

# USB Type-C 및 USB PD: 배터리 구동 시스템을 고려한 설계

## USB Type-C® and USB Power Delivery: Battery-powered systems

USB-C가 최대 전력 범위를 새롭게 높임으로써 미래에 대비한 범용적 커넥터로 자리잡고 있다. USB-C는 새로운 까다로운 기술로 비춰질 수도 있을 것인데, TI 솔루션은 소프트웨어와 하드웨어 관점 모두에서 높은 수준의 통합으로 디자이너들의 설계 작업을 간소화하도록 한다.

글 | Adam McGaffin, TI

개인 전자기기, 자동차, 산업용, 엔터프라이즈 시스템 같은 애플리케이션으로 USB Type-C®(USB-C®)가 산업 표준 커넥터로 자리잡고 있다. USB Type-C는 단일 인터페이스로 데이터와 전원을 둘 다 전송할 수 있다. USB Power Delivery(PD)는 USB-C 커넥터를 사용한 표준으로서, USB-C 인터페이스의 용량과 기능성을 높인다. 최근까지는 USB PD 3.0 규격이 양쪽 방향으로 최대 100W(20V 5A) 전력을 지원했다. 이것을 표준 전력 범위(SPR)라고 한다. 그런데 최근에 나온 USB PD 3.1 규격은 이 전력 범위를 240W(48V 5A)로 높이고 있다. 이것을 확장 전력 범위(EPR)라고 한다.

표 1은 EPR과 SPR을 비교해서 보여준다.

표 1. SPR과 EPR의 정전압 범위

전력 범위	이용 가능한 전류 및 전압	PD 프로파일 범위	비고
SPR	3A: 5V, 9V, 15V, 20V 5A <sup>1</sup> : 20V	15W~60W >60W~100W	
EPR	5A <sup>2</sup> : 28V, 36V, 48V	>100W~240W	EPR 모드로 전환 필요

<sup>1</sup> 5A 케이블 필요

<sup>2</sup> EPR 케이블 필요

With applications in personal electronics, automotive, industrial and enterprise systems, USB Type-C®(USB-C®) is an industry-standard connector that enables the transmission of both data and power on a single interface. USB Power Delivery(PD) is a standard using the USB-C connector that increases the capabilities and features of a USB-C interface. Until recently, the USB PD 3.0 specification allowed for up to 100W(20V, 5A) of power, now called Standard Power Range(SPR), to flow in both directions. The latest USB PD 3.1 specification increases the power range to 240W(48V, 5A), now called Extended Power Range(EPR), through a USB-C cable.

Table 1 shows how EPR compares to SPR.

EPR allows support for up to 240W of power(28V, 36V and 48V at 5A). EPR mode has the same requirement for sinks to evaluate and respond to new source capabilities messages as in a typical USB PD contract negotiation. After entering EPR mode, a port starts to negotiate a power delivery object(PDO) as high

EPR은 최대 240W 전력을 지원할 수 있다(5A로 28V, 36V, 48V). EPR 모드는 통상적인 USB PD 협상과 마찬가지로 싱크가 새로운 소스 용량 메시지를 평가하고 응답하는 것을 필요로 한다. EPR 모드가 되면, 포트가 최대 240W(48V 5A)로 전원 공급 객체(PDO) 협상을 시작한다. 48V 한계는 설계 안전 마진을 고려했을 때 타당한 한계이다.

EPR 모드로 정전압 레벨을 확장한 것 외에도, 전원이 조절가능 전압 전원(AVS)에 대한 규격도 준수해야 한다. EPR 모드 내에서 AVS는 싱크가 전압을 15V부터 48V까지 100mV 스텝 간격으로 미세하게 조절할 수 있도록 한다. 이 조절은 성능과 열 효율을 높이도록 한다. 또한 AVS는 싱크가 어느 충전기로부터나 전압을 수신할 수 있는 유연성을 가능하게 한다. 그러므로 커스텀 어댑터를 필요로 하지 않게 하고 사용자의 전자 에코시스템으로 일관된 사용자 경험을 가능하게 한다.

