リファレンスステレオヘッドホンアンプ
リレー方式ゲイン・入力コントロール付き
リファレンス・ラインアンプ

Benchmark *HPA4*

ユーザーマニュアル（日本語版）資料編

目次

1.　HPA4の概要

「究極のヘッドホンアンプ」

Benchmark Media Systems、Inc.とTHX、Ltd.は、THXアクロマティックオーディオアンプ（AAA™）テクノロジーを搭載したBenchmark HPA4ヘッドホン/ラインアンプの導入に関して協業しました。

THX AAA™は、高調波歪み、混変調歪み、クロスオーバー歪みを20～40dB低減し、リアルで疲労感の少ないリスニング体験を保証します。特許取得済みのフィードフォワード・トポロジーによって実現し、従来の製品に存在した歪みやノイズ発生のメカニズムを解決し、世界で最もリニアなアンプを実現します。従来のアンプでは出力レベルを上げることで歪みが発生していたのですが、THX AAA™を使用することで歪みの増加なしに最大出力と最大音圧レベル（SPL）に到達させることが可能になります。

BenchmarkがAHB2パワーアンプで使用したのと同じTHX AAA™テクノロジーを組み込んだ革新的なヘッドホンアンプHPA4は、THX AAA規格の最高峰THX-888仕様準拠を特長としています。HPA4は完璧なサウンドを実現しており、電子ノイズや歪みによる悪影響の無い状態で音楽を聴くことができます。HPA4は、静寂なバックグラウンド、高出力、高い忠実度、スピード、正確性を提供します。

「究極のラインアンプ」

このTHX-888仕様ヘッドホンアンプは、リレー式によるゲインコントロール、入力選択、ミューティングを備えたBenchmarkラインアンプによって駆動されます。 幅広いレンジのボリューム設定で、歪みとノイズを最小限に抑えるように設計されています。 HPA4は、あらゆる価格帯で現在入手できる最高のラインアンプだと弊社は確信しています。

リレー制御方式ゲインステージ

リレー制御方式のゲインステージにより、正確に1ステップ0.5dB刻みで256ステップの音量調節が可能です。このゲインステージには、現在利用可能なものの中で最高クラスの金接点リレーを使用しています。

非常に滑らかな音量変化を提供するよう、リレーの開閉タイミングは正確に行われます。他のリレー制御方式のゲインステージでは、このように高いレベルの精度や性能は実現できていません。

HPA4には、4つの独立した完全バランス型256ステップボリュームコントロールが実装されています。2つはヘッドホン出力用、2つはライン出力用に使用されます。これをすべて実現するために、合計64個の精密リレーが使用されています。

バランス調整

ライン出力とヘッドホン出力は、0.5 dBステップでそれぞれ独立して調整可能なバランス調整を装備しています。

100%アナログ信号パスで構成

HPA4は100%アナログ設計のアンプです。外部のD/Aコンバーターまたはアナログソース機器から駆動するように設計されています。入力と出力の間をつなぐ究極のアナログ信号パスを提供するように設計され、非常に低いノイズレベルと歪みを実現しています。これらの性能は一般的なハイエンドのプリアンプの性能を上回っています。

完全バランス構成の信号パス

内部の信号パスは完全バランス構成になっています。入力信号は、バランス接続された高精度差動アンプのペアにルーティングされます。この差動アンプは、2組の完全バランス構成256ステップのボリュームコントロール部を駆動します。ボリュームコントロー部から出たバランス出力は、ヘッドホンアンプとライン出力ドライバーを駆動します。

差動アンプ部

HPA4は、すべての入力に対し高精度差動アンプを備えています。この差動アンプ部によって、コモンモードノイズ、コモンモード歪み、コモンモードによる干渉を排除します。この機能は、差動アンプを持たないD/Aコンバーターを使用する場合に特に重要です。Benchmark製D/Aコンバーターには差動アンプ部が実装されていますが、多くの他社製D/AコンバーターにはDACチップで生成されるコモンモード歪みを取り除くこのステージがありません。

パワフルなヘッドホン出力

HPA4のTHX-888仕様アンプ部は、低インピーダンスのヘッドホンにクリーンな高出力と高電流を供給できます。また、非常に感度の低いヘッドホンに必要な高電圧を供給することもできます。

高出力

HPA4は16Ω負荷時に6ワットの出力を供給します。何よりも優れているのは、低インピーダンスのヘッドホンを駆動する際にも全高調波歪みが増加しないことです。THX AAA™テクノロジーは、非常に困難な低インピーダンス負荷を駆動する際に、歪みのない出力を実現します。

高電流

低インピーダンスのヘッドホンでは、非抵抗負荷によって生じる位相角によって大きな電流を必要とする場合があります。 HPA4は1.5アンペアを超えるピーク電流を提供できます。これは、駆動の難しい低インピーダンスヘッドホンを簡単にドライブするのに十分な電流値です。

高電圧

高インピーダンスのヘッドホンでは電力や電流をあまり必要としない場合がありますが、その一方で高い駆動電圧が必要になる場合があります。 HPA4は、インピーダンス300Ωのヘッドホンに対して11.9Vrmsの電圧を供給することができます。 これは感度が非常に低いヘッドホンを駆動するのに十分な電圧です。

2系統のヘッドホン出力を装備

HPA4は、1/4インチ（6.3mm）TRS標準ステレオジャックと4ピンXLRジャックを備えています。

4ピンXLRジャックでは、左右のチャンネルはそれぞれ個別のリターンパスを持っています。各出力チャンネルは、4ピンジャックのリターンピンに対し差動駆動されます。

４ピンXLRコネクターはTRSコネクターよりも接触抵抗が低いので、４ピンXLRジャックの使用をお勧めします。

超広帯域設計

HPA4の周波数特性は、0.1Hzから500kHzに及びます。この広帯域特性により、オーディオ帯域全域に渡り非常に正確な位相特性が維持されています。全てのオーディオ信号スペクトルを適切なタイミングで出力することができます。

低音は、他の周波数と比較して正しいタイミングで伝送される特性を持ちますが、ほとんどのオーディオ製品では、低音は少し遅れます。遅れた低音は高域情報をマスキングする傾向があります。対照的に、正しいタイミングで届くと、深く、十分な量感を持ち、収束の早い低音になります。すべてのBenchmark製品が0.1Hzまで延ばした低域特性を持っているのはこのためです。

例外とも言える500kHzまで伸長した高域特性は、オーディオ信号の高域端に対し事実上完璧なタイミングの伝送を実現しました。高域情報は、低域・中域に対して正確なタイミングで伝送されます。さらに、左右の位相差は20 kHzでほぼ完璧です。こうした優れた位相特性により、情報量豊かで立体的なステレオ音場内に正確なボーカル定位を実現しています。

ロータリーエンコーダー

ボリュームノブには、高頻度の使用に耐える高品質の光学式ロータリーエンコーダーを使用しています。加速機能により、0.5dB/ステップの分解能を維持しながら、256ボリュームのステップを簡単に移動できます。ノブを押すことで、ヘッドホン出力、ライン出力、またはその両方の音量を調節できます。

便利な機能

HPA4には、タッチスクリーン上で操作するミュートボタンがヘッドホン出力、ライン出力それぞれ個別にあります。どちらの出力もボリュームノブまたはオプションの赤外線リモコンでミュートすることもできます。

HPA4には、タッチスクリーン上で操作する-20dB減衰ボタンがあり、音量レベルを20dBフェードダウンします。このボタンを使用して、一時的に音量下げたり、前の音量に戻ることが簡単に行えます。これにより、通常のリスニング時の音量とBGM時の音量を簡単に切り替えることができます。この-20dB減衰機能は、オプションの赤外線リモコンからも操作できます。

入力は名称の変更が可能で、未使用の入力は無効にすることもできます。また、入力レベルを調整して、入力間のレベルを一致させることができます。

画面の輝度は調整可能で、一定時間経過したらディスプレイを暗くしたり、オフすることができます。設定メニュー画面をロックして、拡張機能にアクセスできないようにすることもできます。

12Vトリガーポート

HPA4には2系統のトリガーポートがあります。これらを他のオーディオ機器に接続して、オーディオシステム全体を順番に電源オン/オフすることができます。HPA4の電源がオンのとき、HPA4のトリガーI/O上にDC12Vを出力します。 HPA4の電源がオフの時に、他の機器がトリガーI/O上に12Vを出力すると、HPA4の電源がオンになります。

トリガーポートは双方向に出荷設定されていますが、入力専用または出力専用に設定することもできます。

オートパワーオン

HPA4は、AC電源電圧が印加されると自動的に電源オンになるようにプログラムすることができます。

外装仕上げ

HPA4は、ブラックとシルバーからお選びいただけます。Benchmark AHB2パワーアンプとマッチするデザインで、Benchmark製D/AコンバーターのDAC1、DAC2、DAC3と同じ専有面積になっています。ケースは、フライス加工されたフェースプレートとサイドパネルで構成されています。トップカバー、ボトムシャーシ、リ

アパネルは厚手のアルミニウムで作られ、表面の起毛処理が特徴となっています。

HPA4は長期間の使用に耐え、お持ちリスニングスペースに追加するのに相応しい優れた製品です。

機器の設置について

両方のサイドパネルが空気にさらされる場所にHPA4を設置してください。サイドパネルは熱の放散を助けるので、塞がないようにしてください。

リモコン用の赤外線センサーは、フロントパネルの電源スイッチの右側にあります。リスニングポジションからセンサー部が見えるように設置してください。

HPA4は強い磁場を放出しないので、HPA4の上や下に設置しているオーディオ機器に対する悪影響は発生しません。

ほとんどのパワーアンプは強い磁場を放出することにご注意ください。HPA4をパワーアンプのすぐ上やすぐ下に設置しないでください。 パワーアンプの上や下に置く場合、少なくとも８㎝程度の空間を確保してください。パワーアンプが発生する磁界によりHPA4に対する妨害が発生する可能性があります。唯一の例外はBenchmark AHB2パワーアンプです。AHB2のすぐ上やすぐ下にHPA4を配置しても磁気干渉を受ける恐れはありません。

HPA4は、Benchmark製D/AコンバーターDAC2やDAC3のすぐ上やすぐ下に配置することもできます。ただし、古いDAC1シリーズD/Aコンバーターはこれらの機種より強い磁場を放出するので、HPA4のすぐ上やすぐ下に配置しないでください。

ユニバーサル電源

内部の電源回路がAC電源電圧を自動的に感知します。海外で使用する際に設定やヒューズの変更は必要ありません。お住まいの国のACコンセントに合致するアース付きIEC電源コードをご使用ください。

2.　オーディオライン入力

HPA4は、2系統のバランスXLRアナログ入力と2系統のアンバランスRCAアナログ入力を装備しています。

バランスXLRインターフェース

バランスインターフェースは、より高い信号レベルを使用するため、S/N比に優れています。また、グランドループによって発生するハムやバズに強いのが特長です。一般論として、バランスインターフェースはアンバランスよりもはるかに優れていると言えます。バランスインターフェースを装備する製品を選択し、できるだけアンバランスインターフェースの使用を避けるようにしましょう。

アンバランスRCAインターフェース

アンバランスRCA接続がコンシューマーで広く使用されていることを考慮して、時代遅れともいえる、この民生用オーディオの接続手段から望みうる最高のパフォーマンスを引き出すためにあらゆる努力を費やしました。

HPA4のアンバランスRCA入力は、バランスレシーバーに接続されています。バランスレシーバーは、グランドループによって発生するハムとバズに強いのが特長です。 このような構成とすることで、RCA入力に完全バランスインターフェース固有のいくつかの利点を与えることはできますが、アンバランスRCAインターフェースが業務用バランスインターフェースの性能に並ぶことは決してありません。

D/Aコンバーターやパワーアンプにバランスインターフェースがないなら、こうした機器は真の高解像度オーディオ製品ではないことを示しています。24dBuの信号レベルをサポートする業務用バランスインターフェース搭載製品を探すことをお薦めします。

入力レベルのマッチング

出荷状態では、HPA4のアンバランス入力は15.8dB自動的にブーストされ、業務用バランス入力のレベルに一致します。この15.8dBのブーストが機能していない場合は、BOOST機能を使用して、個々の入力を0.5dBステップで+/-10dBトリムすることができます。 ブースト量でオーディオ性能が悪影響を受けることはありません。これは、入力が変更されたときにボリュームノブを自動的に回転させるのと同じです。ブースト量の変更により、表示される音量の数値は変化します。

ヒント：0dBFSで+24dBuとなる業務用バランスXLR接続を使用することをお薦めします。民生用グレードのバランスXLR接続は、業務用より約10dB低いレベル（4Vrms、0dBFSで+14.2dBu）で動作します。民生用アンバランスRCA接続では、約16dB低いレベル（2Vrms、0dBFSで8.2dBu）で動作します。高い信号レベルと差動信号は、高解像度オーディオシステムに不可欠なものです。RCA接続を使用するとはシステム全体の性能を制限することになります。

