



TEXAS INSTRUMENTS

# TI TECH DAY

고전력 밀도의 배터리 충전  
솔루션을 통한 USB Type-C EPR  
어플리케이션 구현하기

Justin Kim (김범준 대리)  
Filed Application Engineer

# 주제

- USB Type-C PD를 위한 새로운 EPR 사양의 전반적인 배경
  - USB-PD EPR 시스템 아키텍처
    - 도크를 위한 TI EPR 솔루션 및 설계 옵션
    - 각 설계 옵션에 대한 효율성 및 열 성능
  - TI의 EPR 충전기 솔루션
    - EPR 충전의 설계 과제 및 이점
    - 효율 및 열 성능이 향상된 TI의 충전기 솔루션
    - TI의 열 조절 및 EMI 개선 기능
  - 요약
-

# 소비자용 디바이스의 EU USB-C 의무화

## 정의

EU에서 판매되는 모든 소비자 제품에 USB-C를 사용해야 합니다(대부분 2024년 가을까지).

- 휴대폰/태블릿/전자책 리더
- 이어버드/헤드셋/휴대용 스피커
- 디지털 카메라/게임용 콘솔
- **랩톱(2026년까지)**
- 유선 케이블을 통해 충전할 수 있는 가전제품

## 이유

- 모든 소비자용 디바이스를 지원하는 범용 충전기
- 고속 충전을 지원하는 디바이스에 맞게 충전 속도 조정
- 전자 폐기물 감소

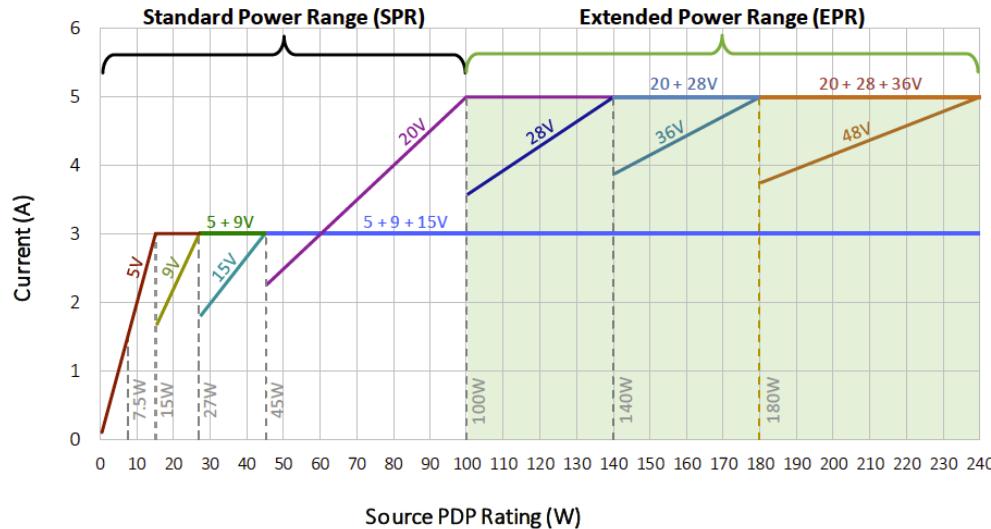
## 이것이 NB에 어떤 의미일까요?

- 와이드 입력 USB-C 포트가 기존 19.5V 배럴 잭을 대체
- 벽-부스트 NVDC 충전기가 하이브리드 파워 부스트 벽 충전기를 대체
- 고객은 EPR을 사용할 수 있는 경우 **100W 이상**의 Type-C/PD 지원을 기대할 수 있음

