

# 저전력 측정 최적화를 위한 팁과 요령

## 기술 요약

많은 전력 공급 및 배터리 구동 응용 분야에서 저전력 측정이 점점 중요 해지고 있지만, 많은 엔지니어와 기술자는 이러한 측정을 정확하게 수행하기가 어렵습니다. 대부분의 전력 측정은 단순히 장치를 가로 지르는 전압과 장치를 통해 흐르는 전류의 수학적 곱으로 만 구성되지 만, 저전력 측정을 위해서는 오실로스코프와 프로빙에 대한 자세한 이해가 필요합니다.

이 기술 요약에서는 전압 프로브, 전류 프로브 및 오실로스코프와의 일부 기본 성능 트레이드 오프를 검토 한 다음 몇 가지 실용적인 예를 요약합니다.

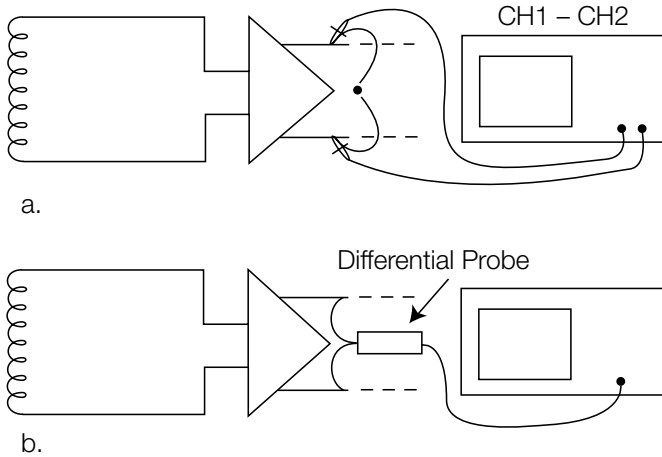


그림 1. 차동 신호는 (a) 오실로스코프의 수학을 사용하거나 (b) 차동 프로브를 사용하여 측정할 수 있습니다.

## 전압 프로빙 최적화

오실로스코프로 수행 한 대부분의 측정에는 전압 프로브가 사용되며 대부분의 사용자는 이러한 측정을 많이 수행하므로 저전력 측정을 위해 프로브의 어떤 특성이 중요합니까? 다음은 간단한 점검 목록입니다.

- 먼저, 모든 전압 측정은 차동입니다. 측정 된 전압은 항상 기준 전압을 기준으로합니다. 오실로스코프와 함께 제공되는 일반적인 패시브 프로브에는 오실로스코프의 접지에 전기적으로 연결되는 검은 색 "접지 리드"가 있으며 테스트 중인 장치의 접지 테스트 지점에 연결해야 합니다. 이 연결은 많은 대신 호 측정에 적절한 성능을 제공 할 수 있지만 일반적으로 "접지"는 오실로스코프의 접지와 거의 동일한 전위에 있지 않기 때문에 일반적으로 저수준 신호에는 적합하지 않습니다 (비 접지의 접지 전류 때문에 접지 연결 사이의 임피던스는 제로입니다). 접지 이외의 기준점에 대한 전압을 측정 할 때는 표준 전압 프로브를 사용할 수 없습니다.

그림 1a와 같이 한 쌍의 패시브 프로브를 사용하여 이 접지되지 않은 차동 전압을 정확하게 측정 할 수 있습니까? 두 노드에서 전압을 측정 한 다음 오실로스코프의 전압 차이를 계산해보십시오. 이 방법은 프로브와 오실로스코프 채널이 잘 일치하는 경우 (게인, 오프셋, 지연 및 주파수 응답)에만 우수한 측정 결과를 제공하지 않습니다. 이 방법은 또한 매우 좋은 공통 모드 제거 기능을 제공하지 않습니다 (두 입력에 공통적인 신호의 AC 또는 DC 부분을 제거). 또한 두 신호가 디스플레이에 배치되지 않으면 오실로스코프 입력을 오버 드라이브하고 있기 때문에 이 기술이 작동하지 않을 수 있습니다.

고려해야 할 또 다른 대안은 Tektronix TPS2000 또는 THS3000 시리즈와 같은 "플로팅" 오실로스코프입니다. 이 오실로스코프의 각 채널은 새시 접지와 전기적으로 절연되어 있으며 오실로스코프의 배터리로 오실로스코프에 전원을 공급하면 오실로스코프 새시에서 접지까지의 기생 커패시턴스도 매우 낮습니다. 플로팅 오실로스코프의 이러한 절연 특성을 통해 사용자는 표준 패시브 프로브로 차동 측정을 수행 할 수 있습니다. 이 기술은 노이즈가 많은 접지 환경에서 오실로스코프 전원을 분리하여 특히 유용합니다.

표준 오실로스코프에서 최상의 측정 품질과 사용 편의성을 위해 그림 1b와 같이 밀리 볼트 레벨 차동 전압 측정을 수행하는 데 능동 차동 프로브 (예 : Tektronix TDP1500 또는 TDP1000)를 사용하는 것이 좋습니다. microVolt 레벨 차동 전압 측정을 위해서는 차동 프리 앰프 (예 : Tektronix ADA400A)가 최상의 솔루션입니다.

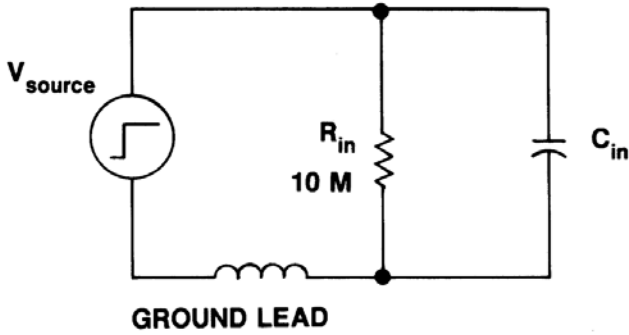


그림 2. 일반적인 패시브 프로브 입력 임피던스에 대한 단순화된 모델.

