

통신 시스템 설계를 간소화하면서 가용 대역폭을 증가시키는 방법

LTC2107과 LTC6409의 결합은 최근의 통신 시스템이 갖는 많은 문제를 해결해준다. LTC2107의 높은 샘플링 레이트와 LTC6409의 높은 이득 대역폭 곱은 선형성 저하 없이 최대 100MHz의 신호 대역폭을 허용한다. 궁극적으로 이러한 높은 대역폭은 수신기 감도는 물론 수신기가 더 많은 데이터를 수신할 수 있는 능력을 증대시키고 처리성을 향상시킨다.

글/Clarence Mayott, Applications Engineer, Mixed Signal Products
Linear Technology

오늘날 통신 시스템은 사용 가능한 대역폭이 증가할수록 더 많은 정보를 전송할 수 있다. 이와 함께 대역폭에 대한 요구사항이 높아지면서 더 빠르고 더 높은 선형 ADC(아날로그-디지털 컨버터)와 증폭기에 대한 요구도 높아지고 있다. 그러나 대역폭이 증가하면 더 많은 잡음이 시스템에 유입돼, 관심 있는 낮은 레벨의 신호가 잡음에 묻힐 수 있다. 이와 같은 점으로 인해 ADC와 증폭기에 또한 낮은 잡음을 갖도록 요구하고 있으며, 대역폭의 증가와 함께 특히 관심 있는 다른 신호를 차단할 수 있는 강한 간섭 요인이 존재하는 경우 시스템 선형성은 더욱 중요해진다. 이러한 문제를 해결하는 한 가지 방법은 빠른 속도, 높은 분해능의 ADC를 사용하면서 똑같이 빠른 증폭기로 ADC를 구동하는 것이다. 이렇게 하면 수신기 감도와 선택성을 높이고, 궁극적으로 시스템 품질을 향상시킬 수 있다.

통신 시스템 설계에 대한 기본 개요

모든 통신 시스템에는 여러 가지 기본적인 설계의 절충 요소가 존재한다. 대역폭, 스퓨리어스 프리 동적 범위(SFDR) 및 감도는 통신 시스템에서 모두 중요한 요소지만 단일 솔루션으로 이를 달성하기는 어렵다. 시스템의 가용 대역폭은 ADC의 샘플 레이트에 크게 의존한다. 시스템

대역폭은 ADC의 샘플 레이트의 절반보다 클 수 없다. 대역폭이 넓을수록 더 빠른 샘플링이 요구되며, 이는 실제적인 ADC 옵션 범위를 제한한다. 고속 ADC는 일반적으로 SFDR 및 신호 대 잡음비(SNR) 측면에서는 부족하므로, 수신기 성능을 제한한다. 그러나 LTC2107 210Msps 16비트 ADC는 탁월한 선형성으로 새로운 차원의 성능을 구현한다. 210Msps 샘플레이트, 105MHz에 가까운 가용 데이터 대역폭, 79dB의 SNR을 제공하는 LTC2107은 매우 낮은 레벨의 신호도 검출할 수 있다. LTC2107은 LTC6409와 같은 고성능 증폭기와 결합할 경우 최신 통신 시스템의 처리성을 향상시키고 프런트 엔드 설계를 간소화한다.

절충 요소와 과제

고속 통신 설계의 주요 과제는 우수한 SNR을 달성하면서 동시에 넓은 대역폭을 유지하는 것이다. 설계자는 다양한 방법들 중에서 절충점을 찾게 된다. 한 가지 방법은 느린 샘플 레이트와 고차 필터를 사용해 아날로그 입력 신호를 샘플링 하기 전에 대역 외 잡음을 감쇄시키는 것이다. 이 방법은 여러 단의 감쇄를 포함한 복잡한 필터 네트워크를 필요로 하므로 상당한 수의 부품이 요구된다. 고차 필터 또한 고속 ADC의 샘플링 글리치에 반응해 링잉(Ringing)이 발생하는 경향이 있다. 이러한 문제는 보

다 빠른 샘플 레이트를 갖는 ADC를 사용하여 해결한다. 이 방법은 아날로그 필터 설계를 간소화한다. 낮은 차수의 필터를 사용해 샘플링 글리치를 적절히 안정화시키고 시스템 선형성을 향상시킬 수 있다.