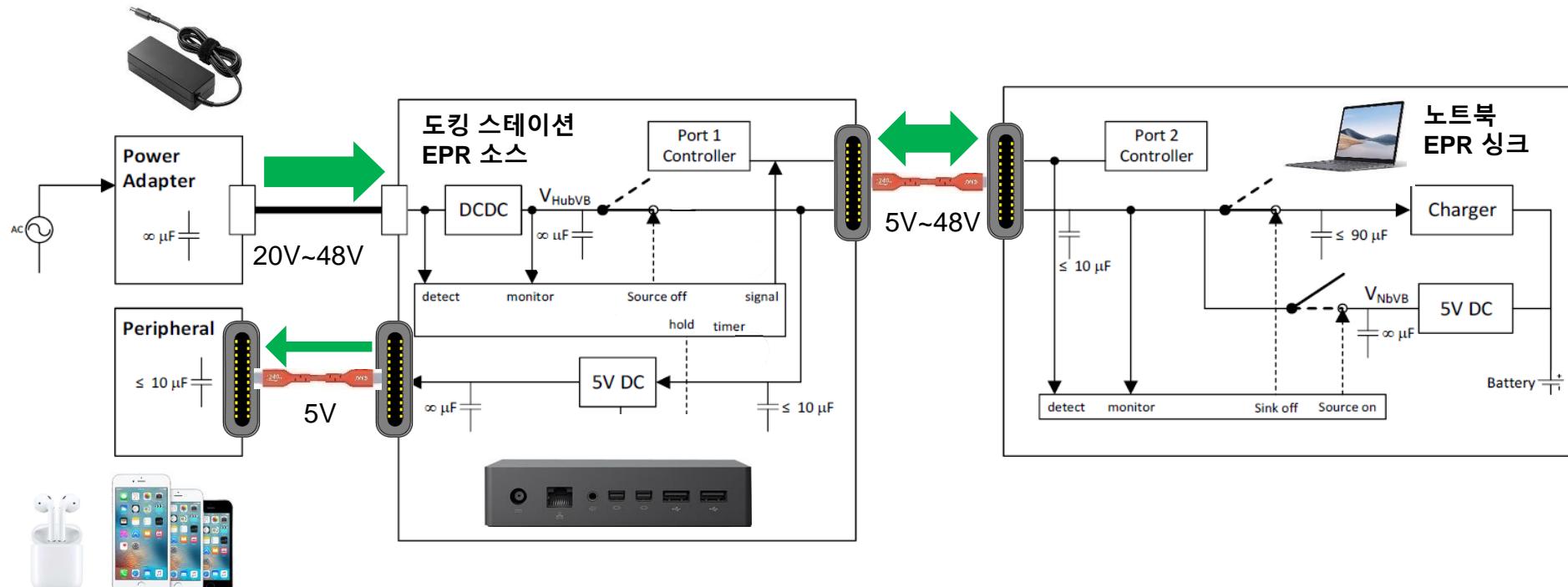


# USB-PD EPR이란

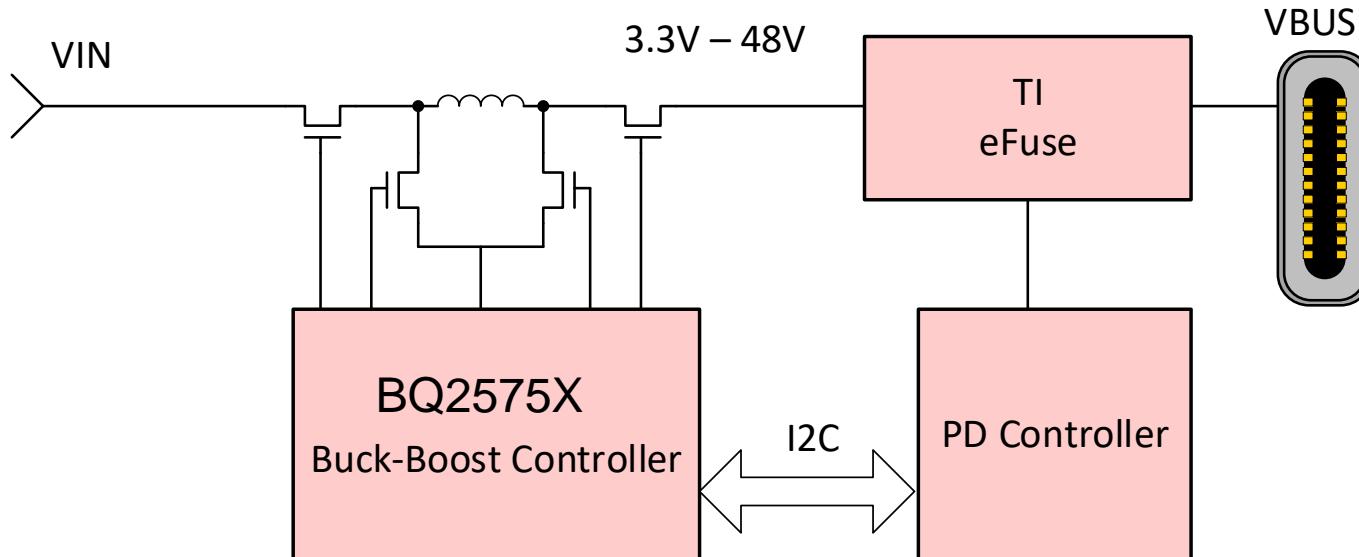
- USB-PD 3.1 사양은 새로운 작동 전압 프로파일을 제공하여 100W 이상의 제품에 대한 전력 성능을 확장:
  - 표준 전력 범위(SPR): 최대 20V/5A(100W)
  - 확장 전력 범위(EPR): 28V/5A(140W), 36V/5A(180W) 및 48V/5A(240W)



# USB-PD EPR 시스템 아키텍처 개요



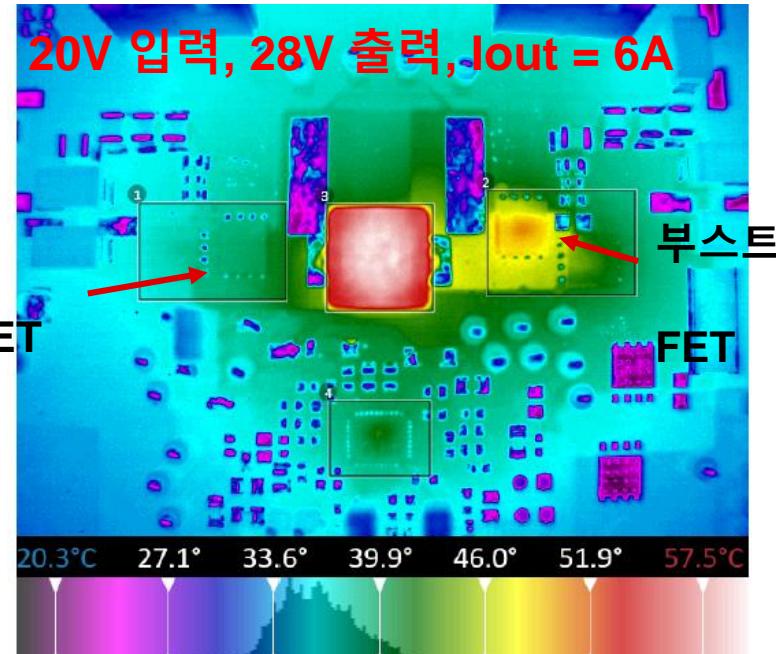
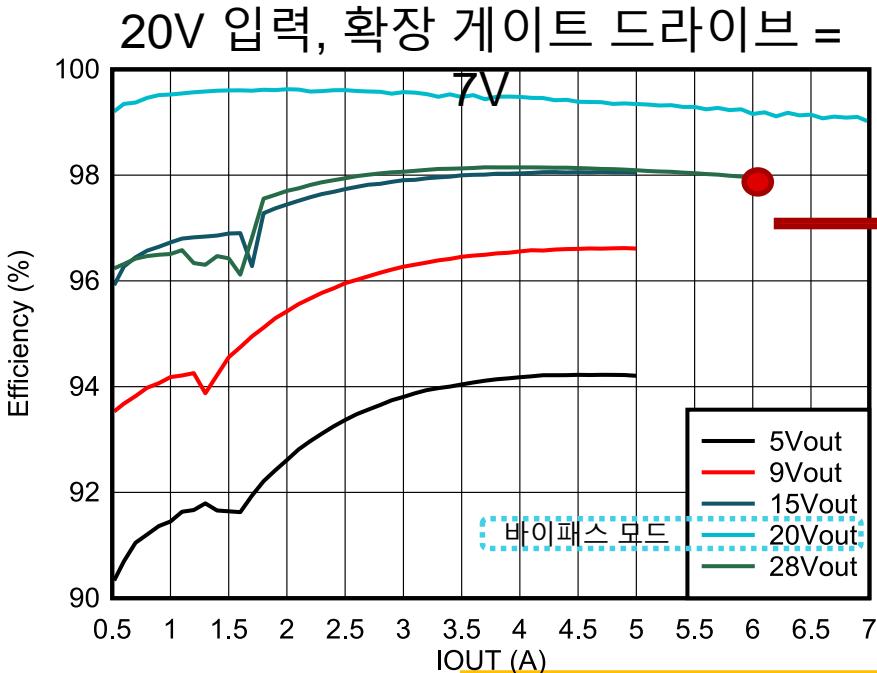
# 도크를 위한 TI EPR 솔루션: 48V



