

# 모델 DMM7510 7½ 디지털 그래픽 샘플링 멀티미터를 사용하여 무선 센서 노드 애플리케이션에서 초 저전력 측정

## 개요

인터넷 또는 사물 인터넷 (IoT)의 미래는 흔히 IoT 스마트 장치 및 센서라고 하는 고유하게 식별 가능한 내장 장치의 상호 연결입니다. 관심 영역에 각각 감지 및 무선 통신이 가능한 다수의 센서 노드가 무선 센서 네트워크를 구성합니다. 수십억 개의 스마트 센서가 가정 보안 시스템을 포함한 다양한 애플리케이션을 통해 IoT로 데이터를 푸시 합니다. 조명 및 HVAC 제어; 유틸리티 모니터링; 산업 제어 및 자동화; 교량, 철도, 신호등 모니터링; 다양한 기타 인프라 및 환경 사용.

응용 분야의 광범위한 차이에도 불구하고, 이 센서 노드는 의료, 건강 및 피트니스 분야에서 사용되는 것과 같은 무선 IoT 스마트 장치와 유사한 아키텍처를 공유합니다. 모든 센서 노드 설계에서 가장 일반적인 과제 중 하나는 전원 관리입니다. 무선 센서 노드는 종종 주 전원 공급이 불편하거나 불가능한 접근하기 어려운 위치에 배치됩니다. 설계자는 마이크로 컨트롤러 (MCU)의 다양한 작동 상태와 무선 센서 노드의 트랜시버와 관련된 전력 소비를 면밀히 조사해야 합니다.

일반적인 센서 노드 애플리케이션에서 센서 데이터 수집 및 무선 전송을 위한 피크 활동 기간 사이에 노드가 장시간 유휴 상태로 있을 수 있습니다. 다시 말해서, 전력 프로파일은 최대 송신 또는 수신 전력에서 수십 밀리 암페어로 표현되는 활성 피크와 수십 나노 암페어만큼 낮은 대기 전류를 특징으로 하는 긴 유휴 기간으로 구성됩니다.

$$Power = I \times V$$

$$Energy = I \times V \times Time$$

최근까지 단일 계측기는 이러한 애플리케이션에 필요한 저 전류 측정 범위, 분해능 및 속도 기능의 조합을 제공하지 않았습니다. 키 슬리 모델 DMM7510 7½ 디지털 그래픽 샘플링 멀티미터는 이러한 요구를 충족시킵니다. 모델 DMM7510에는 초당 1Megasample의 전류 및 전압을 디지털화 하기 위한 18 비트 샘플링 A-D 변환기가 있습니다. 디지털 타이징 기능은 DMM의 기존 DC 전압 및 전류 기능과 동일한 측정 범위를 포함합니다.

다시 말해, 계측기는 딥 슬립 및 유효 전류 측정에 모두 적합한 100kHz 아날로그 대역폭으로 100pA에서 10A까지 탁월한 전류 측정 기능을 제공합니다.

전압은 이러한 애플리케이션에서 일반적으로 조정되지만 모델 DMM7510은 1µV ~ 1000V의 전압을 디지털화 할 수 있으며 600kHz의 더 높은 아날로그 대역폭을 갖습니다.

에지 트리거링, 펄스 트리거링 및 윈도우 트리거링과 같은 고급 파형 트리거링 메커니즘을 결합하면 모델 DMM7510의 멀티 터치 디스플레이에서 이러한 동적 신호를 쉽게 캡처하고 상호 작용할 수 있습니다.

이 애플리케이션 노트는 Keithley 모델 DMM7510의 전면 패널에서 일반적인 무선 센서 노드 애플리케이션의 초 저전력 소비를 특성화하는 방법에 대한 개요를 제공합니다.

