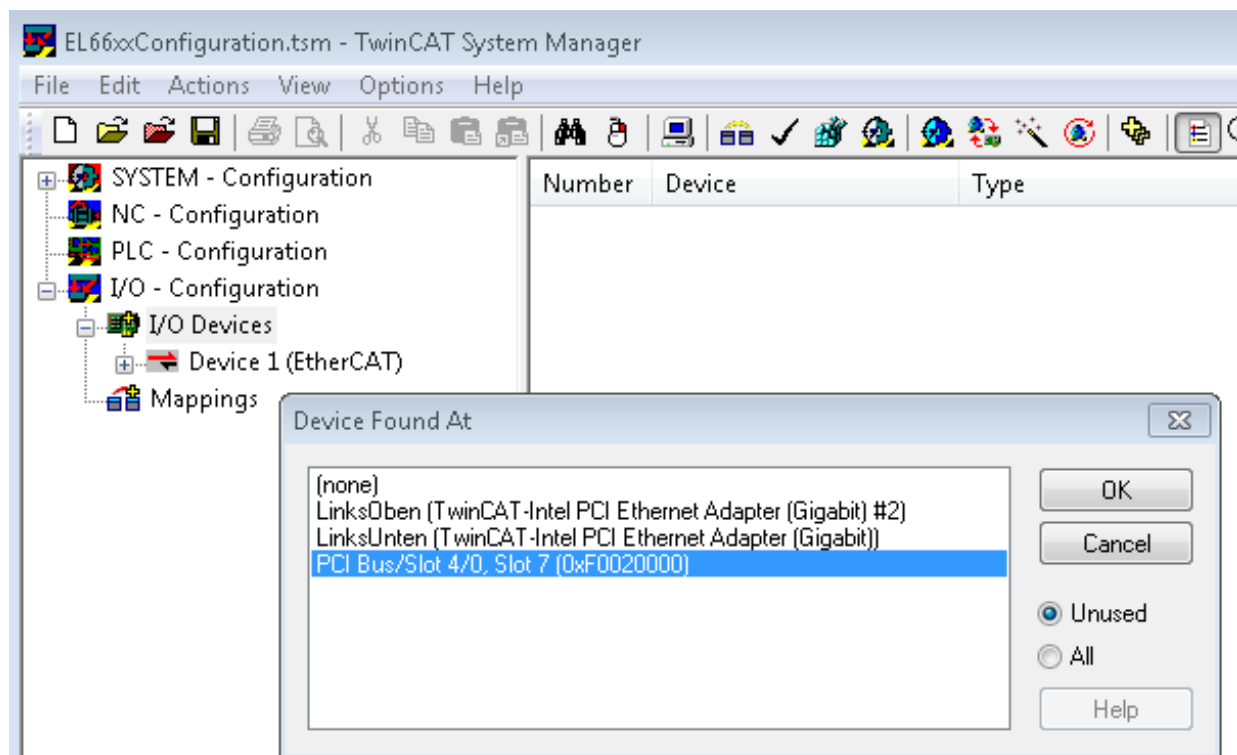
CX20x0 和 CX50x0 系列的嵌入式 PC 集成了特殊的 I/O 接口，可以自动切换 E-bus 和 K-bus。TwinCAT 系统中的 EL66xx 设备通常显示为虚拟交换机，将 EtherCAT 系统作为“骨干网络”。在 CX20x0 和 CX50x0 系统中，内部接口连接不是通过网络接口实现的，而是通过 FPGA 实现的。



附图 29: CX20x0 和 CX50x0 系统中的虚拟 TwinCAT 交换机

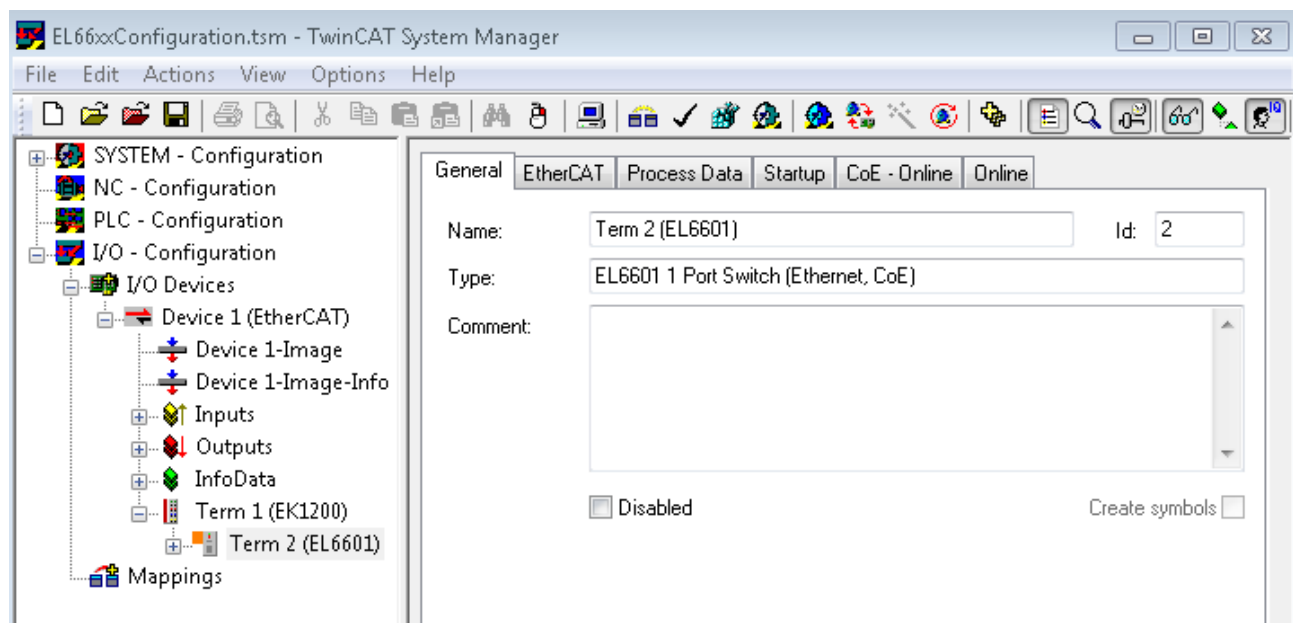
由于通过 FPGA 进行内部连接并自动检测 E-bus 和 K-bus，因此在离线配置的情况下，以太网端口只有在激活配置后才会显示。脱机配置以太网端口的步骤如下：

- 由于 E-bus 和 K-bus 可自动切换，因此连接的任何端子模块都应当前总线相匹配
- 脱机配置过程中会检测到内部 PCI 端口，必须选择该端口



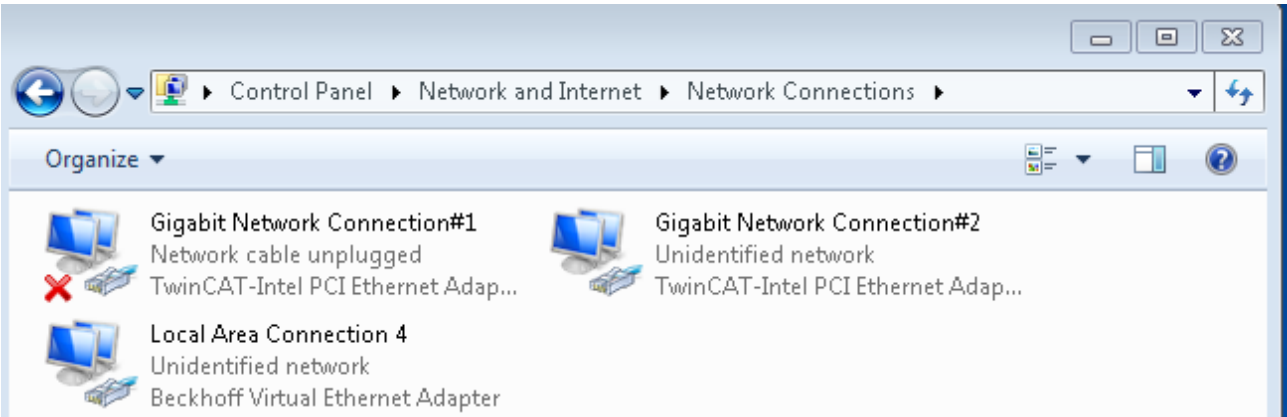
附图 30: 选择 PCI 端口的对话框

- 可以创建客户指定的配置，并将 EL66xx 插入配置中



附图 31: 在配置中插入 EL66xx

- “重新加载 I/O 设备” (F4) 后会检测到以太网端口，然后显示在网络连接下
- 作为“局域网连接 4”



附图 32: Windows 网络连接中的新网络“局域网连接”

- 现在可以根据需要对端口进行配置。应用并保存设置。即使端口再次消失，设置也会保留，以便后续调试。

如果问题仍然存在，即 EL66xx 的以太网端口仍然无法显示在网络连接中，请参见下方故障排除提示。请遵循这些提示和所列对策。

前提条件

检查以下各项：	
虚拟以太网交换机未启用	检查虚拟交换机设置 [► 28]和相应注释
同时安装了 TwinCAT2 和 TwinCAT3	可能存在驱动程序冲突，请联系倍福支持人员

3 基本通讯

3.1 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](#)。

3.2 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

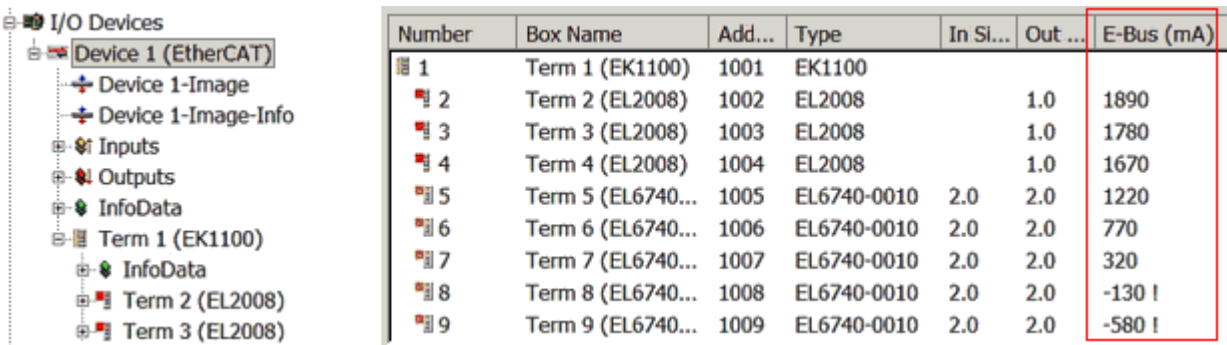
用于连接 EtherCAT 设备的合适电缆可参见[倍福公司网站](#)！

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。



附图 33: 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!

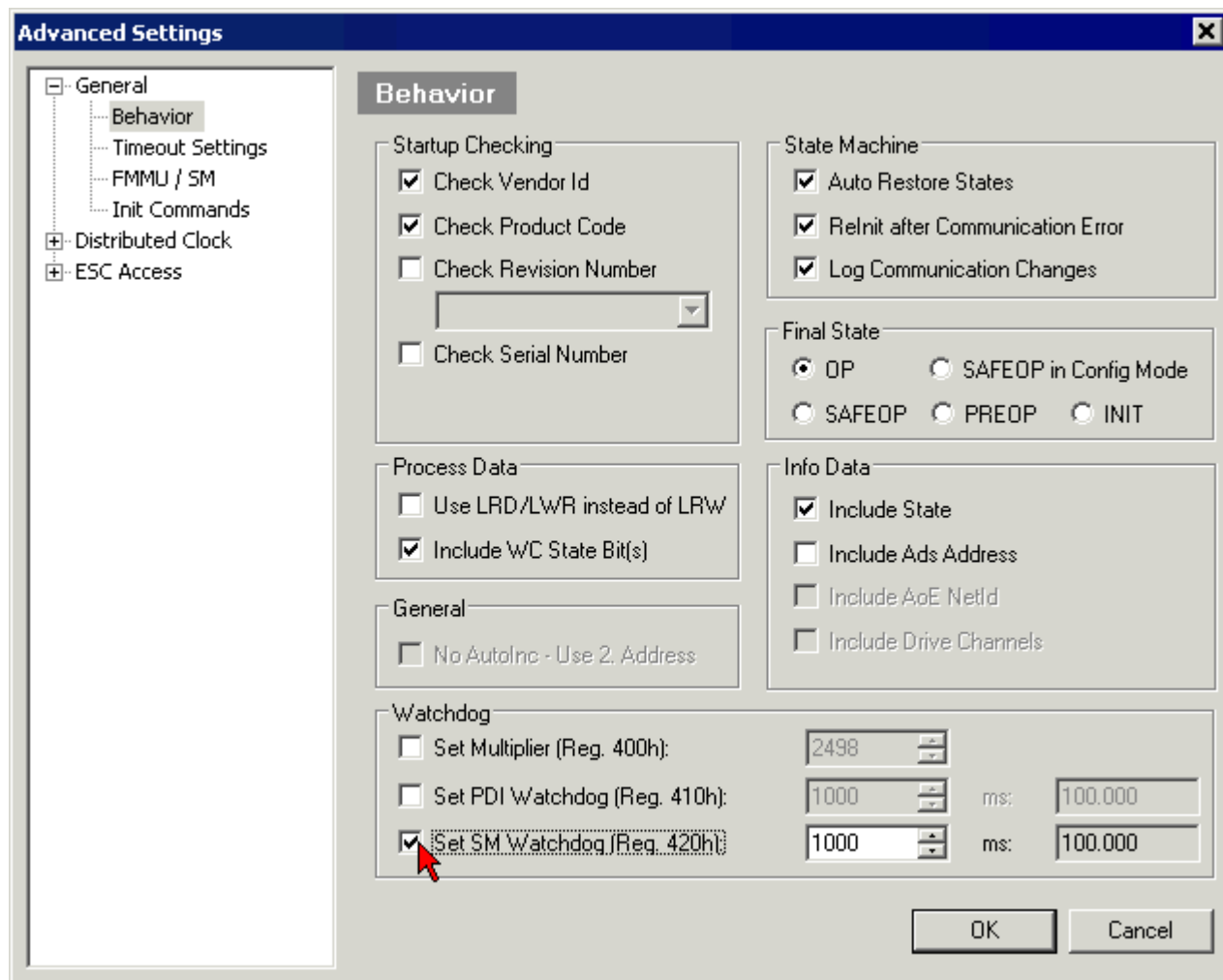
3.3 设置看门狗的一般注意事项

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 34: 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（SyncManager 看门狗）

SyncManager 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，SyncManager 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。

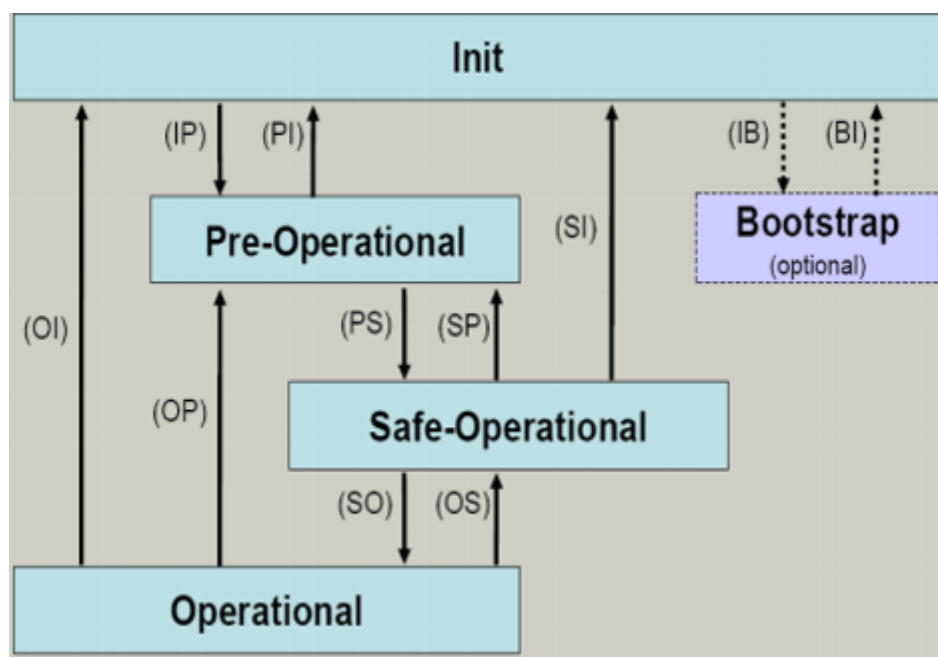
3.4 EtherCAT 状态机

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 35: 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

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。

3.5 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。

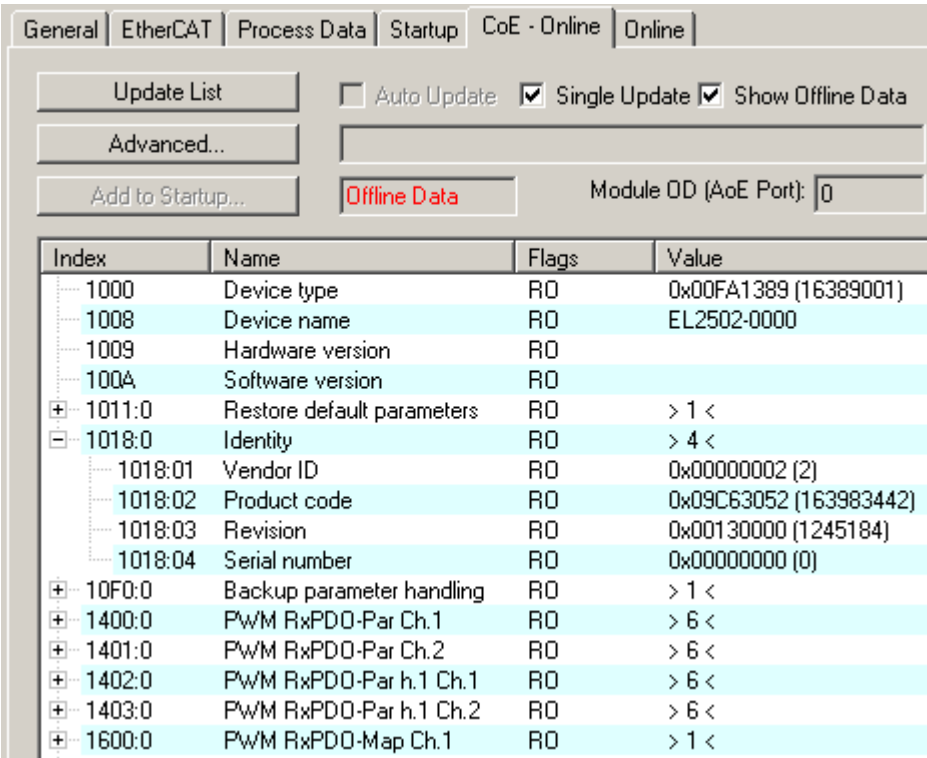
其他重要的范围是：

- 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 36: “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。

● **数据管理**

i 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。

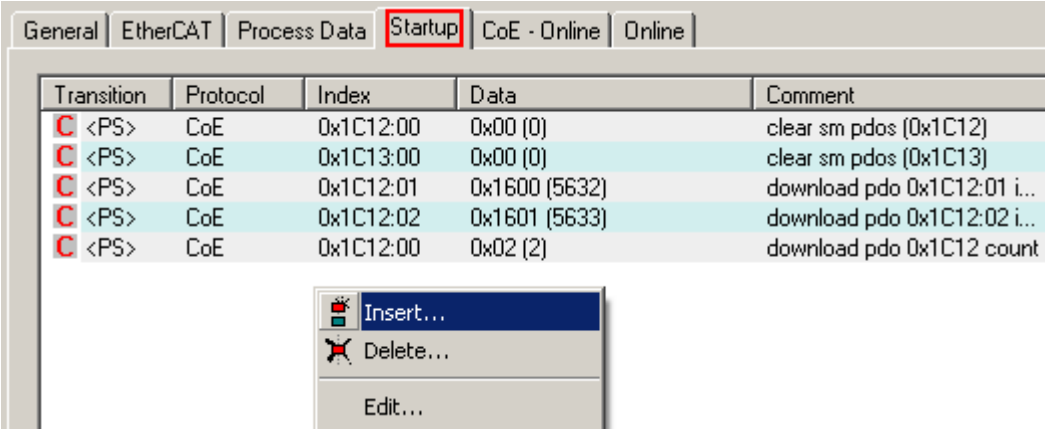
● **Startup List**

i 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 37: 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。

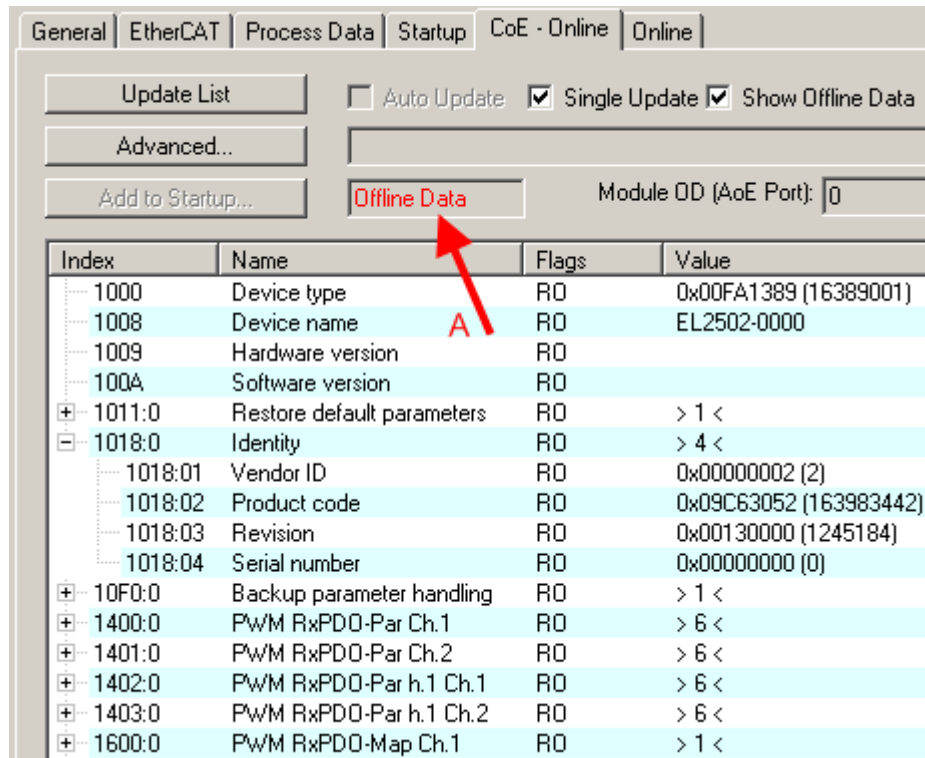
online/offline列表

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。

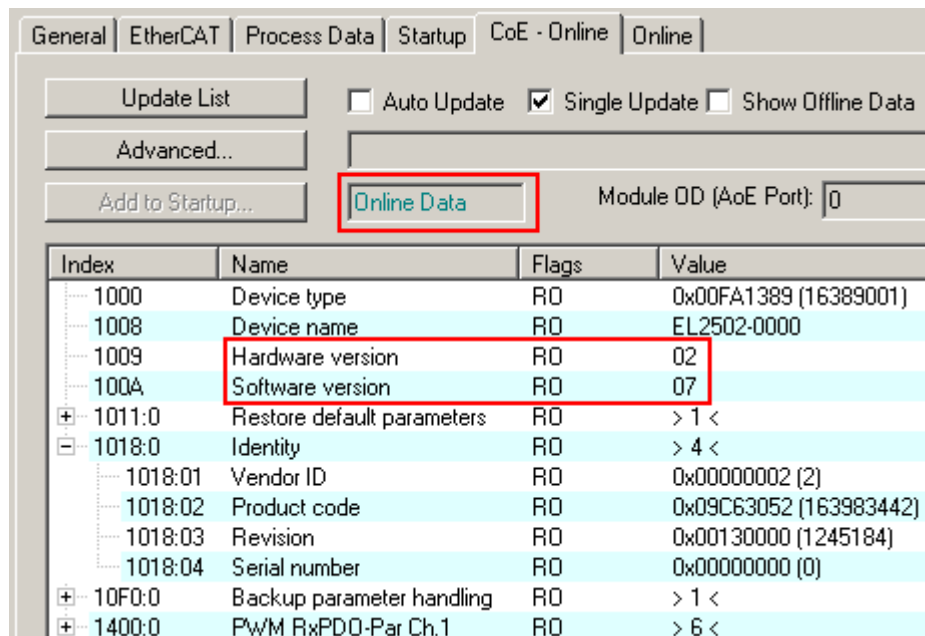
- 如果从站处于离线状态
 - 显示 ESI 文件中的离线列表。此时修改 CoE 参数是没有意义的，也无法进行。

- 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 38: 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 39: 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](#)。

3.6 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](#)。

4 安装和接线

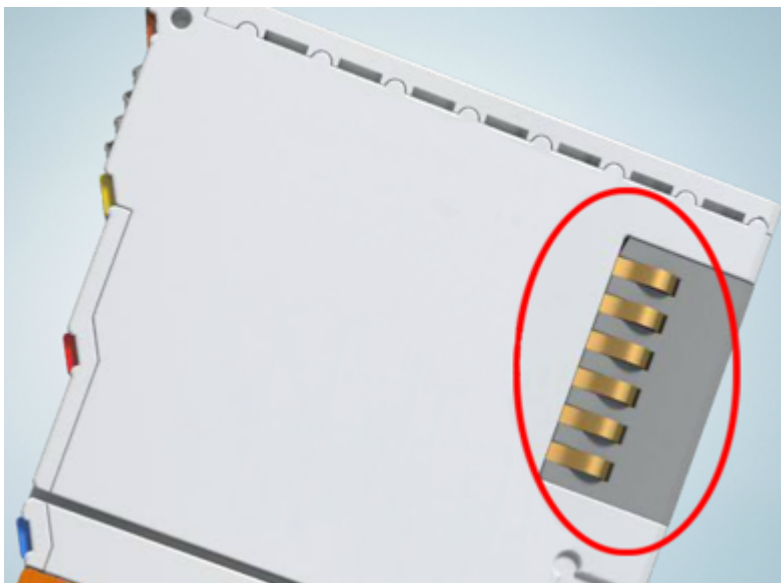
4.1 静电防护的说明

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 40: 倍福 I/O 组件的弹簧触点

4.2 防爆

4.2.1 ATEX - 特殊条件 (扩展温度范围)

⚠ 警告

在潜在爆炸性区域使用具有扩展温度范围 (ET) 的 Beckhoff 现场总线组件，请遵守防爆 ATEX 指令 (2014/34/EU) 的特别规定！

- 经认证的组件应当安装在一个合适的外壳中，保证按照 EN 60079-15 标准至少达到 IP54 的防护等级！应当按此标准考虑使用过程中的环境条件！
- 关于防尘 (仅指证书编号为 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)：考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在一个合适的外壳中，对于 IIIA 组或 IIIB 组提供符合 EN 60079-31 标准的 IP54 防护等级，对于 IIIC 组则提供 IP6X 的防护等级！
- 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使用具有扩展温度范围 (ET) 的 Beckhoff 现场总线组件时，请遵守相关标准允许的环境温度范围 -25 至 60°C！
- 必须采取措施，防止因瞬时干扰电压而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，才能调整地址拔码和 ID 开关！

标准

符合下列标准规定，满足基本健康和安全管理要求：

- EN 60079-0:2012+A11:2013
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013 (仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版)

标志

经过 ATEX 指令认证的适用于潜在爆炸性区域的扩展温度范围 (ET) Beckhoff 现场总线组件带有以下标记：



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA IIC T4 Gc Ta: -25 ... +60°C
II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135°C Dc Ta: -25 ... +60°C
 (仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

或



II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA nC IIC T4 Gc Ta: -25 ... +60°C
II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135°C Dc Ta: -25 ... +60°C
 (仅适用于证书编号 KEMA 10ATEX0075 X，第 9 版的现场总线组件)

4.2.2 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 60079-15 标准至少达到 IP54 的防护等级！
- 关于防尘 (仅指证书编号为 IECEx DEK 16.0078X，第 3 版的现场总线组件)：
考虑到设备使用的环境条件，设备应安装在一个合适的外壳中，对于 IIIA 组 或 IIIB 组提供符合 EN 60079-31 标准的 IP54 防护等级，对于 IIIC 组则提供 IP6X 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，满足基本健康和安全要求：

- EN 60079-0:2011
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013 (仅适用于证书编号 IECEx DEK 16.0078X，第 3 版)

标志

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记：

现场总线组件的标记，证书编号为 IECEx DEK 16.0078X，第 3 版：
IECEx DEK 16.0078 X
Ex nA IIC T4 Gc
Ex tc IIIC T135°C Dc

具有新版本证书的现场总线组件的标记：
IECEx DEK 16.0078 X
Ex nA IIC T4 Gc

4.2.3 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！

4.2.4 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

4.2.5 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！

4.3 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：



4.4 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。

4.5 安装和拆卸 - 正面带拆卸手柄的端子模块

端子模块借助 35 mm 安装导轨（如安装导轨 TH 35-15）固定在装配面上。



安装导轨的固定

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。如果导轨的安装孔位刚好在端子模块和耦合器的正下方，应该使用安装面平齐的方式（如沉头螺钉或盲孔铆钉）。

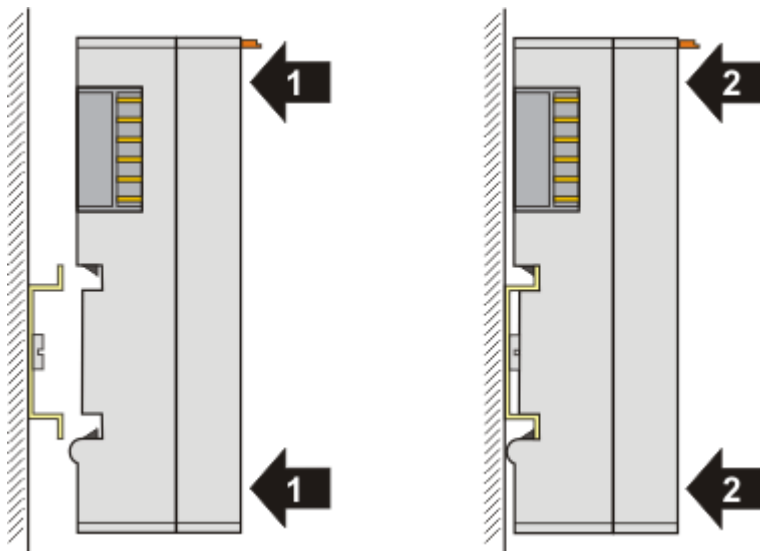
⚠ 警告

有触电和损坏设备的危险！

在开始安装、拆卸或给总线端子模块接线之前，总线端子模块系统应当处于安全、断电的状态！

安装

- 将安装导轨安装到预定的装配位置。

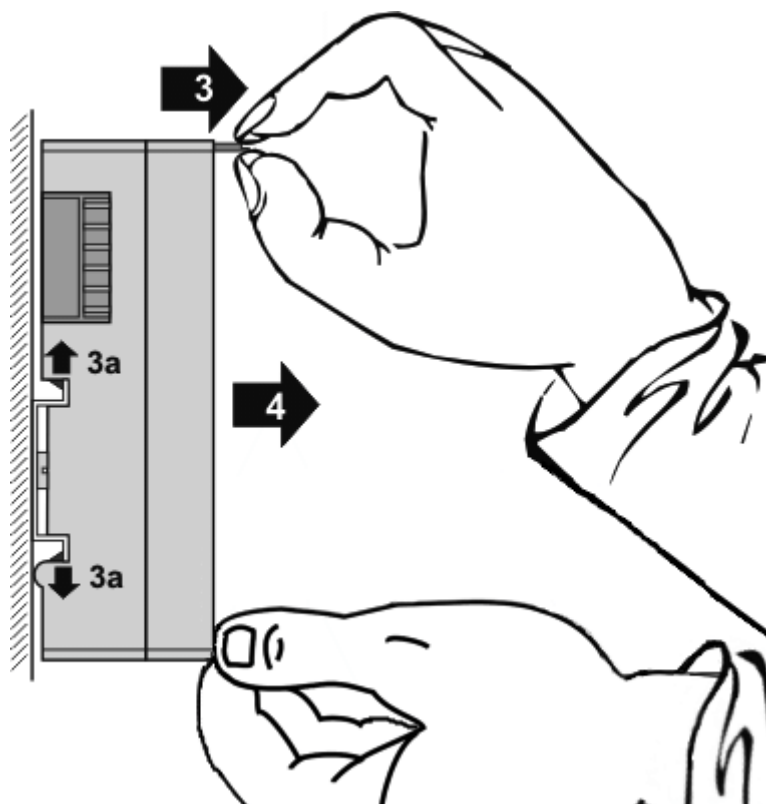


然后将接线端子模块向安装导轨上按压（1），直至模块在安装导轨上锁紧（2）。

- 连接电缆。

拆卸

- 拆除所有电缆。
- 用拇指和食指抽出解锁钩（3）。内部机构将两个锁耳从顶帽导轨拉回接线端子模块（3a）。



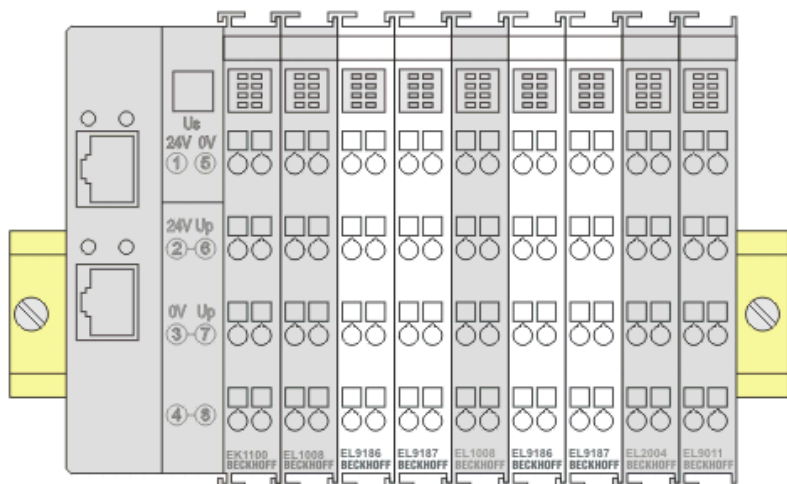
- 从安装面上拔下端子模块（4）。
避免模块倾斜；如有必要，应以另一只手稳住模块。

4.6 无通讯模块的安装位置

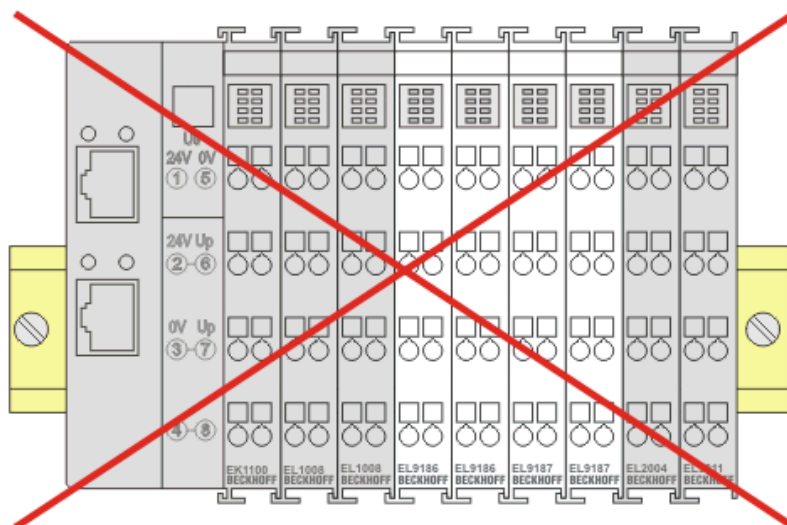
● 关于总线端子 I/O 站中无通讯模块安装位置的提示

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 (ELxxxx / ESxxxx)，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 41: 正确的安装位置



附图 42: 错误的安装位置

4.7 屏蔽说明

注意

通过外部屏蔽连接实现低阻屏蔽

EL66xx 的屏蔽层通过电容连接方式连接至安装导轨。

如果希望或需要低阻屏蔽，则必须将屏蔽层连接到外部屏蔽支架上（如通过用于屏蔽连接的固定支架 ZB5800）。

4.8 安装位置

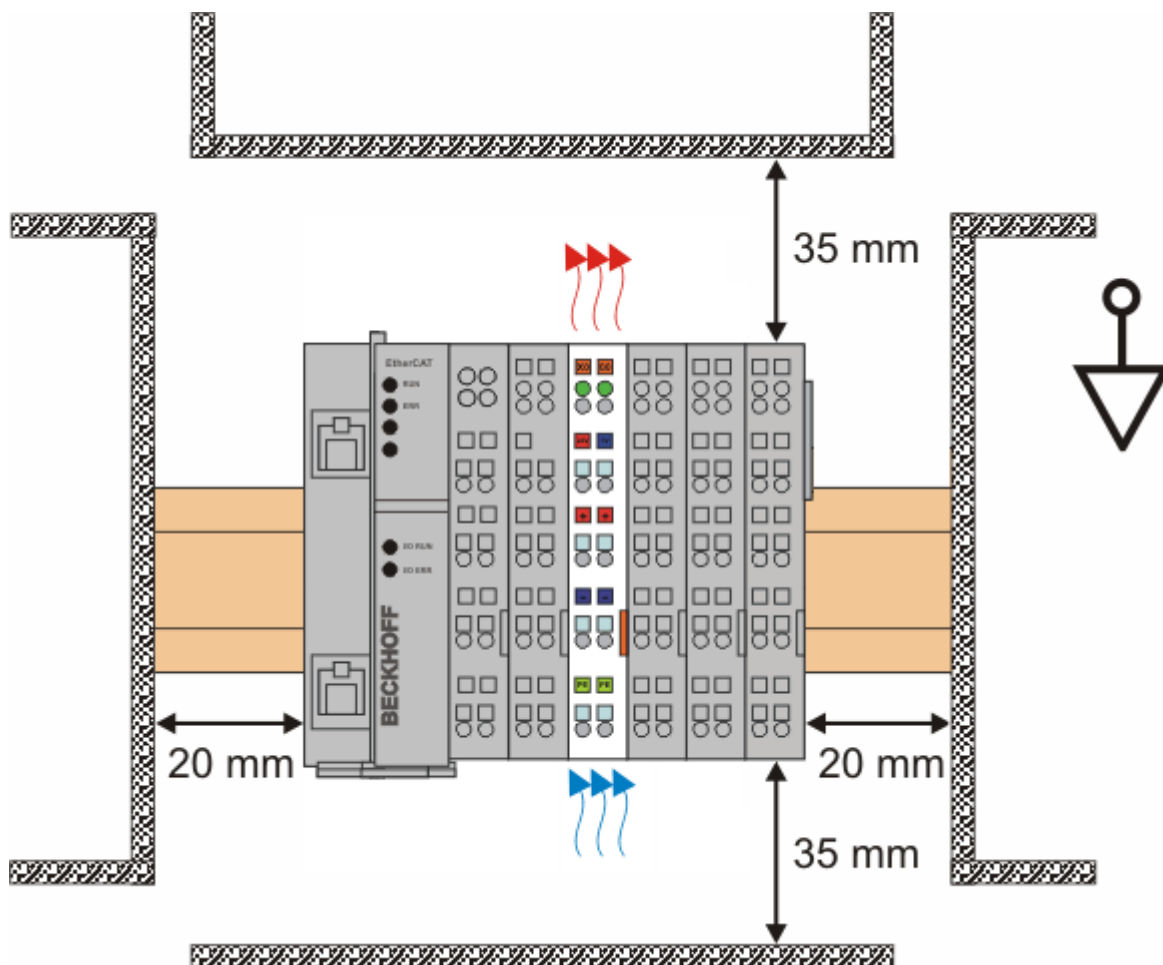
注意

关于安装位置和工作温度范围的限制

请参考端子模块的技术数据，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。在安装高功率耗散的端子模块时，确保在端子模块上方和下方的其他部件之间保持足够的间距，以保证充分的通风！

最佳安装位置（标准）

最佳的安装位置是安装导轨水平安装，EL/KL 端子模块接线的一面朝前（见图 *标准安装位置的推荐距离*）。从端子模块的下面通风，通过对流实现电子元件的最佳冷却。“从下面”是指相对于重力方向而言。



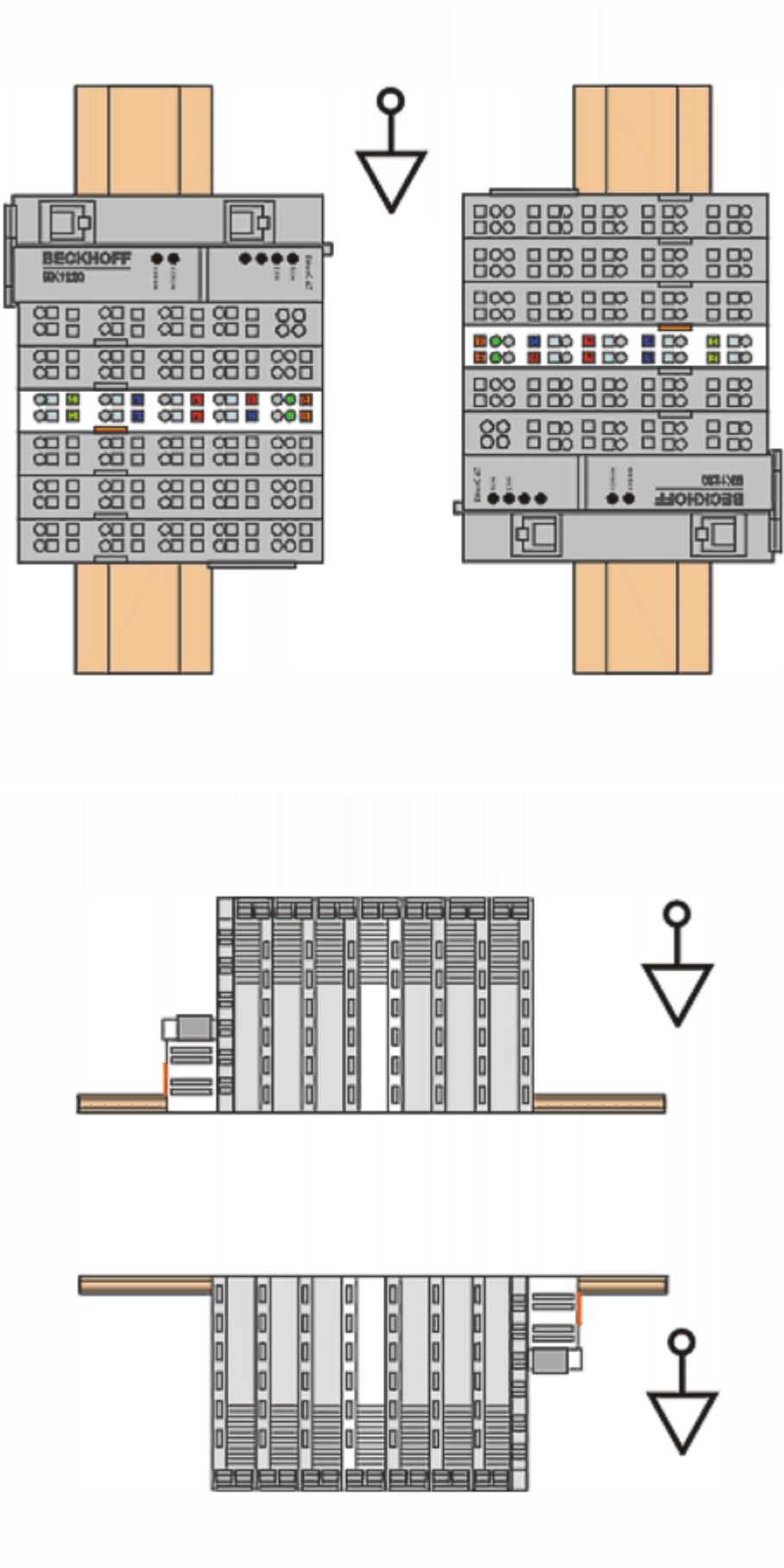
附图 43: 标准安装位置的推荐距离

建议遵守图 *标准安装位置的推荐距离* 中所示的距离。

其他安装位置

所有其他安装位置的特点是安装导轨的空间布局不同，参见图 *其他安装位置*。

上面规定的与其它部件的最小距离也适用于这些安装位置。



附图 44: 其他安装位置

4.9 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。

5 调试

5.1 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>。

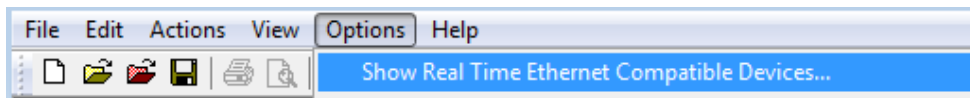
5.1.1 TwinCAT real-time 实时驱动程序的安装

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：

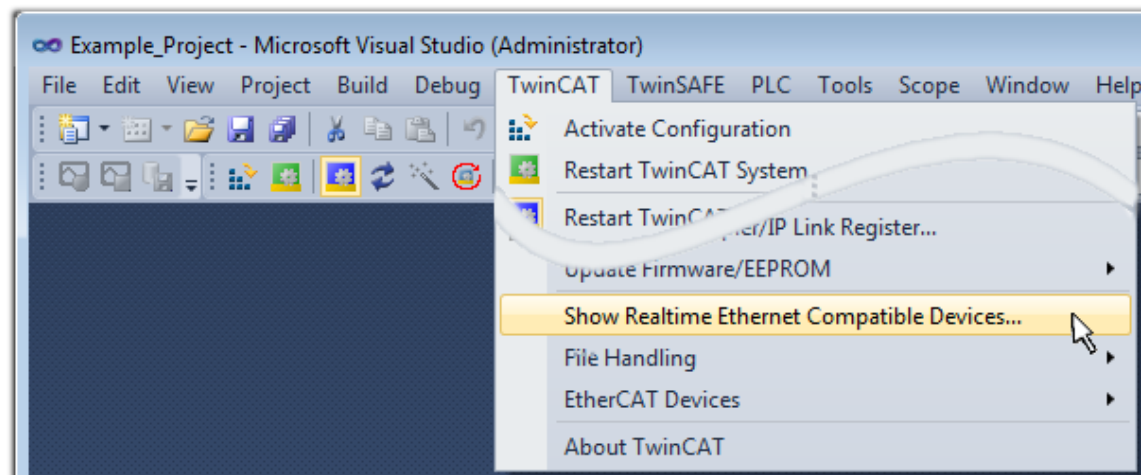
A: 通过 TwinCAT 适配器对话框

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。



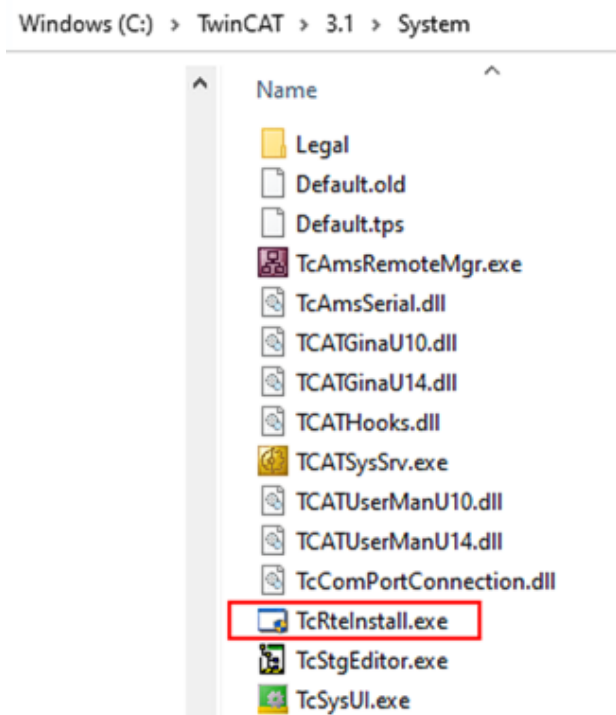
附图 45: System Manager “选项” (TwinCAT 2)

