

최신 ADAS 아키텍처의 통신 프로토콜



Chanakya Mehta

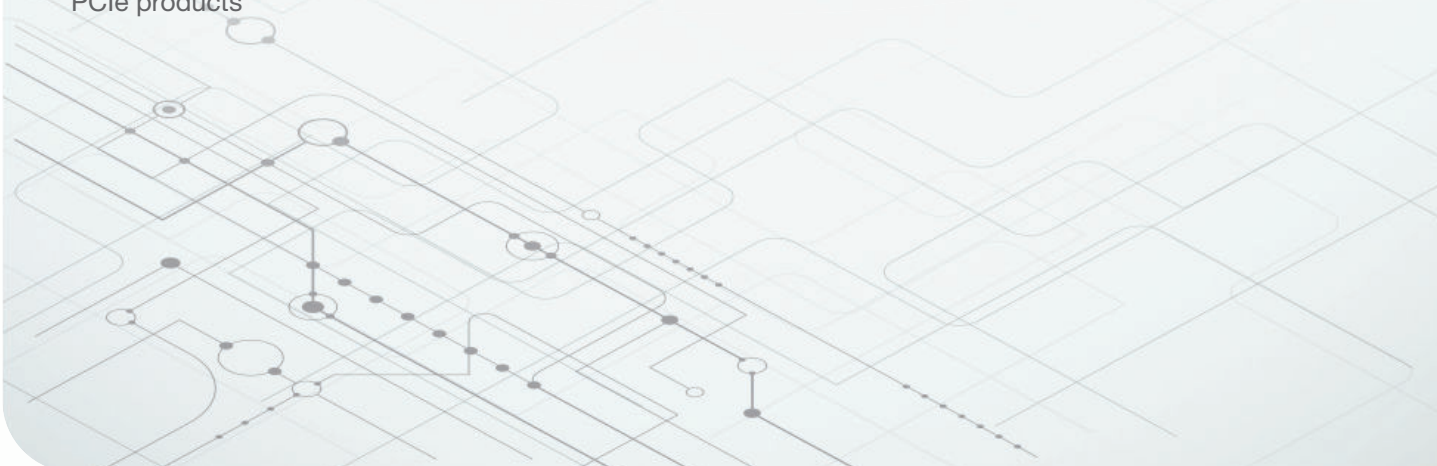
Systems and applications manager
FPD-Link™ SerDes

Shannon Lippincott

Product marketing engineer
Transceivers

Connie Lu

Product marketing engineer
PCIe products



현대의 차량은 데이터를 더 빠르게, 더 멀리 이동하여 차량 안전 및 자율성을 가속화하는 고속 오토모티브 통신 기술에 의존합니다.

한눈에 보기

이 백서에서는 4가지 오토모티브 통신 프로토콜을 살펴보고 이러한 프로토콜을 함께 사용하여 차량 안전성 및 자율성을 개선하는 방법을 살펴봅니다.

- 1 이더넷**
이더넷을 사용하면 전체 차량을 통해 고속 데이터 전송이 가능
- 2 FPD-Link 기술**
평면 패널 디스플레이(FPD)-Link는 압축되지 않은 실시간 데이터를 통해 카메라 입력의 데이터를 간소화합니다.
- 3 CAN 버스**
CAN(컨트롤러 영역 네트워크)은 다양한 ECU(전자 제어 장치)의 데이터에 우선 순위를 부여합니다.
- 4 PCIe 기술**
PCIe(주변 기기 구성 요소 상호 연결 익스프레스)는 고대역폭, 초저지연 성능 요구 사항을 충족합니다.

머리말

차량의 전기 부품은 1915년 Ford Motor Co.가 모델 T 차량에 전기 조명과 전기 경적을 도입하면서 처음 도입되었습니다. 그 이후 자동차의 전기 및 전자 시스템에 대한 의존도는 꾸준히 증가하고 있습니다. 초기 시스템은 배터리에 직접 연결된 헤드라이트를 제어하는 스위치 또는 단순한 스피커를 제어하는 릴레이와 같이 국지적이고 독립적인 경향이 있었습니다.

