



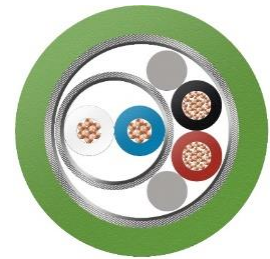
INDUSTRIAL
PARTNER
NETWORK

APPLICATION NOTE

SINGLE PAIR ETHERNET – M8 HYBRID SYSTEM

SPE HYBRID LÖSUNG FÜR ANWENDUNGEN MIT HOHER LEISTUNG (HIGH POWER APPLICATIONS)

Mit dem IIoT stellt die Industrie immer höhere Anforderungen an die Netzwerktechnologie. Künftig sollen auch kleine Geräte möglichst einfach an das Firmennetzwerk angeschlossen werden können. Der Trend zur Miniaturisierung sorgt dafür, dass immer weniger Platz für die Netzwerktechnik und die verwendeten Kabel zur Verfügung steht. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die möglichen Datenübertragungsraten.



Single Pair Ethernet ist die Technologie, die diese Anforderungen perfekt erfüllt. Zentrale Elemente des Standards sind die Single Pair Ethernet-Kabel und -Steckverbinder. In der Normenreihe IEC 61156 hat die Internationale Elektrotechnische Kommission den Aufbau und die elektrischen Eigenschaften definiert und standardisiert. Die Norm IEC 61156 teilt die Single Pair Ethernet-Kabel in folgende Kategorien ein: Art der Installation, maximale Länge und Datenübertragungsrate. In der IEC 63171-6 hat die IEC SPE Steckverbinder standardisiert, die für SPE zusammen mit den verschiedenen Kabeltypen zu verwenden sind.





Für eine Übertragungsrate von 1 Gbit/s über eine Übertragungsstrecke von 40 m definieren die Normen IEC 61156-11 (feste Installation) und IEC 61156-12 (flexible Anwendung) die Anforderungen an die Kabel. Um die hohe Übertragungsrate über ein einziges Paar zu realisieren, sind besonders anspruchsvolle elektrische Eigenschaften erforderlich. In der Vergangenheit wurde diese Übertragung standardmäßig mit vier Paaren realisiert. Um die standardisierten Datenraten zu unterstützen, ist es notwendig, die Bandbreite im Vergleich zu herkömmlichen Industrial Ethernet Cat.5e Datenleitungen deutlich zu erhöhen. Aus diesem Grund sind die SPE Kabel für eine Frequenz von bis zu 600 MHz spezifiziert.



Bei Verwendung eines zweiadrigen SPE-Kabels können über Power over Data Line (PoDL) die Endgeräte des Netzwerks mit einer Leistung von bis zu 50 W bei 48 V DC versorgt werden. Der Kabelquerschnitt kann AWG 22 oder AWG 26 betragen. Bei der hybriden SPE-Lösung unterstützen die M8-Hybrid-Steckverbinder und die Hybridkabel einen Konfigurationsaufbau aus einem SPE-Datenpaar für die Datenübertragung (AWG 22 bis AWG 26) kombiniert mit einem separaten Leistungspaar (AWG 18) für die Stromversorgung der Geräte. Diese hybride SPE-Lösung wird hauptsächlich für Anwendungen eingesetzt, die flexible, abgeschirmte Kabel für Entfernungen von bis zu 40 Metern und hohe Leistungspegel für die Stromversorgung des entfernten Geräts erfordern. Die innere Abschirmung des Datenpaars ist mit der äußeren Abschirmung des Kabels verbunden. Das geschirmte Datenpaar ist obligatorisch. Die äußere Abschirmung ist je nach Anwendung und aktiver Ausrüstung optional.

POWER OVER DATA LINE (PODL)

Power over Data Lines (PoDL) ist eine Ethernet-Technologie, die ein Ethernet-Gerät mit bis zu 50 W bei 48 V DC Leistung versorgt. Die Technologie ist standardisiert in IEEE 802.3bu und innerhalb der IEEE 802.3cg mit den zusätzlichen Leistungsklassen 10 bis 15. PoDL kann in Verbindung mit allen SPE Datenübertragungsstandards verwendet werden. Der Ursprung von PoDL liegt in der Automobilindustrie, wo viele kleine und energieeffiziente Geräte mit Datenkommunikation und Strom verbunden werden müssen. Für diese Anwendung ist PoDL perfekt, aber im industriellen Umfeld findet man Anwendungen, die viel mehr Leistung als die 50 W benötigen. Deshalb wurde eine Hybridkabellösung entwickelt.



