Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Самарский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Программное обеспечение «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ БИОНИЧЕСКИХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЭКЗО-УСТРОЙСТВ МИО НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ (sEMG)»

Описание функциональных характеристик программного обеспечения

Самара,2026

Содержание

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 3
1.1. Обозначение и наименование программы 3
1.2. Используемые языки программирования 3
2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 4

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Обозначение и наименование программы

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ БИОНИЧЕСКИХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЭКЗО-УСТРОЙСТВ МИО НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ (sEMG).

Настоящее программное обеспечение предназначено для работы в составе аппаратно-программных решений для управления бионическими роботизированными экзо-устройствами серии Мио. Оно обеспечивает приём, визуализацию, регистрацию и анализ 8-канального сигнала поверхностной электромиографии (sEMG), поступающего с микроконтроллера ESP32, интегрированного в экзо-устройство.

1.2. Используемые языки программирования

Программное обеспечение разработано на языке Python с использованием следующих библиотек:

- PyQt6 — для построения графического интерфейса;
- PyQtGraph — для быстрой отрисовки графиков;
- NumPy — для математических вычислений и обработки сигналов;
- PySerial — для связи с микроконтроллером ESP32 через USB-порт.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Программное обеспечение работает в едином интегрированном режиме, обеспечивая полный цикл обработки sEMG-сигнала для управления и калибровки экзо-устройств Мио. Все функции реализованы в рамках одного рабочего сеанса без необходимости переключения между отдельными модулями.

2.1. **Комплексный функционал единого рабочего режима**

- Назначение: Полная обработка sEMG-сигнала: приём, визуализация, запись, анализ и формирование отчётности для настройки и контроля работы экзо-устройств Мио.
- Активация: Запуск приложения и подключение к микроконтроллеру ESP32, установленному в экзо-устройстве, через USB-порт.
- Характеристики:
  - Непрерывный поток операций:
    - Инициализация и настройка: Загрузка конфигурации (цветовая схема, частота дискретизации, параметры отображения), построение графического интерфейса, подготовка менеджеров данных (PlotManager) и потока связи (SerialWorker).
    - Подключение и приём данных в реальном времени: Выбор USB-порт, установка связи, чтение и парсинг бинарных пакетов (заголовок 0xAA 0x55) в фоновом потоке для обеспечения бесперебойной работы интерфейса и управления экзо-устройством.
    - Визуализация сигналов: Одновременное отображение 8 каналов sEMG-сигнала во временной области с частотой обновления 20 кадров/с (интервал 50 мс). Поддержка автоматического и фиксированного масштабирования.
    - Аналитическая обработка в реальном времени:
      - Гистограмма уровней («Эквалайзер»): Визуализация текущей амплитуды сигнала по каждому каналу для оценки мышечной активности.
      - Спектральный анализ (FFT): Построение графика спектральной плотности мощности выбирается вариантов таких как 250, 500 или 1000Гц для выбранного канала с применением оконной функции Хэмминга. Используется для анализа частотных характеристик мышечных сигналов.

- Буферизация и первичная обработка: Накопление данных в кольцевом буфере (настраиваемое окно, по умолчанию 10 секунд), конвертация значений из Вольт в микровольты, автоматическая проверка на «обрыв электрода» (Lead Off) по пороговым значениям.
- Регистрация (запись) данных: По команде пользователя начинается сохранение «сырых» данных вместе с метками времени (Timestamp, UnixTime) в CSV-файл. Имя файла генерируется автоматически на основе ID пациента и текущей даты. Запись ведётся без прерывания визуализации и анализа.
- Пост-обработка и анализ записанных данных: Возможность загрузки сохранённых CSV-файлов для детального изучения. Функции навигации (скроллинг, масштабирование), выделения участков сигнала и автоматического расчёта статистических параметров (RMS, максимальная амплитуда) для выбранного фрагмента.
- Генерация структурированного отчёта: Создание итогового документа в формате MS Word (.docx). Отчёт включает:
  Данные пациента и исследования (Заголовок)
  ФИО пациента
  Дата рождения
  Пол
  Дата проведения исследования
  Имя исходного файла (из которого взяты данные)
  Номер и название фрагмента (пробы) — например, "Фрагмент записи №1 (Проба сжатия)".
  2. Количественные параметры (для каждого из 8 каналов)
  Эти данные рассчитываются в AnalysisEngine._process_single_probe и выводятся в таблицу:
  RMS (Root Mean Square) — среднеквадратичное значение амплитуды сигнала в микровольтах (мкВ). Оно отражает среднюю мощность сокращения мышцы.
  Max (Peak Amplitude) — максимальное пиковое значение амплитуды в микровольтах (мкВ).
  Имя канала — настраиваемое пользователем (например, "Массетер слева").
  3. Графические данные (Визуализация)

Сводная гистограмма RMS (Эквалайзер) — общая диаграмма для всех каналов в начале каждого фрагмента для быстрого сравнения активности мышц между собой.
График сигнала (Sparkline) — осциллограмма (волна) сигнала во временной области для каждого канала отдельно.
График спектра (FFT) — частотная характеристика сигнала (от 0 до 250 Гц), отображающая распределение мощности сигнала по частотам.
4. Технические детали обработки
Единицы измерения: Программа автоматически детектирует масштаб и переводит значения в мкВ (микровольты)Частота дискретизации: При расчете FFT используется частота, указанная в настройках (по умолчанию 500 Гц).
Цветовая кодировка: Графики в отчете окрашиваются в те же цвета, которые настроены в интерфейсе программы для соответствующих каналов.

- Параметры функционирования:
  - Частота дискретизации: 500 Гц (настраивается).
  - Размер временного окна отображения: 10 секунд (настраивается).
  - Формат входящих данных: 8 каналов, тип данных float, бинарный протокол с фиксированной структурой пакета.
  - Поддержка одновременной работы всех элементов интерфейса (графики, панели управления, аналитические виджеты).
- Управление: Все функции доступны через единый интерфейс. Элементы управления (кнопки подключения, записи, анализа) динамически меняют своё состояние в зависимости от контекста работы (например, кнопка «Запись» активна только при установленном соединении).

2.2. Ключевые особенности реализации

- Многопоточная архитектура: Критичные по времени операции (приём данных с USB-порта) вынесены в отдельный поток (SerialWorker), что исключает «зависание» графического интерфейса.
- Единая система буферизации и управления данными: Данные централизованно обрабатываются менеджером (PlotManager) и одновременно используются для визуализации, записи и аналитических расчётов.

- Адаптивный пользовательский интерфейс: Состояние элементов управления и доступных функций автоматически изменяется в зависимости от этапа работы программы (например, «не подключено», «идёт запись», «файл загружен»).
- Сохранение целостности данных: При переходе между этапами работы (например, от онлайн-мониторинга к анализу сохранённой записи) данные не теряются, обеспечивается возможность возврата и продолжения работы.

2.3. Условия функционирования

- Аппаратные требования: Наличие подключённого микроконтроллера ESP32, входящего в состав экзо-устройства Мио, передающего данные по заданному бинарному протоколу через последовательный порт (COM/USB).
- Программные требования: Установленный интерпретатор Python и необходимые библиотеки: PyQt6, PyQtGraph, NumPy, PySerial.
- Пользовательские действия: Для начала работы пользователь должен выбрать корректный USB-порт и при необходимости настроить параметры отображения через файл конфигурации или интерфейс программы.

Данное программное обеспечение обеспечивает полный цикл работы с sEMG-сигналом для управления, калибровки и анализа работы бионических роботизированных экзо-устройств Мио. Оно позволяет выполнять весь спектр задач — от первичного сбора и визуального контроля сигналов до углублённого анализа и документирования результатов — в рамках одной программы без необходимости использования внешних инструментов или перезагрузки приложения.