

무선 임베디드 시스템의 노이즈 소스 추적

애플리케이션 노트

무선 칩 또는 모듈을 일반적인 임베디드 시스템에 통합할 때 설계자들이 공통적으로 해결해야 하는 과제는 노이즈와 스퓨리어스 신호를 추적하고 제거하는 것이다. 노이즈는 전원공급장치를 스위칭할 때 발생할 수도 있고 시스템의 다른 부분의 디지털 노이즈 및 외부 소스로부터 발생할 수도 있다. 전파로 인해 발생 가능한

간섭도 노이즈에 대한 고려사항이다. 다시 말해, 다른 전파와의 간섭을 회피하고 전파 규제 당국의 요구사항을 준수해야 한다. 이 애플리케이션 노트에서는 MDO4000 시리즈 혼합 도메인 오실로스코프 시리즈를 사용하여 노이즈 소스를 추적하는 방법 및 기법에 대해 살펴 본다.

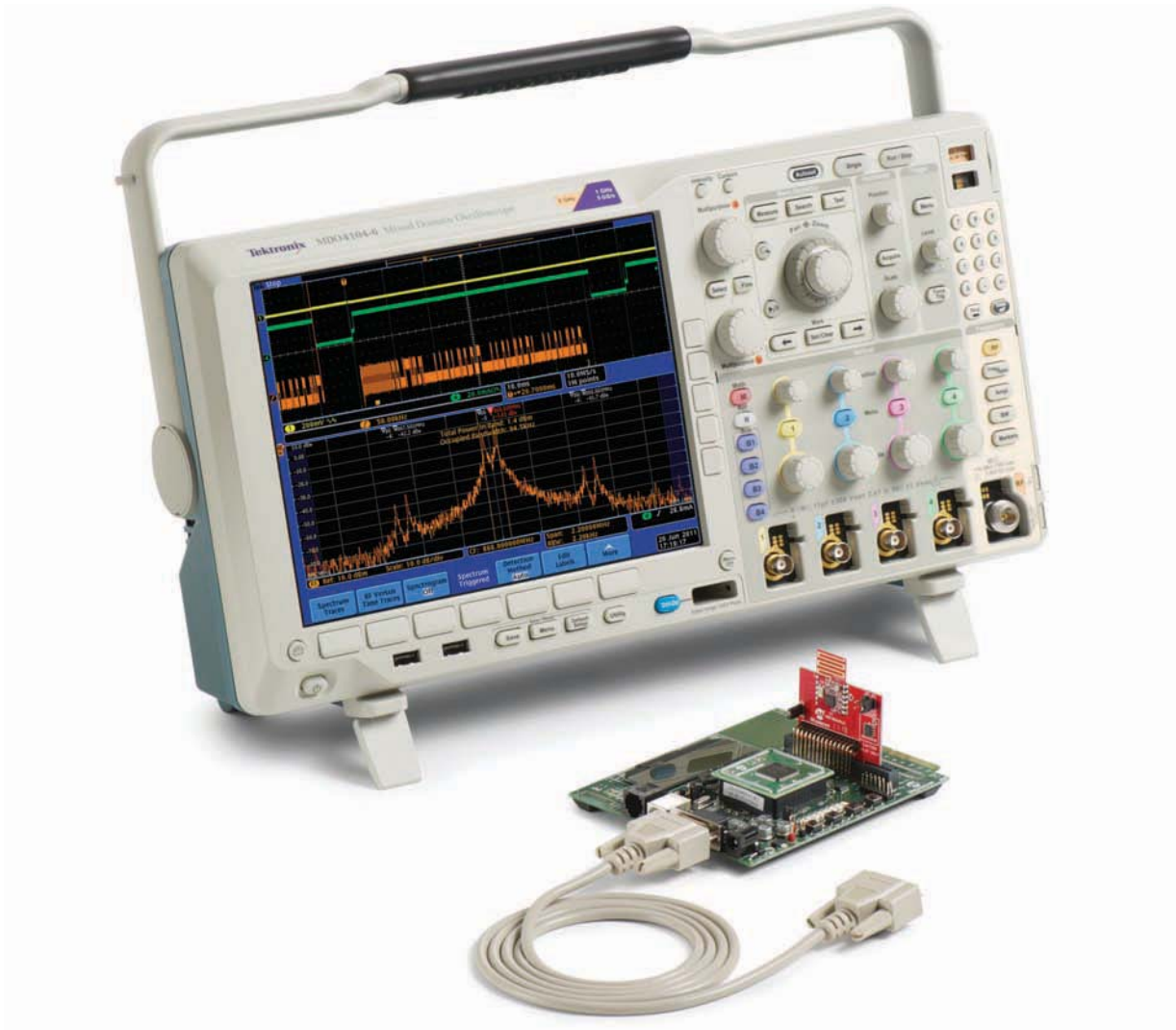


그림 1. 텍트로닉스 MDO4000 시리즈 혼합 도메인 오실로스코프 및 Microchip 무선 테스트 보드 모듈

임베디드 시스템에 무선 기능 통합

임베디드 시스템에 무선 기능을 추가하는 경우 통합에 따른 다양한 문제가 나타나는 것이 보통이다.

배터리로 전원을 공급하는 시스템의 경우 최저의 비용으로 최고의 실질적 효율을 얻기 위해 일반적으로 스위칭 조정기를 사용한다.

전원공급장치의 크기도 문제가 되는 경우가 많으며, 이에 따라 출력 필터링 요구사항과 크기를 최소화하기 위해 높은 스위칭 주파수를 사용하게 될 수 있다. 이러한 전원공급장치는 특히 저부하 또는 배터리 부족 시 출력 전압에 리플이 발생하고 이

리플은 RF 송신기 출력에 나타날 수 있다. 이를 방지하기 위해 비용 또는 크기가 증가하더라도 무선 신호의 손상을 방지하는 추가 전원 필터링이 필요할 수 있다.

무선 칩 또는 모듈의 하드웨어 회로 및 소프트웨어 구성은 전송 신호의 품질에 영향을 미칠 수 있다. 무선 장치를 올바르게 설치 및 필터링하지 않을 경우 다른 무선 시스템에 간섭을 일으키거나 해당 당국의 규정을 준수하지 못할 수 있다. 일부 무선 시스템에는 채널 필터, RF SAW(Surface Acoustic Wave) 또는 비교적 고가의 필터를 사용해야 채널 외 및 대역 외 방출에 대한 당국의 규제를 충족할 수 있다.

