

# デジタル・オーディオの測定方法

Claus Neesgaard

Digital Audio, TI Copenhagen

## 概要

トゥルー・デジタル・オーディオ・アンプ (TDAA: true digital audio amplifier) の性能を正確に測定するには、このデバイスの特徴、特に従来のA級アンプ (class-A) やAB級アンプ (class-AB) 等のリニア・アンプと比較しての特徴を理解する

ことが重要になります。このアプリケーション・ノートではTI独自のデジタル・アンプ技術の概要と、TDAAを測定して正確な結果を得るための方法を説明します。

## 目次

はじめに .....	2
TDAAの測定方法 .....	3
測定装置 .....	6
オーディオ特性、測定方法.....	7
総合高調波歪み+ノイズ (THD+N) .....	7
ダイナミック・レンジ .....	7
信号対ノイズ比 .....	7
THD+N 対 出力電力 .....	7
効率 .....	8

## 図目次

図1 ローパス・フィルタ付きのTDAA .....	2
図2 出力スペクトラム .....	3
図3 オーディオ・アナライザのブロックダイアグラム.....	4
図4 テスト装置 .....	6
図5 「THD+N対出力電力」曲線を構成する3つの寄与.....	8

## 表目次

表1 各種FFT窓関数の補正係数.....	5
-----------------------	---

## 1. はじめに

Q：デジタル・アンプと従来アナログアンプの違いは？

A：デジタル・アンプには、パルス幅変調 (PWM: Pulse Width Modulation) という方式で動作するスイッチング出力段が組み込まれています。従来のアナログ・アンプ出力段では低周波の制御信号が使用されますが、TDAAのスイッチング出力段は高周波のデジタル信号で制御されます。高周波のデジタル信号 (PWM信号) では、音楽が固定周波数の搬送波信号に変調されます。TDAAの変調処理の基本は、CDプレイヤーやDVDプレイヤー等のデバイスから来る音楽信号 (など、増幅を必要とする信号) を、パルス・コード変調 (PCMパルス・コード変調 (PCM: Pulse Code Modulation) を使用してデジタル値で表現することです。

Q：トゥルー・デジタル・オーディオ・アンプ (true digital audio amplifier) とは？

A：TDAAは、次の2つの性格を持ちます。

- (i) 歪みの発生しないPCMからPWMへの変換を可能にする、高度なパフォーマンス・アルゴリズム
- (ii) スwitching出力段 (図1参照)。デジタル・アンプでは、従来のアナログアンプで発生するものとは異なる帯域外スペクトラムが発生する為、ダイナミッ

ク・レンジ (DR) や高調波歪+ノイズ (THD+N) のような、オーディオ特性を正確に測定する為には、幾つかの点に注意します。

原理上、フルブリッジのTDAA出力段は、PWM信号によってオン/オフが制御される2組のスイッチからなります。これにより、小信号のPWM信号が、出力段の電源電圧に相当する振幅を持つ電力信号 (power signal) に変換されます。出力はローパス・フィルタで復調され、(音楽等の) 元の入力信号波形の増幅版として再構成されます。通常のフィルタはシンプルな2次のLCフィルタで構成され、スピーカーコネクタの直前に置かれます。この復調フィルタはTDAAにおける唯一のアナログ信号パスです。

Q：TI独自のデジタル・アンプ技術の特色とは？

A：・電力効率が高い (ヒートシンクやファンが不要)

