

## 最適なADCで超音波画像の明瞭度を向上させる

### はじめに

医療用超音波アプリケーションでは、画像の明瞭度(または明瞭度の不足)によって、循環器専門医があなたの心臓に血流の乱れの疑いがあることを発見するか、まったく見落とすかの差が生じる可能性があります。血流の速度と方向を測定するドップラー画像技法の使用は、血流から返される信号が小さいため特に困難です。超音波受信信号経路のADCコンバータの場合、これは非常に高い信号対ノイズ比(SN比)と低い全高調波歪み(THD)が必要であることを意味します。この記事では、この難しいアプリケーションに必要なADCの性能について解説します。

### 超音波システム

超音波は今日の医療において最も広く使用される技術の1つで、画像撮影、血流測定、癌病巣検出、骨密度測定、カテーテル誘導などの広範なアプリケーションがあります。

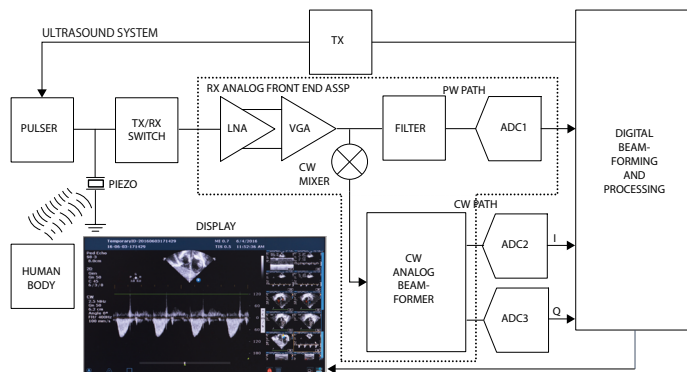


図1. 超音波システム(シングルチャネル)

超音波トランスミッタは、音響波を人体に印加します。超音波レシーバは、人体組織から反射されたエコーを、通常は圧電トランスデューサのアレイによって受信します(図1)。対象は反射パルスの特徴遅延によって識別され、遅延はパルス波(PW)伝送を使用して移動した距離に相当します。このモードでは、VGA出力はフィルタされ、デジタル化され、PW経路に沿って移送され、処理のために送られます。対象

領域内の動きの詳細(たとえば、動脈内の血液の速度)を高精度で取得するためには、連続波ドップラー(CWD)を使用して連続波を印加する必要があります。CWDモードでは、受信したドップラー変調信号からの血流の速度と方向の抽出を行うために、周波数を送信信号と比較する必要があります。この比較は、同相/直交位相(I/Q)復調を使用して行われます。システムは、PW経路がイネーブルされミキサーアレイがパワーダウンされた状態(PWモード)か、または直交位相ミキサーアレイがイネーブルされPW経路がパワーダウンされた状態(CWDモード)のいずれかになるように設定されます。

分割の点から見ると、多くの場合PW経路全体がアナログフロントエンド(AFE)モノリシックIC (ASSP)に内蔵されます。AFEはCWミキサーによってLNA出力に接続され、I、Q信号を生成します。CWアナログビームフォーマーはトランスデューサのアレイ全体からI、Q信号を収集し、整合と加算を行います。2つのビームフォーミングされた信号はそれぞれ外部の高精度ADC (図1のADC2およびADC3)によってデジタル化され、情報の抽出と表示が行われます。

### CW ADC

超音波アプリケーションにとって最も重要なADCの仕様はSN比です。トランスデューサの動きと人体組織の動き(患者の呼吸によるものなど)によって、測定対象の小さい血液信号と非常に近い周波数の、非常に大きい低周波数信号が発生します。大きいSN比によって、血液信号とこれらのタイプのバックグラウンド信号の間の明確な分離が可能になります。

CW経路の帯域幅(BW)は、予想されるドップラー偏移(20 kHzの偏移)に対して十分な大きさである必要があります。信号の動的忠実度を維持するために適切なオーバーサンプリングを使用する場合、ADCは約50倍のサンプリングまたは1 Mspsが必要です。高サンプリングレートと高分解能(ビット数)の両方が、ADCに高いSN比が要求される原因になります。もう1つの重要な要件は低い全高調波歪み(THD)で、これはADCの利得誤差と非直線性によって生じる非理想特性の尺度になります。THDは技術性能指数に寄与します。

非常に低いTHDを備えた高品質ADCを使用してCW経路をデジタル化することは微細な部分の解像に役立ち、画面上に高解像度画像を表示することが可能になります。

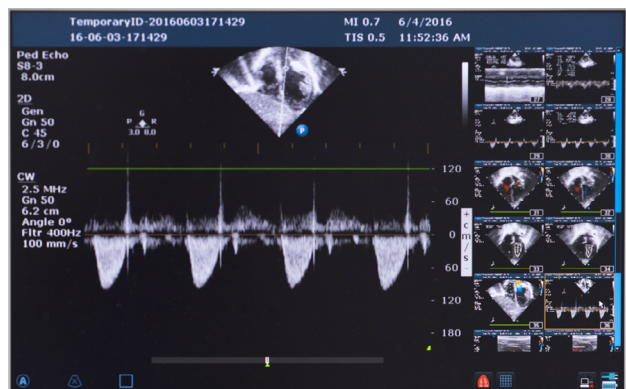


図2. 心臓超音波検査

図2は、BモードおよびCF画像が上部および側部に、CW血流速度ピーク検出が下部に表示されています。これは、心臓弁に疾患のある患者から取得した画像です。下部の画像に見られる負の凸部は、三尖弁閉鎖不全症と呼ばれる状態の存在を示しています。

