

Tektronix[®]

オシロスコープによる SENT 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

自動車設計では、高分解能データの低コスト、非同期、ポイントツーポイント伝送である、SENT (Single Edge Nibble Transmission、シングル・エッジ・ニブル伝送) プロトコルがますます普及しています。

SENTバスはその仕様が明確に定義されており、頑強な仕様のため搭載が容易なインターフェースですが、それでもノイズ、基板レイアウト、リセット問題、実装の微妙な違いなどによって通信は影響を受けることがあります。このため、バス・エラーやシステムの誤動作になることがあります。

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、システム全体の動作観測に欠かせないツールです。おそらく、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ティングで使用できる点があります。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のバス・タイミングに関連しています。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

- SENTの物理レイヤとパケット構造の概要から、トラブルシューティングに役立つ詳細な情報を説明します。
- SENT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。
- SENTのデコード機能を装備したオシロスコープのFast (高速)/Slow (低速) Channelパケット・データの読み方を説明します。
- SENTのシリアル・トリガ/解析機能を装備したオシロスコープで可能なトリガ、検索について説明します。

テクトロニクスのお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、SENT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SENTシリアル・バスのデコードとトリガを説明します。¹

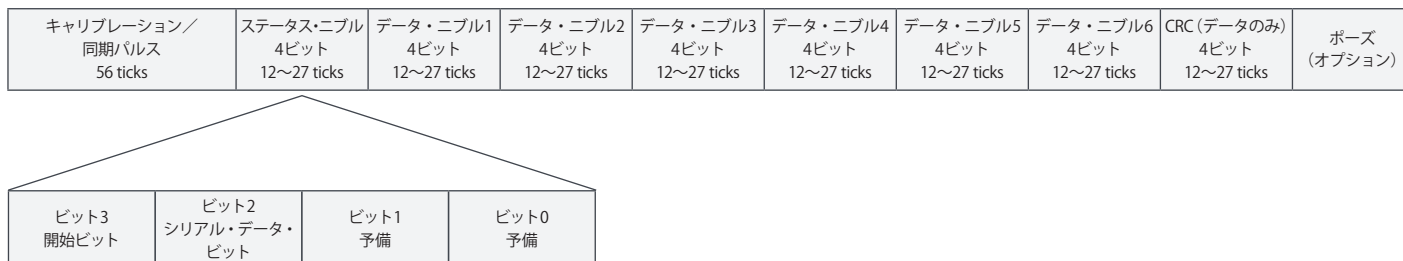
¹ サポート可能なシリアル・バス規格は、オシロスコープによって異なります。可能なバスについては、当社ウェブ・サイト (jp.tek.com) をご覧ください。

SENT

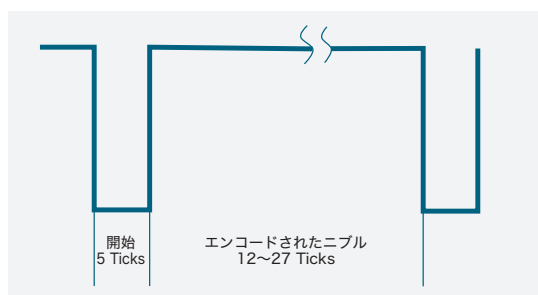
SAE J2716として知られるSENTは、パワートレインのセンサとECU (Electronic Control Unit、電子制御ユニット) 間の通信で使用されます。SENTはアナログのPWM技術に比べて精度に優れており、30kbps ではLINに比べると高いデータ・レートになっています。

動作原理

代表的なSENTの伝送は、以下のようになります。



SENTインタフェースの物理レイヤは、1本の信号線、+5V電源ライン、グランド線で構成されています。信号ラインのロジック・レベルは、ローで0.5V未満、ハイで4.1V以上です。



SENTは、2つの立下りエッジ間を4ビットのニブルとしてデータを伝送するため、Single Edge Nibbleという名前になっています。SENTバスのタイミングはTick単位で測定され、各Tick (1Tick) は一般的に3μs幅です。各ニブルは最低5Tick幅のロジック・ローで開始し、次に可変長のロジック・ハイの期間が続いてエンコードされたデータ値を表します。0000のバイナリ値は、12Tickのロジック・ハイとして表されます (コーディングされます)。0001のバイナリ値は13Tickのロジック・ハイの期間で表され、同様に1111のバイナリ値は27Tickのロジック・ハイの期間で表されます。

SENTのFast Channelメッセージは同期パルスで始まり、同期パルスでは連続する2つの立下りエッジ間の時間は56クロックTickです。SENTメッセージは32ビット長であり、以下のような構成になっています。

