

ADC 비트와 ENOB에 대한 이해

오실로스코프 신호 무결성: 1부

ADC 비트 vs. ENOB(Effective Number of Bits)

오실로스코프에서 아날로그-디지털 변환기(ADC) 비트 수는 가장 널리 알려진 중요한 스펙 중 하나입니다. 오실로스코프의 품질을 결정하는 중요한 사양이기 때문에 결과적으로 많은 엔지니어들이 이 사양에 의존하고 있습니다. 그러나 ADC 비트에만 의지하고, 신호 무결성에 대한 또 다른 중요한 지표를 간과하는 경향이 있습니다.

ADC 비트 수만큼이나 중요한 것은 시스템의 유효 비트 수(시스템 ENOB)입니다. 시스템 ENOB는 측정 중에 실제로 유효한 비트의 수입니다. 오실로스코프에서는 ADC 비트가 모두 측정에 사용 되지 않고, 일부는 노이즈로 적용됩니다. 따라서 ADC 비트가 아닌, 'ENOB'가 오실로스코프의 측정 품질을 결정합니다. 측정 품질이 나쁘면 결과가 부정확하고 측정값이 일정하지 못합니다. 그로 인해 설계에서 올바른지 않은 결과가 일어날 수 있습니다.

ENOB는 시스템 오류를 고려하기 때문에 신호 무결성에 대한 보다 나은 지표입니다.

하지만 시스템 ENOB에 대해 알고 있는 엔지니어는 많지 않을 것입니다. 왜냐하면 ENOB를 높이는 설계는 높은 ADC 비트를 설계하는 것보다 훨씬 어려워서, ENOB 스펙이 잘 공개되지 않기 때문입니다. ADC와 관련한 프런트 엔드와 회로는 높은 수준의 품질로 설계되어야 하는데, 이는 쉬운 작업이 아닙니다.



ENOB(Effective Number Of Bits)는 오실로스코프의 신호 무결성 및 정확도 측정 기준으로 1993년도에 IEEE가 정의했습니다.



오실로스코프 제조업체들은 당연히 가장 그럴듯해 보이는 사양을 시장에 내놓습니다. 그것이 바로 ADC 비트입니다. 그러나 신호 무결성에 영향을 미치는 다른 중요한 요소들도 살펴봐야 합니다. ADC는 전체 시스템의 한 부분에 불과하기 때문입니다.

ADC 비트 또는 ENOB에 대해 관심을 가져야 하는 이유는 무엇일까요?

ADC 비트 수가 중요한 이유는 양자화 수준(Q-Level) 때문입니다. 비트 수가 많을수록 Q-Level이 높습니다. Q-Level이 높으면 오실로스코프가 실제 신호의 디테일한 부분을 더 많이 캡처하고 표시할 수 있어 정확도가 더 높아집니다.

ADC는 아날로그에서 디지털로 신호를 변환할 때 특정 수준에서만 변환할 수 있습니다. 그림 1을 한 예로 2-비트 ADC에 대해 생각해 보십시오. 신호를 양자화하기 위해 11, 10, 01, 00과 같은 네 가지 신호 레벨로 표현할 수 있습니다.

이제 3-비트 ADC를 비교해보겠습니다. 이 경우 오실로스코프에 2^3 (즉, 8개)의 레벨이 제공됩니다. 2-비트 ADC와 3-비트 ADC로 동일한 신호를 측정하는 경우, 그림 2에서 3-비트 ADC를 사용한 신호가 훨씬 더 상세하다는 것을 확인할 수 있습니다. 3-비트 오실로스코프는 아날로그 신호의 더 많은 부분을 디지털로 변환할 수 있습니다. 그 결과 디지털 방식으로 재구성해서 화면에 표시될 때 신호 디테일이 상당히 개선됩니다.

키사이트 Infiniium S-시리즈와 같은 고성능 오실로스코프는 10-비트 ADC이므로 1024개 Q-Level의 높은 정확도를 달성할 수 있습니다. 하지만 이 뿐 아니라, 오실로스코프의 다른 설계 부분 역시 정확도에 영향을 미친다는 점을 기억하십시오.

