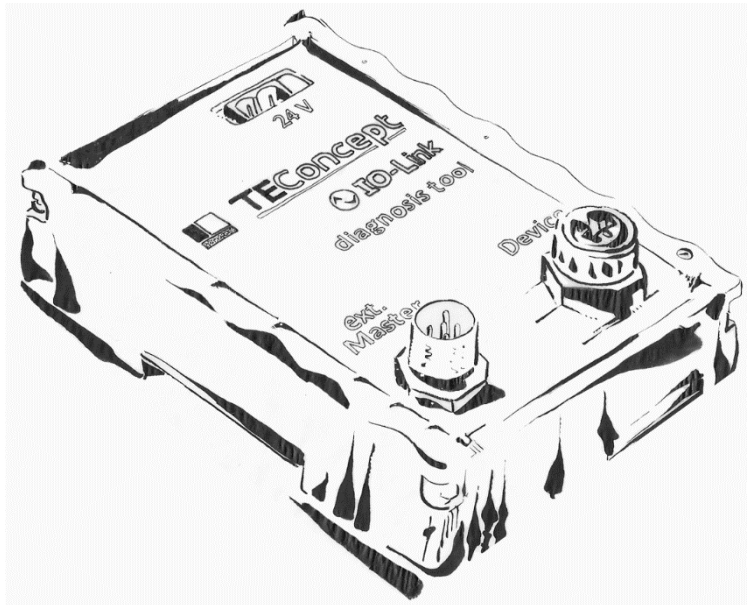


IO-Link Diagnose Tool



Übersicht

Der IO-Link Standard als feldbusunabhängige Möglichkeit, Sensoren oder Aktuatoren an Steuerungen anzuschließen, erfreut sich zunehmender Akzeptanz und das nicht nur in Deutschland und Europa, sondern weltweit.

Alle Hersteller von IO-Link Produkten, haben sich dazu bereit erklärt, diese umfangreichen Tests bezüglich der Interoperabilität und der elektrischen Eigenschaften zu unterziehen. Sowohl für IO-Link Master als auch für IO-Link Devices gibt es von der IO-Link Gemeinschaft empfohlene, automatisierte Testsysteme, deren Einsatz einen hohen Grad an Interoperabilität sicherstellt.

Wegen des Erfolgs von IO-Link steigt jedoch die Anzahl der IO-Link Knoten schnell an und damit die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Gerätekombinationen, vielleicht in einer ganz speziellen Konfiguration, nicht wie gewünscht miteinander kommunizieren.

Insbesondere, wenn die betroffenen Geräte von unterschiedlichen Herstellern stammen, ist die Ursache eines Problems nicht immer einfach zu ermitteln, zumal diese in unterschiedlichen Ebenen lokalisiert sein kann. Häufige Fehlerursachen sind:

- a) Inkorrekte oder inkompatible Konfiguration von Mastern und/oder Devices.
- b) Inkompatible Implementation des IO-Link Protokolls auf Master- oder Deviceseseite, die durch den Protokolltest nicht aufgedeckt wurden.
- c) Verletzung von zeitlichen Anforderungen im Zusammenspiel von Master und Device.
- d) Fehlschlagen des Anlaufs der Kommunikation.
- e) Unklare Kommunikationsabbrüche.
- f) Keine IO-Link Konformität bei statischen oder dynamischen elektrischen Parametern.
- g) Störungen durch externe Faktoren.

Um den Anwendern von IO-Link Knoten bei allen oben aufgeführten Problemursachen deren Identifikation und Beseitigung zu erleichtern, wurde ein neues Konzept für ein IO-Link Diagnosegerät erarbeitet, dass im Folgenden vorgestellt wird.

