

# CapTivate™ 터치 기술과 초저전력 MSP430™ FRAM 마이크로컨트롤러로 멋진 HMI 만들기



**Pradhyum Ramkumar**

제품 마케팅 엔지니어  
MSP 마이크로컨트롤러

텍사스 인스트루먼트

# 개요

기술 선두 업체로서 TI의 역할은 고객이 겪게 될 문제를 이해하고 혁신적인 기술을 구현해 고객이 더 쉽게 제품을 개발할 수 있도록 돕는 것이다. 예를 들어, 우리는 잡음, 먼지, 수분 등으로 인해 기계식 버튼의 안정적인 작동을 방해할 수 있는 요소가 많은 혹독한 환경에서 잘 작동할 수 있는 인터페이스를 간단하게 설계하고 싶다는 이야기를 많이 듣는다 (그림 1 참조).

이러한 고객에게는 산업용, 상업용 애플리케이션에서 기계식 버튼을 대체할 수 있는 탁월하며 경제적인 방법인 정전식 터치 기술을 권장한다. 예를 들어, 커피 포트의 기계식 버튼은 음료나 커피를 쏟아서 버튼에 유입될 경우 고장이 생길 우려가 있다. 터치 기반의 사용자 인터페이스를 사용하면 이음새가 없는 금속이나 플라스틱 재질로 장비를 보호할 수 있다.

	Industrial Design	Cold Temp/ Environment Noise	Sealed/Durability	Reliability	Haptic Feedback
Kitchen	++	+	++	0	+
Home automation	+	0	+	0	+
Industrial	0	++	++	+	+
Consumer electronics	++	0	0	0	++
Medical	0	++	++	0	+
Automotive	++	+	0	+	++
Wearables	0	+	+	0	++

그림 1. 산업용 장비의 개발자는 혹독한 운영 환경을 견딜 수 있는 간단하고 안정적인 인터페이스를 설계할 수 있어야 한다

정전식 터치는 넓은 범위의 차별화된 기능들을 제공할 뿐만 아니라, 다음과 같은 더 나은 사용자 경험을 제공한다:

- **버튼, 휠 및 슬라이더:** 엔지니어가 더 이상 기계식 버튼의 한계에 부딪힐 필요가 없다.

휠과 슬라이더를 더 효율적이고 직관적인 UI로 설계할 수 있다.

- **안정성:** 터치 기반의 UI는 기계식 버튼처럼 고장에 취약하지 않는다. 또한 환경적인 요소로부터 보호된다.
- **근접 센서 및 제스처:** 사용자가 시스템의 범위 내에 있는지 파악할 수 있으면 전원 관리와 효율성의 완전 새로운 단계를 달성할 수 있다. 또한 제스처를 통해 사용자가 더 쉽게 장치를 작동할 수 있다.
- **제조:** 설계가 간소화되고 부품 수가 줄어 제조의 복잡성과 비용이 절감된다.
- **미적인 외형:** 정전식 터치 기반 UI를 사용하면 사용자에게 더 매력적인 외형으로 설계할 수 있으며 작동하지 않을 때는 아예 보이지 않게 할 수도 있다. 장치가 더 깔끔해지는 효과도 있다.

## 정전식 터치 기술을 갖춘 MSP430™ FRAM MCU

고객이 터치 기반의 UI가 가진 장점을 최대한 활용할 수 있도록 TI는 CapTIvate™ 기술을 채용한 새로운 초저전력 MCU인 MSP430FR25x/26x 제품군을 출시했다 (그림 2 참조). 이 MCU는 작거나 큰 가전 제품, 개인용 전자 제품, 공장 및 건물 자동화 시스템을 간소화할 수 있도록 설계되었다.

MSP430FR25x/26x MCU의 효율적인 아키텍처는 업계에서 가장 낮은 전력만을 사용하는 정전식 터치 기술로, 배터리로 작동하는 전기 장치의 잠금, 휴대용 전기 장치 및 ENERGY STAR® 요구 사항을 충족하는 장치의 인터페이스를 구현하는 데 적합하다. 이 기술을 사용하면 노이즈가 많고 혹독한 환경에서 견고하고 안정적인 성능을 발휘할 수 있고 습도에도 이겨낼 수 있다. CapTIvate 기술은 민감도가 뛰어나 장비를 금속으로 보호해도 작동할 수 있으므로 금속판 위에서 터치하는 방식의 버튼도 구현할 수 있다. 이 기술은 또한 사용의 편리함을 고려하여 설계되었기 때문에 엔지니어가 터치 기반의 UI를 활용하기 위해 정전식 감지의 전문가가 될 필요가 없다.

