

# 디지털 형광 오실로스코프를 이용한 정교한 전력 손실 분석



## 스위칭 파워 모듈의 전력 손실 신속히 파악

전원 전달 아키텍처를 스위칭 파워 시스템으로 변경해야 됨에 따라 차세대 스위치 모드 파워 모듈의 전력 손실을 측정하고 분석할 수 있는 기능이 매우 중요해졌다. 이는 DPOPWR 전력 측정 소프트웨어와 함께 테크트로닉스 디지털 형광 오실로스코프를 이용하면 쉽게 해결할 수 있다.

데이터 속도가 훨씬 빨라진 새로운 SMPS(Switch Mode Power Supply) 아키텍처와 보다 높은 전류와 낮은 전압을 필요로 하는 GHz 급 프로세서는 전원 장치 설계자들로 하여금 효율성, 전력 밀도, 안정성 및 비용을 향상해야 하는 새로운 부담을 안겨주고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 설계자들은 동기식 정류기, 액티브 전력 필터 보정 및 스위칭 주파수 상향 조정 등 새로운 아키텍처를 수용하고 있다. 그러나 이러한 기술은 스위칭 장치에서의 높은 전력 손실, 열 이탈 및 과도한 EMI/EMC와 같은 고유한 문제를 가져온다.

## 디지털 형광 오실로스코프를 이용한 정교한 전력 손실 분석

### ▶ 응용 자료

전원 장치는 "꺼짐" 상태에서 "켜짐" 상태로 변환되는 동안 높은 전력 손실을 겪게 된다.

("켜짐" 또는 "꺼짐" 상태에서의 스위칭 장치는 장치를 통한 전류 또는 전압이 매우 작기 때문에 전력 손실이 적다.)

유도기와 변압기는 출력 전압을 분리하고 부하 전류를 원활하게 한다. 유도기와 변압기 또한 스위칭 주파수를 받기 때문에 전력이 손실되고 포화 전압으로 인해 가끔 기능 불량을 일으킨다.

스위치 모드 전원 장치에서 손실된 전력에 따라 전원 장치의 전반적인 효율성과 열 효과가 달라지므로 스위칭 장치와 유도체 및 변압기의 전력 손실을 측정하는 것은 매우 중요하다.

이러한 측정 결과는 전력 효율성과 열 발생을 보여준다.

여러 장치의 순간적인 전력 손실을 정확하게 측정 및 분석해야 하는 설계자는 다음과 같은 과제를 해결해야 한다.

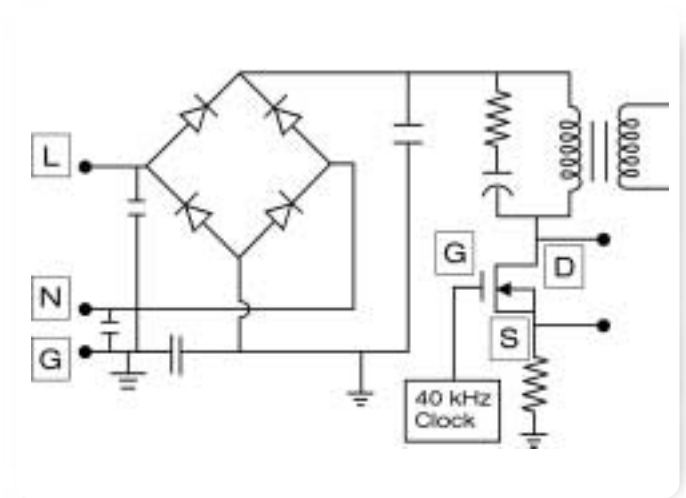
- 정확한 전력 손실 측정을 위한 테스트 설정
- 전압 및 전류 프로브 전파 지연으로 인한 오류 보정
- 비정기적인 스위칭 사이클에서의 전력 손실 계산
- 부하가 동적으로 변경되는 동안 전력 손실 분석
- 유도체 또는 변압기에서의 코어 손실 계산

### 정확한 전력 손실 측정을 위한 테스트

그림 1은 스위처 내부의 간단한 배선도를 보여준다.

40kHz 클럭으로 구동되는 MOSFET(metal-oxide semiconductor field effect transistor: 모스 전계 효과 트랜지스터)는 전류를 제어한다. 그림 1의 MOSFET은 AC 전원 접지 또는 회로 출력 접지에 연결되어 있지 않다.

