

Применение микроконтроллеров SAM7 в проектах «умного» дома

77-48211/587158

06, июнь 2013

Гречищев К. М., Порядин И. А., Хартов В. Я.

УДК 004.9

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

kmgrechishchev@ya.ru

slavesta@yandex.ru

khartovbmstu@gmail.com

Современный дом полон всевозможных бытовых и осветительных приборов. Концепция «умного дома» предполагает максимальную автоматизацию управления ими, исходя из текущей обстановки, а также согласно заранее определенному алгоритму. Наиболее прогрессивные концепции требуют указания пользователем желаемой обстановки и проводят комплексную автоматическую настройку всех инженерных систем и приборов дома с учетом внешних и внутренних условий. Например, пользователь задает желаемые климатические условия в доме, а автоматика принимает все необходимые решения по закрытию окон, включению обогревателей, вентиляторов, кондиционеров, увлажнителей воздуха. Другой фактор – обеспечение безопасности жилища. Перед уходом из дома пользователь нажимает на кнопку, которая активирует датчики движения, датчики повреждения на окнах и дверях, закрывает ставни на окнах, включает сигнализацию.

Использование микропроцессорных систем

В рамках концепции умного дома системно решаются следующие задачи:

- обеспечение взаимодействия с разнотипными датчиками состояния контролируемого объекта,
- регистрация событий и их обработка в реальном времени,
- обмен информацией между устройствами,
- передача тревожных сообщений (в том числе по удаленным каналам),
- ведение журналов событий,
- индикация состояния системы.

Сказанное наглядно иллюстрирует необходимость применения всевозможных датчиков, управляемых приборов и управляющего устройства с возможностью загрузки программы, определяющей функционирование подключенных приборов. В качестве такого устройства очень удобно использовать современные высокопроизводительные микроконтроллеры, так как, имея разнообразные интерфейсы, они позволяют подключать одновременно несколько приборов и датчиков, а также имеют энергонезависимую внутреннюю память достаточного объема для загрузки и хранения управляющих программ с широким набором функций. Кроме того, эти устройства компактны, имеют низкую потребляемую мощность и относительно невысокую стоимость [1].

Системы на микроконтроллерах хорошо расширяемы, их можно применить для решения различных задач в рамках концепции "умного" дома. Программа управления приборами, хранимая во flash-памяти микроконтроллера, может быть неоднократно модернизируема и обновляема в процессе эксплуатации. Таким образом, можно изменять алгоритмы управления устройствами, не изменяя аппаратную часть «умного дома». Кроме того, ряд параметров системы, например расписание работы электроприборов, может быть изменен путем взаимодействия микроконтроллера с ПК с помощью специального интерфейса.

Персональный компьютер является самым удобным способом управления «умным домом». Специальное программное обеспечение позволяет пользователю удобно и быстро составлять расписание на некоторый период времени без дополнительных затрат.

Традиционно для взаимодействия ПК с внешними устройствами использовались порты COM и LPT. Однако современные устройства характеризуются небольшими габаритами, поэтому на большинстве ноутбуков уже нет COM-порта, но всегда есть один и более каналов USB. Ими оснащены не только стационарные ПК и ноутбуки, но и набирающие популярность нетбуки и мобильные устройства.

Микроконтроллеры семейства AVR не имеют аппаратной поддержки USB, а программная реализация представляет существенную сложность даже при использовании языков программирования высокого уровня. Решению проблемы способствует появление на рынке семейств микроконтроллеров с ядром ARM7, в частности семейства AT91SAM7S, аппаратно поддерживающих USB, а также семейства AT91SAM7X, включающее в себя еще и поддержку Ethernet [2].

Особенности программно-аппаратной реализации USB на примере AT91SAM7S256EK

Внутри одного физического USB канала может существовать несколько каналов логического уровня, называемых "конечными точками" (KT, EndPoints). Микроконтроллер

имеет аппаратную поддержку 4 конечных точек. Каждая конечная точка представлена аппаратным регистром управления и состояния и буферами для приема и отправки данных (по 64 байта). Конечная точка с индексом 0 аппаратно «урезана» (размер буферов приема/отправки ограничен 8 байтами), так как предназначена для реализации КТ типа Control.

Спецификация USB 2.0 предусматривает 4 типа конечных точек: *Control*, *Bulk*, *Isochronous*, *Interrupt*. Остановимся подробнее на первых двух.

