муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

города Новосибирска «Гимназия №16 «Французская»

Предмет Информатика

**Решение задач №11 и №12 c “Турнира юных инженеров исследователей” 2023 года**

Автор проекта:

Плющев Александр Алексеевич,

ученик 10 «В» класса

Руководитель проекта:

Кузнецова Галина Вячеславовна,

Преподаватель высшей квалификационной категории

Работа рекомендована к защите

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\

Новосибирск 2023

Оглавление

[Введение 3](#_Toc132831640)

[Описание задач: 3](#_Toc132831641)

[Актуальность: 3](#_Toc132831642)

[Цель: 4](#_Toc132831643)

[Задачи: 4](#_Toc132831644)

[Исследовательская часть проекта 5](#_Toc132831645)

[Принципы и природа получаемых сигналов: 5](#_Toc132831646)

[Связь сигнала ЭЭГ/ЭМГ и состояния пациента 8](#_Toc132831647)

[Практическая часть проекта 12](#_Toc132831648)

[Список литературы 13](#_Toc132831649)

# Введение

## Описание задач:

Задача №11 «Радужное настроение» требует создать психологический тренинг, представляющий из себя программу демонстрирующую пациенту амплитуду ритма головного мозга в полосе частот от 8 до 14 Гц (α-ритм). В виде некоторой цветовой полоски, где пациенту необходимо повысить амплитуду α-ритма чтобы изменить цвет этой полосы от фиолетового (при минимальном значении α-ритм) до красного (при максимальном)

Задача №12 «Светофор» требует, используя сигнал интегральной электромиографии (далее ЭМГ). Откалибровать уровень сигнала от минимума до максимума, т.е. для каждого канала вычислить диапазон изменения амплитуды сигнала интегральной ЭМГ, разделить его на 3 равные области с цветовой кодировкой: зеленая (низкое напряжение), желтая (среднее), красная (высокое). Если сигнал ЭМГ, регистрируемый с мышцы испытуемого, в течение 30 секунд (суммарно) находится в соответствующей зоне, то открывается выделенный квадратик того же цвета, отображаемый на экране компьютера.

## Актуальность:

Тренинги ЭЭГ и ЭМГ становятся все более популярными в области физиотерапии и спортивной медицины. Было доказанно, что тренировка ЭЭГ помогает улучшить внимание и концентрацию, снизить уровень стресса и беспокойства и даже уменьшить симптомы СДВГ. Кроме того, ЭЭГ можно использовать для тренировки мозга, чтобы лучше модулировать эмоции и повышать общую ясность ума.

ЭМГ-тренинг — отличный способ улучшить мышечную силу и координацию, а также осанку и баланс. Его можно использовать для нацеливания на определенные мышцы или группы мышц для улучшения силы, гибкости и выносливости. ЭМГ также можно использовать для снижения риска травм за счет укрепления слабых мышц и суставов.

В целом, тренинги ЭЭГ и ЭМГ являются очень эффективными инструментами, которые можно использовать для улучшения физического и психического здоровья. Используя эти два метода вместе, практикующие врачи могут максимизировать эффективность своего лечения и добиться наилучших результатов для своих пациентов.

## Цель:

Исследовать принципы и природу сигналов ЭМГ/ЭЭГ, а также их связь с состоянием человека. А также создать два программных тренинга, использующих выбранные датчики, анализирующие сигналы ЭМГ/ЭЭГ и удовлетворяющие требованиям предъявленным в задачах

## Задачи:

1. Теоретическая часть
   1. Исследовать принципы и природу получаемых сигналов
   2. Понять связь показаний ЭЭГ/ЭМГ и состояния пациента
2. Практическая часть
   1. Получение и интерпретирование данных, отправляемых датчиком
   2. Обработка получаемых данных в реальном времени
   3. Создание графического интерфейса тренинга
   4. Тестирование итогового решения

# Исследовательская часть проекта

## Принципы и природа получаемых сигналов:

Сигналы ЭМГ (электромиография) и ЭЭГ (электроэнцефалография) возникают в результате электрических изменений в мышцах и мозге, соответственно. Эти сигналы представляют собой электрические потенциалы, которые возникают в результате действия миоэлектрических и нейрональных процессов и могут быть зарегистрированы с помощью соответствующего оборудования.

