

HDTV アナログ・コンポ ーネント測定



COMPUTING
COMMUNICATIONS
VIDEO

▶ HDTVアナログ・コンポーネント信号を測定に必要な条件

デジタルへの移行により、ビデオ信号処理が大きく躍進し、さまざまな技術でビデオ映像を加工できるようになりました。これらの利点にも関わらず、視聴者が受取る最終的な信号は、いまだにピクチャ・モニタ上に表示するアナログ信号に変換されます。セットトップ・ボックスや、DVDプレーヤ、PCカードなど、デジタル装置の種類が急増するのに伴い、標準のコンポジット出力のほかに、ビデオ・フォーマットの種類も増えてきています。これらの装置の性能をテストするには、HDTV (High Definition Television) アナログ・コンポーネント信号を測定するための必要条件を理解しなければいけません。映像がカラー・カメラで撮影され、光から電気的信号に変換される場合、赤、緑、青 (RGB) の3つのコンポーネント信号が生み出されます。これら3つのコンポーネント信号の組合せで、オリジナルの映像情報がカラー・ディスプレイに伝えられます。信号経路内にあるさまざまなビデオ処理システムは、少しの振幅エラーも、わずかなチャンネル・タイミング・エラーも生じないで、3つのコンポーネント信号を一緒に処理する必要があります。R'G'B' (「'」は信号がガンマ補正されていることを示します) の3つのコンポーネント信号は、それぞれが同じ帯域幅を持っています。それがデジタル信号処理の複雑さが増す原因になっています。このため、必要とする帯域幅を減らすため、R'G'B'信号は1つのルミネランス (Y') 信号へ変換されます。Y'信号は、表1の方程式で定義されるように、赤、緑、青の一部から作成されます。R'G'B'コンポーネント信号に変換して、最終的に映像を表示するには、Y'信号のほかに、B'-Y'とR'-Y'の2つの色差信号が必要です。細かな映像情報はフル帯域幅のルミネランス・チャンネルで伝送されるので、これらの

色差信号の帯域幅は小さくできます。R'G'B'とY'、B'-Y'、R'-Y'の間の変換は、簡単なマトリックス回路で行えるので、帯域幅を小さくし、容易にデジタル処理できるようになります。ルミネランス信号と色差信号のダイナミック・レンジをほぼ同じにできるので、Y'、B'-Y'、R'-Y'からY'P'bP'rへ変換はよく行われます。R'G'B'信号の代表的な振幅範囲は0~700mVです。Y'信号の振幅範囲は0~700mVになりますが、色差信号の振幅範囲は次に示すように異なります。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

▶ アプリケーション・ノート

表1. R'G'B'からY'、B'-Y'、R'-Y'への変換

Y'、R'-Y'、B'-Y'、アナログ・コンポーネント・ビデオでよく使われます。

フォーマット	1125/60/2:1、750/60/1:1	525/59.94/1:1、625/50/1:1
Y'	$0.2126 R' + 0.7152 G' + 0.0722 B'$	$0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'$
R'-Y'	$0.7874 R' - 0.7152 G' - 0.0722 B'$	$0.701 R' - 0.587 G' - 0.114 B'$
B'-Y'	$-0.2126 R' - 0.7152 G' + 0.9278 B'$	$-0.299 R' - 0.587 G' + 0.886 B'$

表2. Y'、B'-Y'、R'-Y'からY'、P'b、P'rへの変換

Y'、P'b、P'rアナログ・コンポーネント

フォーマット	1125/60/2:1 1920×1035 (SMPTE 240M)	1920×1080 (SMPTE 274M) 1280×720 (SMPTE 296M)	525/59.94/1:1 (SMPTE 273) 625/50/1:1 (ITU-R.BT.1358)
Y'	$0.701 G' + 0.087 B' + 0.212 R'$	$0.2126 R' + 0.7152 G' + 0.0722 B'$	$0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'$
P'b	$(B'-Y') / 1.826$	$[0.5 / (1 - 0.0722)] (B'-Y')$	$0.564 (B'-Y')$
P'r	$(R'-Y') / 1.576$	$[0.5 / (1 - 0.2126)] (R'-Y')$	$0.713 (R'-Y')$

	525または625	1125および750
R'-Y'	±491mV	±551mV
B'-Y'	±620mV	±650mV

プロセスを簡略化するため、B'-Y'およびR'-Y'コンポーネントにスケールリング・ファクタを加えて、信号のダイナミック・レンジを表2に示すように、±350mVにします。これを示すため、値はP'b（スケールされたB'-Y'コンポーネント）およびP'r（スケールされたR'-Y'コンポーネント）と名付けられています。

HDTVアナログ・コンポーネント・システムには、定量化の必要のあるさまざまな異なる測定パラメータがあります。これらのいくつかは、コンポジット信号で行っていた測定に類似しています。しかし、微分利得（DG）や微分位相（DP）のようなコンポジット測定は、コンポーネント信号測定と若干異なっています。純粋にコンポジット信号だけで行われるこれらのテストは、ルミナンス・レベルに対する変調クロミナンス利得の測定、あるいはルミナンス・レベルに対するクロミナンス位相の測定などです。アナログ・コンポーネント・ビデオでは、クロミナンス信号は2つの別個の色差コンポーネントによって表わされます。したがって、異なる測定方法が使用されます。コンポーネント信号を定量化するのに要する測定の種類は、コンポジット信号測定より少なくなります。しかし、3つのコンポーネントすべてに測定を適用する必要があります。

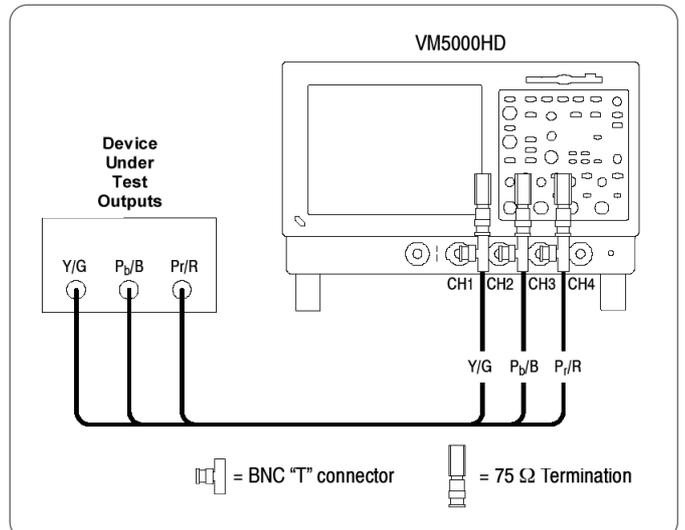
接続方法

当社は、HDTVアナログ・コンポーネント・システムの自動測定が行えるVM5000HD型ビデオ・アナライザを開発しました(図1参照)。VM5000HD型を1度設定すると、被測定装置(DUT)の一連の測定が自動的に行えます。DUTから出力される信号の種類に応じて、さまざまな方法でVM5000HD型を接続することができます。コンポーネント・システムでは、同期はさまざまなチャンネルで伝送されます。たとえば、Y'P'bP'rフォーマットでは、同期は常にYチャンネルで伝送され、2値レベル同期パルスが使用されます。しかし、HDTVフォーマットでは、3値レベル同期パルスが使用され、一般的にはすべてのチャンネルで伝送されます。R'G'B'システムでは、同期はコンポーネントの1つ、またはすべてで伝送されます。PCのVGA出力のように、別の同期チャンネル(RGBS)、あるいはH同期チャンネルとV同期チャンネル(RGBHV)で伝送されることもあります。このため、使用されている入力フォーマットの応じて、VM5000HD型を正しくセットアップしなければいけません。Y'またはG'にコンポジット同期が付いたY'P'bP'rまたはR'G'B'フォーマットのいずれかを測定する場合は、図2に示すように、VM5000HD型のチャンネル1にY'またはG'を接続して、セットアップします。この接続方法では、正確な周波数応答測定が行えますが、チャンネル1入力で-65dB(30MHz)までノイズ測定の範囲が制限されます。

