

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten



Adrian Stirn

1. EINLEITUNG

Für die 10 MBit/s-SPE-Schnittstelle mit integrierter Energieübertragung gibt es viele Anwendungsmöglichkeiten, wie beispielsweise der Betrieb von Sensoren in großer Entfernung. In dieser Application Note wird die EMV-Performance des Referenz Designs [RD041](#) analysiert.

1.1 Kurzbeschreibung des SPoE Reference-Designs

Bei dem Reference-Design RD041 in Abbildung 1 handelt es sich um eine Ethernet-Schnittstelle, die Daten über eine Zweidrahtleitung überträgt und gleichzeitig Strom liefert, bekannt als "Single Pair Ethernet" (SPE) mit "Power over Data Lines" (PoDL).

SPE ermöglicht Ethernet-Kommunikation mit nur einem Adernpaar, was es ideal für platzsparende Anwendungen in der Industrie, in der Automobilindustrie und in IoT-Geräten macht. PoDL erweitert Power over Ethernet (PoE) auf SPoE und ermöglicht die Strom- und Datenübertragung über ein einzelnes verdrehtes Adernpaar, was Installationen vereinfacht und Kosten reduziert.

1.2 Prüfaufbau zur Evaluierung der EMV-Performance

Zur Durchführung der EMV-Prüfungen wird das Reference-Design bestehend aus 2 Boards (Powered Device - PD und Power Sourcing Equipment - PSE) mit einer definierten Übertragungsstrecke als Prüfling betrieben.

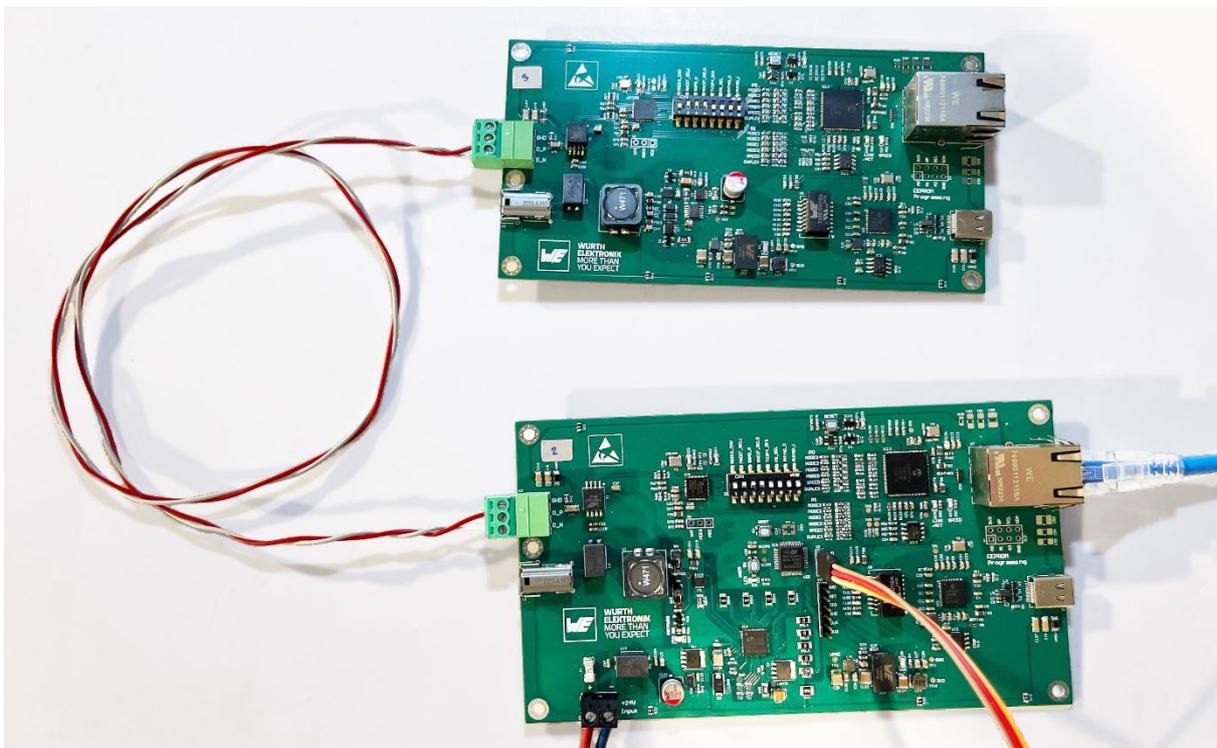


Abbildung 1: PSE (Board im Bild unten) und PD (Board im Bild oben) des [RD041](#) bei der Inbetriebnahme.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Die zusätzlich angeschlossenen Geräte aus Abbildung 2 dienen als Hilfsequipment. Als Übertragungsstrecke zwischen PD und PSE kann eine geschirmte SPE-Leitung oder eine ungeschirmte Twisted-Pair-Leitung verwendet werden.

Das Notebook 1 wird mittels geschirmter 10 MBit/s Ethernet-Schnittstelle ans PD angeschlossen. Es erhält seine IP-Adresse vom DHCP-Server (WLAN-Router) über die SPoE-Schnittstelle, welche PSE und PD verbindet. Das PD wird vom PSE-Board versorgt.

Der PSE-Teil des Reference-Designs hat einen 24 V Eingang, der das SPoE-Reference-Design versorgt. Im Reference-Design wird dieser Anschluss als Port zu einem lokalen Gleichstromversorgungsnetz ausgelegt. Die 10 MBit/s Schnittstelle wird mittels geschirmter Ethernet-Leitung zum Router und dann weiter zum auswertenden Notebook verbunden. Beide Notebooks erhalten Ihre IP-Adressen vom DHCP-Server. Das Reference-Design ist somit ready to use und kann als Adapter eine Internet-Verbindung Plug and Play verlängern.

1.3 Test-Software und Performancekriterien

Das Notebook 1 dient als Server welcher bekannte Prüfdaten an das Notebook 2 sendet. Dieses wertet mittels Windowsapplikation die Fehlerrate in der Übertragung und die Übertragungsgeschwindigkeit aus. Diese Monitoring Applikation wurde bereits in der [ANP116](#) und [ANP122](#), den Application Notes zum GB-Ethernet-Design erfolgreich eingesetzt.

Aus der Abbildung 3 geht hervor, dass in der Übertragung im Schnitt eine Payload von etwas weniger als 9 MBit/s erreicht werden kann. Die Pakete haben im ausgewählten Testfall, verglichen mit den Prüfungen an der Gigabit-Ethernet-Schnittstelle, eine kurze Übertragungszeit.

Während den Prüfungen kann daher mit einer Sekunde Mess- und Einwirkzeit geprüft werden.



Abbildung 3: Monitoring der SPoE-Schnittstelle. PSE und PD sind mittels Ethernet-Schnittstelle im Netzwerk eingebunden.

Während der Störfestigkeitsprüfungen wird die Performance des Reference-Designs mittels Kriterien aus der Tabelle 1 überprüft.

Messgröße	Performancekriterien	Technische Bewertungskriterien
Datenrate	A	Über 8 MBit/s
	B	Unter 8 MBit/s
Fehlerrate	A	0%
	B	Erhöhte Fehlerrate oder Kommunikationsverlust mit automatischer Wiederherstellung der Verbindung.
	C	100% = Kommunikationsabbruch, keine automatische Wiederherstellung der Verbindung möglich.

Tabelle 1: Performancekriterien des SPoE-Reference-Designs.

Bei der Überprüfung der Performance Kriterien hat auch das Hilfsequipment einen relevanten Einfluss auf die Performance der Übertragungsstrecke. Beispielsweise stieg die Fehlerrate der Übertragung an, wenn eine WLAN-Schnittstelle zwischen Router und Notebook 2 statt einer geschirmten Ethernet-Leitung verwendet wurde.

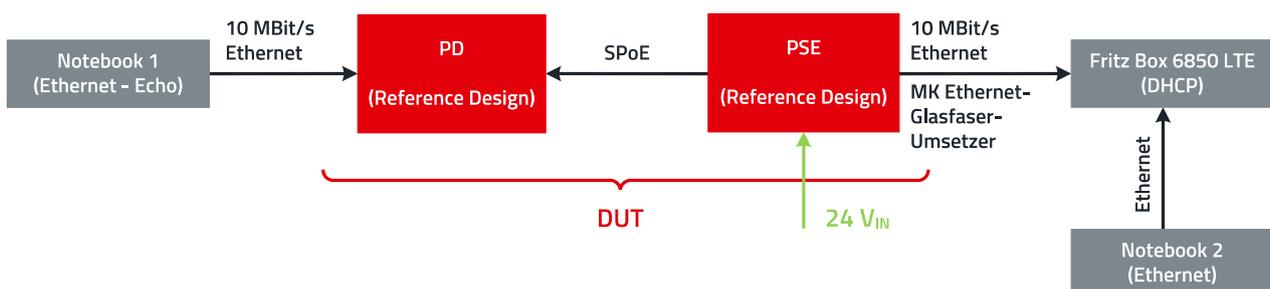


Abbildung 2: Prüfaufbau zur Performance-Evaluierung des SPoE-Reference-Designs.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

1.4 Schirmanbindung der Ethernet-Schnittstelle

Wie schon in der Application Note [ANP116](#) aufgezeigt wurde, eignen sich zur Schirmanbindung der Ethernet-Buchse an die GND-Plane der Platine die folgenden Komponenten nach Abbildung 4:

- 2 x 10 nF X7R 1206 MLCC 100 V ([885012208112](#))
- SMT Varistor ([82551600](#))

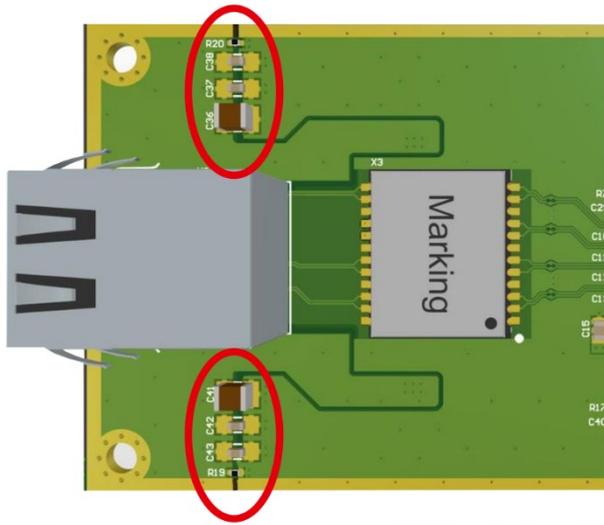


Abbildung 4: Schirmanbindung der Ethernet-Buchse nach ANP116. Auf jeder Seite ein MLCC, der Varistor ist im Bild nicht eingezeichnet.

Die Schirmanbindung wird für die SPoE-Schnittstelle und für die 10 MBit/s-Ethernet-Schnittstelle verwendet. In Abbildung 4 ist der Varistor nicht eingezeichnet. Dieser kann auf einer Seite parallel zum Kondensator platziert werden. Die auf den Boards befindliche USB-Schnittstelle wird für die Analysen dieser Application Note nicht verwendet.

2. EMISSION DES REFERENCE-DESIGNS

Die Emission des Reference-Designs in den zuvor beschriebenen Konfigurationen wird im Folgenden analysiert. Bei den Emissionsmessungen nach CISPR 32 wird die USB-Schnittstelle nicht verwendet, die Kommunikation erfolgt ausschließlich über die Ethernet- und die SPoE-Schnittstelle.

2.1 Gestrahlte Störaussendung

Zur Prüfung der gestrahlten Störaussendung werden PD und PSE zusammen betrieben und geprüft. Die Leitungslänge an der SPoE-Schnittstelle beträgt bei der Emissionsprüfung 1 m horizontal im Feld zwischen den beiden Boards.

Prüfaufbau

Das PSE wird mittels 24 V und Durchführungsfiltern von einem Labornetzteil, welches außerhalb der Vollabsorberhalle steht, gespeist. PSE und PD befinden sich in der Vollabsorberhalle, wobei das PSE mittels 10 MBit/s Ethernet mit einer geschirmten Leitung zu einem Ethernet-Glasfaser-Umsetzer verbunden ist, der die Verbindung zum Router und Notebook 2 außerhalb der Messhalle herstellt. Das PD ist mittels geschirmter Ethernet-Leitung an Notebook 1 verbunden, welches sich in einer Schirmbox befindet.