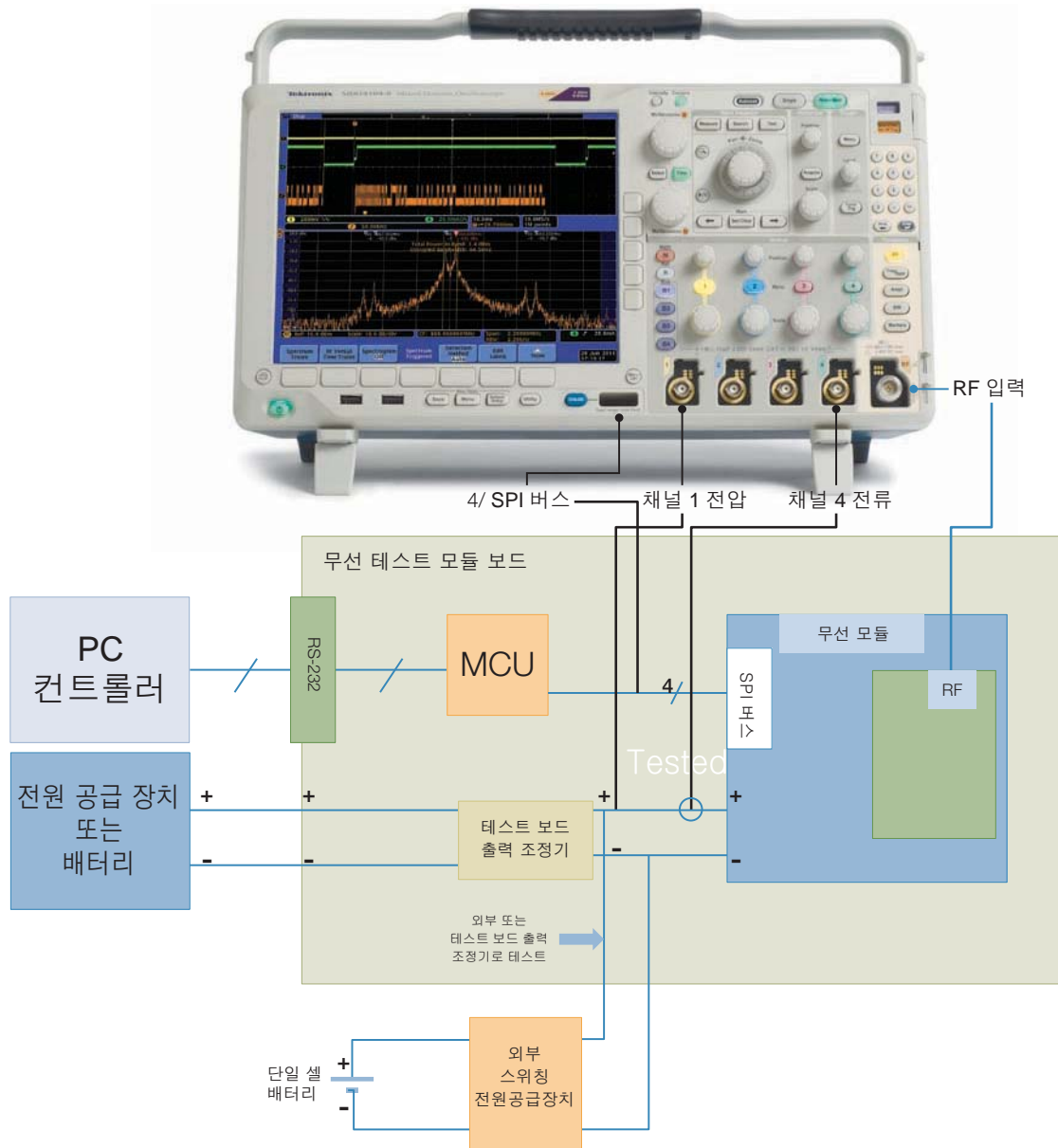


그림 2. 테스트 장치(Microchip Technologies MRF89XA 868MHz 전파)와 MDO4000 시리즈 혼합 도메인 오실로스코프 간 테스트 연결

애플리케이션 예: 무선을 활성화한 임베디드 시스템 및 스위칭 전원공급장치 사용

아래 설명에서는 테스트 장치에서 무선 테스트용 모듈 (Microchip Technologies MRF89XM8A)에 유연한 무선 IC를 사전 통합, 사용하는 경우를 가정한다. 이 모듈에는 MRF89XA 무선 IC와 필터링 및 안테나 매칭이 통합되어 있다. 데모를 위해 이 모듈을 Microchip Explorer 16 보드에 장착하고 PC를 사용하여 무선 설정을 프로그래밍한다.

스위칭 전원공급장치로 무선 모듈에 전원을 공급하는 효과를 설명하기 위해 MCP1640EV 평가 보드에 탑재된 부스트 컨버터 IC(Microchip MCP1640)를 사용한다.

이 컨버터는 스위칭 조정기에 공통인 약 500kHz에서 스위칭하며, 0.8V로 다운된 입력전압과 함께 무선 모듈에 필요한 3.3V 출력전압을 제공할 수 있다. 즉, 단일 셀에서 무선 모듈에 전원을 공급할 수 있어 제품의 배터리 크기가 줄어든다는 것을 의미한다.

이 장치의 문제를 해결하기 위해 텍트론릭스 MDO4000 시리즈 혼합 도메인 오실로스코프를 사용한다. MDO4000 시리즈에는 4개의 아날로그 신호, 16개의 디지털 파형, 최대 4개의 디코딩된 직렬 및/또는 병렬 버스, 1개의 RF 신호를 동시에 표시할 수 있는 고유한 기능이 있다. 이러한 신호 모두 시간 상관되어 아날로그 및 RF 도메인에서 제어 신호의 영향을 보여 준다. 그림 2는 다음 테스트를 셋업한 것이다.

