

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ АУДИОФИКСАЦИИ

Авсяник Е.С., Деменковец Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Леванцевич В.А. – старший преподаватель

В работе описано применение аудиодатчиков в охранных системах. Описывается работа модуля на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье. Предлагаются варианты применения модуля аудиофиксации.

Системы охраны заводских и жилых помещений могут включать в себя большое количество датчиков: датчики движения, датчики разбития стекла, активные инфракрасные датчики движения и присутствия, фотоэлектрические датчики, ультразвуковые датчики, вибродатчики и так далее.

Видеорегистраторы и камеры обычно работают постоянно, записывая каждый момент времени. Это не очень выгодно с точки зрения энергопотребления и объемов хранимых записей. Альтернативное решение могло бы быть следующим: включать запись только после каких-либо изменений во внешней среде. Таким индикатором может выступать звук. Разбитое стекло, шаги, скрип дверей, звон ключей – все это вызывает достаточный шум. Устройство, реагирующее на изменение звука, может выступать как самостоятельная единица в охранной системе, так и в качестве вспомогательного модуля в более сложных.

Задачей проекта стала разработка аудиофиксатора – устройства, которое сохраняет данные в моменты, когда уровень шума поднимается выше определенного. Основной проблемой является анализ звукового сигнала в реальном времени. Для обработки и работы с сигналом требуется перевести его в дискретную цифровую форму. Полученный после оцифровки сигнал представляет собой массив значений уровня, измеренных через равные промежутки времени. Отсюда следует, что цифровой сигнал в явном виде не содержит никакой информации о его частотной составляющей. Для того, чтобы разложить сигнал на отдельные частотные составляющие необходимо представить его в виде суммы гармонических колебаний. Для разложения сигналов на синусоидальные колебания применяется преобразование Фурье.

Так как стоит задача анализировать сигнал в режиме реального времени, целесообразно будет использовать FFT (fast Fourier transform, БПФ) – алгоритм быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье представляет собой определенный алгоритм вычисления, который позволяет уменьшить количество производимых действий относительно прямого (по формуле) вычисления ДПФ. В основе алгоритма заложено разбиение заданной последовательности отсчетов дискретного сигнала на несколько промежуточных последовательностей. Следует отметить, что алгоритм БПФ точнее стандартного ДПФ, т. к. при сокращении операций снижаются суммарные ошибки округления [1].

В настоящее время известны несколько алгоритмов быстрого преобразования Фурье, которые являются частными случаями единого алгоритма, базирующегося на задаче разбиения одного массива чисел на два с последующим рекурсивным вычислением каждого массива чисел по дискретному преобразованию Фурье и объединении результатов расчетов.

Алгоритм БПФ представляет собой рекурсивное разделение исходной последовательности отсчетов $s_0(N)$ на две последовательности $s_1(N/2)$ и $s_2(N/2)$, где s_1 содержит отсчеты s_0 , находящиеся на четных позициях, а s_2 – отсчеты, находящиеся на нечетных позициях [2]. Затем для полученных последовательностей вычисляется дискретное преобразование Фурье [3], и полученные последовательности $S_1(N/2)$ и $S_2(N/2)$ половинной длины объединяются в результирующую N -точечную последовательность по формулам:

$$S(k) = S_0(k) + W_N^k \cdot S_1(k), k = 0 \dots \frac{N}{2} - 1, \quad (1)$$

$$S\left(k + \frac{N}{2}\right) = S_0(k) - W_N^k \cdot S_1(k), k = 0 \dots \frac{N}{2} - 1, \quad (2)$$

где W_N^k вычисляется по формуле:

$$W_N^k = \exp\left(-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot k\right), k = 0 \dots N - 1, \quad (3)$$

Преобразование может быть представлено графически, изображенном на рисунке 1.

Из-за специфической формы графа он получил название «бабочка». Таким образом, на нижнем уровне рекурсии получаются последовательности, состоящие из одного отсчета, которые уже являются результатом преобразования Фурье. Соответственно весь алгоритм вычисления ДПФ сводится рекурсивному разбиению исходной последовательности на её четную и нечетную части и последующему их объединению с помощью преобразования «бабочка».

