

Tektronix[®]

オシロスコープを使用した CAN、LIN、FlexRay車載用バスのデバッグ

アプリケーション・ノート



はじめに

自動車業界で組込みシステムのアプリケーションが急速に広がっています。多くの自動車設計エンジニアは、ECU（Electronic Control Unit）間、ECUとセンサ、アクチュエータ、ディスプレイ間の通信にCAN、LIN、またはFlexRayを使用しています。これらのバスは、ブレーキ・システムからインフォテインメント・システムまでの重要なサブシステム間のリアルタイム通信に欠かせません。

CAN、LIN、FlexRayは比較的成熟したバス・プロトコルであり、堅牢で統合しやすく設定されています。そうであったとしても、ノイズ、基板レイアウト、電源のオン／オフのタイミングで通信は影響を受けることがあります。具体的には、過度のバス・エラーやロックアップなどがあります。ベーシックなプロトコル・アナライザと違い、プロトコル・デコード機能を備えたオシロスコープは、デコードされたバス・トラフィックが観測できるだけでなく、信号品質まで確認できます。バス信号とデコードされたトラフィックが観測できるオシロスコープは、トラブルシュー트에欠かせないツールです。

より重要なこととして、オシロスコープはシステムレベル問題のトラブルシュートで使用できます。自動車はセンサ、アクチュエータ、ディスプレイの大きなネットワークに依存しており、多くの問題はI/Oのイベントまたは値に関連したバス・タイミングに起因します。オシロスコープは、I/O信号とバス・トランザクションの同時観測に適しています。この機能があるため、オシロスコープはシステムレベルのデバッグに最適なツールと言えます。

本アプリケーション・ノートの概要

- CAN / CAN FD、LIN、FlexRayの物理レイヤとパケット構造の概要から、トラブルシュー트에役立つ詳細な情報を説明します。
- CAN / CAN FD、LIN、FlexRayのデコード機能を装備したオシロスコープのデコード設定方法を説明します。
- デコード機能を備えたオシロスコープでデコードされたシリアル・バスのデータの読み方を説明します。
- トリガ／サーチのオプション機能について説明します。

テクトロニクスのオシロスコープにシリアル・トリガ／解析のオプション機能を装備すると、CAN、LIN、FlexRayバスに携わる組込みシステム・エンジニアのための強力なツールになります。このアプリケーション・ノートでは、5シリーズMSOを使用したCAN、LIN、FlexRayシリアル・バスのデコードとトリガを説明します。

¹ サポート可能なシリアル・バス規格は、オシロスコープによって異なります。
オシロスコープによって可能なバスについては、付録Aまたは当社ウェブ・サイト (jp.tektronix.com) をご覧ください。

CAN/CAN FD

CAN (Controller Area Network) は、1980年代に Robert Bosch GmbH社により、電氣的ノイズの多い環境におけるデバイス間の低コストの通信バスとして開発されました。1992年、メルセデス・ベンツ社は、自動車システムで初めてCANを採用しました。今日では、ほとんどすべての自動車メーカーがCANコントローラ、ネットワークを採用しており、さまざまなECUを制御しています。CANは、エンジンのタイミング・コントロール、アンチロック・ブレーキ・システム、パワー・トレイン・コントロールなどの基本的なバスとして使用されています。また、電気ノイズ耐性、少ない配線、優れたエラー検出機能、高速データ転送などにより、CANは産業用制御システム、海洋産業、航空宇宙産業などのアプリケーションでも急速に拡がりつつあります。

自動車のネットワークがさらに数多くの機能をサポートするように進化したため、ノード間における高速なデータ通信のニーズが高まってきました。これを受け、最高データ・レート1Mbps、ペイロード・データ8バイトのCANに比べて最高データ・レート8Mbps、ペイロード・データ64バイトを実現した、CANのハイスピード版であるCAN FDが登場しました。CAN FDの最初のバージョンは2012年に発表されましたが、2015年にはISO CAN FDというISO規格にアップデートされました。ISOバージョンでは、セーフガードが追加されたことで通信の信頼性を改善しています。元々のバージョンは現在では非ISO CAN FDとして知られており、ISO CAN FDとの互換性はありません。

動作原理

CAN/CAN FDバスは、シールド・ツイスト・ペア (STP)、非シールド・ツイスト・ペア (UTP)、リボン・ケーブルなどを使用した、平衡 (差動) 2線式インタフェースです。各ノードは、オスの9ピンDコネクタを使用します。さまざまなデータ・レートが規定されており、CANでは最速1Mbps、CAN FDでは8Mbpsです。すべてのモジュールは最低20kbpsをサポートする必要があります。通常、システム内のすべてのデバイスは均一で固定のビット・レートで情報を伝送します。最大のケーブル長は、使用されるデータ・レートによって異なります。最大ライン長は、ロースピードでは数千m、1Mbpsでは40mが代表値です。ケーブル端では、終端抵抗を使用します。

NRZ (None Return Zero) ビット・エンコードとビット・スタッフィングにより、数少ない伝送と優れた雑音耐性を実現しています。CANバス・インタフェースでは非同期伝送を使用し、バスが空いている場合は、どのノードでも伝送を開始できます。メッセージは、ネットワーク上のすべてのノードに配信されます。複数のノードが同時にメッセージを伝送すると、IDのビット単位のアービトレーションにより優先度の高いメッセージを決定します。メッセージは以下の4種類になります。

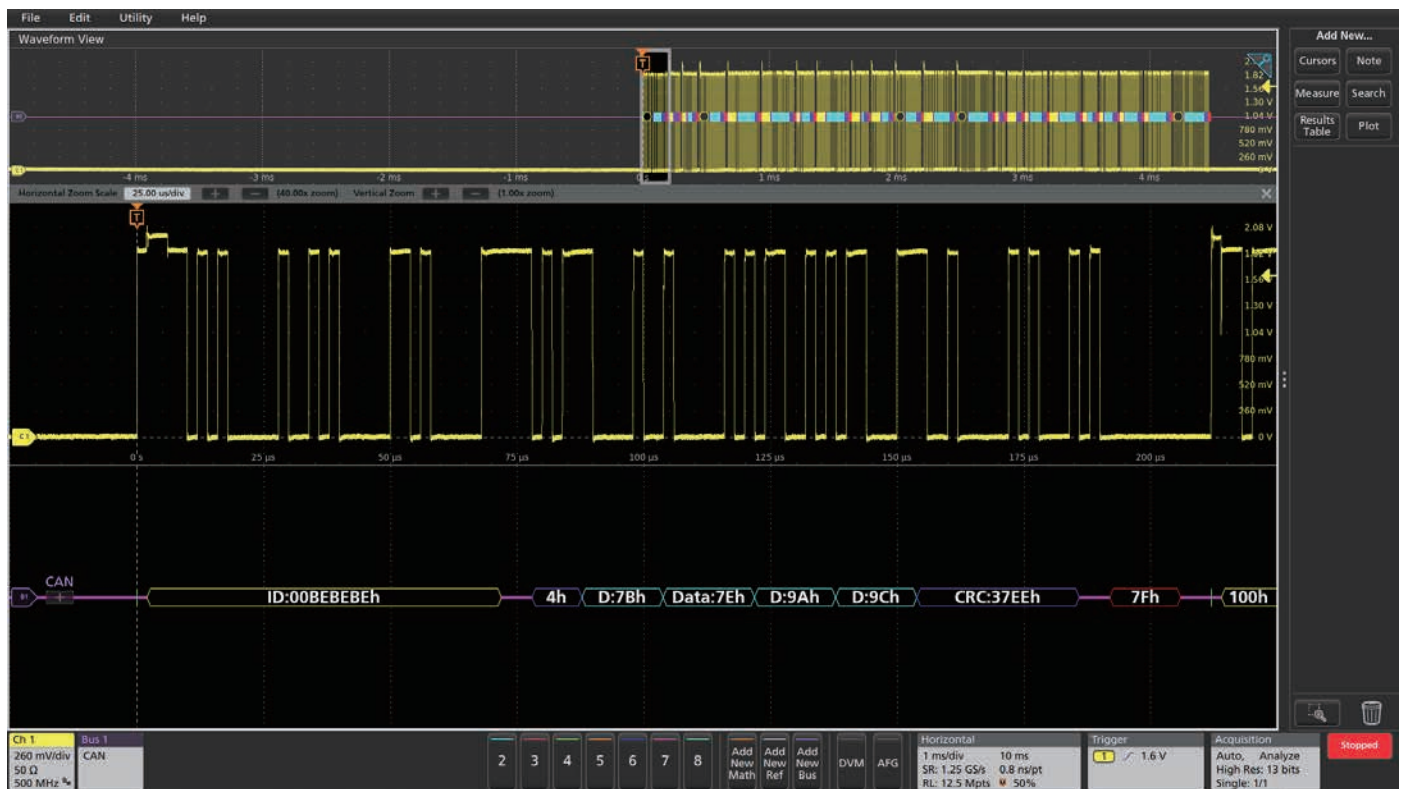
メッセージの種類	概要	
データ・フレーム	データ伝送で使用	データ・フレーム、リモート・フレームは、各フレームの最初と最後にあるスタート・ビットとストップ・ビットで制御され、アービトレーション・フィールド、コントロール・フィールド、データ・フィールド、CRCフィールド、ACKフィールドを含んでいます。
リモート・トランスミッション・リクエスト (RTR) フレーム	データ・リクエストで使用	
エラー・フレーム	エラーを検出したノードはエラー・フレームを送信し、バス上のすべてのノードは現在のメッセージが不完全であるとみなし、送信したメッセージは再送信されます。	
オーバーロード・フレーム	受信デバイスにより送信され、データを受信する準備ができていないことを示します。	

