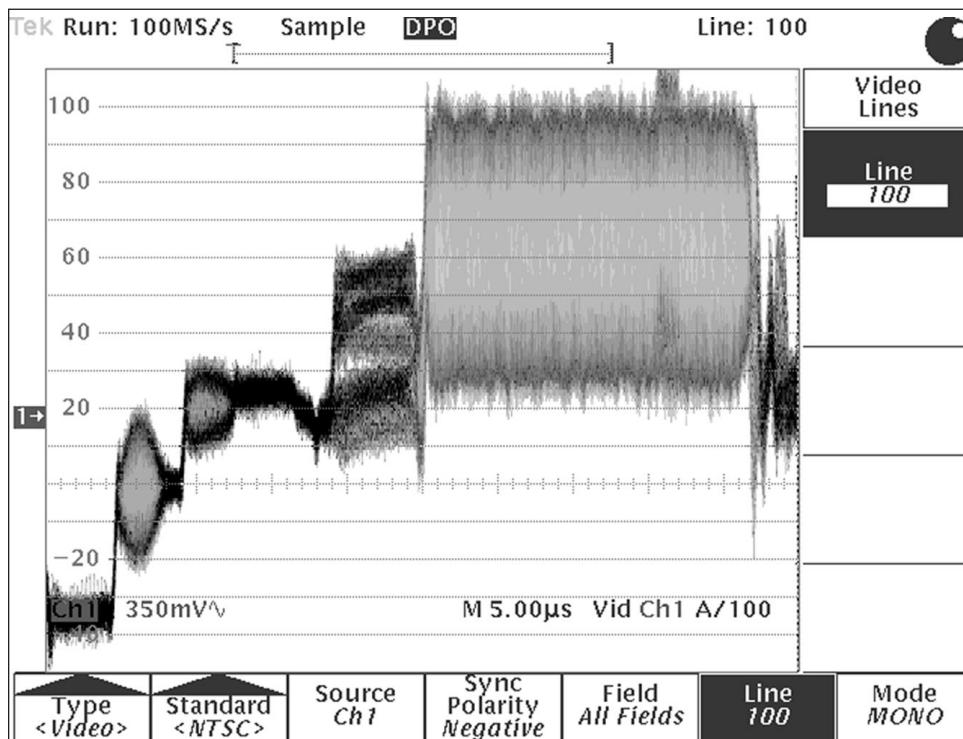


デジタル・フォスファ・オシロスコープを使用したベースバンド・ビデオ測定



ビデオ信号は、画像信号と、表示に必要なタイミング信号で構成される複雑な波形です。このような複雑な信号を取り込んで測定するには、この用途に合わせて設計された強力なツールが必要です。しかしさまざまなビデオ規格が存在するため、正確な情報を高速かつ容易に提供できる汎用ツールも必要です。さらに、ビデオ波形細部をくまなく表示

するために、高速なアクイジョン技術とグレイスケール表示が備わっていれば、トラグルシートが容易になります。

このアプリケーション・ノートでは、当社 TDS 700Dシリーズ・デジタル・フォスファ・オシロスコープを使用した各種ベースバンド・ビデオ

測定例を示し、測定上の重要な事項をいくつか説明します。

ビデオの基礎

ビデオ信号は、カメラ、スキヤナ、グラフィック端末など、さまざまなソースから出力されます。通常、ベースバンド・ビデオ信号の最初の形式は、色の3原色を表現する3コンポーネントのアナログまたはデジタルの信号（赤、緑、青（RGB）コンポーネント信号）です。ベースバンド・ビデオ信号は、RF連搬波（アナログ地上波やケーブル伝送システムなど）には変調されない信号です。

図1は、通常のビデオ・システムのブロック・ダイヤグラムを示しています。ビデオ信号経路において、信号のフォーマットが変化していることに注意してください。このようなシステムの設計やデバッグを行うには、さまざまなフォーマットの信号を検査できる測定機器が必要です。

変換

次のステップは変換です。ここから各ビデオ規格の差が実際に現れます。RGB信号は、次の3コンポーネントの信号に変換されます。

- ルミナンス信号（Y）
- 2つの色差信号（通常はB-YとR-Y）

色差信号は、使用される規格またはフォーマットによって異なる場合があります。たとえば、NTSCシステムの場合は

IとQ、PALシステムの場合はUとV、SMPTEシステムの場合はPBとPRなどです。変換された3つのコンポーネント信号は、次の処理に送られます。

処理

処理の段階では、ビデオ・コンポーネント信号は結合されて1つのコンポジット・ビデオ信号となる（NTSCシステムまたはPALシステムの場合）か、別個のルミナンス信号とクロミナンス信号に分割される（S-VHSまたはHi-8のY/Cシステムの場合）か、コンポーネント信号としてそのまま送られます（RGBグラフィック・システムやHDTVシステムの場合）。

コンポジット・ビデオ信号

アナログ放送やケーブルTVの用途では、最も一般的な信号は複数の信号コンポーネントを含んだコンポジット信号です。例えば北アメリカと日本では、ルミナンス（黒と白の情報）、クロミナンス（カラー情報）、および同期（タイミング情報）をコンポジット・ビデオ信号にエンコードする方法がNTSCによって定義されています。ヨーロッパでは、PAL規格が同じ機能を定義しています。NTSC規格とPAL規格の場合、クロミナンス信号は1対のカラー副運搬波に変調されます。変調されたクロミナンス信号はルミナンス信号に追加され、ビデオ信号のアクティブ部分になります。最後に同期情報が追加されます。コン

ポジット信号は複雑ですが、1つの信号を1本の同軸ケーブルで伝送できるという利点があります。

コンポーネント・ビデオ信号

コンポーネント信号は、生成、記録および処理が単純であるという利点があり、スイッチング、ミキシング、特殊効果、カラー修正、ノイズ・リダクションなどのさまざまな機能を組合せることができます。コンポジット・ビデオ信号のようなエンコード/デコードの処理がないため、コンポーネント・ビデオ方式では信号の整合性を容易に維持でき、その結果高品質の画像が得られます。ただし、信号は別個のケーブルで伝送されるため、信号を伝送できる距離が制限され、信号経路を慎重にマッチングする必要があります。

