

Продолжение. Начало в № 2 '2013

Технология mTouch. Создание емкостных клавиатур и сенсоров.

Часть 2.

Программные библиотеки mTouch

Илья АФАНАСЬЕВ

Прежде чем обсудить вопросы программной реализации обработки сигналов с емкостных сенсоров, проанализируем те сложности, которые возникнут при работе в условиях сильных помех.

Влияние помех на емкостные сенсоры

В первой части статьи были рассмотрены некоторые методы измерения, которые применяются для создания емкостных клавиатур и экранов, а также замечания по защите от внешних помех. Однако нельзя полностью экранировать сенсор, так как это противоречит желаемому результату — детектированию прикосновения к сенсору. Открытый же сенсор подвержен влиянию электромагнитных помех.

Основную проблему в сенсорных системах создают кондуктивные и излучаемые помехи, которые могут вызвать ложные срабатывания емкостных клавиатур. Кондуктивные помехи возникают в системах, которые получают внешнее питание по проводам. Это приборы с питанием от сетевого напряжения, от USB и другие, в которых нет возможности обеспечить разделение «земли» связанных устройств. Излучаемые помехи действуют на все приборы, вне зависимости от типа питания.

Емкостный сенсор подключается к входу микроконтроллера, который во время сканирования присоединяется к высокоимпедансному входу АЦП (при построении сенсоров на основе методов измерения напряжения). Таким образом, электронные приборы, излучающие электромагнитные поля около устройств с емкостными сенсорами (сотовые

телефоны, линии связи, драйверы электролюминесцентных ламп и т.п.), будут воздействовать на высокоимпедансные антенны, созданные емкостными сенсорами. Кроме того, когда пользователь касается емкостного сенсора, он становится частью системы. Если пользователь и система имеют разные потенциалы «земли», то воздействие помехи будет равнозначно инжектированию переменного напряжения в сенсор.

Естественно, что важным свойством сенсорных емкостных клавиатур является способность разрабатываемого устройства сохранять работоспособность при воздействии помех без ложных срабатываний. В соответствии со стандартом МЭК 61000-4-6 (кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями) для проверки качества функционирования испытуемого оборудования к нему подводятся тестовые сигналы с частотой от 150 кГц до 80 МГц, модулированные частотой 1 кГц (рис. 1) с амплитудой 3 В для коммерческих продуктов и 10 В для промышленного оборудования [1]. Тестовые сигналы подводятся на все порты испытуемого оборудования, а значит, и на подверженные наводкам емкостные площадки емкостных клавиатур. Такое тестирование моделирует эмиссию помех при работе оператора (рис. 2).

Инжектированная помеха приведет к изменению аналогового сигнала на входе сенсора

(для метода детектирования на основе измерения напряжения) или изменению частоты (для частотного метода детектирования). При частотном методе измерения емкости влияние помехи будет сильно зависеть от ее частоты. По этой причине при эксплуатации в условиях сильных кондуктивных или излучаемых помех предпочтительны методы, основанные на измерении напряжения.

Для методов детектирования на основе измерения напряжения в зависимости от взаимного соотношения сигнала помехи и момента измерения мы можем получить разный уровень измеренного сигнала (рис. 3).

При низких значениях напряжения питания инжектированные помехи будут вызывать перенапряжение на сенсоре. Поэтому