앞서 언급했듯이, TI의 CapTIvate 기술을 활용한 첫 번째 디바이스는 FRAM 기반 MCU인 MSP430FR25x/26x 제품군이다. 완전한 기능을

갖춘 FRAM MCU에 정전식 터치를 아날로그 프론트 엔드에 자체 포함시킴으로써 개발자들은 진정한 단일 칩 시스템을 제작할 수 있게 되었다 (그림 3 참조). MSP430 MCU 아키텍처는 추가 MCU 없이도 LCD, LED, 햅틱 피드백 또는 기타 다른 어떤 시스템 관리 작업도 수행할 수 있는 충분한 처리 기능을 제공한다. 이를 통해 설계 속도를 높이고 전체적인 시스템 비용도 낮출 수 있다.

TI의 CapTIvate 기술의 민감도는 매우 뛰어나다. 10펨토판러드(fF) 이하의 낮은 커패시턴스 변화도 감지할 수 있으며 그 범위도 매우 넓어 최고 300 피코패러드(pF)까지 가능하여 시스템에 다음과 같은 장점이 있다.

- 최대 60mm의 두꺼운 커버를 씌울 수 있어 안정적으로 작동
- 최대 30cm의 근접 감지 범위
- 슬라이더와 휠에 최대 10bit의 높은 분해능 사용 가능
- 큰 기생 커패시턴스가 발생할 때의 잘못된 감지를 줄임
- 더 작은 전극을 사용할 수 있어 폼 팩터를 줄일 수 있음

CapTIvate 기술을 장착한 MSP430FR25x/26x MCU는 500µsec 내에 4개의 병렬 전극을 스캔할 수 있다. 이를 통해 일반적인 모드의 잠음 제거와 소비 전력 절감이 가능하다. 또한 CapTIvate 기술을 지원하는 MSP430 FRAM MCU는 빠른 스캔 속도와 높은 민감도를 가지고 있어 3D 제스처 애플리케이션에도 사용할 수 있다.

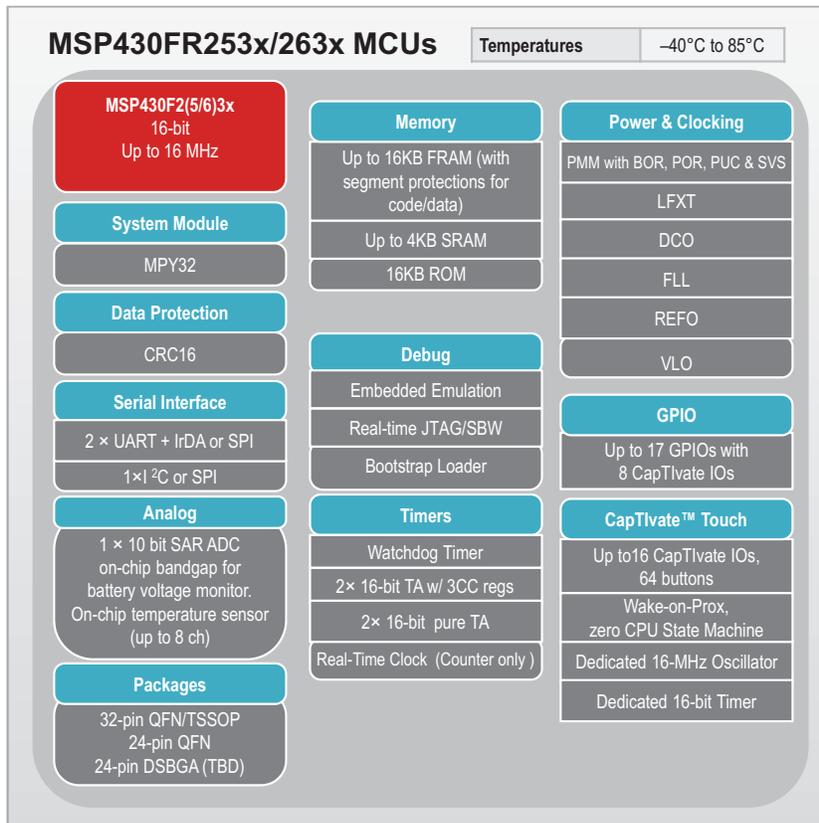


그림: CapTIvate 기술을 활용한 TI의 첫 번째 디바이스는 FRAM 기반 MCU인 MSP430FR25x/26x 제품군입니다.