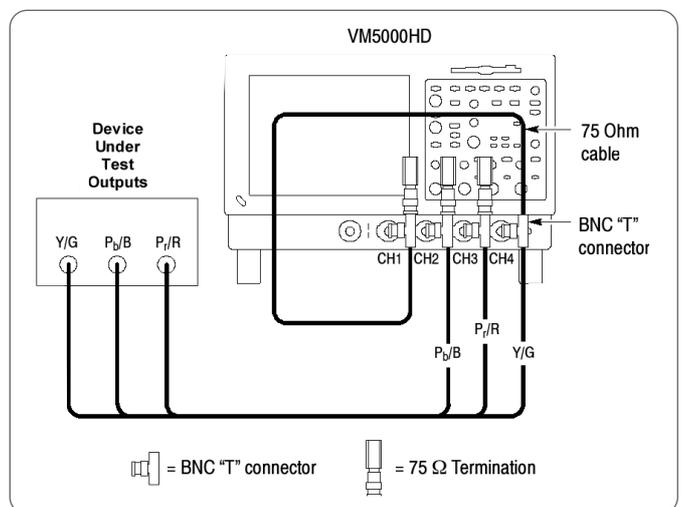
ノイズ測定の性能を拡張するには、図3に示す方法で接続します。この場合、同期はVM5000HD型のチャンネル4に接続します。この接続方法では、同期がデフォルトのチャンネル1入力ではなく、チャンネル4入力から確実に得られるようにVM5000HD型を設定しなければいけません。この方法で接続すると、VM5000HD型のアルゴリズムがビデオ信号システムのダイナミック・レンジを最大限にし、-60dB(30MHz)より下の低レベル・ノイズ測定を、より正確に行えるようになります。しかし、同期信号をチャンネル4にループスルー接続するので、余分な負荷が加わり、チャンネル1の周波数応答測定で、30MHzにて0.04dBの減少が少し生じます。さらに、チャンネル1の信号経路は、ケーブルが他のチャンネルよりも長くなるので、それに相当するチャンネル遅延測定エラーが加わります。測定性能を改善するため、低容量(<12pF)のオシロスコープ・プローブを使用して、チャンネル4に同期信号を供給します。図2に示すようにY'/G'信号を直接チャンネル1に接続し、75Ωで終端します。チャンネル4入力にプローブを接続します。BNC-Tコネクタとプローブ-BNCコネクタ(P5050型プローブ用は013-0254-00)を使用して、チャンネル1にプローブ・チップを接続します。



▶ 図1. VM5000HD型ビデオ・アナライザ



▶ 図2. YPbPr/GBRのVM5000HD型への接続方法



▶ 図3. VM5000HD型での同期信号のループスルー接続方法

HDTVアナログ・コンポーネント測定

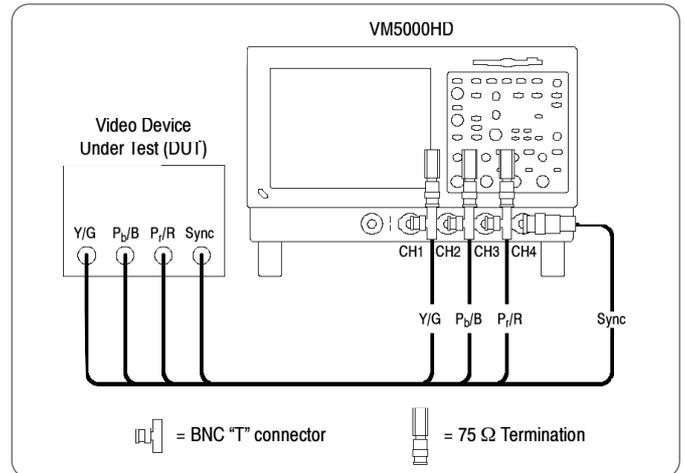
▶ アプリケーション・ノート

被測定装置からの個別の同期出力が提供される4線式システムは、図4で示すように接続ができます。この接続方法では、同期はチャンネル4から直接得られます。このチャンネル上で測定しないので、この入力は終端しても、しなくても、どちらでも構いません。最後の接続方法では、図5に示すように、専用ケーブルで直接PCにVM5000HD型を直接接続できます。このケーブルは、装置のチャンネル4入力に直接入力できるように、VGA出力の個別のH同期とV同期を組合せて、コンジット同期へ変換します。この接続方法は、セットトップ・ボックスの5線式R'G'B出力をテストするために、よく使用されます。

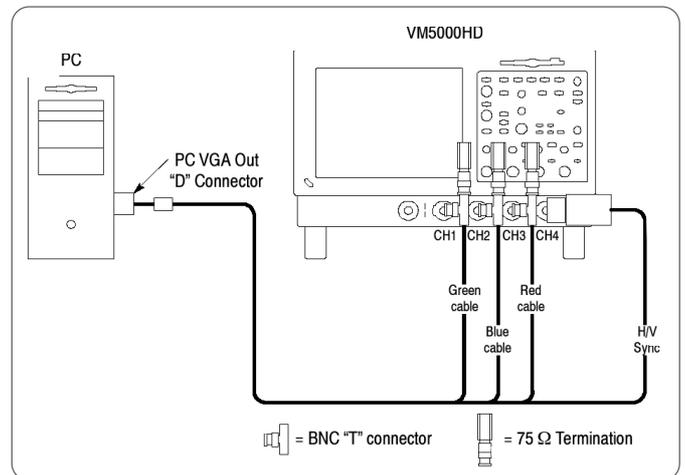
ターミネーション

適切でない終端は、動作エラーとフラストレーションの共通した原因になります。信号経路にターミネータを2つ入れたたり、または終端しないまま放置したりすると、信号振幅に深刻な悪影響を及ぼします。したがって、75Ωターミネータを使用して、各ビデオ信号を終端する必要があります。信号が何台かの装置を経由してループしているとき、最後の装置で終端するのが一般に最も良い方法です。

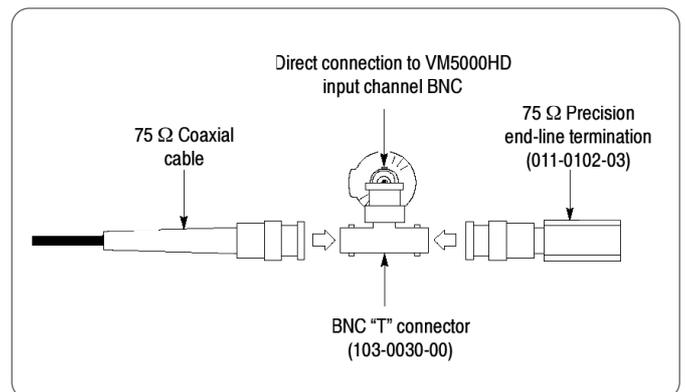
小さな歪みを測定する場合、ターミネータの品質は特に重要になります。正しくない終端インピーダンスは周波数歪みと同様に、振幅エラーも引き起こすことがあるので、最も厳しく、実用的な許容差を備えたターミネータを必ず選択して下さい。被測定装置からの信号は、図6に示すように、75ΩBNCケーブルを介してVM5000HD型に接続し、計測器の入力で正確に終端します。



