

# **Задачи на хакатон (практикум) по профилю “Нейротехнологии и когнитивные науки”**

Хакатон позволяет познакомиться с оборудованием, которое будет использовано на финальном этапе профиля “Нейротехнологии и когнитивные науки”.

## **Теоретические знания и навыки, получаемые на хакатоне**

Основы теории нейрофизиологии; основы обработки биосигналов человека; регистрация и визуализация ЭЭГ (8 каналов); анализ и обработка ЭЭГ.

## **Оборудование (для 1 команды - 3-4 человека):**

1. Контроллер Arduino Mega/Due - 1 шт.
2. Кабель USB type-B - 1 шт.
3. Макетная плата - 1 шт.
4. Модуль регистрации сигнала ЭЭГ “BiTronics Lab-EEG” - 7 шт.
5. Разъем-джек 3.5 мм с напаянными выводами - 8 шт.
6. Гальваническая развязка - 1 шт.
7. Шапочка ЭЭГ - 1 шт.
8. Электрод ЭЭГ с проводом (черный) - 21 шт.
9. Соединительные провода типа “папа-папа” - 24 шт.
10. Гель электродный контактный
11. Шприц
12. Аккумулятор из набора-конструктора “Юный нейромоделист” (необходимо зарядить) - 1 шт.
13. Провод для аккумулятора типа “крона” - 1 шт.
14. Ноутбук (не ниже Intel Core 5i (или аналогичный), 4Gb ОЗУ, ОС Windows 7 x64).

## Программное обеспечение

1. Anaconda 5.2. Инструкция по установке:  
<https://docs.google.com/document/d/1iTmOoRrXiOcg8CkDoIOZnSKAiy0Kb9nt63CTC0TE-2w/edit?usp=sharing>
2. Визуализатор для 10 каналов: [ссылка](#) (Подробнее смотри раздел “Программная часть”).
3. [Arduino IDE](#)



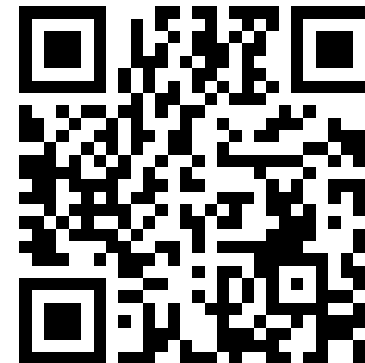
Anaconda 5.2.  
Инструкция по  
установке



Anaconda 5.2.  
Дистрибутив



Визуализатор для 10  
каналов



Arduino IDE

## Краткий план хакатона

Хакатон рассчитан на 5-6 часов.

План хакатона:

- 0.5 часа - Знакомство с оборудованием. [Техника безопасности](#).
- 2-2.5 часа - Сборка и настройка установки
- 2-2.5 часа - Анализ и обработка ЭЭГ
- 0.5 часов - Подведение итогов

## Задание для практикума

№	Задание	Комментарии к задачам	Баллы
1	Собрать установку для регистрации 7 каналов ЭЭГ. Инструкция по сборке ( <a href="#">Приложение 1</a> ).	Продemonстрировать членам комиссии собранную установку и осуществить визуализацию сигналов в программном обеспечении BiTronics	4 балла
2	а) Надеть на испытуемого шапочку для регистрации ЭЭГ и установить электродную систему. Обеспечить отсутствие зашкаливания сигнала в каналах считывания ЭЭГ  б) Написать программу на Python, которая обеспечивает подавление помехи 50 Гц, продемонстрировать ее работоспособность	а) Продemonстрировать членам комиссии сигналы по всем каналам  б) Осуществить запись сигнала ЭЭГ. Написать программу, осуществляющую визуализацию записанного сигнала и его спектра, а также одновременно сигнал с подавленной помехой и его спектром. Спектр сигнала должен быть не уже, чем от 0 до 100 Гц	а) За каждый канал без зашкаливания - по 0.25 балла +0,25 балла если все каналы  б) 2 балла

3	<p>а) Зарегистрировать ЭМГ-артефакты, возникающие при сдавливании челюстей испытуемого. Приложите соответствующие графики.</p> <p>б) Написать программу на Python для удаления этой помехи</p>	<p>а) Вывести графики всех каналов, на которых видны артефакты (можно снимок экрана) и отметить их. Объяснить, почему они видны именно на этих каналах.</p> <p>б) Осуществить запись сигнала ЭЭГ, на которой присутствуют артефакты. Написать программу, осуществляющую визуализацию записанного сигнала и его спектра, а также одновременно сигнал с удаленными артефактами и его спектром. Спектр сигнала должен быть не уже, чем от 0 до 100 Гц.</p>	<p>а) За визуализацию артефактов - 0.5 балла. За объяснение - 0.5 балла</p> <p>б) 3 балла</p>
4	Зарегистрировать артефакты, возникающие при моргании	<p>а) Записать сигналы ЭЭГ, содержащий артефакты моргания. Осуществить его визуализацию, показать членам комиссии</p> <p>б) Повысить качество прорисовки сигналов артефактов, выполнив синхронное усреднение нескольких каналов, на которых наблюдаются артефакты: для этого вывести серию графиков, каждый из которых является результатом усреднения N сигналов с артефактами (<math>N = 1, 2, 3 \dots 7</math>).</p>	<p>а) 1 балл</p> <p>б) 2 балла</p>
5	Зарегистрировать альфа-ритм и доказать, что наблюдается альфа-ритм	<p>а) Продемонстрировать членам комиссии функциональную пробу для регистрации альфа-ритма</p> <p>б) Записать сигнал ЭЭГ, содержащий альфа-ритмы</p> <p>в) Написать на Python программу для построения подтверждающих графиков, рисунков</p>	<p>а) 0.5 балла</p> <p>б) 0.5 балла</p> <p>в) 2 балла</p>
6	Выполнить картирование альфа-ритма	Указать для всех каналов амплитуду альфа-ритма, нормированную на максимальное значение альфа-ритма (по всем каналам), регистрируемого с максимальным уровнем.	3 балла