- 둘째, 그림 2와 같이 프로브의 임피던스 또는 부하가 테스트 중인 회로에 미치는 영향을 고려하십시오. 이상적으로 프로브 팁의 임피던스는 모든 주파수에서 무한대입니다.

실제로 입력 저항은 종종 MegOhm 범위에 있지만 입력 용량 성 리액턴스  $X_C$ 는 다음과 같습니다.

$$X_C = 1 / (2 * \pi * f * C)$$

여기서  $f$ 는 헤르츠 단위의 주파수이고  $C$ 는 패럿 단위의 정전 용량입니다.

따라서 1 pF 커패시턴스의 임피던스는 1 GHz에서 160 Ohms입니다! (일부 고성능 프로브에는 입력 커패시턴스와 직렬로 약간의 저항이 포함되어있어 고주파 용량 성 리액턴스를 최대화하기 위해 프로브 데이터 시트의 일반적인 임피던스 대 주파수 플롯에서 볼 수 있습니다.) 프로브 팁에 액세스리를 추가하면 입력 임피던스에 영향을 주어 입력 커패시턴스가 증가하고 직렬 인덕턴스가 추가됩니다. 측정 정확도를 높이려면 프로브의 입력 임피던스가 가장 높은 관심 주파수에서 회로의 임피던스 보다 훨씬 커야 합니다.

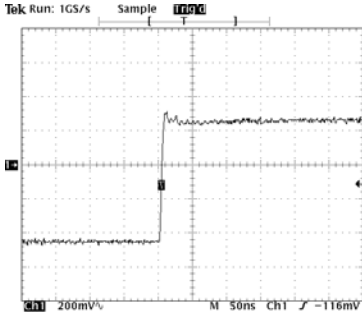
- 셋째, 신호 진폭을 오실로스코프 입력의 동적 범위에 맞추기 위해 필요한 것보다 더 많은 프로브 감쇠를 사용하지 마십시오.

일반적인 "10X"패시브 프로브의 감쇠 계수는 10으로, 입력 신호 진폭의 1/10 만 오실로스코프에 적용됩니다. 이 프로브 감쇠는 측정 시스템의 최대 전압 범위를 확장하지만 작은 신호에 대한 신호 대 잡음비 (SNR)를 줄임으로써 불행한 부작용이 있습니다 (프로브 감쇠를 보상하기 위해 오실로스코프 게인이 증가하는 경우).

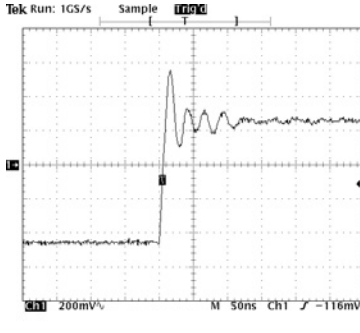
$$SNR = V_{input} / (\text{프로브 감쇠} * V_{noise})$$

여기서  $V_{noise}$ 는 오실로스코프 입력에 참조된 측정 시스템의 노이즈입니다.

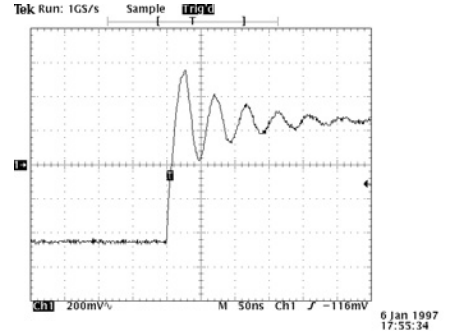
- 넷째, 응용 프로그램에 실제로 필요한 것보다 더 많은 프로브 대역폭 (또는 빠른 상승 시간)을 사용하지 마십시오. 우수한 측정 기술은 측정 시스템 (프로브 및 오실로스코프)의 대역폭이 <3 % 진폭 오류에 대해 가장 높은 관심 주파수의 5 배 이상이거나 시스템 상승 시간이 가장 빠른 상승의 5 분의 1보다 작아야 함을 제안합니다. <2 % 상승 시간 오차에 대해 측정 중인 신호의 시간. (대역폭을 조정하기 전에 가장 높은 관심 주파수를 확인하기 위해 전체 대역폭으로 신호를 관찰하는 것이 좋습니다.) 그러나 과도한 측정 대역폭은 캡처된 노이즈의 대역폭을 증가시켜 SNR을 저하시킵니다. 프로브에 대역폭 제어가 있는 경우 올바른 측정 기술과 일치하는 최저 대역폭 설정을 사용하십시오. 프로브에 대역폭 제어가 없는 경우 오실로스코프의 대역폭 설정을 낮추고 다시 좋은 측정 기술을 따릅니다.



a. 6.5-inch probe ground clip.



b. 28-inch probe ground tip.



c. 28-inch clip to oscilloscope chassis.

그림 3. 신호 링에 대한 접지 리드 길이의 영향

- 다섯째, 프로브를 측정하기 전에 측정 시스템에서 수동 또는 자동으로 잔류 DC 오프셋을 제거하십시오 (수동 또는 자동). 오프셋은 모든 오실로스코프 측정에서 제거됩니다. DC 오프셋을 제거하기 위해 일부 프로브는 사용자가 오프셋 신호를 추가할 수 있도록 하는 반면, 다른 프로브는 저주파수 신호 구성 요소를 감쇠시키기 위해 AC 커플 링을 제공합니다. 자동 생성된 DC 오프셋 기능인 DC 거부는 오프셋을 처리하기 위한 매우 편리한 기능입니다.

1mV DC 오프셋은 Volt 이상의 측정에서는 무시할 수 있지만, 이러한 오프셋은 10mV 측정에서 허용할 수 없는 10% 오류를 나타냅니다. 그리고 순간 전력은 전압과 전류의 곱이므로 DC 오프셋은 계산된 전력에 오류를 일으켜 값을 부풀리거나 계산된 값의 극성을 변경합니다.

