

RS



SPE-CONNECTION

Komponenten für den Einsatz von Single Pair Ethernet: Kabel und Anschlussstechnik

CH.RS-ONLINE.COM

Bild: Analog Devices

SPE-CONNECTION

Komponenten für den Einsatz von Single Pair Ethernet: Kabel und Anschlussstechnik

Die "einpaarige-Verkabelung" per Single Pair Ethernet hat nach Meinung vieler Experten das Potenzial, Ethernet im Industrieinsatz zu revolutionieren. Kabel und Steckverbinder haben aufgrund ihrer Einfachheit und Grösse etliche Vorteile. Ethernet als Protokoll bietet viele unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten, überbrückt in seiner SPE-Ausprägung weite Strecken und unterstützt gleichzeitig die Fernspeisung von Geräten.

Mit einem einzigen Ethernet-Netzwerk vom Sensor bis in die Cloud ermöglicht Single Pair Ethernet die Kontrolle über alle Netzwerkkomponenten (siehe RS-Whitepaper "[Welt am Draht](#)"). Die Technologie zielt ausserdem darauf ab, die Investitionskosten um bis zu 80% zu senken und gleichzeitig langfristige Einsparungen zu erreichen. Im einzelnen werden unter anderem folgende Vorteile angeführt:

- Kabel mit bis zu 50% weniger Gewicht und Platzbedarf als herkömmliche Feldbuskabel.
- Schnellere und einfachere Installation. Die Integration von Feldgeräten, Sensoren und Aktoren in die vorhandene Ethernet-Umgebung erfolgt ohne zusätzliche Gateways und Schnittstellen.
- Bessere Reichweite - z. B. lässt sich mit 10 MBit/s eine Entfernung von 1.000 Metern überbrücken, sowie eine 10-mal höhere Übertragungsleistung mit zukünftigen Optionen für 1 GBit/s- und Multi-Gigabit.
- Bus-Topologien ohne zusätzliche Stromleitungen (PoDL, Power over Data Line).
- Auf eingeführten Standards basierende Kabel und Steckverbinder mit austauschbaren M8- und M12-Steckern.

DER DATENTRÄGER

Für die Verkabelung von Single Pair Ethernet wurden die gleichen Kabelklassifizierungen festgelegt, wie sie schon für Profinet erfolgten:

- Typ A: Volldraht-Leitungen zur festen Installation
- Typ B: Leitungen mit Litzenleiter für flexible Anwendungen oder Vibrationen
- Typ C: Leitungen mit Litzenleiter für hochdynamische Anwendungen (z.B. Schleppketten)
- Typ R: Torsionsfähige Leitungen mit Litzenleiter für Robotik-Anwendungen

Die Roboter- und Schleppkettenleitungen unterscheiden sich hauptsächlich durch die jeweilige Schirmung, die besonders auf Biege- bzw. Torsionsbelastbarkeit ausgelegt ist.

DIE MICE-KLASSIFIKATION

Neben den elektrischen Spezifikationen und den mechanischen Anforderungen spielen bei der Auswahl eines geeigneten Kabels (sowie der Steckverbinder) die Umgebungsbedingungen eine wichtige Rolle. Hier geben die sogenannten MICE-Klassen Hilfestellung.

MICE steht für vier grundlegende Arten von Umgebungseinflüssen auf die Verkabelung. Jedem der vier Buchstaben ist ein Index zugeordnet, der die Stufe der jeweiligen Eigenschaft spezifiziert. Eine vollständige MICE-Klassifizierung sieht beispielsweise so aus: M2I2C1E3.

Die vier Umgebungen, aus denen sich die Abkürzung "MICE" zusammensetzt, umfassen:

- **M:** (Mechanical) mechanisch (Stoss, Vibration, Aufschlag, Drücken, Ziehen, Biegen)
- **I:** (Ingress) Eindringen (z. B. von Wasser und Staub)
- **C:** (Climatic/Chemical) klimatisch/chemisch (Temperatur, UV-Belastung, Feuchtigkeit, Kontakt mit Verunreinigungen wie Öl oder Gas)
- **E:** (Electromagnetic) elektromagnetisch (Spannungsspitzen, EMI/RFI-Störungen, Magnetfelder, Transienten)

Die Zahl nach jedem Buchstaben des Akronymes steht für den Grad der Einwirkung der Umgebungsfaktoren:

- **1:** Geringer Schweregrad (z. B. Büroumgebung)
- **2:** Mittlerer Schweregrad (z. B. leichte industrielle Umgebung)
- **3:** Hoher Schweregrad (z. B. extreme industrielle Umgebung)

DM1I1C1E1 beschreibt eine Umgebung in einem Bürogebäude und M3I3C3E3 eine Umgebung, wie sie in der Industrie oder im Aussenbereich vorkommen kann.