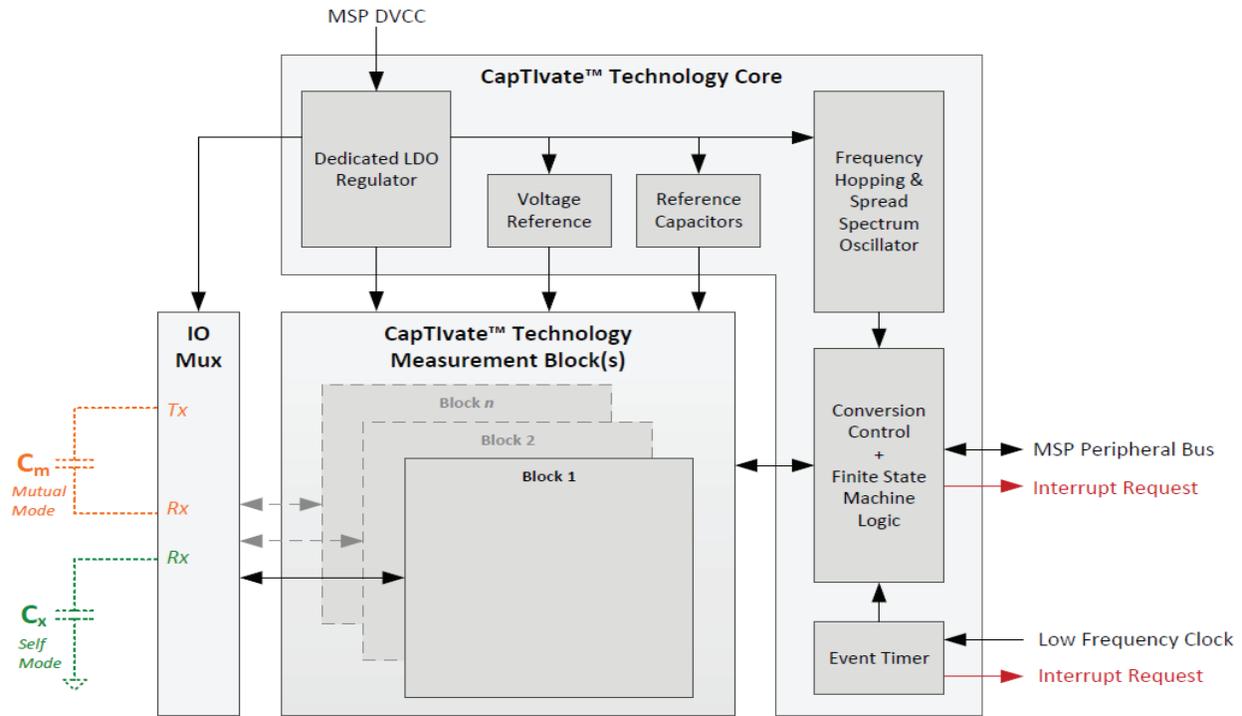


그림: TI의 CapTivate™ 기술을 완전한 기능을 갖춘 MCU의 자체 포함 주변 기기로 장착함으로써 개발자는 CPU가 유휴 상태일 때도 정밀하게 터치 감지할 수 있는 단일 칩 시스템을 제작할 수 있게 되었다.

## 잡음의 영향 감소

정전식 터치 기반의 시스템을 설계할 때 설계자의 가장 큰 애로 사항은 내부 또는 외부에서 발생할 수 있는 노이즈이다. 노이즈가 생기면 오탐지가 생겨 위험을 초래할 수 있다. 예를 들어 인덕션 쿨러가 전력선의 노이즈로 인해 켜진다고 상상해 보자. MSP430FR25x/26x MCU에는 몇 가지 기능이 포함되어 있어 잡음이 많은 환경에서 작동해야 하는 애플리케이션의 엄격한 요구 사항을 충족할 수 있으며, EFT(전기적 빠른 과도 현상)에 대한 IEC61000-4-4, CMN(동상 잡음)에 대한 IEC61000-4-6, ESD(정전 방전)에 대한 IEC61000-4-2를 포함한 EMC(전자파 적합성) 규정을 준수할 수 있다.