- 여섯째, 프로브 리드 길이를 최소화하여 신호의 울림을 최소화하십시오. 그림 3에서 볼 수 있듯이 프로브 리드의 인덕턴스는 프로브의 입력 커패시턴스가 있는 공진 회로를 형성하며 다음과 같이 지정된 주파수에서 신호의 빠른 에지 후에 링잉을 유발합니다.

$$f = 1 / (2 * \pi * \text{SQRT}(L * C))$$

여기서 f는 헤르츠 단위의 주파수, L은 Henrys의 프로브 리드 인덕턴스, C는 Farads의 프로브 입력 커패시턴스

예를 들어, 그림 3b는 긴 프로브 접지 리드가 프로브의 입력 커패시턴스와 공진하고 측정 시스템의 대역폭 내에서 약 33MHz로 울리는 것을 보여줍니다.

링잉 주파수가 측정 시스템의 대역폭을 초과할 때까지 리드 인덕턴스 (및 / 또는 프로브 입력 커패시턴스)를 줄임으로써 링잉으로 인한 영향을 최소화할 수 있습니다.

- 일곱째, 프로브 리드로 형성된 루프 영역을 최소화하십시오. 루프 영역을 최소화함으로써 (예를 들어, 리드를 서로 꼬아서) 프로브에 노이즈의 자기적 결합이 최소화됩니다. 또한 두 리드를 전기 노이즈 소스와 동일하게 유지하므로 프로브 리드 중 하나에 만 노이즈의 용량성 커플링도 최소화됩니다. 고노이즈 노이즈 환경에서 신호를 측정할 때는 차동 프로브 리드를 꼬아주십시오. 이렇게 하면 노이즈의 정전기 커플링이 공통 모드 신호로 나타나는 경향이 있으며, 이는 차동 증폭기에 의해 거부될 수 있습니다.

- 마지막으로 두 전압 프로브 입력을 회로의 원하는 테스트 지점에 최대한 가깝게 연결하십시오. 특히 저전압 측정의 경우 회로 기판 트레이스 및 커넥터에서 작은 전압 강하조차도 진폭 측정에 크게 영향을 줄 수 있으며 회로의 기생 인덕턴스 및 커패시턴스는 신호의 주파수 응답에 영향을 줄 수 있습니다. 부품 크기가 줄어들고 회로 보드 기술로 인해보다 맹목적이고 매립된 연결 및 부품이 가능해 지므로 제품의 테스트 요구 사항에는 중요한 신호 노드 및 근거리 접지에 대한 프로브 액세스가 포함되어야 합니다. 이 액세스에는 개별 핀, 회로 보드 패드 또는 솔더 마스크가 없는 회로 보드 비아가 포함될 수 있습니다.

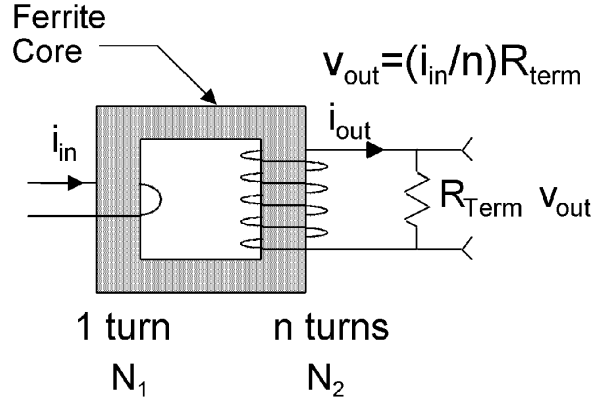
## 전류 프로빙 최적화

장치를 통해 흐르는 전류를 측정하는 데 사용할 수 있는 다양한 기술이 있습니다. 각각 장단점이 있습니다. 저 전류 측정에 가장 적합한 전류 측정 기술은 무엇입니까? 일반적인 대안 목록은 다음과 같습니다. 가장 간단한 전류 측정 기술은 이미 설계 중인 저항의 차동 전압 강하를 측정하는 것입니다.

- 저항이 낮은 감지 ("분로") 저항을 회로에 추가 할 수 있으며 (프로브의 입력 임피던스가 병렬로) 차동 전압 강하를 측정 할 수 있습니다. 그러나 이 방법에는 몇 가지 중요한 제한 사항이 있습니다. 공통 차동 신호가 프로브의 지정된 작동 범위 내에 있는 한 감지 저항 전체의 차동 전압 강하를 측정하면 최상의 결과를 얻을 수 있습니다. 그러나 이 기술은 종종 주변 소음에 민감합니다. 전압 프로브 섹션에 설명된 대로 프로브 감쇠 및 대역폭을 최소화하여 노이즈의 영향을 최소화 할 수 있습니다.

감지 저항이 회로에 추가되면 심각한 절충안이 있습니다. 저항 값이 증가하면 SNR은 향상되지만 저항의 전력 손실이 증가하고 추가 전압 강하로 인해 회로 동작이 변경 될 수 있습니다. 권선 저항기와 같은 많은 고전력 저항기도 회로에 유도 리액턴스를 추가합니다. 또한 차동 프로브 입력 커패시턴스가 감지 저항과 병렬로 나타나 RC 필터를 형성한다는 것을 잊지 마십시오. 회로에 감지 저항을 추가하는 경우 측정 시스템이 거부해야 하는 저항의 공통 모드 신호를 최소화하기 위해 가능한 한 접지에 근접하게 추가하십시오.

또한 고성능 전류 프로브와 달리 차동 전압 측정의 공통 모드 제거 성능은 주파수에 따라 떨어지기 때문에 감지 저항으로 고주파 전류 측정의 정확도를 떨어 뜨립니다.



### Transformer Equations

Voltage, v:  $v_2/v_1=N_2/N_1$

Current, i:  $i_2/i_1=N_1/N_2$

Impedance, Z:  $Z_1=(N_1/N_2)^2Z_2$

Power, P:  $P_2=P_1$

그림 4. 변압기를 사용하여 AC 전류 측정

- 저 전류 레벨의 저주파 측정을 위해 트랜스 임피던스 증폭기를 사용할 수도 있습니다. 감지 저항의 전압 강하를 측정하는 대신 증폭기 입력 노드 (가상 접지에 있음)로 흐르는 전류가 측정되어 오프셋 전압 오차가 줄어 듭니다. 이것은 Tektronix DMM4020 디지털 멀티 미터에서 나노 암페어 측정을 위해 사용되는 기술입니다.
- AC 전용 저 진폭 전류 측정의 경우 매우 작은 전류 변압기 (예 : Tektronix CT1 또는 CT6)가 최선의 선택 일 수 있습니다. 장치가 작기 때문에 짧은 와이어 또는 구성 요소 리드가 장치의 구멍을 통과하여 그림 4와 같이 와이어의 전류를 측정 할 수 있습니다. 그러나 이 장치는 변압기이기 때문에 대역폭에 저주파수 및 고주파수 제한이 있으며 최대 전류 레벨은 변압기의 코어 포화에 의해 제한됩니다.