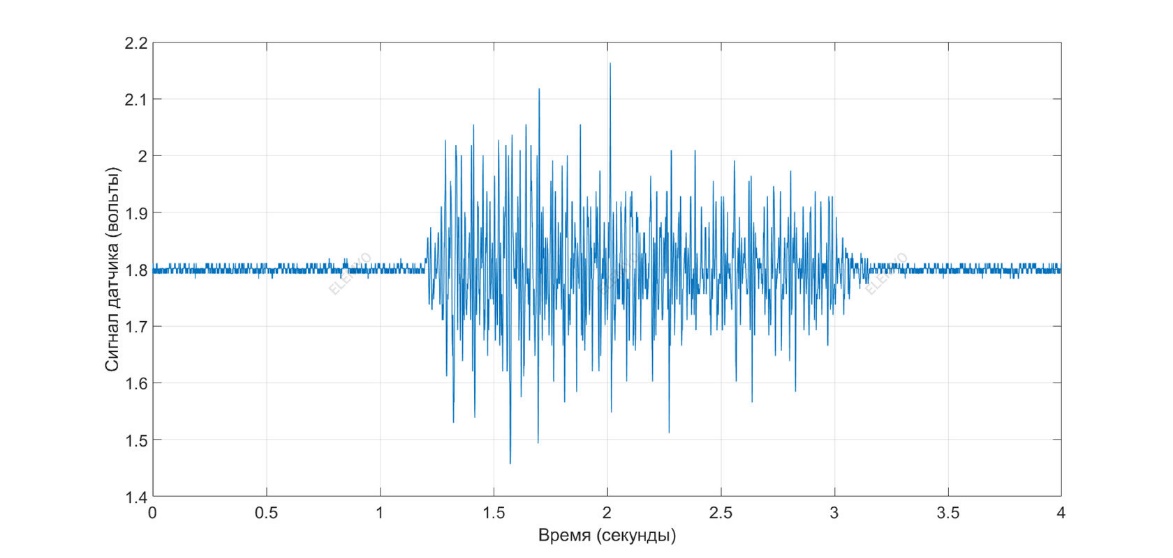


Рисунок 1 Оцифрованный сигнал ЭМГ

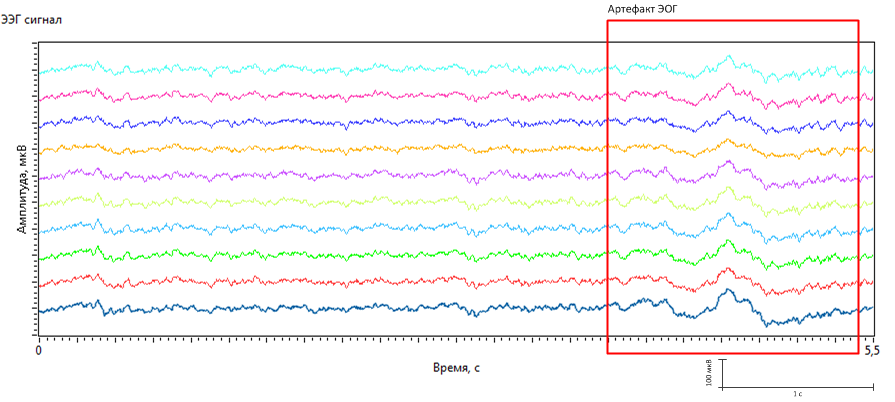
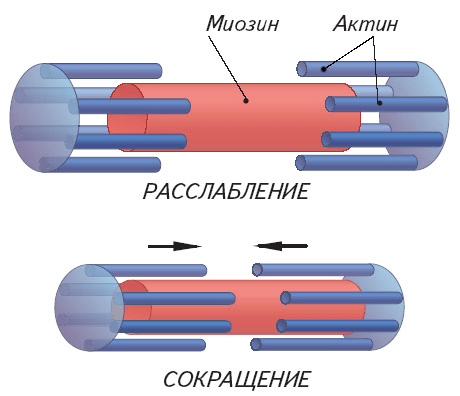


Рисунок 2 Оцифрованный сигнал ЭЭГ по 10 каналам

ЭМГ-сигналы возникают в мышцах в результате сокращения мышечных волокон. 