DIREKTE STROMVERSORGUNG

Der übliche Weg, Geräte zu versorgen, ist die direkte Versorgung über das Stromnetz. Für die direkte Versorgung wird das Gerät normalerweise an zwei getrennte Kabel angeschlossen, eines für die Stromversorgung und eines für die Kommunikation. Die übertragbare Leistung ist nicht begrenzt, aber der Verkabelungsaufwand und der benötigte Platz ist hoch. Diese Technologie ist nicht sehr effizient in Bezug auf den Kabelplatz und die Kosten, aber für Geräte mit höherer Leistung ist dies die einzige geeignete Verbindungsart.

HYBRID SYSTEM

Das Hybridsystem kombiniert die Vorteile einer direkten Versorgung mit dem kleinen Formfaktor eines Kabels. Die Lösung fügt zwei oder mehr Adern zu einem SPE-Datenpaar hinzu. In dieser Kombination erhalten Sie ein Kabel mit kleinem Durchmesser, das eine Datenübertragung von 1 Gbit/s kombiniert mit einer Stromversorgung von bis zu 200 W bei 24 V bzw. 400 W bei 48 V ermöglicht. Weitere Vorteile sind die kosten- und platzsparende Verkabelung und die hervorragenden EMV-Eigenschaften mit den getrennten Daten- und Leistungselementen.

PODL VS. M8 HYBRIDSYSTEM VS. DIREKTVERSORGUNG

Nach der Beschreibung aller drei möglichen Verbindungstypen, fasst die folgende Tabelle die Merkmale der einzelnen Lösungen zusammen:

Merkmal	PoDL	M8 Hybridsystem	Direktversorgung
Leistung	bis 50 W @ 48 V	bis 200 W @ 24 V bis 400 W @ 48 V	nicht begrenzt
Kabelabmessungen	ein dünnes Kabel	ein Kabel	zwei getrennte Kabel
Steckverbindergröße	klein	mittel	groß
Verbindungstyp	nur P2P	P2P und PTMP	P2P und PTMP
EMC	Strom und Daten in einer Leitung	galvanische Trennung	galvanische Trennung

LEISTUNGSÜBERTRAGUNG

Bei PoDL beträgt die höchste übertragbare Leistung 50 W bei 48 V, wofür ein maximaler Strom von 1,36 A erforderlich ist. Die höchste Spannung auf der Seite der Stromversorgungsgeräte (PSE) beträgt dabei 60 V DC, was die Grenze darstellt. Die Erhöhung des Stroms im Hybrid-Steckverbinder würde höhere Leistungspegel liefern. Letztendlich hängt die empfangene Leistung von dem maximal zulässigen Spannungsabfall der Last ab, der mit dem Widerstand der Kabel zusammenhängt. Daher sind hier das Design und die Länge des Kabels entscheidend. Um einen Einblick in die Menge der übertragbaren Leistung zu erhalten, nehmen wir die in Abbildung 1 gezeigte Schaltung an.

