

ЕМКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ ПРИКОСНОВЕНИЯ

ЧИСЛО ИХ ПРИВЕРЖЕНЦЕВ СТРЕМИТЕЛЬНО РАСТЕТ

Технология "умный дом" медленно, но верно входит в жизнь. Правда, не всегда с той стороны, откуда ее ждут. Иногда кажется, что основой такого дома станет не единый управляющий центр, передающий команды периферийным устройствам, а наоборот – резко "поумневшие" исполнительные устройства, связанные с центральным контроллером, выполняющим операции коммутации.

О справедливости такого предположения свидетельствуют последние достижения в области разработки датчиков прикосновения. Высокая износостойкость, малые затраты на используемые материалы, приятный внешний вид способствуют росту их популярности. Емкостные датчики можно найти во многих бытовых устройствах: в трекпадах ноутбуков, MP3-плеерах, мониторах компьютеров, мобильных телефонах. Но это не единственные области их применения. Разработчики домашнего оборудования все чаще отдают предпочтение емкостным датчикам, обеспечивающим уникальный интерфейс и более низкую стоимость конечных изделий в сравнении с механическими переключателями. Так насколько хороши новые компоненты и насколько упрощена разработка конечных изделий, в которых они используются?

РЕГИСТРАЦИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Датчик прикосновения предназначен для регистрации усилия при контакте с ним объекта. При этом область взаимодействия датчика и объекта невелика. В настоящее время для датчиков прикосновения не существует универсальных технических условий, которые могли бы определять параметры, требуемые для конкретного применения. В общем случае мож-

М.Гольцова

но лишь указать следующие основные характеристики таких датчиков:

- возможность создания точечного контакта (при этом физическая площадь датчика может быть любой). На практике приемлемой считается площадь 1–2 мм², представляющая собой компромиссное значение между площадями субминиатюрного, трудного в изготовлении элемента и датчика большого размера, показания которого не точны;
- чувствительность, зависящая от основных характеристик датчика, а также от наличия или отсутствия барьера между ним и объектом. Для большинства применений при допущении случайных механических перегрузок она составляет 0,4–10 Н;
- минимальная полоса пропускания датчика, как правило, 100 Гц;
- стабильность характеристик при малом гистерезисе. Линейный отклик не обязателен, поскольку небольшие отклонения от линейности могут быть компенсированы средствами обработки данных;
- высокая робастность и слабая зависимость от воздействия окружающей среды.

Датчики прикосновения реализуются на основе самых разнообразных физических принципов. Существуют механические преобразователи усилия на базе резистивных, пьезорезистивных, пьезоэлектрических материалов, емкостные, магнитные, оптические, оптоволоконные датчики. При этом все большее внимание уделяется созданию не просто датчика, а завершенной системы распознавания прикосновения с требуемыми интерфейсами и соединениями. Такая система должна выполнять функции самодиагностики, калибровки и тестирования.

Последние достижения в области разработки программируемых устройств смешанного сигнала способствовали росту популярности емкостных датчиков прикосновения, которые более надежны и просты в изготовлении и зачастую дешевле, чем заменяемые ими электромеханические переключатели и традиционные мембранные датчики прикосновения. К тому же, поскольку системы на базе таких датчиков не имеют движущихся элементов, в сравнении с обычными пе-



рекламаторами они более прочны и менее подвержены от- казам. А так как электроды датчика не расположены на по- верхности касания, упрощается создание хорошо защищен- ных от воздействия окружающей среды устройств. Таким образом, разработчики разнообразной конечной аппарату- ры получают возможность проектировать новые и привлека- тельные для пользователя устройства. Потребность в датчи- ках прикосновения, предназначенных для систем домашне- го обихода, мобильных телефонов и автомобильных систем, постоянно растет.

Впервые емкостное устройство регистрации прикоснове- ния было реализовано на основе идеи, предложенной рус- ским изобретателем Л.С.Терменом в 1919 году в рамках рос- сийской программы разработки бесконтактных датчиков. Прибор реагировал на близость рук музыканта к паре антенн, которые модулировали частоту и амплитуду сигналов двух ге- теродинов – основных блоков первого в мире электронного синтезатора музыки.

Современные микросхемы датчиков прикосновения, вы- пускаемые компаниями Analog Devices, Cypress Semiconduc- tor, Freescale Semiconductor, Quantum Research Group и дру- гими, выполнены на основе различных методов распознава- ния прикосновения. Все поставщики датчиков прикоснове- ния выпускают и оценочные комплекты, позволяющие оце- нивать простоту создания конечных систем при использова- нии предлагаемых изделий, а также их сложность и робаст- ность – параметры, на которые многие разработчики обра- щают внимание в первую очередь.

