

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 620.179

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА AVR

Протасов А. Г., Дугин А. Л.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

Бурное развитие современной микроэлектроники способствует широкому внедрению микроконтроллерной техники в системы неразрушающего контроля и диагностики. Вместе с тем, широкий ассортимент предлагаемой микроконтроллерной техники на рынке рождает проблему практической подготовки специалистов. В статье предлагается устройство, позволяющее освоить основные принципы разработки и программирования микроконтроллеров семейства AVR корпорации Atmel. В основе предлагаемого устройства лежит микроконтроллер, который является самым оптимальным по соотношению цены и набора реализуемых функций. Схематично микроконтроллер соединен с рядом периферийных устройств, которые позволяют ему максимально проявить свои возможности и реализовать активную методику обучения. Экспериментальная проверка предложенного устройства показала его работоспособность и эффективность обучения на примере системы контроля температуры.

Ключевые слова: микроконтроллерная техника, системы контроля, программирование.

Постановка проблемы

В настоящее время, бурное развитие современной микроэлектроники и информационных технологий способствует широкому внедрению микроконтроллерной техники в системы неразрушающего контроля и диагностики различного типа и уровня сложности. Одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в неразрушающем контроле становится решение задач распознавания образов, обработки цифровых изображений, улучшение их качества, восстановление поврежденных элементов изображений и т.п. [1]. Наличие микроконтроллеров в системах контроля и диагностики позволяет бесконтактно и дистанционно определять координаты положения преобразователя, автоматизировать процедуры диагностики и получать результаты контроля в реальном масштабе времени [2]. Кроме того, применение микроконтроллеров позволяет создавать небольшие, относительно дешевые устройства, обладающие такими качествами, как простота, надежность и совместимость с персональным компьютером через стандартные интерфейсы.

Прогресс в микроэлектронике позволил расширить возможности и самих микроконтроллеров, обеспечивающих выполнение многих задач, ранее недоступных для реализации. Вместе с тем, широкий ассортимент предлагаемой микроконтроллерной техники на рынке рождает проблему практической подготовки специалистов, способных успешно применять и программировать ту или иную технику при проектировании систем для контроля конкретных объектов с

возможными дефектами.

Анализ последних исследований и публикаций

Системы контроля и управления на однокристальных микроконтроллерах в настоящее время используются практически во всех сферах человеческой деятельности, причем каждый день появляются все новые и новые области применения таких систем. Одним из наиболее популярных семейств микроконтроллеров, которые применяются в системах обработки данных, контроля и управления, являются устройства, выпускаемые фирмой Microchip и известные под аббревиатурой PIC [3]. Однако, в последнее время корпорация Atmel (США) стала производить семейство микросхем на ядре AVR, которое имеет более совершенную архитектуру и обеспечивает микроконтроллерам этого семейства высокое быстродействие и низкое энергопотребление, что дает им ощутимое преимущество по сравнению с контроллерами PIC. Кроме того, ценовая политика корпорация Atmel является более привлекательной для разработчиков упомянутых систем. Выбор микроконтроллеров PIC может быть оправдан в тех случаях, когда необходимо обеспечить среднюю производительность системы при относительно невысокой стоимости конечного продукта.

Сравнительно с устройствами PIC, микроконтроллеры AVR имеют более развитую систему команд, насчитывающую до 133 инструкций, их производительность приближается к 1 MIPS/МГц, а Flash-память программ имеет возможность внутрисхемного перепрограммирования. Архитектура ядра AVR оптимизирована таким образом, что позволяет использовать язык высокого уровня Си. В отличие от устройств PIC, где одна операция выполняется за 4 такта, микроконтроллеры AVR могут выполнять команды в каждом такте, то есть в 4 раза быстрее при той же тактовой частоте. А чем меньше частота, тем меньше энергопотребление микроконтроллера.

В дополнение необходимо отметить, что корпорация Atmel постоянно развивает свой продукт, и выпускает новые и новые виды микроконтроллеров, которые имеют совместимость "снизу - вверх", так как у них общее ядро [4].