- 많은 응용 분야에서 스플릿 코어 AC / DC 전류 프로브 (예 : Tektronix TCP0030)는 가장 정확하고 사용하기 쉬운 솔루션입니다.

AC / DC 전류 프로브는 변압기를 사용하여 AC 전류를 측정하고 홀 효과 장치를 사용하여 DC 전류를 측정합니다. 분할 코어 프로브를 사용하면 프로브 헤드의 변압기가 도체 주변에서 기계적으로 열리고 닫힙니다. AC / DC 전류 프로브 헤드는 도체를 둘러싸야하므로 제품의 테스트 용 설계 요구 사항에 전류 프로브 액세스를 추가하는 것이 좋습니다. 이 액세스에는 개별 전류 운반 케이블 또는 전류 운반 트레이스 주변의 회로 기판 컷아웃이 포함될 수 있습니다.

복잡한 측정 장치와 마찬가지로 AC / DC 전류 프로브를 사용할 때 고려해야 할 몇 가지 성능 특성이 있습니다.

다음은 간단한 점검 목록입니다.

- 먼저 전류 프로브 헤드를 측정중인 전류 전도체 주위에 연결해야 합니다. 충분한 길이의 개별 전선을 사용할 수 있으면 주변에 프로브를 연결할 수 있습니다. 회로 보드에서 프로브 루프를 수용하기 위해 와이어 루프를 추가하거나 구성 요소를 기울이고 와이어를 직렬로 추가해야 할 수도 있습니다.
- 둘째, 회로에 추가된 유도 삽입 임피던스를 고려하십시오. 전형적인 전류 프로브는 수 나노 나노 인덕턴스를 추가할 수 있지만, 삽입된 전체 유도 리액턴스는 전류 프로브를 수용하기 위해 추가된 와이어의 인덕턴스 (약 20nH / 인치)에 의해 좌우될 수 있습니다.

- 셋째, 결과 루프 영역이 원래 회로의 연결보다 크게 클 수 있으므로 회로의 노이즈에 대한 자기 결합에 더 취약해 지므로 와이어 루프와 프로브의 방향을 회로 위에 놓을 때 주의하십시오.

- 넷째, 도체와 전류 프로브 바디 간, 전류 프로브 바디와 접지 간 기생 커패시턴스를 고려하십시오. 빠른 슬루 레이트 전압 신호를 프로브 본체에 용량성 결합할 수 있습니다. 가능하면 가장 낮은 임피던스 노드에서 프로브하여 용량성 커플링이 접지에 미치는 부하 효과를 최소화하십시오. 또한 회로의 접지면에서 프로빙하면 기생 용량을 구동하는 신호의 슬루율 (dV/dt)이 최소화됩니다.

- 다섯 번째, 전압 프로브와 마찬가지로 신호 진폭을 오실로스코프 입력의 동적 범위에 맞추기 위해 필요한 것보다 전류 프로브에서 더 많은 감쇠를 사용하지 마십시오. 감도가 낮은 스케일은 더 높은 피크 전류를 캡처할 수 있지만 작은 신호의 SNR도 저하시킵니다.

따라서 전류 파형의 피크를 클리핑하지 않고 프로브 스케일이 가능한 한 민감할 때 최상의 측정 결과를 얻을 수 있습니다.



그림 5. 전류 프로브 주위에 도체의 N 회전을 감아 전류 감도를 높입니다.

- 여섯째, 전류 프로브가 전류 프로브를 통과하는 총 전류에 응답하기 때문에 그림 5와 같이 전류 프로브 주위에 도체를 여러 번 감아 측정 감도를 향상시킬 수 있습니다. 도체가 전류 센서를 N 번 통과하면 감도는 N 배 증가합니다. 실제 전류 값은 총 측정 진폭을 N으로 나누어 결정됩니다.

- 일곱째, 프로브의 방사 노이즈에 대한 민감도를 줄이려면 전류 프로브의 접지 연결에서 회로 접지로 프로브 접지 리드를 연결하십시오. 이로 인해 프로브 헤드에서 접지까지 기생 커패시턴스가 증가할 수 있지만 프로브의 내부 차폐가보다 효과적이어야 합니다.
- 여덟째, 측정에 필요한 것보다 더 많은 측정 시스템 대역폭 (또는 빠른 상승 시간)을 사용하지 마십시오. 일반적으로 전류 프로브의 감도는 전체 측정 시스템의 SNR에 의해 제한됩니다. 예를 들어, Tektronix TCP0030은 사용 가능한 가장 민감한 AC / DC 프로브이며 전체 측정 시스템 노이즈에 의해 제한되는 1mA / div 감도를 지정합니다. 이 감도는 파형 평균화, HiRes 및 대역폭 제한과 같은 기술을 사용하여 오실로스코프의 노이즈 감소 신호 처리를 통해 향상될 수 있습니다.
- 마지막으로, 측정 시스템을 몇 분 동안 예열 한 다음 자기장이 제거 (잔류 자속 제거)하고 DC 오프셋 (수동 또는 자동)을 제거하십시오. 프로브에서 DC 오프셋을 제거하고 제거하면서 회로에서 프로브를 일시적으로 분리하거나 회로에 전원을 공급하십시오.

## 오실로스코프 설정 최적화

오실로스코프 설정은 저전력 측정을 위한 측정 시스템을 최적화하는 마지막 단계입니다. 다음은 간단한 점검 목록입니다.