- ・完全なデジタル化 (デジタル・フロント・エンドとの統合が容易)
- ・SMD技術
- ・軽量
- ・小型
- ・EMC規格に準拠
- ・高い音響性能

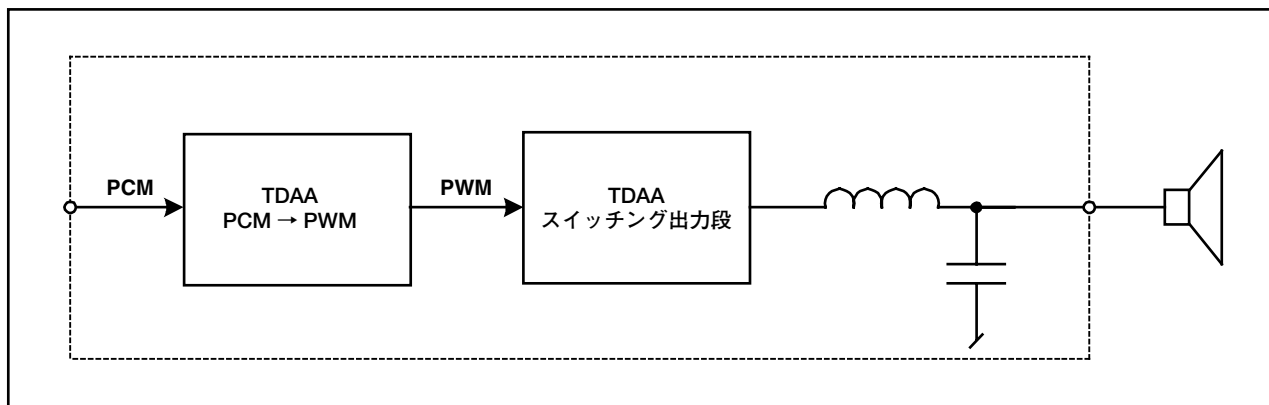


図1. ローパス・フィルタ付きのTDAA

## TDAAの測定方法

このセクションでは、デジタル・アンプの出力スペクトラム、オーディオ・アナライザ、測定手順について説明します。

Q：スイッチングのトポロジーが出力スペクトラムに与える影響は？

A：前述のように、TDAAにはPWM制御のスイッチング出力段と、シンプルなローパス・フィルタが組み込まれています。高性能アンプでは、オーディオ帯域幅とPWMスイッチング周波数の間に適切なマージンを置く必要があります。通常、その比率は約20倍（スイッチング周波数約400kHzに対応）です。復調フィルタの次数とカットオフ周波数によっては、PWMを基にしたアンプからの出力スペクトラムのスイッチング周波数、またはその高調波付近に、周波数相互変調（IM）成分が存在する場合があります。図2は近似出力スペクトラムで、グラフの高周波部にある縦の青線がIM成分です。IM成分は復調フィルタによって大幅に減衰されるため、スピーカに入っても問題を起こすことはありません。

Q：TDAA技術が出力スペクトラムに与える影響は？

A：PCM信号からPWM信号に変換する際に起こる問題に対応するために、オーバーサンプリングやノイズ・シェーピングなどのアルゴリズムを使用して変換します。オーバーサンプリングは信号帯域幅を拡張するために

使用され、拡張範囲は通常22kHz/48kHz～約200kHz（4～8倍のオーバーサンプリング）です。このサンプリング・レートでは、ノイズ・シェーピングはオーディオ帯域のノイズ・レベルを非常に低く（20kHz以下）するために使用されます。その代わりに、（図2の出力スペクトル上に赤い線でプロットされた）帯域外領域のノイズ・レベルは高くなります。帯域外PWMスペクトラムの場合同様、帯域外ノイズ・シェーピングがスピーカに入っても問題は起こりません。最大出力とノイズ・レベルの差が80dB以上あるからです。

Q：帯域外領域がオーディオ・アナライザに与える影響は？

A：オーディオ・アナライザの多くは、従来のアナログ・アンプの測定用に設計されたものです。異なるタイプのバンドパス・フィルタを使用しますが、アナライザの入力部の構成によっては、問題が起こる場合があります。

典型的なオーディオ・アナライザのブロック図を図3に示します。このブロック図では、バンドパス・フィルタを使用することもできますが、フィルタがブロック図の後段に近いところに配置されているため、ゲイン・スケーリングとトラッキング・ノッチ・フィルタ回路が機能しない可能性があります。通常は、ゲイン・スケーリング部にオーバーロードリミッターが取られていないかぎり、オーディオ・アナライザのダイナミック・レンジが最大限に使用されることはありません。