Среди крупных производителей микроконтроллерной техники нужно отметить такие фирмы как Texas Instruments, Dallas Semiconductor, Philips, STMicroelectronics, Mitsubishi Electronics и др. Однако корпорация Atmel, является на сегодняшний день одним из признанных мировых лидеров в производстве изделий современной микроэлектроники. Она хорошо известна на мировом рынке электронных компонентов. Основанная в 1984 году, фирма Atmel определила для своей продукции следующие сферы приложений: телекоммуникации и сети, вычислительная техника, встраиваемые системы контроля и управления, бытовая техника и автомобильный транспорт [5].

Постановка задачи

В данной статье предлагается рассмотреть устройство, позволяющее разработчикам аппаратуры приобрести необходимые практические навыки для ус-

пешного применения микроконтроллерной техники в системах неразрушающего контроля и диагностики.

Изложение основного материала

Микроконтроллер (МК) выполняет функцию связующего звена между аппаратным и программным обеспечением – он выполняет программу как обычный компьютер, являясь в то же время дискретным элементом, который может взаимодействовать с другими компонентами схемы. Главным препятствием в освоении этой техники становится непонимание ее работы. Для успешного изучения микроконтроллерных устройств нами предлагается инструментальное средство (макет), позволяющее быстро освоить основные принципы разработки и программирования систем на базе микроконтроллера семейства AVR корпорации Atmel.

Сердцем предлагаемого макета является микроконтроллер ATmega64A-AU, обладающий памятью для программ в 64 Кб и количеством циклов перезаписи до 10 тыс. раз. Такой объем памяти позволяет записывать программы большой сложности. Размер памяти для хранения переменных (EEPROM) составляет 4Кб и обеспечивает 100 тыс. циклов перезаписи и сохраняет свое содержимое при отсутствии питания. Оперативно запоминающее устройство (ОЗУ) имеет объем 2Кб и 32 регистра общего назначения. Кроме этого, в МК имеются: 8-канальное 10-разрядное АЦП, два 8-разрядных и два 16-разрядных Таймера/Счетчика, программируемый сторожевой таймер с отдельным независимым генератором, встроенные калиброванный RC-генератор и аналоговый компаратор.

МК так же содержит следующие аппаратно-реализованные интерфейсы: двухпроводный последовательный интерфейс, программируемый асинхронный последовательный интерфейс USART (передает данные в одном направлении) и интерфейс SPI с режимами работы Master/Slave. Тактовая частота данного МК находится в пределах 0-16 МГц. Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) обеспечивает обмен данными в синхронном режиме в обоих направлениях.

Для успешной реализации поставленной задачи, к описанному выше МК было подключено ряд периферийных устройств, которые обеспечивают возможность изучения особенностей микроконтроллера в максимально полном объеме. Среди этих устройств имеются: жидкокристаллический дисплей типа WH1602, четырех разрядный семи сегментный индикатор с общим катодом, матричная клавиатура 3 x 4, потенциометр, энкодер (цифровой датчик угла поворота) с кнопкой, звуковой сигнализатор, 8 RGB светодиодов. Кроме этого плата снабжена переключателем последовательного интерфейса, разъемом для подключения униполярного шагового двигателя и одним 8 контактным разъемом для аналоговых и цифровых датчиков.

На макетной плате, так же, имеется программатор/отладчик JTAG ICE clone с USB интерфейсом, который работает с бесплатным программным обеспечением AVR Studio 4.19. Отладчик снабжен тремя светодиодами, которые сигнализируют о передаче данных между микроконтроллером, программатором и

компьютером. Отладчик позволяет производить пошаговую отладку программы микроконтроллера, просматривать содержимое всех регистров МК в любой точке программы, написанной на языках Ассемблер или C++. Структурная схема макета представлена на рис. 1.

