

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)
Физико-технический факультет
Кафедра физики и информационных систем

КУРСОВАЯ РАБОТА

**СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ
ПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА**

Работу выполнил _____ Якин Владимир Сергеевич

Курс 3

Направление биотехнические системы и технологии

Научный руководитель

преподаватель кафедры физики

и информационных систем _____ Е.Г. Пузановская

Нормоконтролер

преподаватель кафедры физики

и информационных систем _____ Е.Г. Пузановская

Краснодар 2017

РЕФЕРАТ

Курсовая работа 23с., 7 рис., 1 приложение, 15 источников.

Тема работы: Создание лабораторного стенда для регистрации потенциалов мозга.

Объектом исследования данной курсовой работы является структура лабораторного стенда для регистрации потенциалов мозга.

Целью исследования является выявление создание лабораторного стенда для регистрации потенциалов мозга с целью его применения в лабораторных работах и студенческих исследованиях.

В результате работы изучен уже имеющийся литературный материал по выбранной теме, создана принципиальная схема установки, выбраны оптимальные средства реализации.

Ключевые слова: электроэнцефалограф, электроэнцефалограмма, операционный усилитель, электрод, биопотенциал принципиальная схема, электромагнитный шум.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Электроэнцефалограмма	5
2 Разработка лабораторного стенда	8
2.1 Топология лабораторного стенда	8
2.2 Принципиальная схема и выбранные комплектующие	9
2.2.1 Блок питания	9
2.2.2 Блок усиления	11
2.2.3 Электроды	14
2.2.4 Микроконтроллер	17
Заключение	20
Список литературы	22
Приложение А	24

ВВЕДЕНИЕ

Регистрация сигналов головного мозга часто применяется при диагностике неврологических заболеваний. Также она необходима при проведении некоторых биофизических исследований. В медицинских учреждениях регистрация таких сигналов производится при помощи электроэнцефалографа. Однако такие аппараты дороги и недоступны для проведения студенческих исследований в университете, поэтому в данной работе рассматривается создание лабораторного стенда для измерения потенциалов головного мозга. Данный стенд можно будет использовать в самых разных исследованиях в области биофизики мозга.

Цель работы: создать лабораторный стенд для регистрации потенциалов мозга.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

- разработать топологию стенда;
- выбрать технологии и оптимальные комплектующие для стенда;
- разработать принципиальную схему установки;
- собрать стенд.

1 Электроэнцефалограмма

Электроэнцефалограмма - это кривая линия, возникающая при записи данных во время регистрации электрической активности головного мозга. Результаты данных зависят от состояния протекания нервных процессов. Проведение электроэнцефалограммы назначают в ряде случаев:

- заболевания сосудов мозга;
- ушибы, травмы головы;
- опухоль мозга;
- нейроинфекции и отравление нейротоксическим ядом;
- невроз и различные психические расстройства;
- нарушения сна;
- подозрение на эпилепсию;
- дегенеративные и дисфункциональные нарушения.

Полученные при проведении электроэнцефалографии данные позволяют:

- изучить цикл «сон и бодрствование»;
- изучить процессы торможения и возбуждения;
- обнаружить наличие очагов повышенной активности в головном мозге и локализовать их;
- наблюдать за динамикой реабилитации и эффективностью проводимого лечения [1],[2].

Выделяют несколько типов записи электроэнцефалограммы:

- рутинная – быстрая запись биологического потенциала мозга при фотостимуляции и гипервентиляции;
- с лишением ночного отдыха – проводится при недостаточности данных рутинной электроэнцефалограммы;
- продолжительная – при исследовании регистрируется дневной сон,

если есть вероятность изменений показателей в период сна;

- электроэнцефалограмма при ночном сне – самый информативный метод, при котором отмечают участки мозга в период пробуждения, бодрствования, засыпания и сна [1].

При анализе электроэнцефалограммы выделяют четыре основных ритма, характеризующихся амплитудой и частотой колебаний:

- Альфа-ритм – сигнал по виду близкий к синусоидальной форме, имеющий частоту 8-13 колебаний в секунду и амплитуду до 50мкВ. Он преобладает, когда испытуемый находится в состоянии умственного и физического покоя при отсутствии внешних раздражителей. Многие исследователи считают, что существует две области коры, в которых альфа-ритм имеет наибольшую амплитуду и характеризуется большим постоянством: затылочная и теменная доли;
- Бета-ритм – имеет частоту более 13 колебаний в секунду и амплитуду до 20-25мкВ. Этот ритм преобладает, если испытуемый находится в состоянии умственного напряжения (концентрация внимания, решение арифметической задачи, световые раздражения). Наиболее выражен в теменных и в особенности в лобных отделах коры головного мозга;
- Тета-ритм – колебания с частотой 4-8 раз в секунду и амплитудой 100-150мкВ. Его можно наблюдать, если испытуемый находится в состоянии сна, умеренно глубокого наркоза или при патологических условиях ;
- Дельта-ритм – медленные колебания с частотой 0,5-3,5 раза в секунду и амплитудой 250-300мкВ. Может быть зарегистрирован во время глубокого сна, при глубоком наркозе, гипоксии и различных патологических процессах в коре больших и полушарий [3].

