

## Application Note

## オーディオコンバータのアイドルチャンネルトーン



Lakshmi Narasimhan Badrinarayanan, Ramsey Foote

## 概要

このアプリケーション ノートでは、オーディオ ADC の出力スペクトルとして見られるアイドルトーンについて説明します。これらのアイドルトーンは、デルタシグマ ADC に固有の動作であり、入力アイドル (またはサイレント) のときによく見られます。この動作が発生する理由と、2 種類のオーディオ ADC を使用した例を使用してこの動作に対処する方法を説明します。

## 目次

1 概要.....	2
2 詳細説明.....	2
2.1 アイドルトーンの利点.....	2
2.2 オーディオ帯域でアイドルチャンネルのスペクトルを改善する方法.....	5
3 まとめ.....	10
4 参考資料.....	10

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

オーディオ A/D コンバータ (ADC) の入力アイドル状態のときのノイズは、ハイエンドのオーディオ アプリケーションにおいて重要な性能指標とみなされます。全体的な信号対雑音比とダイナミックレンジに加えて、そのような条件でのスペクトル挙動も考慮する必要があります。アイドル チャネル スペクトルのノイズフロアを上回るスプリアストーンは、特に、処理を実行する前に出力をデジタル増幅する場合、またはスピーカ アンプに再生する前に出力がデジタル増幅される場合に、望ましくないアーティファクトを引き起こす可能性があります。

このアプリケーション ノートでは、そのようなアイドルトーンが存在する理由と、それらに対処するための設計方法について説明します。

## 2 詳細説明

### 2.1 アイドルトーンの利点

図 2-1 に、1 ビット出力の単純な 1 次  $\Delta$ - $\Sigma$  変調器を示します。積分器の出力は、コンパレータ (または 1 ビット ADC) を介してデジタル化されます。この出力は、1 ビット DAC を経由して入力信号に帰還されます。この誤差信号は、積分器への入力です。

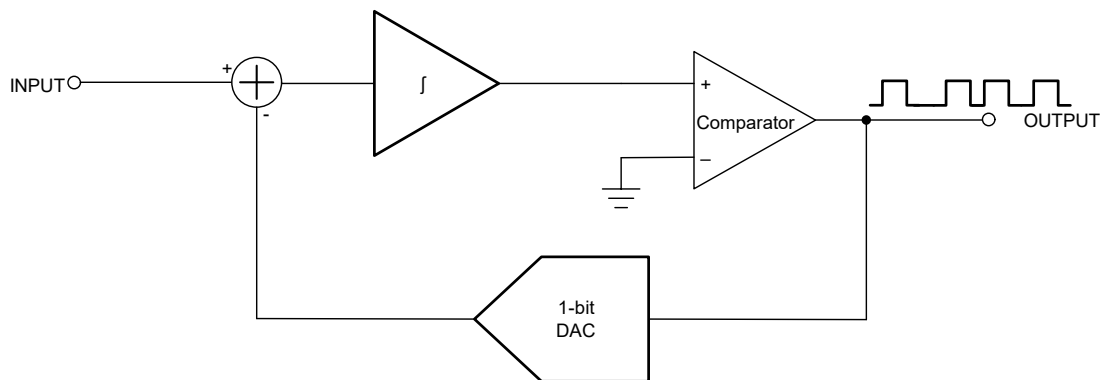


図 2-1. デルタシグマ変調器

この変換は、ADC 自体の全体的なサンプリング レートよりもはるかに高いレートで行われます。これは次のような場合に役立ちます。

1. フィルタの帯域幅が ADC のナイキスト帯域幅よりも高くなる可能性があるため、アンチ エイリアシング フィルタの帯域幅の要件が緩和された。
2. ADC のサンプリング レートまでのコンパレータ出力の平均化 / デシメーションのため、ノイズが低減した。

アイドル状態に近い入力 (0V) では、コンパレータ段の出力は 0101... の反復パターンを持ち、これは  $\frac{F_{\text{mod}}}{2}$  でスパイクに相当します。  $F_{\text{mod}}$  は変調器のサンプル周波数です。次のような非理想性がある場合：

