

오실로스코프로 전원 공급기 스위칭 손실 측정

APPLICATION NOTE



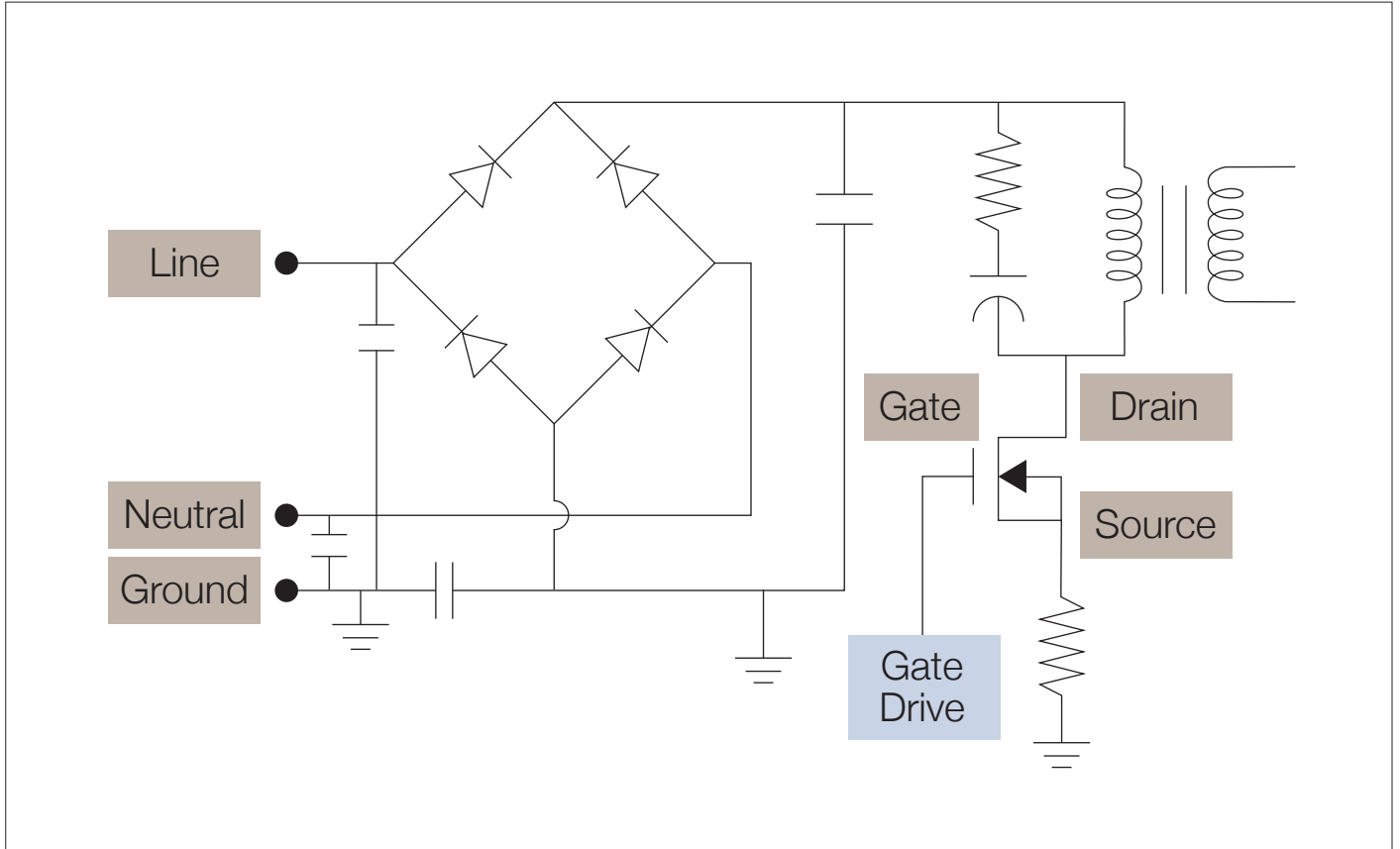


그림 1. 단순화 된 스위치 모드 전원 공급 장치 스위칭 회로.

소개

전력 효율 개선 및 배터리 구동 장치의 작동 시간 연장에 대한 요구로 인해 전력 손실을 분석하고 전력 공급 효율을 최적화하는 능력이 그 어느 때 보다 중요합니다. 효율의 주요 요소 중 하나는 스위칭 장치의 손실입니다. 이 애플리케이션 노트는 이러한 측정에 대한 간략한 개요와 오실로스코프 및 프로브를 사용하여 더 나은 반복 측정을 수행하기 위한 팁을 제공합니다.

일반적인 스위치 모드 전원 공급 장치의 효율은 약 87% 일 수 있습니다. 즉, 입력 전원의 13%가 전원 공급 장치 내에서 대부분 폐열로 소산됩니다. 이 손실 중 스위칭 장치, 일반적으로 MOSFET 또는 IGBT에서 상당 부분이 손실됩니다.

이상적으로, 스위칭 장치는 광 스위치와 같이 "켜기"또는 "끄기"이며, 이러한 상태 사이에서 순간적으로 전환됩니다. "온"상태에서 스위치의 임피던스는 0 이고 스위치를 통해 흐르는 전류의 양에 상관없이 스위치에서 전력이 소비되지 않습니다. "off"상태에서 스위치의 임피던스는 무한하며 제로 전류가 흐르므로 전력이 소모되지 않습니다.

