



엄격한 신규 애플리케이션 요건 충족 위한 MOSFET 소자의 기술적 진보

저전압 MOSFET 소자(<40V)는 스마트폰 및 태블릿 PC와 같은 휴대용 전자기기, 가전제품, 데이터 통신 서버, 의료장비를 비롯해 텔레콤 기반 시설용 전원 시스템들에 광범위하게 사용된다. 이에 따라 MOSFET의 설계에 관련된 엔지니어들에게 요구되는 엄격한 기술 조건들을 해결하기 위해 이 글에서는 잠재적으로 충돌 가능성이 있지만 해결되어야 할 기술적 문제들이 과연 무엇이며 얼마나 중대한지 알아보려 한다.

글: Wharton McDaniel / 파워 MOSFET부문 제품 마케팅 매니저
ON Semiconductor / www.onsemi.com



업체들에게 심각한 압박 요소들이다. 따라서 차세대 전력 시스템은 매우 경쟁력있는 새로운 기술들을 내포하는 부품으로 구성되어야 할 것이다.

기술 개발의 주 원동력

현재 MOSFET 기술의 개발을 촉진하는 것으로는 2개의 주된 원동력이 있다. 우선 서버들에게서 요구되는 고급 프로세싱이 그것인데 전력 수요와 랙의 마이크로프로세서 밀도가 매우 증가함에 따라 전기 소비, 시스템 공간 및 열 관리의 장애 요소들을 극복해야 한다.

그런데 컴퓨팅에서 현재 주된 관심사가 되는 것은 프로세싱 능력이 아니다. 컴퓨터 플랫폼이 대량 데스크톱 PC에서 태블릿이나 스마트폰과 같은 경량, 소형의 휴대용 제품으로 바뀌고 있지만 이 프로세싱은 고객들에게 더 이상 핵심 판매 포인트가 되지 않는다. 전력 시스템에 대한 판단 조건은 배터리 수명과 시스템 소형화에 우선 순위를 두는 방향으로 변경되고 있다. 이 두 가지 타입의 스위칭 주파수는 시스템 내의 작은 공간에서 더 작은 자기장과 수동 소자를 사용하도록 증가해야 한다.

MOSFET 사양에 영향을 끼치는 핵심 요인

애플리케이션 레벨에서 드라이버가 무엇을 할 것인가? 어떻게 이를 부품 사양으로 변환할 것인가? 전력 시스템용 MOSFET를 지정할 때 유의할 3개의 주요 요인들을 설명하기로 하자.

1. **On 저항 (RDS_{on})** - RDS_{on} 은 MOSFET의 전도 손실의 완화를 위해 결정적인데 이 수치는 가능한 한 낮아야 한다.

2. **성능 지수 (FOM)** - $RDS_{on} \times Q_g$ (전체 게이트 전하)로 정의되는 이 지수는 MOSFET의 스위칭과 전도 손실을 나타내므로 어떤 소자를 사용할 것인지 결정할 때 중요한 선택 조건이 된다.

3. **스위칭 성능** - MOSFET의 우수한 스위칭 성능은 낮은 스위칭 손실을 의미한다. 스위칭 주파수는 계속 증가되고 있으며 향후 더욱 심화될 것이다.

MOSFET 설계 및 이의 영향

MOSFET의 사용은 1980년대에 더욱 일반화되었지만 그후 10년이 지나면서 이 소자의 조립 방법과 제공하는 성능 사양에 많은 변화를 겪었다. 이는 매우 다른 이유이기도 하지만 응용 시나리오에 적용되는 MOSFET이 가능한 한 적은 전력을 소비해야 하므로(활성 및 비활성일 때) RDS_{on} 을 낮게 유지하는 것이 기본 목표 중의 하나였기 때문이다.

매우 높은 변환 효율을 지원하는 것은 매우 큰 장점인데 이 소자는 작은 다이 크기를 가지므로 휴대용 제품과 서버용 보드 공간에서 우수하게 사용될 수 있다. 문제는 어떻게 부품 레벨에서 이 성능의 '희망사항'을 제대로 구동시킬 것인가 하는 것이다.

MOSFET 설계를 실패하게 하는 것으로는 2가지 요소가 있다. 과거에는 부품 제조업체가 이들 중에 하나만 잘 실행하면서 다른 요소를 별도로 처리해도 되었지만 지금은 이들을 동시에 똑같이 처리해야 하는 시점에 이르렀다.

프로세스 기술 - 10년 전까지만 해도 CPU를 구동하기 위해서는 약 10A의 전류가 필요했으나 이

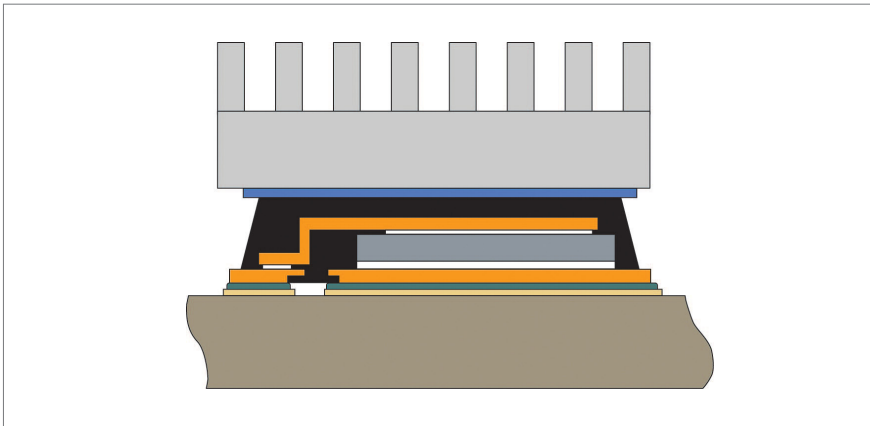
현재 우리의 일상생활은 거의 전적으로 각종 전자 제품의 사용에 의존하는 편이지만 화석 연료의 고갈로 이어지는 세계적인 에너지 소비 상승, 환경에 미치는 영향(탄소배출 등)을 비롯해 공공 시설물의 유지 및 관리 비용의 상승 등 우려가 심화되고 있는 실정이다. 게다가 점증하는 소비자 인식, 에너지스타(EnergyStar)와 같은 충격적인 입법조치의 시행 및 OEM 업체들에게 가해지는 성능 시험 로드맵들은 모두 전력 반도체 제조