1. 不一致による入力パス内のオフセット
2.  $f_{\text{mod}}$  が電圧リファレンスの変調を引き起こす

スパイク周波数は  $\frac{F_{\text{mod}} \pm \Delta f}{2}$  に変更されます。  $\Delta f$  は、これらの非理想性によってもたらされる周波数の変化です。これらのスパイクは、出力サンプリング レート  $F_s$  にデシメーションすると、ADC の可聴帯域で「アイドルトーン」の観測につながる可能性があります。

積分ノイズが依然として低く仕様内であっても、後処理の前に出力が増幅されたり、スピーカ アンプに渡されたりするアプリケーションにおいて、実際のノイズフロアを超えるトーンを使用することは、依然として望ましくないアーティファクトです。最新のオーディオ ADC は、ノイズ性能を向上させるためにマルチビットの  $\Delta$ - $\Sigma$  モジュレータを使用して設計されていますが、アイドル入力のパターンを繰り返すと、オーディオ スペクトルにトーンが残ります。

ただし、入力移動する信号の場合、これらの繰り返しパターンは存在しません。図 2-2 に、(a) 入力アイドルのときの、(b) -60dBFS、1kHz の正弦信号のときの TLV320ADC6120 ADC FFT スペクトルを示します。図 2-3 に、PCM4222 ADC で同じ入力条件での FFT スペクトルを示します。