В данном случае под робастностью подразумевается воз- можность точной регистрации давления на датчик в широ- ком диапазоне условий окружающей среды. Любой датчик прикосновения характеризуется фоновой (исходной) емко- стью или фоновым сигналом, значение которых зависит от среды. При превышении значения фонового параметра по- рогового уровня датчик регистрирует эффект касания. Дат- чики прикосновения (особенно те, которые применяются в переносных системах) могут свободно располагаться в про- странстве, находиться вблизи компьютера, мобильного те- лезона или любых электронных устройств, генерирующих непредсказуемые частотные сигналы различной силы, при- водящие к срабатыванию датчика. Электростатический раз- ряд, высокая влажность и загрязнения также могут вызвать ложное срабатывание датчика. Чтобы решить проблемы тем- пературной и временной нестабильности характеристик, поставщики выпускают датчики прикосновения с встроенны- ми логическими и аналоговыми блоками, обеспечивающими постоянную калибровку прибора. Такие блоки позволяют использовать клавиши, рассчитанные на пальцы разных форм и размеров, и тем самым улучшают свойства датчика при- косновения и расширяют конструктивные возможности ко- нечной системы.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТА ЗА СЧЕТ "ШУНТИРОВАНИЯ" ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Пример таких микросхем датчика прикосновения – програм- мируемые контроллеры на базе преобразователя емкости в цифровой код (Capacitance-to-Digital Converter, CDC) моделей AD7142 и AD7142-1 компании Analog Devices. Матричный пе- реключитель микросхемы обеспечивает передачу сигналов от 14 емкостных датчиков прикосновения преобразователю CDC на базе 16-бит 250-кГц сигма-дельта АЦП. Данные преобразо- вателя, регистрирующего изменение емкости датчиков при- косновения (кнопочного типа, прямых полосковых или изог- нутых), хранятся во внутрисхемных регистрах. Программиро- вание регистров позволяет настраивать микросхему в соот- ветствии с требованиями пользователя. Кроме того, для ком- пенсации изменений условий окружающей среды и гарантии высокой точности срабатывания в микросхему встроена ка- либровочная логика и ОЗУ емкостью 528 слов. Калибровка выполняется автоматически в моменты отсутствия прикосно- вений. Микросхема AD7142 имеет последовательный SPI-ин- терфейс, AD7142-1 – I²C-интерфейс, а также выход прерыва- ния (для указания ввода новых данных в регистры) и универ- сальные порты ввода-вывода (рис.1).

Работа микроконтроллера основана на шунтирующем ме- тоде обнаружения касания. Генерируемый микросхемой пря- моугольный сигнал на частоте 240 кГц регистрируется при- емником (как правило, передатчик и приемник выполнены на одной печатной плате с внешними датчиками). Сигнал прием- ника через матричный переключатель передается Σ - Δ АЦП, который преобразует значение емкости датчика в цифровую форму. Прикосновение к датчику какого-либо предмета (как правило, пальца) приводит к тому, что некоторые силовые ли-

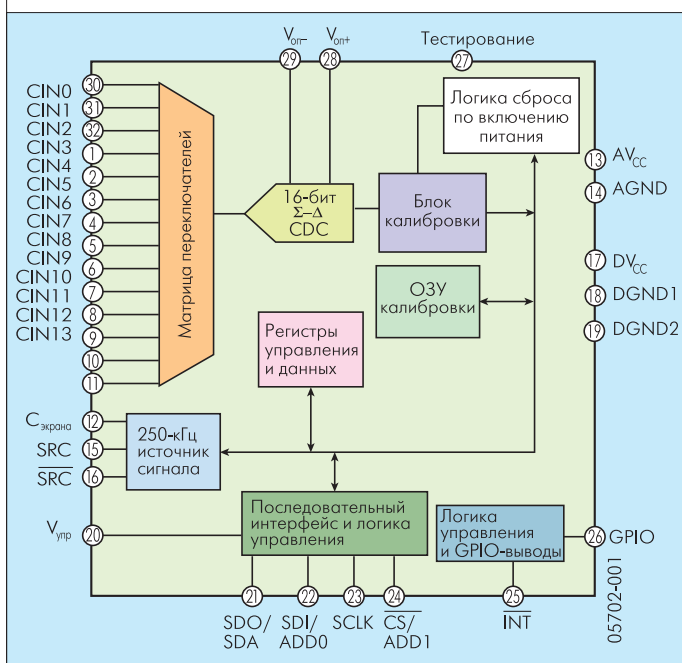


Рис.1. Функциональная схема контроллера емкостного датчика прикосновения AD7142

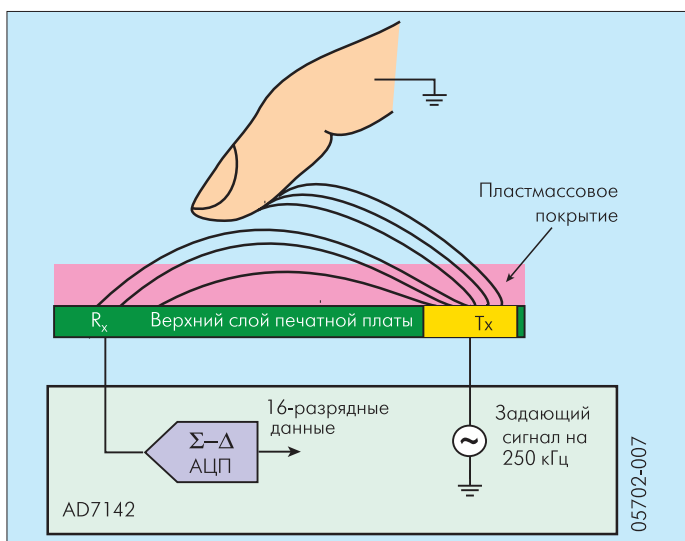


Рис.2. Определение изменения значения емкости датчика прикосновения

нии электрического поля шунтируются и не регистрируются приемником (рис.2). В результате значение измеряемой емкости изменяется. При достижении значения, превышающего установленное пороговое, микросхема регистрирует касание клавиши. Для функционирования микросхемы не нужны сложные программные средства.

