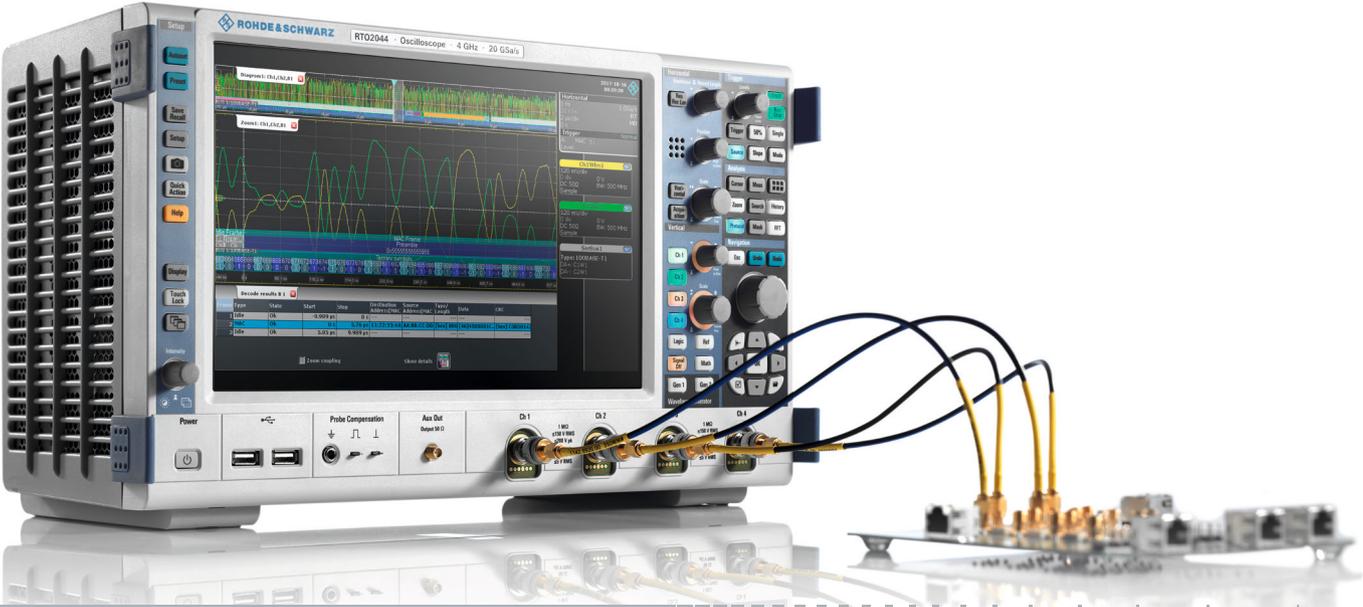


# Oszilloskope zur Fehlersuche in Automotive-Ethernet- Netzwerken



# Umfassende Analyse verkürzt die Fehlersuche

Entwickler von Steuergeräten mit Automotive-Ethernet-Schnittstelle müssen die fehlerfreie Funktion ihrer Geräte testen. Wenn Probleme bei der Signalübertragung auftreten, reicht eine reine Ethernet-Protokollanalyse meist nicht aus. Abhilfe schafft die Trigger- und Decodierlösung für Oszilloskope von Rohde & Schwarz. Mit ihr kann der Entwickler auf die übertragenen Ethernet-Protokollinhalte triggern, diese decodieren und zu den elektrischen Bussignalen zeitlich in Bezug setzen. Dies hilft im Fehlerfall, die Ursachenanalyse erheblich zu beschleunigen.

Automotive Ethernet setzt sich als schnelles Bussystem in Fahrzeugen unter anderem für Fahrerassistenz- und Infotainmentsysteme zunehmend durch. Die Automobilindustrie hat hierzu die Ethernet-Schnittstelle 100BASE-T1 entwickelt, die auf der BroadR-Reach®-Technologie basiert und von der IEEE-Arbeitsgruppe 802.3bw standardisiert wurde. 100BASE-T1 nutzt eine Vollduplex-Ethernet-Kommunikation über ein ungeschirmtes, verdrehtes Adernpaar (Twisted Pair Ethernet). Die 100BASE-T1-Signale sind PAM-3 moduliert mit Pegeln des differenziellen Signals zwischen  $-1\text{ V}$  und  $+1\text{ V}$ . Die Datenrate ist mit  $100\text{ Mbit/s}$  deutlich schneller als bei traditionellen Bussystemen wie dem CAN-Bus.