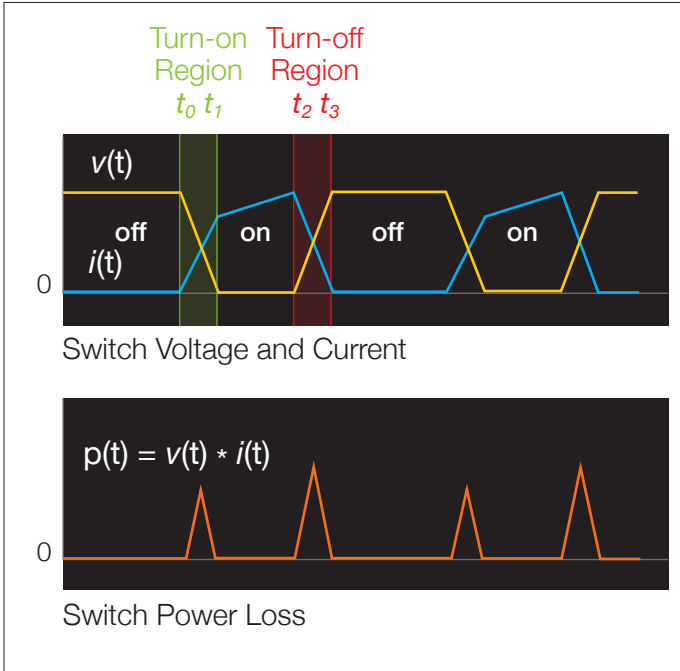


그림 2. 스위칭 장치를 통해 순간 전압과 전류를 곱하면 스위칭 사이클 전체에 즉각적인 전력이 공급됩니다.

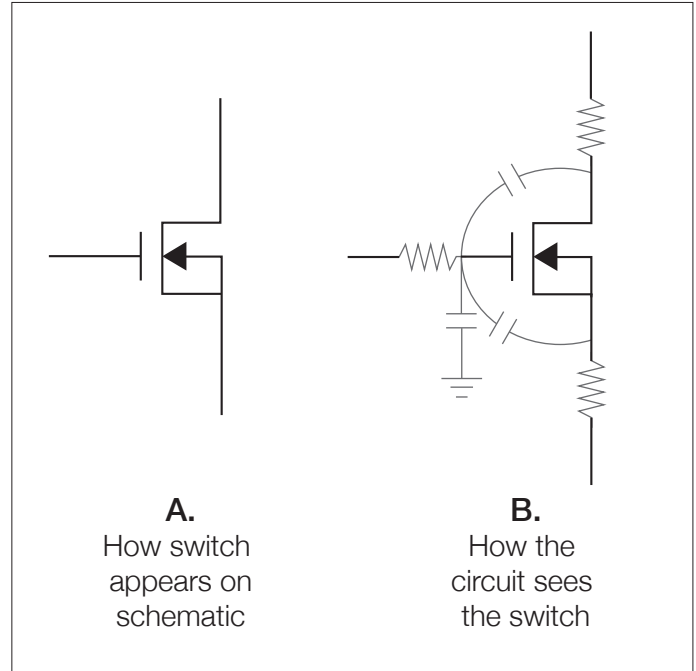


그림 3. A : 회로도에 스위치가 나타나는 방법 및 B : 회로가 스위치를 보는 방법

실제로, "켜짐"(전도) 상태에서는 일부 전원이 소실되고, 종종 "켜짐"과 "꺼짐"(꺼짐) 사이 및 "꺼짐"과 "켜짐"사이의 전환 중에는 훨씬 더 많은 힘이 낭비됩니다." (컴). 이러한 비 거래 행동은 회로의 기생 요소로 인해 발생 합니다.
그림 3b에 도시 된 바와 같이, 게이트상의 기생 커패시턴스는 소자의 스위칭 속도를 느리게 하여 턴-온 및 턴-오프 시간을 연장시킵니다. MOSFET 드레인과 소스 사이의 기생 저항은 드레인 전류가 흐를 때마다 전력을 소비합니다.

전도 손실

전도 상태에서 스위치는 저항과 전압 강하가 작고 스위치를 통해 흐르는 전류의 함수로 전력을 소비합니다.

MOSFET의 경우 이 전력은 일반적으로 다음과 같이 모델링 됩니다.

$$P = I_D^2 * R_{DSon} = I_D * V_{DS}$$

- 여기서 ID는 드레인 전류입니다.
- RDSon은 드레인과 소스 사이의 동적 온 저항이며, 종종 < 1 ohm입니다.
- VDS는 드레인과 소스 사이의 포화 전압이며, 종종 < 1 V

IGBT 또는 BJT의 경우 이 성능은 일반적으로 다음과 같이 모델링 됩니다.

$$P = I_C * V_{CEsat}$$

- 여기서 IC는 콜렉터 전류이며
- VCEsat는 수집기와 이미 터 사이의 포화 전압이며, 종종 < 1V

턴-온(turn-on) 손실

전원을 켜는 동안 스위치를 통한 전류가 빠르게 증가하고 장치의 전압 강하가 빠르게 감소합니다.

