

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПУЛЬСОКСИМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА КИСЛОРОДНОГО НАСЫЩЕНИЯ

Свирижевский И.В.

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

Научный руководитель: Алексеев В.Ф – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается подход к созданию многофункционального пульсоксиметра. Устройство используется для непрерывного контроля уровня кислорода и частоты пульса у пациентов как в медицинских учреждениях, так и в домашних условиях. Рассматриваются принципы работы пульсоксиметра, его основные технические характеристики и функциональные возможности.

Ключевые слова: пульсоксиметр, мониторинг кислородного насыщения, частота пульса, медицинские устройства.

Введение. Современная медицина уделяет особое внимание методам непрерывного мониторинга жизненно важных показателей организма. Одним из ключевых параметров, определяющих состояние здоровья человека, является уровень насыщения крови кислородом. Контроль этого показателя особенно важен для пациентов с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также для людей, находящихся в условиях пониженного содержания кислорода, например, в горных районах или при интенсивных физических нагрузках [1–3].

Несмотря на широкое распространение данных устройств, существуют определенные ограничения, влияющие на точность измерения. К ним относятся индивидуальные особенности пациента, внешние факторы, такие как освещение и температура, а также качество датчиков и алгоритмов обработки данных. В связи с этим современные исследования направлены на повышение точности и удобства использования пульсоксиметров.

Основная часть. Пульсоксиметрия – неинвазивный метод определения степени насыщения крови кислородом. Основу метода пульсоксиметрии составляет измерение поглощения света определенной длины волны гемоглобином крови. Гемоглобин служит своего рода фильтром, причем «цвет» и «толщина» этого естественного фильтра могут меняться [1].

«Цвет» фильтра зависит от количества кислорода, связанного с гемоглобином, или, иными словами, от процентного содержания оксигемоглобина. На этом базируется способность пульсоксиметра устанавливать степень оксигенации крови.

На изменение «толщины» фильтра влияет пульсация артериол: каждая пульсовая волна увеличивает количество крови в артериях и артериолах. Врач определяет это как пульс, а пульсоксиметр как «утолщение» фильтра. Так измеряется частота пульса и амплитуда пульсовой волны.

Поскольку измерение производится путем просвечивания тканей, метод получил название «трансмиссионная пульсоксиметрия». В настоящее время интенсивно разрабатывается другой вариант метода, заключающийся в анализе светового потока, отраженного тканями (отраженная пульсоксиметрия).

Внутри датчика, работающего пульсоксиметра расположен два источника света. В действительности, в датчике их два, и оба функционируют, однако глазу виден лишь красный свет, поскольку второй фотодиод дает невидимое глазу инфракрасное излучение. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность падающего на него светового потока [2,3].

61-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов

В настоящее время для пульсоксиметров выдвинуты общие требования безопасности, электромагнитной совместимости, устойчивости к радиопомехам по СТБ EN 55011-2012 «Электромагнитная совместимость. Радиопомехи от промышленных, научных и медицинских высокочастотных устройств», СТБ МЭК 60601-1-2-2006 «Изделия медицинские электрические. Общие требования безопасности. Электромагнитная совместимость. Требования и методы испытаний», ГОСТ ИЕС 60601-1-2024 «Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик».

Среди основных технических характеристик, предъявляемых к современным пульсоксиметрам, выделяются следующие:

- диапазон измерений степени насыщения крови кислородом – 35-100%;
- погрешность измерений в диапазоне измерения $\pm 2\%$;
- диапазон измерений частоты пульса – 20-300 уд./мин;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении частоты пульса – ± 1 уд./мин.

Для сохранения историй измерений, что важно для последующего анализа состояния пациента, реализована также долгосрочная память. Долгосрочная память также позволяет пульсоксиметру функционировать автономно, без необходимости постоянного соединения с медицинскими приборами, что делает данную модель переносной.

Структурная схема разрабатываемого пульсоксиметра представлена на рисунке 1.

