



Компэлфест 2017

4-Я ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

MSP430 CapTivate новое семейство от Texas Instruments

09.02.2017

Вячеслав Прокопий

v.prokopiya@compel.ru

План

1. Знакомство с технологией
2. Отладочный набор
3. Разработка ПО:
 - сенсор SelfCapacitance (bswp)
 - сенсор Slider (bswp)

Технология CapTivate

Что такое «емкостные сенсоры»?

Емкостные кнопки

Технология основана на электрических свойствах человеческого тела. Используется для определения прикосновения пользователя к поверхности

Детектор приближения

Определяется наличие объекта без физического контакта, только по изменению электрического поля.

Определение жестов

Управление с помощью жестов, без физического контакта с поверхностью

Что такое «емкостные сенсоры»?

Емкостные кнопки

Технология основана на электрических свойствах человеческого тела. Используется для определения прикосновения пользователя к поверхности

Детектор приближения

Определяется наличие объекта без физического контакта, только по изменению электрического поля.

Определение жестов

Управление с помощью жестов, без физического контакта с поверхностью

ПРЕИМУЩЕСТВА

Удобство

промышленные панели управления любой формы и размеров из стекла, пластика или металла

Надежность

отсутствие движущихся частей делает устройство более отказоустойчивым

Просто обслуживать и очищать поверхности

Ёмкостные сенсоры: использование

Бытовая техника



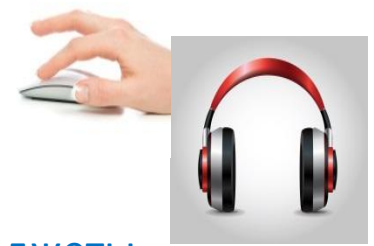
Контроль доступа



Промышленные датчики



Гаджеты



Термостаты



Терминалы



Настенные панели



Гигиеническое оборудование



Электрическая емкость: основные параметры

Емкость

Если к двум металлическим пластинам с зазором между ними приложить напряжение – между ними возникнет электрическое поле

Параметры конденсатора

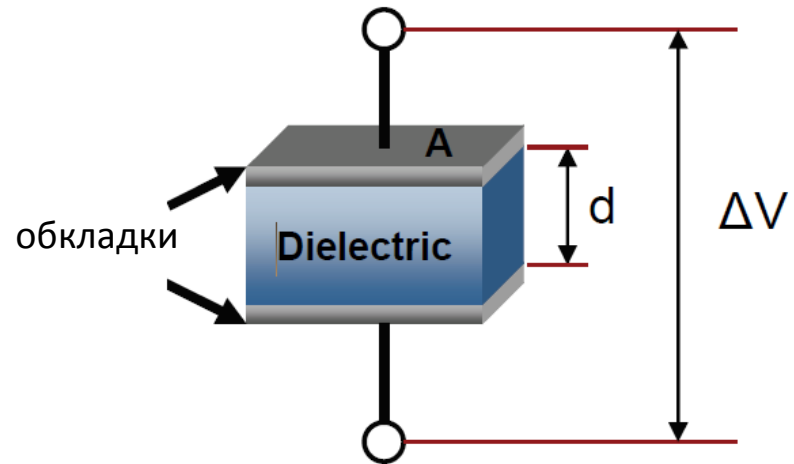
Площадь - A

Тип диэлектрика - ϵ

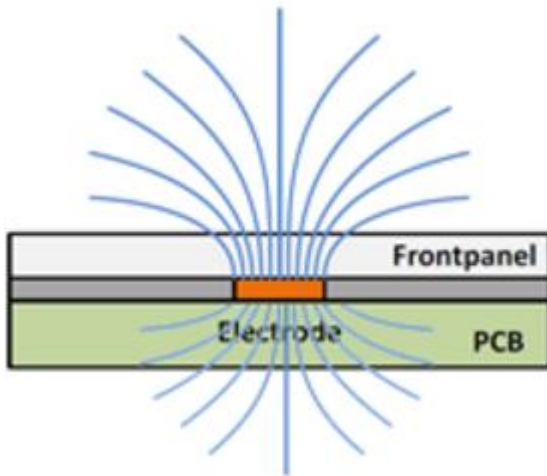
Расстояние - d

Емкость параллельного
конденсатора:

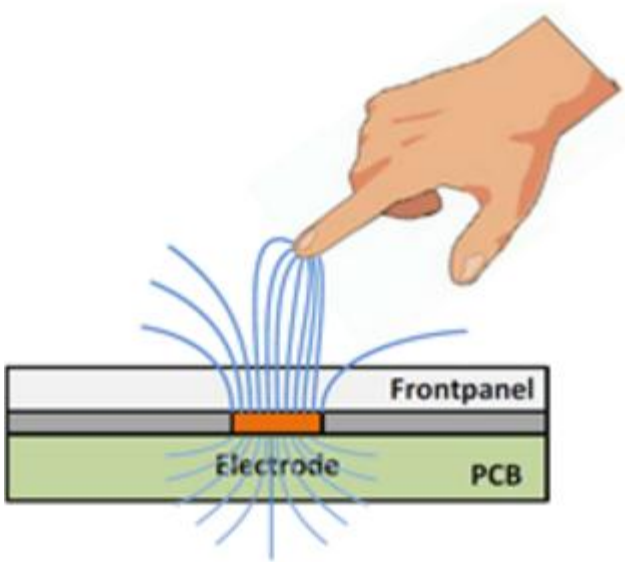
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$



