

AES17 ローパスフィルタについて

1. 概要

現在多くのオーディオ機器は内部にデジタルコンバータが使用されています。これらはオーディオアナライザでの測定を妨害する信号を発生する可能性があります。

$\Delta \Sigma$ 型 D/A コンバータ出力に含まれる帯域外(>20kHz)ノイズがその一例です。 $\Delta \Sigma$ 型 D/A コンバータ出力のノイズフロアのスペクトラムは、オーディオ帯域の上限である 20kHz よりも高い周波数で、急激にエネルギーが上昇する特性があります。レベルが低い信号を測定する場合、この 20kHz 以上のエネルギーにより、測定結果が非常に不正確になります。(詳細は次ページを参照下さい)

Audio Precision 社はこの帯域外ノイズによる不具合を回避する為に 20kHz より高い周波数で急峻なロールオフ特性をもつ AES17 ローパスフィルタをリリースしています。AES17 ローパスフィルタは帯域外ノイズの影響を受ける各メータ、オートレンジング回路の前段に挿入され、帯域外ノイズをカットします。

AP2700 シリーズ(または SYSTEM TWO シリーズ)に、あらかじめ搭載されている帯域制限及びノイズウェイトングフィルタは、測定系のかかなり後段に挿入されているため帯域外ノイズによる不具合を回避する事が出来ません。

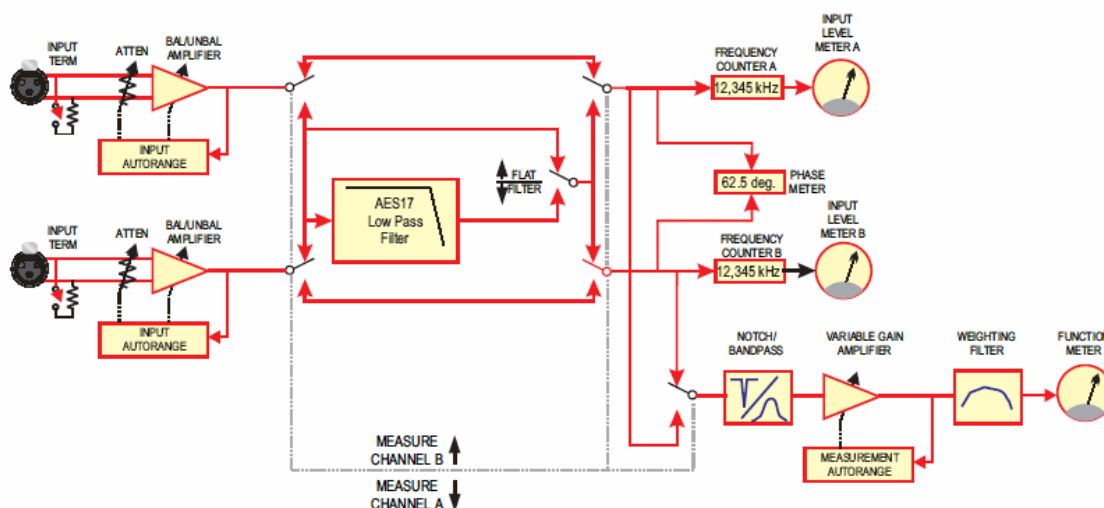


図 1. アナログアナライザブロック図と AES-17 ローパスフィルタ

2. 測定時、帯域外ノイズによって引き起こされる現象について

以下のような現象は帯域外のノイズによって引き起こされる典型的な現象です。

- ①DUT の出力が ON の時、出力がノイズのみであるにも関わらず周波数メータに高い周波数が表示される。
- ②ダイナミックレンジの測定値が悪い。
- ③THD+N の読み値が 0%や-999dB と表示される。

具体例として、ある $\Delta \Sigma$ 型 D/A コンバータの測定結果を紹介します。

図 2 はある D/A コンバータのダイナミックレンジを測定した際の AP2700 の Analog Analyzer パネルです。

(997Hz、-60dBFS のデジタル信号を入力し、そのアナログ出力を SYS-2722A に入力)