# 도킹 설계 옵션

| 디바이스                | VIN | VOUT 범위  | 최대 출력 전원                                |
|---------------------|-----|----------|---|
| 28V EPR<br>벽-부스트    | 20V | 5V ~ 28V | 165W                                    |
| 36V/48V EPR 벽<br>전용 | 48V | 5V ~ 48V | 180W(스위칭)<br>240W(스위칭)<br>300W(바이패스 모드) |

# 28V EPR 벡 부스트 효율 및 열

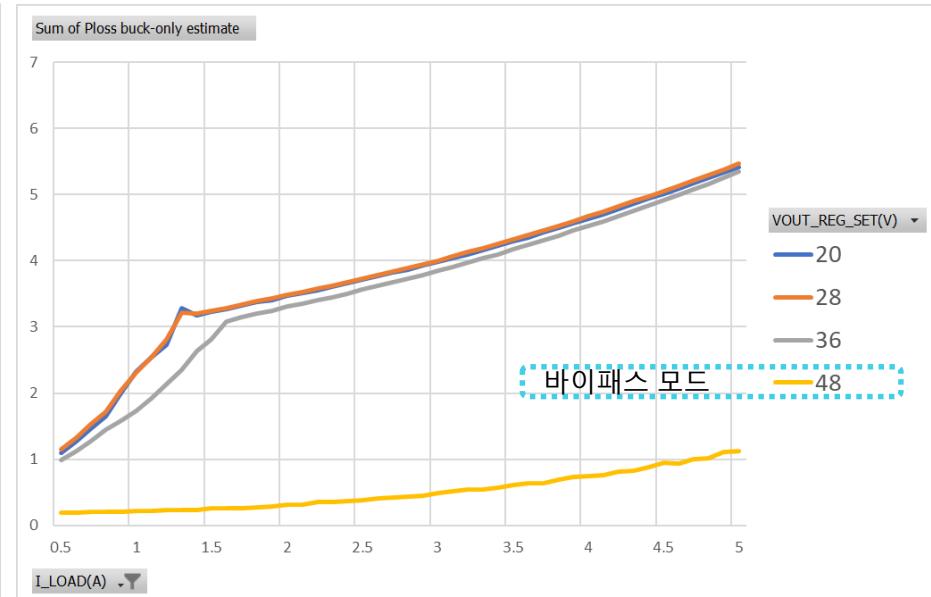
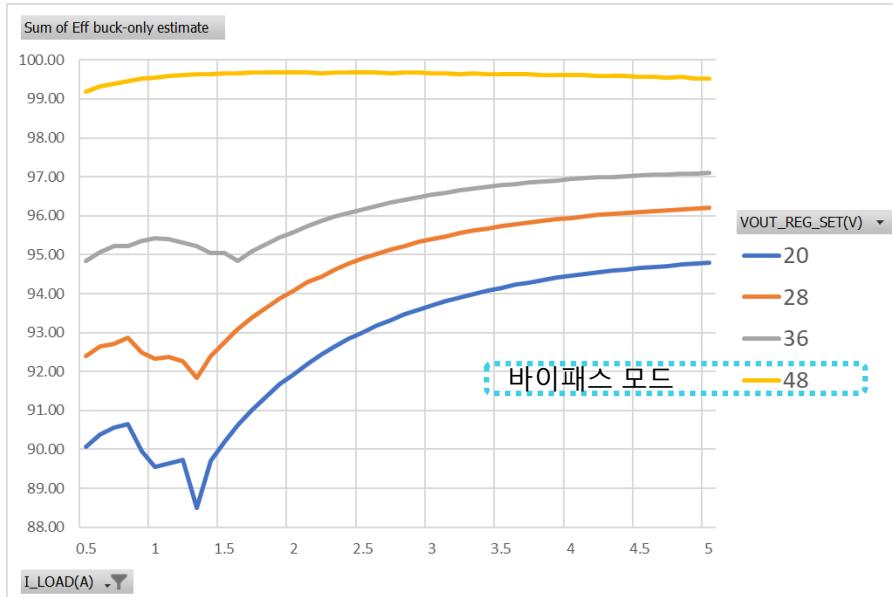


Q1 ~ Q4: AON66408  
V<sub>bdss</sub>: 40V  
R<sub>on</sub>: 3.5 mΩ  
크기: 5 x 6mm<sup>2</sup>

L: CMLE104T-4R7  
L: 4.7uH  
F<sub>sw</sub>=465kHz  
DCR: 12.3 mΩ  
크기: 10.85 x 10 x 4mm<sup>3</sup>

| 벡 FET  | 인덕터    | 부스트 FET | 충전기    |
|--------|--------|---------|--------|
| 41.5°C | 57.5°C | 49°C    | 42.1°C |