아키텍처가 진화함에 따라 자동차 내의 다양한 하위 시스템이 통신하는 메커니즘도 함께 진화하고 있습니다. 예를 들어, 차량이 차량 외부에서 감소된 주변 조광이 감지되면

헤드램프를 자동으로 활성화할 수 있지만, 그게 전부는 아닙니다. 모든 디스플레이의 밝기 레벨을 조정하고, 모든 카메라의 화이트 밸런스를 조정하고, 전방 차량과의 거리를 늘리고, 브레이크 모듈을 더 강조하여 더 안전한 운전 경험을 제공할 수 있습니다.

자율 주행 차량에 대한 도전이 계속되면서, 안전하고, 보안이 유지되며, 가능한 실시간으로 통신하는 데 더 큰 도움이 되고 있습니다. 이 문제는 전송되고 수신된 데이터 양이 더 이상 초당 수백 킬로비트가 아니라 초당 수십 기가비트라는 사실로 인해 더욱 악화됩니다.

이 백서에서는 네 가지 오토모티브 통신 프로토콜을 다룹니다. 이더넷, FPD-Link™ 기술(독점 오토모티브 시리얼라이저/디시리얼라이저(SerDes) 프로토콜), CAN 버스와 PCIe 버스는 각 기술의 핵심 미묘한 차이를 강조하고 이러한 기술이 **그림 1**에 표시된 것처럼 최신 ADAS(자동차 운전자 보조 시스템) 아키텍처를 지원하는 예제와 기능을 제공합니다.



그림 1. 차량 내에 강조된 통신 프로토콜 기술.

이더넷

이더넷은 가정과 사무실에서 볼 수 있는 가장 일반적인 고속 인터페이스 중 하나로, 차량에서 가장 널리 사용되는 통신 프로토콜이 되고 있습니다. 일부 차량은 이더넷을 사용하여 다양한 고속 데이터를 전송하며, 레이더 및 lidar 모듈과 같은 오토모티브 애플리케이션은 단일 페어 이더넷 기술을 사용합니다. 단일 페어 이더넷은 이더넷 표준을 사용하지만 데이터는 단일 연선 와이어를 통해 전송되므로 차량 내에서 케이블 무게와 비용이 절감됩니다.

이더넷은 네트워크 전송 정보의 다양한 부분에 있는 노드 간의 패킷이 패킷화된 시스템입니다. 또한 CAN 버스와 마찬가지로 이더넷은 양방향이며 시스템의 노드 수가 증가함에 따라 개별 링크에서 가능한 속도가 감소합니다. 단일 페어 이더넷의 경우 개별 링크의 속도는 특정 속도(10Mbps, 100Mbps, 1Gbps)로 제한되며 링크에 동적 속도가 변경되지 않을 수 있습니다. 여전히 단일 페어 이더넷은 링크를 통해 CAN 버스보다 최대 1,000배 빠른 속도로 데이터를 전송할 수 있습니다. 단일 페어 이더넷으로 변경하면 CAN 버스를 통해 데이터 전송 속도가 최적화되지만 노드당 이더넷의 비용이 높기 때문에 CAN 버스를 대체하지 않고 오히려 확장할 것입니다.

현재 일부 차량은 백업 카메라 및 레이더와 같은 데이터 집약적 요구 사항에 단일 페어 이더넷을 사용합니다. 예를 들어 텍사스 인스트루먼트(TI)의 **DP83TC812S-Q1** 및 **DP83TG720S-Q1**은 Automotive Electronics Council-Q100 등급 1 및 2로 스크리닝된 단일 페어 이더넷 물리적 계층(PHY)이며, IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.3bw 및 802.3bp 차량용 표준을 준수하는 시스템 진단을 용이하게 하기 위한 루프백 테스트 모드를 포함합니다. 이더넷 네트워크를 통해 비디오를 전송할 때는 비디오 채널이 하나뿐이더라도 비디오를 소스에서 압축한 다음 대상에서 압축을 풀어 비디오 데이터의 비압축 전송을 허용하는 FPD-Link™ 기술과 달리 이더넷 대역폭 제한을 초과하지 않도록 해야 합니다. 백업 카메라와 같은 애플리케이션의 경우 이미지를 이더넷 네트워크로 압축할 수 있을 정도로 이미지를 압축하려면 카메라에 비교적 고전력 프로세서가 있어야 합니다.

