

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии
«Носимый прибор для регистрации сигнала фотоплетизмограммы»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4081 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

профиль подготовки «Методы и устройства обработки биосигналов»

институт физики

Акимов Дмитрий Сергеевич

Научный руководитель:
Зав. кафедрой динамического
моделирования и
биомедицинской инженерии,
д.ф.-м.н., профессор

14.06.2024
подпись, дата 

А.С. Карavaев

Зав. кафедрой динамического
моделирования и
биомедицинской инженерии,
д.ф.-м.н., профессор

14.06.2024
подпись, дата 

А.С. Карavaев

Саратов 2024

Введение. Современный уровень и постоянное развитие медицины позволяет детально изучить строение и работу органов и систем человеческого тела, быстро и точно диагностировать многие нарушения или болезни. Благодаря стремительному росту технологий в различных областях, таких как схемотехника, электроника и биомедицинская техника медицина получает новые диагностические инструменты и возможности. Современная диагностика позволяет выявить ту или иную патологию, что может гарантировать обнаружение отклонения в работе органов на ранней стадии, что, в свою очередь, увеличивает не только выживаемость, но и полное выздоровление.

Для того, чтобы своевременно поставить правильный диагноз и назначить необходимое лечение, в современной медицине используются различные методы распознавания заболеваний. Для улучшения диагностики используют многочасовые записи с различных аналоговых датчиков. Так как более детальная диагностика требует многочасовых записей с большого количества датчиков, очень важно развитие носимых устройств для регистрации биологических сигналов с возможностью их обработки.

Цель работы: Разработка лабораторного образца аппаратно-программного комплекса для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы.

Задачи, поставленные для решения целей работы:

1. Проведение обзора используемых в диагностической медицине сигналов для оценки состояния человека;
2. Обзор существующих датчиков фотоплетизмограммы;
3. Разработка блок-схемы лабораторного образца аппаратно-программного комплекса для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы;
4. Реализация лабораторного образца аппаратно-программного комплекса для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы;
5. Разработка программного обеспечения для управляющего микроконтроллера лабораторного образца;

6. Разработка модуля программного обеспечения для приема сигнала с управляющего микроконтроллера лабораторного образца;

7. Разработка модуля для визуализации полученных с регистратора данных;

Данная работа имеет практическую значимость. Комплекс может быть использован в различных областях медицины, например, для мониторинга сердечно-сосудистой системы, оценки уровня стресса и диагностики различных заболеваний.

Структура выпускной квалификационной работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников.

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цель и задачи ВКР, а также высказывается возможная практическая значимость работы.

Первая глава посвящена обзору используемых в медицине сигналов для оценки состояния здоровья человека, а также обзор существующих датчиков и технологий для регистрации фотоплетизмограммы.

Вторая глава содержит в себе описание рабочей программы для управляющего микроконтроллера и ПО для визуализации данных.

В заключении подведены итоги исследования, а также высказана возможность применения исследования в будущих работах.

Список использованных источников включает все источники, использованные при написании работы.

Основное содержание работы. Датчик - устройство, которое преобразует физическую величину (такую как температура, давление, освещенность и т. д.) в электрический сигнал. Этот сигнал затем может быть обработан и использован для контроля, мониторинга или автоматизации различных процессов. Датчики играют важную роль в современной технике и технологии, обеспечивая сбор и передачу информации об окружающей среде.

Сигнал ФПГ имеет характерную форму волны, состоящую из нескольких компонентов: Систолическая волна: Острый пик, соответствующий систоле

(сокращению)сердца и увеличению объема крови в тканях. Дикротический вырез: Малый спад после систолической волны, вызванный закрытием аортального клапана и уменьшением объема крови в тканях. Диастолическая волна: Постепенный подъем после дикротического выреза, соответствующий диастоле (расслаблению) сердца и дальнейшему увеличению объема крови в тканях. Пресистолический выброс: Небольшой пик сред систолической волной, вызванный сокращением предсердий и увеличением объема крови в желудочках сердца. диастолического пика)

Анализ сигнала ФПГ позволяет получить ценную информацию о сердечно-сосудистой системе, включая частоту сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, объем крови и сосудистый тонус. ФПГ широко используется в различных медицинских приложениях, таких как:

- Мониторинг сердечной деятельности
- Диагностика сердечно-сосудистых заболеваний
- Исследование вазомоторного ответа
- Оценка периферического кровообращения

Для регистрации ФПГ используются различные приборы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Ниже приведен обзор наиболее распространенных приборов для регистрации ФПГ(фотоплетизмограммы).