Y/Cビデオ信号

S-VHSやBetacamなどのシステムに実装されている中間的なソリューションで、クロミナンス信号を1対のカラー副運搬波に変調しますが、クロミナンス信号はルミナンス信号と分離したままになります。このことにより、コンポジット・システムのルミナンス/クロミナンスの処理が最小限になり、同時にコンポーネント・システムのチャンネル間のタイミングの問題が単純化されます。この1対の信号は、1本の特殊なケーブルで伝送できます。

表示

伝送後の目標は、処理されたイメージを忠実に再生することです。コンポジット・システムでは、信号はコンポーネント形式にデコードされ、モニタで表示するためのRGBフォーマットに変換されます。コンポーネント・ビデオ信号は表示用のRGB信号に直接変換されるため、通過する処理は少なくなります。

アナログ・ビデオ同期信号

実際のアナログ・ベースバンド・ビデオ信号を詳しく見て

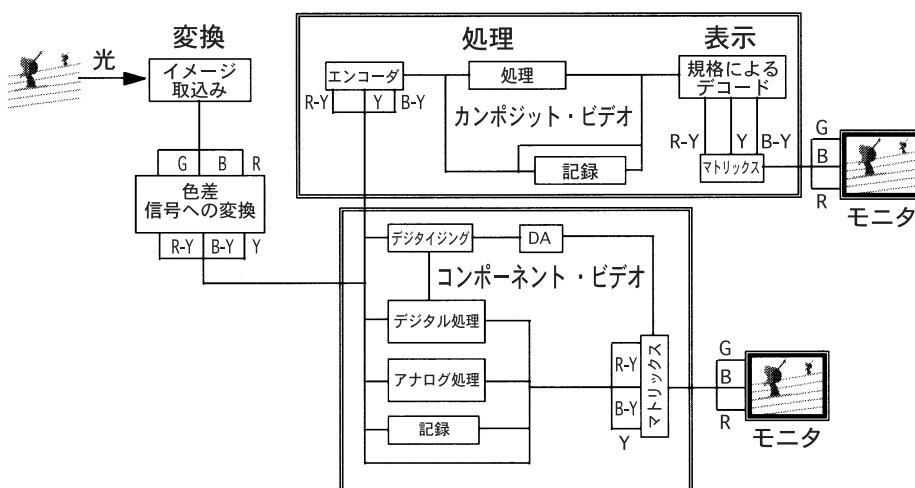


図1.一般的なビデオ・システムのブロック・ダイヤグラム。

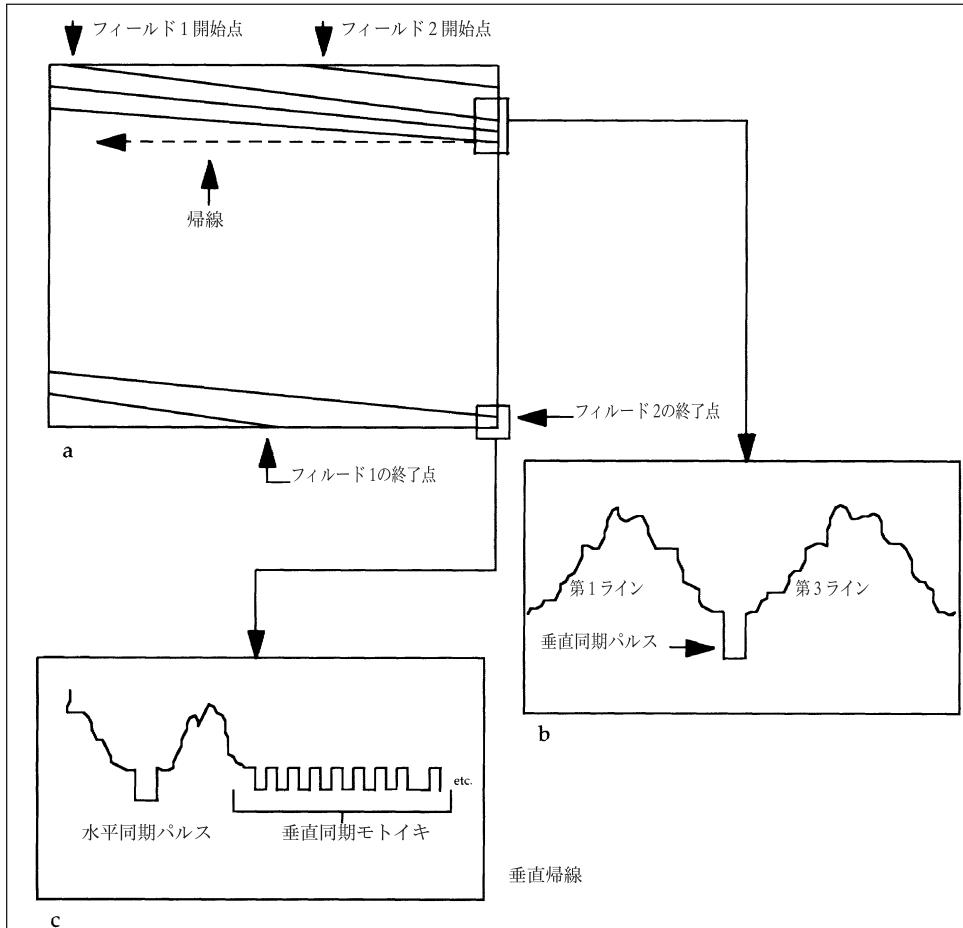


図2.アナログ・コンポジット・ベースバンド・ビデオ信号の同期信号は、ディスプレイにビデオ信号を再生するのに必要なタイミング信号となります。

みましょう。イメージを再生するために、カメラとビデオ・ディスプレイの両方が水平方向と垂直方向にスキャンされます（図2a参照）。画面上の水平ラインは、「インターレース」スキャン・システムのように交互にスキャンされる（まず奇数番のライン、その後に偶数番のライン）場合も、「連続」スキャン・システムのように順次スキャンされる場合もあります。垂直スキャンのそれぞれはフィールドと呼ばれます。インターレース・フィールドは2つで1フレームとなります。