따라서 프로브의 접지선을 임의의 MOSFET 단말기에 연결할 경우 오실로스코프를 통해 해당 접지점이 단락되므로 오실로스코프를 이용하여 간단한 그라운드 레퍼런스 전압 측정을 수행할 수 없다.

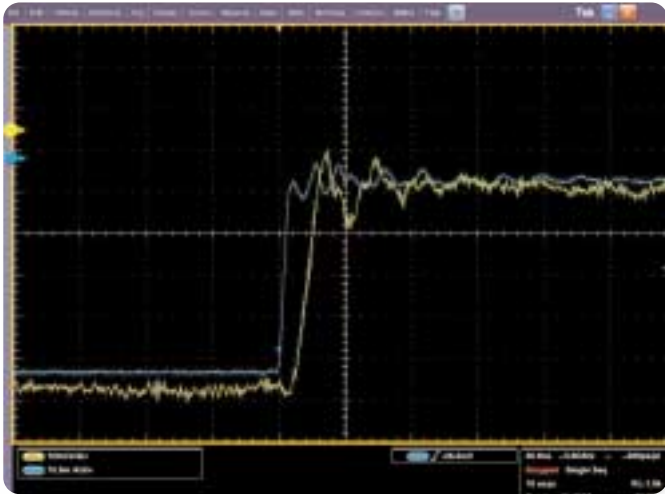


▶ 그림 1. 간단한 스위처 내부 배선도

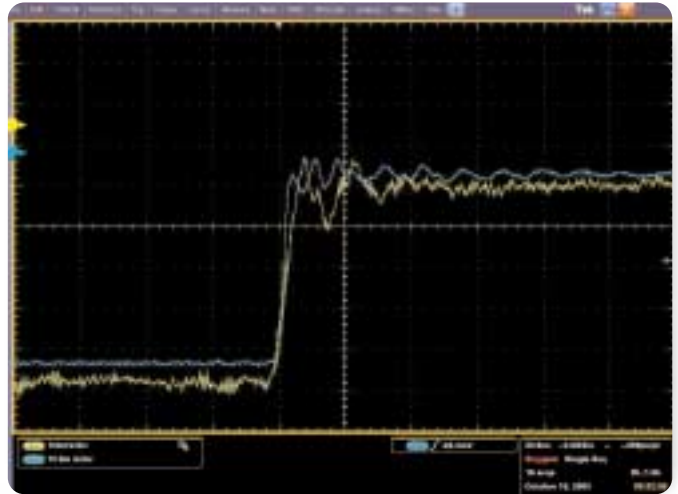
MOSFET의 전압 파형을 측정하는 가장 좋은 방법은 차동 측정을 수행하는 것이다. 차동 측정을 수행하면 MOSFET의 드레인 및 소스에 걸친 전압인 VDS(voltage drain-to-source)를 측정할 수 있다. VDS는 전원 장치의 범위에 따라 수십에서 수백 볼트에 이르는 전압보다 높을 수 있다.

VDS를 측정하는 방법은 다음과 같이 몇 가지가 있다.

- 오실로스코프의 새시 접지를 플로팅시킨다. 이 방법은 사용자와 테스트 대상 장치 및 오실로스코프 모두에 위험한 방법으로서 권장되지 않는다.
- 해당 접지선이 서로 연결된 기존의 두 가지 수동 프로브와 오실로스코프의 채널 수식 기능을 사용한다. 이 측정 방법은 준차동 방식으로 알려져 있다. 그러나 수동 프로브와 오실로스코프의 증폭기를 함께 사용해도 모든 공통 모드 전압을 적절히 차단할 CMRR(Common Mode Rejection Ratio: 공통 모드 제거율)이 필요하게 된다. 이 설정은 전압을 정확히 측정할 수는 없지만 이미 가지고 있는 프로브를 사용할 수는 있다.



▶그림 2. 전압 및 전류 신호를 위한 전파 지연



▶그림 3. DPOPWR 전력 측정 및 분석 소프트웨어를 사용하여 자동 데스큐(Auto Deskew) 작업을 수행한 후 그림 2에 표시된 신호

- 시중에 나와 있는 프로브 분리를 사용하여 오실로스코프의 새시 접지를 분리한다. 프로브의 접지선이 더 이상 접지 전위에 있지 않으며 프로브를 직접 테스트 지점에 연결할 수 있다. 프로브 분리는 효과적인 솔루션이지만 차동 프로브에 비해 2~5배 비싸다는 단점이 있다.
- 광대역 오실로스코프에 순수 차동 프로브를 사용한다. 차동 프로브를 사용하면 VDS를 정확히 측정할 수 있다.