データ/リモート伝送リクエスト・フレームの構造

CAN 2.0	SOF 1ビット	アービトレーション・フィールド 11ビット (標準ID) 29ビット (拡張ID)	コントロール・フィールド 6ビット	データ・フィールド 0~8バイト	CRCフィールド 16ビット	ACK 2ビット	EOF 7ビット	INT 3ビット
CAN FD	SOF 1ビット	アービトレーション・フィールド 12ビット (標準ID) 32ビット (拡張ID)	コントロール・フィールド 8または9ビット	データ・フィールド 0~64バイト	CRCフィールド 18または22ビット	ACK 2ビット	EOF 7ビット	INT 3ビット

フィールド	概要
SOF	CAN、CAN FD共通であり、SOF (Start Of Frame) ビットでフレームは開始します。
Arbitration	アービトレーション・フィールドは、識別子 (アドレス) とRTR (Remote Transmission Request) ビットを含み、データ・フレームとリクエスト・フレーム (リモート・フレームとも呼ばれる) を区別します。識別子には、標準フォーマット (11ビット、バージョン2.0A) と拡張フォーマット (29ビット、バージョン2.0B) があります。CAN FDでは、標準/拡張フォーマットでCANと同じアドレス (11ビットIDまたは29ビットID) を共有しますが、RTRビットを外してドミナントr1ビットを維持します。
Control	CANのコントロール・フィールドは、CAN 2.0A (11ビット識別子) 標準フレームとCAN 2.0B (29ビット識別子) 拡張フレームを区別するための1ビットの識別拡張子 (IDE) ビットとデータ長コード (DLC) 4ビットおよび1ビットのr0を含む6ビットで構成されます。コントロール・フィールドに含まれるDLCの4ビットは、データ・フレームのデータ・フィールドに含まれるバイト数、またはリモート・フレームによってリクエストされるバイト数を示します。CAN FDではコントロール・フィールドで8または9ビットを使用し、CANと同様にIDE、r0、DLCビットも使用します。CAN FDではEDL、BRS、ESIのビットも追加され、EDL (Extended Data Length) はパケットがCANかCAN FDかを識別し、BRS (Bit Rate Switch) はデータ・フェーズでビット・レートをスイッチするかどうかを示し、アービトレーション・フェーズとデータ・フェーズを分離します。CAN FDでは、同じ4ビットのDLCが8バイト以上のデータ長の指定でも使用されます。
Data	データ・フィールドは、0~8バイトのデータからなります。CAN FDは0~8バイトをサポートしますが、12、16、20、32、48または64バイトもサポートされます。
CRC	CANで使用される15ビットのCRCコードとリセッティブ・デリミタ・ビットです。CAN FDでは16バイト以下のペイロードで17ビット (+CRCデリミタ・ビット) を、16バイト以上では21ビット (+CRCデリミタ・ビット) を使用します。CAN FDでは、4つのスタッフ・ビットが追加されます。
ACK	アクトリッジ・フィールドは2ビット長。最初はスロット・ビットで、リセッティブとして送信され、他のノードから正常にメッセージを受信した場合は送信されたドミナント・ビットにして上書きされます。二番目のビットはリセッティブ・デリミタ・ビットです。CAN FDでは少し異なり、レシーバは有効ACKとして2ビットの時間を識別します。
EOF	7ビットのリセッティブ・ビットで、フレームの終了 (End Of Frame) を示します。

3つのリセッティブ・ビットのINT (Intermission) フィールドは、バスがフリーであることを示します。バス・アイドル時間は、0を含む任意の長さです。



BUS 1

Display: On Label: CAN Position: 3.62 divs Set to 0

Bus Type: CAN Signal Type: CAN_H CAN Standard: CAN 2.0

Source: Ch 1 Threshold: 1 V Sample Point: 75%

Bit Rate: 500000 Display Format: Bus and Waveforms

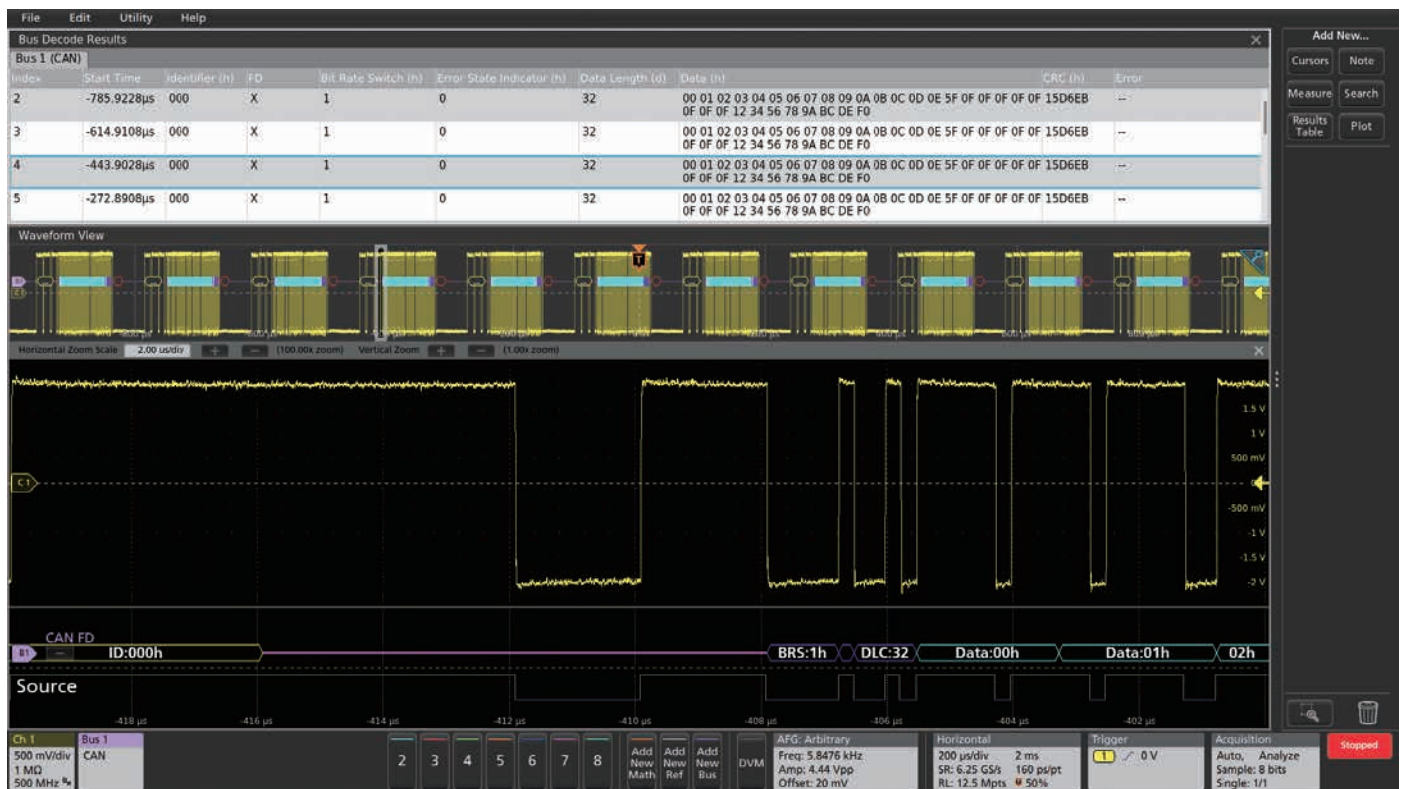
Decode Format: Mixed Hex

CAN / CAN FDバスのデコード設定

CANのデコード／トリガ機能を装備したテクトロニクスのオシロスコープの場合、前面パネルのBusボタンを押すと、オシロスコープ入力をバスとして設定できます。転送される情報をデコードするには、以下の基本パラメータを入力します。