カメラと受像機の両方が、イメージの同部分を同時にスキャンするよう、同期していかなければなりません。この同期は、水平方向のトレースを開始する水平同期パルスによっ

て行われます。水平方向のブランкиングのインターバルの間、ビームは画面の左側に戻り、水平同期パルスを待機してから別のラインのトレースを行います。これは「水平帰線」と呼ばれます（図2b参照）。

ビームが画面の最下部に到達したら、次のフィールドを開始するために最上部に戻る必要があります。これは「垂直帰線」と呼ばれ、垂直同期パルスがその信号を出します（図2c参照）。垂直帰線は、水平帰線よりはるかに時間がかかるため、より長い同期インターバル（垂直ブランкиング・インターバル）が使用されます。水平または垂直のブランкиング・インターバルの間は、ビデオ画面には何も書き込まれません。

各ビデオ規格は、表示方法を制御する同期信号を独自に定義しています。PAL信号はビデオ・フレームを1秒間に25回表示し、1フレームに含まれるビデオ・ラインは625本と定義しています。NTSC信号はビデオ・フレームを1秒間に30回表示しますが、ラインは525本だけです。一部の高解像度コンピュータのモニタは、1秒間に72回のフレーム・レートで1000ライン以上を表示します。

コンポーネント信号にはタイミング信号も必要であることに注意してください。同期はコンポーネントの1つ（緑のチャンネルなど）と結合されることがよくあります。

シリアル・デジタル・インターフェース

デジタル・ビデオでは、ビデオ信号をシリアル・データ・ストリームに変換する方法が、SMPTEとITUによって指定されています。例えば、最も一般的なシリアル・コンポジット信号は、14.3MS/s、解像度8～10ビットでサンプリングされるNTSC信号です。生成されるビット・ストリーム（143 Mb/s）は非ゼロ復帰反転（NRZI）コーディングを使用してエンコードされ、スクランブルされるため、75Ω同軸ケーブルで送信できます。スタジオの場合は、最も一般的な規格ではコンポーネント信号（Y、PR、およびPB）が13.5 MS/s、解像度8～10ビットでサンプリングされます。このビット・ストリーム（270 Mb/s）もエンコードおよびスクランブルされ、75Ω同軸ケーブルで送信できます。

測定に必要な条件

ビデオ信号の測定の前に、測定に必要な条件について検討します。具体的には、オシロスコープの仕様と機能、信号の調整、トリガなどです。

オシロスコープの必要条件

オシロスコープの性能は、いくつかの基本仕様で示されます。まず週回数帯域です。経験則では、信号を正確に表示するには、信号の帯域の少なくとも5倍の帯域を持つオシロスコープを使用します。(信号の帯域を見積もる方法としては、0.35を最も速い信号信じる振幅の10%~90%までにより立上り時間で割ります。)

サンプル・レートは、信号がサンプリングされる速度を表します。理論上、サンプル・レートは信号の帯域の少なくとも2倍でなければなりません。実際には、信号をシングル・ショットで取り込み、 $\sin(x)/x$ 補間を使用して表示するためには、1チャンネルあたりのサンプル・レートは信号の帯域の4~5倍にする必要があります。

ある時間内での変化を監視するために、信号を繰り返し取り込む必要がよくあります。残念ながら、従来のデジタル・ストレージ・オシロスコープは、アナログ・オシロスコープほど高いくり返しレートで波形を取り込めませんでした。信号の変化を確定にとらえるためには、オシロスコープの波形取込み速度(波形数/秒)に注目する必要があります。例えば、NTSCまたはPALのすべてのラインを表示する場合は、1秒間に15,000以上の波形を表示することが必要です。

デジタル・オシロスコープのレコード長は、オシロスコープが取り込むサンプル・ポイ

ント数を示します。結果は、細部とレコード長との間、またはサンプル・レートと取込み期間との間の一者選択になります。短期間に信号の細かい画像を取り込むか(オシロスコープの波形ポイントがすぐに「満杯」になる)、より長い期間に精密さの劣る画像を取り込むかのどちらかが可能です。

アクイジション・モードと表示モード

ビデオ・エンジニアにとって、表示に関する最も用心が高いのがグレイスケール表示です。グレイスケール表示は、アナログ・オシロスコープや波形モニタでは通常の機能で、輝線の輝度を変化させることによって信号の動作を統計的に表示します。(その結果、頻繁に発生する信号は明るくなり、比較的頻度の低い細部は暗くなります。) TDS 700Dシリーズ・デジタル・フォスマニア・オシロスコープには、このグレイスケール表示機能が備わっていますので、信号の輝度が確認でき情報による洞察が可能になり、信号の微妙な細部と変動を目で理解することができます。デジタル・ストレージ・オシロスコープの多くは、ビデオ信号を正確に表現するために十分なデータを取り込むことができないため、DSOでは補正のために特別なアクイジション・モードと表示モードが使用できるようになっています。

デジタイジング・オシロスコープの基本的なアクイジション・モードはサンプル・モードです。このモードでは、時間内に波形がサンプリングされ、各サンプルの振幅がデジタイズされて表示されます。補間の使用により、これらのサンプルをつなげて連続した波形表示が作成されます。一方、スコープは表示前に信号をデジタル処理できるので、

複雑な測定を容易に行うことが可能です。

たとえば、スコープの平均モードを使用してランダム・ノイズの影響を取り除き、振幅を正確に測定することが可能です。アベレージング機能(ACQUIREメニューにある)は、複数の波形の平均をとることによって、波形を平滑にします。

HiResモードは、アクイジション時に取り込んだサンプルをフィルターに掛けて、解像度が高く帯域幅の狭い信号を作成します。

一方、比較的大きいビデオ信号に乗った比較的小さいノイズを表示して測定することができます。このような問題の場合は、TDSのズーム・プレビュー・モードを使用すれば、信号の細部を検討したり、波形を拡大したりすることができます。進行中のアクイジションに影響することなく、水平と垂直の両方向に波形を拡大して位置づけて、精密な波形の細部を正確に比較することができます。