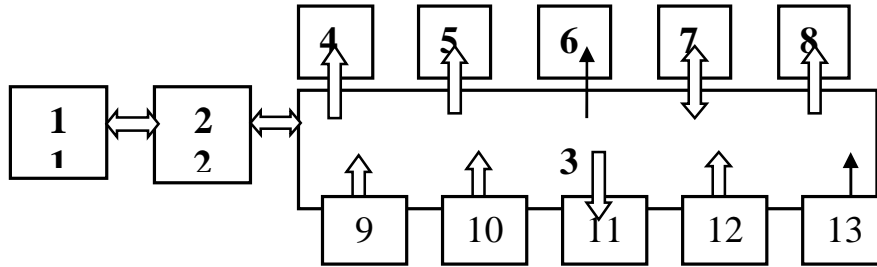


Рис. 1. Структурная схема макета: 1 – персональный компьютер; 2 - отладчик JTAG; 3 – микроконтроллер Atmega64A-AU; 4 – дисплей WH1602; 5 – семи сегментный индикатор; 6 – звуковой сигнализатор; 7 – матричная клавиатура; 8 – RGB светодиоды; 9 – энкодер; 10 – разъем для цифровых/аналоговых датчиков; 11 – разъем для шагового двигателя; 12 – 60-ти контактный разъем; 13 – потенциометр

Большое количество выводов МК позволяет подключить много периферийных устройств, а в нашем случае это очень актуально, так как каждое отдельное устройство (дисплей, кнопки, энкодер) подключено к разным портам, что позволяет обойтись без применения дополнительных перемычек или переключателей. Все элементы макета могут быть задействованы одновременно.

Жидкокристаллический дисплей позволяет выводить знаковую информацию размерностью в 2 строки по 16 символов каждая. Дисплей подключен по схеме, которая позволяет программно включать питание дисплея и питание подсветки. При отключении питания дисплея освобождается порт, который можно использовать для других нужд.

Четырех разрядный семи сегментный индикатор может быть использован для отображения цифр и некоторых букв. Матричная клавиатура позволяет изучить способы опроса кнопок. Наличие потенциометра дает возможность формирования постоянного напряжения в диапазоне 0-5 V на входе АЦП.

Звуковой сигнализатор служит для формирования звуковых сигналов в диапазоне частот 50 Гц-15 КГц. RGB светодиоды используются для отладки и изучения режимов работы сигналов с широко-импульсной модуляцией, а так же возможности воспроизведения любого цвета видимого спектра.

Переключатель последовательного интерфейса имеет два положения. В одном положении интерфейс USB используется для отладки микроконтроллера по интерфейсу JTAG. В другом положении этот интерфейс может быть использован для обмена данными между микроконтроллером и программным обеспечением компьютера. В этом случае режим отладки недоступен.

Разъем для подключения шагового двигателя обеспечивает максимальный

выходной ток на одну фазу 500 мА и выходное напряжение 5 V. Разъем с 8 выводами позволяет подключать до 6 аналоговых и цифровых датчиков (температуры, давления и т. п.).

Питание макетной платы может осуществляться как от интерфейса USB, так и от стабилизированного источника питания в 5V. Все порты микроконтроллера выведены на 60-ти контактный разъем, что позволяет при необходимости расширить возможности макетной платы.

Указанные компоненты подключены к микроконтроллеру одновременно и могут использоваться так же одновременно. Исключается возможность подключения компонент макетной платы к другим портам микроконтроллера, что уменьшает риск ошибки со стороны обучающегося.

Макетная плата находится в корпусе из акрила, толщиной 3 мм. Это позволяет, с одной стороны просмотреть все компоненты отладочной платы, а с другой ограничить доступ к этим компонентам.

Работа с макетом предложенного устройства позволит разработчику приобрести навыки работы с регистрами микроконтроллера и его внутренними устройствами. Освоить пошаговую отладку программы в самом устройстве в режиме реального времени без использования внешних эмуляторов типа Proteus или Multisim.

Кроме того, для будущего разработчика МК техники предоставляется возможность изучить:

- особенности программирования микроконтроллеров AVR;
- работу с символьным LCD дисплеем и способы воспроизведения мелодий;
- особенности программирования и схему включения индикатора;
- принцип считывания данных при нажатии клавиш, как в матричном режиме, так и в отдельном.
- способы формирования цвета путем управления RGB светодиодами;
- работу энкодера и принцип управления шаговым двигателем;
- работу с датчиками различного типа (температуры, давления, веса, и т. п.).

Экспериментальная реализация предложенного устройства

Для экспериментальной проверки работоспособности предложенного устройства на данном макете была реализована схема системы контроля температуры в помещении. В качестве датчика температуры был использован цифровой термометр DS18B20, который обеспечивает измерение температуры в °C с 9...12-разрядным разрешением. Диапазон измеряемой температуры – от - 55°C до +125°C с точностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$ в интервале от - 10°C до +85°C. Программа, реализованная при помощи предложенного макета, обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Подача запроса на измерение температуры и запуск датчика на преобразование.
2. Ожидание результата преобразования. Для получения результата с дискретностью 0.1 градуса, датчику требуется около 750мс, с дискретностью 0.5 градуса – 75мс.

3. Считывание результата измерения из внутренней памяти датчика в память микроконтроллера.

В программе реализован опрос датчика температуры 1 раз в секунду. Результаты измерения в виде цифровых значений выводятся на семи сегментный индикатор, а жидкокристаллический дисплей отображает текстовую часть сообщения и дублирует цифровую. При превышении значения температуры выше установленной нормы включается звуковая и световая сигнализация. На рис. 2 показан общий вид макета с результатами измерения.

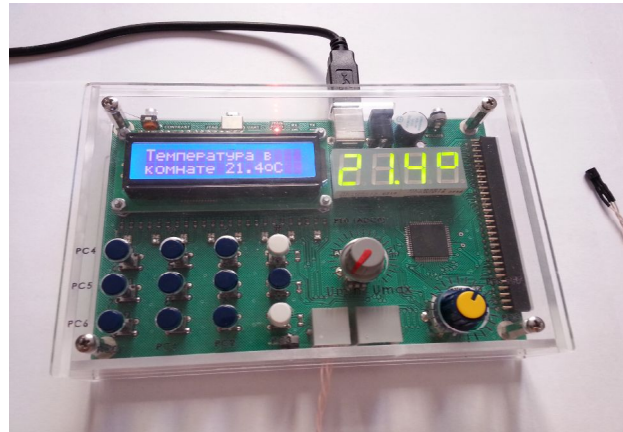


Рис. 2. Общий вид макета

Выводы

Предлагаемое устройство является инструментальным средством, которое позволяет освоить основные принципы разработки и программирования микроконтроллеров семейства AVR корпорации Atmel, получить общее представление о структуре микроконтроллера, принципах написания и отладки программ на языках Си и ассемблер.

Выбранный микроконтроллер ATmega64A-AU является самым оптимальный по соотношению цены и набора реализуемых функций. Особенностью архитектуры указанного микроконтроллера является его быстродействие, производительность и наличие аппаратно реализованных интерфейсов.

Схематично микроконтроллер соединен с рядом периферийных устройств, которые позволяют ему максимально проявить свои возможности и реализовать активную методику обучения, а разработчику приобрести необходимые практические навыки в создании сложных устройств контроля.

Перспективы дальнейших исследований. При дальнейших исследованиях предлагаемое устройство может быть использовано для изучения работы всевозможных интерфейсов микроконтроллера при обмене данными с другими внешними устройствами, такими как компьютер, другой микроконтроллер, микросхемы памяти, внешние АЦП или ЦАП.

Литература

1. Бондина Н. Н. Компьютерная визуализация в ультразвуковой диагностике / Н. Н. Бондина, А. Е. Филатова. – Харьков: СПДФА Крамаренко В. В., 2005. – 176 с.

2. Гостюшкин В. В. Методы повышения эффективности компьютерных автоматизированных технологий в задачах радионуклидной диагностики / В. В. Гостюшкин, В. Л. Коваленко, Н. Э. Косых и др. // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 6. – С. 42 – 48.
3. Магда Ю. С. Микроконтроллеры PIC 24: архитектура и программирование / Ю. С. Магда. – М.: ДМК Пресс. – 2008. – 240 с.
4. Мартон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. Перевод с англ. / Дж. Мартон – М.: Изд. дом «Додэка». – 2006. – 247 с.
5. <http://www.efo.ru/doc/Atmel/Atmel.pl?2086>

*Надійшла до редакції
15 серпня 2015 року*

© Протасов А. Г., Дугин А. Л., 2015