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



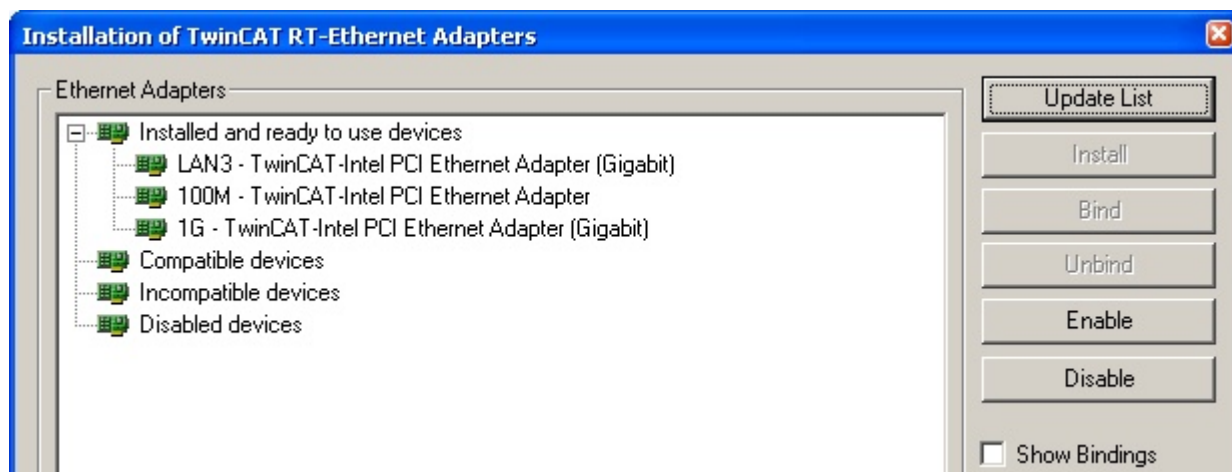
附图 46: 在 VS Shell 下调用 (TwinCAT 3)

B: 通过 TwinCAT 目录下的 TcRtelInstall.exe



附图 47: TwinCAT 目录下的 TcRtelInstall

两种情况下均出现以下对话框：



附图 48: 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。

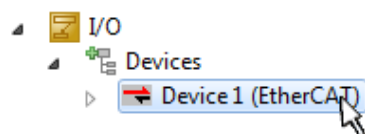
关于未签名驱动程序的 Windows 警告可以忽略。

或者，首先可以插入一个 EtherCAT 设备，如离线配置创建 [▶ 74] 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：

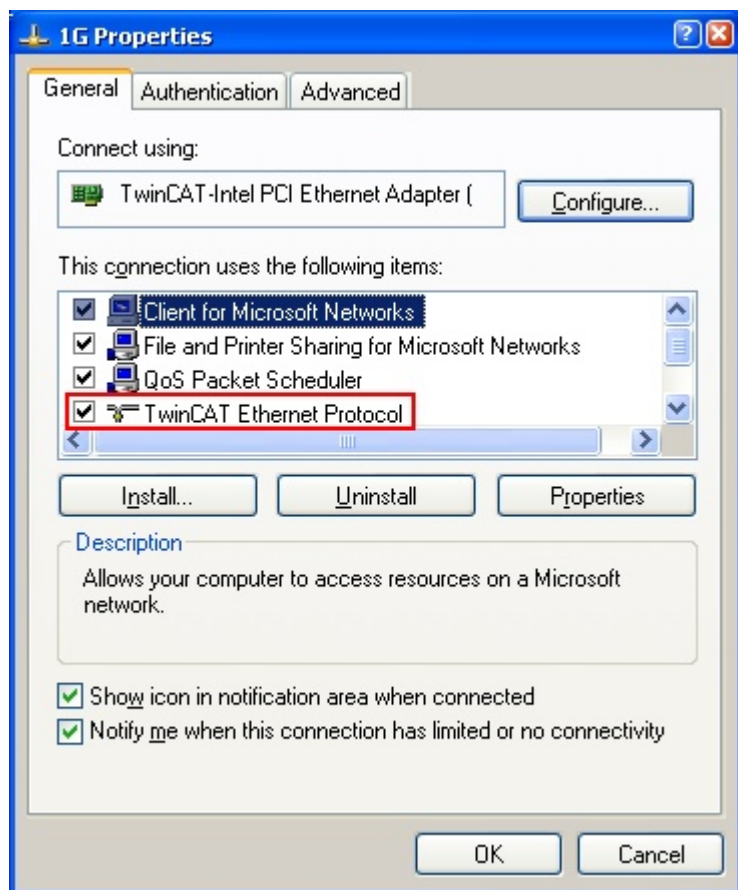


附图 49: EtherCAT 设备属性（TwinCAT 2）：点击“Adapter”选项卡的“Compatible Devices...”

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：

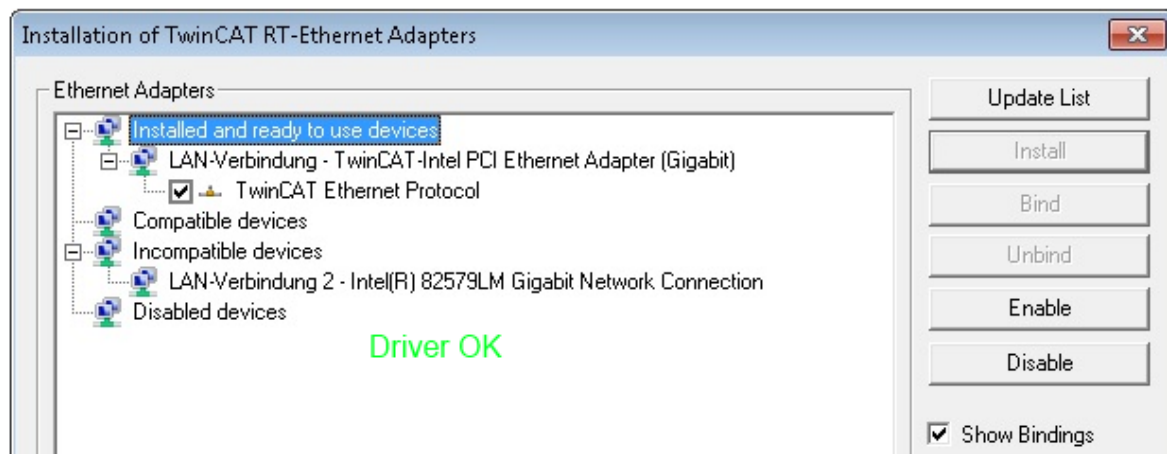


安装后，Windows 的网络接口概览中显示驱动程序已激活（Windows 开始→系统属性→网络）



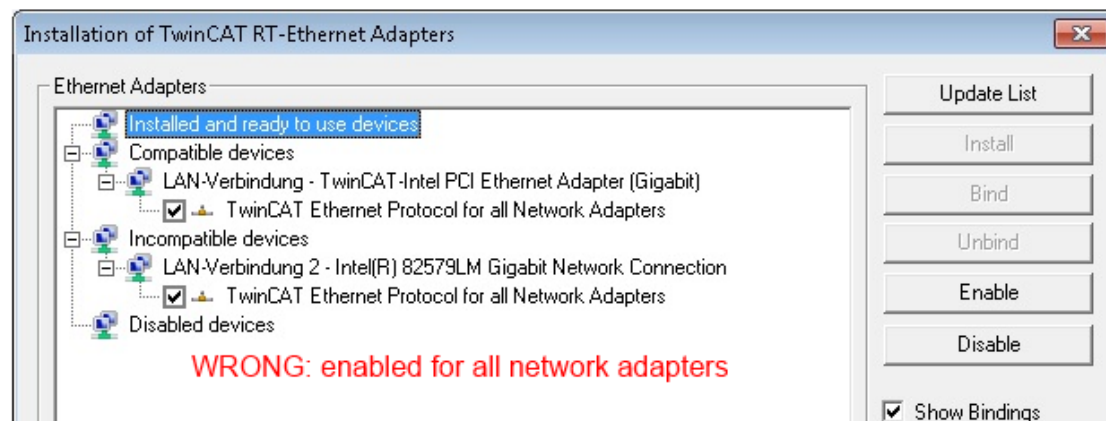
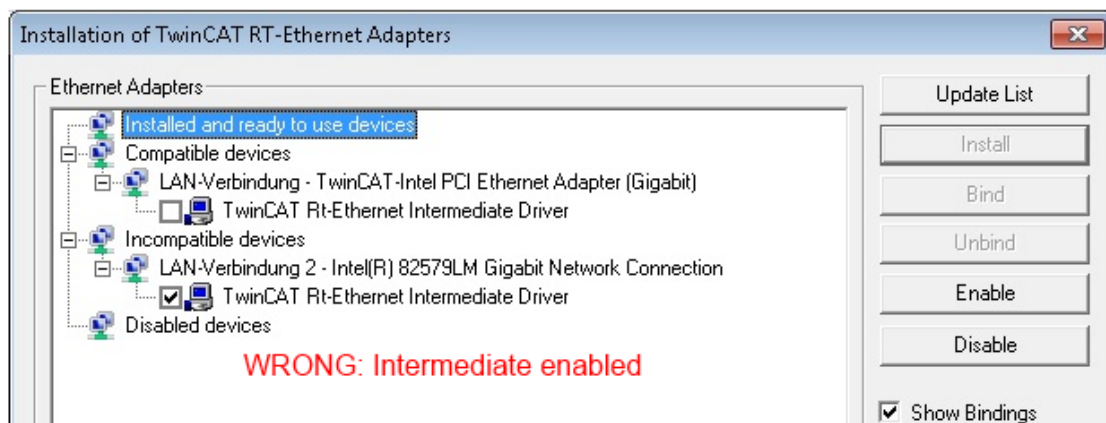
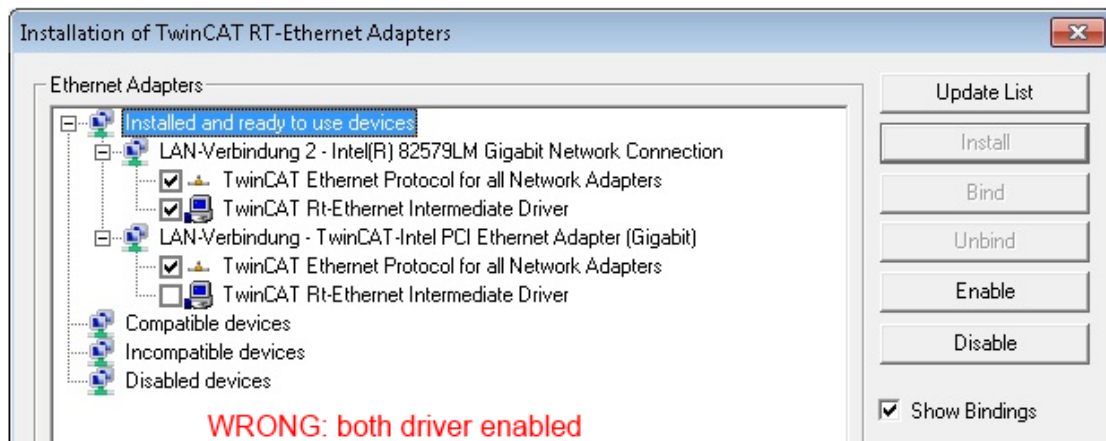
附图 50: Windows 的网络接口属性

驱动程序的正确设置如下：



附图 51: 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：



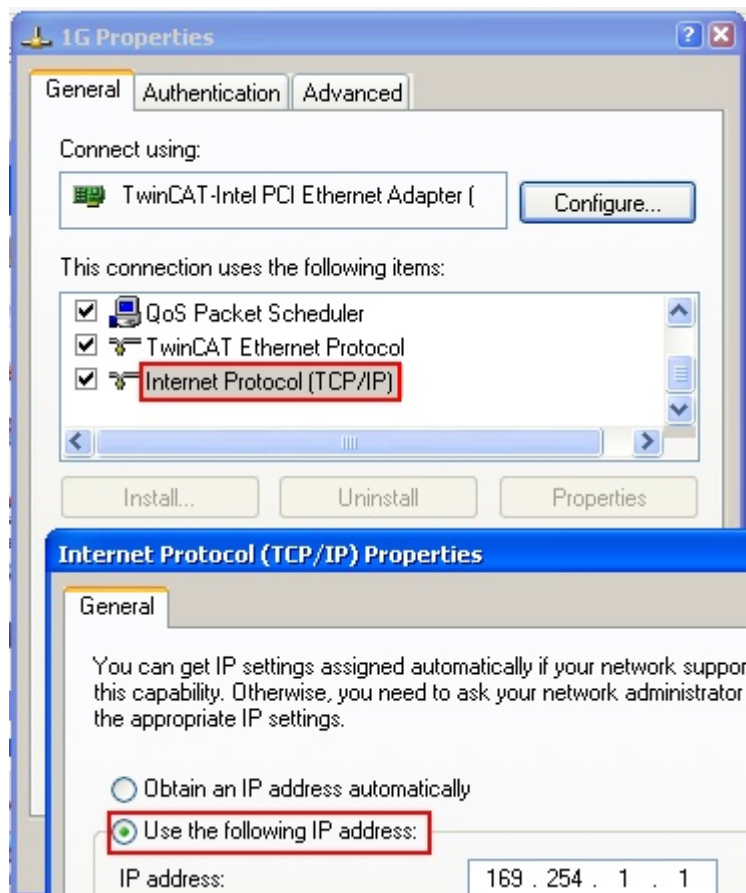
附图 52: 以太网端口驱动程序的错误设置

所用端口的 IP 地址



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 53: 以太网端口的 TCP/IP 设置

5.1.2 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 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”

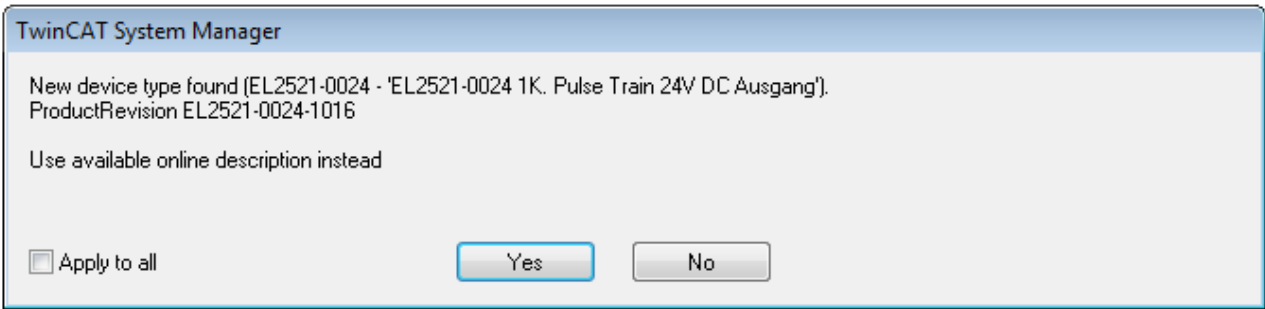
Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 54: 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。

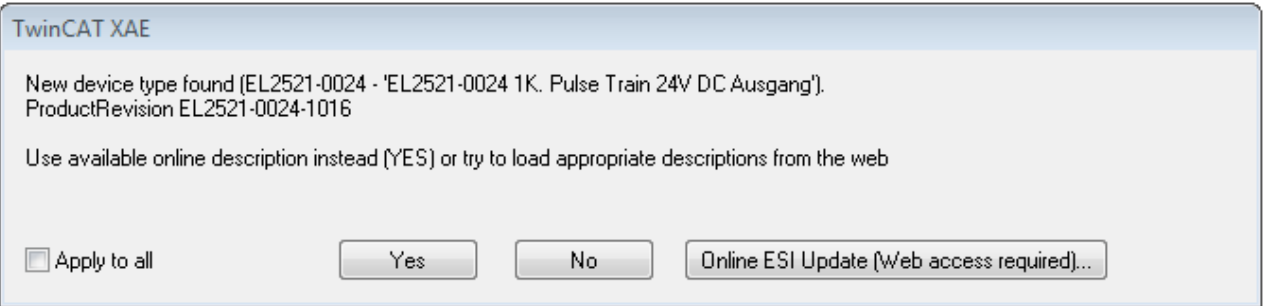
在线描述

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 55: 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 56: 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，可以毫不犹豫地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 \[► 74\]](#)”一章。

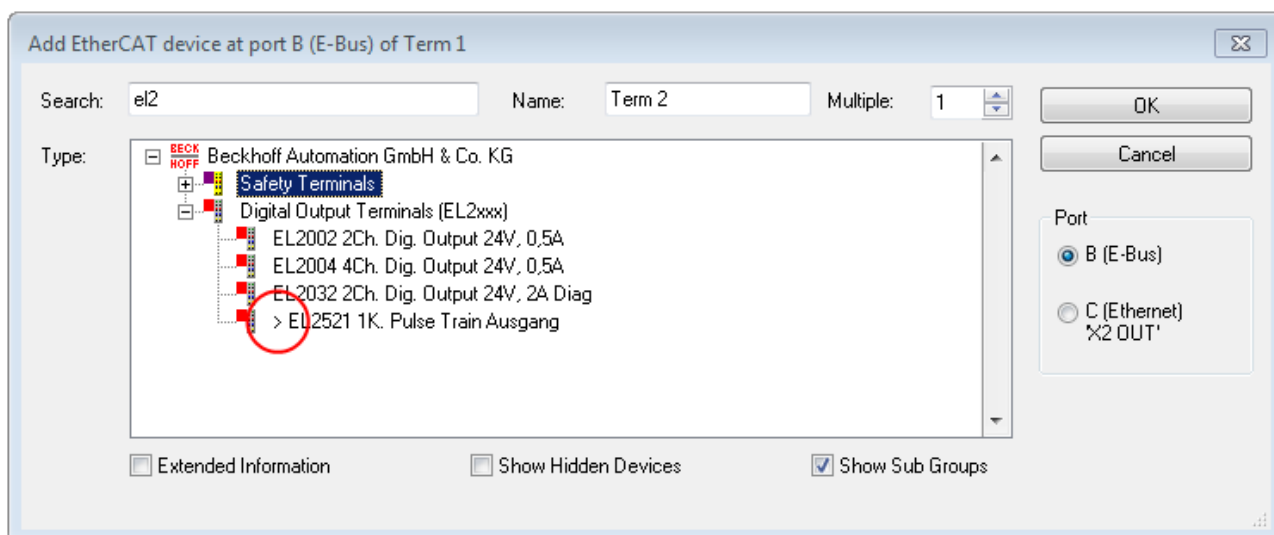
如果使用在线描述，System Manager 会从 EtherCAT 从站的 EEPROM 中读取一份设备描述。在复杂的从站中，EEPROM 的大小可能不足以容纳完整的 ESI，此时配置中的 ESI 就会不完整。因此，建议这种情况下优先使用离线 ESI 文件。

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。

OnlineDescriptionCache00000002.xml

附图 57: 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 58: 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：

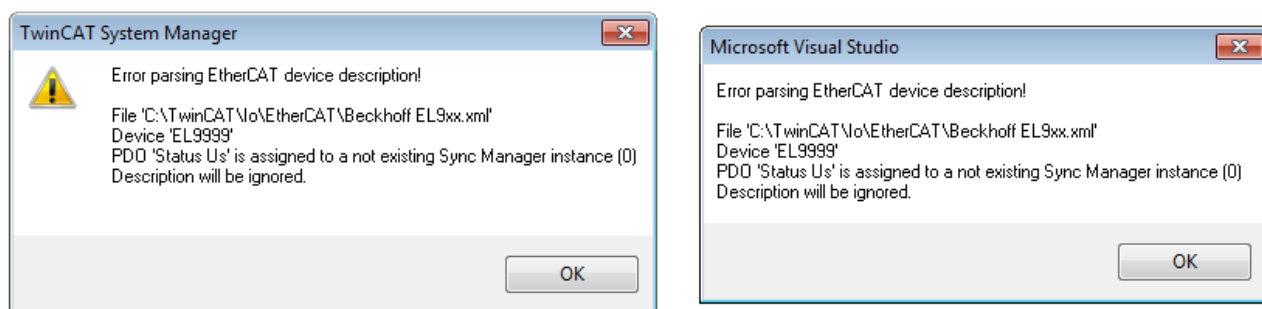
`C:\User\[USERNAME]\AppData\Roaming\Beckhoff\TwinCAT3\Components\Base\EtherCATCache.xml`

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

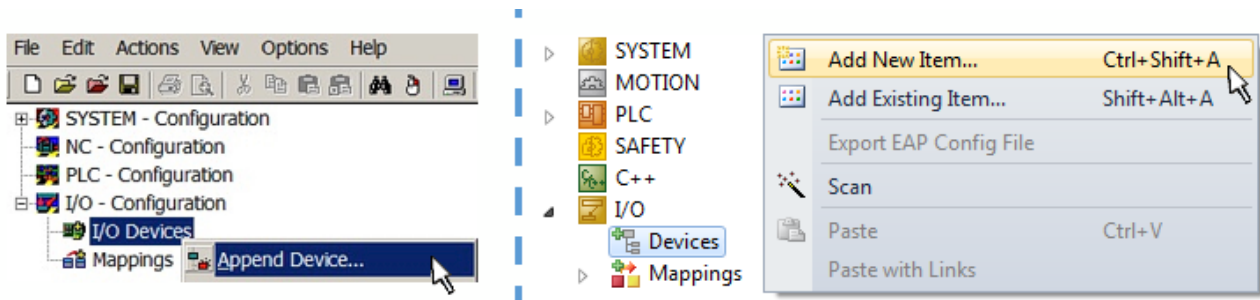
可能的原因包括：

- *.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

5.1.3 创建 OFFLINE 配置

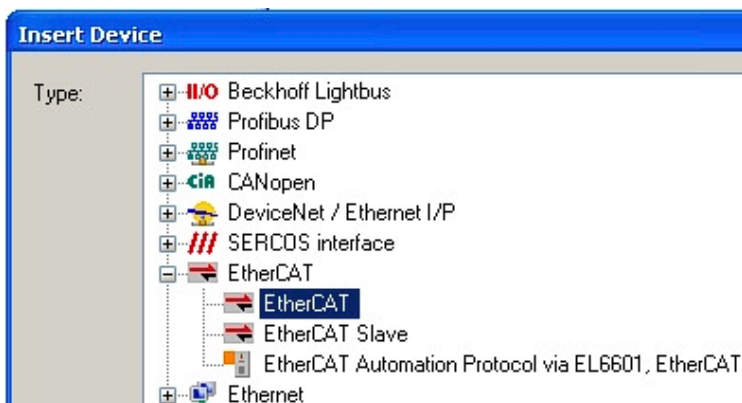
创建 EtherCAT 设备

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



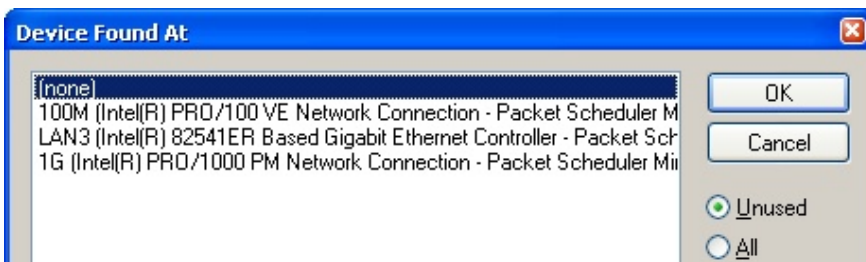
附图 60: 添加 EtherCAT 设备（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

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”。



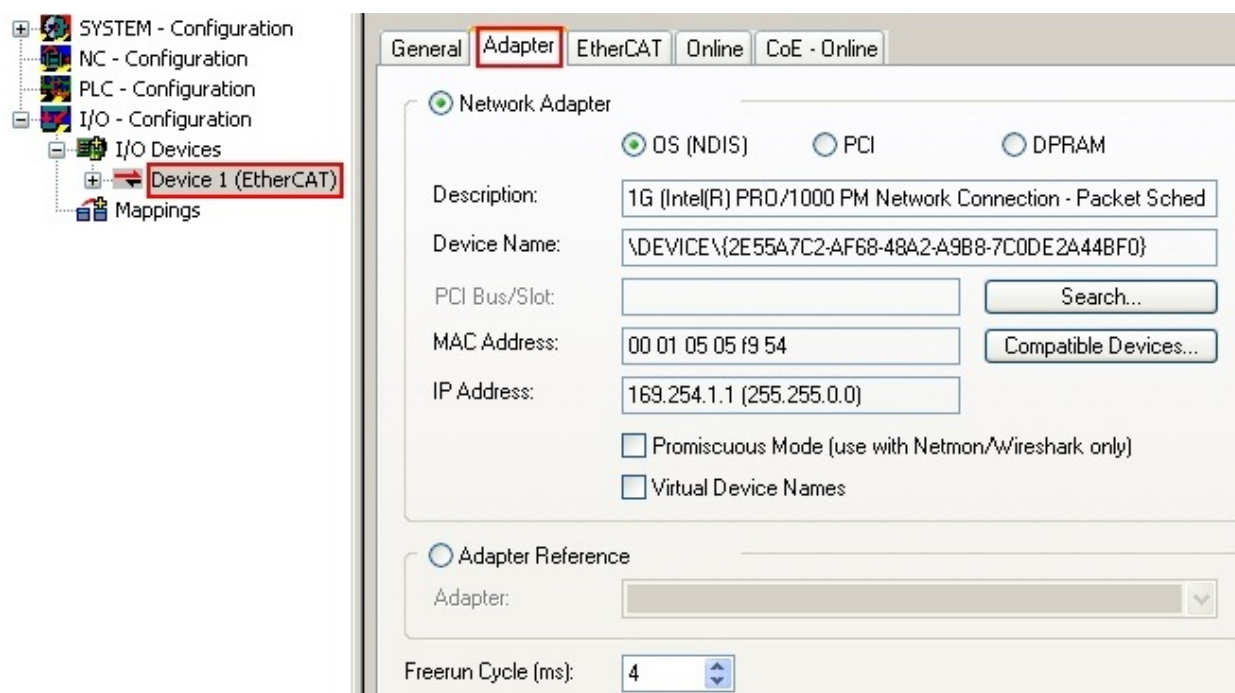
附图 61: 选择 EtherCAT 连接（TwinCAT 2.11, TwinCAT 3）

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。



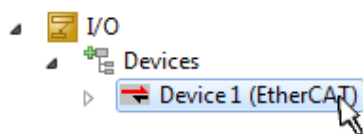
附图 62: 选择以太网端口

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 63: 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:

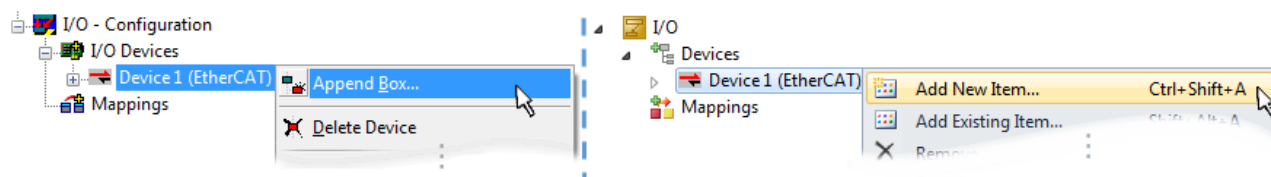


选择以太网端口

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 [▶ 65]。

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

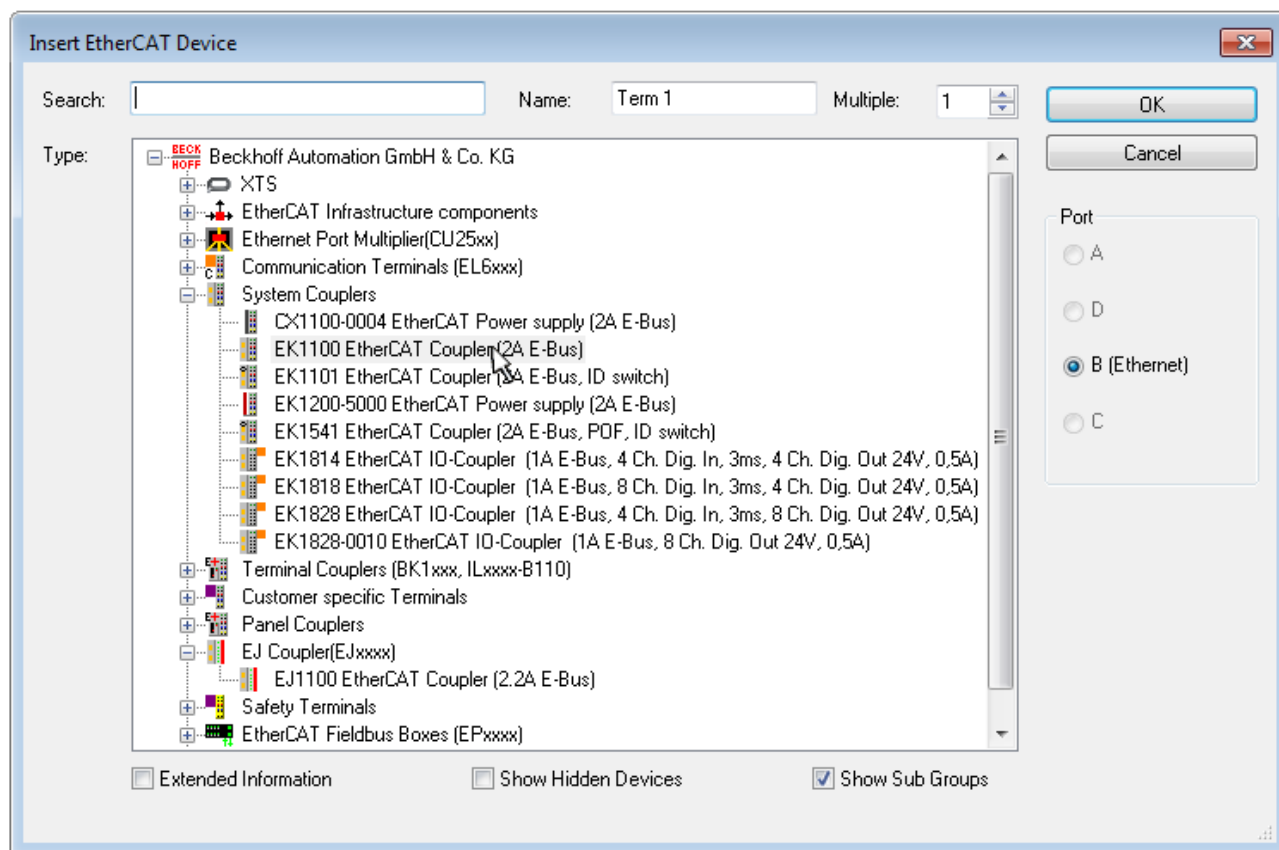
弹出选择新设备的对话框 对话框中只显示已有 ESI 文件的设备。

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

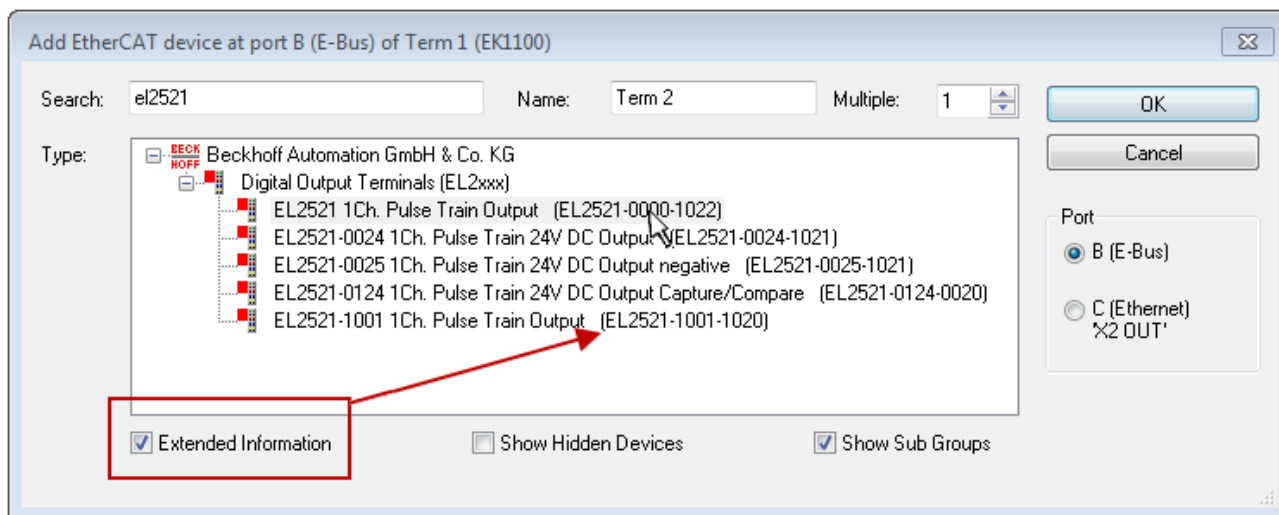
- “Ethernet”：基于电缆的 100BASE-TX：耦合器、盒模块、带 RJ45/M8/M12 连接器的设备
- “E-Bus”：LVDS “端子模块总线”，EtherCAT 插拔式模块（EJ），EtherCAT 端子模块（EL/ES），各种模块化模块

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



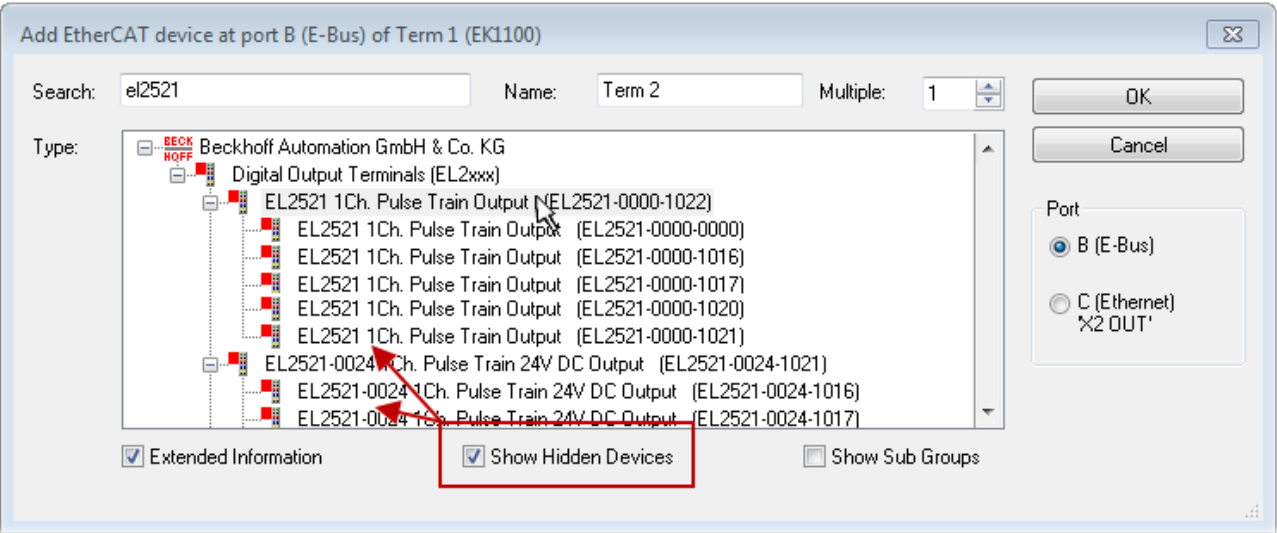
附图 65: 新增 EtherCAT 设备的选择对话框

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 66: 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 67: 显示以前的版本

i

修订版本的设备选择 - 兼容性

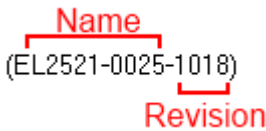
ESI描述还定义了过程图像、主站和从站/设备之间的通信类型以及设备功能（如果适用）。物理设备（固件，如果适用）必须支持主站的通信查询/设置。这是向后兼容的，也就是说，如果EtherCAT主站将其视为较早版本，那么应支持较新设备（较高版本）。对于Beckhoff的EtherCAT端子/端子盒/EJ模块，应符合以下兼容性规则。

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

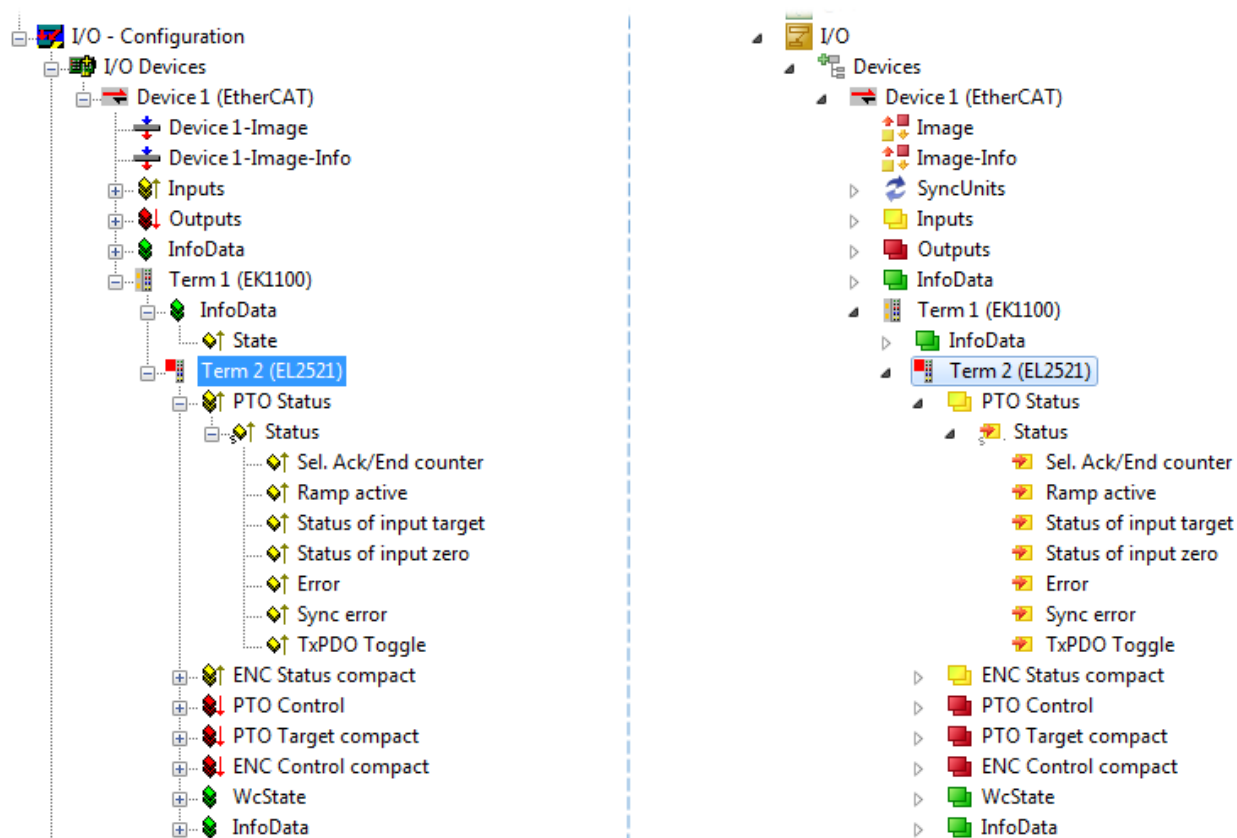
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-1019，-1020）。



附图 68: 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 69: TwinCAT 树中的 EtherCAT 端子模块 (左: TwinCAT 2; 右: TwinCAT 3)

5.1.4 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：

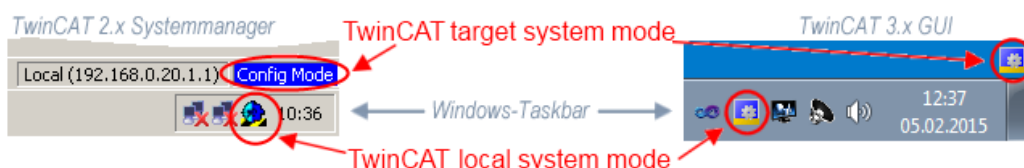
- TwinCAT 2：通过选择菜单栏中的  或通过“Actions”→“Set/Reset TwinCAT to Config Mode...”
- TwinCAT 3：通过选择菜单栏中的  或通过“TwinCAT”→“Restart TwinCAT (Config Mode)”



配置模式下的在线扫描

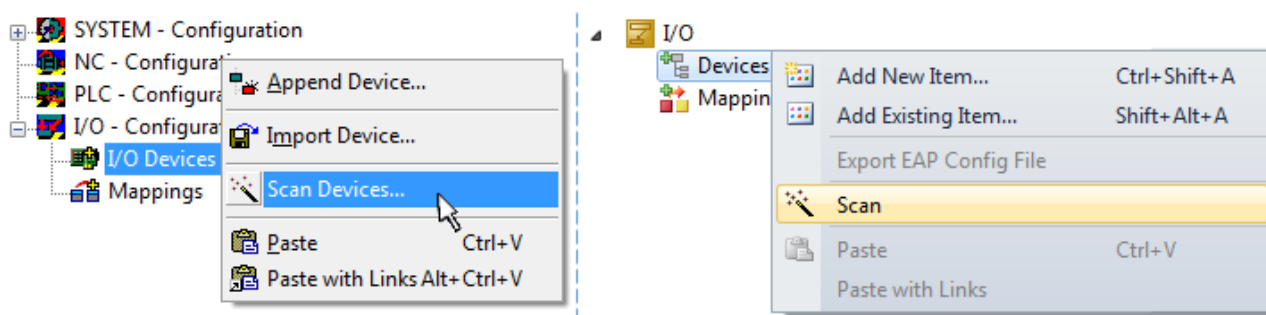
在 RUN 模式（生产运行）下，在线搜索不可用。注意 TwinCAT 编程系统和 TwinCAT 目标系统之间的区别。

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。



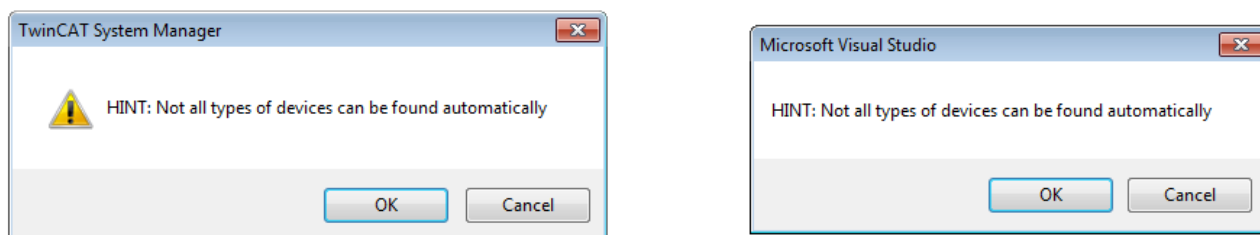
附图 70: 本地/目标系统差异（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

