Человеко-машинный интерфейс. Рекомендации Microchip

РИШИ ВАСУКИ (RISHI VASUKI), менеджер по маркетингу, Microchip Technology

В статье рассматривается реализация человеко-машинного интерфейса с помощью микроконтроллера со встроенным графическим контроллером. Анализируются аппаратные и программные составляющие задачи. Приводятся практические рекомендации.

По мере снижения стоимости производства ИС человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) [1], используемый во встраиваемых системах, развивается всё более быстрыми темпами. В некоторых приложениях широко используются сенсорные интерфейсы — клавиши, движковые регуляторы, сенсорные экраны и устройства с тактильной обратной связью, а также мощные графические экраны, управляемые микроконтроллерами (МК) последнего поколения со встроенными графическими контроллерами, встроенной периферией для управления сенсорными элементами и экранами, а также интегрированными USB-интерфейсами.

Новые МК при меньшей стоимости расширяют диапазон применений путём повышения степени интеграции. Они позволяют снизить общую стоимость системы за счёт снижения стоимости комплектующих и уменьшения затрат на производство и разработку. С другой стороны, возрастающая сложность программного обеспечения может увеличить время разработки и предъявляет повышенные требования к обеспечению связи с сенсорными датчиками и другими элементами ЧМИ.

Рассмотрим базовые понятия. Возьмём, например, емкостные сенсорные экраны. Когда сенсорные клавиши только появились, разработчики обнаружили, что сконструировать их не так просто, как обычные. Сенсорные клавиши следует рассматривать как аналоговые устройства, т.к. на их работу могут оказывать существенное влияние наводки и помехи от бытовых устройств, люминесцентных ламп, блоков питания, сотовых телефонов и электродвигателей. Для надёжной работы сенсорных датчиков и чёткого реагирования только на нажатие необходима фильтрация сигнала по частоте, скорости нарастания, форме и т.д., и всё это вдобавок к тщательному проектированию сигнальных цепей. Сейчас же к этой работе добавляется необходимость обновления изображения на сегментных или графических ЖК-дисплеях при фиксации действий пользователя. Формирование изображения (графических элементов или символов) на экране всегда требовало изрядной вычислительной мощности процессора. Рассмотрим, например, ЧМИ для термостата, показанного на рисунке 1, где объединены сенсорный дисплей и дополнительные сенсорные клавиши. Помимо этого зачастую требуется и реализация USB-интерфейса. Следовательно, проблема состоит в необходимости в реальном времени анализировать прикасания пользователя к сенсорному экрану или клавишам, контролировать поступление данных через USB-интерфейс и отображение их на мониторе. Решение при этом делится на два уровня — аппаратный и программный.

АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

Есть множество МК со встроенными контроллерами ЖК-дисплеев и сенсорных датчиков, однако в большинстве случаев они рассчитаны на использование сегментных дисплеев, а не графических. Однако последние образцы МК, наподобие PIC24FJ256DA210, показанного на рисунке 2, демонстрируют новый уровень интеграции, включая и графический контроллер, и контроллер

Рис. 1. ***Пример ЧМИ***

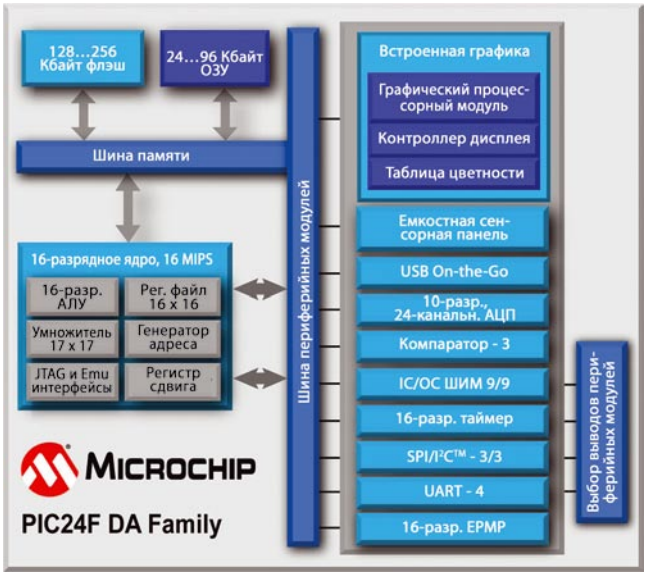

Рис. 2. ***Структурная схема микроконтроллера PIC24FJ256DA210***

[1] В англоязычной транскрипции: Human Machine Interface (HMI).

интерфейса USB 2.0 On-The-Go, а также специфические аналоговые узлы, которые можно использовать для организации сенсорных датчиков.

Поддержка графики осуществляется за счёт встроенной таблицы перекодировки цветов, ОЗУ объёмом 96 Кбайт, графического процессора (GPU) и интерфейса для непосредственного присоединения пассивных или активных ЖК-дисплеев (STN и TFT0, а также OLED-дисплеев). Встроенное ОЗУ позволяет хранить 256-цветные изображения (8 бит на пиксел) с разрешением до QVGA (320×240 точек). Цветовые палитры, используемые в таблицах перекодировки, можно переключать, получая разные наборы доступных цветов. GPU может отображать такие простейшие объекты как линии, прямоугольники, буквы ASCII-набора и рисунки, закодированные и сжатые наподобие картинок в формате PNG. Необходимые действия выполняются при этом всего за одну команду, что снижает нагрузку на ЦПУ практически до нуля.

