

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МЭИ»

ПОДГОТОВКА К ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ
ЭКЗАМЕНУ В НИУ «МЭИ»

Методическое пособие для учащихся инженерных классов города Москвы по
подготовке к практической части предпрофессионального экзамена по медико-
инженерному направлению

Утверждено на заседании кафедры Основ радиотехники НИУ «МЭИ»

Методическое пособие предназначено для учеников 11-х инженерных классов, планирующих сдавать предпрофессиональный экзамен по медико-инженерному направлению в НИУ «МЭИ».

В пособии рассматриваются следующие вопросы:

- 1) знакомство с микроконтроллерной платформой Arduino Uno R3 и беспаячной макетной платой;
- 2) понятия цифровых и аналоговых сигналов, назначение аналогово-цифрового преобразователя (АЦП);
- 3) знакомство со средой программирования Arduino;
- 4) использование программы Fritzing совместно с платформой Arduino;
- 5) физические принципы действия цифровых и аналоговых датчиков – геркон, триггерный датчик Холла, линейный датчик Холла, фоторезистор, термистор и способы их подключения к платформе Arduino и написание программ для обработки данных с них;
- 6) физические принципы действия исполнительных устройств с аналоговым и цифровым управлением – светодиод, зуммер, электромагнитное реле и способы их подключения к платформе Arduino и написание программ для управления ими;
- 7) рассмотрение возможных способов формулировки заданий для билетов предпрофессионального экзамена по медико-инженерному направлению – использование различных измеряемых величин, исполнительных устройств и логических условий.

1. ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

При выполнении заданий практической части экзамена используется программируемая платформа Arduino Uno.

Рассмотрим эту платформу более подробно.

1.1. Платформа Arduino Uno

Используется плата Arduino Uno R3, построенная на основе 8-битного микроконтроллера Atmel ATmega328P.

Плата имеет 14 цифровых входов/выходов (6 из них имеют широтно-импульсную модуляцию – ШИМ), 6 входов аналогового преобразователя (АЦП) разрядности 10-бит, генератор 16 МГц, USB-разъем для питания и программирования, цилиндрический разъем питания, кнопку сброса, два разъема In-Circuit Serial Programming (ICSP) для подключения программатора (рис. 1).

На рис. 1 цифрами обозначены:

- 1 – разъем внешнего питания;
- 2 – USB-разъем для питания и программирования;
- 3 – светодиод RX, отображающий прием данных платой по последовательному порту (если это предусмотрено в программе);
- 4 – светодиод TX, отображающий передачу данных платой по последовательному порту (если это предусмотрено в программе);
- 5 – встроенный светодиод, подключенный через резистор к выходу 13;
- 6 – контакты платы: шина I2C (SCL, SDA); опорное напряжение (AREF); земля (GND), DIGITAL - цифровые входы/выходы (PWM~ - входы/выходы с ШИМ); RX и TX - определяют последовательный порт в уровнях TTL;
- 7 – светодиод питания платы;
- 8 – кнопка сброса программы (Reset);
- 9 – разъем ICSP для программатора;

10 – входы АЦП (ANALOG IN); разъемы питания (POWER): Vin - внешнее напряжение питания (используется для питания подключенных к плате внешних элементов от цилиндрического разъема питания или подачи такого напряжения), GND - земля; 5V и 3.3V - соответственно напряжения 5 и 3.3 вольта, формируемые стабилизаторами платы; RESET - вход для сигнала сброса; IOREF - выход опорного напряжения платы.

Более полная и подробная информация о плате Arduino Uno R3 может быть получена на странице официального сайта продукта.