Mit dem Aufbau aus der Abbildung 5 wird verhindert, dass in der Emissionsprüfungen Störungen vom Router oder den Notebooks gemessen werden. Da dieser Aufbau auch bei der gestrahlten Störfestigkeitsprüfung verwendet wird, sind die Notebooks und der Router auch vor einer Beeinflussung durch das elektrische Feld der Störfestigkeitsprüfung geschützt.

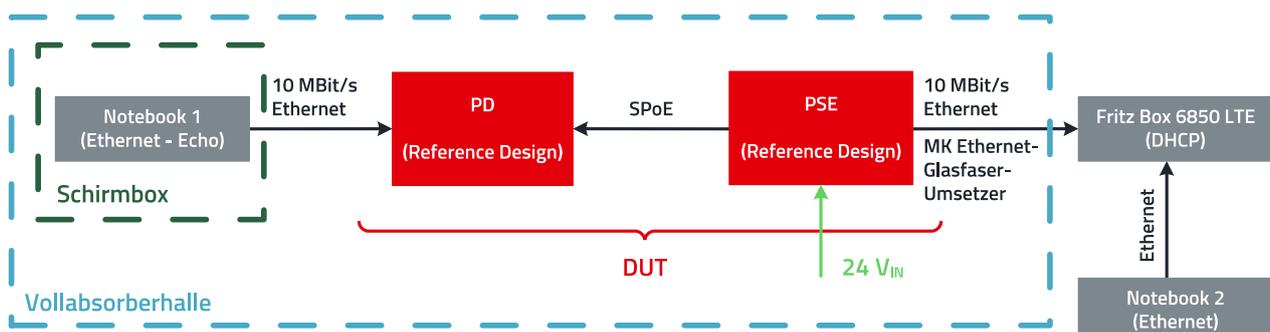


Abbildung 5: Blockdiagramm zur Prüfung der gestrahlten Störaussendung und Störfestigkeit.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

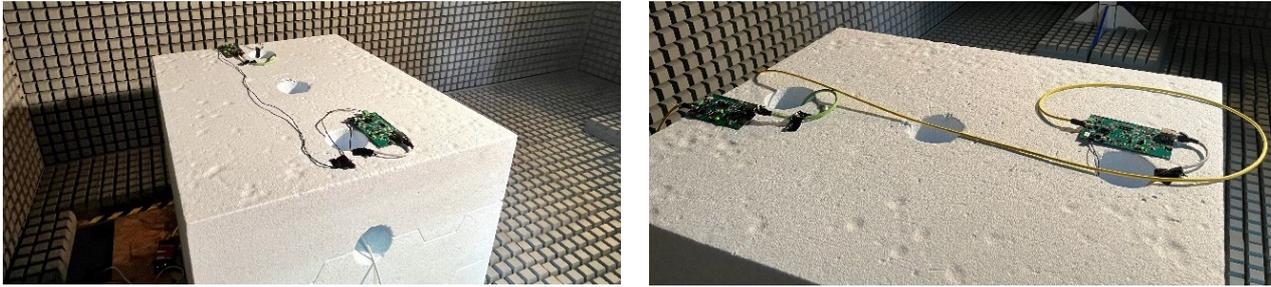


Abbildung 6: Prüfung der gestrahlten Störaussendung des SPoE-Reference-Designs in der Vollabsorberhalle.

In Abbildung 6 wird links die Prüfung mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung und rechts mit geschirmter SPoE-Leitung durchgeführt. Die Schirmbox ist auf den Fotos nicht abgebildet.

Ergebnisse der gestrahlten Emissionsprüfung

Die gestrahlte Störaussendung des Reference-Designs wird, wie in Abbildung 5 gezeigt, gemessen. Das Störspektrum des Reference-Designs in Abbildung 7 ist bei beiden verwendeten Kabeltypen mindestens 9 dB unter dem Grenzwert und die Ergebnisse sind vergleichbar.

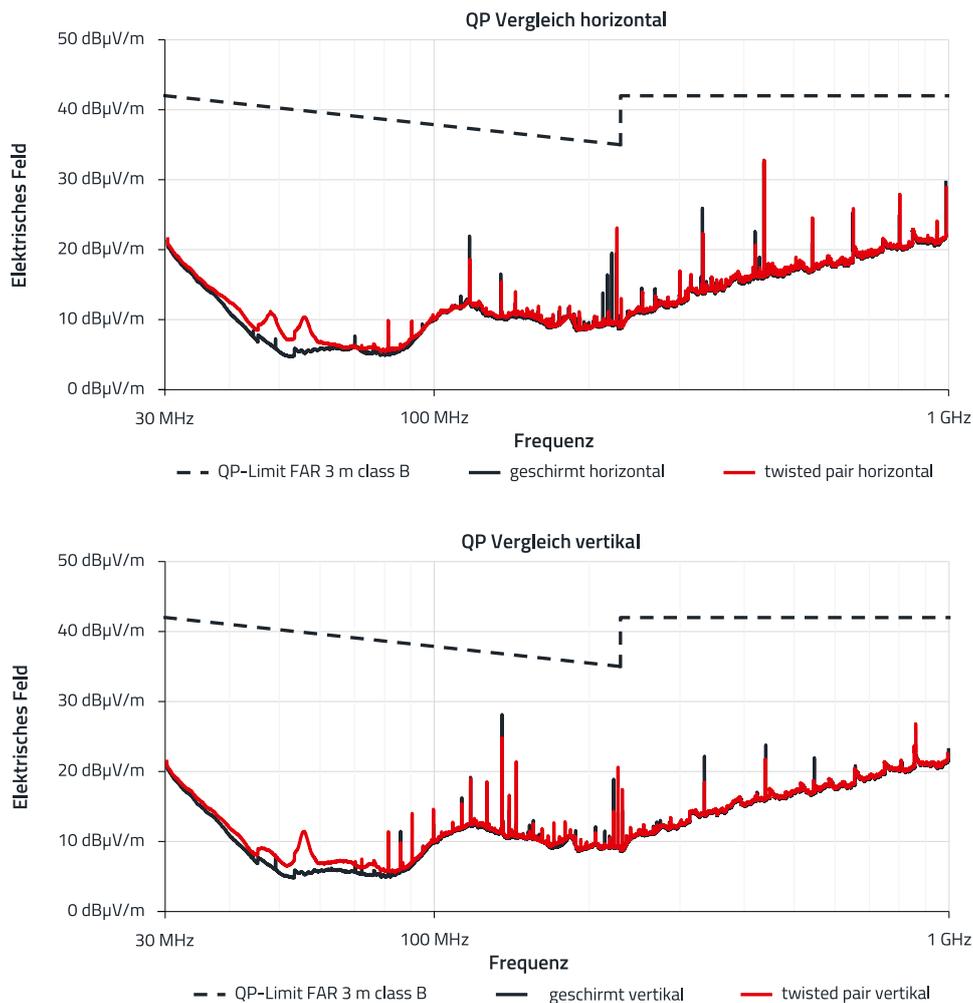


Abbildung 7: Vergleich der gestrahlten Störaussendung des SPoE-Reference-Designs bei Verwendung von geschirmter SPoE-Leitung oder ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Somit ist die gestrahlte Emission auch bei der Verwendung von ungeschirmter Twisted-Pair-Leitungen äußerst gering.

2.2 Funkstörspannung

Im Folgenden werden der Prüfaufbau der Funkstörspannungsmessung beschrieben und die Ergebnisse dargestellt.

Prüfaufbau

Das PSE und das PD können im späteren Aufbau räumlich getrennt sein und werden daher einzeln geprüft. Der DC-Eingang des PSE soll als möglicher DC-Netzeingang geprüft werden, die Ethernet-Leitung der 10 MBit/s-Ethernet-Schnittstelle und SPoE-Schnittstelle sind als lange Netzwerkleitung anzusehen. Die Emission des DC-Eingangs am PSE wird mittels CISPR 16 50 μ H Artificial

Mains Network (AMN) gemessen, die Emission der Netzwerkports wird mittels 150 Ω Coupling Decoupling

Network (CDN), welche als Asymmetric Artificial Network (AAN) fungiert, gemessen. Die Prüfaufbauten zur Messung der Funkstörspannung am PSE und PD werden in Abbildung 8 und Abbildung 9 gezeigt.

Zur Prüfung der SPoE-Schnittstelle mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung wird eine CDN T2 verwendet, bei der Messung der Störungen auf der geschirmten SPoE-Schnittstelle wird die Emission mittels selbst gebauter CDN für geschirmte SPE-Leitungen geprüft. Die Störungen auf der geschirmten Ethernet-Leitung werden mittels CDN für geschirmte cat5e-Leitungen gemessen. Netznachbildungen und CDNs müssen im Prüfaufbau immer mit 50 Ω (entweder durch den Messempfänger oder mittels eines 50 Ω Widerstandes) abgeschlossen sein.

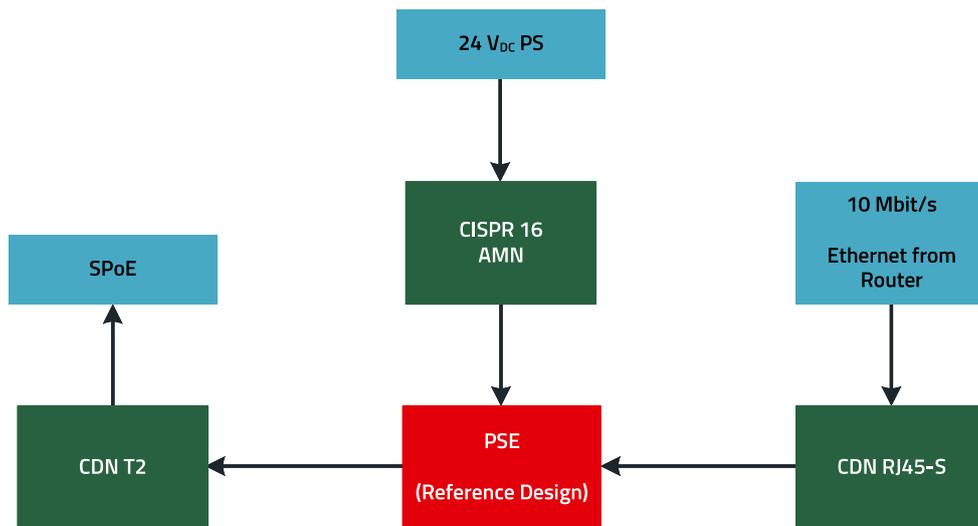


Abbildung 8: Prüfaufbau zur Prüfung der Funkstörspannung am PSE.

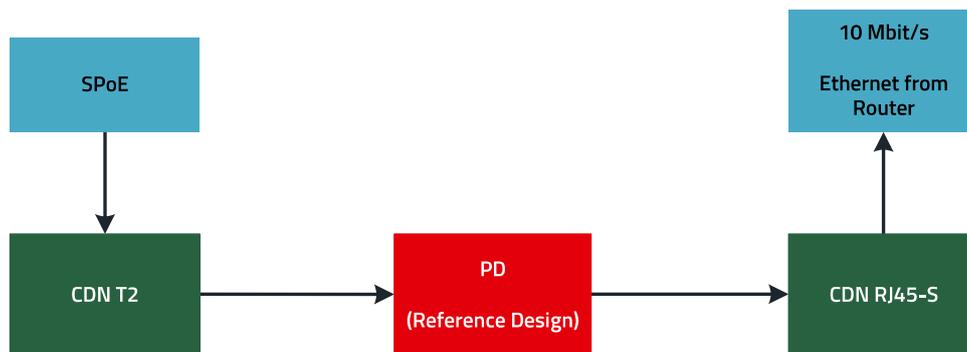


Abbildung 9: Prüfaufbau zur Prüfung der Funkstörspannung am PD.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

In Abbildung 10 ist ein Foto des entsprechenden Prüfaufbaus zu sehen.

Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung

Die Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung werden im Folgenden dargestellt. Da die Ergebnisse am DC-Port auf der positiven Versorgungsleitung keinen relevanten Unterschied zur negativen Versorgungsleitung aufweisen, werden aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nur die Ergebnisse der positiven Versorgungsleitung aufgezeigt. Die Ergebnisse des Quasipeak- und Mittelwertdetektors werden jeweils getrennt dargestellt. Im Graph wird der Grenzwert für Niederspannungsanschlüsse im Wohnbereich zum Vergleich herangezogen. Dieser ist niedriger als der Grenzwert für DC-Netze – erfüllt der Prüfling die Anforderungen an AC-Netze, so liegt er auch automatisch unter denen für

DC-Netze. In allen Emissionsgraphen angezeigte Grenzwerte sind für den Wohnbereich gültig – oder nach Produktnorm class B.

