

超音波診断装置

概要

音響エネルギーを体内に送信し、返ってくる反射を受信して処理するフェーズドアレイ超音波診断装置は、体内の臓器や構造の画像を生成し、血流や組織の運動をマッピングし、血流速について非常に正確な情報を提供することができます。従来、これらの画像処理装置を実現するには多数の高性能フェーズドアレイトランスミッタおよびレシーバを必要としたため、装置は大型で高価なカート式となっていました。近年、集積化の進展に伴って、装置設計者は、そのような大型装置に迫る性能を備えながら、より小型、低コストで携帯にも適した画像処理ソリューションに移行することが可能になっています。今後の課題は、引き続きこれらのソリューションの集積化を進めながら、その性能と診断機能を高めていくことです。

トランスデューサ

この装置の極めて重要な部品の1つが、超音波トランスデューサです。超音波

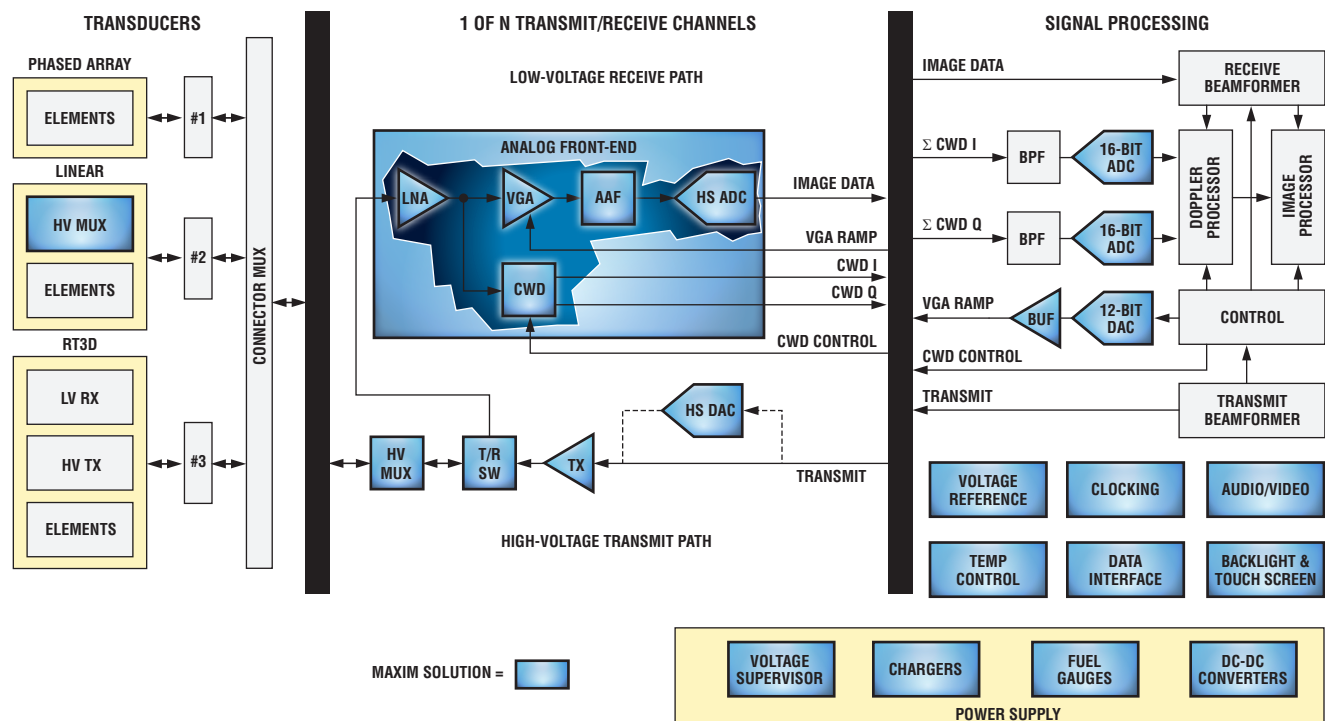
診断装置は通常、特定の診断用途向けに最適化したさまざまなトランスデューサを使用しています。各トランスデューサは、フォーカスしたエネルギーを体内に送信し、返ってくる反射を受信する多数の圧電トランスデューサエレメントで構成されています。各素子は、細心同軸ケーブルで超音波装置に接続されています。標準的なトランスデューサは32~512個ものエレメントを含み、1MHz~15MHzの周波数で動作します。大部分の超音波装置は、2~4個もの切り替え可能なトランスデューサコネクタを備えており、臨床医は検査の種類に合わせてさまざまなトランスデューサを容易に切り替えることができます。

高電圧多重化

標準的なフェーズドアレイ超音波装置は、32~256個ものトランスミッタとレシーバを内蔵しています。多くの場合、装置のトランスミッタとレシーバは、利用可能なトランスデューサエレメントの数よりも少なくなります。その

ような場合は、トランスデューサまたは装置に組み込まれた高電圧スイッチをマルチプレクサとして使用して、特定のトランスデューサエレメントを特定のトランスミッタ/レシーバ(Tx/Rx)ペアに接続します。こうすると、装置は、利用可能なトランスデューサエレメントアレイ全体にわたって、アクティブなトランスデューサアパーチャを動的に変更することができます。

これらのスイッチの要件は厳しくなります。これらのスイッチは、200V_{p-p}もの電圧振幅と最大2Aのピーク電流の送信パルス进行处理する必要があります。高速のスイッチングによってアクティブアパーチャの構成をすばやく変更し、画像フレームレートを最大化する必要があります。さらには、チャージインジェクションを最小限に抑えて、スプリアス伝送やそれに伴う画像アーチファクトを防止する必要があります。



超音波診断装置のファンクションブロックダイアグラム。Maximが推奨する超音波診断装置ソリューションの一覧については、japan.maxim-ic.com/ultrasoundをご覧ください。

高電圧トランスミッタ

デジタル送信ビームフォーマは、通常、適正なタイミングと位相を備えた必要なデジタル送信信号を生成し、フォーカスした送信信号を作り出します。高性能の超音波装置は、任意波形ジェネレータを使用して複雑な送信波形を生成し、画質を最適化します。このような場合、送信ビームフォーマは、約40MHzのレートで8~10ビットのデジタルワードを生成し、必要な送信波形を作り出します。デジタル-アナログコンバータ(DAC)を使用してそのデジタル波形をアナログ信号に変換し、リニア高電圧アンプで増幅してトランスデューサエレメントを駆動します。このような送信方式は、非常に大型、高価で、多くの電力を必要とするため、一般に比較的高価で携帯性の低いシステムでしか使用されません。その結果、超音波装置の大部分はこの送信ビームフォーマ方式を採用せずに、マルチレベルの高電圧パルサを使用して必要な送信信号を生成します。

この代替方式では、高集積の高電圧パルサによって、トランスデューサエレメントに必要なプログラマブル高圧電源にすばやく切り替え、送信波形を生成します。単純なバイポーラ送信波形を生成するために、送信パルサは、デジタルビームフォーマで制御される正と負の送信電源電圧に対して交互にエレメントを接続します。さらに複雑な構成では、より優れた特性を持つ複雑なマルチレベルの波形を生成するために、複数の電源とグラウンドへの接続が可能です。

高電圧パルサについては、近年、第二高調波画像処理の普及によって、スルーレートと対称性の要件が厳しくなっています。第二高調波画像処理では、人体が持つ非線形の音響特性を利用します。このような非線形性の下では、 f_0 の音響エネルギーが $2f_0$ のエネルギーに変換されることが多くなります。これらの第二高調波信号の受信は、さまざまな理由から、より優れた画質を生み出すため、広く使用されるようになっています。



第二高調波画像処理の実装では、基本的に2つの方式が使用されています。1つ目の方式は、標準高調波画像処理と呼ばれ、送信信号の第二高調波を可能な限り抑制します。その結果、受信された第二高調波は、人体の非線形挙動にのみ由来することになります。この動作モードでは、送信エネルギーの第二高調波成分が基本波を最低50dB下回ることが必要です。これを実現するには、送信パルスのデューティサイクルを完全な50%のデューティサイクルの $\pm 0.2\%$ 以下にする必要があります。2つ目の方式は、パルス反転と呼ばれ、反転した送信パルスを使用して、同じ画像ラインに沿って2つの位相反転受信信号を生成します。これら2つの位相反転受信信号をレシーバで加算することによって、人体内の非線形プロセスで生成された高調波信号を復元します。このパルス反転方式では、加算した位相反転送信パルスが可能な限り打ち消し合うようにする必要があります。これを行うには、高電圧パルサの立ち上がり時間と立ち下り時間を精密に一致させる必要があります。