CapTivate 기술의 성능은 더 나은 노이즈 내성을 위해 중요하다. 민감도가 높으면 더 작은 전극

또는 또는 센서를 감지할 수 있게 된다. CapTivate 기술의 아날로그 프론트 엔드는 시스템이 PCB 내에 긴 트레이스가 필요한 경우에도 좋은 성능을 유지할 수 있다. CapTivate 기술은 다음과 같은 다양한 하드웨어 기반의 제어 메커니즘을 사용하여 노이즈의 영향을 최소화한다.

- **적분기 기반 전하 이동:** CapTivate 기술로 견고한 정전식 측정을 할 수 있도록 하는 작동 방법이다.
- **오실레이터:** 오실레이터를 사용하면 MCU의 DCO(디지털 제어 오실레이터)와 별도로 오버샘플링과 주파수 호핑이 가능하여 잡음이 있는 환경에서 안정성을 높일 수 있다.
- **제로크로싱 동기화 입력 핀:** 이 핀을 통해 AC 전원 공급 장치에 제로크로싱이 발생한 동안에도 터치 감지가 가능하다. 그 결과로 더 높은 전도 잡음 내성을 가지게 된다.

- **확산 스펙트럼 클럭킹:** 이 클럭킹 방법을 사용하면 시스템 회로에 간섭을 일으키는 전자기 방사선 방출을 낮출 수 있다.
- **1.5V 전압 레귤레이터:** 더 높은 전압에서 구동되는 센서에 비해 낮은 1.5V의 전압에서 센서를 구동할 수 있다.

CapTIvate 기술은 또한 소프트웨어 기반의 신호 처리를 통해 안정성을 더 향상시킨다. 여러 주파수, 오버샘플링, 동적인 임계값 조정, AC 노이즈 필터링, 디바운스 등 여러 신호 처리 알고리즘이 함께 사용되어 하드웨어와 소프트웨어의 성능을 높이므로 설계자가 EMC 표준을 준수하는 노이즈 내성을 가진 장치를 설계하는 데 도움이 된다. 예를 들어 CapTIvate 기술의 EMC 레퍼런스 디자인은 최대 10Vrms의 전도 노이즈 내성 최대 4KV 피크 전압의 ESD 및 EFT 성능을 가지고 있다. 타사에서 실시한 전체 테스트 보고서는 <http://www.ti.com/lit/pdf/slay045> 에서 찾을 수 있습니다.

## 업계 최소의 전력 소모를 자랑하는 정전식 터치 MCU

장비 및 산업 설계자들은 차세대 설계에서 요구하는 전력 소모 최소화라는 압력에 시달리고 있다. MSP430FR25x/26x MCU는 정전식 터치 버튼, 슬라이더, 휠 인터페이스 및 근접 센서 산업에서 가장 전원 소모가 낮도록 설계되었다. TI는 이를 가능하게 하기 위해 몇 가지 혁신적인 기술을 개발했다.

일반적으로 지금 시장에 출시된 정전식 센서 컨트롤러는 CPU가 작동하는 상태에서 전극을 확인해야 한다. CPU에서 많은 전력을 소모하고 CPU가 켜져 있는 시간이 커질 수록 이 소모량 역시 늘어나기 때문에, 전극을 스캔하는 데 필요한 전력에 영향을 미치게 된다. 이 때문에 전류 생성

터치 컨트롤러의 센서당 전력 소모가 20 $\mu$ A까지 높아진다.

하지만 MSP430FR25x/26x MCU에는 터치할 때 CPU가 작동 상태일 필요가 없다. 이는 유한 상태 머신이라는 기술로 구현되는데, CPU가 유휴 상태일 때도 최대 4개의 센서가 터치/근접을 활발하게 모니터링할 수 있다. 터치나 근접이 생기면 유한 상태 머신이 CPU를 작동시켜 이벤트를 처리하도록 한다. 그 결과로 뛰어난 전력 효율이 달성된다. 4개의 전극을 스캔할 때의 전력 소비가 센서당 0.9 $\mu$ A에 불과하다. 이러한 수준의 생산성이 지원되므로 엔지니어는 ENERGY STAR 규격을 준수하고 하나의 코인 셀 배터리로 수년 동안 작동되는 장치를 만들 수 있다.

4개가 넘는 전극이 필요한 애플리케이션의 경우 MSP430FR25x/26x MCU는 버튼당 1.7 $\mu$ A(8Hz의 샘플링 주파수에서 16 버튼 자체 커패시턴스 또는 64 버튼 상호 커패시턴스 솔루션을 가동한다고 가정)의 낮은 전력만 소비한다.

