

低ノイズ、高精度のオペアンプが高分解能の SAR A/D コンバータを駆動

デザインノート 1039

Erjon Qirko および Kris Lokere

はじめに

LT6018 は、超低歪み性能 (1kHz で -115dB) を備える超低ノイズ (1kHz で $1.2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$) のオペアンプです。利得帯域幅積は 15MHz、最大オフセット電圧は $50\mu\text{V}$ 、最大オフセット電圧ドリフトは $0.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ です。これらの特長を兼ね備える LT6018 は、さまざまな高分解能のアナログ/デジタル・コンバータ (A/D コンバータ) を駆動するのに適しています。このデザインノートでは、LT6018 を使用して高速 18 ビットおよび 20 ビット逐次比較レジスタ (SAR) A/D コンバータを駆動する場合に、最高の信号対ノイズ比 (SNR) および全高調波歪み (THD) を実現するための回路および最適化戦略について説明します。

ウルトラリア 20 ビット A/D コンバータ

LT6018 (LT1468 を置き換えている) によって LTC2378-20 20 ビット SAR A/D コンバータを駆動するように変更した DC2135A デモ回路を図 1 に

示します。LTC2378-20 は、他に類のない 2ppm の直線性性能を特長としています。直線性を維持しながら差動信号を生成する最高の方法は、このデモ用ボードで使用されている LT5400 に内蔵された正確に整合した抵抗を使用することです。図 1 に示した回路の詳細な動作原理は、デザインノート 1032 (LT1468 が LTC2377-20 を駆動する) に記載されています。

回路の直線性を測定するには、超高純度の正弦波を入力に供給し、FFT を出力で計算します。THD 測定結果は、回路の INL (積分非直線性) 性能の代用になります。A/D コンバータの 800kHz のサンプリング・レートで、約 100Hz の入力周波数 (一貫したサンプリングを保証し、FFT の数値的制限を緩和するためにわずかに調整されています) を使用します。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、および Linear のロゴは、リアテクノロジ社の登録商標です。その他全ての商標は該当各社の財産です。

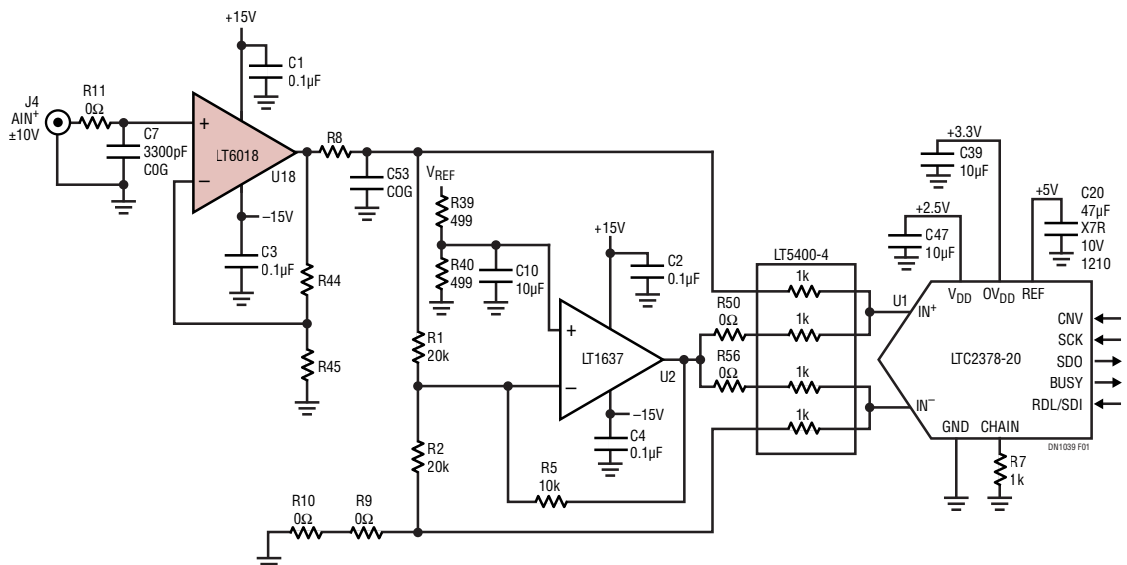


図 1. DC2135A デモ用ボードの設定

元のデモ回路には、余分な高周波ノイズを除去するために、オペアンプの直後に RC ローパス・フィルタが含まれています。LT6018 のノイズ密度は、高周波数でも比較的に低く維持されるため、このフィルタを削除しても、ノイズ全体への影響は無視できます。フィルタを使用しない場合、直線性 (THD によって測定される) が著しく改善されます。これは、シングルエンドから差動への変換が、正確に整合していないディスクリート部品によって損なわれることなく、LT5400 に内蔵された正確に整合した抵抗によって完全に制御されるようになるためです。

LT6018 の低ノイズ密度は、利得を必要とする回路に適しています。10 の利得で構成した場合、信号強度は 20dB 向上しますが、SNR は、フルスケールに対して 2dB 低下します。入力信号が小さい場合、この構成によって実効信号対ノイズ比が 18dB 向上します。予想通り、直線性は、アンプのループ利得と同じ量 (約 20dB) だけ減少します。

結果を表 1 にまとめます。

表 1. LT6018 で LTC2378-20 を駆動した場合の SNR および THD の結果

LT6018 の利得	R8 (Ω)	C53 (μF)	R44 (Ω)	R45 (Ω)	SNR (dB)	THD (dB)
1	10	0.01	0	開放	103.1	-110.7
1	0	0	0	開放	102.5	-121.7
10	14.7	0.0068	900	100	99.6	-98.5
10	10	0.01	900	100	100.5	-99.8