Ёмкостной сенсор: принцип работы



$$C_{\text{SENSOR}} = C_{\text{BASIC}}$$



$$C_{\text{SENSOR}} = C_{\text{BASIC}} + C_{\text{FINGER}}$$

Метод переноса заряда: основные положения

Неизвестный объем ~
неизвестная емкость

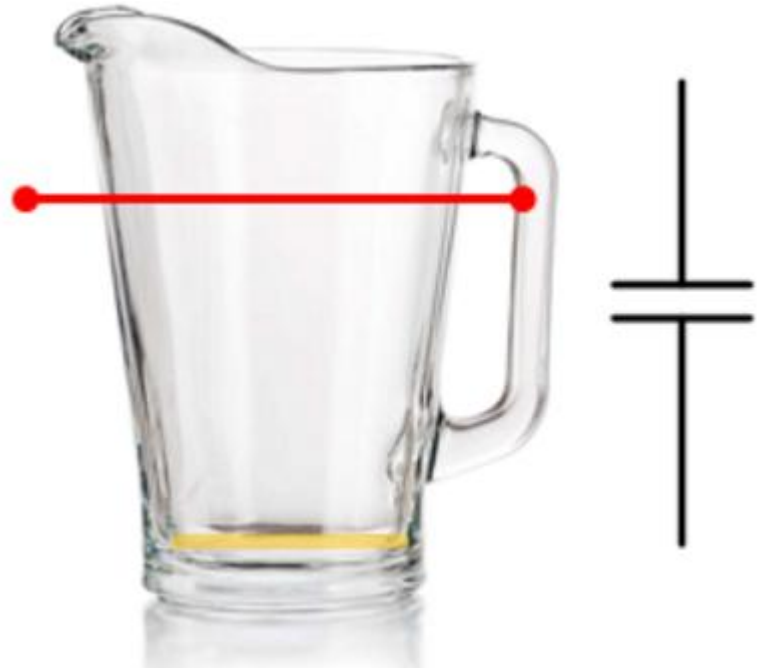


Метод переноса заряда: основные положения

Неизвестный объем ~
неизвестная емкость



1 литр ~ 100 пФ



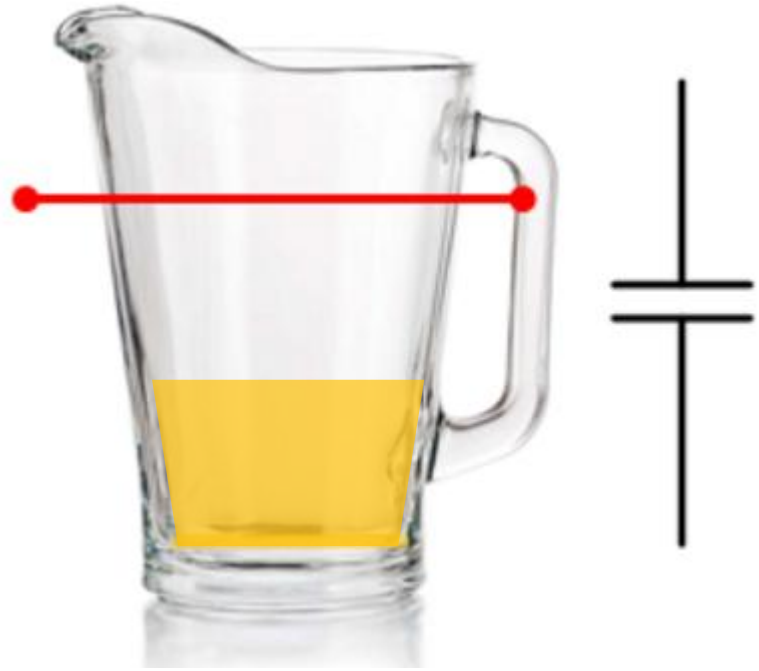
Количество переносов: 0

Метод переноса заряда: основные положения

Неизвестный объем ~
неизвестная емкость



1 литр ~ 100 пФ



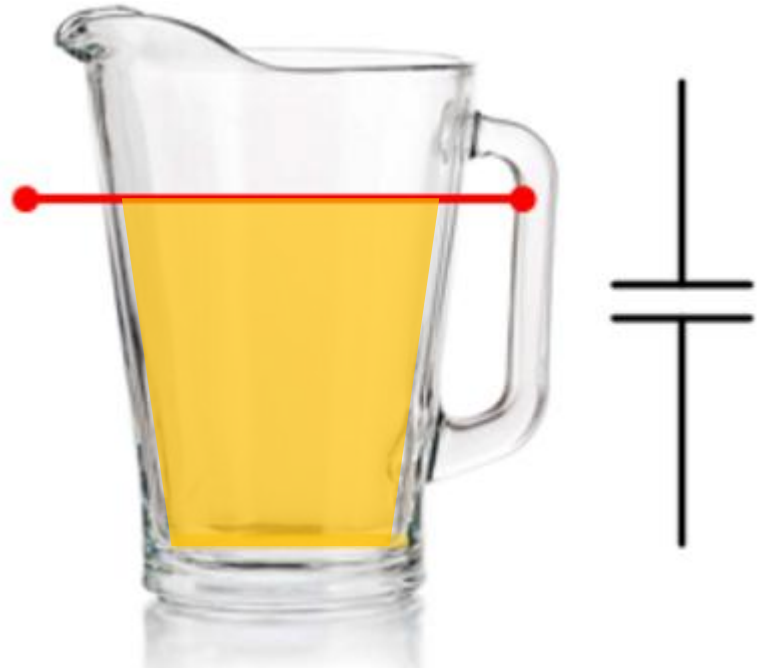
Количество переносов: **10**

Метод переноса заряда: основные положения

Неизвестный объем ~
неизвестная емкость



1 литр ~ 100 пФ



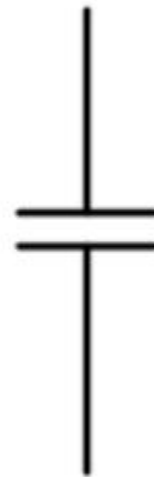
Количество переносов: **25**

Метод переноса заряда: основные положения

Неизвестный объем ~
неизвестная емкость



1 литр ~ 100 пФ



Количество переносов: 7

Технология CapTivate

Кнопок:	4
Объем кода:	3502 байта
Время разработки ПО:	20 минут
Потребление общее:	3.6 мкА



