

## ПАССИВНЫЕ СЕНСОРНЫЕ УЗЛЫ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

М.М.А. Аль-коли<sup>1</sup>, Р.Я. Пирмагомедов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация  
Адрес для переписки: [lbs.pto@yandex.ru](mailto:lbs.pto@yandex.ru)

### Информация о статье

УДК 621.391

Язык статьи – русский

**Ссылка для цитирования:** Аль-коли М.М.А., Пирмагомедов Р.Я. Пассивные сенсорные узлы на основе поверхностной акустической волны // Труды учебных заведений связи. 2017. Том 3. №1. С. 5-9

**Аннотация:** Для внедрения нано-сетевых структур в практику, необходимо найти решение проблемы электроснабжения сенсорных узлов, находящихся внутри тела человека. В данной статье предлагается рассмотреть возможность использования энергии устройств находящихся вне тела при считывании информации с внутренних датчиков, по аналогии с пассивными метками применяемыми в технологии радиочастотной идентификации (RFID).

**Ключевые слова:** SAW, OFC, сенсорные узлы, RFID

## PASSIVE NANO SENSOR BASED ON SURFACE ACOUSTIC WAVE

M. Mohammed Al-koli<sup>1</sup>, R. Ya. Pirmagomedov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SPbSUT, St.Petersburg, 193232, Russian Federation

### Article info

Article in Russian

**For citation:** Al-koli Mohammed M., Pirmagomedov R.: Passive nano sensor based on surface acoustic wave// Proceedings of educational institutes of communication. 2017. Vol. 3. Iss. 1. pp. 5-9

**Abstract:** The SAW sensor offers advantages in that it is wireless, passive, small and has varying embodiments for different sensor applications. In addition, there are a variety of ways of encoding the sensed data information for retrieval. SAW sensors are capable of measuring physical, chemical and biological variables. This paper will present a spread spectrum approach using orthogonal frequency coding (OFC) for encoding the SAW sensor.

**Keywords:** SAW, OFC, Sensor node, RFID technology

Датчики построенные на основе использования поверхностных акустических волн SAW (*Surface Acoustic Wave*) обладают большим потенциалом для их использования в сфере здравоохранения, для контроля за состоянием здоровья человека [1, 2]. Их преимущество заключается в том, что они не нуждаются в источниках питания, обладают маленькими размерами, позволяют осуществлять беспроводную передачу данных, а также в возможности их эксплуатации в различных физических и химических условиях [3, 4, 5].

Для реализации беспроводных датчиков с помощью использования поверхностных акустических волн используется метод кодирования посредством ортогональных частот (OFC). В этом методе используется семь последовательных носителей для генерирования сигнала таким образом, чтобы в каждом чипе, находящемся в датчике (а таких чипов семь) было целое число полупериодных носителей, в итоге получается непрерывный сигнал [6].

Для краткого математического описания процесса кодирования посредством ортогональных частот OFC используем временную функцию  $h(t)$  [6, 7]:

$$h(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \times \varphi_n(t) \times \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right),$$

где  $\varphi_n = \cos\left(\frac{n\pi t}{\tau}\right)$  и  $\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq 0,5, \\ 0, & \text{другое.} \end{cases}$

Функция  $\varphi_n(t)$  предоставляет собой полную ортогональную базу с вещественными коэффициентами  $0 \leq a_n \leq 1$ .

Все части этой базы ортогональны на заданном интервале времени если:

$$\int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \varphi_n(t) \times \varphi_m(t) = \begin{cases} k_n, & n = m, \\ 0, & n \neq m. \end{cases}$$

Учитывая вышеизложенное, получаем в итоге две функции, описывающие процесс OFC:

$$h_1(t) = \sum_{n=0}^N a_n \times \cos\left(\frac{n\pi t}{\tau}\right) \times \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right), \quad (1)$$

$$h_2(t) = \sum_{m=0}^M b_m \times \cos\left(\frac{m\pi t}{\tau}\right) \times \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right). \quad (2)$$

Каждая часть с косинусом в формулах (1) и (2) предоставляет собой временно закрытый синус, частота которого определяется по формуле:

$$f_n = \frac{t}{\tau} \quad \text{и} \quad f_m = \frac{2m+1}{2\tau}. \quad (3)$$

В частотном диапазоне базовыми условиями является использование выборочных функции с центральными частотами, заданными в выражении (3) и нулевая полоса пропускания  $2\tau^{-1}$ .