그러나 MOSFET의 게이트-드레인 커패시턴스와 같은 기생 요소는 스위치가 즉시 켜지지 않도록 합니다.

장치가 켜져 있는 동안 장치를 통해 상당한 전류가 흐르고 장치 전체에 걸쳐 상당한 전압이 발생하여 상당한 전력 손실이 발생합니다.

MOSFET의 경우 전원을 켤 때 이 전력은 일반적으로 다음과 같이 모델링 됩니다:

$$P = I_D * V_{DS}$$

- 여기서 ID는 드레인 전류이며
- VDS는 드레인과 소스 사이의 전압입니다

IGBT 또는 BJT의 경우 전원을 켜는 동안이 전원은 일반적으로 다음과 같이 모델링 됩니다.

$$P = I_C * V_{CE}$$

- 여기서 IC는 콜렉터 전류이며
- VCE는 Collector-Emitter 전압입니다

턴 오프 손실

유사한 방식으로, 턴 오프 동안 스위치를 통한 전류는 빠르게 감소하고 장치 전체의 전압 강하가 빠르게 증가하지만 회로 기생은 스위치가 즉시 꺼지는 것을 방지합니다. 장치가 꺼져있는 동안 장치를 통해 흐르는 상당한 전류와 장치에 걸친 상당한 전압이 있습니다.

상당한 전력 손실이 발생합니다. 위의 방정식도 적용됩니다.

스위칭 손실 측정

스위칭 손실을 측정하는 방법에는 두 가지가 있습니다. 수동 설정 및 내장 오실로스코프 측정을 사용하여 측정 할 수 있지만 일부 오실로스코프에는 자동 측정 시스템도 있습니다. 자동 측정은 설정이 쉽고 반복 가능한 결과를 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있습니다. 두 기술 중 하나를 사용하면 신중한 프로빙 및 최적화를 통해 좋은 결과를 얻을 수 있습니다.

프로빙 및 측정 설정

특정 전력 측정에 대해 논의하기 전에 정확하고 반복 가능한 측정을 수행하는 6 가지 주요 단계가 있습니다.

1. R전압 오프셋 오류를 제거하십시오:

차동 프로브의 증폭기는 측정 정확도에 영향을 주는 약간의 DC 전압 오프셋을 가질 수 있습니다. 입력이 단락 되고 신호가 적용되지 않은 상태에서 프로브의 DC 오프셋을 자동 또는 수동으로 0으로 조정하십시오.

2. 현재 오프셋 오류를 제거하십시오.

전류 프로브는 증폭기의 오프셋뿐만 아니라 프로브의 잔류 자기로 인해 DC 오프셋 오류를 나타낼 수도 있습니다. 조가 닫히고 신호가 적용되지 않으면 프로브에서 DC 오프셋을 자동 또는 수동으로 무효화합니다.

3. 타이밍 오류를 제거하십시오.

순간 전력 측정은 여러 신호를 기반으로 계산되므로 신호를 올바르게 시간 정렬하는 것이 중요합니다. 전압과 전류를 측정하는 데 다른 기술이 사용되며 이러한 장치를 통한 전파 지연이 크게 다를 수 있어 측정 오류가 발생할 수 있습니다.왜곡 보정 메뉴에서 공칭 전파 지연의 차이를 설명하기 위해 채널 간 타이밍을 조정하면 일반적으로 좋은 결과를 얻을 수 있습니다. 가장 정확한 결과를 얻으려면 모든 사람들에게 높은 슬루 레이트 신호를 적용하십시오. 모든 채널 사이의 상대 타이밍 오프셋 (비틀어 짐)을 주의해서 제거하십시오.

4. 신호 대 잡음비 최적화:

모든 측정 시스템, 특히 최신 오실로스코프와 같은 디지털 장치에서 우수한 측정 기술을 사용하려면 노이즈의 영향을 최소화하고 수직 분해능을 최대화하기 위해 신호를 가능한 크게 (클리핑없이) 유지해야 합니다. 여기에는 신호를 프로빙 할 때 필요한 최저 감쇠 사용과 오실로스코프의 전체 동적 범위 사용이 포함됩니다.

5. 신호 컨디셔닝:

입력 신호를 조정하여 측정 품질을 향상시킬 수도 있습니다. 대역폭 제한을 사용하여 관심 주파수보다 높은 노이즈를 선택적으로 줄일 수 있으며 평균화를 사용하여 신호의 상관되지 않거나 임의의 노이즈를 줄일 수 있습니다. 고해상도 획득 모드는 대역폭 제한 및 노이즈 감소, 향상된 수직 해상도를 제공하며 단일 샷 모드에서 획득 한 신호에서도 작동합니다.

6. 정확도 및 안전:

최고의 정확도를 위해 장비를 정상 작동 범위 내에서 최대 정격 이하로 사용하십시오. 또한 안전을 위해 항상 장비의 최대 사양을 준수하고 제조업체의 사용 지침을 따르십시오.