図 2-2 と 図 2-3 の両方で明らかにわかるように、これらのトーンは、入力信号が -60dBFS まで低い振幅で移動すると消失します。

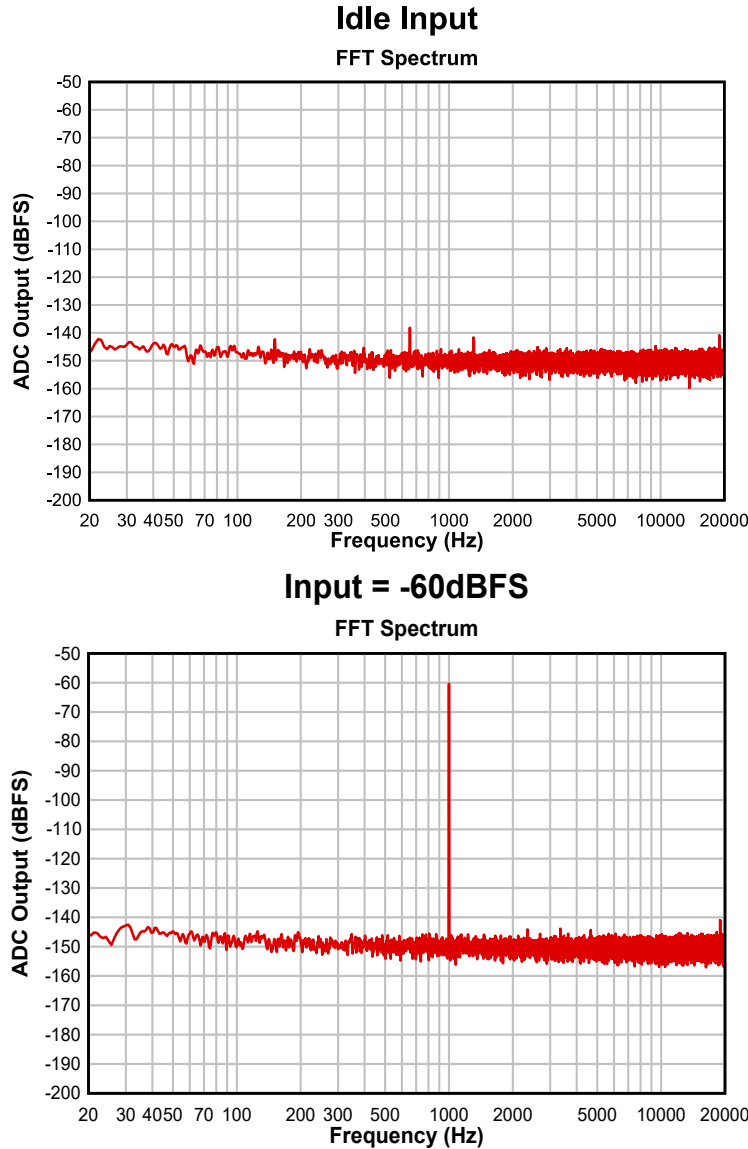


図 2-2. TLV320ADC6120 の FFT スペクトル

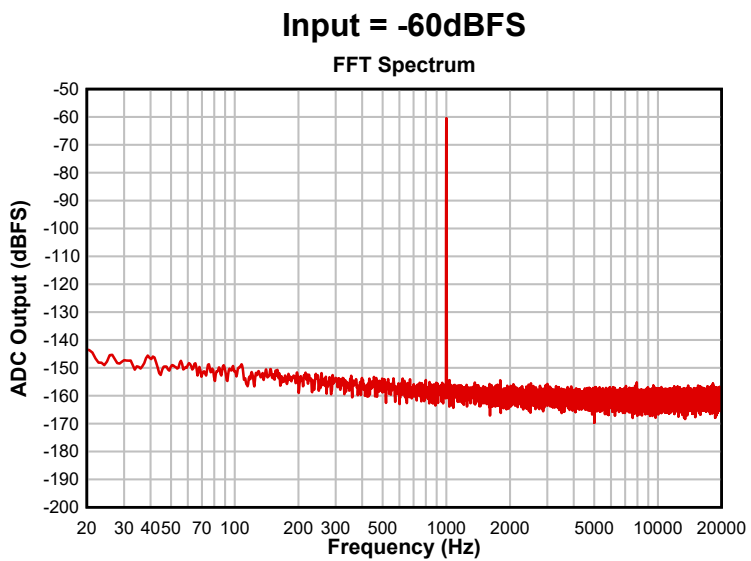
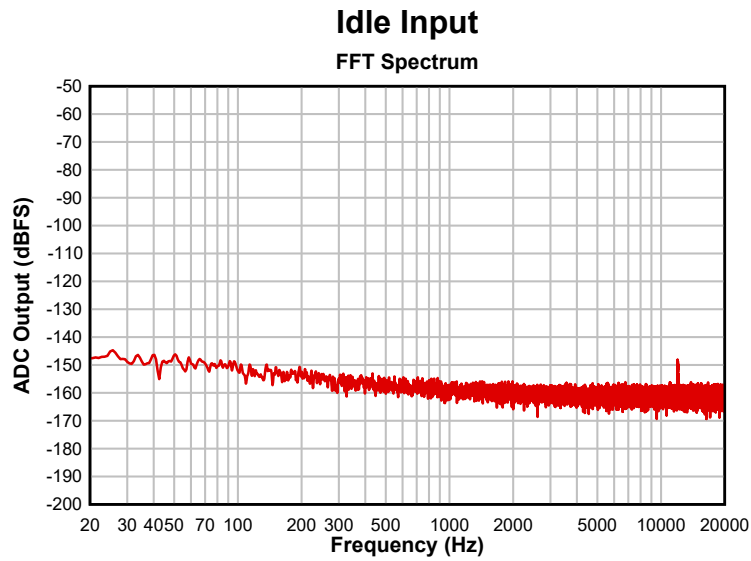


図 2-3. PCM4222 の FFT スペクトル

## 2.2 オーディオ帯域でアイドル チャネルのスペクトルを改善する方法

セクション 2.1 で説明したように、反復パターンの周波数に影響を与える部品の 1 つは入力 DC オフセット電圧です。したがって、内部デバイスのオフセットによって目的のオーディオ帯域 (20Hz ~ 20kHz) にアイドルトーンが発生する場合、外部補償オフセットを追加して、これらのトーンを最終アプリケーションで対象となる帯域外の周波数に移動できます。セクション 2.2.1 に、TLV320ADC6120 ADC を使用してこれを実行する方法を示します。