		Ответ выразить в процентах от данного канала. Объяснить полученные результаты.	
7	Зарегистрировать бета-ритм и доказать, что наблюдается бета-ритм	а) Продемонстрировать членам комиссии функциональную пробу для регистрации бета-ритма  б) Записать сигнал ЭЭГ, содержащий бета-ритмы  в) Написать на Python программу для построения подтверждающих графиков, рисунков	а) 0.5 балла  б) 0.5 балла  в) 2 балла

## Приложение 1 - Инструкция по сборке

### Принцип работы установки

Регистрация сигнала осуществляется с помощью электродов, которые закреплены в шапочке, надетой на человека. Для улучшения электрического контакта между проводящей частью электрода и поверхностью кожи головы требуется нанести электропроводящий гель.

Т.к. модуль регистрации сигнала ЭЭГ “BiTronics Lab-EEG” (далее - “модуль ЭЭГ”) является одноканальным и дифференциальным, требуется расположить 2 электрода в той области головы, где требуется осуществить считывание сигнала, а рядом с ними расположить референсный электрод.

Таким образом, для регистрации всех восьми каналов ЭЭГ требуется закрепить в шапочке 2х8 сигнальных электродов и 8 референсных - всего 24 электрода - и подключить их к восьми Модулям ЭЭГ.

На выходе Модуля ЭЭГ мы имеем усиленный аналоговый сигнал ЭЭГ, который необходимо оцифровать для дальнейшей обработки. Оцифровка осуществляется средствами контроллера Arduino Mega, который позволяет практически одновременно оцифровывать 8 аналоговых сигналов. Таким образом, сборка установки сводится к подключению Электродной системы (совокупность электродов ЭЭГ с проводами) к Модулям ЭЭГ, которые, в свою очередь, подключаются к Arduino Mega. Оцифрованный сигнал с Arduino Mega через USB-кабель подается на Персональный компьютер.

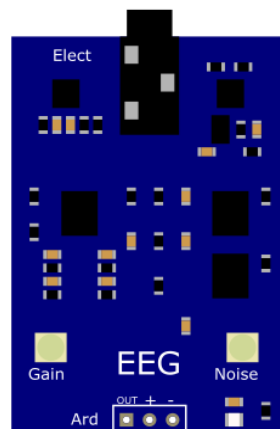


Рисунок 1 - Одноканальный Модуль ЭЭГ

На рис. 1 приведен рисунок модуля ЭЭГ. Сигнал ЭЭГ с электродной системы подается через разъем-джек 3.5 мм, который располагается в верхней (по рисунку) части и имеет подпись “Elect”. Усиленный и отфильтрованный сигнал ЭЭГ выходит через контакт Out, который входит в состав соединительной колодки Ard, расположенной в нижней (по рисунку) части модуля. Также на колодке Ard расположены контакты питания модуля: + и -.

**Напряжение питания модуля - в диапазоне от 3.3 до 5 В. Превышение напряжения питания может вывести модуль из строя!**

На рис. 2 также видны два подстроечных резистора: Gain и Noise. Gain позволяет регулировать усиление сигнала ЭЭГ (вращение по часовой стрелке - уменьшает усиление), а Noise - влияет на величину подавления помехового сигнала сетевой наводки 50 Гц.

Не рекомендуется осуществлять самостоятельную регулировку Noise, т.к. правильная его регулировка может потребовать определенный опыт и наличие специализированных приборов.

Как было сказано выше, для регистрации одного канала ЭЭГ требуется подключить три электрода от шапочки ЭЭГ к Модулю ЭЭГ.

Провода электродов ЭЭГ оснащены так называемыми touch-proof разъемами (см. рис. 2), которые напрямую не могут быть подключены к разъему-джеку 3.5 мм модуля ЭЭГ.



Рисунок 2. Touch-proof - разъем провода электрода ЭЭГ

Для того, чтобы осуществить подключение имеется специальный переходник - Разъем-джек 3.5 мм с напаянными выводами (см. рис. 3).