Die 100BASE-T1-Signale werden vom Transmitter im Frequenzgang angepasst, um eine zuverlässige Übertragung bei minimaler Hochfrequenz-Abstrahlung über das ungeschirmte Kabel sicherzustellen. Hierfür sieht der 100BASE-T1-Standard zwingend einen Equalizer im Transmitter vor. Beim Verbindungsaufbau vermessen die 100BASE-T1-PHY-Chips den Frequenzgang des Kabels. Für die folgende Datenübertragung vorverzerrten die Equalizer die Signale, um eine zuverlässige Signalübertragung bei gleichzeitig minimaler Abstrahlung über das Kabel zu erzielen.



Differenzielles 100BASE-TX-Signal: Deutlich erkennbar sind die drei Level und die steilen Flanken im Übergang.



Automotive-100BASE-T1-Signal: Die drei Level des PAM-3-Signals sind durch die Vorverzerrung des Equalizers nicht immer deutlich erkennbar.

Im Vergleich zum Standard Ethernet 100BASE-TX (ohne Equalizer) sind die Signale des 100BASE-T1-Systems durch die Vorverzerrung stark verzerrt. Daher kann der Entwickler die Signalqualität nicht ausschließlich durch Analyse der Pegel der elektrischen Bussignale beurteilen.

### Test von Automotive-Ethernet-Schnittstellen

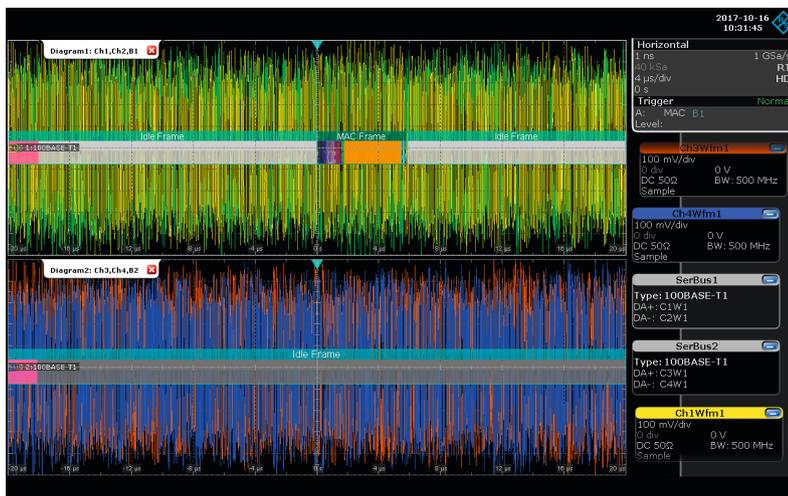
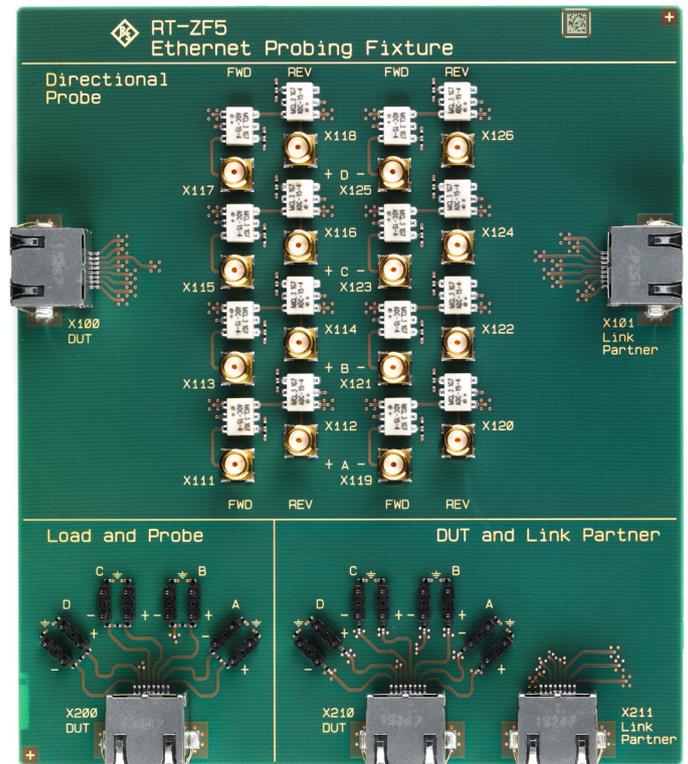
In der IEEE sind die Eigenschaften der 100BASE-T1-Schnittstellen spezifiziert. Mit dem standardisierten Konformitätstest vermisst der Entwickler die elektrischen Eigenschaften der Schnittstelle mithilfe von Oszilloskop und Netzwerkanalysator im Labor. Die korrekte Kommunikation des Steuergeräts wird üblicherweise mit einem Ethernet-Protokollanalysewerkzeug wie Vector CANoe oder Wireshark überprüft. Diese zeichnen den kompletten Ethernet-Datenverkehr auf und bieten umfangreiche Analysemöglichkeiten. Übertragungsfehler zeigen sich jedoch lediglich als Telegrammfehler und erlauben keine tiefere Analyse der Fehlerursache. Dafür wird in der Regel ein Oszilloskop mit einer entsprechenden Trigger- und Decodierlösung verwendet.