右键单击配置树中的“I/O Devices”可以打开搜索对话框。



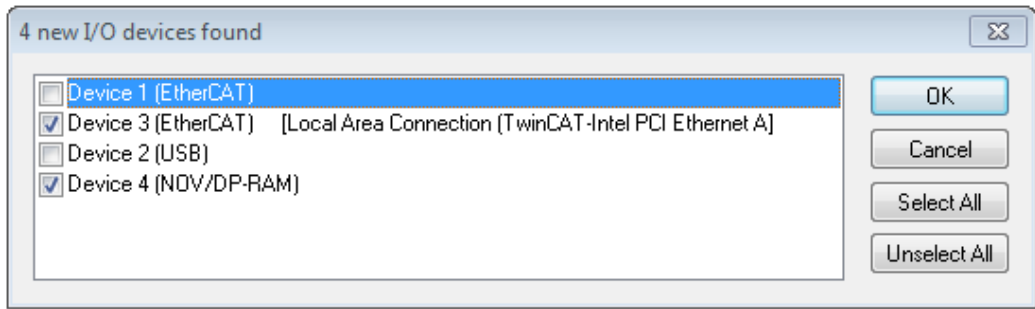
附图 71: Scan Devices（扫描设备）（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

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 72: 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 73: 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

i 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 [► 65]。

检测/扫描 EtherCAT 设备

● 在线扫描功能

i 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。

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 74: 默认设置示例

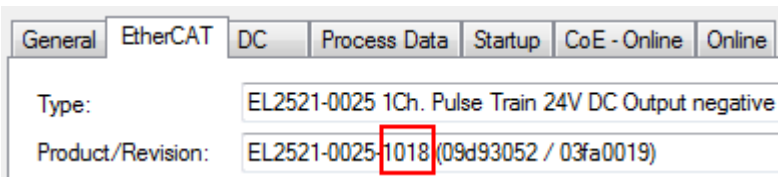
注意

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 [► 83]。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：



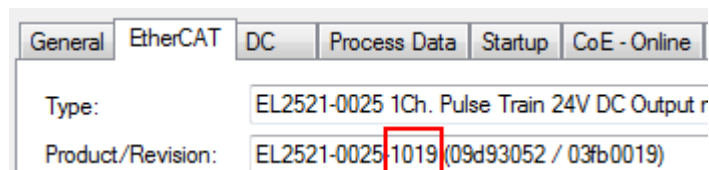
附图 75: 安装修订版本-1018的EthetCAT 端子模块，

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[► 83]。

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 76: 检测修订版本 1019 的 EtherCAT 端子模块

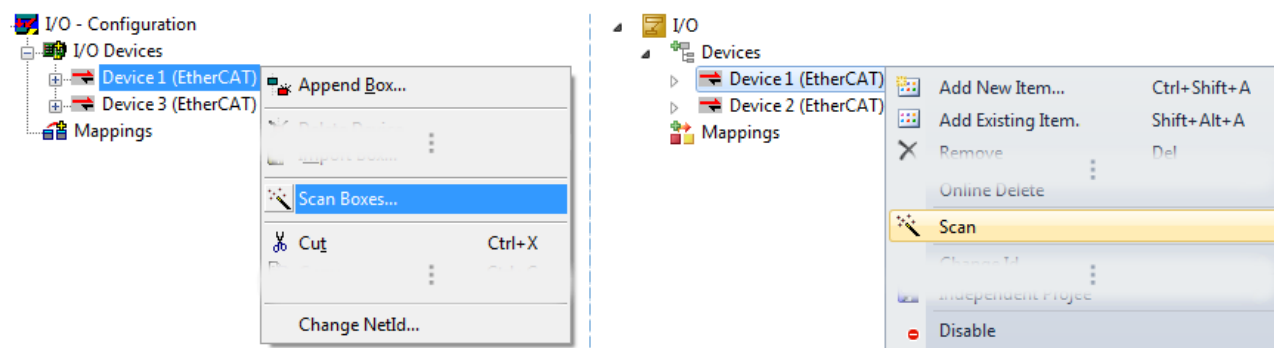
调试工程师通常不会注意到这一点。TwinCAT 也不会发出任何信号，因为实际上是从头创建了一个新的配置。然而，根据兼容性规则，这意味着不应该将 EL2521-0025-**1018** 的备件安装到这台机器上（即使这在绝大多数情况下还是可以使用的）。

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



附图 78: 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。



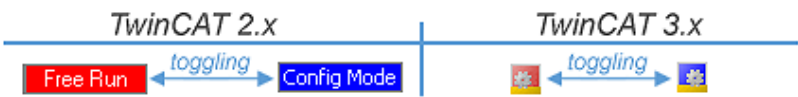
附图 79: TwinCAT 2 的扫描进度示例

配置已建立，然后可以切换到在线状态（OPERATIONAL）。



附图 80: 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。

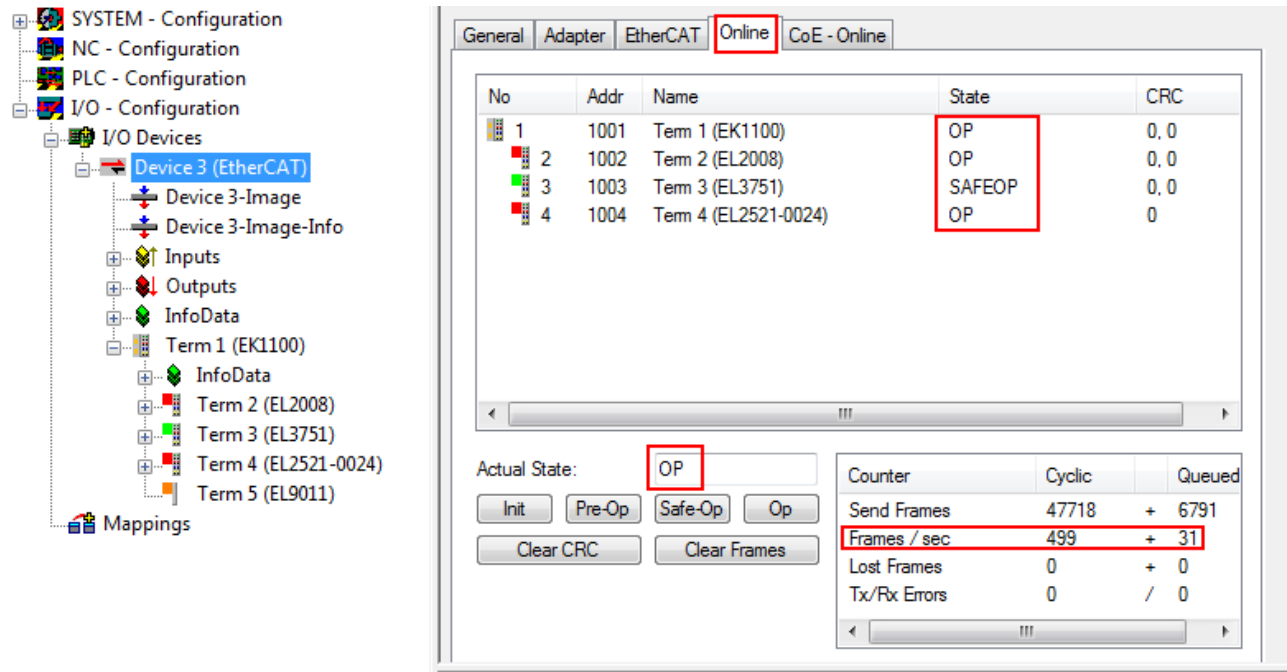


附图 81: 显示在状态栏下方的“Free Run”和“Config Mode”来回切换



附图 82: 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 83: 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

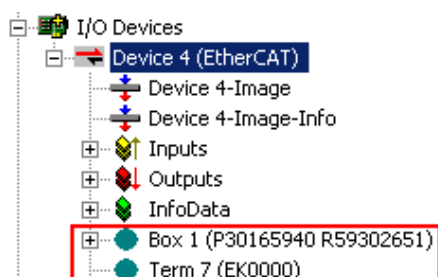
至此，配置工作就完成了。该配置可以按照[手动流程 \[► 74\]](#)中的描述进行修改。

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 84: 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。

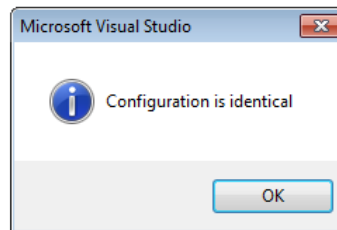
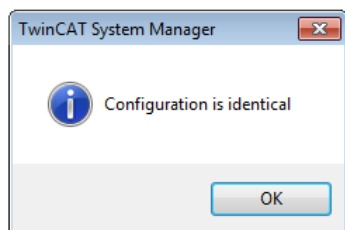
扫描现有配置

注意

比较后修改配置

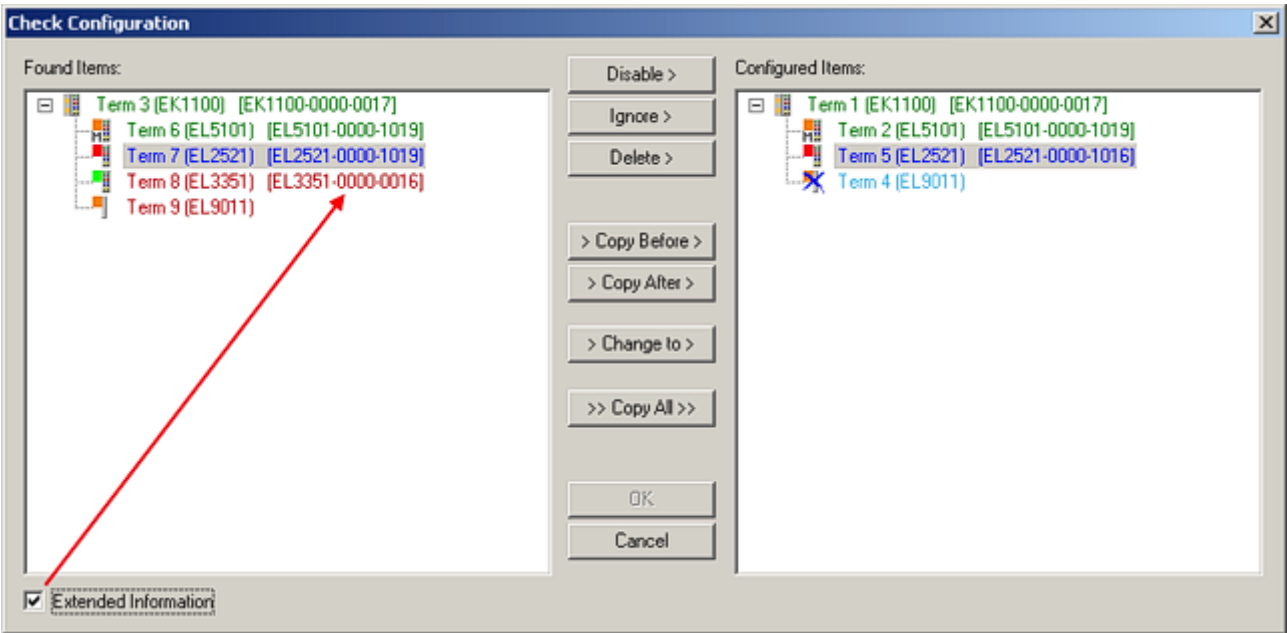
通过这种扫描（TwinCAT 2.11 或 3.1），目前只对设备属性中的供应商（制造商）、设备名称和修订版本进行比较！务必谨慎执行“ChangeTo（更改为）”和“Copy（复制）”操作，认真考虑倍福 IO 兼容性规则（见前文）。然后，原来配置的设备版本被扫描发现的修订版本所取代；这可能会影响设备支持的过程数据和功能。

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 85: 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 86: 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

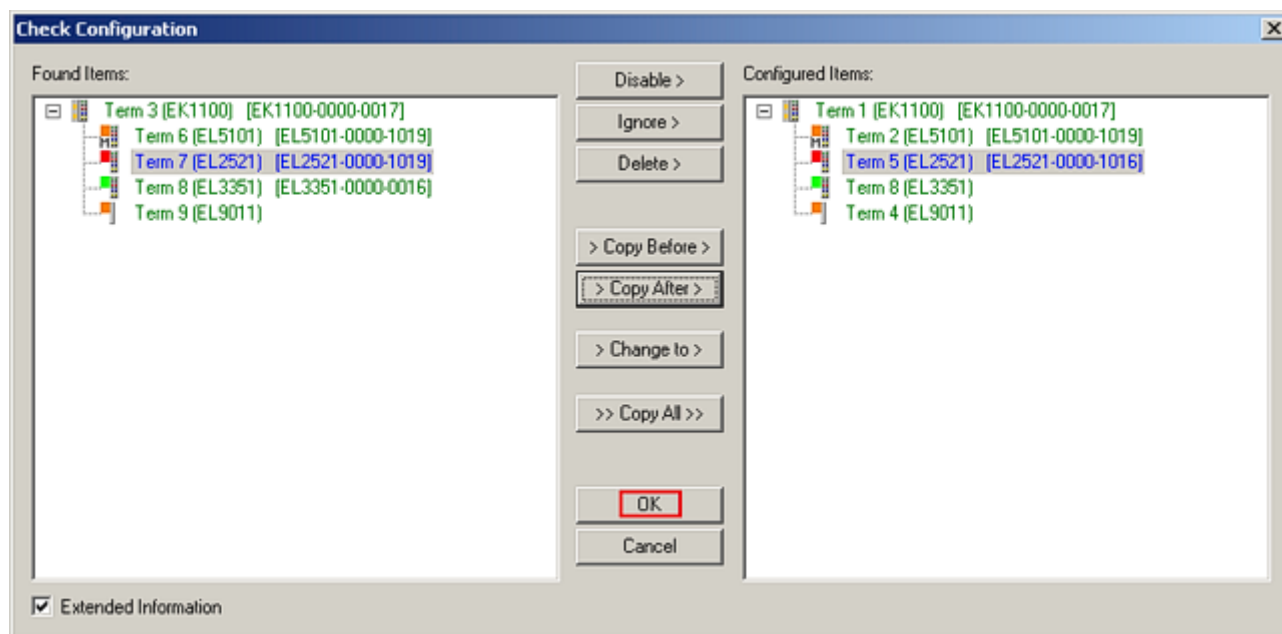
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-**1019**，-**1020**）。

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 87: 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…

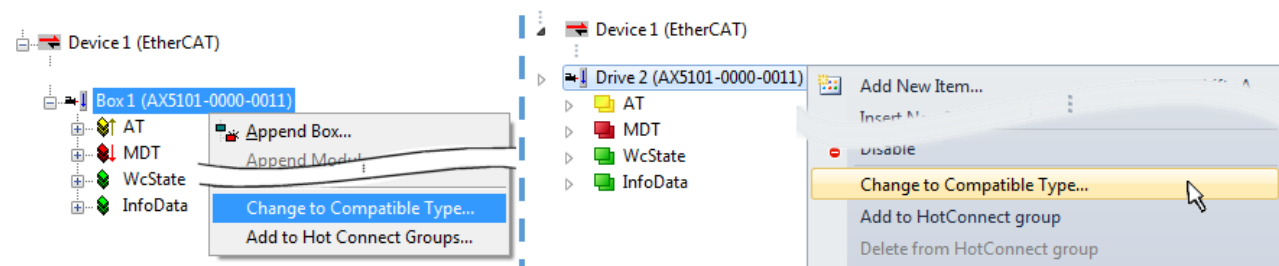


附图 88: 更正对话框，有修改项

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 89: 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”：

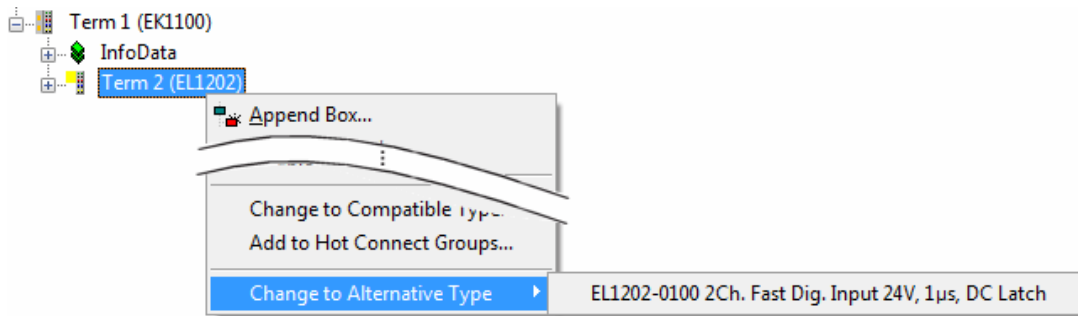
- 物理层（例如RJ45、Ebus...）
- FMMU（允许实际数量比配置的多）
- SyncManager（SM，允许实际数量比配置的多）

- EoE (属性 MAC, IP)
- CoE (属性 SdoInfo, PdoAssign, PdoConfig, PdoUpload, CompleteAccess)
- FoE
- PDO (过程数据: Sequence, SyncUnit SU, SyncManager 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

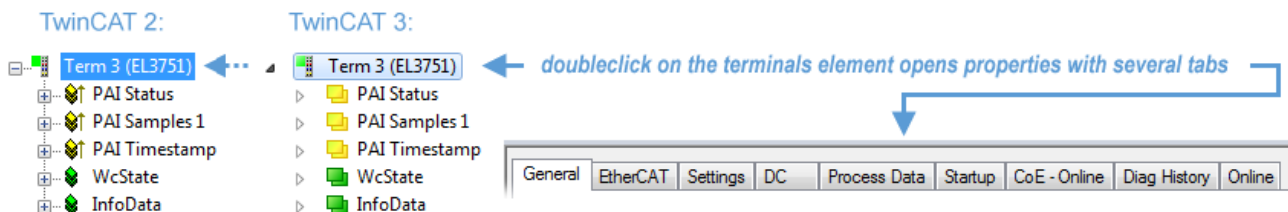


附图 90: TwinCAT 2 对话框 Change to Alternative Type

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。

5.1.5 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 91: 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

General | EtherCAT | Process Data | Startup | CoE - Online | Online

Name: Term 6 (EL5001) Id: 4

Type: EL5001 1Ch. SSI Encoder

Comment:

☐ Disabled ☐ Create symbols

附图 92: “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

General | EtherCAT | Process Data | Startup | CoE - Online | Online

Type: EL5001 1Ch. SSI Encoder

Product/Revision: EL5001-0000-0000

Auto Inc Addr: FFFD

EtherCAT Addr: ☐ 1004

Previous Port: Term 5 (EL6021) - B

<https://www.beckhoff.com/EL5001>

附图 93: “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 Assignment (0x1C13):

☒ 0x1A00

Download

☒ PDO Assignment☒ PDO Configuration

PDO List:

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

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			

Load PDO info from device

Sync Unit Assignment...

附图 94: “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。

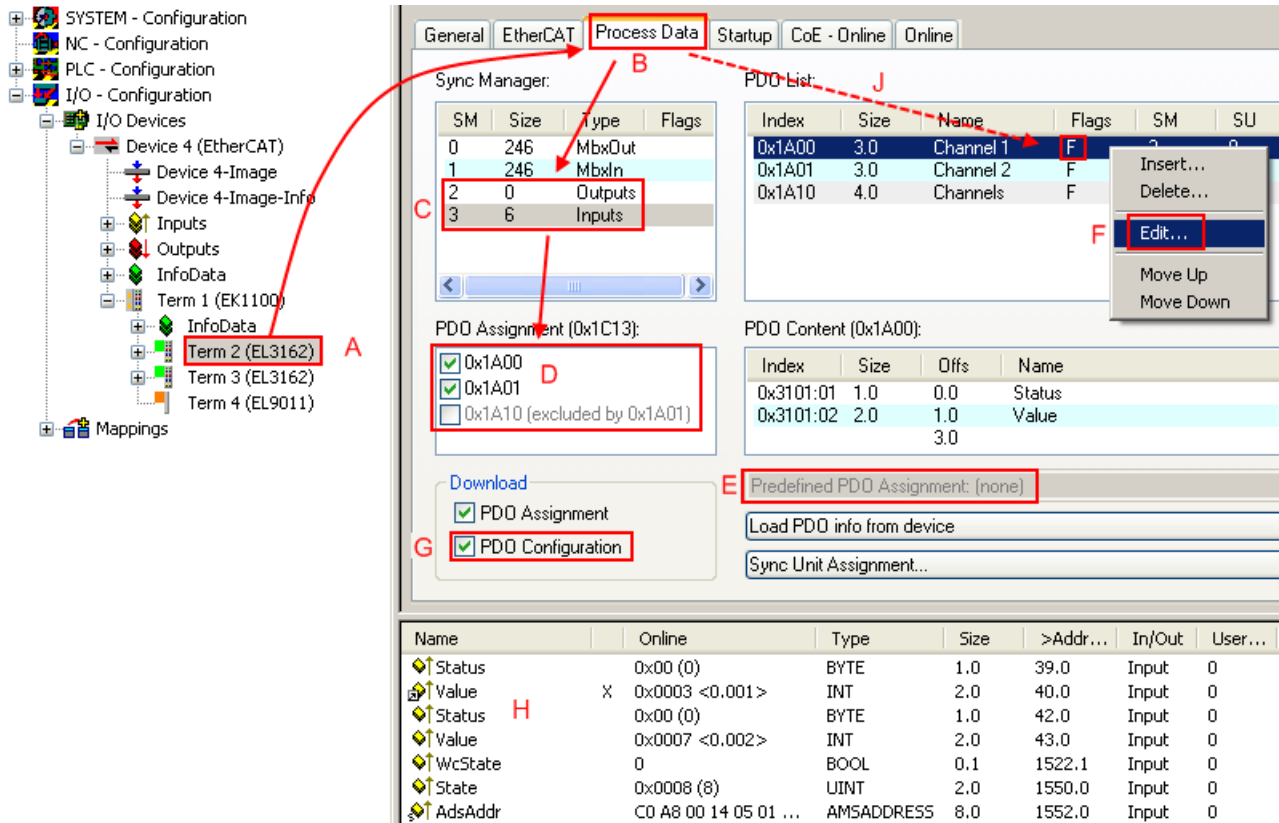
对于Beckhoff EtherCAT EL、ES、EM、EJ和EP从站，一般情况下适用以下规定：

- 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 95: 配置过程数据

i

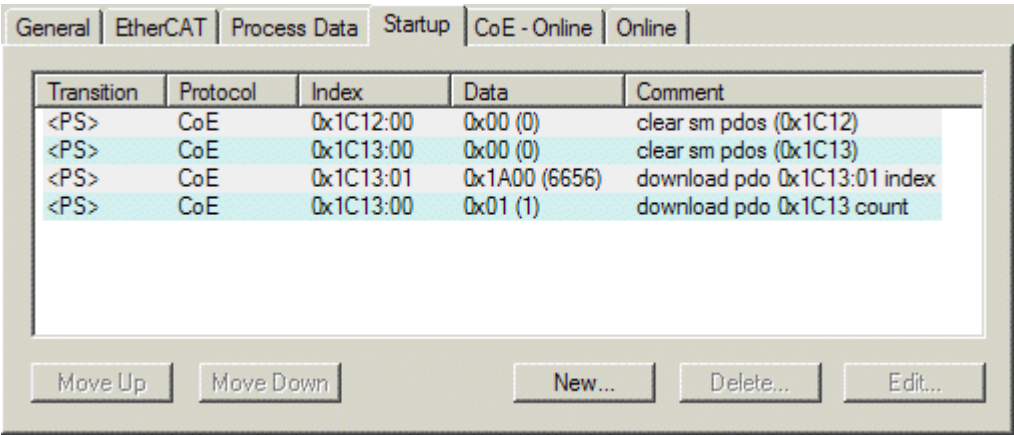
手动修改过程数据

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 [► 94]。

“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。



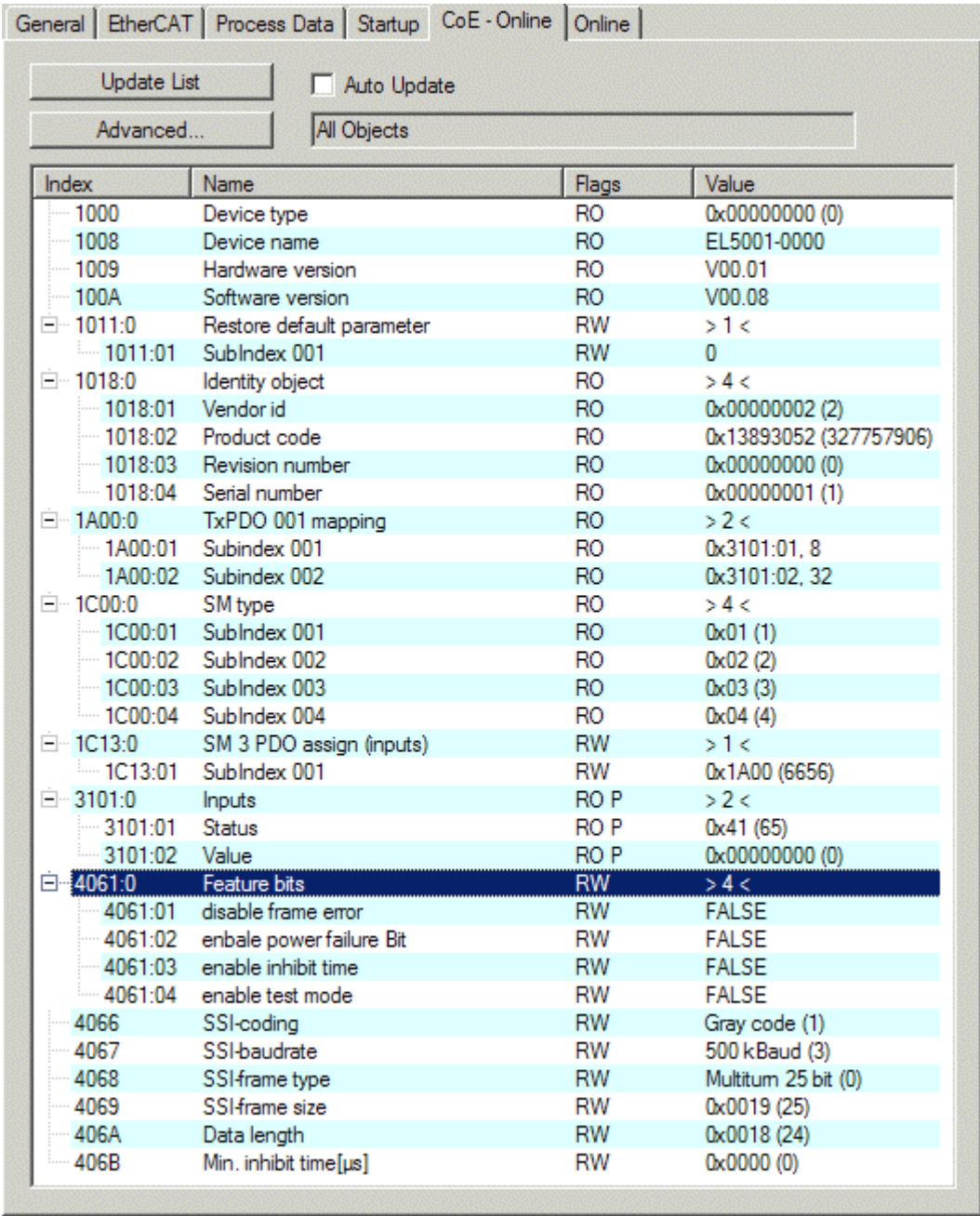
附图 96: “Startup (启动)” 选项卡

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），并使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 97: “CoE - Online” 选项卡

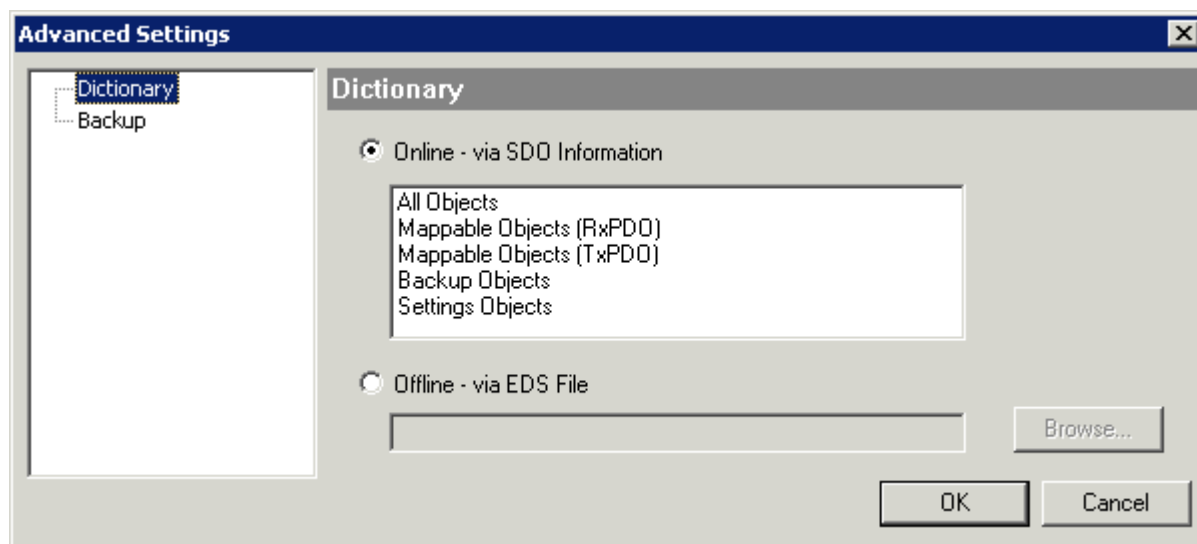
对象列表显示

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。

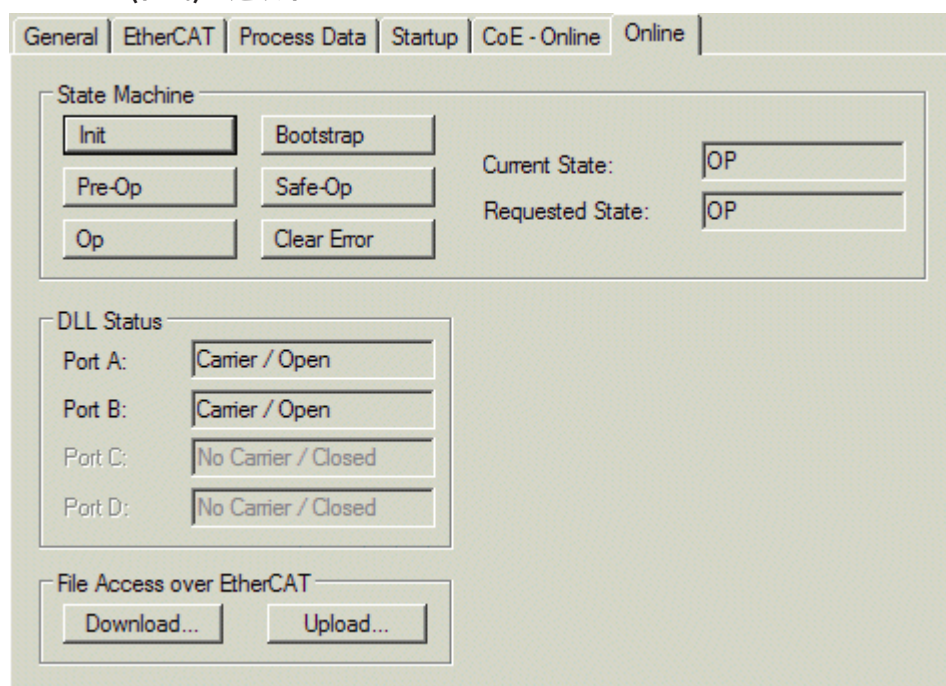


附图 98: “Advanced settings (高级设置)” 对话框

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 99: “Online (在线)” 选项卡

State Machine 状态机

Init	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为 <i>Init</i> 状态。
Pre-Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为 <i>Pre-OP</i> 状态。
Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为 <i>OP</i> 状态。
Bootstrap	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为 <i>Bootstrap</i> 状态。
Safe-Op	点击该按钮将 EtherCAT 设备设置为 <i>Safe-OP</i> 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 <i>Clear Error</i> 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

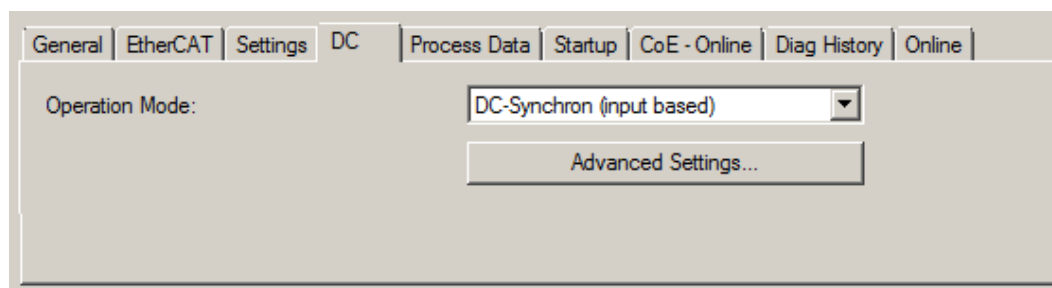
指示 EtherCAT 从站各个端口的 DLL 状态 (数据链路层状态)。DLL 状态分为以下四种：

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 100: “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

5.1.5.1 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 \[p. 92\]](#))，

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 <i>PDO Assignment</i> 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 \[► 89\]](#) 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。

5.2 EtherCAT 从站的一般调试说明

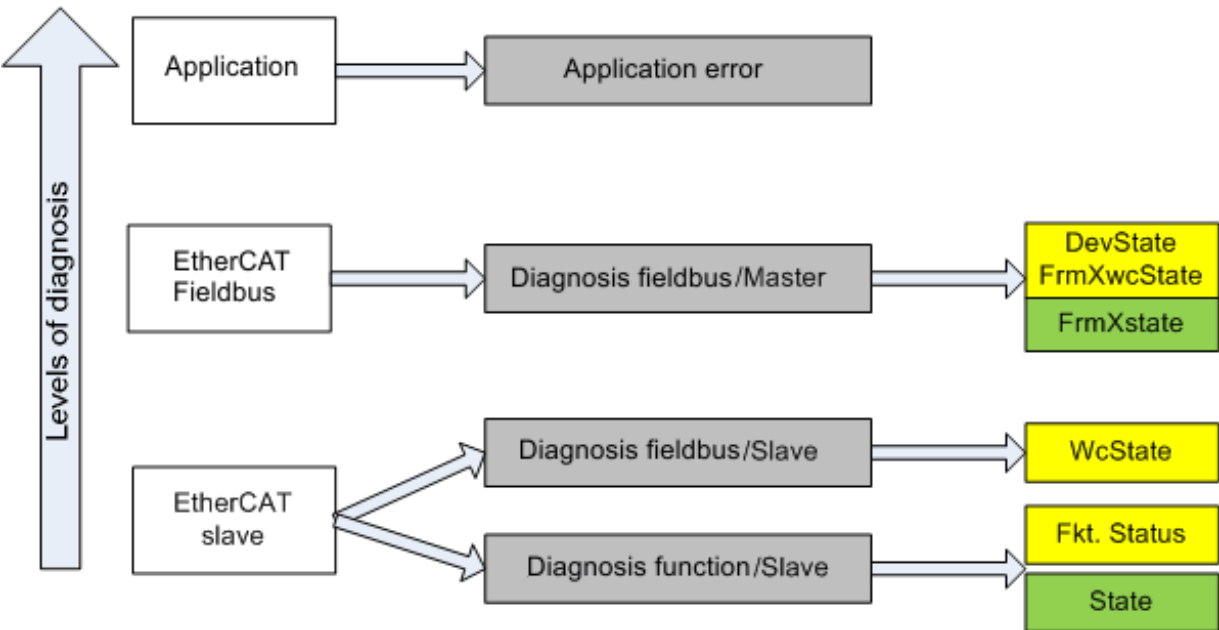
该摘要简单介绍了 TwinCAT 下的 EtherCAT 从站运行的若干方面。关于详细信息，可查看相应章节，例如 [EtherCAT 系统文档](#)。

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 101: 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。

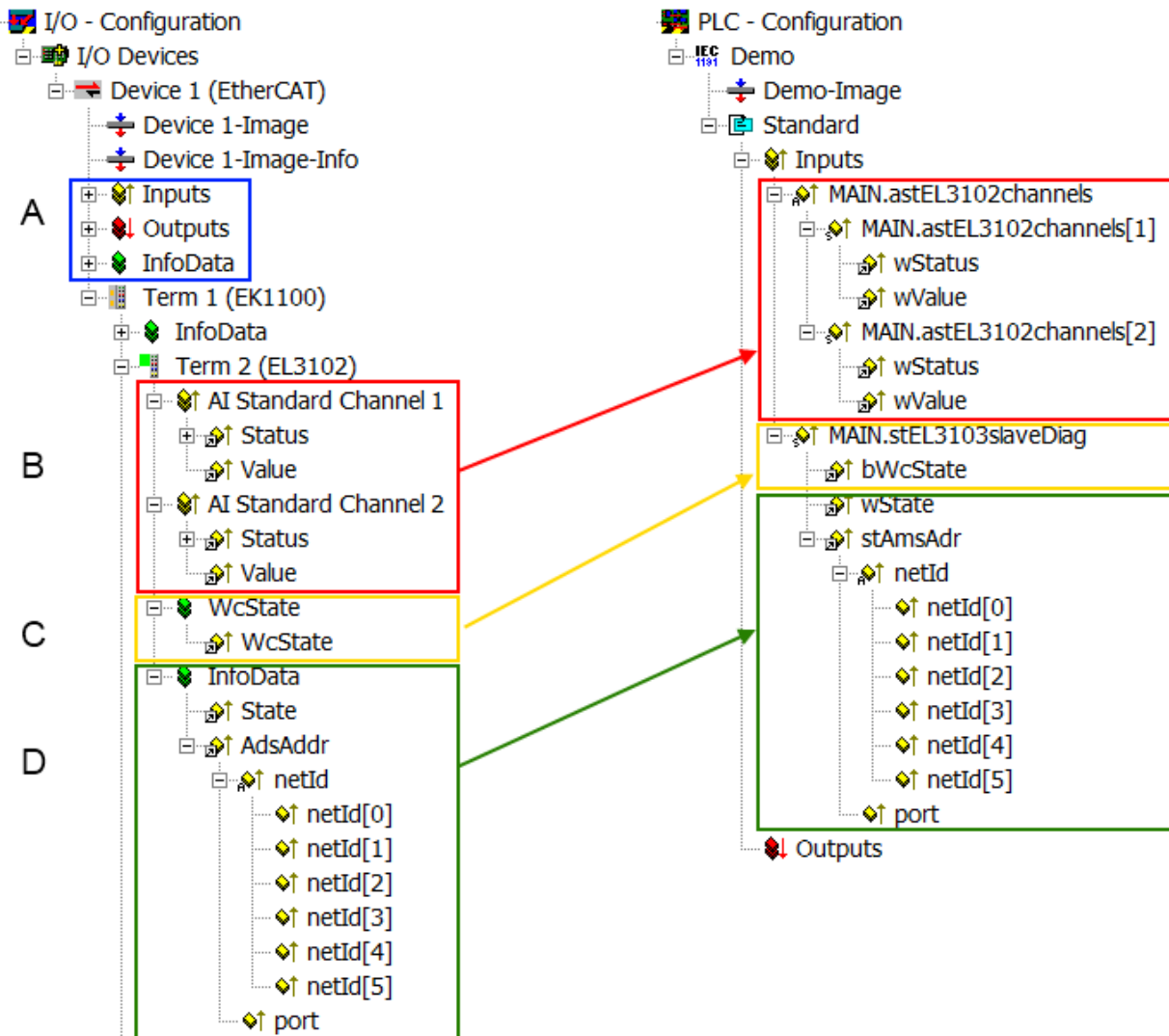
以及

- 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 102: 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 <i>TcEtherCAT.lib</i> 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。 <i>AdsAddr</i> 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。

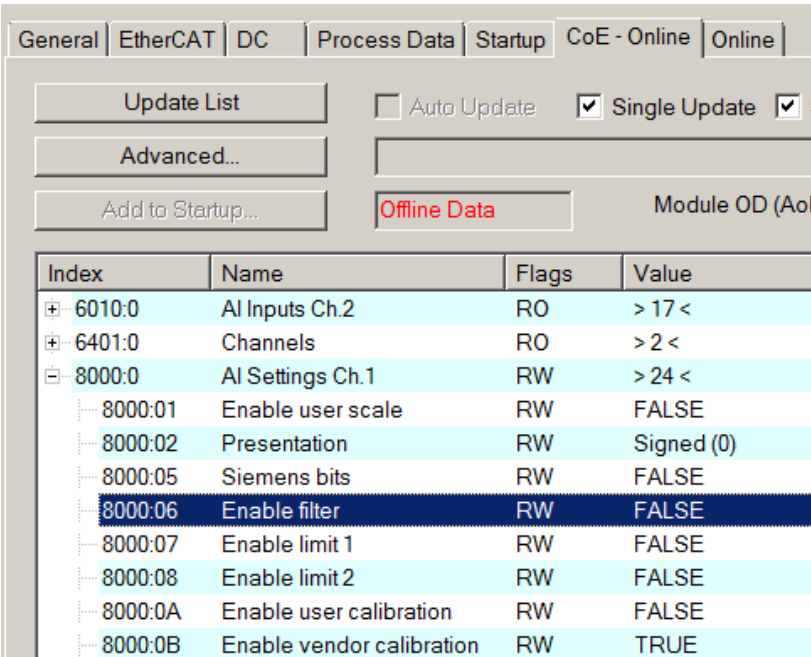
注意

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 103: EL3102, CoE 字典

i EtherCAT 系统文档

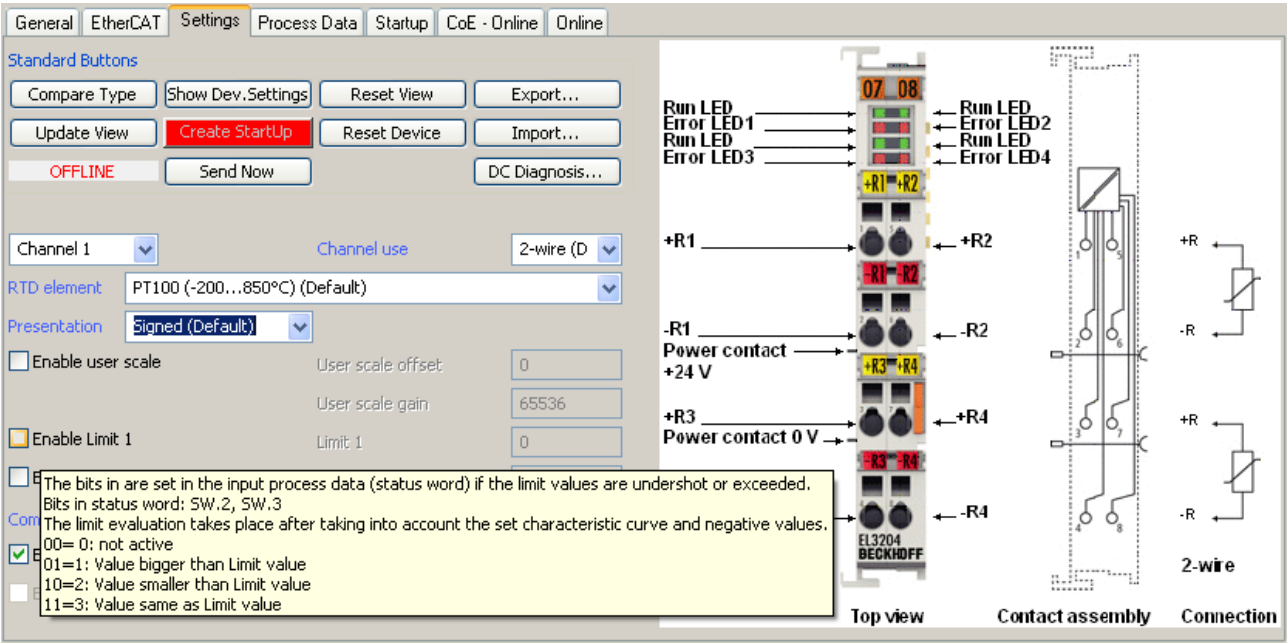
必须遵守 [EtherCAT 系统文档](#)（EtherCAT 基础知识-->CoE 接口）中的全面描述！

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 104: 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 \[▶ 44\]](#)”。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。

