

절연 USB 2.0 On-the-Go 포트 구현

Manasa Gadiyar
Systems engineer

Anant Kamath
Systems engineer

머리말

USB는 인간-기계 상호 작용, 진단, 펌웨어 다운로드, 주변 장치 연결 및 데이터 로깅을 위한 산업 시스템의 인터페이스로 점점 더 대중화되고 있습니다. 시스템 설계자는 산업화된 세상에 존재하는 소음과 가혹한 과도 현상, 전기 안전을 감안해 USB 포트를 분리하는 것을 선호합니다. 호스트와 주변 장치 연결을 위해 별도의 포트를 두는 대신 호스트(예: 노트북 컴퓨터) 또는 주변 장치(예: USB 드라이브)에 모두 연결할 수 있는 하나의 USB 포트를 사용하면 유연성이 향상되고 비용이 절감됩니다.

USB OTG(On-The-Go)는 바로 이러한 유연성을 제공하면서 동시에 HNP(호스트 협상 프로토콜)를 통해 호스트 및 주변 기기 역할을 서로 교환할 수 있게 해줍니다. 그러나 현재 USB OTG 포트를 절연할 수 있는 솔루션이 없습니다. 이 글에서는 HNP를 사용하여 절연 USB OTG 포트를 구현할 때의 주요 고려 사항과 절연 USB 리피터의 해당 요구 사항, 그리고 TI의 **ISOUSB211** 절연 USB 리피터를 사용해 절연 USB OTG 포트를 구현하는 테스트 결과와 애플리케이션 다이어그램에 대해 설명합니다.

OTG USB 애플리케이션의 기존 구현

절연 USB 플랫폼을 구현하기 위한 기존 접근 방식은 **그림 1**에 나와 있는 것처럼 데이터 링크 설정을 위한 전용 호스트 및 주변 기기 포트를 제공하는 것과 관련한 권장 사항을 갖추고 있습니다. 업스트림 방향(주변 기기) 포트는 1.5kΩ 저항기를 통해 D+ 풀업(전체 또는 고속 주변기기를 나타냄), 또는 D- 풀업(저속 주변기기를 나타냄)을 갖습니다. 다운스트림 방향(호스트) 장치에는 USB2.0 표준에 따라 15kΩ 풀다운 저항기가 있습니다. 다운스트림 방향 포트는 5V VBUS 레일에 전원을 공급하며, 업스트림 방향 포트에서는 전원을 끌어오지 않습니다. 일단 연결이 설정되면 VBUS의 존재가 감지되고 풀업 식별 및 패킷 트랜잭션이 진행됩니다. 따라서, 포트가 호스트 또는 주변 장치 역할을

맡아야 하는 절연 OTG 구현의 경우 아이솔레이터는 반드시 연결에 대해 투명해야 합니다.

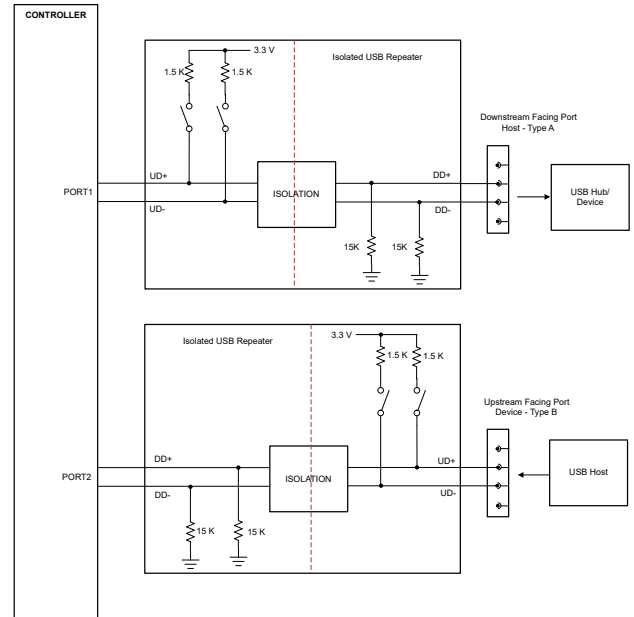


그림 1. 별도의 호스트 및 주변 장치 구현.