고전력 프로세서가 필요하게 되면 카메라가 물리적으로 더 크고 더 비싸게 됩니다. 카메라는 이미지 처리가 많이 필요하지 않은 접근 방식보다 전력 손실이 높습니다. 이 술

루션의 또 다른 단점은 비디오 압축 및 압축 해제가 링크에 지연 시간을 더한다는 것입니다. 여러 카메라 또는 기타 비디오 소스가 동일한 이더넷 네트워크를 공유하는 경우 압축 크기(및 해당 비디오 품질)와 지원되는 비디오 채널 수 간에 절충이 발생합니다. 계층적 구성으로 차량 내에 여러 네트워크를 설정하여 이러한 제한을 완화할 수 있습니다. 엔진 제어 및 진단만을 처리하는 네트워크, 뒷좌석 엔터테인먼트 및 오디오 시스템을 처리하는 두 번째 네트워크, 그리고 비전 향상 카메라와 같은 운전자 지원 기능을 처리하는 다른 네트워크가 있을 수 있습니다. 결국, 단일 페어 이더넷은 CAN 버스보다 더 많은 용량을 제공하여 레이더와 lidar와 같은 데이터를 전송하는 데 어려움이 크지만, 비디오와 같은 최고 대역폭 애플리케이션을 처리하는 데 어려움을 겪습니다.

FPD-Link 기술

FPD-Link는 높은 대역폭 데이터의 비압축 실시간 전송을 위해 개발된 독점 오토모티브 시리얼라이저/디시리얼라이저 기술입니다. 특히 FPD-Link는 차량 내에서 비디오 데이터를 전송하기 위해 개발되었으며, 운전자 지원 애플리케이션에서 데이터 분석 및 처리가 개선되었습니다. 예를 들어, 압축되지 않은 비디오를 디스플레이로 전송하는 데 사용할 수 있으며, 백 채널은 외부 카메라의 정보를 프로세서로 전송합니다. 이 채널은 이미지 처리 및 알고리즘을 사용하여 자동 제동 등의 명령 신호를 차량이나 운전자에게 다시 전송합니다. FPD-Link의 물리적 계층은 연선 또는 동축 케이블입니다. 배선은 전용이므로 백업 카메라에 FPD-Link를 사용할 경우 하나의 케이블이 카메라에서 프로세서로, 두 번째 케이블은 프로세서에서 차내 디스플레이로 전송됩니다. 이 애플리케이션에서 FPD-Link를 사용할 경우의 가장 큰 장점은 압축 및 압축 해제가 필요하지 않으므로 카메라와 디스플레이 모두 훨씬 간단한 회로가 될 수 있다는 것입니다.

또한 링크가 전용 링크이기 때문에 한 비디오 시스템의 이미지 품질은 차량의 다른 이미지와 무관합니다. FPD-Link는 25Gbps+의 순방향 채널 대역폭과 동시 저속 백 채널을 지원합니다. 백 채널은 400kbps에서 I2C 버스를 전송하는 데 사용하거나 최대 1Mbps 속도로 GPIO 라인을 제어할 수 있습니다. 백 채널을 사용하여 카메라를 구성하거나, 줌 렌즈를 작동하거나, 전방 채널의 비디오 흐름을 방해하지 않고 터치 스크린 정보를 컨트롤러로 다시 전송할 수 있습니다.

니다. 자율 주행 차량의 경우, 링크의 지연 시간이 또 다른 중요한 요소가 될 것입니다. 이미지를 압축 및 압축 해제하는 데 필요한 처리 작업은 이 대기 시간을 증가시킵니다. 뒷좌석 엔터테인먼트와 같은 애플리케이션의 경우 DVD에서 데이터를 읽는 것과 화면 디스플레이 사이의 지연은 중요하지 않습니다. 하지만, 이미지가 카메라에서 전송되면 차량 경로에서 보행자를 찾는 경우 지연 시간이 심각한 결과를 초래할 수 있습니다. FPD-Link는 높은 대역폭과 낮은 지연 시간이 가장 중요한 요소인 링크에 적합합니다. 또한 단일 연선 또는 동축 연결을 통해 백 채널 및 전원을 지원할 수 있으므로 배선이 단순해지고 전체 시스템 설계의 복잡성을 줄이는 데 도움이 됩니다.

