

時分割アナログ入力アプリケーションでADS8411を使用する

Bhaskar Goswami, Rajiv Mantri

Data Acquisition Products

概要

このアプリケーション・レポートは、アナログ・マルチプレクサを使用して、ひとつの高分解能・高速SAR型アナログ-デジタル・コンバータ(以下、ADC)への複数の入力信号をオーバラップ・モードで時分割するための手引として作成されています。使用したADCとマルチプレクサは、それぞれADS8411とTS5A3159/3359です。本書では、マルチプレクサの重要なパラメータについて説明し、時分割システムの評価で重要となるいくつかの測定方法を定義します。また、その評価の結果も示されます。

目次

1 はじめに.....	2
2 ブロック図.....	2
3 マルチプレクサの選択.....	2
4 入力信号源 (Input Source).....	3
5 駆動用アンプ.....	3
6 駆動オペアンプの帯域制限.....	4
7 評価回路のセットアップ.....	4
8 タイミング図.....	4
9 重要な測定パラメータ.....	5
10 結果.....	5
11 帯域幅の影響.....	8
12 結論.....	9

図目次

図1 簡素なブロック図.....	2
図2 マルチプレクサの等価回路.....	2
図3 電圧変化に伴う R_{ON} の変動.....	3
図4 評価回路のセットアップ.....	4
図5 タイミング図.....	5
図6 入力周波数 - 20.1 kHz、デバイス速度 - 1.25 MSPS.....	6
図7 入力周波数 - 101.1 kHz、デバイス速度 - 1.25 MSPS.....	6
図8 入力周波数 - 20.1 kHz、デバイス速度 - 2 MSPS.....	7
図9 入力周波数 - 101.1 kHz、デバイス速度 - 2 MSPS.....	7
図10 SNR vs 入力帯域幅.....	8
図11 クロストーク vs 入力帯域幅.....	8
図12 コンデンサの値を様々に変えた場合の入力セトリング.....	9

1 はじめに

ADS8411は、変換レート2MSPS(メガサンプル毎秒)の16ビットADCであり、基準電圧4Vを使用します。このデバイスには内蔵サンプル・ホールド回路を持つ、コンデンサ・ベースの16ビットSAR型ADCが組み込まれています。入力は単極シングル・エンド式で、出力は16ビットの並列となっています。

TS5A3159は、1.65V～5.5V間で動作するように設計された単極双投(SPDT)アナログ・スイッチです。このデバイスは低いオン抵抗、および、あるチャンネルから別のチャンネルへの信号切り替え時に発生する信号歪みを防止できる、ブレーク・ビフォア・メーク機能を持つ優れたオン抵抗マッチングを提供します。全高調波歪み(THD)特性に優れており、消費電力も低くなっています。同じスイッチの単極三投(SP3T)版がTS5A3359です。

2 ブロック図

図1は、入力チャンネル2つとADS8411で構成されたシステムの簡素なブロック図です。ADCを駆動するには、駆動用オペアンプが必要です。

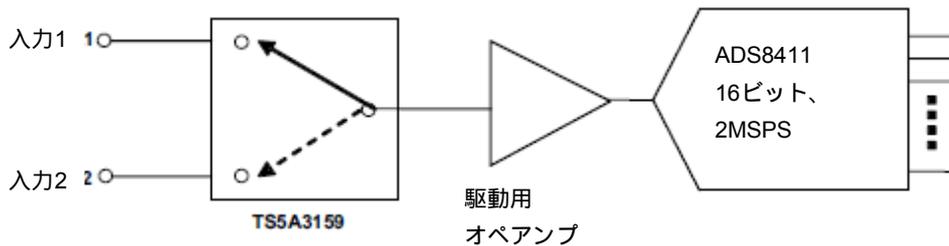


図1 簡素なブロック図

3 マルチプレクサの選択

図2は、マルチプレクサのチャンネルのうちひとつの等価回路図です。 C_S は、チャンネルの入力静電容量です。 C_D はチャンネルの出力静電容量です。 R_{ON} は、チャンネルがONになった時のチャンネル抵抗です。 C_L と R_L はそれぞれ、負荷静電容量と抵抗です。 V_{IN} は信号源(source)の入力電圧です。 R_S は信号源のソース抵抗です。 V_{OUT} はマルチプレクサの出力電圧です。