## 뛰어난 전원 효율을 위한 FRAM

산업용 애플리케이션은 대개 시스템이 꺼질 때 데이터를 저장해야 하며 여기서 전원 문제가 생길 수 있다. TI의 FRAM MCU 기술은 SRAM의 속도와 플래시 메모리의 비휘발성을 결합하여 하나의 메모리 기술로 유연성과 효율성을 갖춘 견고한 기술을 구현했다.

가격 면에서 플래시에 견줄만한 FRAM은 매우 뛰어난 쓰기 속도(100배 빠름), 읽기 액세스(최대 8MHz까지 대기 상태 없음), 내구성( $10^{15}$  사이클에서 사실상 한계 없음)과 에너지 효율성(6배 뛰어남)을 가지고 있어 코드와 데이터 모두에 사용할 수 있는 범용 메모리입니다. 따라서 개발자는 프로그램 코드와 데이터 저장에 메모리를 얼마나 할당할지 유연하게 결정할 수

있다. 즉 개발자의 메모리 사용이 최적화되어 사양이 변경되더라도 다른 메모리 구성을 가진 새 프로세서로 변경할 필요가 없다.

MSP430FR2633 FRAM MCU를 사용하면 엔지니어가 차별화된 애플리케이션을 빠르게 만들 수 있다. 예를 들어 전기 도어락을 만든다고 가정해 보자. 비휘발성 FRAM을 사용하면 도어락에서 어떤 사람이 문을 사용했는지, 언제 사용했는지, 코드를 잘못 입력했는지 등의 정보를 기록할 수 있다. 제품의 가치를 높이는 이러한 기능이 배터리 수명이나 시스템 비용에 영향을 미치지 않고도 구현될 수 있다.

## 자체 또는 상호 커패시턴스 및 근접 센서: 설계의 용이함

MSP430FR25x/26x MCU는 자체 및 상호 커패시턴스 센서와 근접 센서를 동일한 설계로 모두 지원하므로 엔지니어가 정전식 터치 기반 시스템을 아주 유연하게 설계할 수 있다. 즉 개발자가 원하는 작업에 맞는 감지 방식을 선택할 수 있게 된다.

간단히 말해 자체 커패시턴스는 하나의 센서 전극과 바닥 사이의 커패시턴스로, 사용자가 바닥에 손가락을 사용할 때 가동된다. 이 방식은 감지 길이가 길어야 하고, 민감도가 높으며, 노이즈 내성이 뛰어나고, 아주 높은 분해능의 슬라이더와 휠이 필요한 애플리케이션에 이상적이다. 반대로, 상호 커패시턴스는 전송 전극과 수신 전극 사이의 커패시턴스를 측정한다. 사용자의 손가락이 패널을 터치하면 각 전극의 커패시턴스 변화를 측정한다. 상호 커패시턴스는 버튼이 많고 센서가 밀집해 있거나 습기에 내성이 있어야 하는 센서에 적합하다.

개발자는 둘 중 어느 터치 기반 UI 방식의 성능도 저하시키기 않고 함께 사용할 수 있다.

## 습기 내성

사용자에게 안정적인 사용 환경을 제공하려면 터치 기반 UI에 방수 기능이 필요하다. 물이나 다른 액체는 공기나 전도체와 다른 유전체라서 엔지니어가 해결해야 하는 다양한 문제를 만들 소지가 높다. 또한 패널이 액체에 빠질 경우 여러 센서에서 오탐지를 일으킬 수 있다.

물에 대한 내성을 위해 CapTivate 기술은 환경 조건의 변화와 같은 이상 현상을 감지하여 수용할 수 있는 고유한 보호 채널을 사용한다. CapTivate 터치 라이브러리에 이러한 방어 채널 관리를 다룰 수 있는 소프트웨어가 있으므로 개발자는 흔하게 물이 묻을 수 있는 장소에서 사용되는 애플리케이션을 위한 견고한 시스템을 손쉽게 제작할 수 있다.

## 플라스틱, 유리 및 금속 덮개 지원

CapTivate 기술은 플라스틱과 유리 덮개 위에서 안정적으로 작동하며 CapTivate 기술의 높은 민감도는 60mm 두께의 유리 덮개, 25mm 두께의 플라스틱 덮개까지 지원한다. 금속 덮개의 경우 혁신적인 터치 솔루션을 위해 또 다른 방법이 동원되었다. 금속 덮개에서는 버튼을 누를 때 발생하는 힘이 금속 시트를 구부리게 되어 패널 아래에 장착된 센서에서 이 미세한 커패시턴스 차이를 감지한다. 금속 덮개를 사용하면 먼지나 습기에 완전히 내성을 가진 설계가 가능하다. 금속 덮개의 경우 누르는 힘에 관련된 것이므로 장갑을 낀 상태에서도 터치가 가능하다. 또한 CapTivate 기술은 누르는 힘의 차이를 측정할 수 있으므로, 차별화된 HMI(Human Machine Interface) 설계를 할 수 있다.