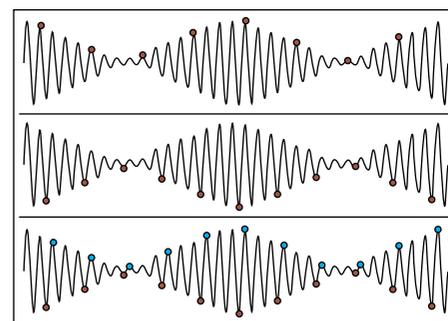


Рис. 3. Зависимость измеренного напряжения сенсора от фазы измерения

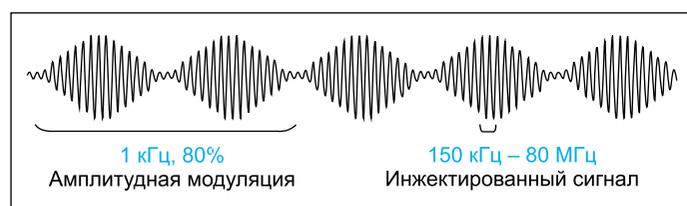


Рис. 1. Параметры тестового сигнала в соответствии с МЭК 61000-4-6

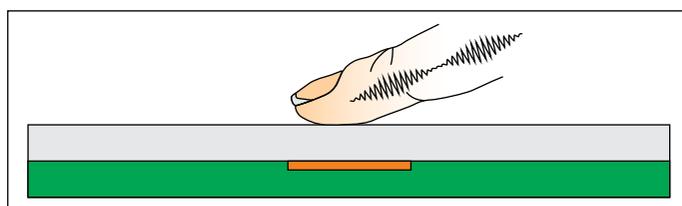


Рис. 2. Внесение помех при касании сенсора

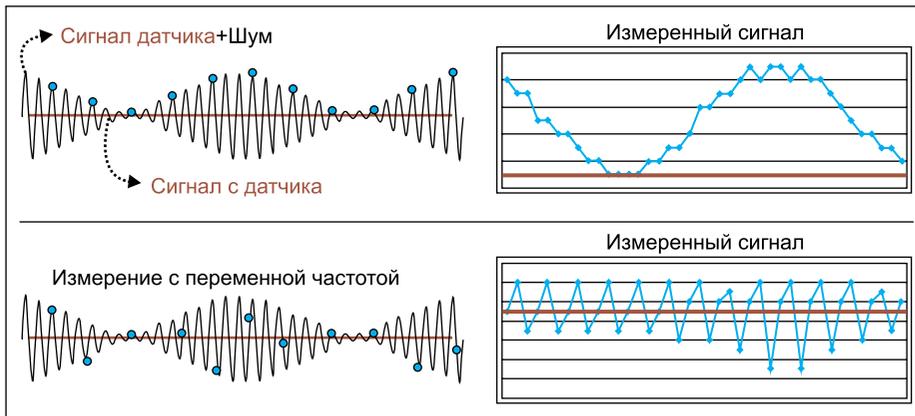


Рис. 4. Введение случайной составляющей в частоту выборок помогает избавиться от гармоник частоты дискретизации в измеренном сигнале

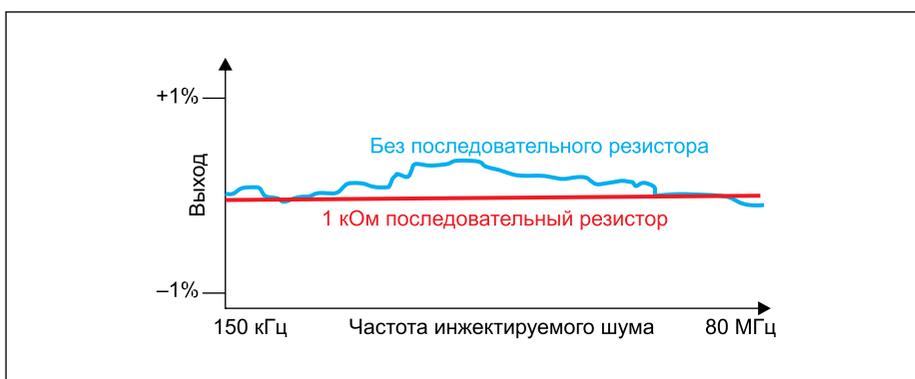


Рис. 5. Уменьшение помех при помощи введения последовательного резистора

для емкостных клавиатур не рекомендуется использовать низкие значения напряжения питания микроконтроллера. Однако даже при напряжении питания 5 В (в соответствии с МЭК 61000-4-6 промышленное оборудование тестируется с амплитудой помехи 10 В) возможно выпрямление наведенных помех на внутренних ESD-диодах и инвертирование направления сдвига напряжения при касании сенсора (реверс сигнала).