OTG(On-the-go) 작동

OTG 포트에는 ID 핀으로 태그된 다섯 번째 핀이 추가로 있습니다. **그림 2**에서 보듯이, 이 ID 핀의 상태는 연결 발생 시 초기 호스트 및 주변 장치 역할을 제어합니다. ID가 접지로 단락된 케이블 끝에 연결된 포트는 초기 호스트(A 장치) 역할을 맡고, ID가 플로팅된 케이블의 다른 쪽 끝에 연결된 장치는 초기 주변 장치 역할(B 장치)을 맡습니다. OTG 모듈에서 ID 풀업은 연결 시 ID 핀의 상태를 확인하는데 도움이 됩니다. B 장치가 호스트 역할을 맡으려 하는 상황에서, OTG는 케이블 연결을 해제하거나 교환하지 않고도 장치가 원활하게 역할을 바꿀 수 있도록 하는 HNP를 정의합니다. HNP가 원활하게 작동하려면 절연 USB 리피터가 모든 측면을 업스트림 또는 다운스트림 방향으로 즉석에서 전환할 수 있어야 합니다. VBUS에서 펄스를 사용하

여 A 장치에서 세션을 시작할 수 있도록 하는 세션 요청 프로토콜은 이 문서에서 다루는 주제가 아닙니다.

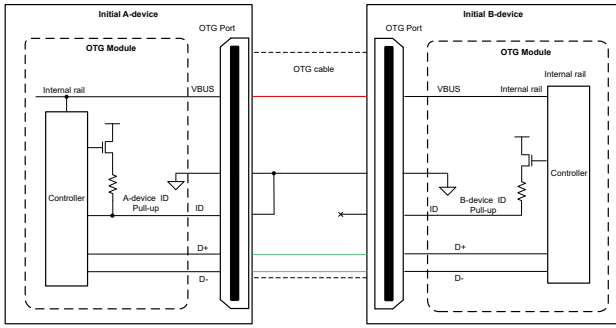


그림 2. ID 핀에 의해 결정되는 초기 호스트 또는 주변 장치 역할.

절연 OTG의 구현

그림 3은(는) 절연 리피터가 모든 측면에서 호스트 또는 주변 장치로 작동할 수 있는 유연성을 가지고 있어야 한다는 것을 보여줍니다. 절연 리피터는 작동 중 전원을 켜면 15kΩ 풀다운을 도입합니다. 외부 1.5kΩ 풀업을 제공하는 측이 연결을 수립합니다. 호스트 역할을 맡는 다른 측은 리피터에 내부 1.5kΩ 풀업을 도입하여 다운스트림 연결을 미러링합니다. micro-A 플러그로 연결된 쪽은 처음에 A 장치 역할을 맡고 micro-B 플러그로 연결된 쪽은 처음에 B 장치 역할을 맡습니다. 처음 역할 할당 후, HNP는 장치들이 역할을 교환하려는 시나리오에서 정의된 전환 세트를 갖습니다. 초기 A 장치는 1.5kΩ 풀업을 연결 해제하고 15kΩ 풀다운을 활성화하여 버스를 일시 중단하고 초기 B 장치는 연결 대기 상태로 전환합니다. 라인이 이제 SE0 상태에 있기 때문에, A 장치는 주변 장치 역할을 맡고 내부 1.5kΩ 풀업 저항기를 활성화하여 연결을 수립합니다. 이제 버스는 초기 B 장치에 의해 주변 장치 연결로 감지되는 J 상태를 반영하며, B 장치는 이제 호스트 상태를 맡습니다. 5V VBUS는 HNP에 의해 결정된 역할에 관계없이 A 장치에 의해 소싱됩니다.

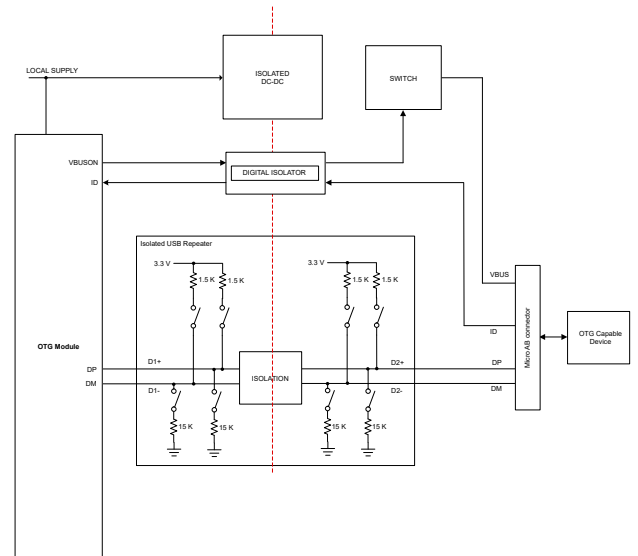


그림 3. 자체 전원 공급 절연 이동 모듈의 블록 다이어그램.

