

時間軸と周波数軸を統合した革新的なデバッグ手法



テクトロニクス・イノベーション・フォーラム2011
マーケティング部 柴崎 裕士

www.tektronix.com/ja

Tektronix[®]

テクトロニクス・イノベーション・フォーラム2011

新製品：MDO4000 シリーズ・オシロスコープ

8月31日、世界初のミックスド・ドメイン・オシロスコープを投入



オシロスコープにスペクトラム・アナライザの機能を統合
アナログ/デジタルそしてRFの時間相関・測定が可能に！



市場動向と開発の背景



市場動向

どこでも Wireless (ワイヤレス)

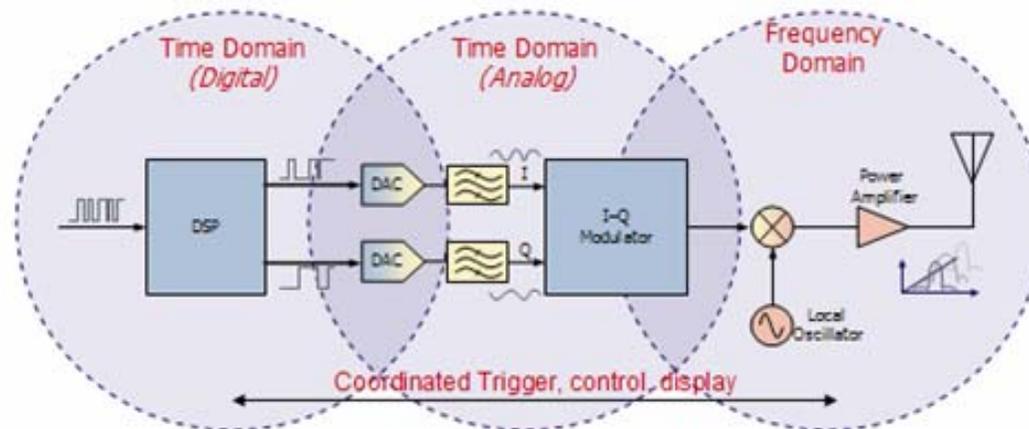
今年は**10億個を超える**RFデバイスが出荷される予定



市場動向

どこでも Wireless (ワイヤレス)

- 爆発的な無線技術の発達 (データ転送を含む)は、従来の有線通信を置き換えるばかりか、用途を拡張している
- このトレンドは、ビジネス用途と一般消費者の相方にみられ、ほぼすべての産業全体でも見られる
 - Wirelessシステムは、デジタル、アナログ、RF信号を含むシステムとほぼ同義



必要なのは、デジタル／アナログ／RFの測定を同時に行うために、特別に設計された測定ツールです。

市場動向

組み込み設計エンジニアの状況

- 多くの組み込みシステム設計はワイアレスに対応
38% がワイアレス機能付きと予測
- 既成の安いコンポーネントやモジュールが普及
ZigBeeの無線モジュールが **\$2.50** 未満に
- 多くのドメインで、コンポーネント間の相互作用のテスト要求の増大
64% 以上のオシロスコープ・ユーザはスペクトラムアナライザを必要としている

市場動向

組み込み設計エンジニアが抱えている問題

- 無線機能を組み込まれている、もしくは次世代製品に組み込む予定のある、組み込み設計エンジニア
 - お客様の組み込み例:
 - 既成の無線モジュールを使用(WLAN, ZigBee, Bluetooth)
 - シンプルな無線インターフェースを設計しての利用 (リモコン・カー, 電灯の無線スイッチ, etc)
 - お客様の課題
 - 時間ドメインと周波数ドメイン双方を踏まえた問題解決
 - 必要な情報を得るためには、膨大な時間をテスト機器のセットアップにかけている
- ノイズ源の特定や高調波対策の為にオシロスコープと汎用的なスペクトラム・アナライザを併用して使用している設計エンジニア
 - お客様アプリケーション:
 - EMI/EMCなど、デジタル設計におけるノイズ源の特定や、電源の回路設計やインターフェース設計など
 - お客様の課題
 - 制御と同時に製品の周波数ドメインの変化を確認したいが捉えられていない

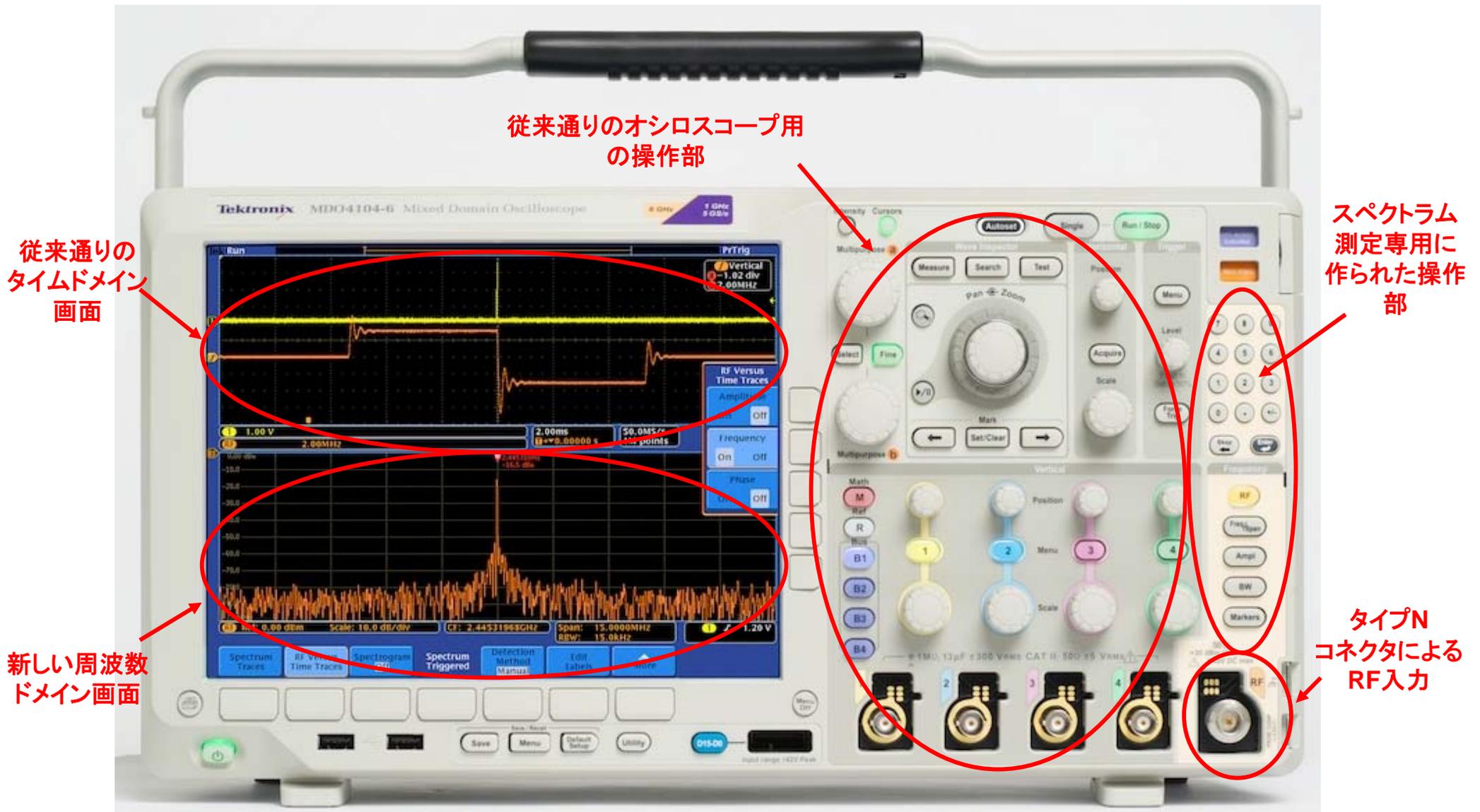


製品概要



新製品: MDO4000 シリーズ・オシロスコープ

MDO = アナログ/デジタル/RFの時間相関 測定を1台で提供



従来通りの
タイムドメイン
画面

新しい周波数
ドメイン画面

従来通りのオシロスコープ用
の操作部

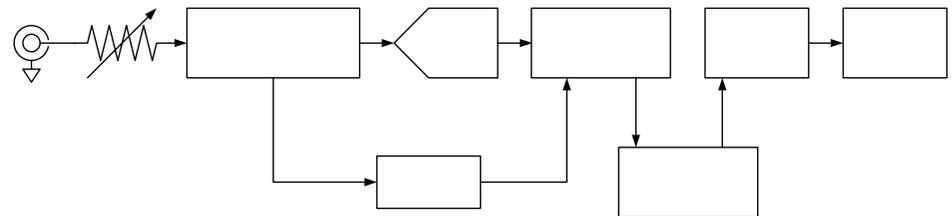
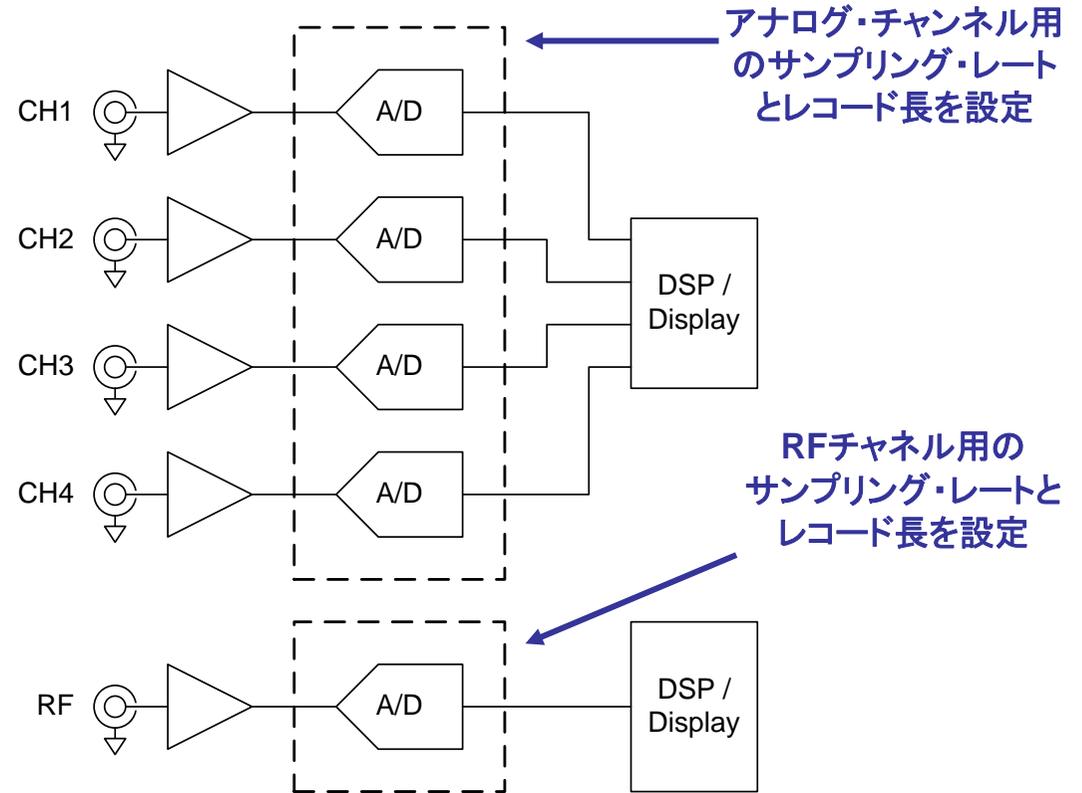
スペクトラム
測定専用
に使われた操作
部