PCM4220 と PCM4222 のもう 1 つのソリューションは、VCC1 および VCC2 電源を標準値の 4V 動作電圧以上に上げることです。セクション 2.2.2 に、このソリューションがアイドルトーンに及ぼす影響や、他のデバイス性能パラメータに及ぼす影響を示します。セクション 2.2.2 には PCM4222 の入力に DC オフセットを含めると生じる影響も示します

最近リリースされた TAxx5xxx のような ADC には、素子のマッチングの改善や内部オフセットの追加などの手法が組み込まれており、オーディオ帯域でのスペクトル動作が改善されています。

### 2.2.1 例 1 – TLV320ADC6120

図 2-4 に、DC 結合入力で動作する TLV320ADC6120 のテスト回路を示します。アイドル入力時のスペクトル性能をテストするために、INxP ピンと INxM ピンの DC バイアス電圧 1.486V で、AC 信号を 0Vrms に設定します。その後、 $V_{os}$  の差動オフセット電圧を入力差動ペアに印加します。

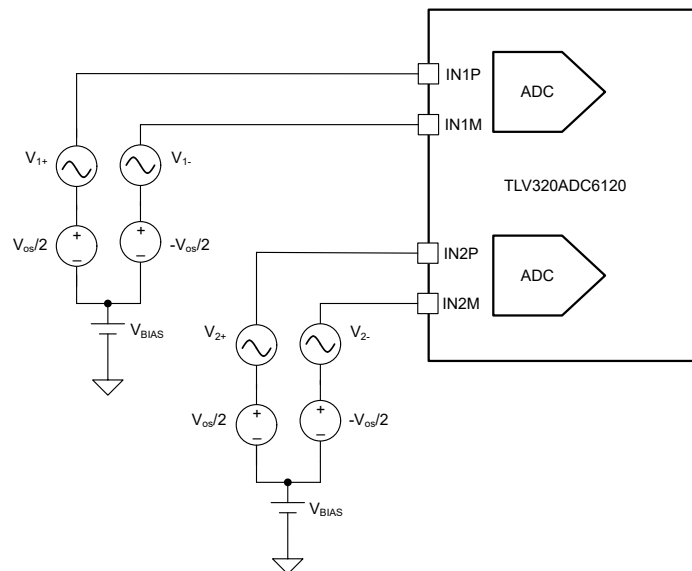


図 2-4. DC 結合入力の TLV320ADC6120

図 2-5 に、オフセットが 0mV、5mV、10mV、15mV、20mV に設定されているときの ADC 出力の FFT を示します。

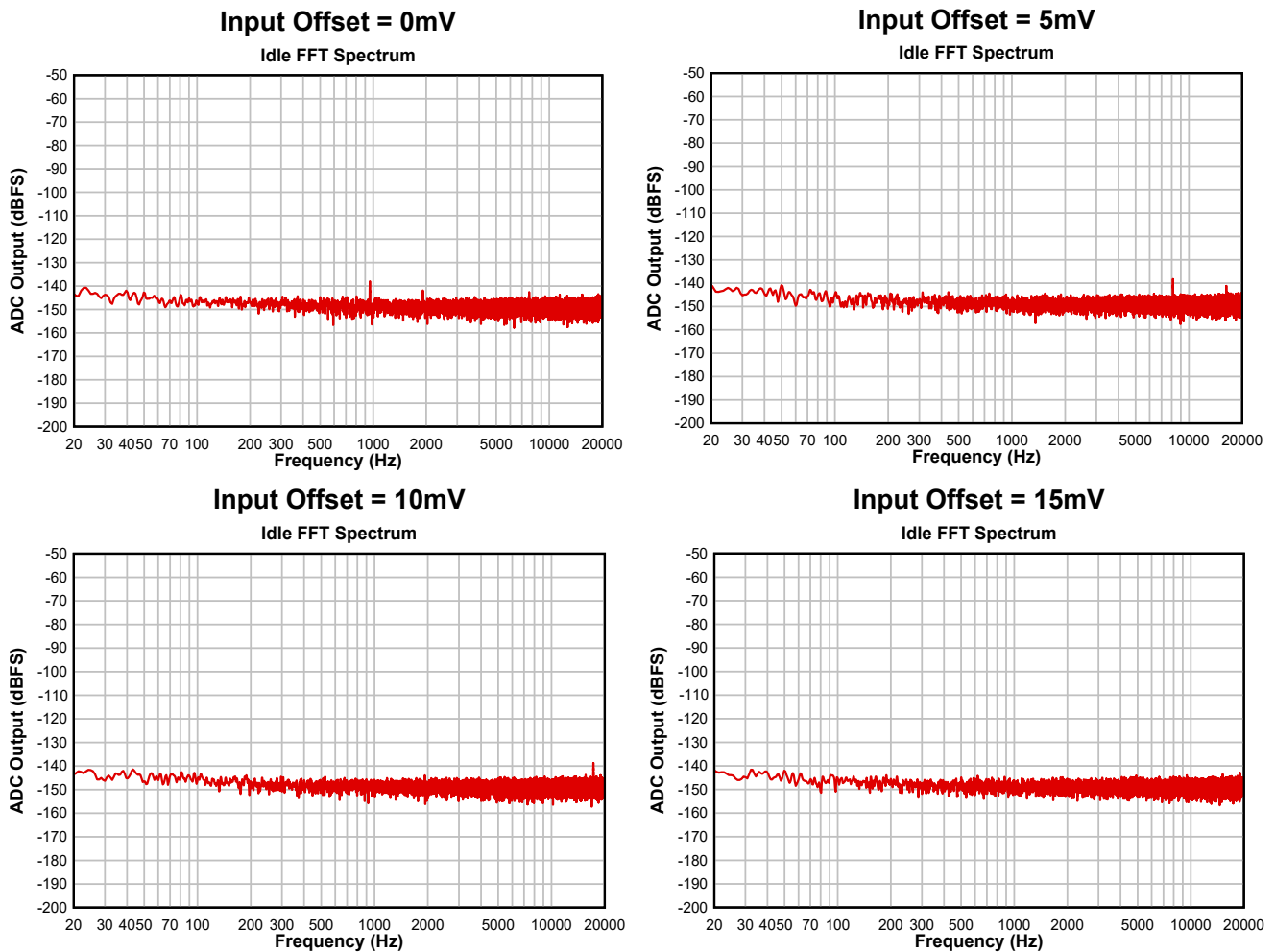


