



Delivery (PD)

This EVM is used to evaluate the combination of a high-efficiency 5A switch-mode buck-boost charger (BQ25798) and the USB Type-C and PD Controller (TPS25750) with integrated switches.

BQ25798 - ACTIVE

I_C controlled, 1-cell 5A buck-boost solar battery charger with dual input selector and MPPT

BQ25755 - ACTIVE

Stand alone or I_C controlled 70-V bidirectional buck-boost charge controller with MPPT

TPS25751 - NEW ✓ ACTIVE

USB-C® Power Delivery 3.1 controller with moisture detection and programmable power-supply

e북

엔지니어를 위한 USB Type-C® 가이드

USB Type-C 및 USB 전원 공급에 대한 기술 콘텐츠 모음집

머리말

USB Type-C®(USB-C®)는 단일 인터페이스에서 데이터와 전원을 모두 전송할 수 있는 업계 표준 커넥터입니다. USB Power Delivery는 USB-C 인터페이스의 성능과 특징을 높이기 위해 USB-C 커넥터를 사용하는 표준입니다. 이제 USB Power Delivery를 통해 최대 240W의 전력과 최대 80Gbps의 데이터를 동시에 전송할 수 있습니다. 또한 DisplayPort™ 및 Thunderbolt와 같은 사전 정의된 대체 모드를 구현하여 비디오 및 기타 고급 기능을 지원할 수도 있습니다. 이 e북은 USB Type-C 및 USB Power Delivery에 대한 소개를 제공하고, 다양한 애플리케이션 및 데이터/전력 요구 사항을 살펴보며, USB Type-C 및 USB Power Delivery 구현을 위한 전체 시스템 뷰를 이해하는 데 도움이 됩니다.

목차

| | |
|--|----|
| 머리말 | 2 |
| USB Type-C®의 기본 사항 | 4 |
| 요약 | 5 |
| USB-C 데이터 속도 및 전력 수준 | 5 |
| 데이터 및 전력 역할 | 5 |
| USB-C 핀아웃 및 가역성 | 6 |
| USB-C 케이블 감지 및 방향 | 8 |
| USB PD 컨트롤러가 언제 필요한가요? | 8 |
| USB Type-C®의 역사 | 9 |
| 요약 | 10 |
| USB 커넥터의 기본 사항 | 10 |
| USB 및 USB PD 프로토콜 기록 | 11 |
| USB-C와 USB PD의 비교 | 14 |
| USB PD 3.1 사양의 진화 | 15 |
| USB Type-C® 및 USB PD 사양에 대한 소개 및 개요 | 16 |
| 요약 | 17 |
| USB-C 연결 | 17 |
| VCONN 및 메시지 유형 | 18 |
| CC 와이어를 통해 USB PD 전원 협상 | 20 |
| 데이터 역할 스왑 | 22 |
| 전력 역할 교체 | 23 |
| USB PD 대체 모드 소개 | 25 |
| EPR 소개 | 26 |
| USB Type-C®를 통한 USB 신호 | 27 |
| 머리말 | 28 |
| Type-C를 통한 USB 2.0 신호 처리 | 28 |
| 저속 및 최대 속도 | 28 |
| 고속 | 28 |
| 저속, 최대 속도 및 고속 데이터 속도 | 29 |
| USB 2.0 신호 통합기 | 29 |
| USB-C를 통한 SuperSpeed 신호 처리 | 29 |
| SuperSpeed 시동 속도 협상 | 30 |
| SuperSpeed 신호 무결성 문제 | 30 |
| USB Type-C®를 위한 신호 멀티플렉싱 | 31 |
| USB-C USB 2.0 | 32 |
| USB-C USB 3 | 32 |
| USB PD DisplayPort™ 대체 모드 멀티플렉싱 | 32 |
| DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 C | 33 |
| DisplayPort 소스 디바이스(DFP_D) 핀 할당 D | 34 |
| DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 E | 34 |
| DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 C | 35 |
| DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 D | 35 |
| DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 E | 36 |
| USB4 | 37 |
| USB4 개요 | 38 |
| USB4 검색 및 입력 프로세스 | 38 |
| USB4 시스템 | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 측파대 통신..... | 40 |
| USB4 레인 및 데이터 전송률..... | 41 |
| 손실 예산..... | 41 |
| SBU1 및 SBU2를 통한 DisplayPort 대체 모드 및 USB4 지원..... | 42 |
| eUSB2 소개..... | 43 |
| 요약..... | 44 |
| eUSB2 개요..... | 44 |
| eUSB2 모드..... | 44 |
| 기타 기능..... | 46 |
| 확장 전력 범위(EPR)..... | 47 |
| 요약..... | 48 |
| EPR란 무엇입니까?..... | 48 |
| 기술 사양..... | 48 |
| 안전 영향 > 100W..... | 49 |
| TI의 PD 컨트롤러와의 전력 협상 처리..... | 50 |
| 결론..... | 51 |
| USB Type-C® 및 USB 전원 공급 일반적인 사용 사례 및 블록 다이어그램..... | 52 |
| 5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)..... | 53 |
| 기본 기능 블록..... | 53 |
| USB 3.0 데이터를 지원하는 5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)..... | 53 |
| 5V USB-C 싱크 전용 포트(USB PD 없음)..... | 54 |
| 5V USB-C DRP(USB PD 없음)..... | 55 |
| USB PD를 지원하는 20V USB-C 소스 전용 포트..... | 55 |
| USB PD를 지원하는 20V USB-C 싱크 전용 포트..... | 57 |
| USB PD 및 DisplayPort™ 대체 모드를 지원하는 5V 소스, 20V 싱크 USB-C 포트..... | 57 |
| USB PD 및 배터리 충전기 포함 20V USB-C DRP..... | 59 |
| 완제품별 블록 다이어그램..... | 61 |
| 요약..... | 62 |
| 노트북 및 산업용 PC..... | 62 |
| 도킹 스테이션..... | 62 |
| 블루투스® 스피커..... | 63 |
| Wi-Fi® 라우터 및 스마트 스피커..... | 64 |
| 전동 공구..... | 64 |
| TI PD 컨트롤러의 장점..... | 67 |
| 요약..... | 68 |
| 일반적인 설계 과정에 대한 TI 솔루션..... | 68 |
| TI PD 컨트롤러를 사용할 때의 기타 이점..... | 71 |

USB Type-C®의 기본 사항

요약 •

USB-C 데이터 속도 및 전력 수준 •

데이터 및 전력 역할 •

USB-C 핀아웃 및 가역성 •

USB-C 케이블 감지 및 방향 •

USB PD 컨트롤러가 언제 필요한가요? •



요약

저자: Adam McGaffin, Nate Enos, Brian Gosselin

USB Type-C®(USB-C®)는 단일 인터페이스에서 데이터와 전원을 모두 전송할 수 있는 업계 표준 커넥터입니다. USB PD(Power Delivery)는 USB-C 인터페이스의 성능과 특징을 높이기 위해 USB-C 커넥터를 사용하는 표준입니다. 이제 USB PD를 사용하여 최대 240W의 전력과 최대 80Gbps의 데이터를 동시에 전송할 수 있습니다. 또한 DisplayPort™ 및 Thunderbolt와 같은 사전 정의된 대체 모드를 구현하여 비디오 및 기타 고급 기능을 지원할 수도 있습니다. 이 장에서는 USB-C의 기본에 대해 알아보겠습니다. 이 e북 전반에서 고급 주제를 위한 기초로 사용할 수 있습니다.

USB-C 데이터 속도 및 전력 수준

표 1에는 각 USB 데이터 전송 관련 사양의 최대 전송 속도가 나와 있습니다. 표준은 USB 1로 시작되었습니다. 각각 1.5Mbps(저속) 및 12Mbps(최고 속도)를 지원하는 0 및 USB 1.1은 USB 3.1 Gen 2에서 10Gbps(SuperSpeed+)를 지원하도록 진화했습니다.

표 1. USB 사양 및 최대 전압, 전류 및 전력

| 사양 | 데이터 전송 이름 | 최대 전송 속도 |
|-------------------|-------------|----------|
| USB 1.0 및 USB 1.1 | 낮은 속도 | 1.5Mbps |
| | 최대 속도 | 12Mbps |
| USB 2.0 | 고속 | 480Mbps |
| USB 3.0 | SuperSpeed | 5Gbps |
| USB 3.1 | SuperSpeed+ | 10Gbps |

표 2에서는 USB 2.0부터 USB PD 3.0까지 USB 전원의 발전을 보여줍니다. 전반적인 추세는 증가하는 플랫폼과 장치의 요구를 해결하기 위해 최대한의 전력을 늘리는 것이었습니다. USB PD가 없으면 USB-C만 사용해도 3A(15W)에서 최대 5V를 지원할 수 있습니다. 그러나 USB PD를 사용하면 USB-C 에코시스템 내에서 5A(240W)에서 최대 48V를 지원할 수 있습니다.

표 2. USB-C 및 USB PD 전력 레벨

| 사양 | 최대 전압 | 최대 전류 | 최대 전력 |
|-------------------|-------|-------|-------|
| USB 2.0 | 5V | 500mA | 2.5W |
| USB 3.0 및 USB 3.1 | 5V | 900mA | 4.5W |
| USB 배터리 충전 1.2 | 5V | 1.5A | 7.5W |
| USB-C 1.2 | 5V | 3A | 15W |
| USB PD 3.0 | 20V | 5A | 100W |
| USB PD 3.1 | 48V | 5A | 240W |

데이터 및 전력 역할

USB 연결에는 세 가지 유형의 데이터 흐름이 있습니다.

- 다운스트림 방향 포트(DFP)**는 데이터를 다운스트림으로 전송합니다. 일반적으로 장치가 연결되는 호스트 또는 허브의 포트입니다. DFP는 VBUS 전원(호스트와 장치 사이의 전원 경로)을 공급할 수 있으며 VCONN 전원을 공급할 수도 있습니다(전자로 표시된 케이블 전원 공급). DFP가 포함될 수 있는 애플리케이션의 예는 도킹 스테이션입니다.
- 허브의 호스트 또는 DFP에 연결되는 업스트림 방향 포트(UFP)는 장치 또는 허브에서 데이터를 수신합니다. 이러한 포트는 일반적으로 VBUS를 싱크합니다. UFP를 포함할 수 있는 애플리케이션의 예로는 디스플레이 모니터가 있습니다.

- DRD(이중 역할 데이터)** 포트는 DFP(호스트) 또는 UFP(장치)로 작동할 수 있습니다. 연결 시 포트의 전원 역할에 따라 초기 역할이 결정됩니다. 소스 포트는 DFP의 데이터 역할을 맡고, 싱크 포트는 UFP의 데이터 역할을 수행합니다. 하지만 USB PD 데이터 역할 스왑을 사용하면 포트의 데이터 역할을 동적으로 변경할 수 있습니다. DRD 포트를 포함할 수 있는 애플리케이션의 예로는 노트북, 태블릿 및 스마트폰이 있습니다.

USB 연결에는 세 가지 유형의 동력 흐름이 있습니다.

- 싱크**는 연결되어 있을 때 VBUS의 전력을 소비하는 포트입니다. 싱크는 가장 빈번한 장치이며 USB 전원 키보드와 같은 USB 주변 장치나 헤드폰과 같은 소비자 제품이 포함될 수 있습니다.
- 소스**는 연결되어 있을 때 VBUS를 통해 전원을 공급하는 포트입니다. 일반적인 소스는 호스트 또는 허브 DFP입니다. 소스 애플리케이션의 한 예로 USB-C 벽면 충전기가 있습니다.
- DRP(이중 역할 전원)** 포트는 싱크 또는 소스로 작동할 수 있으며 이러한 두 상태 사이를 번갈아 가며 사용할 수 있습니다. DRP가 처음에 소스로 작동할 경우 포트는 DFP의 데이터 역할을 수행합니다. 또는 DRP가 처음에 싱크로 작동할 때 포트는 UFP의 데이터 역할을 합니다. 그러나 USB PD 전력 역할 스왑은 DRP의 전원 역할을 동적으로 변경할 수 있습니다. 예를 들어, 노트북에는 노트북의 배터리를 충전하기 위해 전력을 수신할 수 있는 DRP 포트가 포함될 수 있지만 외부 액세서리를 충전하기 위한 전력을 공급할 수도 있습니다.

또한 DRP의 두 가지 특수 하위 클래스가 있습니다.

- 소싱 장치는 전원을 공급할 수 있지만 DFP 역할을 할 수는 없습니다. 이러한 하위 클래스의 한 예로는 노트북의 DFP에서 데이터를 수신하면서 랩톱을 충전하는 USB-C 및 USB PD 호환 모니터를 들 수 있습니다.
- 싱킹 호스트는 전력을 소비할 수 있지만 UFP 역할을 할 수는 없습니다. 예를 들어, 해당 액세서리에서 전원을 공급하면서 액세서리로 데이터를 전송하는 허브의 DFP가 있을 수 있습니다.

USB-C 핀아웃 및 가역성

USB-C 커넥터에는 USB Type-A 및 Type-B 커넥터와 비교하여 여러 개의 새 핀이 포함되어 있습니다. 이러한 핀은 더 높은 전력, 대체 모드 및 가역성과 같은 USB-C 기능을 지원합니다. **그림 1**에서는 핀아웃을 보여줍니다.

왼쪽에서 오른쪽으로 **그림 1**에서 보여주는 내용:

- GND: 신호의 리턴 경로
- TX 및 RX: USB 3.1 데이터(5Gbps~10Gbps)용 SuperSpeed 연선
- VBUS: 주 시스템 버스(5V~48V)
- CC1 및 CC2: 케이블 감지, 방향 및 현재 광고에 사용되는 CC 라인입니다. USB PD를 사용하면 CC 라인은 더 높은 전력 수준과 대체 모드도 통신할 수 있습니다. CC 라인 중 하나가 VCONN이 될 수 있습니다.
- SBU1 및 SBU2: 대체 모드 및 액세서리 모드에만 사용되는 저속 라인 예를 들어, DisplayPort, AUX+ 및 AUX를 사용하면 SBU 라인을 통해 전송합니다. 오디오 어댑터 액세서리 모드의 경우 이 라인은 마이크 입력 및 아날로그 GND에 사용됩니다.
- D+ 및 D-: USB 2.0 데이터(최대 480Mbps)를 위한 고속 트위스트 페어

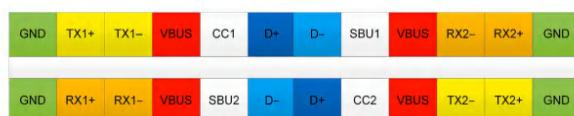


그림 1. USB-C 소켓 핀아웃

USB-C 커넥터의 새로운 측면은 핀이 거의 대칭이라는 것입니다(수직 및 수평). 이 때문에 커넥터를 되돌릴 수 있습니다. 안 타깝게도 가역성을 수동적으로 실현할 수 없기 때문에 추가 전자 장치가 필요합니다. 그림 2에서는 USB-C 소켓(위)과 USB-C 플러그(아래)가 기본적으로 서로 상대적으로 뒤집히는 방법을 보여줍니다.

- GND 라인과 VBUS 라인은 여전히 동일한 위치에 있습니다.
- D+와 D-쌍선은 같은 방향이지만, 플러그에는 D+와 D-연선 쌍이 하나만 포함되어 있습니다. USB-C 사양을 사용하면 소켓 측에 D+ 및 D- 라인을 함께 단락 시킬 수 있습니다(D+~D+ 및 D-~D-). 케이블 방향에 관계없이 물리적 계층(PHY)은 항상 케이블의 D+와 D-쌍을 봅니다.
- CC1 및 CC2 라인은 뒤집혀 케이블 방향을 결정할 수 있습니다. 방향에 따라 연결된 CC 라인과 열려 있는 CC 라인이 결정됩니다.
- TX 및 RX 쌍도 뒤집힙니다. 이 문제를 해결하는 것은 조금 더 복잡했습니다. D+ 및 D- 라인과 달리 스텝이 만들어지기 때문에 공통 선을 간단히 합칠 수는 없습니다. USB 2.0 속도에서는 스텝이 허용되지만 USB 3.1 속도에서는 스텝이 신호 무결성을 너무 많이 떨어뜨립니다. 이를 방지하기 위해 두 가지 옵션이 있습니다.
 - 두 개의 PHY 및 케이블 방향 감지를 사용하여 사용할 PHY를 알고 있습니다.
 - 지정된 방향에 따라 올바른 SuperSpeed 라인을 PHY로 전환하는 단일 PHY와 SuperSpeed 멀티플렉서가 있습니다. 이는 일반적으로 더 경제적인 해결책입니다.
- SBU 라인도 뒤집히지만, 이는 일반적으로 대체 모드 PHY 내에서 처리됩니다(저속 라인이라는 점 주의).



그림 2. USB-C 핀 배치: 소켓(상단), 플러그(하단)

USB-C 케이블 감지 및 방향

USB-C 사양에 도입된 CC(구성 채널)로 직 블록에 따라 케이블 감지, 케이블 방향 및 전류 전달 기능이 결정됩니다. 다음과 같은 용어를 정의해 보겠습니다.

- 케이블 감지**는 두 CC 라인 중 하나가 아래로 당기면 발생합니다(**그림 3** 참조). DFP는 저항 Rp를 통해 두 CC 핀을 모두 풀업하고, UFP는 저항 Rd에 따라 CC 핀을 모두 갖게 됩니다. DFP 프로세서가 CC 라인 중 하나가 풀다운된 것을 감지하면 DFP는 연결이 이루어졌음을 알게 됩니다.
- 케이블 방향**은 어느 CC 라인을 아래로 당기는지에 따라 결정됩니다(CC1이 아래로 당기면 케이블이 뒤집히지 않고 CC2가 아래로 당기면 케이블이 뒤집힘). 비활성 케이블의 경우 나머지 CC 라인은 열린 상태로 유지됩니다. 활성 케이블의 경우 나머지 CC 라인은 Ra를 사용하여 풀다운됩니다.
- Rp 값은 전류 전달 능력을 결정합니다. USB-C는 기본적으로 1.5A 또는 3A를 지원할 수 있습니다. DFP는 특정 값의 풀업 저항을 사용하여 전류 전달 기능을 광고할 수 있습니다. UFP에는 고정 값 풀다운 저항(Rd)이 있어 연결할 때 Rp가 있는 전압 분할기를 형성합니다. 분압기의 중앙 탭에서 전압을 감지하면 UFP는 DFP의 광고된 전류를 감지할 수 있습니다.

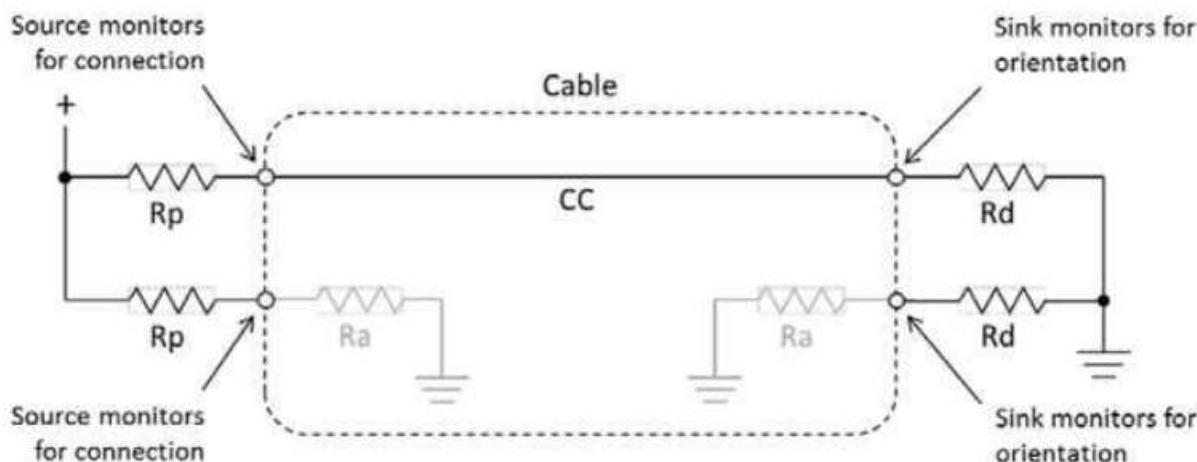


그림 3. CC로직 풀업 및 풀다운 종단. (출처: USB Type-C 사양 v1.2, 그림 4 및 5 풀업 및 풀다운 CC 모델)

USB PD 컨트롤러가 언제 필요한가요?

USB PD는 USB-C 커넥터를 사용하는 표준이므로 USB PD 컨트롤러를 언제 사용해야 하는지 궁금할 수 있습니다. 이러한 세 가지 시나리오 중 하나라도 포함된 경우 USB PD 컨트롤러가 필요합니다.

- 5V 이상의 전압을 교섭합니다.** 최대 전력이 15W 미만이라도 5V를 초과하는 전압을 협상하려면 USB PD 컨트롤러가 필요합니다. 예를 들어, 시스템이 15W가 필요하지만 5V만 필요한 경우 USB PD 컨트롤러가 필요 없습니다. 그러나 10W만 필요한 시스템이 있지만 9V가 필요한 경우 9V 계약을 협상하기 위해 USB PD 컨트롤러가 필요합니다.
- USB-C 커넥터에서 DisplayPort와 같은 지원 비디오를 사용하려면 USB PD 컨트롤러가 필요합니다.**
- 파워 역할과 데이터 역할이 일치하지 않습니다.** 다양한 데이터와 전력 역할을 하려면 USB PD 컨트롤러(전원 및 UFP)가 필요합니다. 도킹 스테이션은 이에 대한 좋은 예입니다. 도킹 스테이션은 랙탑이 충전할 수 있는 전원 역할을 하지만 UFP는 비디오 및 USB 데이터를 수신합니다. 이러한 현상은 파워 역할 스왑 및 데이터 역할 스왑을 통해 이루어집니다.

USB Type-C®의 역사

요약 •

USB 커넥터의 기본 사항 •

USB 및 USB PD 프로토콜 기록 •

USB-C와 USB PD의 비교 •

USB PD 3.1 사양의 진화 •

Type-A



usbtpec.info

Type-B



usbtpec.info

Type-C



usbtpec.info

요약

저자: Taylor Vogt

이 섹션에서는 USB Type-C®(USB-C®) 및 USB PD(Power Delivery)의 변화하는 세계에 대한 배경 정보를 제공하기 위해 USB 프로토콜의 역사를 설명합니다. 먼저 USB Type-A 및 USB Type-B 정의와 USB 프로토콜이 시간에 따라 최신 USB PD 3.1 사양으로 어떻게 진화했는지 알아보겠습니다.

USB 커넥터의 기본 사항

프로토콜 자체에 대해 논의하기 전에 커넥터는 시간이 지남에 따라 다른 형태로 취한 인터페이스의 중요한 매체입니다. 이는 앞으로 나아감에 따라 계속해서 발전하는 USB 프로토콜 기능에는 USB-C 커넥터가 전체 기능 세트를 달성해야 한다는 점을 구분하는 것이 중요합니다. **그림 4**에는 USB-C까지 이어지는 다양한 USB 커넥터가 나와 있습니다.

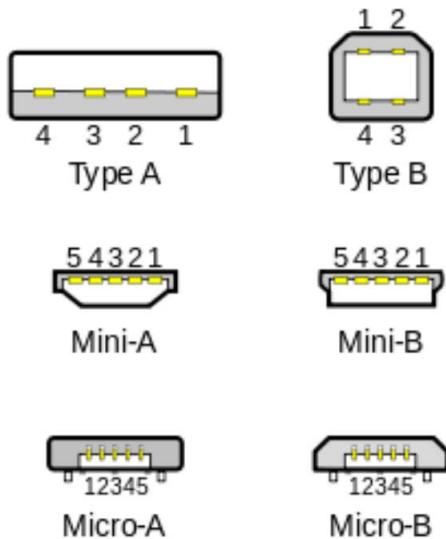


그림 4. USB 커넥터 개요

USB Type-A

일반적으로 가장 대중적이고 일반적인 USB 표준으로 더 잘 알려진 USB Type-A는 1996년경에 사용하기 시작했습니다. 데스크톱 컴퓨터, 게임 콘솔 및 미디어 플레이어와 같은 호스트 장치에서 USB Type-A 포트를 찾을 수 있습니다.

USB Type-B

USB Type-B 커넥터는 스마트폰, 프린터 또는 하드 드라이브와 같은 주변 장치에 연결되는 일반적인 USB 케이블의 한쪽 끝에 있습니다. 1996년에 처음 출시되었으며 일반적으로 Type-A를 통해 PC에 연결된 장치를 제어하기 위해 사용되었습니다.

USB-C

USB-C는 2015년에 여러 인기 있는 휴대폰 및 노트북 브랜드에 구현되었습니다. USB-C는 커넥터 가역성 측면에서 혁신적인 설계로 사용 편의성과 다운사이징이 더 얇고 날렵한 디바이스에 미치는 영향을 최소화했습니다. [그림 5](#)에서는 USB-C 커넥터 자체를 자세히 살펴보면서 [그림 6](#)에서 USB Type-A에서 USB Type-C로의 USB 케이블로 진행하는 것을 보여줍니다.

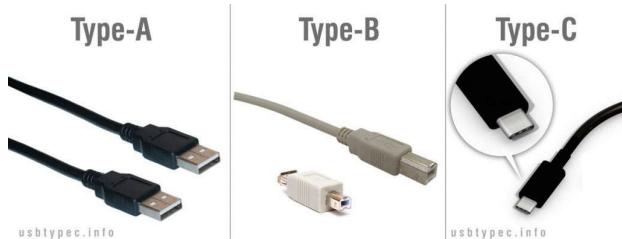


그림 5. USB 케이블 개요

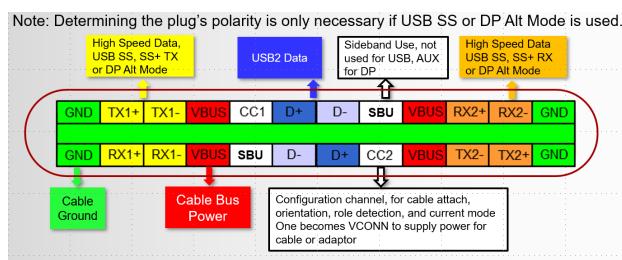


그림 6. USB-C 커넥터 개요

USB 및 USB PD 프로토콜 기록

프로토콜 자체를 고려 시, 현재 USB 사용자 포럼(USB-IF)에서 정의한 USB 사양은 USB 1.0, 2.0, 3.0, 3.1, 3.2 및 4.0 등 총 6가지입니다. 하지만 USB 1.0은 기본적으로 더 이상 사용되지 않으므로 USB 2.0부터 USB 4.0까지가 현재 언급된 표준입니다.