3.　オーディオライン出力

HPA4は、各1系統のバランスXLR出力とアンバランスRCA出力を装備しています。また、バランスモノミックス出力も備えています。モノミックス出力は、パワードサブウーファーを駆動するために使用できます。

- バランス出力は、業務用レベル（0dBFSで+24dBu）で動作するように設計されています。
- アンバランス出力は、民生用レベル（0dBFSで2Vrms）で動作するように設計されています。

0dBでユニティゲイン

音量設定を0dBにすると、XLR出力レベルは供給されるXLR入力レベルと同じになります。 同様に、RCA出力レベルも供給されるRCA入力レベルと同じになります。

バランス-アンバランス間の15.8dBオフセット

バランス出力は、アンバランス出力よりも15.8dB高い出力レベルを持ちます。バランス入力がアンバランス入力よりも15.8dB高いと想定されます。

4.　ヘッドホン出力

左側：	右側：
伝統的な1/4インチ（6.35㎜）TRS標準ステレオジャック。 左右のチャンネルでリターンパスを共用。	4ピンXLRヘッドホンジャック。 各チャンネル専用のリターンパスを使用。

2組のヘッドホンを駆動可能

HPA4には、2組のヘッドホンを同時に駆動するのに十分な電力と出力電流があります。2つのヘッドホンジャックは同時に使用できますが、2つのヘッドホンセットは同様の感度を持つ必要があります。感度が異なる場合、一方のヘッドホンが他方より大きく聞こえます。

2番目の４ピンXLRジャックの主な目的は、従来のTRSフォーンジャックに代わる高性能な代替手段を提供することにあります。

1/4インチ（6.35mm）標準TRSコネクター

HPA4には、従来の1/4インチTRS（Tip/Ring/Sleeve）ヘッドホンジャックがあります。ほとんどのヘッドホンケーブルと互換性があり便利なものです。一方、4ピンXLRコネクターは、わずかながら高い性能が得られる接続端子です。弊社のテストでは、TRS接点がHPA4ヘッドホンアンプ全体よりも高いレベルの歪みを発生することがあることがわかりました。現在入手可能な最高品質のTRSジャックを選択しましたが、TRSジャックの性能は挿入するヘッドホンプラグの品質と状態に大きく依存します。 金メッキプラグのケーブルの使用を強くお勧めします。

従来の1/4インチTRSコネクターは、スリーブを左右のチャンネルの共通グラウンドとして使用します。このスリーブ接続は、他の接点に対して2倍の電流が流れます。スリーブ接続の接触抵抗が高いと、両チャンネルに歪みが発生する可能性があります。それに加え、多くのTRSプラグでは、チップ接続はリング接続と比較して信頼性が劣ることがわかりました。 つまり、左チャンネルにより高いレベルの歪みが発生する可能性が高いことを意味します。

ヒント：金メッキTRSプラグがクリーンで良好な状態であれば、TRSジャックは4ピンXLRジャックと遜色のない性能を発揮します。プラグの状態が理想的ではない場合、HPA4ヘッドホンシステム全体にとってTRSの接触抵抗が最大の歪みの要因になる可能性があります。

高性能4ピンXLRコネクター

4ピンXLRコネクターは、左右チャンネルのそれぞれのリターンパスに専用ピンを使用します。コモン接続はありません。HPA4では、左右の各チャンネルの出力はそれぞれのリターンに対して差動駆動されます。

個別のリターンパスを持つことでチャンネル間の相互作用がなくなります。さらに重要なことに、4ピンXLRコネクターは、従来の1/4インチTRSコネクターよりもはるかに低い接触抵抗での接続が可能です。

弊社のテストによると、XLRジャックとプラグの組み合わせによって非常に高い信頼性で接続できることが判明しました。 どのテストでも、4ピンXLRコネクターで測定可能な歪みは観測されませんでした。

ヒント：音量調節は、両方のヘッドホンジャックのレベルを同時に適用されます。2人のリスナーが2つのヘッドホン出力を同時に使用する場合、同一または非常に近い電圧感度のヘッドホンを使用することをお勧めします。

5. THX-888仕様アンプ

ヘッドホン出力は、フラグシップTHX-888仕様のアンプで駆動されます。このヘッドホンアンプ部には、BenchmarkがAHB2パワーアンプで使用した特許技術THX AAA™テクノロジーを組み込んでいます。HPA4は、静寂なバックグラウンド、高出力、高い忠実度、スピード、正確さを提供するように設計されています。

THX AAA™は、高調波歪み、混変調歪み、クロスオーバー歪みを20～40 dB低減し、リアルで疲労感の少ないリスニング体験を保証します。特許取得済みのフィードフォワードトポロジーによって実現し、従来の製品に存在した歪みやノイズ発生のメカニズムを解決し、世界で最もリニアなアンプを実現します。従来のアンプでは出力レベルを上げることで歪みが発生していたのですが、THX AAA™を使用することで歪みの増加なしに最大出力と最大音圧レベル（SPL）に到達させることが可能になります。

ヘッドホンの使用と聴覚に関する警告

ご注意：HPA4のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部は、約25Vのピーク間電圧、1.5Aの電流供給が可能です。これらの値は、ほとんどのヘッドホン（と耳）に損傷を与えるのに十分な大きさです。再生音量の調節には注意してください。

ご注意：机やスタンドに置いた状態でヘッドホンを駆動しないでください。誤って過剰な音量を与えてしまい易いからです。ヘッドホンを脇に置いてスピーカーを聞く場合に特に当てはまります。ヘッドホンを使用しないときは、ミュートするか、プラグを抜いてください。

ソフトスタート回路

THX-888はリレーによって電源が通常の電圧に達するまでヘッドホン出力をミュートします。

保護回路

THX-888ヘッドホンアンプには、アンプ部を過負荷やショートから保護するための回路が複数あります。障害が発生すると、アンプ部を出力ジャックから切断する出力リレーを遮断します。出力リレーは、すべて正常な場合にのみ接続状態になります。

過電流保護回路

どちらかの出力チャンネルで出力電流が1.5Aを超えると、保護リレーによってアンプ部は出力ジャックから切断されます。 数秒後に接続が復元されます。 この保護動作サイクルは必要に応じて繰り返されます。再生中にヘッドホンが1/4インチTRSジャックに挿入されている場合、この保護モードが作動することがあります。TRSプラグは挿入時に一時的にショート状態になる場合があります。

クリッピング検出

ヘッドホンアンプ部でクリッピングが発生すると、保護リレーがアンプ部を出力ジャックから切断します。クリッピングが収まると、数秒後に接続が復元されます。

DC検出

ヘッドホンアンプの出力上にDCが検出されると、保護リレーがアンプ部を出力ジャックから切断します。この保護回路は、致命的な部品故障が発生した際に、ヘッドホンを保護することを目的としています。

温度リミッター

THX-888が一定時間過負荷状態になると、内部の部品の温度が上昇し始める場合があります。安全な動作温度を超えると、保護リレーがアンプを出力ジャックから切断します。ドライバーICが冷めると、接続が復元されます。この冷却サイクルに数分かかる場合があります。

6. 拡張機能の詳細

プリセットモード

プリセットモードは、出力レベルを固定レベルに設定します。ヘッドホン出力とライン出力には別々のプリセットがあります。 各入力には2つのプリセットボタンがあります。1つはヘッドホン出力用、もう1つはライン出力用です。入力設定画面からアクセスする音量設定画面で設定を行います。

オートパワーオン機能

HPA4は、AC電源電圧が印加されると自動的に電源オンになるようにプログラムできます。この機能により、スイッチ付きACコンセントを使用した自動化が可能になります。オートパワーオンが有効になっている場合、HPA4はAC電源を抜かないとオフにできません。

オートパワーオン機能は電源のオプション機能画面でプログラムします。

オートパワーオンが有効の時に電源スイッチを押すと、すべての出力をミュートしますが、電源オフすることはできません。同様に、リモコンのOFFボタンを押すと、すべての出力をミュートします。

ヒント：音量を上げる操作を行うとMUTEが解除され、前の音量設定に戻ります。

双方向12Vトリガー

Benchmarkは、双方向機能を追加することで12Vトリガー機能を改善しました。HPA4のトリガー端子は、入力、出力、またはその両方として使用できます。一般的な製品の12Vトリガー機能の入力または出力と互換性があります。

12Vトリガーポートを使用して、HPA4の電源をオンすることで、他のオーディオ機器の電源をオンにすることができます。また、接続している他のコンポーネントの電源操作に応じて、HPA4の電源オン・オフすることもできます。Benchmarkの双方向12Vトリガーは、事実上すべてのトリガーシステムと互換性があります。

- HPA4の12VトリガーポートをD/Aコンバーター、パワーアンプ、またはその両方のトリガー入力またはトリガー出力に接続することができます。
- HPA4の電源を入れることによって12VのDCトリガー信号を出力して、システム内の他の機器を起動することができますし、他の機器の電源操作によって出力されたトリガー信号に受けて、HPA4の電源をオンすることもできます。
- トリガーモードは電源のオプション機能画面で設定できます。

オートモード

出荷設定では、トリガーポートはオートモードに設定されています。このモードは、必要に応じてHPA4のトリガーポートを入力専用（スレーブ）、または出力専用（マスター）として自動的に切替えます。ほとんどの用途でオートトリガーモードの使用を推奨します。オートトリガーモードでは、HPA4の電源操作により、他の機器の電源も常にオン・オフします。同時に他の機器の電源操作によりHPA4のトリガーポートにハイまたはローが入力された場合にも応答し、HPA4の電源が自動的にオン・オフします。

マスターモード（出力専用）

マスターモードでは、他の機器からのトリガー入力を無視します。HPA4は、電源オンの時にトリガーポートに12V（ハイ）を出力し、電源オフの時にトリガーポートに0V（ロー）を出力します。

スレーブモード（入力専用）

スレーブモードでは、トリガー信号を出力しません。トリガーポートは他の機器からのトリガー入力専用になります。 他の機器からのトリガー入力信号に応答してHPA4の電源がオン・オフします。

典型的なトリガー接続の使用例

- HPA4 → アンプ
- HPA4 → アンプ→ アンプ
- HPA4 → DAC → アンプ

双方向トリガー接続の使用例

Benchmark製品は、トリガーバス接続での双方向通信に対応しています。バス接続されているすべてのBenchmark製品は、システム全体の電源オン・オフを行うことができます。双方向設計のため、HPA4、AHB2、DACのどれかの電源ボタンを使用して、システム全体を電源オン・オフすることができます。

システムを起動を行うBenchmark機器がトリガーのマスターになります。マスターの電源をオフすると、すべてのスレーブはそれに従い、電源オフになります。スレーブの1台の電源をオフしても、その1台を除くすべての機器は電源オンのままです。

HPA4を使用してシステムの電源をオンにすると、接続されているAHB2アンプはスレーブになり、HPA4をシャットダウンせずに電源オフにすることができます。この双方向トリガーを使用することで、ヘッドホンを聞くときにはAHB2アンプだけを簡単にオフにすることができます。その状態からHPA4の電源をオフしても、スレーブであるAHB2の電源が入ることはありません。

また、スレーブの電源スイッチまたはリモコンのOFFボタンを3秒間長押しすると、トリガーバス全体を強制的にシャットダウンできます。

ヒント：トリガー接続されたシステム全体を強制的にシャットダウンするには、任意のBenchmark機器の電源ボタンを3秒間長押しします。Benchmarkの12Vトリガーl/Oは、他のほとんどのDCトリガーシステムとのインターフェースを可能にする幅広い動作範囲を備えています。DC12Vを許容するように設計されたトリガー入力でのみ使用する必要があります。

トリガーポート仕様詳細

Benchmark12Vトリガーポートは、他のほとんどのDCトリガーシステムとの接続・動作を可能にする幅広い動作範囲を備えています。ただし、DC12Vを許容するように設計されたトリガー入力を持つ機器のみ使用する必要があります。

- DC12V 200mA 電流制限出力
- 入力は3.3 Vロジック以上に応答
- 最大入力電圧= DC 30V
- 最大逆方向電圧=DC - 0.3V
- 入力インピーダンス= 20kΩ
- 1/8インチ（3.5 mm）TRSジャック
- T（チップ）=12Vトリガー
- R（リング）=接続なし