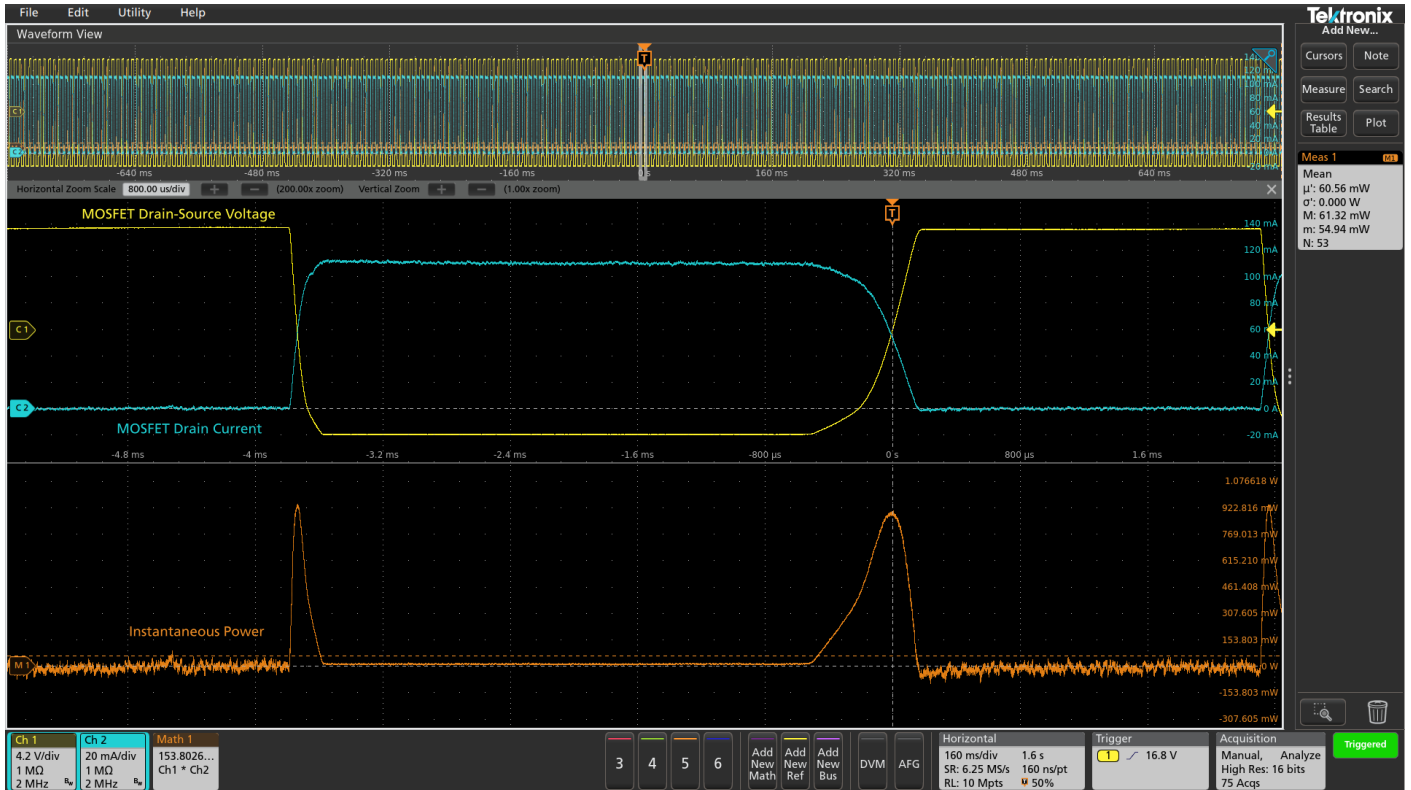


그림 4. 전체 획득에 대한 전력 데이터의 파형 곱셈 및 평균 측정을 사용한 스위칭 전력 손실 측정. 이 기술은 이 오실로스코프의 표준 기능을 사용하여 수동 설정에 의존합니다.

스위칭 손실 측정 - 수동 설정 및 내장 측정

턴 오프 손실을 측정하는 한 가지 방법은 게이트 측정입니다. 끄기 단계에서 소비되는 평균 전력을 측정하는 것이 목적입니다. 이 예에서 MOSFET의 VDS는 차동 전압 프로브로 획득되며 그림 4에서 노란색으로 표시됩니다. 드레인 전류는 AC / DC 전류 프로브로 획득되며 시안 색으로 표시됩니다. 각 채널의 수직 감도와 오프셋은 신호가 수직 범위의 절반 이상을 차지하지만 계수 선의 위와 아래로 확장되지 않도록 조정됩니다.

시각적 분석에는 안정적인 디스플레이가 중요하므로 오실로스코프의 에지 트리거는 전압 파형의 50% 지점으로 설정됩니다. 그런 다음 신호 속도에서 적절한 타이밍 해상도를 보장하도록 샘플 속도를 설정합니다. 이 경우 6.25 GS/s의 샘플링 속도는 스위칭 파형의 각 에지에서 많은 샘플 포인트를 발생시킵니다. 마지막으로 고해상도 해상도 모드를 사용하여 수직 해상도를 16 비트로 늘릴 수 있습니다. 그런 다음 파형 연산을 사용하여 전류에 전압을 곱하여 주황색 순간 전력 파형을 만듭니다.