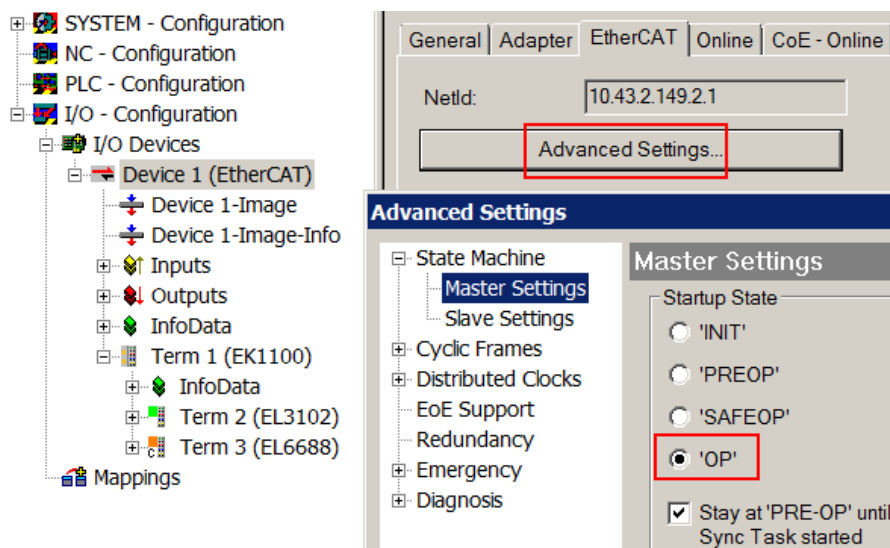
EtherCAT 主站本身在启动时必须经过这些例行的步骤，直到目标状态 OP。

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

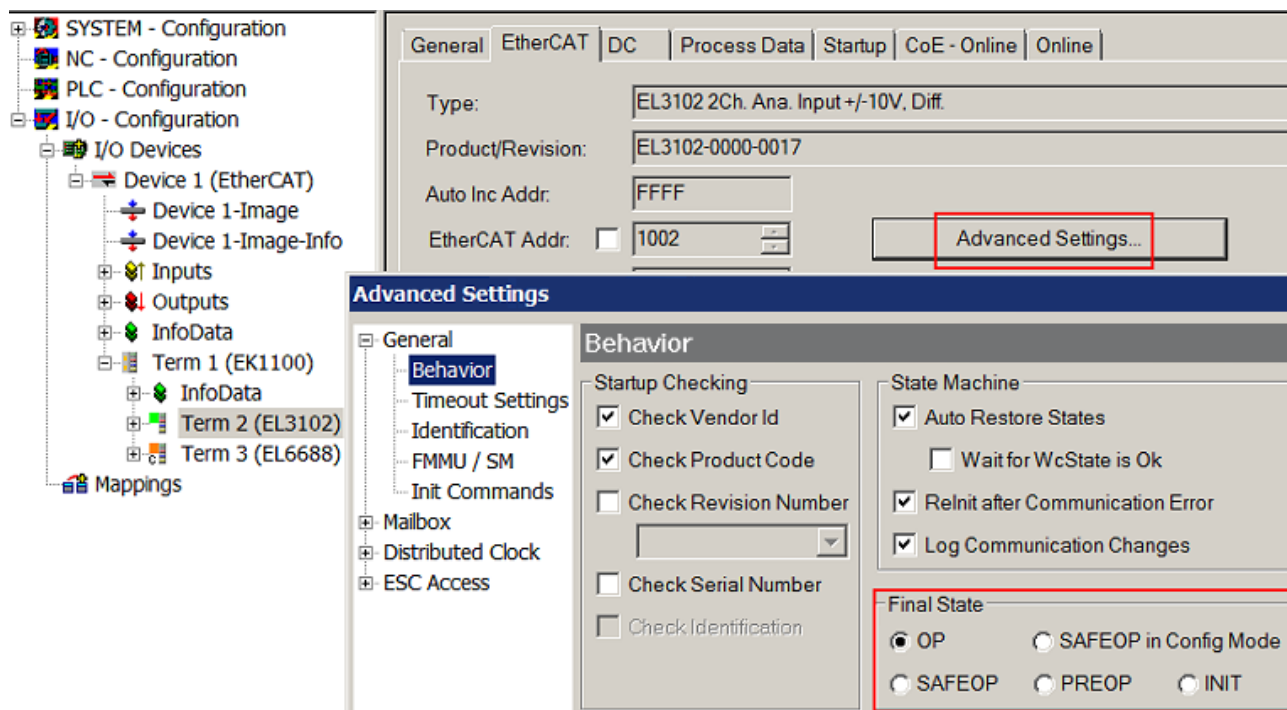
EtherCAT 主站的 advanced settings（高级设置）的标准设置如下：

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



附图 105: 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 106: 从站的默认目标状态

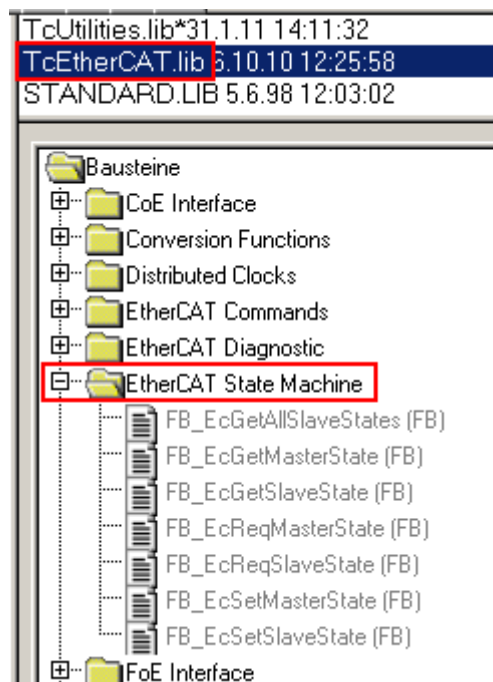
手动控制

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 107: 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 108: 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 109: 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！

5.3 对象描述和参数设置

● EtherCAT XML 设备描述



该显示与 EtherCAT XML 设备描述中的 CoE 对象相匹配。建议从[倍福网站](#)的下载区下载最新 XML 文件，并按照安装说明进行安装。

● 通过 CoE 列表进行参数化（CAN over EtherCAT）



EtherCAT 设备通过 CoE-Online 选项卡 [► 90]（双击相应对象）或通过 Process Data 选项卡 [► 88]（分配 PDO）进行参数化。在使用/操作 CoE 参数时，请注意以下一般 CoE 注意事项 [► 46]：

- 如果需要更换组件，请保留一份 Startup List
- 注意在线/离线字典的区别，是否存在当前 XML 描述。
- 使用“CoE reload [► 170]”重置更改

简介

CoE 概述包含针对不同应用的对象：

- 调试过程中配置所需的对象 [► 102]
- 用于常规运行的对象 [► 103]，例如通过 ADS 访问。
- 用于指示内部设置的对象 [► 103]（很可能是固定的）

以下章节首先介绍的是正常运行所需的对象，然后完整描述其它对象。

5.3.1 调试对象

索引 1018 标识

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1018:0	标识	识别从站的信息	UINT8	RO	0x04 (4 _{dec})
1018:01	供应商 ID	EtherCAT 从站的供应商 ID	UINT32	RO	0x00000002 (2 _{dec})
1018:02	产品代码	EtherCAT 从站的产品代码	UINT32	RO	0x19C93052 (432615506 _{dec})
1018:03	修订版	EtherCAT 从站的修订版本号；低位字（位 0-15）表示特殊端子模块编号，高位字（位 16-31）表示设备描述	UINT32	RO	0x00100000 (1048576 _{dec})
1018:04	序列号	EtherCAT 从站的序列号；低位字的低字节（位 0-7）包含生产年份，低位字的高字节（位 8-15）包含生产周数，高位字（位 16-31）为 0	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})

索引 F800 EL6601 Para

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
F800:0	EL6601 Para	最大子索引	UINT8	RW	0x02 (2 _{dec})
F800:01	常规	0x0000：标准操作 0x0001：在过滤前删除 VLAN 标记。 0x4000：EoE 帧被阻止。	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
F800:02	NetVars	该切换开关用于确定是否通过 EoE/邮箱将从帧头中包含 0x88A4 的帧中接收到的未通过订阅者过滤器的订阅者数据进一步传输至 EtherCAT 主站。 0x0000：默认，订阅者数据通过 EoE 转发 0x0100：订阅者数据被丢弃	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})

5.3.2 常规操作的对象

索引 F100 主站信息

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
F100:0	主站信息	最大子索引	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})
F100:01	状态	以太网端口的连接状态 0: 连接 1: 无连接	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F100:02	控制	预留	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})

索引 FA01 MAC 信息

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
FA01:0	MAC 信息	最大子索引	UINT8	RW	0x03 (3 _{dec})
FA01:01	RxPackets	接收的以太网报文	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
FA01:02	TxPackets	发送以太网报文	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
FA01:03	预留	预留	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})

5.3.3 标准对象 (0x1000-0x1FFF)

这些标准对象对所有 EtherCAT 从站具有相同的含义。

索引 1000 设备类型

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1000:0	设备类型	EtherCAT 从站的设备类型: Lo-Word 包含使用的 CoE 设备描述规约 (5002)。	UINT32	RO	0x0000138A (5002 _{dec})

索引 1008 设备名称

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1008:0	设备名称	EtherCAT 从站的设备名称	STRING	RO	例如 EL6601-0000-0017

索引 1009 硬件版本

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1009:0	硬件版本	EtherCAT 从站的硬件版本	STRING	RO	00

索引 100A 软件版本

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
100A:0	软件版本	EtherCAT 从站的固件版本	STRING	RO	00

索引 1600-16FE RxPDO-Map

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1600+n:0	RxPDO-Map	PDO 映射 RxPDO (每个模块都有自己的条目 (索引 0x1600+n) , 0 ≤ n < 最大模块数)	UINT8	RW	0x02 (2 _{dec})
(1600+n):01	输出映射区域 001	1. PDO 映射条目 (对象 7000+n*8:07)	UINT32	RW	0x7000+n*8:07, 16
(1600+n):02	输出映射区域 002	2. PDO 映射条目 (对象 7000+n*8:0B)	UINT32	RW	0x7000+n*8:0B, 16

索引 1680 PDO 控制

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1680:0	PDO Control	最大子索引	UINT8	RW	0x01 (1 _{dec})
1680:01	PDO Control	主站控制的条目	UINT32	RW	0xF100:02, 16

索引 1A00-1AFE TxPDO-Map

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1A00+n:0	TxPDO Map Ch.2	PDO 映射 TxPDO 每个模块都有自己的条目 (索引 0x1A00+n) , 0 ≤ n < 最大模块数	UINT8	RW	0x03 (3 _{dec})
(1A00+n):01	输入映射区 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x6000+n*8:03)	UINT32	RW	0x6000+n*8:03, 16
(1A00+n):02	输入映射区 002	2. PDO 映射条目 (对象 0x6000+n*8:04)	UINT32	RW	0x6000+n*8:04, 16
(1A00+n):03	输入映射区 003	3. PDO 映射条目 (对象 0x6000+n*8:05)	UINT32	RW	0x6000+n*8:05, 16

索引 1A80 PDO 状态

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1680:0	PDO Status	最大子索引	UINT8	RW	0x01 (1 _{dec})
1680:01	PDO Status	条目主站状态	UINT32	RW	0xF100:01, 16

索引 1C00 同步管理器类型

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1C00:0	同步管理器类型	使用同步管理器	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})
1C00:01	子索引 001	同步管理器类型通道 1: 邮箱写入	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1C00:02	子索引 002	同步管理器类型通道 2: 邮箱读取	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})
1C00:03	子索引 003	同步管理器类型通道 3: 输出	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})
1C00:04	子索引 004	同步管理器类型通道 4: 输入	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})

索引 1C12 RxPDO 分配

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1C12:0	RxPDO 分配	PDO 分配输出	UINT8	RW	-
1C32:01	子索引 001	1. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT32	RW	0x1600 (5632 _{dec})
...					
1C12:80	子索引 128	128. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT32	RW	0x167F (5759 _{dec})
1C12:81	子索引 129	PDO Control	UINT32	RW	0x1680 (5760 _{dec})

索引 1C13 TxPDO 分配

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1C13:0	TxPDO 分配	PDO 分配输入	UINT8	RW	-
1C13:01	子索引 001	1. 分配的 TxPDO (包含相关 TxPDO 映射对象的索引)	UINT32	RW	0x1A00 (6656 _{dec})
...					
1C13:80	子索引 128	128. 分配的 TxPDO (包含相关 TxPDO 映射对象的索引)	UINT32	RW	0x1A7F (6783 _{dec})
1C13:81	子索引 129	PDO Status	UINT32	RW	0x1A80 (6784 _{dec})

索引 1C32 SM 输出参数 (仅限网络变量)

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1C32:0	SM 输出参数	输出的同步参数	UINT8	RW	0x0E (14 _{dec})
1C32:01	同步模式	当前的同步模式: • 1: 与 SM 2 事件同步	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dec})
1C32:02	循环时间	循环时间 (单位: ns): • Free Run: 本地定时器的周期 • 与 SM 2 事件同步: 主站周期 • DC 模式: SYNC0/SYNC1 周期时间	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:03	偏移时间	从 SYNC0 事件到输出的时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:04	支持同步模式	支持的同步模式: • 位 1 = 1: 支持与 SM 2 事件同步	UINT16	RW	0x0002 (2 _{dec})

索引 1C33 SM 输入参数 (仅限网络变量)

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
1C33:0	SM 输入参数	输入的同步参数	UINT8	RW	0x0E (14 _{dec})
1C33:01	同步模式	当前的同步模式: • 34: 与 SM 2 事件同步 (输出可用)	UINT16	RW	0x0022 (34 _{dec})
1C33:02	循环时间	如 0x1C32:02 [► 105]	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:03	偏移时间	从 SYNC0 事件到读取输入的时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:04	支持同步模式	支持的同步模式: • 位 1: 支持与 SM 2 事件同步 (输出可用)	UINT16	RW	0x0002 (2 _{dec})

5.3.4 配置文件特定对象（0x6000-0xFFFF）

对于所有支持 5001 设备描述规约的 EtherCAT 从站，描述文件定义的对象具有相同的含义。

索引 6000-67F8 接收帧数据（网络变量订阅者）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
6000+n*8:0	接收帧数据 （网络变量订阅者）	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x6000+n*8）， $0 \leq n < \text{最大模块数}$	UINT8	RW P	0x05 (5_{dec})
(6000+n*8):01	Net ID	源 AMS Net ID	UINT48	RW P	-
(6000+n*8):02	Var ID	网络变量标识	UINT16	RW P	0x0001 (1_{dec})
(6000+n*8):03	Quality	变量未更新的时长（分辨率 100 μs ）	UINT16	RO P	0x0000 (0_{dec})
(6000+n*8):04	Cycle Index	此条目在发布者的每个周期都会递增	UINT16	RO P	0x0000 (0_{dec})
(6000+n*8):05	Data area 001	数据范围	OCTED_STRING	RO P	00 00

索引 6001-67F9 发送帧状态（帧状态）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
6001+n*8:0	发送帧状态 （帧状态）	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x6001+n*8）， $0 \leq n < \text{最大模块数}$	UINT8	RW P	0x01 (1_{dec})
(6001+n*8):01	Frame status	状态 - 位 0：帧未被处理 - 位 1：帧过大	UINT16	RW P	0x0000 (0_{dec})

索引 6002-67FA 接收帧标识（忽略网络变量订阅者项）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
6002+n*8:0	接收帧标识 （忽略项目网络变量 订阅者）	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x6002+n*8）， $0 \leq n < \text{最大模块数}$	UINT8	RW P	0x05 (5_{dec})
(6002+n*8):01	Net ID	“Net ID” 0：已检查条目。如果检测到相等，则会在过程数据中传输相关数据区域。	UINT8	RW P	0x01 (1_{dec})
(6002+n*8):02	Var ID	“Var ID” 1：跳过条目。相关数据区域不会在过程数据中传输。	UINT8	RW P	0x00 (0_{dec})
(6002+n*8):03	Quality	“Quality”	UINT8	RW P	0x01 (1_{dec})
(6002+n*8):04	Cycle Index	“Cycle Index”	UINT8	RW P	0x01 (1_{dec})
(6002+n*8):05	Data area 001	“Data area 001”	UINT8	RW P	0x01 (1_{dec})

索引 6003-67FB 接收帧长度（网络变量订阅者的区域长度）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
6003+n*8:0	接收帧长度 （网络变量订阅者的区域长度）	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x6003+n*8）， $0 \leq n < \text{最大模块数}$	UINT8	RW P	0x05 (5_{dec})
(6003+n*8):01	Net ID	“Net ID”字段的长度	UINT16	RW P	0x0006 (6_{dec})
(6003+n*8):02	Var ID	“Var ID”字段的长度	UINT16	RW P	0x0002 (2_{dec})
(6003+n*8):03	Quality	“Quality”字段的长度	UINT16	RW P	0x0002 (2_{dec})
(6003+n*8):04	Cycle Index	“Cycle Index”字段的长度	UINT16	RW P	0x0002 (2_{dec})
(6003+n*8):05	Data area 001	“Data area”字段的长度	UINT16	RW P	0x0002 (2_{dec})

索引 7000-77F8 发送帧数据（网络变量发布者）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
7000+n*8:0	Sending Frame Data (Net Var Publisher)	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x7000+n*8）， $0 \leq n < \text{最大模块数}$	UINT8	RW P	-
(7000+n*8):01	Destination MAC address	MAC 目标地址以太网报文	UINT48	RW P	-
(7000+n*8):02	Source MAC address	MAC 源地址以太网报文	UINT48	RW P	-
(7000+n*8):03	Ethernet type	Beckhoff 以太网类型	UINT16	RW P	0x88A4 (42120_{dec})
(7000+n*8):04	标题	位 0-10: 下列条目的长度 位 11: 0, 位 12-15: 4, 网络变量类型	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):05	Net ID	源 AMS Net ID	UINT48	RW P	-
(7000+n*8):06	# of Vars	变量数	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):07	Cycle Index	此条目在发布者的每个周期都会递增	UINT16	RO P	-
(7000+n*8):08	预留	预留	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):09	Net Var 001 Id	网络变量标识	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):0A	Net Var 001 Header	字节 0,1: 哈希值 字节 2,3: 数据长度 字节 4,5: 质量	UINT48	RW P	-
(7000+n*8):0B	Net Var 001 Data	数据范围	STRING	RO P	-
-					
(7000+n*8):(3*y+6)	Net Var y Id	网络变量标识	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):(3*y+7)	Net Var y Header	字节 0,1: 哈希值 字节 2,3: 数据长度 字节 4,5: 质量	UINT48	RW P	-
(7000+n*8):(3*y+8)	Net Var y Data	数据范围	OCTED_STRING	RO P	-

索引 7001-77F9 发送帧控制（帧控制）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
7001+n*8:0	发送帧控制（帧控制）	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x7001+n*8）， 0 ≤ n < 最大模块数	UINT8	RW P	0x01 (1 _{dec})
(7001+n*8):01	Frame Control	帧控制 • 位 0 = 0: 发送帧 • 位 0 = 1: 跳过帧	UINT8	RW P	0x00 (0 _{dec})

索引 7003-77FB 发送帧长度（区域长度网络变量发布者）

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
7003+n*8:0	Sending Frame Length (Area length Net Var Publisher)	最大子索引 （每个模块都有自己的条目（索引 0x7003+n*8）， 0 ≤ n < 最大模块数	UINT8	RW P	-
(7003+n*8):01	Destination MAC address	MAC 目标地址以太网报文	UINT48	RW P	-
(7003+n*8):02	Source MAC address	MAC 源地址以太网报文	UINT48	RW P	-
(7003+n*8):03	Ethernet type	Beckhoff 以太网类型	UINT16	RW P	0x88A4 (42120 _{dec})
(7003+n*8):04	标题	位 0-10: 下列条目的长度 位 11: 0, 位 12-15: 4, 网络变量类型	UINT16	RW P	-
(7003+n*8):05	Net ID	源 AMS Net ID	UINT48	RW P	-
(7003+n*8):06	# of Vars	变量数	UINT16	RW P	-
(7003+n*8):07	Cycle Index	此条目在发布者的每个周期都会递增	UINT16	RW P	-
(7003+n*8):08	预留	预留	UINT16	RW P	-
(7000+n*8):09	Net Var 001 Id	网络变量标识	UINT16	RW P	-
(7003+n*8):0A	Net Var 001 Header	字节 0,1: 哈希值 字节 2,3: 数据长度 字节 4,5: 质量	UINT48	RW P	-
(7003+n*8):0B	Net Var 001 Data	数据范围	STRING	RW P	-
-					
(7003+n*8):(3*y+6)	Net Var y Id	网络变量标识	UINT16	RW P	-
(7003+n*8):(3*y+7)	Net Var y Header	字节 0,1: 哈希值 字节 2,3: 数据长度 字节 4,5: 质量	UINT48	RW P	-
(7003+n*8):(3*y+8)	Net Var y Data	数据范围	OCTED_STRING	RW P	-

索引 8000-87F8 帧配置

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认值
8000+n*8:0	Frame Config	最大子索引	UINT8	RW	0x04 (4 _{dec})
(8000+n*8):04	设备类型	3: 订阅者网络变量, 将创建对应的索引 600x。 4: 发布者网络变量, 将创建对应的索引 0x700x。	UINT16	RW	-

索引 F000 模块化设备配置文件

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认值
F000:0	模块化设备配置文件	模块化设备配置文件的常规信息	UINT8	RO	0x04 (4 _{dec})
F000:01	模块索引距离	各通道对象的索引距离	UINT16	RO	0x0008 (8 _{dec})
F000:02	最大模块数量	通道数量	UINT16	RO	0x00FF (255 _{dec})
F000:03	Standard Entries in Object 0x8yy0	对象 0x8yy0 中的标准条目	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
F000:04	Standard Entries in Object 0x9yy0	对象 0x8yy0 中的标准条目	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})

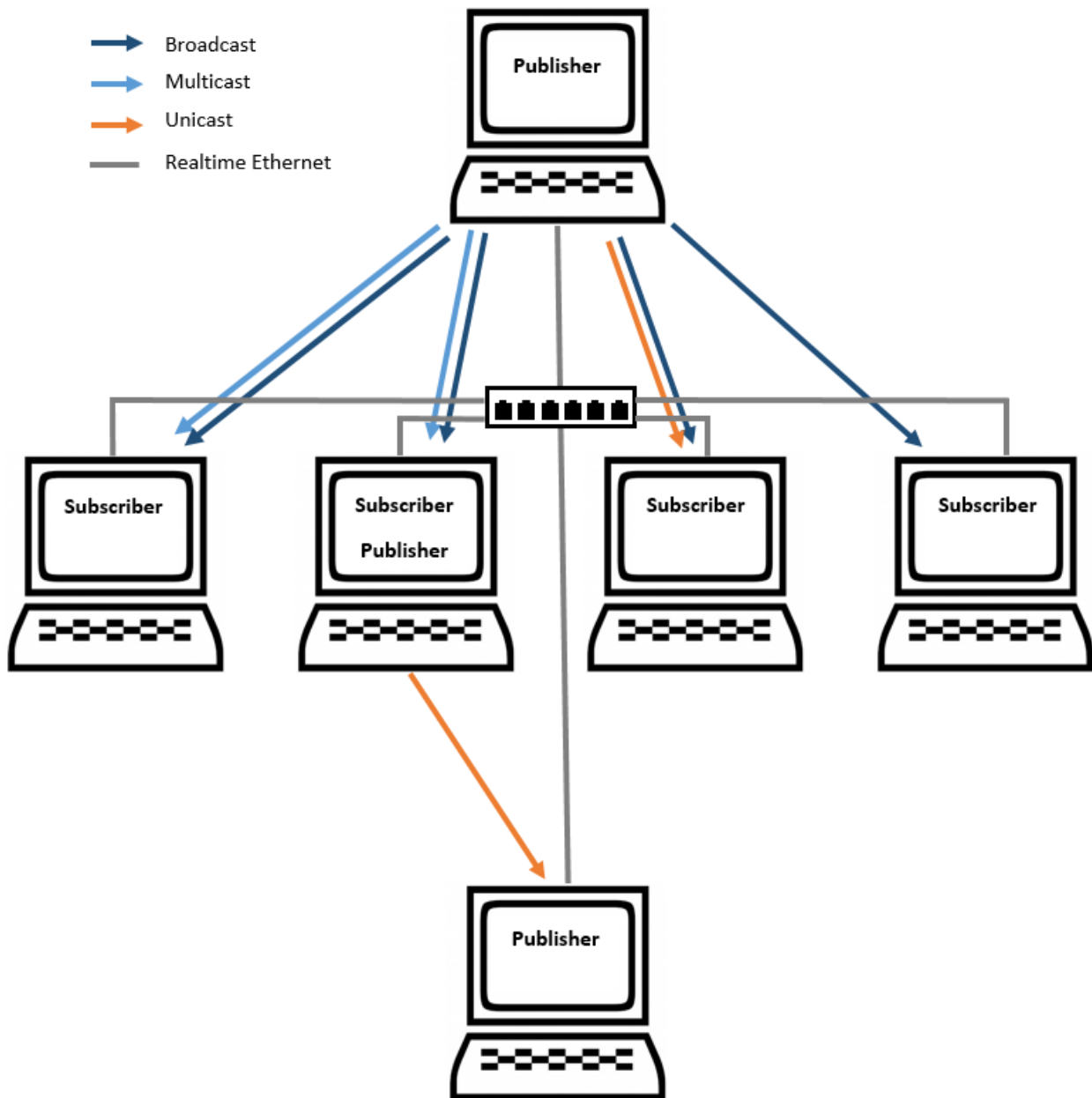
5.4 Beckhoff 网络变量

5.4.1 简介

网络变量是指通过 TwinCAT 在 PC/CX1000 之间周期交换的变量。可以交换任意数据类型的变量，包括复杂类型。采用“发布者/订阅者”模式。用于高度确定性的通信，必须为 TwinCAT 安装实时以太网驱动器。

“发布者/订阅者”模式

在“发布者/订阅者”模式中，发布者提供变量。订阅者可以订阅变量。发布者可将变量提供给一个订阅者、多个订阅者或所有订阅者。在“广播”模式下，所有 PC 都可以使用该变量；在“多播”模式下，选定的 PC 可以使用该变量；在“单播”模式下，只有一台选定的 PC 可以使用该变量。“订阅者”也可以同时是“发布者”。这样，就可以提供双向数据链路。



附图 110: “发布者/订阅者”模式

单播

“发布者”可将网络变量提供给单台选定的 PC。

多播

“发布者”可让选定的 PC 使用网络变量。

广播

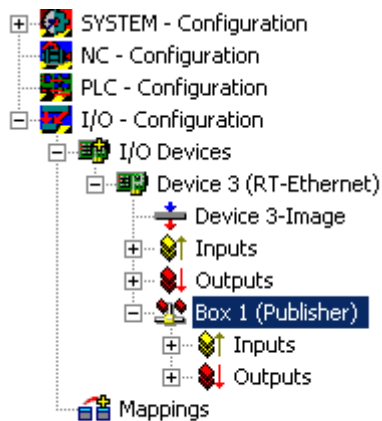
“发布者”会向所有 PC 提供网络变量。

5.4.2 “发布者”的配置

在 TwinCAT System Manager 中，RT 以太网设备下为“发布者”添加了一个节点。

插入一个发布者对话框

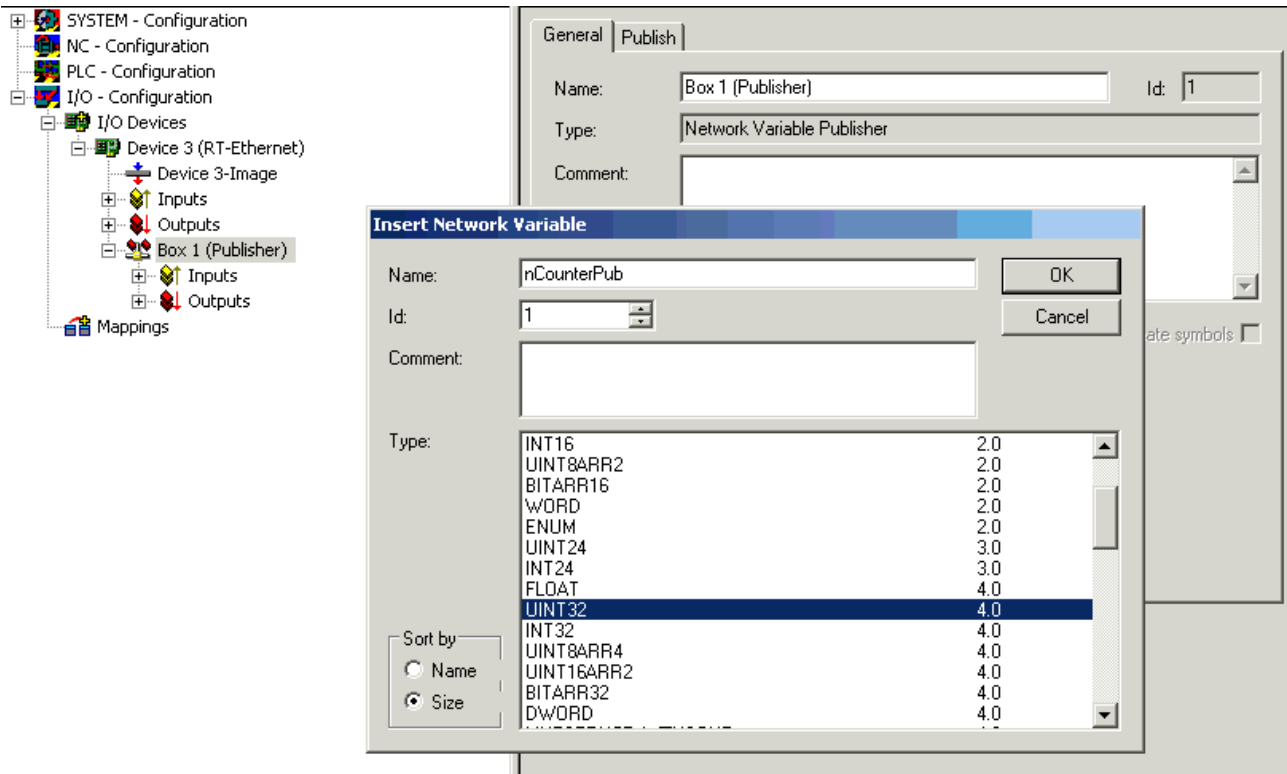
必须在 RT 以太网设备下添加一个发布者对话框。



附图 111: 在 TwinCAT 配置中插入发布者项

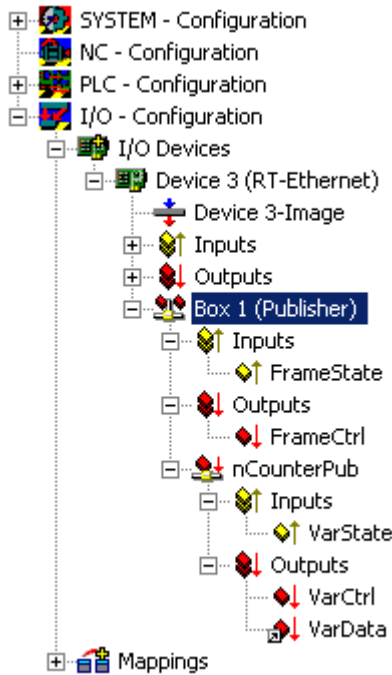
插入网络变量

已将网络变量插入该项的下一级。输入变量名称（示例中为 nCounterPub）和数据类型（示例中为 UINT32，对应 UDINT）。



附图 112: 添加网络变量

在添加的变量下创建输入和输出。



附图 113: 插入变量的输入/输出

框下的 FrameState 输入显示发送的以太网帧的当前状态。

FrameState 可能有以下值：

简介	值	描述
未发送 (跳过帧)	0x0001	
错误 (帧过大)	0x0001	超出了以太网帧的最大尺寸。链接的变量应减少。

可在框下的 FrameCtrl 输出中写入控制字。

FrameCtrl 可能有以下值：

简介	值	描述
禁用发送	0x0001	帧发送中断。直到该值再次变为 0，才会重新开始发送帧。

网络变量下的 VarState 输入表示网络变量的当前状态。

VarState 可能有以下值：

简介	值	描述
未发送 (跳过变量)	0x0001	

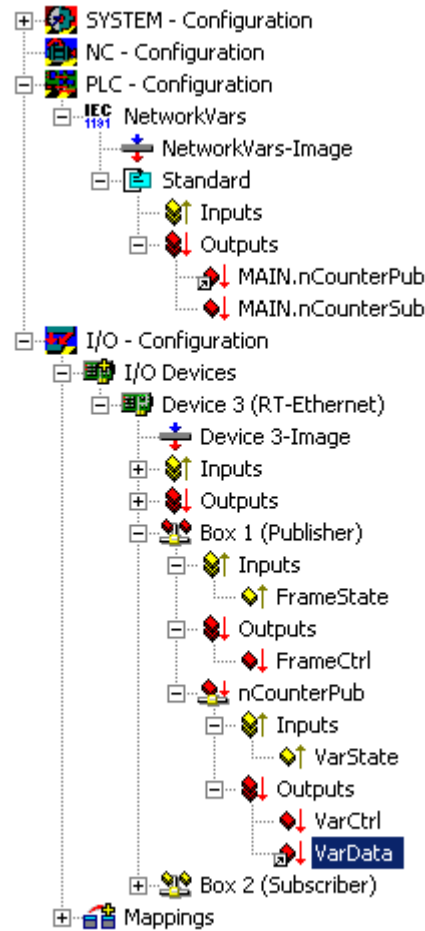
可在网络变量下的 VarCtrl 输出中写入控制字。

FrameCtrl 可能有以下值：

简介	值	描述
禁用发布	0x0001	网络变量的发送被中断。直到数值再次变为 0，网络变量的发送才会重新开始。

映射

“发布者”的网络变量可以映射到具有合适数据类型的任意输出变量。在示例中，这个网络变量链接到 PLC 的输出变量。



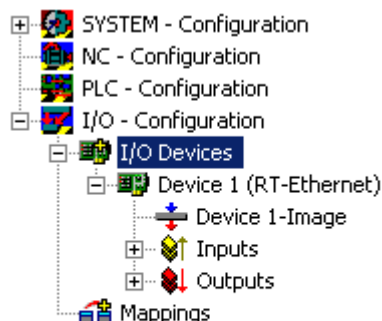
附图 114: 网络变量与 PLC 输出变量的映射

5.4.3 订阅者的配置

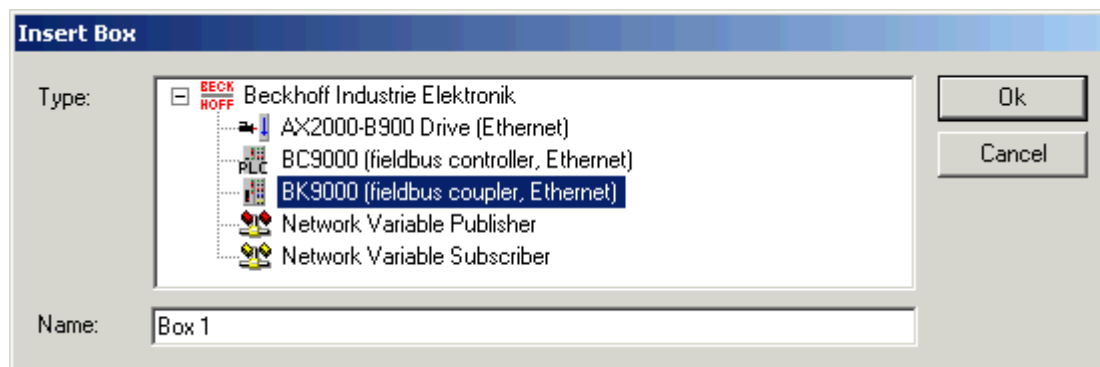
在 TwinCAT System Manager 中，RT 以太网设备下将为“订阅者”添加一个新对话框。

添加“订阅者”对话框并链接网络变量

必须在 RT 以太网设备下添加“订阅者”对话框。

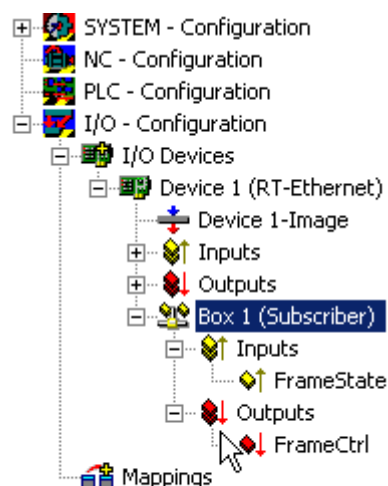


附图 115: 创建 RT-Ethernet 设备

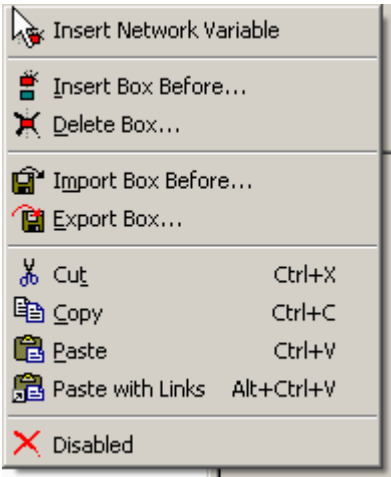


附图 116: 创建订阅者项（“Box 1”）

然后在“订阅者”对话框下创建一个网络变量。

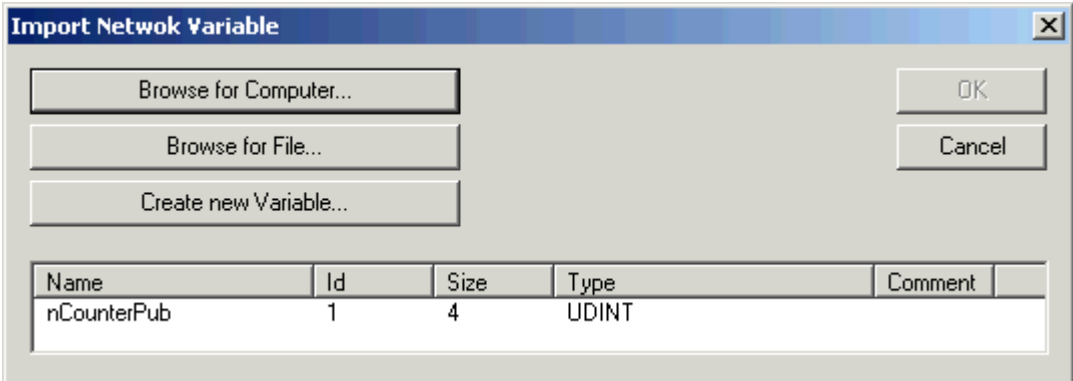


附图 117: 带“Box 1”订阅者项的 TwinCAT 树



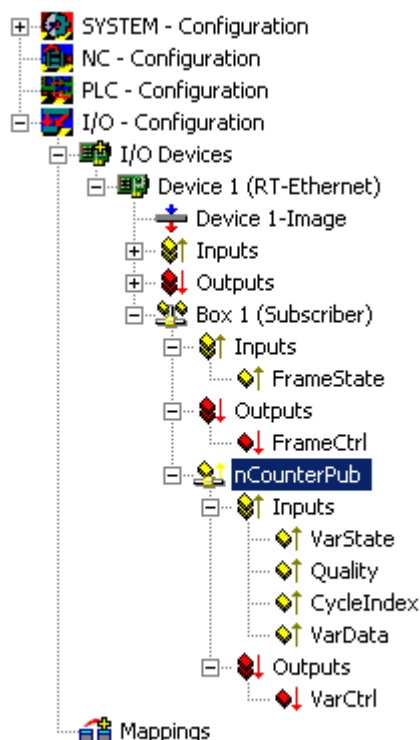
附图 118: 右键单击以创建网络变量

可自动创建与“发布者”变量的链接。首先，您需要找到“发布者”电脑。然后，该“发布者”的所有变量都会显示在一个列表中。



附图 119: 搜索发布者主机

在添加的变量下创建了输入和输出。



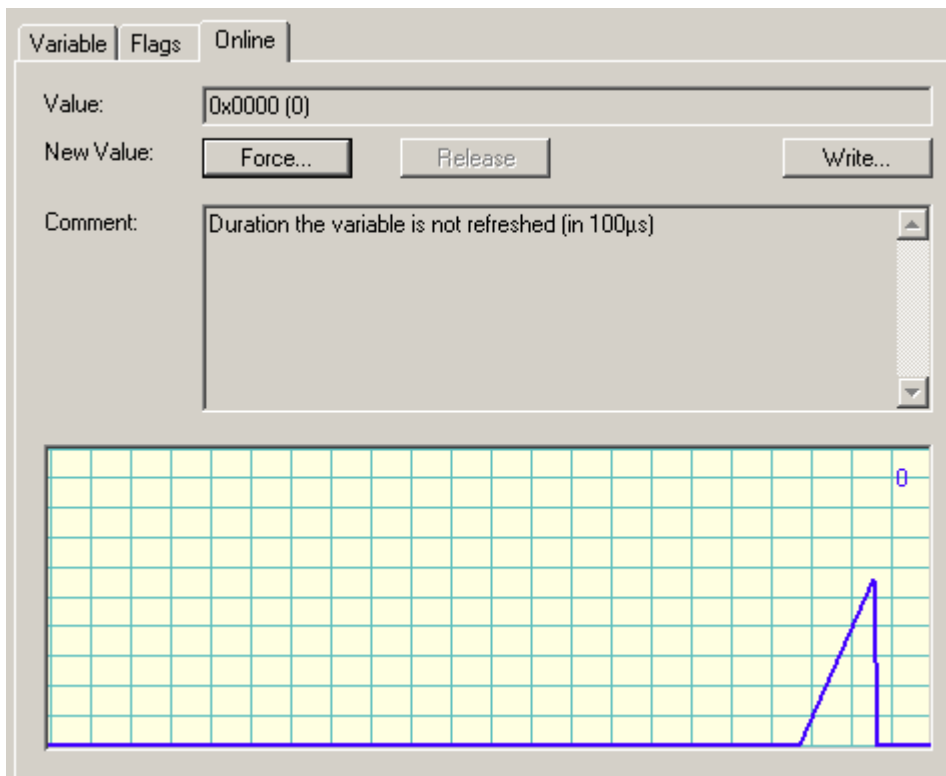
附图 120: 创建插入变量的输入/输出

该项下面的 FrameState 输入和 FrameCtrl 输出会提供关于接收到的以太网帧的当前状态或控制的信息。FrameState 和 FrameCtrl 为保留备用，目前还不支持。

网络变量下的 VarState 输入和 VarCtrl 输出显示接收到的网络变量的当前状态（或控制）。VarState 和 VarCtrl 被保留，目前不支持。

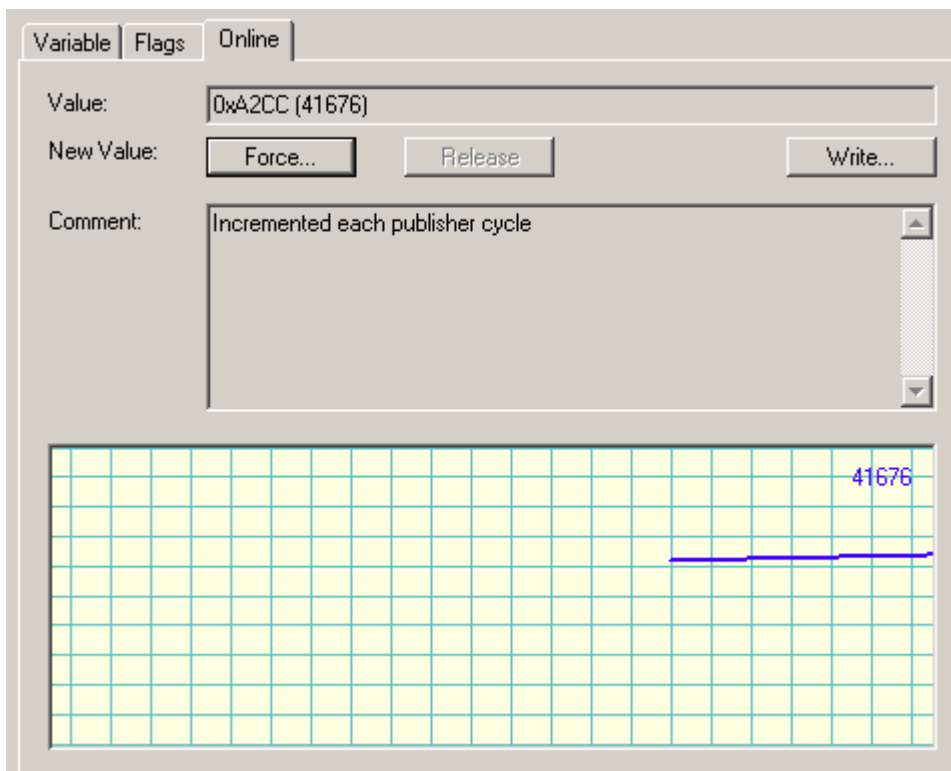
网络变量的质量

网络变量的质量在“订阅者”端进行评估。为此，网络变量下有 2 个输入变量。“质量”变量提供 1 个分辨率为 100 μ s 的计数器。计数值表示变量延迟。下面的示例显示了拔下网络接头（计数器值累加）和重新连接（计数器值为 0）时“Quality”的在线值。



附图 121: “Quality 变量”的时序图（在线值）

除了“质量”变量外，CycleIndex 变量也会在每个“发布者”循环内递增。



附图 122: CycleIndex 变量的时序图（在线值）

5.4.4 倍福网络变量 – 设置

倍福网络变量 (NWV) 可用于在基于 Windows 的 PC 之间周期或非周期发送数据。在声明为发布者（发送者）的设备中，此类网络变量在另一端由声明为同一类型的订阅者接收。顾名思义，这种数据流量是基于网络的，其配置直接基于所使用的协议。