Theoretischer Hintergrund

Um die Vielzahl der möglichen Fehlern, die für IO-Link Kommunikationsprobleme verantwortlich sein können, gut erfassen zu können, ist anzustreben, das IO-link Kommunikationsverhalten möglichst detailliert beobachten zu können. Die Kommunikation zwischen Master und Device betrifft bei der aktuell eingesetzten physikalischen Verbindungstechnik drei elektrische Leiter, die durch die Kürzel L+, C/Q und L- gekennzeichnet werden. Der IO-Link Datentransfer wird über die C/Q-Leitung abgewickelt. Hier enthält der Spannungsverlauf „UCQ“ die Kommunikationsinformation, aber auch der Stromfluss „ICQ“ auf dieser Leitung liefert relevante Informationen über die Qualität der IO-Link Kommunikation. Die L- Leitung definiert das Referenzpotential für Spannungsverläufe und dient als Rückleiter für Stromflüsse über L+ und C/Q. Der Stromrückfluss über L- entspricht gemäß der Stromknotenregel der Summe aus den L+ und C/Q Stromflüssen. Demzufolge kann ein System, das die elektrischen Strom- und Spannungsparameter auf der L+ und C/Q beobachten kann, alle IO-Link Kommunikationseigenschaften vollständig erfassen.