2012년에 최초의 USB PD 1.0 사양이 출시되었지만 2014년에 USB 2.0 버전이 뒤이어서 USB-C 커넥터 사용을 규정하고 지원 가능한 5가지 전원 공급 장치 수준에 대한 기술 세부 정보를 15W, 27W, 45W, 60W 및 100W와 같이 정리했습니다.

USB PD 3.0은 2018년에 출시되어 다양한 장치에 더 잘 맞는 표준에 약간의 유연성을 더했습니다. 배터리 상태 모니터링, 향상된 보안, 빠른 역할 교환과 같은 기능을 지원하기 위해 통신 프로토콜을 개선했습니다. 또한 PPS(Programmable Power Supply) 프로토콜을 도입하여 20mV의 세분화된 증분으로 전압 레벨을 허용했습니다. 이를 통해 미세 조정된 전압 레벨이 필요한 고속 충전 애플리케이션을 위한 사용자 지정 전압 협상을 지원합니다.

USB PD 3.1 사양은 2021년에 출시되었습니다. 이 업데이트는 USB-C 케이블 및 커넥터를 통해 최대 240W의 전력을 공급할 수 있게 해주는 주요 업데이트입니다. 100W~240W는 EPR(확장 전력 범위)라고 하며, 이전 USB PD 범위는 현재 SPR(표준 전력 범위)입니다.

USB Specification Evolution

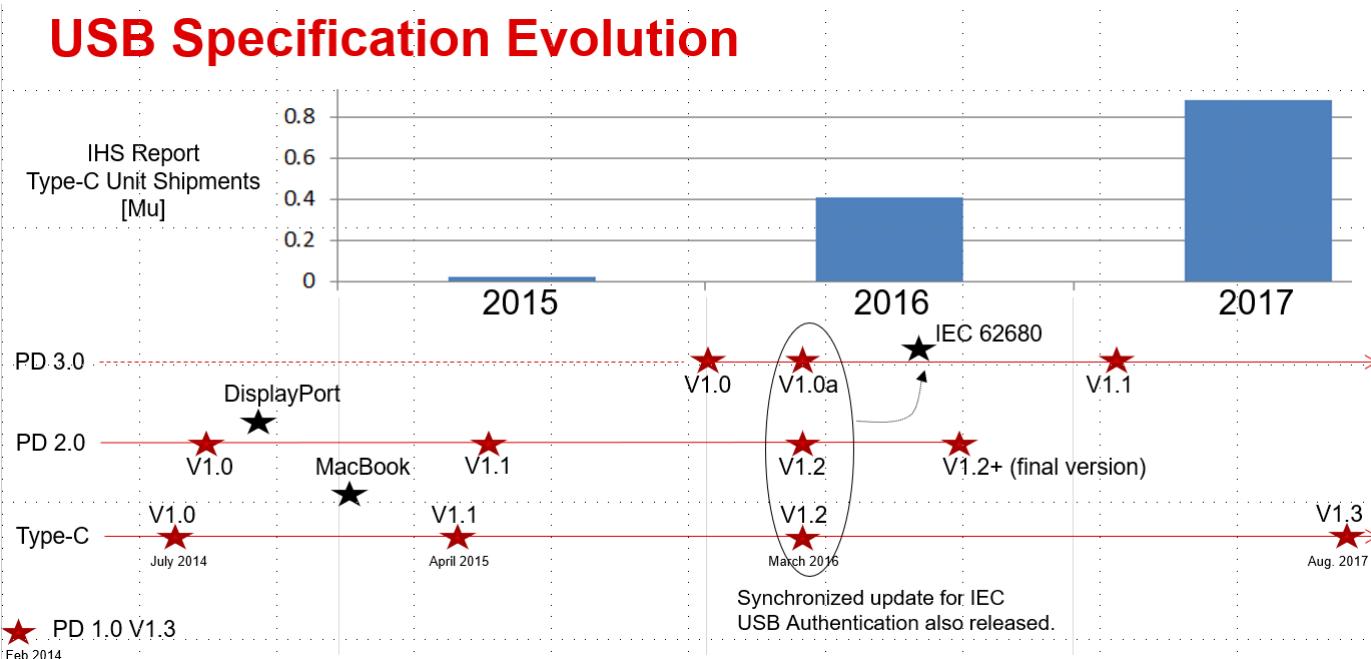


그림 7. USB 사양의 진화

이전 USB 프로토콜과 달리 USB 4.0 표준에는 지원되는 기능이 증가하기 때문에 USB-C 커넥터가 필요합니다. 또한 USB 4.0의 새로운 개발 기능을 통해 DisplayPort™ 및 PCI Express(PCIe)를 지원합니다.

다음 장에서는 자세히 알아보겠지만, USB 및 Thunderbolt 기술의 몇 가지 측면에 대해서는 개략적으로 알아보겠습니다.

- USB 3.2:
 - USB 3.2 1세대(이전 명칭 USB 3.0), 최대 5Gbps의 SuperSpeed입니다.
 - USB 3.2 2세대(이전 명칭 USB 3.1), SuperSpeed 최대 10Gbps
 - USB 3.2 2x2세대(실제 USB 3.2), SuperSpeed 최대 20Gbps입니다.
 - 20Gbps 데이터 전송률을 위해 2개의 10Gbps의 레인으로 다중 레인으로 작동합니다.
 - USB PD 전원 계약이 필요하지 않습니다.
- Thunderbolt 3:
 - USB(2.0, 3.0 및 3.1), PCIe 및 DisplayPort를 단일 인터페이스에 결합합니다.
 - USB PD 계약이 필요합니다.
 - 인텔의 Thunderbolt 3 대체 모드가 협상되면 활성화됩니다.
- USB 4.0:
 - 기존 USB-C 케이블을 사용한 2레인 작동 및 최대 40Gbps까지 작동합니다.
 - USB 3.2, USB 2.0 및 Thunderbolt 3과의 이전 버전과 호환됩니다.
 - USB PD 전원 계약이 필요합니다.
 - 대체 모드 입력에 의존하지 않습니다.

그림 8에서는 USB 데이터 전송 속도를 시각적으로 비교합니다.

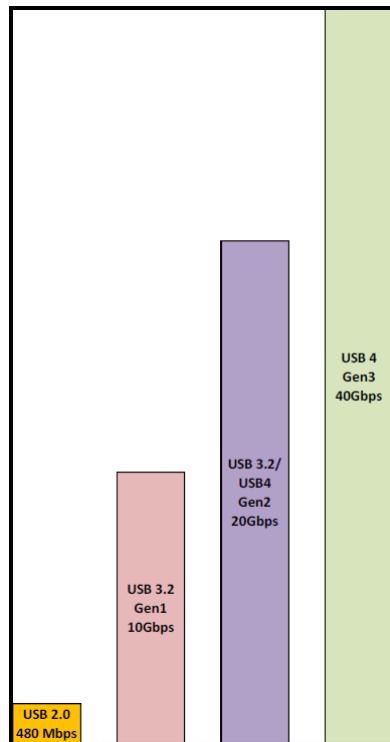


그림 8. USB 데이터 전송률 속도

USB 네트워크를 간소화하기 위해 하나의 호스트와 하나의 장치가 있습니다. 일반적으로 PC가 호스트이며 스마트폰, 태블릿 또는 카메라가 장치입니다. 데이터와 전력 측면에서 전력은 호스트에서 장치로 흐르지만 데이터는 양방향으로 흐를 수 있습니다.

USB 1.0 및 2.0 표준 다운스트림 포트는 최대 480Mbps의 데이터 속도에서 최대 500mA 또는 0.5A를 제공할 수 있습니다. USB 3.0은 데이터 전송률 측면에서 최대 900mA 또는 0.9A를 제공합니다. 이러한 전력 출력 사양은 각 표준 출력에서 5V를 기반으로 한 정격입니다. 그러나 전용 USB 3.0 충전 및 충전 다운스트림 포트는 최대 1,500mA 또는 1.5A를 제공하는데, 이는 7.5W로 해석됩니다.

USB-C와 USB PD의 비교

기본적으로 USB-C는 시스템에 연결하는 데 사용되는 커넥터 하드웨어를 직접 가리키는 반면, USB PD는 프로토콜을 나타냅니다. USB-C 측은 전원, 비디오 및 데이터 전송을 결합한 최신 USB 인터페이스입니다. 외관상 USB-C는 USB Type-A 커넥터보다 작기 때문에 연결 시 가역성이 보장됩니다. 향상된 기능 세트로 인해 단일 USB-C 커넥터로 시스템에 있는 기존 장치의 여러 커넥터를 대체할 수 있습니다.

기본적으로 USB-C 커넥터는 5V 및 3A 전원 도메인에서 작동하며 더 높은 전력을 필요로 하지 않는 애플리케이션에서 사용할 수 있습니다. 그러나 USB-C 커넥터를 사용하면 USB PD 프로토콜을 사용할 수 있어 USB 배터리 충전 1.2 사양의 두 배 전력, 최대 100W(20V 및 5A)을 제공할 수 있습니다. USB PD는 USB-C 케이블을 통해 DisplayPort 또는 Thunderbolt와 같은 대체 모드를 통해 고대역폭 비디오 및 데이터 속도를 지원합니다. **그림 9**에는 다양한 전원 모드와 그 모드가 구현된 시퀀스가 나와 있습니다.

| Precedence | Mode of Operation | Nominal Voltage | Maximum Current |
|------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Highest | USB PD | Up to 20 V | Up to 5 A |
| | USB Type-C current @ 3A | 5 V | 3 A |
| | USB Type-C current @ 1.5A | 5 V | 1.5 A |
| | USB BC1.2 | 5 V | Up to 1.5 A |
| | USB 3.1 | 5V | 900 mA |
| Lowest | USB 2.0 | 5V | 500 mA |

그림 9. 전원 모드의 우선 순위

USB-IF 사양에서는 시스템이 USB PD 계약을 체결하는 데 필요한 단계를 포함하여 USB PD 프로토콜에 대해 자세히 설명합니다. 즉시 USB PD 컨트롤러가 이러한 단계를 실행할 수 있으며 포트가 소스인지 싱크인지 여부에 따라 별도의 명령이 있습니다. 소스는 먼저 원하는 여러 PDO(Power Delivery Object)를 통해 전력 기능을 광고하고 싱크가 그 중 하나를 요청한다. USB PD 계약을 입력하려면 소스가 이 요청을 수락해야 하며 싱크는 이를 승인해야 합니다. **그림 10**에서는 이 협상 순서를 보여줍니다.

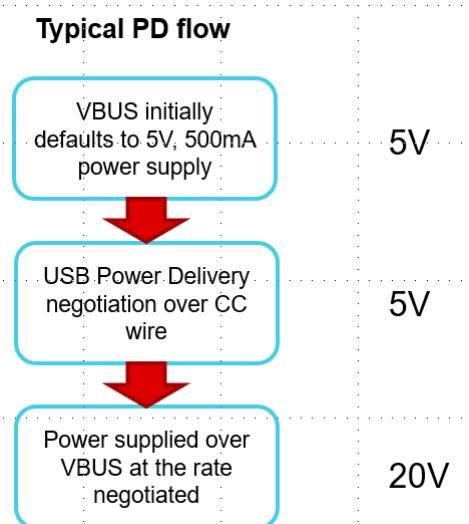


그림 10. USB PD 전력 협상 시퀀스

USB PD 컨트롤러를 사용하여 USB-PD를 활성화하는 것이 적합한 몇 가지 이유는 다음과 같습니다.

- 최대 20V의 높은 전압으로, 5V, 9V, 15V 역시 대부분의 고객의 요구 사항을 충족합니다. (최신 USB PD 사양에는 28V, 36V 및 48V가 포함됩니다.)
- USB 케이블을 통해 최대 100W 전력(최신 USB PD 사양에 EPR을 포함하는 경우 240W)을 나타냅니다.
- 전원을 공급하는 포트는 협상 가능합니다. 아래쪽을 향하는 포트는 공급자 또는 소비자가 될 수 있고 상향 포트는 공급자나 소비자가 될 수도 있습니다.
- 여러 주변 장치의 전원 관리를 효율적으로 합니다.
- 아래쪽을 향하는 포트에는 전원을 절약하기 위한 콜드 소켓이 있습니다.
- 기존 USB 제품과 공존합니다.
- 대체 모드를 활성화했습니다.

USB PD 3.1 사양의 진화

PD3.1과 확장 전원 범위에 대한 자세한 내용은 다음 장에서 다루겠습니다. USB-IF에서 요약한 주요 기능은 다음과 같습니다.

- 새로운 28V, 36V 및 48V 고정 전압은 각각 최대 140W, 180W 및 240W의 전력 레벨을 지원합니다. 조정 가능한 전압 공급 모드를 통해 장치에 전원을 공급함으로써 15V 이상 범위의 중간 전압을 충전기의 최대 고정 전압까지 요청할 수 있습니다.
- 동력 방향이 더 이상 고정되지 않습니다. 즉, 제품 호스트 또는 주변 장치가 전원을 공급하도록 활성화됩니다.
- 각 장치는 추가 요청이 발생할 경우 전원을 사용할 수 있도록 하는 데 필요한 최소 전력을 협상할 수 있습니다.
- PC와의 선택적 허브 통신을 통해 지능적인 시스템 수준의 전력 관리 기능을 제공합니다.
- 헤드셋과 같은 저전력 케이스에서 필요한 전원만 협상할 수 있습니다.

미래는 명확하지 않지만, 유럽 연합에서는 전자 폐기물을 줄이고 소비자의 사용 편의성을 간소화하기 위해 전화와 휴대형 충전기를 포함한 모든 소형 전자 기기에 걸쳐 USB-C 커넥터를 보편화하려는 움직임이 있습니다.

USB Type-C® 및 USB PD 사양에 대한 소개 및 개요

요약 •

USB-C 연결 •

VCONN 및 메시지 유형 •

CC 와이어를 통해 USB PD 전원 협상 •

데이터 역할 스왑 •

전력 역할 교체 •

USB PD 대체 모드 소개 •

EPR 소개 •



요약

저자: Adam McGaffin, Eric Beljaars and Ghousie Mohiuddin

USB Type-C®(USB-C®) 및 USB PD(Power Delivery) 사양은 USB-C 커넥터에 사용되는 두 가지 프로토콜입니다. 두 개의 개별 프로토콜이지만, 먼저 USB-C 계약을 체결하지 않으면 USB PD 계약을 협상할 수 없기 때문에 서로 긴밀하게 연결되어 있습니다. 이 장에서는 두 사양을 모두 살펴보고 복잡한 USB PD 주제를 소개하겠습니다.

USB-C 연결

USB-C 커넥터와 케이블에는 각 방향에 하나씩, 2개의 구성 채널(CC) 핀이 있으며 이는 USB-C를 리버시블하는 데 도움이 됩니다. CC 핀은 케이블이 연결된 시기 및 USB-C 포트가 소스 또는 싱크 역할을 맡는지 여부를 결정하며 핀은 모든 USB PD 메시징을 전송 및 수신합니다. 연결 시 극성에 따라 CC 라인 중 하나는 메시징에 사용되고, 다른 CC 라인은 VCONN에 사용하여 액티브 케이블 및 E-마커에 전원을 공급할 수 있습니다.

USB-C 전원은 CC 핀(Rp)에 풀업 저항을 제공하는 반면, USB-C 전원 싱크는 CC 핀(Rd)에 풀다운 저항을 제공합니다. 소스가 싱크와 연결하면 Rp 및 Rd가 CC 핀에 전압 분할기를 형성합니다. 이는 USB-C 연결이 감지되는 방법입니다. 포트의 전원 역할 외에도 표준 USB-C, Rp 및 Rd를 사용하여 데이터 역할을 결정합니다. RP는 항상 다운스트림 방향 포트(DFP)인 전원으로 제공되며, Rd는 항상 업스트림 방향 포트(UFP)인 전원 싱크로 제공됩니다. Rp 및 Rd 저항 분할기를 통해 연결이 감지된 후 소스는 5V를 제공해야 하며 싱크는 농시적 USB-C 계약에 따라 전류를 소비하기 시작할 수 있습니다.

Rp의 저항 값은 USB-C 사양에 강조된 대로 소스가 제공할 수 있는 전류의 양을 결정합니다. 싱크는 풀업의 강도를 통해 Rp 저항 값을 감지하고 연결된 소스의 기능에 따라 전류 소비를 제한해야 합니다. USB-C는 콜드 커넥터이기 때문에, 연결된 것이 없을 때 VBUS에 0V가 발생합니다. 이는 항상 VBUS에 5V를 가진 기존 USB Type-A와 다릅니다. 콜드 연결은 각 USB-C 소스 포트가 장치가 연결되어 있는지 여부에 따라 5V의 활성화 및 비활성화와 함께 전류를 제어해야 한다는 것을 의미합니다.

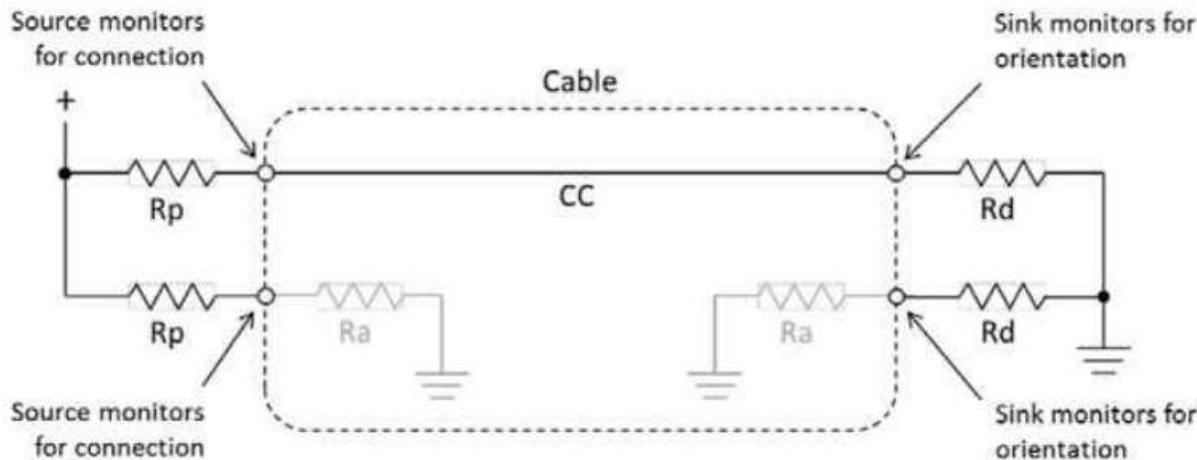


그림 11. CC로직 풀업 및 풀다운 종단 (출처: USB Type-C 사양 v1.2, 그림 4 및 5 풀업 및 풀다운 CC 모델)

VCONN 및 메시지 유형

표준 USB-C 계약을 수립한 후 CC 라인은 연결된 장치와 USB PD 메시지를 송수신할 수 있습니다. 3A 이상의 전류, USB 3.0 데이터 속도 또는 DisplayPort™ 또는 Thunderbolt 대체 모드가 있는 경우, CC 라인은 VCONN(반대 CC 라인)에 전원을 공급하여 전자 마킹된 케이블 또는 활성 케이블에 전원을 공급할 수도 있습니다.

CC 메시지에는 SOP(start of packet), SOP(SOP), SOP(SOP) 등 세 가지 유형이 있습니다. 메시지 유형은 메시지가 전송되는 장치를 나타냅니다.

- SOP 메시지는 케이블을 통해 USB PD 컨트롤러에서 USB PD 컨트롤러로 이동합니다.
 - SOP 메시지는 포트에 연결된 케이블의 끝에 있는 e-마커로 전송되어 메시지를 보냅니다.
 - SOP" 메시지는 포트 반대쪽의 케이블 끝에 있는 e-마커로 전송되어 메시지를 보냅니다.

그림 12에서는 DFP 또는 소스 USB PD 컨트롤러가 SOP, SOP 및 SOP" 메시지를 전송하는 위치를 강조합니다. 이 장에서는 대부분의 협상이 발생하는 곳이기 때문에 하나의 USB PD 컨트롤러에서 다른 컨트롤러로 표준 SOP 메시지에 초점을 맞추겠습니다. 케이블 양끝에 있는 e-마커와의 통신은 일반적으로 케이블 기능을 이해하기 위한 호환성 검사입니다.

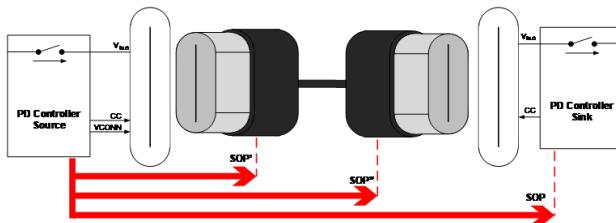


그림 12. SOP, SOP 및 SOP' 메시지

이제 신호가 CC 전선에서 발생하고, 메시지를 보내는 장치를 식별하는 방법을 알았으므로 메시지의 유형과 수행하는 작업에 대해 이야기해 보겠습니다. USB PD 메시지에는 제어 메시지, 데이터 메시지 및 확장 메시지 등 세 가지 주요 범주가 있습니다.

제어 메시지는 짧으며 포트 파트너 간의 메시지 흐름을 관리하거나 추가 데이터가 필요하지 않은 메시지를 교환하는 데 사용됩니다. 제어 메시지의 길이는 16비트입니다. 표 3에서는 제어 메시지 유형의 전체 목록을 표시합니다.

표 3. 메시지 유형 제어

| 메시지 유형 | 보낸 사람 |
|---------------------|---------------------|
| GoodCRC | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| GotoMin | 소스만 |
| 수락 | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| 거부 | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| Ping | 소스만 |
| PS_RDY | 소스 또는 싱크 |
| Get_Source_Cap | 싱크 또는 이중 역할 전원(DRP) |
| Get_Sink_Cap | 소스 또는 DRP |
| DR_Swap | 소스 또는 싱크 |
| PR_Swap | 소스 또는 싱크 |
| VCONN_Swap | 소스 또는 싱크 |
| 대기 | 소스 또는 싱크 |
| Soft_Reset | 소스 또는 싱크 |
| Data_Reset | 소스 또는 싱크 |
| Data_Reset_Complete | 소스 또는 싱크 |

표 3. 메시지 유형 제어 (계속)

| 메시지 유형 | 보낸 사람 |
|-------------------------|-------------------|
| Not_Supported | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| Get_Source_Cap_Extended | 싱크 또는 DRP |
| Get_Status | 소스 또는 싱크 |
| FR_Swap | 싱크 |
| Get_PPS_Status | 싱크 |
| Get_Country_Codes | 소스 또는 싱크 |
| Get_Sink_Cap_Extended | 소스 또는 DRP |
| Get_Source_Info | 싱크 또는 DRP |
| Get_Revision | 소스 또는 싱크 |

데이터 메시지는 한 쌍의 포트 파트너 간에 정보를 교환하는 데 사용됩니다. 데이터 메시지 범위는 48비트부터 240비트입니다. 세 가지 유형이 있습니다.

- 능력을 노출하고 전력을 협상하는 데 사용
- CPU 및 메모리 내장 셀프 테스트(BIST)
- 공급업체에서 정의

표 4. 디/O/EI 메시지 유형

| 메시지 유형 | 보낸 사람 |
|---------------------|-------------------|
| Source_Capabilities | 소스 또는 DRP |
| PurePath | 싱크만 |
| BIST | 테스터, 소스 또는 싱크 |
| Sink_Capabilities | 싱크 또는 DRP |
| Battery_Status | 소스 또는 싱크 |
| 알림 | 소스 또는 싱크 |
| Get_Country_Info | 소스 또는 싱크 |
| Enter_USB | DFP |
| EPR_Request | 싱크 |
| EPR_Mode | 소스 또는 싱크 |
| Source_Info | 출처 |
| 개정 | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| Vendor_Defined | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |

데이터 메시지와 마찬가지로 확장 메시지도 포트 파트너 쌍의 정보를 교환하는 데 사용됩니다. 확장 메시지에는 여러 가지 유형이 있습니다.

- 소스 및 배터리 정보에 사용되는 정보 제공
- 보안을 위해 사용
- 펌웨어 업데이트에 사용
- 공급업체에서 정의

표 5. 확장 메시지 유형

표 5. 확장된 메시지 유형

| 메시지 유형 | 보낸 사람 |
|------------------------------|-------------------|
| Source_Capabilities_Extended | 소스 또는 DRP |
| 상태 | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| Get_Battery_Cap | 소스 또는 싱크 |
| Get_Battery_Status | 소스 또는 싱크 |
| Battery_Capabilities | 소스 또는 싱크 |
| Get_Manufacturer_Info | 소스 또는 싱크 |
| Manufacturer_Info | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| 보안_요청 | 소스 또는 싱크 |
| Security_Response | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| Firmware_Update_Request | 소스 또는 싱크 |
| Firmware_Update_Response | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |
| PPS_Status | 출처 |
| Country_Info | 소스 또는 싱크 |
| Country_Codes | 소스 또는 싱크 |
| Sink_Capabilities_Extended | 싱크 또는 DRP |
| Extended_Control | 소스 또는 싱크 |
| EPR_Source_Capabilities | 소스 또는 DRP |
| EPR_Sink_Capabilities | 싱크 또는 DRP |
| Vendor_Defined_Extended | 소스, 싱크 또는 케이블 플러그 |

각 메시지 유형에 대한 자세한 설명은 USB PD 사양을 참조하세요.

CC 와이어를 통해 USB PD 전원 협상

Rp 및 Rd를 통해 기본 USB-C 복시적 계약을 입력하고, 어떤 CC 라인이 통신용이고 어떤 CC 라인이 VCONN에 해당하는지 결정하며, 케이블과 통신하여 SOP' 및 SOP" 메시지를 통해 기능을 이해했으니 이제 SOP 메시징을 사용하여 두 장치 간에 USB PD 협상을 시작하겠습니다.

USB PD 메시징은 연결된 두 장치 간의 $300\text{ kbps} \pm 10\%$ BMC(2상 표시 코드) 신호로 구성됩니다. 이 메시지는 CC 핀에서 발생합니다.

USB PD 협상으로 전송되는 첫 번째 메시지는 DFP와 소스 포트에서 오는 Source_Capabilities입니다. Source_Capabilities 메시지에는 소스가 연결된 장치에 제공할 수 있는 PDO(Power Data Object)가 포함됩니다.

