

文件资料 | ZH

EL2596-00x0

EtherCAT 端子模块，1 通道 LED 输出，3 A



目录

1 产品概述	7
2 前言	8
2.1 文档说明	8
2.2 文档指南	9
2.3 安全说明	10
2.4 文档发行状态	11
2.5 EtherCAT 设备的版本标识	12
2.5.1 关于标识的一般说明	12
2.5.2 EL 端子模块的版本标识	12
2.5.3 倍福识别码 (BIC)	13
2.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)	15
3 产品描述	18
3.1 简介	18
3.2 技术数据	19
3.3 LED 和连接	21
3.3.1 EL2596	21
3.3.2 EL2596-0010	24
3.4 LED 技术的基础知识	27
3.4.1 定义	27
3.4.2 结构	28
3.4.3 属性	28
3.4.4 特性曲线	30
3.4.5 控制	31
3.4.6 运行模式	32
3.4.7 多 LED 的连接方式	34
3.4.8 颜色	34
3.4.9 多色 LED 的典型设计	36
3.4.10 温度与老化	38
3.5 启动	39
3.6 同类产品	39
4 基本通讯	40
4.1 EtherCAT 基础知识	40
4.2 EtherCAT 布线 - 线缆连接	40
4.3 设置看门狗的一般注意事项	42
4.4 EtherCAT 状态机	44
4.5 CoE 接口	46
4.6 分布时钟 (Distributed Clock)	52
5 安装和接线	53
5.1 关于 ESD 保护的说明	53
5.2 安装导轨安装	54
5.3 规定安装位方向	57

5.4	无源端子模块的安装位置	58
5.5	接线	59
5.5.1	接线系统	59
5.5.2	接线	61
5.5.3	屏蔽	62
5.6	关于电源的说明	63
5.7	处理	64
6	调试	65
6.1	TwinCAT 基础知识	65
6.1.1	TwinCAT 开发环境	65
6.1.2	TwinCAT 快速入门	105
6.2	快速入门	132
6.2.1	调试说明	132
6.2.2	调试	136
6.3	设置运行模式	138
6.3.1	Current Control 电流控制	139
6.3.2	Current Control Timestamp Pulse 电流控制时间戳脉冲	144
6.3.3	Current Control Trigger Pulse 电流控制触发脉冲	147
6.3.4	Current Control PLC Pulse 电流控制 PLC 脉冲	152
6.3.5	Current Control PWM 电流控制 PWM	155
6.3.6	电压控制	161
6.3.7	电压控制 PWM	164
6.3.8	灌电流 PWM	166
6.4	确定输出参数	171
6.5	自动判定输出电压并显示特性曲线	173
6.5.1	保存运行中的输出电压	173
6.5.2	临时或在 EEPROM 中存储输出电压	175
6.5.3	以 CSV 文件格式存储 LED 的特性曲线	177
6.5.4	将 LED 的特性曲线存储为 HTML 图表	181
6.6	使用触发输入	185
6.6.1	触发输入	185
6.6.2	硬件使能	185
6.7	使用触发输出	187
6.7.1	与触发输出连接	187
6.7.2	调试触发输出	187
6.7.3	通过触发输入使用触发输出	190
6.8	多色共阳极 LED 的工作原理	197
6.8.1	电压控制模式	198
6.8.2	电流控制模式	200
6.9	过程数据	201
6.9.1	过程数据概览	201
6.9.2	预选工艺数据	203
6.9.3	过程数据说明	205

6.10	EL2596-xxxx 特定诊断功能	210
6.10.1	带信息数据的诊断功能	210
6.10.2	CoE 中的诊断功能	211
6.10.3	诊断 - 诊断消息的基本原则	212
6.11	对象描述和参数设置	222
6.11.1	配置文件特定对象	222
6.11.2	标准对象	229
6.12	示例程序	236
6.12.1	示例程序 1 – 短路检测（电流控制）	237
6.12.2	示例程序 2 – 短路检测（电压控制）	242
6.12.3	示例程序 3 – 输入和输出触发的组合	246
6.13	EtherCAT 从站的一般调试说明	248
7	附录	255
7.1	固件更新	255
7.1.1	设备描述 ESI 文件/XML	256
7.1.2	Firmware（固件）说明	259
7.1.3	更新从站处理器的固件 *.efw	259
7.1.4	FPGA 固件 *.rbf	261
7.1.5	同时更新多个 EtherCAT 设备	265
7.2	固件兼容性	266
7.3	恢复出厂状态	267
7.4	技术支持和服务	270

1 产品概述

本文档涵盖以下产品：

EL2596 [► 18] 1 通道 LED 输出，0…24 V DC，3 A

EL2596-0010 1 通道 LED 输出，0…48 V DC，3 A

[► 18]

2 前言

2.1 文档说明

目标受众

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

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

免责声明

本文档经过精心准备。然而，所述产品正在不断开发中。

我们保留随时修改和更改本文档的权利，恕不另行通知。

不得依据本文档中的数据、图表和说明对已供货产品的修改提出赔偿。

商标

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

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



EtherCAT® 和 EtherCAT P® 是 Beckhoff Automation GmbH, Germany 的注册商标和专利技术。

版权所有

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

第三方品牌

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

2.2 文档指南

注意



文件的其它组成部分

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

标题	描述
EtherCAT 系统文档 (PDF)	• 系统概览 • EtherCAT 基础知识 • 电缆冗余 • 热连接 • EtherCAT 设备配置
EtherCAT/Ethernet 基础设施 (PDF)	关于设计、实施和测试的技术建议和注意事项
I/O 软件声明 (PDF)	倍福 I/O 组件的开源软件声明

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

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

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

2.3 安全说明

安全规范

请注意以下安全说明和解释！

可在以下页面或安装、接线、调试等区域找到产品相关的安全说明。

责任免除

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

人员资格

本说明仅供熟悉适用国家标准的控制、自动化和驱动工程专家使用。

警示性词语

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

人身伤害警告

⚠ 危险

存在死亡或重伤的高度风险。

⚠ 警告

存在死亡或重伤的中度风险。

⚠ 谨慎

存在可能导致中度或轻度伤害的低度风险。

财产或环境损害警告

注意

可能会损坏环境、设备或数据。

操作产品的信息



这些信息包括：
有关产品的操作、帮助或进一步信息的建议。

2.4 文档发行状态

版本	注释
1.7.0	• 更新“产品概述”章节 • 更新“产品描述”章节 • 更新修订状态 • 更新结构
1.6.0	• 更新“LED 和连接”章节 • 更新结构
1.5.0	• 更新“简介”章节 • 更新“安装和接线”章节 • 更新结构
1.4.0	• 更新“调试”章节 • 更新修订状态 • 更新结构
1.3	• 更新“前言”章节 • 更新结构
1.2	• 更新“技术数据”章节 • 更新“安装和接线”章节 • 更新“调试说明”、“电流控制”和“输出参数测定”章节 • 更新修订状态 • 更新结构
1.1	• EL2596-0010 附录
1.0	• 首次公开发行人
0.2-0.9	• 补充、更正
0.1	• EL2596-xxxx 的临时文档

2.5 EtherCAT 设备的版本标识

2.5.1 关于标识的一般说明

名称

一个倍福 EtherCAT 设备有一个 14 位字符编号，由以下部分组成

- 系列号
- 型号
- 版本号
- 修订版本号

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

注意

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

2.5.2 EL 端子模块的版本标识

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

序列号的结构：**KK YY FF HH**

KK - 生产周数 (CW, 日历周)
 YY - 生产年份
 FF - 固件版本号
 HH - 硬件版本号

示例：序列号 12 06 3A 02:

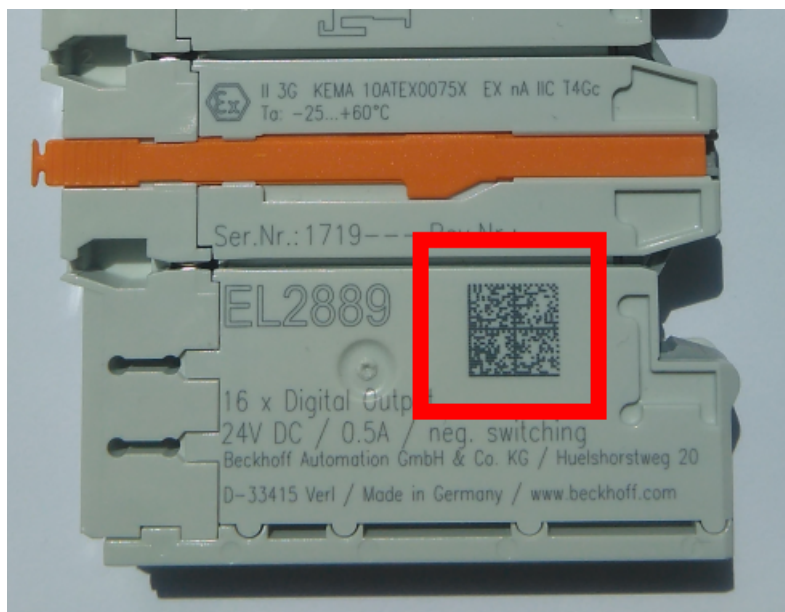
12 - 生产周次为 12 周
 06 - 生产年份为 2006 年
 3A - 固件版本为 3A
 02 - 硬件版本为 02



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

2.5.3 倍福识别码 (BIC)

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



附图 2: BIC 为二维码 (DMC, 编码格式 ECC200)

BIC 将在所有产品组中逐步引入。

根据不同的产品, 可以在以下地方找到:

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

BIC 可供机器读取, 其中包含的信息客户可以用于产品管理。

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

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

位置	信息类型	说明	数据标识符	包括数据标识符的数字位数	示例
1	倍福订单号	倍福订单号	1P	8	1 P072222
2	倍福可追溯性编号 (BTN)	独特的序列号，见以下说明	SBTN	12	SBTN k4p562d7
3	产品型号	倍福产品型号，例如 EL1008	1K	32	1 KEL1809
4	数量	包装单位的数量，例如 1、10 等	Q	6	Q 1
5	批次号	可选：生产年份和第几周	2P	14	2P 401503180016
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	51S 678294
7	型号扩展代码	可选：基于标准产品的型号扩展代码	30P	12	30P F971, 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 **Q**1 **51S**678294

对应的DMC如下：



附图 3: 示例 DMC **1**P072222**SBTN**k4p562d7**1**KEL1809 **Q**1 **51S**678294

BTN

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

注意

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

2.5.4 BIC 电子读取 (eBIC)

电子 BIC (eBIC)

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

对产品进行电子化处理的接口对于电子读出至关重要。

K-bus 设备 (IP20、IP67)

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

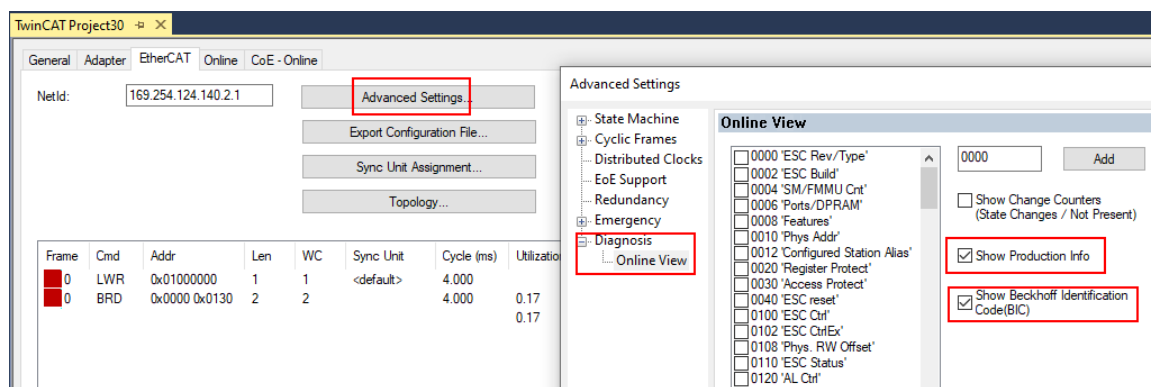
EtherCAT 设备 (IP20、IP67)

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

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

用户可以通过电子方式访问 eBIC（如果存在），具体如下：

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



- 然后显示 BTN 及其内容：

No	Addr	Name	State	CRC	Fw	Hw	Production Data	ItemNo	BTN	Description	Quantity	BatchNo	SerialNo
1	1001	Term 1 (EK1100)	OP	0.0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
2	1002	Term 2 (EL1018)	OP	0.0	0	0	2020 KW36 Fr	072222	k4p562d7	EL1809	1	—	678294
3	1003	Term 3 (EL3204)	OP	0.0	7	6	2012 KW24 Sa	—	—	—	—	—	—
4	1004	Term 4 (EL2004)	OP	0.0	0	0	—	072223	k4p562d7	EL2004	1	—	678295
5	1005	Term 5 (EL1008)	OP	0.0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
6	1006	Term 6 (EL2008)	OP	0.0	0	12	2014 KW14 Mo	—	—	—	—	—	—
7	1007	Term 7 (EK1110)	OP	0	1	8	2012 KW25 Mo	—	—	—	—	—	—

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

- 设备必须处于 PREOP/SAFEOP/OP 状态下才能访问：

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	Subindex 001	RO	1P158442SBTN0008jekp1KELM3704 Q1 2P482001000016
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170fb277e

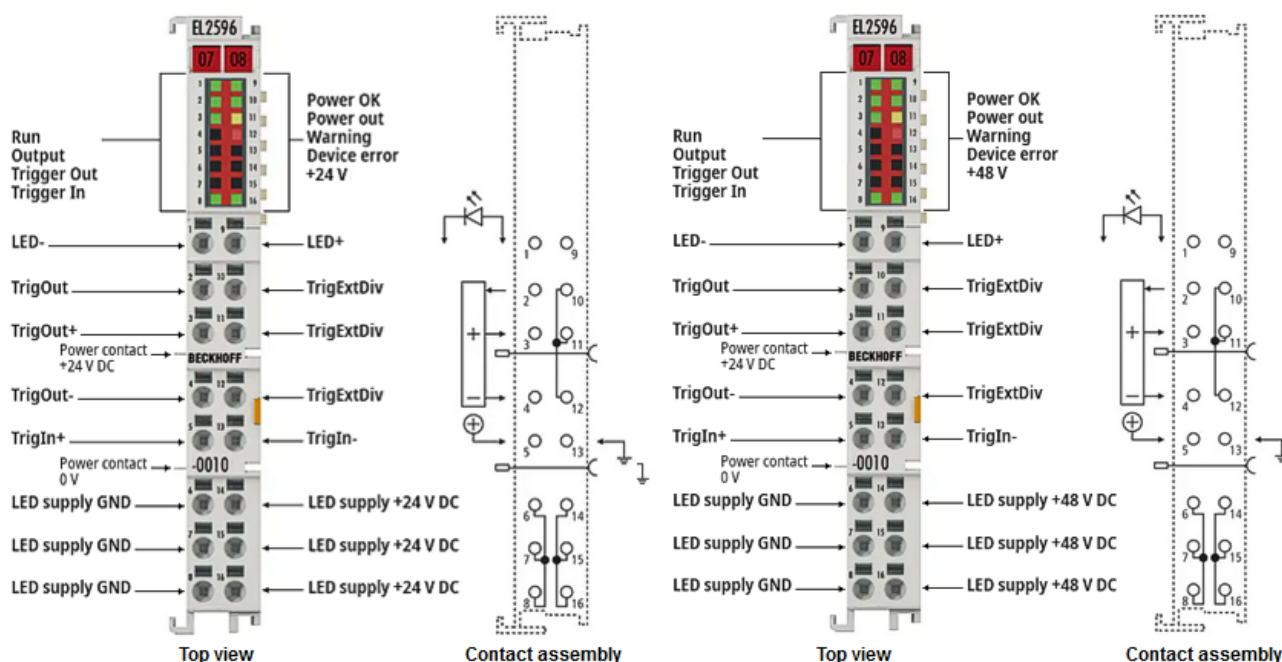
- 对象 0x10E2 将在批量产品的必要固件修订过程中优先引入。
- 此 TwinCAT 3.1. build 4024.24 及以上版本，通过 Tc2_EtherCAT 库的 v3.3.19.0 及以上版本提供功能块 FB_EcCoEReadBIC 和 FB_EcCoEReadBTN 用于读取数据到 PLC
- 为了在 PLC 中处理 BIC/BTN 数据，截至 TwinCAT 3.1 build 4024.24 版本，Tc2_Uilities 中提供了以下辅助功能
 - F_SplitBIC：该函数使用已知的标识符将倍福识别代码 (BIC) sBICValue 分割成不同的部分，并将识别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

PROFIBUS、PROFINET、和 DeviceNet® 设备

目前，没有计划对这些设备的信息进行电子存储和读取。

3 产品描述

3.1 简介



附图 4: 1 通道 LED 闪光灯控制端子模块 EL2596 (24 V), EL2596-0010 (48 V)

1 通道 LED 闪光灯控制端子模块

EL2596-xxxx EtherCAT 端子模块包含 1 个可调节的 LED 电源，设计用于控制 1 个或多个串联 LED，支持常亮或脉冲闪光模式。用户可指定所需设定电流。然后，集成电源单元可根据外接 LED 自动提供所需正向电压。为此，EL2596-xxxx 端子模块搭载 Step-down 降压电源电路以输出目标电压。正向电压略低于 EL2596 输入电压的 LED 均可正常工作。模块具备高品质、快速响应的电流 / 电压控制能力，同样适用于线扫相机的恒定照明场景。

输出电流可高速切换，实现短时照明，支持极短闪光输出。与 EL2252 功能类似，可通过分布式时钟的时间戳精准设定闪光时长。只要输出电压不超过供电电压，LED 支持短时超额定电流工作，即业内所说的过驱动 (Overdriving)。

EL2596-xxxx 具有多种触发选项。触发输入和输出可同时使用：

- 触发输出，用于触发相机
- 触发输入（支持参数配置）：接收相机或传感器发出的触发信号

将 LED 控制器 EL2596-xxxx 集成到 EtherCAT 系统中，可实现以下功能

- 由控制器独立控制单次闪光，精准定义每一次闪光的起始与结束时刻，控制频率可达千赫兹级别
- 设备运行过程中动态修改电流、电压参数
- 端子模块与 LED 的全面诊断：包含输入电流 / 电压、输出电流 / 电压、模块温度监测。当运行参数超出可配置负载区间（例如负载故障）时，模块将先发出告警，随后自动切断输出以保护负载，故障状态支持复位。

48V 型号 EL2596-0010 工作时必须配套 ZB8610 风扇模组，保证模块内部温度不超过最大允许限值。

快速链接

- [技术数据 \[► 19\]](#)
- [过程数据 \[► 201\]](#)
- [EtherCAT 基础知识](#)
- [调试 \[► 136\]](#)
- [对象描述和参数设置 \[► 222\]](#)

3.2 技术数据

设备功能	EL2596	EL2596-0010
应用建议	标准端子模块，用于最高 24 V _{DC} 照明的视觉应用	标准端子模块，用于最高 48 V _{DC} 照明的视觉应用
连接技术	二线制	
输出数量	1	
输入电压 U _{IN}	24 V _{DC} (-15 %/+20 %) 只能使用稳压电源模块供电	48 V _{DC} (-15 %/+20 %) 只能使用稳压电源模块供电
负载类型	LED（阻性），无源	
功能特点	运行模式：提供恒压、恒流、PWM；丰富的实时诊断功能；可连接分压器、TriggerOut；LED 连续运行，运行多色共阳极 LED	

LED 输出	EL2596	EL2596-0010
输出电压 U _{OUT}	常亮：0 ... (U _{IN} - 0.5 V) 脉冲模式 (0 ... 2 A)：0 ... (U _{IN} - 2 V) 脉冲模式 (3 A)：0 ... (U _{IN} - 3 V) *最大输出电压在 2 A 和 3 A 之间呈线性变化	
输出电流 I _{OUT}	在脉冲模式下：0 mA ... 3 A（取决于输出电压和占空比） 在常亮模式下：0 mA...1.2 A EL2596-0010 必须搭配风扇 (ZB8610) 使用。	
输出电源 P _{OUT}	最大 14.4 W	
输出电流 I _{OUT} 的控制精度	在电流控制和电流控制 PWM 模式下 < ±3 mA 相当于 < ±0.1% 的输出满量程值 3 A	
LED 输出的脉冲持续时间	> 25 μs .. 10 s（可根据要求降低数值）	
开关时间	T _{ON} ：< 1 μs 典型值，T _{OFF} ：< 1 μs 典型值	

触发输入（自相机）	EL2596	EL2596-0010
编号	1	
类型	电气隔离， 3 mA 典型值， 0...30 V _{DC} ， 触发电平的灵敏度可在 CoE 中切换： 高 = 10 V，低 = 5 V（对于 HW02 及以上版本：4 V）	
触发输入端的最大输入频率	20 kHz	
触发输入的输入滤波	5 μs	
触发输入的屏蔽时间	0 μs (< FW04) 或 20...65535 μs（适用于 FW04 及以上版本）	

触发输出（至相机）	EL2596	EL2596-0010
编号	1	
类型	电气隔离， 最大 10 mA 推挽输出， 10...24 V _{DC} （可通过外接的分压器 [► 187] 改变电压）	
触发输出端脉冲持续时间	25 μs ... 10 s	
与触发输入有关的脉冲延迟时间	2 μs...10 s	

供电和电位	EL2596	EL2596-0010
电子元件的电源	通过 E-bus 供电	
E-bus 电流消耗	典型值 240 mA	典型值 265 mA
电气隔离	500 V（E-bus/现场电压）	
电源触点电流消耗	-（引脚仅与电源触点相连）	

通信	EL2596	EL2596-0010
配置	通过 TwinCAT System Manager	
分布式时钟	是	
分布时钟精度	<< 1 µs	
分布式时钟模式下的最短循环时间	200 µs	

环境条件	EL2596	EL2596-0010
运行期间允许的环境温度范围	0 °C ... + 55 °C	
存储期间允许的环境温度范围	-25 °C ... + 85 °C	
允许的相对空气湿度	95 %, 无冷凝	

常规数据	EL2596	EL2596-0010
外形尺寸 (W x H x D)	约 15 mm x 100 mm x 70 mm (对齐宽度: 12 mm)	
重量	约 57 g	
安装	根据 EN 60715 标准, 安装在 35 mm 的导轨上	
安装位置	请参见 规定安装位方向 [► 57]	

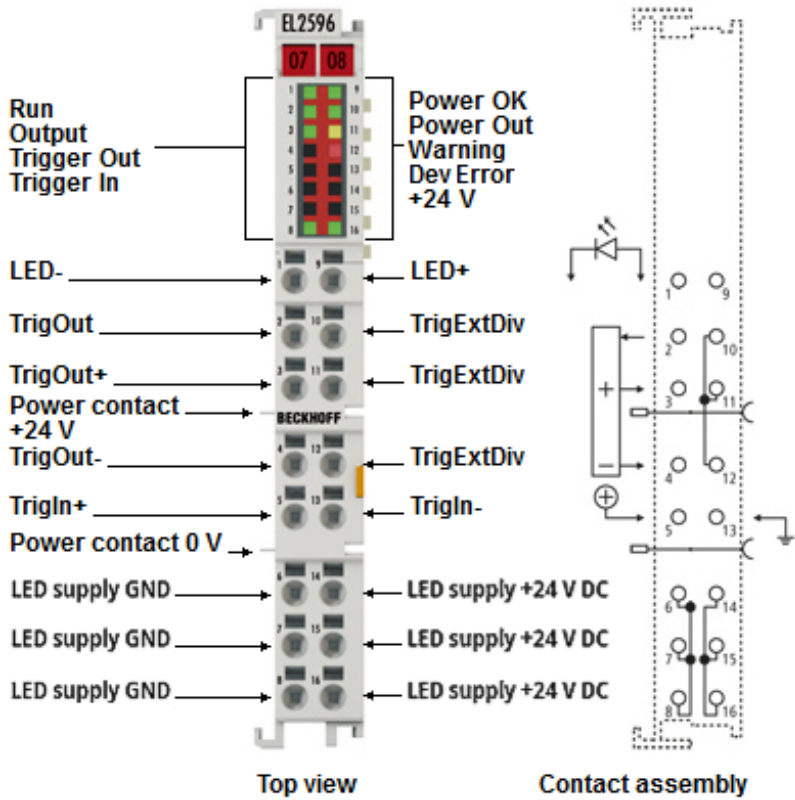
标准和认证	EL2596	EL2596-0010
抗振性/耐冲击性	符合 EN 60068-2-6/EN 60068-2-27 标准	
抗电磁干扰/抗电磁辐射性能	符合 EN 61000-6-2/EN 61000-6-4 标准	
防护等级	IP20	
认证/标识 ^{*)}	CE、EAC、UKCA	

^{*)} 真正适用的认证/标志见侧面的型号牌 (产品标志)。

3.3 LED 和连接

3.3.1 EL2596

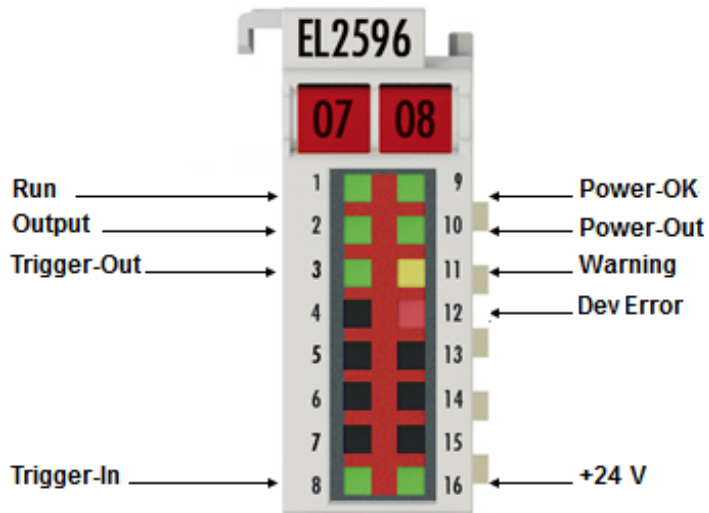
EL2596 – 连接



附图 5: EL2596 – 连接

端子模块接点	编号	注释
LED-	1	- LED 的输出
TrigOut	2	触发输出信号
TrigOut+	3	触发输出 + 电源电压的连接
TrigOut-	4	触发输出 - 电源电压的连接
TrigIn+	5	+ 触发输入
LED 电源 GND	6	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 7 和 8
LED 电源 GND	7	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 6 和 8
LED 电源 GND	8	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 6 和 7
LED+	9	+ LED 的输出
TrigExtDiv	10	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 11 和 12
TrigExtDiv	11	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 10 和 12
TrigExtDiv	12	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 10 和 11
TrigIn-	13	- 触发输入
LED 电源 +24 V	14	24 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 15 和 16
LED 电源 +24 V	15	24 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 14 和 16
LED 电源 +24 V	16	24 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 14 和 15

EL2596 - LED

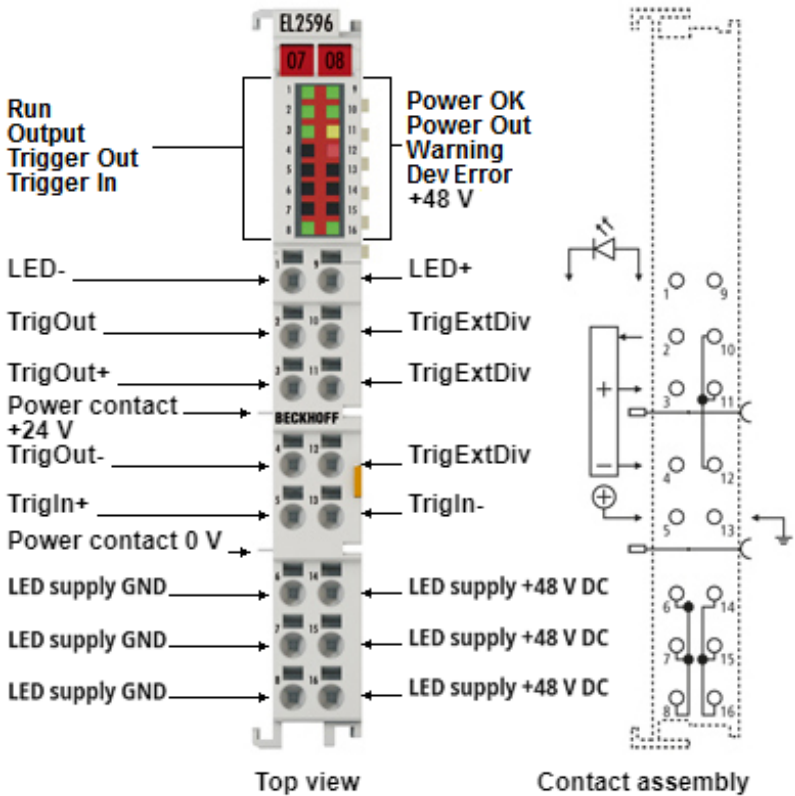


附图 6: EL2596 - LED

LED	颜色	含义	
RUN（运行）	绿色	该 LED 指示端子模块的工作状态：	
		熄灭	EtherCAT 状态机的状态： INIT = 端子模块的初始化
		闪烁	EtherCAT 状态机的状态： PREOP = 邮箱通信的功能和不同的默认设置
		单次闪烁	EtherCAT 状态机的状态： SAFEOP = 验证 Sync Manager（同步管理器）通道和分布式时钟。 输出保持安全状态
		on	EtherCAT 状态机的状态： OP = 正常工作状态；可以进行邮箱和过程数据通信
		频闪	EtherCAT 状态机的状态： BOOTSTRAP = 用于端子模块固件更新
OUTPUT（输出）	绿色	LED 输出激活。	
TRIGGER OUT（触发输出）	绿色	触发输出激活。	
TRIGGER IN（触发输入）	绿色	触发输入已接线并激活。	
POWER OK（电源工作正常）	绿色	输入电压处于配置范围内。	
POWER OUT（电源输出）	绿色	LED 驱动电路已准备就绪。	
警告	黄色	熄灭	无故障
		常亮	• 输入电压超出配置范围 • 输出电压超出配置范围 • 内部温度超过 80 °C • ...
ERROR（错误）	红色	熄灭	无故障
		常亮	• 配置错误，例如： • 未接入输入电压 • 内部温度超过 100 °C • 短路 • ...
+24 V	绿色	已接入大于 10 V 的输入电压，无额外诊断信息	

3.3.2 EL2596-0010

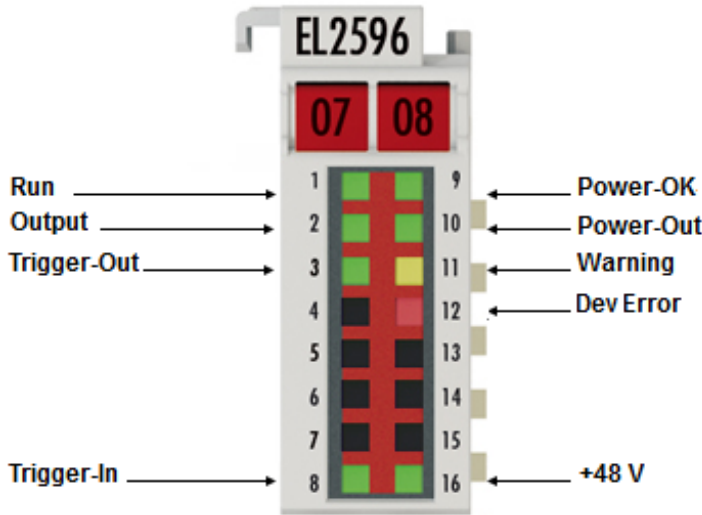
EL2596-0010 – 连接



附图 7: EL2596-0010 – 连接

端子模块接点	编号	注释
LED-	1	- LED 的输出
TrigOut	2	触发输出信号
TrigOut+	3	触发输出 + 电源电压的连接
TrigOut-	4	触发输出 - 电源电压的连接
TrigIn+	5	+ 触发输入
LED 电源 GND	6	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 7 和 8
LED 电源 GND	7	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 6 和 8
LED 电源 GND	8	输入电压的接地 (GND) (电源触点无供电)，内部连接至引脚 6 和 7
LED+	9	+ LED 的输出
TrigExtDiv	10	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 11 和 12
TrigExtDiv	11	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 10 和 12
TrigExtDiv	12	分压器连接选项，用于调节触发输出的输出电压，内部连接至引脚 10 和 11
TrigIn-	13	- 触发输入
LED 电源 +48 V	14	48 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 15 和 16
LED 电源 +48 V	15	48 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 14 和 16
LED 电源 +48 V	16	48 V 输入电压 (电源触点无供电)，内部连接至引脚 14 和 15

EL2596-0010 - LED



附图 8: EL2596-0010 - LED

LED	颜色	含义	
RUN（运行）	绿色	该 LED 指示端子模块的工作状态：	
		熄灭	EtherCAT 状态机的状态： INIT = 端子模块的初始化
		闪烁	EtherCAT 状态机的状态： PREOP = 邮箱通信的功能和不同的默认设置
		单次闪烁	EtherCAT 状态机的状态： SAFEOP = 验证 Sync Manager（同步管理器）通道和分布式时钟。 输出保持安全状态
		常亮	EtherCAT 状态机的状态： OP = 正常工作状态；可以进行邮箱和过程数据通信
		频闪	EtherCAT 状态机的状态： BOOTSTRAP = 用于端子模块固件更新
OUTPUT（输出）	绿色	LED 输出激活。	
TRIGGER OUT（触发输出）	绿色	触发输出激活。	
TRIGGER IN（触发输入）	绿色	触发输入已接线并激活。	
POWER OK（电源工作正常）	绿色	输入电压处于配置范围内。	
POWER OUT（电源输出）	绿色	LED 驱动电路已准备就绪。	
警告	黄色	熄灭	无故障
		常亮	• 输入电压超出配置范围 • 输出电压超出配置范围 • 内部温度超过 80 °C • ...
ERROR（错误）	红色	熄灭	无故障
		常亮	• 配置错误，例如： • 未接入输入电压 • 内部温度超过 100 °C • 短路 • ...
+48 V	绿色	输入电压处于指定范围内	

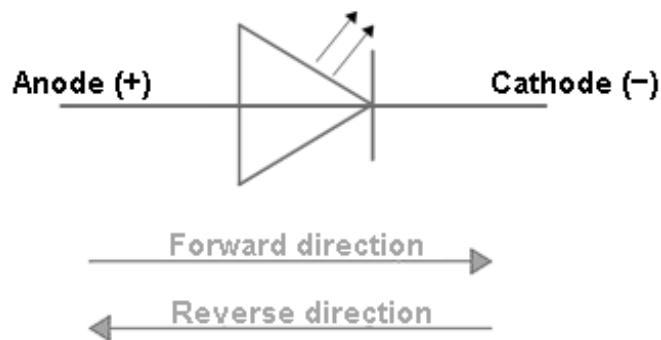
3.4 LED 技术的基础知识

下文介绍了有关发光二极管技术 (LED) 的一些基本信息。这些信息属于基本信息，因此，请核对这些信息在很大程度上适用于您的应用。

3.4.1 定义

LED（**发光二极管**）可将电能转化为光能。LED 由半导体 p-n 结构成。与普通半导体二极管一样，LED 也有正向偏置和反向偏置之分。在正向施加电压时，半导体中的剩余电子会与电子元件中的空穴发生复合。LED 进入导通状态，并以光的形式释放能量。能量大小和所发出光的颜色取决于所使用的半导体材料。

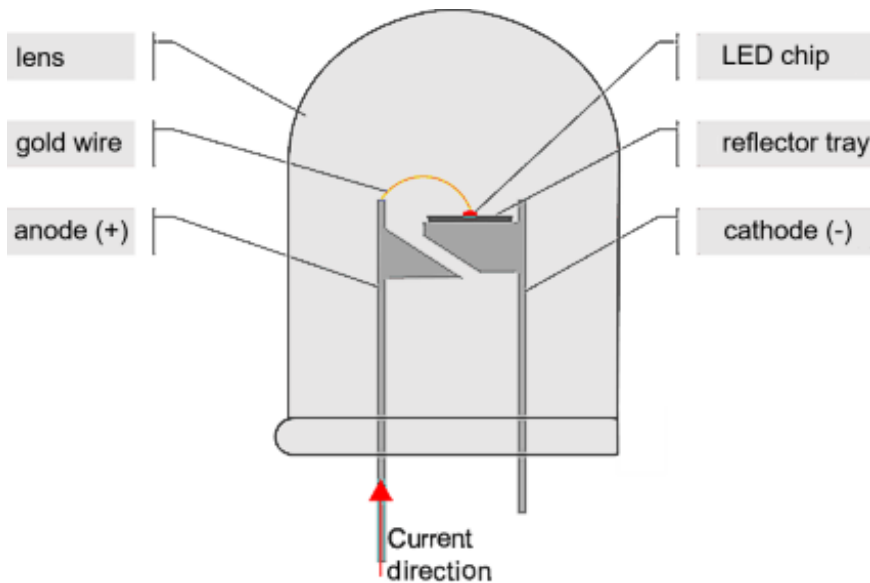
LED 的电路符号为带有 2 个箭头的二极管图形。这些箭头象征着发射的光线。



附图 9: LED 的电路符号

3.4.2 结构

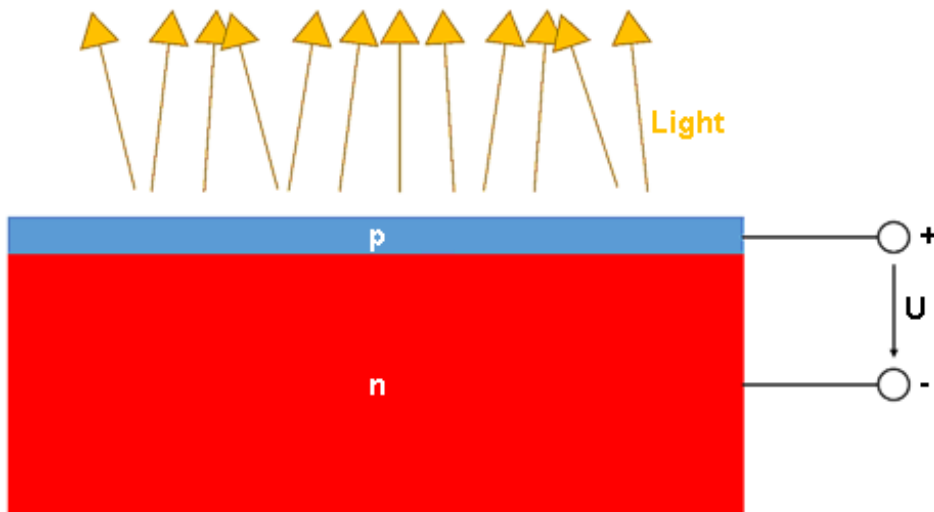
普通标准 LED 通常由 LED 芯片、连接阴极 (-) 的反射杯、连接阳极 (+) 的金线以及塑料透镜构成。



附图 10: 单色 LED 的经典结构

然而，上述结构仅为示例。除了如图所示的结构外，还有大功率或 SMD（表面贴装器件）等型号的 LED。

LED 芯片原则上由 2 层组成。其中一层含有多余电子（N 型掺杂）。另一层为 P 型掺杂，存在电子缺失；多数载流子为空穴。这种差异化电荷分布，是通过对纯半导体材料进行刻意掺杂实现的，也就是向半导体材料中掺入硼、硅等其他原子。下图显示的是 LED 芯片的简化结构。发射的光线只能通过反射器或镜头来引导。



附图 11: LED 芯片结构示例

3.4.3 属性

正向电流 I_F [mA]

LED 的正向电流是指从阳极 (+) 流向阴极 (-) 的正向电流。最大正向电流可分为连续发光模式及脉冲模式下的最大电流。脉冲模式下的最大正向电流通常高于连续发光模式下的最大正向电流。

额定电流 I_N [mA]

如果 LED 以等于额定电流的正向电流工作，则 LED 具有其数据表中规定的特性，如额定亮度。在 I_F 大于 I_N 的条件下工作时，由于发热量增加，LED 的使用寿命会缩短。LED 的常见额定电流为 20 mA、350 mA 和 1000 mA。

导通电压 U_D [V]

导通电压表示 LED 导电所需的电压电平。在阳极 (+) 和阴极 (-) 之间施加导通电压时，就会有电流正向流过 LED。LED 的导通电压电平取决于半导体材料。例如，各种 LED 的导通电压典型值为：红光 1.6 V，蓝光 2.6 V（见“颜色 [► 34]”）。

正向电压 U_F [V]

LED 的正向电压是施加在阳极 (+) 和阴极 (-) 之间的正向电压。正向电压是正向电流 $U_F = f(I_F)$ 的函数。这种依赖关系具有很强的非线性特征。 U_F 与 I_F 之间的关系示例见特性曲线 [► 30] 章节。

反向电压 U_R [V]

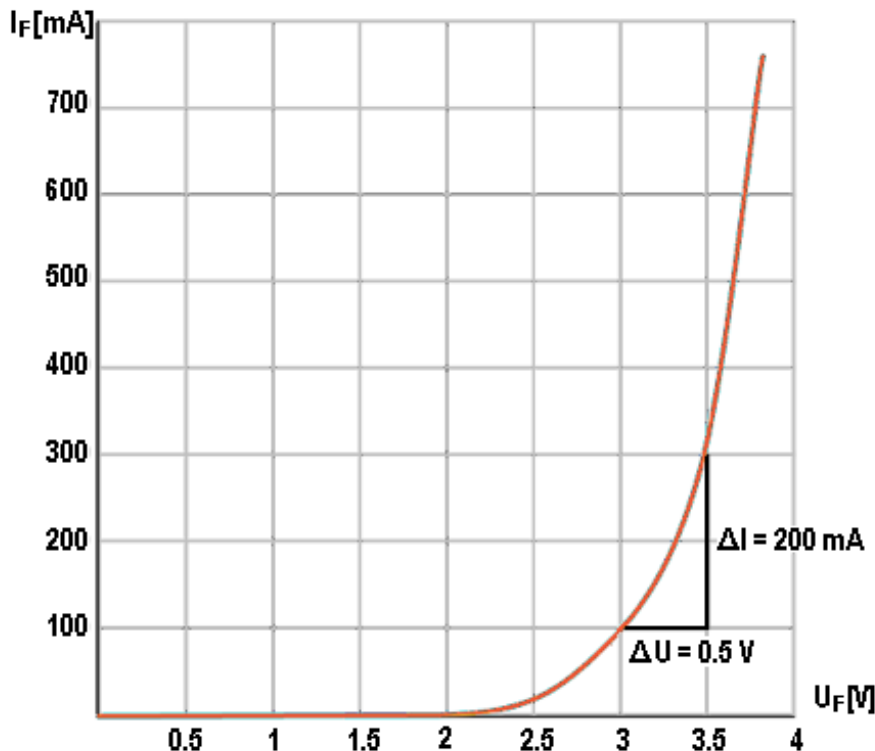
反向电压是反向施加到 LED 上的电压。数据表通常会标明最大反向电压。不得超过此最大反向电压，否则会对 LED 造成不可逆转的损坏。LED 反向电压的典型值为 5 V。

典型波长 λ [nm]

典型波长是指额定电流下的发射光波长。

3.4.4 特性曲线

LED 的特性曲线具有很强的非线性特征。当未施加外部电压时，LED 处于非导通状态。当施加的正向电压 U_F 至少与导通电压 U_0 一样高，并且电子成功跨越带隙时，LED 开始导通。正向电流与施加的正向电压不成正比。电压的微小变化会导致电流的巨大变化。由于光通量和电流强度成正比，微小的电压变化便可导致光发射的巨大变化。这意味着 LED 在正常工作时通常必须配合使用某种形式的限流器，否则即使施加的电压出现轻微波动，也会损坏 LED。



附图 12: LED 特性曲线示例

在特征曲线示例上绘制斜率三角形。根据该斜率三角形可以观察到，电压从 3 V 到 3.5 V 之间 0.5 V 的微小变化会导致电流强度从 100 mA 到 300 mA 之间 200 mA 的巨大变化。在本例中，电压变化不到 17% 会导致电流变化 300%。

该示例表明，微小的电压波动会导致通过 LED 的电流发生较大变化，从而导致光通量发生较大变化。

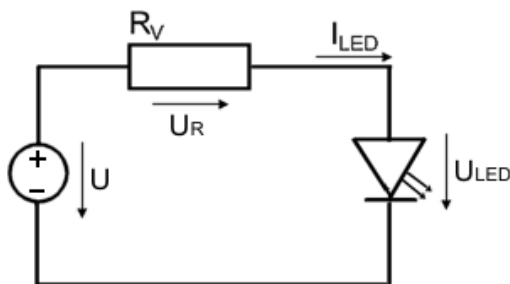
3.4.5 控制

有两种常见的 LED 控制方式：不带串联电阻的电流控制型方式和带串联电阻的电压控制型方式。每种控制方式在某些使用情况下都有其优缺点，下文将对此进行说明。根据使用情况，必须决定使用哪种控制方式。

1. 电压模式

电压模式（例如使用电池或电源模块）是一种用于控制 LED 的简单且性价比很高的方式。只需增设串联电阻 R_V 即可。由于具备欧姆电阻的线性特性， R_V 可大幅降低整个电路对电压波动的敏感度，从而实现稳健的 LED 控制。然而，由于欧姆电阻的存在，控制回路的功率损耗会增加，并以热量的形式散发出来 ($P_V = R_V \times I_{LED}^2$)。

通过 LED 的电流 I_{LED} 由比率 $I_{LED} = U_R / R_V$ 计算得出。



附图 13: 带串联电阻的电压控制型 LED

串联电阻 R_V 的计算公式如下：

$$R_V = U_R / I_{LED}$$

已知通过 LED 的电流。待计算的串联电阻两端的压降 U_R 参数缺失。该电压等于工作电压减去 LED 两端的压降。可以从数据表上 LED 的 U/I 特性曲线中读出 I_{LED} 状态下 LED 两端的压降 U_{LED} 。

$$U_R = U - U_{LED}$$

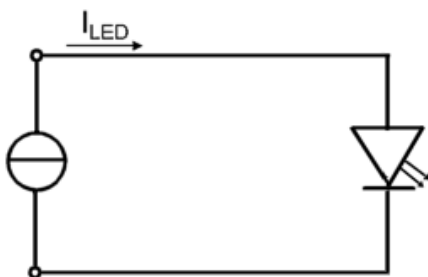
如果要调节带串联电阻的 LED 的亮度，必须降低施加的电压（调暗）或增加施加的电压（调亮）。

然而，这种控制方式的缺点是无法精确控制光通量。如前所述，电压的微小变化会导致电流的巨大变化，从而导致光通量的巨大变化。因此，在控制电压的情况下，电源电压的波动可能会直接影响 LED 的光通量。还应注意的是，电阻和 LED 的电气特性与温度有关。

- **优点：**设计简单，控制简便，可直接通过电压设置 LED 的亮度
- **缺点：**电阻增加，产生废热

2. 电流模式

如果用恒流源（电子电路）替代电压源（如电池），便可直接操作 LED。通过电流控制，可以直接通过指定的电流值调节 LED 的光通量，无需电阻。因此，电源电压的波动不会影响 LED 的光通量。通过电流控制，光通量恒定且可重复。因此，建议在机器视觉等应用中采用电流控制。



附图 14: 电流驱动型 LED

- **优点：**无需额外组件；可通过电流直接调节 LED 的亮度
- **缺点：**可能需要使用较为复杂的电源

● 漏电流导致 LED 微弱发光



即使 LED 处于关闭状态，也可能会有少量电流流过 LED，具体取决于控制电路。由于存在漏电流，LED 在某些情况下会明显发光。

有关使用倍福组件控制 LED 的更多信息，请参见相关“应用说明”。

https://download.beckhoff.com/download/document/Application_Notes/DK9222-0620-0065.pdf

3.4.6 运行模式

LED 有两种运行模式：连续运行和脉冲运行。每种运行模式各有利弊，因此必须根据使用情况来决定使用哪种模式。

1. 连续运行

可将 LED 电路设计为连续运行。随后，LED 持续亮起。在这种运行模式下，通过 LED 的电流不得超过额定电流。

- **优点：**电路结构简单、成本低廉
- **缺点：**只能使用 LED 最大光通量的一小部分。连续运行会产生更多废热，导致 LED 加速老化。

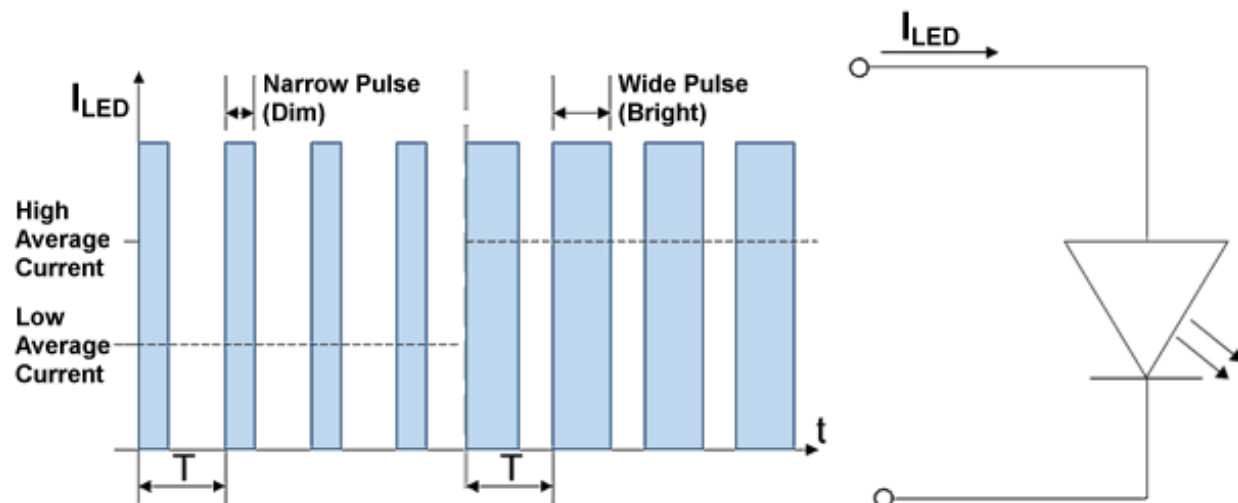
连续运行的方式多种多样：

a. 电流和电压输出

持续导通电压或电流（取决于所选控制方式），可使 LED 保持常亮。这两种控制方式的说明和优缺点见 [控制 \[► 31\] 章节](#)。

b. 脉冲宽度调制 (PWM)

如果带串联电阻的恒定电流或电压以 kHz 级高频通断调制，则称为 PWM 模式。然后，可以通过调整脉冲宽度调制 (PWM) 的占空比来调节真实亮度。以足够高的频率通断电源，并设置固定占空比 (0…100%)，人眼将察觉不到频闪，视觉上呈现持续发光效果。改变占空比即可增减 LED 的平均电流，以此调节亮度。



附图 15: 用 PWM 控制 LED

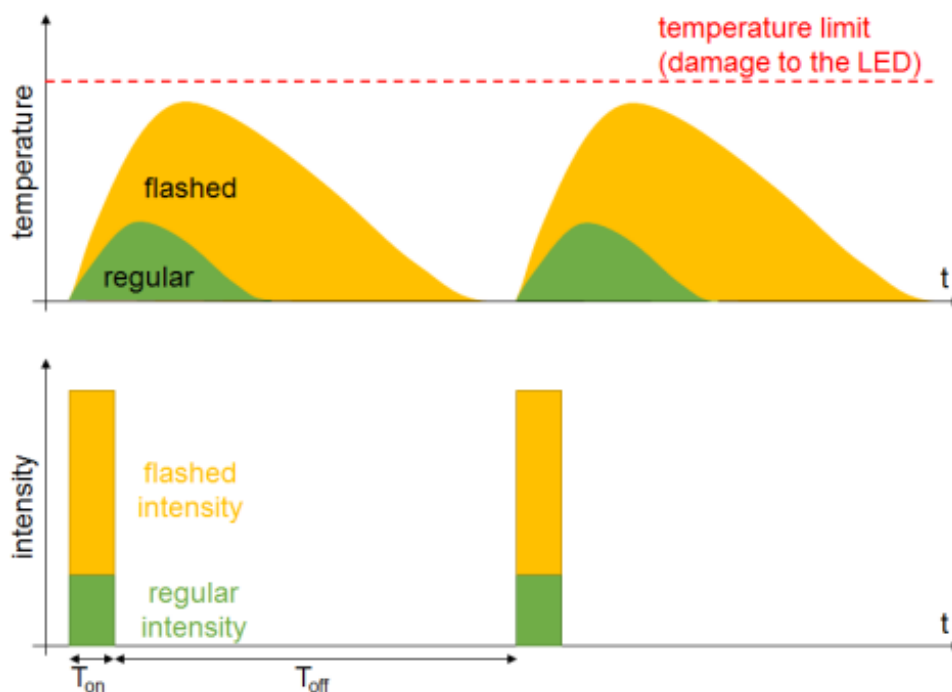
- **优点：**真彩亮度调节
- **缺点：**电源必须能够提供快速增加的电流，可能需要使用较为复杂的电源

2. 脉冲运行

在某些应用中，可能需要采用“过驱动”方案，因为在额定电流下连续运行输出的光功率不足。LED 在数 μs 至 ms 的短暂工作时间内，通过短时脉冲增加电流，使其功率远高于额定电流。从而导致光通量短时升高。LED 可以在后续间歇时段内再次散热冷却。

过驱动会增加 LED 的发热量。在脉冲期间，LED 芯片的温度不得超过温度限值。否则会损坏 LED。一个脉冲之后，在下一个脉冲之前必须留有足够长的间歇时间（关断时间），以便 LED 散热冷却。接通和断开时间的比例由占空比设定。脉冲运行的最大占空比通常设定为 10%。因此，脉冲持续时间不得超过整个周期的 10%。精确数值请参阅制造商的数据表。

$$\text{Duty Cycle} = \frac{T_{\text{on}}}{T_{\text{on}} + T_{\text{off}}} = \frac{T_{\text{on}}}{T} \leq 10\%$$



附图 16: 脉冲运行时温度和亮度与时间的函数关系

- **优点：**可以利用 LED 的最大光通量。如果占空比维持规定值或低于该值，那么产生的废热最多与连续运行时相同。如果低于最大占空比，使得平均功率小于连续运行工况，则 LED 老化程度会减轻，使用寿命相应延长。
- **缺点：**需要使用结构更复杂的电路和控制方案，例如采用闪光控制器的形式

该模式同样可以通过电压或电流输出方式实现。然后，必须对输出值进行调整，使输出闪光灯达到所需的亮度。在确定闪光的参数规格时，务必考虑最大输出功率。

还可通过快速 PWM 输出光脉冲。通过 1 kHz PWM 产生长度为 1 ms 的闪光。

3.4.7 多 LED 的连接方式

1. 串联连接

例如，串联连接 LED 是提高照度的常用方法。在串联电路中，流经所有用电设备的电流相同。因此，如果所有串联连接的 LED 具有相同的颜色，或者更理想的是具有相同特性值的同类型 LED，便更为合理。

在电源电压足够高的情况下，可以串联连接多个 LED。这样，采用单个电阻或电流控制器足以。在计算串联电阻时，必须考虑到 LED 的数量，因为每个 LED 两端都存在压降 U_{LED} ，然后累加起来。

2. 并联连接

应避免并联连接 LED，因为 LED 的 U/I 特性曲线并非线性，而是近似呈指数关系。因此，电压的微小变化会导致电流的巨大变化。

如果将 2 个或多个 LED（具有相同的额定导通电压）相连接，则最大电流会流经导通电压最低的 LED。因此，这种 LED 会比其他并联 LED 更亮，温度也更高。随着温度的升高，导通电压会降低，从而使该效应被进一步放大，电流进一步增加，直至 LED 损坏。

由于采用不同半导体材料制成的 LED（即不同颜色的 LED）具有不同的导通电压，因此不得将不同颜色的 LED 进行并联连接。即使是相同颜色、来自同一生产批次的 LED，其导通电压也存在差异。并联连接 LED 时，每个 LED 应使用单独的串联电阻/电流控制器。

3. 用于像素 LED 的 LED 控制器

所谓像素系统，就是对多个 LED 进行智能控制的方法。“像素”LED 指的是带有集成电路 (IC) 的 LED。在 LED 矩阵或 LED 灯带中，多个 LED 并非传统的串联连接，而是通过总线通信，每个 LED 都能接收单独的信号。这样，每个 LED 都可以单独控制。此类 LED 或 LED 灯带需要使用 LED 控制器，以大于 100 kHz 的频率串行传输通信信号。然后为每个 LED 分配各自的像素控制器。

3.4.8 颜色

可以通过选择半导体材料来设定单色 LED 发出的光的颜色。光的波长范围从近红外到可见光谱再到紫外波段。波长越短，这种半导体的带隙就越大，LED 工作时的导通电压 U_D 就越高。

下表列出了与相关波长、可能使用的半导体材料和相关导通电压有关的颜色示例值。此表仅包含示例值，因此特性值和材料并不完全适用，也不适用于所有 LED。

颜色	波长 λ (单位: [nm])	材料	导通电压 U_D (单位: [V])
红外光	>760	砷化镓 (GaAs) 铝砷化镓 (AlGaAs)	<1.6
红光	610–760	铝砷化镓 (AlGaAs) 砷磷化镓 (GaAsP) 铝镓磷化镓 (AlGaInP) 磷化镓 (GaP)	1.6–1.9
橙光	590–610	砷磷化镓 (GaAsP) 铝镓磷化镓 (AlGaInP) 磷化镓 (GaP)	1.8–2.2
黄光	570–590	砷磷化镓 (GaAsP) 铝镓磷化镓 (AlGaInP) 磷化镓 (GaP)	2.0–2.4
绿光	500–570	镓氮化镓 (InGaN) 氮化镓 (GaN) 磷化镓 (GaP) 铝镓磷化镓 (AlGaInP) 铝磷化镓 (AlGaP)	2.2–2.7
蓝光	450–500	硒化锌 (ZnSe) 镓氮化镓 (InGaN) 碳化硅 (SiC)	2.6–3.3
紫光	400–450	镓氮化镓 (InGaN)	3.2–3.6
紫外光	230–400	氮化铝 (AlN) 铝氮化镓 (AlGaIn) 铝镓氮化镓 (AlGaInN)	3.5–4.2

LED 一般只能产生宽度为几十纳米的小波长范围内的光。白光是可见光波段内所有色彩的混合，亦可表述为全部可见光波长叠加而成。因此，若要通过 LED 产生白光，必须采用加色混合的方式混合各色光。方法有很多种，下面介绍其中 2 种基本方法。

1. 不同颜色 LED 的组合

红、绿、蓝 LED（即 RGB LED）可以在外壳中相互组合，使颜色混合以产生白光。如果对 LED 控制得当，则光看起来便会是白光。在 RGB LED 组合中，还可以通过对单个 LED 的适当控制，产生具有连续颜色过渡的不同颜色的光。

2. 发光

短波 LED（蓝光、紫光、紫外光）与光致发光染料相结合。光致发光指代受光（通常是蓝光或紫外光）激发后发出的光。这种染料能将能量较高的蓝光转换成波长范围通常较大的长波光。所使用的染料对色温有很大影响，因此可以产生不同的白色色调（冷白、暖白）。

随着 LED 使用时间的延长，发射光的颜色会因老化而发生变化。每个 LED 的颜色变化都不一样。在通过光致发光染料发出白光的 LED 中，LED 芯片和染料本身都会老化。

3.4.9 多色 LED 的典型设计

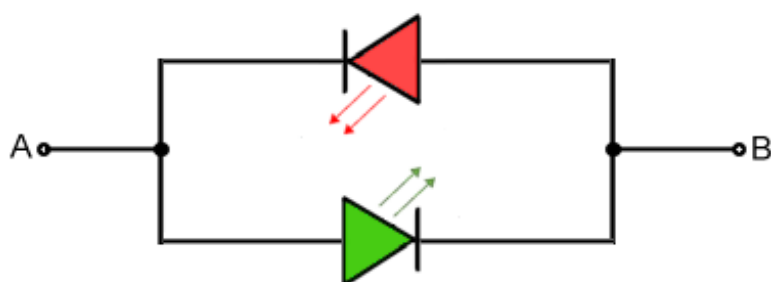
LED 一般分为单色和多色这两种。对于单色 LED，可以通过正向电流调节亮度，但颜色是无法改变的，因为 LED 只由一种半导体材料制成，因此只能发出特定波长的光。LED 的颜色不受控制模式的影响。多色 LED 拥有多种类型，可提供不同的色彩可选方案。n 色 LED 由 n 个独立的半导体 PN 结集成在一个外壳中。多色 LED 中的各个 LED 由相应的半导体材料组成，可发出相应的波长。常见的类型有 RGB（红-绿-蓝）、RGBW（红-绿-蓝-白）和 RGBWW（红-绿-蓝-白-白）。发射的具体颜色由流过各个半导体 PN 结的电流决定。

单色 LED 的半导体材料不同，导致其特性值和颜色也不同。

多色 LED 的特性值和颜色也各不相同。然而，就多色 LED 而言，还需要考虑在多色 LED 光源中各个单色 LED 的互连方式。下文对一些可能的互连方式进行了说明和解释：

1. 反并联

“反并联”互连方式仅适用于 2 个（不同颜色的）LED。通过这种互连方式，2 个 LED 可以产生不同的混色效果。



附图 17: 反并联 LED

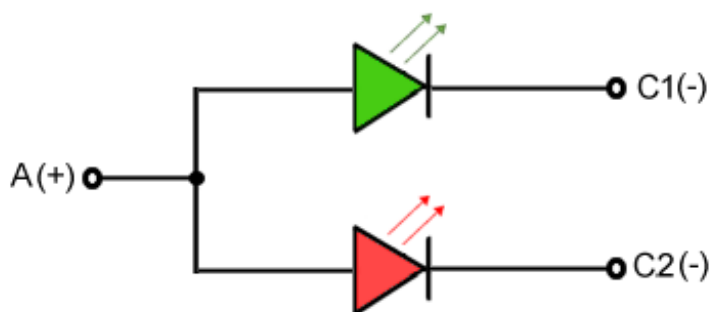
当电流从 A 流向 B 时，由于绿色 LED 正向工作，因此输出绿光。若从 B 流向 A，则红色 LED 会亮起。由于不同颜色的 LED 具有不同的导通电压，因此每个 LED 都需要各自的串联电阻或电流控制器。借助双向电流，2 个 LED 便可交替亮起。如果电流方向变化的时间远短于相机的曝光时间，那么 LED 的各个色彩便会混合成混合色。对于人眼而言，在色彩快速变化的情况下，也会出现混色。

这种双 LED 的排列方式可用于指示极性，如电池或电源是否连接正确。

2. 共阳极

“共阳极”互连方式可用于组合任意数量的 LED。许多 RGB/RGBW LED 均采用这种方式。除了开关单个 LED 外，可能只有小电流流过其中一些 LED。这样便可实现任意混色。

所有 LED 的阳极 (+) 都有一个共同的正电位。为了使 LED 正向工作，必须在所需色彩的阴极连接处施加比阳极连接处更低的电位。如果阴极 (-) 的电位较高，则 LED 会反向工作。注意：LED 的反向电压通常很低，只有几伏！

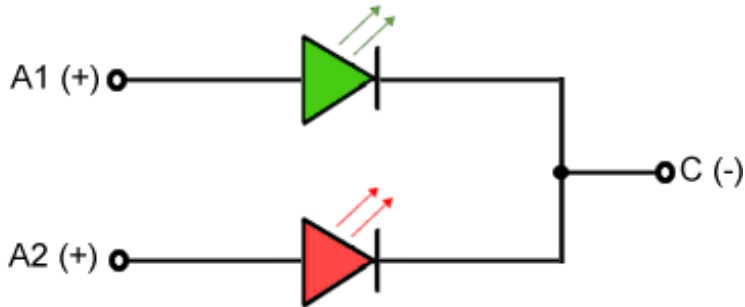


附图 18: 共阳极 LED

3. 共阴极

共阴极 (-) LED 的工作原理与共阳极类似（请参见“共阳极”）。与共阳极相比，这种接线方式使用频率较低。同理，可将任意数量、不同颜色的 LED 组合搭配使用。以不同方式开关 LED，可以生成任意颜色。

借助“共阴极”互连方式，所有 LED 共用同一负电位。要打开 LED，必须在其阳极 (+) 上施加比阴极 (-) 更高的电位。



附图 19: 共阴极 LED

3.4.10 温度与老化

与所有半导体一样，LED 的电气特性受温度影响。典型的变化主要体现在光度、发射光的波长和导通电压上。

1. **光通量**

LED 芯片温度升高会导致光通量降低。

2. **波长 λ**

LED 芯片的温度升高会导致波长增加（变化幅度取决于半导体材料）

3. **导通电压 U_D**

LED 芯片的温度升高会导致导通电压降低 (2 mV/°C)。相反，在低温条件下，导通电压会增加。导通电压降低会导致电流增加。随着电流的增大，LED 芯片的温度不断升高。从而导致导通电压进一步下降。

LED 电路必须做好充分的规格选型与散热设计，以防止电流中与温度有关的变化造成器件损坏或缩短使用寿命。

随着温度的下降，电流会因导通电压的增加而减小。可能导致无法达到所需光度。

LED 的老化过程近似呈指数规律。老化速度取决于相应的半导体材料和工作条件（温度、电流）。如果在使用限值（最大正向电压、最大正向电流、最高工作温度）下运行 LED，则会缩短 LED 的使用寿命。LED 的老化表现为光度降低和色温变化。

3.5 启动

调试准备：

- 按照安装 [▶ 54] 章节所述，安装 EL2596-xxxx
- 按照 TwinCAT Quick Start [▶ 105] 章节所述，在 TwinCAT 中配置 EL2596-xxxx。
- 使用 LED 输出时，请遵守注意事项 [▶ 132]，并按照 快速入门 [▶ 132] 章节所述进行配置。
- 有关调试各种运行模式的分步指南，见 设置运行模式 [▶ 138] 章节。

3.6 同类产品

下表旨在提供可以控制 LED 的倍福 EtherCAT 设备的快速概览。数值可能为相关文件的简要摘录，属于关键信息且建议进行详细分析。

状态 2023/05，通过倍福主页上的[产品搜索器](#)可以找到最新最全的产品概览。

4 通道 LED 输出

EJ2564	EtherCAT 插拔式模块	5... 48 V _{DC} ，	4 A，	RGBW，共阳极
EL2564	EtherCAT 端子模块	5... 48 V _{DC} ，	4 A，	RGBW，共阳极
EL2564-0010	EtherCAT 端子模块	8... 48 V _{DC} ，	3 A，	RGBW，共阴极
EL2574	EtherCAT 端子模块			LED 像素灯

1 通道 LED 输出

EL2595	EtherCAT 端子模块	48 V _{DC} ，	0.7 A
EL2596	EtherCAT 端子模块	24 V _{DC} ，	3 A
EL2596-0010	EtherCAT 端子模块	48 V _{DC} ，	3 A

4 基本通讯

4.1 EtherCAT 基础知识

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

4.2 EtherCAT 布线 - 线缆连接

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

电缆和连接器

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

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

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

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



推荐的电缆

建议使用适当的倍福组件，例如

- 电缆组件 ZK1090-9191-xxxx
- 相应的 RJ45 连接器、现场组件 ZS1090-0005
- EtherCAT 电缆、现场组件 ZB9010、ZB9020

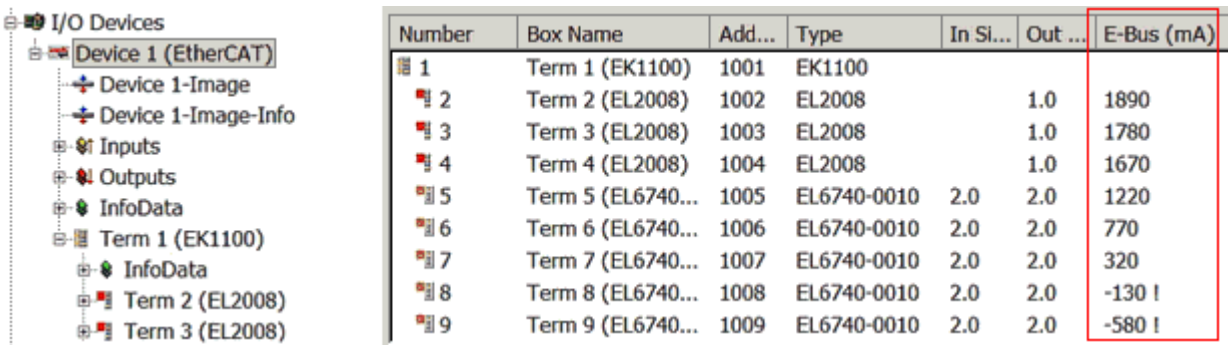
用于连接 EtherCAT 设备的合适电缆可参见[倍福公司网站](#)！

E-bus 供电

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

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

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



附图 20: System Manager中的电流计算

注意

可能发生故障！

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

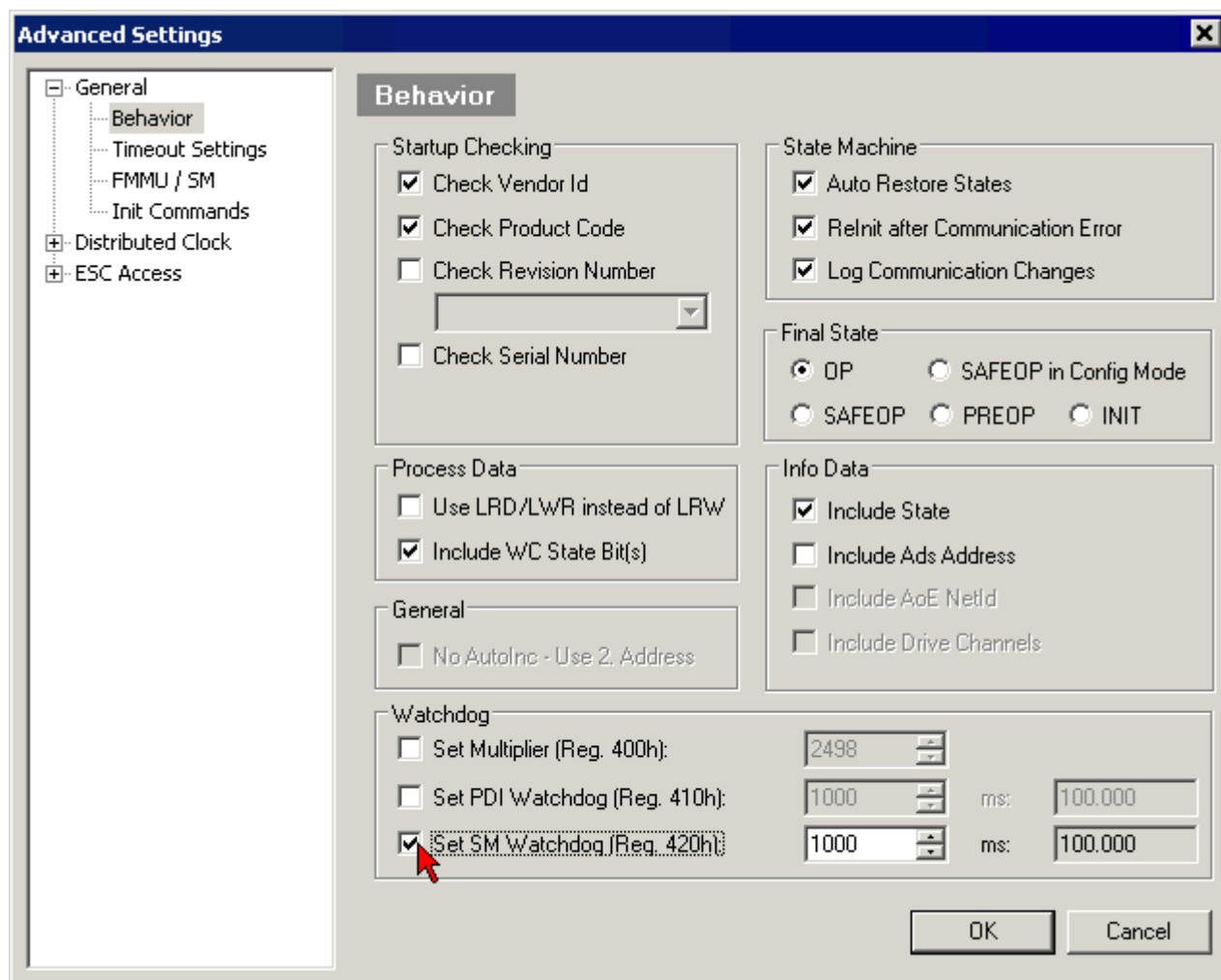
4.3 设置看门狗的一般注意事项

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

EtherCAT 从站控制器（ESC）有两个看门狗：

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

在 TwinCAT 中可以分别设置这两个看门狗的时间，如下所示：



附图 21: EtherCAT 选项卡 -> Advanced Settings -> Behavior-> Watchdog

注意：

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

SM 看门狗 (Sync Manager 看门狗)

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

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

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

PDI 看门狗（过程数据看门狗）

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

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

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

计算方式

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

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

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

⚠ 谨慎
可能出现未定义的状态！ 通过 SM 看门狗 = 0 来关闭 SM 看门狗的功能只在 -0016 及以上版本的端子模块中实现。在以前的版本中，不能使用这种操作方式。
⚠ 谨慎
可能出现设备损坏和未定义的状态！ 如果 SM 看门狗被激活，并且输入了 0 值，看门狗就完全关闭。这样就会停用看门狗！如果通信中断，就不会将模块的输出设定在安全状态。

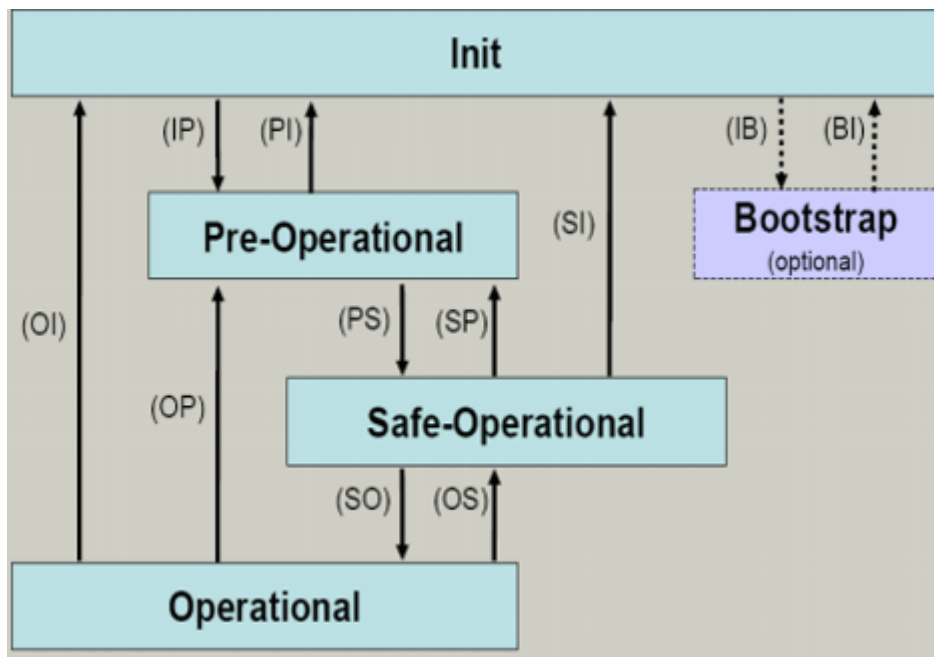
4.4 EtherCAT 状态机

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

以下状态之间有所区别：

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

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



附图 22: 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。

4.5 CoE 接口

一般说明

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

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

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

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

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

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

对于 EtherCAT 现场总线用户来说，相关的索引范围是：

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

其他重要的范围是：

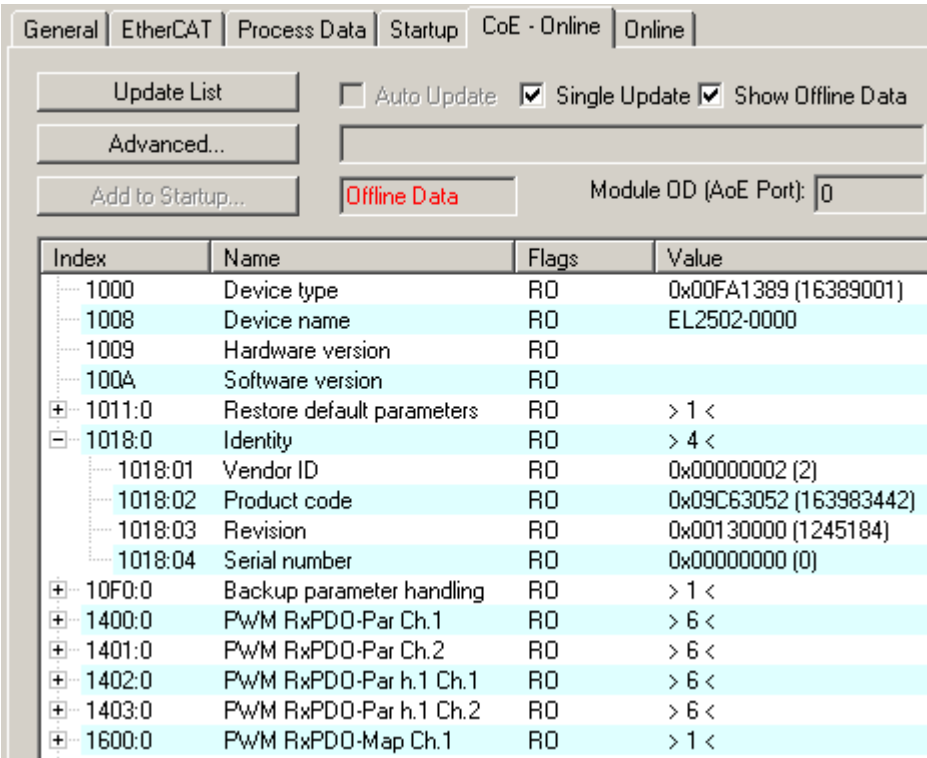
- 0x4000：有些 EtherCAT 设备在此存储通道参数。过去，这是在引入 0x8000 区域之前的第一个参数区。以前用 0x4000 配置参数的 EtherCAT 设备改用 0x8000 后，出于兼容性的考虑，这两个 CoE 索引范围都支持，并在内部进行映射。
- 0x6000：input PDO（“input”，是指从 EtherCAT 主站的角度看是输入）
- 0x7000：output PDO（“output”，是指从 EtherCAT 主站的角度看是输出）



适用性

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

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



附图 23: “CoE Online” 选项卡

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

注意

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

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

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

数据管理和 “NoCoeStorage” 功能

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

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

i 数据管理

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

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

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

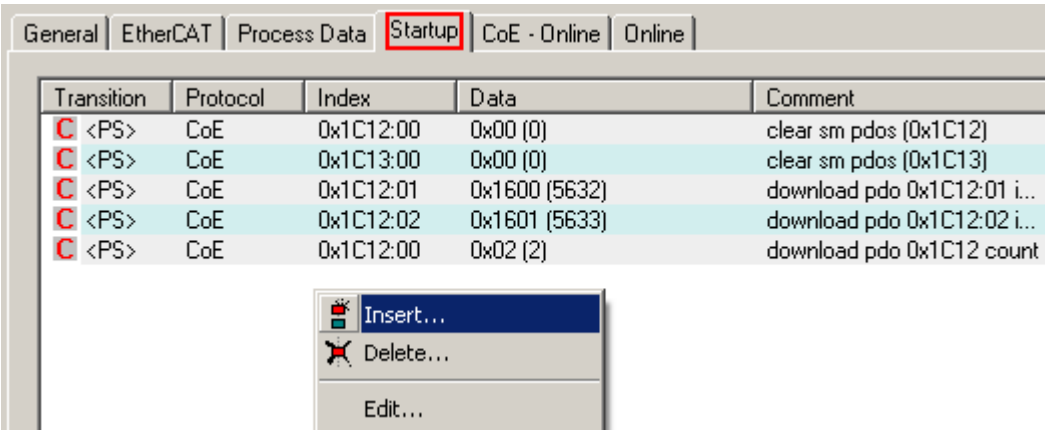
i Startup List

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

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

手动修改 CoE 参数的推荐方法

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



附图 24: 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。

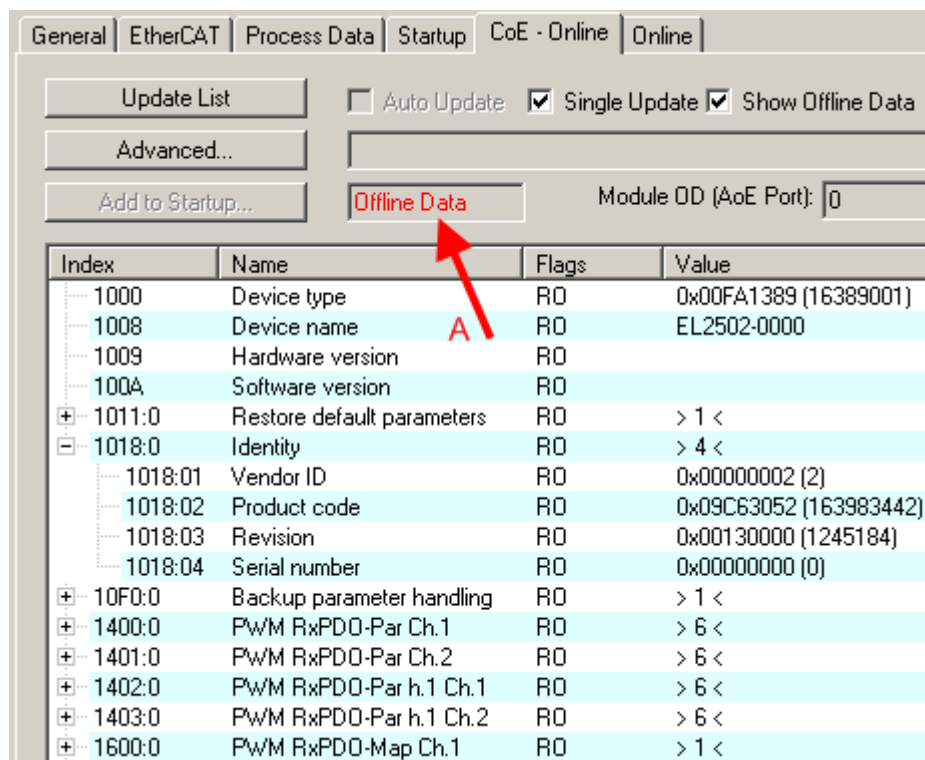
online/offline列表

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。

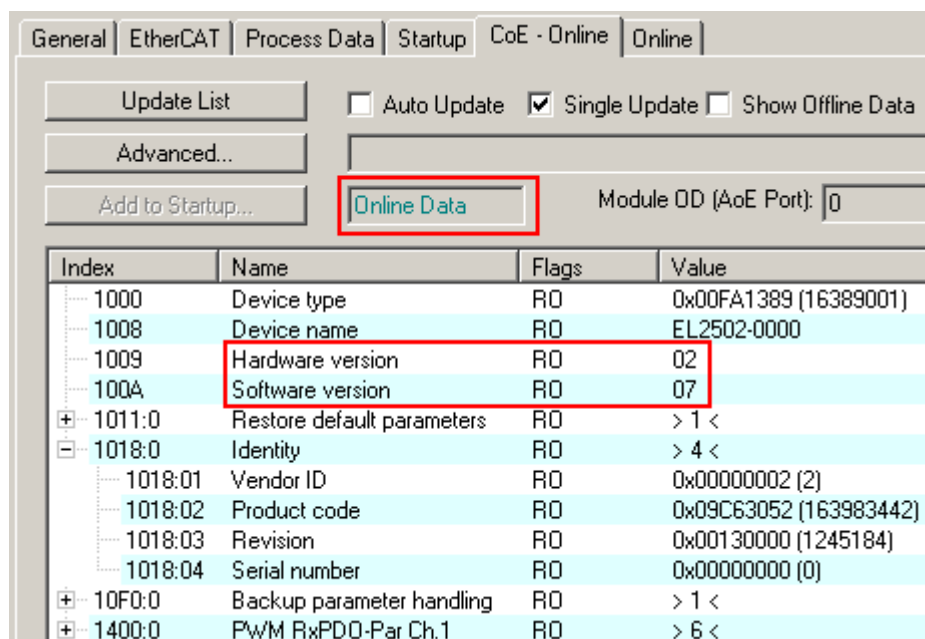
- 如果从站处于离线状态
 - 显示 ESI 文件中的离线列表。此时修改 CoE 参数是没有意义的，也无法进行。

- 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 25: 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 26: 在线列表

基于通道的顺序

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

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

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

这种情况一般写成 0x80n0。

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

备份对象和校验和 0x10F0:01

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

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

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

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

附图 27: CoE index 10F0

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

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

4.6 分布时钟 (Distributed Clock)

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

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

详细信息请参见 [EtherCAT 系统描述](#)。

5 安装和接线

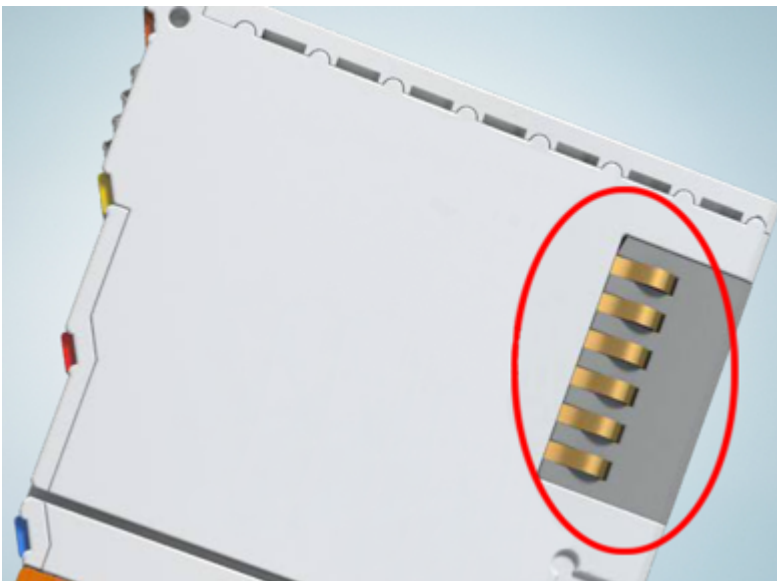
5.1 关于 ESD 保护的说明

注意

静电充电可能会损坏设备！

这些设备含有静电敏感组件，不当操作可能会导致其损坏。

- 在操作组件时，应注意避免静电放电；同时，应防止直接接触弹簧式触点（请参见图示）。
- 在同时操作组件时，应避免接触高度绝缘的材料（合成纤维、塑料薄膜等）。
- 在操作组件时，应确保环境（工作场所、包装及操作人员）已正确接地。
- 每个总线站点必须在其右侧使用 EL9011 或 EL9012 终端盖板进行终端处理，以确保达到防护等级和 ESD 保护。



附图 28: 倍福 I/O 组件的弹簧触点

5.2 安装导轨安装

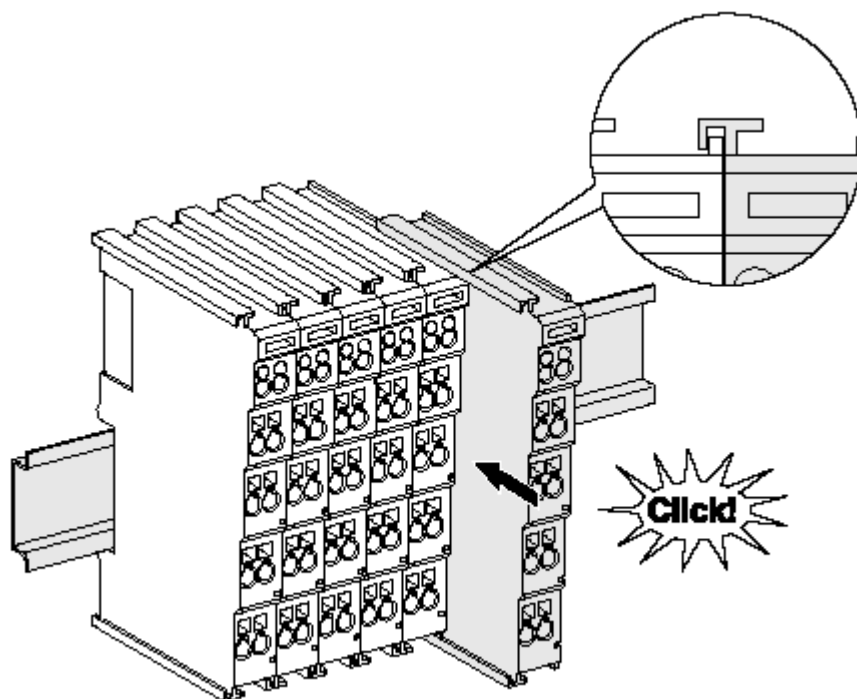
⚠ 警告

有触电受伤和损坏设备的危险！

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

总线端子模块系统设计用于安装在控制柜或接线盒中。

安装



附图 29: 安装在安装导轨上

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

1. 首先将现场总线耦合器安装在安装导轨上。
2. 总线端子模块安装在现场总线耦合器的右侧。为此，通过插槽和键连接组件，并将端子模块推向安装导轨，直至锁扣在安装导轨上发出啮合声响。

如果您先将端子模块卡在安装导轨上，然后再将它们推到一起而未使插槽和键相互啮合，则无法建立功能性连接！正确组装后，各外壳单元之间不应看到明显的间隙。

● 固定安装导轨

端子模块和耦合器的锁紧机构伸入安装导轨的型材中。安装组件时，应确保锁紧机构不会与安装导轨的固定螺栓发生干涉。在端子模块和耦合器下面固定高度为 7.5 mm 的安装导轨时，应使用平头紧固件，如沉头螺钉或盲孔铆钉。

注意

将安装导轨接地！

确保安装导轨正确接地。

总线端子模块内的连接

总线耦合器和总线端子模块之间的电气连接通过连接部件自动完成：

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

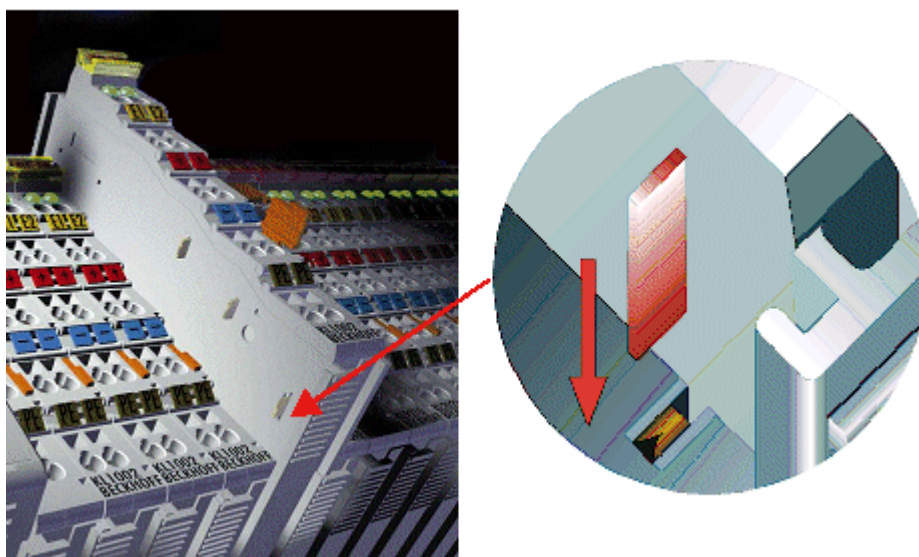
● 电源触点

在配置总线端子模块时，请注意各个总线端子模块的触点分配，因为某些类型的模块

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

电源触点 ⚡

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



附图 30: 左侧电源触点

⚠ 警告

存在触电导致人身伤害的危险！

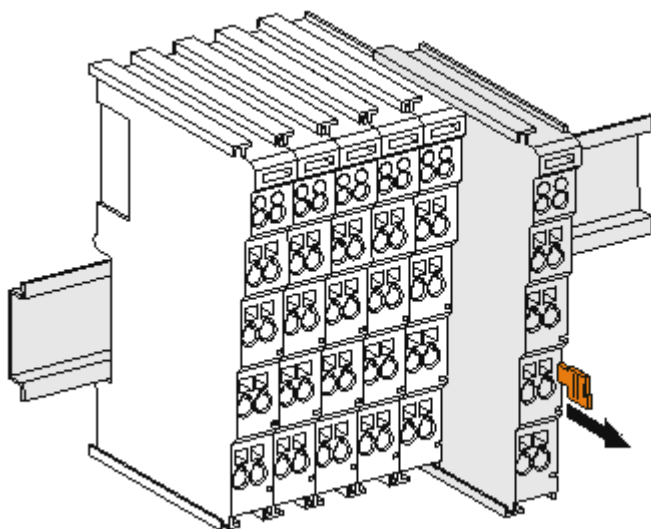
标有 ⚡ 的电源触点不得用于其他电位！

注意

设备损坏风险

请注意，出于电磁兼容性方面的考虑，接地触点通过电容耦合方式连接至安装导轨。这可能会导致在绝缘测试中出现错误的结果，或者导致端子模块损坏（例如，在对额定电压为 230 V 的用电设备进行绝缘测试时，对接地线进行破坏性放电）。在进行绝缘测试时，请在总线耦合器或电源端子模块处断开接地电源线！为了使关联的供电点解耦以进行测试，可以松开这些电源端子模块，并从端子模块组中拉出至少 10 mm。