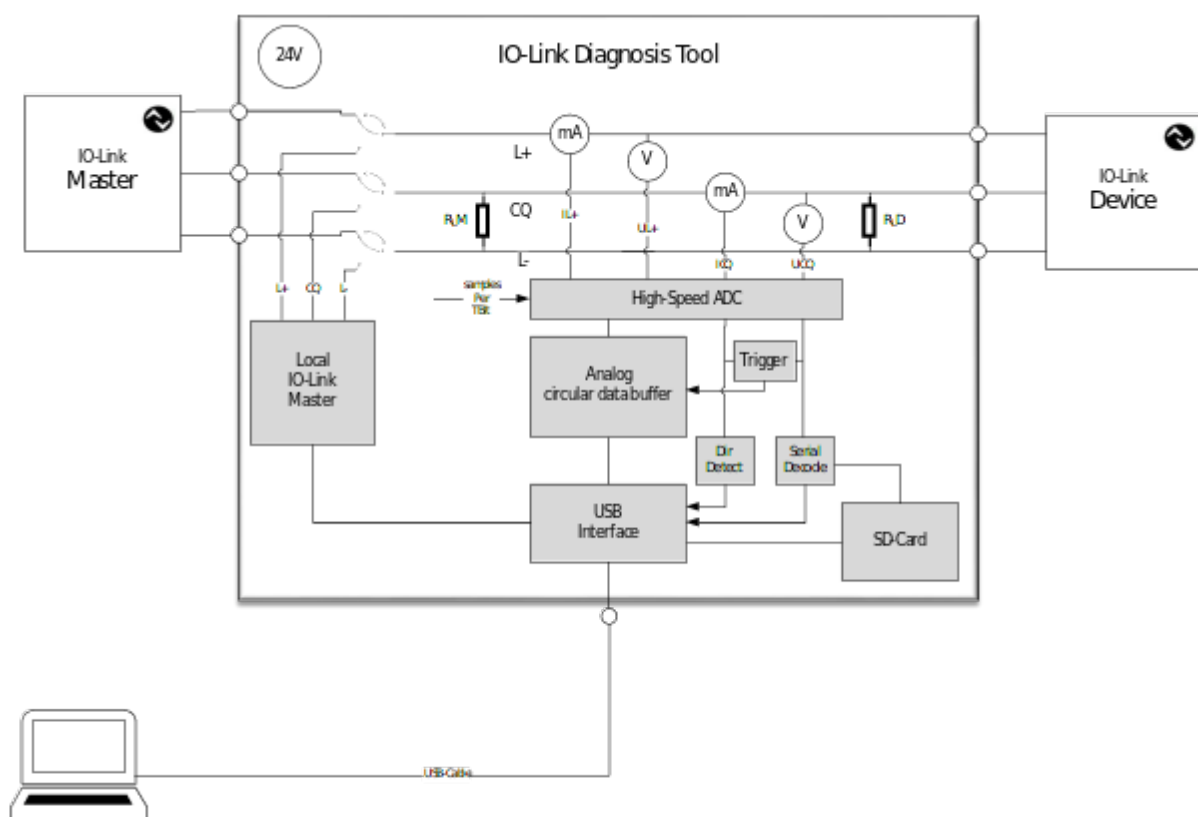


Abbildung 1: Funktionsprinzip der Elektronik des Diagnosetools

Aus diesem Grund enthält das hier vorgestellte IO-Link Diagnosegerät vier Messpunkte für die Spannungen und Ströme auf den L+ und CQ Leitungen, welche die Signale UCQ, ICQ, UL+ und IL+ aufnehmen. Diese vier Signale werden über schnelle A/D-Wandler digitalisiert und dahinter digital weiterverarbeitet. Die Abtastfrequenz der A/D-Wandler wird mit den IO-Link Signalen synchronisiert, so dass 5, 10, 20 oder 40 Abtastungen pro TBIT – kurz Samples per TBIT „SBT“ – erfolgen, wobei ein TBIT die Zeit für die Übertragung eines Bits über IO-Link entspricht.

Die derart digitalisierten Signale werden mit Hilfe eines in Software implementierten Dekodierungsalgorithmus in IO-Link Octets (Bytes) überführt. Jede Signalfanke innerhalb eines IO-Link Bytes wird mit hoher zeitlicher Auflösung – herunter bis zu 1/40 TBIT – detektiert, was für alle relevanten Analysefälle, z.B. für Timing-Analysen oder für die Augendiagrammerstellung, mehr als ausreichend genau ist.

Die dekodierten Daten werden über eine USB-Verbindung lückenlos an einen PC zur Speicherung oder für die weitere Analyse weitergesendet. Das Diagnose Tool bietet jedoch auch Zugriff auf die nicht dekodierten Rohdaten. Diese werden in einem Ringpuffer gespeichert. Bei Auftreten einstellbarer Ereignisse wird der Inhalt des Ringpuffers eingefroren und zur Darstellung auf den PC übertragen.

Ein integrierter IO-Link Master kann statt des externen Masters alternativ ausgewählt werden. Dies ist hilfreich, wenn ein direkter Zugriff auf bestimmte Einstellungen des Devices erfolgen soll.

Beschreibung der Anwendungsmöglichkeiten

Zusammen mit der mitgelieferten graphischen Benutzeroberfläche bieten sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten, die hier kurz aufgeführt werden.

Die mitgeschnittene IO-Link Kommunikation kann in vier unterschiedlichen Tiefen analysiert werden.

- Die **Applikationsansicht** ermöglicht es auch Anwendern, die nur geringe Kenntnisse über IO-Link mitbringen, sich ein klares Bild von der Kommunikation zu machen. Diese Ansicht verwendet die Informationen aus der IODD, um die Kommunikationsinhalte quasi im Klartext darzustellen.

02:36.709600	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Minimum Cycle Time = 3000 µs
02:36.721141	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	M-Sequence Capability = 0x01
02:36.728838	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Revision ID = 1.1
02:36.736119	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Process Data Input Length = 2 byte SIO: Supported
02:36.743379	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Process Data Output Length = 0 byte
02:36.750660	STARTUP	Master Command	Write master command	Master Ident (0x95)
02:36.757909	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Vendor ID = 0x15B
02:36.772450	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Device ID = 0x64
02:36.794251	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Function ID = 0x00
02:36.808792	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Reserved [1][14] = 0x00
02:36.816072	STARTUP	Master Command	Write master command	Device Preoperate (0x9A)
02:36.823332	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	Serial Number = 127071-000045
02:36.973864	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product ID = 623-11035
02:37.104637	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	Vendor Name = Sensopart Industriesensorik GmbH
02:37.406462	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product Name = FT 55-RLAP2-PNSL-L4
02:38.162090	PREOPERATE	Write Direct Parameter Page 1	Positive Response	3000 µs = Master Cycle Time
02:38.172100	PREOPERATE	Master Command	Write master command	Device Operate (0x99)
02:53.098250	OPERATE	ISDU Write	Positive Response	T E S T Wert = Application Specific Tag

Das obige Beispiel zeigt das Anlaufen einer IO-Link Kommunikation. Im STARTUP Zustand werden Basisparameter übertragen. Dann wird das Device in den PREOPERATE Modus geschaltet, wo Seriennummer, Product_ID u.s.w. ausgelesen werden. Schließlich schaltet der Master das Gerät mit Hilfe eines Master Kommandos „0x99“ in den OPERATE Modus. In diesem Modus wird dann der Parameter „Application Specific Tag“ mit „T E S T Wert“ beschrieben.