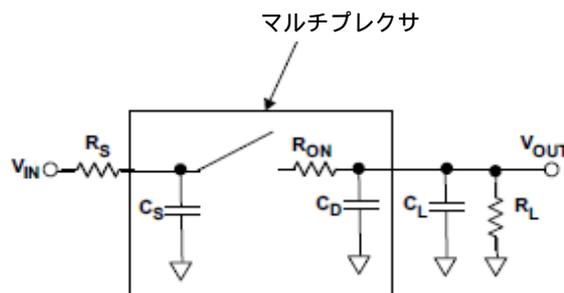


図2 マルチプレクサの等価回路

セトリング時間を向上させるには、 R_S 、 R_{ON} 、 C_S 、 C_D 、 C_L の値を小さく、 R_L の値を大きくする必要があります。

TS5A3159の場合は、次のようになります。

$$R_{ON} = 1 \Omega$$

$$C_S = C_D = 84 \text{ pF}$$

外部の値が

$$R_S = 50 \Omega$$

$$C_L = 5 \text{ pF}$$

$$R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

であるとすれば、時定数は次のようになります。

$$T_{RC}(\text{時定数}) = 8.65 \text{ ns}$$

16ビットのシステムでは、最低でも18ビットのセトリングが必要になります。18ビットのセトリングに必要な時間は $(18 \times \ln 2) \times T_{RC} = 108\text{ns}$ であり、これは2MSPS(500ns)よりも短くなっています。セトリング時間がADCの変換時間よりも長いと、マルチプレクサの出力が、A - D変換時までに必要な精度までセトリングしないため高調波歪みが発生します。

マルチプレクサの重要なパラメータとしてはもうひとつ、「電圧変化に伴うオン抵抗の変動」があります。 R_{ON} と R_L は抵抗分圧回路と同様の役割を果たし、また電圧変化に伴う R_{ON} の変動は出力電圧にも影響するため、このパラメータも歪みに影響します。図3はTS5A3159での、 V_{OUT} の変化に伴う R_{ON} の変動です。

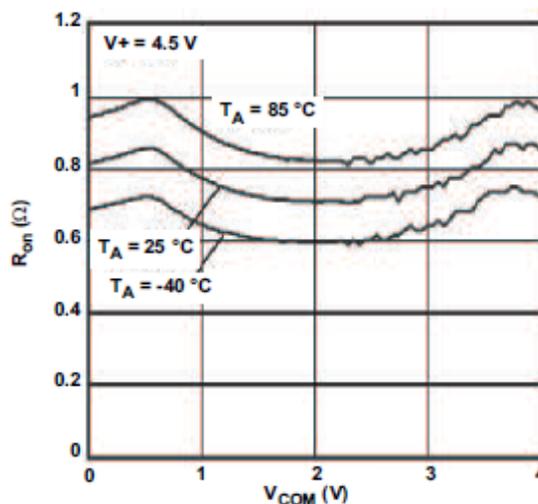


図3 電圧変化に伴う R_{ON} の変動

$$V_{OUT} = V_{IN} \times \frac{R_L}{R_L + R_{ON}} = V_{IN} \times \frac{1}{1 + \frac{R_{ON}}{R_L}} \equiv V_{IN} \times \left(1 - \frac{R_{ON}}{R_L} \right) \quad (1)$$

TS5A3159の場合は、電圧変化に伴う R_{ON} の変動ピーク値(peak variation)を0.25、 R_L を10k と仮定します。したがって、 R_{ON} の変動が原因の V_{OUT} の変動は $V_{IN} \times 2.5 \times 10^{-5}$ 、つまり-92dBとなります。これが、高調波歪みの原因となります。高調波歪みを更に改善するには、信号振幅を小さくして R_{ON} の変動を少なくすると同時に、 R_L を大きくする必要があります。

4 入力信号源 (Input Source)

入力信号源は、低信号源抵抗でかつ低ノイズ・低歪みである必要があります。前のセクションで述べたように、セトリング時間を向上させるには R_S を小さくする必要があります。信号源が低ノイズ・低歪みでない場合は、受動フィルタとそれを受けるバッファ・アンプ(図4)を付加すれば、信号品質を向上させることが可能です。

