



TEXAS INSTRUMENTS

TI TECH DAY

TI GaN 기술 및
최신 GaN 로드맵

조 진우 이사

MA Account Senior FAE

GaN의 적용 Market별 지원현황

Grid and Power Delivery



태양광 인버터



텔레콤 AC/DC 정류기



서버네트워킹 AC
전원 공급 장치



UPS



배터리 충전기

TIDA-010062: 1kW, 90 Plus 티타늄 PFC+LLC
PMP20289: 400V~12V 500W 고주파 LLC
PMP20873: 99% 효율 1kW PC

서버 시장을 대상으로 99%
이상의 효율성 PSU를 위해
Delta Electronics와 협력
관계 구축

Industrial



테스트 및 측정장비



에어컨



공장 자동화



반도체 제조공정

PMP20673: 390V-48V 1kW 950kHz res. freq. LLC
PMP40690: 4kW 98.7% eff. interleaved totem pole
TIDA-010059: 230VAC precise motor drive
TIDM-02007: Dual-axis motor drive w/ FCL+ SFRA

Consumer



고밀도 충전기



PC 및 TV



프린터

PMP4486: 48V 디지털 POL, 3개 출력 사용(28V, 12 및 1V)
PMP4497: 48V~1V/40A 단상 컨버터
개발 중: 65W ACF 전원 공급 충전기



오디오 앰프

Automotive



Onboard chargers



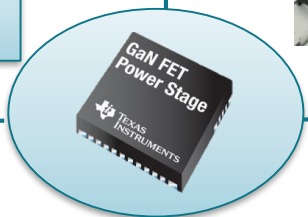
HV-LV DC/DC 컨버터



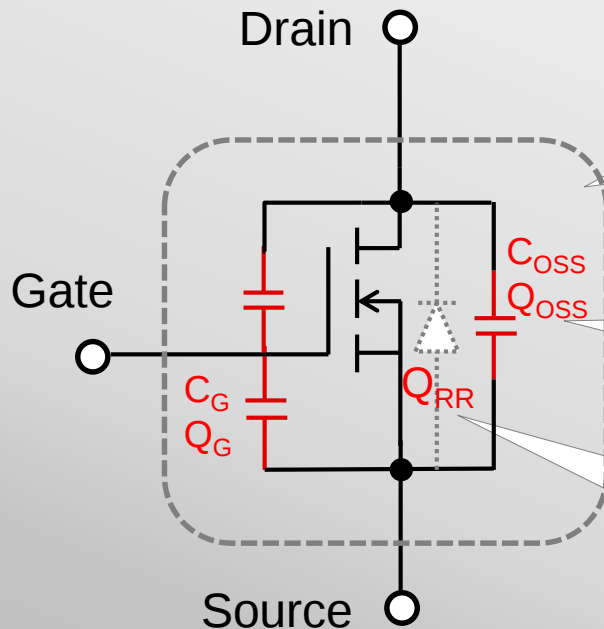
휴대용 EV 충전기



PMP22560: 6.6kW OBC 레퍼런스 설계



GaN FET 기초



낮은 C_G, Q_G 게이트 커패시턴스/충전(1 nC-Ω vs. Si 4 nC-Ω)

- ✓ 더 빠른 켜고 끄기, 더 높은 스위칭 속도
- ✓ 게이트 드라이브 손실 감소

낮은 C_{OSS}, Q_{OSS} 출력 커패시턴스/충전(5 nC-Ω vs. Si 25 nC-Ω)

- ✓ 더 빠른 스위칭, 높은 스위칭 주파수
- ✓ 스위칭 손실 감소

낮은 $R_{DS(on)}$ (5 mΩ-cm² vs. Si >10 mΩ-cm²)