- 4ビットのステータス/通信情報 (12~27Tick)
- 6つの4ビット・ニブル・データ (1つまたは2つの測定チャンネルを表わし、ニブルあたり12~27Tick)
- 4ビットのエラー検出用CRC (12~27Tick)

オプションで20ビットのメッセージ (12データ・ビットが1つの測定チャンネルを表す) を送ることができ、ポーズ・パルスが続き、結果として同じ総メッセージ・レートになります。

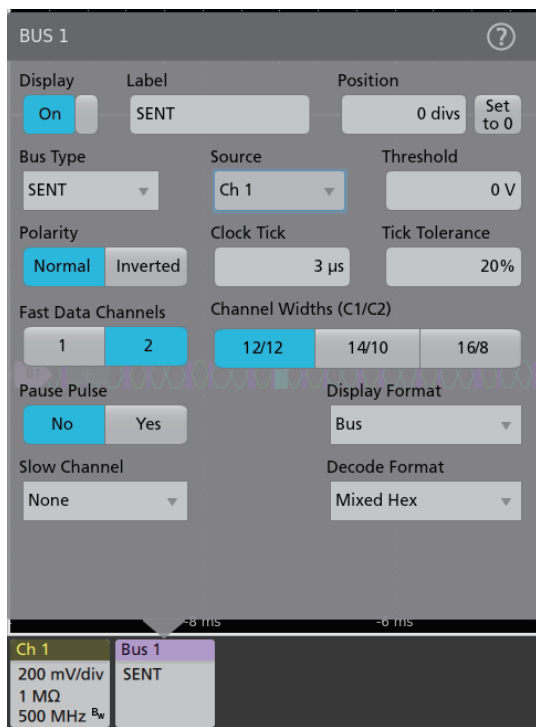
例えば、2つの12ビットFast Channel (高速チャンネル) が使用される場合、伝送は以下ようになります。

同期	ステータス	FC1 MSN	FC1 MidN	FC1 LSN	FC2 LSN	FC2 MidN	FC2 MSN	CRC ニブル	ポーズ (オプション)
----	-------	---------	----------	---------	---------	----------	---------	---------	-------------

SENT規格はSlow Channel (低速チャンネル) もサポートしています。16または18の連続したFast Channelメッセージにおける4ビット・ステータス/シリアル通信ニブルのビット2とビット3で、一度に1~2ビットのデータを伝送します。このビットが、16または18の連続したFast Channelフレーム分蓄積されてSlow Channelメッセージになります。

例えば、“12ビットのデータと8ビットのIDによる拡張シリアル・メッセージのフォーマット”は、最初のビット・パターン"11111100"で識別され、8ビットID値、6ビットCRC、12ビット・データ値で伝送されます。

SENT メッセージ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ステータス・ビット3	1	1	1	1	1	1	0	0	IDビット7~4				0	IDビット3~0			0	
ステータス・ビット2	CRC (6ビット)						データ (12ビット)											



SENTバスのデコード設定

SENTのデコード／トリガ機能を装備したテクトロニクスのお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。パケット・データ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
- 電圧スレッショルド
- 信号極性
- Fast Channel数とチャンネル・フォーマット
- Slow Channel数とチャンネル・フォーマット
- ポーズ・パルス