제는 100A가 필요하다. 이에 따라 단순히 폼 팩터와 방열 문제를 점검하기 위해 $R_{DS(on)}$ 의 크기를 줄여야 하는데 그렇지 못한다면 완성 제품의 크기와 비용을 늘려야만 하기 때문이다. 또한, MOSFET의 전반적 스위칭 성능은 커패시턴스의 감소를 통해 크게 향상시킬 수 있게 되었다. 신규

반도체 공정의 지속적인 개발로 MOSFET $R_{DS(on)}$ 과 OEM에서 필요로 하는 커패시턴스가 감소하게 되었다. 그런데 이런 감소는 조만간 미래에 다가올 반도체 크기의 소형화에도 보조를 맞춰야 한다. 차폐-게이트 트렌치 토폴로지의 출현은 스위칭 오버슈트를 최소화하며 낮은 $R_{DS(on)}$ 을 보상하

는 특징으로 설계 엔지니어들에게 좋은 해결책을 제시했다. 스위칭 주파수가 증가로 인해 이미 언급한 대로 오버슈트가 더 큰 해결과제로 등장함에 따라 이를 완화시키는 토폴로지의 능력이 매우 장점을 갖게 되었다.

그림 1. 히트싱크로 인해 방열 기능이 향상된 SO8FL 패키지



패키지 기술 - 모든 파워 MOSFET 패키지는 열 저항 및 상호연결성을 잘 발휘해야만 한다. 상호 연결성은 다이의 $R_{DS(on)}$ 값과 관련해 최소화 해야 하는데(현재 온세미컨덕터는 밀리옴 이하의 $R_{DS(on)}$ 레벨에 도달하고 있음) - 그렇지 않을 경우 실리콘 소자의 모든 기술 개선들은 무용지물이 된다. 본드 와이어 대신 클립을 사용하는 것은 상호 연결 저항을 전체 $R_{DS(on)}$ 의 작은 %로 유지하는 주요 수단이 되어 왔다. 표면 실장 패키지의 바닥에 노출된 패드는 주된 열 저항 열 경로를 제공한다. 현재는 패키지 상부에 감소된 열 저항을 갖는 표면실장 패키지가 패키지 상부로부터의 히트싱크 역할을 하고 있다. 이런 종류의 패키지는 PCB가 효과적인 히트싱크 역할을 감당하지 못할

그림 2. 패키지 기술의 발전



때 중요하다. 반도체 전문가들이 고품질, 고성능의 소자를 개발했어도 패키지가 열악하면 전체적인 성능이 저하된다.

지난 수 년간 다이 크기가 지속적으로 감소함에 따라 단일 MOSFET의 경우 TO220과 같이 리드가 있는 파워 패키지에서 표면실장 패키지로 이동했으며, 현재는 듀얼 패키지도 나와 있다. 현재는 고전력 phase 쌍 MOSFET가 5mm x 6mm 패키지로 제공된다. 연결 저항과 인덕턴스의 감소로 인해 성능이 향상됨에 따라 제품 설계자들은 **그림 2**와 같이 공간 절약의 큰 장점을 활용할 수 있게 되었다.

전도 손실 특성과 스위칭 효율의 최적화 된 균형을 제공하는 MOSFET의 사양은 최종 제품을 개발하는 엔지니어에게 필수적이다. 최신 반도체 공정과 패키징 기술의 활용은 손실을 최소화하고 시스템 설계에서 에너지 발산을 줄여줌으로써 더 작은 공간에서의 열관리가 가능 하게 되었다. 이로 인해 최종 제품은 더욱 깔끔하게 그리고 더 폼팩터는 덜 방해받게 되었으며 결과적으로 우수한 시스템 신뢰성과 장기간 수명을 보장받게 되었다. 결론적으로 말해 전력 전자 부분에서는 더욱 효과적인 방법으로 MOSFET 스위칭 활동과 관련된 손실을 제한하고 전환 효율 레벨을 개선하는 동

시에 RDS_{ON} 을 줄일 지속적인 연구 개발이 이루어져야 한다. 기술적 진보로 인해 스위칭 회로와 관계된 RDS_{ON} 과 캐퍼시턴스를 모두 동시에 낮출 수 있는 공정이 가능하게 되었다. 이에 따라 더욱 소형의 수동소자와 더 높은 스위칭 주파수의 사용으로 PCB 면적과 스위칭 성능 특성이 모두 개선되었다. 그러나 아직 어려움들은 남아 있으므로 다이 크기를 더욱 작게 해서 상호연결성 및 열 관리의 접근 방식을 다시 극적으로 변경해야 할 것이다. **E**

전자부품 산업을 위한 No.1 엔지니어링 매거진

No.1 매거진

글로벌 전자산업 정보를 가장 알차게 만나는 곳!

EPC
ELECTRONIC PARTS & COMPONENTS
www.epnc.co.kr



No.1



테크월드
TECHWORLD

THE ENGINEERING MAGAZINE FOR ELECTRONIC COMPONENTS INDUSTRY