

Industry 4.0 서보 드라이브에 Sitara™ 프로세서 및 마이크로컨트 롤러 활용



Eddie Esparza

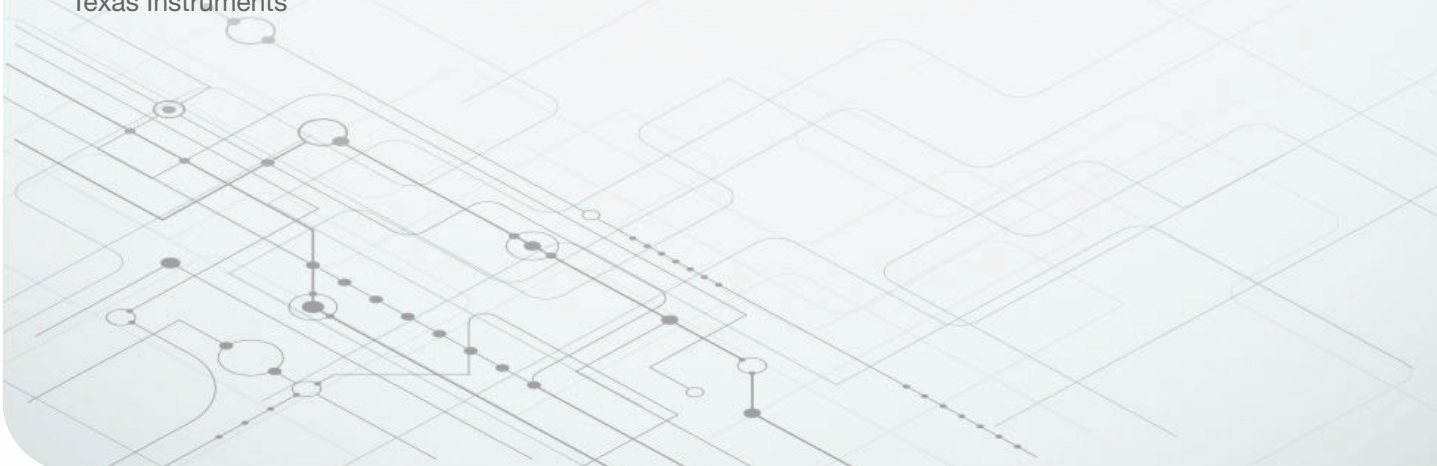
Product Marketing - Sitara™ Processors
Texas Instruments

Jason Reeder

Systems Engineer - Motor Drives
Texas Instruments

Martin Staebler

Systems Engineer - Motor Drives
Texas Instruments



제조 및 자동화 산업은 수년 동안 서보 모터 제어를 사용해 왔지만, Industry 4.0과 스마트 팩토리의 등장으로 자동화 시스템의 채택이 가속화되었고, 이는 다시 더 많은 기능과 더 많은 축을 제어할 수 있는 능력을 갖춘 더 스마트한 서보 드라이브에 대한 수요 증가로 이어졌습니다.

한눈에 보기

이 문서에서는 Sitara 마이크로컨트롤러(MCU)와 프로세서(MPU)가 서보 드라이브 시장 동향과 Industry 4.0 및 스마트 팩토리 시스템의 새로운 요구사항을 어떻게 해결하는지 살펴봅니다.



성능

원시 성능이 높은 MPU와 MCU는 제어 처리를 더 빨리 완료할 수 있으며, 증가하는 자동화 및 인텔리전스 수요를 충족시키기 위해 더 많은 서비스와 기능을 제공할 수 있는 더 많은 컴퓨팅 대역폭을 갖출 수 있습니다.

1



산업용 통신

다중 프로토콜 산업용 이더넷의 빠른 채택은 산업용 서보 드라이브 부문에서 가장 주목할 만한 것 중 하나입니다. Sitara 장치는 시스템 간의 실시간 및 낮은 지연 시간 통신을 지원하여 성능, 안전 및 신뢰성을 향상시킵니다.