タイプN
コネクタによる
RF入力

MDO4000 シリーズ・アーキテクチャ

- 従来のオシロスコープのFFTとは異なる信号処理
 - ダイナミックレンジ60dB(代表値)
 - 最大6GHzのRF入力

- RF測定用に開発された専用のハードウェアを搭載
 - Nコネクタ入力
 - ハードウェア・ダウンコンバージョン
 - 統合されたプリアンプ
 - RF ステップ・アッテネーション



NEW MDO4000シリーズ ミックスト・ドメイン・オシロスコープ



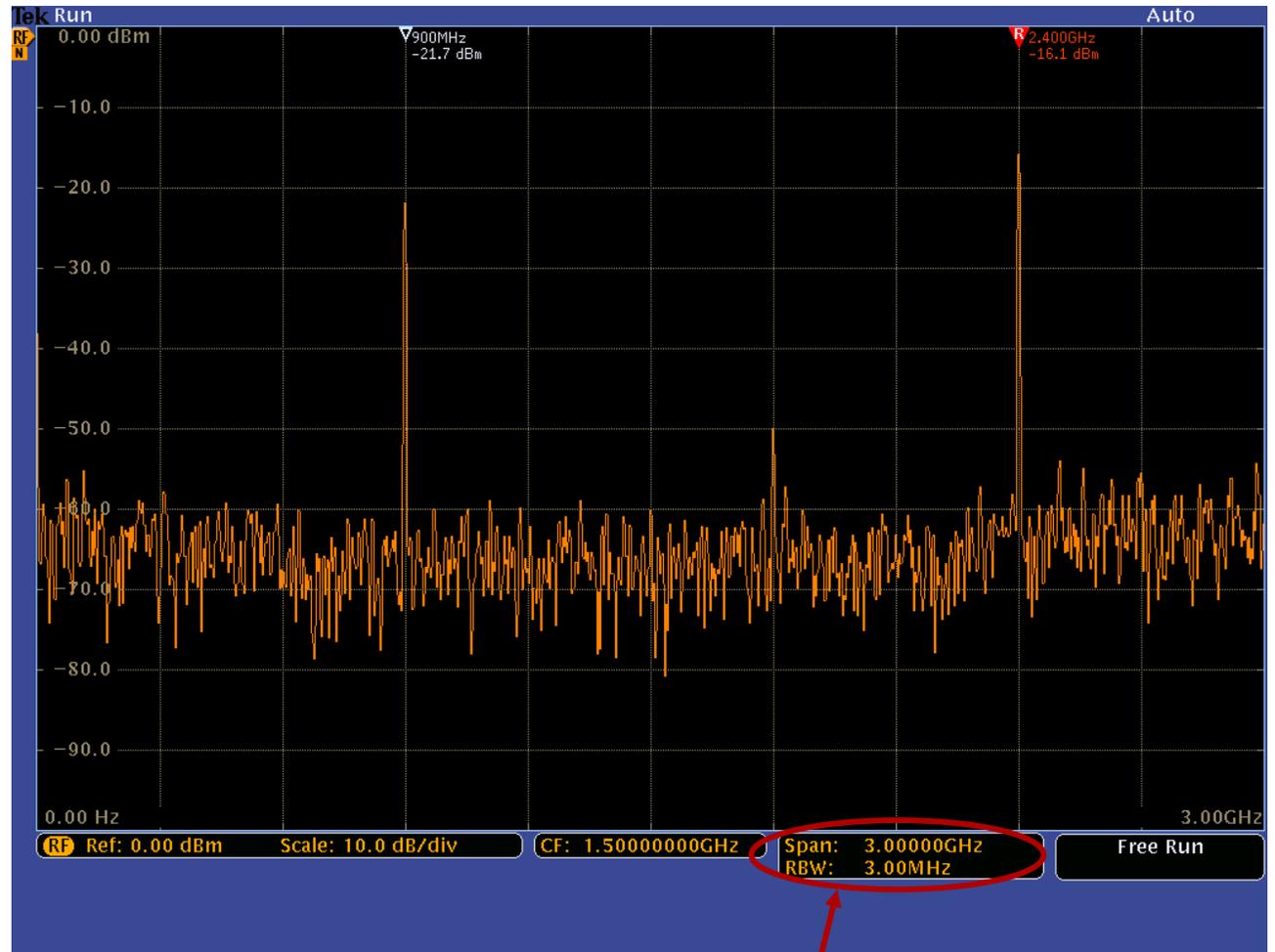
- 最大21チャンネルで複雑なデバッグに対応
- スペクトラム解析機能を統合
- アナログ、デジタル、RF信号を時間相関のとりながら観測・解析

型番	アナログ・チャンネル	アナログ・周波数帯域	デジタル・チャンネル	RFチャンネル	RF周波数レンジ
MDO4054-3	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-6	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 6 GHz
MDO4104-3	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4104-6	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 6 GHz

スペクトラム解析

超広帯域な信号取込帯域

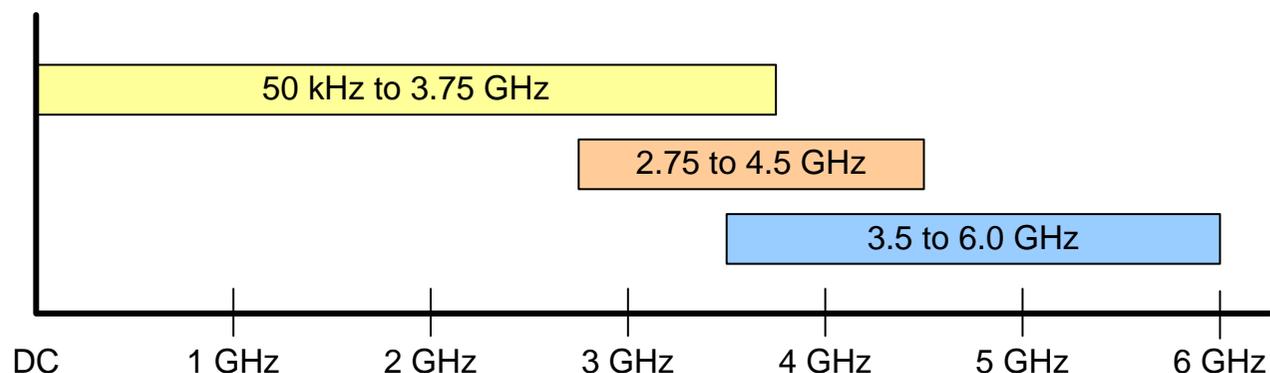
- 最近のワイヤレス通信技術はチャンネル帯域幅と利用周波数範囲が急速に拡大している
- スペクトラム・アナライザの取込帯域幅は通常10MHz程度
 - 高価なオプションで140MHz
- MDO4000 はすべての中心周波数で1GHz以上
 - 中心周波数1.5GHzで最大3GHz
- 非常に広いスパンで狭いRBWが利用可能
 - 広帯域スパン/狭いRBWでは掃引型スペアナよりも非常に速い測定が可能



900MHzと2.4GHzのISMバンド両方の信号を3GHzスパン一度で取り込み完了

MDO4000シリーズのアーキテクチャ

- MDO4000 のRFパスは3つの周波数帯域で構成:

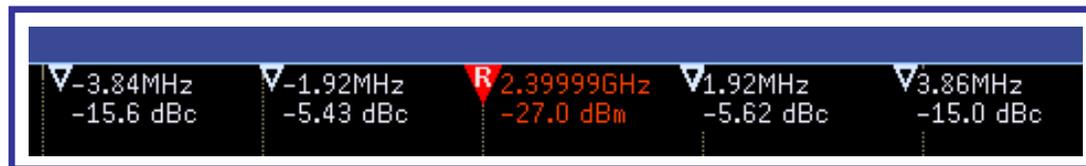


- それぞれのアクイジションは、単一のバンド内で実行される
 - バンドは中心周波数によって決定される
- 上位の2バンドのみダウンコンバートし10 GS/sのA / Dコンバータでサンプリング
 - RFのスペックが3 GHzモデルは、ダウンコンバートは行わない
- どの中心周波数でも最小1 GHzの取込帯域をサポートする為、1 GHzのバンドは重複しており、一番下のRFパスでは最大3 GHzの取込帯域をサポートする
 - DFTベースのスペクトラムアナライザは、通常10 MHzの取り込み帯域幅を持つ
 - オプションにより140MHzをサポートするものもあるが高価

スペクトラム解析

自動ピークマーカ

- ユーザ設定された条件に応じて自動的にピーク検出
 - 周波数とレベルを表示
- 基準マーカを最大振幅値を示す周波数上に自動設定
 - 周波数とレベルを表示
- リードアウトは絶対値かデルタ値を選択可能
 - デルタ値は基準マーカに対する相対値
- ピーク検出作業が極めて容易
- 基準マーカ値を中心周波数に設定する機能付



