

오실로스코프와 전류 프로브를 이용한 저전류 측정 요령

최근 들어 휴대전화 및 기타 배터리로 구동되는 디바이스의 소비 전류가 허용 한도 내에 있는지 확인하기 위해, 보다 높은 감도의 전류 측정을 해야하는 경우가 많이 있다. 일반적으로 전류를 측정하려면 회로를 절단하여 측정 기기를 회로와 직렬로 연결해야 하기 때문에 불편함이 따른다. 하지만 클램프온(clamp-on) 전류 프로브를 오실로스코프와 함께 사용하면 회로를 절단할 필요 없이 쉽게 전류를 측정할 수 있다. 그러나 전류 레벨이 낮은 밀리암페어 범위 이하가 되면 이 프로세스에도 어려움이 따르게 된다. 본고에서는 비교적 높은 레벨의 오실로스코프 노이즈가 존재할 경우 정확한 로우레벨 전류 측정을 수행하는 데 유용한 팁을 몇가지 제공한다.

글 : 장재용 / 애질런트테크놀로지스



스코프 노이즈 문제

측정하려는 전류 레벨이 감소함에 따라 오실로스코프의 고유 노이즈가 큰 문제가 된다. 모든 디지털 오실로스코프는 측정시 수직 노이즈를 포함한다. 로우레벨 신호를 측정하는 경우, 측정 시스템 노이즈는 실제 신호 측정 정확도를 저하시킬 수도 있다. 오실로스코프는 광대역 측정 기기이므로 오실로스코프의 대역폭이 높아질수록 대역폭에 비례해 수직 노이즈도 높아지므로 측정을 수행하기 전에 오실로스코프의 노이즈 특성을 세심하게 검토해야 한다. 가장 낮은 V/div 설정에서 측정된 일반 500MHz 대역폭 오실로스코프의 베이스라인 노이즈 플로어는 대략 2mV peak-to-peak 이다. 로우레벨 측정에서는 오실로스코프의 메모리 크기가 노이즈 플로어에 영향을 줄 수 있다는 점에 유의해야 한다. 동일한 대역폭 및 기타 조건에서는 메모리가 커질수록 더 많은 노이즈가 생성된다.

반면, 애질런트 N2783A 100MHz 전류 프로브와 같은 최신 AC/DC 전류 프로브는 약 3% 정확도로 5mA의 AC 또는 DC 전류를 측정할 수 있다. 전류 프로브는 1A 전류 입력당 0.1V 전압을 출력하도록 설계되었다. 다시 말해, 20mA 미만의 전류를 측정할 경우 오실로스코프에 입력된 신호가 오실로스코프의 고유 노이즈에 묻혀 버리기 때문에 오실로스코프의 2mVpp 노이즈는 중요한 측정오류의 원인이 될 수 있다. 그렇다면, 어떻게 하면 오실로스코프의 고유 노이즈를 최소화할 수 있을까? 최신 디지털 오실로스코프를 사용할 경우 가능한 방법이 여러가지 있다.

1) 대역폭 제한 필터 (Bandwidth Limit Filter)

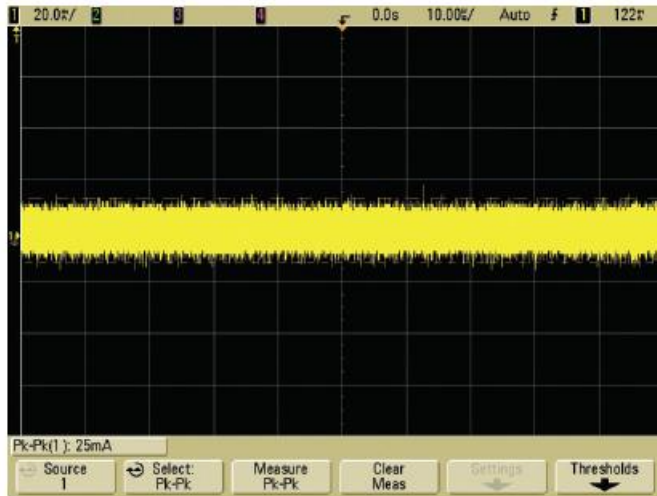
대부분의 디지털 오실로스코프는 입력 파형에서 불필요한 노이즈를 걸러내고 노이즈 대역폭을 감소시킴으로써 수직 분해능을 개선시켜주는 대역폭 제한 필터 (Bandwidth Limit Filter)를 제공한다. 대역폭 제한 필터는 하드웨어나 소프트웨어로 구현된다. 대부분의 대역폭 제한 필터는 사용자의 필요에 따라 활성화 또는 비활성화할 수 있다.