拆卸



附图 31: 从安装导轨上拆卸

每个端子模块都由安装轨道上的锁扣固定，拆卸时必须松开锁扣：

1. 拉动端子模块上的橙色带扣，将其从安装导轨上向下拉出约 1 cm。该端子模块的导轨锁紧机构会自动松开，此时，您只需稍加用力即可将端子模块从总线端子模块组中拉出。
2. 为此，用拇指和食指同时握住已解锁端子模块外壳表面的上下两端，将其从总线端子模块组中拉出。

5.3 规定安装位方向

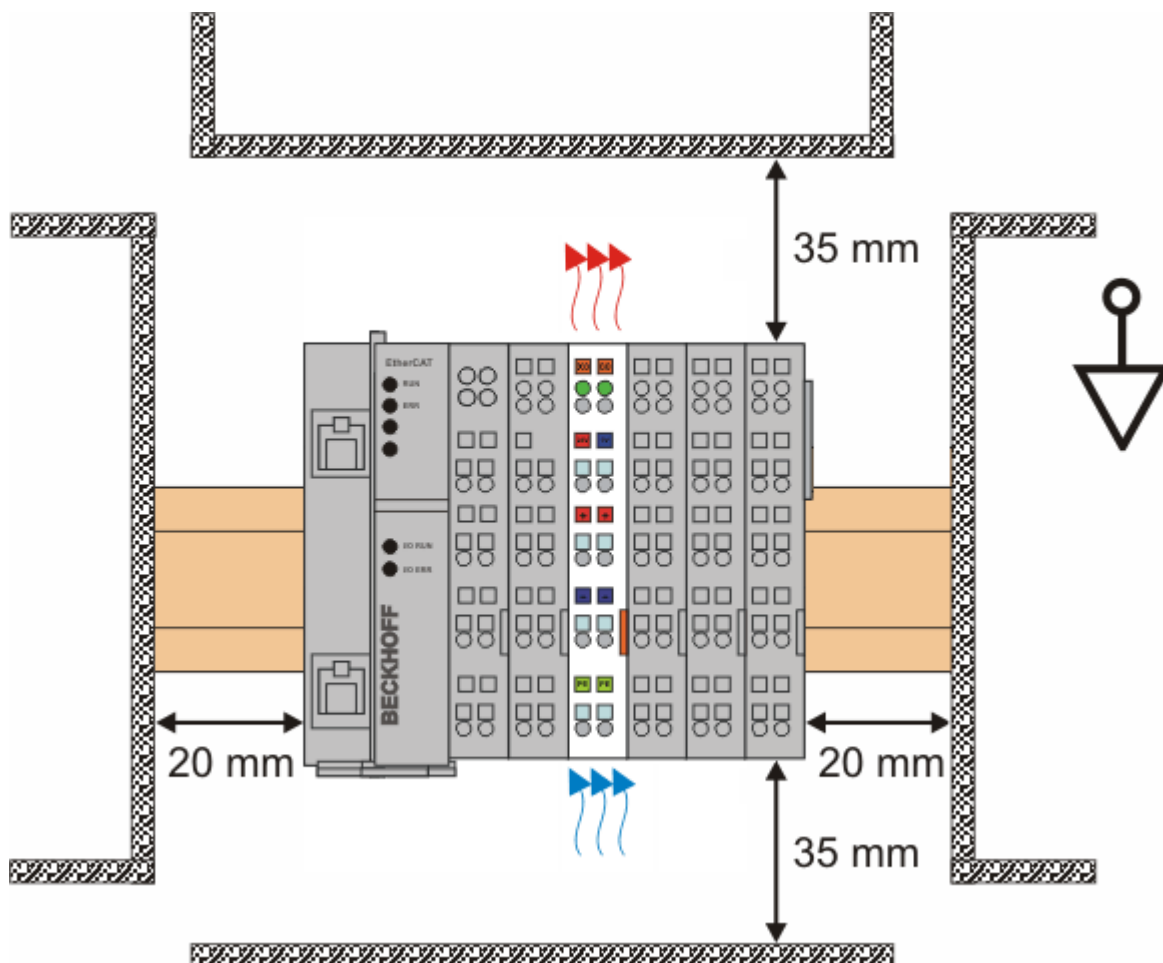
注意

关于安装位置和工作温度范围的限制

在安装端子模块时，确保在端子模块上方和下方与其他部件之间保持足够的间距，以保证充分的通风！

规定安装位方向

规定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”）。端子模块从下面通风，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 32: 标准安装位置的推荐最小距离

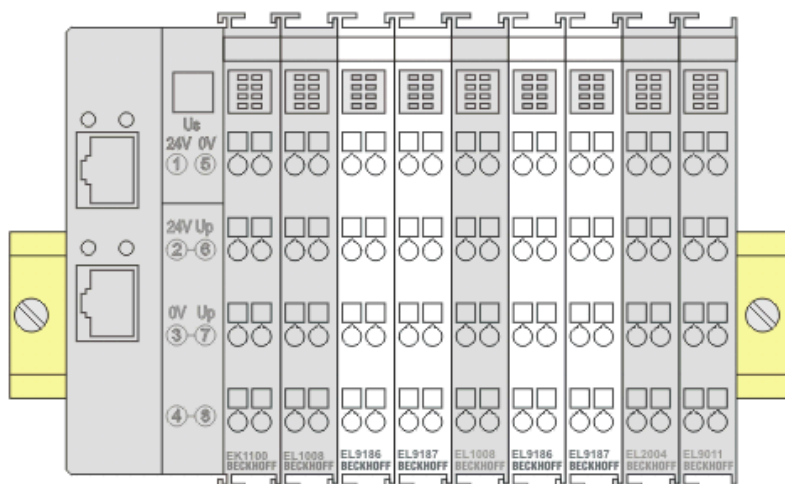
强烈建议遵守图标准安装位置的推荐距离中所示的距离。

5.4 无源端子模块的安装位置

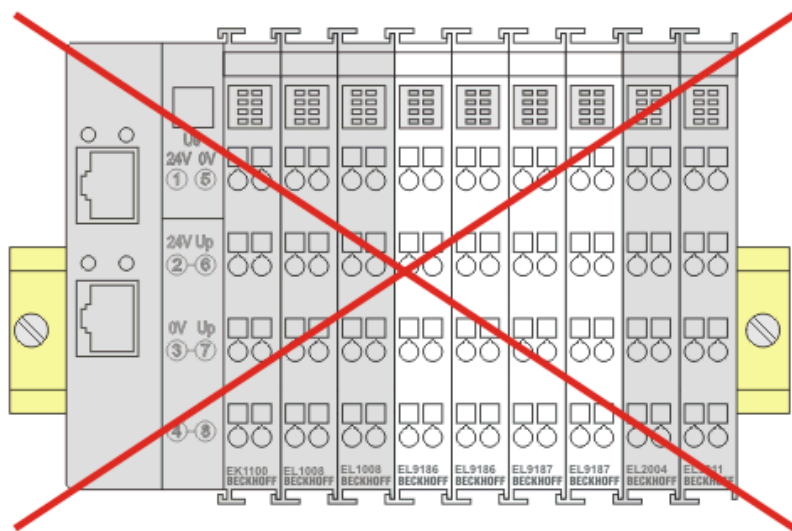
● 关于无源端子模块在总线端子模块组中放置的说明

i 不参与总线端子模块组内主动数据交换的 EtherCAT 端子模块被称为无源端子模块。这些端子模块可通过其从不从 E-bus 消耗电能来识别。为确保最佳数据交换，直接相连的无源端子模块不得超过两个！

无源端子模块的放置示例（以浅色高亮显示）



附图 33: 合适的安装位置



附图 34: 错误的安装位置

5.5 接线

5.5.1 接线系统

⚠ 警告

有触电受伤和损坏设备的危险！

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

概述

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

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

标准接线 (ELxxxx / KLxxxx)



附图 35: 标准接线

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

可插拔接线 (ESxxxx / KSxxxx)



附图 36: 可插拔接线

ESxxxx 和 KSxxxx 系列端子模块的特征是具有一个可插拔的接线座。

组装和接线过程与 ELxxxx 和 KLxxxx 系列相同。

可插拔的接线座使得维护时可以把全部接线作为一个插拔连接器从外壳顶部拆卸下来。

通过拉动解锁片，可以将模块下半部从 I/O 站中拆出来。

装入新的组件并插入带接线的连接器。这样一来，可大大减少安装时间，避免接线错误。

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

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

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

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

高密度端子模块 (HD 端子模块)



附图 37: 高密度端子模块

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



高密度端子模块的接线

ELx8xx 和 KLx8xx 系列高密度端子模块不支持可插拔式接线。

超声“粘合” (超声焊接) 导线



超声“粘合”导线

标准模块和高密度端子模块也可以使用超声“粘合”（超声焊接）导体来接线。此时请注意以下有关导线尺寸宽度 [► 62] 的表格！

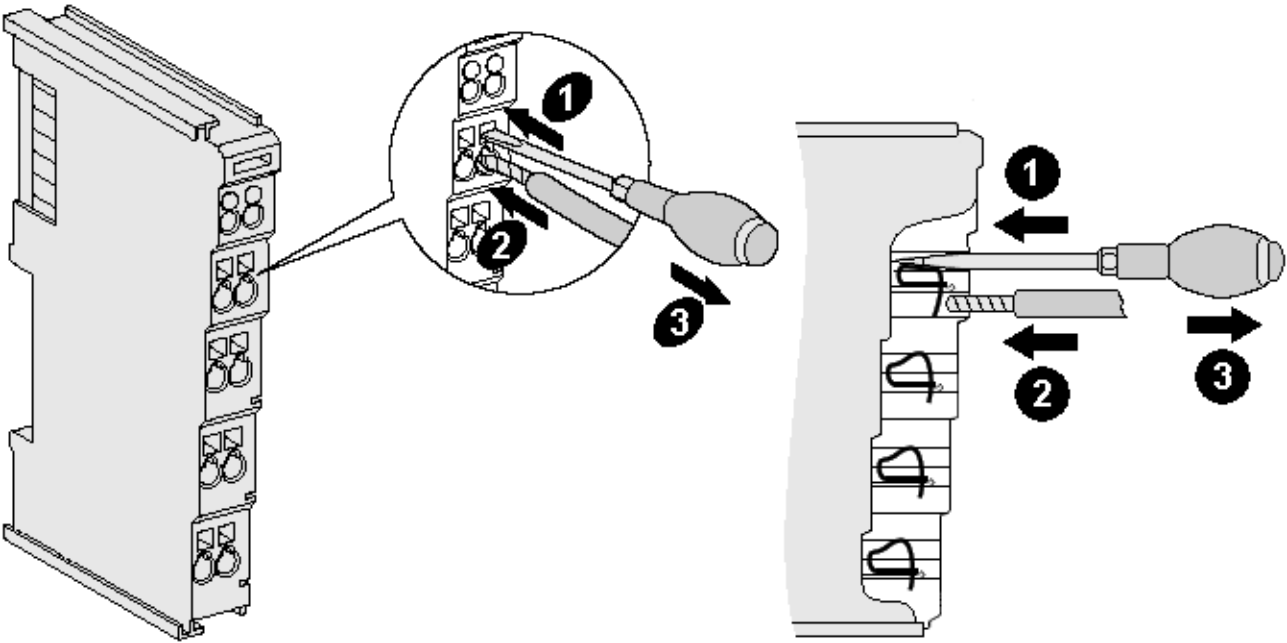
5.5.2 接线

⚠ 警告

有触电受伤和损坏设备的危险！

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

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



附图 38: 在一个接线点上连接线缆

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

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

端子模块适合的导线规格见下表。

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

高密度端子模块 (HD Terminals [► 60]) 有 16/32 个接线点

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

端子模块外壳	高密度外壳
导线规格 (单芯线)	0.08 ... 1.5 mm ²
导线规格 (细导线)	0.25 ... 1.5 mm ²
导线规格 (带管型端子的导线)	0.14 ... 0.75 mm ²
导线规格 (超声“粘合”导线)	仅 1.5 mm ² (见注意事项 [► 60])
剥线长度	8 ... 9 mm

5.5.3 屏蔽



屏蔽

编码器、模拟量传感器和执行器的接线应当始终使用屏蔽双绞线。

5.6 关于电源的说明

警告

从 SELV/PELV 电源单元供电！

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

注意事项：

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

5.7 处理



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

6 调试

6.1 TwinCAT 基础知识

6.1.1 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>。

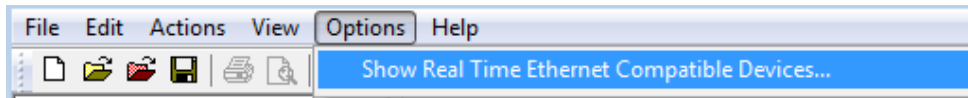
6.1.1.1 TwinCAT real-time 实时驱动程序的安装

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：

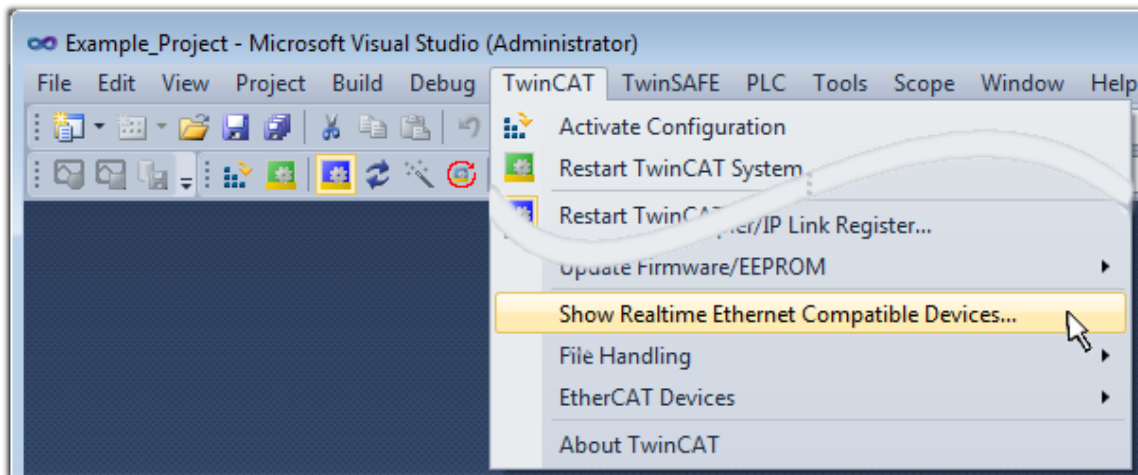
A : 通过 TwinCAT 适配器对话框

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。

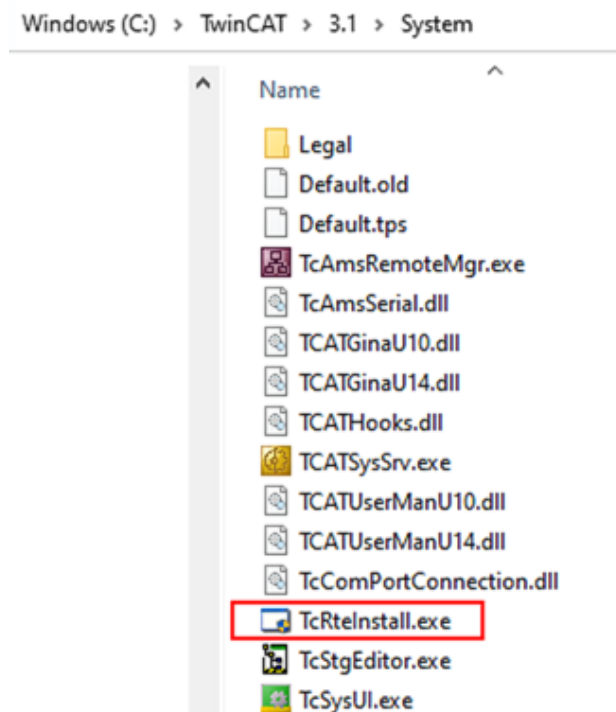


附图 39: System Manager “选项” (TwinCAT 2)

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

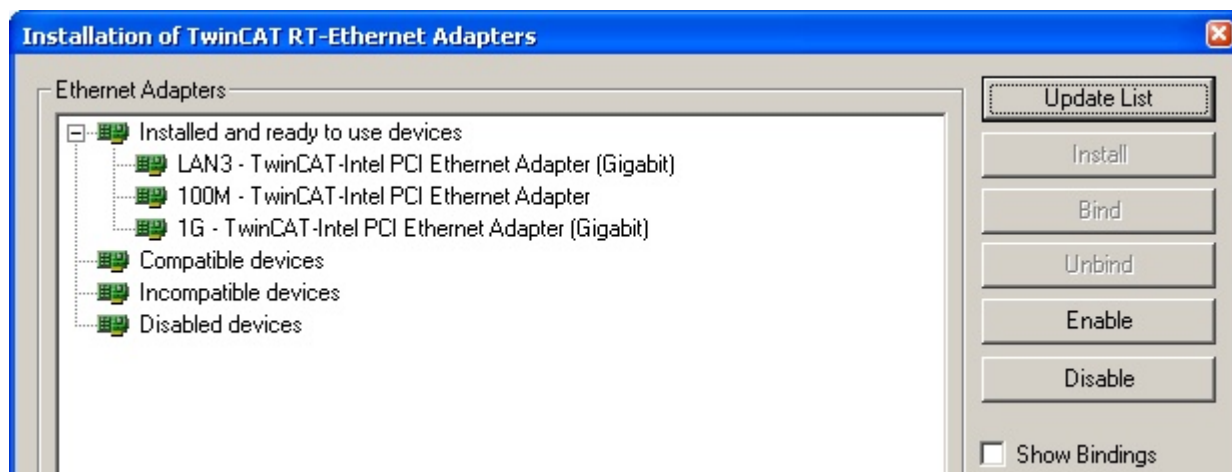


附图 40: 在 VS Shell 下调用 (TwinCAT 3)

B : 通过 TwinCAT 目录下的 TcRtelInstall.exe

附图 41: TwinCAT 目录下的 TcRtelInstall

两种情况下均出现以下对话框：



附图 42: 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。

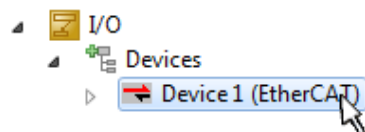
关于未签名驱动程序的 Windows 警告可以忽略。

或者，首先可以插入一个 EtherCAT 设备，如离线配置创建 [▶ 76] 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：

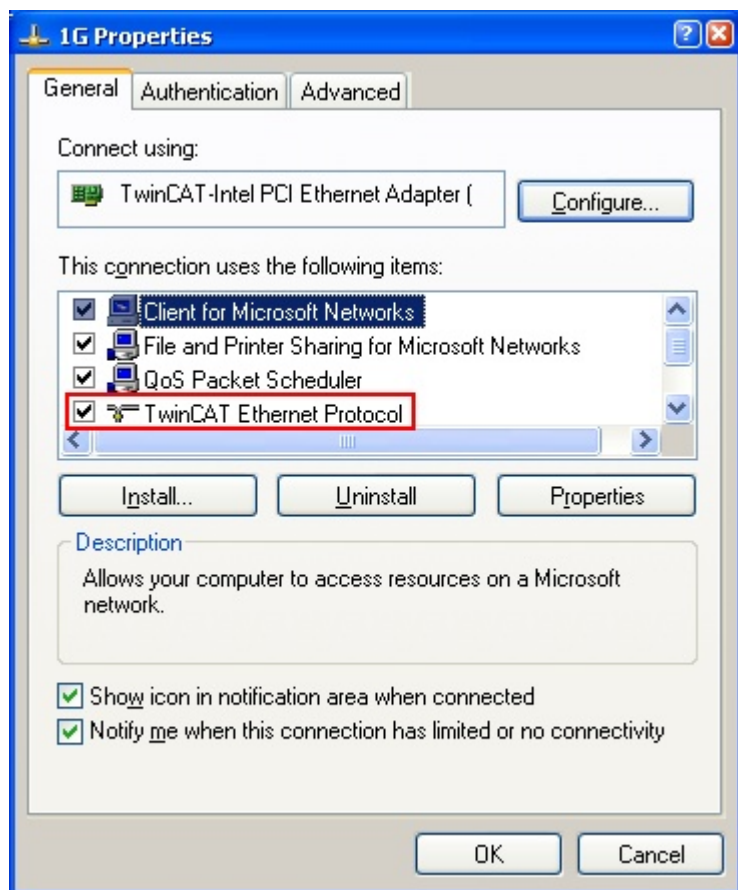


附图 43: EtherCAT 设备属性（TwinCAT 2）：点击“Adapter”选项卡的“Compatible Devices...”

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：

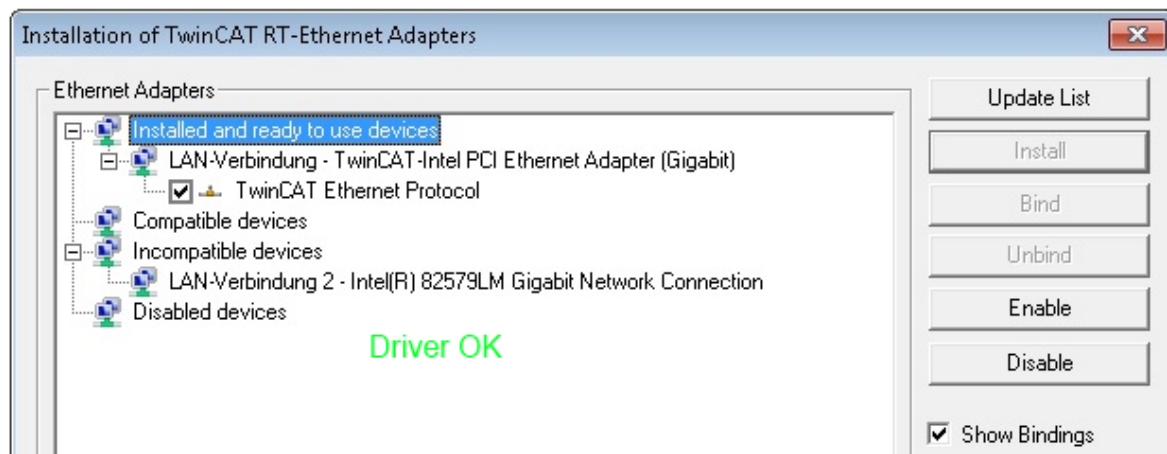


安装后，Windows 的网络接口概览中显示驱动程序已激活（Windows 开始→系统属性→网络）



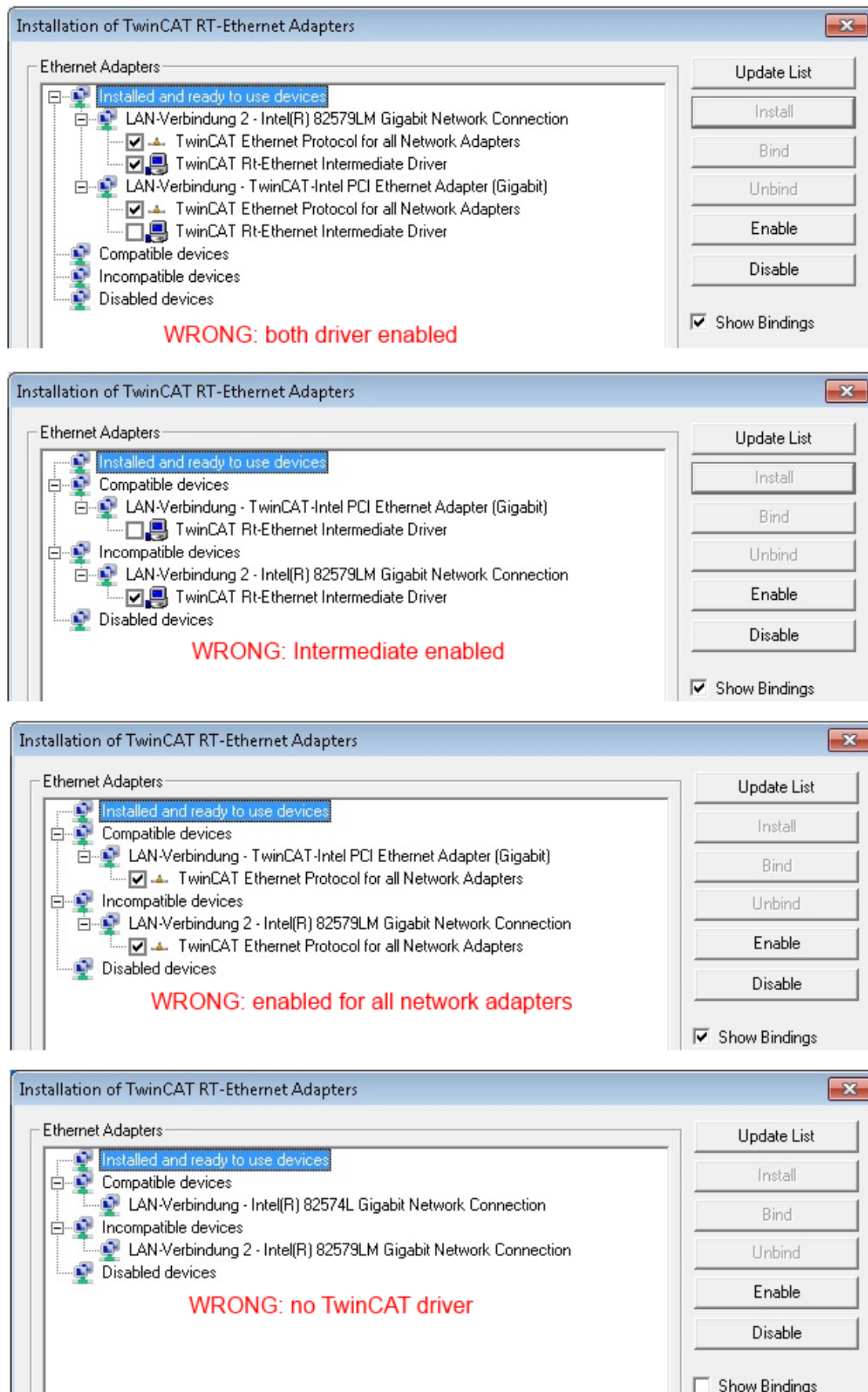
附图 44: Windows 的网络接口属性

驱动程序的正确设置如下：



附图 45: 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：

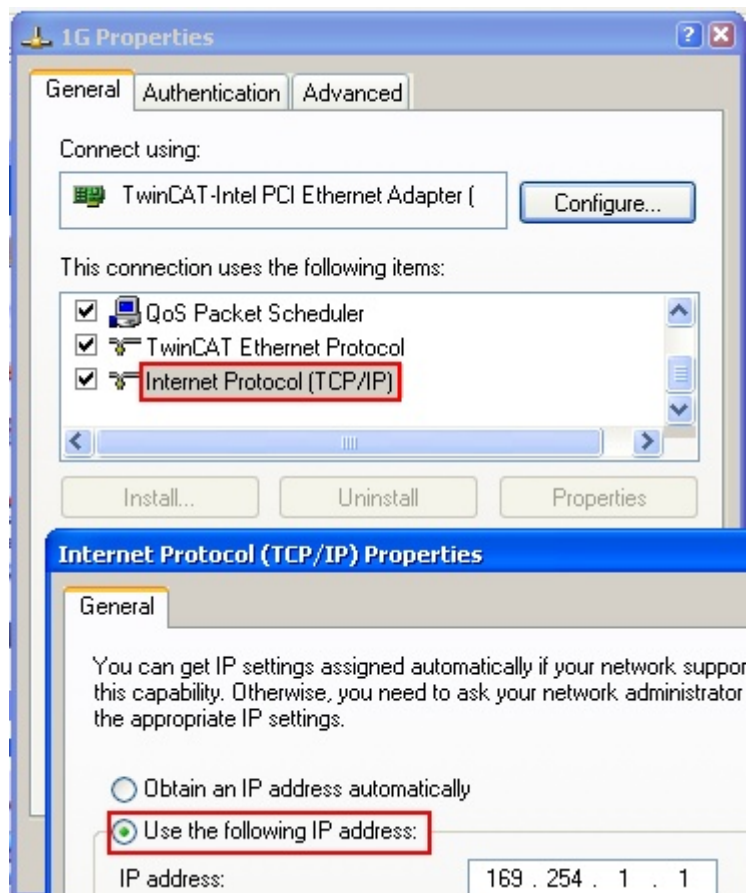


附图 46: 以太网端口驱动程序的错误设置

所用端口的 IP 地址

i IP 地址/DHCP

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



附图 47: 以太网端口的 TCP/IP 设置

6.1.1.2 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 [► 74] 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”

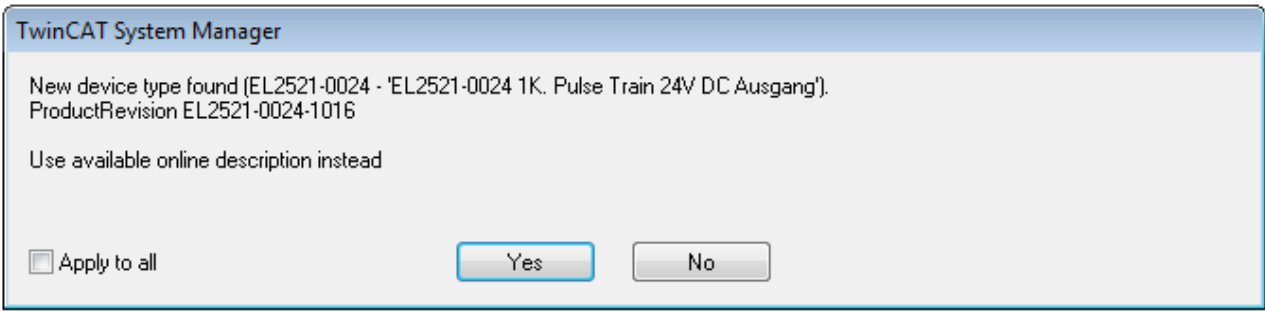
Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 48: 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。

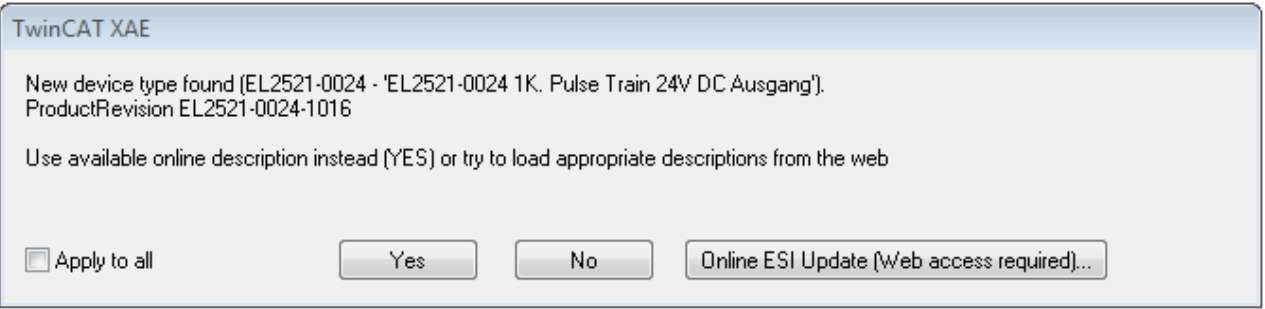
在线描述

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 49: 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 50: 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 \[► 76\]](#)”一章。

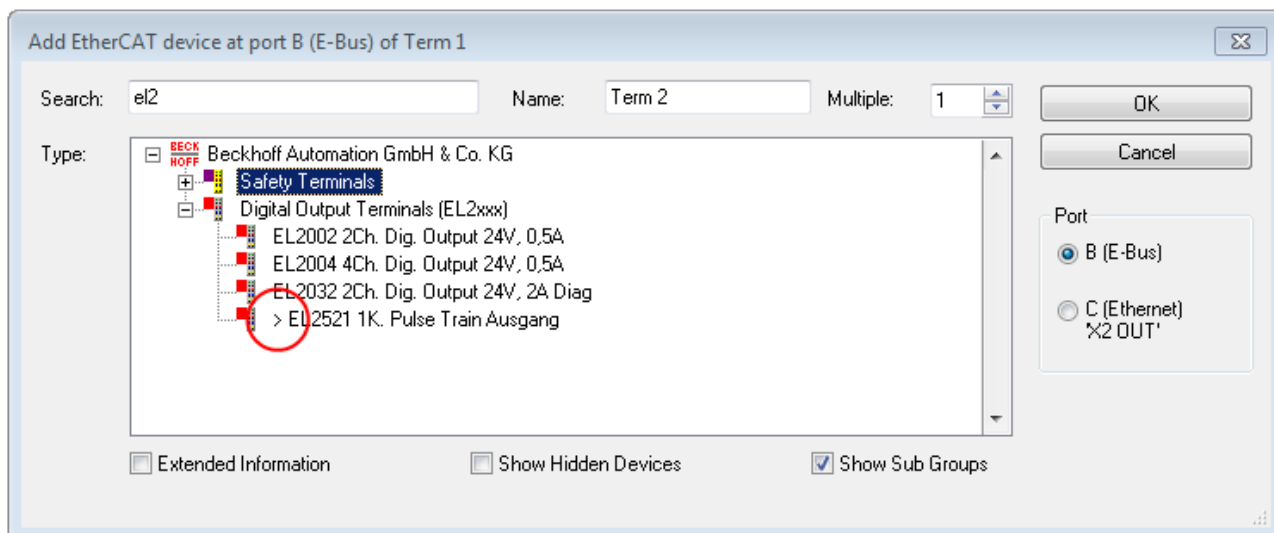
如果使用在线描述，System Manager 会从 EtherCAT 从站的 EEPROM 中读取一份设备描述。在复杂的从站中，EEPROM 的大小可能不足以容纳完整的 ESI，此时配置中的 ESI 就会不完整。因此，建议这种情况下优先使用离线 ESI 文件。

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

OnlineDescriptionCache000000002.xml

附图 51: 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 52: 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：

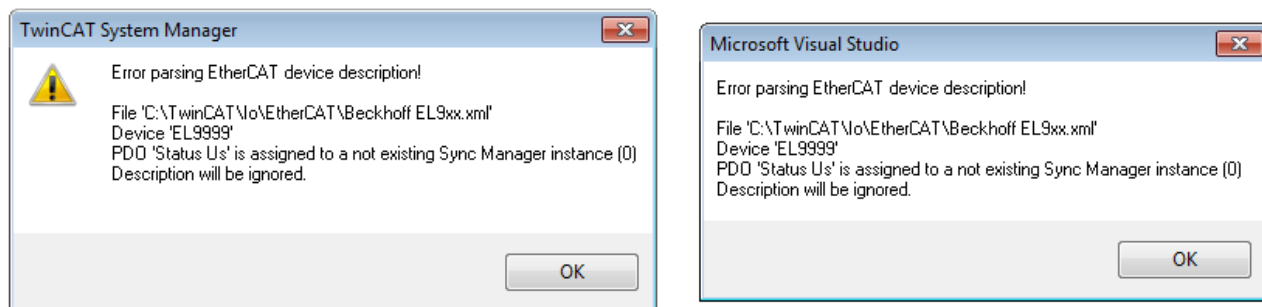
`C:\User\[USERNAME]\AppData\Roaming\Beckhoff\TwinCAT3\Components\Base\EtherCATCache.xml`

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

可能的原因包括：

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

6.1.1.3 TwinCAT ESI Updater

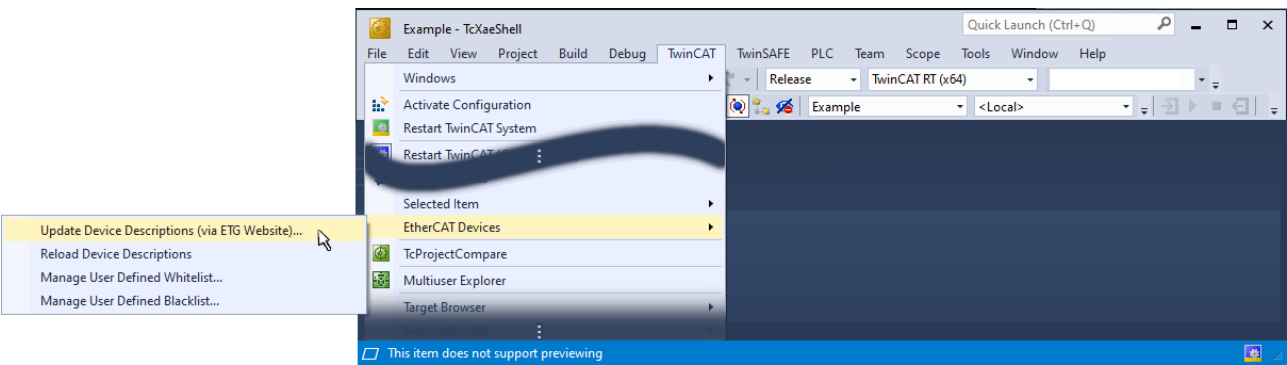
ESI Updater 可以非常方便地将 EtherCAT 制造商通过互联网提供的 ESI 数据自动下载到 TwinCAT 目录中（ESI = EtherCAT Slave Information）。TwinCAT 访问存储在 ETG 的中央 ESI ULR 目录；并且可以在 Updater 对话框中查看这些条目，但是无法在此进行更改。

6.1.1.3.1 TwinCAT 3

步骤 1) 更新 ESI 数据集

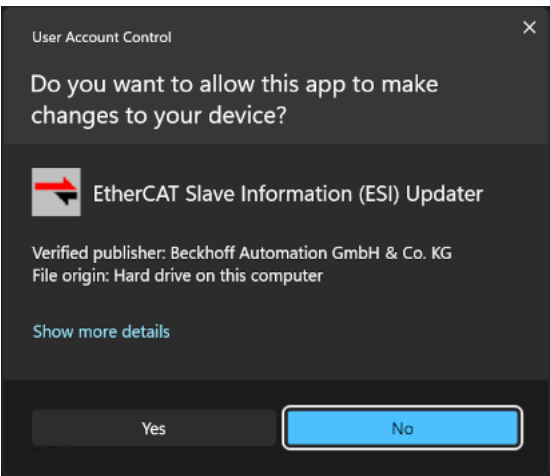
调用方式：

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

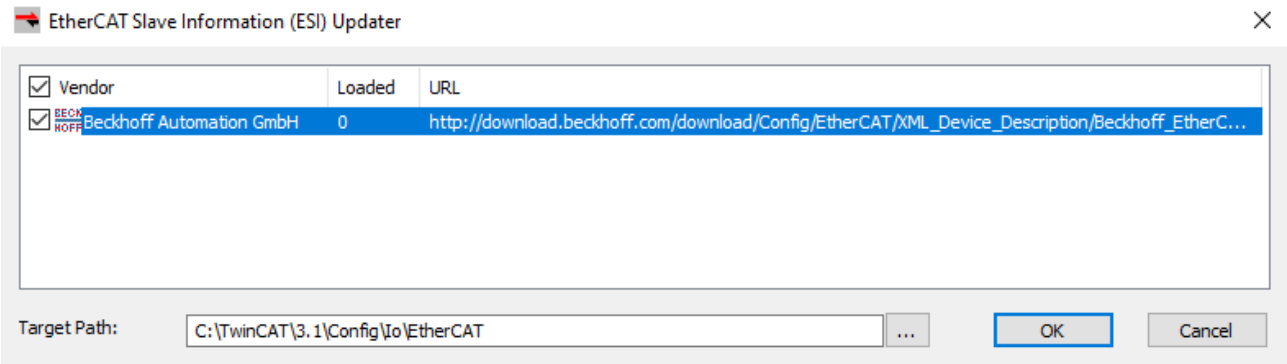


附图 54: 使用 ESI Updater (TwinCAT 3)

调用后会出现 Windows 用户账户控制提示，必须用 [是] 加以确认：



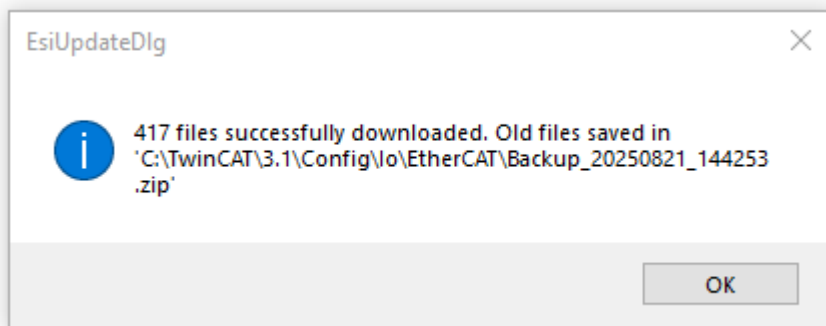
随后会出现 "更新器" 窗口，显示配置数据源：



附图 55: (ESI) 更新器

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

下载过程完成后会出现



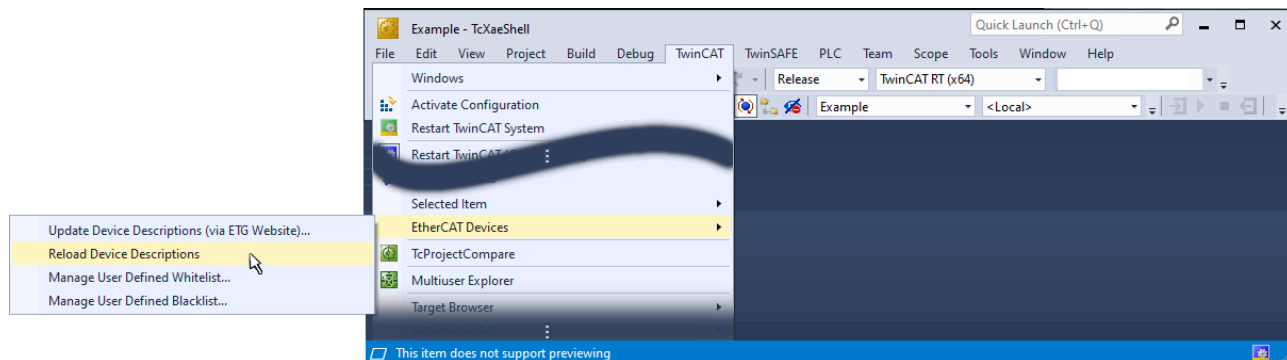
，显示下载文件的数量和存储位置或备份压缩文件夹。单击 [OK] 关闭窗口。

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

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

步骤 2) 更新 ESI 缓存

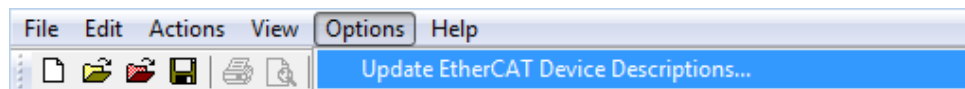
现在必须将 ESI 文件加载到应用程序缓存中，才能使用它们。具体方法是重启 TwinCAT 或调用 "TwinCAT" → "EtherCAT 设备" → "重新加载设备描述文件"：



缓存重建的状态可在 TwinCAT 的下部状态栏中查看。

6.1.1.3.2 TwinCAT 2

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



附图 56: 使用 ESI Updater (>= TwinCAT 2.11)

调用方法：

“选项” → “更新 EtherCAT 设备描述文件”

6.1.1.4 Online 和 Offline 之间的区别

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

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

在任何情况下，每次启动过程中，EtherCAT 主站都会检查所发现的从站是否与当前配置相符。这个检查的规则可以在从站的扩展设置界面中进行选择。请参考[最新 ESI 设备描述文件的安装说明 \[► 71\]](#)。

配置前的准备工作：

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

在线扫描过程包括：

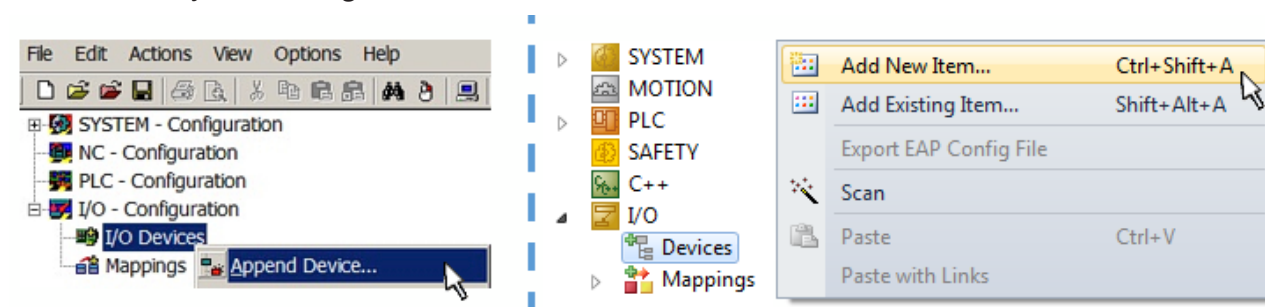
- [检测 EtherCAT 设备 \[► 82\]](#)（IPC 的以太网端口）
- [检测连接的 EtherCAT 从站 \[► 83\]](#)。这一步骤可独立于前一步骤单独进行。
- [故障排除 \[► 86\]](#)

也可以通过[现有配置扫描 \[► 86\]](#)以进行比较。

6.1.1.5 创建 OFFLINE 配置

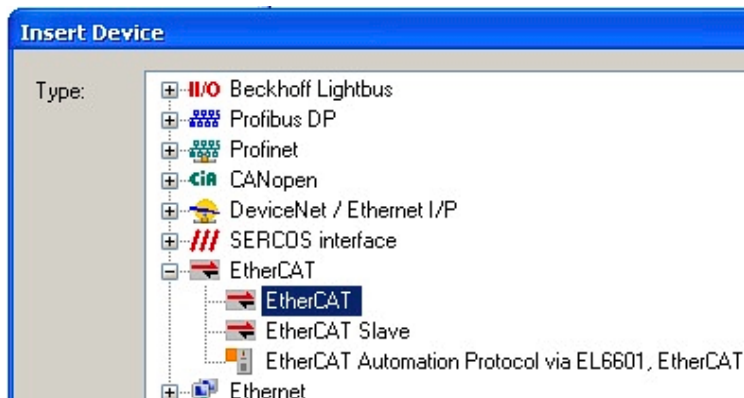
创建 EtherCAT 设备

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



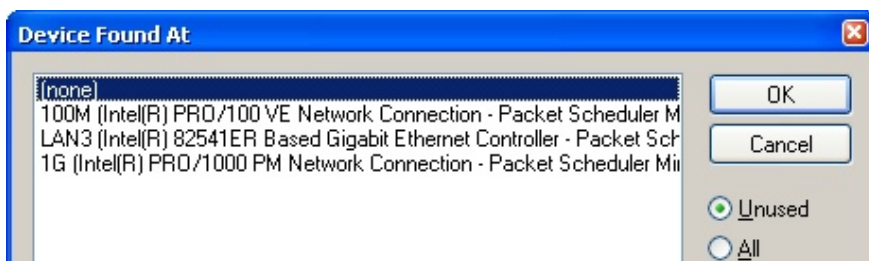
附图 57: 添加 EtherCAT 设备（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

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”。



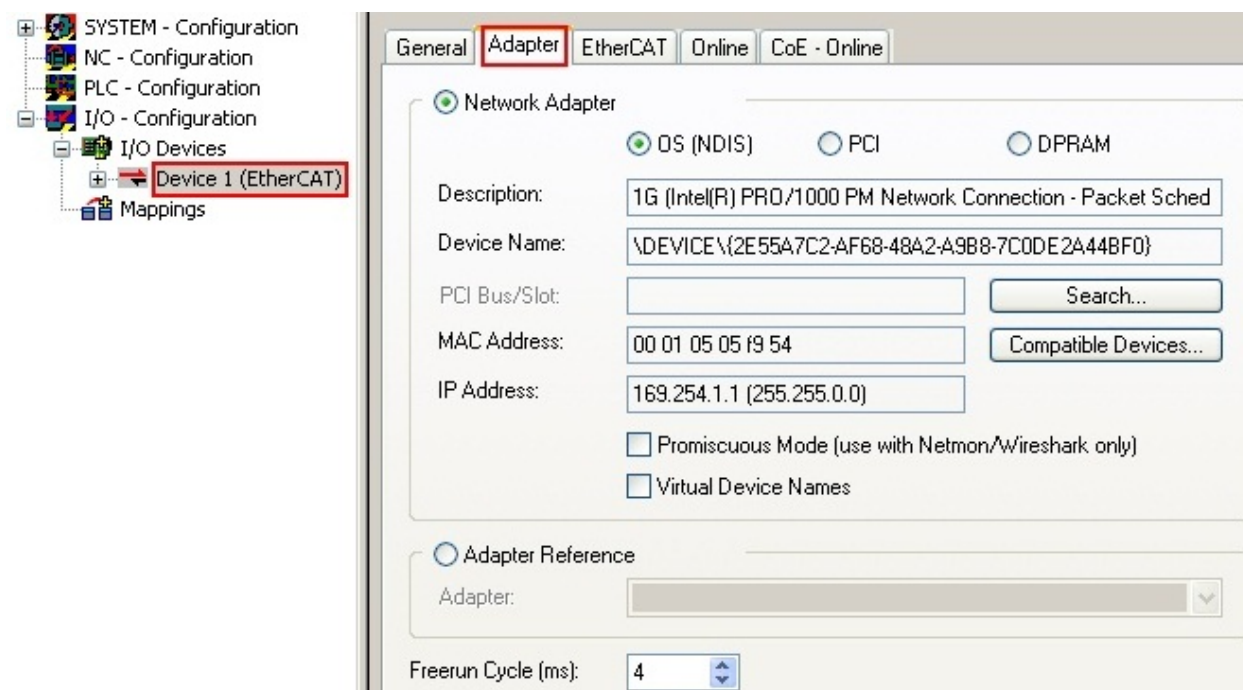
附图 58: 选择 EtherCAT 连接 (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

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。



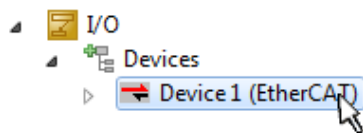
附图 59: 选择以太网端口

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 60: 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：

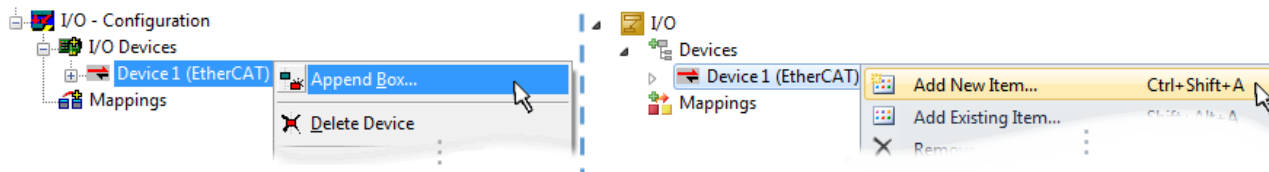


选择以太网端口

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

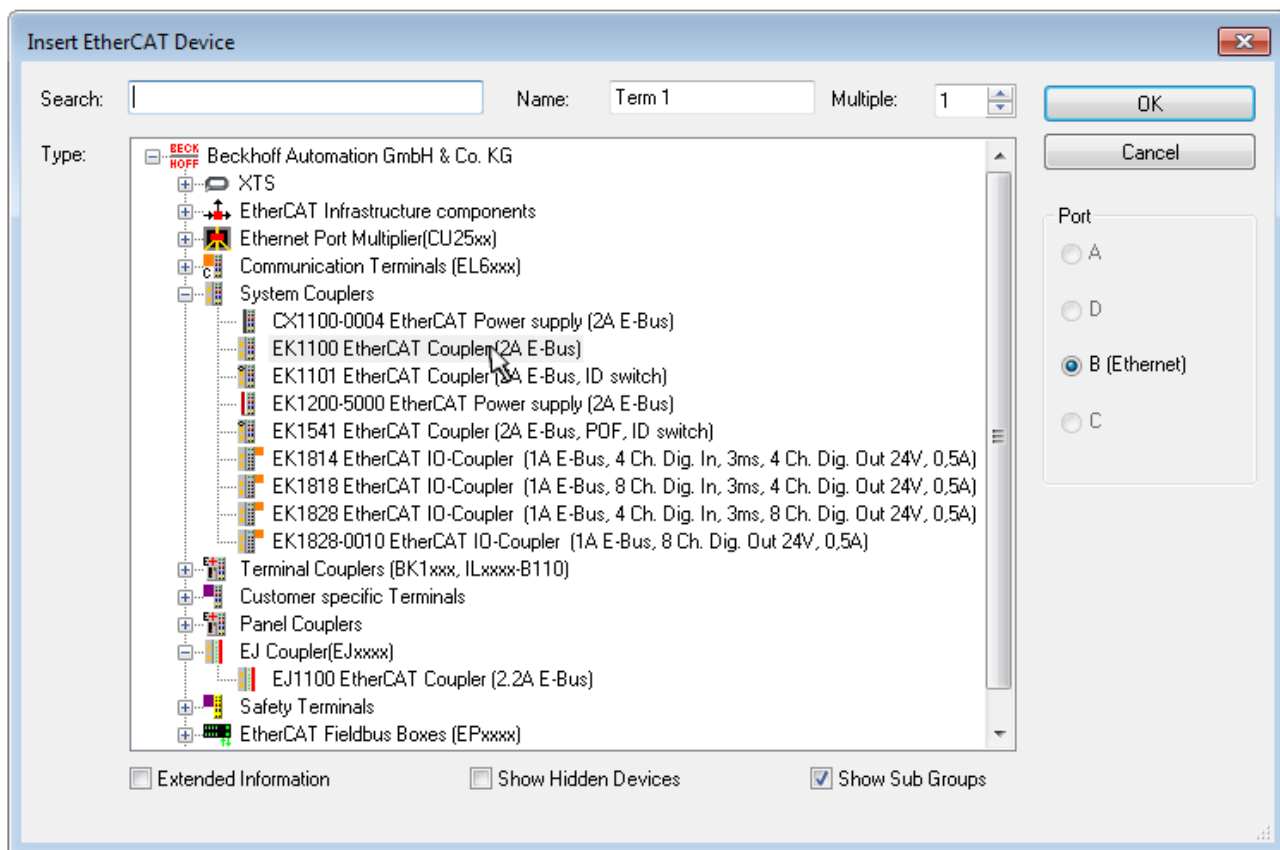
弹出选择新设备的对话框 对话框中只显示已有 ESI 文件的设备。

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

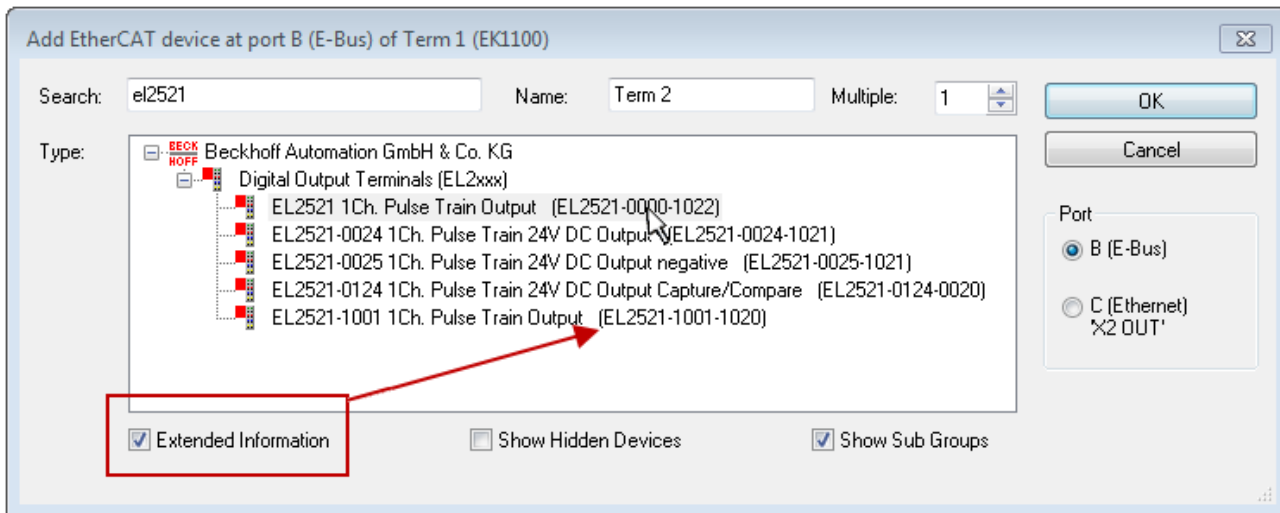
- “Ethernet”：基于电缆的 100BASE-TX：耦合器、盒模块、带 RJ45/M8/M12 连接器的设备
- “E-Bus”：LVDS “端子模块总线”，EtherCAT 插拔式模块（EJ），EtherCAT 端子模块（EL/ES），各种模块化模块

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



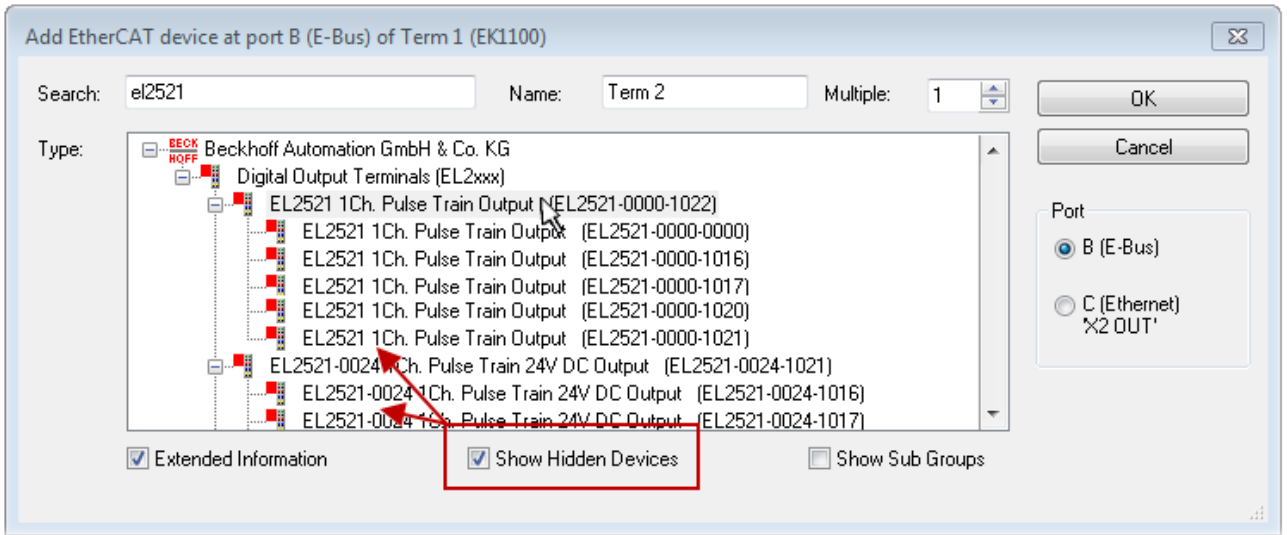
附图 62: 新增 EtherCAT 设备的选择对话框

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 63: 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 64: 显示以前的版本

i 修订版本的设备选择 - 兼容性

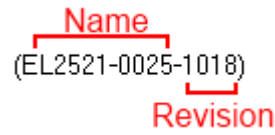
ESI描述还定义了过程图像、主站和从站/设备之间的通信类型以及设备功能（如果适用）。物理设备（固件，如果适用）必须支持主站的通信查询/设置。这是向后兼容的，也就是说，如果EtherCAT主站将其视为较早版本，那么应支持较新设备（较高版本）。对于Beckhoff的EtherCAT端子/端子盒/EJ模块，应符合以下兼容性规则。

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

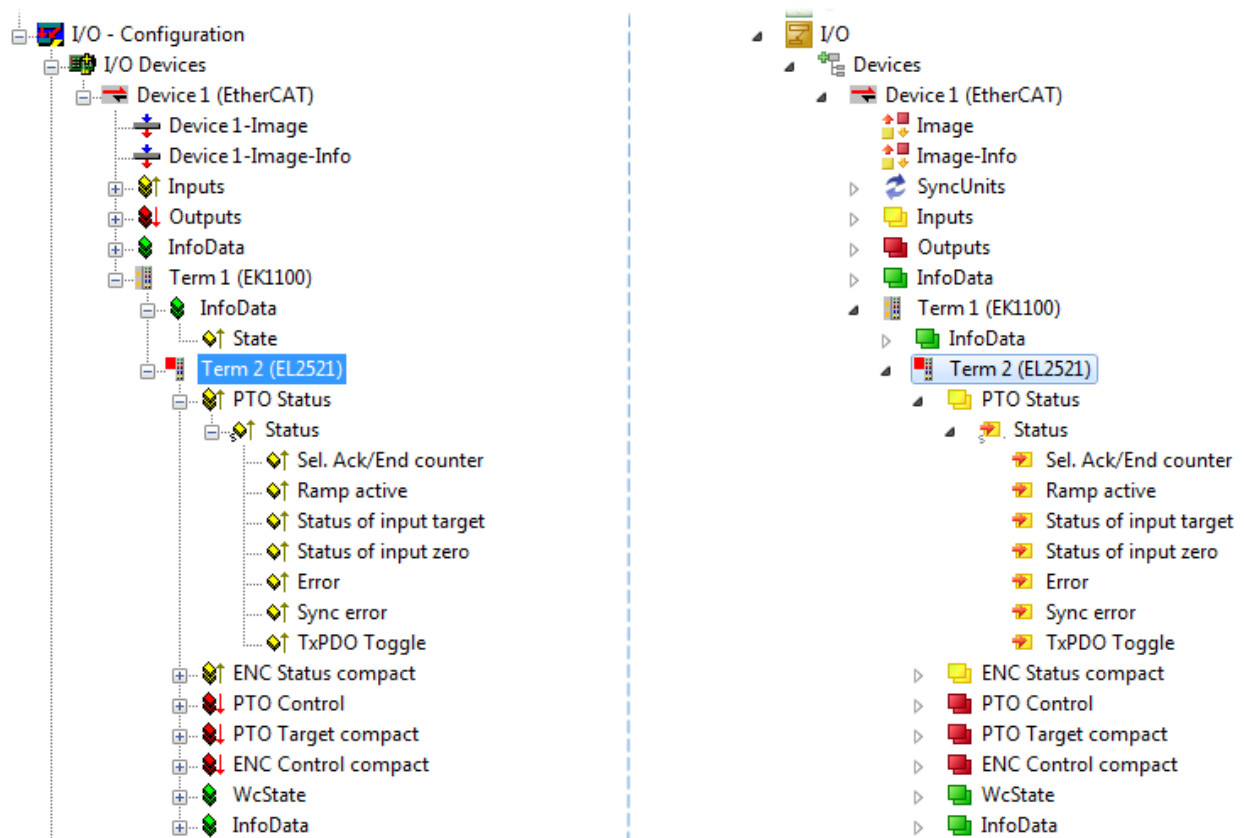
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-**1019**， -**1020**）。



附图 65: 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 66: TwinCAT 树中的 EtherCAT 端子模块 (左: TwinCAT 2; 右: TwinCAT 3)

6.1.1.6 创建ONLINE配置

检测/扫描 EtherCAT 设备

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

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

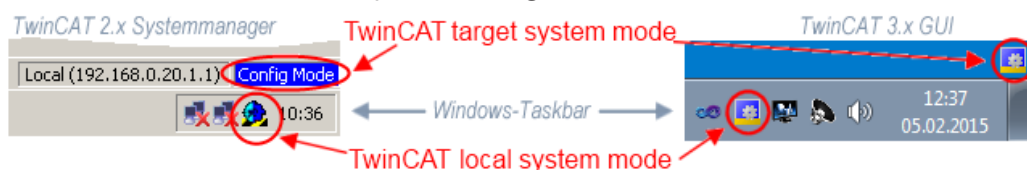
以下方法可以将TwinCAT 设置成配置模式：

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

配置模式下的在线扫描

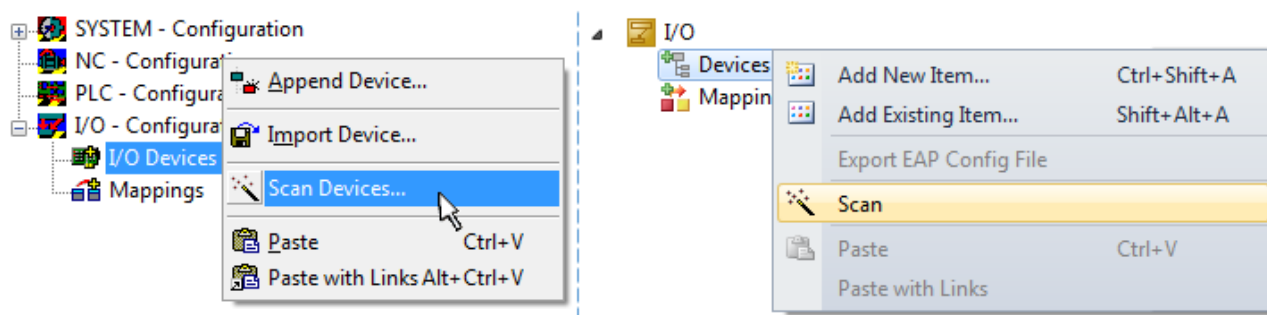
在 RUN 模式（生产运行）下，在线搜索不可用。注意 TwinCAT 编程系统和 TwinCAT 目标系统之间的区别。

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。



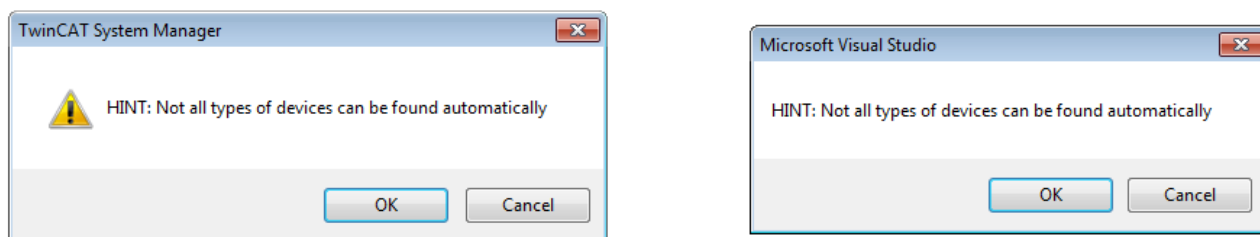
附图 67: 本地/目标系统差异（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

右键单击配置树中的“I/O Devices”可以打开搜索对话框。



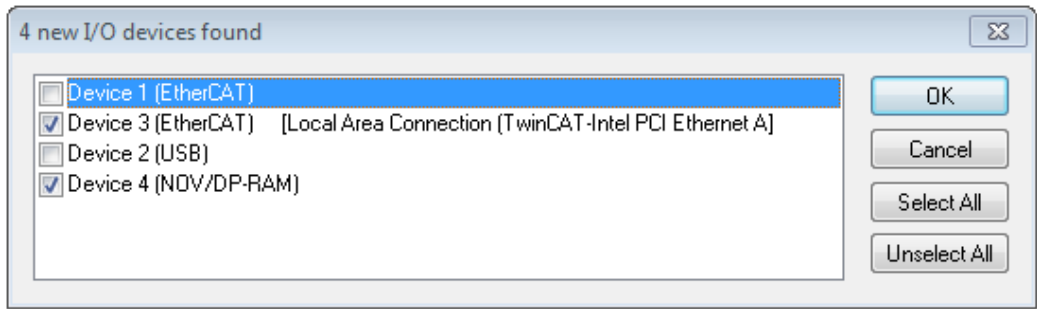
附图 68: Scan Devices（扫描设备）（左：TwinCAT 2；右：TwinCAT 3）

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 NOVRA、现场总线卡、SMB 等。然而，并非所有设备都能自动找到。



附图 69: 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 70: 检测到的以太网设备

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

● **选择以太网端口**



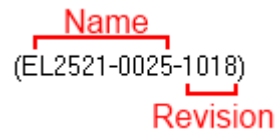
在安装了TwinCAT实时驱动程序的EtherCAT设备上才能选择以太网端口。这必须为每个端口单独进行。请参考各自的安装页面 [► 65]。

检测/扫描 EtherCAT 设备

● **在线扫描功能**



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



附图 71: 默认设置示例

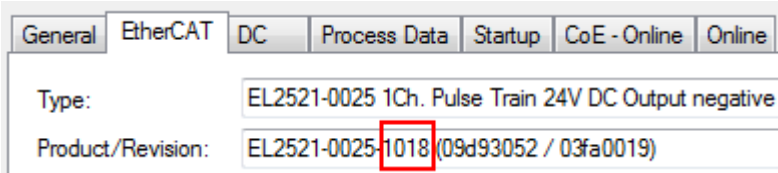
注意

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 [► 86]。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：



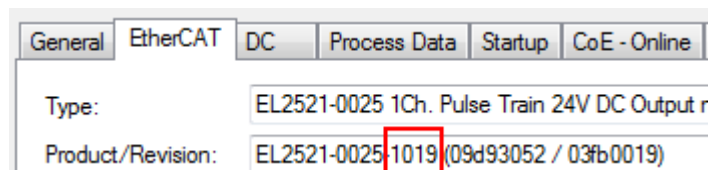
附图 72: 安装修订版本-1018的EtherCAT 端子模块，

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

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

一段时间后，倍福对 EL2521-0025 进行了升级，新增了功能 C。因此更改了固件，在外观上标注了更高的固件版本和新的修订版本-**1019**。尽管如此，新设备自动支持前一版本的功能和界面；因此，没有必要对“B.TSM”甚至“B.pro”进行调整。量产机器可以继续用“B.tsm”和“B.pro”来生产；为了检查生产的机器，需要对照初始配置“B.tsm”进行比较扫描[► 86]。

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 73: 检测修订版本 1019 的 EtherCAT 端子模块

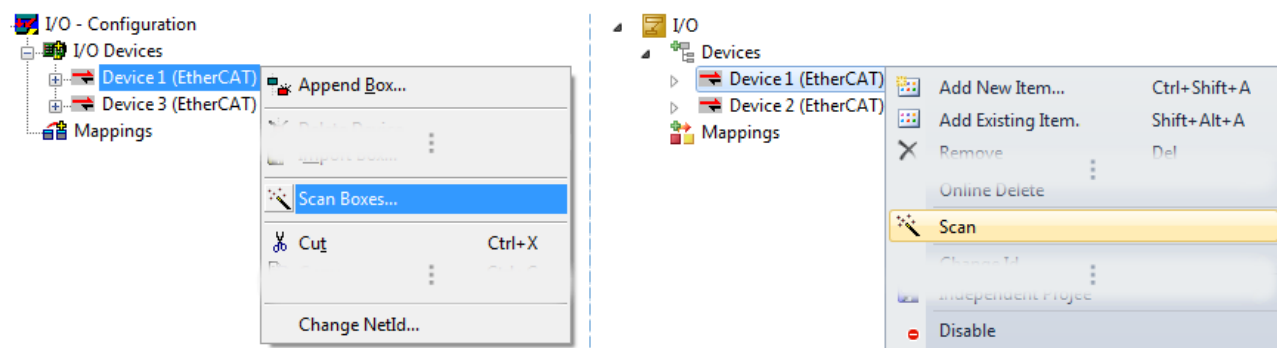
调试工程师通常不会注意到这一点。TwinCAT 也不会发出任何信号，因为实际上是从头创建了一个新的配置。然而，根据兼容性规则，这意味着不应该将 EL2521-0025-**1018** 的备件安装到这台机器上（即使这在绝大多数情况下还是可以使用的）。

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



附图 75: 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。



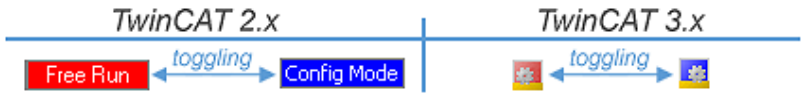
附图 76: TwinCAT 2 的扫描进度示例

配置已建立，然后可以切换到在线状态（OPERATIONAL）。



附图 77: 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。

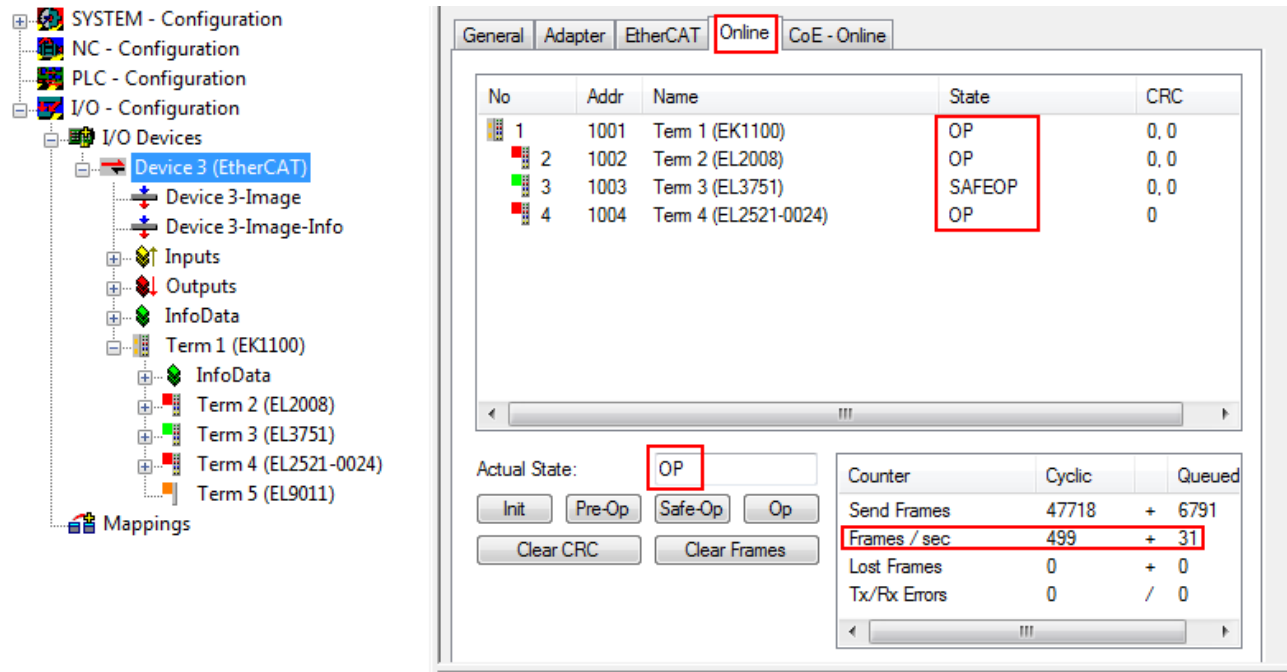


附图 78: 显示在状态栏下方的“Free Run”和“Config Mode”来回切换



附图 79: 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 80: 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

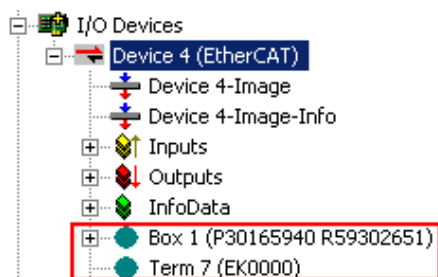
至此，配置工作就完成了。该配置可以按照[手动流程 \[► 76\]](#)中的描述进行修改。

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 81: 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。

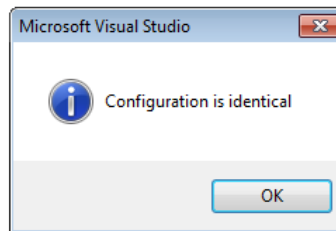
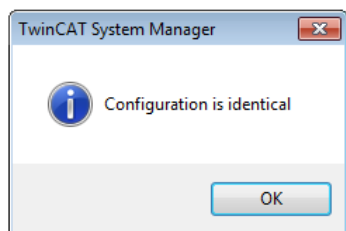
扫描现有配置

注意

比较后修改配置

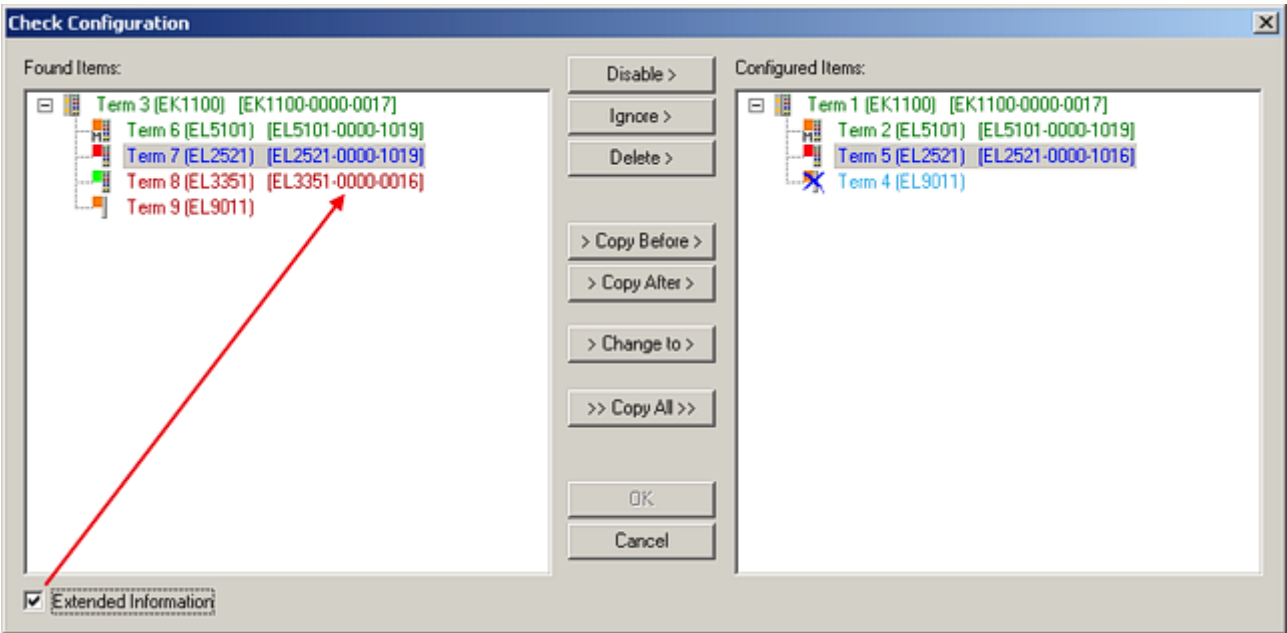
通过这种扫描（TwinCAT 2.11 或 3.1），目前只对设备属性中的供应商（制造商）、设备名称和修订版本进行比较！务必谨慎执行“ChangeTo（更改为）”和“Copy（复制）”操作，认真考虑倍福 IO 兼容性规则（见前文）。然后，原来配置的设备版本被扫描发现的修订版本所取代；这可能会影响设备支持的过程数据和功能。

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 82: 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 83: 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

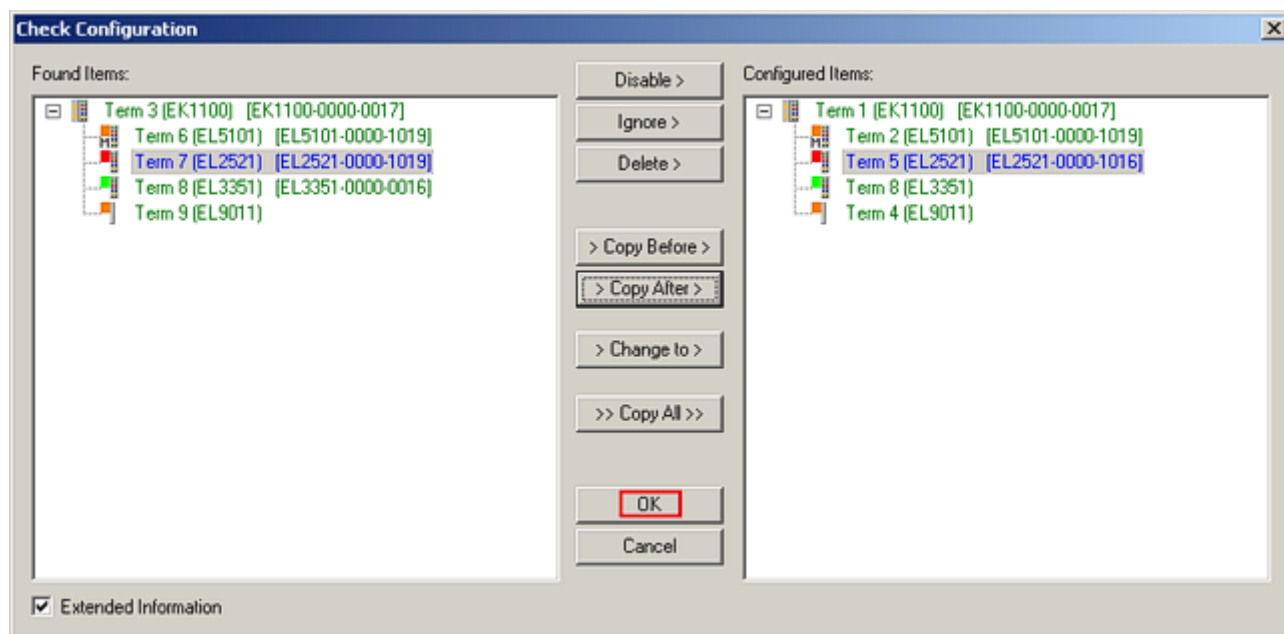
如果在配置中指定了EL2521-0025-**1018**，则在实践中可以使用EL2521-0025-**1018**或更高版本（-**1019**，-**1020**）。

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

附图 84: 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…

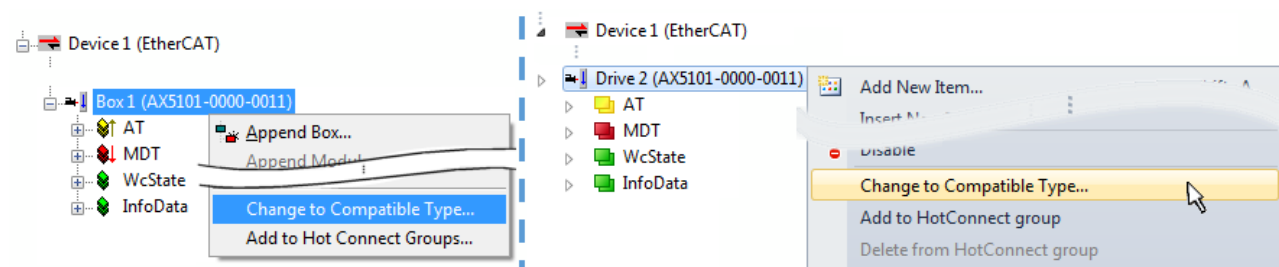


附图 85: 更正对话框，有修改项

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

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

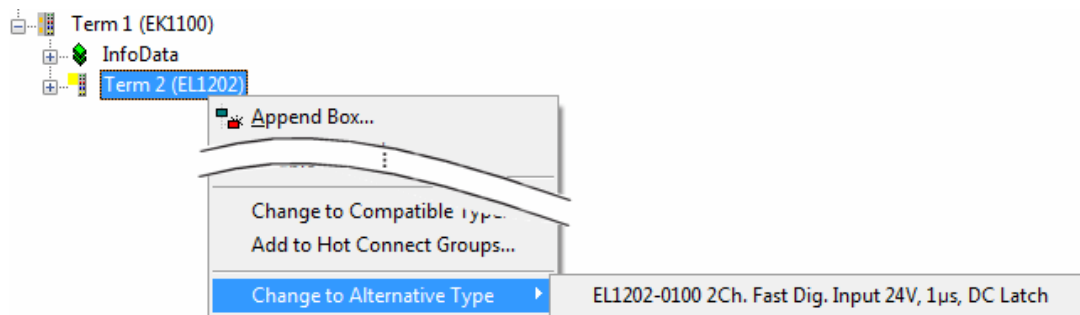
- 物理层（例如RJ45、Ebus...）
- FMMU（允许实际数量比配置的多）
- Sync Manager（SM，允许实际数量比配置的多）

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

这个功能最好是在 AX5000 设备上使用。

更改为替代类型 (Change to Alternative Type)

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

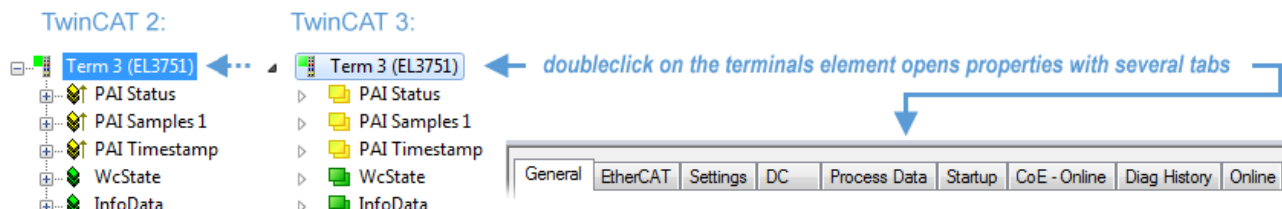


附图 87: TwinCAT 2 对话框 Change to Alternative Type

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

6.1.1.7 EtherCAT 设备的配置

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



附图 88: 树形结构的分支, 端子模块 EL3751

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

“General(常规)”选项卡

附图 89: “General(常规)” 选项卡

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

“EtherCAT”选项卡

附图 90: “EtherCAT” 选项卡

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

标签底部的链接指向该 EtherCAT 设备对应的产品主页。

“Process Data (过程数据)”选项卡

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

GeneralEtherCATProcess DataStartupCoE - OnlineOnline

Sync Manager:

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

PDO List:

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

PDO Assignment (0x1C13):

☒ 0x1A00

PDO Content (0x1A00):

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

Download

☒ PDO Assignment☒ PDO Configuration

Load PDO info from device

Sync Unit Assignment...