ISOUSB211 EVM을 이용한 OTG 시연

그림 4은(는) 온보드 구성 요소를 이용하는 절연된 USB-OTG 구현을 보여줍니다. 이 회로에는 절연 USB-OTG 작업을 구현하기 위해 **ISOUSB211** 절연 고속 USB 리피터, **SN6505** 5W 푸시풀 변압기 드라이버, **ISO6721** 듀얼 채널 디지털 절연기가 포함되어 있습니다. 이전 섹션에서 강조했듯이, 절연 USB 솔루션은 USB-OTG 애플리케이션을 위해 모든 측면이 업스트림 또는 다운스트림을 향할 수 있도록 허용해야 합니다. 이러한 유연성은 자동 역할 감지 기능이 있는 ISOUSB211에 의해 허용되는 것이기 때문에 어느 측면이 1.5kΩ 풀업을 먼저 감지하는가에 따라 모든 측면이 바로 업스트림 또는 다운스트림 역할을 맡을 수 있습니다. ISO6721은 절연 장벽을 넘어 커넥터에서 OTG 모듈로 ID 정보를 전송합니다. VBUS2를 사용할 수 있는지 여부를 나타내는 ISOUSB211의 V20K 신호는 OTG 모듈의 USB_DET 핀으로 공급됩니다. USB2.0 표준은 VBUS가 있는 경우가 아니면, 장치가 DP/DM 라인에 풀업을 도입해서는 안 된다고 규정하고 있습니다. OTG 모듈은 USB_DET 상태에 따라 내부 풀업을 제어합니다. 전력 공급을 제어하기 위해 2차측의 LDO(저드롭아웃 레귤레이터) 출력과 커넥터의 VBUS 사이의 전원 경로에 있는 스위치는 모듈에 연결된 장치 유형을 기반으로 합니다. OTG 모듈은 오프칩 소스가 연결된 장치의 전원을 켜야 하는 경우 VBUSON 신호를 구동합니다. 이는 커넥터의 VBUS에 대한 2차측 LDO 출력 간의 스위치를 제어합니다.

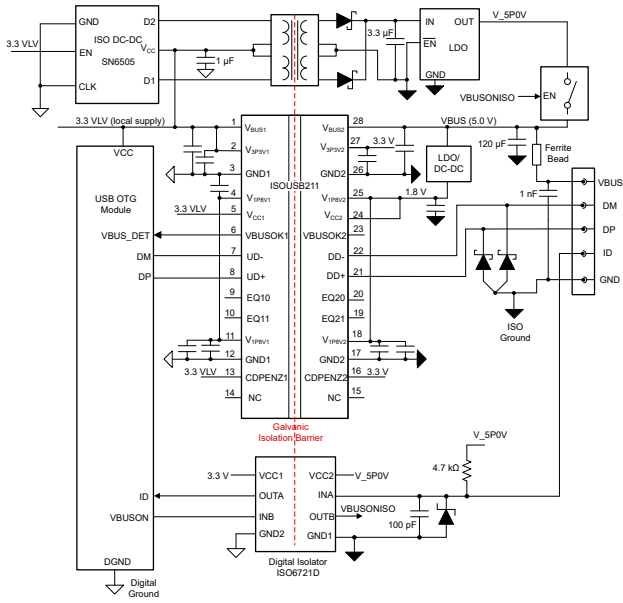


그림 4. ISOUSB211 및 ISO6721D를 통한 절연 USB OTG 포트 구현.

시나리오 A: USB 드라이브에 연결된 절연 OTG 모듈(버스 전원 공급)

절연 OTG 모듈(A 장치)에 연결된 ID 핀이 접지로 단락되었습니다. 이 정보는 ISO6721의 역방향 채널을 통해 절연 장벽을 지나 전송됩니다. 그런 다음 OTG 모듈은 VBUSON에 신호를 보내 high로 전환하고, 이는 다시 스위치가 켜지도록 제어하여 플래시 드라이브(B 장치)에 전원을 공급합니다. 이 단계까지 V2OK는 계속 낮게 유지되고, OTG 모듈은 D+/D- 폴업 제어를 시작하지 않습니다. 장치 측의 전원이 켜지면 V2OK가 높아지면서 OTG 모듈이 USB2.0 표준에 따라 폴업을 제어할 수 있게 됩니다.

시나리오 B: 노트북 컴퓨터(호스트)에 연결된 절연 OTG 모듈

절연 OTG 모듈(B 장치)에 연결된 ID 핀은 플로팅되며, ISO6721의 역방향 채널을 통해 high로 전송됩니다. OTG 모듈은 VBUSAN의 상태를 low로 유지하며, 연결된 호스트가 자체 전원을 공급하므로 스위치를 꺼진 상태로 유지합니다. V2OK는 호스트가 자체 전원을 공급하고 USB2.0 표준에 따라 폴업이 시작된다는 점을 감안해 연결이 성립되는 즉시 high로 전환합니다.