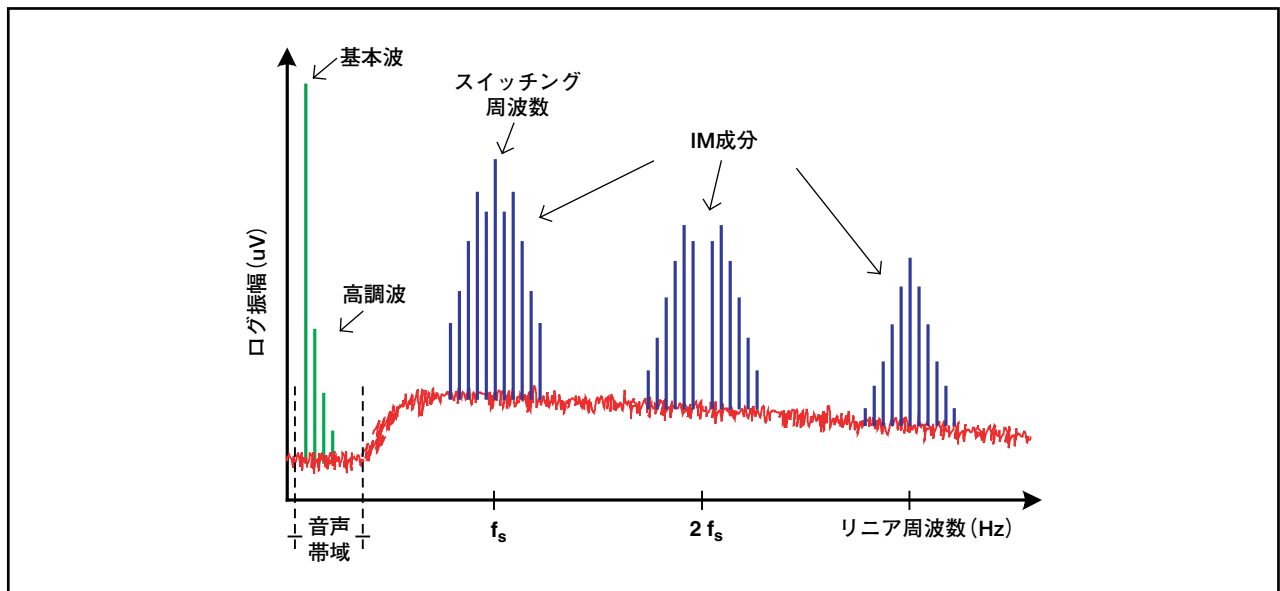


図2. 近似出力スペクトル

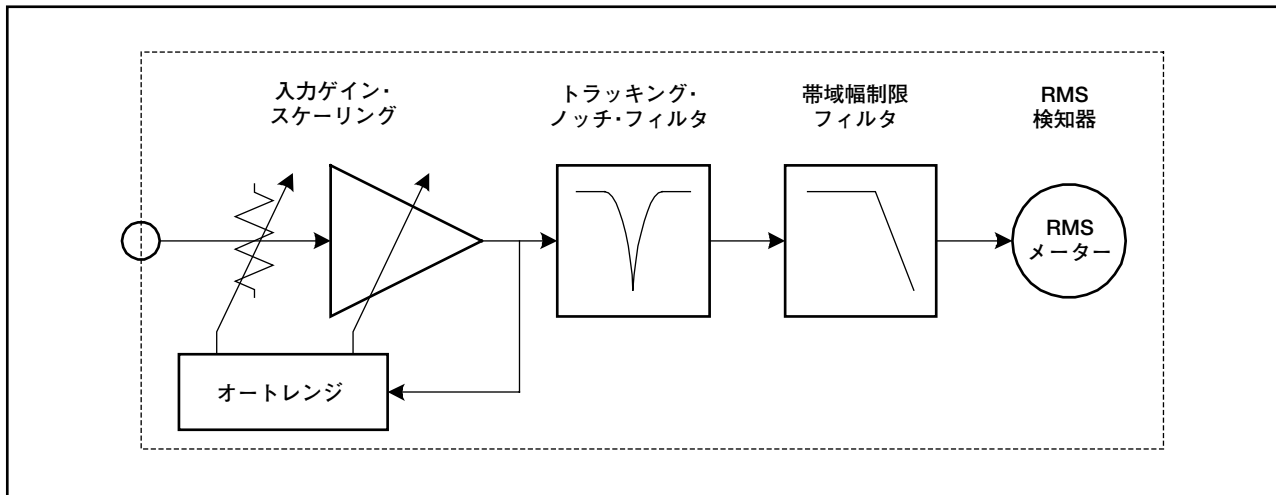


図3. オーディオ・アナライザの簡略ブロック図

Q：帯域外成分の影響を最小限にするには？

A：測定では、帯域外成分の影響がよく問題になります。  
(シグマ-デルタDACの測定では特に大きな影響となります。)この問題を対処するために、AES (Audio Engineering Society) では「AES Standard Method for Digital Audio Engineering – Measurement of Digital Audio Equipment (AES17)」という測定基準を新たに規定しています。Audio Precision (AP) 社の提供する新型のローパス・フィルタ (製品名「AES17フィルタ」) は、AES17、4.2.1.1に準拠したものです。AP社のオーディオ・アナライザではこの新型フィルタをブロック図の初期段階に配置できるため、帯域外成分の影響を最小限に抑えることができます。