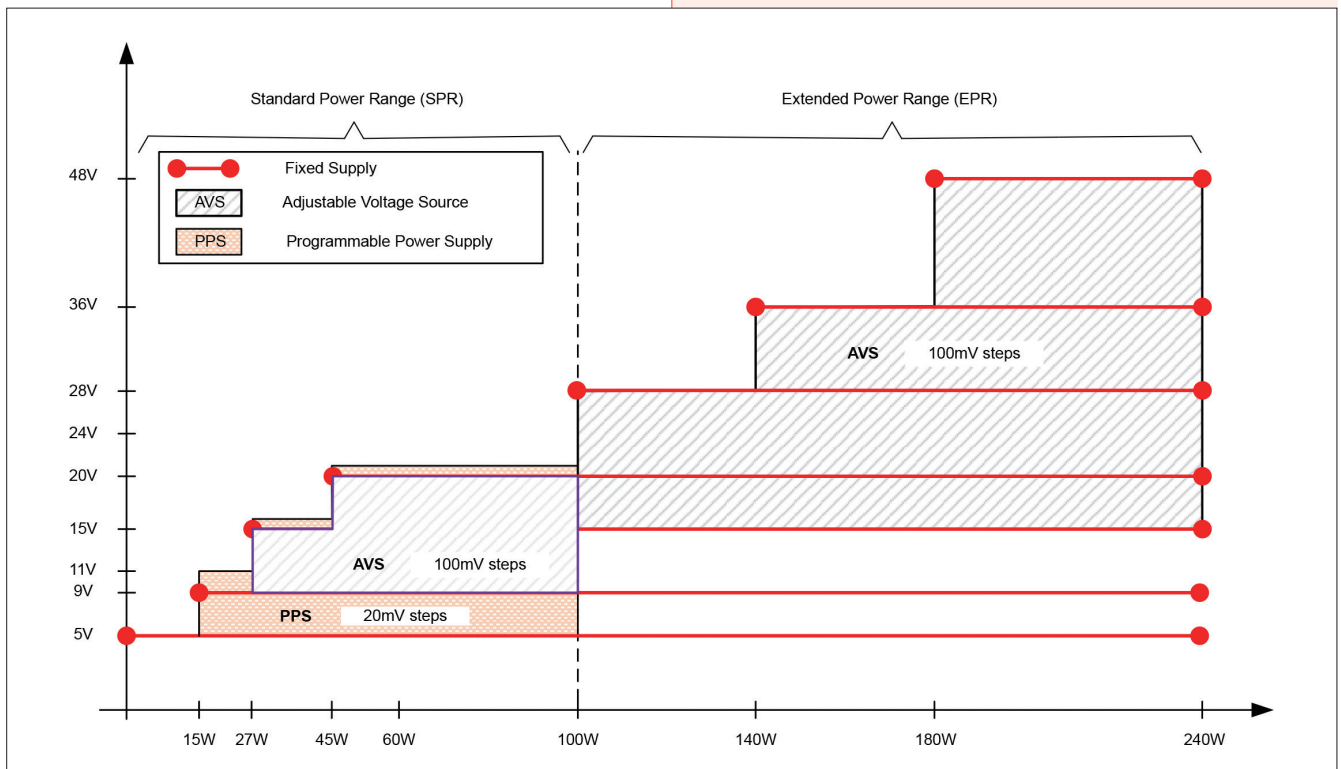
그림 1은 SPR 및 EPR 전력 레벨과 관련하여 프로그래머블 전원 공급(PPS) 및 AVS 범위를 보여준다. PPS와 AVS

as 240W(48V, 5A). The 48V limit represents a practical limit when considering design safety margins.

On top of the fixed voltage-level extension in EPR mode, the supply must also follow the specifications for an adjustable voltage supply(AVS). Within EPR mode, AVS enables the sink to fine-tune the voltage between 15V and 48V in steps of 100mV for improved performance and thermal efficiency. AVS also allows flexibility for the sink to receive voltages from any charger, which enables you to avoid custom adapters and create a consistent user experience within your electronic ecosystem.