Mit der Trigger- und Decodierlösung für den 100BASE-T1-Bus von Rohde&Schwarz kann ein Entwickler von Steuergeräten direkt die elektrischen Signale mit dem übertragenen Telegramminhalt korrelieren und analysieren. Die Fehlersuche, zum Beispiel von Störungen auf dem Bus, wird damit bei Automotive Ethernet ähnlich einfach wie bei traditionellen CAN-Bussen, für die es ebenso leistungsfähige Trigger- und Decodieroptionen gibt.

Das R&S®RT-ZF5 Ethernet Probing Fixture erlaubt die rückwirkungsfreie Aufzeichnung beider Datenströme der Vollduplex-Kommunikation von 100BASE-T1.

### Besonderheiten der Automotive-Ethernet-Trigger- und Decodieroption

Bei der 100BASE-T1-Kommunikation werden beide Datenströme gleichzeitig über ein verdrehtes Adernpaar übertragen. Wenn der Entwickler den Buspegel mit einem Oszilloskop aufzeichnet, misst er die Überlagerung der Datenströme beider Busteilnehmer. Ohne Separation dieser Datenströme ist eine Analyse nicht möglich. Das R&S®RT-ZF5 Ethernet Probing Fixture ist daher mit geeigneten Richtkopplern ausgestattet. Es wird in den Ethernet-Leitungsstrang eingefügt und separiert die Datenströme so, dass eine rückwirkungsfreie Aufzeichnung der 100BASE-T1-Kommunikation mit einem Oszilloskop möglich ist.



100BASE-T1-Decodierung beider Datenströme der Vollduplex-Kommunikation. Farblich markiert ist der MAC-Frame, grau sind die kontinuierlich versendeten Idle-Frames.

Die aufgezeichneten Signale sind jedoch durch den Equalizer des 100BASE-T1-Transmitters stark verzerrt. Deshalb werden die Signale für die weitere Bearbeitung zuerst mit komplexen Algorithmen wieder entzerrt und dann decodiert. Das Oszilloskop löst zur Decodierung das verwendete Scrambling der Telegramme auf und zeigt alle gesendeten Datentelegramme und Idle-Frames an. Die decodierten Telegramme werden als farbcodierte Bussignale und als Tabelle angezeigt. Der Entwickler kann so die Live-Signale des 100BASE-T1 mit den übertragenen Protokollinhalten korrelieren und im Detail analysieren. Umfangreiche Triggermöglichkeiten erlauben ihm zusätzlich, sich beispielsweise isoliert Telegramme mit bestimmter Sende- oder Zieladresse anzeigen zu lassen.

### Analyse von Telegrammfehlern

Die Buskommunikation kann mit der 100BASE-T1-Decodierung in zeitlichen Zusammenhang zu anderen Signalen gesetzt werden. So können Entwickler zur Fehlersuche die Startzeit eines Steuergeräts messen, indem sie das Oszilloskop auf die 12 V Spannungsversorgung triggern und die Zeit bis zum Eintreffen des ersten gültigen Telegramms messen. Die Stabilität der Buskommunikation lässt sich ebenso einfach überprüfen: Der Entwickler triggert gezielt auf kurzzeitige Unterbrechungen der Spannungsversorgung und analysiert daraus resultierende Unterbrechungen in der Buskommunikation. Treten diese gehäuft auf, ist die Stabilität stark beeinträchtigt.

Sporadische Busfehler durch Einkopplung von Störquellen sind ohne weitere Analysemöglichkeiten schwer zu beheben. Mit der Decodierung der 100BASE-T1-Kommunikation kann der Entwickler die Buskommunikation über alle Protokollschichten zeitlich korreliert analysieren und so die eingekoppelte Störquelle identifizieren.



Decodierung der elektrischen 100BASE-T1-Buspegel. Deutlich sichtbar sind die zwei Pegel des differenziellen 100BASE-T1-Signals und der decodierte Telegramminhalt.

### Verwendung des Oszilloskops und einer Trigger- und Decodieroption

OSI	Automotive Ethernet
7 Anwendung	Anwendungen: FTP, SOME/IP, HTTP, SMTP...)
6 Darstellung	
5 Sitzung	TCP, UDP
4 Transport	
3 Vermittlung	IP
2 Sicherung	100BASE-T1
1 Bit-Übertragung	100BASE-T1

- Fehlerfreie Kommunikation
- Validierte Schlaf-/Wachzyklen
- Test EMV-Beständigkeit
- Korrekte Latenz
- Korrekte Boot-Zeit

Messung über alle sieben OSI-Schichten, was zahlreiche Prüf- und Analysemöglichkeiten eröffnet.