Q：測定を正確に行うための方法は？

A：AES17フィルタを搭載したAP社のシステムを使用することを推奨します。  
この測定環境がない場合は、既存の20kHzバンドパス・フィルタとローパス・フィルタを併用する事で、AES17フィルタを使用した時の値と近い測定値を得ることができます。

Q：測定方法は？

A：従来のアナログアンプで入力信号を増幅すると、アンプ自体の非線形性の影響で高調波まで増幅されます。ノイズ・フロアはフラットですが、オーディオ帯域内およびそれより上の周波数まで広がっています。THD+N測定基準では、まず基本波を可変ノッチ・フィルタ (tunable notch filter) で除去してから、残りの高調

波+ノイズをRMS電圧計で測定します。この電圧計で測定した値を基本波のRMS値 (実効値) と比較して、THD+Nの比率を求めます。通常、この測定基準を使用すれば従来のアナログアンプでも正確な結果が得られます。

スイッチング・アンプの場合は、正確に測定出来ない可能性があります。

原因は、測定帯域幅にあります。従来のアナログアンプの場合、高調波振幅に対するノイズ・フロア・レベルが十分に低ければ、この帯域幅が要因になることはありません。しかし、パルス幅変調 (PWM) のデジタル・アンプの場合は、耳に聞こえない帯域外周波数成分が測定に影響を及ぼします。デジタル・アンプで正確な測定を行うには、バンドパス・フィルタ (例：帯域幅を20kHzまでに制限) をオーディオ・アナライザの前に入れます。これにより、帯域外ノイズが原因によるオーディオ・アナライザのオーバーロードを防ぐことができ、また、正確なゲイン・スケーリングが行われるようになります。

Q：測定されたパラメータの有効性を評価する方法は？

A：どんなパラメータを評価する場合でも、2種類の異なる測定手順を使用することを推奨します。例えば、THD+Nの値は前述の測定法でも得られますが、FFTを使用した測定方法でも可能です。FFT解析の結果からは、THD+N値の「THD」と「N」(ノイズ・シェーピング、ハムノイズ、IM成分、等)の両方の成分が分かるため、FFT解析を行うことは役に立ちます。

Q：FFTの測定方法は？

A：FFTでの測定にあたっては、幾つかの注意点があります。

- アナライザの入力とダイナミック・レンジ
- FFTのパラメータ

オーディオ・アナライザは、前述されたように、FFTアナライザがオーバーロードしないように注意する必要があります。

アナライザのダイナミック・レンジによっては、基本波とノイズ・フロア両方のレベルが正確な状態でフルスケール解析を出来ない場合もあります。ダイナミック・レンジが不適切な状態では、電力出力レベルの変化に伴ってノイズ・フロアも変化する現象となって表れます。その場合は、ノッチ・フィルタで基本波を除去してフルスケール測定を行い、ノイズ・フロアと高調波成分のレベルを正確にすることをお勧めします。

一般的なFFTのパラメータは次の通りです。

- 連続データ (FFT<sub>(length)</sub>) 上のサンプリング・ポイント数
- データ・サンプリング周波数 (FFT<sub>(freq)</sub>)
- FFTの窓関数

異なるパラメータで作成されたFFTプロットを比較する際には注意する点があります。比較を目的とした場合、所要のパラメータ値 (20Hz~20kHz範囲のダイナミック・レンジ、特定の周波数範囲のRMSノイズ、2次~7次高調波のTHD等) を計算するには、FFT測定を後処理と連結して使用することをお勧めします。後処理を通した値同士の比較で問題が起こることはありません。

FFTデータの後処理の例を次に示します。

信号のない状態で稼働中のアンプの、20~20kHz範囲のRMSノイズ ( $V_{(rms, noise)}$ ) を求めるには、サンプル長16K、サンプリング周波数44.1kHz、およびブラックマン・ハリス窓関数を使用してFFT解析を行い、次のステップに従って後処理を行います。

1. FFT解析を実行して、ノイズ・フロアを測定します。
2. FFTに基づいて、 $V_{(rms, noise)}$  を次のように計算します。

FFTパラメータを使用して、次の式でバイナリ幅 (bin width) を計算します。

$$\frac{FFT_{(freq)}}{FFT_{(length)}} = \frac{44100}{16384} = 2.69165 \text{ Hz/bin}$$