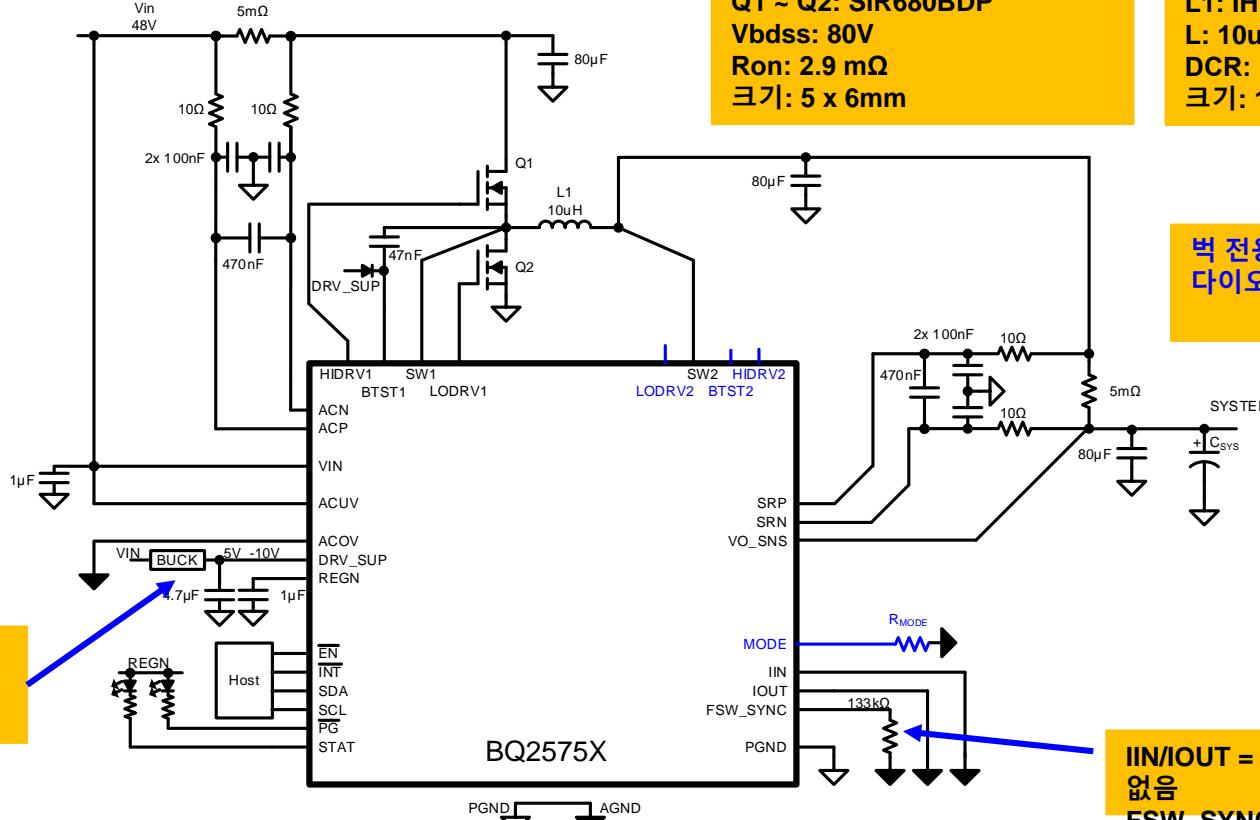
# 48V 입력 시 48V/36V EPR 벡 전용 효율



Q1 ~ Q2: SiR680BDP  
Vbdss: 80V  
Ron: 2.9 mΩ  
크기: 5 x 6mm

L1: IHLP6767GZ  
L: 10uH  
DCR: 12 mΩ  
크기: 17 x 17 x 7mm<sup>3</sup>

# BQ2575x 벽 전용 상세 회로도

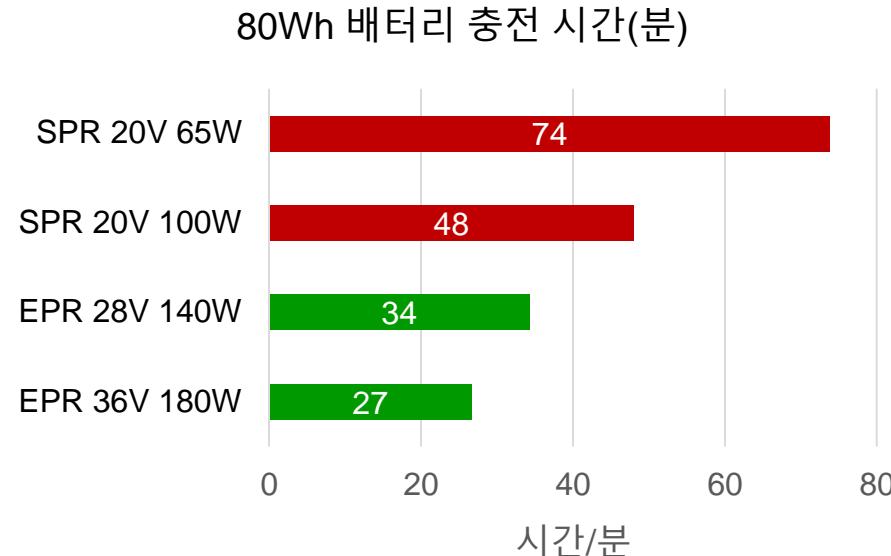


# USB PD EPR 충전



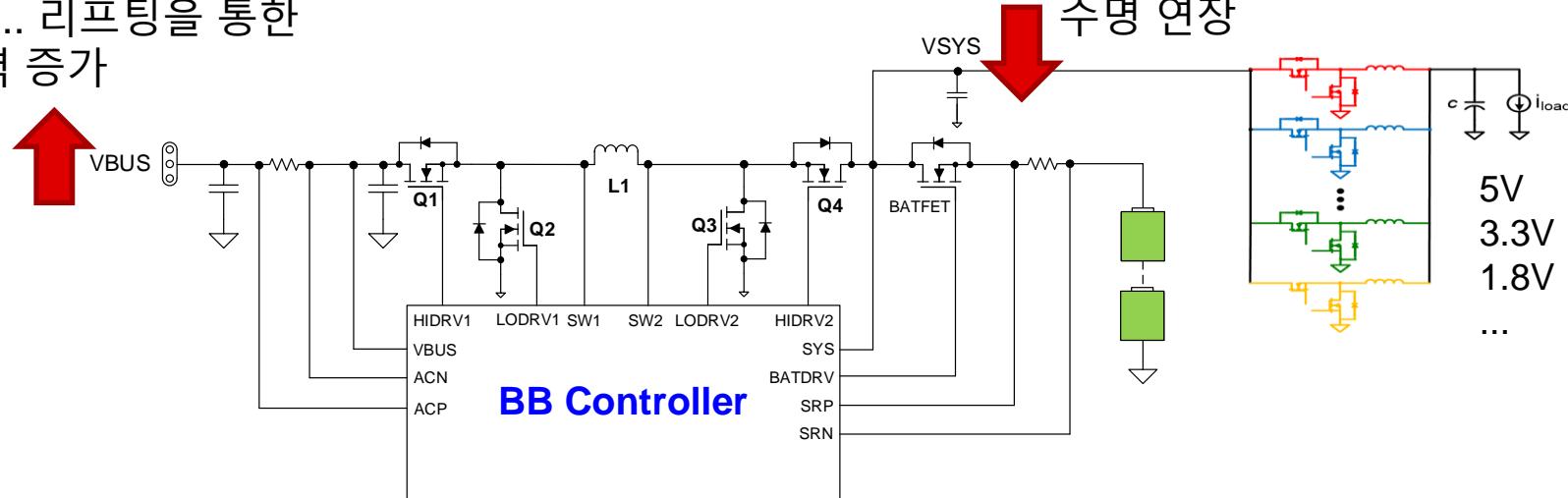
범용 USB PD  
EPR

- 고성능 CPU/GPU를 지원하는 더 높은 전력의 범용 USB PD EPR 소스
- 20V 100W 이상 36V 180W EPR에서 +43% 충전 시간 단축



