TwinCAT3 环境下 EtherCAT 控制从站 IO-Link 设备





关键词:

Twincat3, Beckhoff, EtherCAT, IO-Link

摘要:

本文介绍了使用 Beckhoff TwinCAT3 控制从站 IO-Link 设备的实例,通讯协议为 EtherCAT, PLC 编程软件为 Twincat3,从站模块为 Festo 公司 CPX-E-EC、CPX-E-4IOL, IO-Link 设备为 Festo 公司 SPAN、SFAH。文档主要内容包括 TwinCAT 网络连接、IO-Link 设备参数读写。

目标群体:

本文仅针对有一定自动化设备调试基础的工程师,需要对 Festo 公司 CPX-E-EC 模块、IO-Link 设备 SPAN 和 SFAH 以 及 Beckhoff Twincat3 有一定了解。

声明:

本文档为技术工程师根据官方资料和测试结果编写,旨在指导用户快速上手使用 Festo 产品,如果发现描述与官方 正式出版物冲突,请以正式出版物为准。

我们尽量罗列了实验室测试的软、硬件环境,但现场设备型号可能不同,软件/固件版本可能有差异,请务必在理 解文档内容和确保安全的前提下执行测试。

我们会持续更正和更新文档内容, 恕不另行通知。

1	简介		4
2	所用元件		4
3	硬件结构		4
-	3.1 CPX-E-4	IOL	4
	3.2 SPAN		5
	3.3 SFAH		5
4	拓扑结构		6
5	安装 Beckho	ff 软件	6
6	安装 XML 设	·备描述文件	7
7	使用 TwinCAT	T3 控制从站 IO-Link 设备	8
	7.1 创建新草		8
	7.2 读写 10-	-Link 设备的参数	9
	7.2.1 词	幸写 SPAN 的参数	11
	7.2.2 讨	幸写 SFAH 的参数	13
	7.3 读取 10-	- link 设备的实时数据	
	731 诸	上版 (A L R A C A C A L R A C A L R	18
	730 词		10
	1.J.Z 17		

1 简介

CPX-E-EC 模块在 EtherCAT 协议下可以作为从站并入网络,该从站可以配置相应的输入输出模块。本文通过倍福 TwinCAT3 控制 CPX-E-EC 从站,该从站配置有 CPX-E-4IOL 模块(文中简称为 4IOL 模块),4IOL 模块上外接 2 个 IO-Link 设备,分别是 SPAN、SFAH,以此来介绍 TwinCAT3 软件如何读写从站 IO-Link 设备的参数。

2 所用元件

型号	固件/版本	描述
CPX-E-EC	1	EtherCAT 总线节点
CPX-E-4IOL	2	IO-Link 模块
SPAN-P10R-G18M-PNLK-PNVBA-L1	V1.1	压力传感器
SFAH-10U-Q6S-PNLK-PNVBA-M8	V1.1	流量传感器
TwinCAT3	V3.1	PLC 编程软件
网线		1根,用于连接电脑与 CPX-E-EC 从站
		模块

3 硬件结构

3.1 CPX-E-4IOL

显示元件 PL: 负载电源 U_{out} (绿色) Կ: 模块故障(红色) X0~X3: IO-Link 模式左侧 灯亮(绿色),标准 IO 模 式右侧灯亮(黄色)



接口 X0、X1、X2、X3 0/1:标准 IO 或 IO-Link 通信 下数据接口 2:+24V 工作电源 U_{EL/SEN} 3:+24V 负载电源 U_{out} 4:0V DC 工作电源 U_{EL/SEN} 5:0V DC 负载电源 U_{out}

接口 XD 0、1: +24V DC 负载电源 Uout 2、3: 0V DC 负载电源 Uout CPX-E-4IOL 模块需要通过 DIL 开关拨码确定每个端口的地址空间长度,本文中每个端口地址空间为 4Byte。

通过 DIL 开关设置由模块提供的地址空间(输入/输出) → Tab. 2.1。 使用未列出的开关位置组合会导致故障(故障编号 204)。

2.1.3 操作元件



	⇒	

DIL 开关	ŧ	1	2	3	4	5	6	地址空间 [Byte]
							0	母门 海口	朕 状
		0FF	0FF	0FF	0FF	0FF	0FF	2 I/2 0 ¹⁾	8 I/8 0 ¹⁾
		ON	0FF	0FF	0FF	0FF	0FF	4 1/4 0	16 I/16 O
		0FF	ON	0FF	0FF	0FF	0FF	8 I/8 O	32 1/32 0
1	2345678	ON	ON	0FF	ON	0FF	0FF	16 I/16 0 ²⁾	
		0FF	OFF	ON	0FF	ON	0FF	32 1/32 0 ³⁾	

1) 出厂设置 2) 仅端口 1 [X0] 和端口 2 [X1] 激活 3) 仅端口 1 [X0] 激活

2

3

3.2 SPAN



• 连接传感器。

- 注意允许的最大电缆长度: 30 m(IO-Link 时为 20 m)。

Pin	<u>颜色1)</u>	分配	插头 L1
1	棕色 (BN)	工作电压 +24 V DC	1 2 3 4
2	黑色(BK)	切换输出 OutA 或 IO-Link (C/Q 电缆)	++++
3	白色(WH)	开关输出端 OutB 或模拟输出端 (压力信号 InA)	
4	蓝色(BU)	0 V	

1) 颜色适用于连接电缆 NEBS-L1... 或带有 NEBU- M8 的电器适配器 SASC-P4......