Процесс сокращения мышцы начинается с электрического импульса, который приходит от нервной системы и достигает конца нервного волокна, приводя к выделению нейромедиатора - ацетилхолина (вещество, осуществляющее передачу электрохимического импульса). Этот нейромедиатор связывается с рецепторами на поверхности мышечной клетки, что вызывает изменение ее внутреннего потенциала. Это вызывает открытие каналов для катионов, калия и кальция. Катионы в свою очередь вызывают деполяризацию мышечной клетки (изменение ее внутреннего потенциала с отрицательного на положительный). (Именно деполяризация, позволяет явно определить начало сокращения мышцы неинвазивным методом). После этого процесса в мышечной клетке появляются активные миофибриллы (специальные белки, которые взаимодействуют друг с другом и приводят к сокращению мышечных волокон). Внутри каждой миофибриллы находятся актиновые и миозиновые филаменты, которые являются основными компонентами мышечного сокращения.  
Когда мышечная клетка сокращается, актиновые и миозиновые филаменты сжимаются друг с другом при помощи быстрых процессов, которые обеспечивают быстрое и мощное сокращение мышцы. На этом этапе происходит уменьшение длины мышечной клетки, что приводит к сокращению самой мышцы.  
  
Объяснение электрической активности мышцы в этот момент связано с деполяризацией клетки, когда мышечная клетка меняет свой внутренний потенциал и возникает электрический заряд, который передается через миофибриллы мышечной клетки и вызывает ее сокращение. Именно этот электрический заряд и называется электрической активностью мышцы во время ее сокращения. И именно это изменение потенциала мы можем измерить, и по нему определить момент и силу сокращения мышцы.

Рисунок 3 Процесс сокращения мышцы

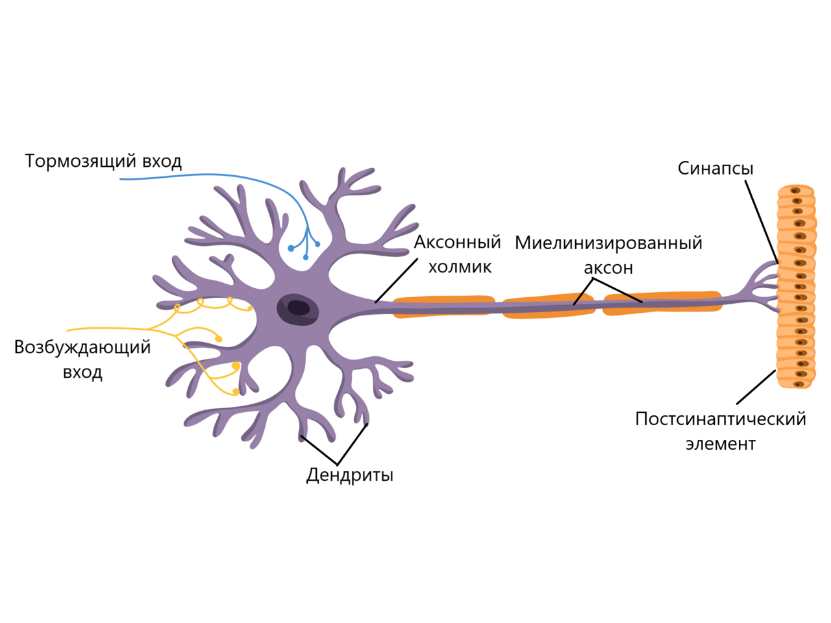
ЭЭГ - сигналы возникают в мозге благодаря электрической активности нейронов. При активности головного мозга, сенсорных восприятий и других процессах, наблюдается изменение электрического потенциала, возникающее в множестве нейронов мозга, которое и формирует электрическую активность. Электрическая активность головного мозга проявляется в виде электроэнцефалограммы (ЭЭГ), которая представляет собой график электрической активности мозга, регистрируемой на коже головы с помощью электродов.  
  