2) 고분해능 수집 모드 (High-resolution Acquisition Mode)

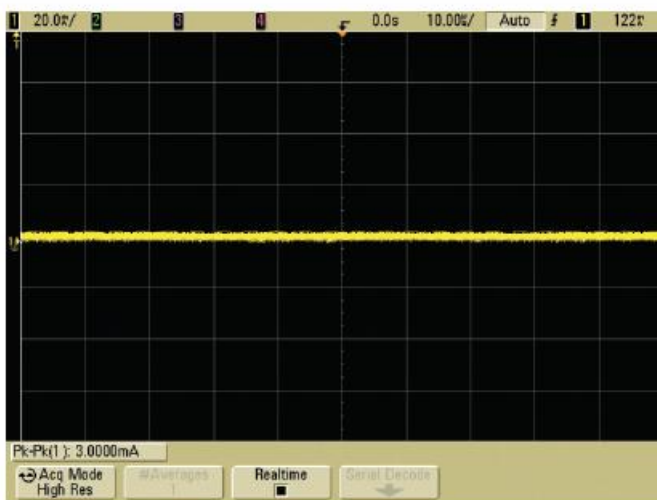
대부분의 디지털 오실로스코프는 일반 수집 모드에서 8 비트의 수직 분해능을 제공한다. 일부 오실로스코프에서의 고분해능 모드는 훨씬 높은 수직 분해능(일반적으로 최대 12 비트 이상)을 제공해서 오실로스코프의 수직 노이즈는 감소시키고 수직 분해능은 증가시킨다. 일반적으로 고분해능 모드는 많은 양의 인접한 데이터를 평균하여 처리하므로 느린 time/div 설정에서 효과가 크며 오실로스코프의 샘플링 속도와 대역폭은 감소하게 된다.

3) 평균화 모드 (Averaging Mode)

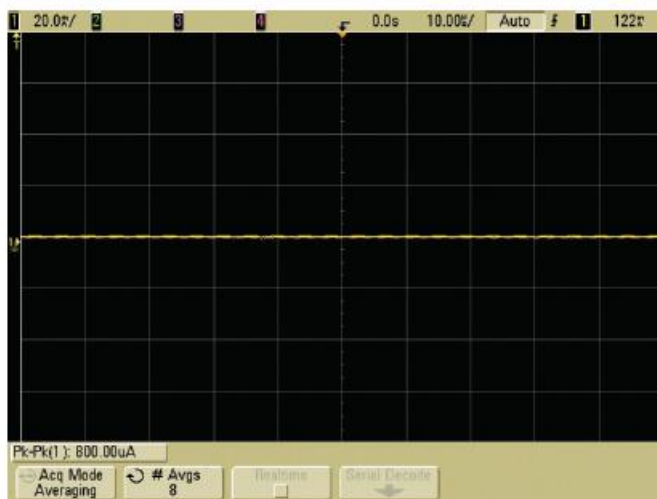
신호가 정기적 또는 DC 인 경우, 평균화 모드를 사용하여 오실로스코프의 수직 노이즈를 줄일 수 있다. 평균화 모드는 정기적 파형을 여러 번 수집하여 실행 평균을 구해서 랜덤 노이즈를 줄인다. 고분해능 모드는 신호의 샘플링 속도와 대역폭을 줄이는 반면, 일반 평균화 모드는 그렇지 않다. 그러나 여러 번의 수집을 통해 파형 평균을 구해서 화면에 트레이스를 그리기 때문에 평균화 모드는 오실로스코프의 파형 업데이트 속도를 저하시킨다. 하지만 이 방법은 더 큰 수의 평균을 선택할 경우 위의 두 방법을 사용하는 것보다 노이즈 제거 효과가 더 크다.