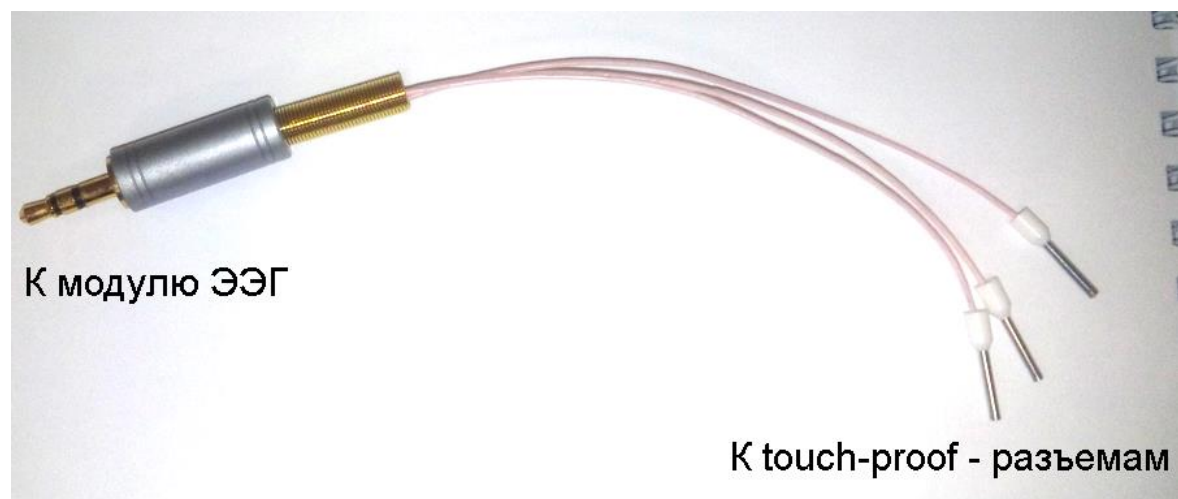


Рисунок 3 - Разъем-джек 3.5 мм с напаянными выводами

Одним концом (левым по рис. 43) данный переходник подключается к Модулю ЭЭГ, а другим - подключается к трем touch-proof - разъемам от проводов электродов ЭЭГ. Результат сборки данных элементов приведен на рис.4.

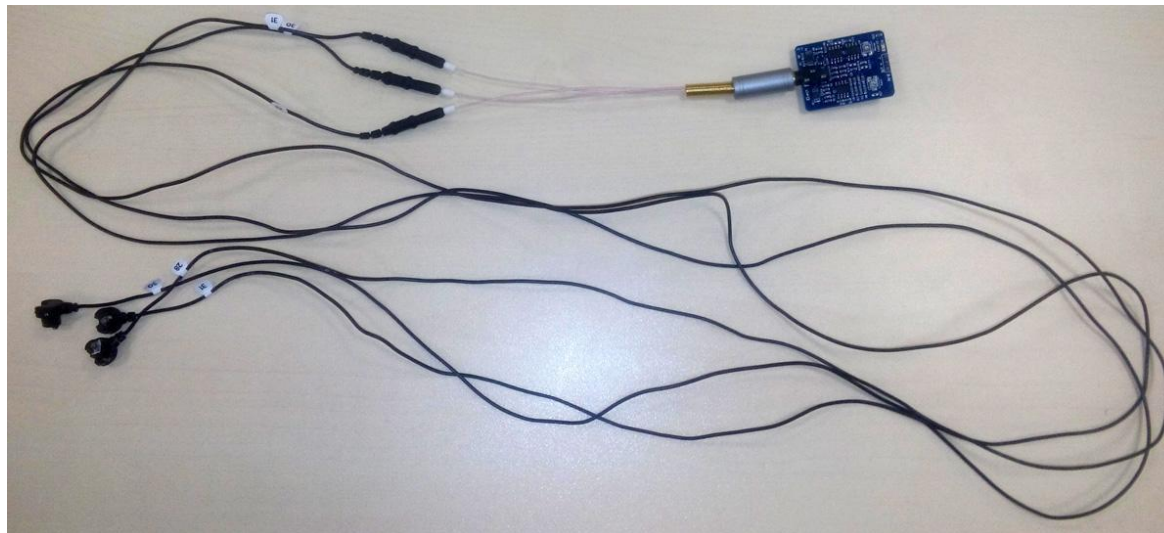


Рисунок 4 - Один канал регистрации сигнала ЭЭГ в сборе

Для одновременного подключения восьми Модулей ЭЭГ рекомендуется воспользоваться макетной платой (рис. 5). Ее использование упростит сборку установки и сделает более наглядным подключение проводов к модулям.