- Die **Protokollansicht** legt den Fokus auf Vorgänge, die über mehrere Zyklen gehen, wie die Übertragung von Konfigurationsparametern, arbeitet aber ohne die IODD auszuwerten, so dass dieser Modus hauptsächlich dann Anwendung findet, wenn keine IODD des Devices zur Verfügung steht.

00:17.794316	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	M-Sequence Capability = 0x09	
00:17.795559	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Revision ID = 1.1	
00:17.796806	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Process Data Input Length = 4 byte SIO: Supported	
00:17.798050	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Process Data Output Length = 0 byte	
00:17.799298	STARTUP	Master Command	Write master command	Master Ident (0x35)	
00:17.800543	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Vendor ID = 0x02	
00:17.803038	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Device ID = 0x6C	
00:17.806782	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Function ID = 0x00	
00:17.809489	STARTUP	Read Direct Parameter Page 1	Positive Response	Reserved [1][14] = 0x00	
00:17.810739	STARTUP	Master Command	Write master command	Device Preoperate (0x9A)	
00:17.811989	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	[0x15][0x00] = 0x31, 0x45, 0x46, 0x44, 0x31, 0x35, 0x30, 0x34, 0x31, ...	1EFD150416162738
00:17.842025	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	[0x13][0x00] = 0x34, 0x32, 0x45, 0x46, 0x2D, 0x44, 0x32, 0x4D, 0x50, ...	42EF-D2MPAK-F4 Series D
00:17.922513	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	[0x10][0x00] = 0x41, 0x6C, 0x6C, 0x65, 0x6E, 0x2D, 0x42, 0x72, 0x61, ...	Allen-Bradley
00:17.952691	PREOPERATE	ISDU Read	Positive Response	[0x12][0x00] = 0x34, 0x32, 0x45, 0x46, 0x2D, 0x44, 0x32, 0x4D, 0x50, ...	42EF-D2MPAK-F4
00:18.562428	PREOPERATE	Write Direct Parameter Page 1	Positive Response	2000 µs = Master Cycle Time	
00:18.572440	PREOPERATE	Master Command	Write master command	Device Operate (0x99)	
12:12.911394	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	[0x13][0x00] = 0x34, 0x32, 0x45, 0x46, 0x2D, 0x44, 0x32, 0x4D, 0x50, ...	42EF-D2MPAK-F4 Series D

Diese Ansicht zeigt neben dem Zeitpunkt des Kommandos den IO-Link-Status, den aktuell ablaufenden Vorgang (wie ISDU Read), dessen Erfolg, sowie dessen Inhalt in kodierter Form.

- Die **M-Sequenz Ansicht** schaut tiefer in die Details der Kommunikation. Hier wird jeder Zyklus gesondert dargestellt, wobei die einzelnen Telegrammteile farblich hervorgehoben werden.