左が AES17 フィルタを使用しなかった場合、右が AES17 フィルタを使用した場合です。

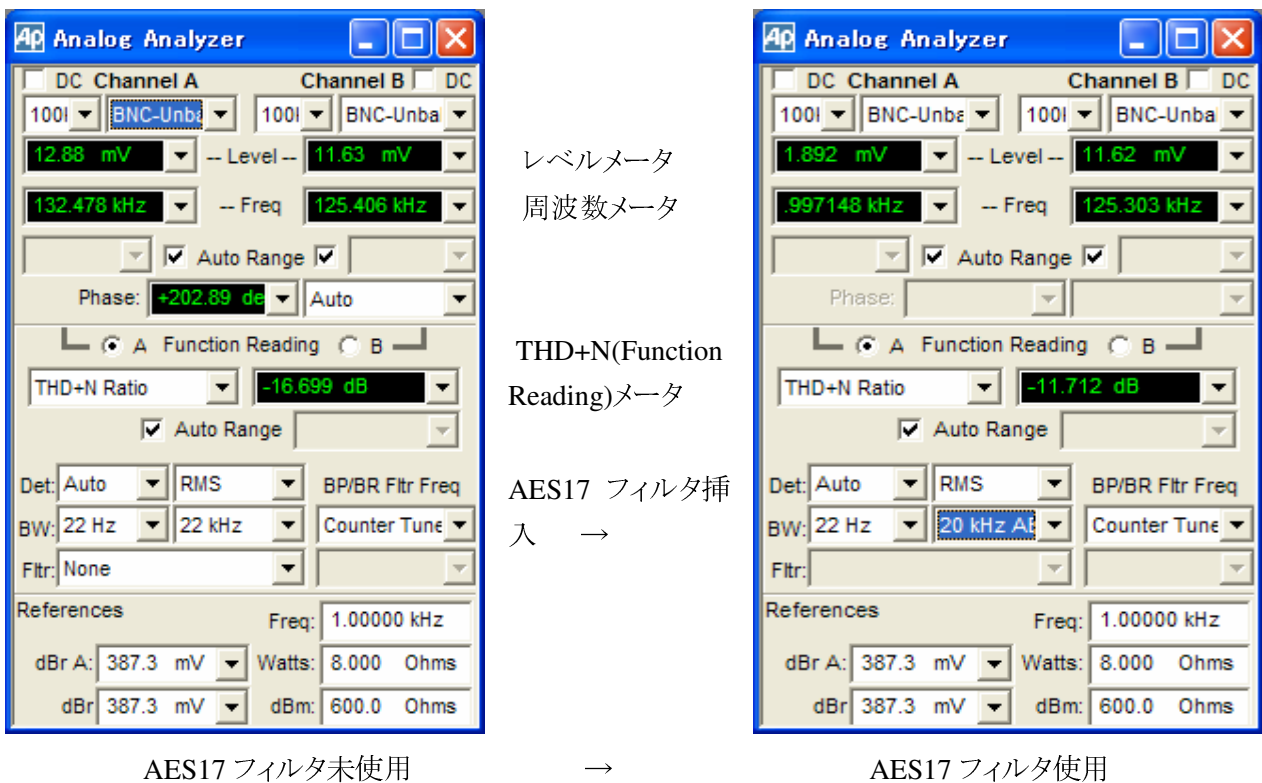


図 2.ダイナミックレンジ測定

AES17 フィルタの有無により、レベルメータ、周波数メータ、THD+N メータの値が大きく異なっている事が分かります。

まずレベルメータの値に注目してみましょう。Ach 側のレベルメータの値を比べると、フィルタ挿入前後で

測定値が約 13mV → 2mV に変化しています。このことから D/A コンバータの出力には高いエネルギーの帯域外ノイズが含まれており、フィルタ挿入前は主に帯域外ノイズ成分がレベルメータで測定されていた事がわかります。

周波数メータの値はフィルタ挿入前後で約 130kHz → 1kHz に変化しています。AES17 フィルタを挿入する前は、周波数メータがオーディオ帯域の信号ではなく、帯域外ノイズに反応していた事が分かります。

THD+N メータの値についてはもう少し詳しく検証する必要があります。

帯域外ノイズが THD+N メータに与える影響について

この測定例では THD+N メータの値はフィルタ挿入前が約-16dB、フィルタ挿入後が約-11dB となっており、一見フィルタを使用しないほうが良い値が得られているかのように見受けられます。

しかし、以下の 2 つの理由から AES17 フィルタ挿入前の測定値は信頼性の低い測定値と考えられます。

①THD+N メータの表示について

AP2700 シリーズのアナログアナライザにはレベルメータと Function Reading メータという 2 種類の RMS ディテクタが搭載されています。Function Reading メータは回路の最終段に組み込まれており、ノッチフィルタ、帯域制限フィルタ、ノイズウェイティングフィルタ等を通じた信号の RMS 値を測定します。一方レベルメータは回路の比較的前段に組み込まれており、フィルタリングが行われていない(AES17 フィルタを除く)信号の RMS 値を測定します。

THD+N Ratio 測定モード(Function Reading フィールドで THD+N Ratio を選択)では、THD+N メータ・Function Reading メータで測定された THD+N 成分の RMS 値 / レベルメータで測定された RMS 値が表示されています。