図 2-5. オフセット全体でのアイドル FFT スペクトル

グラフからわかるように、オフセット電圧を印加すると、アイドル チャネル スペクトルのトーンはより高い周波数にシフトし、15mV で 20Hz ~ 20kHz のオーディオ帯域から逸脱します。

このソリューションでは、AC カップリング コンデンサによって信号とともに追加された DC オフセットが阻止されるため、入力を DC 結合する必要があることに注意してください。『[入力同相モード許容誤差と高同相信号除去比モード、TLV320ADCx120 および PCMx120-Q1 デバイス \(Rev. A\)](#)』アプリケーション ノートの表 7-1 に従って、10kΩ の DC 結合入力信号対雑音比は、DRE が無効な AC 結合入力よりも約 2dB 低くなります。

このソリューションは、入力を DC 結合用に構成できるすべての TLV320ADCx120、TLV320ADCx140、PCMx140-Q1、PCMx120-Q1 デバイスに適用できます。

ADC の入力に DC バイアス電圧を導入する一般的な方法の 1 つは、電圧レール「V<sub>CC</sub>」上に抵抗 R と R を持つ分圧器を使用することです。次に、分圧器の出力を使用して、INxP ピンと INxM ピンを DC 電圧  $\frac{V_{CC}}{2}$  にバイアスします。図 2-6 (a) は分圧抵抗を示しており、INxP と INxM の両方が分圧器の中間点からバイアスされます。