- CAN規格
- 信号の種類
- 入力チャンネル
- ビット・レート
- 電圧スレッシュホールド
- サンプル・ポイント (ビット時間のパーセント)

CANバスは差動信号です。シングルエンド・プローブでバスを取込み、デコードすることもできますが、差動プローブを使用すると、信号忠実度が増し、ノイズ耐性が上がります。



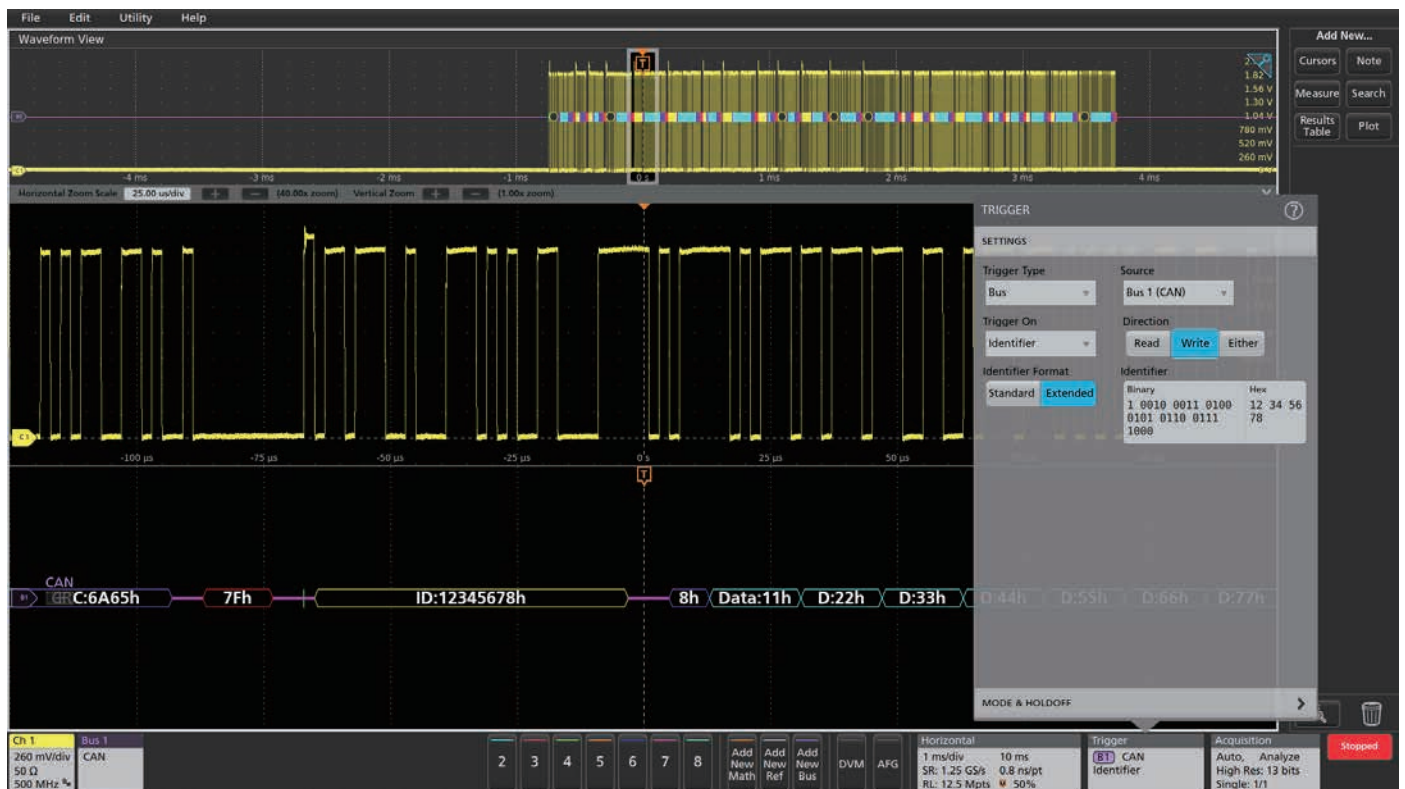
CAN / CAN FDバス情報の読み方

デコードされた波形は、色識別されたグラフィックでCANメッセージの要素を示します。

ファームウェアを担当するエンジニアにとっては、Results Tableの形式の方が便利かもしれません。バスの動きがタイムスタンプとともに表示されるため、ソフトウェアのリストとの比較が容易で、実行速度が簡単に計算できます。

Results Tableは、波形表示とリンクしています。表の行をタップすると、オシロスコープは対応するバス信号、デコードされたバス波形を自動的にズームして、ディスプレイ下部に表示します。

CANバスの要素	表示
SOF (フレームの開始) は緑の垂直バーで示される	
DLC (Data Length Control) は紫のボックスで示される。DLCの値は、16進またはバイナリで表示される	
識別子は黄のボックスで示される。識別子は、16進またはバイナリで表示される	
データは青のボックスで示される。データの値は、16進またはバイナリで表示される	
CRCの値は紫のボックスで表示される	
EOF (フレームの終了) は赤のボックスで示される	

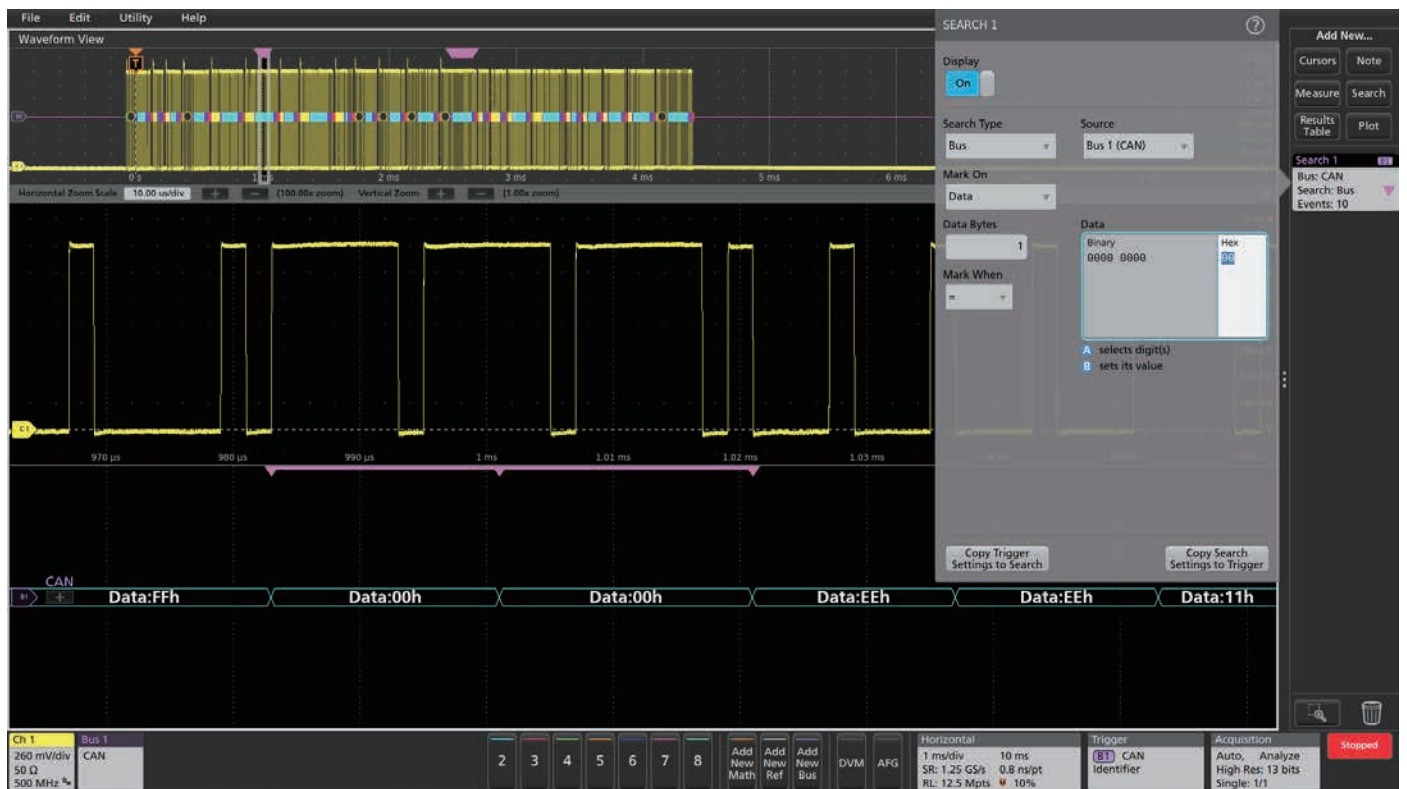


CANバスのトリガ

特定のバスの動作でトリガし、取込むことができるため、オシロスコープはシステムレベルのデバッグには欠かせないツールです。バス・トリガが正しく設定されると、オシロスコープは特定のバスの動作に同期したすべての入力信号を取込みます。この例では、拡張識別子12345678 (hex) への書込みにトリガしています。