자동 측정은 전력 파형의 평균 또는 평균값을 측정하는 데 사용됩니다. 이 예에서 엔지니어는 스위칭 손실 측정의 품질을 최적화하기 위해 오실로스코프를 수동으로 조정했습니다. 나중에 이 엔지니어 나 다른 엔지니어가 측정을 약간 다르게 설정하여 측정 결과가 다를 수 있습니다. 전력 분석 소프트웨어를 통해 측정을 자동화하면 많은 변동 원인이 제거됩니다.

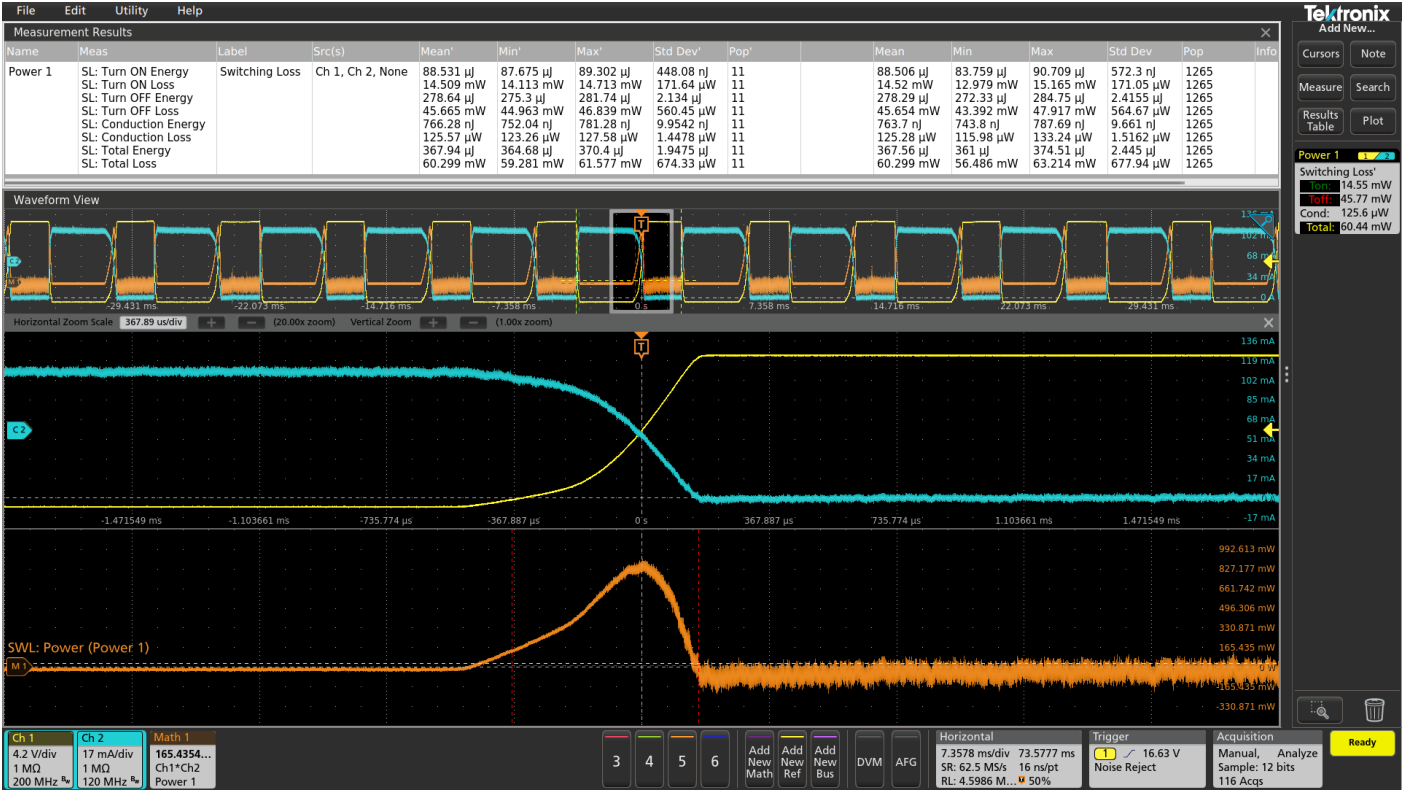


그림 5. 자동 스위칭 손실 측정은 전원 켜기, 끄기 및 전도 중 전력 및 에너지 손실을 결정합니다. 이 경우 전력 손실 분석 소프트웨어는 스위칭 손실 측정이 켜지면 자동으로 측정을 설정합니다.

스위칭 손실 측정 - 전력 분석 소프트웨어를 사용하여 자동화

설정을 일관되게 최적화하고 측정 반복성을 향상 시키려면 전력 측정 어플리케이션이 유용 할 수 있습니다.

이 경우 PWR Advanced Power Analysis 응용 프로그램은 스위칭 손실 측정을 위한 사용자 지정 자동 설정을 제공 한 다음 버튼을 눌러 전체 스위칭 손실 전력 및 에너지 측정을 수행합니다.

슬루율 및 스위칭 손실

순간 전력 파형을 검사하고 그림 5의 스위칭 손실 측정 값으로 표시된 것처럼 턴 오프 손실은 총 스위칭 손실에서 지배적인 손실 메커니즘입니다.

이 높은 손실의 잠재적 원인은 스위치 구동 회로의 성능 때문입니다. 드라이브 신호의 천이 시간 또는 슬루율이 예상보다 느리면 스위치는 예상보다 길게 ON 및 OFF 상태로 유지되며 스위칭 손실은 예상보다 높습니다.