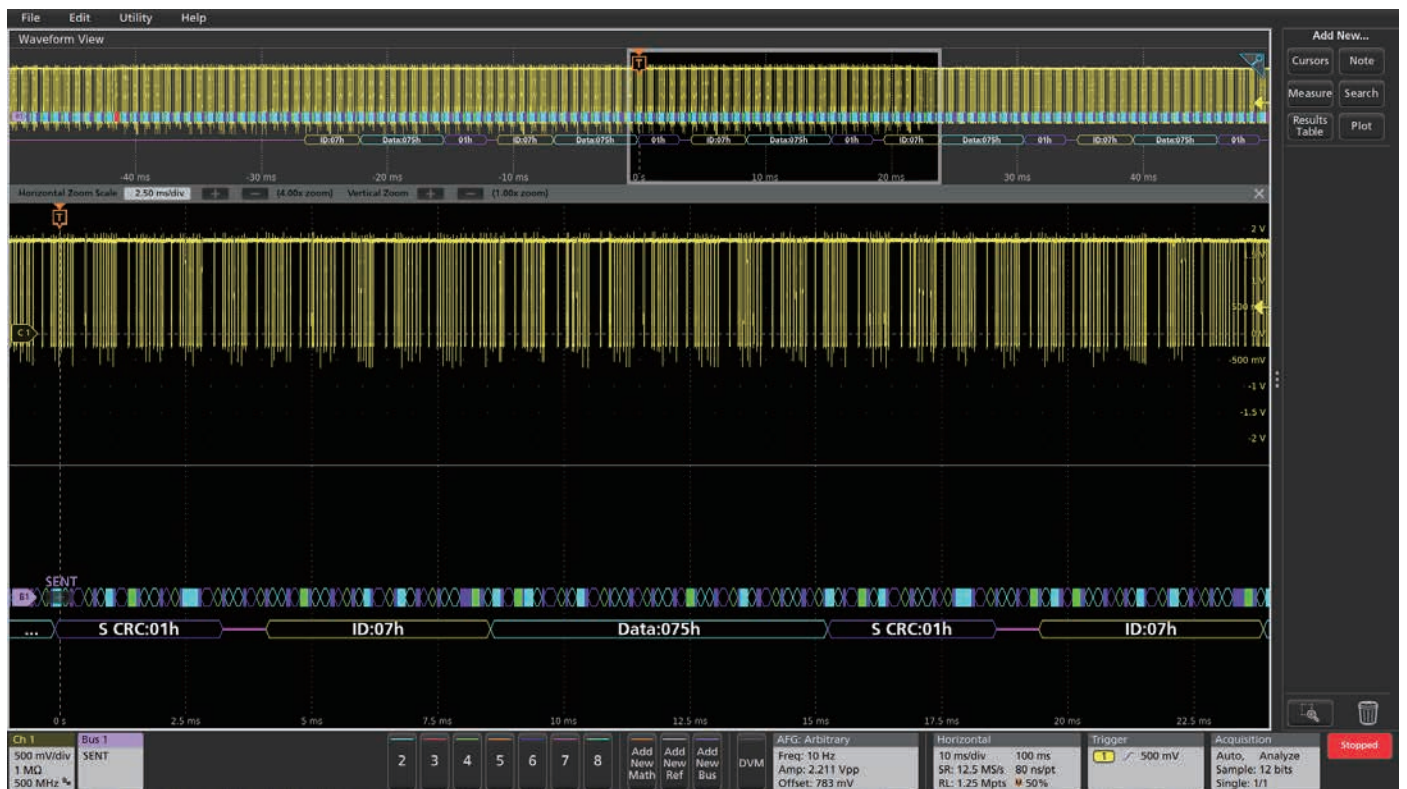
SENTバスは、シングルエンド、グランド基準の信号です。標準アクセサリのシングルエンド・プローブでバスを取込み、デコードすることもできますが、差動プローブを使用すると信号忠実度が増し、ノイズ耐性が上がります。