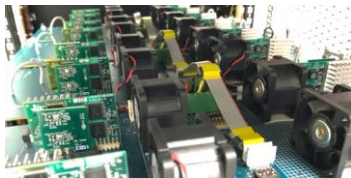
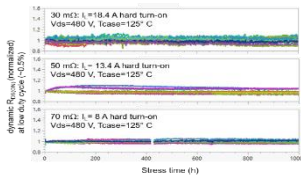
- ✓ 더 낮은 전도 손실

Zero Q_{RR} 'Body 다이오드' 없음

- ✓ Reverse recovery 손실이 없음
- ✓ 스위치 노드 및 EMI의 Ringing 감소

TI GaN 안정성 및 공급현황

TI GaN 안정성



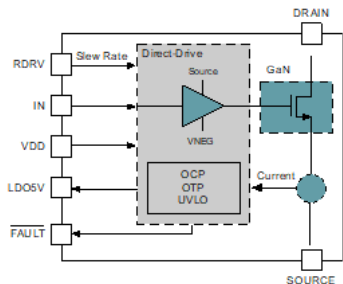
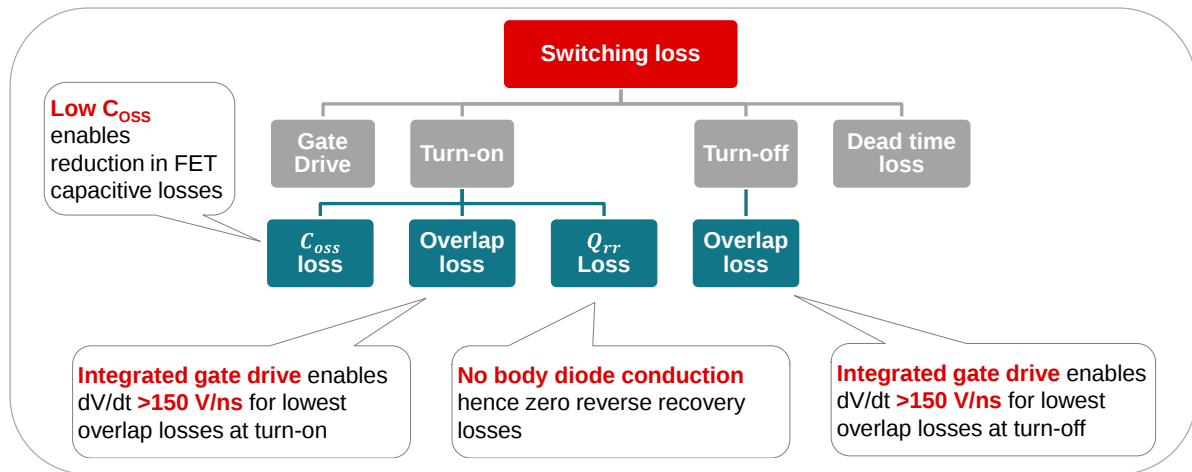
- 업계 표준 인증 획득
 - JESD47(Si) 및 JEP-180(GaN) 인증
 - AEC-Q100 등급 1 인증(오토모티브)
- 설계부터 다른 견고함
 - 125C에서 10년 이상 <1 FIT(Failures In Time), 시간 의존 고장에 대한 180만 시간의 안정성 테스트 데이터 기반
 - 720V 전압 서지를 견디도록 설계
- 4천만+ 시간의 안정성 테스트 확보

TI GaN 공급망 이점



- Si 대비 GaN 접근 방식
 - 다수의 기판 공급업체
 - 큰 웨이퍼 직경 적용
 - SiC, 사파이어 대비 본질적으로 최저 비용
- GaN을 TI epi reactor 내 Si 기판 위에서 성장
 - 유일하게 증대되는 투자
 - 기존의 Si 공정 기술 및 도구 활용
- 150mm에서 더 큰 직경의 웨이퍼로 전환
- 이중 공급원 제조 전략

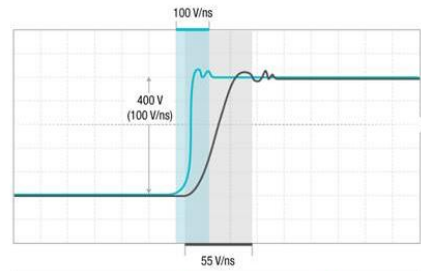
GaN은 어떻게 최저 스위칭 에너지 손실을 가능하게 만들까요?