Фотоплетизмограф: Специализированное устройство, использующее светодиод или лазер для измерения изменений объема крови в периферических тканях, комплектация которого состоит из: датчика ФПГ (включая соединительный кабель), Программное обеспечение для ЭВМ и Руководство пользователя. Существуют различные методы регистрации фотоплетизмограммы, которые отличаются по способу измерения изменений объема крови в капиллярах:

1. Reflected Photoplethysmography (PPG) - заключается в измерении изменений света, который попадает на кожу и отражается от нее. Путем анализа этих отраженных световых сигналов можно определить пульс, уровень кровообращения. PPG является удобным и эффективным способом для

мониторинга состояния организма, который широко используется в носимых устройствах, включая умные часы и фитнес-трекеры.

2. Transmittance Photoplethysmography (PPG) - в этом методе свет проходит через ткань и измеряется количество света, поглощенного тканью. Обычно этот метод используется для измерения изменений в кровотоке в периферических тканях. С помощью датчиков, установленных на коже и излучающих световой сигнал в ткани, регистрируется трансмиттанс Плетизмография на основе фотоплетизмографии (PPG). Эти датчики могут измерять изменения в отражении или поглощении света кровью, что позволяет отслеживать изменения в объеме крови в периферийных тканях.

3. Contact Photoplethysmography (PPG) - этот метод включает прямой контакт датчика с кожей, чтобы измерить изменения в объеме крови. Transmittance Photoplethysmography (PPG) регистрируется с помощью датчиков, которые размещаются на коже и испускают световой сигнал в ткани. Датчики измеряют изменения в отражении или поглощении света кровью, что позволяет регистрировать изменения в объеме крови в периферийных тканях.

Следующим шагом была разработка блок-схемы для носимого прибора для регистрации сигнала с датчика фотоплетизмограммы.

Блок-схема лабораторного образца аппаратно-программного комплекса для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы Блок схема состоит из аппаратной платформы Arduino nano, которая обеспечивает преобразование сигналов с датчика ФПГ. Кроме того, в систему входит внешний блок питания, питающий микроконтроллер. Также в систему входит аналоговый датчик ФПГ, который регистрирует оптический сигнал кровенаполнения сосудов. Сигнал с датчика ФПГ обрабатывается микроконтроллером, затем передается через Bluetooth модуль по протоколу UART и сохраняется в памяти ЭВМ в виде дискретных значений. Разработка электрической принципиальной схемы по разработанной блок схеме. Электрическая принципиальная схема устройства состоит из отладочной платы Arduino Nano на базе микроконтроллера ATmega328. Обязанности центрального блока управления

выполняет аппаратная платформа Arduino nano, основанная на микроконтроллере семейства AVR ATmega328. Основной причиной выбора данной платформы именно не большие размеры, что в свою очередь играет основополагающую роль в моем исследовании. Разработка электрической принципиальной схемы проводилась в программе EasyEDA. За передачу информации по беспроводной связи отвечает Bluetooth модуль HC – 05, способный передавать значения на ISM (Industrial Scientific Medical) диапазоне (2.4–2.5 ГГц). С помощью этого модуля осуществляется беспроводная передача пакета из 8 бит информации на компьютер или на любое другое устройство для последующей обработки. К разъему “Battery” подключается внешний блок питания, который будет снабжать все системы электроэнергией. К разъему “Sensor” будет осуществляться подключение любого типа датчика, который способен регистрировать биосигналы человеческого организма. Следующим этапом создания лабораторного образца аппаратно- программного комплекса для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы была разработка программного обеспечения, то есть микрокода, который будет выполнять микроконтроллер. В процессе разработки программы использовался язык Си. Последовательность команд была написана в среде разработки Microchip studio. Код представляет собой программу для микроконтроллера AVR, которая использует АЦП для сбора данных с датчика и передачи этих данных по USART (универсальный синхронный/асинхронный приемопередатчик). С датчика поступает аналоговый сигнал на аппаратную платформу Arduino nano, после чего непрерывный сигнал заменяется дискретными значениями по времени и по уровню, и отправляется с помощью беспроводного протокола USART на любое другое вычислительное устройство.

Таймер инициализирует таймер 0 для работы в режиме равенства (CTC). Устанавливается значение регистра сравнения для получения частоты 125 Гц. Затем включается прерывание по сравнению, очищается счетный регистр (TCNT0) и запускается таймер с предделителем 1024. Затем инициализируется модуль USART для передачи данных. Устанавливается регистр конфигурации

для задания формата данных (8 бит, без бита четности, 1 стоп-бит) и скорости передачи 9600 бод.

Инициализируется аналогово-цифровой преобразователь (ADC). В основном цикле программы нет никаких действий, так как управление в основном происходит через прерывания. Программа будет выполнять непрерывное преобразование ADC и передавать результаты через UART. В итоге программа собирает данные с датчика и передает их по беспроводному протоколу USART для дальнейшей обработки и отображения на других устройствах. Разработка модуля программного обеспечения для приема сигнала с датчика фотоплетизмограммы управляющего микроконтроллера лабораторного образца.

Следующим этапом в создании лабораторного образца аппаратно-программного комплекса для регистрации аналогового сигнала фотоплетизмограммы было создание программного модуля для сбора данных. Как и само устройство, важную роль играет архитектура программной части и интерфейс взаимодействия с пользователем. Выбор надежных и эффективных инструментов разработки, таких как языки программирования и интегрированные среды разработки также имеет значительное значение. Такой подход направлен на основные принципы разработки программного обеспечения, чтобы обеспечить гибкость, масштабируемость и удобство использования. Все разработанные программы используют язык программирования C++ и фреймворки, такие как QML и Qt/C++, для создания пользовательских интерфейсов на различных платформах, включая настольные компьютеры, мобильные устройства и встроенные системы. Для удобного взаимодействия между пользователем и интерфейсом добавлена возможность динамического выбора порта для приема данных от микроконтроллера. В случае, если операционная система не может обнаружить доступные порты для приема данных, пользовательский интерфейс меняется соответствующим образом. Кнопка для запуска второго окна и последующей обработки данных становится неактивной, что указывает пользователю на невозможность выполнения

последующих действий. При успешном подключении к соответствующему порту интерфейс автоматически перенаправит пользователя на следующее окно, начнет процесс записи данных в файл формата txt. Этот порядок действий обеспечивает удобство для пользователя, позволяя ему сконцентрироваться на задаче, не требуя ручного запуска записи данных в файл. На завершающем этапе работы встала задача визуализации данных, получаемых на компьютере. Для обеспечения эффективного выполнения этой задачи и реализации паттерна проектирования Model/View было принято решение реализовать визуализацию данных в отдельном потоке. Данные, получаемые на компьютере, передаются в отдельный поток, где они обрабатываются и преобразуются в формат, пригодный для визуализации. После обработки данные передаются компоненту визуализации, который отвечает за отображение их на экране.

Использование отдельного потока для визуализации данных обеспечивает плавную и отзывчивую работу пользовательского интерфейса, даже при обработке больших объемов данных. Это позволяет пользователям взаимодействовать с приложением без задержек или зависаний

Заключение. В ходе выполнения данной работы были успешно решены все поставленные задачи. Результат работы представляет собой разработку лабораторного образца для регистрации аналогового сигнала с датчика фотоплетизмограммы. Комплекс может быть использован в различных областях медицины, например, для мониторинга сердечно-сосудистой системы, оценки уровня стресса и диагностики различных заболеваний.

14.06.2024


Тимонов П. С.