 Нейрон имеет тело клетки, дендриты, аксон и окончания синаптических волокон. При поступлении информации в нейрон, эта информация проходит через дендриты и тело клетки нейрона, вызывая изменение потенциала мембраны. Если этот потенциал достигает порога возбуждения, нейрон образует действительный потенциал действия, который передается вдоль аксона и заканчивается у пучка окончаний синаптических волокон.  
  
Синаптические волокна связывают нейроны между собой и передают информацию между ними. При передаче информации внутри синаптического пространства восстанавливается изменение потенциала мембраны, называемое постсинаптический потенциал. Если достаточное количество постсинаптических потенциалов возникает в клетке, то кроме нейронов возбудятся и окололежащие клетки. Если же все окончания синапсов не продолжат непрерывного возбуждения, мы получим период относительного покоя.  
  
Электрическая активность мозга может быть описана с помощью различных ритмов мозга. Ритмы мозга – это колебания потенциала мозга на разных частотах.   
В частности, существующие ритмы мозга подразделяются на четыре группы:

Рисунок 4 Строение нейрона

1. Дельта-ритмы (0,5-4 Гц). Они характеризуются низкой частотой, встречаются при глубоком сне, гипнозе и глубокой медитации, наблюдается в таламусе.
2. Тета-ритмы (4-8 Гц). Тета-ритмы встречаются в процессе сна, глубокой медитации и концентрации, наблюдается в гиппокампе.
3. Альфа-ритмы (8-12 Гц). Они особенно ярко проявляются в состояние покоя, когда человек не занят непосредственной деятельностью. Наблюдается во время медитации. Активнее всего в затылочной области.
4. Бета-ритмы (14-30 Гц). Эти ритмы возникают в состоянии бодрствования, концентрации, обучения и других активных процессах. Заметен в лобной доле.

## Связь сигнала ЭЭГ/ЭМГ и состояния пациента

Сигналы ЭМГ могут использоваться для оценки психологического, эмоционального и физического состояния человека. Эти оценки могут проводиться на основе анализа формы, частоты и амплитуды сигналов ЭМГ.  
  
Ниже представлены некоторые конкретные методики, которые используют электромиографию для оценки физиологического состояния человека:

1. **Критерий Лорда:** этот метод используется для оценки уровня тревожности пациента. Для этого исследователи вычисляют сумму квадратов амплитуд сигналов ЭМГ за определенный промежуток времени. Увеличение этой суммы показывает увеличение уровня тревоги.
2. **Тест Барского:** этот тест используется для оценки психического состояния человека, особенно его психической устойчивости. У пациента просят сделать многократные сжимания руки на максимальной амплитуде, в момент сжатия регистрируются сигналы ЭМГ. Если пациент успешно проходит тест, то сигналы ЭМГ будут короткими и малоамплитудными.
3. **Различные методы биофидбека:** биофидбек — это метод, с помощью которого пациент получает обратную связь о своих физиологических показателях, например, сигналах ЭМГ, что помогает ему научиться контролировать свои физические функции. Различные методы биофидбека могут быть использованы для улучшения показателей мышечного напряжения, амплитуды и частоты сигналов ЭМГ.
4. **Различные методы физической тренировки:** Эксперименты показали, что при выполнении физических упражнений амплитуда и длительность сигналов ЭМГ увеличиваются. Методы, которые используют эту зависимость, могут использоваться для оценки общей физической подготовленности спортсменов.
5. **Оценка утомления:** Утомление мышц можно оценить с помощью анализа сигналов ЭМГ. Если мышцы устали, то амплитуда ЭМГ-сигналов уменьшится, а частота и длительность увеличатся.