ピン間にオフセットを導入するため、分圧器に抵抗「R<sub>OS</sub>」を導入します。その後、図 2-6 (b) に示すように、INxP ピンと INxM ピンは R<sub>OS</sub> 抵抗の両側からバイアスされます。抵抗の両端の電圧 (生じるオフセット) は次のように計算されます。

$$V_{OS} = \frac{V_{CC} * R_{OS}}{2 * R + R_{OS}} * V \tag{1}$$

$$\therefore R_{OS} = \frac{2 * V_{OS} * R}{V_{CC} - V_{OS}} \Omega \tag{2}$$

たとえば、3.3V 電源レールの 2.2kΩ 抵抗を使用して分圧器を作成する場合、約 20.1Ω の  $R_{OS}$  を使用して、INxP ピンと INxM ピンの間に 15mV のオフセットを導入できます。

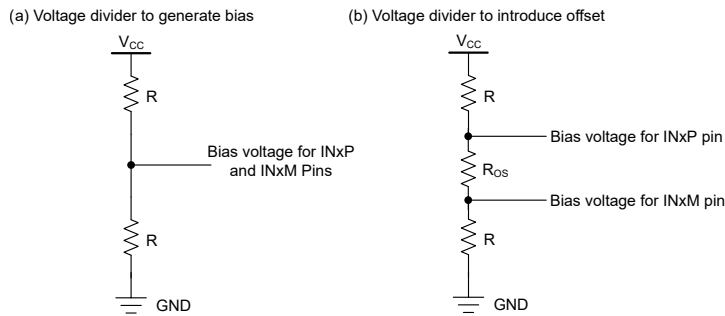


図 2-6. DC オフセットを導入する分圧器方式