# NVDC 벽-부스트 충전기의 과제

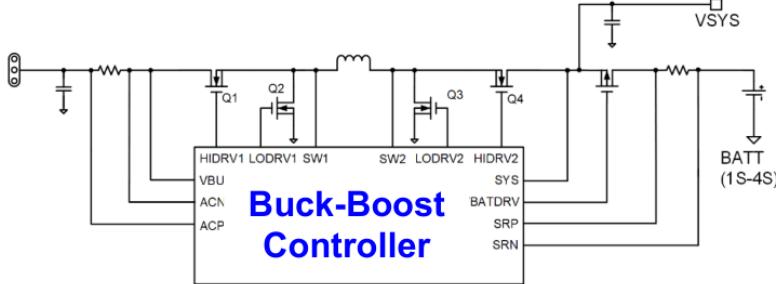
VBUS USB PD EPR  
28V/36V... 리프팅을 통한  
전체 전력 증가



- 큰 벽 비율은 효율을 감소시키고 NVDC 벽 부스트 단계에 열 압력을 추가
- 높은 출력 전류는 인덕터 크기를 확대하여 포화 상태를 방지하고 열을 방출

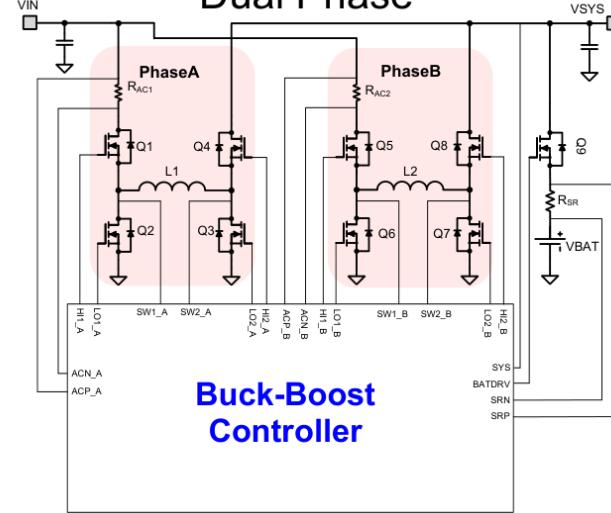
# 단상 VS 2상 벡-부스트

Single Phase



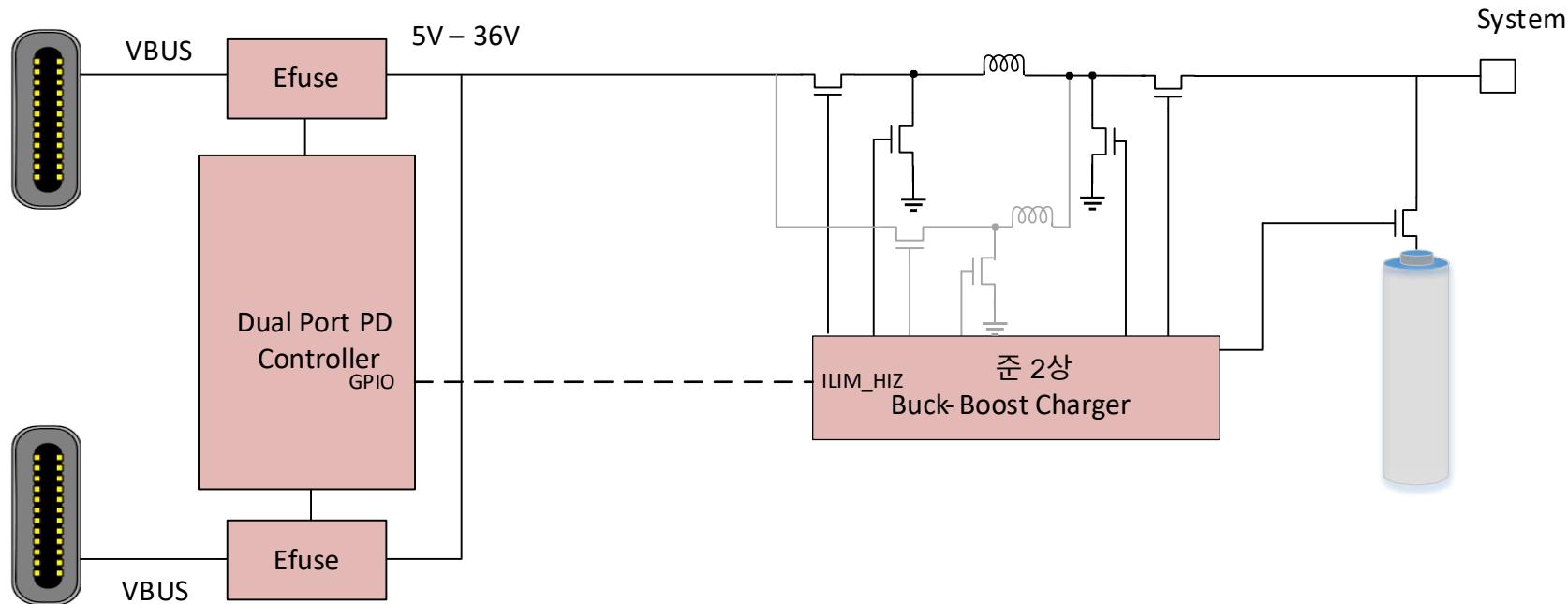
- 포화 전류 요구 사항이 높은 더 큰 인덕터
- 벡 모드의 고전력에서 Q1 열 과제 해결
- 동일한 전력 레벨에서 더 높은 입력 전압과 더 적은 셀 수로 더 많은 과제 해결

Dual Phase



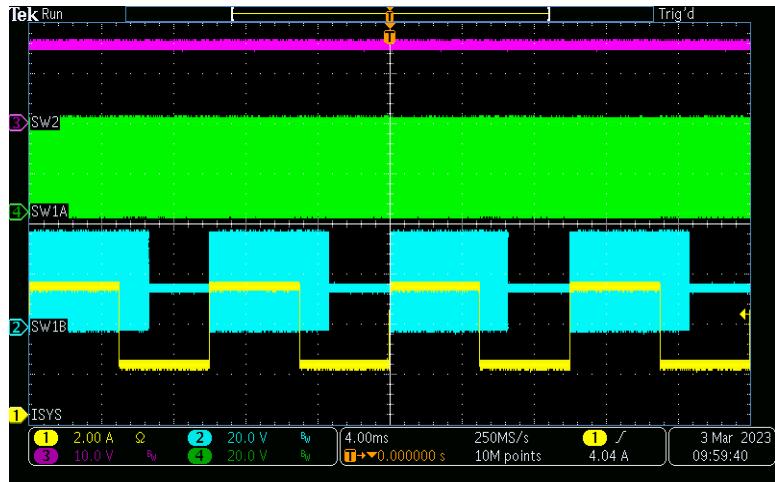
- 위상당 인덕터 전류가 절반으로 줄어들어 인덕터 크기가 감소
- 2상 FET의 열 분포 개선