Power Source Equipment

Die Störspannungsmessungen des PSE werden im Prüfaufbau nach Abbildung 10 durchgeführt. In den folgenden Graphen wird die leitungsgeführte Störaussendung bei geschirmter SPE-Leitung und ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung am PSE verglichen.

Die leitungsgeführten Störungen auf dem DC-Port erhöhen sich über den ganzen Frequenzbereich breitbandig, wenn statt einer geschirmten SPE-Leitung eine ungeschirmte Twisted-Pair-Leitung genutzt wird. Allerdings ändern sich die relevanten Peaks nur geringfügig und die Emissionen liegen in beiden Konfigurationen mehr als 10 dB unter den Grenzwerten wie in Abbildung 11 zu sehen ist.

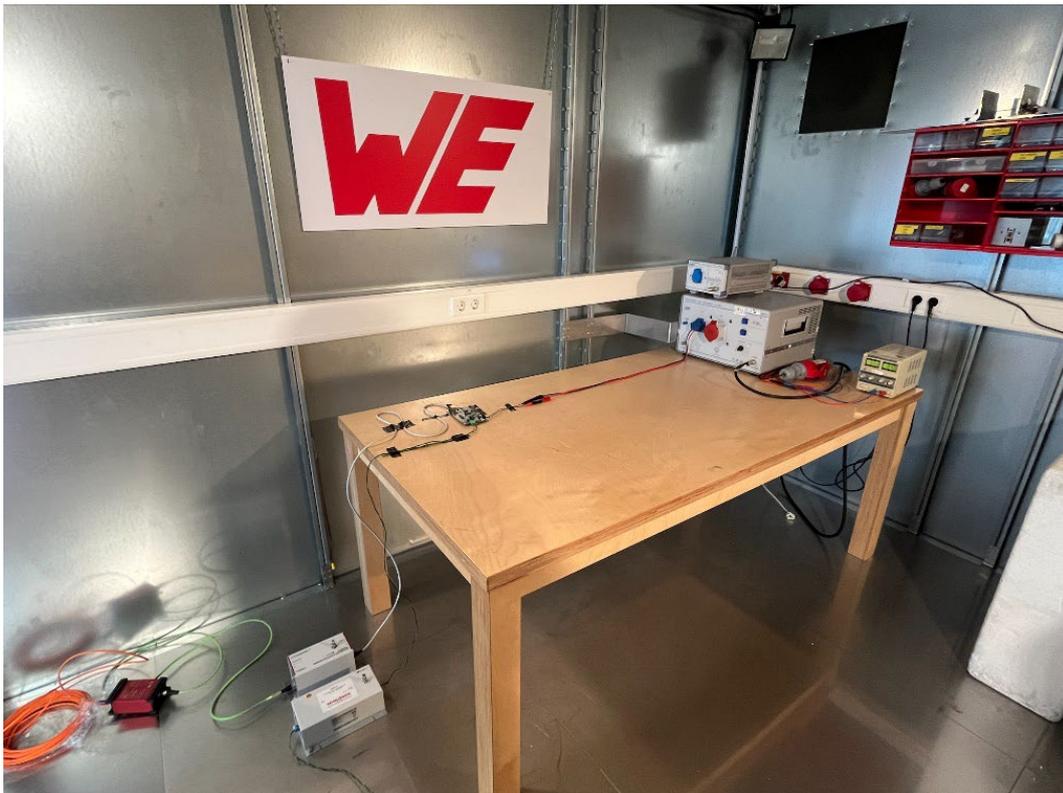


Abbildung 10: Messung der leitungsgeführten Störaussendung am PSE-Board des SPoE Reference-Designs.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

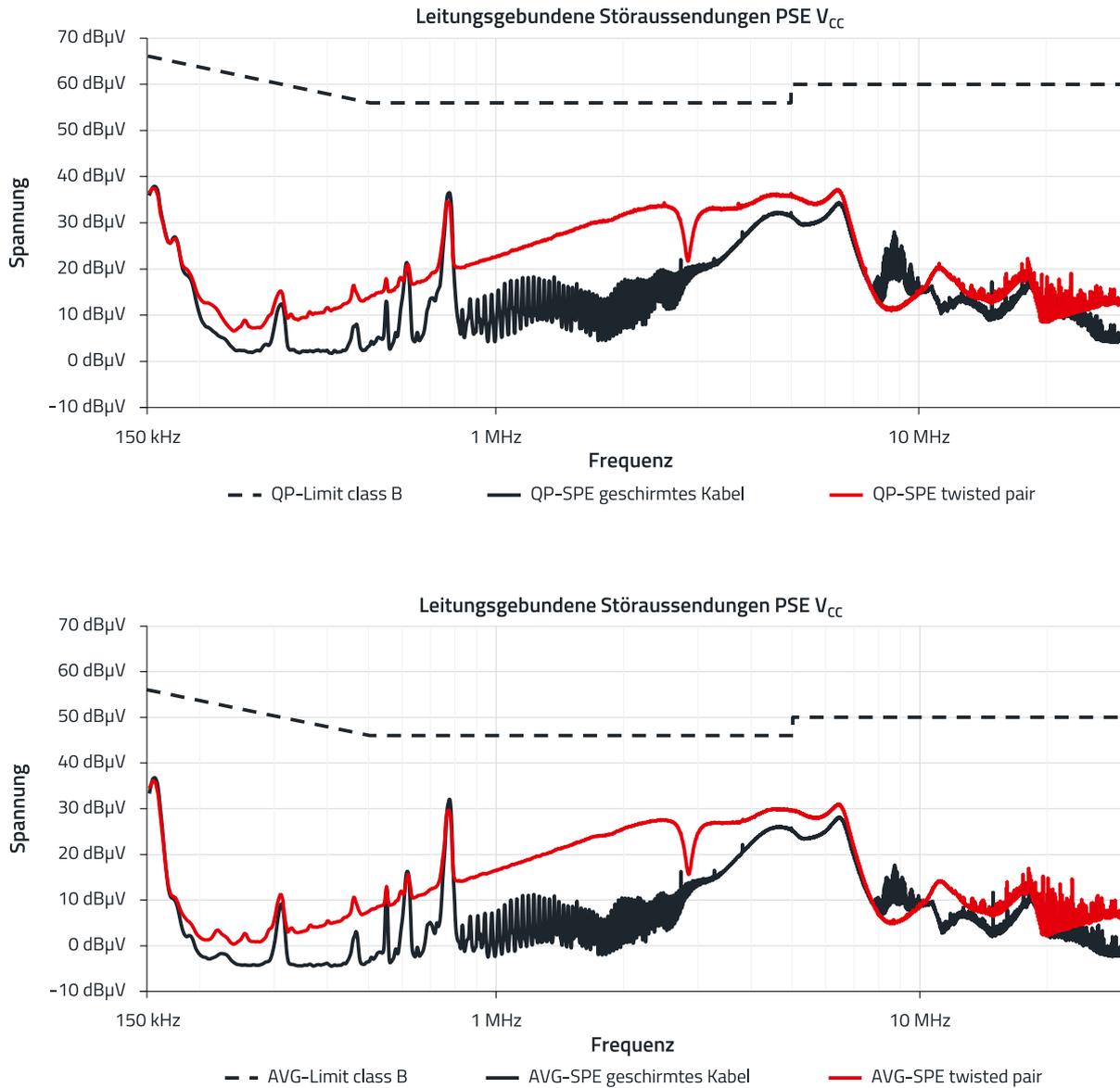


Abbildung 11: Ergebnisse der Funkstörspannungsmessung am DC-Port des PSE. Oben sind die Ergebnisse des Quasipeakdetektors und unten die Ergebnisse des Mittelwertdetektors dargestellt.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Ein ähnliches Verhalten ist auch in Abbildung 12 in den Messergebnissen der Störspannung auf der SPoE-Schnittstelle zu beobachten. Bei der Verwendung der ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung steigt die Emission breitbandig an.

Lediglich die in Abbildung 13 dargestellten Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendung auf der geschirmten Ethernet-Leitung ändern sich nur geringfügig, wenn das Reference-Design statt mit geschirmter SPE-Leitung mit einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung betrieben wird.

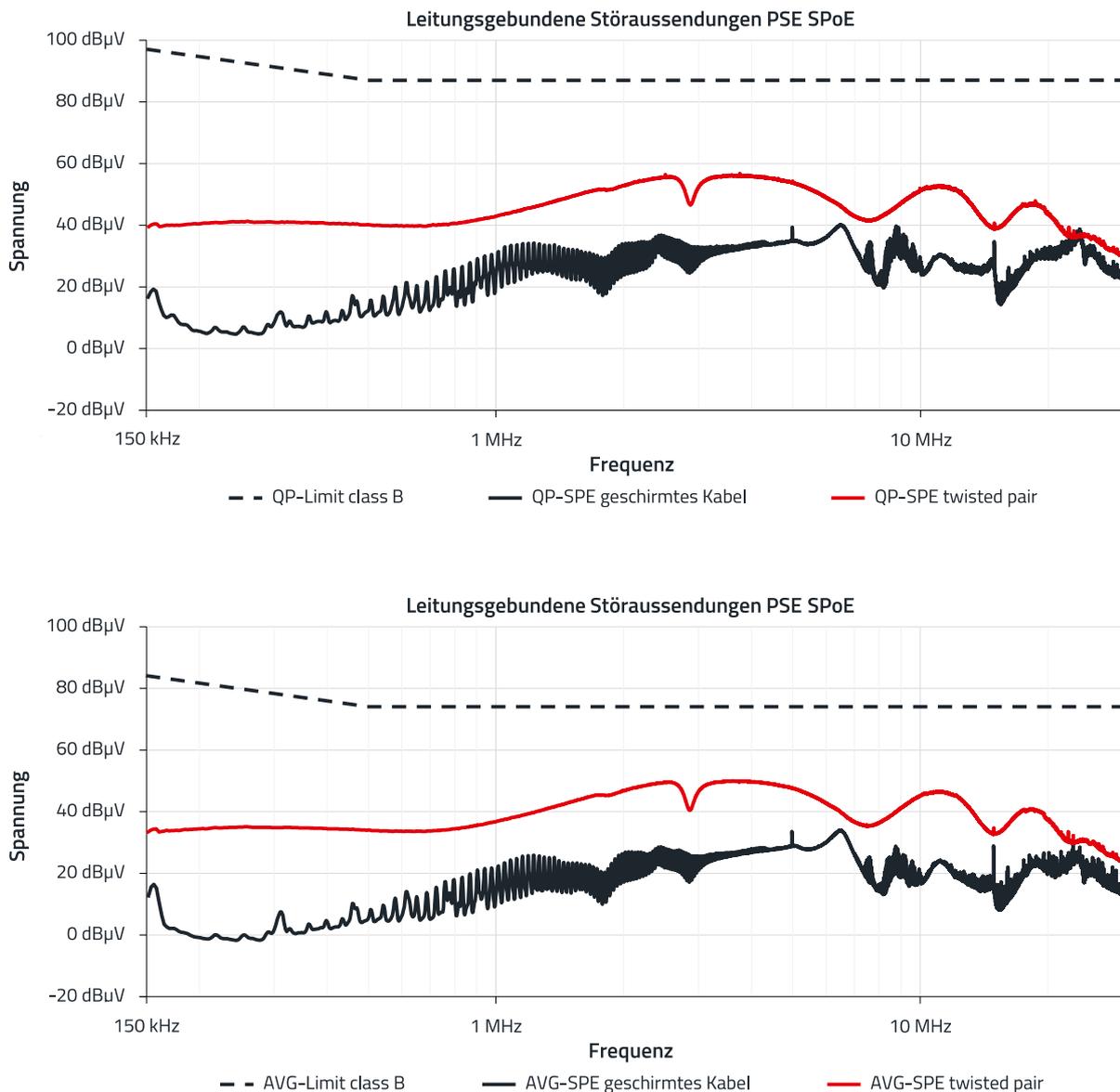


Abbildung 12: Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendung auf der SPoE-Schnittstelle des PSE. Oben sind die Ergebnisse des Quasipeakdetektors und unten die Ergebnisse des Mittelwertdetektors dargestellt.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