3.3 SFAH

本文所用产品电接口为 M8 圆口,故只列出该接口定义,另一种扁平电接口定义可查询使用手册,登录 https://www.festo.com.cn 搜索 SFAH 即可查到相应的使用手册。



4 拓扑结构

本示例以安装 TwinCAT3 软件的电脑作为主站,以 CPX-E-EC 作为从站,在从站上挂载 CPX-E-4IOL 模块,然后将 SPAN 和 SFAH 作为 IO-Link 设备加载到 4IOL 模块上面。



5 安装 Beckhoff 软件

在 Beckhoff 官网(https://www.beckhoff.com.cn)下载安装新版本的 TwinCAT3 软件,如下所示。



6 安装 XML 设备描述文件

在 Festo 官网搜索 CPX-E-EC,在搜索结果页面点击支持/下载,选择 Software,在下拉列表中选择该从站的 XML 设备描述文件。

主页 自动化 教学与培训 案例 关	于费斯托 职业发展	1.	CN ZH FESTO
▶ 搜索与下载(型号如果有两行	亍,请用竖线 隔开)		
自动化 > 工厂自动化 > 控制技术和软件 > 电气	外围元件 > CPX-E > CPX-E-EC	1	
1111	🖍 总线模块 🗙		
in the second	CPX-E-EC		💄 请登录获取价格
**	4080498		<u>- 1 + </u> 件
m See	E CPX-E_EN.PDF ±		▶ 计算交货日期
		产品文档	┣ 添加到购物车
	☐ 打开 CAD 数据	▶ 下载数据表	
	◎ 备件目录		
┿ 配置您的产品	附件 技术参数	支持/下载	
		2	
产品信息 [19]			ø
技术文档 [4]			Ø
Certificates [1]			Ø
Software [14]			Ø
专业知识[4] 3			Ø
Training [7]			۵

设备描述文件可以直接放入 TwinCAT 的安装目录文件夹下,本文中的安装路径为: C:\TwinCAT\3.1\Config\lo\EtherCAT。

📙 🛃 📮 🛛 EtherCAT				- 🗆	×
文件 主页 共享	查看				~ 🧃
← → ∽ ↑ 📕 > 此电	脑 > (C:) OSDisk > TwinCAT > 3.1 > Config > Io > EtherCAT		ٽ ~		
▲ 卓面	名称 ^	修改日期	类型	大小	1
	Beckhoff EQ1xxx.xml	2015/11/12 15:24	XML文档	22 KB	
Wang Thoroau	Beckhoff EQ2xxx.xml	2016/11/23 11:42	XML文档	73 KB	
wang, moreau	Beckhoff EQ3xxx.xml	2016/11/22 12:22	XML 文档	1,386 KB	
_> 따电脑	Beckhoff ER1xxx.XML	2016/11/21 16:46	XML 文档	165 KB	
肩库	Beckhoff ER2xxx.XML	2016/11/21 15:32	XML 文档	259 KB	
통 保存的图片	Beckhoff ER3xxx.XML	2017/6/9 14:35	XML文档	1,177 KB	
통 本机照片	Beckhoff ER4xxx.xml	2016/11/22 13:58	XML 文档	318 KB	
■ 视频	Beckhoff ER5xxx.xml	2016/3/14 12:52	XML文档	273 KB	
馬 图片	Beckhoff ER6xxx.xml	2016/3/14 12:52	XML文档	494 KB	
風文档	Beckhoff ER7xxx.xml	2016/11/22 13:14	XML文档	1,503 KB	
	Beckhoff ER8xxx.xml	2016/3/14 12:52	XML文档	207 KB	
	Beckhoff EtherCAT EvaBoard.xml	2015/2/4 13:57	XML 文档	72 KB	
Sec. 1997	Beckhoff EtherCAT Terminals.xml	2015/2/4 13:57	XML 文档	53 KB	
🔛 控制面板	Beckhoff FB1XXX.xml	2017/5/24 13:26	XML 文档	49 KB	
☞ 程序	Beckhoff FCxxxx.xml	2015/2/4 13:57	XML 文档	21 KB	
😍 轻松使用	Beckhoff ILxxxx-B110.xml	2015/2/4 13:57	XML 文档	8 KB	- 1
鹶 时钟和区域	Festo-CMMT-AS-CiA402-20180822.xml	2018/8/22 17:01	XML 文档	1,360 KB	
🛄 所有控制面板球	Festo-CPX-AP-I-EC-20200331.xml	2020/5/14 11:21	XML 文档	622 KB	
4 外观和个性化	Festo-CPX-E-EC-20181211.xml	2018/12/11 15:58	XML 文档	1,247 KB	- H.
a south field		2010/2/04150	A children and an independent of	1.0.10.100	

7 使用 TwinCAT3 控制从站 IO-Link 设备

7.1 创建新项目

本文使用电脑作为主站, CPX-E-EC 作为从站, 在 TwinCAT3 安装完毕后, 打开软件, 然后点击下图中选项:



在弹出选项框中找到以太网选项,点击右侧安装,安装完毕后如下图所示:

themet Adapters	Update List
Installed and ready to use devices(realtime capable)	Install
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	Update
Compatible Contract Filter Driver	Bind
	Unbind
⊡	Enable
-	Disable
	🔽 Show Bindings

在文件选项下拉框中选择新建,然后点击项目。

×	📢 起始页 - Microsoft Visual Studio(管理员)										
文作	‡(F) 编辑(E) 视图(V) 调	试(D) TwinCAT	Twins	SAFE PLC	团队(M)	工具(T)	测试(S)	Scope	分析(N)	窗口(W)	帮助(H)
	新建(N)	•	1	项目(P)		Ct	rl+Shift+N	-VeR	<> <> <>> <>>	का का तो	la al laval eme
	打开(O)	•	*⊕	网站(W)		Sh	ift+Alt+N				
	关闭(C)		*2	团队项目(T)							
	关闭解决方案(T)		*b	文件(F)		Ct	rl+N	nit	v 201	5	
	保存选定项(S)	Ctrl+S		从现有代码的	创建项目(E).				,		
	将选定项另存为(A)		接到	新框架、语言	和技术培训						
-5	全部保存(L)	Ctrl+Shift+S	为功	目创建私有代	码存储库和	积压工作					
	导出模板(E)		着着	看看云服务入门有多简单							

选择 TwinCAT 项目,确定项目名称后点击确定,一个新的项目就建立完成了。

▷ 最近	.NET Framework 4.5.2 - 排序依据: 默认值	- III II	搜索已安装模板(Ctrl+E)	<i>،</i> ۹-
▲ 已安装	TwinCAT XAE Project (XML format)	TwinCAT Projects	类型: TwinCAT Projects	
 Visual Basic Visual F# Visual C++ SQL Server Python JavaScript TypeScript 游戏 生成加速器 其他项目类型 TwinCAT Measurement TwinCAT PLC TwinCAT Projects 1 	2		TwinCAT XAE System Manager Configuration	
▷ 联机	<u>单击此处以联机并查找模板。</u>			
名称(N): TwinCAT Proj	ect3			
位置(L): 3 c:\users\adm	inistrator\documents\visual studio 2015\Projects	•	浏览(B)	
解决方案名称(M): TwinCAT Pro	ect3		 ✓ 为解决方案创建目录(D) □ 添加到源代码管理(U) ▲ 确定 	当
			4	