## 단일 전류 펄스 프로파일 평가

전류 파형의 정확한 캡처는 전력 소비 계산에 중요하며 모델 DMM7510에서 쉽게 수행 할 수 있습니다. 첫 번째 단계는 현재 관심 있는 펄스 파형과 관련된 단일 트리거 이벤트를 식별하는 것입니다. 그런 다음 그래프 사용자 인터페이스에서 내장 아날로그 에지 트리거링 메커니즘을 사용하여 트리거 범위, 트리거 기술기, 트리거 레벨, 트리거 위치 및 샘플링 속도를 설정할 수 있습니다.

이러한 획득 기준을 설정하기 위해 몇 번의 키 입력만으로 DMM의 그래픽 디스플레이에서 원하는 파형을 빠르게 볼 수 있습니다.

그림 1은 모델 DMM7510이 캡처한 일반적인 다중 레벨 활성 모드 전류 펄스를 보여줍니다. 활성 모드에는 일반적으로 수십 밀리 암페어의 높은 전류 레벨이 포함됩니다. 이러한 다중 전류 레벨은 시작 및 종료 시퀀스, 송수신 모드, 센서 데이터 변환 등과 같은 이벤트를 나타냅니다.

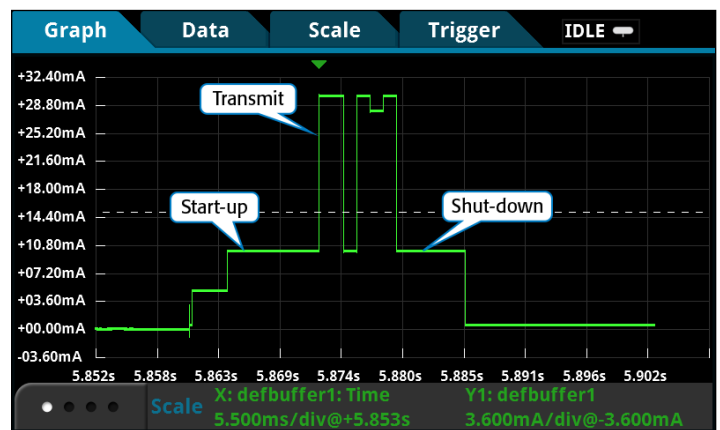

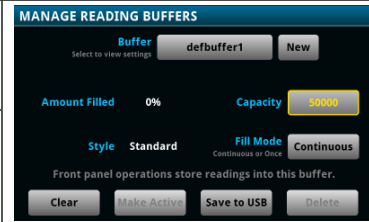
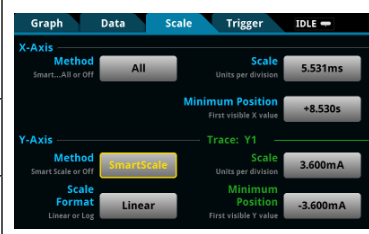
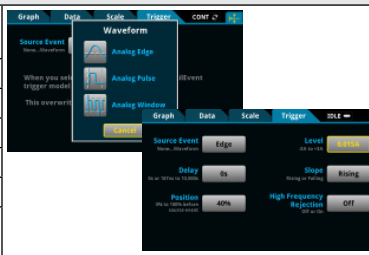


그림 1. 다중 레벨 활성 모드 전류 펄스 프로파일 예.

표 1은 그림 1의 파형 캡처와 관련된 획득 기준을 요약 한 것입니다. 측정 기능이 Digitize Current로 설정된 경우에만 사용할 수 있는 트리거 메커니즘 구성을 제외하고는 표에 나열된 정확한 순서대로 작동하지 않아도 됩니다.

표 1. 예지 트리거 디지털화 전류 파형 구성

Configure measurement function	
Push the HOME key on the front display.	
On the FUNCTIONS swipe screen, select Digi I to select the Digitize Current function.	
Push the Range button to select 100mA range.	
Swipe to display the SETTINGS swipe screen.	
Set the Sample Rate to 1,000,000.	
Configure acquisition span	
Press the MENU key and select Reading Buffers.	
Set the Capacity to 50,000 for 50ms of readings.	
Configure graph scale	
Press the MENU key and select Graph.	
Select the Scale tab.	
Set the X-Axis Method to ALL.	
Configure trigger mechanism	
Press the MENU key and select Graph.	
Select the Trigger tab.	
Set Source Event to Waveform.	
Select Analog Edge.	
Set Level to 15mA.	
Set Slope to Rising.	
Set Position to 40% for the pre-trigger position.	