### 2.2.2 例 2 – PCM4222

図 2-7 に、PCM4222 を PCM または DSD モードで動作させるための標準的な接続を示します。

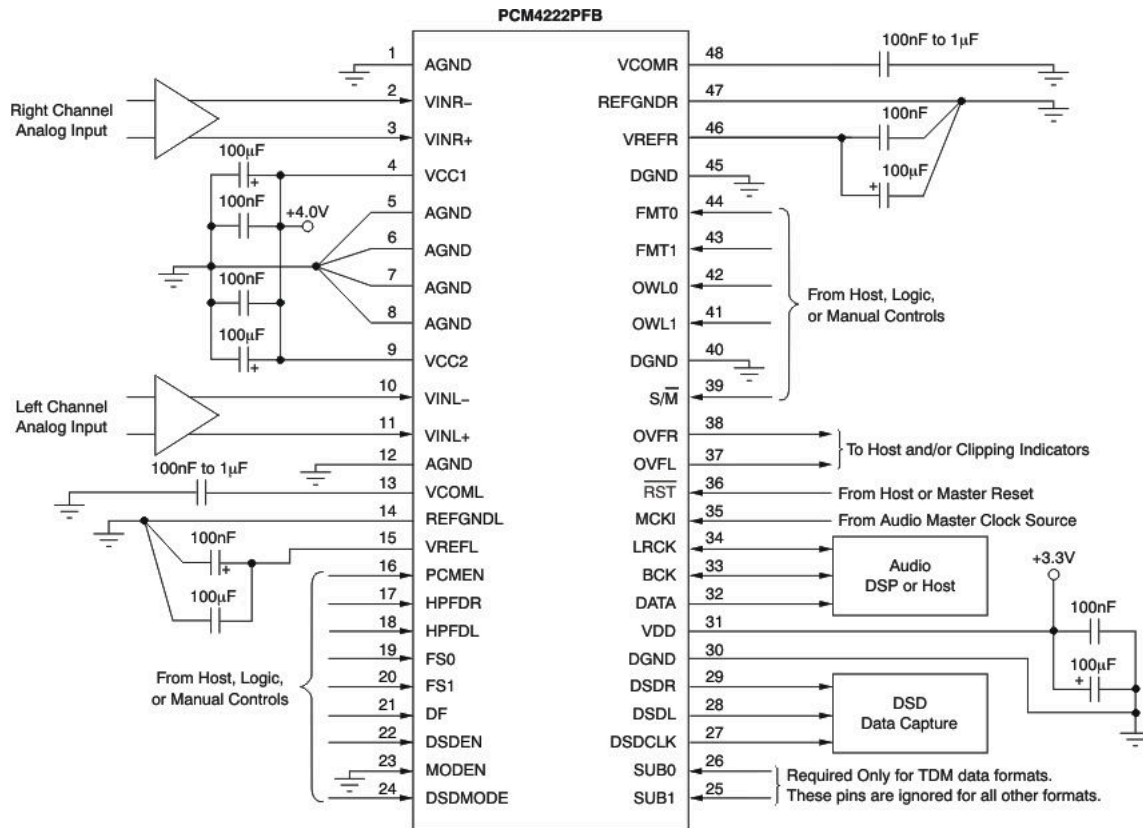


図 2-7. PCM および DSD 出力モードの標準的な接続

図 2-8 に、0mV および 5mV のオフセット電圧でのアイドル入力の FFT スペクトルを示します。

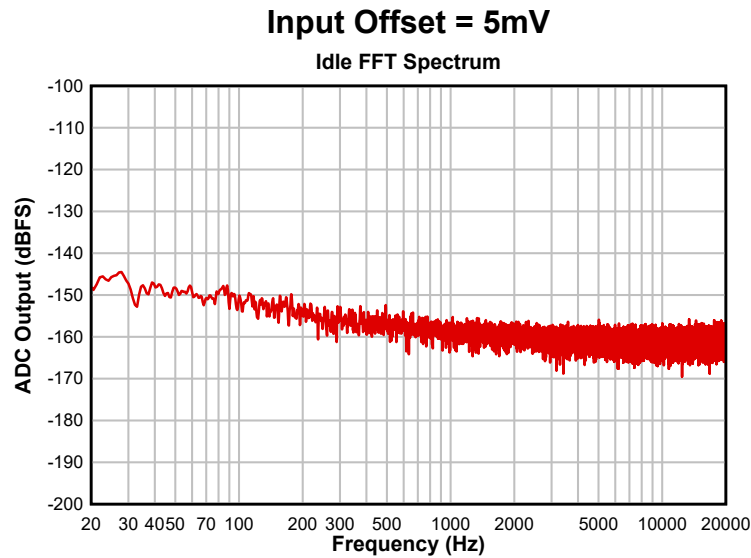
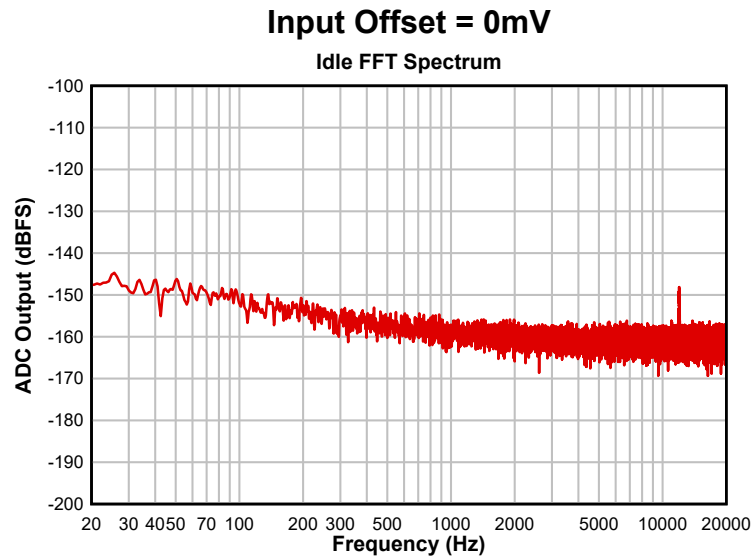


図 2-8. 0mV および 5mV オフセットの FFT スペクトル

PCM4222 のスプリアス アイドル チャネルトーンに対処するもう 1 つのソリューションは、動作中の VCC1 および VCC2 の電源電圧の値を 4V から 4.35V に変更することです。スペクトル性能が向上した FFT を 図 2-9 に示します。