5 駆動用アンプ

このアプリケーションでの駆動用のオペアンプ(図4のOPA3)は、低ノイズ・低歪みであることに加えて、十分なスルー・レートと帯域幅を持つ必要があります。オペアンプの入力は、MUXのスイッチングにより最大4Vのステップが与えられます。したがって、信号帯域幅が小さい場合でも、駆動OPAではADCの1サンプリング・フレーム以内で0V~4V(または4V~0V)範囲でのセトリングが可能である必要があります。オペアンプを選択する際には、ADCのサンプリング時間(この場合は500ns)内で0V~4V(または4V~0V)の範囲でのセトリングが可能な製品であることを確認してください。ADCの駆動に使用されるOPAは、THS4031です。

MUXの前段で使用されるオペアンプ(図4のOPA1、OPA2)は、信号処理に使用されます。

これらのオペアンプは、低ノイズ・低歪みである必要があります。

6 駆動オペアンプの帯域制限

特性を向上させるために、ADCの駆動オペアンプ(図4のOPA3)の帯域幅には制限が設けられています。この制限を行うために、OPA3の出力ではR-Cフィルタが使用されています。この手順の詳細については、TIウェブサイト(www.ti.com)のAnalog eLABにあるAnalog eLabウェブキャスト集「*Quantifying Amp to ADC –Distortion Consideration and Quantifying Amp to ADC Interface Performance*」を参照してください。

$$\text{帯域幅} \cong \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2)$$

外部回路からのノイズの影響度合いを計算する方法は、Texas Instrumentsの資料「Op Amps for Everyone Design Guide」(SLOD006)に記載されています。

7 評価回路のセットアップ

評価システムは図4のように、ADC(ADS8411)、駆動用オペアンプ(THS4031)、マルチプレクサ(TS5A3159)、AC信号源(AC source)、DC信号源、信号源を低インピーダンスにするための駆動用オペアンプ2つ(シングルのTHS4031×2個、またはデュアルのTHS4032×1個)、信号源ノイズと歪みのフィルタ処理用にAC信号源の後に付加した受動帯域通過フィルタから構成されています。

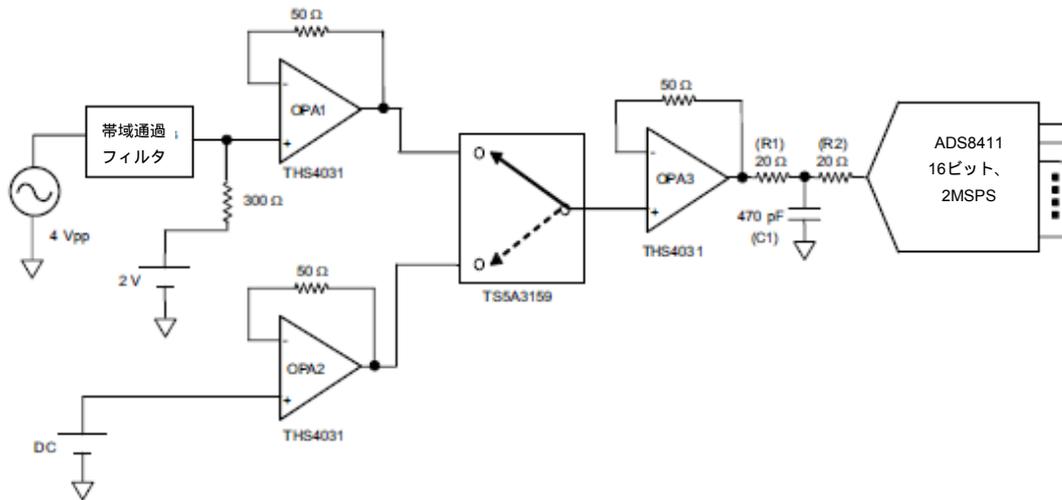


図4 評価回路のセットアップ

8 タイミング図

図5は、システムのタイミング図です。ADCには、変換フェーズとサンプリング・フェーズがあります。MUXでは、MUXのSELECTからの入力に合わせてチャンネル1とチャンネル2の切り替えを行います。ADCのサンプリング・スイッチは、変換開始信号(CONVST)の立ち下がりエッジの後でオープンになります。MUXでの切り替えが行われるのはその後になります。CONVSTの立ち下りエッジから、実際にサンプリング・スイッチがオープンになるまでの間には、ある程度の遅延(t_d)が発生します。したがってMUXの切り替えは、CONVSTの立ち下りエッジの t_d 後に行います。ADS8411の場合は、 t_d (最大値)は50nsです。したがってMUXの各チャンネルに与えられるセットリング時間は、 $500-50 = 450\text{ns}$ となります。