시간 영역 디스플레이

주파수 영역 디스플레이

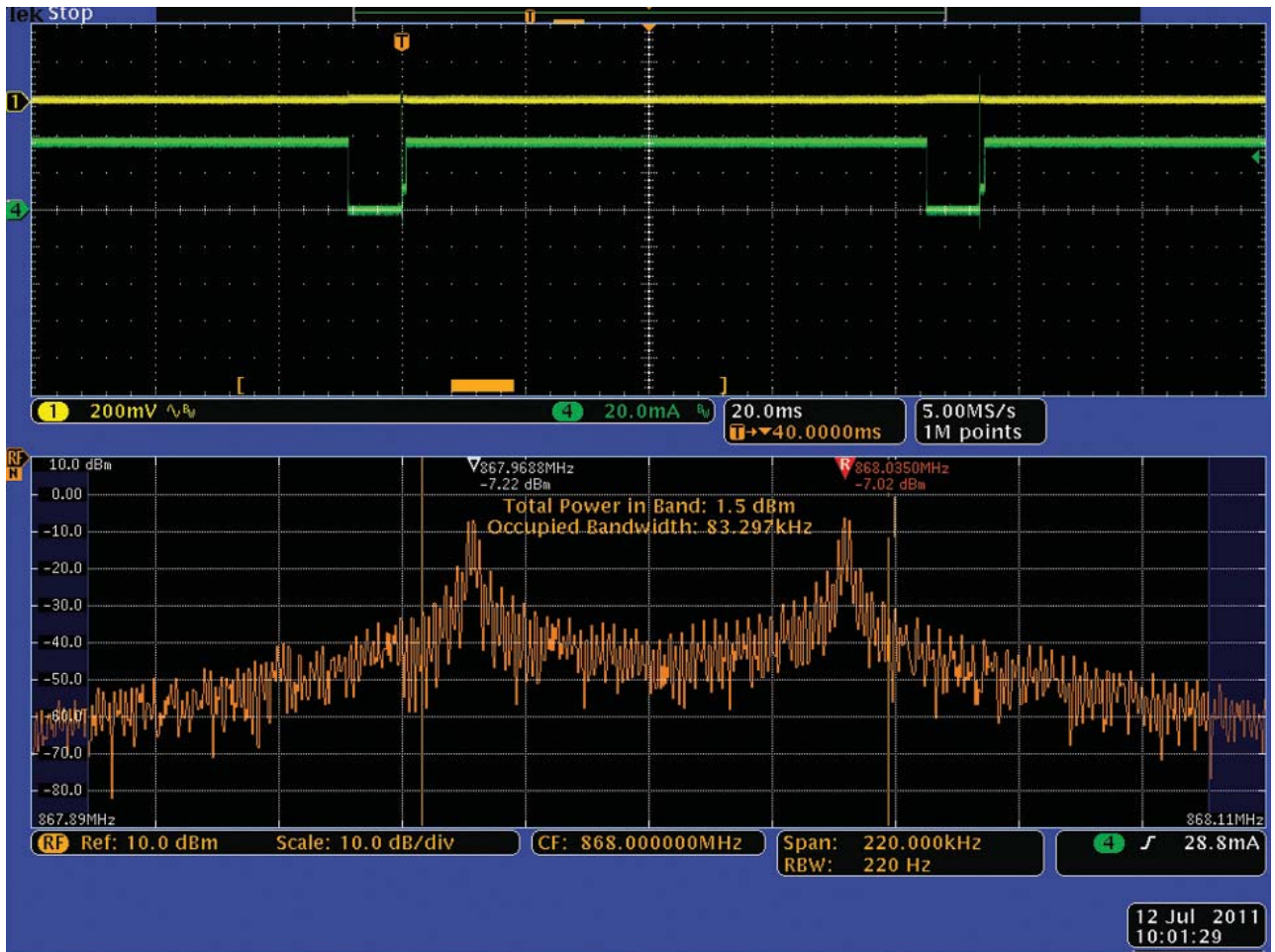


그림 3. 시간 및 주파수 영역 보기

노이즈 소스 확인

레퍼런스용으로 데이터 속도가 2kbps에 불과한 FSK 변조를 사용하여 센터 주파수가 868MHz 인 전파 스펙트럼을 측정한다. 그림 3에 레퍼런스 스펙트럼이 나와 있다. MDO4000 시리즈 디스플레이에는 시간 및 주파수 영역이 모두 표시되어 있고 모든 신호가 시간 상관되어 있다.

디스플레이 아래 쪽은 RF 신호의 주파수 영역 보기이며 (이 경우는 무선 송신기 출력), 위쪽은 시간 도메인의 기존 오실로스코프 보기이다. 주파수 영역 보기에 표시된 스펙트럼은 시간 영역 보기의 짧은 주황색 막대(스펙트럼 시간이라고 함)로 표시된 시간에서 가져온 것이다.

시간 영역 디스플레이의 가로 스케일은 주파수 영역 디스플레이에 대한 FFT(Fourier Transform)를 처리하는 데 필요한 시간과 독립적이므로 RF 획득과 상관된 실제 시간을 나타내는 것이 중요하다. MDO4000 시리즈 오실로스코프에서는 고유한 아키텍처를 통해 모든 입력 (디지털, 아날로그, RF)의 개별적 시간 상관 획득이 가능하다. 각 입력에는 각각의 메모리가 있고, 시간 영역 디스플레이의 수평 획득 시간에 따라 메모리에 획득된 RF 신호는 스펙트럼 시간에서 분석 가능하며 그림 4에 나와 있는 아날로그 시간 안에서 이동할 수 있다.

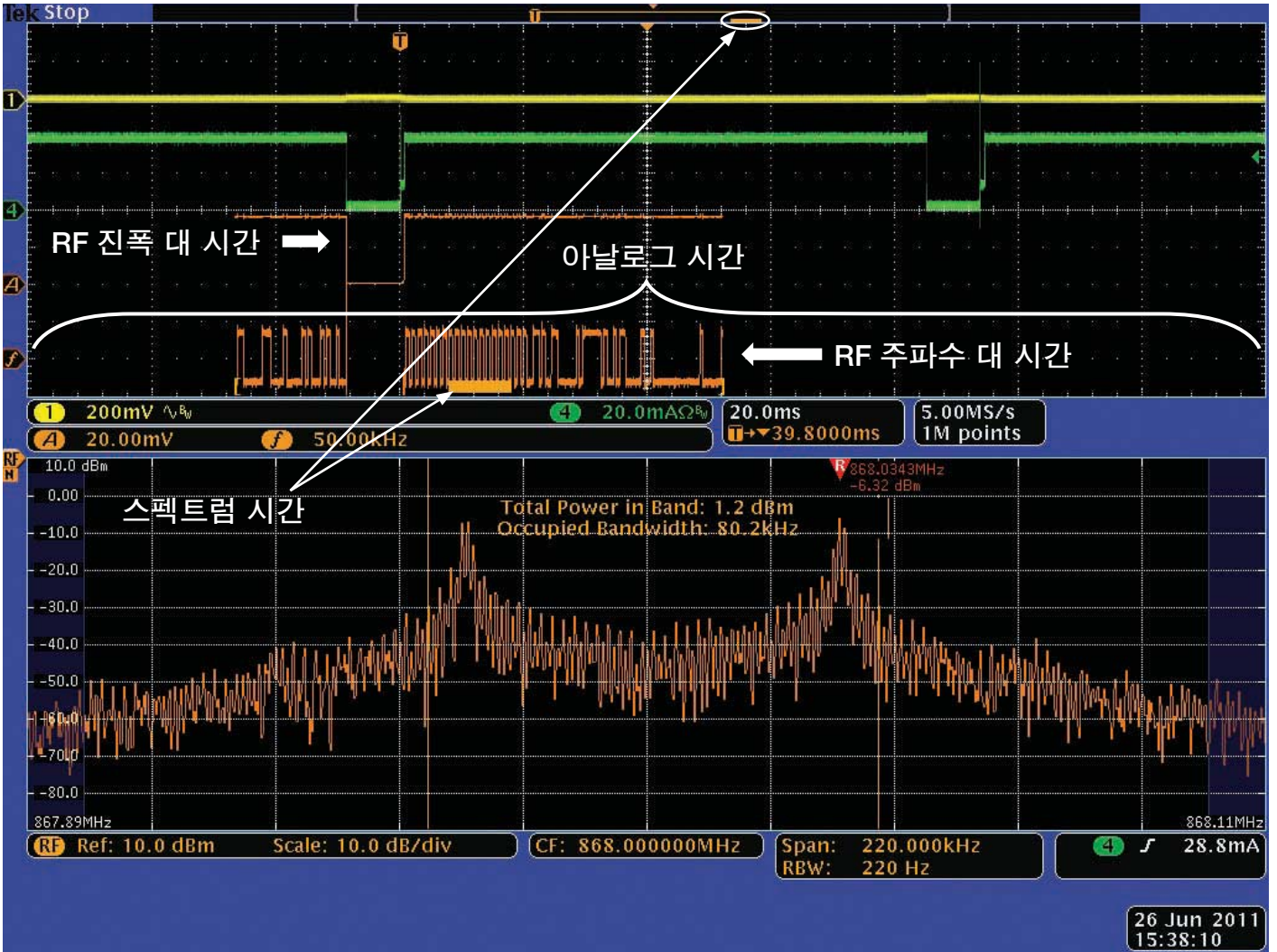


그림 4. 신호가 깨긋한 실험실 전원공급장치를 사용하여 패킷 프리앰블의 몇 개 심볼 도중 표시된 점유 출력 측정

MDO4000 시리즈에서는 획득 구간내에서 스펙트럼 시간을 이동하여 시간에 따른 RF 스펙트럼의 변화 양상을 조사할 수 있다. 그림 4에는 패킷 프리앰블의 몇 개 심볼 도중 전송된 신호의 스펙트럼을 표시하기 위해 스펙트럼 시간이 설정되었다.

스펙트럼 시간은 스펙트럼 디스플레이의 원하는 분해능 대역폭을 지원하는데 필요한 시간이다. 이 시간은 Window 변환 계수를 RBW로 나눈 것과 같다.

기본 Kaiser Window의 변환 계수는 2.23이므로 이 예의 스펙트럼 시간은 $2.23/220\text{Hz}$ 또는 약 10ms이다.

FSK 변조에는 한 번에 하나의 RF 신호 주파수가 있지만, 스펙트럼에 대해 프리앰블의 더 긴 획득 시간을 사용하여 점유 대역폭 및 총 출력을 측정할 수 있다.