附图 91: “Process Data (过程数据)” 选项卡

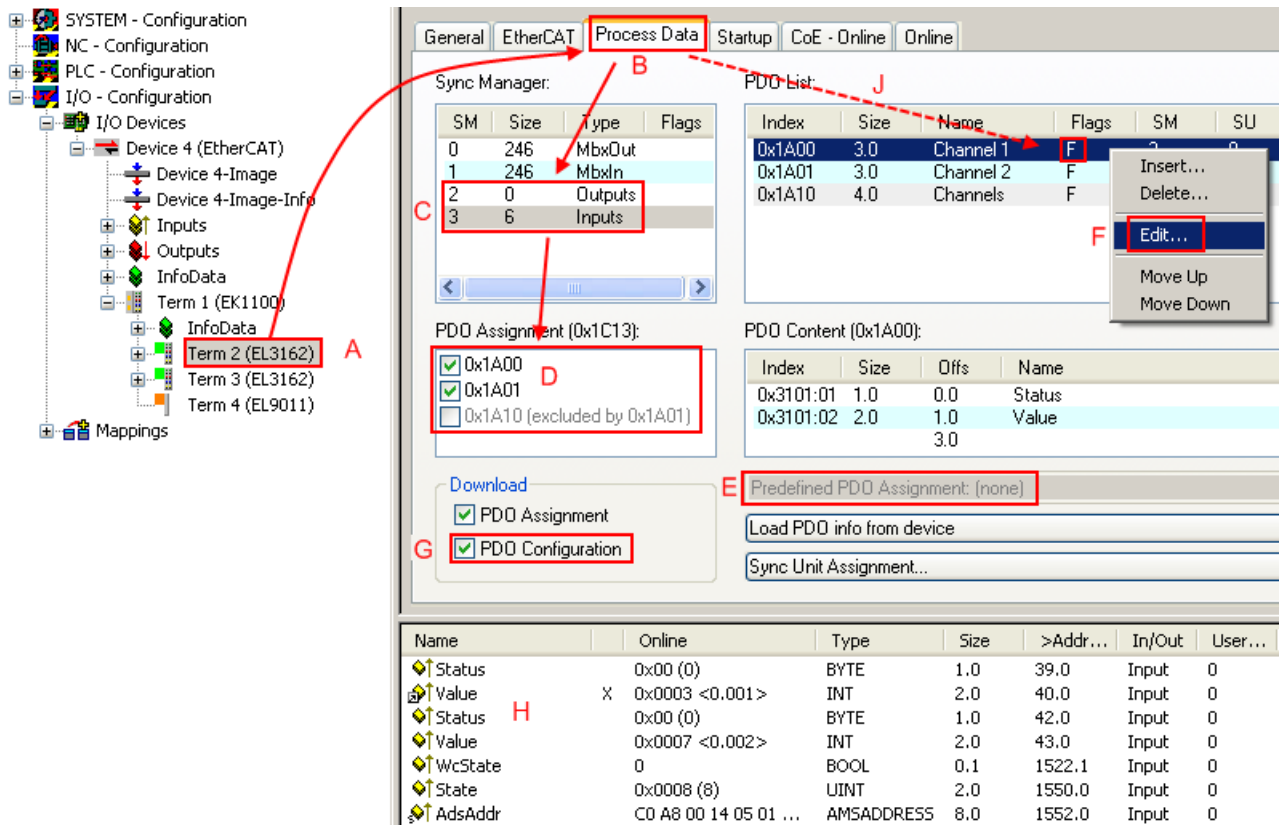
EtherCAT从站在每个周期内传输的过程数据（PDO）是应用程序期望周期性更新的用户数据，或者是被发送到从站的用户数据。为此，EtherCAT 主站 (Beckhoff TwinCAT) 在启动阶段对每个EtherCAT从站进行了参数设置，以定义其希望传输到该从站或从该从站传输的过程数据 (位/字节大小、数据源位置、传输类型)。如果配置错误，将会使从站启动失败。

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 92: 配置过程数据

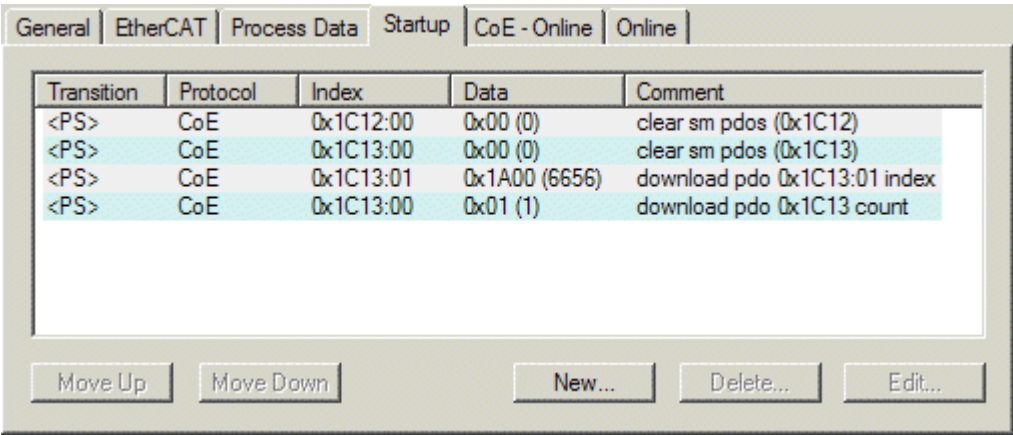
手动修改过程数据

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

此外，还可在本节末尾查看详细说明 [► 97]。

“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。



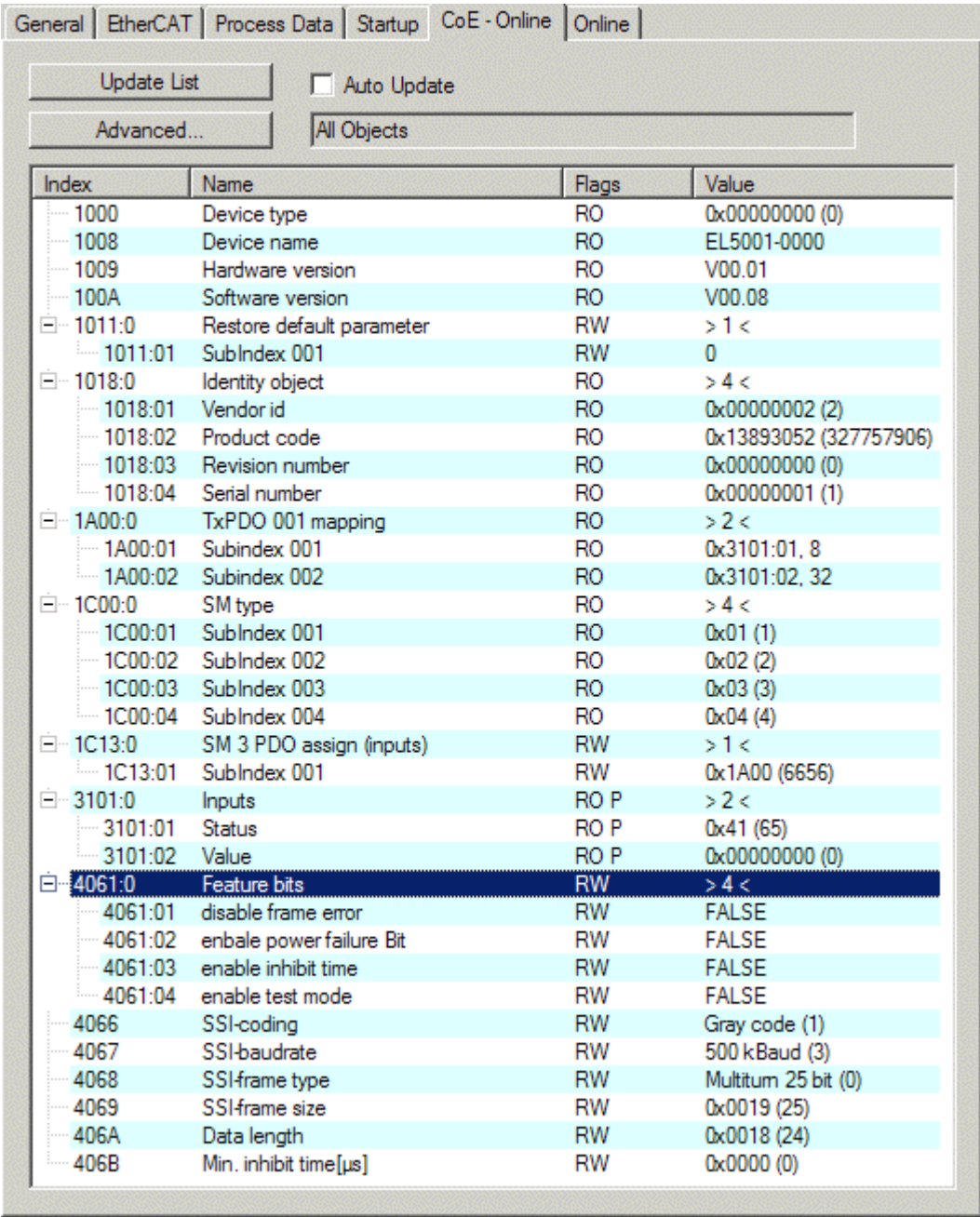
附图 93: “Startup (启动)” 选项卡

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

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

“CoE - Online”选项卡

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

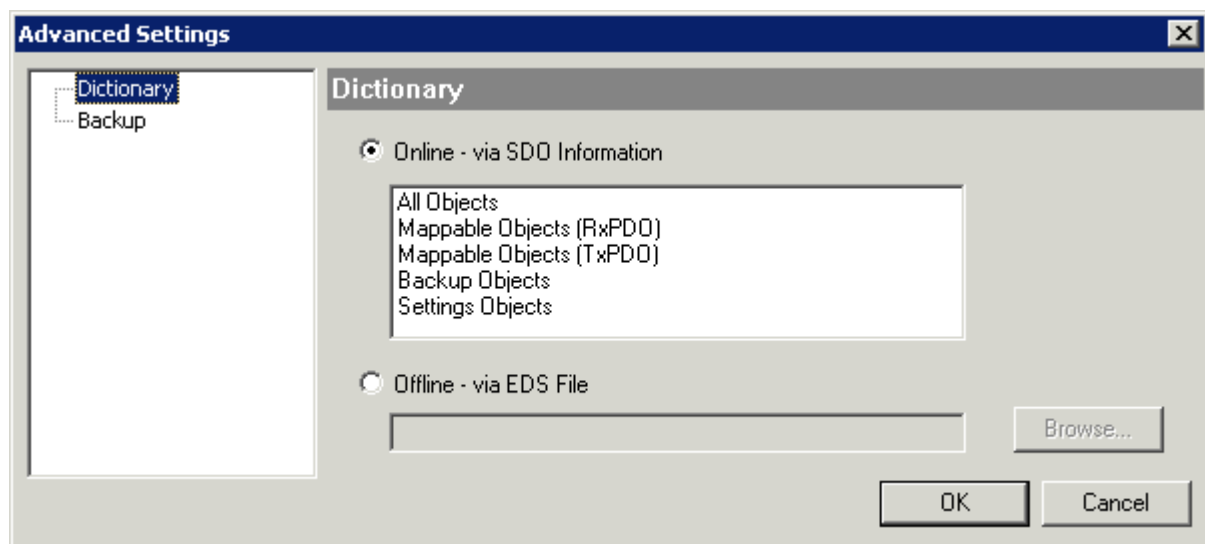


附图 94: “CoE - Online” 选项卡

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。

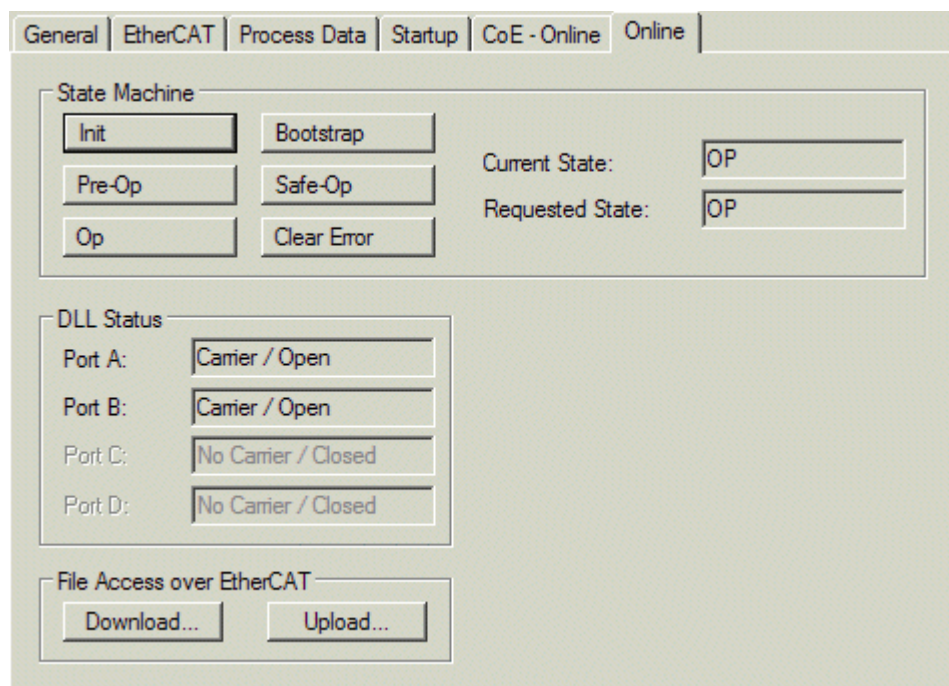


附图 95: “Advanced settings (高级设置)” 对话框

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 96: “Online (在线)” 选项卡

State Machine 状态机

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

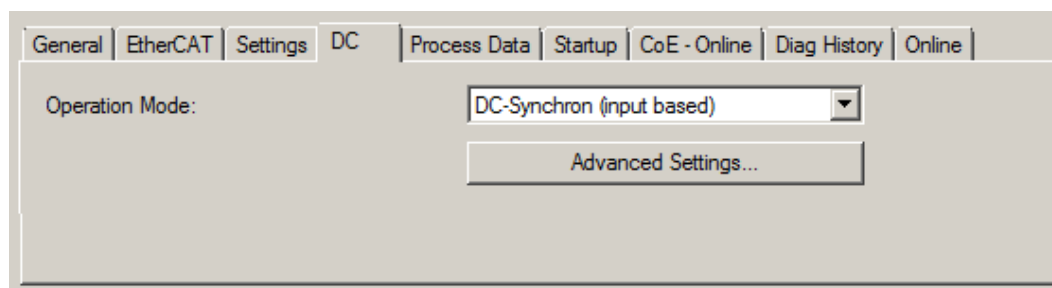
DLL Status

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

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

通过 EtherCAT 进行文件访问

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

“DC”选项卡 (分布时钟)

附图 97: “DC” 选项卡 (分布时钟)

Operation Mode	选项 (可选) : • FreeRun • SM-Synchron • DC-Synchron (Input based) • DC-Synchron
-----------------------	---

Advanced Settings... 用于重新调整TwinCAT时钟的高级设置，这是EtherCAT从站实时特性的决定性因素

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

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

6.1.1.7.1 Process Data (过程数据) 选项卡的详细描述

Sync Manager (同步管理器)

列出了Sync Manager 同步管理器 (SM) 的配置。

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

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

PDO 分配

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

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

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



激活 PDO 分配

- ✓ 如果改变 PDO 分配以激活新的PDO分配，

a) EtherCAT从站必须运行一次PS状态转换周期 (从Pre-OP到Safe-OP) (见Online(在线) 选项卡 [▶ 95])，

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

(TwinCAT 2按钮或 TwinCAT 3按钮)

PDO list (PDO 列表)

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

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

PDO Content (PDO 内容)

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

Download (下载)

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

PDO 分配

如果选择这个复选框，在 PDO 分配列表中配置的 PDO 分配会在启动时下载到设备。发送给设备的请求命令可以在 [Startup \[► 92\]](#) 选项卡中查看。

PDO 配置

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

6.1.1.8 导入/导出 EtherCAT 设备为 SCI 和 XTI 文件

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

6.1.1.8.1 基本原则

EtherCAT 从站一般通过以下要素进行参数化：

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

注意：根据从站的类型，这三个要素可能不会全部出现。

为了更好地理解导出/导入功能，暂时只考虑 IO 配置的常规流程：

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

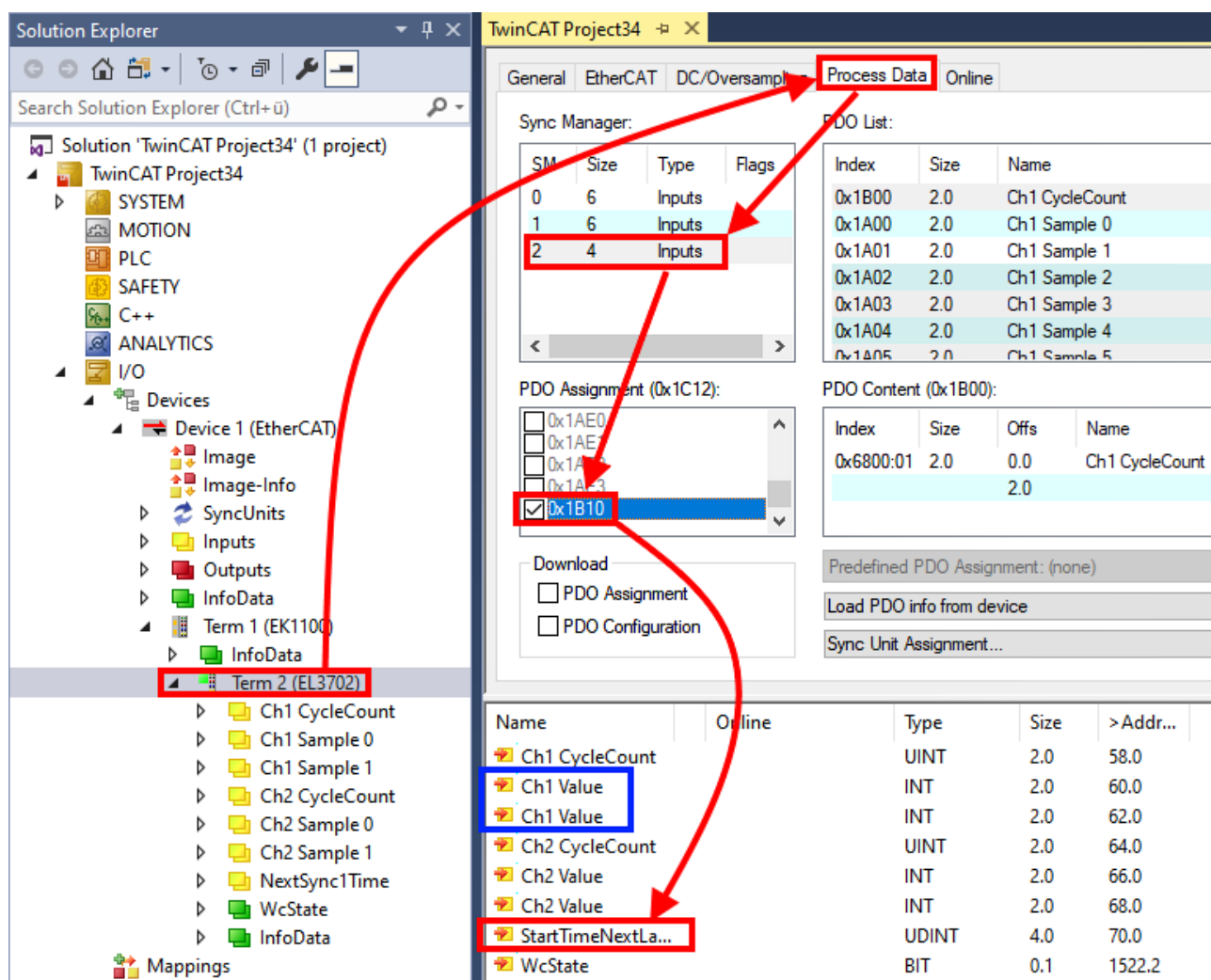
有时需要在其他项目中重复使用参数完全相同的从站，而不必在从站默认配置的基础上进行重复修改。为了实现这个功能，需要执行如下步骤：

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

TwinCAT 为此提供了两种方法：

- 用于 TwinCAT 环境中：Export/Import as **x**ti 文件 或
- 外部使用，即用于非 TwinCAT 的 EtherCAT 主站：Export/Import as **s**ci 文件。

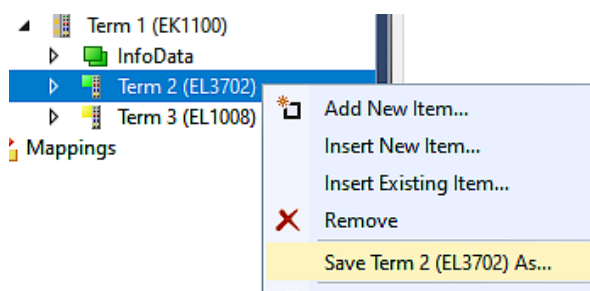
举例说明：一个标准的 EL3702 端子模块被设置为 2 倍超采样（蓝色），并添加了选项 PDO “StartTimeNextLatch”（红色）：



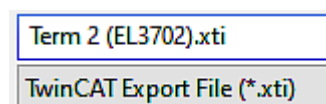
下面演示上述两种导出和导入修改过配置的端子模块的方法。

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

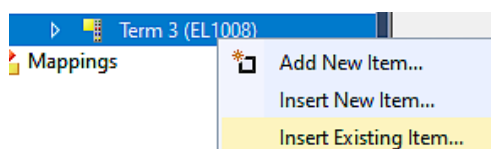
每个 IO 设备都可以单独导出/保存:



xti 文件可以存储:



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



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

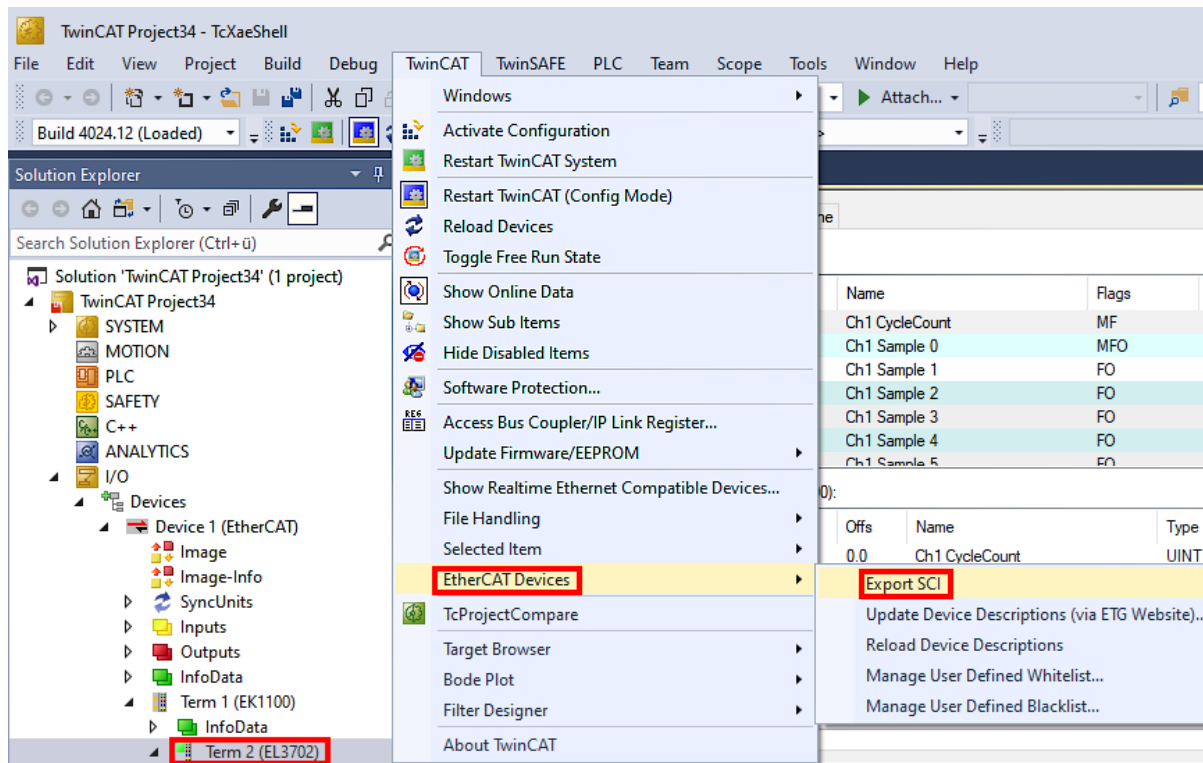
关于适用性的说明 (2021/01)

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

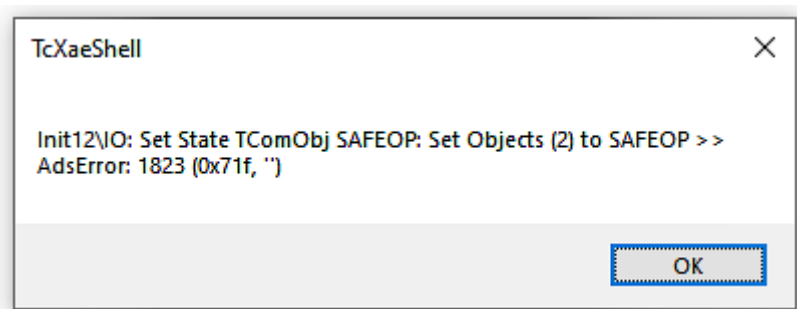
SCI 文件 (Slave Configuration Information) 基于 ESI 文件 (EtherCAT Slave Information) 的设置选项, 描述了 EtherCAT 从站 (端子模块、端子盒、驱动器...) 具体完整的配置。也就是说, 它包括 PDO、CoE和同步特性。

Export:

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



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



- 还可以提供描述信息：

Export SCI | based on specification 1.0.12.3 (Draft)

Name

EL3702 with added StartTimeNextLatch

Description

just an example for a specific description

Options

☐ Keep Modules

☐ Keep FSoE Module Information

☐ AoE | Set AmsNetId

☐ EoE | Set MAC and IP

☐ CoE | Set cycle time (0x1C3x.2)

Export

- 对话框的说明：

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

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

Image-Info

SyncUnits

Inputs

Outputs

InfoData

Box 1 (Drive1)

Module 1 (Position Mode)

Position Inputs

Position Outputs

WcState

InfoData

Box 2 (Drive1)

Mappings

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

Export SCI

AllNone

☒ Box 1 (Drive1)

☒ Box 2 (Drive1)

Name

Box 1 (Drive1)

Description

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

Options

☒ Keep Modules

☐ AoE | Set AmsNetId [10.35.16.42.2.2]

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

☐ CoE | Set cycle time (0x1C3x.2)

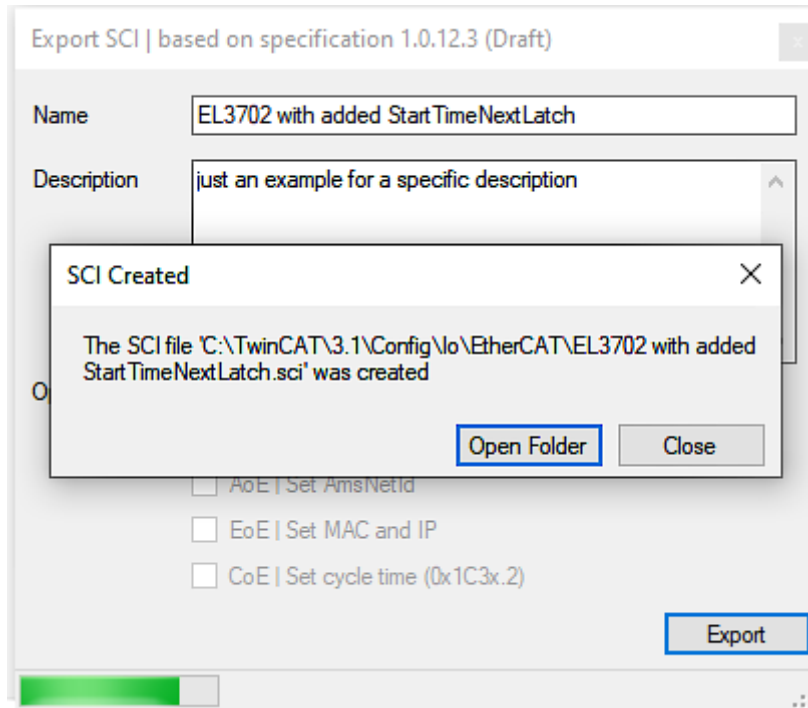
Export

- 选择要导出的从站：
 - All:
所有从站都被选中进行导出。

- None:
所有从站都被取消选择。
- sci 文件可以保存在本地：

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

- 执行导出：



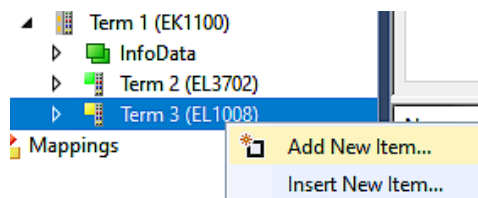
Import

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

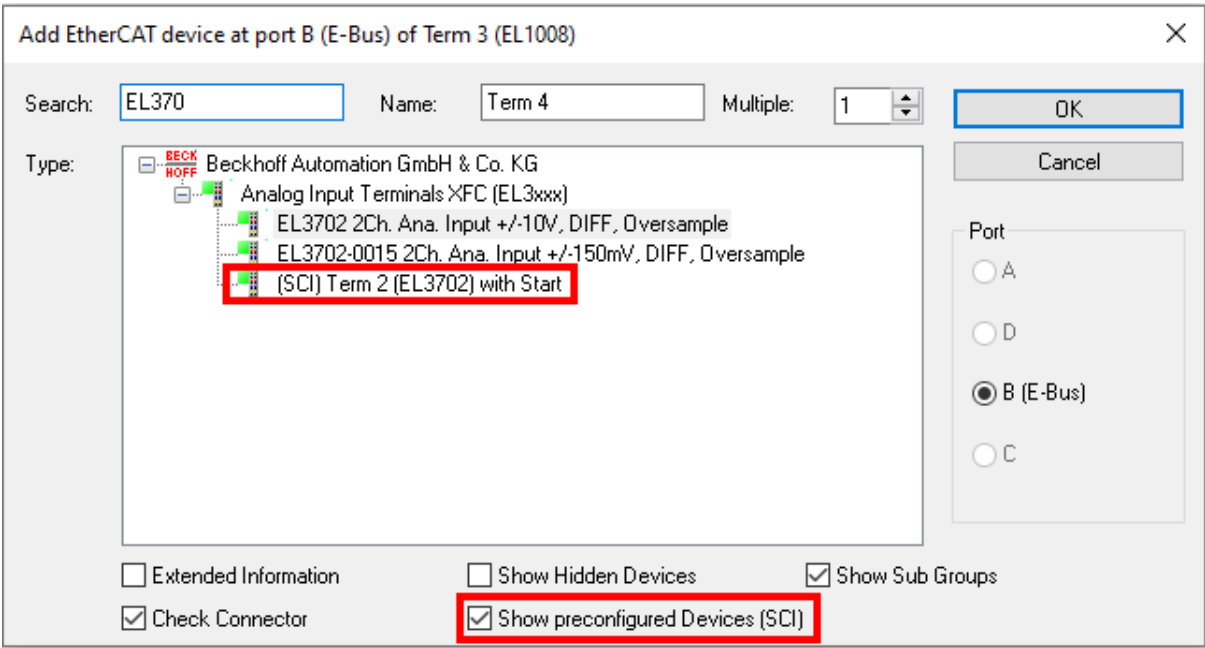
	EL3702 with added StartTimeNextLatch.sci	11.01.2021 13:29	SCI-Datei	6 KB
--	--	------------------	-----------	------

下

- 打开选择对话框：

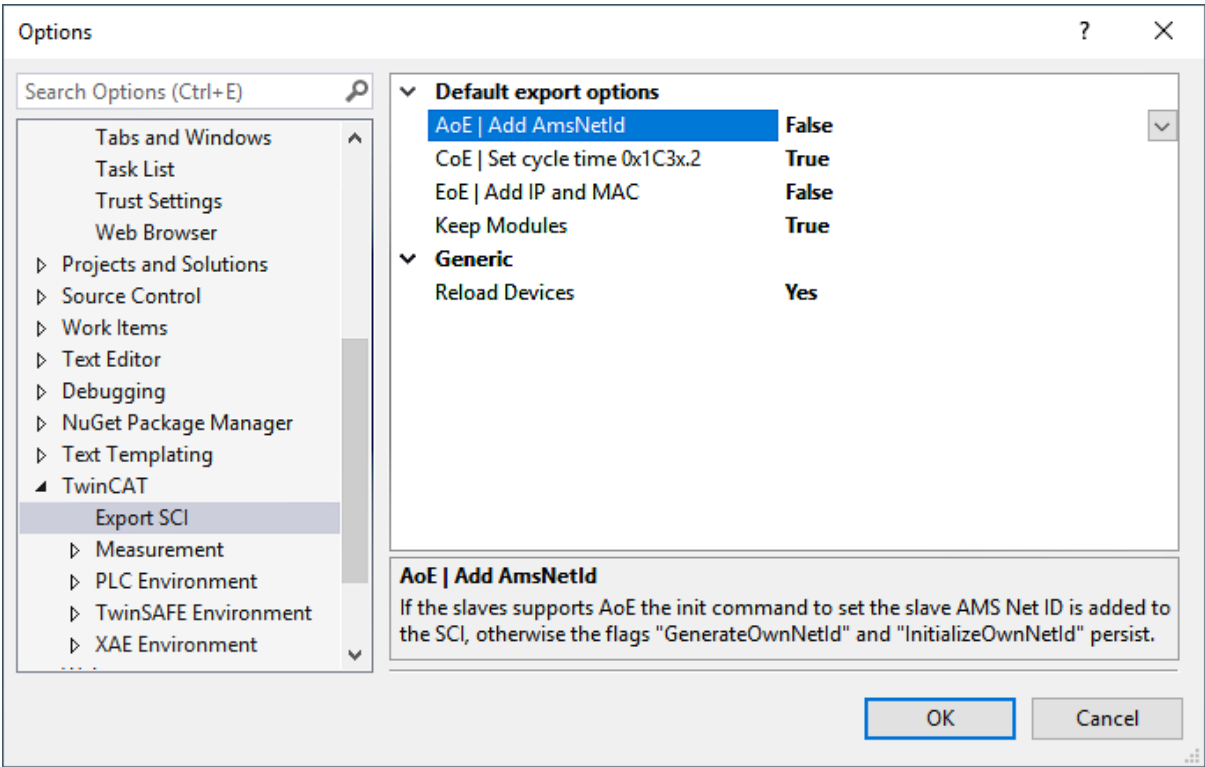


- 显示 SCI 设备，选择并插入所需设备：



补充说明

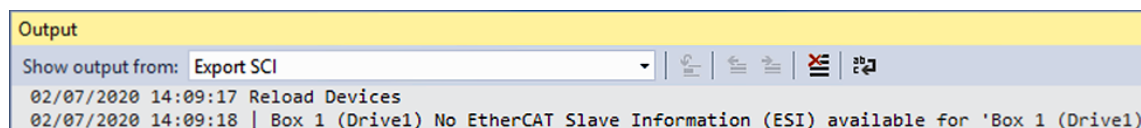
- 可以通过常规选项对话框（Tools → Options → TwinCAT → Export SCI）对 SCI 功能进行设置：



设置说明：

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

如果需要，SCI 错误信息会显示在 TwinCAT 日志的输出窗口：



6.1.2 TwinCAT 快速入门

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

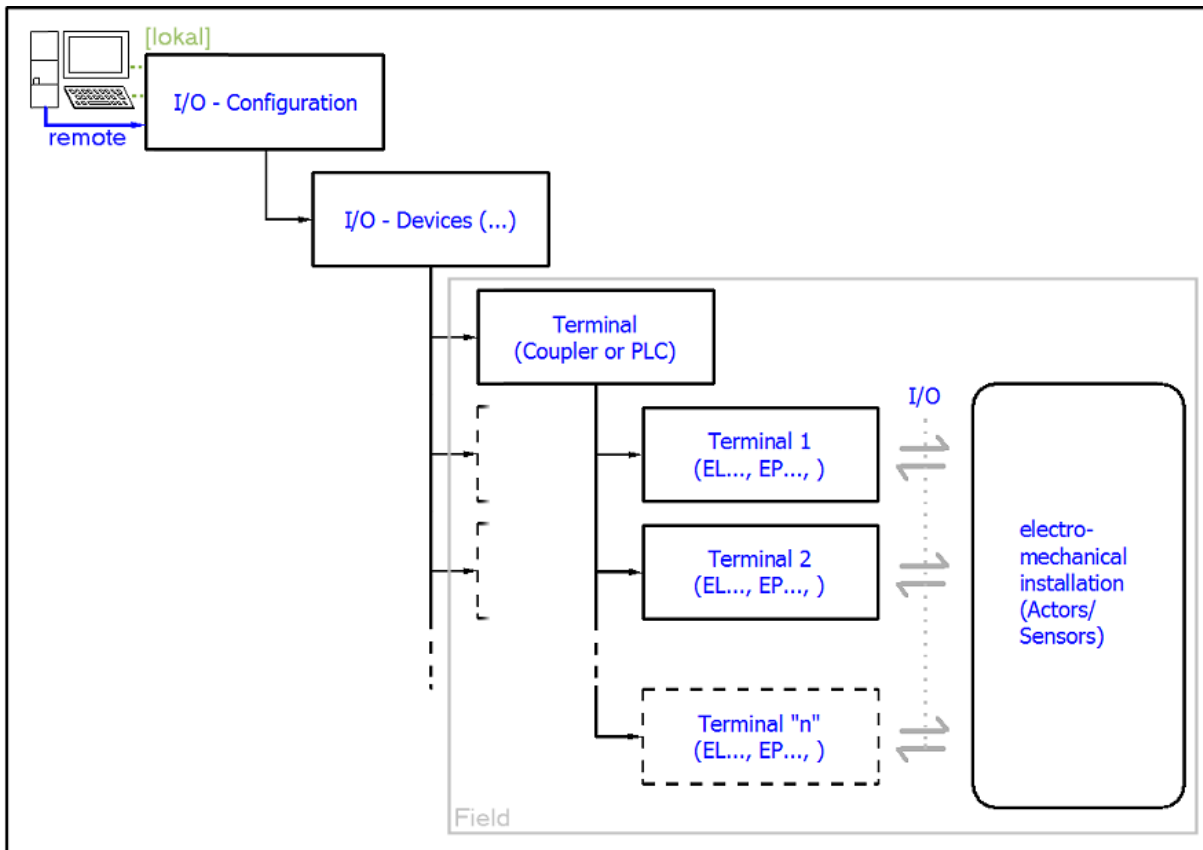
更多信息请参考 <http://infosys.beckhoff.com>：

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

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

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

从用户的配置电脑到控制器及下属组件的层次关系如下：



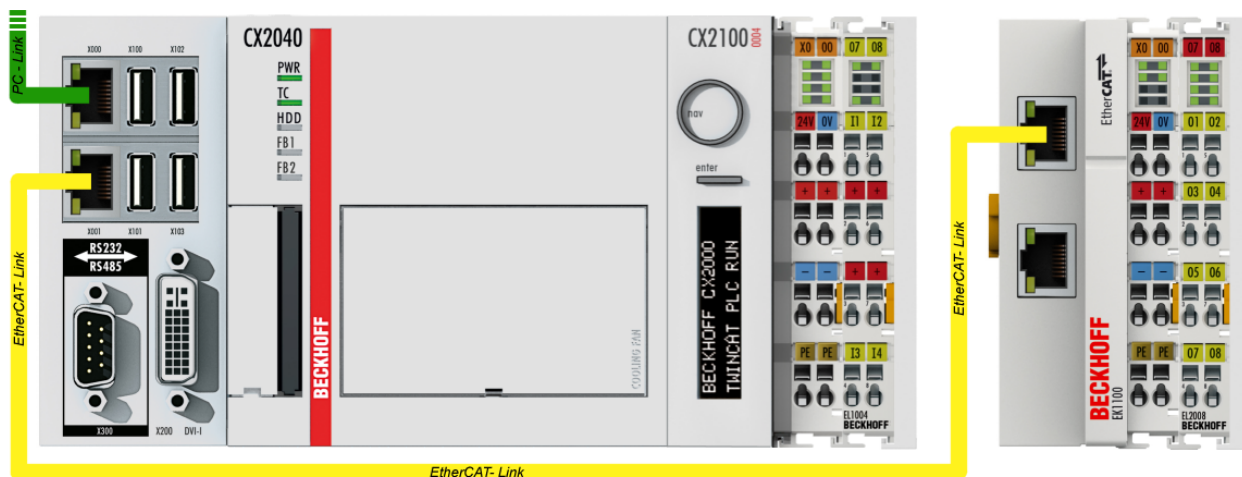
附图 98: 用户侧（调试）和实际安装组件之间的关系

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

配置示例（实际配置）

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

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



附图 99: 系统配置，含嵌入式控制器、输入（EL1004）和输出（EL2008）

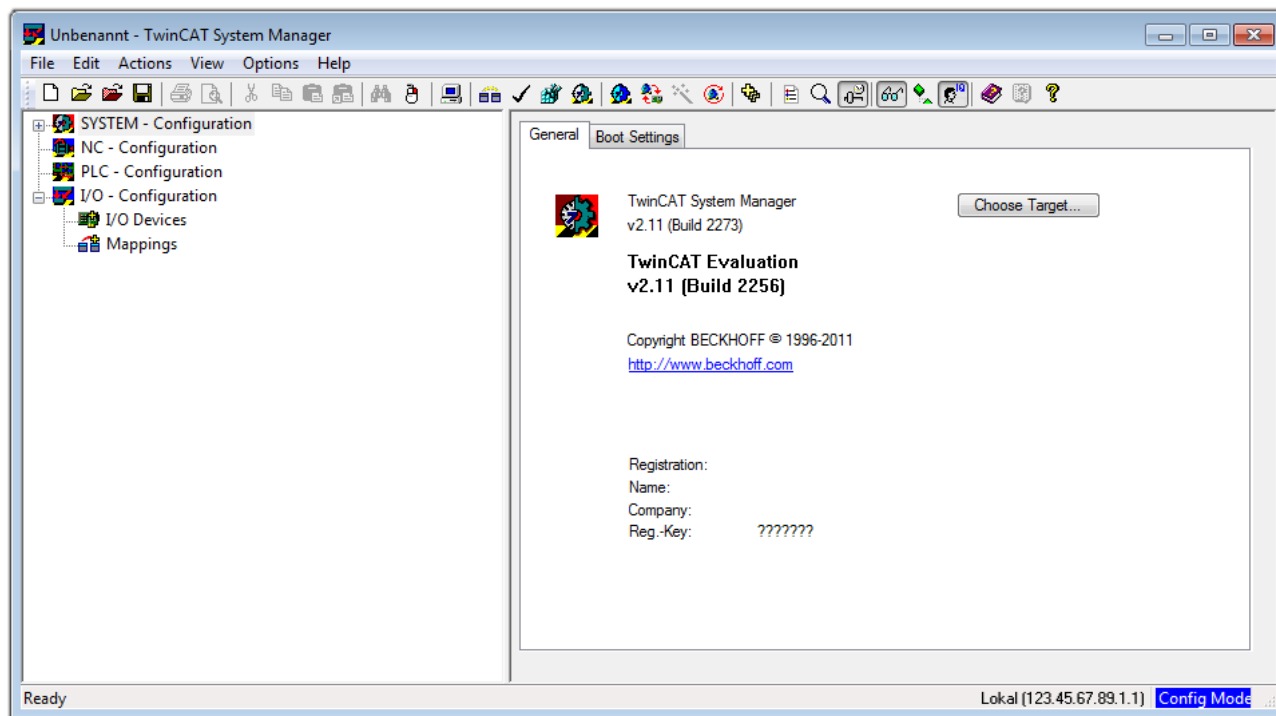
请注意，一个配置可能有多个任意组合；例如，EL1004 端子模块可以接在耦合器之后，或者 EL2008 端子模块可以附加到 CX2040 的右侧而无须 EK1100 耦合器。

6.1.2.1 TwinCAT 2

启动

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

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



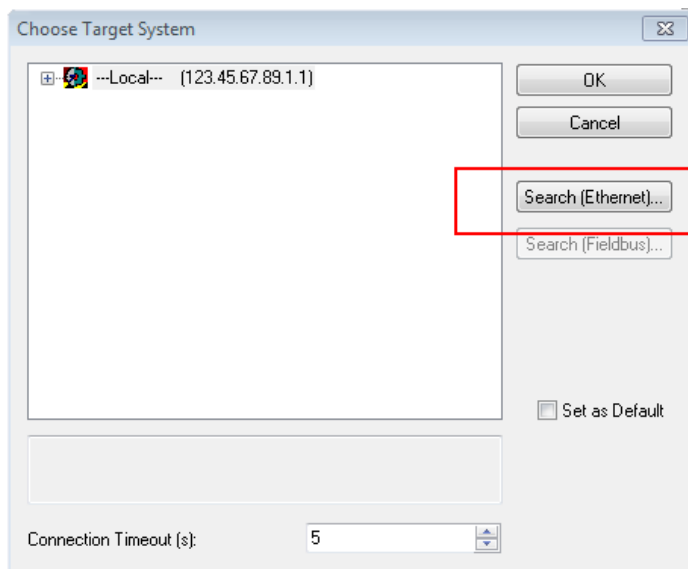
附图 100: TwinCAT 2 的初始用户界面

一般来说，TwinCAT 可以工作在本地或远程模式。如果目标 PLC 上安装了 TwinCAT 系统（含用户界面的标准开发环境），TwinCAT 就可以工作在本地模式。这种情况下，下一个步骤是“Insert Device（插入设备） [► 110]”。

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



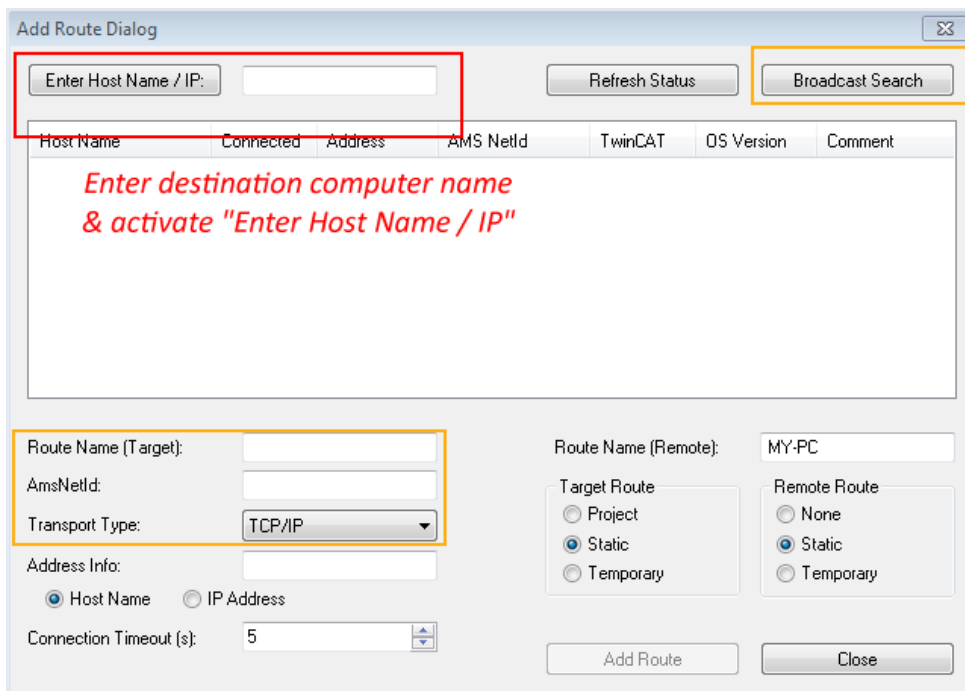
“ ” 或“F8”键，打开以下窗口：



附图 101: 选择目标系统

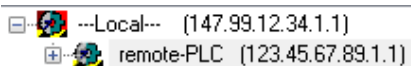
使用“Search (Ethernet)...”进入目标系统。弹出下一个对话框，在此可以选择：

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



附图 102: 指定通过 TwinCAT System Manager 访问的 PLC：选择目标系统

进入目标系统后，就可以选择以下方式（可能需要输入正确密码）：

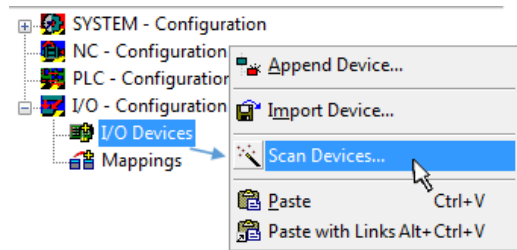


按“OK”确认，就可以通过 TwinCAT System Manager 访问目标系统。

添加设备

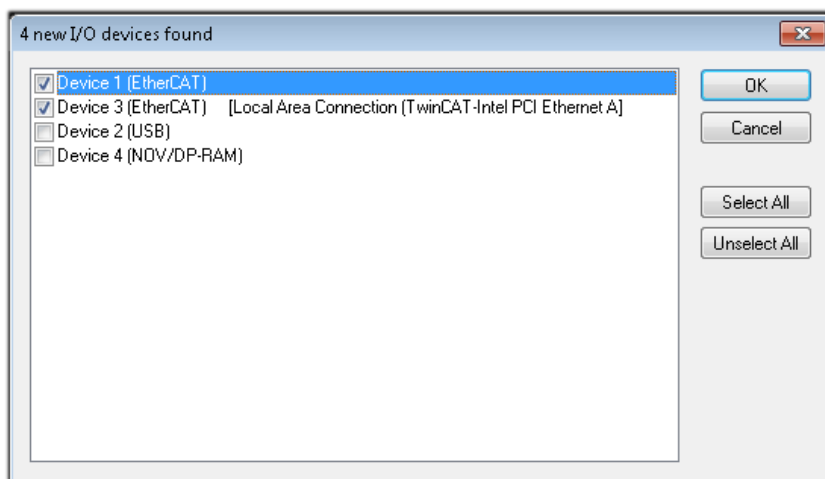
在 TwinCAT 2 System Manager 用户界面左侧的配置树中，选择 “I/O Devices”，然后右键单击，打开右键菜单，选择 “Scan Devices...”，或者通过  在菜单栏中启动该操作。首先，可能需要点击  或通过菜单

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



附图 103: 选择 “Scan Devices...”

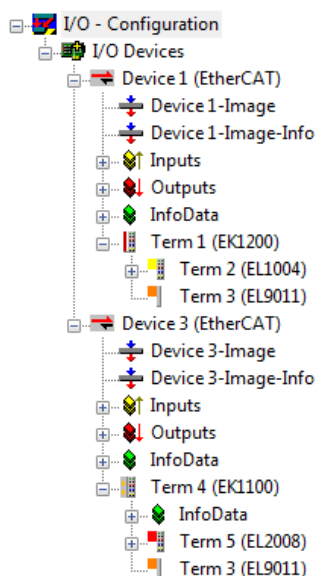
确认接下来的警告信息，并在对话框中选择 “EtherCAT” 设备：



附图 104: 自动检测 I/O 设备：选择要集成的设备

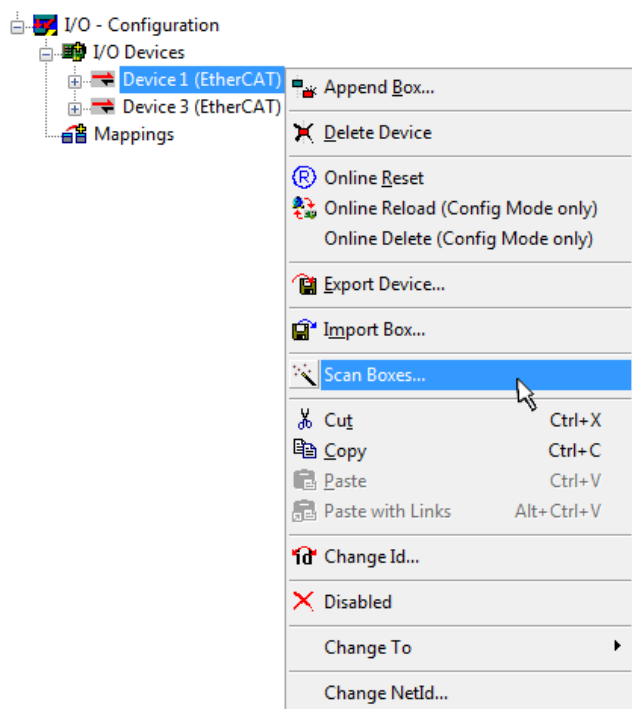
确认 “Find new boxes” 信息，以确定连接到设备的端子模块。“Free Run” 自由运行功能允许在 “Config Mode” 配置模式下操作输入和输出值，这个功能也需要确认才能启用。

根据本节开头描述的示例配置 [► 106]，结果如下：



附图 105: TwinCAT 2 System Manager 中的配置映射

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



附图 106: 读取连接到 Device 的各个端子模块

这可功能可以用于快速发现实际配置的变动。

PLC 的编程和集成

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

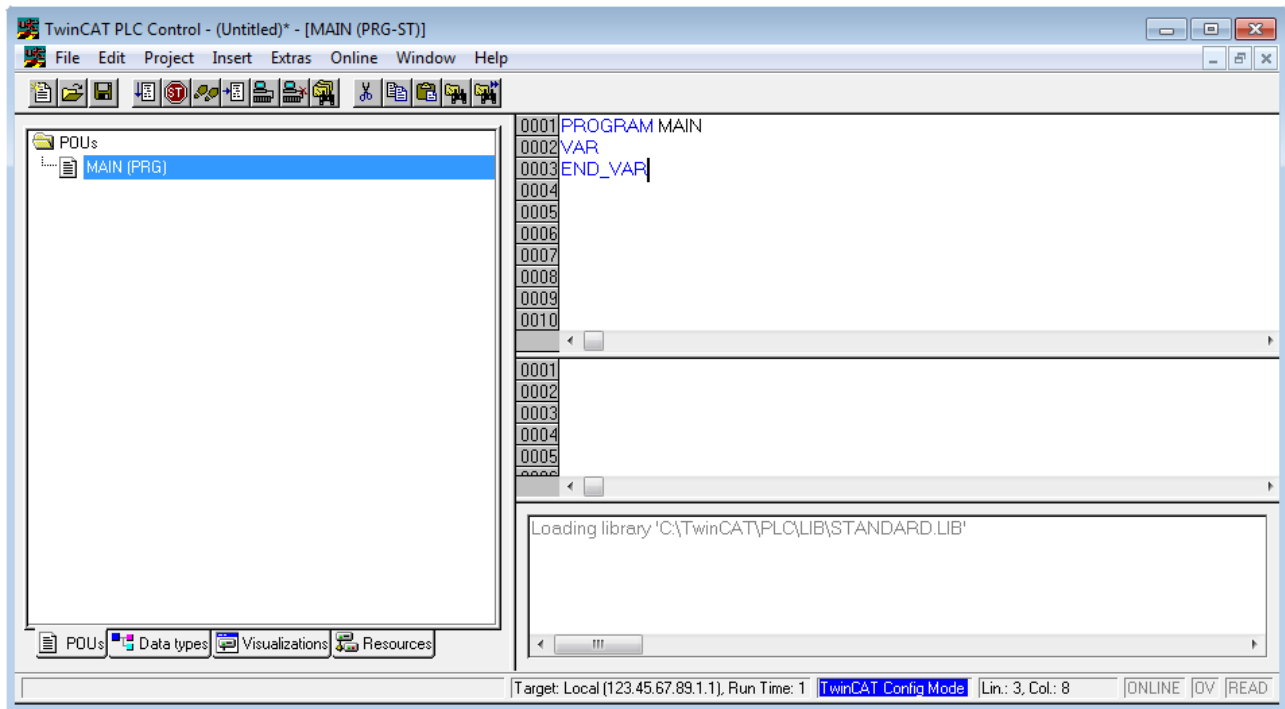
- 基于文本的语言
 - 指令表 (IL)
 - 结构化文本 (ST)

- 图形化语言

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

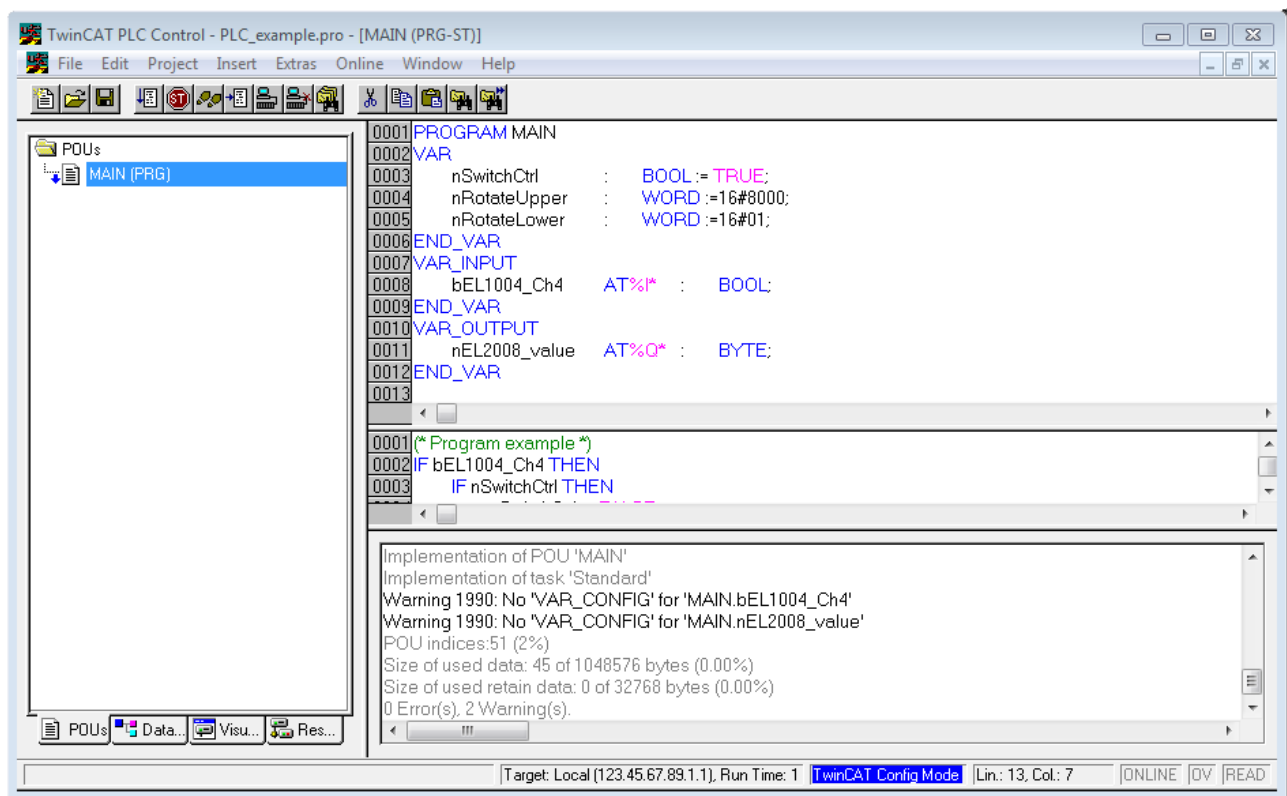
下面的内容只用到结构化文本 (ST)。

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



附图 107: 刚启动的 TwinCAT PLC Control

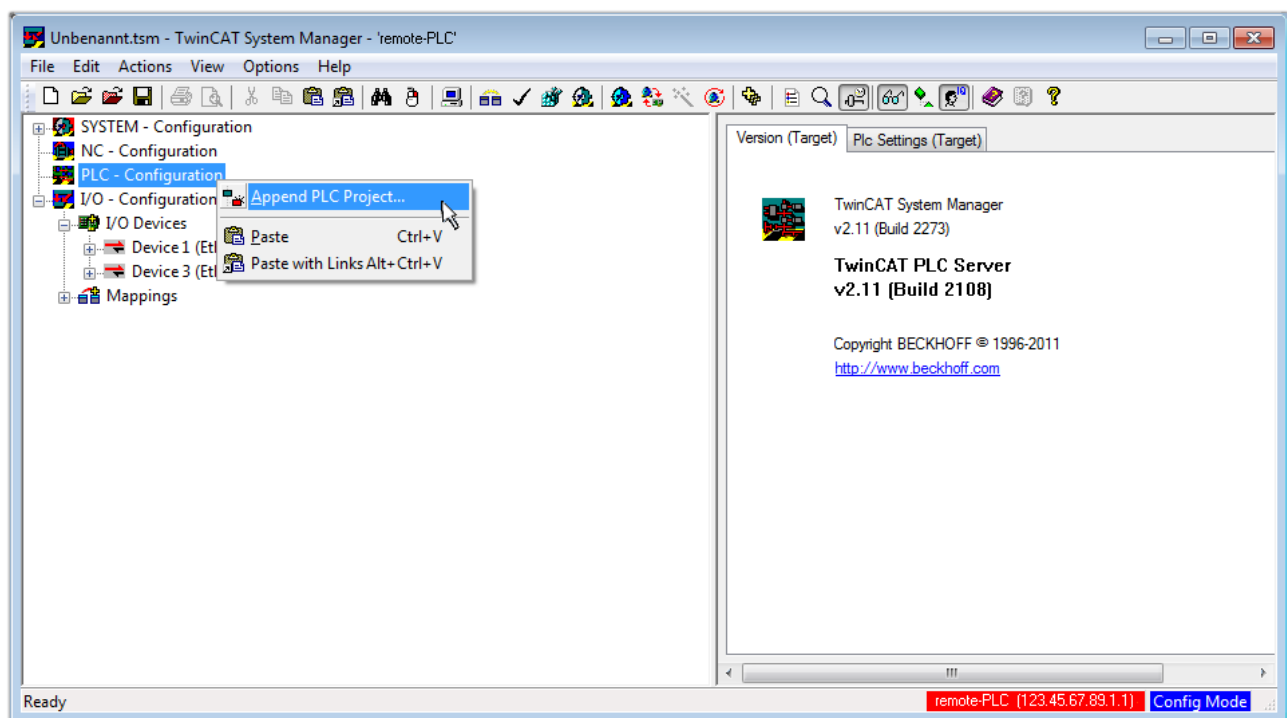
在示例项目中创建变量和程序, 并保存为名称 “PLC_example.pro”:



附图 108: 示例程序编译后，包含未分配地址的变量

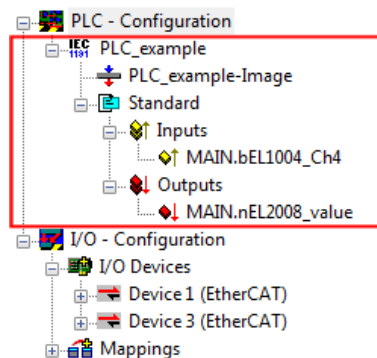
编译过程后的警告 Warning 1990 (missing “VAR_CONFIG”), 表示定义的外部变量 (含标志符 “AT%I*” 或 “AT%Q*”) 还没有分配地址。编译成功后, TwinCAT PLC Control 会在项目路径下创建一个 “*.tpy” 文件, 该文件包含了指定的 IO 变量, 但 System Manager 还没有为其分配地址, 因此出现了警告。只要在 System Manager 中引入该 .tpy 文件并保存, 再次编译时警告就不会再出现了。

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



附图 109: 添加 TwinCAT PLC Control 项目

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

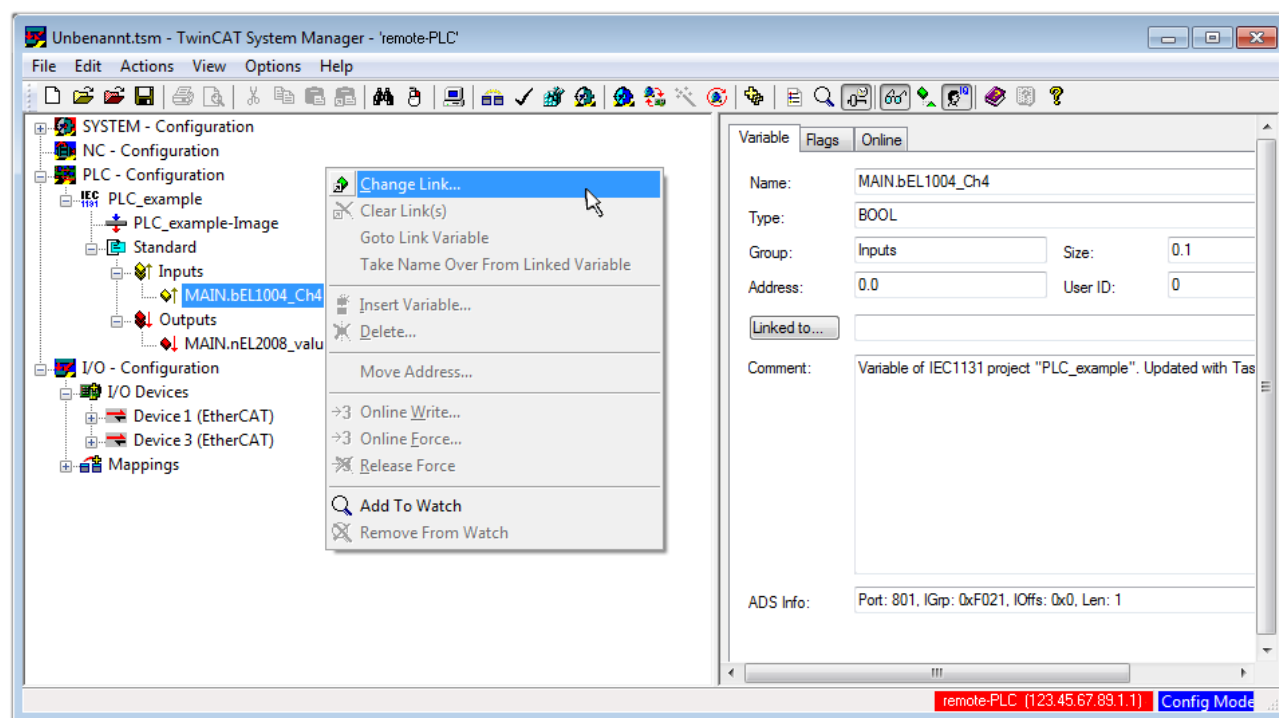


附图 110: 在 System Manager 的 PLC Configuration 下导入 PLC 项目

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

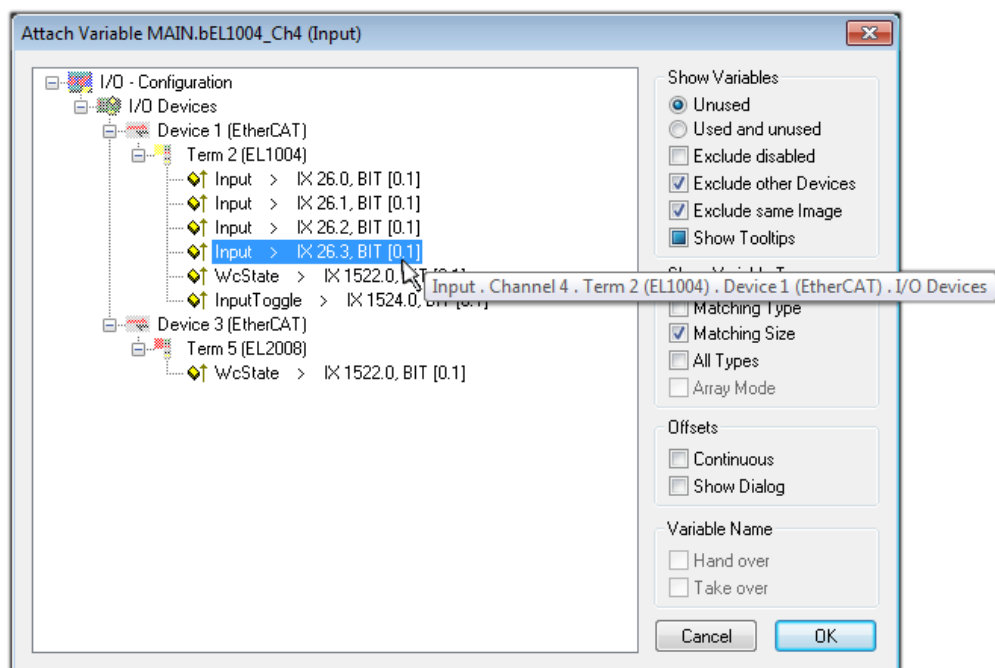
变量分配

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



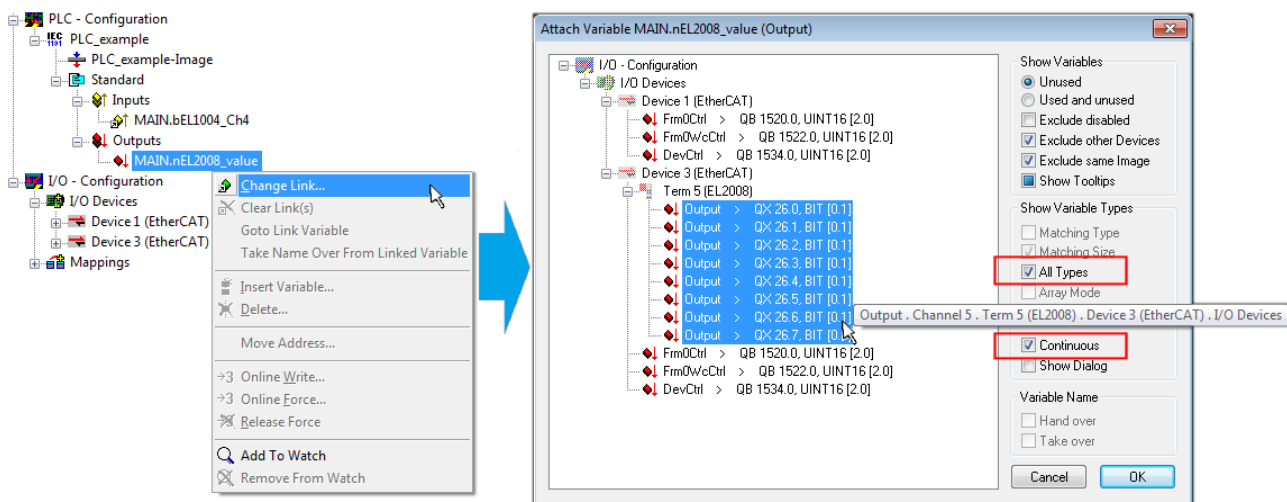
附图 111: 在 PLC 变量和过程对象之间建立链接

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



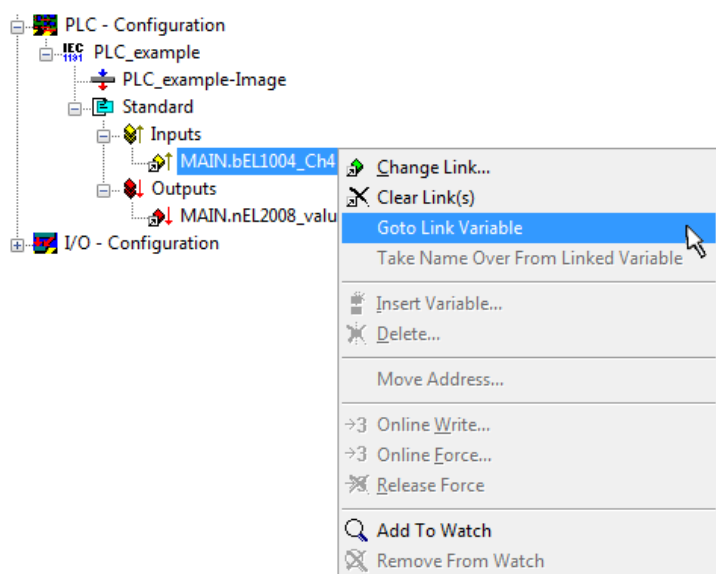
附图 112: 选择 BOOL 类型的 PDO

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



附图 113: 同时选择几个 PDO：勾选“Continuous”和“All types”

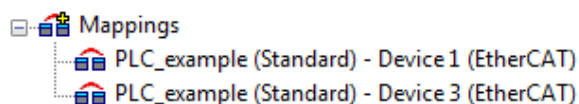
请注意，“Continuous”复选框也要勾选。这种设计旨在将变量“nEL2008_value”的字节中包含的位按顺序分配给 EL2008 端子模块的所有八个选定的输出位。这样就可以在 PLC 程序中用一个字节对应端子模块的所有 8 个输出，字节的第 0 到 7 位分别对应模块的第 1 到 8 通道。在变量的黄色或红色对象处有一个特殊符号（），表示变量已链接。也可以通过从变量的右键菜单中选择“Goto Link Variable（转到链接变量）”来检查链接。此时，链接的对方（在这种情况下是 PDO）被自动选中：



附图 114: “Goto Link Variable” 的应用，以 “MAIN.bEL1004_Ch4” 为例

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

在配置文件中可以直观地查看变量的分配结果：



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

激活配置

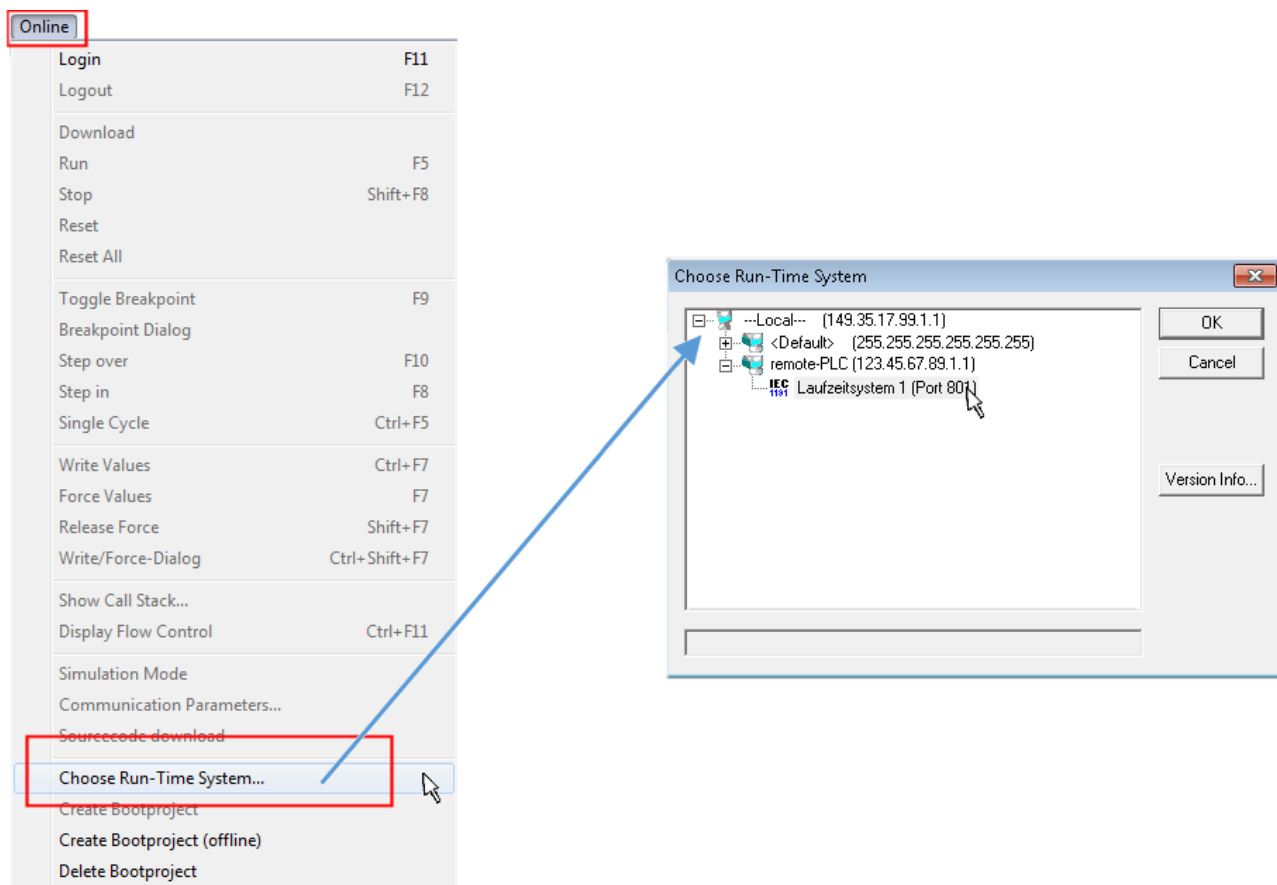
PDO 到 PLC 变量的分配过程建立了从控制器到端子模块的输入和输出的连接。下面激活该配置。首先，可以

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

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

启动控制器

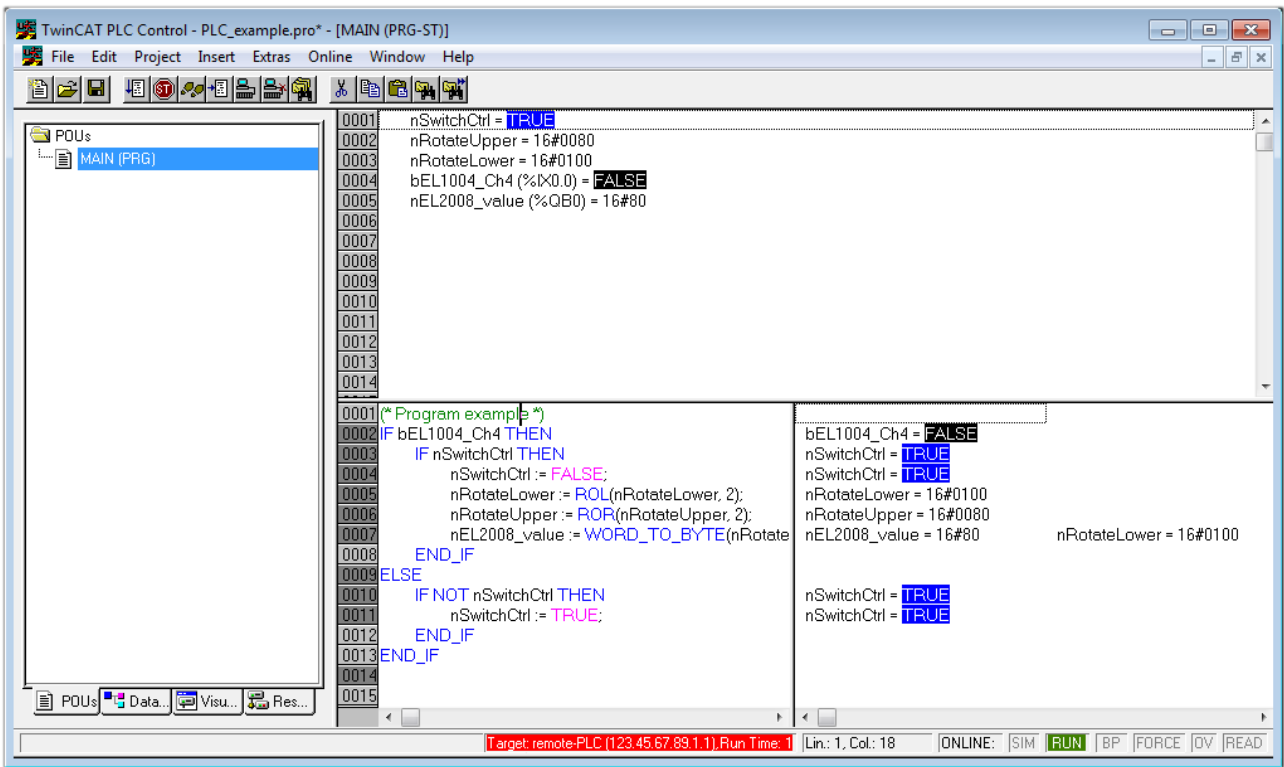
从远程系统操作控制器，必须先在 PLC Control 中通过菜单 “Online” → “Choose Runtime System...”，以便连接到 IPC/EPC：



附图 115: 选择目标系统（远程）

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

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



附图 116: PLC Control 登录，做好程序启动准备

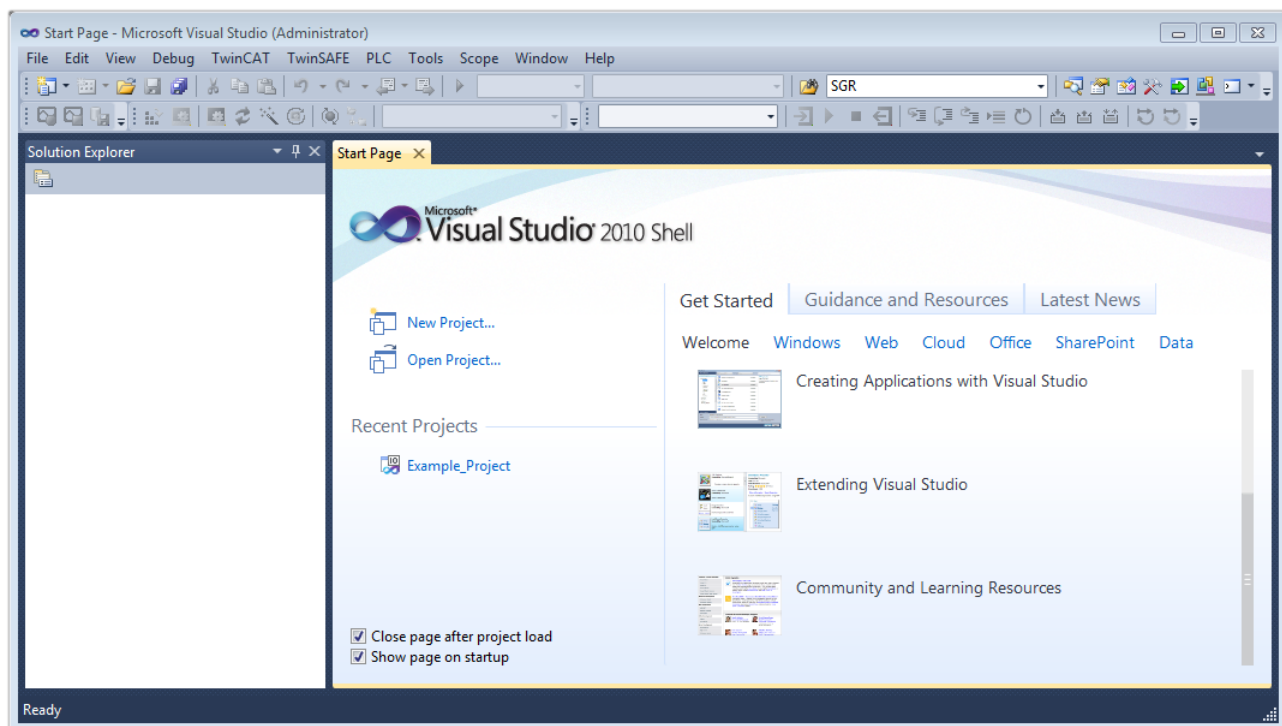
然后就可以通过“Online” → “Run”，F5 键或  启动 PLC。

6.1.2.2 TwinCAT 3

启动

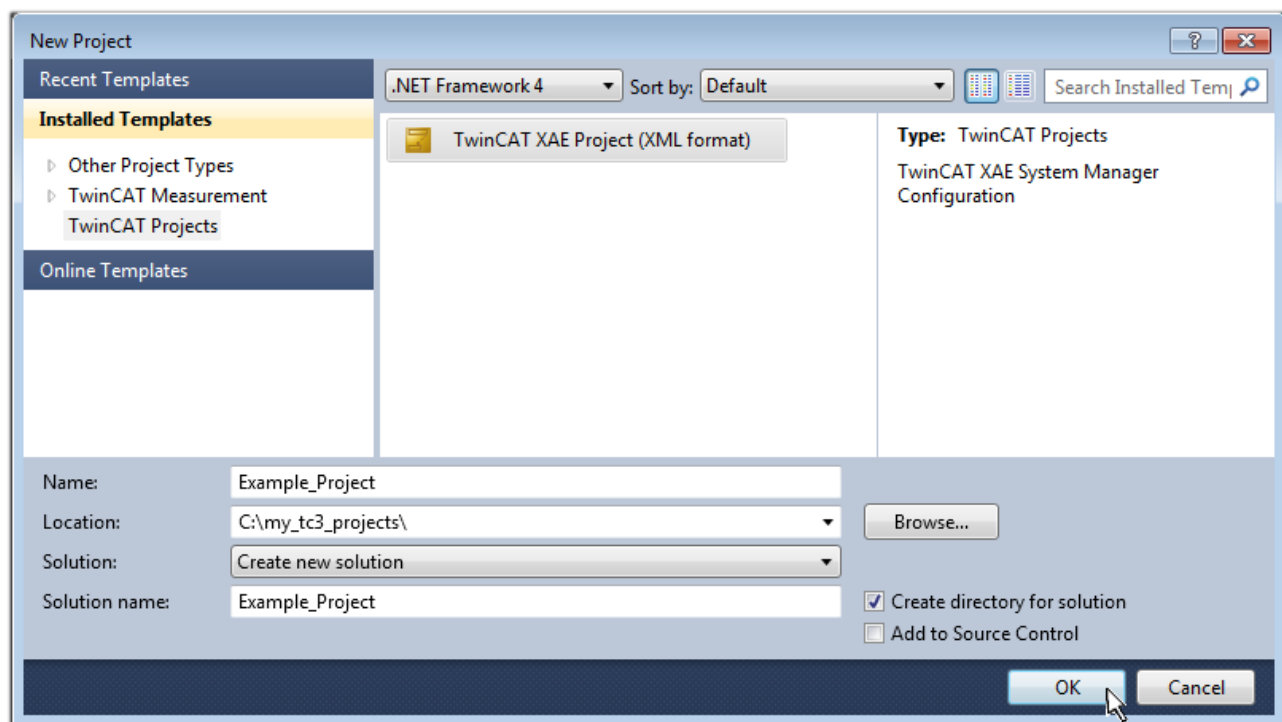
TwinCAT 3 集成于 Microsoft Visual Studio，所有功能都包含在一个开发环境中：启动后，项目文件浏览器显示在通用窗口区域的左侧（参见 TwinCAT 2 的“TwinCAT System Manager”），用于与电气组件进行通信。

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



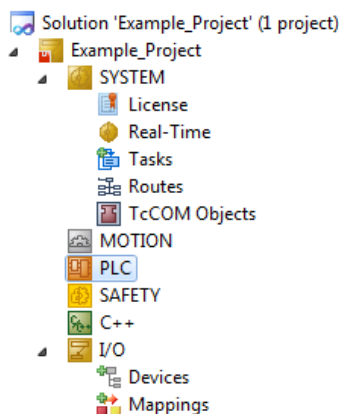
附图 117: TwinCAT 3 的初始用户界面

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



附图 118: 新建 TwinCAT 3 项目

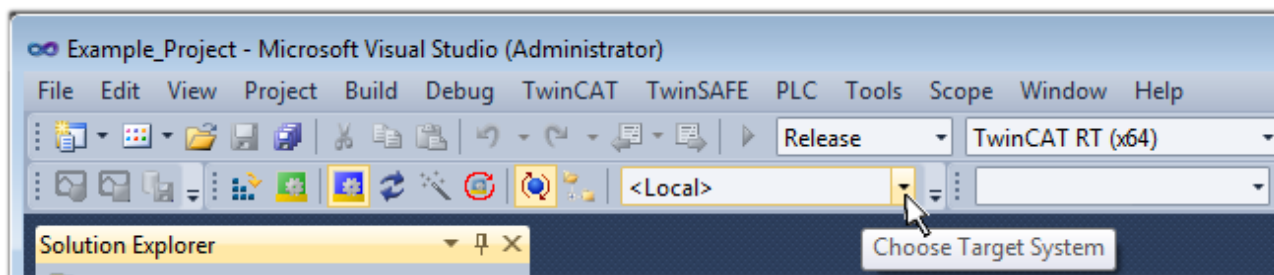
然后，在项目文件浏览器中就会显示新建的项目：



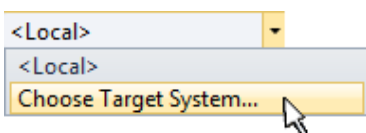
附图 119: 项目文件浏览器中的 TwinCAT 3 新建项目

一般来说, TwinCAT 可以工作在本地或远程模式。如果 TwinCAT 系统 (包括标准的用户开发界面) 安装在相应的 PLC 上 (本地), TwinCAT 就可以在本地模式下使用, 这种情况下, 可以执行下一个步骤 “[Insert Device](#) [► 121]”。

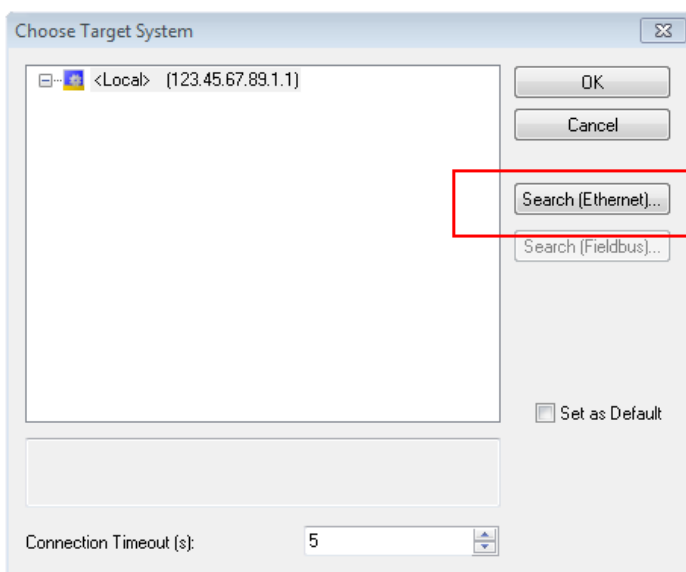
如果要从 TwinCAT 开发环境连接到另一个安装在远程 PLC 上的 TwinCAT Runtime 运行环境, 就得先识别到 Target System (目标系统)。通过菜单栏中的符号:



展开下拉菜单:



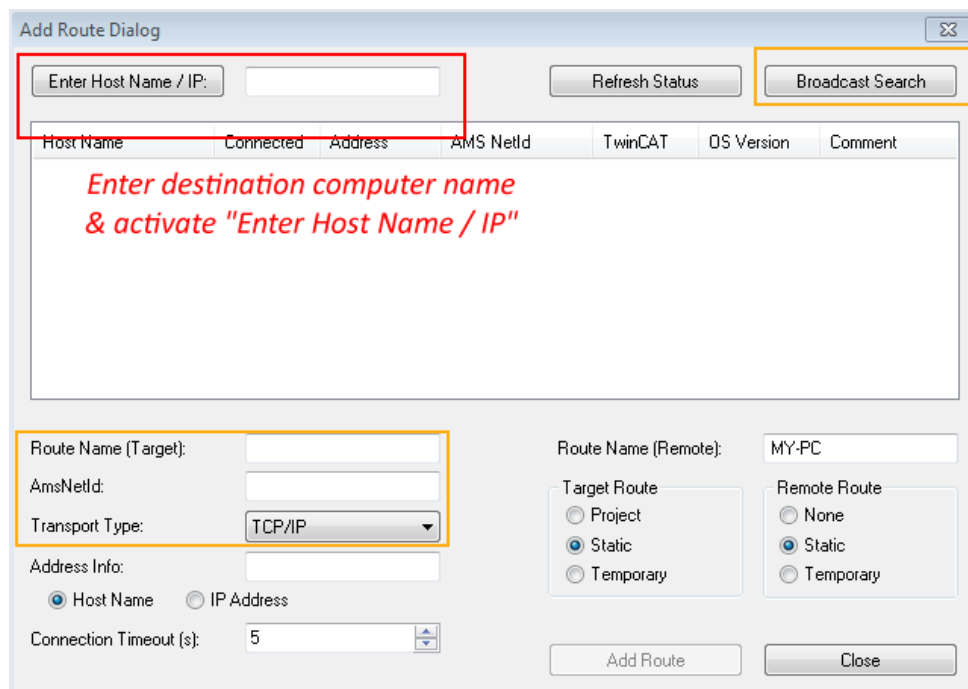
并打开以下窗口:



附图 120: 选择对话框: Choose the target system

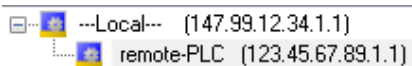
使用“Search (Ethernet)...”进入目标系统。弹出下一个对话框，在此可以选择：

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



附图 121: 指定通过 TwinCAT System Manager 访问的 PLC：选择目标系统

进入目标系统后，按以下方式进行选择（可能需要输入正确密码）：



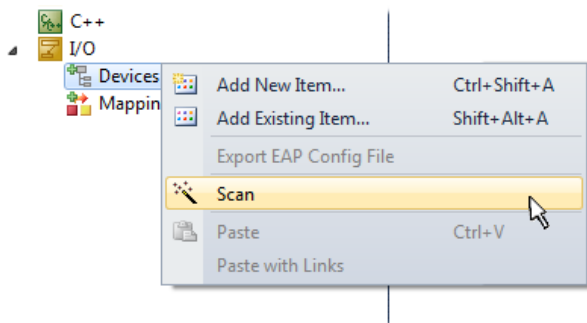
点击“OK”按钮确认，就可以通过 Visual Studio shell 访问目标系统。

添加设备

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

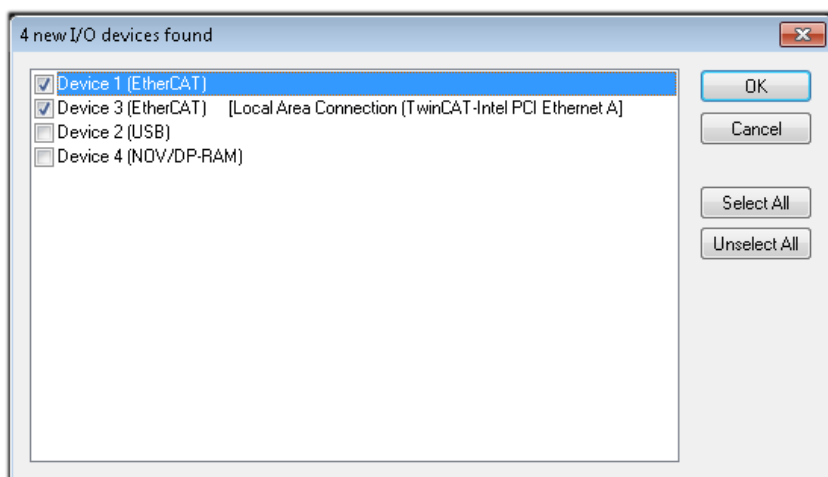
打开右键菜单，选择“Scan”或通过菜单栏中的  开始操作。首先，TwinCAT System Manager 可能需

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



附图 122: 选择“Scan(扫描)”

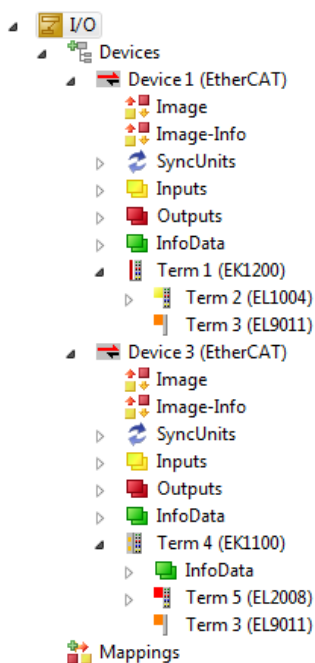
确认接下来的警告信息，并在对话框中选择“EtherCAT”设备：



附图 123: 自动检测 I/O 设备：选择要集成的设备

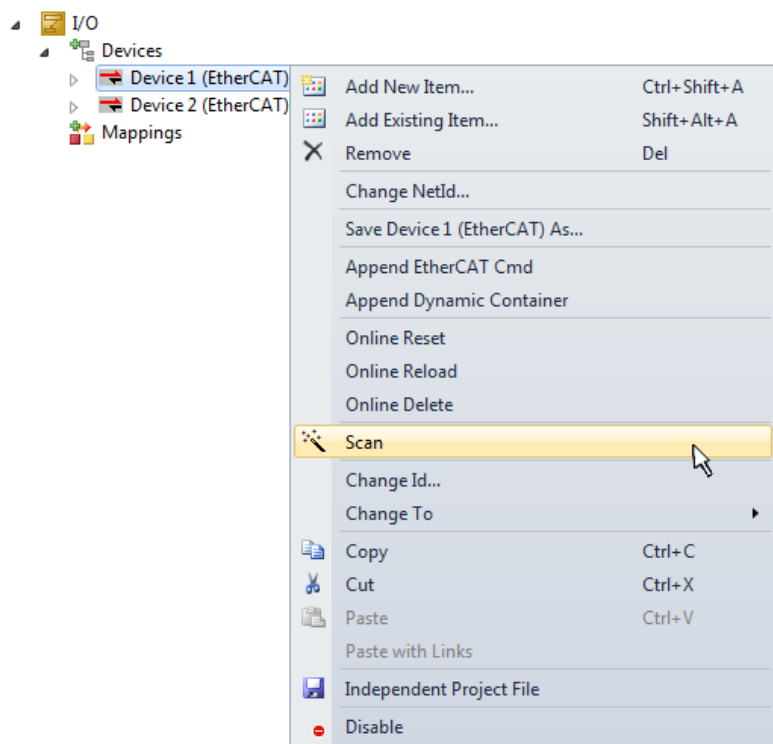
确认“Find new boxes”信息，以确定连接到设备的端子模块。“Free Run”自由运行功能允许在“Config Mode”配置模式下操作输入和输出值，这个功能也需要确认才能启用。