有两种协议可供选择：

- **MAC：**发送的 ISO 第 2 层帧带有发送方和接收方 MAC 地址（以太类型 0x0806）。不包括目标 IP 地址（如 192.168.0.1）的 IP 部分。因此，报文可以通过交换式以太网控制器进一步处理，但通常不能通过路由器处理。
MAC 表示介质访问控制，这里指在生产过程中分配给每个以太网设备的（唯一）硬件地址。例如，Beckhoff PC 的以太网端口的 MAC ID 可能是 00:01:05:34:05:84，其中“00:01:05”代表 Beckhoff ID，其余部分是在生产过程中分配的。每个以太网报文在以太网电缆两端之间的路由由源 MAC 和目标 MAC 确定。
以太网报文通过 Ethertype 0x88A4 被识别为倍福实时以太网。作为实时以太网电报（RT 以太网），它绕过常规 Windows TCP 堆栈，并通过 PC 的指定以太网端口以更高的优先级（即“立即”）发送。可以使用一个选项来配置所发送的报文是由所有人（广播）、许多（多播）还是单个订阅者（单播）接收。
- **UDP/IP：**接收者通过以太网报文中的附加 IP 标头进行识别。因此，UDP 以太网帧可通过路由器进一步处理。
同样，广播、多播和单播都可作为选项。以太网报文通过 Ethertype 0x88A4 被识别为倍福实时以太网，并在 TwinCAT PC 中被视为 RT 协议。
与 TCP 相比，作为无连接协议，UDP 不需要确认消息的接收，即发布者不知道订阅者是否已收到消息。因此，ARP 协议 [► 121] 用于 TwinCAT 的远程端子模块监控。

带有过程数据的报文通过这些寻址模式到达接收设备（网络端口）。在以太网设备/TwinCAT 中，通过一个变量 ID 分配多个传输过程数据。

所有网络变量在使用前都必须在 System Manager 中声明。

在运行过程中，可以使用以下干预选项：

- 可动态阻止发送已配置的网络变量
- 可动态更改目标 IP 或目标 MAC
- 可以动态更改变量 ID “变量 ID”
- 可以更改 NWV 内容，但不能更改大小（比特大小）

发布者和订阅者的诊断变量可提供有关连接质量的信息。

如果使用网络变量，则必须考虑到所用网络拓扑结构的时间边界条件：在 IP 寻址（经路由器）的情况下，根据具体情况可以实现几个 100 ms 的通信周期，在 MAC 寻址（经交换机）的情况下，则大约 10 ms 甚至更短。

● 诊断变量 “质量”

i 如果处理任务以不同的循环时间运行，或者用户更改了 DataExchangeDivider，则在分析诊断变量时必须考虑到这一点。连同快速“订阅者”（如 10 ms），慢速“发布者”（如 100 ms）会导致较差的连接质量（由诊断变量“质量”报告）。还必须考虑发送“发布者”的动态临时阻塞问题。在这种情况下，“订阅者”会记录较差的质量。

● 诊断变量 “CycleIndex”

i 请注意以下信息，以便决定是否必须为变量 CycleIndex 服务。

倍福网络变量的基本原理

- **质量：**
NWV 到达“发布者”的延迟时间（单位：[100 μs]）。
相对到达位置：
TwinCAT 系统的输入过程映像

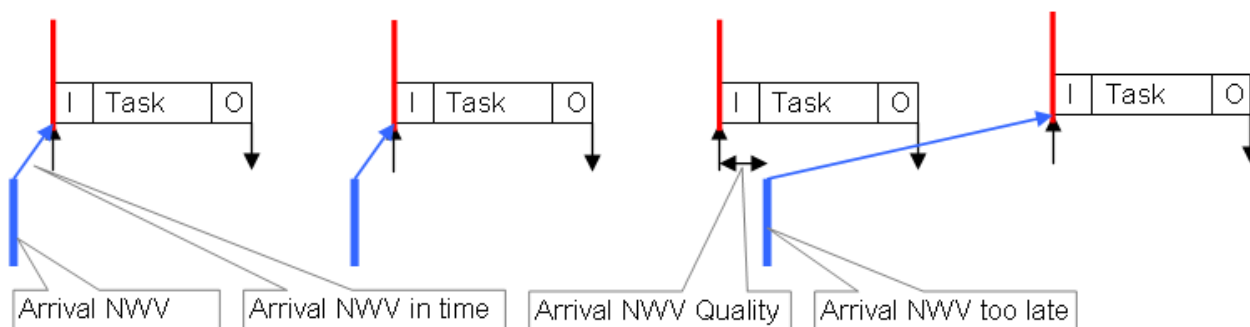
相对到达时间：
下一个循环加载到输入映像的时间

注：

之所以要如此精确地确定延迟时间，是因为 NWV 是由 IO 驱动程序直接管理的，与循环时间无关。然而，直到在下一个任务周期读取输入过程映像时才会使用 NWV 数据，该数据可能延迟了一个周期的百分之几。

有关 EL6601/EL6614 的注意事项：

即使对于 EL66xx，NWV 到达时间也是数据在 RT 设备的输入过程映像中可用的时间，而不是到达 EL66xx 或 EtherCAT 设备的输入映像中的时间。



附图 123: 质量与延迟网络变量之间的相互关系

• **Variable ID**

变量 ID (16 位) 用于各个过程数据的全局标识。因此，在一个 TwinCAT 设备中，“发布者”或“订阅者”组中的每个 ID 只能使用一次，参见图 [通过网络变量进行通信的示例](#)：PC1 上的“发布者”1 和 2 必须具有不同的 ID (10 和 8)，而“发布者”2 和“订阅者”1 可以使用相同的 ID (8)。

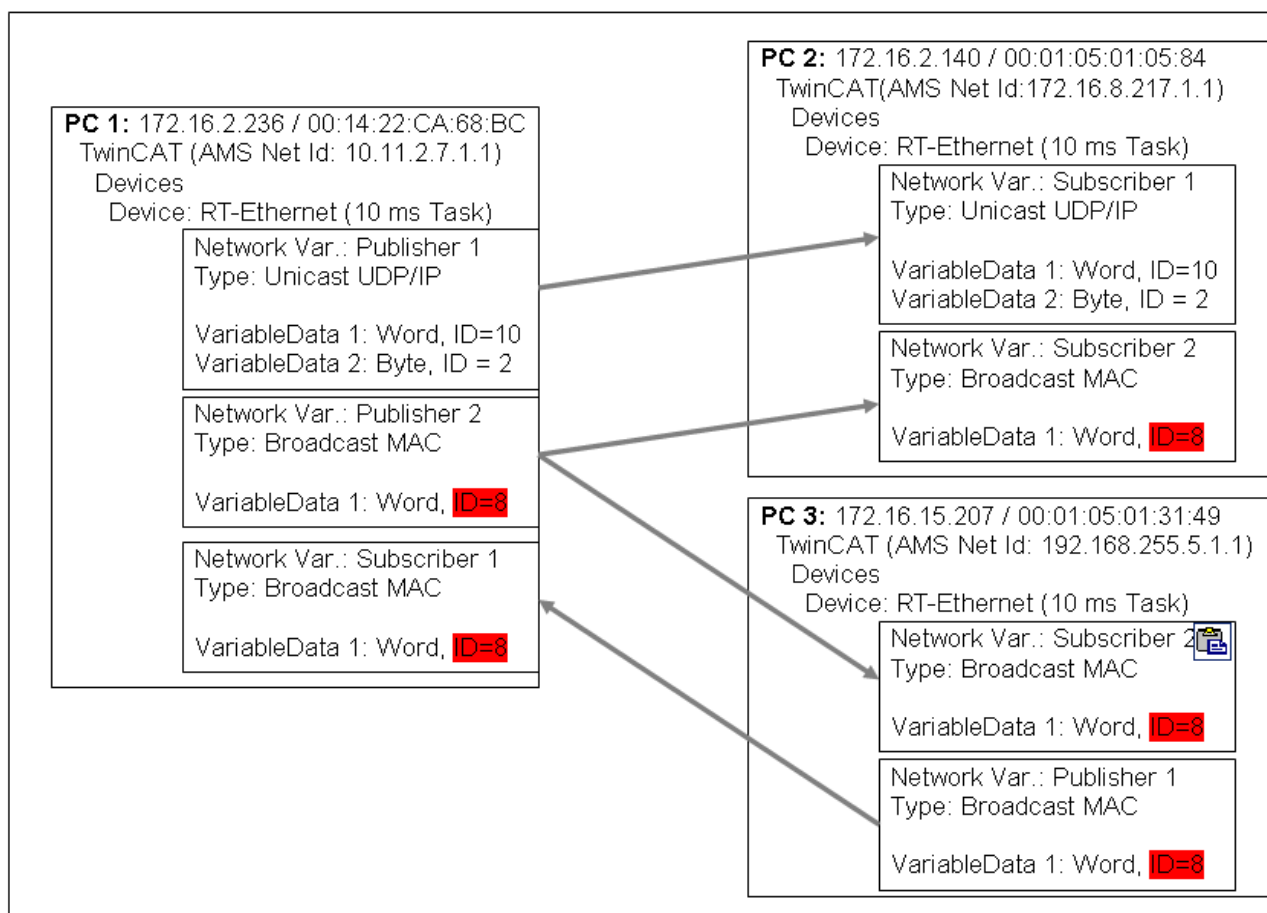
● **选择变量 ID**

i 为了实现明确的分配，我们建议为连接的 PC 之间的每个数据通讯使用不同的 ID。原因：在图 [通过网络变量进行通信的示例](#) 中，PC2/“订阅者”2 不仅从 PC1/“发布者”2 收到了设计好的 ID=8 变量，而且，由于它是作为广播发送的 (!)，它还从 PC3/“发布者”1 处收到了 NWV。这样，PC2 就不再可能进行区分。

• **循环索引**

16 位周期索引是“发布者”与数据一起发送的计数器。一般来说，每次传输都会递增，因此可以作为无瑕疵传输的指标。“订阅者”端可将其读作 *CycleIndex*。其外观取决于“发布者”平台：

- PC 上的“发布者”：*CycleIndex* 变量不可见，由系统管理器自动循环递增
- EL66xx 上的“发布者”：*CycleIndex* 变量可见，必须由用户进行递增/控制，以使其在订阅者端不等于 0。



附图 124: 通过网络变量进行通信的示例

不同平台上的数据表示形式

请注意，简单数据和复杂数据（字、数组、实数、字符串和自定义结构）在不同平台上的内部表示方式不同！

x86 平台使用字节对齐，其他平台 (ARM) 使用 2 字节或 4 字节对齐。

这意味着，如果在 x86/PC PLC 项目和 ARM PLC 项目都创建了复杂结构，它们可能有不同的占用空间和不同的内部结构。（见图“数据表示，例如 x86 系统 vs. ARM 系统”）

在示例中，CX 中的结构（因此要在这里创建的网络变量）比 PC 中的大；另外，字变量和实数变量也不匹配，因为在 PC 中变量可以从任意字节位置开始，但在 CX 中只能从每个偶数字节开始。

后果

建议在两个终端设备上使用相同的结构

- 首先，所有 4 字节变量（必须位于可被 4 整除的地址上）
- 然后是所有 2 字节变量（必须位于可被 2 整除的地址）
- 然后是所有 1 字节变量

进一步的建议

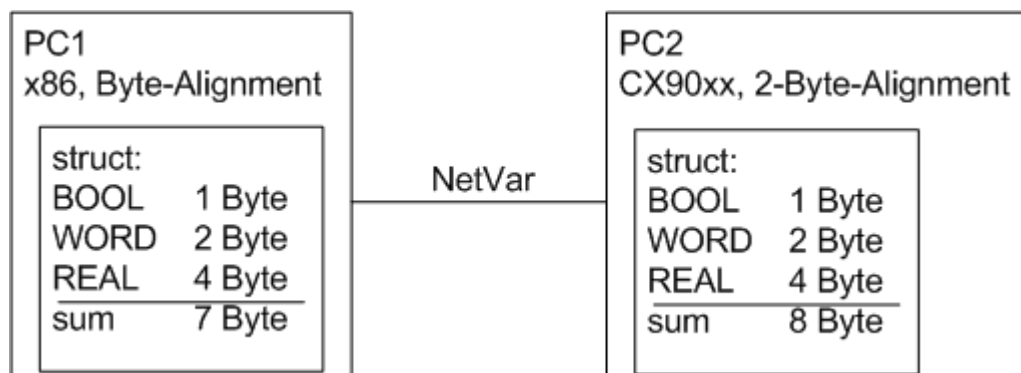
- 如果使用 STRING(x)， “EndOfString” 零也被解释为一个字符，否则 x+1 必须能被 4 整除
- 上述规则同样适用于子结构。

请参阅 [Infosys Structure](#) 章节的说明。

后果

总线端子模块控制器（BICxxxx、BXxxxx）的使用

由于总线端子模块控制器（BICxxxx、BXxxxx）中的浮点数 (REAL) 表示方式与 x86 中的不同，因此无法传输。例如，“SINT” 可用于带符号的值。



附图 125: 数据表示, 例如 x86 系统 vs. ARM 系统

系统管理器中的设置

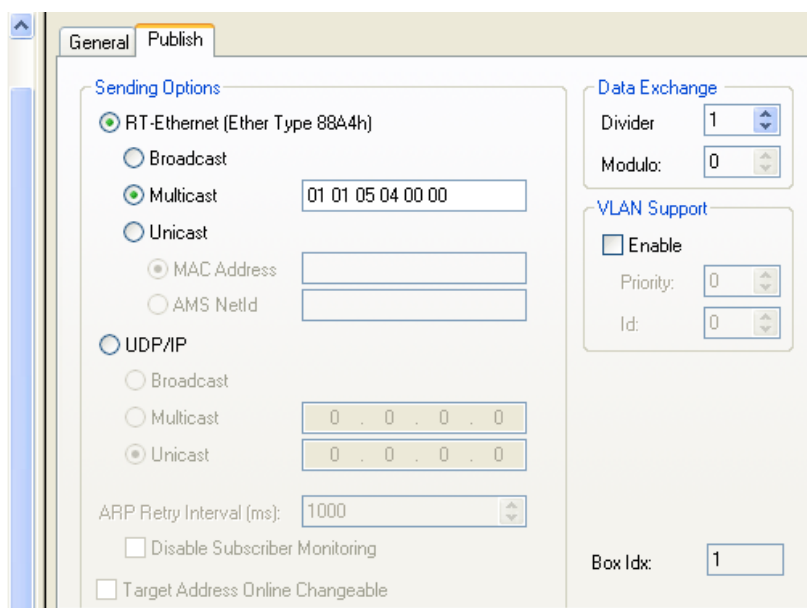
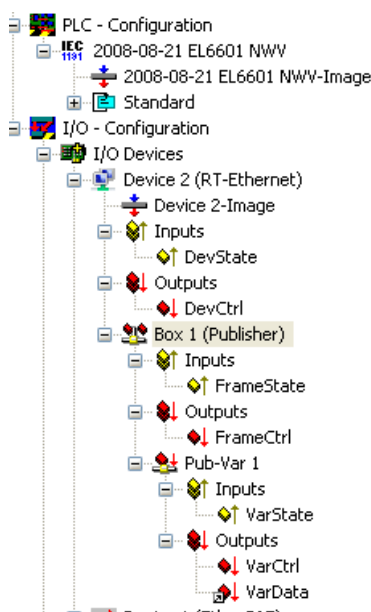
变量的显示

根据所用平台（PC 或 EL66xx）的不同，发布者/订阅者的显示方式也不同。可以这样创建一个发布者/订阅者：

- 在 PC 网络接口上，见图 “发布者” 设置 – RT 以太网
- 在 EL66xx 上，请参见倍福网络变量 – 设置 [► 118]

倍福系统管理器 TwinCAT 2.10 版本 1328 中提供以下设置选项：

发布者，对话框



附图 126: 发布者 RT 以太网设置

RT 以太网设置：

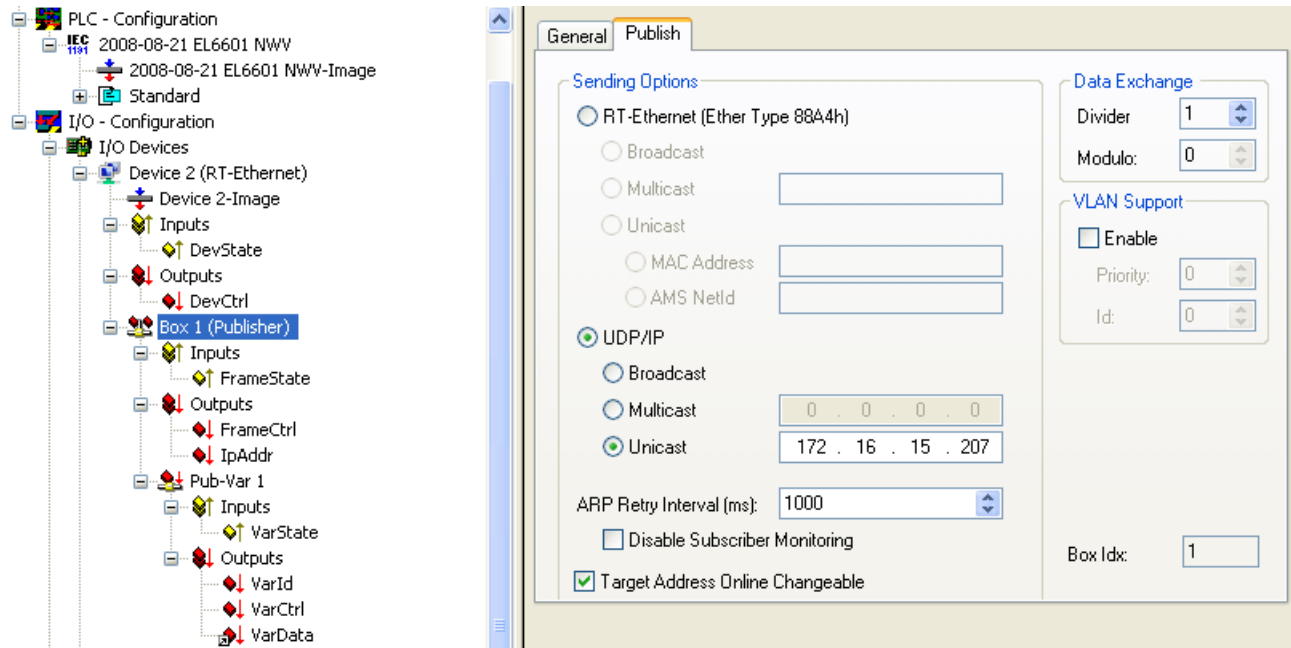
- **MAC 广播：** 发送至所有网络设备，目标 MAC FF:FF:FF:FF:FF:FF。
- **多播：** 如果 MAC 第一个字节的第一位（即所谓的组位）被设置，则目标 MAC 地址将成为多播地址。通过倍福 ID “00 01 05”，形成默认目标地址 “01 01 05 04 00 00”，如图发布者 RT 以太网设置所示。MAC 范围 01:00:5E:00:00:00 到 01:00:5E:FF:FF:FF 适用于一般多播应用，前 3 个字节由 IEEE 指定，后 3 个字节源自目标 PC 的 IP 地址的下半部分。因此，生成的目标 MAC 在物理上永远不会存在于网络中。相反，尽管以太网端口本身可以有另一个唯一的 MAC 地址，但目标网卡会将以此方式形成的以太网帧检测为发送给它的多播帧。有关多播 MAC/IP 地址形成的进一步规则，请参阅相关文献。
- **单播：** 直接输入目标 MAC 或通过目标设备的 AMS 网络 ID（如 123.456.123.456.1.1），在这种情况下，必须在本地 AMS 路由器中输入此路由（右键单击任务栏中的 TwinCAT 图标 --> 属性 --> AMS 路由器）

● 使用广播和多播

i 在 MAC 或 IP 层以广播或多播方式发送的网络变量会产生很高的网络负载（取决于循环时间），因为它们会倍增到整个连接的网络中。这可能会导致简单的网络设备（例如打印机）崩溃。在较短周期内，所有网络通信量都可能被阻塞。考虑到上文所述的变量标识，我们强烈建议使用单播寻址。

高级设置：

- 数据交换：任务循环时间 * 分隔符是发送该网络变量的节奏。（EL66xx 无此功能）。
- 支持 VLAN：与可管理交换机配合使用，此处参数设置的以太网帧可通过 VLAN 标记（虚拟局域网）分配固定路由。



附图 127: 发布者设置 – UDP/IP

UDP/IP 设置 – 使用带有 IP 地址的 IP 网络层寻址技术。UDP 是一种无反馈无连接的协议。

- 广播：发送至所有设备，目标 IP (v4) 255.255.255.255
- 多播：必须指定目标 IP，请参阅 MAC 多播注意事项。
- 单播：指定目标设备（例如：192.168.0.1），确保可以通过子网掩码到达该设备

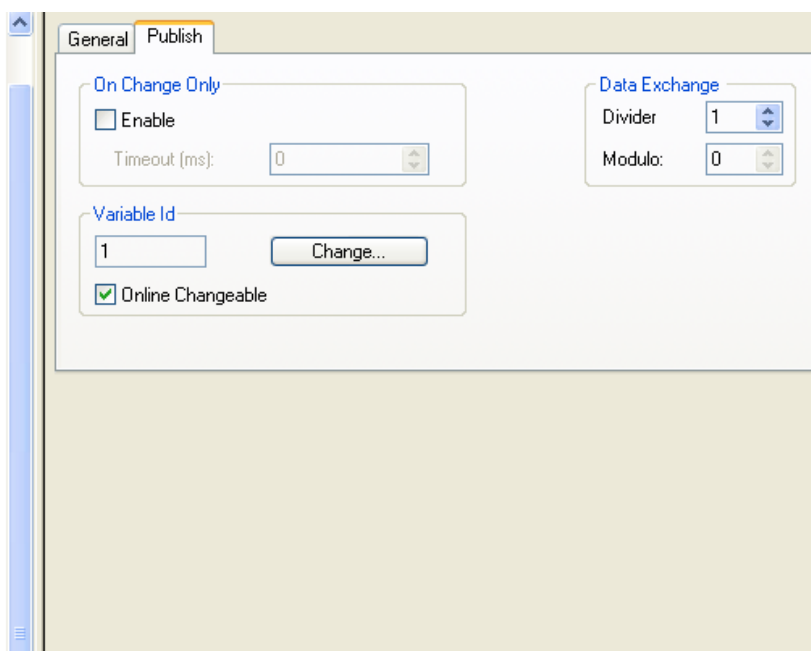
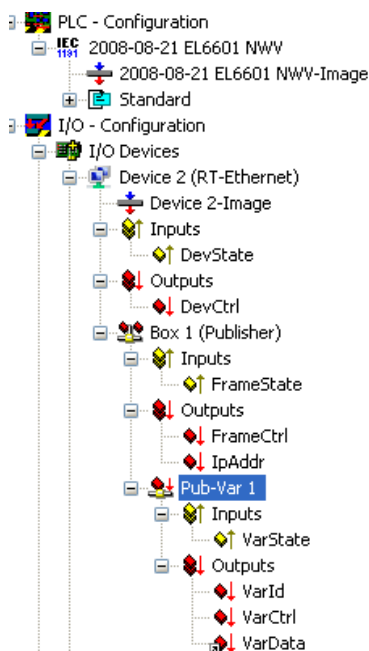
● 使用广播和多播

i 在 MAC 或 IP 层以广播或多播方式发送的网络变量会产生很高的网络负载（取决于循环时间），因为它们会倍增到整个连接的网络中。这可能会导致简单的网络设备（例如打印机）崩溃。在较短周期内，所有网络通信量都可能被阻塞。考虑到上文所述的变量标识，我们强烈建议使用单播寻址。

高级设置：

- “ARP 重试间隔”：为了确定接收方是否存在，发送方会在这些时间间隔内向目标设备发送 ARP 请求。如果接收方的网络管理处于运行状态，则会发送 ARP 回复。这仅对单播有意义。如果发生错误，诊断 FrameState 变量中的第 3 位将被设置 (0x0004)。
注意：ARP 处理（ARP = 地址解析协议：将硬件/MAC 地址分配到网络地址 [IP]）由操作系统 (Windows) 管理。
- “Disable Subscriber Monitoring”：禁用上述程序。
- “Target Address changeable”：在这种情况下，目标 IP 可以动态更改。

发布者，变量

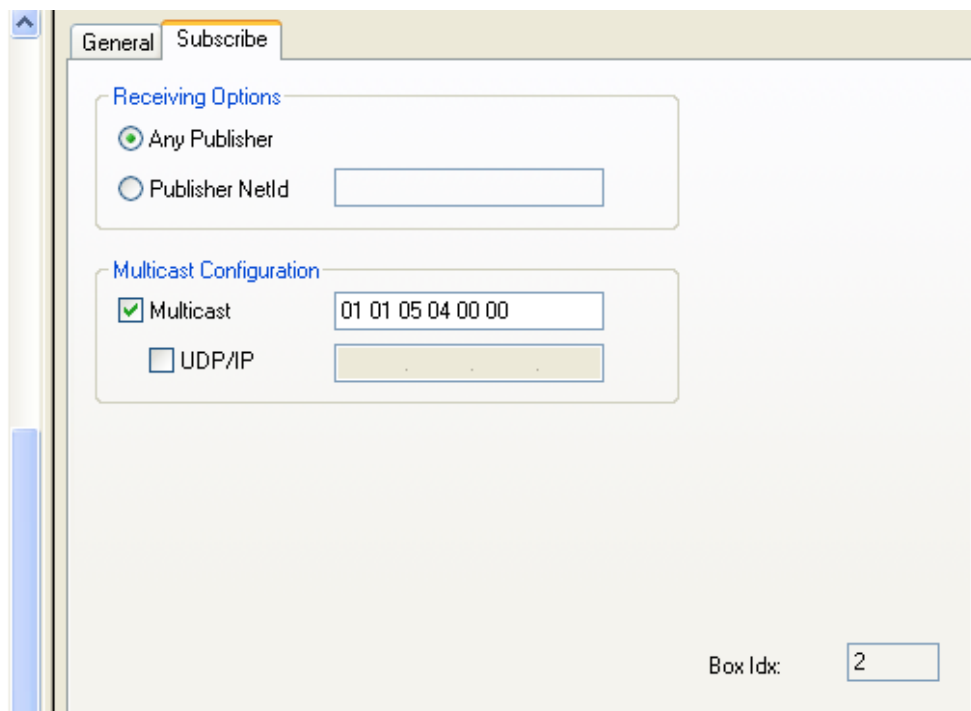
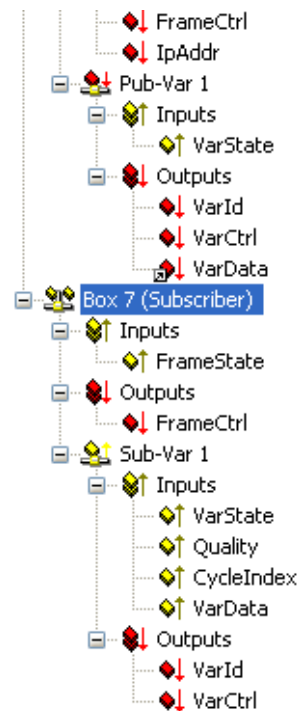


附图 128: 发布者变量设置

设置：

- “变量 ID”：发送变量的标识号。可酌情通过 PLC 在线更改。
- “Data exchange”：见上文（不适用于 EL66xx）。
- “On change only”：仅在值发生变化时发送 NWV（不适用于 EL66xx）。

订阅者，对话框



附图 129: 订阅者设置

设置：

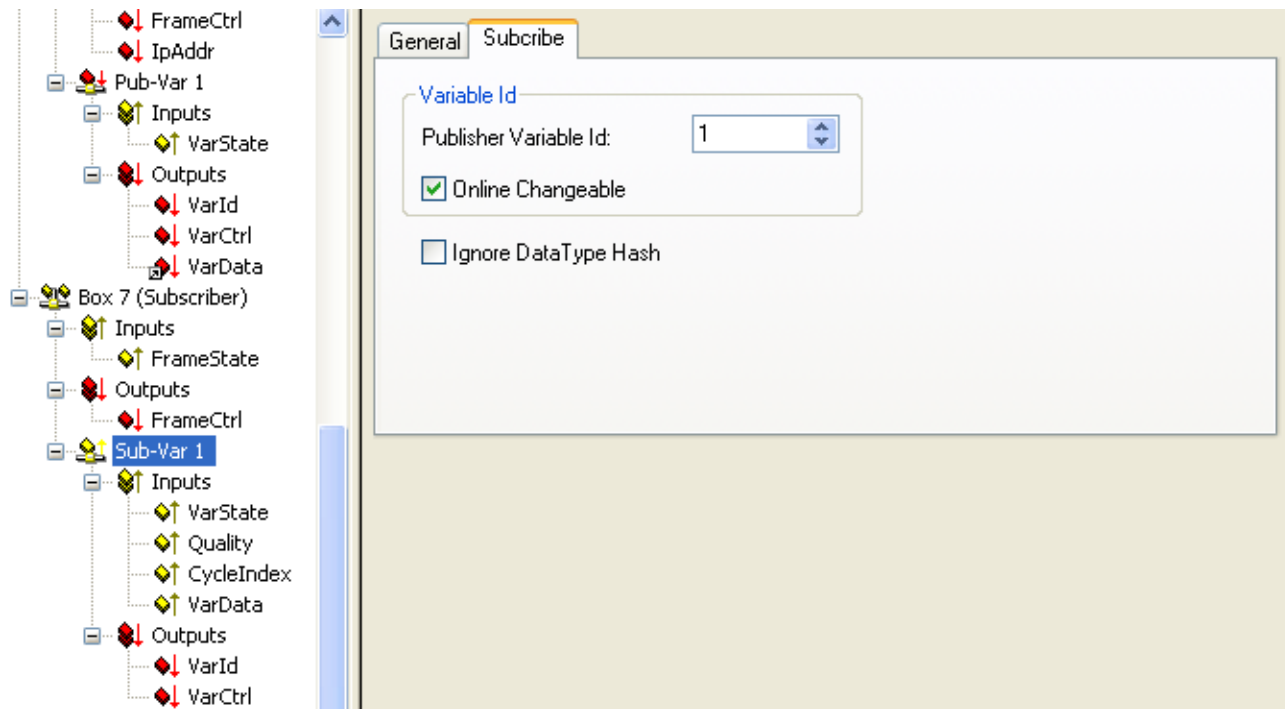
- “接收选项”：只允许该订阅者接收来自特定发布者的 NWV

- “Multicast Configuration”：同上

过程数据：

- “VarId”：如果激活，则可在线修改变量 ID

订阅者，变量



附图 130: 订阅者变量设置

设置：

- “变量 ID”：只允许此订阅者使用具有特定 ID 的 NWV。可酌情通过 PLC 进行动态更改。
- “忽略数据类型哈希值”：目前不支持哈希值计算

过程数据：

- “Quality”：见上文的解释性说明。
- “CycleIndex”：每成功传输一次，该索引就会递增一次，前提是这是由另一方（即发布者）完成的。如果发布者是 EL66x，用户必须在此处递增 *CycleIdx*。
- “VarData”：传输的数据。

6 应用程序示例

6.1 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。此处提供的应用说明是基于我们产品的典型特征，仅作为示例。本文件包含的注释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。

示例 1：确定发布者/订阅者的数据吞吐量



示例程序（下载）

通过适当的 EtherCAT 循环时间，并根据 EL66xx 中配置的发布者/订阅者的规模和数量，实时的周期可低至 500 μ s 或以下。

EL6601、FW08、修订版 EL6601-0000-0018 的典型吞吐量值为

- 1 个 1000 字节的发布者，1 个 1000 字节的订阅者，同时双向操作：2 ms
- 1 个 100 字节的发布者，1 个 100 字节的订阅者，同时双向操作：300 μ s

这两个特征值都是通过该示例程序确定的。*.tsm 系统管理器文件需要使用 2.11 版以上的 TwinCAT。

以 EL6601 为例，说明作为发布者或订阅者的网络变量配置。此处 TwinCAT 2.10 和 TwinCAT 2.11 下的对话框略有不同。

示例 2：在线诊断



示例程序 (https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el6601_el6614/Resources/2349552907.zip)

CoE 目录中用于初始诊断的对象如下：

- 0xFA01，子索引 01：帧计数器 Rx（传入 RJ45 接口）
- 0xFA01，子索引 02：帧计数器 Tx（从 RJ45 接口传出）

可以使用 PLC 功能块（TcEtherCAT.lib 中的 FB_EcCoeSdoRead）从控制器中读取数值。

这些信息以及 EL66xx CoE 的更多诊断信息可通过https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el6601_el6614/Resources/2349552907.zip获取。

有关此的文档



https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el6601_el6614/Resources/17350688139.zip

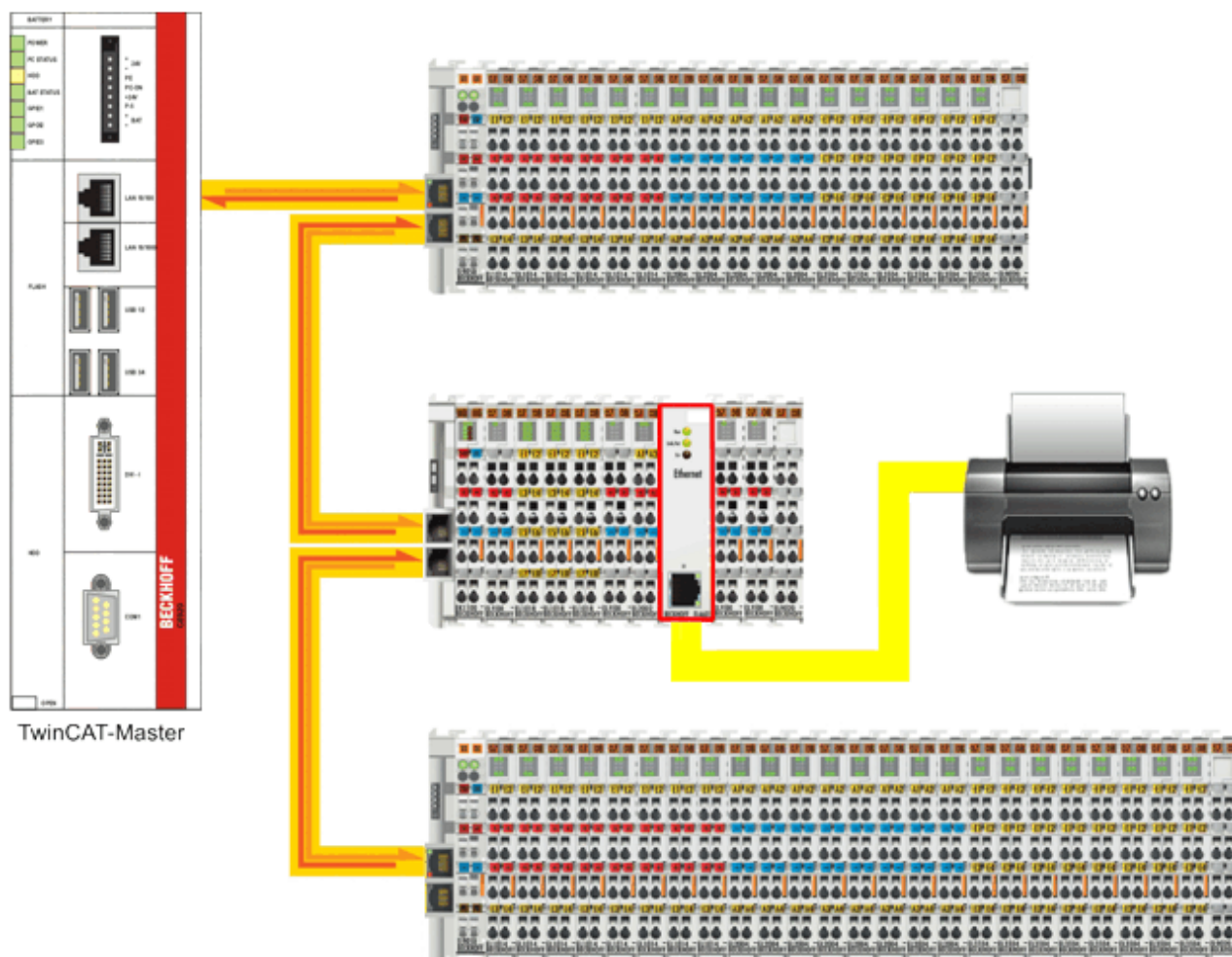
6.2 应用程序示例 – 网络打印机

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：

- TwinCAT 主站 PC，安装 Windows XP Professional SP 2，TwinCAT 2.10 版本 (Build 1305) 和 INTEL PRO/100 VE 以太网适配器
- Beckhoff Ethernet 耦合器端子模块 EK1100、端子模块 EL1012、EL6601 和 EL9010
- 打印机 HP LaserJet 4200tn

网络打印机通过控制系统 IPC 的控制面板与端子模块网络内的 EL6601 相连：



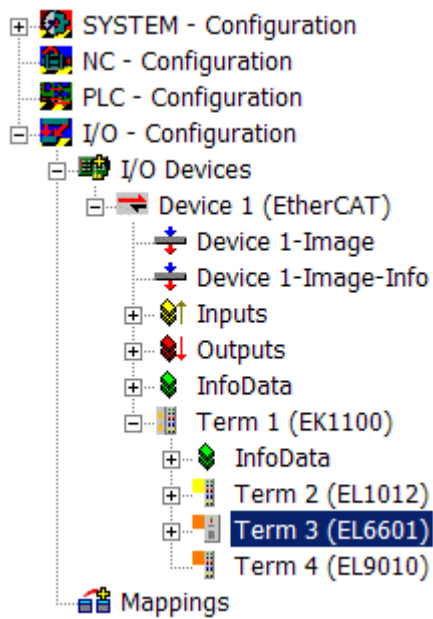
附图 131: 连接网络打印机

图例：



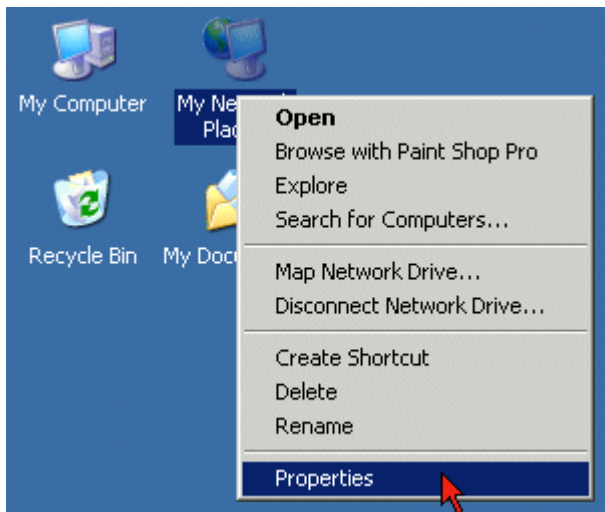
检查 TwinCAT 主站 PC 的网络地址

- 在配置模式下启动 TwinCAT 系统管理器，读取总线端子模块配置并激活 Free Run 模式
- EL6601 应在 OP 模式下出现在系统配置中（见在线 [▶ 86](#) 选项卡 EtherCAT 状态机）

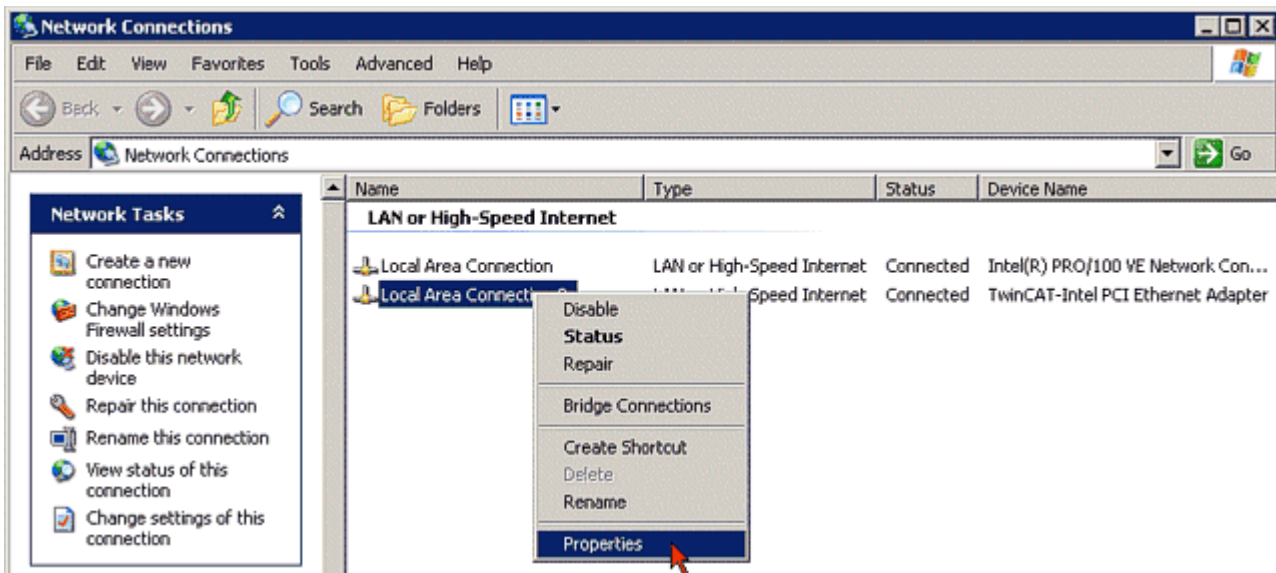


附图 132: 配置中的 EL6601

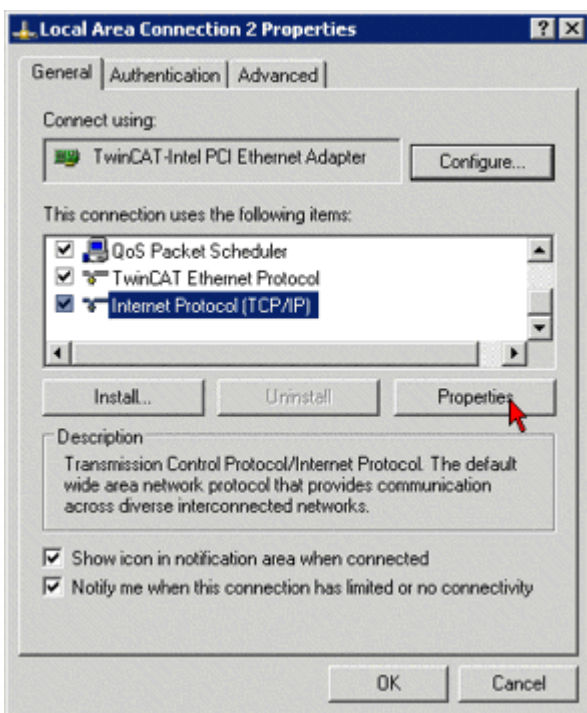
- 通过 CAT-5 (1:1) 电缆连接网络打印机和 EL6601
- 在控制器 IPC 的控制面板中，通过所操作的 EtherCAT 系统检查网络适配器：
网络连接[属性] -> 局域网连接 (TwinCAT LAN 适配器)，[属性] -> 互联网协议(TCP/IP) [属性]



附图 133: 上下文菜单网络环境 -> “属性”

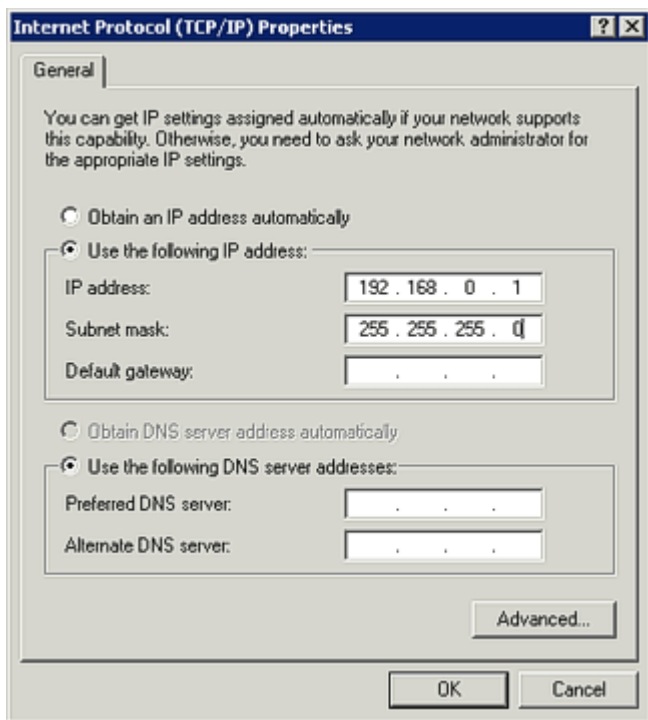


附图 134: 上下文菜单 “LAN 连接（TwinCAT-LAN-Adapter）” -> “属性”



附图 135: 属性互联网协议 (TCP/IP)