CAN / CAN FDバス・トリガでは、右に示すトリガ・タイプが用意されています。

トリガ対象	概要
Start of Frame	任意のSOFフィールドにトリガします。
Frame Type	データ・フレーム、リモート・フレーム、エラー・フレーム、またはオーバーロード・フレーム
FD Bits	FDビット・レート・スイッチ・ビット、FDエラー・ステート、インジケータ・ビット
Identifier	特定の11または29ビットの識別子の値とリード／ライトのクオリフィケーション
Data	ユーザ指定のCANデータ
Missing Ack	受信デバイスがAckを出力しない場合にトリガします。
Bit Stuffing Error	ビット・スタッフィング・エラーが検出されるとトリガします。
FD Form Error	FDフレーム・フォーマットにエラーがあるビットでトリガします。
Any Error	Missing Ack、Bit Stuffing、FD Formエラーにトリガします。
End of Frame	任意のEOFフィールドにトリガします。



CANバスの検索

CAN / CAN FDのデコード機能を装備したテクトロニクスのおシロスコープには Wave Inspectorによるサーチ機能があり、検索条件に合ったすべてのバス・イベントを探し出すことができます。また、それがいくつ発生しているのかもわかります。設定はバス・トリガの設定と同様であり、特定のバス・イベントを検出し、そのすべてにマークを付けます。この例では、データの値00 hexを自動的に検索するように設定しています。10個が検出され、マークが付いています。

LIN

LIN (Local Interconnect Network) バスは、CANではコスト、汎用性、スピードのスペックが過剰である場合のCANの代替として1999年にLINコンソーシアムによって開発された規格です。アプリケーションとしては、ウィンドウ・コントロール、ドア・ロック、雨滴センサ、ワイパ・コントロール、空調コントロールなどにおける、センサとアクチュエータ間の通信があります。

しかし、優れた電気ノイズの耐性、エラー検出機能、高速データ転送などのため、エンジンのタイミング・コントロール、アンチロック・ブレーキ・システム、パワー・トレイン・コントロールなどではCANが使用されています。

動作原理

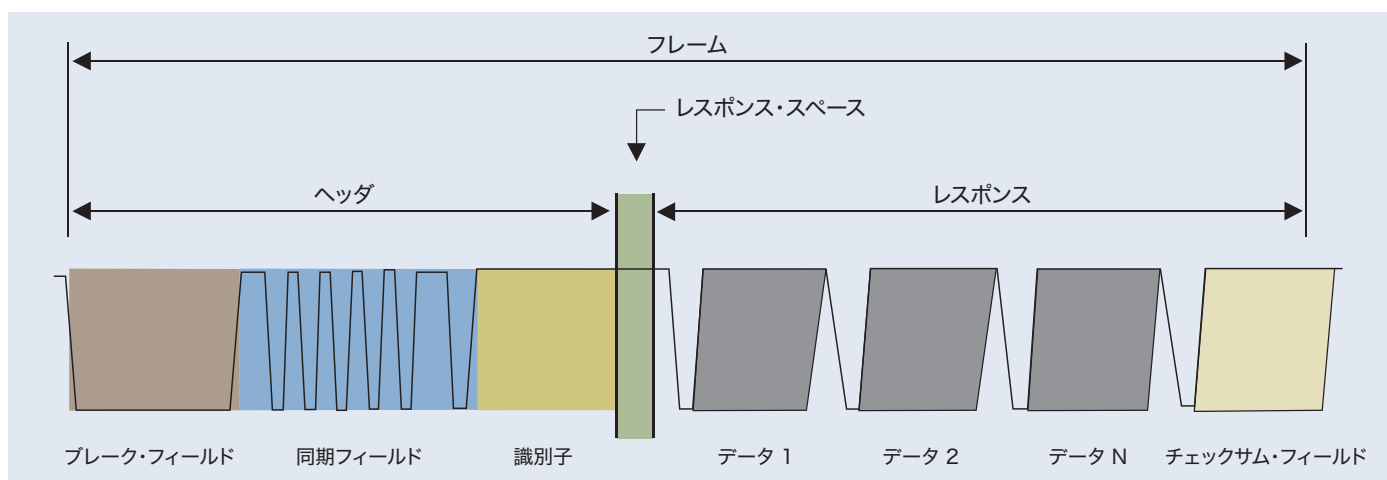
LINバスは、ISO9141規格を拡張した、ローコスト、1線式の接続です。LINのネットワークは、1つのマスタと1つまたはそれ以上のスレーブからなります。すべてのメッセージはマスタから発行され、各メッセージにはただ1つのスレーブが応答します。このため、CANのような衝突検出やアービトラージ機能は必要ありません。UART/SCIをベースに、8ビット、スタート付き、ストップ付き、パリティなしで最大8バイトのデータを送ります。データ・レートは1kbps~20kbpsです。遅いようですが、特定のアプリケーションには適しており、EMIも抑えられます。

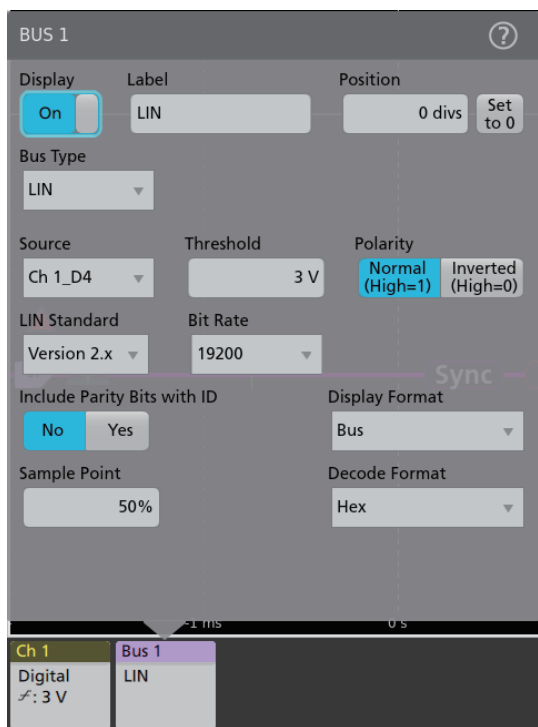
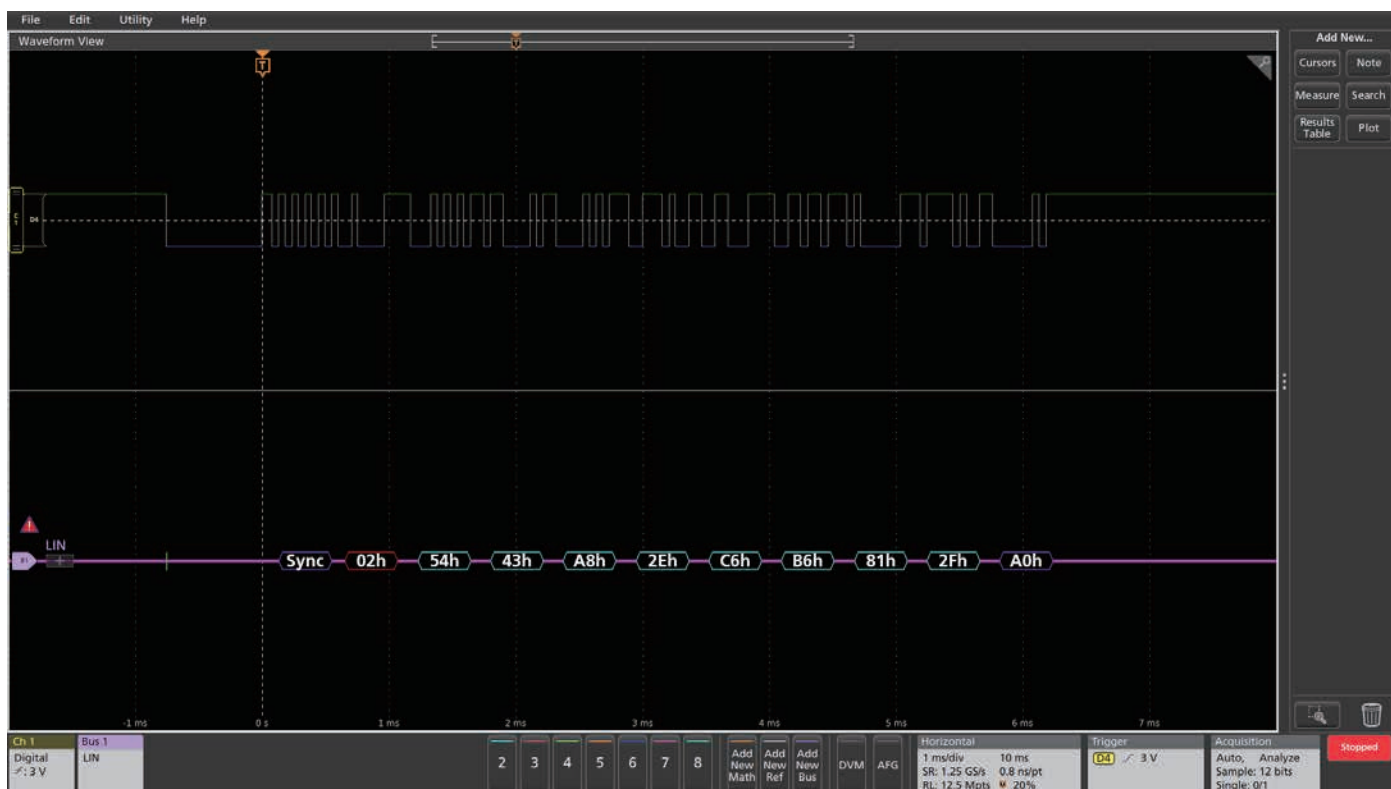
LINバスは、常にアクティブかスリープのどちらかの状態をとります。アクティブの状態では、バス上のすべてのノードはウェイクアップの状態であり、バスのコマンドを待ち受けます。バス上のノードは、マスタがスリープ・フレームを発行するか、あらかじめ設定された時間、バスに情報が来ない場合にスリープに入ります。ノードがウェイクアップをリクエストするか、マスタ・ノードがブレーク・フィールドを発行するとウェイクアップします。

LINのフレームは、ヘッダとレスポンスで構成されます。ヘッダはマスタによって出力され、レスポンスはスレーブによって出力されます。ヘッダとレスポンスは、それぞれがサブコンポーネントを持っています。

ヘッダ・コンポーネント	概要
Break Field	ブレーク・フィールドは、新しいフレームの開始信号として使用されます。すべてのスレーブ・デバイスをアクティブにし、ヘッダの残りの部分を受信するように指示します。
Sync Field	同期フィールドはスレーブ・デバイスによって使用され、マスタ・ノードで使用されるポー・レートを決定し、順次同期します。
Identifier Field	識別子はどのスレーブ・デバイスがアクションを起こすかを指定します。

レスポンス・コンポーネント	概要
Data	指定されたスレーブ・デバイスが1~8バイト・データで応答します。
Checksum	データ伝送におけるエラー検出のために使用される演算フィールドです。LIN規格は何種類かのバージョンで進化しており、2種類の異なるチェックサムを使用しています。標準チェックサム (Classic checksum) はデータ・バイトのみで計算され、バージョン1.xのLINシステムで使用されます。拡張チェックサム (Enhanced checksum) はデータ・バイトと識別子フィールドで計算され、バージョン2.xのLINシステムで使用されます。



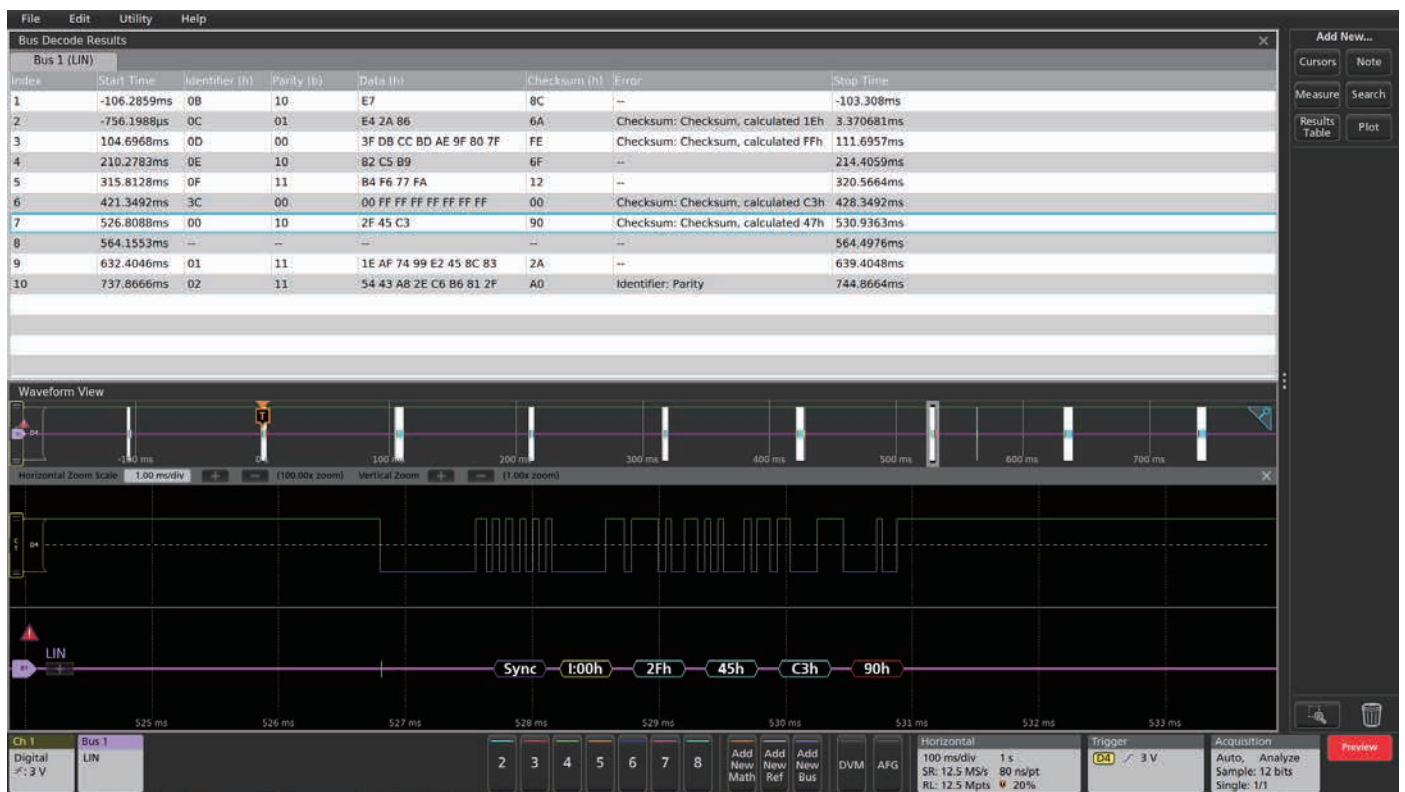


LINバスのデコード設定

LINのデコード／トリガ機能を装備したテクトロニクスのオシロスコープの場合、前面パネルのBusボタンを押すと、オシロスコープ入力をバスとして設定できます。転送される情報をデコードするには、以下の基本パラメータを入力します。

- 入力チャンネル
- 使用するLINのバージョン
- ビット・レート
- 極性
- スレッショルド
- どこでサンプルするか (ビット時間のパーセント)