+	▲	24052458,8 [500]	0xF1 0x94	10,6 tbit	0x00 0x06 0xA5 0x01 0x01 0x11
+		24285076 [500]	0xF1 0x94	7,1 tbit	0x00 0x06 0xA6 0x01 0x01 0x21
+		24517694,4 [500]	0xF1 0x94	9,2 tbit	0x00 0x06 0xA7 0x01 0x01 0x30
+		24750311,7 [500]	0xF1 0x94	6,9 tbit	0x00 0x06 0xA7 0x01 0x01 0x30
+		24982930 [500]	0xF1 0x94	10 tbit	0x00 0x06 0xA8 0x01 0x01 0x30
+	▲	25215548,4 [500]	0xF1 0x94	10,4 tbit	0x00 0x06 0xA8 0x01 0x01 0x30
+		25448165,7 [500]	0xF1 0x94	6,9 tbit	0x00 0x06 0xA9 0x01 0x01 0x21
+	▲	25680784 [500]	0xF1 0x94	10,3 tbit	0x00 0x06 0xAA 0x01 0x01 0x11
+		25913401,3 [500]	0xF1 0x94	8,1 tbit	0x00 0x06 0xAA 0x01 0x01 0x11
+	▲	26146019,7 [500]	0xF1 0x94	10,7 tbit	0x00 0x06 0xA6 0x01 0x01 0x21
+		26378636,9 [500]	0xF1 0x94	8,6 tbit	0x00 0x06 0xAC 0x01 0x01 0x22

Dabei wird die Einhaltung der Protokollspezifikationen überprüft und die Position eventueller Unregelmäßigkeiten markiert. Im obigen Bild zeigen die Ausrufezeichen, dass das angeschlossene Device zu spät antwortet. Eine Detailansicht wichtiger Bytes unterstützt Spezialisten bei der Analyse einer M-Sequenz.

<p>M-sequence control (MC) byte</p> <p>Data Byte: 0x20</p> <p>0 0 1 0 0 0 0 0</p> <p>R/W: Write</p> <p>Communication Channel: PAGE</p> <p>Address: 0x00 (COUNT)</p>	<p>Checksum / M-sequence type (CKT) byte</p> <p>Data Byte: 0x06</p> <p>0 0 0 0 0 1 1 0</p> <p>Frame Type: TYPE 0</p> <p>Checksum: 0x06</p>	<p>Checksum / Status (CKS)</p> <p>Data Byte: 0x2D</p> <p>0 0 1 0 1 1 0 1</p> <p>Event: No Event (0)</p> <p>PD status: Valid (0)</p> <p>Checksum: 0x2D</p>
---	--	---

- In der **Raw-Ansicht** wird der IO-Link Datenstrom schließlich Byte für Byte dargestellt, wobei für jedes Byte ein Zeitstempel und eine Signalrichtung angegeben werden.

Timestamp	ΔT	Raw Data	Direction
4099803,3	0	0xA2	M → D
4099803,8	0	0x00	M → D
4099822,6	7,8	0x14	M ← D
4099836,2	2,6	0x73	M ← D
4100072,6	225,4	0xA3	M → D
4100083,6	0	0x11	M → D
4100104,6	10	0x09	M ← D
4100118,3	2,7	0x1E	M ← D
4100359,3	230	0xA4	M → D
4100370,5	0,2	0x33	M → D
4100388,2	6,7	0x11	M ← D
4100402	2,8	0x28	M ← D
4100646,3	233,3	0xA5	M → D

Die Signalrichtung wird dabei normalerweise mit Hilfe einer Timinganalyse bestimmt. Dies setzt aber voraus, dass sich sowohl Master als auch Device an die Timingvorgaben halten, was in Problemfällen nicht notwendigerweise der Fall ist. Für solche Fälle kann die Signalrichtung auch durch Messung der Stromflussrichtung auf der Datenleitung bestimmt werden.

Es lassen sich bis zu zwei Ansichten gleichzeitig darstellen, wobei die Ansichten miteinander verlinkt sind. So werden bei Auswählen einer Zeile in der Applikationsansicht die zugehörigen Zyklen

The screenshot displays two windows from a diagnostic tool. The top window, 'ApplicationView', shows a table of ISDU operations. The bottom window, 'Msequence View', provides a detailed view of a selected ISDU read operation, showing the master request, response delay, and device response data.