Технология CapTivate

Специальная
периферия

Программная
библиотека

Софт
для
разработки

Технология CapTivate

Специальная
периферия

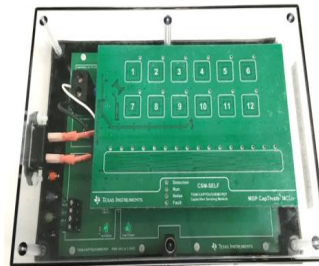
Программная
библиотека

Софт
для
разработки

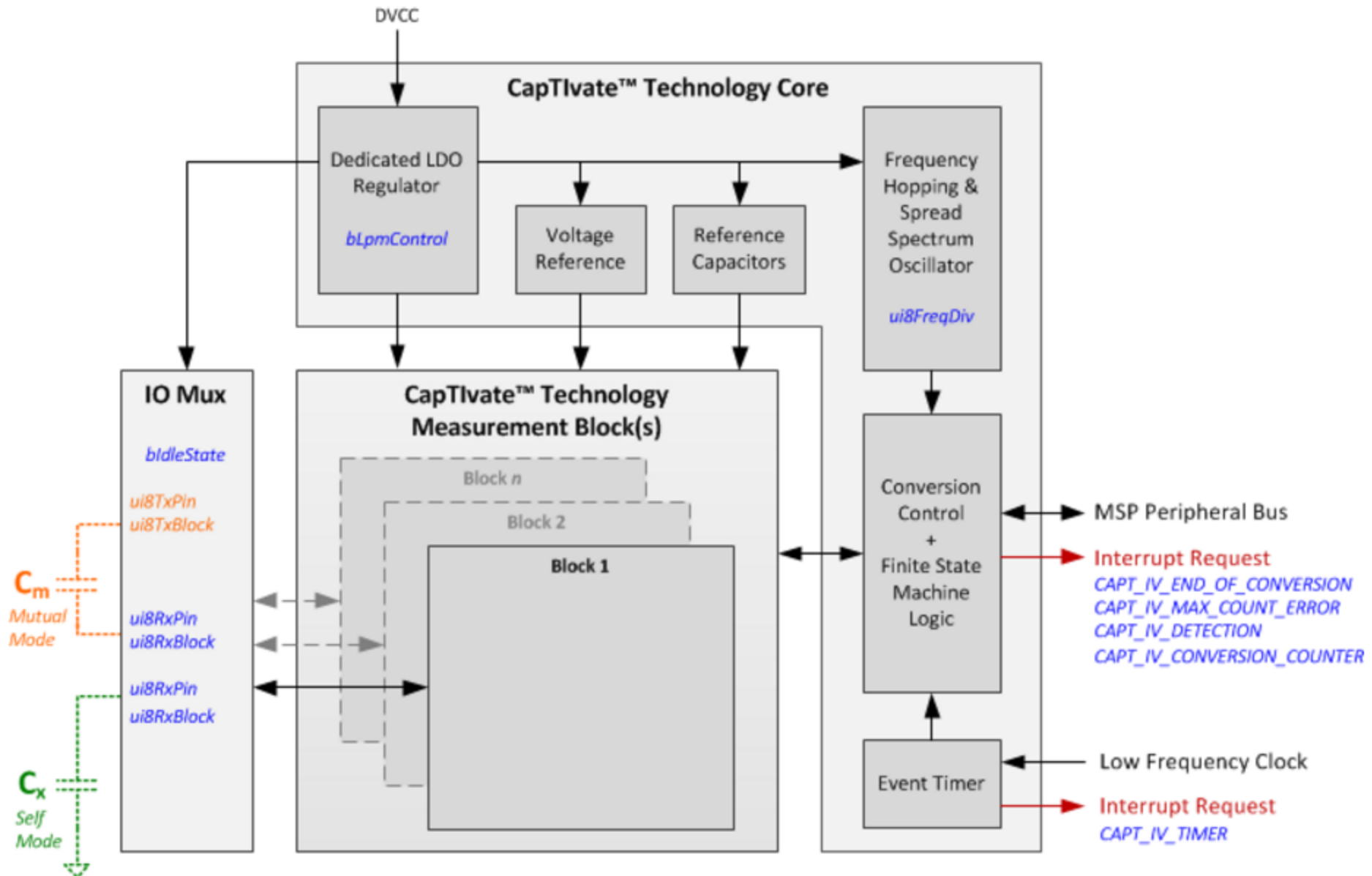
Отладочный
набор

Опорные
Проекты

TI Designs



Периферия CapTivate



CapTivate: вспомогательные функции

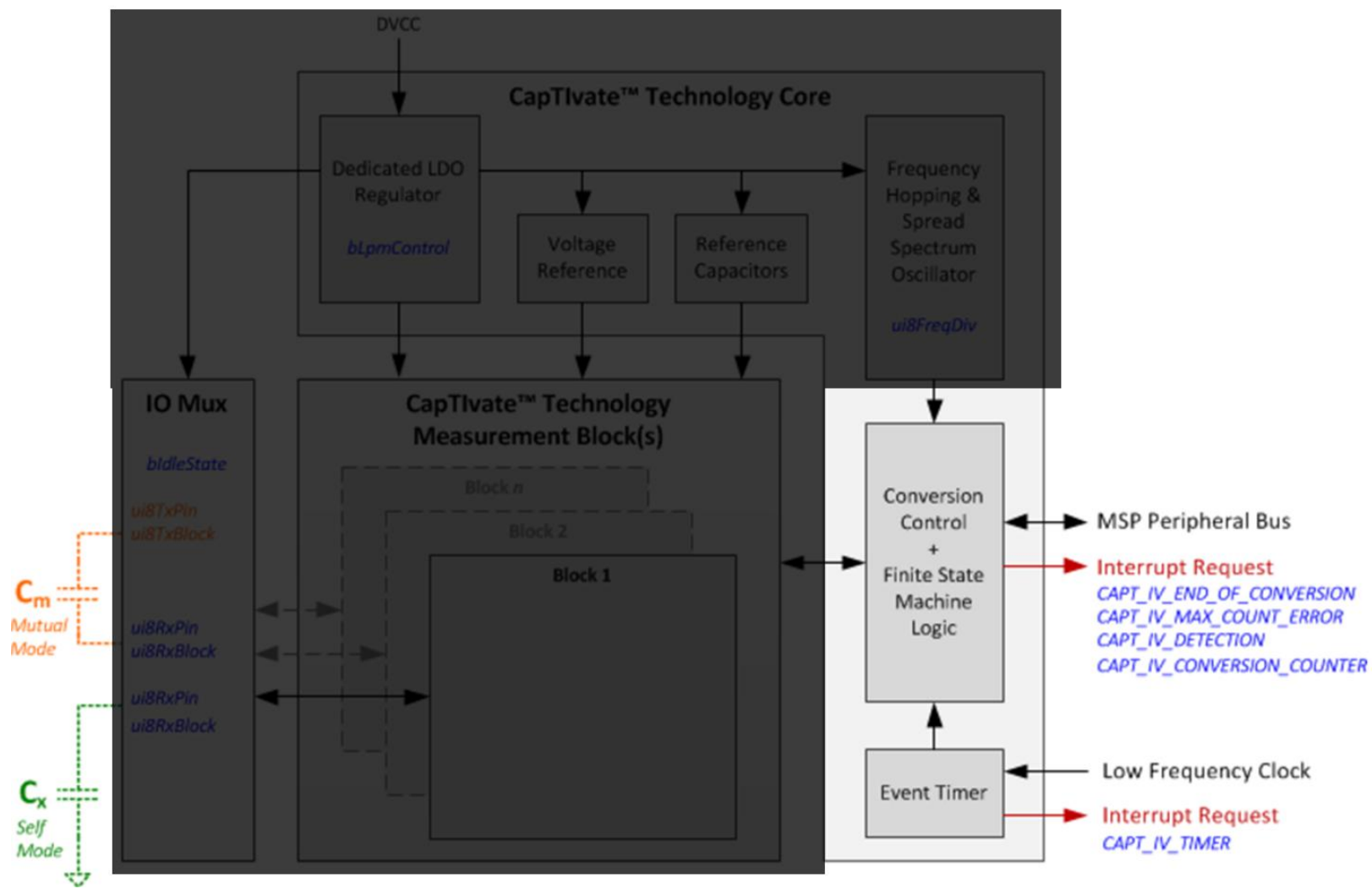
ТАЙМЕР

КОНЕЧНЫЙ
АВТОМАТ

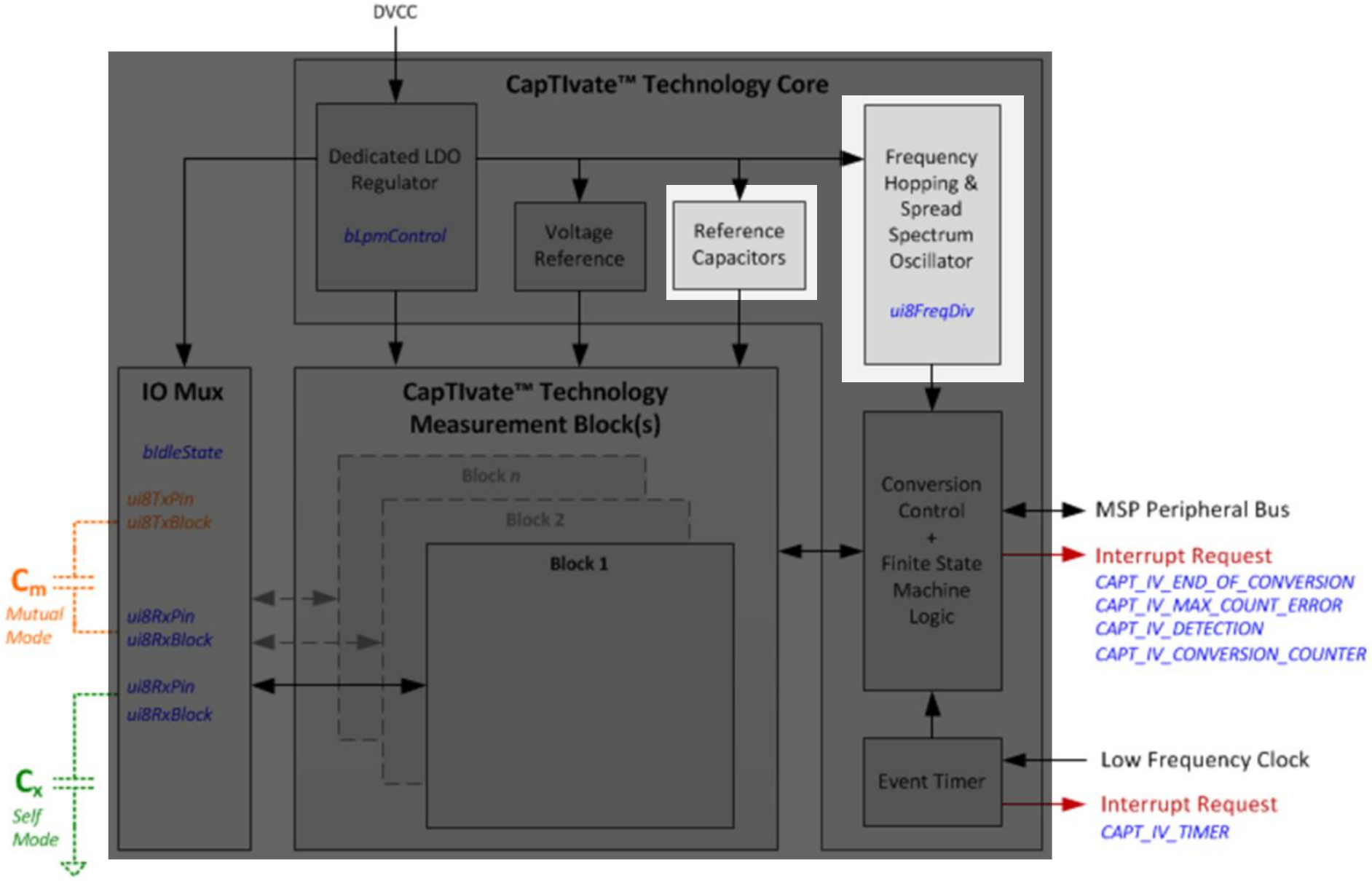
НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ



CapTivate: вспомогательные функции



CapTivate: электромагнитная совместимость



CapTivate: встроенные конденсаторы

capSize	Self Mode (typical, pF)	Mutual Mode (typical, pF)
0	1	0.1
1	1	0.5
2	5	0.1
3	5	0.5
4	1.1	0.1
5	1.5	0.1
6	5.1	0.1
7	5.5	0.1

Основные трудности разработки



НЕНАДЕЖНОСТЬ

Ложные срабатывания из-за шума



НЕУДОБСТВО

В промышленных устройствах необходимы более продвинутые интерфейсы



БОЛЬШОЕ
ПОТРЕБЛЕНИЕ

“Always-on” , требуют больше энергии



НИЗКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Ограниченное применение из-за чувствительности и разрешения



СЛОЖНОСТЬ

Требуются месяцы на разработку и оптимизацию емкостных кнопок

Революция разработки с технологией CapTivate



НАДЕЖНОСТЬ

Ложные срабатывания из-за шума

Помехоустойчивое решение, сертифицированное по IEC61000-4-6



УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ

В промышленных устройствах необходимы более продвинутые интерфейсы

Metal touch, определение 3D-жестов, работа в перчатках, гибкая конфигурация



НИЗКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ

“Always-on” , требуют больше энергии

Самое низкое энергопотребление – микроконтроллеры с FRAM



ВЫСОКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Ограниченное применение из-за чувствительности и разрешения