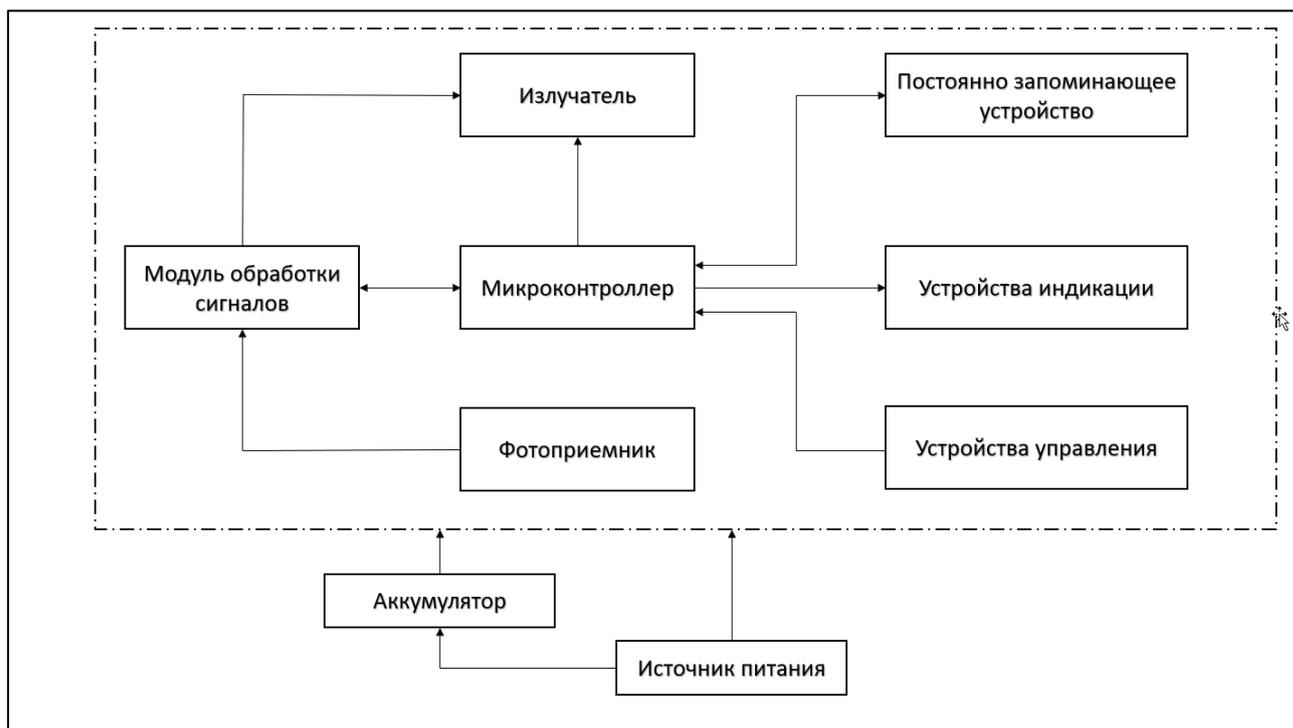


Рисунок 1 – Структурная схема работы пульсоксиметра

Принцип работы устройства заключается в следующем:

- источник питания обеспечивает подачу электричества на все узлы устройства. Аккумулятор используется для автономной работы прибора и может заряжаться от внешнего источника питания;
- фотоприемник фиксирует прошедший свет и передает данные микроконтроллеру и модулю обработки сигналов;
- микроконтроллер анализирует полученный от фотоприемника сигнал и вычисляет уровень кислородного насыщения артериальной крови и пульс;

- результаты измерений выводятся на экран;
- встроенное постоянное запоминающее устройство хранит информацию о прошивке и настройке, обеспечивая стабильную работу устройства.

Такая схема обеспечивает высокую точность измерений, автономность и удобство использования прибора.

Заключение. Пульсоксиметры являются неотъемлемой частью современной медицины, обеспечивая удобный и надежный способ мониторинга насыщения крови кислородом и частоты пульса. Их использование особенно важно для пациентов с респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, спортсменов и людей, работающих в условиях повышенных физических нагрузок.

Анализ схемы устройства показывает, что его работа основана на взаимодействии излучателя, фотоприемника, микроконтроллера и вспомогательных модулей, включая устройства индикации и управления. Важную роль играет встроенное постоянно запоминающее устройство, которое хранит прошивку, калибровочные данные и позволяет обеспечивать стабильную работу прибора. Современные технологии также позволяют интегрировать пульсоксиметры с мобильными устройствами и системами дистанционного мониторинга, что значительно расширяет их возможности.

Несмотря на высокую точность и удобство современных пульсоксиметров, дальнейшие исследования в этой области направлены на повышение надежности измерений, улучшение алгоритмов обработки данных и разработку более компактных и энергоэффективных решений. Развитие этих технологий будет способствовать улучшению качества медицинского обслуживания и обеспечит возможность постоянного контроля жизненно важных показателей без необходимости посещения медицинских учреждений.

Таким образом, совершенствование пульсоксиметров – это важное направление в области биомедицинских технологий, открывающее новые перспективы в сфере профилактики, диагностики и мониторинга здоровья человека.

Список литературы

1. Пульсоксиметрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fdoctor.ru/pulsoksimetriya_ – Дата доступа: 06.03.2025.
2. Гаранин, А.А. Методы пульсоксиметрии: возможности и ограничения / А.А. Гаранин, В.А. Дьячков, А.О. Рубаненко // Российский кардиологический журнал. – 2023. – Т. 28, № 3S. – С. 59-67.
3. Шурыгин, И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. / И.А. Шурыгин. – СПб : БИНОМ, 2000. – 301 с.

UDC 681.518.3:615.47

MULTIFUNCTION PULSEOXIMETR FOR OXYGEN SATURATION MONITORING

Svirzhevski I.V.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus
Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD*

Annotation. This paper examines the approach to the development of a multifunctional pulse oximeter. The device is used for continuous monitoring of oxygen levels and pulse rate in patients both in medical institutions and at home. The principles of pulse oximeter operation, its main technical characteristics, and functional capabilities are considered.

Keywords: pulse oximeter, oxygen saturation monitoring, pulse rate, medical devices.