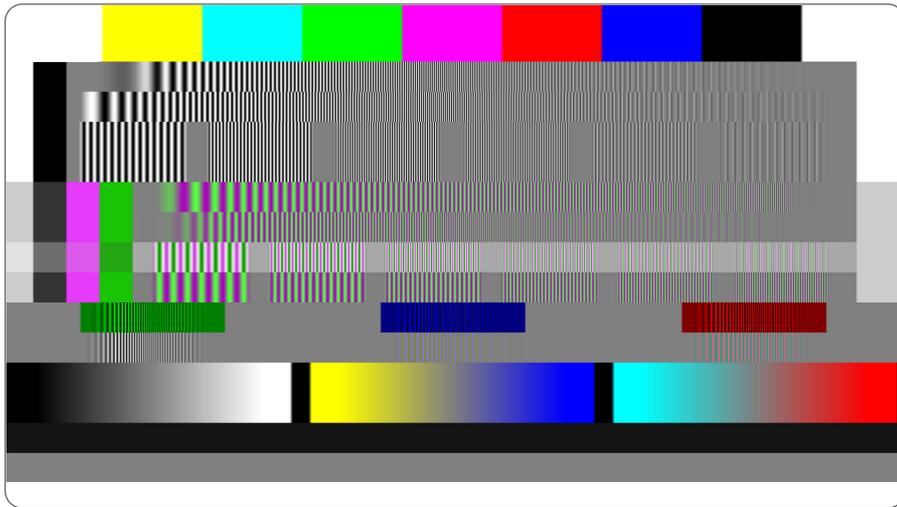
▶ 図4. 個別の同期信号が付いたコンポーネント信号のVM5000HD型への接続方法



▶ 図5. PC VGAのVM5000HD型への接続方法



▶ 図6. 被測定装置のVM5000HD型への接続方法



▶ 図7. マトリックス・テスト・パターン

テスト信号

アナログ・コンポーネント測定は、システム性能を測定するのにさまざまなテスト信号を必要とします。シングル・ラインのテスト信号は、数ライン繰返されます。しかし、システムの許容度を確認するために、フィールド全体に及ぶテスト信号を使用する必要はありません。したがって、さまざまなテスト信号を数ラインずつ組合せて、マトリックス・パターンを形成できます。これは、1つのパターンで一連の測定が行えるので、測定時間を短縮できます。計測器はマトリックス・パターン内の特定のテスト・ライン上で適切な測定を行います。マトリックス・パターンを設計する際、信号がR'G'B'またはY'P'bP'rフォーマットを確実にサポートするようにする必要があります。これは、さまざまなR'G'B'測定とY'P'bP'r測定の両方にふさわしい2種類の信号セットを構成する必要性を生み出しました。図7によく使用されるマトリックス・パターンを示します。このマトリックス・パターンはVM5000HD型で利用できるパッケージ・ソフトウェアです。次章では、さまざまなこれらのテスト信号が測定ルーチン内でどのように使用されるかを解説します。

VM5000HD型を使用した自動測定

VM5000HD型は、サポートしているビデオ信号の規格やフォーマット (Y'P'bP'rまたはR'G'B') を選択するだけで、さまざまなHDTVアナログ・コンポーネント測定を行うのに必要な設定が簡単に行えます。被測定装置のタイプに応じて、VM5000HD型の同期をチャンネル1とチャンネル4のどちらに入力するかなど、適切なセットアップを選ぶ必要があります。VM5000HD型は、入力された信号の適切なレベルやタイプに応じて、自分自身を自動的にセットアップできます。この手続きは、時間を節約するだけでなく、測定プロセスのスピードアップにも役立ちます。したがって、自動測定の合間に、VM5000HD型のほかの機能を使用する場合、自動スケール機能を解除してから再選択するか、あるいはアプリケーションを再スタートします。また、VM5000HD型は各測定のアベレージングが行えます。これは、信号のノイズが多い場合や、測定結果が変動している場合に便利です。アベレージング回数を大きくすると、より多くの測定結果が平均に累積され、より安定した測定結果が得られます。VM5000HD型には合計で6つの測定ルーチンがあり、100パラメータに及ぶ測定が行えます。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

▶ アプリケーション・ノート

表3. 100%カラー・バー信号フォーマットの振幅範囲

カラー・バー	525p/625p						1080/720		
	R' (mv)	G' (mv)	B' (mv)	Y' (mv)	Pb (mv)	Pr (mv)	Y' (mv)	Pb (mv)	Pr (mv)
白	700	700	700	700.0	0.0	0.0	700.0	0.0	0.0
黄	700	700	0	620.2	-349.8	56.9	649.5	-350.0	32.1
シアン	0	700	700	490.7	118.0	-349.9	551.2	80.2	-350.0
緑	0	700	0	410.9	-231.7	-293.0	500.6	-269.8	-317.9
マゼンタ	700	0	700	289.1	231.7	293.0	199.4	269.8	317.9
赤	700	0	0	209.3	-118.0	349.9	148.8	-80.2	350.0
青	0	0	700	79.8	349.8	-56.9	50.5	350.0	-32.1
黒	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表4. 75%カラー・バー信号フォーマットの振幅範囲

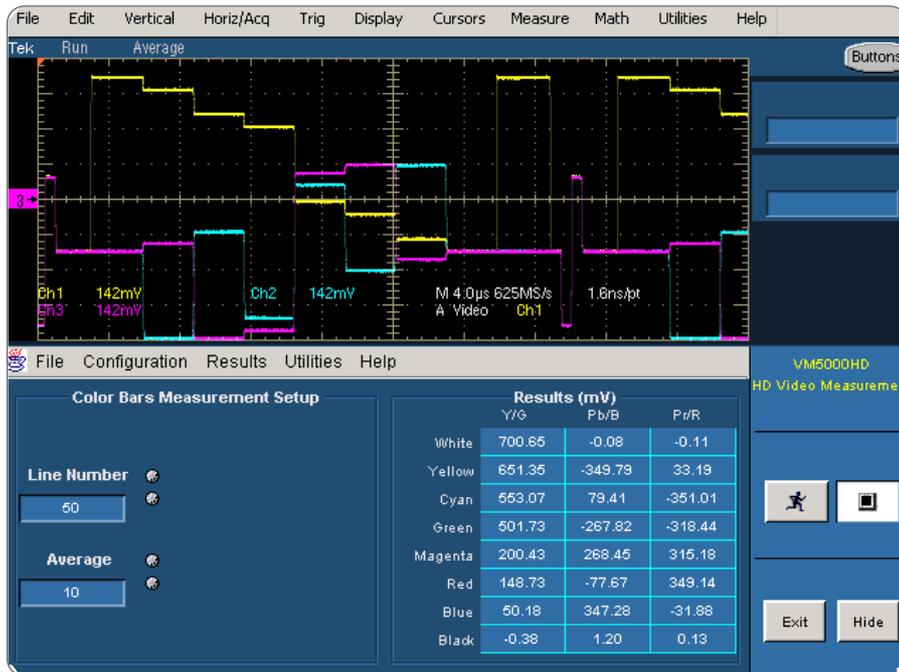
カラー・バー	525/625						1080/720		
	R' (mv)	G' (mv)	B' (mv)	Y' (mv)	Pb (mv)	Pr (mv)	Y' (mv)	Pb (mv)	Pr (mv)
白	700	700	700	700.0	0.0	0.0	700.0	0.0	0.0
黄	525	525	0	465.2	-262.3	42.7	487.1	-262.5	24.1
シアン	0	525	525	368.0	88.5	-262.4	413.4	60.2	-262.5
緑	0	525	0	308.2	-173.8	-219.7	375.5	-202.3	-238.4
マゼンタ	525	0	525	216.8	173.8	219.7	149.5	202.3	238.4
赤	525	0	0	157.0	-88.5	262.4	111.6	-60.2	262.5
青	0	0	525	59.9	262.3	-42.7	37.9	262.5	-24.1
黒	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