Сигналы ЭЭГ (электроэнцефалограмма) могут использоваться для оценки психологического, эмоционального и физического состояния человека. Для оценки используется амплитуда, частота и форма волн сигналов в различных местах наложения электродов.

Ниже представлены некоторые конкретные методики, которые используют электроэнцефалографию для оценки физиологического состояния человека:

1. **Режим сна:** ЭЭГ используется для мониторирования уровня пациента во время сна. Продолжительность этого режима может быть использована для диагностики нарушений сна, например, бессонницы.
2. **Событийно-связанный потенциал:** это метод, который позволяет исследовать взаимосвязь внешнего возбуждения и формы сигналов ЭЭГ. Например, это может быть использовано для исследования внимания пациента, в этом случае сигналы ЭЭГ должны быть несимметричны в задних частях мозга.
3. **Картирование пульсаций мозга**: этот метод основан на анализе изменений амплитуды зафиксированных волн на ЭЭГ, каждая из которых отвечает конкретным функциям мозга. Картирование позволяет определить положение и интенсивность активности отдельных участков коры головного мозга, что может помочь при диагностике различных психических нарушений (например, депрессия, синдром дефицита внимания с гиперактивностью и др.).
4. **Фрактальный анализ ЭЭГ:** данный метод основывается на оценке изменения показателей фрактальной размерности. Он позволяет не только выявить нарушения в состоянии мозга, но и оценить динамику изменений во времени. При этом фрактальный анализ позволяет оценить как режим покоя, так и функциональное состояние мозга во время выполнения конкретных задач.
5. **Топографический анализ ЭЭГ**: данный метод основан на анализе электрической активности мозга, записанной в определенный момент времени на нескольких точках головы. Такой анализ позволяет определить соответствующие структуры мозга, которые отвечают за модуляцию аффективных, мотивационных и психических функций.
6. **Анализ синхронизации мозговой активности:** с помощью этого метода можно найти зависимости между разными участками мозга, которые работают синхронно при выполнении определенных функций. Это позволяет выявлять изменения в физиологических взаимодействиях между различными частями мозга, что может предоставить информацию о нарушении эмоционального и психического состояний.
7. **Анализ мгновенных фазовых и амплитудных изменений**: данный метод помогает выявлять отдельные состояния мозга, например, усталость или тревогу. При этом проводится сравнительный анализ состояний мозга со временем, что позволяет выявить динамику изменений.
8. **Анализ полос частот:** данный метод используется для выявления особенностей функционирования различных структур мозга, так как каждая из полос частот отвечает за определенную функцию. Таким образом, анализ частот в ЭЭГ может дать информацию о соответствующей работе отдельных частей мозга и предоставить данные о психологическом, эмоциональном и физическом состоянии человека.

Так же достаточно показательным может оказаться амплитуда некоторых ритмов ЭЭГ, каждый из которых связан с определенного рода деятельностью например:

**Состояния, характерные для выраженного тета и дельта ритма**

* Дельта-ритм возникает как при глубоком естественном сне, так и при наркотическом, а также при коме.
* Дельта-ритм также наблюдается при регистрации ЭЭГ от участков коры, граничащих с областью травматического очага или опухоли.
* Низкоамплитудные (20—30 мкВ) колебания этого диапазона могут регистрироваться в ЭЭГ покоя при некоторых формах стресса и длительной умственной работе.
* Дельта-ритм имеет высокую амплитуду при выполнении задач непрерывной производительности.
* Увеличение дельта-активности в состоянии бодрствования у взрослого человека связана со многими неврологическими расстройствами и с некоторыми психическими заболеваниями.
* В состоянии алкогольного опьянения отмечается увеличение мощности дельта спектра.
* Региональная дельта-активность является признаком патологии. Она может регистрироваться в течение нескольких дней после приступа мигрени или фокального эпилептического приступа.
* Локально выраженная дельта-активность характерна для опухоли мозга, тогда как локальная медленная активность в целом не даёт специфичную диагностику (инфаркт мозга, опухоль, абсцесс и травма могут дать одинаковую картину) и свидетельствуют либо об очаговой нейрональной дисфункции мозга, либо о его очаговом повреждении.