FERNSPEISUNG ALS "REICHWEITEN-KILLER"

Per PoDL kann elektrische Energie in 10 Spannungs/Strom-Klassen mit Leistungen zwischen 0,5W und 52W (Verbraucherleistung, Einspeiseleistung = 63,3W) zusätzlich zum Nutzsignal auf den beiden Leitungen des SPE übertragen werden. Für diese Art der Spannungsversorgung sind zweiadrige Leitungen mit Kabeln nach IEC 61156 erforderlich.

Man sollte beachten, dass bei PoDL-Verwendung gegebenenfalls die im Standard angegebene Übertragungsdistanz nicht erreicht wird. Je nach Leitungsdurchmesser sind gerade bei den höheren Leistungsklassen signifikante Reduzierungen der Distanz zu erwarten. Eine 10Base-T1L-Verbindung, die mit einem AWG-18-Kabel ohne Stromversorgung 1000m Übertragungsdistanz hat, wird bei Einsatz der PoDL-Klasse 15 (52W) auf eine Distanz von 170m reduziert. Bei einem AWG-22-Kabel reduziert sich die Übertragungsdistanz von 620m ohne PoDL auf 70m mit PoDL-Klasse 15 (ermittelt von Reichle & De-Massari AG).

Für längere Übertragungstrecken sollen zukünftig die IEC 61156-13 für feste Verlegung und die IEC 61156-14 für Typ B-Anwendungen (siehe weiter oben) herangezogen werden. Die Normen bilden die Basis für eine 10-MBit/s-Übertragung bis 1000m für 10BASE-T1L (IEEE802.3cg).

STECKVERBINDER

Im Zusammenhang mit Anwendungsbereichen und Leistungsstandards von Single Pair Ethernet im Industriebereich wurden auch zweipolige Steckverbinder standardisiert, welche Nachteile von RJ45-Steckverbindern des Industrial Ethernet - wie die unzuverlässige Verriegelung oder den schlechten Schutz gegen Schmutz und Feuchtigkeit - beseitigen.

In den aktuellen Normen wird für Steckverbinder das Steckgesicht festgelegt. Mit der Definition des Steckgesichtes sind die Steckkompatibilität und damit der Einsatz von Produkten unterschiedlicher Hersteller gewährleistet. Es gibt entsprechende Ausführungen von Steckverbindern in Schutzart IP20 bis IP65/67.



Bild 1. Harting T1 Industrial SPE Steckverbinder mit einem Steckgesicht nach IEC 63171-6. (Bild: Harting)

Für Industrie-Anwendungen hat zum Beispiel [Harting](#) Verbindungselemente mit einem Steckgesicht nach IEC 63171-6 (Bild 1) entwickelt. Dieser SPE-Steckverbinder T1 kann sowohl 1-GBit/s-Verbindungen für kürzere Strecken als auch einen 10-MBit/s-Anschluss für die weiten Distanzen sicherstellen. Das Harting Verbindungselement gibt es in IP65/67- sowie als IP20-Ausführung.



Bild 2. M8 Hybrid Steckersystem von Harting. (Bild: Harting)

Bei einer zweiadrigen SPE-Installation können per PoDL Endgeräte mit einer Leistung von bis zu 52W bei 48V versorgt werden, wenn die Kabelquerschnitte stimmen (siehe weiter oben). Hybride Kabel- und Steckerlösungen setzen bei hohen Leistungsanforderungen der Endgeräte auf ein zusätzliches Leitungspaar für die Energieversorgung. Die Stecker haben bei diesen Anwendungen die bekannten M8- bzw. M12-Formate (M8 Hybrid IEC 63171-6, M12 Hybrid IEC 63171-7). Ein solches Hybridsystem kann bis 200W bei 24V oder bis 400W bei 48V koppeln. Ein weiterer Vorteil gegenüber PoDL ist die galvanische Trennung von Signal und Stromversorgung.

MESSEN UND TESTEN

Mit der Weiterentwicklung von Ethernet in der Industrie werden Zertifizierung und Signaltests in industriellen Anwendungen immer wichtiger - sei es bei Erstinstallationen, Umzügen, Ergänzungen oder Änderungen der Verkabelung.

Mit der K58-Option für seine Oszilloskope R&S RTO und R&S RTP hat Rohde & Schwarz die nach eigener Angabe weltweit erste Trigger- und Decodierungslösung für 1000BASE-T1 Single Pair Ethernet im Programm. Die dekodierte Daten können sowohl in einer Tabelle als auch in einem Wabendiagramm angezeigt werden. Wichtige Parameter wie Idle, MAC oder Fehlerrahmen sind über definierte Farbcodes zu identifizieren.