# 단상 EPR 28V/36V 솔루션



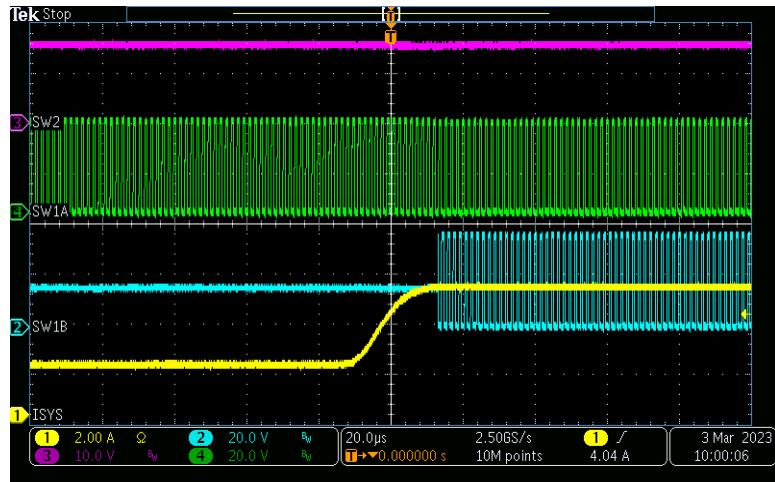
# 벡 모드에서 동적 위상 관리

## 2상 벡 모드 위상 추가/삭제



- 승압 시 5us 디글리치로 위상 B가 자동으로 추가됨(옵션 추가)
- 1ms 디글리치 시간으로 위상 B가 자동으로 삭제됨(옵션 추가)

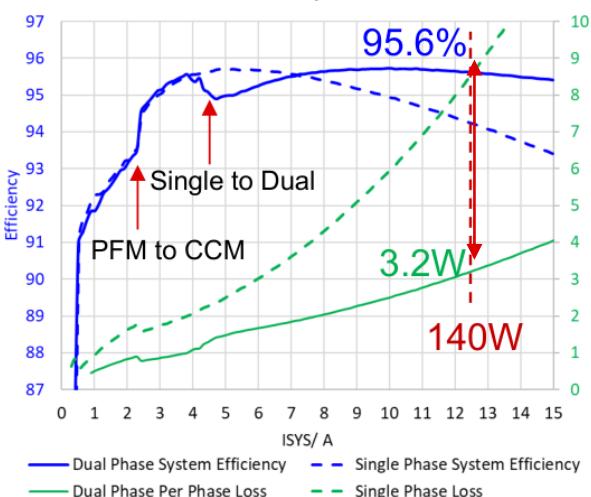
## 위상 추가 시 확대



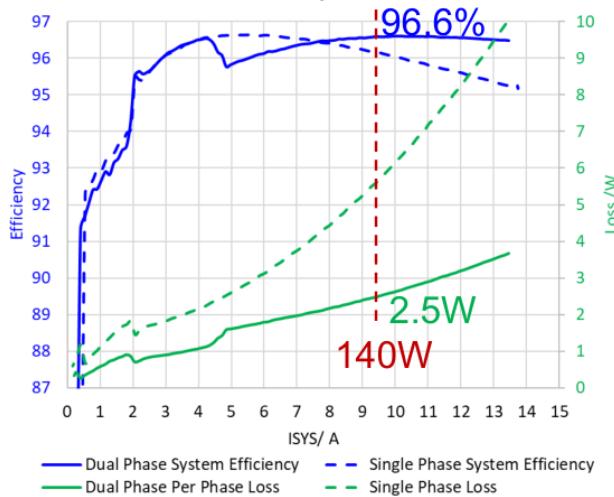
|                  |            |
|------------------|------------|
| VBUS             | 36V        |
| VBAT(4S)         | 14.8V      |
| ISYS             | 2A->5A->2A |
| 단일에서 이중으로 전환 임계값 | 4A(프로그래머블) |

# 28V EPR 효율 이중 대 단일

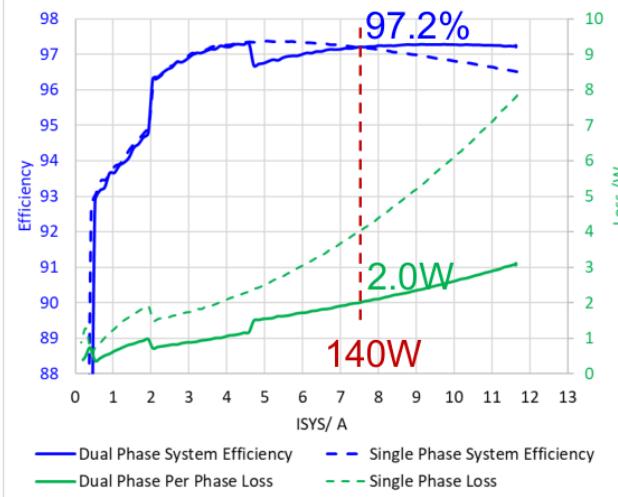
28V to 11.1V 3S Battery EVM Measurement



28V to 14.8V 4S Battery EVM Measurement



28V to 18.5V 4S Battery EVM Measurement

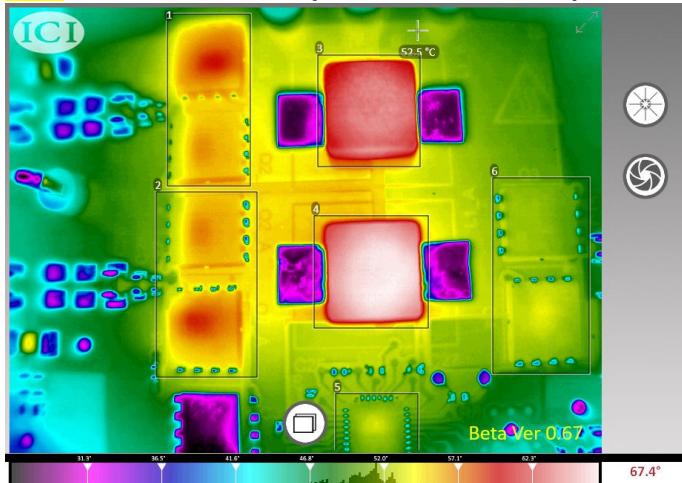


Q1\_A: AONS66406(40V/7.4mΩ/5\*6mm)  
 Q2\_A: AONS66406(40V/7.4mΩ/5\*6mm)  
 Q1\_B: AONS66406(40V/7.4mΩ/5\*6mm)  
 Q2\_B: AONS66406(40V/7.4mΩ/5\*6mm)  
 Q3/Q4: AONS36304(30V/2.8mΩ/ 5\*6mm)