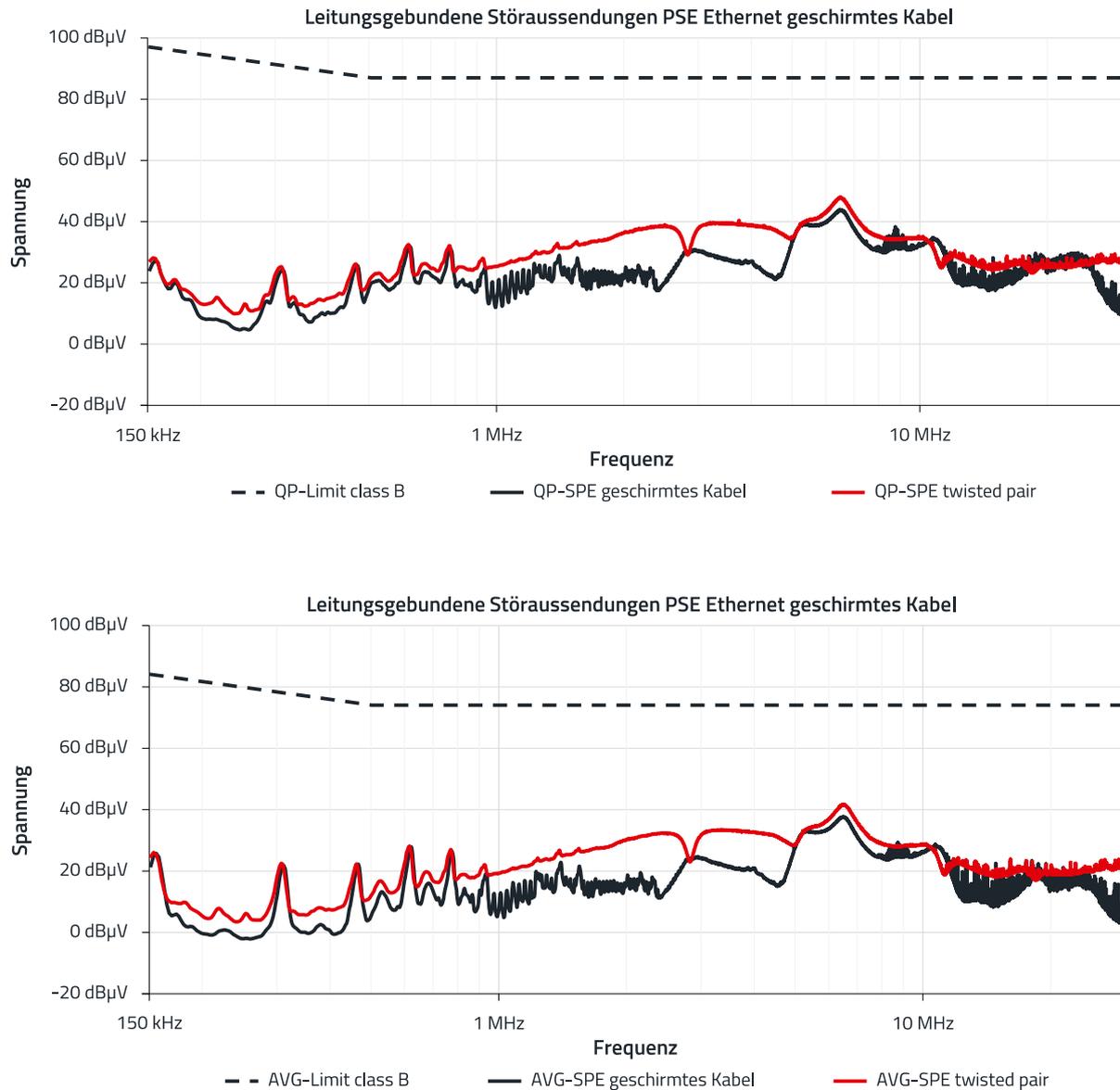


Abbildung 13: Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendung auf der Ethernet-Schnittstelle des PSE bei Verwendung einer cat5e SF/UTP-Leitung. Oben sind die Ergebnisse des Quasipeakdetektors und unten die Ergebnisse des Mittelwertdetektors dargestellt.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Powered Device

Das PD wird ähnlich dem PSE geprüft, allerdings entfällt die Messung des DC-Ports. Beim PD ändern sich die Messergebnisse des Reference-Designs bei der Änderung von einer geschirmten SPE-Leitung auf eine ungeschirmter

SPE-Leitung auf der SPoE-Schnittstelle (Abbildung 14) und auf der Ethernet-Schnittstelle (Abbildung 15) gleichermaßen. Die Emission steigt über den ganzen Frequenzbereich bei der Verwendung ungeschirmter Leitungen an, bleibt jedoch weit unter dem Grenzwert für den Wohnbereich.

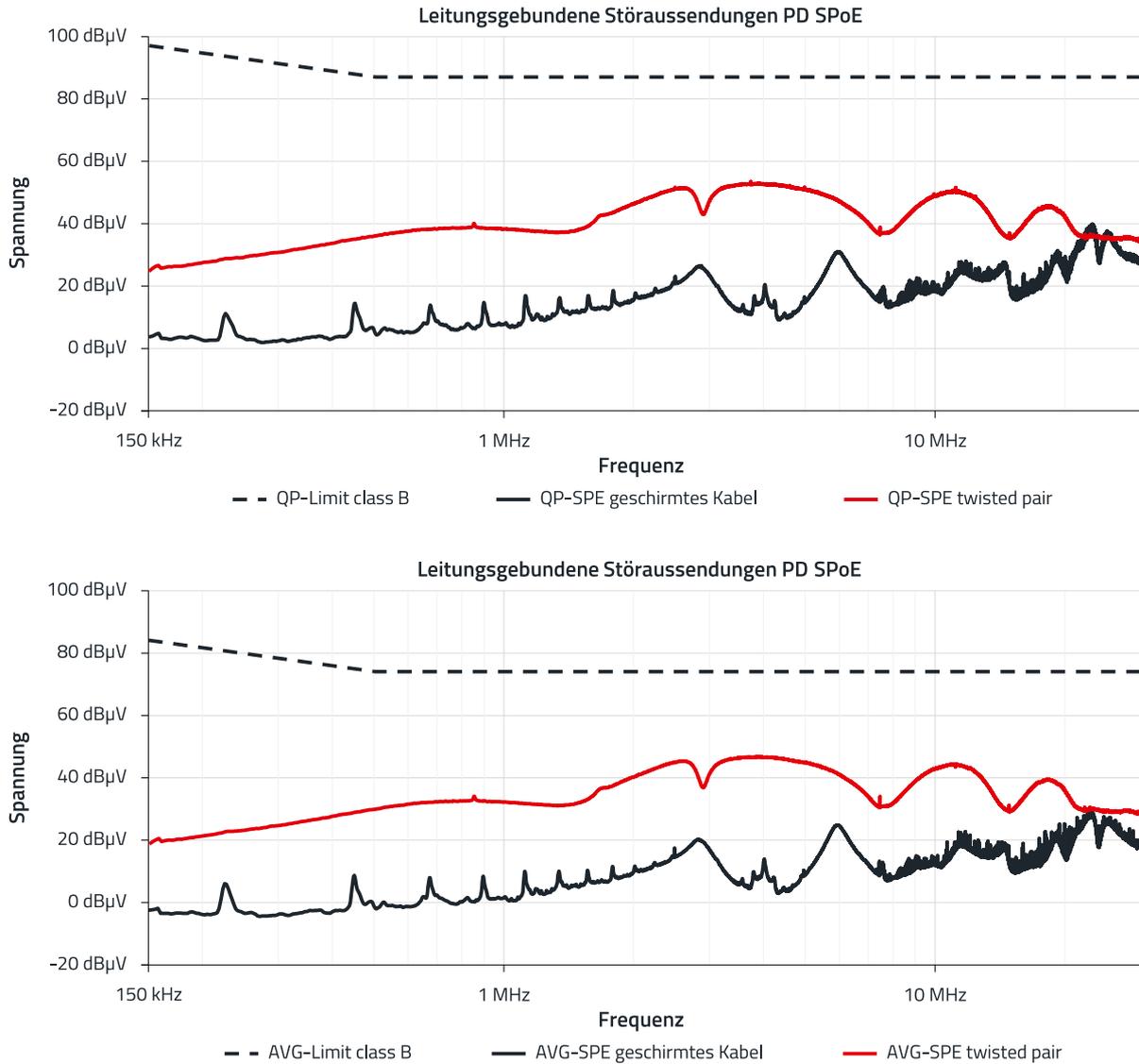


Abbildung 14: Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendung auf der SPoE-Schnittstelle des PD. Oben sind die Ergebnisse des Quasipeakdetektors und unten die Ergebnisse des Mittelwertdetektors dargestellt.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

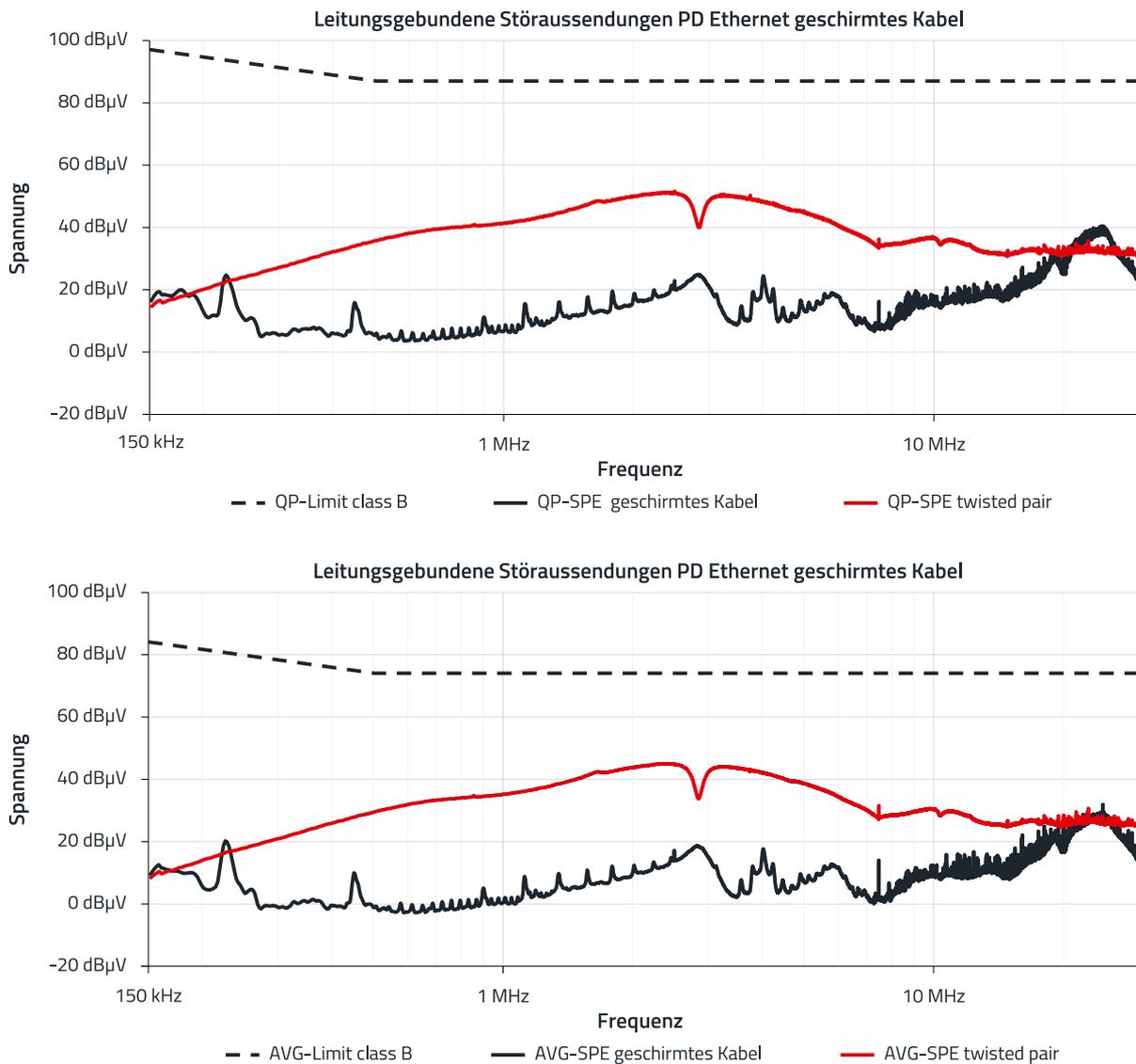


Abbildung 15: Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendung auf der Ethernet-Schnittstelle des PD bei Verwendung einer cat5e SF/UTP-Leitung. Oben sind die Ergebnisse des Quasipeakdetektors und unten die Ergebnisse des Mittelwertdetektors dargestellt.