根据本节开头描述的示例配置 [► 106]，结果如下：



附图 124: 在集成于 VS shell 的TwinCAT 3 环境中配置映射

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



附图 125: 读取连接到 Device 的各个端子模块

这可功能可以用于快速发现实际配置的变动。

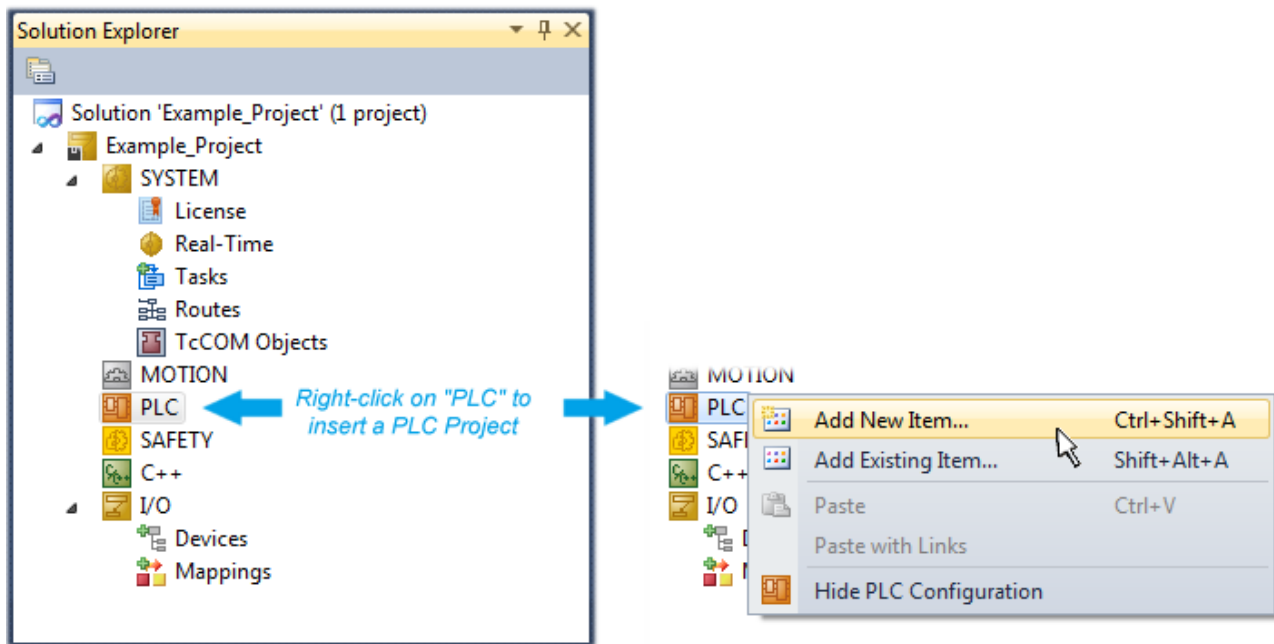
对 PLC 进行编程

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

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

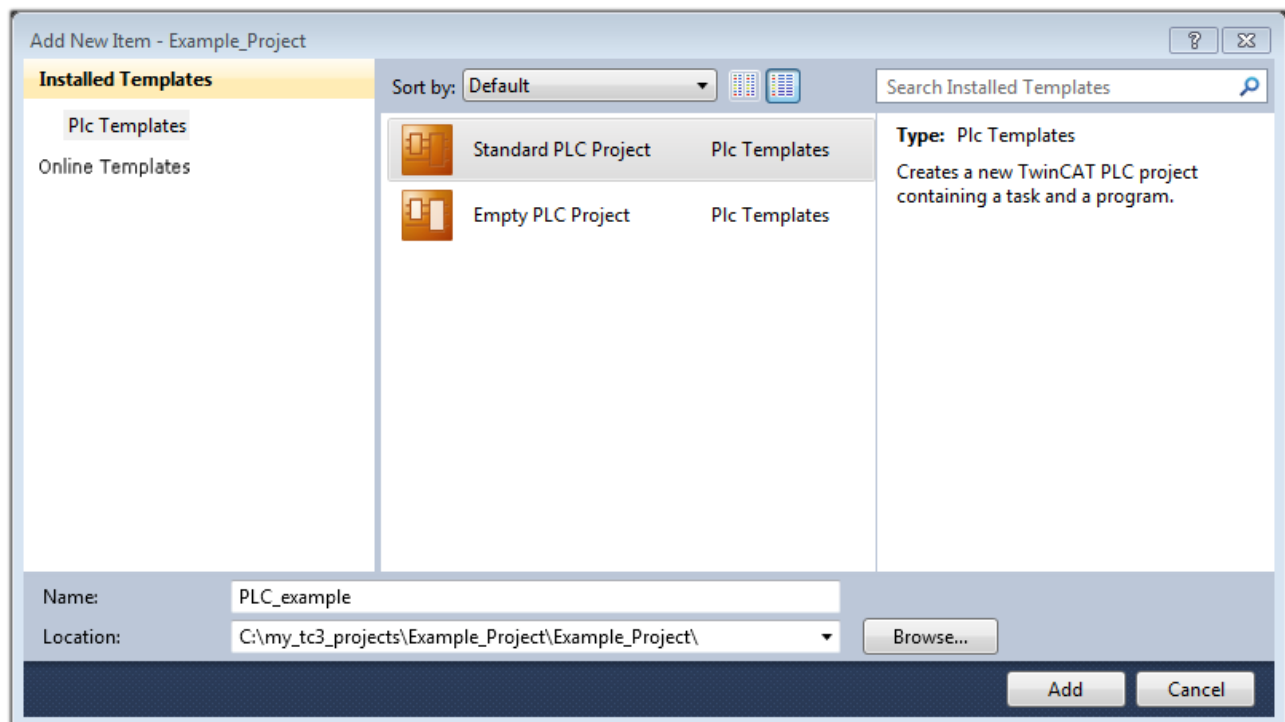
下面的内容只用到结构化文本 (ST) 。

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



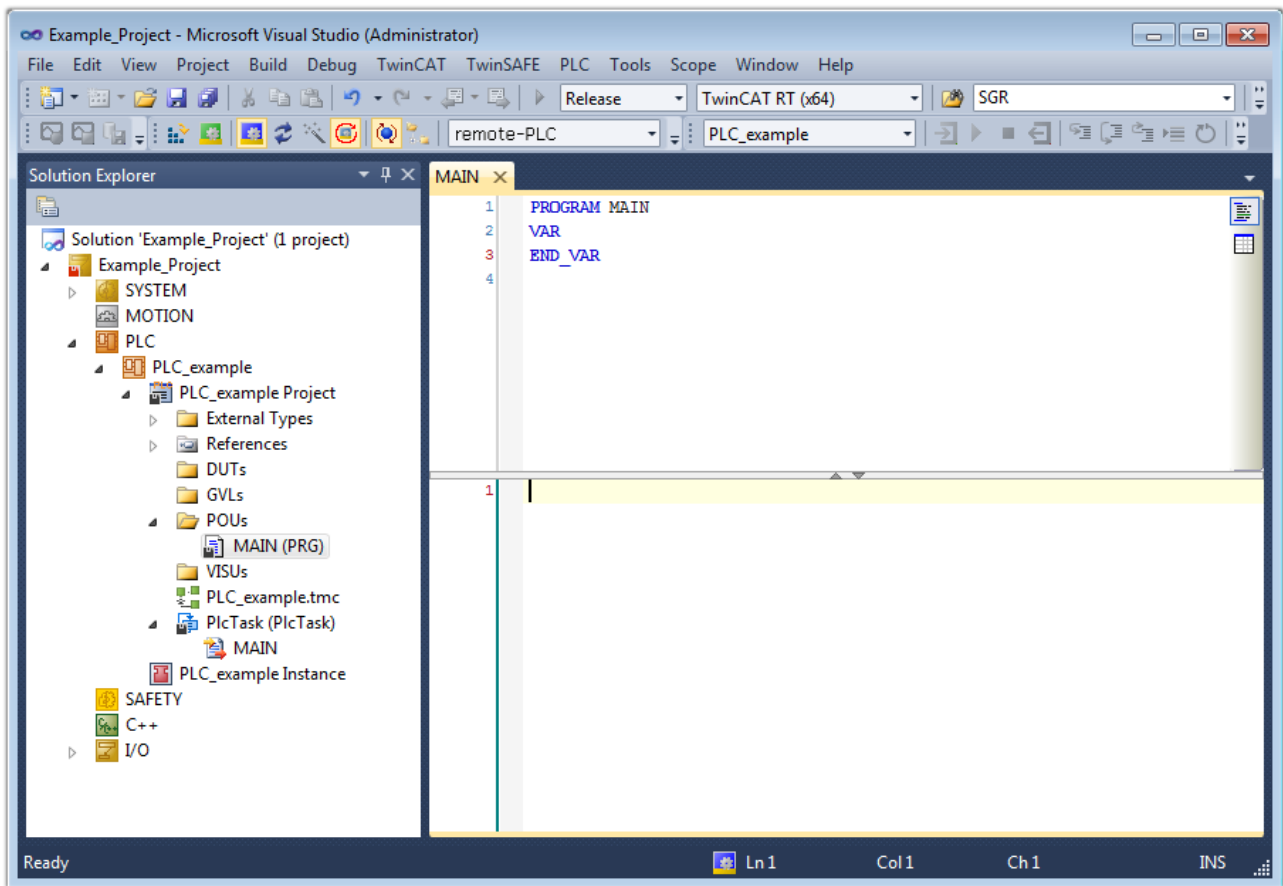
附图 126: 在节点“PLC”下添加编程环境

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



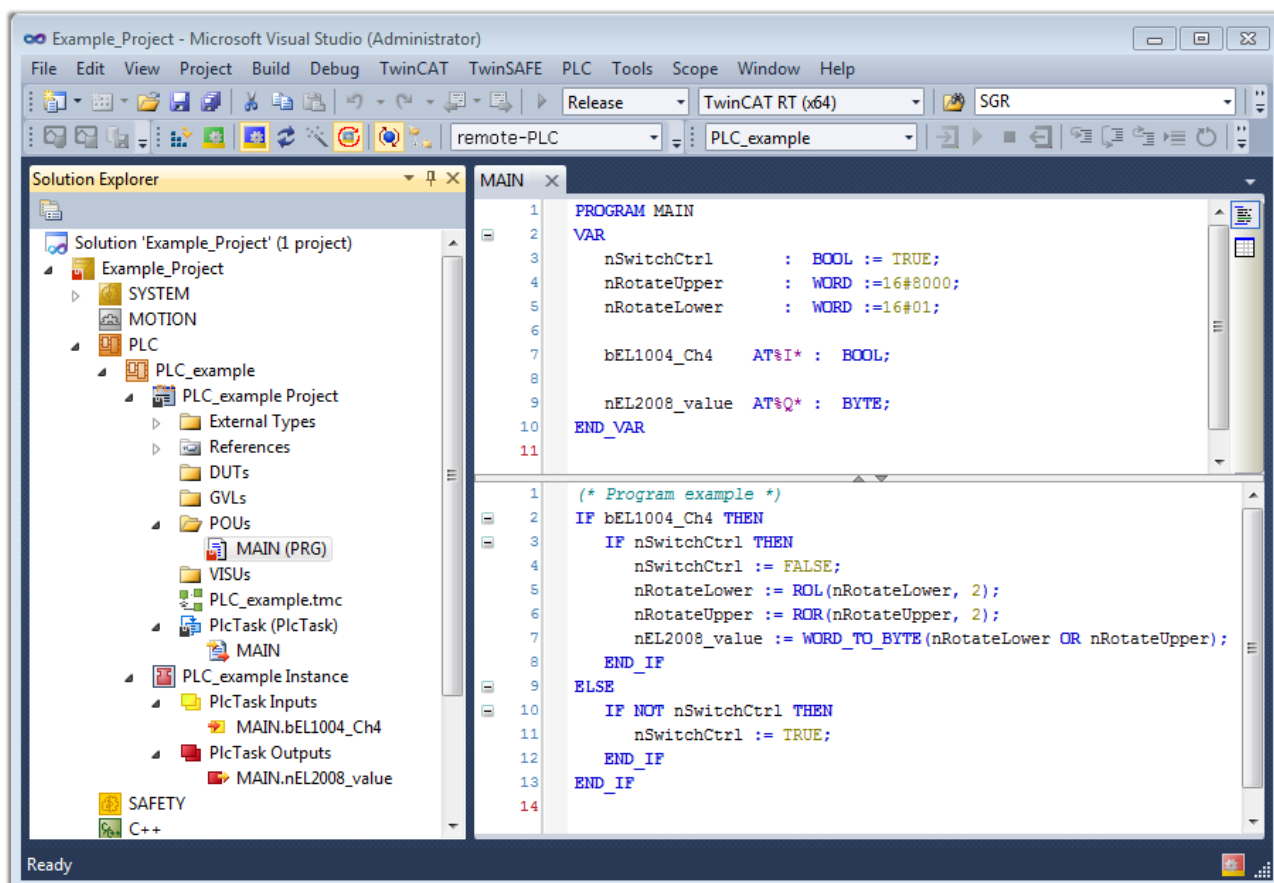
附图 127: 为 PLC 编程环境指定名称和目录

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



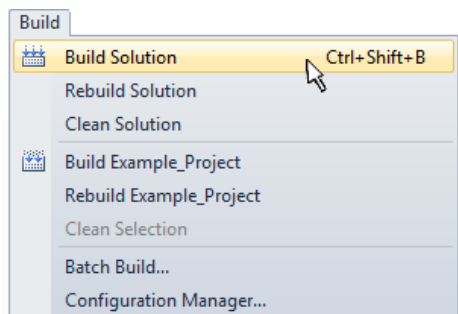
附图 128: 标准 PLC 项目的初始程序 “Main”

现在，已经为下一阶段的工作创建了示例变量和示例程序。



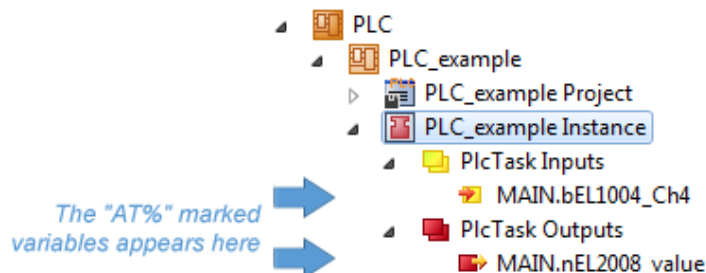
附图 129: 示例程序编译后，包含未分配地址的变量

现在，控制程序被创建为一个项目文件夹，接下来是编译过程：



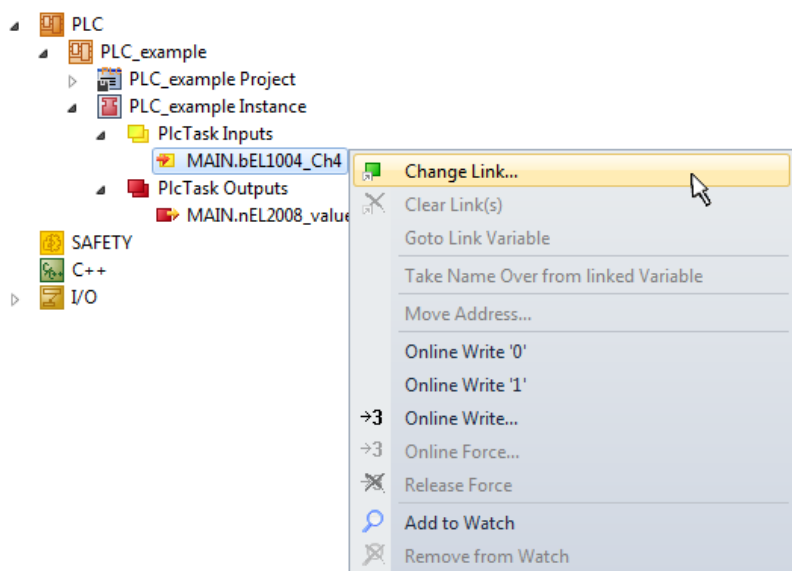
附图 130: 开始编译程序

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



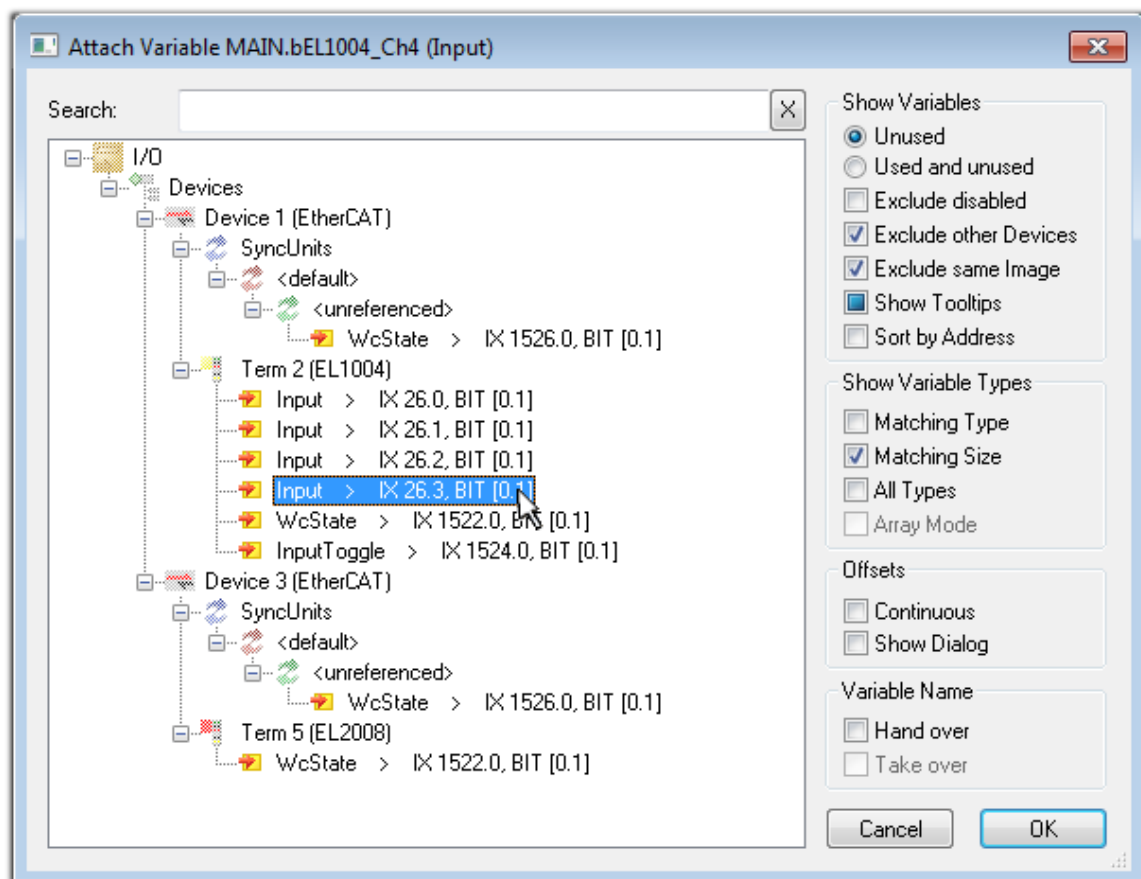
变量分配

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



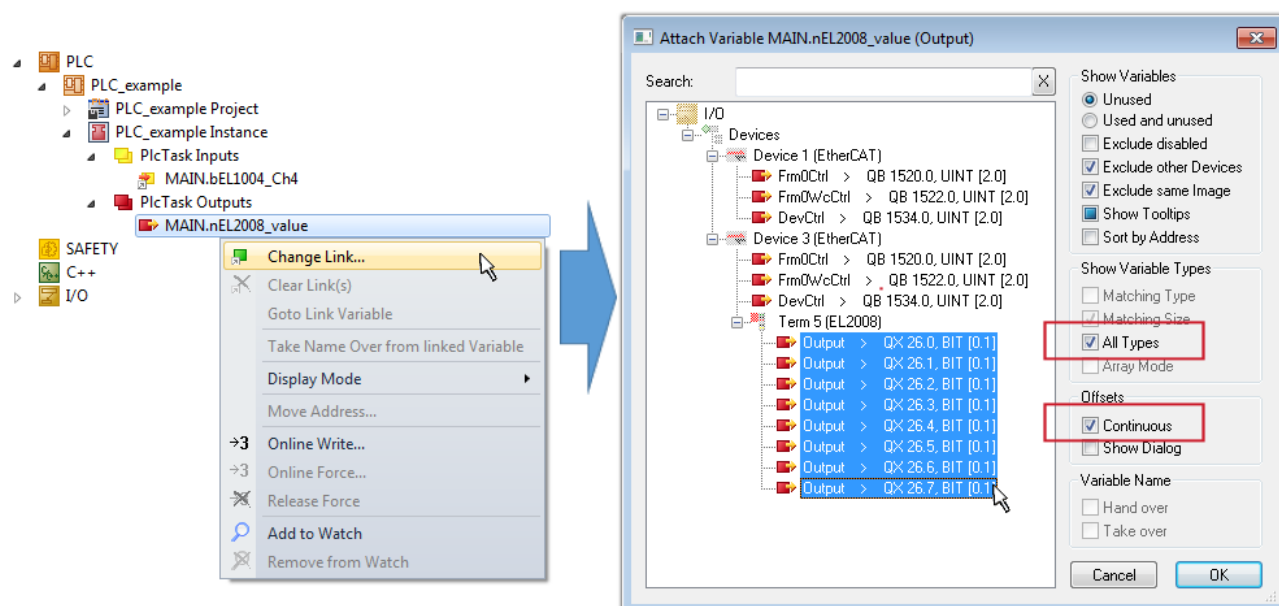
附图 131: 在 PLC 变量和过程对象之间建立链接

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



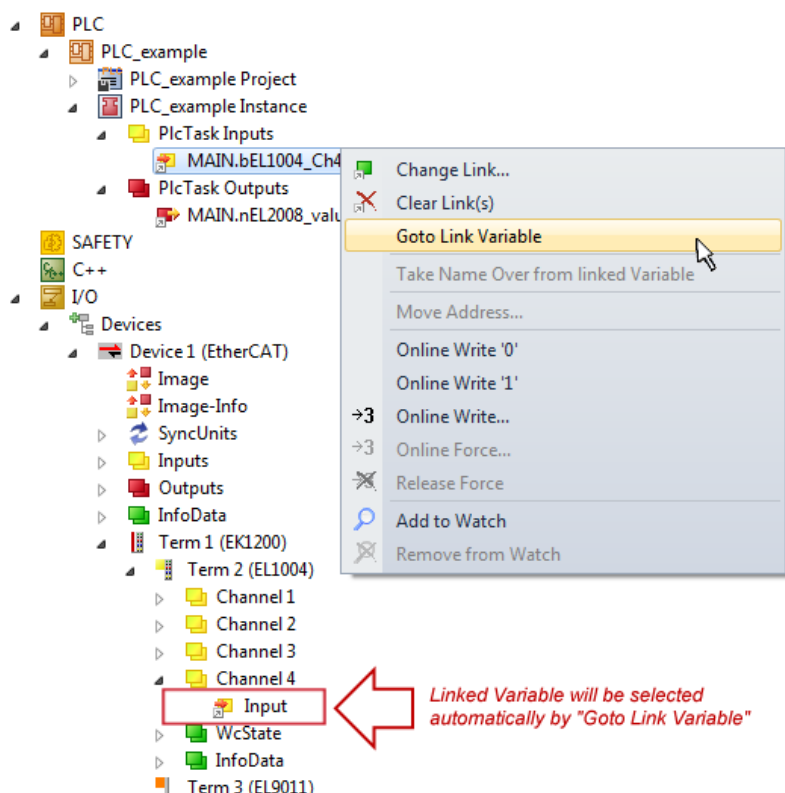
附图 132: 选择 BOOL 类型的 PDO

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



附图 133: 同时选择几个 PDO: 勾选 “Continuous” 和 “All types”

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



附图 134: “Goto Link Variable” 的应用, 以 “MAIN.bEL1004_Ch4” 为例

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

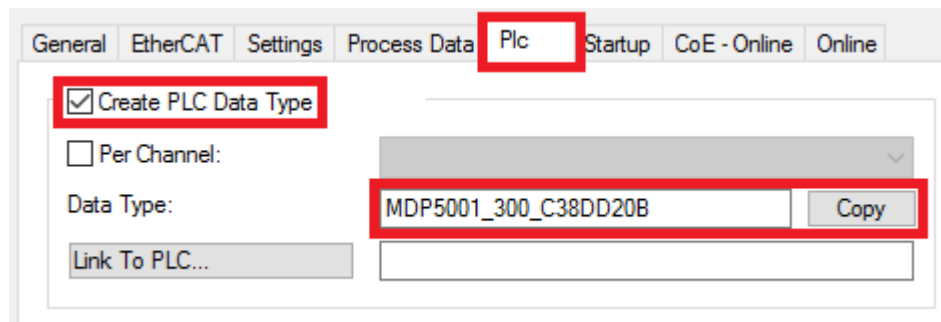
i 关于变量分配类型的说明

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

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

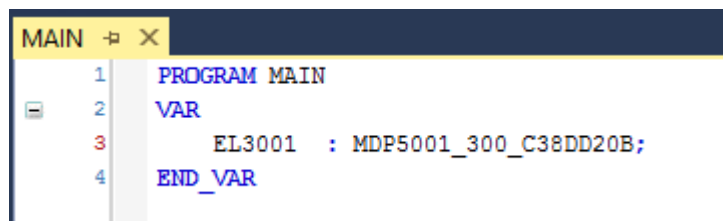
下面以 EL3001 单通道模拟量输入端子模块 -10...+10 V 为例，说明其操作步骤：

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



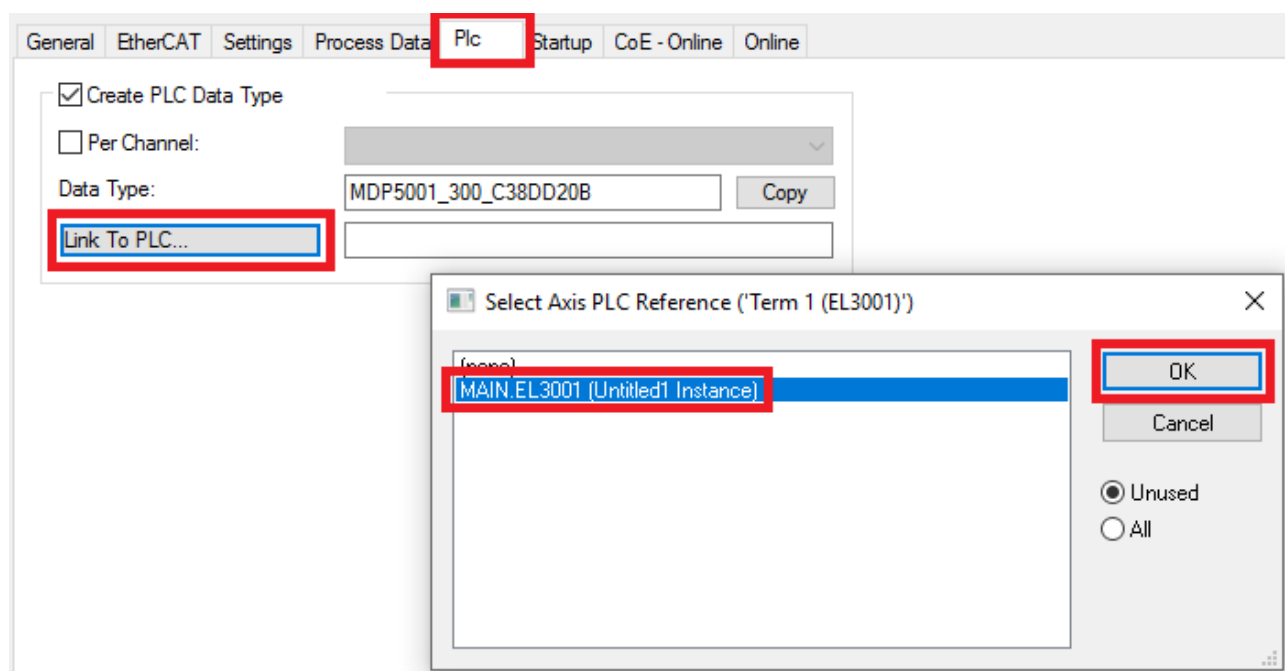
附图 135: 创建一个 PLC 数据类型

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



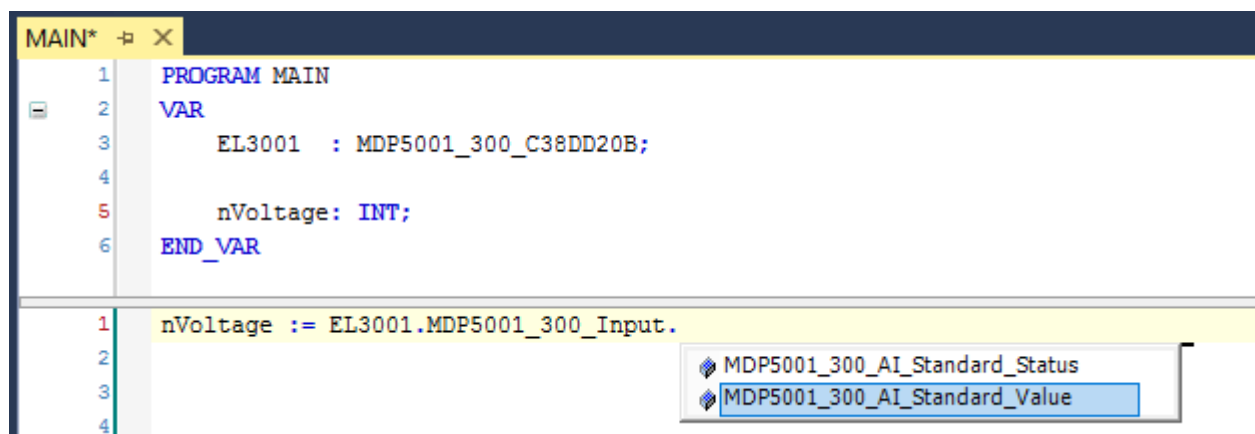
附图 136: 结构体的实例

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



附图 137: 结构体的链接

7. 这样就可以在 PLC 的程序代码中通过结构体读取或写入过程数据。



附图 138: 从过程数据的结构体中读取一个变量

激活配置

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

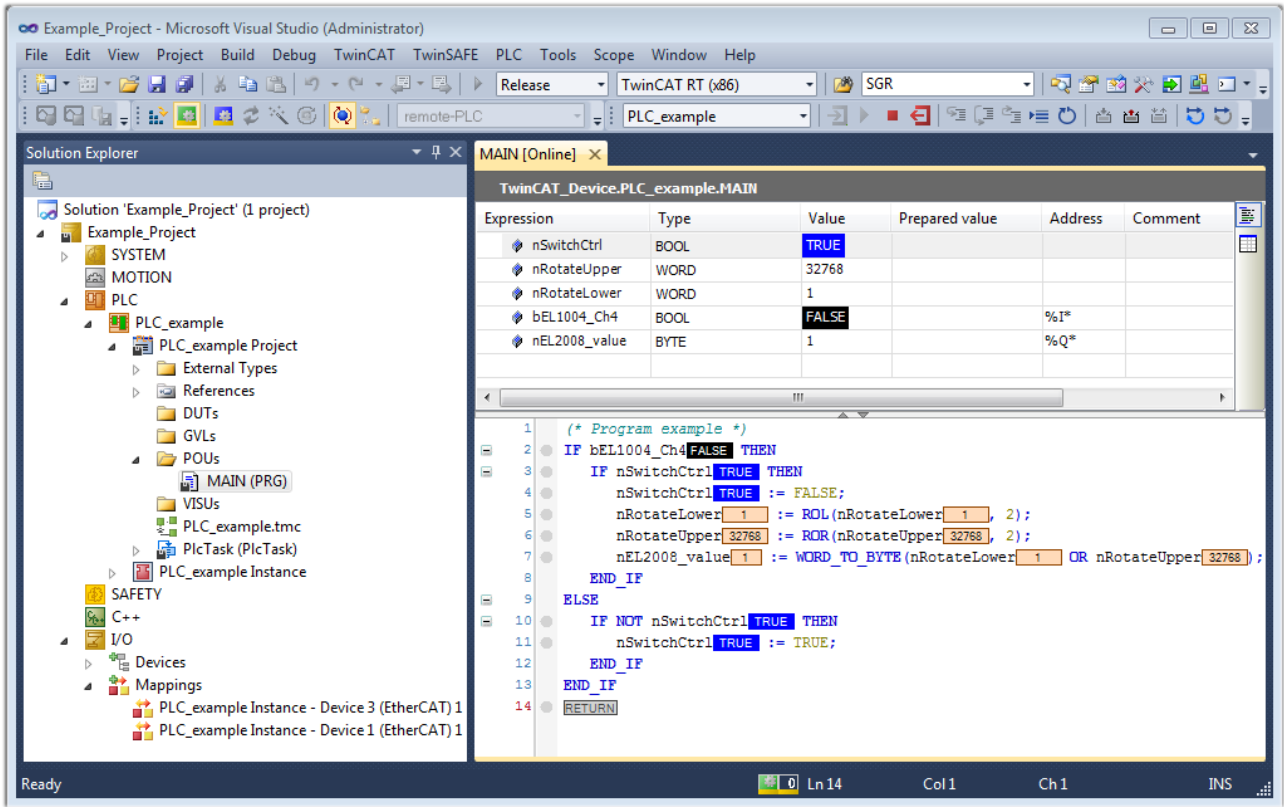
- Mappings
 - PLC_example Instance - Device 3 (EtherCAT) 1
 - PLC_example Instance - Device 1 (EtherCAT) 1

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

启动控制器

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

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



附图 139: TwinCAT 3 开发环境（VS shell）：Login 后，程序已运行

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

6.2 快速入门

6.2.1 调试说明

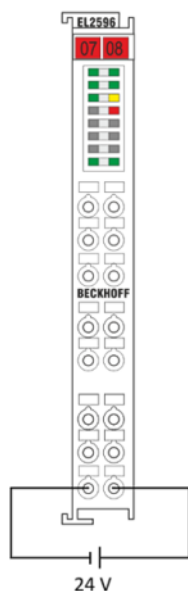
调试前请注意以下事项：

注意

FW02/修订版本 0017 及以上的应用

本文档仅适用于固件 02 修订版本 -0017 及以上的 EL2596。对于所有旧版软件修订版本，必须执行固件更新 EL/ES/ELM/EM/EPxxxx，并更新 TwinCAT 中的 ESI 文件。

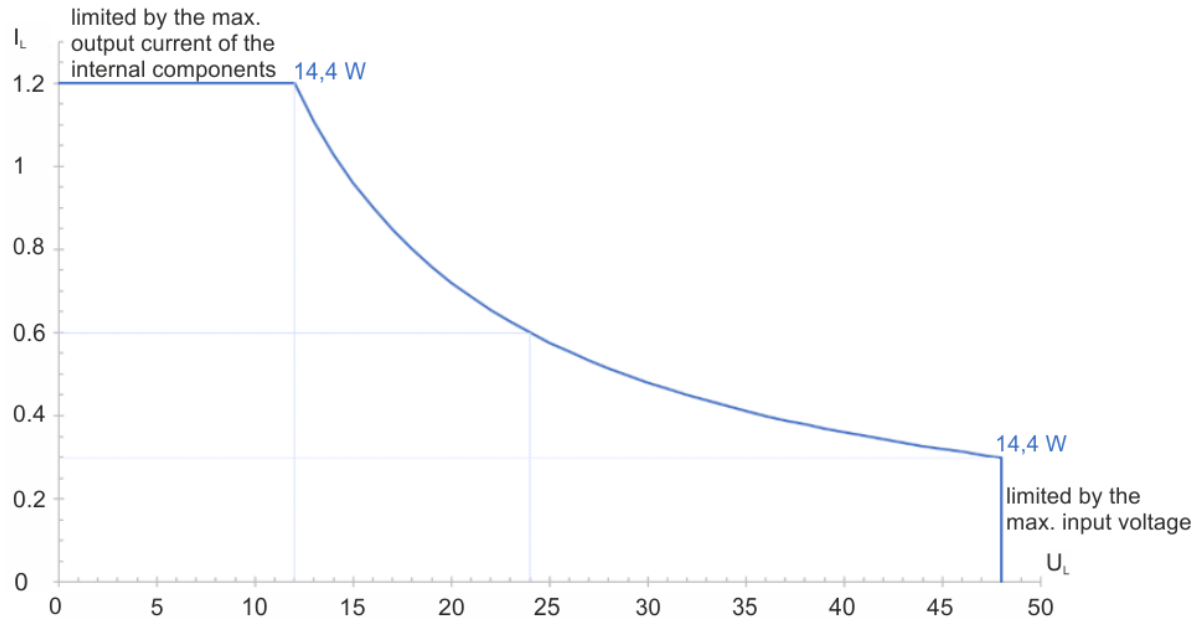
- 固件更新 [► 255] 后，**务必**重置默认参数。为此，必须在 CoE 对象 0x1011:01 [► 229] 中输入密码 0x64616F6C。
- 如果将 EL2596-xxxx 用作电源，则在设置 LED 电流时，不会检查所连接的 LED 是否适合所设置的电流。
- 负载务必以二线连接方式无源连接至 EL2596-xxxx。由于内部电流测量的原因，不得与输入电压连接。
- 多通道 LED 的操作
 - 如果要使用单通道 EL2596-xxxx 操作多通道/多色 LED，则需要使用相应数量的 EL2596-xxxx
 - 如 多色共阳极 LED 的工作原理 [► 197] 所述，可在带串联电阻的共阳极电路中运行，即电压运行模式，也可在不带串联电阻的电流控制模式中通过外部电源运行
 - 不支持共阴极电路驱动。
- 若需要对 LED 光源进行高精度控制，建议尽量缩短线缆长度。
- 务必通过连接触点 6、7 或 8 以及 14、15 或 16 为 EL2596-xxxx 供电。
触点 6、7 和 8 以及 14、15 和 16 各为内部互连。
端子模块**不**通过模块左侧的电源触点供电。



附图 140: 电源

- 只能将稳压电源装置用作电源。
- 对于带有电压峰值的电源，建议使用 EL9570。可通过无源缓冲电容端子模块对 24 V 电源进行滤波稳压。
- 工作范围受以下 3 个参数的限制：
 - 最大连续输出电流，受内部组件的限制
 - 端子模块的最大输出电压

- 最大输出功率为 14.4 W，与内部功耗相关。可通过 CoE 对象 [0xF900:13](#) [► 227] 查看以 mW 为单位的内部功耗。

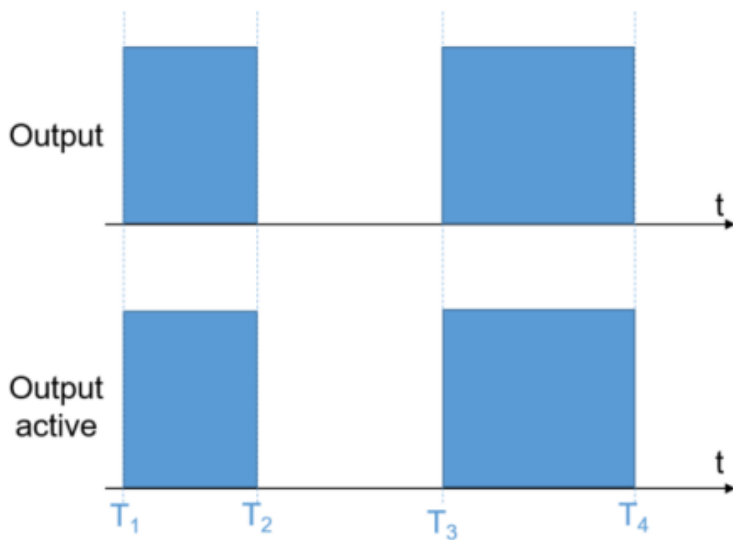


附图 141: EL2596 在电流控制和电压控制模式下的工作范围

- 源于 LED 的非线性特性和电路的电流控制能力，如果在脉冲模式下运行的电流超过 LED 的额定电流，则 CoE 参数 [0x8000:04](#) [► 223] 中的输出电压必须达到更高的规格。
- 在 PDO 中，所有时间（脉冲长度、延迟时间等）都以 1 μ s 为单位进行设置。这些时间在 CoE 参数中以 0.1 μ s 为单位进行设置。使用 CoE 参数 [0x8002:31](#) [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”，可将 PDO 中的时间分辨率降至 100 ns (0.1 μ s)。
- 如果使用“信息数据”选择预定义的 PDO，则可以映射 EL2596 的内部数据以监控数值。可在 CoE 参数 [0x8002:11](#) [► 224] 和 [0x8002:19](#) [► 224] 中选择要显示的变量。
- 为了能够操作 LED，“激活就绪”位必须处于激活状态。只有在没有错误或警告的情况下，才会出现这种情况。（请参见[诊断](#) [► 210]）
- 尤其是在脉冲模式下，可能会产生漏电流，导致相连 LED 发光。为避免这种发光现象，如果 LED 输出应处于非激活状态，则必须禁用“启用”位。
- 脉冲模式下不支持断线检测功能。
- 外部通风
 - [ZB8610](#) 风扇盒可安装在端子模块下方。可将内部温度降低约 20 °C。端子模块的内部温度可通过 CoE [0xF900](#) 或 PDO InfoData 查看。在没有风扇模块的情况下，通常比环境温度高出约 30 °C。
 - EL2596：对于功率要求较高的苛刻应用，在端子模块下方安装风扇盒来协助冷却可能很有用。
 - EL2596-0010：要运行 48 V 型号 EL2596-0010，必须使用 [ZB8610](#) 风扇盒，以确保端子模块不会超过允许的最高内部温度。
- 由于 EL2596-xxxx 内部电路的原因，不得为增加通过一个或多个 LED 的电流而将多个 EL2596-xxxx 并联连接。

常亮模式下的时间特性

常亮模式下的时间特性如下图所示。

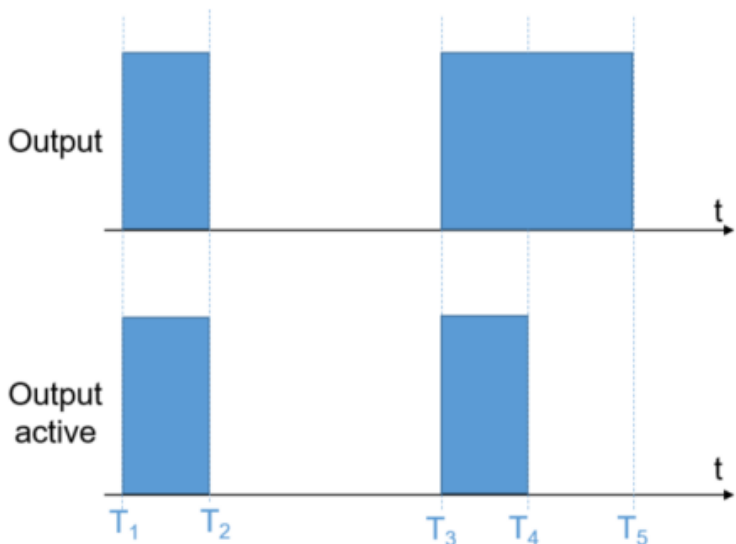


附图 142: 时序 – 常亮

- T₁ 和 T₃: 开启时间
- T₂ 和 T₄: 关闭时间
- 在常亮条件下, 信号为 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output is switched directly through to the driver stage (输出端直接切换至驱动级)”。
- 状态通过 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” → “**Output active (输出激活)**” 作为反馈返回。

脉冲模式下的时间特性

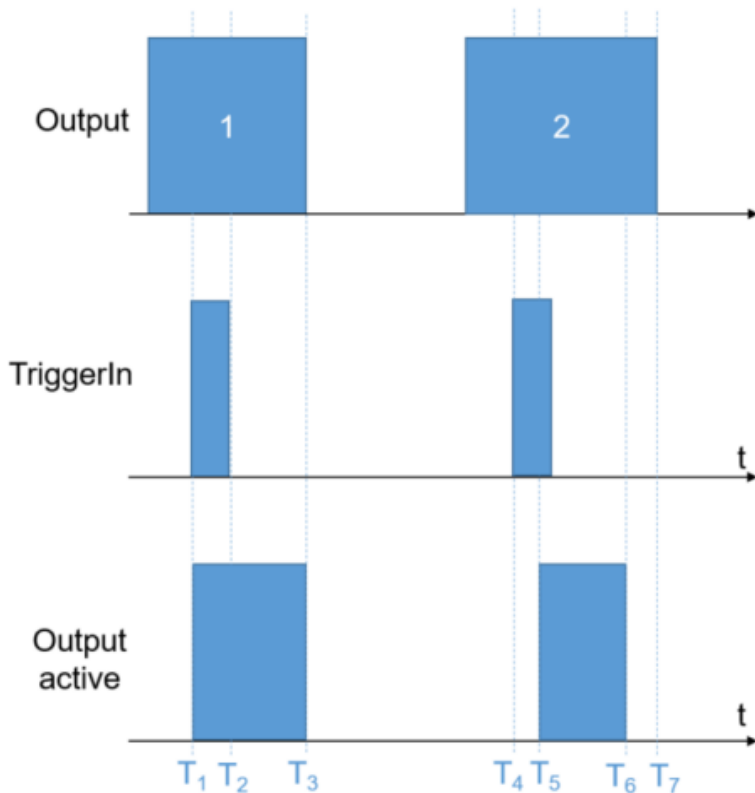
脉冲模式下的时间特性如下图所示。



附图 143: 时序 – 脉冲

- T₁ 和 T₃: 开启时间
- T₂ 和 T₅: 输出位的关断时间
- T₄: LED 的关断时间
- 当输出位设置为 TRUE 时, LED 输出便会开启。
- 如果输出位在指定脉冲时长结束前设置为 FALSE, LED 也会关断
- 如果输出位为 TRUE 的时间比规定的脉冲时长要长, 那么 LED 会在时间 (T₄-T₃) 结束后关断。此后 T₅ 不再对输出产生任何影响。

外部触发信号在脉冲模式下的时间特性如下图所示。触发输入产生脉冲输出的两种不同情况如图所示。



附图 144: 时序 – 外部触发

要设置 LED 输出，除**输出位**之外，还必须激活**输入触发使能**，以启用触发功能。

案例 1 – 没有延迟时间：

- **输出和输入触发使能**已在 T_1 处启用，并已检测到外部触发事件。
- 由于未设置输出延迟时间，因此会即刻设置**输出激活**。
- 在指定脉冲时长 $T_3 - T_1$ 过后，或者在**输出位**设置为 FALSE 时，LED 输出也会重置。

案例 2 – 有延迟时间：

- **输出和输入触发使能**已在 T_4 处启用，并已检测到外部触发事件。
- 在指定延迟时间结束后，在指定脉冲时长 $T_6 - T_5$ 设置**输出激活**。
- 由于输出时间已过，因此在 T_7 时刻重置**输出**对输出没有影响。

6.2.2 调试

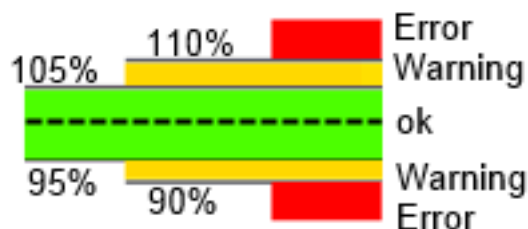
连接端子模块

按照题为 [安装 \[► 54\]](#) 的章节所述安装端子模块。

调整端子模块

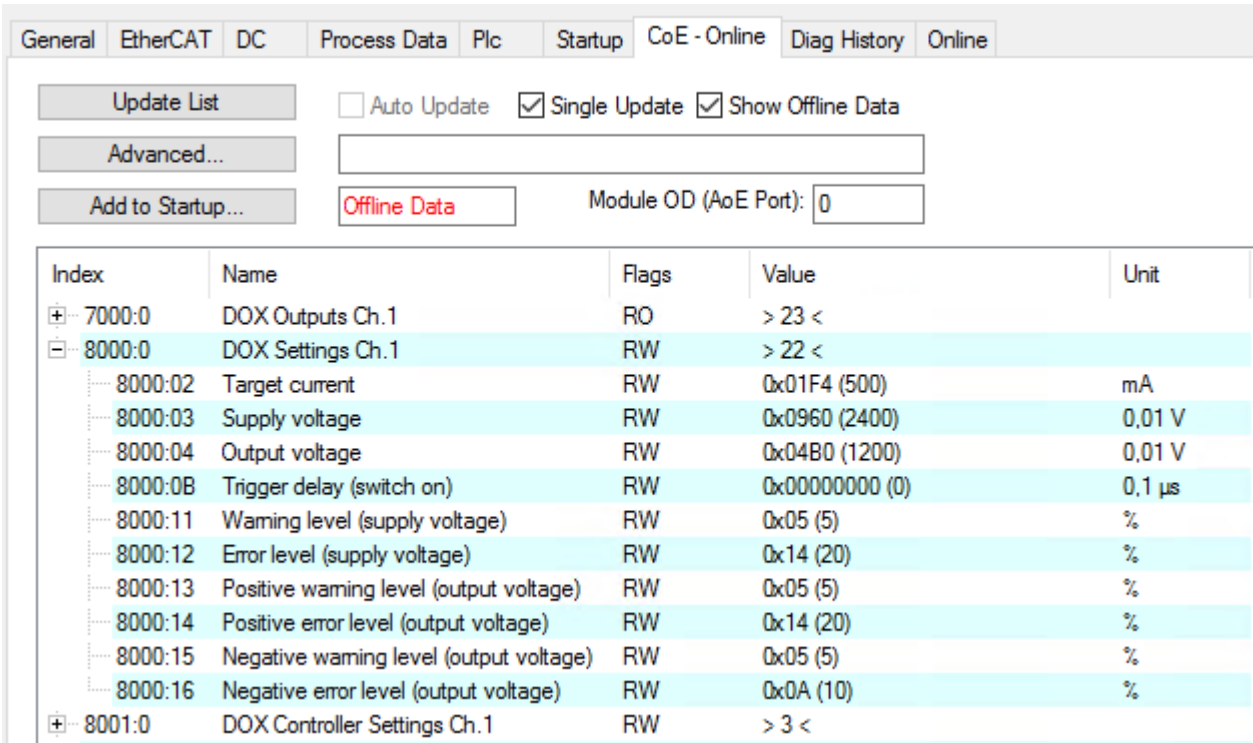
本文档适用于固件 02 修订版本 0017。

注：输入电压和输出电压受到监控，限值可在 CoE 中设置。示例如下所示：



附图 145: 警告阈值的表示法

1. 在 TwinCAT 中安装当前 ESI (XML 文件) EL2596-00x0-xxxx (默认路径通常为: C:\TwinCAT\3.1\Config\IO\EtherCAT\)
如有必要, 请从 [倍福网站](#) 下载最新的 ESI。
2. 如果端子模块已用于执行测试或已执行固件更新, 请在 CoE 中执行“恢复默认参数”: 在 CoE 参数 0x1011:01 中输入“0x64616F6C”
3. 在端子模块中输入电源的关键数据
在 0x8000:03 [► 223] 中输入电源电压“电源电压”
在 0x8000:11/12 [► 223] 中输入警告和故障级别 (仅限下限值)
4. 确定目标 LED 的关键数据:
 - LED 在常亮模式下的额定电流或过驱动模式下允许的最大限制电流 [mA]。在 CoE 参数 0x8000:02 [► 223] “目标电流”中输入该值
 - 该 [V] 所需正向电压
原因: 电流控制器自行控制正向电压, 以达到/维持所需负载电流。
自热效应等因此得到补偿。然而, 为了使负载电流在接通后的最初几毫秒内尽可能精确, 控制器需要知晓其工作时所需的大致正向电压。亦可由端子模块自动确定具有指定正向电流的 LED 的正向电压或特性曲线 (见 [自动判定输出电压并显示特性曲线 \[► 173\]](#))
在 0x8000:04 [► 223] “输出电压”中输入正向电压
在 0x8000:13/16 [► 223] 中输入警告和错误级别



附图 146: 在 CoE 目录中设置电流和电压值

5. 各种运行模式的具体设置可参阅 [设置运行模式 \[► 138\]](#) 章节。
6. 更多有用的 CoE 设置
- 实时诊断要传输的信息可在 [0x8002:11 \[► 224\]](#) 和 [0x8002:19 \[► 224\]](#) 中设置。
 - 通过 CoE 进行诊断 [\[► 210\]](#)
 - 为了安全起见，也可将这些 CoE 数据输入到 Startup List 中。如果后续更换 EL2596，则在线 CoE 数据将不再可用。然后，System Manager 会将数据写入新的端子模块。

补充说明

有关全部调试说明，请参见 [调试说明 \[► 132\]](#)。

6.3 设置运行模式

对于 FW04 及以上版本，EL2596-xxxxx 提供了 8 种用于控制 LED 的模式。必须在 CoE 参数 0x8004:01 [► 225] “LED 运行模式”中选择运行模式。

1. 电流控制

- LED 输出端的电流是连续控制的。因此，该模式可实现无频闪照明。然而，与脉冲模式相比，这种运行模式响应迟缓，因此不适用于短脉冲。为了降低亮度，必须减少输出电流。

2. 电流控制时间戳脉冲

- 该运行模式可通过分布式时钟驱动 LED。脉冲峰值电流、脉冲持续时间和脉冲启动时间由过程数据定义。脉冲时间通过分布式时钟指定。可产生 25 μ s 至 10 μ s 的脉冲。

3. 电流控制触发脉冲

- 脉冲峰值电流和脉冲持续时间由过程数据定义。脉冲可通过向触发输入 “TrigIn” 施加上升沿或下降沿来触发。可以将输出信号延迟指定时间。可产生 25 μ s 至 10 μ s 的脉冲。对于 FW04 及以上版本，还可配置与触发输入同步的输出，这样只要触发输入端有信号，LED 输出就会激活。

4. 电流控制 PLC 脉冲

- 脉冲峰值电流和脉冲持续时间由过程数据定义。脉冲由 PLC 中的 1 个位触发。可产生 25 μ s 至 10 μ s 的脉冲。

5. 电流控制 PWM

- 该运行模式提供恒流运行，支持 PWM。LED 的亮度可通过 PWM 频率和 PWM 持续时间以及输出电流的振幅来控制。如果设定的输出电流与 LED 的额定电流一致，则可以通过占空比非常精确地指定亮度，从而获得真实的色彩。另外，也可以通过降低设定输出电流来降低亮度。

6. 电压控制

- 输出端电压保持恒定。

7. 电压控制 PWM

- 该运行模式提供恒压运行，支持 PWM。LED 的亮度可通过 PWM 频率和 PWM 持续时间以及电压幅值来控制。

8. Current Sink PWM 灌电流 PWM（适用于 FW04 及以上版本）

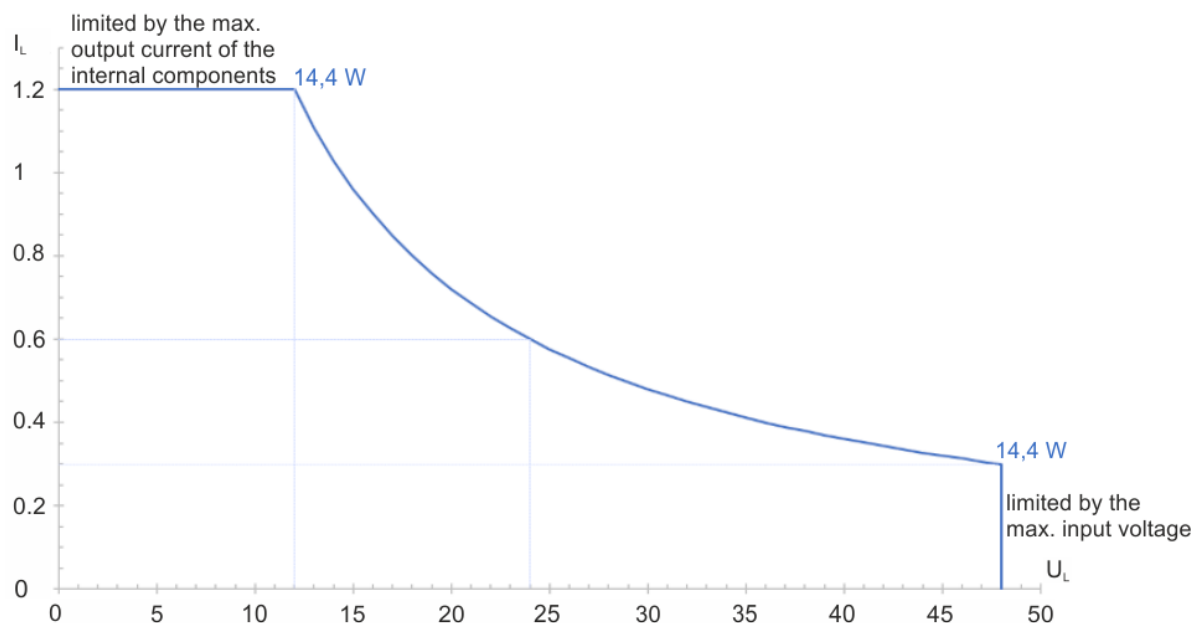
- 在这种模式下，可使用外部电源运行 LED。例如，在控制多色共阳极 LED 时便可使用这种方法。电源可由其他 EL2596 或外部电源模块提供。

每种运行模式的具体设置如下。

6.3.1 Current Control 电流控制

通过选择预定义 PDO，可将 LED 输出用作数字或电流控制 LED 输出。

在该模式下，最大输出电流为 1.2 A，最大 LED 电压为 12 V。超过 12 V 时，用户必须考虑降额使用，否则，如果功率超过 14.4 W，模块可能会因过热而关断。



附图 147: “电流控制”模式下 EL2596 的运行范围

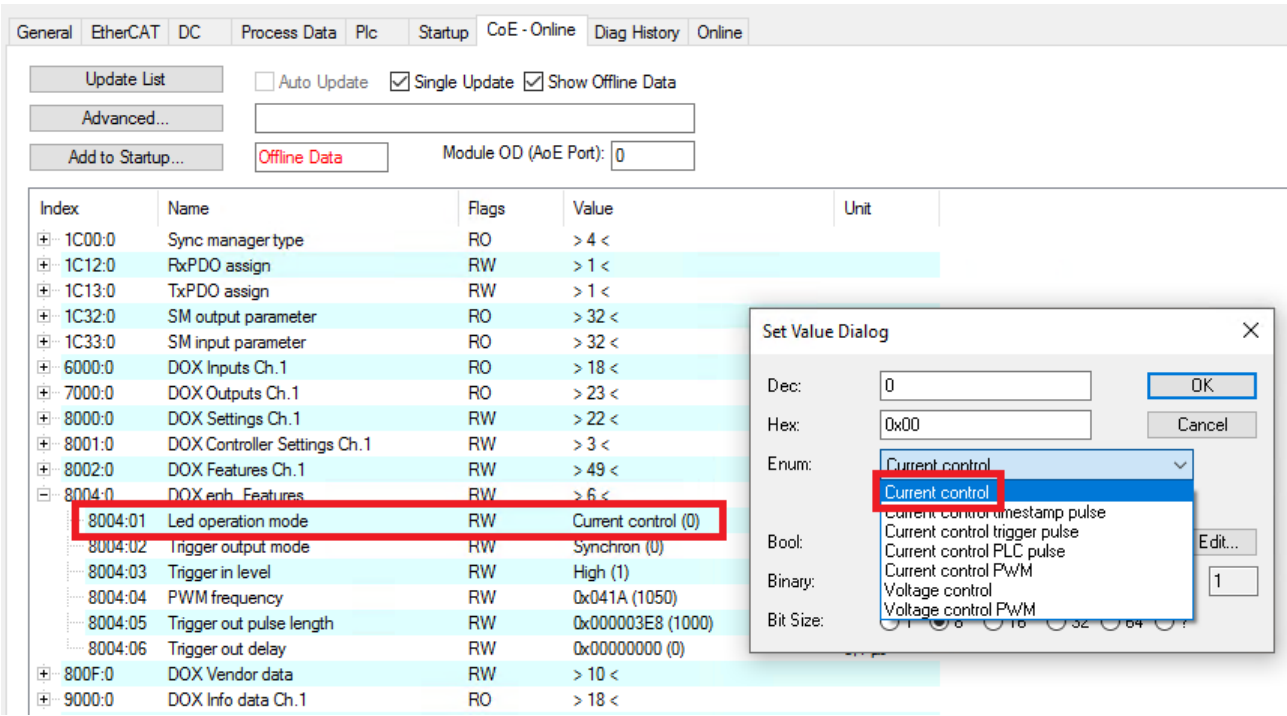
如果 LED 的_{额定}运行电流小于 10 mA，则应使用电流控制 PWM [► 155] 模式。

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端有指定信号时，才能启动输出信号。有关详细信息和调试内容，请参阅 [硬件使能 \[► 185\]](#) 章节。

电流控制 LED 输出

进行以下设置：

1. 在 CoE 参数 [0x8000:02 \[► 223\]](#) “目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在 CoE 参数 [0x8000:03 \[► 223\]](#) “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在 CoE 参数 [0x8000:04](#) “输出电压”中，最大输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 U_{IN} [► 223] - 0.5 V）。在该模式下，控制器仅输出设定正向电流所需的正向电压。尽管如此，仍应根据所需 LED 电流来指定正向电压，以防止相连 LED 过压。[TeachIn 功能 \[► 173\]](#)也可用于确定输出电压。
4. 在参数 [0x8004:01 \[► 223\]](#) 的 CoE 目录中，将运行模式设置为 “Current control” (电流控制)



附图 148: 运行模式设置 “Current control” (电流控制)

5. 在 “预定义 PDO 分配” 项下，设置 “Current control (with info data)” 电流控制（带信息数据）。

General EtherCAT DC Process Data Plc Startup CoE - Online Diag History Online

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	0	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F		0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F		0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

Download

☒ PDO Assignment

☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default (h)
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'Current control'

Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'

Predefined PDO Assignment: 'PWM'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'

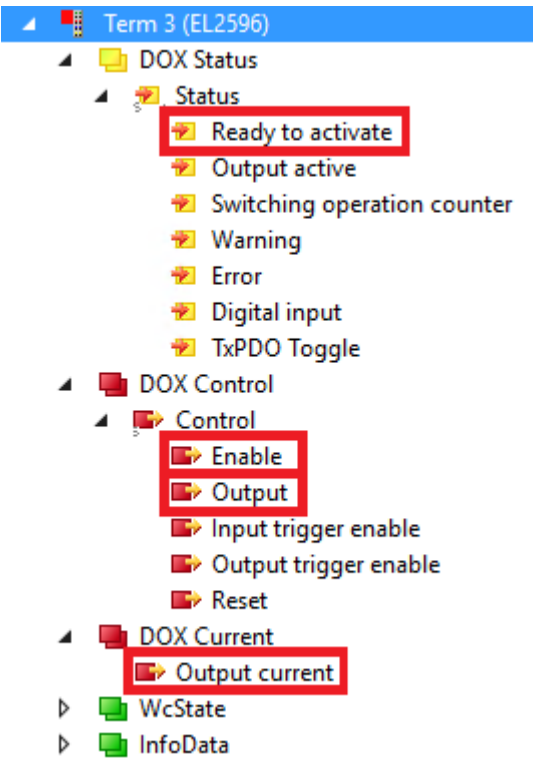
Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'

Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'

Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

附图 149: PDO 设置 “Current control (with info data)”

- 通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流，以 mA 为单位
- 检查 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” 下的 “Ready to activate (激活就绪)” 位是否为 1。
- 通过 “Enable (使能)” 位激活 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的控制功能。
- 激活 “Output (输出)” 位，打开 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的 LED 输出。

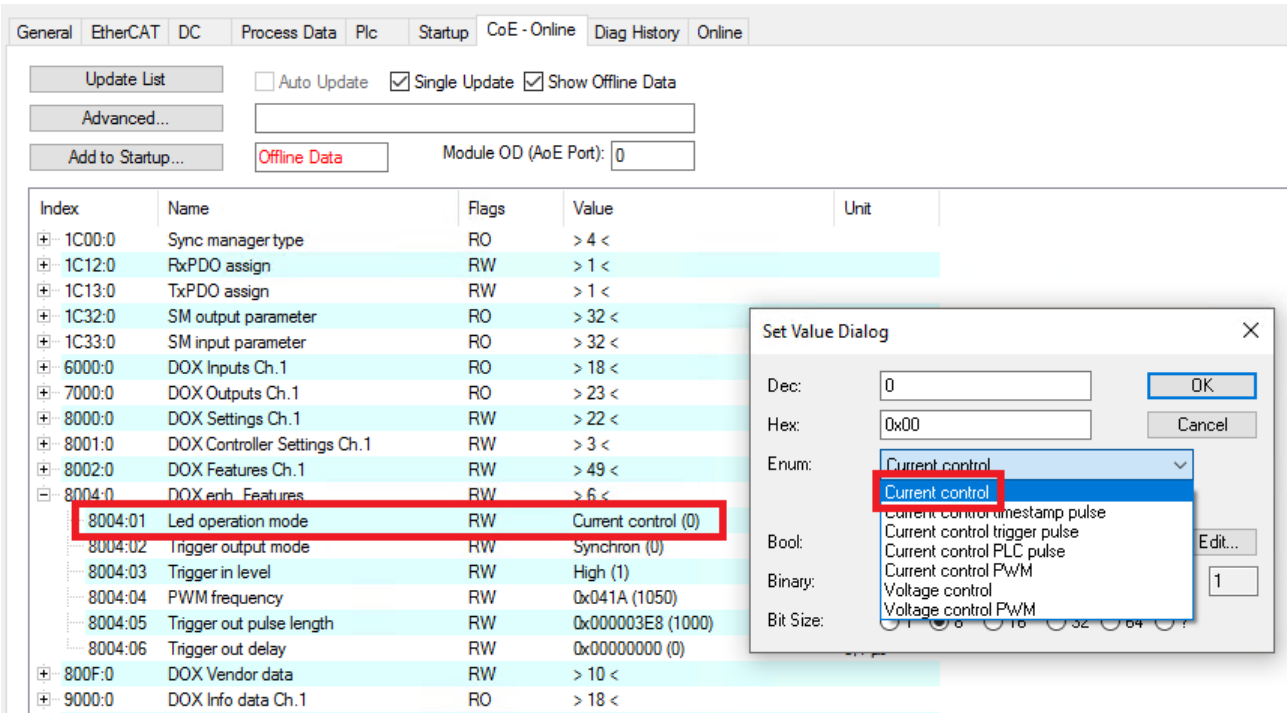


附图 150: 在运行模式 “Current control”（电流控制）项下激活输出

数字电流输出

进行以下设置：

1. 在 CoE 参数 `0x8000:02 [▶ 223]` “目标电流” 中，输出电流，以 mA 为单位
2. 在 CoE 参数 `0x8000:03 [▶ 223]` “电源电压” 中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在 CoE 参数 `0x8000:04` “输出电压” 中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位，（最大 `UIN [▶ 223]` – 0.5 V）
4. 将 CoE 目录中参数 `0x8004:01 [▶ 223]` 的运行模式设置为 “电流控制”



附图 151: 运行模式设置 “电流控制”

5. 将“预定义 PDO 分配”设置为“Current control (with info data)”标准数字量输出（带信息数据）。

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	0	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F		0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F		0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

- ☐ 0x1600
- ☐ 0x1601
- ☐ 0x1602
- ☐ 0x1603
- ☐ 0x1604
- ☐ 0x1605
- ☐ 0x1606

Download

- ☒ PDO Assignment
- ☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

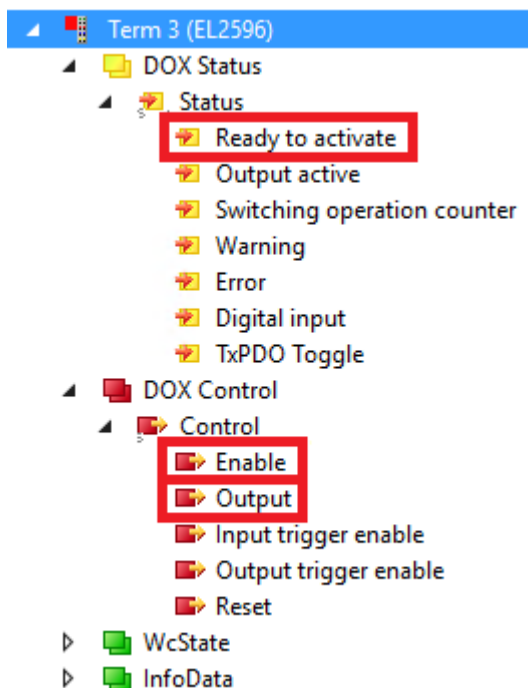
Index	Size	Offs	Name	Type	Default
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	

Predefined PDO Assignment: (none)

- Predefined PDO Assignment: (none)
- Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'
- Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'
- Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'
- Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'Current control'
- Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'
- Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'
- Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

附图 152: PDO 设置“Standard digital output (with info data)”标准数字量输出（带信息数据）“Current Control”

6. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1。
7. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能。
8. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的 LED 输出。



附图 153: 在运行模式“Current Control”电流控制项下激活输出，作为数字量输出

6.3.2 Current Control Timestamp Pulse 电流控制时间戳脉冲

在脉冲模式下，12 V LED 的最大电流振幅为 3 A。可以在每个周期输出脉冲。每个新的指定启动时间都会传输电流强度和脉冲持续时间的指定参数。数据可以与启动时间同时传输，这样在每个周期内便可输出带有不同参数的新脉冲。

对于所有脉冲运行模式（current control timestamp pulse 电流控制时间戳脉冲、current control trigger pulse 电流控制触发脉冲、current control PLC pulse 电流控制 PLC 脉冲），必须依据输出电流考量最大恒定占空比限值。

- I_{out} = 1 A: 20% 占空比

- I_{out} = 2 A: 10% 占空比

- I_{out} = 3 A: 8% 占空比

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端有指定信号时，才能启动输出信号。如果触发输入处于激活状态，则在到达指定 DC 启动时间时，会输出具有指定参数的脉冲。有关详细信息和调试内容，请参阅硬件使能 [► 185] 章节。

特别是在电流控制脉冲运行模式下，建议使用自动判定输出电压 [► 175] 的方法，因为在输出端产生大电流脉冲时，可能需要较高的预电压来生成陡峭边沿。这些电压可能高于 LED 数据表中规定的电压。

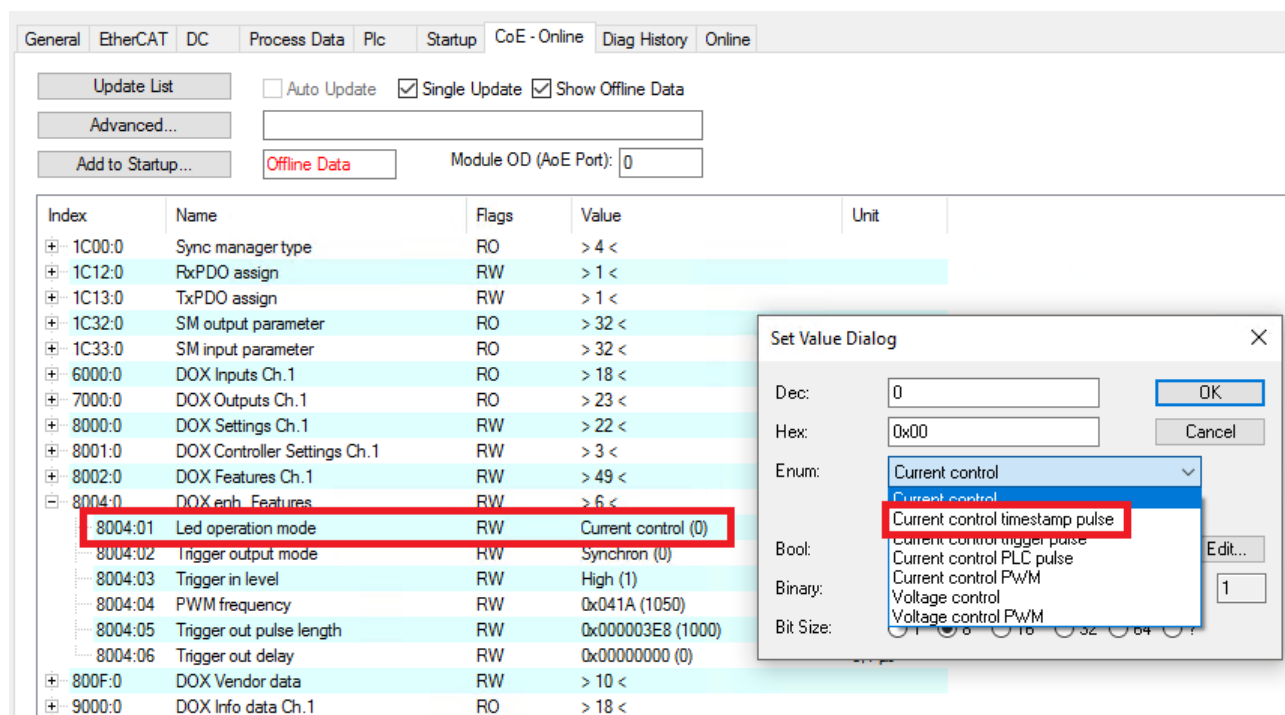
如果在脉冲模式运行过程中切断电源电压，则输出端会出现故障。此外，LED 输出端可能会出现过流。因此，必须确保稳定的电源电压。为了最大限度地降低故障和过流风险，可将使能位与输出位一起设置，这样使能位便不会永久置位。

要将 LED 输出设置为分布式时钟控制式脉冲输出，请进行以下设置：

1. 在 CoE 参数 0x8000:02 [► 223] “目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在 CoE 参数 0x8000:03 [► 223] “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在 CoE 参数 0x8000:04 “输出电压”中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 U_{IN} [► 223] – 2 V）。
 - 如果要输出高于 LED 额定电流的电流，由于 LED 的非线性行为和电路的电流控制能力，CoE 参数 0x8000:04 [► 223] 中的输出电压必须具备更高的规格。

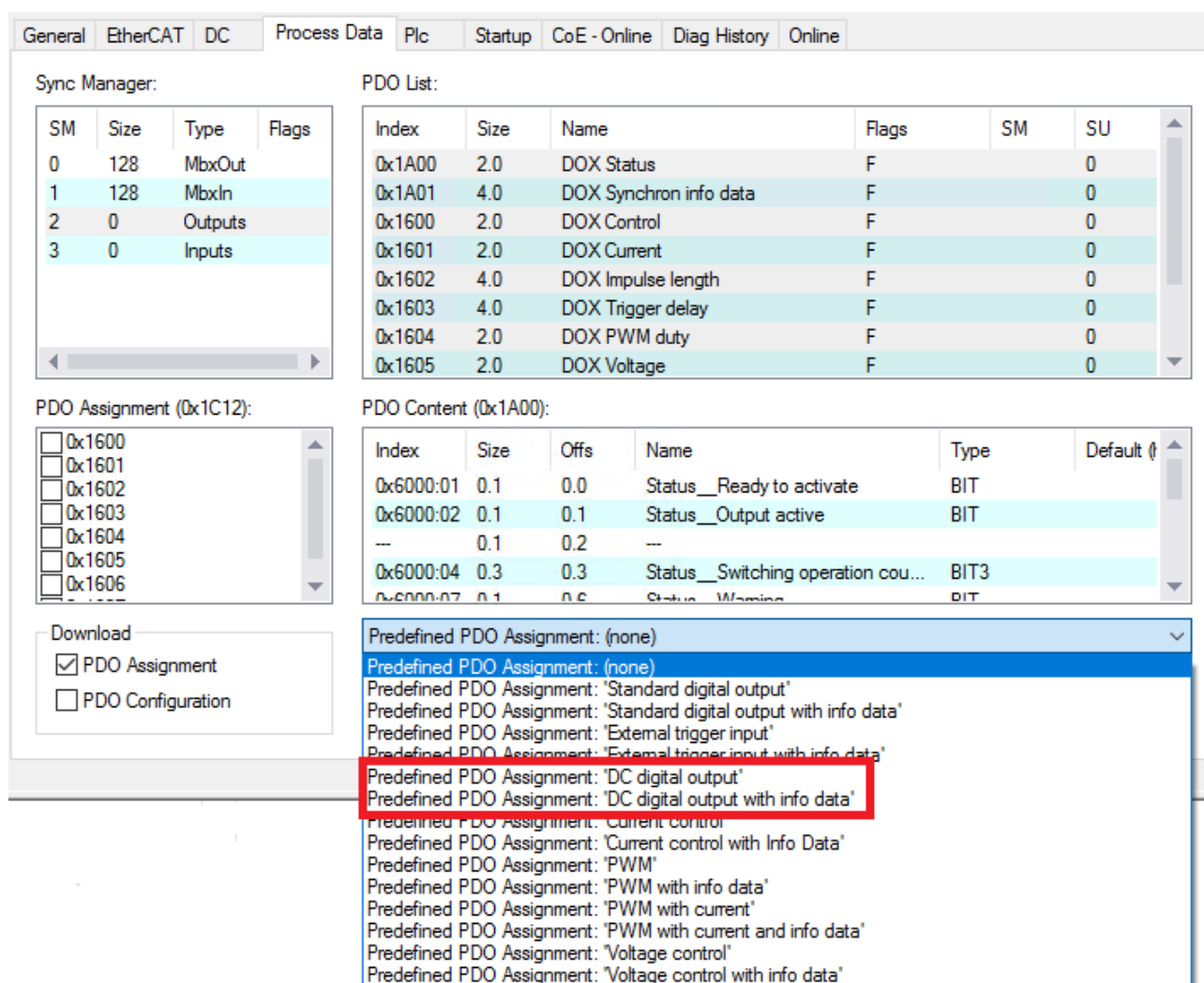
- 在该运行模式下，此处设置的值对应于控制器上的输出。如果相连 LED 的正向电压低于此处设置的值，则剩余电压会在 EL2596 内部下降。在多数情况下，会导致端子模块温度过高，从而关闭 LED 输出。因此，应在此处设置预期输出电流下的正向电压。[TeachIn 功能 \[► 175\]](#)也可用于确定输出电压。

4. 将 CoE 目录中 CoE 参数 [0x8004:01 \[► 225\]](#) 的运行模式设置为 “Current Control timestamp pulse” (电流控制时间戳脉冲)



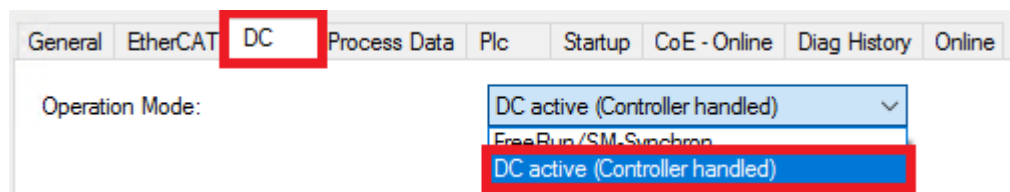
附图 154: 运行模式设置 “Current Control timestamp pulse” (电流控制时间戳脉冲)

5. 在 “预定义 PDO 分配” 中，选择 “DC digital output (with info data) (DC 数字量输出 (带信息数据))”



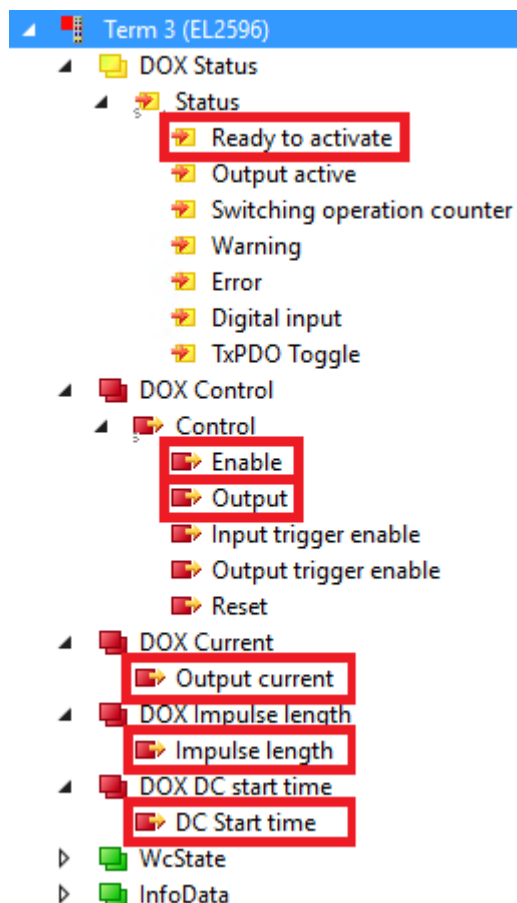
附图 155: PDO 设置 “DC digital output (with info data)” (DC 数字量输出 (带信息数据))

6. 在 “DC” 选项卡上, 选择运行模式 “DC active (Controller handled)” (DC 激活 (控制器处理))



附图 156: 激活分布式时钟

7. 通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流, 以 mA 为单位
8. 通过 “DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” 指定脉冲长度, 以 μs 为单位。使用 CoE 参数 [0x8002:31](#) [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”, 可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。
9. 通过 “DOX DC Start time (DOX DC 启动时间)” → “DC Start time (DC 启动时间)” 指定脉冲的启动时间。
只有在电流启动时间 + 指定脉冲长度结束后, 才能指定新的启动时间。
10. 检查 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” 下的 “Ready to activate (激活就绪)” 位是否为 1。
11. 通过 “Enable (使能)” 位激活 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的控制功能。
12. 激活 “Output (输出)” 位, 打开 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的 LED 输出。



附图 157: 以“Current control timestamp pulse”电流控制时间戳脉冲”运行模式激活输出

6.3.3 Current Control Trigger Pulse 电流控制触发脉冲

在脉冲模式下，12 V LED 的最大电流振幅为 3 A。

将 LED 输出设置为触发控制脉冲输出的具体参数如下所述。为了通过触发输入端信号在 LED 输出端生成可重现的工作特性，触发输入端信号应产生陡峭边沿。

对于所有脉冲运行模式（current control timestamp pulse 电流控制时间戳脉冲、current control trigger pulse 电流控制触发脉冲、current control PLC pulse 电流控制 PLC 脉冲），必须依据输出电流考量最大恒定占空比限值。

- I_{out} = 1 A: 20% 占空比

- I_{out} = 2 A: 10% 占空比

- I_{out} = 3 A: 8% 占空比

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端有指定信号时，才能启动输出信号。然后，LED 输出会与触发输入端的信号同步切换。有关详细信息和调试内容，请参阅硬件使能 [► 185] 章节。或者，将触发输入用作触发输入，这样在触发输入端发出信号后，LED 输出便会输出具有指定延迟时间、持续时间和电流的脉冲。

特别是在电流控制脉冲运行模式下，建议使用自动判定输出电压 [► 175] 的方法，因为在输出端产生大电流脉冲时，可能需要较高的预电压来生成陡峭边沿。这些电压可能高于 LED 数据表中规定的电压。

如果在脉冲模式运行过程中切断电源电压，则输出端会出现故障。此外，LED 输出端可能会出现过流。因此，必须确保稳定的电源电压。为了最大限度地降低故障和过流风险，可将使能位与输出位一起设置，这样使能位便不会永久置位。

为实现无延迟触发，建议通过 PLC 或内部分布式时钟触发。

使用外部触发时应注意，根据内部端子模块延迟时间，触发输入与信号输出之间的最短延迟时间约为 $2\text{ }\mu\text{s}$ 。所有设定延迟时间值（无论通过 PDO 还是 CoE 设置）都必须遵守 $2\text{ }\mu\text{s}$ 的偏移量。由此产生的延迟时间始终为

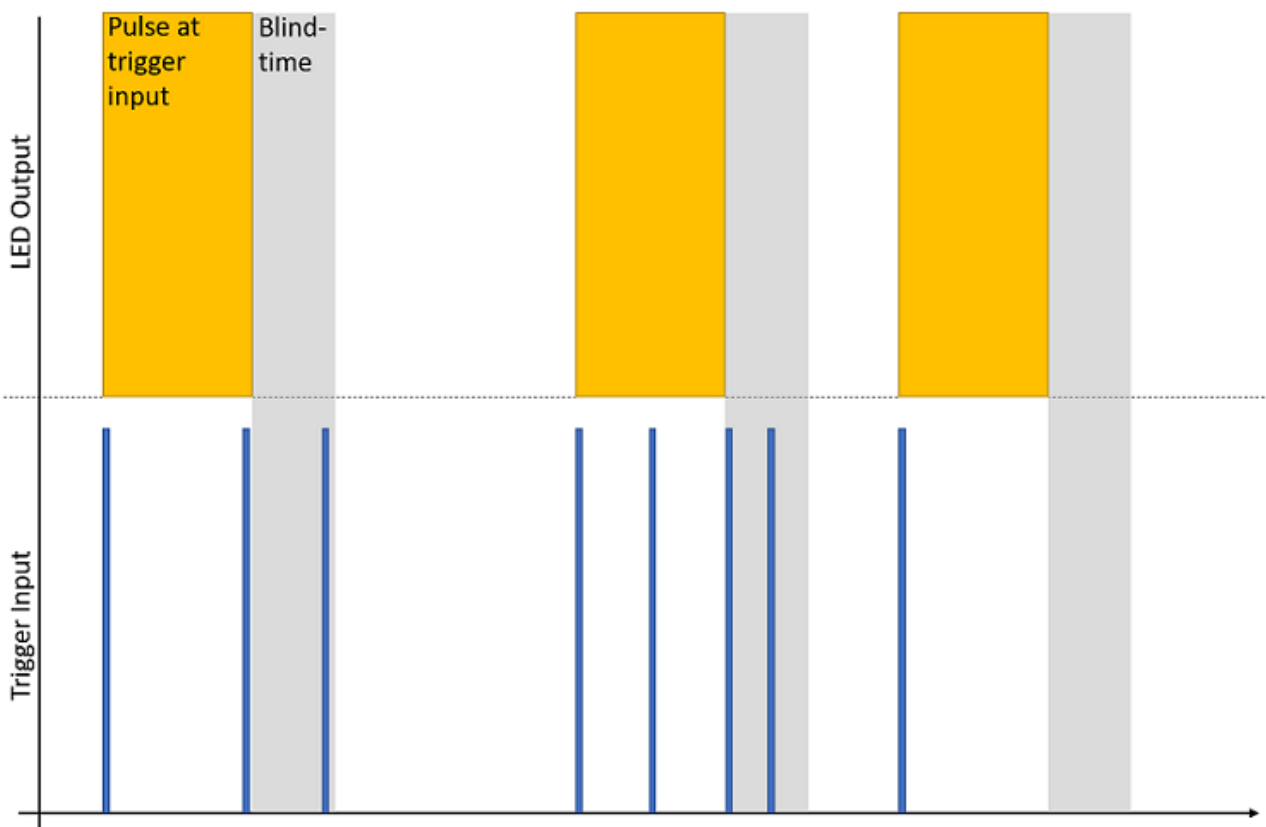
$$\text{Real Delay} = \text{Set Delay} + \text{Offset}$$

对于硬件版本 01 和 02 以及 FW04 以下固件版本，受相连线路电感影响，触发输入端可能出现电压振荡现象。导致脉冲检测错误，从而在 LED 输出端输出脉冲。在触发信号和引脚 5 (TrigIn+) 之间增设约 $1\text{ k}\Omega$ 的电阻，可将这一问题造成的影响降至最低。

对于 FW04 及以上版本，CoE 参数 `0x8004:09` [► 225] “触发输入屏蔽时间”用于设置触发输入端信号检测的可调节等待时长。从触发启动时间到脉冲输出结束的触发输入无效时间加上“触发输入屏蔽时间”，可在 $20\ldots 65535\text{ }\mu\text{s}$ 范围内进行调整。这样便可拦截干扰信号。

对于 HW03 及以上版本，硬件可同步滤除异步干扰信号。

“触发输入屏蔽时间”功能不仅可以用来消除干扰，还可以作为一种“死区时间”，预设固定占空比，即使触发输入端发生事件，输出端也不会作出响应，以保护端子模块和 LED 不会过热。



附图 158: 具有“触发输入屏蔽时间”的行为

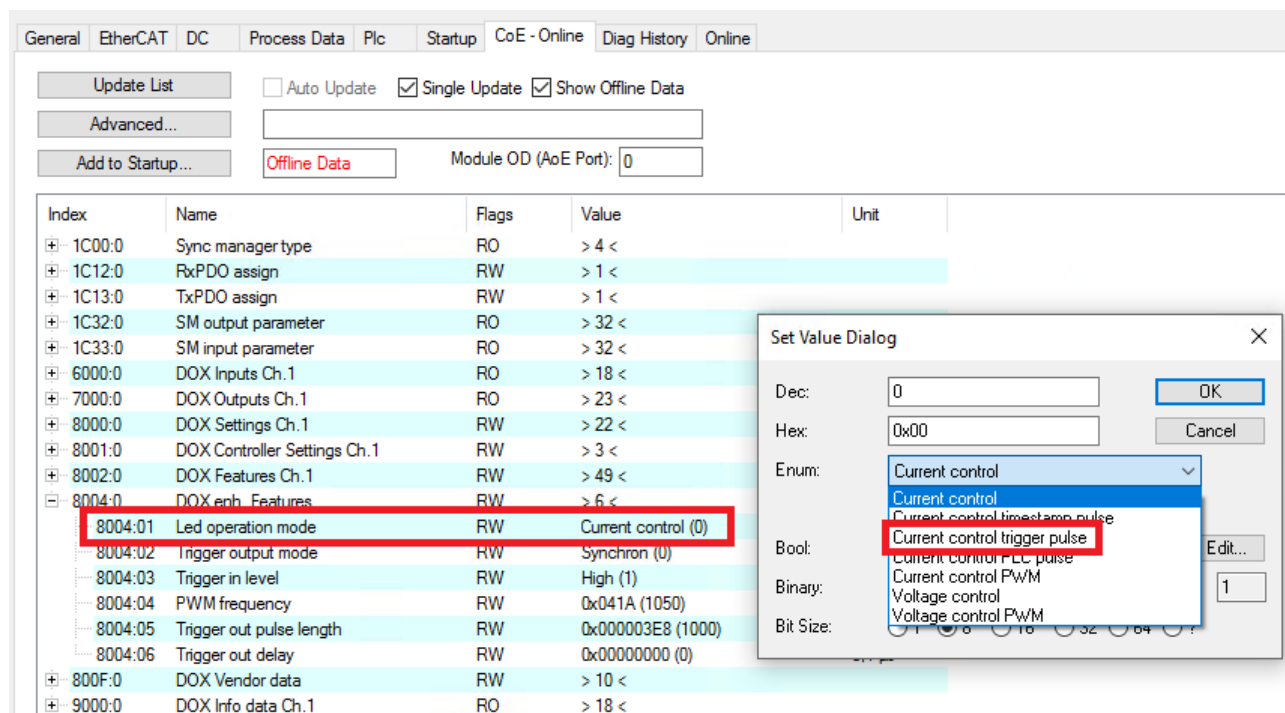
示例：配置指定脉冲长度为 $500\text{ }\mu\text{s}$ ，与触发输入相关的脉冲延迟时间为 $0\text{ }\mu\text{s}$ ，屏蔽时间为 $150\text{ }\mu\text{s}$ 。如图所示，触发输入端检测到第一个脉冲，LED 输出端就会触发具有指定值的脉冲。在此期间，触发输入端可能出现的其他边沿会被“忽略”。LED 输出端输出 $500\text{ }\mu\text{s}$ 脉冲后，屏蔽时间开始计时，本例中屏蔽时间设定为 $150\text{ }\mu\text{s}$ 。在这 $150\text{ }\mu\text{s}$ 内，触发输入端的边沿会继续被忽略。这意味着在总计 $650\text{ }\mu\text{s}$ 的时间段内不会生成新的脉冲。仅在触发输出脉冲的首个边沿经过 $650\text{ }\mu\text{s}$ 后，触发输入才会重新响应新的边沿（本例中为触发输入端的第四个边沿）。随后将重复上述整套流程。在整个屏蔽时间内，不会保存边沿。

进行以下设置：

1. 在 CoE 参数 `0x8000:02` [► 223] “目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在参数 `0x8000:03` [► 223] “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在参数 `0x8000:04` “输出电压”中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 `UIN` [► 223] - 2 V ）。
 - 如果要输出高于 LED 额定电流的电流，由于 LED 的非线性行为和电路的电流控制能力，CoE 参数 `0x8000:04` [► 223] 中的输出电压必须具备更高的规格。

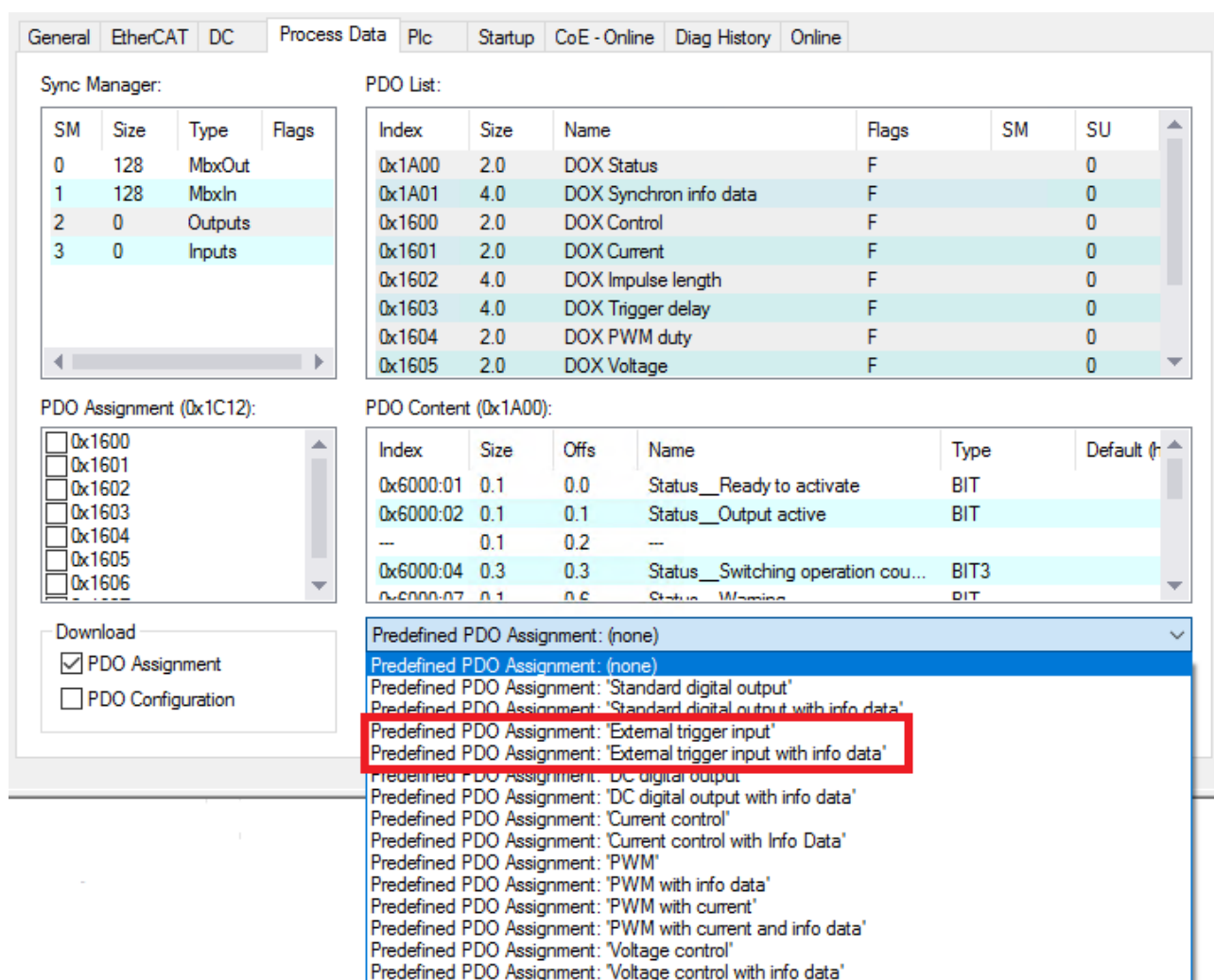
- 在该运行模式下，此处设置的值对应于控制器上的输出。如果相连 LED 的正向电压低于此处设置的值，则剩余电压会在 EL2596 内部下降。在多数情况下，会导致端子模块温度过高，从而关闭 LED 输出。因此，应在此处设置预期输出电流下的正向电压。TeachIn 功能 [► 175]也可用于确定输出电压。

4. 将 CoE 目录中参数 0x8004:01 [► 225] 的运行模式设置为“电流控制触发脉冲”



附图 159: 运行模式设置“Current control trigger pulse”“电流控制触发脉冲”

- 将“预定义 PDO 分配”设置为“External trigger input (with info data)”“外部触发输入（带信息数据）”。



附图 160: PDO 设置 “External trigger input (with info data)” “外部触发脉冲（带信息数据）”

- 通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流，以 mA 为单位。
- 通过 “DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” 指定脉冲长度，以 μs 为单位。使用 CoE 参数 0x8002:31 “脉冲分辨率 100 ns”，可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。
- 通过 “DOX Trigger delay (DOX 触发延迟时间)” → “Trigger delay (触发延迟时间)”，指定触发信号延迟时间，以 μs 为单位。使用 CoE 参数 0x8002:31 [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”，可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。另外，也可以在 CoE 参数 0x8000:0B [► 223] 中明确指定延迟时间，以 0.1 μs 为单位。如果在 PDO 和 CoE 参数中均已指定延迟时间，则会将这些值相加，延迟时间即为二者之和。
- 在 CoE 参数 0x8002:30 [► 224] 中，选择 LED 脉冲是由触发输入的上升沿还是下降沿生成。
- 在 CoE 参数 0x8004:03 [► 225] 中，指定 LED 输出切换所需触发输入电平（高电平 = 24 V，低电平 = 5 V）。

General EtherCAT DC Process Data Plc Startup CoE - Online Diag History Online

Update List ☐ Auto Update ☒ Single Update ☒ Show Offline Data

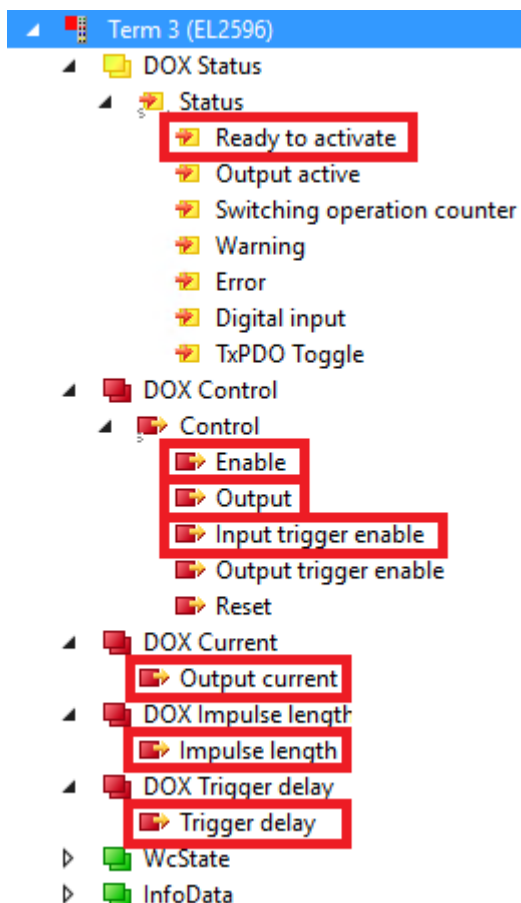
Advanced...