2



기능 안전성

자율적인 의사 결정 및 작동 추세와 인간-기계 상호작용의 증가로 인해 더 많은 공장 애플리케이션에서 기능 안전의 필요성이 증가했습니다.

3

역사적으로 하이엔드 마이크로컨트롤러와 대형 FPGA(Field Programmable Gate Array)는 로우 레벨 제어 알고리즘을 수행했으며 드라이브 출력 및 모터 피드백에 연결할 수 있는 주변 장치를 제공했습니다. 그러나 장비가 스마트해지고 성능이 향상됨에 따라 서보 드라이브가 지원해야 하는 요구 사항이 빠르게 변화하고 있습니다. 실시

간 산업 통신, 기능 안전, 예측형 유지 보수 및 클라우드 연결과 같은 기능이 서보 제어 보드에 도입되어 에지에서 더 많은 서비스를 제공하고 있습니다. 이와 같은 높은 통합 수준과 고성능의 필요성으로 인해 설계자는 Industry 4.0 애플리케이션의 처리 요구를 처리하기 위해 Sitara™ 프로세서(MPU)와 텍사스 인스트루먼트의 MCU(마이크로컨트롤러)와 같은 이기종 제품을 찾고 있습니다.

성능

서보 모터 구동 애플리케이션에서 모터 제어는 일반적으로 전류/토크 루프, 속도 루프, 위치 루프 및 상위 수준의 모션 제어 루프와 같은 여러 제어 루프 계층으로 구분됩니다. 이러한 루프는 일반적으로 "실시간" 처리 요구 사항에 따라 각각 계단식으로 배열됩니다. 전류 또는 토크 루프는 가장 엄격한 제어 루프입니다. 각 업스트림 루프는 사전에 여러 루프에서 실행되며 다운스트림 루프에 입력 참조를 제공합니다. **그림 1**은(는) 일반적인 계단식 제어 토폴로지를 보여줍니다.

그림 1의 블록은 이기종 프로세서 내의 코어 또는 프로세서와 마이크로컨트롤러 간의 논리적 분할에 적합합니다. 멀티코어 MPU 또는 MCU의 여러 코어 사이에 다양한 루프를 분산시키면 각 루프 전용의 처리 대역폭이 극대화됩니다. MPU 또는 MCU 코어는 제어 루프 입력 데이터를 수신하면 알고리즘을 가능한 한 빨리 실행 완료하여 다운스트림 루프의 기준 값을 제공하고 다음 입력 데이터 세트가 준비될 때까지 다른 서비스를 계속 제공할 수 있습니다.

원시 성능이 높은 MPU와 MCU는 제어 처리를 더 빨리 마칠 수 있고 더 많은 서비스와 기능을 제공하기 위해 더 많은 대역폭을 사용할 수 있습니다. 빠른 처리는 특히 주기 시간이 32kHz 제어 루프에서 31.25µs에 근접하거나 여러

측으로부터의 입력을 실질적으로 동시에 처리해야 할 때 중요합니다.

디지털 신호 프로세서(DSP), FPGA 및 표준 Arm® 처리 코어를 포함하여 서보 제어의 엄격한 실시간 처리 요구 사항에 대한 몇 가지 옵션이 있습니다. 유연성과 제어 알고리즘

최적화 사이에 균형이 있기 때문에 올바른 처리 코어를 선택하는 것은 어려울 수 있습니다. 과거에는 제어 알고리즘 최적화가 최우선이었기 때문에 DSP, 주문형 반도체(ASIC) 및 FPGA가 분명한 선택이었습니다.

