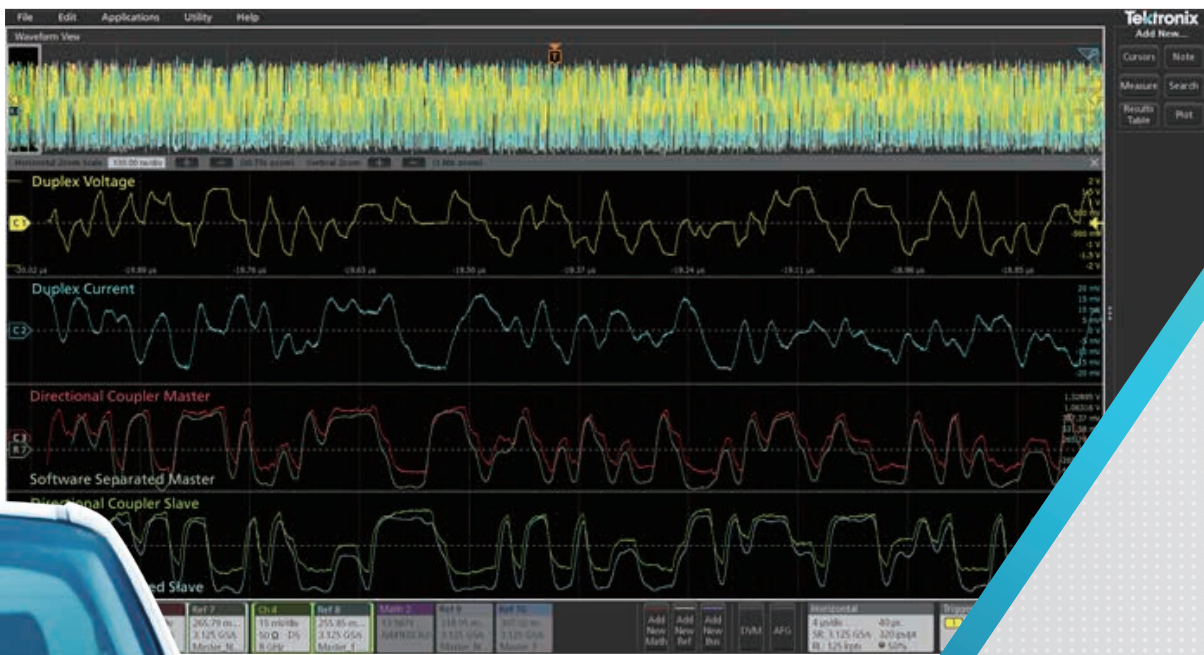


車載 Ethernet : 真の信号観測

アプリケーション・ノート



はじめに

自動車における車載Ethernet技術が加速しているなか、複数のECU間でのインターオペラビリティ（相互運用性）と確かな動作を検証するためには、総合的な設計検証が重要になっています。このアプリケーション・ノートでは、車載Ethernet、全二重通信に関する情報、マスタとスレーブの信号分離の必要性、信号分離によるテスト方法、従来の方向性結合器挿入によるテスト方法とテクトロニクスの新しい信号分離方法の比較について説明します。

車載Ethernet

OPEN Alliance SIGによって策定されたAutomotive Ethernet、またはIEEE 802.3bw（その前身はBroadR-Reach）は、先端安全機能、快適機能、インフォテインメント機能などのオートモーティブ・コネクティビティ・アプリケーションのために設計されたEthernet物理レイヤ規格です。車載Ethernetは、シールドなしのシングル・ツイスト・ペア・ケーブルにより、車内の複数のシステムで同時に情報にアクセスすることができます。自動車製造メーカは、配線のコスト、質量を抑えられるだけでなく、信号帯域を広くとることもできます。

信号の広帯域化を実現するため、車載Ethernetではツイスト・ペア・ケーブルによる全二重通信リンク、PAM3シグナリングによる同時送受信機能を採用しています。PAM3による全二重通信であるため、車載Ethernetトラフィックの表示確認、シグナル・インテグリティのテストは非常に難しくなっています。