**Состояния, характерные для выраженного альфа-ритма:**

* Наиболее выражен в затылочной доле, рядом с зрительной корой головного мозга.
* Наибольшую амплитуду α-ритм имеет в состоянии спокойного бодрствования, особенно при закрытых глазах в затемнённом помещении.
* Блокируется или ослабляется при повышении внимания (в особенности зрительного) или мыслительной активности.
* Существует предположение что альфа-ритм непосредственно связан с зрительной корой головного мозга и является её «холостым ходом».

**Состояния, характерные для выраженного бета-ритма:**

* Соответствует состоянию активного бодрствования
* Наиболее выражен в лобной доле, но при различных видах интенсивной деятельности резко усиливается и распространяется на другие области мозга
* Выраженность β-ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении.
* β-ритм характерен для стадии быстрого сна или при решении сложных вербальных задач.

# Практическая часть проекта

## Получение и интерпретирование данных, отправляемых датчиком

Использованный мной набор датчиков – это набор BOSLAB.

Выбор пал именно на этот набор по нескольким причинам:

1. Этот набор был в наличии в моей школе.
2. Беспроводная передача данных.
3. Неинвазивное наложение электродов.

Сам по себе набор представляет из себя несколько различных датчиков, каждый из которых предназначен для сбора разных биофизических сигналов. Все датчики подключаются по Bluetooth в режиме slave (сами не могут инициировать подключение). Так же в набор входил USB Bluetooth адаптер.

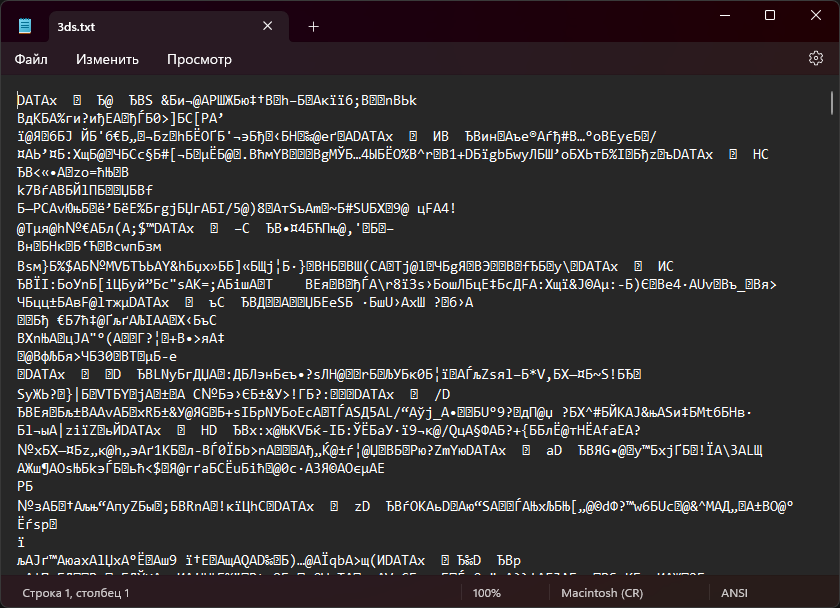
Документации по адаптеру и датчикам в интернете найти не удалось поэтому пришлось разбираться в принципе его работы методом обратного инжиниринга.

Как оказалось в дальнейшем адаптер предназначается специально для этих датчиков. Он предоставляет удобный способ получения данных через COM порт. А также автоматически подключается к датчикам, MAC адреса которых были прописаны в его конфигурации.

Попытка подключить датчики напрямую к пк – не увенчалась успехом. Поэтому использование адаптера оказалось необходимым.