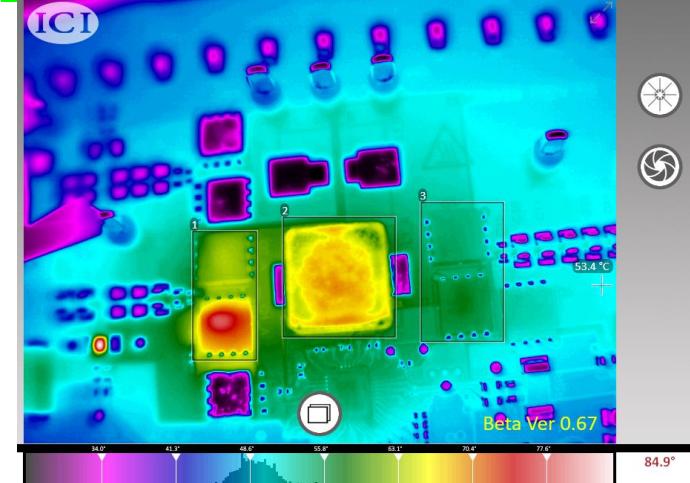
| VBUS                    | 28V                                  |
|-------------------------|--------------------------------------|
| VBAT                    | 11.1V/14.8V/18.5V                    |
| Fs                      | 600kHz                               |
| 2상 인덕터(HBED063T-2R2MSI) | 2.2uH *2 (6.6*6.8*3mm)<br>DCR=13mohm |

# 28V/12V 140W에서 2상 대 단상 효율 및 열

2상 28V ~ 12V 140W(팬 600kHz 미장착)



단상 28V ~ 12V 140W(팬 600kHz 미장착)



| 효율성   | 손실(W) | MOSFET 온도 | 인덕터 온도 |
|-------|-------|-----------|--------|
| 95.8% | 5.9W  | 60.8°C    | 67.4°C |

|           |                            |  |  |
|-----------|----------------------------|--|--|
| Q1_X/Q2_X | AONS66406(40V/7.4mΩ/5*6mm) |  |  |
|-----------|----------------------------|--|--|

|                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 인덕터(HBED063T-2R2MSI) | 2.2uH *2<br>6.6*6.8*3mm DCR=13mohm |
|----------------------|------------------------------------|

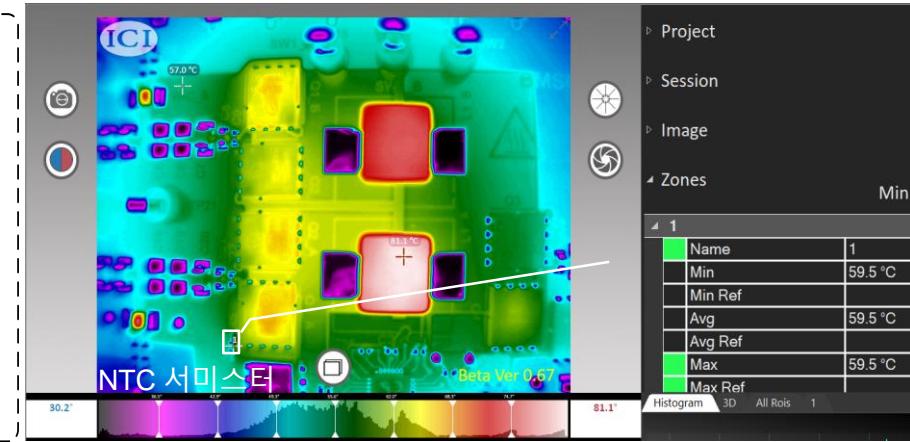
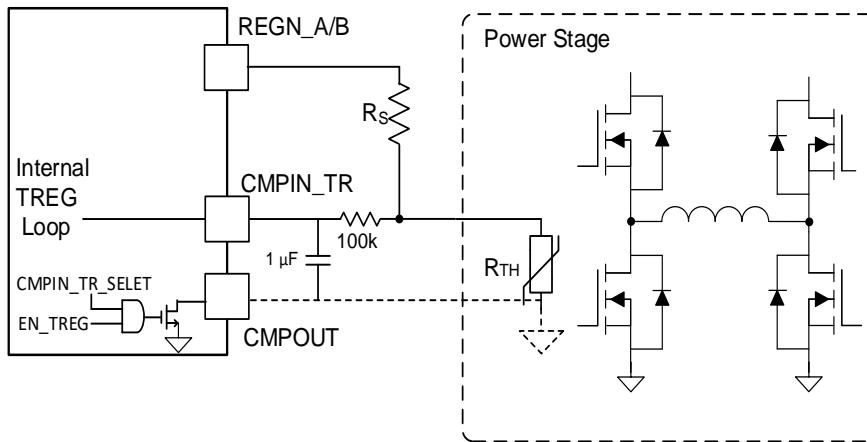
| 효율성   | 손실(W) | MOSFET 온도 | 인덕터 온도 |
|-------|-------|-----------|--------|
| 95.5% | 6.2W  | 80°C      | 72.9°C |

|           |                            |  |  |
|-----------|----------------------------|--|--|
| Q1_A/Q2_A | AONS66406(40V/7.4mΩ/5*6mm) |  |  |
|-----------|----------------------------|--|--|

|                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| 인덕터(CMLE104T-2R2MS) | 2.2uH<br>10.3*11.2*4mm DCR=6.2mohm |
|---------------------|------------------------------------|

# 열 조절 기능

60°C TREG에서 열 캡처



- 외부  $R_s + R_{TH}$ (NTC) 전압 분할기는 모든 시스템 핫스팟 온도를 감지하는 데 사용되며 온도 조절 목표에 따라 해당 값인  $R_s$  값을 계산할 수 있습니다.
- 전용 온도 전압 감지 핀(CMPIN\_TR)은 전압이 1.2V 이하로 떨어지면 전압을 모니터링하고, 충전이 활성화되면 온도 조절 루프가 대신하여 충전 전류를 줄여 CMPIN\_TR 핀 전압을 1.2V로 고정합니다.
- 예를 들어 경부하 조건에서 온도 조절(TREG)이 필요하지 않은 경우(EN\_TREG=0b)(예: 경부하 효율을 향상시키기 위해 경부하 상태)  $R_s + R_{TH}$  누설 전류(수백 uA)를 차단할 수 있는 CMPOUT 핀을 통한  $R_{TH}$  접지 경로(선택 사양)