目的の帯域のバイナリ値(整数)は、次のように求められます。

$$\text{Start bin: } \frac{20 \text{ Hz}}{2.69165 \text{ Hz/bin}} \approx 7$$

$$\text{Stop bin: } \frac{20000 \text{ Hz}}{2.69165 \text{ Hz/bin}} \approx 7430$$

次のように、FFT窓関数のエネルギー損失を考慮に入れて、目的の帯域のRMSノイズを計算します。

$$V_{(rms, noise)} = K_{(WindowCorrection)} \cdot \sqrt{\sum_{n=7}^{7430} V_{(bin, n)}^2}$$

各種窓関数の補正係数を表1に記載します。

FFT窓関数の種類	K(Window Correction)
ブラックマン・ハリス	0.7610
ハニング	0.8165
ハミング	0.8566
バートレット	0.8660
なし	1.0000

表1. 各種FFT窓関数の補正係数

Q：バランス・スピーカ出力の扱い方法は？

A：従来のアンプでは、黒のスピーカ出力端子(−)が通常グラウンド・レベルまたは筐体(シャシ)レベルを表し、赤の端子(+)の電位が正と負の間をシングします(Singlend 接続)。これに対してTDAAのスピーカ出力はBalance type (BTL接続)です。グラウンドと相対関係にある同相電圧(電源電圧の約2分の1)を持ち、この電圧電位を中心とし両方の出力端子の電位が変動し位相のずれ分がスピーカより出力されます。従来のアンプと違って、TDAAのスピーカ出力測定は、出力段の電源電圧の2分の1よりも大きい同相除去比を持つ差動プローブや測定器具を使用しBalance型として測定します。

## 測定装置

校正された測定装置を使用します。また、次に挙げる測定装置を用意します。

- オーディオ・アナライザ。可能ならばAudio Precision (AP) 社製「System Two」または「Cascade」
- 同軸ケーブル (DUTに対するSPDIF入力を行うため)
- 保護膜の付いたツイストペア (平衡) 測定ケーブル (AP用)
- 低ノイズの可変出力電源 (Adjustable power supply)。(可能ならば、電流制限が調整できるタイプ。)
- ダミー・ロード (スピーカー出力用) (例：4~8)
- オシロスコープ (差動プローブ付き)
- 高精度マルチメータ (RMS電圧、電流用)
- 直列抵抗値の低いテスト用ケーブル (スピーカ出力用)

基本的なテスト装置を図4に示します。

幾つかの注意点がある為、次のガイドラインに沿って行うことをお勧めします。

1. スピーカ出力端子の測定は必ずBalance測定方法で行います。差動プローブか、APの平衡入力を使用してください。フローティング方式を使用するシングル・エンド測定は、出来ません。  
Audio Precision社製の (または類似の) アナライザで行う測定では、高品質のBalanceケーブル (シールド・ツイストペア・タイプ等) を使用してください。配線はすべて接続してください。
2. 安定化電源をご使用ください。  
測定する前に、FFTにてPSU (Power Supply Unit) のみの解析を行って、PSU自体のノイズ等の確認をお勧め致します。

3. PSUからDUTへの接続には、短く太いケーブルを使用してください。細いケーブルでは抵抗値が高いため、THD+N測定値の低周波レスポンスに影響する可能性があります。
4. 測定装置内にグラウンド・ループを作らないように注意してください。オーディオ・アナライザ装置のグラウンド接続は、DUTのグラウンド接続のみにします。通常、オーディオ・アナライザからDUTへ測定ケーブル (シールド・ツイストペア・ケーブル) をつないでグラウンド接続した場合は、良い結果が得られます。測定装置によっては、グラウンド接続がSPDIFケーブル経由になっており、かつ測定ケーブルのGNDがアナライザ側のみに接続されていれば、良い結果が得られます。実際の測定をする前に様々な装置でテストや比較を行ってみることを推奨します。ハム・ノイズ成分を容易に識別できるため、FFT解析はこの作業には最適のツールです。
5. 測定装置はすべて、PSUまたはダミー・ロードではなく、DUT側端子に直接接続願います。特にパワーや効率の測定の場合は、PSUワイヤー、スピーカワイヤーの抵抗による影響を無くすることが重要になります。
6. 測定を検証するためには、ゲイン・スケーリングの電子技術 (electronics) や帯域制限フィルターのカットオフ周波数と峻度 (steepness) 等の、測定装置の機能 (特に入力部の機能) についての確かな知識を持つ必要があります。測定装置によっては、受動前置フィルターをアナライザの前に置いて使用すると役に立ちます。

