

УДК 001.894.2, 612.15

**РАЗРАБОТКА
МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ДАТЧИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
КАЧЕСТВА ДИАГНОСТИКИ СКОРОСТИ
КРОВОПОТОКА ЧЕЛОВЕКА**

Сыроватка В. Н., Зубова Т. А.

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

vsyrovatka@mail.ruzubova.tan59@gmail.com

Работа посвящена разработке портативного магнитоэлектрического датчика для повышения качества диагностики скорости кровотока человека. Рассмотрена необходимость создания данных устройств для повышения качества мониторинга здоровья человека. Аргументированы место локализации устройства на человеке и выбор исполнительного датчика. В процессе работы были созданы структурная и электрическая принципиальная схемы. Спроектированный по предоставленным данным датчик будет напоминать смарт-часы.

Ключевые слова: повышение качества диагностики, скорость кровотока, электромагнитный метод, датчик положения.

Введение. Одним из основных моментов при проведении исследования и мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы человека, включающих в себя проведения ряда различных диагностик и анализов, является определение скорости потока крови человека.

Благодаря данной методике возможно определение состояния всей сосудистой сети человека, а также отдельных ее участков. Она же позволяет выявить патологии различных органов, наличие спазмов, образование тромбов и повышение вязкости крови.

На сегодняшний день существует две методики определения скорости крови — электромагнитный и ультразвуковой. Применение ультразвуковых методов при определении скорости крови имеет недостатки. Данный метод требует соответствующего специального образования, имеет низкую точность, а также способен проводить анализ только в тех участках, где проходит ламинарное течение жидкости [1]. В связи с чем актуальной задачей нынешней ангиологии является применение электромагнитных методик определения скорости потока крови.

Целью данной исследовательской работы является разработка магнитоэлектрического датчика для повышения качества диагностики скорости потока крови человека. В основу метода положен эффект Холла [2]. Ставилась задача выбора датчика [3, 4] и места его установки, а также создание структурной и разработка электрической принципиальной схемы [5]. Управляющим микроконтроллером при этом выбран PIC16F1459 [6].

UDC 001.894.2, 612.15

**DEVELOPMENT OF A
MAGNETOELECTRIC SENSOR FOR
IMPROVEMENT QUALITY OF
DIAGNOSIS OF HUMAN BLOOD FLOW
VELOCITY**

Syrovatka V. N., Zubova T. A.

Don State Technician University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

vsyrovatka@mail.ruzubova.tan59@gmail.com

The work is devoted to the development of a portable magnetolectric sensor to improve human blood flow velocity diagnosis quality. This paper describes the need to create these devices to improve the quality of human health monitoring. It gives reasons for the choice of the place of the device and the sensor. Structural and electrical concepts were created. Designed according to the provided data sensor will resemble a smart watch.

Keywords: diagnosis quality improvement, blood flow velocity, electromagnetic method, position sensor.

Основные положения методики. В качестве основополагающего принципа анализа скорости кровотока является эффект Холла [2]. Под эффектом Холла понимают явление возникновения поперечных разностей потенциалов (также называемых Холловским напряжением или ЭДС Холла) при помещении металлов или полупроводников в магнитные поля. Принцип получения данного эффекта отражен на рис. 1.

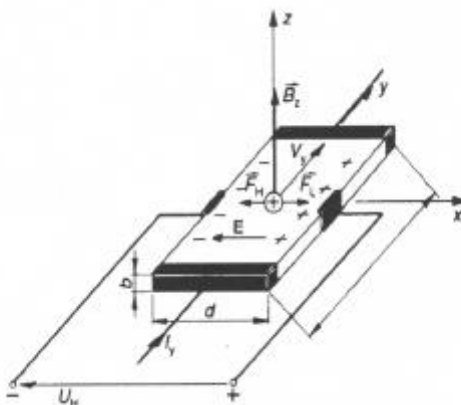


Рис. 1. Представление эффекта Холла

Для непосредственного создания магнитоэлектрических датчиков потока проводящих жидкостей применяется механизм по своим свойствам схожий с эффектом Холла. В данной работе в качестве такой жидкости рассмотрена нейтрально заряженная кровь. Здесь напряжение Холла будет равняться:

$$E_{хол} \approx U_{хол} = -v \times B \times 2a, \quad (1)$$

где a — радиус сосуда.