+



=

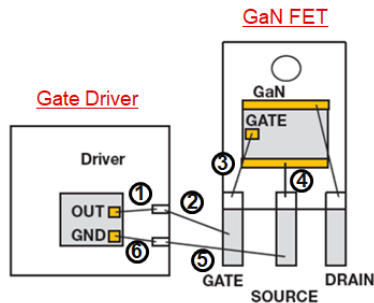


일체형 GaN FET, 게이트 드라이버, 보호 및 reporting
기능 <https://www.ti.com/product/LMG3422R030>

낮은 인덕턴스 패키지

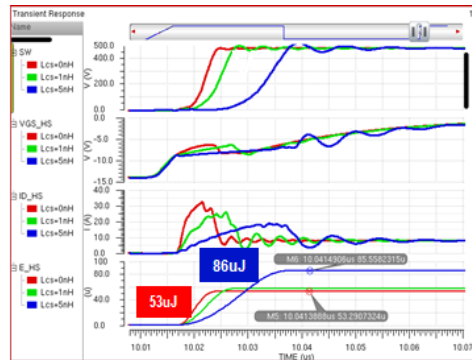
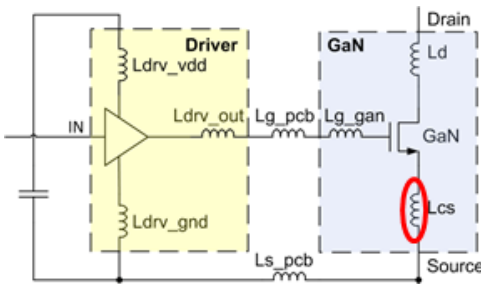
고속 FET를 이용한 고주파 전력 변환기 설계의 간소화

왜 집적이 필요할까요? 각각 소자들을 이용한 고주파 설계



- **CSI(공통 소스 인덕턴스)**
 - V_{DS} 전환 속도 감소
 - 더 높은 중첩 손실(하드 스위칭)
 - 더 긴 데드 타임(소프트 스위칭)
- **게이트 루프 인덕턴스**
 - 더 높은 중첩 손실(하드 스위칭)
 - 게이트 오버스트레스 안정성 위험
 - 밀러(Miller) 관통 위험
- 독립된 FET들은 고주파 설계에서 까다로운 요소입니다
- 참고: 통합 드라이버로 GaN 성능 최적화

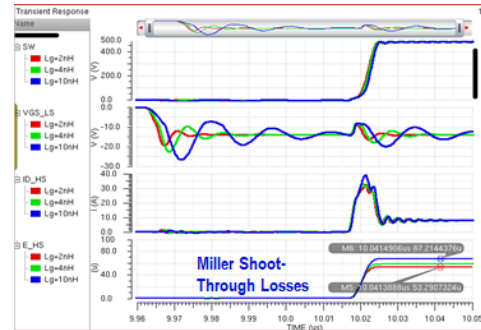
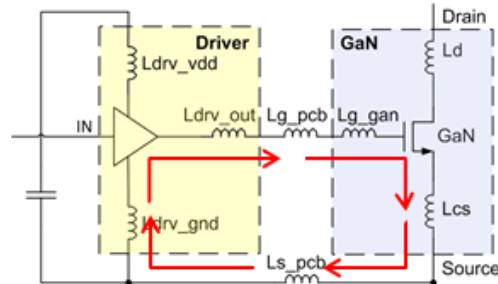
공통 소스 인덕턴스 효과