Первым делом, подключив адаптер к пк в диспетчере устройств он отобразился как COM порт. Открыв монитор порта, методом перебора частоты передачи данных и отправки команды help на каждой, удалось обнаружить частоту, на которой этот адаптер принимает команды и отправляет данные, а именно 115200 бод.

На команду help был получен следующий ответ, содержащий все допустимые команды:

* *help* – выводит справку о допустимых командах
* *info* – выводит информацию о подключенных к адаптеру датчиках
* *start* – начинает передачу данных от датчика
* *stop* – прекращает передачу данных от датчика
* Так же был указан формат команды по добавлению нового датчика в конфигурацию

Отправив команду *start* в мониторе порта, не удалось увидеть понятных человеческому глазу данных.

Рисунок 5 Ответ на команду start

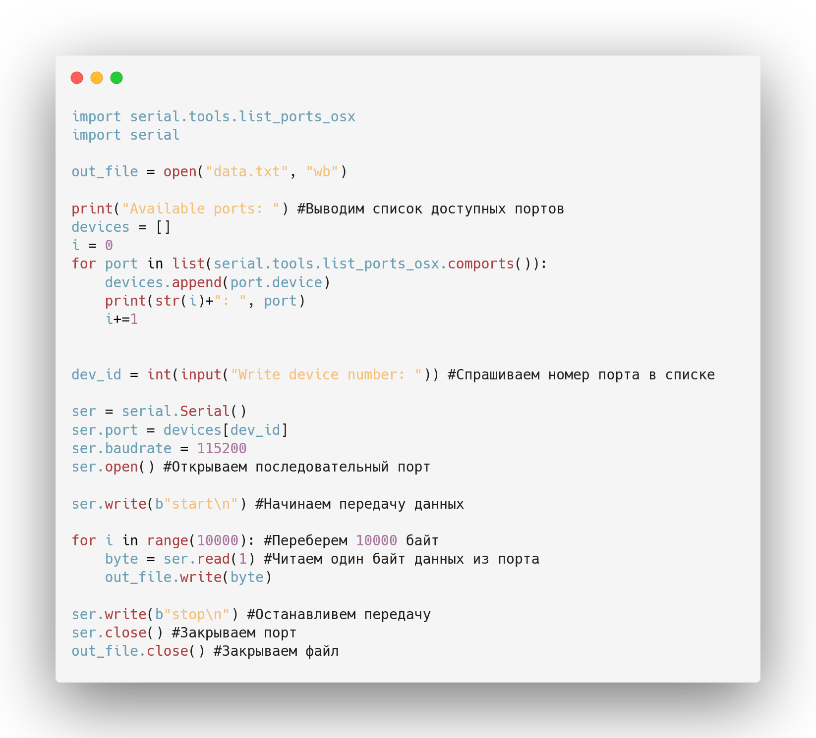
Взглянув на данные, было выдвинуто предположение, что данные отправляются в байтовом формате, это объясняло почему вместо чисел в монитор порта выводятся невнятные символы. Для подтверждения этой гипотезы, был написан скрипт на языке Python, цель которого записать полученные данные в байтовом представлении в отдельный файл с целью дальнейшего анализа этого файла.

Рисунок 6 Скрипт для записи приходящих данных

Открыв файл в байтовом редакторе, было обнаружено следующее:

* Каждые 116 байт, повторяются 4 байта которые содержащие слово «DATA»
* Каждый раз, после слова DATA в четвертом байте содержался номер датчика, с которого будет идти следующая “передача”.
* Каждый раз, после слова DATA в байтах с 9 по 12 содержалось значение   
  “00 00 80 42”, которое позже удалось интерпретировать как dB (Децибел).