その他のアクイジション機能により、ビデオ波形内のあらゆる箇所のノイズを簡単に表示することができます。ピーク・ディテクト・モードは、波形の最小値と最大値を取り込んで表示し、最悪の場合の振幅偏位を示します。エンベロープ・モードを選択すると、スコープはある期間内の一連の波形の最小値と最大値を累積して表示します。

測定機能

NTSC信号またはPAL信号を扱う場合は、TDSのビデオ目盛を使用すれば、使い慣れたフォーマットで信号が表示されます。NTSC信号とPAL信号用の目盛は、ディスプレイ・メ

ニューから利用できます。これらのソフトウェア目盛のいずれかを選択すると、オシロスコープは選択した目盛に合わせてビデオ信号を拡大縮小し、取り込んだ信号をすぐに評価できるようにします。

カーソルを使用して、画面上で手動測定を簡単に行なうことができます。カーソルの制御はCURSORメニューにあります。水平カーソルを使用すると、ボルトまたはIRE(NTSC信号の場合)の単位が選択可能なリードアウトによって、

信号の振幅を測定できます。垂直カーソルを使用すると、秒、ヘルツ、またはビデオ・ライン番号の単位のリードアウトによって、信号のタイミングを測定できます。カーソルを組み合わせて使用すれば、関連した振幅とタイミングのパラメータを同時に測定できます。

デジタル蛍光体オシロスコープの処理能力を利用して、さまざまな信号パラメータを自動測定することもできます。たとえば、ピーク間振幅、同

期パルスの幅、チャネル間のタイミングなどを容易に測定できます。自動測定の選択と制御は、MEASUREメニューで行います。

信号の調整

ターミネーション

ほとんどのビデオ・システムは、既知の振幅の信号を指定のインピーダンスに伝送します。このため、低い周波数では、測定の精度は正確な抵抗（通常は $75\ \Omega$ ）で終端される信号によって決まります。高い周波数では、終端は伝送線（通常は同軸ケーブル）のインピーダンスと一致していなければなりません。この場合は、終端のインピーダンスには無視できる程度のリアクタンスしかない正確な抵抗が必要です（反射減衰量の最大化および電圧定在波率の最小化とも呼ばれます）。このような終端の一例はTektronix

AMT75で、この終端の仕様は1GHzまでです。終端が不適切な場合は、周波数特性が低下する可能性があります。

ビデオ・クランプ

アナログ・ビデオの測定で発生する一般的な信号異常の1つは、AC回路電圧から発生する低周波ハムです。このハムをビデオ信号から除去しなければ、信号の表示が上下にドリフトし、トリガ・ポイントが変化する可能性があります。TDS 700Dのビデオ・トリガ・オプションには、ACハムと信号のDCオフセットを有効に除去するビデオ・クランプがあります。信号が

ACと結合されている場合は、平均画像レベルを変化させる原因になる低周波の変動もクランプが除去します。クランプは入力BNCコネクタと接続され、ビデオ信号のプリプロセッサの役割を果たします。クランプはあらゆる標準ビデオ信号の「パック・ポーチ」クランプとなります。さらに、ビデオ・クランプはフラットな周波数特性を提供するので、正確なビデオ測定が可能です。

トリガ

ビデオ波形を測定するための最初のステップは、安定した波形を得ることです。信号を取り込んで解析できるようにするには、まず信号によってオシロスコープをトリガする必要があります。TDSオシロスコープには、作業を簡単にするための数多くの拡張トリガ・モードがあります。

アナログ・コンポジット・ビデオのトリガ

TDSビデオ・トリガを選択するには、フロント・パネルのTRIGGERボタンを押し、画面のトリガ・タイプ・メニューで[Video]を選択します。デフォルトでは、スコープはこの選択で525ライン、60Hz NTSCビデオ信号によってトリガされる設定になります。また、インターレース・カラー・フィールド1にロックし、極性が負の同期パルスを使用するよう装置に指示します(図3参照)。

これらのデフォルト設定を変更するには、メニューを使用します。[Standard]オプションを使用すると、PAL/SECAM、HDTV、および各種のカスタム・ビデオ信号によってトリガするようスコープに指示することができます。また、回路のデバッグ対象の部分でビデオ信号が反転している場合は、[Sync Polarity]を選択して正の同期に変更します。メイ

ン・メニューで[Field]を選択して、サイド・メニューで全部、奇数、偶数、または番号指定のビデオ・フィールドを選択します。

ビデオ信号の中で必要な情報の多くは特定のビデオ・ラインにあるため、表示する特定のラインを選択することができます。サイド・メニューで[Line]オプションを選択し、汎用ノブを回すかキーパッドを使用して、表示するラインを選択します。あとからわかりやすいように、ライン番号が画面に表示されます。

FlexFormatトリガ

世界中で、さまざまな高解像度ビデオ・システムが開発されています。787.5/60、1050/60、1125/60、1250/50などのフォーマットがこれに含まれますが、新しいフォーマットはまだ実験段階です。一部の市場では、独自の高品位フォーマットを作成して、独自の規格を制定しています。たとえば医用画像市場と軍は、ニーズに直接合わせたHDTV規格を開発しています。このことが、ビデオのテストと測定用の装置を選択する際に混乱を招いています。

TDSビデオ・トリガ・オプションは、HDTVトリガのカスタマイズのニーズに対応する

ソリューションとなります。FlexFormat(TM)トリガ・モードを使用すれば、カスタマイズした3レベル同期パルス(図4参照)のタイミングを指定し、最大2桁の解像度で20~200Hzの任意のフィールド・レートを選択し、カスタマイズしたフォーマットでラインとフィールドの数を定義することができます。

単一ピクセル・トリガ

ビデオ・モニタの市場がさらにフラットパネル・ディスプレイへと移行するに従い、設計とデバッグの用途には単一ピクセルのトリガおよび解析機能が必要になります。ビデオ・トリガと「イベント遅延」トリガを搭載したTDSスコープでは、テスト中の装置のシステム・クロックのパルスをそれぞれ1つのイベントとして定義することができます。各イベントは1つのピクセルと対応し、後続のイベントは後続のピクセルと等しくなります。