그림 2은 두 개의 서로 다른 카메라에 연결된 OMAP™ 비디오 프로세서와 하나의 꼬임쌍선 케이블로 각 주변장치

로 연결되는 디스플레이를 보여줍니다. 이 꼬임 쌍선 케이블은 카메라 비디오 데이터와 터치스크린 또는 카메라 설정 데이터를 지원합니다. 이 케이블은 디스플레이 또는 카메라에 전원을 공급할 수도 있습니다. 각 링크는 주변 장치 하나에만 있으므로 두 카메라의 신호 간 간섭 위험을 제거하고 처리 및 분석을 위한 데이터 무결성을 향상시켜 ADAS 기능을 더 안정적이고 정확하게 만듭니다. 여러 카메라에서 데이터를 전송하는 기능은 차량 주변 360도 뷰를 통해 운전자에게 더 안전한 주행 환경을 위한 중요한 정보를 제공할 수 있는 자동 주차와 같은 서라운드 뷰 애플리케이션에 특히 유용합니다. [FPD-Link란?](#)을 시청하여 FPD-Link의 기초에 대해 자세히 알아보십시오.

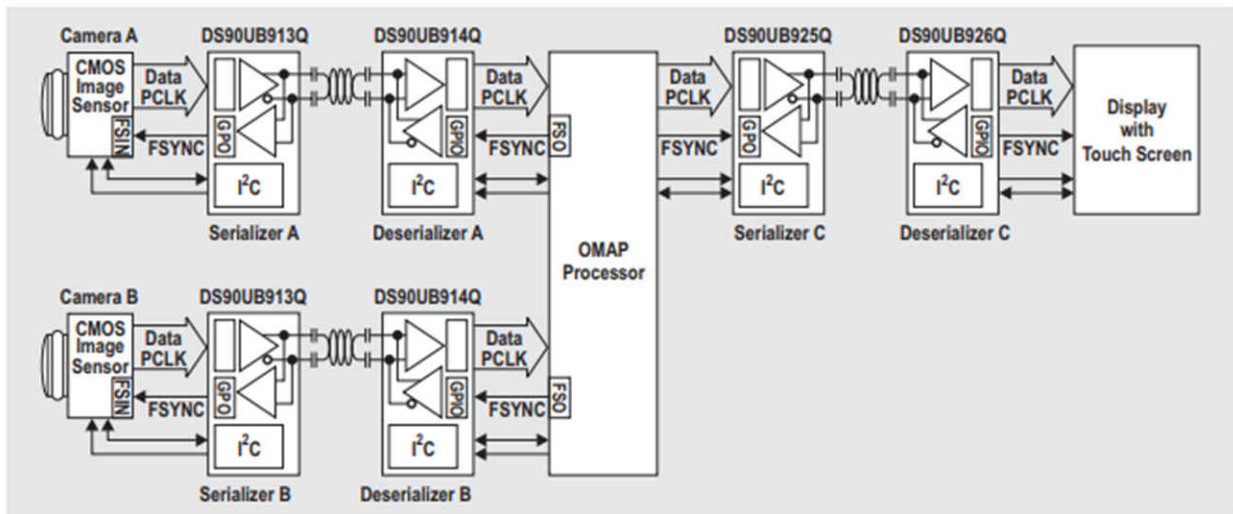


그림 2. FPD-Link를 지원하는 멀티 카메라 시스템.

CAN 버스

CAN 통신은 1980년대 Robert Bosch GmbH에 의해 개발된 이후 크게 진화해 왔습니다. 멀티그룹 네트워크 프로토콜은 차량에 필요한 케이블 배선을 크게 줄이는 동시에 버스에서 가장 높은 우선 순위의 노드에 버스 액세스를 부여하는 중재 통신 시스템을 활성화했습니다. CAN 프로토콜과 물리 계층은 원래 1990년대 초에 최대 1Mbps의 데이터 전송 속도로 표준화되었습니다. 오늘날 CAN 통신은 최대 10Mbps의 속도로 발전하여 1990년대 기존 CAN과 10Base-T와 같은 저속 자동차 이더넷의 격차를 좁혀왔습니다.

