

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

О. В. Пестов, В. Б. Поляков

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

Описана реализация устройства для оценки состояния кардиореспираторной системы человека и оригинального алгоритма для обработки биоимпедансного сигнала. Анализируется полученный импедансный сигнал, по которому определяются частота пульса и частота дыхания для расчета индекса Хильдебрандта.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система; индекс Хильдебрандта; частота пульса; частота дыхания; биоимпеданс; алгоритм обработки сигнала

## AN APPLICATION FOR ESTIMATING THE STATE OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM

O. V. Pestov, V. B. Polyakov

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

An implementation of the device for assessing the state of the cardiorespiratory system of human and the original algorithm for processing the bioimpedance signal are described. The resulting impedance signal is analyzed, according to which the heart rate and the respiration rate are determined to calculate the Hildebrandt index.

**Keywords:** cardiorespiratory system; Hildebrandt index; heart rate; respiratory rate; bioimpedance; signal processing algorithm

Кардиореспираторная система, в которую входят сердечно-сосудистая и дыхательная системы, выполняет важную функцию — доставка кислорода в организм и распределение его по тканям. Без кислорода невозможно нормальное функционирование организма. Следовательно, нарушение нормальной работы кардиореспираторной системы, ведет к нарушению работы всего организма в целом.

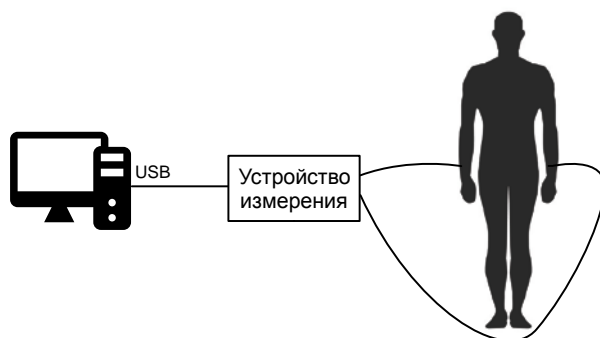
Качественным показателем функционального состояния кардиореспираторной системы может служить индекс Хильдебрандта, определяемый как отношение частоты пульса к частоте дыхания. В норме он принимает значения от 4.5 до 5.4, а отклонение от этих значений говорит о наличии проблем в организме [1].

Сердечные сокращения и дыхательные движения, приводит к квазипериодическому изменению физических параметров, которые можно наблюдать, например, при измерении электрического импеданса. Измерив этот сигнал, можно определить частоту сердечных сокращений (ЧСС), частоту дыхательных движений (ЧДД) и, следовательно, индекс Хильдебрандта.

Для измерения электрического импеданса имеется специализированная интегральная микросхема (ИМС) – 12-разрядный анализатор цепей/преобразователь импеданса AD5933 (Analog Devices Inc.) [2]. Данная

ИМС позволяет получить значения импеданса в диапазоне 1 - 1000 кОм на частотах возбуждения 1 – 100 кГц. Использование данной ИМС позволяет значительно упростить схемотехнику измерительной части системы.

В работе использовалось устройство на основе оценочной платы, содержащей преобразователь импеданса AD5933 [3]. Через интерфейс USB устройство подключается к компьютеру или ноутбуку, на котором установлено прикладное программное обеспечение для оценки состояния организма. Для подключения к исследуемому объекту используются электроды, которые накладываются на тело человека. Функциональная схема полученного программно-аппаратного комплекса показана на рис. 1.

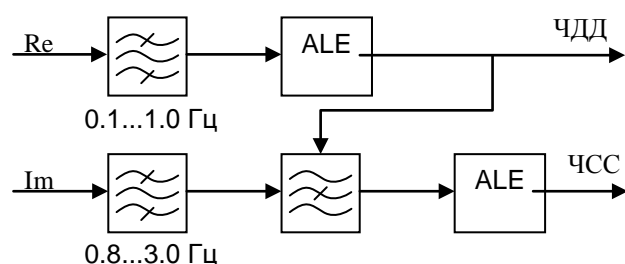


**Рис. 1.** Функциональная схема программно-аппаратного комплекса

Для разработки приложения использовался кроссплатформенный инструментарий Qt. Логика приложения была написана на языке C++, а графический интерфейс — на языке QML. Для передачи данных по USB использовалась библиотека libusb.

Во время измерения электроды (металлические пластины с покрытием AgCl) накладывались на предплечья, использовалась частота зондирующего тока 45 кГц. В качестве исходных данных, поступающих на вход алгоритма обработки сигнала, брались действительная и мнимая части импеданса на выходе AD5933. Экспериментальным путем было установлено, что на выбранной частоте зондирующего тока действительная часть содержит только дыхательную составляющую, в то время как мнимая часть содержит как пульсовую, так и дыхательную составляющие.

Структура алгоритма обработки сигнала показана на рис. 2. Действительная и мнимая части пропускаются через полосовые фильтры, чтобы выделить дыхательную и пульсовую составляющие соответственно. Непосредственное определение частоты изменения сигнала выполняется с помощью алгоритма Adaptive Line Enhancer (ALE) [4]. Частота дыхания определяется из действительной части. Так как диапазон частот пульса может пересекаться с диапазоном частот дыхания, то частота дыхания используется для подавления дыхательной составляющей в мнимой части с помощью режекторного фильтра, чтобы исключить ложное определение частоты пульса. Затем определяются частота пульса, индекс Хильдебрандта и в графическом интерфейсе пользователя выводится оценка состояния организма.



**Рис. 2.** Схема обработки импедансного сигнала.  $Re$  – действительная часть импеданса,  $Im$  – мнимая часть импеданса, ALE – adaptive line enhancer.

Используемое схемотехническое решение позволяет упростить устройство измерения биоимпеданса, а представленный оригинальный алгоритм обработки импедансного сигнала обеспечивает высокую достоверность получаемых результатов ЧСС, ЧДД. Описанный алгоритм обработки биоимпедансного сигнала может использоваться в устройстве, ранее разработанном на кафедре КСиТ ПГНИУ [5].

### Список литературы

1. Патент. 2142733 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> А61В5/02. Способ определения общего состояния организма / Автор, заявитель, патентообладатель Васильков А. А. – № 95121429/14; заявл. 19.12.1995; опубл. 20.12.1999, Бюл. № 35. – 1 с.: ил.
2. AD5933 Datasheet and Product Info | Analog Devices. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.analog.com/en/products/rf-microwave/direct-digital-synthesis/ad5933.html>
3. EVAL-AD5933 Evaluation Board | Analog Devices. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/EVAL-AD5933.html#eb-overview>
4. Jerome Van Zaen. Efficient schemes for adaptive frequency tracking and their relevance for EEG and ECG. Lausanne, EPFL, 2012. 211 p.
5. Патент. 151629 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> А61В5/0402. Измерительно-обрабатывающий блок устройства биоимпедансных измерений / Марценюк М. А., Мишланов В. Ю., Мишланов Я. В., Поляков В. Б.; патентообладатели ФГБОУ ВПО Пермский гос. нац. исслед. ун-т, ООО Научно-исслед. ин-т интеллектуальных технологий и систем. – № 2014139621/14; заявл. 30.09.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. – 2 с.: ил.