power integrations™

GAN 기반 1차측 전원 스위치로 INNOSWITCH3 IC 제품군의 전력 범위 확장

2019년 7월, 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 오프라인 CV/CC 플라이백 스위처 IC의 InnoSwitch™3 제품군에 속하는 신제품을 발표했습니다. 새로운 IC는 히트싱크를 필요로 하지 않으며, 풀부하 범위에서 최대 95% 효율을 제공하고 밀폐형 어댑터 구현에서 최대 100W를 제공합니다. 이러한 획기적인 성능 향상은 사내에서 개발한 고전압 GaN 스위치 기술(PowiGaN™)을 사용하여 달성하였습니다.

WHITEPAPER

ac-dc 컨버터

GaN의 필요성

큰 성공을 거둔 플라이백 전력 변환 IC의 InnoSwitch3, InnoSwitch3-Pro, LYTSwitch™-6 제품군은 매우 효율적이며 충전기, 어댑터, LED 밸러스트 및 기타 소형 또는 미미한 공기흐름의 밀폐형 시스템과 같은 소형 파워 서플라이 애플리케이션에서 히트싱크를 필요로 하지 않게 합니다. InnoSwitch 디바이스는 PI 특유의 FluxLink™ 피드백 시스템을 활용하며 높은 레귤레이션 정확도, 빠른 과도 응답 및 포괄적인 라인, 부하 및 자체 보호 기능을 제공합니다. InnoSwitch3는 USB PD 및 PPS 고속 충전 어댑터, 소비자 제품, 가전 제품, 산업용 애플리케이션에 이상적이며 고효율, 높은 신뢰성 및 생존성, 적은 부품 수, 소형 레이아웃은 성공적인 설계에 매우 중요합니다.

이러한 디바이스에 사용되는 고급 로우 프로파일 InSOP-24C 패키지는 독점 실리콘 MOSFET 기술을 활용하여 파워 서플라이 폼 팩터와 입력 전압 범위에 따라 히트싱크 없이 30W~60W를 제공할 수 있습니다.

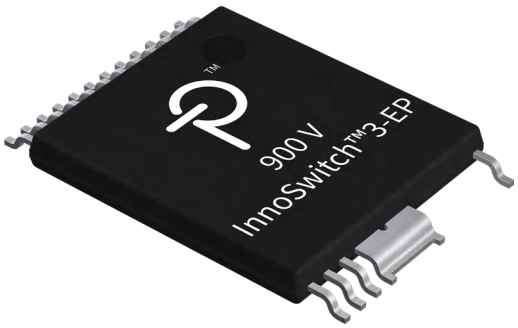


그림 1 파워 인테그레이션스(Power Integrations) InnoSwitch3, InnoSwitch3-Pro, LYTSwitch-6 전력 변환 제품군에 사용되는 InSOP-24C 독점 표면 실장형 파워 패키지

고전력 고속 충전, IoT 연결 가전제품, LED 조명 및 산업용 애플리케이션에 필요한 전력을 공급하고 컨버터 크기를 더욱 줄이려면 단위 면적당 $R_{DS(ON)}$이 더 낮고 변환 효율이 더 높은 1차측 전원 스위치가 필요합니다. 와이드 밴드갭 반도체는 더 낮은 특정 $R_{DS(ON)}$(단위 면적당 ON 저항)을 제공하고 스위칭 손실을 크게 줄이므로 시장 요구 사항을 충족하는 데 이상적입니다.

GaN 성능은 반도체 재료의 밴드갭에서 비롯

갈륨 나이트라이드(GaN)는 실리콘 제품보다 턴온 및 턴오프 중의 스위칭 손실이 매우 낮은 스위치를 제작할 수 있는 와이드 밴드갭 반도체 재료입니다. 실제로 GaN 스위치는 실리콘 MOSFET과 달리 본질적으로 턴오프 손실이 거의 제로에 가깝습니다. GaN 스위치의 턴온 손실은 거의 전적으로 실리콘 MOSFET보다 GaN에서의 노드 간

커패시턴스가 훨씬 작기 때문에 발생합니다. 이는 GaN의 턴온 및 턴오프가 거의 즉각적이며 실리콘과 비교했을 때 동등한 R_{DSON}에서의 GaN 디바이스 다이 크기가 훨씬 작기 때문입니다.

