

Tektronix

車載Ethernet 100/1000Base-T1測定と プロトコル・デコード手法

宮崎 強
アプリケーション・エンジニア

オートモーティブWEB 세미나 2DAYS

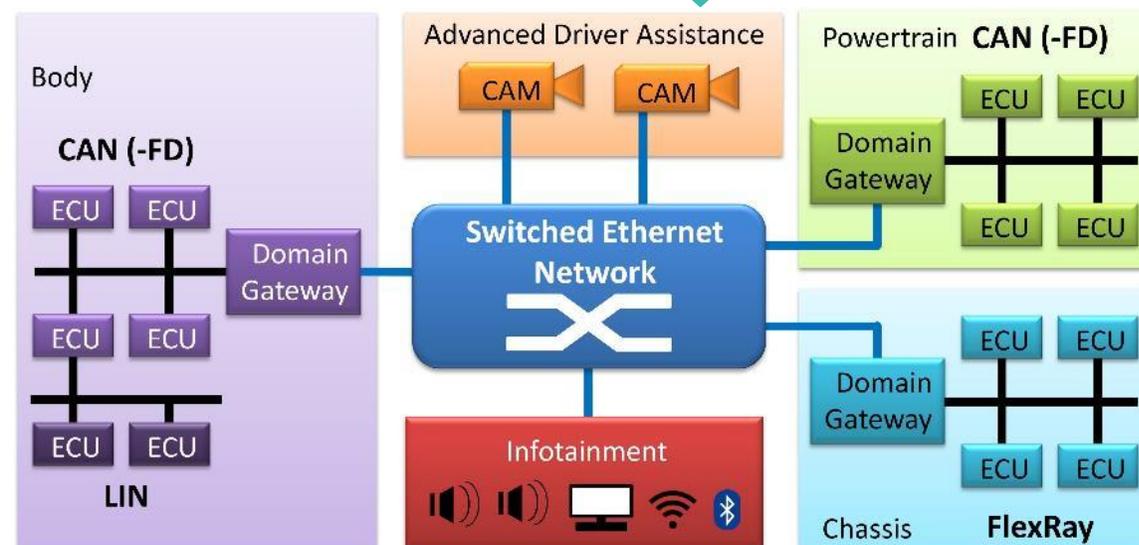
17 SEPTEMBER 2020



本日の内容

車載ETHERNET 100/1000BASE-T1 測定とプロトコル・デコード手法

- 車載用の新しいシリアル通信規格とトレンド
- 車載用 Ethernet 規格とコンプライアンス・テスト
- PAM3 アイ・ダイアグラム試験の課題と解決方法
- プロトコル・デコード
- まとめ



出典： Dr. Kai Richter and Jonas Diemer of Syntavision and Daniel Thiele, Philip Axer and Dr. Rolf Ernst of Technische Universität Braunschweig

車載用の新しいシリアル通信規格とトレンド





自律走行、コネクティビティ、電化、シェアでもたらされる革命

-  **A** 自律走行（**A**utonomous）で求められる優れたセンサ
-  **C** コネクティビティ（**C**onnectivity）で実現される新しい車載通信
-  **E** 電化（**E**lectrification）で求められる新しいパワートレイン技術
-  **S** シェア（**S**hared）モビリティで求められる新しい規格、試験

CASE



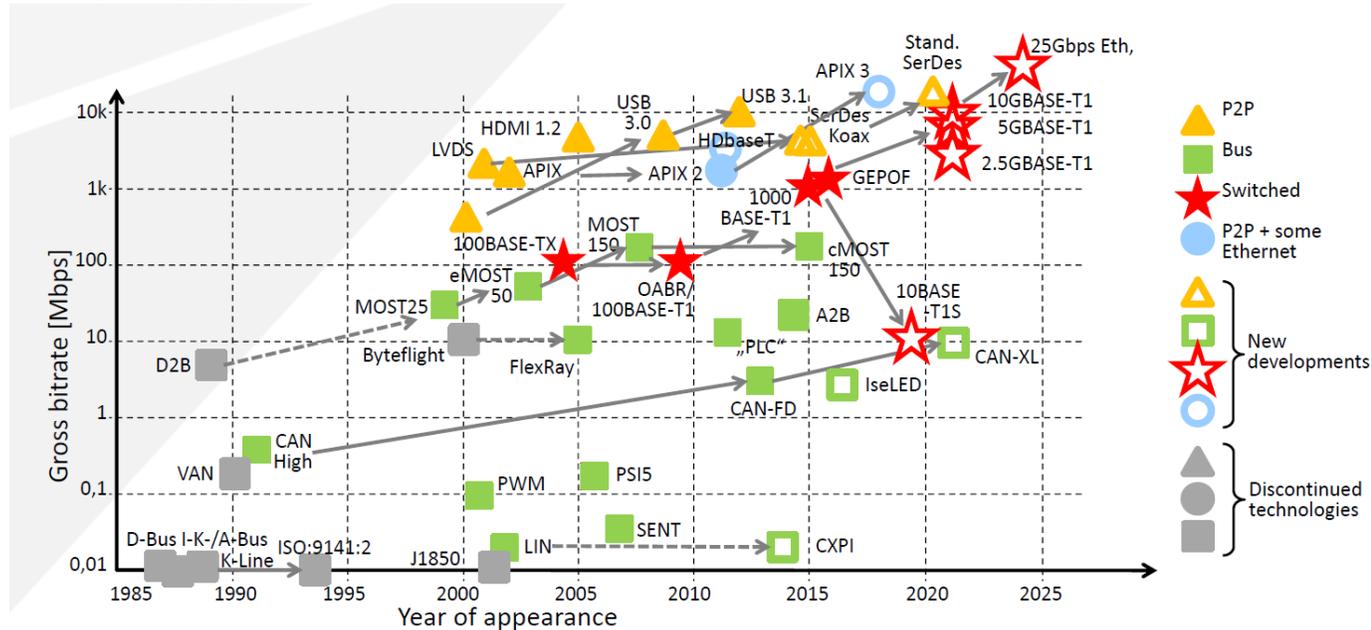
車載用の新しいシリアル通信規格

トレンド

- 標準化
- 全二重シグナリング
- 変調信号 (PAM3 / PAM4 / PAM8 / PAM16)

新規格

- 10BASE-T1 (IEEE 10Mbps)
- 10GBASE-T1 (IEEE 10Gbps)
- A-PHY (MIPI 12Gbps)
- HDBASE-T (1-6Gbps)
- 25G Ethernet
- 車載用光Ethernet



Dr. Kirsten Matheus, BMW AG, Automotive Ethernet Congress 2019

Source: Brösse, BMW, March 2018



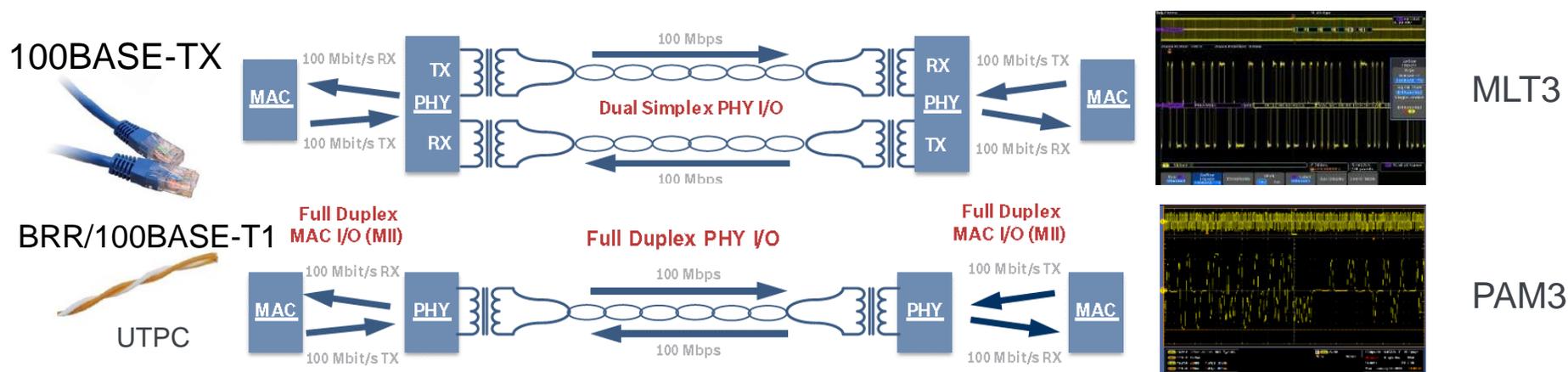
Source: Dr. Kirsten Matheus, AEC-2019 presentation

車載用Ethernet規格の概要とコンプライアンス・テスト



車載用 Ethernet 規格

- 業界アライアンス（OABR）によって発行された、IEEE Ethernetの派生規格（BroadR-Reach）
- IEEEは、独自の規格として100BASE-T1 (P802.3bw™)、1000BASE-T1 (802.3bp™) 規格を発行
- 初期展開は100Mbps、1Gbpsに注力し、10Gbpsは初期段階の開発中
- 自動車用途、低コストのために設計された、シールドなし、シングル・ツイスト・ペア・ケーブル
- 100Base-T1/1000Base-T1はPAM3変調を採用：低速の立上り時間、EMIの低減
- 全二重通信：ケーブルの削減と有効帯域の向上



自動車環境、低コストのために設計された、シールドなし、シングル・ツイスト・ペア・ケーブル

UTPC

車載用 Ethernet の試験要件

CANから車載用Ethernetへ

| OSI | CAN |
|---------------|----------|
| 7. アプリケーション層 | アプリケーション |
| 6. プレゼンテーション層 | |
| 5. セッション層 | |
| 4. トランスポート層 | |
| 3. ネットワーク層 | |
| 2. データリンク層 | DLL |
| 1. 物理層 | PHY |

プロトコル
試験

プロトコル・デ
コード、タイミ
ング測定



アイ・ダイア
グラム

| OSI | 車載用 Ethernet |
|---------------|---------------------|
| 7. アプリケーション層 | アプリケーション |
| 6. プレゼンテーション層 | |
| 5. セッション層 | |
| 4. トランスポート層 | TCP/UDP |
| 3. ネットワーク層 | IP |
| 2. データリンク層 | ネットワーク・ アクセス |
| 1. 物理層 | 100/1000BASE -T1 |