Bei der Messung im Screenshot unten werden zum Beispiel zu Beginn der Aufzeichnung MAC-Frame und Idle-Frames korrekt übertragen. In der Mitte der Aufzeichnung bricht jedoch der Datenstrom abrupt ab. Im unteren Signal ist das Frequenzspektrum des Störsignals (grau markierter Bereich) aufgetragen. Deutlich erkennbar ist ein Peak bei 2 MHz. Dieses Störsignal ist offensichtlich für die Busunterbrechung verantwortlich. Die Kombination aus Decodierung und anderen Analysewerkzeugen des Oszilloskops, etwa der Frequenzanalyse, erleichtert diese Fehlersuche. So lässt sich mit dem Oszilloskop eine Störung auf einen Blick erkennen, die anders nur schwer aufzufühlen wäre.

### Zusammenfassung

Rohde&Schwarz bietet für Entwickler von Steuergeräten mit Automotive-Ethernet-Schnittstellen eine vollständige 100BASE-T1-Trigger- und Decodierlösung einschließlich Test Fixture für den rückwirkungsfreien Signalabgriff. Umfangreiche Funktionen bei Triggerung und Anzeige der übertragenen Telegramme unterstützen den Entwickler bei der Fehlersuche. Die angezeigte Decodierinformation ist zeitlich korreliert zum elektrischen Signal. So kann der Anwender bei seiner Fehlersuche sowohl den Protokollinhalt analysieren als schnell auch die Ursachen auftretender Busfehler identifizieren.

Neben dieser Option für 100BASE-T1-Triggerung und -Decodierung bietet Rohde&Schwarz vollständige Messlösungen für 100BASE-T1- und 1000BASE-T1-Automotive-Ethernet-Konformitätstests und Link-Segment-Tests mit Oszilloskop und Netzwerkanalysator.

### Notwendige Oszilloskop-Ausstattung

- ▮ Oszilloskop:
  - R&S®RTO2004 (4 Kanäle,  $\geq 600$  MHz Bandbreite) oder R&S®RTE1054 (4 Kanäle,  $\geq 500$  MHz Bandbreite)
- ▮ R&S®RTE-TDBNDL für die serielle Trigger- und Decodierfunktionalität
- ▮ R&S®RTO-K57 oder R&S®RTE-K57 für die Unterstützung von 100BASE-T1
- ▮ R&S®RT-ZF5 Ethernet Probing Fixture zur Kanalseparierung

### Auch wichtig

- ▮ R&S®RTO-K24 BroadR-Reach® Compliance Test Option
- ▮ R&S®RTO-K87 1000BASE-T1 Ethernet Compliance Test Option



Analyse einer sporadischen Unterbrechung der Buskommunikation durch Kombination von Protokollanalyse und Frequenzanalyse.

## Service mit Mehrwert

- Weltweit
- Lokal und persönlich
- Flexibel und maßgeschneidert
- Kompromisslose Qualität
- Langfristige Sicherheit

## Rohde & Schwarz

Der Elektronikkonzern Rohde & Schwarz bietet innovative Lösungen in folgenden Geschäftsfeldern: Messtechnik, Rundfunk- und Medientechnik, Sichere Kommunikation, Cyber-Sicherheit sowie Monitoring and Network Testing. Vor mehr als 80 Jahren gegründet, ist das selbstständige Unternehmen mit seinem Firmensitz in München in über 70 Ländern mit einem engmaschigen Vertriebs- und Servicenetz vertreten.

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

## Nachhaltige Produktgestaltung

- Umweltverträglichkeit und ökologischer Fußabdruck
- Energie-Effizienz und geringe Emissionen
- Langlebigkeit und optimierte Gesamtbetriebskosten

Certified Quality Management

**ISO 9001**

Certified Environmental Management

**ISO 14001**

## Kontakt

- Europa, Afrika, Mittlerer Osten | +49 89 4129 12345  
[customersupport@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport@rohde-schwarz.com)
- Nordamerika | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)  
[customer.support@rsa.rohde-schwarz.com](mailto:customer.support@rsa.rohde-schwarz.com)
- Lateinamerika | +1 410 910 79 88  
[customersupport.la@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.la@rohde-schwarz.com)
- Asien-Pazifik | +65 65 13 04 88  
[customersupport.asia@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.asia@rohde-schwarz.com)
- China | +86 800 810 8228/+86 400 650 5896  
[customersupport.china@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.china@rohde-schwarz.com)

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer

PD 3607.2484.91 | Version 01.00 | Juli 2018 (sk)

Umfassende Analyse verkürzt die Fehlersuche

Daten ohne Genauigkeitsangabe sind unverbindlich | Änderungen vorbehalten

© 2018 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 München



3607248491