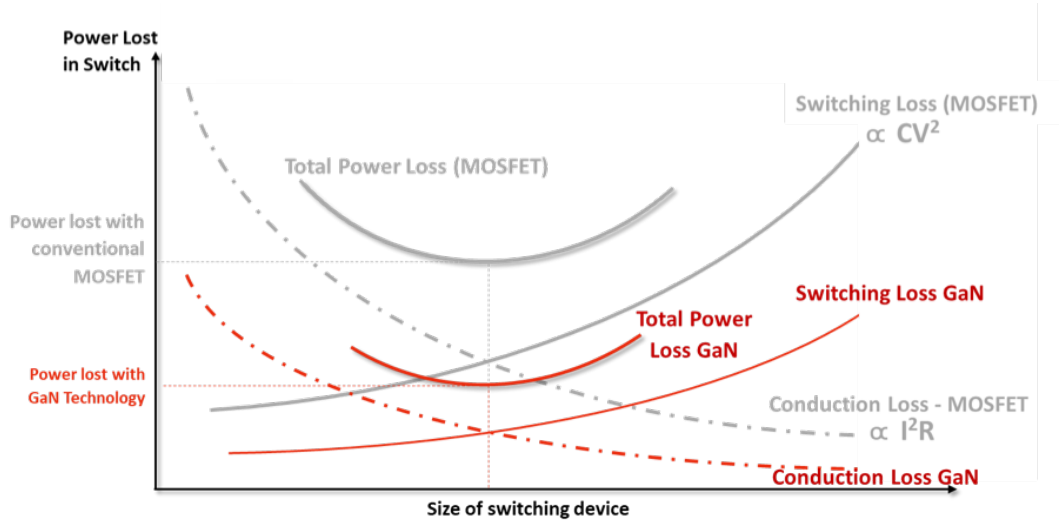


그림 2 스위칭 손실과 전도 손실(채널 저항)을 비교하면 주어진 다이 크기에서 GaN 디바이스의 손실이 실리콘 디바이스보다 더 낮습니다.

PowiGaN의 성능 장점

파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 고급 GaN 스위치 기술(PowiGaN)을 개발했으며 통합 전력 솔루션에서 사용하기 위해 디바이스를 최적화했습니다. PowiGaN 디바이스를 사용하면 InSOP-24C 패키지가 히트싱크 없이 훨씬 더 높은 전력 수준을 제공하는 동시에 전체 파워 서플라이 효율을 크게 향상시킵니다.

디스크리트 GaN 솔루션의 주요 과제는 트랜지스터를 구동하고 보호하기가 어렵다는 것입니다. GaN은 실리콘보다 훨씬 빠르기 때문에 디스크리트 GaN 패키지와 PCB 패턴 연결에 의해 발생하는 소량의 인덕턴스 및 커패시턴스도 구동에 매우 큰 장애가 됩니다. 설계자들이 직면한 일반적인 문제는 스위칭 중의 높은 dv/dt와 고주파 진동입니다. 이는 EMI를 생성하고 효율을 낮추며 디바이스를 파손시키는 경우도 있습니다. 빠른 GaN 스위치 속도는 보호 회로가 안전하게 디바이스를 턴오프시키기 전에 스위치 전류를 파괴될 수 있는 수준까지 상승시킬 수 있으므로 스위칭 속도가 높으면 트랜지스터를 보호하기 매우 어렵습니다.

이러한 문제는 PowiGaN을 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 고집적 스위처 IC에 내장함으로써 완벽히 해결됩니다. 통합은 기생 인덕턴스와 커패시턴스를 크게 줄여 진동을 더 쉽게 피할 수 있습니다. PowiGaN 기반

제품은 특정 PowiGaN 디바이스에 맞게 조정된 드라이버를 통합하여 스위칭 속도를 최적화함으로써 EMI를 최소화하고 효율을 최대화하며 진동을 효과적으로 제거합니다. 보호 회로는 고장 상태에서 디바이스를 안전하게 종료하기 위해 안전하지 않은 전류를 빠르게 센싱할 수 있으며 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 스위칭 컨버터 IC에는 스타트업 회로가 포함되어 있어 외부 바이어싱 회로가 필요하지 않습니다. PowiGaN 디바이스는 또한 무손실 전류 센싱 기술을 사용하여 디스크리트 구현에서 GaN 스위치 자체의 저항을 자주 초과하는 외부 센싱 저항을 완전히 제거합니다. 이러한 이점을 통해 파워 서플라이 개발자는 GaN 기술을 활성화할 필요성에 대한 걱정 없이 고객에게 전력을 공급하고 폼 팩터 및 써멀 요구 사항을 충족시키는 데 집중할 수 있습니다.

PowiGaN 기반 InnoSwitch3의 작동은 기존(실리콘 기반) 동일한 제품군의 디바이스 작동과 구별되지 않습니다. 스위칭 주파수, 트랜스포머 설계, EMI 필터링, 바이어싱 및 동기 정류 회로는 PowiGaN과 실리콘 디바이스에서 동일합니다. 변경은 PowiGaN 기반 설계의 더 높은 전력을 수용하기 위해서만 필요합니다. PI Expert™ 자동 파워 서플라이 설계 소프트웨어 제품군은 MOSFET과 PowiGaN 기반 디바이스를 모두 지원하며 최상의 구성 요소를 선택하고 기본 파라미터 입력으로부터 전체 회로도, 마그네틱 및 BOM을 생성함으로써 설계 프로세스를 가속화합니다.