Конечная точка *Control* используется ведущим устройством (хостом) для управления периферийным устройством, но может использоваться и для передачи данных. Конечная точка такого типа должна быть в любом USB устройстве.

Конечная точка *Bulk* типа используется для обмена данными. При этом аппаратно гарантируется целостность и доставка, но скорость передачи данных по такому каналу существенно ниже, чем при использовании КТ типа *Isochronous*.

Какие именно конечные точки использовать в том или ином случае решает проектировщик. Однако существуют некоторые стандартизированные классы USB устройств, для которых стандартом определено число, типы и назначение каналов. Простейшим классом является CDC (communications device class). Идентификация устройства и определение класса происходит при подключении устройства к хосту путем передачи из нулевой конечной точки специального дескриптора устройства. Структура дескриптора детально описана в спецификации USB [4]. Использование стандартного класса устройств освобождает нас от необходимости написания драйвера для ПК.

Микроконтроллер аппаратно анализирует состояния шины USB [5]. При необходимости выставляется соответствующий бит в регистре статуса и инициируется аппаратное прерывание. Реализация протокола канального уровня также выполнена аппаратно. Для передачи данных необходимо поместить их в буфер записи и установить флаг готовности данных к отправке (AT91C_UDP_TXPKTRDY). Получение данных заключается в считывании их из аппаратного буфера и сброса флага приема (AT91C_UDP_RX_DATA_BK0 или AT91C_UDP_RX_DATA_BK1).

Кроме того, необходимо также предусмотреть обработку ряда характерных для CDC-устройств запросов. Например, хост может прислать устройству STALL-пакет, который переводит его в режим энергосбережения.

Данные, поступающие от хоста, попадают в аппаратный буфер микроконтроллера. В процедуре прерывания данные считываются в строку, из которой затем с помощью стандартной функции *sscanf* извлекается расписание работы устройств. Такой подход позволяет посылать данные в микроконтроллер не в бинарном виде, то есть реализовать

систему команд для управления умным домом. Принятое расписание сохраняется в специальной таблице, в соответствии с которой производится управление устройствами.

Пример реализации "умного" дома с использованием USB

Структурная схема устройства представлена на рис. 1. С помощью интерфейса USB происходит взаимодействие ПК и микроконтроллера. Пользователь имеет возможность задавать расписание работы всех подключенных приборов. Микроконтроллер использует канал USB для передачи на ПК информации о состоянии устройств, а также сигналов уведомления о нештатной ситуации: задымлении, повышения уровня влажности (протечки воды) и так далее. При этом программное обеспечение ПК может быть настроено таким образом, что пользователю будет отправлено сообщение по электронной почте и/или в виде *sms*. Сам микроконтроллер следит за состоянием обстановки в доме с помощью датчиков с открытым коллектором, которые подключаются к одной общей шине (одним из таких датчиков может быть, например, датчик контроля протечки воды SW005 фирмы Neptun [6], с максимальным удалением датчика от контроллера до 100 м). Таким образом, к одной линии микроконтроллера может быть подключено несколько одинаковых датчиков, расположенных в разных комнатах дома. При обнаружении затопления микроконтроллер, получив сигнал от датчика, фиксирует нештатную ситуацию и уведомляет об этом ПК. Программное обеспечение ПК отправляет пользователю *sms*-сообщение о нештатной ситуации. В результате пользователь может быстро вернуться домой и принять меры по устранению неисправности.

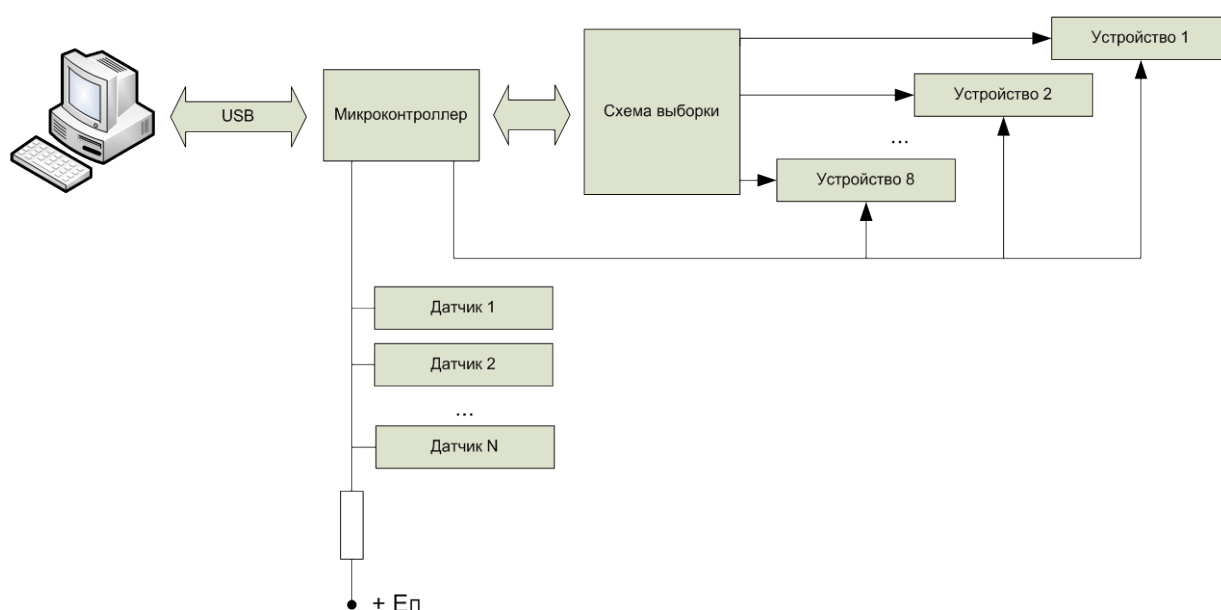


Рис. 1. Структурная схема системы управления "умного" дома

Если возможности постоянно держать ПК включенным нет (например, ввиду высокого потребления им электроэнергии), то вместо передачи данных на ПК микроконтроллер может быть запрограммирован на включение устройства, подающего сигнал тревоги.

Алгоритм работы устройства в общем виде может быть описан следующим образом. При запуске программы выполняется инициализация микроконтроллера и его периферии: включается тактирование микроконтроллера, портов ввода-вывода, часов реального времени, контроллера USB. После этого производится настройка контроллера прерываний AIC, разрешающая прерывания от интерфейса USB, а также линий портов ввода-вывода, к которым подключены датчики. После этого производится загрузка расписания по интерфейсу USB от ПК, сохраняемого в памяти микроконтроллера. На основании информации, получаемой от часов реального времени, и в соответствии с принятым расписанием, микроконтроллер осуществляет управление подключенными к нему устройствами. При возникновении прерывания от датчиков по интерфейсу USB отправляется предупреждающее сообщение, а также могут выполняться другие действия по предотвращению чрезвычайной ситуации.

Для отладки проекта использовалась интегрированная среда проектирования IAR, имеющая поддержку микроконтроллеров AT91SAM7 фирмы Atmel. В составе IAR имеются библиотеки для удобной работы с периферийными устройствами микроконтроллера и средства JTAG отладки. Однако библиотечные функции, зачастую не могут быть использованы напрямую и требуют доработки для конкретного использования в проектируемом приложении. Для отладки проектных решений использовалась плата SAM7-P256 от фирмы Olimex. Программирование и отладка проводилась с помощью отладчика ARM-JTAG WIGGLER той же фирмы.

Полученное CDC-устройство тестировалось с помощью программы Terminal v1.9b by Bray, которая является более удобной и обладает большим функционалом по сравнению со стандартным приложением HyperTerminal.

Выводы

Невысокая стоимость, низкое электропотребления, малая масса и габариты, наличие интерфейса USB и широких возможностей для взаимодействия с другими устройствами делает современные микроконтроллеры серии AT91SAM7S пригодными для построения системы управления "Умный дом".

Список использованных источников

1. Редькин П.П. 32/16-битные микроконтроллеры ARM7 семейства AT91SAM7 фирмы Atmel. Руководство пользователя. – М: Издательский дом "Додэка-XXI", 2008. с. 704
2. Хартов В.Я. Микропроцессорные системы: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – М: Издательский центр "Академия", 2010. с. 352
3. Сообщество EasyElectronics.ru. Режим доступа: <http://we.easyelectronics.ru/electro-and-pc/interfeys-usb-vvedenie.html> (дата обращения: 5.04.2012)
4. Universal Serial Bus. Режим доступа: [http://www.usb.org/developers/docs/USB_2.0 Specification](http://www.usb.org/developers/docs/USB_2.0_Specification) (дата обращения: 5.04.2012)
5. USB Made Simple. Режим доступа: http://www.usbmadesimple.co.uk/ums_3.htm (дата обращения: 5.04.2012)
6. Neptun XP Professional Edition. Режим доступа: <http://neptunxp.com> (дата обращения: 5.04.2012)