Timestamp	State	Action Name	Message	Details
1800116,2	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product Text = Optical distance sensor
1829100,8	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Serial Number = 127071-000045
1862175	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Firmware Version = 1.0
1896301,5	OPERATE	Write system command	Positive Response	Param upload end (0x02)
3645386,8	OPERATE	ISDU Write	Positive Response	***** = Application Specific Tag
4157748,4	OPERATE	ISDU Write	Positive Response	T E S T Wert = Application Specific Tag
5600750,5	OPERATE	Write system command	Positive Response	Param upload start (0x01)
5628565,9	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Device Access Locks = {...}
5669119,1	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Vendor Name = Sensopart Industriesensorik GmbH
5702778,9	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Vendor Text = www.sensopart.com
5737605,6	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product Name = FT 55-RLAP2-PNSL-L4
5772901,1	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product ID = 623-11035
5811117,3	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Product Text = Optical distance sensor
5845045	OPERATE	ISDU Read	Positive Response	Serial Number = 127071-000045

Timestamp	Master Request	Response Delay	Device Response
1831086,9	0xED 0xB0	4,4 tbit	0x35 0x00 0xFB 0x0C
1831204,6	0xEE 0x80	4,4 tbit	0xF1 0x01 0x63 0x21
1831321,2 [263]	0xF1 0x94	4,5 tbit	0x00 0x01 0x73 0x24
1862175	0x70 0xA1 0x93	4,4 tbit	0x01 0x23 0x28
1862291,7	0x61 0x9E 0x17	4,3 tbit	0x01 0x4B 0x36
1862408,4	0x62 0xA2 0x84	4,3 tbit	0x01 0x53 0x00
1862525,1	0xF0 0x85	4,7 tbit	0x01 0x01 0x83 0x35
1862641,8	0xF0 0x85	4,5 tbit	0xD5 0x01 0x53 0x27
1862759,6	0xE1 0x80	4,4 tbit	0x31 0x01 0x5B 0x03
1862876,3	0xE2 0xB0	4,4 tbit	0x2E 0x01 0x73 0x11
1862992,9	0xE3 0xA1	4,4 tbit	0x30 0x01 0x7B 0x36
1863109,7	0xE4 0x83	4,6 tbit	0xFA 0x01 0x63 0x33
1863226,3 [282]	0xF1 0x94	4,6 tbit	0x00 0x01 0x63 0x30
1863343,0	0x70 0xA2 0x14	4,4 tbit	0x01 0x23 0x28

Abbildung 2 Synchronisation verschiedener Ansichtsebenen

in der M-Sequenz Ansicht automatisch hervorgehoben und ins Ansichtsfenster gescrollt.

Wenn Probleme auf der elektrischen Seite vermutet werden, kann der Anwender ein Software-Oszilloskop starten, das es ermöglicht, Spannungs- und Stromverläufe der Kommunikationsleitungen zu analysieren.