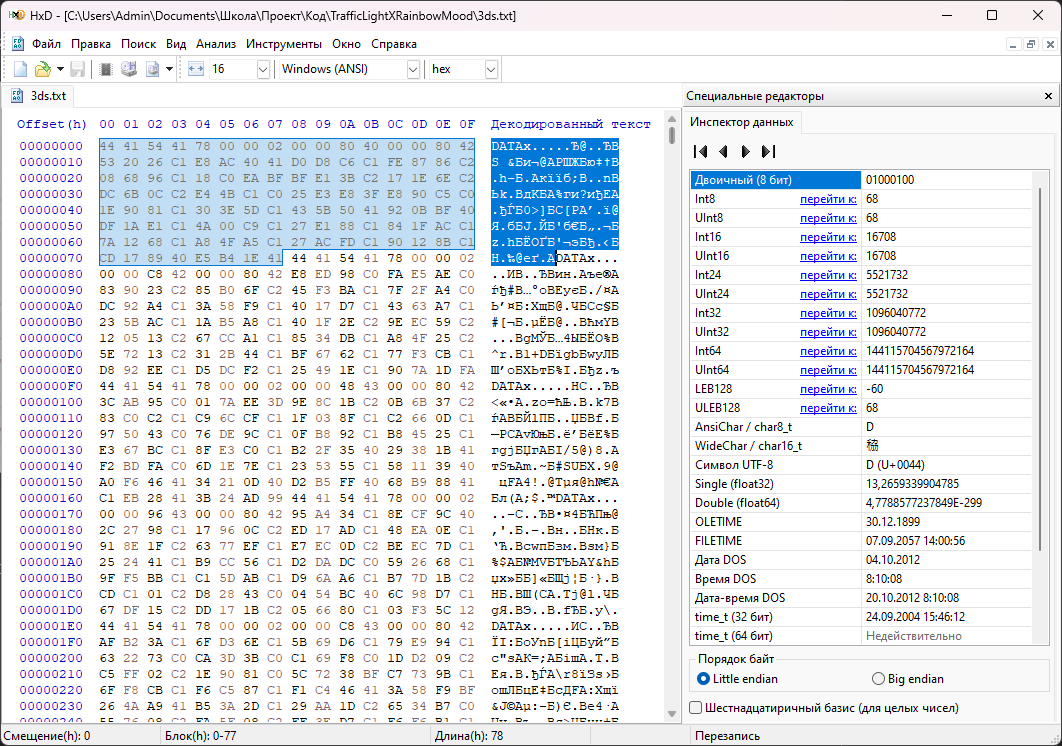


Рисунок 7 Открытый HEX редактор с записаным файлом и выделенным промежутком от DATA до DATA

В конечном итоге, структуру данных удалось выделить следующую:

→4 байта содержащие DATA(обозначает начало новой передачи) →

→3 незначимых байта →

→1 байт содержащий номер датчика, которому эта посылка принадлежит→

→ 4 байта в (float32) в которых численно выражен уровень связи в Децибелах →

→ 4 байта содержащие “dB” обозначающие конец “заголовка” →

→ 68 байт с данными →

# Список литературы

1. Высоцкая Л. В. Биология 10 класс [Текст] под редакцией В. К. Шумного и Г. М. Дымшица // Высоцкая Л. В., Дымшиц Г. М., Рувинский А. О., Саблина О. В., Кузнецова Л. Н. // М. – 2021. – С. 21-30.
2. Еремин В. В. Химия 10 класс [Текст] под редакцией В. В. Лунина // Еремин В. В., Кузьменко Н. Е., Теренин В. И., Дроздов А. А., Лунин В. В. // М. – 2021. – С. 372-377.
3. Липкин В. М. Белки [Электронный ресурс] // Липкин В. М., Шуваева Т. М. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/biology/text/1853941> – статья в интернете.
4. Студопедия. Классификация белков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.ru/17_98987_klassifikatsiya-belkov.html> , свободный. (Дата обращения: 14.10.2015 г.).
5. Bstudy – статьи для высших учебных заведений. Молочные продукты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bstudy.net/741105/meditsina/molochnye_produkty> – статья в интернете.
6. Научно-технический энциклопедический словарь. Что такое Этанол [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/5814/ЭТАНОЛ](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/5814/%D0%AD%D0%A2%D0%90%D0%9D%D0%9E%D0%9B) , свободный