모든 구성이 완료되면 전면 패널 TRIGGER 키를 눌러 단일 획득을 시작하십시오. 사전 트리거 데이터 수집이 즉시 시작되고 그래프에 표시됩니다. DMM이 트리거 조건을 만족하는 전류 레벨을 감지하면 트리거 후 판독이 완료 될 때까지 획득이 계속됩니다. 가로 및 세로 커서를 사용하여 다양한 시간 간격으로 전류를 얻을 수 있습니다. 그림 2는 모델 DMM7510의 커서 기능을 보여줍니다. MENU 키를 누르고 그래프를 선택하십시오. 커서 활성화 버튼이 표시 될 때까지 그래프 화면의 하단을 밟습니다. Both가 표시 될 때까지 커서 버튼을 반복해서 누릅니다. 수평 또는 수직 커서를 파형에서 밀고 끌어 전류 ( Y ) 및 해당 간격 ( X )을 측정합니다.

대부분의 터치 스크린 기술과 마찬가지로 커서를 파형에서보다 정확하게 위치시키기 위해 디스플레이의 어느 영역으로든 쉽게 확대/축소 및 이동을 할 수 있습니다. 그림 2의 총 유효 전류 피크 소비량은 8 개의 세그먼트로 구성됩니다. 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

$$Consumption_{totalactivecurrentpeak} = \sum_{k=0}^n Current_k \times Time Interval_k$$

$$= \Delta Y_1 \times \Delta X_1 + \Delta Y_2 \times \Delta X_2 + \dots + \Delta Y_8 \times \Delta X_8$$

where  $n = 8$

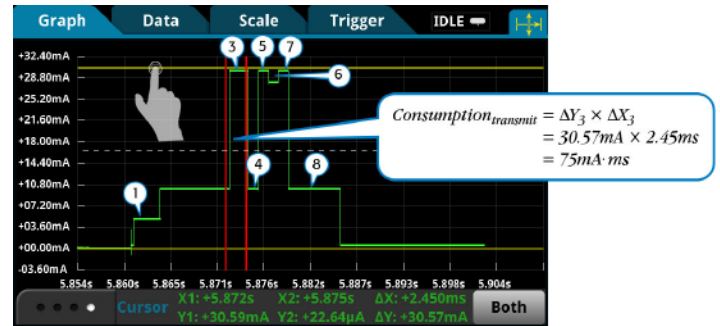


그림 2. 커서를 이용한 전력 분석.

그림 1과 2는 모두 트리거 위치 표시기 (▼)와 트리거 레벨 제어 라인을 보여줍니다. 이 점선을 위 또는 아래로 밀어 트리거 레벨을 조정하고 다른 획득을 시작할 수 있습니다. 초 저전력 관리의 새로운 개발은 여러 수준의 저전력 모드로 전력 소비를 제한하기 위한 보다 정교한 전략을 구현하는 광범위한 초 저전력 MCU 제품군을 도입했습니다. 이로 인해 단순히 실행 또는 유휴 모드보다 세밀한 수준의 세분성이 생성됩니다. 예를 들어, 대기 모드, 도즈 모드, 슬립 모드, 딥 슬립 모드 등과 같은 모드가 있으며, 현재 레벨은 수십 마이크로 암페어에서 수십 나노 암페어 정도로 낮습니다.