Самое высокое в индустрии разрешение слайдеров



ПРОСТОТА

Требуются месяцы на разработку и оптимизацию емкостных кнопок

Настройка менее пяти минут с центром разработки CapTivate

MSP430FR253x/263x

Характеристики

- **Технология CapTivate для реализации сенсорных органов управления и датчиков приближения**
 - Низкое потребление – 4мкА/4 сенсора < 1мс, wake-on-touch
 - Высокая чувствительность –
 - в 50 раз выше чем у конкурентов
 - 4096 точек, 4-элементный слайдер, чувствительность 10см.
 - Индивидуальная или общая емкость
 - 64 кнопки на 16 GPIO
 - Стандарты IEC60730, IEC61000-4
 - Размытие спектра, автонастройка, фильтрация шумов

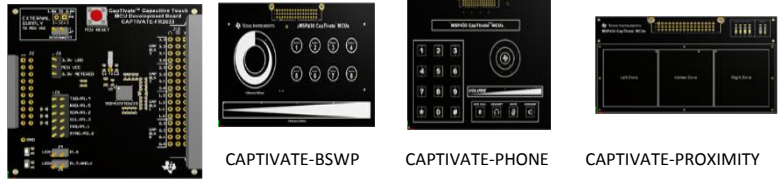
- **Технология энергонезависимой FRAM памяти –** удобная платформа разметки области программы и данных, избавляет от внешней EEPROM, 10¹⁵ циклов перезаписи, запись с низким энергопотреблением

Инструменты

Процессорная плата: JTAG+USB

Плата электродов: приближение, кнопки, слайдеры

Демо: игнорирование воды, приближение, metal touch



CAPTIVATE-FR2633

Статус

• Уже доступна !

MSP430™

Питание	1.8V – 3.6V
Температура	-40 → 85°C

16-Bit RISC MCU
16 MHz

+ MPU32

Память

- Up to 16 KB FRAM
- Up to 4 KB SRAM
- 16 KB ROM

Отладка

- Real Time JTAG/SBW
- Embedded emulation
- Bootstrap Loader

Интерфейсы

- 2 x UART+IrDA or SPI
- 1 x I2C or SPI

Питание & Такт

- PoR, BoR, PUC & SVS
- DCO/FLL (16-MHz) + REFO (32kHz)
- LFXT(32768Hz crystal osc.)
- VLO (10 kHz)
- MODOSC (5MHz)

CapTivate

- До 16 I/O, до 64 кнопок
- 17 GPIO, при использовании 8 CapTivate

Аналог

- ADC10 (up to 8 ch)
- BatteryVoltageMonitor
- TempSensor

Таймеры

- 4 x 16-bit TA wit 3 CC regs
- 1 x 16-bit low power counter LPM3.5
- Watchdog Timer

Защита данных

- CRC 16

Программы

- CapTivate Software Library
- CapTivate Design Center – генерация кода, настраиваемая GUI, настройка в реальном времени