SENTバスの読み方

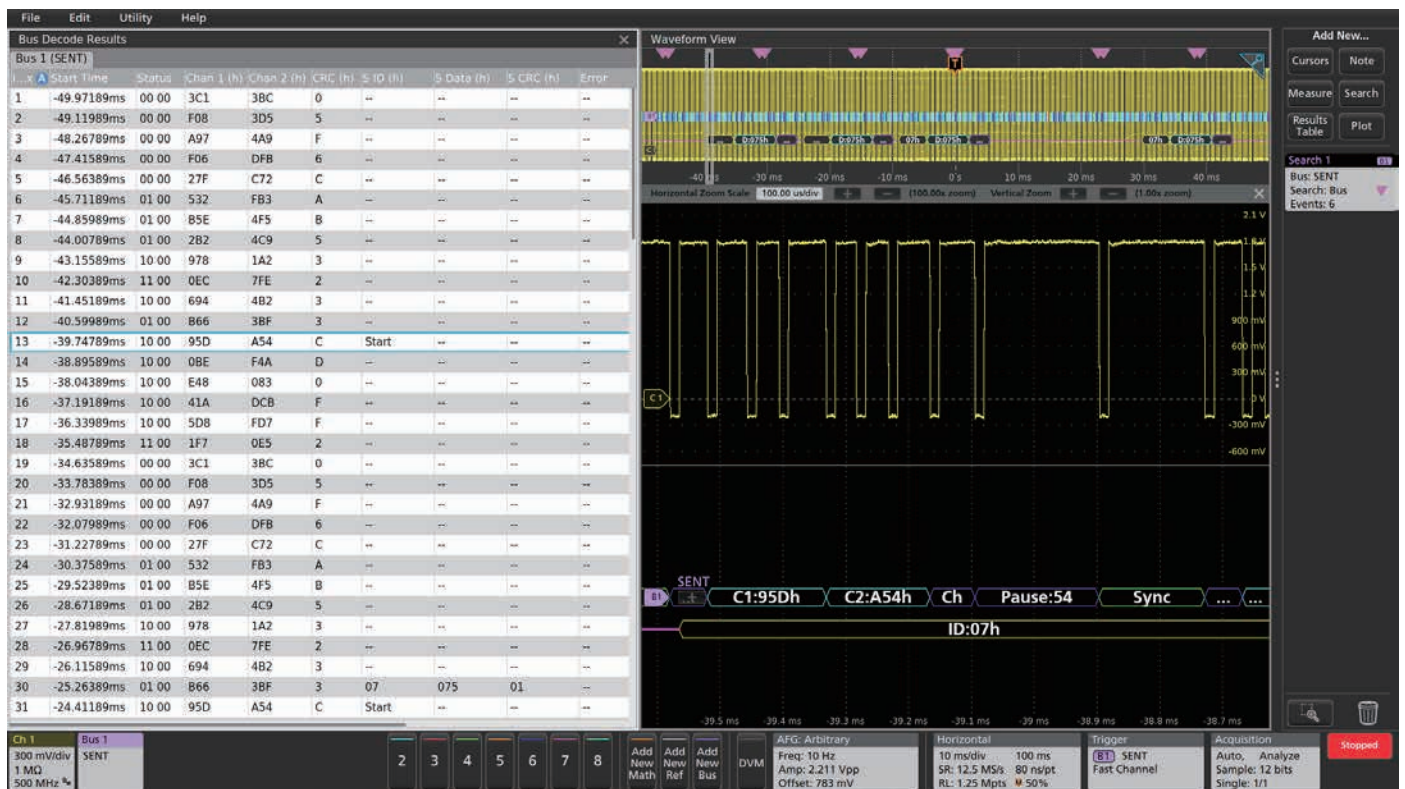
時間相関のとれた波形とバス・デコードの表示は、ハードウェア・エンジニアにとっては馴染みがあり、使いやすいフォーマットです。デコードされたバス波形は、SENT Fast Channelのメッセージの要素を示しています。

SENT Fast Channelのバス要素	表示
同期 (56Tick幅)	Sync
ステータス	01 00
データ	Data:075h
CRC	S CRC:01h
ポーズ	Pause



デコードされたSENTバスは、一つの波形表示でFast ChannelとSlow Channelの両方のチャンネル・パケットが表示され、Slow ChannelはFast Channelの下に表示されます。

SENT Slow Channelのバス要素	表示
識別子	ID:07h
データ	Data:075h
CRC	S CRC:01h



ファームウェアを担当するエンジニアにとっては、Result 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。

SENTバスがFast Channel/Slow Channelの両方を含んでいる場合、Result Tableには2つのデータ・チャンネルが並んで表示されます。Slow Channelは18の連続したFast Channelパケットに分散しているため、18のFast ChannelメッセージはSlow Channelのデータ・メッセージの開始から終了までになります。

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。



SENTバスのトリガ

一つまたは複数のシリアル・バスをベースにしたシステムのデバッグでは、オシロスコープはバス・トリガで特定のイベントを検出し、取込めることが重要です。バス・トリガが正しく設定されると、オシロスコープはすべての入力信号を取込み、特定のバス・イベントをトリガ・ポイントにして表示します。この例では、ステータスの値0000バイナリ、Fast Channel 1の値0x27F、Fast Channel 2のデータ0xC72にトリガしています。

トリガ	概要
Start of Packet	同期パルスが検出されるとトリガする
Fast Channel	特定のステータス／通信ビット・パターンとFast Channelのデータの発生でトリガする
Error	不正なCRCの値が発生するとトリガする



SENTバスの検索

テクトロニクスのオシロスコープには自動Wave Inspector検索機能があり、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、特定のFast Channelのデータの値を自動検索しています。このデータ・パターンは取込んだ波形で12回取込まれており、そのシリアル・データ・パケットの位置はピンクのブラケット・アイコンで表示されています。

検索	概要
Start of Packet	同期パルスが検出されるとマークを付ける
Fast Channel	特定のステータス／通信ビット・パターンと特定のFast Channelのデータの発生でマークを付ける
Slow Channel	特定のメッセージIDと特定のSlow Channelのデータの発生でマークを付ける
Pause Pulse	特定の期間のポーズ・パルスの発生でマークを付ける
Error	間違ったフレーム長または間違ったCRCの値の発生でマークを付ける

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 1 206 0128

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 © 2018, 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。

2018年3月 55Z-61326-0