- 输入网络打印机子网的 IP 地址（例如 192.168.0.1/255.255.255.0），然后点击确定确认

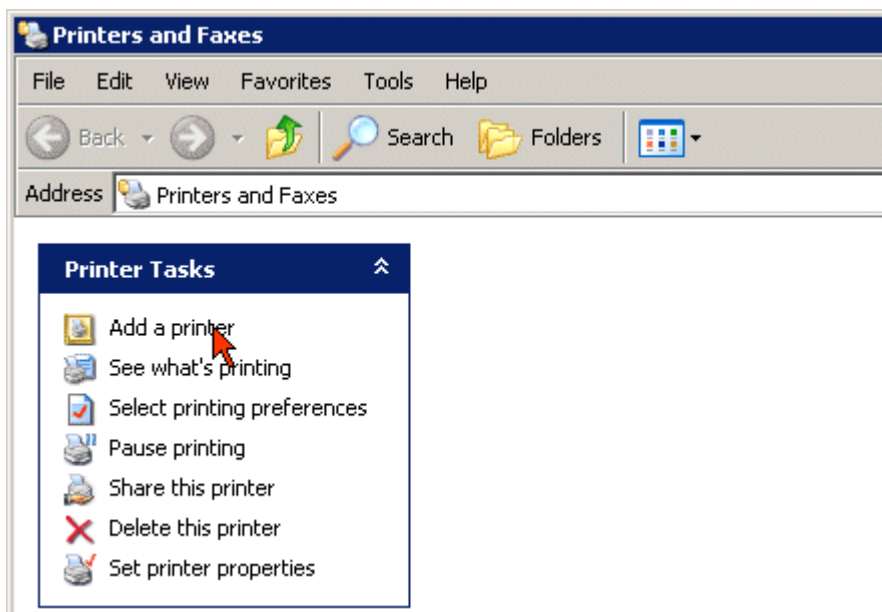


附图 136: 输入网络打印机子网的 IP 地址

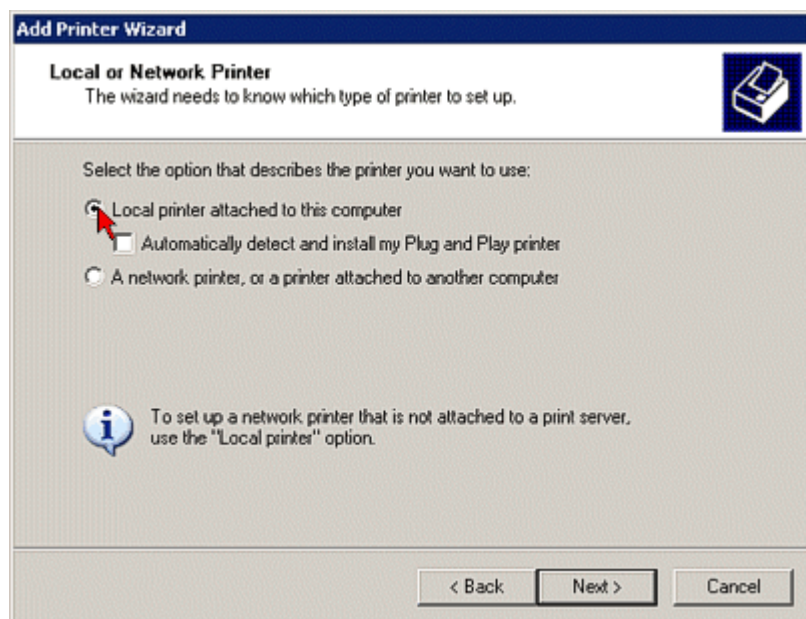
● 网络地址

示例中的网络地址仅用于说明配置。请注意，在您的应用程序中，网络打印机的 IP 地址必须与主站 PC 的 IP 编号范围/子网掩码相匹配。

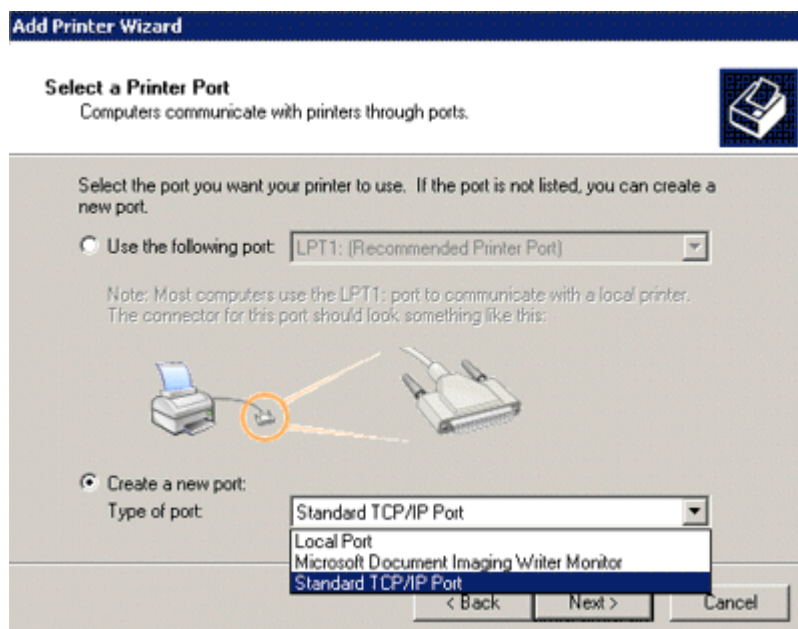
- 配置网络打印机（在打印机的配置菜单中），并从上述子网 IP 编号范围中为打印机分配 IP 地址（请遵循打印机的用户指南），例如 192.168.0.37
- 通过控制面板配置网络打印机：
打印机和传真 -> 添加打印机，在添加打印机向导中选择本地打印机，并在下面的下拉菜单中创建新端口。.. 选择标准 TCP/IP 端口



附图 137: 控制面板“打印机和传真”下的“添加打印机”

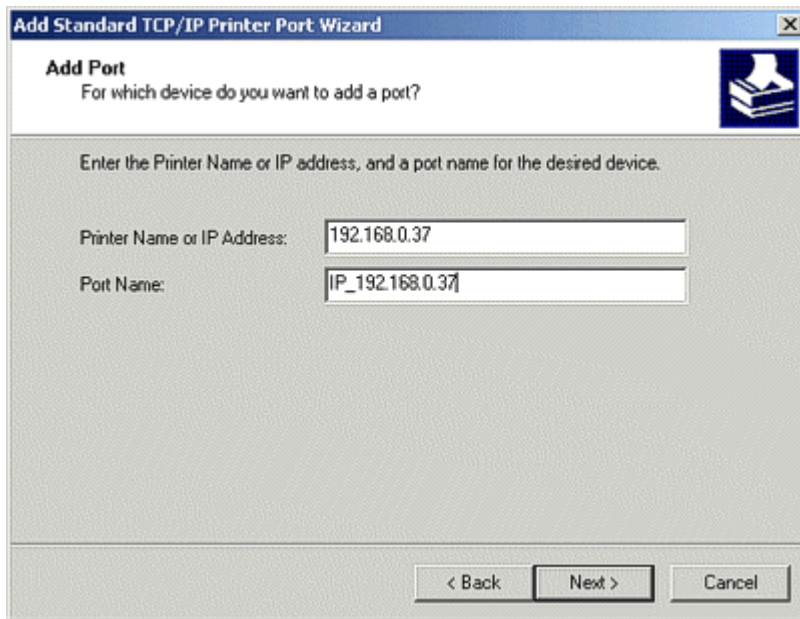


附图 138: 选择“本地打印机”单选按钮



附图 139: 选择连接类型

- 在下方“打印机名称”或“IP 地址”下的菜单中，输入配置菜单中定义的打印机 IP 地址（示例中为 192.168.0.37）



附图 140: 输入 IP 地址和打印机名称

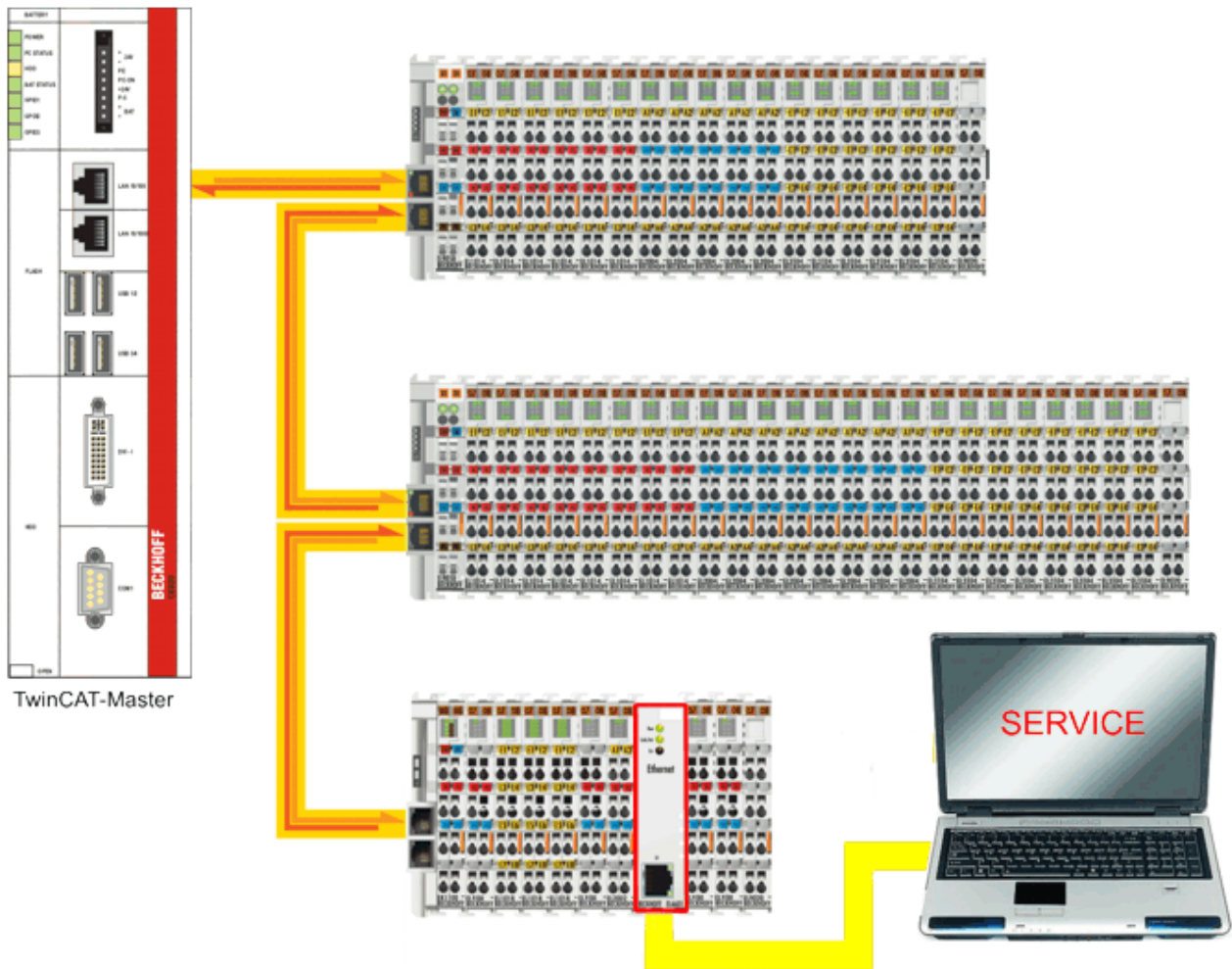
- 确认端口属性并退出向导
- 在“添加打印机向导”中安装打印机制造商提供的驱动程序

6.3 应用程序示例 – 带有远程桌面的服务接口

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：

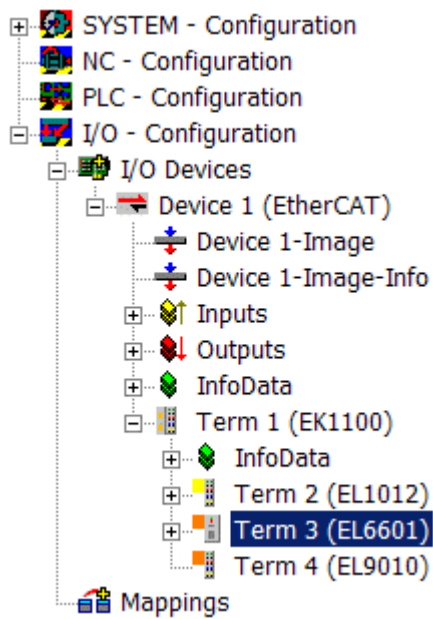
- TwinCAT 主站 PC，安装 Windows XP Professional SP 2，TwinCAT 2.10 版本（Build 1305）和 INTEL PRO/100 VE 以太网适配器
- Beckhoff Ethernet 耦合器端子模块 EK1100、端子模块 EL1012、EL6601 和 EL9010
- 用于远程桌面连接的笔记本电脑（服务 PC），搭载 Windows XP Professional SP 2 和标准以太网接口



附图 141: 服务界面与远程桌面 PC 的整合

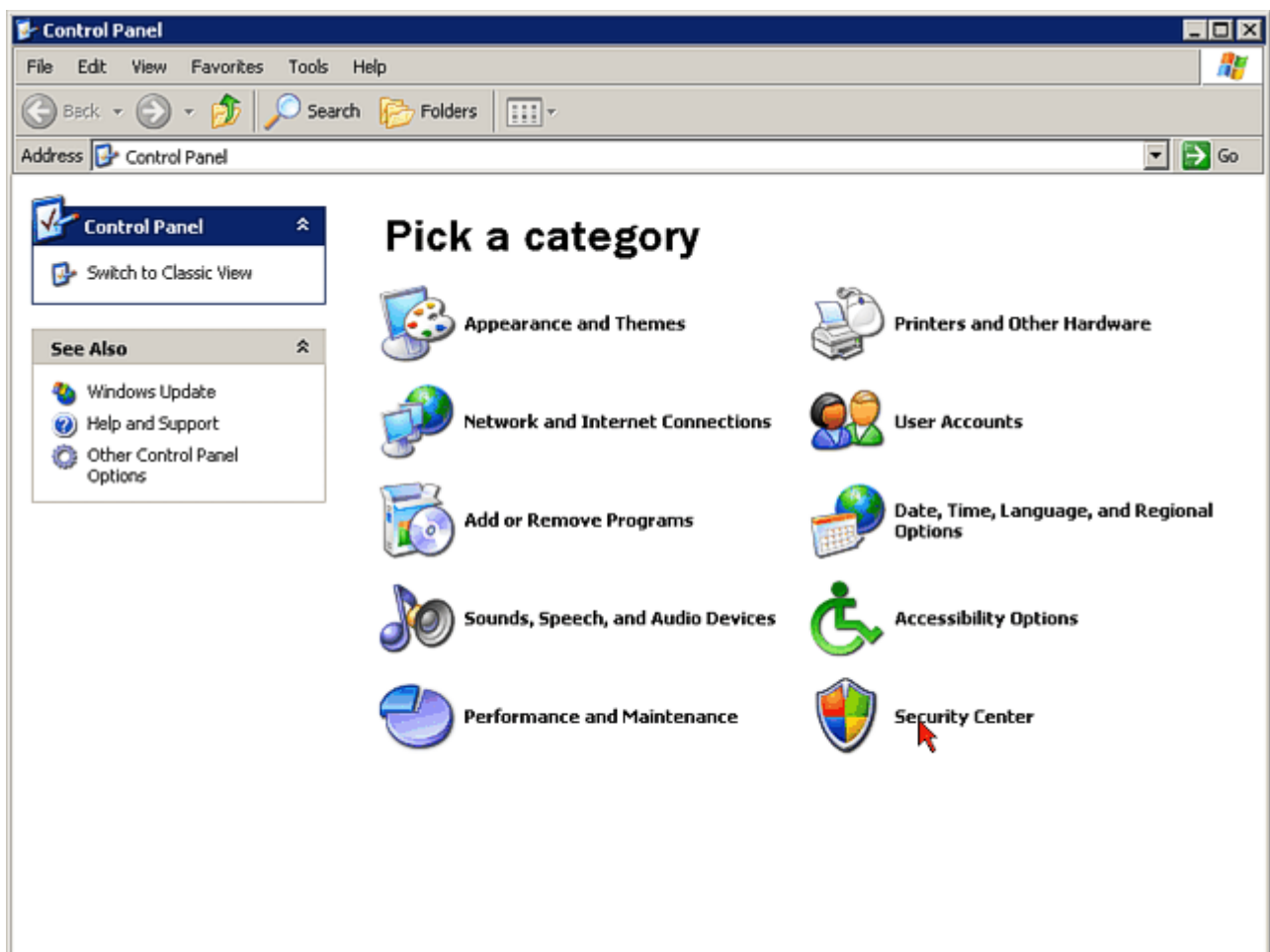
在 TwinCAT 主站 PC 上进行配置

- 在配置模式下启动 TwinCAT 系统管理器，读取总线端子模块配置并激活 Free Run 模式
- EL6601 应在 OP 模式下出现在系统配置中（见在线 [▶ 86] 选项卡 EtherCAT 状态机）



附图 142: 配置中的 EL6601

- 与网络打印机的配置类似，子网中 TwinCAT 主站 PC EtherCAT 网络端口的 IP 地址为 192.168.0.1
- 打开 TwinCAT 主站 PC 的控制面板，点击安全中心 -> Windows 防火墙

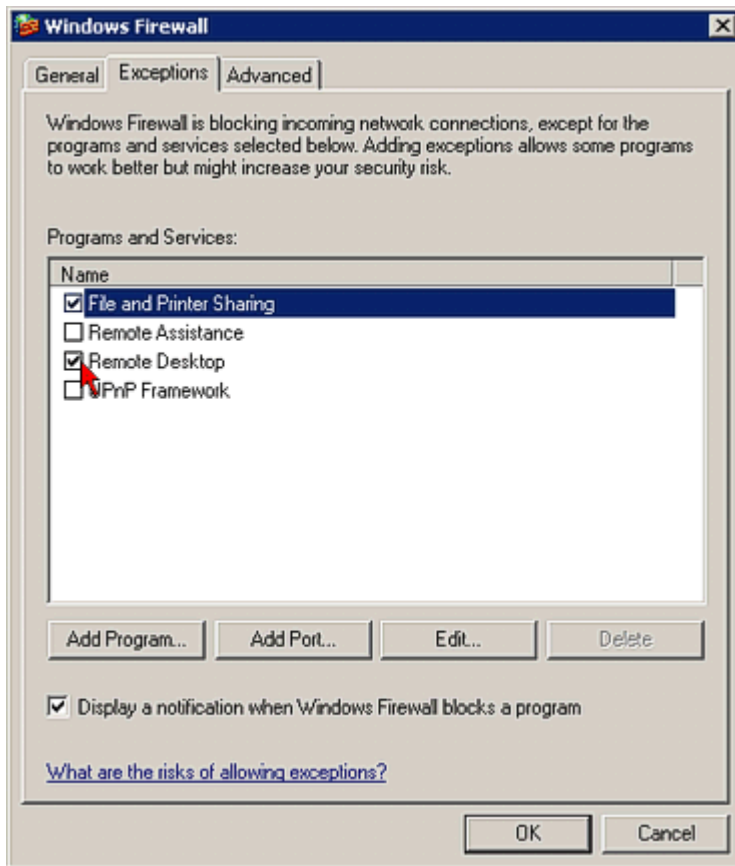


附图 143: 在“查看控制面板类别”中选择“安全中心”



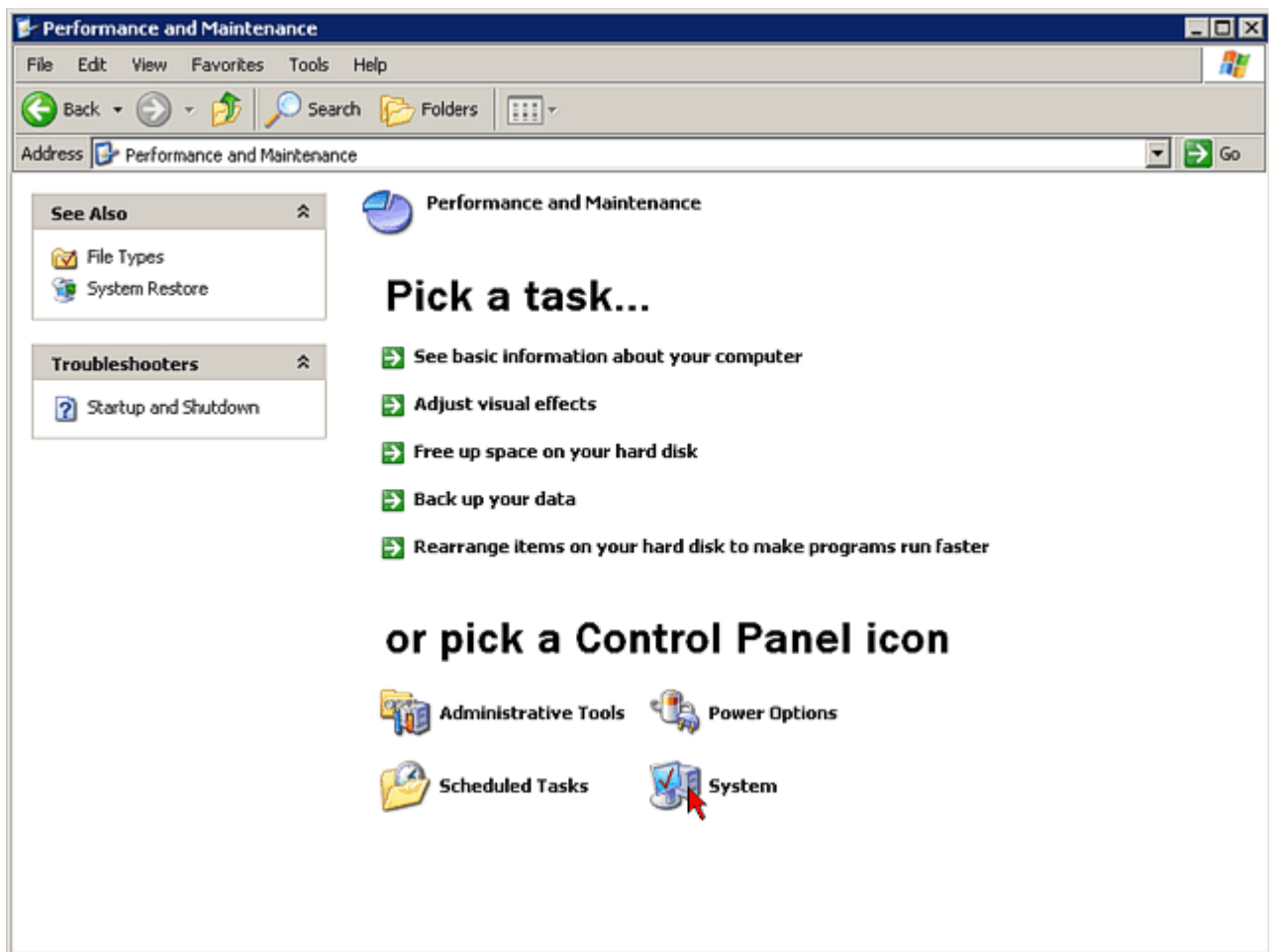
附图 144: 为 Windows 防火墙选择安全设置

- 如果已激活 Windows 防火墙，请点击例外情况选项卡
- 选择远程桌面，然后点击确定确认



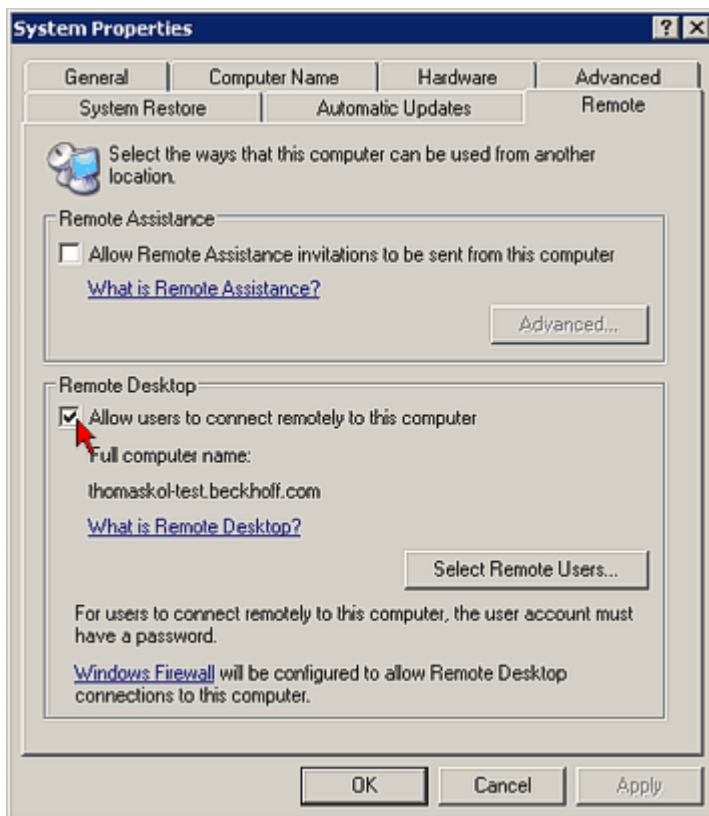
附图 145: 在“例外情况”选项卡中激活“远程桌面”服务

- 返回 TwinCAT 主站 PC 的控制面板，选择性能和维护 -> 系统



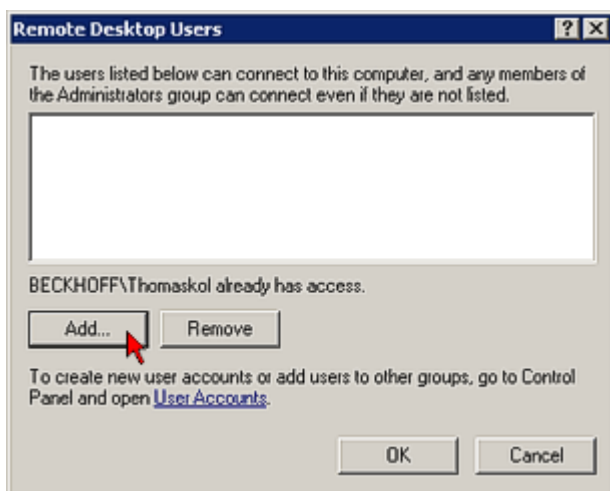
附图 146: 从“控制面板视图”的“系统”中选择“服务和维护”

- 点击远程选项卡，在“远程桌面”类别中选择允许用户建立远程桌面连接选项



附图 147: 选中“允许用户建立远程桌面连接”

- 通过 **选择远程用户...** 按钮打开远程桌面用户列表，并根据需要添加其他用户
- 点击 **确定** 进行确认。

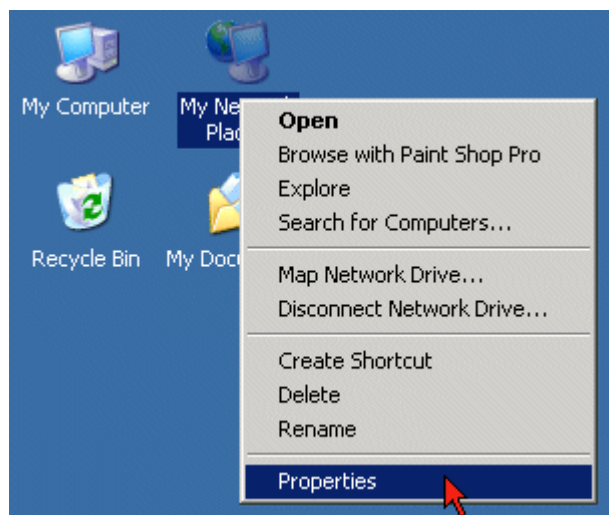


附图 148: 添加远程桌面用户

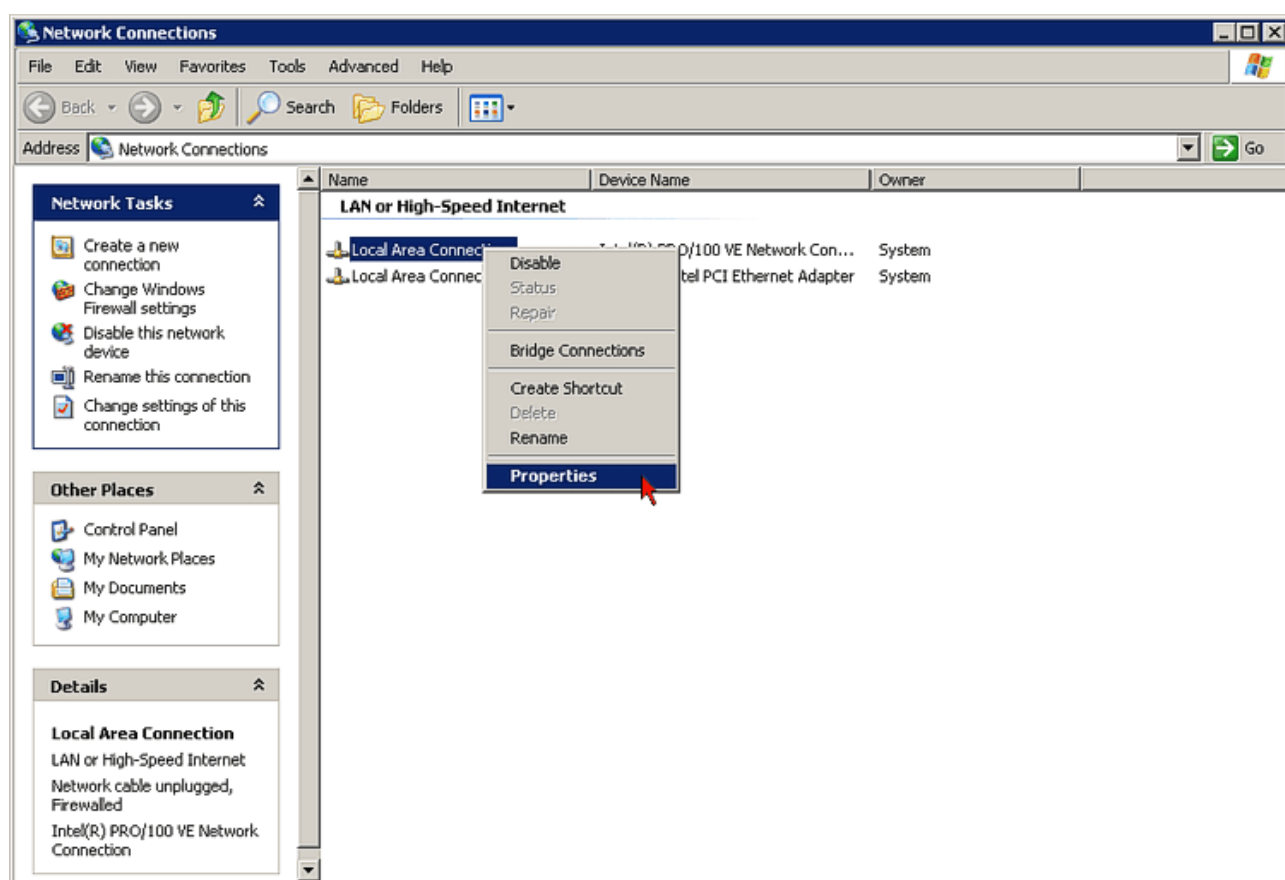
在服务 PC 上进行配置

要通过 EL6601 与 TwinCAT 主站 PC 进行远程桌面连接，必须根据 TwinCAT 主站 PC 子网的 IP 编号范围设置服务 PC 的网络地址。

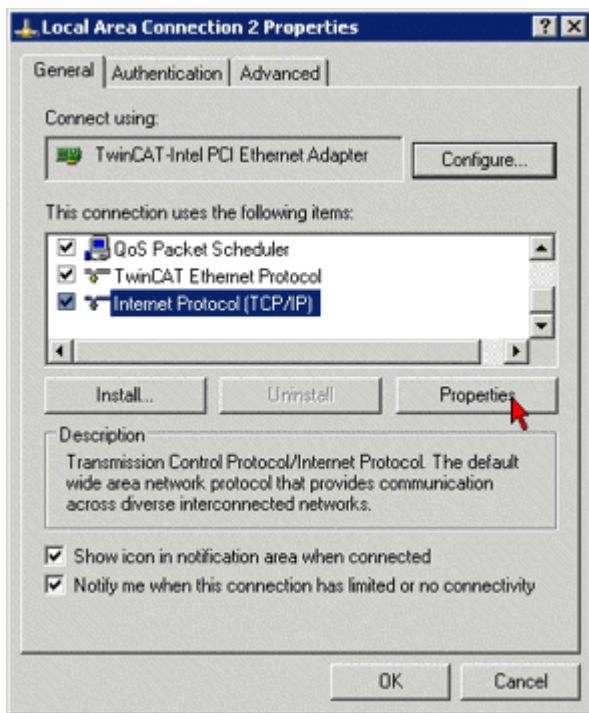
- 通过 CAT-5 (1:1) 电缆将服务 PC 的以太网端口与 EL6601 相连接
- 在服务 PC 的控制面板中，通过所运行的 EtherCAT 系统检查以太网适配器：
网络连接 [属性] -> 局域网连接 (以太网适配器)，[属性] -> 互联网协议 (TCP/IP) [属性]



附图 149: 上下文菜单网络环境 -> “属性”

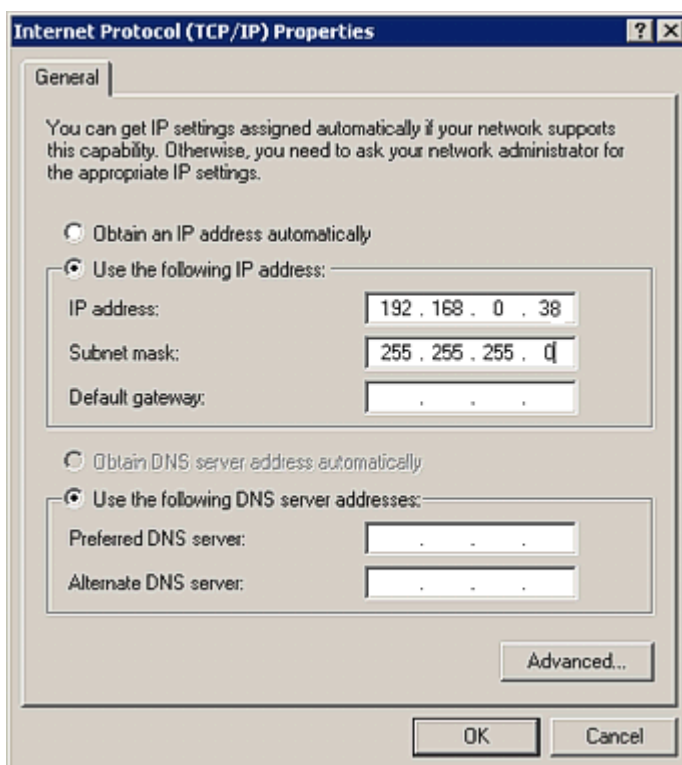


附图 150: 上下文菜单 “LAN 连接（以太网 – 局域网 – 适配器）” -> “属性”



附图 151: 属性互联网协议 (TCP/IP)

- 输入网络打印机子网的 IP 地址（例如 192.168.0.38/255.255.255.0），然后点击确定确认

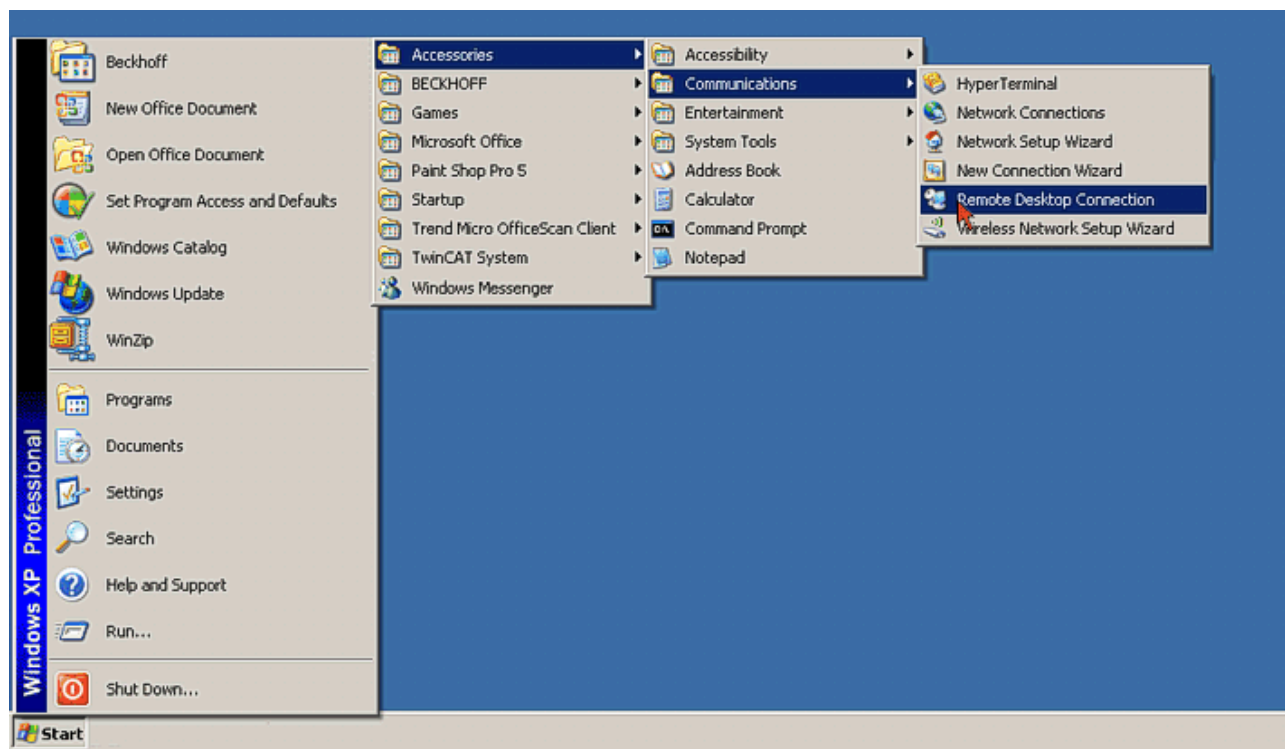


附图 152: 输入服务 PC 子网的 IP 地址

- 现在，与 TwinCAT 主站 PC 的以太网连接已通过 EtherCAT 端子模块网络经由 EL6601 进入通道，并可通过远程桌面建立。

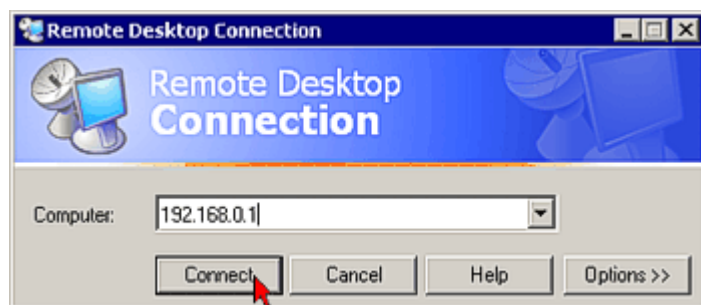
建立远程桌面连接

- 在服务 PC 上，通过开始 -> 程序 -> 配件 -> 通信 -> 远程桌面连接启动远程桌面连接



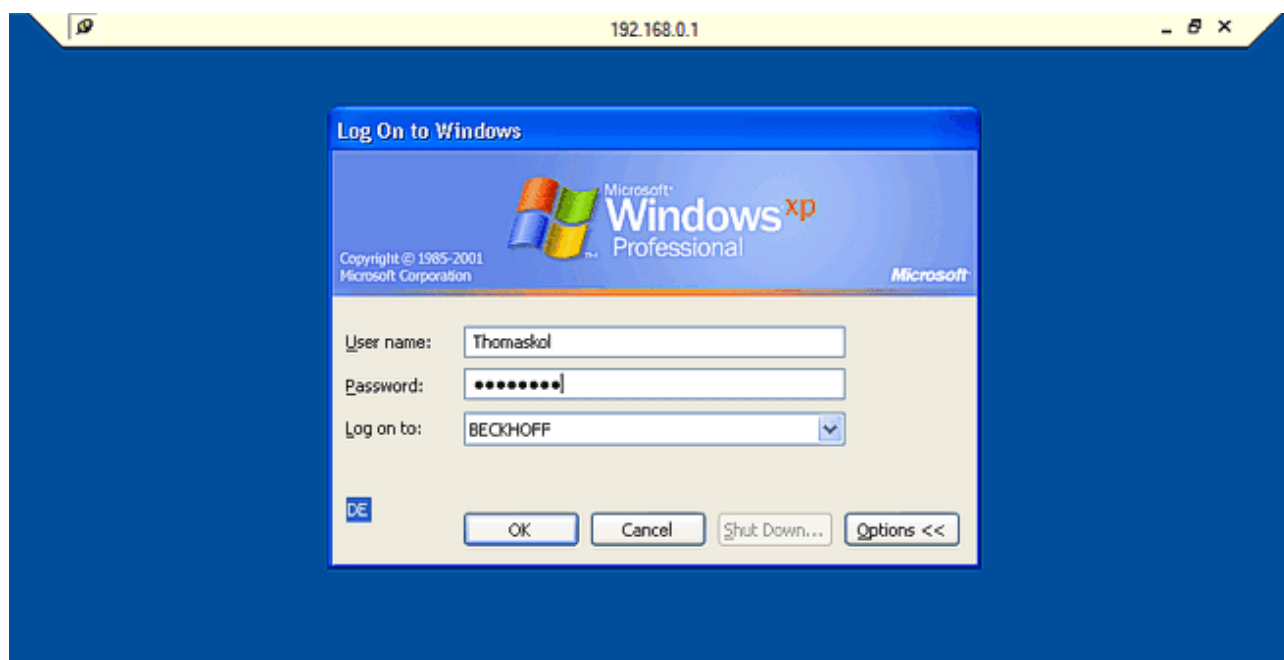
附图 153: 启动远程桌面连接

- 输入 TwinCAT 主站 PC 的 IP 地址（如 192.168.0.1），然后点击连接



附图 154: 输入远程 PC 的 IP 地址

- TwinCAT 主站 PC 的登录窗口出现在服务 PC 的桌面上
- 输入 TwinCAT 主站 PC 的用户名和密码，并点击确定
确认远程桌面上方将显示 TwinCAT 主站 PC 的 IP 地址

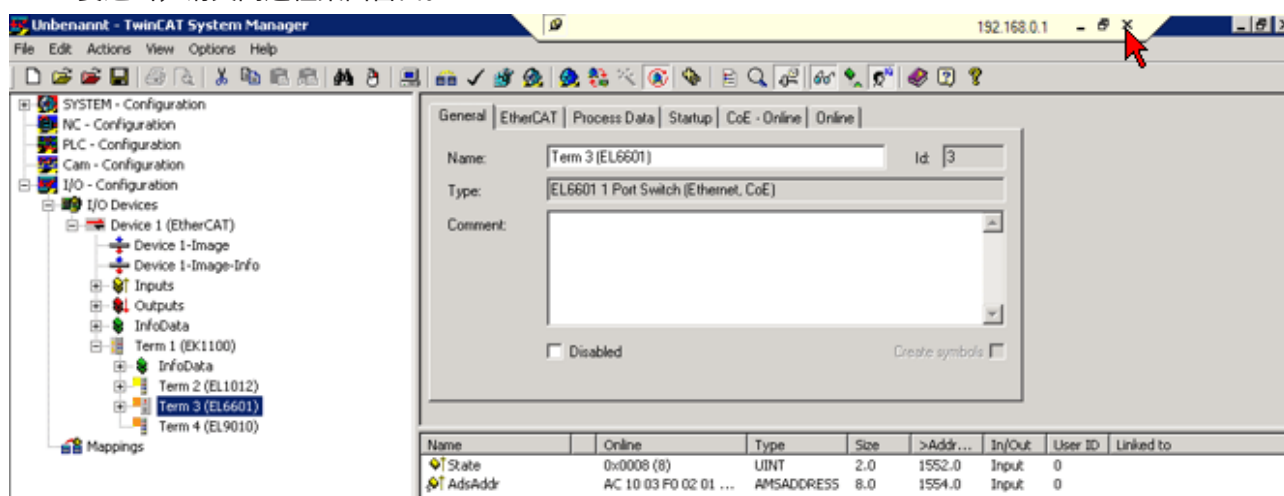


附图 155: 通过远程桌面连接登录远程 PC 的窗口

通过远程桌面登录

只有在 TwinCAT 主站 PC 中设置了用户名和密码，用户才能通过远程桌面进行登录！

- 现在可以通过服务 PC 远程控制 TwinCAT 系统。
要退出，请关闭远程桌面窗口。



附图 156: 关闭远程桌面连接

访问远程系统

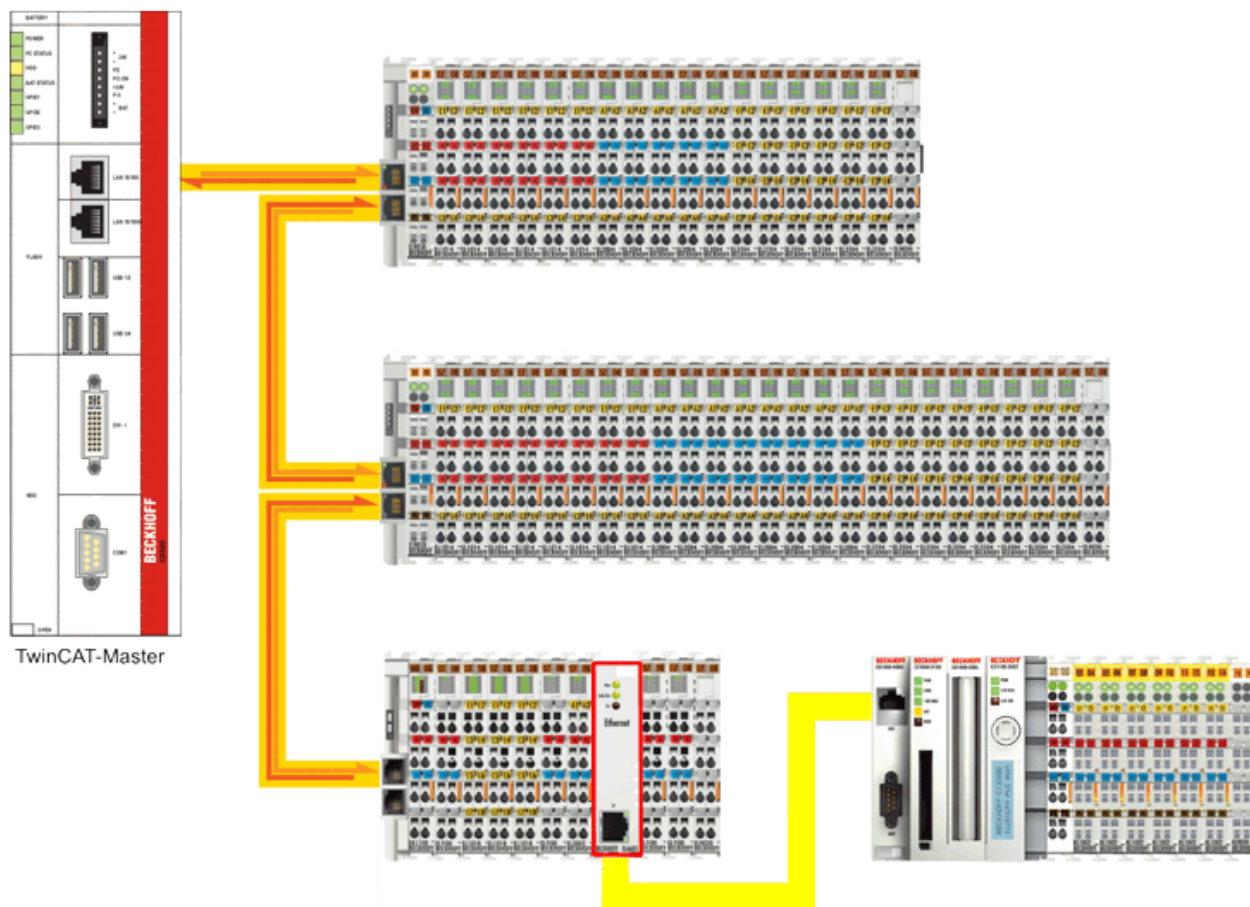
通过远程桌面控制 TwinCAT 主站 PC 时，必须在运行模式或配置模式（自由运行）下执行 TwinCAT。如果任务中断，服务 PC 就无法再访问远程系统！