まず、目的のビデオ信号をチャンネル1に接続します。ビデオ信号によってトリガするようチャンネル1(メイン・トリガ)を設定します。フロント・パネルの[TRIGGER MENU]ボタンを押して、[VIDEO]トリガを選択します。信号の目的のセクションによ

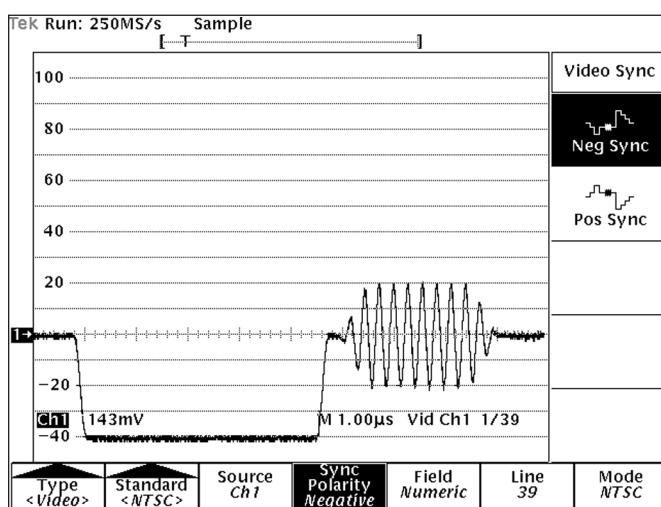


図3.TDSビデオ・トリガでは、ビデオ規格、チャンネル、同期極性、およびフィールドとラインを選択できます。

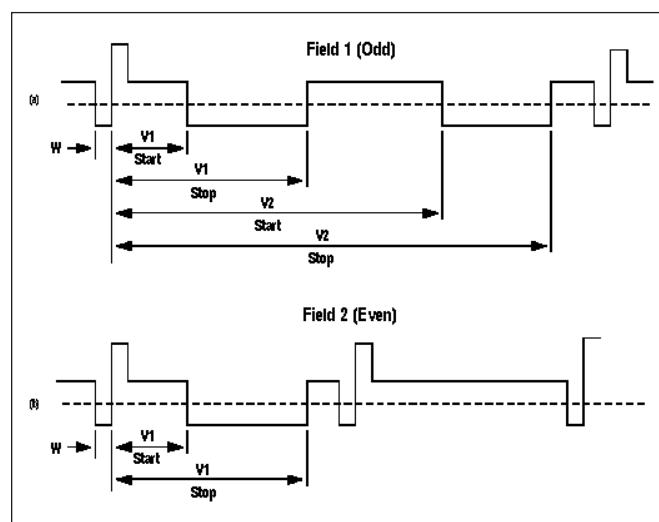


図4.FlexFormatトリガ・モードでは、奇数と偶数の両フィールドに対し、3レベル同期パルスの開始時間と停止時間を定義することができます。

ってトリガするように、該当する規格とパラメータを選択します。

システム基準クロックをチャンネル2に接続します。フロント・パネルの[SHIFT]ボタンと[TRIGGER MENU]ボタンを押して、遅延トリガのソースとしてチャンネル2を選択することによって、チャンネル2をソースとして使用するように遅延トリガを設定します。次に、[Delay by Events]を選択します。

[Horizontal]メニューに進んで[Delayed Only]タイムベースを選択して、遅延トリガをオンにします。

次に、[Delay Trigger]メニューに戻って、表示するイベントをダイヤルで入力するか、キ

ーパッドで該当する番号を入力します(図5参照)。

シリアル・デジタル(NRZ)トリガ

シリアル・デジタル信号を測定するには、アイ・ダイヤグラムを検討するのが最も一般的な方法です。このダイヤグラムは、多数の波形のアクイジションを1つずつ重ねて合成表示して、目の形に似たデータ・パルスの合成イメージを構成します。一般に、目の中の開いている部分が大きいほど、テスト対象のシステムのパフォーマンスが高いことになります。垂直方向の開きが広いほどノイズ許容度が高く、水平方向の開きが広いほどジッタ許容度が高いことを示しています。あるいは、振幅ノイズやタイミング・ジッ

タが大きすぎると目が閉じる傾向があると言えます。

オシロスコープは、シリアル・システム・クロックの立ち上りエッジによってトリガして、クロック・エッジと同時に出されるデータを取り込むことができます。この方法では、クロックとデータ信号に相関関係がなければなりません。あるいは、データ自体でオシロスコープがトリガして、数単位のインターバルの間待機し、その後表示の作成に十分な波形を取り込むことも可能です。この方法は、イベント遅延または時間遅延を指定した遅延タイムベースを使用して実行できます。

簡単なのはアイ・ダイヤグラム・トリガを使用する方法です。TDS 700Dのトリガ・タイプ・メニューでCOMMトリガ・タイプを選択し、コー

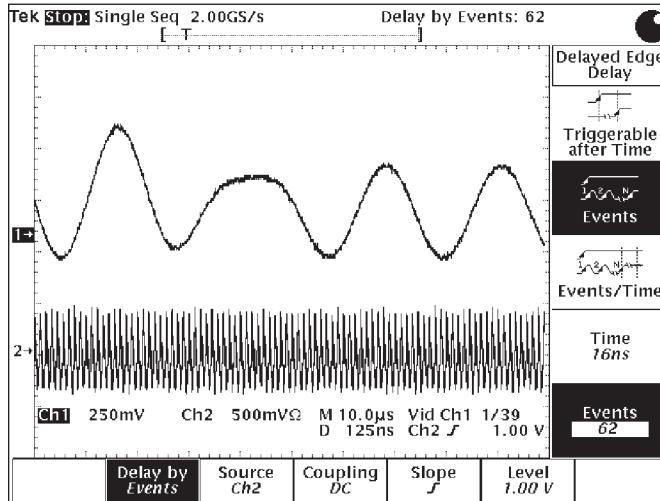


図5.システム・クロック(下の波形)は、ビデオ信号(上の波形)の遅延トリガとして機能します。イベント遅延(各イベントが1つのピクセルに対応する)を使用すれば、各ピクセルでのビデオ信号を観察することができます。