Также выделяют гамма-ритм – сигнал, имеющий частоту в рамках от 30

до 170 (возможно и больше) колебаний в секунду с низкой амплитудой – ниже 10мкВ. В связи с этим сигнал зачастую принимают за шум или за электромиографическую активность мышц шеи, лица или глаз и зачастую отбрасывают, не принимая во внимание. Однако, имеются литературные данные, связывающие нарушения этого ритма с психическими отклонениями [4].

Интерпретацию результатов электроэнцефалограммы должен проводить невролог или нейрофизиолог на основе клинических проявлений и жалоб пациента, путём комплексного анализа полученных данных.

Само исследование проводится с помощью электронного прибора – электроэнцефалографа, лабораторную модель которого планируется разработать в рамках данного проекта.

2 Разработка лабораторного стенда

2.1 Топология лабораторного стенда

Электроэнцефалограф – прибор для регистрации биоэлектрических процессов в структурах мозга. Основными частями прибора являются регистрирующее устройство, усилитель отводимых биопотенциалов, калибровочное устройство и устройство вывода данных [5]. Следовательно, структура лабораторного стенда по своим функциям должна отвечать функциям описанных частей медицинского прибора.



Рисунок 1- Блок-схема лабораторного стенда.

На рисунке 1 изображена блок-схема, иллюстрирующая потоки информации в лабораторном стенде, начиная от источника и заканчивая носителем/визуализацией данных. С помощью электродов через поверхность головы снимается разность потенциалов головного мозга между лобной и затылочной долями. Снимаемый сигнал поступает в блок усиления, после чего

поступает в микроконтроллер. Последний элемент производит оцифровку сигнала (исполняет роль аналогово-цифрового преобразователя) и передаёт данные в компьютер. Далее, полученная зависимость амплитуды электрического сигнала от времени может быть выведена на монитор компьютера или сохранена одним из способов на электронном носителе.

2.2 Принципиальная схема и выбранные комплектующие

2.2.1 Блок питания

Важным и первостепенным с точки зрения техники безопасности и схемотехники стал вопрос о выборе источника питания для создаваемого лабораторного стенда. Обычно стационарные электроэнцефалографы запитываются от сети 220В с применением гальванической развязки для обеспечения питания блока съёма данных (электродов). Портативные приборы питаются таким же образом или имеют сменный/перезаряжаемый аккумулятор.

В рамках данного проекта использование питания от общей сети неудобно по нескольким причинам:

- появляется необходимость применения сложных преобразователей напряжения, для уменьшения напряжения сети в несколько десятков раз;
- возникает шанс поражения испытуемого высоким током при повреждении изоляции проводов.

Поэтому решено выполнить источник питания на нескольких аккумуляторах с применением резистивного делителя напряжения, что даёт ряд преимуществ:

- простота реализации модуля схемы;

- простота сопряжения данного модуля с другими;
- обеспечение элементов лабораторного стенда необходимым уровнем напряжения без применения дополнительных устройств;
- защита испытуемого и испытателя от поражения высокими токами.