## 제조 과정의 문제 보완

제조 과정에서 특정 재료의 두께나 크기가 달라지면 센서의 감지 기능에 안 좋은 영향을 미치게 된다. 그 결과로 패널에 따라 시스템의 반응도가 달라질 수 있다. 이러한 제조 과정의 문제에 따른 변화에 맞춰 수동으로 조정할 필요 없이, CapTivate 기술은 자체 계인과 아날로그 프론트 설정을 자동으로 구성할 수 있다. 개발자가 터치 인식을 위한 커패시턴스의 예상 수치를 지정하면 시스템이 이를 기준으로 두고 자체 조정한다. 자동 감도 조절은 현장에서든 가능해, 시스템이 지속적으로 자체 조정하여 응답성과 감도를 유지할 수 있다.

## 햅틱을 통한 터치 인터페이스 향상

햅틱은 버튼이 눌렸을 때 사용자에게 촉각(진동) 피드백을 제공하는 메커니즘을 일컫는다. 햅틱 기술을 사용하면 사용자가 장치를 작동할 때 UI 입력이 발생했다는 것을 진동으로 알려주므로 더 확실한 작동 인지가 가능하여 사용자의 안전성이 높아진다. 따라서 더 빠른 입력, 더 적은 오류와 높은 생산성이 가능해진다. 예를 들어 햅틱 피드백을 추가함으로써 추가적, 이차적인 확인이 18% 줄었다<sup>[1]</sup>.

Ti는 반도체 산업에 매우 다양한 햅틱 드라이버 포트폴리오를 보유하고 있으며, ERM(이심 회전 질량), 솔레노이드 기반, 압전기 및 LRA(선형 공진 작동기)를 지원한다. MSP430FR25x/26x MCU에 햅틱 드라이버를 통합하는 것은 간단하다. 정전식 센서에서 터치가 감지되면 MCU가 햅틱 코드를 I2C를 통해 햅틱 드라이버에 보낸다. 이로 인해 액추에이터가 특정 패턴으로 움직여 진동을 만든다.

## CapTivate 디자인 센터: 유연함과 사용 편의성

MSP430FR25x/26x MCU는 전력 소모가 가장 낮은 정전식 터치 기술일 뿐 아니라 설계가 가장 쉬운 기술이기도 하다. 프로그래밍 기술 수준이 낮은 개발자라도 약간의 작업만으로 정전식 터치 솔루션을 만들 수 있으므로 핵심 기술의 세부적인 내용에 신경을 쓸 필요 없이 애플리케이션의 설계에 집중할 수 있다. CapTivate 디자인 센터를 활용하면 설계자는 5분 이내에 센서를 튜닝할 수 있다. 프로그램은 Windows®, Apple® OS X® 및 Linux®용으로 제공된다. 다음은 설계 절차를 소개하는 간략한 5단계 가이드이다.

### 1. 센서를 GUI로 끌어다 놓기

- 예: 5 버튼, 3개 요소 슬라이더, 1개 근접 센서

### 2. 각 센서 구성

- 자체 커패시턴스 또는 상호 커패시턴스
- MSP430FR25x/26x MCU 디바이스 선택
- 자동 생성된 I/O 구성 조정

### 3. 실시간 튜닝

- 센서 데이터 표시 - 막대 차트/오실로스코프
- 성능 튜닝 - 터치 임계값, 디바운스, 필터 설정
- 메뉴를 사용한 노이즈 내성, 전원, 민감도, 범위 최적화
- 엔지니어가 손쉽게 임계값을 설정하고 테스트할 수 있는 가이드가 제공된다.

### 4. 구성 파일이 자동으로 생성되고 Code Composer Studio™ IDE 또는 IAR 프로젝트에서 완전히 컴파일된다.

- 애플리케이션 코드를 추가할 필요가 없다면 프로젝트 조정은 필요하지 않는다.