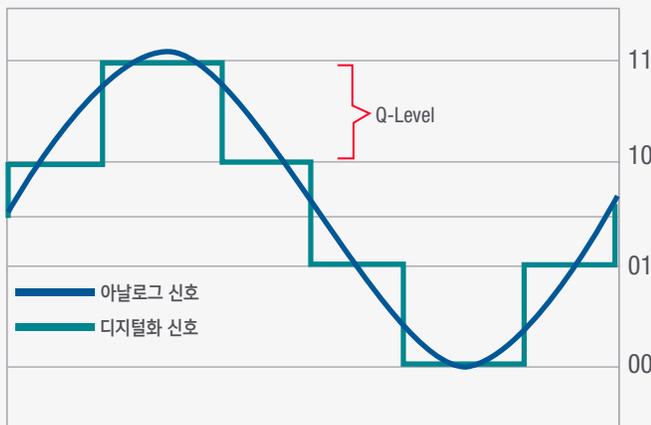


그림 1. 2-비트 ADC의 양자화 수준 시각화

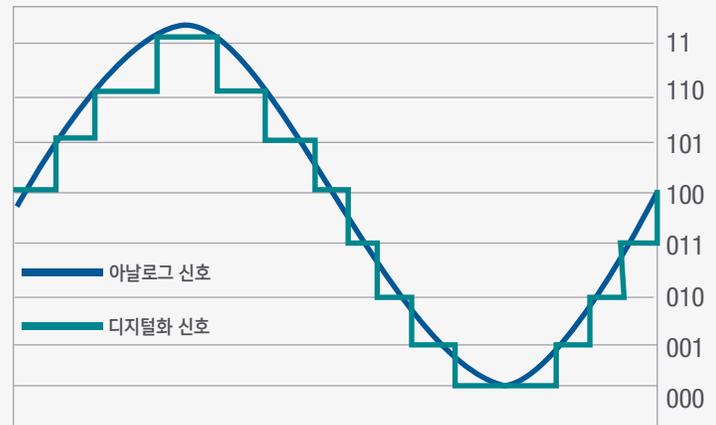


그림 2. 3-비트 ADC의 양자화 수준 시각화

측정 시스템의 나머지 부분 때문에 ENOB(Effective Number Of Bits)가 ADC 비트 사양과 크게 달라질 수 있습니다. S-시리즈는 10-비트 ADC를 사용하는데, 그림 3에서는 평균적으로 약 8-비트인 ENOB 데이터를 보여주고 있습니다. 10-비트 ADC를 가지고 있는데 ENOB로는 왜 8-비트만 사용할 수 있을까요?

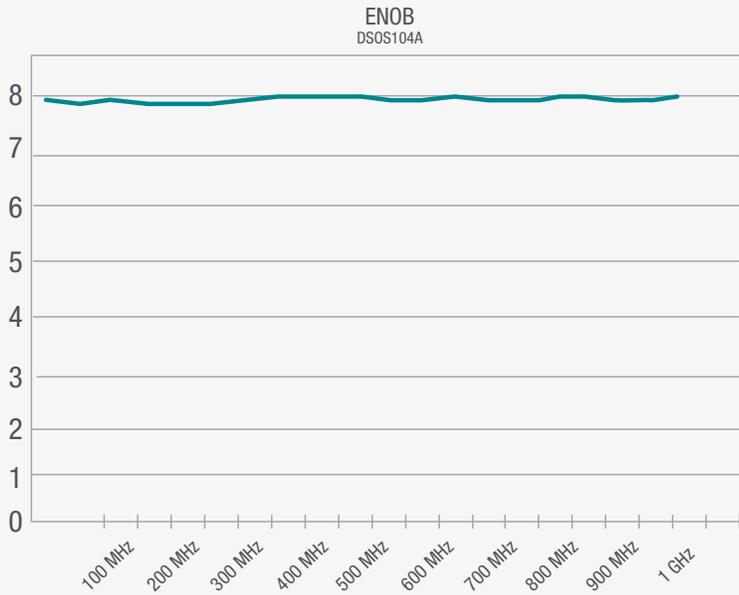


그림 3. S-시리즈 DSOS104A 1 GHz 실시간 오실로스코프의 ENOB(100 MHz ~ 1 GHz)는 평균적으로 약 8-비트 정도이므로 항상 최고의 신호 무결성을 보장할 수 있습니다.

한 예로 1.8 V_{pp} 신호를 살펴보겠습니다. 그 신호를 측정하려면, 수직 스케일을 약 2 V 전체 화면으로 설정해야 합니다. 10-비트 ADC의 경우, 이론적인 감도는 양자화 레벨 당 1.95 mV입니다. 즉, 수직 분해능이 1.95 mV여야 합니다.