振幅測定 — カラー・バー



振幅測定は、よく知られているカラー・バー・テスト信号を使用して行います。カラー・バー・テスト信号は、R'G'B'コンポーネントをスイッチ・オン/オフして、8つの可能な組合せすべてを作り出した信号です。

カラー・バー・テスト信号にはさまざまな形式があります。代表的には、R'G'B'の最大ダイナミック・レンジの100%振幅(700mV)を使用した信号と、75%振幅(525mV)を使用した信号の2種類があります。100%および75%カラー・バーの各ビデオ規格で与えられているY'PbPrコンポーネントの振幅範囲を表3と表4に示します。



▶ 図8. VM5000HD型のカラー・バー測定表示

テストする装置のタイプに応じて、実測値の許容変動範囲がパーセンテージで規定されています。たとえば、DVDプレーヤのプロGRESS出力はセットアップを変更すると、測定結果も大きく変動します。コンポーネントのレベル変化は、表示された映像に異なる色調や飽和度をもたらします。カラー・バー・テスト信号で、信号クリッピングの原因となる、チャンネル間での利得の不一致を確認し、歪みのない信号を保証できます。当社のマトリックス・パターンは、各コンポーネントのフル・ダイナミック・レンジをテストするために100%カラー・バー信号を使用しています。カラー・バー・パターンは、マトリックス・パターンの一番上に位置します。そして、そのライン番号は規格によって異なります。指定されているライン番号はテスト・マトリックスを発生するためのデフォルト値ですが、被測定システムのいくつかは、映像を異なる位置へライン・シフトするかもしれません。

フォーマット	1080i	720p	480p	576p
ライン位置	21-84	26-153	43-106	45-108
	584-647			

VM5000HD型は、3チャンネルの各々の相対振幅を最初に識別することにより、カラー・バー測定を実行します。8つの振幅測定が、各チャンネル上で行われます。合計24個の測定が0.5秒より短い時間で実行されます。1080i信号上で実行した代表的な測定結果を図8に示します。各バー・レベルの振幅レベルは、バック・ポーチを基準に測定されます。振幅は、各識別されたバー内での波形の平均値から計算されます。このため、マニュアルでセットアップする場合は、VM5000HD型のキャプチャ・ウインドウ内に、フル・ビデオ・ラインが確実に表示されるようにする必要があります。

周波数応答測定 — マルチバースト

この測定は、振幅に影響を及ぼさずに、周波数の異なる信号成分を均一に伝送する能力を評価します。この振幅変動は、dBまたはパーセントで表現されます。他の周波数成分と比較する基準振幅（0dBまたは100%）には、バーまたはフラグ、あるいはある種の低周波が用いられます。測定結果の振幅と測定した周波数を知ることは重要です。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

▶ アプリケーション・ノート

表5. 各ビデオ・フォーマットのマルチバースト・パケット周波数

フォーマット	Packet 1 (MHz)	Packet 2 (MHz)	Packet 3 (MHz)	Packet 4 (MHz)	Packet 5 (MHz)	Packet 6 (MHz)
R'G'B'						
1080i & 720p	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Yミクスト帯域幅						
BW 1080i & 720p	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Pb/P'rミクスト帯域幅						
BW 1080i & 720p	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Y半帯域幅						
BW 1080i & 720p	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Pb/P'r半帯域幅						
BW 1080i & 720p	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
R'G'B'						
480p & 576p	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
Yミクスト帯域幅						
BW 480p & 576p	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
Pb/P'rミクスト帯域幅						
BW 480p & 576p	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Y半帯域幅						
BW 480p & 576p	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Pb/P'r半帯域幅						
BW 480p & 576p	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0

テスト信号

使用されるマルチバースト・テスト信号には3種類があります。1つはR'G'B'用で100%振幅と6つの正弦波パケットを持っています。次はY'P'bP'r用で、320mVp-p振幅（45.7%）と帯域幅が半分の周波数パケットを持っています。そして最後のY'P'bP'rミクスト・マルチバースト信号は45.7%振幅で、フル帯域幅のYパケットと帯域幅が半分の色差パケットの両方を含んでいます。Y'P'bP'rからR'G'B'に変換する時、互換性が得られるように設計されたテスト信号を使用する必要があります。各規格で使用されるさまざまなマルチバースト信号のパケット周波数を表5に要約して示します。

次表にさまざまなマルチバースト信号のデフォルト・ライン位置を示します。



フォーマット	1080i	720p	480p	576p
R'G'B'	149-2122	82-343	173-236	173-236
ライン位置	715-775			



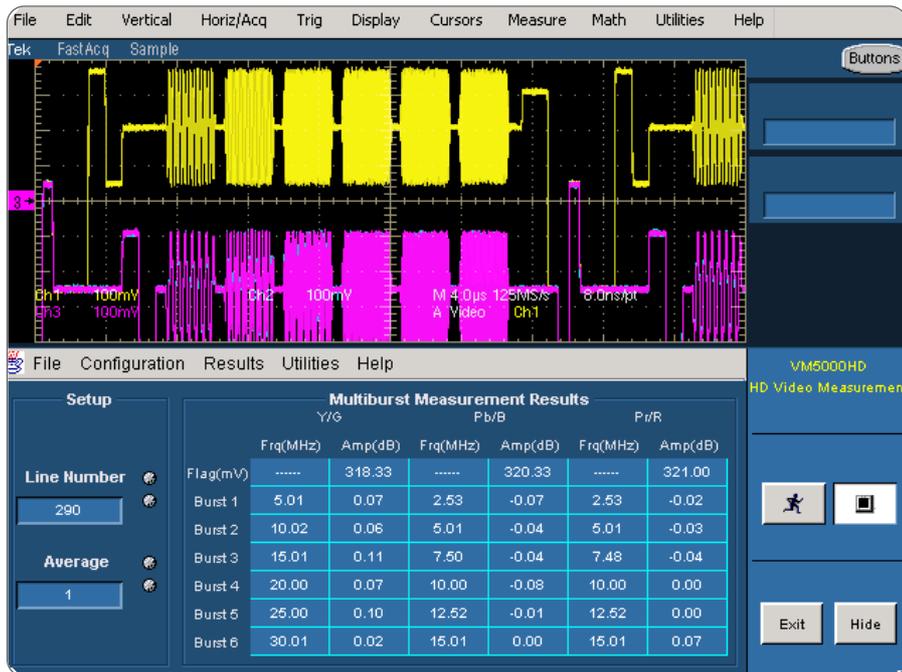
フォーマット	1080i	720p	480p	576p
Y'P'bP'rミクスト	277-3084	10-441	269-300	301-332
ライン位置	840-871			