7.2 读写 IO-Link 设备的参数

新建项目完成后,选择 I/O 下的 Devices,单击右键选择 Scan 扫描设备。

TwinCAT Pro	ject3 - Microsoft Visu	al Studio(管理员)			
文件(F) 编辑(E)	视图(V) 项目(P)	生成(B) 调试(D)	TwinCAT	TwinSAFE	PLC 团队(M)
0-0 13-	🖕 🔛 🔐 🖉 - 🤆	* Release + 1	winCAT RT	(x6 - ► 附)	ha • 🏓 🚅 🕅
解决方案资源管理器	* ×				
○ û [*] ⊙ -	5 🗗 🌶 🗕				
搜索解决方案资源管	5理器(Ctrl+;)				
A System Control of Control	roject3 A N	-)			
22. N	」 添加新项(W)	Ins			
1	」 添加现有项(G)…	Shift+Alt	+A		
	Export EAP Config	File			
	Scan				
6	粘贴(P)	Ctrl+V			
	Paste with Links				

扫描到设备后,点击 OK 即可添加设备。如果无法扫描到设备,建议检查网线等是否连接正常。



×

设备添加完毕后,在配置模式下点击从站选项,弹出参数界面,选择 CoE-Online 选项卡,在该项下打开 IO-Link 模 块参数选项,点击 Operating Mode(运行模式),即可更改模式为 IO-Link,实例中使用了 4IOL 模块的 X0、X1 两个接 口,因此需要将这两个接口运行模式都改为 IO-Link。参数修改完毕后,选择激活参数,参数会被下载至设备,并将配置 模式转变为运行模式。

DQ TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(管理员)	▼2 記 快速启动 (Ctrl+Q) P - 日 ×
文件(F) 編編(E) 視園(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 団队(M) 工具(T) 測试(S) Scope 分析(N) 窗口(W)	帮助(H) wangjun * W
General EtherCAT DC Process Data Slots Startup CoE - Online Diag History withe	
Update List Auto Update 🛛 Sit 2 ste 🖉 Show Offline Data Advanced	 □ 解去方案 TwinCAT Project3'(1 个项目) ▲ InvinCAT Project3 ▶ SYSTEM ▲ WOTION
RLd to datup: Winne Colu Index Name Plags Value 2000:0 Module Parameter CPX-E-EC R0 > 6 2001:0 Module Parameter CPX-E-EC R0 > 6 2001:0 Module Parameter E-4IOL R0 > 6 2001:0 Module Parameter E-4IOL R0 > 6 2001:01 Module Parameter E-4IOL R0 > 6 2001:02 Behaviour after SCS RW Resu 2001:03 Behaviour after SCO RW On (1) Bool 1 2001:05 Configuration Port 1 - Cycle Time RW On (1) 2001:07 Configuration Port 1 - Operating Mode RW Inactive 2001:07 Configuration Port 2 - Cycle Time RW Ox0000 (0) 2001:08 Configuration Port 2 - Cycle Time RW Ox0000 (0)	PIC SAFETY GC++ Gevice 2 (EtherCAT) inmage if Image-Info
************************************	P
(現金) (現金) (現金) (現金) (現金) (現金) (現金) (現金)	Image: Second state stat

CoE 的参数简要说明如下图所示。在设备为运行模式状态时,可通过 ISDU 功能读写 IO-Link 设备的设定参数。

8 G -	0 🔁 🕶	🛓 🗎 📲 🛛 🤊	- C	ê 🖬 📕		23	K 🔍 🚫	🚛 🛛 <l< th=""><th>ocal≻</th><th></th><th>* =</th></l<>	ocal≻		* =
TwinCA	T Project3 🖂	Þ ×									
Gene	ral EtherCA	T DC Pro	ocess Data	Slots	Star	tup (CoE - Online	Diag H	listory (Online	
	Update L	List	🗌 Auto Up	odate 🛛	⊠ Sing	jle Up	date 🗌 Shov	v Offline	Data		
	Advance	d									
	Add to Star	tup	Online Da	ta		Modu	le OD (AoE	0			
Inc	dex	Name			Flags	;	Value			Unit	
<u>+</u>	2101:0	Failsafe values	- E-4IOL		RO		> 16 <				
<u> </u>	2201:0	E-4IOL - ISDU	Access		RO	J	> 7 <	Chan	nel: 设定	读取的接	
Direction: 设定	2201:01	Direction			RW		Read (0)	, ם, ס	~3 分别对	应 X0~X3	
读或者写模式	2201:02	Channel			RW		0x00 (0)				
Index:参数索引,	2201:03	Index			RW		0x0000 (0)	Subir	idex:参	数子索引, 千 <u>二</u> 須加	
可通过查询手册得知	2201:04	Subindex			RW		0x00 (0)		通过互用-	于加待州	
ISDU Error:读	2201:05	ISDU Error			RW		0x0000 (0)	Len	gth of data h 堀上座	a:读或写	
5异常会报错	2201:06	Length of data	I		RW		0x00 (0)		山石区皮,	単位于り	
Data: 读或写的数	2201:07	Data			RW		00 00 00 00	0 00 00 0	00 00 00.		
据,首字节为高位地	2301:0	E-4IOL - IO-Lir	nk Settings		RO		> 16 <				
址,采用 16 进制表示	2400:0	Global CPX Pa	rameter		RO		> 8 <				
Name		Online		Туре		Size	>Add	In/Out	User	Linked to	
🔁 Inpu	ut 0	0		USINT		1.0	26.0	Input	0		
🔁 Inpu	ut 1	0		USINT		1.0	27.0	Input	0		