High-side turn on versus common-source inductance:
red = 0 nH, green = 1 nH, blue = 5 nH

피크 I_{DS} 제한 및 V_{GS} 의 편향성 제거

게이트 루프 인덕턴스 효과



Low-side hold-off versus gate-loop inductance

red = 2 nH, green = 4 nH, blue = 10 nH

피크 I_{GATE} 제한 및 dV_{DS}/dt 속도 감소
 V_{GS} 링잉 및 밀러(Miller) 관통 유발

TI-GaN 포트폴리오 및 로드맵

핵심:

양산중

샘플

개발중

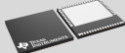
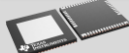
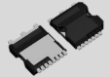
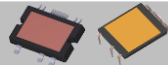
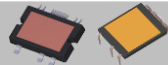
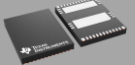
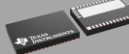
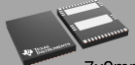
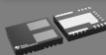
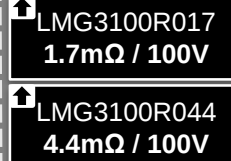
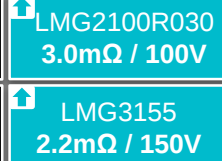
컨셉

CS 전류 센스

ZVD 제로 전압 감지

오토모티브 ↓ 바닥면 냉각

↑ 상단면 냉각

800W+ 솔루션	FET + 드라이버	↓ LMG341xR050 50mΩ / 600V ↓ LMG341xR070 70mΩ / 600V ↓ LMG3422R030 30mΩ / 600V ↓ LMG3422R050 50mΩ / 600V ↑ LMG352xR030 30mΩ / 650V ↑ LMG352xR050 50mΩ / 650V  12x12mm 2.5°C/W θ_{J-HS}  12x12mm 2°C/W θ_{J-HS}	↓ LMG3650x 25, 40, 70mΩ/650V  11.6x10mm 2.1°C/W θ_{J-HS} ↑↓ LMG3x26R0x0 40mΩ / 6x0V  28x19mm 1.3°C/W θ_{J-HS}
	IPM		인텔리전트 전력 모듈 HB 24mΩ / 650V  28x19mm 1.3°C/W θ_{J-HS}
30W~800W 솔루션	HV	↓ LMG341xR150 150mΩ / 600V  8x8mm ↓ LMG2610 ACF HB 170/250mΩ  7x9mm 2°C/W θ_{J-HS} ↓ LMG36x 120, 170, 270mΩ / 650V  8x5.3mm ↓ LMG2640 HB 105/105mΩ  7x9mm ↓ LMG265x 120/140/190/250 mΩ / 650V  6x8mm	↑ LMG5200 HB 15mΩ / 80V  8x6mm ↑ LMG2100R044 HB 4.4mΩ / 100V  5.5x4.5mm ↑ LMG3100R017 1.7mΩ / 100V  4.4mΩ / 100V ↑ LMG2100R030 3.0mΩ / 100V  2.2mΩ / 150V ↑ LMG2175 6.8mΩ / 170V
	MV		