500MHz 일반모드-25mA노이즈



고분해능 모드-3mA노이즈



8x 평균화모드-800uA노이즈

전류 프로브 측정 정확도 및 감도 개선

위에 설명한 기법 중 하나로 오실로스코프의 수직 노이즈를 낮추는 방법을 터득했으므로 이제 전류 프로브의 정확도와 감도 (sensitivity)를 개선하는 방법에 대해 살펴보겠다. 시중에는 다양한 유형의 전류 프로브가 나와 있다. 편리함과 성능이 가장 뛰어난 한가지는 클램프온 AC/DC 전류 프로브이다. 이 프로브는 전류가 흐르는 도체에 간단히 클립을 연결하여 AC 및 DC 전류를 측정할 수 있다. 애질런트의 N2780A 시리즈 또는 1147A 전류 프로브가 그 예이다.

이 유형의 전류 프로브 사용을 위한 두 가지 유용한 팁

1) 프로브의 자성 제거 (demagnetize/degauss) 및 DC 오프셋 제거

로우레벨 전류를 정확히 측정하려면 프로브 내부 자기 코어의 자성을 제거하여 잔여 자성을 없애야 한다. CRT 디스플레이 내부에 형성된 불필요한 자기장을 제거하여 화질을 개선하듯이 전류 프로브의 자성을 제거하거나 디가우스할 수 있다. 프로브 코어가 자기화된 상태에서 측정을 할 경우, 잔여 자성에 비례하는 오프셋 전압이 발생하고 측정 오류를 초래할 수 있다. 프로브를 power on/off 스위칭 또는 과도한 입력 전류에 연결할 때마다 자기 코어의 자성을 제거하는 것이 특히 중요하다. 프로브 자성제거/디가우스를 수행하려면 모든 도체에서 프로브를 제거하고 클램프온 프로브의 센서부분이 완전히 닫혀있는지 확인한 다음 프로브 DEMAG(또는 DEGAUSS) 버튼을 눌러 자성을 제거하면 된다. 또한 프로브의 제로 조정 (ZERO ADJ) 컨트롤을 사용하여 프로브의 불필요한 전압 오프셋이나 온도 드리프트를 보정할 수 있다.



2) 프로브 감도 향상

전류 프로브는 프로브 헤드 센서를 통과하는 전류에 의해 생성되는 자기장을 측정하여 전류를 측정한다. 이때 전류 프로브는 입력 전류에 비례하는 전압 출력을 생성하게 된다. DC 또는 작은 진폭의 저주파 AC 신호를 측정하는 경우라면, 전류가 흐르는 전선을 프로브에 여러 번 돌려 감아 측정 감도를 향상시킬 수 있다. 전류 프로브는 프로브에 감은 횟수에 비례한 양의 전류를 읽어 오실로스코프에 그에 비례한 전압을 입력한다. 예를 들어, 전선이 프로브에 5 번 감겨져 있고 오실로스코프에서 25mA의 전류를 읽었다면 실제 전선에 흐르는 전류는 25mA를 5로 나눈 5mA이다. 이 경우 전류 프로브의 감도를 5 배 향상시킬 수 있다.



결론

오실로스코프와 클램프온 전류 프로브를 사용하면 회로를 차단하지 않고도 전류를 쉽게 측정할 수 있다. 그러나 오실로스코프의 광대역 노이즈를 측정에 적용하면 오실로스코프의 수직 노이즈는 정확한 로우레벨 전류 측정에 방해가 될 수 있다. 본고에서 설명된 하나 이상의 측정 팁을 적용함으로써 오실로스코프의 랜덤 노이즈 및 전류 프로브의 불필요한 자성 또는 DC 오프셋을 제거하여 측정 정확도를 크게 향상시킬 수 있다.