Каждый канал преобразования имеет собственный регистр результата, считываемый хостом через последовательный интерфейс SPI или I²C. Микросхема поддерживает до 12 этапов преобразования за одну последовательность измерений. При этом на каждом из этих этапов могут регистрироваться сигналы различных датчиков. Не для всех используемых емкостных датчиков требуются все этапы преобразования. Последовательность измерений определяется как число этапов CDC – от нулевого до хранимого в соответствующем регистре заданного их числа. Это позволяет оптимизировать эффективность микросхемы за счет выбора числа этапов преобразования и частоты дискретизации CDC. Компания Analog Devices рекомендует устанавливать время последовательности преобразования 35–40 мс.

Микросхема AD7142 непрерывно контролирует все емкостные датчики, регистрируя приближение объекта и блокируя при этом все операции калибровки, которые выполняются после каждой последовательности измерений. Функция калибровки необходима для того, чтобы устанавливать изменение значения исходной емкости сенсора и достоверно определять факт контакта. Разработчик может задавать время блокировки этой функции с тем, чтобы предотвратить блокировку из-за длительного "зависания" пальца пользователя над кнопкой. Эффект зависания может быть вызван влагой или жировой пленкой, нанесенной на кнопку пальцем. Программируемый адаптивный порог срабатывания и алгоритм управления чувствительностью датчика позволяют работать с конечным изделием пользователям с разными размерами и формами пальцев.

Для микросхемы AD7142 предусмотрено программирование полного рабочего режима, режима ожидания и спящего режима. В рабочем режиме все блоки микросхемы функционируют, непрерывно преобразуют и калибруют данные с постоянной скоростью. Потребляемый при этом ток не превышает 1 мА. В режиме ожидания с малым энергопотреблением частота преобразования снижается (например, один раз в 400 мс) до момента регистрации нового контакта, после чего микросхема переходит в обычный режим работы (один раз в 40 мс). Ток составляет 50 мкА (время перехода из одного режима в другой – 400 мкс). В спящем режиме ток равен 2 мкА. Напряжение питания микросхемы 2,6–3,6 В. Поставляются микросхемы обеих типов в 32-выводных малогабаритных корпусах типа LFCSP_VQ размером 5x5 мм.

Микросхема программируемого контроллера емкостных датчиков прикосновения предназначена для применения в персональных мультимедийных плеерах, сотовых телефонах, цифровых фотокамерах, разумных портативных устройствах, системах дистанционного управления, игровых консолях.

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТА

Компания Freescale Semiconductor предлагает микросхему датчика трехмерного образа объекта модели MC33794, предназначенную для обнаружения объектов в генерируемом ею электрическом поле. Микросхема создает в контролируемом пространстве слабое электрическое поле и регистрирует его изменения, создаваемые объектом. Входящий в микросхему генератор через последовательно включенный резистор с сопротивлением 22 кОм подает на вывод микросхемы синусоидальный сигнал с полным размахом напряжения 5 В. Резистор совместно с электродом датчика и электродом общего потенциала образует делитель напряжения. Частота сигнала может регулироваться с помощью последовательно включенного внешнего резистора. По умолчанию, частота составляет 120 кГц. Благодаря относительно низкой частоте синусоидального сигнала проблемы электромагнитной совместимости минимизированы.

В каждый момент времени только один из 11 выводов микросхемы (девять – для подключения сенсорных электродов и два – опорных для измерения внешней эталонной емкости известной величины, обычно равной 10 или 100 пФ), задаваемый четырьмя внешними адресными входами A, B, C и D, является источником слабого электрического поля. Остальные выводы при помощи внутрисхемного мультиплексора присоединяются к общему потенциалу. Ток утечки между излучающим и заземленными выводами представляет собой информационный сигнал для внутрисхемного измерительного блока. Этот блок преобразует его в сигнал постоянного тока, а также выполняет фильтрацию и нормализацию выходного сигнала в диапазоне напряжений от 0 до 4 В (рис.3).

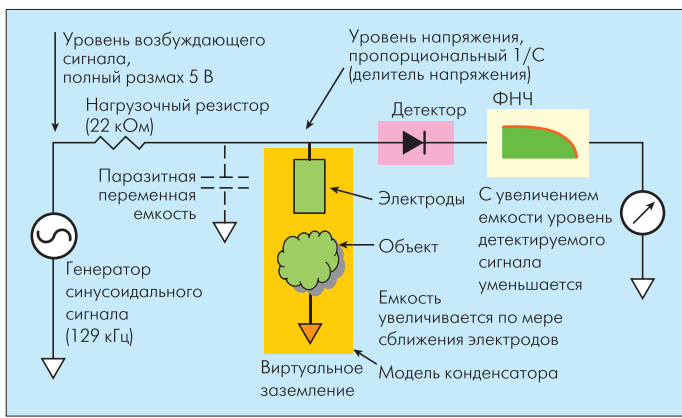


Рис.3. Концептуальная блок-схема датчика трехмерного образа

Если в генерируемое поле ввести какой-либо объект, его емкость шунтирует измерительную цепь и детектируемый сигнал меняется. Измеряемое напряжение обратно пропорционально значению емкости, образуемой излучающим и остальными электродами. А поскольку наличие любого объекта в электрическом поле приводит к изменению этой емкости, изменяется и напряжение. Выбор сопротивления последовательного резистора, равного 22 кОм, обеспечивает достаточно линейную зависимость напряжения от емкости на частоте 120 кГц в диапазоне значений емкости 5–100 пФ.

Микросхема содержит два стабилизатора напряжения, детектор сброса по включению питания/снижения уровня напряжения, сторожевую схему, драйвер сигнальной лампы, интерфейс физического уровня ISO-9141 (K-line) (рис.4). Интерфейс K-line изначально предназначался для подключения MC33794 к внутренней информационной сети автомобиля: микросхема разрабатывалась для трехмерного анализа пространства салона автомобиля и более эффективного развертывания подушек безопасности независимо от массогабаритных характеристик пассажира и его положения в салоне. В микросхему также входит формирователь экранирующего поля, предназначенный для компенсации емкостных эффектов, возникающих при использовании коаксиального кабеля для присоединения микросхемы к внешним электродам. Предусмотрена возможность подключения микросхемы к микроконтроллеру, выполняющему функции измерения и корректировки ее параметров.