MOSFET을 통해 전류를 측정하기 위해서는 전류 프로브 클램프 온을 수행한 다음 측정 시스템을 미세 조정해야 한다. 많은 차동 프로브에는 DC 오프셋 트리머가 내장되어 있다. 테스트 대상 장치는 끄고 오실로스코프와 프로브는 완전히 예열시킨 상태에서 오실로스코프가 전압 평균과 전류 파형을 측정하도록 설정한다. 실제 측정에 사용될 감도 설정을 사용해야 한다. 신호를 표시하지 않고 트리머를 조정하여 각 파형의 평균값이 0V가 되도록 한다. 이렇게 하면 측정 시스템의 대기 전압 및 전류로부터 발생할 수 있는 측정 오류 가능성을 최소화 한다.

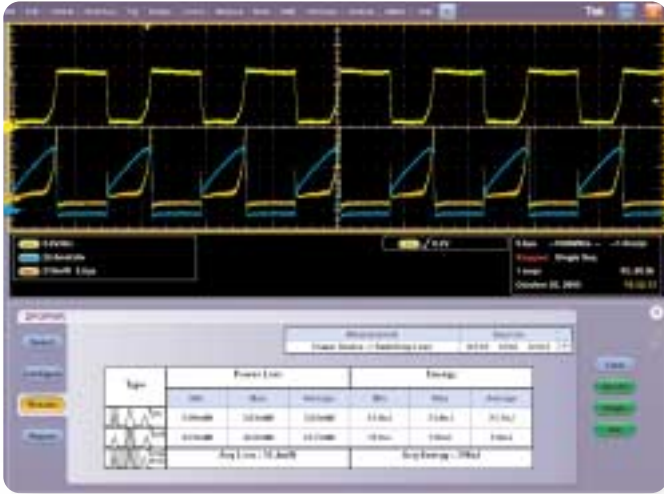
### 전압 및 전류 프로브 전파 지연으로 인한 오류 보정

스위치 모드 전원 장치의 전력 손실을 측정하기 전에 전압 및 전류 신호를 동기화하여 전파 지연을 제거하는 것이 중요하다. 이 프로세스를 "데스큐"라고 한다. 기존 방법에서는 전압 및 전류 신호 간의 비틀어짐을 계산한 다음 오실로스코프의 데스큐 범위를 이용하여 이러한 비틀어짐을 수동으로 조정해야 했다. 그러나 이제 이런 복잡한 작업 대신 테크트로닉스 오실로스코프와 데스큐 고정 장치가 작업을 더욱 단순화시킨다. 즉, 차동 전압 프로브와 전류 프로브를 데스큐 고정 장치의 테스트 지점에 연결만 하면, 데스큐 고정 장치는 오실로스코프의 보조 출력 또는 CAL 출력 신호로 구동된다. 필요한 경우 데스큐 고정 장치를 외부 소스로 구동시킬 수도 있다.

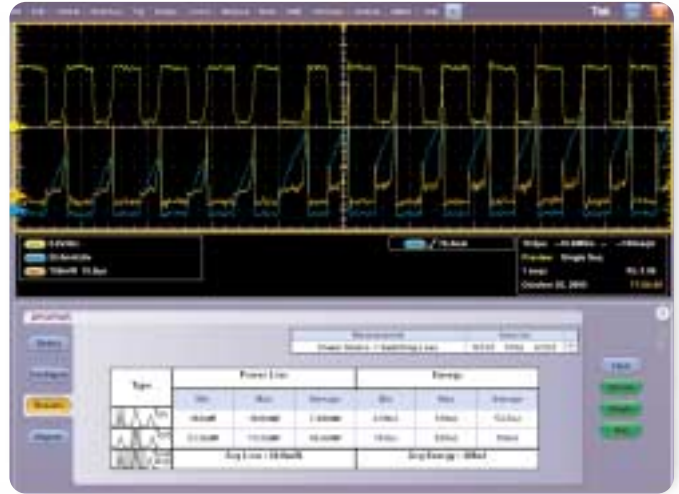
DPOPWR 소프트웨어의 데스큐 기능은 오실로스코프를 자동으로 설정하고 프로빙으로 인한 전파 지연을 계산한다. 그런 다음 오실로스코프의 데스큐 범위를 사용하여 자동으로 비틀어짐에 대한 오프셋을 수행한다. 이제 정확한 측정을 위한 테스트 설정이 완료된 것이다. 그림 2와 3은 데스큐 수행 전후의 전류 및 전압 신호를 보여준다.