각 USB PD 메시지 사이에는 방금 USB PD 메시지를 수신한 장치에서 들어오는 GoodCRC 메시지가 있습니다. 예를 들어, DFP와 소스 포트가 Source_Capabilities를 전송하면 싱크와 UFP 포트가 다음 메시지 전에 GoodCRC 메시지로 응답합니다. GoodCRC는 연결된 장치가 메시지를 수신할 수 있음을 의미합니다. 싱크와 UFP 포트는 연결된 장치로부터 Source_Capabilities 메시지를 수신한 후 작동해야 할 PDO를 요청하는 Request 메시지를 보냅니다. 소스의 기능에서 싱크의 필요한 작동 전류에 직접 일치하는 것이 없는 경우, 싱크는 요청 메시지의 기능 불일치 비트를 전환하여 소스에 이를 나타냅니다.

DFP와 소스 포트가 연결된 싱크로부터 요청 메시지를 수신하면 소스는 싱크로 수락 메시지를 전송합니다. 소스는 싱크의 요청에 맞게 VBUS의 전압을 조정합니다.

소스의 전압이 요청된 PDO의 $\pm 5\%$ 이내이면 소스는 PS_RDY 메시지를 전송하여 전압이 양호함을 나타냅니다. PS_RDY 메시지 이후 SINK는 요청된 PDO까지 전류를 그리기 시작할 수 있다.

그림 13에서는 USB PD 분석기에서 USB PD 전력 교섭이 표준 USB PD 분석기에서 어떻게 보이는지 보여줍니다. 두 장치 간의 CC 협상 트래픽을 기록하려면 USB PD가 있는 시스템을 설계할 때 USB PD 분석기를 획득하는 것이 좋습니다. 예기치 않은 동작이 발생할 경우 디버깅에 매우 유용할 수 있습니다.

| D | 4 Packets | SOF → CBL | PD Msg | Msg Type Vendor Defined | Cable Plug | Msg ID | Obj Cnt | VDM Header | Cmd Discover Identity | Cmd Type Initiator | Obj Pos | Vendor ID PD SID |
|---|-----------|-----------|-----------|----------------------------|------------------------|--------|---------|------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| D | 32-35 | | | | | | | | | | | |
| D | 36 | Right | SOF → SRC | PD Msg | Msg Type Source Cap | DR DFP | PR SRC | Msg ID 0 | Obj Cnt 3 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |
| D | 37 | Left | SOF ← SNK | PD Msg | Msg Type GoodCRC | DR UFP | PR SNK | Msg ID 0 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 12.00 V | Dual Role 0 |
| D | 38 | Left | SOF ← SNK | PD Msg | Msg Type Request | DR UFP | PR SNK | Msg ID 0 | Obj Cnt 1 | Request 3.00A / 75.00W | Max Opr Curr/Pow 3.00A / 75.00W | Cap Mismatch 0 |
| D | 39 | Right | SOF → SRC | PD Msg | Msg Type GoodCRC | DR DFP | PR SRC | Msg ID 0 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |
| D | 40 | Right | SOF → SRC | PD Msg | Msg Type Accept | DR DFP | PR SRC | Msg ID 1 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |
| D | 41 | Left | SOF ← SNK | PD Msg | Msg Type GoodCRC | DR UFP | PR SNK | Msg ID 1 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |
| D | 42 | Right | SOF → SRC | PD Msg | Msg Type PS Ready | DR DFP | PR SRC | Msg ID 2 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |
| D | 43 | Left | SOF ← SNK | PD Msg | Msg Type GoodCRC | DR UFP | PR SNK | Msg ID 2 | Obj Cnt 0 | Fixed 3.00 A | Max Cur 5.00 V | Dual Role 0 |

그림 13. USB PD 전력 협상

그림 13에서는 다음과 같은 메시지 순서를 보여줍니다.

- 케이블 기능 또는 플러그 유형을 아직 모르는 경우 소스에서 감지합니다. 소스는 전원 공급 장치의 현재 기능을 나타내는 Source_Capabilities 메시지를 CRC(cyclic redundancy check)가 추가된 상태로 보냅니다.
- 싱크 정책 엔진은 소스에서 보낸 Source_Capabilities 메시지를 평가하고 필요한 경우 플러그 유형을 감지하여 사용할 전원 공급 장치를 선택합니다. 싱크는 요청을 나타내는 데이터(예: PDO)를 메시지로 구성하고 메시지를 보냅니다.
- 소스 정책 엔진은 싱크에서 보낸 요청 메시지를 평가하고 요청을 완료할 수 있는지 여부를 결정합니다. 소스는 다음 작업을 트리거하는 CRC가 추가된 Accept 메시지를 형성하고 전송합니다.
 - 싱크대는 SnkStandby 기간에 들어가 500mA 미만으로 당겨집니다.
 - 소스는 VBUS_old에서 VBUS_new로 전압을 전환하기 시작합니다. 이 경우 VBUS_old는 5V~20V입니다.
- 소스 디바이스 정책 관리자는 정책 엔진에 전원 공급 장치가 새 작동 상태로 설정되었음을 알리고 CRC가 추가된 PS_RDY 메시지를 보냅니다.

자세한 내용은 USB PD 사양을 참조하세요.

그림 14에서는 USB PD 사양에 설명된 대로 성공적인 고정, 가변 또는 배터리 표준 전력성 범위(SPR) 전력 협상을 강조합니다. 관심이 있는 경우, USB PD 사양 내에서 e북 전반에서 키워드를 검색하여 자세한 내용을 검색할 수 있습니다.

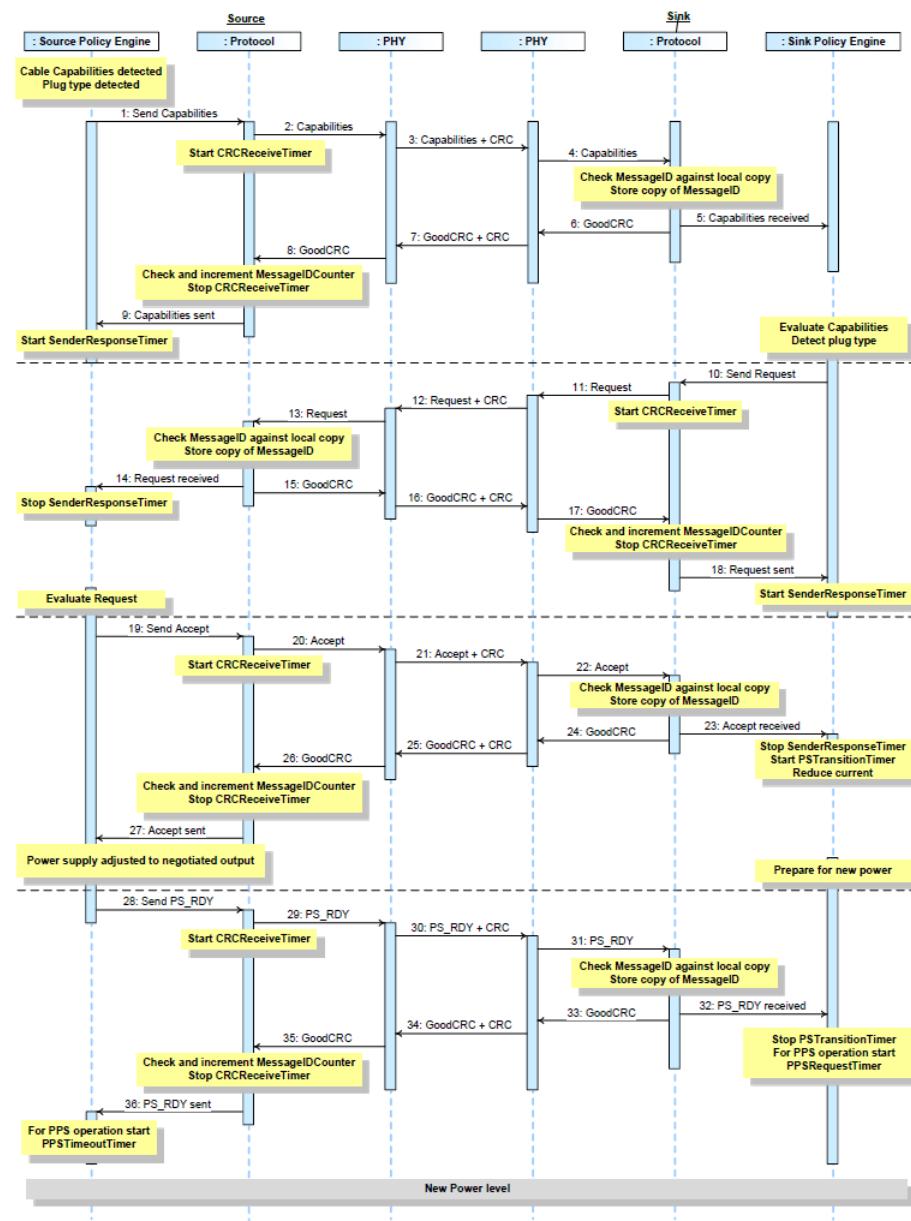


그림 14. 고정, 가변 또는 배터리 SPR 전원 교섭 성공

데이터 역할 스왑

USB PD 기능을 사용하여 USB-C 포트를 활성화하면 데이터 역할과 전력 역할을 혼합하고 일치시킬 수 있습니다. 표준 USB-C 연결을 사용하면 데이터 역할 및 전력 역할이 항상 일치하며, 이는 CC 라인에 제공되는 Rp 또는 Rd 저항으로 의해 결정됩니다. USB PD 메시징은 전력 역할 및 데이터 역할을 혼합하기 위해 전력 역할 교체 또는 데이터 역할 교환을 완료하는 기능을 추가합니다. 즉, USB PD 포트가 DFP 및 싱크 또는 UFP 및 소스가 될 수 있습니다.

예를 들어, 도킹 스테이션에 랩톱을 연결할 때 도킹 스테이션에 전원을 공급하고 랩톱을 충전하기를 원하지만 마우스, 키보드 또는 디스플레이에 연결하기 위해 PC로부터 데이터를 수신하고자 할 수도 있습니다. 이 경우 도킹 스테이션은 전원 및 데이터 UFP여야 합니다. 이 상태로 전환하려면 데이터 역할 교체 또는 전력 역할 교체 중 하나가 필요합니다.

랩톱과 도킹 스테이션은 일반적으로 DRP를 지원하므로 두 장치 모두 원래 전원 또는 데이터 역할을 수행할 수 있습니다. 랩톱이 UFP 및 싱크대로 시작되고 도킹 스테이션이 DFP 및 소스로 시작한다고 가정해 보겠습니다. 이 경우에는 올바른 전력 역할을 맡고 있지만, 올바른 데이터 역할을 하려면 데이터 역할 교환을 완료해야 합니다. 두 포트 파트너 모두 데이터 역할 스왑을 시작할 수 있습니다. 하지만 노트북이 DFP가 되고 싶어 하기 때문에 스왑을 시작하는 것이 더 일반적입니다. 이 벤트 순서는 다음과 같습니다.

1. UFP와 싱크는 (USB PD 사양의 DR_Swap) 메시지를 DFP 및 소스로 보냅니다.
2. DFP 및 소스는 data-role swap 메시지를 수신하고 허용 메시지를 다시 전송합니다.

이 시점에서 랩톱은 DFP 및 싱크가 되고 데이터 역할 교환이 완료됩니다. **그림 15**에서는 USB PD 사양에서 이 시퀀스가 어떻게 보이는지 보여줍니다.

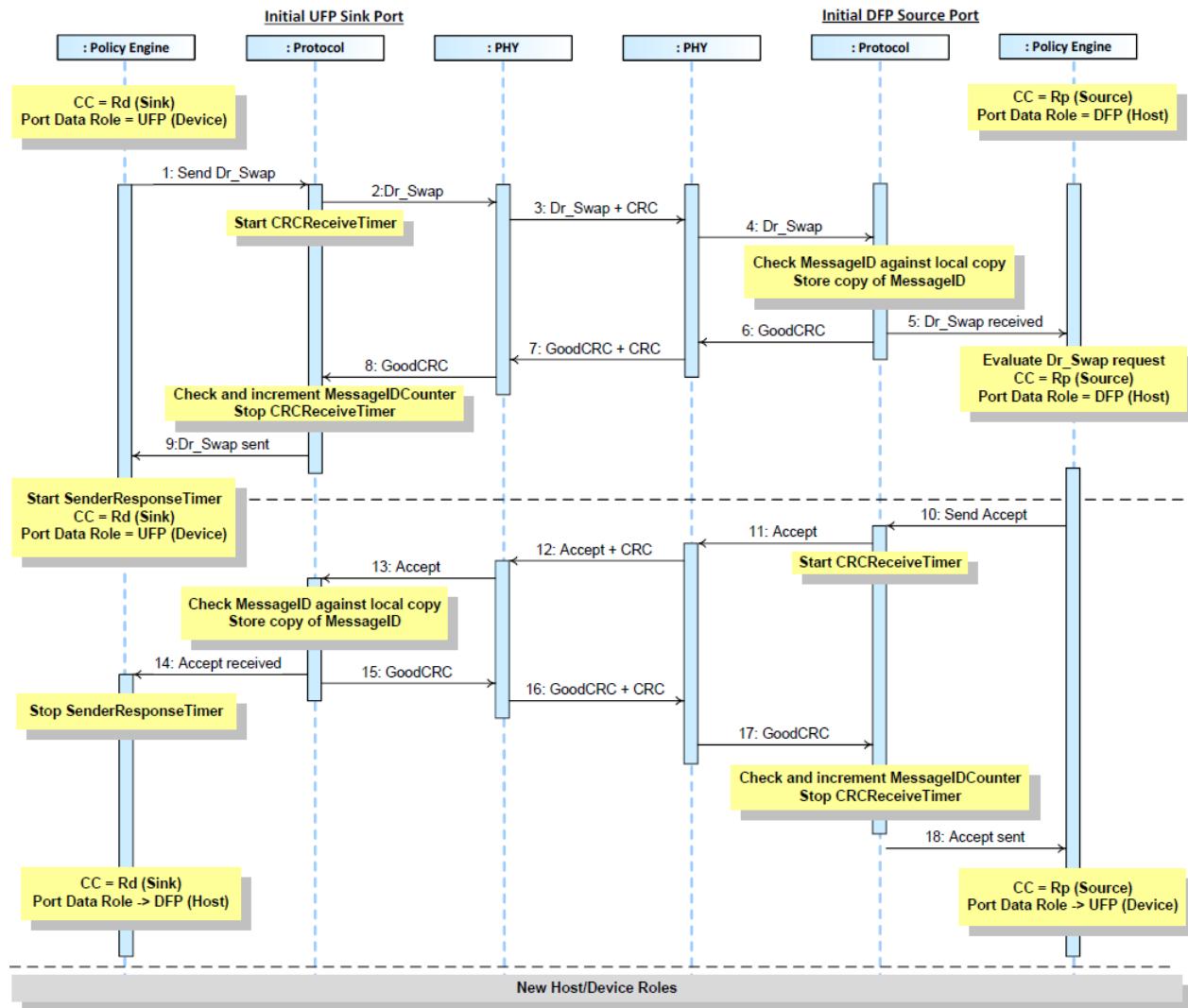


그림 15. UFP에서 DFP로 이동하는 디오에 역할 스왑에 성공했습니다

전력 역할 교체

다음으로 랩톱이 DFP와 소스로 연결하는 예를 설명하겠습니다. 이 경우 올바른 데이터 역할을 맡고 있지만 도크를 전원이 공급원이 되고 랩톱 충전을 시작할 수 있도록 전력 역할 교체를 완료해야 합니다.

다음은 노트북(DFP 및 소스)이 전원 역할 교환을 시작하여 전원 싱크가 될 때 발생하는 이벤트의 시퀀스입니다.

1. DFP 및 소스는 UFP 및 싱크로 전원 역할 교체(USB PD 사양의 PR_Swap) 메시지를 보냅니다.
2. UFP와 싱크는 DFP와 소스로 수락 메시지를 다시 보냅니다.
3. DFP와 소스는 전원 공급을 중지하고 CC 종단을 Rp에서 Rd로 변경하여 싱크가 됨을 나타냅니다. 그 후 DFP와 SOURCE는 PS_RDY 메시지를 전송하여 전원 공급이 중단되었음을 나타냅니다.
4. 초기 UFP 및 싱크는 초기 DFP 및 소스로부터 첫 번째 PS_RDY를 수신합니다. 초기 UFP 및 싱크는 CC 터미네이션을 Rd에서 RP로 변경하고 VBUS에서 5V를 공급하기 시작합니다.
5. VBUS에서 5V를 사용할 수 있는 경우 초기 UFP 및 싱크가 두 번째 PS_RDY를 전송하고 전원 역할 스왑이 완료됩니다.

VBUS에서 5V만 공급하는 도크에서 시퀀스가 중지된 후 소스 기능을 전송함으로써 동일한 USB PD 전력 협상이 시작된다 는 것을 알 수 있습니다. [그림 16](#)에서는 USB PD 사양에 강조된 대로 초기 싱크에 의해 시작된 전력 역할 스왑에 대한 이벤 트 시퀀스를 보여줍니다.

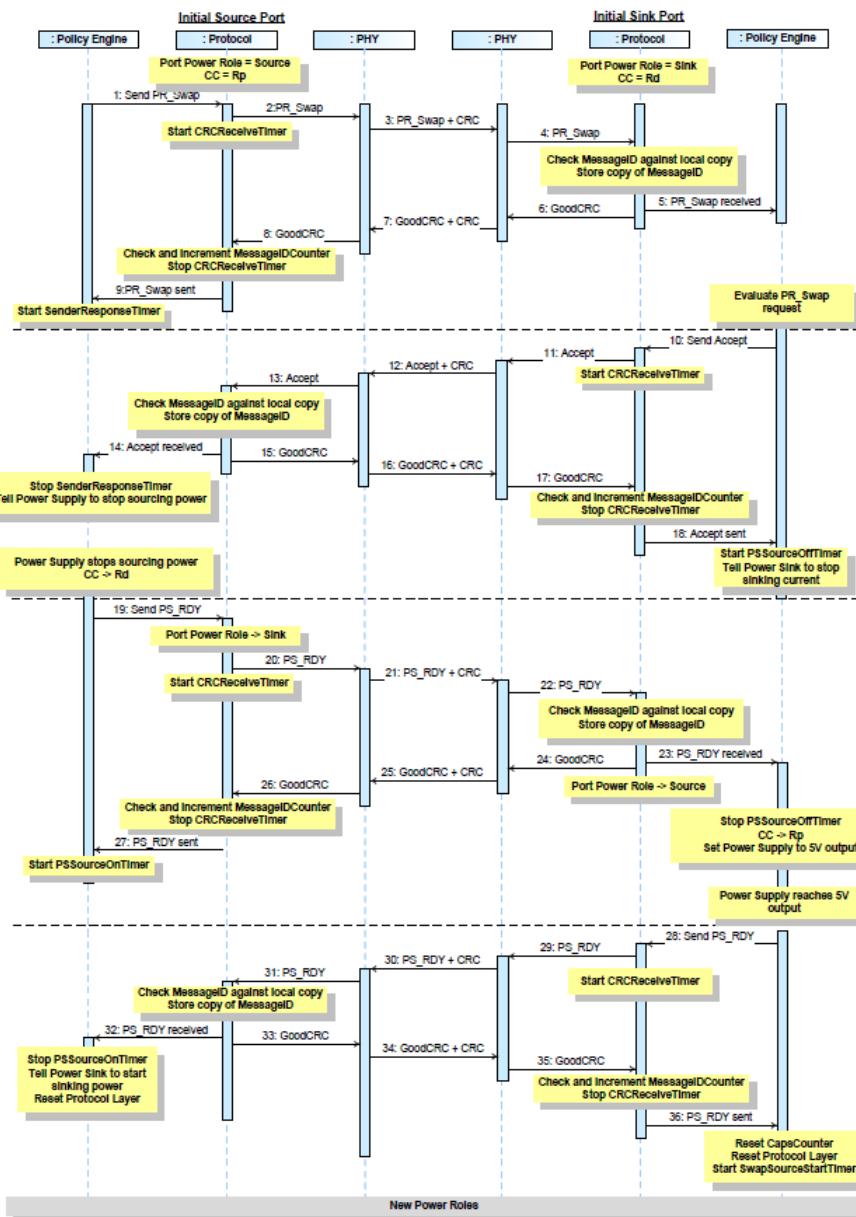


그림 16. 전원 역할 교체 성공, 초기 싱크가 새 소스로 전환

USB PD 대체 모드 소개

USB-C의 중요한 이점은 소비자 장비(DisplayPort, Thunderbolt, 파워 배럴, USB 타입-A, USB 타입-B)에서 거의 모든 케이블 필요성을 없앨 수 있다는 것입니다. 이를 위해 USB-C는 USB 3.0을 초과하는 추가 기능이 필요했고, 그 결과 USB 사용자 포럼(USB-IF)이 대체 모드를 정의했습니다. 대체 모드를 사용하면 USB-C 핀(송신기 및 수신기 쌍 및 측파대 사용)을 다른 기능으로 재활용할 수 있습니다. 지금까지 비디오는 대체 모드에서 주로 중점을 두었으며, DisplayPort와 Thunderbolt은 USB-C 케이블을 통해 비디오를 구현하는 주요 두 가지 대체 모드입니다.

EPR 소개

최근까지 USB PD 3.0 사양은 승인된 USB-C 포트 및 케이블에서 최대 100W(20V, 5A)의 전원 및 데이터를 모두 허용했습니다. 최신 USB PD 3.1 사양은 와트를 최대 240W(48V/5A)까지 증가시킵니다. 용어를 일관되게 유지하기 위해 USB-IF는 이전 USB PD 범위를 SPR로 이름을 바꾸고 새로운 사양(100W~240W)을 EPR(Extended Power Range)으로 변경했습니다.

표 6. USB 전원 수준

| 사양 | 최대 전압 | 최대 전류 | 최대 전력 |
|-------------------|-------|-------|-------|
| USB 2.0 | 5V | 500mA | 2.5W |
| USB 3.0 및 USB 3.1 | 5V | 900mA | 4.5W |
| USB 배터리 충전 1.2 | 5V | 1.5A | 7.5W |
| USB-C 1.2 | 5V | 3A | 15W |
| USB PD 3.0 | 20V | 5A | 100W |
| USB PD 3.1 | 48V | 5A | 240W |

USB Type-C®를 통한 USB 신호

- 머리말
- Type-C를 통한 USB 2.0 신호 처리
- 저속 및 최대 속도
- 고속
- 저속, 최대 속도 및 고속 데이터 속도
- USB 2.0 신호 통합기
- USB-C를 통한 SuperSpeed 신호 처리
- SuperSpeed 시동 속도 협상
- SuperSpeed 신호 무결성 문제



머리말

저자: Undrea Fields

USB-Type C®(USB-C®)는 USB 사양 버전 1.0, 1.1, 2.0, 3.2 Gen 1(SuperSpeed USB), 3.2 Gen 2(SuperSpeed USB 10Gbps), 3.2세대 2x2(SuperSpeed 20Gbps), USB 4 20Gbps, USB4 40Gbps 및 USB4 80Gbps와 호환됩니다.

USB-C를 통한 모든 USB 신호는 6개의 차동 쌍을 통해 수행됩니다.

- D1+, D1 - (저속, 전속, 고속)
- D2+, D2 - (저속, 전속, 고속)
- TX1+, TX1 - (SuperSpeed 채널 1 전송[TX])
- RX1+, RX1 - (SuperSpeed 채널 1 수신 [RX]).
- tx2+, TX2 - (SuperSpeed 채널 2 TX)
- Rx2+, RX2 - (SuperSpeed 채널 2 RX)

Type-C를 통한 USB 2.0 신호 처리

USB 사양에 따라 USB-C를 구현할 때 하위 호환성을 유지하기 위해서는 USB-C 인터페이스를 통해 SuperSpeed 신호와 병렬로 USB 2.0(USB 1.0 및 USB 1.1 포함) 신호가 지원되어야 합니다.

저속 및 최대 속도

저속 및 최대 속도 신호는 3.3V 신호입니다. **그림 17**에서 볼 수 있듯이, 저속 또는 최대 속도 디바이스는 D+(최대 속도) 또는 D-(저속) 신호에서 3.3V로 1.5kΩ 풀업 저항을 갖게 되며, 이를 통해 호스트가 필요한 인터페이스 속도를 결정할 수 있습니다.

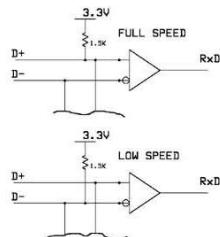


그림 17. 저속 및 최대 속도 풀업

고속

고속 신호는 3.3V와 800mV 차동 신호의 조합으로 구성됩니다. **그림 18**에서 볼 수 있듯이 고속 장치는 D+ 및 D- 신호 모두에서 45Ω 터미네이션을 갖습니다.

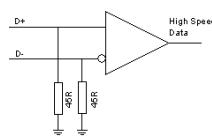


그림 18. 고속 종단

처음에 고속 장치는 유휴 상태에 있는데, 이는 고속 협상 이전의 D+의 3.3V입니다. 고속 협상이 성공적으로 완료되면 고속 패킷(480Mbps)은 약 400mV의 차동 전압으로 전송됩니다. **그림 19**에서 이 프로세스를 볼 수 있습니다.

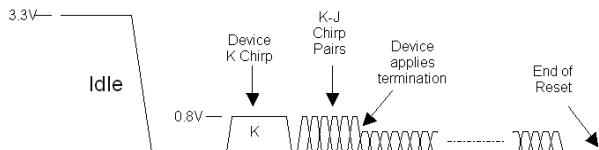


그림 19. 고속 협상

저속, 최대 속도 및 고속 데이터 속도

USB 사양의 각 개정판을 통해 데이터 처리량이 증가했습니다. **표 7**에는 저속, 최대 속도(USB 1.1) 및 고속(USB 2.0)의 처리량이 나열되어 있습니다.

표 7. USB 1.1 및 2.0 데이터 속도

| 이름 | 속도 |
|-------|---------|
| 낮은 속도 | 1.5Mbps |
| 최대 속도 | 12Mbps |
| 고속 | 480Mbps |

USB 2.0 신호 통합기

USB 2.0의 데이터 전송률이 높아짐에 따라, 특히 호스트에서 USB 커넥터까지 인쇄 회로 보드 트레이스가 더 긴 데스크톱이나 서버 유형 플랫폼의 경우 USB 2.0 호스트 아이 디어그램 전기 테스트를 통과하기 위해 텍사스 인스트루먼트의 TUSB211A와 같은 신호 조절기를 지원해야 할 수 있습니다. **그림 20**에서는 이에 대한 예를 보여주며 기존 트레이스 위에 TUSB211A를 배치할 때 신호 컨디셔너로 사용하는 방법을 보여줍니다.