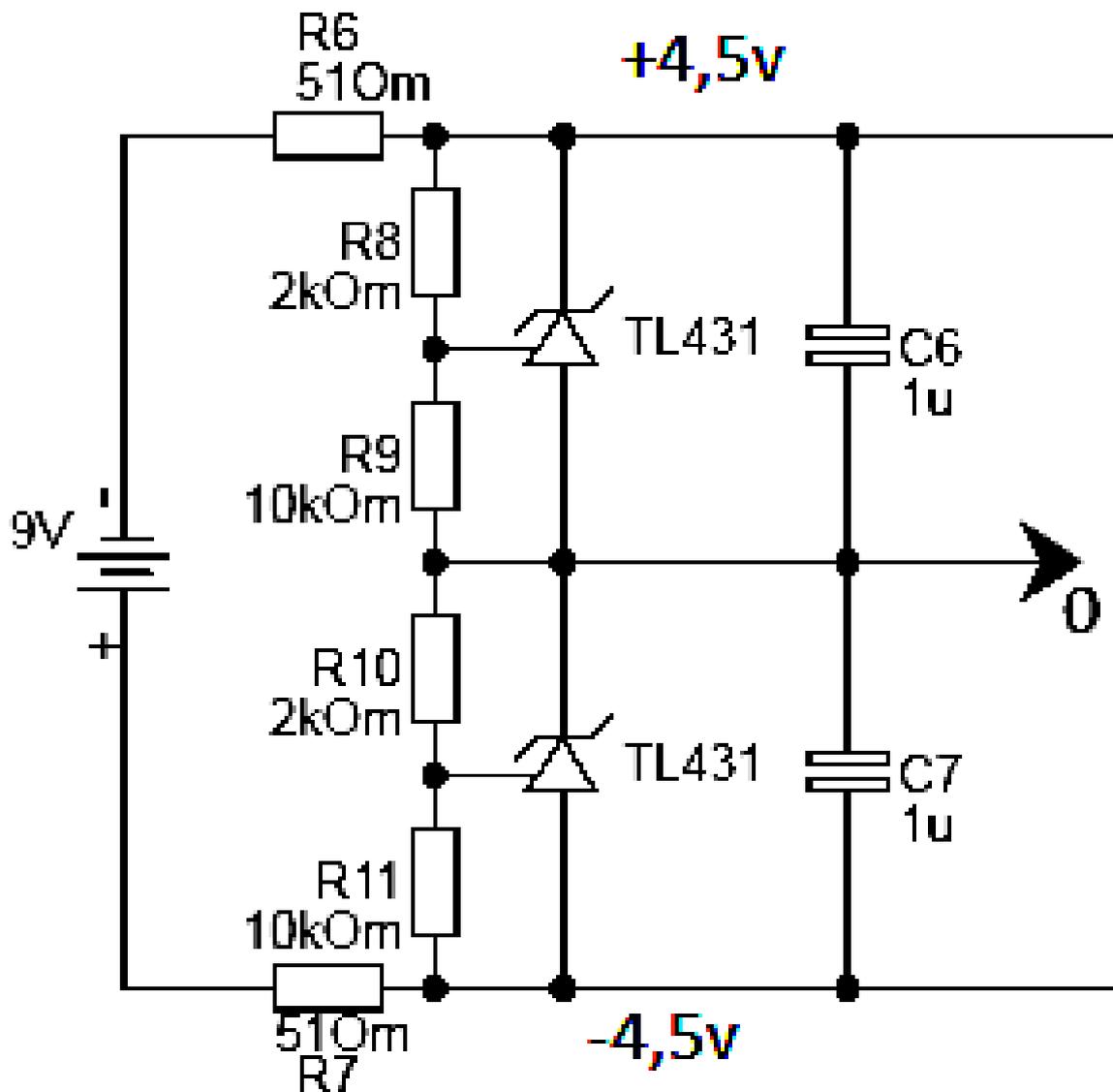


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока питания лабораторного стенда.

Пальчиковые аккумуляторы, как и многие другие, способны выдавать только разность напряжений от нуля до своего номинала. Поэтому, для задания необходимого в схеме уровня напряжения +4,5В и -4,5В используется

резистивный делитель.

Поскольку в схеме используется множество операционных усилителей, их работа способна привести к падению общего уровня напряжения в цепи, что негативно скажется на результатах измерений. Для избежания этого в резистивный делитель включены два операционных усилителя TL431 (по схеме включения из даташита [7]), для стабилизации уровня напряжения [6].

Так же по данным из даташита [7] определяются номиналы элементов цепи данного модуля.

На рисунке 2 можно наблюдать конечный вид принципиальной схемы для блока питания, используемого в данном лабораторном стенде.

2.2.2 Блок усиления

Снимаемые при электроэнцефалограмме биопотенциалы имеют амплитуду порядка микрометра. Они трудны для регистрации и, соответственно, возникает проблема их обработки. Для того, чтобы снимаемые сигналы возможно было зарегистрировать и записать, лабораторный стенд обязательно должен включать блок усиления биопотенциалов малой амплитуды.

Большой проблемой при регистрации электроэнцефалограммы является то, что полезный сигнал имеет амплитуду меньшую, чем возникающие по различным причинам шумы.

На данном этапе необходимо учесть поляризацию электродов при их контакте с кожей [8],[9]. Если электроды напрямую подключить к операционному усилителю, то и без того сильные по амплитуде шумы будут увеличены в 1000 раз и усилитель просто перейдет в режим насыщения. Это означает, что мы не получим необходимые нам данные.

Для борьбы с этой проблемой используют два операционных усилителя

вместо одного с включением в цепь между ними фильтра высоких частот [9]. После прохождения через первый усилитель с невысоким коэффициентом усиления шум будет отбрасываться фильтром, состоящим из RC – цепочки, а затем поступать на второй усилитель, где произойдёт многократное усиление сигнала [7].

Дополнительно для борьбы с шумами следует занулить через конденсаторы отведения питания усилителей. Такой ход позволит избавиться от помех, возникающих при наводке по питанию.

Несмотря на все проделанные действия, блок усиления, как основной блок, всё ещё является неполным – в данном блоке необходим опорный уровень напряжения. Он будет задаваться с помощью третьего операционного усилителя, включённого в данный блок [7].

Вместе с тем, так как лабораторный стенд предназначен для использования в различных студенческих исследованиях и/или учебном процессе, заранее стоит учесть вероятность неправильного подключения блоков друг к другу. Если порядок подключения измерительных электродов не имеет существенного значения, то если перепутать полюса питания, то не менее важная часть стенда - микроконтроллер, может быть испорчена. Для избежания этого схема будет дополнена диодом Шоттки, двумя стабилитронами и нагрузкой в один кОм [10]. Схема данного предохранителя изображена на рисунке 3.