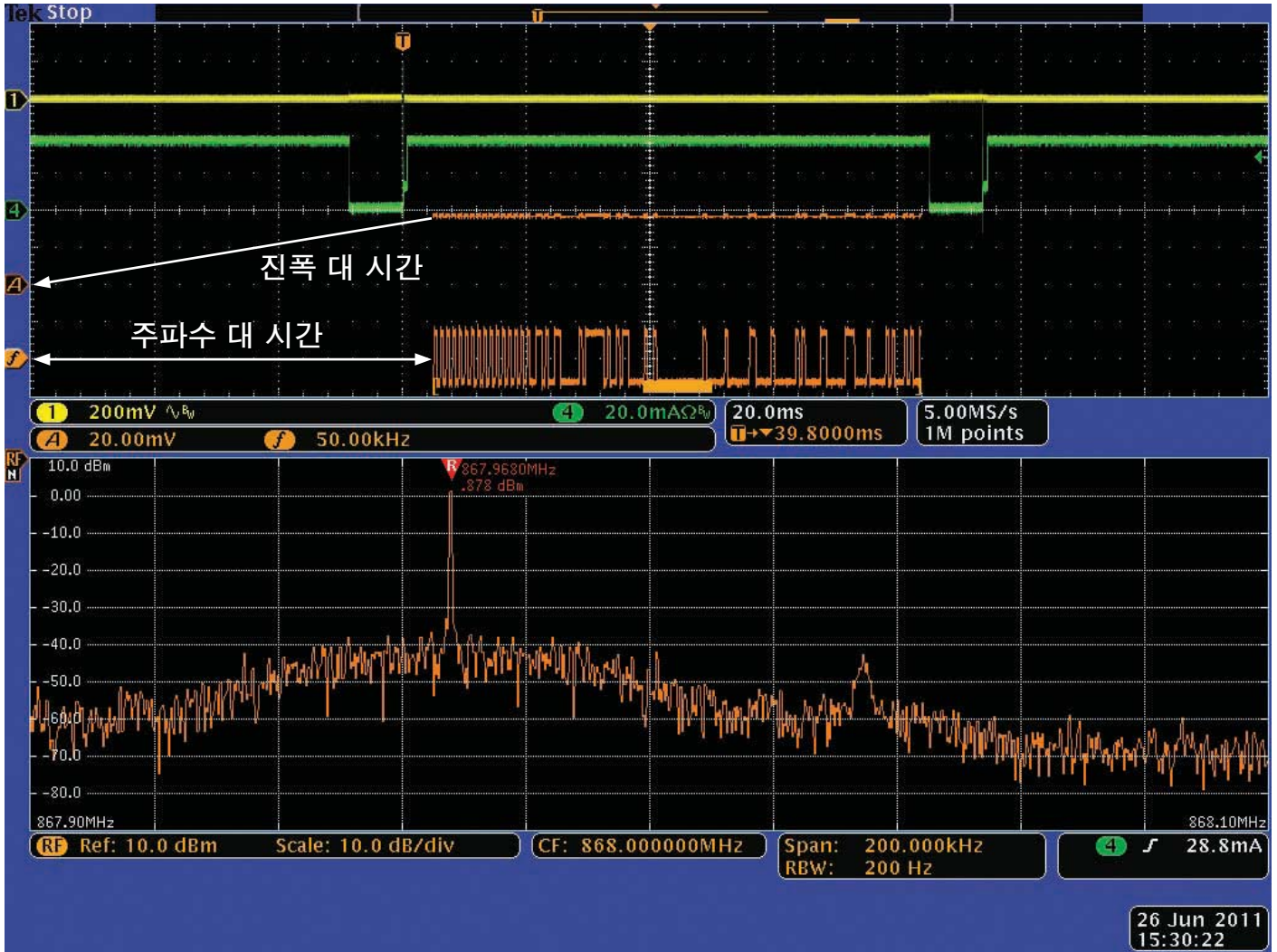


그림 5. 패킷 데이터 중 스펙트럼. 주파수 대 시간 트레이스는 주로 낮은 주파수의 Tx ON 시간 중 획득한 스펙트럼 시간을 보여 준다.

전파로부터의 패킷 전송을 쉽게 확인하기 위해 MDO4000 시리즈의 시간 영역 보기에 RF 대 시간 트레이스가 추가되었다. "A"로 표시된 오렌지색 트레이스는 순간적인 RF 진폭 대 시간을 보여 준다. "f"로 표시된 오렌지색 트레이스는 디스플레이의 중간 주파수에 상대적인 순간 RF 주파수 대 시간을 보여 준다.

녹색 트레이스(채널 4)는 모듈에 입력되는 전류를 보여 준다. 그림에서 볼 수 있듯이, 전류는 패킷 간 close에서 0으로 상승하고 전송 중에는 약 40mA로 상승한다.

노란색 트레이스(채널 1)는 모듈의 전원공급장치의 전압에 있는 AC 리플을 보여 준다. 전송 중에는 전압이 한 번만 약간 강해진 것을 볼 수 있다.

그림 5에는 패킷의 데이터 부분에서 가져온 같은 신호가 나와 있다. 대부분의 에너지가 낮은 주파수에 있는 것을 볼 수 있다. 그림 4와 그림 5 모두 신호가 깨끗한 실험실 전원공급장치로 전원을 공급한 모듈로 작성하였다.



그림 6. 스위칭 전원공급장치를 사용한 스펙트럼 및 전원공급장치 측정

그림 6에는 이전과 동일한 RF 신호가 나와 있지만 부스트 타입의 스위칭 전원공급장치로 무선 모듈에 전원을 공급한 것이다. 부스트 조정기는 많은 노이즈를 발생시키지만 한 개 또는 두 개의 알카라인 및 NiCad 셀로 된 배터리를 사용할 수 있어 상대적으로 부품 및 비용이 절감된다. 변조된 신호의 하단에서 노이즈가 증가하는 것을 볼 수 있다. 전송된 신호 근처에는 신호가 깨끗한 전원공급장치를

사용하는 경우에 비해 노이즈가 최소 5dB 더 높다. 노이즈는 전류 및 전압 파형에서도 쉽게 나타난다. 추가 노이즈가 발생하면 이 송신기의 데이터를 수집하는 데 사용된 수신기 측 신호의 신호대잡음비가 더욱 떨어져 무선 시스템의 유효 범위가 감소한다.