그러나 측정 시스템의 다른 구성 요소들 때문에 측정에서 실제로 ADC 비트 10개 모두가 유효하지는 않습니다. 유효 비트 수에 주로 영향을 미치는 요인은 노이즈와 왜곡입니다. 오실로스코프의 랜덤 노이즈가 각 양자화 수준보다 클 경우(이 경우 노이즈가 1.95 mV보다 클 경우), 스코프가 그 노이즈를 실제 신호와 구별할 수 없습니다. 기본적으로 이런 이유로 Q-Level이 부적절해지게 됩니다. 따라서 유효 Q-Level 수가 감소해, 결과적으로 측정 시 유효한 비트의 양이 감소하게 됩니다.

노이즈가 전혀 없는 오실로스코프를 제조할 수 있는 방법이란 존재하지 않으며, 불가능한 일입니다. 노이즈는 항상 존재하기 마련이며, 항상 비트 수에 영향을 미칩니다. 이 점이 바로 단순히 ADC 비트에 그치지 않고 유효 비트 수를 살펴보는 이유입니다. 두 가지 사양을 모두 고려하면 계측기의 전반적인 측정 품질을 보다 명확하게 파악할 수 있습니다.



그림 4. S-시리즈가 1 mV/div 및 1 GHz 대역폭에서 유발하는 노이즈는 90 uV에 불과합니다.

이는 오실로스코프의 낮은 기준 노이즈를 분석하는 것이 매우 중요하다는 것을 뜻합니다. 그런데 노이즈 이외의 요인도 ENOB에 영향을 미친다는 점에 주목하십시오. 노이즈가 더 낮은 ENOB 사양을 결정하는 가장 큰 요인이기는 하지만, 시스템의 다른 왜곡 역시 영향을 미칠 수 있습니다.

명심해야 할 또 다른 사항은 ENOB 사양은 주파수 응답, 증폭 정확도 또는 오프셋 정확도와 같은 요인으로 생기는 오차를 고려하지 않는다는 점입니다. 따라서 오실로스코프의 정확도를 전반적으로 파악하기 위해서는 이러한 요인을 별도로 분석하는 것이 중요합니다.



시스템 ENOB vs. ADC ENOB

또 다른 중요한 요인은 시스템 ENOB와 ADC ENOB의 차이입니다. 시스템 ENOB는 보통 그다지 돋보이지 않기 때문에 몇몇 제조업체들은 데이터 시트에 ADC ENOB를 명시하곤 합니다. 어떤 사람들은 “ENOB”를 보조적인 가치로 받아들입니다. 하지만 실제 가치는 그 이상입니다.