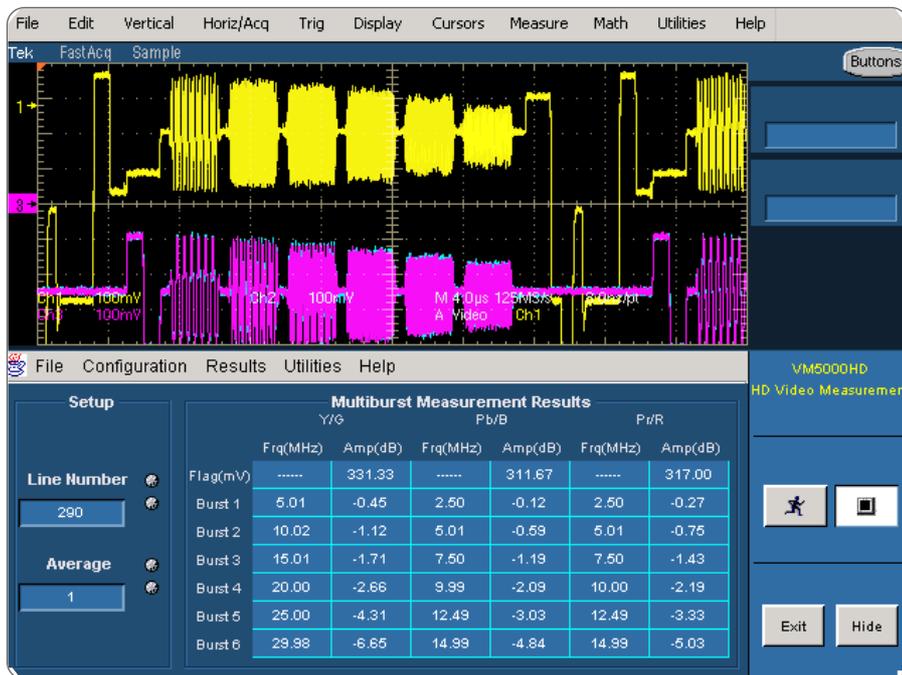
フォーマット	1080i	720p	480p	576p
Y'P'bP'r半帯域幅	309-340	442-473	301-332	333-396
ライン位置	872-903			

VM5000HD型は1GHzの広い帯域幅を備えており、ビデオ信号のより狭い帯域幅では、非常に平坦な周波数応答を持っています。ビデオ信号の帯域幅は、1080iおよび720pフォーマットが30MHz、576pおよび480pフォーマットが12MHzです。VM5000HD型の周波数性能が十分なので、ビデオ信号のマルチバーストを正確に測定できます。計算に使用しているアルゴリズムは、MPEG圧縮やフォーマット変換された信号のようにノイズが多い信号でも測定できます。信号スペクトラム内で分離されたピークが最も大きい周波数を見つけ出します。オリジナルのテスト信号は互いから十分に分離できる周波数パケットを持っていますが、被測定装置が大きな処理を実行すると、信号内で多数のエイリアス周波数が発生します。そのような場合、アルゴリズムはスペクトラム表示内で最も分離されたピークを6つ選びます。周波数パケットは、周波数の低い方から高い方へ順番に表示されます。パケットの最大振幅は、ペダスタル・エリアとウインドウされた複素正弦波との相互相関から得られます。テスト信号発生器のほとんど劣化のないミクスト帯域幅のY'P'bP'r信号で測定した結果を図9に示します。

周波数応答に問題があると、垂直の縁部がぼやけてにじみ、ぼやけや映像になってしまいます。この問題は、被測定装置がビデオ信号用のSin(x)/x特性を備えた適切な復元フィルタを備えていない場合に生じる可能性があります。たとえば、パケットのエンベロープが平坦だったとしても、これはパケットの基本周波数成分内でロール・オフを引き起こします。この場合、たとえ表示されているパケットの振幅が同じように見えても、最も周波数が高いパケット振幅の測定結果は数dB低くなるかもしれません。これは、パケットがもはや純粋なスペクトラム・ウインドウの正弦波



▶ 図9. VM5000HD型のマルチバースト測定



▶ 図10. 1080i信号のセットトップ・ボックス出力

ではなく、他のスペクトラム成分を含んでいるためです。余分なスペクトラム成分を適切なフィルタで除去すると、信号のエンベロップが特定の周波数で処理された信号の実際の周波数応答測定に良い影響を及ぼします。元の1080i信号を出力するセットトップ・ボックスを測定した結果を図10に示します。周波数が高い方のパケットで徐々にロール・オフが大きくなっています。装置の用途によっては、これらの性能の限界は受け入れられるかもしれません。

さまざまなセットトップ・ボックスでは、装置に入力された元のフォーマットの信号は、別の表示フォーマットへデジタル的に変換されます。この際、テスト信号のオリジナルのパケット周波数は、この操作に使用されるアルゴリズムによって、他のパケット周波数に変換されます。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

▶ アプリケーション・ノート

一般に、1080iから480pへの変換では、Y、R、G、Bで $(27\text{MHz}/2) = 13.5\text{MHz}$ 、PbとPrで 13.5MHz または $(13.5\text{MHz}/2) = 6.75\text{MHz}$ より上の周波数でエイリアスが生じるので、 $(1920/720) \times (27/74.176) = 0.9707$ のファクタで周波数を変更します。

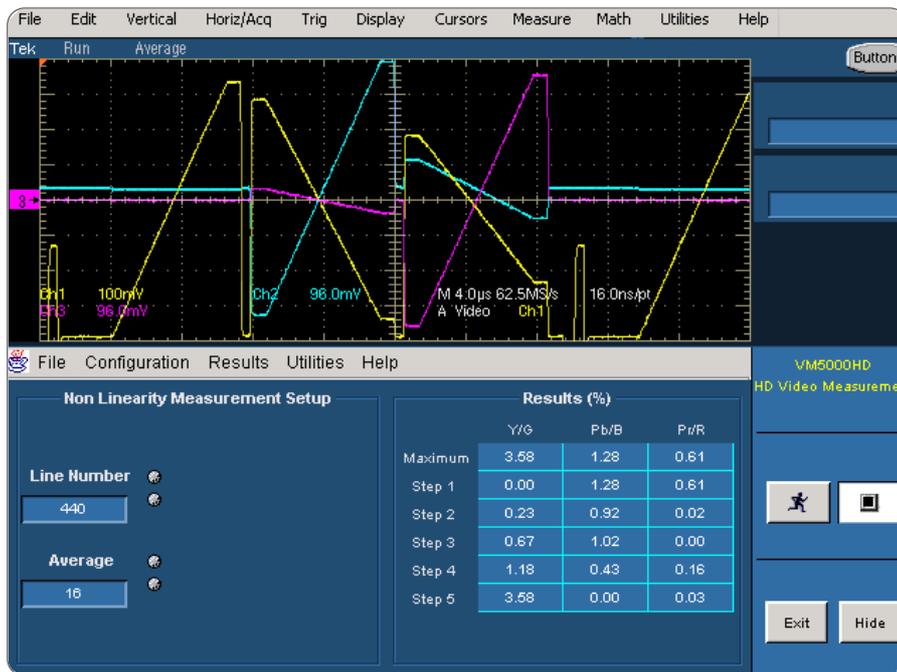
フォーマット	Frequency					
ネイティブ 1080i Y'	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz	25MHz	30MHz
フル帯域幅 480p出力	4.85MHz	9.71MHz	Aliased 14.6MHz	Aliased 19.4MHz	Aliased 24.3MHz	Aliased 29.1MHz
ネイティブ 1080i Pb/Pr	2.5MHz	5MHz	7.5MHz	10MHz	12.5MHz	15MHz
半帯域幅 480p出力	2.43MHz	4.85MHz	Aliased 7.28MHz	Aliased 9.71MHz	Aliased 12.13MHz	Aliased 14.56MHz