Для проведения анализа скорости применяются датчики следующего вида (рис. 2).

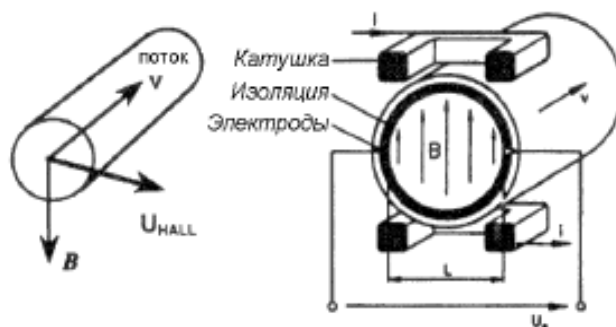


Рис. 2. Конструкция магнитоэлектрического датчика

Выбор местонахождения устройства. Выбор местоположения датчика влияет на точность получаемых показателей датчика. Для улучшения показаний необходимо использовать наиболее информативные участки тела, которые должны отвечать следующим требованиям: иметь турбулентное течение крови; обладать такой скоростью кровотока, чтобы ее можно было измерить магнитоэлектрическим датчиком; иметь относительно большой диаметр (с уменьшением диаметра сосуда сопротивление току крови снижается [7]); являться сосудом, в котором появляются новообразования. Кровообращение человека основана на нескольких основных видов сосудов — артерии, вены и капилляры. Единственным местом, отвечающим на все имеющиеся требования, отвечают артерии, а именно, лучевая, которая отходит от плечевой артерии в области локтевой ямки. Направляясь вниз, отклоняется и идет по передней поверхности мышцы — круглого пронатора. Достигнув медиального края плечелучевой мышцы, артерия проходит между этой

мышцей и круглым пронатором, а далее — между плечелучевой мышцей и лучевым сгибателем кисти (рис. 3).

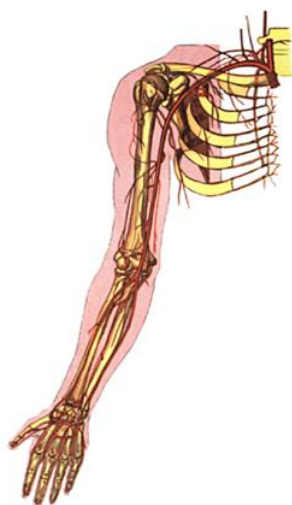


Рис. 3. Изображение лучевой артерии

Устройство и характеристики разрабатываемого устройства. Принцип действия разрабатываемого датчика основан на описанном ранее эффекте Холла. В данном случае датчик использует магнитно-электрический эффект, в результате которого улавливается разность потенциалов, возникающая на краях проводника. Главная особенность устройств, построенных на данном эффекте, — чистый и устойчивый выходной сигнал, который не имеет всплесков за счёт частоты срабатывания устройств, не смещает момент измерения при довольно малых размерах датчика. Он включает в себя чувствительный элемент, магнит и микросхему для обработки поступающей информации.

Структура разрабатываемого датчика имеет целевую конструкцию. По разные стороны от щели расположены проводник, по которому пропускают ток, и постоянный магнит, между которыми поставлен экран. Экран предназначен для замыкания силовых линий. Его применение позволяет генерировать напряжение на выходе устройства. Для снятия генерируемой индукции и перевода в напряжение с более высокой точностью был выбран аналоговый датчик Холла. Получаемые данные зависят от полярности и силы магнитного поля.