Корпуса

- 24-DSBGA
- 24-QFN
- 32-QFN/TSSOP
- 32-TSSOP

Варианты устройств MSP430FR253x/263x

DEVICE	PROGRAM FRAM + INFORMATION FRAM (bytes)	SRAM (bytes)	TA0 TO TA3	eUSCI_A		eUSCI_B	10-BIT ADC CHANNELS	CapTivate™ CHANNELS	GPIOs	PACKAGE TYPE
				UART	SPI					
MSP430FR2633IRHB	15360 + 512	4096	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	up to 2	1	8	16 ⁽⁴⁾	19	32 RHB (VQFN)
MSP430FR2533IRHB	15360 + 512	2048	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	up to 2	1	8	16 ⁽⁴⁾	19	32 RHB (VQFN)
MSP430FR2633IDA	15360 + 512	4096	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	up to 2	1	8	16 ⁽⁴⁾	19	32 DA (TSSOP)
MSP430FR2533IDA	15360 + 512	2048	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	up to 2	1	8	16 ⁽⁴⁾	19	32 DA (TSSOP)
MSP430FR2632IRGE	8192 + 512	2048	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	1	1	8	8 ⁽⁵⁾	15	24 RGE (VQFN)
MSP430FR2532IRGE	8192 + 512	1,024	2, 3 × CCR ⁽³⁾ 2, 2 × CCR	up to 2	1	1	8	8 ⁽⁵⁾	15	24 RGE (VQFN)

Ссылка на вебинар на YouTube

<https://youtu.be/kzHLKzSon9Q>

YouTube RU

КОМПЭЛ

КОМПЭЛ – Сенсорное управление с MSP430 – технология CapTIvate

Емкостной сенсор: принцип работы

$C_{\text{SENSOR}} = C_{\text{BASIC}}$

$C_{\text{SENSOR}} = C_{\text{BASIC}} + C_{\text{FINGER}}$

70 участников

срабатывают кнопки? Хотелось бы что бы случайное срабатывание было минимальным.

А3 Андрей Загров 11:23

Представьте сенсорные кнопки в мышке. Лично я не могу.

И1 Роман Гришнин 11:23

ага, дель...

В1 Валерия Трощко 11:23

допрос фангами!

И1 Игорь Литвиненко 11:24

у механики есть неприятный эффект - дребезг контактов. А как у сенсорных с этим?

А11 Александр Шубин 11:24

Следующее

Автовоспроизведение

Изучение STM32CubeMX на примере отладочной платы КОМПЭЛ
4 134 просмотра

Вебинар «Быстрая разработка приложений с КОМПЭЛ»
572 просмотра

Эксперимент по нагреву литий полимерного КОМПЭЛ
900 просмотров

Реализация гальванической изоляции цифровых и КОМПЭЛ
505 просмотров

Запись вебинара «Сенсорное управление с MSP430 - технология CapTIvate»

КОМПЭЛ

Подписка оформлена 121

195 просмотров

Добавить в Поделиться Ещё

Отладочный набор



MSP-CAPT-FR2633

Набор разработки CapTivate

- На базе микроконтроллера **MSP430FR2633**
- Сенсорные панели с демонстрацией взаимной, индивидуальной емкости и датчика приближения



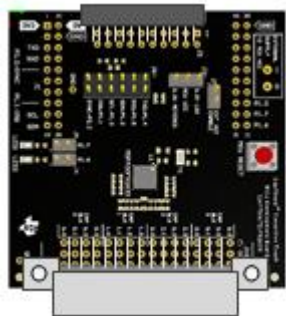
Отладчик с EnergyTrace™

CapTivate™ touch MCU+ haptic

- Тактильная обратная связь haptic на **CAPTIVATE_PHONE**
- Используется линейный резонансный актуатор (LRA) и драйвер **DRV2605L**