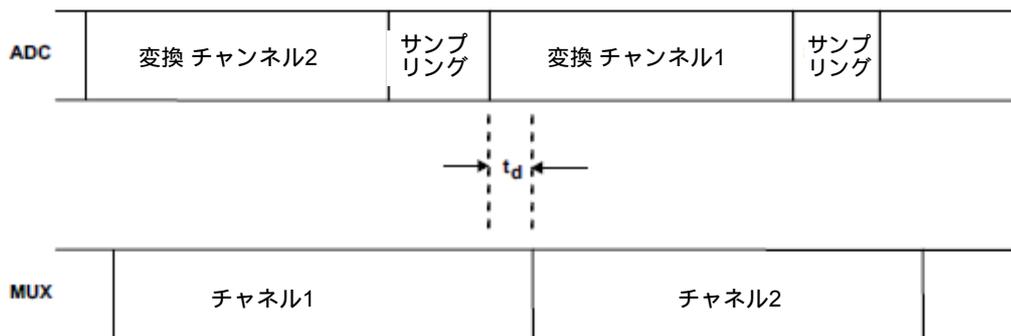


図5 タイミング図

9 重要な測定パラメータ

ACパラメータ(クロストーク、SNR、THD)の評価を行います。

クロストーク: 正弦波をチャンネル1に印加し、チャンネル2にDC電圧を供給します。2つのチャンネルは、ADC変換時間の2倍の時間で時分割されます。これにより、2つの連続した変換で、ADCが各チャンネルを交互に変換できるようになります。つまり、各チャンネルの入力が、ADC速度の半分の速度で変換されるようになります。変換後のADCデジタル出力は、2つのチャンネルの2つのデータセットを結合したものになります。このデータを後処理して2つのデータセットを分離し、両方のデータセットに高速フーリエ変換(FFT)を行います。チャンネル1のFFTでは、ノイズ・ピンの他に、正弦波の基本周波数と高調波があるのが理想的です。もう一方のチャンネル2のFFTでは、ノイズ・ピン以外のAC成分があってはなりません。チャンネル2にはDCが印加されるためです。しかし時分割処理が原因で、チャンネル2のFFTでは、チャンネル1の基本周波数と等価の(振幅の減少した)周波数を持つトーンが発生します。2つのFFTの基本周波数の(dBスケールでの)差が、クロストークです。

したがって、クロストークは $10 \times \text{Log} \left(\frac{\text{チャンネル2の基本波電力}}{\text{チャンネル1の基本波電力}} \right)$ に等しくなります。

SNR: 信号対ノイズ比は、 $10 \times \text{Log} \left(\frac{\text{信号電力}}{\text{総合ノイズ電力}} \right)$ と定義されます。

THD: 全高調波歪みは、 $10 \times \text{Log} \left(\frac{\text{第9次までの高調波歪電力}}{\text{信号電力}} \right)$ と定義されます。

10 結果

次の表は、2通りの変換速度と入力周波数の場合のクロストーク、SNR、THDです。

変換速度 (MSPS)	入力周波数 (kHz)	SNR	THD	クロストーク
1.25	20	85.6	-96.8	-109.8
1.25	100	85	-95.4	-99.6
2	20	85.6	-97.7	-119.5
2	100	84.8	-94.7	-98.6