- S（スリーブ）=シャーシGND

注意：12Vトリガーポートはオーディオ信号用の接続端子ではありません！これは、オーディオシステム全体の電源オン・オフを連動させるためのDC12V接続です。

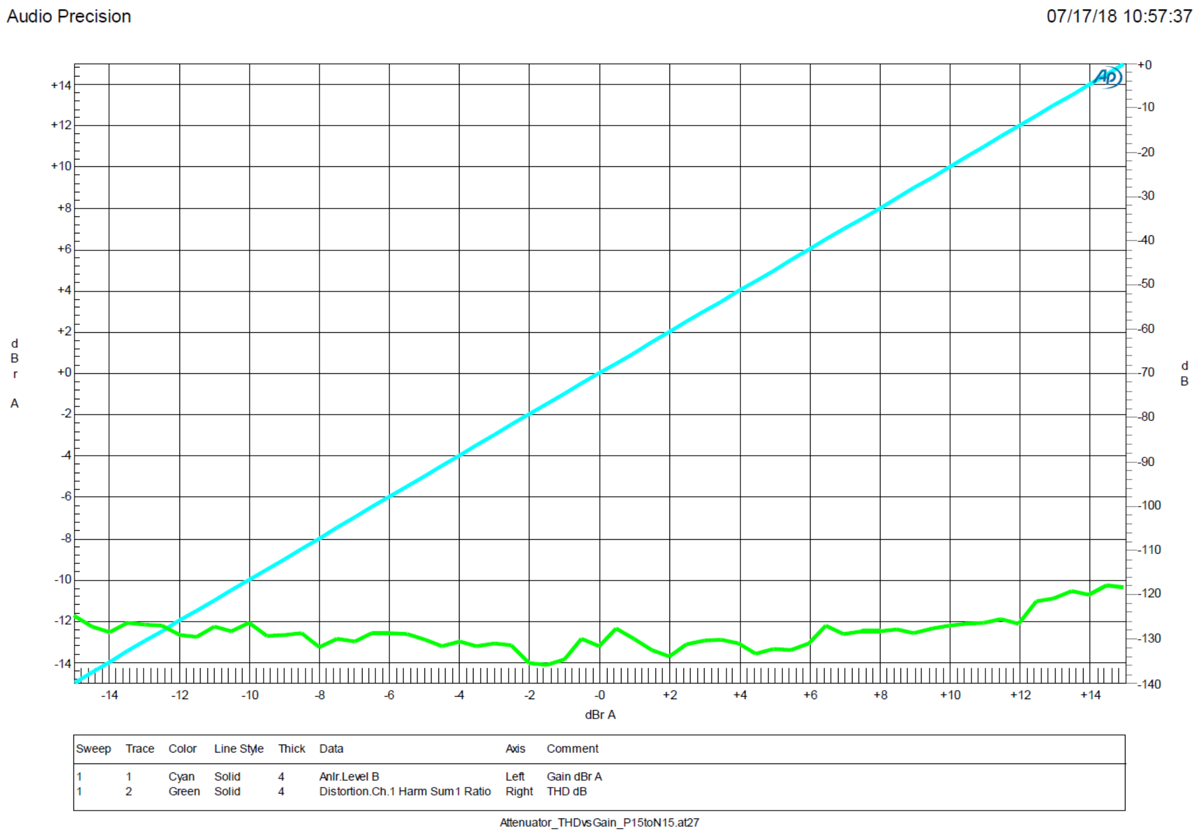
ヒント：トリガーポートは、2芯または3芯の1/8"（3.5mm）ケーブルで接続できます。3番目の導体は使用されません。

Benchmark製品には3芯ケーブルが付属していますが、2芯と3芯ケーブルの任意の組み合わせを使用できます。

ソフトウェアバージョンの識別

ソフトウェアとファームウェアのバージョンがABOUT画面に表示されます。ソフトウェアはタッチスクリーンの制御用で、ファームウェアはXilinx製FPGAにプログラムされたハードウェア制御システムです。このFPGAは、電源、トリガーポート、ボリュームノブ、リモコン操作、リレーを制御します。 FPGAは、ステップ制御のボリュームコントロールでMBB（make-before-break）リレーを正確なタイミングで開閉するために必要な速度と精度を備えています。

7.　性能測定データ



グラフ1：ステップ型ゲインコントロールのゲイン・THD特性 (-15dB～ +15dB)

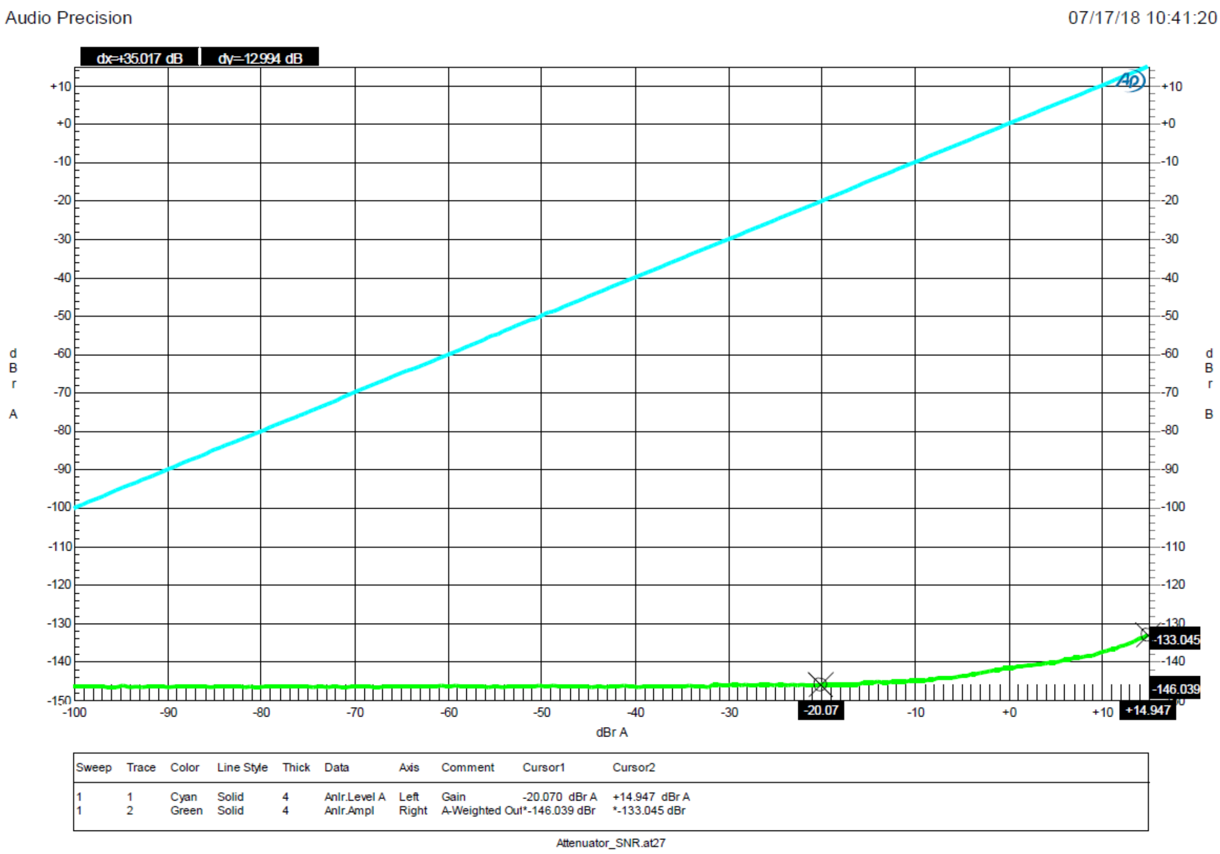
リレー制御方式のステップ型ゲインコントロールは、HPA4の大きな特長です。ヘッドホン出力とライン出力はそれぞれ完全に独立したコントロールを備えています。これらのステップ型ゲインコントロールは、大きなノイズや歪みを加えることなく、広い動作範囲で音量調節が行えるように設計されています。

このグラフは、ステップ型ゲインコントロールが測定可能な全高調波歪みをほとんど生成しないことを示しています。-15dB～ +15dBの範囲では、全高調波歪みは -120dB（0.0001%）～ -140dB（0.00001%）で、業界標準のオーディオアナライザーAP2722テストシステムの測定限界に近くなります。この測定は、バランス入力部および出力バッファー部を含めて行われています。これはHPA4が実質的に歪みのないゲインコントロール機能を持った信号パスであることを意味しています。

注：• 水色のプロットはゲイン。左縦軸（dBr A）は、入力レベルに対するゲインの相対dB値。入力レベルはテスト全体を通して10dBu。

• 緑のプロットは、1kHzテストトーン使用時のTHD（全高調波歪み）。THDは出力レベルに対する相対dBで、右側（dB）縦軸で読みます。出力レベルは、ステップ型アッテネーターを使用して - 5dBから +25dBuに調整。

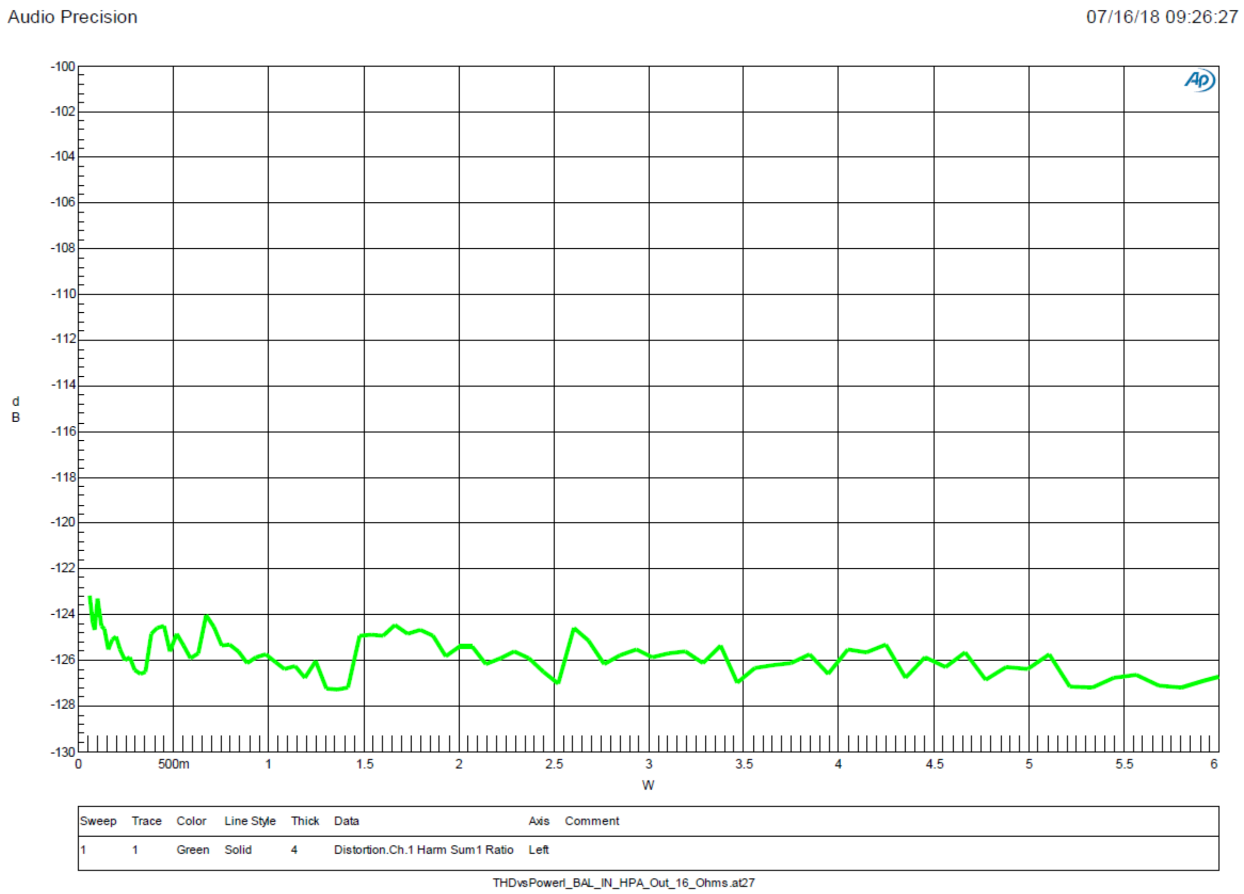
• バランス入力～バランス出力で測定。



グラフ2：ステップ型ゲインコントロールのゲイン・出力ノイズ特性

ステップ型ゲインコントロールのゲイン範囲は、0.5dBステップで -112.5～ +15dBです。ここで、緑色のプロットは、-100dB～ +15dBのゲイン範囲にわたるA特性の出力ノイズを示しています。出力ノイズは、バランス出力の最大出力レベル28dBuに対する相対値としてプロットされています。任意のゲイン設定でのSN比は、2つのプロットの差として得られます。最大ゲインでのSN比は15dB -（-133dB）=148dB、また、ゲイン -20dBのSN比は　-20dB -（-146dB）=126dBです。このテストは、完全バランス動作・低インピーダンスのステップ型ゲインコントロールの広い動作範囲とその性能を示しています。

ゲインが-20dB未満の場合、ノイズは、ステップ減衰器の抵抗によって生成される熱雑音（ジョンソンノイズ）によって決まります。バランスアッテネーターの＋側、－側のインピーダンスはわずか1210Ωです。これは、アッテネーターのバランス出力のインピーダンスが2420Ωであることを意味します。この抵抗値の大きさがバランスアッテネーターの出力ノイズレベルを決定します。 -20dB未満のゲインでは、バランス出力バッファーと組み合わせたステップゲインコントロールのA特性ノイズフロアは、+28dBuに対して-146.5dBです。つまり、A特性での出力ノイズレベルは -118.5dBuです。この値は1個の2.5kΩ抵抗によって生成される熱雑音とほぼ同等です。これは、アクティブバランス出力バッファーが、ステップ型ゲインコントロールにレベルの大きなノイズを追加しないことを示しています。 このアクティブ出力バッファーは、システム下流側の機器（パワーアンプやHPA4内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部など）に低インピーダンス下でも十分な駆動力を提供するために重要です。