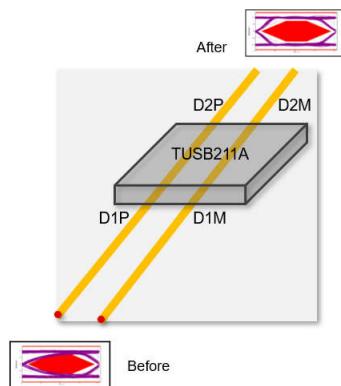


그림 20. TUSB211A USB 2.0 신호 조절기

USB-C를 통한 SuperSpeed 신호 처리

모든 USB SuperSpeed 신호는 동일한 차동 쌍(TX1, RX1, TX2 및 RX2)을 통해 전송 및 수신됩니다. USB-C를 통한 SuperSpeed 신호는 TX1/RX1 페어 또는 TX2/RX2 쌍을 사용할 수 있으며, 이를 x1 구현이라고도 합니다. USB-C를 통한 USB는 x1 구현에서 사용되지 않는 TX/RX 쌍을 활성화하여 데이터 전송률을 높이지 않고 효과적으로 데이터 처리량을 두 배로 높일 수 있는 기능을 추가하는데 이를 x2 구현이라고 합니다.

표 8에는 다른 USB 3.0 및 USB 4.0 사양 버전과 관련 데이터 속도가 나와 있습니다.

표 8. SuperSpeed USB 데이터 전송률

| 모드 | 이름 | 속도 |
|---------------|-----------------------|--------|
| USB 3.2 1x1세대 | SuperSpeed USB | 5Gbps |
| USB 3.2 2x1세대 | SuperSpeed USB 10Gbps | 10Gbps |
| USB 3.2 2x2세대 | SuperSpeed USB 20Gbps | 20Gbps |

표 8. SuperSpeed USB 데이터 전송률 (계속)

| 모드 | 이름 | 속도 |
|---------------|--------------|--------|
| USB 4.0 2x2세대 | USB 4 20Gbps | 20Gbps |
| USB 4.0 3x2세대 | USB4 40Gbps | 40Gbps |
| USB 4.0 Gen 4 | USB4 80Gbps | 80Gbps |

SuperSpeed 시동 속도 협상

SuperSpeed 장치는 SuperSpeed USB의 LFPS(저주파 주기적 신호 처리) 신호를 사용하고 SuperSpeed USB 10Gbps 및 20Gbps에서 LFPS 신호(LBPM)를 필스 변조하여 시작 시 사용 가능한 가장 높은 데이터 속도로 연결을 협상합니다. USB 4.0은 LBPM 신호와 다중 위상 협상의 일부를 사용합니다. **그림 21**에서는 LBPM 협상의 예를 보여줍니다. 은(는) 사양 표의 예시입니다.

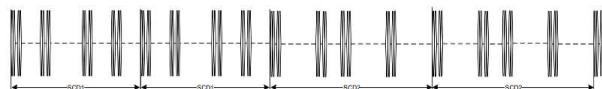


그림 21. LBPM의 예

SuperSpeed 신호 무결성 문제

데이터 속도의 상당한 증가는 신호가 인터페이스를 통해 이동함에 따라 신호 무결성에 문제가 발생합니다. 많은 요인이 신호 무결성 저하에 기여합니다. 트레이스, 커넥터 및 케이블은 모두 삽입 손실의 소스이며 고속 신호를 위한 기호 간 간섭, 상호 대화, 잡음 및 지터를 발생시킵니다. 또한 모든 연결 지점에 대한 임피던스 불일치로 인해 신호 반사가 발생합니다. 신호 속도가 높을수록 신호가 저하될 가능성이 높습니다. **그림 22**에는 신호 저하를 일으킬 수 있는 잠재적 소스 목록이 나와 있습니다.

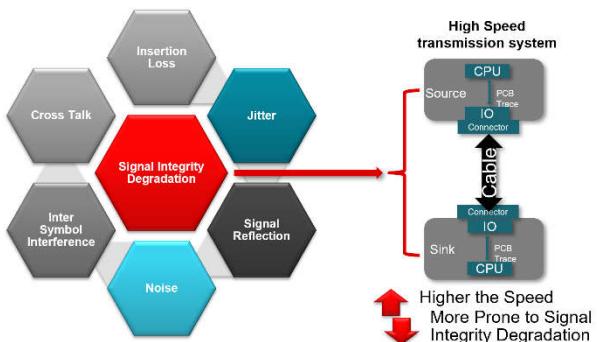


그림 22. 신호 무결성 저하 소스

이러한 신호 무결성 문제를 극복하기 위해 USB-C 포트의 신호 조절기를 사용하면 됩니다. TUSB1146 선형 리드라이버와 같은 신호 조절기는 프리妪 또는 디엠파시스가 통과하기 때문에 링크 교육의 방해를 받지 않으면서 시스템 부호 간 간섭을 보상할 수 있습니다.

USB Type-C®를 위한 신호 멀티플렉싱

USB-C USB 2.0 •

USB-C USB 3 •

USB PD DisplayPort™ 대체 모드 멀티플렉싱 •

DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 C •

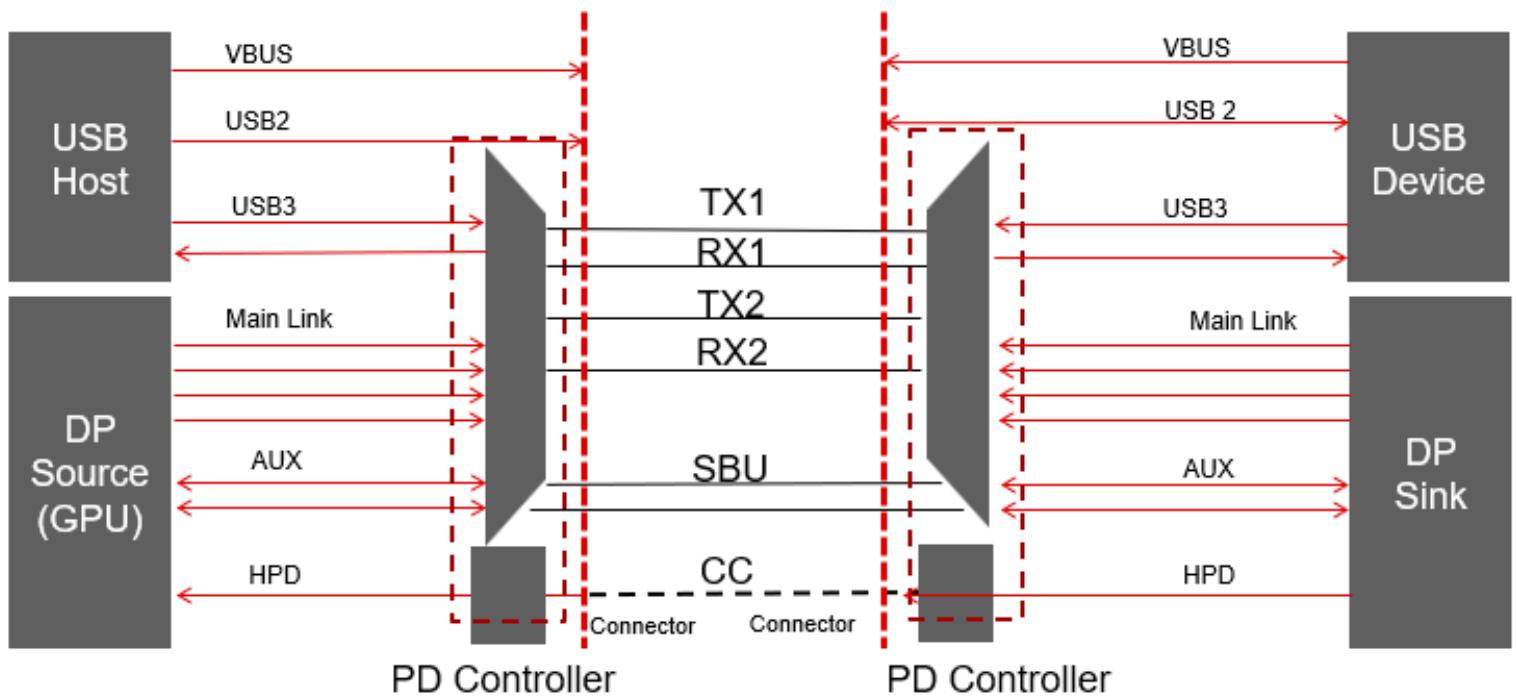
DisplayPort 소스 디바이스(DFP_D) 핀 할당 D •

DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 E •

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 C •

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 D •

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 E •



USB-C USB 2.0

저자: David Liu

USB 2.0의 경우 D+ 및 D- 핀의 포지셔닝으로 인해 신호 멀티플렉싱은 일반적으로 호스트 및 장치 리셉터클에 두 개의 D+ 신호 핀과 2개의 D-신호 핀을 단락하여 처리됩니다.

USB-C USB 3

USB 3 또는 SuperSpeed 신호의 경우 데이터 라인은 SuperSpeed 전송(TX) 및 수신(RX) 신호 쌍을 케이블을 통해 연결된 경로로 적절하게 라우팅하기 위해 호스트와 장치 모두의 멀티플렉서와 동등한 기능의 기능이 필요합니다.

호스트에서 장치로의 활성 USB 데이터 버스의 올바른 라우팅을 설정하기 위해 표준 USB-C 케이블을 사용하여 단일 구성 채널(CC) 와이어가 첫 번째 USB SuperSpeed 신호 쌍(SSTXp1/SSTXn1 및 SSRXp1/SSRXn1)에 위치 정렬되도록 배선합니다. 이러한 방식으로 케이블의 방향과 비틀림을 결정하는데 사용되는 CC 와이어와 USB SuperSpeed 데이터 버스 와이어입니다. 장치가 종료될 리셉터클에서 어떤 CC 핀(CC1 또는 CC2)을 감지하면, 호스트는 연결에 사용할 SuperSpeed USB 신호를 감지하고 SuperSpeed USB 신호 쌍 라우팅을 위한 기능 스위치를 제어할 수 있습니다.

이 장치는 호스트가 소켓에서 종단될 CC 핀을 감지하여 장치가 SuperSpeed USB 신호 쌍을 라우팅하는 기능 멀티플렉서를 제어할 수 있도록 합니다. **그림 23**에서는 SuperSpeed 전송(TX) 및 수신(RX) 신호 쌍의 라우팅이 USB SuperSpeed 신호 쌍(SSTXp1/SSTXn1 및 SSRXp1/SSRXn1)에 어떻게 대응하는지 보여줍니다.

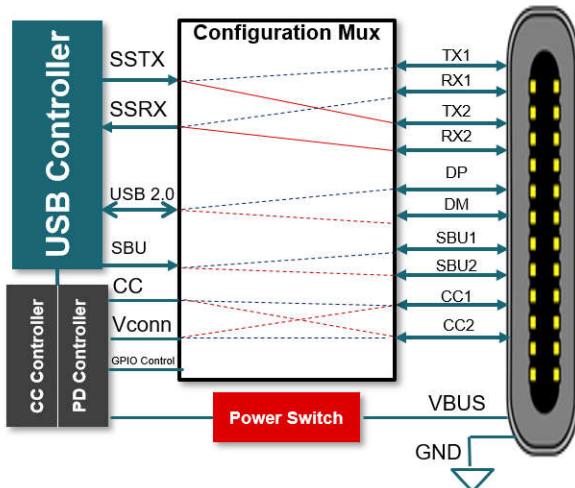
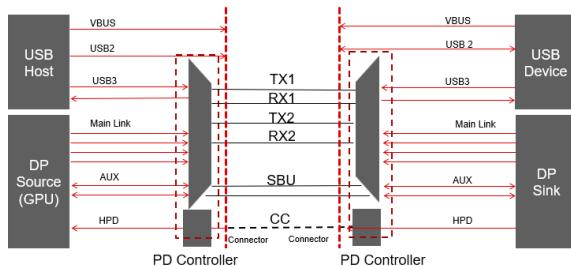


그림 23. USB 구성 멀티플렉서

USB PD DisplayPort™ 대체 모드 멀티플렉싱

DisplayPort™ 신호를 전송할 수 있는 USB-C 포트는 USB PD DisplayPort 또는 DisplayPort 대체 모드라고 합니다.

DisplayPort 대체 모드를 사용하면 USB-C 포트를 통해 DisplayPort를 지원하는 비디오 소스(PC, Blu-Ray 플레이어)와 디스플레이 장치(TV, 모니터)를 연결하여 HD 비디오를 브로드캐스트할 수 있습니다. **그림 24**에는 DisplayPort 대체 모드에서 사용되는 신호에 대한 일반적인 블록 다이어그램이 나와 있습니다.

**그림 24. USB-C DisplayPort**

USB-C 포트를 USB-C 또는 DisplayPort 커넥터에 연결할 수 있어 DisplayPort 메인 링크 레인의 물리적 연결을 USB-C 커넥터에 올바르게 매핑하기 위한 다양한 핀 할당이 있습니다.

USB-C 소스 측 또는 DFP_D는 [표 9](#)에 나와 있는 것처럼 할당 C가 필요하며 [표 9](#)의 할당 D는 선택 사항입니다. 할당 C와 D의 차이점은 할당 C가 4개의 DisplayPort 레인을 지원하는 반면 할당 D는 2개의 DisplayPort 레인을 지원한다는 것입니다. DisplayPort에 대한 USB-C 포트를 사용하려면 E 지원을 할당해야 합니다.

표 9. USB-C 소스 측 할당

| DFP_D | 과제 C | 과제 D | 과제 E |
|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| | USB-C에서 USB-C 또는 프로토콜 컨버터 | USB-C에서 USB-C 또는 프로토콜 컨버터 | USB-C에서 DisplayPort |
| USB 호스트 | 필수 | 옵션 | 필수 |
| USB 장치 | 필수 | 옵션 | 필수 |

USB-C 싱크 측 또는 UFP_D는 [표 10](#)에 나와 있는 것처럼 할당 C가 필요하며 할당 D는 선택 사항입니다. 할당 C와 D의 차이점은 할당 C가 4개의 DisplayPort 레인을 지원하는 반면 할당 D는 2개의 DisplayPort 레인을 지원한다는 것입니다. DisplayPort에서 USB-C 포트에는 할당 E 지원이 필요합니다.

표 10. USB-C 싱크 측 할당

| UFP_D | 과제 C | 과제 D | 과제 E |
|---------|---------------|---------------|---------------------|
| | USB-C에서 USB-C | USB-C에서 USB-C | USB-C에서 DisplayPort |
| USB 호스트 | 필수 | 옵션 | 필수 |
| USB 장치 | 필수 | 옵션 | 필수 |

DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 C

핀이 뒤집힌 플러그 방향에서 DisplayPort를 지원하도록 재구성될 때 [그림 25](#) 및 [그림 26](#)에서 USB-C 커넥터 핀의 구성을 정의합니다. 할당 C에 대한 DisplayPort 전기 의무는 시스템에서 지원되는 UHBR(Ultra-High Bit Rate) 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR(Reduced Bit Rate)까지의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. 프로토콜은 DisplayPort 표준에 정의되어 있습니다. 핀 할당 C는 USB-C 플러그가 있는 USB-C-USB-C 패시브 및 액티브 케이블과 DisplayPort 싱크 장치에만 적합합니다.

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML3+ | A2 |
| B10 | ML3- | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXN | CC1 A5 |
| B7 | D-2 | D+1 A6 |
| B6 | D+2 | D-1 A7 |
| B5 | CC2 | SBU1/AUXP A8 |
| B4 | VBUS | VBUS A9 |
| B3 | ML1- | ML0- A10 |
| B2 | ML1+ | ML0+ A11 |
| B1 | GND | GND A12 |

그림 25. DFP_D 핀 할당 C 일반 플러그 방향

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML0+ | A2 |
| B10 | ML0- | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXP | CC1 A5 |
| B7 | D-2 | D+1 A6 |
| B6 | D+2 | D-1 A7 |
| B5 | CC2 | SBU1/AUXN A8 |
| B4 | VBUS | VBUS A9 |
| B3 | ML2- | ML3- A10 |
| B2 | ML2+ | ML3+ A11 |
| B1 | GND | GND A12 |

그림 26. DFP_D 핀 할당 C 플립 플러그 방향

DisplayPort 소스 디바이스(DFP_D) 핀 할당 D

DisplayPort DFP_D 핀 할당 D는 가장 낮은 2개의 DisplayPort 레인만 USB-C 커넥터에 매핑된다는 점을 제외하고 DFP_D 할당 C와 유사합니다. 핀 할당 D에 대한 DisplayPort 전기 필수 사항은 시스템에서 지원하는 UHBR 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. 프로토콜은 DisplayPort 표준에 정의되어 있습니다. 핀 할당 D는 USB-C-USB-C 패시브 및 액티브 케이블과 DisplayPort 싱크 장치에만 적합합니다. USB4는 할당 D를 지원하지 않습니다.

DisplayPort 소스 장치(DFP_D) 핀 할당 E

DisplayPort DFP_D 핀 할당 E는 DFP_D 할당 C와 동일합니다. 핀 할당 E에 대한 DisplayPort 전기 필수 사항은 시스템에서 지원하는 최대 UHBR 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. 핀 할당 E는 USB-C-DisplayPort 패시브 및 액티브 케이블에 플러그를 꽂는 콘센트와 해당 케이블에 꽂는 플러그에만 적합합니다.

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 C

UFP_D 핀 할당 C의 경우 **그림 27** 및 **그림 28**(이)가 정상 및 플립 뒤집힌 방향에서 DisplayPort를 지원하도록 핀을 재구성한 경우 USB-C 커넥터 핀의 사용과 구성을 정의합니다. 핀 할당 C에 대한 DisplayPort 전기 요구 사항은 시스템에서 지원하는 UHBR 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. UFP_D 핀 할당 C는 USB-C-USB-C 패시브 및 액티브 케이블 및 USB-C 플러그가 있는 DisplayPort 소스 장치에만 적합합니다.

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML2+ | A2 |
| B10 | ML2- | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXP | CC1 |
| B7 | D-2 | A5 |
| B6 | D+2 | A6 |
| B5 | CC2 | D-1 |
| B4 | VBUS | A8 |
| B3 | ML0- | VBUS |
| B2 | ML0+ | A9 |
| B1 | GND | ML1- |
| | | A10 |
| | | ML1+ |
| | | A11 |
| | | GND |
| | | A12 |

그림 27. UFP_D 핀 할당 C 정상 플러그 방향

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML3- | A2 |
| B10 | ML3+ | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXP | CC1 |
| B7 | D-2 | A5 |
| B6 | D+2 | A6 |
| B5 | CC2 | D-1 |
| B4 | VBUS | A8 |
| B3 | ML1+ | VBUS |
| B2 | ML1- | A9 |
| B1 | GND | ML0+ |
| | | A10 |
| | | ML0- |
| | | A11 |
| | | GND |
| | | A12 |

그림 28. UFP_D 핀 할당 C 뒤집힌 플러그 방향

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 D

DisplayPort UFP_D 핀 할당 D는 UFP_D 할당 C와 유사하지만, 가장 낮은 DisplayPort 레인 2개만 USB-C 커넥터에 매핑된다는 점이 다릅니다. 핀 할당 D에 대한 DisplayPort 전기 필수 사항은 시스템에서 지원하는 UHBR 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. 프로토콜은 DisplayPort 표준에 정의되어 있습니다. 핀 할당 D는 USB-C 플러그가 있는 USB-C-USB-C 패시브 및 액티브 케이블과 DisplayPort 싱크 장치에만 적합합니다. USB4는 UFP_D 할당 D를 지원하지 않습니다.

DisplayPort 싱크 장치(UFP_D) 핀 할당 E

UFP_D 핀 할당 E의 경우, 일반 플러그 방향 및 뒤집힌 플러그 방향에서 DisplayPort를 지원하도록 핀을 재구성할 때 **그림 29** 및 **그림 30(은)**는 USB-C 커넥터 핀의 사용과 구성을 정의합니다. 핀 할당 E에 대한 DisplayPort 전기 요구 사항은 시스템에서 지원하는 UHBR 20, UHBR 13.5, UHBR 10, HBR 3, HBR 2, HBR 또는 RBR의 비트 전송률에 대한 DisplayPort 표준을 준수해야 합니다. 핀 할당 E는 USB-C-DisplayPort 패시브 및 액티브 케이블에 플러그를 꽂는 콘센트와 해당 케이블에 꽂는 플러그에만 적합합니다. 할당 E의 경우 주 링크 레인 순서, 극성 및 보조 극성은 할당 C에서 바뀝니다.

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML0- | A2 |
| B10 | ML0+ | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXN | CC1 |
| B7 | D-2 | A6 |
| B6 | D+2 | A7 |
| B5 | CC2 | SBU1/AUXP |
| B4 | VBUS | A9 |
| B3 | ML2+ | ML3+ |
| B2 | ML2- | ML3- |
| B1 | GND | A12 |

그림 29. UFP_D 핀 할당 E 일반 플러그 방향

| Receptacle Interface(Front View) | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| B12 | GND | A1 |
| B11 | ML3- | A2 |
| B10 | ML3+ | A3 |
| B9 | VBUS | A4 |
| B8 | SBU2/AUXP | CC1 |
| B7 | D-2 | A6 |
| B6 | D+2 | A7 |
| B5 | CC2 | SBU1/AUXN |
| B4 | VBUS | A9 |
| B3 | ML1+ | ML0+ |
| B2 | ML1- | ML0- |
| B1 | GND | A12 |

그림 30. UFP_D 핀 할당 E 뒤집힌 플러그 방향

USB4

- USB4 개요
- USB4 검색 및 입력 프로세스
- USB4 시스템
- 측파대 통신
- USB4 레인 및 데이터 전송률
- 손실 예산
- SBU1 및 SBU2를 통한 DisplayPort 대체 모드 및 USB4 지원



USB4 개요

저자: Mike Campbell

USB4 표준은 이전 USB 세대보다 더 큰 대역폭을 지원합니다. 2019년에 출시된 USB Type-C®(USB-C®) 인터페이스를 사용하여 USB4 버전 1은 USB 3.2 사양에 정의된 20Gbps에서 40Gbps로 집계 대역폭을 증가시킵니다. 2022년 USB 사용자 포럼(USB-IF)은 USB4 버전 2를 출시하여 대칭 작업의 경우 80Gbps로, 비대칭 작업의 경우 120Gbps로 또 다른 속도를 구현할 수 있었습니다. 이러한 높은 대역폭을 갖춘 USB4는 동일한 물리적 인터페이스를 통해 PCIe(Peripheral Component Internconnect Express), USB3 및 DisplayPort™와 같은 여러 독립 프로토콜을 터널링할 수 있는 기능을 제공합니다. USB-C에서만 지원되는 USB4는 USB2 및 USB3.2 표준과 역호환될 뿐만 아니라 Thunderbolt 3와 역호환이 가능하기 때문에 사용자가 기존 제품을 사용할 수 있습니다.

USB4 검색 및 입력 프로세스

USB4는 이전 USB 세대와 크게 다릅니다. USB-C 시스템에서 USB2 또는 USB3.2 제품은 USB PD(Power Delivery)가 필요 없이 작동합니다. 예를 들어, USB PD가 지원되지 않는 USB-C 포트에 USB2 썸 드라이브를 꽂으면 드라이브가 USB Type-A 소켓에 꽂혀 있을 때처럼 드라이브를 사용할 수 있습니다.

USB4 제품의 모든 기능을 활용하려면 USB PD가 필요합니다. 검색 프로세스 중에 포트 파트너와 케이블이 USB4를 지원하는 경우, 다운스트림 방향 포트(DFP)는 케이블 및 포트 파트너에 USB PD Enter_USB 메시지를 발행합니다. USB4 제품이 USB PD를 지원하지 않는 USB-C 포트에 삽입되면 USB4 제품이 레거시 USB 모드(USB2 또는 USB3.2)로 작동합니다.

USB4 시스템

USB4 시스템은 호스트, 허브 장치, 주변 장치 및 도크로 구성되며, 각 시스템에는 라우터가 포함되어 있습니다. 라우터는 터널링된 프로토콜 트래픽을 USB4 패킷에 매핑하고 USB4 패브릭을 통해 패킷을 라우팅합니다. [그림 31](#)에는 USB4 호스트, 허브 및 장치의 블록 다이어그램이 나와 있습니다.

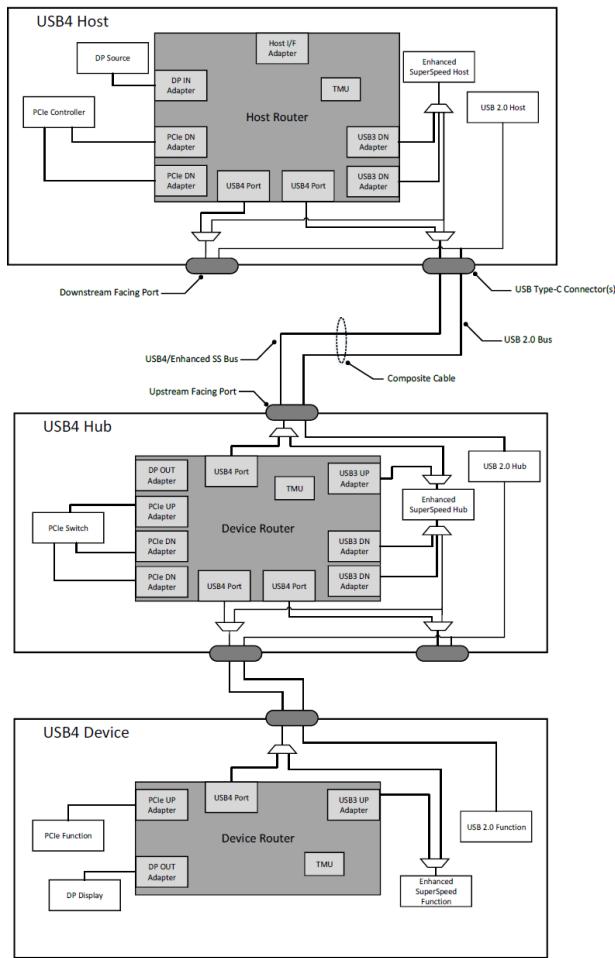


그림 31. USB4 호스트, 허브 및 장치/

호스트에는 호스트 라우터, USB 호스트 컨트롤러(USB3.2 및 USB2 모두) 및 DisplayPort 소스가 포함되어 있습니다. 호스트에 두 개 이상의 DFP가 있을 수 있습니다. PCIe 터널링이 지원되는 경우 호스트는 선택적으로 PCIe 컨트롤러 또는 PCIe 스위치를 통합할 수 있습니다. 호스트에 상주하는 연결 관리자 소프트웨어는 전체 USB4 도메인을 열거, 구성 및 관리합니다. 그림 32에서 USB4 허브에 대해 자세히 살펴보세요.