次の表は、データシートに記載されたADS8411の標準的な仕様値です。

変換速度 (MSPS)	入力周波数 (kHz)	SNR	THD
1.25	100	86	-90
2	100	86	-90

図6～図9は、変換速度と入力周波数を様々に変えた場合の、2つのチャンネルのFFTです。

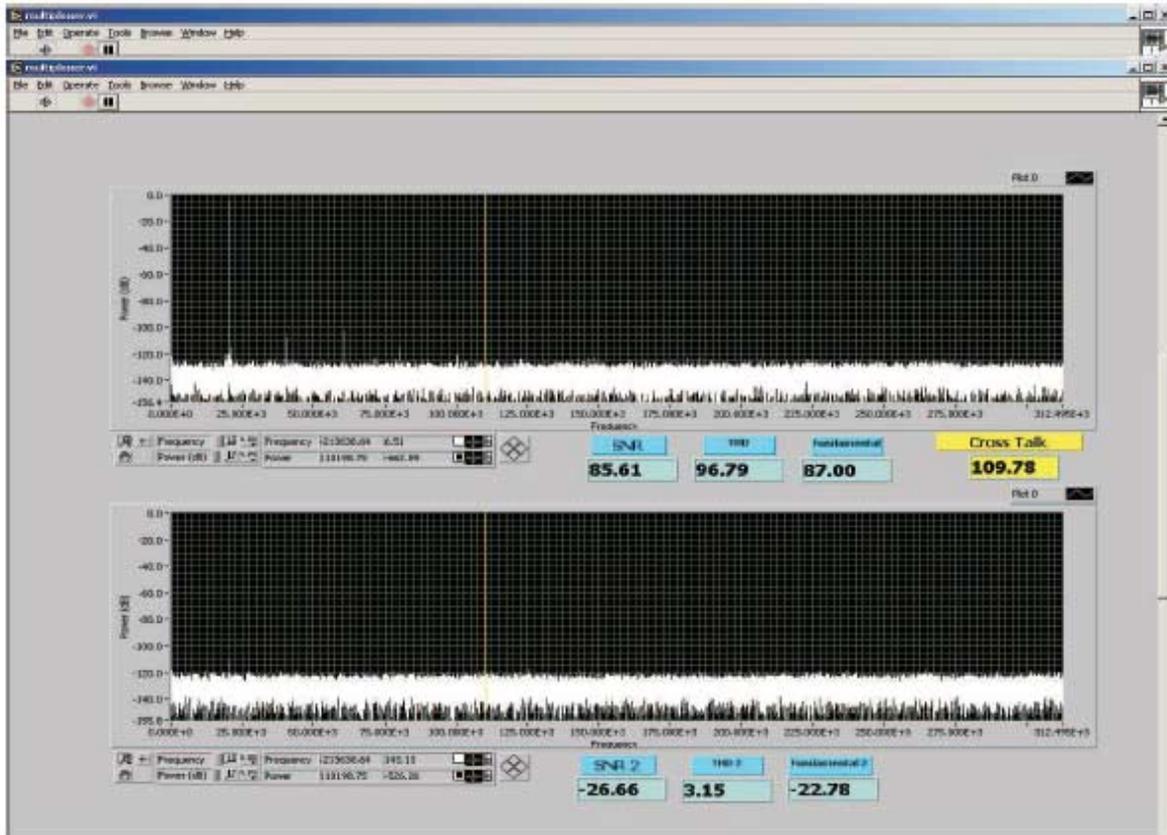


図6 入力周波数 - 20.1 kHz、デバイス速度 - 1.25 MSPS

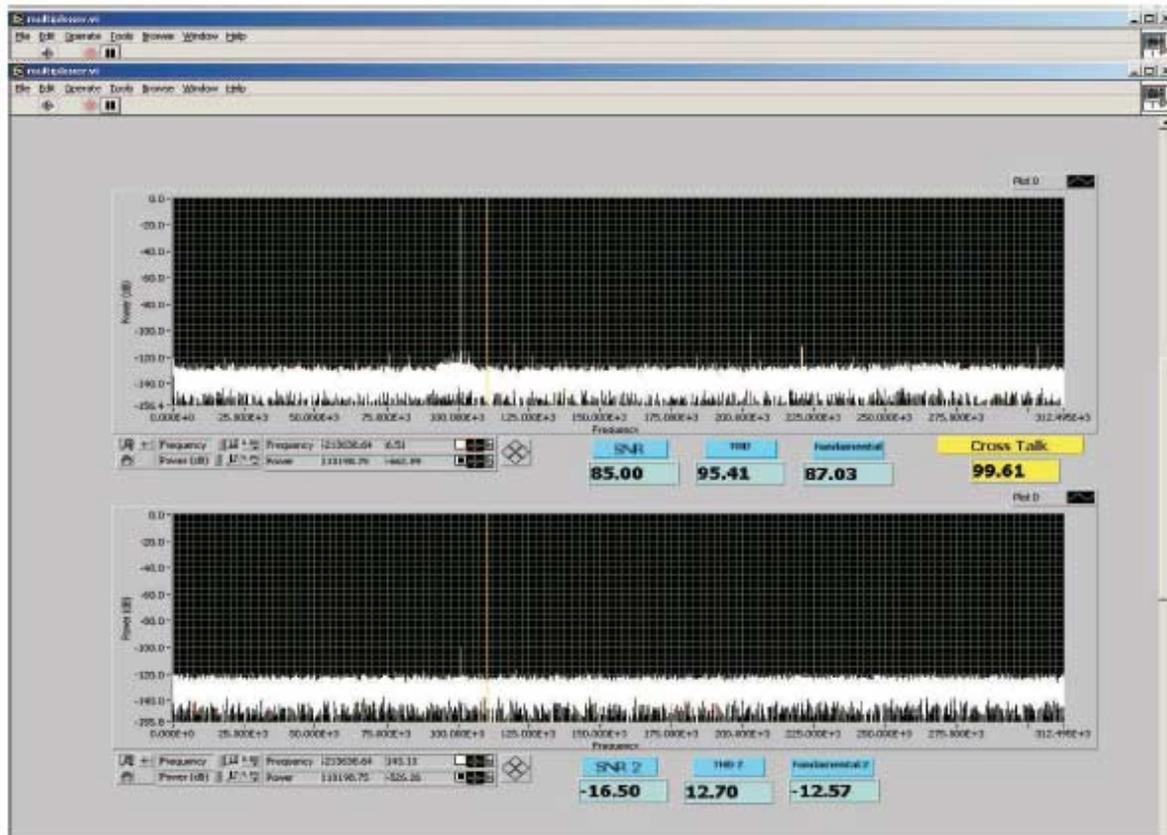


図7 入力周波数- 101.1 kHz、デバイス速度- 1.25 MSPS