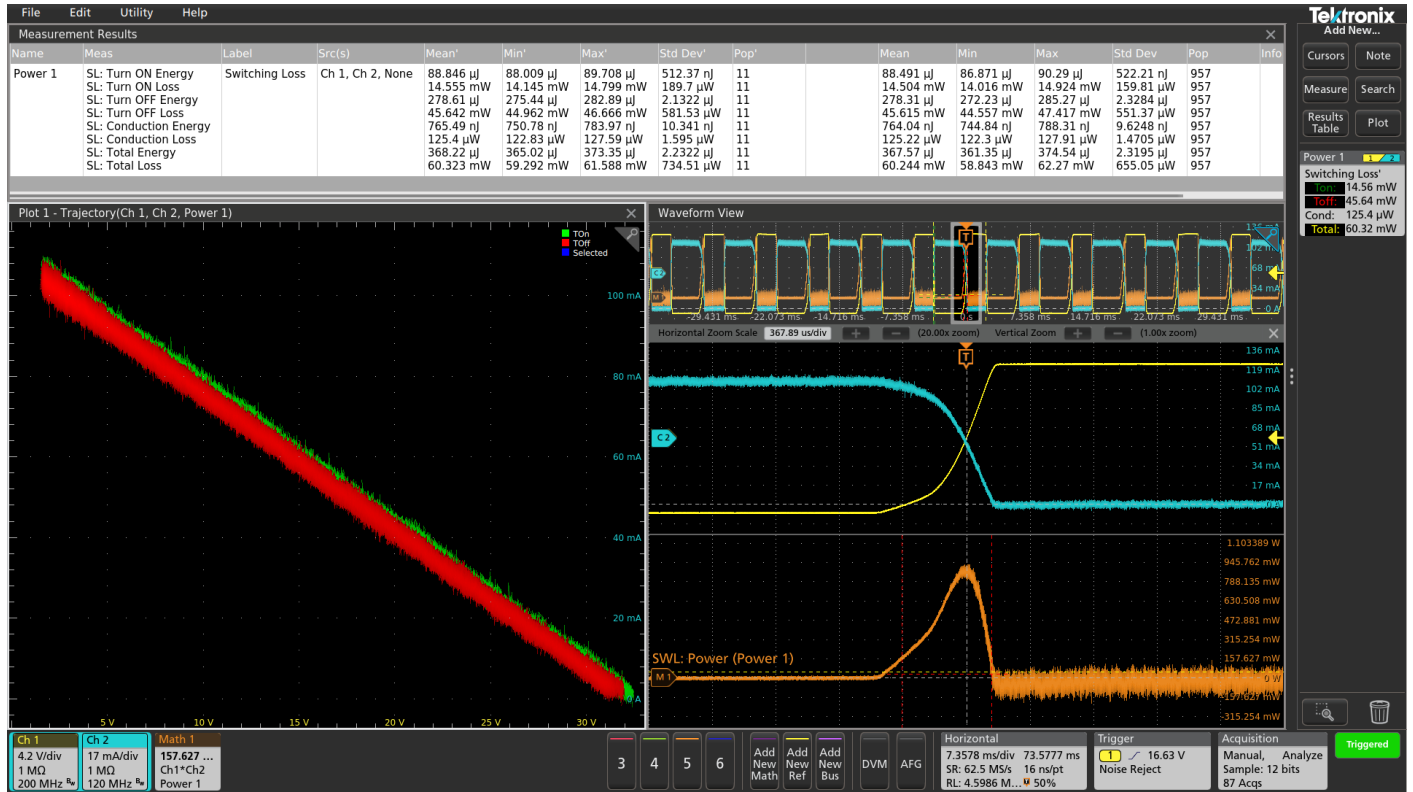


그림 6. 궤적 플롯은 여러주기에 걸쳐 턴온 (녹색 트레이스) 및 턴 오프 (빨간색 트레이스) 동안의 전압과 전류를 보여줍니다. 이 테스트 회로에서 드레인 전류는 저항에 의해 제한되므로 플롯은 선형입니다.

슬루율 측정은 주어진 시간 간격 (일반적으로 에지의 10% ~ 90% 지점)에서 전압의 변화이며 볼트/초 단위를 가집니다. 수학적 미분은 본질적으로 고역 통과 필터이므로 노이즈를 강조하기 때문에 이러한 측정에서 임의의 노이즈의 영향을 줄이기 위해 평균화를 사용하는 것이 좋습니다.

신호 에지의 10% 지점에 하나의 파형 커서를 배치하고 파형 에지의 90%에 다른 커서를 배치하여 커서로 수동으로 슬루 레이트를 측정할 수 있습니다. 그런 다음 전압 측정 간의 차이를 커서 간의 시간 차이로 나누어 슬루율을 계산합니다. 이 기술을 사용하려면 사용자가 파형에서 10% 및 90% 포인트를 추정하고 결과를 계산해야 합니다.