THD+N Ratio の測定では基本信号(ここでは 997Hz)に対する THD+N 成分のレベルの比を測定する必要があります。しかし AES17 フィルタを使用しない場合、レベルメータで主に帯域外ノイズ成分のレベルが測定されるため意図した測定が行えません。

②メータの確度について

AP2700 シリーズのアナログアナライザには RMS ディテクタの前段にオートレンジング回路が組み込まれています。RMS ディテクタに信号を入力する直前で信号を増幅(または減衰)し、RMS ディテクタに、ディテクタの最もリニアリティの良い応答が得られるレベルの信号を入力し測定を行う為です。これによって測定確度が保たれています。

アナライザに入力する信号に帯域外ノイズが含まれていた場合、このオートレンジング回路が有効に機能しない可能性があります。

図 3 は THD+N 測定時の AP2700 シリーズのブロック図と各箇所での信号のスペクトラムです。

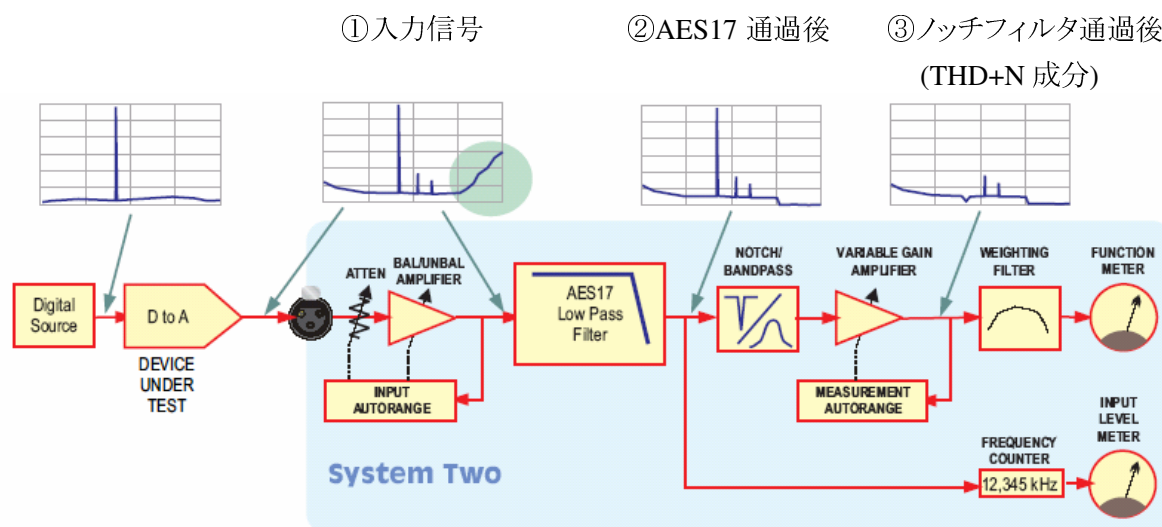


図 3. THD+N 測定時のブロック図と信号スペクトラム

上図の②と③のスペクトラムに注目して下さい。信号がノッチフィルタを通過したことにより、信号全体のレベルが低下していることが分かります。この状態でそのまま信号を最終段の RMS ディテクタに入力すると、ディテクタの線形性の悪い箇所が使用されるため測定精度が悪化します。これを防ぐ為、ノッチフィルタの後段のオートレンジング回路にて信号の増幅が行われます。通常このオートレンジング回路では×256 等の高いレンジが選択されます。

しかし、AES17 フィルタを使用せずこのオートレンジング回路を帯域外ノイズが通過した場合、レンジの選択が正しく行われません。本来のターゲットである THD+N 成分ではなく、高いエネルギーの帯域外ノイズ合わせてレンジが選択されるからです。×1 等の低いレンジが選択されます。誤ったレンジが選択された場合 RMS ディテクタでは正確な測定が行われません。

上述の不具合を回避する為、帯域外ノイズを含む信号を測定する場合、必ず AES-17ローパスフィルタを使用して下さい。

2 種類の AES-17 ローパスフィルタ

これまでに Audio Precision 社は 2 種類の AES17 ローパスフィルタをリリースしています。

1つは 2000 年 10 月にリリースした S2-AES17 フィルタ(現行 OPT-2020 という名称で販売しています)

1つは 2001 年 10 月にリリースした S-AES17 フィルタです。

OPT-2020 と S-AES17 の違いについて

これらのフィルタはいずれも AES17 規格で要求されている仕様(10-20kHz で±0.1dB のパスバンドレスポンス、>24kHz で 60dB 以上のストップバンドアッテネーション)を満たすフィルタです。

大きな違いは OPT-2020 が 1 段のフィルタ、S-AES17 が 2 段のフィルタという点です。

当初 Audio Precision 社は AES17 フィルタを 1 段のフィルタとして設計しました。

しかし 2001 年、従来機より低歪みのオーディオアナライザ SYS-2722A をリリースした際、AES17 フィルタ (OPT-2020) についても併せて残留歪みの低減を図る必要が生じました。SYS-2722A と OPT-2020 を組み合わせて使用した場合、フィルタの残留歪みにより SYS-2722A が保証する残留歪みの性能を達成できなかった為です。AES-17 フィルタは次数の高い急峻なローパスフィルタであり、1 段のフィルタでは超低歪みの実現が困難であった為、Audio Precision 社は新たに 2 段設計の S-AES17 フィルタをリリースしました。残留歪み(THD+N)の性能は

- ・OPT-2020 0.0004% [-108dB] + 1uV (@ 1kHz)
- ・S-AES17 0.0003% [-110.5dB] + 1uV (@ 1kHz)

となっています。

また S-AES17 フィルタではカットオフ周波数を 20kHz か 40kHz に切り替えて使用することも可能になりました。

S-AES17 フィルタの構成

前述の様に S-AES17 フィルタは 2 段設計のフィルタです。

具体的には帯域外ノイズカット用の Pre-Analyzer フィルタと急峻なローパスフィルタ 20kHz(40kHz)Brick Wall フィルタ(最終段の RMS ディテクタ直前のオプションフィルタスロットに挿入)で構成されています。

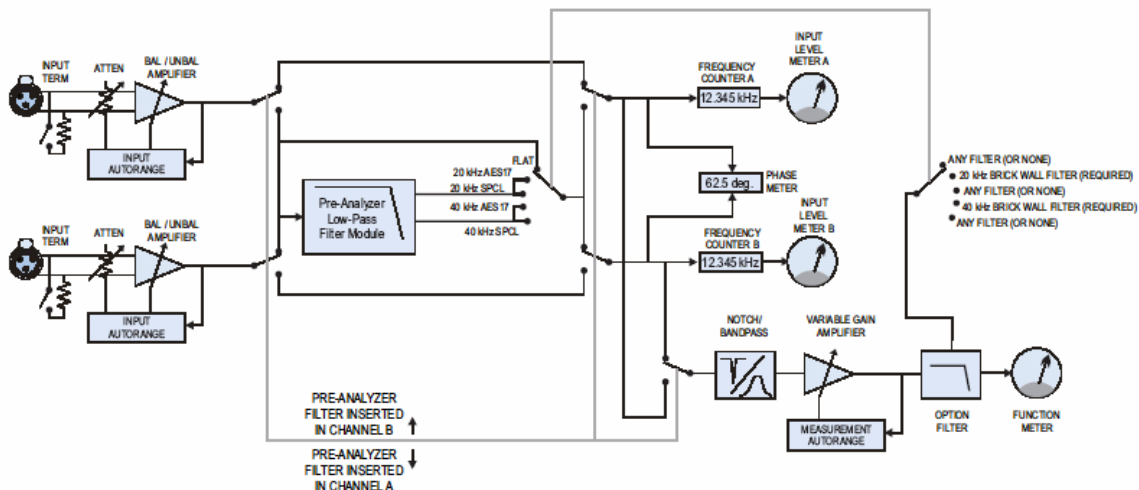


図4.S-AES17 フィルタ

ハードウェアの制約上 2 段目のフィルタがオプションフィルタスロットに組み込まれています。このため他のオプションフィルタ(AWT フィルタ等)をそのまま併用する事が出来ません。

他のオプションフィルタを使用する場合、2 段目の Brick Wall フィルタを外し、他のオプションフィルタを挿入することになります。1 段目の Pre-Analyzer フィルタは AES17 規格で定められた仕様と比較して緩やかなロールオフ特性ですが、帯域外ノイズをカットするには十分な特性を持っています。