С учётом всех описанных нюансов, построенная принципиальная схема блока усиления примет вид, как представлено на рисунке 4.

На рисунке 4 второй и третий выводы усилителя AD620, расположенного слева, предназначены для подключения к нему измерительных электродов. Выводы схемы, обозначенные как «На вход» и «К земле», предназначены для соответствующих пинов микроконтроллера.

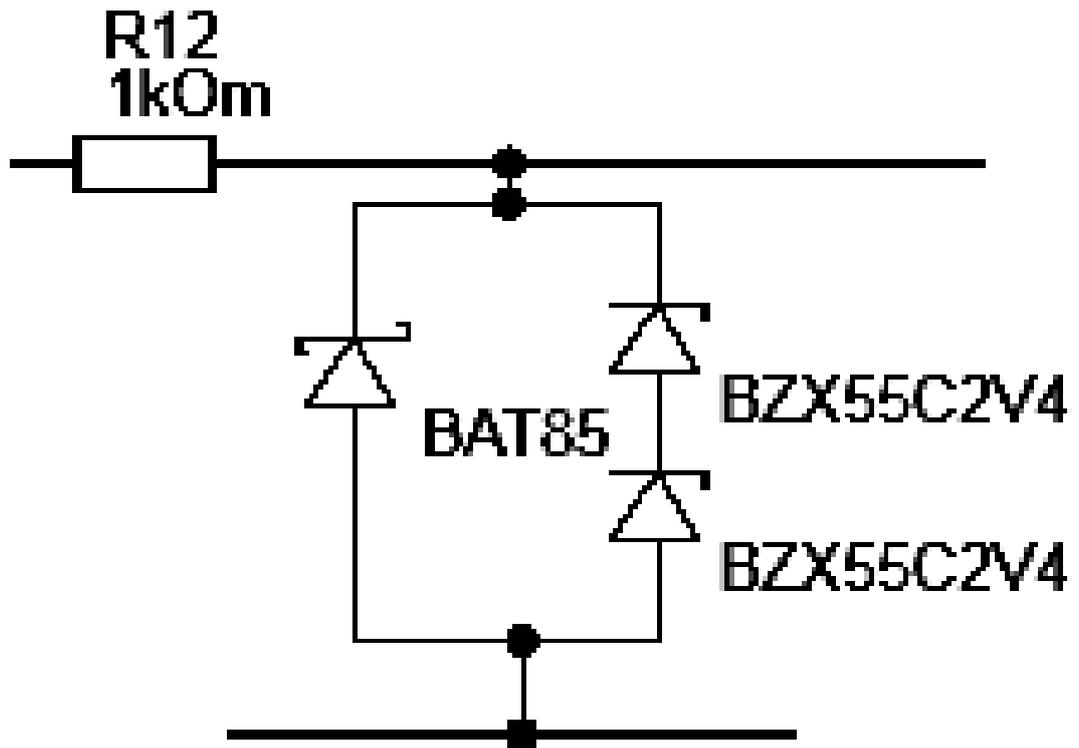


Рисунок 3 – Предохранитель от неправильного подключения питания.