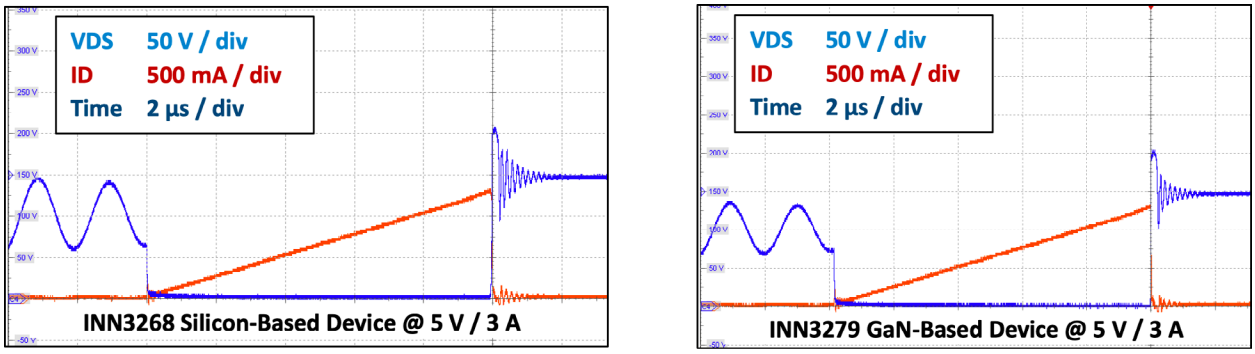


Figure 3(a) Low Line DCM Turn-On V_{IN}: 100 VDC

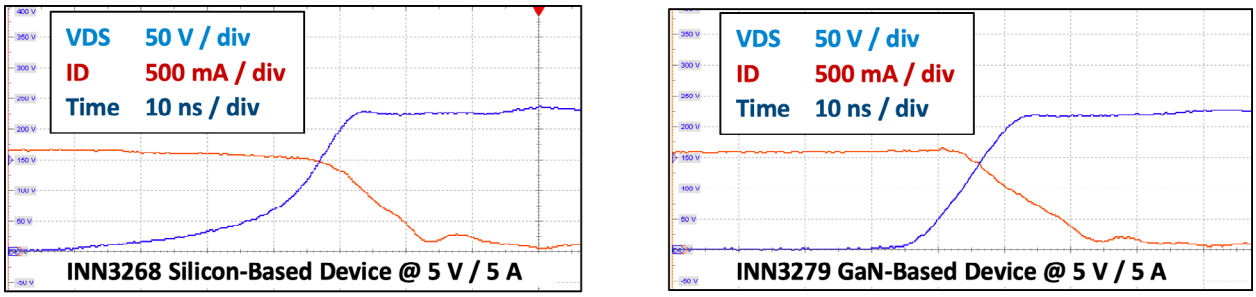


Figure 3(b) Low Line CCM Turn-Off V_{IN}: 100 VDC

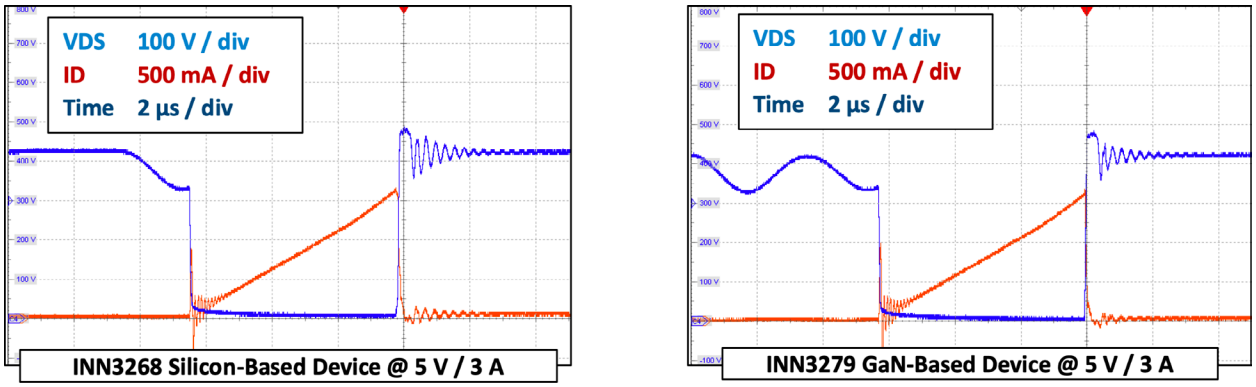


Figure 3(c) High Line DCM Turn-On V_{IN}: 370 VDC

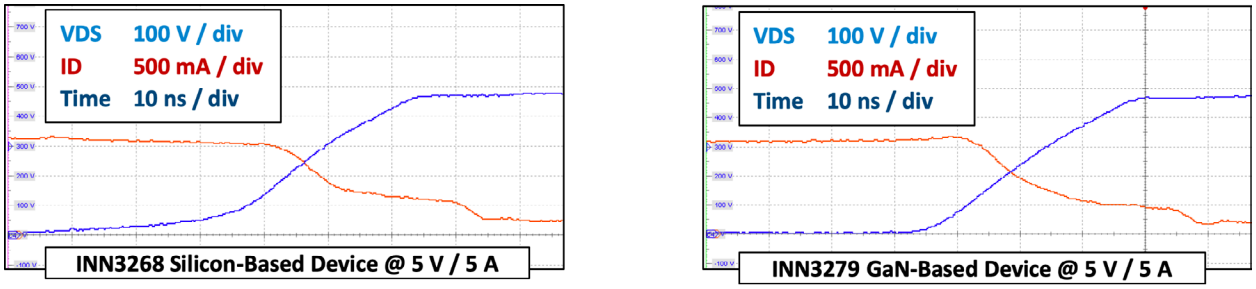
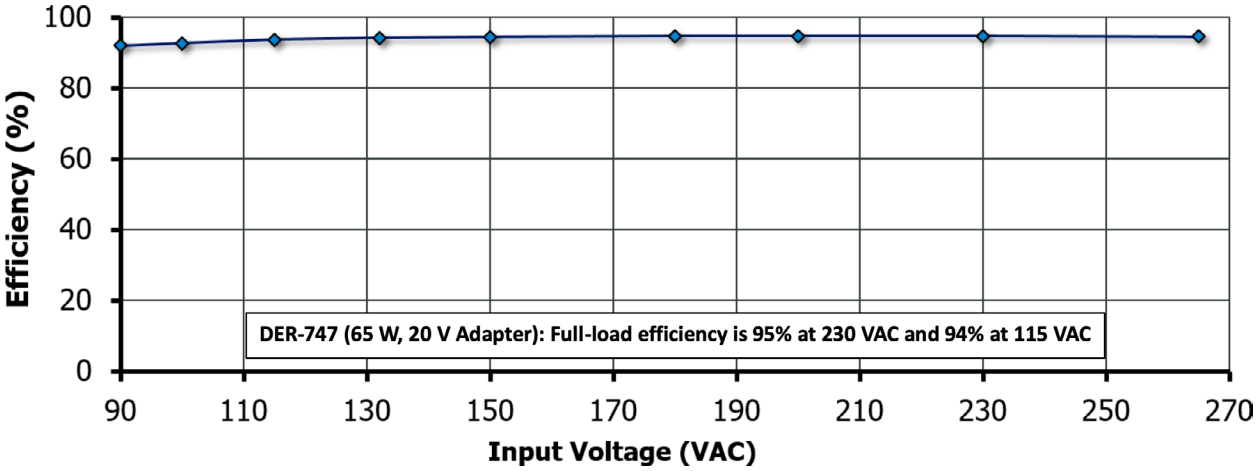


Figure 3(d) High Line CCM Turn-off V_{IN}: 370 VDC

그림 3 PowiGaN과 실리콘 InnoSwitch3 디바이스 스위칭 중의 드레인-소스 전압 파형을 비교하여 GaN과 실리콘 디바이스 간의 원활한 전환을 보여줍니다. 파형은 사실상 동일합니다. 동일한 회로를 실리콘과 PowiGaN 기반 디바이스에서 사용할 수 있습니다.

PowiGaN 스위치의 빠른 턴온 특성은 그림 3(c)에서 볼 수 있습니다. 그러나 변환의 기울기는 동일하며 유사한 EMI 시그니처를 생성합니다.

기존 실리콘 기반 기술보다 낮은 $R_{DSON(MAX)}$과 스위칭 손실이 효율을 높입니다. 다른 InnoSwitch3 디바이스와 마찬가지로 PowiGaN 기반 설계의 효율은 라인 및 부하 범위에서 일정합니다. 따라서 높은 평균 효율을 요구하는 애플리케이션과 조정 가능한 출력 전압 설계(USB PD 및 PPS)에 이상적입니다.