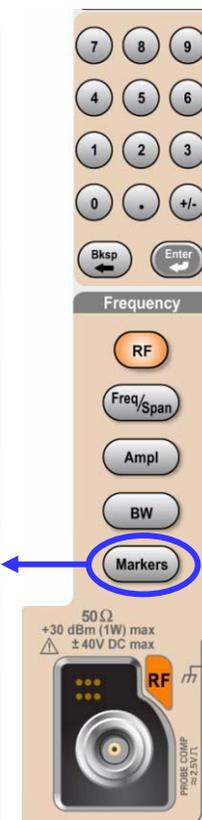
デルタ・
リードアウト



絶対値
リードアウト

基準マーカ

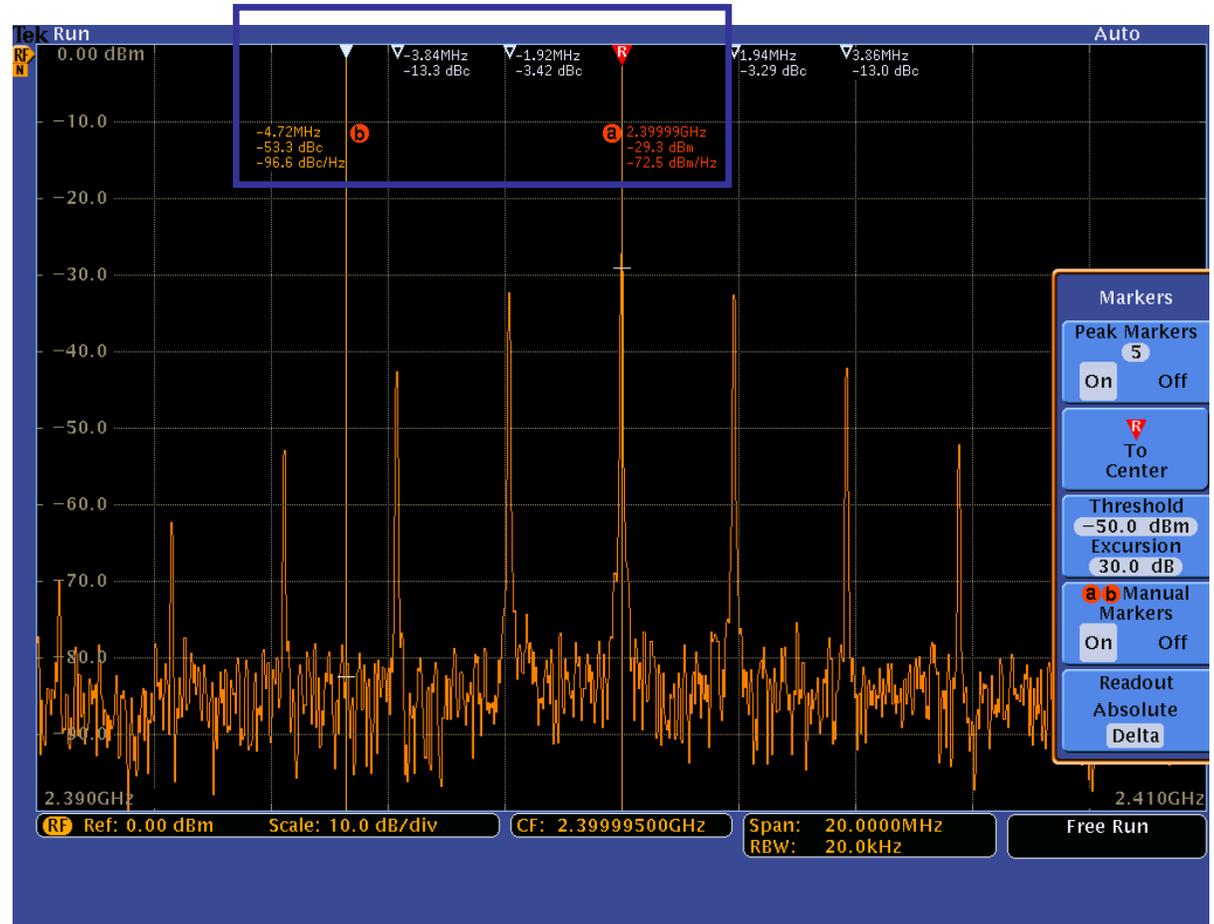
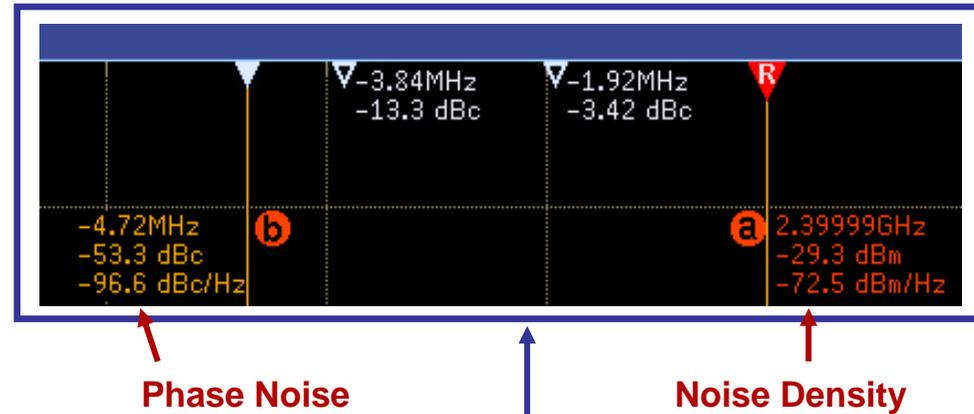
自動マーカ



スペクトラム解析

手動マーカ

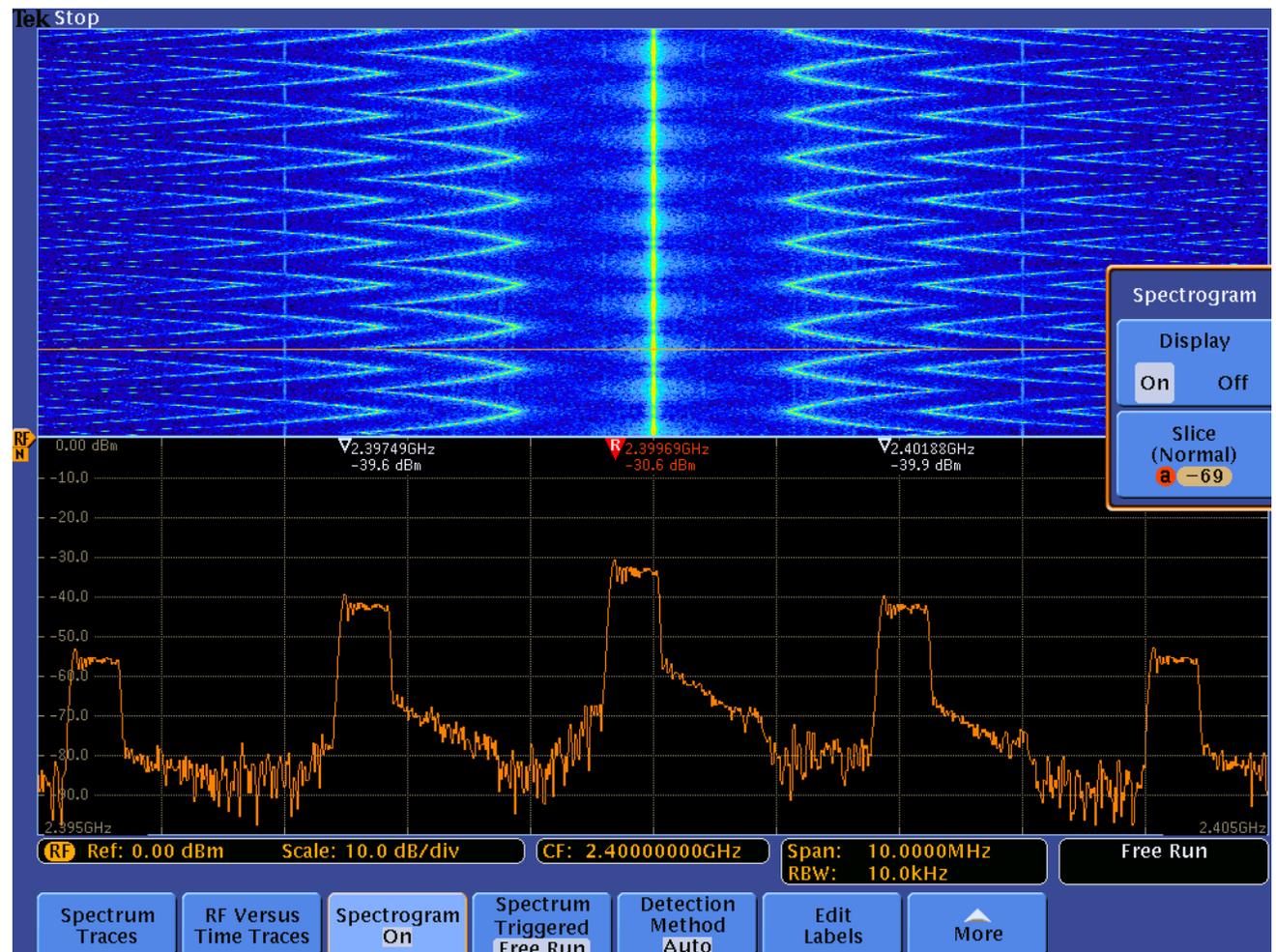
- 2つの手動マーカが利用可能
- 手動マーカがオンのとき、片方が基準マーカ
- 手動マーカでピーク検出されない領域のマーカ測定が可能
- マーカのレベル表示はノイズ密度(dBm/Hz)や位相ノイズ測定表示(dBc/Hz)が可能



スペクトラム解析

スペクトログラム

- スペクトログラムは、穏やかなRF信号の変動を観測することに最適
- 通常各スペクトラム測定ごとにスペクトログラムの下側エッジに1ライン追加されて上方にシフト
- スペクトログラムはレベルを色で表示
 - 冷たい色(青、緑)は低いレベル
 - 暖かい色(赤、黄)は高いレベル
- スペクトログラムはスペクトラム変動の履歴を表現



スペクトラム解析

RFプロービング

■ TPA-N-VPIアダプタ

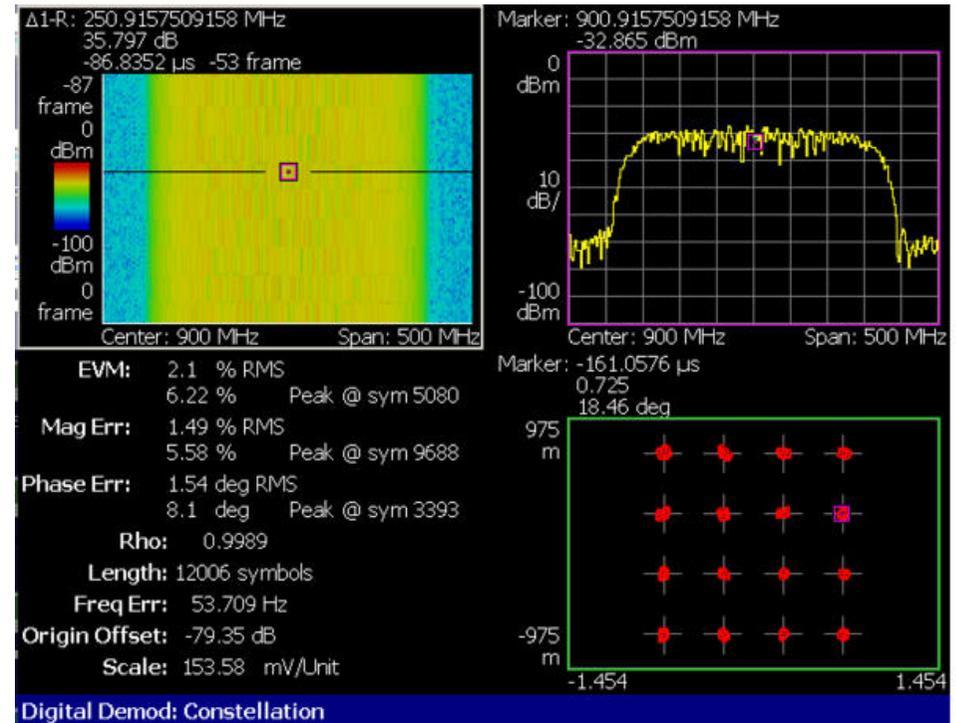
- NコネクタをTekVPIコネクタに変換
- TekVPI 50Ω アクティブプローブがRF入力部に使用可能
- RF入力で基板上のRF信号を直接見ることが可能