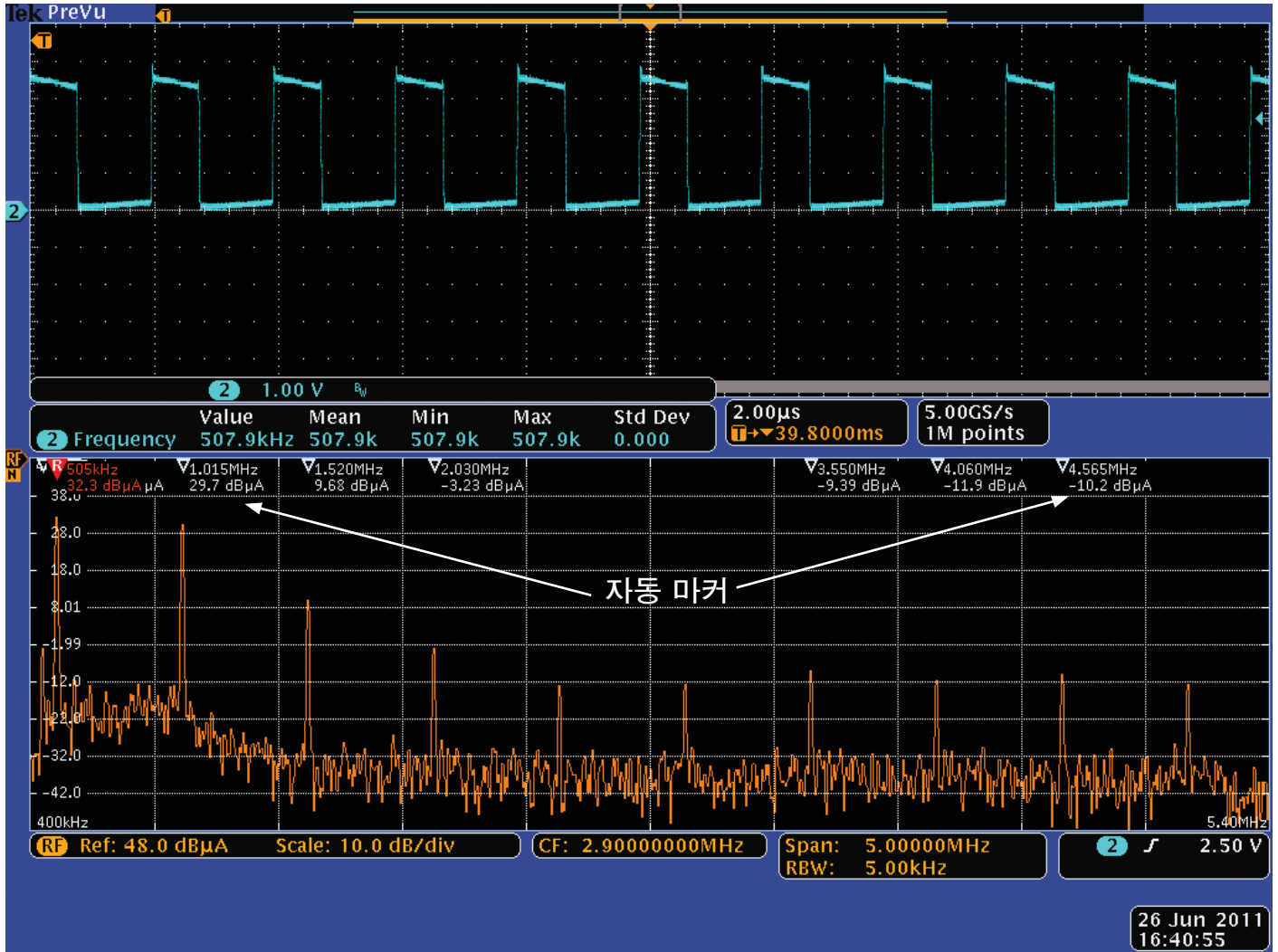


그림 7. 전원공급장치 스위칭 노이즈를 더미로 로드

전원공급장치의 노이즈는 그림 7의 스위처에서 발생하는 노이즈를 관찰하는 데 사용하는 EMI 전류 프로브(시판)를 사용하여 측정할 수 있다. 이 예에서는 저항기 및 작은 커패시터로 스위처가 로드되고 있다.

MDO4000 시리즈의 자동 마커 기능을 사용하여 전원공급 장치에서 가장 크게 방출되는 일곱 가지 신호의 주파수와 진폭을 표시할 수 있다. MDO4000 시리즈는 최대 11개의

자동 마커를 제공하고 결과를 절대값으로 표시하거나 최대 신호를 기준으로 한 델타 값으로 결과를 표시하는 것이 가능하다. 최고 값은 항상 적색 레퍼런스 마커로 나타난다. 기본 주파수와 2차 고조파가 약 30dBuA에서 동일한 레벨인 것을 볼 수 있다. 화면 위쪽은 MCP1640 IC의 스위칭 트랜지스터에서의 파형을 보여 준다. 스위칭 주파수를 표시하여 RF 마커 측정을 확인하는 데 측정 기능이 사용되었다.

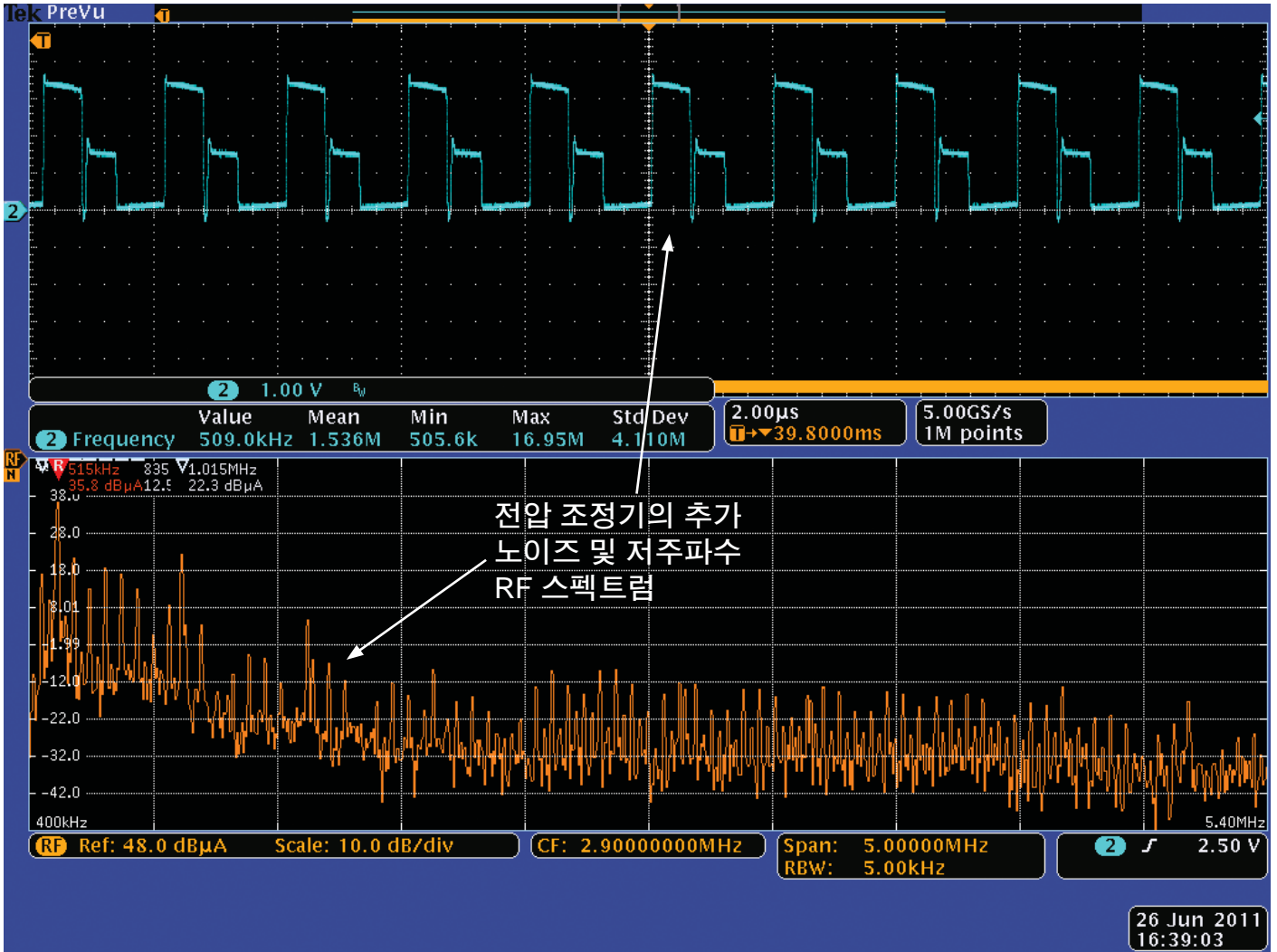


그림 8. 부스트 컨버터를 이용한 보드 노이즈 및 전원공급장치

전원공급장치에서 RF 보드를 구동하면 노이즈 출력의 시간 및 주파수 영역 디스플레이도 바뀐다.