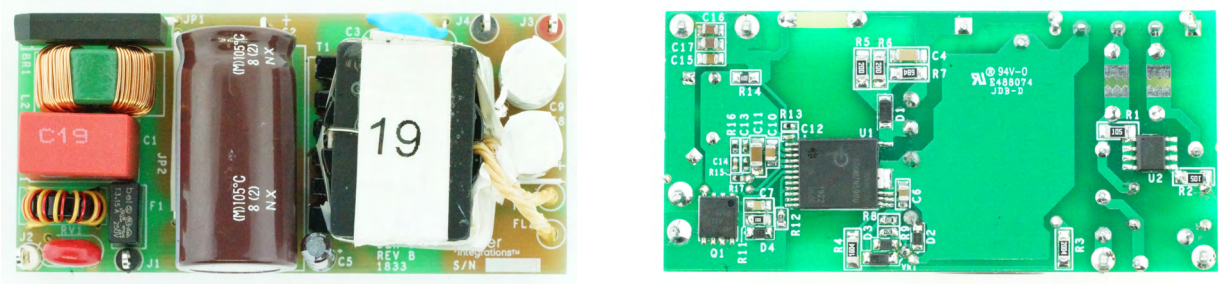
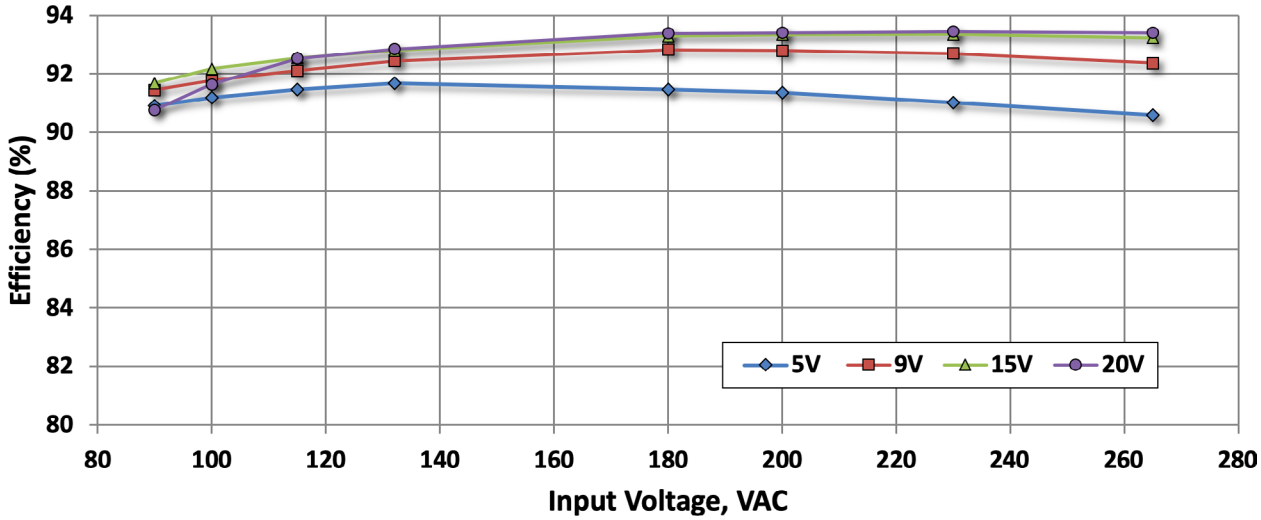
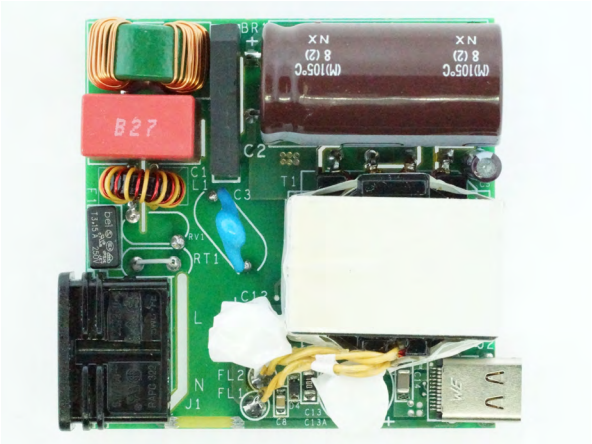


그림 4 라인 전압 범위에서의 높은 풀부하 효율로 히트싱크가 제거된 InnoSwitch3 설계가 가능하며 최소 컨버터 크기를 보장할 수 있습니다. 소개된 예는 InnoSwitch3-EP INN3679C를 사용하는 65W 어댑터인 DER-747입니다.

USB PD 유형 애플리케이션에서 다중 출력 전압 옵션을 수용해야 하므로 트랜스포머 최적화가 제한되며 효율성이 떨어집니다. 그럼에도 불구하고 PowiGaN 스위치를 사용하는 InnoSwitch3 디바이스는 여전히 부하 범위에서 고효율을 달성하므로 고속 충전 설계용 히트싱크가 필요하지 않습니다.