## 디지털 형광 오실로스코프를 이용한 정교한 전력 손실 분석

### ▶ 응용 자료



▶ 그림 4. 전원이 켜진 상태에서 스위칭 장치의 최소, 최대 및 평균 전력 손실



▶ 그림 5. 부하 변경 도중 스위칭 장치에서의 최소, 최대 및 평균 전력 손실

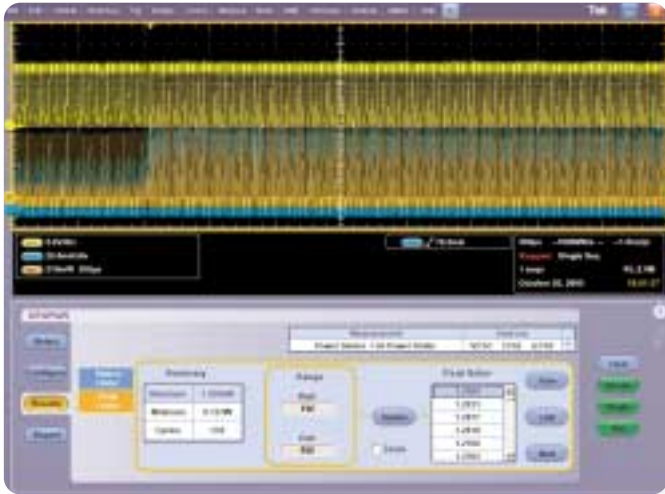
### 비정기적인 스위칭 신호에서의 전력 손실 계산

이미터 또는 드레인이 접지되어 있으면 동적 스위칭 파라미터를 측정하는 일은 간단하다. 그러나 플로팅 전압의 경우 차동 전압을 측정해야 한다. 차동 스위칭 신호를 정확하게 측정하기 위해서는 차동 프로브를 사용할 수 있다. 홀 효과 전류 프로브를 사용하면 회로를 차단하지 않고 스위칭 장치를 통해 전류를 확인할 수 있다.

또한 DPOPWR의 자동 데스크 기능을 이용하면 앞서 설명했듯이 프로브로 인한 전파 지연을 제거할 수 있고, DPOPWR의 "스위칭 손실" 기능은 전류 파형을 자동으로 계산하고 스위칭 장치에서 수집한 데이터에 대한 최소, 최대 및 평균 전력 손실을 측정해준다.

이는 그림 4에서 보는 바와 같이, 턴 온 손실, 턴 오프 손실, 그리고 전력 손실로 나타난다. 이들은 장치의 전력 손실 분석에 이용되는 유용한 자료이다. 전원을 켜고 끝 때의 전력 손실에 대해 알게 되면, 전압 및 전류 변환을 조정하여 전력 손실을 줄일 수 있다.

부하가 변경되는 동안 SMPS의 제어 루프는 스위칭 주파수를 변경하여 출력 부하를 구동한다. 그림 5는 부하가 스위칭되었을 때의 전력 파형을 보여준다. 스위칭 장치에서의 전력 손실은 부하가 스위칭될 때도 변경된다. 이로 인해 발생하는 전력 파형은 비정기적인 성질을 갖게 된다. 비정기적인 전력 파형을 분석하는 일은 쉽지 않을 수 있다. 그러나 DPOPWR의 첨단 측정 기능은 스위칭 장치에 관한 정보를 제공하는 동시에 최소, 최대 및 평균 전력 손실을 자동으로 계산해준다.



▶ 그림 6. HiPower Finder의 결과: 부하 변경 시 스위칭 장치에서의 전력 파형



▶ 그림 7. HiPower Finder 및 스크롭 줌을 사용하여 보다 자세한 분석 가능

## 부하가 동적으로 변경되는 동안 전력 손실 분석

실제 환경에서는 전원 장치가 계속 동적 부하를 받는다. 그림 5는 스위칭 장치에서의 전력 손실이 부하 변경 도중에도 변한다는 사실을 보여준다. 따라서 전체 부하 변경 이벤트를 캡처하고 스위칭 손실을 분석하여 장치에 부담을 가하지 않도록 하는 것이 중요하다.

오늘날 대부분의 설계자들은 대용량 메모리(2MB)와 높은 샘플링 속도를 갖춘 오실로스코프를 사용하여 필요한 해상도의 이벤트를 캡처한다. 그러나 이에 따라 스위칭 손실 지점에 대한 엄청난 양의 데이터를 분석해야 하며 이는 스위칭 장치에 부담을 준다.