示例中 4IOL 模块 X0 口接的是 SPAN, X1 口接的是 SFAH,下文分别说明如何读写 SPAN、SFAH 的参数。

7.2.1 读写 SPAN 的参数

在 Festo 官网搜索 SPAN,在搜索结果页面点击支持/下载,选择专业知识在下拉列表中选择该传感器的 IO-Link 参数 应用附注,即可下载该应用手册。

主页 <u>自动化</u> 教学与培训 案	例 关于费斯打	も 职业	业发展			•	CN CN	ZH FES	TO
🔎 span									×
→ → 和置您的产品			重点产品	产品	支持/下载				
产品信息	10	Ŧ	文件类型	柄	题	描述		版本	
技术文档	4		应用附注	IC	D-Link parameter de	A brief explanation of	the conte	1.1020 16/11/29	~
Certificates	4								
Software	1								
专业知识	1								
									/

SPAN 选择读写的参数是 0x003C-压力检测,从手册中可以查得该参数在阈值比较器模式下为 OutA 的切换点,如下 所示:

BDC1, Pressure monitoring OutA									
0x003C	1	Setpoint SP1 (SP, SP.Lo)	1 16382, default 9830	R	R/	R/	2	UInteger16	
	2	Setpoint SP2 (SP.Hi)	83 16382, default 11468		W	W	2		

SPAN 的该参数设定为 6bar。



在读写 SPAN 参数时,主站显示数值采用 16 进制,需将参数转换成 10 进制然后乘上特定的比例系数才能得到实际的参数值。如下图所示,由于传感器采用单位为 bar,量程为 0~10bar,选取参数为 Switchpoint d.SP,所以查询手册对应的比例系数为 0.000610388818。

Range	9	Units								
[bar]		mbar	bar	kPa	MPa	PSI	mmHg	inchHg	inchH ₂ 0	kgf/cm ²
00,25	G ¹⁾	0,015259720442	0,000015259720	0,001525972044	0,000001525972	0,000221323933	0,011445736434	0,000450619545	0,006126319966	0,000015560337
P025	01)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00,25	G	0,015259720442	0,000015259720	0,001525972044	0,000001525972	0,000221323933	0,011445736434	0,000450619545	0,006126319966	0,000015560337
V025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 0,5	G	0,030519440884	0,000030519441	0,003051944088	0,000003051944	0,000442647867	0,022891472868	0,000901239089	0,012252639932	0,000031120674
P05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00,5	G	0,030519440884	0,000030519441	0,003051944088	0,000003051944	0,000442647867	0,022891472868	0,000901239089	0,012252639932	0,000031120674
V05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01	G	0,061038881768	0,000061038882	0,006103888177	0,000006103888	0,000885295733	0,045782945736	0,001802478179	0,024505279863	0,000062241348
V1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01	G	0,061038881768	0,000061038882	0,006103888177	0,000006103888	0,000885295733	0,045782945736	0,001802478179	0,024505279863	0,000062241348
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 2	G	0,122077763535	0,000122077764	0,012207776354	0,000012207776	0,001770591467	0,091565891473	0,003604956357	0,049010559727	0,000124482695
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06	G	0,366233290606	0,000366233291	0,036623329061	0,000036623329	0,005311774400	0,274697674419	0,010814869072	0,147031679180	0,000373448086
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
010	0	0,610388817677	0,000610388818	0,061038881768	0,000061038882	0,008852957334	0,457829457364	0,018024781786	0,245052798633	0,000622413477
P10	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.6 Conversion factors for the Hysteresis, Switchpoint d.SP and Max Signal-Delta (s.obS)

使用 ISDU 功能读取该参数,设置通道(Channel)为 0(代表 X0 口),索引(Index)为 0x003C(压力检测),子 索引(Subindex)为 1(Setpoint SP1),最后再选择模式(Direction)为 Read(0),得到 16 进制数据为 2666。

Genera	EtherC	AT DC	Process Data	a Slots	Startu	ip (CoE - Online	Diag H	listory	Online	
	Update	List	Auto U	pdate [☑ Single	e Up	date 🗌 Shov	v Offline	Data		
	Advance	ed									
4	Add to Sta	artup	Online Da	ita	N	1odu	le OD (AoE	0			
Inde	x	Name			Flags		Value			Unit	
÷ 2	101:0	Failsafe val	ues - E-4IOL		RO		> 16 <				
Ė~ 2	201:0	E-4IOL - IS	DU Access		RO		> 7 <				
-	2201:01	Direction			RW		Read (0)				
-	2201:02	Channel			RW		0x00 (0)				
-	2201:03	Index			RW		0x003C (60))			
-	2201:04	Subindex			RW		0x01 (1)				
ŀ	2201:05	ISDU Error			RW		0x0000 (0)				
H	2201:06	Length of a	lata		RW		0x02 (2)				
	2201:07	Data			RW		26 66 00 00	00 00 0	00 00 00)	
€-2	301:0	E-4IOL - IC)-Link Settings	;	RO		> 16 <				
. 1 € 24	400:0	Global CPX	Parameter		RO		> 8 <				
Name		Online	•	Туре	S	ize	>Add	In/Out	User	Linked to	
🔁 Input	0	0		USINT	1	.0	26.0	Input	0		
🔁 Input	1	0		USINT	1	.0	27.0	Input	0		

该数据是 16 进制显示,转换成十进制为 9830,乘上比例系数 0.000610388818,所以实际设定参数值是 6bar。 通过 ISDU 设定参数,计划将该参数设定为 4bar,转换后的 16 进制数为 1999,在 Data 中设置完毕后,选择模式 (Direction)为 Write (1)。

winCAT Project3 + ×									
General Ether	CAT DC	Process Data	Slots	Start	up C	oE - Online	Diag H	listory	Online
Updat	te List	Auto Up	date 🗄	✓ Singl	e Upd	late 🗌 Shov	v Offline	Data	
Advar	nced								
Add to 9	startup	Online Dat	ta	P	Modul	e OD (AoE	0		
Index	Name			Flags		Value			Unit
⊕ 2101:0	Failsafe val	ues - E-4IOL		RO		> 16 <			
i⊟ 2201:0	E-4IOL - IS	DU Access		RO		> 7 <			
2201:0	1 Direction			RW		Write (1)			
2201:0	2 Channel			RW		0x00 (0)			
2201:0	3 Index			RW		0x003C (60)		
2201:0	4 Subindex			RW		0x01 (1)			
2201:0	5 ISDU Error			RW		0x0000 (0)			
2201:0	6 Length of d	lata		RW		0x02 (2)			
- 2201:0	7 Data			RW		19 99 00 00	00 00 0	00 00 00)
	E-4IOL - IO	-Link Settings		RO		> 16 <			
⊕ 2400:0	Global CPX	Parameter		RO		> 8 <			
Name	ame Online			9	Size	>Add	In/Out	User	Linked to
🐔 Input 0	Input 0 0 US				0.1	26.0	Input	0	
🔁 Input 1	0		USINT		0.1	27.0	Input	0	