출시

2023

2024

출시

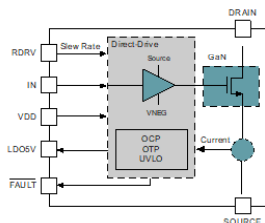
2023

2024



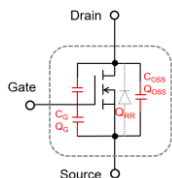
TEXAS INSTRUMENTS

집적 GaN FET 시스템 비용 절감 효과



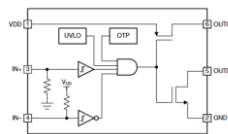
TI-GaN

=



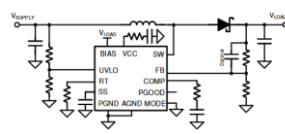
GaN FET

+



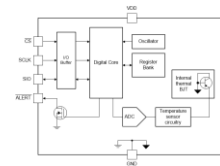
게이트
드라이버

+



벅-부스트 + LDO

+



온도 / 전류 보호

	TI-GaN vs. Discrete GaN	설명
TI GaN FET FET	+\$0.3	예: 50mohm FET
드라이버	-\$0.2	외부 게이트 드라이버가 필요하지 않습니다
바이어스 전원 공급 장치	-\$0.2	바이어스 공급 조정 비용(LDO, 피드백)을 최소화할 수 있습니다
보호 및 보고 기능	-\$0.4	외부 보호가 필요하지 않습니다
총 차액 합계	-0.5	

TI-GaN: EE별 신속한 적용을 위한 방안

GaN 애플리케이션

전력 공급(AC-DC)

- 서버, 통신, 산업용 AC/DC
- 임베디드 AC/DC PSU(TV, 프로젝터 등)
- AC/DC 어댑터, 충전기(스마트폰, 노트북)



HEV 파워트레인(AC-DC, DC-DC)

- 온보드 충전기
- HV 절연 DC-DC 컨버터

전력 공급망 기반 시설(DC-AC)

- 태양광 인버터
- 에너지 저장 인버터
- EV 휴대용/오프보드 충전기



기타 산업용(AC-DC, DC-AC)

- 테스트 및 측정
- 로봇, 공장 자동화
- 에어컨



왜 TI-GaN일까요?

65W~4kW

슈퍼정션 MOSFET
대비 >2배 더 높은
밀도

- 효율성 99%의 브리지리스 PFC
- >50W/in³ AC/DC
- AC/DC에서 97.5% 피크 효율(티타늄 플러스, OCP ORV3)

6.6~22kW

SiC와 같은
비용으로 >2배 더 높은
밀도

- >4kW/리터의 전력 밀도
- 6.6~22kW/400~800V 배터리
- AECQ-100 등급 1

>5kW

IGBT 대비 3배, SiC 대비
1.25배 더 높은 전력 밀도

- 효율 99%의 인버터
- <3% 전압 THD
- 다중 레벨 토폴로지, 3상 AC 그리드, >800V DC bus

<5kW

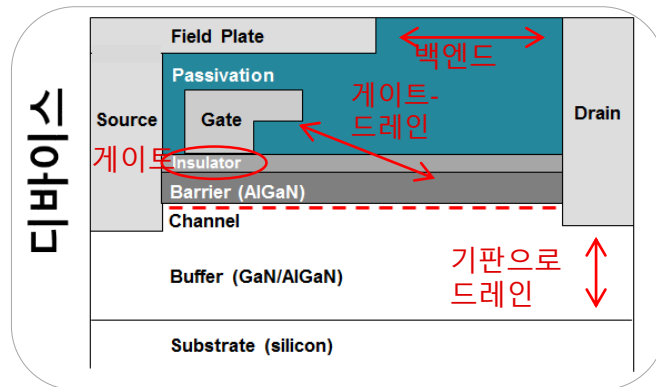
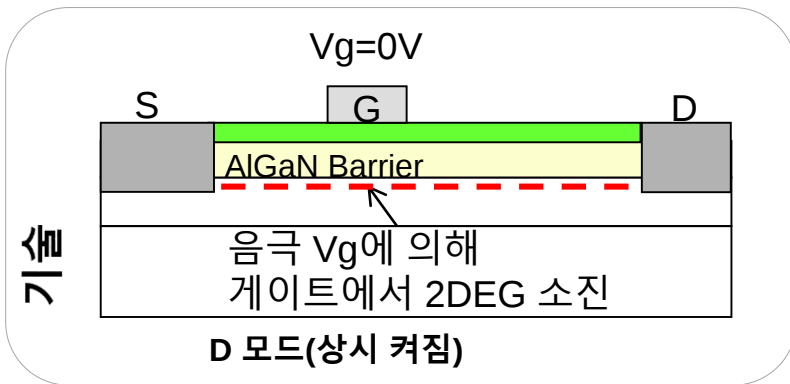
냉각 팬 없음, 방열판
85% 축소, 조립을 포함한
자기 비용 절감