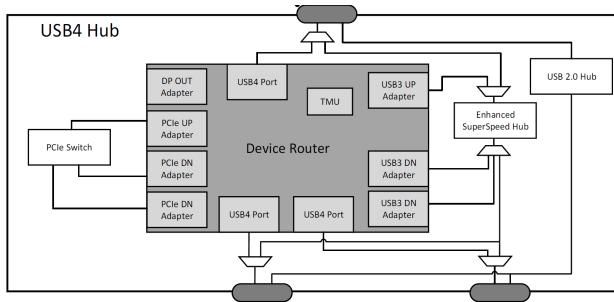


그림 32. USB4 허브

허브에는 단일 업스트림 방향 포트(UFP)가 있으며 호스트와 마찬가지로 둘 이상의 DFP를 가질 수 있습니다. 허브 라우터는 USB2, USB3, PCIe 스위치 및 DisplayPort™ 터널링을 지원합니다. 그림 33에서 USB4 주변 장치에 대해 자세히 살펴보세요.

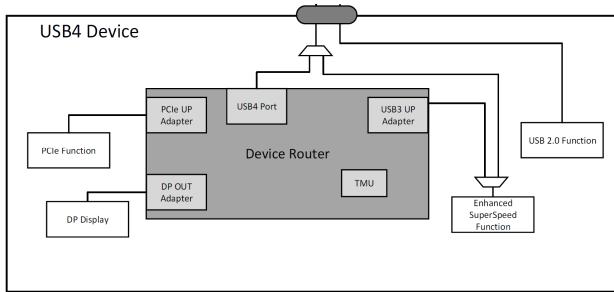


그림 33. USB4 주변 기기 장치

주변 장치에는 단일 UFP가 있고 DFP가 없으며, 선택적으로 하나 이상의 향상된 SuperSpeed 허브, 향상된 SuperSpeed 기능, PCIe 스위치 또는 엔드포인트 또는 DisplayPort 소스 또는 싱크 기능을 포함할 수 있습니다. [그림 34](#)에서 USB4 도크를 자세히 살펴보기

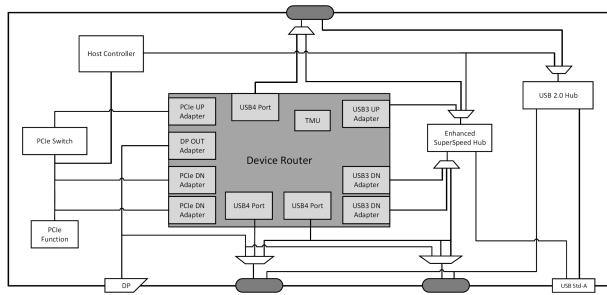


그림 34. USB4 도크

USB4 도크는 단일 UFP 및 하나 이상의 DPP가 있는 USB4 허브와 유사합니다. USB4 허브와 달리 도크에는 DisplayPort와 같은 프로토콜 어댑터가 하나 이상 포함되어 있습니다.

모든 USB4 구성 요소는 스파닝 트리에서 USB-C 패시브 또는 액티브 케이블을 사용하여 상단에 있는 호스트, 중간의 허브, 트리 끝에 있는 주변 장치와 연결합니다. 호스트와 주변 장치 라우터 사이에는 최대 5개의 허브가 있을 수 있습니다. 이러한 모든 제품은 사이드 밴드 채널을 사용하여 구성됩니다.

측파대 통신

측파대 통신은 10비트로 구성된 3.3V LVC MOS(상보성 금속 산화막 반도체) 레벨 1Mbps UART(범용 비동기 범용 트랜스미터)를 사용하여 수행됩니다. 1개의 시작 비트, 8비트 데이터 페이로드, 1개의 정지 비트가 있습니다. 측파대 거래는 SBTX 핀을 통해 전송되며 SBRX 핀에서 수신되며 USB-C 리셉터의 SBU1 및 SBU2 핀을 사용합니다. 측파대 통신은 다음과 같은 용도로 사용됩니다.

- 포트 연결 여부(SBRX 높음 > 25μs) 또는 연결 해제 여부(SBRX 낮음 > 14μs)
- 라우터 제조업체 및 제품 정보 식별
- 데이터 전송률(Gen2, Gen3, Gen4)과 같은 USB4 링크의 매개 변수를 구성하고 레인을 활성화 또는 비활성화
- 비대칭 지원, 시작 및 의사 결정
- 송신기 피드 포워드 이퀄라이제이션 링크 - 트레이닝 핸드쉐이크 및 라우터의 잠금 여부

USB4 레인 및 데이터 전송률

USB4 Gen2, Gen3 및 Gen4는 최대 2개의 레인(레인 0 및 레인 1)을 지원하며, 각 레인은 전송(TX)과 수신(RX) 경로로 구성됩니다. USB4 버전 2는 USB4 Gen4에서 작동할 때 비대칭 작동을 허용합니다. 비대칭 작업에서 레인 0은 변경되지 않지만 레인 1은 두 레인(레인 1 및 레인 2)으로 분할되며, 이 경우 두 레인은 TX 또는 RX로 구성할 수 있습니다. 하나의 TX와 세 개의 RX 또는 세 개의 TX와 하나의 RX를 갖는 비대칭 모드로 작동하는 USB4 Gen4 포트는 120Gbps의 데이터 속도를 생성합니다. **표 11**에는 모든 USB4 세대와 해당 레인 및 데이터 속도 기능이 요약되어 있습니다.

표 11. USB4 데이터 속도

| | 레인 활성화 | 총 데이터 전송률(Gbps) |
|---------------|--------|-----------------|
| USB4 Gen2 | 1 | 10 |
| | 2 | 20 |
| USB4 Gen3 | 1 | 20 |
| | 2 | 40 |
| USB4 Gen 4 대칭 | 2 | 80 |
| USB4 Gen4 비대칭 | 3 | 120 |

손실 예산

라우터에서 USB-C 소켓에 이르는 모든 USB4 제품은 사양에 정의된 손실 예산 내에서 삽입 손실을 유지해야 합니다. USB4에 대한 예산은 아래 표에 자세히 나와 있습니다.

표 12. USB4용 USB Type-C 삽입 손실 예산

| | 호스트(dB) | 케이블(dB) | 장치(dB) | 합계 |
|----------|---------|---------|--------|------------------|
| USB4 2세대 | 5.5 | 12 | 5.5 | 5GHz에서 23dB |
| USB4 3세대 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 10GHz에서 23dB |
| USB4 4세대 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 12.8GHz에서 28.5dB |

(1) USB4 Gen2는 최대 2m의 USB-C 패시브 케이블을 지원합니다. USB4 Gen3 및 USB4는 최대 0.8m의 패시브 USB-C 케이블을 지원합니다.

경우에 따라 라우터와 USB-C 소켓 간의 삽입 손실이 너무 커서 결함을 극복하기 위해 리타이머(RT)라고 하는 신호 조절기가 필요합니다. USB4 사양은 라우터와 USB-C 소켓 간에 리타이머를 최대 2개까지 허용합니다. 두 번째 리타이머 대신 USB4 사양을 사용하면 USB-C 소켓 근처에 있는 라우터와 리타이머 사이에 선형 리드라이버(LRD)를 사용할 수 있습니다.

그림 35에는 다양한 사용 사례의 몇 가지 예가 나와 있습니다.

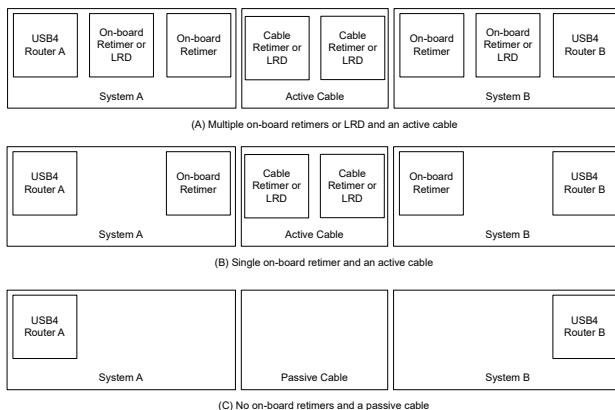


그림 35. 가능한 시스템 및 케이블 사용 사례

사용 사례(A) 및 (B)는 시스템과 활성 케이블에서 RT 또는 LRD 사용을 보여줍니다. 사용 사례(C)에 시스템 또는 케이블에 신호 조절기가 없는 것으로 표시됩니다.

케이블에 RT 또는 LRD와 같은 신호 조절기를 사용하는 방법은 구리선과 같은 수동 부품만 사용해도 달성할 수 없는 길이로 타입-C 케이블을 확장하기 위한 것입니다. 이러한 유형의 케이블을 액티브 케이블이라고 하며 USB-C 사양에 정의되어 있습니다.

SBU1 및 SBU2를 통한 DisplayPort 대체 모드 및 USB4 지원

USB4 호스트는 기존 USB 제품과 USB-C 도킹 스테이션과 같은 DisplayPort 대체 모드 제품을 지원할 수 있어야 합니다. 두 가지 유형의 제품을 지원하려면 호스트가 USB-C SBU1 및 SBU2 핀에서 USB4 사이드 밴드(SBTX 및 SBTX)와 DisplayPort 사이드 밴드(AUXP 및 AUXN)를 모두 멀티플렉싱해야 합니다. 그림 36에서는 SBU1 및 SBU2를 통해 USB4 및 DisplayPort 측파대 신호를 멀티플렉싱하는 방법의 예를 보여줍니다.

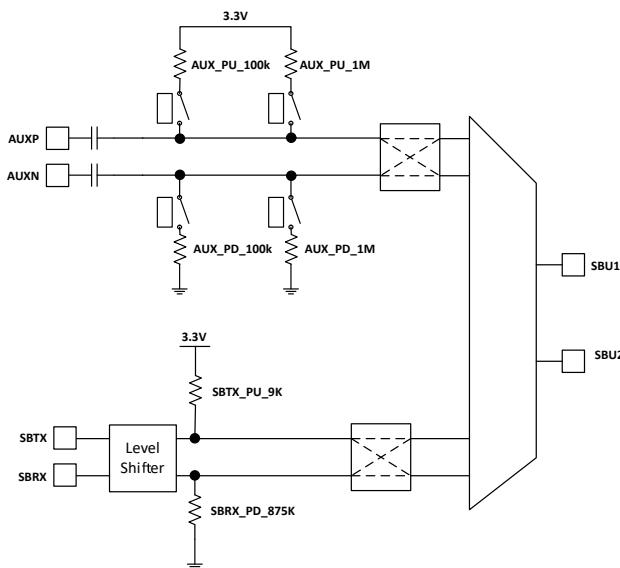


그림 36. USB4 및 DisplayPort 측파대 멀티플렉싱

그림 36에서는 은 DisplayPort 사양에 필요한 보조 바이어싱과 USB4 사양에 필요한 SBTX 풀업 저항 및 SBRX 풀다운 저항을 보여줍니다. 표 13에는 이러한 저항이 참조용으로 나열되어 있습니다. USB4 라우터 또는 리타이머가 USB-C 리셉터를에 있는 3.3V LVCMOS 레벨을 지원하지 않는 경우 SBRX 및 SBTX의 레벨 시프터가 필요할 수 있습니다. 그림 36의 구성 요소 일부 또는 전부는 리타이머나 개별 사이드 밴드 멀티플렉서에 통합될 수 있습니다.

표 13. USB4 및 DisplayPort 풀업 및 풀다운 저항

| 매개 변수 | 최소(kΩ) | 최대(kΩ) |
|----------------------------|--------|--------|
| SBTX 풀업 저항 | 7 | 10.5 |
| SBRX 풀다운 저항 | 700 | 1050 |
| DisplayPort 소스 AUXP 풀다운 저항 | 10 | 105 |
| DisplayPort 소스 AUXN 풀업 저항 | 10 | 105 |
| DisplayPort 싱크 AUXP 풀업 저항 | 800 | 1,200 |
| DisplayPort 싱크 AUXN 풀다운 저항 | 800 | 1,200 |

eUSB2 소개

- 요약 •
- eUSB2 개요 •
- eUSB2 모드 •
- 기타 기능 •



요약

저자: Nicholaus Malone

이전 장에서 설명했듯이 USB 3.2 및 4.0 사양을 통해 USB 버스를 통한 고속 데이터 전송을 지원합니다. USB Type-C®(USB-C®) 커넥터의 SuperSpeed 레인은 이러한 최신 데이터 전송 속도를 지원하지만 USB-C 커넥터의 D+ 및 D- 레인은 2000년에 출시된 원래 USB 2.0 사양을 지원합니다.

최대 속도가 480Mbps임에도 불구하고 많은 USB 장치와의 안정성과 상호 운용성 덕분에 USB 2.0을 세계에서 가장 인기 있는 인터페이스 중 하나가 되었습니다. 만들었습니다. USB 2.0은 또한 3.3V 진폭을 지원하는 모든 최신 인터페이스에서 가장 높은 신호 수준을 가지고 있어 일부 최신 애플리케이션에서 기술 문제를 일으킬 수 있습니다. 더 높은 전압은 산화물 유전체 두께가 7nm 이하인 기술 노드의 금속 산화물을 손상 시킬 수 있습니다. 따라서 2014년에 USB 구현 포럼에서는 이 문제를 해결하기 위해 USB 개정판 2.0 사양에 대한 임베디드 USB 2.0(eUSB2) 물리적 계층(PHY) 보충 자료를 발표했습니다. eUSB2 사양은 민감한 부품 손상을 방지하기 위해 저전압 신호를 사용한 USB 2.0 통신을 지원합니다.

eUSB2 개요

eUSB2 사양을 만들면서 기존 USB 2.0에서는 사용할 수 없는 여러 기능이 도입되었습니다.

- 프로세스 확장성은 3.3V 입력/출력(I/O) 신호를 제거하는 저전압 USB 2.0 PHY 솔루션을 제공하여 공정 기술 노드의 감소에 따라 USB 2.0을 확장할 수 있습니다.
- 링크 활성 및 유류 전력 효율을 개선하기 위한 I/O 전력 효율
- PHY 아날로그 콘텐츠를 줄이고 PHY 기능을 위한 디지털 메커니즘 사용
- USB 2.0 장치 지원 - eUSB2와 USB 2.0은 전기적으로 호환되지 않지만, 이 사양은 USB 2.0 지원을 활성화하는 메커니즘을 정의합니다.

eUSB2는 PHY 보완 용도로만 사용할 수 있습니다. 즉, eUSB2는 USB 2.0과 다른 전기 매개 변수를 가집니다. 이 두 가지는 모두 동일한 프로토콜 계층 사양을 공유합니다. eUSB2 패킷 구조는 USB 2.0과 동일하며 저속, 전속 및 고속의 표준 데이터 속도를 지원합니다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 신호 전압 수준은 더 낮습니다. 저속 및 최고 속도 통신이 3.3V에서 1.2V 또는 1.0V로 떨어지며, 고속 차동 스윙은 USB 2.0의 절반입니다. USB 2.0과 eUSB2 인터페이스의 유사성은 구현의 단순성을 촉진하지만, 다양한 신호 수준으로 인해 기존 USB 2.0 장치와의 상호 운용성 문제가 발생합니다. 기본 모드에서 eUSB2 장치는 다른 eUSB2 장치와만 통신할 수 있습니다.

eUSB2 모드

eUSB2 장치 간에는 기본 모드와 중계기 모드라는 두 가지 주요 통신 모드가 있습니다. eUSB2에서 전기 데이터 신호를 전달하는 두 채널은 +와 -가 됩니다. 호스트의 ed+ 및 ed 채널은 기본 모드에서 eUSB2 주변 장치의 트랜시버에 직접 연결됩니다. 2개의 eUSB2 트랜시버는 **그림 37**에 나와 있는 것처럼 서로 직접 통신합니다.

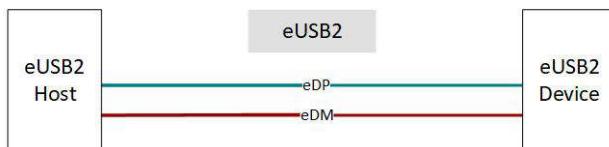


그림 37. 기본 모드

기본 모드는 주로 인터칩 상호 연결에 사용되며 USB 2.0 장치와의 상호 운용성을 지원하지 않습니다. USB 2.0 통신에 대한 지원이 필요한 경우, eUSB2 사양은 하위 호환성을 지원하는 eUSB2 중계기를 정의합니다.

eUSB2 중계기는 eUSB2와 USB 신호 사이에서 '변환' 장치입니다. eUSB2와 USB 2.0 장치 간의 통신을 지원합니다. USB 2.0과 달리 eUSB2 저속 및 전속 통신을 위한 신호는 단일 종단입니다. 차동 신호에서 단일 종단 신호로 전환하면 eUSB2 중계기가 단순히 3.3V~1.2V 전압 레벨 시프터가 아니라는 것을 의미합니다.

eUSB2 중계기는 호스트 중계기 또는 주변 장치 중계기로 구성해야 합니다. 중계기를 구성하면 USB 아키텍처에서 해당 역할이 설정됩니다. USB 버스당 eUSB2 호스트는 하나만 허용됩니다. eUSB2 중계기가 eUSB2 인터페이스를 통해 호스트에 연결된 경우, **그림 38**에 나와 있는 것처럼 호스트에 의해 호스트 중계기로 구성됩니다. eUSB2 호스트는 구성이 끝나면 중계기에 연결된 다운스트림 USB 2.0 장치와 통신할 수 있습니다.

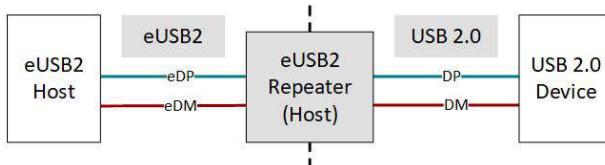


그림 38. 호스트 중계기 모드

USB 호스트와 달리 USB 버스에는 주변 장치가 많을 수 있습니다. **그림 39**에서 보는 것처럼 eUSB2 중계기가 USB 2.0 호스트와 통신하도록 하려면 각 eUSB2 주변 장치가 대한 주변 장치 중계기로 구성되어야 합니다.

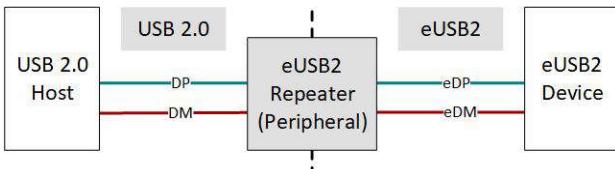


그림 39. 주변 기기 중계기 모드

호스트 또는 주변 장치 중계기로 동적으로 구성할 수 있는 기능을 통해 eUSB2 중계기를 연결된 eUSB2 장치가 호스트 또는 주변 장치 역할을 할 수 있는 이중 역할 애플리케이션에 사용할 수 있습니다. 이는 모바일 애플리케이션에서 일반적으로 사용되는 이중 역할 기능입니다.

또한 단일 USB 2.0 링크에 eUSB2 호스트 및 eUSB2 주변 장치를 모두 가질 수도 있습니다. USB 케이블이 필요한 애플리케이션의 호스트와 주변 장치에 모두 중계기가 필요할 수 있습니다. eUSB2 인터페이스는 칩 간 상호 연결을 위해 설계되었으며 USB 케이블과 호환되지 않습니다. 호스트와 주변 장치가 모두 eUSB2를 지원한다고 가정하면 **그림 40**에서 보는 것처럼 역병렬 중계기 애플리케이션이 생길 수 있습니다.

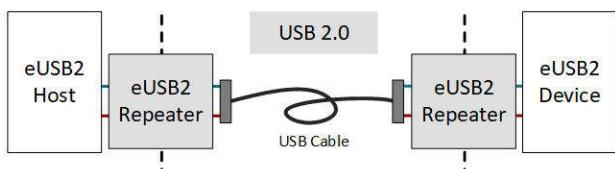


그림 40. 백투백 중계기 애플리케이션

이는 노트북, 휴대폰 또는 태블릿이 일반적으로 이중 역할 기능을 지원하는 모바일 전자 제품에서 가장 일반적으로 사용됩니다. 중계기는 eUSB2 호스트와 eUSB2 주변 장치 모두 USB 케이블을 통해 USB 2.0 인터페이스를 사용하여 서로 통신할 수 있도록 지원합니다.

기타 기능

eUSB2 리피터는 구성 후 중계기 상태 시스템을 제어하는 eUSB2 신호 패턴인 제어 메시지에 응답해야 합니다. CM.RAP를 제외하고, 제어 메시지는 네이티브 모드에서 사용되지 않습니다. USB 2.0 버스로 전달되지 않으며 eUSB2 중계기 또는 주변 장치에서만 수신하고 해석할 수 있습니다.

RAP(레지스터 액세스 프로토콜)는 구현을 더욱 간소화하기 위해 eUSB2에 도입된 선택적 기능입니다. CM.RAP는 표 1에 나와 있으며 RAP 인터페이스에 액세스하는 데 사용되는 제어 메시지입니다. 일반적으로 I²C 인터페이스를 사용합니다. 별도의 I²C 인터페이스를 구현하는 대신 RAP는 eUSB2를 통해 eUSB2 리피터 또는 주변 장치의 레지스터 공간에 직접 액세스할 수 있습니다. 이 벤더 정의 레지스터 공간은 피연산자와 대상 레지스터 주소와 함께 CM.RAP 명령을 실행하여 수정할 수 있습니다. 시스템 설계자는 RAP를 통해 I²C 통신에 일반적으로 필요한 구성 요소 및 범용 I/O 핀을 제외하여 시스템 비용 및 풋프린트를 줄일 수 있습니다.

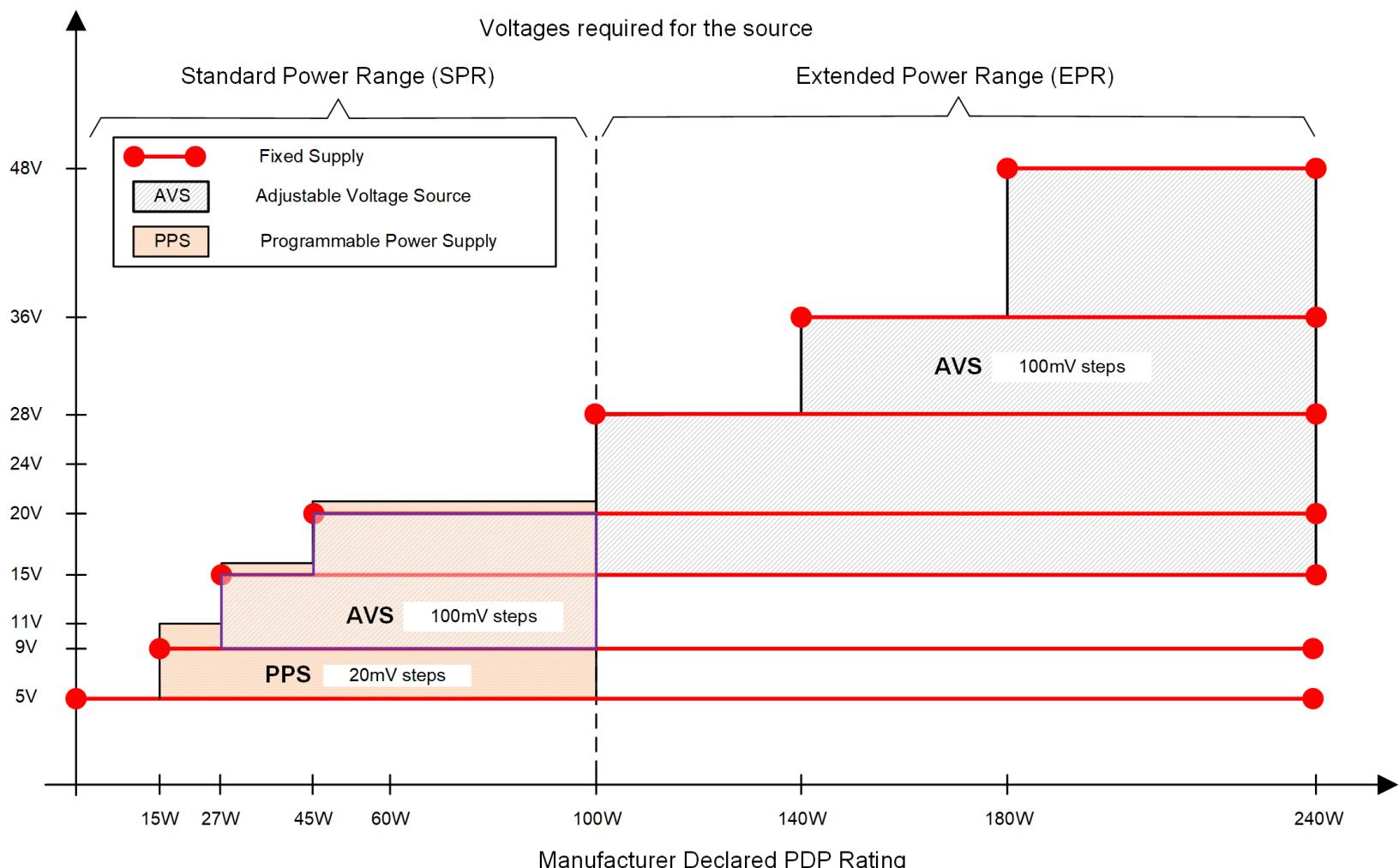
표 14. eUSB2 제어 메시지

| 메시지 이름 제어 | 설명 |
|-----------------|--------------------|
| CM.FS | 최고 속도 종단으로 되돌립니다 |
| CM.L1 | L1 전원 상태를 입력합니다 |
| CM.L2 | L2 전원 상태를 입력합니다 |
| CM.Reset | USB 2.0 버스를 재설정합니다 |
| CM.Test | 고속 종단을 강제로 활성화합니다 |
| CM.RAP | RAP 액세스를 시작합니다 |

이는 여전히 비교적 새로운 인터페이스이지만, eUSB2 호스트, 장치 및 리피터는 최신 프로세서 기술 노드가 7nm 미만으로 계속 줄어들면서 성장할 것으로 예상됩니다.