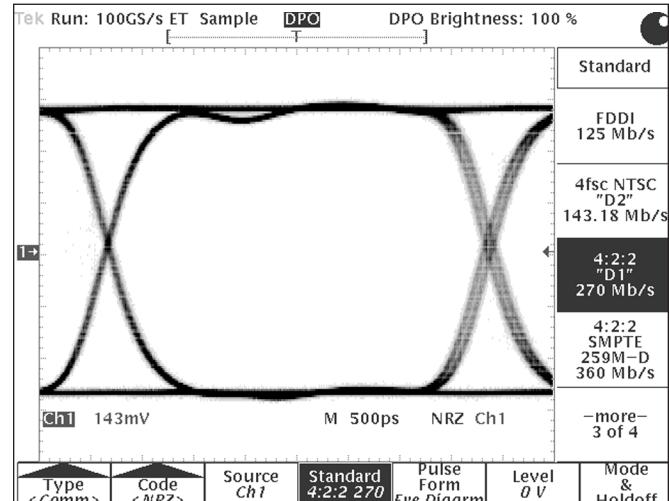


図6.アイ・ダイヤグラムのセットアップは、NRZ通信信号トリガを使用すると簡単に行えます。

ビデオ信号の測定

ビデオ信号の監視

アナログまたはデジタルのどちらのビデオ信号を監視する場合も、ビデオ用途に合わせて設計された輝度グレード表示機能のあるオシロスコープが最も有用なデバッグ・ツールになります。DSOディスプレイでは表示されない信号の微妙な変動が、正しく機能するビデオ・システムとそうでないものとの違いを示していることがあります。

ライブ・ビデオのHレート輝度グレード表示

最も基本的なアナログ・ビデオ表示は、信号の振幅対時間の水平レート表示です。この表示は、同期の立上りエッジによるエッジ・トリガを用いて行うのが最も容易です。図7に示すように、輝度グレード表示機能（また、すべてのラインを取り込むのに十分な波形取込みレート）を備えたデジタル蛍光体オシロスコープを使用すれば、使い慣れた波形モニタのHレート表示が可能です。

選択します。B-Y信号がチャンネル1に接続され、R-Y信号がチャンネル2に接続されている場合は、スコープは一般的なベクトルスコープの表示に似せた表示を行います。さらに輝度グレード表示が、通常のDSOでは見ることのできない信号の細部を表示します。

デジタル・ビデオのアイ・ダイヤグラムの輝度グレード表示

輝度グレード表示は、アイ・ダイヤグラムの表示を監視する際にも重要です。アイ・ダイヤグラムでは、ある期間における信号の変動を定性的に検討する必要があります（変動の原因がノイズでもタイミング・ジッタでも）。アナログ・オシロスコープとデジタル蛍光体オシロスコープで使用できる輝度グレード表示は、波形取込みレートが高ければ、希にしか発生しない異常を取り込んで識別するのに最適な方法となります。

クロミナンスのXY表示

デジタル蛍光体オシロスコープのXY表示モードを使用すると、ベクトルスコープと同様の方法で1つの信号を別の信号と突き合わせて表示できます。[DISPLAY]メニューで[FORMAT]選択項目を押し、XYモードを

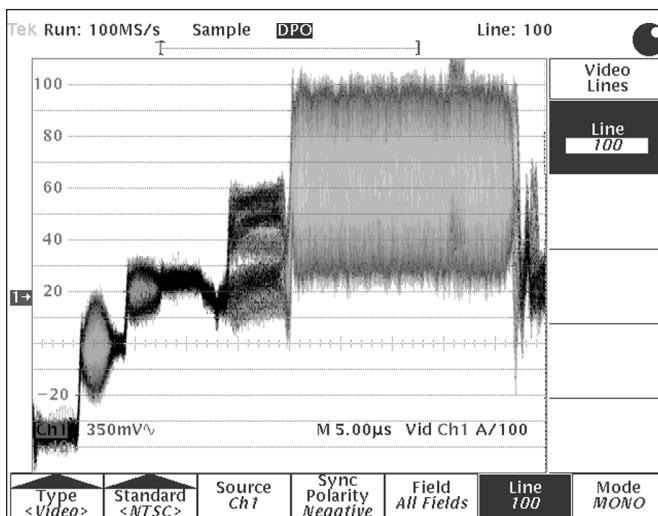


図7.水平レート波形モニタの表示。オシロスコープの輝度グレード表示の効果を示しています。

アナログ信号の測定

振幅の測定

振幅の測定は、オシロスコープを使用してさまざまな方法で実行できます。たとえば、NTSCバースト信号のピーク間振幅を測定するには、信号をTDS 700DのIREビデオ目盛と比較するだけです（図8参照）。また、TDS 700Dのビデオ・カーソルを使用して、同じ測定

を行うこともできます。さらに、ある期間内の変動を解析したい場合は、スコープは数多くの測定を自動実行し、測定統計値を累計することができます。

タイミングの測定

タイミングの測定は、正確なチャンネル間タイミングを必要とするコンポーネント・アナログ・システムではとくに重要です。チャンネル間の相対的なタイミングの差を表示することは、複数チャンネル・オシロスコープの最も重要な用途ともいえます。

複数のチャンネルを正確に表示するためにには、プローブ経路の遅延を一致させる必要があります。これは、TDS 700Dの[VERTICAL]メニューにあるデスキュー機能を使用すれば可能です。両プローブを共通の信号に接続し、トレースがディスプレイ上で一致す

るまで、汎用ノブを使用してチャンネル・デスキューを調整します。

次に、目的の信号をスコープのチャンネルに接続して、信号が一致するようにチャンネルのタイミング制御を調整します（図9参照）。

オシロスコープはまた、タイミングの測定を自動実行して、これらの測定結果の統計値を累計することもできます。たとえば、同期幅を測定するには、同期の立上りエッジでトリガし、HiResアクイジション・モードをオンにして、同期パルスがディスプレイの大部分に表示されるように水平軸と垂直軸を調整します。この操作により、測定システムの精度が最高になります。次に、[MEASUREMENT]メニューで負のパルス幅測定をオンにします。パルス幅測定の平均 (μ) と標準偏差 (σ) を監視するのに、測定統計値を使用可能にします（図10参照）。