Изолятор



MSP430FR2633 MCU PCB

CAPTIVATE-BSWP
Self Capacitance



CAPTIVATE-PHONE
Mutual Capacitance

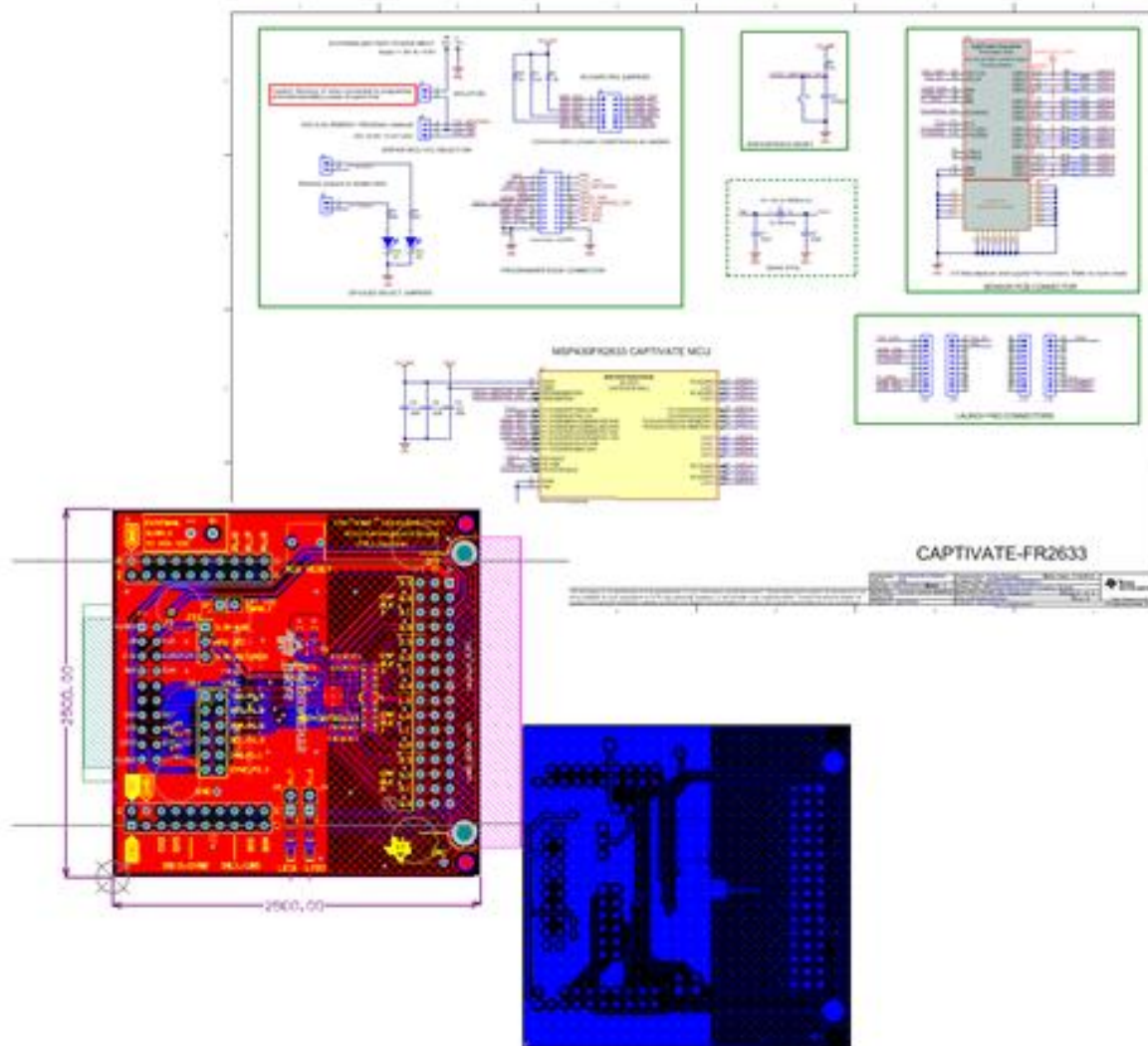


CAPTIVATE-proximity
Proximity & Gestures



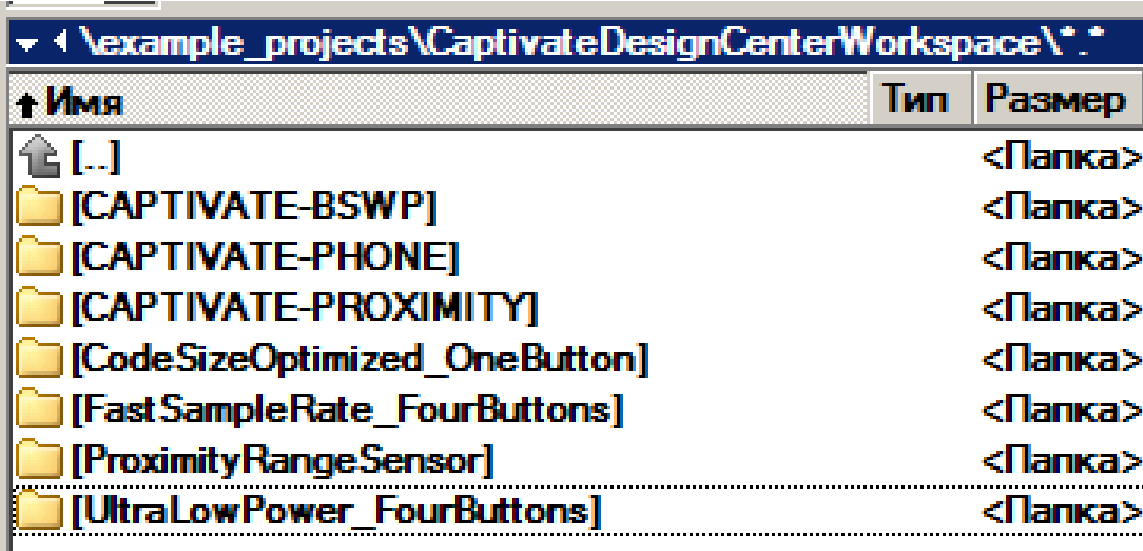
MSP-CAPT-FR2633

Открытые схемы и топологии печатных плат: [Ссылка на архив с документацией](#)



Примеры проектов

- Отдельный пример под каждую сенсорную панель
- Общие примеры оптимизированные по:
 - скорости
 - энергопотреблению
 - размеру приложения



The screenshot shows a file explorer window with the following content:

Имя	Тип	Размер
[..]		<Папка>
[CAPTIVATE-BSWP]		<Папка>
[CAPTIVATE-PHONE]		<Папка>
[CAPTIVATE-PROXIMITY]		<Папка>
[CodeSizeOptimized_OneButton]		<Папка>
[FastSampleRate_FourButtons]		<Папка>
[ProximityRangeSensor]		<Папка>
[UltraLowPower_FourButtons]		<Папка>

Разработка

Вся информация о CapTIvate – в одном месте

- По ссылке <http://www.ti.com/CapTIvateTechGuide>
- Унифицированная информация в формате HTML
- Также встроена в приложение Design Center
- Как начать работу с технологией CapTIvate™
 - Процесс установки
 - [CapTIvate™ Technology out-of-box experience](#)
- Продвинутые рекомендации по разработке
 - [CapTIvate™ Technology Hardware Design Guide](#)
 - [Ультранизкое потребление](#)
 - [Устойчивость к шумам](#)
 - [Повышенная влажность](#)
 - [Датчики приближения](#)
 - [Опорный проект IEC](#)

- CapTIvate™ Technology Guide
 - Copyright
 - Getting Started
 - Introduction
 - ▶ Capacitive Sensing Basics
 - ▶ Technology
 - ▶ Design Guide
 - Design Center GUI
 - Device Family
 - ▶ Software Library
 - ▶ MSP-CAPT-FR2633 Development Kit
 - ▶ Workshop
 - ▶ FAQ
 - ▶ Glossary



**ИСПОЛЬЗОВАТЬ
ПРОСТО**

Touch Sensing EMC *TIDM-CAPTOUCHEMCREF*

Особенности

- **Помехоустойчивое решение** сенсора на базе MSP430FR2633 с технологией CapTivate™
- Устойчивость к ESD, EFT/В и ЭМ-помехам
- Модули с измерением индивидуальной и взаимной емкости
- Универсальное питание **АС и 12V DC**
- **Изолированный порт** передачи данных для тестов и отладки

Преимущества

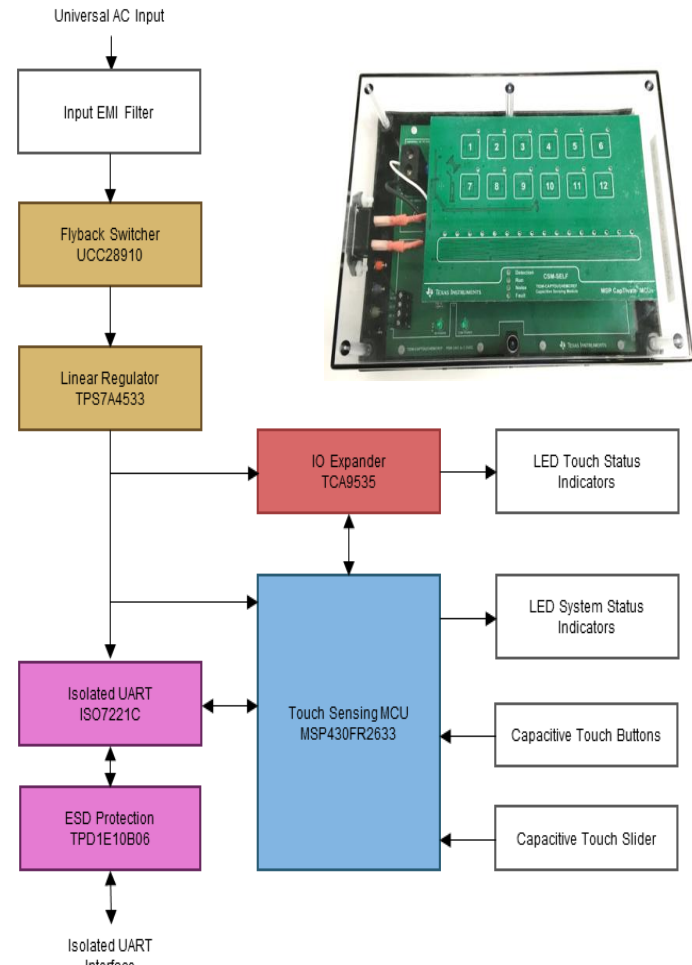
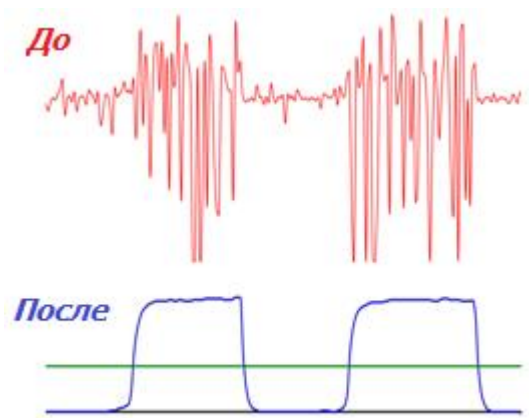
- Удовлетворение требований ЭМС в конечном устройстве с надежным, высокопроизводительным и гибким сенсорным интерфейсом