그림 8에는 동일한 전원공급장치 노이즈와 추가 신호가 나와 있다. 2차 고조파가 감소되었지만 다른 저레벨 노이즈가 많은 것을 확인할 수 있다. 이 노이즈 중 일부는 무선 수신기의 작동을 크게 간섭할 수 있어 주의하여 평가해야 한다.

디지털 보드는 그림 9과 같이 노이즈를 발생할 수 있다. 간단한 와이어 프로브를 사용하여 그러한 노이즈의 소스, 진폭 및 주파수를 찾을 수 있다. MDO4000 시리즈는 한 번의 스위프로 광범위한 주파수를 지원하는 동시에 양호한 응답 시간을 유지한다.

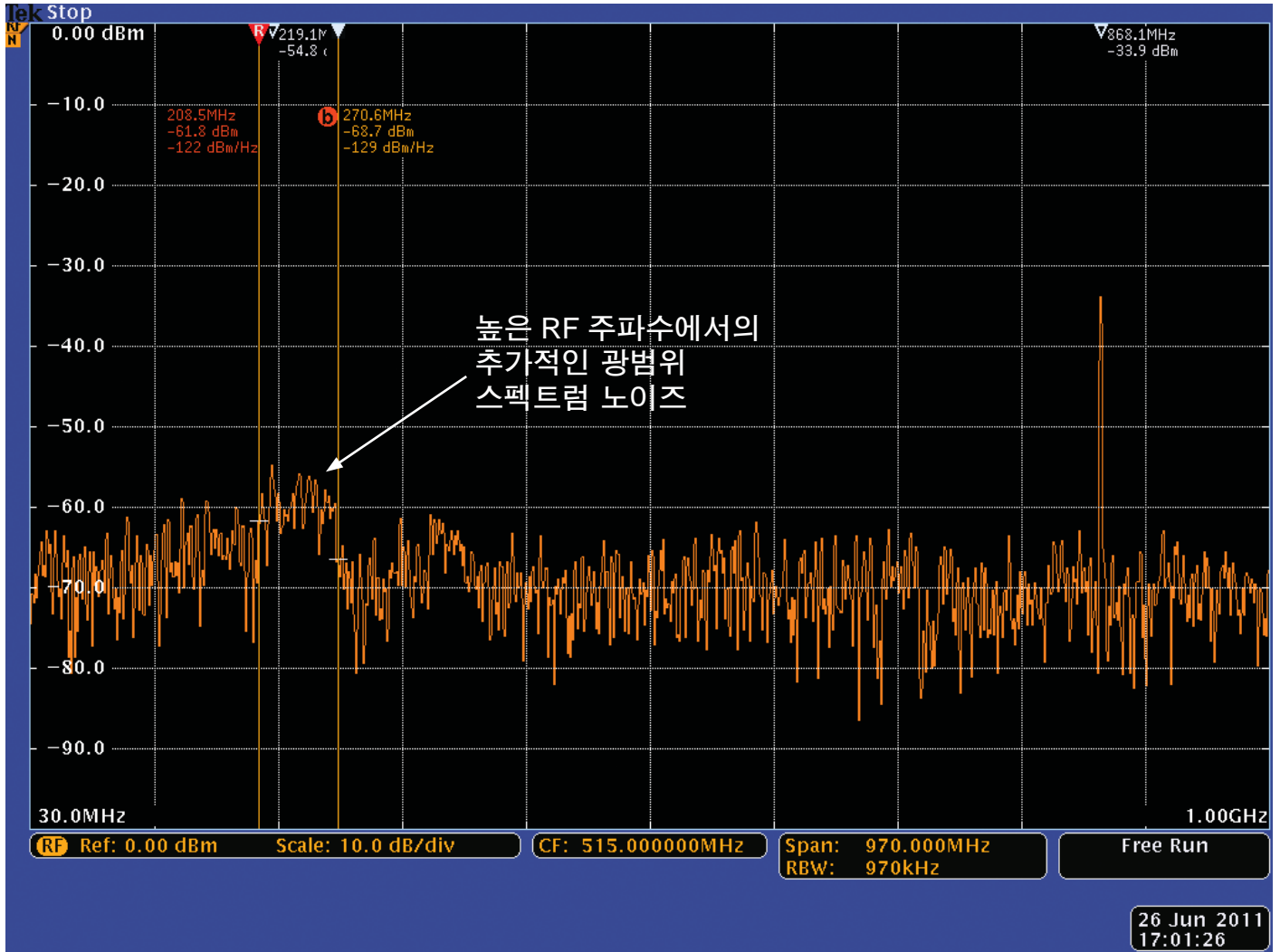


그림 9. 부스트 컨버터 사용 시 디지털 보드로부터의 광범위한 스펙트럼 노이즈

그림 9에는 220MHz 대역에서 매우 큰 노이즈가 나와 있다. 자동 마커는 868MHz 전송 신호와 불필요한 신호의 최고 레벨을 보여 준다. 수동 마커는 최고 노이즈 레벨의 주파수 범위를 측정하는 데 사용한다. 수동 마커로 표시되는

측정값에는 해당 신호의 노이즈 밀도 값도 포함된다. 무선 수신기 아키텍처에 따라 다양한 주파수의 노이즈로 인해 수신기 감도가 감소할 수 있기 때문에 이러한 유형의 노이즈 출력을 이해하는 것이 중요하다.