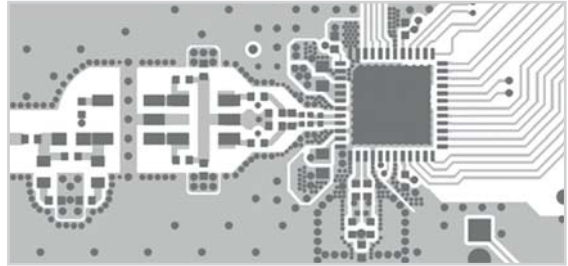
LTC2107과 같은 고속 ADC를 사용하면 단순하고 우아한 방식으로 설계 문제를 해결할 수 있다. 210Msps의 샘플 레이트에서는 모든 까다로운 통신 시스템을 위한 충분한 대역폭 이상이 존재한다. 이와 같은 넓은 대역폭에서 엔티 앨리어싱 필터를 사용하여 대역 외 신호를 제거하면 더 손쉬운 설계가 가능하다. 보호대역으로 여분의 대역폭이 존재하므로, 사용하는 필터의 차수를 낮출 수 있어 설계가 더 간편하고 부품 수를 줄일 수 있다. 그러나 넓은 대역폭은 ADC에 의해 더 많은 잡음이 샘플링 될 수 있으므로 높은 SNR을 갖는 ADC에 대한 요구가 증가한다. LTC2107의 SNR은 79dB이다. 디바이스의 향상된 SNR 및 SFDR은 수신기가 잡음이 많은 부품의 잡음 플로어에 묻힐 수 있는 낮은 레벨의 신호도 받아들이 수 있게 한다. 이것은 수신기에 범위를 추가하고 더 긴 거리에 걸쳐 신호를 송신할 수 있게 한다. LTC2107의 높은 SNR 및 SFDR은 대역폭 희생 없이 시스템 성능을 향상시킨다.

최고의 설계 방법: 대칭, 흡수 가능한 네트워크 구현

고성능 ADC는 동작할 수 있는 고성능 환경을 필요로 한다. 모든 직접 샘플링 ADC에서는 샘플링 과정에서 비선형 전하가 발생한다. 이러한 전하는 샘플링 스위치가 닫힐 때마다 입력 네트워크로 반사된다. 이러한 전하가 잠재적으로 재샘플링 될 수 있는 입력 네트워크로 다시 반사되지 않도록 보장하려면 아날로그 입력에 높은 흡수가 가능한 네트워크를 구현할 필요가 있다. 이러한 비선형 전하의 흡수를 극대화하려면 ADC의 입력 네트워크는 가능한 50ohm에 가까워야 한다. 만약 이러한 전하가 이상적인 수준에 미치지 못하는 반사적인 네트워크에 반사되면 ADC에 의해 재샘플링 되고 단순한 왜곡 또는 상호 변조 왜곡을 발생시킨다.

왜곡의 또 다른 잠재적 원인은 입력 네트워크의 비대칭적 레이아웃이다. 거의 모든 고속 ADC는 설계상 차동 특성을 갖는다. 이상적인 레이아웃에서 이러한 특성은 탁