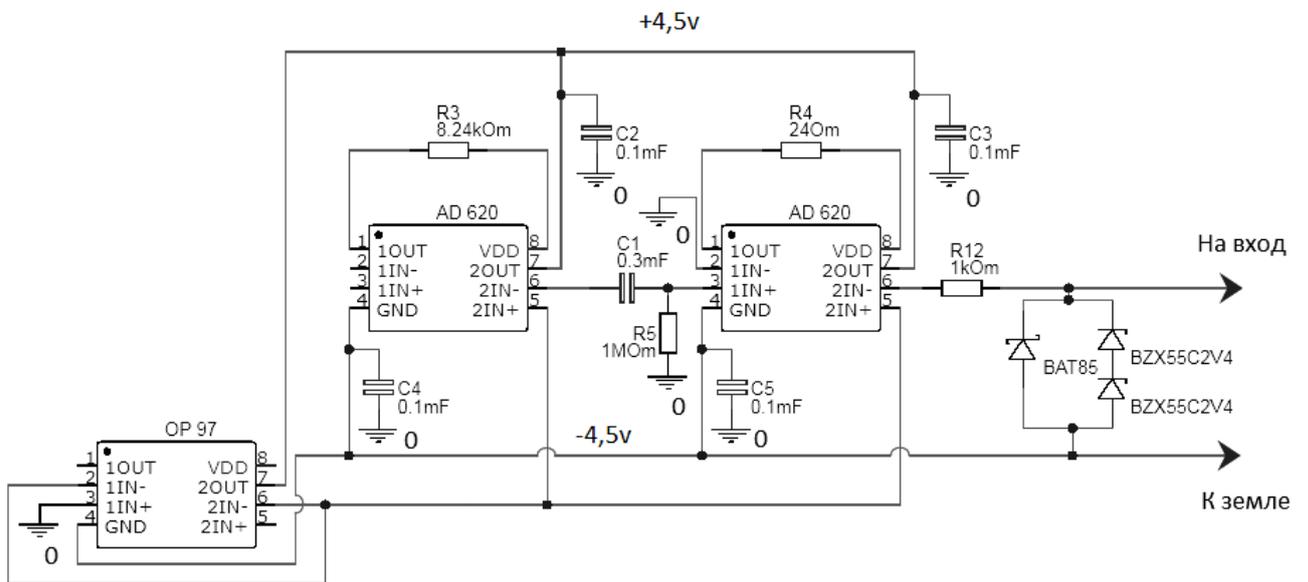


Рисунок 4 – принципиальная схема блока усиления биопотенциалов.

2.2.3 Электроды

В данной работе выбор типа реализации электродов является наиболее важным и значимым решением для всего лабораторного стенда. В первую очередь стал вопрос о выборе количества электродов.

Общепринятая и повсеместно используемая система размещения электродов для регистрации электроэнцефалограммы, называемая «Международная схема 10-20%» или просто 10-20 предусматривает установку 21 электрода. Хотя в общем случае может использоваться от 10 до 120 электродов. Данная система была разработана Jasper H. в 1958г. и заключается в следующем:

- измеряется расстояние между переносицей и выступом затылочного бугра;
- измеряется расстояние между околоушными точками;
- измеряется окружность головы, притом лента прокладывается строго по уже отмеченным точкам;
- от всех точек в определённых направлениях, на промежутках друг от друга в 10 или 20% от соответствующего измеренного расстояния накладываются электроды [11].

Хотя данная схема и является общепризнанной среди медиков и врачей, для студента она является слишком сложной. Достаточно долгое время придётся потратить на то, чтобы верно измерить расстояния между точками и расположить электроды. Вместе с тем стоит сказать, что при стандартном съёме электроэнцефалограммы используется обычно не более десяти электродов, а остальные предназначаются для детального исследования отдельных участков мозга.

Проанализировав литературу, я решил остановиться на выборе трёх электродов. Располагаться они будут следующим образом: индифферентный

электрод на мочке уха (так как там нет мышц, и будет сниматься только потенциал кожи), а два других электрода – чуть выше переносицы и над выступом затылочного бугра (для регистрации разности потенциалов всего мозга). Этого будет достаточно для регистрации альфа-, а возможно и бета-ритма.

Следующим важным шагом является выбор типа используемых электродов. Индифферентный, то есть электрод сравнения, не предъявляет особых требований и может быть выполнен в виде прищепки для простоты фиксации на мочке уха. Что касается измерительных электродов для электроэнцефалограммы, их разделяют на следующие виды:

- контактные (накладные) – для отведения биопотенциалов с поверхности кожи;
- приклеивающиеся – схожи с предыдущими, за исключением их фиксации;
- базальные – через нос подводятся к задней стенке носоглотки для отведения биопотенциалов от базальных структур мозга, через покровы задней стенки носоглотки и сфеноидальные кости основания черепа;
- игольчатые – вкалываются в надкостницу и обычно применяются при анестезии;
- пиальные – применяются для отведения биопотенциалов при вскрытом черепе;
- индифферентные – присоединяемые к разным тканям с «нулевым» потенциалом;
- многоэлектродные иглы – вкалываются в ткань мозга и отводят биопотенциал непосредственно от различных глубинных структур мозга [12].

Очевидно, что единственным приемлемым вариантом для лабораторного стенда являются приклеивающиеся или контактные электроды. Но всё же возникает проблема – как преодолеть большое количество волос на голове, чтобы электрод плотно контактировал с кожей? Бритьё налысо неприемлемо, а использование большого количества электропроводящего геля неудобно. Решением становится электрод-расчётка, выполненный на штырьковых соединителях.

Однако и здесь возникают затруднения. В результате малой площади контакта электродов-расчёсок с кожей сопротивление электродов резко возрастает, операционный усилитель, чьё входное усиление мало, переходит в режим насыщения. Для устранения данной проблемы к электроду подключается операционный усилитель TLC272 в режиме повторителя, у которого входное сопротивление стремится к бесконечности, а выходное - к нулю. Поскольку снимаемый сигнал имеет малую амплитуду, на него будет оказываться большое влияние шумами от окружающих лабораторный стенд источников электромагнитного излучения. Поэтому с целью борьбы с помехами, для электродов используется экранированный провод, обмотка которого зануляется [6],[7], [13].