画像パスレシーバ

超音波画像パスレシーバは、カラーフロー画像処理やスペクトルパルス波ドップラー(PWD)に必要な2D信号とPWD信号を検出するために使用します。

このレシーバには、Tx/Rxスイッチ、低ノイズアンプ(LNA)、可変利得アンプ(VGA)、アンチエイリアスフィルタ(AAF)、およびアナログ-デジタルコンバータ(ADC)が内蔵されています。

Tx/Rxスイッチ

Tx/Rxスイッチは、LNAを高電圧送信パルスから保護し、受信中はLNAの入力をトランスミッタから切り離します。このスイッチは、高電圧送信パルスが印加されると自動的にオン/オフされる、適正にバイアスされた一連のダイオードを使用して実装するのが普通です。Tx/Rxスイッチの回復時間を短くし、レシーバが送信パルスの直後にオンになるようにします。このように回復時間を短くすることは、浅い部分での画像処理と、オンインピーダンスを抑えてレシーバのノイズ感度を維持する上で非常に重要です。

低ノイズアンプ(LNA)

レシーバ内のLNAは、優れたノイズ性能と十分な利得を備える必要があります。正しく設計されたレシーバでは、一般に、LNAによってレシーバ全体のノイズ性能が決まります。トランスデューサエレメントは、LNAの入力の比較的低いインピーダンスで終端した、かなり長い同軸トランスデューサケーブルによってLNAに接続します。正しく終端しないと、ケーブルの容量とトランスデューサエレメントのソースインピーダンスによって、広帯域トランスデューサからの受信信号の帯域幅が大きく制限される場合があります。トランスデューサケーブルをローインピーダンスで終端すると、このフィルタリング効果が軽減され、画質が大幅に向上します。残念ながら、このような終端を行うとLNAの入力信号レベルも減少するため、レシーバの感度が低下しやすくなります。このため、LNAでは、必要とするロー入力インピーダンス終端を実現するアクティブ入力終端機能と、そのような条件下で要求される優れたノイズ性能を備えることが重要です。



可変利得アンプ(VGA)

VGAは、時間利得制御(TGC)アンプとも呼ばれ、全受信サイクルに対して十分なダイナミックレンジをレシーバに提供します。超音波信号は約1540m/sで体内を伝播し、往復の減衰率は約1.4dB/cm-MHzです。音響送信パルスの直後には、LNAの入力で受信された「エコー」信号は0.5V_{p-p}にも達することがあります。この信号は急速に減衰してトランスデューサエレメントのサーマルノイズフロアまで下がります。この信号を受信するために必要なダイナミックレンジは100dB~110dB程度であり、実用的なADCのレンジをはるかに超えています。そのため、VGAを使用して、この信号をADCにマッピングします。このアプリケーションで使用される標準的な12ビットADCに対して受信信号をマッピングするには、約30dB~40dBの利得を持つVGAが必要です。この利得を時間の関数として変化させて(「時間利得制御」)、ダイナミックレンジのマッピングを実現します。

超音波レシーバの瞬間ダイナミックレンジも非常に重要です。瞬間ダイナミックレンジは、2D画質や、ドップラー偏移(つまり血液や組織の運動)を検出する装置の性能に影響を与えます。これは特に、対象とする第2高調波信号が送信基本波の信号よりも大幅に弱いことがある第2高調波画像処理の場合に当てはまります。また、小さなドップラー信号が組織や血管壁からの非常に大きな信号の1kHz以内に収まることのあるドップラーモードでも同様です。そのため、広帯域とニアキャリアのSN比が最も重要であり、多くの場合はレシーバのこの段で制限されます。

アンチエイリアスフィルタ(AAF)とADC

受信チェーン内のAAFは、通常の最大画像処理周波数を超える高周波ノイズや外来信号が折り返し雑音としてADCによってベースバンドに乗らないようにします。設計では、多くの場合、可変AAFが使用されます。折り返し雑音を取り除き、信号の時間領域応答を保存するには、フィルタ自体で第1ナイキスト領域を超える信号を減衰させる必要があります。このような理由から、バターワースフィルタや高次のベッセルフィルタが使用されます。

このアプリケーションで使用されるADCは、通常、40Msps~60Mspsで動作する12ビットデバイスです。このコンバータは、許容されるコストと電力レベルで必要な瞬間ダイナミックレンジを実現します。正しく設計されたレシーバでは、このADCがレシーバの瞬間SN比を制限することになります。しかし、前述のとおり、性能の不十分なVGAの限界のために、多くの場合、レシーバのSN比性能が制限されます。

デジタルビームフォーマ

ADCの出力信号は、通常、高速LVDSシリアルインタフェースを介してデジタル受信ビームフォーマに送られます。この方式は、プリント基板(PCB)を簡素化し、インタフェースピンの数を削減することができます。ビームフォーマは、実効サンプルレートを4倍にも高めてシステムのビーム形成分解能を向上させる高周波変換型のローパスまたはバンドパスデジタルフィルタを内蔵しています。これらの高周波変換信号をメモリに蓄積し、必要な遅延をかけたあと、遅延係数カルキュレータで加算して正しいフォーカスを算出します。また、これらの信号は、アポダイゼーションカルキュレータを使用して適切な重み付け(「アポダイズ」)を行ってから加算します。このような手順によって受信アパーチャを正しく設定し、受信ビームのサイドローブ干渉を低減して画質を向上させます。

ビーム形成デジタル信号の処理

受信したビーム形成デジタル超音波信号は、さまざまなDSPと標準的なPCベースのコンピュータソリューションを使用して視覚および音声出力用に処理されます。このプロセスは、Bモードまたは2D画像処理、カラーフロー画像生成に関連したドップラー処理、およびPWD/連続波ドップラー(CWD)のスペクトル処理に大別することができます。

Bモード処理

Bモード処理では、RFビーム形成デジタル信号を正しくフィルタリングして検出します。検出信号のダイナミックレンジは極めて広いため、Bモードプロセッサでは、デジタル圧縮によって表示可能な可視ダイナミックレンジを実現する必要があります。

カラーフロー処理

カラーフロー処理では、送信周波数で直交局部発振器(LO)を使用し、RFデジタルビーム形成データのデジタルミキシングによって、IおよびQベースバンド信号を生成する複雑なミキシングを行います。その結果、音響受信ラインの各サンプルに振幅値と位相値が割り当てられます。カラーフロー処理では、ドップラー偏移を測定するために、8~16本の音響ラインを同一の画像パスラインに集めるのが普通です。その画像パスに沿った移動する血流や組織からの反射によってドップラー偏移が発生し、その偏移が起こったベースバンドI/Qサンプルの位相が変化します。カラープロセッサでは、8~16本のラインにわたってその画像パスに沿った各点の時間に対する平均位相偏移を算定します。また、その平均速度を表す色も割り当てます。このようにして、血流や組織の運動の2次元カラー表示を行うことができます。

スペクトルドップラー

スペクトル処理では、ビーム形成デジタル信号をデジタルフィルタリングし、送信周波数で直交局部発振器(LO)を使用してベースバンドに混合して、送信パルス繰り返し周波数(PRF)でサンプリングします。複雑な高速フーリエ変換(FFT)を使用して、信号の速度成分を示す出力スペクトルを生成します。このFFT出力の各ビンの信号振幅は、利用可能な可視表示のダイナミックレンジを最適化するように計算されて圧縮されます。最後に、この信号振幅を超音波ディスプレイ上に時間に対して表示します。

CWDでもほぼ同じように信号を処理します。これらの信号を表示用に処理することに加えて、スペクトルプロセッサでは、正および負の速度に相当する左右のステレオ音声信号も生成します。ADCによってこれらの信号を変換し、外付けのスピーカやヘッドフォンの駆動に使用します。

表示の処理

表示プロセッサは、Bモードまたはカラーフロープロセッサからの極座標の音響画像データを、直交座標のビットマップ画像にマッピングするために必要な演算を実行して、画像アーチファクトの発生を防止します。この処理は、一般にR- θ 変換と呼ばれています。表示プロセッサでは、その他の空間的画像強調フィルタリング機能も実行します。