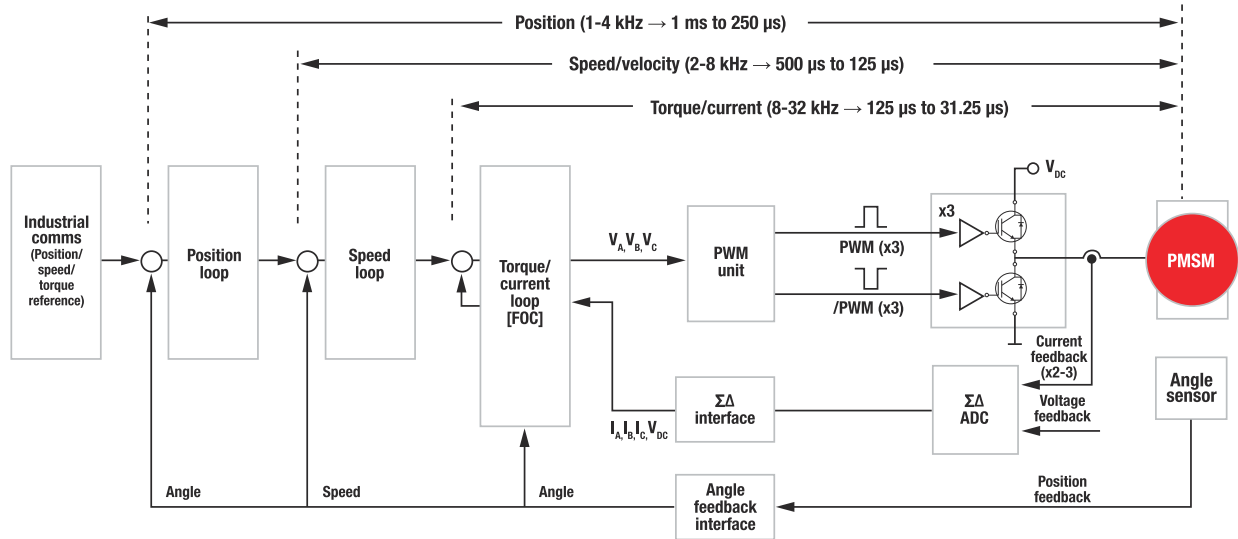


그림 1. 일반적인 서보 모터 제어 루프 토폴로지

이제 서보 드라이브에 Industry 4.0 서비스를 추가해야 하는 필요성으로 인해 표준 Arm Cortex®-A 및 Cortex-R 코어가 채택되었습니다. Cortex-A 코어는 매우 높은 대역폭을 얻을 수 있어 빠른 처리에 유용하지만 Cortex-R의 실시간 구성요소가 없기 때문에 Cortex-R이 서보 제어와 같은 실시간 제어 애플리케이션에 더 적합합니다. 반면에 Cortex-A는 Cortex-R보다 모션 제어, 예측형 유지보수 또는 Linux 기반 웹 서비스와 같은 다른 많은 서비스에 훨씬 더 적합합니다. 다행히, Sitara AM64x MPU와 AM243x MCU와 같은 멀티코어 장치는 여기에 언급된 모든 처리 요소를 포함할 수 있어 단일 칩에 필요한 모든 요소를 사용할 수 있습니다.

산업용 통신

다중 프로토콜 산업용 이더넷의 빠른 채택은 Industry 4.0이 공장에 가져다 주는 새롭고 흥미로운 많은 것 중 산업용 서보 드라이브 부문에서 가장 주목할 만한 것 중 하나입니다. 산업용 이더넷, 필드 버스 및 위치 인코더용으로 시장에는 12가지가 넘는 다양한 통신 프로토콜이 있으며 각각 장단점이 있습니다. EtherCAT®, PROFINET® 및 EtherNet/IP는 서보 드라이브 시장에서 가장 인기 있는 이

더넷 기반 프로토콜이며, Hiperface® DSL(디지털 서보 링크), EnDat 2.2 및 BiSS C(Bidirectional Interface for Serial/Synchronous C)는 더 인기 있는 위치 인코더 프로토콜 중 하나입니다.