グラフ3：ヘッドホンアンプの出力レベル・THD特性（0～16Ω負荷時）

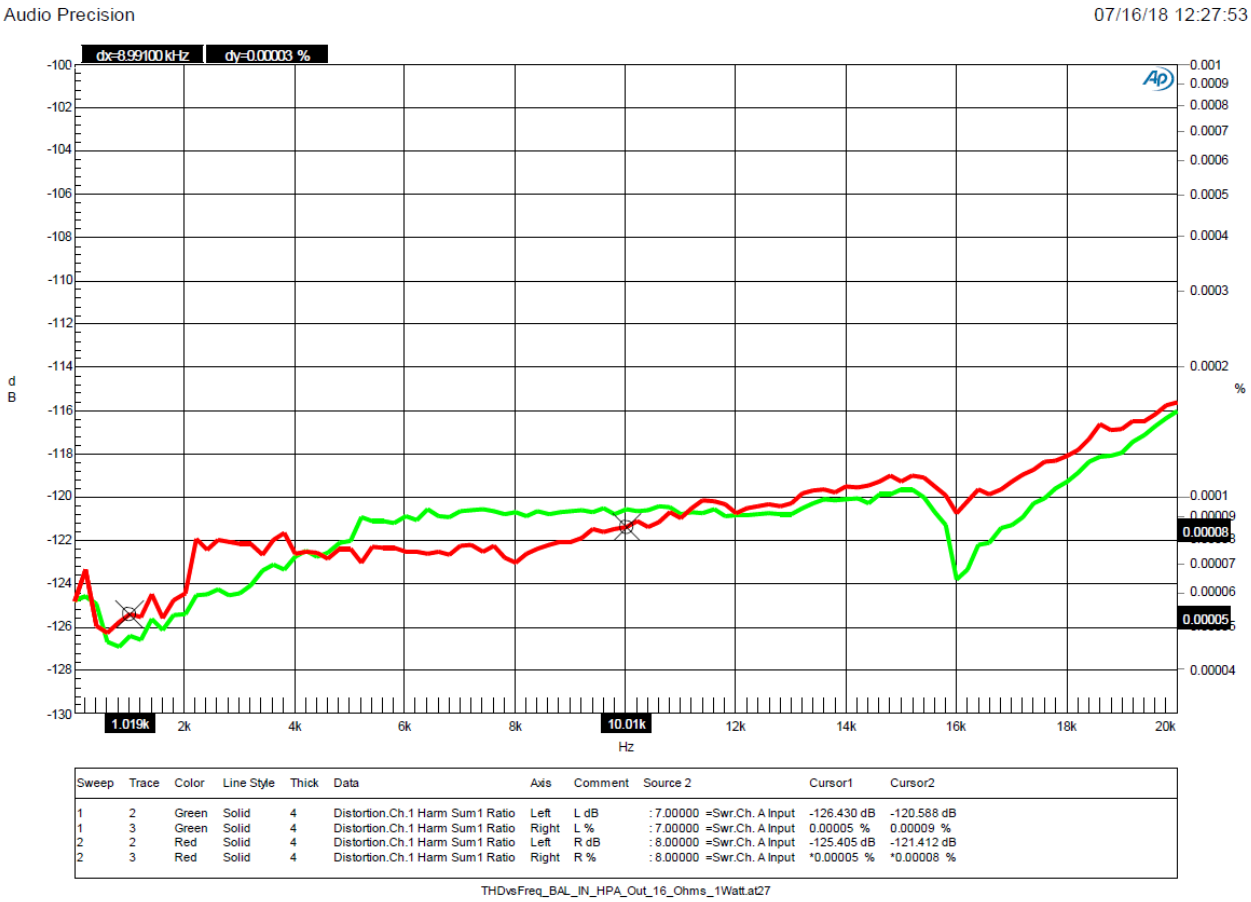
THX-888仕様ヘッドホンアンプは、重い負荷のヘッドホンを高い信号レベルでTHDを増加させることなく駆動するように設計されています。また、信号レベルが低い場合や負荷が軽い場合あるいはその両方の場合でも、実質的にTHDゼロです。

この出力スイープ特性は、THDが出力とともに上昇しないことを示しています。THX-888仕様ヘッドホンアンプは、出力が60mWから6Wに変化しても、常に非常にクリーンな状態を保ちます。この100：1の出力範囲で、THDは実質的に変化していません。THDは、この大きい変化量の出力（16Ω負荷時）で約 -125dB（0.000056％）以下となっています。また、最大定格出力6ワット時のTHD測定値は約 -127dB（0.00004%）となっています。

この測定結果は、THX-888仕様アンプにおけるTHX AAA™テクノロジーの有効性を示しています。

注：

- 縦軸は、出力レベルに対するTHDの相対dB値。
- 1kHzテストトーン。テストトーンレベルを変化させて、出力を0.06～6Wでスイープして測定。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定0dBで測定。

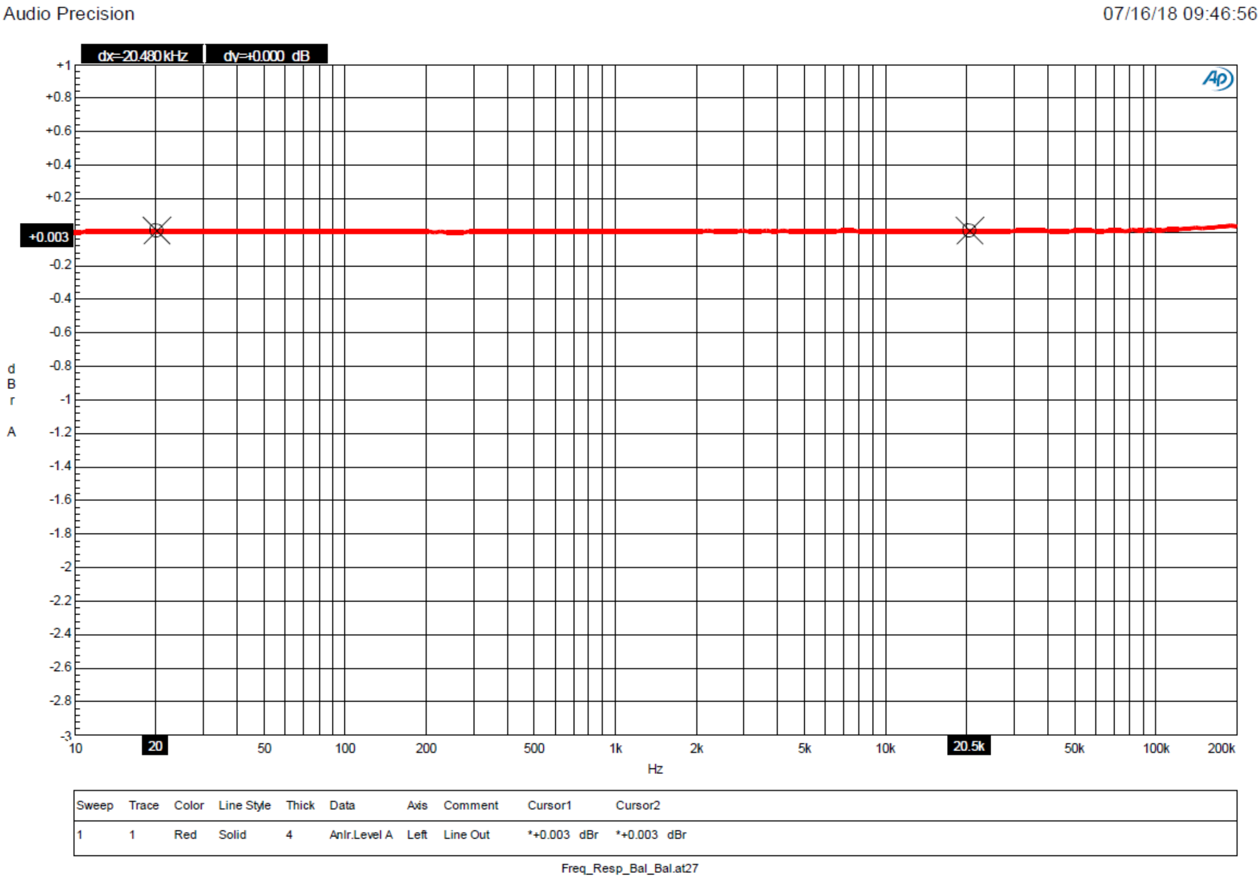


グラフ4：ヘッドホンアンプの周波数・THD特性（20Hz～20kHzスイープ）

この周波数スイープ波形は、周波数が増加してもTHDが非常に低いレベルが保たれていることを示しています。THX-888仕様ヘッドホンアンプは、16オーム負荷時にこの性能を発揮しました。

注：

- 左側の縦軸は出力レベルに対するTHDの相対dB値。
- 出力レベルは、16Ω負荷で1W。（4Vrms, 14.3dBu）
- THD測定帯域幅48kHz。
- テストトーン：20Hz～20kHzスイープ。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定0dBで測定。



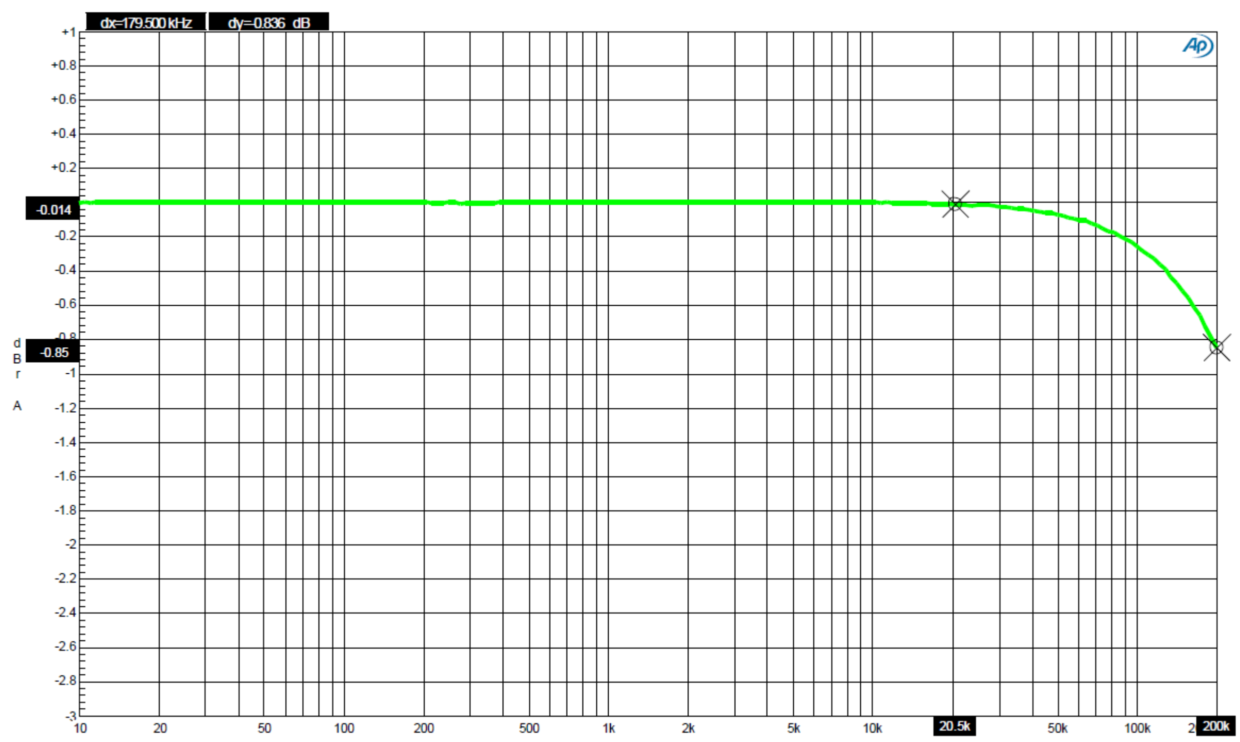
グラフ5：ラインアンプの周波数特性

ラインアンプの-3 dB周波数応答は、約0.1Hzから500kHzに及びます。 これは、オーディオアナライザーAP2722測定システムの測定範囲10Hz～200kHzをはるかに超えています。10Hz～200kHzの測定範囲では、周波数応答は完全にフラットです。

この広い周波数特性の主たるメリットは、非常に正確な位相特性を提供することです。低域は、可聴帯域の最高域（および低域から最高域の間の全ての周波数）に対し、正確なタイミングで伝送されます。さらに、この極端な広帯域により、L/R間の位相差はほぼ完璧に保たれます。その結果、立体的なサウンドステージ内にボーカルが正確に定位する比類のないステレオイメージが得られます。

