

Колешко В.М., Сунка В.Я., Воробей Е.А., Мардас Д.В.,  
Сунка А.А., Романович Д.В., Храменков Е.В

## МИКРОРЕЖИМНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время в информационно-измерительной технике интенсивно формируется новое направление интеллектуальных сенсорных систем (ИСС) измерения (по мировым стандартам IEEE 1451.1÷4) с передачей информации потребителю не только по традиционным интерфейсам, но и по беспроводным сетям передачи информации (БСПИ), выполненным по международным стандартам IEEE 802.05÷16 [1-2].

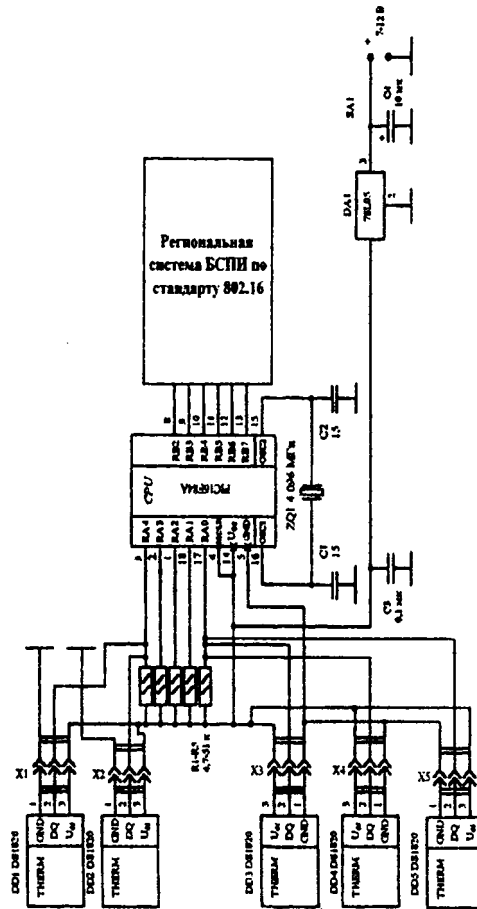


Рис. 1. ИСС измерения температуры частотным методом с передачей информации по БСПИ

В мире все более распространяется паутина ИСС для согласованного восприятия окружающего мира. На стадии разработки и начала эксплуатации находится все большее число ИСС с БСПИ широкого спектра назначения, в том числе для контроля технологических процессов различных отраслей промышленности, транспортных потоков, окружающей среды, погоды, землетрясений и так далее. Они же используются как в обычных технологических процессах, так и в системах промышленной безопасности, кризисного управления и в военной сфере. ИСС стали возможными ввиду ин-

тенсивного развития высококачественных микро- и наносенсоров, простых и недорогих микроконтроллеров и множества вариантов беспроводной связи.

Предлагается множество микро- наносенсоров для измерения различных величин по технологии микро- и нанозлектромеханических систем МЭМС/НЭМС стоимостью в несколько долларов. Ведущие компании микроконтроллерного профиля производят обширные семейства маломощных микроконтроллеров быстродействующих систем со встроенными и АЦП и ЦАП, а также с возможностью их программирования на языках низкого и высокого уровня.

Все большее распространение является интеграция связи БСПИ с Internet, что позволяет получить информацию от локальных сенсорных систем, в том числе и управление ими.

Разработанная система (рис. 1) предназначена для измерения температуры в пяти точках и передачи информации по БСПИ. В состав предложенной системы входят основные блоки: пять температурных сенсоров типа DS1820, микроконтроллер PIC16F84A, региональная система БСПИ по стандарту IEEE 802.16 и ряд вспомогательных узлов. Датчиком температуры в устройстве служит микросхема DS1820, которая измеряет температуру от  $-55$  до  $+150$  °C. В интервале температур от  $-10$  до  $+85$  °C изготовитель гарантирует погрешность измерения температуры  $\pm 0,5$  °C. Во всем диапазоне измеряемых температур индикация выполняется с точностью 0,5 °C. Датчик температуры DD1 предназначен для измерения температуры в зоне 1, датчик температуры DD2, DD3, DD4, DD5 – в зоне 2, 3, 4, 5 соответственно (рис. 1). Датчики температуры подключаются к плате через разъемы X1, X2, X3, X4 и X5. Потребляемый системой ток при напряжении питания, равном 5 В, составляет 3 мА. Устройство работоспособно при снижении напряжения питания до 3 В [3].