데모

이어지는 세그먼트에서는 ISOUSB211EVM 평가 모듈을 사용한 OTG의 구현을 보여줍니다.

어느 방향으로든 A형 장치에서 B형 장치로 전력이 공급되는 것을 시연하기 위해 SN6505EVM을 추가 도입했습니다.

휴대전화를 노트북에 연결

그림 5에서, OTG 지원 휴대전화(micro-B 암 커넥터, 이중 역할 포트)는 SOUSB211EVM을 통해 Type-A 수 커넥터-micro-B 수 커넥터를 통해 (Type A 암 포트)로 노트북 컴퓨터에 연결되어 있습니다. 이 실험의 목적은 휴대전화에서 노트북 컴퓨터로 파일을 복사하는 것입니다.

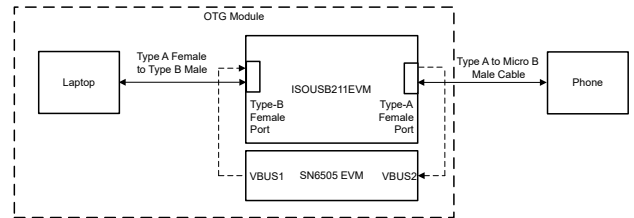


그림 5. 호스트에 연결된 ISOUSB211+Pendrive(OTG 모듈).

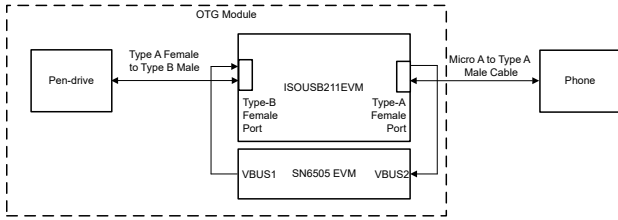
처음 연결할 때는 휴대전화에 연결된 케이블 끝 부분에 있는 ID가 high-Z(B형 장치)로 설정되어 있습니다. 일단 휴대 전화가 high-Z로 설정된 ID 핀을 인식하고 나면 B형 역할을 맡습니다. 전원 전송은 노트북에서 휴대전화로 ISOUSB211EVM의 SN6505 경로를 통해 이루어집니다. 휴대전화는 DP 라인(B형 역할임을 표시)에 대해 폴업을 실시하고, ISOUSB211은 1 측에서 내부 1.5kΩ 폴업을 도입합니다. 이후에는 USB2.0 표준에 따라 A형과 B형 장치 간의 통신이 이루어집니다.

주변 장치가 통신할 수 있고 데이터 전송이 성공적으로 이루어졌습니다.

휴대전화를 USB 드라이브에 연결

그림 6에서, OTG 지원 전화기(암 마이크로-B 커넥터, 이중 역할 포트 사용)는 A형 암-마이크로-A 수 커넥터를 통해 플래시 드라이브(A형 포트 사용)에 연결합니다(A형 수 커넥터-A형 수 커넥터를 사용해 EVM에 연결). 이 실험의 목적은 플래시 드라이브에서 휴대전화로 파일을 복사하는 것입니다.

그림 6. 호스트에 연결된 ISOUSB211+Pendrive(OTG 모듈).



연결하는 동안 휴대전화에 연결된 케이블 끝의 ID 핀이 접지로 단락되었습니다(A형 장치). 휴대전화는 낮음으로 설정된 ID 핀을 인식하고, A형 역할을 맡습니다. SN6505에서 설정된 역방향 전원 경로가 활성화되고 플래시 드라이브에 전원을 공급합니다. 플래시 드라이브는 DP 라인(B형 역할임을 표시)에 대해 풀업을 실시하고, ISOUSB211은 2측에서 내부 1.5kΩ 풀업을 도입합니다. 이후에는 USB2.0 표준에 따라 A형과 B형 장치 간의 통신이 이루어집니다.

주변 장치가 통신할 수 있고 데이터 전송이 성공적으로 이루어졌습니다.

요약

유연한 호스트와 주변 기기 측이 있는 아이솔레이터를 사용하여 절연 USB OTG 애플리케이션을 쉽게 설정할 수 있습니다. 이 아이솔레이터는 DP/DM 라인에서 외부적으로 어느 측면에서 1.5kΩ 풀업이 처음 관찰되는가에 따라 작동 중에 구성됩니다. 이러한 구성은 더 작은 설치 공간, 더 적은 수의 커넥터 및 하드웨어 변경 없이 완전히 전환 가능한 역할을 보장할 수 있습니다.

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 소유권자의 자산입니다.

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](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

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

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