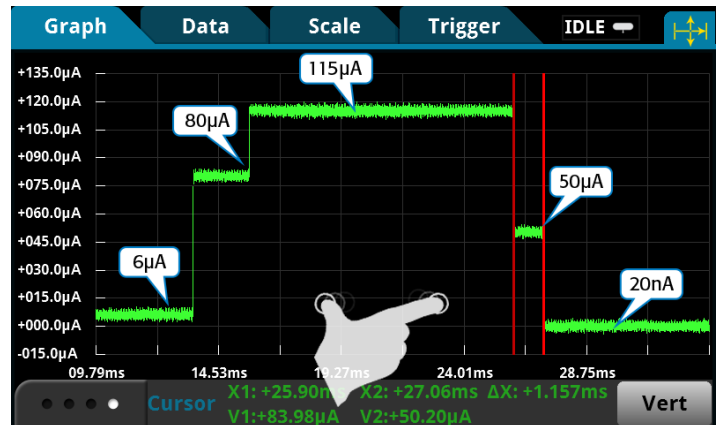
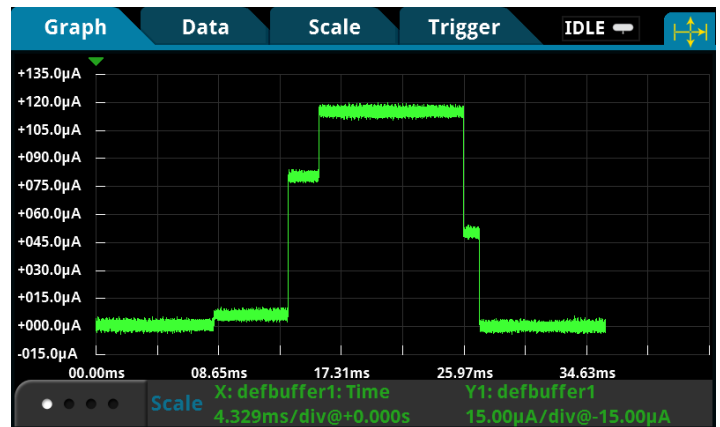


그림 3. 다중 레벨 유휴 모드 전류 펄스 프로파일의 예 (위). 커서를 사용한 전력 분석 (하단).

그림 3은 100 $\mu$ A 범위에서 캡처 한 다중 레벨 유휴 모드 전류 펄스 파형의 예입니다. 모델 DMM7510은 몇 마이크로 암페어 미만의 전류를 분해 할 수 있습니다. 모든 판독 값 및 타임 스탬프는 주 메뉴 아래의 판독 테이블을 통해 쉽게 액세스 할 수 있습니다. 그림 4를 참조하십시오.

이러한 판독 값을 썸 드라이브에 저장하려면 전면 패널의 USB 포트에 USB 썸 드라이브를 삽입하십시오. MENU 키를 누릅니다.

읽기 버퍼를 선택하고 원하는 버퍼를 누른 다음 USB에 저장을 누릅니다. 데이터는 .csv 형식으로 저장되므로 나중에 스프레드 시트로 다운로드하여 가져올 수 있습니다.

힌트 : 전면 패널에서 HOME (홈) 키와 ENTER (입력) 키를 동시에 눌러 화면 캡처를 USB 썸 드라이브에 저장합니다.

READING TABLE		
Buffer	Active (defbuffer1)	Jump to Refresh
	Time	Measure
10000	12/16 17:38:39.561392	+029.98 mA
10001	12/16 17:38:39.561393	+029.96 mA
10002	12/16 17:38:39.561394	+030.01 mA
10003	12/16 17:38:39.561395	+030.03 mA
10004	12/16 17:38:39.561396	+030.02 mA
10005	12/16 17:38:39.561397	+030.03 mA
10006	12/16 17:38:39.561398	+030.02 mA
10007	12/16 17:38:39.561399	+029.99 mA
10008	12/16 17:38:39.561400	+030.01 mA

READING TABLE		
Buffer	Active (defbuffer1)	Jump to Refresh
	Time	Measure
1	12/11 12:46:06.967874	+002.07 $\mu$ A
2	12/11 12:46:06.967875	+003.23 $\mu$ A
3	12/11 12:46:06.967876	+001.31 $\mu$ A
4	12/11 12:46:06.967877	+000.50 $\mu$ A
5	12/11 12:46:06.967878	+002.82 $\mu$ A
6	12/11 12:46:06.967879	+002.91 $\mu$ A
7	12/11 12:46:06.967880	+000.85 $\mu$ A
8	12/11 12:46:06.967881	+000.34 $\mu$ A
9	12/11 12:46:06.967882	+000.32 $\mu$ A

그림 4. 그림 1 (위) 및 3 (아래)의 현재 펄스 파형에 대한 표를 읽습니다.

### 일정 기간 동안 전력 프로파일 관찰

모델 DMM7510에는 최대 2,750 만 개의 타임 스탬프 판독 값을 저장할 수 있는 대형 판독 버퍼가 장착되어 있습니다. 이는 초당 1Mega-sample로 수집 한 27.5 초의 데이터에 해당합니다. 큰 버퍼를 사용하면 여러 번의 활성 및 유휴 이벤트가 발생하여 장시간 동안 센서 노드 작동을 볼 수 있습니다. 그림 5와 같이 MENU 아래의 Reading Buffers에서 획득 범위 또는 버퍼 용량을 간단히 변경할 수 있습니다.

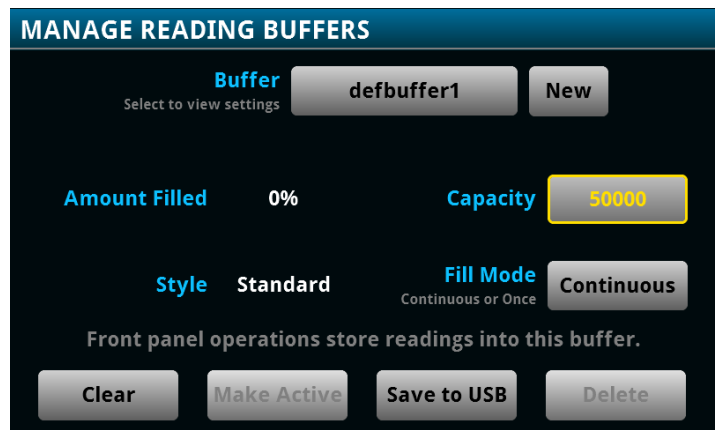


Figure 5. Current pulse capture using the analog pulse trigger mechanism.

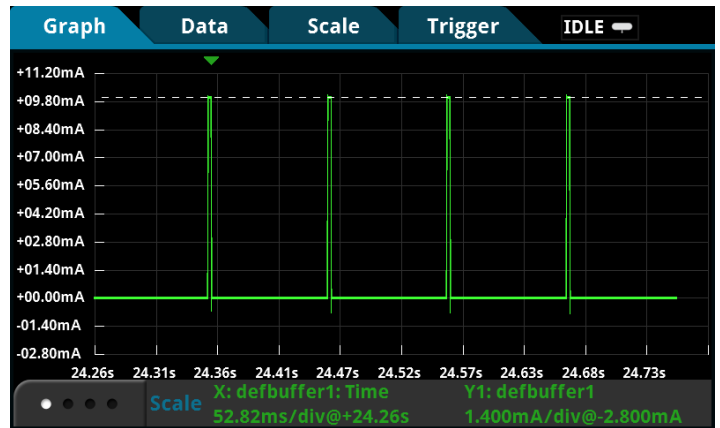


그림 6. 연장 된 파형 캡처 기간 동안 획득 범위 증가

그림 6은 각각 100ms 유휴 기간으로 분리 된 4 개의 3ms, 10mA 피크 전류 펄스로 표시되는 능동 전송의 예를 보여줍니다. 앞에서 설명한 아날로그 에지 트리거 메커니즘 외에도 내장 된 아날로그 펄스 트리거 메커니즘을 사용하여 특정 전류 펄스 프로파일이 발생할 때 획득을 시작할 수 있습니다. 표 2에는 그림 6에서 캡처 한 파형의 펄스 트리거 구성이 나와 있습니다.