Одна из проблем, которая может возникнуть в системе с периодическим измерением сигналов, например в обработке прерываний, это то, что измерения будут подвержены влиянию инжектированного шума на гармониках частоты выборок (рис. 4). Простое решение проблемы — это введение небольшой случайной составляющей в частоту измерения. Это поможет избавиться от высокочастотных гармонических составляющих инжектированной помехи.

Для примера, если сенсор сканируется каждые 400 мкс (то есть с частотой 2,5 кГц), мы можем внести случайную задержку перед измерением от 0 до 10 мкс (величину задержки можно подбирать экспериментально) для того, чтобы быть уверенным, что мы не поймем гармоники частоты 2,5 кГц в инжектированной помехе. Хотя мы изменяем частоту измерения, но незначительно, и это не изменит среднюю частоту выборок сигнала.

Не обязательным, но простым способом стабилизации чтения сенсора является установка последовательного резистора между сенсором и портом микроконтроллера. Обычно применяется резистор 1 кОм, но значение можно выбирать в диапазоне от 100 Ом до 10 кОм. Резистор вместе с емкостью образует фильтр нижних частот

и уменьшает влияние высокочастотных промышленных помех (рис. 5). При выборе величины резистора руководствуйтесь документацией на микроконтроллер, а именно значением сопротивления источника сигнала для модуля АЦП. Так, при использовании СТМУ, максимальное входное сопротивление источника — 2,5 кОм, и увеличение сопротивления потребует увеличение времени преобразования сигнала.

Библиотеки mTouch

Как отмечалось в первой части статьи, компания Microchip предоставляет программные библиотеки mTouch, в которых реализовано автоматическое сканирование каналов. Библиотеки mTouch отлажены и протестированы для обеспечения высокого уровня подавления шумов.

Программная библиотека Capacitive mTouch Software Library предоставляет программный интерфейс пользователя (API) для разработки емкостных клавиатур на базе измерения емкости с помощью модулей CVD и СТМУ на контроллерах PIC18F, PIC24F, PIC24H, dsPIC33 и PIC32. Библиотека написана на языке Си и может быть скомпилирована с помощью устройств Microchip (MPLAB C, XC и Hi-Tech PICC-18). Библиотеки предоставляют возможность интегрирования mTouch-решений в пользовательскую программу.

Библиотека состоит из трех уровней.

1. Уровень опроса сенсоров абстрагируется от аппаратной части и получает данные с сенсоров для последующей обработки. Библиотека поддерживает два метода измерения: с помощью емкостного делителя (CVD) и с помощью измерения времени заряда (СТМУ). В зависимости от конкретного микроконтроллера выбираем тот или иной метод измерения.