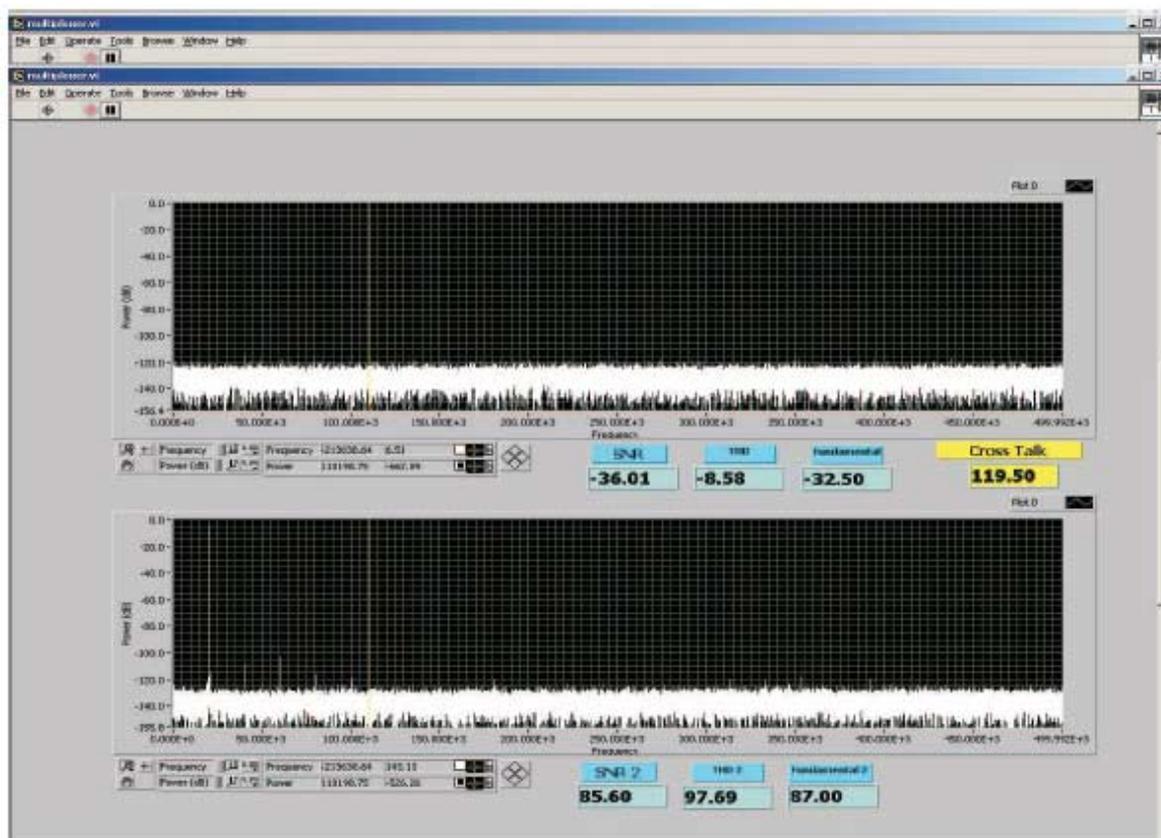


図8 入力周波数- 20.1 kHz、デバイス速度- 2 MSPS

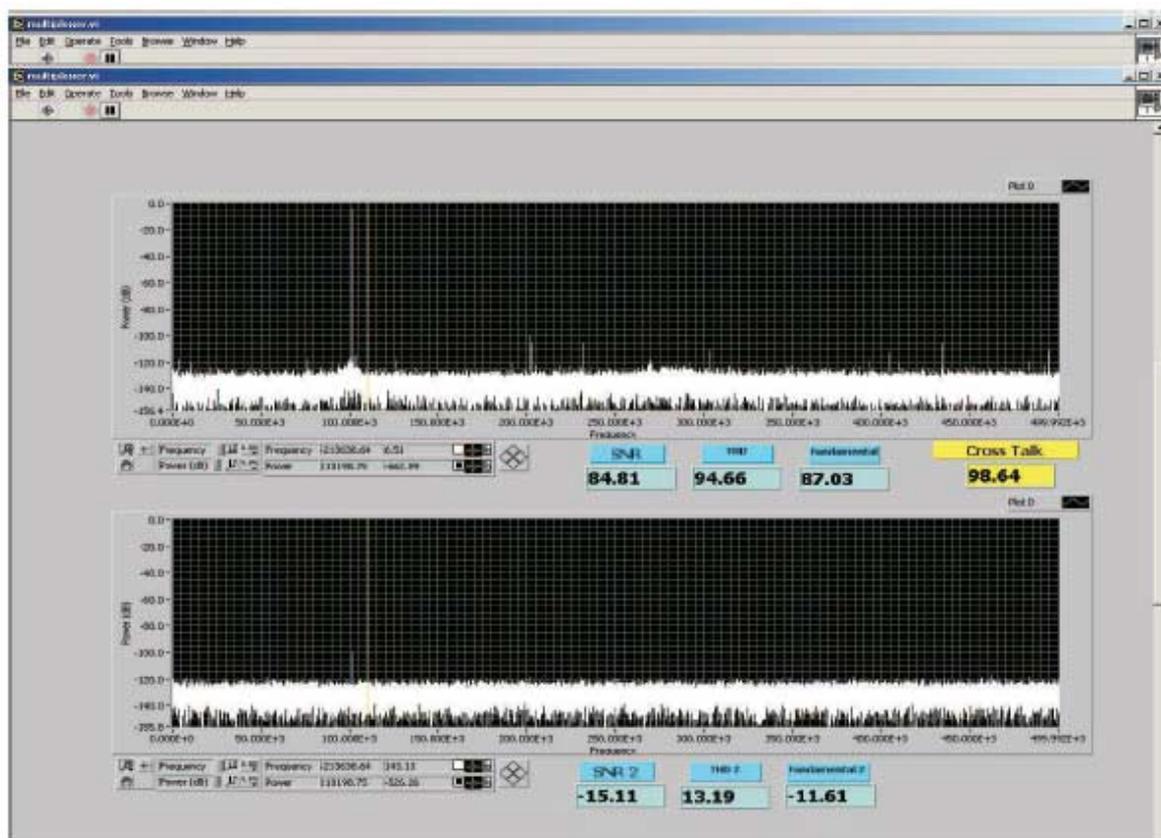


図9 入力周波数- 101.1 kHz、デバイス速度- 2 MSPS

11 帯域幅の影響

図4のOPA3の後に付加されたR-Cフィルタによる帯域幅制限は、SNRとTHDの向上を可能にしますが(詳細については、Analog eLABにある「Quantifying Amp to ADC – Distortion Consideration and Quantifying Amp to ADC Interface Performance」を参照してください)、その結果オペアンプは必要な精度範囲内でのセトリングが行いにくくなります。出力が正しくセトリングしないと、前のチャンネルの残留電荷が次のサンプリング時まで残ってしまいます。これがクロストークとなって現れます。ADCによる変換間隔を長くして、オペアンプの出力が正しくセトリングできる時間を与えれば、この問題が大きくなることはありません。使用するコンデンサが大きいほど、オペアンプ出力のセトリング時間が長くなることに留意して下さい。図10と図11に、フィルタ・コンデンサの関数としてのSNRとクロストークのグラフを示します。