На рисунке 2 изображена также схема измерения времени заряда (CTMU, Charge Time Measurement Unit), аналоговая схема, позволяющая реализовать сенсорные датчики. Одним из вариантов являются емкостные датчики, для которых CTMU формирует постоянный ток заряда, заряжая при этом ёмкость датчика в течение определённого времени. Напряжение на датчике измеряется АЦП. При прикосновении к датчику его ёмкость изменяется, что ведёт к изменению напряжения на датчике, фиксируемого АЦП. В простейшем случае каждый канал АЦП может соединяться с отдельным датчиком, а поскольку в PIC24FJ256DA210 таких каналов 24, то этого вполне хватает для большинства приложений.

Возможно и дальнейшее расширение системы: если в устройстве помимо емкостных сенсорных кнопок используются и резистивные сенсорные датчики, например, для быстрого выбора пункта меню на экране, то это реализуется с помощью наложения прозрачного резистивного пространственного датчика на ЖК-экран. Такие датчики обычно имеют 4–5-проводной интерфейс, и при подключении к МК каналы АЦП перераспределяются между ними и емкостными датчиками. АЦП при этом используется для вычисления координат точки прикосновения.

ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

Обычно типовые функции драйвера графического дисплея и емкостных сенсорных датчиков доступны разработчику в составе фирменных библиотек. Для их эффективного использования главная программа должна функционировать как некий аналог ОС реального времени, устанавливая при этом правильные последовательность и частоту обслуживания каждой из подпрограмм. Для задач, где используются общие аппаратные ресурсы, необходимо также организовать реентерабельное (неразрушающее) управление и соответствующие независимые регистры данных, а также задать приоритеты. Например, в показанном на рисунке 1 устройстве резистивный сенсорный экран и емкостные датчики используют один и тот же АЦП. Для правильной работы нужно задать частоту взятия отсчётов, каналы, по которым будут поступать сигналы, последовательность их переключения и определить, к какому датчику те или иные каналы подключаются. Следовательно, в главной программе необходимо задать место, где сохраняются считанные значения до переключения между задачами.

Пользователь может задействовать любой из датчиков в любой момент времени, поэтому главной программе при организации опроса датчиков потребуется использовать временное разделение, причём с правильно выбранными временными интервалами, чтобы сканирование датчиков делалось достаточно часто. В то же время необходимо периодически обновлять изображение на дисплее, например, для отображения анимации. Если дисплей обновляется только при выполнении пользователем каких-либо действий, нет нужды разделять ресурсы ЦПУ между функциями дисплея и обработки сигналов датчиков. Для упомянутого ранее процессора из-за наличия GPU эта проблема несущественна, т.к. отображение одиночной линии, заливка прямоугольной области или отображение строки текста требует всего одной команды. Для демонстрации возможностей нового процессора можно бесплатно загрузить соответствующий проект вместе с необходимыми библиотеками mTouch™ Capacitive-Touch library и запустить его на демонстрационной плате.

На том же кристалле можно задействовать и другие функции. Например, тот же блок CTMU можно использовать в температурных датчиках, медицинском оборудовании, различных задатчиках времени и т.д. Например, при реализации термостата CTMU используется для измерения температуры наряду со считыванием состояния сенсорных датчиков. Поскольку температуру можно измерять достаточно редко, одновременно используются одни и те же периферийные узлы для выполнения обеих задач.

ОРГАНИЗАЦИЯ USB-ИНТЕРФЕЙСА

Интеграция с USB-интерфейсом — относительно несложный процесс, если придерживаться нескольких простых правил. Когда устройство подключается к USB-хосту, запускается стадия энумерации, во время которой ЦПУ в основном расходует ресурсы на её реализацию. После её завершения процесс опроса датчиков может быть перезапущен через несколько минут. Как только этот этап будет пройден, обслуживание USB-интерфейса почти не потребует использования ресурсов процессора (задействуется около 2% от максимальной производительности). В это время основная программа может либо переключиться на периодическое обслуживание USB-приёмника с периодичностью порядка 1 мс, либо выбрать обслуживание приёмника с использованием системы прерываний.

Многие современные устройства с сенсорными датчиками начали использовать тактильную обратную связь. Для её организации недостаточно просто подключить соответствующие механические устройства. Обычно ещё используется ШИМ-генератор, управляющий небольшим вибратором или двигателем. В некоторых случаях ШИМ-контроллер используется и для вывода звука. Для всего этого требуется наличие нескольких независимых каналов формирования ШИМ-сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В то время как интеграция на одном кристалле контроллера дисплея и периферии для подключения сенсорных датчиков может существенно упростить аппаратуру, сложность программного обеспечения становится основным фактором, влияющим на скорость вывода изделия на рынок. Однако этот процесс значительно упрощается, если выбрать МК, для которого уже имеются библиотеки программ для поддержки графики, USB и сенсорных датчиков, причём библиотеки эти должны быть заранее протестированы на совместную работу и доказать свою эффективность и надёжность.