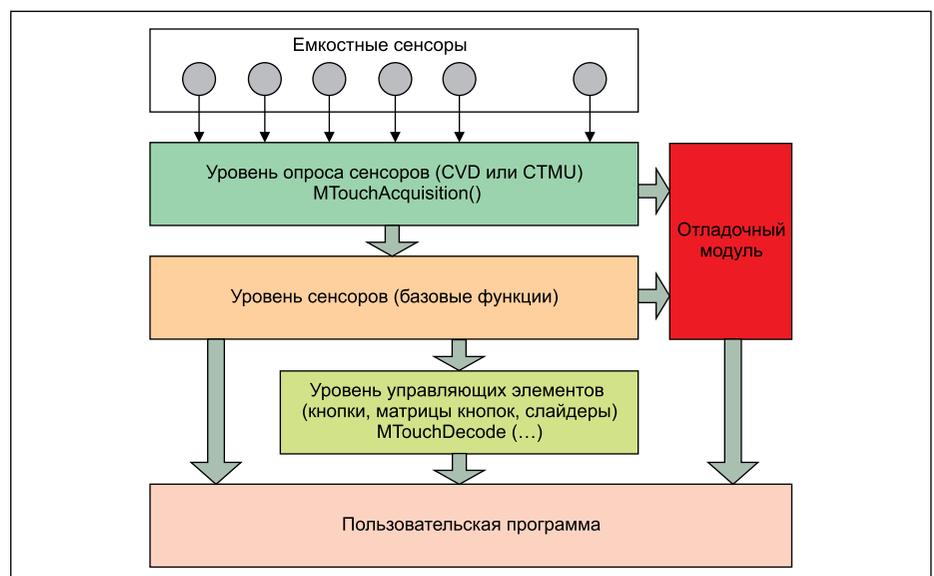


Рис. 6. Состав библиотеки mTouch

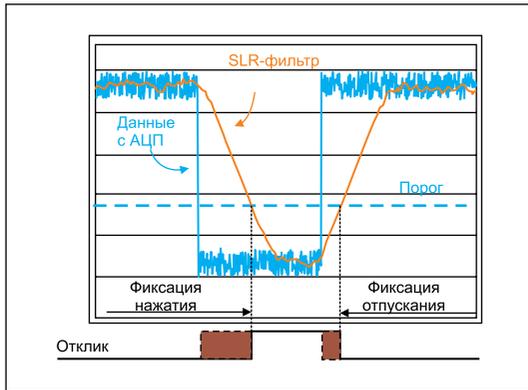


Рис. 7. Работа SLR-фильтра

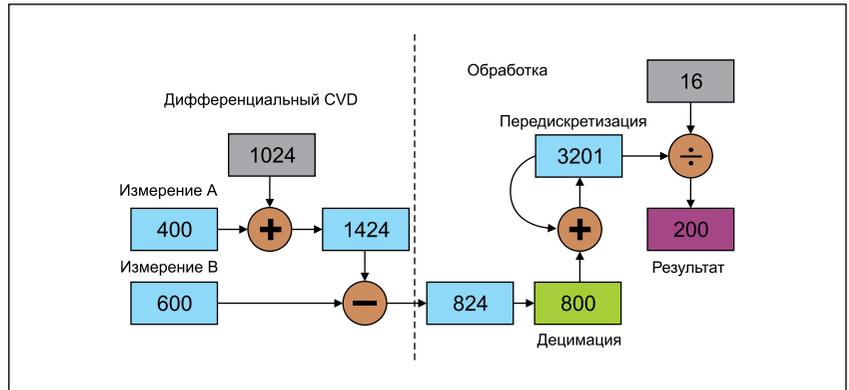


Рис. 8. Алгоритм mTouch

2. Уровень сенсоров позволяет увеличить устойчивость к шумам с помощью фильтрации сигналов. На этом уровне выполняются основные функции обработки сигналов и реализуется детектирование состояния простых емкостных кнопок. Вызов функции `MTouchGetSensorState(...)` возвращает состояние сенсорной кнопки — нажата или отпущена.

3. Уровень управляющих элементов. Здесь реализуются более сложные конфигурации емкостных кнопок: слайдеры, матричные клавиатуры и др.

Ваше аппаратное решение будет влиять на базовое соотношение сигнал/шум. Если соотношение сигнал/шум высоко, то нет необходимости в сложной обработке сигналов: процесс детектирования нажатия будет быстрым и простым. Если базовое соотношение сигнал/шум низко, то понадобится фильтрация сигналов, и процесс детектирования нажатия должен проходить больше стадий для исключения ложных срабатываний.

Уровень сенсоров содержит две техники фильтрации сигналов.

Передискретизация (Oversampling)

Этот процесс использует несколько измерений сигнала на одно «чтение» сенсора. Например, производятся два измерения и результаты складываются. Это приводит к тому, что:

- Ошибка одного измерения, вызванная импульсной помехой, оказывает меньшее влияние, так как каждое измерение является частью чтения сенсора.
- Составляя результат чтения сенсора из нескольких измерений, мы увеличиваем разрешение измеренного сигнала. Таким образом, применение передискретизации увеличивает соотношение сигнал/шум.

Фильтрация сигналов

Для выделения сигнала от шума можно использовать различные типы фильтров. Компания Microchip рекомендует три типа фильтров с простой алгоритмической реализацией [2] — децимирующий фильтр, скользящее среднее и ФНЧ Баттерворта.