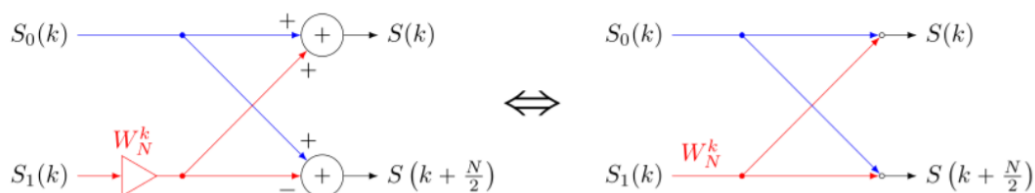


Рисунок 1 – Преобразование «бабочка»

Программно-аппаратный модуль состоит из аналогового датчика звука (микрофон), Wi-fi модуля и микроконтроллера из семейства STM32. Датчик звука передает данные по протоколу SPI. После получения аналогового сигнала происходит аналогово-цифровое преобразование сигнала и последующая отправка данных на фильтрацию внутри микроконтроллера. Данные из фильтра в зависимости от наличия подключения к интернету либо идут на запись SD-карты по протоколу SPI, либо на Wi-fi модуль по 23 протоколу USART. Схема подключения аппаратного модуля представлена на рисунке 2.

Дальше микроконтроллер через Wi-fi модуль по протоколу TCP отправляет данные в Azure IoT Hub. IoT Hub — это управляемая служба, размещенная в облаке, которая выступает в качестве центрального концентратора сообщений для двунаправленной связи между вашим приложением IoT и устройствами, которыми оно управляет.

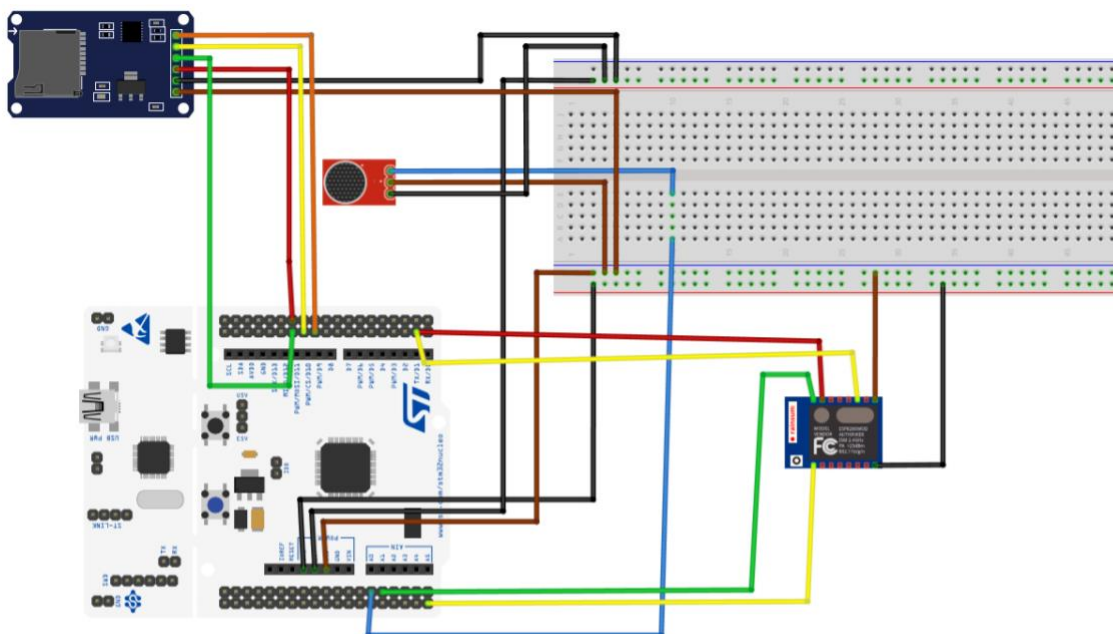


Рисунок 2 – Схема подключения аппаратного модуля

Полученный аудиофиксатор может записывать звуки, после появления определенного шума. Такое устройство может стать частью более сложной системы, например, активируя другие датчики при появлении посторонних звуков. Также аудиофиксатор можно использовать в качестве «аудиоловушки», что предоставляет возможность в последующем идентифицировать человека по голосу.

Список использованных источников:

1. The fast Fourier transform [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.autex.spb.su/download/dsp/dsp_guide/. – Дата доступа: 24.03.2021.
2. Сглаживание цифровых сигналов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/>. – Дата доступа: 18.03.2021.
3. Оконное сглаживание [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.dsplib.ru/content/win/win.html>. – Дата доступа: 21.03.2021.
4. Кондыбаева А.Б. Методы обработки и сжатия аудиосигнала с помощью быстрого преобразования фурье [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://sibac.info/studconf/tech/xxxii/42188>. – Дата доступа: 19.03.2021.