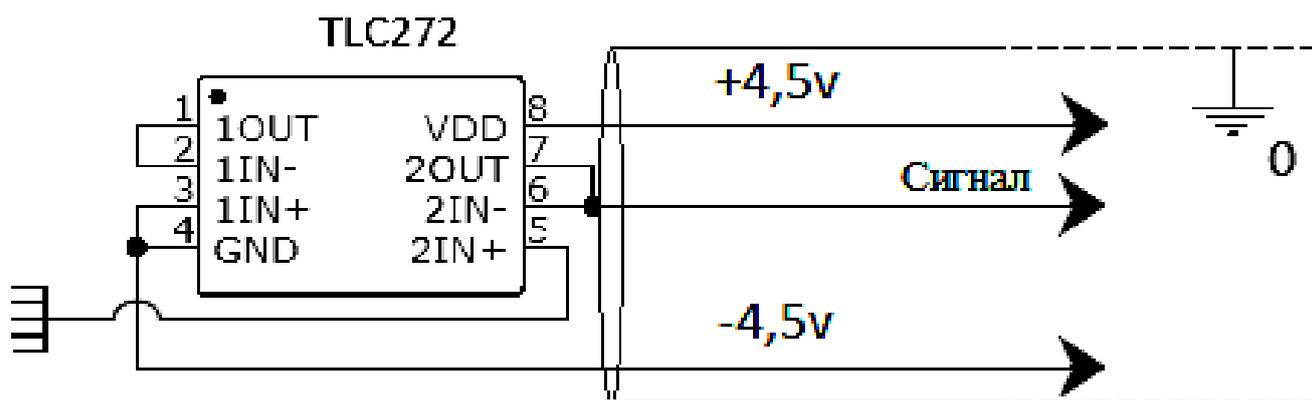


Рисунок 5 – Принципиальная схема электрода-расчёски.

На рисунке 5 изображена принципиальная схема электрода-расчёски,

выполненная в соответствии с представленным в данном пункте описании. Так будут выглядеть измерительные электроды данного лабораторного стенда.

2.2.4 Микроконтроллер

Несмотря на то, что лабораторный стенд практически готов, его надо каким-то образом подключить к компьютеру. Для этих целей предназначены микроконтроллеры. Это специальные микросхемы, предназначенные для управления различными устройствами. Они проще и дешевле процессоров и различны по конфигурациям, в зависимости от необходимого функционала для той или иной задачи. Зачастую они впаиваются в схему, но могут иметь порты и быть съёмными [14]. В лабораторном стенде сигналы с электродов по прохождении через блок усиления будут поступать в микроконтроллер, который, после обработки будет передавать данные в компьютер.

Существует огромное количество различных микроконтроллеров. В данном лабораторном стенде будет использоваться Arduino Uno, так как его выделяют следующие преимущества:

- низкая стоимость платы;
- кросс-платформенность – программное обеспечение Ардуино работает с различными операционными системами;
- простота среды программирования – с Ардуино могут работать даже непрофессиональные программисты и инженеры;
- открытость – платформа Ардуино является открытой и может легко дополняться и модифицироваться без страха нарушения авторских прав [15].

Последний шаг – запрограммировать Ардуино. С помощью загруженного скетча микроконтроллер будет полученный аналоговый сигнал оцифровывать и

затем по блютуз-кабелю передавать в компьютер [6].

На рисунке 6 представлена принципиальная схема платы Arduino Uno.

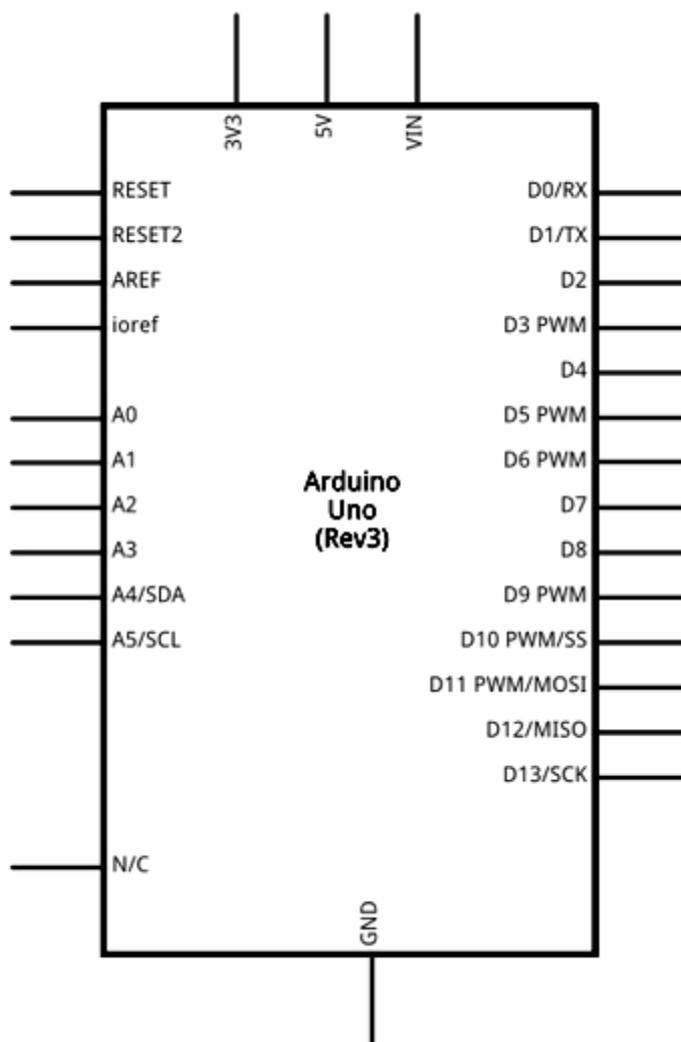


Рисунок 6 – схема платы Arduino Uno.