Для разработки устройства магнитоэлектрического датчика диагностики скорости кровотока человека был использован датчик HAL805UT-A производства Micronas (рис. 4). Этот датчик зарекомендовал себя универсальным устройством детектирования магнитного поля, имеющим линейный выход информации [4].

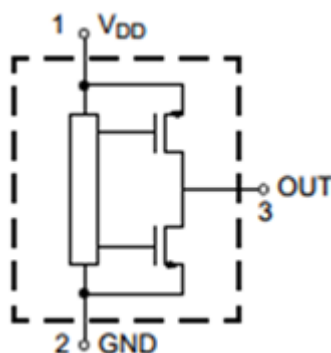


Рис. 4. Схематическое представление датчика Холла HAL805UT-A

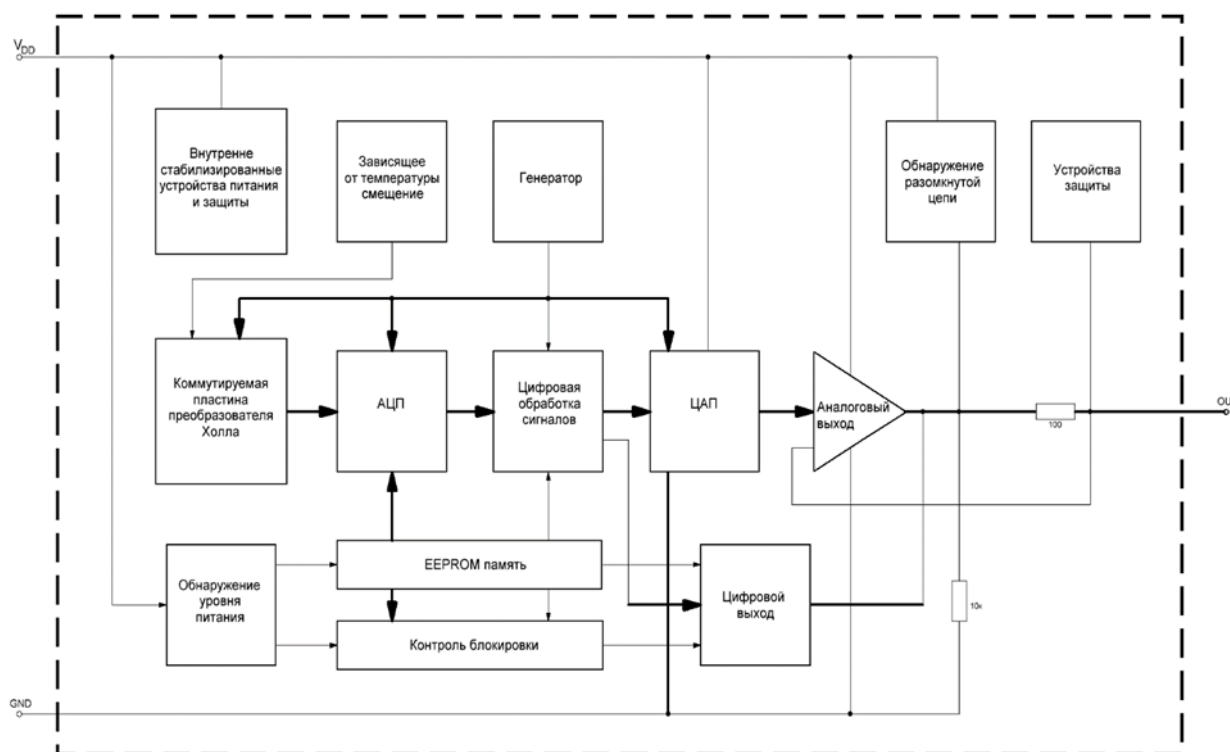


Рис. 5. Блок-диаграмма устройства

Схема разрабатываемого устройства выполнена по субмикронной полупроводниковой технологии и в дальнейшем может быть использована для анализа скорости прохождения потока крови по артерии