2.3 Zusammenfassung der Störaussendungsprüfungen

Das SPoE-Reference-Design zeichnet sich durch eine geringe gestrahlte und leitungsgeführte Störaussendung aus. Die Ergebnisse der Emissionen liegen trotz offenen Platinen ohne Schirmgehäuse deutlich unter den EMV- Grenzwerten

für den Wohnbereich. Selbst mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung liegen die Ergebnisse der SPoE-Schnittstelle bei allen Messungen deutlich unter den EMV-Grenzwerten. Aus Sicht der Emissionsprüfung ist somit eine Schirmung der SPoE-Schnittstelle nicht erforderlich.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

3. STÖRFESTIGKEIT DES REFERENCE-DESIGNS GEGEN KONTINUIERLICHE STÖRGRÖßEN

Die Länge der SPE-Leitung beträgt während der Störfestigkeitsprüfungen mindestens 5 m. Teilweise wird die Leitungslänge von 5 m auch auf der AE-Seite der Koppelnetze geführt. Da die Leitungen des Reference-Designs lang sind, werden die Boards bei den leitungsgeführten Prüfungen einzeln geprüft.

3.1 Gestrahlte Störfestigkeit

Zur Prüfung der gestrahlten Störfestigkeit nach IEC 61000-4-3 im Frequenzbereich von 80 MHz bis 6 GHz wird der in Abbildung 5 beschriebene Aufbau aus Kapitel 2.1 (Prüfaufbau) verwendet. Die Länge der SPE-Leitung beträgt 5 m, wobei die im Prüfaufbau überschüssige Leitungslänge

auf dem Boden der Absorberhalle liegt. Das Reference-Design wird sowohl mit geschirmter SPE-Leitung als auch mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung mit der maximalen Feldstärke aus Abbildung 16 geprüft. Die Funktion des Reference-Designs wird nicht beeinflusst und das Reference-Design besteht die Störfestigkeitsprüfungen mit hohen Prüfpegeln im Performancekriterium A.

3.2 Leitungsführte Störfestigkeit gegen induzierte HF-Störgrößen

Die beiden Boards werden jeweils einzeln auf ihre Störfestigkeit im Frequenzbereich von 150 kHz bis 80 MHz nach IEC 61000-4-6 geprüft. Die Ethernet-, SPE und DC-Leitungen sind in einer möglichen Applikation als lang anzusehen und werden daher nach dem im folgenden aufgezeigten Aufbau geprüft.

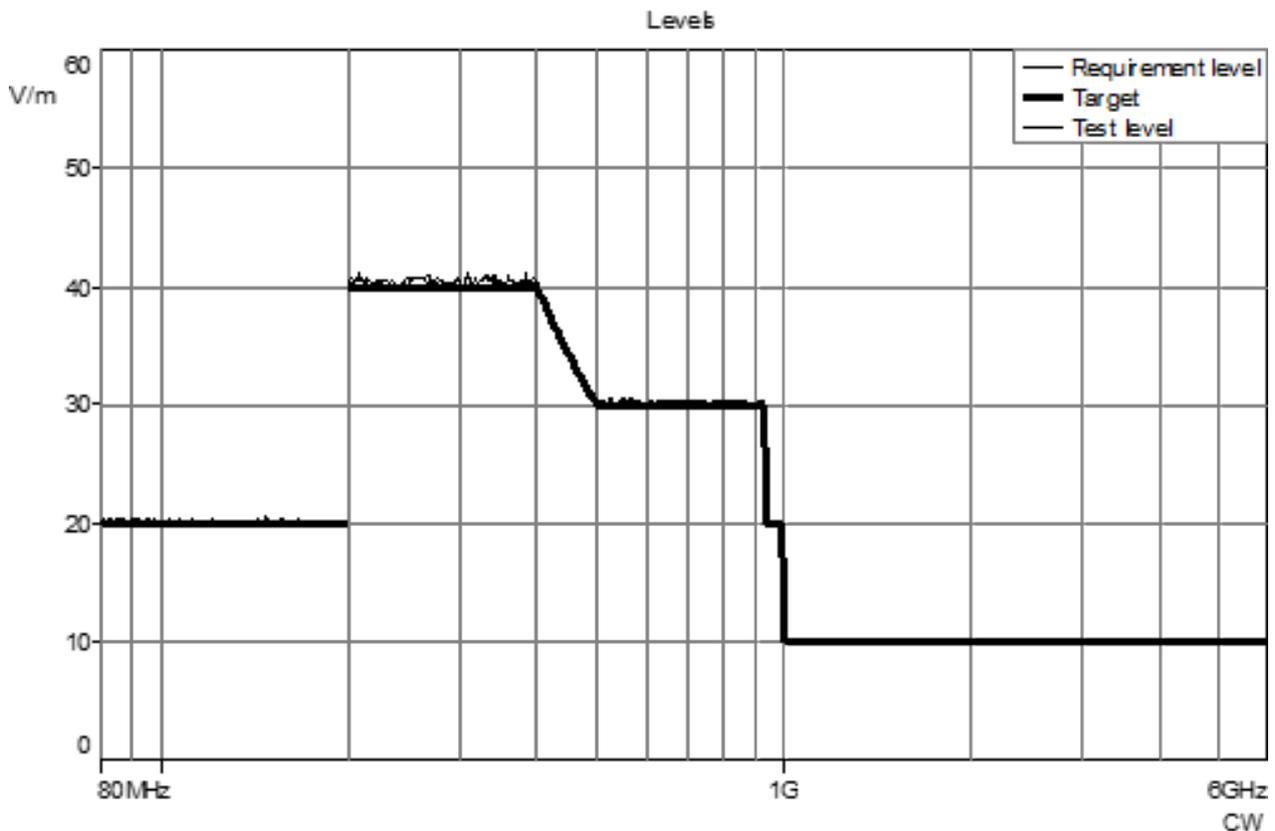


Abbildung 16: Maximaler Prüfpegel der gestrahlten Störfestigkeitsprüfung.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Prüfaufbau

Zur Versorgung des PSE werden zwei 12 V Bleiakkus verwendet, womit eine stabile Spannungsversorgung, die nicht durch die Prüfung beeinflusst wird, sichergestellt ist. Labornetzteile können trotz der Entkopplung durch CDNs durch die Störungen im Schirmraum beeinflusst werden, wodurch die Ausgangsspannung instabil wird und eine Schwankung der DC-Spannung zu Fehlern in der Interpretation der Störfestigkeitskriterien führen kann.

Die Leitungen zwischen der DUT-Seite der CDNs und den Prüflingen haben eine Länge von unter 30 cm, sodass der Abstand zwischen CDN und Prüfling den normativen Anforderungen entspricht. Die auf 10 Mbit/s konfigurierte Ethernet-Schnittstelle wird mittels CDN für geschirmte Leitungen geprüft. Bei der Prüfung der SPoE-Schnittstelle wird bei der Verwendung ungeschirmter Leitungen eine CDN T2 verwendet und bei der Prüfung mit geschirmter SPE-Leitung eine selbstgebaute CDN-S passend zur verwendeten Leitung. Der Aufbau zur Prüfung der leitungsgeführten Störfestigkeit wird in Abbildung 17 und Abbildung 18 gezeigt.

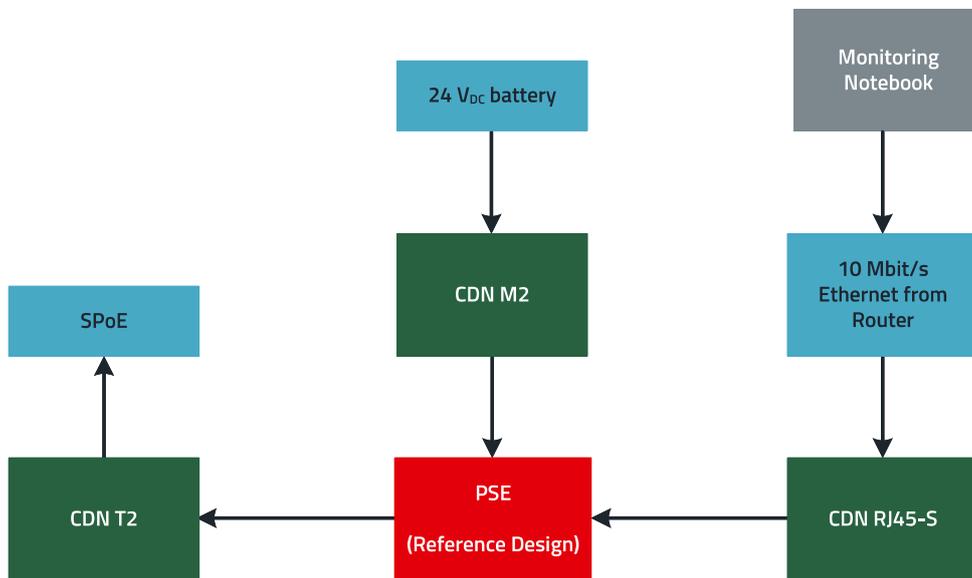


Abbildung 17: Prüfaufbau zur Prüfung der leitungsgeführten Störfestigkeit am PSE.

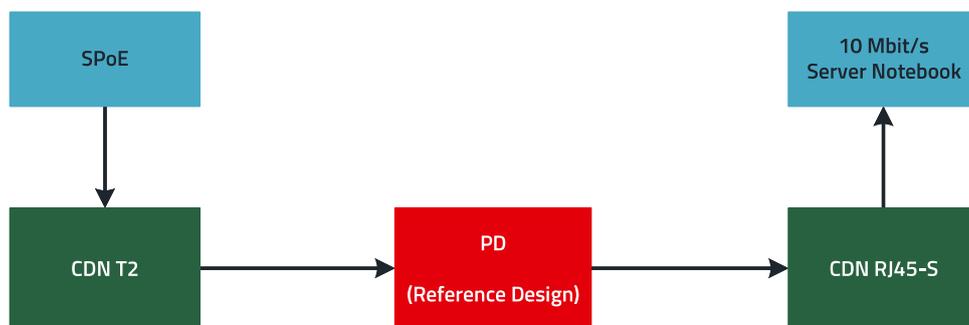


Abbildung 18: Prüfaufbau zur Prüfung der leitungsgeführten Störfestigkeit am PD.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Der Abschluss einer CDN im Prüfaufbau mittels $50\ \Omega$ erfolgt nach Vorgabe aus dem Basisstandard IEC 61000-4-6. In Abbildung 19 ist der Aufbau der leitungsgeführten Störfestigkeitsprüfung des PSE-Boards mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung aufgezeigt. Auf der AE-Seite der CDN T2 (rechte CDN in Abbildung 19) ist entkoppelt vom Prüfling eine weitere 5 m Leitung in Richtung PD angeschlossen. Bei der Einkopplung auf die Versorgungsleitung wird die CDN an der geschirmten Ethernet-Leitung mit $50\ \Omega$ abgeschlossen.

Ergebnisse der leitungsgeführten Störfestigkeitsprüfung

Power Source Equipment

Das PSE-Board wird mit einem Pegel von 20 V mit geschirmter SPE-Leitung und ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung als Verbindung zwischen PSE und PD geprüft. Hierbei wird die Störung jeweils auf dem Versorgungseingang, der Ethernet-Schnittstelle und der SPE-Schnittstelle eingekoppelt. Sowohl bei geschirmter als auch bei ungeschirmter SPE-Leitung wird die Funktion des Boards bei Prüfung aller Eingänge nicht beeinflusst.

Powered Device

Genauso wie das PSE-Board wird auch das PD-Board geprüft. Die Prüfung der Versorgungsleitung entfällt hier jedoch. Auch das PD-Board lässt sich bei Prüfpegeln von 20 V in der leitungsgeführten Störfestigkeitsprüfung nicht beeinflussen.

3.3 Zusammenfassung der kontinuierlichen Störfestigkeitsprüfungen

Die Funktion des SPoE-Reference-Designs (beide Boards) wird während der Störfestigkeitsprüfungen nicht durch die kontinuierlichen Störgrößen beeinflusst und das Reference-Design besteht die Störfestigkeitsprüfungen mit hohen Prüfpegeln im Performancekriterium A. Es werden somit die Anforderungen an die Störfestigkeit gegen kontinuierliche Störgrößen für industrielle Produkte erfüllt und auch ein Übertesten mit doppeltem Pegel zeigt keine Performanceverluste auf. Aus Sicht dieser Störfestigkeitsprüfungen wird keine geschirmte Leitung für die SPoE-Schnittstelle benötigt.