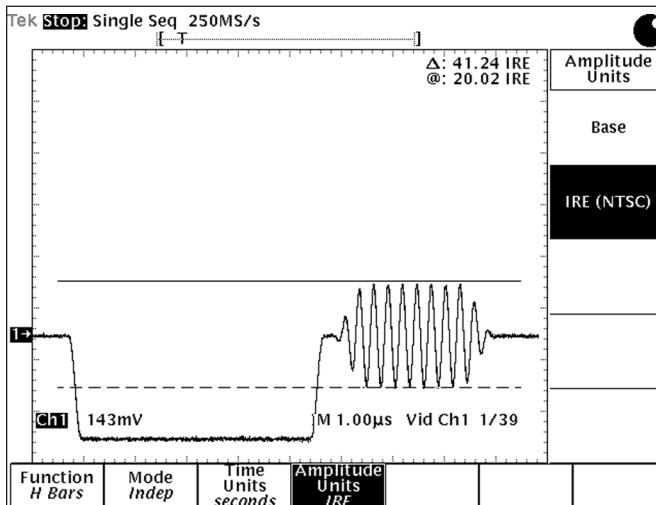


図8.NTSC信号の振幅測定の例。バースト・パケットのピーク間振幅は、目盛を用いて視覚的に測定することも、ビデオ・カーソルを使用して測定することもできます（右上角のカーソル・リードアウトに注意）

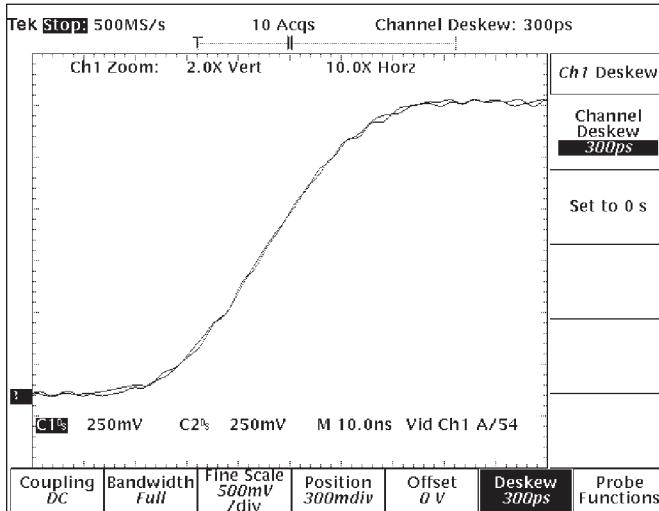


図9.チャンネル間タイミングは、コンポーネント・アナログ・ビデオ・システムでは非常に重要です。ディスプレイは、ルミナンスとカラー差信号の1つの相対的なタイミングを表示しています（チャンネル・デスキュー調整でケーブル遅延をイコライズした後）。

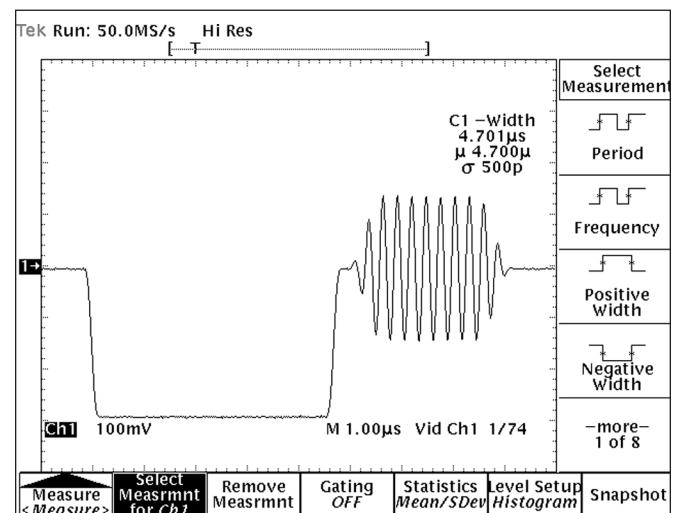


図10.自動タイミング測定は、基本信号パラメータを反復測定する簡単で正確な方法です。

シリアル・デジタル・ビデオの測定

ジッタの測定

信号のタイミング・ジッタは、受像機がビデオ・データ・ストリームをデコードする能力に影響することがあります。この影響は、アイ・ダイヤグラムですぐに分かります。これは、目の開いている部分がジッタによって縮むためです。ジッタが増大するほど、データの過渡ポイントは受像機の決定ポイントに近くなっています。ついにはシステムのビット・エラー率を増大させます。

ジッタは決定論的ジッタとランダム・ジッタの2種類に分けられます。決定論的（あるいはデータ依存）ジッタは、データ・ストリーム内の、現在のビットより前のデータ・ビットのパターンによって生じます。反復データ・パターンによってトリガし、エッジの位置の変動を測定することによって、決定論的ジッタ・コンポーネントを特徴づけることができます。このような解析は時間がかかりますが、設計過程の初期に問題を検出するのに役立ちます。

一方、ランダム・ジッタはシステム内のランダム・ノイズが原因で、データとの相関は

ありません。デジタル蛍光体オシロスコープのヒストグラム機能を使用して、波形を統計的に解析することによって、ランダム・ジッタを特徴づけて測定することができます。ジッタを測定する立上りエッジ、立下りエッジ、または目の交差部分の付近にヒストグラム・ボックスを表示すると、オシロスコープがトリガ・ポイントからエッジの遅延のヒストグラムを描画します。信号エッジの位置のヒストグラムが正規分布曲線になっている場合は、標準偏差は波形のRMSジッタと等しくなります。また、観察によるRMSジッタ（標準偏差）、または他のヒストグラム測定をオンにして、ジッタをさらに特徴づけることができます（図11参照）。