写入正常未报错后,观察 SPAN 中相应参数为 4bar。



注意:在 Data 中设置要写入的值时需使用 Hex Editor 进行编辑,编辑完成后点击 OK。

General EtherCAT DC Process Data Slot	Startup CoE - Online Diag History Online		Hex Editor	×
Update List Auto Update Advanced Add to Startup Offline Data	☑ Single Update ☑ Show Offline Data Module OD (AoE 0		þood og	OK Cancel
Index Name B 2101:0 Failsafe values - E-4IOL B 2201:0 E-4IOL - ISDU Access -2201:01 Direction -2201:02 Channel -2201:03 Index -2201:04 Subindex -2201:05 ISDU Error -2201:06 Length of data -2201:07 Data B: 2301:0 E: 410L - 10-Link Settings	Set Value Dialog X Dec: OK Hex Cancel Float Image: Cancel Book 0 1 Hex Edt Binary: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00			

如果在上面直接编辑的话会出现报错,提示数据格式不支持。

Set Value	Dialog	×		Microsoft Visual Studio	×
Dec: Hex:	1999 0x7CF	OK Cancel			
Float:			$ \longrightarrow $	Cannot convert this type of variable!	
Bool:	0 1	Hex Edit			
Binary:		238		海中	
Bit Size:	○1 ○8 ○16 ○32 ○	64		14HAE	

7.2.2 读写 SFAH 的参数

在 Festo 官网搜索 SFAH,在搜索结果页面点击支持/下载,选择技术文档在下拉列表中选择该传感器的 Description,即可下载该应用手册。

主页 自动化教学与培训案例关	于费期	託 职业	发展			ž	🛒 CN ZH	FE5	U
🔎 sfah									X
			🛔 SFAH_CN.PD)F 🕹					
<u>+</u> 配置您的产品			重点产品	产品	支持/下载				
产品信息	7	Ŧ	文件类型		标题	描述			
技术文档	2	4	Instructions		Instructions 8075045	相关产品 Flow sensor	SFAH- (8035300),	Flow sens	\sim
Certificates	3	8	Description		Description 8075054	相关产品 Flow sensor	SFAH- (8035300),	Flow sens	~
Software	1								

SFAH 选择读写的参数是 0x0114-流量差阈值,从手册中可以查知该参数为 OutA 的流量差阈值。

索引	子索引	名称	描述	值	访问	1)		长度	格式
					U	М	S	(字节)	
0x0112	0	OutA, Auto difference monitoring, max. signal delta (s.obS)	恒定输入信号 的极限值	16 328, 出厂设置 33	R	R	R/W	2	UInteger16
0x0113	0	OutA, Auto difference monitoring, time delta (t.obS)	恒定输入信号 的观测时间 (ms)	5 9999, 出厂设置 200	R	R/W	R/W		
0x0114	0	OutA, Auto difference monitoring, switch point delta (d. SP)	流量差的阈值	41 4096, 出厂设置 164	R	R/W	R/W		

SFAH 的该参数设定为 0.2l/min。



在读写 SFAH 参数时,主站显示数值采用 16 进制,需将参数转换成 10 进制然后乘上特定的比例系数才能得到实际的参数值。如下图所示,由于传感器采用单位为 l/min,量程为 0.2~10,选取参数为 d.SP,所以查询手册对应的比例系数为 0.001220777635。

9. 10. 2	对于迟滞、	开关点 d.SP	和最大信号-Delta	(s. obS)	的换算系数

范围		流量单位				
[l/min]		l/min	l/h	scft/min	scft/h	g/min
-0.1 0.1	G ¹⁾	0.000012207776	0,000732466581	0,000000431114	0.000025866838	0.000015783434
	01)	0	0	0	0	0
-0.5 0.5	G	0.000061038882	0,003662332906	0,000002155570	0.000129334188	0.00007891717
	0	0	0	0	0	0
-1 1	G	0.000122077764	0,007324665812	0,000004311140	0.000258668376	0.00015783434
	0	0	0	0	0	0
-5 5	G	0.000610388818	0.036623329061	0.000021555698	0.001293341879	0.000789171702
	0	0	0	0	0	0
-10 10	G	0.001220777635	0,073246658121	0,000043111396	0.002586683758	0.001578343405
l	0	0	0	0	0	0

使用 ISDU 功能读取该参数,设置通道(Channel)为1(代表 X1 口),索引(Index)为0x0114(流量差阈值), 子索引(Subindex)为0,最后再选择模式(Direction)为Read(0),得到16进制数据为00A4。

TwinCAT Project3	₽ X								
General EtherC	AT DC Process Data	Slots	Startup	CoE - Online	Diag History	Online			
Update	List Auto Up	odate [☑ Single U	Jpdate 🗌 Show	Offline Data	1			
Advance Add to Sta	artup Online Da	Online Data Module OD (AoE 0							
Index	Name		Flags	Value		Unit			
<u></u>	Failsafe values - E-4IOL		RO	> 16 <					
Ė 2201:0	E-4IOL - ISDU Access	RO	> 7 <						
2201:01	Direction	RW	Read (0)						
2201:02	Channel		RW	0x01 (1)	0x01 (1)				
2201:03	Index		RW	0x0114 (276)	0x0114 (276)				
2201:04	Subindex		RW	0x00 (0)	0x00 (0)				
2201:05	ISDU Error		RW	0x0000 (0)					
2201:06	Length of data		RW	0x02 (2)					
2201:07	Data		RW	00 A4 00 00	00 00 00 00 0	0			
<u></u> 2301:0	E-4IOL - IO-Link Settings		RO	> 16 <					
± 2400:0	Global CPX Parameter		RO	> 8 <					
Name	Online	Туре	Size	e >Add I	n/Out User	. Linked to			
🔁 Input 0	0	USINT	1.0	26.0 1	nput 0				
🔁 Input 1	0	USINT	1.0	27.0 1	nput 0				