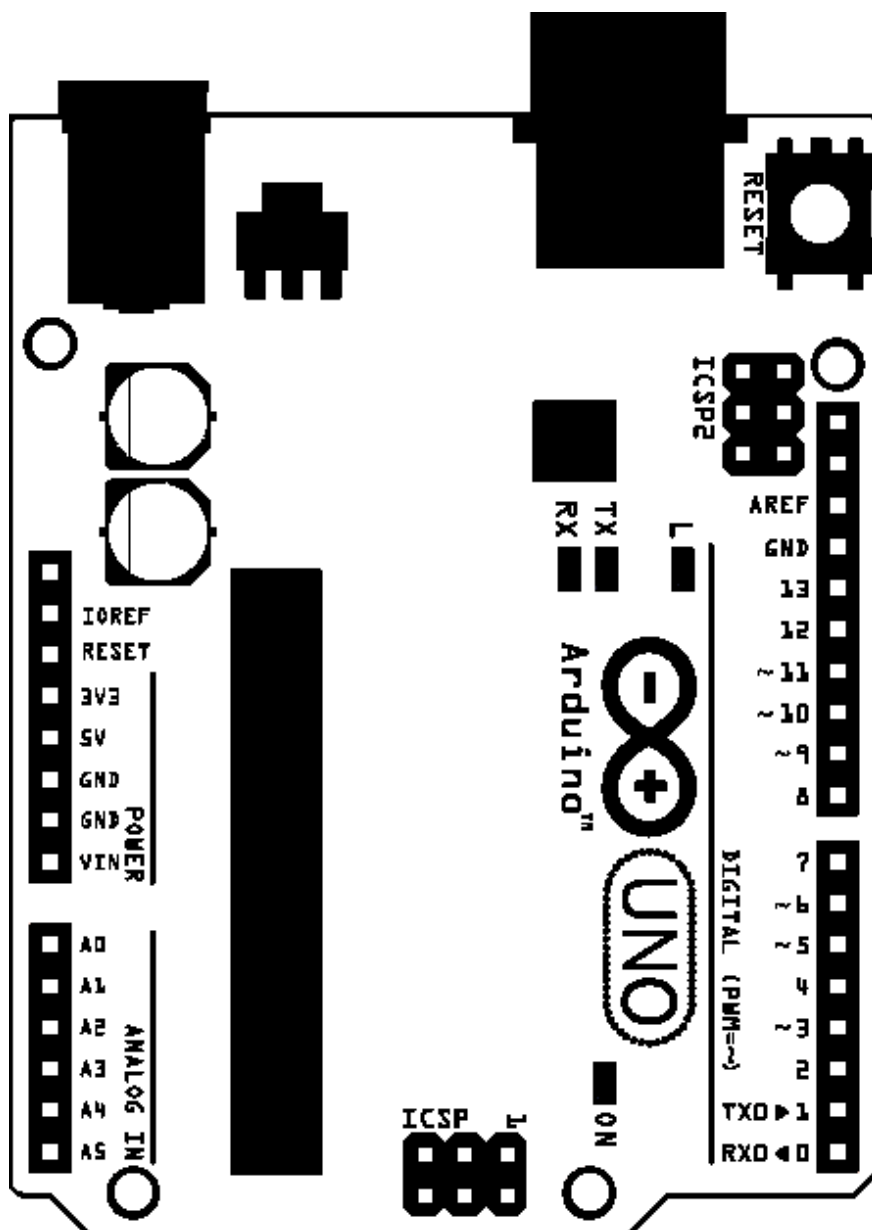


Рис. 1. Внешний вид платы Arduino Uno R3

Принципиальные электрические схемы, использующие платы Arduino, могут быть выполнены в программе Fritzing. Пример условного графического обозначения платы Arduino Uno R3 приведен на рис. 2.