확장 전력 범위(EPR)

- **요약**
- **EPR란 무엇입니까?**
- **기술 사양**
- **안전 영향 > 100W**
- **TI의 PD 컨트롤러와의 전력 협상 처리**
- **결론**



요약

저자: Taylor Vogt, Adam McGaffin

이 섹션에서는 USB-C® 인터페이스를 사용하여 고전력 애플리케이션을 구현하기 위한 최신 개발 몇 가지 사항을 강조합니다. 2021년의 USB PD(Power Delivery) 3.1 USB IF(사용자 포럼) 사양[CCH1]에 추가되어 EPR(확장 전력 범위)는 USB-C 커넥터의 최대 전력을 100W에서 240W로 증가시킵니다. 먼저 EPR의 기본 사항과 표준 USB-C와 어떻게 다른지 알아보고 기술 사양과 전력 협상 시퀀스에 대해 자세히 알아보겠습니다.

EPR란 무엇입니까?

최근까지 USB PD 3.0 사양은 승인된 USB-C 포트와 케이블에서 최대 100W(20V, 5A)에서 전력 및 데이터를 모두 허용했습니다. 최신 USB PD 3.1 사양은 USB-C 케이블을 통해 이 제한을 최대 240W(48V/5A)까지 증가시킵니다.

이전의 USB PD 범위는 표준 전력 범위(SPR)였지만 새로운 전력 범위(100W~240W)는 EPR입니다. 이는 전력 소비가 많은 장치에서 USB-C 인터페이스를 구현할 수 있게 해주는 엄청난 개선으로 이어집니다. 또한 전원 어댑터 본체의 수를 줄이고 하나의 USB-C 케이블로 마이그레이션할 수도 있습니다. [표 15](#)에서는 새로운 EPR이 원래 SPR를 비교하는 방법을 보여줍니다.

표 15. SPR 및 EPR 고정 전압 범위

| 전원 범위 | 사용 가능한 전류 및 전압 | PDP 범위 | 참고 |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------|
| 표준 전력 범위(SPR) | 3A: 5V, 9V, 15V, 20V 5A ⁽¹⁾ : 20V | 15~60W >60~100W | |
| 확장 전력 범위(EPR) | 3A ⁽²⁾ : 5V, 9V, 15V, 20V 5A ⁽²⁾ : 20V 5A ⁽²⁾ : 28V, 36V, 28V | 15~60W >60~100W >100~240W | EPR 모드로 진입해야 합니다. |

- (1) 5A 케이블이 필요합니다.
- (2) EPR 케이블이 필요합니다.

기술 사양

EPR을 사용하면 최대 240W의 전력(5A에서 28V, 36V 및 48V)을 지원할 수 있습니다. EPR 모드에서는 싱크 장치가 새로운 소스 기능 메시지를 평가하고 응답하는 데 일반적인 USB PD 계약 협상과 동일한 요구 사항이 있습니다. EPR 모드로 들어간 후 포트가 최대 240W(48V, 5A)의 PDO(Power Delivery Object)를 협상합니다. 이 48V는 설계 안전 마진을 고려할 때 실질적인 한계를 나타냅니다.

확장된 범위의 고정 전압 레벨 확장 외에도 공급 장치는 AVS(조정 가능한 전압 공급 장치)의 사양을 따라야 합니다. EPR 모드 내에서 AVS는 싱크가 100mV 단위로 9V~48V 사이의 최적의 전압을 세부 튜닝하여 성능과 열 효율을 높일 수 있도록 하여 어떤 충전기에서도 전압을 수신할 수 있는 싱크의 유연성을 제공합니다. 이렇게 하면 설계자는 사용자 지정 어댑터를 피할 수 있고 전자 에코시스템과의 일관된 사용자 환경을 구축할 수 있습니다. PPS(프로그래머블 전원 공급 장치)는 AVS와 유사하지만 5V~20V 사이에서 20mV 단계가 있습니다. 이 두 가지는 비슷하지만 동일한 사용 사례를 위한 것은 아닙니다. PPS는 전류 제한(50mA 단계, ±5%)이 필요한 반면 USB-IF 인증 충전기는 PPS를 포함할 필요가 없습니다. USB-IF는 PPS와 PPS 없이 '충전기'를 갖춘 '고속 충전기를' 인증합니다.

[그림 41](#)에서는 SPR과 EPR 전력 레벨 사이의 관계뿐만 아니라 AVS와 PPS가 이러한 전원 범위와 어떻게 겹치는지 보여줍니다.

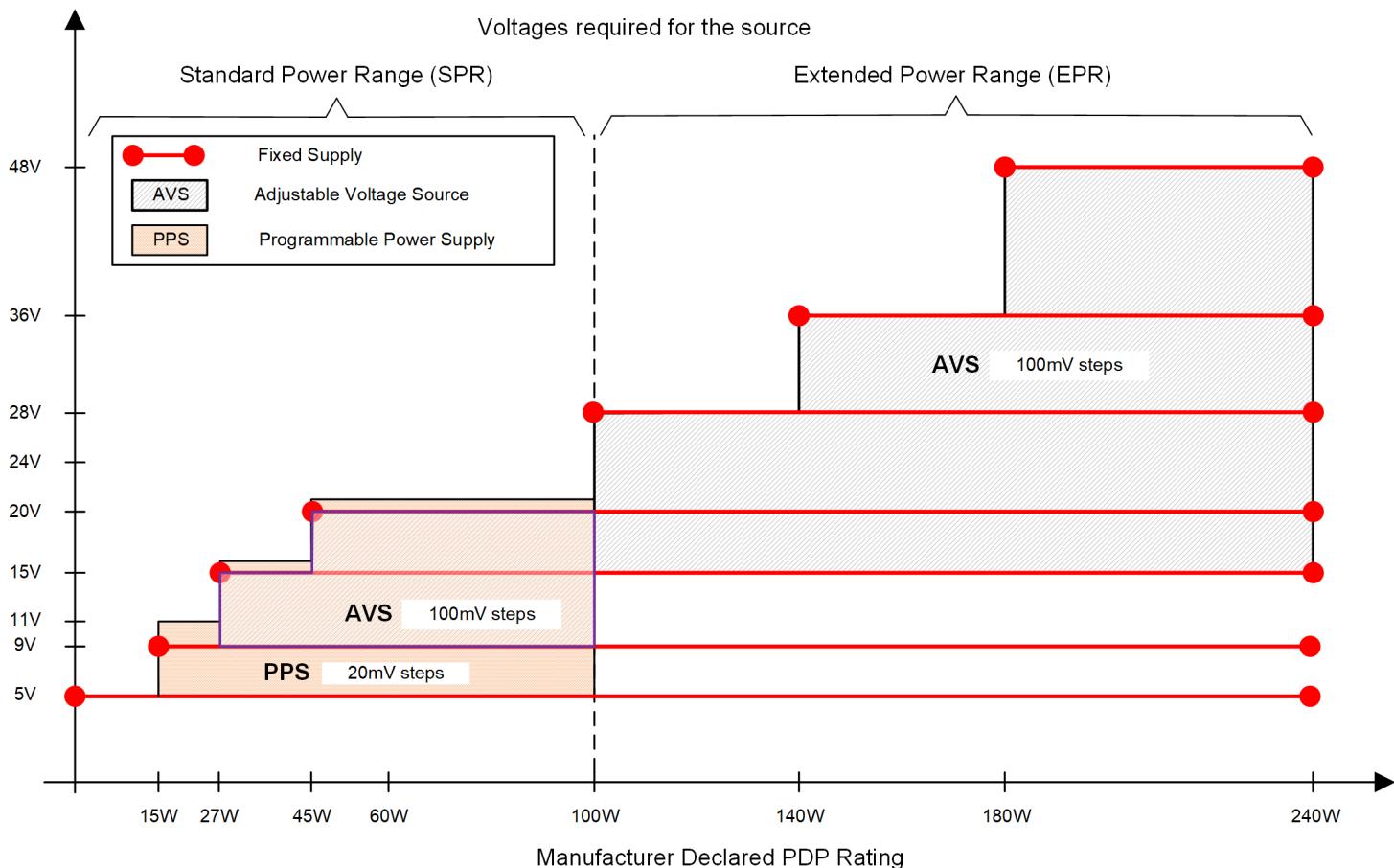
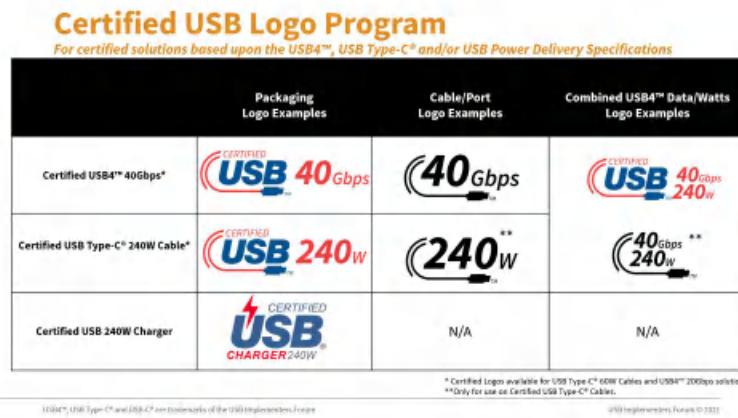


그림 41. SPR 및 EPR의 AVS 및 PPS 범위

안전 영향 > 100W

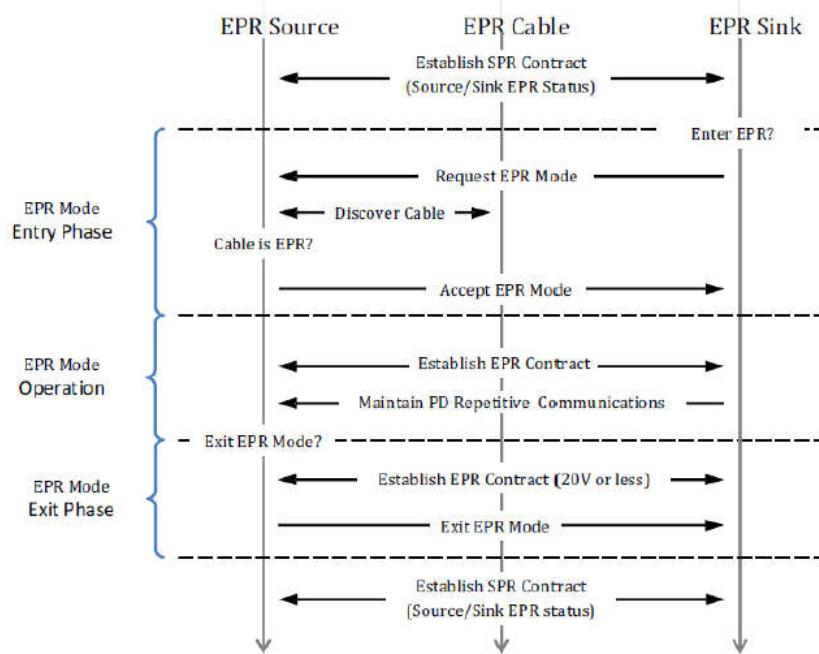
공급 및 소스 요구 사항 외에도, 100W 이상의 애플리케이션을 사용할 때 안전 표준을 충족하는 추가 메커니즘이 있습니다. 특히 EPR을 지원하기 위한 케이블에 추가적인 요구 사항이 있습니다. EPR 호환 케이블이 [그림 42](#)의 로고를 사용하여 시각적으로 표시되도록 하는 것이 더 이상 선택 사항이 아닙니다. 대신, 소비자는 케이블 자체의 로고를 통해 케이블 지지대를 최대 240W까지 안전하게 식별할 수 있습니다. 일반적으로, 케이블 설계에 더 높은 전압 정격 바이пас스 커패시터와 추가 스너버 회로가 포함될 수 있으며, 더 높은 전압에서 발생할 가능성이 더 높은 과도 및 링잉을 줄일 수 있음을 의미합니다. 또한 5A 정격 케이블이 더 이상 사용되지 않게 된다는 것을 의미합니다. 결국 USB-IF는 더 이상 원래 20V/5A 케이블을 인증하지 않습니다. 이러한 결정은 모든 5A 케이블이 EPR을 지원하는 상태로 시장을 전환하고 케이블 연결 문제와 관련된 소비자의 혼동을 줄이게 됩니다. USB-IF 인증 USB PD 컨트롤러를 사용한다고 가정하면 이 케이블은 기존 USB 에코시스템 장치와 역호환이 가능합니다.

**그림 42. 공인 USB 로고 프로그램**

100W 이상의 애플리케이션에서는 계약을 수락하기 전에 EPR 모드로 전환하기 위한 제한 사항을 강조하는 것이 중요합니다. 새로운 핸드셰이크의 목적은 (안전 규제 기관 충족을 위해) 핸드셰이크에서 단 한 번의 실수라도 EPR 계약으로 이어질 수 없다는 것입니다. 이 새로운 핸드셰이크는 레거시 싱크가 실수로 EPR 계약을 요청할 수 없도록 합니다.

TI의 PD 컨트롤러와의 전력 협상 처리

EPR 전력 협상은 제안, 요청 및 수락 또는 거부면에서 오늘날의 USB PD 시퀀스와 유사합니다. 하지만 EPR 계약을 체결하기 전에 먼저 SPR 계약을 체결해야 합니다. 새로운 EPR 협상 프로세스에는 케이블이 EPR을 지원하는지 여부와 소스가 이러한 확장된 전력 수준을 제공할 수 있는지 여부를 발견하는 것이 포함됩니다. **그림 43**에서는 일반적인 계약 핸드셰이크 흐름의 예를 보여줍니다.

**그림 43. EPR 협상 시퀀스**

싱크 측은 EPR 모드로 진입 프로세스를 구동합니다. 싱크가 처음 요청하지 않고 이 모드로 리드하는 경우 소스 측에서 EPR 엔트리를 강제로 요청할 수 없습니다. 이 다음, 소스는 확장된 전압을 공급하기 전에 싱크와 케이블이 EPR을 지원하는지 확인합니다. 이를 확인하기 위해 싱크 측의 EPR 요청 메시지에는 기능을 확인하기 위한 PDO 사본이 포함되어 있으며 케이블과 싱크가 EPR을 지원하는지 확인합니다. EPR 모드로 들어간 후에는 싱크가 약 0.5초마다 계속해서 '연결 유지' 메시지를 전송하여 양측이 열려 있고 활성 상태인지 확인해야 합니다. 소스가 약 1초 내에 이 메시지를 수신하지 못하면 소스가 하드리셋을 시작한 다음 5V 작동 시 기본 SPR 모드로 전환됩니다.

TI는 이 새로운 기술을 안전하게 확인하기 위해 USB-IF와 긴밀하게 협력했습니다. 새로운 EPR 협상 프로세스의 안전성을 검증하기 위해 여러 기능 안전 전문가들이 240W 기능을 독립적으로 감사했습니다. 가장 중요한 사실은 소스가 EPR 모드로 들어갈 때까지 EPR에서 사용할 수 있는 전압을 제공할 수 없다는 것입니다. EPR은 20V를 초과하는 USB PD 계약을 성공적으로 협상하기 위해 특정 시퀀스로 새로 정의된 USB PD 메시지를 사용해야 하며, 단일 메시징 오류로 인해 20V보다 큰 전압을 협상할 수 없습니다.

새로운 EPR 협상 시퀀스에 대한 자세한 내용은 [USB-PD 사양](#)을 검토하세요.

결론

EPR은 USB-C 에코시스템 내의 새로운 개발입니다. 이러한 확장된 전압 수준은 고전력 애플리케이션을 지원하여 USB-C 인터페이스에 대한 사용 사례가 더욱 광범위해집니다. 새로운 케이블 사양과 전원 경로 설계 측면에서 몇 가지 과제가 있지만, 궁극적으로 유연성과 하위 호환성은 USB-C 인터페이스를 보편화 할 수 있는 강력한 경로를 마련해야 합니다.

USB Type-C® 및 USB 전원 공급 일반적인 사용 사례 및 블록 다이어그램

- 5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)
• 기본 기능 블록
- USB 3.0 데이터를 지원하는 5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)
- 5V USB-C 싱크 전용 포트(USB PD 없음)
• 5V USB-C DRP(USB PD 없음)
- USB PD를 지원하는 20V USB-C 소스 전용 포트
- USB PD를 지원하는 20V USB-C 싱크 전용 포트
- USB PD 및 DisplayPort™ 대체 모드를 지원하는 5V 소스, 20V 싱크 USB-C 포트
- USB PD 및 배터리 충전기 포함 20V USB-C DRP



5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)

저자: Eric Beljaars, Adam McGaffin

기존 USB Type-A 포트를 USB-C 포트로 변환할 때 제품은 슬림한 양방향 커넥터와 더 많은 전력 출력의 이점을 얻을 수 있습니다. 표준 USB-C 소스 포트는 최대 15W(3A에서 5V)를 지원할 수 있습니다. 1.5A 기능에서 5V를 제공하는 솔루션도 다양합니다.

기본 기능 블록

구성 채널(CC) 라인에서 저항 풀업 또는 폴다운을 제공하면 USB-C 연결이 설정됩니다. USB-C 소스 전용 포트에는 Rp라고 하는 CC 라인에 풀업 저항이 필요합니다. Rp의 값은 광고하고 싶은 현재 양에 따라 달라집니다. USB-C 소스 전용 포트에서 지원하는 가장 일반적인 전류 레벨은 기본 USB 전원(USB2의 경우 500mA, USB3의 경우 900mA), 1.5A 및 3A입니다. USB Type-C 사양의 종단 매개 변수 섹션에는 이러한 각 전류 값에 대한 해당 Rp 저항 값이 나와 있습니다.

일반적으로 5V USB-C 소스 전용 포트용 시스템을 설계할 때 CC 컨트롤러 IC는 CC 라인에 Rp의 올바른 값을 자동으로 표시합니다.

CC 라인에서 Rp를 제공하는 것 외에도 5V USB-C 소스 전용 포트는 Rp에서 협상한 것보다 더 많은 전류를 끌어오는 비호환 싱크 장치로부터 보호할 수 있어야 합니다. 예를 들어, 3A Rp를 제공할 때 연결된 싱크 장치는 전류 유입량이 3A를 초과하지 않도록 해야 합니다. 싱크는 협상된 전류 레벨을 초과하지 않도록 하는 역할을 하지만, 소스는 비호환 싱크 장치가 협상된 것보다 더 많은 전류를 끌어오는 경우 과전류 보호 기능을 구현하는 역할을 합니다.

이 전류 제한을 구현하는 데에는 몇 가지 방법이 있습니다. 예를 들어, 일정한 형태의 전류 측정 방법이 있는 개별 전원 경로를 설계하거나 일체형 전류 제한 기능이 있는 부하 스위치를 사용할 수 있습니다. 가장 간단한 방법은 전원 경로가 통합된 CC 컨트롤러를 사용하여 제공된 Rp 값에 따라 전류 제한의 자동 구현을 보장합니다.

5V USB-C 소스 전용 포트를 구현하려면 CC 컨트롤러와 5V 부하 스위치의 두 가지 핵심 블록이 필요합니다. **그림 44** 참조.

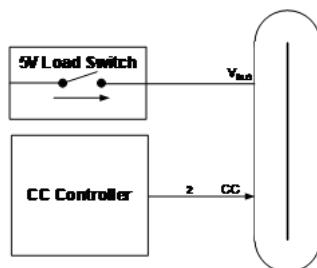


그림 44. 5V 소스 전용 블록 다이어그램

USB 3.0 데이터를 지원하는 5V USB-C 소스 전용 포트(USB PD 없음)

5V USB-C 소스 전용 포트에서 USB 3.0 데이터 속도를 구현하면 추가 시스템 블록인 USB 3.0 멀티플렉서가 필요하지 않습니다. USB 3.0은 USB-C 커넥터의 SSTX 및 SSRX 핀을 사용합니다. 시스템 내 USB 3.0 물리적 계층(PHY)으로 올바른 핀을 라우팅하기 위해, CC 컨트롤러에 의해 제어되는 멀티플렉서는 USB-C 커넥터의 양방향 플립을 처리합니다. CC 컨트롤러에는 CC 극성을 나타내는 범용 입력/출력(GPIO)이 있습니다. CC 컨트롤러의 이 GPIO 출력은 멀티플렉서 극성 제어 입력에 연결됩니다.

멀티플렉서가 필요할 뿐만 아니라 V_{CONN} 을 지원하려면 USB 3.0 데이터를 지원하는 USB-C 포트도 필요합니다. USB 3.0 케이블에는 일반적으로 V_{CONN} 으로 전원을 공급하는 e-마커 또는 액티브 리드라이버가 포함되어 있기 때문입니다. V_{CONN} 은 미사용 CC 핀에 제공됩니다. 다른 부하 스위치 또는 전원 경로를 통해 V_{CONN} 을 개별적으로 구현할 수 있지만, V_{CONN} 기

능을 추가하는 가장 간단한 방법은 **그림 45**에 나와 있는 것처럼 통합 V_{CONN} 전원 경로가 있는 CC 컨트롤러를 사용하는 것입니다.

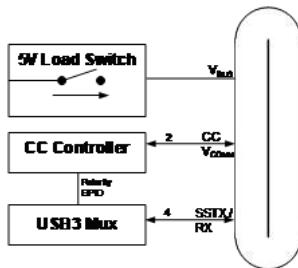


그림 45. USB3 멀티플렉서 블록 다이어그램을 지원하는 5V 소스

어떤 방향으로든 USB 3.0 데이터를 지원할 때는 V_{CONN} 지원 및 USB 3.0 멀티플렉서를 포함하기 위한 요구 사항이 여전히 남아 있습니다. USB 3.0 멀티플렉서 유형은 상향 포트가 필요한지 또는 하향 포트가 필요한지 여부에 따라 달라집니다. 그러나 CC 컨트롤러와 USB 3.0 멀티플렉서 사이의 GPIO 인터페이스는 여전히 동일합니다(극성을 나타내기 위한 단일 GPIO). 이러한 계층적 요구 사항이 동일하기 때문에 USB PD가 없는 5V USB-C 소스 전용 포트의 나머지 섹션은 전원 아키텍처의 차이점에 중점을 둘 것입니다.

5V USB-C 싱크 전용 포트(USB PD 없음)

최대 15W까지 전력을 싱킹하기 위해 USB-C 포트를 구현하는 것은 USB-C 포트가 사용되는 시스템의 요구 사항에 따라 소스 전용 솔루션과는 상당히 다를 수 있습니다. 일반적으로 USB-C 싱크 전용 포트를 구현한다면 USB-C 포트로 들어오는 전원에서 전체 시스템에 전원을 공급할 것입니다.

5V USB-C 싱크 전용 포트를 구현할 때 경우에 따라 CC 라인에서 Rd 저항 2개만 있으면 사용할 수 있습니다. 다른 경우, 5V USB-C 소스 전용 포트 구현에 필요한 블록과 매우 유사합니다. 솔루션에 가장 영향을 미치는 두 가지 변수는 V_{BUS}의 커패시턴스와 USB 3.0 데이터를 지원해야 하는지 여부입니다.

가장 단순한 상태로 USB-C 커넥터의 각 CC 핀에 Rd 저항($5.1\text{k}\Omega$)을 연결하여 5V USB-C 싱크 전용 포트를 활성화할 수 있습니다. 하지만 V_{BUS}에서 갖게 되는 커패시턴스의 양이 $10\mu\text{F}$ 미만인 경우에만 가능합니다. 시스템이 커패시턴스 $10\mu\text{F}$ 를 초과하는 경우, USB-C 연결 설정 시 활성화된 전원 경로 또는 부하 스위치를 통해 이 추가 커패시턴스를 절연해야 합니다. 이 연결은 개별적으로 감지할 수 있지만, 싱크처럼 USB-C 연결을 감지하는 가장 쉬운 방법은 CC 컨트롤러를 통하는 것입니다. 일반적인 CC 컨트롤러는 연결 상태에 따라 전원 경로를 제어하기 위한 GPIO 출력이 있습니다.

USB 3.0 데이터에 대한 지원이 필요한 경우 CC 컨트롤러가 필요한 또 다른 인스턴스입니다. USB 3.0 데이터 예시가 있는 USB-C 소스 전용의 경우와 마찬가지로, 여기에는 별도의 USB 3.0 멀티플렉서가 필요합니다. 이 멀티플렉서를 제어하려면 CC 컨트롤러가 필요할 수 있습니다.

그림 46에서는 V_{BUS} 커패시턴스 및 USB 3.0 요구 사항에 따라 5V USB-C 싱크 전용 포트를 구현하는 데 필요한 다양한 블록을 강조합니다.

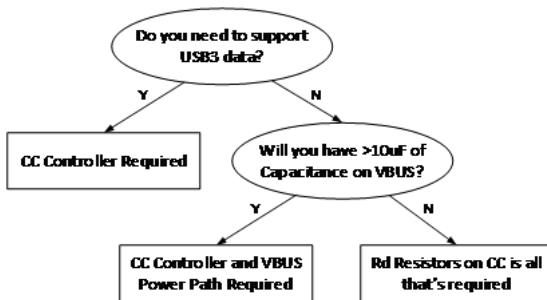


그림 46. CC 컨트롤러 선택

5V USB-C DRP(USB PD 없음)

USB-C 포트가 나가는 전원(소스)을 제공할 수 있어야 하지만 전원(싱크)도 소비하는 경우 USB-C DRP(이중 역할 포트)를 구현해야 합니다. 다시 말하지만, CC 컨트롤러가 필요할 수 있습니다. DRP 기능을 지원하는 경우, CC 회선은 연결을 설정하기 전에 Rp와 Rd를 활발하게 전환합니다. 이를 CC 토글이라고 합니다. 기본적으로 이중 역할 포트를 Rd가 CC에 있는 싱크 전용 장치에 연결하면 CC 토글이 중지되고 Rp로 전환되면 연결을 설정합니다. 소스 전용 포트를 연결할 때는 반대도 적용됩니다. 두 개의 DRP 포트를 함께 연결하면 어느 포트가 소스로 연결되고 어느 포트가 싱크로 연결되는지에 따라 무작위로 두 개의 토글 CC 라인이 착륙하게 됩니다. 시스템에 특정 전원 상태가 필요한 경우, 다른 DRP에 연결한 후 잘못된 포트 역할로 끝나면 항상 전력 역할 또는 데이터 역할 교환을 보낼 수 있는 USB-C 포트를 구현하는 것이 가장 좋습니다.