スペクトラム解析

変調解析

- RF入力からのベースバンドI/Qデータを.TIQファイルとしてセーブ可能
 - Note - フラットネス補正は適用されません
- .TIQファイルをさらに解析するために、RSAVuにインポート可能
 - パルス解析
 - 復調解析



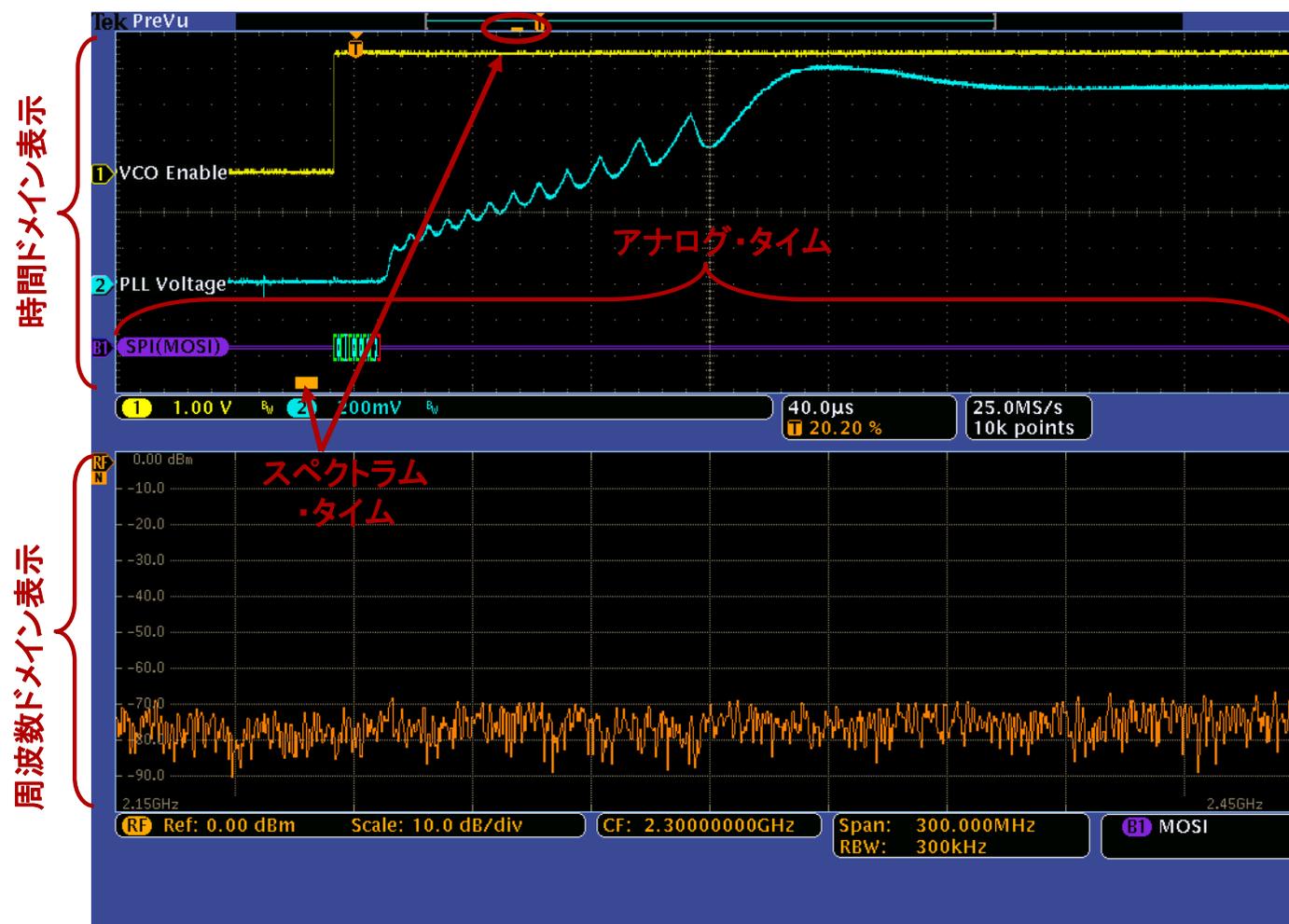
時間相関が取れたマルチドメイン表示



時間相関のとれたマルチドメイン測定

スペクトラム・タイムによる解析

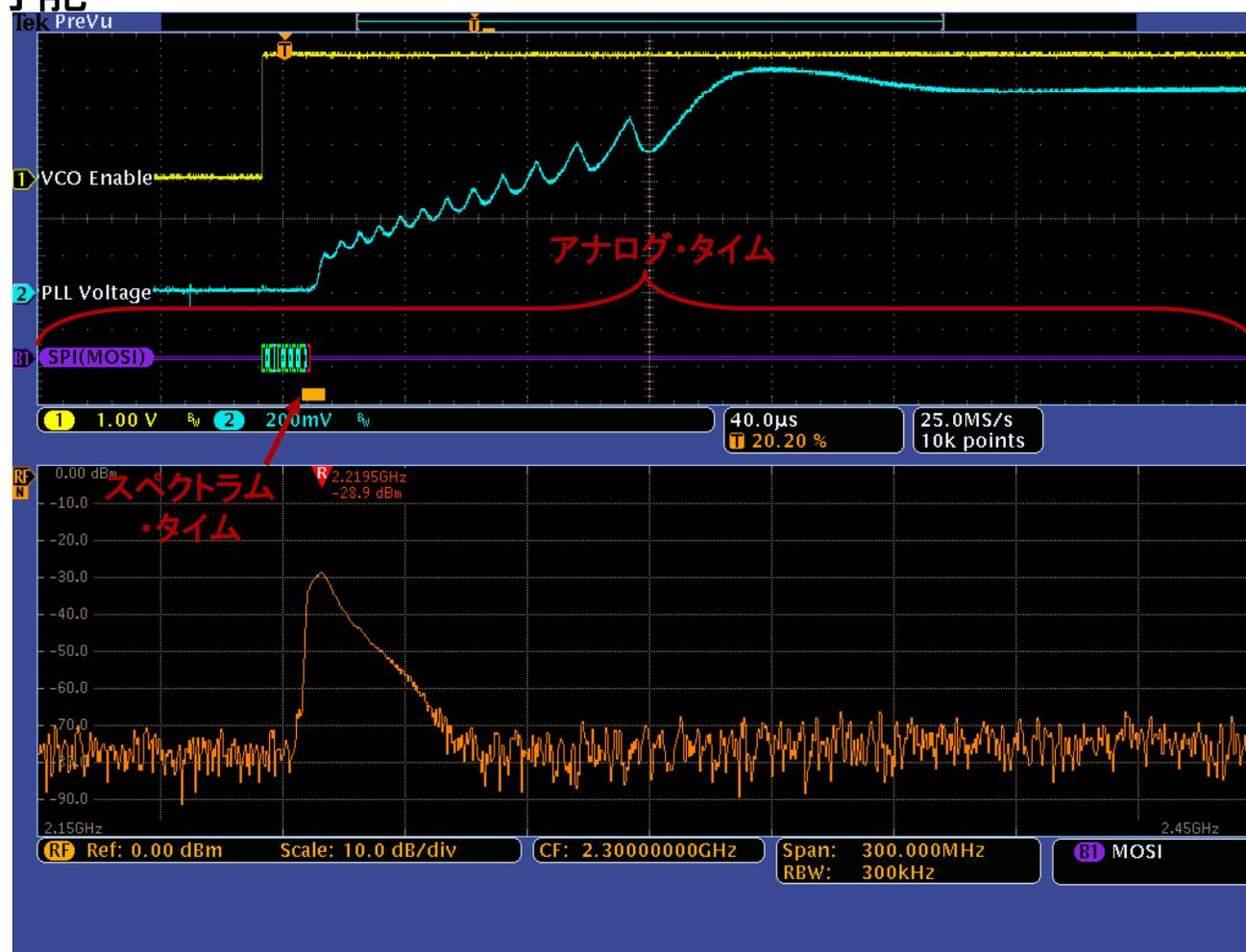
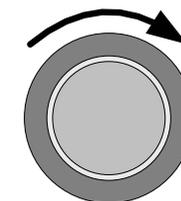
- 周波数ドメインと時間ドメインが両方表示されているときは、常にトリガ毎に取り込まれ時間ドメイン波形と時間相関を維持
- オレンジ・バーがどの時点のスペクトラムかを明示
- オレンジ・バーがスペクトラムタイム
- オーバービューにも表示
- 取り込まれた時間ドメイン全体がアナログ・タイム
- 水平軸ノブで可変