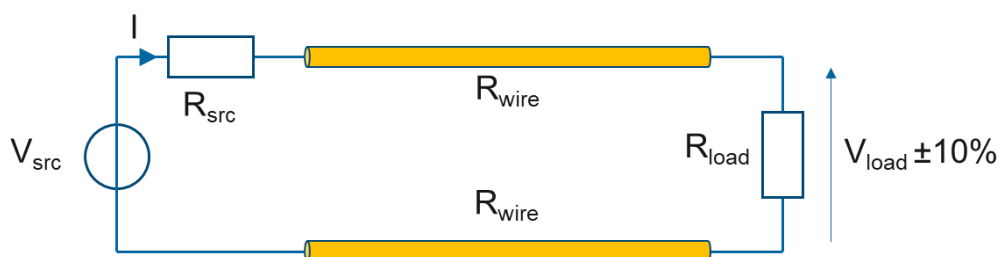


Abbildung 1: Grundschtung für die Leistungsübertragung

Auf der linken Seite haben wir das Power Sourcing Equipment (PSE), die eine Spannungsquelle mit Innenwiderstand enthält. Der zweite Teil ist das Kabel mit Verlusten, und auf der rechten Seite haben wir das Powered Device (PD), das einen Lastwiderstand enthält, der einen bestimmten Spannungsbereich erfordert. Mit diesem Aufbau können wir sehen, welche Leistung mit welchem Strom über eine bestimmte Kabellänge übertragen wird. Wenn wir einen Kupferdraht AWG 18 annehmen und zur Vereinfachung den Quellwiderstand vernachlässigen, erhalten wir die in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse.