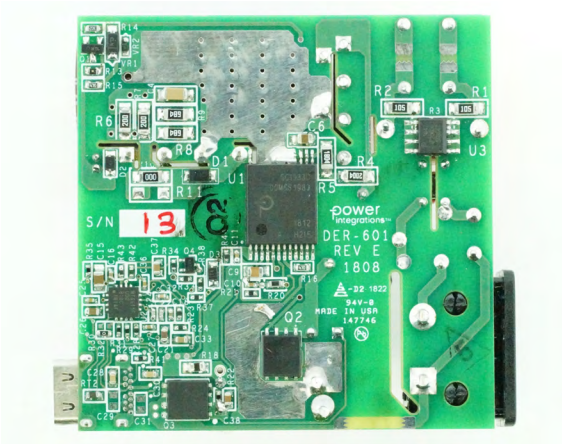


그림 5 DER-601 – 부하 범위에서 고효율을 보여주는 60W 와이드 레인지 USB PD 충전기(5V – 20V 출력). InnoSwitch3-CP INN3279C-H215. 60W 어댑터 설계—히트싱크가 필요하지 않음.

그림 6 DER-805 – USB PD + 히트싱크가 필요하지 않은 100W 와이드 레인지 PPS 충전기(5V – 20V 출력). InnoSwitch3-Pro INN3370C-H302.

PowiGaN 스위치를 갖춘 PI 제품군

파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 디바이스 제품군의 부품을 설명하기 위해 스마트 넘버 시스템을 사용합니다. 아래 나열된 제품군 부품 중 부품 번호가 9 또는 0으로 끝나는 경우 PowiGaN 기반 스위치가 사용됩니다. 부품 번호가 78로 끝나는 디바이스도 PowiGaN 스위치를 사용합니다. 68로 끝나는 디바이스는 650V $V_{DS(MAX)}$ 정격 실리콘 디바이스입니다.

제품군	애플리케이션	일반 애플리케이션
InnoSwitch3-CP INN3278C-HXXX INN3279C-HXXX INN3270C-HXXX	정전력 및 CV/CC	충전기/어댑터, IoT, USB PD 충전기
InnoSwitch3-EP INN3678-HXXX INN3679C-H60X INN3670C-H60X	오픈 프레임 및 어댑터 CV/CC	가전 제품, 산업용, 모터, 스마트 측정기, 범용 어댑터
InnoSwitch3-Pro INN3678C-HXXX INN3379C-H302 INN3370C-H302	디지털 프로그래밍 가능 CV/CC	USB PD 충전기, 프로그래밍 가능 파워 서플라이
LYTSwitch-6 LYT6078C LYT6079C LYT6070C	CC/CV 조명	밸러스트 및 LED 드라이버

표 1 GaN 부품이 포함된 제품군. 사이즈 8 디바이스는 2019년 4분기에 이용 가능합니다. 추가 정보 및 샘플은 PI 담당자에게 문의하십시오.

견고하고 안정적인 PowiGaN 디바이스

PowiGaN 디바이스는 오프라인 플라이백 전력 변환에서 볼 수 있는 전압 수준에서 작동하도록 특별히 설계되었습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 기존 실리콘 제품과 동일한 fab에서 제조되며 전력 변환 회로에서의 안정적인 작동을 보장하기 위해 광범위한 인증 테스트를 거쳤습니다. 아래에 나열된 인증 테스트 외에도 파워 인테그레이션스(Power Integrations) 스위처 IC는 실제 파워 서플라이 설계에서 광범위한 장기간의 테스트를 거쳤으며 전 제품의 현장 고장률이 0.2PPM 미만입니다.

	테스트 설명	기호	테스트 방법	InnoSwitch3	InnoSwitch3 (GaN)
fab 프로세스	프리컨디셔닝 및 MSL(Moisture Sensitivity Level)	PC	JESD22-A113 JEDEC J-STD-020	MSL3	MSL3
	온도 습도 바이어스	THB	여러 장치, 여러 Lot	여러 장치, 여러 Lot	여러 장치, 여러 Lot
	온도 사이클링	TC			
	고온 보관 수명	HTSL			
	동적 작동 수명	DOPL			
fab 및 패키지	초가속 수명 테스트	HALT			
	고온 역바이어스	HTRB			
패키징 프로세스	프리컨디셔닝	PC			
	MSL(Moisture Sensitivity Level)	PC			
	온도 습도 바이어스	THB			
	온도 사이클링	TC			
	고온 보관 수명	HTSL			

표 2 InnoSwitch3 GaN 부품의 엄격한 인증 테스트로 안정적인 파워 서플라이 작동 보장

PowiGaN 기반 제품 인증에는 모든 PI 디바이스에 사용되는 표준 인증 테스트 외에도 최악의(실제) 조건에서 이러한 디바이스의 추가 생존성 정도를 확인하기 위한 추가적인 DOPL 및 HALT 테스트가 포함됩니다. PowiGaN 개발 프로세스의 일환으로 디바이스의 연속성과 안정성을 보장하기 위해 독특하고 독점적인 웨이퍼 레벨, 칩 레벨 및 최종 테스트 레벨의 GaN 특정 스크리닝 테스트가 만들어졌습니다.