時間相関のとれたマルチドメイン測定

スペクトラム・タイムによる解析

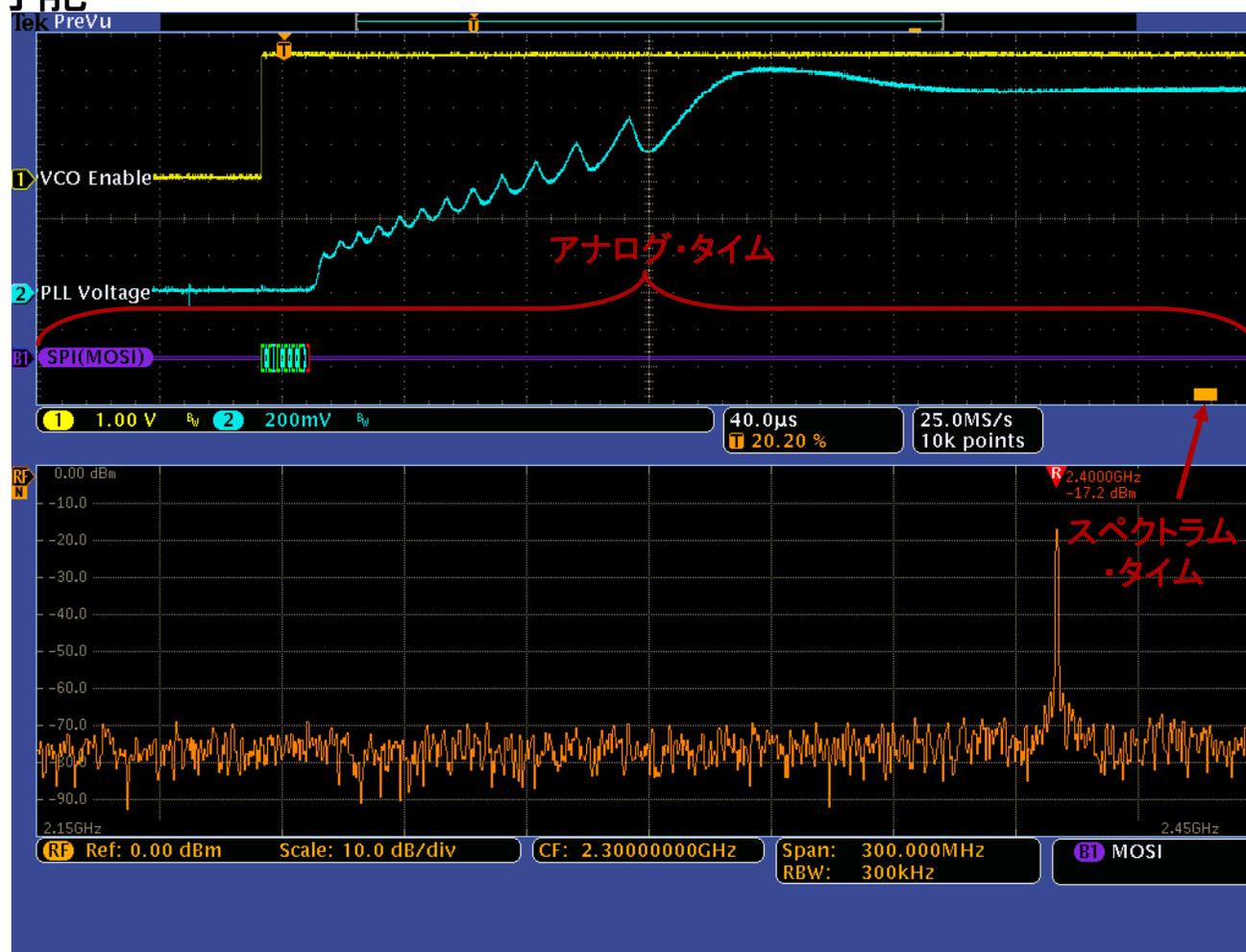
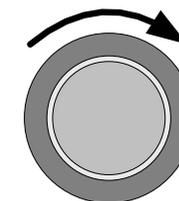
- スペクトラム・タイム= ウィンドウ係数/ 分解能帯域幅 (RBW)
 - 下図の場合: $\text{スペクトラム・タイム} = 2.23 / 300,000 = 7.4\mu\text{s}$
- スペクトラム・タイムはウエーブ・インスペクタ・ノブによりアナログ・タイム全体を移動可能
- 取り込んだ信号全体に渡りスペクトラムの推移を観測可能
- 測定事例:
 - VCO/PLL立上り時の過渡現象
 - SPIバスはVCOにオン・コマンドを送信
- スペクトラム・タイムをアナログ・タイム全体に移動して何が起きているかを検証



時間相関のとれたマルチドメイン測定

スペクトラム・タイムによる解析

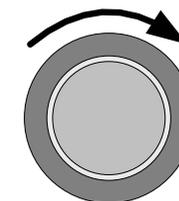
- スペクトラム・タイム = ウィンドウ係数 / 分解能帯域幅 (RBW)
 - 下図の場合: $\text{スペクトラム・タイム} = 2.23 / 300,000 = 7.4\mu\text{s}$
- スペクトラム・タイムはウエーブ・インスペクタ・ノブによりアナログ・タイム全体を移動可能
- 取り込んだ信号全体に渡りスペクトラムの推移を観測可能
- 測定事例:
 - VCO/PLL立上り時の過渡現象
 - SPIバスはVCOにオン・コマンドを送信
- スペクトラム・タイムをアナログ・タイム全体に移動して何が起きているかを検証



時間相関のとれたマルチドメイン測定

スペクトラム・タイムによる解析

- Zoom画面をオンに設定すると、ズーム・ウインドーの中央にスペクトラム・タイムの中央がロックされて表示されます。
- これは、ズームボックスがアナログ時間軸タイム上を移動(パン)すると、スペクトルは絶えず時間のズーム画面と相関していることを意味します。



時間相関のとれたマルチドメイン測定

対応可能なシリアル・バスとトリガについて

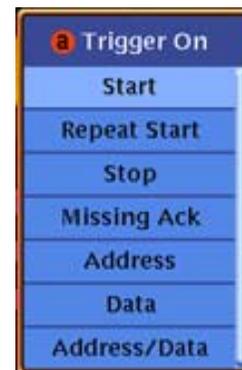
■ パケット内容にトリガ

- パケットの開始
- 特定のアドレス
- 特定のデータ内容
- ユニーク識別子
- エラー
- その他

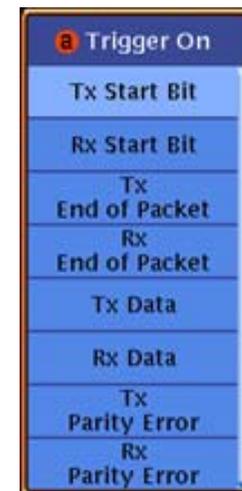
■ パケット内容のデコードとバス表示が可能



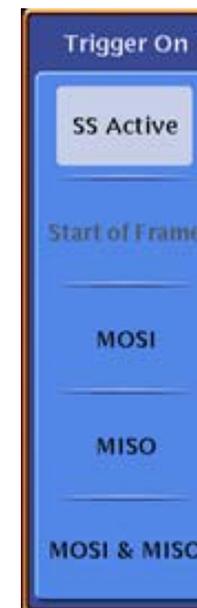
I²S



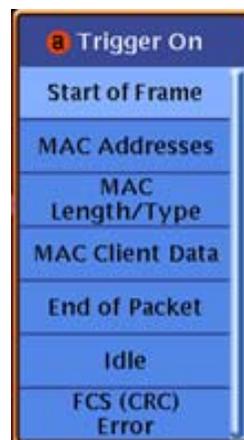
I²C



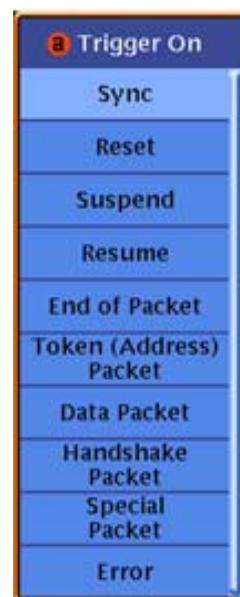
RS-232



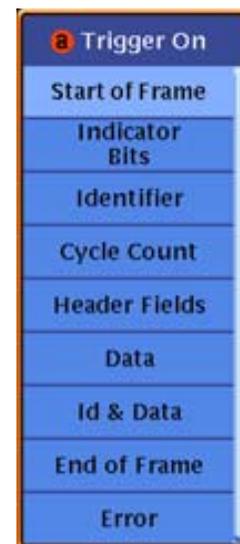
SPI



Ethernet



USB



FlexRay



CAN



LIN

時間相関のとれたマルチドメイン測定

RFアキュイジション・タイムと広いスパン

- RF専用メモリを1GB搭載
- RF入力によりで取得できる時間が設定されています。
 - 10億ポイント @ 10 GS/s、サンプルレートにより、RFのアキュイジション時間の理論上の最大値は100ミリ秒になりますが、メモリの一部が取得プロセスおよびRF対時間波形の中間ステップに使われるため、実際の最大RFの取得時間は79msになります。
- 超広帯域SPANではIQ間引き処理で制限があり縮小します

Span	RF Acquisition Time
>2 GHz	2.5ms
>1 GHz – 2 GHz	5ms
>800 MHz – 1 GHz	10ms
>500 MHz – 800 MHz	12.5ms
>400 MHz – 500 MHz	20ms
>250 MHz – 400 MHz	25ms
>200 MHz – 250 MHz	40ms
>160 MHz – 200 MHz	50ms
>125 MHz – 160 MHz	62.5ms
<125 MHz	79ms (max)

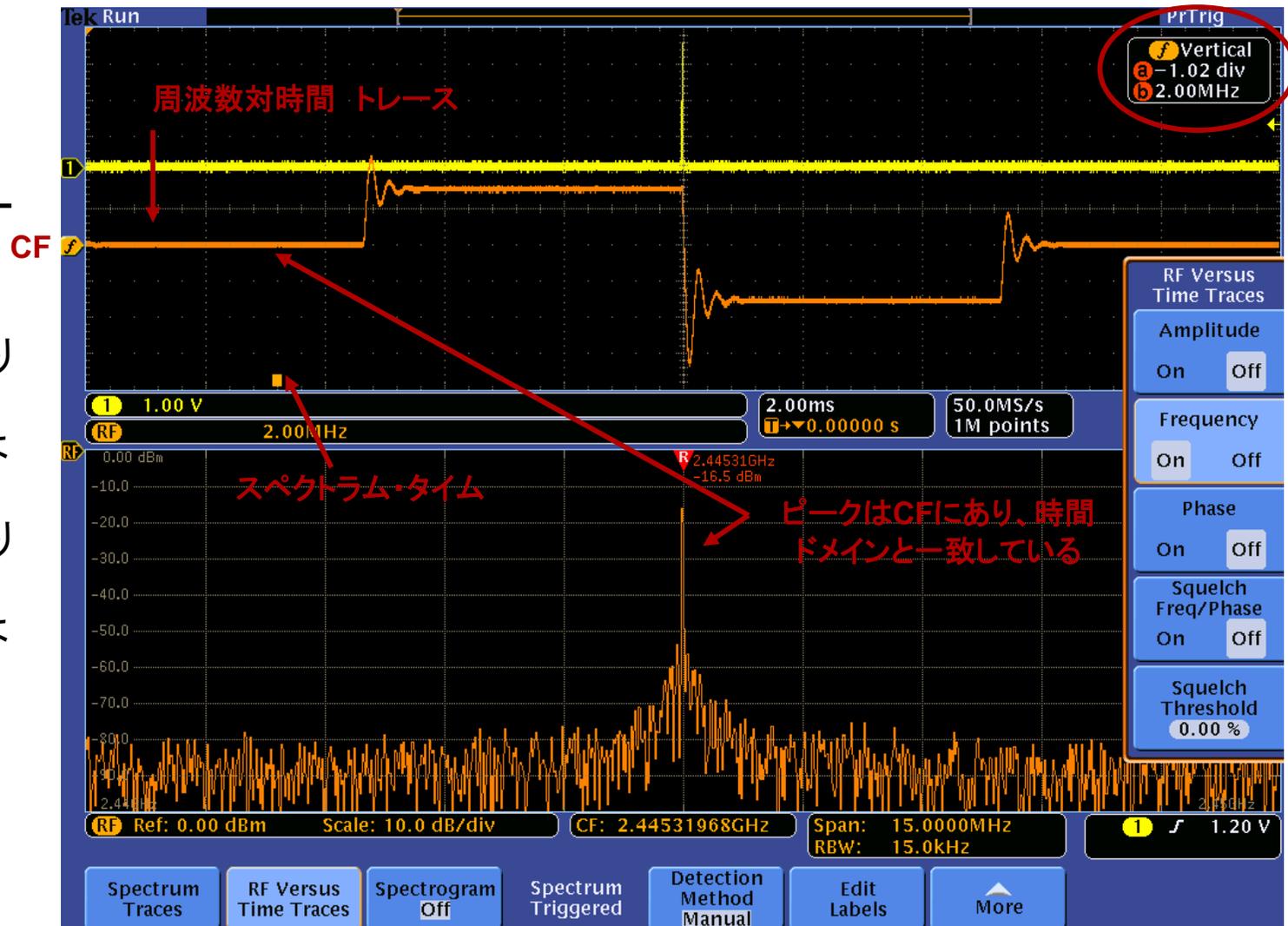
時間相関のとれたマルチドメイン測定

RF時間ドメイン波形

- デジタル・ダウンコンバータは時間ドメインで振幅、周波数、位相対時間トレースの作成時に使用されるIQデータを生成

周波数対時間トレースの
スケールとポジション

- 右図は周波数ホップ信号の周波数対時間トレース
- 周波数対時間トレースは中心周波数(CF)を基準に算出
 - トレースがCFより上方にある場合は周波数はCFより高い
 - トレースがCFより下方にある場合は周波数はCFより低い