DPOPWR의 "HiPower Finder" 기능을 이용하면 이렇게 대용량 메모리 데이터를 분석할 필요가 없다. 스위칭 장치에서 HiPower Finder를 이용한 전력 파형의 일반적 결과가 그림 6에 제시되어 있다.

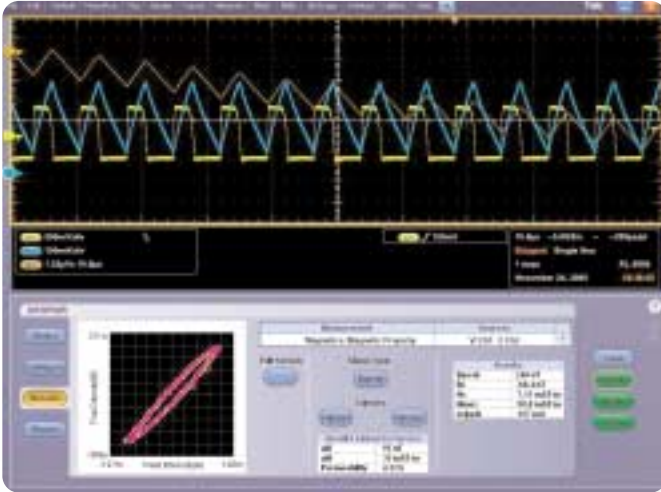
그림 7은 HiPower Finder의 독특한 기능을 보여준다. 결과는 습득된 데이터에서 스위칭 이벤트 수와 최대/최소 스위칭 손실을 요약하여 보여준다. 보려는 범위를 입력하면 원하는 스위칭 손실 지점을 볼 수 있다.

범위 내에서 원하는 지점을 선택하고 HiPower Finder가 대용량 데이터에서 찾도록 하면 된다. 커서는 요청된 영역으로 연결된다.

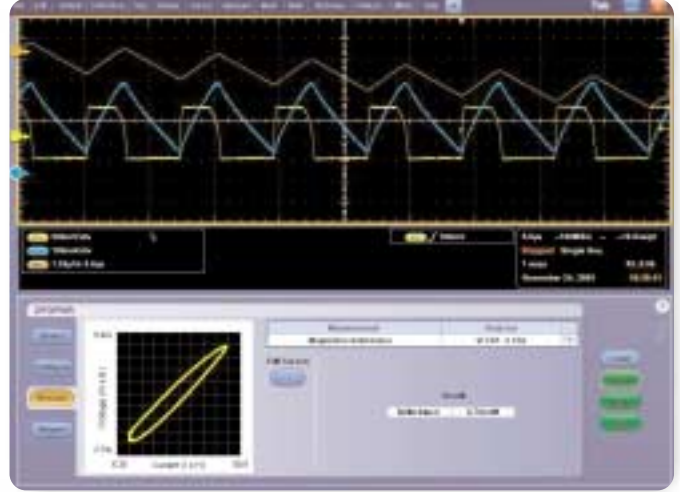
지점 연결을 통해 DPOPWR은 커서 주변을 확대하여 활동을 보다 자세하게 관찰할 수 있도록 해준다. 이러한 기능은 앞서 언급한 스위칭 손실의 기능과 함께 스위칭 장치에서의 전력 손실을 빠르고 효과적으로 분석한다.

## 디지털 형광 오실로스코프를 이용한 정교한 전력 손실 분석

### ▶ 응용 자료



▶8. 수집된 파형에 대한 순시 B-H 그래프 - 커서 연결 표시



▶9. 전력 손실 및 유도기 값

### 마그네틱 소자에서의 전력 손실 계산

전력 손실을 줄일 수 있는 다른 방법은 코어 영역을 사용하는 것이다. 일반적인 AC/DC 및 DC/DC 회로 다이어그램에서 유도기와 변압기는 전력을 낭비하는 다른 컴포넌트로서 전력 효율성과 열 발생에 영향을 미친다.

일반적으로 유도기는 LCR 미터를 사용하여 테스트한다. LCR은 정현파인 테스트 신호를 사용한다. 스위칭 전원 장치에서 유도기는 정현파가 아닌 고전압의 고전류 스위칭 신호를 받게 된다. 따라서 전원 장치 설계자가 실시간 전원 장치의 유도기 또는 변압기 동작을 모니터링해야 한다. LCR을 이용한 테스트는 실제 환경 시나리오를 반영하지 않을 수도 있다.