В текущей версии библиотеки mTouch используется децимирующий фильтр, или фильтр ограничения скорости изменения (Slew Rate Limiter, SLR). Такой фильтр сравнивает значение входного кода с выходным: если входной код выше, то к выходу добавляется 1, если входной код ниже — из выходного кода вычитается 1. Такой простой SLR-фильтр позволяет отсечь импульсные помехи, так как каждое измерение вызывает изменение выходного кода только на один бит. Однако если выходной код изменяется очень медленно, то, возможно, понадобится увеличение частоты выборки (рис. 7).

Фильтры скользящего среднего и ФНЧ Баттерворта и быстрые алгоритмы их реализации описаны в заметке по применению AN1334 Techniques for Robust Touch Sensing Design.

Таким образом, алгоритм mTouch при измерении методом дифференциального CVD может выглядеть так, как изображено на рис. 8.

Для настройки алгоритмов в прототипах библиотека mTouch предоставляет функции по мониторингу и отладке сенсорного решения (рис. 6). Для связи с программным обеспечением на компьютере можно использовать RS-232 или анализатор последовательных протоколов PICkit Serial Analyzer.

Оболочка программы позволяет наблюдать форму сигналов для исследуемых сенсоров, взаимное влияние сенсоров друг на друга, а также изменять параметры настройки алгоритмов mTouch (рис. 9). Описание влияния параметров алгоритмов и рекомендации по оптимальной настройке сенсорных клавиатур приведены в файле помощи к библиотеке mTouch [3].

Для ознакомления с технологиями построения емкостных кнопок и обработки сигналов компания Microchip предлагает отладочный комплект mTouch Cap Touch Eval Kit (номер для заказа — DM183026-2).

Комплект содержит четыре процессорные платы с контроллерами семейств PIC16F1xxx, PIC18F, PIC24FJ и PIC32MX, четыре платы



Рис. 9. Окна программы mTouch GUI для анализа и настройки библиотеки



Рис. 10. Отладочный комплект mTouch Cap Touch Eval Kit

сенсоров с различными конфигурациями (отдельные кнопки, матричная клавиатура, 2- и 4-канальные слайдеры) и анализатор последовательных протоколов PICkit Serial Analyzer (рис. 10). Комплект сопровождается множеством примеров для исследования методов измерения на базе CVD и СТМУ.

Практические результаты применения mTouch

Как пример одной из разработок с использованием mTouch хотелось бы отметить предпромышленный прототип автомобильной потолочной панели (рис. 11).

Панель содержит 11 емкостных сенсоров с индивидуальной RGB-подсветкой и два светодиодных светильника для подсветки пассажирского и водительского места. Для обработки сигналов сенсора управления панелью и выдачей данных по интерфейсам LIN и CAN используется недорогой 8-разрядный микроконтроллер PIC18F66K80.

Применение емкостных кнопок упрощает конструкцию и позволяет выполнить искривленную лицевую панель.

В дизайне используется всего две пластиковые детали: лицевая панель и рамка-световод. Емкостные сенсоры выполнены на гибкой прозрачной пленке, которая приклеивается с обратной стороны лицевой панели и подключается к печатной плате.

Прототип автомобильной сенсорной панели соответствует требованиям по электромагнитной совместимости, предъявляемым к автомобильной продукции, и прошел испытания в лаборатории Chrysler на следующие тесты:

- ALSE (Absorbed Lined, Shielded Environment) with or without a Ground Plane;
- Transient Disturbances Conducted along Supply Lines;



Рис. 11. Автомобильная потолочная панель

- Fast Transient Disturbances Conducted along I/O Lines;
- Slow Transient Disturbances Conducted along I/O Lines;
- Electrostatic Discharge Handling Test;
- Electrostatic Discharge Operating Test;
- CISPR 25 Radiated RF Emissions;
- Bulk Current Injection.

В следующей части статьи мы рассмотрим вопросы проектирования лицевых панелей при создании емкостных решений. ■

Продолжение следует

Литература

1. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. М.: ИД «Технологии», 2003.
2. AN1334. Techniques for Robust Touch Sensing Design — www.microchip.com
3. Библиотека mTouch — www.microchip.com/MAL