이러한 프로토콜 중 많은 프로토콜에는 특정 통신 프로토콜을 지원하기 위해 호스트 프로세서에 연결할 수 있는 ASIC이 있습니다. 어떤 경우에는 다중 칩 솔루션을 사용하여 프로토콜의 스택이 호스트 프로세서에서 실행되고 ASIC가 미디어 액세스 제어 계층을 수행합니다. ASIC는 일반적으로 특정 통신 표준에 최적화되어 있기 때문에 단일 프로토콜만 지원할 계획인 제조업체들은 이 분산 아키텍처를 선호합니다. 여러 프로토콜을 지원해야 할 필요성이 대두되면 다중 칩 솔루션은 여러 가지 이유로 인해 매력을 잃게 됩니다. 새로운 각 프로토콜은 사용자가 새로운 장치(개발 노력 및 비용이 추가됨)에 익숙해져야 하며 제조업체는 서로 다른 프로토콜 각각에 대해 여러 버전의 보드를 유지해야 합니다.

Sitara MPU 및 MCU와 같은 솔루션은 호스트 프로세서에 다중 프로토콜을 통합하여 비용, 보드 공간 및 개발 노력을 절약하는 동시에 외부 부품과 호스트 간의 통신과 관련된 지연 시간을 최소화합니다. Sitara AM64x 프로세서와 AM243x MCU 제품군의 장치는 사전 통합 스택을 제공하

며 EtherCAT, Profinet RT/IRT, 이더넷/IP 등을 지원할 수 있습니다. 여러 표준을 지원하는 단일 플랫폼을 통해 여러 최종 제품 버전에 대한 단일 보드를 유지할 수 있습니다.

제품을 미래에 대비해야 하는 경우 TSN(시간에 민감한 네트워크)을 지원해야 하는 필요성도 고려해야 합니다. 산업용 통신을 위해 선택한 플랫폼은 진화하는 TSN 표준에 적용될 수 있을 만큼 유연해야 합니다. 그렇지 않으면 최종적으로 표준이 설정된 후 이를 따라가지 못할 위험이 있습니다. Sitara AM6x MPU 및 AM243x MCU 제품군은 EtherCAT과 같은 기존 100Mb 프로토콜뿐만 아니라 기가비트 TSN을 가능하게 하는 유연한 프로그래머블 실시간 유닛 산업용 통신 서브 시스템(PRU-ICSS)을 통해 솔루션을 제공합니다.

기능 안전성

자율적 기계 의사 결정 및 작동 추세와 잠재적으로 위험한 공장 환경에서의 인간 기계 상호작용의 증가는 기능 안전성이 서보 드라이브를 포함한 스마트 팩토리의 많은 애플리케이션에 더욱 중요해지고 있음을 의미합니다. 기능 안전 표준 및 산업 환경에서 Sitara MPU와 MCU의 작동 방법에 대한 자세한 설명. 자세한 내용은 백서 [Industry 4.0의 기능 안전 상태](#)를 읽으십시오.

시스템 분할

서보 드라이브의 계단식 제어 루프는 일반적으로 강화 절연 경계로 분리된 최소 2개의 회로 보드에 걸쳐 있습니다. 이 절연 경계로 인해 소위 "핫 사이드"와 "콜드 사이드"라고 하는 것이 만들어집니다. 핫 사이드는 모터에 가장 가깝고 모터에 전원을 공급하는 고전압 부품을 포함합니다. 콜드 사이드는 절연의 반대쪽에 있으며 일반적으로 제어 장치를 고정합니다.

모터 드라이브의 다양한 제어 루프의 모듈식 특성은 절연 경계를 넘어 시스템을 분할할 때 많은 가능성을 제공합니다. [그림 2](#), [그림 3](#) 및 [그림 4](#)은(는) 서보 드라이브의 몇 가지 가능한 분할을 보여줍니다.