Применение

- Промышленные панели управления
- Интерфейсы устройств автоматизации зданий
- Бытовая техника

Инструменты и ресурсы

Схема и файлы проекта на ti.com



[Video: Noise Immunity in Capacitive Touch Designs](#)

64-Button Touch Panel *TIDM-CAPTIVATE-64-BUTTON*

Особенности

- Определение нажатия одной и нескольких кнопок одновременно
- Технология измерения совместной емкости реализует 64 кнопки на 16 выводах
- Более 100 измерений в секунду. 15 мс – типовое время ответа.
- 0.23-мкА на кнопку среднее потребление в режиме wake-on-touch

Преимущества

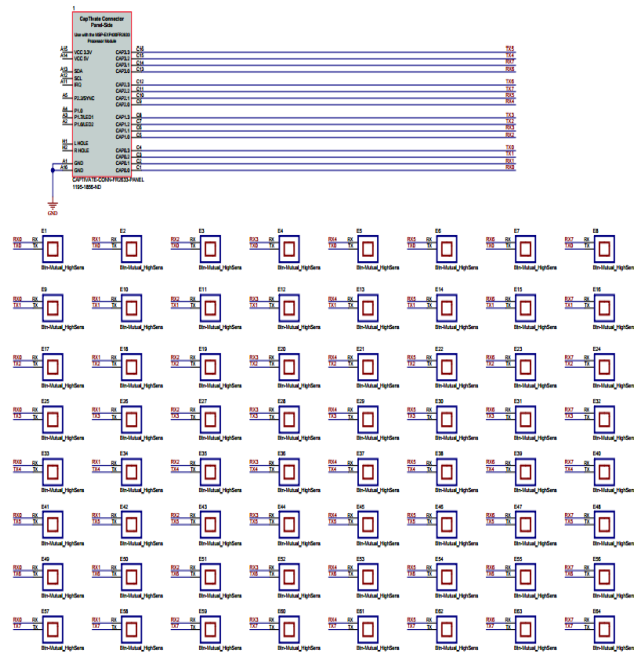
- Демонстрирует использование CapTivate для работы с большим количеством кнопок to support large number of buttons in a low power system

Применение

- Промышленные панели управления
- Интерфейсы устройств автоматизации зданий
- Бытовая техника

Инструменты и ресурсы

Схема и файлы проекта на ti.com



[Video:CapTivate 64 Button Panel](#)

Low-Power Touch Through Glass *TIDA-00343*

Особенности

- Однократное и многократное нажатие кнопки
- Реализовано **4 помехоустойчивых кнопки**
- Три светодиода обратной связи
- Прост в использовании
- Изменяемый воздушный зазор между кнопками и стеклом
- Низкое потребление: 1.7мкА на кнопку
- Температурный диапазон: -40°C ... 85°C

Преимущества

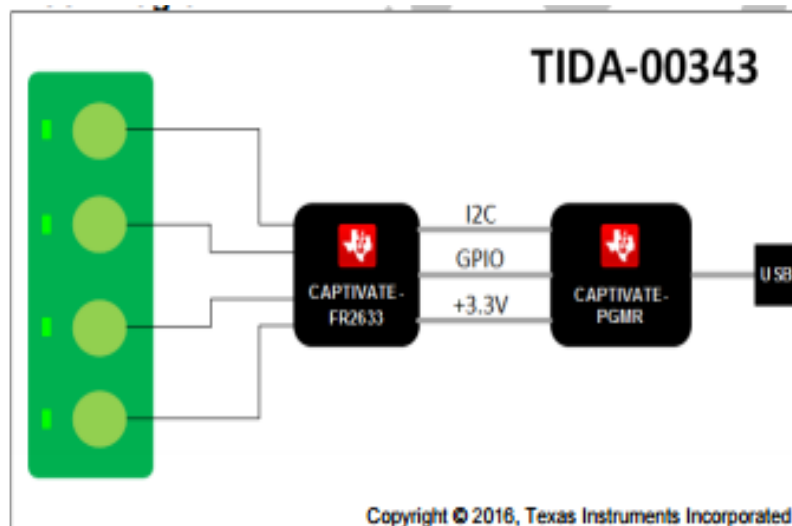
- Определение пальца через толстое стекло (8 – 12 mm)
- Работает с перчатками и в загрязненной среде (вода, масло, пыль)
- Не требует калибровки



[Video: Low Power Touch through Glass TI Design](#)

Инструменты и ресурсы

Схема и файлы проекта на ti.com



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

Capacitive Touch Thermostat UI *TIDM-CAPTIVATE-THERMOSTAT-UI*

Особенности

- Интерфейс пользователя термостата на базе MSP430 с технологией CapTivate
- 8 кнопок на базе 6 выводов с визуальной обратной связью
- < 50 мкА среднее потребление
- FRAM NVM :10¹⁵ циклов перезаписи, 100x быстрее, 250x меньше энергии на запись

Преимущества

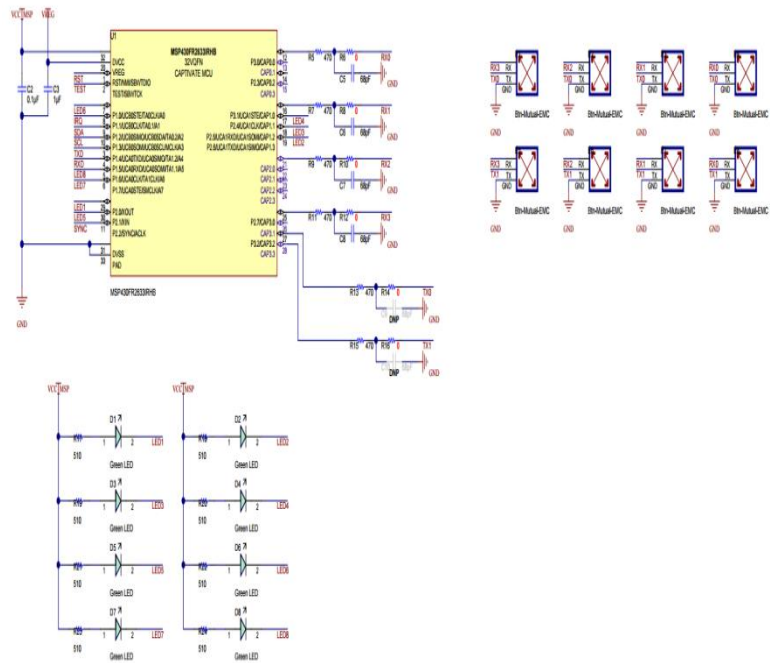
- 2 года работы от батарейки AAA
- Сохраняет состояние в памяти FRAM