### 5. 펌웨어, 플래시 펌웨어를 컴파일하고 실행

## CapTlvate 기술 터치 라이브러리

TI는 기존의 정전식 터치 기능을 넘어 향상된 기능을 구현할 수 있는 포괄적인 CapTlvate 터치 라이브러리를 제공한다. 라이브러리는 ROM에 이미지로 저장되어 있으므로 애플리케이션에서 사용할 MCU의 메모리를 절약할 수 있다.

라이브러리를 통해 다음을 포함한 여러 애플리케이션 계층에 액세스할 수 있다.

- **HAL(하드웨어 추상 계층):** IP 기준으로 CapTlvate 주변 기기에 “베어 메탈” 액세스
- **기본 터치 계층:** 기본 근접 및 터치 감지 기능과 필터링 기능에 액세스
- **고급 기능 계층:** 버튼, 슬라이더, 휠 처리 기능 제공
- **통신 계층:** 통신 프로토콜 포함
- **하위 수준 직렬 드라이버:** 기본 인터페이스 기능

이러한 계층은 구현 기능을 간소화하고 개발자가 필요한 고급 기능에 액세스할 수 있도록 한다. 애플리케이션은 사용자 콜백 메커니즘을 통해 센서 업데이트를 통보받는다. 센서 구성은 CapTlvate 디자인 센터를 통해 자동화되며 출시 시 튜닝 및 프로그래밍은 한 번에 수행할 수 있다.

## CapTlvate MCU 개발 키트

빠른 평가와 설계를 위해 TI는 다양한 개발 보드와 키트를 제공한다. 예를 들어 CapTlvate MCU 개발 키트(MSP-CAPT-FR2633)를 사용하면 MSP430FR25x/26x 터치 기반 MCU(그림 4)의 모든 정전식 터치 기능을 사용하여 평가하고 설계할 수 있다. 번들로 제공되는 이 키트에는 TI의 EnergyTrace™ 기술을 사용한 eZFET 프로그래머/디버거, MSP430FR2633 MCU

프로세서 PCB, 배터리 작동과 EMC/EMI를 위한 절연 PCB, 상호 및 자체 커패시턴스와 근접 센서 기능을 설명하기 위한 센서 PCB가 포함되어 있다. 햅틱 개발을 위해 CAPTIVATE-PHONE 전극 패널에 DRV2605L 햅틱 드라이버도 포함되어 있다. TI는 또한 외부 액추에이터와 함께 사용할 수 있는 DRV2605 햅틱 평가 키트와 DRV2667 평가 보드도 제공한다.

CapTlvate 금속 센서 PCB는 금속 터치 기능을 설명하기 위해 애드온 키트로 제공될 예정이다.

## CapTlvate 기술에 대한 문서 및 레퍼런스 디자인

CapTlvate 기술 가이드에서는 새로운 이 기술에 대한 모든 문서를 접할 수 있는 첫 단계이다. 이 가이드는 CapTlvate 디자인 센터에서 확인할 수 있다. 제공되는 틀에는 CapTlvate 기술을 사용하기 시작하는 데 도움이 되는 자세한 정보와 센서 설계, 전력 소비 절약, 습기와 노이즈 내성을 위한 최적화 등 다양한 고급 설계 항목이 포함되어 있다. 설계자가 CapTlvate 기술을 사용하는 MSP430FR25x/26x MCU 아키텍처의 기능을 빠르게 평가하고 시장 출시 시기를 앞당길 수 있는 코드 샘플도 제공된다.

MSP430FR25x/26x MCU를 사용하면 설계자가 정전식 터치 기능을 다양한 애플리케이션에 빠르고 경제적으로 채택할 수 있다. 정전식 터치 기술은 기계식 버튼의 안정성 문제만 해결하는 것이 아니라, 차별화된 기능의 혁신적인 인터페이스를 가능하게 한다. TI는 현재 시장에 출시된 제품 중 가장 전력 소비가 적은 정전식 터치 기술을 보유하고 있으며, 요구 사항이 가장 까다로운 산업용 애플리케이션에서도 개발자가 뛰어난 성능과 안정성을 달성할 수 있도록 지원하는 틀을 제공한다. 이러한 틀로 유연하게 설계할 수 있으며 사용도 편리하므로 엔지니어는 소프트웨어 드라이버를 제작하거나 정전식