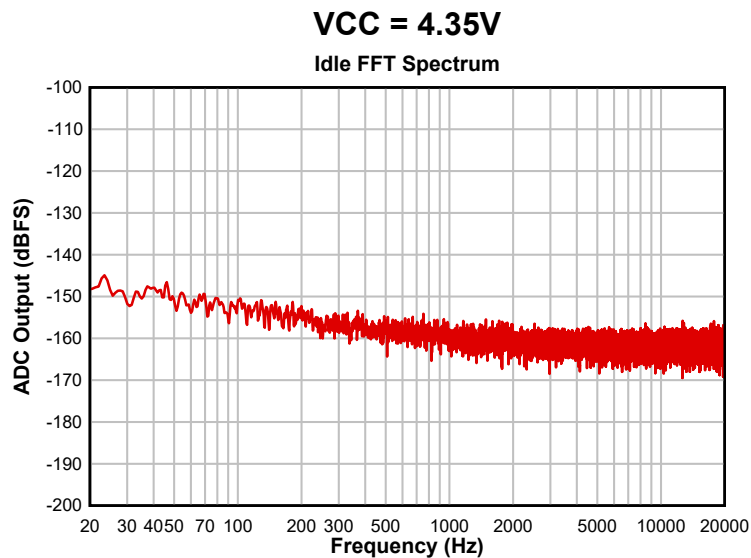
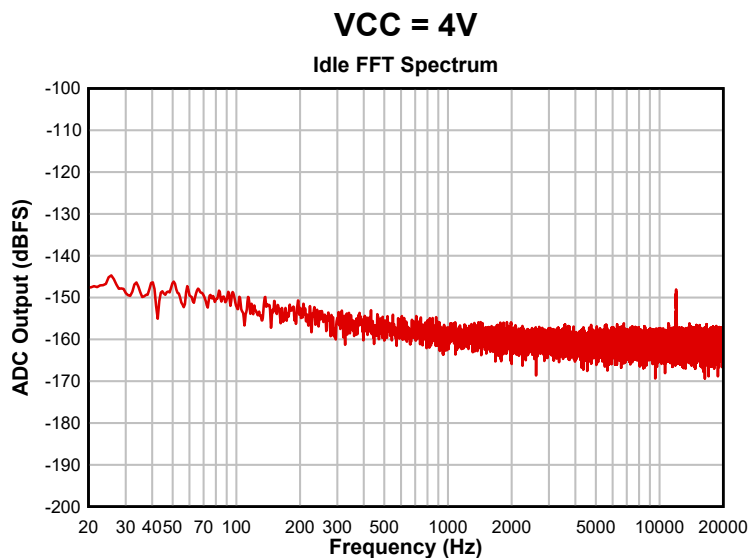


図 2-9. 4V および 4.35V VCC の FFT スペクトル

ただし、この電源値でデバイスを動作させると、ADC の性能に影響が生じることに注意してください。この例でテスト対象のデバイスでは、THD+N が **-108dB (4V 時)** から **-104dB (4.35V 時)** に変更します。

### 3 まとめ

このアプリケーション ノートに記載されている手法と例を使用して、ユーザーは TI のオーディオ ADC ファミリーを使用した設計を組み込むことができます。これらの設計は、特定のオーディオ アプリケーションで必要とされるスプリアス フリースペクトル要件に対応し、全体的な性能にある程度の影響があります。

### 4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[『TLV320ADC6120 2 チャンネル、768kHz、Burr-Brown™ オーディオ ADC』](#)、データシート。
2. テキサスインスツルメンツ、[『高性能、2 チャンネル、24 ビット、216kHz サンプリング、マルチビット デルタ シグマ A/D』](#)、データシート。
3. テキサス インスツルメンツ、[\[FAQ\] PCM4220:『PCM4220 アイドルトーン - オーディオ フォーラム - オーディオ - TI E2E サポート フォーラム』](#)、FAQ (よくある質問)

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月