Поставляется микросхема в 54-выводном SOIC-корпусе. Диапазон рабочих температур -40...85°C. Устойчивость к электростатическому разряду – 2 кВ.

Сегодня MC33794 находит широкое применение и в разнообразном бытовом оборудовании – охранных системах, системах оповещения, контроля доступа, автоматического управления освещением и т. п. Возможность детектировать положение объекта в пространстве и его размеры позволяет создавать на основе микросхемы различные бесконтактные выключатели бытовых электроприборов, устройства контроля открытия/закрытия двери гаража, а также средств определения дисбаланса вращающихся деталей и узлов (напри-

мер, барабанов стиральных машин). Потенциальным применением микросхемы являются системы автоматического размораживания холодильников, а также разнообразные детекторы уровня жидкости (вплоть до обнаружения лужицы пролитой жидкости на поверхности кухонной плиты).

Специально для бытового оборудования и универсальных промышленных систем компания Freescale выпустила модификацию датчика трехмерного образа – микросхему MC34940, способную управлять семью электродами и работать с 28 емкостными датчиками прикосновения различной конфигурации. В микросхему также входят формирователь экранирующего поля и блок настройки времени отклика с помощью внешнего конденсатора. Функции подавления нажатия соседних клавиш и периодической калибровки реализуются программно. Поставляется микросхема в 28-выводном SOIC-корпусе.

В конце 2007 года компания планирует начать массовое производство микроконтроллеров бесконтактных датчиков MPR081 и MPR082 с целью замены механических портативных кнопочных устройств. MPR081 поддерживает 16-позиционный круговой датчик, MPR082 – 20-кнопочную сенсорную панель. В микросхему входят блоки подавления ложных сигналов касания и звуковой имитации нажатия кнопки. Кро-