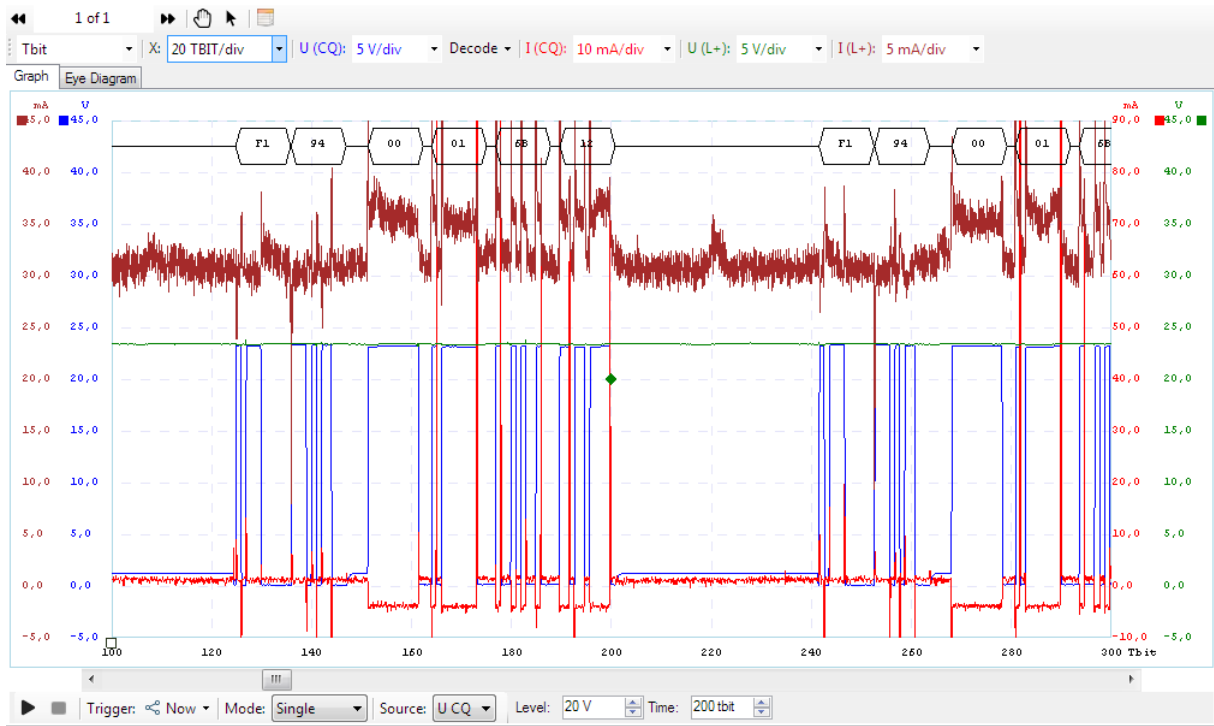


Abbildung 3: Oszilloskopbetrieb

In Abbildung 3 zeigt der blaue Kurvenverlauf die Spannung des C/Q Signals an. Die rote Kurve visualisiert den Stromverlauf auf der C/Q-Leitung, mit dessen Hilfe z.B. die Signalrichtung bestimmt werden kann oder dynamische Kurzschlüsse leicht gefunden werden können. Die orange-braune Kurve zeigt sehr schön, dass auch die Stromaufnahme des Devices mit dem IO-Link Signal korreliert.