6.4 应用程序示例 – 下一级控制系统

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：

- TwinCAT 主站 PC，安装 Windows XP Professional SP 2，TwinCAT 2.10 版本（Build 1305）和 INTEL PRO/100 VE 以太网适配器
- Beckhoff Ethernet 耦合器端子模块 EK1100、端子模块 EL1012、EL6601 和 EL9010
- Beckhoff 嵌入式 PC CX9000（下级控制单元），带 Windows CE v5.00、HW 1.4、端子模块 EL2032、EL9010

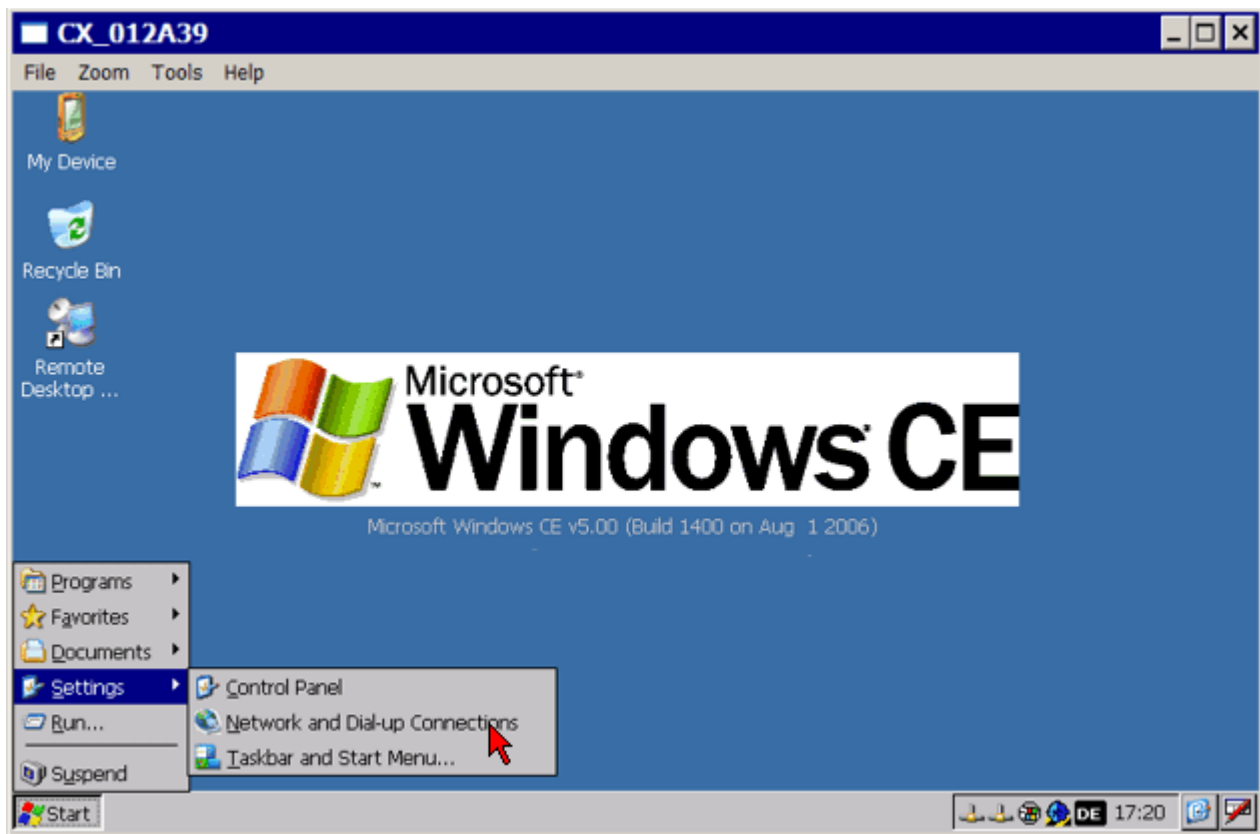


附图 157: 整合下一级控制系统

下级控制系统的配置

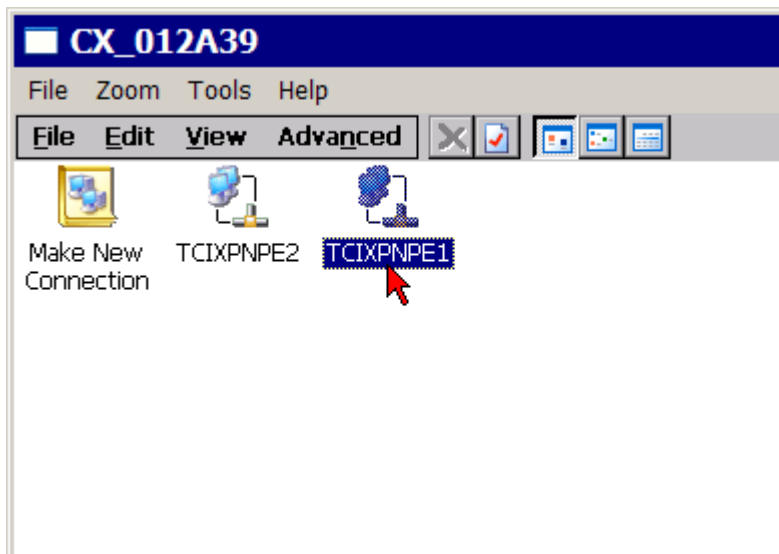
要通过 EL6601 与 TwinCAT 主站 PC 连接，必须根据 TwinCAT 主站 PC 子网的 IP 编号范围设置下级控制系统的网络地址。

- 在下一级控制系统 (Windows CE) 的桌面上，选择开始 -> 设置 -> 网络和拨号连接，开始配置网络设置（关于设置下一级控制器网络地址的注意事项另请参见 [EtherCAT 系统文档](#)和[TwinCAT 文档](#)）



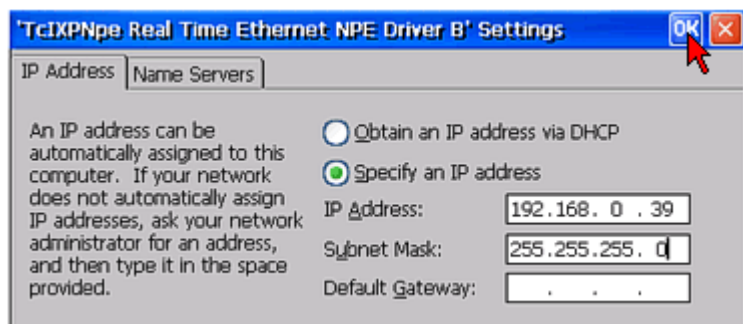
附图 158: 选择网络连接配置

- 双击 *TCIXPNPE1* 连接（以太网端口），打开该连接的网络设置



附图 159: 为以太网端口选择网络设置

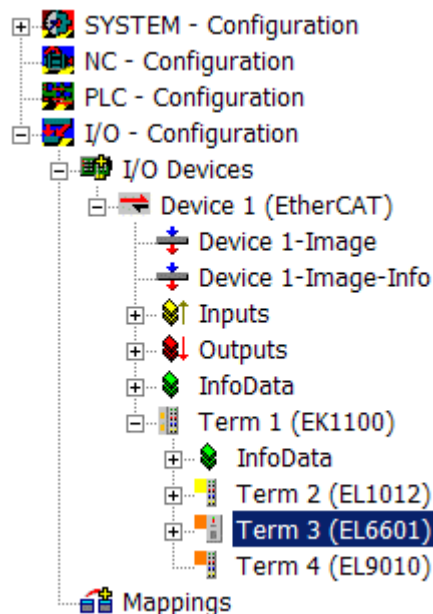
- 为 TwinCAT 主站 PC 输入子网 IP 编号范围内的 IP 编号（如 192.168.0.39/255.255.255.0），并点击确定确认。



附图 160: 输入 IP 地址

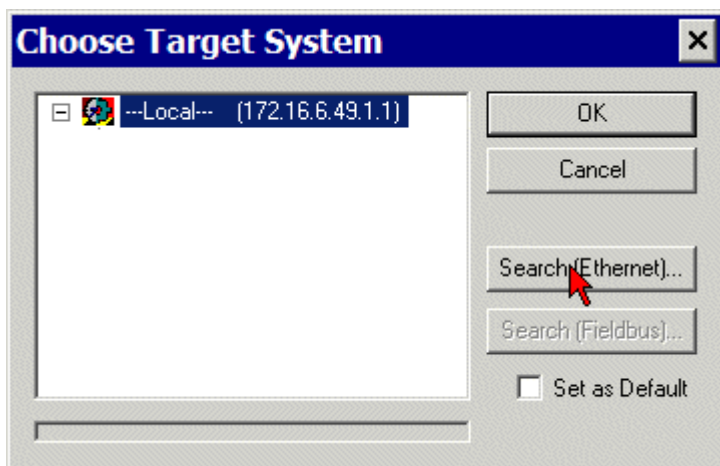
在 TwinCAT 主站 PC 上进行配置并建立连接

- 在配置模式下启动 TwinCAT 系统管理器，读取总线端子模块配置并激活 Free Run 模式
- EL6601 应在 OP 模式下出现在系统配置中（见在线 ▶ 86 选项卡 EtherCAT 状态机）



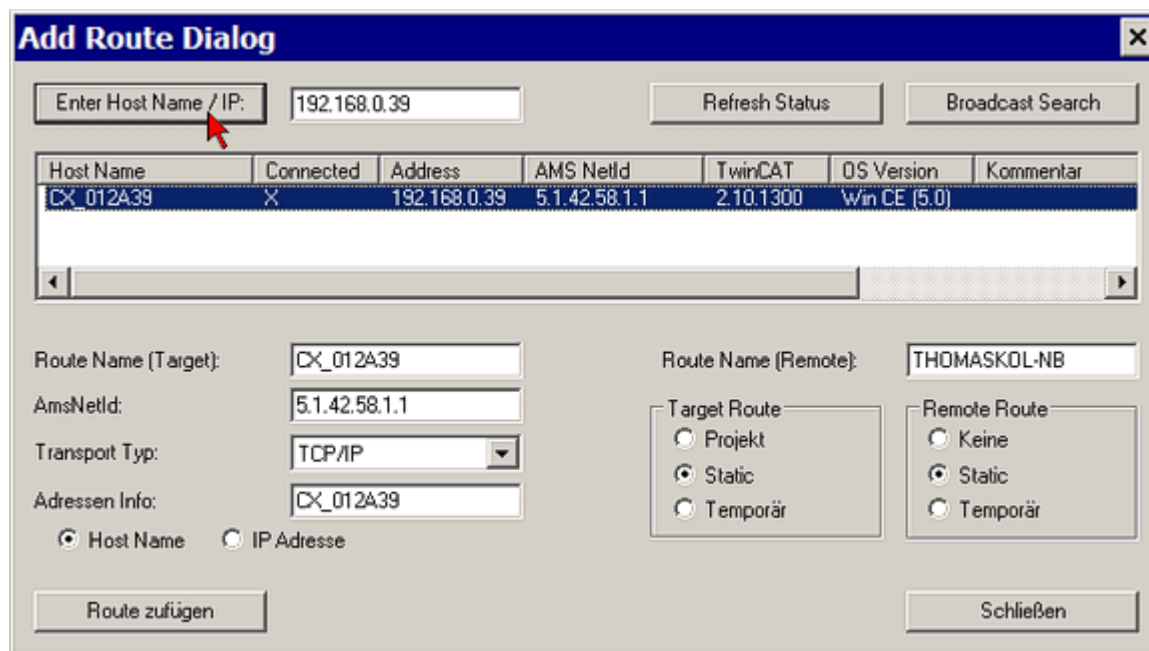
附图 161: 配置中的 EL6601

- 与网络打印机的配置类似，例如，子网中 TwinCAT 主站 PC 的 IP 编号可能是 192.168.0.1
- 通过 CAT-5 (1:1) 电缆将下级控制单元（目标系统）与 EL6601 相连接
- 在配置模式下启动另一个系统管理器会话，然后点击 *Select Target System...-> Search (Ethernet)*



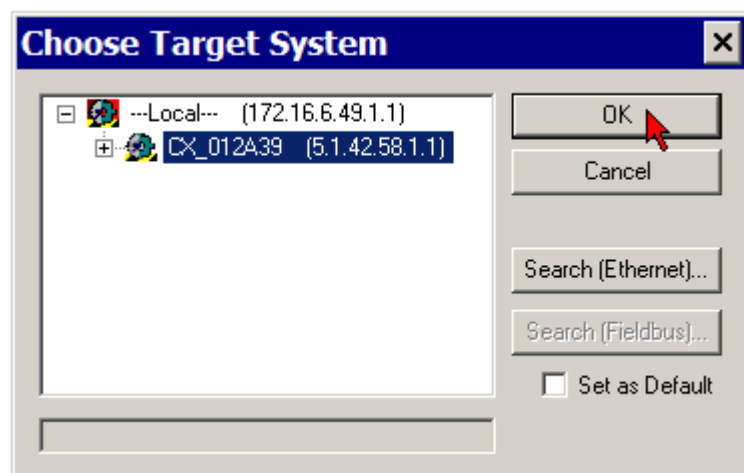
附图 162: 选择目标系统

- 在 *Enter Host Name / IP:* 旁边的字段中输入下级控制系统的 IP 地址
- 确认输入主机名称 / IP: 按钮后, 目标系统的名称将出现在选择框中



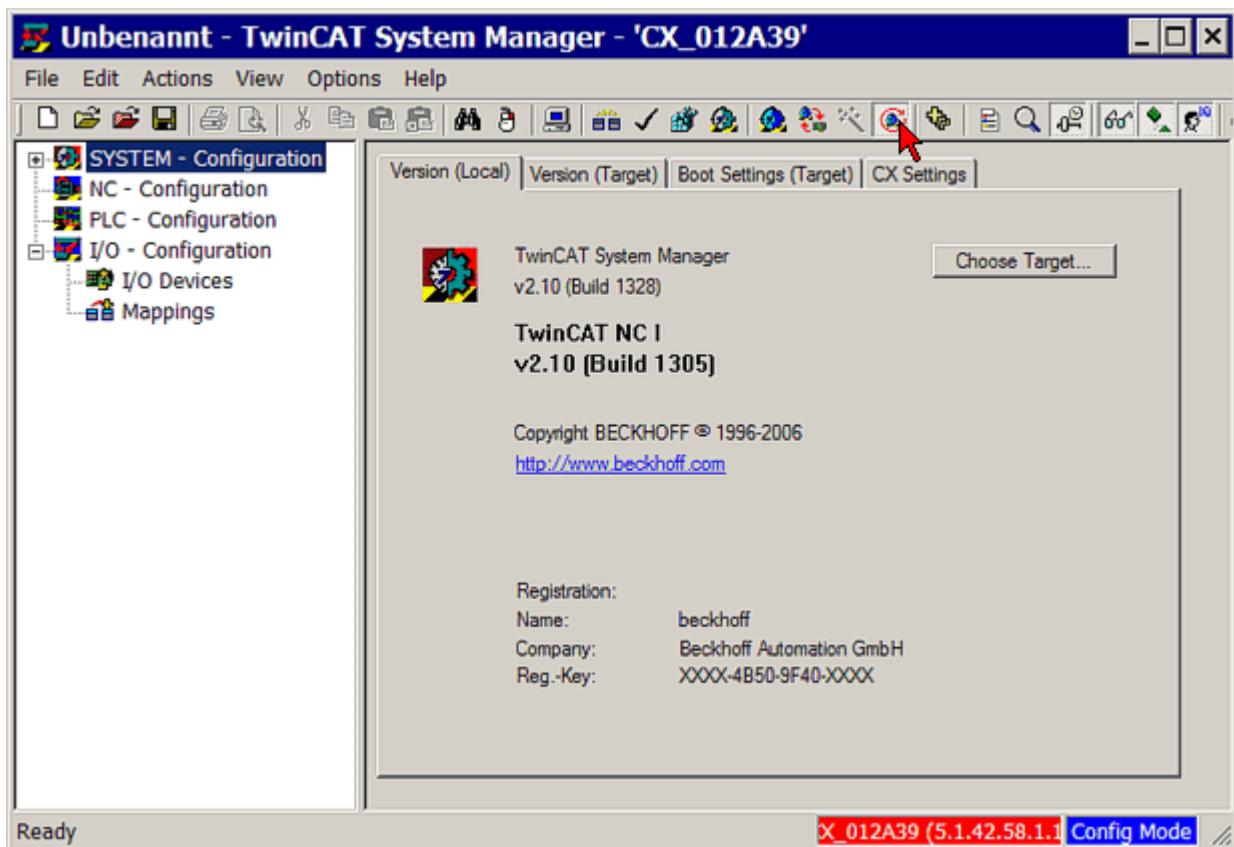
附图 163: 在“Route Dialog”中添加目标系统的路由

- 点击 *Add Route*, 然后根据需要输入目标系统的访问数据
- 关闭对话框后, 目标系统的名称将出现在选择菜单中
- 做出选择, 点击 *OK* 确认



附图 164: 确认选择

- 激活 Free Run 模式, 以便读取下级控制系统总线端子模块的配置



附图 165: 启用 FreeRun

6.5 应用程序示例 – 将 EtherCAT 主站 PC 设置为网络桥接器

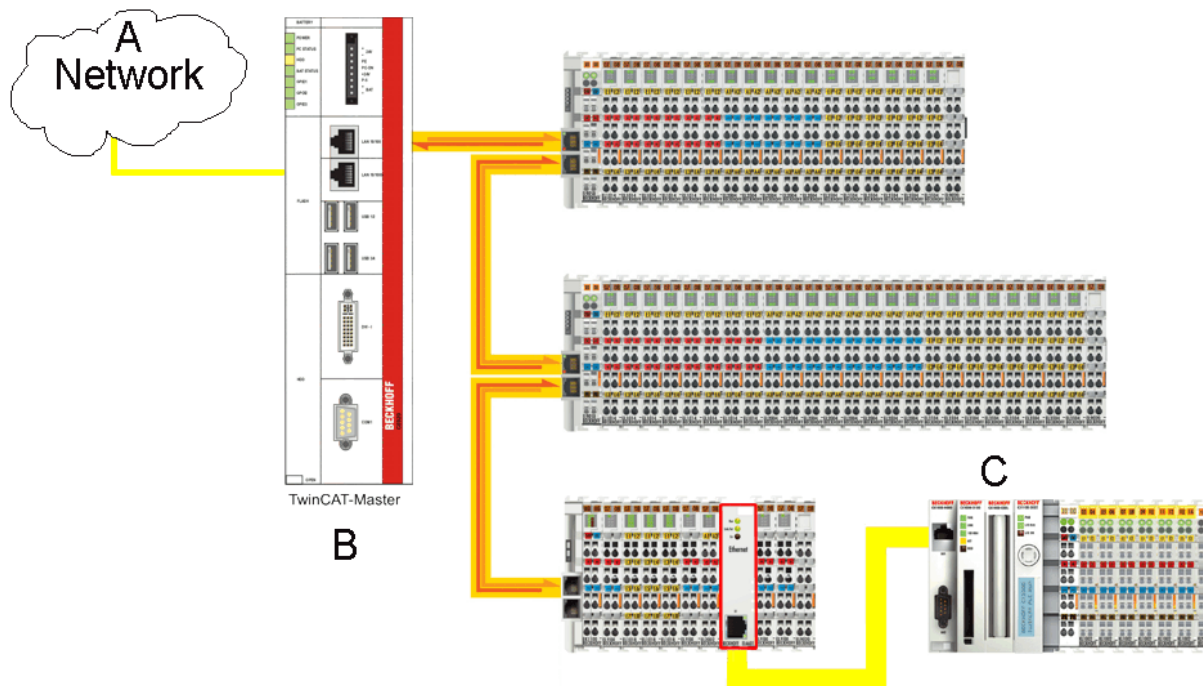
应用程序示例已在测试配置下经过测试，并进行了相应的说明。

在搭建实际应用时可能会出现某些偏差。

在此示例中，传输的目的是通过 EL6601 和 EtherCAT 以及主站 PC 将下层 PC 连接到上层网络。

使用的硬件如下：

- 计算机 A 和 B：Windows XP SP2
- 计算机 C：嵌入式 Windows XP



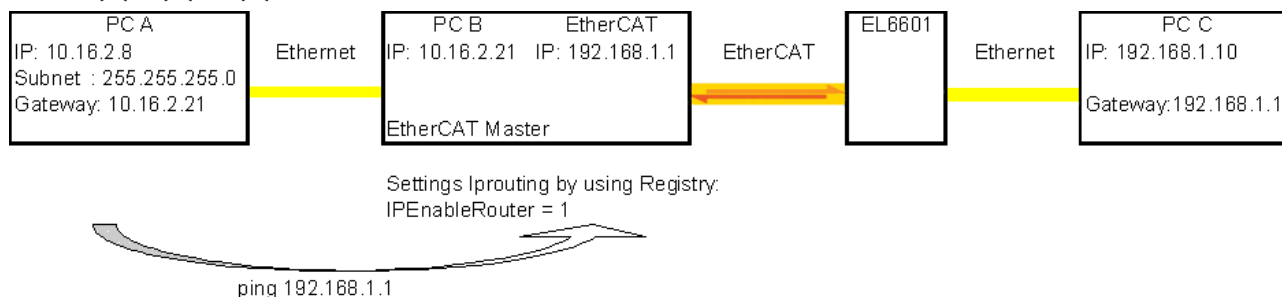
附图 166: 将 EtherCAT 主站 PC 设置为网络桥接器

为此，必须将主站 PC “TwinCAT 主站” (B) 设置为 TCP/IP 桥接器，以便将 TCP/IP 报文路由到下层 CX1020 (C) 或进行反向中继。对方设备是一台 PC (A)。

这里必须区分两种情况：静态地址 [► 147] 和 DHCP 地址分配 [► 151] (网络)。

下面的解释说明假定前述示例为基本知识。

计算机 (A)、(B) 和 (C) 有一个静态 IP 地址



附图 167: 网络 PC 的配置

- 如图所示，配置三台 PC。互联网协议属性对话框已在前面的示例中说明。
- 使用注册表编辑器（开始 --> 运行 --> regedit），将“桥接”PC B 中的“IPEnableRouter”项设置为 1。该条目通常定位在 HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\ControlSet001\Services\TCPIP\Parameters 或 HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\TCPIP\Parameters 下。

- 重启后，该电脑的 IP 报文路由将处于激活状态。然后可以通过 ping（开始 --> 运行 --> cmd --> ping 192.168.1.1）到 EtherCAT 端口 192.168.1.1 来检查连接情况。
- 如果 EtherCAT 主站处于正常无错状态（TwinCAT 处于“Config” / “FreeRun”或“Run”模式），则可以通过 EL6601 连接到所连接的 IP 地址为 192.168.1.10 的以太网设备。
- 以 PC A 为例解释条目 *Gateway*：PC A 的 IP 地址为 10.16.2.8，子网掩码为 255.255.255.0。这意味着它可以到达 10.16.2.0 至 10.16.2.255 范围内的所有 IP 报文。如果需要向不同地址范围（如 192.168.1.1）发送 IP 报文，则必须通过定义的网关运行，在本例中为 10.16.2.21，该网关可通过配置的 IP 路由将报文中转到 192.168.1.10。
- Windows 提供了有用的命令行命令 *ipconfig* 来检查配置。如果 PC A 配置正确，则“开始运行”cmd *ipconfig/all* 命令会显示以下屏幕：

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrator>ipconfig /all

Windows IP Configuration

    Host Name . . . . . : 
    Primary Dns Suffix . . . . . : Beckhoff.com
    Node Type . . . . . : Hybrid
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter LAN:

    Connection-specific DNS Suffix . . : 
    Description . . . . . : Broadcom NetXtreme 57xx Gigabit Controller
    Physical Address. . . . . : 00-01-05-01-31-49
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 10.16.2.8
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 10.16.2.21
    Primary WINS server . . . . . : 172.16.1.10
    Secondary WINS server . . . . . : 172.16.1.19
  
```

附图 168: 使用命令行命令“ipconfig /all”检查配置

- IP 路由被禁用（默认），所选适配器（此处称为 LAN）的 IP 地址被固定分配。由于事先设置了 DHCP，所以 WINS 条目仍然存在。
- 在 PC C 上执行同样的命令会显示：

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\Documents and Settings\MartinPodrouschek>ipconfig /all

Windows IP Configuration

    Host Name . . . . . : C6140_MARTINP
    Primary Dns Suffix . . . . . :
    Node Type . . . . . : Hybrid
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No

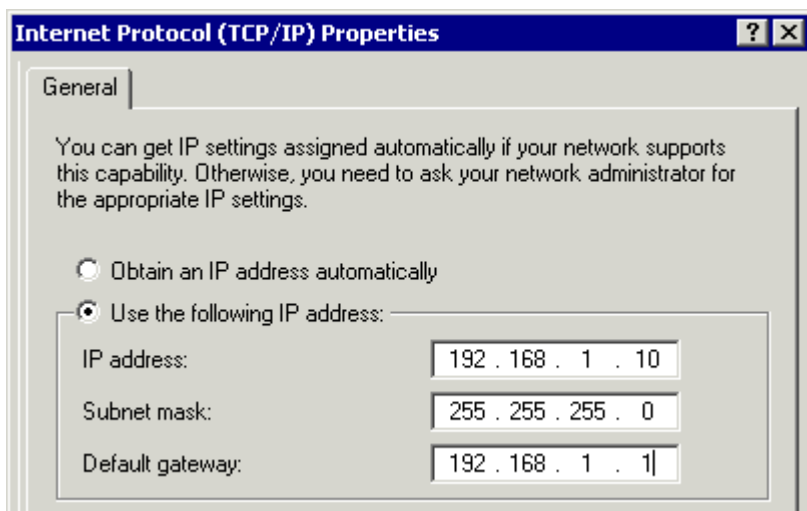
Ethernet adapter FC9004_3:

    Connection-specific DNS Suffix . . :
    Description . . . . . : TwinCAT-Intel PCI Ethernet Adapter #14
    Physical Address. . . . . : 00-01-05-01-05-82
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 192.168.1.10
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1

```

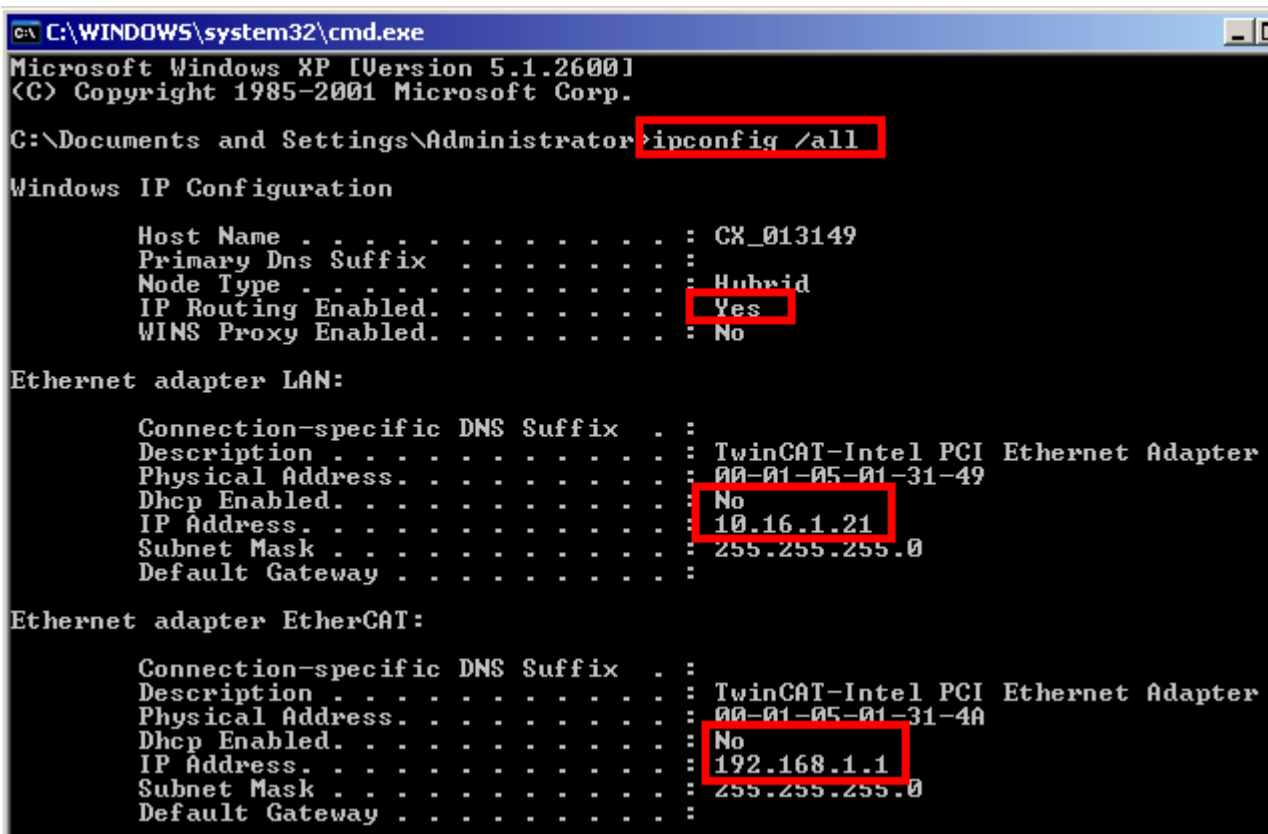
附图 169: 检查配置 PC C

- 这是在 XP 对话框中输入的



附图 170: 输入网络参数

- 相应地，桥接 PC B 上的命令也会显示：



附图 171: 检查配置桥接 PC B

● “ipconfig” 转换

通过 switches /release 和 /renew，命令 ipconfig 可用来重新建立 IP 连接。

连接设置检查清单：

- 通过注册表项为“IP 路由”配置桥接 PC
- 为全部 4 个以太网端口在相关范围内的固定 IP 地址
- 必要时禁用防火墙（如果是默认设置，则没有必要）
- EtherCAT/TwinCAT 处于“Freerun”或“Run”模式
- 所有相关端口都显示已连接
- “Ping”指令正常

● 观察网络流量

有经验的用户可以使用网络监视工具（如 Wireshark）观察和评估网络流量。

● 有关 Windows CE/嵌入式操作系统的说明

在 Windows CE 下，必须在 CX 配置对话框中设置 IP Routing（见图“在 Windows CE 中设置 IP Routing”）

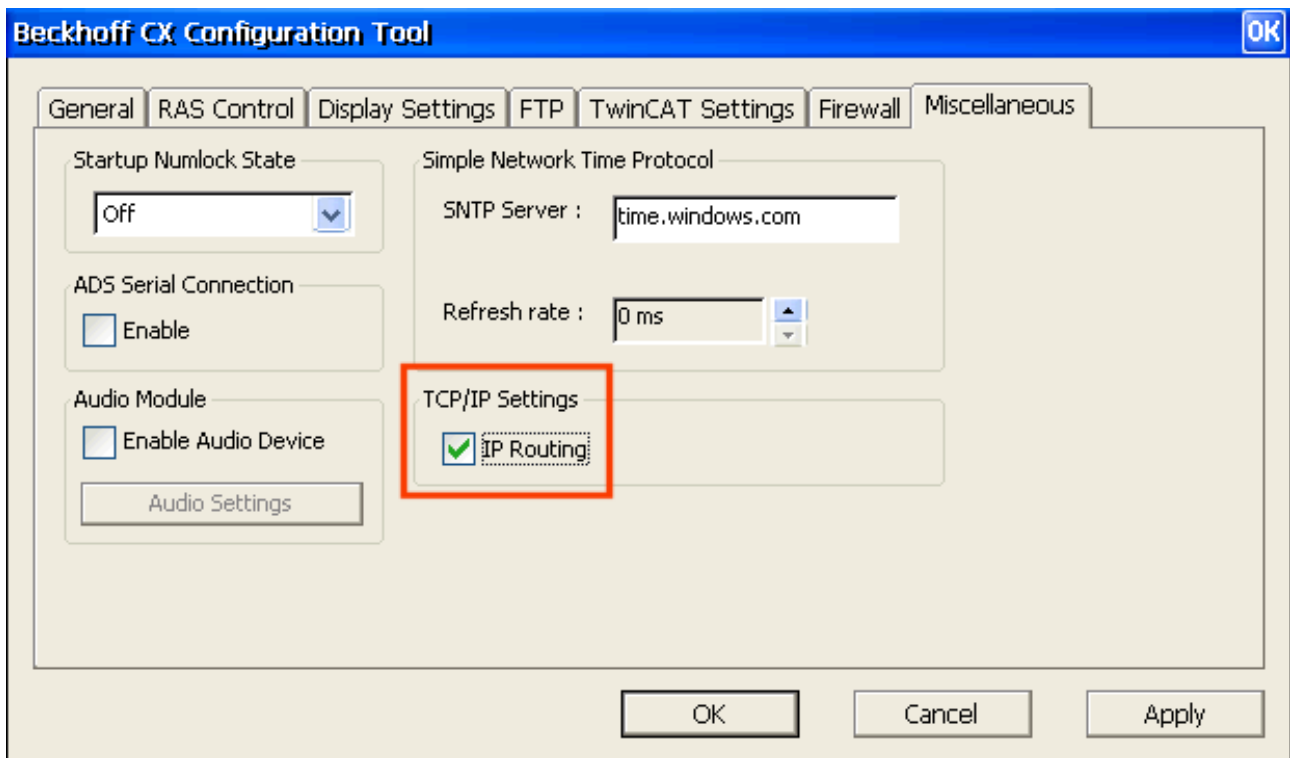
“TCP/IP 设置” -> “IP Routing” 条目设置 [HKEY_LOCAL_MACHINE\Comm\Tcpip\Parms] 下的注册表键值 “IPEnableRouter” =1

需要重新启动。

另请参见 Microsoft Developer Network: IPv4 路由 – 路由解释。

通常路由表是自动维护的，如有必要，仍需使用“Route Add”命令添加路由，另请参见 Windows XP/7 等。

Windows CE 不支持某些路由协议，如 RIP 或 OSPF。



附图 172: 在 Windows CE 中设置 “IP Routing”

使用 DHCP 地址分配的网络

PC C 和 A（或网络）之间无法连接。

说明：如果对以太网端口进行了相应配置，PC (A) 和 (B) 就会从 DHCP 服务器接收 IP 地址。顺序可能是这样的（见 RFC1541 和 RFC2131）：

- 新连接的 PC 通过 MAC 广播向所有其他网络设备发送包含其 MAC 地址的 DHCPDISCOVER 信息
- DHCP 服务器在 DHCPOFFER 信息中向请求设备提供一个或多个 IP 地址
- 提出请求的 PC 选择一个 IP 地址，并通过 MAC 广播向 DHCP 服务器发送 DHCPREQUEST 消息进行应答
- DHCP 服务器通过 DHCPACK 消息确认选择。

这适用于计算机 (A) 和 (B)。来自计算机 (C) 的 DHCPDISCOVER 消息由 EL6601 接收，并在计算机 (B) 中通过 EtherCAT 端口转发给 Windows，但 Windows (B) 不会将这些报文（以及所有其他 DHCP 报文）转发到中继的以太网端口 – 这一功能称为 DHCP 中继代理，仅在 Windows 服务器版本中可用。

这是配置为 DHCP 设备的 Windows PC 相互连接时的正常运行情况。

解决措施：

- 在计算机 (B) 上安装本地 DHCP 服务器，注意不要与上级网络 DHCP 服务器发生冲突
- 两台配置为 DHCP 设备并互相连接的 Windows PC 有可能必须经过一段较短的时间（几分钟）后才能建立地址

6.6 应用程序示例 – 灵活以太网端口

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。

该示例说明了通过灵活连接的 EL6601 和 EtherCAT 从下级 PC 远程访问中枢 EtherCAT 控制器的原理。

用到的基本条件如下：

- 安装 Windows XP SP2 的 IPC
- TwinCAT 2.11 b1534
- EL6601, SN xxxx0605

方法

本次任务是调试一个 EtherCAT 拓扑扩展系统。为此，需要经常访问中枢 PC 上的 TwinCAT 系统管理器。在实际调试过程中，技术人员将主要在本端子模块/EtherCAT 从站的位置进行调试。因此，应当从对应耦合器的位置通过远程 PC 和 Ethernet 功能访问中枢系统管理器，即 TwinCAT 目标系统。

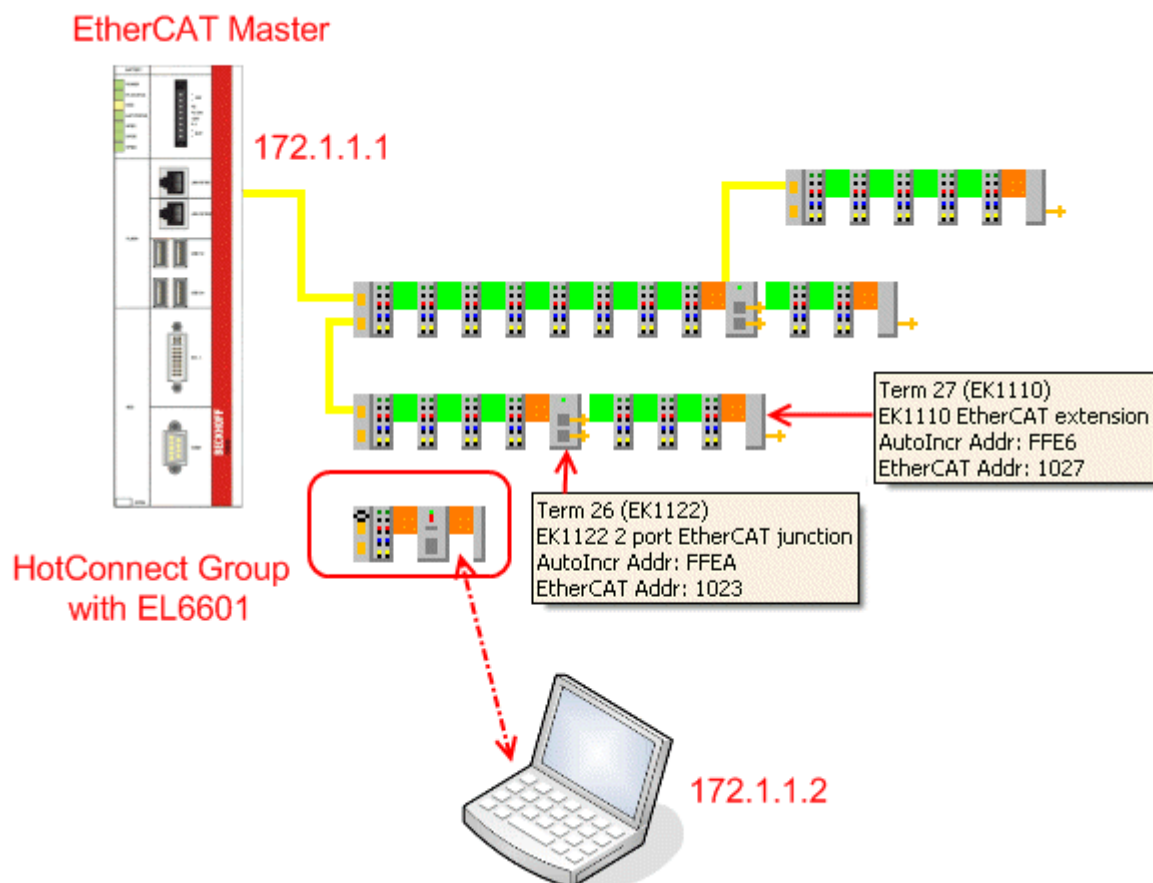
为此采用了两种机制：

- 通过非周期性邮箱程序，EtherCAT 通过专用从站（如 EL6601）传输标准 IP 报文
- 通过 HotConnect 功能，可以在配置文件 (.tsm) 中将耦合站（耦合器 + 端子模块）定义为自由插拔式。为此必须使用特殊的耦合器。

现在，EK1101 和 EL6601（HotConnect 组）的自由插拔组合可用作一个灵活以太网接口。

可能的配置

下面介绍一种可能的配置：



附图 173: HotConnect 组的结构

该系统提供 EK1110（终端耦合器）、EK1122（拓扑扩展端子模块）和空闲的 EK1100 端口，用于连接 HotConnect 组。IP 地址应视为示例，应结合上一个示例的注释来考虑。

TwinCAT/EtherCAT 主站无需进一步设置。在 TwinCAT 2.11 中 EoE 是自动转发的。

● 远程访问的操作性和 EtherCAT 状态

i 只有当 EtherCAT 主站和 EL66xx 至少处于 PreOP 状态时，这里描述的以太网穿过程才会生效。否则就不会有邮箱流量，也就不会有以太网传输。然而，如果网络结构已经工作，这对一般调试来说并非不可逾越的障碍。

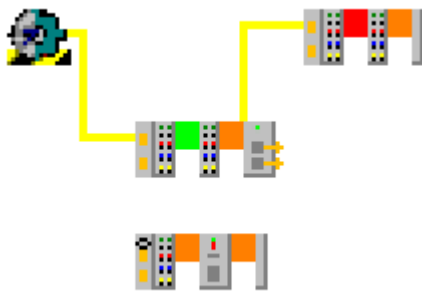
● 位置变更和 EtherCAT 状态

i 一旦 HotConnect 组与 EtherCAT 网络重新连接，该组可能需要几秒钟才能再次参与数据通信，EL66xx 才能再次进入 OP 状态，连接（参见连接 LED 指示灯）才能恢复。

示例配置

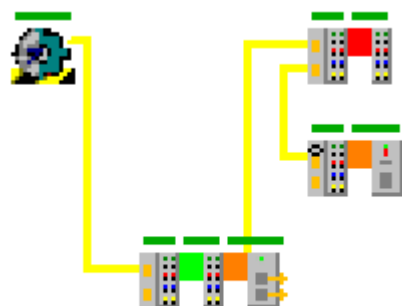
调试一个小型 EtherCAT 系统时，系统管理器中的离线拓扑视图显示了两个耦合器站和一个带 EK1101 的位置不固定站点。