코어의 동작을 모니터링하는 가장 효과적인 방법은 B-H 곡선을 사용하는 것이다. B-H 곡선은 전원 장치의 유도기 동작을 신속히 노출하기 때문이다. DPOPWR을 사용하면 비싼 전용 툴 없이도 연구실의 오실로스코프를 사용하여 신속하게 B-H 분석을 수행할 수 있다.

유도기와 변압기는 전원 장치의 전원을 켤 때와 정상 상태일 때 동작이 다르다. 이전에는 설계자가 B-H 특성을 보고 분석하기 위해 신호를 수집하고 PC를 보다 자세히 분석해야 했다. DPOPWR이 있으면 오실로스코프에서 직접 B-H 분석을 수행하여 유도기 동작을 즉각 볼 수 있다. 보다 자세한 분석을 위해 DPOPWR은 오실로스코프에서 B-H 그래프와 수집된 데이터 간의 커서 연결을 제공한다(그림 8 참조).

또한 DPOPWR의 B-H 분석 기능은 실제 SMPS 환경에서 전원 손실 및 유도기 값을 자동으로 측정해준다. 유도기 또는 변압기의 코어 손실을 확인하려면 1차 및 2차의 전력 손실 측정을 수행하면 된다. 이러한 결과의 차이가 코어에서의 전력 손실(코어 손실)이다.

또한 무부하 조건에서 1차의 전력 손실은 코어 손실을 포함하여 2차의 총 전력 손실에 해당한다. 이러한 측정을 통해 전력 손실 영역에 대한 정보를 밝힐 수 있다.

## 결론

스위칭 장치에서의 전력 손실, HiPower Finder 및 B-H 분석을 포함하여 DPOPWR 전력 측정 및 분석 소프트웨어의 주요 기능 덕분에 스위치 모드 전원 장치를 신속 간편하게 측정할 수 있다. 텍트로닉스 디지털 형광 오실로스코프와 함께 사용하면 전력 손실 영역을 재빨리 찾아 동적 상황에서의 전력 손실 동작을 확인할 수 있다.

## 텍트로닉스 연락처:

동남아시아/대양주/파키스탄 (65) 6356 3900  
오스트리아 +41 52 675 3777  
발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 다른 ISE 국가들 +41 52 675 3777  
벨기에 07 81 60166  
브라질 및 남미 55 (11) 3741-8360  
캐나다 1 (800) 661-5625  
중앙동유럽, 우크라이나 및 발트국 +41 52 675 3777  
중앙 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777  
덴마크 +45 80 88 1401  
핀란드 +41 52 675 3777  
프랑스 및 북아프리카 +33 (0) 1 69 86 81 81  
독일 +49 (221) 94 77 400  
홍콩 (852) 2585-6688  
인도 (91) 80-22275577  
이태리 +39 (02) 25086 1  
일본 81 (3) 6714-3010  
룩셈부르크 +44(0) 1344 392400  
멕시코, 중앙아메리카 및 카리브해 52 (55) 56666-333  
중동, 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777  
네덜란드 090 02 021797  
노르웨이 800 16098  
중국 86 (10) 6235 1230  
폴란드 +41 52 675 3777  
포르투갈 80 08 12370  
대한민국 82 (2) 528-5299  
러시아 및 CIS 7 095 775 1064  
남아프리카 +27 11 254 8360  
스페인 (+34) 901 988 054  
스웨덴 020 08 80371  
스위스 +41 52 675 3777  
대만 886 (2) 2722-9622  
영국 및 아일랜드 +44 (0) 1344 392400  
미국 1 (800) 426-2200  
기타 지역: 1 (503) 627-7111  
최종 갱신일 2005년 6월 15일

### 추가 정보

Tektronix는 최첨단 기술을 다루는 엔지니어를 지원하기 위해 응용 자료, 기술 문서 및 기타 리소스 등을 총 망라한 방대한 자료를 보유 관리하고 있으며 이를 계속 확장하고 있습니다. [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)을 참조하십시오.



Copyright 2005, Tektronix, Inc. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 현재 등록되어 있거나 출원중인 미국 및 국제 특허의 보호를 받고 있습니다. 이 문서에 포함되어 있는 정보는 이전에 발행된 모든 자료에 실린 내용에 우선합니다. 사양이나 가격 정보는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TEKTRONIX 및 TEK는 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 본 문서에 인용된 다른 모든 상표는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.  
9/05 FLG/WOW 55K-15754-4

**Tektronix**  
Enabling Innovation