该数据是 16 进制显示,转换为十进制是 164,乘上比例系数 0.001220777635,所以实际设定参数值是 0.2l/min。 通过 ISDU 设定参数,计划将该参数设定为 0.4l/min,转换后的 16 进制数为 148,在 Data 中设置完毕后,选择模式 (Direction)为 Write (1)。_____

TwinCAT Project3	* X							
General Ether	CAT DC Process Dat	a Slots	Startup	CoE - Online	Diag History	Online		
Update	e List 🗌 Auto U	pdate [☑ Single L	Ipdate 🗌 Show	Offline Data			
Advand	:ed]		
Add to St	artup Online D	ata	Module OD (AoE 0					
Index	Name		Flags	Value		Unit		
<u>⊕</u> 2101:0	Failsafe values - E-4IOL		RO	> 16 <				
i⊟ 2201:0	= 2201:0 E-4IOL - ISDU Access			> 7 <				
2201:01	2201:01 Direction			Write (1)				
2201:02	Channel		RW	0x01 (1)				
2201:03	Index		RW	0x0114 (276))			
2201:04	Subindex		RW	0x00 (0)				
2201:05	ISDU Error		RW	0x0000 (0)				
2201:06	Length of data		RW	0x02 (2)				
2201:07	'Data		RW	01 48 00 00	00 00 00 00 0	0		
÷ 2301:0	E-4IOL - IO-Link Setting	s	RO	> 16 <				
⊕ 2400:0	Global CPX Parameter		RO	> 8 <				
Name	Online	Туре	Size	>Add I	n/Out User	. Linked to		
🐔 Input 0	0	USINT	1.0	26.0 I	nput 0			
🔁 Input 1	0	USINT	1.0	27.0 I	nput 0			

写入正常未报错后,观察 SPAN 中相应参数为 0.4l/min。



7.3 读取 IO-Link 设备的实时数据

参数设置完毕后,可以通过 EtherCAT 通讯读取 IO-Link 设备的实时数据。在 PLC 选项中单击鼠标右键,选择添加新 项,在弹出选项框中选择标准 PLC 工程,命名后点击添加。

解决方案资源	管理器	* 🗆 ×		添加新项 - TwinCAT Project3					? ×
000	`@•\$@ /-			▲ 已安装	排序依据: 默认值	• # E		搜索已安装模板(Ctrl+E)	ρ-
搜索解决方式	證源管理器(Ctrl+;)	<i>.</i> Р-		Plc Templates	Standard PLC Project	t Plc Te	lemplates	类型: Plc Templates	
	* TwinCAT Project3*(1 个项目) nCAT Project3 WSTEM License Real-Time Tasks Routes Type System TcCOM Objects MOTION	Ins Shift+Alt+A	\rightarrow		1 Empty PLC Project	Pic Tr	Femplates	Creates a new TwinCAT PLC containing a task and a proc	project gram.
4 🔀	从源代码管理添加项目(D)								
-	台) 粘贴(P) Paste with Links	Ctrl+V			<u>単</u> :	出此处以联机并查找模板。			
	 Image Image-Info SyncUnits Inputs 			名称(N): 位置(L): 2 C:\Users\A	dministrator\documents\visual stur	dio 2015\Projects\TwinCAT Project3\	TwinCAT -	浏览(B) 译加(A)	取消

项目创建完毕后,打开 POUs 下的主程序,编写一个简单的测试小程序。

TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(管理员) 文件(F) 编辑(E) 视图(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 团队(M) 工具(T) 测试(S) Scope 分析(N) 窗口(W) 🔋 〇 - 〇 | 🎦 - 🏩 🔛 🥙 - ペ - | Release - TwinCAT RT (x6 - 🕨 附加... - | 声 🚽 🔛 🧧 🧟 🔍 🎯 👰 🐾 | <Local> MAIN ⊕ × 解决方案资源管理器 - 🗆 × © © ∯ ™o - ≒ @ ≯ --PROGRAM MAIN VAR 搜索解决方案资源管理器(Ctrl+;) Q Input_00 AT%I*: BYTE; Input_01 AT%I*: BYTE; Input_10 AT%I*:BYTE; Input_11 AT%I*:BYTE; SAFETY ‰ C++ 4 \overline 🛛 I/O Devices X0: BOOL; END_VAR Device 2 (EtherCAT) Image Image-Info X0:=1; 1 SyncUnits Inputs Outputs 4 Þ

程序编写完毕后进行编译。

🕅 TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(管理员)	
文件(F) 编辑(E) 视图(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT	TwinSAFE PLC 团队(M) 工具(T) 测试(S) Scope 分析(N) 窗口(W)
🖸 - O 🔯 - 🏠 🔛 🔐 🥙 - C - Release - TwinCAT RT	(x6 - 🕨 附加 声 🚽 🔛 🧰 🧧 🖉 🔨 🛞 阑 🐛 <local></local>
TwinCAT Project3 MAIN +> ×	解决方案资源管理器 ▼ □ ×
<pre>1 PROGRAM MAIN 2 VAR 3 4 Input_00 AT%I*: BYTE; 5 Input_01 AT%I*: BYTE; 6 Input_10 AT%I*: BYTE; 7 Input_11 AT%I*: BYTE; 8 X0: BOOL; 9 END_VAR 10 1 X0:=1; 2 3 4</pre>	
	Check all objects

编译完成后,在 PlcTask Inputs 下面会显示出程序中声明的变量,选择相应变量单击鼠标右键,在下拉框中选择 Change Link,将声明变量与物理变量进行绑定。



在弹出框中会显示出 CPX-E-EC 模块的一系列物理变量,选择相应的物理变量后点击 OK 即可。绑定完毕后,可以看 到四个变量左下角有一个小箭头标志。



在 CPX-E-EC 的输入变量中可以看到,相应的被绑定的物理变量左下角同样有一个小箭头标志。注意:由于模块调整 为每个接口数据长度为 4Btye, SPAN 数据长度为 2Byte, SFAH 数据长度为 3Byte 但传输实时数据主要是高 16 位,所以 绑定时都只绑定了 2 个字节。使用其他 IO-Link 设备时会有一定差异,需要注意这一点。

TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(智徳県) 文は(F) 編編(E) 視風(V) 項目(P) 生成(B) 編武(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 同队(M) 工具(T) 測试(S) Scope 分析(N) 窗口(W) で で
文件(F) 編編(E) 視題(V) 项目(P) 生成(B) 編成(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 図[k(M) 工具(T) 測成(S) Scope 分析(N) 部口(W) ○ - ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
NinCAT Project3 MAIN ** Release * TwinCAT RT (x6 *) 附加* 声音: 計画 回音: 計画 回音: 計画 回音: 計画 回音: 計画 Cocal> 1 FROGRAM MAIN * * #\$x52\$
TwinCAT Project3 MAIN ** 株力支援滞管理器 マロメ 1 PROGRAM MAIN * 2 VAR 3 Input_0 ATSI*: BXTE; 6 Input_0 ATSI*: BXTE; 7 Input_11 ATVI*: BYTE; 7 Input_11 ATVI*: BYTE; 8 VO
TwinCAT Project3 MAIN ** 解決方意決測管理器 マロ× 1 FROGRAM MAIN 0 0 分 9 5 分 0 - 5 分 0 0 分 9 5 分 0 - 5 分 2 VAR 営業除決方意決測管理器(Ctrl+:) 0 - 7 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 3 Input_0 0 AT%1*: BYTE; 5 SAFETY 5 SAFETY 0 SAFETY 0 - 5 分 4 Input_0 1 AT%1*: BYTE; 1 回 U/0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 5 Input_0 1 AT%1*: BYTE; 1 回 U/0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 7 Input_11 AT%1*: BYTE; 1 回 U/0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 0 - 5 分 8 X0: BOUL; 4 - 5 Devices - 5 Devices - 5 Devices - 5 Devices
1 PROGRAM MAIN 2 VAR 3 2 4 Input_00 AT&1*: BYTE; 5 Input_01 AT&1*: BYTE; 6 Input_10 AT&1*: BYTE; 7 Input_11 AT&1*: BYTE; 8 X0: BOUL;
- VAR - Input_00 AT%I*: BYTE; - Input_10 AT%I*: BYTE; - Input_10 AT%I*: BYTE; - Input_11 AT%I*: BYTE; - X0: FOLL: - 一覧 Devices
4 Input_00 AT%I*: BYTE; 5 Input_01 AT%I*: BYTE; 6 Input_10 AT%I*: BYTE; 7 Input_11 AT%I*: BYTE; 8 X0: BOUL;
5 Input_01 AT%1*: BYTE; 6 Input_10 AT%1*: BYTE; 7 Input_11 AT%1*: BYTE; 8 X:0: BOOL;
≤ Input_10 AT\$1':BYTE; ▲ I/O 7 Input_11 AT\$1':BYTE; ▲ I/O 8 X:0: BOOL; ▲ I/D Devices
8 X0: BOL: 4 Devices
5 END VAR Service 2 (EtherCAT)
10 mage
1 X0:=1; The second sec
2 b Inputs
B Outputs =
► InfoData
▲ Ⅲ Box 1 (CPX-E-EC)
Module 2 (E-4IOL - 16 Bytes I/16
🔺 🔄 Inputs
[] Input 0
a Input 1
input 4
🚰 Input 5
🕫 Input 6
🥦 Input 7
Tinput 8
The second secon
· 雷沃列表
話記刻表

变量绑定完毕后,激活参数,点击登录。

文件(F) 編編(E) 视图(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 团队(M) 工具(T) 测试(S) Scope 分析(N) 審印(M) 帮助(H)	,
TwinCAT Project3 MAIN ・ × 解決方案投源管理器 I I I 1 PROGRAM MAIN 0 公 1 // / / / / / / / / / / / / / / / / / /	×
Input_00 AT%1*: BYTE; Input_01 AT%1*: BYTE; Input_10 AT%1*: BYTE; Input 10 AT%1*: BYTE; Input 10 AT%1*: BYTE; Input 20 BY100 AT%1*: BYTE; Input 20 BY100 AT%1*: BYTE; Imput 10 AT%1*: BYTE; I	d I svices Nage roups

登录完毕后,点击启动。

📢 TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(管理员)				7 8	快速启动 (Ctrl+Q)	P	-	ð	×
文件(F) 编辑(E) 视图(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 团队(M) 工具	l(T) 测试(S) Sco	pe 分析(N) 1	曾口(W) 帮助(H)		_		wangju	un *	
🕺 〇 - 〇 稻 - 🏩 🔐 🦻 - 🦿 - Release - TwinCAT RT (x6 - 🕨 附加 声 🛫 🔛 🛄	💆 🖉 🔨 🎯 🕸	<local></local>	- ₋ U	Untitled2	- 1 J 🕨	€	÷.	÷	÷
TwinCAT Project3 MAIN [Online] * ×				解决方案资源管	き理解		- 0	×	-
TwinCAT_Project3.Untitled2.MAIN				004	`o - 5 🕫 🌶 🗕				
表达式	类型	值	准备值	搜索解决方案资	E源管理器(Ctrl+;)		\$	ρ	N.
Input_00	BYTE	0		SA 🚺	FETY				
Input_01	BYTE	0		96. C+	+				
<pre> Input_10 </pre>	BYTE	0		🖌 🖌 🔀 1/0)				
<pre> Input_11 </pre>	BYTE	0		I ▲ **	Devices				
x0	BOOL	FALSE		· ·	Device 2 (EtherCAT)				
					🚰 Image 🛃 Image-Info				

启动成功后,即可查看实时数据。

KV TwinCAT Project3 - Microsoft Visual Studio(管理员)			
文件(F) 编辑(E) 视图(V) 项目(P) 生成(B) 调试(D) TwinCAT TwinSAFE PLC 团队(M) 工具	具(T) 测试(S) Sco	ope 分析(N)	窗口(W) 帮助(H)
〇 - 〇 智 - 🏩 🔛 🥐 - ペ - Release - 🛛 TwinCAT RT (x6 - 🕨 附加 声 🚽 評 😰	📕 🖉 🖄 🌀 🙋	Local>	- 🚽
TwinCAT Project3 MAIN [Online] + ×			
TwinCAT_Project3.Untitled2.MAIN			
表达式	类型	值	准备值
Input_00	BYTE	51	
Input_01	BYTE	238	
Input_10	BYTE	31	
Input_11	BYTE	254	
X0	BOOL	TRUE	