- 在脱机状态下，系统管理器不知道使用这个 ID 的 EK1101 的连接位置。



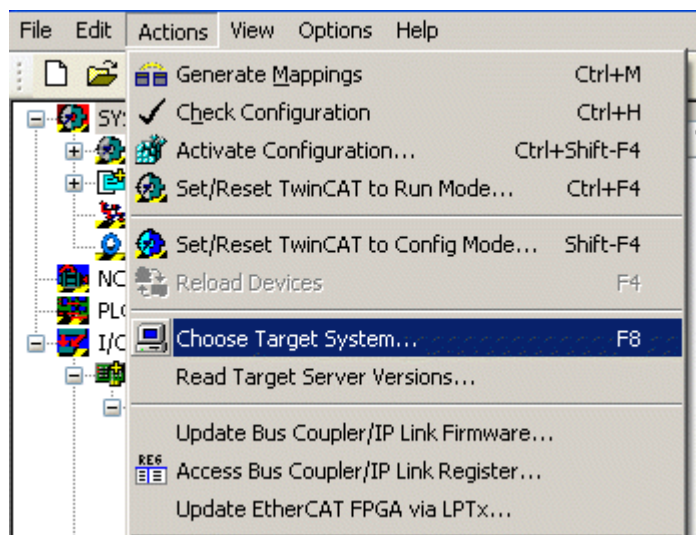
附图 174: EK1101 和 EL6601 一起确定位置

- 当前分配在线可见，带有 EL6601 的 EK1101 与 EK1100 的第二个端口连接。

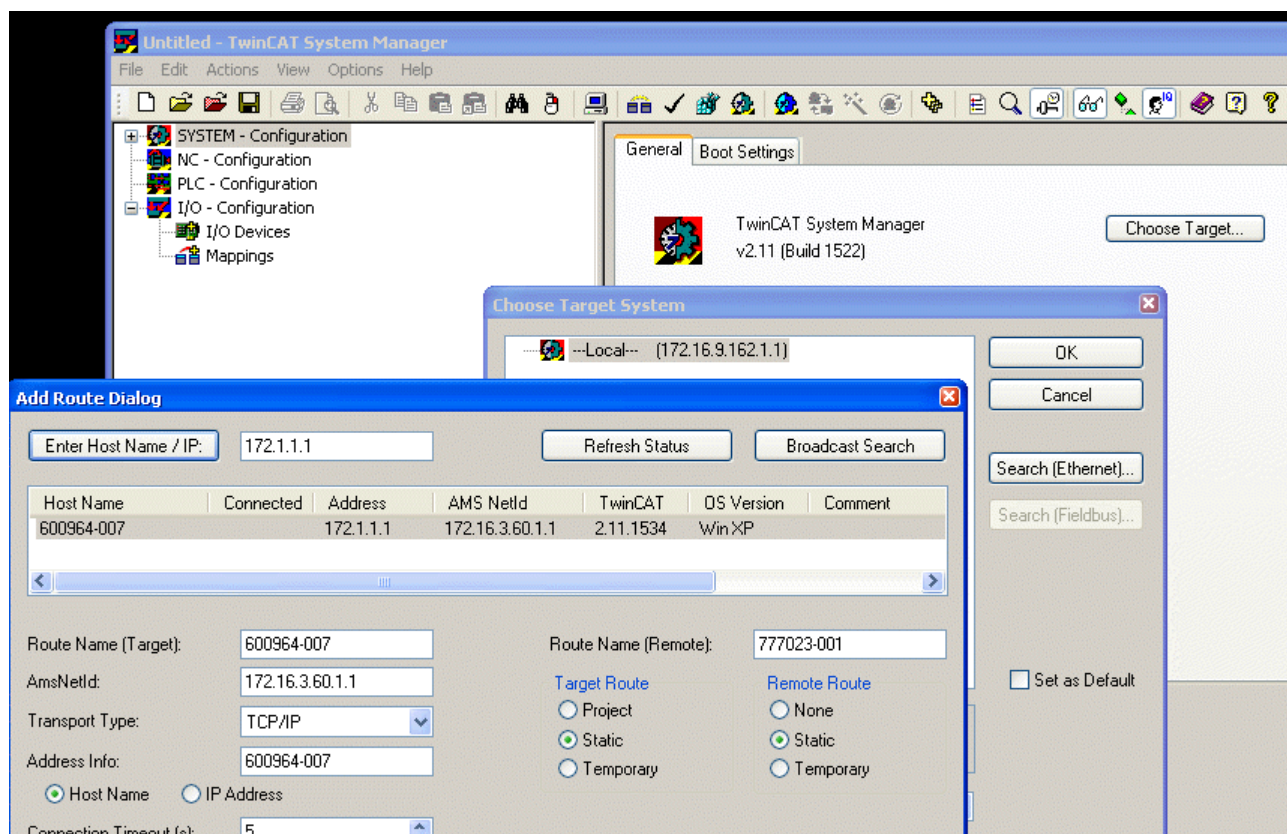


附图 175: EK1101 和 EL6601 一起确定位置

- 所有从站都处于 OP 状态，这样该系统就可以作为目标系统从远程电脑进行访问。
- 在远程系统中打开一个空的系统管理器，通过 IP
(选项卡操作 -> Choose Target System -> "Search (Ethernet)" -> [输入 IP 172.1.1.1] -> "Enter Host Name / IP") 将 IP 地址为 172.1.1.1 的 EtherCAT 计算机确定为目标系统

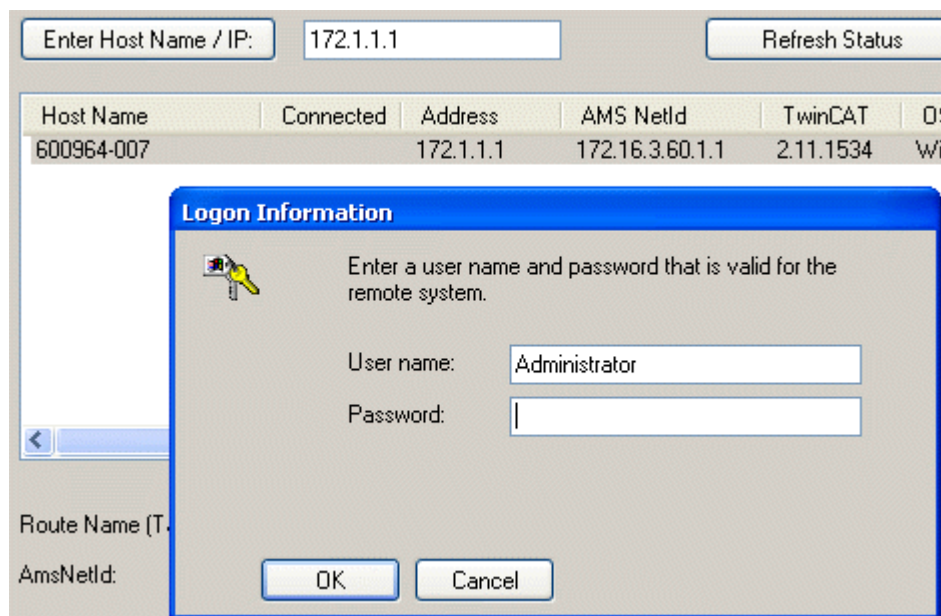


附图 176: 选择目标系统



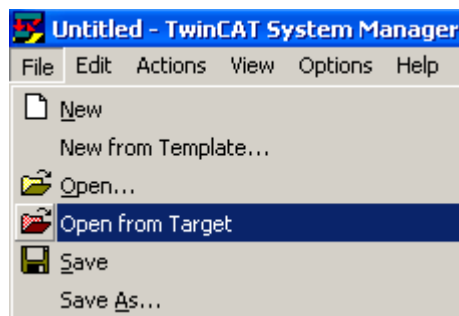
附图 177: 输入目标系统 172.1.1.1

- 双击显示找到的目标系统的行之后，用户就可以登录目标系统：



附图 178: 输入目标系统的登录信息

- 连接成功后，目标系统可通过“Open from target system”加载配置。



附图 179: 打开目标系统并加载配置

检查清单

以下检查清单可用于成功配置远程访问：

1. EtherCAT 配置成功
 - 无 LostFrames
 - EtherCAT 主站和所有从站处于 OP 状态
 - 所有 WorkingCounters = 0；必要时，为特意处于非活动状态的从站设置特殊的 SyncUnits
2. 为 EtherCAT 端口和笔记本电脑使用的端口设置不同的 IP 地址，但在同一子网段内。
(此处为：172.1.1.1 和 172.1.1.2)
3. 通过 ping 命令检查双方的连接情况
4. 作为目标系统建立连接



Ethernet 连接

建议在网络接口、IP 协议（Windows XP SP2）默认网关和 DNS 服务器的“属性”对话框中使用可信的地址，尽管实际上并不需要。示例中远程 PC 的设置：

Internet Protocol (TCP/IP) Properties

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☐ Obtain an IP address automatically

☒ Use the following IP address:

IP address: 172 . 1 . 1 . 2

Subnet mask: 255 . 255 . 0 . 0

Default gateway: 172 . 1 . 20 . 1

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: 172 . 1 . 20 . 1

Alternate DNS server: . . .

附图 180: 在远程系统中输入网络地址

7 附录

7.1 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 [► 159] 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！

EL6601			
硬件 (HW)	固件 (FW)	修订版本号	发布日期
05 – 14	06		2009/07
	07	EL6601-0000-0017	2009/09
	08		2009/11
	09		2010/07
		EL6601-0000-0018	2010/09
	10		2011/09
		EL6601-0000-0019	2012/10
	11		2013/04
15 – 21*	12	EL6601-0000-0020	2014/07
	13	EL6601-0000-0021	2014/12
	14		2015/07
	15		2017/02
	16		2023/06
	17*		2023/09

EL6614			
硬件 (HW)	固件 (FW)	修订版本号	发布日期
00 – 09*	01	EL6614-0000-0017	2008/05
	02		2008/12
	03		2009/08
	04		2009/11
	05		2010/07
		EL6614-0000-0018	2010/09
	06		2011/09
		EL6614-0000-0019	2012/10
	07		2013/04
	08	EL6614-0000-0020	2014/07
10 – 17*	09	EL6614-0000-0021	2014/12
	10		2015/07
	11		2017/02
	12		2023/06
	13*		2023/09

*) 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。

7.2 固件更新 EL/ES/EM/ELM/EPxxxx

本节介绍了倍福 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（掉电保持存储器选项）。

- 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。

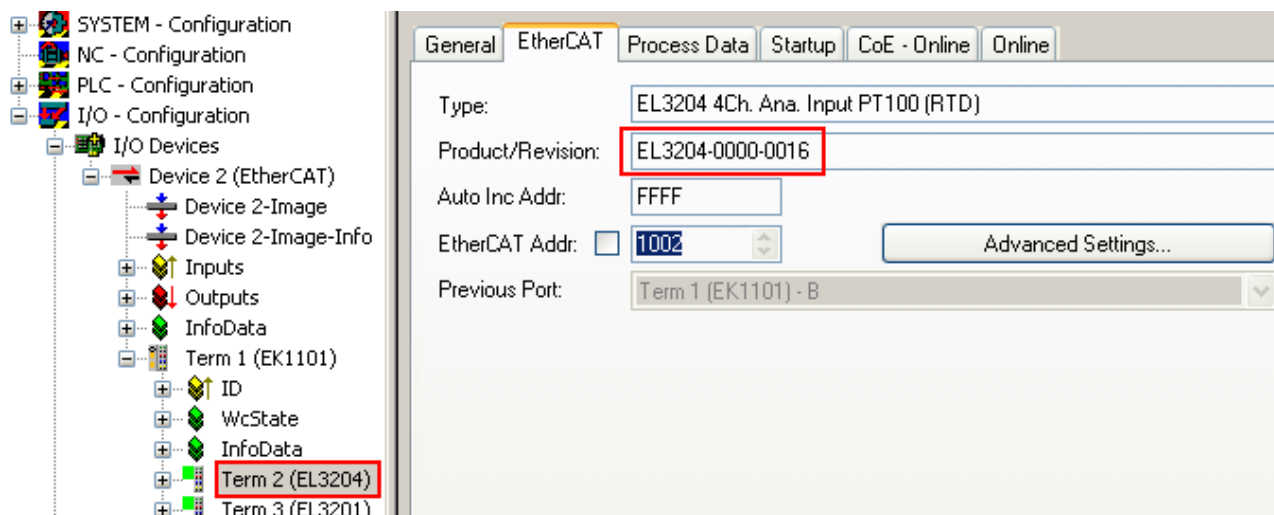
7.2.1 设备描述 ESI 文件/XML

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 181: 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。

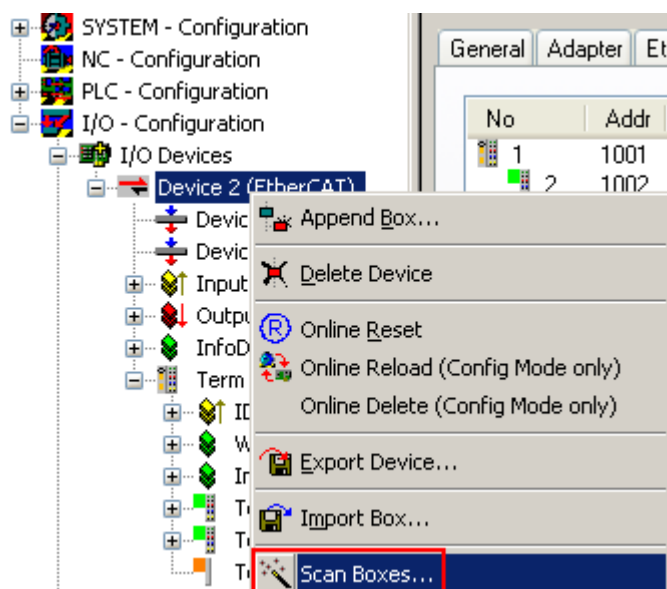
有关这方面的进一步信息, 请参考 [EtherCAT 系统文件](#)。

● XML/ESI 描述的更新

i 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:



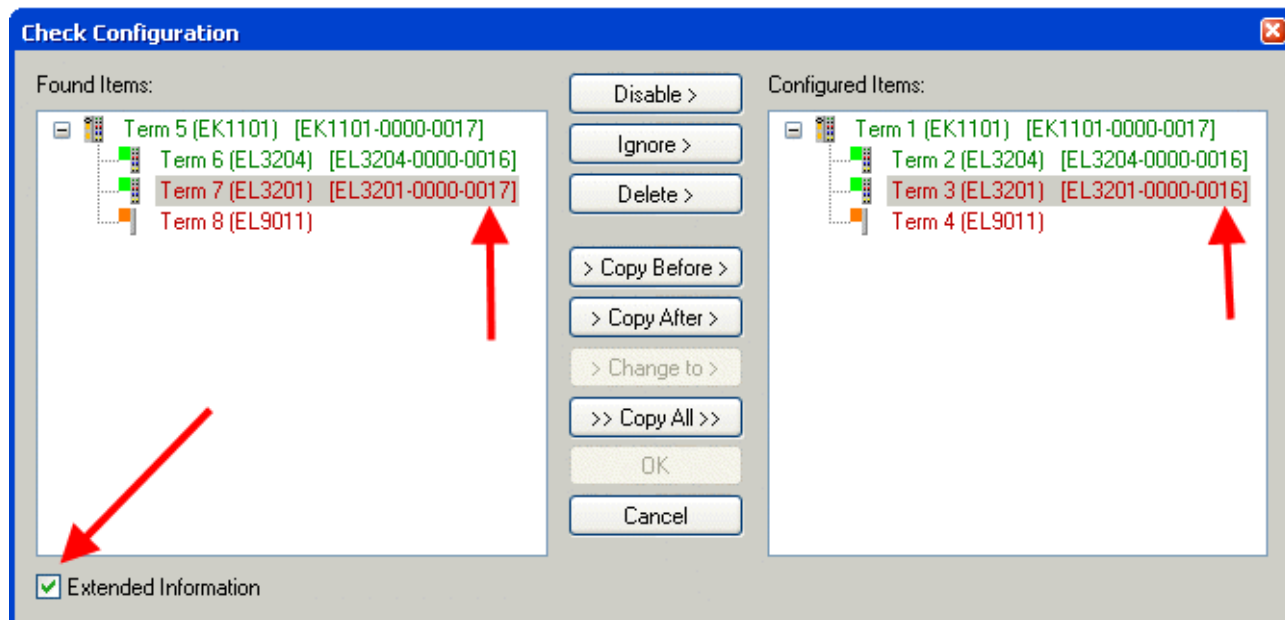
附图 182: 右键单击 EtherCAT Device 扫描下级从站

如果找到的内容与配置的内容相符，则显示



附图 183: 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。



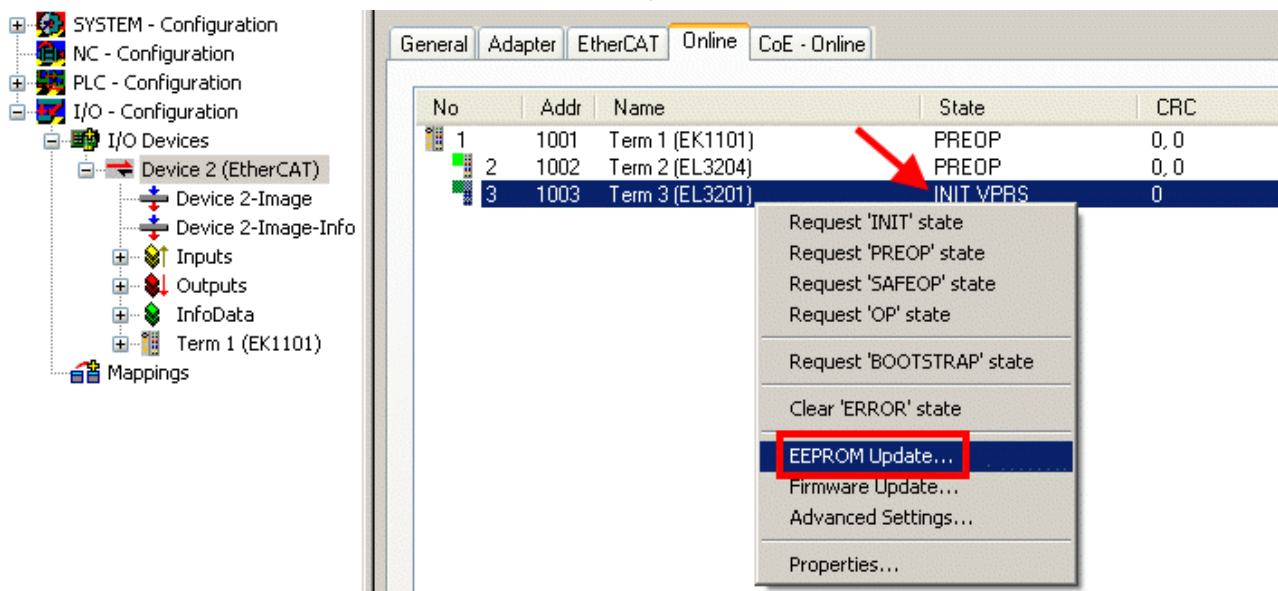
附图 184: 更改对话框

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

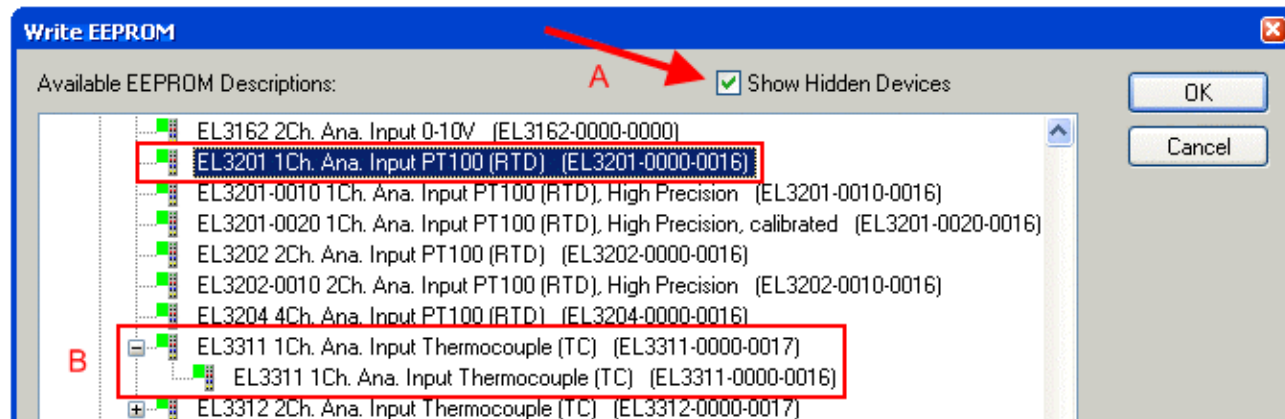
ESI/EEPROM 标识符可以在 TwinCAT 下按如下方式更新：

- 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 185: 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 186: 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。

7.2.2 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）



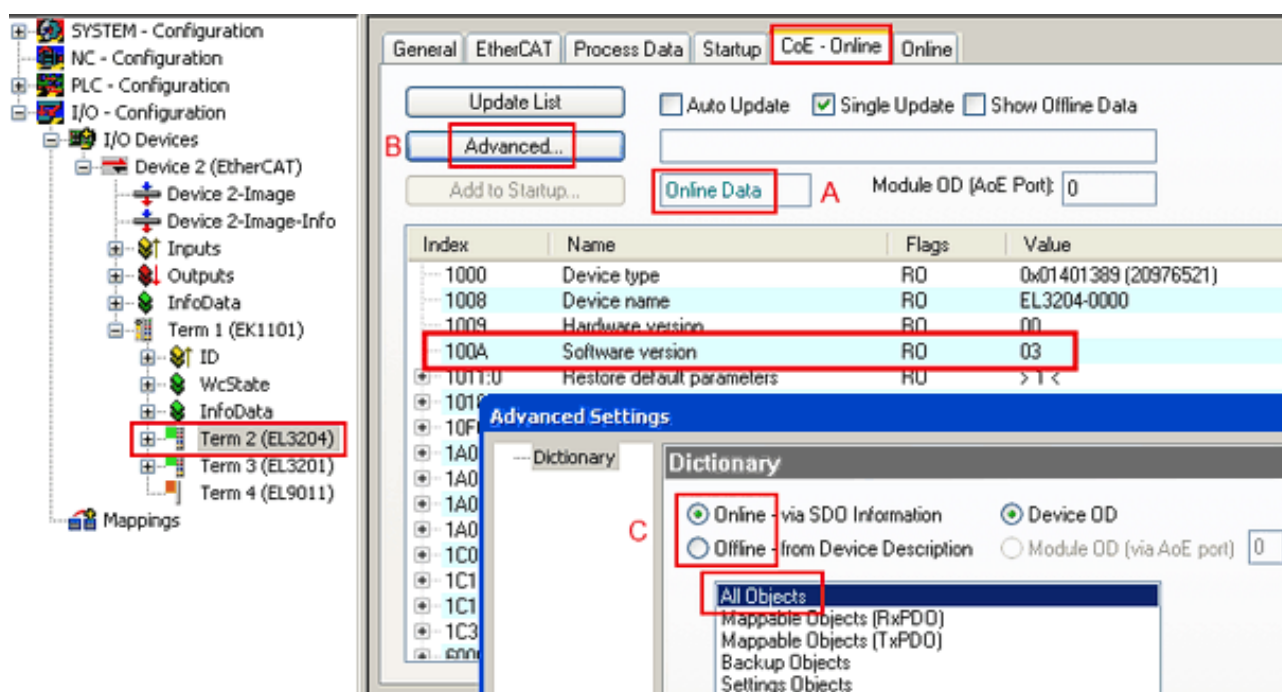
可用的 CoE 目录有两套：

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 EL5xxx.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 187: 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。

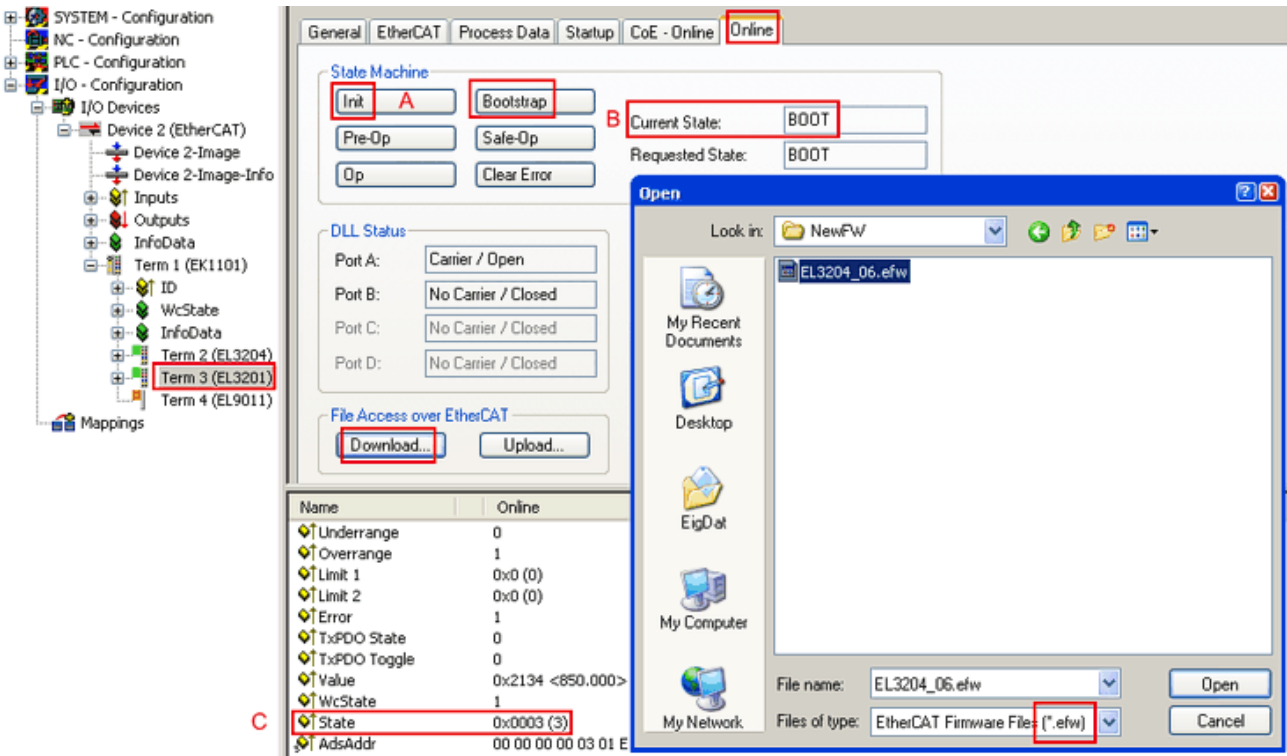
7.2.3 更新从站处理器的固件 *.efw

● CoE 目录



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。

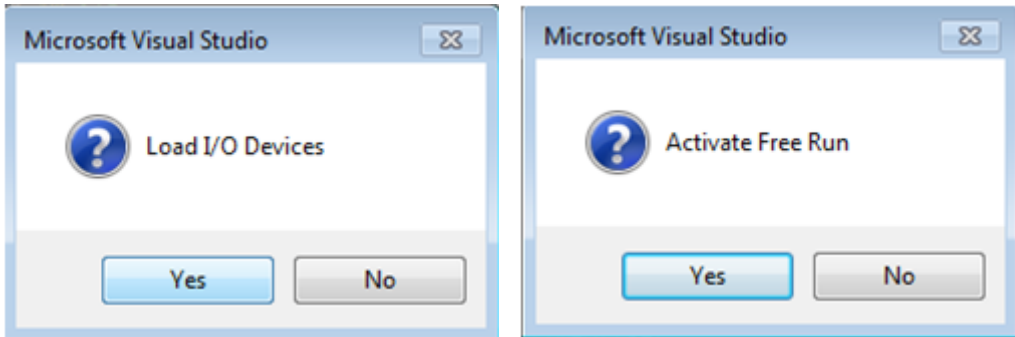
切换到 *Online* 选项卡，更新从站处理器的固件，参见图 *固件更新*。



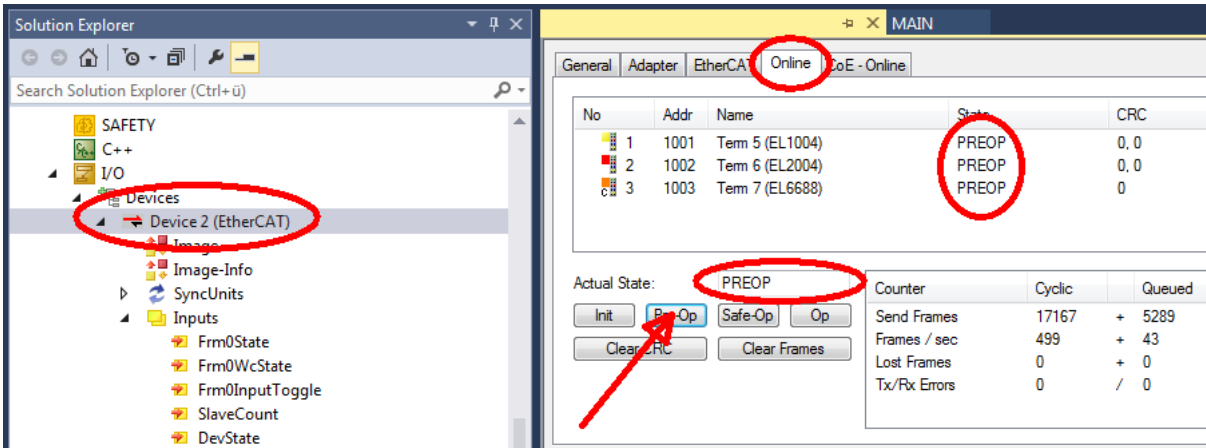
附图 188: 固件更新

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。

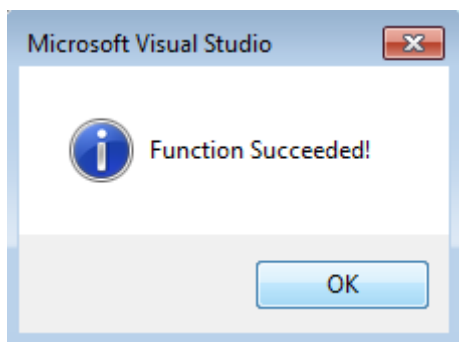


- 将 EtherCAT 主站切换到 PreOP



- 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。

7.2.4 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。

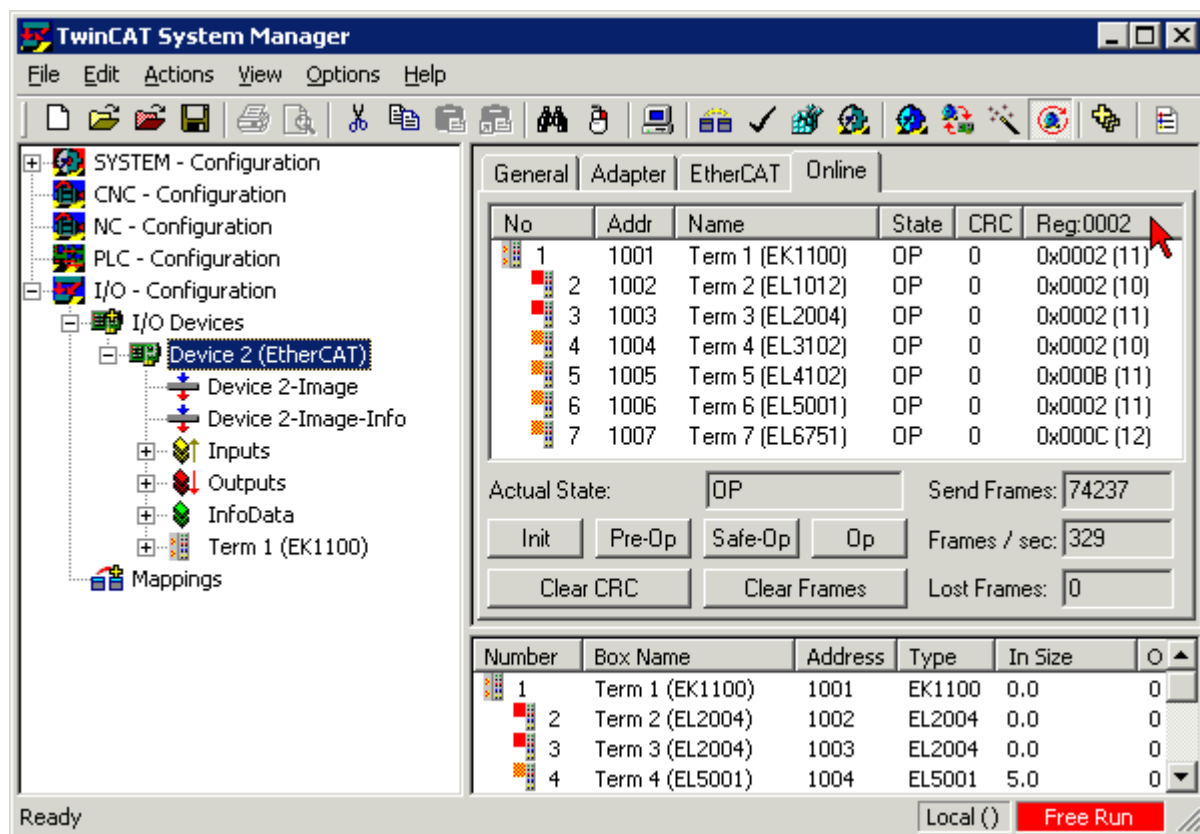
- 用于处理 I/O 信号的从站处理器固件
- 用于 EtherCAT 通讯的 FPGA 固件（仅适用于带 FPGA 的端子模块）

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

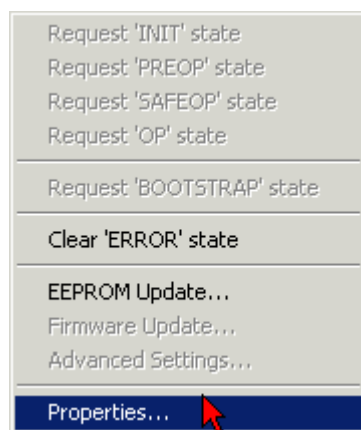
TwinCAT System Manager 显示 FPGA 固件版本。点击 EtherCAT 总线的以太网卡（例中的 Device 2），选择 *Online*选项卡。

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。

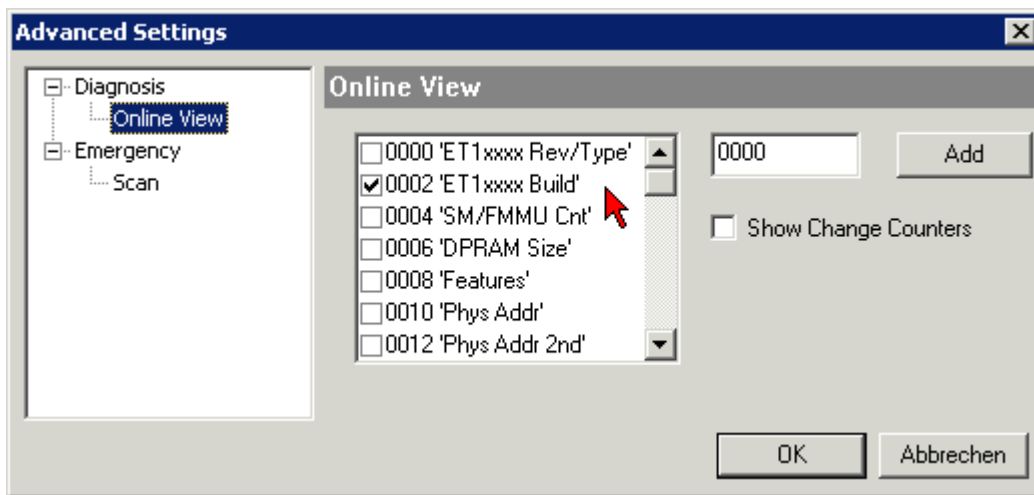


附图 189: FPGA 固件版本定义

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 190: 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 191: 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。

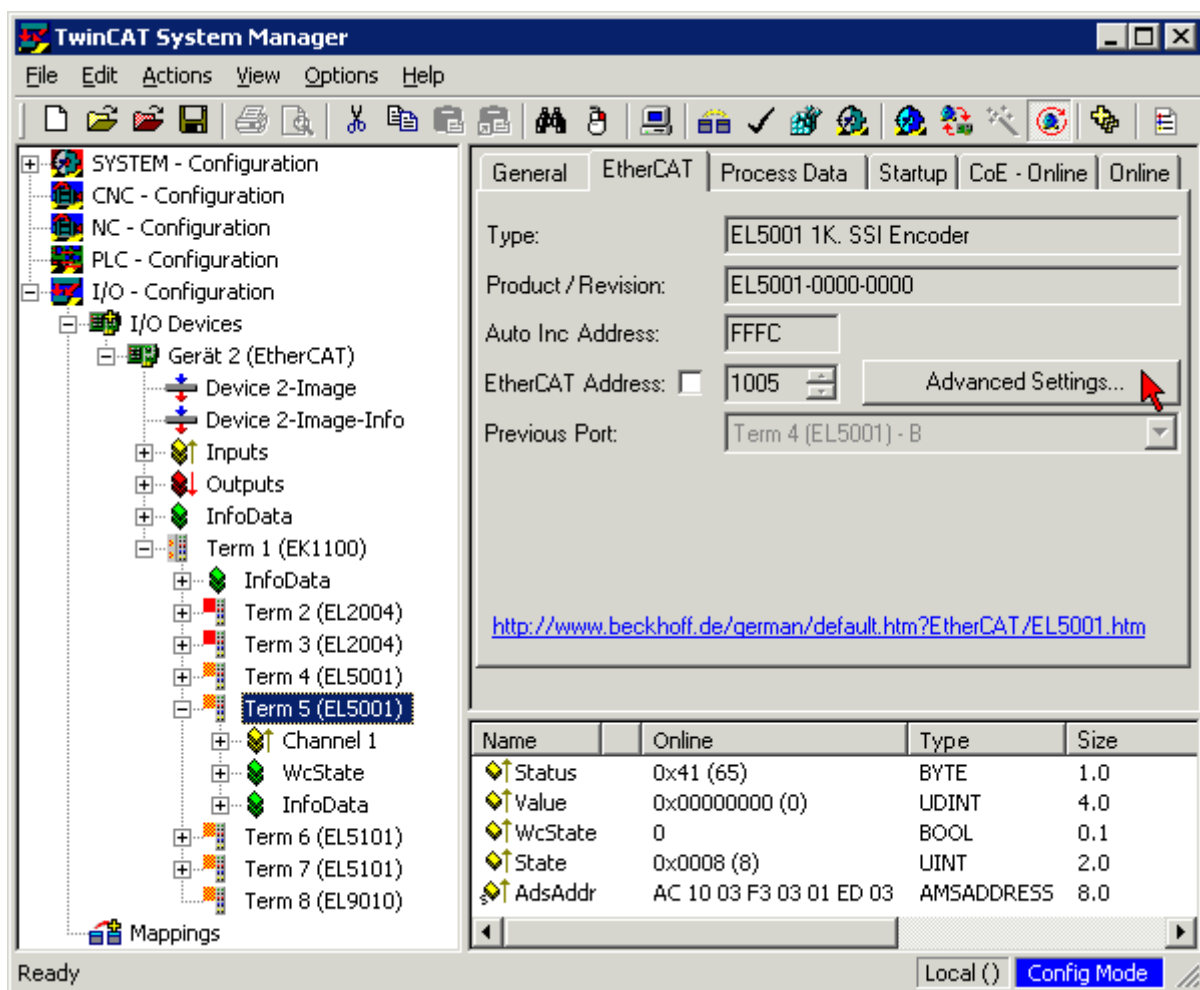
旧的固件版本只能由制造商进行更新！

更新一个 EtherCAT 设备

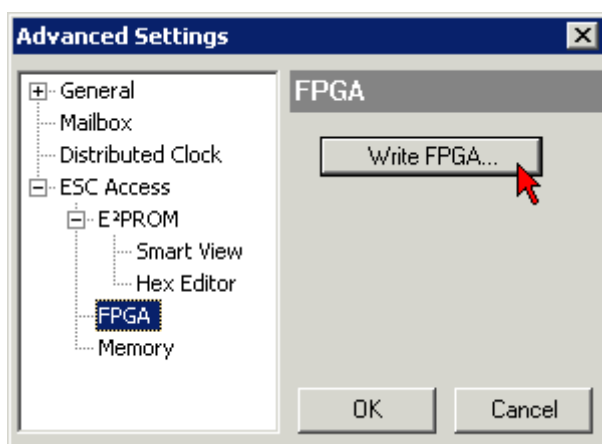
如果没有给出其他规定（例如来自倍福支持部门），则必须满足以下顺序：

- 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。

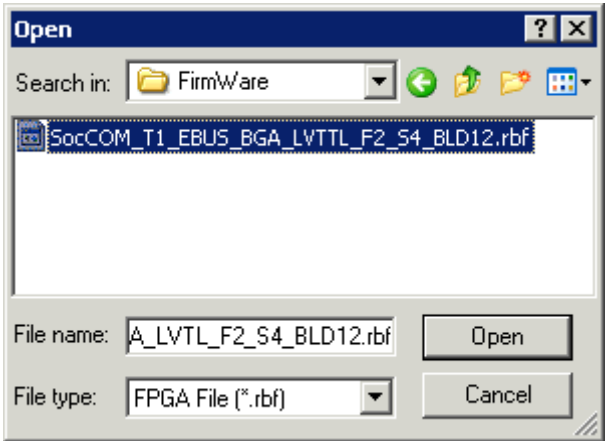
在 TwinCAT System Manager 中，选择需要更新 FPGA 固件的端子模块（例如：端子模块 5：EL5001），并在 *EtherCAT* 选项卡中点击 *Advanced Settings* 按钮：



- 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

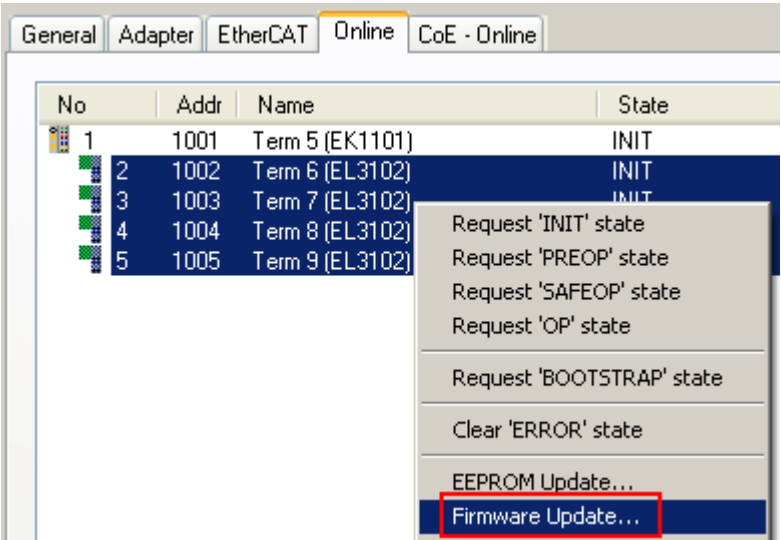
注意

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！

7.2.5 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。

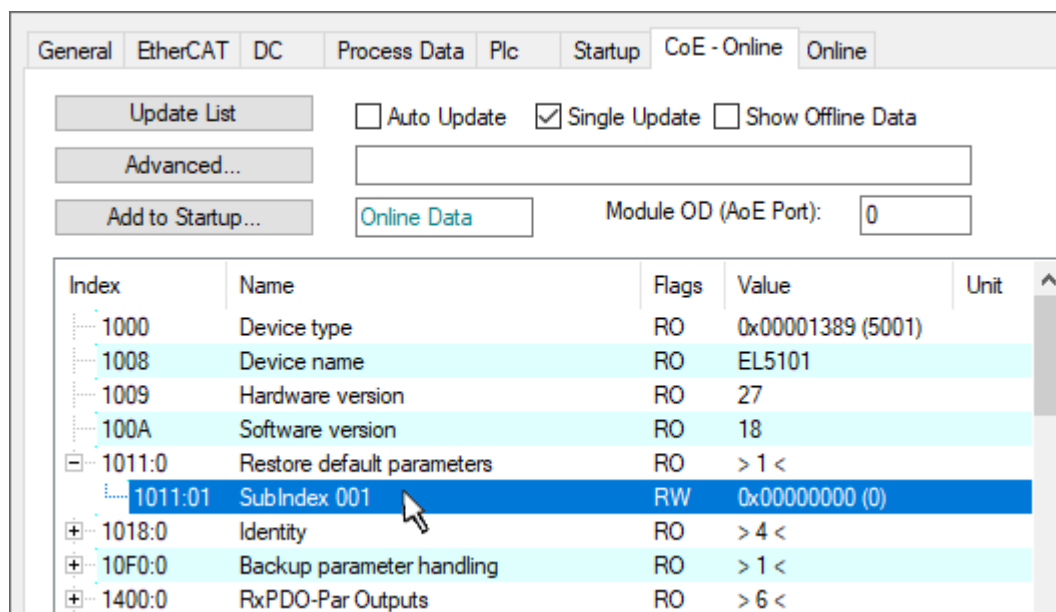


附图 192: 多重选择和固件更新

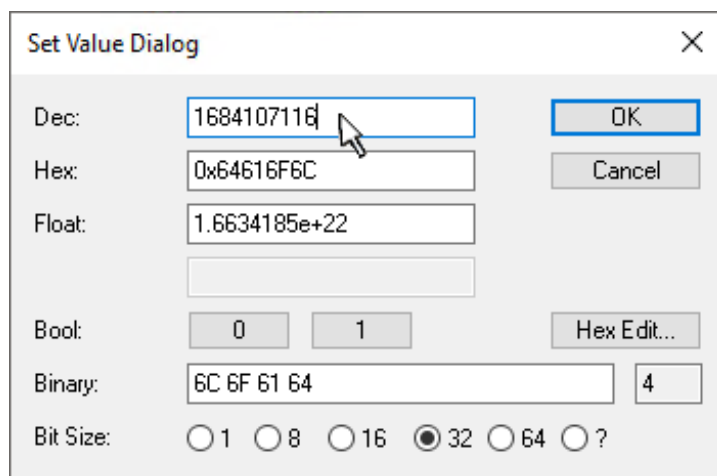
选择所需的从站，如上所述在 BOOTSTRAP 模式下进行固件更新。

7.3 恢复出厂状态

要恢复 EtherCAT 设备（“从站”）CoE 对象的交付状态（出厂设置），可通过 EtherCAT 主站（例如 TwinCAT）使用 CoE 对象 Index 1011 *Restore default parameters*（参见图选择 *Restore default parameters*）。



附图 193: 选择 *Restore default parameters*



附图 194: 在 Set Value dialog 中输入一个恢复值

双击 *SubIndex 001*，进入设置值对话框。将重置值 **1684107116** 输入字段 *Dec* 中，或将数值 **0x64616F6C** 输入字段 *Hex* 中，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。
- 只有直接对从站的 Online CoE 进行重置，才能成功恢复出厂值。在离线 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。
- 由于进行了重置，因此不会进行单独确认。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。



替代的恢复值

在一些较旧的端子模块（FW 创建时间约在 2007 年之前）中，备份对象可以用另一套替代的恢复值进行切换：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。

7.4 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

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.

Microsoft, Microsoft Azure, Microsoft Edge, PowerShell, Visual Studio, Windows and Xbox are trademarks of the Microsoft group of companies.

Wireshark is a registered trademark of Sysdig, Inc.

更多信息:
www.beckhoff.com/EL6601

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Germany
电话号码: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