▶ 図11. セットアップ・ボックスで1080iを480p規格に変換した信号の測定結果

上記のチャートについて、元の1080i信号から480p表示フォーマットへの変換する次の事例で説明します。ダウン・コンバージョンのプロセスは、1080i信号を480p規格へリサンプルするのに使用されるアルゴリズムによって変化し、オリジナルの周波数パケットのいくつかは、異なる周波数パケットへエイリアスされます。これは、出力装置のサンプリング周波数とフィルタ特性に依存しています。図11は、1080iから480pに変換するセットトップ・ボックスを測定した結果です。この例では、マルチバースト信号の2つのパケットだけが正確に処理されています。他のパケットはさまざまな異なる周波数成分へエイリアスされています。

それらはナイキスト・サンプリング理論で予期された周波数のエイリアスなので、測定結果は理論上計算された非エイリアス値と異なるパケット周波数を示します。さらに、アンチ・エイリアシング・フィルタや復元フィルタを備えていない場合は、測定結果に影響を及ぼす可能性がある多数の周波数成分を含んでいることもあります。このため、セットトップ・ボックスの性能を評価するのに詳細な解析が必要な場合は、VM5000HD型のオシロスコープ機能を使用して手動で行えます。しかし、そのような場合の測定結果は、周波数応答が基準から本質的に逸脱することを示すます。色差チャンネル中にマルチバースト成分がない特殊なテスト信号では、その表示は計算された値ではなく、信号で予期された周波数パケットを示すことに注意してください。



▶ 図12. セットトップ・ボックス出力の非直線性測定

非直線性測定



システムの利得が振幅レベルとともに変動する場合、非線形が存在します。この振幅歪みは全振幅範囲に渡ってコンポーネント情報を均等に処理する能力がシステムにないことを意味します。ランプまたは階段波のどちらかのテスト信号で各ステップの振幅を比較し、最も大きなステップと最も小さなステップの振幅差を測定して、最も大きいステップの振幅に対するパーセンテージで表現します。マトリックス・テスト・パターン内で使用するテスト信号はバリッド・ランプで、このテスト信号はR'G'B'とY'P'bPrの両方に使用できます。バリッド・ランプ信号は1ラインのテスト信号で、3つのランプから構成されています。最初のルミナンス・ランプは、Y'、R'、G'、B'に使用します。2番目のランプはP'b直線性測定に使用し、3番目のランプはP'rに使用します。バリッド・ランプ信号のさまざまなビデオ規格におけるデフォルト・ライン位置を下記に示します。

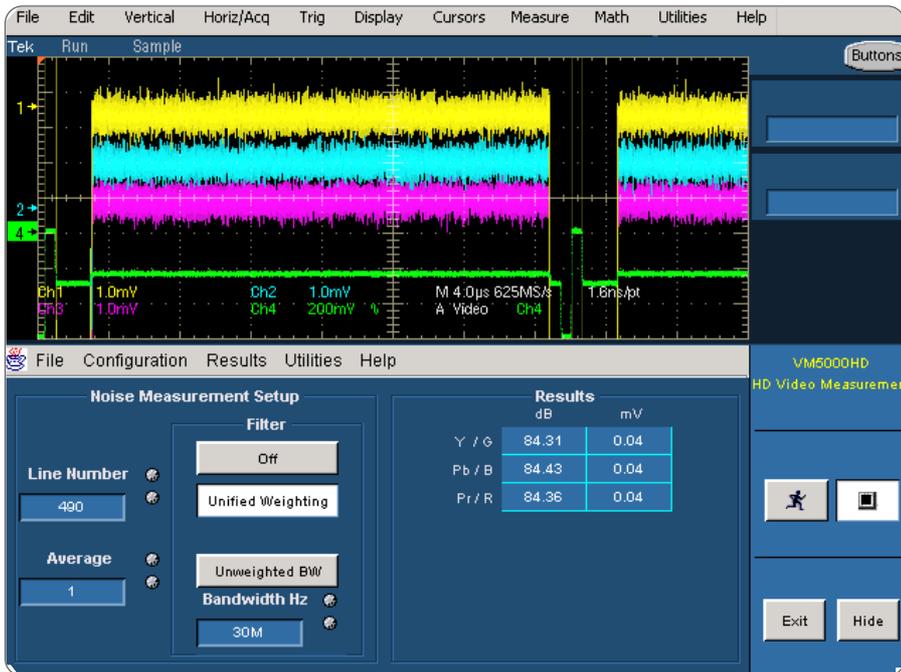
フォーマット	1080i	720p	480p	576p
ライン位置	404-468	539-602	363-476	461-524
	968-1031			

測定はランプ全体を等しい時間間隔で6分割して行われ、結果はテスト信号の理想的な直線の振幅増加に対するパーセンテージ偏差として与えられます。実際のセットトップ・ボックス出力を測定した結果を図12に示します。ランプ全体の最大値が他の5箇所の測定結果と共に表示されていることに注目して下さい。この例では、ルミナンス信号が高い方の振幅レベルで生じている極わずかなソフト・リミットを示します。これはユニットの性能にとって許容できる範囲内です。

人間の視覚の特徴として、白黒映像のルミナンス非直線性にはあまり敏感ではありません。しかし、歪みが大きいと、暗い部分や明るい部分の詳細情報が失われ、それに気づく可能性があります。これらの影響は、白黒映像のクラッシュやクリッピングに相当します。しかし、たとえばR'G'B'のチャンネル不一致の場合は、カラー・シフトが顕著に現れます。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

▶ アプリケーション・ノート



▶ 図13. VM5000HD型のノイズ測定

ノイズ測定

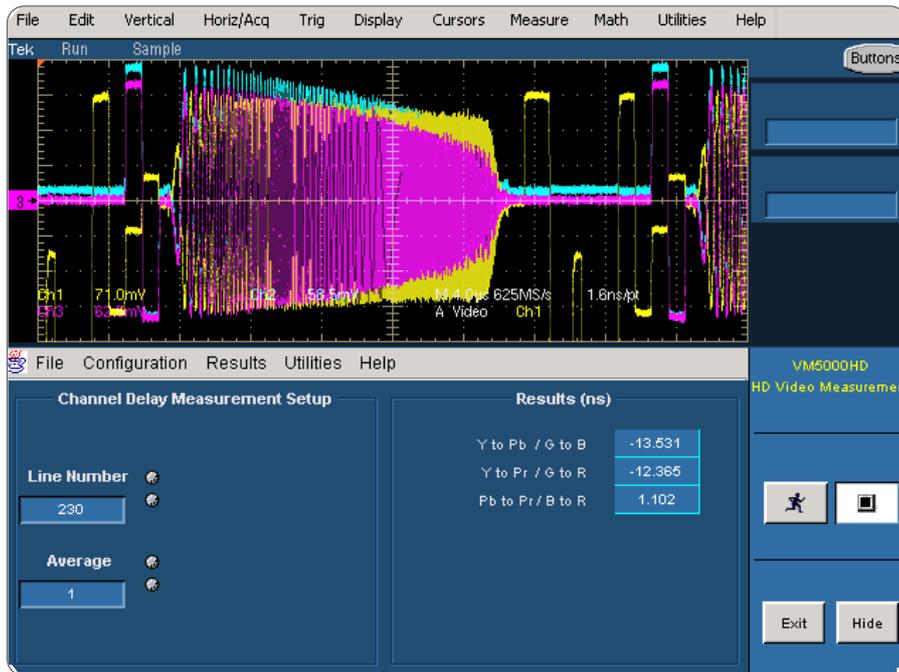
ノイズは任意の電気的システム内に存在し、自然および人工的なさまざまな発生源から混入します。自然界ではノイズはランダムまたはコヒーレントに発生します。システム内の極端に大きなノイズは、信号を劣化させる原因になります。極端な場合、ノイズは装置が信号に同期しにくくなります。約40dBのS/N比でエラーが目に見えるようになり、映像に火花や雪のような模様が生じます。劣化の程度は、ノイズのスペクトル分布などさまざまな要因に左右されます。CCIR勧告576-2は、一般的な視聴条件でノイズの視感とより一致させるため、ノイズ・スペクトラムの評価に使用する重み付フィルタに関する情報を提供しています。VM5000HD型で使用されるこれらの重み付フィルタは、ノイズ特性の「視感」とより一致させるため、各ビデオ・フォーマットに応じて修正されています。