Figure 1 shows the programmable power supply(PPS) and AVS ranges with respect to SPR and EPR power levels. While PPS and AVS both have programmable step sizes, they are not the same and are intended for different uses. AVS acts as a constant voltage supply and provides

그림 1. 소스에 필요로 하는 USB PD 3.2 전압



둘 다 스텝 간격을 프로그램할 수 있으나, 둘은 같지 않으며 의도하는 용도가 다르다. AVS는 정전압 전원으로 동작하고, 효율을 높이기 위한 차원에서 시스템으로 일정한 DC 전압을 제공한다. PPS는 스텝 간격이 더 작고(20mV) 연결된 디바이스의 배터리 충전을 우회해서 곧바로 배터리를 충전할 수 있다. AVS와 PPS의 가장 큰 차이점은, PPS는 협상되는 전압이 시간에 따라서 지속적으로 변한다는 것이다. 배터리가 충전할 때는 필요한 PPS 충전 전압이 높아진다. AVS는 정전원으로 의도된 것으로서, 시스템 입력 전압으로 시스템이 전체적으로 필요로 하는 것에 가까운 전압 레벨을 제공한다.

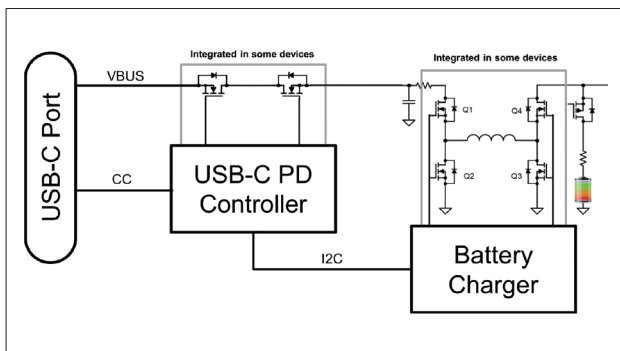
### 배터리 구동 제품과 차세대 솔루션

블루투스 스피커나 전동 공구 같이 배터리로 구동되는 휴대기기 제품들이 USB-C 도입으로 혜택을 보게 되었다. 이러한 제품들로 USB-C를 구현함으로써 USB-C 포트로 충전을 하면서 동일한 포트를 사용해서 연결된 디바이스로 전원을 공급할 수도 있다. 단일 또는 멀티셀 배터리 충전을 사용하는 것보다 USB-C 또는 USB PD 컨트롤러를 결합함으로써 애플리케이션이 USB-C 포트에 전원을 소싱하고 싱크도 할 수 있다.

그림 2는 USB-C 및 USB PD로 이전하는 디바이스의 통상적인 아키텍처를 보여준다.

배터리 구동 제품의 USB PD 포트 설계를 간소화하도록 TI의 USB PD 컨트롤러는 I2C 호스트 지원을 추가함으로써 배터리 충전을 직접적으로 제어할 수 있다. 이처럼 I2C

그림 2. USB-C 배터리 구동 제품의 블록 다이어그램



a steady DC voltage to the system in order to improve efficiency. PPS has a smaller step-size window(20mV) and can directly charge a battery, bypassing the battery charger in a connected device. The main difference between AVS and PPS is that with PPS, the negotiated voltage will constantly change over time. As the battery charges, the required PPS charge voltage will increase. AVS is intended to be a constant supply that provides a system input voltage to a voltage level closer to what the system requires as a whole.

### Battery-powered products and next-generation solutions

Portable battery-powered products such as Bluetooth® speakers and power tools will benefit from the adoption of USB-C. Implementing USB-C for these types of products enables them to both charge from the USB-C port as well as supply power to a connected device using the same port. Products using a single or multicell battery charger can now be paired with a USB-C or USB PD controller, which enables the applications to source and sink power from the USB-C port.

Figure 2 illustrates a typical architecture for devices transitioning to USB-C and USB PD.

To help simplify the design of the USB PD port for battery-powered products, TI's USB PD controllers add I2C host support to directly control the battery charger. This integrated I2C host control enables a two-chip solution without the need for an external microcontroller(MCU). The USB PD controller will automatically update the charging parameters of the battery charger through I2C based on the power negotiation over the USB PD port. Additionally, you don't need to develop firmware to add a USB PD port to battery-powered products. The TPS25751 and