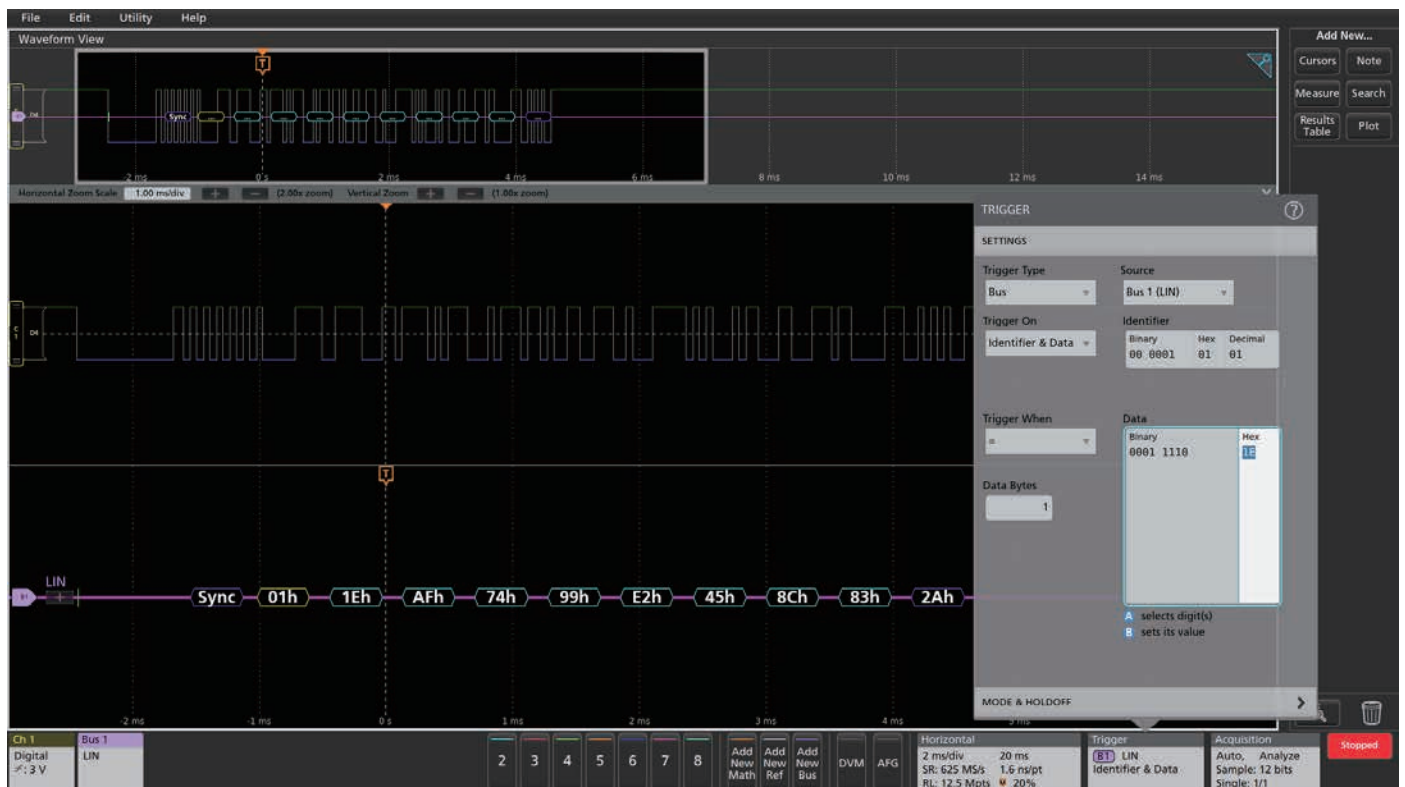
LINの信号は受動プローブまたはアクティブ・アナログ・プローブでも取込めますが、デジタル・ロジック・プローブでも取込むことができます。



LINバスの読み方

デコードされたバス波形は、LINメッセージの要素を示しています。

LINバスの要素	表示
SOF (フレームの開始) は緑の垂直バーで示される	
同期は紫のボックスで表示される	
識別子は黄のボックスで示される。識別子は、16進、バイナリ、または10進で表示される	
データは青のボックスで示される。データは、16進またはバイナリで表示される	
チェックサムの値は、紫のボックス (エラーの場合は赤のボックス) で表示される	



LINバスのトリガ

LINバスが正しく設定されると、オシロスコープはバス・トリガ・イベントの発生にしたがってすべての入力信号を取込むことができます。この例では、識別子 01 hexの後にデータの値1E hexが続く場合にトリガします。

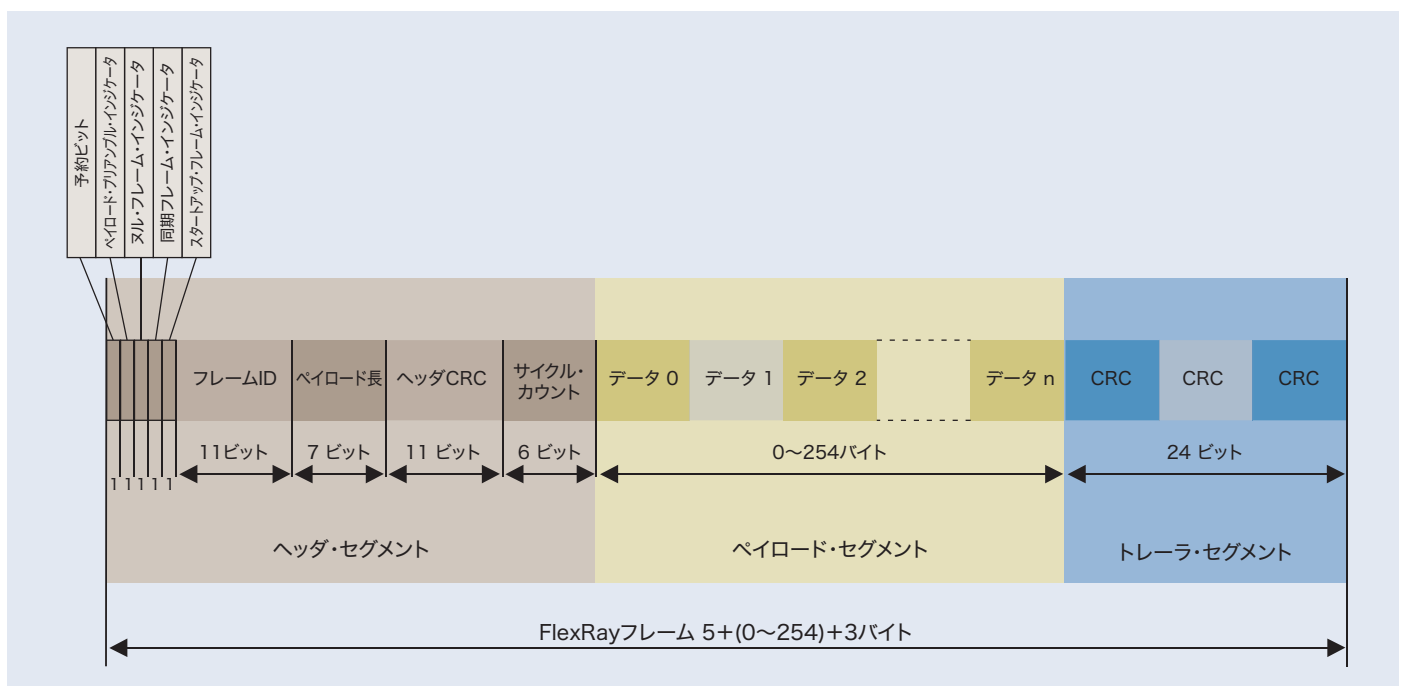
LINバス・トリガでは、以下に示すトリガ・タイプが用意されています。

トリガ対象	概要
Sync	同期フィールドにトリガします。
Identifier	特定の識別子にトリガします。
Data	特定のデータの値またはデータ・レンジにトリガします。
Identifier & Data	識別子とデータの組合せでトリガします。
Wakeup Frame	ウェイクアップ・フレームにトリガします。
Sleep Frame	スリープ・フレームにトリガします。
Error	同期エラー、IDパリティ・エラーまたはチェックサム・エラーにトリガします。

これらのトリガにより、LINバスで特定のイベントを迅速に探し出すことができます。さらに、結果一覧表、Wave Inspectorなどの優れたシリアル機能により、LINをベースとしたオートモーティブ回路設計のデバッグが簡単に行えます。

FlexRay

自動車が小型化し、電子回路が自動車のアプリケーションに組込まれるようになると、CAN、LINなどの既存の車載用シリアル規格では、ブレーキバイワイヤ、ステアバイワイヤなどのX-by-Wireアプリケーションで求められる速度、信頼性、冗長性が得られなくなりました。現在では、これらの機能は主にメカニカル・システムや油圧システムで実現されています。将来は、センサ・ネットワークや、自動車のコストを下げるだけでなく、予測ブレーキング、衝突回避、車間距離適応走行制御システムなど、電気回路がベースとなった機能によって同乗者の安全性を高めることのできる信頼性の高い電気回路に置き換わることになります。



動作原理

FlexRayは、シールド・ツイスト・ペア (STP) またはアンシールド・ツイスト・ペア (UTP) を使う差動バスで、最高10Mbpsの速度があります。これは、LINの20kbps、CANの1Mbpsに比べても際立った速度です。FlexRayはデュアル・チャンネル・アーキテクチャを使用しており、大きな利点が2つあります。一つは、2つのチャンネルを構成して、x-by-wireなど、安全性が重要となるアプリケーションにおいては冗長性の高い通信により確実にメッセージが届きます。もう一つは、それほど安全性が重要とされないアプリケーションでは、2つのチャンネルを構成して各チャンネルに独自の情報を10Mbpsで送ることができ、全体のバス転送レートは20Mbpsになるといことです。

FlexRayは、静的フレームと動的フレームの両方を含むコミュニケーション・サイクルによる同期および非同期プロトコルの利点を持ったタイム・トリガ・プロトコルを使用しています。静的フレームは、バスの各デバイスであらかじめ決められたタイム・スロット、各サイクルで通信されます。各デバイスは、長さ（と時間）が変化するダイナミック・フレームにより各サイクル時に通信する機会も与えられます。FlexRayのフレームは、ヘッダ・セグメント、ペイロード・セグメント、トレーラ・セグメントという3つのセグメントで構成されます。それぞれのセグメントは、以下に示すような独自のコンポーネントを持っています。