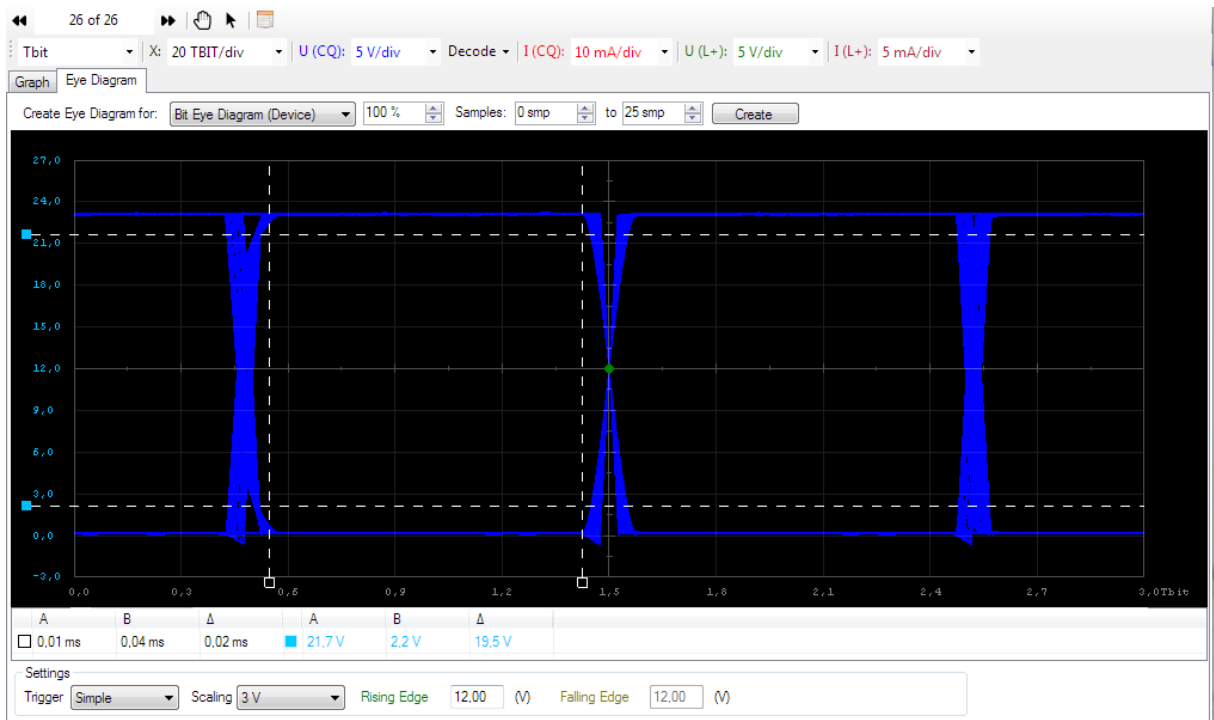


Abbildung 4: Augendiagramme

Wenn Zweifel an der Signalqualität bestehen, ermöglicht das Diagnosetool auch die Erstellung von Augendiagrammen. Da Master und Device Signale übertragen, sind Augendiagramme, die man mit üblichen Messsystemen generieren kann, eine Überlagerung. Die im Diagnosetool integrierte Logik erlaubt es, Device- und Master Augendiagramme getrennt zu erfassen. Die Eigenschaften der Augendiagramme lassen sich vom Benutzer interaktiv ausmessen.

Parameter Name	Index	Value
System Command	0	(Unknown)
Direct Parameters 2	1	
Device Access Locks	12	
Vendor Name	16	Sensopart Industriesensorenk GmbH
Vendor Text	17	www.sensopart.com
Product Name	18	FT 55-RLAP2-PNSL-L4
Product ID	19	623-11035
Product Text	20	Optical distance sensor
Serial Number	21	127071-000045
Firmware Version	23	1.0
Application Specific Tag	24	T E S T Wert
Standard Command	2	2
Switching output Teach-In	58	
Teach-in-status	59	
Define switching output ...	60	
Set-Up switching output ...	61	
Define switching output ...	62	
Set-Up switching output ...	63	
Temperature	82	

Oftmals sind die Zustände und Zustandsänderungen eines Devices, die im Laufe einer Kommunikationssitzung erfolgen, für Problemanalysen von Interesse. Es wäre zwar theoretisch möglich, diese aus dem Protokollverlauf zu extrahieren, die praktische Durchführung wäre jedoch sehr aufwändig. Das Diagnosetool ermöglicht es, sukzessive Änderungen des Device-Zustands tabellarisch zu erfassen und darzustellen. In einem sogenannten „Device Image“ wird der Vorgabewert oder der zuletzt übertragene Wert jedes Parameters dargestellt, so dass ein Spezialist auf einen Blick erkennen kann, welche Parameter innerhalb eines vordefinierten Zeitfensters übertragen oder modifiziert wurden.

Abbildung 5: Device Image

Zusammenfassung

Das neue IO-Link Diagnosetool schließt jetzt eine Lücke bei IO-Link Entwicklungs- und Testwerkzeugen.

Entwickler von IO-Link Produkten können es während des Entwicklungsprozesses zur Qualifikation und Verifikation der Zielvorgaben in Bezug auf die IO-Link-Kommunikation verwenden.

Anwendern der IO-Link Technologie steht mit dem neuen IO-Link Diagnosetool ein leistungsfähiges Werkzeug zur Verfügung, das ihnen, unabhängig von ihrem IO-Link Kenntnisstand, bei der Fehler- oder Problemanalyse und der Qualitätssicherung von Nutzen sein wird.

Der Autor Dr. Ing. Franz-Otto Witte ist Geschäftsführer der TEConcept GmbH, einem Unternehmen, das als IO-Link Kompetenz- und Testzentrum von der IO-Link Gemeinschaft akkreditiert ist. Neben Entwicklungsdienstleistungen bietet die TEConcept IO-Link Testsysteme und Technologiekomponenten, wie IO-Link Software Stacks, an.

Kontakt: www.teconcept.de