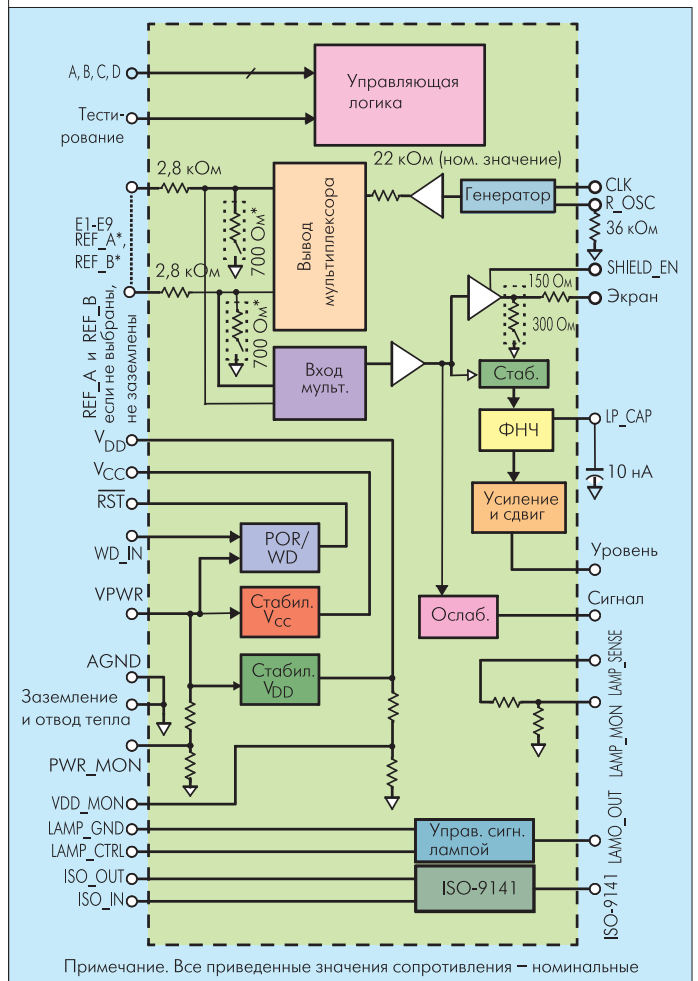


Рис.4. Упрощенная функциональная блок-схема MC33794

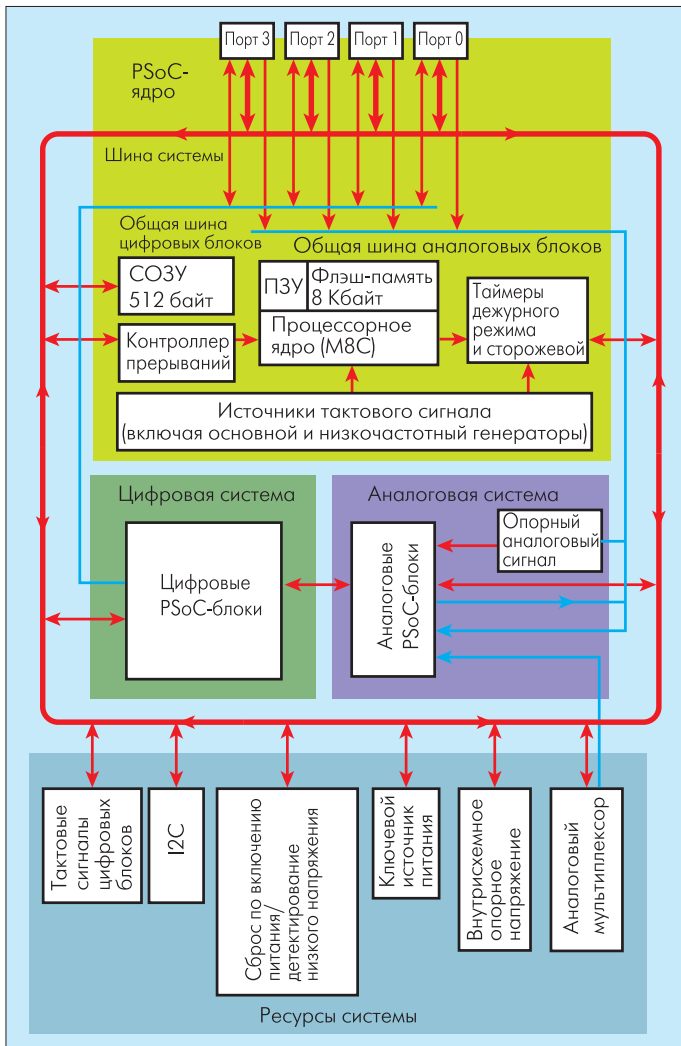


Рис. 5. Архитектура микросхемы семейства PSoC

ме того, она содержит последовательный I²C-интерфейс для связи с хост-контроллером, задающим работу микросхемы, и контроллер прерываний, сообщающий хосту об изменении состояния датчиков. Рабочее напряжение микросхемы – 1,8–3,6 В, средний рабочий ток – 150 мкА, в режиме ожидания – 1 мкА. Диапазон рабочих температур от -40 до 85°C. Монтируются в 16-выводные корпуса типа QFN или TSSOP.

СКАНИРУЯ ПАНЕЛИ

Компания Cypress MicroSystems, филиал фирмы Cypress Semiconductor, предлагает другую технологию регистрации прикосновения, реализованную в изделиях семейства CapSense. В основу решения компании положен релаксационный генератор, который содержит источник тока, элемент, "чувствующий" емкость не известного заранее значения, компаратор и переключатель разряда. По утверждению компании, это одно из самых гибких в промышленности решений экранного контроллера прикосновения. Микросхемы CY8C21x34 и CY8C24x94 семейства CapSense выполнены на базе микроконтроллеров смешанной обработки сигнала по технологии программируемых систем на кристалле (Programmable-System-on-Chip, PSoC) компании Cypress.

PSoC-устройство состоит из центрального процессорного ядра M8C и конфигурируемых аналоговых, цифровых блоков и программируемых межсоединений. Ядро представляет собой конечный автомат, к которому пользователь может добавлять различные функциональные узлы (UART, SPI, таймеры, ШИМ-блок и т. п.), изменяя содержимое конфигурационных регистров (рис.5). Средство разводки проекта, входящее в программный пакет PSoC Designer, обеспечивает объединение ресурсов микросхемы в требуемую специализированную систему. PSoC Designer также поддерживает драйверы и функции программных интерфейсов приложений (API), включающие установку регистров и функции вызова на языке C или ассемблере.

В PSoC-микросхеме совместно с микроконтроллером могут быть реализованы до 100 функций периферии. Такая архитектура позволяет пользователю конфигурировать периферию в соответствии с требованиями конкретной системы. Аналоговые блоки включают в себя операционные усилители, компараторы, массивы резисторов, а также модули на переключаемых конденсаторах, на основе которых можно строить блоки фильтров, АЦП и ЦАП. Для каждого блока микросхемы приводится спецификация (datasheet) с параметрами блока и рекомендациями относительно стратегии проектирования. Все это позволяет потребителю сократить сроки проектирования, уменьшить площадь печатной платы и снизить потребляемую мощность. Стоимость системы сокращается на сумму до 10 долларов.

PSoC-микросхемы серий CY8C21x34 и CY8C24x94 содержат по четыре цифровых и аналоговых блоков, а также до 28 универсальных устройств ввода-вывода (в зависимости от типа корпуса). Ядро микропроцессоров M8C представляет собой восьмиразрядный микропроцессор с гарвардской архитектурой и частотой до 24 МГц. В ядро входят CO3U емкостью 512 байт (CY8C21x34) или 1 Кбайт (CY8C24x94), контроллер прерываний, сторожевой таймер и таймер дежурного режима, а также основной и низкочастотный генераторы. Емкость флэш-памяти микросхем серии CY8C21x34 составляет 8 Кбайт (число циклов записи/стирания – 50 тыс.), серии CY8C24x94 – 16 Кбайт. Микросхема CY8C21x34 имеет I²C и SPI-интерфейсы, CY8C24x94 – SPI-интерфейс и полноскоростной USB-порт. Монтируются микросхемы CY8C21x34 в 16-выводной корпус SOIC-типа, 32-выводной MLF, а также в 20- и 28-выводные корпуса SSOP-типа, CY8C24x94 – в 54-выводной MLF с минимальным размером 8×8 мм.