時間相関のとれたマルチドメイン測定

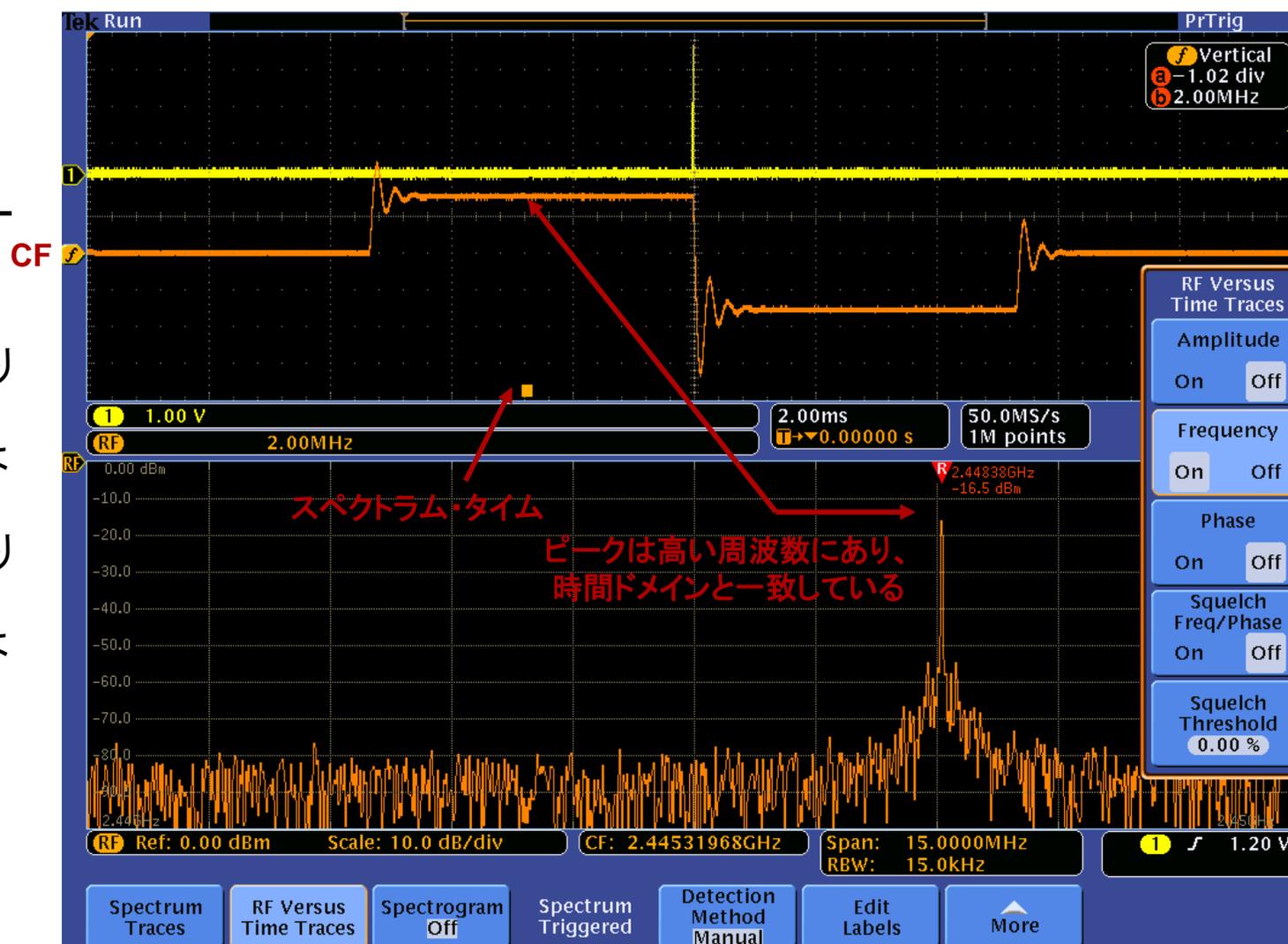
RF時間ドメイン波形

- デジタル・ダウンコンバータは時間ドメインで振幅、周波数、位相対時間トレースの作成時に使用されるIQデータを生成

- 右図は周波数ホップ信号の周波数対時間トレース

- 周波数対時間トレースは中心周波数(CF)を基準に算出

- トレースがCFより上方にある場合は周波数はCFより高い
- トレースがCFより下方にある場合は周波数はCFより低い



時間相関のとれたマルチドメイン測定

RF時間ドメイン波形

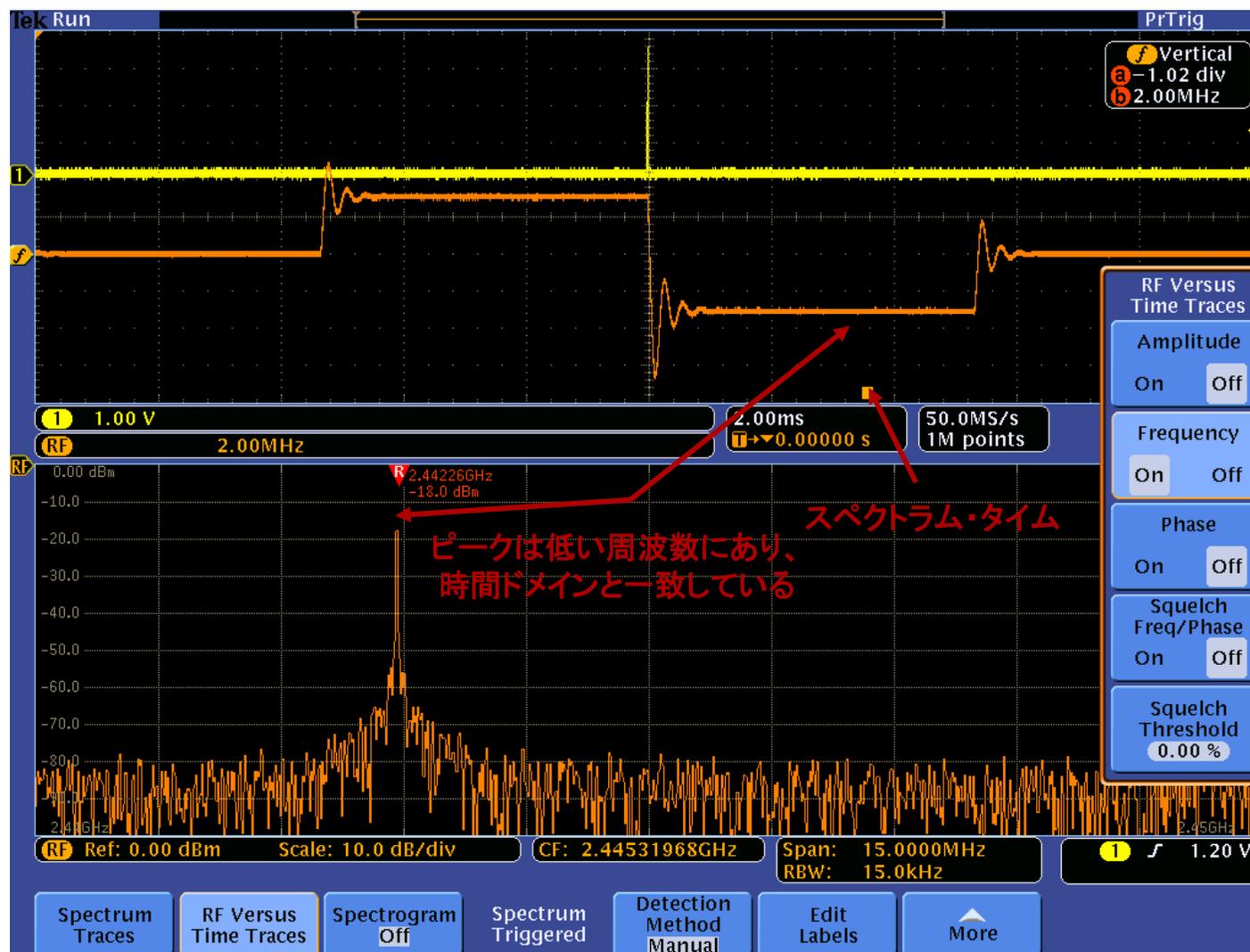
- デジタル・ダウンコンバータは時間ドメインで振幅、周波数、位相対時間トレースの作成時に使用されるIQデータを生成