上述变量中, Input_00、Input_01 对应 X0 口两个字节数据, Input_10、Input_11 对应 X1 口两个字节数据。从之前的描述中可得知, X0 口接 SPAN, X1 口接 SFAH。

7.3.1 读取 SPAN 的实时数据

对于 SPAN, 查手册可得知其 2 个字节的数据格式如下:

3.4 Process Data IN

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Significance	MSB													LSB		
Process data	Proce	rocessDataVariable (PDV)											BDC2	BDC1		
Data content	14-bit measured value (pressure measurement value InA)										OutB	OutA				
Index	0x00	0x0028														
Sub-Index	1									2	3					
Data type	UInte	UInteger14										BooleanT				

Table 3.12: Process data mapping

在 16 位数据中,低 2 位标志输出口,高 14 位为数据。在示例的实时数据中,高 8 位显示为 53(十进制),低 8 位显示为 70(十进制),由于低 2 位为标志位,所以转换为十进制数应为 53 x 2⁶+70-2 = 3460,查询手册可得知该数 据同样需要乘以折算系数 0.000610388818,则理想实际气压值应为 2.11bar。

3.5 Conversion factors for the parameters ProcessDataVariable, ProcessDataVariable Min, ProcessDataVariable Max, and Setpoints SP1, SP2

The conversion factors, necessary for the correct representation of the measurement values and the switching points in different physical units in the control unit, are:

Range	9	Units								
[bar]		mbar	bar	kPa	MPa	psi	mmHg	inchHg	inchH₂0	kgf/cm ²
0 0,25	G ¹⁾	0,015259720442	0,000015259720	0,001525972044	0,000001525972	0,000221323933	0,011445736434	0,000450619545	0,006126319966	0,000015560337
P025	0 ¹⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00,25	G	-0,015259720442	-0,000015259720	-0,001525972044	-0,000001525972	-0,000221323933	-0,011445736434	-0,000450619545	-0,006126319966	-0,000015560337
V025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 0,5	G	0,030519440884	0,000030519441	0,003051944088	0,000003051944	0,000442647867	0,022891472868	0,000901239089	0,012252639932	0,000031120674
P05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00,5	G	-0,030519440884	-0,000030519441	-0,003051944088	-0,000003051944	-0,000442647867	-0,022891472868	-0,000901239089	-0,012252639932	-0,000031120674
V05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 •1	G	-0,061038881768	-0,000061038882	-0,006103888177	-0,000006103888	-0,000885295733	-0,045782945736	-0,001802478179	-0,024505279863	-0,000062241348
V 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 1	G	0,061038881768	0,000061038882	0,006103888177	0,000006103888	0,000885295733	0,045782945736	0,001802478179	0,024505279863	0,000062241348
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 2	G	0,122077763535	0,000122077764	0,012207776354	0,000012207776	0,001770591467	0,091565891473	0,003604956357	0,049010559727	0,000124482695
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06	G	0,366233290606	0,000366233291	0,036623329061	0,000036623329	0,005311774400	0,274697674419	0,010814869072	0,147031679180	0,000373448086
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 10	0	0,610388817677	0,000610388818	0,061038881768	0,000061038882	0,008852957334	0,457829457364	0,018024781786	0,245052798633	0,000622413477
P10	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0

实际测量值为 2.08bar,误差在 1.44%左右。



7.3.2 读取 SFAH 的实时数据

9.9

对于 SFAH 而言, 查手册可得知其 3 个字节的数据格式如下: 过程数据 IN

23 22 21 20 19 18 15 14 13 12 11 10 9 位 17 16 8 未使用 LSB 含义 MSB 过程数据 PDV 流量 数据内容 14 bit PDV 测量值(InA) 索引 0x0028 子索引 1 数据类型 UInteger14 F 4 12 1.

1꼬	1	6	5	4	3	2	1	0
过程数据	未使用					BDC3	BDC2	BDC1
数据内容						脉冲	OutB	OutA
索引						0x0028		
子索引						2	3	4
数据类型						布尔代	数	

Tab. 23 IN 过程数据制图

传输实时数据主要依靠高16位,所以在示例中只绑定了这2个字节。实时数据显示,高8位为31(十进制),低 8位为255(十进制),转换成十进制为31x2⁸+255=8191,由于量程为0.2~10l/min,查询手册可得知需要乘以系数 0.001220777635 后再减去偏移量-10,理想流量值为-0.00061l/min。

	H J 12	大 升示奴											
范围		流量单位											
[l/min]		l/min	l/h	scft/min	scft/h	g/min							
-0.1 0.1	G1)	0.000012207776	0,000732466581	0,000000431114	0.000025866838	0.000015783434							
	01)	-0.1	-6	-0.00353147	-0.2118882	-0.12929							
-0.5 0.5	G	0.000061038882	0,003662332906	0,000002155570	0.000129334188	0.00007891717							
	0	-0.5	-30	-0.01765735	-1.059441	-0.64645							
-1 1	G	0.000122077764	0,007324665812	0,000004311140	0.000258668376	0.00015783434							
	0	-1.0	-60	-0.03531470	-2.118882	-1.2929							
-5 5	G	0.000610388818	0.036623329061	0.000021555698	0.001293341879	0.000789171702							
	0	-5.0	-300	-0.1765735	-10.59441	-6.4645							
-10 10	G	0.001220777635	0,073246658121	0,000043111396	0.002586683758	0.001578343405							
	0	-10	-600	-0.35314700	-21.18882	-12,929							
-50 50	G	0.006103888177	0,366233290606	0,000215556980	0.012933418788	0.007891717024							
	0	-50	-3000	-1.76573500	-105.9441	-64,645							
-100 100	G	0.012207776354	0,732466581212	0,000431113960	0.025866837576	0.015783434047							
	0	-100	-6000	-3.53147000	-211.8882	-129.29							
-200 200	G	0.024415552707	1,464933162424	0,000862227919	0.051733675151	0.031566868095							
	0	-200	-12000	-7.06294000	-423.7764	-258.58							

对于过程数据变量、最小过程数据变量、最大过程数据变量和额定值 SP1, SP2 9. 10. 1

1) 倾斜度,0= 偏移量

Tab. 24 对于过程数据变量、最小过程数据变量、最大过程数据变量,额定值 SP1, SP2 的换算系数

实际测量值为0,如下图所示。