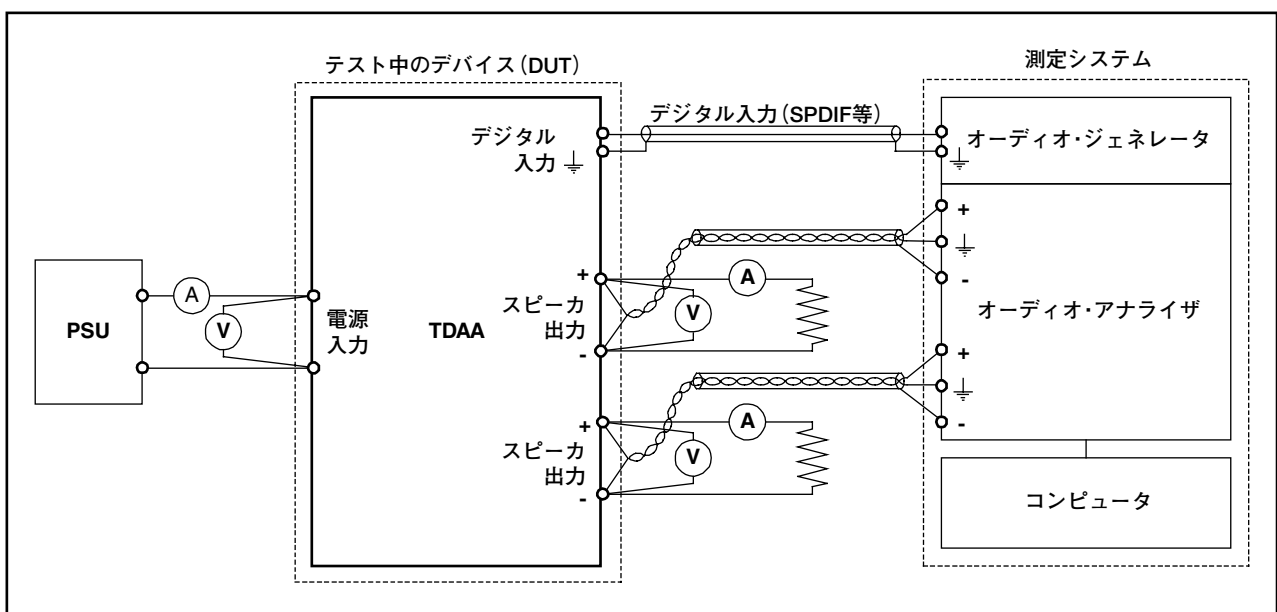


図4. テスト装置

## オーディオ性能パラメータを得る方法

### 総合高調波歪み+ノイズ (THD+N)

THD+Nを測定すると、DUT(テスト中のデバイス)の性能がどの程度かがよく分かります。量子化ノイズ、相互変調歪み、ハム・ノイズ等(N)ばかりでなく、THD+Nには高調波成分(THD)が含まれているためです。測定帯域幅が変化すると、THD+Nの「N」部も変動します。前述のように、スイッチング・アンプにはある程度の帯域外ノイズ成分がありますので、この成分をフィルタリングしないと測定に影響を与えます。正確な測定値を得る為には、可聴領域(20Hz~20kHz)に入るように帯域フィルタを使用する必要があります。

適切な帯域フィルタを使用する場合は、ノッチ・フィルタで基本波を除去して測定を実行し、RMS電圧計を使用して高調波+ノイズを測定します。基本波のRMS値(実効値)と高調波+ノイズのRMS値の比率を計算すると、THD+Nが求められます。適切な帯域フィルタを使用できない場合は、FFT解析を行ってTHD+Nを測定することをお勧めします。

### ダイナミック・レンジ

ダイナミック・レンジ(DR: dynamic range)テストの測定方法は、-60dBの信号のTHD+Nを測定し、その結果に60dBを加算することで、フル出力(0dB)とアンプのノイズ・フロア間の範囲にて求めます。測定帯域幅が可聴領域(20Hz~20kHz)内にあることが必要です。