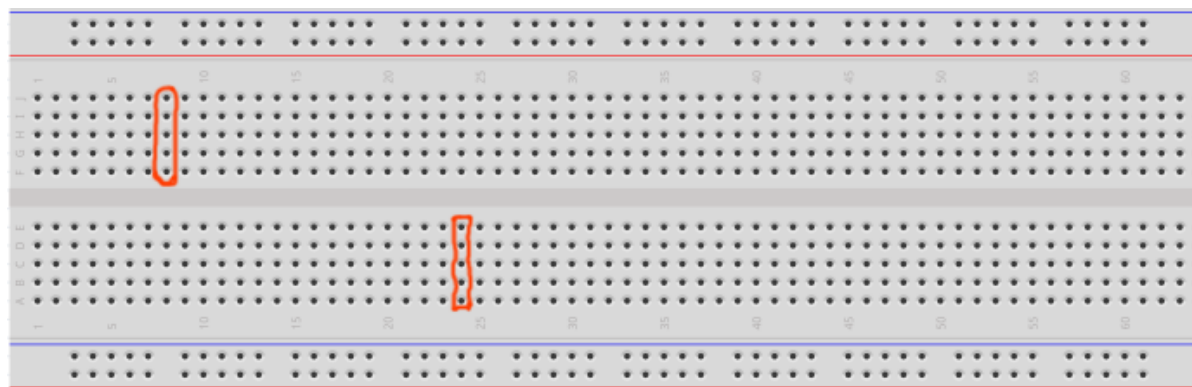


Рисунок 5 - Внешний вид макетной платы



Макетная плата состоит из множества отверстий, которые в нумерованном ряду соединены между собой: т.е. отверстия, обведенные овалом на рис. 6 имеют между собой электрический контакт, но между соседними рядами контакта нет. Также нет контакта между группами отверстий, которые разделены горизонтальной (по рис.5) канавкой, проходящей вдоль оси макетной платы.

Подключение Модулей ЭЭГ осуществляется к контроллеру Arduino Mega (рис. 6)

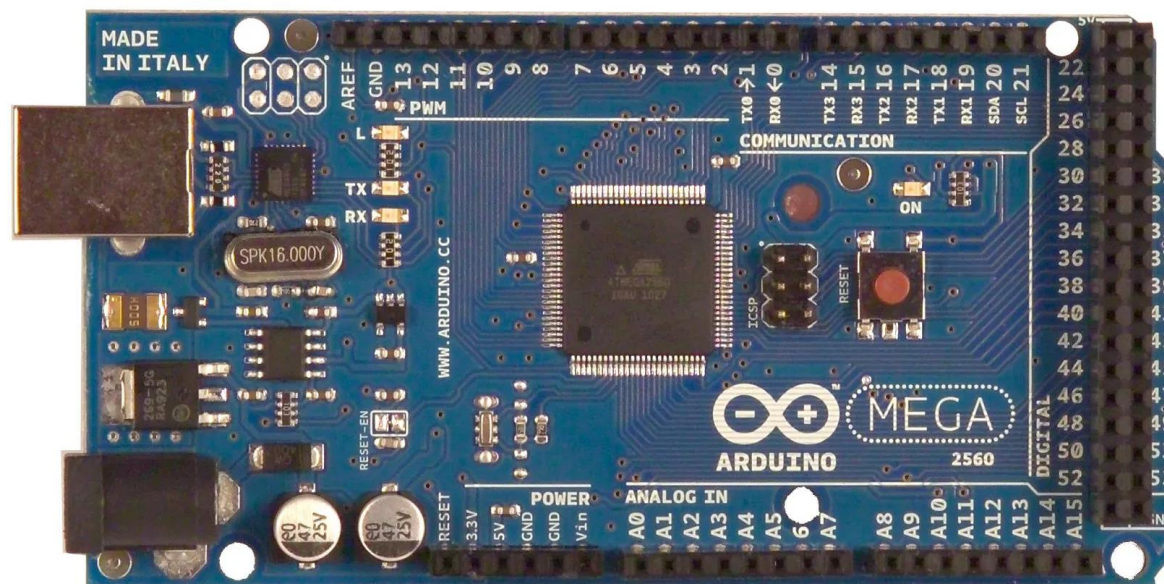


Рисунок 6 - Внешний вид контроллера Arduino Mega

Обратим внимание на следующие моменты:

1. Все выводы GND соединены между собой, это “минус” питания (или, как иногда говорят - “земляной” провод)
2. Все выводы “5V” соединены между собой, это “плюс” питания
3. Аналоговые входы (куда можно подавать аналоговый сигнал в диапазоне 0-5В) обозначаются буквами А: например, это А0, А2, А14 и т.д.

## Сборка установки

1. Вставьте Модули ЭЭГ в макетную плату так, как показано на рис. 7

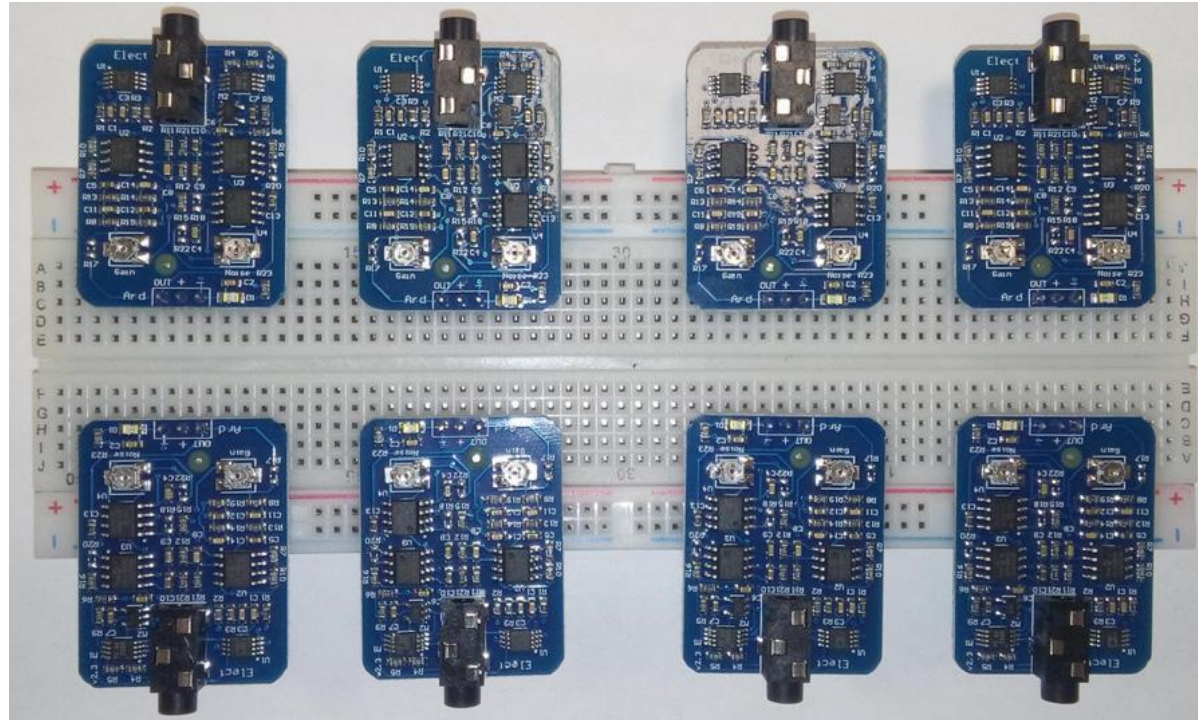


Рисунок 7 - Подключение модулей ЭЭГ к макетной плате

2. Соединим между собой все выводы “+” контактных колодок Ard Модулей ЭЭГ. Это можно сделать, например, соединяя вывод “+” одного модуля с “+” соседнего модуля и так далее. От самого крайнего модуля выведем один провод, который будет подключаться к линии питания “5V” Arduino Mega.
3. Аналогично поступим и с выводами “-”. От самого крайнего модуля выведем один провод, который будет подключаться к линии питания “GND” Arduino Mega.
4. В результате должна получиться конструкция, изображенная на рис. 8

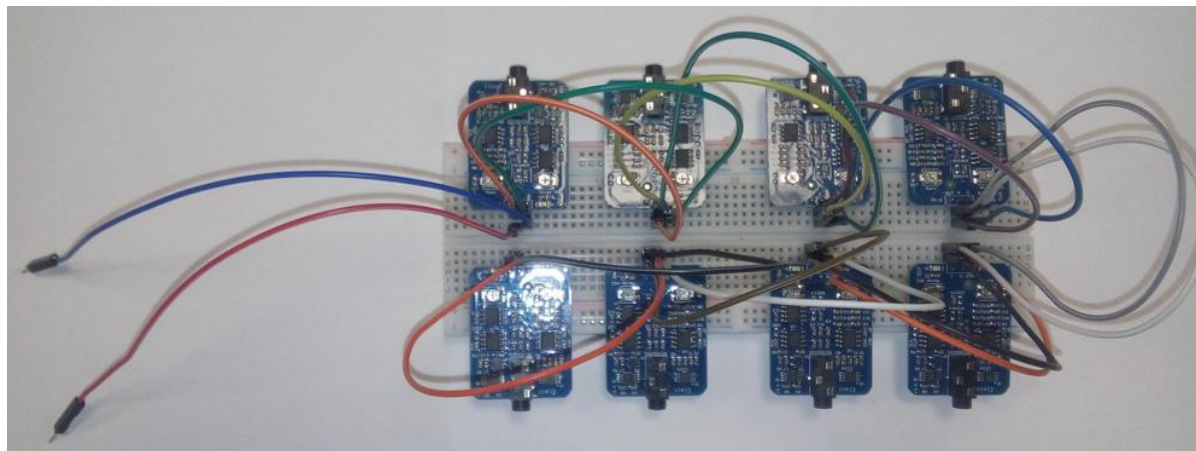


Рисунок 8 - Подключение линий питания к Модулям ЭЭГ

5. Подключим аналоговые выходы “OUT” от каждого Модуля ЭЭГ к аналоговым входам Arduino Mega. Например, это могут быть A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7.
6. Подключаем провода от линий питания Модулей ЭЭГ к Arduino Mega: от линии “+” на “5V” Arduino Mega; от линии “-” к “GND” Arduino Mega.
7. В разъемы 3.5 мм Модулей ЭЭГ подключаем Разъемы-джеки 3.5 мм с напаянными выводами, к которым подключаются Электроды ЭЭГ с проводами. Референсный провод отмечен узелком.
8. К Arduino Mega подключается кабель USB type-B, с подключенной к нему гальванической развязкой. Кабель подключается к ПК
9. К DC-разъему на Arduino Mega подключается батарейка “Крона” (с помощью специальной соединительной колодки). Должны загореться световые индикаторы (светодиоды) на Arduino Mega
10. Если все подключения цепей питания Модулей ЭЭГ были выполнены правильно, на каждом модуле должен загореться светодиод. В противном случае - необходимо отключить батарейку и еще раз повторить шаги 2-4
11. После выполнения вышеуказанных операций электрическая часть установки является собранной (см. рис. 9).



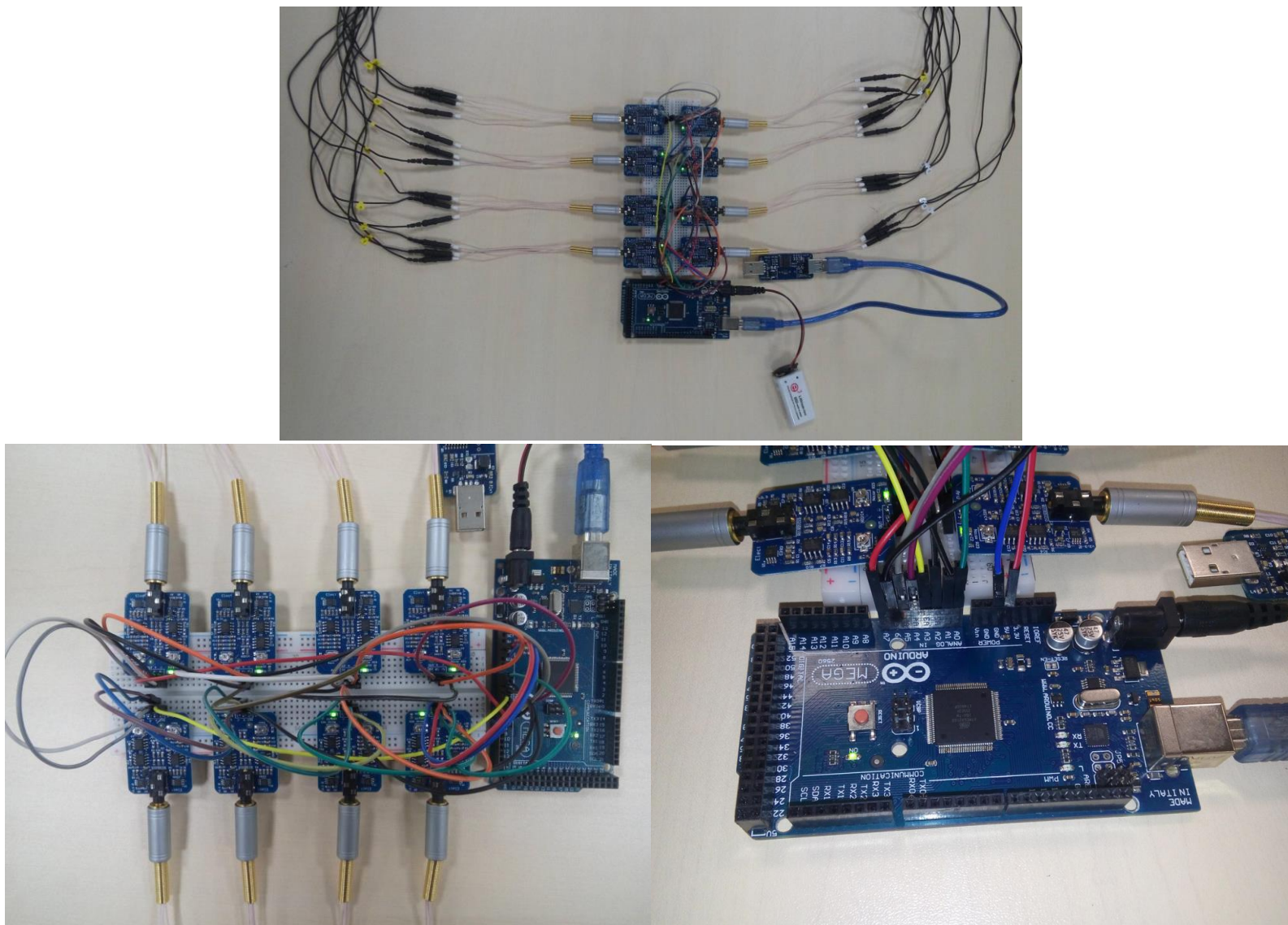


Рисунок 9 - Общий вид собранной установки

Далее следует надеть шапочку ЭЭГ и установить электроды в определенные посадочные места на ней.

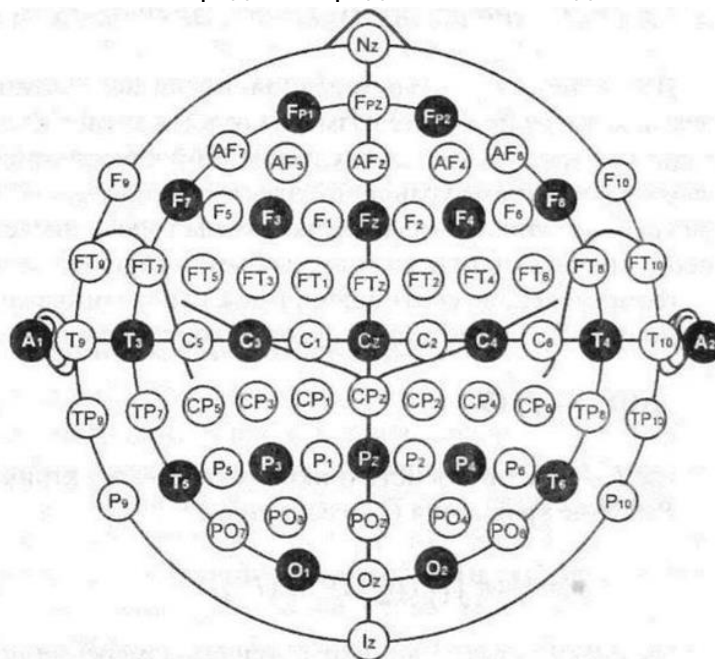


Рисунок 10 - Схема расположения электродов ЭЭГ

На данной схеме (рис. 10) вверху – нос, внизу – затылок, по бокам – уши.

Один канал ЭЭГ состоит из трех электродов – двух активных и одного референсного (который ранее был помечен узелком). Непосредственно сигнал регистрируют активные электроды, а референсный служит для «очистки» этого сигнала от различных помех, которые могут помешать нормальной работе оборудования.

Сигнал, который записывает такой канал ЭЭГ, представляет собой разность электрических потенциалов между двумя активными электродами. Соответственно, если оба этих электрода будут стоять в области, где что-то происходит (генерируются какие-то компоненты вызванных потенциалов), то мы не сможем увидеть это событие в ЭЭГ, поскольку на оба активных электрода будет приходить очень похожий сигнал, и разности между электродами практически не будет. Соответственно, для регистрации каких-то событий один активный электрод должен располагаться в области этого события, а второй – на некотором удалении, где это событие

уже не так сильно выражено, тогда в разности потенциалов между этими электродами отразится это событие электрической активности мозга, и мы сможем увидеть его в записанной ЭЭГ.

Когнитивный потенциал П300 и ряд зрительных вызванных потенциалов (ВП) обнаруживаются в достаточно обширных областях затылка (зрительные ВП), теменных и центральных областей (потенциал П300). Соответственно, один активный электрод мы располагаем ближе к центру этих событий (точки О2, Р2, С2, FT2), а второй – на возможно большем (но всё ещё разумном) удалении, например, ближе к уху и мастоиду. Это – точки FT10, Т10, TR10, Р10. Это точки для установки второго активного электрода. А между первым и вторым активными электродами устанавливаем референсный электрод. Расположим его посередине между двумя активными электродами, чтобы удаление нежелательных помех было наиболее эффективным.

### **Общие рекомендации:**

Аккуратно найдите точки инион и назион. При установке электродов в затылочной области следите, чтобы электроды не оказались на мышцах. Помимо того, что мышцы будут создавать помехи, в этих областях мозг находится слишком далеко для эффективной регистрации ЭЭГ. Найдите инион и верхнюю выйную (шейную) линию, самые нижние электроды должны стоять выше этой линии минимум на 1-2 сантиметра. Если электроды будут стоять прямо на этой линии, то, в силу анатомии, под ними будет в основном кость, а не мозг.

Часть электродов возле уха скорее всего попадёт на жевательные мышцы. Это не так опасно, обычно толщина этих мышц относительно невелика. Главное – проверить, что в процессе работы Ваши испытуемый не делает движений челюстями, создавая помехи в сигнале ЭЭГ от работающих в этом движении мышц.

Для получения хорошего сигнала под электроды вносится электропроводниковый гель. Гель вносится в чашку, которая прилегает к голове и в которую вставляется сам электрод. Чем больше геля под электродом, тем лучше контакт и меньше помех на этом электроде. Но если геля будет слишком много, тогда соседние электроды могут замкнуть, соответственно два или более каналов будут записывать один и тот же сигнал, или какое-то отведение ЭЭГ перестанет работать.

Кроме того, если при внесении геля в нём остается много воздушных пузырей, это ухудшит контакт и качество работы электрода. Для достижения оптимального результата убедитесь, что чашка стоит ровно и равномерно прилегает к голове, затем аккуратно заполните её гелем, после этого установите в чашку электрод. Или же можно сначала установить электрод, а затем через специальное отверстие заполнить пространство в чаше гелем, но при этом способе труднее контролировать наличие воздушных полостей в чашке под электродом.

**Возможная схема установки электродов** (расположение референсного электрода (с узелком) - по центру буквенной схемы):

C2 - C6 - T10  
C1 - C5 - T9  
FT1 - FT5 - FT9  
P1 - P5 - P9  
P2 - P6 - P10  
O2 - T6 - TP10  
O1 - T5 - TP9

Таким образом, C6, C5, F5, F6, P5, P6, T6, T5 - референсные электроды.

После установки электродов следует запустить визуализацию сигналов ЭЭГ и визуально оценить качество сигнала. При зашумлении сигнала ЭЭГ необходимо проверить качество установки электрода ЭЭГ в посадочное место на шапочке, удостовериться в достаточном количестве токопроводящего геля, проверить отсутствие растекания геля между электродами.

## Программная часть


В архиве, размещенном по [ссылке](#) находится программа для визуализации 9-ти каналов с аналоговых входов Arduino. На 10м графике показывается тестовый сигнал - счетчик отправленных пакетов.

BiTronics\_Studio\_eeg\_edition.exe - программа-визуализатор для просмотра сигналов. Чтобы программа визуализатор работала - нужно использовать тот формат передачи данных, который использован в наших скетчах:

due\_8\_channels\_read\_12b\_test.ino - тестовый скетч, который выдаёт сгенерированные данные

due\_8\_channels\_read\_12b.ino - рабочий скетч

- 1) установите Arduino Studio, а при необходимости - дополнительные драйвера под вашу плату Arduino (для этого достаточно установить Arduino IDE)
- 2) распакуйте скачанный архив в папку, из которой будете запускать программу - визуализатор сигналов. Вместе с программой в архиве находятся файлы и папки, необходимые для её работы.
- 3) подключите вашу плату Ардуино и с помощью Arduino Studio загрузите в неё скетч due\_8\_channels\_read\_12b\_test.ino.

- 4) Запустите программу-визуализатор BiTronics\_Studio\_eeg\_edition.exe, нажмите кнопку соединения  и в случае если плата Ардуино прошилась нормально и подключение в порядке вы должны увидеть следующую картину (рис. 11):

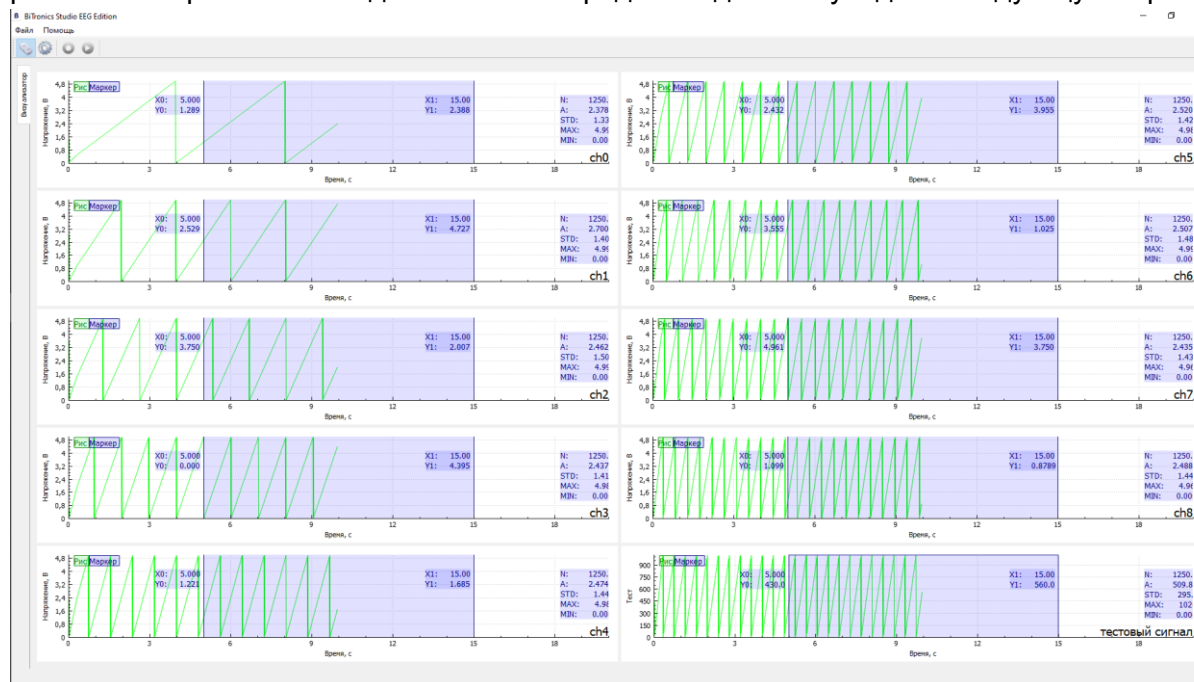



Рисунок 11 - Тестовые сигналы

- 5) Закройте программу-визуализатор и загрузите в Ардуино скетч due\_8\_channels\_read\_12b.ino. Это рабочий скетч, который считывает и передаёт данные с портов A0-A8, а десятым каналом отсылает тестовый сигнал циклично меняющийся от 0 до 1023.



6) Для сохранения получаемых данных в виде текстового файла необходимо открыть настройки (см. рис. 12) кнопкой , и в нижней строке появившегося окна выбрать желаемую папку для сохранения данных и нажать кнопку “Применить”

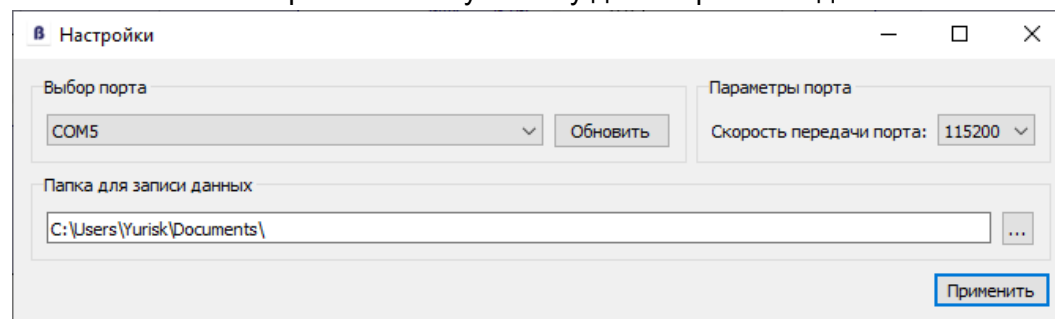



Рисунок 12 - Окно “Настройки”

Далее при нажатии в программе кнопки записи  начнется запись данных, а при выключении кнопки записи сохраненные данные будут записаны в файл с именем, состоящим из даты и времени записи с расширением “.dat”. В файле 10 столбцов данных, приходящих с Ардуино.