Работа микросхем CY8C21x34 и CY8C24x94 основана на изменении емкости конденсатора, образуемого сенсорным электродом датчика и электродом с общим потенциалом. Конденсатор представляет собой времязадающий элемент генератора пилообразного сигнала. Источник постоянного тока заряжает его до порогового напряжения, по достижении которого срабатывает компаратор, замыкается ключ и кон-



денсатор разряжается. Затем цикл повторяется. Этот процесс создает пилообразное напряжение, тактирующее ШИМ-блок, который в свою очередь разрешает или блокирует работу 16-бит таймера (рис.6). Прикосновение пальца пользователя приводит к увеличению емкости конденсатора. Это вызывает увеличение длительности импульса ШИМ-блока, а значит, возрастает и число импульсов основной тактовой частоты, которые считает таймер. Если результаты подсчета при переходе от одного импульса к другому превышают заранее установленное значение порога, регистрируется присутствие объекта. Компания Cypress предоставляет пользователям руководства по применению, объясняющие принцип работы и содержащие рекомендации по размещению контактных площадок.

Для устранения проблем, связанных с непредсказуемыми изменениями окружающей среды, в которой функционирует датчик прикосновения, программное обеспечение через API периодически запускает алгоритм корректировки, обновляющий данные регистра каждого электрода. Разработчик может устанавливать требуемые пороговые значения шума и уровни срабатывания датчика, обеспечивая тем самым непрерывную корректировку системы, работающей в изменяющихся условиях среды. Возможность регулировать алгоритм обнаружения касания в соответствии с конфигурацией датчика и мате-

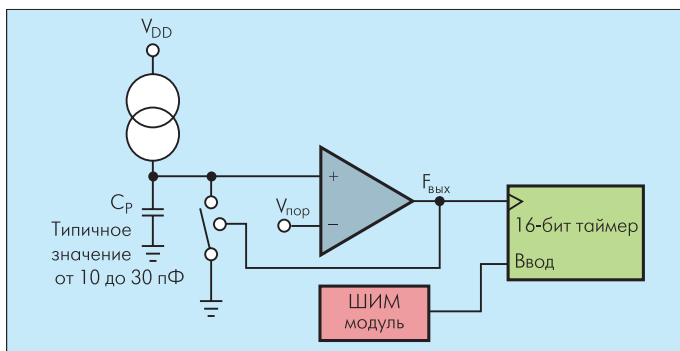


Рис.6. Принцип регистрации изменения частоты микросхемой компании Cypress

риалом его покрытия, обеспечивает баланс энергопотребления и чувствительности датчика.

Уникальная PSoC-архитектура позволяет разработчикам помимо обнаружения касания выполнять и такие функции, как управление сигнальными лампочками на светодиодах и жидких кристаллах, двигателями, реле, источниками звукового сигнала и т. п. Один и тот же прибор способен реализовывать функции трекпеда и линейного бегунка.

Компания Cypress уже располагает более чем сотней заказов на поставку микросхем семейства CapSense для мобильных телефонов, портативных плееров, компьютеров, принтеров, автомобильных систем, домашнего оборудования. Микросхемы семейства используются в стиральных машинах и

обогревателях компании Haier – транснациональной компании, производящей бытовую технику. Микросхема семейства может заменить несколько десятков механических переключателей и регуляторов.

В настоящее время специалисты компании разрабатывают методы температурной компенсации и стабилизации источника постоянного тока. Активно исследуются способы снижения чувствительности к шумам и электростатическому разряду.

ПОБЕЖДАЯ ВОДНУЮ СТИХИЮ

Компания Quantum Research Group (Великобритания), крупнейший разработчик датчиков прикосновения, не имеющий собственных производственных мощностей (fabs), выпускает широкую номенклатуру микросхем емкостных датчиков на основе запатентованной технологии QProх. Эта технология обеспечивает регистрацию прикосновения с помощью метода переноса заряда и сложных алгоритмов обработки цифрового сигнала.

Специалисты компании Quantum Research Group, основной рынок сбыта продукции которой – домашнее оборудование, поставили перед собой задачу создания емкостного устройства, способного опознавать прикосновение в любой среде с высокими уровнями влажности и загрязнения, образуемого наростами грязи, жира и т.п. По утверждению разработчиков, успешно прошедшая эксплуатационные испытания технология QProх, по стабильности и решению проблем электромагнитной совместимости в широких диапазонах изменения температуры и влажности превосходит все другие методы емкостного преобразования.

Датчик переноса заряда (QT), разработанный основателем компании Холлом Филиппом (Hal Philipp), действует по принципу измерения накопленного чувствительной поверхностью заряда. Фактически это специализированный микроконтроллер, программа которого позволяет заряжать чувствительную поверхность до заданного потенциала. Этой поверхностью может служить любой проводящий элемент (от контактной площадки печатной платы до электродов из индия-оксида олова на экране дисплея). При этом первоначальное значение емкости чувствительной пластины неизвестно. Путем измерения ее заряда после нескольких циклов заряда/переноса микросхема определяет емкость поверхности. Прикосновение пальца или другого объекта к клавише приводит к изменению заряда чувствительной поверхности, что и регистрирует микросхема. Филипп подчеркивает, что подача на чувствительную пластину напряжения от источника с малым общим сопротивлением и выборка импульса малой длительности обеспечивают надежное обнаружение прикосновения пальца даже в условиях высокой влажности. С точки зрения общего сопротивления образование на поверхности пленки воды значительно сильнее влияет на ее емкость, чем

прикосновение пальца. Это обусловлено образованием двухмерной RC-цепи и емкостью пленки относительно окружающей среды. В микросхеме используется пакетная передача напряжения питания электрода V_{cc} и модуляция шумоподобным сигналом. Рандомизация импульсов зарядки и установление длительной задержки между передаваемыми пакетами позволяют минимизировать проблемы электромагнитной совместимости и повысить робастность системы. Длительность отдельных импульсов может составлять 5% или менее от интервала между импульсами пакета. Это также приводит к уменьшению потребляемой мощности и снижению помех от соседних датчиков.