- 일체형 모터 드라이브
- PFC coil이 일체형으로 주 전원 보드 상에 설치됩니다



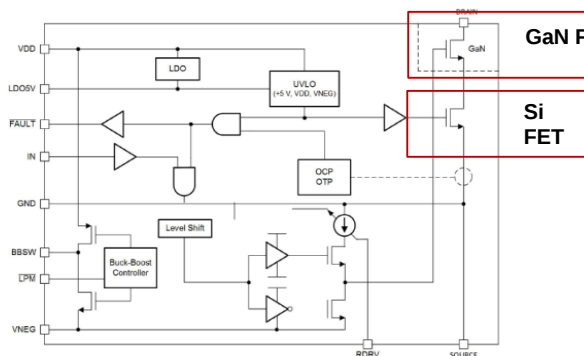
TEXAS INSTRUMENTS

TI GaN 제품 아키텍처



제품 (평상시 꺼짐)

- 650V GaN FET
- + gate driver
- + protections
- + reporting
- + smart power man



GaN FET 직접 구동 접근 방식



GaN FET가 직접
구동됩니다



실리콘 FET는
"활성화" 스위치로
사용됩니다

<https://www.ti.com/lit/pdf/SLPY008>

레퍼런스 디자인들

고전력 레퍼런스 설계

출시

개발중

컨셉

Charger ESS



Battery Test System



태양광



UPS



PSU: OCP + CRPS



HVAC, appliance
PFC + motor drive



PMP41037: 1kW 양방향 DC-DC
800V~12V, 직렬 HB
LMG341xR150

TIDA-010933: 2kW μ -인버터
4채널 MPPT + 인버터
MV GaN + LMG3522R030

TIDA-010938: 7.2kW BESS
3.6kW 태양광 + 7.2kW 배터리 + 3.6kW
DC/AC
MV GaN + LMG3522R030

xxxx: 3kW 양방향 DCDC
400V~48V, DAB
LMG3422R030/50

TIDA-010062: 1kW PSU
CCM TP PFC + LLC, 80+ 티타늄
LMG3410R070



PMP41026: 3kW PSU
CCM TP PFC + PSFB DCDC
LMG3522R030

PMP23126: 3kW DCDC
Active clamp 를 지원하는 PSFB, 97.74%
LMG3522R030

PMP41017: 3kW DCDC
2상 하이브리드 히스테리시스
제어 LLC

PMP23069: 3.6kW PFC