高速 18 ビット A/D コンバータの駆動

LTC2387-18 は、最大 15MSPS でサンプリングできる 18 ビット SAR A/D コンバータです。このサンプリング・レートで、A/D コンバータの内部サンプリング・コンデンサは、アンプの出力に 30ns 未満 (「収集」時間) の間接続されます。この時間の間、アンプ (およびフィルタ) 回路は充電のキックバックから回復し、サンプリング・コンデンサの電荷を補充する必要があります。それによって A/D コンバータは、次の変換サイクルで正しい入力電圧を測定できます。アンプおよびフィルタ回路網では、慎重な最適化が適切に行われています。

図 2 では、2 つの LT6018 がユニティゲイン・フォロワとして構成され、LTC2387-18 デモ用ボードに接続されています。このデモ用ボードには、A/D コンバータの入力で、フィルタの抵抗およびコンデンサが用意されています。

表 2 に、入力での 1.008kHz の純粋な正弦波および一貫した 14.680MSPS での A/D コンバータのサンプリングに対して測定された、SRN および THD の結果を示します。表の 1 行目に、超高速な低ノイズのオペアンプである LT6200 アンプを使用した結果を示します。フィルタ構成は、デモ用ボードのデフォルトの帯域幅である約 200MHz です。これによって A/D コンバータの充電のキックバックを完全にセリングすることができ、-120dB の優れた THD 性能が得られます。ただし、SNR は、A/D コンバータの 96dB の能力を 2dB 下回ります。

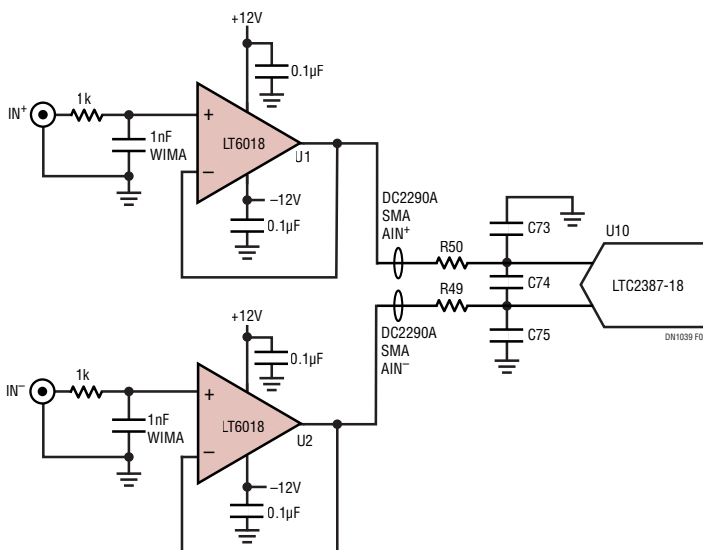


図 2. DC2290A-A デモ用ボードを使用した LT6018 による LTC2387-18 の駆動

LT6018 は、帯域幅が LT6200 よりも低いですが、非常に高い DC 精度 (オフセットおよびドリフト) を備えています。ただし、LT6018 を LT6200 と同じ構成に接続すると、SNR および THD が大幅に悪化します。SNR が悪化するのには、アンプのノイズ密度が帯域幅を下回らず、上回る場合があるためです。このノイズは、フィルタ処理しないと、A/D コンバータにエイリアスを生じます。THD が悪化するのには、A/D コンバータの最大充電のキックバックを受けたとき、比較的遅いアンプが適切にセトリングせず、A/D コンバータがデジタル処理する場合に非直線性が残るためです。

抵抗とコンデンサの値を増やすことによって、および A/D コンバータの入力間に差動コンデンサを含めることによって、広帯域アンプのノイズをフィルタ処理できます。そうすることで、この A/D コンバータの 96dB の理論的最大値まで SNR が向上します。つまり、統合されたアンプのノイズは無視できるようになります。さらに、より小さい直列抵抗およびより大きいコンデンサに向けてフィルタ構成を調整することによって、充電のキックバックの初期の影響が減衰され、THD 性能が -100dB を十分下回るように改善されます。

表 2. LT6018 で LTC2387-18 を駆動した場合の SNR および THD の結果

アンプ	R49 = R50 (Ω)	C73 = C75	C74	SNR (dB)	THD (dB)
LT6200	10	82pF	開放	94.2	-120
LT6018	10	82pF	開放	90.3	-72.9
LT6018	25	1nF	開放	94.5	-93.7
LT6018	25	1nF	1nF	96.0	-96.1
LT6018	13.7	1.8nF	1.8nF	95.9	-101.1

まとめ

最新の SAR A/D コンバータは、低ノイズと、高い直線性および正確な DC オフセット精度を兼ね備えています。そのような仕様を実現するには、**LT6018** のような、同様に優れた DC 仕様、低ノイズ、および十分な帯域幅を備えたアンプが必要になります。適度な速度の A/D コンバータ (1Msps、20 ビットの LTC2378-20 など) を使用して、LT6018 を正確に整合した LT5400 の抵抗と組み合わせることで、フィルタ処理を追加しなくても、差動入力信号を生成することができます。超高速 SAR A/D コンバータ (15Msps、18 ビットの LTC2387-18 など) を使用して、オペアンプの結果と A/D コンバータの結果の間で RC フィルタ回路網を慎重に最適化することで、優れたノイズ性能および直線性性能が得られます。

データシートのダウンロード

www.linear-tech.co.jp/LT6018

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町 3-6 紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

DN1039 LT 0816 • PRINTED IN JAPAN



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2016