Применение

- Термостат

Инструменты и ресурсы

Схема и файлы проекта на ti.com



[CapTivate Thermostat Video](#)

CapTivate Elock *TIDM-CAPTIVATE-ELOCK*

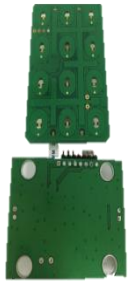
Особенности

- Сенсоры CapTivate
 - 12х кнопок
 - 1х датчик приближения для пробуждения системы
- 12 светодиодов для индикации
- Wake-on touch с ультранизким потреблением в ожидании
- Использование Haptics
- Бипер обрабатывает нажатия и состояние замка
- Схема управления мотором
- Питание от 2 х AAA или 4 х AAA

Применение

- Контроль доступа
- Панель управления

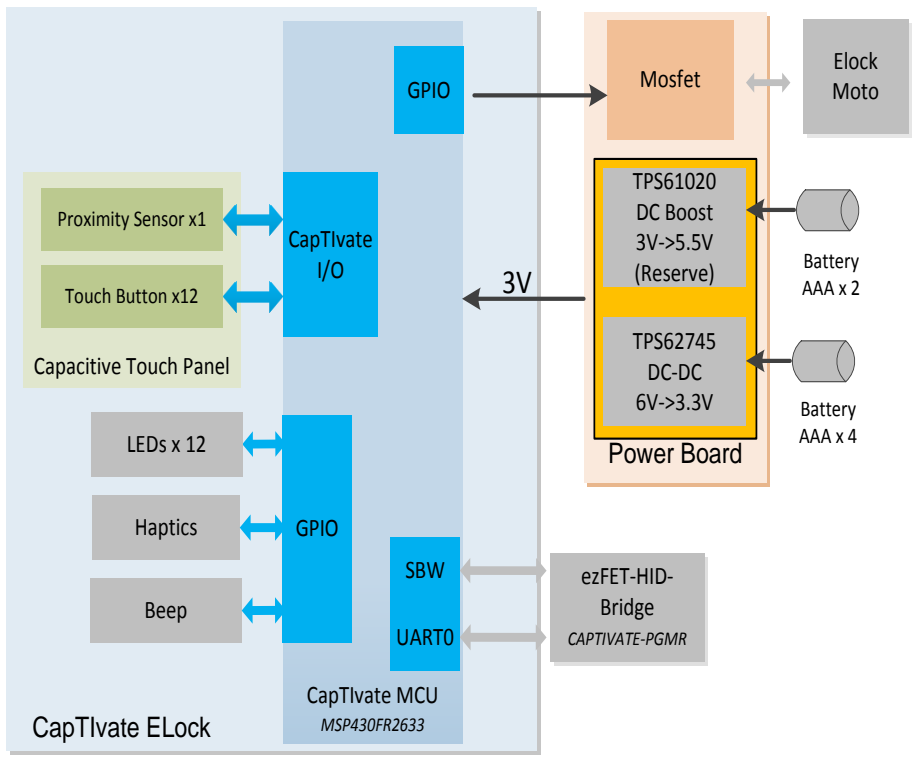
Инструменты и ресурсы



- **TI Design User Guide**
- **Файлы разработки:**
 - Схема
 - Перечень компонентов
 - Гербер-файлы
 - Софт
- **Компоненты :**
 - MSP430FR2633
 - TPS6275
 - TPS61020

Преимущества

- Ультра низкое потребление в активном и режиме сна продлевает срок службы батареи



Особенности

- Сенсоры CapTivate
 - 8x кнопок
 - 1x слайдер – громкость
 - 1x пад определения жестов – переключение и нажатие
 - 1x датчик приближения – детектор взятия в руку
- 2 светодиода для индикации
- Пробуждение по взятию в руку
- GUI-приложение для демонстрации функций управления
- I2C & UART
- Подключение к ПК по Bluetooth через EVM CC2650EM-7ID
- Использует Haptic

Применение

- Умные TV и приставки
- Звуковые системы

Инструменты и ресурсы

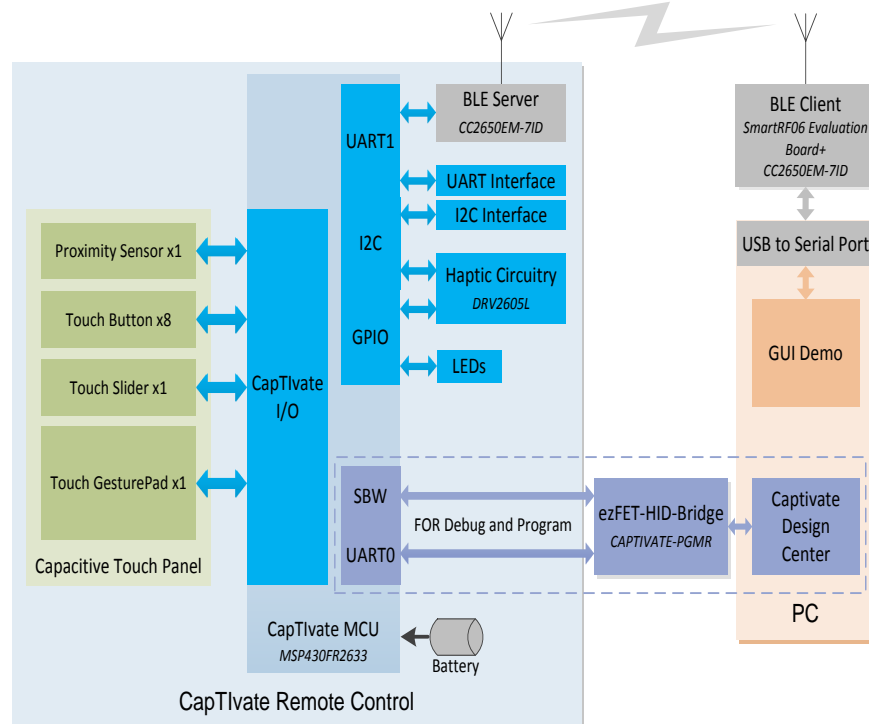


[TIDM-CAPTIVATE-REMOTECONTROL Design Folder](#)

- **TI Design User Guide**
- **Файлы разработки:**
 - Схема
 - Перечень компонентов
 - Гербер-файлы
 - Софт
- **Компоненты:**
 - [MSP430FR2633](#)
 - [DRV2605L](#)
 - [CC2650EM-7ID](#)

Преимущества

- Многофункциональная панель для удаленного управления с кнопками, слайдером и определением жестов
- Низкое потребление увеличивает срок работы батарей
- Различные коммуникационные интерфейсы для дальнейшего развития приложения



Необходимое ПО

1. IDE: CodeComposerStudio или IAR Embedded Workbench



www.ti.com/tool/ccstudio



www.iar.com

2. MSP CapTivate Design Center GUI



<http://www.ti.com/tool/mspcaptdsnctr>

Практическая часть

Работы выполняются в соответствии с пошаговым руководством

«Реализация емкостных сенсоров на базе технологии CapTivate от Texas Instruments»

Спасибо за внимание!

Вопросы ?

Вячеслав Прокопий
ti@compel.ru