Общая частотная функция определяется с учетом выбора четных или нечетных временных функции в уравнениях (1) и (2). И соответственно коэффициенты  $a_n$  и  $b_n$  могут принимать любые значения в интервале между  $-1$

и +1 на котором определяется диапазон спектра частоты. Использование значения  $-1$  или  $+1$  обеспечивает непрерывный спектр и эффективное использование полосы пропускания системы.

Эта математическая база может быть использована в проектировании сенсорных узлов на основе поверхностных акустических волн SAW.

Пример реализации такого сенсорного узла показан на рисунке 1.

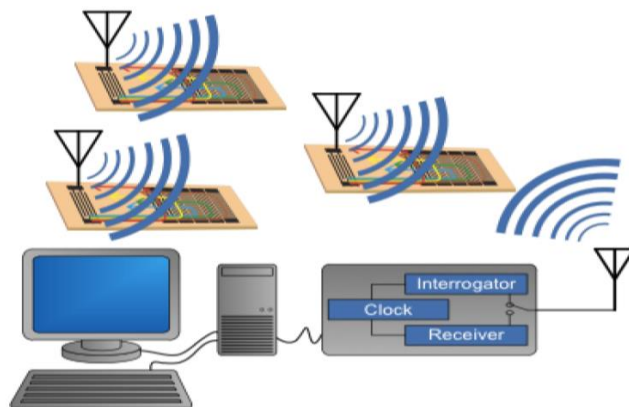


Рис. 1. Реализации беспроводного RFID сенсора на базе SAW

Широкополосный преобразователь посылает сигнал, который кодируется посредством ортогональной частоты и через него возвращается в антенну приемника.

Пример SAW-метки приведен на рисунке 2.

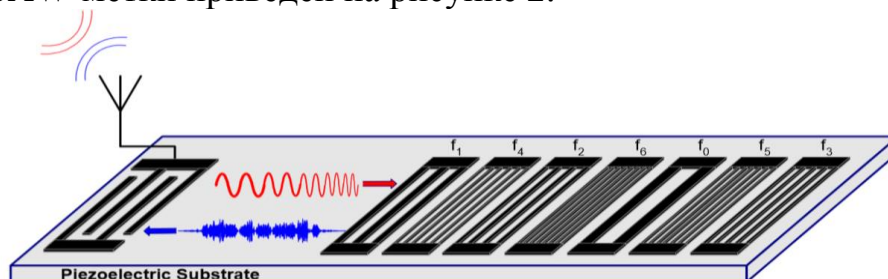


Рис. 2. Пример SAW-метки

Система посылает запрос (сигнал) который поступает на антенну датчика и преобразуется в SAW-волны. При распространении вдоль подложки, SAW-волны соответствующим образом модифицируются и отражаются. Концептуальная схема этого процесса показана на рисунке 3.

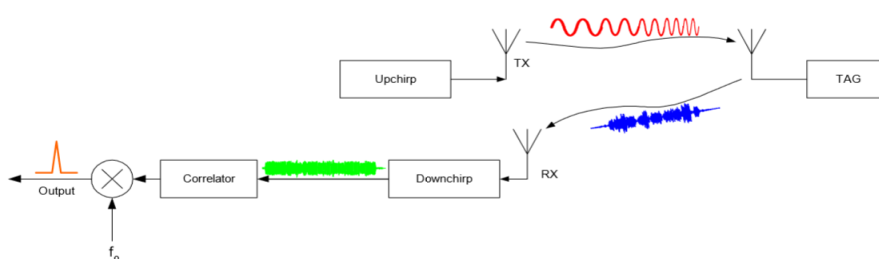


Рис. 3. Процесс работы беспроводного датчика

Реализация сенсора происходит посредством создания идентичных противоположных хранителей в обеих сторонах SAW метки, как показано на рисунке 4. При этом одна из сторон подвержена воздействию фактора, который требуется измерить, а другая максимально защищена от этого воздействия. Разная пространственная задержка в обеих сторонах означаеты знаками  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