ノイズ測定にはペDESTAL信号が使用されます。Y'、R'、G'、B'用は7.5%、50%または100%レベル、P'bとP'r用は0%レベルです。これらの信号の各ビデオ規格におけるデフォルト・ライン位置は次のようになっています。

フォーマット	1080i	720p	480p	576p
7.5%	469-500	603-634	427-4585	25-556
ライン位置	1032-1063			
50%	501-532	635-666	459-4905	57-588
ライン位置	1064-1095			
100%	533-560	667-745	491-5255	89-620
ライン位置	1096-1123			

ノイズ測定は、最初にライン・チルト（傾斜）と低周波歪みを除去された後に計算されます。選択されたフィルタは、適用可能な場合、スペクトラムですべてのAC信号成分に重み付けを加えます。結果のRMS電圧は、700mVのピーク信号値を使用して、dB単位のS/N比として計算されます。

図13に基準ゼネレータの信号をVM5000HD型でノイズ測定した結果を示します。図13は通常の運用でセットトップ・ボックスから期待されているノイズより著しく良い結果になっていますが、非常に広いダイナミック・レンジ上でアルゴリズムがどのように動作するかを示しています。VM5000HD型のチャンネル1をより広いダイナミック・レンジを要する測定に使用するため、同期はチャンネル4から与えられています。同期用にチャンネル1を使用すると、Y'/G'の雑音指数は精度が少し悪くなります。



▶ 図14. セットトップ・ボックス出力のチャンネル遅延測定

チャンネル遅延測定

チャンネル遅延測定は、3つのビデオ・チャンネルの相対的なタイミングを確認するために使用されます。この測定を行う時は、DUTとVM5000HD型の接続に使用する各信号経路のケーブルは、同じ長さでなければいけません。チャンネル遅延は、チャンネルの相対的なケーブル長の影響を受けるので、測定結果にエラーが生じるからです。このため、トリガをチャンネル1でかけるか、あるいはハイ・インピーダンス、低容量の広帯域プローブをチャンネル4に接続し、ターミネータとBNC-Tコネクタを介して、チャンネル1上の信号をプロービングする必要があります。遅延は各信号の異なる経路の不均等によって発生します。

ビデオ・システムでは、各チャンネル間の遅延評価にポウタイ信号が使用されていました。しかし、これで必要となる特別なテスト信号は、MPEG圧縮やノイズのような処理を行うシステムでは劣化する可能性があります。そのため、標準のスweep信号を使用して、チャンネル間の相互相関を検知するアルゴリズムが開発され、VM5000HD型に搭載されました。さらに、マルチバースト信号やチャープ信号、ライブのプログラム信号のような相関の高い他の種類の信号でさえも使用できます。チャンネル間の相互相関が不足していて、選択された信号上で測定を実行できない場合、各チャンネルの測定結果は“---”になり、「チャンネル間の相関が低い (low correlation between channels)」警告メッセージも表示されます。

チャンネル遅延測定は、チャンネルの各ペア間で信号のトランジションの相互相関が最大になるものを探します。最大の相互相関に対応する遅延が得られ、時間で表示されます。チャンネル間に良い相関があれば、さまざまなテスト・ライン信号をチャンネル遅延測定に使用することができます。R'G'B'またはY'P'bP'rフォーマットで使用されるテスト信号のデフォルト・ライン位置は次のようになっています。これらのテスト信号にはスweep信号が含まれています。

フォーマット	1080i	720p	480p	576p
RGB	117-148	219-282	139-170	141-172
ライン位置	680-711			
YPbPr	213-244	347-378	235-250	237-268
ライン位置	776-807			

測定結果を図14に示します。各チャンネルの遅延は他のチャンネルと比較されます。“Pb to Pr”遅延の測定結果は正の数値になっていますが、これはPbがPrより1.1ns遅れていることを示しています。“Y to Pb”の測定結果は負の数値になっていますが、これはYがPbより13.53ns進んでいることを示しています。遅延測定結果は、信号のそれぞれの部分間で最大相互相関を得るのに必要な時間シフトです。このシフトまたは遅延は周波数に依存することがあります。群遅延の傾向は、帯域幅の狭いさまざまな信号で遅延を測定することで得られます。

HDTVアナログ・コンポーネント測定

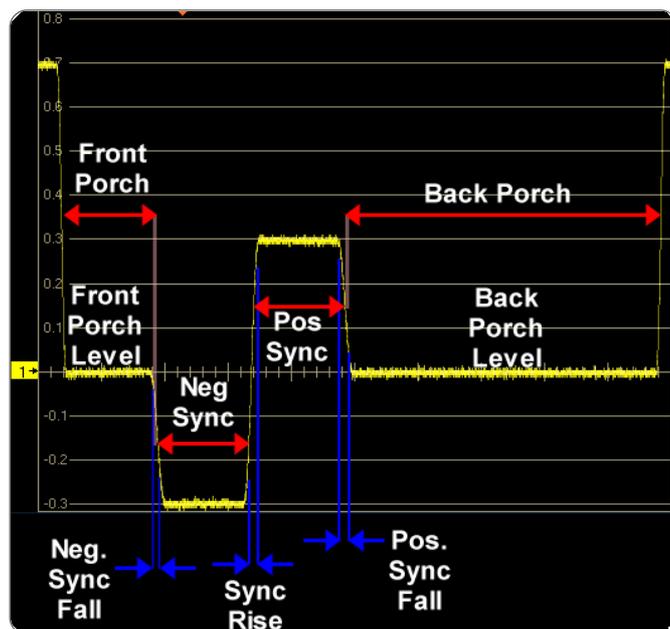
▶ アプリケーション・ノート

水平同期信号測定

VM5000HD型で行える最後の測定は、同期信号が規格に準拠していることを確認するため、適切なビデオ規格の水平ブランキング間隔における信号タイミングと振幅をチェックすることです。マトリックス・テスト信号内の任意のアクティブ・ラインがこの測定に使用できます。別の信号を使用する場合、フロント・ポーチとバック・ポーチを測定するためには、アクティブ・ビデオの信号の振幅は7.5%以上でなければいけません。信号振幅が適切でない場合、VM5000HD型はフロント・ポーチとバック・ポーチを測定できないかもしれません。