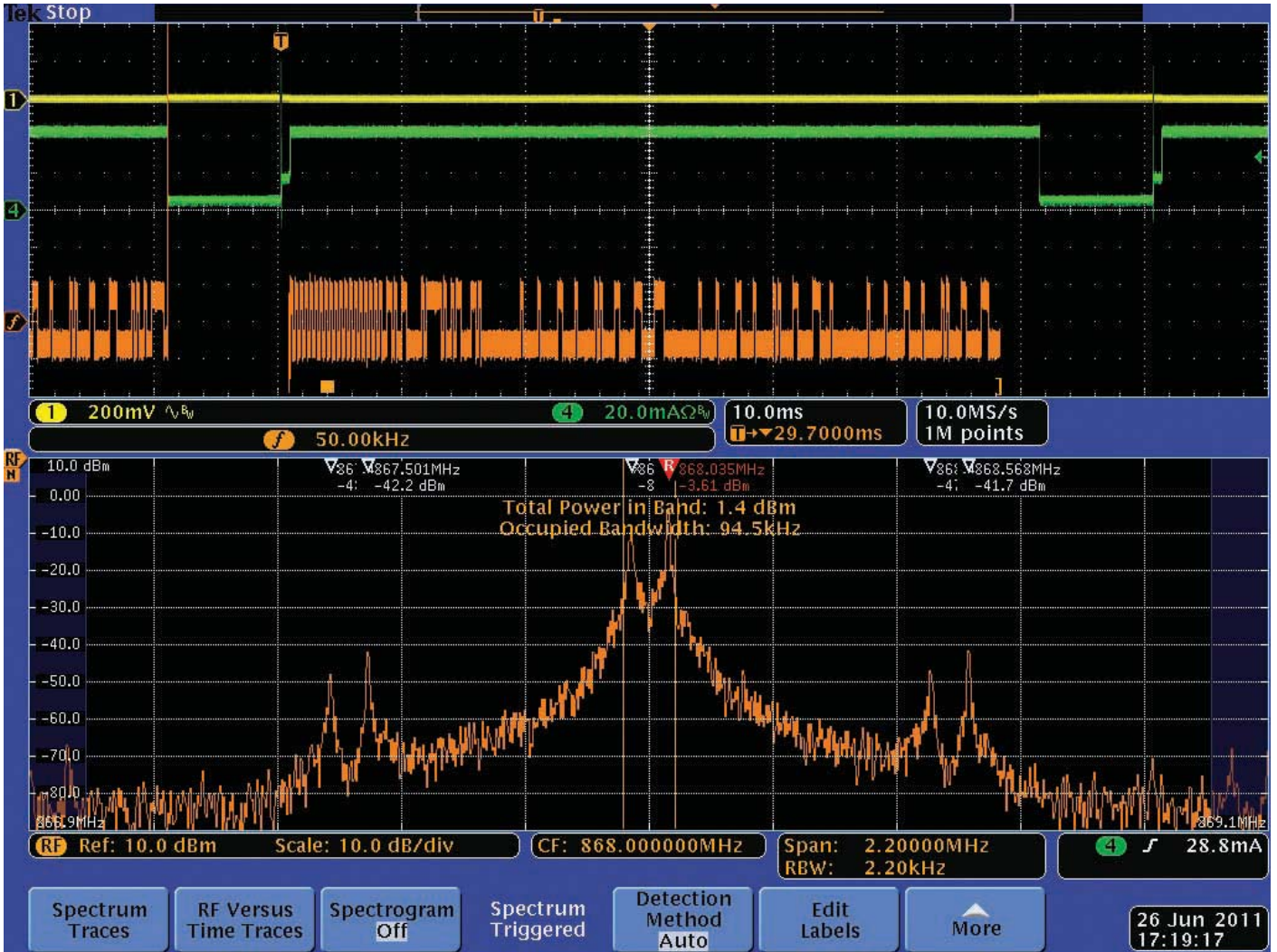


그림 10. 기본 신호의 채널 외 스펙트럼

전파로 발생하는 노이즈

무선 시스템을 임베디드 시스템에 추가할 때에는 전파로 노이즈가 발생할 수도 있고 시스템의 다른 부분과 간섭되거나 무선 신호에 대한 규제를 충족하지 못할 수 있다. 점유 대역폭, 총 전송 출력과 같이 MDO4000 시리즈에서 제공하는 측정 기능은 규제 준수를 평가하는데 유용하다.

그림 10에는 원하는 신호의 스펙트럼과 근접 주파수의 스퍼리어스 전송이 함께 나와 있다.

기본 주파수 양쪽에 약 500kHz의 스퍼리어스 신호가 있지만 기본 주파수보다 약 40dB 낮기 때문에 대부분의 규제에서는 허용된다. 이 그림에는 또한 일반적인 100kHz 허용 대역폭에 적합한 1.4dBm의 신호 출력과 94.5kHz의 점유대역폭이 보여준다.

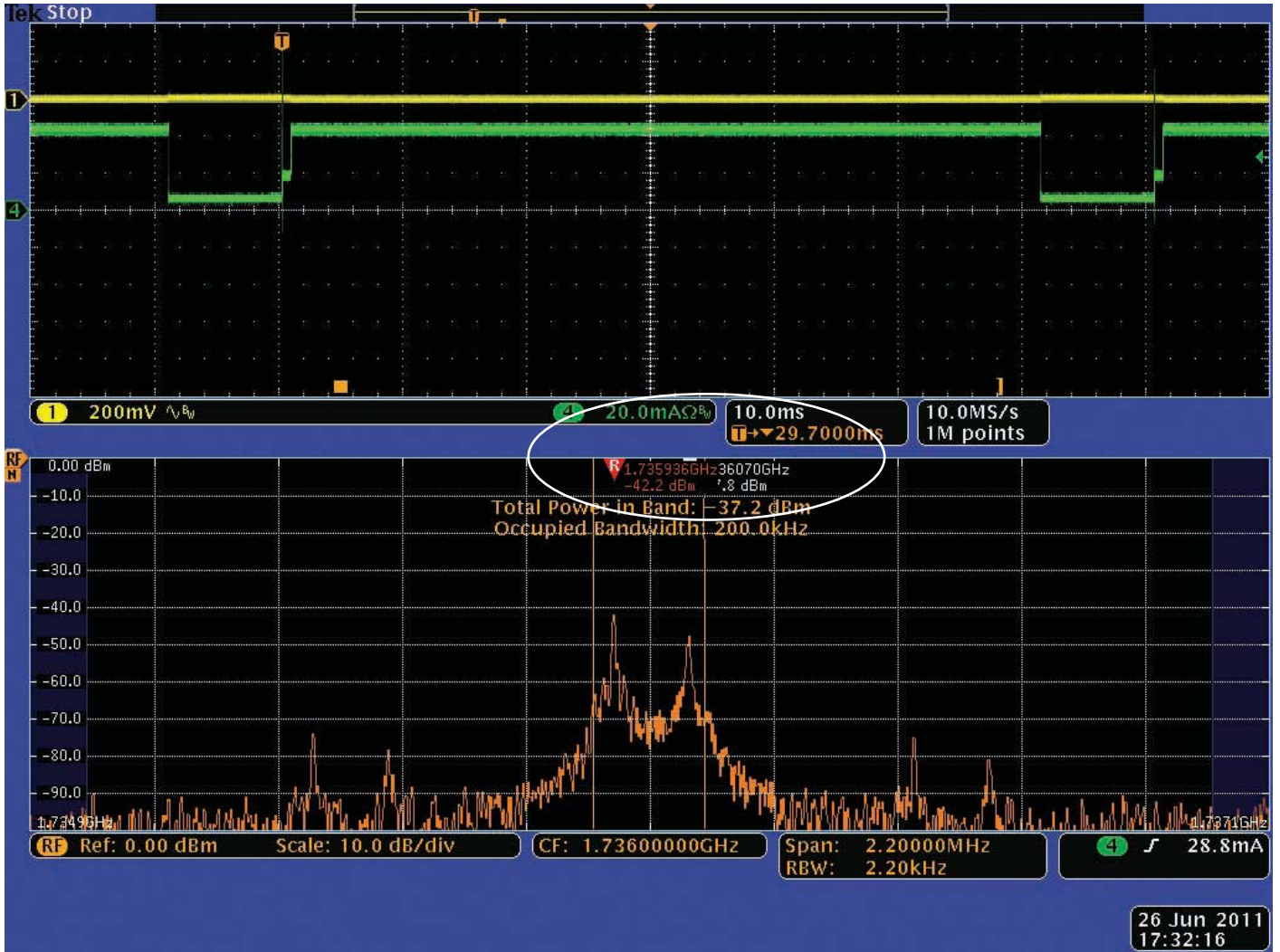


그림 11. 2차 고조파의 스펙트럼

그림 11에는 2차 고조파와 그림 10의 기본 주파수에서 측정된 것과 동일한 항목이 나와 있다.

2차 고조파의 출력 레벨은 기본 주파수로부터 40dB 보다 약간 작은 값이고 점유 대역폭은 기본 주파수의 스펙트럼 대역폭의 두 배이다.



그림 12. 3차 고조파의 스펙트럼

그림 12에는 무선 시스템에서 가장 많은 문제가 되는 3차 고조파가 나와 있다.

하지만 이 주파수에서는 신호가 캐리어에 비해 매우 낮은 레벨의 노이즈 출력으로 내려간다(~ -60dBc).