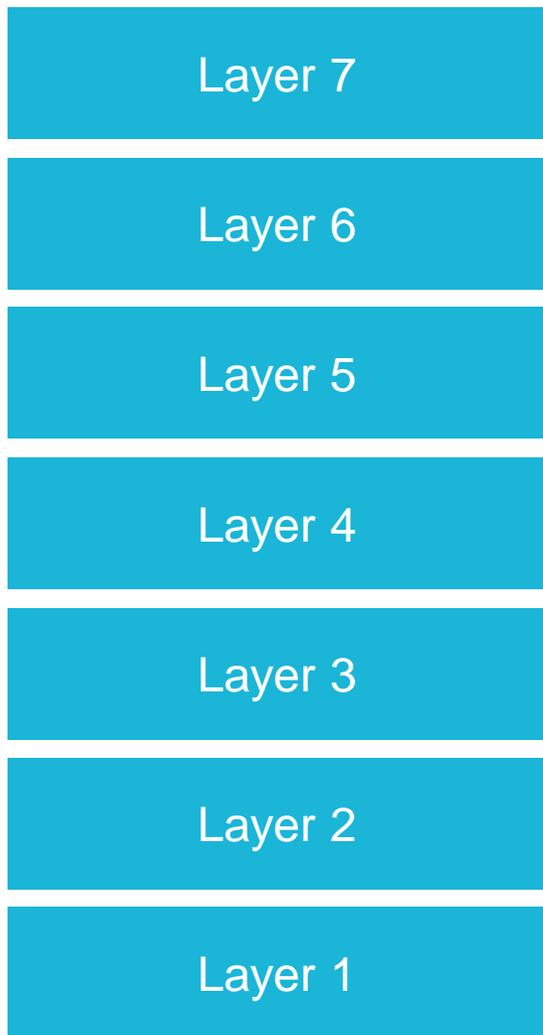
プロトコル適合性
試験

プロトコル・デ
コード、タイミ
ング測定

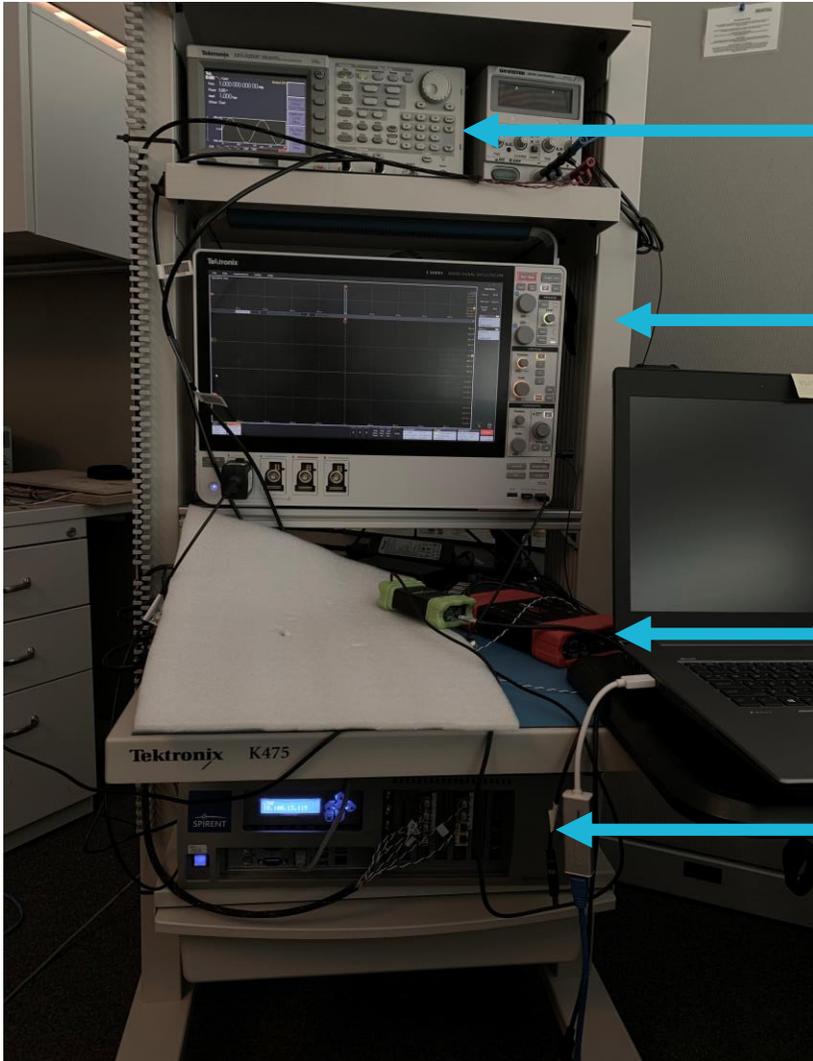
アイ・ダイアグラム、
コンプライアンス



IVN – ネットワーク・レイヤと評価機器



統合ソリューションの例



Tektronix ファンクション・ジェネレータ

Tektronix 6シリーズMSO オシロスコープ

Intrepid CS Rad-Moon 、 AVB/TSN neoECU

Spirent C50

テクトロニクス の テスト・ソリューション

5/6-CMAUTOEN、OPT.BRR（車載イーサネット・コンプライアンス・テスト）

- MSO5/6シリーズなどのオプション・ソフトウェア

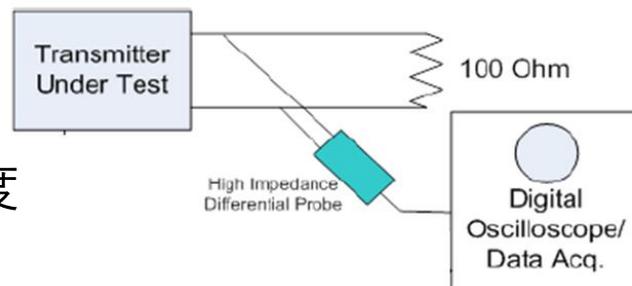
ウィザードによる自動テスト

取り込み中または以前に保存した波形でテスト

テスト規格を選択

車載用 Ethernet の PMA 適合性試験

- PHY Media Attachment 適合性試験
- PHY 試験のモード構成は、PHYのベンダが提供
- トランシーバの PHY 電気試験は以下の項目を含む
 - 最大出力ドループ
 - タイミング・ジッタ (マスタ/スレーブ)
 - MDI 出力ジッタ
 - 歪み
 - パワー・スペクトラム密度
 - クロック周波数
 - ピーク差動出力
 - MDI リターン・ロス
 - MDI モード・コンバージョン・ロス



IEEE P802.3bw™/D3.3
 Draft Standard for Ethernet IEEE
 Amendment:
 Physical Layer Specifications and
 Management Parameters for 100 Mb/s
 Operation over a Single Balanced Twisted
 Pair Cable (100BASE-T1)

BroadR-Reach
 Physical Media Attachment
 Test Suite
 Version 2.0

Test Report Summary:

| Test Name | Result |
|--------------------------|--------|
| Transmitter Output Droop | Pass |

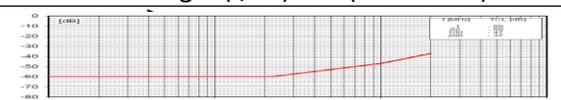
Measurement Details:

| Measurement Detail | Measured Value | Unit | Test Result | Margin | Low Limit | High Limit |
|-----------------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|------------|
| Pos (V) Output Droop | -16.7068 | % | Pass | 26.7068 | N.A | 10.0000 |
| Negative Output Droop | -16.5236 | % | Pass | 26.5236 | N.A | 10.0000 |

COMMENTS: Number of Positive Droops:96, Number of Negative Droops:99

コンプライアンス・テスト・ソフトウェア

100BASE-T1 compliance

| 100BASE-T1 Electrical Measurement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--|---|-------------------|-------------|-----------|-------|--------------|-------------|--------|--------------|-------------|--------|-------------|-------------|---------------|-------------|--|-------|
| Measurement | Test Mode | Pin | Test Pattern | Spec | Instrument | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx Droop Measurement | 1 | BI_DA | Transmit fifteen {+1} symbols followed by fifteen {-1} symbols continually | 最初のピークから 500ns 後のDroopが 45%未満 | Scope | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx Distortion Measurement | 4 | BI_DA | Transmit the sequence of symbols generated by the scrambler generator polynomial per Equation (97–12) when in test mode 4, 40us long | <15mV | Scope+ AWG | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clock Jitter (Master) | 2 | BI_DA | Frequency reduced version of Transmit symbol clock | RMS Jitter <50ps (Master) | Scope | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clock Jitter (Slave) | 3 | BI_DA | Frequency reduced version of Transmit symbol clock | RMS Jitter <150ps (Slave) | Scope | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx Power spectral Density (PSD) | 5 | BI_DA | Sequence of -1, 0, +1 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Freq</th> <th>PSD Upper</th> <th>PSD Lower</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>@1MHz</td> <td>-63.3 dBm/Hz</td> <td>-70.9dBm/Hz</td> </tr> <tr> <td>@20MHz</td> <td>-64.8 dBm/Hz</td> <td>-75.8dBm/Hz</td> </tr> <tr> <td>@40MHz</td> <td>-68.5dBm/Hz</td> <td>-89.2dBm/Hz</td> </tr> <tr> <td>57MHz -200MHz</td> <td>-76.5dBm/Hz</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Freq | PSD Upper | PSD Lower | @1MHz | -63.3 dBm/Hz | -70.9dBm/Hz | @20MHz | -64.8 dBm/Hz | -75.8dBm/Hz | @40MHz | -68.5dBm/Hz | -89.2dBm/Hz | 57MHz -200MHz | -76.5dBm/Hz | | Scope |
| | | | | Freq | PSD Upper | PSD Lower | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | @1MHz | -63.3 dBm/Hz | -70.9dBm/Hz | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | @20MHz | -64.8 dBm/Hz | -75.8dBm/Hz | | | | | | | | | | | | | | |
| @40MHz | -68.5dBm/Hz | -89.2dBm/Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57MHz -200MHz | -76.5dBm/Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx Peak Diff output | 5 | BI_DA | | <2.2Vpp | Scope | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx Clock Frequency | 2 | BI_DA | +1, -1 Clock sequence | 66.66 MHz ± 100ppm | Scope | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDI Return Loss (S11) | | BI_DA | Rx mode (Slave) | below -20dB (1-30MHz) 20 - 20log ₁₀ (f/30) dB (30-66MHz) | Scope +AWG/VNA | | | | | | | | | | | | | | | |
| MDI Mode Conversion loss (Sdc11) | | BI_DA | Rx mode (Slave) |  | VNA | | | | | | | | | | | | | | | |

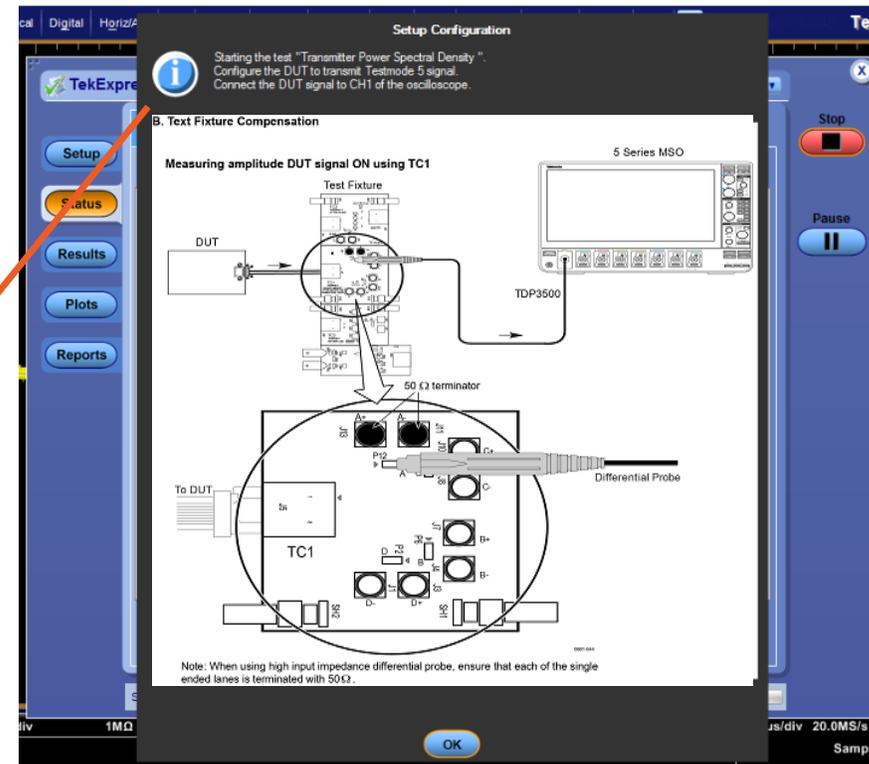
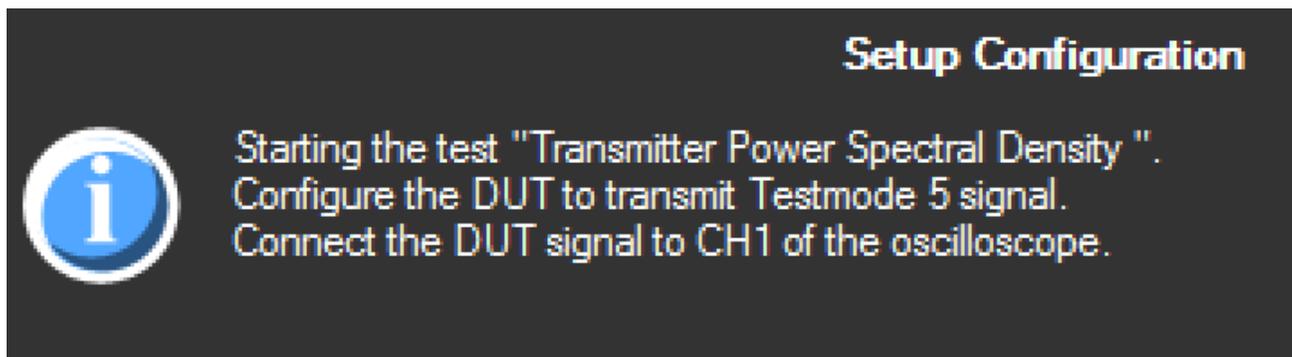
1000BASE-T1 compliance

| 1000BASE- T1 Electrical Measurement | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|---|--|---------------------|------------------|-----------------|
| Measurement | Test Mode | Pin | Test Pattern | Spec | | | Instrument |
| Tx Droop Measurement | 6 | BI_DA | Transmit fifteen {+1} symbols followed by fifteen {-1} symbols continually | ゼロ・クロス・エッジから4ns後を基準に、ゼロ・クロス・エッジから16ns後のDroopが10%未満 | | | Scope |
| Tx Distortion Measurement | 4 | BI_DA | Transmit the sequence of symbols generated by the scrambler generator polynomial when in test mode 4, 40us long | <15 mV | | | Scope+ AWG |
| Tx_TCLK125 Jitter (Master) | 1 | BI_DA | Frequency reduced version of Transmit symbol clock | <5ps RMS, <50ps pp | | | Scope |
| Tx_TCLK125 Jitter (Slave) | 1 | BI_DA | Frequency reduced version of Transmit symbol clock | <10ps RMS, <100ps pp | | | Scope |
| MDI_output_Jitter | 2 | BI_DA | Transmit three {+1} symbols followed by three {-1} symbols continually | <5ps RMS, <50ps pp | | | Scope |
| Tx PSD | 5 | BI_DA | Sequence of -1, 0, +1 | Freq | PSD Upper | PSD Lower | Scope |
| | | | | 0 to 100MHz | -80 dBm/Hz | -86 dBm/Hz | |
| | | | | 100 to 400MHz | -76-f/25 dBm/Hz | -82-f/25 dBm/Hz | |
| | | | | 400 to 600MHz | -85.6-f/62.5 dBm/Hz | | |
| Tx Peak Diff output | 5 | BI_DA | Sequence of -1, 0, +1 | <1.3Vpp | | | Scope |
| Tx Clock Frequency | 2 | BI_DA | +1, -1 Clock sequence | 750MHz +- 100ppm | | | Scope |
| MDI | | | | | | | |
| MDI Return Loss (S11) | | BI_DA | Rx mode (Slave) | below 44dB (1-75MHz) , 26-20log(f/600)dB (75-600MHz) | | | Scope + AWG/VNA |
| MDI Mode Conversion loss (Sdc11) | | BI_DA | Rx mode (Slave) | Below 61dB (10MHz-80MHz) , 83dB - 11.51 log(f)dB (80MHz-600MHz) | | | VNA |