표 2. USB PD 컨트롤러와 배터리 차저 페어링

지원되는 최대 전력 레벨	직렬로 지원되는 셀 수(S)	권장되는 USB PD 컨트롤러	권장되는 배터리 차저	레퍼런스 디자인
100W 싱크 45W 소스	1~4	TPS25751	BQ25798	2~4셀 배터리 용으로 통합적인 USB Type-C PD 및 충전 레퍼런스 디자인
100W 싱크 100W 소스	1~5	TPS25751	BQ25731	1~5셀 배터리 용으로 통합적인 USB Type-C PD 양방향 충전 레퍼런스 디자인
100W 싱크 100W 소스	1~16	TPS25751	BQ25756	통합적 100W USB Type-C PD 양방향 차저 레퍼런스 디자인
240W 싱크 240W 소스	1~16	TPS26750	BQ25756	240W USB Type-C PD3.1 EPR 배터리 차저 레퍼런스 디자인

호스트 제어를 통합함으로써 외부적 마이크로컨트롤러(MCU)를 필요로 하지 않고 2칩 솔루션을 가능하게 한다. USB PD 컨트롤러가 USB PD 포트를 통한 전력 협상에 기반해서 I2C를 통해서 배터리 차저의 충전 파라미터들을 자동으로 업데이트한다. 또한 배터리 구동 제품으로 USB PD 포트를 추가하기 위해서 디자이너가 펌웨어를 개발할 필요가 없다. TPS25751과 TPS26750은 USB-C + 배터리 차저 페어링에 사용할 수 있는 2개 USB PD 컨트롤러이다.

TPS25751은 SPR PD 컨트롤러이고, TPS26750은 최대 240W EPR을 협상할 수 있는 EPR PD 컨트롤러이다. 표 2는 권장되는 USB PD 컨트롤러와 배터리 차저 짝을 보여준다. 이와 같은 짝으로 레퍼런스 디자인들을 제공하므로 디자이너가 자신의 애플리케이션으로 편리하게 복사해서 붙여넣기 할 수 있다.

## 레퍼런스 디자인

최대치인 240W 확장 전력 범위를 지원하기 위해서 240W USB Type-C PD3.1 EPR 배터리 차저 레퍼런스 디자인은 TPS26750에다 BQ25756 양방향 백-부스트 충전 컨트롤러를 결합했다. 그림 3에서 보듯이 이 레퍼런스 디자인은 단일 PCB 상으로 이들 2개 디바이스를 짝을 이룸으로써, 외부적 MCU나 커스텀 펌웨어를 필요로 하지 않고서 양방향 240W 솔루션을 가능하게 한다.

이 배터리 차저 레퍼런스 디자인은 7~14셀 배터리 용으로 통합적인 USB PD 및 충전 레퍼런스 디자인으로서, 전동 공구, 진공 청소기, 휴대 파워 스테이션, 전기자전거 같은

TPS26750 are two USB PD controllers used for USB-C-plus-battery charger pairings.

The TPS25751 is an SPR PD controller, while the TPS26750 is an EPR PD controller capable of negotiating the full 240W EPR. **Table 2** shows recommended USB PD controller and battery charger pairings. Reference designs for these pairings allow you to copy and paste the design into your applications.