그림 2은(는) 절연 경계로 분리된 두 개의 시스템 온 칩 (SoC)이 있는 2칩 솔루션을 보여줍니다. 이 분할을 흔히 분산 제어 아키텍처라고 합니다. 이 아키텍처의 이점은 전체

루프가 전력계 보드에서 실행되기 때문에 자속 기준 제어 루프가 모터로부터 입력을 얻어 전류를 반환하는 총 시간이 짧다는 것입니다.

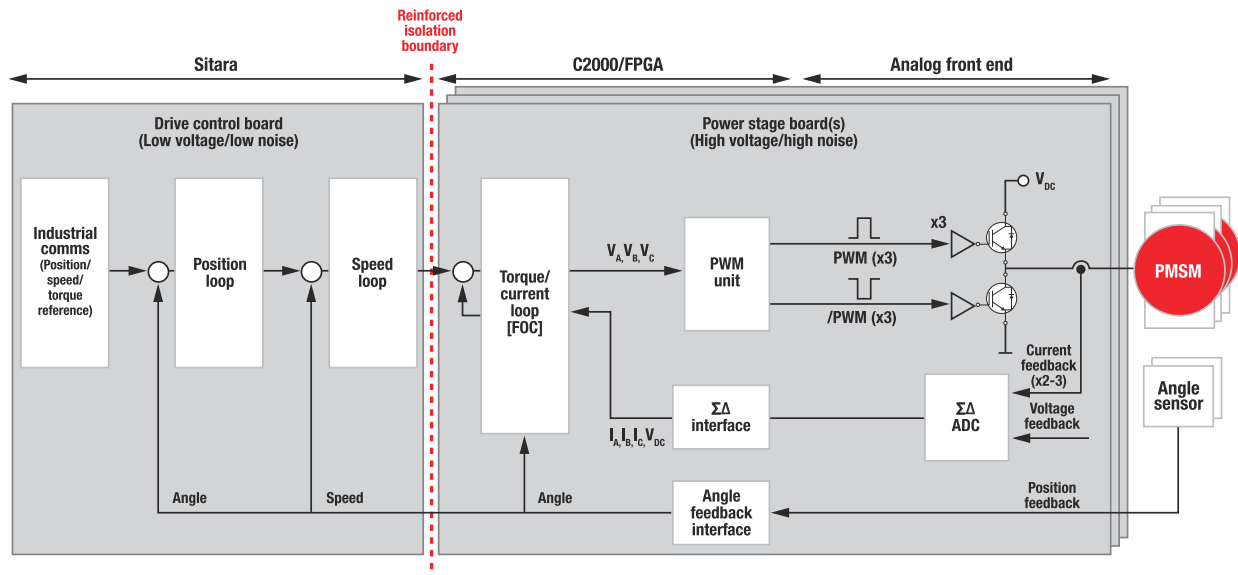


그림 2. 절연 경계를 넘어 시스템의 한 사이트에 있는 별도의 제어 장치와 통신하기 위해 Sitara 프로세서 마이크로컨트롤러를 사용하는 예

스 폭 변조기(PWM)를 제공합니다. 단일 보드에 모든 제어 논리가 결합된 시스템 분할을 흔히 중앙 집중식 제어 아키텍처라고 합니다. 이 아키텍처의 이점은 저비용 전력계 보드가 가능하다는 것이지만 그림 2에 표시된 분할과 동일한 성능 수준을 유지하려면 두 SoC 간의 고속 인터페이스가 필요합니다.