CAN은 멀티 커맨더 직렬 버스입니다. 즉, 개별 노드가 CAN 버스에 읽고 쓸 수 있는 시기를 단일 커맨더 노드가 제어할 수 없습니다. 각 메시지 프레임에는 CAN 메시지의 우선 순위를 설정하는 식별자가 포함되어 있습니다. 여러 노드가 동시에 CAN 버스로 전송을 시도할 경우 우선 순위가 가장 높은 노드(또는 가장 낮은 중재 ID)가 버스를 제어합니다. CAN 통신은 혹독한 환경에서 안정적이며, ECU가 한 쌍의 선하고만 통신할 수 있게 합니다.

CAN이 1980년대에 처음 개발되었을 때는 차량의 ECU 수가 상대적으로 적었습니다. 오늘날의 조수석 차량에는 꼭 필요한 파워 스티어링부터 시트 마사지, 스티어링 휠 히터와 같은 고급 기능까지 다양한 기능을 제어하는 100개 이상의 ECU가 포함되어 있습니다. ECU가 늘어나고 차량 내 고급 안전 기능이 필요해짐에 따라 CAN 통신도 진화해 왔습니다.

표 1에서 CAN FD 조명, CAN SIC(신호 개선 기능) 및 XL(CAN Extra Long)과 같은 새로운 표준을 비롯한 CAN 통신 네트워크에 대한 자세한 정보를 나열합니다. **CAN(컨트롤러 영역 네트워크) 소개**를 읽고 CAN에 대해 자세히 알아보십시오.

프로토콜	비트 레이트	표준	설명
CAN XL	10Mbps +	CiA 610-1	CAN XL은 최대 페이로드를 2KB로 늘려 훨씬 더 높은 비트 전송률을 가능하게 함으로써 CAN과 저속 이더넷 간의 격차를 해소
CAN FD SIC	< 8Mbps	CiA 601-4	신호 개선 기능은 우성-열성 에지에서 링잉을 줄여 더 복잡한 토폴로지를 구현
CAN FD 조명	≤ 5Mbps	CiA 604-1	CAN FD 물리 계층의 견고함을 갖춘 이중 와이어 커맨더-리스폰더 아키텍처
CAN FD	< 5Mbps	ISO 11898	유연한 데이터 속도로 최대 페이로드가 64바이트에서 증가하여 더 높은 비트 전송률 지원
CAN	≤ 1Mbps	ISO 11898	최대 페이로드가 8바이트인 듀얼 와이어 멀티 커맨더 직렬 버스
로컬 상호 연결 네트워크(LIN)	1 – 20kbps	ISO 17987	단일 와이어 커맨더-리스폰더 아키텍처

표 1. CAN의 발전.

PCIe 기술

PCIe는 고대역폭, 매우 낮은 지연 시간 성능 요구 사항을 충족하는 양방향 고속 직렬 버스를 위한 통신 표준입니다. 산업용 애플리케이션에서 더 일반적으로 사용되는 PCIe는 제조업체에서 실시간 프로세싱을 필요로 하는 센서 데이터 및 사용자 정보의 기하급수적인 증가를 처리하는 고대역폭 및 저지연 시스템을 지원하기 위해 데이터 백본 아키텍처를 재고하기 시작하면서 오토모티브 용도에 사용되고 있습니다.

이러한 과제를 해결하기 위해 중앙 컴퓨팅 노드는 ADAS, 인포테인먼트, 파워트레인 등 다양한 유형의 도메인을 지원합니다. 이 중앙 집중식 컴퓨팅 상자에는 일반적으로 자동차의 다양한 기능을 지원하는 많은 모듈이 포함되어 있어 자동차 제조업체는 전체 도메인 컨트롤러를 다시 설계하지 않고도 자동차의 기능을 확대/축소하고 사용자 지정할 수 있는 유연성을 제공합니다. PCIe는 하나의 루트 복합 또는 CPU(중앙 처리 장치)를 여러 엔드포인트 또는 리시버에 지원하므로, PCIe를 사용한 중앙 집중식 모듈식 설계를 통해 차량에 필요한 전체 ECU 및 케이블을 크게 줄일 수 있습니다.