5/6-CMAUTOEN による測定の流れ

ポップアップ・メッセージによるガイド

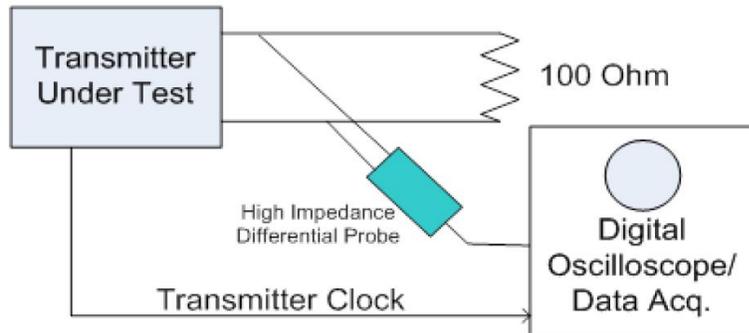
- 複数の測定項目を選択した場合
 - 実行中に表示されたポップアップ画面の指示に応じて、テスト・モード信号と接続を変更
 - ソフトウェアがオシロスコープのスケールを自動設定



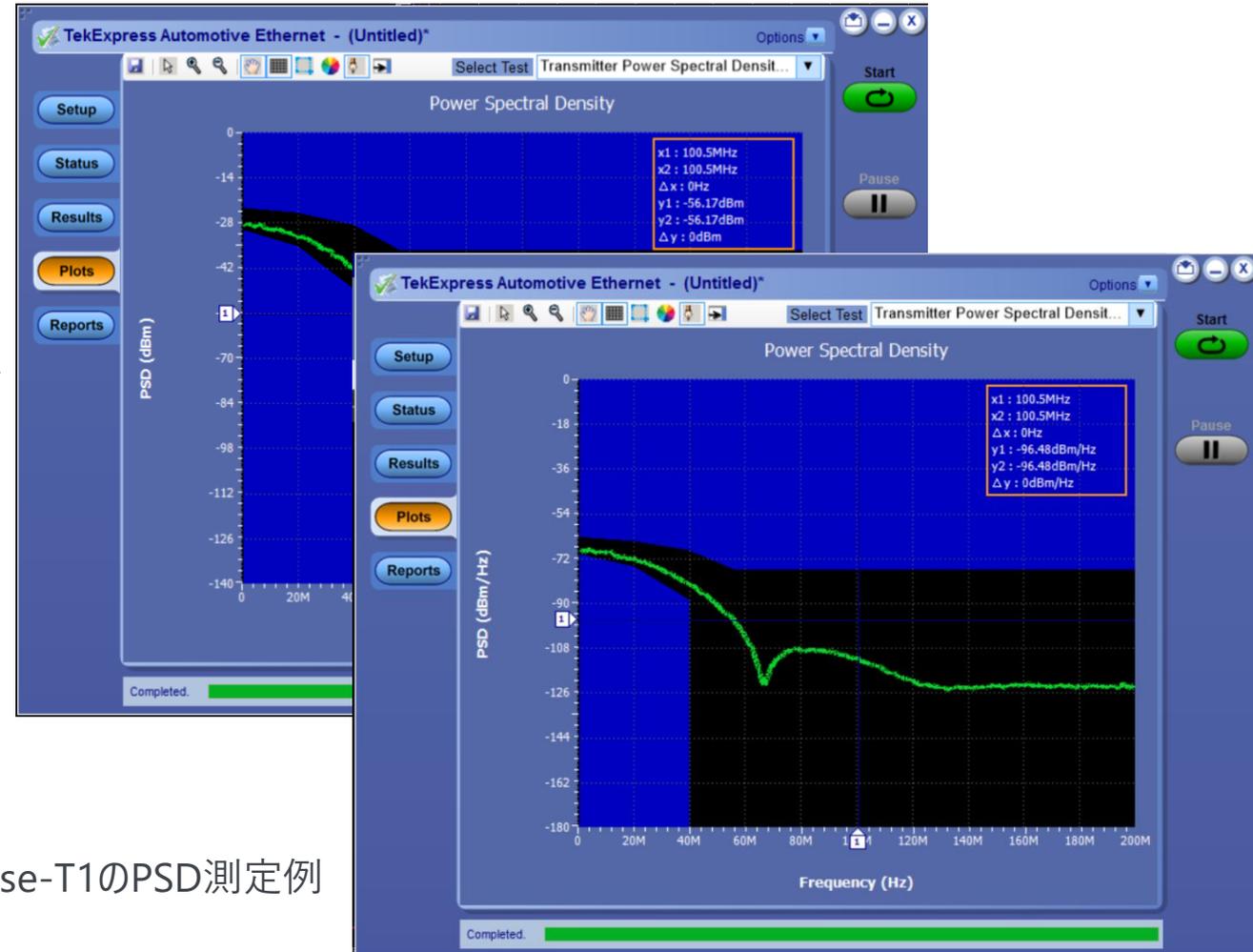
Transmitter Power Spectral Density (PSD)

5/6-CMAUTOEN、OPT.BRR (車載イーサネット・コンプライアンス・テスト)

- オシロスコープを使用してPSDを測定し、マスク・テスト
- 規定のマスクに違反しないことを確認
- 縦軸はdBmとdBm/Hzの両方をサポート
 - Configureメニューで選択
IEEE : dBm/Hz、BroadR-Reach : dBm
 - RBWは10kHzで測定



100Base-T1のPSD測定例

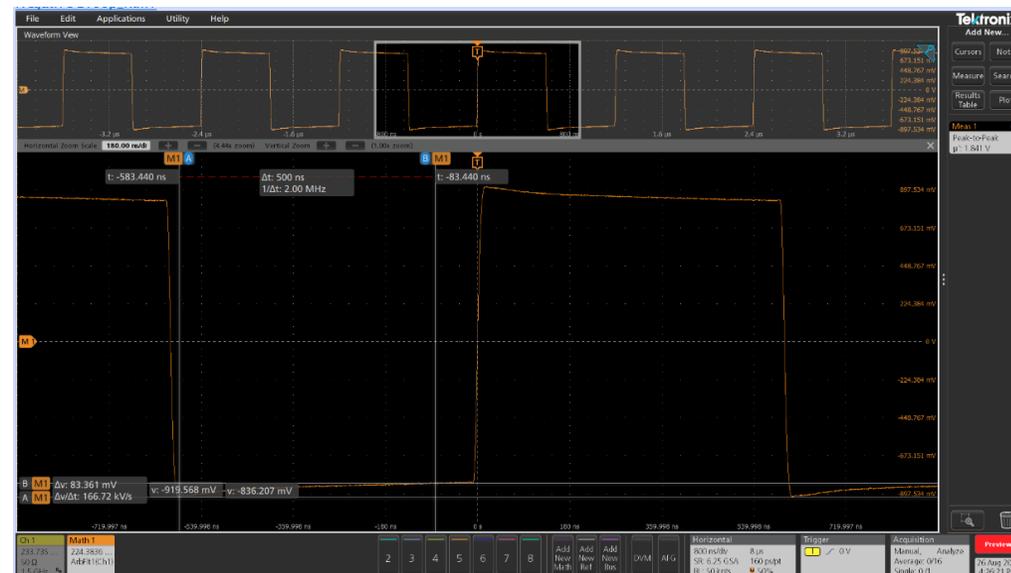
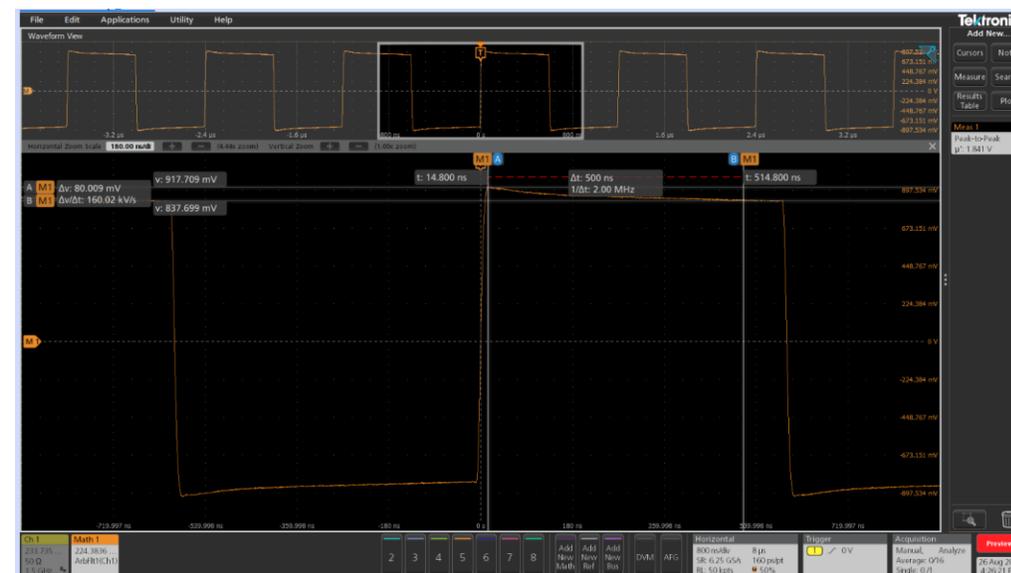


Droop

5/6-CMAUTOEN、OPT.BRR

- Test mode 1 の信号を使用 (100Base-T1)
- オシロスコープを使用してDroopを測定
 - パルスの立上りのピークから500ns後のDroopが45%未満であることを確認
 - 負極性についても同様に立下りのピークから500ns後のDroopが45%未満であることを確認
- 複数カ所測定した生データもCSVで自動保存

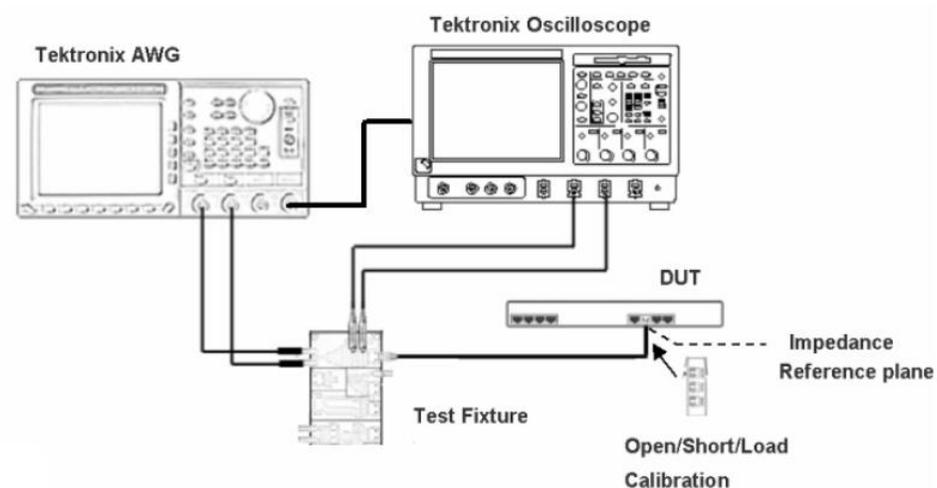
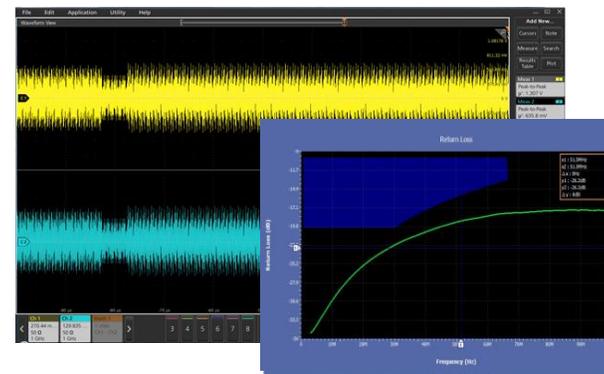
| Transmitter Output Droop | | | | | | |
|---|----------------|------|-------------|---------|-----------|------------|
| Measurement Details | Measured Value | Unit | Test Result | Margin | Low Limit | High Limit |
| Transmitter Output Droop: Positive Droop_Run1 | 8.6165 | % | Pass | 36.3835 | N.A | 45.0000 |
| Transmitter Output Droop: Negative Droop_Run1 | 8.7658 | % | Pass | 36.2342 | N.A | 45.0000 |



MDI Return Loss

5/6-CMAUTOEN、OPT.BRR (車載イーサネット・コンプライアンス・テスト)

- 100Base-T1 MDI Return Loss測定
 - コネクタに注目した測定であって、ケーブルの評価ではない
 - VNAあるいはオシロスコープによる測定
 - 1MHz～30MHz：20dB以上
30MHz～66MHz：20-20*log10(f/30) dB以上
 - テクトロニクスでは、オシロスコープと任意信号発生器を使用して測定
 - フィクスチャを使用してOpen、Short、Loadで校正
 - VNAが不要のため、操作が容易かつロー・コスト
 - 規定のマスクに違反しないことを確認



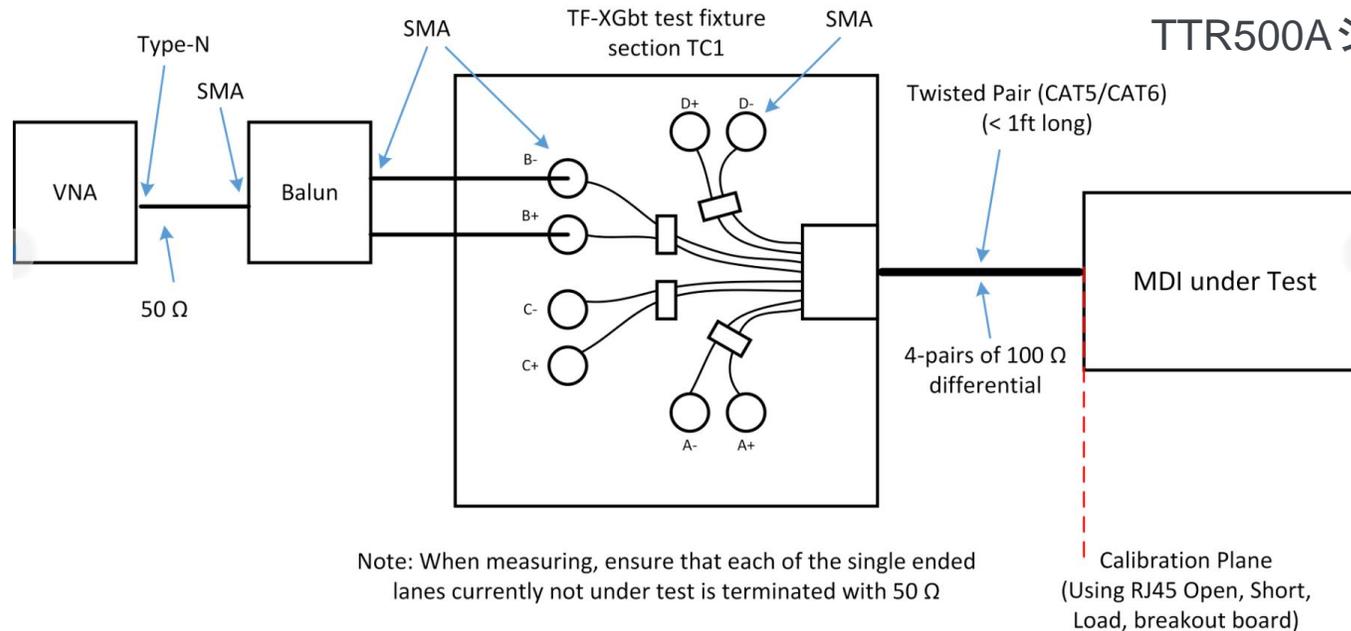
VNAによるMDI Return Loss測定

5/6-CMAUTOEN、OPT.BRR (車載イーサネット・コンプライアンス・テスト)

- VNAによる100Base-T1 / 1000Base-T1 MDI Return Loss測定
 - TTR503A型またはTTR506A型 VNA
 - フィクスチャ TF-XGbT + Balunを使用



TTR500AシリーズVNA

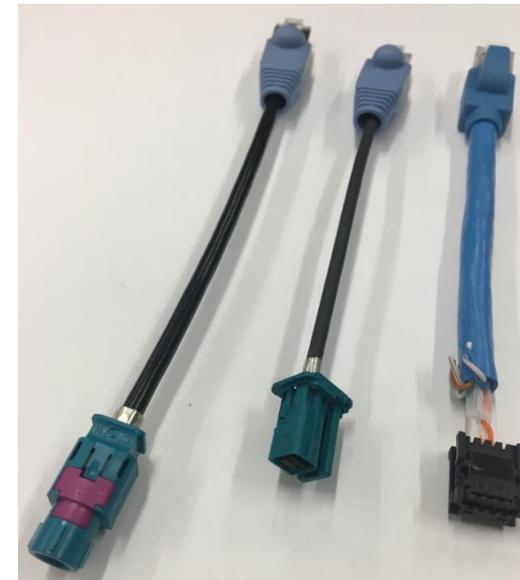


100Base-T1／1000Base-T1信号への接続

コンプライアンス・テスト用プローブおよびテスト・フィクスチャ



TDP3500型・TDP1500型差動プローブ



変換ケーブル



TF-XGbT Fixture



Clock Divider

参考：RJ-45による被測定回路とフィクスチャの接続

- カテゴリ6A/7/7Aのストレート・ケーブル（B配線）を10cm程度にカット
- リッツ線より単線タイプがお勧め（ツイストを極力ほどかないで維持）
- B配線の場合、オレンジ（2番ピン）が負、白（1番ピン）が正
 - （A配線の場合は、緑と白）
- 被測定回路への接続は、半田付け、あるいはピンヘッド用QIコネクタなど



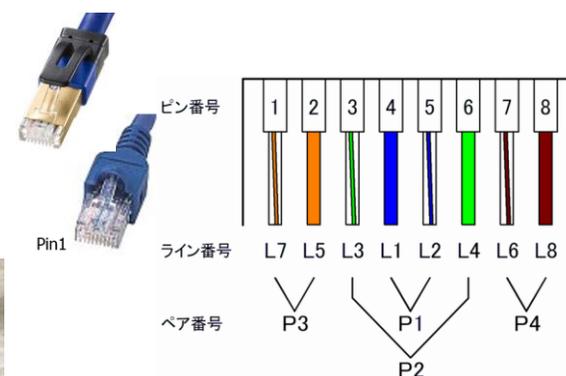
QIコネクタの接続



半田付けによる接続例



変換ケーブルによる接続例



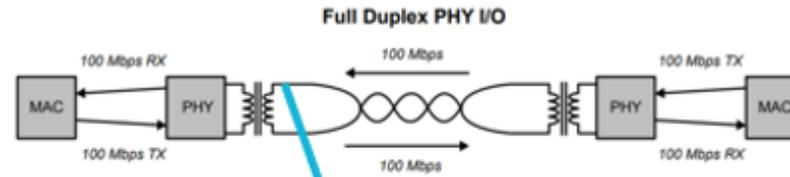
RJ-45のピン配列

アイ・ダイアグラム試験の課題と解決方法

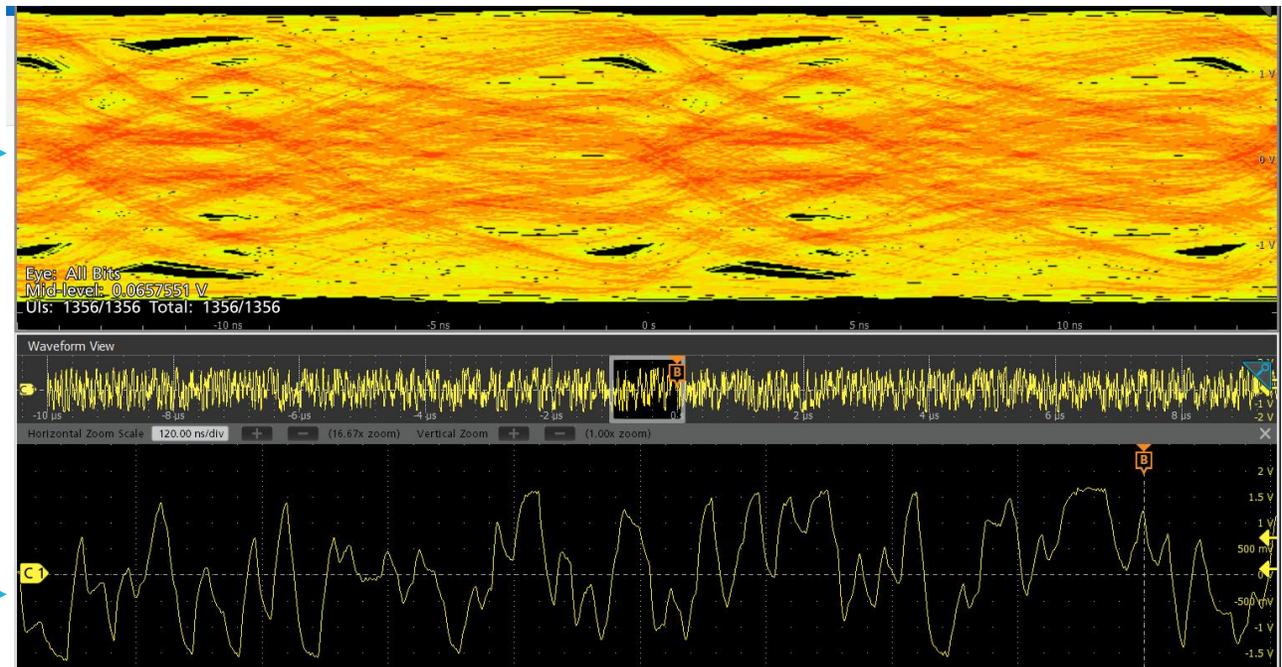
アイ・ダイアグラム試験の課題 - 1

全二重通信

- 電圧プローブの信号
 - TxとRxが重畳されているためアイ・ダイアグラムにならない



アイが密集している
TxとRxが重畳されている



マルチ・レベルの信号

アイ・ダイアグラム試験の課題 – 2

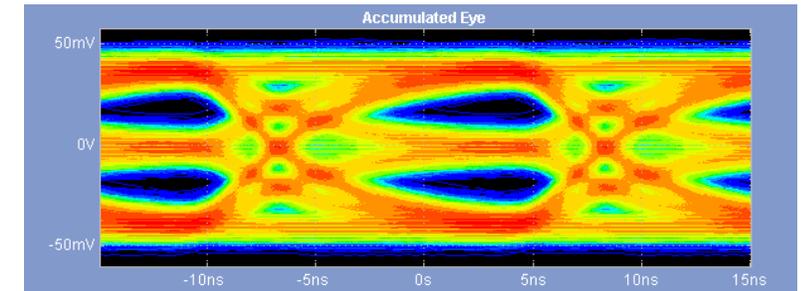
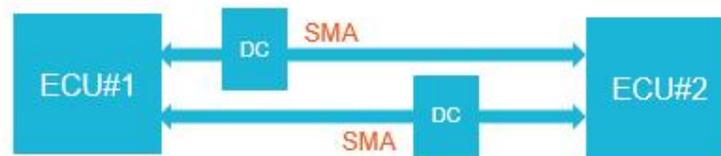
従来の方法

- 方向性結合器



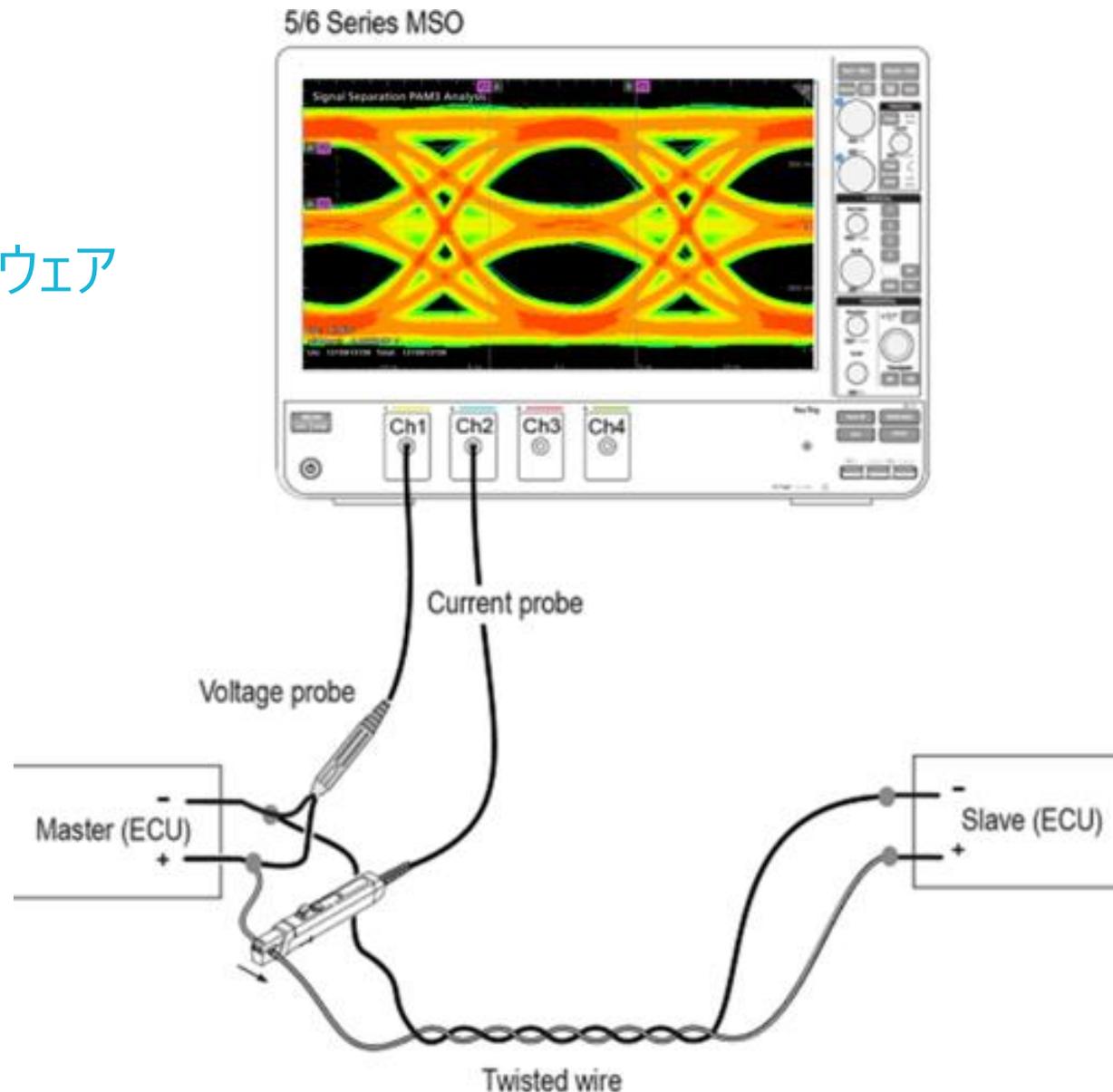
- 課題：

- ケーブルの途中に直列に挿入する必要（変換コネクタも必要）
- 抽出される信号は、元の振幅の約10分の1の小振幅になるため、シグナル・インテグリティ試験のための真の信号にはならない。(20dB減衰)
- 挿入損失、反射、モード変換損失



最新の信号分離方法

- 電圧プローブと電流プローブを使用した、テクトロニクス独自（特許申請済）のソフトウェアによる車載用信号分離ソリューション
- 電流波形と電圧波形を使用した、独自の方法による全二重信号の分離
- ダイレクト・アクセス・プロービングにより、ECUシステムに負荷をかけない
- マスタとスレーブに分離した信号を供給
 - Tx信号とRx信号を分離抽出
 - ソフトウェア・クロック・リカバリ



テクトロニクスソリューション

全二重信号



PAM3 信号



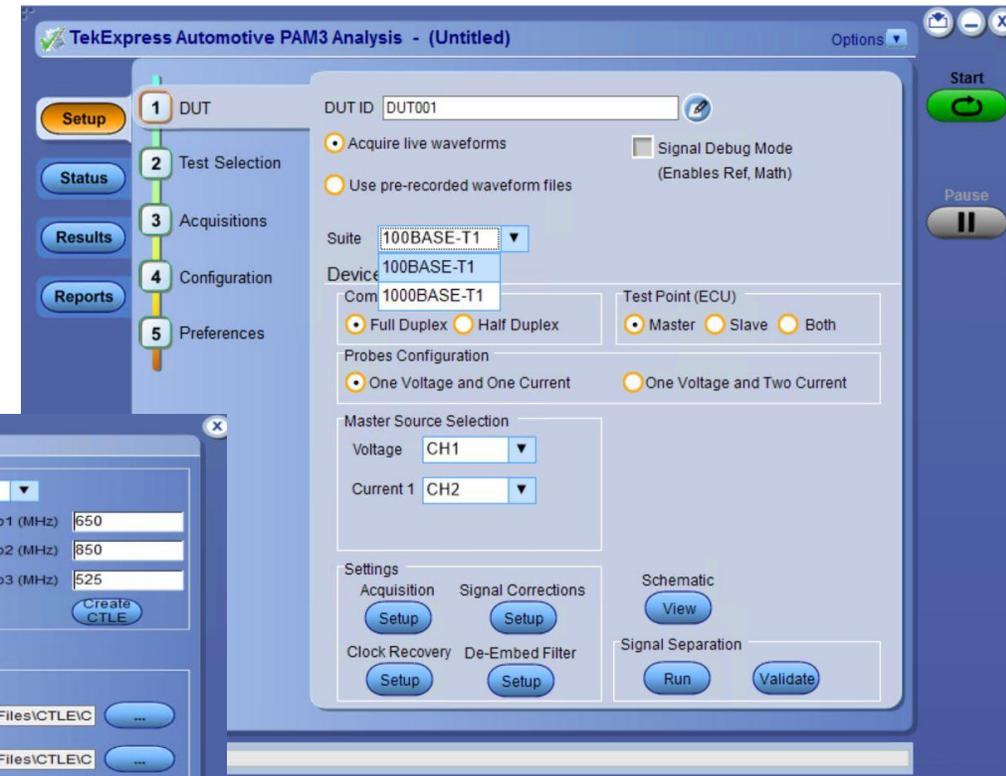
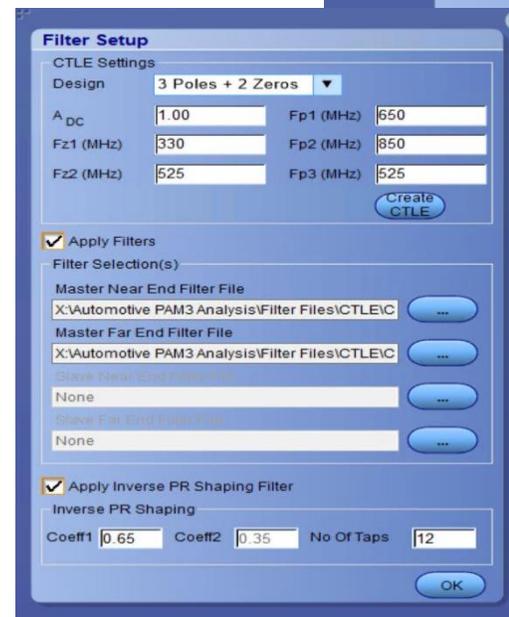
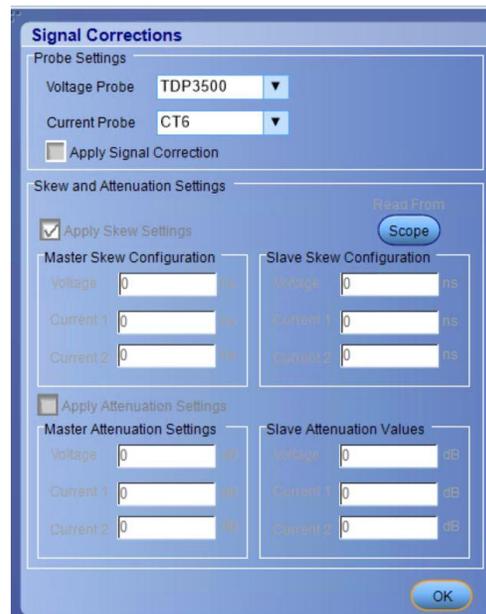
分離前

ソフトウェアによる分離後

Tektronixのソリューション

5/6-AUTOEN-SS、5/6-PAM3

- 100BASE-T1 および 1000BASE-T1に対応
- フィルタおよびイコライザをサポート

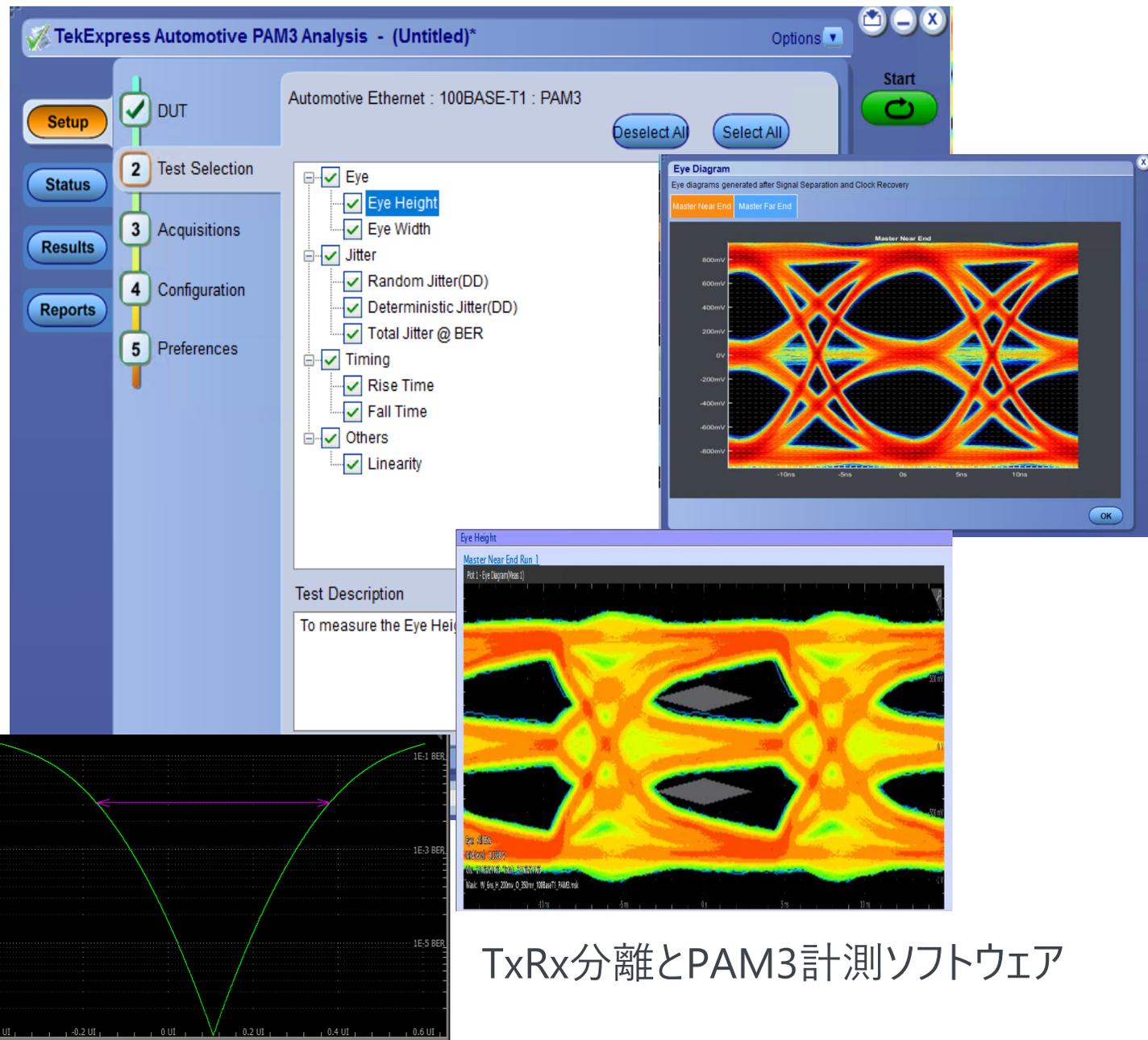


TxRx分離とPAM3計測ソフトウェア

PAM3 の解析

5/6-AUTOEN-SS、5/6-PAM3

- ソフトウェア・クロック・リカバリ
- PAM3 のアイの高さと幅
- PAM3 のリニアリティ
- ジッタ計測と分離 (Rj、Dj)
- バスタブ曲線 (BER)
- アイ・マスク試験



TxRx分離とPAM3計測ソフトウェア

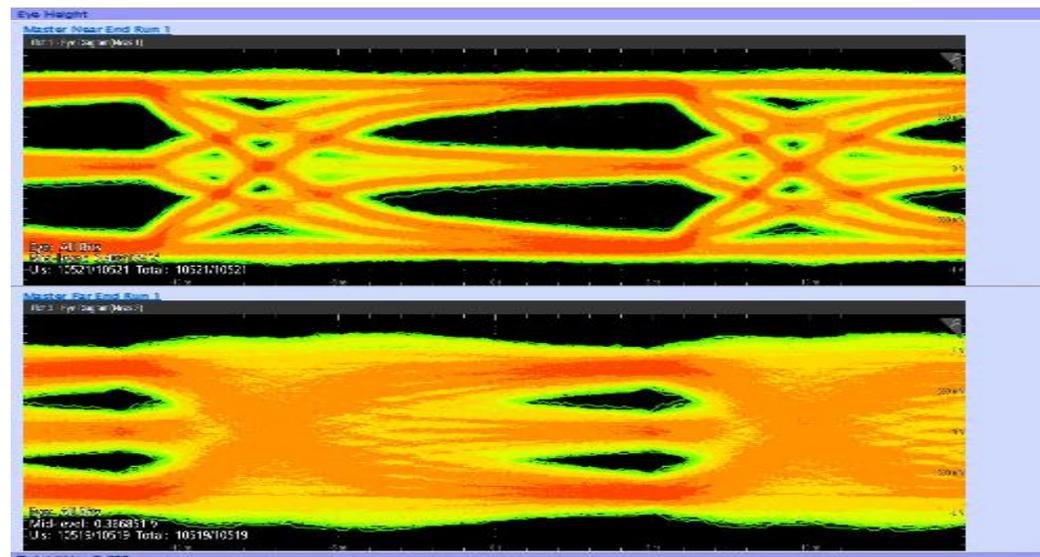
PAM3 の解析レポート

5/6-AUTOEN-SS、5/6-PAM3

- 測定値、パス／フェイルの一覧、リミット値、プロットによる詳細なレポート

| Test Name Summary Table | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------|----------|-------------|------------|-----------|-------------|-------------------------------|------------|-----------|
| Eye Height | | | | | | | | | | Fail |
| Total Jitter @ SER | | | | | | | | | | Fail |
| Measurement Details | Measured Value | Units | ECU Type | Eye Section | Test Point | Iteration | Test Result | Margin | High Limit | Low Limit |
| Eye Height Master Near End Upper Eye | 951.1868 | mV | Master | Upper Eye | Near End | 1 | Pass | L:311.187mV V:H:648.568mV | 1000 | 40 |
| Eye Height Master Near End Lower Eye | 824.7581 | mV | Master | Lower Eye | Near End | 1 | Pass | L:284.758mV V:H:675.247mV | 1000 | 40 |
| Eye Height Master Far End Upper Eye | 0.0000 | mV | Master | Upper Eye | Far End | 1 | Fail | L:-40.000mV V:H:1000.000mV | 1000 | 40 |
| Eye Height Master Far End Lower Eye | 0.0000 | mV | Master | Lower Eye | Far End | 1 | Fail | L:-40.000mV V:H:1000.000mV | 1000 | 40 |

| Total Jitter @ SER | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------|----------|-------------|------------|-----------|-------------|---------------------------|------------|-----------|
| Measurement Details | Measured Value | Units | ECU Type | Eye Section | Test Point | Iteration | Test Result | Margin | High Limit | Low Limit |
| Total Jitter @ SER Master Near End Upper Eye | 12.2856 | ns | Master | Upper Eye | Near End | 1 | Fail | L:12.286ns H:-0.286ns | 12 | 0 |
| Total Jitter @ SER Master Near End Lower Eye | 12.7652 | ns | Master | Lower Eye | Near End | 1 | Fail | L:12.765ns H:-0.765ns | 12 | 0 |
| Total Jitter @ SER Master Far End Upper Eye | 20.1690 | ns | Master | Upper Eye | Far End | 1 | Fail | L:20.169ns H:-8.169ns | 12 | 0 |
| Total Jitter @ SER Master Far End Lower Eye | 22.4075 | ns | Master | Lower Eye | Far End | 1 | Fail | L:22.407ns H:-10.407ns | 12 | 0 |



100Base-T1 プロトコル・デコード



プロトコル・デコード

5/6-SRAUTOEN1

サーチ・オプション

The screenshot displays a protocol decoder interface with the following components:

- Bus Decode Results:** A table showing fields for TCP PSH, RST, SYN, FIN, Window Size, Checksum, Urgent Pointer, Options, and Data. The data row shows values: 0, 1, 0, 0, ABCD, A8AE, 1654, and a hex string.
- Waveform View:** A timing diagram showing a signal waveform with a search window highlighted in yellow.
- Search Configuration Panel:** A sidebar on the right with settings for Search Type (Bus), Source (Bus 2), Mark On (MAC Address), and MAC Address Destination/Source (Binary and Hex).
- Protocol Decode Timeline:** A sequence of protocol elements like IPD, A6h, 8Dh, IPD, EDh, IPD, and TCP fields (TCPC, TCPUP) with their corresponding hex values.
- Bottom Panel:** Reference settings for Ref 1 and Ref 2, bus selection (Bus 2, Bus 3), and acquisition parameters (Horizontal scale, Trigger, Acquisition mode).

全二重のプロトコル・デコード

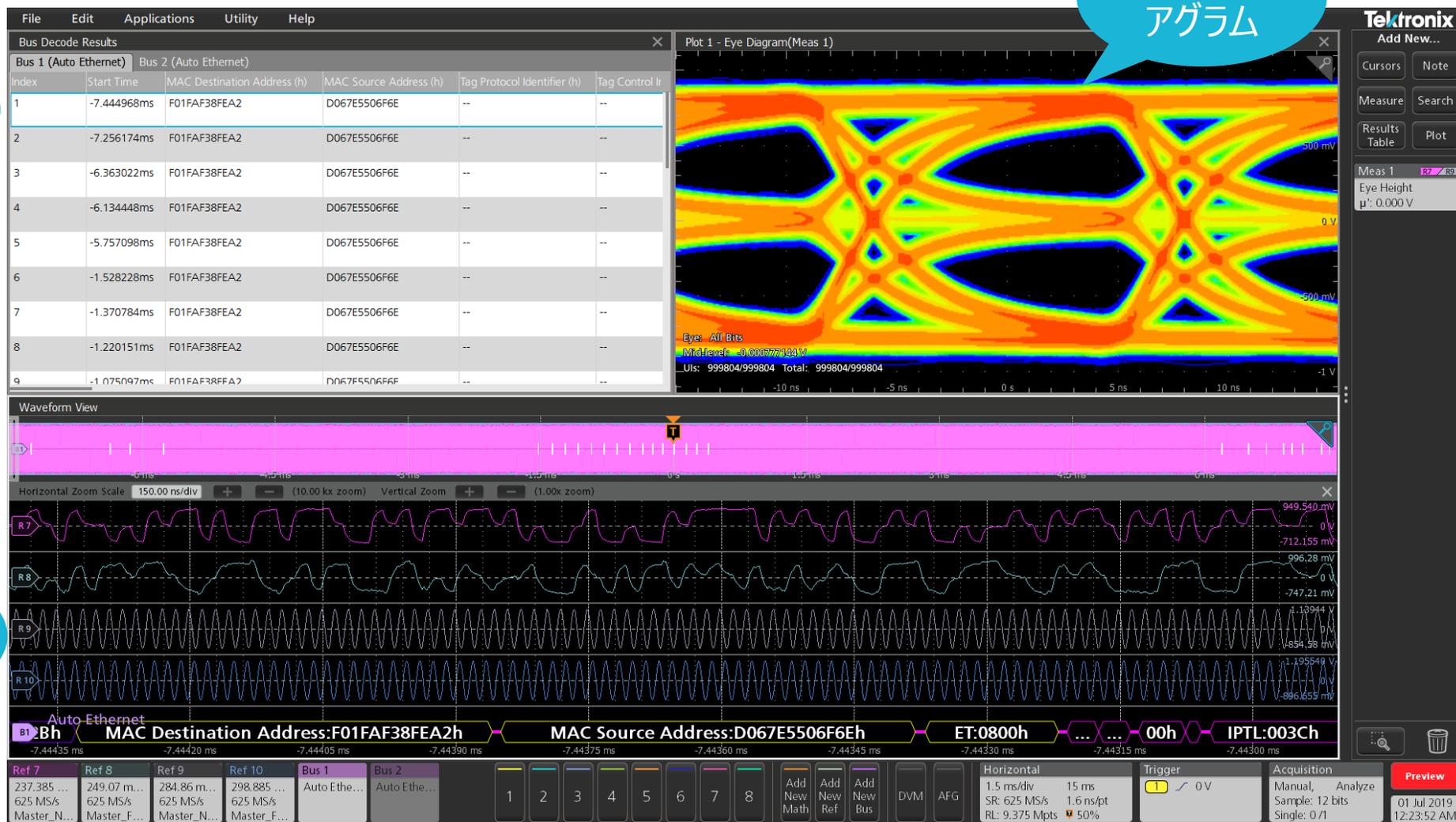
信号分離ソリューション

5/6-AUTOEN-BND (バンドル・パッケージ)

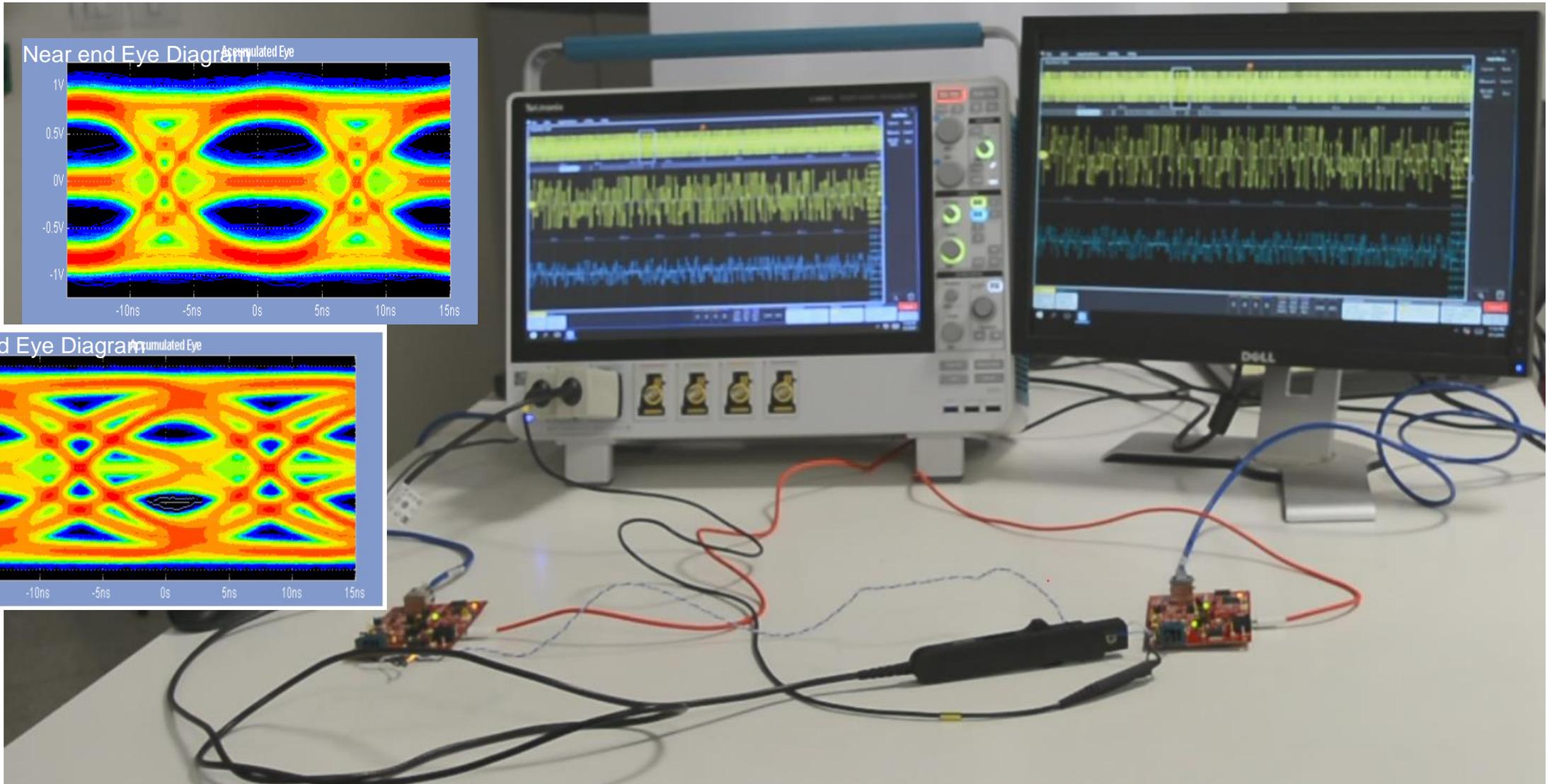
プロトコル・デコード・テーブル

アイ・ダイアグラム

プロトコル・デコード



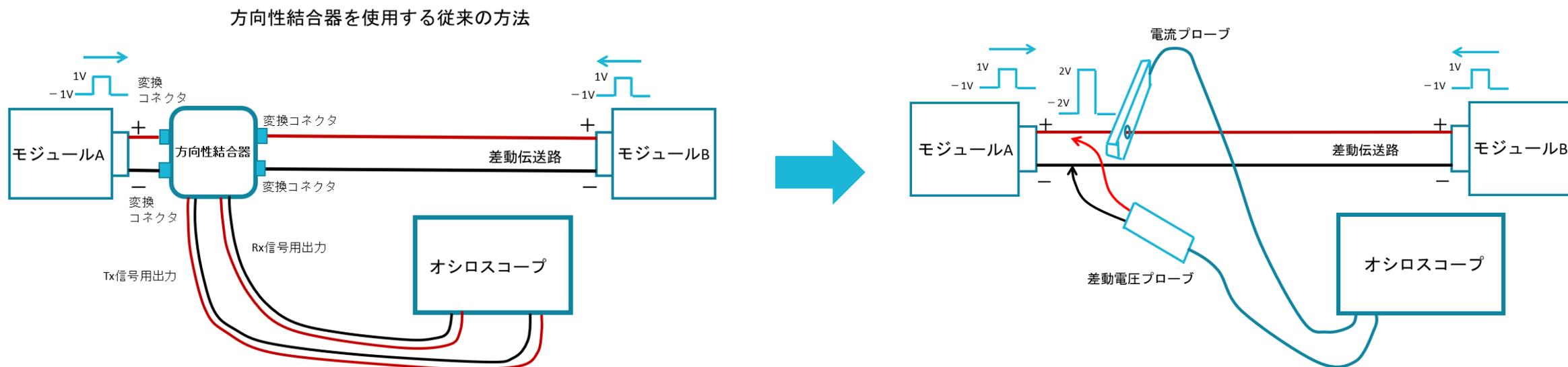
車載用 Ethernet のテスト・セットアップ



テクトロニクスの信号分離方法の特長

ソフトウェアによる信号分離

- 挿入損失なしに実動作の信号を観測できるため、診断確度を向上
- テスト・セットアップが簡単のため、トータルの試験時間を短縮可能
- プロトコルと物理層が1つのウィンドウに表示されるため、迅速なデバッグが可能
- 設計から保守までのすべての自動車の評価ステージに対応した使いやすさ

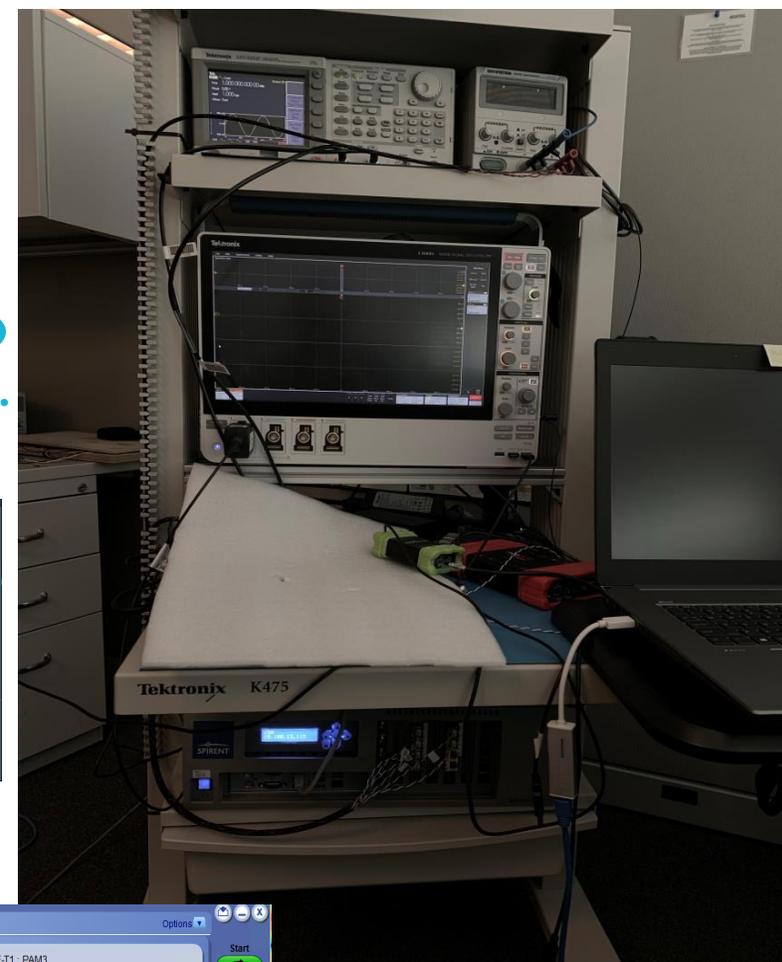
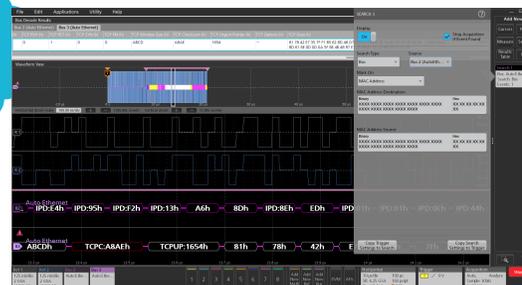


車載用 Ethernet 評価ソリューション

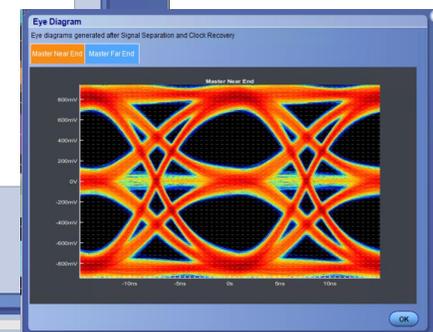
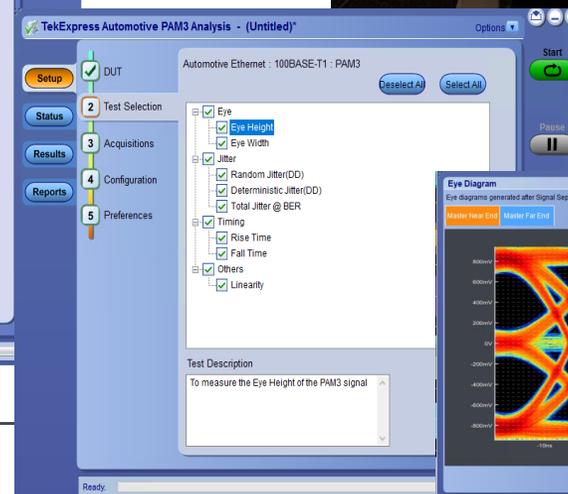
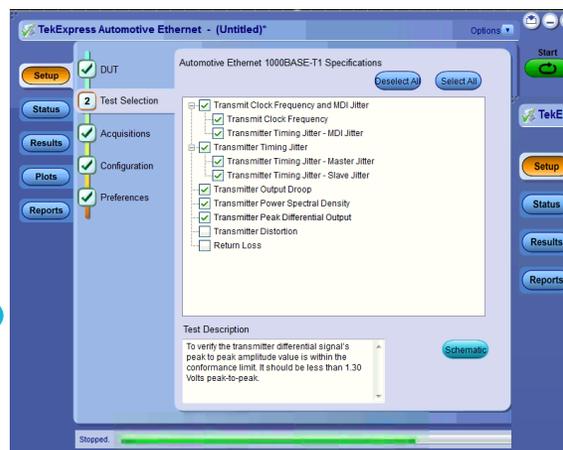
| OSI | 車載用 Ethernet |
|---------------|-----------------|
| 7. アプリケーション層 | アプリケーション |
| 6. プレゼンテーション層 | |
| 5. セッション層 | |
| 4. トランスポート層 | TCP/UDP |
| 3. ネットワーク層 | IP |
| 2. データリンク層 | ネットワーク・アクセス |
| 1. 物理層 | 100/1000BASE-T1 |

L1~L7
適合性試験

プロトコル・デ
コード、タイミン
グ測定

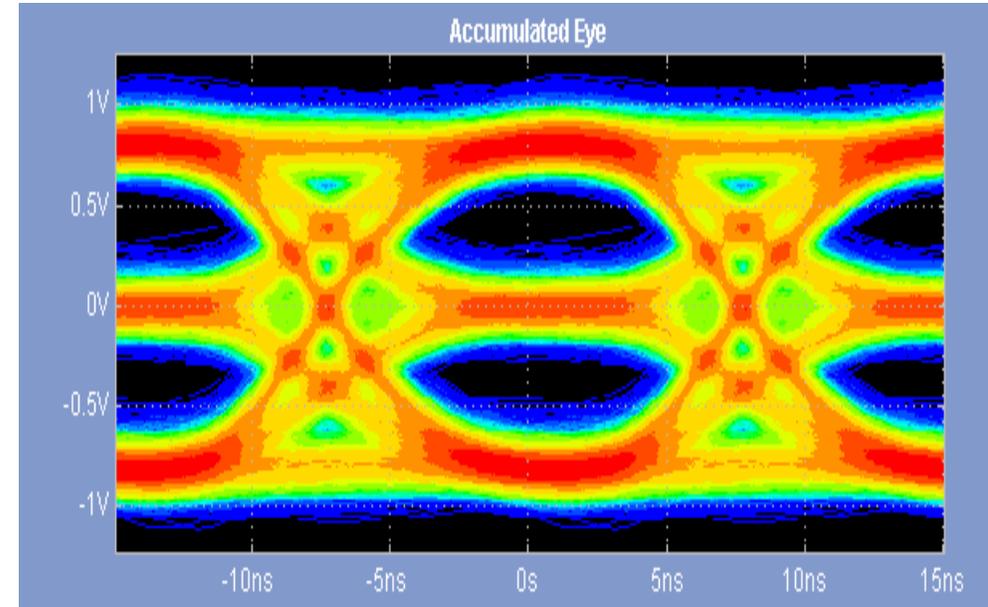


アイ・ダイアグラム、
適合性



Tx/Rx分離、PAM3評価、プロトコル・デコード用機器構成

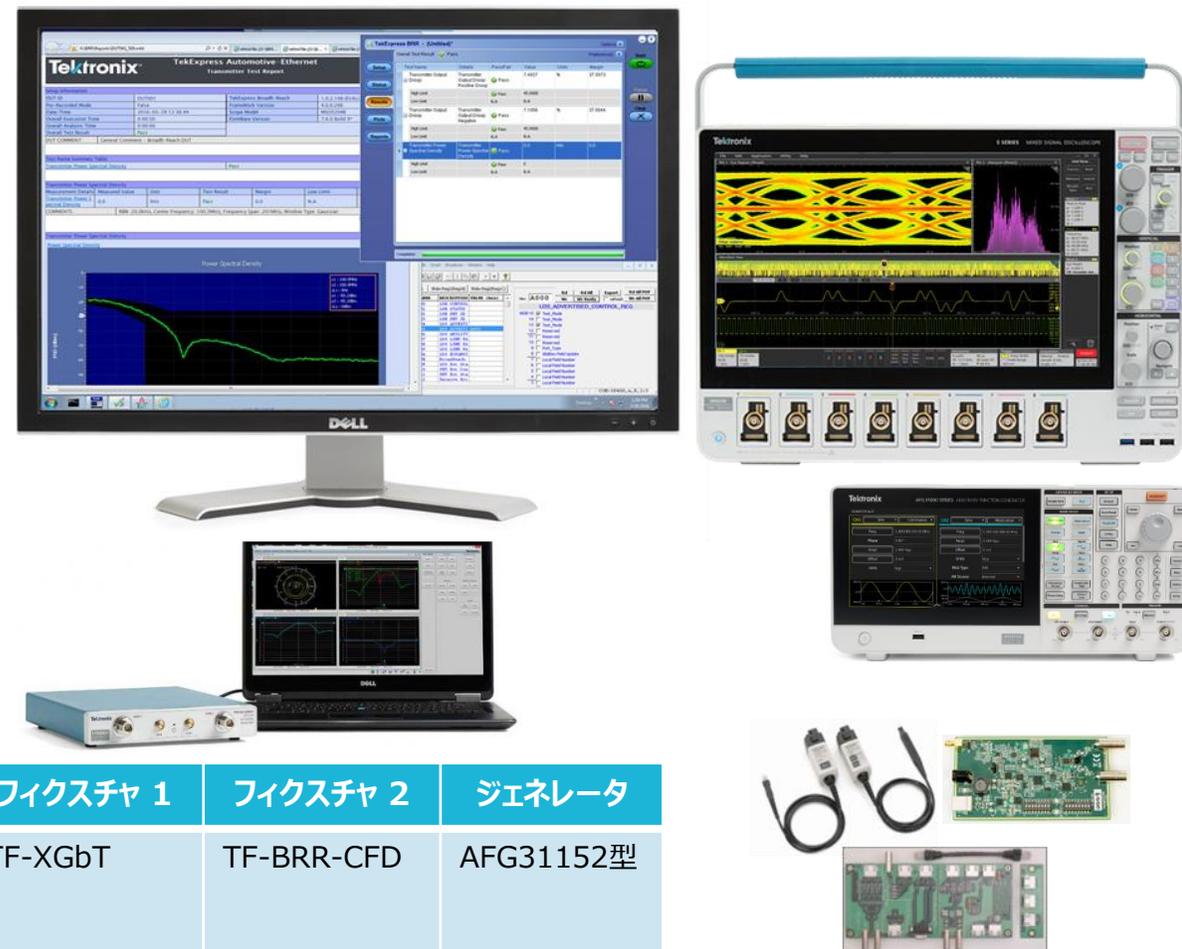
- オシロスコープ: 5または6 シリーズ MSO
 - 周波数帯域1 GHz 以上を推奨 (100BASE-T1 (1000Base-T1は2GHz以上))
- ソフトウェア:
 - 5/6-AUTOEN-SS: Tx、Rx信号分離
 - 5/6-PAM3: PAM3 信号解析 (5/6-AUTOEN-SS, DPOJETが必要)
 - 5/6-SRAUTOEN1: 100BASE-T1 Protocol Decode
 - 5/6-AUTOEN-BND: バンドル・パッケージ (信号分離、PAM3解析、Protocol Decode、コンプライアンス・テストを含む)
- プロブ: TDP1500 (1本 または2本): 差動プロブ (100Base-T1)
 P6022またはTCP0030A (1本 または2本): 電流プロブ (100Base-T1)
 TDP3500 (1本 または2本): 差動プロブ (1000Base-T1)
 CT6 (1本 または2本): 電流プロブ (1000Base-T1)
- フィクスチャ: ECU に依存



| オシロスコープ | オシロスコープのオプション | プロブ | フィクスチャ |
|------------|---|---|---------|
| 5/6シリーズMSO | 周波数帯域 : 1GHz/2GHz以上、 ウィンドウズ、 5/6-AUTOEN-SS、5/6-PAM3、 5/6-SRAUTOEN1 | TDP1500型/TDP3500型 P6022型/TCP0030A / CT6 | ECU に依存 |

車載用 Ethernet コンプライアンス・テスト・ソリューション

- オシロスコープ：5/6シリーズMSO、MSO/DPO5KB、DPO7KC/70KC
 - 周波数帯域：1GHz 以上 (100BASET1)
 - 周波数帯域：2GHz 以上 (1000BASET1)
- ソフトウェア：
 - 5/6-CMAUTOEN：1000BASE-T1/100BASE-T1コンプライアンス
 - 5/6-DJA：オプションの拡張ジッタ解析ソフトウェア（省略可能）
- プローブ：TDP1500型（1本） - 100BASET1、RLでは2本
TDP3500型（1本） - 1000BASET1、RLでは2本
- シグナル・ジェネレータ：AFG3152C型/AFG31152型（100Base-T1）
AWG5200シリーズ（1000Base-T1）
- フィクスチャ：新製品 TF-XGbT Ethernet テスト・フィクスチャ
TF-BRR-CFD Clock divider



| オシロスコープ | オシロスコープのオプション | プローブ | フィクスチャ 1 | フィクスチャ 2 | ジェネレータ |
|--------------|--|------------------------------|----------|------------|-----------|
| 5/6 シリーズ | 周波数帯域：2GHz、ウィンドウズ、5/6-SR AUTO、5/6-DJA、5/6-CMAUTOEN | TDP1500型、TDP3500型 | TF-XGbT | TF-BRR-CFD | AFG31152型 |
| DPO5K/7K/70K | 周波数帯域：2GHz以上、BRR、DJA、SR-AUTO | TDP1500型、TDP3500型 (VPI コネクタ) | TF-XGbT | TF-BRR-CFD | AFG31152型 |

参考：BCI イミュニティ試験のデバッグ

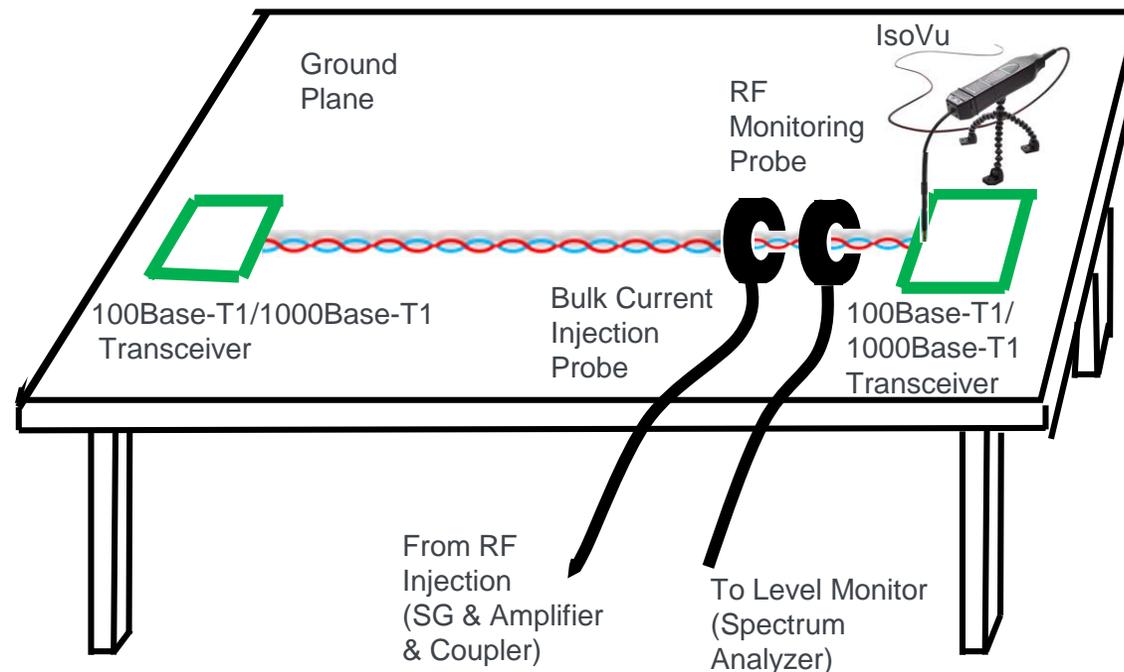
ISO 11452-4

- RF Injection電流で注入されたコモン・モード・ノイズの実際の電圧振幅を測定
- コモン・モードから変換されたノイズの差動成分を測定
 - Common Mode Chokeの効果などを評価
 - IsoVu[®] の高いCMRRと高いノイズ耐性が効果的
 - 従来型プローブだと近くに置くだけでノイズを拾う

$$S_{dc} \doteq V_{diff} / V_{com}$$



IsoVu[®]
光絶縁型プローブ



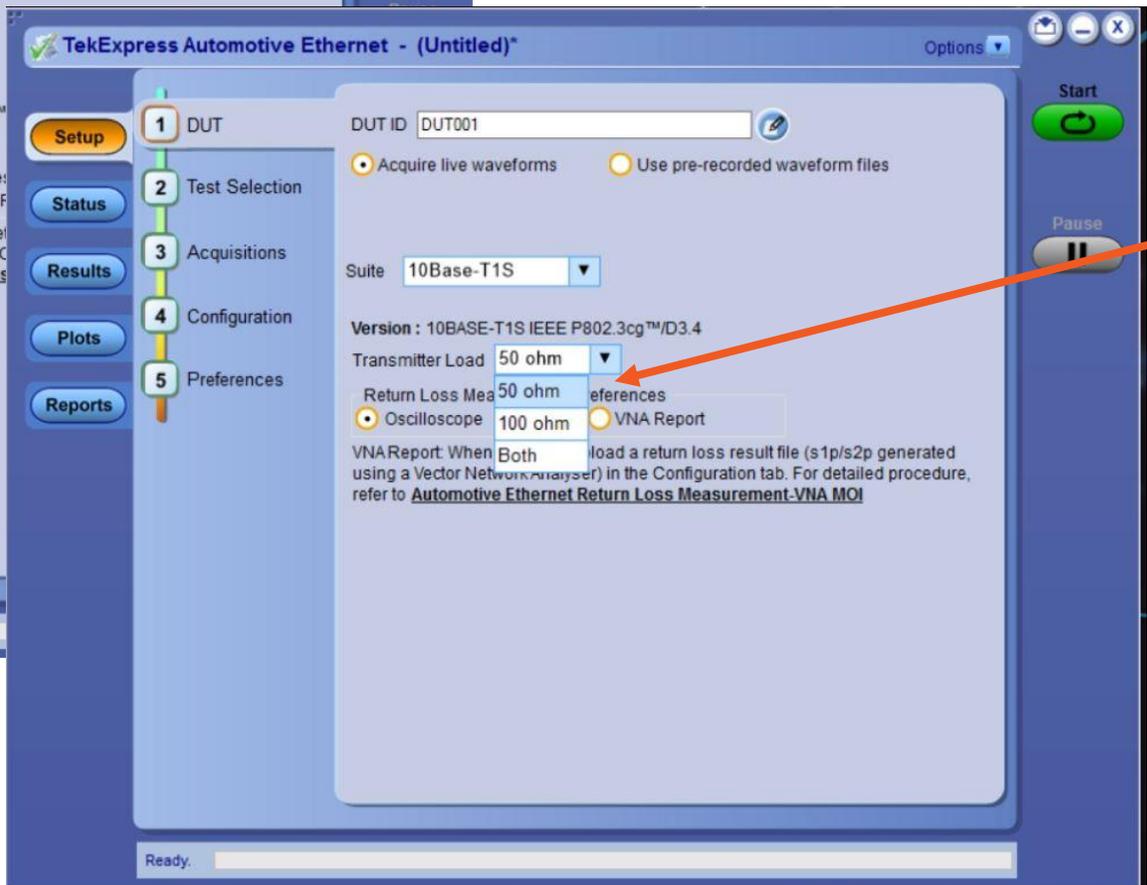
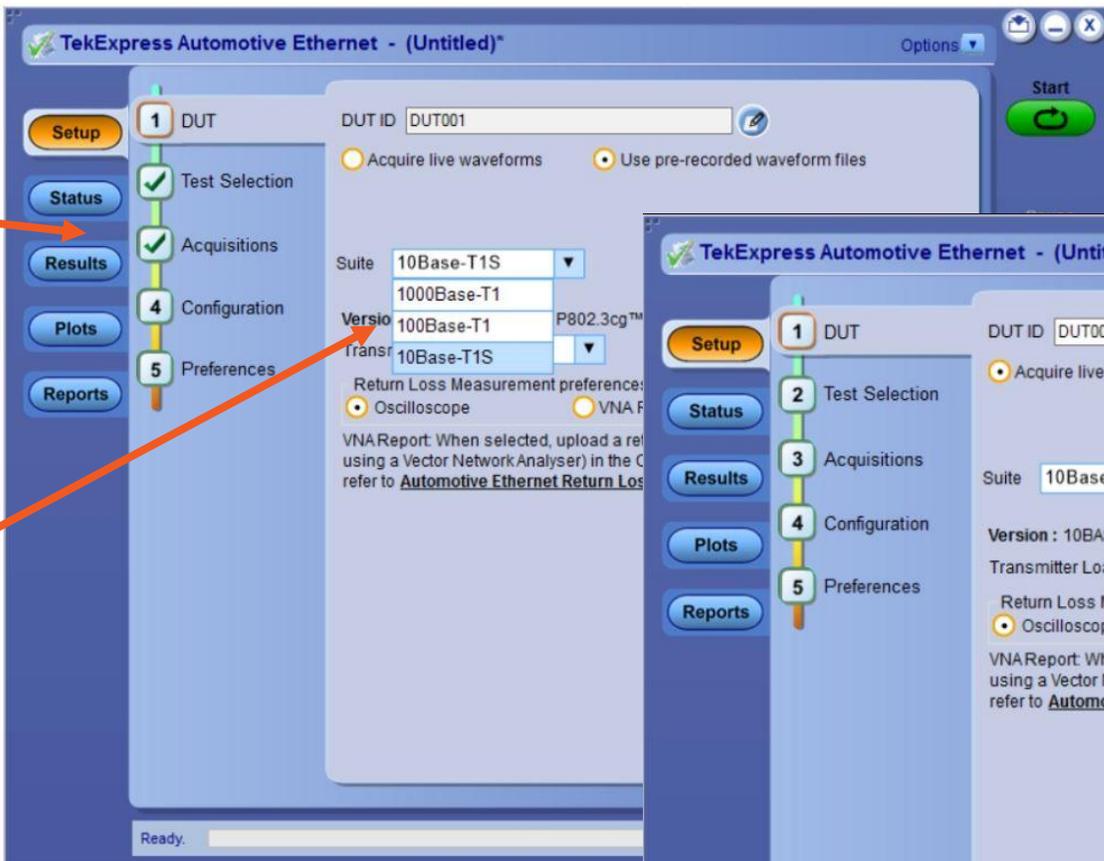
参考：10BASE-T1S の概要

| | 10BASE-T1S | 100BASE-T1 | 1000BASE-T1 | NGBASE-T1 |
|----------|---|----------------|----------------|-----------------|
| データ・レート | 10Mbps | 100Mbps | 1Gbps | 2.5/5/10Gbps |
| シンボル・レート | 12.5MHz | 66.66MHz | 750MHz | 1.4/2.8/5.6 GHz |
| コーディング | 4B/5B, Differential Manchester Encoding | PAM3 | PAM3 | PAM4 |
| 電圧振幅 | 1Vpp | 2.2Vpp | 1.3Vpp | 1.3Vpp |
| 通信方式 | Half Duplex | Full Duplex | Full Duplex | Full Duplex |
| トポロジー | Point to Point or Multidrop | Point to Point | Point to Point | Point to Point |
| ケーブル長 | 15m/25m | 15m | 15m | 15m |

参考：10Base-T1S コンプライアンス・テスト

Wizard-based automation

10/100/1000BASE-T1



Point to Point or Multidrop

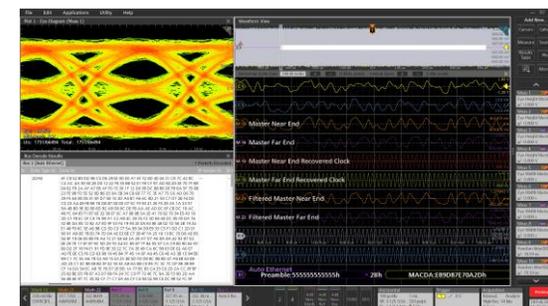
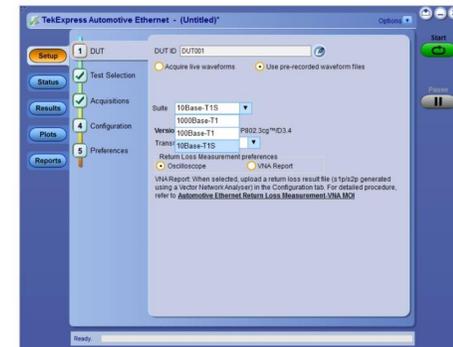
まとめ



まとめ

車載ETHERNET 100/1000BASE-T1測定とプロトコル・デコード手法

- CASE (自律走行、コネクティビティ、電化、シェア)が車載Ethernetを牽引
- 車載Ethernetの評価では、**コンプライアンス・テストとTx、Rx分離がキー**
- **コンプライアンス・テストは、テスト・モード信号で実施**
- **アイ・ダイアグラム評価やプロトコル・デコードでは全二重通信のTxRx分離が必須**
- 方向性結合器による従来のTxRx分離手法は、信号品質評価に課題あり
 - **直列挿入、コネクタ変換、20dB減衰の抽出など**
- **差動電圧プローブと電流プローブ波形とソフトウェアによるTxRx分離は信号評価に最適**
 - **元の振幅のまま評価。実車内の狭いスペースでも使用可能。**
- **BCIなどのイミュニティ試験のデバッグにはIsoVu光絶縁型プローブが最適**



計測課題のご相談、デモ、実機評価のご案内

本日はご聴講ありがとうございました。

本日の内容に関して、以下のメニューを用意しています。

- ✓ 計測課題のご相談
- ✓ デモ
- ✓ 実機評価（お客様の被測定物での計測にも対応可能）

- オンライン会議形式、面談形式いずれも可能です。
- お申し込みはアンケートにご記入ください。
- 後日Email、電話でも承ります。

Eメールでのお申込み

電話でのお申込み（月曜日～金曜日）

ccc.jp@tektronix.com

[0120-441-046](tel:0120-441-046)



本テキストの無断複製、転載を禁じます
株式会社TFF テクトロニクス
Copyright Tektronix

 **Twitter** [@tektronix_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)
 **Facebook** <http://www.facebook.com/tektronix.jp>

Tel **tronix**[®]