連続波ドップラー(CWD)

CWDは、心臓用および汎用超音波診断装置の大部分で利用可能なモダリティ

であり、心臓などで見られる高速の血流を正確に測定するために使用します。CWDモードでは、利用可能な超音波トランスデューサエレメントをトランスデューサアパーチャの中央部分で均等に2分割します。エレメントの半分はトランスミッタとして使用してフォーカスした音響CWD送信ビームを生成し、残りの半分はレシーバとしてフォーカスした受信ビームを生成します。送信エレメントに加える信号は、対象とするドップラー周波数(通常は1MHz~7.5MHz)の方形波です。送信ジッタを最小限に抑えて、ドップラー位相偏移の検出に悪影響を与える恐れがある位相ノイズの発生を防止します。送信エレメントに加える信号を正しく位相調整して、送信ビームをフォーカスします。同様に、CWDの受信信号は、各受信エレメントからの信号を位相調整して加算することによってフォーカスします。このモードではトランスミッタはレシーバと同時にオンになっているため、対象とするドップラー信号は、静止組織からの送信基本波の反射によって生成される非常に大きな受信信号の数kHz以内であるのが普通です。この大きな信号を処理するために必要なダイナミックレンジは、画像受信パス内にあるVGA、AAF、および12ビットADCのレンジをはるかに超えます。そのため、CWDについては、別の広ダイナミック受信ソリューションが必要になります。

CWDレシーバは、通常、2つの方式のいずれかで実現します。1つめの方式では、通常、高性能超音波装置によって、LNA出力で受信CWD信号を抽出します。次に、送信周波数に等しいLO周波数で複雑なミキサを使用して信号

をビーム形成し、処理のためにベースバンドに混合します。I/Q LOの位相をチャンネルごとに調整することによって、受信CWD信号の位相をシフトさせることができます。これらのミキサの出力を加算してバンドパスフィルタリングを行い、ADCによって変換します。得られるベースバンドビーム形成信号は、可聴範囲(100Hz~50kHz)に収まります。可聴周波数のADCを使用して、IおよびQのCWD信号をデジタル化します。これらのADCでは、組織の移動による大きな低周波ドップラー信号と血液による小さな信号の両方を処理するために相当に広いダイナミックレンジが必要です。

CWD信号を受信するもう1つの方式はディレイラインを使用するもので、通常は低コストの装置で採用されています。この方法でも信号をLNAの出力で抽出し、電流信号に変換します。クロスポイントスイッチによって位相の類似したチャンネルを加算し、受信ビームフォーマに従って8~16本の独立した出力信号にします。ディレイラインを使用してこれらの信号を遅延させて加算し、RF周波数で単一のビーム形成信号にします。さらに、送信周波数でLOを備えたI/Qミキサを使用して、この信号をベースバンドに混合します。得られたベースバンド音声信号をフィルタリングしてデジタル形式に変換します。

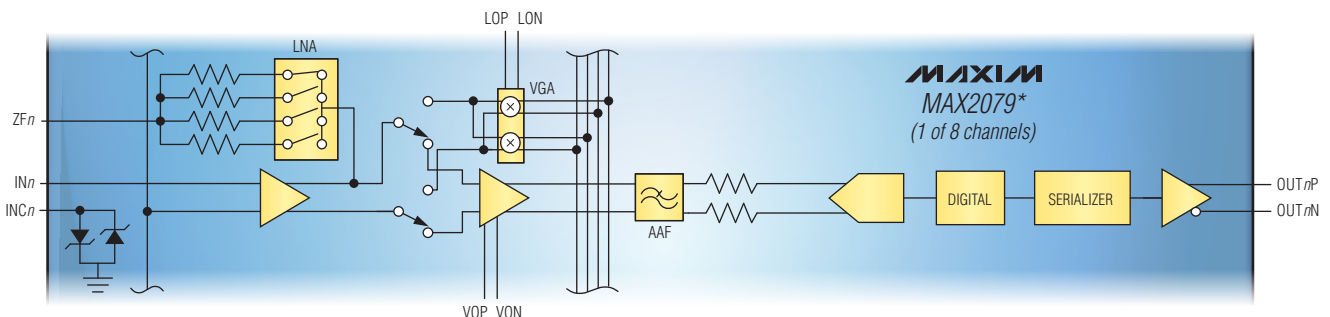
難易度の高い画像処理で優れた画質と感度を実現する全機能内蔵、 超低電力、8チャンネルフロントエンド

MAX2079*

低コスト、多チャンネル、高性能ポータブルおよびカート式の超音波装置用に最適化されたMAX2079は、12ビットADCを備えた全機能内蔵、8チャンネルの超音波フロントエンドです。この超小型で低電力の画像処理レシーバラインアップは、競合のいかなる全機能内蔵製品よりも低ノイズ、広いダイナミックレンジとなっています。このレシーバラインアップでは、 $R_S = R_{IN} = 200\Omega$ で2.4dBの超低雑音指数、67dBFSのフルスケール出力SN比、およびチャンネル当たり115mWの超低消費電力を実現しています。全機能内蔵、高性能、ミキサベースのプログラマブルCWDビームフォーマも内蔵されています。MAX2079は、最も困難な画像処理条件下でも優れた画質と感度を実現します。

利点

- 高集積によって多チャンネル、小型ポータブルまたはカート式装置に対応
 - オクタル(8回路) BiCMOS LNA、VGA、AAF、ミキサベースのCWDビームフォーマ、および12ビットCMOS ADC
 - 小型、10mm x 10mmの144ピンマルチチップモジュール(MCM) BGAパッケージ (ピッチ0.8mm)
- 低電力によるバッテリー寿命の延長と放熱の低減
 - 画像処理モードでチャンネル当たり115mW
- 高性能
 - $R_S = R_{IN} = 200\Omega$ で2.4dBのレシーバNFによる感度と透過率の向上
 - 30dBの利得で67dBの広帯域SN比による第2高調波画像処理の向上
 - $V_{OUT} = 1V_{p-p}$ 、5MHzキャリアから1kHzのオフセットで140dBcの狭帯域SN比による優れたPWDとカラーフロー
 - $V_{IN} = 200mV_{p-p}$ 、1.25MHzキャリアから1kHzのオフセットで155dBcの狭帯域CWDパスSN比による低速フローに対するCWD感度の向上
- 基板スペースを削減する独特な特長
 - プログラマブルインピーダンス、アクティブ入力終端LNA (50、100、200、1k Ω)
 - 入力保護ダイオード内蔵