- 右図は周波数ホップ信号の周波数対時間トレース

- 周波数対時間トレースは中心周波数 (CF) を基準に算出

- トレースがCFより上方にある場合は周波数はCFより高い
- トレースがCFより下方にある場合は周波数はCFより低い

CF



時間相関のとれたマルチドメイン測定

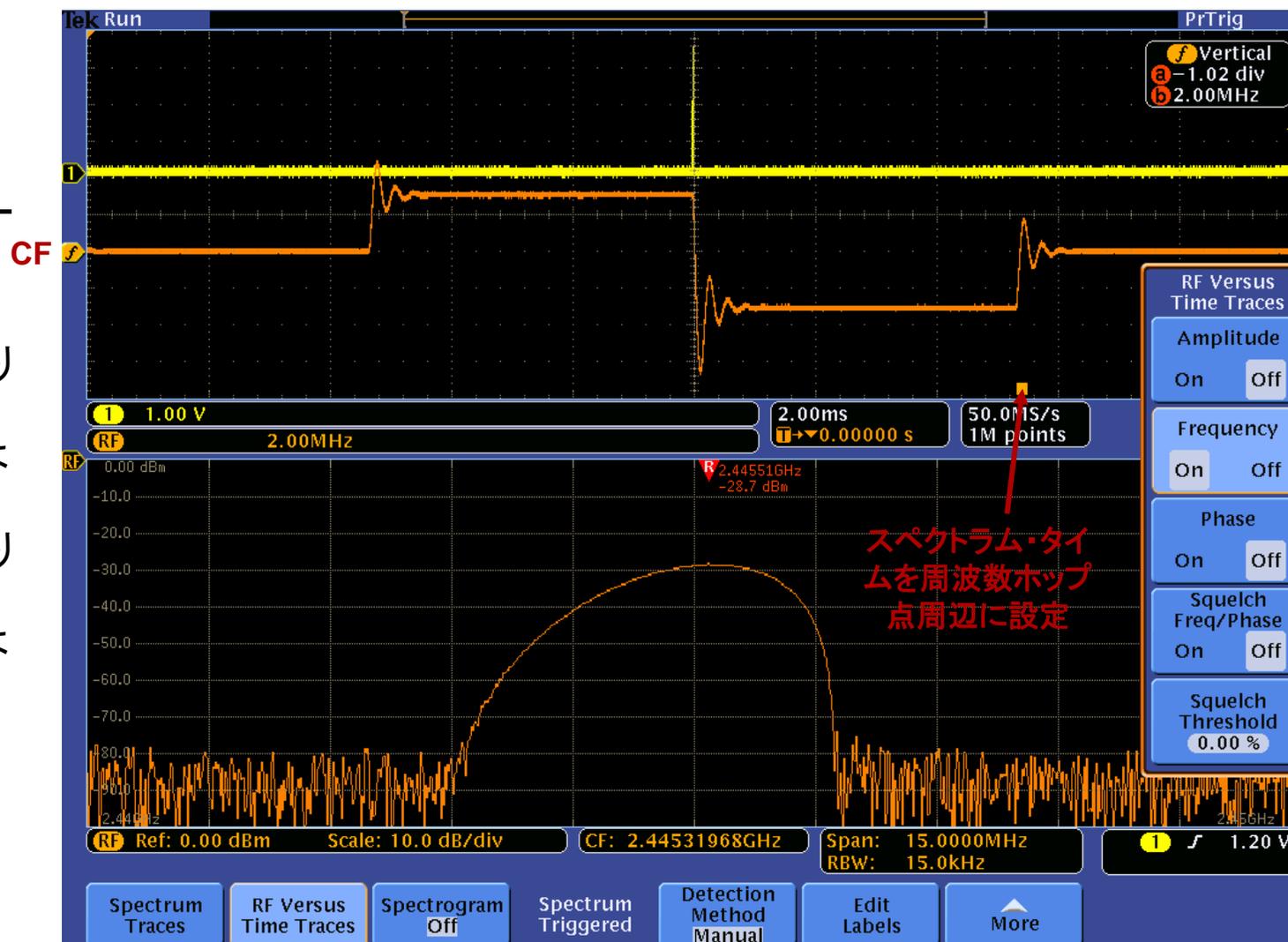
RF時間ドメイン波形

- デジタル・ダウンコンバータは時間ドメインで振幅、周波数、位相対時間トレースの作成時に使用されるIQデータを生成

- 右図は周波数ホップ信号の周波数対時間トレース

- 周波数対時間トレースは中心周波数(CF)を基準に算出

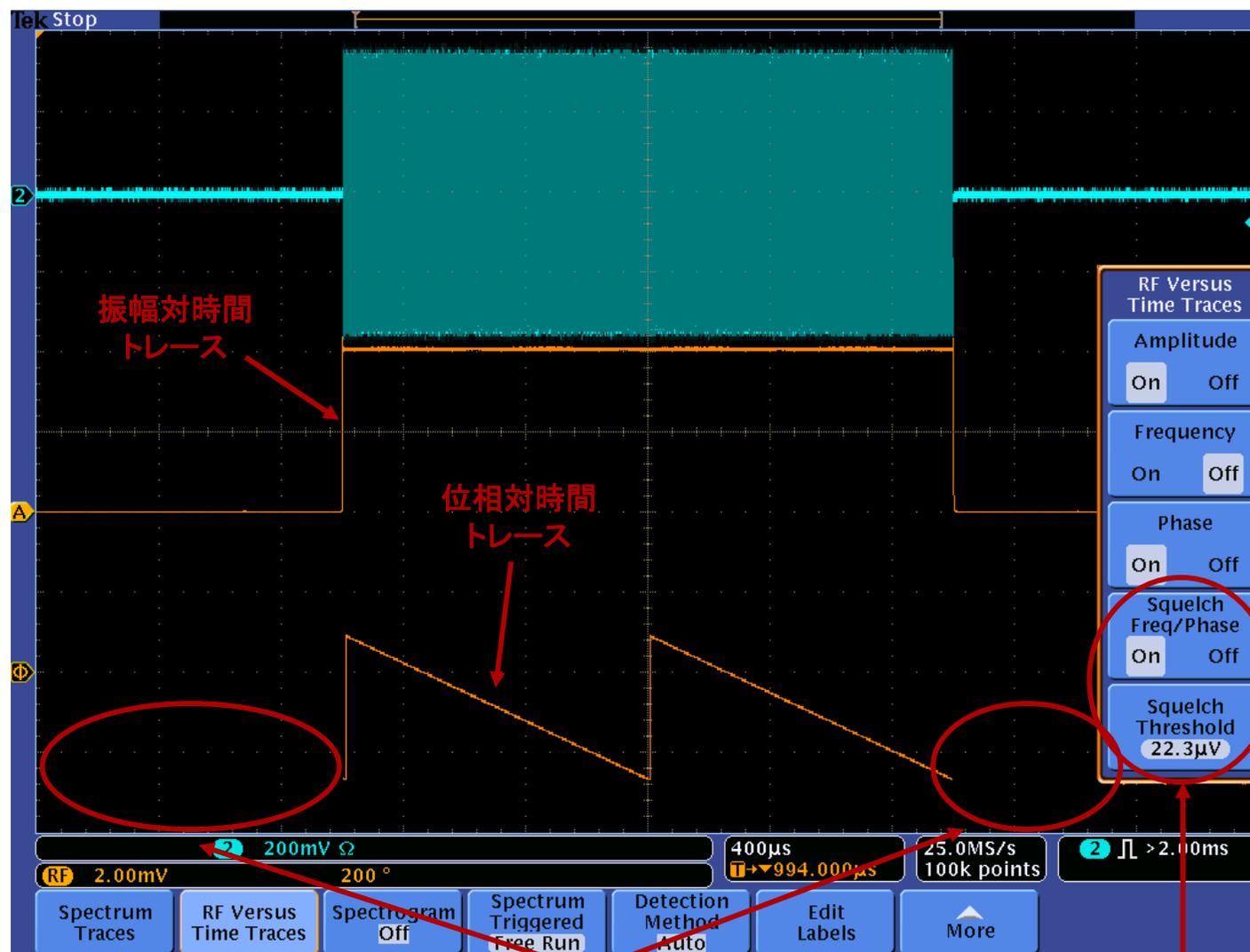
- トレースがCFより上方にある場合は周波数はCFより高い
- トレースがCFより下方にある場合は周波数はCFより低い



時間相関のとれたマルチドメイン測定

RF時間ドメイン波形

- バーストAM信号の振幅、位相対時間トレース
- スケルチ設定により、振幅が設定値より小さい場合はトレースをブランク表示(通常はRFがオフ時)



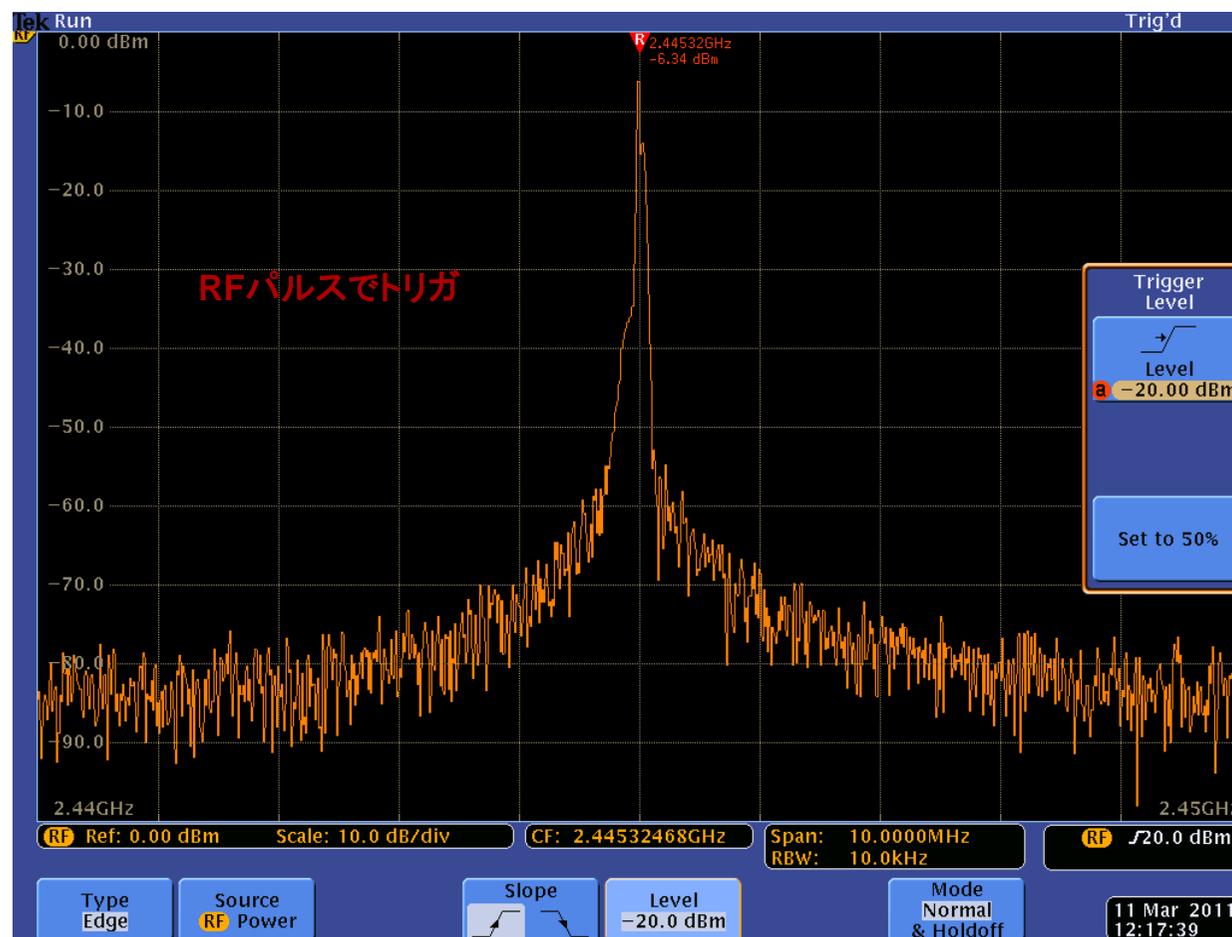
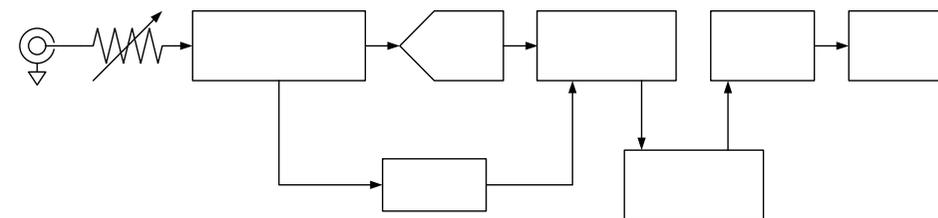
RFがオフの間はブランク表示
(振幅対時間 トレースはRFが
オフを示している)