注：

- 縦軸（dBr A）は、1 kHzでの出力レベルに対する相対dB値。0dBuテストトーンを使用。グラフに現れている +/-0.003dBの微小なランダム変動は、オーディオアナライザーAP2722の測定限界によるもの。
- バランス入力～バランスライン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



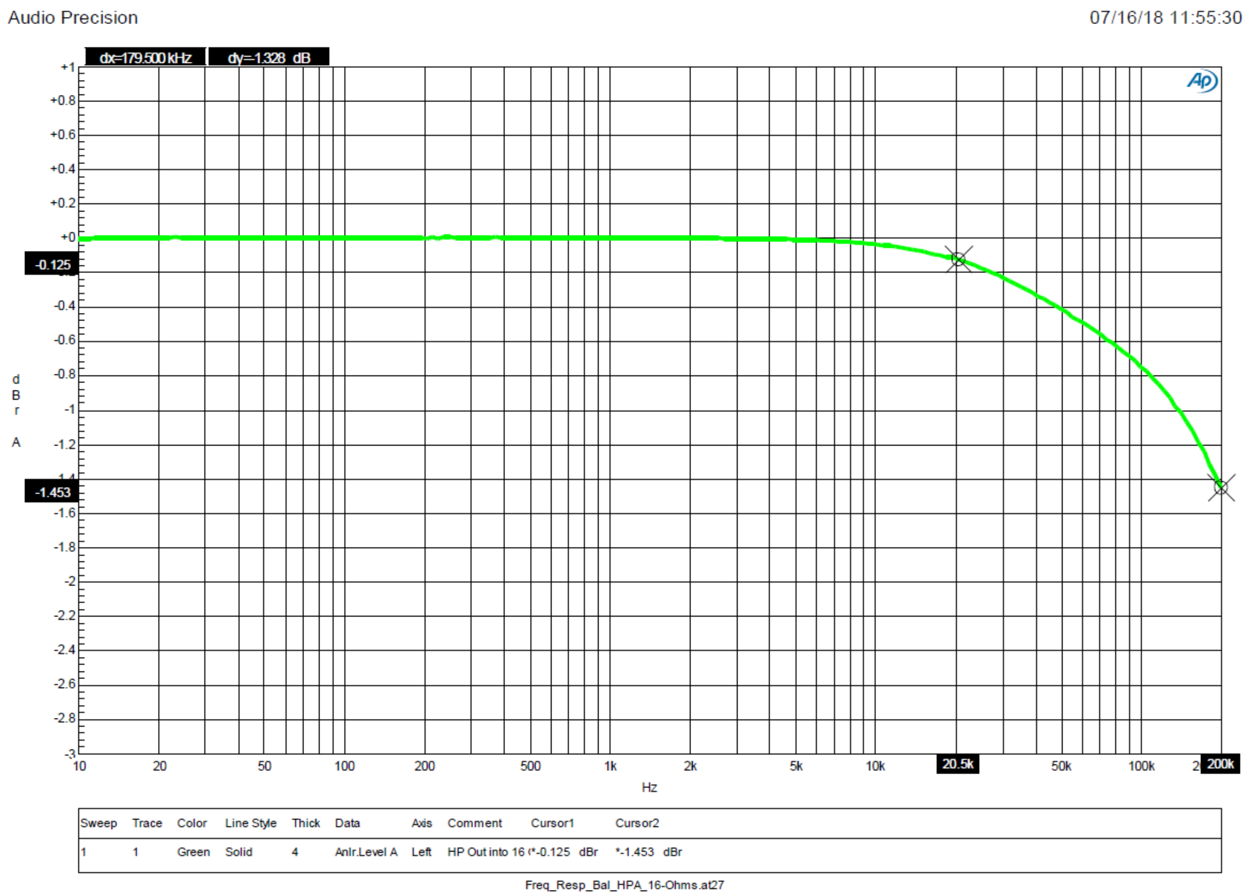
Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Cursor1	Cursor2
1	1	Green	Solid	4	Anlr.Level A	Left	HP Out into 300	*-0.014 dBr	*-0.850 dBr

グラフ6：ヘッドホンアンプの周波数特性（300Ω負荷時）

この測定結果は、負荷インピーダンスが変化しても、ヘッドホンアンプの周波数特性がほとんど変化しないことを示しています。16Ω時の特性（グラフ7参照）は、上の300Ω負荷時の周波数特性とほぼ一致しています。

注：

- 縦軸（dBr A）は、1kHzでの出力レベルに対する相対dB値。0dBuテストトーンを使用。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。

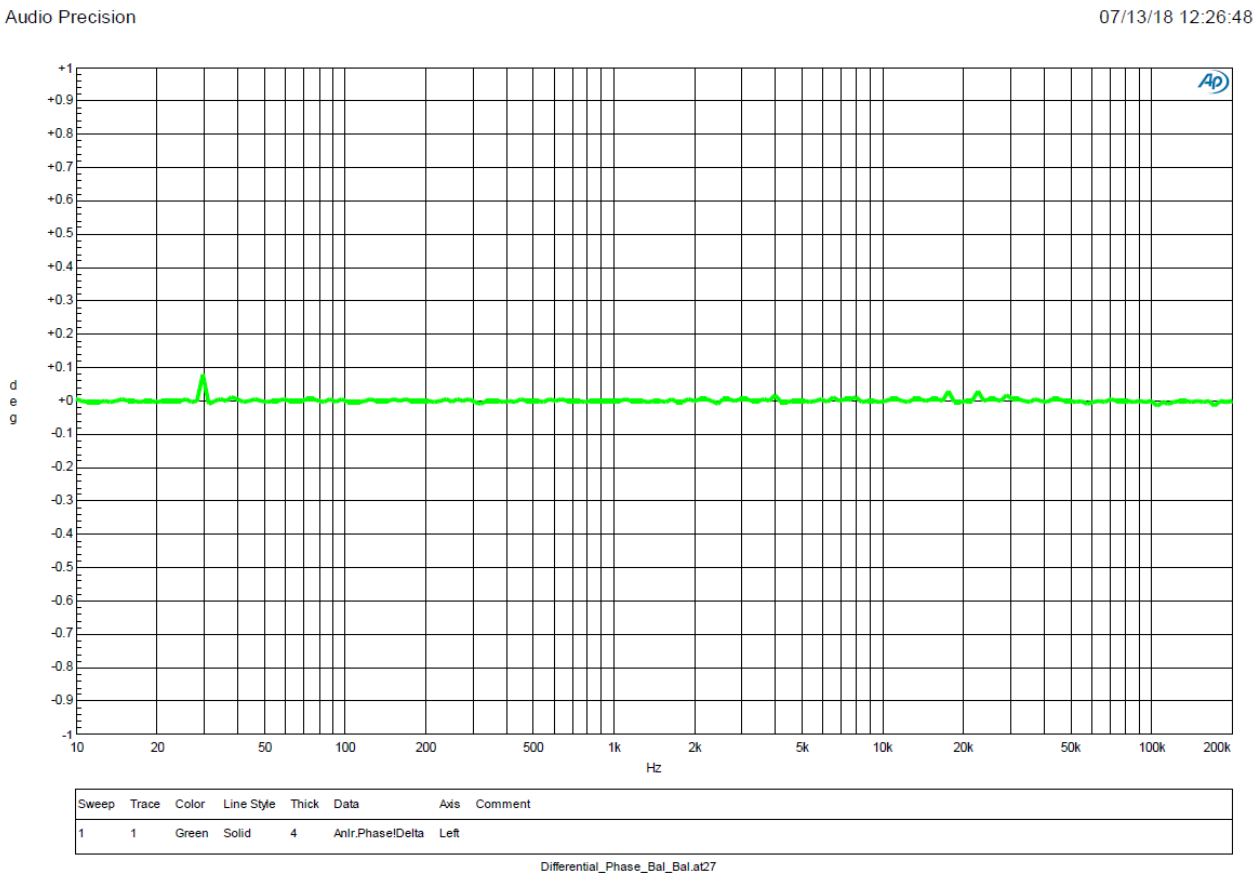


グラフ7：ヘッドホンアンプの周波数特性（16Ω負荷時）

ヘッドホンアンプの-3dB周波数応答は、オーディオアナライザーAP2722測定システムの10Hz～200kHzの測定範囲をはるかに超えています。16Ωの重い負荷を駆動した場合の周波数特性は、20kHzで -0.125dB、200kHzで -1.45dBです。これをグラフ6（300Ω負荷時の周波数特性）と比較してください。16Ω負荷による周波数特性の違いはごくわずかで、負荷による差は、20kHzでわずか0.1dB、200kHzで0.6dBに過ぎません。

注：

- 縦軸（dBr A）は、1kHzでの出力レベルに対する相対dB値。0dBuテストトーンを使用。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



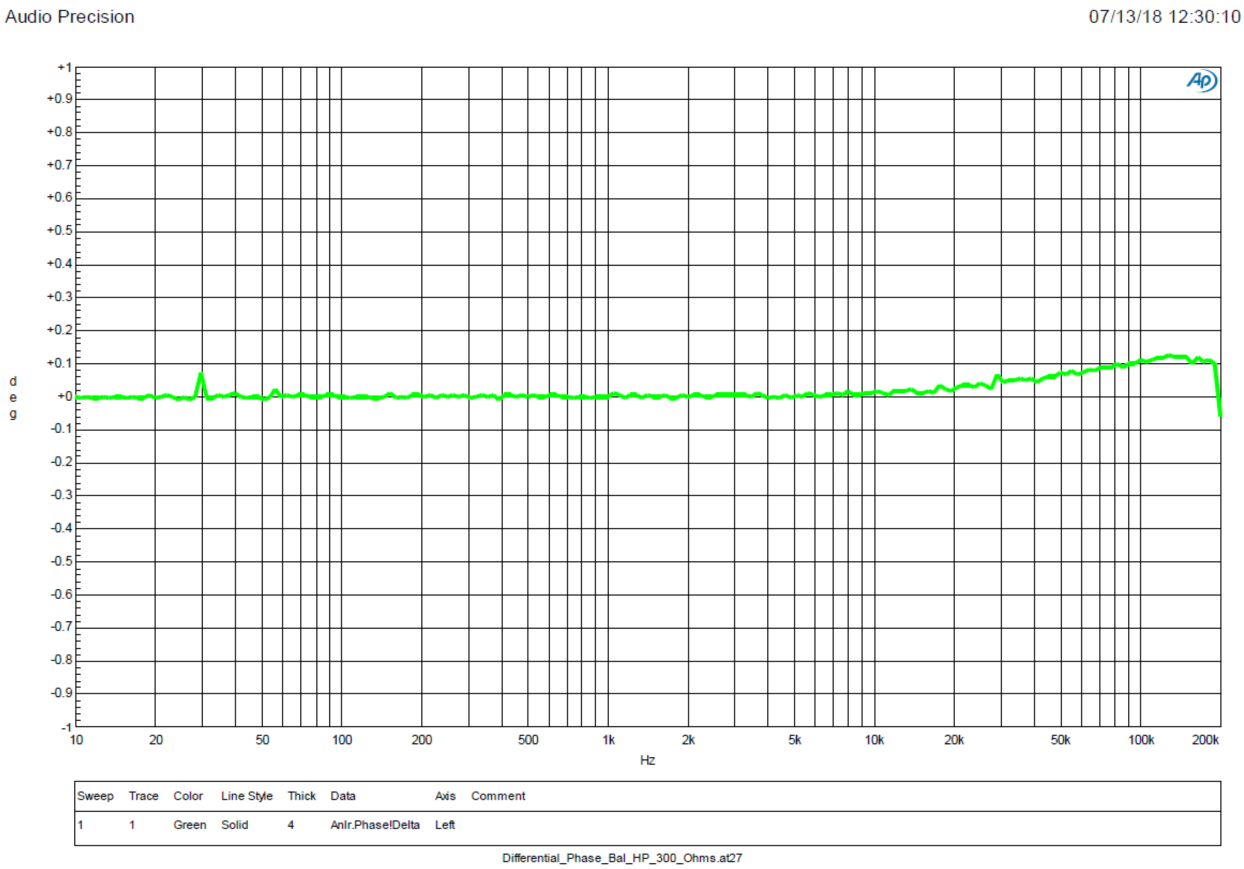
グラフ8：ラインアンプの左右チャンネル位相差

この測定結果は、左チャンネルと右チャンネル間の位相差を示しています。0.1Hzから500kHzという広大な周波数特性により、2つのチャンネルの位相はオーディオ帯域全体で一致しており、位相差が実質上パーフェクトであることを示しています。縦軸が +/- 1° と非常に拡大されていることに注意してください。曲線のわずかな隆起は、オーディオアナライザーAP2722の測定限界によるものです。このL/R位相整合は、AP2722のL/R位相整合よりもはるかに優れています。この測定を行うために、AP2722の補正曲線を作成する必要がありました。この補正曲線によって、測定器によって生成された位相誤差を取り除き、ラインアンプの実測を可能にしています。