전력 아키텍처 측면에서 DRP 시스템은 DRP CC 컨트롤러로 제어되는 두 가지 전원 경로를 갖는 것을 선호할 수 있습니다. 이러한 경우, 시스템의 전용 5V 레일은 소스 전원 경로에 연결되며 별도의 싱크 전원 경로는 배터리 충전기 또는 다른 시스템 전원 레일과 같은 것에 연결할 수 있습니다. 그림 47에서 시스템 블록 다이어그램을 참조하세요. USB 3.0 데이터가 필요한 경우 시스템에 V_{CONN} 및 USB 3.0 멀티플렉서도 필요합니다

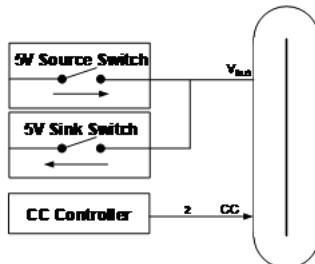


그림 47. 5V I/O 중 역할 포트 블록 다이어그램

경우에 따라 시스템의 전력 아키텍처가 허용하는 경우 양방향 전원 경로를 사용할 수 있습니다. 예를 들어, 일부 배터리 충전기는 양방향이 될 수 있는 On-the-Go 모드를 지원합니다. 이와 같은 경우 양방향 전원 경로를 사용하는 것이 좋습니다.

USB PD를 지원하는 20V USB-C 소스 전용 포트

15W의 전력을 초과하면 표준 USB-C 컨트롤러가 필요하지 않은 것을 USB PD 컨트롤러가 필요합니다. 15W 이상의 전력을 활성화하려면 양쪽 끝이 전력량을 지원할 수 있도록 포트 파트너 간에 USB PD 협상이 필요합니다.

AC/DC 어댑터, 도킹 스테이션, 오토모티브 충전 포트 및 벽면 소켓 등 다양한 유형의 완제품은 소스 전용 구현에서 20V의 전력을 제공할 수 있습니다. 연결된 장치에 전원을 공급하도록 설계된 모든 것은 결국 이러한 방식으로 USB PD 시스템을 구현할 수 있습니다. 이러한 애플리케이션의 요구 사항은 데이터 관점에서 다를 수 있지만, 모두 USB-C 케이블을 통해 15W 이상의 전력을 제공해야 하는 일반적인 요구 사항을 공유합니다.

USB PD를 사용하여 20V USB-C 소스 전용 포트를 설계할 때는 시스템 레벨 설계에 영향을 미치는 USB-IF의 몇 가지 사양을 고려해야 합니다.

USB PD 소스 전용 포트의 경우, CC 라인의 Rp에 대한 초기 연결과 요구 사항은 USB PD가 없는 5V USB-C 소스 전용 포트와 동일합니다. 5V 이상의 전압을 활성화하려면 USB PD 협상이 발생해야 합니다. 어떤 전압이 협상되는지에 따라 USB PD 컨트롤러는 필요한 출력 전압을 제공하기 위해 가변 공급 장치의 출력을 조정해야 합니다.

USB PD 사양을 사용하려면 출력 전압이 협상된 전력 데이터 개체(PDO)에서 $\pm 5\%$ 여야 합니다. 그림 48(은)는 USB PD 설계를 지원하는 20V USB-C 소스 전용 포트에 대한 일반적인 블록 다이어그램입니다. USB PD 협상을 처리하는 데 USB PD 컨트롤러가 필요하기 때문에 이제 CC 컨트롤러 대신 USB PD 컨트롤러가 있는 것을 알 수 있습니다. 또한 20V 부하 스위치가 5V 소스 전용 설계처럼 소스 측도 USB PD 사양에서 과전압, 저전압 및 과전류 보호 기능을 관리하는 역할을 합니다.

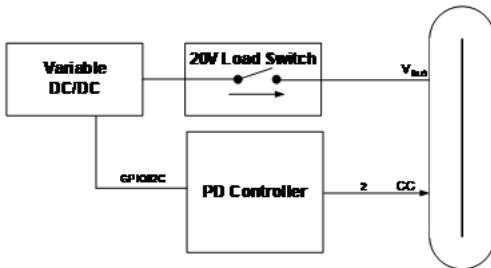


그림 48. 20V USB PD 소스 전용 블록 다이어그램

USB PD 컨트롤러는 연결된 장치와 협상된 전압을 기반으로 가변 DC/DC 공급을 제어할 것으로 예상됩니다. USB PD 컨트롤러는 GPIO 또는 I²C를 통해 이를 수행할 수 있습니다. 여러 TI USB PD 평가 모듈에는 USB PD 컨트롤러와 DC/DC 전원 공급 장치가 이를 지원하는 방법을 보여주는 예가 있습니다.

또 다른 설계 고려 사항은 20V USB-C 소스 전용 포트에서 제공하는 전력에 따라 필요한 PDO 전압에 대한 범위를 보장하는 방법입니다. 필요한 개별 전압 레벨은 5V, 9V, 15V 및 20V입니다. 전류는 필요한 전력 레벨(최대 3A)에 따라 지속적으로 달라질 수 있습니다. 지정된 전력 레벨에는 이전 모든 전압 및 전력 레벨을 지원하는 소스가 필요합니다. 예를 들어, 60W 소스는 3A에서 20V, 3A에서 15V, 3A에서 9V, 3A에서 5V를 공급할 수 있어야 합니다. 이 업데이트는 더 높은 전원 공급 장치가 저전력 장치를 지원할 수 있도록 하기 위해 USB PD 사양의 버전 3.0에 대한 업데이트입니다.

시스템 아키텍처에 따라 다른 전원 공급 장치를 사용할 수 있습니다. 예를 들어, AC/DC 벽면 어댑터의 경우 USB PD 컨트롤러가 AC/DC 컨버터의 DC 출력 전압을 직접 제어할 수 있으므로 전압이 USB PD 협상에 따라 적절한 수준에 있도록 합니다. DC 전압 레일이 있는 시스템의 경우 벽 DC/DC 컨버터 또는 벽 또는 부스트 DC/DC 컨버터를 사용할 수 있습니다.

USB-C 케이블을 통해 >3A를 지원하기 위해 고려할 몇 가지 추가 시스템 수준에 대한 고려 사항이 있습니다. 시스템에 탈착식 USB-C 케이블이 있는 USB-C 포트가 있는 경우 CC 핀에 V_{CONN}을 제공할 수 있어야 합니다. >3A를 지원하려면 연결하는 케이블이 >3A를 지원할 수 있어야 합니다. 3A를 지원하는 케이블에는 케이블 기능을 저장하는 전자 마커 칩이 내부에 포함되어 있습니다. 이 전자 마커에 전원을 공급하고 내용을 다시 읽으려면 V_{CONN}이 필요합니다. 많은 USB PD 컨트롤러는 전용 V_{CONN} 전원 경로를 통합하고 USB PD 협상 프로세스 중에 스위치 V_{CONN}을 자동으로 켭니다.

USB PD 설계가 있는 20V USB-C 소스 전용 포트에 유선 케이블이 있거나 캡티브 케이블이라고 하는 경우 V_{CONN} 없이 >3A를 지원할 수 있습니다. 캡티브 케이블은 분리할 수 없는 케이블입니다. 이 경우 다양한 케이블을 지원하는 것에 대해 걱정할 필요가 없으며 영구적으로 연결된 케이블의 기능을 항상 알고 있습니다.

USB 3.0 데이터 지원을 추가할 때 USB 3.0 데이터(USB PD 없음) 섹션이 있는 5V USB-C 소스 전용 포트에 설명된 것과 동일한 접근 방식을 따르세요. 시스템 내에서 USB 3.0 SuperSpeed 데이터 핀의 뒤집기를 제어하는 USB 3.0 멀티플렉서를 추가하세요.

USB PD를 지원하는 20V USB-C 싱크 전용 포트

USB PD를 지원하는 20V USB-C 싱크 전용 포트는 소스 포트보다 상대적으로 설계하기가 쉽습니다. USB PD 사양에 따라 소스 포트가 대부분의 전력 보호를 관리하고 케이블 전반의 전압을 제어하는 데 필요합니다. 싱크 측은 주로 PDO 형태로 전압 또는 전류에 연결된 소스를 요청하고 USB PD 협상을 완료합니다.

이 구현에서 시스템은 USB-C 포트로부터 전원을 수신할 수 있습니다. USB-C의 확장과 일부 국가에서 이제 USB-C 커넥터 도입을 의무화함에 따라, 역사적으로 배럴 잭, 동축 케이블 또는 기타 독점 DC 입력으로 전원을 공급받은 장치는 이제 USB-C 포트를 통해 충전되어야 합니다. 완제품 예로는 Wi-Fi® 어댑터, 블루투스® 스피커, 전기 자전거 및 전기 스쿠터가 있습니다.

5V USB-C 싱크 전용 포트와 마찬가지로 전원 경로를 구현하는 데 USB PD 싱크 전용 포트도 필요할 수 있습니다. 전원 경로를 추가할지 결정하는 것은 V_{BUS} 에 노출되는 커패시턴스의 양에 따라 달라집니다. USB-IF 사양에서는 V_{BUS} 에서 커패시턴스의 $10\mu F$ 만 허용되므로 시스템에 더 많은 것이 필요한 경우 시스템 커패시턴스를 V_{BUS} 에서 절연하기 위한 전원 경로를 추가해야 합니다.

그림 49(은)는 USB PD 설계를 사용하여 20V USB-C 싱크 전용 포트를 구현하기 위한 기본 시스템 수준 블록 다이어그램입니다. USB-C 5V 싱크 전용 설계와 USB PD 설계를 지원하는 20V USB-C 싱크 전용 포트의 주요 차이점은 부하 스위치가 최대 20V로 확장되므로 CC 컨트롤러 대신 USB PD 컨트롤러가 필요합니다.

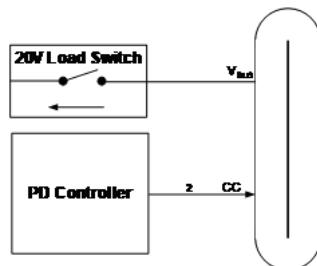


그림 49. 20V USB PD 싱크 전용 블록 다이어그램

다시 말하지만, USB 3.0 데이터를 지원하려면 멀티플렉서를 추가해야 합니다.

USB PD 및 DisplayPort™ 대체 모드를 지원하는 5V 소스, 20V 싱크 USB-C 포트

노트북 또는 PC 구현에서 단일 USB-C 포트를 통해 배터리를 충전하기 위해 USB PD 전압을 싱크하고, 마우스, 키보드 및 플래시 드라이브와 같은 소형 연결 장치에 최소 5V 출력을 제공하고, 모니터를 연결할 수 있습니다. USB-C 포트에 필요한 기능이 어떻게 강력하고 유연하며 특정 완제품에 대한 최종 사용자의 기대를 충족시킬 수 있는지 빠르게 확인할 수 있습니다.

그림 50에는 이러한 유형의 시스템에 대한 전력 아키텍처가 나와 있습니다. 시스템에는 일반적으로 별도의 전원 경로가 있습니다. 하나는 5V를 소싱하고 다른 하나는 최대 20V까지 싱킹하기 위한 것입니다. 시스템에 USB-C 포트가 하나만 있는 경우 별도의 두 개 전원 경로 대신 단일 전원 경로를 구현할 수 있습니다. 이러한 경우 양방향으로 지원하기 위해 배터리 충전기가 필요하며 이동 지원을 포함해야 합니다. 5V 소스와 20V 싱크와 DisplayPort 대체 모드 지원이 필요한 대부분의 시스템에는 두 개 이상의 USB 포트가 있습니다.

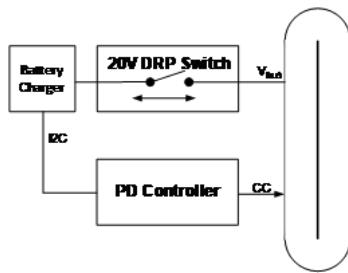


그림 50. 5V 소스 20V 싱크 USB PD 블록 다이어그램

완제품에 여러 개의 USB 포트가 있는 경우 공유 5V 레일은 USB Type-A 및 USB-C 포트 모두에 소싱 전원을 제공할 수 있습니다. 연결된 장치에 5V를 공급할 때 각 USB 포트가 지원하는 최대 전류를 기준으로 이 5V DC/DC 전원 공급 장치의 전력 예산을 계산해야 합니다.

싱크 전원 경로를 배터리 충전기에 연결하면 V_{BUS} 에서 배터리 충전기의 커파시턴스가 분리되고 사용자가 AC/DC 어댑터를 연결할 때 배터리 충전기가 전원을 공급하도록 합니다.

앞의 예에서 볼 수 있듯이 USB PD 컨트롤러는 전원 경로가 통합되어 있거나 GPIO를 통해 이를 제어하는 방법을 제공합니다. 일부 USB PD 컨트롤러는 외부 NFET를 직접 구동하는 N 채널 전계 효과 트랜지스터(NFET) 게이트 드라이버를 제공합니다.

그림 50 또한 USB PD 컨트롤러가 V_{CONN} 을 공급할 수 있다는 사실을 보여줍니다. USB PD 소스 전용 설계에는 3A를 초과할 때 V_{CONN} 이 필요합니다. 그러나 DisplayPort 대체 모드에 대한 지원을 추가하려면 전원 기능이 아니라 케이블의 데이터 기능을 결정하기 위해 V_{CONN} 이 필요합니다. USB 3.0 데이터 예가 있는 5V USB-C 소스 전용 포트와 마찬가지로, 연결된 케이블에 DisplayPort 대체 모드도 지원할 수 있는 기능이 있는지 확인하는 것이 중요합니다. V_{CONN} 은 기능을 다시 읽으려면 케이블에서 e-마커에 전원을 공급해야 합니다.

그림 51에서는 USB PD 및 DisplayPort™ 대체 모드 설계를 지원하는 5V 소스, 20V 싱크 USB-C 포트 구현을 위한 전원 및 데이터 블록을 모두 포함한 더 완전한 블록 다이어그램을 보여줍니다.

그림 51의 마지막 블록은 DisplayPort 대체 모드 멀티플렉서입니다. 이전의 경우와 마찬가지로, DisplayPort 대체 모드도 USB-C 커넥터의 SuperSpeed 핀을 사용하여 비디오 데이터를 전송합니다.

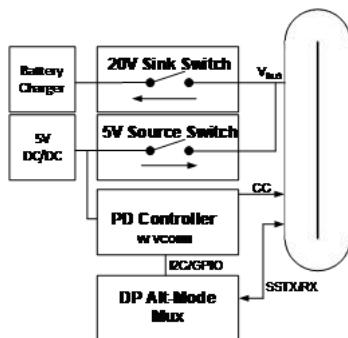


그림 51. DisplayPort™ USB PD 블록 다이어그램을 지원하는 5V 소스 20V 싱크

DisplayPort 대체 모드에는 USB 3.0 또는 DisplayPort 비디오 데이터 지원 사이의 SuperSpeed 핀 배포를 결정하는 데 도움이 되는 여러 가지 핀 구성이 포함되어 있습니다. DisplayPort에 대한 모든 SuperSpeed 쌍을 헌신하여 DisplayPort의 최대 대역폭을 지원하는 핀 구성이 있으며, SuperSpeed 쌍을 분할하여 USB 3.0과 DisplayPort 데이터를 동시에 활성화하는 핀 구성이 있습니다. DisplayPort 사양에는 USB-C에서 지원하는 핀 구성에 대한 자세한 정보가 있습니다.

DisplayPort 대체 모드 멀티플렉서는 DisplayPort 대체 모드 내에서 협상된 핀 할당에 따라 SuperSpeed 핀을 DisplayPort 호스트 또는 USB 호스트로 멀티플렉싱합니다. 다른 주변 장치와 마찬가지로 USB PD 컨트롤러는 I²C를 통해 또는 GPIO를 통해 DisplayPort 대체 모드 멀티플렉서와 통신하여 적절하게 구성할 것으로 예상됩니다. 포트 파트너도 DisplayPort 대체 모드도 지원하는 경우 USB PD 컨트롤러는 연결된 장치와 자동으로 협상하고 DisplayPort 대체 모드로 들어갑니다. 이러한 협상을 바탕으로 USB PD 컨트롤러가 I²C 또는 GPIO를 통해 DisplayPort 대체 모드 멀티플렉서를 구성합니다. USB PD 협상 중에 전력이 항상 먼저 교섭된 후 DisplayPort와 같은 대체 모드가 있습니다.

USB PD 및 배터리 충전기 포함 20V USB-C DRP

지금까지 배터리로 구동되는 완제품은 배럴 잭, 동축 케이블 또는 독점 케이블을 사용하여 제품을 충전해왔습니다. USB PD가 있는 USB-C로 전환하면 전원 및 싱크 전원을 모두 사용할 수 있으며, 그러면 배터리 구동 장치를 파워뱅크로 변환할 수 있습니다. 즉, 최종 사용자는 USB-C를 통해 연결된 장치를 충전할 수 있고 동일한 USB-C 커넥터를 통해 충전된 장치를 보유할 수도 있습니다. 이러한 요구 사항을 충족하기 위해 양방향 배터리 충전기로 DRP 아키텍처를 구현할 수 있습니다. 이 구현은 복잡하게 들릴 수도 있지만, 일반적으로 2칩 자체 포함 솔루션입니다.

그림 52에서는 양방향 배터리 충전기 IC를 활용하는 USB PD 설계를 지원하는 20V USB DRP용 블록 다이어그램을 보여줍니다. 이 경우 최종 사용자가 충전기 장치를 연결하면 배터리 충전기가 배터리를 충전합니다. 또한 배터리 충전기는 최종 사용자가 충전이 필요한 장치에 연결할 때 V_{BUS} 에서 올바른 전압을 제공합니다. 이 경우 USB PD 컨트롤러도 I²C를 통해 충전기 IC와 통신합니다. 전원으로 작동할 때 USB PD 컨트롤러는 연결 여부, 제공할 전압 및 전류 제한을 설정할 위치를 배터리 충전기와 통신합니다. 배터리 충전기는 USB PD 사양의 허용 오차를 충족할 수 있는 올바른 전압을 가지고 있어야 하며, USB PD 사양의 타이밍 요구 사항을 충족하기 위해 전압 전환(예: 5V~20V)을 보장해야 합니다. 일반적으로 배터리 충전기가 USB PD 애플리케이션을 위해 설계된 경우 USB PD 규정 준수를 위해 출력을 조정하기 위해 전압 전환을 조정하기 위해 구성 가능한 설정을 제공하도록 설계되었습니다.

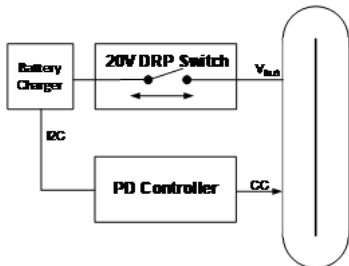


그림 52. 5V 소스 20V 싱크 USB PD 블록 다이어그램

전원 싱크로 작동할 경우 USB PD 컨트롤러가 배터리 충전기에 사용할 수 있는 전원을 통신하고 배터리 충전기가 배터리 충전을 시작할 수 있도록 합니다. **그림 52**에는 대부분의 배터리 충전기 IC는 안정성을 위해 입력 핀에 10μF 이상의 커패시턴스가 필요하기 때문에 추가 20V DRP 전원 경로를 포함하고 있습니다. 10μF 미만의 커패시턴스로 작동할 수 있는 충전기 IC를 사용하려는 경우 시스템에서 20V DRP 전원 경로를 제거할 수 있습니다.

완제품별 블록 다이어그램

- 요약 •
- 노트북 및 산업용 PC •
- 도킹 스테이션 •
- 블루투스® 스피커 •
- Wi-Fi® 라우터 및 스마트 스피커 •
- 전동 공구 •



요약

저자: Adam McGaffin

USB Type-C®(USB-C®)는 빠르게 범용 커넥터로 자리잡아 다양한 제품에 자체 기술을 활용할 수 있습니다. 이 장에서는 현재 USB-C를 구현하는 가장 인기 있는 유형의 완제품을 설명하고 USB-C 커넥터 주변의 하위 시스템을 구성하는 개략적인 블록에 대해 설명합니다.

노트북 및 산업용 PC

노트북은 USB-C를 구현하는 최초의 제품이며, 현재 출시되는 노트북의 대부분은 적어도 하나의 USB-C 포트를 가지고 있습니다. 시스템 충전, 외부 주변 장치 전원 공급, 비디오 전송 기능을 갖춘 랩톱은 USB-C 및 USB PD를 통해 많은 이점을 얻을 수 있습니다. 그림 53에서는 노트북 또는 산업용 PC 플랫폼의 일반적인 블록 다이어그램을 볼 수 있습니다.

표준 노트북 PC와 산업용 PC의 유일한 차이점은 작동 온도 범위 요구 사항입니다. 그러나 두 구성 요소 간의 핵심 구성 요소는 동일하기 때문에 공통 블록 다이어그램을 공유할 수 있습니다.

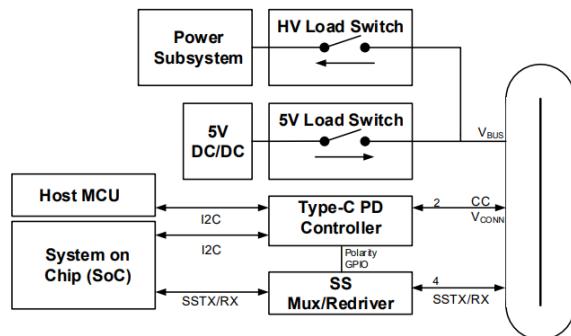


그림 53. 노트북 및 산업용 PC 블록 다이어그램

시스템에 전원을 공급하고 커넥터를 통해 비디오를 전송하는 데 필요한 고전력 계약을 협상하려면 USB PD 컨트롤러가 필요합니다. 전력 관점에서 볼 때 대부분의 플랫폼은 두 가지 전원 경로를 구현합니다. 하나의 전원 경로는 랩톱을 충전하기 위해 고전압 계약을 싱킹하는 데 전념하는 전원 경로입니다. 다른 전원 경로는 마우스, 키보드 및 전화기와 같은 연결된 주변 장치를 충전하기 위해 5V 전용 전원 경로입니다. USB PD 컨트롤러는 이러한 전원 경로를 직접 통합하거나 전용 eFuse 및 부하 스위치와 같은 외부 전원 경로를 제어할 수 있는 기능을 제공합니다.

USB-C 커넥터를 통해 비디오 또는 데이터를 전송하려면 SuperSpeed 레인을 올바르게 라우팅하기 위해 멀티플렉서 또는 리드라이버를 구현해야 합니다. 멀티플렉서를 제어하면 일반적으로 USB PD 컨트롤러에 의해 처리되며, 연결된 케이블의 방향에 따라 범용 입력/출력 또는 I²C를 통해 멀티플렉서의 극성을 토글합니다.

마지막으로, 이러한 애플리케이션은 USB-C 포트에서 발생하는 시스템 수준 이벤트를 처리하기 위해 일종의 중앙 마이크로프로세서를 구현하는 것이 일반적입니다. 대부분의 USB PD 컨트롤러는 I²C 인터페이스를 구현하기 때문에 중앙 마이크로컨트롤러와의 통신이 가능합니다. 포트 파트너 정보, 전원 계약 및 현재 비디오 출력 속도는 USB PD 컨트롤러에서 얻을 수 있는 정보의 예입니다.

도킹 스테이션

노트북과 페어링되는 가장 일반적인 액세서리는 노트북이 단일 포트를 사용하여 데이터를 충전 및 전송할 수 있는 도킹 스테이션입니다. 그림 54(은)는 도킹 스테이션에 대한 블록 다이어그램입니다.

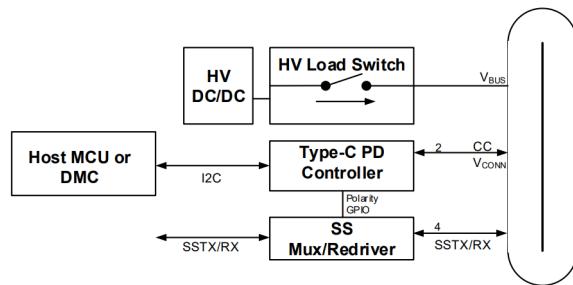


그림 54. 도킹 스테이션 블록 다이어그램

노트북과 마찬가지로, 고전력 계약을 구현하고 비디오 대체 모드를 협상하려면 도킹 스테이션에는 USB PD 컨트롤러가 필요합니다. 그러나 노트북과 달리 도킹 스테이션이 연결된 노트북과 기타 주변 장치를 충전할 수 있도록 고전압 가변 DC/DC에 연결된 고전압 전원 경로는 하나의 전원 경로만 필요합니다. 도킹 스테이션은 이 포트에서 전원을 절대 가라앉히지 않기 때문에 단일 전원 경로만으로도 충분합니다.

블루투스® 스피커

블루투스 스피커와 같은 휴대형 장치는 제품이 하나의 포트로 연결된 주변 장치를 충전하고 전원을 공급할 수 있도록 하여 USB-C를 활용할 수 있는 기능을 제공합니다. 따라서 사용자가 휴대용 제품을 파워뱅크로 전환할 수 있습니다. [그림 55](#) 및 [그림 56](#)에서는 블루투스 스피커에 대한 두 가지 일반적인 블록 다이어그램을 보여주는데, 이는 다른 휴대형 배터리 구동 장치에도 종종 적용 가능합니다.

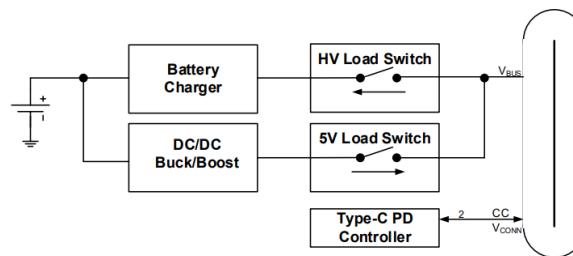


그림 55. 블루투스 스피커 블록 다이어그램 1

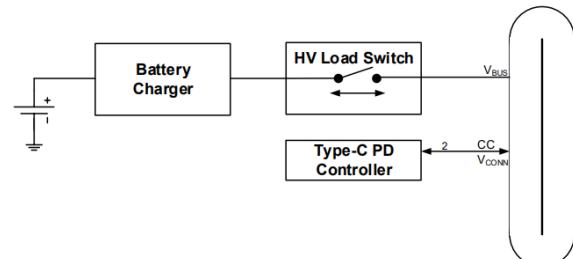


그림 56. 블루투스 스피커 블록 다이어그램 2

블루투스 스피커 또는 휴대형 배터리 구동식 장치를 설계할 때 두 가지 잠재적인 전력 아키텍처가 있습니다.

- 시스템에서 전력을 싱킹하고 공급하기 위한 두 개의 별도의 전원 경로와
- 배터리 충전기가 이동 모드의 전원 역할도 하는 단일 전원 경로입니다.