- 먼저 정확한 측정은 항상 교정 된 오실로스코프로 시작합니다. 안정적인 내부 온도에 도달하기 위해 오실로스코프를 20분 이상 예열합니다. 대부분의 단기 오류는 시간과 온도에 따른 증폭기 드리프트로 인해 발생합니다. 주변 온도가 섭씨 5도 이상, 최소한 한 달에 한 번 변하는 경우 중요한 측정을 하기 전에 오실로스코프를 교정하는 것이 좋습니다. 많은 오실로스코프에서 이 보정은 자동화되어 있으며 완료하는 데 몇 분 밖에 걸리지 않습니다. (예를 들어, Tektronix Windows 기반 오실로스코프에서이 교정 기능을 신호 경로 보상 (SPC)이라고 하며 유틸리티-> 계측기 교정... 메뉴에 있습니다. 화면의 지시를 따르십시오.)
- 둘째, 전압 및 전류 프로빙과 마찬가지로 모든 신호의 다이내믹 레인지를 최적화하십시오. 필요한 경우 AC 커플 링을 사용하여 신호에서 원하지 않는 DC 오프셋을 제거하십시오. 신호가 대부분의 디스플레이를 수직으로 채우지 만 피크가 디스플레이의 상단 또는 하단을 넘어 가지 않도록 거칠고 정밀한 수직 스케일 컨트롤을 조정하십시오. 이 조정은 필요한 최저 감쇠 설정을 사용하고 SNR을 최적화합니다.
- 셋째, 디스플레이를 안정화시키기 위해 트리거 레벨을 조정하십시오. 에지 트리거를 선택하고 파형 중심 근처에서 트리거 레벨을 설정하면 됩니다.
- 넷째, 수평 스케일 컨트롤을 조정하여 원하는 시간 창을 캡처하십시오.

- 다섯째, 신호를 정확하게 나타내고 앨리어싱을 방지하도록 샘플 속도를 조정하십시오. 좋은 속도는 샘플링 속도를 가장 높은 관심 주파수의 20-25 배로 설정하는 것입니다. 오실로스코프가  $\sin(x) / x$  보간법을 사용한다고 가정하면이 샘플 속도는 가장 높은 관심 주파수의 약 5 배의 단일 샷 대역폭을 지원합니다.

참고 : 시간 범위, 샘플 속도 및 레코드 길이 설정은 다음 방정식에 따라 서로 관련되어 있습니다.

$$T = RL / SR$$

여기서 T는 시간 창 (초), SR은 샘플 속도 (샘플 / 초), RL은 레코드 길이 (샘플)

따라서 샘플 속도가 증가함에 따라 시간 범위를 일정하게 유지하려면 레코드 길이도 비례 적으로 증가해야 합니다.

그러나 프로빙 섹션에서 설명한대로 불필요한 측정 대역폭은 캡처된 노이즈의 대역폭을 증가시켜 SNR을 저하 시키므로 실제로 필요한 것보다 더 많은 대역폭을 사용하지 마십시오. 관심 신호에 대한 SNR을 최적화하려면 오실로스코프 또는 프로브의 대역폭 제한을 사용하십시오.

- 여섯째, 프로브를 기울입니다. 각 프로브는 전파 지연이 다르며 특히 전압 및 전류 프로브를 비교할 때 차이가 극적으로 나타날 수 있습니다. 순시 전력 계산은 전압 및 전류 파형의 샘플 별 곱이므로 파형의 정확한 시간 (위상) 일치가 필요합니다. 지연 시간 보정 프로세스는 계산 된 전력 파형이 회로의 실제 순간 전력을 나타내도록 오실로스코프 입력에서 신호를 시간 정렬합니다.



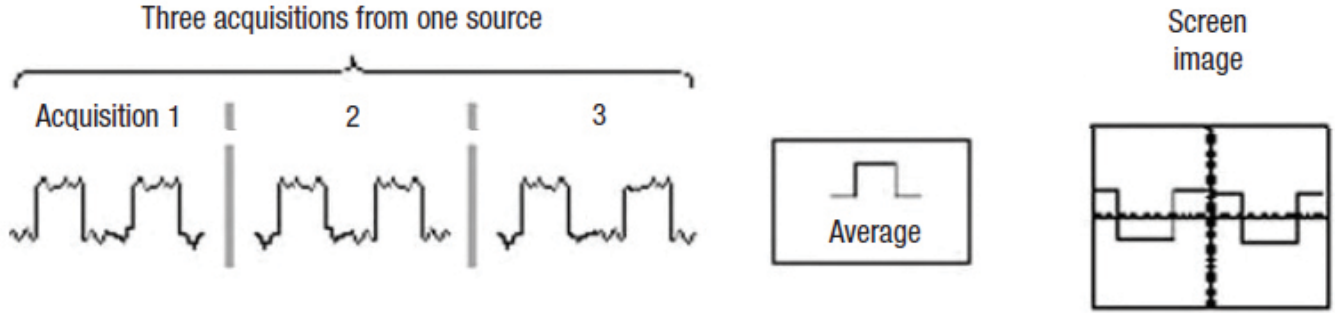


그림 6. 평균 획득 모드는 많은 획득에 대한 각 레코드 포인트의 평균값을 계산합니다.

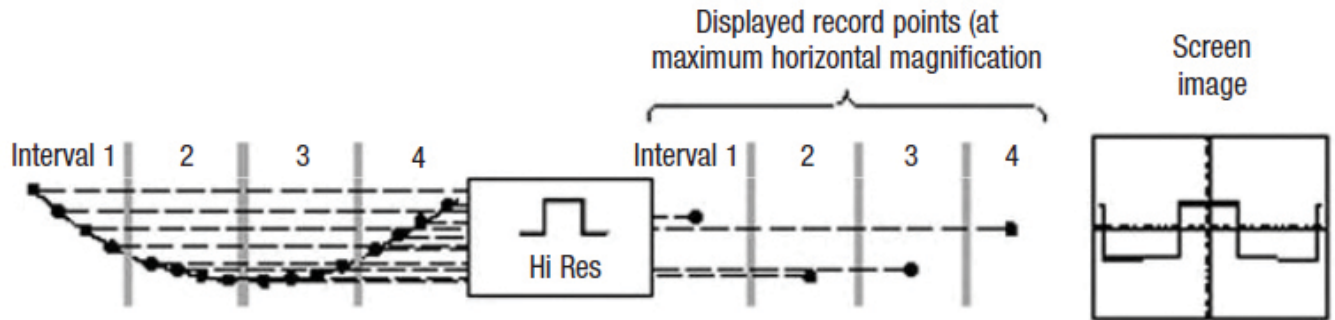


그림 7. HiRes Acquisition Mode는 각 획득 간격에 대한 모든 샘플의 평균을 계산합니다.

- 일곱째, 오실로스코프의 신호 컨디셔닝을 사용하여 원치 않는 임의의 노이즈를 제거하십시오. 고려해야 할 두 가지 신호 처리 기술이 있습니다.

첫 번째는 그림 6에 표시된 파형 평균화로, 후속 트리거링 획득에서 해당 샘플의 평균을 구합니다. 이 기술은 반복적인 신호를 필요로 하지만 랜덤 노이즈를 매우 효과적으로 제거합니다. 또한 관심 있는 주파수에 비해 샘플 속도가 매우 높으면 효과적인 시스템 대역폭에 영향을 미치지 않습니다.

마지막으로, 파형 평균은 샘플링 된 파형의 수직 해상도를 증가시킵니다.

**향상된 해상도 =  $0.5 \log_2 (N)$**

여기서 N은 총 파형 평균 수를 나타냅니다.

두 번째 기술은 그림 7에 표시된 HiRes이며 이는 박스 카 평균화의 한 형태입니다. 이 기술은 획득 내에서 연속적인 샘플 그룹을 평균화합니다. 따라서 이 기술은 싱글 샷 이벤트에서 작동하며 랜덤 노이즈를 제거하는 데 효과적입니다

파형 평균화와 마찬가지로 HiRes는 파형의 수직 해상도를 증가시킵니다.

**향상된 해상도 =  $0.5 \log_2 * (D)$**

여기서 D는 데시메이션 비율 또는 최대 샘플 속도 / 실제 샘플 속도입니다.

HiRes의 부수적인 이점은 유효 시스템 대역폭이 예측 가능하게 줄어들어 시스템의 노이즈 대역폭을 제한 할 수 있다는 것입니다.

결과 -3dB 대역폭 (측정 시스템의 아날로그 대역폭에 의해 추가로 제한되지 않는 한)은 다음과 같습니다.

**BW =  $0.44 * SR$**

여기서 BW는 대역폭 (Hertz)이고 SR은 실제 샘플 속도 (samples / second)입니다.



그림 8. 전압, 전류, 전력 및 에너지 판독 값

■ 여덟째, 전류 및 전압 프로브 스케일 팩터 및 단위가 오실로스코프 측정 시스템에 반영되는지 확인하십시오. 이는 측정 결과의 해석을 단순화하고 오류를 방지합니다. 가능하면 감쇠 계수와 단위를 오실로스코프에 자동으로 전달하는 프로브를 사용하십시오. 그림 8의 상단은 노란색 채널이 있는 예를 보여줍니다. 1은 TDP1000 차동 프로브의 전압 측정 (볼트 단위)이고 시안 채널 2는 TCP0030 AC / DC 전류 프로브의 전류 측정 (암페어)이며 주황색 M1 연산 채널은 순간 전력 (와트)을 계산합니다. 자주색 M2 수학 채널은 순간 에너지를 와트 단위로 계산합니다. 스케일 팩터와 단위는 모두 사용자 상호 작용 없이 프로브와 오실로스코프에 의해 자동으로 설정되었습니다.

■ 마지막으로 전력 측정 애플리케이션을 사용하여 오실로스코프 설정을 단순화하고 측정 반복성을 개선하십시오. 애플리케이션 (예 : 그림 8의 하단에 표시된 Tektronix DPOPOWER)은 전력 파형의 획득, 신호 처리 및 분석을 자동화하고 측정 결과에 대한 표준화 된 문서를 제공합니다.

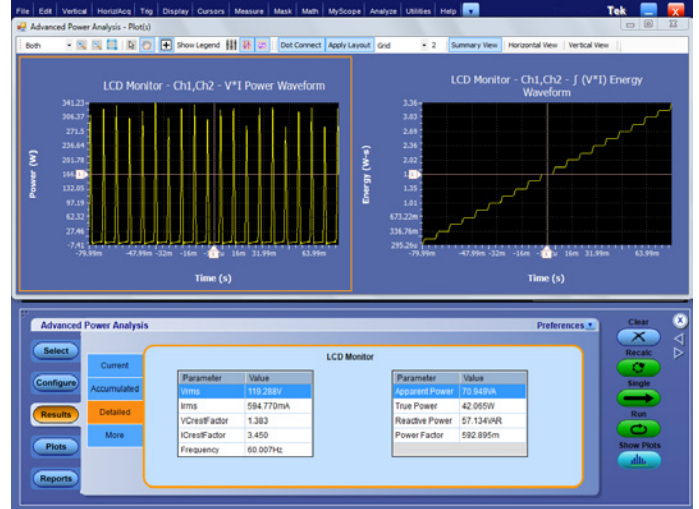


그림 9. LCD 컴퓨터 모니터가 켜져있는 동안의 전원 품질 측정

## 저전력 측정 예

"끄기" 또는 대기 모드에 있는 장치의 전력 사용을 줄이기 위해 전 세계에 많은 이니셔티브와 규정이 있습니다. 이 전력은 일반적으로 특정 장치에 비해 낮지만 전 세계에 설치된 수십억 개의 장치에 의해 소비되는 총 대기 전력은 전 세계 총 전기 사용량의 상당 부분을 차지합니다.

이러한 규정 및 이니셔티브에 필요한 측정 정확도는 몇 퍼센트 (프로브, 오실로스코프 및 우수한 측정 기술로 달성 가능)에서 1 퍼센트의 작은 비율 (정밀 DMM, 파워 미터 및 전력 분석기로만 달성 가능)까지 다양합니다.