그림 1. LTC2107의 적절한 레이아웃



월한 공통 모드 제거와 매우 우수하게 2차 고조파 왜곡을 제거할 수 있다. 완벽한 대칭에서 벗어나는 모든 편차는 차동 신호에서 부정합을 발생시킬 수 있으며, 이러한 부정합은 그 자체로 2차 고조파 왜곡으로 확연히 나타난다. 구리를 차동 쌍의 한 쪽에 다른 쪽보다 가까이 배치하는 간단한 설계 결정도 인접한 접지 면에서 접지 전류의 차를 발생시킬 수 있다. 이것은 시스템에 왜곡을 추가한다. 성능을 극대화하기 위해서는 절대적인 대칭이 필요하다. 그림 1은 고속 ADC의 우수한 레이아웃 예를 보여준다. LTC2107용 설계 파일은 www.linear.com에서 확인할 수 있다. 이러한 대칭은 ADC 나 증폭기, 발룬 트랜스포머 주위 몇 센티미터 연장에 꼭 적용해야 한다.

ADC 구동이 절충과 과제에 어떠한 도움을 주는가

직접 샘플링 과정이 아날로그 신호 소스에 미치는 영향을 최소화하기 위해 증폭기를 사용하여 샘플링 과정에서 발생하는 전하를 흡수할 수 있다. 많은 피드백 증폭기가 낮은 출력 임피던스를 가지므로 비선형 전하는 ADC에 되돌아가기 전에 감쇄된다. 증폭기를 ADC에 가능한 가깝게 배치하면 이러한 반사는 샘플링 주기가 끝나기 전에 몇 배로 반사될 수 있으므로 글리치가 ADC의 SFDR에 미치는 영향을 줄일 수 있다. 가용 대역폭을 이용하기 위해서는 큰 이득 대역폭 곱을 갖는 증폭기가 필요하다. 10GHz 이득 대역폭을 갖는 LTC6409는 고속 ADC 구동에 이상적인 선택이다. LTC6409는 100MHz에서 90dB 이상의 왜곡 곱과 1.1nV/rtHz의 입력 잡음 밀도를 갖는다. LTC2107과 결합하면 LTC6409는 시스템에 낮은 잡음과 왜곡 제거를 제공하면서 넓은 신호 대역폭을 유지할 수 있다.

LTC6409와 LTC2107 사이의 인터페이스는 최소화할

수 있으므로 시스템 설계를 더욱 간소화한다. LTC6409는 피드백 증폭기이므로 피드백 값을 간단히 바꾸면 이득을 변경할 수 있다. 또한 증폭기는 낮은 잡음 밀도를 가지므로 ADC에서 우수한 SNR을 유지하면서 높은 수준의 이득을 달성할 수 있다. 증폭기의 증가된 이득과 높은 선형성은 다른 솔루션에서는 잡음에 의해 흐려질 수 있는 낮은 레벨 신호의 검출을 보장한다. LTC6409는 이러한 낮은 잡음과 높은 선형성을 가지므로 ADC와 증폭기 사이에 필터링이 거의 없이도 ADC 구동에 사용할 수 있다(그림 2). 입력에서 주파수 성분을 제한하고, 통상 증폭기와 ADC 사이에서는 별로 효과가 없는 전통적인 방식의 필터 토폴로지를 허용하려면 필터링의 대부분을 LTC6409 앞에 배치한다. LTC6409는 또한 입력 신호를 단일 종단에서 차동으로 변환한다. 이에 따라 입력에서의 필터를 단일 종단 형식으로 설계할 수 있으므로 차동 필터에 비해 부품 수를 절반으로 줄일 수 있다.

결과

LTC6409와 LTC2107의 결합은 통신 시스템을 위한 실용적인 주파수에서 탁월한 결과를 제공한다. 단순한 고조파 왜곡은 시스템 성능에 대한 일반적인 지표이지만, 2톤 테스트는 시스템의 진정한 선형성을 나타내는 보다 정확한 지표이다. 싱글 톤 테스트는 필터가 이러한 고조파의 실제 레벨을 감쇄할 수 있는 영역 내로 고차 고조파를 들여보내지만, 톤과 톤 사이에 적절한 간격을 갖는 2톤으로 증폭기를 구동하면 왜곡 곱은 대역 내에 들어가 걸러낼 수 없다. 이러한 신호가 낮을수록 시스템은 선형성이 높고, 시스템의 SFDR도 높다. 통신 시스템에는 언제나 대역 내에 제어되지 않는 공격 요소와 차단 요소들이 나타날 수 있다. 증폭기 또는 ADC의 선형성이 좋지 않은 경우에는 이러한 원하지 않는 예상치 못한 톤이 관심 있는 신호보다 훨씬 높은 왜곡 곱을 발생시켜 수신기가 관심 있는 신호를 놓칠 수 있다. 시스템의 선형성이 높을수록 간섭 요인이 수신 손실을 초래할 가능성이 낮아진다.