車載Ethernetのテスト仕様において、コンポーネント、チャンネル、インターオペラビリティはOPEN Allianceによって規定されてきました。テスト・システムは、ECU (Electronic Control Unit)、コネクタ、シールドなしのツイスト・ペア・ケーブルが統合されたものになっています。テストは、自動車内の厳しい環境、ノイズ条件のもとでシステムとして機能することが求められます。このため、信頼性テストを実行するには、システム・レベルでのシグナル・インテグリティ、トラフィックを評価、検証できることが必要になります。

システム・レベルでシグナル・インテグリティ・テストが必要になる例を以下に示します。

- TC8信号品質テスト
- ECUコンポーネントの特性評価とテスト
- 車載Ethernetのケーブル、コネクタ、ケーブル長と配線による特性評価とテスト
- 電磁ノイズまたはガウシアン・ノイズのテスト
- バルク電流注入 (BCI) テスト
- 量産ユニット・テスト
- 車両システムによる車載Ethernet性能への影響
 - － DCモータのオン/オフ
 - － エンジンのオン/オフ
- 車載Ethernetシステムのデバッグ

システム統合前における潜在的な問題を特定するためには、設計段階におけるシグナル・インテグリティ・テストが推奨されます。

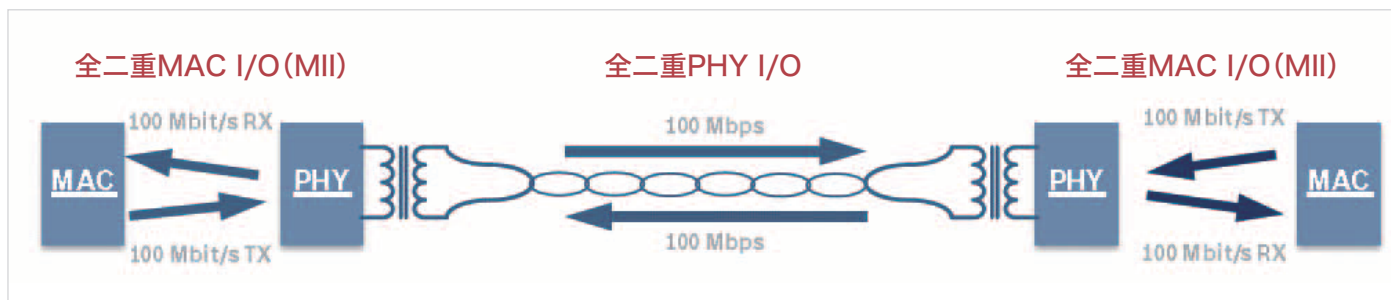
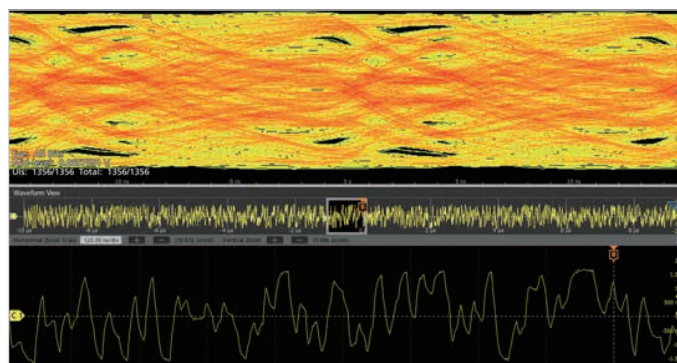


図1. 車載 Ethernet の全二重通信リンク

全二重通信とテスト課題

先にも説明したように、全二重通信とPAM3のシグナリングは、実動作環境におけるECUの検証を複雑なものにしています。ほとんどのシリアル規格は、一度にただ1つのデバイスが通信する、単一モードで動作します。通信規格によっては、トランスミッタとレシーバが別々のリンクを持つものもあります。一方、車載Ethernetでは、同一のリンク上をマスタとスレーブのデバイスが同時に通信できます。(図1を参照)

このため、マスタ、スレーブからの信号は互いに重なります。マスタは送信したデータがわかっているため、重なった信号からスレーブの信号を知ることができます。また、その逆の場合もわかります。トランシーバはこのような状況をハンドリングするように設計されていますが、一方でシグナル・インテグリティ・テストまたはプロトコル・テストのためにオシロスコープで信号を分離することは事実上不可能です。



マスタ/スレーブの信号の分離せずに表示した、車載 Ethernet 信号の例

オシロスコープでリンク上のシグナル・インテグリティを解析し、実際のシステム環境におけるプロトコル・デコードを行うには、それぞれのリンクを別々に観測する必要があります。このためには、解析の前に信号を分離しておかなければなりません。

車両の統合フェーズでは、シグナル・インテグリティをテストすることでケーブルを選択し、電磁ノイズ条件におけるECUの性能、最適なケーブル長、配線などをチェックすることが非常に重要です。この種の解析では、アイ・ダイアグラム・テストが非常に有効なツールであり、システムの健全性を表示して確認することができます。詳細については、この後で説明します。

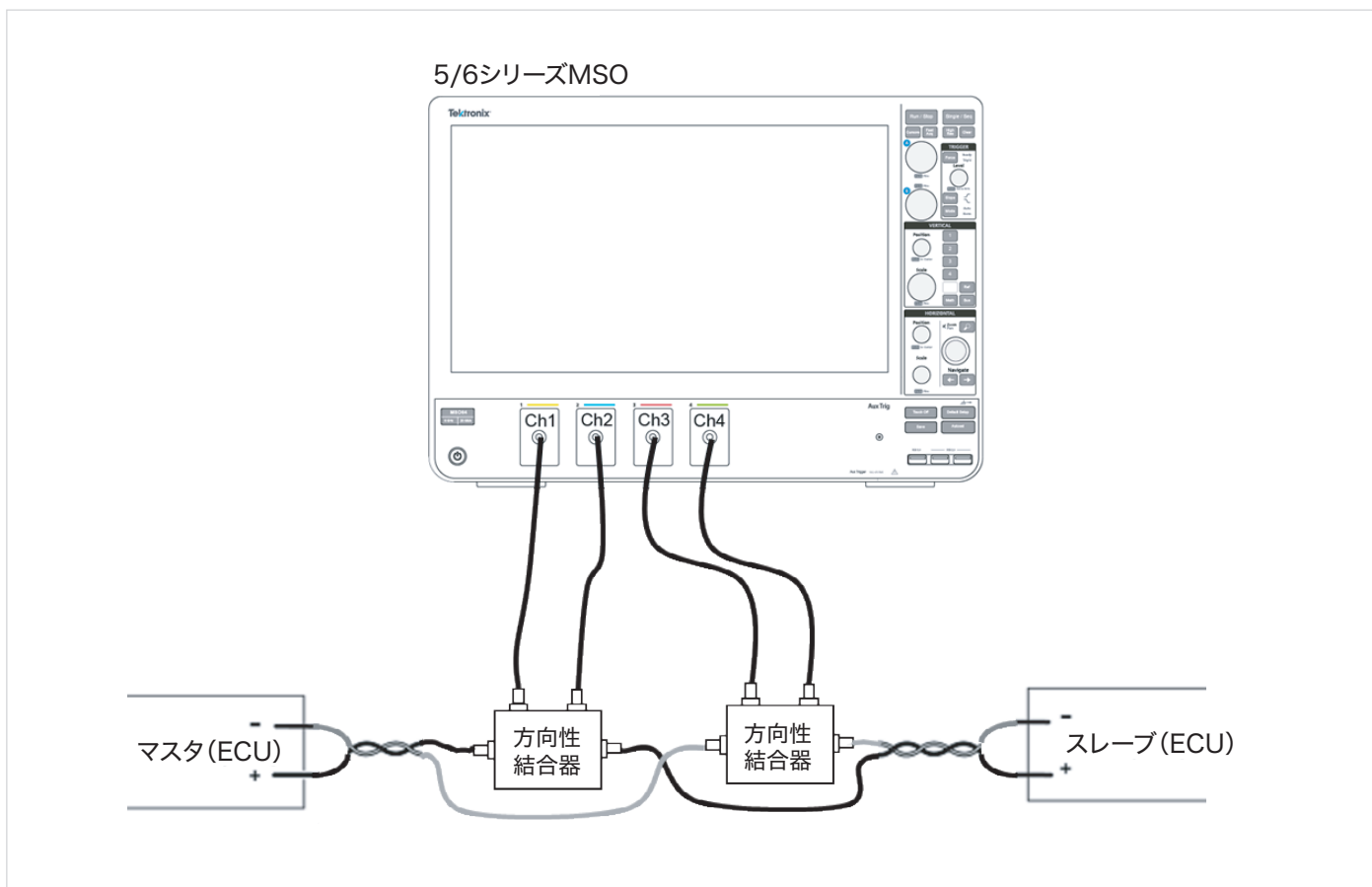
車載Ethernet PAM3信号の分離

現状では、2種類の方法でマスタとスレーブの信号を分離します。一つは従来からの方法であり、車載用Ethernetケーブルを切り離す、または切断して方向性結合器を直列に挿入し、信号を分離、テストします。この方法には、信号が劣化することで正確なテストにならないという問題があります。もう一つの方法が、テクトロニクス社の信号分離手法です。この新しい方法は、最新のソフトウェアとプローブを利用します。信号に影響を及ぼさないため、優れた信号品位で、本当の信号の様子を表示できます。この方法は、従来の方向性結合器による問題点を解決します。次の章では、2種類の方法を比較、検討します。

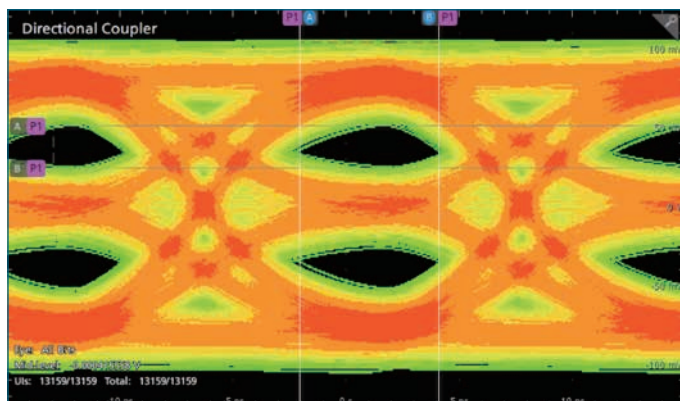
方向性結合器による方法

先にも説明したように、方向性結合器による方法では、車載用Ethernetケーブルを切断して方向性結合器を直列に挿入することでトラフィックを分離します。システム・レベルでケーブルを切断するのは容易ではないため、システム・レベルでのテストでは現実的ではありません。

この方法でマスタとスレーブの信号は観測できますが、挿入損失とリターン損失が発生するため、エラーの原因がシステムにあるのか、または追加したハードウェアにあるのかの判断が難しくなります。また、ディエンベッドによって方向性結合器の影響を取り除くことは可能ですが、システムのノイズも増幅することがあるため、測定や特性評価の確度に影響します。



方向性結合器による方法



マスタ信号のアイ・ダイアグラムには、方向性結合器による挿入損失とリターン損失の影響が現れている。

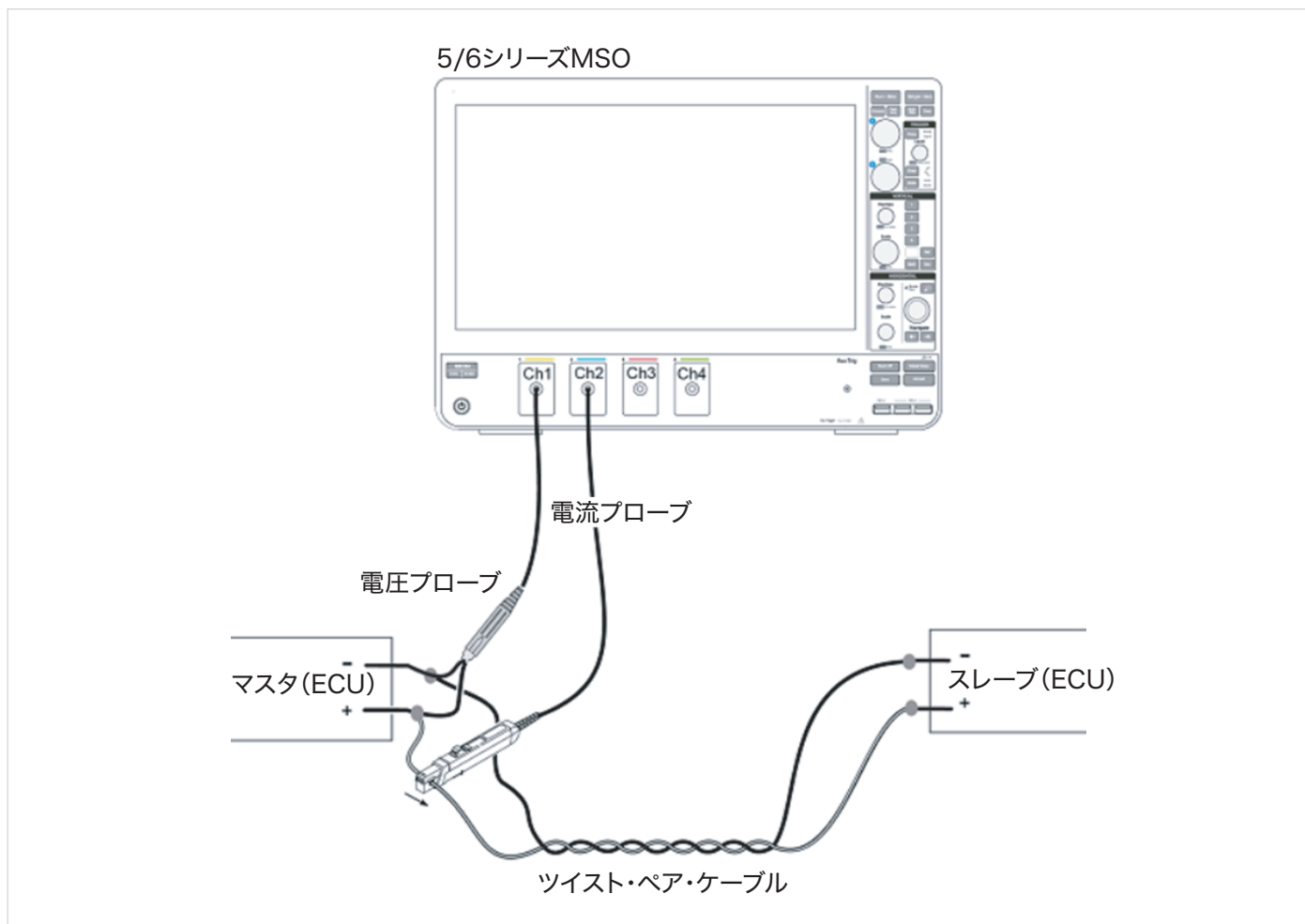
セットアップには、車載EthernetをSMAコネクタに変換するフィクスチャ、方向性結合器、SMAと車載用Ethernetケーブルを変換するフィクスチャが含まれます。

方向性結合器を入れたことにより、車載Ethernet信号のアイ・ダイアグラムには挿入損失とリターン損失の影響が現れています。方向性結合器によって分離、抽出された信号の最大振幅は、この例では180mV_{pp}です。挿入損失とリターン損失により、アイ・ダイアグラムのアイが狭くなっています。

テクトロニクスによるソフトウェアベースの信号分離テストが登場する最近まで、方向性結合器が車載Ethernetテストのデフォルトの方法でした。

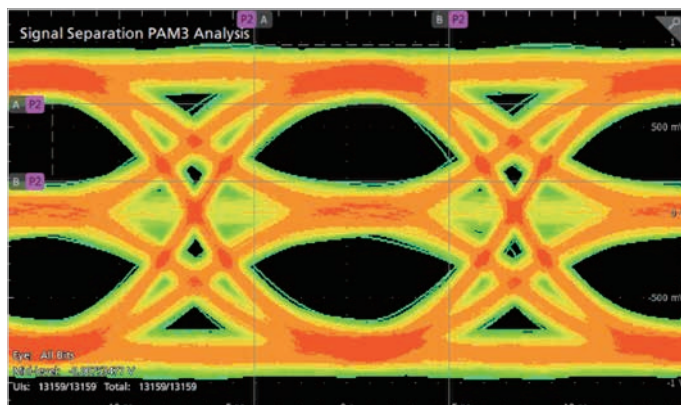
テクトロニクスの信号分離手法

2019年7月に発表されたテクトロニクスの信号分離は、マスタあるいはスレーブのテスト・ポイントで電圧波形と電流波形を観測し、専用のソフトウェア・アルゴリズムを使用することで全二重の信号を分離します。テクトロニクスの信号分離はソフトウェアベースのソリューションであり、車載用Ethernetケーブルを切断することなく、真の信号が観測できます。この方法の利点は、挿入損失とリターン損失なしに、また、方向性結合器によるディエンベッドの影響なしにマスタとスレーブの信号が表示できることにあります。



テクトロニクスの信号分離手法

テクトロニクス社の信号分離によるアイ・ダイアグラムを以下に示します。方向性結合器によるアイ・ダイアグラムと比べるとアイの開口部が広く、優れた品質になっていることがわかります。車載Ethernet信号の信号品質測定において正確な信号評価が可能であり、存在する性能問題をすばやく特定できます。

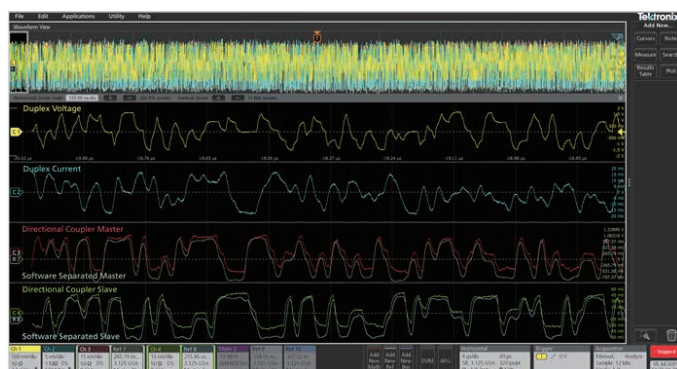


テクトロニクス社の信号分離ソフトウェアによるマスタ信号のアイ・ダイアグラム

信号分離と方向性結合器による方法の比較

測定によって2種類のテスト方法を比較

最初に、テクトロニクス社の信号分離、電流プローブと電圧プローブを使用してセットアップし、テストします。一方、方向性結合器による方法では、車載用Ethernetケーブルを切断し、SMA変換コネクタを取り付けた方向性結合器を直列に挿入します。方向性結合器による方法と同じ条件でテストを実行し、信号分離した波形を呼び出してテスト結果を比較しました。



テクトロニクス社の信号分離と方向性結合器による方法でのテスト結果の比較

結果を比較すると、振幅に大きな違いが確認でき、方向性結合器の影響が現れています。方向性結合器の場合、マスタでは振幅が、この例では180mV_{p-p} (ピーク・トゥ・ピーク電圧)、スレーブでは170mV_{p-p}になっています。一方、テクトロニクス社の信号分離方法の場合、マスタでは振幅が、この例では1.8V_{p-p}、スレーブでは1.7Vになっています。この例では、方向性結合器の場合、分離、抽出された信号は20dBの損失になっています。

方向性結合器によって生ずる差異を解消するためには、ディエンベッドによって挿入損失とリターン損失を補正する必要があります。先にも説明したように、ディエンベッドによって方向性結合器の影響を取り除くことは可能ですが、システムのノイズも増幅することがあるため、測定や特性評価の確度に影響します。また、ディエンベッドは手間のかかる作業であり、難しいものです。さらに、自動車におけるシステム・レベルのテスト、メンテナンスでは、ケーブルを切断して方向性結合器を入れるのは困難が伴います。

一方、信号分離による方法は、システムに影響を及ぼすことなく真の信号が観測できます。車載Ethernetの新しいテスト方法は、追加の費用や測定の困難さもなく、優れた確度、短時間での信号特性評価が可能になります。このテスト方法では、システム・レベルでシグナル・インテグリティ・テストが実行でき、ユース・ケースにリストされるすべてのテストを実行できます。

まとめ

このアプリケーション・ノートでは、車載Ethernet、全二重通信に関する情報、マスタとスレーブの信号分離の必要性、信号分離によるテスト方法、従来の方向性結合器によるテスト方法とテクトロニクスの新しい信号分離方法の比較について説明しました。

2種類の車載Ethernetテスト方法を比較し、テクトロニクスの信号分離手法によるソリューションの利点を説明しました。利点として、方向性結合器に比べてより真実に近い信号の正確な抽出と計測、コンポーネント・レベル、システム・レベル評価でのシンプルなテスト・セットアップ、すべての段階における自動車テスト・ニーズに対応した短いテスト時間が挙げられます。

信号分離の詳細、PAM3解析ツールを使用した車載Ethernetのシグナル・インテグリティ解析とテクトロニクスのテスト・ソリューションについては、当社ウェブ・サイト (jp.tek.com/automotive/automotive-ethernet) をご覧いただくか、または当社営業担当までご連絡ください。

お問い合わせ先：

オーストラリア 1 800 709 465
オーストリア 00800 2255 4835
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777
ベルギー 00800 2255 4835
ブラジル +55 (11) 3759 7627
カナダ 1 800 833 9200
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777
デンマーク +45 80 88 1401
フィンランド +41 52 675 3777
フランス 00800 2255 4835
ドイツ 00800 2255 4835
香港 400 820 5835
インド 000 800 650 1835
インドネシア 007 803 601 5249
イタリア 00800 2255 4835
日本 81 (3) 6714 3086
ルクセンブルク +41 52 675 3777
マレーシア 1 800 22 55835
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
オランダ 00800 2255 4835
ニュージーランド 0800 800 238
ノルウェー 800 16098
中国 400 820 5835
フィリピン 1 800 1601 0077
ポーランド +41 52 675 3777
ポルトガル 80 08 12370
韓国 +82 2 6917 5000
ロシア +7 (495) 6647564
シンガポール 800 6011 473
南アフリカ +41 52 675 3777
スペイン 00800 2255 4835
スウェーデン 00800 2255 4835
スイス 00800 2255 4835
台湾 886 (2) 2656 6688
タイ 1 800 011 931
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835
アメリカ 1 800 833 9200
ベトナム 12060128

2017年4月現在



jp.tek.com

テクトロニクス／ケースレーインズツルメンツ

お客様コールセンター：技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

TEL: 0120-441-046 ヨク良い オシロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～18:00
(土日祝日および当社休日を除く)

サービス・コールセンター：修理・校正の依頼

TEL: 0120-741-046 なんと良い オシロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～17:30
(土日祝日および当社休日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2019, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2019年10月 48Z-61604-0