

# ПРИМЕНЕНИЕ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ И МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Е. Н. Базылев, П. Ю. Бранцевич, С. Ф. Костюк

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: Yauheni.Bazyleu@bsuir.by, branc@bsuir.edu.by

*Рассмотрены вопросы организации систем вибрационного контроля, мониторинга, диагностики, построенных с применением встроенных систем и мобильных технологий. Представлены разработки лаборатории вибродиагностических систем БГУИР, решающие данные задачи. Предложена организация системы накопления вибросигнала на протяжении длительных временных интервалов на базе встроенных систем и последующей обработки с использованием мобильных технологий.*

## ВВЕДЕНИЕ

В результате длительных наблюдений за контролируруемыми объектами не раз приходилось наблюдать возникновение кратковременных возмущений механической системы [1]. Исследование таких возмущений представляет собой достаточно большую проблему, так как их появления носят случайный характер, а временные интервалы между ними могут составлять часы и даже сутки.

Необходимость обнаружения редких кратковременных изменений структуры вибрационного сигнала и последующее выявление причинно-следственных связей между их появлением и развитием дефектов, вынуждает создавать системы способные накапливать и обрабатывать непрерывные вибрационные сигналы, которые отражают вибрационное состояние объекта на протяжении длительных временных интервалов [2].

## 1. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДЛИННЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ВИБРОСИГНАЛА

Для решения задачи накопления вибросигнала на протяжении длительных временных интервалов удобно использовать современные микроконтроллерные системы.

В состав микроконтроллеров, как правило, входит аналого-цифровой преобразователь, запускаемый аппаратно таймером. При этом нет необходимости обрабатывать прерывание от таймера. Запрограммировав период повторения таймера, достаточно обрабатывать прерывание от аналого-цифрового преобразователя с последующей буферизацией результата. Буферизируемые данные целесообразно переместить в накопитель данных, при этом, не допустив переполнения. В качестве накопителя используется энергонезависимая память или, в лучшем случае, носитель с файловой системой.

Современные встроенные системы оснащены часами реального времени, что позволяет устройству работать независимо длительное время без внешнего вмешательства. Кроме то-

го, микроконтроллеры имеют последовательные и параллельные интерфейсы для ввода-вывода данных. Посредством интерфейсов ввода-вывода возможна организация передачи данных для дальнейшей обработки на современные многофункциональные мобильные либо настольные операционные системы с последующим отображением данных в табличном и графическом виде.

Через микроконтроллерные интерфейсы осуществляется управление процессом накопления цифрового вибросигнала, задание коэффициентов передачи и усиления, частоты дискретизации, размера выборки, времени запуска и останова накопления. Для контроля скорости передачи и целостности данных обмен данными лучше организовать по принципу запрос-ответ.

Поток данных, передаваемый через интерфейс ввода вывода, целесообразно разбить на пакеты данных, каждый из которых должен заканчиваться контрольной суммой (хэш-значение) для контроля целостности передачи данных. Первыми двумя байтами такого пакета могут быть идентификатор (директива) и номер пакета.

Так как современная микроэлектроника развивается быстрыми темпами следует использовать аппаратно-независимые языки программирования. Для упрощения сопровождения программного проекта, а так же минимизации трудозатрат при переходе на другую микроконтроллерную платформу, архитектура программного средства встроенной системы должна быть разбита на два уровня – аппаратно зависимый и независимый уровни. Таким образом, при переходе на другой микроконтроллер потребуется переработать только аппаратно зависимый уровень программного обеспечения, что значительно упростит работу над программным проектом.

Передача потока данных на мобильную платформу организуется независимо от конкретного интерфейса обмена данными, а обработка данных на мобильной платформе осуществляется с использованием технологии, упрощающей

перенос программного кода на другие операционные системы, а так же в интернет.

## II. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ

Разработан прототип подобной системы. Встроенная система использует 8-битный микроконтроллер ATmega фирмы Atmel. Микроконтроллер имеет встроенный 10-битный аналого-цифровой преобразователь управляемый 8-битным или 16 битным таймером [3].

В качестве накопителя данных применяется SDCard[4], управляемый с помощью SPI интерфейса, аппаратный модуль которого уже встроены в микроконтроллер. Значительная часть вычислительной мощности микроконтроллера задействована для управления файловой системой, для чего использована популярная в интернете библиотека FatFs [5].

Управление встроенной системой осуществляется посредством популярного интерфейса последовательного порта USART, благодаря которому происходит обмен данными через ноль-модем либо модуль Bluetooth. Для контроля целостности пакетной передачи данных удобно использовать циклическую избыточную проверку CRC16, обладающую хорошими свойствами ээш-функций. Со стороны мобильной либо настольной операционной системы для организации байтовой или пакетной передачи данных через порты ввода вывода при программировании применен шаблон объектно-ориентированного проектирования “Декоратор” [6].

Для разработки такого устройства оказалось очень удобным использование проекта Arduino [7]. Так как 8-битный микроконтроллер не способен производить вычисления с плавающей точкой за приемлемое время, снятые с аналого-цифрового преобразователя двухбайтные данные без каких-либо преобразований сохраняются в файл, и в последующем производится и дальнейшая обработка на мобильной или настольной платформе. При этом, при частоте дискретизации 25кГц для записи 10 минут вибросигнала требуется 30 мегабайт.

Для последующей обработки накопленных данных их необходимо передать данные на мобильное устройство. В современных мобильных устройствах, как правило, имеется три способа обмена данными: USB- интерфейс, Bluetooth, Wi-Fi. При использовании USB целесообразно использовать CDC интерфейс, при этом мы получаем виртуальный последовательный порт, работающий со скоростью USB интерфейса. При работе с Bluetooth использованы радио-модули HC-06[10-11], при этом реализован беспроводный ноль-модем, скорость которого достигаем 1,3 Мегабит. В случае Wi-Fi применяется WizFi250[8-9],

при этом обеспечивается доступ к ресурсам современных TCP/IP сетей.

Обработку данных на мобильной платформе представляется предпочтительным осуществлять с использованием технологии Java, так как в этом случае будет значительно упрощен перенос программного кода на настольные операционные системы, а так же в интернет. Обработка графики и сетевых интерфейсов на Android значительно отличается от настольных операционных систем, а математические вычисления и файловую обработку удалось организовать в виде функций отдельной, независимой от платформы, библиотеки.

## III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование современных встроенных систем и мобильных технологий позволяет эффективно решать задачу накопления вибросигналов на протяжении длительных временных интервалов для их дальнейшей углубленной обработки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бранцевич, П. Ю. Организация и опыт применения систем вибрационного мониторинга и защиты / П. Ю. Бранцевич, С. Ф. Костюк // Достижения физики неразрушающего контроля: сб. научн. тр. / Под ред. Н. П. Мигуна – Мн.: Институт прикладной физики НАН Беларуси, 2013. – с. 67-74.
2. Фрэнкс, Б. Укрощение больших данных: как извлечь знания из массивов информации с помощью глубокой аналитики / Б. Фрэнкс; пер. с англ. А. Баранова. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 352 с.
3. Atmel AVR 8-bit and 32-bit Microcontrollers [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.atmel.com/devices/ATMEGA2560.aspx>
4. SD Card Shield V4 [Электронный ресурс] - Электронные данные. - Режим доступа: <https://www.seeedstudio.com/SD-Card-Shield-V4-p-1381.html>
5. FatFs - Generic FAT File System Module [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)
6. Design Patterns [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Design\\_Patterns](https://ru.wikipedia.org/wiki/Design_Patterns)
7. Arduino MEGA 2560 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
8. Wifi Shield (Fi250) V1.1 [Электронный ресурс] - Электронные данные. - Режим доступа: [http://www.seeedstudio.com/Wifi-Shield-\(Fi250\)-V1.1-p-2449.html](http://www.seeedstudio.com/Wifi-Shield-(Fi250)-V1.1-p-2449.html)
9. WizFi250 [Электронный ресурс] - Электронные данные. - Режим доступа: <http://www.wiznet.co.kr/product-item/wizfi250/>
10. Bluetooth-модули. HC-03, HC-04, HC-05, HC-06 [Электронный ресурс] - Электронные данные. - Режим доступа: [http://lobotryasy.net/learning/bluetooth\\_part\\_1.php](http://lobotryasy.net/learning/bluetooth_part_1.php)
11. Настройка bluetooth-модулей HC-05/06 [Электронный ресурс] - Электронные данные. - Режим доступа: <http://robotclass.ru/articles/bluetooth-hc-05-06/>