MAX2079の内部回路の簡易ブロック図

*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

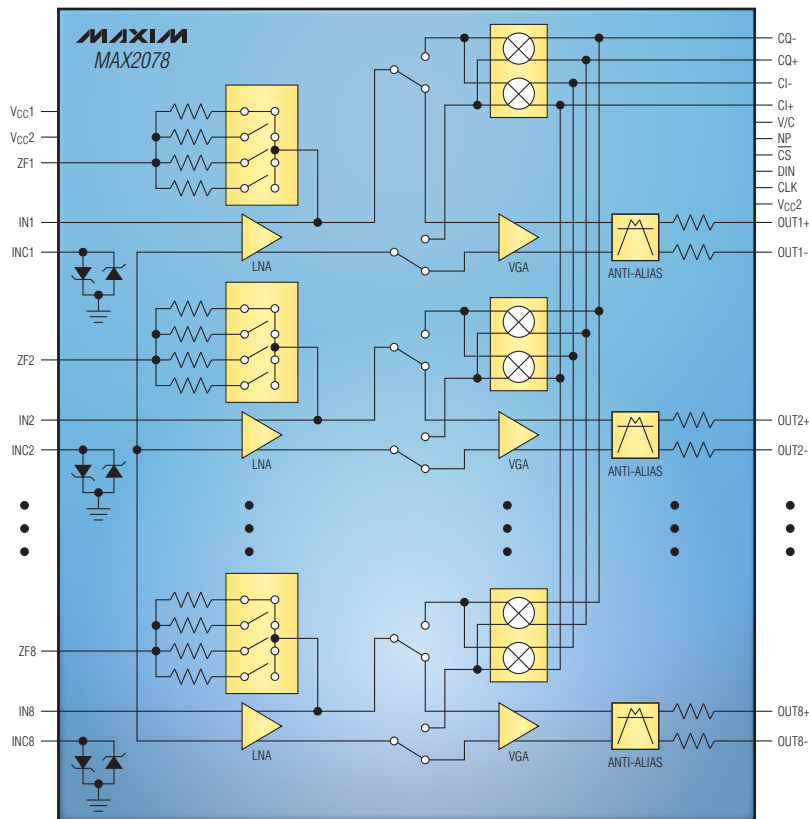
卓越した性能を発揮する省スペース、低電力、高集積8チャンネル フロントエンド

MAX2078/MAX2077

MAX2078/MAX2077は、多チャンネル、高性能、カート式超音波装置用に最適化された8チャンネル超音波フロントエンドです。この使いやすいICは、スペースと消費電力を大幅に削減してハイエンドの2D、PWD、CWD画像処理性能を実現します。この超小型画像処理レーザラインアップでは、チャンネル当たり64.8mWの超低消費電力で、 $R_S = R_{IN} = 200\Omega$ の場合、2.4dBの超低NFを達成します。オクタル(8回路)ADCのMAX1437Bと組み合わせた場合、このレーザラインアップでは、相当する競合製品よりも4dB大きいSN比を実現し、優れた第2高調波画像処理とカラードップラー感度が得られます。MAX2078は、ミキサベースの高性能プログラマブルCWDビームフォーマも内蔵しています。このデバイスは、ADCのMAX1437B/MAX1438Bと組み合わせた場合はチャンネル当たりわずか161mWで超高性能を実現し、MAX19527と組み合わせた場合はチャンネル当たりわずか123mWで優れた高性能、低電力ソリューションを実現することができます。

利点

- **高集積によって多チャンネル、カート式装置に対応**
 - オクタルLNA、VGA、AAF、ミキサベースのCWDビームフォーマ
 - 小型、10mm x 10mmのTQFNパッケージ
- **低電力による放熱の低減とPCB数の少ない設計**
 - 画像処理モードでチャンネル当たり65mW
- **高性能**
 - $R_S = R_{IN} = 200\Omega$ で2.4dBのレーザNFによる感度と透過率の向上
 - $23nV/\sqrt{Hz}$ の出力換算ノイズ(12ビットADCのMAX1437Bと組み合わせた場合、30dBの利得で68dBのSN比)による優れた第2高調波画像処理
 - $V_{OUT} = 1V_{p-p}$ 、5MHzキャリアから1kHzのオフセットで140dBcの狭帯域画像パスSN比による優れたPWDとカラーフロー
 - $V_{IN} = 200mV_{p-p}$ 、1.25MHzキャリアから1kHzのオフセットで155dBcの狭帯域CWDパスSN比による低速フローに対するCWD感度の向上
- **基板スペースを削減する独特な機能**
 - プログラマブルアクティブ入力終端インピーダンスLNA (50、100、200、および1k Ω)
 - 入力保護ダイオード内蔵



MAX2078の標準動作回路

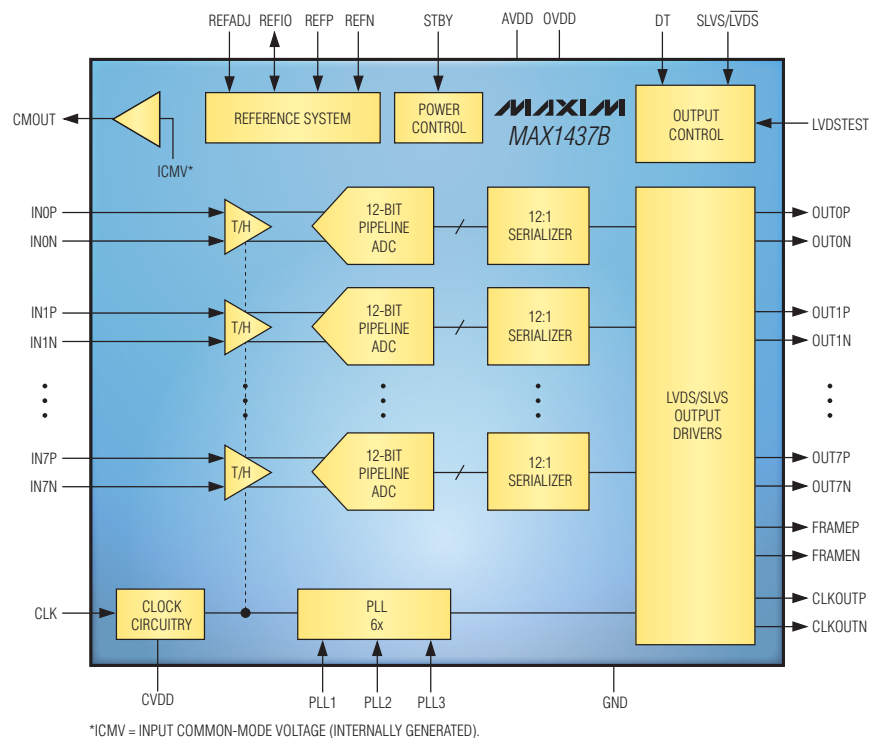
優れた第2高調波画像処理とカラーフローを実現する8チャンネル、12ビットADC

MAX1437B/MAX1438B

MAX1437B/MAX1438Bは、それぞれ50Msps/64Mspsで高性能超音波アプリケーションに対応した高性能オクタル(8回路)ADCです。シリアルLVDS出力によってインタフェースが簡素化され、ビームフォーマのピン数が削減されます。迅速に過負荷回復するように最適化された両デバイスは、6dBの過負荷から1クロックサイクル以内で回復します。MAX1437Bは、70.7dBFSの優れた広帯域SN比性能によって優れた第2高調波画像処理を実現し、1kHzオフセットで140dBc/Hzの狭帯域SN比によって優れたカラーフローおよびPWD感度を実現します。

利点

- 高集積によって多チャンネル、カート式装置に対応
 - パッケージ当り8チャンネル
 - シリアルLVDS出力
 - 小型、10mm x 10mmの68ピンTQFNパッケージ
- 低電力による放熱の低減と設計においてPCBを削減
 - 50Mspsでチャンネル当り96mW
- 高性能
 - 70.3dBcの広帯域SN比による優れた第2高調波画像処理
 - 5MHzのFSトーンから1kHzのオフセットで140dBc/Hzの狭帯域SN比によるPWDとカラーフロー
- デバッグと容易な設計のための豊富な機能
 - デジタル信号完全性のためのテストモード



MAX1437Bの標準動作回路

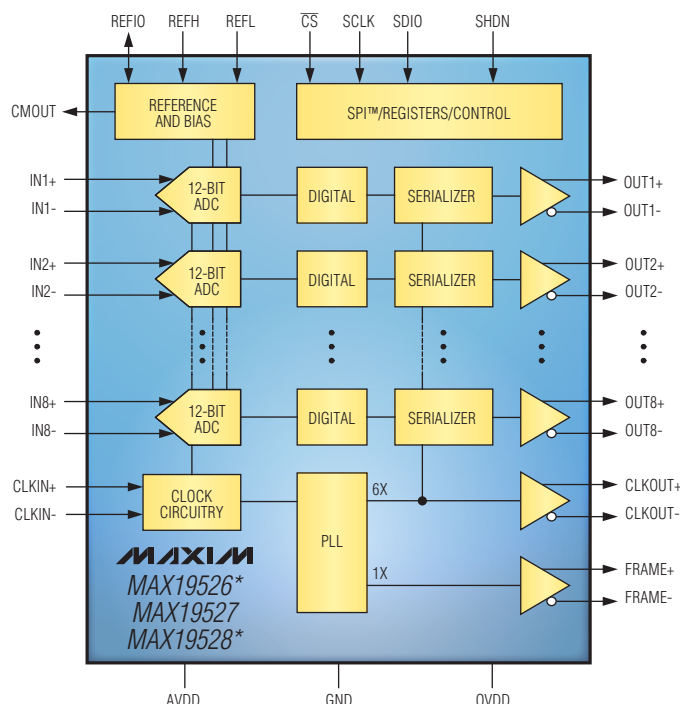
ポータブルおよびカート式の超音波画像処理に対応した超低電力、8チャンネル、12ビットADC