그러나 설계 검증, 제품 사양에 대한 검증 및 사전 준수 대기 전력 테스트를 위해서는 이 기술 개요에 설명된 기술로 충분합니다. 첫 번째 입력 전원 품질 측정 설정은 LCD 컴퓨터 모니터에 있습니다. 라인 전압은 TMDP0200 차동 프로브로 측정하고 입력 전류는 TCP0030 전류 프로브로 측정합니다.

그림 9는 MSO5000B 시리즈 오실로스코프에서 실행되는 DPOPOWER 전력 애플리케이션 소프트웨어를 보여 주며 입력 전압, 전류, 전력, 주파수 및 파고율의 자동 측정 값을 표시합니다. 모니터는 켜져 있는 동안 약 45W의 실제 전력을 소비합니다.

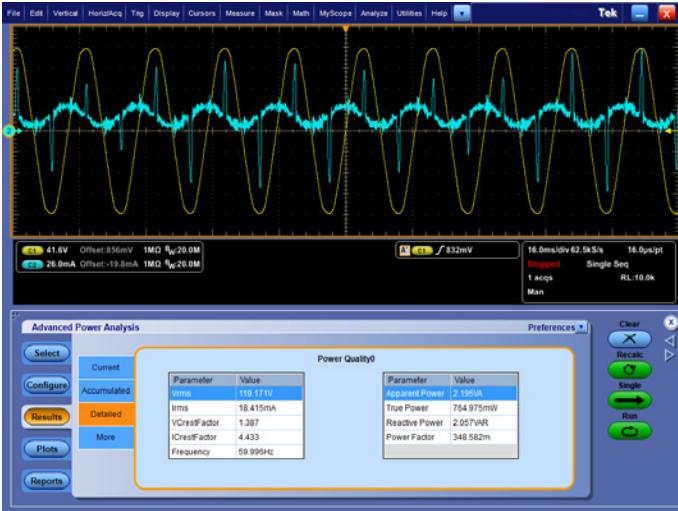


그림 10. 대기 전원 모드에서 LCD 모니터의 전원 품질 측정.

그림 10은 대기 전원 모드에 있는 동안 동일한 컴퓨터 모니터에서 동일한 측정을 보여줍니다. 전원 스위치를 끈 후 응용 프로그램의 단일 버튼을 누르면 전원 응용 프로그램이 다시 실행됩니다. 모니터는 이제 1W 설계 목표보다 훨씬 낮은 와트의 1/4 미만을 소비합니다. 전력 소비가 감소함에 따라 전류 펄스가 좁아져 전류 파고율이 높아지고 역률이 크게 저하됩니다.



그림 11. 랩톱이 실행되는 동안 랩톱 배터리가 충전 된 후 PC 전원 어댑터의 전원 품질 측정

두 번째 예는 1.5Amp 랩탑 PC 전원 어댑터의 라인 입력에서 동일한 테스트 설정으로 수행한 전력 품질 측정을 보여줍니다. 컴퓨터가 실행 중이고 배터리가 여전히 충전되는 동안 어댑터는 약 24W를 소비합니다. 컴퓨터 배터리가 완전히 충전되면 그림 11과 같이 전력 소모량이 약 21 와트로 떨어집니다. 다시 한 번, 전류는 펄스로 유입되어 높은 전류 파고율과 낮은 역률을 나타냅니다.



그림 12. 랩탑 배터리를 충전 한 후 랩탑을 끈 상태에서 PC 전원 어댑터의 전원 품질 측정.



그림 13. 로드 되지 않은 랩톱 PC 전원 어댑터의 전원 품질 측정

그림 12는 랩탑을 끄고 전원 응용 프로그램의 단일 버튼을 다시 누르면 전원이 1 와트 미만으로 떨어지는 것을 보여줍니다. 전류의 피크는 매우 작고 시안 전류의 정현파 성분과 황색 전압 사이에 상당한 위상 편이가 있어 입력 필터의 라인 간 커패시터에 의해 지배되는 높은 반응성 부하를 나타냅니다. 이 무효 부하는 실제 전력 및 피상 전력 측정의 상대적인 크기를 비교하여 확인됩니다.

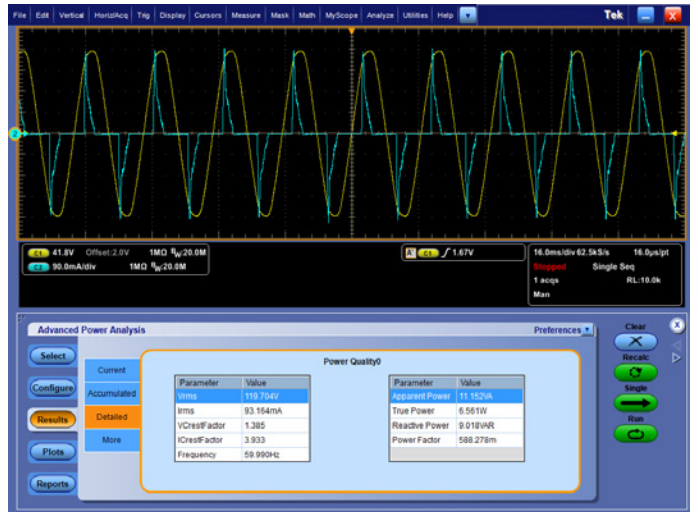


그림 14. 휴대폰이 충전되는 동안 휴대폰 충전기의 전력 품질 측정

랩톱을 전원 어댑터에서 분리하면 파형의 일반적인 특성은 비슷하지만 그림 13과 같이 전원이 훨씬 더 떨어집니다. 동일한 테스트 설정으로 이루어진 세 번째 예는 0.15A 휴대 전화 충전기에서 수행된 전력 품질 측정을 보여줍니다. 전화기가 충전되는 동안 어댑터는 그림 14와 같이 2 와트 이상의 전력을 소비합니다.