Bild 3. Mit der Option K58 für die Oszilloskope R&S RTO und R&S RTP lassen sich Tests für 1000BASE-T1 Single Pair Ethernet durchführen. (Bild: Rohde & Schwarz)

Mit den R&S RT-ZF7-Prüfvorrichtungen können sowohl der Vorwärts- als auch der Rückwärtsdatenstrom gleichzeitig decodiert werden. Zusätzlich unterstützen die Oszilloskope die gleichzeitige Decodierung von bis zu vier seriellen Bussen. Suchfunktionen sollen die Analyse langer Signalsequenzen vereinfachen. Alle erkannten Ereignisse werden in einer Tabelle mit Zeitstempeln angezeigt. Der Benutzer kann sie in einem Zoomfenster mit der richtigen Zeitkorrelation untersuchen und zwischen den Ereignissen navigieren.

1000BASE-T1 FEHLERSIMULATION

Die 1000Base-T1 Fehlersimulations-Module von Pickering Interfaces sind in unterschiedlicher Kanalzahl und mit zwei Fehlerbussen erhältlich. Die Module 40-203 (PXI) und 42-203 (PXIe) ermöglichen das Nachbilden von Fehlerzuständen auf bis zu sechs 2-Draht-Kanälen, während die Dual-Multiplexer Karten 40-204 (PXI) und 42-204 (PXIe) über zwei Fehlerbusse das Simulieren von Fehlern auf einer oder beiden Leitungen der 2-Draht-Verbindung erlauben. Beide Kartenmodelle bieten Signalpfade mit einer auf 100Ω ausgelegten Leitungsimpedanz.



Bild 4. 1-Slot PXI und PXIe 1000Base-T1 Fehlersimulationsmodule von Pickering Interfaces.
(Bild: Pickering Interfaces)

Für kleinere Testanwendungen sind beide Kartenmodelle als teilbestückte Versionen verfügbar, wobei das Modul 40/42-203 mit drei Kanälen und das Modul 40/42-204 als Einkanalausführung erhältlich ist. Beide Baureihen verwenden eine MMCX-Steckerschnittstelle, mit der eine hohe Kanalzahl auf kleiner Frontplattenfläche möglich ist, wenn auch nicht in differentieller Ausführung.

Die Fehlersimulation ermöglicht es dem Anwender, Kabelbrüche in einer oder beiden Adern des Leitungspaares zu simulieren. Darüber hinaus erlauben die beiden Fehlerbusse eine Verbindung zu Versorgungspotenzialen wie Masse oder Batterie und das Einspeisen anderer Signale oder eine Kurzschlussnachbildung auf dem differentiellen Leiterpaar.

BESCHAFFUNGSMASSNAHMEN

Was die Verfügbarkeit von einzelnen Vernetzungs-Komponenten für SPE betrifft, haben die Experten von [RS Components](#) einen guten Überblick. Eine weitere "Anlaufstelle" zur Informationsbeschaffung können die Single-Pair-Ethernet-Nutzerorganisationen sein:

SINGLE PAIR ETHERNET INDUSTRIAL PARTNER NETWORK



Das SPE Industrial Partner Network hat seinen Sitz im westfälischen Rahden. Seinen Anfang nahm diese Nutzerorganisation auf der Hannover Messe 2019, als eine SPE-Kooperation von Harting, TE Connectivity und Hirose vorgestellt wurde. Im Oktober 2019 wurde daraus das Single Pair Ethernet Industrial Partner Network. Aktuell gehören zum Netzwerk mehr als 55 Mitgliedsunternehmen.

<http://www.single-pair-ethernet.com>

SINGLE PAIR ETHERNET SYSTEM ALLIANCE



Die Single Pair Ethernet System Alliance nahm ihren Anfang auf der der Hannover Messe 2019, als Phoenix Contact, Weidmüller Interface, Reichle & Massari (R&M), Belden sowie Fluke Networks eine Technologiepartnerschaft für das Single Pair Ethernet ankündigten. Im April 2020 trat die Vereinigung offiziell als Single Pair Ethernet System Alliance auf. Mit dem 18.08.2020 als Gründungsdatum wurde die Alliance in eine Vereinsstruktur überführt. Etwa 40 Unternehmen sind Mitglieder in dem Verein. Im Oktober 2021 hat sich das Single Pair Ethernet Consortium (SPEC) der TIA mit der SPE System Alliance zusammengeschlossen.

<https://singlepairethernet.com>

SINGLE PAIR ETHERNET CONSORTIUM



Das Single Pair Ethernet Consortium (SPEC) gehört zur amerikanischen TIA. TIA ist die Telecommunications Industry Association, die über 400 Unternehmen weltweit vertritt. Sie ist vom American National Standards Institute (ANSI) akkreditiert. Initiiert wurde die Organisation im September 2019. Gründungsmitglieder waren Belden, CommScope, Panduit und Siemon Company.

<https://spec.tiaonline.org>

Nach Unterlagen von: Helukabel, Belden, Harting, Panduit,
Single Pair Ethernet Industrial Partner Network, Single Pair Ethernet System Alliance