注：

•縦軸は左チャンネルと右チャンネルの位相差。

•バランス入力～バランス出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



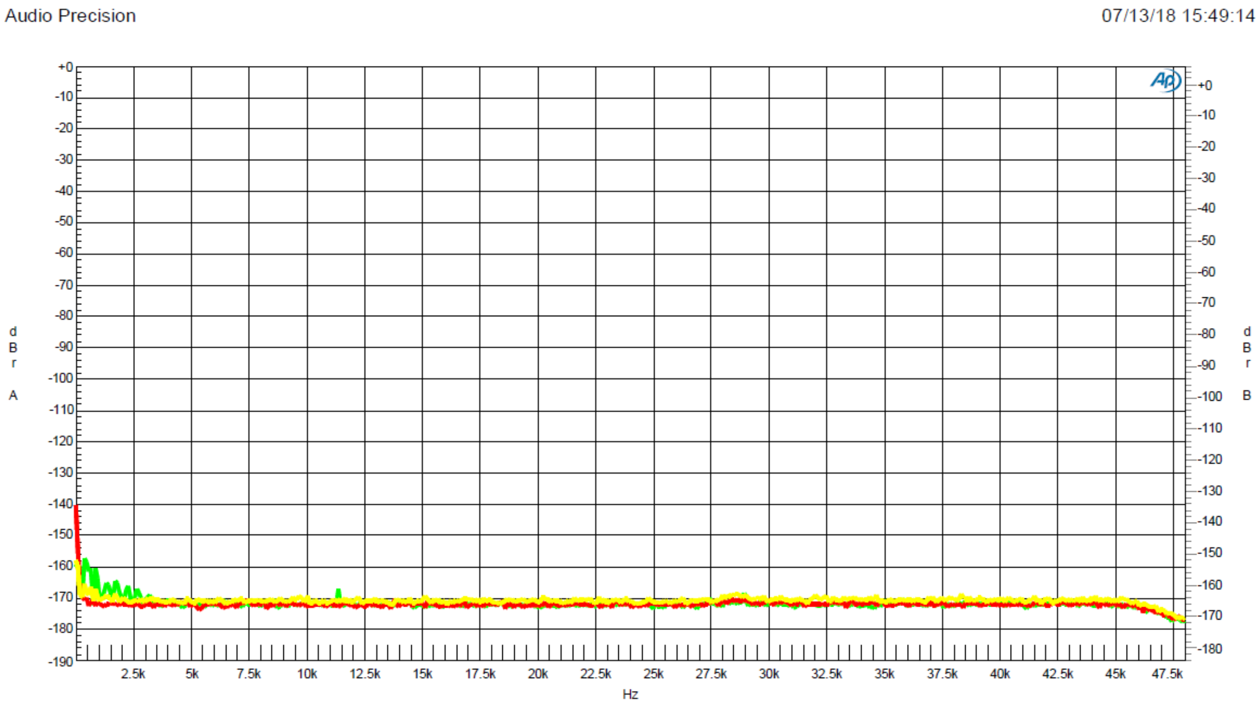
グラフ9：ヘッドホンアンプの左右チャンネル位相差（300Ω負荷時）

この測定結果は、ヘッドホン出力の左右チャンネル間の位相差を示しています。HPA4の広大な周波数特性により、2つのチャンネルの位相はオーディオ帯域全体で一致しており、位相差が実質上パーフェクトであることを示しています。200kHzでの位相差はわずか約0.1°に過ぎません。

注：

・縦軸（dBr A）は、左右チャンネル間の位相差。

・バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Left Line Out	: 1.00000 =Swr.Ch. A Input
1	3	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 1.00000 =Swr.Ch. A Input
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Right Line Ou	: 2.00000 =Swr.Ch. A Input
2	3	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 2.00000 =Swr.Ch. A Input
3	2	Yellow	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Mono Line O	: 3.00000 =Swr.Ch. A Input
3	3	Yellow	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 3.00000 =Swr.Ch. A Input

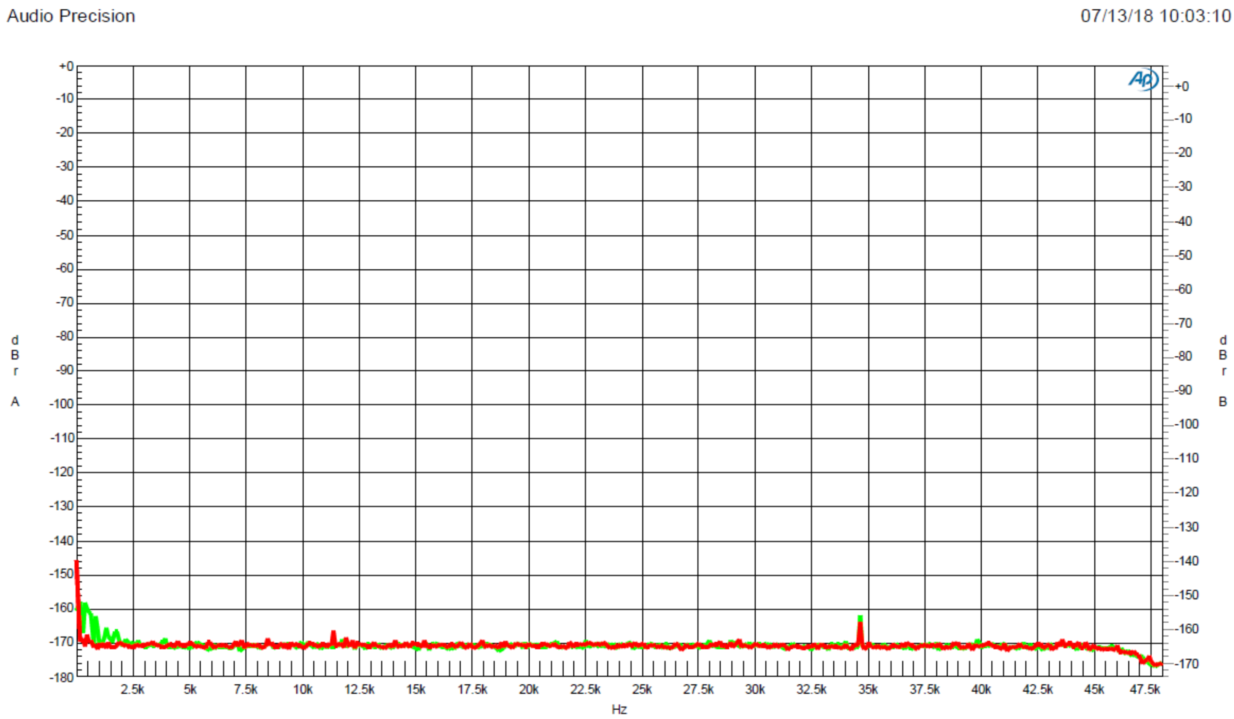
FFT_Idle_Unity_Gain_Bal_Bal.at27

グラフ10：アイドル・チャンネル・ノイズ特性（バランス入力〜バランス出力）

HPA4は、非常に低ノイズのラインアンプです。そのため、システム全体のノイズ性能を低下させることなく、Benchmark製DAC3とAHB2パワーアンプの間に挿入して使用できます。THX-888仕様ヘッドホンアンプ部の前段にも同じラインステージが使用されています。このラインステージにより、ヘッドホンアンプ部の性能を低下させずに音量調節が可能です。

注：

- 左側の縦軸（dBr A）は、+28dBuに対する相対dB値。+28dBuはHPA4のラインステージが対応している最大入力および最大出力。
- 右側の縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル
- バランス入力〜バランスライン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Left HP Outp	: 7.00000 =Swr.Ch. A Input
1	3	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 7.00000 =Swr.Ch. A Input
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Right HP Out	: 8.00000 =Swr.Ch. A Input
2	3	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 8.00000 =Swr.Ch. A Input

FFT_Idle_Unity_Gain_Bal_HPA.at27

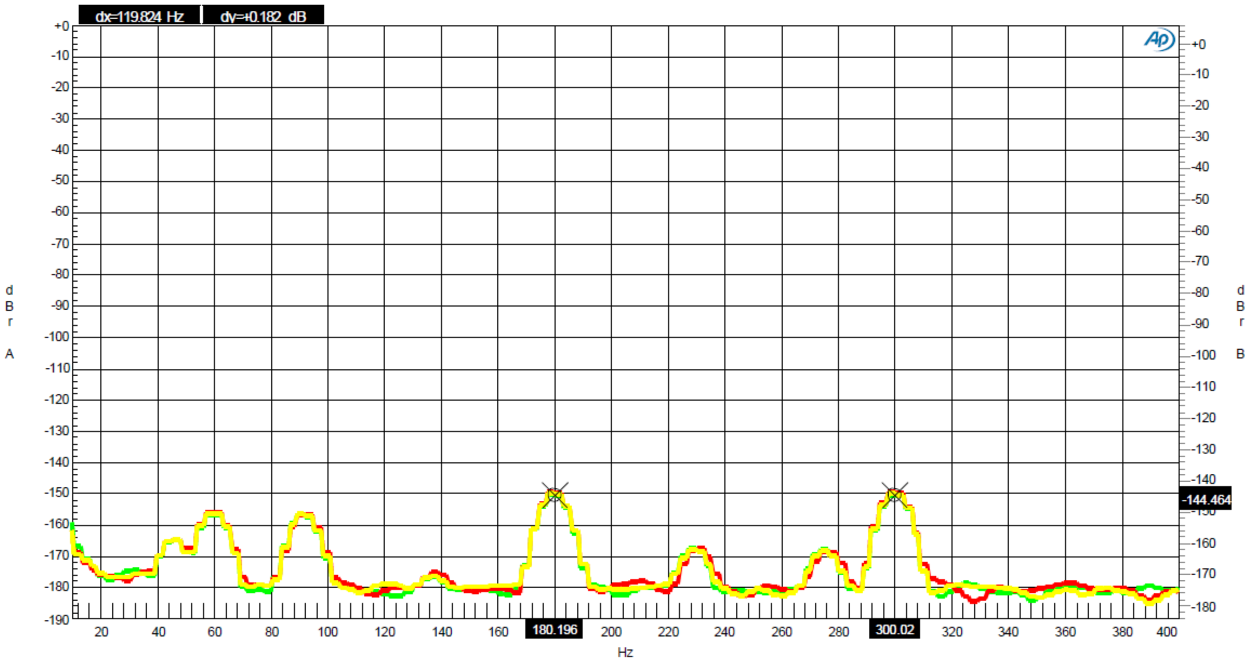
グラフ11：アイドル・チャンネル・ノイズ特性（バランス入力～ヘッドホン出力）

この測定結果は、バランス入力からTHX-888仕様ヘッドホンアンプの出力までのHPA4のノイズ特性を示しています。この並外れた低ノイズ性能により、高能率ヘッドホンを使用している場合でも、バックグラウンドノイズが聞こえないレベルに保たれます。

注：

- 左側の縦軸（dBr A）は、+28dBuに対する相対dB値。+28dBuはHPA4のラインステージが対応している最大入力および最大出力。
- 右側の縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。

Audio Precision 07/13/18 10:02:46



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2	Cursor1	Cursor2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Left Line Out	: 1.00000 =Swr.Ch. A Input	-150.645 dBr A	-150.464 dBr A
1	3	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 1.00000 =Swr.Ch. A Input	*-144.645 dBr	*-144.464 dBr
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Right Line O	: 2.00000 =Swr.Ch. A Input	-149.889 dBr A	-149.685 dBr A
2	3	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 2.00000 =Swr.Ch. A Input	-143.889 dBr B	-143.685 dBr B
3	2	Yellow	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Mono Line O	: 3.00000 =Swr.Ch. A Input	-150.113 dBr A	-150.050 dBr A
3	3	Yellow	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 3.00000 =Swr.Ch. A Input	-144.113 dBr B	-144.050 dBr B