MAX19526*/MAX19527/MAX19528*

MAX19526/MAX19527/MAX19528は、ポータブル超音波画像処理アプリケーションや価格重視の多チャンネル、カート式超音波画像処理アプリケーション用に最適化された、超低電力(40Mspsでチャンネル当り52mW)、40Msps~64Msps、オクタル(8回路)ADCです。これらのADCは、69dBFSの卓越したSN比性能によって優れた第2高調波画像処理を実現し、1kHzオフセットで140dBc/Hzの狭帯域SN比を達成します。この性能によって、優れたカラーフローとPWD感度が実現します。プログラマブルLVDS出力電流機能と柔軟なナップモードおよびスリープモードを正しく利用することによって、さらに節電をすることができます。このデバイスは、コモンモードクロックノイズに対する感度を抑える差動クロック入力もサポートしています。

利点

- 高集積によって多チャンネル、カート式装置に対応
 - パッケージ当り8チャンネル
 - シリアルLVDS出力
 - 小型、10mm x 10mmの68ピンBGAパッケージ
- 超低電力による信頼性向上とシステムコストの削減
 - 40Mspsでチャンネル当り52mW
- 高性能
 - 69dBcの広帯域SN比による優れた第2高調波画像処理
 - 5MHzのFSトーンから1kHzのオフセットで140dBc/Hzの狭帯域SN比によるPWDとカラーフロー
- 柔軟な省電力機能
 - プログラマブルLVDS出力電流
 - スリープモードと高速ウェイクアップのナップモード



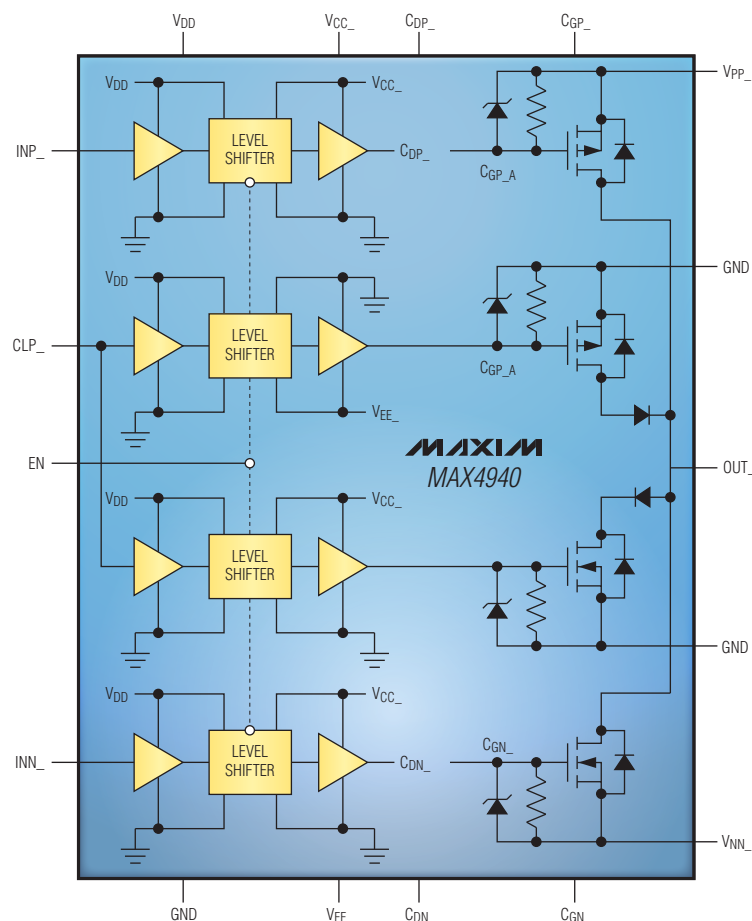
MAX19526/MAX19527/MAX19528の標準動作回路

*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

アクティブクランピングによって超音波画像処理を強化する 高集積デジタルパルサ

MAX4940/MAX4940A

デュアル/クワッドパルサのMAX4940/MAX4940Aは、低電圧ロジック入力から高電圧、高周波のユニポーラまたはバイポーラパルスを生成します。これらのICは、別々のロジック入力、アクティブクランプを備えた別々の高電圧出力、および別々の高電圧電源入力の特長としています。これらの高電圧パルスは、高電圧出力に対して8.5Ωの出力インピーダンス、アクティブクランプに対して21Ωのインピーダンスを備えています。高電圧出力は、2.0A (typ)の出力電流を供給することができます。



MAX4940の標準動作回路

利点

- 小型パッケージ、高密度によって多チャンネル、ポータブルまたはカート式装置に対応
 - クワッド設計(MAX4940A)はアクティブゼロ復帰(RTZ)内蔵
 - TQFN (8mm x 8mm)パッケージ
- 高レベルの集積化
 - 自動、DC結合、0.75A (typ)クランプ機能による2D画質の向上
 - AC結合パルサ(2A, typ)は大電流出力に対応
- 低電力で高性能
 - 15nsの伝播遅延整合による送信フォーカスの向上
 - 立上り/立下り時間整合と低第2高調波歪みによる第2高調波画像処理の向上
 - 1.25MHzの送信信号から1kHzのオフセットで-156dBc/√Hzの位相ノイズによる低速PWDとCWD感度の向上
 - ポータブル画像処理アプリケーションでのゼロ自己消費電力によるバッテリー寿命の延長

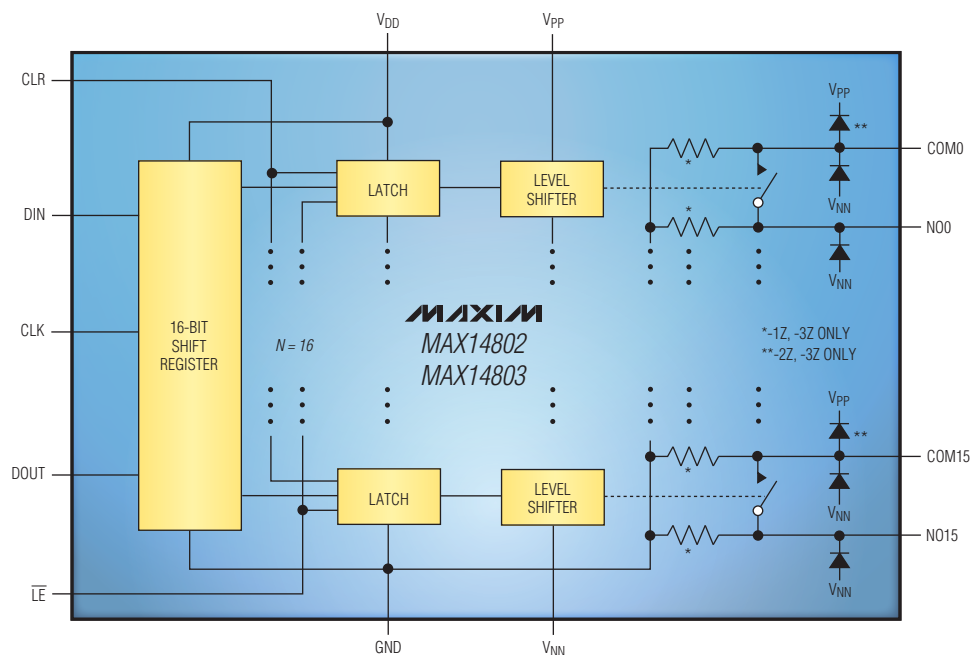
柔軟な設計を可能にする高密度、16チャンネル、高電圧スイッチ

MAX14802/MAX14803

MAX14802/MAX14803は、超音波画像処理で16チャンネルの高電圧スイッチングを実現します。これらのデバイスはHVCMOSプロセス技術を採用しており、デジタルインタフェースによって制御される16の高電圧、低チャージインジェクションSPSTスイッチを実現します。データは内蔵の16ビットシフトレジスタにクロックインされ、イネーブルおよびクリア入力によるプログラマブルラッチによって保存されます。パワーオンリセットによって、電源投入時にすべてのスイッチがオープンになります。