Основополагающие параметры устройства — чувствительность, диапазон магнитного поля, выходное напряжение покоя (выходное напряжение при $B=0$ мТл) и диапазон выходного напряжения устанавливается в энергонезависимой памяти. Разрабатываемый датчик скорости обладает цифро-аналоговым преобразователем, памятью EEPROM с возможностью резервного копирования данных, последовательный интерфейс и защитные устройства на всех контактах, а также функцию блокировки данных калибровки (рис. 5)

Таблица 1

Основные характеристики

Symbol	Parameter	Pin No,	Min,	Max,	Unit
V_{DD}	Напряжение питания	1	-8,5	8,5	V
$-I_{DD}$	Обратный ток питания	1	-	50	mA
I_Z	Ток через устройство защиты	1 or 3	-300	300	mA
V_{OUT}	Выходное напряжение	3	-5 -5	8,5 14,4	V
$V_{OUT} - V_{DD}$	ΔV_{DD}	3,1		2	V
I_{OUT}	Выходной ток	3	-10	10	mA

Используемый при разработке датчик имеет корпус TO92; имеет температурный диапазон от -40°C до 150°C ; защищенный от короткого замыкания двухтактный выход. Общая погрешность данного датчика менее 0,2% по диапазону рабочего напряжения и диапазону температур.

HAL805UT-A обладает возможностью программирования чувствительности, который задаётся в районе между -4 и 4 . Для значений питания $VDD=5$ В данный параметр может иметь значения с погрешностью в $0,00049$ С.

Структурная схема. Работу устройства можно пояснить при помощи структурной схемы (рис. 7).