Add to Startup... Offline Data Module OD (AoE Port):

Index	Name	Flags	Value	Unit
7000:0	DOX Outputs Ch.1	RO	> 23 <	
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 22 <	
8000:02	Target current	RW	0x01F4 (500)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0.01 V
8000:04	Output voltage	RW	0x04B0 (1200)	0.01 V
8000:0B	Trigger delay (switch on)	RW	0x00000000 (0)	0.1 μ s
8000:11	Warning level (supply voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:12	Error level (supply voltage)	RW	0x14 (20)	%
8000:13	Positive warning level (output voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:14	Positive error level (output voltage)	RW	0x14 (20)	%
8000:15	Negative warning level (output voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:16	Negative error level (output voltage)	RW	0x0A (10)	%
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 3 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 49 <	
8002:11	Select info data 1	RW	Output voltage (7)	
8002:19	Select info data 2	RW	Output current (8)	
8002:30	Invert digital input	RW	FALSE	
8002:31	Pulse resolution 100ns	RW	FALSE	
8004:0	DOX enh. Features	RW	> 6 <	
8004:01	Led operation mode	RW	Current control (0)	
8004:02	Trigger output mode	RW	Synchron (0)	
8004:03	Trigger in level	RW	High (1)	
8004:04	PWM frequency	RW	0x041A (1050)	Hz
8004:05	Trigger out pulse length	RW	0x000003E8 (1000)	0.1 μ s
8004:06	Trigger out delay	RW	0x00000000 (0)	0.1 μ s
800F:0	DOX Vendor data	RW	> 10 <	

附图 161: 在 CoE 对象中为运行模式“电流控制触发脉冲”进行设置

11. 将触发信号与“TrigIn+” (5) 和“TrigIn-” (13) 接线端子连接。
12. 在“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Input Trigger Enable (输入触发使能)”项下激活触发输入
13. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1。
14. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能。
15. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的 LED 输出。



附图 162: 在运行模式“Current control trigger pulse”“电流控制触发脉冲”项下激活输出

6.3.4 Current Control PLC Pulse 电流控制 PLC 脉冲

在脉冲模式下，12 V LED 的最大电流振幅为 3 A。LED 输出端的脉冲可由输出位的上升沿触发。

对于所有脉冲运行模式（current control timestamp pulse 电流控制时间戳脉冲、current control trigger pulse 电流控制触发脉冲、current control PLC pulse 电流控制 PLC 脉冲），必须依据输出电流考量最大恒定占空比限值。

- Iout = 1 A: 20% 占空比
- Iout = 2 A: 10% 占空比
- Iout = 3 A: 8% 占空比

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端有指定信号时，才能启动输出信号。如果触发输入处于激活状态，则在输出位上升沿时从 PLC 输出具有指定参数的脉冲。有关详细信息和调试内容，请参阅[硬件使能 \[► 185\]](#)章节。

特别是在电流控制脉冲运行模式下，建议使用[自动判定输出电压 \[► 175\]](#)的方法，因为在输出端产生大电流脉冲时，可能需要较高的预电压来生成陡峭边沿。这些电压可能高于 LED 数据表中规定的电压。

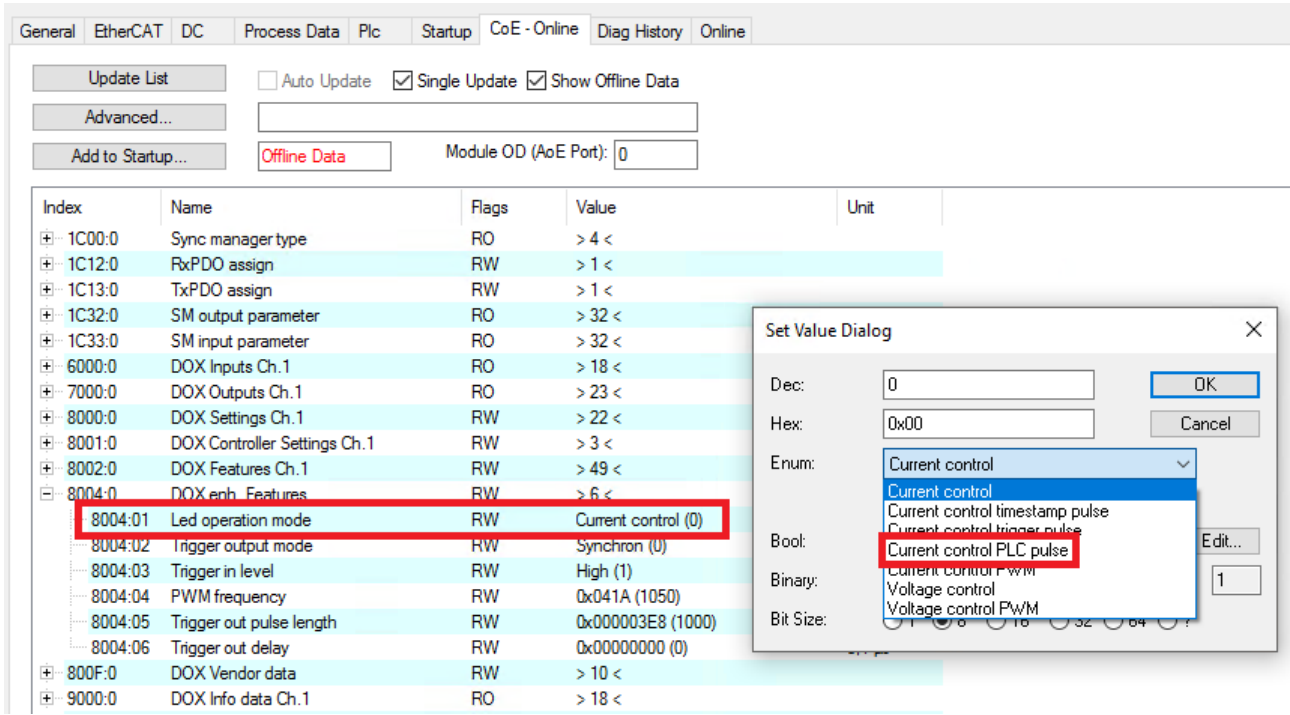
如果在脉冲模式运行过程中切断电源电压，则输出端会出现故障。此外，LED 输出端可能会出现过流。因此，必须确保稳定的电源电压。为了最大限度地降低故障和过流风险，可将使能位与输出位一起设置，这样使能位便不会永久置位。

将 LED 输出设置为 PLC 控制脉冲输出的具体参数如下所述。

1. 在 CoE 参数 [0x8000:02 \[► 223\]](#) “目标电流”中，输出电流，以 mA 为单位
2. 在 CoE 参数 [0x8000:03 \[► 223\]](#) “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在参数 [0x8000:04](#) “输出电压”中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 [UIN \[► 223\]](#) – 2 V）。

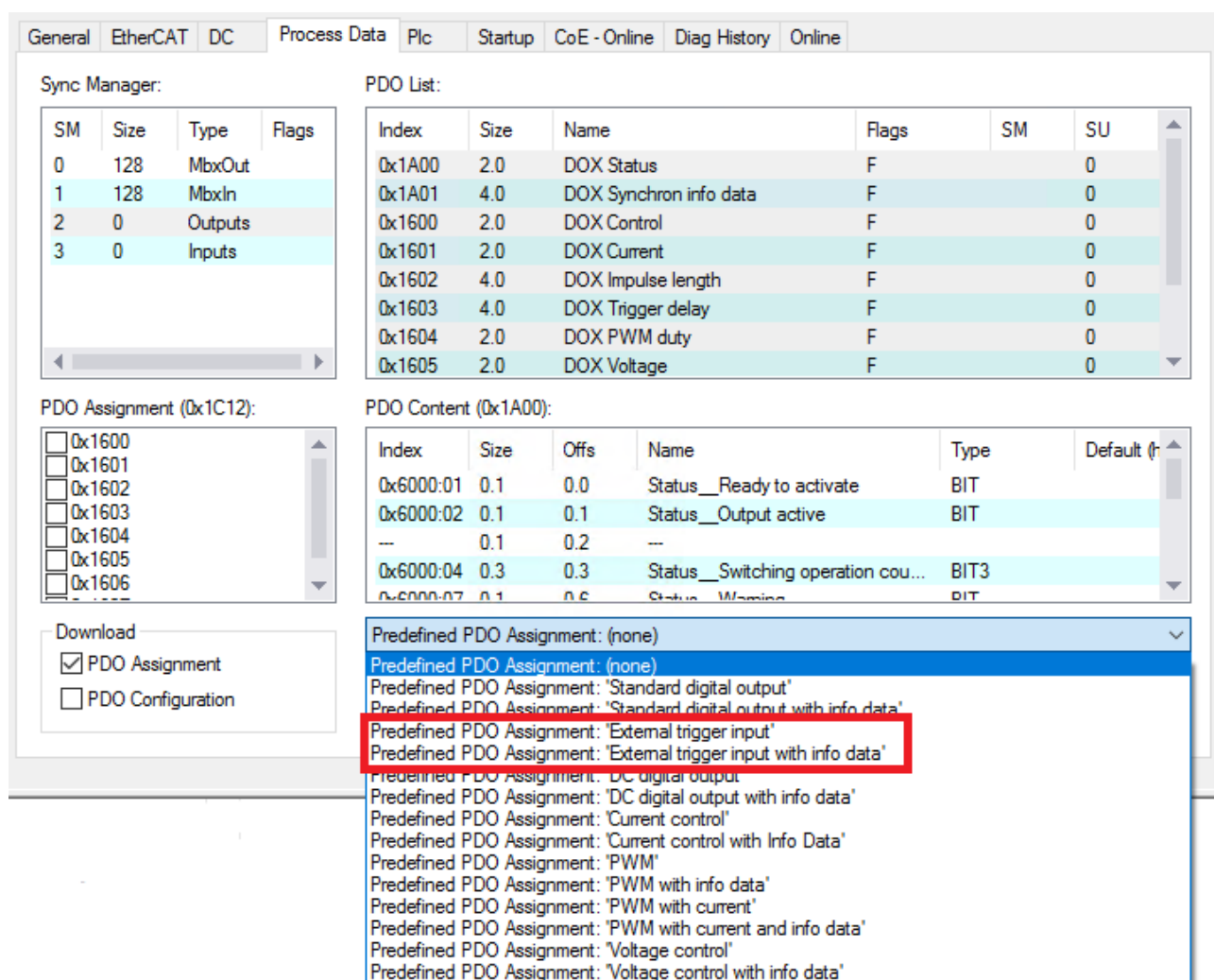
- 如果要输出高于 LED 额定电流的电流，由于 LED 的非线性行为和电路的电流控制能力，CoE 参数 0x8000:04 [► 223] 中的输出电压必须具备更高的规格。
- 在该运行模式下，此处设置的值对应于控制器上的输出。如果相连 LED 的正向电压低于此处设置的值，则剩余电压会在 EL2596 内部下降。在多数情况下，会导致端子模块温度过高，从而关闭 LED 输出。因此，应在此处设置预期输出电流下的正向电压。TeachIn 功能 [► 175]也可用于确定输出电压。

4. 将 CoE 目录中参数 0x8004:01 [► 225] 的运行模式设置为 “电流控制 PLC 脉冲”



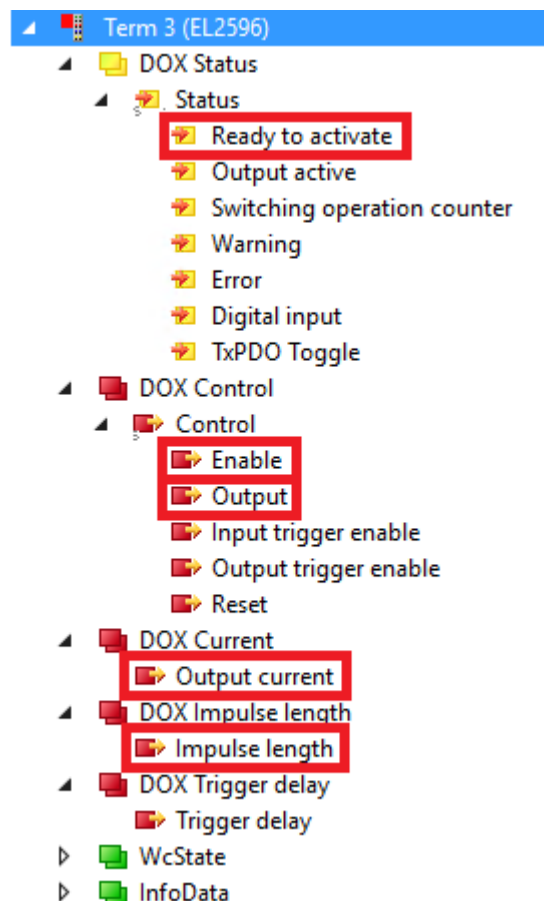
附图 163: 运行模式设置 “电流控制 PLC 脉冲”

5. 将 “预定义 PDO 分配” 设置为 “External trigger input (with info data)” “外部触发输入（带信息数据）”。



附图 164: PDO 设置 “External trigger input (with info data)” “外部触发脉冲（带信息数据）”

- 通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流，以 mA 为单位。
- 通过 “DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” 指定脉冲长度，以 μs 为单位。使用 CoE 参数 0x8002:31 [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”，可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。
- 检查 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” 下的 “Ready to activate (激活就绪)” 位是否为 1。
- 通过 “Enable (使能)” 位激活 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的控制功能。
- 然后可通过 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的 “Output (输出)” 位启用电流控制 LED 输出。该位每产生一个上升沿，LED 输出端就会输出一个脉冲，其电流、脉冲持续时间和延迟时间均为指定参数。



附图 165: 在运行模式“Current control PLC pulse”“电流控制 PLC 脉冲”项下激活输出

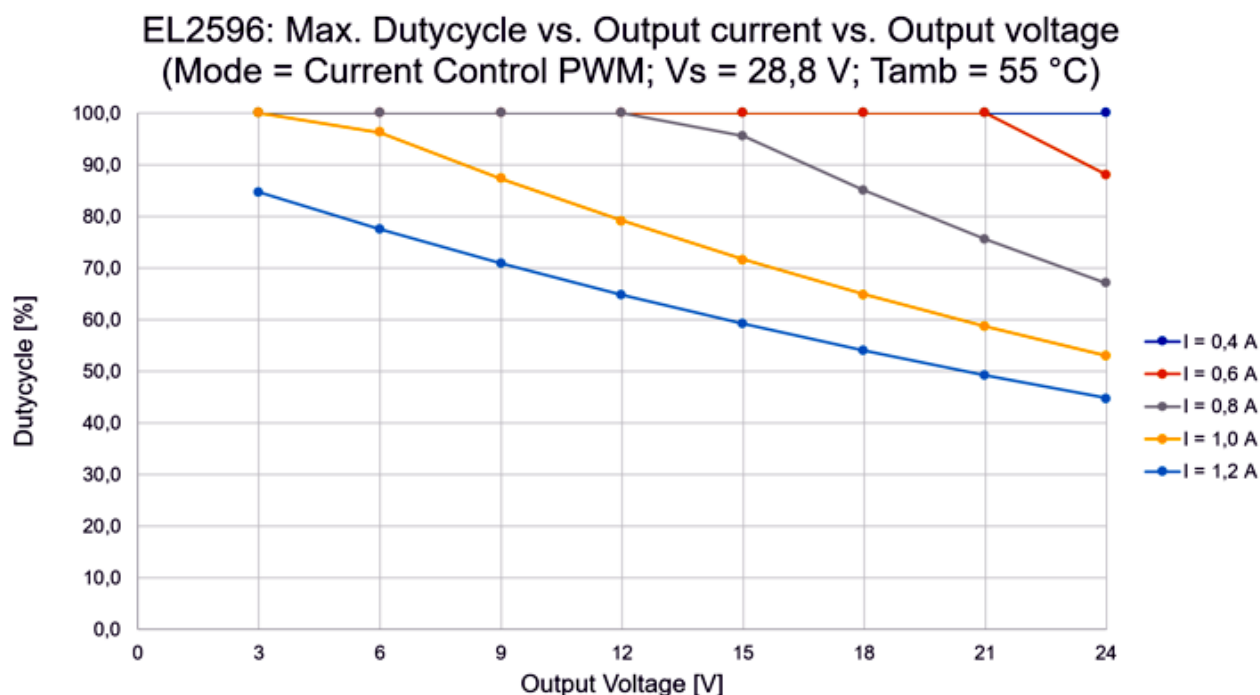
6.3.5 Current Control PWM 电流控制 PWM

该模式可通过脉冲宽度调制控制 LED。输出电流的振幅由模拟电路控制。造成额外的自发热现象。为了防止损坏模块，在该模式下，输出功率会通过降低占空比的最大接受值而自动受到限制。最大接受值的计算公式为

$$\text{Duty Cycle} = \frac{32767 \cdot 0,6 \text{ W}}{0,5 \text{ V} \cdot \text{Target current}}$$

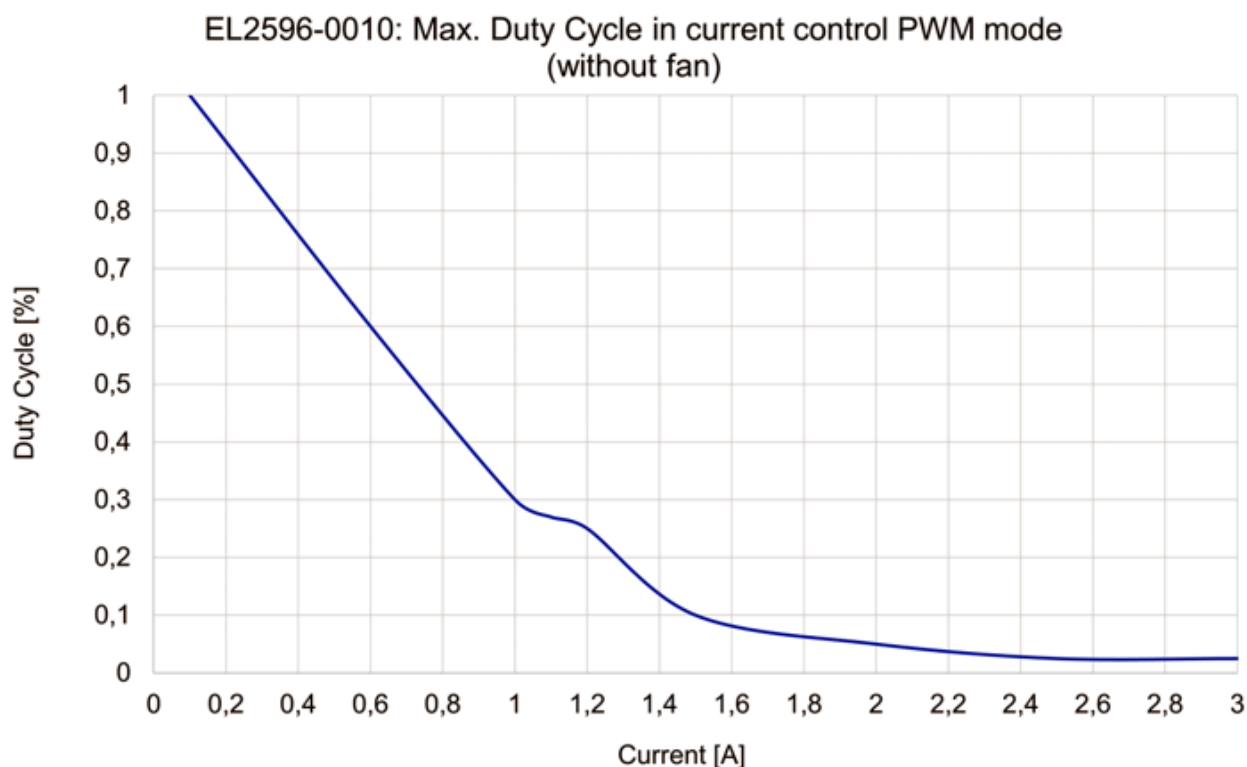
超出上限的设定值不予考虑。

由于 PWM 运行时自发热严重，占空比不一定能达到理论上计算得出的最大值。下图显示环境温度为 55 °C 时，5 个不同输出电流值的最大可能占空比与输出电压之间的相关性。在较高的占空比设置下，EL2596 会因温度过高而暂时关闭。下图给出的是指导值，并不一定适用于所有应用。



附图 166: EL2596 | 电流控制 PWM 模式下的最大占空比

对于在电流控制 PWM 模式下无风扇运行的 EL2596-0010, 必须考虑以下最大占空比限制条件:



附图 167: EL2596-0010 | 电流控制 PWM 模式下的最大占空比

对于真彩调光, 目标电流和所需输出电流中的设定限值应与 LED 的额定电流一致。

在这种运行模式下, 可以将触发输入配置为使能输入, 以便将其用作外部开关。只有在触发输入端有指定信号时, 才能启动输出信号。有关详细信息和调试内容, 请参阅[硬件使能 \[► 185\]](#)章节。

通过 PWM 控制 LED 输出的具体参数如下所述。

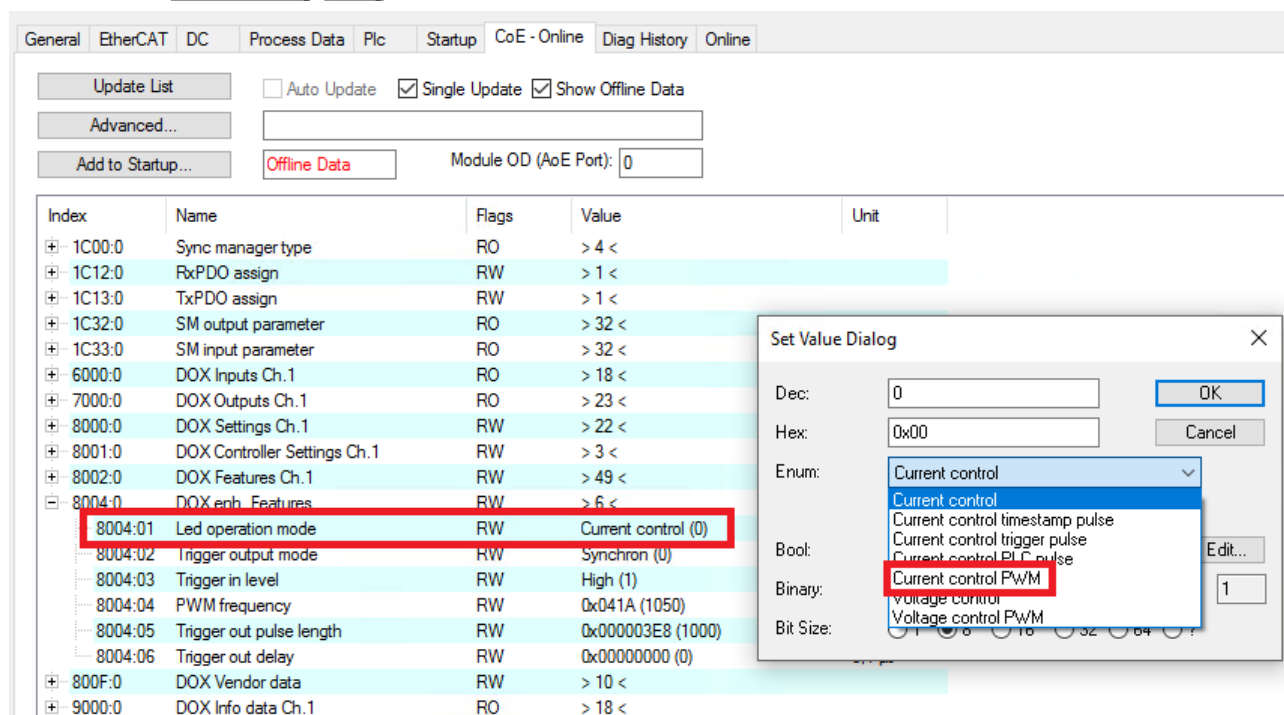
1. 在索引 [0x8000:02 \[► 223\]](#) “目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在索引 [0x8000:03 \[► 223\]](#) “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在索引 [0x8000:04](#) “输出电压”中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 [UIN \[► 223\]](#) – 2 V）。在该运行模式下，此处设置的值对应于控制器上的输出。如果相连 LED 的正向电压低于此处设置的值，则剩余电压会在 EL2596 内部下降。在多数情况下，会导致端子模块温度过高，从而关闭 LED 输出。因此，应在此处设置预期输出电流下的正向电压。[TeachIn 功能 \[► 175\]](#) 也可用于确定输出电压。
4. 默认 PWM 频率为 1050 Hz。如有必要，可在索引 [0x8004:04 \[► 225\]](#) 中调整该值。

警告

PWM 模式下的频闪效应

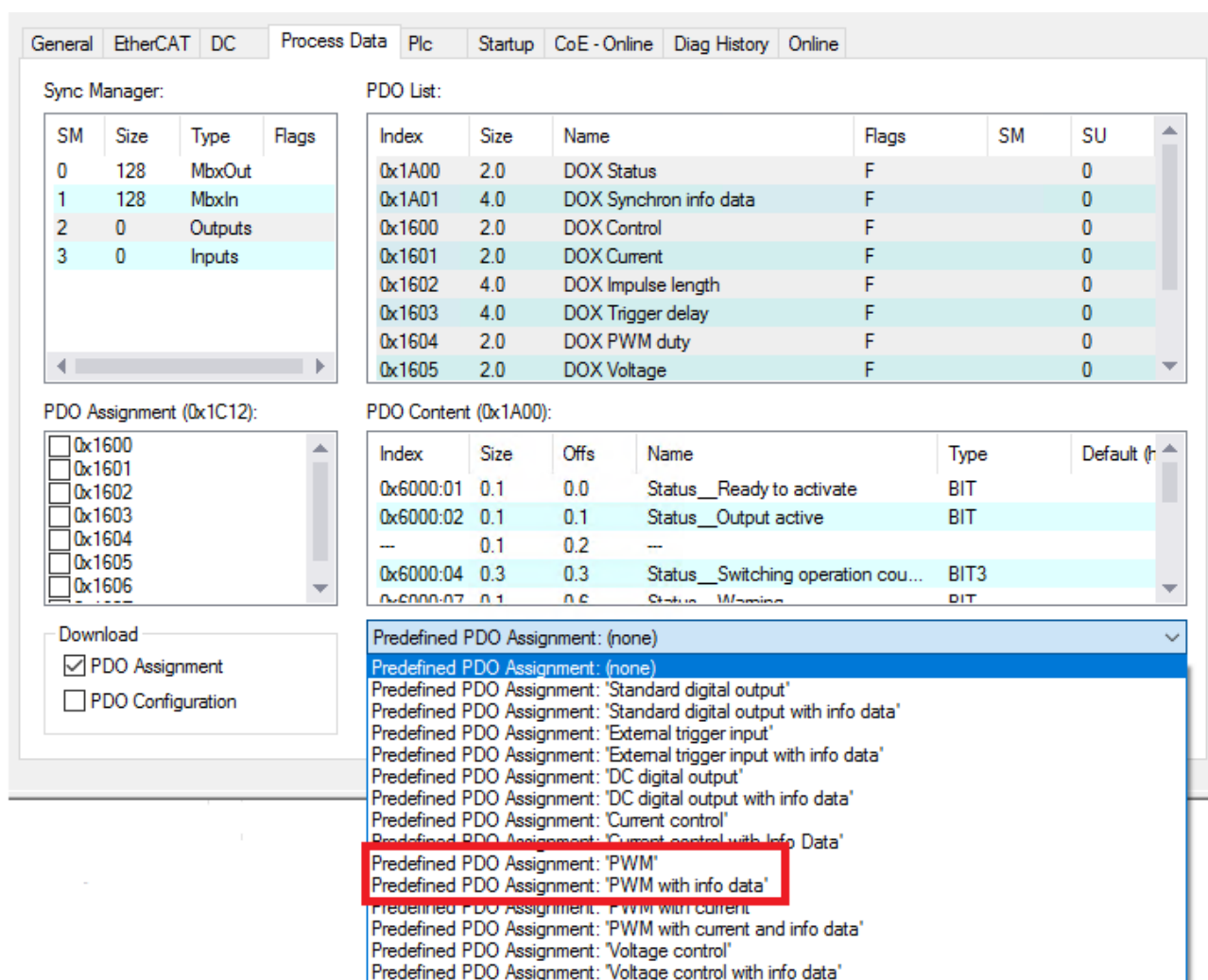
由于灯光高频闪烁，有可能产生频闪效应。例如，如果发射光的频率与旋转机器部件的运动频率相位一致，频闪效应就会使机器尽管在运动，但看起来却好像静止不动。可能造成操作员误判，可能会因为看似静止的机器零部件而进行干预。进而导致严重的人员伤亡。

5. 将索引 [0x8004:01 \[► 225\]](#) CoE 目录中的运行模式设置为“电流控制 PWM”



附图 168: 运行模式设置“电流控制 PWM”

6. 将预定义的 PDO 分配设置为“PWM (with info data)” “PWM（带信息数据）”或“PWM with current (and info data)” “PWM（含电流（以及信息数据））”



附图 169: PDO 设置 “PWM (with info data)” “PWM (带信息数据)”

- 仅适用于预定义 PDO “PWM (含电流 (以及信息数据))”：通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流，以 mA 为单位

General EtherCAT DC Process Data Plc Startup CoE - Online Diag History Online

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	0	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F		0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F		0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

☐ 0x1600
☐ 0x1601
☐ 0x1602
☐ 0x1603
☐ 0x1604
☐ 0x1605
☐ 0x1606

Download

☒ PDO Assignment
☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'Current control'

Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'

Predefined PDO Assignment: 'PWM'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'

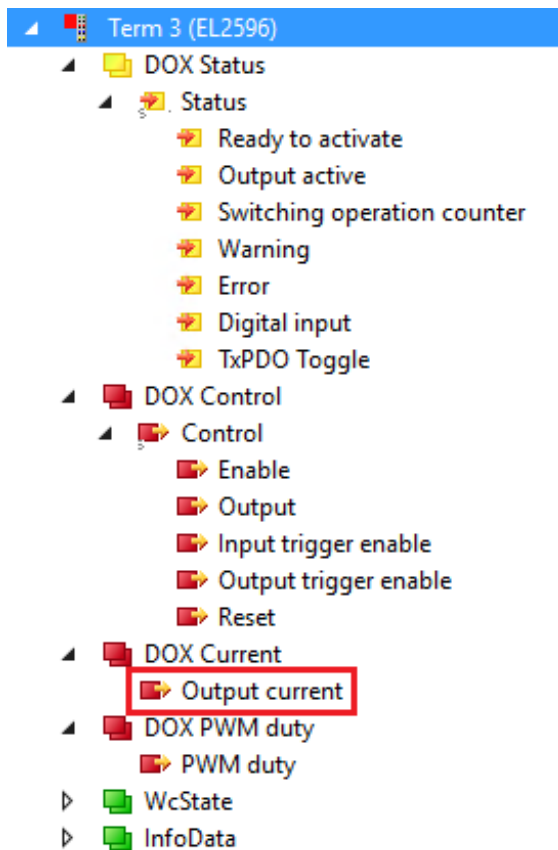
Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'

Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'

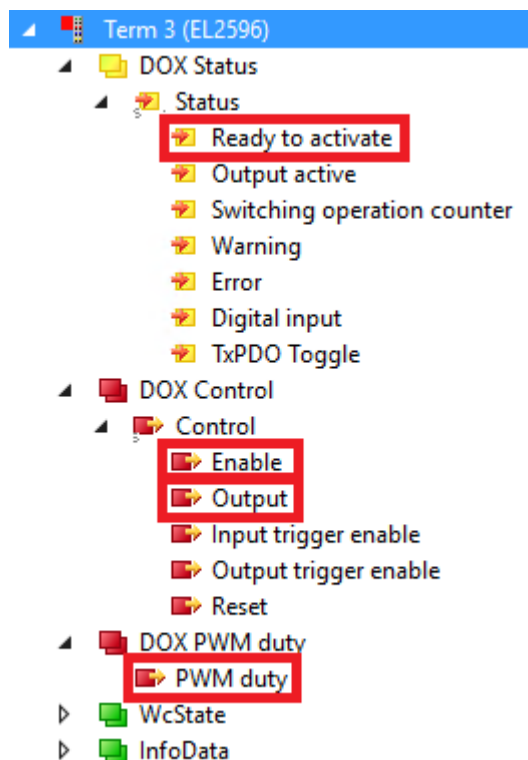
Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

附图 170: PDO 设置 “PWM with current (and info data)” “PWM (含电流 (以及信息数据))”



附图 171: 设置设定电流

7. 在“DOX PWM duty (DOX PWM 占空比)” → “PWM duty (PWM 占空比)”项下指定“PWM 占空比”。如果未映射 PDO 对象 0x1604 “DOX PWM 占空比”，则在 CoE 索引 0x8004:07 [► 225] 中指定占空比。
8. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1
9. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能
10. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的 LED 输出



附图 172: 在运行模式“Current control PWM”“电流控制 PWM”项下激活输出

6.3.6 电压控制

运行模式“Voltage Control”“电压控制”可通过电压控制驱动 LED。

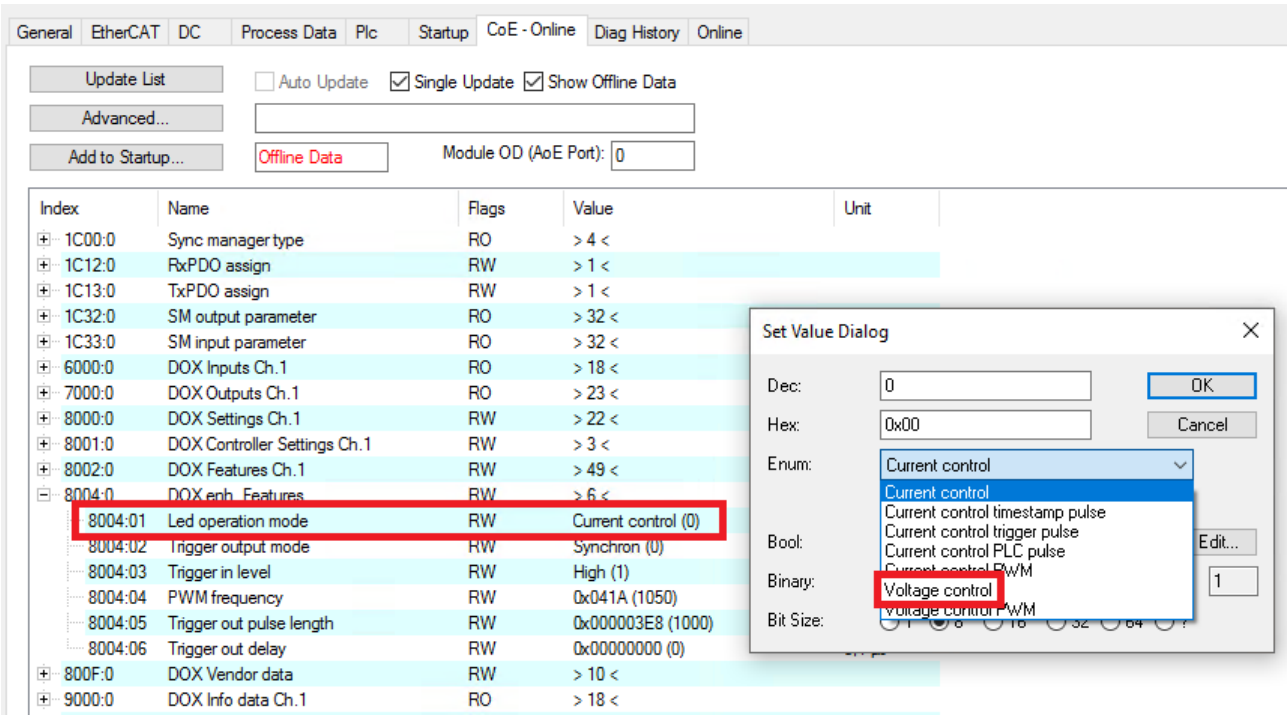
在该模式下，最大输出电流为 1.2 A，最大 LED 电压为 12 V。超过 12 V 时，用户必须考虑降额使用，否则，如果功率超过 14.4 W，模块可能会因过热而关断。

在这种模式下，已指定持续控制的设定电压。输出电流取决于相连负载。输出电流可增至 CoE 索引 0x8000:02 [► 223] 中目标电流（限制电流）的 200%。如果相连负载的电阻过低，导致输出电流必须上升到设定限制电流的 200% 以上才能使输出电压恒定在指定值，则端子模块会关闭输出。

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端预先指定信号的情况下，才能启动输出信号。有关详细信息和调试内容，请参阅硬件使能 [► 185] 章节。

将 LED 输出设置为电压控制输出的具体参数如下所述。

1. 在索引 0x8000:02 “目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在索引 0x8000:03 “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 将 CoE 目录中索引 0x8004:01 [► 225] 的运行模式设置为“电压控制”



附图 173: 运行模式设置 “电压控制”

4. 将预定义 PDO 分配设为 “Voltage control (with info data)” “电压控制（带信息数据）”

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	0	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F		0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F		0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

- ☐ 0x1600
- ☐ 0x1601
- ☐ 0x1602
- ☐ 0x1603
- ☐ 0x1604
- ☐ 0x1605
- ☐ 0x1606

Download

- ☒ PDO Assignment
- ☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

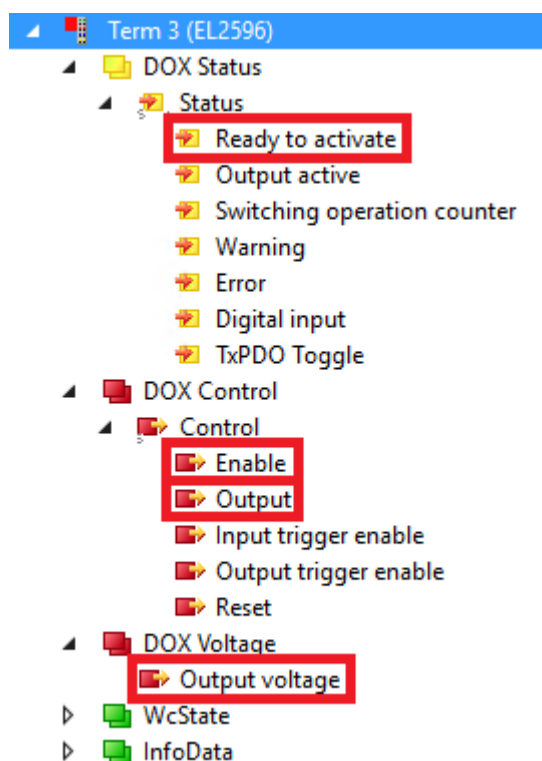
Index	Size	Offs	Name	Type	Default (I)
0x6000:01	0.1	0.0	Status_Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status_Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status_Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status_Warning	BIT	

Predefined PDO Assignment: (none)

- Predefined PDO Assignment: (none)
- Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'
- Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'
- Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'
- Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'Current control'
- Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'
- Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'
- Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'
- Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

附图 174: PDO 设置 “Voltage control (with info data)” “电压控制（带信息数据）”

- 通过 “DOX Voltage (DOX 电压)” → “Output (输出)” 电压指定设定电压，以 0.01 V 为单位（最大 $U_{IN} - 0.5 V$ ）。在 CoE 索引 0x8000:04 [▶ 223] “电源电压” 中指定输出的限制电压，以 0.01 V 为单位。如果 PDO 中指定的设定电压大于限制电压，则仍回输出最大限制电压（无警告）。
- 检查 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” 下的 “Ready to activate (激活就绪)” 位是否为 1。
- 通过 “Enable (使能)” 位激活 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的控制功能。
- 激活 “Output (输出)” 位，打开 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的 LED 输出。



附图 175: 在运行模式“电压控制”中激活输出

6.3.7 电压控制 PWM

“Voltage Control PWM” “电压控制 PWM” 运行模式可通过电压脉冲宽度调制来驱动 LED。

在该模式下，电压会设置为 CoE 索引 0x8000:04 “输出电压” 中指定的值。输出电流取决于相连负载。输出电流可增至 CoE 索引 0x8000:02 中“目标电流”（限制电流）的 200%。如果相连负载的电阻过低，导致输出电流必须上升到设定限制电流的 200% 以上才能使输出电压恒定在指定值，则端子模块会关闭输出。

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端预先指定信号的情况下，才能启动输出信号。有关详细信息和调试内容，请参阅硬件使能 [► 185] 章节。

将 LED 输出设置为电压-PWM 控制输出的具体参数如下所述。

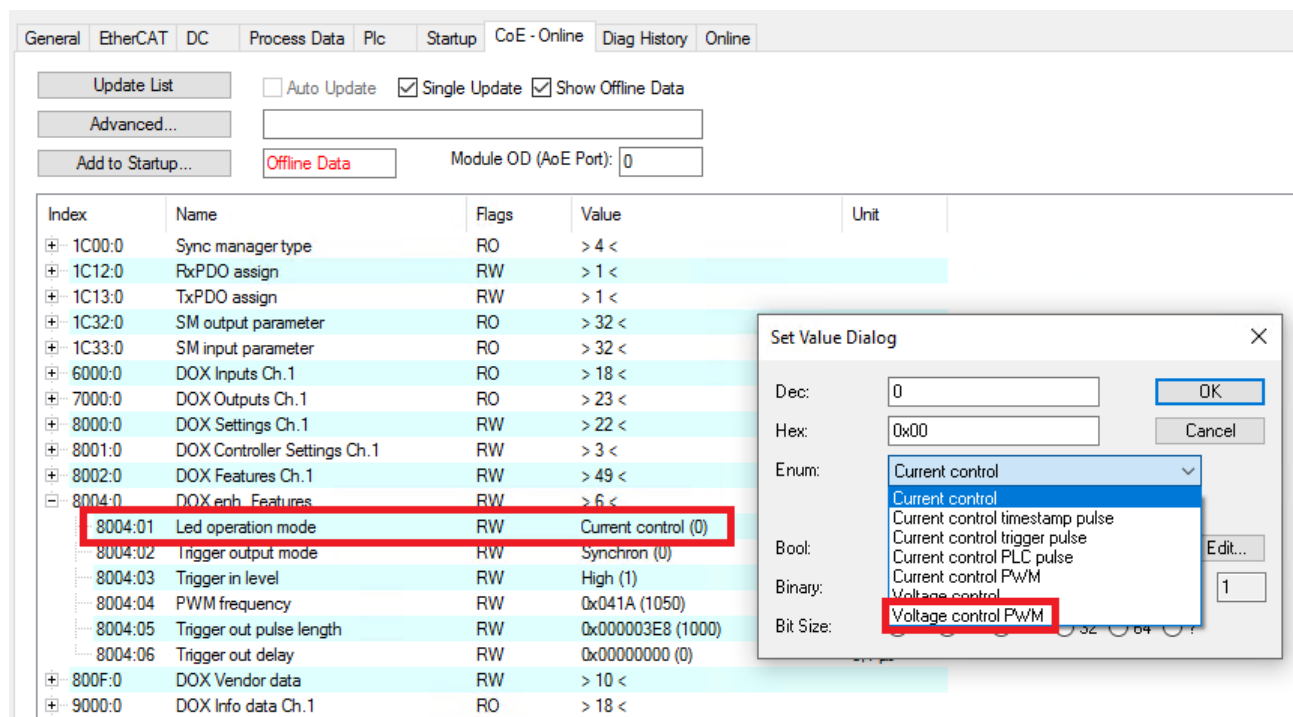
1. 在索引 0x8000:02 [► 223] “Target current” “目标电流” 中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在索引 0x8000:03 [► 223] “Supply voltage” “电源电压” 中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在索引 0x8000:04 [► 223] “Output voltage” “输出电压” 中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 $U_{IN} - 2 V$ ）。
4. 默认 PWM 频率为 1050 Hz。如有必要，可在索引 0x8004:04 [► 225] 中调整该值。

警告

PWM 模式下的频闪效应

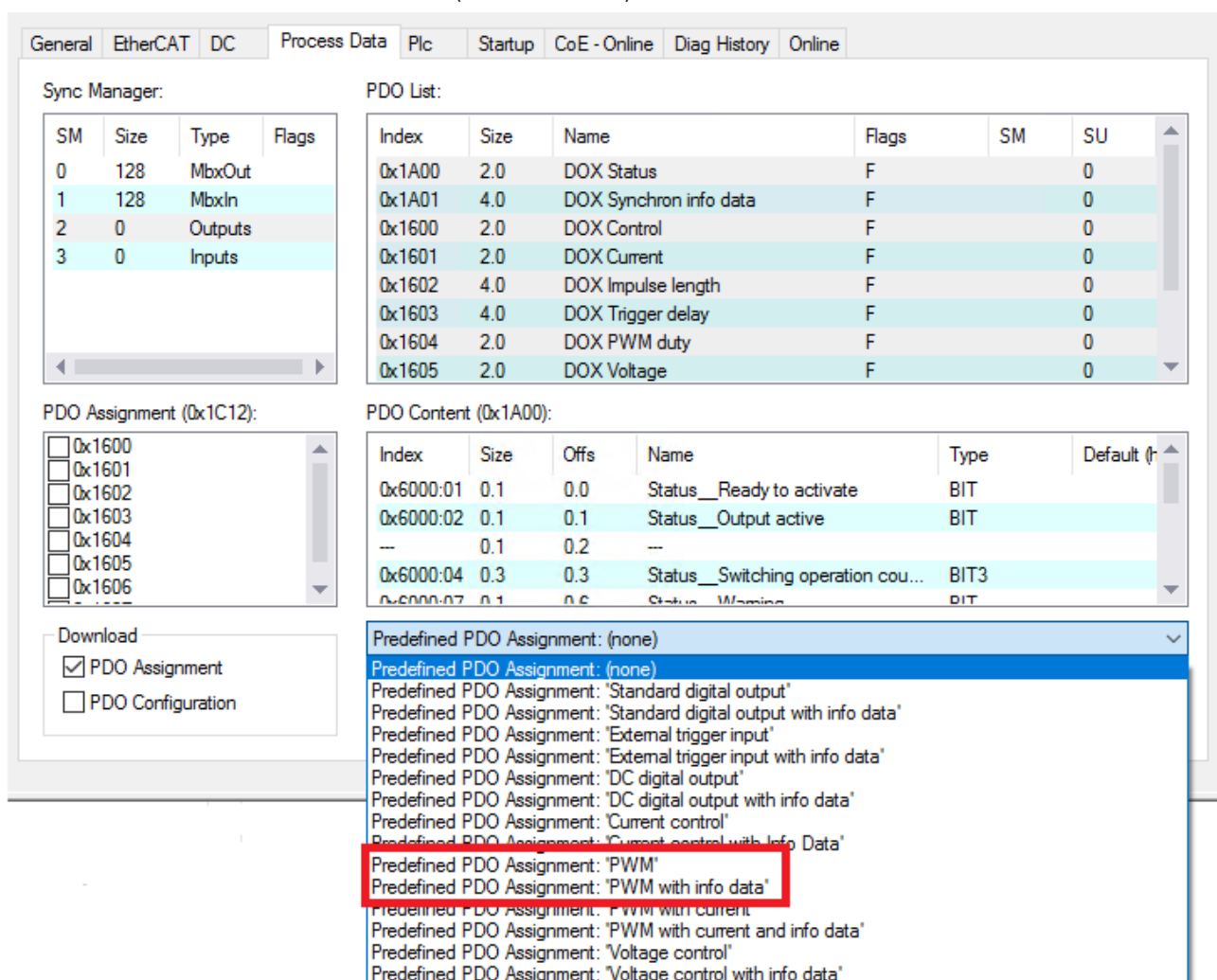
由于灯光高频闪烁，有可能产生频闪效应。例如，如果发射光的频率与旋转机器部件的运动频率相位一致，频闪效应就会使机器尽管在运动，但看起来却好像静止不动。可能造成操作员误判，可能会因为看似静止的机器零部件而进行干预。进而导致严重的人员伤亡。

5. 将索引 0x8004:01 [► 225] CoE 目录中的运行模式设置为“Voltage control PWM” “电压控制 PWM”



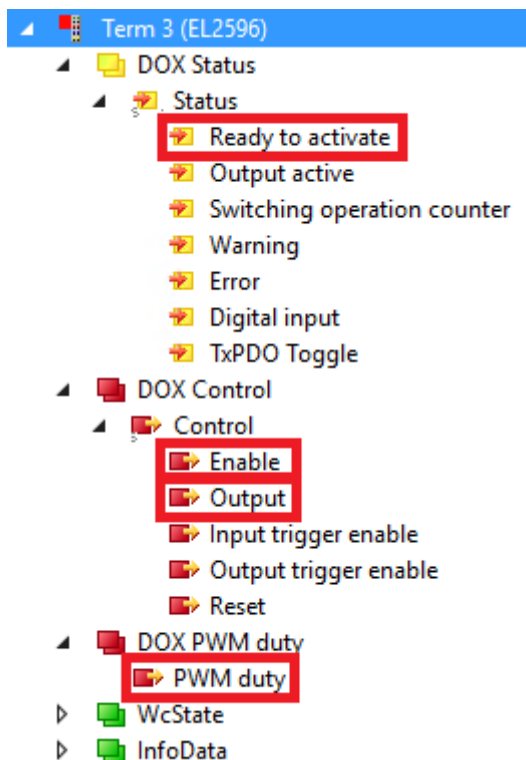
附图 176: 运行模式设置 “Voltage control PWM” “电压控制 PWM”

6. 将预定义 PDO 分配设置为 “PWM (with info data)” “PWM（带信息数据）”



附图 177: PDO 设置 “PWM (with info data)” “PWM（带信息数据）”

7. 在“DOX PWM duty (DOX PWM 占空比)” → “PWM duty (PWM 占空比)”项下指定 PWM 占空比。如果未映射 PDO 对象 0x1604 “DOX PWM 占空比”，则在 CoE 索引 0x8004:07 [► 225] 中指定占空比。
8. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1。
9. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能。
10. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的 LED 输出。



附图 178: 在“Voltage control PWM”“电压控制 PWM”运行模式下激活输出

6.3.8 灌电流 PWM



FW04 及以上版本可用

本章所述通过外部电源控制 LED 的运行模式只适用于 FW04 以上版本。

当使用外部电源运行 LED 时，会使用“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”运行模式。例如，[多色共阳极 LED \[► 197\]](#) 就是这种情况。各个 LED 通过共阳极供电。每个阴极需要一个 EL2596（相当于“每个颜色”）。然后，这些 EL2596 端子模块会以“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”模式运行。

在这种运行模式下，有一些要求需要考虑：

- 在设定运行模式之前，LED 不得与 EL2596 连接。LED 与其他运行模式中的 LED- (1) 和 LED+ (9) **并不** 相连。LED 的阳极与外部电源相连，而阴极与 EL2596 的 LED- (1) 相连。
- 连接 LED 时，不得更改运行模式。
- LED 的外部电源只能在端子模块启动后开启。如果在应用中无法直接连接，则必须通过继电器端子模块 (EL2622、EL2624 ...) 连接供电。
- 与[电流控制 PWM \[► 155\]](#) 章节所述的最大占空比限制条件相同。

在这种运行模式下，可以将触发输入配置为使能输入，以便将其用作外部开关。只有在触发输入端预先指定信号的情况下，才能启动输出信号。有关详细信息和调试内容，请参阅[硬件使能 \[► 185\]](#) 章节。

下面将逐步介绍“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”模式的调试方法。

1. 在索引 0x8000:02 [▶ 223] “Target current”“目标电流”中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位
2. 在索引 0x8000:03 [▶ 223] “Supply voltage”“电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在索引 0x8000:04 [▶ 223] “Output voltage”“输出电压”中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位（最大 $U_{IN} - 2\text{ V}$ ）。在该运行模式下，此处设置的值对应于控制器上的输出。如果相连 LED 的正向电压低于此处设置的值，则剩余电压会在 EL2596 内部下降。在多数情况下，会导致端子模块温度过高，从而关闭 LED 输出。因此，应在此处设置预期输出电流下的正向电压。TeachIn 功能 [▶ 175] 也可用于确定输出电压（切换到必要的运行模式时，LED 不得与 EL2596 连接）。
4. 默认 PWM 频率为 1050 Hz。如有必要，可在索引 0x8004:04 [▶ 225] 中调整该值。

警告

PWM 模式下的频闪效应

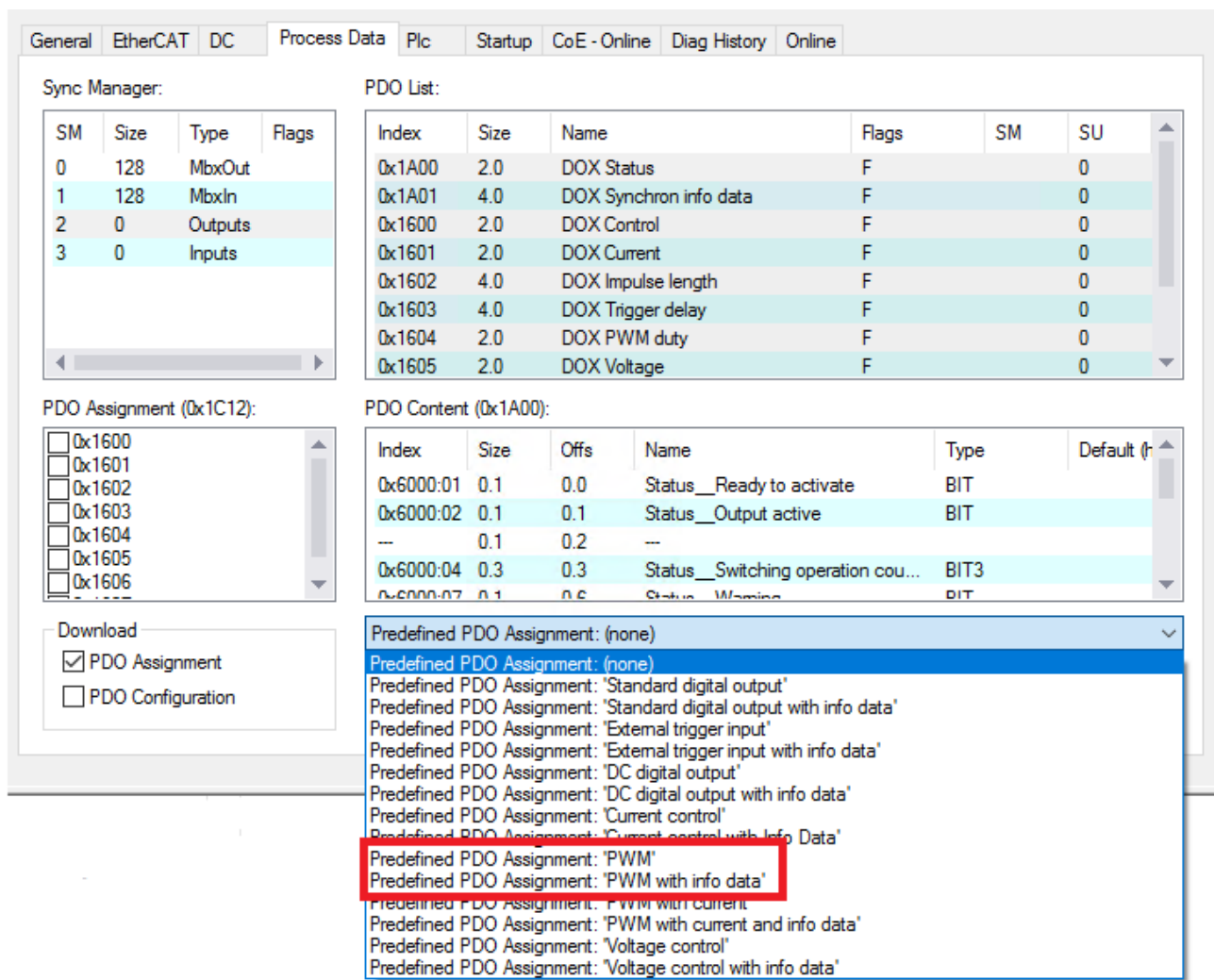
由于灯光高频闪烁，有可能产生频闪效应。例如，如果发射光的频率与旋转机器部件的运动频率相位一致，频闪效应就会使机器尽管在运动，但看起来却好像静止不动。可能造成操作员误判，可能会因为看似静止的机器零部件而进行干预。进而导致严重的人员伤亡。

5. 将索引 0x8004:01 [▶ 225] CoE 目录中的运行模式设置为“Current Control PWM”“电流控制 PWM”

Index	Parameter Name	Access	Value	Unit
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 50 <	
8004:0	DOX sub. Features	RW	> 8 <	
8004:01	Led operation mode	RW	Current sink PWM (7)	
8004:02	Trigger output mode	RW	Synchron (0)	
8004:03	Trigger in level	RW	High (1)	
8004:04	PWM frequency	RW	0x041A (1050)	Hz
8004:05	Trigger out pulse length	RW	0x000003E8 (1000)	0.1 μs
8004:06	Trigger out delay	RW	0x00000000 (0)	0.1 μs
8004:07	PWM duty	RW	0x7FFF (32767)	
8004:08	Pulse voltage adj.	RW	0x0000 (0)	0.01 V
8004:09	Trigger input blind time	RW	0x0032 (50)	μs
800F:0	DOX Vendor data	RW	> 10 <	
9000:0	DOX Info data Ch.1	RO	> 18 <	
A000:0	DOX Diag data Ch.1	RO	> 11 <	

附图 179: 运行模式设置“电流控制 PWM”

6. 现在可以连接 LED 了。
7. 将预定义的 PDO 分配设置为“PWM (with info data)”“PWM（带信息数据）”或“PWM with current (and info data)”“PWM（含电流（以及信息数据））”



附图 180: PDO 设置 “PWM (with info data)” “PWM (带信息数据)”

- 仅适用于预定义 PDO “PWM (含电流 (以及信息数据))”：通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定设定电流，以 mA 为单位

General EtherCAT DC Process Data Plc Startup CoE - Online Diag History Online

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	0	Outputs	
3	0	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F		0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F		0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

☐ 0x1600
☐ 0x1601
☐ 0x1602
☐ 0x1603
☐ 0x1604
☐ 0x1605
☐ 0x1606

Download
☒ PDO Assignment
☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: (none)

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'

Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'

Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'

Predefined PDO Assignment: 'Current control'

Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'

Predefined PDO Assignment: 'PWM'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'

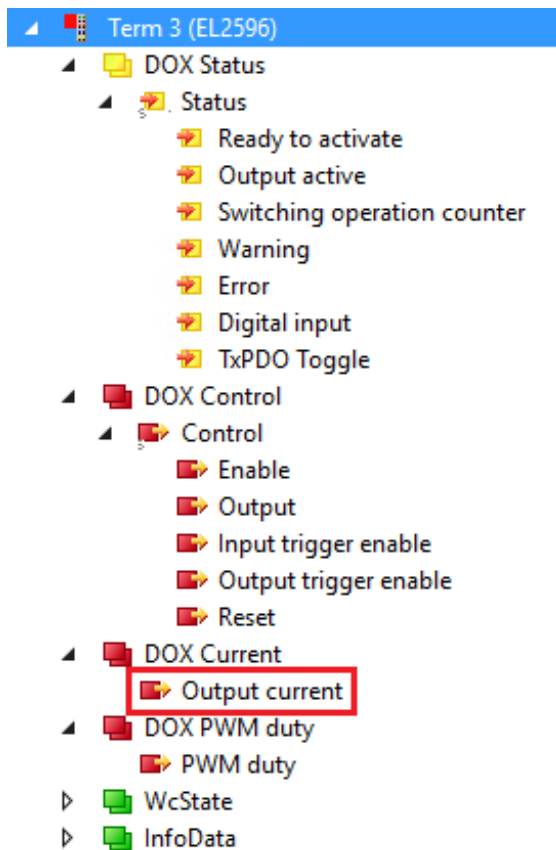
Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'

Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'

Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'

Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

附图 181: PDO 设置 “PWM with current (and info data)” “PWM (含电流 (以及信息数据))”



附图 182: 设置设定电流

8. 在“DOX PWM duty (DOX PWM 占空比)” → “PWM duty (PWM 占空比)”项下指定“PWM 占空比”。如果未映射 PDO 对象 0x1604 “DOX PWM 占空比”，则在 CoE 索引 0x8004:07 [► 225] 中指定占空比。
9. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1
10. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的 LED 输出

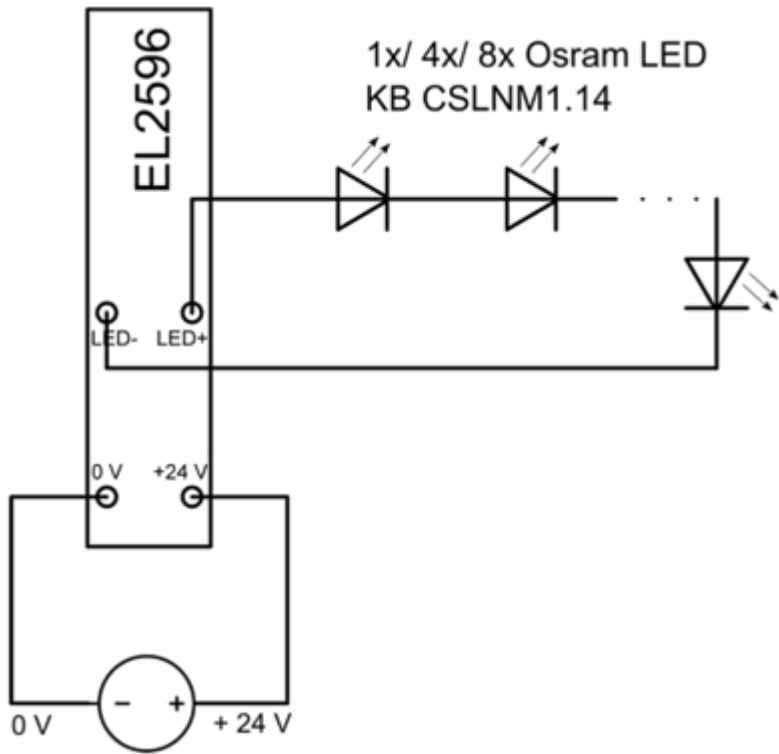
6.4 确定输出参数

本章介绍的是 EL2596-xxxx 参数设置的示例。主要讨论下述工况：在“电流控制”运行模式下，EL2596-xxxx 可为一个或多个 LED 提供恒定电流。

首先，要确定 LED 工作点的正向电压 U_F 。为此，LED 的数据表中提供了特性曲线，显示正向电流 I_F 与正向电压 U_F 的函数关系。如果需要二极管额定电流以外的电流，则应从正向电压与 LED 正向电流的关系图中获取相应的正向电压。

以计算为例，假设额定电流为 1 A，对应正向电压为 2.35 V。

在本示例中，若干相同类型的 LED 会串联在一起。



附图 183: 各 LED 与 EL2596 串联在一起

因此，EL2596 的输出电压 U_{out} 相当于串联 LED 的数量乘以设定输出电流 I_F 时的正向电压 U_F 。

$$U_{out} = n_{LEDs} \cdot U_F$$

利用设定输出电流 I_F 和输出电压，即可计算出 EL2596 的输出功率 P_{out} ：

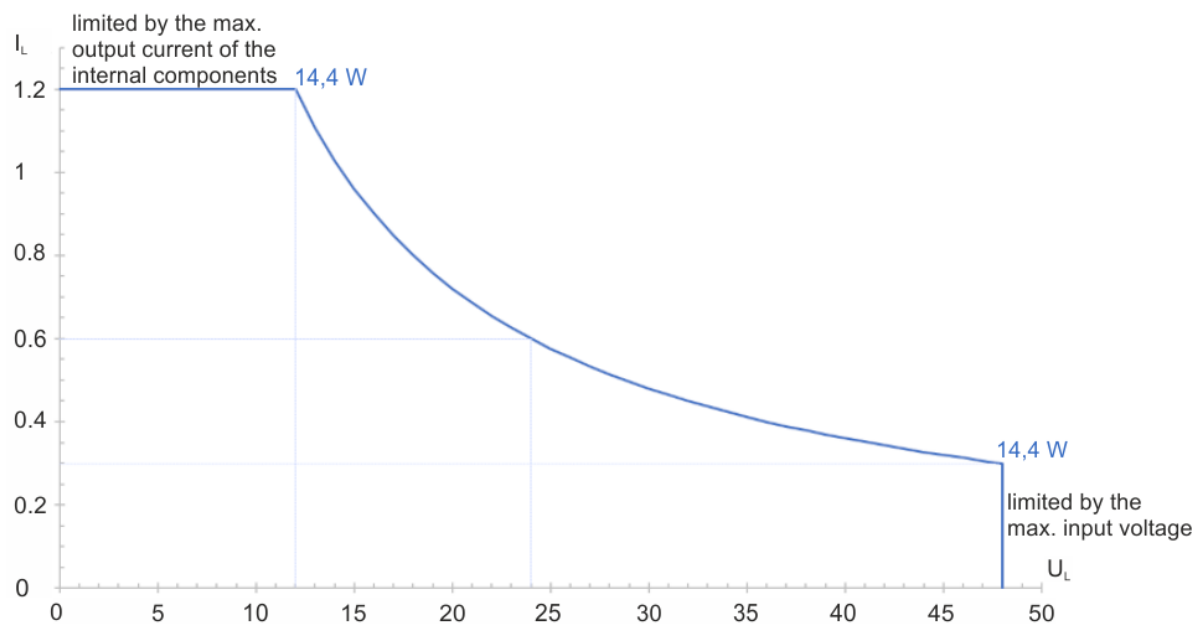
$$P_{out} = U_{out} \cdot I_F$$

当 LED 数量变更时，EL2596 对应的参数如下：

LED 数量	正向电流 I_F	输出电压 U_{out}	输出功率 P_{out}
1	1 A	2.35 V	2.35 W
4	1 A	9.4 V	9.4 W
8	1 A	18.8 V	18.8 W

计算出所需电路的参数后，检查是否符合 EL2596 的工作范围。工作范围受以下 3 个参数的限制：

- 最大连续输出电流，受内部组件的限制
- 端子模块的最大输出电压，即 28.3 V（常亮模式）或 26.8 V（脉冲模式），最大电源电压为 28.8 V
- 最大输出功率为 14.4 W，与内部功耗相关性（内部功耗可通过 CoE 索引 [0xF900:13](#) [\[► 227\]](#) 的信息数据读取）



附图 184: “电流控制”模式下 EL2596 的运行范围

从图中可以看出，1 个 LED 和 4 个 LED 的参数均在 EL2596 的允许工作范围内。使用 8 个 LED 时，会超出 EL2596 的最大输出功率，因此不允许使用该电路。由于 EL2596 内部电路的原因，不允许为增加功率而将多个 EL2596 端子模块并联连接。

可以通过降低输出电流来减小输出功率，直至达到 EL2596 的允许工作范围。

6.5 自动判定输出电压并显示特性曲线

● FW04 及以上版本可用

本章所述用于自动判定输出电压及特性曲线输出的功能，仅限 FW04 及以上版本使用。

对于固件 04 及以上版本，EL2596 可以在设定电流时自动判定输出电压，并将其临时或永久保存在 CoE 中。一般情况下，建议自动判定输出电压，因为这样可以将端子模块的损耗降至最低。数据表中规定的正向电压受制造公差的影响，因此只能通过自动判定或其他测量方法来确定最佳正向电压。

此外，可采集相连 LED 的特性曲线，电流上限可设为预设值，采集数据可保存为 CSV 文件，或以曲线形式导出为 HTML 文件。

各种选项和程序说明如下。必须在“Current Control”“电流控制”运行模式下执行所有选项。

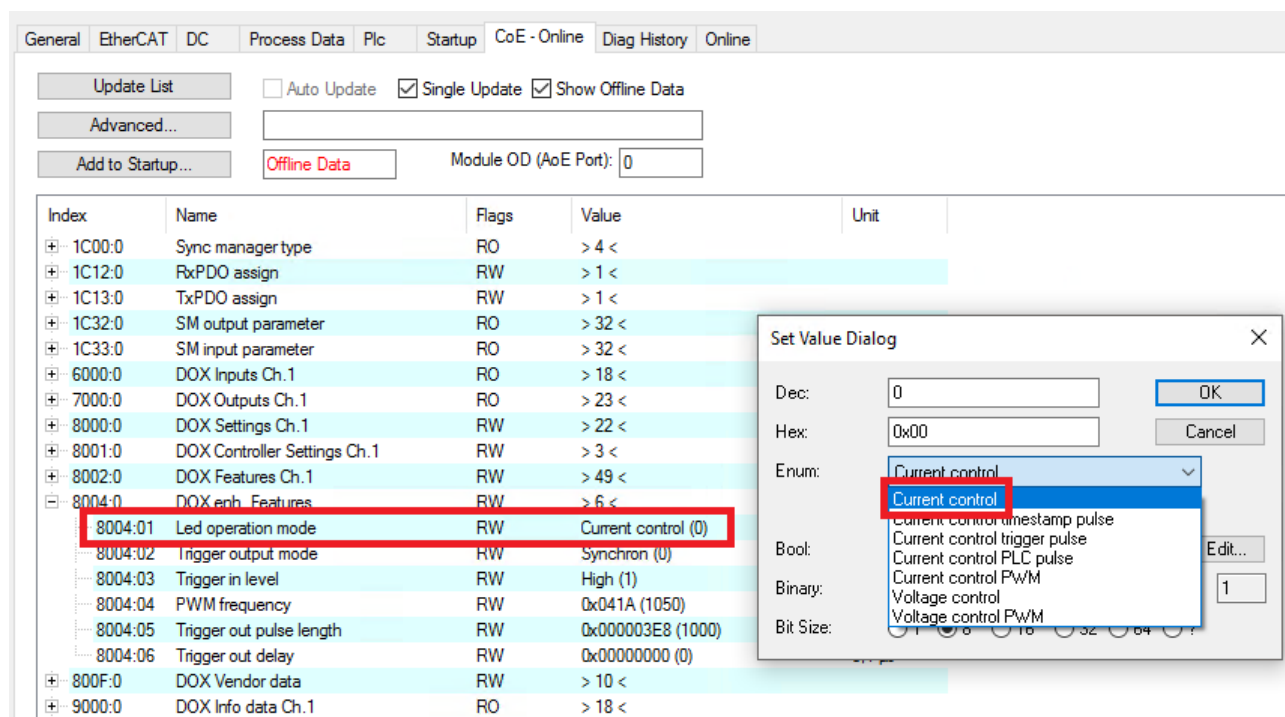
6.5.1 保存运行中的输出电压

一种方法是在运行过程中判定并在 CoE 索引 0x8004:04 中保存带有预先指定设定电流的输出电压。通过这种方法，LED 可在“电流控制”模式下以预先指定的设定电流开启，输出电压得以判定并保存在 CoE 索引 0x8000:04 ▶ 223]“Output voltage”“输出电压”中。

鉴于这种方法必须打开 LED 才能手动设置保存电压值的命令，因此速度相对较慢，而且如果 LED 在电流大于额定电流的情况下工作，则不适合采用这种方法。如果稍后 LED 在电流 $\geq$ 额定电流的常亮模式下运行，建议使用这种方法。

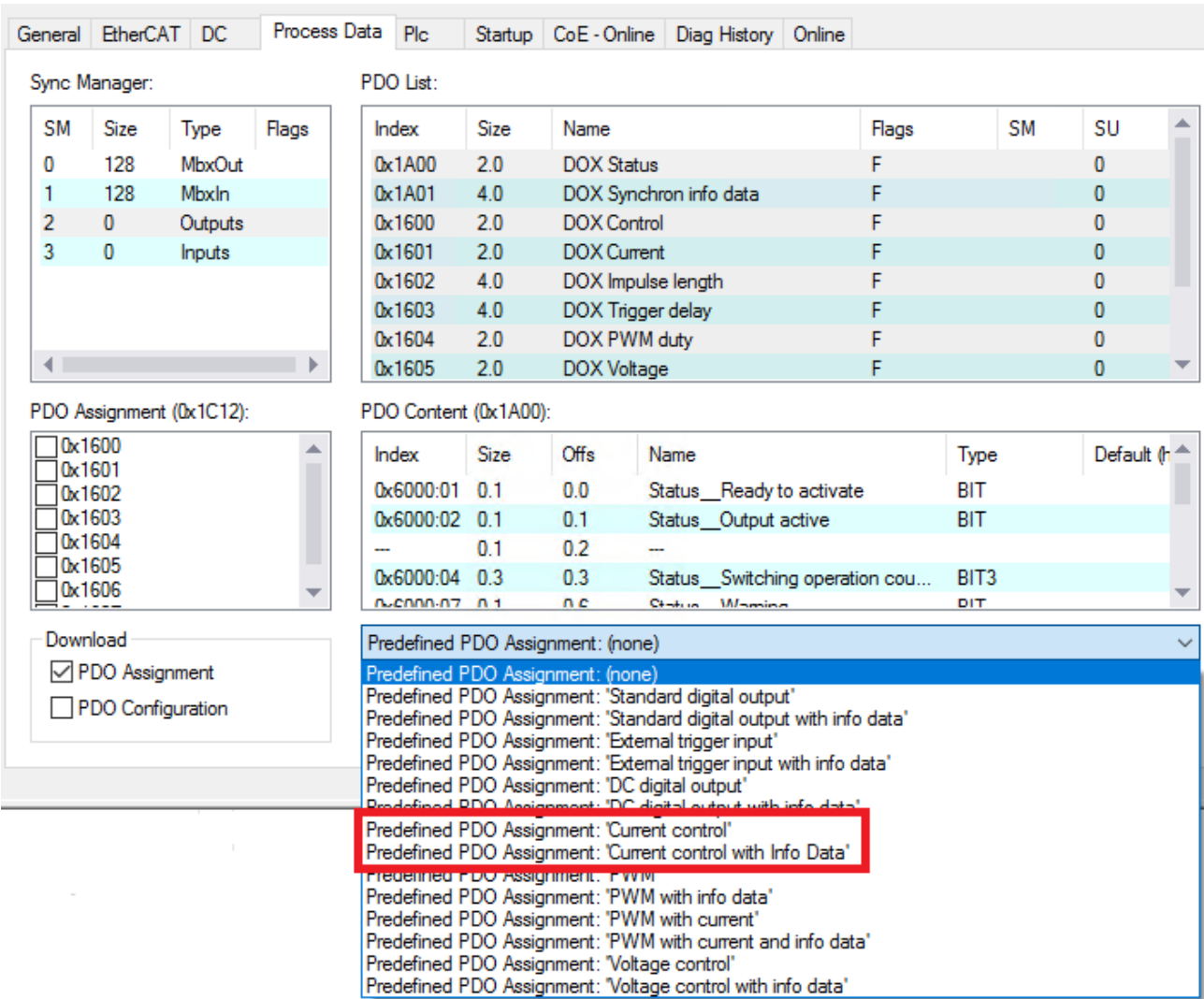
程序说明如下：

1. 将 CoE 索引 0x8004:01 ▶ 225] “Led operation mode” “LED 运行模式” 中的运行模式设置为“Current Control”“电流控制”



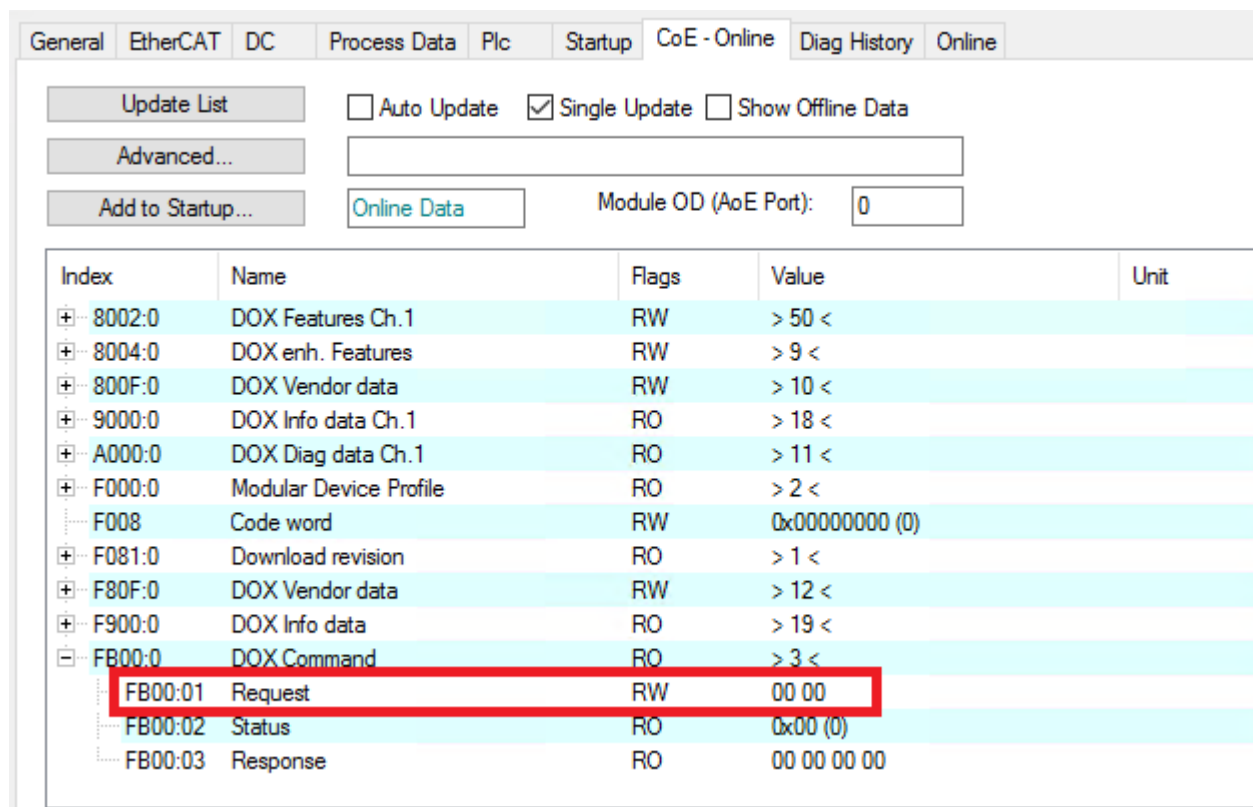
附图 185: CoE 对象 0x8004:01 “电流控制”

2. 将 PDO 选项卡中的预定义 PDO 设置为“Current control (with info data)”“电流控制（带信息数据）”



附图 186: 选择预定义 PDO “Current control (with info data)” “电流控制（带信息数据）”

3. 在“DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 项下的过程数据中预先设置设定值
4. 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Enable (使能)” 启用 LED 输出
5. 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 开启 LED 输出
6. 指定命令 0x0501, 将输出电压存储到 CoE 索引 0xFB00:01 [► 228] “请求” 中。然后将存储的电压输入到 CoE 索引 0x8000:04 [► 223] “输出电压” 中。



附图 187: 输入用于存储输出电压的命令

6.5.2 临时或在 EEPROM 中存储输出电压

另一种方法是自动判定输出电压并将其（临时或永久）存储在 CoE 索引 0x8000:04 [► 223] 中，同时预先指定设定电流。通过这种方法，LED 会以预先指定的设定电流开启，输出电压得以判定并保存在 CoE 索引 0x8000:04 [► 223] “Output voltage” “输出电压” 中。

如果利用本章所述命令执行 “TeachIn”，则端子模块会自动以 “电流控制” 模式运行短暂的切换过程，直至达到设定电流。这与实际设定的运行模式无关，之后会重新激活。随后 LED 短暂闪烁。根据命令的不同，该值会永久保存在 EEPROM 中，或者只是暂时保存下来，直至下次启动。在 EEPROM 中存储电压值时，必须注意的是，只能对 EEPROM 存储单元进行有限写入。

在指定设定电流、设置命令和 EL2596 输出位上升沿之后，输出电压得以判定。由于这种方法不需要持续开启 LED，而且命令在发出后会自动进行判定，因此这种方法速度很快。如果 LED 在工作期间要承受大于额定电流的过载驱动，则这种方法同样适用。在判定过程中，会将电流调整到指定的设定电流，而这就是 LED 短时闪烁的原因。因此，如果稍后要以脉冲模式运行 LED，并在电流 $\geq$ 额定电流的情况下进行过驱动，则可使用这种方法。

特别是在电流控制脉冲运行模式下，建议使用自动判定输出电压的方法，因为在输出端产生大电流脉冲时，可能需要较高的预电压来生成陡峭边沿。这些电压可能高于 LED 数据表中规定的电压。

注意

工作温度下的脉冲模式 TeachIn

在各种工作条件下，应为所有脉冲模式自动判定输出电压。最重要的是，示教过程中的环境温度尤为重要，应与工作温度保持一致。

其原因是 LED 的正向电阻会不断减小。如果在 EL2596 的 LED 输出端电流恒定的情况下，电阻因温度升高而减小，那么 LED 两端压降就会比冷态时小。然后，设定输出电压与 LED 两端压降之间的电压差在端子模块内部下降，导致端子模块温度升高。导致输出因超温而关闭。

如果在工作温度下进行示教，可以避免内部损耗。

因此，为了优化参数设置，建议进行 2 次 TeachIn。第一个在冷态下先操作 LED，将其设定为工作条件。然后便可在达到的工作条件下进行第二次 TeachIn。

本章所述功能可用于除“灌电流 PWM”（“电流控制”、“电流控制时间戳脉冲”、“电流控制 PLC 脉冲”、“电流控制触发脉冲”）之外的任意电流控制运行模式。

程序说明如下：

1. 在 CoE 索引 0x8000:04 [► 223] “Output voltage” “输出电压” 中指定最大输出电压（尤其是在需要过驱动的情况下，该值应大于额定电压）
2. 在 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 项下的过程数据中预先设置设定值
3. 指定将输出电压存储到 CoE 索引 0xFB00:01 [► 228] “Request” “请求” 中的命令
 - 0x0502：将该值永久存储在 EEPROM 中
 - 0x0503：临时存储该值

The screenshot shows the Beckhoff CoE-Online interface. The 'CoE - Online' tab is selected. Below the navigation tabs, there are buttons for 'Update List', 'Advanced...', and 'Add to Startup...'. There are also checkboxes for 'Auto Update', 'Single Update', and 'Show Offline Data'. A text field for 'Module OD (AoE Port):' is set to '0'. Below this is a table with the following data:

Index	Name	Flags	Value	Unit
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 50 <	
8004:0	DOX enh. Features	RW	> 9 <	
800F:0	DOX Vendor data	RW	> 10 <	
9000:0	DOX Info data Ch.1	RO	> 18 <	
A000:0	DOX Diag data Ch.1	RO	> 11 <	
F000:0	Modular Device Profile	RO	> 2 <	
F008	Code word	RW	0x00000000 (0)	
F081:0	Download revision	RO	> 1 <	
F80F:0	DOX Vendor data	RW	> 12 <	
F900:0	DOX Info data	RO	> 19 <	
FB00:0	DOX Command	RO	> 3 <	
FB00:01	Request	RW	00 00	
FB00:02	Status	RO	0x00 (0)	
FB00:03	Response	RO	00 00 00 00	

附图 188: 输入用于存储输出电压的命令

4. 在 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 上施加上升沿（使能位 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Enable (使能)” 必须保持为 0）。然后将输出调节到设定电流，达到设定电流后关闭输出，然后存储输出电压。

5. 判定成功后，CoE 索引 0xFB00:02 [▶ 228] “Status” “状态” 中命令的状态为 0xFF，“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Switching operation counter (切换动作计数器)” 递增。然后将存储的电压输入到 CoE 索引 0x8000:04 [▶ 223] “输出电压” 中。

FB00:0	DOX Command	RO	> 3 <
FB00:01	Request	RW	03 05
FB00:02	Status	RO	0xFF (255)
FB00:03	Response	RO	00 00 00 00

附图 189: 成功存储输出电压时的命令状态

6.5.3 以 CSV 文件格式存储 LED 的特性曲线

使用 EL2596 还可以判定相连 LED 的特性曲线。通过 EtherCAT 邮箱协议 FoE（通过 EtherCAT 访问文件），可以将特性曲线保存为 CSV 文件（分隔符：分号、空格）。如前两章 保存运行中的输出电压 [▶ 173] 和 临时或在 EEPROM 中存储输出电压 [▶ 175] 所述，如果已执行 “TeachIn”，则可上传 LED 特性曲线（此时可跳过第 1 – 6 点）。或者，也可采用下述整套方法保存特性曲线。

程序说明如下：

1. 将 CoE 索引 0x8004:01 [▶ 225] “Led operation mode” “LED 运行模式” 中的运行模式设置为 “Current Control” “电流控制”

GeneralEtherCATDCProcess DataPlcStartupCoE - OnlineDiag HistoryOnline

Update List

Advanced...

Add to Startup...

☐ Auto Update☒ Single Update☒ Show Offline Data

Offline Data

Module OD (AoE Port): 0

Index	Name	Flags	Value	Unit
1C00:0	Sync manager type	RO	> 4 <	
1C12:0	RxPDO assign	RW	> 1 <	
1C13:0	TxPDO assign	RW	> 1 <	
1C32:0	SM output parameter	RO	> 32 <	
1C33:0	SM input parameter	RO	> 32 <	
6000:0	DOX Inputs Ch.1	RO	> 18 <	
7000:0	DOX Outputs Ch.1	RO	> 23 <	
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 22 <	
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 3 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 49 <	
8004:0	DOX.enh. Features	RW	> 6 <	
8004:01	Led operation mode	RW	Current control (0)	
8004:02	Trigger output mode	RW	Synchron (0)	
8004:03	Trigger in level	RW	High (1)	
8004:04	PWM frequency	RW	0x041A (1050)	
8004:05	Trigger out pulse length	RW	0x000003E8 (1000)	
8004:06	Trigger out delay	RW	0x00000000 (0)	
800F:0	DOX Vendor data	RW	> 10 <	
9000:0	DOX Info data Ch.1	RO	> 18 <	

Set Value Dialog

Dec: 0

Hex: 0x00

Enum:

Current control

Current control

Current control timestamp pulse

Current control trigger pulse

Current control PLC pulse

Current control PWM

Voltage control

Voltage control PWM

Bool:

Binary:

Bit Size:

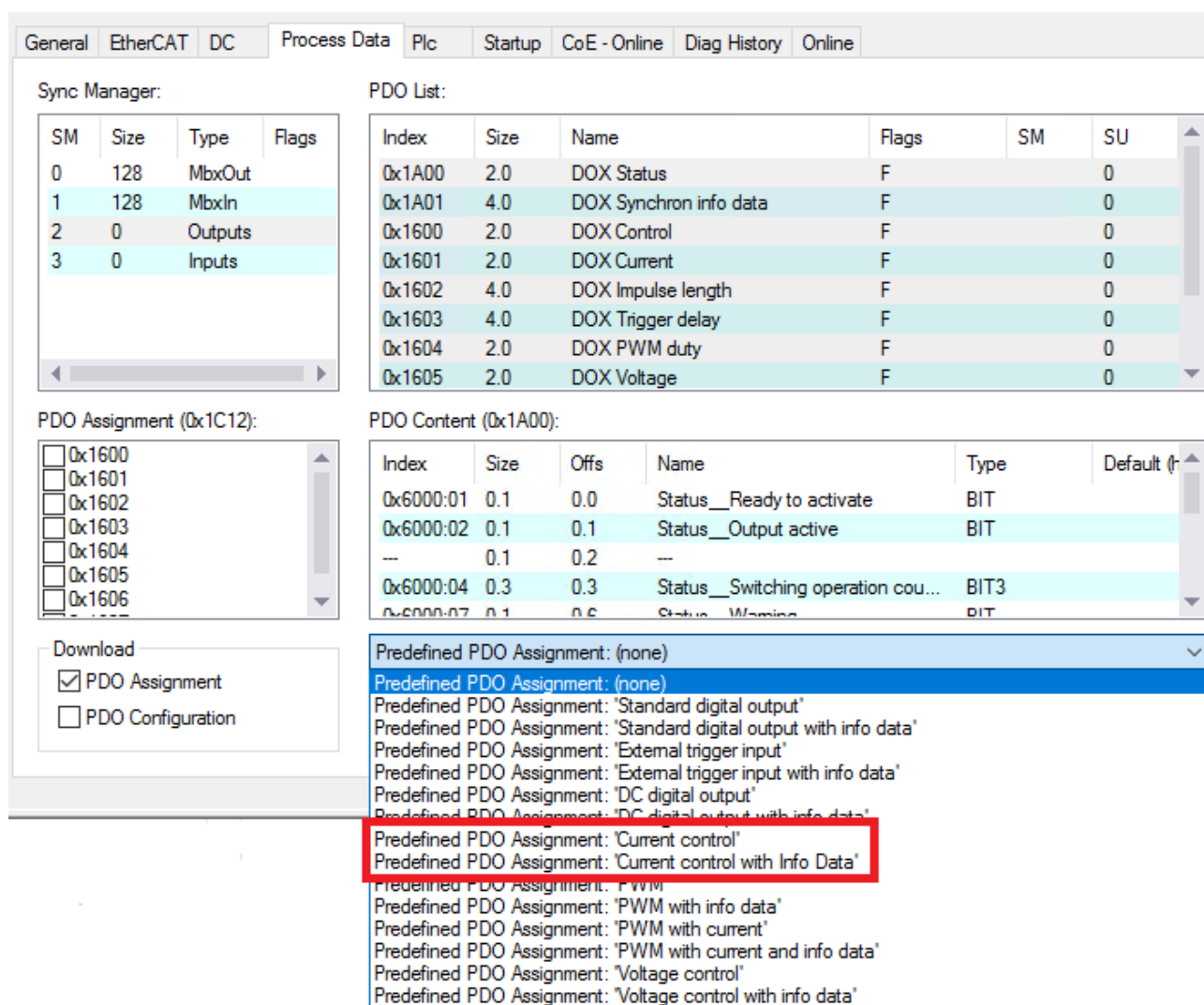
OK

Cancel

Edit...