### CW超音波に最適なADC

このアプリケーションに最適なADCは、高分解能および高サンプリングレートと、非常に低い全高調波歪みおよび優れたSN比を兼ね備えたものです。完全差動SAR ADCのMAX11905 (図3)は、このアプリケーションに最適です。

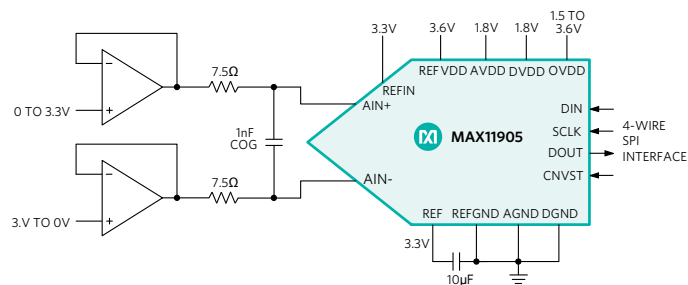


図3.MAX11905のアプリケーションダイアグラム

MAX11905は、優れたSN比(98.4dB、図4を参照)、および最も近い競合デバイスのほぼ5倍という入手可能な最高のTHD (-121dB)を備えています。さらに、MAX11905は高サンプリングレート(1.6Mbps)、高分解能(20ビット)、および超低消費電力(8.4mW)を備えています。

スペースに制約のあるアプリケーション用のデュアルADCとして、20ビット、1Msps、低電力、完全差動SAR ADCのMAX11960も提供されています。

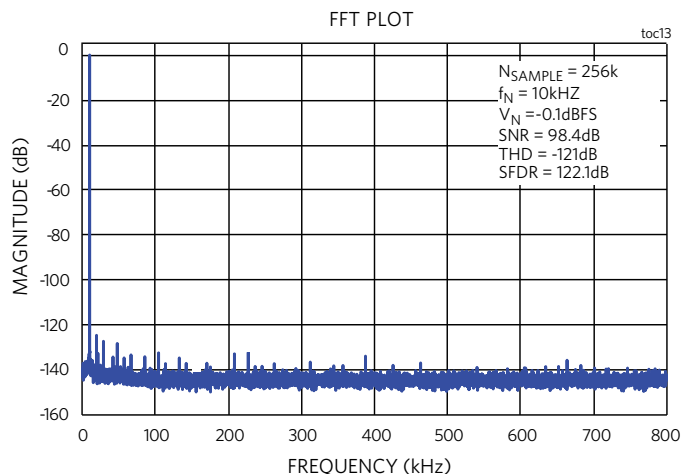


図4.MAX11905 -121dBの全高調波歪み

### 結論

医療用超音波装置では画像の明瞭度を維持することが重要であり、そのため、優れたSN比、低THD、高サンプリングレート、および高分解能のADCが必要になることを説明しました。20ビット、SN比98.4dB、1.6Msps、低電力、完全差動SAR ADCのMAX11905は、すべての重要な基準において卓越しており、要求の厳しい超音波アプリケーションに最適な選択肢です。

**エイリアシング:** 不十分なサンプリングが原因で不正確に再構成された信号。

**ASSP:** 特定アプリケーション用標準製品

**CWビームフォーマー:** CWドップラーアレイからの複数の信号を受信し、それらを整合および加算してコヒーレント情報を抽出する装置。

**CWイメージング:** 連続波イメージング。固定または低周波数変調された超音波源を使用する。連続的な送信と受信によって対象の動きを高精度で測定することが可能だが、位置を解明することはできない(その作業はPWが担当する)。

**ドップラーイメージング:** ドップラー効果に基づく画像処理

**LNA:** ローノイズアンプ

**MSPS:** メガサンプル/秒

**PW:** パルス波イメージング。パルス超音波源を使用する。パルス波を送信し、その後受信することによって、所定の位置を高精度で特定することができる。音は一定の速度で移動するため、戻ってくるパルスの遅延が距離に対応する。PWのサンプリング繰り返しレートは、対象の速度が高い場合には十分な高さではなく、結果としてエイリアシングが発生するため、動きのある対象の測定には使用されない。

**PWD:**パルス波ドップラー

**SAR:**逐次比較型ADC

**三尖弁閉鎖不全症:**心臓の三尖弁が正常に閉じず、右下部心腔(右心室)の収縮時に血液が右上部心腔(右心房)に逆流(漏入)する病気。

**VGA:**可変利得アンプ

**超音波:**20~20,000サイクル(Hz)の可聴範囲より高い音波

さらに詳しく:

MAX11905、20ビット、1.6Msps、低電力、完全差動SAR ADC

MAX11960、デュアル、同時サンプリング、20ビット、1Msps、完全差動SAR ADC

デザインソリューションNo. 8

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。  
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F [maximintegrated.com/jp](https://www.maximintegrated.com/jp)