LTC6409와 LTC2107을 결합한 결과는 그림 3에 나와 있다. 이 예에서 톤은 10MHz 떨어져 있으며 왜곡 곱은 95dBc만큼 낮다. 이러한 구성은 넓은 대역폭 신호를

그림 2. LTC6409 및 LTC2107의 회로도

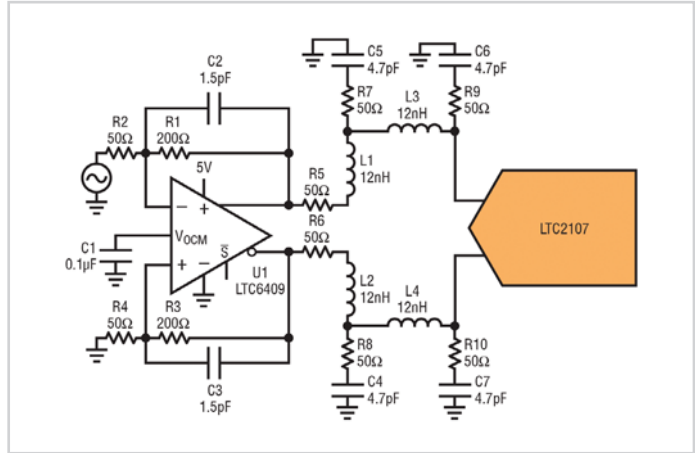
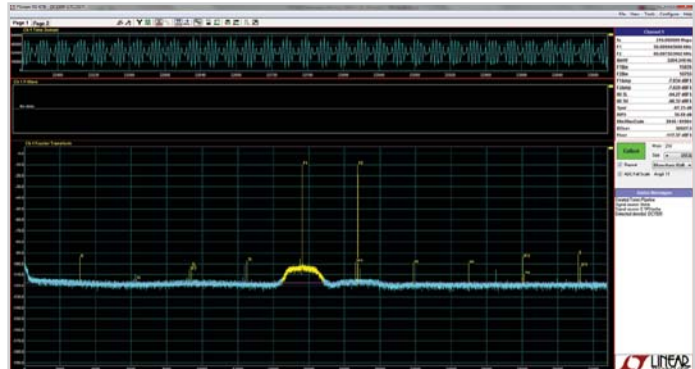


그림 3. 2톤 테스트 결과. F1=50MHz, F2=60MHz, Fs=210MSPS



사용하고 상호변조 곱이 대역 내에 들어가는 시스템과 유사하다. 시스템 이득이 21dB이므로, 낮은 레벨 신호도 ADC에서 수신할 수 있다.

요약

LTC2107과 LTC6409의 결합은 최근의 통신 시스템이 갖는 많은 문제를 해결해준다. LTC2107의 높은 샘플링 레이트와 LTC6409의 높은 이득 대역폭 곱은 선형성 저하 없이 최대 100MHz의 신호 대역폭을 허용한다. 궁극적으로 이러한 높은 대역폭은 수신기 감도는 물론 수신기가 더 많은 데이터를 수신할 수 있는 능력을 증대시키고 처리 성능을 향상시킨다. 이러한 리니어 테크놀로지 디바이스의 탁월한 성능은 궁극적으로 복잡한 필터와 신호 처리의 필요를 감소시켜 시스템 복잡성을 단순화한다. **SM**