利点

- 小型パッケージ、高密度によるトランスデューサの小型化
 - 個別に設定可能な16の高電圧アナログスイッチ
 - 7mm x 7mmのTQFPパッケージ、CSBGA利用可能
- 低電力で高性能
 - 20MHzシリアルインタフェース(5V)によるフレームレートの向上
 - 0μA (typ)の自己消費電流による消費電力と放熱の低減
- 柔軟性とシステム保護を内蔵
 - 過電圧保護(OVP)内蔵による信頼性の向上
 - 低チャージインジェクション、低容量のRLスイッチによる画像アーチファクトの低減
 - デイジーチェーン接続可能なシリアルインタフェースによる効率的なPCBレイアウト
 - 柔軟な高電圧電源($V_{P-P} - V_{NN} = 250V$)による高電圧電源対応

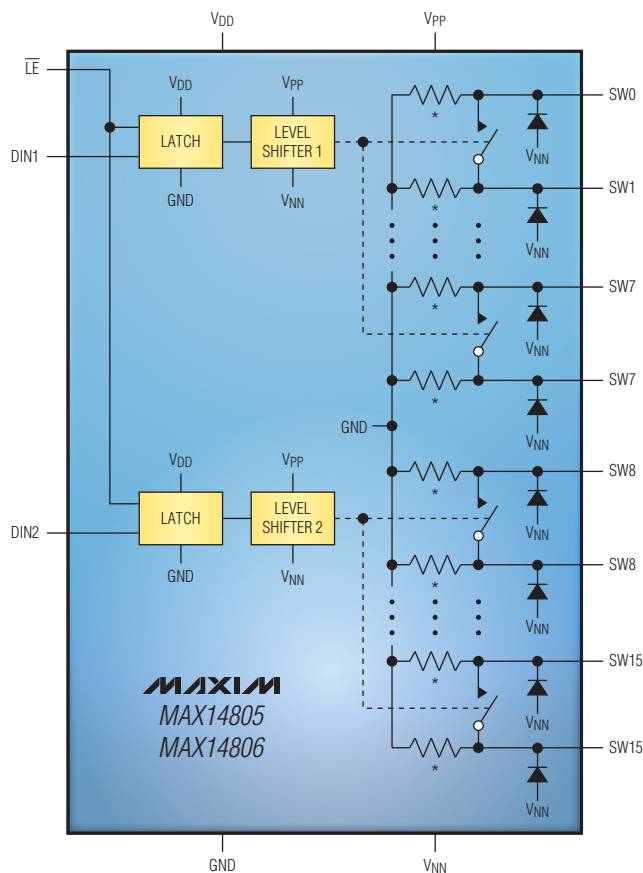


MAX14802/MAX14803の標準動作回路

プログラミング不要のデュアル、8チャンネル、高電圧スイッチ

MAX14805/MAX14806

MAX14805/MAX14806は、250Vプロセス技術を採用し、超音波画像処理で8つのSPSTスイッチの2セットとして構成した16チャンネルの高電圧スイッチングを実現します。すべてのスイッチをデジタルインタフェースによって制御します。この設計は、バイプレーンまたはトリプレーン超音波プローブでのバンク選択と医療用超音波装置のリレー置換用に最適化されています。



* BLEED RESISTORS AVAILABLE ON THE MAX14806 ONLY.

MAX14805/MAX14806の標準動作回路

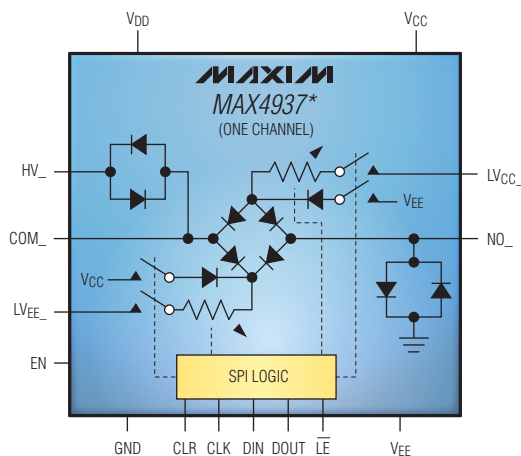
利点

- 小型パッケージ、高密度によるトランスデューサの小型化
 - 2セットの8個の高電圧SPSTアナログスイッチ
- 低電力で高性能
 - DC~20MHzの低電圧アナログ信号周波数範囲による高周波画像処理
 - 超低自己消費電流による消費電力と放熱の低減
 - 5MHz (50Ω)で-77dB (typ)のオフアイソレーションによる2D画質の向上
- アプリケーションの柔軟性を内蔵
 - 柔軟な高電圧電源による高電源電圧対応
 - 2.7V~5.5Vのロジック電源電圧による使いやすさの向上
 - 低容量の20Ωスイッチによる画像アーチファクトの低減
 - ブリッド抵抗内蔵バージョンを利用可能

ディスクリート部品を置き換え、基板スペースを半減させるオクタル、高電圧Tx/Rxスイッチ

MAX4936*~MAX4939*

MAX4936~MAX4939は、高集積、オクタル(8回路)、高電圧Tx/Rxスイッチです。ラッチクリア入力は非同期的にすべてのTx/Rxスイッチをオフにし、デバイスを低電力シャットダウンモードにします。各Tx/Rxスイッチは、ダイオードブリッジトポロジをベースとしています。フルブリッジにおける電流量は、SPIインタフェースでプログラムすることができます。これらのスイッチは、レシーバパス多重化アプリケーションのためにSPIによって個別にオン/オフすることが可能です。



MAX4937の標準動作回路

利点

- 小型パッケージ、高密度によって多チャンネル、ポータブルまたはカート式装置に対応
 - オクタルTx/Rxスイッチ
 - SPIで設定可能なスイッチによるピン数削減と小型化
 - 低電圧受信パスの高電圧保護(±110V)
 - 高電圧送信パスと低電圧絶縁(グラスクリッピングダイオード)を備えたバージョンが利用可能
- 低電力で高性能
 - 個別に設定可能な4ビット2進バイアス抵抗(187Ω~2800Ω)による電力と性能の最適化
 - 低出力ノイズによる感度の向上
 - 80MHzの広い-3dB帯域幅による広帯域、高周波画像処理
 - 10mAで8Ωの低オンインピーダンスによるノイズの低減と感度の向上
 - 専用電圧源によって、外付けインダクタを使用するSN比、クロストーク、および電源電圧変動除去比(PSRR)の向上が可能
- 豊富な機能による設計の柔軟性
 - 柔軟な電源(VCC、VEE = +2.7V~+5.5V、VDD = +1.8V~+5.5V)による容易な設計