#### 例1

入力信号レベル-60dBを使用した測定で、THD+Nの値が53dBという結果が出た場合、アンプのダイナミック・レンジは $(53 + 60) \text{ dB} = 113 \text{ dB}$ となります。

適切な帯域幅制限フィルタがない場合は、FFT解析を行うことがDR測定には最適となります。

FFTを基にすると、DRは次の式で計算できます。

$$\text{DR} = 60 \text{ dB} + (-60 \text{ dBのトーン付近の幅の狭い窓関数のエネルギーと、高調波およびノイズ・フロアの結合エネルギーの比率}) \text{ (単位: dB)}$$

RMS電圧でなくエネルギーを基にして比率を計算するのは、FFTの長さや使用するFFT窓関数に依存しない結果を得るためです。

#### 例2

FFTの実行後、次のように後処理が行われます。

基本波付近の、幅の狭い窓関数のすべてのバイナリ値(bins)を二乗して合計します。また、20Hz~20kHz範囲に残った他のバイナリ値もすべて二乗し、合計します。この2種類の数値の比率(単位: dB) + 60dBという計算で、DRを求められます。

### 信号対ノイズ比 (S/N Ratio)

アンプの信号対ノイズ比(SNR)は、最大出力信号とゼロ出力でのノイズ・レベルの比率です。SNR値は、測定帯域幅の仕様と併せて見た場合のみ意味を持ちます。測定帯域幅は通常20Hz~20kHzであり、A特性フィルタを使用する場合とない場合があります。

帯域フィルタ(例: 20Hz~20kHz)とRMS電圧計を使用し、ゼロ入力でのアンプの出力測定値(ノイズ値)、出力測定値(フルパワー)の、2つの測定値の比率でSNRを計算します。

#### 例1

APシステムのRMS電圧計を使用してアンプのSNRを判定するには、次のようにします。

1. APジェネレータを調整してDUTからの出力を最大値にし、電圧計の測定値をチェックします。
2. APジェネレータをゼロに設定し、電圧計の測定値をチェックします。
3. 上記2つの測定値の比率を計算して、SNRを求めます。

SNRを測定するもうひとつの方法は、FFT解析データと後処理の結果にて、周波数帯域のRMSノイズを計算して求めるというものです。

#### 例2

20Hz~20kHz範囲のSNRを求めるには、無信号の状態でのアンプ出力をFFT解析測定します。FFTを実行する前に、RMS電圧計を使用し、DUTのRMS出力信号機能(capability)の最大値を次のように測定します。

1. DUTを調整して最大出力信号を得てから、RMS値( $V_{(\text{rms,max})}$ )を測定します。
2. このアプリケーション・ノートのFFTのセクションにある例に示すように、 $V_{(\text{rms,noise})}$ を計算します。
3.  $V_{(\text{rms,max})}$ と $V_{(\text{rms,noise})}$ の比率を計算して、SNRを求めます。

### THD+N 対 出力電力

「THD+N対出力電力」のプロットは、基本正弦波の一定周波数で連続してTHD+Nの値を測定することで形成され、増加する出力電力の値に関連付けられます。このプロットから、出力範囲全体で歪み値がどのように変動するかわかります。