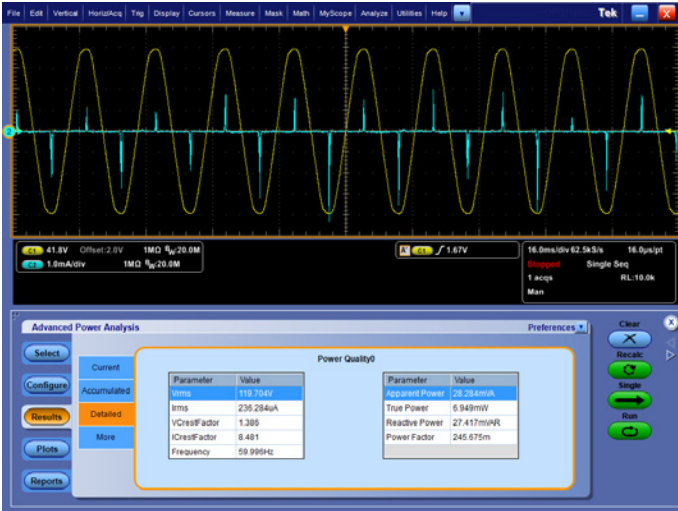


그림 15. 휴대폰 충전 후 휴대폰 충전기의 전력 품질 측정.

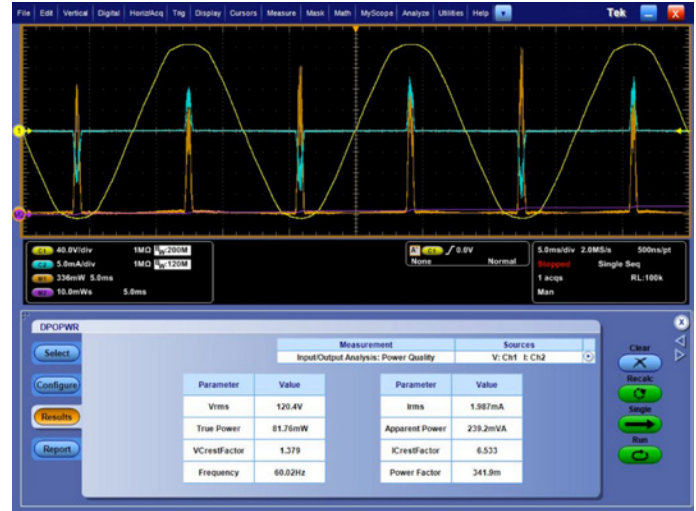


그림 16.로드되지 않은 Bluetooth 페어링 장치 충전기의 전력 품질 측정.

휴대폰 배터리가 충전되면 그림 15와 같이 어댑터가 끌어 낸 전력이 약 85mW로 떨어집니다 (100mW 설계 목표보다 훨씬 낮음). 마지막 예는 장치가 완전히 충전 된 후 Bluetooth 보청기 페어링 장치 용 배터리 충전기의 라인 입력에서 수행되는 전력 품질 측정을 보여줍니다. 그림 16은 DPOPPWR 자동 전력 품질 측정을 보여줍니다.

이 경우 고전류 파고율 측정에 표시된 것처럼 전류는 매우 짧은 펄스에서만 끌어옵니다. 순간 전력도 펄스 화되지만 전력 손실에 대한 평균값은 낮습니다. 다시, 대기 전력은 100mW 설계 목표보다 훨씬 낮습니다.

## 결론

이 기술 개요에 설명 된 측정 기술을 사용하면 오실로스코프 및 고성능 전력 프로브를 사용하여 대기 전력과 같은 저전력 측정을 쉽고 정확하게 수행 할 수 있습니다.

전력 측정 어플리케이션으로 자동화하면 이러한 측정을 쉽고 반복적으로 수행 할 수 있습니다.

**Contact Tektronix:**

- ASEAN / Australia (65) 6356 3900
- Austria\* 00800 2255 4835
- Balkans, Israel, South Africa and other ISE Countries +41 52 675 3777
- Belgium\* 00800 2255 4835
- Brazil +55 (11) 3759 7627
- Canada 1 (800) 833-9200
- Central East Europe and the Baltics +41 52 675 3777
- Central Europe & Greece +41 52 675 3777
- Denmark +45 80 88 1401
- Finland +41 52 675 3777
- France\* 00800 2255 4835
- Germany\* 00800 2255 4835
- Hong Kong 400-820-5835
- Ireland\* 00800 2255 4835
- India +91-80-30792600
- Italy\* 00800 2255 4835
- Japan 0120-441-046
- Luxembourg +41 52 675 3777
- Macau 400-820-5835
- Mongolia 400-820-5835
- Mexico, Central/South America & Caribbean 52 (55) 56 04 50 90
- Middle East, Asia and North Africa +41 52 675 3777
- The Netherlands\* 00800 2255 4835
- Norway 800 16098
- People's Republic of China 400-820-5835
- Poland +41 52 675 3777
- Portugal 80 08 12370
- Puerto Rico 1 (800) 833-9200
- Republic of Korea +822-6917-5000
- Russia +7 495 664 75 64
- Singapore +65 6356-3900
- South Africa +27 11 206 8360
- Spain\* 00800 2255 4835
- Sweden\* 00800 2255 4835
- Switzerland\* 00800 2255 4835
- Taiwan 886-2-2656-6688
- United Kingdom\* 00800 2255 4835
- USA 1 (800) 833-9200

\* If the European phone number above is not accessible, please call +41 52 675 3777

Contact List Updated June 2013

**For Further Information**

Tektronix maintains a comprehensive, constantly expanding collection of application notes, technical briefs and other resources to help engineers working on the cutting edge of technology. Please visit [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)



Copyright © 2013, Tektronix. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material. Specification and price change privileges reserved. TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc. All other trade names referenced are the service marks, trademarks or registered trademarks of their respective companies.

11/13 EA/WWW

48W-28259-1



서울본사 서울특별시 영등포구 경인로 775(문래동 3가, 에이스하이테크시티 3동 2층 201호)  
 TEL: 070-7872-0701 FAX: 02-2167-3801 E-mail: sales@nubicom.co.kr

대전지사 대전광역시 유성구 덕명동로 22번길 10  
 TEL: 070-7872-0712 FAX: 02-2167-3801 mail: jbkim@nubicom.co.kr