*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

推奨ソリューション

品名	説明	特長	利点
AFE			
MAX2034	クワッド超音波LNA	超低ノイズ、プログラマブルアクティブ入力終端、入力保護ダイオード内蔵	クワッド超音波専用LNAによる柔軟な区分化
MAX2035	オクタル(8回路)超音波VGA	広ダイナミックレンジ、10ビットADCとコンパチブル	経済的な10ビットADC画像処理アーキテクチャ用に最適化した性能
MAX2036	CWオクタルミキサ内蔵、オクタル超音波VGA	10ビットADCとコンパチブル、低ノイズ、広ダイナミックレンジ、ミキサベースの全機能内蔵CWDビームフォーマ	経済的な10ビットADC画像処理アーキテクチャ用に最適化した性能、CWDビームフォーマ内蔵
MAX2037	オクタル超音波VGA	低ノイズ、広ダイナミックレンジ、12ビットADCとコンパチブル	12ビットADC画像処理アーキテクチャに最適な性能
MAX2038	CWオクタルミキサ内蔵、オクタル超音波VGA	広ダイナミックレンジ、12ビットADCとコンパチブル、ミキサベースの全機能内蔵CWDビームフォーマ	12ビットADC画像処理アーキテクチャに最適な性能、CWDビームフォーマ内蔵
MAX2077	LNA、VGA、ローパスAAF内蔵、オクタル超音波フロントエンド	プログラマブルアクティブ入力終端LNA、低ノイズ、広ダイナミックレンジ、チャンネル当り65mW	高集積、高感度2DおよびPWDによる多チャンネル、カート式装置
MAX2078	LNA、VGA、ローパスAAF、CWDミキサ内蔵、オクタル超音波フロントエンド	プログラマブルアクティブ入力終端LNA、低ノイズ、広ダイナミックレンジ、チャンネル当り65mW、ミキサベースの全機能内蔵CWDビームフォーマ	多チャンネル装置における省スペースと省電力、高感度2D、PWD、およびCWDによる多チャンネル、カート式装置
MAX2079*	LNA、VGA、ローパスAAF、CWDミキサ、12ビット、50Msps ADC内蔵、オクタル超音波フロントエンド	プログラマブルアクティブ入力終端LNA、低ノイズ、広ダイナミックレンジ、12ビットADC、チャンネル当り115mW、ミキサベースの全機能内蔵CWDビームフォーマ	ポータブル画像処理アプリケーションにおける省スペースと省電力、高感度2D、PWD、およびCWDによる画質の向上
高速ADC			
MAX1193	デュアル、8ビット、45Msps ADC	超低電力	ポータブル超音波アプリケーションのバッテリー寿命の延長
MAX1434	オクタル、10ビット、50Msps ADC	省スペースのシリアルLVDSインタフェース、小型TQFPパッケージ	低コスト装置に最適
MAX1436/37/38	オクタル、12ビット、40/50/65Msps ADC	広帯域および狭帯域SN比、低電力、省スペースのシリアルLVDSインタフェース	高性能2DおよびPWDの画質
MAX1437B/38B	オクタル、12ビット、50/64Msps ADC、10mm x 10mmパッケージ	高密度、広帯域および狭帯域SN比、低電力、シリアルLVDSインタフェース	高集積と小型設計による多チャンネル、カート式装置
MAX19526*/27/28*	オクタル、12ビット、40/50/64Msps ADC、10mm x 10mmパッケージ	高密度、広帯域および狭帯域SN比、超低電力、シリアルLVDSインタフェース、40Mspsでチャンネル当り53mW	妥協のない2Dおよびドップラー感度、超低電力、超小型パッケージ
高速DAC			
MAX5180	デュアル、10ビット、40MHz、同時更新電流出力DAC、6mm x 10mmパッケージ	完全差動出力、インタリーブデータバス、40Mspsでチャンネル当り11mW	省スペースのソリューションによる高性能送信任意波形の生成
MAX5183	デュアル、10ビット、40MHz、同時更新電圧出力DAC	デュアルチャンネル、インタリーブデータバス、40Mspsでチャンネル当り11mW、6mm x 10mmパッケージ	超低電力、小型ソリューションによる高性能送信任意波形の生成
MAX5853	デュアル、10ビット、80Msps、電流出力DAC	インタリーブデータバスオプション、80Mspsでチャンネル当り29mW、6mm x 6mmパッケージ	省スペースのソリューションによる高性能送信任意波形の生成
高電圧マルチプレクサ			
MAX4800/02	8チャンネル、高電圧アナログスイッチ	低チャージインジェクション、低容量、低 R_{ON}	付随した画像アーチファクトの低減
MAX4800A/02A	20MHzシリアルインタフェース内蔵、8チャンネル、高電圧アナログスイッチ	低チャージインジェクション、低容量、低 R_{ON} 、高速SPIインタフェース	低チャージインジェクションによる画像アーチファクトの低減、高速SPIインタフェースによるフレームレートの向上
MAX14802/03	SPIインタフェース内蔵、16チャンネル、高電圧アナログスイッチ	低チャージインジェクション、OVP内蔵、低容量、高速ターンオン/ターンオフ時間	装置やトランスデューサの小型化、スペースに制約があるソリューションに最適

(次ページに続く)

*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
高電圧マルチプレクサ(続き)			
MAX14805/06	低チャージインジェクション、デュアル、8チャンネル、高電圧アナログスイッチ	OVP内蔵、低容量、切り替え可能バンク、高速ターンオン/ターンオフ時間	フレームレートの向上、低スプリアス伝送、付随したアーチファクトの低減
高電圧バルサ			
MAX4806/07	デュアル、2A (min)、ユニポーラ/バイポーラ、高電圧デジタルバルサ	アクティブクランプ回路による第2高調波出力の抑制、低ジッタ、低電力、7mm x 7mmのTQFN/パッケージ	低速フローに対するドブラー感度の向上、第2高調波画像処理の向上
MAX4810/11	デュアル、1.3A (min)、ユニポーラ/バイポーラ、高電圧デジタルバルサ	第2高調波出力の抑制、低ジッタ、低電力、7mm x 7mmのTQFN/パッケージ	第2高調波画像処理の向上、低速フローに対するドブラー感度の向上
MAX4940/MAX4940A	クワッド、2.1A (typ)、ユニポーラ/バイポーラ、高電圧デジタルバルサ	アクティブクランプ回路による第2高調波出力の抑制、低ジッタ、立上り/立下り時間の整合、伝播遅延の整合	第2高調波歪みの改善、画質の向上
高電圧Tx/Rxスイッチ			
MAX4936*~MAX4939*	オクタール(8回路)、集積化、高電圧Tx/Rxスイッチ、5mm x 11mmパッケージ	SPIプログラマブルバイアス抵抗、低オンインピーダンス、高電圧送信バス保護と低電圧絶縁を備えたバージョン	多チャンネル、ポータブル超音波装置における省スペースと省電力
オーディオヘッドフォンドライバ			
MAX4230-MAX4234	シングル/デュアル/クワッド、10MHz、低ノイズオペアンプ	10nV/√Hz、優れたRF耐性、シャットダウン、小型SC70パッケージ	最小実装面積でポータブル装置に対応
MAX9724	60mW、固定利得、DirectDrive®、低RF感度、シャットダウン内蔵、ステレオヘッドフォンアンプ	クリック/ポップノイズ抑制、小型パッケージ、低THD+N 0.003%、優れたRF耐性	DCブロッキングコンデンサ不要、小型化とコスト削減
MAX9705	2.3W、超低EMI、フィルタレス、D級オーディオアンプ	D級の効率、THD+N 0.02%	効率的なソリューションと超低EMI、迅速な製品化
MAX9718/19	低コスト、モノラル/ステレオ、1.4W差動、オーディオパワーアンプ	AB級、最小0.002%の優れたTHD+N	単純な高忠実度のソリューション
ファンコントローラ			
MAX6639	2チャンネル温度モニタとPWMファンコントローラ	内部および外部温度測定、クローズドループRPM制御	ファン速度のクローズドループ制御によるノイズと電力の最小化
残量ゲージ			
DS2782	I ² C残量ゲージ	FuelPack™アルゴリズムと高精度の電圧、電流、温度モニタ、EEPROM	バッテリー状態通知の向上
DS2776/78	Li+ (リチウムイオン)プロテクタおよびSHA-1認証内蔵、1-Wire®/I ² C、2セルスタンドアロン残量ゲージ	FuelPackアルゴリズムと高精度の電圧、電流、および温度モニタ、プログラマブルプロテクタ、SHA-1認証	省スペースと設計の簡素化
DS2788	複数セル用LEDドライバ内蔵、スタンドアロン残量ゲージ	FuelPackアルゴリズムと高精度の電圧、電流、および温度モニタ、プログラマブル分圧抵抗スイッチ、LEDドライバ	多セル設計の簡素化
MAX1789	2/3/4セルバッテリー残量ゲージおよびプロテクタ	高精度の残量ゲージ、8ビットRISCマイクロコントローラコア、1次保護IC内蔵	高精度、バッテリー利用率の最大化
LEDドライバ			
MAX7313	LED輝度制御、割込み、およびホットインサージョン保護内蔵、16ポートI/Oエキスパンダ	2.0V - 3.6V、グローバルおよび個別PWM輝度制御、点滅制御内蔵	低電源電圧に対応、LEDインジケータとバックライト駆動の簡素化
MAX7315	LED輝度制御、割込み、およびホットインサージョン保護内蔵、8ポートI/Oエキスパンダ	2.0V - 3.6V、駆動出力50mA、グローバルおよび個別PWM輝度制御、点滅制御内蔵	低電源電圧に対応、大負荷駆動、LEDインジケータとバックライト駆動の簡素化

(次ページに続く)