Теперь, когда все части стенда проработаны, есть создать принципиальную схему лабораторного стенда целиком. Она будет представлена в приложении А.

На основании разработанной схемы произведена работа по сборке лабораторного стенда для измерения биопотенциалов мозга. Установка имеет вид, представленный на рисунке 7.

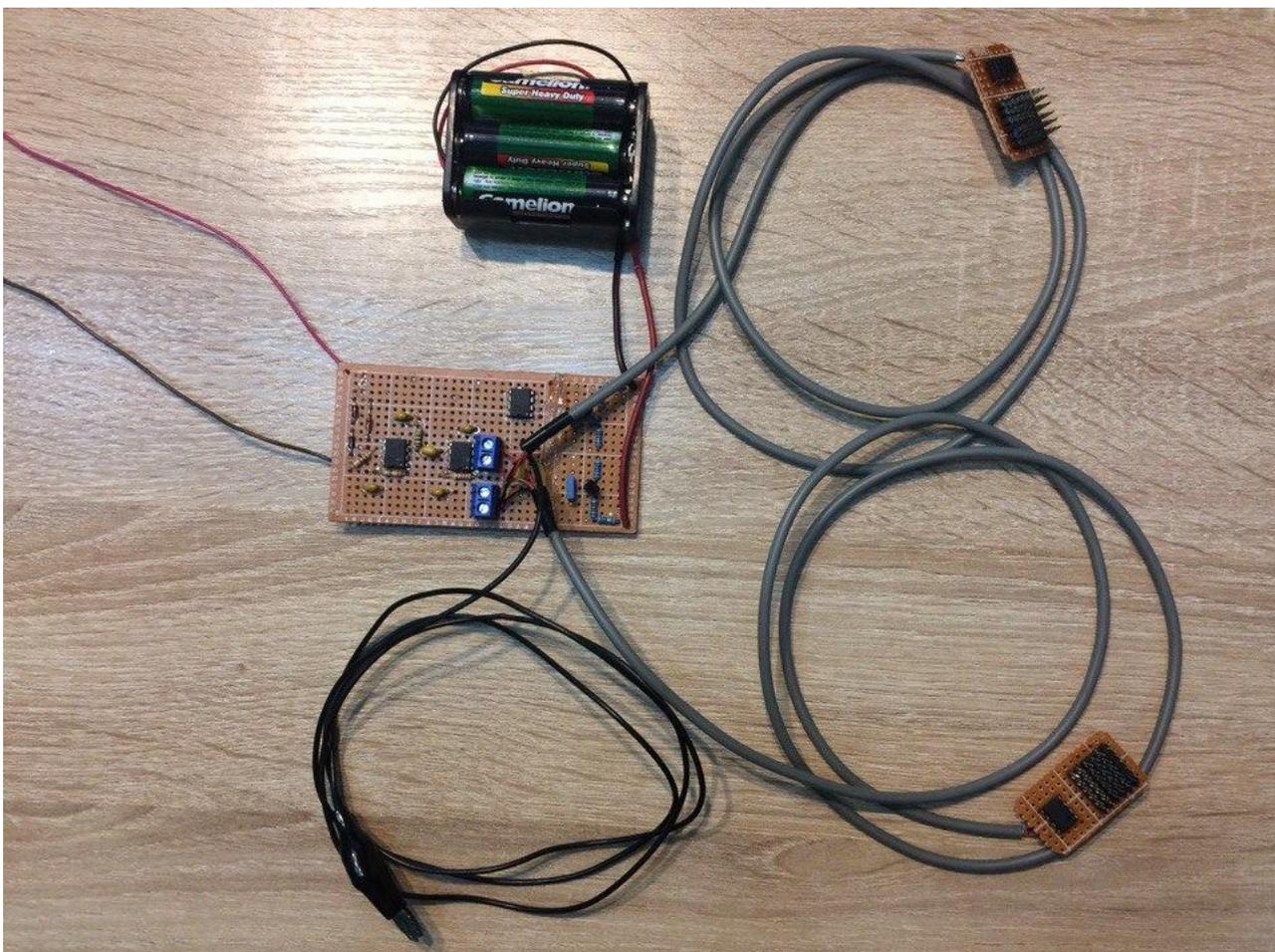


Рисунок 7 – лабораторный стенда для регистрации потенциалов мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были решены следующие задачи:

- изучены литературные данные об основных составляющих прибора электроэнцефалографа;
- рассмотрены возможные виды реализации каждого из блоков прибора;
- выбран безопасный и достаточный для исправной работы лабораторного стенда источник питания, построена его принципиальная схема;
- выбрано наиболее оптимальное строение блока усиления и построена его схема;
- выбран безопасный, удобный, отвечающий необходимым требованиям тип электродов, проведено изучение возможности оптимизации их параметров, построена принципиальная схема;
- в рамках технической реализации лабораторного стенда проведена работа по борьбе с электромагнитным шумом;
- выбрана оптимальная модель микроконтроллера;
- построена общая принципиальная схема лабораторного стенда;
- осуществлена сборка лабораторного стенда.

Собранный в ходе данной работы лабораторный стенд отвечает требованиям техники безопасности, исключает вероятность повреждения испытуемого и испытателя высоким током. Установка может быть использована в исследовательских работах студентов по изучению явлений в головном мозге путём воздействия на человека различными факторами и регистрацией биопотенциалов мозга, а также может быть вовлечена в учебный процесс с целью применения на лабораторных занятиях, посвящённых изучению активности головного мозга.

В результате выполнения работы были достигнуты следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции:

- Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчёта и проектирования деталей, компонентов и узлов биотехнических систем, биомедицинской и экологической техники (ПК-19).
- Способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6).
- Способность владеть правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов биотехнических систем, в том числе связанных с включением человека-оператора в контур управления биомедицинской и экологической электронной техники (ПК-7).
- Способность проводить поверку, наладку и регулировку оборудования, настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки биомедицинской и экологической техники (ПК-8).
- Готовностью формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК-3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Головной мозг [Электронный ресурс] ЭЭГ головного мозга: симптомы, подготовка к проведению, результаты (Рус.) - URL: <http://golmozg.ru/diagnostika/eeg-golovnogo-mozga-simptomu-podgotovka-k-provedeniyu-rezultaty.html>
- 2 Информационно – сервисный портал // MedWeb.ru [Электронный ресурс] Электроэнцефалограмма – безболезненный метод изучения биотоков головного мозга, который широко применяется для диагностики различных расстройств у детей и взрослых. (Рус.) - URL: <https://www.medweb.ru/encyclopedias/diagnostika/article/elektroencefalogramma>
- 3 Медицинский сайт // AMEDGRUP [Электронный ресурс] Ритмы электроэнцефалограммы (Рус.) - URL: <http://www.amedgrup.ru/eegritm.html>
- 4 Справочник по неврологии // NEURODOC.RU [Электронный ресурс] Ритмы головного мозга (Рус.) - URL: <http://neurodoc.ru/anatomy/ritmy-golovnogo-mozga.html>
- 5 Энциклопедия Техники [Электронный ресурс] Электроэнцефалограф (Рус.) - URL: <http://enciklopediya-tehniki.ru/promyshlennost-na-eya/elektroencefalograf.html>
- 6 Интернет сайт [Электронный ресурс] Электроника / ЭЭГ на основе Arduino (Рус.) - URL: <http://www.prointellekt.ru/EKG3.php>
- 7 Electronic Components Datasheet Search // ALLDATASHEET.COM [Электронный ресурс] Электроника / ЭЭГ на основе Arduino (Engl.) - URL: <http://www.alldatasheet.com/>
- 8 iLab – информационный портал по вопросам биомедицинской инженерии [Электронный ресурс] Электроды для съема иоэлектрического сигнала (Рус.) - URL: <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/3518>
- 9 Корневский Н. А., Попечителей Е. П. Элементы и узлы медицинской техники / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей. – Курск, 2009. - Селье Г. Очерки об общем адаптационном синдроме / Г. Селье. - Медгиз, 1960.- 254 с. 12 - 24
- 10 Электроника, схемотехника, от души и с умом: для начинающих и бывалых // MyElectrons.ru [Электронный ресурс] Защита схем от переполюсовки питания с помощью N-канального MOSFET (Рус.) - URL: <http://myelectrons.ru/mosfet-reversed-protection/>
- 11 Центр эпилептологии и неврологии им. А. А. Казаряна [Электронный ресурс] Электроэнцефалография. Технические нюансы / Козлова М. А., Троицкий А.А. (Рус.) - URL: <http://epilab.ru/pubs/eeg-tech>

- 12 Электронный медицинский справочник // lekmed.ru [Электронный ресурс] Электроды и их коммутация – Клиническая электроэнцефалография (Рус.) - URL: <http://lekmed.ru/info/arhivy/klinicheskaya-elektroencefalografiya-5.html>
- 13 Uazú [Электронный ресурс] Active Electrodes for modularEEG (Engl.) - URL: <http://uazu.net/eeg/ae.html>
- 14 ELECTRIK INFO [Электронный ресурс] Что такое микроконтроллеры – назначение, устройство, софт (Рус.) - URL: <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html>
- 15 Официальный сайт // Arduino.ru [Электронный ресурс] Что такое Ардуино? (Рус.) - URL: <http://arduino.ru/About>

Приложение А

Общая принципиальная схема лабораторного стенда для избрания потенциалов мозга