FFT_Idle_Unity_Gain_Bal_Bal_Low_Freq.at27

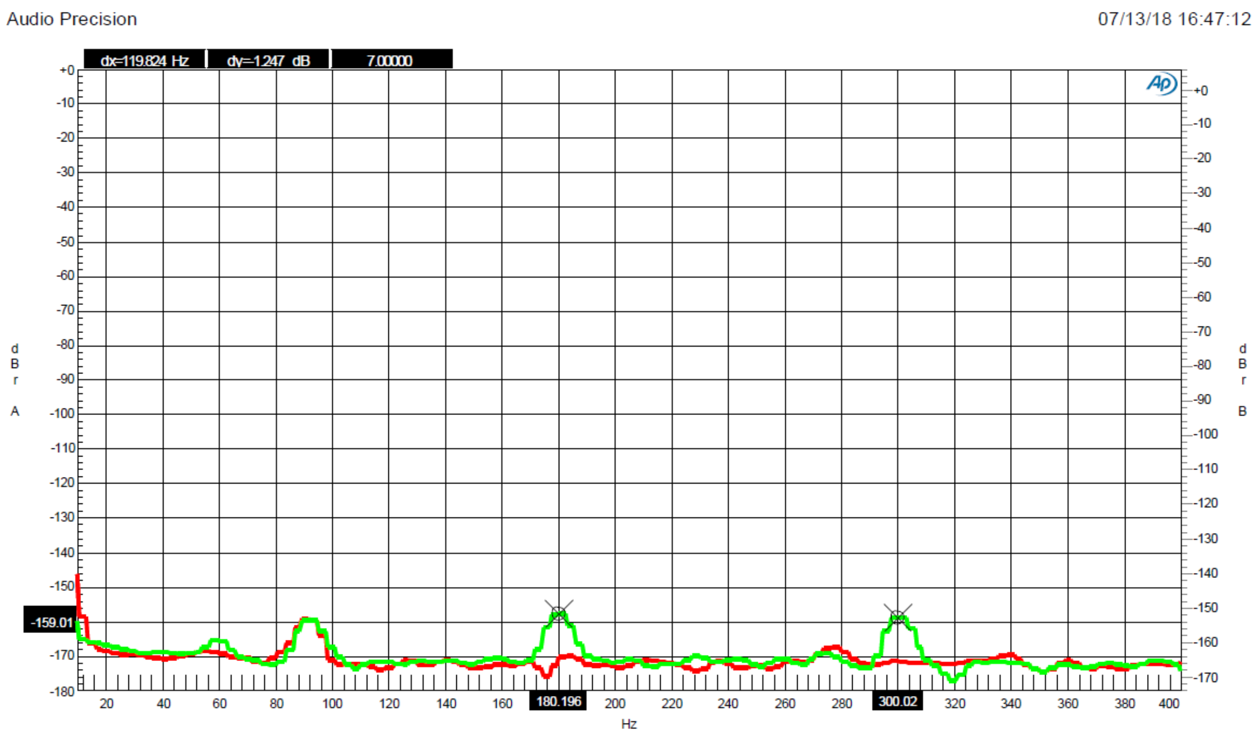
グラフ12：ラインアンプのACライン由来のハム特性

この測定結果は、ACライン由来のハムが+28dBuの最大出力レベルより150dB低い（左側の縦軸 dBrA）ことを示しています。テスト時のACライン周波数は60Hzです。

また、ACライン由来のハムが、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部と外部から接続されたAHB2パワーアンプの最大入力レベルより144dB低いことも示しています。これらのレベルは非常に低いため、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部および接続されたAHB2を介したシステム全体のSN比に影響を与えません。

注：

- 左側の縦軸（dBr A）は、+28dBuに対する相対dB値。+28dBuはHPA4のラインステージが対応している最大入力および最大出力。
- 右側の縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル
- バランス入力～バランスライン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2	Cursor1	Cursor2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Left HP Outp	: 7.00000 =Swr.Ch. A Input	*-157.763 dBr	*-159.010 dBr
1	3	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 7.00000 =Swr.Ch. A Input	-151.763 dBr B	-153.010 dBr B
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Right HP Out	: 8.00000 =Swr.Ch. A Input	-170.357 dBr A	-171.347 dBr A
2	3	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Right		: 8.00000 =Swr.Ch. A Input	-164.357 dBr B	-165.347 dBr B

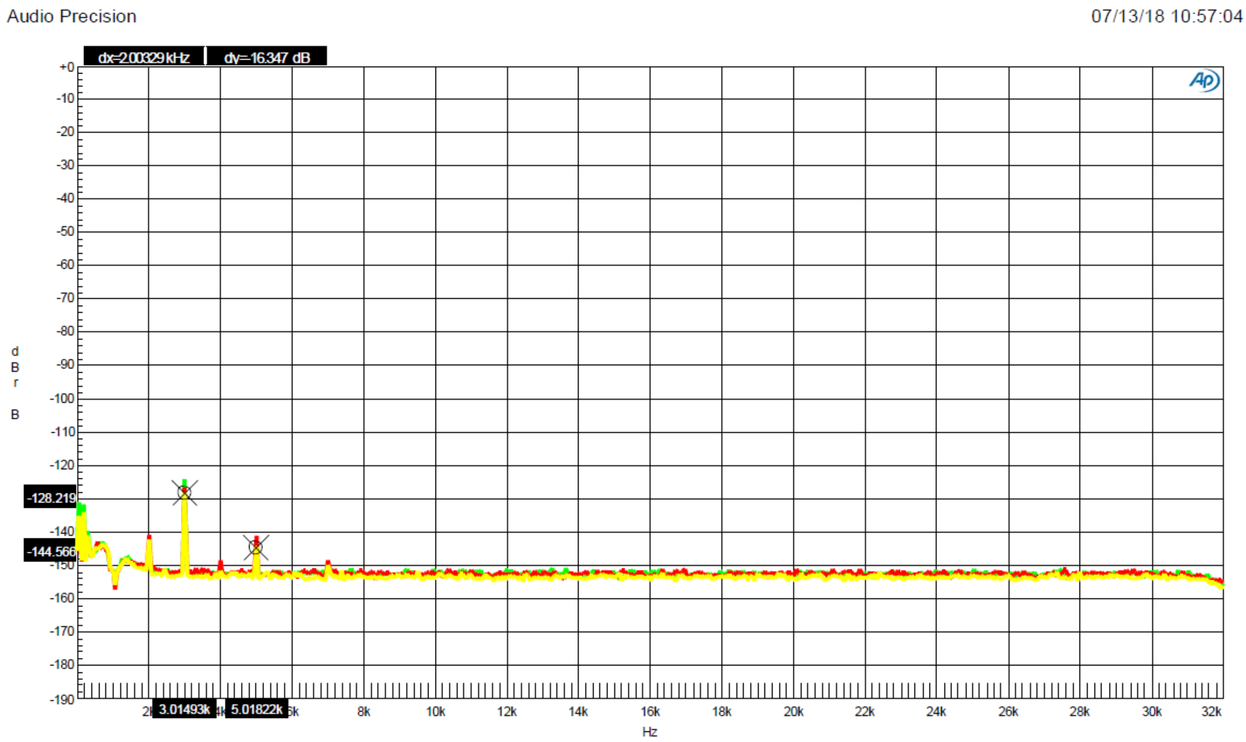
FFT_Idle_Unity_Gain_Bal_HPA_Low_Freq.at27

グラフ13：ヘッドホン出力のACライン由来のハム特性

この測定結果は、ACライン関連のハムがTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部の最大出力レベル+22dBu（右側の縦軸 dBr B）を少なくとも152dB下回っていることを示しています。

注：

- 左側の縦軸（dBr A）は、+28dBuに対する相対dB値。+28dBuはHPA4のラインステージが対応している最大入力および最大出力。
- 右側の縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル
- バランス入力〜ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2	Cursor1	Cursor2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Left Line Out	: 1.00000 =Swr.Ch. A Input	-124.094 dBr B	-146.609 dBr B
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Right Line O	: 2.00000 =Swr.Ch. A Input	-126.729 dBr B	-141.285 dBr B
3	2	Yellow	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	Mono Line O	: 3.00000 =Swr.Ch. A Input	*-128.219 dBr	*-144.566 dBr

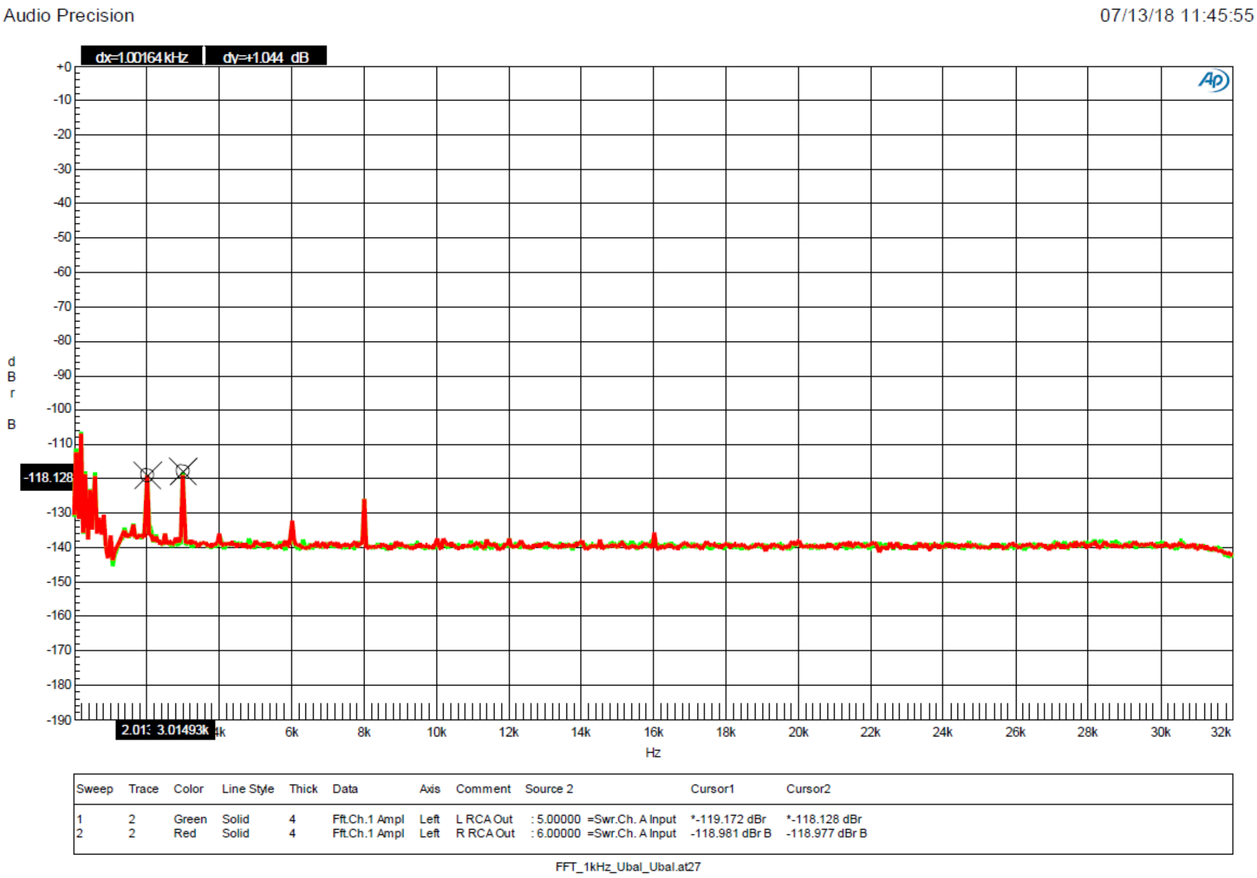
FFT_1kHz_Bal_Bal.at27

グラフ14：ラインアンプ -22dBu　1kHzテストトーンに対するTHD特性

このプロットは、22dBuという非常に高いレベルを出力している場合でも、ラインアンプで生成されるTHDが非常に低いことを示しています。3次高調波は、すべてのバランス出力で -124dB（0.00006%）以下となっています。5次高調波は、すべてのバランス出力で -141dB（0.000009%）以下です。

注：

- 縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル。
- バランス入力～バランスライン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。
- 1kHz基本波は、ノッチフィルターで除去しました。このフィルターを使用することにより、オーディオアナライザーAP2722の解像度を高めることができます。



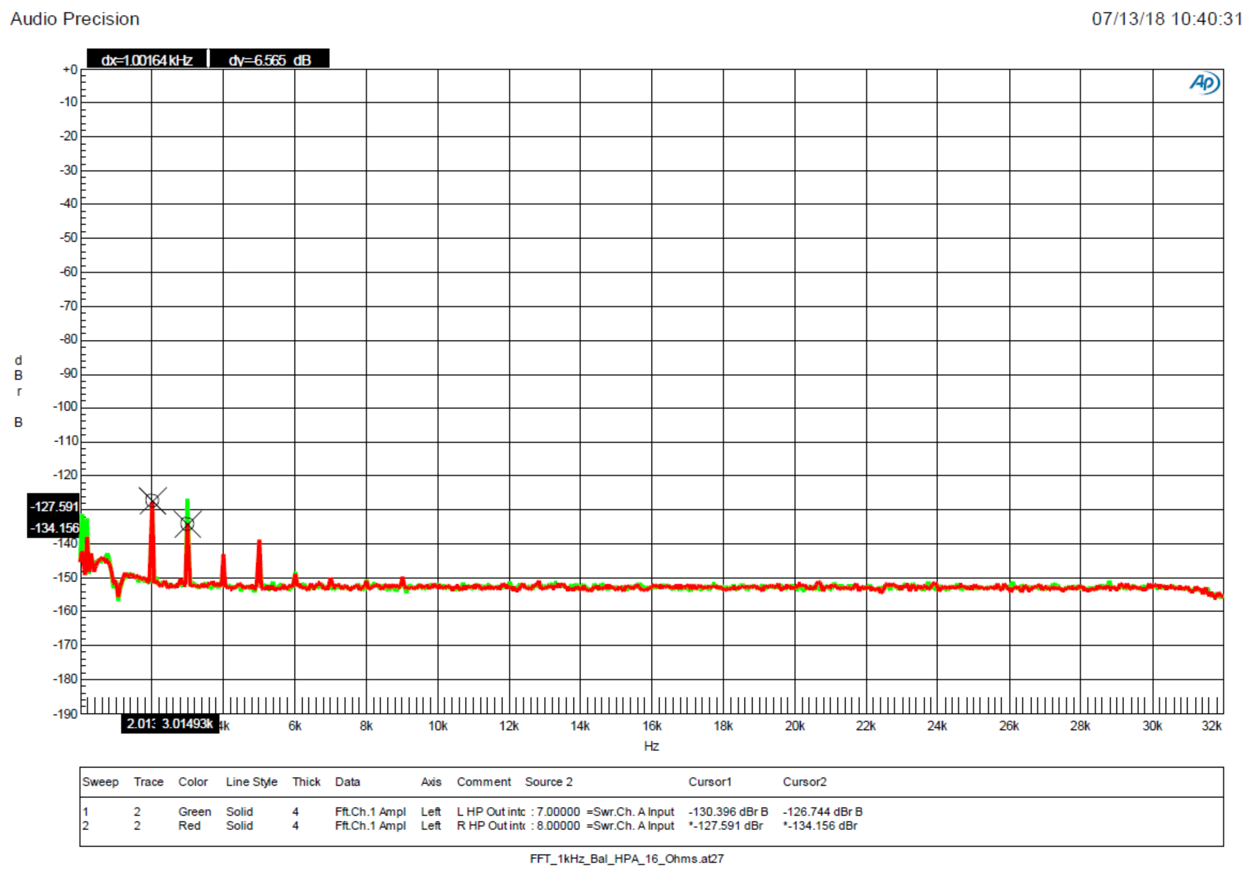
グラフ15：ラインアンプの1.6Vrms1kHzテストトーンに対するTHD特性（アンバランス入力～アンバランスライン出力）

このプロットは、アンバランス入力～アンバランス出力の性能を示しています。入力レベルは1.6Vrmsで、バランス出力上で22dBuを生成するために必要なレベルです。グラフ14で使用されている動作ポイントと一致するようにこのレベルが使用されます。

グラフ15（アンバランス）とグラフ14（バランス）を比較すると、アンバランス入力～アンバランス出力がTHDに関しては非常にうまく機能していることがわかります。ただし、アンバランス接続で使用される信号レベルがはるかに低いため、SN比はわずかですが低下します。

注：

- 縦軸（dBr B）は、1.6Vrmsに対する相対dB値。1.6Vrmsはテストトーンの信号レベル。
- アンバランス入力～アンバランスライン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。
- 1kHz基本波は、ノッチフィルターで除去しました。このフィルターを使用することにより、オーディオアナライザーAP2722の解像度を高めることができます。



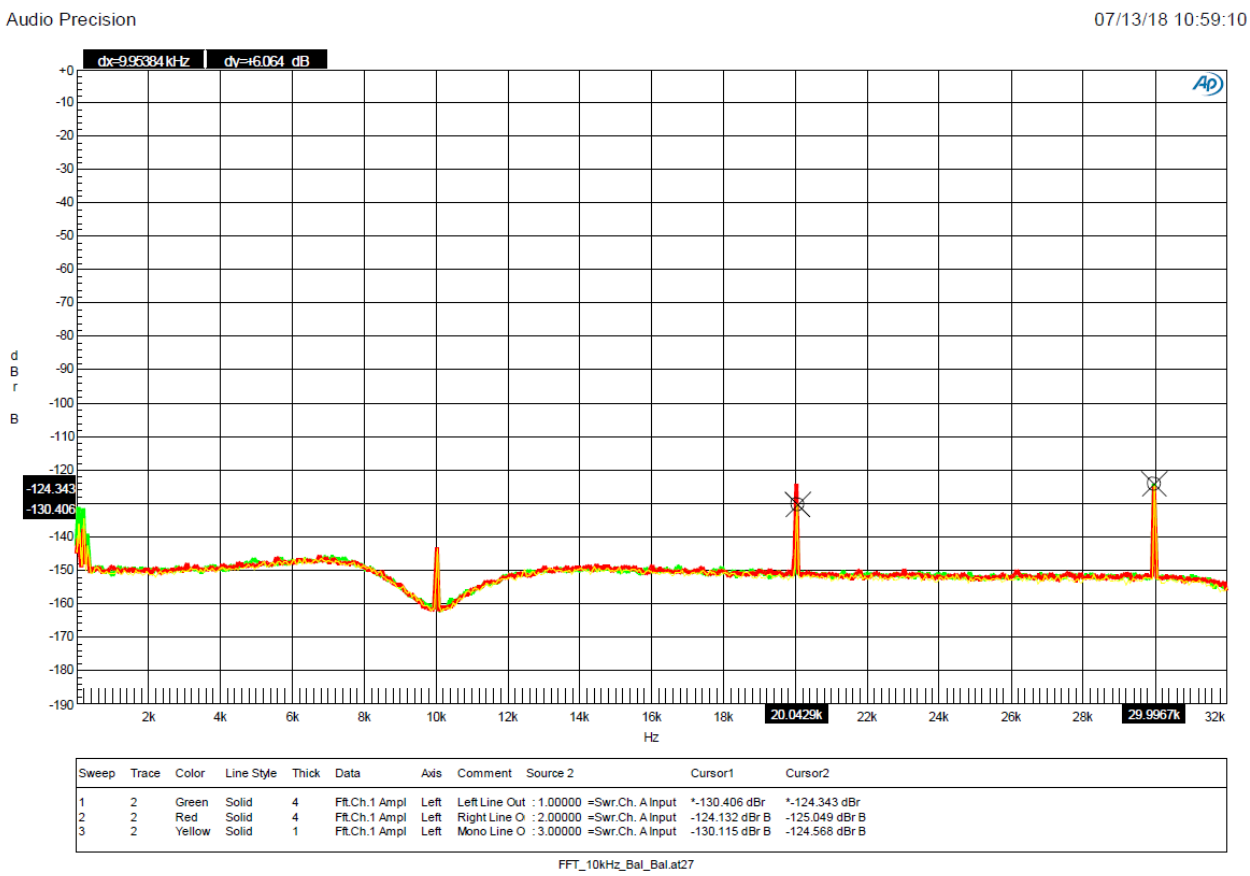
グラフ16：ヘッドホンアンプの22dBu 1kHzテストトーンに対するTHD特性（6W出力 16Ω負荷時）

この測定結果は、THX-888仕様ヘッドホンアンプ部によって生成されるTHDが非常に低いということで、22dBuという非常に高い出力レベルで16Ωという低インピーダンスの負荷に供給している場合でも同様です。この時の出力レベルは、チャンネルあたり6ワットです。2次高調波は、全定格負荷で-127.5dB（0.00004%）以下です。

3次高調波は -126.5dB（0.000005%）以下です。この測定結果により、フィードフォワードによるエラー訂正機能を備えたTHX AAA™テクノロジーの有効性が証明されています。

注：

- 縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。
- 1kHz基本波は、ノッチフィルターで除去しました。このフィルターを使用することにより、オーディオアナライザーAP2722の解像度を高めることができます。



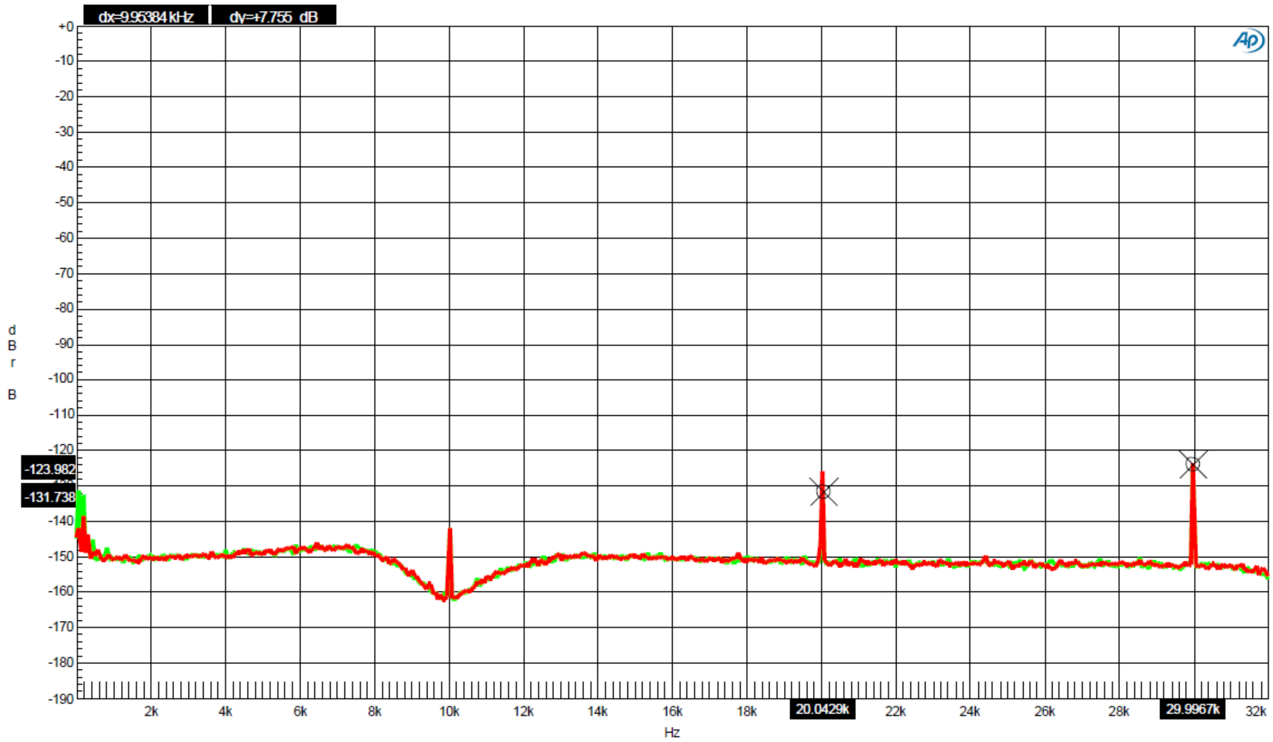
グラフ17：ラインアンプの22dBu 10kHzテストトーンに対するTHD特性

このプロットは、22dBuという非常に高い出力レベルを出力している場合でも、ラインアンプによって生成されるTHDが非常に低いことを示しています。2次および3次の高調波は、それぞれ-124dB（0.00006%）以下です。このテスト結果により、高い周波数を再生するときにTHDが増加しないことが判ります。

注：

- 縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル。テストトーンの信号レベルは+22dBu。
- バランス入力～ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。
- 10kHz基本波は、ノッチフィルターで除去しました。このフィルターを使用することにより、オーディオアナライザーAP2722の解像度を高めることができます。

Audio Precision 07/13/18 11:03:28



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment	Source 2	Cursor1	Cursor2
1	2	Green	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	L HP Out intc	: 7.00000 =Swr.Ch. A Input	*-131.738 dBr	*-123.982 dBr
2	2	Red	Solid	4	Fft.Ch.1 Ampl	Left	R HP Out int	: 8.00000 =Swr.Ch. A Input	-125.997 dBr B	-123.818 dBr B

FFT_10kHz_Bal_HPA_16_Ohms.at27

グラフ18：ヘッドホンアンプの22dBu　10kHzテストトーンに対するTHD特性　（6W出力 16Ω負荷時）

この測定結果は、THX-888仕様ヘッドホンアンプ部によって生成されるTHDが非常に低いということで、10kHzで6Wを供給している場合でも同様です。この時の出力レベルは22dBu（9.8Vrms）、負荷インピーダンスは16Ωです。これらの非常に高いスルーレート条件では、2次および3次高調波は、ドライブの困難な16Ω負荷時でも約 -124dB（0.00006%）以下となっています。この測定結果により、フィードフォワードによるエラー訂正機能を備えたTHX AAA™テクノロジーの有効性が証明されています。

注：

- 縦軸（dBr B）は、+22dBuに対する相対dB値。AHB2パワーアンプを最大出力で駆動するのに必要な入力レベルであると同時に、内部のTHX-888仕様ヘッドホンアンプ部を最大出力で駆動するのに必要なレベル。テストトーンのレベルも+22dBu。
- バランス入力〜ヘッドホン出力、ボリュームコントロール設定は0dBで測定。
- 10kHz基本波は、ノッチフィルターで除去しました。このフィルターを使用すること、オーディオアナライザーAP2722の解像度を高めることができます。

MEMO

Revision C -

11/16/201

8

Benchmark Media Systems, Inc.
Benchmark Media Systems, Inc. 203 East Hampton Place, STE 2
Syracuse, NY 13206
USA

PHONE: +1-315-437-6300
FAX: +1-315-437-8119
benchmarkmedia.com

...the measure of excellence!™