그림 7 PowiGaN InnoSwitch3 디바이스 인증 테스트에 사용되는 DOPL 스트레스 테스트 보드

PI 스위처 디바이스는 전 세계 오프라인 전력 변환 애플리케이션에서 나타나는 매우 다양한 범위의 메인 전압 레벨에서 작동합니다. 플라이백 파워 서플라이에서 1차측 스위치에 대한 전압 스트레스는 정류된 라인 전압(V_{BUS}), 출력 반사 전압(VOR)(즉, 파워 트랜스포머의 권선비 전체에 의해 발생된 출력 전압), 트랜스포머 1차측 권선의 누설 인덕턴스에 의해 유도된 전압(V_{LE})의 조합입니다. 일반적인 플라이백 설계에서 정상 작동 시 최악의 전압 스트레스는 최대 라인 전압(유럽 시스템의 경우 264VAC)에서 발생합니다. 그림 8 은 PowiGaN 1차측 스위치의 정격 전압과 비교하여 다른 구성 요소의 대략적인 강도를 보여줍니다.

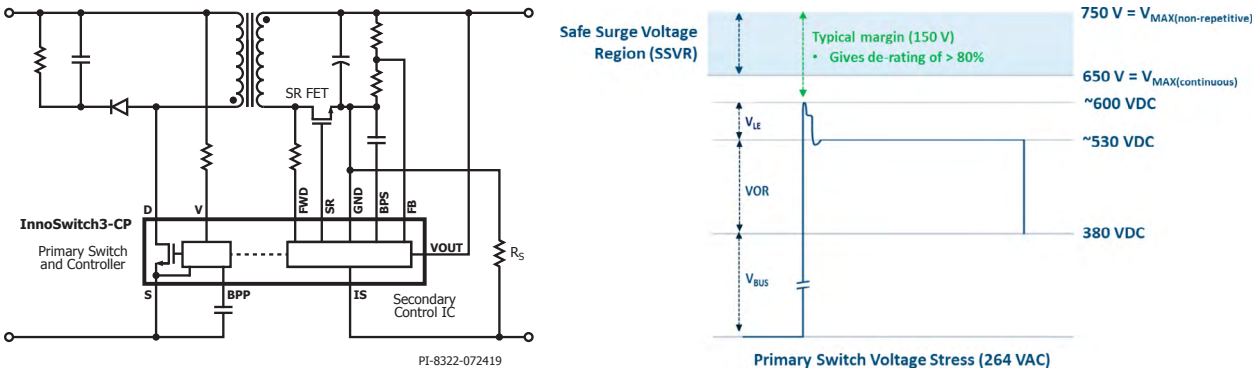


그림 8 264VAC에서 작동하는 오프라인 플라이백 파워 서플라이의 1차측 스위치에 대한 전압 스트레스. VOR은 출력 전압(V_S)과 트랜스포머 설계에 따라 달라집니다(자세한 내용은 해당 데이터 시트를 참조하고 PI Expert 설계 소프트웨어 제품군에 설명된 지침을 따르십시오). 모든 InnoSwitch3 제품군과 LYTSwitch-6 디바이스는 V핀을 통해 BUS 전압을 모니터링하며 라인 서지 동안 VOR 및 V_{LE} 전압 스트레스 구성 요소를 제거하기 위해 스위칭을 중단합니다.