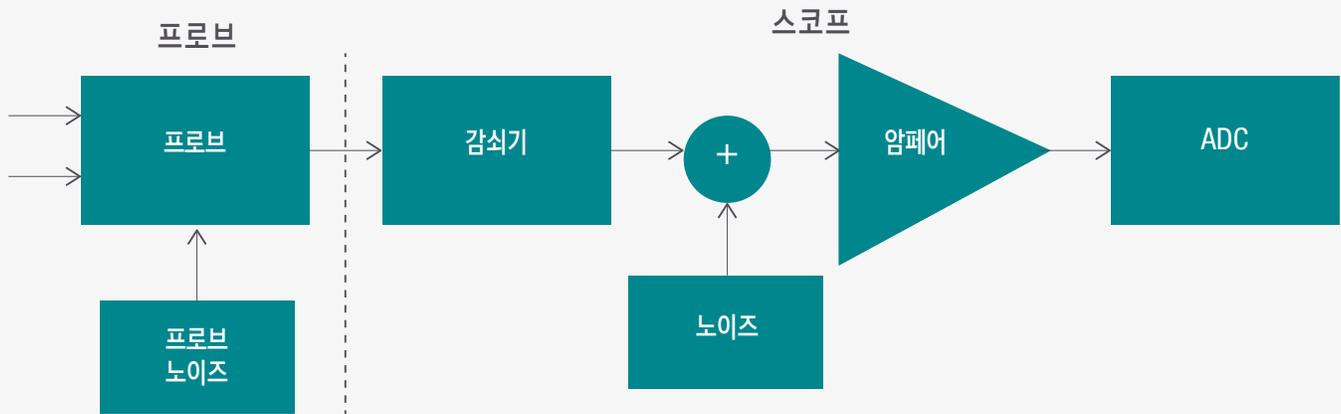


그림 5. 프로브에서 ADC까지 오실로스코프의 신호 경로

ADC ENOB는 단순히 ADC만을 의미하는 것이 아니라 ADC의 유효 비트 수를 뜻합니다. 그러나 이미 우리는 오실로스코프를 구성하는 요소가 ADC만이 아니라는 점을 배워서 알고 있습니다. 프로빙 솔루션을 포함하여, 측정 시스템에서 중요도가 똑같은 다른 구성 요소들이 있습니다. ADC ENOB는 전체 오실로스코프 측정 시스템이 사용하는 비트 수를 나타내는 것이 아니라, 측정 시 유효한 비트 수를 의미합니다. 시스템 ENOB 사양은 신호 표시 및 측정 시 정보를 전달하는 비트 수입니다.

시스템 ENOB가 하나의 숫자로 나타난 것이 보이면 그 값은 평균치라는 점에 유의하십시오. 이 데이터를 요청할 때, 그림 3에 보여진 것처럼 오실로스코프의 대역폭 범위 내의 다양한 주파수를 기준으로 플롯된 일련의 데이터를 확인해야 합니다. 이 방법으로 오실로스코프가 전체 대역폭 스펙트럼에서 ENOB가 충분하다는 것을 보장할 수 있습니다.

또한 PSG 및 MATLAB 스크립트와 함께 오실로스코프의 시스템 ENOB를 측정하는 것도 가능합니다. 하지만 최선의 방법은 키사이트 담당자와 특정 오실로스코프 모델과 대역폭에 맞게 스크립트를 수정하는 것입니다.

요약

ADC 사양만을 기준으로 구매 결정을 내리지 마십시오. ADC의 비트 수는 더 높은 양자화 수준을 뜻하는 것이기 때문에 중요합니다. 하지만 오실로스코프의 나머지 부분이 올바르게 설계되지 않는다면 그 중요도는 의미가 퇴색됩니다.

고객이 필요로 하는 정확도를 갖춘 설계를 위해서는, ENOB를 이해하고 ENOB가 측정에 어떤 의미를 갖는지 이해하는 것이 중요합니다. ENOB가 높으면 파형의 형태가 더 정확해지고 측정의 정확도가 개선되고 반복적인 측정이 가능할 뿐 아니라, 아이 다이어그램이 넓어지고 지터는 적어집니다.

일반적으로, ENOB가 우수한 오실로스코프를 선택하면 신호 무결성이 더 나은 스코프를 선택하는 것이라고 보면 됩니다. 하지만 기준 노이즈나 오프셋 정확도와 같은 다른 중요한 사양 역시 고려해야 합니다.

신호 무결성을 판별하는 데 있어 중요한 고려 사항에 대해서는 eBook, [오실로스코프의 신호 무결성을 판별하는 방법](#)을 다운로드해서 확인해볼 수 있습니다.

진정한 신호 확인

최신 설계 디버깅, 산업 표준 준수 여부 검증, 직렬 버스 디버깅 등 필요한 작업이 무엇이든 오실로스코프가 진정한 신호를 표현해내는 것이 필수입니다. 이를 위해서는 높은 수준의 신호 무결성이 요구되며 Infiniium S-시리즈 오실로스코프는 바로 그 점을 염두에 두고 설계되었습니다. 뛰어난 타임 베이스, 프런트 엔드 및 ADC 기술은 플랫폼에 매우 적은 노이즈, 적은 지터, 매우 높은 유효 비트 수를 제공하여 디바이스의 진정한 성능에 대한 가시성을 높여줍니다.

S-시리즈의 신호 무결성과 측정 성능에 대해 자세히 알아보십시오.

더 큰 대역폭과 보다 높은 성능이 필요하십니까? 고대역폭 오실로스코프를 확인해 보십시오.

- V-시리즈(8 GHz ~ 33 GHz)
- Z-시리즈(20 GHz ~ 63 GHz)
- UXR-시리즈(13 GHz ~ 110 GHz)

www.keysight.com에서 더 많은 정보를 확인할 수 있습니다.

키사이트테크놀로지스 제품, 어플리케이션 및 서비스에 대한 자세한 정보는 키사이트로 문의하십시오.
www.keysight.com/find/contactus