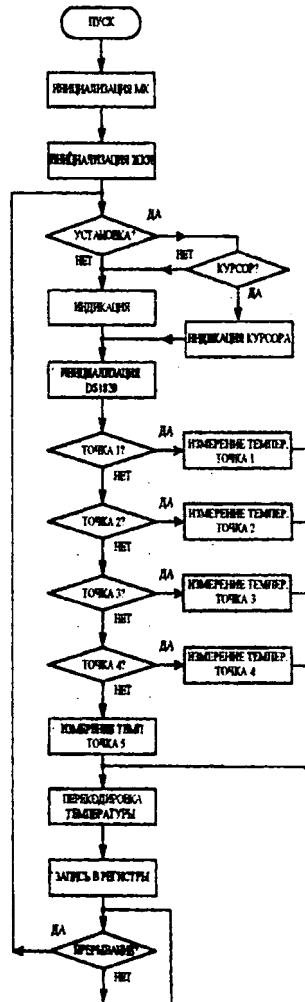


Рис. 2. Алгоритм работы программы микроконтроллера

Любая система должна соответствовать основным техническим и экономическим характеристикам, а именно: небольшая стоимость системы, низкое энергопотребление, простота реализации, взаимозаменяемость элементов системы и так далее. Поэтому было принято решение использовать в качестве микроконтроллера продукцию фирмы Microchip Technology, непосредственно микроконтроллер PIC16F84A. Основные характеристики данного микроконтроллера [5]:

- низкая стоимость: 2-4 доллара США;
- высокопроизводительный RISC-процессор;
- всего 35 команд для написания программы;
- скорость работы: тактовая частота до 20 МГц, минимальная длительность такта 200 нс;
- память программ (слов) 1024 байт FLASH;
- память данных ОЗУ 68 байт;
- память данных ЭСППЗУ 64 байт;
- 15 аппаратных регистров специального назначения;
- 8-уровневый аппаратный стек;
- 1000 циклов записи/стирания FLASH памяти программы;
- период хранения данных ЭСППЗУ более 40 лет;
- режим экономии энергии (SLEEP);
- экономичная, высокоскоростная технология КМОП ЭПЗУ/ЭСППЗУ;
- полностью статическая архитектура;
- широкий рабочий диапазон напряжений питания - от 2,0В до 5,5В;
- коммерческий, промышленный и расширенный температурный диапазоны;
- низкое потребление энергии: менее 2 мА при 5,0 В и менее 0,5 мкА в режиме STANDBY при 2 В.

Работу по принятию значений температур от датчиков, их обработку и выдачу в сеть БСПИ выполняет микроконтроллер PIC16F84A. Алгоритм работы программы микроконтроллера показан на рис. 2.

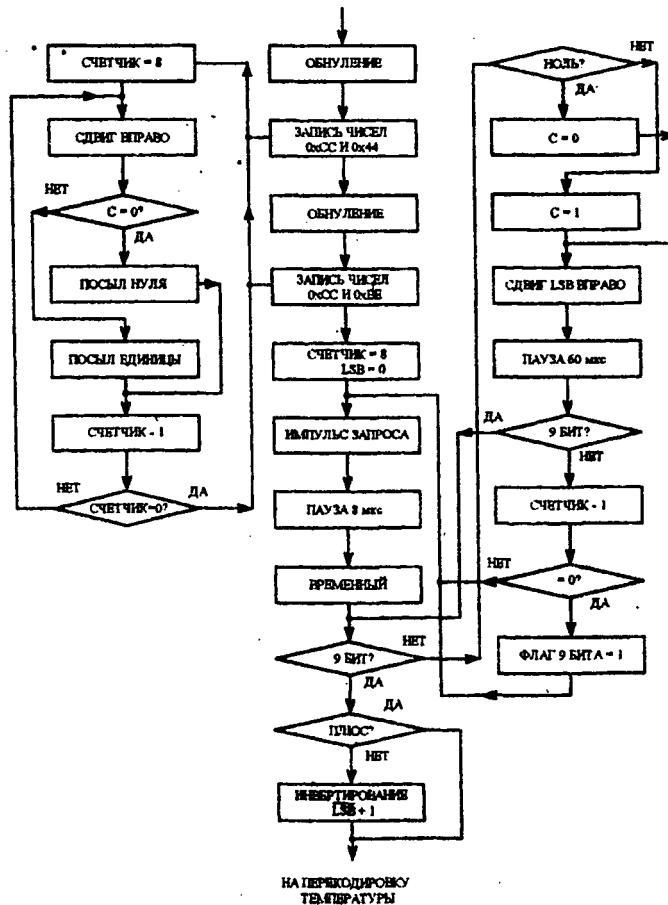


Рис. 3. Алгоритм работы программы

После подачи напряжения питания инициализируются регистры микроконтроллера. После индикации инициализируется датчик температуры. Сначала определяется необходимый датчик DD1, DD2, DD3, DD4 или DD5. Если в текущем режиме необходима температура от датчика DD1, то инициализируется и выполняются измерения датчиком температуры DD1, в противном случае измеряется температура в других четырех контролируемых зонах.

Принятый от датчиков DS1820 девятиразрядный двоичный код перекодируется в двоично-десятиричный код. Выделяется девятый разряд и определяется знак температуры. После завершения этих операций программа ожидает прерывание. Во время прерывания выполняется установка и перекодирование регистров. При частоте кварцевого резонатора, например  $f_{\text{ТТ}} = 4,096$  МГц и величинах коэффициентов деления предделителя – 256 и делителя – 16, а также с учетом машинного цикла, равного четырем тактам, коэффициент деления регистра таймера должен быть равен 250. Перед выходом из прерывания выполняется предустановка таймера на число 6. Прерывания происходят через 1/16 с. После отработки прерывания цикл измерения температуры повторяется.

Для детального рассмотрения алгоритма работы программы по измерению температуры (рис. 2) рассмотрим принцип работы датчика температуры DS1820. Датчики температуры с однопроводным интерфейсом разработаны фирмой DALLAS SEMICONDUKTOR для использования совместно с микроконтроллерами. Каждый датчик температуры имеет 56-разрядный индивидуальный идентификационный код, поэтому по одному проводу может быть опрошено практически неограниченное число датчиков. Перед установкой таких датчиков в одну линию необходимо считать 64 разрядный код ROM (в него входит 56-битный номер датчика и 8 бит регистра контроля четности) для каждого датчика и учитывать его при программировании микроконтроллера [4].

Измерения температуры основано на сравнении частоты эталонного генератора и частоты второго генератора, в котором частота изменяется из-за изменения температуры контролируемой среды. Разность частот двух генераторов определяет значение температуры. Восьмиразрядный код температуры побитно, начиная с младшего бита, выводится в линию связи. Девятый бит определяет знак измеренной температуры. При единичном бите температура имеет знак минус, и наоборот. Передача каждого бита данных длится 60 мкс. Если длительность низкого уровня в линии от 1 до 15 мкс, то импульс идентифицируется как логическая 1. Логический 0 идентифицируется при длительности низкого уровня в линии от 15 до 60 мкс.

Все сеансы приема данных с датчика начинаются подачей в линию сигнала обнуления (RESET), установкой низкого уровня длительностью 480-960 мкс. В ответ датчик выдает в линию сигнал наличия (Presence) длительностью 60-240 мкс. Алгоритм работы программы измерения температуры в пяти зонах одинаков, поэтому можно рассмотреть его один раз (рис. 3). После обнуления линии передаются управляющие команды 0xCCh и 0x44h для начала измерения температуры.

Передача команды начинается с записи в счетчик числа принимаемых бит — 8. Сдвигом вправо вытаскивается младший бит команды, который переписывается в бит С регистра STATUS. По значению бита С в линию посылается либо ноль, либо единица. Декрементируется счетчик, и его значение проверяется на ноль. Если счетчик пуст, то программа возвращается в точку посылки на ее выполнение. В противном случае в линию выдается значение следующего бита [4].

После передачи команд 0xCCh и 0x44h посылаются команды 0xCCh и 0xBEh на считывание температуры. Перед приемом числа обнуляется регистр приема LSB и устанавливается счетчик числа принимаемых бит. Выдается в линию короткий импульс запроса и выдерживается пауза 8 мкс. Переписывается состояние порта во временный регистр и опрашивается флаг девятого бита. Если принимается не девятый бит, то проверяется на ноль бит временного регистра, который переписан с порта приема данных. По его значению устанавливается бит переноса С регистра STATUS. Сдвигом вправо регистра приема LSB бит переноса переписывается в его старший бит. Выдерживается пауза длительностью 60 мкс, и проверяется флаг девятого бита. Если принимается не девятый бит, то декрементируется счетчик, проверяется на ноль и прием данных повторяется. Если приняты все восемь бит и счетчик пуст, то устанавливается флаг

девятого бита. После приема девятого бита его значение не записывается в регистр приема, а по нему устанавливается флаг знака.

Если знак температуры отрицательный, то регистр приема LSB переводится в дополнительный код (инвертируется и прибавляется единица). Если знак измеряемой температуры положительный, то программа переходит к перекодировке температуры в двоично-десятичный код. Необходимо заметить, что младший бит регистра приема несет информацию о десятых значениях температуры. Если бит равен единице, то десятые равны 0,5, а если бит нулевой — 0,0. После записи десятых в регистр индикации регистр приема сдвигается на один разряд вправо. В таком виде значение температуры передается на перекодировку.

В результате выполнения программы на выходе микроконтроллера имеется информационное слово (рис. 4), которое необходимо передать с помощью БСПИ.

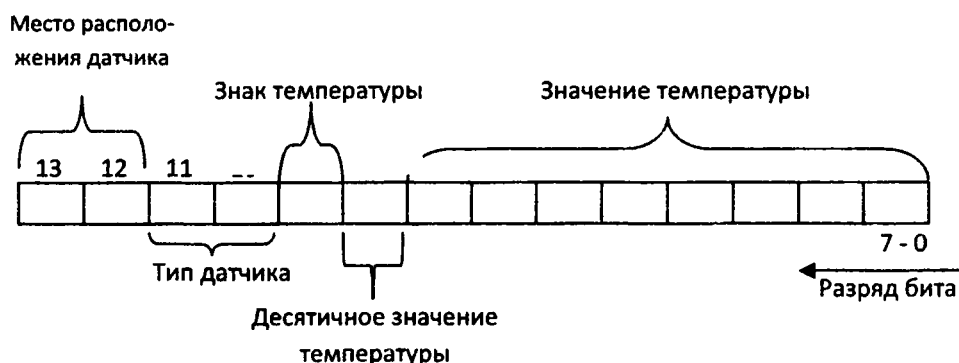


Рис. 4. Структура выходного информационного слова

В данной работе написана программа для микроконтроллера PIC16F84A, которая преобразует полученные данные от датчиков температуры DS1820 в информационное слово, которое включает в себя:

- уникальное имя датчика (идентификацию датчика);
- значение температуры и знак температуры в заданных зонах измерения;
- подтверждение работоспособности системы (самодиагностика).

В результате сформированное информационное слово передается с помощью БСПИ потребителю.

Для написания данной программы использовалась ИСР MPLAB версии 7.0 от фирмы Microchip, а также встроенный в нее отладчик и имитатор. ИСР MPLAB 7.0 — это интегрированная среда разработки, которая может быть выгружена бесплатно с веб-сайта фирмы Microchip. MPLAB содержит все программные инструментальные средства, необходимые для того, чтобы написать программу на Ассемблере, ассемблировать ее, выполнить на имитаторе ее тестирование и, наконец, загрузить программу в программатор. MPLAB состоит из ряда отдельных компонентов, которые работают вместе, чтобы создать завершённую среду разработки. Это следующие компоненты:

- Текстовый редактор. Он обеспечивает возможность ввода исходного текста похожую как в Notepad.
- Менеджер проекта. Один из способов разработки программ в MPLAB — это создание проекта. Проект MPLAB группирует все файлы, относящиеся к одному проекту, вместе.
- Ассемблер MPASM и Компоновщик.
- Программный имитатор и отладчик. Программный имитатор позволяет тестировать программу, которая находится в стадии разработки. Это тестирование выполняется посредством ее запуска на ЦП, который имитируется хост-компьютером.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колешко В.М., Сунка В.Я. Микроконтроллерная широкополосная самодиагностирующаяся сенсорная система измерения уровня жидкостей. Межд. н.-т. ж. Теоретическая и прикладная

механика.-2009, вып. 24.- 117-124с. 2. Колешко В.М., Сунка В.Я., Польшкова Е.В., Ведмич В.В. Интеллектуальная система распознавания информационных образов с поддержкой стандартов беспроводной связи. 19-ая межд. конф. СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии.- 2009, Севастополь, Украина.-382-383с. 3. Заец Н.И. Радиолобительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Книга 2 - М.: "СОЛОН-Пресс", 2005.-192с. 4. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры. - Пер. с англ. - К.: "МК-Пресс" - СПб:"КОРОНА-ВЕК", 2008. - 544с. 5. [Электронный ресурс] / Официальный сайт Microchip; Режим доступа: <http://www.microchip.ru/>, - свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Рус.-2010.

УДК 681. 586: 681.316. 1

Колешко В.М., Сунка В.Я., Кутковский В.Д.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Микроконтроллеры являются законченными специализированными микропроцессорами, ориентированными на реализацию устройств управления, встраиваемую в электронную аппаратуру широкого спектра назначения. Они могут использоваться не только для создания простейших устройств управления, но и для создания достаточно сложных локальных и распределенных комплексов промышленной автоматики.

Наиболее распространенным представителем семейства микроконтроллеров являются 8-разрядные приборы, широко используемые для управления реальными объектами, где применяются, в основном, алгоритмы с преобладанием логических операций, скорость обработки которых практически не зависит от разрядности процессора.

При модульном принципе построения все микроконтроллеры одного семейства содержат процессорное ядро, одинаковое для всех микроконтроллеров данного семейства, и изменяемый функциональный блок, который отличает микроконтроллеры разных моделей. Структура модульного микроконтроллера приведена на рис. 1.

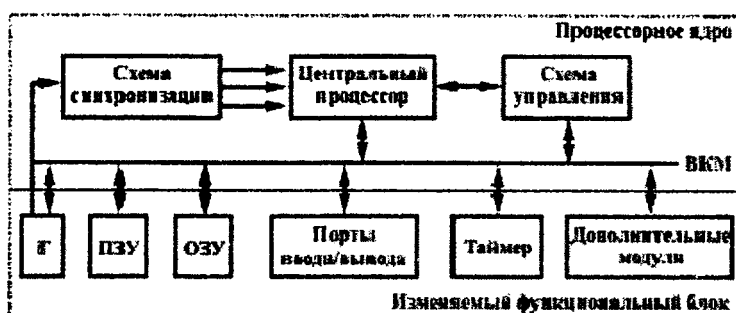


Рис. 1. Модульная организация МК

Микроконтроллер является микросхемой которая в ответ на внешние электрические сигналы действует в соответствии с возможностями заложенными производителем, электроникой подключенной к МК, программой которая в него загружена. Программа для микроконтроллера — это набор кодов, который записывается в программную память. Программирование в кодах неудобно. Поэтому для написания программ используются языки программирования, в которых каждая команда соответствует тому или иному коду. Язык программирования имеет свой словарь (набор слов) и правила их написания. В качестве слов выступают: команды (операторы); специальные управляющие слова; назва-