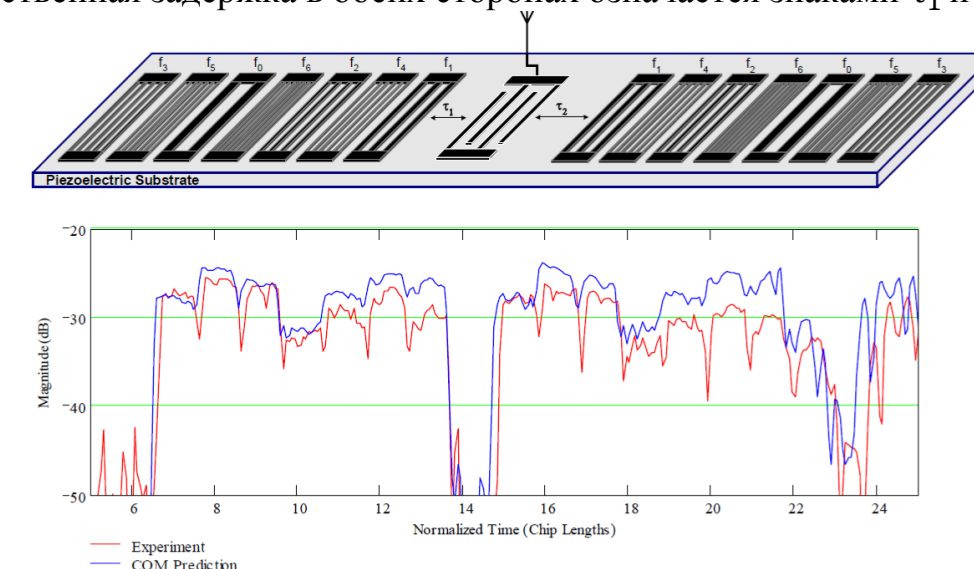


Рис. 4. Процесс измерения параметра

В таком случае результирующий сжатый импульс, получаемый от такого сенсора, определяет результат измерения параметра. Разность времени задержки между импульсами и дает нам информацию о численном значении измеряемого параметра.

#### Список используемых источников

1. Wilson, W. C., Malocha, D. C., Kozlovski, N., Gallagher, D. R., Fisher, B., Pavlina, J., Saldanha, N., Puccio, D., Atkinson, G. M.: Orthogonal frequency coded SAW sensors for aerospace SHM applications. *IEEE Sens. J.*, 2009, 9, (11), pp. 1546–1556.
2. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 312 с.
3. Пирмагомедов Р. Я., Кучерявый Е. А., Глушаков Р. И., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Живые организмы в киберпространстве – проект «Биодрайвер» // *Электросвязь*. 2016. № 1. С. 47–52.
4. Пирмагомедов Р. Я., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Бактериальные наносети // *Информационные технологии и телекоммуникации*. 2015. № 2 (10). С. 5–10.
5. Pohl A., Ostermayer G., Reindl L., Seifert F. Monitoring the tire pressure at cars using passive SAW sensors // *1997 IEEE International Ultrasonics Symposium*, pp. 471–474.
6. Benes E., Gröschl M., Seifert F., Pohl A. Comparison between BAW and SAW sensor principles // *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol. 45, No. 5, September 1998.
7. Carter S. E., Malocha D. C. SAW device implementation of a weighted stepped chirp code signal for direct sequence spread spectrum communication systems // *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol. 47, pp. 967–973, July 2000.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Аль-Коли Мухаммед Мухаммед Айед** – аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, alkoli@yandex.ru

**Пирмагомедов Рустам Ярахмедович** – кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, lts.pto@yandex.ru