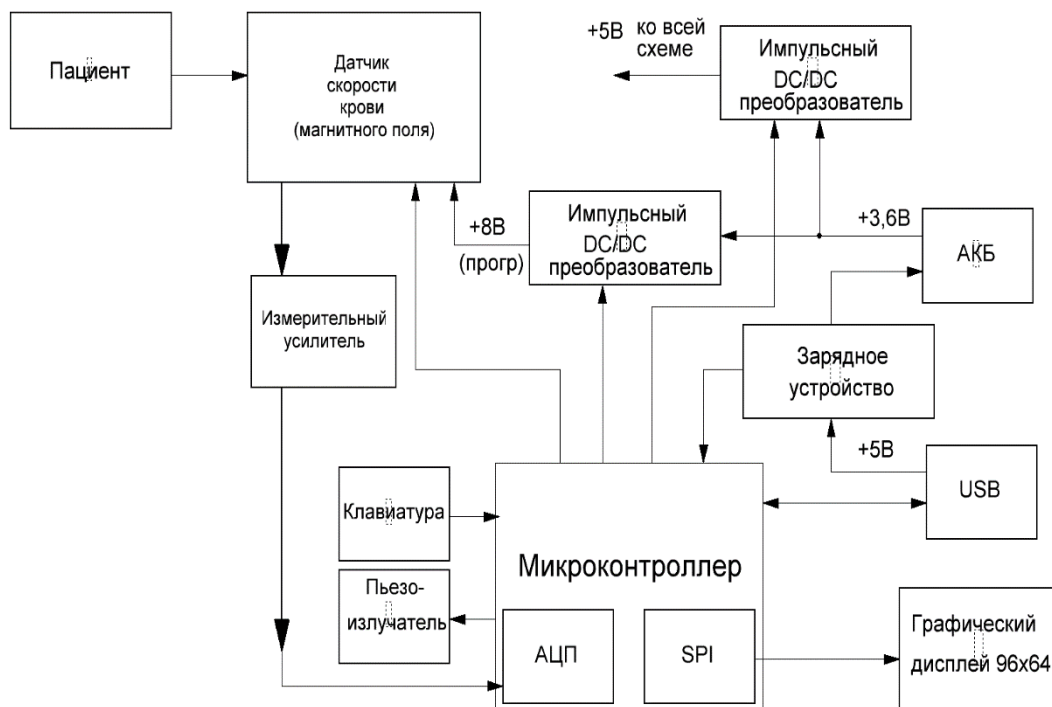


Рис. 7. Изображение структурной схемы предлагаемого устройства

Принцип работы разрабатываемого устройства заключается в следующем. При помощи датчика ЭДС Холла на выходе получаем напряжение, пропорциональное скорости движения крови. Сигнал датчика, обладающий требуемой информацией, усиливается и оцифровывается при помощи встроенного аналого-цифрового преобразователя, который управляется при помощи микроконтроллера. Для отображения функционала устройства имеется графический дисплей, на котором, в частности, показывается полученное значение скорости. Данное значение сравнивается с заданными пороговыми значениями, и, в случае его выхода за них, измеритель издает звуковой сигнал с помощью пьезоизлучателя. Кроме этого, разрабатываемое устройство подразумевает наличие клавиатуры для управления режимами работы. С её помощью возможна настройка параметров датчика Холла.

Разрабатываемый магнитоэлектрический датчик имеет два режима работы: режим измерения, когда он выдает аналоговый сигнал о силе магнитного поля, и режим программирования, когда возможна его настройка.

Микроконтроллер измерителя в данном датчике имеет встроенный интерфейс USB версии 2.0 для подключения к компьютеру и другим современным устройствам, поддерживающих технологии. Подключение позволяет настраивать параметры устройства через приложение, производить откладку, сохранять данные о значениях скорости кровотока для дальнейшей обработки. Кроме этого, это позволяет заряжать аккумулятор от USB порта.

Помимо режима непрерывной работы, в устройстве предусмотрен режим периодической кратковременной работы, который позволяет существенно продлить время работы от одной зарядки аккумулятора. В данном режиме большую часть времени микроконтроллер находится в

режиме сна. В этом случае питание всей схемы отключено. Питание самого микроконтроллера в режиме сна осуществляется напрямую от батареи, а его токопотребление в данных условиях минимально. По истечении заданного интервала времени микроконтроллер просыпается и разрешает работу импульсного преобразователя, происходит включение схемы. Напряжение +5 В подается также и на цепи питания микроконтроллера, что позволяет ему производить корректные измерения. По завершению измерений микроконтроллер выключает преобразователь, переходит на питание от батареи и уходит в режим сна до следующего включения.

Заключение. По предоставленной структурной схеме была разработана электрическая принципиальная схема, которая полностью отвечает всем поставленным выше требованиям.

Итоговым результатом данной работы является предоставление материала достаточного для проектирования и конструирования магнитоэлектрического датчика для повышения качества диагностики скорости кровотока человека. Продемонстрировано место для лучшего положения датчика на теле человека. Разработана структурная схема, которая полностью описывает работу разработанного устройства измерения скорости — от начала измерений до вывода информации на дисплей.

Спроектированный по предоставленным данным датчик будет напоминать смарт-часы. Простота и удобство в применении, дисплей, звуковой сигнал, аккумулятор, возможность сохранять данные на ПК, делает это устройство комфортным для пациентов всех возрастов.

Библиографический список

1. Покровский, В. М. Физиология человека / В. М. Покровский, Г. Ф. Коротько. — Москва : Медицина, 2003. — 656 с.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. — Москва : Академия, 2006. — 560 с.
3. Корневский, Н. А. Биотехнические системы медицинского назначения / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей. — Старый Оскол : ТНТ, 2013. — 688 с.
4. Electronic Components Datasheet Search / ALLDATASHEET.COM. — Режим доступа : <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=HALL805UT-A> (дата обращения : 21.02.2018).
5. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. — 5-е изд., стер. — Москва : Высшая школа, 2008. — 790 с.
6. Катцен, С. PIC-микроконтроллеры. Полное руководство / С. Катцен. — Москва : Додэка XXI, 2010. — 656 с.
7. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко. — Москва : Дрофа, 2006. — 560 с.