S-AES17 フィルタの使用

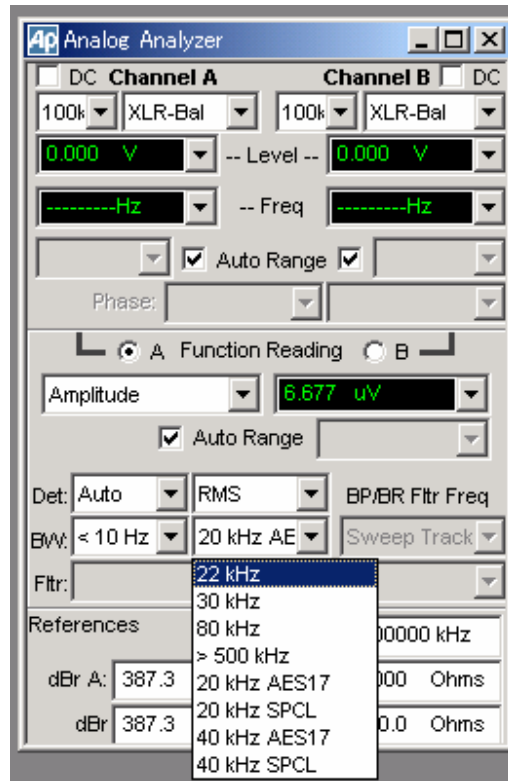


図 5.S-AES17 フィルタの設定

2700 シリーズ本体に S-AES17 フィルタが組み込まれていた場合、AP2700 のアナログアナライザパネル上の BW フィールドにて 20kHz AES17、20kHz SPCL 等の選択が可能になります。

20kHz AES17 を選択した場合測定系には 1 段目と 2 段目のフィルタが組み込まれます。

20kHz SPCL を選択した場合測定系には 1 段目の Pre-Analyzer フィルタのみが組み込まれユーザーは自由にオプションフィルタを測定系に組み込むことが出来ます。

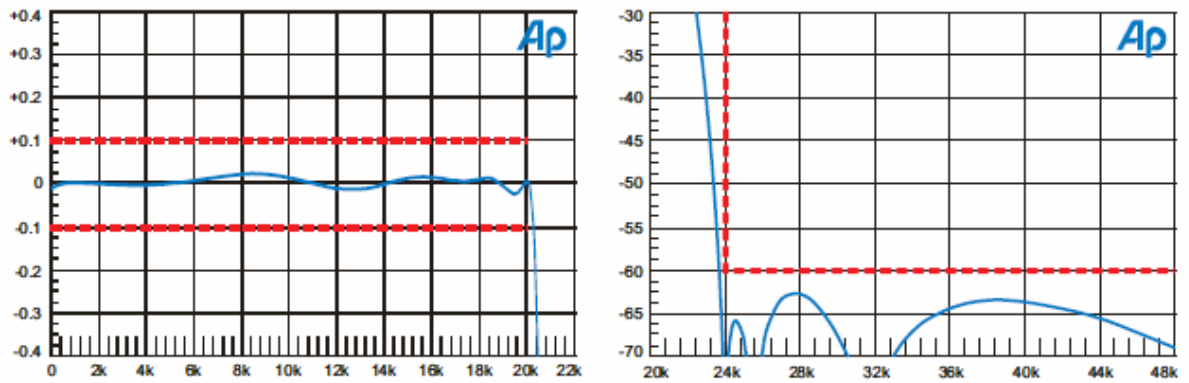


図 6.S-AES17 フィルタのパスバンド、ストップバンドの特性

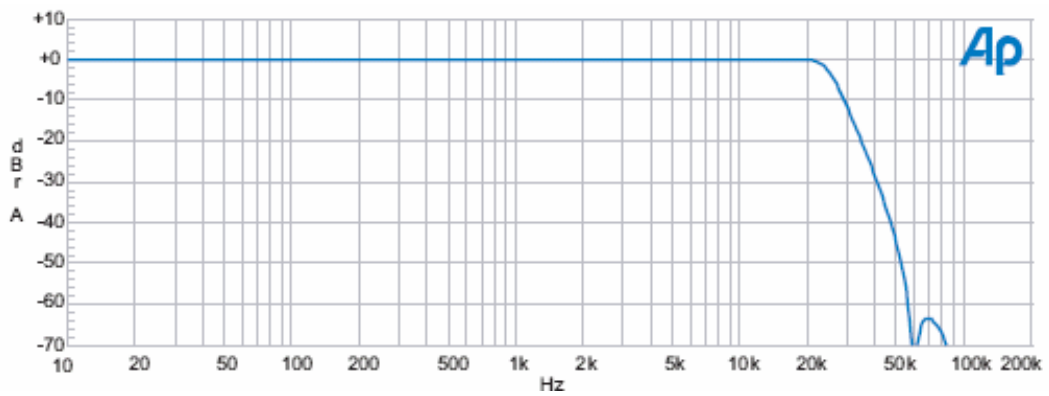


図 7. 20kHzPre-Analyzer フィルタの特性(ティピカル)

株式会社 東陽テクニカ
マルチメディア計測部
電話 03-3279-0771
E-mail audio@toyo.co.jp