*開発中。入手性についてはお問い合わせください。

推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
LEDドライバ(続き)			
MAX7323	4つのプッシュプル出力および4つのオープンドレインI/O内蔵、I ² Cポートエキスパンダ	1.71V ~ 5.5V、I ² C、20mA	低動作電源電圧とI/O駆動電圧6Vによる電源設計の簡素化
低速ADC			
MAX1162	SAR ADC、シリアル	16ビット、200ksps、シャットダウン電流10μA、低消費電力12.5mW、10ピンμMAX [®] パッケージ	バッテリー寿命の維持、省スペースでポータブル装置に対応
MAX1132	SAR ADC、シリアル	16ビットでミッシングコードなし、200ksps、単一チャネル、0 ~ 12Vまたは±12V入力、リファレンス内蔵	広い入力電圧範囲にわたる高精度、集積による省スペースと省コスト
低速DAC			
MAX5580	バッファ内蔵、高速セトリング、12ビットDAC	安定時間3μs (max) (0.5 LSBまで)、バッファ内蔵、グリッチフリーのバッファ出力	外付けバッファが不要のため、基板スペースを節約
MAX5661	シリアルインタフェース内蔵、単一チャネル、16ビットDAC	電流または電圧バッファ出力	省スペース
オペアンプ			
MAX4475-MAX4478 MAX4488/89	低ノイズ、低歪み、SOT23パッケージ、CMOS入力オペアンプ	入力ノイズ4.5nV/√Hz、優れた歪み特性、V _{OS} 750μV (max)、小型パッケージ	基板スペースの節約、優れたSN比によるCWD感度の向上、RF耐性のため敏感な環境での使用に最適
MAX410/12/14	シングル/デュアル/クワッド、28MHz、低ノイズ、低電圧、高精度オペアンプ	低入力ノイズ1.5nV/√Hz、高精度V _{OS} 250μV (max)と広帯域28MHz、シングル5Vおよびデュアル±5Vレール、小型TDFNパッケージ	基板スペースの節約、優れたSN比によるCWD感度の向上
MAX9632	36V高精度、低ノイズ、広帯域オペアンプ	1.1nV/√Hz、55MHz、30V/μs、V _{OS} 125μV (max)、レイルトゥレイル出力、16ビット精度まで700nsの高速セトリング、3mm x 3mmの小型TDFNパッケージ	高性能ADCドライバによる24ビットデルタ-シグマコンバータベースシステム、システムの分解能と性能の向上
MAX9633	16ビットSAR ADCフロントエンド用、36Vデュアルオペアンプ	2.8nV/√Hz、36MHz、18V/μs、V _{OS} 100μV (max)、16ビット精度まで600nsの高速セトリング、3mm x 3mmの小型TDFNパッケージ	高性能ADCドライバによる16ビットSAR ADCコンバータ、CWDシステムの分解能と性能の向上
電源			
MAX5072	デュアル出力、バックまたはブーストコンバータ	2.2MHz、PORおよびPFO内蔵デュアル出力	高周波と内蔵FETによるソリューション全体の小型化
MAX1951	1MHz、全セラミック、2.6V ~ 5.5V入力、DC-DCレギュレータ	入力電圧2.6V ~ 5.5V、2A、内蔵FET	内蔵FETによる簡素化
MAX8556	超低入力電圧LDOレギュレータ	入力電圧範囲1.425V ~ 3.6V、出力電流4A	大電流、出力短絡から完全保護、堅牢な設計の提供
リファレンス			
MAX6034_25	高精度、超低電力、低ドロップアウト、SC70パッケージ、直列電圧リファレンス	温度係数25ppm/°C (max) (-40°C ~ +85°C)、初期精度±0.2% (max)	周囲温度変動に対する安定性の強化により測定再現性の向上
MAX6033	超高精度、SOT23パッケージ、直列電圧リファレンス	超低温度ドリフト7ppm/°C (max)、低ノイズ16μV _{P-P} (0.1Hz ~ 10Hz) (出力電圧2.5V)	集積化システムノイズの低減
MAX6029	超低電力、高精度、直列電圧リファレンス	超低消費電流5.25μA (max)、温度係数30ppm/°C (max)	ハンドヘルドアプリケーションにおける省電力、温度に対する安定性の強化
MAX6173	温度センサー内蔵、高精度電圧リファレンス	広い電源電圧範囲(V _{OUT} + 2V) ~ +40V、優れた温度安定性3ppm/°C (max)、低ノイズ3.8μV _{P-P}	広い動作電圧レベル、温度に対する性能の向上、システムノイズバジェットの向上

(次ページに続く)

推奨ソリューション(続き)

品名	説明	特長	利点
RF IC			
MAX2830	パワーアンプ内蔵、2.4GHz~2.5GHz RFトランシーバ	ISM帯域動作、RFトランシーバ機能の実装に必要な全回路を集積	外付けSAWフィルタが不要のため省スペース
MAX2900-MAX2904	868MHz/915MHz ISM帯域用、200mW シングルチップトランスミッタ	FCC CFR47 Part 15.247の902MHz~928MHz ISM帯域仕様に準拠	高集積、外付け部品は最小限
MAX7030	低コスト、出荷時設定済み ASK/OOKトランシーバ	低電流、小型パッケージ、プログラミングインタフェース不要	長バッテリー寿命、小型化、製品設計の迅速化と簡素化
MAX7031	低コスト、出荷時設定済み FSKトランシーバ	低電流、小型パッケージ、プログラミングインタフェース不要	小型化、製品設計の迅速化と簡素化
監視回路			
MAX6720	トリプル電圧監視回路	2つの固定スレッショルド、1つの可変スレッショルド	汎用性による容易な設計再利用、小型モジュールにおけるスペースの節約
MAX6746	コンデンサ可変ウォッチドッグ/リセットIC	コンデンサ可変タイミング、低電力	使いやすい集積ソリューションにおける包括的なシステム管理
MAX16033	バッテリーバックアップスイッチ オーバー	バッテリーバックアップ、リセット、チップイネーブルゲート機能、PFI/PFO	汎用性による容易な設計再利用、小型モジュールにおけるスペースの節約
MAX16054	プッシュボタンオン/オフコントローラ	±15kV ESD保護	1つのICへの複数の機能の集積による省スペースと信頼性向上
MAX6495	72V過電圧プロテクタ	使用が容易、高集積	高過電圧からの部品損傷防止による装置の信頼性向上、省スペース、使用が容易
温度センサー			
DS600	高精度、アナログ出力温度センサー	業界最高の精度±0.5°C (-20°C ~ +100°C)	システム温度監視の精度向上
DS7505	低電圧、高精度デジタル温度計およびサーモスタット	精度±0.5°C (0°C ~ +70°C)、動作電圧1.7V~3.7V、業界標準のピン配置とレジスタ	業界標準のピン配置によってアップグレードが容易
DS75LV	低電圧デジタル温度計およびサーモスタット	精度±2.0°C (-25°C ~ +100°C)、動作電圧1.7V~3.7V、業界標準のピン配置とレジスタ	業界標準のピン配置によってLM75からより低い電源電圧への変換が容易
ビデオフィルタ			
MAX9502G/M	再生フィルタ内蔵、2.5Vビデオアンプ	6ピンμDFNおよび5ピンSC70パッケージ、低コスト、DC結合入力および出力、低電流シャットダウン、固定利得6dB/12dB	小型でポータブルアプリケーションに対応、部品数の削減、低電力シャットダウンモード
MAX9652/53/54	シャットダウン内蔵、3.3V、HD/SD トリプルチャンネルフィルタアンプ	利得2V/V、高画質(HD)通過帯域42MHz、減衰50dB (109MHzの場合)	選択可能なローパスフィルタ(MAX9654)によるHD/SD切り替え動作
MAX9586-MAX9589	AC結合入力バッファ内蔵、シングル/デュアル/トリプル/クワッド、標準画質(SD)ビデオフィルタアンプ	低電力、小型、通過帯域8.5MHz、減衰55dB (27MHzの場合)	複数のビデオ入カストリームとシンクチップクランプまたはバイアスクランプの組み合わせによる柔軟性
MAX9507	負荷検出内蔵、1.8V DirectDriveビデオフィルタアンプ	I ² C制御のデュアルSPSTアナログスイッチ、内部利得8V/V	DirectDriveによる黒レベル出力のグラウンド設定、必要な受動部品の削減
MAX7450/51/52	AGCおよびバックポーチクランプ内蔵、ビデオ信号コンティンヨナ	GNDレベルにバックポーチクランプ(可変)、信号喪失(LOS)出力による障害検出、設定可能な利得0dB/6dB	自動利得制御(AGC)と出力クランプ制御による信号品質の向上

Maximが推奨する超音波診断装置ソリューションの一覧については、japan.maxim-ic.com/ultrasoundをご覧ください。