「THD+N対出力電力」のプロットは、3つの異なる要素から構成されます。

通常、図5に示すような単純な曲線に見えますが、この図では、各要素を色分けして示してあります。

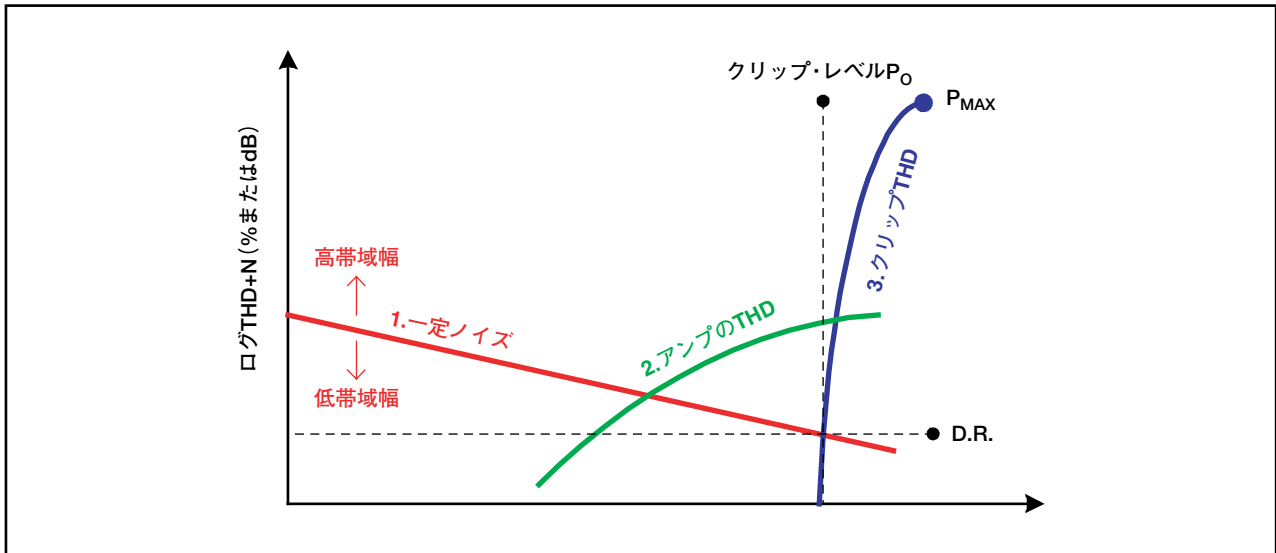


図5. 「THD+N 対 出力電力」曲線を構成する3つの要素

### 1. 一定ノイズ

低～中の出力電力範囲では、THD+N曲線の大部分はTHDではなくノイズ(N)で構成されます。ノイズ・フロアのエネルギーが一定で出力電力が変化しないため、曲線は、曲線というよりもlog-logプロット上の傾き-0.5の直線に近くなっています。つまり、Nは出力電力の平方根の逆数値によって殆ど決定されます。プロット上の赤い矢印が示すように、使用する測定帯域幅が変化すると曲線の垂直方向の位置も変化します。これは、帯域幅が高くなるほど測定値に含まれるノイズ・エネルギーが大きくなり、低くなるほど小さくなるためです。アンプのクリップ・レベル電力(P0)と交差するようにノイズ曲線を外挿した場合、交差点の縦軸の値はアンプのダイナミック・レンジを示しています。

### 2. アンプのTHD

中～高の電力出力レベルでは、THD+N曲線の大部分はTHDで構成されます。つまり、アンプのトポロジーの非線形性が原因で生じた、基本波の高調波成分で構成されていることになります。

### 3. クリップTHD

トゥルー・デジタル・アンプに関しては、この曲線が存在するのは、シグナルプロセッサ部にてデジタル・ゲインを持たせた場合のみです。クリッピング・レベル(プロット上のP0)を超える出力では、電源電圧による波形クリップが要因となります。

デジタル・ゲインが使用されている場合、THDが短時間で上昇するために曲線はP0で急な右肩上がりとなりますが、その後は最大出力電力に達するまでゆるやかに減少する傾きになります。理論的には、最大出力電力はク

リップ・レベル電力(P0)の2倍になります。またそのポイントのTHDレベルはほぼ42%で、方形波のTHDと同じになります。

### 効率

80%以上の(>80%)の効率を測定するには、テスト装置の調整を十分に行って、スピーカ配線や電源配線の抵抗などの誤差原因を取り除く必要があります。測定された効率の許容誤差範囲を小さくしておくには、高精度型(可能ならば6 1/2桁の精度)の電圧計と電流計を使用することが非常に重要です。

推奨される装置を次に挙げます。

- DUTのスピーカ出力で接続されたRMS電圧計(2つ)
- 負荷抵抗と直列に接続されたRMS電流計(2つ)
- DUTの電源コネクタで接続されたDC電圧計(1つ)
- 電源ケーブルと直列に接続されたDC電流計(1つ)

注意点として、高出力電力で効率を測定している場合、使用する電流計のタイプによっては、測定器内のドロップ抵抗の温度が上昇し、その結果測定値が不正確になる可能性があります。このような問題が起きた場合は、電流計の代わりに正確な電圧計と専用的高精度測定抵抗を使用してください。

### 例

電圧計と電流計を使用して、効率を次のように計算し、百分率で表現します。

$$\eta = 100 \times \frac{V_{(rms, ch1)} I_{(rms, ch1)} + V_{(rms, ch2)} I_{(rms, ch2)}}{V_{(dc, input)} I_{(dc, input)}}$$



# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。

前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上