シグナル・リギング、デューティ・サイクル、ジッタ、およびノイズです。

シリアル・デジタル・ビデオ信号が規格に適合しているかどうか判別するには、すべての関連パラメータを検討して、仕様の範囲内にあるかどうか調べる必要があります。パラメータを個々に測定するのは単調な作業で、誤りを引き起こす可能性があります。検証作業を単純化するために、ビデオ規格ではマスクを定義して適合信号の形状を指定しています。マスクをアイ・ダイヤグラムにオーバーレイ表示するだけで、割り当てられたマスクの領域に信号を合わせることにより、信号が適合しているかがすぐに分かります（図12参照）。

マスク・テスト

すでに説明したように、アイ・ダイヤグラムはシリアル・デジタル信号に関する数多くの特性、とくにノイズとジッタに対する相対マージンを明らかにします。ダイヤグラムは、1つの表示でタイム・ドメイン信号の最も重要な特性を表現します。その特性は、立上り時間と立下り時間、パルスのオーバーシュートとア

高度な通信オシロスコープには標準マスクが内蔵されており、メニューで選択できます。このようなオシロスコープは、可変時間遅延と電圧スケールを備えており、マスクに合うように信号を自動調整でき、取り込んだ波形数とマスク違反数（あるいは「ヒット」）をカウントすることもできるので、高速で精密なテストが可能です。

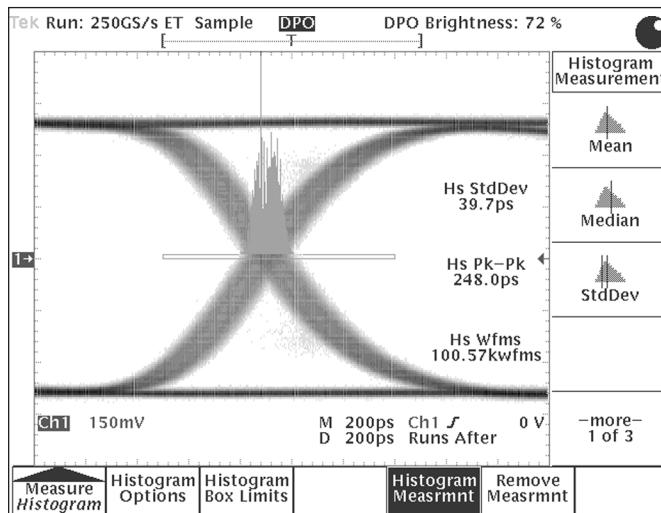


図11.ヒストグラムを用いて、デジタル・ビデオ信号のランダム・ジッタを特徴づけます。また、ヒストグラムの測定結果が画面の右側に表示されており、観察されたピーク間ジッタなどの特性を示しています。

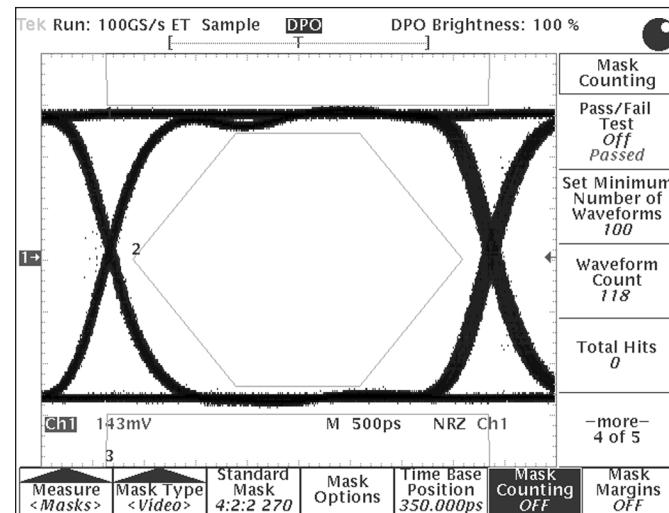


図12.マスク・テストは、シリアル・ビデオ信号が業界標準に適合しているかどうか検査するための、便利で信頼性のある方法です。この例では、最小100の波形がマスクと比較され、エラーはありません（0「ヒット」）。

結論

本アプリケーション・ノートでは、Tektronix TDS 700Dシリーズのデジタル蛍光体オシロスコープを使用して、複雑

な各種ビデオ信号に対して一般的な各種ベースバンド・ビデオ測定を迅速かつ容易に実行する例を示しました。輝度グレード表示、高い波形取込みレート、豊富な波形データ

といったパワーを備えたこの汎用装置は、ビデオ回路とビデオ・システムのデバッグ、特徴付け、および検査に最適なツールです。

詳細についてはTektronixまでご連絡ください。

当社のウェブサイトをご覧ください。

World Wide Web: <http://www.tek.com>

東南アジア諸国 (65) 356-3900; オーストリアおよびニュージーランド 61 (2) 9888-0100; オーストリア、東欧、トルコ、マルタおよびキプロス +43 2236 8092 0; ベルギー +32 (2) 715 89 70;
ブラジルおよび南米 55 (11) 3741 8360; カナダ 1 (800) 661 5625; デンマーク +45 (44) 850 700; フィンランド +358 (9) 4783 400; フランスおよび北アフリカ +33 1 69 86 81 81; ドイツ +49 (221) 94 77 400;
香港 (852) 2585-6688; インド (91) 80-2275577; イタリア +39 (2) 25086 501; 日本 81 (3) 3448-3111; メキシコ、中米およびカリブ海諸国 52 (5) 666-6333; オランダ +31 23 56 95555;
ノルウェー +47 22 07 07 00; 中華人民共和国 86 (10) 6235 1230; 大韓民国 82 (2) 528-5299; 南アフリカ (27 11) 651-5222; スペインおよびポルトガル +34 91 372 6000; スウェーデン +46 8 477 65 00;
イスイス +41 (41) 729 36 40; 台湾 886 (2) 2722-9622; 英国およびアイルランド +44 (0) 1628 403300; アメリカ 1 (800) 426-2200



Copyright © 1998, Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix製品は米国および諸外国による既存特許および申請中特許により保護されています。本文書は過去に公開されたすべての文書に優先するものです。仕様および価格は予告なしに変更されることがあります。TEKTRONIXおよびTEKはTektronix, Inc.の登録商標です。
その他の製品名は、該当各社のサービスネーム、商標、または登録商標です。

Tektronix
Enabling Innovation