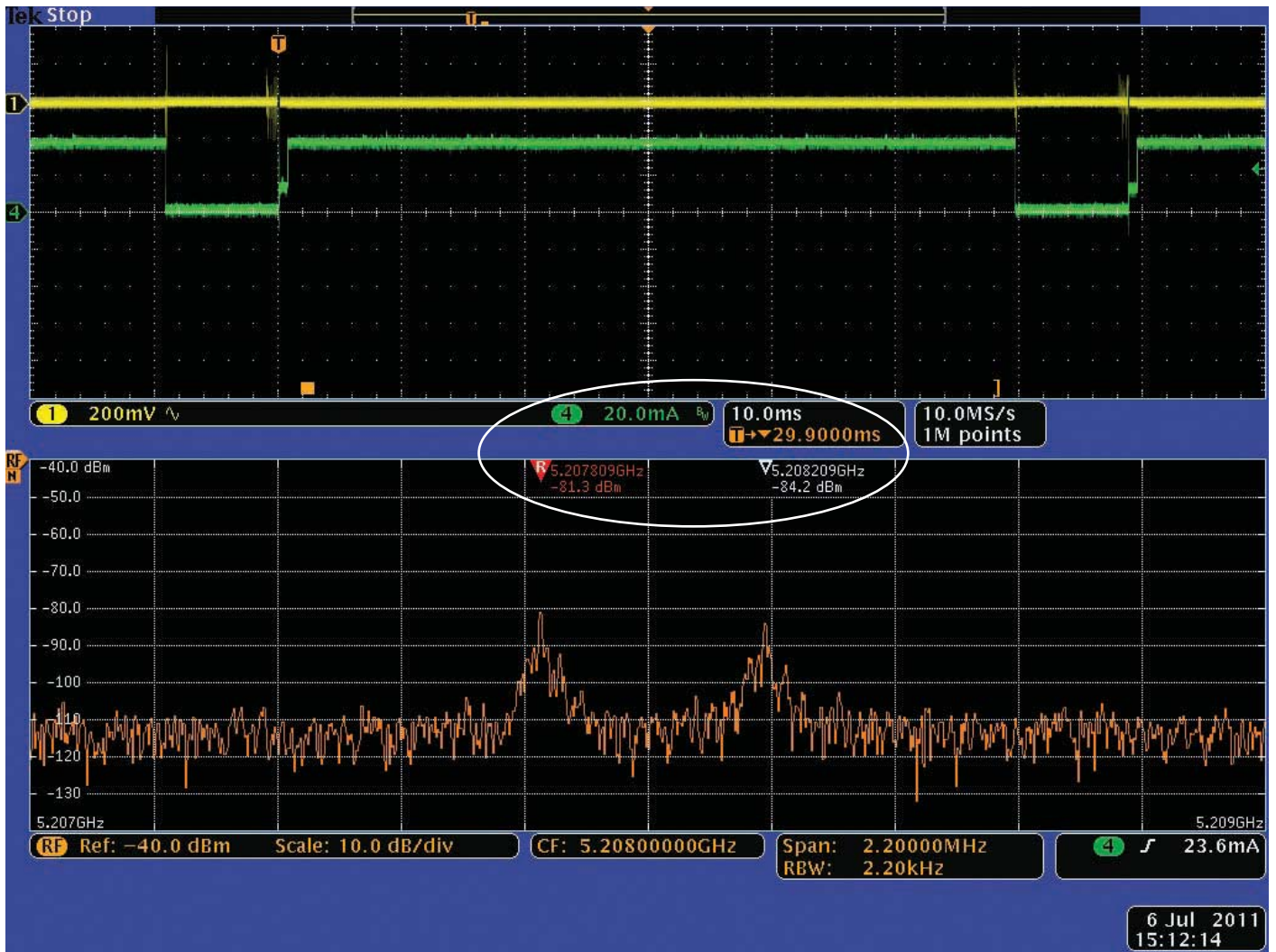


그림 13. 6차 고조파의 스펙트럼. 마커의 피크 값에 신호가 -80dBm 내려간 것이 나와 있다.

MDO4000 시리즈에서는 이 대역폭에서 최대 6차 고조파까지 측정 가능하다.

이 주파수에서는 그림 13과 같이 거의 무의미한 -80dBm 미만만 방출된다(두 마커에 표시된 값 참조).

결론

임베디드 시스템에 무선 통신을 포함할 때에는 여러 가지 중요한 문제를 고려해야 한다. 즉, 전원공급장치 스위칭 노이즈, 무선 IC의 작동 매개변수의 올바른 설정, 전송된 출력이 해당 전파 규정을 충족하는지 여부 등에 주의해야 한다.

텍트로닉스 MDO4000 혼합 영역 오실로스코프 시리즈는 전원공급장치 및 기타 노이즈 효과를 진단 및 테스트하는 기능을 제공한다. 이 제품은 전파에 대한 데이터 명령이 올바르게 설정되었는지 여부를 확인하고 송신기 및 기타 회로의 스퓨리어스 방출을 확인할 수 있다. 최대 6GHz의 RF 신호를 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 전원공급장치 스위칭 및 시간 상관 획득이 포함된 디지털 회로로부터의 낮은 주파수 노이즈를 관찰하는 데에도 유용하다.

텍트로닉스 연락처:

- ASEAN / 오스트레일리아 (65) 6356 3900
- 오스트리아* 00800 2255 4835
- 발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 기타 ISE 국가 +41 52 675 3777
- 벨기에* 00800 2255 4835
- 브라질 +55 (11) 3759 7627
- 캐나다 1 (800) 833-9200
- 중앙 유럽 및 동유럽, 발트해 연안국 +41 52 675 3777
- 중부 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777
- 덴마크 +45 80 88 1401
- 핀란드 +41 52 675 3777
- 프랑스* 00800 2255 4835
- 독일* 00800 2255 4835
- 홍콩 400-820-5835
- 인도 000-800-650-1835
- 이탈리아* 00800 2255 4835
- 일본 81 (3) 6714-3010
- 룩셈부르크 +41 52 675 3777
- 멕시코, 중남미 및 카리브해 연안국 52 (55) 56 04 50 90
- 중동, 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777
- 네덜란드* 00800 2255 4835
- 노르웨이 800 16098
- 중국 400-820-5835
- 폴란드 +41 52 675 3777
- 포르투갈 80 08 12370
- 대한민국 001-800-8255-2835
- 러시아 연방 +7 (495) 7484900
- 남아프리카공화국 +27 11 206 8360
- 스페인* 00800 2255 4835
- 스웨덴* 00800 2255 4835
- 스위스* 00800 2255 4835
- 대만 886 (2) 2722-9622
- 영국 및 아일랜드* 00800 2255 4835
- 미국 1 (800) 833-9200

* 위 유럽 지역 전화번호로 연락이 되지 않을 경우
+41 52 675 3777 사용

연락처 목록 업데이트: 2011년 2월 10일

추가 정보

텍트로닉스는 첨단 기술을 다루는 엔지니어들을 지원하고자 포괄적이며 꾸준히 확장되는 애플리케이션 노트, 기술 보고서 및 기타 리소스 등의 자료 컬렉션을 유지하고 있습니다. www.tektronix.com을 참조하십시오.



Copyright © 2011, Tektronix. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 발급되었거나 출원 중인 미국 및 기타 국가의 특허로 보호됩니다. 이 문서에 수록된 정보는 이전에 발행된 모든 자료의 내용에 우선합니다. 텍트로닉스는 사양과 가격을 변경할 수 있는 권리를 가집니다. TEKTRONIX, TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 이 문서에 인용된 다른 모든 상표명은 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.

08/11 EA/FCA-POD

48W-26920-0