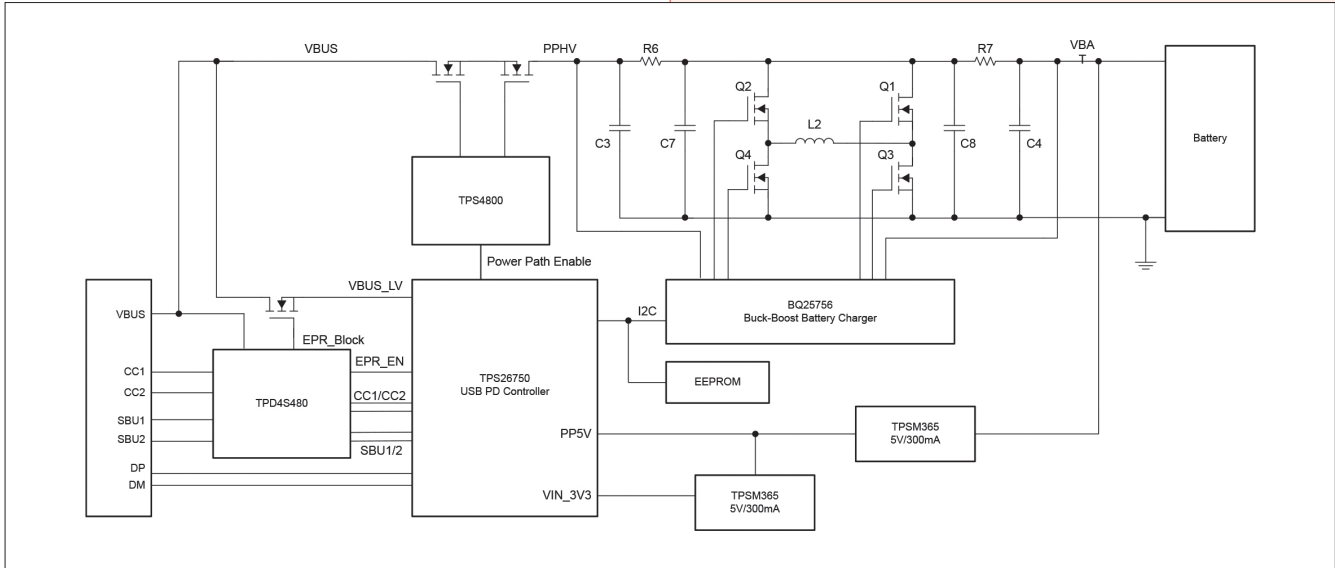
## Reference designs

To support the full 240W extended power range, the 240W USB Type-C PD3.1 EPR Battery Charger Reference Design pairs the TPS26750 with our BQ25756 bidirectional buck-boost charge controller. As shown in **Figure 3**, this reference design pairs these two devices onto a single printed circuit board, enabling a bidirectional 240W solution without the need for an external MCU or custom firmware.

The battery charger reference design is an integrated USB PD and charging reference design for seven- to 14-cell batteries for products such as power tools, vacuum cleaners, portable power stations and e-bikes. The TPS26750 works with the BQ25756 through simple I2C communication, requiring no firmware development.

Programming the TPS26750 is easy through the use of the application customization tool for TI USB PD

그림 3. EPR 배터리 차저 레퍼런스 디자인 블록 다이어그램



제품에 적합하다. TPS26750이 간단한 I2C 통신을 통해서 BQ25756과 함께 작동하므로, 펌웨어 개발이 필요하지 않다.

TPS26750을 프로그래밍하는 것은 TI USB PD 컨트롤러용의 애플리케이션 맞춤화 툴을 사용해서 쉽게 할 수 있다.

이 배터리 차저 레퍼런스 디자인은 USB PD 3.1 호환 입력 소스를 통해서 최대 240W로 배터리를 충전하고 on-the-go 모드로 최대 48V 5A 출력을 제공할 수 있다. BQ25756은 4스위치 벅-부스트 차저를 구현한 것으로서, 벅, 벅-부스트, 부스트 모드로 전환할 수 있다. 높은 수준의 통합과 단순한 디자인이 BOM(bill of materials) 비용을 낮추고, 크기를 소형화하고, 출시 시간을 단축하도록 한다.

### 맺음말

USB-C가 최대 전력 범위를 새롭게 높임으로써 미래에 대비한 범용적 커넥터로 자리잡고 있다. USB-C는 새로운 까다로운 기술로 비춰질 수도 있을 것인데, TI 솔루션은 소프트웨어와 하드웨어 관점 모두에서 높은 수준의 통합으로 디자이너들의 설계 작업을 간소화하도록 한다. TI가 USB PD 컨트롤러와 배터리 차저 짝과 함께 레퍼런스 디자인을 제공하므로 솔루션 크기를 줄이고 출시 시간을 앞당기도록 한다. **SN**

controllers.

The battery charger reference design can support charging batteries with a maximum of 240W through a USB PD 3.1 compliance input source and provide a maximum 48V, 5A output in on-the-go mode. The BQ25756 implements a four-switch buck-boost charger, transitioning between buck, buck-boost and boost modes. The high integration and simple design will lower bill-of-materials costs, provide a smaller size, and reduce time to market.

### Conclusion

With the newly increased maximum power range, USB-C is establishing itself as the universal connector of the future. While USB-C may be viewed as a new and challenging technology, TI solutions offer integration from both a software and hardware perspective in order to simplify your design process. Our USB PD controller and battery charger pairing, coupled with our reference designs, enable a lower solution size and reduced time to market. **SN**