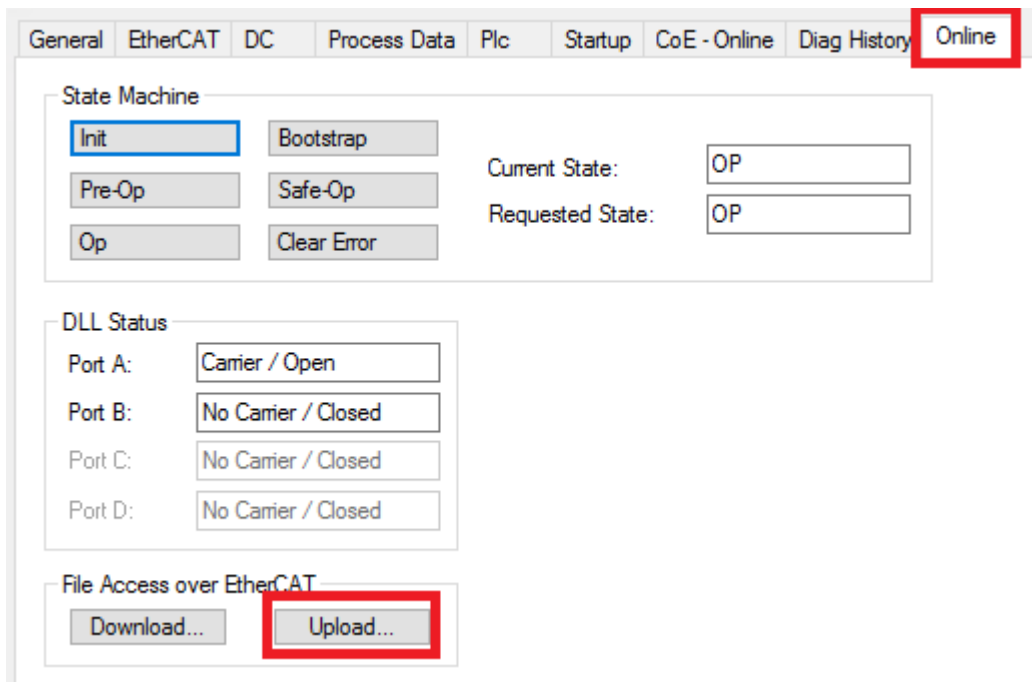
附图 190: CoE 对象 0x8004:01 “电流控制”

2. 将 PDO 选项卡中的预定义 PDO 设置为 “Current control (with info data)” “电流控制（带信息数据）”



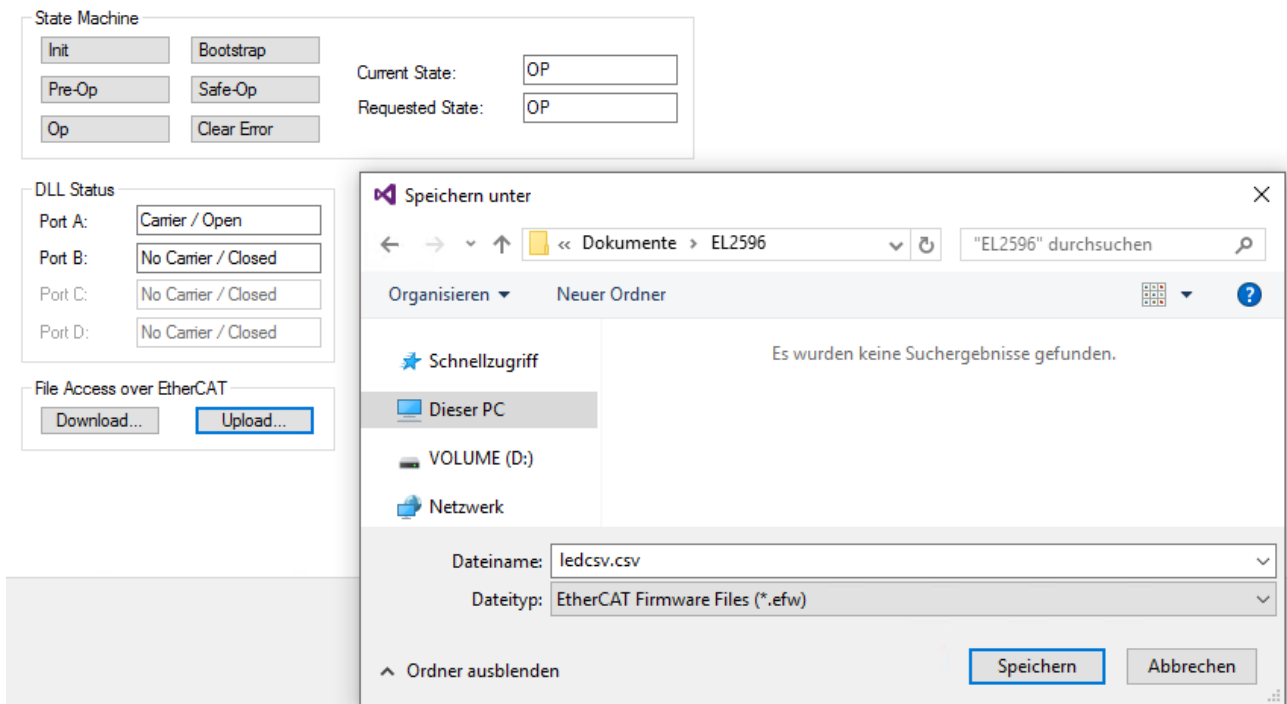
附图 191: 选择预定义 PDO “Current control (with info data)” “电流控制（带信息数据）”

- 在“DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 项下的过程数据中预先设置设定值
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Enable (使能)” 启用 LED 输出
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 开启 LED 输出
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 关闭 LED 输出
- 通过 EL2596 “在线” 选项卡中的“FoE 上传” 功能开始上传



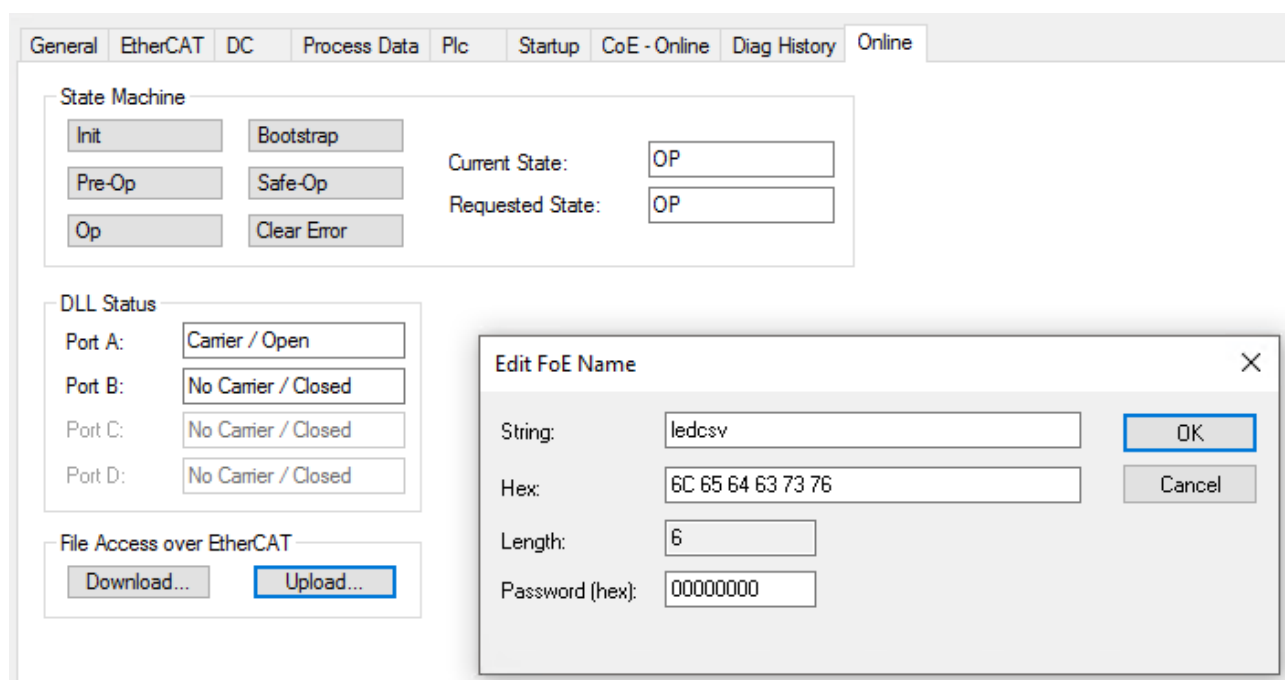
附图 192: 通过 FoE 上传

8. 将文件命名为“ledcsv.csv”并保存



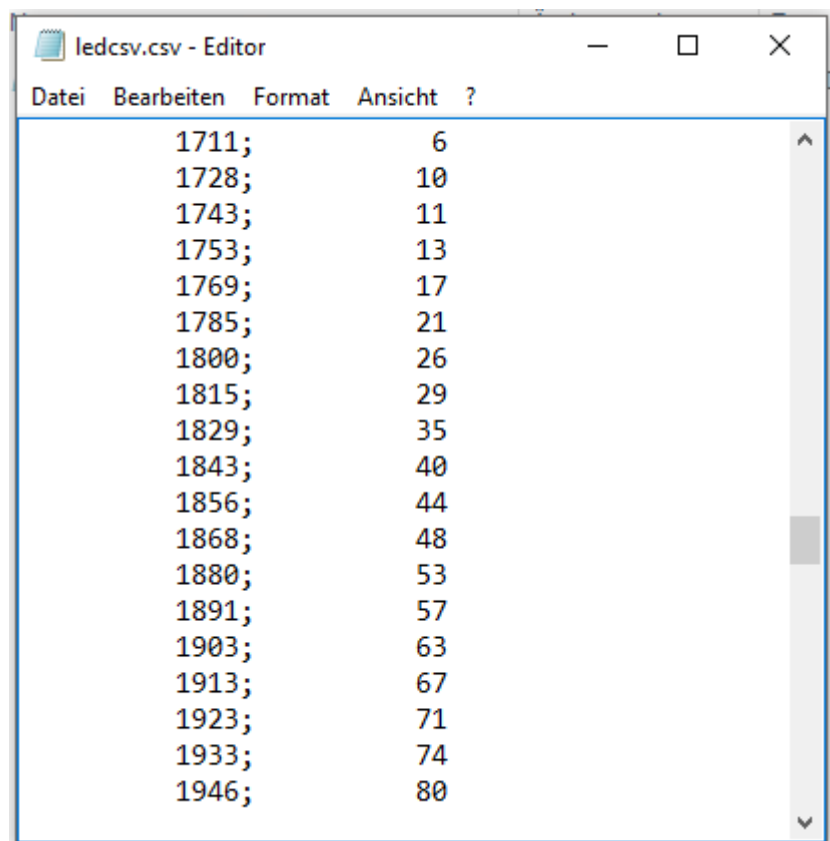
附图 193: 创建“ledcsv.csv”文件

9. 在打开的窗口中输入 FoE 名称“ledcsv”



附图 194: 上传“ledcsv”文件

10. CSV 文件随后会保存在所选路径中，可以用任意编辑器打开。在第一列中，正向电压以 0.01 V 为单位。第二列显示正向电流，以 mA 为单位。



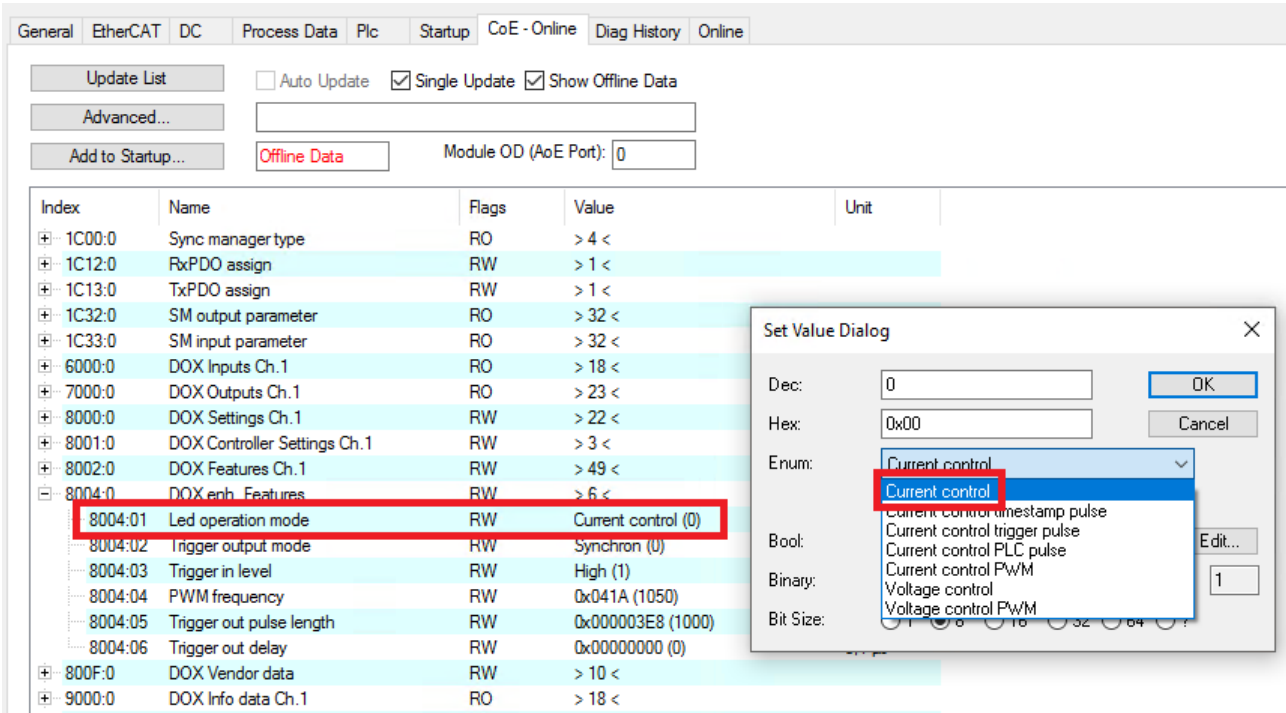
附图 195: 编辑器中的 ledcsv.csv 文件

6.5.4 将 LED 的特性曲线存储为 HTML 图表

使用 EL2596 还可以判定相连 LED 的特性曲线。通过 EtherCAT 邮箱协议 FoE（通过 EtherCAT 访问文件），可以将特性曲线保存为 HTML 格式。如前两章运行过程中对输出电压进行存储 [▶ 173]和临时或在 EEPROM 中对输出电压进行存储 [▶ 175]所述，如果已执行“TeachIn”，则可上传 LED 特性曲线（此时可跳过第 1 – 6 点）。或者，也可采用下述整套方法保存特性曲线。

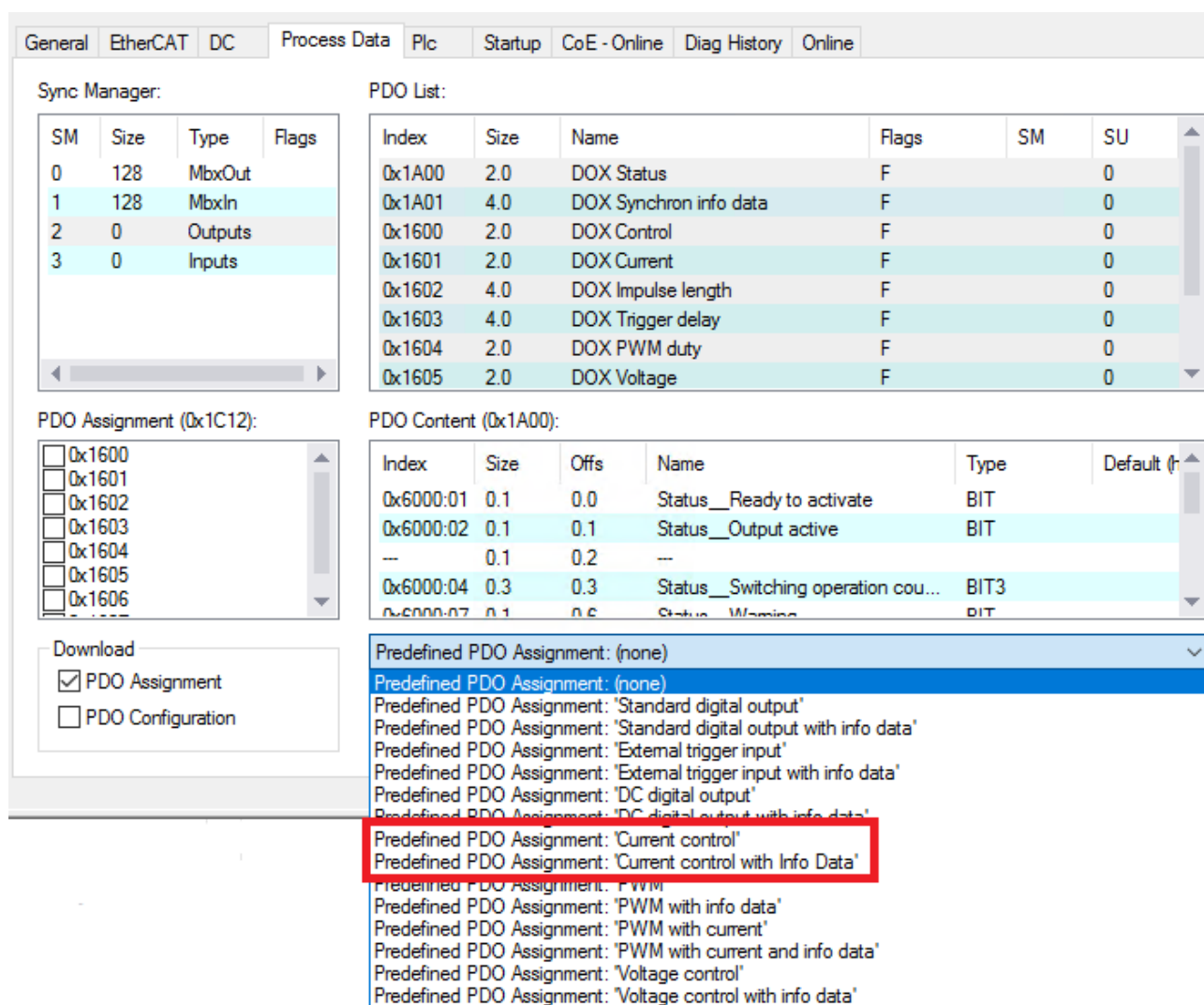
程序说明如下：

- 1. 将 CoE 索引 0x8004:01 [▶ 225] “Led operation mode” “LED 运行模式” 中的运行模式设置为 “Current Control” “电流控制”



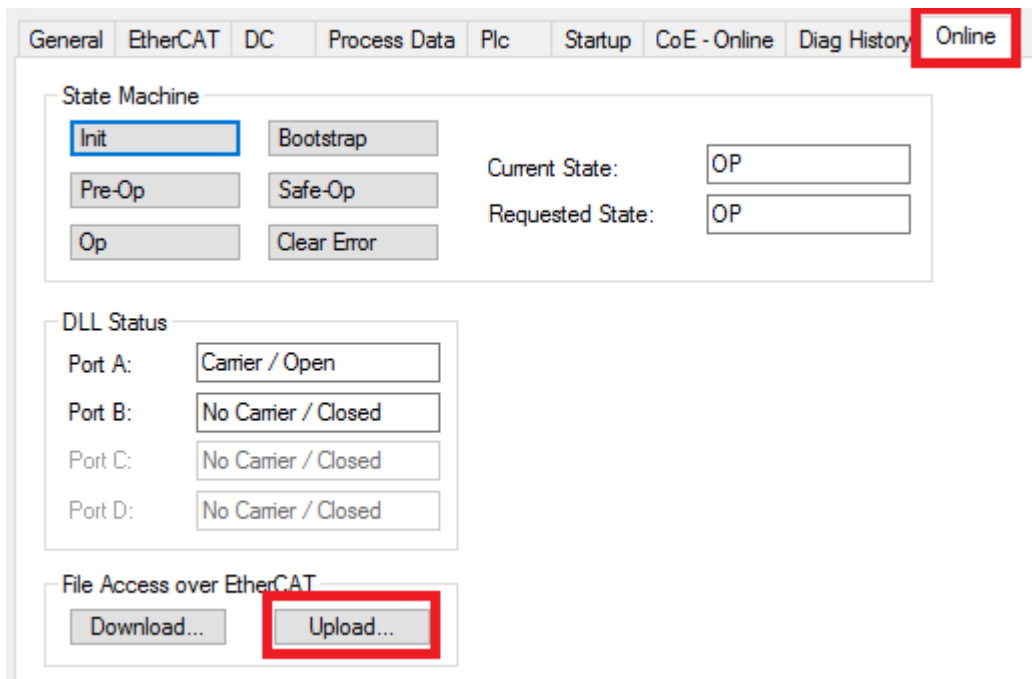
附图 196: CoE 索引 0x8004:01 “电流控制”

- 2. 将 PDO 选项卡中的预定义 PDO 设置为 “Current control (with info data)” “电流控制（带信息数据）”



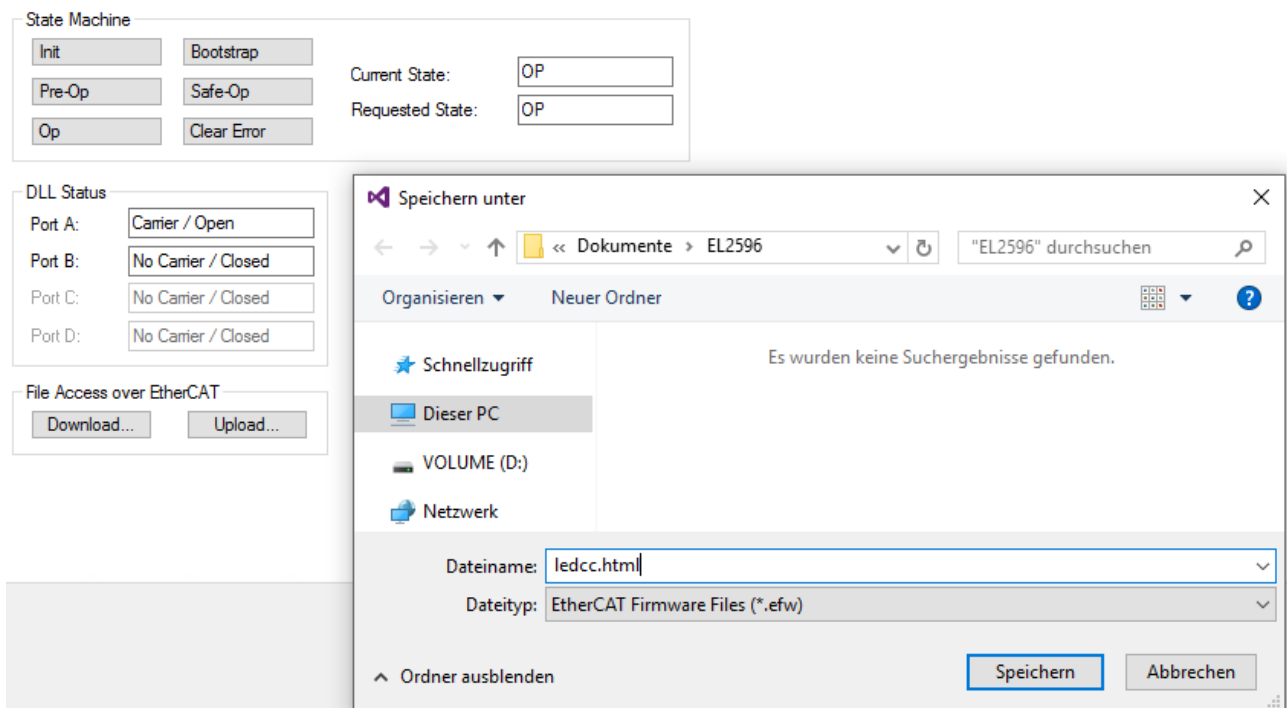
附图 197: 选择预定义 PDO “Current control (with info data)” “电流控制（带信息数据）”

- 在“DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 项下的过程数据中预先设置设定值
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Enable (使能)” 启用 LED 输出
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 开启 LED 输出
- 通过“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output (输出)” 关闭 LED 输出
- 通过 EL2596 “在线” 选项卡中的“FoE 上传” 功能开始上传



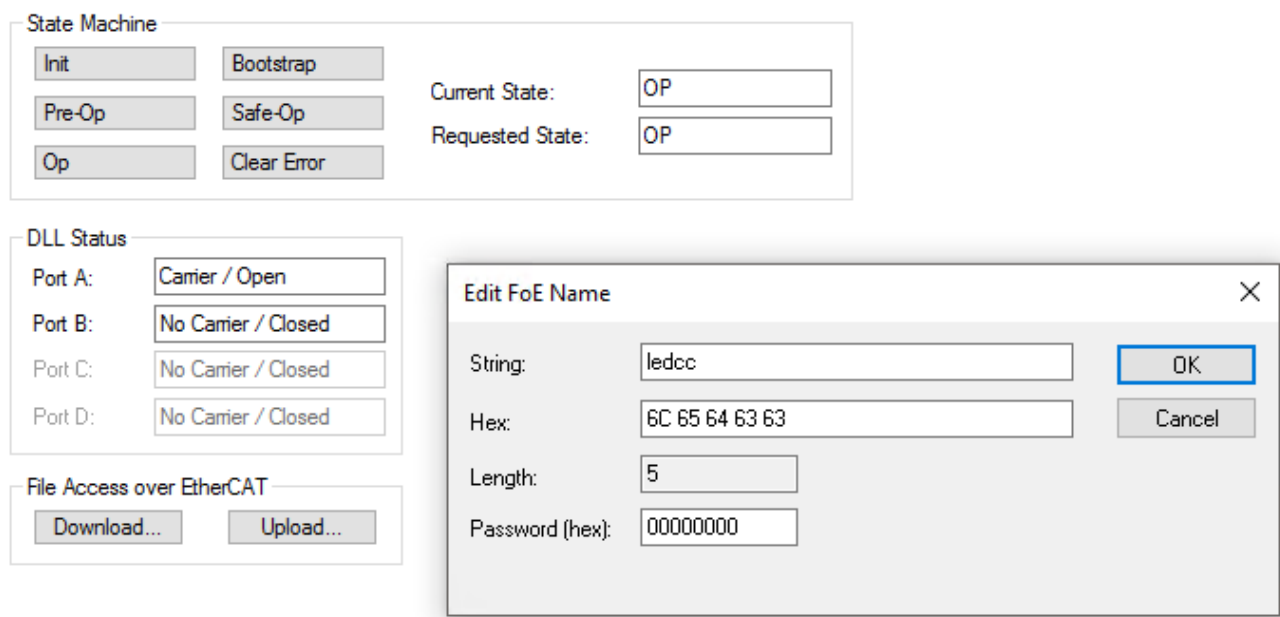
附图 198: 通过 FoE 上传

8. 将文件命名为“ledcc.html”并保存



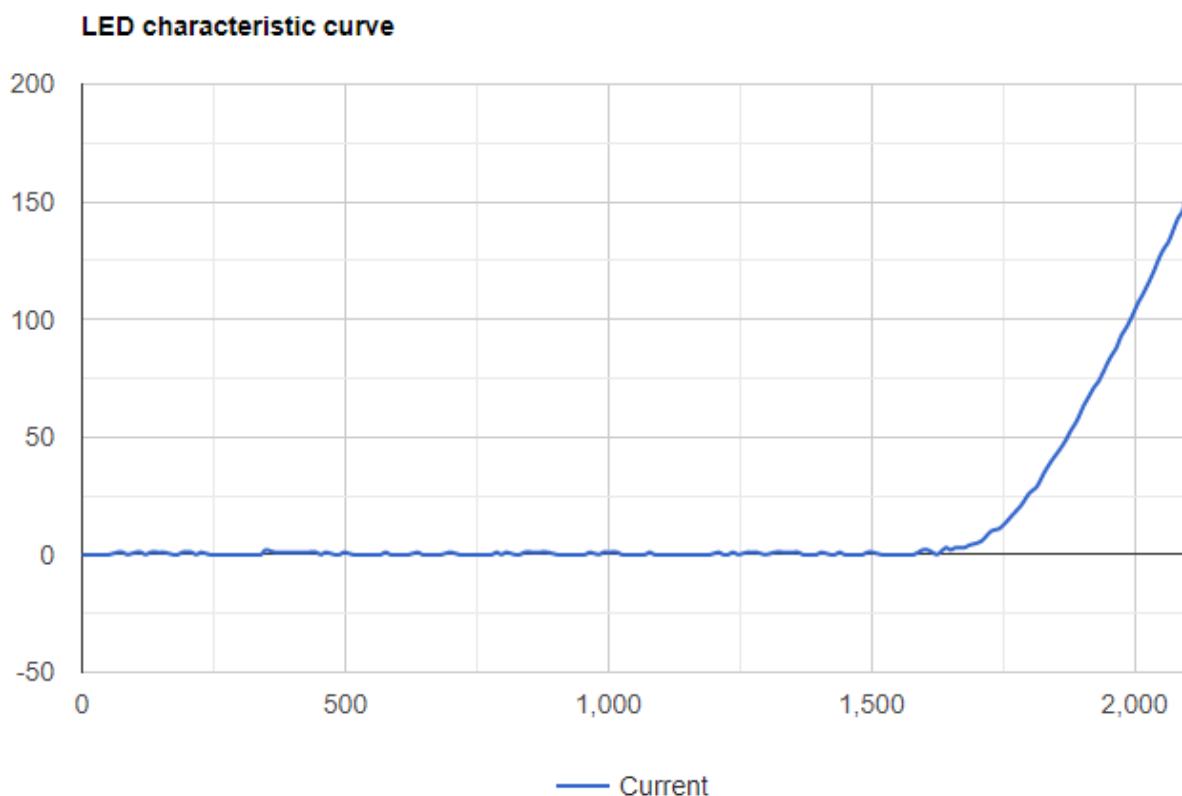
附图 199: 创建“ledcc.html”文件

9. 在打开的窗口中输入 FoE 名称“ledcc”



附图 200: 上传“ledcc”文件

10. 然后，HTML 文件会保存在所选路径中，并可通过浏览器打开。在 X 轴上，正向电压以 0.01 V 为单位。Y 轴显示正向电流，以 mA 为单位。



附图 201: 浏览器中的 ledcc.html 文件

6.6 使用触发输入

对于 FW04 及以上版本，EL2596 的触发输入具备 2 个功能。对于 FW01 及以上版本，提供标准功能，其中“Current Control Trigger input”“电流控制触发输入”中的触发输入用于在触发输入端以边沿输出具有指定脉冲持续时间、电流和延迟时间的脉冲。在触发输入的另一种运行模式中，该输入可用于启用硬件。在触发输入端输入（高/低）可预设信号后，便会激活 EL2596 的硬件，同时驱动输出。

6.6.1 触发输入

默认情况下，触发输入预设为“Trigger input”“触发输入”模式。在该设置中，仅当设备处于“Current Control Trigger input”“电流控制触发输入”运行模式时，触发输入端信号才会生效。

然后，LED 输出端会根据触发输入端的边沿生成脉冲。必须指定脉冲持续时间、脉冲延迟时间和输出电流等参数。调试分步说明见 [Current Control Trigger Pulse 电流控制触发脉冲 \[► 147\]](#)。

6.6.2 硬件使能

● FW04 及以上版本可用

本章所述使用相机闪烁信号的功能仅限 FW04 及以上版本使用。

触发输入还具有硬件使能功能。如果触发输入端出现预设信号（TRUE 或 FALSE），便会激活 EL2596 的硬件，并且可以启动输出。一种可能的应用是某些相机的“闪烁信号”。

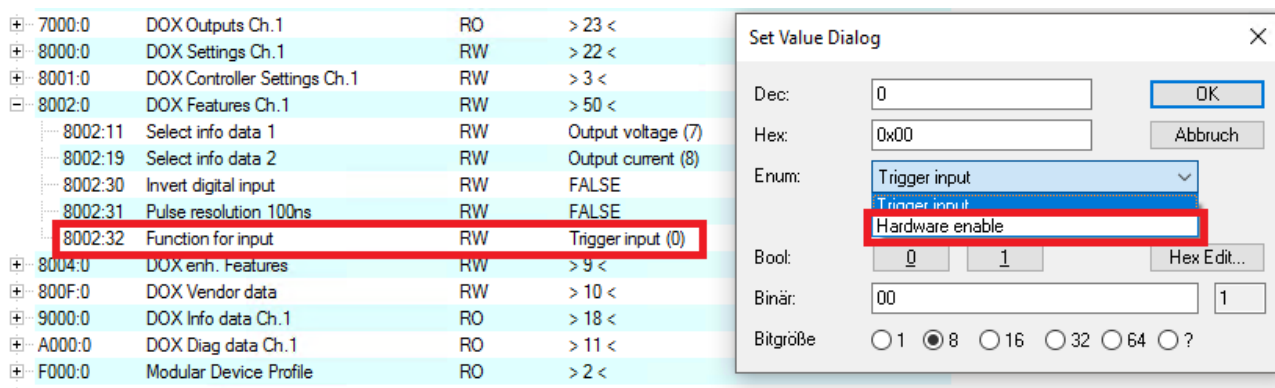
默认情况下，某些相机类型的输出信号会在所需曝光时间内设置为 TRUE。这种来自相机的信号也被称为“闪烁信号”。若需将相机的闪烁信号用作触发/启用输入，且 LED 输出与相机闪烁信号触发输入同步导通（LED 输出 = 闪烁信号），则必须激活硬件使能功能。

“硬件使能”功能可用于所有运行模式。在“电流控制触发输入”运行模式下使用“硬件使能”功能时，需要注意的是，只要触发输入端有信号，LED 就会持续运行，而不仅仅是在规定的脉冲持续时间和规定的脉冲延迟时间内运行。因此，输出与触发输入保持同步。

除了 LED 输出之外，触发输出也只能在触发输入模式“硬件使能”下使用，前提是触发输入端有信号激活硬件。

要启用和使用该功能，需要对 EL2596xxxx 进行如下设置：

1. 将闪烁信号连接至引脚 5 (TrigIn+) 和引脚 13 (TrigIn-)。
2. 在 CoE 索引 [0x8004:01 \[► 225\]](#) 中选择所需运行模式。
3. 在 CoE 索引 [0x8002:32 \[► 224\]](#) 中选择“Hardware Enable”“硬件使能”功能作为触发输入的输入功能



附图 202: 设置输入模式为“Hardware Enable”“硬件使能”

4. 在 CoE 索引 [0x8002:30 \[► 224\]](#) “Invert digital input”“取反数字量输入”中设置硬件是否在 TRUE 或 FALSE 信号上启用

- “Invert digital input” “取反数字量输入” TRUE = 在触发输入端启用 FALSE
 - “Invert digital input” “取反数字量输入” FALSE = 在触发输入端启用 TRUE
5. 如 [设置运行模式 \[► 138\]](#) 所述，在 PDO 中设置所有特定模式参数。
 6. 通过 “Enable（使能）” 位激活 “DOX Control（DOX 控制）” → “Control（控制）” 项下的控制功能。
 7. 激活 “Output（输出）” 位，打开 “DOX Control（DOX 控制）” → “Control（控制）” 项下的 LED 输出。
 8. 现在，只要在触发输入端激活信号，LED 输出或触发输出即为 TRUE。

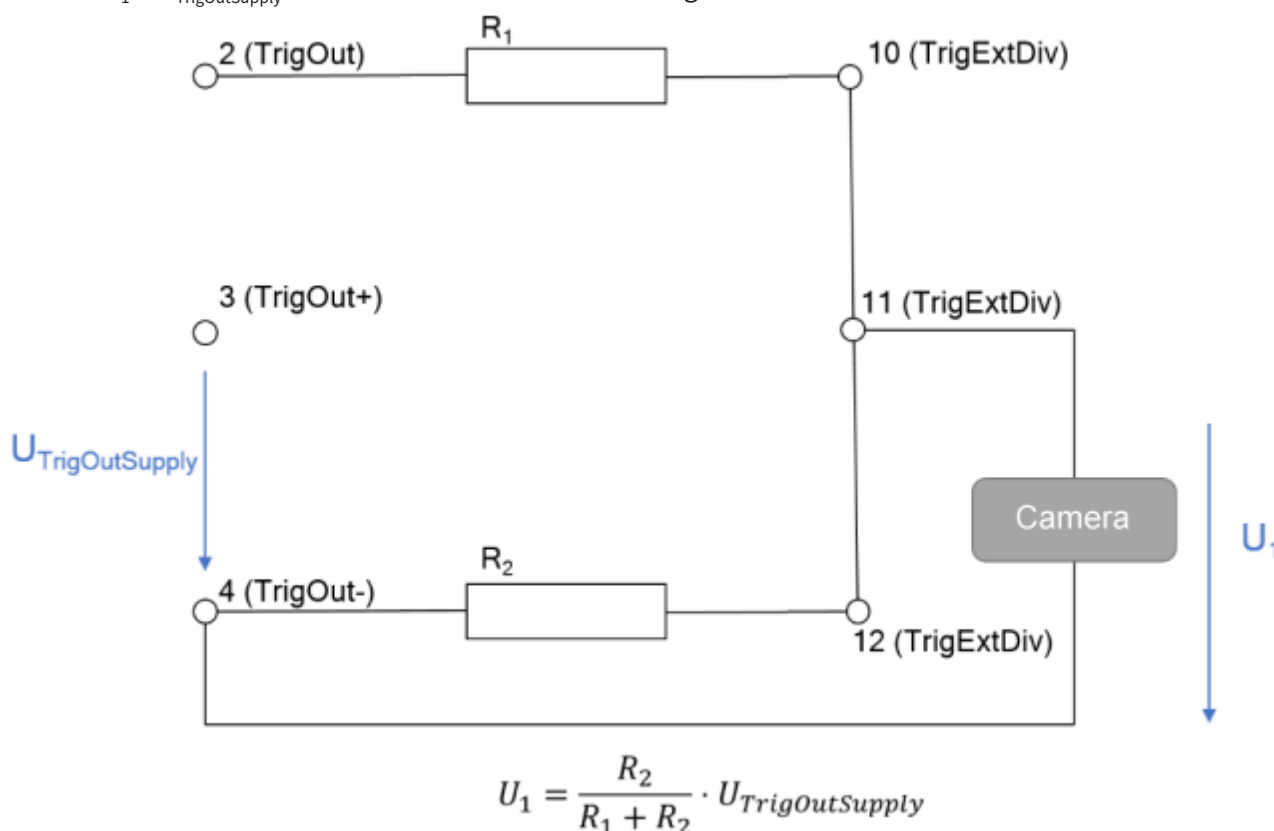
6.7 使用触发输出

6.7.1 与触发输出连接

EL2596-xxxx 设有触发输出，用于触发相机。在每种脉冲模式下（Current Control PLC Pulse 电流控制 PLC 脉冲 [► 152]、Current Control Timestamp Pulse 电流控制时间戳脉冲 [► 144] 和 Current Control Trigger Pulse 电流控制触发脉冲 [► 147]），都可以开启该触发输出。

用于 10 V 至 24 V 之间触发功能的电源 $U_{\text{TrigOutSupply}}$ 应从外部与 TrigOut+ 和 TrigOut- 连接。连接相机的触发输入，并提供其所需电压 U_1

- 若 $U_1 = U_{\text{TrigOutSupply}}$ ，则可直接切换到 TrigOut，或
- 若 $U_1 < U_{\text{TrigOutSupply}}$ （例如为 5 V），则必须分压到 TrigExtDiv（见外部分压器示意图）



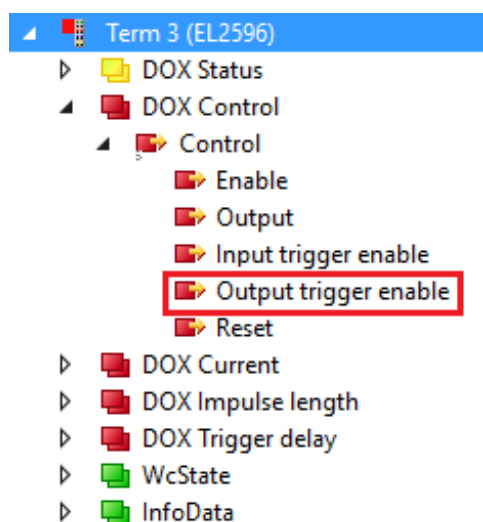
附图 203: 触发输出分压器

在确定分压器 R_1 和 R_2 电阻的尺寸时，应确保 $R_1 + R_2 > 2 \text{ k}\Omega$ 。如果电阻较小，则电阻功耗便会增加，从而导致强烈发热。

6.7.2 调试触发输出

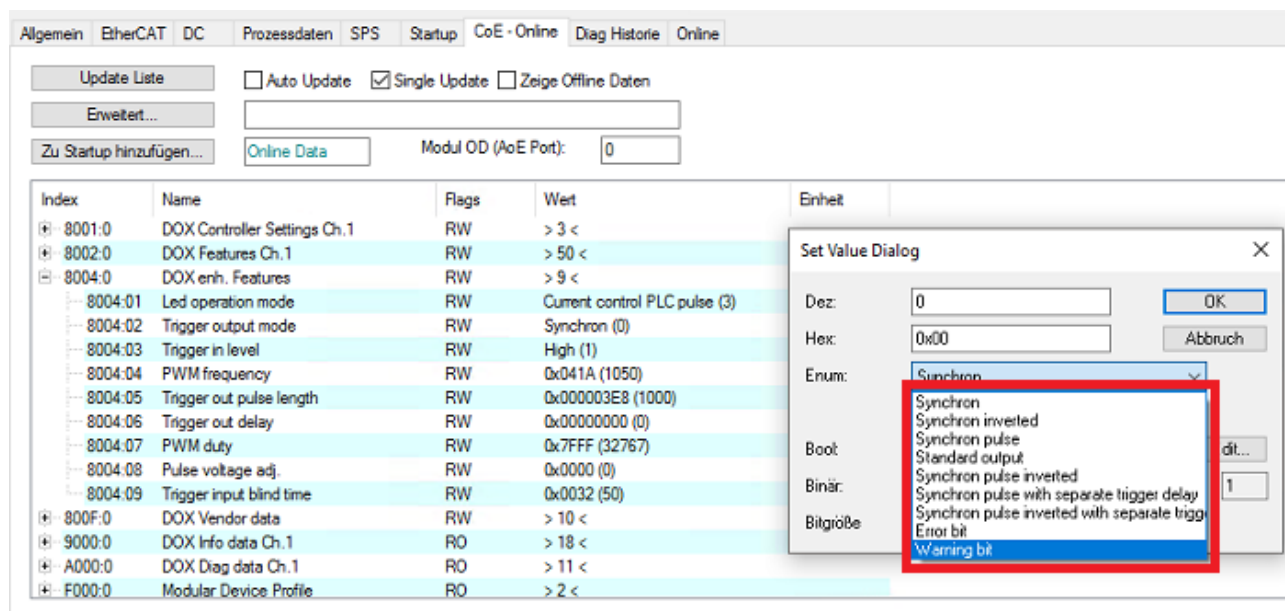
需要执行以下步骤以设置触发输出：

1. 将“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output Trigger Enable (输出触发使能)” 设置为 1



附图 204: 激活输出触发

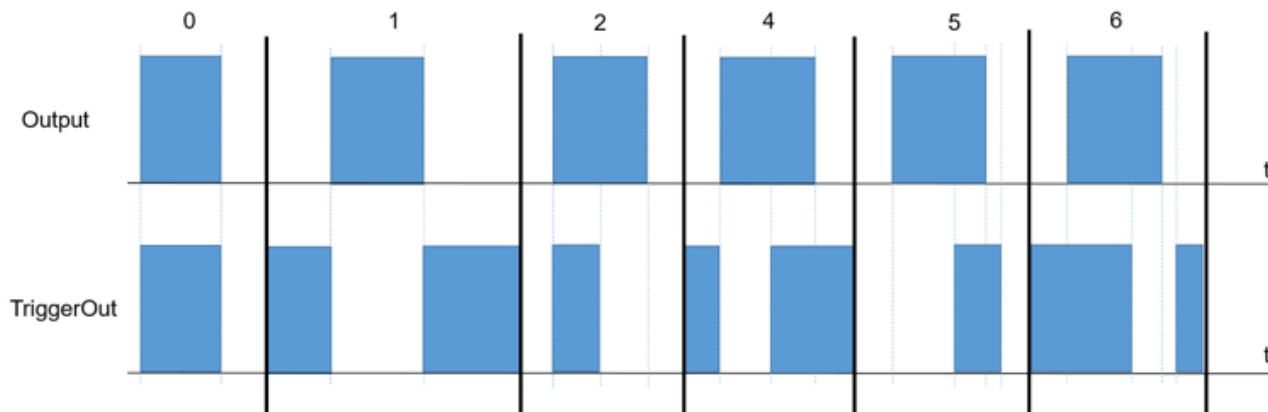
2. 在 CoE 索引 0x8004:02 [▶ 225] 中选择触发模式



附图 205: 在 CoE 索引 0x8004:02 中选择触发模式

元素	名称	描述
0	同步	当 LED 输出为 TRUE 时，会触发触发输出。
1	同步取反	当 LED 输出为 FALSE 时，会触发触发输出。
2	同步脉冲	如果 LED 输出产生上升沿，则会触发触发输出 触发输出的脉冲持续时间通过索引 0x8004:05 [► 225] 进行设置，以 0.1 μ s 为单位。
3	标准输出	触发输出可作为独立于 LED 输出的数字量输出在 PLC 中使用。这种触发模式与设定的 LED 输出模式无关。可通过“Output Trigger Enable (输出触发使能)”位设置输出 (“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output Trigger Enable (输出触发使能)”)。
4	同步脉冲取反	如果 LED 输出产生下降沿，则会触发触发输出。 触发输出的脉冲持续时间通过索引 0x8004:05 [► 225] 进行设置，以 0.1 μ s 为单位。
5	带独立触发延迟时间的同步脉冲	如果 LED 输出产生上升沿，则会以指定延迟时间触发触发输出。触发输出的延迟时间会在 PDO 0x1607 中以 μ s 为单位指定。如果没有映射，则必须在索引 0x8004:06 [► 225] 中以 0.1 μ s 为单位指定延迟时间。 触发输出的脉冲持续时间通过索引 0x8004:05 [► 225] 进行设置，以 0.1 μ s 为单位。
6	带独立触发延迟时间的同步脉冲取反	如果 LED 输出产生下降沿，则会以指定延迟时间触发触发输出。触发输出的延迟时间会在 PDO 0x1607 中以 μ s 为单位指定。如果没有映射，则必须在索引 0x8004:06 [► 225] 中以 0.1 μ s 为单位指定延迟时间。 触发输出的脉冲持续时间通过索引 0x8004:05 [► 225] 进行设置，以 0.1 μ s 为单位。
7	错误位	只要 EL2596 出现错误 (电源/输出电压超出索引 0x8000:12 、 0x8000:14 、 0x800:16 [► 223] 中指定的值、温度过高、布线断裂 …)，触发输出即为 TRUE。
8	警告位	只要 EL2596 发出警告 (电源/输出电压超出索引 0x8000:11 、 0x8000:13 、 0x800:15 [► 223] 中指定的值、温度过高 …)，触发输出即为 TRUE。

触发模式 0、1、2、4、5 和 6 与输出位和触发输出的时序行为如下图所示。



附图 206: 触发输出端时序

除了延迟时间和脉冲长度的 PDO 值之外，EL2596 还为触发输出设置了特定延迟时间和特定脉冲长度。只有在 CoE 索引 [0x8004:02 \[► 225\]](#) 中启用“触发输出模式”“Trigger output mode”“Synchron pulse with separate trigger delay”“带独立触发延迟时间的同步脉冲”(5) 或“Synchron pulse inverted with separate trigger delay”“带独立触发延迟时间的同步脉冲取反”(5) 时，才能使用 CoE 索引 ([0x8004:05 \[► 225\]](#) “Trigger out pulse length”“触发输出脉冲长度”、[0x8004:06 \[► 225\]](#) “Trigger out delay”“触发输出延迟时间”) 中的这些特定值。对于 CoE 索引 [0x8004:02 \[► 225\]](#) 中的所有其他设定触发模式，使用 PDO “Output length”“输出长度”和“Trigger delay”“触发延迟时间”中的值，或使用 CoE 索引 [0x8000:0B \[► 223\]](#) 中的延迟时间值，这些值也对 LED 输出有效。在任何情况下，PDO 的值或 CoE 索引 [0x8000:0B \[► 223\]](#) 的延迟时间值都可用于 LED 输出。

6.7.3 通过触发输入使用触发输出

6.7.3.1 调试说明

触发输出可用作对触发输入的响应。因此，触发输入端的边沿可以在触发输出端生成脉冲。该功能可在“电流控制触发脉冲”模式下使用。为了通过触发输入端信号在触发端和/或 LED 输出端产生可重现的行为，触发输入端信号应具有陡峭边沿。

如果要使用 LED 输出和触发输出，除“标准输出”模式外，还可选择任意触发模式。如果仅使用触发输出来响应触发输入，则只能使用“同步”、“同步取反”、“带独立触发延迟时间的同步脉冲”和“带独立触发延迟时间的同步脉冲取反”触发模式。对于“同步”或“同步取反”，脉冲长度和脉冲相对于触发输入的延迟时间通过 PDO 指定。在“带独立触发延迟时间的同步脉冲”和“带独立触发延迟时间的同步脉冲取反”触发模式下，脉冲长度和脉冲延迟时间的值会在触发输出端指定。

延迟时间可通过 CoE 接口或在 PDO 中指定。然后将延迟时间相加。

● 支持 FW03 及以上版本

本章介绍的利用触发输出响应触发输入的功能仅限 FW03 及以上版本使用。

使用外部触发时应注意，根据内部端子模块延迟时间，触发输入与信号输出之间的最短延迟时间约为 2 μs。所有设定延迟时间值（无论通过 PDO 还是 CoE 设置）都必须遵守 2 μs 的偏移量。由此产生的延迟时间始终为

$$Real\ Delay = Set\ Delay + Offset$$

如果触发输出用于响应触发输入，则应确保触发输出端的信号抖动 $< \pm 1\ \mu s$ 。

6.7.3.2 调试

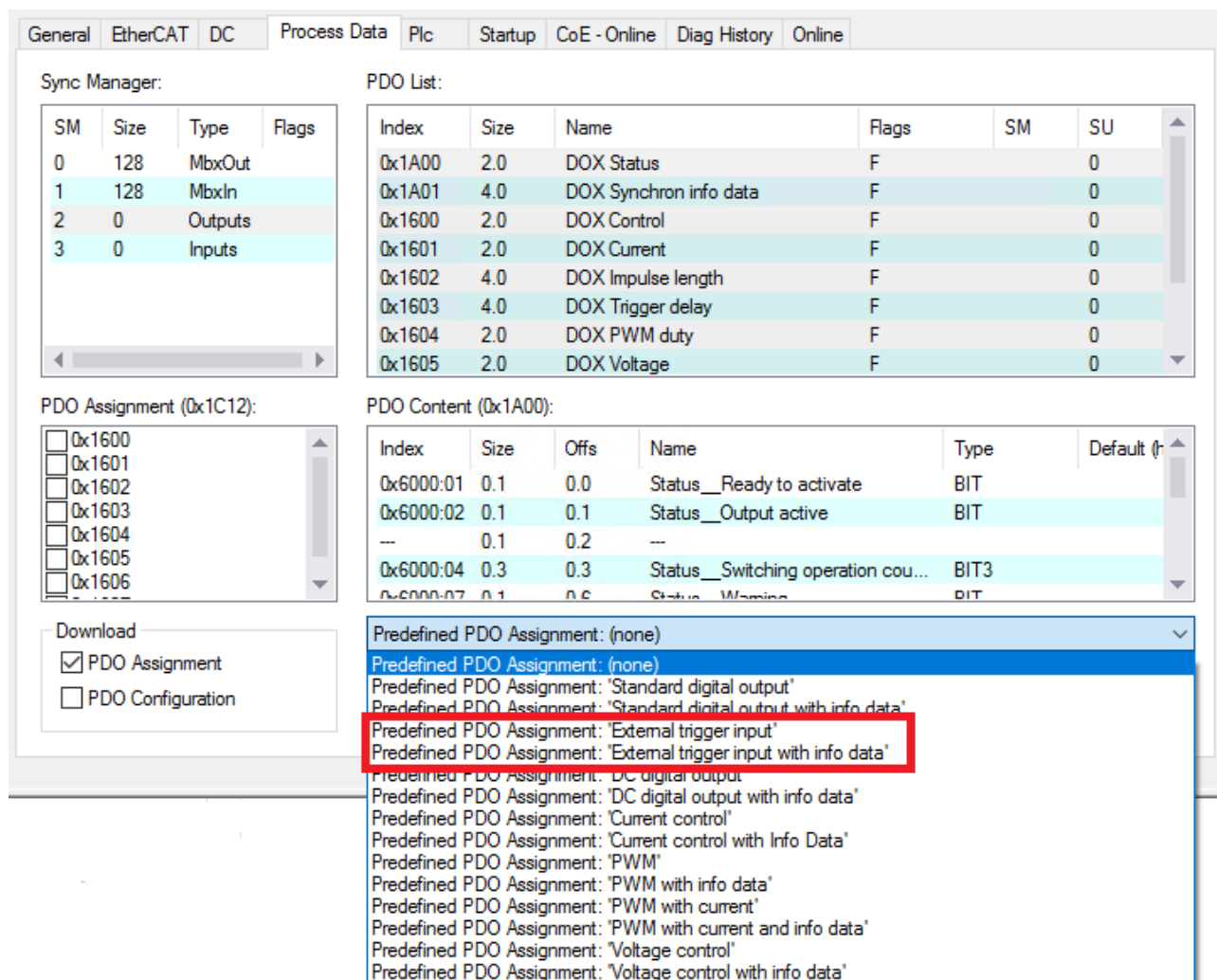
1. 在索引 0x8000:03 [▶ 223] “Supply voltage” “电源电压”中，输入电压，以 0.01 V 为单位
2. 将索引 0x8004:01 [▶ 225] CoE 目录中的运行模式设置为“Current control trigger pulse” “电流控制触发脉冲”

The screenshot shows the Beckhoff CoE Online interface. The 'CoE - Online' tab is active. The 'Update List' section shows 'Single Update' and 'Show Offline Data' checked. The 'Module OD (AoE Port):' is set to 0. The main table lists various CoE indices. Index 8004:01, 'Led operation mode', is highlighted with a red box. The 'Set Value Dialog' is open, showing the 'Enum' dropdown set to 'Current control trigger pulse'. The 'Dec' field is 0, and the 'Hex' field is 0x00. The 'Bit Size' is 1.

Index	Name	Flags	Value	Unit
1C00:0	Sync manager type	RO	> 4 <	
1C12:0	RxPDO assign	RW	> 1 <	
1C13:0	TxPDO assign	RW	> 1 <	
1C32:0	SM output parameter	RO	> 32 <	
1C33:0	SM input parameter	RO	> 32 <	
6000:0	DOX Inputs Ch.1	RO	> 18 <	
7000:0	DOX Outputs Ch.1	RO	> 23 <	
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 22 <	
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 3 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 49 <	
8004:0	DOX.enb. Features	RW	> 6 <	
8004:01	Led operation mode	RW	Current control (0)	
8004:02	Trigger output mode	RW	Synchron (0)	
8004:03	Trigger in level	RW	High (1)	
8004:04	PWM frequency	RW	0x041A (1050)	
8004:05	Trigger out pulse length	RW	0x000003E8 (1000)	
8004:06	Trigger out delay	RW	0x00000000 (0)	
800F:0	DOX Vendor data	RW	> 10 <	
9000:0	DOX Info data Ch.1	RO	> 18 <	

附图 207: 运行模式设置“Current control trigger pulse” “电流控制触发脉冲”

3. 将预定义 PDO 分配设置为“External trigger input (with info data)” “外部触发输入（带信息数据）”



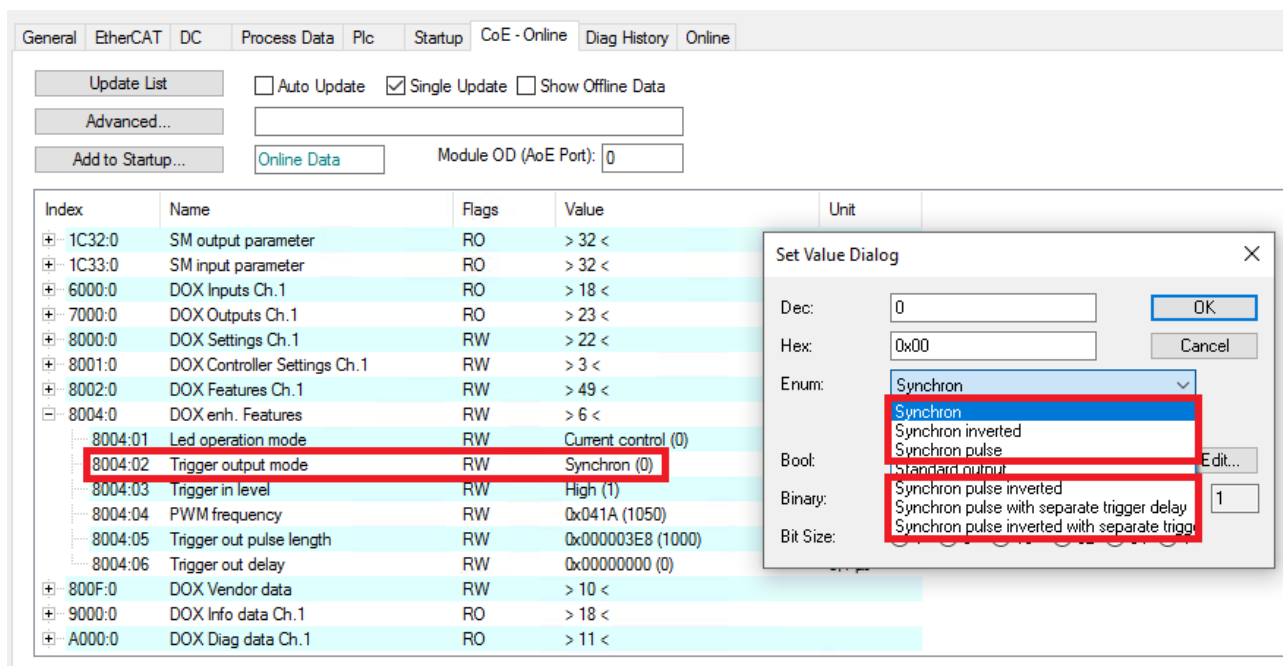
附图 208: PDO 设置 “External trigger input (with info data)” “外部触发脉冲（带信息数据）”

4. 设置 LED 输出参数（如启用该功能时）：

- 通过 “DOX Current (DOX 电流)” → “Output current (输出电流)” 指定输出电流，以 mA 为单位
- 通过 “DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” 指定脉冲长度，以 μs 为单位。通过 CoE 索引 0x8002:31 [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”，可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。
- 通过 “DOX Trigger delay (DOX 触发延迟时间)” → “Trigger delay (触发延迟时间)” 指定脉冲延迟时间，以 μs 为单位。通过 CoE 索引 0x8002:31 [► 224] “脉冲分辨率 100 ns”，可将时间分辨率从 1 μs 降至 100 ns。或者，也可以在 CoE 索引 0x8000:0B 中明确指定延迟时间，以 0.1 μs 为单位

5. 在 CoE 索引 0x8004:02 [► 225] 中选择触发输出的触发模式

- 如果要使用 LED 输出和触发输出，除 “标准输出” 模式外，还可选择任意触发模式。
- 如果仅使用触发输出来响应触发输入，则只能使用 “同步”、“同步取反”、“带独立触发延迟时间的同步脉冲” 和 “带独立触发延迟时间的同步脉冲取反” 触发模式。



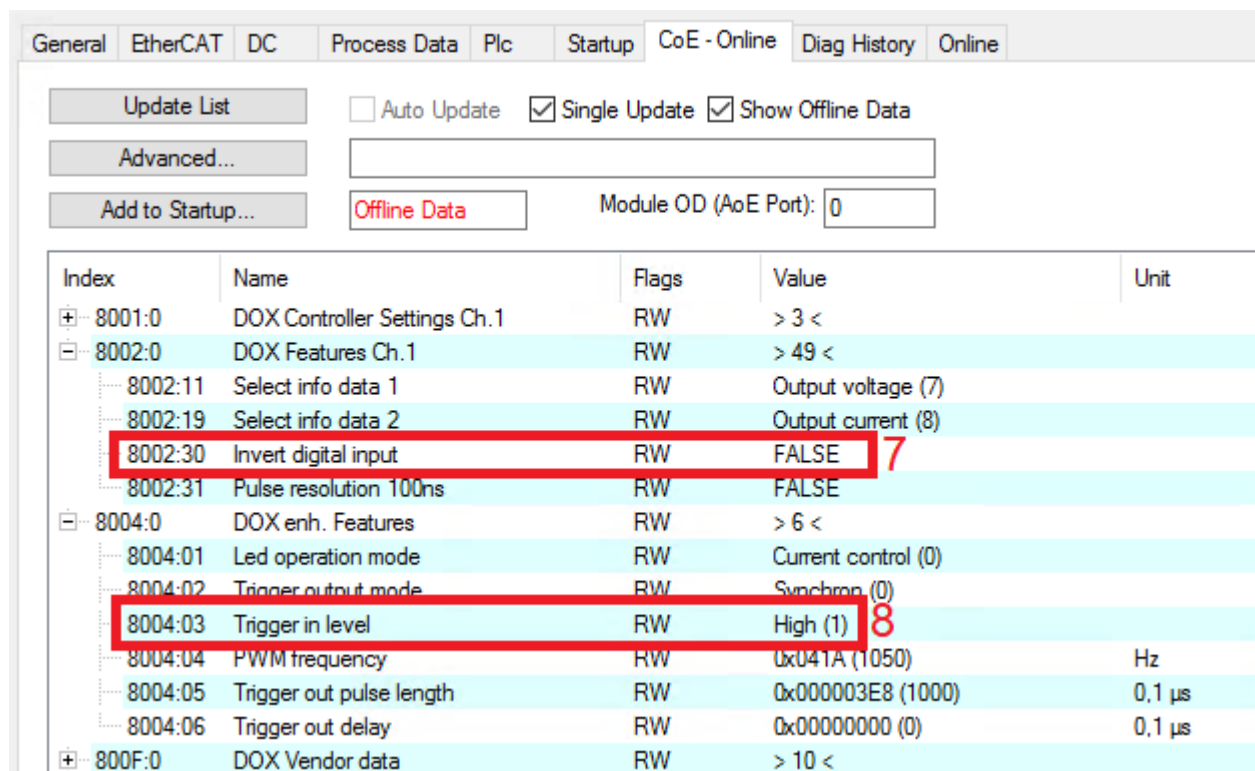
附图 209: 设置触发模式

6. 设置触发模式的特定设置

触发模式	描述	设置
同步	如果 LED 输出为 TRUE，则触发输出为 TRUE	延迟时间与脉冲长度沿用 LED 输出的 PDO 值
同步取反	如果 LED 输出为 FALSE，则触发输出为 TRUE	脉冲长度：“DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” [μs] 延迟时间：“DOX Trigger delay (DOX 触发延迟时间)” → “Trigger delay (触发延迟时间)” [μs] 或 CoE 索引 0x8000:0B [▶ 223]，以 [0.1 μs] 为单位
同步脉冲	与 LED 输出类似，触发输出同时产生上升沿	延迟时间沿用 LED 输出的 PDO 值
同步脉冲取反	当 LED 输出产生上升沿时，触发输出会产生下降沿	延迟时间：“DOX Trigger delay (DOX 触发延迟时间)” → “Trigger delay (触发延迟时间)” [μs] 或 CoE 索引 0x8000:0B [▶ 223]，以 [0.1 μs] 为单位 触发输出的独立脉冲长度在 CoE 中设置 脉冲长度：0x8004:05 [▶ 225] “Trigger out pulse length” “触发输出脉冲长度” [0.1 μs]
带独立触发延迟时间的同步脉冲	当 LED 输出产生上升沿时，触发输出会产生带指定延迟时间的上升沿	触发输出的独立延迟时间和脉冲长度会在 CoE 中进行设置
带独立触发延迟时间的同步脉冲取反	当 LED 输出产生上升沿时，触发输出会产生带指定延迟时间的下降沿	延迟时间：0x8004:06 [▶ 225] “Trigger out delay” “触发输出延迟时间” [0.1 μs] 或 PDO 0x1607 [μs] “Trigger out delay” “触发输出延迟时间”，必须额外映射 脉冲长度：0x8004:05 [▶ 225] “Trigger out pulse length” “触发输出脉冲长度” [0.1 μs]

7. 在 CoE 索引 0x8002:30 [▶ 224] 中，设置 LED 脉冲应由触发输入端的上升沿还是下降沿生成。

8. 在 CoE 索引 0x8004:03 [▶ 225] 中，指定 LED 输出切换时触发输入端的电平（高电平 $\geq 10\text{ V}$ ，低电平 $\geq 5\text{ V}$ ）。



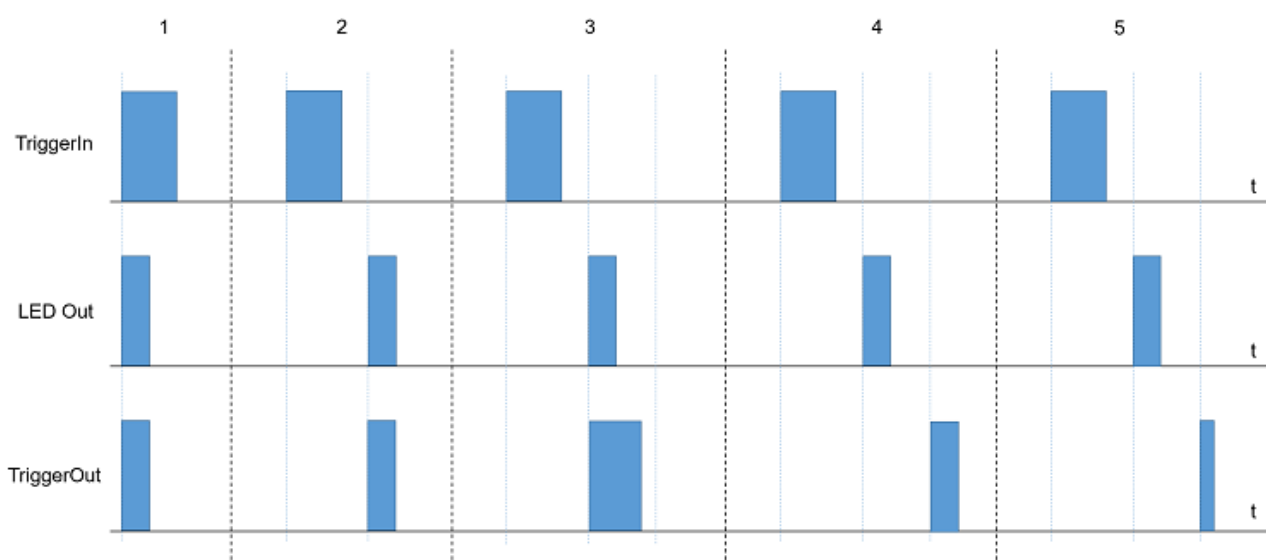
附图 210: 在 CoE 对象中设置触发输入和输出组合

9. 将触发信号与 TrigIn+ (5) 和 TrigIn- (13) 接线端子连接
10. 在“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Input Trigger Enable (输入触发使能)”项下激活触发输入
11. 将需要控制的设备 (如相机) 连接至 TrigOut 触发输出 (2)
 - 通过触发输出控制的外部设备可通过 TrigOut+ (3) 和 TrigOut- (4) 供电。
 - 可在 TrigExtDiv 触点 (10、11、12) 上连接外部分压器, 以降低使用中设备的电源电压 (见[连接触发输出](#) [► 187])
12. 在“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output Trigger Enable (输出触发使能)”项下激活触发输出
13. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1。
14. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能。
15. 激活“Output (输出)”位, 打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的输出功能

6.7.3.3 时序特性

触发输出也可与触发输入结合使用。触发输入端信号可同时启用 LED 输出和触发输出。触发输入 (TriggerIn)、LED 输出 (LED Out) 和触发输出 (TriggerOut) 之间有多种组合方式。时序特性的 4 种可能性如下图所示。各种选项说明如下。

除了触发输入端的边沿外, TriggerIn 信号还可以对来自 PLC 的信号 (PLC 脉冲) 或分布式时钟的指定启动时间 (DC 脉冲)。



附图 211: 结合触发输入和触发输出时的时序特性

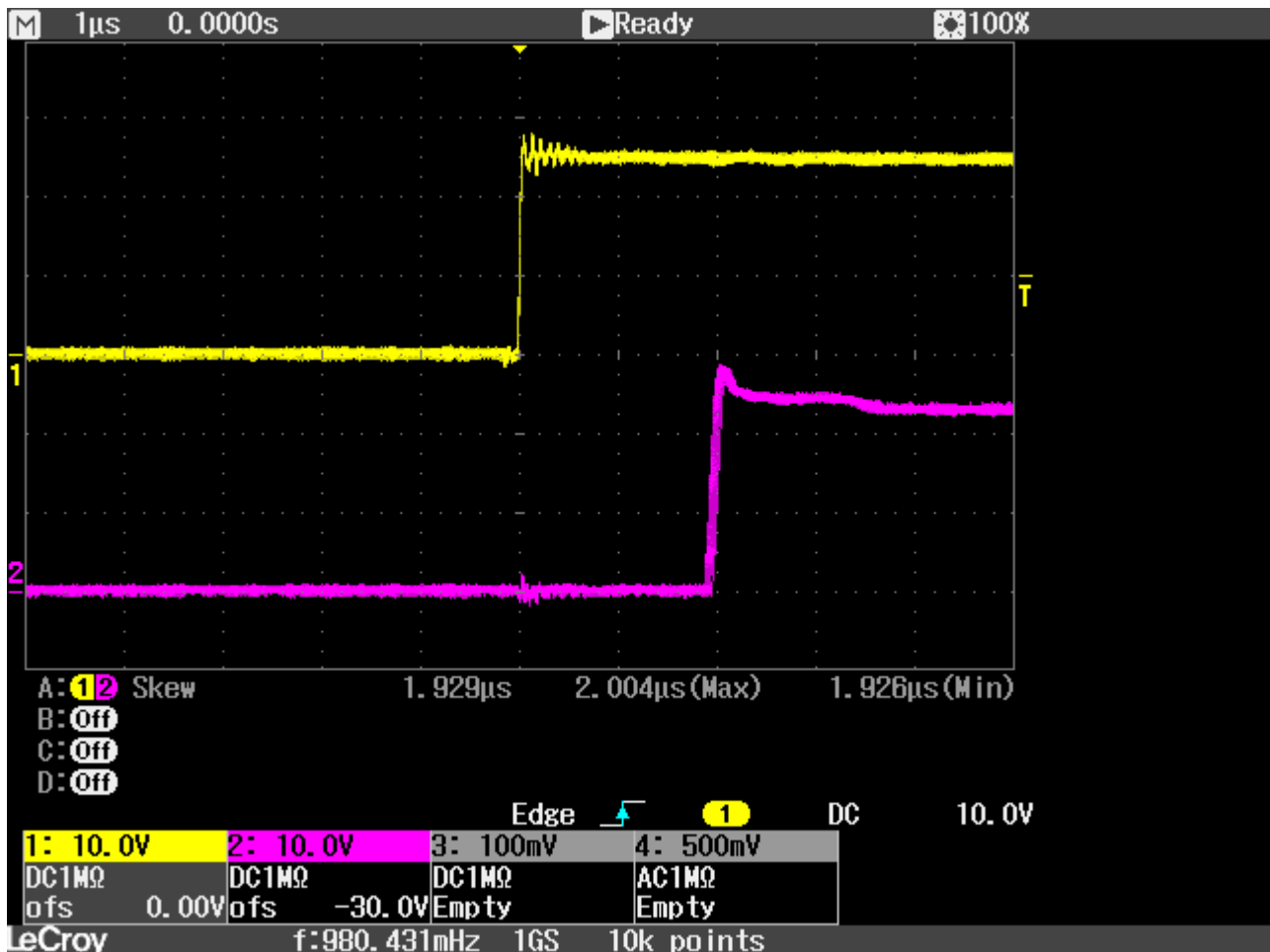
1. 当触发输入端产生上升沿时，LED 输出端和触发输出端会同步切换为触发输入。这两个输出具有相同的脉冲长度。
2. LED 输出和触发输出相对于触发输入端的上升沿产生相同的延迟时间。这两个输出（LED 输出、触发输出）以相同的脉冲长度同步切换。
3. LED 输出和触发输出相对于触发输入端的上升沿产生相同的延迟时间。这两个输出（LED Out、TriggerOut）以不同的脉冲长度同步切换。
4. LED 输出和触发输出相对于触发输入端的上升沿产生延迟时间。然而，这两个输出的延迟时间配置不同，因此各输出不会同步切换。这两个输出具有相同的脉冲长度。
5. LED 输出和触发输出相对于触发输入端的上升沿产生延迟时间。然而，这两个输出的延迟时间配置不同，因此各输出不会同步切换。各输出具有不同的脉冲长度。

因此，在参数设置中，可以为 LED 输出以及触发输出设置不同的延迟时间，也可以独立设置这两个输出信号的脉冲长度。

但需要注意的是，由于端子模块内部因素的影响，触发输入和触发输出之间的延迟时间不得为零。触发输入和触发输出之间始终存在约 $2\ \mu\text{s}$ 的延迟时间。 $2\ \mu\text{s}$ 的基本延迟时间用作设定延迟时间的偏移量。所有设定延迟时间值（无论通过 PDO 还是 CoE 设置）都必须遵守 $2\ \mu\text{s}$ 的偏移量。由此产生的延迟时间始终为

$$\text{Real Delay} = \text{Set Delay} + \text{Offset}$$

从下图可以观察所述基本延迟时间。此外，触发输出端的输出抖动为 $\pm 500\ \text{ns}$ ，最大 $+500\ \text{ns}$ 的情况很少出现。



附图 212: 触发输入与触发输出之间的基本延迟时间

黄色信号（通道 1）显示输入触发。该信号由 EL2202 生成。为了在触发输出端实现稳定且可重复的工作特性，必须在触发输入端使用具有陡峭边沿的信号。紫色信号（通道 2）显示触发输出。触发输出的参数设置使触发输出的设定延迟时间为零。由于上述基本延迟时间，设定的延迟时间范围为 1.9 µs 至 2.0 µs。

调试程序如下所示：

1. 在索引 [0x8000:02](#) [223] “Target current” “目标电流” 中，限制电流，以 mA 为单位
2. 在索引 [0x8000:03](#) [223] “Supply voltage” “电源电压” 中，输入电压，以 0.01 V 为单位
3. 在索引 [0x8000:04](#) [223] “Output voltage” “输出电压” 中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位
4. 将索引 [0x8004:01](#) [225] CoE 目录中的运行模式设置为 “Current Control trigger pulse” “电流控制触发脉冲”
5. 将预定义 PDO 分配设置为 “External trigger input (with info data)” “外部触发输入（带信息数据）”
6. 通过 “DOX Impulse length (DOX 脉冲长度)” → “Impulse length (脉冲长度)” 指定的 LED 输出（和触发输出）的脉冲长度，以 µs 为单位。通过 CoE 索引 [0x8002:31](#) [224] 脉冲分辨率 100 ns，可将时间分辨率从 1 µs 降至 100 ns。
7. 如果要为触发输出指定各自的脉冲长度，则必须在 CoE 索引 [0x8004:20](#) [225] 中启用 “Trigger output mode” “触发输出”、“Synchron pulse with separate trigger delay” “触发输出模式”、“Synchron pulse inverted with separate trigger delay” “带独立触发延迟时间的同步脉冲” (5) 或 “带独立触发延迟时间的同步脉冲取反” (6)。
8. 只有在执行条件 7 之后：可通过 CoE 索引 [0x8004:05](#) [225] “Trigger out impulse length” “触发输出脉冲长度” 为触发输出指定独立脉冲长度。
9. 通过 “DOX Trigger delay (DOX 触发延迟时间)” → “Trigger delay (触发延迟时间)”，以 µs 为单位指定 LED 输出（和输出触发）相对于触发信号的延迟时间。通过 CoE 索引 [0x8002:31](#) [224] 脉冲分辨率 100 ns，可将时间分辨率从 1 µs 降至 100 ns。或者，也可以在 CoE 索引 [0x8000:0B](#) [223] 中明确指定延迟时间，以 0.1 µs 为单位。

10. 只有在需要指定触发输出延迟时间且已执行条件 7 的情况下：才可通过 CoE 索引 0x8004:06 [► 225] “触发输出延迟时间”或 PDO 0x1607 “触发输出延迟时间”指定触发输出的独立延迟时间。
11. 在 CoE 索引 0x8002:30 [► 224] 中，指定 LED 脉冲应由触发输入端的上升沿还是下降沿生成
12. 在 CoE 索引 0x8004:03 [► 225] 中，指定 LED 输出切换时触发输入端的电平（高电平 $\geq 10\text{ V}$ ，低电平 $\geq 5\text{ V}$ ）
13. 将触发信号与 TrigIn+ (5) 和 TrigIn- (13) 接线端子连接
14. 在“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Input Trigger Enable (输入触发使能)”项下激活触发输入
15. 将需要控制的设备（如相机）连接至 TrigOut 触发输出 (2)。通过触发输出控制的外部设备可通过 TrigOut+ (3) 和 TrigOut- (4) 供电。外部分压器 [► 187] 可连接至 TrigExtDiv 触点 (10、11、12)，以降低使用中设备的电源电压。
16. 在“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” → “Output Trigger Enable (输出触发使能)”项下激活触发输出
17. 检查“DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)”下的“Ready to activate (激活就绪)”位是否为 1
18. 通过“Enable (使能)”位激活“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的控制功能
19. 激活“Output (输出)”位，打开“DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)”项下的输出功能

6.8 多色共阳极 LED 的工作原理

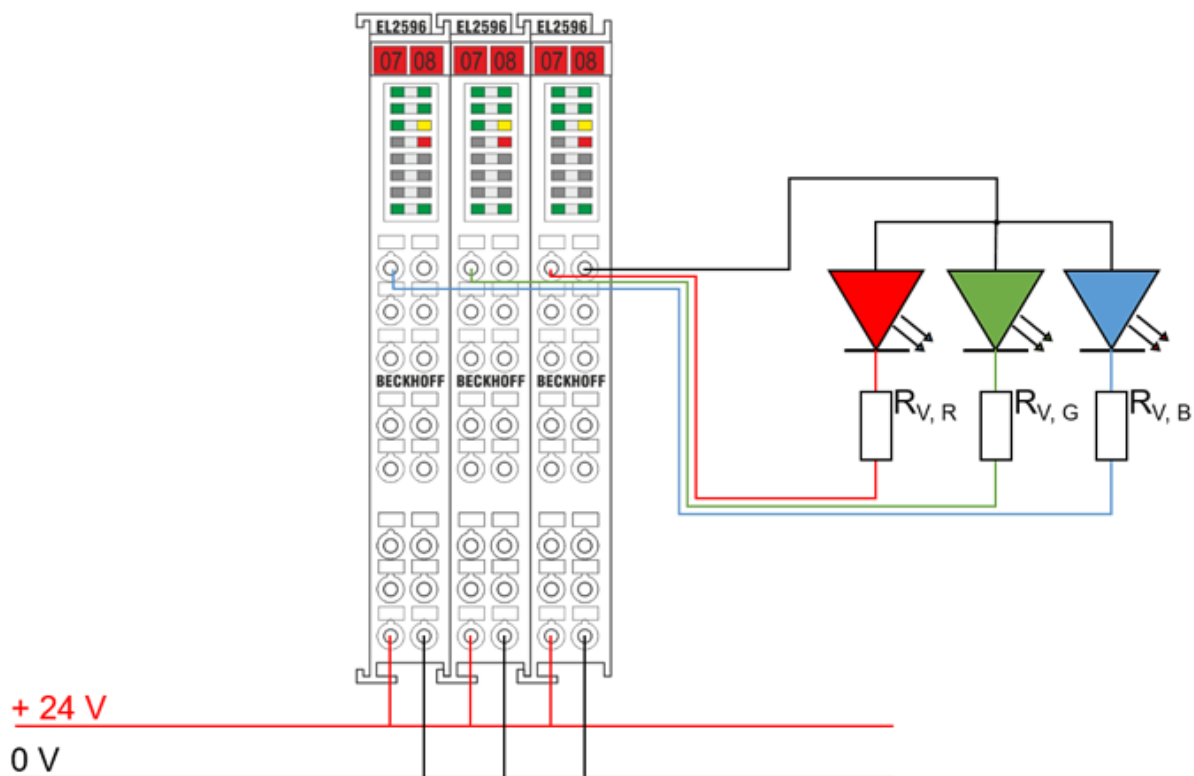
多色 LED 通常由多个不同颜色的独立 LED 组成，这些 LED 在 LED 外壳中相互连接。有多种类型的互连方式，详见 [LED 技术的基础知识](#) [► 27] 项下的 [多色 LED 的典型设计](#) [► 36] 章节。

常用的多色 LED 互连方式为共阳极。不同颜色 LED 的阳极相互连接。每个 LED 都有各自的阴极向外馈电，通过它可以控制多色 LED 中各个不同颜色的 LED。

只有共阳极 LED 可以通过 EL2596 控制。此外，LED 的每种颜色都需要使用 EL2596。RGB LED 有 3 种颜色（红、绿、蓝），每种颜色都需要各自的 EL2596 进行控制，因此 1 个 RGB LED 需要使用 3 个 EL2596。

支持“Voltage control PWM”“电压控制 PWM”运行模式下的电压控制，以及 FW04 及以上版本“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”运行模式下的电流控制。

RGB LED 的连接方式如下图所示，这也象征着 RGB LED 灯带或具有其他/更多颜色的多色 LED。



附图 213: 3 个 EL2596 端子模块上的共阳极 RGB LED



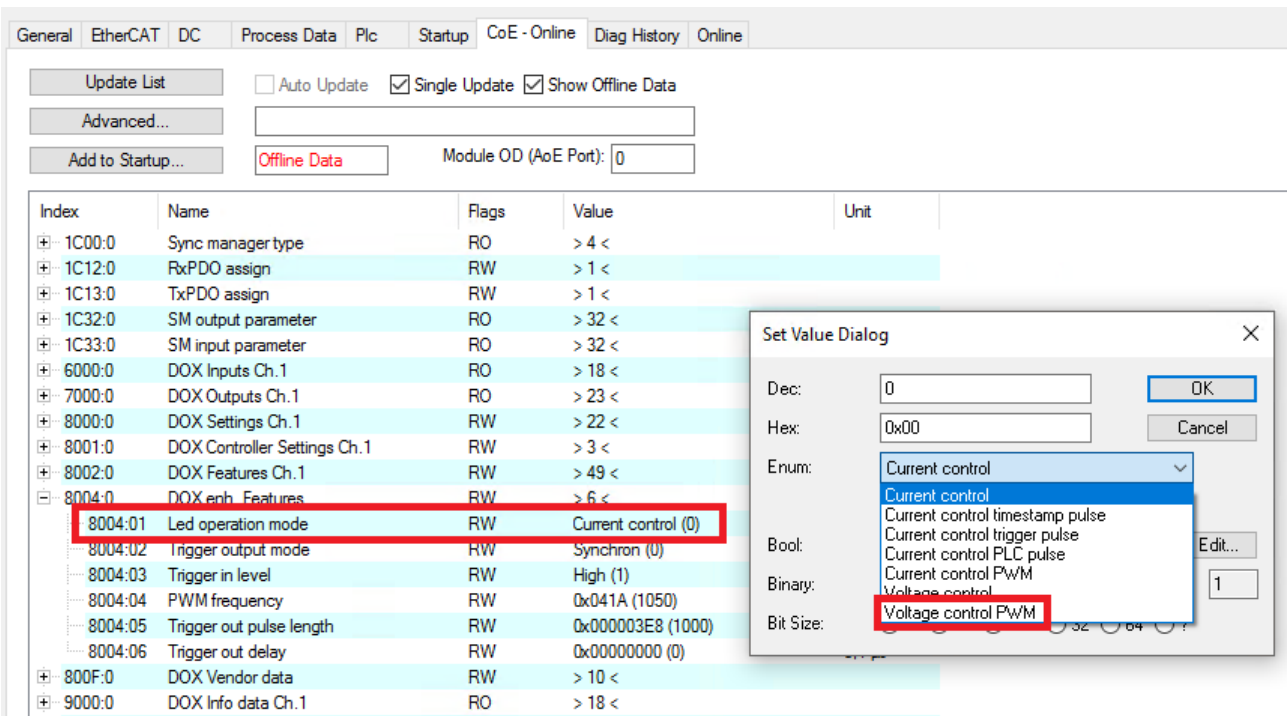
在电压模式下运行多色共阳极 LED

如果要对多色共阳极 LED 或 LED 灯带进行电压控制，也可以使用 [EL2564](#)。此为 4 通道 LED 输出端子模块，具有 5…48 V DC 之间的灵活输出电压。

6.8.1 电压控制模式

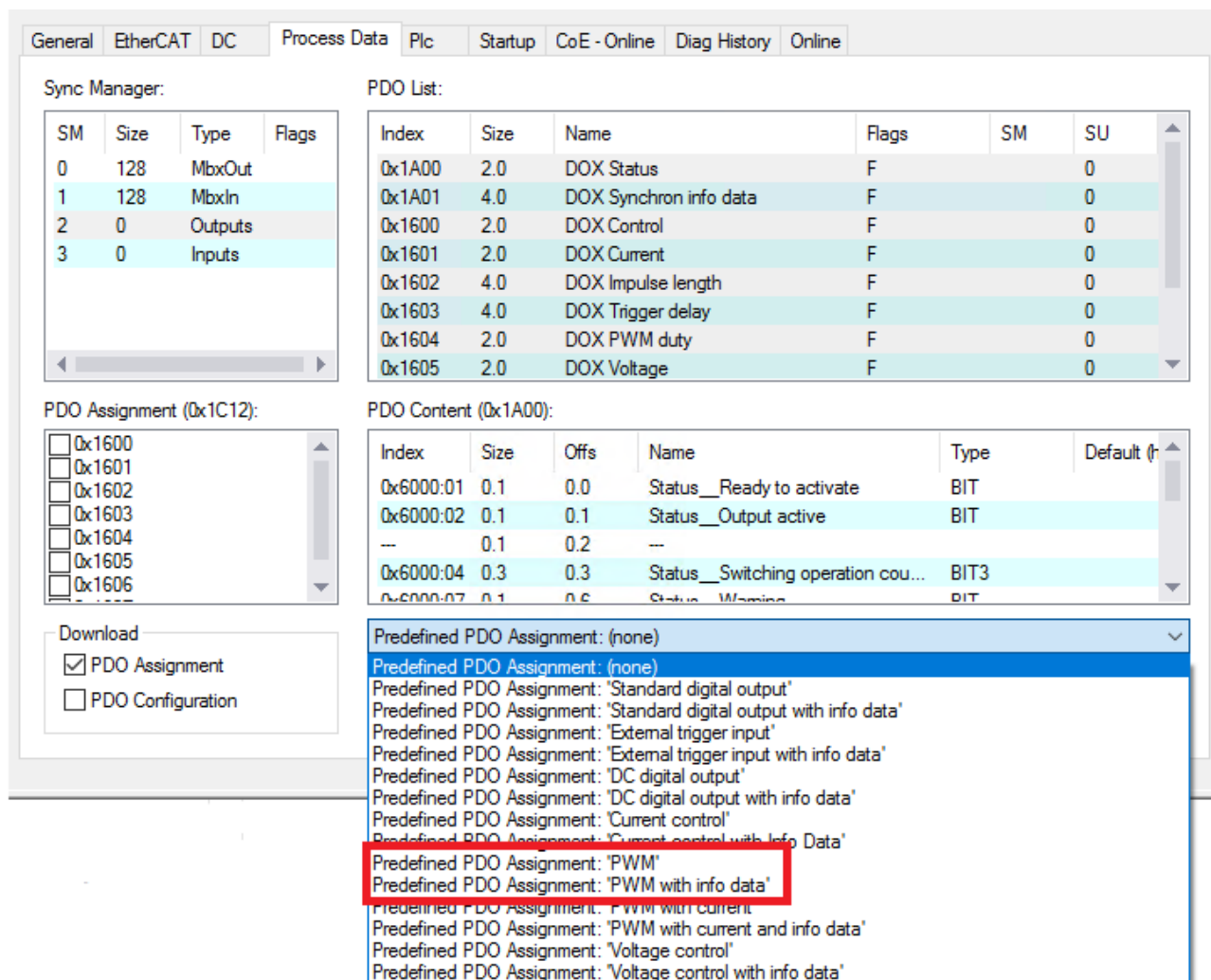
在电压控制模式下，多色 LED 务必连同串联电阻使用，以保护 LED 不被破坏。下面介绍在电压控制模式下如何对多色共阳极 LED 进行调试和控制。除非另有说明，否则必须对带有多色共阳极 LED 的所有 EL2596 端子模块执行所述步骤。

- 1. 在索引 0x8000:02 [▶ 223] “Target current” “目标电流” 中，LED 的额定/限制电流，以 mA 为单位。
- 2. 在索引 0x8000:03 [▶ 223] “Supply voltage” “电源电压” 中，输入电压，以 0.01 V 为单位。
- 3. 在索引 0x8000:04 [▶ 223] “Output voltage” “输出电压” 中，预期输出电压，以 0.01 V 为单位。对于使用多色共阳极 LED 操作的所有 EL2596 端子模块，该值必须相同。
- 4. 将索引 0x8004:01 [▶ 225] CoE 目录中的运行模式设置为 “Voltage control PWM” “电压控制 PWM”



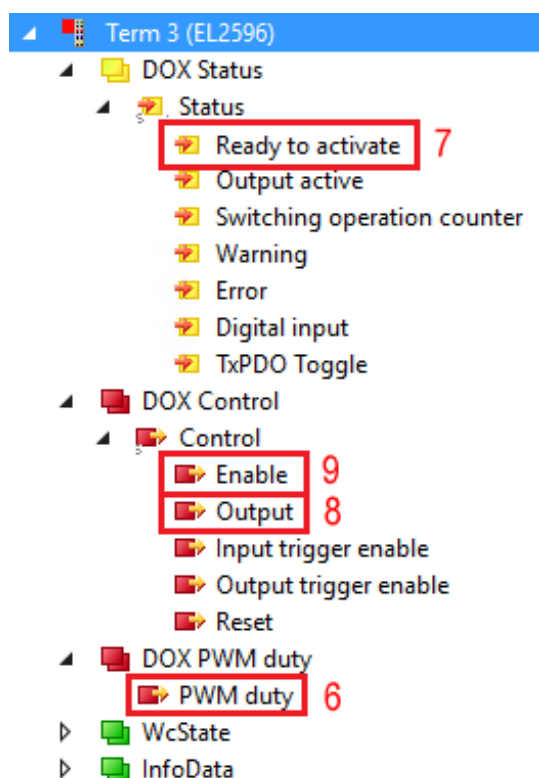
附图 214: 运行模式设置 “Voltage control PWM” “电压控制 PWM”

- 5. 将预定义 PDO 分配设置为 “PWM (with info data)” “PWM（带信息数据）”



附图 215: PDO 设置 “PWM (with info data)” “PWM (带信息数据)”

6. 然后可在 “DOX PWM duty (DOX PWM 占空比)” → “PWM duty (PWM 占空比)” 项下为每种颜色 (每个 EL2596) 指定 PWM 占空比。指定的占空比越高, 颜色越亮。多色 LED 的颜色混合可产生肉眼可见的发光颜色。
7. 检查 “DOX Status (DOX 状态)” → “Status (状态)” 下的 “Ready to activate (激活就绪)” 位是否为 1。
8. 通过 “Enable (使能)” 位激活 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的控制功能。
9. 激活 “Output (输出)” 位, 打开 “DOX Control (DOX 控制)” → “Control (控制)” 项下的 LED 输出。



附图 216: 在“Voltage control PWM”“电压控制 PWM”运行模式下激活输出

6.8.2 电流控制模式

对于 FW04 及以上版本，使用 EL2596 还可以实现多色共阳极 LED 的电流控制操作。在这种情况下，LED 也可以在没有串联电阻的情况下工作。这就要求使用“Current sink PWM”“灌电流 PWM”运行模式。调试步骤见 灌电流 PWM [► 166] 章节。

这种模式下的连接方式如上图所示。需要使用最高电压的颜色也应为其他颜色提供电压。阳极还与 LED+ (9) 的端子模块连接，电压最高的 LED 的阴极与该端子模块相连。该端子模块**不得**采用“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”模式，而应采用“Current Control”“电流控制”或“Current Control PWM”“电流控制 PWM”模式。然后，其他颜色的 LED 分别与 1 个 EL2596 的 LED- (1) 连接，后者以“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”模式运行。或者，阳极也可以通过外部电源连接，在这种情况下，所有 EL2596 均以“Current Sink PWM”“灌电流 PWM”模式运行。

6.9 过程数据

过程数据概览列出了详细的 PDO 选择。这些数据通常不是在 TwinCAT 下运行所必需的，因为它们可以通过过程数据预选在配置界面上进行简单配置。

6.9.1 过程数据概览

TwinCAT 2.10 及以下版本，需要手动分配过程数据。

Sync Manager (SM，同步管理器)

可通过“Process data（过程数据）”选项卡更改所提供过程数据的范围（见图：“Process data（过程数据）”选项卡 SM2，EL2596（默认））。

0x160n（0x1600 至 0x1604）范围内的 PDO 可分配至 Output SyncManager 2，见图：“Process data（过程数据）”选项卡 SM2，EL2596（默认）。

0x1A0n（0x1A00 至 0x1A02）范围内的 PDO 可分配至 Input SyncManager 3。见图：“Process data（过程数据）”选项卡 SM3，EL2596（默认）。

并非所有组合在技术上都有用。

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	2	Outputs	
3	2	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F	3	0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F	2	0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0
0x1606	8.0	DOX DC start time	F		0
0x1607	4.0	DOX Trigger out delay	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

☒ 0x1600
☐ 0x1601
☐ 0x1602
☐ 0x1603
☐ 0x1604
☐ 0x1605
☐ 0x1606
☐ 0x1607

Download

☒ PDO Assignment
☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default (hex)
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	
0x6000:08	0.1	0.7	Status__Error	BIT	
---	0.3	1.0	---		
0x6000:0C	0.1	1.3	Status__Digital input	BIT	
---	0.3	1.4	---		

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Load PDO info from device

Sync Unit Assignment...

附图 217：“Process data（过程数据）”选项卡 SM2，EL2596（默认）

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	2	Outputs	
3	2	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F	3	0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F		0
0x1600	2.0	DOX Control	F	2	0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F		0
0x1606	8.0	DOX DC start time	F		0
0x1607	4.0	DOX Trigger out delay	F		0

PDO Assignment (0x1C13):

☒ 0x1A00
☐ 0x1A01

Download

☒ PDO Assignment
☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1A00):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default (hex)
0x6000:01	0.1	0.0	Status__Ready to activate	BIT	
0x6000:02	0.1	0.1	Status__Output active	BIT	
---	0.1	0.2	---		
0x6000:04	0.3	0.3	Status__Switching operation cou...	BIT3	
0x6000:07	0.1	0.6	Status__Warning	BIT	
0x6000:08	0.1	0.7	Status__Error	BIT	
---	0.3	1.0	---		
0x6000:0C	0.1	1.3	Status__Digital input	BIT	
---	0.3	1.4	---		

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Load PDO info from device

Sync Unit Assignment...

附图 218: “Process data（过程数据）” 选项卡 SM3，EL2596（默认）

手动 PDO 分配

要配置过程数据，请在左上角的“Sync Manager（同步管理器）”字段中选择所需的 Sync Manager（同步管理器）(SM 2 + 3)（见图：“Process data（过程数据）”选项卡 SM3，EL2596（默认））。然后可以在下方的“PDO Assignment（PDO 分配）”框中打开或关闭分配给该 Sync Manager（同步管理器）的过程数据。重启 EtherCAT 系统或在配置模式 (F4) 下重新加载配置会导致 EtherCAT 通信重启，就会从端子模块传输配置的过程数据。

SM2, PDO 分配 0x1C12				
索引	被排除 PDO 的索引	大小 (byte.bit)	名称	PDO 内容 索引 - 名称
0x1600 (默认)	-	2.0	DOX 控制	0x7000:01 - 启用 0x7000:02 - 输出 0x7000:04 - 输入触发使能 0x7000:05 - 输入触发使能 0x7000:08 - 复位
0x1601	0x1605	2.0	DOX 电流	0x7000:11 - 输出电流
0x1602	-	4.0	DOX 脉冲长度	0x7000:12 - 脉冲长度
0x1603	-	4.0	DOX 触发延迟时间	0x7000:13 - 触发延迟时间
0x1604	-	2.0	DOX PWM 占空比	0x7000:14 - PWM 占空比
0x1605	0x1601	2.0	DOX 电压	0x7000:15 - 输出电压
0x1606	-	8.0	DOX DC 启动时间 只能与 DC 运行模式结合使用!	0x7000:16 - DC 启动时间
0x1607	-	2.0	DOX 触发输出延迟时间	0x7000:17 - 触发输出延迟时间

SM3, PDO 分配 0x1C13				
索引	被排除 PDO 的索引	大小 (byte.bit)	名称	PDO 内容 索引 - 名称
0x1A00 (默认)	-	2.0	DOX 状态	0x6000:01 - 激活就绪 0x6000:02 - 输出激活 0x6000:04 - 切换动作计数器 0x6000:07 - 警告 0x6000:08 - 错误 0x6000:0C - 数字量输入 0x6000:10 - TxPDO 切换
0x1A01	-	4.0	DOX 同步信息数据	0x6000:11 - 信息数据 1 0x6000:12 - 信息数据 2

6.9.2 预选工艺数据

EtherCAT 设备通常可为输入和输出数据提供若干不同的过程数据对象 (PDO)，这些对象可以在系统管理器中进行配置，也就是说，可以将其激活或停用来进行循环传输。相关概述详见下文。因此，要注意输入和输出 PDO 的兼容性。

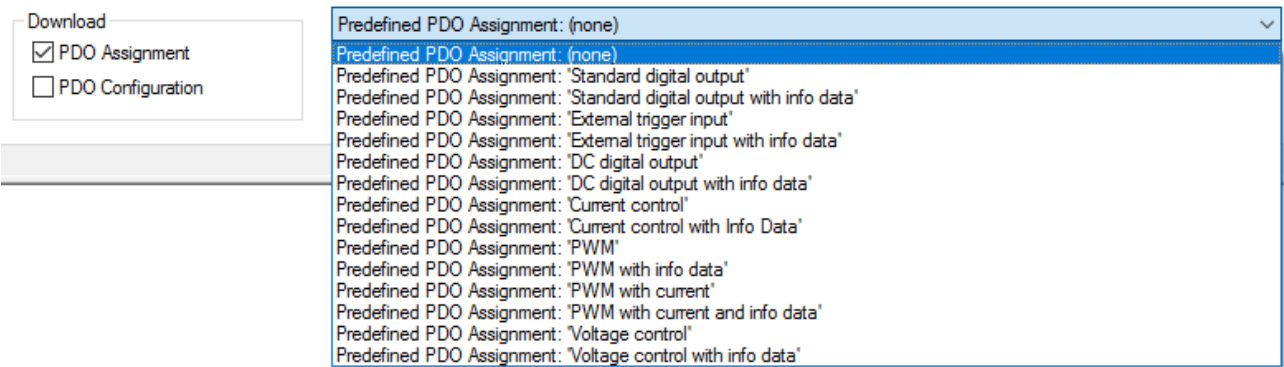
对于 EtherCAT 设备（根据 ESI/XML 描述所规定的用途），TwinCAT 2.11 及以上版本的输入和输出过程数据可以通过“预定义 PDO”中合适的预定义语句同时激活。

EL2596 设有“过程数据”选项卡



附图 219: “过程数据”选项卡

以下为“预定义 PDO”语句：



附图 220: 带 PDO 选择功能的 TwinCAT System Manager

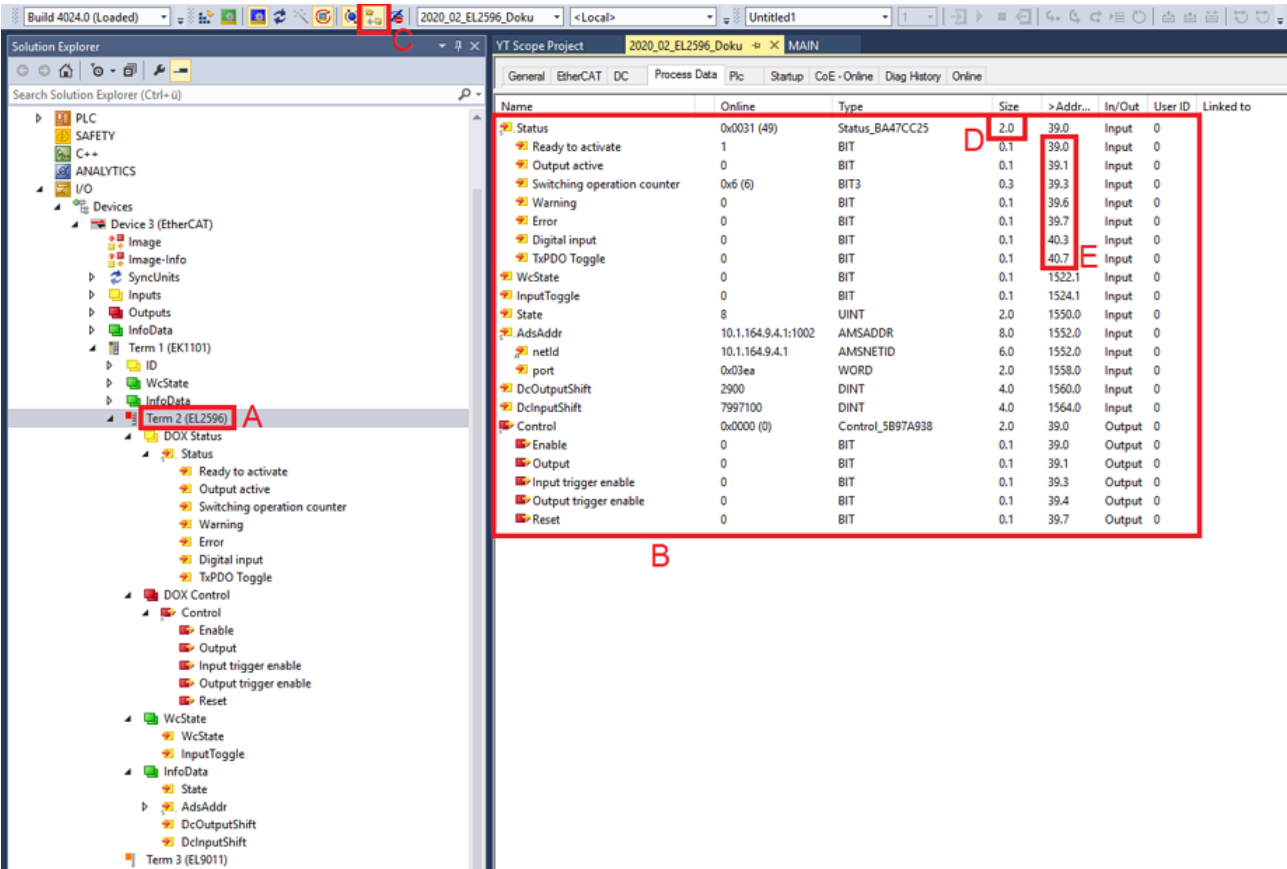
语句的具体构成如下

运行模式	名称	SM2, PDO 分配	SM3, PDO 分配
电流控制输出	标准数字量输出 (默认设置)	0x1600	0x1A00
	带信息数据的标准数字量输出	0x1600	0x1A00 0x1A01
	外部触发输入	0x1600 0x1601 0x1602 0x1603	0x1A00
	带信息数据的外部触发输入	0x1600 0x1601 0x1602 0x1603	0x1A00 0x1A01
	DC 数字量输出	0x1600 0x1601 0x1602 0x1606	0x1A00
	带信息数据的 DC 数字量输出	0x1600 0x1601 0x1602 0x1606	0x1A00 0x1A01
	电流控制	0x1600 0x1601	0x1A00
	带信息数据的电流控制	0x1600 0x1601	0x1A00 0x1A01
	带电流的 PWM	0x1600 0x1601 0x1604	0x1A00
	带电流和信息数据的 PWM	0x1600 0x1601 0x1604	0x1A00 0x1A01
电压控制输出	电压控制	0x1600 0x1605	0x1A00
	带信息数据的电压控制	0x1600 0x1601	0x1A00 0x1A01
	PWM	0x1600 0x1604	0x1A00
	带信息数据的 PWM	0x1600 0x1604	0x1A00 0x1A01

6.9.3 过程数据说明

标准数字量输出 (默认值)

通过此标准 PDO 分配，能够直接写入输出数据，即相连执行器可通过帧触发信号直接通断控制。



附图 221: 标准 EL2596 过程映像

EL2596 (A) 包含输入和输出变量。这些变量可以通过展开树形结构 (A) 来查看。如果激活相应的显示功能 (C)，这些变量也会显示在详细视图 (B) 中。

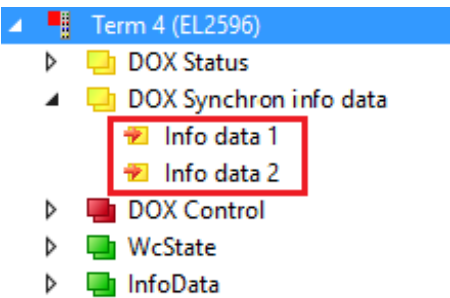
考虑到变量的大小 (D)，还可以从内存分配显示界面 (E) 中获取位的含义，即偏移位置。

集合名称 (如Status) 和个别位变量 (如Output active) 均可建立关联，但不能同时执行。

输入数据			
集合名称	名称	描述/功能	位位置 [0..15]
状态	激活就绪	端子模块在此发出工作就绪信号。如果出现错误，该位为 0。有关诊断，请参见 EL2596-xxxx 特定诊断功能 [► 210]	0
	输出激活	输出主动切换。	1
	切换动作计数器		3
	警告	出现警告 -> 评估“诊断数据”（索引 0xA000）。	6
	错误	发生错误，输出驱动停用 -> 评估“诊断数据”（索引 0xA000）。	7
	数字量输入	数字量输入的状态在此返回。	11
	TxPDO 切换	每次交换过程数据时都会改变其状态。	15
WcState		在运行期间的设定值：0 EL2596 的每个数据报文都会在此显示其处理状态。这样便可监控 EL2596 的过程数据通信是否正确。	
InputToggle			
状态		在运行期间的设定值：8 “EtherCAT 状态机”的状态显示	
AdsAddr		负责 EtherCAT 主站的 AMS 地址，格式为“0.0.0.0.0”。此外，该从站的有效端口号。 供运行时对 CoE 进行非周期性访问使用。	

输出数据			
集合名称	名称	描述/功能	位位置 [0..15]
控制	使能	激活控制	0
	输出	将输出切换为激活状态	1
	触发输入使能	将数字量输入激活为触发输入	3
	触发输出使能	将数字量输出激活为触发输出	
	复位	重置错误	7

带信息数据的标准数字量输出

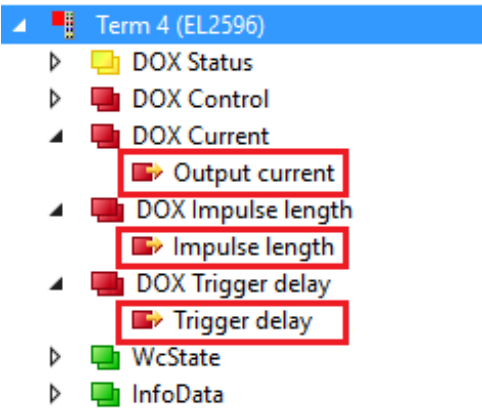


附图 222: 附加信息数据

每个通道还可显示 2 个周期性数据字，以获得有关执行器或驱动级状态的更准确信息。相应的选择可通过 CoE 中相应的索引 0x8002:11 [► 224] 或 0x8002:19 [► 224] 进行配置。例如，可以选择端子模块的内部温度或通过相连执行器的瞬时电流。

输入数据	
名称	描述/功能
信息数据 1	其他通道信息，在 0x8002:11 中定义
信息数据 2	其他通道信息，在 0x8002:19 中定义

外部触发输入



附图 223: “外部触发输入”模式下的其他过程数据

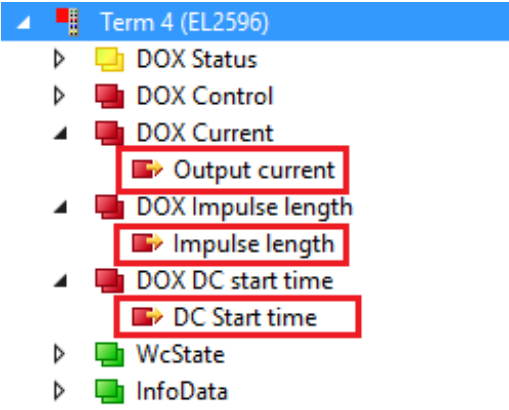
除了“标准数字量输出”模式的变量之外，还有以下变量：

输出数据	
名称	描述/功能
输出电流	以 mA 为单位的电流控制设定电流规格
脉冲长度	指定输出脉冲的长度。单位为 1 μ s。通过 CoE 索引 0x8002:31 [► 224] 脉冲分辨率 100 ns，可将时间分辨率从 1 μ s 降至 100 ns。
触发延迟时间	指定从数字量输入时间到切换输出时间的延迟时间长度。单位为 1 μ s。通过 CoE 索引 0x8002:31 [► 224] 脉冲分辨率 100 ns，可将时间分辨率从 1 μ s 降至 100 ns。

带信息数据的外部触发输入

与这两种标准数据类型一样，附加信息数据也可在“外部触发输入”模式下显示。见上文。

DC 数字量输出



附图 224: 分布式时钟模式的附加过程数据

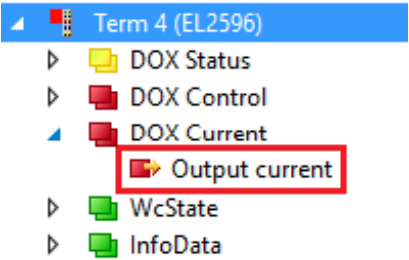
在分布式时钟模式下，EL2596 按照时间戳顺序运行。过程映像的结构如图分布式时钟模式的附加过程数据所示。

输出数据	
名称	描述/功能
输出电流	以 mA 为单位的电流控制设定电流规格
脉冲长度	指定输出脉冲的长度。单位为 1 μ s。可通过 CoE 对象 0x8002:31 [► 224] 脉冲分辨率 100 ns 将时间规格的分辨率从 1 μ s 降至 100 ns。
DC 启动时间	下一个目标切换事件的 64 位值。 DC 时间的数据： - 启动时间 1.1.2000 - 分辨率 1 位 = 1 ns

带信息数据的 DC 数字量输出

与标准数据一样，附加信息数据也可以在“DC 数字量输出”模式下显示。见上文。

Current Control 电流控制



附图 225: “电流控制”模式下的附加过程数据

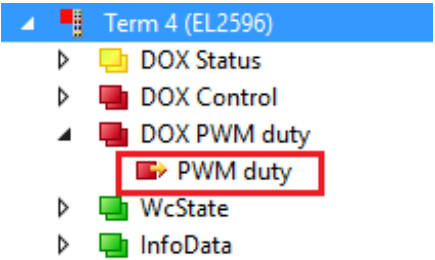
除了“标准数字量输出”模式的变量之外，还有以下变量：

输出数据	
名称	描述/功能
输出电流	以 mA 为单位的电流控制设定电流规格

带 InfoData 的电流控制

与标准数据一样，附加信息数据也可以在“电流控制”模式下显示。见上文。

PWM



附图 226: “PWM”模式下的附加过程数据

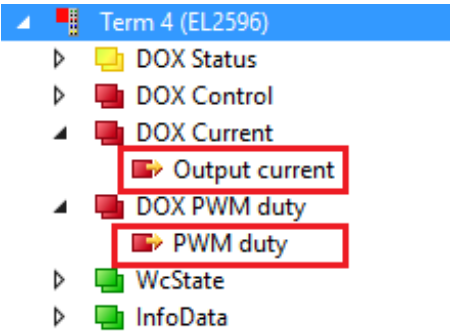
除了“标准数字量输出”模式的变量之外，还有以下变量：

输出数据	
名称	描述/功能
PWM 占空比	脉冲宽度调制占空比

带 InfoData 的 PWM

与标准数据一样，附加信息数据也可在“PWM”模式下显示。见上文。

带电流的 PWM



附图 227: “带电流 PWM” 模式下的附加过程数据

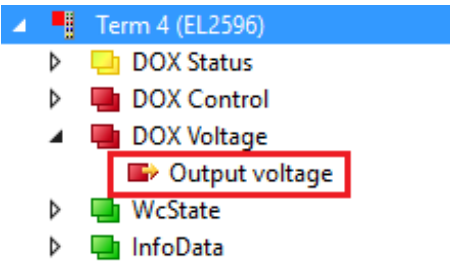
除了“标准数字量输出”模式的变量之外，还有以下变量：

输出数据	
名称	描述/功能
输出电流	以 mA 为单位的电流控制设定电流规格
PWM 占空比	脉冲宽度调制占空比

带电流和 InfoData 的 PWM

与标准数据一样，附加信息数据也可以在“带电流的 PWM”模式下显示。见上文。

电压控制



附图 228: “电压控制” 模式下的附加过程数据

除了“标准数字量输出”模式的变量之外，还有以下变量：

输出数据	
名称	描述/功能
输出电压	以 0.01 mV 为单位的电压控制设定电压规格

带电流和 InfoData 的电压控制

与标准数据一样，附加信息数据也可以在“电压控制”模式下显示。见上文。

6.10 EL2596-xxxx 特定诊断功能

6.10.1 带信息数据的诊断功能

对于所有预定义 PDO，可通过选择 “... 带信息数据” 将信息数据映射到标准 PDO。

GeneralEtherCATDCProcess DataPlcStartupCoE - OnlineDiag HistoryOnline

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	4	Outputs	
3	6	Inputs	

PDO List:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status	F	3	0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data	F	3	0
0x1600	2.0	DOX Control	F	2	0
0x1601	2.0	DOX Current	F		0
0x1602	4.0	DOX Impulse length	F		0
0x1603	4.0	DOX Trigger delay	F		0
0x1604	2.0	DOX PWM duty	F		0
0x1605	2.0	DOX Voltage	F	2	0
0x1606	8.0	DOX DC start time	F		0

PDO Assignment (0x1C12):

☒ 0x1600☐ 0x1601 (excluded by 0x1605)☐ 0x1602☐ 0x1603☐ 0x1604☒ 0x1605☐ 0x1606☐ 0x1607

Download

☒ PDO Assignment☐ PDO Configuration

PDO Content (0x1601):

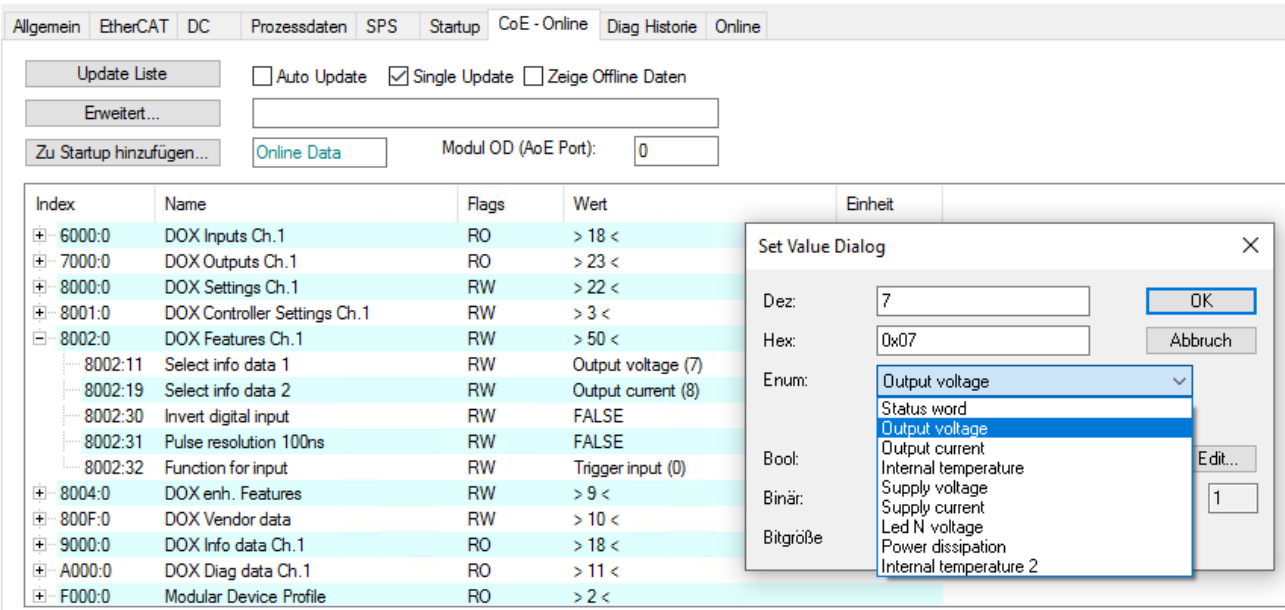
Index	Size	Offs	Name	Type	Default (hex)
0x7000:11	2.0	0.0	Output current	UINT	
	2.0				

Predefined PDO Assignment: (none)
Predefined PDO Assignment: (none)
Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'
Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output with info data'
Predefined PDO Assignment: 'External trigger input'
Predefined PDO Assignment: 'External trigger input with info data'
Predefined PDO Assignment: 'DC digital output'
Predefined PDO Assignment: 'DC digital output with info data'
Predefined PDO Assignment: 'Current control'
Predefined PDO Assignment: 'Current control with Info Data'
Predefined PDO Assignment: 'PWM'
Predefined PDO Assignment: 'PWM with info data'
Predefined PDO Assignment: 'PWM with current'
Predefined PDO Assignment: 'PWM with current and info data'
Predefined PDO Assignment: 'Voltage control'
Predefined PDO Assignment: 'Voltage control with info data'

Name	Online
------	--------

附图 229: 预定义 PDO “... 带信息数据”

这些信息数据是 2 个输入变量，可以从端子模块显示不同的内部值。可在 CoE 索引 0x8002:11 [► 224]（选择信息数据 1）和 0x8002:19 [► 224]（选择信息数据 2）中选择信息数据显示的数据。可选择各种输入电压（电源电压、电源电流）、输出值（输出电压、输出电流）或内部端子模块值（状态字、内部温度）。



附图 230: CoE 索引 0x8002 “选择信息数据”

信息数据中的值可用于 PLC 的诊断功能，因此在各种情况下，PLC 的警告或错误消息都会显示出来，例如在可视化界面中。然而，也可以记录信息数据中的数值，并通过 TwinCAT Scope 实时连续可视化监测。例如，可以通过这种方式比较不同用例中的输出电流和输出电压曲线。

6.10.2 CoE 中的诊断功能

EL2596 具有内部诊断功能。警告和错误也由 LED 显示。诊断结果可在 0xA000 [► 226] “DOX 诊断数据通道 1” 项下的 CoE 对象中查看。

[-] 0xA000:0	DOX Diag data Ch.1	RO	> 11 <
0xA000:01	Saturated	RO	FALSE
0xA000:02	Over temperature	RO	FALSE
0xA000:04	Under voltage (Supply)	RO	FALSE
0xA000:05	Over voltage (Supply)	RO	FALSE
0xA000:06	Short circuit	RO	FALSE
0xA000:07	Open load	RO	FALSE
0xA000:09	Misc error	RO	FALSE
0xA000:0B	Over voltage (Output)	RO	FALSE

附图 231: CoE 对象 0xA000 中的诊断功能

电源电压和输出电压的警告和错误级别可在 CoE 对象 0x8000:11 – 0x8000:16 [► 223] 中进行调整。

如果出现错误，则“DOX Status (DOX 状态)”中的第 0 位“激活就绪”会变为 0。不再设置 LED 输出。必须纠正错误，并通过“DOX Control (DOX 控制)”中的“复位”位上升沿复位。复位时，必须停用“DOX Control (DOX 控制)”项下的“使能”和“输出”位。

对象	名称	描述	校正
A000:01	饱和	无法达到目标电压	增大 U_{in} 或减小设定电流
A000:02	温度过高	内部温度为 80 °C 时发出警告 内部温度为 100 °C 时显示错误	EL2596 必须冷却
A000:04	(电源) 欠压	电源欠压	增大 U_{in}
A000:05	(电源) 过压	电源过压	减小 U_{in}
A000:06	短路	发生短路	检查负载是否正确连接并正常工作。(电压控制期间未检测到)
A000:07	开路负载	检测到断线	检查负载是否正确连接并正常工作。(电压控制期间未检测到)
A000:09	其他综合错误	内部硬件错误	
A000:0B	(输出) 过压	数字量输出过压	减小输出电压

6.10.3 诊断 - 诊断消息的基本原则

DiagMessages 指定了一个用于由 EtherCAT 从站向 EtherCAT 主站/TwinCAT 传输消息的系统。消息由本设备存储在其自身 CoE 中的 0x10F3 下，可由应用程序或 System Manager 读取。设备中存储的每个事件（警告、错误、状态变化）都会输出代码形式的故障信息。

定义

DiagMessage 系统的定义见 ETG（EtherCAT 技术协会）的指南 ETG.1020 第 13 章“诊断处理”。通过该系统，可以将预定义或灵活生成的诊断信息由 EtherCAT 从站传输至主站。因此，根据 ETG，该过程的实施可以独立于供应商。是否支持该功能是可选的。固件最多可以将 250 个 DiagMessage 存储在自己的 CoE 中。

每个 DiagMessage 均包括

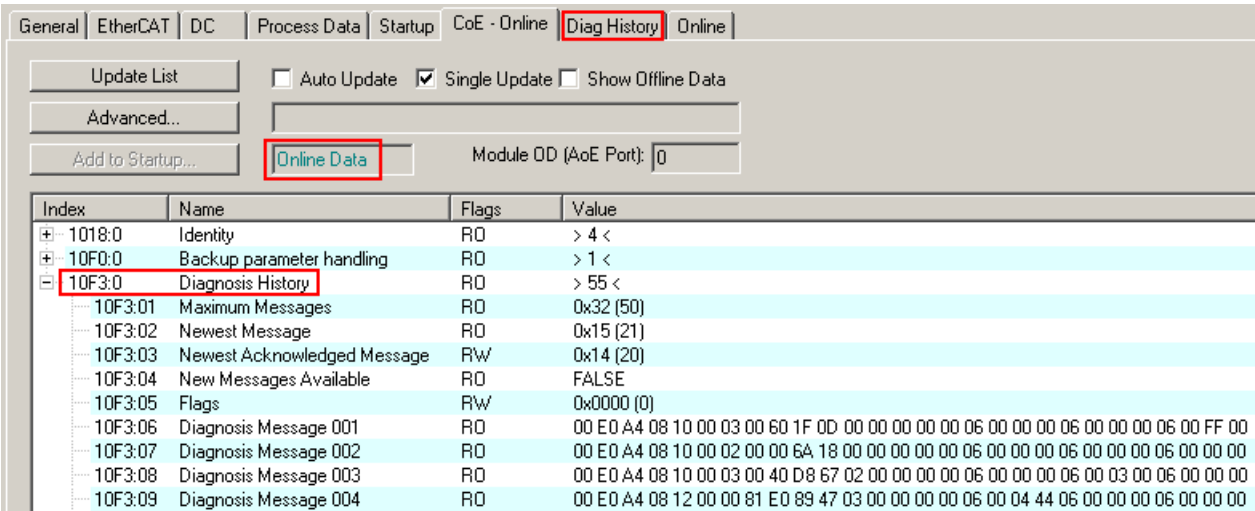
- 诊断代码（4 个字节）
- 标志（2 个字节；信息、警告或错误）
- 文本 ID（2 个字节；引用 ESI/XML 中的解释性文本）
- 时间戳（8 个字节、本地从站时间或 64 位分布式时钟时间（若可用））
- 固件额外添加的动态参数

在 EtherCAT 设备的 ESI/XML 文件中以文本形式对 DiagMessage 进行解释：根据 DiagMessage 中包含的文本 ID，可在 ESI/XML 中包含的语言下找到相应的纯文本消息。若为倍福产品，它们通常以德语和英语显示。

用户可以通过 NewMessagesAvailable 条目接收新消息可用的信息。

DiagMessage 可以在设备中确认：最后/最新的未确认消息可由用户确认。

可在 CoE 中的对象 0x10F3 中看到控制条目和历史记录本身：



附图 232: CoE 中的 DiagMessage

可在 0x10F3:02 下读取最新 DiagMessage 的子索引。

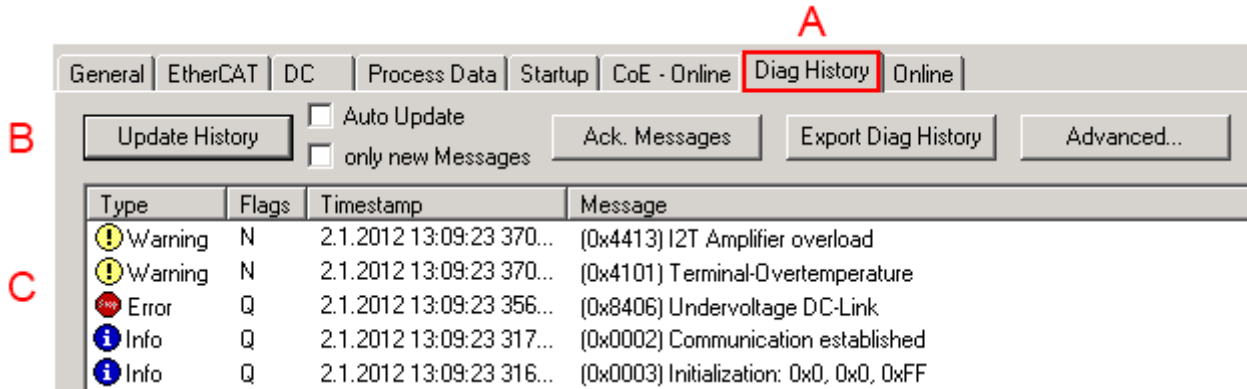


调试支持

DiagMessage 系统主要在设备调试期间使用。例如，设备的 StatusWord（若可用）中的诊断值有助于后来的连续运行期间的在线诊断。

TwinCAT System Manager 中的实施

从 TwinCAT 2.11 开始，DiagMessage（若可用）将在设备本身的界面上显示。也通过这个界面进行操作（收集、确认）。



附图 233: DiagMessage 系统在 TwinCAT System Manager 中的实施

在“Diag History”选项卡（A）上可以看到操作按钮（B）和读取的历史信息（C）。消息由以下几个部分组成：

- 信息/警告/错误
- 确认标志（N = 未确认，Q = 已确认）
- 时间戳
- 文本 ID
- 根据 ESI/XML 数据制定的纯文本消息

按钮的含义一目了然。

ADS Logger/Eventlogger 中的 DiagMessage

从 TwinCAT 3.1 Build 4022 开始，端子模块发送的 DiagMessage 将通过 TwinCAT ADS Logger 显示。由于 DiagMessage 以 IO 方式全面呈现，因此调试工作将得到简化。此外，还可以将日志记录的输出存储到数据文件中，因此，DiagMessages 可长期保存以供分析。

实际上，DiagMessage 只能在端子模块的 CoE 0x10F3 中本地使用，并且可以根据需要手动读取，例如，通过上文提到的 DiagHistory 进行手动读取。

在最新的开发环境中，EtherCAT 端子模块被默认设置为通过 EtherCAT 以紧急事件形式报告 DiagMessage 的存在；然后事件记录器可以检索该 DiagMessage。该功能在端子模块中通过 0x10F3:05 激活，因此，此类端子模块在 Startup List 中默认包含以下条目：

General	EtherCAT	Settings	Filter	DC	Process Data	Plc	Startup	CoE - Online	Diag History	Online
Transition	Protocol	Index	Data	Comment						
 <PS>	CoE	0x1C12 C 0	00 00	download pdo 0x1C12 index						
 <PS>	CoE	0x1C13 C 0	05 00 00 1A 01 1A 10 1A ...	download pdo 0x1C13 index						
 IP	CoE	0x10F3:05	0x0001 (1)							

附图 234: Startup List

例如，如果由于收到许多消息或未使用 EventLogger 等原因而需要停用该功能，可将 StartUp 条目s删除或将其设置为 0。之后可以根据需要通过 CoE 访问权限从 PLC 将该值重新设置为 1。

将消息读入 PLC

- 准备中 -

解释

时间戳

时间戳取自事件发生时端子模块的本地时钟。时间通常为寄存器 x910 中的分布式时钟时间（DC）。

请注意：在启动 EtherCAT 时，请将参考时钟的 DC 时间设置为与本地 IPC/TwinCAT 时间相同的时间。从此刻起，DC 时间可能与 IPC 时间存在差异，因为没有对 IPC 时间进行调整。在 EtherCAT 不重启的情况下运行数周后，可能会出现明显的时间差。若要采取补救措施，可根据需要对 DC 时间进行外部同步，也可以进行手动校正计算：可通过 EtherCAT 主站或 DC 从站的寄存器 x901 确定当前的 DC 时间。

文本 ID 的结构

MessageID 的结构无需符合任何标准化规范，可由供应商自行定义。对于倍福 EtherCAT 设备（EL、EP），通常按照 **xyzz** 进行读取：

x	y	zz
0: 系统信息	0: 系统	错误编号
2: 保留	1: 一般信息	
1: 信息	2: 通信	
4: 警告	3: 编码器	
8: 错误	4: 驱动器	
	5: 输入	
	6: I/O 一般信息	
	7: 保留	

示例：消息 0x4413 --> 驱动器警告编号 0x13

文本 ID 概述

具体的文本 ID 见设备文档。

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x0001	信息	系统	无错误	无错误
0x0002	信息	系统	已建立通信	已建立连接
0x0003	信息	系统	初始化: 0x%X、0x%X、0x%X	一般信息；具体参数取决于事件。相关解释请参见设备文档。
0x1000	信息	系统	信息: 0x%X、0x%X、0x%X	一般信息；具体参数取决于事件。相关解释请参见设备文档。
0x1012	信息	系统	EtherCAT 状态更改 Init - PreOP	
0x1021	信息	系统	EtherCAT 状态更改 PreOP - Init	
0x1024	信息	系统	EtherCAT 状态更改 PreOP - Safe-Op	
0x1042	信息	系统	EtherCAT 状态更改 SafeOp - PreOp	
0x1048	信息	系统	EtherCAT 状态更改 SafeOp - OP	
0x1084	信息	系统	EtherCAT 状态更改 OP - SafeOp	
0x1100	信息	一般信息	运行模式检测完成: 0x%X, %d	运行模式检测结束
0x1135	信息	一般信息	周期正常: %d	周期正常
0x1157	信息	一般信息	已手动保存数据 (索引: 0x%X, 子索引: 0x%X)	已手动保存数据
0x1158	信息	一般信息	已数据自动保存 (索引: 0x%X, 子索引: 0x%X)	已自动保存数据
0x1159	信息	一般信息	已删除数据 (索引: 0x%X, 子索引: 0x%X)	已删除数据
0x117F	信息	一般信息	信息: 0x%X、0x%X、0x%X	信息
0x1201	信息	通信	已重新建立通信	已恢复与现场侧的通信 例如, 如果在运行期间电源触点上的电压被切断然后又重新施加, 则会显示此消息。
0x1300	信息	编码器	已设置位置: %d, %d	已设置位置 - StartInputhandler
0x1303	信息	编码器	编码器电源正常	编码器电源装置正常
0x1304	信息	编码器	编码器初始化成功, 通道: %X	编码器初始化成功完成
0x1305	信息	编码器	已发送编码器重置命令, 通道: %X	发送编码器重置命令
0x1400	信息	驱动器	驱动器已校准: %d, %d	驱动器已校准
0x1401	信息	驱动器	实际驱动器状态: 0x%X, %d	当前驱动器状态
0x1705	信息		CPU usage returns in normal range (< 85%%)	处理器负载恢复至正常范围
0x1706	信息		Channel is not in saturation anymore	通道不再处于饱和状态
0x1707	信息		Channel is not in overload anymore	通道不再处于过载状态
0x170A	信息		No channel range error anymore	量程错误不再激活
0x170C	信息		Calibration data saved	已保存校准数据
0x170D	信息		将在发送“0x5AFE”命令后应用并保存校准数据	在发送命令“0x5AFE”之前, 不会应用和保存校准数据。

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x2000	信息	系统	%s: %s	
0x2001	信息	系统	%s: 网络链接丢失	网络连接丢失
0x2002	信息	系统	%s: 检测到网络链接	发现网络连接
0x2003	信息	系统	%s: 无有效 IP 配置 - Dhcp 客户端已启动	无效 IP configuration
0x2004	信息	系统	%s: Dhcp 服务器 %d.%d.%d 分配的有效 IP 配置 (IP: %d.%d.%d.%d)	DHCP 服务器分配的有效 IP 配置
0x2005	信息	系统	%s: Dhcp 客户端超时	DHCP 客户端超时
0x2006	信息	系统	%s: 检测到重复 IP 地址 (%d.%d.%d.%d)	发现重复 IP 地址
0x2007	信息	系统	%s: 已初始化 UDP 处理程序	已初始化 UDP 处理程序
0x2008	信息	系统	%s: 已初始化 TCP 处理程序	已初始化 TCP 处理程序
0x2009	信息	系统	%s: 已无可用的 TCP 套接字	没有可用的 TCP 套接字。

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x4000	警告		警告：0x%X、0x%X、0x%X	一般警告；具体参数取决于事件。相关解释请参见设备文档。
0x4001	警告	系统	警告：0x%X、0x%X、0x%X	
0x4002	警告	系统	%s：%s 与 %d.%d.%d.%d 成功断开连接 (IN:%d OUT:%d API:%dms)	
0x4003	警告	系统	%s：%s 与 %d.%d.%d.%d 成功闭合连接 (IN:%d OUT:%d)	
0x4004	警告	系统	%s：%s (IN:%d OUT:%d) 与 %d.%d.%d.%d 的连接超时	
0x4005	警告	系统	%s：已拒绝 %s 与 %d.%d.%d.%d 断开连接 (IN:%d OUT:%d) (错误：%u)	
0x4006	警告	系统	%s：已拒绝 %s 与 %d.%d.%d.%d 断开连接 (IN:%d OUT:%d) (预期输入数据大小：%d 字节，已接收：%d 字节)	
0x4007	警告	系统	%s：已拒绝 %s 与 %d.%d.%d.%d 断开连接 (IN:%d OUT:%d) (预期输出数据大小：%d 字节，已接收：%d 字节)	
0x4008	警告	系统	%s：已拒绝 %s 与 %d.%d.%d.%d 断开连接 (IN:%d OUT:%d) (不支持 RPI:%dms-> API:%dms)	
0x4101	警告	一般信息	端子模块超温	超温 端子模块内部温度超过参数设置的警告阈值。
0x4102	警告	一般信息	PDO 配置存在差异	所选的 PDO 与设定的运行模式不匹配。 示例：驱动器在速度模式下运行，但速度 PDO 未映射到 PDO 中。
0x417F	警告	一般信息	警告：0x%X、0x%X、0x%X	
0x428D	警告	一般信息	非随机问题	
0x4300	警告	编码器	已停用细分功能：%d、%d	已停用细分功能（尽管已激活配置）
0x4301	警告	编码器	编码器警告	一般编码器错误
0x4302	警告	编码器	即将达到输入信号的最大频率（通道 %d）	
0x4303	警告	编码器	计数器限值因 PDO 配置（通道 %d）而降低	
0x4304	警告	编码器	重置计数器值因 PDO 配置（通道 %d）而降低	
0x4400	警告	驱动器	未校准驱动器：%d，%d	未校准驱动器
0x4401	警告	驱动器	不支持该启动类型：0x%X，%d	不支持该启动类型
0x4402	警告	驱动器	命令被拒绝：%d，%d	命令被拒绝
0x4405	警告	驱动器	无效模长子类型：%d，%d	模长子类型无效
0x4410	警告	驱动器	目标超限：%d，%d	超过目标定位
0x4411	警告	驱动器	直流母线欠电压（警告）	端子模块的直流母线电压低于参数设置的最小电压。输出端无法激活。
0x4412	警告	驱动器	直流母线过电压（警告）	端子模块的直流母线电压高于参数设置的最大电压。输出端无法激活。
0x4413	警告	驱动器	I2T 型放大器过载（警告）	- 放大器的运行超出了规格要求。 - I2T 型放大器的参数设置不正确。
0x4414	警告	驱动器	I2T 型电机过载（警告）	- 电机的运行超出了参数设置的额定值。 - I2T 型电机的参数设置不正确。
0x4415	警告	驱动器	速度限制已启用	最大速度受参数设置对象的限制（如速度限制、电机转速限制）。如果设定的速度高于任一参数设置的限值，则会输出该警告。
0x4416	警告	驱动器	在以下位置检测到丢步：0x%X%X	检测到丢步
0x4417	警告	驱动器	电机超温	电机内部温度超过参数设置的警告阈值
0x4418	警告	驱动器	限值：电流	限值：电流受到限制
0x4419	警告	驱动器	限值：I2T 型放大器超过 100	超过了最大电流的阈值。
0x441A	警告	驱动器	限值：I2T 型电机超过 100%%	限值：I2T 型电机超过 100%

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x441B	警告	驱动器	限值：速度限制	超过了最高速度的阈值。
0x441C	警告	驱动器	在启用轴时出现 STO	尽管 STO 输入端没有电压，但仍尝试启动轴。
0x4600	警告	一般 IO	电源电压范围错误	电源电压不在正确范围内
0x4610	警告	一般 IO	输出电压范围错误	输出电压不在正确范围内
0x4705	警告		处理器使用率为 %d %%	处理器负载为 %d %%
0x470A	警告		EtherCAT 帧缺失（更改设置或 DC 运行模式或 Sync0 偏移时间）	EtherCAT 帧缺失（更改“设置”下的 DC 运行模式或 Sync0 偏移时间）

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x8000	错误	系统	%s: %s	
0x8001	错误	系统	错误: 0x%X、0x%X、0x%X	一般错误; 具体参数取决于事件。相关解释请参见设备文档。
0x8002	错误	系统	通信中止	通信中止
0x8003	错误	系统	配置错误: 0x%X、0x%X、0x%X	一般错误; 具体参数取决于事件。相关解释请参见设备文档。
0x8004	错误	系统	%s: 未成功从 %d.%d.%d.%d (%s) 接收 FwdOpen-Response (错误: %u)	
0x8005	错误	系统	%s: 已将 FwdClose-Request 发送至 %d.%d.%d.%d (%s)	
0x8006	错误	系统	%s: 未成功从 %d.%d.%d.%d (%s) 接收 FwdClose-Response (错误: %u)	
0x8007	错误	系统	%s: 与 %d.%d.%d.%d (%s) 的连接已关闭	
0x8100	错误	一般信息	状态字设置: 0x%X, %d	状态字中的位设置错误
0x8101	错误	一般信息	运行模式与 PDO 接口不兼容: 0x%X, %d	运行模式与 PDO 接口不兼容
0x8102	错误	一般信息	输入和输出 PDO 组合无效	输入和输出 PDO 组合无效
0x8103	错误	一般信息	无任何变量关联	未关联任何变量
0x8104	错误	一般信息	端子模块超温	端子模块内部温度超过参数设置的错误阈值。端子模块激活受阻
0x8105	错误	一般信息	过程数据监控	现场总线与输出端之间的通信受 Watchdog (看门狗) 保护。如果现场总线通信中断, 轴将自动停止运转。 - EtherCAT 连接在运行过程中中断。 - 主站在运行过程中切换至配置模式。
0x8135	错误	一般信息	周期必须是 125 μ s 的倍数	IO 或 NC 周期除以 125 μ s 未得到一个整数。
0x8136	错误	一般信息	配置错误: 采样率无效	配置错误: 采样率无效
0x8137	错误	一般信息	电子铭牌: CRC 错误	外部铭牌存储器的内容无效。
0x8140	错误	一般信息	同步错误	实时冲突
0x8141	错误	一般信息	SYNC%X Interrupt 丢失	SYNC%X Interrupt 丢失
0x8142	错误	一般信息	Sync Interrupt 异步	Sync Interrupt 异步
0x8143	错误	一般信息	抖动过大	不符合抖动限值
0x817F	错误	一般信息	错误: 0x%X、0x%X、0x%X	
0x8200	错误	通信	写入访问错误: %d、%d	在写入时出错
0x8201	错误	通信	与现场侧无通信 (外设电压缺失)	- 电源触点上没有电压。 - 固件更新失败。
0x8281	错误	通信	所有权失效: %X	
0x8282	错误	通信	创建的密钥过多	
0x8283	错误	通信	密钥创建失败: %X	
0x8284	错误	通信	密钥加载失败	
0x8285	错误	通信	公钥读取失败: %X	
0x8286	错误	通信	公共 EK 读取失败: %X	
0x8287	错误	通信	PCR 值读取失败: %X	
0x8288	错误	通信	证书 EK 读取失败: %X	
0x8289	错误	通信	挑战无法进行散列处理: %X	
0x828A	错误	通信	Tickstamp 进程失败	
0x828B	错误	通信	PCR 进程失败: %X	
0x828C	错误	通信	请求进程失败: %X	
0x82FF	错误	通信	启动模式未启用	启动模式未启用
0x8300	错误	编码器	设置位置错误: 0x%X, %d	在设置位置时出错
0x8301	错误	编码器	未配置编码器增量: 0x%X, %d	未配置编码器增量
0x8302	错误	编码器	编码器错误	旋转变压器振幅过小
0x8303	错误	编码器	编码器电源缺失 (通道 %d)	
0x8304	错误	编码器	编码器通信错误, 通道: %X	编码器通信错误
0x8305	错误	编码器	不支持 EnDat2.2, 通道: %X	不支持 EnDat2.2

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x8306	错误	编码器	延迟时间, 超过公差限值, 0x%X, 通道: %X	运行时测量, 超过公差
0x8307	错误	编码器	延迟时间, 超过最大值, 0x%X, 通道: %X	运行时测量, 超过最大值
0x8308	错误	编码器	不支持该订购名称, 0x%X, 通道: %X (仅支持 02 和 22)	EnDat 订单 ID 错误
0x8309	错误	编码器	编码器 CRC 错误, 通道: %X	编码器 CRC 错误
0x830A	错误	编码器	无法读取温度 %X, 通道: %X	无法读取温度
0x830C	错误	编码器	编码器单循环数据错误, 通道: %X	检测到 CRC 错误。检查传输路径和 CRC 多项式
0x830D	错误	编码器	编码器 Watchdog (看门狗) 错误, 通道: %X	传感器在预定时间内未响应
0x8310	错误	编码器	初始化错误	
0x8311	错误	编码器	超过输入信号的最大频率 (通道 %d)	
0x8312	错误	编码器	编码器可信度错误 (通道 %d)	
0x8313	错误	编码器	配置错误 (通道 %d)	
0x8314	错误	编码器	同步错误	
0x8315	错误	编码器	状态输入错误 (通道 %d)	
0x8400	错误	驱动器	驱动器配置不正确: 0x%X, %d	驱动器配置不正确
0x8401	错误	驱动器	校准速度限制: %d、%d	校准速度限制
0x8402	错误	驱动器	已启动紧停: 0x%X, %d	已启动急停
0x8403	错误	驱动器	ADC 错误	在 ADC 中测量电流时出错
0x8404	错误	驱动器	过电流	U、V 或 W 相过电流
0x8405	错误	驱动器	模数位置无效: %d	模数位置无效
0x8406	错误	驱动器	直流母线欠电压 (错误)	端子模块的直流母线电压低于参数设置的最小电压。输出端无法激活。
0x8407	错误	驱动器	直流母线过电压 (错误)	端子模块的直流母线电压高于参数设置的最大电压。输出端无法激活。
0x8408	错误	驱动器	I2T 型放大器过载 (错误)	- 放大器的运行超出了规格要求。 - I2T 型放大器的参数设置不正确。
0x8409	错误	驱动器	I2T 型电机过载 (错误)	- 电机的运行超出了参数设置的额定值。 - I2T 型电机的参数设置不正确。
0x840A	错误	驱动器	超过总电流阈值	超过总电流
0x8415	错误	驱动器	模因数无效: %d	模因数无效
0x8416	错误	驱动器	电机超温	电机内部温度超过参数设置的错误阈值。电机立即停止运转。输出端无法激活。
0x8417	错误	驱动器	超过旋转磁场最大速度	旋转磁场速度超过两种用途规定值 (EU 1382/2014)。
0x841C	错误	驱动器	在启用轴时出现 STO	尽管 STO 输入端没有电压, 但仍尝试启动轴。
0x8550	错误	输入	缺少过零阶段 %X	缺少过零阶段 %X
0x8551	错误	输入	相序错误	旋转方向错误
0x8552	错误	输入	%X 相过电流	%X 相过电流
0x8553	错误	输入	中性线过电流	中性线过电流
0x8581	错误	输入	通道 %D 电线断裂	通道 %d 电线断裂
0x8600	错误	一般 IO	电源电压范围错误	电源电压不在正确范围内
0x8601	错误	一般 IO	电源电压过低	电源电压过低
0x8602	错误	一般 IO	电源电压过高	电源电压过高
0x8603	错误	一般 IO	电源电压过电流	电源电压过电流
0x8610	错误	一般 IO	输出电压范围错误	输出电压不在正确范围内
0x8611	错误	一般 IO	输出电压过低	输出电压过低
0x8612	错误	一般 IO	输出电压过高	输出电压过高
0x8613	错误	一般 IO	输出电压过电流	输出电压过电流
0x8700	错误		通道/接口未校准	通道/接口不同步
0x8701	错误		运行时间被修改	运行时间被修改
0x8702	错误		无法设置超采样	无法设置超采样
0x8703	错误		未找到从站控制器	未找到从站控制器
0x8704	错误		从站控制器不在 Bootstrap 模式	从站控制器不在 Bootstrap 模式

文本 ID	类型	位置	文本消息	补充说明
0x8705	错误		处理器使用率过高 (>= 100%%)	处理器负载过高 (>= 100%%)
0x8706	错误		通道已饱和	通道已饱和
0x8707	错误		通道过载	通道过载
0x8708	错误		过载时间被修改	过载时间被修改
0x8709	错误		饱和时间被修改	饱和时间被修改
0x870A	错误		通道量程存在错误	通道量程存在错误
0x870B	错误		无 ADC 时钟	无可用 ADC 时钟
0xFFFF	信息		调试: 0x%X、0x%X、0x%X	调试: 0x%X、0x%X、0x%X

6.11 对象描述和参数设置

● EtherCAT XML 设备描述

i 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）

i EtherCAT 设备通过 CoE-Online 选项卡 [► 93]（双击相应对象）或通过 Process Data 选项卡 [► 91]（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 [► 267]”重置更改

6.11.1 配置文件特定对象

索引 6000 DOX 输入通道 1

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认
6000:0	DOX 输入通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x12 (18 _{dec})
6000:01	激活就绪	驱动级就绪，可激活	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:02	输出激活	输出已激活	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:07	警告	出现警告（见索引 0xA000）	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:08	错误	发生错误（见索引 0xA000）	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:0C	数字量输入	数字量输入	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:10	TxPDO 切换	切换位	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
6000:11	信息数据 1	同步信息（通过子索引 0x8001:11 进行选择）	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
6000:12	信息数据 2	同步信息（通过子索引 0x8001:19 进行选择）	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})

索引 7000 DOX 输出通道 1

索引（十六进制）	名称	含义	数据类型	标志	默认
7000:0	DOX 输出通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x17 (23 _{dec})
7000:01	使能	激活降压控制器，以生成输出电压。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
7000:02	输出	激活输出。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
7000:04	触发输入使能	通过该位启用触发输入。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
7000:05	触发输出使能	通过该位可启用或切换触发输出。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
7000:08	复位	出错后，或 Status（状态）中的 Ready（就绪）位未设置时，Reset（复位）位的上升沿会重置或重启输出级。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
7000:11	输出电流	以 mA 为单位的设定电流规格。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
7000:12	脉冲长度	以 μs 为单位的脉冲持续时间规格。	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
7000:13	触发延迟时间	以 μs 为单位的触发输入延迟时间规格。	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
7000:14	PWM 占空比	占空比规格 (32767=100%)。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
7000:15	输出电压	以 0.01 V 为单位的输出电压规格。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
7000:16	DC 启动时间	DC 模式下启动时间的时间戳。	UINT64	RO	0x0000000000000000 (0 _{dec})
7000:17	触发输出延迟时间	以 μs 为单位的触发输出延迟时间规格。	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})

索引 8000 DOX 设置通道 1

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
8000:0	DOX 设置通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x16 (22 _{dec})
8000:02	目标电流	(若已映射 PDO 0x1601) 额定电流或最大电流强度。此为可以通过 0x1601 设置的最大电流强度。 可调值: 0.. 3000 (0...3 A)	UINT16	RW	0x01F4 (500 _{dec})
8000:03	电源电压	设置输入电压, 以便在运行过程中进行监控。 可调值 EL2596: 2000..2880 (0...28.8 V) EL2596-0010: 2000..5760 (0...57.6 V)	UINT16	RW	0x0960 (2400 _{dec})
8000:04	输出电压	设置 LED 额定电压或输出电压。使用方式取决于所设置的运行模式。在脉冲模式 (OPV) 下, 对设定电压和额外电压摆幅进行控制。此为“电流控制”模式下 LED 输出的额定电压。 可调值 EL2596: 0..2780 (0...27.8 V) EL2596-0010: 0..4800 (0...48.0 V)	UINT16	RW	0x04B0 (1200 _{dec})
8000:0B	触发延迟时间 (打开)	触发输入延迟时间, 以 100 ns 为单位。 可调值: 0.. 100 000 000 (0...10 s)	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
8000:11	警告电平 (电源电压)	此条目以输入电压的百分比来设置警告电平。如果输入电压低于警告值, 则会显示消息 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x05 (5 _{dec})
8000:12	错误电平 (电源电压)	此条目以输入电压的百分比来设置错误电平。如果输入电压低于错误值, 则会显示错误消息 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x14 (20 _{dec})
8000:13	正向警告电平 (输出电压)	此条目以输出电压的百分比来设置警告电平。 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x05 (5 _{dec})
8000:14	正向错误电平 (输出电压)	此条目以输出电压的百分比来设置错误电平。(用于检测是否出现断线) 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x14 (20 _{dec})
8000:15	负向警告电压电平 (输出电压)	通过本条目指定检测短路的负向警告电平。 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x05 (5 _{dec})
8000:16	负向错误电平 (输出电压)	通过本条目指定检测短路的负向错误电平。 可调值: 0..100 %	UINT8	RW	0x0A (10 _{dec})

索引 8001 DOX 控制器设置通道 1

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
8001:0	DOX 控制器设置通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x03 (3 _{dec})
8001:01	Kp 系数 (电流)	P 控制参数只能在特殊情况下调整	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dec})
8001:02	Ki 系数 (电流)	I 控制参数只能在特殊情况下调整。	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
8001:03	Kd 系数 (电流)	D 控制参数只能在特殊情况下调整。	UINT16	RW	0x0014 (20 _{dec})

索引 8002 DOX 功能通道 1

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
8002:0	DOX 功能通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x35 (50 _{dec})
8002:11	选择信息数据 1	允许值:	UINT8	RW	0x07 (7 _{dec})
		0 状态字			
		7 输出电压			
		8 输出电流			
		101 内部温度 (在处理器处)			
		104 电源电压			
		105 供电电流			
		106 LED N 电压			
		107 功耗			
		108 内部温度 2 (在 LED 驱动器处)			
8002:19	选择信息数据 2	允许值:	UINT8	RW	0x08 (8 _{dec})
		0 状态字			
		7 输出电压			
		8 输出电流			
		101 内部温度 (在处理器处)			
		104 电源电压			
		105 供电电流			
		106 LED N 电压			
		107 功耗			
		108 内部温度 2 (在 LED 驱动器处)			
8002:30	取反数字量输入	激活数字量输入信号取反功能	BOOLEAN	RW	0x00 (0 _{dec})
8002:31	脉冲分辨率 100 ns	对于 0x1602、0x1603 和 0x1607 中 PDO 脉冲和延迟时间规格, 若为 FALSE, 则其分辨率为 1 μs; 若为 TRUE, 则为 100 ns。	BOOLEAN	RW	0x00 (0 _{dec})
8002:32	输入功能	允许值:	BIT4	RW	0x00 (0 _{dec})
		0 触发输入			
		1 硬件使能			

索引 8004 DOX 增强型 功能

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
8004:0	DOX 增强型 功能	最大子索引	UINT8	RO	0x09 (9 _{dec})
8004:01	LED 运行模式	允许值: 0 Current Control 电流控制 1 Current Control Timestamp Pulse 电流控制时间戳脉冲 2 Current Control Trigger Pulse 电流控制触发脉冲 3 Current Control PLC Pulse 电流控制 PLC 脉冲 4 Current Control PWM 电流控制 PWM 5 电压控制 6 Voltage Control PWM (电压控制 PWM) 7 灌电流 PWM	UINT8	RW	0x00 (0 _{dec})
8004:02	触发输出模式	允许值: 0 同步 1 同步取反 2 同步脉冲 3 标准输出 4 同步脉冲取反 5 带独立触发延迟时间的同步脉冲 6 带独立触发延迟时间的同步脉冲取反 7 错误位 8 警告位	BIT4	RW	0x00 (0 _{dec})
8004:03	触发电平	允许值: 0 低 1 高	BIT4	RW	0x01 (1 _{dec})
8004:04	PWM 频率	PWM 模式下的频率规格。 可调值: 1..10000 Hz	UINT16	RW	0x041A (1050 _{dec})
8004:05	触发输出脉冲长度	如果已在触发输出模式下设置运行模式, 则为脉冲宽度。 分辨率 100 ns 可调值: 100.. 100 000 000 (10 μs...10 s)	UINT32	RW	0x000003E8 (1000 _{dec})
8004:06	触发输出延迟时间	如果通过触发输出模式 (0x8004:02) 将触发输出配置为带有独立延迟时间的输出, 且后者未映射为 PDO, 则触发输出的延迟时间单位为 100 ns。 可调值: 0.. 100 000 000 (0...10 s)	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})
8004:07	PWM 占空比	未映射至 PDO 时的占空比规格。 可调值: 0..32767	UINT16	RW	0x7FFF (32767 _{dec})
8004:08	脉冲电压调整	额外的电压增加, 用于在脉冲模式下修整输出电流。例如, 用于通过 TeachIn 命令调试 LED。通过该命令, 可自动判定并保存设定电流所需电压, 即使在同一系列中, 不同 LED 所需电压也可能不同。该值会叠加到必要的自动电压升高值 2...3 V 上。 可调值: 0..500 (0..5 V)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
8004:09	触发输入屏蔽时间	从触发启动时间到脉冲输出结束的触发输入非激活时间加上“触发输入屏蔽时间” [μs] 可调值: 20..65535 μs	UINT16	RW	0x32 (50 _{dec})

索引 800F DOX 供应商数据

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
800F:0	DOX 供应商数据	最大子索引	UINT8	RO	0x0A (10 _{dec})
800F:01	偏移量 (输出电压)	供应商特定校准参数	INT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
800F:02	增益 (输出电压)	供应商特定校准参数	UINT16	RW	0x433F (17215 _{dec})
800F:03	偏移量 (输出电流)	供应商特定校准参数	INT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
800F:04	增益 (输出电流)	供应商特定校准参数	UINT16	RW	0x2E18 (11800 _{dec})
800F:05	偏移量 (脉冲电流)	供应商特定校准参数	INT16	RW	0x0168 (360 _{dec})
800F:06	增益 (脉冲电流)	供应商特定校准参数	UINT16	RW	0x3CE3 (15587 _{dec})
800F:07	偏移量 (电源电压)	供应商特定校准参数	INT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
800F:08	增益 (电源电压)	供应商特定校准参数	UINT16	RW	0x4000 (16384 _{dec})
800F:09	偏移量 (供电电流)	供应商特定校准参数	INT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
800F:0A	增益 (供电电流)	供应商特定校准参数	UINT16	RW	0x4000 (16384 _{dec})

索引 9000 DOX 信息数据通道 1

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
9000:0	DOX 信息数据通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x12 (18 _{dec})
9000:01	状态字	DOX 诊断数据 0xA000 在此作为字的形式存在。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
9000:08	输出电压	当前输出电压为 0.01 V。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
9000:09	输出电流	当前输出电流，以 mA 为单位。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
9000:11	运行时间计数器	以分钟为单位的 LED 输出运行时间计数器。	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
9000:12	切换动作计数器	用于 LED 输出切换程序的计数器。	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})

索引 A000 DOX 诊断数据通道 1

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
A000:0	DOX 诊断数据通道 1	最大子索引	UINT8	RO	0x0B (11 _{dec})
A000:01	饱和	控制器已达到饱和；无法再增加电流/电压。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:02	温度过高	出现温度错误。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:04	(电源) 欠压	输入电压过低。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:05	(电源) 过压	输入电压过高。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:06	短路	检测到短路。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:07	开路负载	检测到断线。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:09	其他综合错误	内部错误	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
A000:0B	(输出) 过压	LED 输出在设定电流下运行所需电压过高。	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})

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
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	0x02 (2 _{dec})
F000:01	模块索引距离	各通道对象的索引距离	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dec})
F000:02	最大模块数量	通道数量	UINT16	RO	0x0001 (1 _{dec})

索引 F008 代码字

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
F008:0	代码字	预留	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})

索引 F081 下载版本

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
F081:0	下载版本	最大子索引	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
F081:01	修订版本号	子索引 0xF081:01 (下载版本) 描述了端子模块/模块的修订级别。	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})

索引 F80F DOX 供应商数据

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
F80F:0	DOX 供应商数据	最大子索引	UINT8	RO	0x0C (12 _{dec})
F80F:01	PWM 降压频率	驱动 FET 半桥的频率。	UINT32	RW	0x0001D4C0 (120000 _{dec})
F80F:02	死区时间	2 个降压 FET 的死区时间	UINT16	RW	0x0014 (20 _{dec})
F80F:04	警告温度	达到此温度时，会通过 LED 和状态字节显示警告。HW 保持激活状态。	INT8	RW	0x50 (80 _{dec})
F80F:05	关闭温度	达到此温度时，会通过 LED 和状态字节显示错误。HW 已停用。	INT8	RW	0x64 (100 _{dec})
F80F:07	SYNC 0 偏移时间		INT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
F80F:0B	当前滤波	对输出电流进行滤波的值数量。	UINT16	RW	0x000A (10 _{dec})
F80F:0C	电压滤波	对输出电压进行滤波的值数量。	UINT16	RW	0x0014 (20 _{dec})

索引 F900 DOX 信息数据

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
F900:0	DOX 信息数据	最大子索引	UINT8	RO	0x13 (19 _{dec})
F900:02	内部温度	内部端子模块温度，以 °C 为单位 (在处理器处)	INT8	RO	0x00 (0 _{dec})
F900:03	内部温度 2	内部端子模块温度，以 °C 为单位 (在 LED 驱动器处)	INT8	RO	0x00 (0 _{dec})
F900:05	电源电压	电源电压	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:06	供电电流	供电电流	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:07	降压 CC 单元	降压定时器的分辨率	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:08	温度 1 原始值	MC 温度测量的原始值	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:09	温度 2 原始值	MC 温度测量的原始值	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:0A	电压原始值	MC 电源电压测量的原始值。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:0B	电流原始值	MC 供电电流测量的原始值。	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:0C	MC 温度	STM32 的内部温度	INT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:0D	MC 基准值	STM32 的内部基准电压	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:0E	U 降压原始值	未经滤波的输出电压测量原始值	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
F900:0F	I LED 原始值	未经滤波的电流测量原始值	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
F900:10	DAC 原始值	未经滤波的电流测量原始值	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:11	U LED N 原始值	未经滤波的输出电压测量原始值	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
F900:12	LED N 电压	在脉冲/PWM 运行时，LED 输出端的电压下降。高电压会导致端子模块相应的功率损耗。该值可通过 TeachIn 进行优化。量程为 0 至 4 V 左右	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
F900:13	功耗	降压控制器的功率损耗	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})

索引 FB00 DOX 命令

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
FB00:0	DOX 命令	端子模块特定命令可通过 DOX 命令执行。	UINT8	RO	0x03 (3 _{dec})
FB00:01	请求	- 命令: 0x0001: 保存运行时间计数器数据 0x0002: 清除运行时间计数器数据 0x0501: 存储在设定电流下判定的输出电压 (在 “电流控制” 模式下) 0x0502: 执行 LED 的 Teachin, 并将电压存储在 EEPROM 中 (8000:04 状态下) 0x0503: 在未将电压存储到 EEPROM 中的情况下, 执行 LED 的 Teachin, 即临时生效	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	状态		UINT8	RO	0x00 (0 _{dec})
FB00:03	响应		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

6.11.2 标准对象

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
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 (5001)。根据模块化设备配置文件，Hi-Word 包含模块配置文件。	UINT32	RO	0x00D21389 (13767561 _{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
1008:0	设备名称	EtherCAT 从站的设备名称	STRING	RO	EL2596

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
1009:0	硬件版本	EtherCAT 从站的硬件版本	STRING	RO	

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
100A:0	软件版本	EtherCAT 从站的固件版本	STRING	RO	01

索引 100B 引导装载程序版本

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
100B:0	引导装载程序版本	EtherCAT 从站的引导装载程序版本	STRING	RO	不可用

索引 1011 : 恢复默认参数

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1011:0	恢复默认参数 [► 267]	恢复默认参数	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1011:01	子索引 001	如果此对象在设置值对话框中被设置为“0x646166C”，所有备份对象都被重置为它们的出厂状态。	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dec})

索引 1018 标识

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
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	0x0A233052 (170078290 _{dec})
1018:03	修订版本	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）指设备描述	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{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 10F0 备份参数处理

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
10F0:0	备份参数处理	装载默认配置和保存备份条目的信息	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
10F0:01	校验和	对 EtherCAT 从站的所有备份条目进行校验和	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})

索引 10F3 诊断历史

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
10F3:0	诊断历史	最大子索引	UINT8	RO	0x37 (55 _{dec})
10F3:01	最大消息数量	存储的最大消息数量 最多可存储 50 条消息	UINT8	RO	0x00 (0 _{dec})
10F3:02	最新消息	最新消息的子索引	UINT8	RO	0x00 (0 _{dec})
10F3:03	最新确认消息	最后确认消息的子索引	UINT8	RW	0x00 (0 _{dec})
10F3:04	可用的新消息	表示有新信息可用	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})
10F3:05	标志	未使用	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
10F3:06	诊断消息 001	消息 1	OCTET STRING[28]	RO	{0}
...	...	...	OCTET STRING[28]	RO	{0}
10F3:23	诊断消息 030	消息 30	OCTET STRING[28]	RO	{0}

索引 10F8 实际时间戳

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
10F8:0	实际时间戳	Timestamp	UINT64	RO	

索引 1401 DOX RxPDO-Par 电流

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1401:0	DOX RxPDO-Par 电流	PDO 参数 RxPDO 2	UINT64	RO	0x06 (6 _{dec})
1401:06	不包含 RxPDOs	指定不得与 RxPDO 2 一起传输的 RxPDO (RxPDO 映射对象的索引)	OCTET-STRING[2]	RO	05 16

索引 1405 DOX RxPDO-Par 电压

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1405:0	DOX RxPDO-Par 电压	PDO 参数 RxPDO 6	UINT64	RO	0x06 (6 _{dec})
1405:06	不包含 RxPDOs	指定不得与 RxPDO 6 一起传输的 RxPDO (RxPDO 映射对象的索引)	OCTET-STRING[2]	RO	01 16

索引 1600 DOX RxPDO-Map 控制

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1600:0	DOX RxPDO-Map 控制	PDO 映射 RxPDO 1	UINT8	RO	0x08 (8 _{dec})
1600:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x01 (使能))	UINT32	RO	0x7000:01, 1
1600:02	子索引 002	2. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x02 (输出))	UINT32	RO	0x7000:02, 1
1600:03	子索引 003	3. PDO 映射条目 (1 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 1
1600:04	子索引 004	4. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x04 (输入触发使能))	UINT32	RO	0x7000:04, 1
1600:05	子索引 005	5. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x05 (输出触发使能))	UINT32	RO	0x7000:05, 1
1600:06	子索引 006	6. PDO 映射条目 (2 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1600:07	子索引 007	7. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x08 (复位))	UINT32	RO	0x7000:08, 1
1600:08	子索引 008	8. PDO 映射条目 (8 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 8

索引 1601 DOX RxPDO-Map 电流

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1601:0	DOX RxPDO-Map 电流	PDO 映射 RxPDO 2	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1601:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x11 (输出电流))	UINT32	RO	0x7000:11, 16

索引 1602 DOX RxPDO-Map 脉冲长度

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1602:0	DOX RxPDO-Map 脉冲长度	PDO 映射 RxPDO 3	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1602:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x12 (脉冲长度))	UINT32	RO	0x7000:12, 32

索引 1603 DOX RxPDO-Map 触发延迟时间

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1603:0	DOX RxPDO-Map 触发延迟时间	PDO 映射 RxPDO 4	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1603:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x13 (触发延迟时间))	UINT32	RO	0x7000:13, 32

索引 1604 DOX RxPDO-Map PWM 占空比

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1604:0	DOX RxPDO-Map PWM 占空比	PDO 映射 RxPDO 5	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1604:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x14 (PWM 占空比))	UINT32	RO	0x7000:14, 16

索引 1605 DOX RxPDO-Map 电压

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1605:0	DOX RxPDO-Map 电压	PDO 映射 RxPDO 6	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1605:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x15 (输出电压))	UINT32	RO	0x7000:15, 16

索引 1606 DOX RxPDO-Map DC 启动时间

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1606:0	DOX RxPDO-Map DC 启动时间	PDO 映射 RxPDO 7	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1606:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x16 (DC 启动时间))	UINT32	RO	0x7000:16, 64

索引 1607 DOX RxPDO-Map 触发输出延迟时间

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1607:0	DOX RxPDO-Map 触发输出延迟时间	PDO 映射 RxPDO 8	UINT8	RO	0x01 (1 _{dec})
1607:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x7000 (DOX 输出通道 1), 条目 0x17 (触发输出延迟时间))	UINT32	RO	0x7000:17, 16

索引 1A00 DOX TxPDO-Map 状态

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1A00:0	DOX TxPDO-Map 状态	PDO 映射 TxPDO 1	UINT8	RO	0x0A (10 _{dec})
1A00:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x01 (激活就绪))	UINT32	RO	0x6000:01, 1
1A00:02	子索引 002	2. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x02 (输出激活))	UINT32	RO	0x6000:02, 1
1A00:03	子索引 003	3. PDO 映射条目 (1 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 1
1A00:04	子索引 004	4. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x04 (切换动作计数器))	UINT32	RO	0x6000:04, 3
1A00:05	子索引 005	5. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x07 (警告))	UINT32	RO	0x6000:07, 1
1A00:06	子索引 006	6. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x08 (错误))	UINT32	RO	0x6000:08, 1
1A00:07	子索引 007	7. PDO 映射条目 (3 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
1A00:08	子索引 008	8. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x0C (数字量输入))	UINT32	RO	0x6000:0C, 1
1A00:09	子索引 009	9. PDO 映射条目 (3 位对齐)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
1A00:0A	子索引 010	10. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x10 (TxPDO 切换))	UINT32	RO	0x6000:10, 1

索引 1A01 DOX TxPDO-Map 同步信息数据

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1A01:0	DOX TxPDO-Map 同步信息数据	PDO 映射 TxPDO 2	UINT8	RO	0x02 (2 _{dec})
1A01:01	子索引 001	1. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x11 (信息数据 1))	UINT32	RO	0x6000:11, 16
1A01:02	子索引 002	2. PDO 映射条目 (对象 0x6000 (DOX 输入通道 1), 条目 0x12 (信息数据 2))	UINT32	RO	0x6000:12, 16

索引 1C00 Sync Manager (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
1C00:0	Sync Manager (同步管理器) 类型	使用 Sync Manager (同步管理器)	UINT8	RO	0x04 (4 _{dec})
1C00:01	子索引 001	Sync Manager (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	Sync Manager (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	Sync Manager (同步管理器) 类型通道 3: 过程数据写入 (输出)	UINT8	RO	0x03 (3 _{dec})
1C00:04	子索引 004	Sync Manager (同步管理器) 类型通道 4: 过程数据读取 (输入)	UINT8	RO	0x04 (4 _{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
1C12:0	RxPDO 分配	PDO 分配输出	UINT8	RW	0x01 (1 _{dec})
1C12:01	子索引 001	1. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x1600 (5632 _{dec})
1C12:02	子索引 002	2. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C12:03	子索引 003	3. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C12:04	子索引 004	4. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C12:05	子索引 005	5. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C12:06	子索引 006	6. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C12:07	子索引 007	7. 分配的 RxPDO (包含相关 RxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{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
1C13:0	TxPDO 分配	PDO 分配输入	UINT8	RW	0x01 (1 _{dec})
1C13:01	子索引 001	1. 分配的 TxPDO (包含相关 TxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x1A00 (6656 _{dec})
1C13:02	子索引 002	2. 分配的 TxPDO (包含相关 TxPDO 映射对象的索引)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})

索引 1C32 SM 输出参数

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1C32:0	SM 输出参数	输出的同步参数	UINT8	RO	0x20 (32 _{dec})
1C32:01	同步模式	电流同步模式： 0: Free Run 1: 与 SM 2 事件同步 2: DC 模式 – 与 SYNC0 事件同步 3: DC 模式 – 与 SYNC1 事件同步	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dec})
1C32:02	循环时间	循环时间 (单位: ns)： - Free Run: 本地定时器的循环时间 - 与 SM 2 事件同步: 主站循环时间 - DC 模式: SYNC0/SYNC1 循环时间	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000 _{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	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:04	支持同步模式	支持的同步模式： - 位 0 = 1: 支持 Free Run - 位 1 = 1: 支持与 SM 2 事件同步 - 位 2-3 = 01: 支持 DC 模式 - 位 4-5 = 10: SYNC1 事件下的输出偏移 (仅 DC 模式) - 位 14 = 1: 动态周期 (在写入 1C32:08 时开始测量)	UINT16	RO	0x0002 (2 _{dec})
1C32:05	最短循环时间	最短循环时间 (单位: ns)	UINT32	RO	0x000186A0 (100000 _{dec})
1C32:06	计算并复制时间	SYNC0 和 SYNC1 事件之间的最短时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:07	最短延迟时间		UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:08	获取循环时间	0: 停止测量本地循环时间 1: 开始测量本地循环时间 条目 0x1C32:03 [► 234]、0x1C32:05 [► 234]、0x1C32:06 [► 234]、0x1C32:09 [► 234]、0x1C33:03、0x1C33:06 [► 234]、0x1C33:09 更新为最大测量值。 对于后续的测量, 测量值被重置	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C32:09	最长延迟时间	从 SYNC1 事件到输出的时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C32:0B	缺失 SM 事件计数器	OPERATIONAL 期间缺失的 SM 事件数量 (仅 DC 模式)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C32:0C	周期超限计数器	OPERATIONAL 期间循环时间超时的次数 (周期没有及时完成或下一个周期开始得太早)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C32:0D	偏移过短计数器	SYNC0 和 SYNC1 事件之间的间隔过短的发生次数 (仅 DC 模式)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C32:20	同步错误	在上一周期同步出错 (输出太晚; 仅 DC 模式)	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})

索引 1C33 SM 输入参数

索引 (十六进制)	名称	含义	数据类型	标志	默认
1C33:0	SM 输入参数	输入的同步参数	UINT8	RO	0x20 (32 _{dec})
1C33:01	同步模式	电流同步模式： • 0: Free Run • 1: 与 SM 3 事件同步 (无输出可用) • 2: DC – 与 SYNC0 事件同步 • 3: DC – 与 SYNC1 事件同步 • 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	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000 _{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	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:04	支持同步模式	支持的同步模式： • 位 0: 支持 Free Run • 位 1: 支持与 SM 2 事件同步 (输出可用) • 位 1: 支持与 SM 3 事件同步 (无输出可用) • 位 2-3 = 01: 支持 DC 模式 • 位 4-5 = 01: 基于本地事件的输入偏移 (输出可用) • 位 4-5 = 10: 基于 SYNC1 事件的输入偏移 (无输出可用) • 位 14 = 1: 动态时间 (通过写入 0x1C32:08 或 0x1C33:08 [► 235] 进行测量)	UINT16	RO	0x0002 (2 _{dec})
1C33:05	最短循环时间	如 0x1C32:05	UINT32	RO	0x000186A0 (100000 _{dec})
1C33:06	计算并复制时间	从读取输入到主站可以使用输入值之间的时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:07	最短延迟时间		UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:08	命令	如 0x1C32:08	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dec})
1C33:09	最长延迟时间	从 SYNC1 事件到读取输入的时间 (单位: ns, 仅 DC 模式)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dec})
1C33:0B	缺失 SM 事件计数器	如 0x1C32:11	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C33:0C	周期超限计数器	如 0x1C32:12	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C33:0D	偏移过短计数器	如 0x1C32:13	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dec})
1C33:20	同步错误	如 0x1C32:32	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dec})

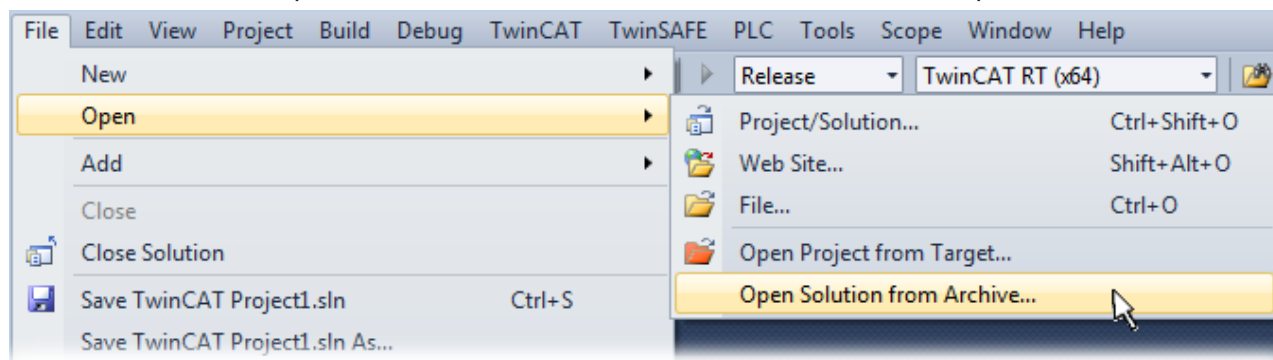
6.12 示例程序

● 使用示例程序

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

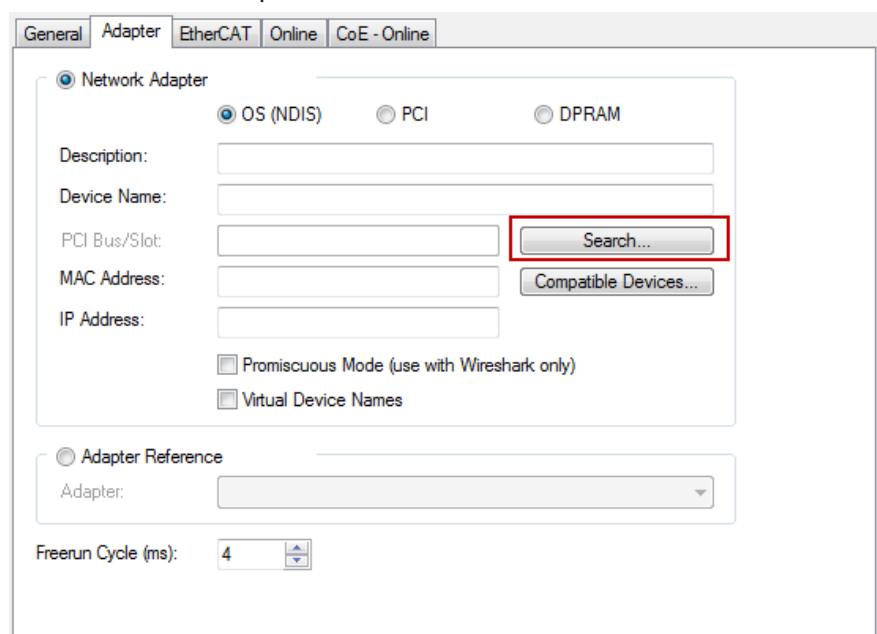
启动示例程序的准备工作 (tnzip 文件/TwinCAT 3)

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



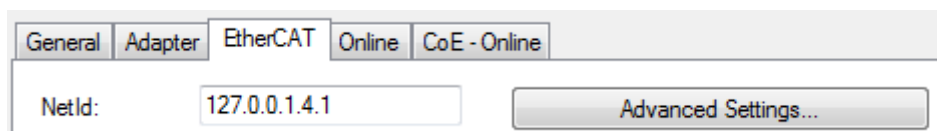
附图 235: 打开 *.tnzip 压缩包

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



附图 236: 搜索示例 EtherCAT 配置的现有硬件配置

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



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

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

示例:

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

6.12.1 示例程序 1 – 短路检测 (电流控制)

注意

“Current Control” “电流控制” 运行模式下的短路检测

– 在 “Current Control” “电流控制” 运行模式下，如果电流大于 CoE 0x8000:02 [► 223] 中规定的最大电流，而输出电压小于输出电压的错误下限值，则会检测到短路。

- $I > 0x8000:02 [► 223]$ und $U < (0x8000:04 [► 223] * 0x8000:16 [► 223] / 100)$

 <https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el2596/Resources/8397411083.zip>

程序说明和功能

除了控制 LED 常规用途外，EL2596 还可用于检测电气触点和其他特殊应用。电流控制 LED 输出可以在几毫秒内检测到短路或整体电流变化，并以错误消息的形式显示出来，必要时还可以将其关闭。待测试样（例如电气触点）必须无源连接至 LED 输出（接线端子 1 和 9）。

在本示例中，设备与 EL2596-0000 (FW03) 相连，在启用输出后的正常状态下，会传导约 100 mA 的静态电流。如果同时发生短路，则会生成错误消息，并在短时间后关闭 EL2596 的 LED 输出。

短路期间的电流/电压曲线可参见下方示波器波形记录。可从端子模块得信息数据中读取 “输出电流” 和 “输出电压” 值。完全关闭输出所需的时间约为 3 ms，而电流会瞬时增至约 700 mA。



附图 237: 短路检测时间

通过该示例程序，可以借助 EL2596 检测 LED 输出端的短路情况。为此，EL2596 会在 LED 输出端输出指定电流（运行模式：“电流控制”）。如果检测到 LED 输出端短路，则会生成错误消息，可通过该示例程序读取并处理该消息。

为此，如 [调试 \[► 136\]](#) 章节所述，必须在 CoE 数据中指定电源电压值和输出电压值，以及最大输出电流。

General EtherCAT DC Process Data Plc Startup CoE - Online Diag History Online

Update List ☐ Auto Update ☒ Single Update ☒ Show Offline Data

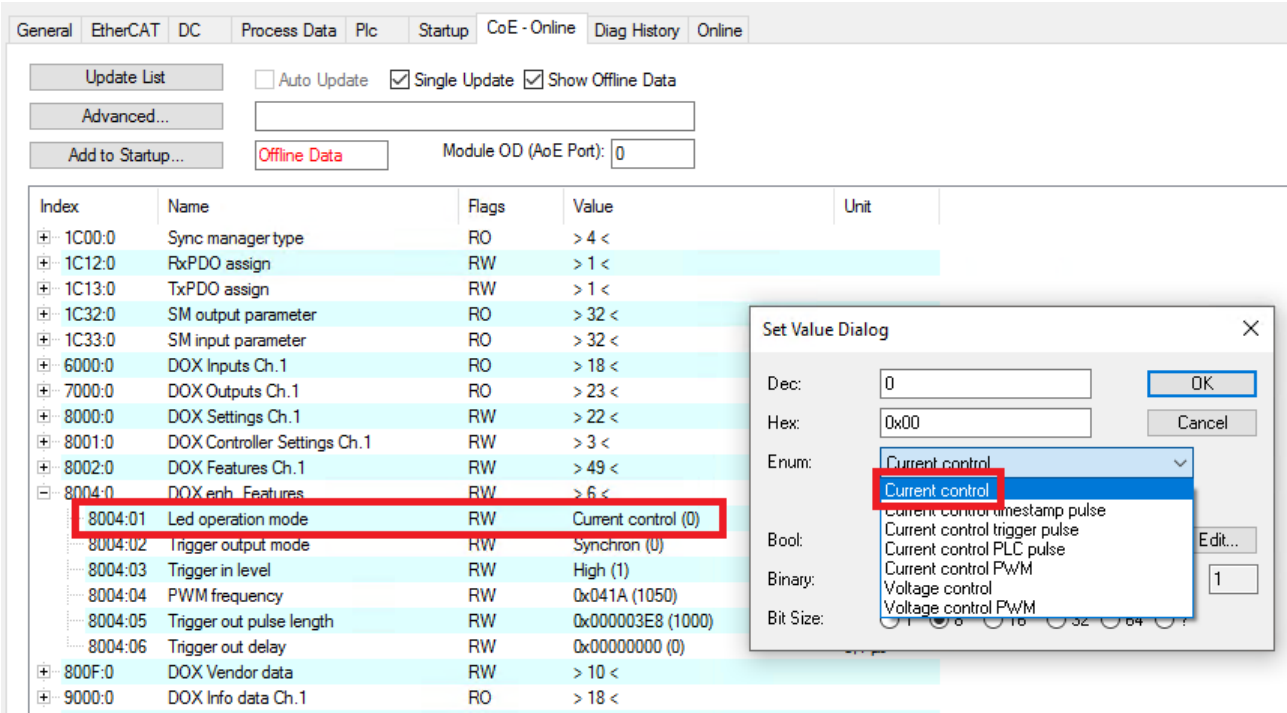
Advanced...

Add to Startup... Offline Data Module OD (AoE Port):

Index	Name	Flags	Value	Unit
7000:0	DOX Outputs Ch.1	RO	> 23 <	
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 22 <	
8000:02	Target current	RW	0x01F4 (500)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0,01 V
8000:04	Output voltage	RW	0x04B0 (1200)	0,01 V
8000:0B	Trigger delay (switch on)	RW	0x00000000 (0)	0,1 µs
8000:11	Warning level (supply voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:12	Error level (supply voltage)	RW	0x14 (20)	%
8000:13	Positive warning level (output voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:14	Positive error level (output voltage)	RW	0x14 (20)	%
8000:15	Negative warning level (output voltage)	RW	0x05 (5)	%
8000:16	Negative error level (output voltage)	RW	0x0A (10)	%
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 3 <	

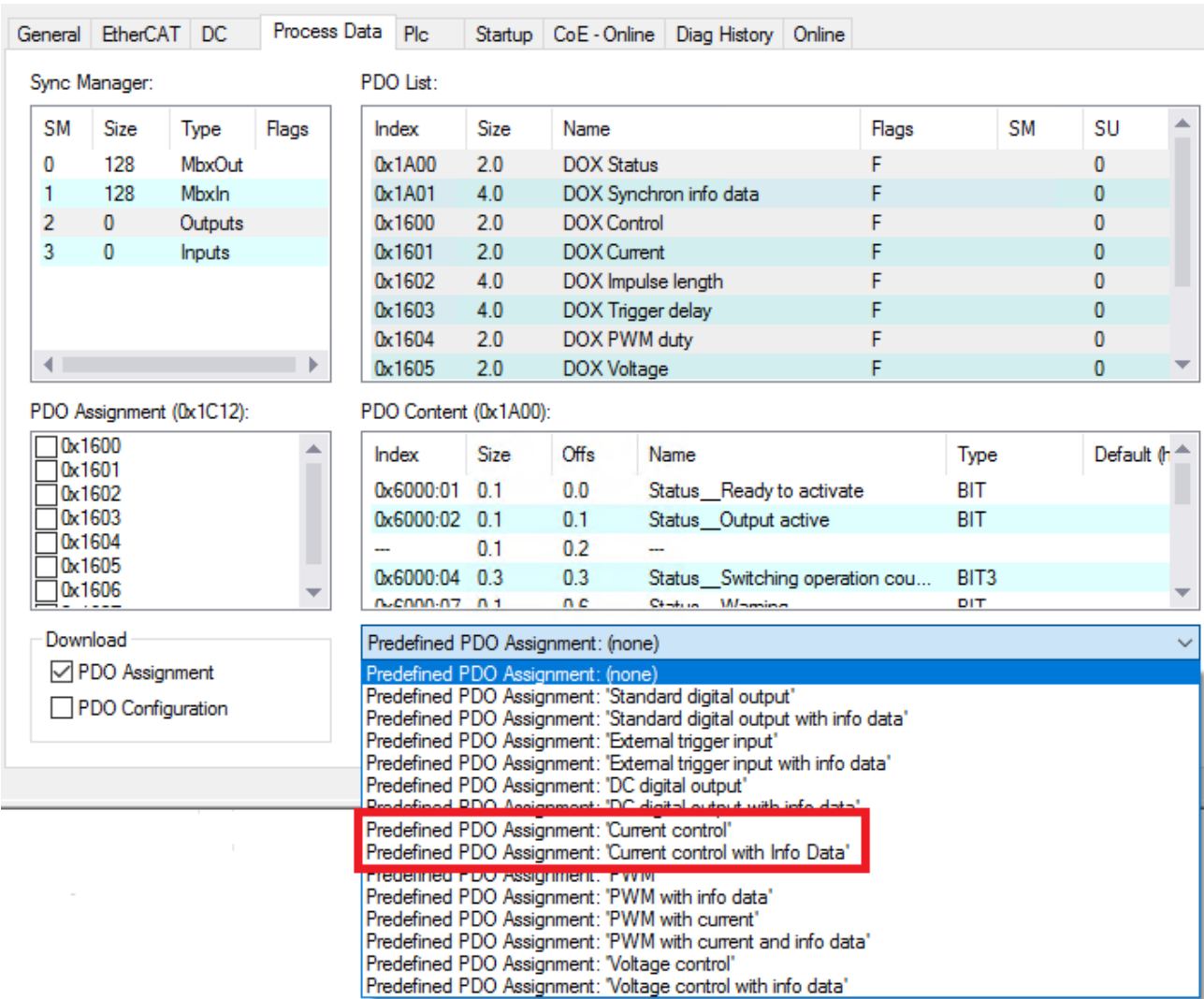
附图 238: 在 CoE 中设置电流值和电压值

然后在 LED 端子模块的输出端输出指定的输出值。必须选择 “Current Control” “电流控制” 模式作为输出模式（CoE 索引 0x8004:01）。



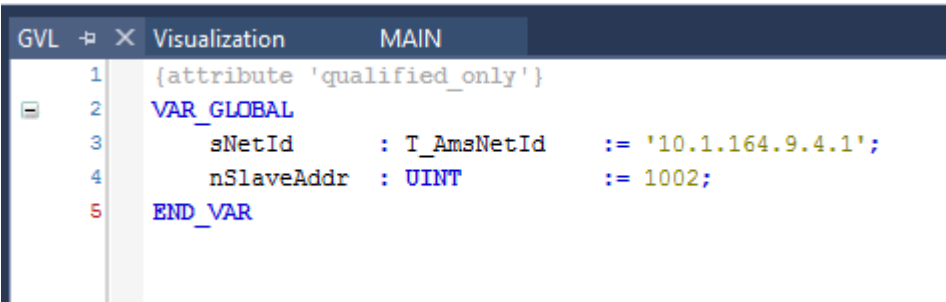
附图 239: 选择 “Current Control” “电流控制” 运行模式

“Current Control (with info data)” “电流控制（带信息数据）” 用作预定义 PDO。



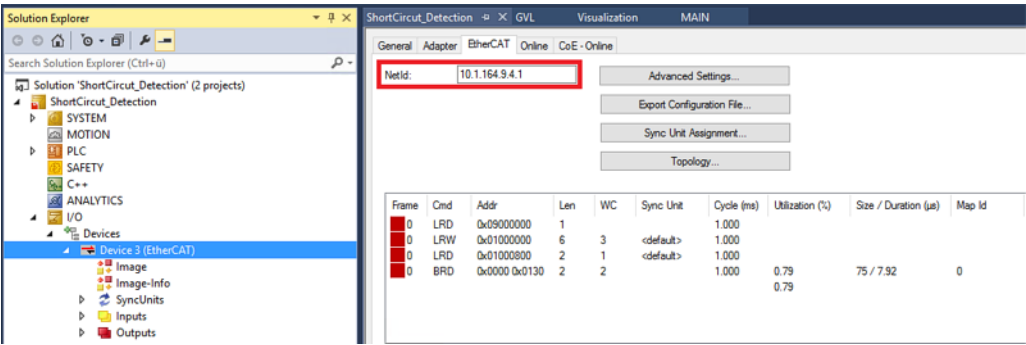
附图 240: 选择预定义 PDO “电流控制（带信息数据）”

在示例程序中，诊断数据是从端子模块的诊断信息中读取的。为此，必须在全局变量列表 (GVL) 中指定 EtherCAT 网络的 NetID 和 EL2596 的 ID。



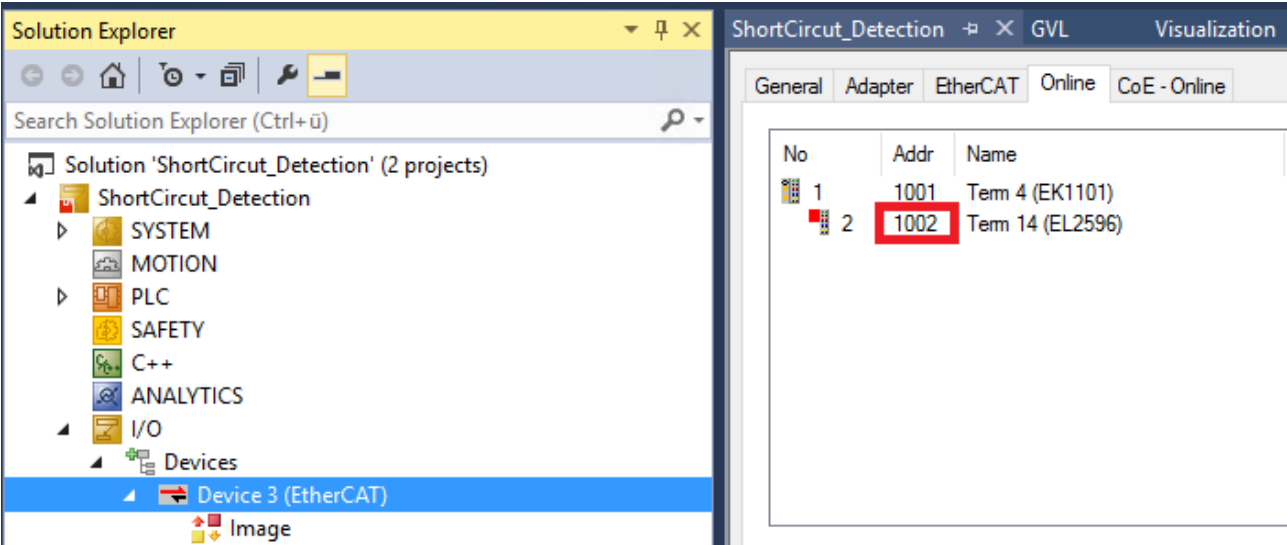
附图 241: 示例程序 1 – GVL

在 TwinCAT 中，可以在“EtherCAT”选项卡的 EtherCAT 主站下显示 NetID。必须在 GVL 中将 ID 指定为 sNetID，以字符串形式用引号表示。



附图 242: 显示 NetID

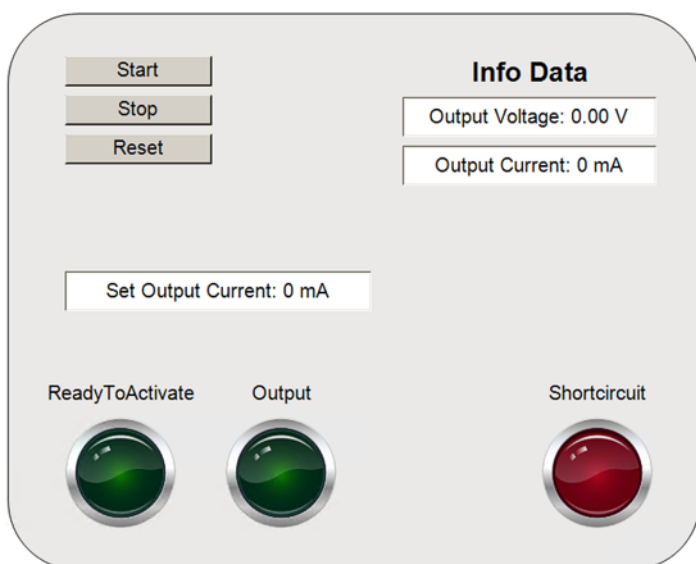
也可以在 EtherCAT 主站中找到从站的 ID。必须选择“在线”选项卡才能执行此操作。然后必须将该值指定为 nSlaveAddr。



附图 243: 显示从站地址

然后便可启动示例程序。要使用该示例程序，应打开配套可视化界面。

- 如果程序已启动，且端子模块未处于错误状态，则“ReadyToActivate”处于激活状态，可视化界面中的指示灯为绿色。
- 必须在“设置输出电流”框中设置输出端所需电流。也可以在短路检测运行时进行更改。
- 然后可通过“启动”按钮在可视化界面中启动短路检测。
- 然后从 PLC 接通输出，这样“输出”指示灯也会变为绿色。
- “Output Voltage”“输出电压”和“输出电流”文本框显示的是输出的当前值。
- 如果 PLC 程序中的“ReadyToActivate”位出现下降沿，则会开始从 CoE 对象 0xA000 和 0x10F3 中读取诊断信息。输出立即关闭。
- 如果发生短路，可从诊断数据中识别出来，可视化界面中的“短路”指示灯会亮起红灯。
- 如果 LED 输出端不再出现短路，则必须通过“复位”按钮手动重置 EL2596，该按钮与 EL2596 的“复位”位相关联。
- 然后重新激活 LED 输出。
- 可通过“停止”按钮手动停止短路检测；LED 输出随即关闭。



附图 244: 示例程序 1 – 可视化界面

**短路时限制峰值电流**

如果 LED 输出端发生短路，则短时电流可能大于 6 A。为了限制输出峰值电流，可以在要检测短路的组件上串联低欧姆范围的电阻。

6.12.2 示例程序 2 – 短路检测 (电压控制)**注意****“电压控制”运行模式下的短路检测**

– 在“电压控制”运行模式下，如果在过程数据 DOX 电压 (0x1605 [► 223]) 中指定的电压值下，电流增至 CoE 0x8000:02 [► 202] 中指定的最大电流的 200% 以上，则会检测到短路。



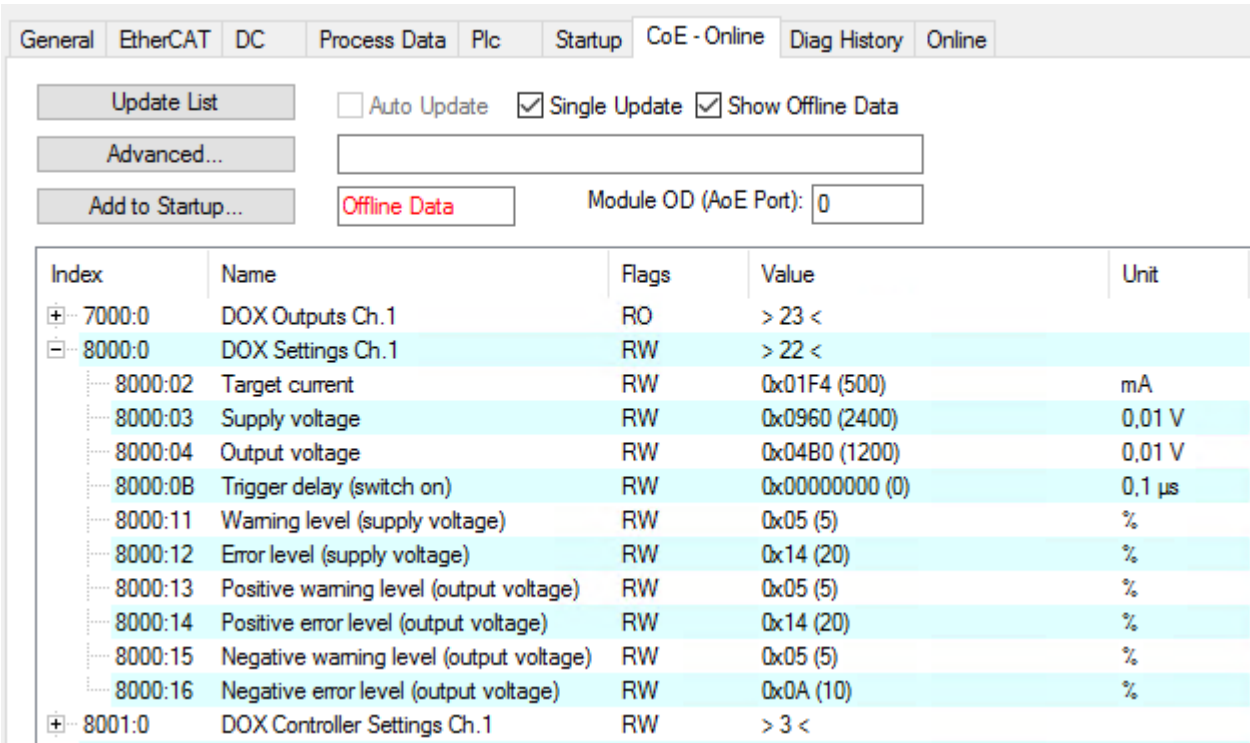
<https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el2596/Resources/8397414539.zip>

程序说明和功能

该示例程序的功能与示例程序 1 相同。在此同样借助 EL2596 的 LED 输出检测短路。

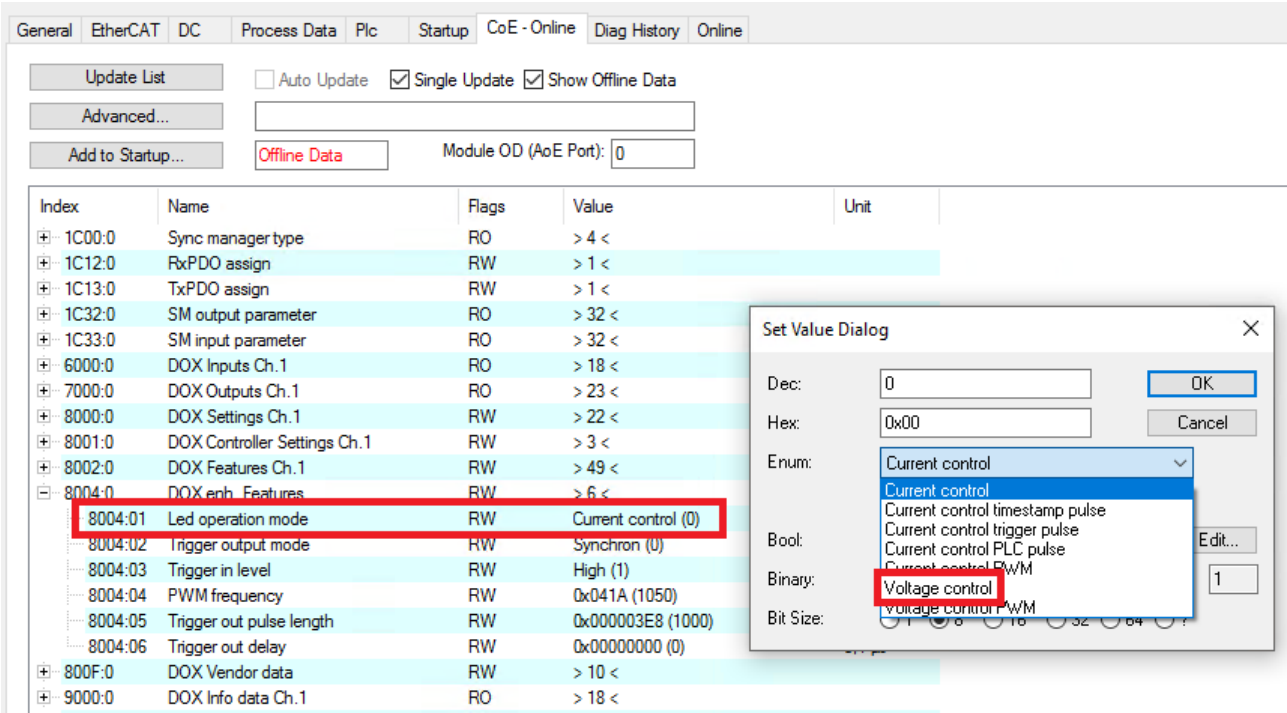
然而，本示例程序 2 使用的是“电压控制”运行模式，因此 LED 输出端会输出指定的电压。

为此，如 [调试 \[► 136\]](#) 章节所述，还必须在 CoE 数据中指定电源电压和输出电压，以及最大输出电流。



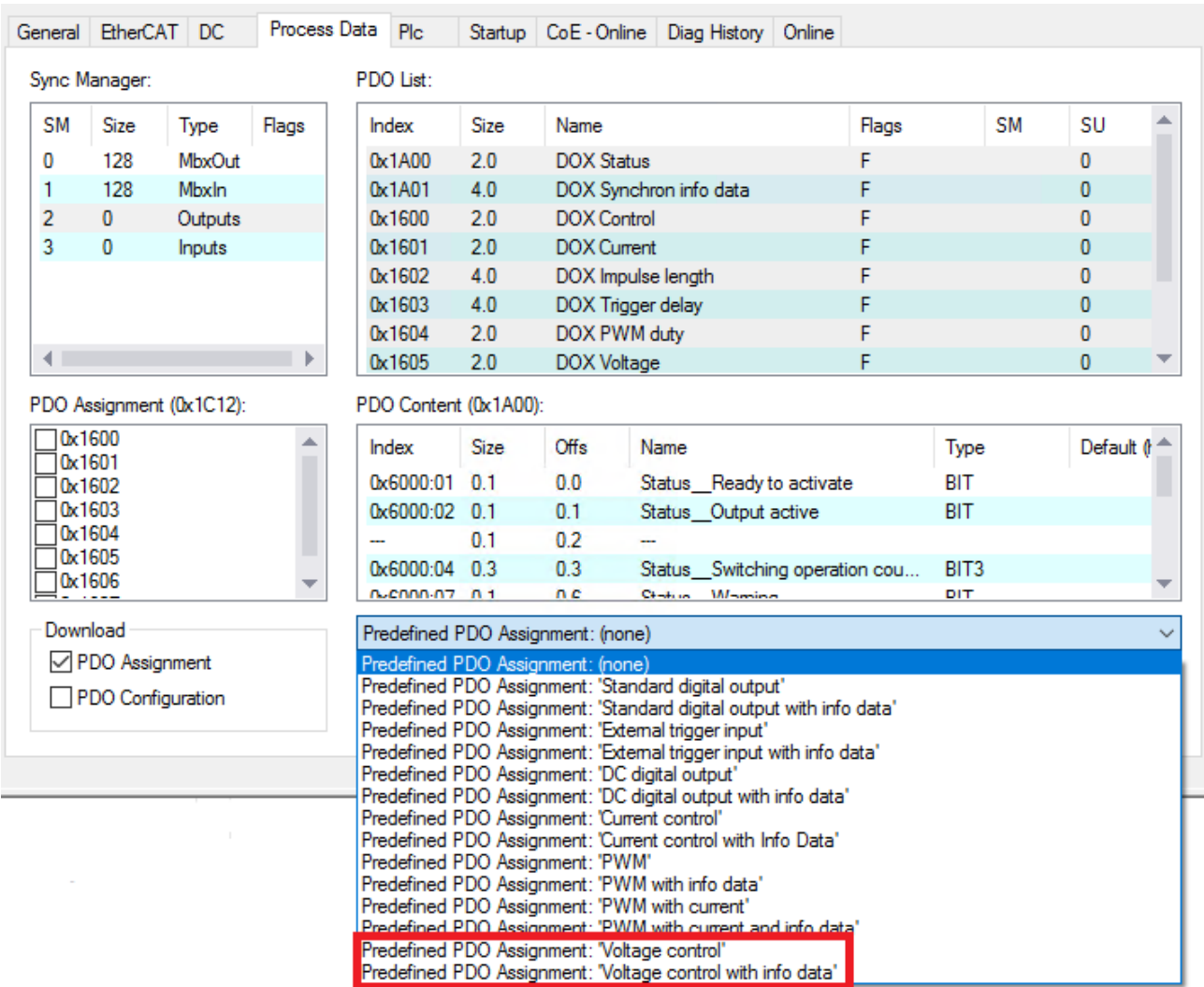
附图 245: 在 CoE 中设置电流值和电压值

然后在 LED 端子模块的输出端输出指定的输出值。必须选择“电压控制”模式作为输出模式（CoE 索引 0x8004:01）。



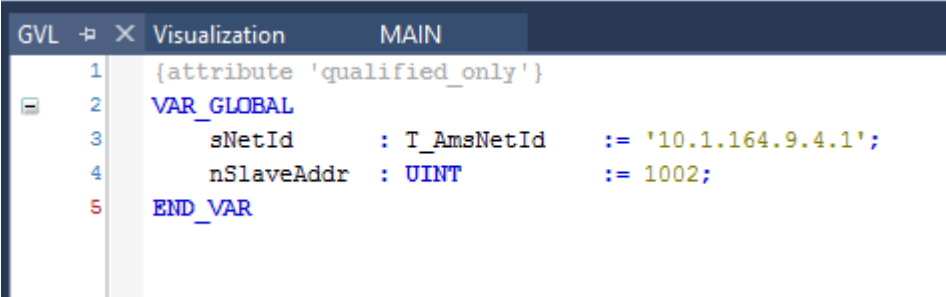
附图 246: 选择“电压控制”运行模式

“标准数字量输出（带信息数据）”用作预定义 PDO。



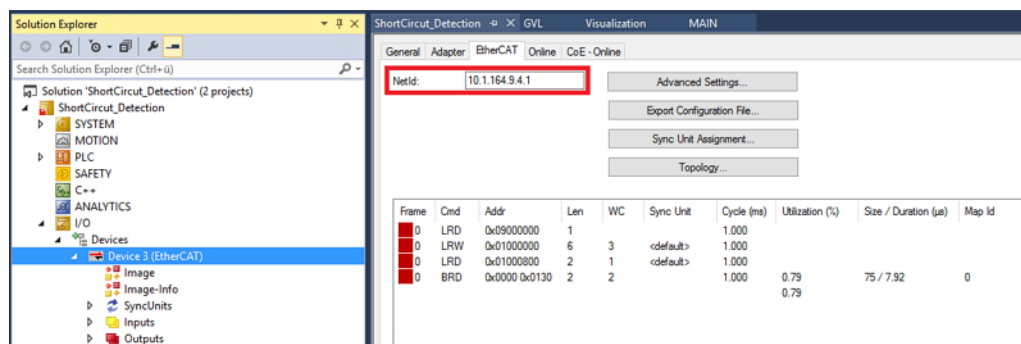
附图 247: 选择预定义 PDO “电流控制（带信息数据）”

在示例程序中，诊断数据是从端子模块的诊断信息中读取的。为此，必须在全局变量列表 (GVL) 中指定 EtherCAT 网络的 NetID 和 EL2596 的 ID。



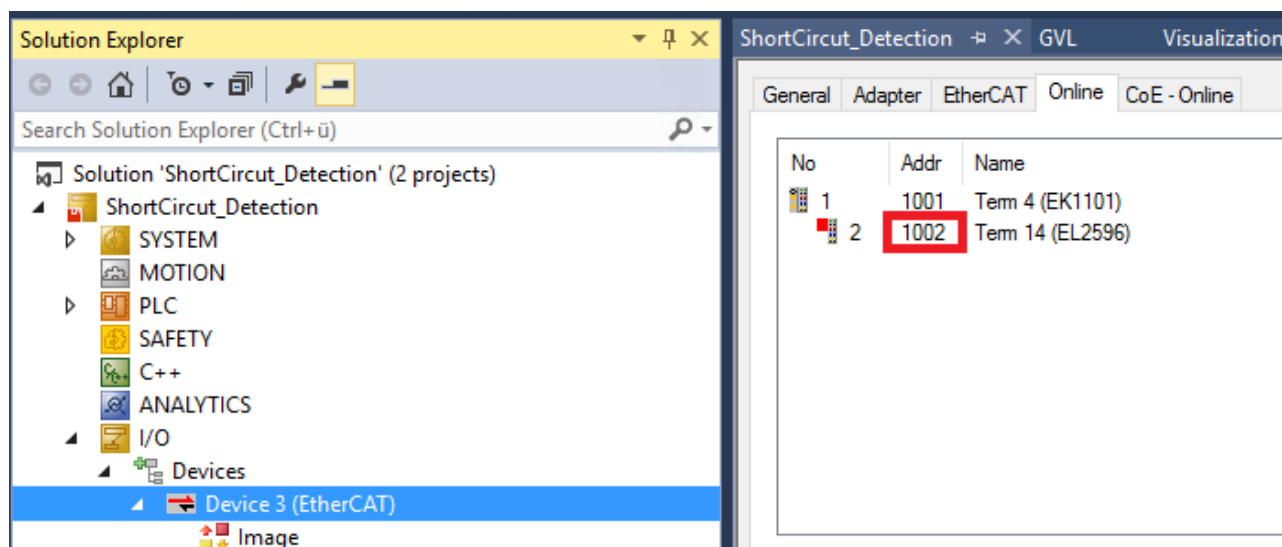
附图 248: 示例程序 1 – GVL

在 TwinCAT 中，可以在“EtherCAT”选项卡的 EtherCAT 主站下显示 NetID。必须在 GVL 中将 ID 指定为 sNetID，以字符串形式用引号表示。



附图 249: 显示 NetID

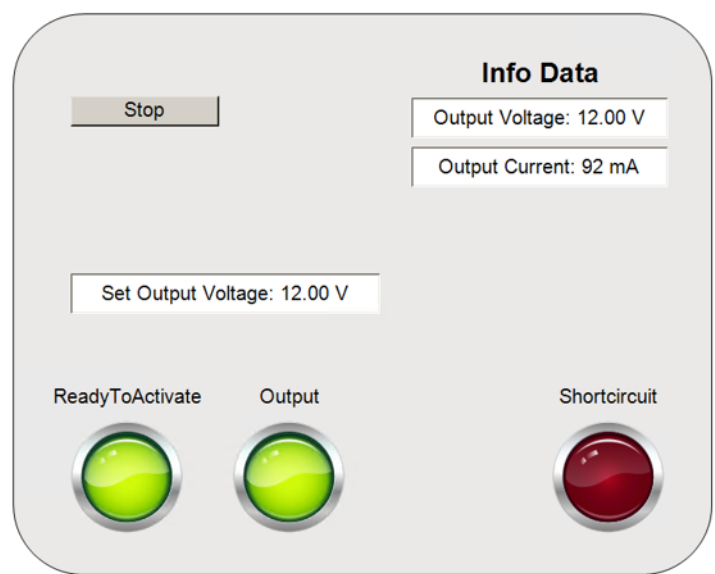
也可以在 EtherCAT 主站中找到从站的 ID。必须选择“在线”选项卡才能执行此操作。然后将该值指定为 nSlaveAddr。



附图 250: 显示从站地址

然后便可启动示例程序。要使用该示例程序，应打开配套可视化界面。

- 如果程序已启动，且端子模块未处于错误状态，则“ReadyToActivate”处于激活状态，可视化界面中的指示灯为绿色。
- 必须在“Set Output Voltage”“设置输出电压”框中设置所需输出电压。也可以在短路检测运行时进行更改。
- 然后可通过“启动”按钮在可视化界面中启动短路检测。
- 然后从 PLC 接通输出，这样“输出”指示灯也会变为绿色。
- “Output Voltage”“输出电压”和“输出电流”文本框显示的是输出的当前值。
- 如果 PLC 程序中的“ReadyToActivate”位出现下降沿，则会开始从 CoE 对象 0xA000 和 0x10F3 中读取诊断信息。输出立即关闭。
- 所有发生的短路情况都可以通过诊断数据识别出来，而可视化界面中的“短路”指示灯会亮起红灯。
- 如果 LED 输出端不再出现短路，则必须通过“复位”按钮手动重置 EL2596，该按钮与 EL2596 的“复位”位相关联。
- 然后重新激活 LED 输出。
- 可通过“停止”按钮手动停止短路检测；LED 输出随即关闭。



附图 251: 示例程序 2 – 可视化界面



短路时限制峰值电流

如果 LED 输出端发生短路，则短时电流可能大于 6 A。为了限制输出峰值电流，可以在要检测短路的组件上串联低欧姆范围的电阻。

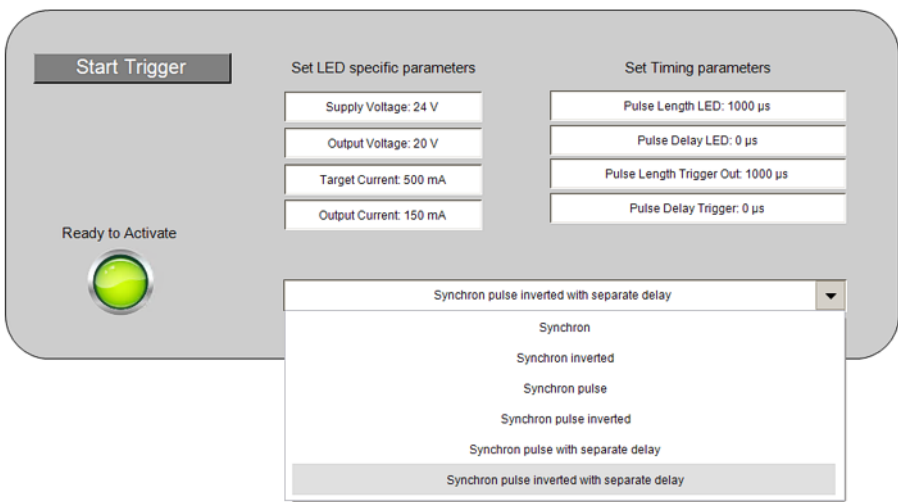
6.12.3 示例程序 3 – 输入和输出触发的组合

 <https://infosys.beckhoff.com/content/1033/el2596/Resources/8316880011.zip>

程序说明和功能

如 [通过触发输入使用触发输出](#) [► 190] 章节所述，EL2596-xxxx 的触发输出可用作对触发输入的响应。

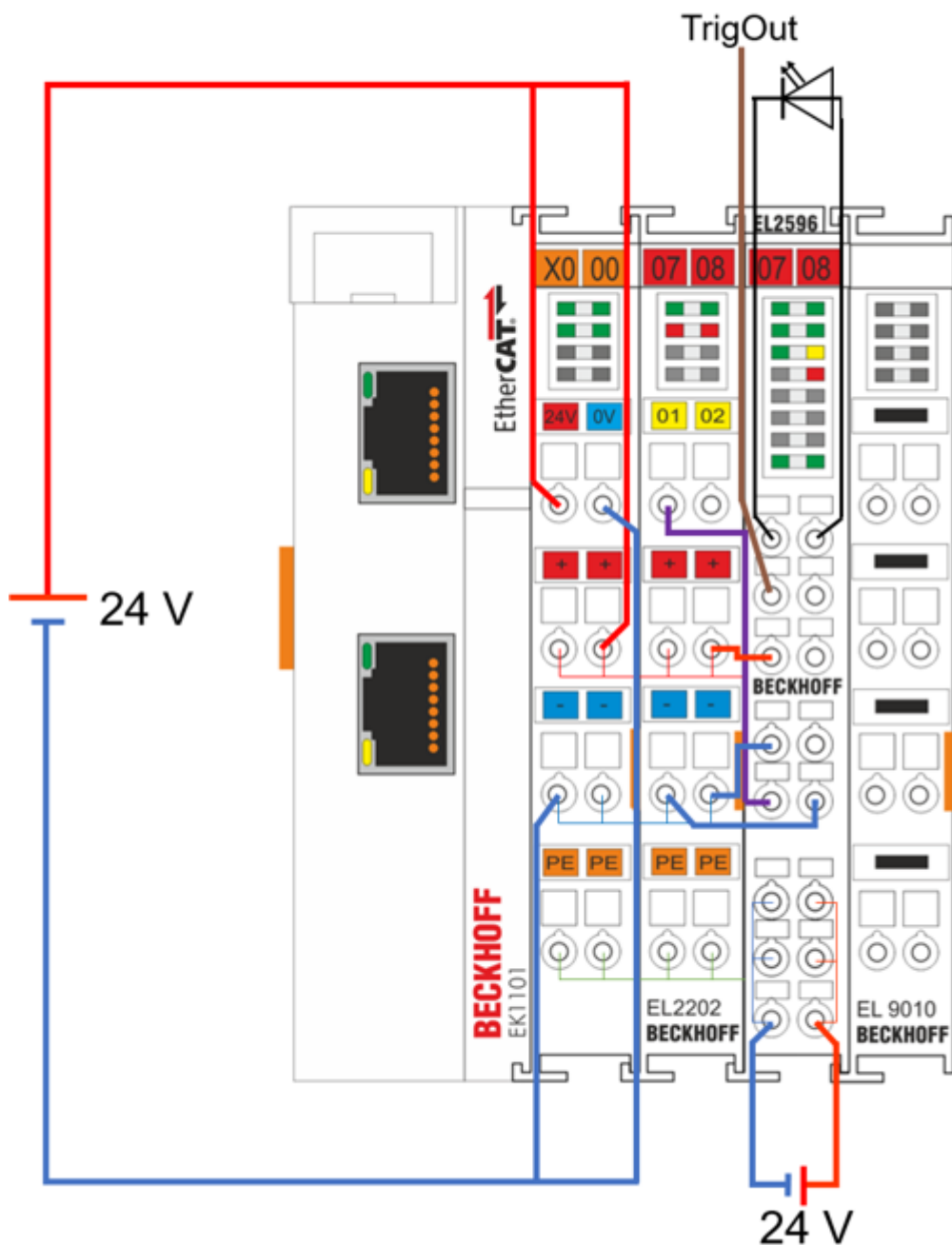
在该示例程序中，输入触发通过 EL2202 生成信号。EL2202 是数字量输出端子，接通时间不足 1 μ s。使用该端子模块的原因是，会将陡峭边沿施加到 EL2596 的触发输入端。在示例程序中，可以通过可视化界面来指定要使用的触发模式（如[激活触发输出](#) [► 190] 章节中的表格所述）。此外，还可指定所有 LED 特定参数，如输出电流等，以及所有特定时间参数，如 LED 端和/或触发输出端的延迟时间。



附图 252: 示例程序 2 – 可视化界面

LED 和触发输出的所有特性值均通过可视化界面指定。通过可视化界面中的“启动触发”按钮启动触发输出时，所有指定值都会传输到 CoE 和过程数据中。然后在 EL2202 的输出端启动脉冲信号。EL2202 的触发输入端每产生一个上升沿，LED 端或触发输出端就会输出一个指定长度的脉冲。如果要设置新参数，必须通过“停止触发”按钮手动停止 EL2202 的输出。然后便可通过可视化界面调整参数。重新启动触发输出后，所有参数均会传输到 CoE 和过程数据中。

要使用该示例，需要使用 EL2202 24 V 数字量输出和 EL2596 1 通道 LED 频闪控制端子模块。例如，可以使用示波器测量触发输出。示例程序的硬件接线如下图所示。



附图 253: 示例程序 2 – 硬件接线

6.13 EtherCAT 从站的一般调试说明

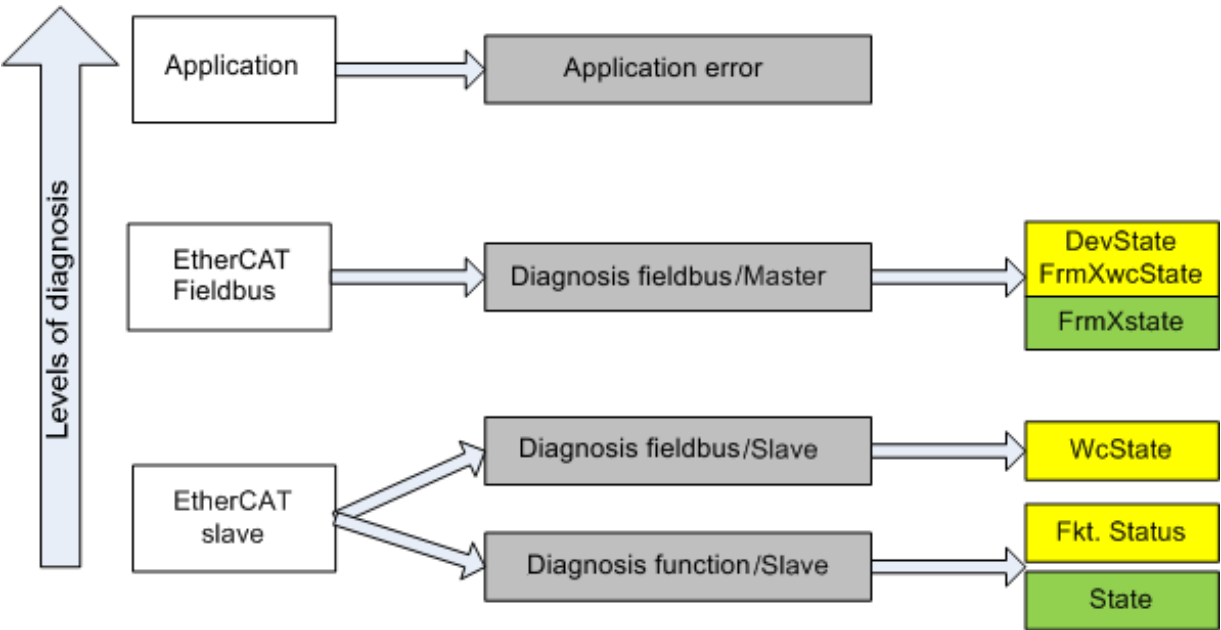
该摘要简单介绍了 TwinCAT 下的 EtherCAT 从站运行的若干方面。关于详细信息，可查看相应章节，例如 [EtherCAT 系统文档](#)。

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。



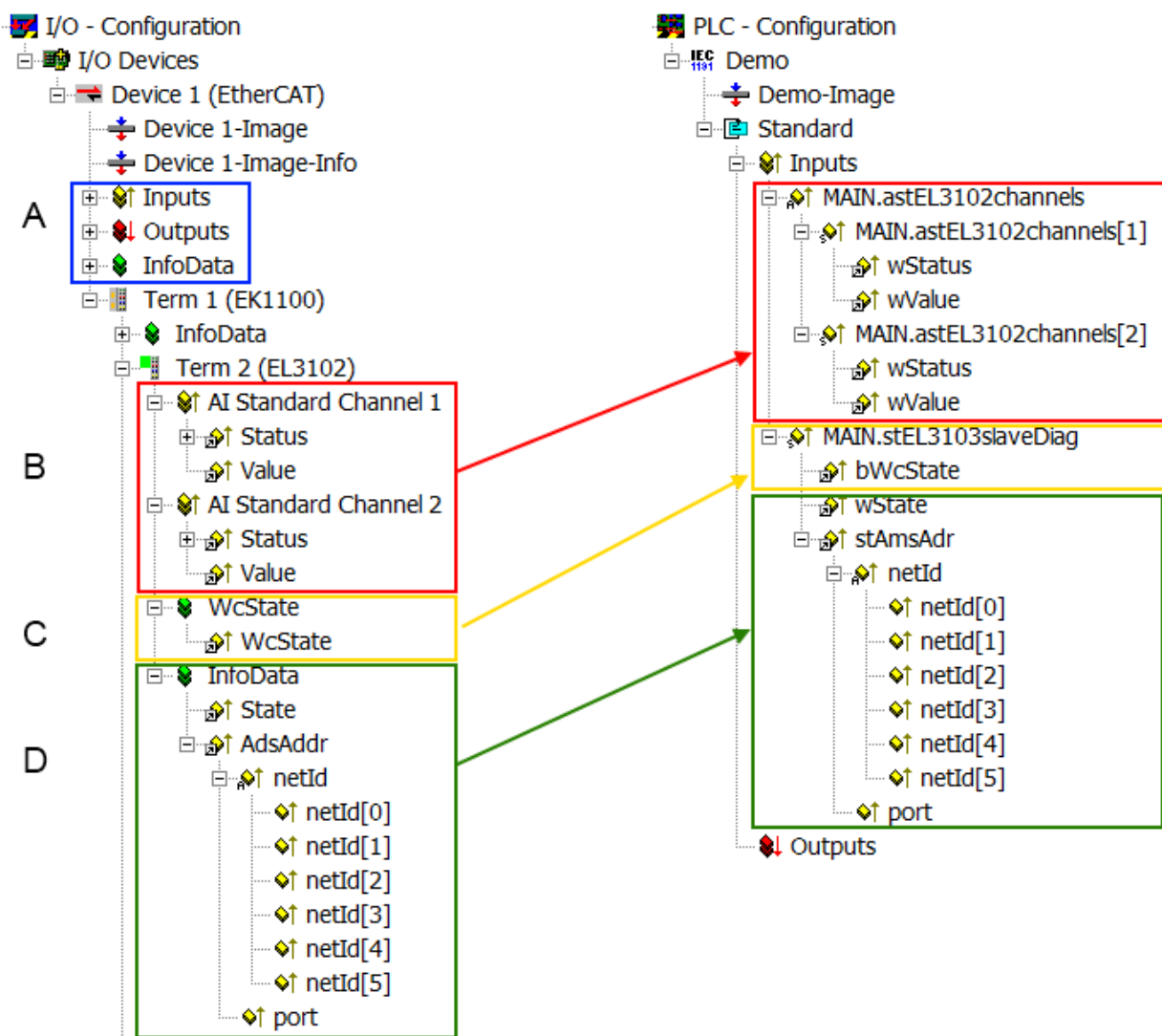
附图 254: 选择 EtherCAT 从站的诊断信息

- 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 255: PLC 中的 EtherCAT 从站基本诊断

这里包括以下几个方面：

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

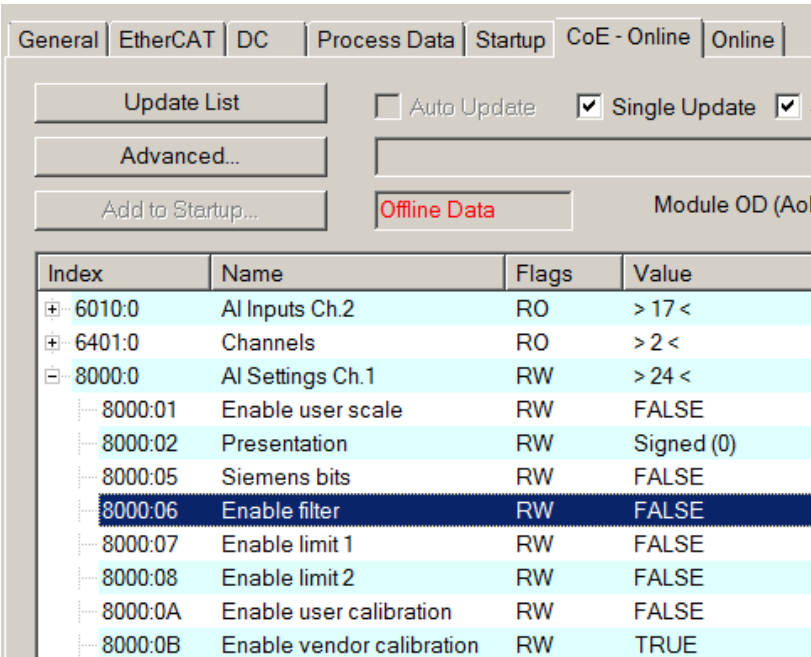
注意

诊断信息

强烈建议对所提供的诊断信息进行评估，以便应用能够适当的反应。

CoE 参数目录

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



附图 256: EL3102, CoE 字典



EtherCAT 系统文档

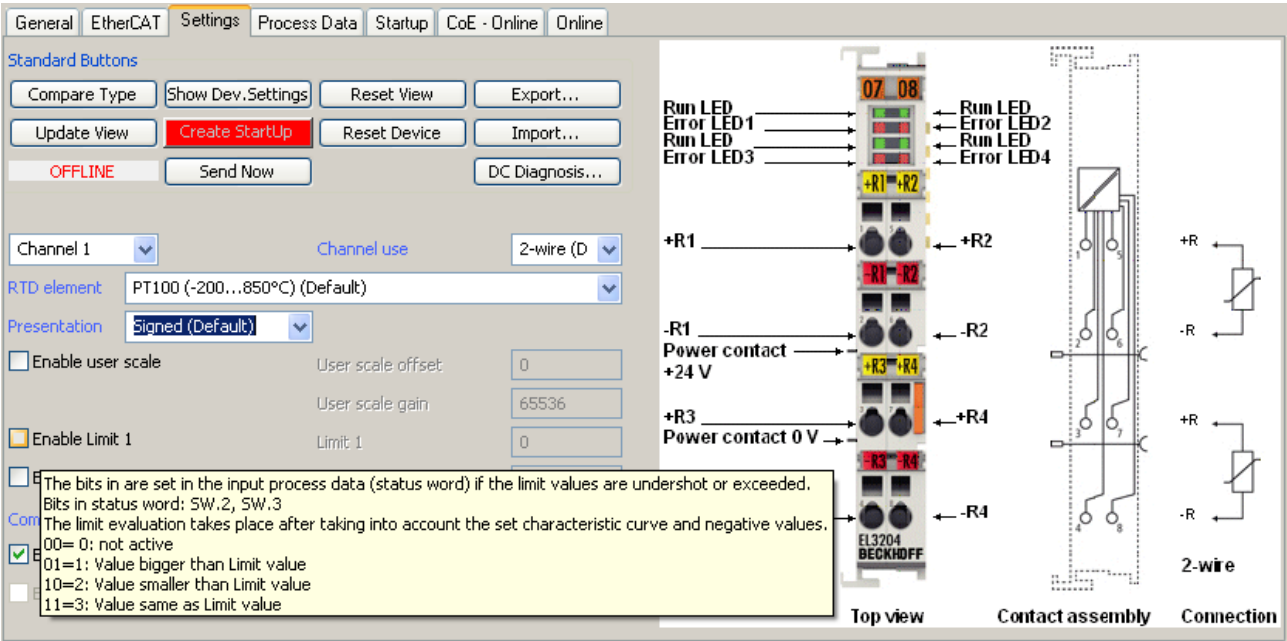
必须遵守 EtherCAT 系统文档 (EtherCAT 基础知识-->CoE 接口) 中的全面描述!

简要摘录:

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

TwinCAT System Manager 中的调试助手

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



附图 257: 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。

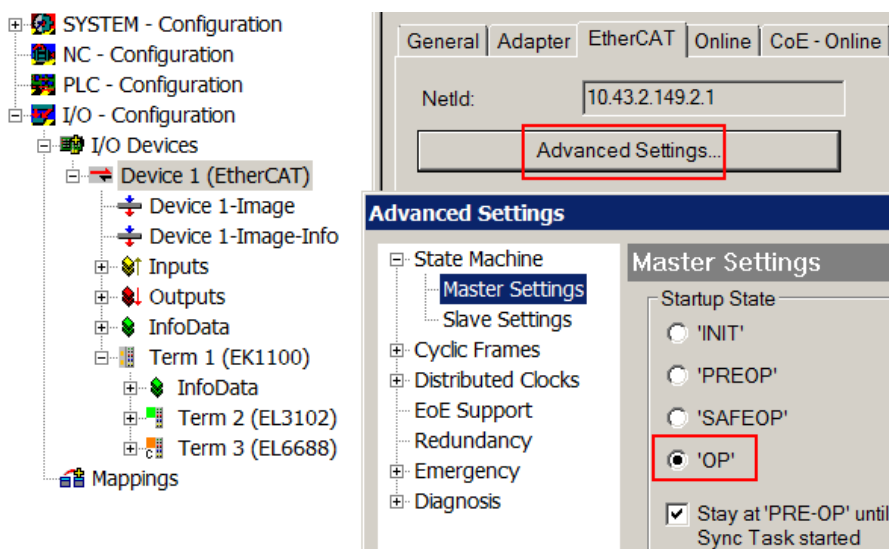
EtherCAT 主站本身在启动时必须经过这些例行的步骤，直到目标状态 OP。

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

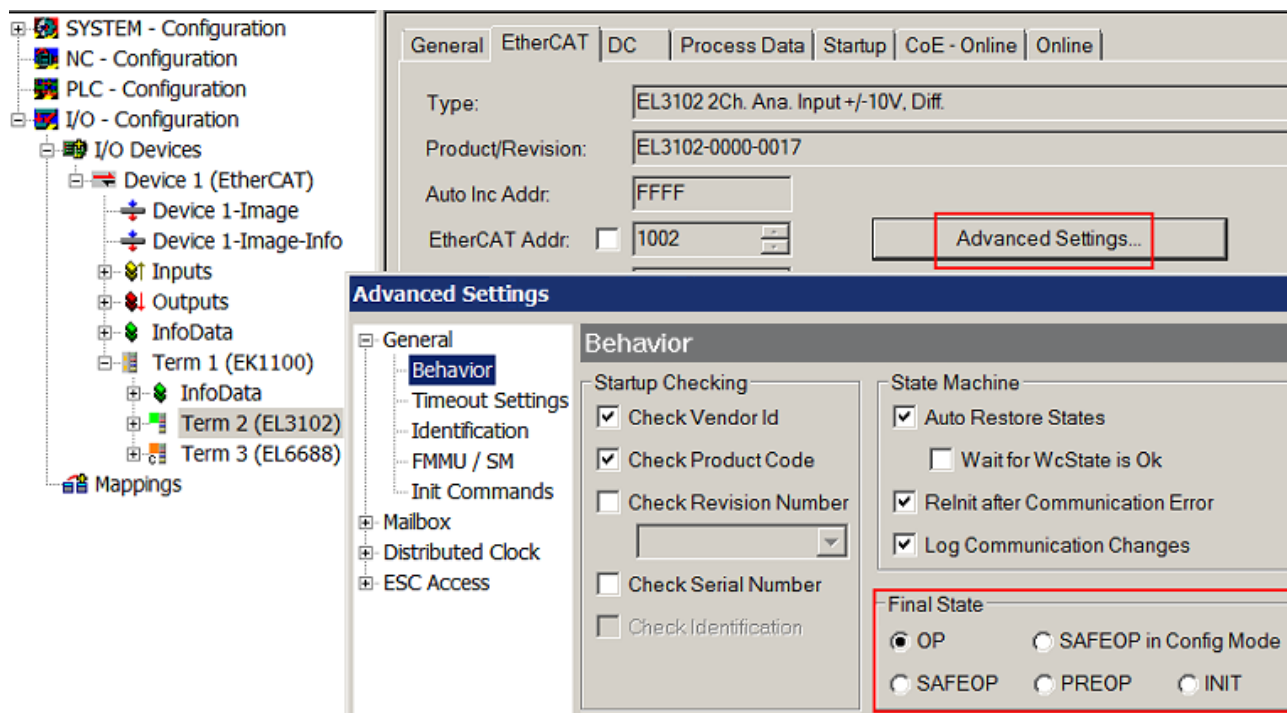
EtherCAT 主站的 advanced settings（高级设置）的标准设置如下：

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



附图 258: 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 259: 从站的默认目标状态

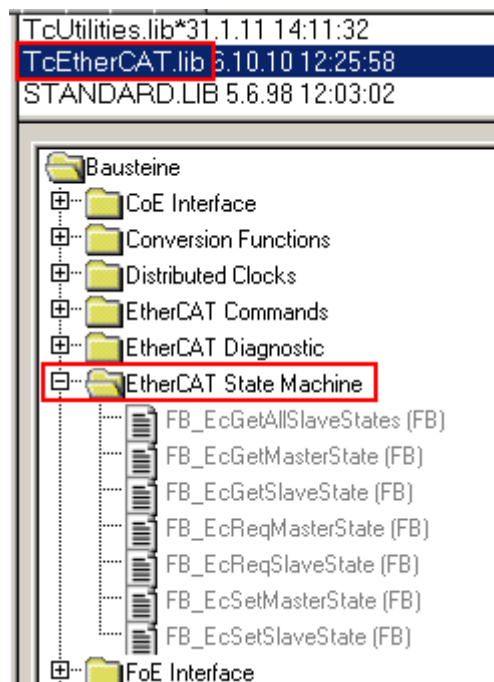
手动控制

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 260: 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 261: 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 262: 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！

7 附录

7.1 固件更新

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

注意

仅使用 TwinCAT 3 软件！

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

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

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

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

储存地点

一个 EtherCAT 从站最多可以在三个位置上存储运行数据：

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

注意

用项目定义的 ESI-EEPROM 写入

ESI 文件是设备制造商根据 ETG 标准为相应产品开发和发布的。

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

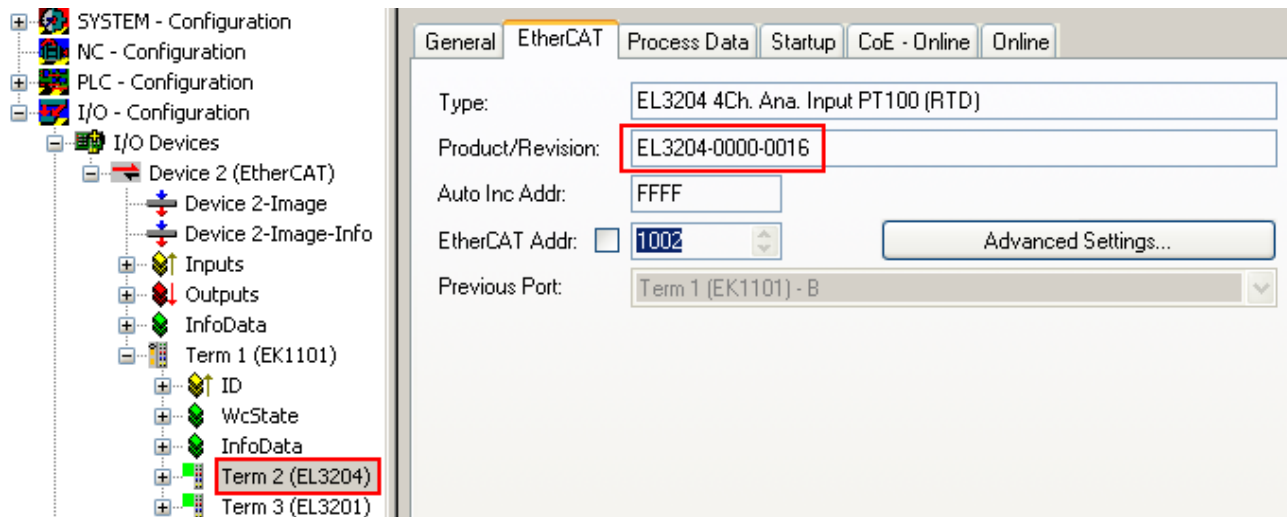
7.1.1 设备描述 ESI 文件/XML

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 263: 由名称 EL3204-0000 和修订版本号 0016 组成的设备标识符

配置的标识符必须与作为硬件使用的实际设备描述兼容，即从站在启动时加载的描述（本例中为 EL3204）。通常情况下，配置的版本必须与端子模块网络中实际存在的版本相同或更低。

有关这方面的进一步信息，请参考 EtherCAT 系统文件。

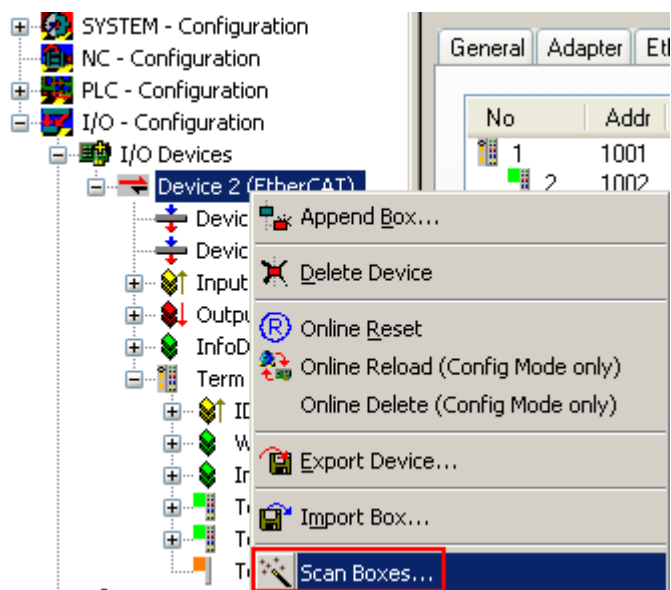


XML/ESI 描述的更新

设备的修订版本与所使用的 Firmware（固件）和 Hardware（硬件）密切相关。不兼容的组合会导致故障，甚至使设备最终关闭。只有在与倍福支持（售后）部门协商后才能进行相应的更新。

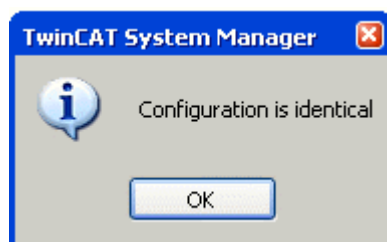
ESI 从站标识符的显示

确定所配置的设备描述和实际设备是否相符的最简单方法是在 TwinCAT Config Mode/FreeRun 模式下扫描 EtherCAT 从站：



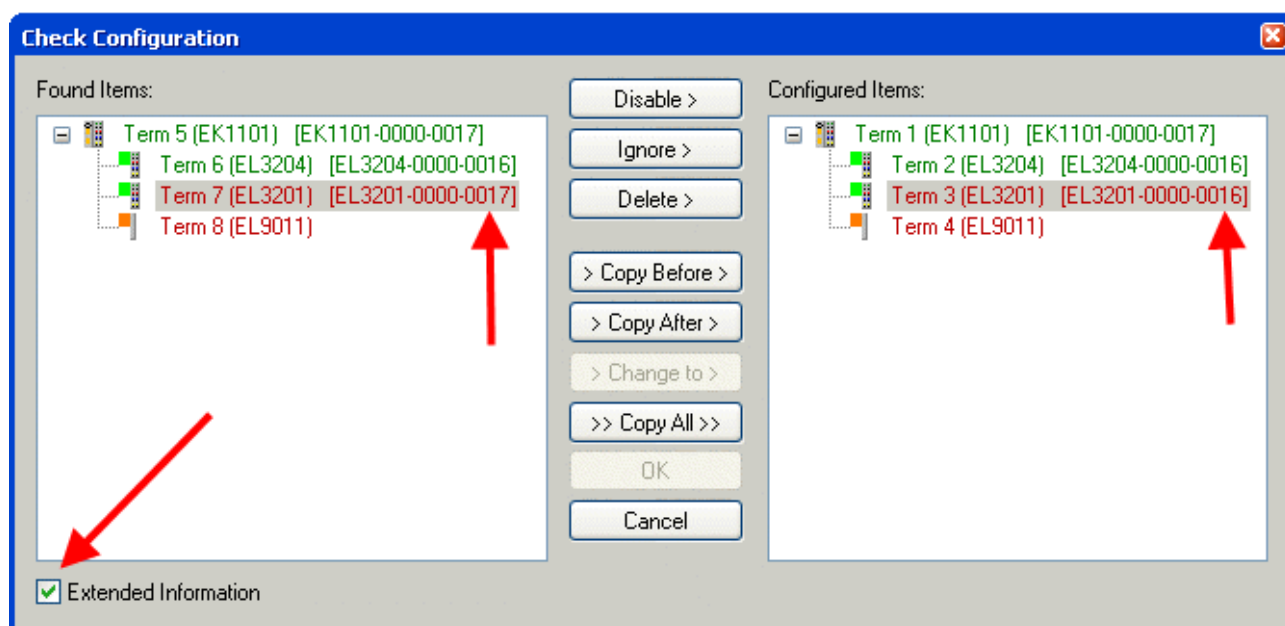
附图 264: 右键单击 EtherCAT Device 扫描下级从站

如果找到的内容与配置的内容相符，则显示



附图 265: 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。



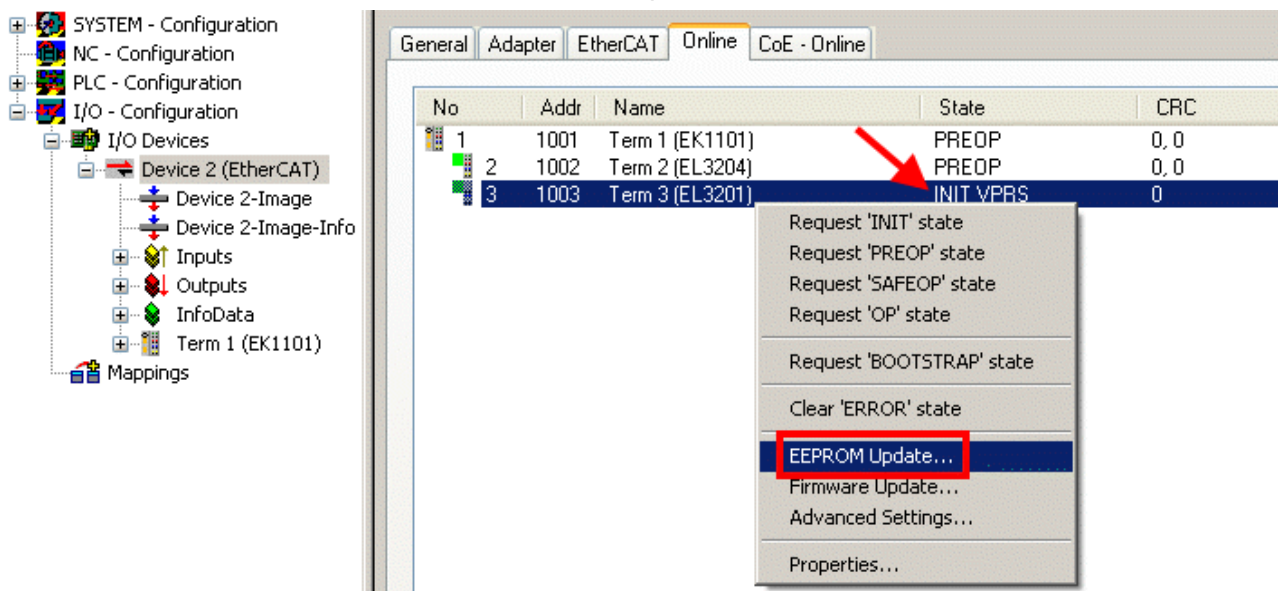
附图 266: 更改对话框

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

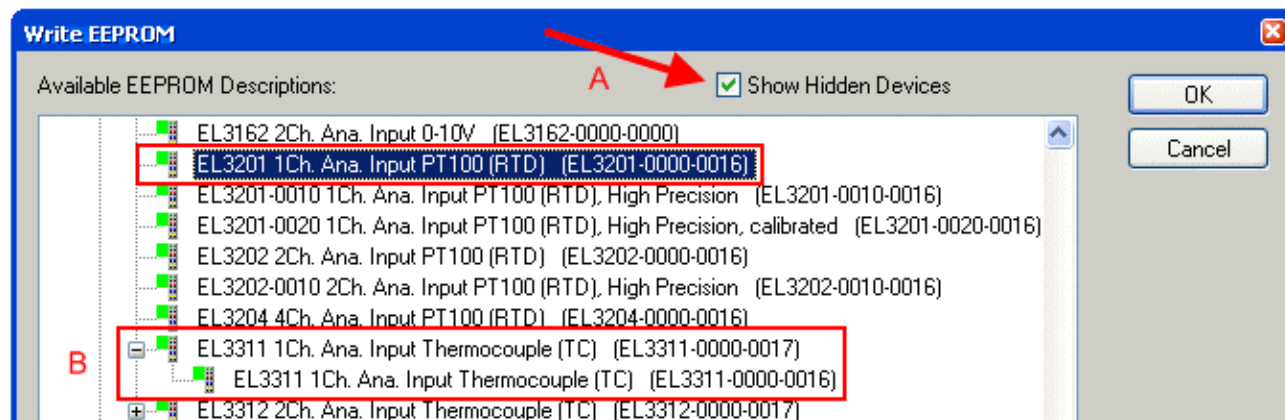
ESI/EEPROM 标识符可以在 TwinCAT 下按如下方式更新：

- 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 267: 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 268: 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。

7.1.2 Firmware (固件) 说明

确定固件版本

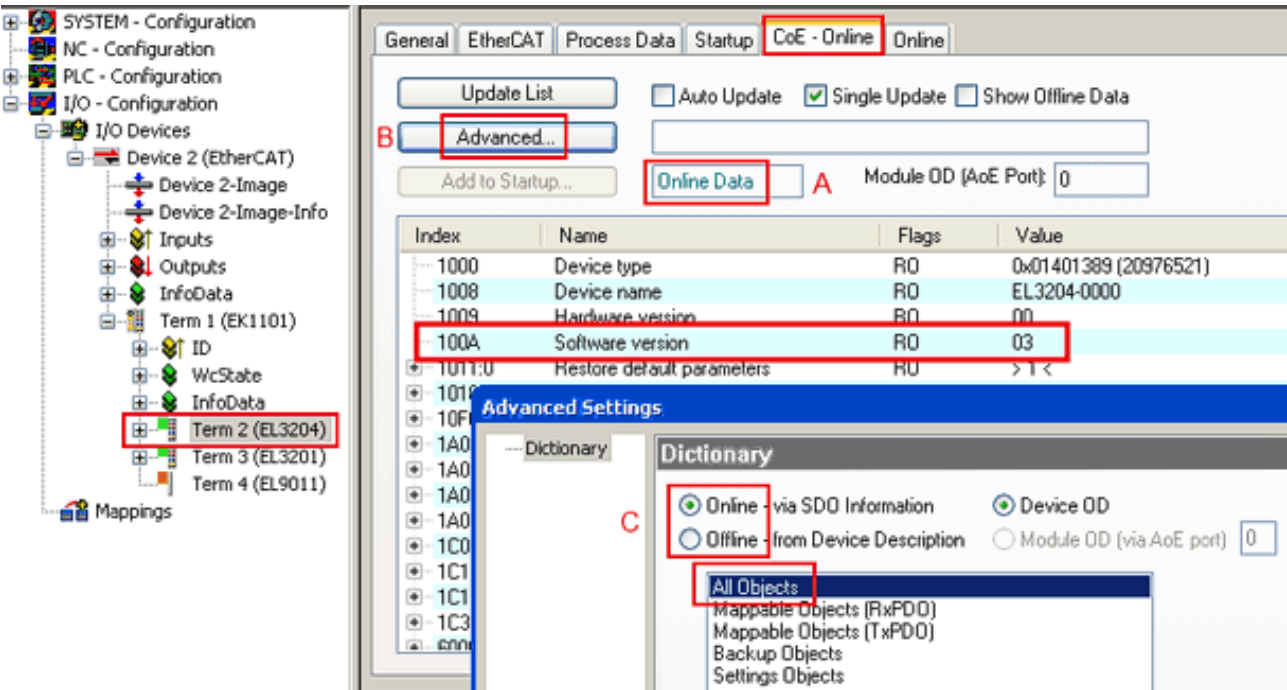
通过 TwinCAT System Manager 确定版本

如果主站可以在线访问从站，TwinCAT System Manager 会显示从站处理器的固件版本。点击需要检查其处理器固件的 E-Bus 端子模块（在此例中为端子模块 2（EL3204）），并选择选项卡 CoE Online（CAN over EtherCAT）。

● CoE Online 和 Offline CoE（在线 CoE 和离线 CoE）

i 可用的 CoE 目录有两套：
online: 如果 EtherCAT 从站支持，从站处理器会提供该功能。该 CoE 目录只有在从站连接并运行时才能显示。
Offline: EtherCAT 从站信息文件 ESI/XML 包含的 CoE 默认内容。只有在 ESI 中包含了 CoE 目录才能显示（例如“倍福 EL5xx.xml”）。
要在两个视图之间切换，必须使用按钮“Advanced”。

在图 EL3204 固件版本的显示中，所选 EL3204 的固件版本在 CoE 条目 0x100A 中显示为 03。



附图 269: EL3204 固件版本的显示

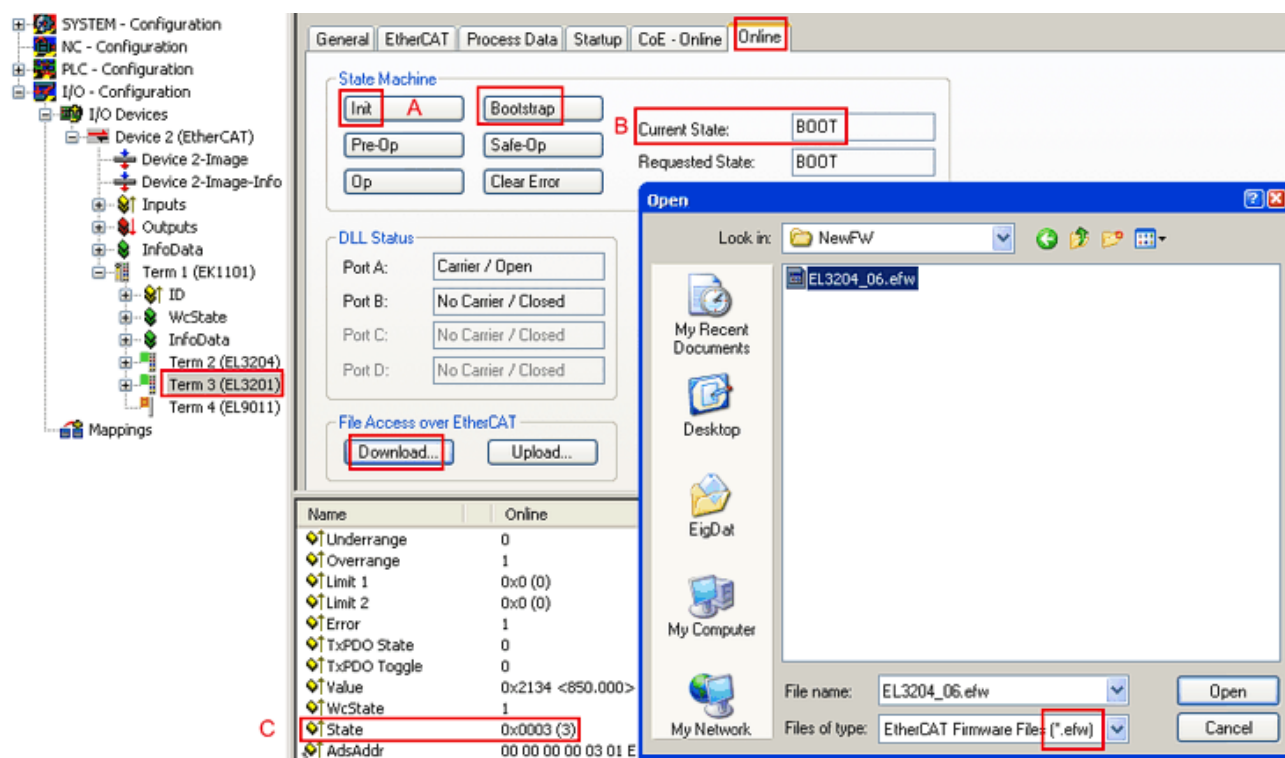
在（A）处，TwinCAT 2.11 表明当前显示的是“Online CoE”目录。如果不是，可以通过 Advanced Settings 中（B）处的 Online 选项和双击 All Objects 来加载 Online 目录。

7.1.3 更新从站处理器的固件 *.efw

● CoE 目录

i Online CoE 目录由从站处理器管理，并存储在专用的 EEPROM 中，在固件更新期间一般不会改变。

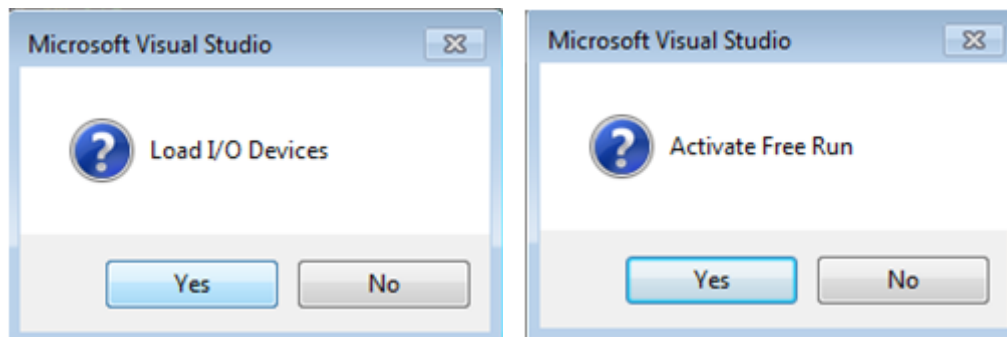
切换到 Online 选项卡，更新从站处理器的固件，参见图固件更新。



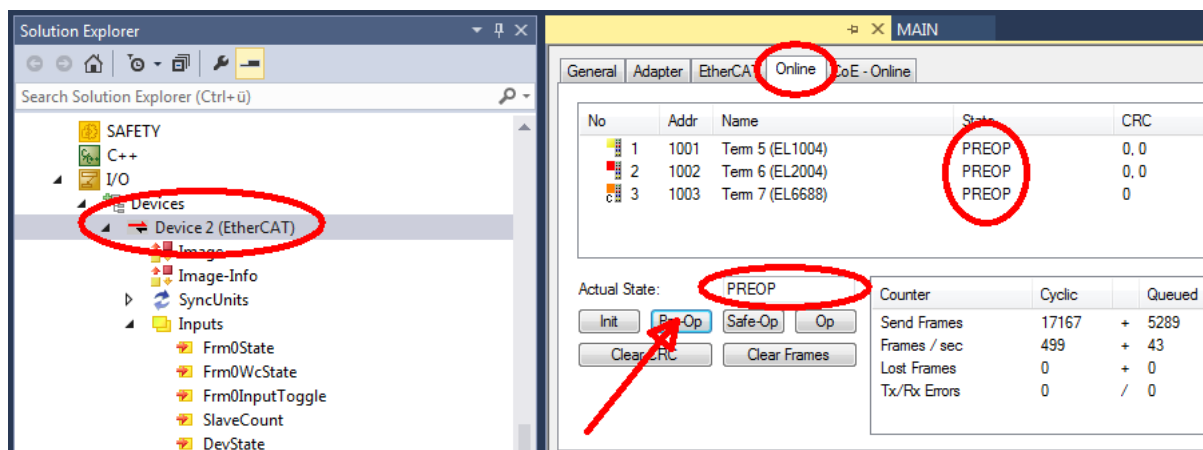
附图 270: 固件更新

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。

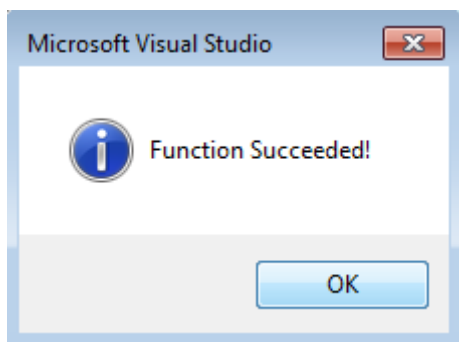


- 将 EtherCAT 主站切换到 PreOP



- 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。

7.1.4 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。

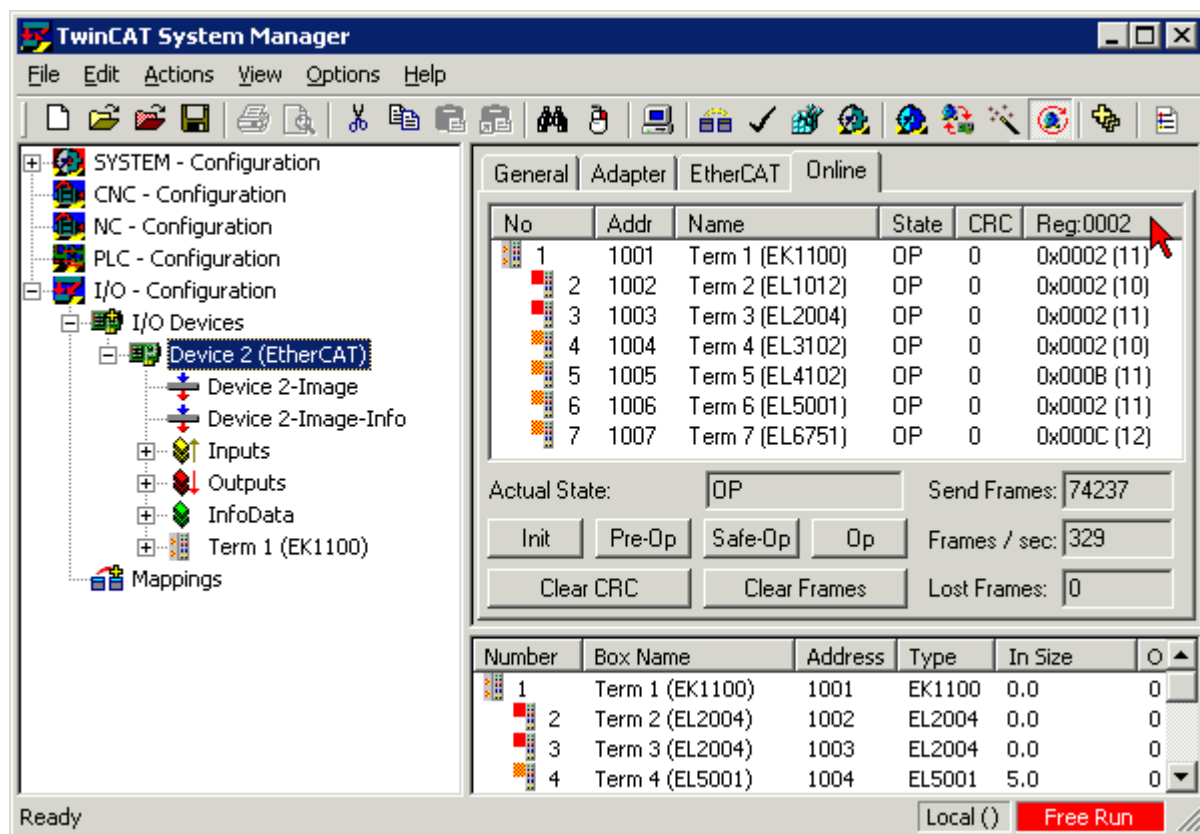
- 用于处理 I/O 信号的从站处理器固件
- 用于 EtherCAT 通讯的 FPGA 固件（仅适用于带 FPGA 的端子模块）

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

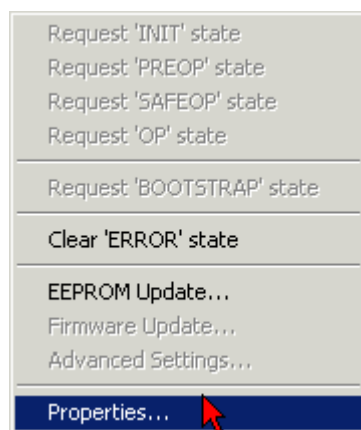
TwinCAT System Manager 显示 FPGA 固件版本。点击 EtherCAT 总线的以太网卡（例中的 Device 2），选择 Online 选项卡。

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。



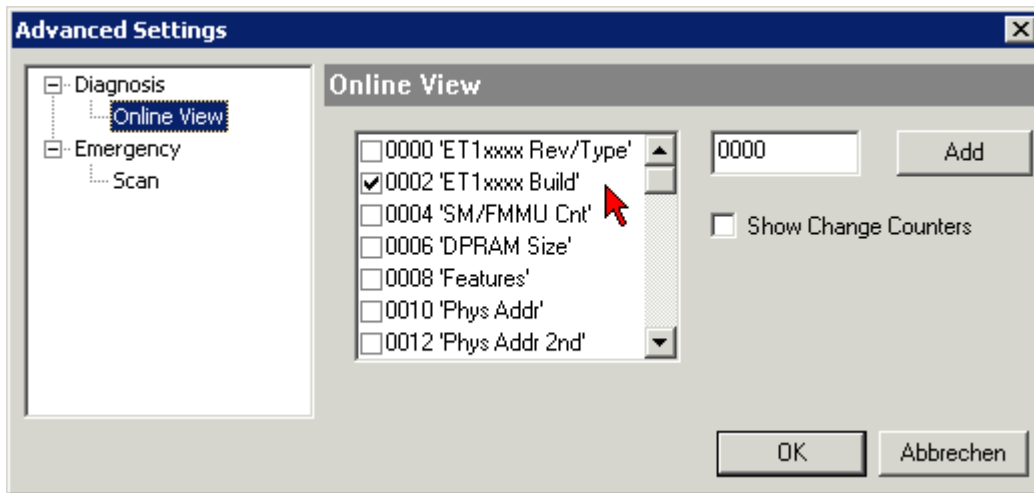
附图 271: FPGA 固件版本定义

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 272: 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 273: 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。

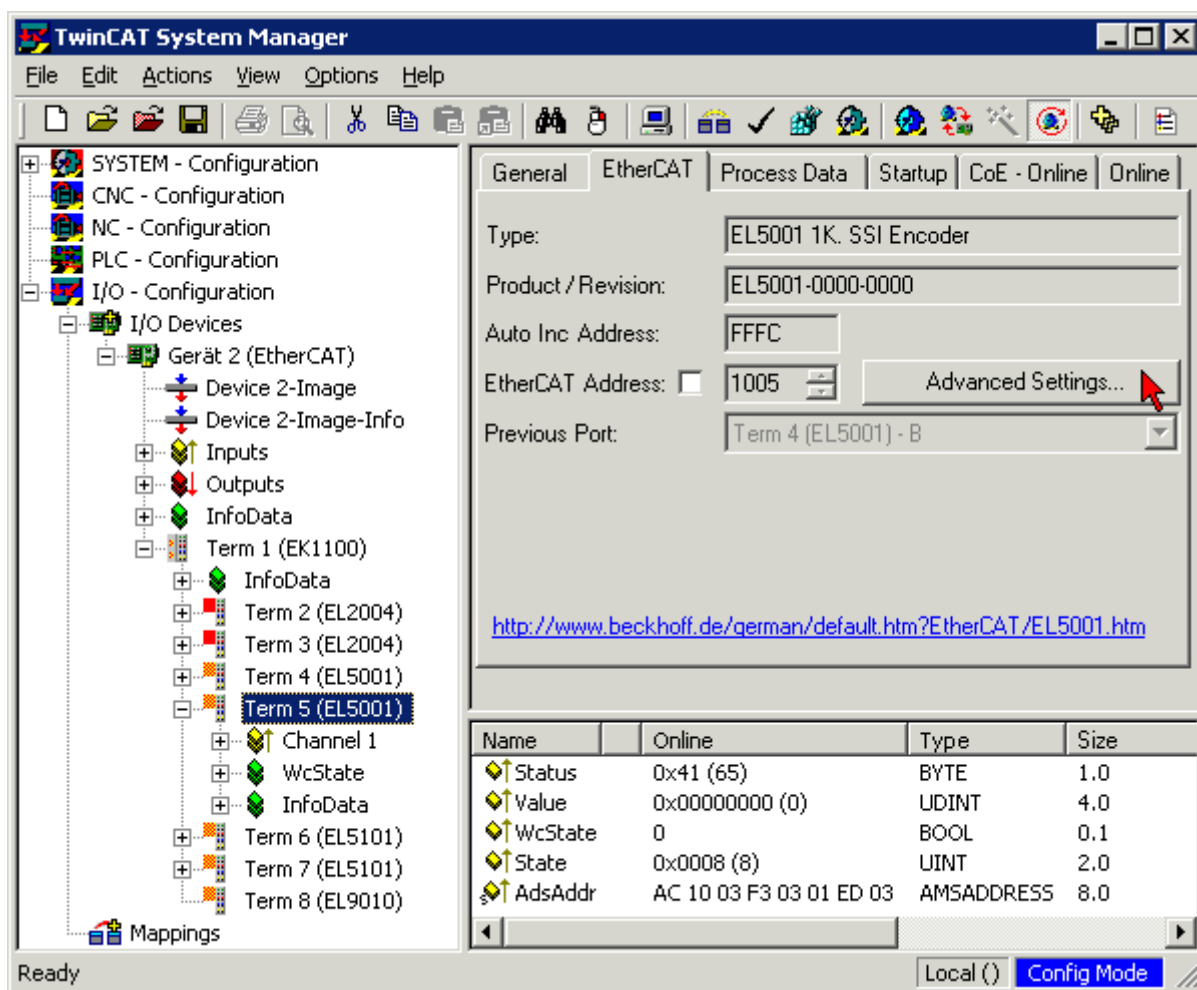
旧的固件版本只能由制造商进行更新！

更新一个 EtherCAT 设备

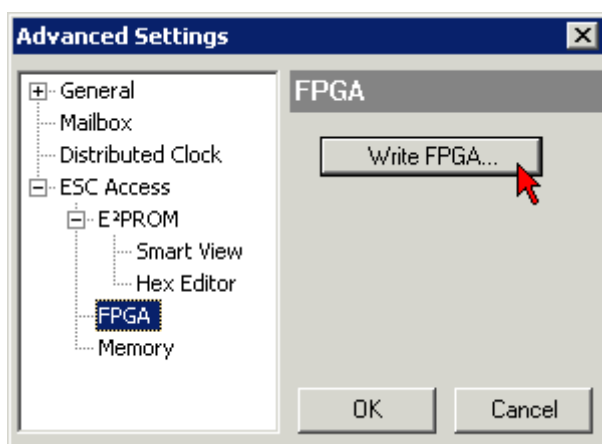
如果没有给出其他规定（例如来自倍福支持部门），则必须满足以下顺序：

- 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。

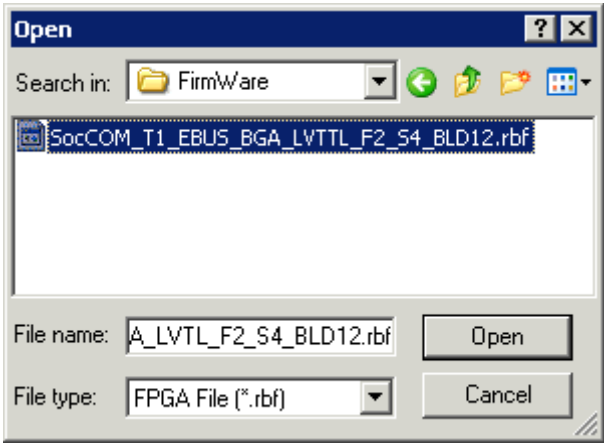
在 TwinCAT System Manager 中，选择需要更新 FPGA 固件的端子模块（例如：端子模块 5：EL5001），并在 EtherCAT 选项卡中点击 Advanced Settings 按钮：



- 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

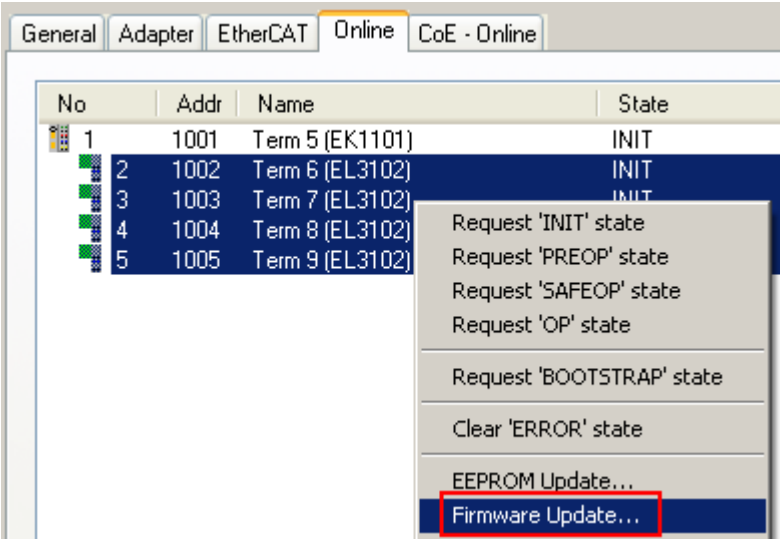
注意

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！

7.1.5 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 274: 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。

7.2 固件兼容性

倍福 EtherCAT 设备在交付时都装有最新的固件版本。固件和硬件必须相互兼容；但不是每种组合都能确保兼容性。以下概览显示一个固件可以运行的对应硬件版本。

注意

- 对于相应硬件，应使用最新可用固件
- 对于已交付的产品，倍福没有义务为客户提供免费固件更新。

注意

设备损坏风险！

有关固件更新的说明，请参见 EtherCAT 系统手册中的“固件更新”章节。

如果将设备设置为 BOOTSTRAP 模式以进行固件更新，则它在下载期间不会检查新固件是否合适。这可能会导致设备受损！因此，请务必确保固件适用于硬件版本！

EL2596			
硬件 (HW)	固件 (FW)	修订版本号	发布日期
01 - 03*	02	EL2596-0000-0017	2020/01
	03	EL2596-0000-0017	2020/03
	04*	EL2596-0000-0018	2020/07
		EL2596-0000-0019	2023/03

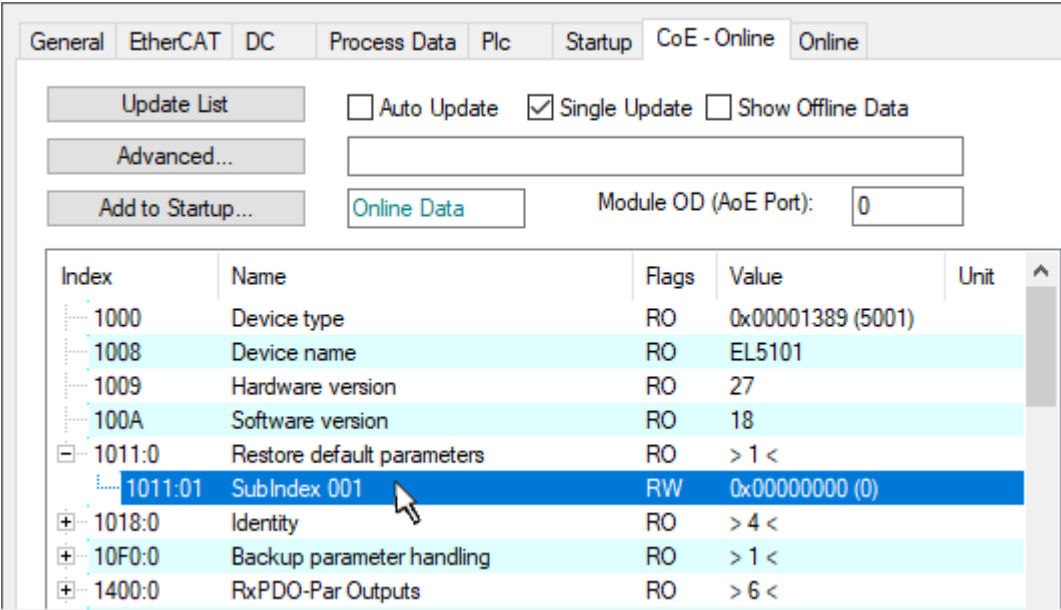
EL2596-0010			
硬件 (HW)	固件 (FW)	修订版本号	发布日期
01 - 02*	01*	EL2596-0010-0016	2021/02

*) 这是编制本文件时兼容的固件/硬件版本。在倍福网站上查看是否有更多最新的文档。

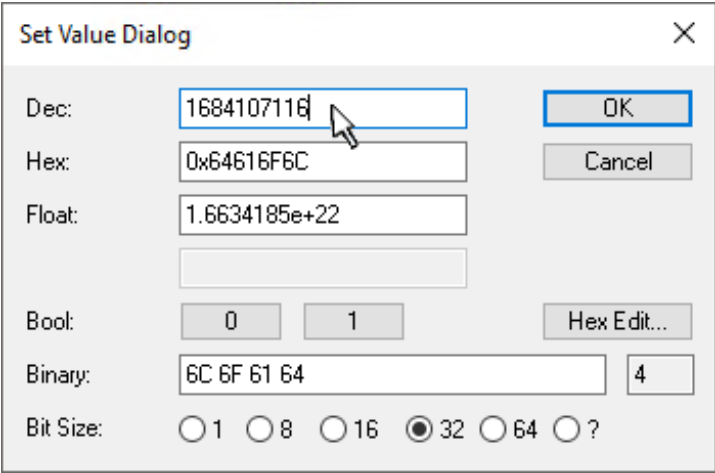
更新 EL2596 的固件时，各项设置和用户校准值会重置为默认值。如果进行固件更新，则会保留供应商校准值。

7.3 恢复出厂状态

某些 EtherCAT 设备 ("从站"、"子设备") 以持久化 (非易失) 方式在本地保存参数或数据。要重置这些参数, 可通过 EtherCAT 主站 (如 TwinCAT) 使用 CoE 对象 "恢复默认参数" 子索引 001 (见图: 选择 "恢复默认参数" PDO)



附图 275: 选择 Restore default parameters



附图 276: 在 Set Value dialog 中输入一个恢复值

双击 SubIndex 001, 进入设置值对话框。

目的是将持续存储在设备中,用户可以更改的功能控制 "参数" (设置、值) 重置为默认状态。

易失性 (非断电安全) "参数" 被重置

- 通过重新开机/关机
- 通过 INIT 更改 EtherCAT 状态

除非设备文件中另有说明。根据设备和 FW 版本的不同, 可提供一个或两个复位功能; 有关可用性, 请参阅相应的设备文档。

注意

更改现有校验和

参数范围的任何现有校验和都将 (当然) 会因重置而改变。

复位级别 1：功能复位 "加载"

假设重置功能的使用频率较高，可能会多次使用，例如在调试期间。

将重置值 **1684107116** 输入字段 Dec 中，或将数值 **0x64616F6C** 输入字段 Hex 中(ASCII: "load")，并按 OK 确认(图：在 Set Value dialog 中输入恢复值)。

- 从站中所有可写的条目都将重置为默认值。
例外：通过密码受写保护的对象
- 根据对象字典的大小，这个过程可能需要几毫秒到 > 1 秒。
- 只有直接对从站的 Online CoE 进行重置，才能成功恢复出厂值。在 Offline CoE 中不能更改任何值。
- 为此，TwinCAT 必须处于 RUN 或 CONFIG/FreeRun 状态，即保持 EtherCAT 数据交换。确保 EtherCAT 传输正确无误。
- 重置不需要单独确认。如要进行验证，可以事先向某个可写对象写入一个值。
- 该重置过程也可以作为从站 Startup List 的第一个条目，例如在状态转换 PREOP->SAFEOP 中，或者如图 CoE reset 作为 Startup 条目所示的 SAFEOP->OP 中。
- CoE 中的所有备份对象重置为交付状态。

注意

根据设备的不同，个别数值不会重置

根据设备的不同，有些值在 "加载" 时故意不重置，例如，如果这些值是调试或设备基本功能所必需的，而且确定这些值（删除后）需要花费大量精力。



替代的恢复值

对于某些较旧的终端（2007 年左右或更早创建的 FW），备份对象可通过替代还原值进行更改：十进制值：1819238756，十六进制值：0x6C6F6164。

恢复值输入错误不会产生任何影响！

重置级别 2：数据重置 "擦除"

假设很少使用数据重置，例如在产品退役时。

将重置值 **2003398757** 输入字段 Dec 中，或将数值 **0x77697065** 输入字段 Hex 中(ASCII: "wipe")，并按 OK 确认(图：在 Set Value dialog 中输入恢复值)。

- 该功能的目的是完全重置（删除数据）出厂设置，以便之后无法读取用户特定设置。该功能的目的是完全重置删除数据出厂设置，之后无法读取用户特定设置
- 它会影响以下参数区域（如果设备上有的话）
 - CoE (参数)
 - SoE (参数)
 - FoE (设备上的文件)
 - 寄存器值（如果持续存储）
 - 用户存储器，如 NOVRAM（如有）
 - 其他数据区域,如果有的话
- 即使值/数据受到保护，例如有用户定义的写保护密码，也会被删除。
- 下列内容无法重置：
 - FW 版本和 EtherCAT 修订状态；设备上仍安装有任何更新版本
 - 电气健康数据，如设备统计数据（CoE: 0x1020）、各类运行时间计数器、可能与环境温度或负载条件有关的直方图或峰值, ...
 - 供应商校准数据受供应商密码保护，无法更改。供应商校准功能已启用供应商校准功能已启用

7.4 技术支持和服务

倍福技术支持和服务部门可就倍福产品及系统解决方案的相关问题，以及其规划、调试和运行提供协助。

倍福子公司和代表处

有关倍福产品本地技术支持和服务方面的信息，请联系倍福子公司或代表处。您可以在以下网址找到倍福子公司和代表处的地址：www.beckhoff.com/worldwide。

针对倍福产品和技术，我们提供[培训课程](#)、[教程](#)和[网络研讨会](#)。

倍福技术支持部门

倍福技术支持部门可协助解答有关倍福产品的使用、规划、编程和调试的技术问题。

☎ 热线电话： +49 5246 963-157

✉ 电子邮件： support@beckhoff.com，[技术支持表单](#)

网页： www.beckhoff.com/support

倍福服务部门

我们的服务专员随时为您解答有关售后服务流程的任何问题，例如更换零部件、维修等。

☎ 热线电话： +49 5246 963-460

✉ 电子邮件： service@beckhoff.com，[服务表单](#)

网页： www.beckhoff.com/service

下载搜索器

[下载搜索器](#)是获取倍福产品相关可下载文档和文件（如应用报告、技术文档、图纸和配置文件）的中央资源入口。

倍福信息系统

[倍福信息系统](#)是倍福产品的中央在线文档资源，包含产品文档、自动化主题相关文档以及示例代码。

倍福公司总部

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl, Germany

☎ 电话： +49 5246 963-0

✉ 电子邮件： info@beckhoff.com

网页： www.beckhoff.com

Trademark statements

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® and XTS® are registered and licensed trademarks of Beckhoff Automation GmbH.

Third-party trademark statements

CANopen and CANopen FD are registered trademarks of CAN in AUTOMATION - International Users and Manufacturers Group e.V.

ControlNet®, DeviceNet and EtherNet/IP are trademarks of ODVA, Inc.

DSP System Toolbox, Embedded Coder, MATLAB, MATLAB Coder, MATLAB Compiler, MathWorks, Predictive Maintenance Toolbox, Simscape, Simscape™ Multibody™, Simulink, Simulink Coder, Stateflow and ThingSpeak are registered trademarks of The MathWorks, Inc.

EnDat is a trademark of Dr. Johannes Heidenhain GmbH.

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

更多信息:
www.beckhoff.com/EL2596

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