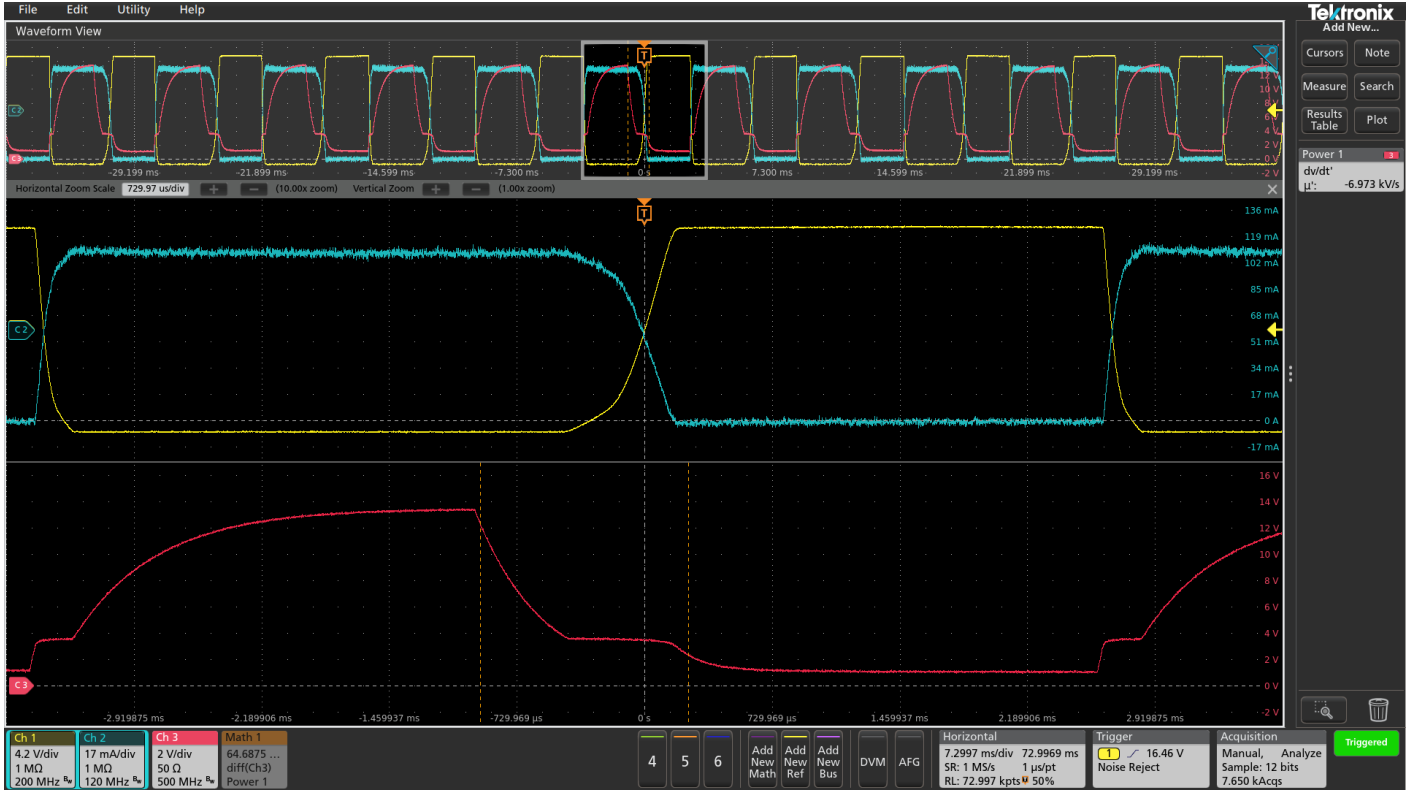


그림 7. MOSFET 게이트 신호에서 자동 슬루 레이트 측정.

많은 오실로스코프는 자동 측정으로 이 프로세스를 개선 할 수 있습니다.

자동 진폭 및 상승 시간 측정을 사용하여 신호의 진폭을 결정하고 측정 임계 값을 해당 진폭의 10 % 및 90 %로 설정 한 다음 신호의 상승 시간을 측정 할 수 있습니다.

복잡한 신호의 경우 커서 게이팅을 사용하여 파형의 특정 부분에 측정의 초점을 맞출 수 있습니다.

그런 다음 진폭에 80 %를 곱하고 상승 시간 측정으로 나누어 슬루율을 계산합니다.

그러나 전력 분석 소프트웨어를 사용하면 슬 루율 측정 설정이 쉬워지고 설계 엔지니어가 회로의 구성 요소 값을 조정할 때 측정 결과의 변동이 줄어 듭니다.

MOSFET 게이트의 커서 게이트 슬루 레이트 측정(VGS, 그림 7의 채널 3에서 빨간색으로 표시)을 보면 스위칭 소자 게이트의 캐패시턴스가 예상보다 높기 때문에 스위칭 신호가 설계 사양보다 훨씬 느렸음을 알 수 있습니다.