메인에 연결된 파워 서플라이는 또한 라인 서지 및 팽창을 겪을 수 있으며 이를 해결하기 위해 PowiGaN 스위치에 두 개의 정격 전압이 제공되므로 파워 서플라이 엔지니어는 실제 애플리케이션용 파워 서플라이 설계를 최적화할 수 있습니다. $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 정격(750V)은 과도, 팽창 및 서지 조건에서 최대 전압 내성을 나타냅니다. PowiGaN 기반 부품은 작동 안정성을 보장하기 위해 $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 한계를 초과하는 전압에서 100% 생산 테스트를 거쳤습니다. 이 파라미터는 기존 MOSFET에 'abs-max' BVDss 정격이 사용된 것과 동일한 방식으로 파워 서플라이 설계 중에 디레이팅 목적으로 사용됩니다. 최대 연속 전압($V_{MAX(CONTINUOUS)}$) 파라미터는 GaN 스위치에 지속적으로 적용될 수 있는 스트레스를 나타냅니다. PowiGaN 디바이스의 경우 이 수치는 650V입니다. 이 한계를 초과하여 작동해도 디바이스가 손상되지는 않지만 더 높은 전압에 반복적으로 노출되면 데이터 시트에 설명된 한계보다 높게 일시적인 $R_{DS(ON)}$ 시프트가 발생할 수 있습니다. InnoSwitch 제품에는 빠른 라인 과전압 보호 기능이 제공됩니다. 라인 전압이 사용자 정의 한계를 초과하는 경우 자체 보호를 위해 스위칭을 중단하여 과도 상태에서 최대 정격 전압 750V를 모두 사용할 수 있습니다.

PowiGaN 기반 InnoSwitch3, InnoSwitch3-Pro, LYTSwitch-6에서 사용되는 기술은 효과적이고 안정적이며 사용하기 쉽습니다. 전력 반도체 재료로 GaN을 사용하면 기존의 실리콘보다 '이상적인 스위치'에 훨씬 가깝게 작동하는 디바이스를 만들 수 있습니다. PowiGaN 기반 디바이스의 탁월한 성능 덕분에 향후 PI 디바이스 제품군에서 더 많이 활용될 것입니다.

이 보고서는 정기적으로 업데이트되지만 PI 웹 사이트(www.power.com/GaN)에서 최신 업데이트를 확인하는 것이 좋습니다.

전 세계 판매 지원 지역

본사

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138 USA

전화 +1 408 414 9200
팩스 +1 408 414 9201

고객 서비스

전화 +1 408 414 9520
이메일 usasales@power.com

미국 동부

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225
Suwanee, GA 30024 USA

전화 +1 678 957 0724
이메일 usasales@power.com

미국 중부

3100 Dundee Road, Suite 204
Northbrook, IL 60062 USA

전화 +1 847 721 6293
이메일 usasales@power.com

중국(상하이)

Room 1601-1603, Charity Plaza
No. 88 North Caoxi Road
Shanghai, China 200030

전화 +86 021 6354 6323
이메일 chinasales@power.com

중국(센젠)

17/F, Hivac Building, #2
Keji South 8th Road, Nanshan District
Shenzhen, China 518057

전화 +86 755 8672 8689
이메일 chinasales@power.com

독일(AC-DC/LED 판매)

Einsteinring 24
85609 Dornach / Aschheim
Germany

전화 +49 89 5527 39100
이메일 eurosales@power.com

독일(게이트 드라이버 판매)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany

전화 +49 29 3864 39990
이메일 gate-drivers.sales@power.com

인도(방갈로르)

Bangalore 560052 India

전화 1 +91 80 4113 8020
전화 2 +91 80 4113 8028
이메일 indiasales@power.com

인도(뭄바이)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B
Sakinaka, Andheri Kurla Road
Mumbai-400072, Maharashtra, India

전화 1 +91 22 4003 3700
전화 2 +91 22 4003 3600
이메일 indiasales@power.com

인도(뉴델리)

#45, Top Floor
Okhla Industrial Area, Phase-III
New Delhi, India
Pin-110020

전화 1 +91 11 4055 2351
전화 2 +91 11 4055 2353
이메일 indiasales@power.com

이탈리아

Via Milanese 20
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Italy

전화 +39 02 4550 8708
이메일 eurosales@power.com

일본

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Building
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa
Japan 222-0033

전화 +81 45 471 1021
이메일 japansales@power.com

대한민국

06164 서울시
강남구 테헤란로 87길 22
6층 602호

전화 + 82 2 2016 6610
이메일 koreasales@power.com

싱가포르

51 Newton Road
#20-01/03 Goldhill Plaza
Singapore 308900

전화 +65 6358 2160

고객 서비스

전화 +65 6356 4480
이메일 singaporesales@power.com

스위스

Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel/Bienne, Switzerland

전화 +41 32 344 47 47
이메일 gate-drivers.sales@power.com

대만

5F, #318, NeiHu Road, Section 1
Neihu District
Taipei, Taiwan 114, ROC

전화 +886 2 26594570
이메일 taiwansales@power.com

영국

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

전화 +44 7823 557484
이메일 eurosales@power.com

파워 인테그레이션스(Power Integrations), 파워 인테그레이션스(Power Integrations) 로고, BridgeSwitch, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, FluxLink, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoMux, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3, SCALE-iDriver 및 SCALE-iFlex는 Power Integrations, Inc.의 상표이며, 기타 상표는 각 회사의 재산입니다.
©2019, Power Integrations, Inc.