첫 번째 옵션이 타당한 경우 블루투스 스피커 내 여러 장치에 공통 5V 레일이 사용되는 경우 포함되며 설계자는 나머지 전원 아키텍처로부터 싱크 전원 경로를 분리하는 것을 선호합니다. 두 번째 옵션은 싱크나 5V보다 큰 소스 전압을 원하는 시스템에 더 적합합니다. 시스템이 USB-C 포트에서 9V를 소싱하려면 5V에서 시작한 다음 9V로 전환할 수 있는 가변 DC/DC를 구현해야 합니다. 이 기능을 위해 별도의 가변 DC/DC를 구현할 필요 없이 많은 배터리 충전기에 통합된 이동 기능을 사용할 수 있습니다.

Wi-Fi® 라우터 및 스마트 스피커

Wi-Fi 라우터 및 스마트 스피커와 같은 기존의 배럴 잭 전원 장치는 USB-C로 전환되고 있습니다. 그림 57에서는 독점 배럴-잭 연결에서 USB-C 포트로의 전환을 보여줍니다.

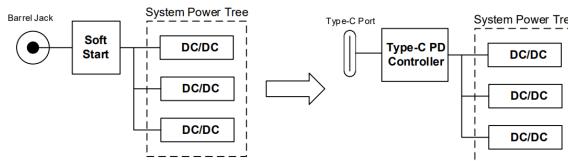


그림 57. 배럴 잭에서 USB-C로 전환

그림 57에서 보듯이 코어 시스템 전원 아키텍처는 일반적으로 USB-C 포트에 협상된 배럴 잭에 전원이 공급되는 동일한 전압을 유지할 수 있으므로 동일하게 유지할 수 있습니다. 또 다른 이점은 대부분의 배럴-잭 애플리케이션이 소프트 스타트 회로를 구현하여 초기 연결 시 돌입 전류를 제한한다는 점입니다. USB-C 포트는 USB-C 시스템에 사용되는 부하 스위치에 내장된 소프트 시작 기능을 통해 이러한 기능을 구현할 수 있습니다.

그림 58(은)는 USB-C 블록을 더 자세히 설명하는 것으로, Wi-Fi 라우터 또는 스마트 스피커 애플리케이션에서 USB-C를 구현하는 데 필요한 요소입니다.

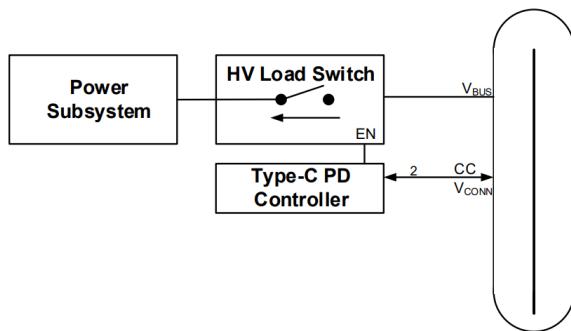
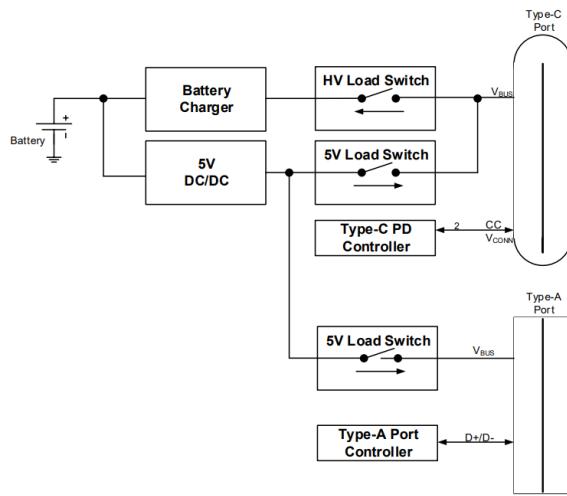


그림 58. Wi-Fi 라우터 및 스마트 스피커 블록 다이어그램

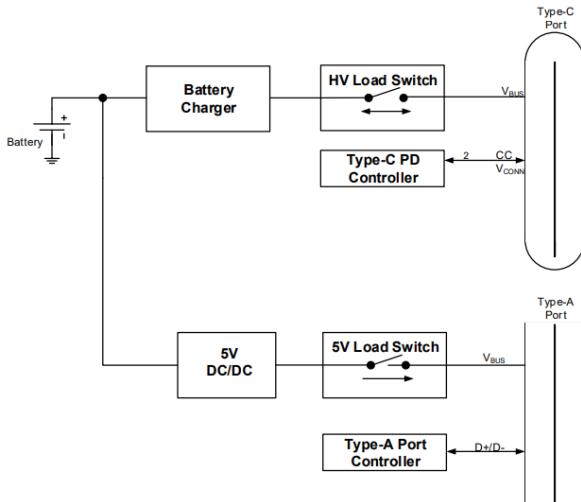
하나 또는 두 개의 블록으로 Wi-Fi 라우터 또는 스마트 스피커와 같은 싱크 전용 USB-C 시스템을 구현할 수 있습니다. USB PD 컨트롤러는 연결된 충전기와 필요한 전압을 협상하고 부하 스위치 또는 전원 경로도 필요합니다. 이 전원 경로는 장치 내의 모든 전압 레일에 전원을 공급하는 시스템 전원 아키텍처 및 하위 시스템에 연결됩니다.

전동 공구

랩톱, 휴대폰 및 스피커에 전력을 공급하고 충전하는 것과 유사한 휴대용 파워 팩은 USB-C를 채택하는 또 다른 유형의 완제품입니다. 그림 59 및 그림 60에는 이러한 유형의 시스템에 대한 일반적인 블록 다이어그램이 나와 있습니다.



그림/59. 전원 공구 블록 다이어그램 1



그림/60. 전원 공구 블록 다이어그램 2

많은 설계자가 모든 USB Type-A 포트를 USB-C 포트로 전환하고 있지만, 일부 완제품은 고객의 기존 제품에 전력을 공급하기 위해 기존 기술을 계속 포함시키고 있습니다. 이 중 한 가지 예는 전동 공구입니다. 블루투스 스피커와 마찬가지로 전동 공구 배터리 팩은 단일 USB-C 포트에서 전원을 공급하거나 싱크하는 기능을 갖추고 있습니다. USB Type-A 포트는 연결된 장치를 충전하기 위한 전원만 공급합니다.

전원 관점에서는 두 가지 다른 구현이 있습니다.

- USB-C와 USB Type-A 포트는 동일한 5V DC/DC 전원 공급 장치를 공유하며 USB-C 포트의 출력은 5V로 제한됩니다.
- USB-C 포트는 이동 모드에서 작동하는 배터리 충전기를 통해 단일 전원 경로를 구현합니다. USB Type-A 포트에는 전용 5V DC/DC 전원 공급 장치가 있습니다.

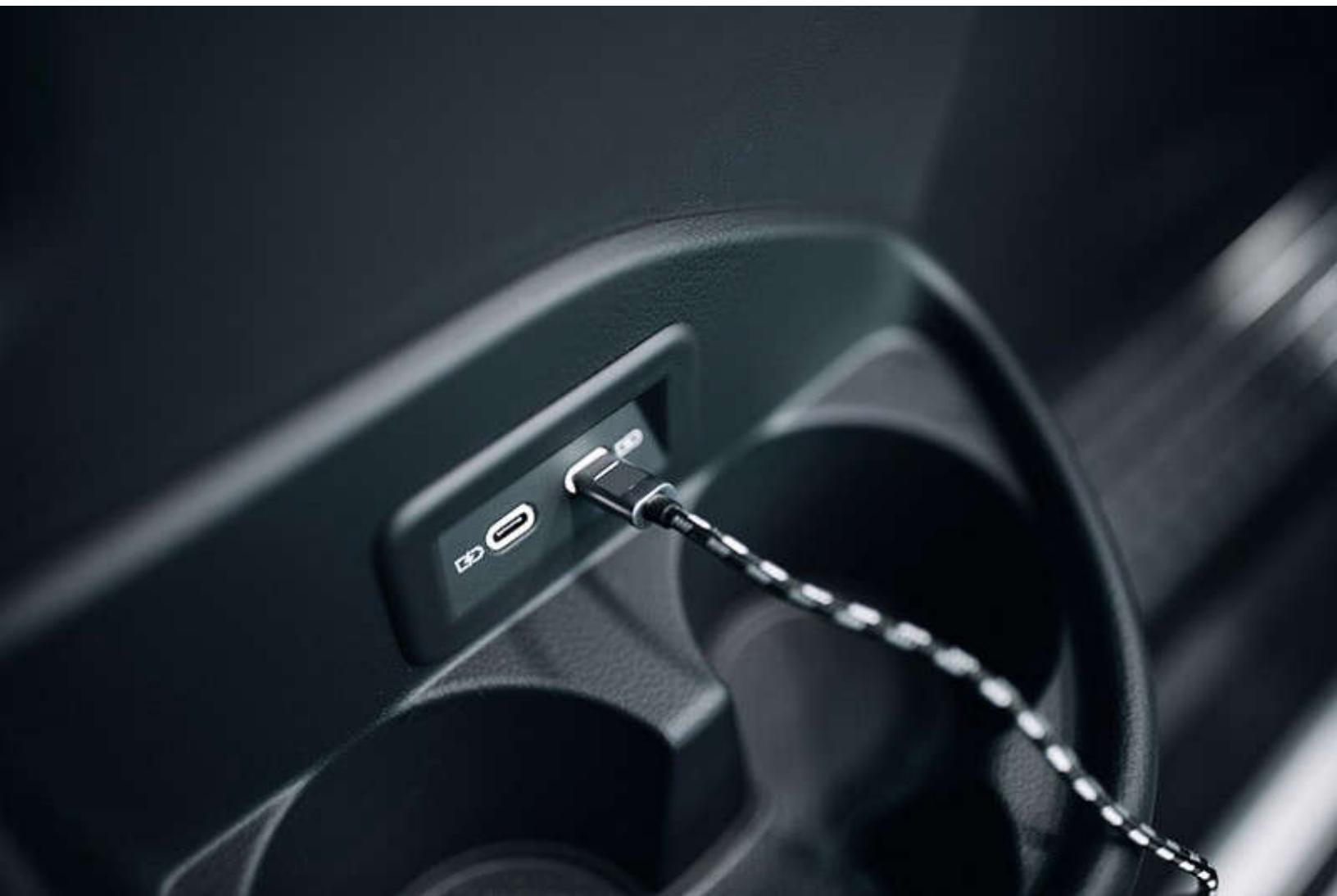
전동 공구와 블루투스 스피커 사이의 또 다른 유사점은 한 토플로지를 다른 토플로지보다 선택하는 주요 이유는 USB-C 포트의 출력 전압에 따라 결정되기 때문입니다. USB-C 포트가 최대 5V만 필요한 경우 공유 DC/DC 토플로지가 가장 유리할 수 있습니다. USB-C 포트에 연결된 배터리 충전기가 전원 싱크로만 작동하는 것입니다. USB-C 포트가 >5V를 공급해야 하

는 경우, 배터리 충전기가 충전기에 내장된 이동 기능에 의존하여 소스와 싱크 역할을 모두 수행하는 것이 가장 좋은 경로일 수 있습니다.

TI PD 컨트롤러의 장점

요약 •

- 일반적인 설계 과정에 대한 TI 솔루션
- TI PD 컨트롤러를 사용할 때의 기타 이점



요약

저자: Joe Li, Adam McGaffin

2013년에 출시된 이후로 USB-C PD는 단일 케이블을 통해 높은 데이터 전송률과 더 높은 전력 전송률을 지원할 수 있는 가치 있는 기술입니다. 그러나 USB-C PD 기술의 성장을 늦추는 PD 채택과 관련하여 몇 가지 설계 과제가 있습니다. TI PD 컨트롤러는 이러한 문제를 직접 해결하고 최종 사용자에게 완전한 솔루션을 제공합니다.

일반적인 설계 과제에 대한 TI 솔루션

가는 고집적 솔루션을 제공합니다

과제: 대부분의 PD 컨트롤러는 솔루션에 필요한 모든 전원 경로를 통합하지 않아 OCP(과전류 보호), OVP(과전압 보호) 및 RCP(역전류 보호)를 제공합니다. 최종 사용자는 개별 전원 경로를 설계하거나 5V 또는 고전압(HV) 부하 스위치를 구매해야 합니다. 따라서 최종 사용자는 총 솔루션 크기가 크고 총 BOM(재료 사양서)이 많아야 합니다.

솔루션: TI는 시스템 설계자가 USB-C PD 시스템을 설계하는데 필요한 모든 전원 경로 및 기타 기능을 통합한 완전한 독립형 USB-C PD 솔루션을 제공합니다. **그림 61**에는 TI PD 컨트롤러의 간략한 블록 다이어그램이 나와 있습니다. 내부 전원 경로 역할을 하는 통합 FET(전계 효과 트랜지스터)를 통해 최종 사용자가 추가 5V 또는 HV 전원 경로를 설계할 필요가 없는 문제를 해결할 수 있습니다. 동시에 통합된 데드 배터리 저순실(LDO)은 배터리 방전 시나리오에서 일부 시스템에 전원을 공급하기 위해 3.3V 레일을 생성합니다. 내부 전원 경로 보호는 RCP, OVP 및 OCP에 대한 강력한 방어를 제공합니다. 또한 TI PD 컨트롤러는 26V 허용 CC 핀을 통합하여 비효율 장치에 연결할 때 강력한 보호 기능을 제공합니다. 고도로 통합된 설계를 갖춘 TI PD 컨트롤러는 펌웨어 개발 또는 외부 마이크로컨트롤러 필요성을 없애줍니다.

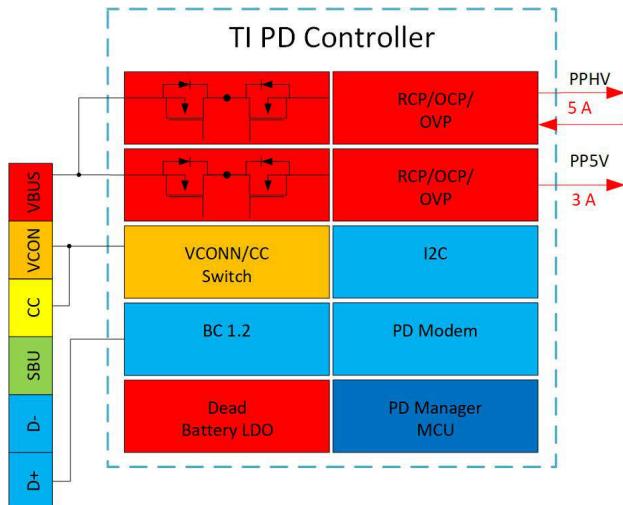


그림 61. TI PD 컨트롤러 설계

반면, 일반적인 PD 컨트롤러 제품은 통합되지 않으며, 시스템을 완성하기 위해 시스템 설계자의 추가 설계 노력 및 재료가 필요한 경우가 많습니다. **그림 62**에서는 일반적인 PD 컨트롤러 설계를 보여줍니다. 통합 기능이 훨씬 적기 때문에 이러한 유형의 솔루션은 시스템 설계자에게 완전한 USB-C PD 솔루션을 구현하는데 필요한 작업 중 많은 작업을 남깁니다. 내부 전원 경로가 없고, 전원 경로 보호 기능이 없으며, 방전된 배터리 LDO가 없으며, BC 1.2 프로토콜 모듈이 없는 경우 최종 사용자의 선택에 따라 설계를 완료해야 합니다. 여러 개의 추가 칩과 FET를 사용하면 일반적인 PD 컨트롤러를 사용하는 것이 비효율적이고, 복잡하며, 값비싼 솔루션이 될 수 있습니다.

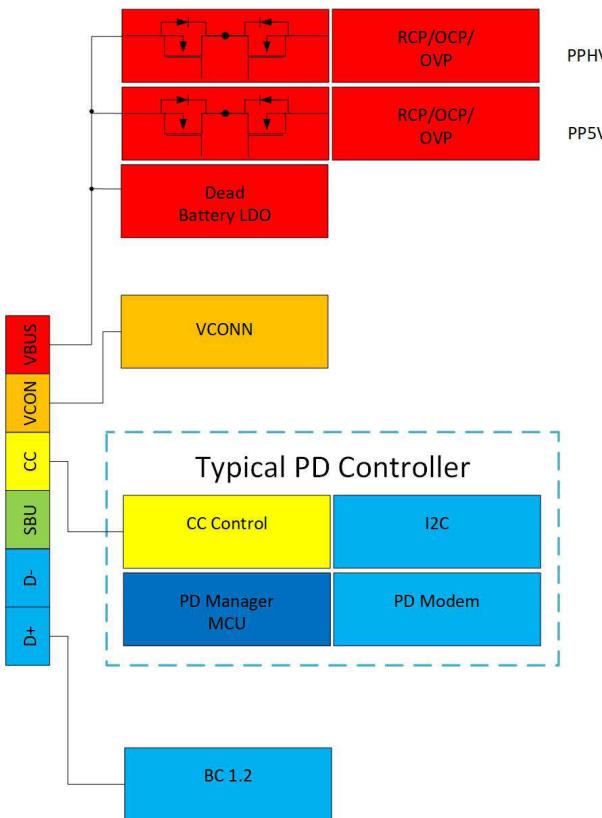


그림 62. 일반적인 PD 컨트롤러 설계

전반적으로 고도로 통합된 설계로 TI는 업계에서 가장 작은 총 솔루션 크기 중 하나를 제공하면서 총 BOM 중 하나를 유지할 수 있습니다. 전원 경로 관리 및 기타 기능을 갖춘 TI는 최종 사용자가 USB-C PD 시스템을 완성하기 위한 추가 부품을 검색하는 번거로움과 비용을 절감하는 완전한 단일 칩 솔루션을 제공합니다.

가는 간단한 구성도구를 제공합니다

과제: 처음 사용하기 전에 PD 컨트롤러를 구성하는 기능은 매우 중요합니다. 예를 들어, 최종 사용자는 PD 컨트롤러의 전력 역할을 소스에서 이종 역할 전원으로만 변경하거나 싱크만으로 손쉽게 변경할 수 있어야 합니다. 하지만 일반적인 PD 컨트롤러를 사용하여 설계할 때는 구성 프로세스가 혼동되고 시간이 많이 소요될 수 있기 때문에 이런 경우가 많지 않은 경우가 많습니다. 대부분의 구성 소프트웨어는 수동 코딩, 복잡한 펌웨어 스크립팅, 또는 I2C 레지스터에 대한 심도 있는 지식이 있어야 충전기 지원을 지원하고, 가파른 학습 곡선을 생성하며, 프로세스를 사용자 친화적이지 않게 만듭니다.

솔루션: TI PD 컨트롤러를 위한 구성 프로세스는 간단하고 최소 코딩이 필요합니다. TPS6598X 시리즈의 경우 최종 사용자는 TI 애플리케이션 사용자 지정 그래픽 사용자 인터페이스(GUI) 도구를 다운로드하여 구성 설정을 쉽게 변경하거나 I2C를 통해 PD 컨트롤러와 상호 작용할 수 있습니다. **그림 63(은)**는 TPS6598X 시리즈 GUI 도구를 사용하여 범용 입력/출력(GPIO) 설정을 구성하기 위한 스크린샷입니다.

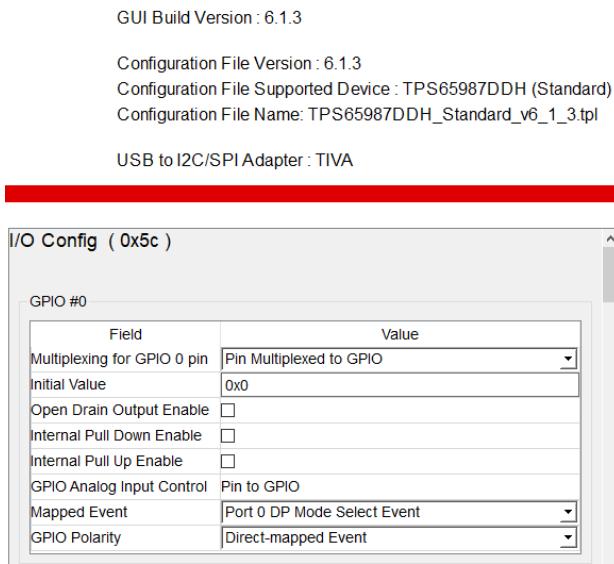


그림 63. TPS6598X 시리즈 GUI 도구

현재 및 미래의 PD 컨트롤러를 위해 TI는 최종 사용자가 PD 컨트롤러를 구성할 수 있는 간편한 웹 기반 Q&A 스타일의 GUI 도구를 제공합니다. 최종 사용자는 몇 가지 질문에 답하기만 하면 펌웨어/구성 이미지를 생성할 수 있습니다. 간편한 구성 프로세스는 [그림 64\(을\)](#)를 참조하세요. 참조하십시오.

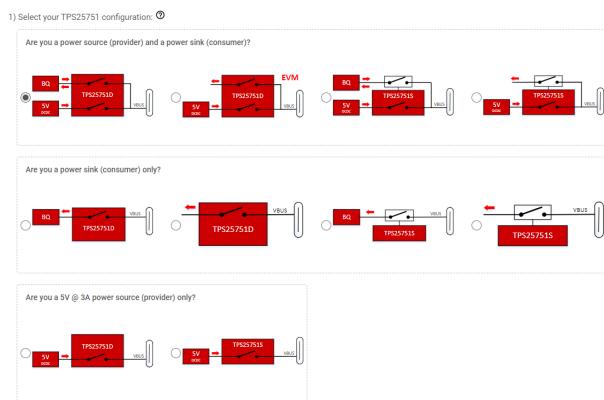


그림 64. 웹 기반 GUI 스크린샷

- 2) What is the maximum power that can be sourced? ⓘ
 15W (5V)
 27W (9V)
 45W (15V)
 60W (20V)
 100W (20V)
- 3) What is the required sink power or power consumed? ⓘ
 15W (5V)
 27W (9V)
 45W (15V)
 60W (20V)
 100W (20V)
- 4) What is the preferred power role? ⓘ
 Power source (provider)
 Power sink (consumer)
- 5) What is the supported USB Highest Speed? ⓘ
 No USB data is being used
 USB 2
 USB 3.2 Gen 1
 USB 3.2 Gen 2
- 6) Do you have a preferred data role? ⓘ
 No
 Host (PC, hub, etc.) to which devices are connected - Downstream Facing Port (DFP)
 Device (USB flash drive, USB monitor, USB mouse, etc.) that connects to another USB Host - Upstream Facing Port (UFP)
 Host & Device - Dual Role Port (DRP)

그림 65. 웹 기반 GUI 스크린샷

TI 제품은 엄격하게 검증되고 USB-IF 인증을 받았습니다

과제: 일부 PD 컨트롤러는 USB 사용자 포럼(USB-IF) 사양을 완전히 준수하지 않는 경우가 많습니다. USB-C 최종 제품과 상호 작동하려고 할 때 USB-IF 인증이 없으면 다른 USB-C 최종 제품과 상호 작동하려고 할 때 문제가 발생할 수 있는데, DisplayPort 대체 모드 오류가 이에 포함될 수 있습니다.

솔루션: TI 제품의 신뢰성을 보장하기 위해 모든 TI PD 컨트롤러는 펌웨어 검증 및 시스템 검증을 비롯한 각 출시 전에 광범위한 검증을 거칩니다. 새로운 펌웨어 릴리스 또는 펌웨어 업데이트를 통해 TI는 그에 따라 새로운 테스트를 추가하여 새로운 기능을 확인하고 전체 회귀 테스트를 수행하여 기존의 모든 기능이 영향을 받지 않음을 인증합니다. 펌웨어 테스트 후 제품은 규정 준수, 상호 연결, 결합, 전력 측정 및 기능 테스트를 포함한 시스템 검증을 거치므로 제품이 동반 장치의 규정 준수 및 기능 표준을 충족하는지 확인할 수 있습니다. 또한 TI는 각 출시 이후에 사용자 입력에 따라 PD 컨트롤러를 계속 업그레이드하고 검증하고 있습니다.

TI는 또한 USB 사양 설정을 담당하는 위원회인 USB-IF와 오랜 파트너십을 맺고 있습니다. TI는 USB-IF와의 협력을 통해 규정 준수를 위해 끊임없이 노력하고 있습니다. TI에는 현재 USB-IF 이사회를 맡고 있는 담당자가 있으며 TI는 USB 커뮤니티의 중요한 회원으로 자리매김하고 있습니다. 모든 TI PD 제품은 USB-IF 사양에 따라 테스트 및 인증을 받습니다. 이를 통해 TI PD 컨트롤러가 USB 전원 공급 사양을 적절하게 구현하도록 하여 TI 솔루션을 구현하는 것만이 아니라 다른 USB-IF 인증 시스템과 원활하게 호환됩니다.

TI PD 컨트롤러를 사용할 때의 기타 이점

TI는 완전한 레퍼런스 디자인을 제공합니다

TI는 최종 사용자가 USB-C PD 기술을 최대한 원활하게 채택할 수 있도록 지원하기 위해 최선을 다하고 있습니다. 따라서 TI는 다양한 사용 사례를 다루는 대부분의 TI PD 컨트롤러에 완전한 레퍼런스 디자인을 제공합니다. 다음 웹 사이트

(<https://www.ti.com/reference-designs/index.html#search?famid=361,658,3391>)를 방문하여 레퍼런스 디자인의 전체 목록을 살펴보고 매개 변수 검색 툴을 사용하여 원하는 제품을 신속하게 찾아보세요.

TI는 풀통한 고객 지원을 제공합니다

TI는 최종 사용자 환경을 더욱 개선하기 위해 동급 최고의 고객 지원을 제공하고 있습니다. www.ti.com/usb-c로 간단히 이동하면 최종 사용자는 USB-C PD 시스템을 개발 및 디버깅하는 데 필요한 모든 관련 교육 비디오, 레퍼런스 디자인 및 EVMS(평가 모듈)를 찾을 수 있습니다. 기존 리소스 외에도 TI의 온라인 E2E 포럼은 개별 최종 사용자를 TI 전문가와 직접 연결해 추가 기술 지원을 받을 수 있도록 지원합니다.

결론

USB-C 전력 시스템으로 전환하는 것은 복잡하고 비용이 많이 들 수 있지만 TI PD 컨트롤러를 선택하면 최종 사용자는 설계 노력, 출시 시간 및 시스템 비용을 최소화합니다. TI는 USB-PD 제품을 업계의 골드 표준으로 만들기 위해 노력하고 있습니다. TI는 가장 통합된 PD 솔루션 중 하나를 제공하고, 사용이 편리한 GUI 구성 툴을 개발하며, 최고 수준의 고객 지원을 제공하여 USB-C PD 제품과 관련된 가장 큰 문제를 파악하고 해결합니다.

중요 알림: 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다.

© 2024 Texas Instruments Incorporated



KOKY061

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated