

РАЗРАБОТКА НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ОСНОВЕ TGAM1, ARDUINO UNO И СУХИХ ЭЛЕКТРОДОВ

А.П. Зинченко

студент группы С20-501 НИЯУ МИФИ, zap-02@mail.ru

Аннотация. Данная работа опирается на принципы работы нейроинтерфейсов, связана с техническими решениями и их реализациями и представляет результаты разработки программного обеспечения для них. В процессе разработки и исследования использовались методы цифровой схемотехники вычислительных устройств и инструментальные средства создания программного обеспечения. В ходе исследования были разработаны устройство нейрокомпьютерного интерфейса и прототип программного средства для сбора и хранения данных нейрокомпьютерного интерфейса на основе TGAM1, Arduino UNO и сухих электродов. Программное обеспечение позволяет сохранять и визуализировать сигналы в режиме реального времени, что важно для оперативного анализа полученных экспериментальных данных. Выполнены успешно тесты, подтверждающие функциональность нейроинтерфейса в различных сценариях.

Ключевые слова: нейрокомпьютерный интерфейс, электроэнцефалография, альфа ритм, бета ритм, сухой электрод, Python, PostgreSQL.

Введение

Современные нейроинтерфейсы [1] позволяют устанавливать прямое соединение между нервной системой человека и устройствами, открывая новые возможности для взаимодействия с техникой и медициной. Эта революционная технология открывает перед нами новые горизонты: от улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями до расширения человеческих способностей. Отличительной особенностью разработанного программного обеспечения (ПО) является дублирование информации в текстовый файл и базу данных PostgreSQL, что обеспечивает удобное хранение и последующую обработку данных. Предлагаемое средство, реализующее нейроинтерфейс, может быть использовано в учебных целях, а также для дальнейшего развития проекта, направленного на распознавание различных состояний человека (например, для медицинской диагностики). Разработка ПО велась на языке Python с использованием библиотек matplotlib и sqlalchemy.

Цели. Комплексное исследование предметной области, обзор источников, предложение о структуре программного средства, разработка алгоритма работы программного средства, реализация программного средства на заданном языке программирования для съёма данных (в базу данных и/или файл) и их отображения в графическом представлении.

В процессе разработки и исследования использовались методы цифровой схемотехники вычислительных устройств и инструментальные средства разработки ПО.

Нейрокомпьютерный интерфейс

Работа выполнялась в два этапа.

На первом этапе был успешно разработан приемник (рис.1) сигналов мозговой активности для нейроинтерфейса. На втором этапе [2] был разработан прототип программного средства для сбора и хранения данных нейрокомпьютерного интерфейса на основе TGAM1 [3], Arduino UNO [4] и сухих электродов. Основные характеристики TGAM1 представлены в табл.1. Программное обеспечение позволяет сохранять и визуализировать сигналы в режиме реального времени, что важно для оперативного анализа полученных экспериментальных данных. Выполнены успешно тесты, подтверждающие функциональные возможности нейроинтерфейса в различных сценариях.



Рисунок 1 – Экспериментальное применение нейроинтерфейса (глаза закрыты).

Таблица 1 – Основные характеристики TGAM1 [3].

№	Параметры	Значение
1	Опорное напряжение	2.97V ~ 3.63V
2	Защита от электростатического разряда	4kV Контактный разряд 8kV Воздушный разряд
3	Стандарт выходного интерфейса	UART(Serial)
4	Выходная скорость передачи данных	1200, 9600, 57600 б/с

Кратко остановимся на ритмах ЭЭГ [5]. ЭЭГ – это запись электрической активности мозга, которая отражает его состояние. Ритмы ЭЭГ – регулярные колебания этой активности, связанные с определенными мозговыми процессами.

Основные ритмы ЭЭГ.

Альфа-ритм (8-13 Гц): наблюдается в состоянии покоя, при закрытых глазах. Преобладает в затылочной области.

Бета-ритм (14-35 Гц): характерен для умственной активности, открытых глаз. Более выражен в лобных долях.

Тета-ритм (4-7 Гц): появляется при неглубоком сне, кислородном голодании, наркозе.

Дельта-ритм (0,5-3 Гц): свидетельствует о глубоком сне, наркозе.

При переходе от покоя к активности альфа-ритм сменяется на бета-ритм. Это явление называется реакцией активации. В работе нас интересуют альфа и бета ритмы, поскольку они отражают состояние человека в покое и при умственной активности. Мы исследуем, как меняются эти ритмы при переходе от покоя с закрытыми глазами к активным действиям с открытыми глазами.

Пример полученных данных с помощью нейроинтерфейса кратко представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Пример полученных данных (человек активен).

Секунды отсчета	Показатели			
	low alpha	high alpha	low beta	high beta
1	30069	21214	8101	8951
2	27353	4792	11756	7496
3	59366	15807	4790	4956
4	36206	7312	9096	7979
5	2376	16180	4740	3430
6	52888	31557	362	11206
7	47424	52593	12235	8564
8	34219	21078	16181	4131
9	3288	6629	16866	6500
10	30069	21214	8101	8951
Средние значения	28891	27560	8825	6833
Медианные значения	24654	15994	7884	6783

В качестве программной части проекта, отвечающей за сохранение входных сигналов, было решено разработать программу, сохраняющую данные в базу данных PostgreSQL, а также в отдельный файл на внешнем устройстве. Использован язык SQL [6, 7]. Данное решение обуславливается дублированием сохраняемых сигналов, чтобы в случае потери одного из компонентов, существовал способ восстановления потерянных данных из второго источника. Для восстановления данных в PostgreSQL отдельно была разработана команда, запускаемая из терминала СУБД PgAdmin4.

Данные, сохраняемые в базе данных с помощью СУБД PgAdmin4, пред-

ставляются в виде специальной таблицы (см. табл. 3), для которой была разработана необходимая структура.

Таблица 3. Пример таблицы хранения данных.

Вид сигнала	Тип данных
signal_strength	big integer
attention	big integer
meditation	big integer
delta	big integer
theta	big integer
low_alpha	big integer
high_alpha	big integer
low_beta	big integer
high_beta	big integer
low_gamma	big integer
high_gamma	big integer

Пример графика альфа сигналов представлен на рис.2.

Для визуализации экспериментальных данных в режиме реального времени была успешно разработана программа, отображающая графики, обновляемые с частотой один раз в секунду. Эта программа позволяет предоставить пользователю четыре основных параметра, которые позволяют оценить активность человека:

- 1) low alpha: относительная мощность нижней половины альфа-ритма, выраженная в мкВ, в диапазоне от 0 до 100;
- 2) high alpha: относительная мощность верхней половины альфа-ритма, выраженная в мкВ, в диапазоне от 0 до 100;
- 3) low beta: относительная мощность нижней половины бета-ритма, выраженная в мкВ, в диапазоне от 0 до 40;
- 4) high beta: относительная мощность верхней половины бета-ритма, выраженная в мкВ, в диапазоне от 0 до 40.

Необходимое программное обеспечение было разработано на языке Python [8-10] и представляет собой классический исполняемый файл, который позволяет выводить графики в режиме реального времени (см. рис. 3).

Заключение

В ходе исследования были разработаны устройство нейрокомпьютерного интерфейса и прототип программного средства для сбора и хранения данных нейрокомпьютерного интерфейса на основе TGAM1, Arduino UNO и сухих электродов. Программное обеспечение позволяет сохранять и визуализировать сигналы в режиме реального времени, что важно для оперативного анализа полученных экспериментальных данных. Выполнены успешно тесты, подтверждающие функциональные возможности нейроинтерфейса в различных сценариях.

Исследование демонстрирует успешность ПО для нейроинтерфейса на базе чипа TGAM1, открывая новые перспективы для его применения в различных областях, включая медицину и технологии помощи людям с ограниченными возможностями. Систему необходимо в дальнейшем развивать, особенно в области опознавания состояния человека с помощью алгоритмов машинного обучения.

Можно полагать что проведенное исследование и выполненная разработка программного обеспечения сможет предоставить дополнительную информацию о работе нейроинтерфейсов и их возможном потенциале в будущем.

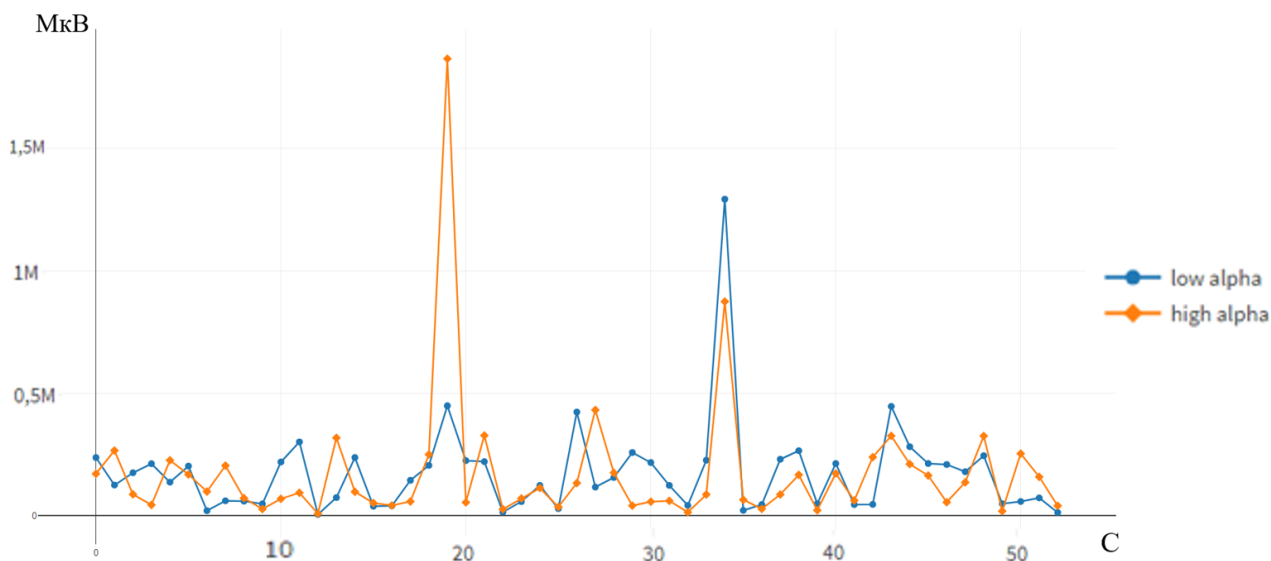


Рисунок 2 – Пример альфа сигналов (не экранированных) при закрытых глазах.

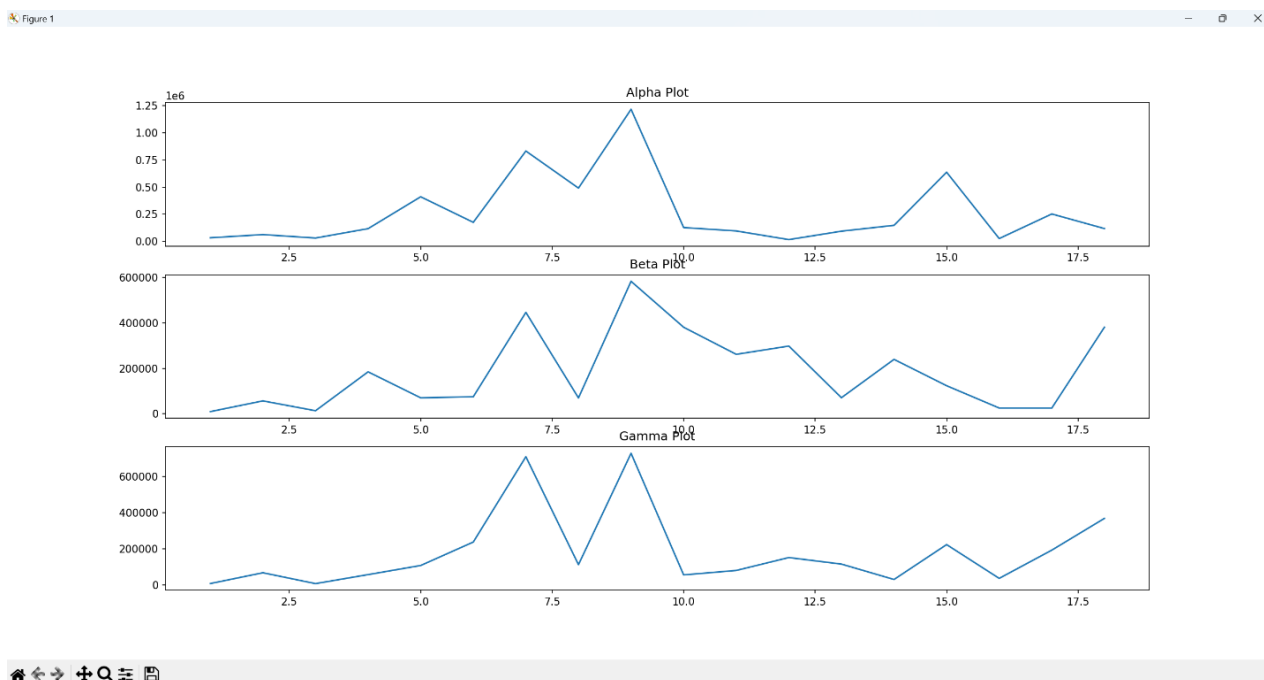


Рисунок 3 – Пример работы программы для визуализации сигналов.

Список литературы

1. Цулейскири Е.Г. Применение нейрокомпьютерных интерфейсов для реабилитации и улучшения условий жизни пациентов с нарушениями моторных функций нервной системы [Электронный ресурс]. <https://interagro.donstu.com/wp-content/uploads/2022/12/203-206.pdf> (Дата обращения 20.04.2024).
2. Зинченко А.П. Разработка прототипа программного средства для сбора и хранения данных специального нейрокомпьютерного интерфейса на основе TGAM1, Arduino UNO и сухих электродов (рукопись). / Отчет о НИР (8-й семестр), руков. Кулик С.Д. – М.: НИЯУ МИФИ, 2024. – 30 с.
3. TGAM1 SPEC SHEET [Электронный ресурс]. https://opendevices.ru/wp-content/uploads/2013/05/neurosky_eeg_brainwave_chip_and_board_tgam1.pdf (Дата обращения 11.12.2023).
4. Паоло А. Изучаем Arduino. Руководство для начинающих. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 237 с.
5. Анохин К.В. Ритмы ЭЭГ. CMI Brain Research. [Электронный ресурс]. <https://cmi.to/ритмы-ээг/> (Дата обращения 23.12.2023).
6. Шилдс У. SQL: быстрое погружение. – СПб.: Издательский дом Питер, 2022. – 224 с.
7. Кригель А., Трухнов Б. SQL. Библия пользователя". 2-е изд. – М.: Диалектика, 2010. – 764 с.
8. Любанович Б., Простой Python. Современный стиль программирования. 2-е изд. – СПб.: Издательский дом «Питер» 2021. – 592 с.
9. Бэрри П. Изучаем программирование на Python. – М.: Литрес, 2019. – 581 с.
10. Саммерфилд М. Программирование на Python 3. Подробное руководство. – М.: Литрес, 2009. – 607 с.