すべての振幅はバック・ポーチを基準に測定されます。タイミング間隔は信号の50%立上り点または50%立下り点で測定されます。立上り／立下り時間測定は10%点と90%点で行われます。VM5000HD型が測定する相対的な位置を図15に示します。

図16に示すように結果が表示されます。各ビデオ規格でのタイミング間隔の仕様を表6に示します。



▶ 図15. HDTVの3値レベル同期タイミング測定



▶ 図16. VM5000HD型の同期パルス測定結果

表6. 各種ビデオ・フォーマットでの代表的なタイミング測定

フォーマット	通常値 (ns)	最小値 (ns)	最大値 (ns)
1080i 59.94			
フロント・ポーチ	606.67 (45T)	566.22	7 2 8
マイナス同期パルスの立下り時間	53.93	33.7	74.15
マイナス同期パルスの幅	593.18 (44T)	552.74	6 3 3.6 3
同期パルスの立上り時間	53.93	33.7	74.15
プラス同期パルスの幅	593.18 (44T)	552.74	6 3 3.6 3
プラス同期パルスの立下り時間	53.93	33.7	74.15
バック・ポーチ	1995.25 (148T)	1954.81	2 1 1 6.5 9

フォーマット	通常値 (ns)	最小値 (ns)	最大値 (ns)
720p 59.94			
フロント・ポーチ	942.76 (70T)	902.36	1063.97
マイナス同期パルスの立下り時間	53.87	33.67	74.07
マイナス同期パルスの幅	538.72 (40T)	498.32	579.12
同期パルスの立上り時間	53.87	33.67	74.07
プラス同期パルスの幅	538.72 (40T)	498.32	579.12
プラス同期パルスの立下り時間	53.87	33.67	74.07
バック・ポーチ	2962.96 (220T)	2922.56	3048.18

フォーマット	通常値 (ns)	最小値 (ns)	最大値 (ns)
480p 59.94			
フロント・ポーチ	590	490	690
マイナス同期パルスの立下り時間	70	60	80
マイナス同期パルスの幅	2330	2230	2430
同期パルスの立上り時間	70	60	80
プラス同期パルスの幅	—	—	—
プラス同期パルスの立下り時間	70	60	80
バック・ポーチ	2190	1990	2490

測定レポート機能

測定が終了したら、さまざまな他のアプリケーションに測定結果を引き渡して、テスト結果の報告書を作成できます。たとえば、スプレッドシート・アプリケーションに測定結果を組込めます。カラー・バー・テストのルミナンス・チャンネル用に生成された報告書の一部を表7に示します。スプレッドシート・アプリケーションで、ルミナンス信号に対して±5%リミット範囲を適用します。スプレッドシートの条件付書式を使用すると、測定結果がリミット範囲内の場合は緑色で、リミット範囲外の場合は赤色でセルが表示されるように設定できます。これは一連の測定結果の中からエラーを素早く識別するのに役立ちます。

表7. 測定レポート

VM5000HD型ビデオ・アナライザがレポートした測定結果				
Additional Information				
Date				
Time				
Format:	1080I/60			
Color Space:	YPbPr			
Color Bars				
Line	50			
Average	10			
Y Level (mV)		Min	Max	Spec
White	700.58	665.00	735.00	700.0
Yellow	651.08	617.03	681.98	649.5
Cyan	552.76	523.64	578.76	551.2
Green	501.92	475.57	525.63	500.6
Magenta	200.24	189.43	209.37	199.4
Red	148.52	141.36	156.24	148.8
Blue	49.87	47.98	53.03	50.5
Black	-0.51	-0.40	0.40	0.0

最後に

VM5000HD型ビデオ・アナライザを使用すると、規格の範囲内でHDTVアナログ・コンポーネント測定を行うことができます。手動で何時間も要していた測定が簡単に行えるだけでなく、VM5000HD型が使用しているアルゴリズムによって、重み付ノイズ測定をはじめとするすべての項目の測定をすばく、正確に、再現性良く実行することができます。



TG700型TVゼネレータ・プラットフォーム・メインフレーム

- マルチフォーマットのアナログおよびデジタル・テスト信号生成
- モジュールで拡張可能なプラットフォーム
- 基準ゼネレータのニーズをサポートする理想的チャンネル構成と性能



VM700T型ビデオ・アナライザ

- ノイズ、周波数応答、利得、位相、遅延を自動測定
- 波形モニタ機能
- プロダクションのビデオ・テストと同様、業務用および民生用ビデオ機器のテストに最適



MTX100型MPEGレコーダ&プレイヤー

- 操作性に優れ、リマルチプレクサに入力するストリームを生成できます
- 変調器試験用信号を発生



VM5000HD型ビデオ・アナライザ

- すばやく、正確で再現性に優れたビデオ測定
- アナログ・コンポーネント・ビデオを自動測定
- HDTVプログレシブとPCフォーマット信号(YPbPrとRGB)をサポート
- HDTV信号に対応した広帯域・高速サンプリング・レート。
- 広範囲なドキュメント作成機能。
- GPIBおよびLANでリモート・コントロールが可能

Contact Tektronix:

ASEAN / Australasia / Pakistan (65) 6356 3900
 Austria +43 2236 8092 262
 Belgium +32 (2) 715 89 70
 Brazil & South America 55 (11) 3741-8360
 Canada 1 (800) 661-5625
 Central Europe & Greece +43 2236 8092 301
 Denmark +45 44 850 700
 Finland +358 (9) 4783 400
 France & North Africa +33 (0) 1 69 86 80 34
 Germany +49 (221) 94 77 400
 Hong Kong (852) 2585-6688
 India (91) 80-2275577
 Italy +39 (02) 25086 1
 Mexico, Central America & Caribbean 52 (55) 56666-333
 The Netherlands +31 (0) 23 569 5555
 Norway +47 22 07 07 00
 People's Republic of China 86 (10) 6235 1230
 Poland +48 (0) 22 521 53 40
 Republic of Korea 82 (2) 528-5299
 Russia, CIS & The Baltics +358 (9) 4783 400
 South Africa +27 11 254 8360
 Spain +34 (91) 372 6055
 Sweden +46 8 477 6503/4
 Taiwan 886 (2) 2722-9622
 United Kingdom & Eire +44 (0) 1344 392400
 USA 1 (800) 426-2200
 USA (Export Sales) 1 (503) 627-1916
 For other areas contact Tektronix, Inc. at: 1 (503) 627-7111
 Updated 20 September 2002

テクトロニクスは、先端技術にたずさわるエンジニアの参考になるアプリケーション・ノートやテクニカル・ブリーフ、その他の書類を当社Webサイトで公開しております。より詳細な情報は www.tektronix.com にアクセスしてください。



Copyright ©2003, Tektronix, Inc. All rights reserved. テクトロニクスの製品は、取得済み、出願中を問わず、米国およびその他の国の特許法によって保護されています。本書は過去に公開されたすべての文書に優先します。仕様および価格は予告なしに変更することがあります。TEKTRONIXとTEKはTektronix, Inc.の登録商標です。参照されているその他のすべての商品名は、該当する会社が保有するサービス・マーク、商標、または登録商標です。 25W-16653-0

日本テクトロニクス株式会社

東京都品川区北品川5-9-31 〒141-0001

製品についてのご質問・ご相談は、お客様コールセンターまでお問合せください。

TEL 03-3448-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間/9:00~12:00・13:00~19:00 月曜~金曜(祝日は除く)

当社ホームページをご覧ください。 <http://www.tektronix.co.jp/>
 お客様コールセンター ccc.jp@tektronix.com