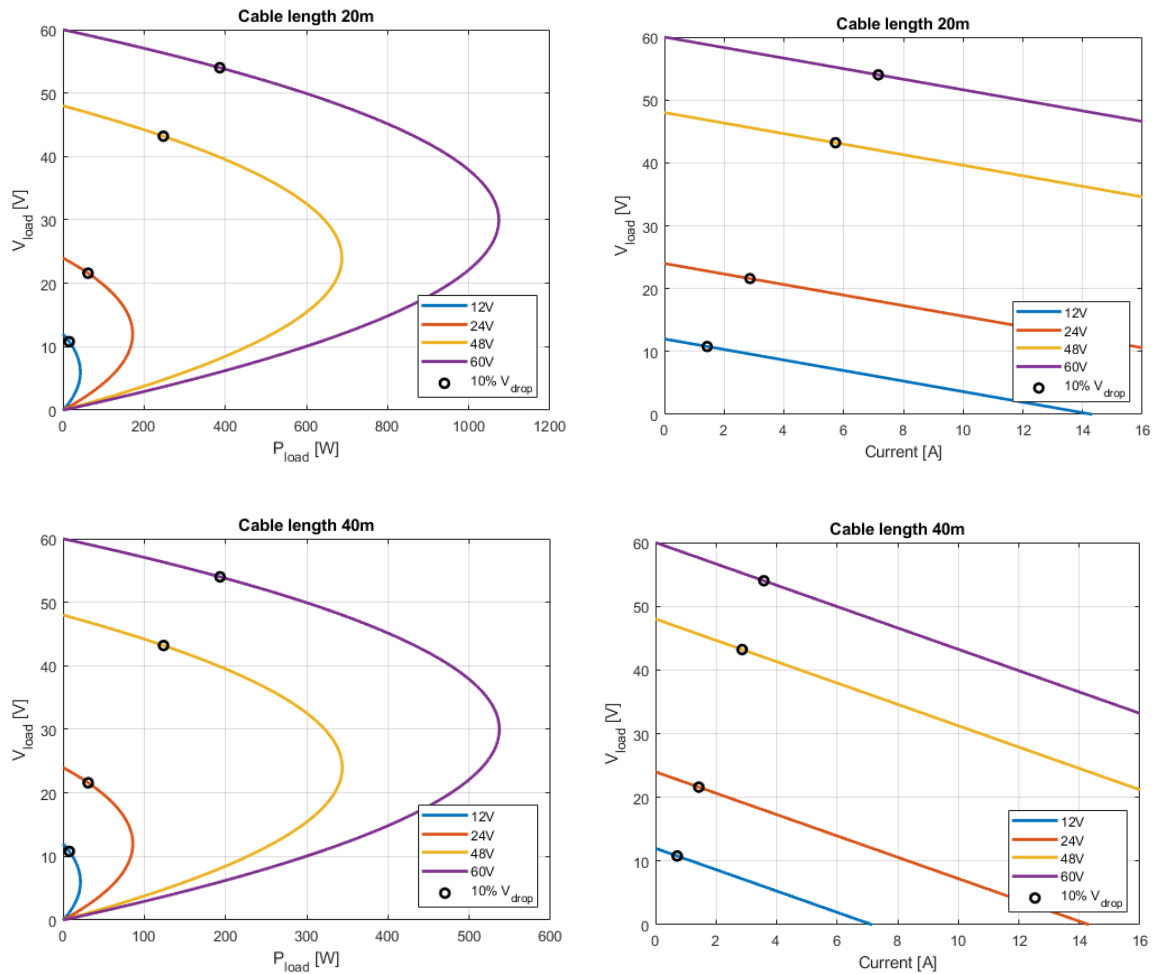


Abbildung 2: Spannungsabfall über dem Kupferdraht AWG 18 als Funktion der übertragenen Leistung und des Stroms. (Hinweis: Die Punkte an den Kurven stellen den Arbeitspunkt mit 10% Spannungsabfall dar.)

Auf der linken Seite können wir sehen, dass die Spannung der Last sinkt, wenn die Leistung steigt, was durch den Anstieg des Stroms durch das Leistungspaar verursacht wird. Wenn der Spannungsabfall 50 % beträgt, sehen wir, dass die übertragene Leistung maximal ist, aber typischerweise wird dieses Maximum aufgrund von Instabilitätsproblemen, die es für die PDs liefern kann, nicht genutzt. Die meisten elektrischen Geräte akzeptieren einen maximalen Spannungsabfall von 10 % der Quellenspannung, was einem Wirkungsgrad von etwa 80 % entspricht. Dieser Spannungsabfall wird durch den kleinen schwarzen Kreis angezeigt. Beachten Sie, dass der Spannungsabfall bei PoDL bis zu 20 % betragen kann. Bei einer Quellenspannung von 60 V und unter der Annahme eines maximalen

Spannungsabfalls von 10 % können wir sehen, dass eine Leistung von fast 200 W bei 24 V über eine Kabellänge von 40 m übertragen werden kann.

STROMVERSORGUNG

Bei PoDL-Designs ist nur eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung möglich. Mit dem Projekt IEEE 802.3da laufen Untersuchungen zur Erweiterung von PoDL, um mehrere PDs mit einer PSE zu versorgen, obwohl diese sich nur auf Geschwindigkeiten von 10 Mbit/s konzentrieren. Durch die Aufteilung der Signal- und Stromleitungen mit Hilfe der Hybridverkabelungslösung erhalten wir mehr Freiheit bei der Implementierung des Stromnetzes. Mit den zusätzlichen Stromleitungen des M8-Hybrid-Steckverbinders können mehr als ein PD versorgt werden, und natürlich kann auch PoDL verwendet werden. Beispiele für mögliche Topologien zur Stromversorgung von Knoten in einem Netzwerk sind in Abbildung 3 dargestellt.

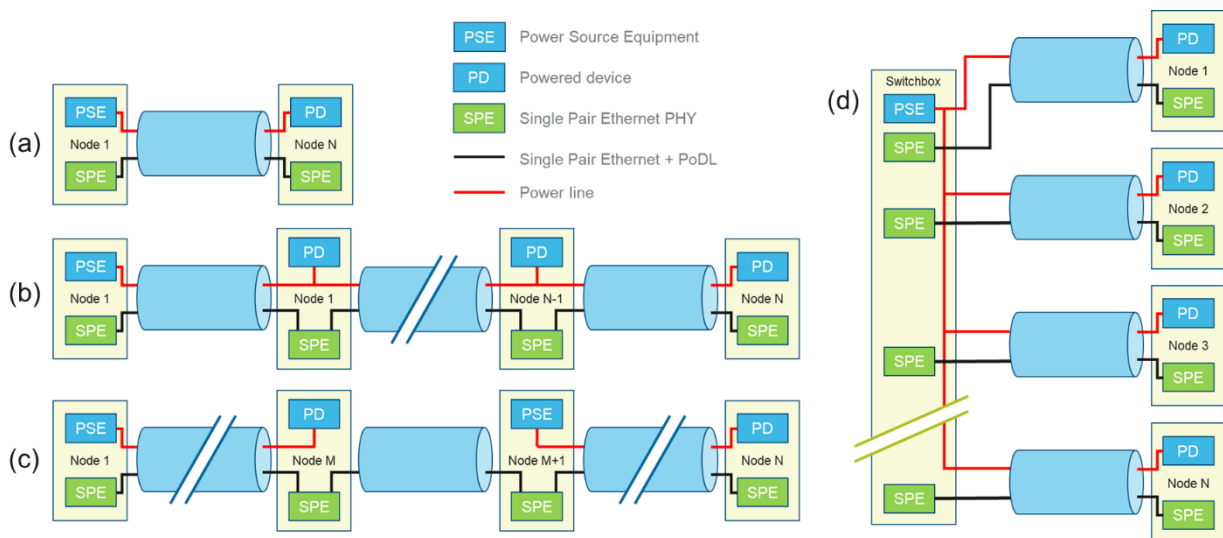


Abbildung 3: Hybridverbinder für Netzwerktopologien: (a) Punkt zu Punkt, (b) Busgespeist, (c) Busgespeist mit zusätzlichen Wiederversorgungspunkten, (d) Switch mit Hybrid-Stromversorgung

- **Punkt zu Punkt (PtP) Verkabelungslösung (a)**

Dies ist der klassische Weg mit der typischen Ethernet-Sterntopologie. Die Stromverteilung erfolgt Punkt-zu-Punkt über die getrennten Stromleitungen, falls für eine PD eine hohe Leistung benötigt wird. Wenn zusätzlich PoDL verwendet wird, kann das Netzwerk für die



Stromverteilung in ein Netzwerk aufgeteilt werden, das mit den EMV Störungen aller Arten von Aktoren auf den separaten Stromleitungen umgehen kann, und in ein Netzwerk, das weniger Rauschen erzeugt, als die Stromversorgung der SPE PHY-Chips selbst.

- **Linientopologie-Verkabelungslösung mit zentraler Stromversorgung (b)**

Häufig werden in Automatisierungsnetzwerken Maschinen oder Netzwerkgeräte in einer typischen Bustopologie mit integrierten Netzwerk-Switches installiert. Mit der M8-Hybrid-Verkabelungslösung sind solche Installationskonzepte möglich, da PoDL solche Daisy-Chain-Netzwerkstrukturen nicht unterstützt.

- **Punkt zu Punkt (PtP) Verkabelungslösung mit verteilten Stromversorgungen (c)**

Wenn die Leitungslänge zu groß ist, um den maximal spezifizierten Spannungsabfall zu erfüllen, können weitere Stromversorgungen hinzugefügt werden. Auf diese Weise sind auch größere Leitungslängen realisierbar.

- **Hybride Ethernet-Switch Lösung (d)**

Auch ein hybrider Ethernet-Switch mit der M8 Hybrid Schnittstelle ist eine nützliche Lösung. Auf diese Weise kann der Switch auch die Stromversorgung und ein Powermanagement in einem Gerät bereitstellen. Ein solches Powermanagement kann die Leistungsaufnahme der angeschlossenen Geräte überwachen. Es kann nicht benötigte Geräte in den Schlafmodus versetzen und die Geräte bei Bedarf aufwecken und so weiter.

Die M8-Hybrid-SPE-Lösung ist eine perfekte Ein-Kabel- und Steckverbinderlösung für alle rauen industriellen Anwendungsfälle. Im Vergleich zu PoDL sind viele verschiedene Netzwerkstrukturen möglich.

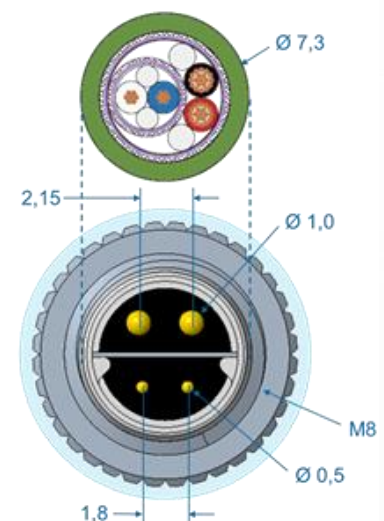
Zukünftig wird das Sortiment der hybriden Verbindungstechnik auch um eine M12 Version erweitert, um zum einen größere Leistungen bereitzustellen aber auch größere Adernquerschnitte anschließen zu können.

TECHNISCHER ÜBERBLICK ÜBER DAS M8-HYBRID-STECKVERBINDER- UND KABELSYSTEM

Hybrid System Eigenschaften:

- Datenrate bis zu 1 Gbit/s bei 600 MHz Bandbreite
- Bis zu 40 m Übertragungslänge mit 1 Gbit/s (1000BASE-T1)
- Stromversorgung über ein separates Adernpaar mit bis zu 200 W bei 24 V DC und 400 W bei 48 V DC
- Optional: Power over Data Line (PoDL) mit bis zu 50 W bei 48 V DC

Die Kompatibilität der Kabel mit den M8-Hybrid-Steckverbindern muss bei der Auslegung der Kabel berücksichtigt werden. Bei der Entwicklung der SPE-Steckgesichter nach IEC 63171-6 werden Leiterquerschnitte AWG 22 bis AWG 26 für die SPE-Signale unterstützt und AWG 18 Leiterquerschnitte für die Adern für die Stromversorgung. Die nebenstehende Abbildung zeigt die Größenverhältnisse zwischen Steckgesicht und Kabelkonstruktion.



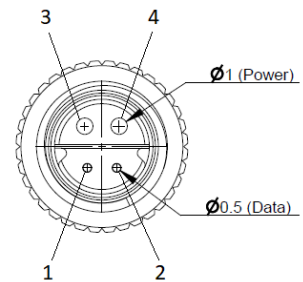
BEVORZUGTE WERTE FÜR DEN WESENTLICHEN KABELPARAMETER

Adernquerschnitt	Aderndurchmesser	Kabeldurchmesser
AWG 26/22 (Data)	1,4 – 1,7 mm	7,5 mm max.
AWG 18 (Power)	1,6 mm	

Die Farbe des Kabelmantels kann nach DESINA-Spezifikationen in grün RAL 6018 gewählt werden. Kabel für den Außeneinsatz werden aufgrund der technischen Gegebenheiten in der Regel mit einem schwarzen Kabelmantel versehen.

ADERNFARBEN UND ANSCHLUSSBELEGUNG

Kontakt	PMA Signal	Adernfarbe
1	BI_DA+	Blau
2	BI_DA-	Weiß
3	U	Rot
4	GND	Schwarz



M8 HYBRID STECKVERBINDER SPEZIFIKATION

- Nennspannung 60 V DC
- Nennstrom Datenpaar 1.5 A (4 A)
- Nennstrom Powerpaar 8 A
- Voll geschirmt 360°
- Bandbreite bis zu 600 MHz
- Kabeldurchmesserbereich 7,5 mm max.
- Adernquerschnitt Daten 0,32 mm² - 0,13 mm² (AWG 22 – AWG 26)
- Adernquerschnitt Power 0.81 mm² (AWG 18)

LISTE DER ABKÜRZUNGEN

- IIoT Industrial Internet of Things
- PoDL Power over Data Line
- P2P Point to point
- PTMP Point to multi point
- PD Powered device
- PSE Power sourcing equipment



INDUSTRIAL
PARTNER
NETWORK

DOKUMENTEN INFORMATIONEN



Dokument: 2020-09_SPE-APPLICATIONNOTE_SPE-HYBRID_V10DE.DOCX

Datum: 2020-09-09

Version: 1.0

URHEBERRECHTSHINWEIS

Dieses Dokument ist geistiges Eigentum des SPE Industrial Partner Network e.V., welchem auch das ausschließliche Urheberrecht daran zusteht. Inhaltliche Änderungen, die Vervielfältigung oder der Nachdruck dieses Dokumentes ist nur mit der ausdrücklichen Erlaubnis des SPE Industrial Partner Network e.V. gestattet.

Der SPE Industrial Partner Network e.V. behält sich das Recht vor, dieses Dokument vollständig oder teilweise zu ändern. Alle Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Titelhälter.

KONTAKT

SPE Industrial Partner Network e.V.

Weher Straße 151
D-32369 Rahden

info@single-pair-ethernet.com
www.single-pair-ethernet.com