그림 3도 2칩 솔루션을 보여주지만 이번에는 두 SoC가 모두 제어 보드의 콜드 사이트에 있습니다. 제어 루프는 두 개의 SoC로 분할됩니다. 하나는 알고리즘 처리를 담당하고 다른 하나는 애그리게이터 역할을 하며 절연 경계에 펼

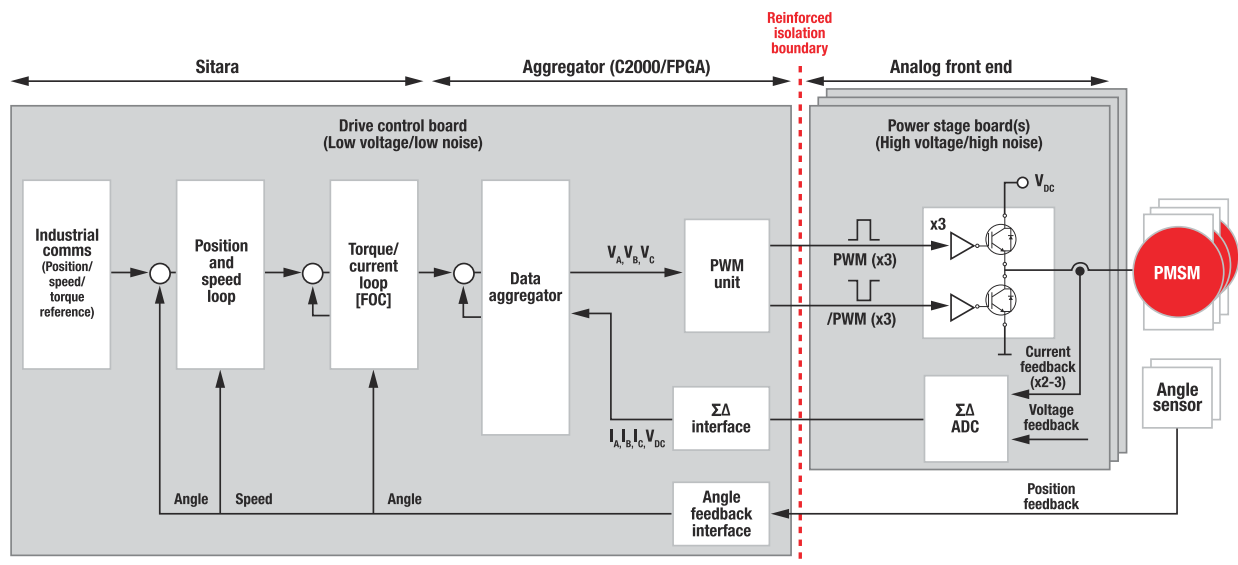


그림 3. 시스템의 콜드 사이트에 C2000™ 마이크로컨트롤러 또는 FPGA에 오프로드된 제어 기능을 지원하는 서보 프로세서로 Sitara 프로세서 마이크로컨트롤러를 사용한 예

그림 4에서 PWM 및 모션 프로파일 생성(일반적으로 프로그래밍 가능한 논리 컨트롤러(PLC)에 의해 처리됨)를 포함한 전체 제어 루프는 콜드 사이드의 단일 SoC에 통합됩니다.

이 아키텍처는 통합을 통해 훨씬 더 많은 비용을 절감할 수 있으며 SoC 간의 인터페이스와 관련된 지연 시간을 제거합니다.