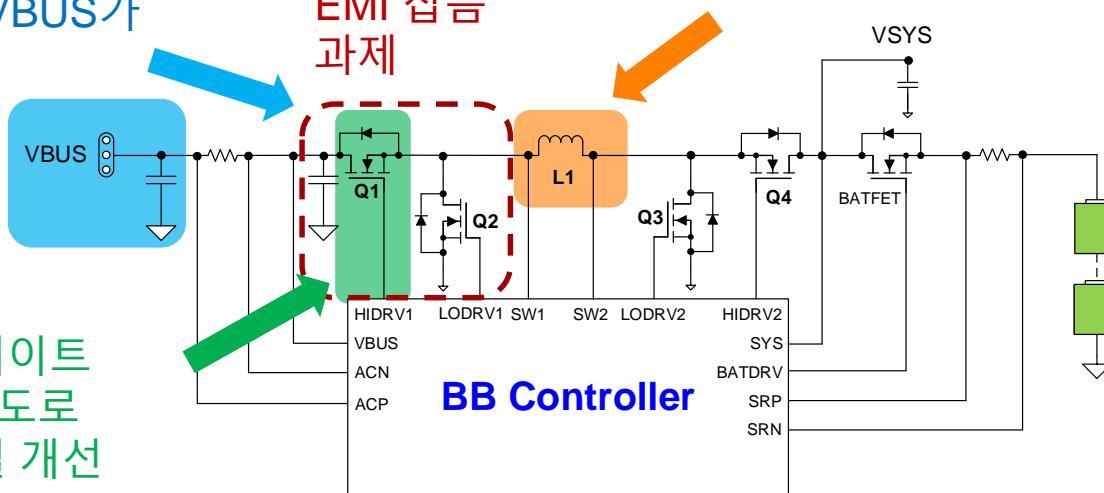
# NVDC 벡-부스트 충전기의 EMI 과제

## 1. USB PD EPR

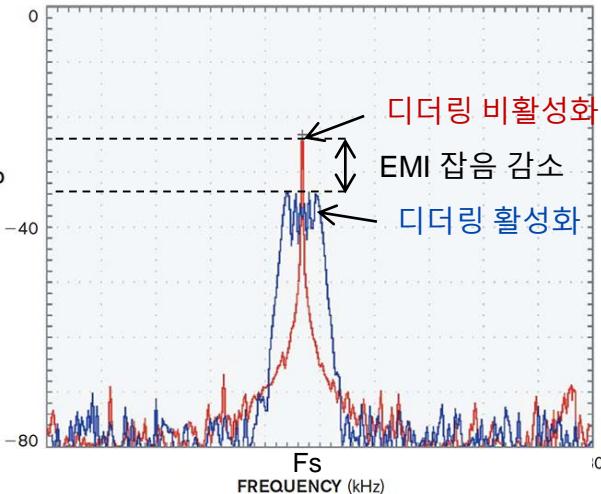
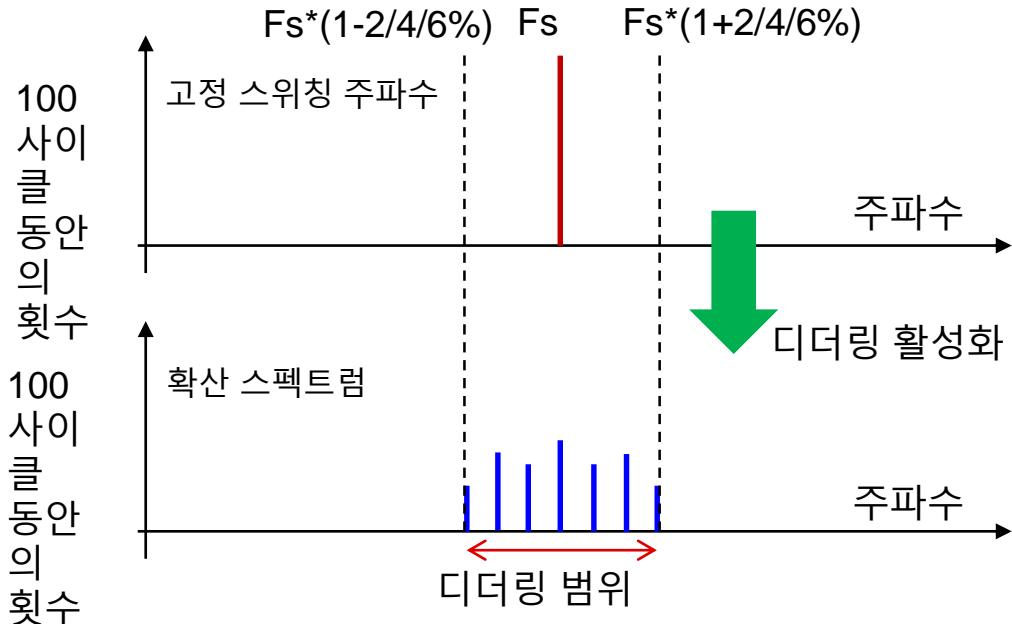
28V/36V/48V...를  
지원하도록 VBUS가  
증가됨

## 2. 더 강력한 게이트 드라이브 강도로 효율성 및 열 개선

## 3. 더 높은 인덕터 전류로 더 높은 전력 및 더 낮은 VSYS 전압 달성



# 스위칭 주파수 디더링 개념



- 디더링이 활성화되면 스위칭 주파수는 정해진 패턴으로 고정 스위칭 주파수를 중심으로 분산되어야 합니다.
- 주파수 디더링은 전도성 EMI 잡음을 줄이는 데 도움이 됩니다.

# 요약

- 와이드 입력 USB-C 포트는 벽 부스트 충전기가 필요한 기존 19.5V 배럴 잭을 대체합니다. USB-C EPR은 전력 공급을 20V/100W에서 최대 48V/240W로 더욱 향상시킬 수 있습니다.
- BQ2575x는 20V~48V 도킹 애플리케이션을 위한 토탈 솔루션을 제공하며, 벽 전용 모드 작동 유연성으로 48V/36V 입력 어댑터에서 고객의 BOM 비용을 절감할 수 있습니다.
- 준 2상 벽 부스트는 기존 단상 대비 벽 모드에서 효율성과 열을 개선하는 데 도움이 되지만 부스트 모드에서 비용과 면적을 낭비하지 않습니다.
- 충전기 열 조절 기능을 사용하여 모든 시스템 과열 지점 온도를 조절할 수 있어 고객의 열 관리 펌웨어 작업을 간소화합니다.
- 디더링 기능으로 BOM 비용 증가 없이 EMI 성능을 크게 개선할 수 있습니다.



© 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