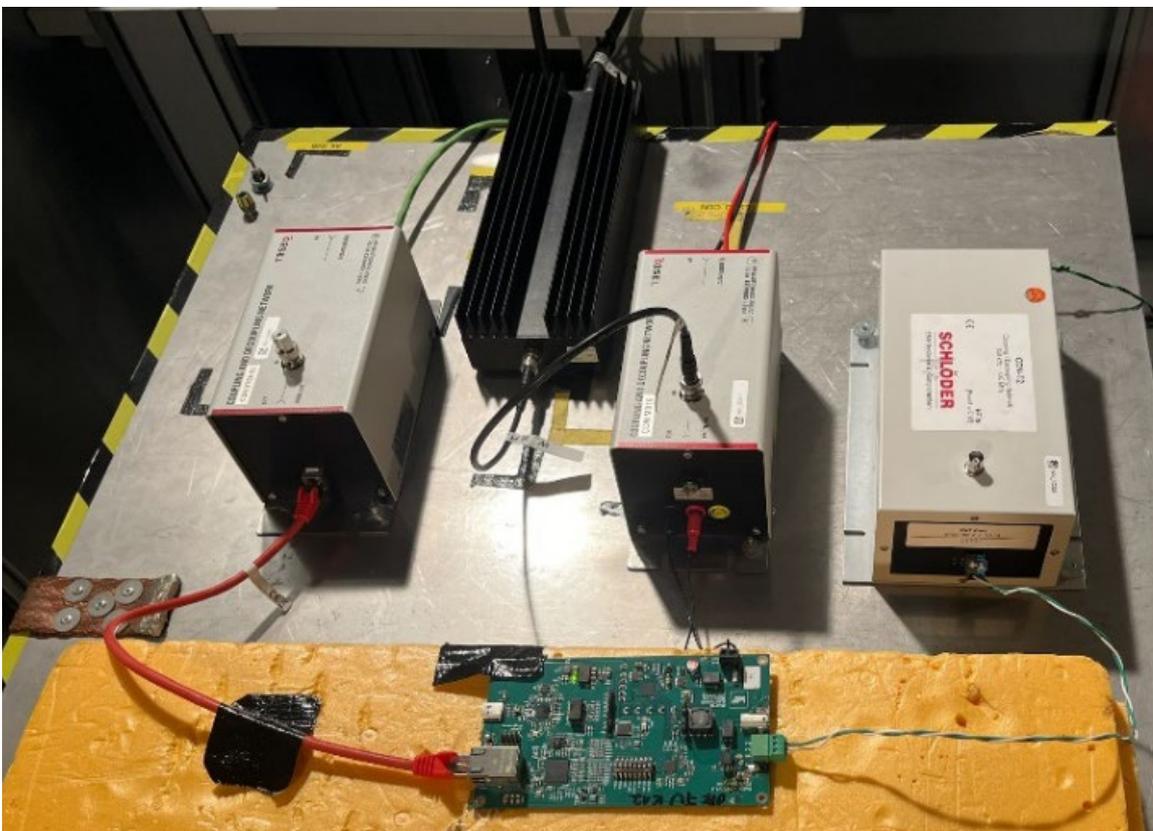


Abbildung 19: Leitungsgeführte Störfestigkeitsprüfung des PSE-Boards.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

4. STÖRFESTIGKEIT DES REFERENCE-DESIGNS GEGEN TRANSIENTE STÖRGRÖßEN

Während das SPoE-Reference-Design die Emissionsprüfungen und Störfestigkeitsprüfungen gegen kontinuierliche Störgrößen ohne Einschränkungen und mit sehr guter Performance besteht, ist der Schutz des Boards gegen transienten Störgrößen in der Umsetzung anspruchsvoller.

4.1 Transiente Störfestigkeit, Burst

Die Störfestigkeitsprüfung wird, ähnlich wie auch schon im vorherigen Abschnitt aufgezeigt, für PD und PSE einzeln durchgeführt. Die Einkopplung erfolgt aufgrund der möglichen Leitungslänge an allen Schnittstellen außer an der USB-Schnittstelle, welche für Leitungslängen unter 3 m definiert ist.

Prüfaufbau

Die Einkopplung des Bursts erfolgt auf der DC-Leitung des PSE-Boards mittels CDN, was die Verbindung zu einem Gleichstromversorgungsnetz nachstellt. Wird von einer isolierten Versorgung ausgegangen, so wird die Burstprüfung mittels kapazitiver Koppelzange auf den Versorgungsleitungen durchgeführt. Auf die Datenleitungen wird mit der kapazitiven Koppelzange eingekoppelt. PSE und PD werden nacheinander geprüft. Während der Prüfung wird die geschirmte 100 MBit/s Ethernet-Leitung auf der Seite zum Hilfsequipment entweder mittels Glasfaserumsetzer oder mit einer CMAD entkoppelt. Die DC-Schnittstelle wird mittels der Burst CDN vom Netzteil entkoppelt oder mit Bleiakku betrieben. Das Notebook aus Abbildung 21 wird zur besseren Entkopplung mit Akku und vom Netz getrennt betrieben. Das Notebook aus Abbildung 20 wird mittels Lichtwellenübertrager entkoppelt.

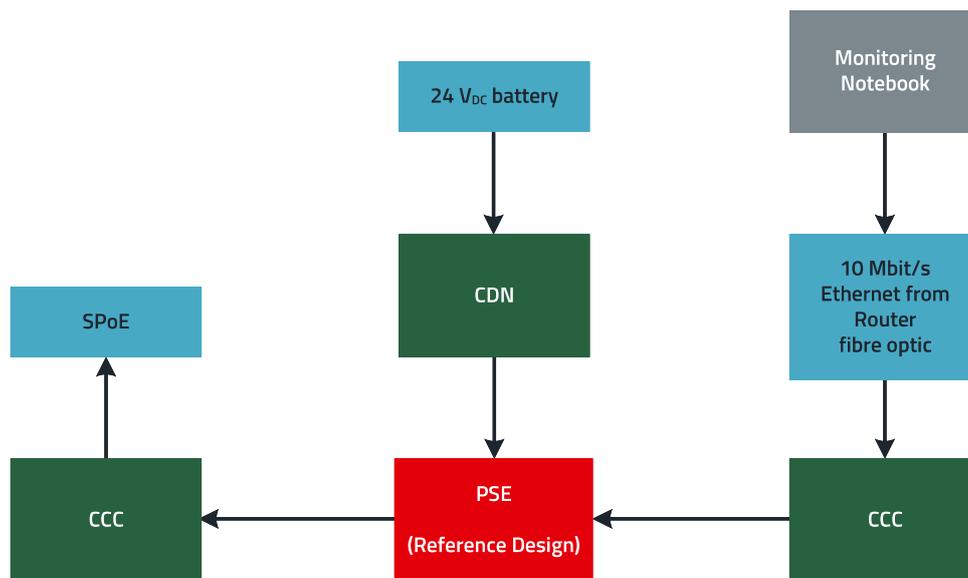


Abbildung 20: Prüfaufbau zur Prüfung der Störfestigkeit gegen Bursts am PSE.

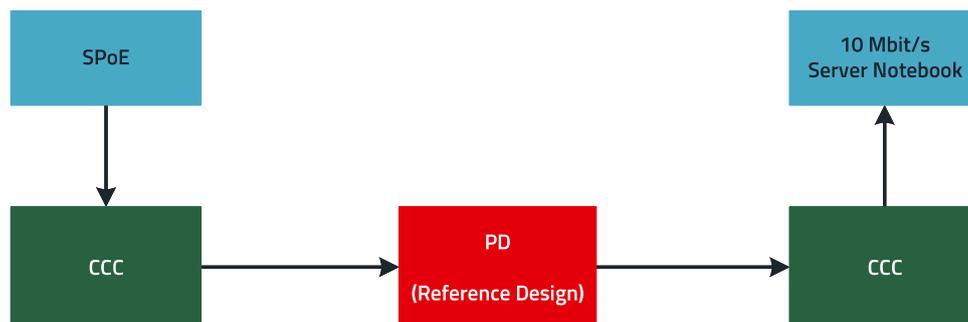


Abbildung 21: Prüfaufbau zur Prüfung der Störfestigkeit gegen Bursts am PD.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Die Überspannungsschutzeinrichtungen des Boards können nur mit entsprechendem Bezug zur Referenzmasse zufriedenstellend arbeiten. Für die Transienten Prüfungen wird deshalb der Masseschirmring der Platine auf die Referenzmasse des Systems gezogen – simuliert durch eine Verbindung mittels Litze zwischen Schirmmasse der Platine und Referenzmasse (siehe Abbildung 22). Dies stellt eine Verbindung mit einer geerdeten Gehäusemasse in einer möglichen Applikation nach. Die Störungen kommen von den Schnittstellen, werden dann auf den Schirmring der Platine und von dort auf das Gehäuse abgeleitet. Vom Gehäuse werden die Störungen kapazitiv oder über einen Erdanschluss gegen die Referenzmasse im Prüfaufbau abgeleitet.

Allerdings sieht der SPoE-Standard eine entkoppelte Versorgung der Schnittstelle vor. Aus diesem Grund kann ein Prüfaufbau auch isoliert von der Umgebung nach der folgenden Abbildung 23 erfolgen. Hierzu werden alle angeschlossenen Schnittstellen isoliert betrieben. Dies erfolgt durch eine Speisung mittels Batterie, auch die Notebooks werden nur im Batteriebetrieb genutzt, die Ethernet-Schnittstellen werden optisch entkoppelt und der Schirmring der Boards ist nicht geerdet. In diesem Fall erfolgt die Einkopplung des Bursts, auch auf der Versorgungsleitung des PSE, nur mittels kapazitiver Koppelzange.

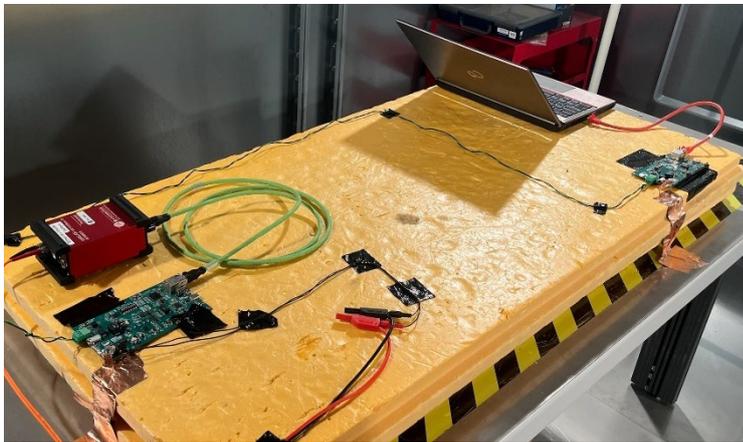


Abbildung 22: Im Bild links ist der Prüfaufbau des SPoE-Reference-Designs zur Prüfung gegen schnelle transiente Störgrößen dargestellt und im Bild rechts ist der Masseanschluss zu sehen.

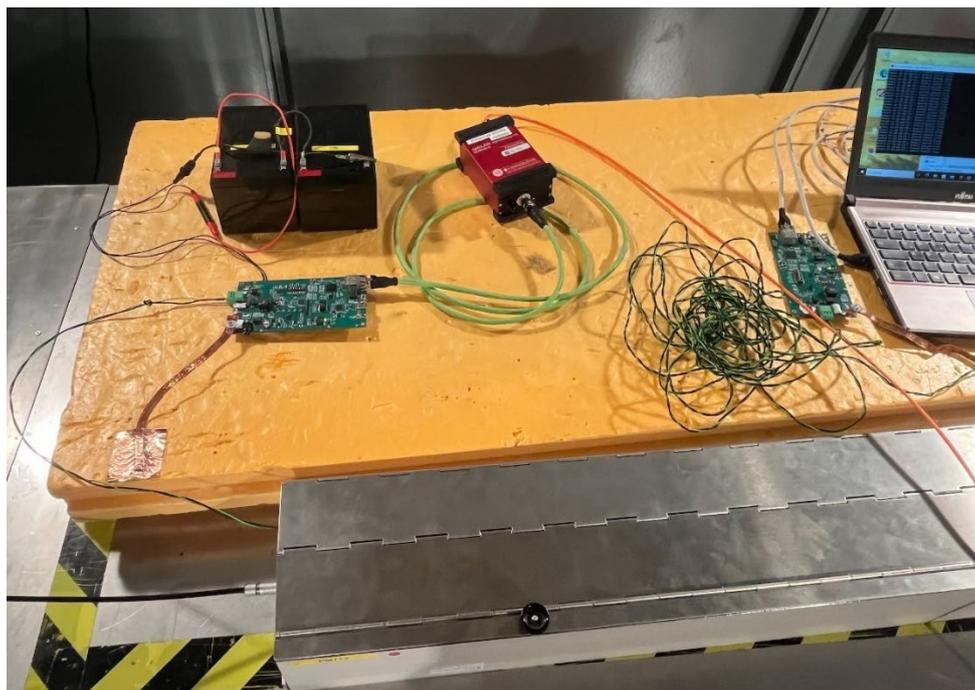


Abbildung 23: Burstprüfung mit der isoliert betrachteten SPoE-Schnittstelle.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Sonderfall: Ergebnisse der Burst-Prüfung für nicht isolierte Boards

Die Überspannungsschutzeinrichtungen werden mittels Masseschirm aufgelegt.

Power Source Equipment

Bei der Einkopplung der Bursts mittels CDN auf die 24 V_{DC} Versorgungsleitung verhält sich das PSE bei geschirmter und ungeschirmter SPoE-Leitung identisch. Bei einem Prüfpegel von 500 V wird der Betrieb des SPoE-Reference-Designs nicht gestört. Bei Prüfpegeln von 1 kV und 2 kV steigt die Fehlerrate von 0% auf 10% an und die Übertragungsgeschwindigkeit fällt, wie in Abbildung 24 aufgezeigt, ab. Dies entspricht dem Performancekriterium B.



Abbildung 24: Performancekriterium B während der Burstprüfung.

Wird davon ausgegangen, dass die SPoE-Strecke als alleinstehendes Produkt betrieben wird, ist dies aus Sicht der EMV-Normung eine ausreichend gute Performance. Transiente Pulse treten nicht kontinuierlich auf, weshalb gewisse Performanceverluste, soweit der Prüfling nach der Prüfung wieder ohne Eingriff des Benutzers in den Betriebszustand vor der Prüfung zurückkehrt, akzeptiert werden. Wird das Reference-Design jedoch als Teil einer Applikation gesehen, indem es beispielsweise in einer industriellen Steuerung integriert wird, so ist sicherzustellen, dass die Gesamtapplikation das Performancekriterium B erfüllt. Bei der Integration des Reference-Designs in eine Applikation ist daher drauf zu achten, dass das Ansteigen der Fehlerrate und eine Reduktion der Übertragungsgeschwindigkeit akzeptabel ist. Beispielsweise könnte eine Industrieanlage bei einer reduzierten Übertragungsgeschwindigkeit der Steuerung einen Nothalt auslösen und vom Bediener freigeschaltet werden müssen, was dem Performancekriterium C entsprechen würde. Gleichzeitig erfüllt die Schnittstelle als Einzelapplikation aber Performancekriterium B. Es ist davon auszugehen, dass das SPoE-Reference-Design in eine Gesamtapplikation integriert wird und somit nicht eine direkte Einkopplung auf der

Versorgung zu erwarten ist. Vielmehr muss das Gesamtsystem, daher die Schnittstelle mit den relevanten Komponenten und auch die vorgeschaltete Versorgung, betrachtet werden.

Bei der Einkopplung von Bursts auf die SPoE-Schnittstelle und die Ethernet-Schnittstelle mittels kapazitiver Koppelzange wird bei der Verwendung eines geschirmten SPE-Kabels das Performancekriterium A bei Prüfpegeln bis 5 kV erreicht. Bei der Verwendung einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung reduziert sich die Störfestigkeit deutlich. Die Abbildung 25 zeigt die aktive Gas-Discharge-Tube (GDT) an der Unterseite der Platine bei der Einkopplung mittels kapazitiver Koppelzange auf die ungeschirmte Twisted-Pair-Leitung bei einem Prüfpegel von 1 kV, wenn der Schirmring mit der Referenzmasse verbunden ist.



Abbildung 25: Die Gas-Discharge-Tube (GDT) leitet einen mit der kapazitiven Koppelzange eingekoppelten Burst auf der SPoE-Schnittstelle, die mit ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung betrieben wird, ab.

Bei der Verwendung einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung wird die Burstprüfung bei der Einkopplung mittels kapazitiver Koppelzange auf der Ethernet-Leitung mit 1 kV im Performancekriterium A bestanden. Bei Prüfpegeln über 1 kV bis 4 kV wird das Performancekriterium B nach der Abbildung 24 bestanden.

Bei einem Prüfpegel von 5 kV kommt es zu einem kurzfristigen Reset der Verbindung. Die Verbindung wird jedoch nach jedem Burstpaket automatisch aufgebaut und die Datenpakete werden weiter übertragen.

Bei einer Einkopplung von Bursts auf die ungeschirmte Twisted-Pair-Leitung mittels kapazitiver Koppelzange arbeitet das System bei 500 V im Performancekriterium B und hat teilweise Resets in der Verbindung bei einem Prüfpegel ab 1 kV. Bei einem Prüfpegel von 1 kV ist dieser Verbindungsabbruch nicht dauerhaft und die Datenübertragung wird am Ende des Burstpakets fortgesetzt. Bei einem Prüfpegel von 200 V wird das Performancekriterium A erreicht.

Powered Device

Beim PD ist das Verhalten während der Burstprüfung mit dem des PSE vergleichbar. Der Unterschied bei der Verwendung einer geschirmten und einer ungeschirmten Leitung an der SPoE-Schnittstelle führt zu deutlichen Unterschieden in der Performance während der Burstprüfung.

Bei der Verwendung einer geschirmten SPE-Leitung wird die Prüfung bei Prüfpegeln bis 4 kV im Performancekriterium A bestanden und bei einem Prüfpegel von 5 kV im Performancekriterium B. Dabei spielt es keine Rolle ob auf der SPoE-Schnittstelle oder der Ethernet-Schnittstelle mit der kapazitiven Koppelzange geprüft wird. Verwendet man statt einer geschirmten SPE-Leitung eine ungeschirmte Twister-Pair-Leitung reduziert sich die Performance deutlich. Bei Prüfpegeln von 500 V wird das Performancekriterium B erreicht. Bei einem Prüfpegel von 1 kV kommt es zu kurzzeitigen Unterbrechungen in der SPoE-Verbindung, wobei die Datenübertragung am Ende des Burstpakets ohne Nutzereingriff fortgesetzt wird.

Ergebnisse der Burst-Prüfung für den isolierten Betriebsfall

Die Boards werden, wie vom Standard vorgesehen, mit isolierter Versorgungsspannung betrieben. Eine derartige Isolation muss beim Design der SPoE-Schnittstelle in der Applikation gesondert vorgesehen werden. Die Prüfungen im isolierten Setup spielen vor allem für die transiente Störfestigkeit bei ungeschirmten Twisted-Pair-Leitungen eine Rolle.

Im isolierten Setup verhalten sich die Ethernet-Schnittstelle und SPoE-Schnittstelle bei der Verwendung von ungeschirmten Twisted-Pair-Leitungen gleich. Bei der Prüfung der Ethernet-Schnittstelle wird das Performancekriterium A bis zu einem Prüfpegel von 1 kV erreicht, bei 2 kV wird das Performancekriterium B erreicht. Diese Performance erreicht das PSE auch, wenn der Burst mittels Koppelzange auf den DC-Eingang eingekoppelt wird. Die SPoE-Schnittstelle erreicht das Performancekriterium A bei einem Prüfpegel von 500 V und das Performancekriterium B bei einem Prüfpegel von 1 kV bei Verwendung einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung.

4.2 Transiente Störfestigkeit, Surge

Da die Daten-Schnittstellen, ausgenommen der USB-Schnittstelle, des Reference-Designs Leitungslängen von mehr als 30 m haben können, muss eine ausreichende Immunität gegen transiente Surge-Pulse gegeben sein. Auf dem PSE wurde nur ein begrenzter Transient-Schutz am DC-Eingang vorgesehen, da davon ausgegangen wird, dass ein Netzteil in der späteren Applikation vorgeschaltet ist. Soll das PSE des Reference-Designs **RD041** direkt an ein Gleichstrom-Versorgungsnetz angeschlossen werden, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen transiente Pulse erforderlich.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Prüfaufbau

Das PSE wird während der Surgeprüfung mittels Bleiakkus oder CDN entkoppelter Versorgungsspannung betrieben. Die Einkopplung auf den geschirmten Ethernet-Leitungen erfolgt mittels direkter Einkopplung. Hierzu müssen das Hilfsequipment und der Prüfling galvanisch von der Erde getrennt sein. Dies kann durch eine Entkopplung mittels Lichtwellenleiter oder durch einen Batteriebetrieb der Notebooks ohne Netzteil erfolgen. Die Einkopplung des Surgepulses auf die symmetrische ungeschirmte SPoE-Datenleitung erfolgt mittels CDN-Kopplung mit einer 42Ω asymmetrischen Einkopplung. Da die Datenleitung verdrillt und symmetrisch ausgeführt ist, wird davon

ausgegangen, dass die Einkopplung des Surgepulses in der Anwendung nur asymmetrisch gegen Erde erfolgen wird. Die Surgeprüfung mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung erfolgt im isolierten Setup (Abbildung 26).

Alternativ zum Prüfaufbau mit der Verwendung einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung für die SPoE-Schnittstelle, kann die Prüfung auch mit einer geschirmten SPE-Leitung (siehe Abbildung 27) mittels direkter Einkopplung durchgeführt werden. Wie bei der direkten Surgeinkopplung auf den Leitungsschirm üblich, müssen auch in diesem Fall alle angeschlossenen Notebooks entkoppelt werden.

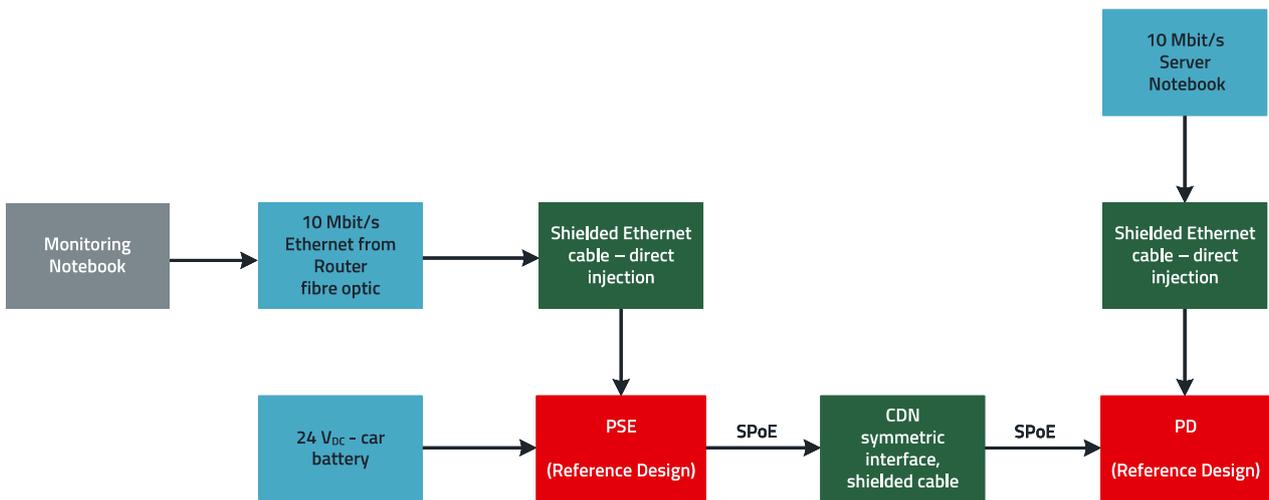


Abbildung 26: Prüfaufbau zur Prüfung der Störfestigkeit gegen Surgepulse. Die Ethernet-Schnittstelle wird galvanisch getrennt betrieben.

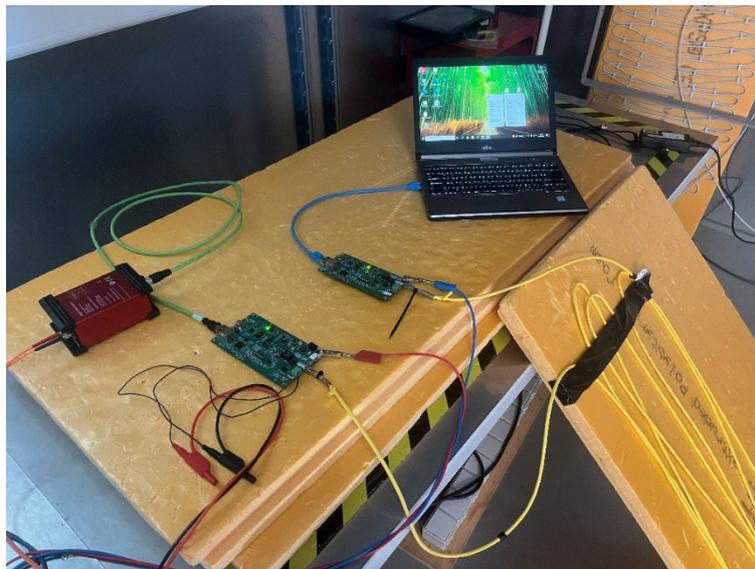


Abbildung 27: Surgeinkopplung auf der geschirmten SPoE-Schnittstelle. Das PSE wird mittels Surge-CDN am Versorgungseingang (alternativ Batteriebetrieb) galvanisch von der Erde getrennt.

Ergebnisse der Surge-Prüfung nicht isoliertes Setup

Wird beim Aufbau der Surgeprüfung kein gesonderter Wert auf die Isolation von der Umgebung gelegt und eine Verkopplung zugelassen ergibt sich die nachfolgend beschriebene Performance für geschirmte SPE-Leitungen. Bei der Verwendung von ungeschirmten Twisted-Pair-Leitungen ist in diesem Betriebsfall ein manueller Reset des LTC 4926.1 nötig.

Power Source Equipment

Bei der Surgeprüfung mit geschirmter SPE-Leitung können die Anforderungen an die industrielle Störfestigkeit erfüllt werden. Der Eingang der Versorgungsspannung am PSE wird, wie schon zuvor erwähnt, nicht geprüft. Bei der Prüfung der geschirmten Ethernet-Leitung wird das Performancekriterium A bei einem Prüfpegel von 1 kV erreicht. Die Surgeeinkopplung auf der geschirmten SPE-Leitung ergibt das Performancekriterium A bei einem Prüfpegel von 500 V und das Performancekriterium B bei einem Prüfpegel von 1 kV. Die Schwachstelle in der Applikation bei der Surgeprüfung ergibt sich durch den LTC 4296.1 Multichannel-SPoE-PSE-Controller. Bei Prüfungen mit Pegeln über 1 kV wird kurzzeitig die Spannung auf der SPoE-Schnittstelle unterbrochen oder der IC benötigt einen externen Reset.

Powered Device

Die Prüfergebnisse entsprechen bei einer geschirmten SPE-Leitung denen des PSE. Grund hierfür ist, dass der Surge nach Abbildung 27 von einem Massebolzen am PSE zu einem anderen am PD eingespeist wird. Bei der Prüfung der SPoE-Schnittstelle mit geschirmter Leitung werden somit PD und PSE gleichzeitig geprüft. Die geschirmte Ethernet-Schnittstelle wird im Performancekriterium A mit einem Testlevel von 1 kV geprüft.

Ergebnisse der Surge-Prüfung beim nicht isolierten Setup

Wird streng auf eine galvanische Trennung und Vermeidung von Kopplungen zur Umgebung im Aufbau bei der Surgeprüfung geachtet, so verbessert sich die Performance merklich. Die Prüfungen werden für PSE und PD bei Prüfpegeln bis 1 kV im Performancekriterium A, sowohl für geschirmte SPE-Leitungen als auch für ungeschirmte Twisted-Pair-Leitungen bestanden. Lässt sich in einer Applikation die Entkopplung zur Erde nicht vermeiden, kann durch eine SW-Überwachung am PSE die Energieübertragung bei einem Abbruch neu gestartet werden und so die Performance der Schnittstelle bei Einwirkung transientser Pulse erhöht werden.

4.3 Transiente Störfestigkeit, ESD

Bei der ESD-Prüfung eines Reference-Designs wird nicht das ganze Produkt geprüft, sondern vor allem die später zugänglichen Teile der Applikation. Wird das SPoE-Reference-Design in eine Applikation integriert so können die Bauteile auf der Platine nicht mehr berührt werden, weshalb eine ESD-Prüfung an den Schnittstellen des Reference-Designs erfolgt.

Prüfaufbau

PSE und PD werden auf einer Isoliermatte aus Teflon auf der Horizontalen Koppelplatte (HCP) des ESD-Tisches aufgebaut. Beide Boards des SPoE-Reference-Designs werden gleichzeitig geprüft. Die Ethernet-Schnittstellen werden isoliert betrieben, entweder über ein batteriebetriebenes Notebook oder über eine Lichtwellen-Strecke. Das PSE wird mittels Bleiakkus gespeist.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Es werden indirekte Entladung auf der HCP und Vertikalen Koppelplatte (VCP) durchgeführt. Außerdem wird an der geschirmten Ethernet-Schnittstelle mittels Kontaktentladung auf der Ethernet-Buchse geprüft. (Abbildung 28) Die Entladung erfolgt bei geschirmter und ungeschirmter SPoE-Leitung an der geschirmten SPE-Buchse. Bei der Verwendung ungeschirmter Leitungen (Abbildung 29) wird ein Konnektor verwendet, der einen Berührungsschutz der Elektronik und Kontakte beim Betrieb der Schnittstelle in einer Applikation sicherstellt. Aus diesem Grund wird eine ESD-Entladung nur am Schirmring auf der Platine in der Nähe des Konnektors simuliert und nicht auf den Kontakten der Schnittstelle.

Da davon ausgegangen wird, dass die Versorgung in einer möglichen Applikation intern erfolgt, wird keine Entladung in die DC-Schnittstelle geprüft. Diese ist im Betrieb bei geschlossenem Gehäuse der Gesamtapplikation nicht zugänglich.

Ergebnisse der ESD-Prüfung

Bei der Prüfung der indirekten Entladung auf der HCP und VCP wurde bei einem Prüfpegel von 4 kV das Performancekriterium A erreicht, bei 6 kV das Performancekriterium B. Die Performance war bei der Verwendung beider Kabeltypen an der SPoE-Schnittstelle identisch. Wird die indirekte Entladung mit 8 kV geprüft, kommt es zu einem kurzzeitigen Verbindungsabbruch zum Ethernet-Hub-IC, welcher jedoch die Verbindung sofort wieder aufbaut. Bei der Prüfung der Entladung auf die Schirme der Buchsen wurde bei der Verwendung einer geschirmten SPE-Leitung und dem Prüfpegel von 4 kV das Performancekriterium A erreicht und bei Pegeln bis 8 kV das Performancekriterium B. Wird statt einer geschirmten Leitung eine ungeschirmte Twisted-Pair-Leitung verwendet, reduziert sich die Störfestigkeit gegen ESD leicht und es wird bis zu einer Entladung von 2 kV das Performancekriterium A erreicht. Zwischen 2 und 8 kV wird das Performancekriterium B erreicht. Wie bei der Entladung der HCP kommt es auch bei der direkten Entladung zu einem kurzzeitigen Verbindungsabbruch zum Ethernet-Hub-IC bei einem Prüfpegel von 8 kV, wobei sich auch hier die Verbindung am Ende der Prüfung ohne Nutzereingriff wiederherstellt.

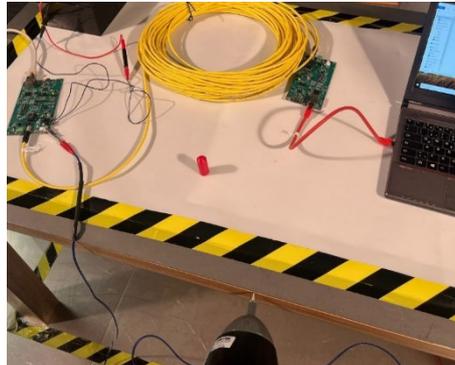


Abbildung 28: ESD-Prüfung des SPoE-Reference-Designs. Links: Kontaktentladung auf der geschirmten Ethernet-Buchse. Rechts: Indirekte ESD-Prüfung mittels Horizontaler Koppelplatte (HCP).



Abbildung 29: ESD-Prüfung des SPoE-Reference-Designs bei Verwendung einer ungeschirmten Twisted-Pair-Leitung.

4.4 Zusammenfassung der transienten Störfestigkeitsprüfungen

Bei der Prüfung gegen transiente Störgrößen - vor allem Burst und Surge - zeigt sich ein deutlicher Unterschied in der Performance bei der Verwendung von geschirmten und ungeschirmten Leitungen. In Umgebungen mit zu erwartenden starken transienten Störungen und gleichzeitig erhöhten Performanceanforderungen ist eine geschirmte Leitung auf der SPoE-Schnittstelle zu bevorzugen. Können jedoch kurze Unterbrechungen akzeptiert werden und sogar gegebenenfalls mittels Software-Überwachung abgefangen werden, beispielsweise durch das Auslösen eines Resets bei der Unterbrechung der SPoE-Verbindung, kann auch eine Twisted-Pair-Leitung verwendet werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der Application Note werden die Ergebnisse und das Vorgehen bei der EMV-Qualifizierung des Reference-Designs RD041 mit ausführlicher Beschreibung der Prüfaufbauten aufgezeigt. Bei der Prüfung der beiden 10 MBit/s-SPoE-Boards wird gezeigt, dass sowohl mit einer geschirmten SPE-Leitung, als auch mit ungeschirmter Twisted-Pair-Leitungen die Emissionsgrenzwerte für den Wohnbereich mit ausreichend Abstand eingehalten werden. Dies gilt für die Grenzwerte der gestrahlten Störaussendung und für die Grenzwerte der Funkstörspannung auf der Versorgungsleitung und den Netzwerkleitungen. Bei der Prüfung der Störfestigkeit gegen kontinuierlichen Störer kann für beide eingesetzte SPE-Leitungstypen eine ausgezeichnete Performance des Reference-Designs **RD041** festgestellt werden, die die Anforderungen in gängigen Industriebereichen bei weitem überschreitet. Bei der Prüfung der transienten Störfestigkeit zeigen sich die Vorteile einer geschirmten Leitung auf der SPoE-Schnittstelle und die Reduktion der Performance bei ungeschirmter Twisted-Pair-Leitung muss bei einer möglichen Verwendung des Reference-Designs in einer Applikation beachtet werden. Die Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der Störfestigkeitsprüfungen in den verschiedenen Konfigurationen nochmals zusammen.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

Ethernet shielded cat5e SF/UTP cable Shield connected with 2 x 10 nF + Varistor to GND	continuous disturbance										transient disturbance (DUT floating)								
	61000-4-3					61000-4-4 (CCC tested)					61000-4-2			61000-4-3			61000-4-5		
	80 MHz to 1 GHz	1 GHz to 6 GHz	3 V/m	10 V/m	20 V/m	max. I	500 V	1 kV	2 kV	3 kV	4 kV	5 kV	crit. A	crit. B	RESET	crit. A	crit. B	self recover	test level [kV]
DUT	Interface	DC in	SPE unshielded	Ethernet shielded	DC in	SPE shielded	Ethernet shielded	SPE unshielded	Ethernet shielded	Ethernet shielded	SPE shielded	Ethernet shielded	SPE shielded	Ethernet shielded	SPE shielded	Ethernet shielded	SPE shielded	Ethernet shielded	
PSE (V1.3): SPE unshielded																			
PSE (V1.3): SPE shielded: 2 x 10 nF + Varistor																			
PD (V1.2): SPE unshielded																			
PD (V1.2): SPE shielded: 2 x 10 nF + Varistor																			

Note: ESD discharge at shield connector also when using unshielded cable.
The application needs to be designed to protect the terminals from being touched in operation.

Tabelle 2: Übersicht über die Ergebnisse der Störfestigkeitsprüfungen des RD041-Systems.

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes
www.we-online.com/appnotes



REDEXPERT Design Platform
www.we-online.com/redexpert



Toolbox
www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog
www.we-online.com/products

KONTAKT INFORMATION



appnotes@we-online.com
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany
www.we-online.com

APPLICATION NOTE

ANP141 | Die SPoE-Schnittstelle unter EMV-Gesichtspunkten

REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
ANP141a	2024/11/04	Ursprüngliche Version der Application Note
ANP141b	2025/06/02	Abbildung 1 geändert

Hinweis: Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.