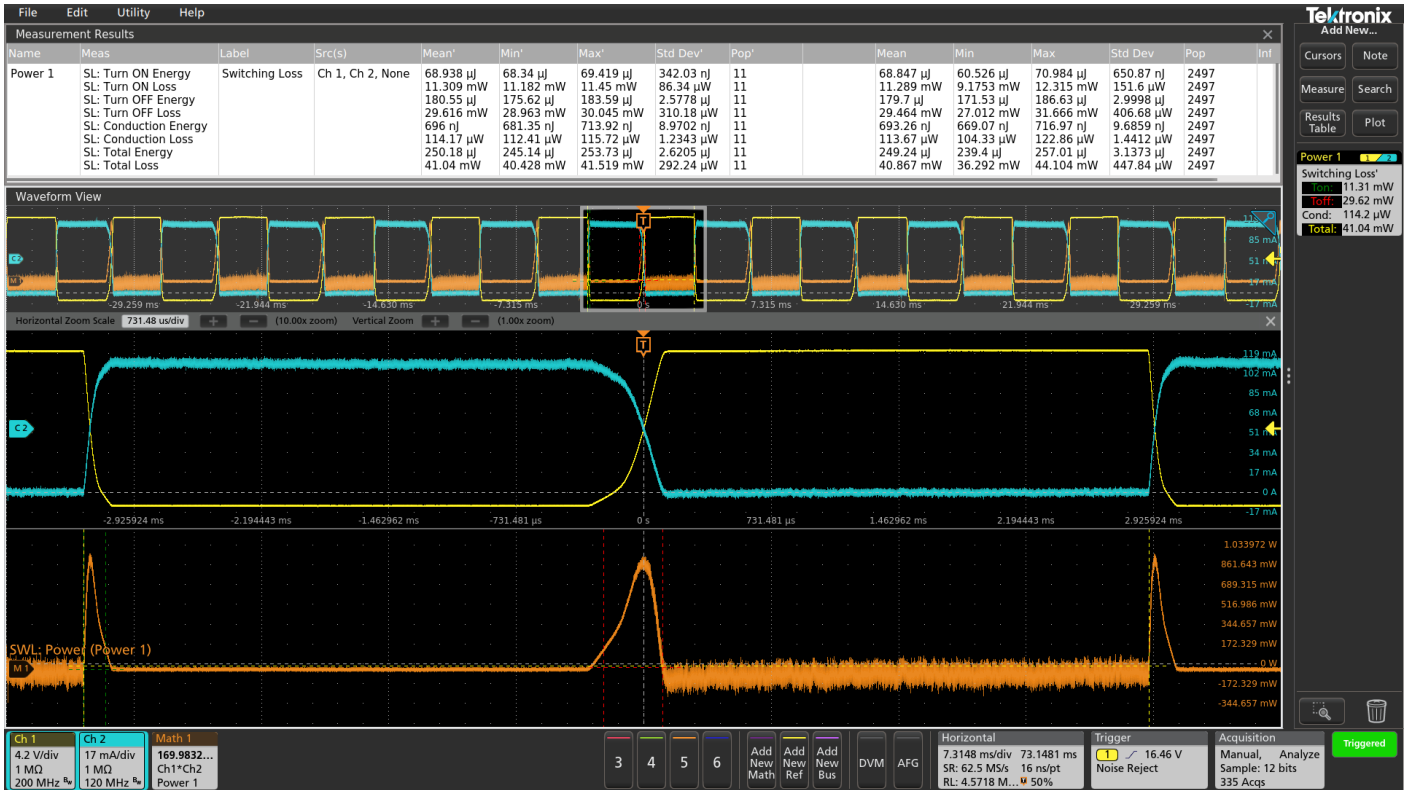


그림 8. 자동 스위칭 손실 측정으로 크게 개선되었습니다.

그림 7의 수직 커서 사이에 표시된 지수 감쇠는 게이트 구동 회로의 출력 임피던스, 스위칭 MOSFET 장치 내의 기생 게이트 커패시턴스 및 게이트의 회로 보드 커패시턴스의 함수입니다. 게이트 신호 출력 속도와 게이트 노드의 커패시턴스를 줄임으로써 구동 신호의 속도가 증가했을 때 스위칭 손실은 그림 8과 같이 거의 30% 향상되었습니다. 스위칭 손실 측정은 스위치 모드 전원 공급 장치의 효율을 최적화하는 데 중요한 부분입니다. 좋은 측정 기술을 사용하고 전력을 자동화함으로써 측정을 통해 일련의 복잡한 스위칭 손실 측정을 쉽고 빠르게 반복 할 수 있습니다.

Contact Information:

Australia* 1 800 709 465
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 / 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
India 000 800 650 1835
Indonesia 007 803 601 5249
Italy 00800 2255 4835
Japan 81 (3) 6714 3086
Luxembourg +41 52 675 3777
Malaysia 1 800 22 55835
Mexico, Central/South America and Caribbean 52 (55) 56 04 50 90
Middle East, Asia, and North Africa +41 52 675 3777
The Netherlands* 00800 2255 4835
New Zealand 0800 800 238
Norway 800 16098
People's Republic of China 400 820 5835
Philippines 1 800 1601 0077
Poland +41 52 675 3777
Portugal 80 08 12370
Republic of Korea +82 2 565 1455
Russia / CIS +7 (495) 6647564
Singapore 800 6011 473
South Africa +41 52 675 3777
Spain* 00800 2255 4835
Sweden* 00800 2255 4835
Switzerland* 00800 2255 4835
Taiwan 886 (2) 2656 6688
Thailand 1 800 011 931
United Kingdom / Ireland* 00800 2255 4835
USA 1 800 833 9200
Vietnam 12060128

* European toll-free number. If not accessible, call: +41 52 675 3777

Rev. 02.2018