Start tuning sensors in 5 minutes or less with CapTlvate™ Design Center

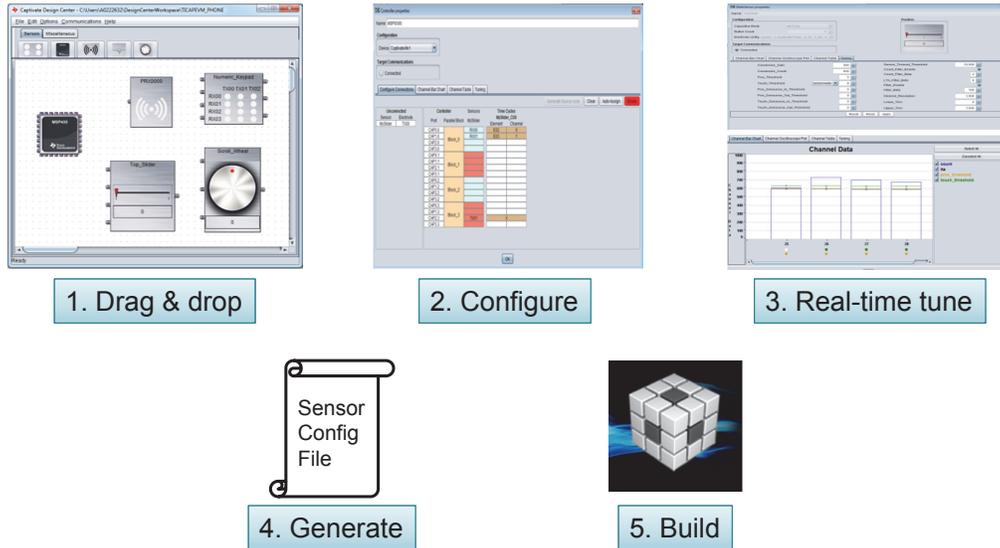


그림 4: MSP430FR2633 CapTlvate™ MCU 개발 키트를 사용하면 자체 및 상호 커패시턴스, 근접 감지, 제스처뿐 아니라 금속 덮개까지 평가해 볼 수 있다.

센서의 전문가가 될 필요 없이도 견고한 터치 기반 시스템을 제작할 수 있다.

CapTlvate 기술에 대해 자세히 보기:  
[www.ti.com/CapTlvate](http://www.ti.com/CapTlvate)

**출처:**

[1] Pitts, 2011: Mark Toth의 “TI Haptic Drivers for HMI”, 8페이지

Important Notice: The products and services of Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries described herein are sold subject to TI's standard terms and conditions of sale. Customers are advised to obtain the most current and complete information about TI products and services before placing orders. TI assumes no liability for applications assistance, customer's applications or product designs, software performance, or infringement of patents. The publication of information regarding any other company's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

CapTlvate, Code Composer Studio, EnergyTrace and MSP430 are trademarks of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have **not** been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, TI will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

### Products

Audio	<a href="http://www.ti.com/audio">www.ti.com/audio</a>
Amplifiers	<a href="http://amplifier.ti.com">amplifier.ti.com</a>
Data Converters	<a href="http://dataconverter.ti.com">dataconverter.ti.com</a>
DLP® Products	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>
DSP	<a href="http://dsp.ti.com">dsp.ti.com</a>
Clocks and Timers	<a href="http://www.ti.com/clocks">www.ti.com/clocks</a>
Interface	<a href="http://interface.ti.com">interface.ti.com</a>
Logic	<a href="http://logic.ti.com">logic.ti.com</a>
Power Mgmt	<a href="http://power.ti.com">power.ti.com</a>
Microcontrollers	<a href="http://microcontroller.ti.com">microcontroller.ti.com</a>
RFID	<a href="http://www.ti-rfid.com">www.ti-rfid.com</a>
OMAP Applications Processors	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>
Wireless Connectivity	<a href="http://www.ti.com/wirelessconnectivity">www.ti.com/wirelessconnectivity</a>

### Applications

Automotive and Transportation	<a href="http://www.ti.com/automotive">www.ti.com/automotive</a>
Communications and Telecom	<a href="http://www.ti.com/communications">www.ti.com/communications</a>
Computers and Peripherals	<a href="http://www.ti.com/computers">www.ti.com/computers</a>
Consumer Electronics	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
Energy and Lighting	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
Industrial	<a href="http://www.ti.com/industrial">www.ti.com/industrial</a>
Medical	<a href="http://www.ti.com/medical">www.ti.com/medical</a>
Security	<a href="http://www.ti.com/security">www.ti.com/security</a>
Space, Avionics and Defense	<a href="http://www.ti.com/space-avionics-defense">www.ti.com/space-avionics-defense</a>
Video and Imaging	<a href="http://www.ti.com/video">www.ti.com/video</a>

### TI E2E Community

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)