図10 SNR vs 入力帯域幅

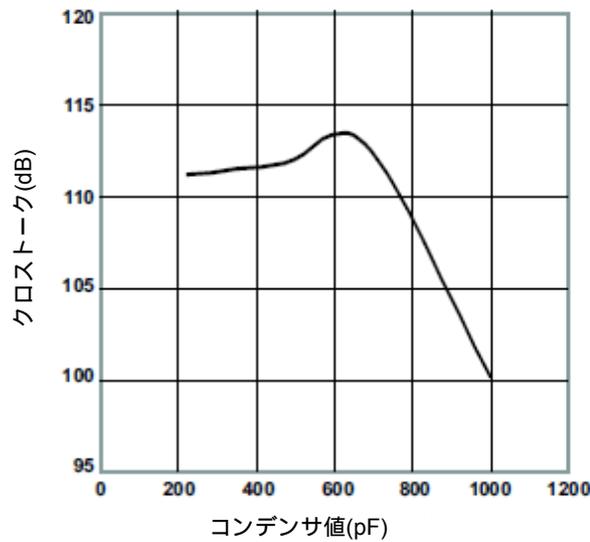


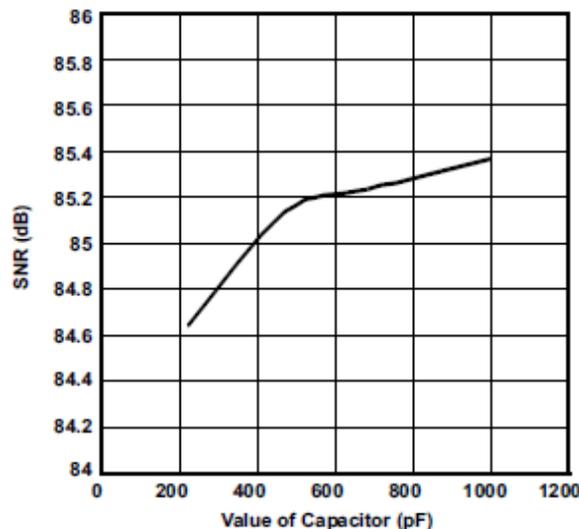
図11 クロストーク vs 入力帯域幅

図12は、3つの異なる帯域幅における入力セトリングの状況です。コンデンサの値を変更することにより、帯域幅を変化させています。帯域幅が増加すると、セトリング時間が向上します。

$$\text{帯域幅} \cong \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (3)$$

R1 と C1 は、図4に示した通りです。

コンデンサ値(pF)



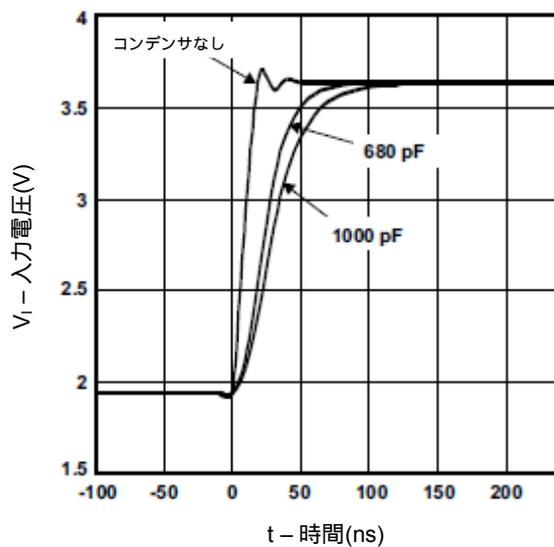


図12 コンデンサの値を様々に変えた場合の入力セトリング

12 結論

TS5A3359は、三入力システムに使用することが可能です。

アプリケーションによっては、正しいR-Cフィルタとオペアンプを適切に選択することにより、パラメータ(SNR、THD、クロストーク)のうちどれかひとつを犠牲にしてどれかひとつを向上させることも可能です。例えば、ADCの入力コンデンサを増やして、SNRを向上させることもできます。

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといたします)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIJといたします)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。従いまして、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をご確認下さい。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。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い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い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。

TIJ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。

TIJ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TIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、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。TIJ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。

TIJ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TIJ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い基板実装すること。

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