スケルチ設定

時間相関のとれたマルチドメイン測定

トリガ

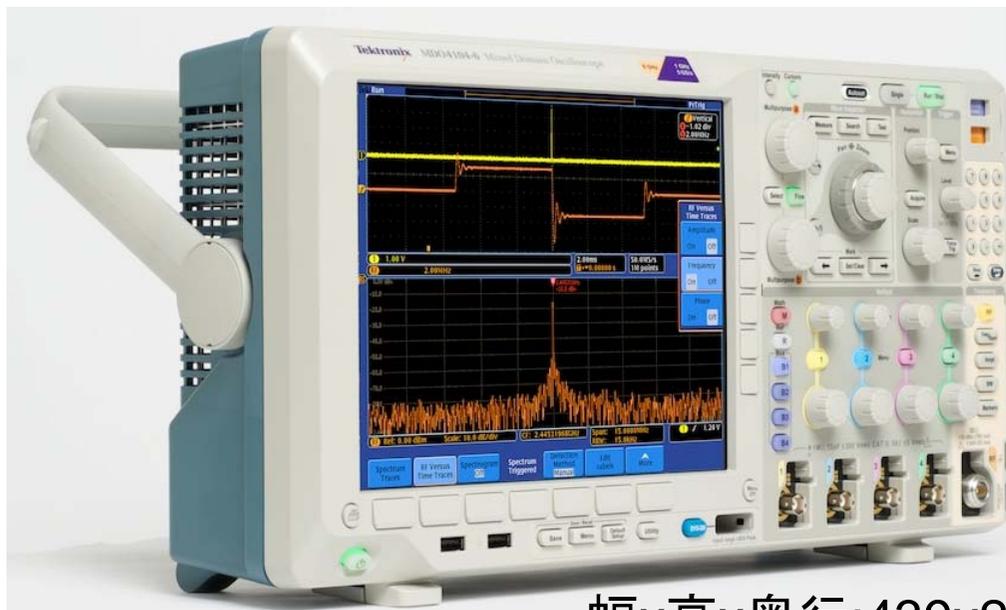
- トリガ・ソースによらず、MDO4000 のトリガはどの機能でも共通利用可能
 - アナログ、デジタル、RFの信号は同じトリガで同時に信号取込を実施
- RFパワーレベルですべてのドメイン・トレースをトリガ
 - 設定スパンではなく、入力バンド・パワーでトリガ
- MDO4000標準機能:
 - RFパワー・レベルのエッジでトリガ
- MDO4TRIG アプリケーション・モジュールはRFパワー・レベルをソースとして多彩なトリガを実現
 - パルス幅
 - タイムアウト
 - ラント
 - ロジック
 - シーケンス
- RFのイベントの詳細な限定が可能に



外観とサイズ

- 従来の4000シリーズの筐体に様々な機能を搭載
 - オシロスコープ
 - ロジック・アナライザ
 - スペクトラム・アナライザ
 - プロトコル・アナライザ

奥行:わずか147mm!

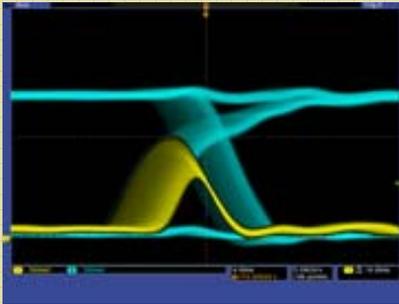


幅x高x奥行:439x229x147
質量:5kg



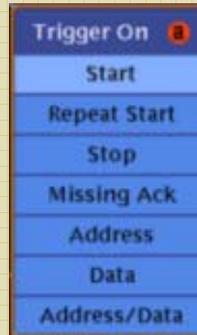
数々の受賞歴のあるMSO4000Bシリーズをベースに

検出 (Discover)



- 最高 50,000波形/秒の波形取込レート
- 輝度階調によるデジタル・フォスファ表示

取込 (Capture)



- シリアル・バス解析機能を含め135を超えるトリガ・コンビネーションを実現
- MagniVu™ 高速デジタル・アキュジションシステムにより 60.6 ps 高分解能を実現
- 低容量プッシュ・プローブ (標準)
 - プッシュで初の1GHz帯域 (通常の2倍)
 - 負荷容量4pF(通常の1/2)

検索 (Search)



- Wave Inspector®による操作
 - ロングメモリも使い切る Pan/Zoomコントロール
 - アナログ、デジタル、シリアルバスのデータを自動的に検索してマーク

解析 (Analyze)



- 44 種の拡張波形演算
- オプションによるシリアルバス解析
 - I²C, SPI, RS-232, I²S
 - CAN, LIN, FlexRay
 - USB 2.0, Ethernet
 - MIL-STD-1553
- アプリケーション・サポート
 - パワー解析
 - リミット/マスク・テスト
 - ビデオ

The MDO4000:本当の意味での業界初

- **Industry First** スペクトラムアナライザが統合されたオシロスコープ
- **Industry First** アナログ／デジタル／RFが統合されたアキュイジション・システムを採用
- **Industry First** スペクトラム・タイム表示
- **Industry First** 1 GHzのリアルタイム取込み帯域幅
- **Industry First** 包括的なRFトリガ
- **Industry First** 自動RFマーカ
- **Industry First** RF入力でのプロービング



お客様の声

インタビュー:

Prototype Engineering社 Ward Ramsdell 氏



MDOシリーズの総評



無線オーディオ・システムの
システム検証について

お客様の声

「高周波電源でオシロとスペアナを一緒に使っている。スイッチングの立上りでのノイズ対策として、現在はスイッチング波形の全体をオシロのFFT機能を使ってノイズ成分を確認しながら対策している。スイッチングの状態の部分を時間を追ってスペクトラム確認し、さらに全体スペクトラムも観測できるので、理想的なツールだ」

－高周波電源回路 設計エンジニア

「無線LANモジュールとASICの間の接続にUSBを使用している。トラブル解析で電源起動時の挙動を解析する場合など、MDO4000は大変役に立ちそう」－プリンタ・複合機 設計エンジニア

「RF信号入力部にプローブを接続できるのが良い。VCOのトラブル原因究明やクロックノイズのEMC対策に使えるようだ」

－AV機器 組込み設計エンジニア

「PLLの応答時間をよく測定するが、MDOで測定時間を大幅に短縮できそうだ」

－自動車機器関連 開発エンジニア

「MDOシリーズは、RF回路を含んだ組込み設計におけるエンジニアリング時間を短縮し、より効率よく設計することを支援してくれることでしょう」

－Ward Ramsdell, Design Engineer, Prototype Engineering

世界初！ミックスド・ドメイン・オシロスコープ



唯一の
アナログ、デジタル、そしてRFの
時間相関による解析ができる
オシロスコープです

The
Tektronix
MDO4000 Series

(ご参考) MDO4000 シリーズの構成と価格

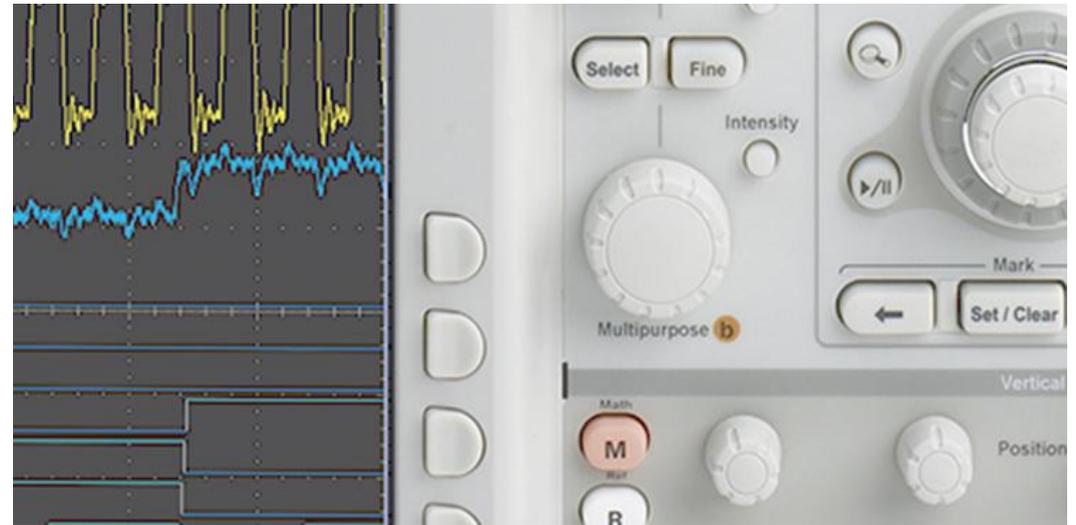
型番	品名	標準価格
MDO4104-6	1GHz・5GS/s・アナログ4ch, デジタル16ch, 6GHz RF 1ch	¥3,380,000
MDO4104-3	1GHz・5GS/s・アナログ4ch, デジタル16ch, 3GHz RF 1ch	¥2,980,000
MDO4054-6	500MHz・2.5GS/s・アナログ4ch, デジタル16ch, 6GHz RF 1ch	¥2,740,000
MDO4054-3	500MHz・2.5GS/s・アナログ4ch, デジタル16ch, 3GHz RF 1ch	¥2,380,000
型番	品名	標準価格
MDO4TRIG	アドバンスドRFトリガ・モジュール	¥209,000
TPA-N-VPI	TPA-N-VPIBNC変換アダプタ	¥58,500

スタンダード・アクセサリ :

アナログ1chにつき1本の受動電圧プローブ(500MHz機種: TPP0500型(500MHz、10:1、3.9pF)、1GHz機種: TPP1000型(1GHz、10:1、3.9pF))、P6616型16チャンネル・デジタル・プローブ×1、ロジック・プローブ・アクセサリ・キット(部品番号: 020-2662-xx)、前面カバー(部品番号: 200-5130-xx)、N-BNCアダプタ(部品番号: 103-0045-xx)、ユーザ・マニュアル(ドキュメント番号: 071-2918-xx)、ドキュメントCD(部品番号: 063-4367-xx)、OpenChoiceデスクトップ・ソフトウェア、NI LabVIEW SignalExpress™ Tektronix Editionソフトウェア、校正証明書、電源ケーブル、アクセサリ・バッグ(部品番号: 016-2030-xx)

保証期間3年: プローブなどアクセサリを除いた部品代、労務費をカバーします

ありがとうございました。



本テキストの無断複製・転載を禁じますテクトロニクス社 Copyright Tektronix

 **Twitter** [@tektronix_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)

 **Facebook** <http://www.facebook.com/tektronix.jp>