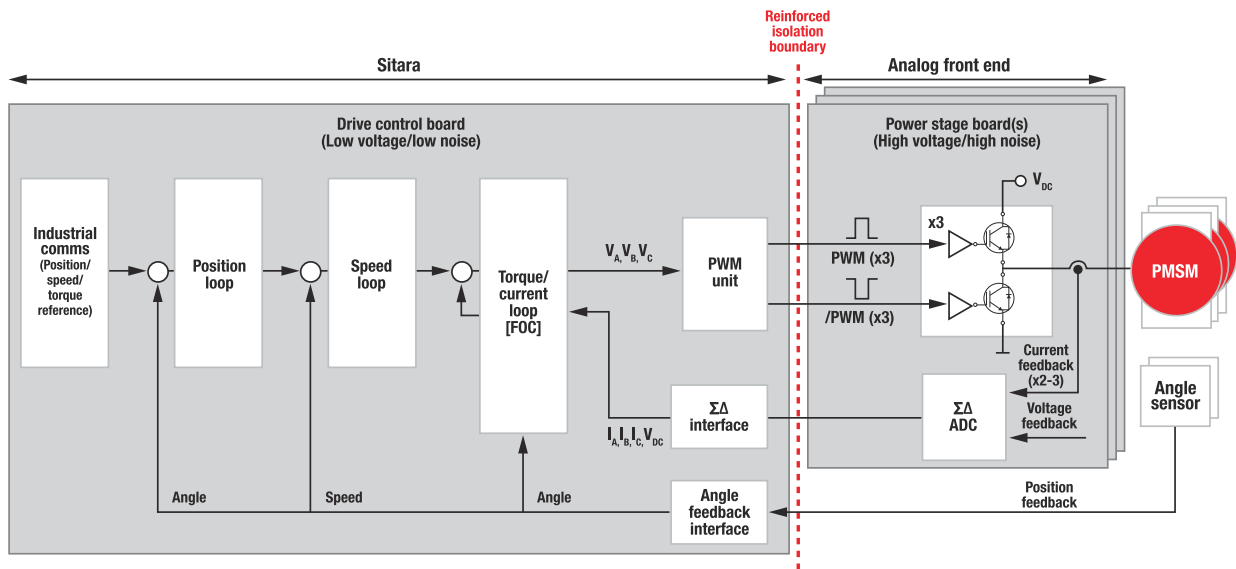


그림 4. 콜드 사이드에서 완전한 서보 제어를 구현하기 위해 Sitara 프로세서에서 마이크로컨트롤러를 사용한 예

텍사스 인스트루먼트의 솔루션

Sitara MPU 및 MCU 제품군은 독립 실행형 산업용 통신 모듈부터 본 문서에 담긴 시스템 분할에 대한 완전한 기능을 갖춘 다중 축 서보 드라이브에 이르기까지 모든 것을 처리할 수 있는 SoC를 보유하고 있습니다. Sitara AMIC 프로세서는 PRU-ICSS 서브시스템을 포함하고 있으며 독립 실행형 다중 프로토콜 산업용 통신 모듈에 최적화되어 있습니다. AM64x 및 AM243x 제품군은 다중 프로토콜 산업용 통신, 실시간 모터 제어, 클라우드 연결 및 기타 Industry 4.0 서비스를 위한 단일 칩 솔루션을 제공함으로써 통합 수준을 한 단계 높입니다.

결론

Industry 4.0과 함께 서보 드라이브에 대한 새로운 지침 및 시스템 요구사항이 도입되었기 때문에 현재 및 미래의 서보 드라이브의 요구에 맞는 솔루션을 선택하는 것이 중요합니다. Arm 코어를 포함하고 100Mb 및 1Gb 산업 네트워킹을 지원하는 Sitara AM64x MPU 및 AM243x MCU와 같

은 장치는 기존 및 미래의 서보 드라이브를 지원할 수 있습니다. TI는 또한 산업 시장의 변화하는 요구에 부응하기 위해 다른 Sitara MPU, MCU 및 C2000™ 마이크로컨트롤러를 포함한 다양한 제품을 제공합니다.

기타 리소스

1. 백서 [Industry 4.0의 기능 안전 상태](#)를 읽어보세요.
2. [Sitara AMIC110에서 다중 프로토콜 산업용 통신](#)에 대한 데모를 확인해 보세요.
3. 애플리케이션 노트 [Sitara™ 프로세서에서 지원하는 산업용 통신 프로토콜](#)을 참조하세요.
4. [Sitara AM6442 MPU](#) 및 [Sitara AM2432 MCU](#)를 확인해 보세요.
5. 백서 [Sitara™ AM2x MCU를 통한 실시간 제어, 네트워킹 및 분석 성능 혁신](#)을 읽어 보세요.

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.

Sitara™ and C2000™ are trademarks of Texas Instruments.
Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.
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 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 © 2022, Texas Instruments Incorporated