ヘッダ・セグメントのコンポーネント	概要
Indicator Bits	最初の5ビットはインジケータ・ビットと呼ばれ、転送されるフレームのタイプを示し、ノーマル、ペイロード、ヌル、シンク、スタートアップがあります。
Frame ID	フレームIDはフレームが転送されるスロットを規定します。1~2047の値をとり、使用される個々のフレームIDはコミュニケーション・サイクルにおいて各チャンネルで一度以上使用されます。
Payload Length	ペイロード長フィールドは、ペイロード・セグメントで使用されるデータ・ワード数を示します。
CRC	同期フレーム・インジケータ、スタートアップ・フレーム・インジケータ、フレームID、ペイロード長から計算されるCRC (Cyclic Redundancy Check、周期的冗長チェック) コードです。
Cycle Count	現在のコミュニケーション・サイクルの値で、0~63の値をとりまます。

ペイロード・セグメントのコンポーネント	概要
Data	最大254バイトのデータを含むデータ・フィールドです。静的セグメントで転送されるフレームでは、ペイロード・セグメントの最初の0~12バイトは、オプションでネットワーク管理ベクタとして使用できます。フレーム・ヘッダのペイロード・プリアンブル・インジケータは、ペイロード・セグメントがネットワーク管理ベクタを含んでいるかどうかを示します。動的セグメントで転送されるフレームでは、ペイロード・セグメントの最初の2バイトは、オプションでメッセージIDフィールドとして使用でき、ノードを受信し、フィールドの内容に応じてデータをフィルタまたは導きます。フレーム・ヘッダのペイロード・プリアンブル・インジケータは、ペイロード・セグメントがメッセージIDを含んでいるかどうかを示します。

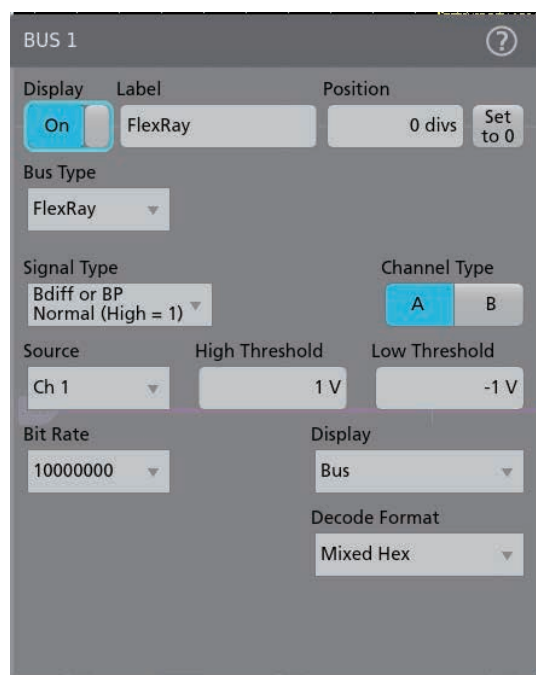
トレーラ・セグメントのコンポーネント	概要
CRC	フレームのヘッダ・セグメントとペイロード・セグメントのすべてのコンポーネントから計算したCRC (Cyclic Redundancy Check、巡回冗長検査) コードです。

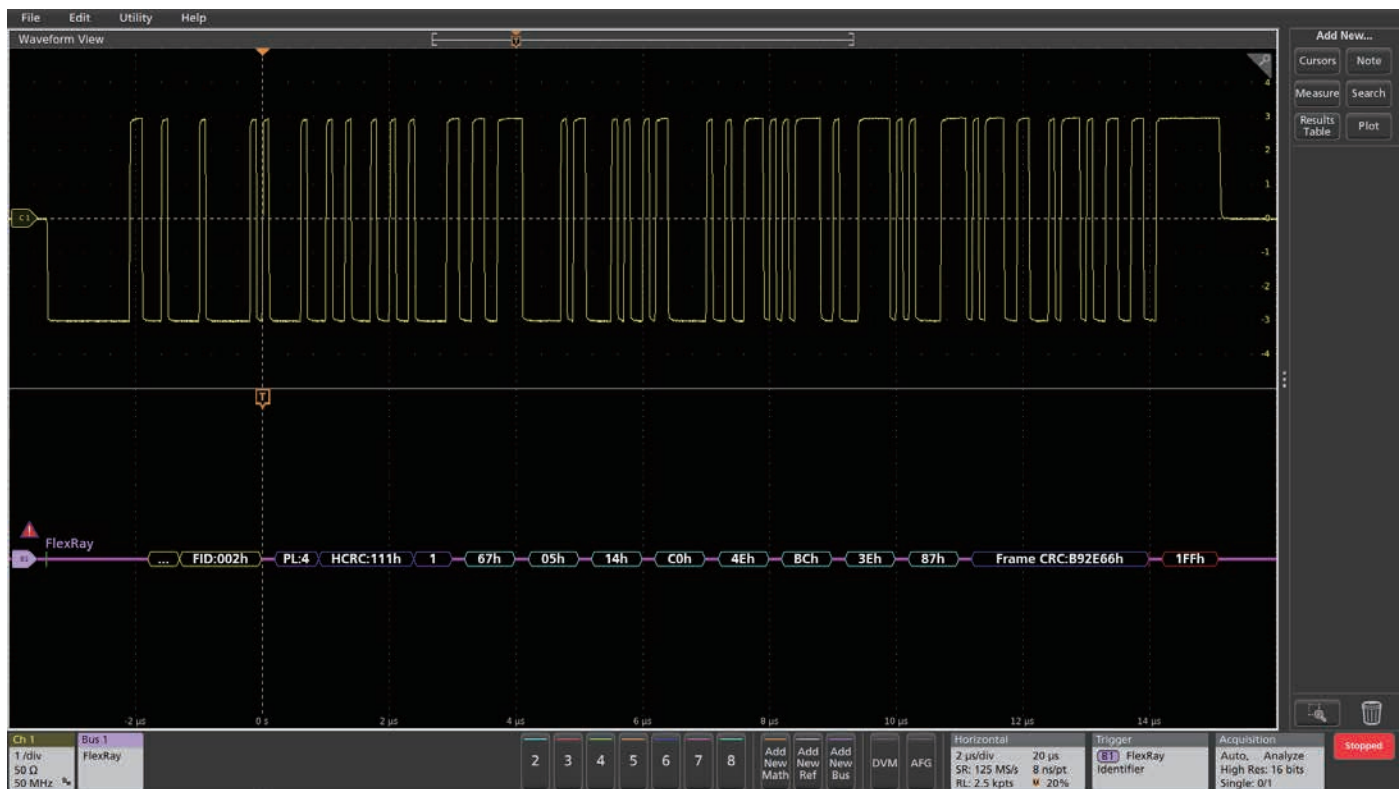
動的フレームには、トレーラのCRCの後に、DTS (Dynamic Trailing Sequence、動的トレーリング・シーケンス) と呼ばれるコンポーネントが追加されており、バス・レシーバによる早過ぎるチャンネル・アイドル検出を防ぐことができます。

FlexRayバスのデコード設定

デコード設定では、バスを規定するための基本的なパラメータを設定する必要があります。

- FlexRayのチャンネルA、チャンネルBの指定
- プロービングする信号の種類（差動、差動ペアの半分、またはコントローラとバス・ドライバ間のロジック信号）
- 電圧スレッシュホールド。FlexRayは3値レベルのバスであるため、Tx/Rxでない信号を観測するためには2つのスレッシュホールドが必要です。これにより、オシロスコープはハイのデータ、ローのデータだけでなく、両方の信号が同じ電圧であるアイドル・ステートを認識することもできます。
- ビット・レート





FlexRayのデコードとトリガ

バスを設定すると、オシロスコープは特定のFlexRayバス・イベントだけでなく、同時に発生する信号を検出し、取込み、表示します。時間的に相関をとって表示されるため、原因、設計への影響が検証できます。この例では、フレームID 002 hexにトリガするように設定されています。