표 2. 펄스 트리거 디지털화 전류 파형 구성

Configure trigger mechanism	
Press the MENU key and select <b>Graph</b> .	
Select the <b>Trigger</b> tab.	
Set Source Event to <b>Waveform</b> .	
Select <b>Analog Pulse</b> .	
Set Level to <b>10mA</b> .	
Set Pulse Width to <b>500<math>\mu</math>s</b> .	
Set Condition to <b>Greater than 500<math>\mu</math>s</b> .	
Set Position to <b>20%</b> for the pre-trigger position.	

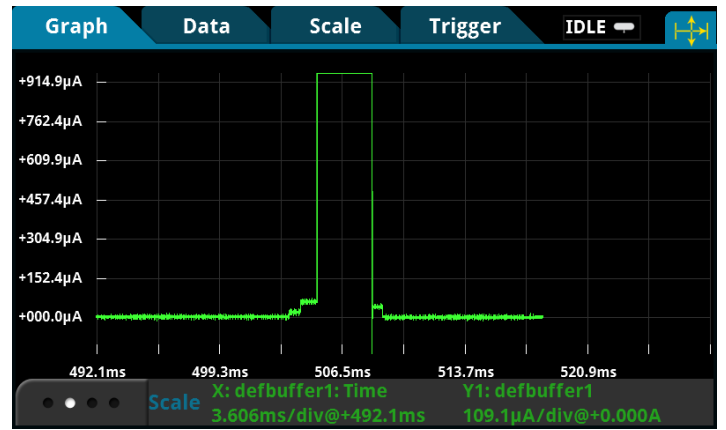
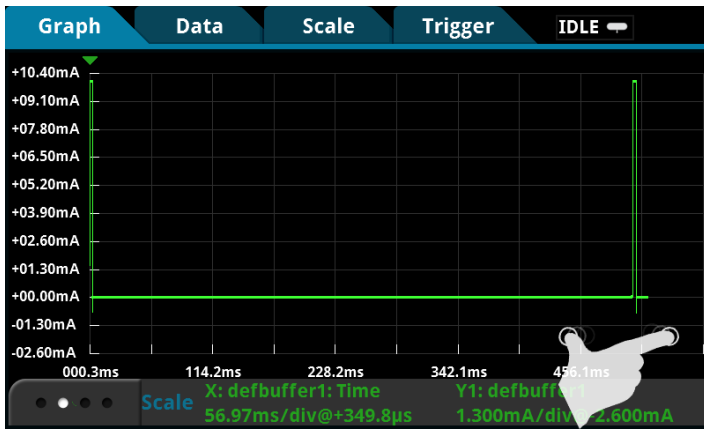


그림 7. 큰 획득주기에서 전류 펄스로 확대.

전류 펄스를 확대하여 그림 7과 같이 합리적인 수준의 분해능으로 다양한 센서 노드 활동과 관련된 작은 변화를 보여줄 수 있습니다. 예를 들어, 100mA 범위에서 18 비트 디지털타이저는 1µA에서 판독 값을 생성합니다. 그러나 유효 분해능은 수십 마이크로 암페어입니다. 다양한 전류 및 전압 범위에 대한 자세한 정확도 정보는 Keithley 웹 사이트 ([www.keithley.com](http://www.keithley.com))의 계측기 사양을 참조하십시오.

## 결론

모델 DMM7510은 무선 센서 노드 및 IoT 스마트 장치 애플리케이션에서 초 저전력 소비를 분석하기 위한 필수 계측기입니다. 시장에서 필적할 수 없는 낮은 수준의 고속 전류 및 전압 측정 기능을 제공합니다. 터치 스크린 기술을 결합하면 전면 패널 디스플레이에서 바로 파형을 보고 분석하고 상호 작용할 수 있습니다. 컴팩트 하고 설정이 간단하며 초 저전력 측정 요구를 충족시키는 강력한 기능이 포함되어 있습니다.