Частота замеров большинства микросхем датчиков прикосновения компании составляет ~100 кГц, хотя эффективная частота замера ряда датчиков при времени выборки порядка 100 нс может достигать 10 МГц и более. Микросхема способна реагировать на прикосновение к стеклянной пластине толщиной более 50 мм или к пластинам из других материалов, допустимая толщина которых пропорциональна диэлектрической постоянной. Благодаря такой чувствительности датчики могут заменять резистивные тактильные элементы с двумя слоями резистивного материала, приводящих к ухудшению яркости экранов.

Чтобы исключить ложное срабатывание из-за случайного прикосновения, близости контактов или электростатического разряда логика микросхемы датчика обеспечивает подавление реакции соседних ключей. Эта функция предусматривает итеративное измерение уровня сигнала каждого ключа и выявление ключа, изменение уровня сигнала которого максимально. Исходя из того, что сигнал выбранного ключа превосходит установленный пороговый уровень, датчик игнорирует сигналы соседних ключей.

Все QT-микросхемы емкостных датчиков компании Quantum Research Group имеют блоки автоматической компенсации дрейфа порогового уровня. Алгоритм обеспечивает периодическую проверку уровня входного сигнала каждого ключа при отсутствии касания и установление заданного порога обнаружения касания. Пороговый уровень с учетом типа QT-датчика устанавливается с помощью опорного конденсатора или программных средств. Такой блок необходим для гарантированной регистрации прикосновения, особенно при использовании микросхемы в панелях управления микроволновых печей, где скорость изменения температуры составляет 1°C/с или более.

Quantum Research Group выпускает QProх-микросхемы двух типов: QTouch и QMatrix. Они успешно применяются в системах с разнообразными кнопочными, прямыми полосковыми и изогнутыми тактильными датчиками. Микросхемы типа QTouch позволяют создавать простые панели регистрации прикосновения, содержащие до 12 ключей, за счет подключения к каждому ключу конденсатора, присоединенного к



двум выводам микросхемы. В результате сочетания автоматической самокалибровки, устранения дрейфа, фильтрации шумов и хорошей влагостойкости технология QTouch облегчает выбор материалов и конструкции конечного изделия, позволяет увеличить его надежность и упростить производство в сравнении с устройством с электромеханическими и мембранными кнопками и клавиатурами. Датчики типа QMatrix с помощью X-Y емкостной сканирующей матрицы обеспечивают управление 24 ключами 14-выводной микросхемой.

Основные достоинства QProx-технологии следующие:

- низкая стоимость в пересчете на ключ (0,12 долл. для многоканальных микросхем);
- высокая робастность. Благодаря применению адаптивных алгоритмов обнаружения касания и модуляции шумоподобным сигналом сокращено ложное срабатывание, вызываемое внешними полями или помехами. Кроме того, возможна компенсация дрейфа параметров в течение длительного времени;
- свободный выбор конструктивных решений. Размеры и формы клавиш могут быть самыми разнообразными, а расстояние между ними – каким угодно, лишь бы их можно было коснуться пальцем. Произволен выбор и толщины панели, и используемых материалов (подложка может быть изготовлена из дешевых материалов печатных плат, клавиши – из любого непроводящего материала: пластмассы, стекла, дерева);
- возможность подсветки клавиш для получения специальных эффектов.

Достоинства технологии QProx можно продемонстрировать на примере микросхемы QT118H – одноклового датчика, способного распознавать прикосновение при толщине стеклянной подложки 100 мм. Напряжение питания ее – 2,5–5 В, потребляемый ток при напряжении питания 3,3 В – примерно 12 мкА. Микросхема содержит блок мультиплексирования и 14-бит АЦП, определяющий уровень зарядки датчика и выполняющий его калибровку в процессе работы. Чувствительность датчика задает один внешний конденсатор. Период выборки переносимого заряда составляет 2 мкс, длительность пакета импульсов – 0,5–7 мс, интервал между пакетами – около 95 мс. В микросхему также входят схемы возбуждения акустического пьезоэлемента, звукового воспроизведения "щелчка" при срабатывании датчика и драйвера светодиодной сигнальной лампочки. Два вывода микросхемы используются для установления типа выходного сигнала: сигнала низкого уровня длительностью 10 или 60 с, сигнала переключения длительностью 10 с или импульсного сигнала длительностью 75 мс для каждого нового этапа опознания касания. Для контроля работоспособности микросхема постоянно вырабатывает специальный сигнал HeartBeat (сердцебиение) длительностью 350 мкс, налагаемый на все выходные сигналы с целью проверки правильности работы микросхемы. Пос-

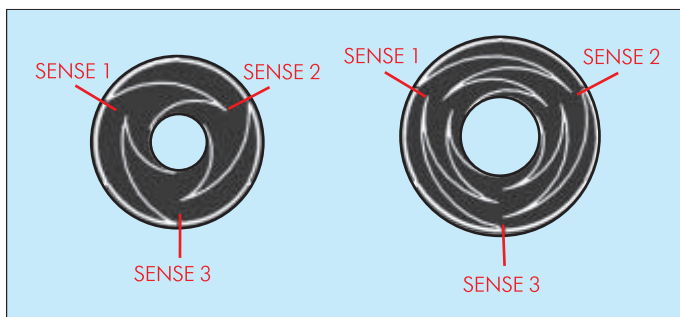


Рис.7. Ротационный емкостной датчик прикосновения компании Quantum использует структуру трех чередующихся выводов для опознания 128 позиций

твляются микросхемы QT118H в восьмивыводных корпусах типа SOIC или DIP.