자동차 산업이 데이터 백본 전체에 걸쳐 코프로세싱과 이종화를 필요로 하기 시작할 때, 많은 CPU가 기본 PCIe 인터페이스를 내장하고 있고 백플레인 전체에 걸쳐 추가 인

터페이스 변환을 할 필요가 없기 때문에 PCIe가 점점 더 매력적이 되었습니다. PCIe는 개방형 소프트웨어 리소스를 갖춘 거대한 생태계를 보유하고 있으며 매우 확장 가능한 대역폭으로 세대마다 대역폭을 지속적으로 두 배로 늘렸습니다. 따라서 PCIe 프로토콜이 자동차 데이터 처리의 기하급수적인 성장에 필요한 대역폭을 유지할 수 있습니다.

고속 데이터 신호 경로를 설계할 때 신호 저하가 큰 문제가 될 수 있습니다. 인쇄 회로 보드 재료, 바이어스, 커넥터 또는 케이블 전반의 삽입 손실과 잡음을 복구하고 보상하기 위해 리드라이버나 리타이머와 같은 신호 컨디셔너가 필요할 수 있습니다. 리드라이버와 리타이머는 모두 PCIe 에코시스템에서 안정적이고 오랜 역사를 가지고 있어 PCIe 프로토콜을 통해 데이터를 전송하기 위한 전체 신호 무결성을 개선합니다. 표 2에는 리드라이버와 리타이머의 차이점을 나열합니다. PCIe 신호 무결성 문제 해결 비디오를 시청하여 PCIe 신호 경로를 구성하는 요소에 대해 자세히 알아보십시오.

PCIe 선형 리드라이버	PCIe 리타이머
낮은 전력 소비(히트 싱크가 필요 없음)	높은 전력 소비(대부분의 경우 히트 싱크가 필요함)
매우 낮은 지연 시간(100PS)	중간 지연 시간(PCIe 4.0 사양 요구 사항 기반 ≤ 64ns)
링크 교육에 참여하지 않지만 루트 복합(CPU)과 엔드포인트(EP)(프로토콜 무관) 간의 협상에 영향을 주지 않습니다.	루트 복합(CPU) 및 엔드포인트(EP)(프로토콜 인식)를 통한 링크 교육에 전적으로 참여합니다.
100MHz 레퍼런스 클록은 필요하지 않음	100MHz 레퍼런스 클록이 필요함
삽입 손실에 도움	삽입 손실, 지터, 크로스토크, 반사 및 레인-레인 스큐에 도움
CTLE는 일반적으로 사용되는 이퀄라이제이션 회로	CTLE, DFE 및 트랜스미터 FIR은 일반적으로 사용되는 이퀄라이제이션 회로
총 솔루션 비용은 약 1배	총 솔루션 비용은 약 1.3~1.5배

표 2. PCIe 리드라이버와 리타이머 비교.

결론

오토모티브 통신에 가장 적합한 인터페이스는 무엇입니까? 모두 고유한 목적에 따라 다릅니다. 레이더, LIDAR 데이터 전송과 같은 대역폭 요구 사항이 증가하면 이더넷은 필요한 대역폭 요구 사항을 지원합니다. 자율 주행 차량에 입력을 제공하는 서라운드 뷰 카메라 시스템과 같이 가장 높은 대역폭과 가장 낮은 지연 시간 링크가 필요한 경우 FPD-Link는 과제를 충족할 준비가 되어 있습니다. CAN 버스는 데이터 우선 순위 지정, 에어백 전개 등과 같이 비용이 주요 요소인 저속 제어 애플리케이션에 대한 ADAS 지원을 지속적으로 제공합니다. PCIe는 실시간 처리가 필요한 센서 데이터 및 사용자 정보 이동의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 이러한 4가지 중요 오토모티브 통신 프로토콜은 실시간으로 운전자 안전을 지원하고 지속적으로 증가하는 ADAS 아키텍처 요구 사항을 충족하는 통합 커넥티드 차량을 구축합니다. TI의 고급 통신 기술이 **센서 퓨전**에서 안전에 중요한 운전자 지원 애플리케이션의 안정성을 어떻게 향상시키는지 자세히 알아보십시오.

참고 문헌

1. FPD-Link란 무엇입니까?
2. 텍사스 인스트루먼트: **CAN(컨트롤러 영역 네트워크) 소개**
3. PCIe 신호 무결성 문제 해결

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.

FPD-Link™ and OMAP™ are trademarks of Texas Instruments.
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