以下の項目に対してFlexRayトリガが可能です。

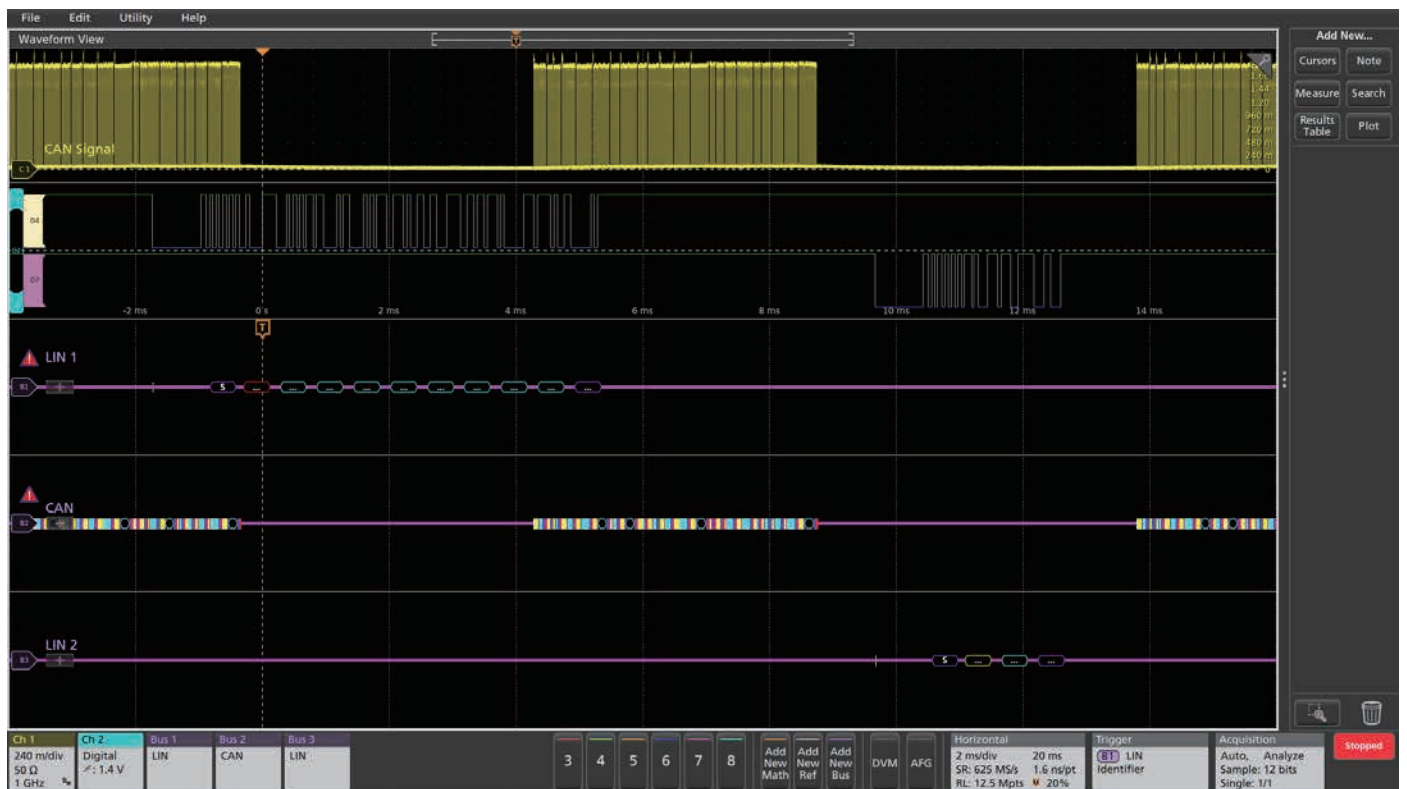
トリガ対象	概要
Start of Frame	FSS(Frame Start Sequence)の立上りエッジにトリガします。
Indicator Bits	ノーマル、ペイロード、ヌル、シンク、またはスタートアップ・フレームにトリガします。
Identifier	特定のフレームIDまたはフレームIDの範囲でトリガします。
Cycle Count	特定のサイクル・カウントの値またはサイクル・カウントの値の範囲でトリガします。
Header Fields	インジケータ・ビット、フレームID、ペイロード長、ヘッダCRC、サイクル・カウントを含む、任意またはすべてのヘッダ・フィールドの値の組合せにトリガします。
Data	16バイトまでのデータにトリガします。データ・ウィンドウは、非常に長いデータ・ペイロードのフレーム内でユーザ設定のバイト数だけオフセットすることができます。特定の値または特定の値の範囲としてデータを指定することができます。
Identifier & Data	フィールドIDとデータの組合せでトリガします。
End of Frame	静的フレーム、動的フレームまたはすべてのフレームにトリガします。
Error	ヘッダCRCエラー、トレーラCRCエラー、ヌル・フレーム・エラー、同期フレーム・エラー、スタートアップ・フレーム・エラーなど、さまざまなエラー・タイプにトリガします。



しかし、どのくらいの数のイベントが発生しているのでしょうか。特定の検索条件に合ったすべてのバス・イベントを見つけるには、Wave Inspector検索機能を使用します。設定はバス・トリガの設定と同様であり、特定のバス・イベントを検出し、そのすべてにマークを付けます。

この例では、特定のフレームIDにトリガするように設定されています。約80のFlexRayフレームを取込み、デコードしています。Wave Inspectorの検索機能により、数多くのデータから49回の発生にマークを付けています。特定の範囲のデータの値は、ピンクのブラケット・アイコンで表示されています。矢印キーを押すと、マークの付いた値にただちに移動できます。

以上のことを、わずか250,000ポイントのレコード長で実現しています。5シリーズMSOでは、標準のレコード長で62.5Mポイントが取込めます。拡張レコード長では125Mポイントが取込めます。



複数のバスの同時デコード

オシロスコープの強力な機能の一つとして、複数のシリアル・バスを設定して同時にデコードすることができます。先にCANバスの例を説明しましたが、ここでウィンドウ・コントロールをLINバスで動作させる例を考えてみます。ドライバが助手席の窓下げボタンを押すと、ドライバ側のドアのLINバスでメッセージが発信され、中央のCANゲートウェイを通過して助手席ドアの別のLINネットワークに送られます。この場合、バスの一つで関連するメッセージにトリガし、3つのバスすべてを同時に取込み、デコードできるため、あるバスから別のバスに送られるトラフィックを簡単に観測できます。この例では、オシロスコープは最初のLINメッセージにトリガし、3つのバスすべてを取込んでいます。

付録 A

テクトロニクスは豊富な機種を用意しており、最適な一台をお選びいただけます。

	MSO/DPO70000 シリーズ	DPO7000C シリーズ	5シリーズMSO	MSO/DPO5000 シリーズ	MDO4000C シリーズ	MDO3000 シリーズ	MSO/DPO2000 シリーズ
周波数帯域	33GHz、25GHz、 23GHz、20GHz、 16GHz、 12.5GHz、8GHz、 6GHz、4GHz	3.5GHz、2.5GHz、 1GHz、500MHz	2GHz、1GHz、 500MHz、 350MHz	2GHz、1GHz、 500MHz、 350MHz	1GHz、500MHz、 350MHz、 200MHz	1GHz、500MHz、 350MHz、 200MHz、 100MHz	200MHz、 100MHz、70MHz
アナログ・ チャンネル数	4	4	4、6、8	4	4	2または4	2または4
デジタル・ チャンネル数	16 (MSO)	--	8~64 (オプション)	16 (MSO)	16 (オプション)	16 (オプション)	16 (MSO)
スペクトラム・ アナライザ・ チャンネル数	--	--	--	--	1 (オプション)	1	--
レコード長 (全チャンネル、 ポイント)	最大62.5M (標準) 最大250M (オプション)	25M (標準) 最大125M (オプション)	62.5M (標準) 125M (オプション)	25M (標準) 最大125M (オプション)	20M	10M	1M
サンプル・レート (アナログ)	最高100GS/s	最高40GS/s	最高6.25GS/s	最高10GS/s	最高5GS/s	最高5GS/s	1GS/s
カラー・ ディスプレイ	12.1型XGA	12.1型XGA	15.6型HD	10.4型XGA	10.4型XGA	9型WVGA	7型WQVGA
シリアル・バス・ トリガ/解析	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0/3.1 Gen1 HSIC 10/100BASE-T Ethernet MIL-STD-1553 8B/10Bデコード D-PHY MIPI デコード PCI Express デコード	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 HSIC 10/100BASE-T Ethernet MIL-STD-1553 8B/10Bデコード D-PHY MIPI デコード PCI Express デコード	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN CAN FD LIN FlexRay USB 2.0 HSIC 10/100BASE-T Ethernet I ² S/LJ/RJ/TDM ARINC 429 MIL-STD 1553	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 HSIC 10/100BASE-T Ethernet MIL-STD-1553 8B/10Bデコード D-PHY MIPI デコード PCI Express デコード	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN CAN FD LIN FlexRay USB 2.0 HSIC 10/100BASE-T Ethernet I ² S/LJ/RJ/TDM ARINC 429 MIL-STD 1553	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN CAN FD LIN FlexRay USB 2.0 HSIC 10/100BASE-T Ethernet ARINC 429 MIL-STD-1553	I ² C SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN
同時に表示可能な シリアル・バス数	16	16	原則、無制限	16	3	2	2

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 3010
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

2016年2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 © 2017, 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。

2017年12月 55Z-61098-1