CCM TP PFC, 98.7%
LMG3522R030

TIDA-010203: 4kW PFC
CCM TP PFC, 99.1%
LMG3422R030

PMP22951: 3kW 54V DCDC
Active clamp 를 지원하는 PSFB
LMG3522R030

PMP40988: 5kW PFC
2상 iTCM, 120 W/in3, 99%
LMG3526R030 ZVD



PMP41042: 3.6kW 양방향 AC-DC
CCM TP PFC + CLLLC 400V~48V
LMG3522R030

PMP22650: 6.6kW OBC
CCM TP PFC + CLLLC
LMG3522R030-Q1



TIDA-010210: 11kW 3상
ANPC 양방향 컨버터
LMG3422R030



TIDA-00915: 1.25kW 인버터
3상 + IMS PCB, 150W/in3, 99%
LMG3411R150



TIDA-010236: 4kW HVAC PFC
방열판이 있는 TP PFC
LMG3522R030/50



600W

1.5kW

2.5kW

3kW

3.6kW

5kW

7kW

11kW

... 12



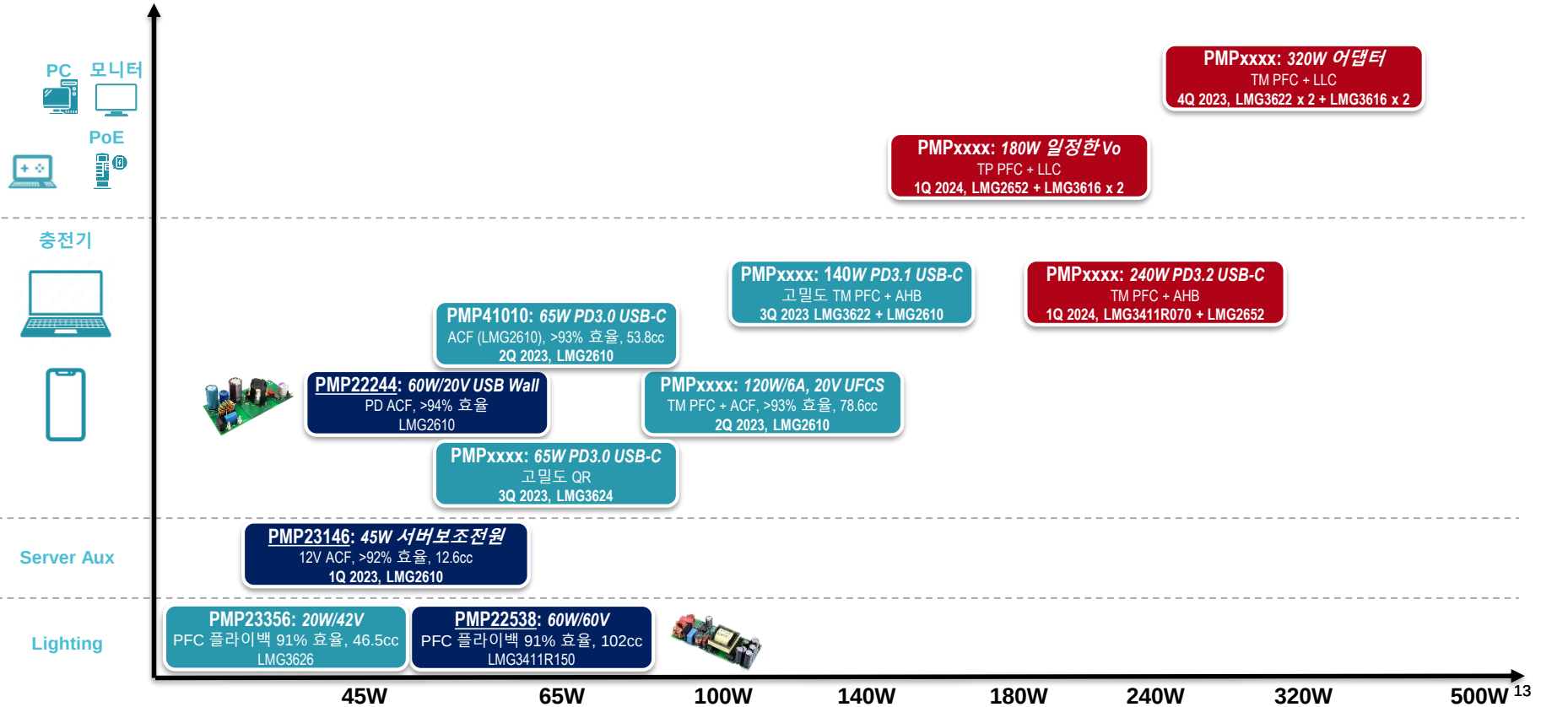
TEXAS INSTRUMENTS

낮은 전원 레퍼런스 설계

출시

개발중

컨셉





© Copyright 2023 Texas Instruments Incorporated. All rights reserved.

This material is provided strictly “as-is,” for informational purposes only, and without any warranty.
Use of this material is subject to TI’s **Terms of Use**, viewable at [TI.com](https://www.ti.com)

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated