

**Демонстрационный вариант заданий для практической части
предпрофессионального экзамена в рамках проекта
«Инженерный класс в московской школе»
на площадке НИЯУ МИФИ**

Направление практической части: *Медико-инженерное*

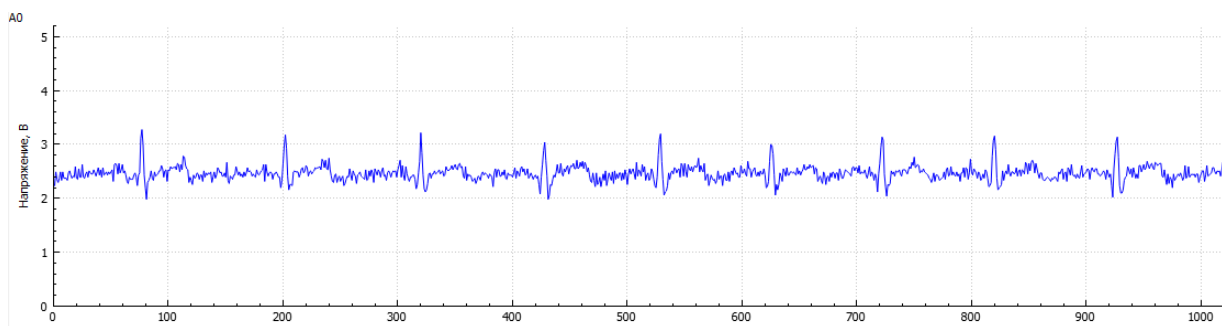
Направление подготовки: *Медико-инженерное*

Ситуационная задача «Измерение электрокардиограммы»

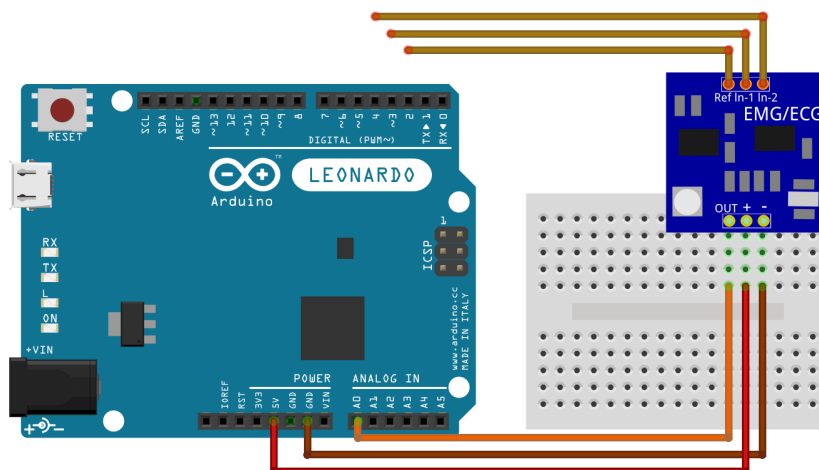
Оборудование: Электронный конструктор для изучения нейротехнологий "Юный нейромоделист" на платформе Arduino, компьютер.

Задача: Собрать из набора электронных модулей и сенсоров электрокардиограф, регистрирующий разность потенциалов, возникающую в мышце при ее сокращении или расслаблении, и провести измерение биосигналов сердца в покое и при физической нагрузке.

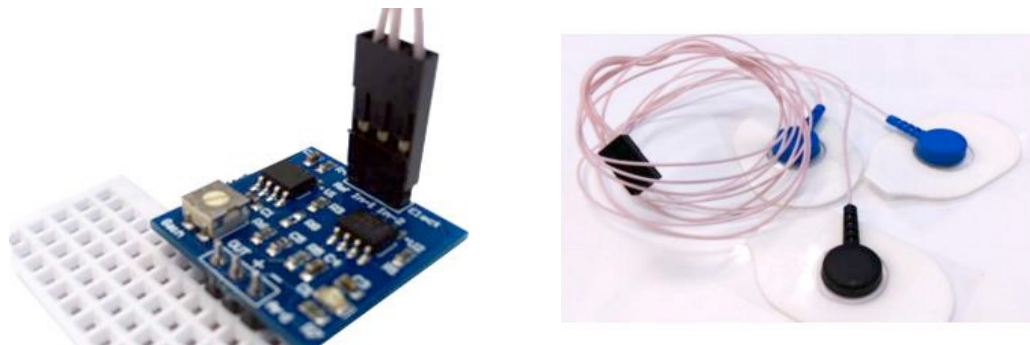
Указание. Электрокардиография - это методика регистрации и исследования электрических сигналов, образующихся при работе сердца.



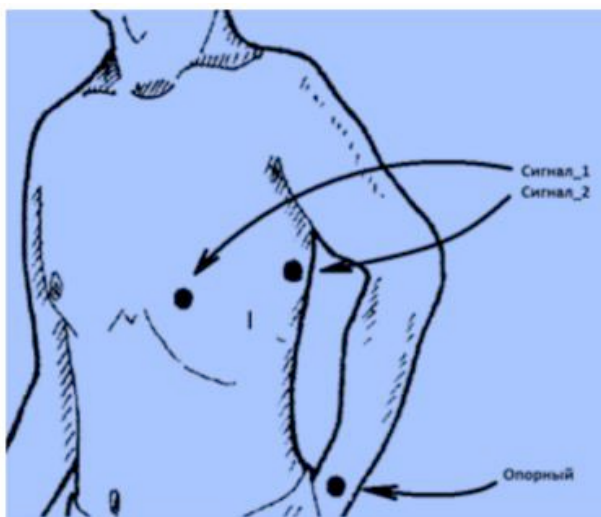
Модуль ЭКГ подключается к плате Arduino согласно данной схеме:



Шлейф для подключения электродов вставляется в разъем на плате “EMG/ECG”, причем окошечки с металлическими контактами в колодке должны смотреть в сторону платы. Это необходимо для корректного подключения референтного электрода в первых версиях модуля.



Для получения электромиограммы необходимо наклеить два электрода на кожу над мышцей вдоль роста мышечных волокон. Расстояние между центрами электродов должно быть около 2 сантиметров, при этом электроды могут немного перехлестываться. К этим двум электродам необходимо присоединить кнопки одинакового цвета. Третий электрод необходимо наклеить на локоть или запястье - к нему нужно подсоединить кнопку черного цвета.



Для получения электрокардиограммы необходимо разместить сигнальные электроды в области сердца, а опорный электрод (чёрного цвета) можно приклеить к локтю, или закрепить на запястье:

Также электрокардиограмму можно получить, наклеив на одно запястье рядом сигнальный электрод и опорный, на другое – второй сигнальный электрод. В случае если картина электрокардиограммы выглядит «перевернутой» - необходимо поменять сигнальные электроды местами.

После подключения модуля к плате Arduino и подключения соответствующих электродов к телу человека, можно приступить к изучению биосигналов. Для их визуализации нужно использовать программу Bitronics Lab. Программа, загруженная в процессор Arduino, считывает сигналы с аналоговых входов A0 (каждые 3 мс) и A1 (каждые 30 мс) и отправляет данные на компьютер. Программа Bitronics Lab позволяет визуализировать эти данные, записать их, увидеть спектр сигнала.

В данной работе необходимо, используя собранное оборудование, измерить и сравнить биосигналы сердца в спокойном состоянии и при воздействии физической нагрузки.

1. Находясь в спокойном состоянии с помощью программы визуализации Bitronics Lab записать фрагмент ЭКГ длительностью 40-60 сек в файл с именем ЭКГ_1.txt
2. Сделать быстро 20 приседаний и сразу записать фрагмент ЭКГ длительностью 40-60 сек в файл с именем ЭКГ_2.txt
3. Через 10 минут отдыха записать фрагмент ЭКГ длительностью 40-60 сек в файл с именем ЭКГ_3.txt

Критерии оценки :

1. участник не понял в принципе как можно измерить биосигналы сердца с помощью данного оборудования	0 баллов
2. участник понял основную идею и собрал нужный прибор	20 баллов
3. Сборка устройства и измерения, но полученные биосигналы отличаются от истинного более чем на 50%	40 баллов (в зависимости от результата)
4. Измерения выполнены, результат отличается от истинного менее, чем на 50 % , а также проведен грамотный анализ полученного результата	50 баллов
5. Качество оформления: если по записям на экзаменационном листе можно легко восстановить принципы измерений и расчетов (что мерялось и как вычислялось)	+10 баллов к оценке по пунктам 3 и 4

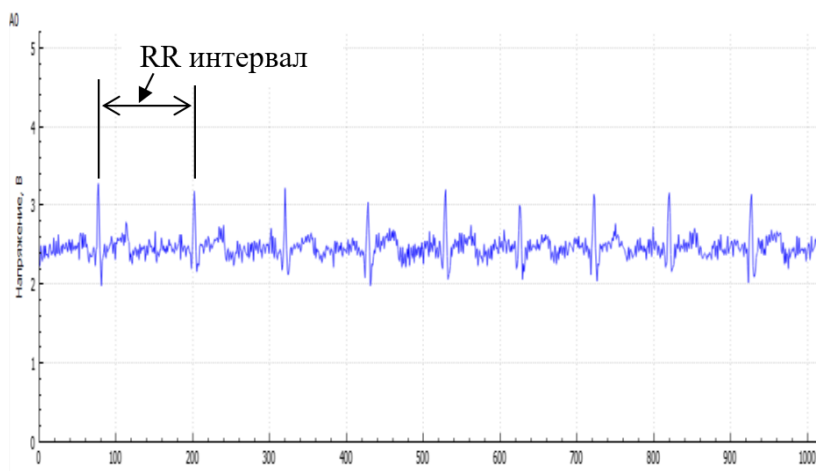
Порядок выполнения задания

1. Найти в Интернете информацию о порядке работы с электронным конструктором «Юный Нейромоделист» для изучения био- и нейро- сигналов человека. (раздел «Учебные материалы» на сайте BiTronics LAB)

2. Скачать и установить на ПК программную оболочку Arduino IDE, скетч (управляющую программу) для считывания ЭКГ датчика, библиотеку TimerOne и программу визуализации Bitronics Lab
3. Подключить плату Arduino к компьютеру через USB-кабель, загрузить в Arduino скетч и убедиться в работоспособности системы
4. Отключить питание (USB-кабель) от платы Arduino, подключить к ней измерительный модуль «EMG/ECG» с электродами, установленными на руке человека
5. Включить питание (USB-кабель) платы Arduino, запустить программу визуализации Bitronics Lab и убедиться в работоспособности собранного измерительного комплекса
6. Провести три измерения для исследования влияния физической нагрузки на изменение ЭКГ. (в покое, сразу после нагрузки, после 10 мин.отдыха). Записать фрагменты ЭКГ длительностью 40-60 сек в текстовые файлы
7. Загрузить текстовые файлы в таблицу Excel и обработать в полученные результаты (составить таблицы, графики, распределения RR-интервалов и объяснить биофизические основы наблюдаемого изменения биосигналов.
8. Составить краткий отчёт по выполненному заданию, включающий полученные экспериментальные данные (в виде графиков) и результаты обработки (в виде таблицы и графиков)

математическая Обработка полученных данных

Для математической обработки полученных данных измерений электрической активности сердца в покое и при физической нагрузке используется программа Excel. В данной работе нужно провести анализ RR-интервалов, включающий в себя вычисление статистических показателей распределения и построение интервалограммы и гистограммы.



Колебания вариативности или дисперсии RR интервалов отражают тонические и фазические команды вегетативных нервов на автоматию водителя ритма сердца. Гистографический анализ ритма сердца дает возможность количественной и дифференцированной оценки степени напряженности или тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также их взаимодействия в различных функциональных состояниях (покой, нагрузки, фазы сна).

Основные статистические параметры распределения RR интервалов:

- размер выборки N ;
- вариационный размах dX (мсек) – разность между максимальным и минимальным значениями;
- выборочное среднее M (мсек);

$$M = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N}$$

- стандартное среднеквадратичное отклонение S (мсек);

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (n_i - M)^2}{N - 1}}$$

- коэффициент вариации (относительная ошибка) $V = (S/M) 100\%$;

Интервалограмма представляет собой график изменения длительности RR интервалов в зависимости от порядкового номера кардиоинтервала.

Распределение RR интервалов (в виде гистограммы) – зависимость числа RR интервалов, попадающих в определённый временной интервал (бин). Длину бина принять равной 25 мсек. Такая нормализация обеспечивает хорошую сравнимость результатов.

Таблица 1. Статистические параметры распределения RR интервалов для трех измерений

	N	dX , мс	M , мс	S , мс	V , %
ЭКГ_1	20	200	800	200	25
ЭКГ_2	20	100	500	100	20
ЭКГ_3	20	150	700	150	22