Предназначены микросхемы датчиков для осветительных систем, панелей промышленного оборудования, средств управления домашним оборудованием, систем безопасности, контроля доступа, игрушек и игр.

Для сенсорных площадок более сложных форм – прямых полосковых и кольцевых – компания выпустила микросхемы ротационных датчиков серий QT411 и QT511 с областью прикосновения, формируемой тремя секциями электродов (рис.7). Принцип работы датчиков основан на обработке сигналов трех чувствительных элементов, расположенных вдоль прямой линии или окружности по технологии емкостного потенциометра (QWheel). Структура чувствительных элементов соединена тремя шинами считывания с интерполирующей логикой микросхемы, обеспечивающей разрешение до 128 точек. Точность определения точки прикосновения не хуже 5%. Разрешение – 7 разрядов. Напряжение питания – 2,5–5 В. Выход датчиков можно использовать для создания групп раздельного управления и интерпретации прикосновения к нескольким положениям как к одной кнопке. Например, для положений 0...19 можно назначить кнопку А, 30...49 – кнопку В, 60...79 – кнопку С и т. д.

Датчики серий QT411 и QT511 выпускаются в корпусе TSSOP-14 на температурный диапазон -40...85°C.

На основе датчиков этих серий можно создавать панели систем управления скоростью, громкостью и т.п. со всевозможными экзотическими формами сенсорных площадок. Так, микросхема QT411 может заменять механический линейный регулятор, а QT511 – валкодер, обеспечивая его функциональность через полностью герметичную панель прибора.

Последняя разработка компании в области QT-датчиков прикосновения – микросхема QT102. К ней подключается всего один электрод. Каждое новое прикосновение переводит цифровой выход микросхемы в одно из двух устойчивых состояний – включено/выключено. Причем активный уровень выхода микросхемы задается способом подключения резистора – к общей шине или к шине питания. Помимо функций включения/выключения при касании предусмотрена возможность автоматического перевода выхода микросхемы в отклю-

ченное состояние через заданный промежуток времени (от нескольких минут до нескольких часов). Это свойство позволяет отключать микросхему в случаях, когда пользователь "забыл" это сделать, и тем самым сократить энергопотребление конечной системы. Более того, пользователь может продлить период отключенного состояния, а датчик безопасности, например датчик безопасности обогревателя, — сократить это время. Как и во всех микросхемах типа QTouch, в QT102 выполняются функции автоматической самокалибровки, компенсации дрейфа, модуляции шумоподобным сигналом. Напряжение питания QT102 составляет 2–5,5 В. Чувствительность датчика задается емкостью внешнего конденсатора. Ток выхода составляет 23 мкА при напряжении 2 В.

Допустимый диапазон размеров и форм контактных площадок QT102 достаточно широк (от 6х6 мм). В основном они определяются толщиной панели (50 мм стеклянной и 20 мм пластмассовой), через которую детектируется прикосновение. При этом контактные площадки могут быть сплошными или с просечками. К материалу контактных площадок также не предъявляются особые требования. Они могут изготавливаться из меди, серебра, углерода, индия-оксида олова (ИТО). Схема датчика вместе с электродами может размещаться на однослойной печатной плате, позволяя тем самым снизить стоимость конечного изделия.

Монтируется микросхема в корпус типа SOT23–6, рассчитанный на температурный диапазон -40...85°C. QT102 — основа для реализации недорогих выключателей домашнего оборудования и предметов обихода любого типа: от осветительных или нагревательных приборов до игрушек и кофеварок.

Технологию QProх компании Quantum Research Group лицензировали такие крупные изготовители встроенных микроконтроллеров, как STMicroelectronics, Atmel и Renesas. Летом 2007 года фирма STMicroelectronics выпустила первую микросхему семейства QST, выполненную на основе ее восьмиразрядного микроконтроллера и технологии QProх. Микросхема QST108 может поддерживать до восьми независимых ключей. В ней предусмотрена противодребезговая защита при непосредственном выводе данных (микросхема имеет пять выходов общего назначения) или при использовании I²C-интерфейса для связи с хост-контроллером. С помощью последнего пользователь задает параметры и функции управления — порог детектирования, повторную калибровку датчика, режим малого энергопотребления, режим подавления сигнала соседнего ключа, уровни ключей.

Напряжение питания QST108 составляет 2,4–5,5 В, диапазон рабочих температур -40...85°C. Монтируется в 32-выводной корпус типа LQFP размером 7х7 мм.

Предназначена схема для домашних развлекательных систем, электронных игр, средств управления освещением и домашним оборудованием, устройств дистанционного управления.

Компания Atmel, лицензировавшая технологию Quantum Research Group в сентябре 2007 года, намерена использовать ее совместно с AVR-микроконтроллерами семейства rPower в датчиках прикосновения и многих других системах управления, например электроприводах. Ожидается, что первые микросхемы емкостных датчиков прикосновения компании Atmel появятся в первом квартале 2008 года.

Принцип построения емкостных датчиков прикосновения не нов. Но современная микроэлектронная технология, объединяющая аналоговые и цифровые устройства, открыла для них новые перспективные области применения в бытовых, промышленных, автомобильных системах. Разнообразие доступных сенсорных технологий предоставляет разработчикам конечных изделий широкие возможности для реализации интерфейса ввода информации в каждом конкретном приложении. А по мнению разработчиков, их изделия "продают" применяемые методы корпусирования и интеллектуальные пользовательские интерфейсы управления, зачастую даже независимо от используемого железа. Вот почему для них столь важны более простые, мощные, дешевые и, конечно, надежные, в сравнении с существующими электромеханическими решениями, средства взаимодействия "человек–система". ○