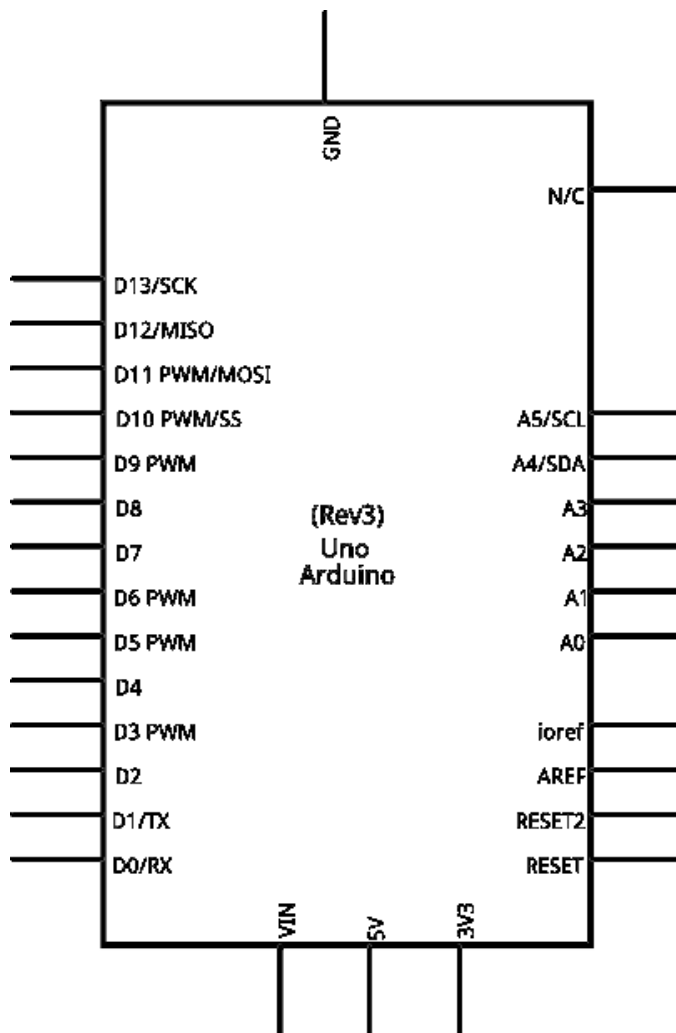


Рис. 2. Условное графическое обозначение платы Arduino Uno R3 в программе Fritzing

1.2. Безпаечная макетная плата

Для соединения элементов между собой и их подключения к платформе Arduino обычно используется макетная плата, не требующая пайки. Такие платы принято называть breadboard (англ., дословно «хлебная плата»). Вид платы представлен на рис. 3.

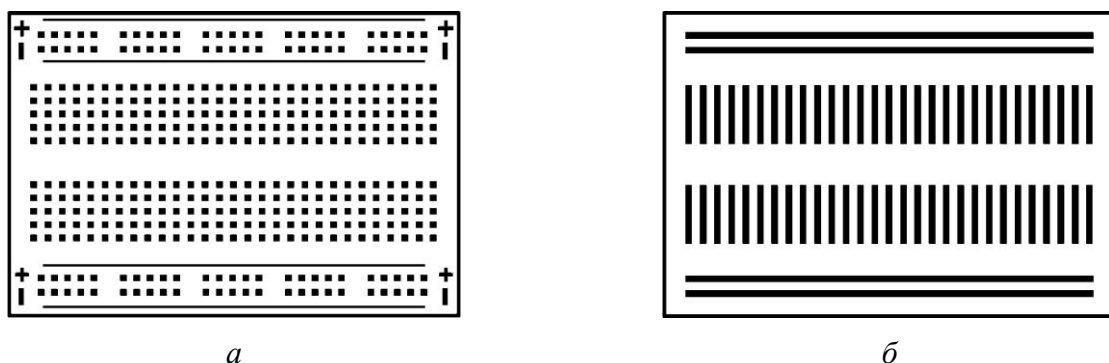


Рис. 3 – Макетная плата breadboard – вид сверху в сборе (а) и вид снизу разобранной платы (б)

Как можно видеть по рис. 3, такие платы разделены на две симметричные части, имеют шаг отверстий в 2.54 мм, соответствующий корпусам микросхем Dual In-line Package (DIP). По длинной стороне располагаются протяженные группы контактов, которые обычно используются для распределения питания между элементами схемы. При этом красная линия контактов подключается к положительному полюсу питания (например, +5 В), а синяя – к отрицательному (или земле, GND).

По короткой стороне расположено две группы вертикальных контактов по пять элементов в каждой, служащих для соединения элементов между собой. Горизонтальная линия разделения вертикальных контактов позволяет удобно подключать корпуса микросхем типа DIP.

Подключение датчиков и исполнительных устройств может выполняться как напрямую к плате Arduino с помощью проводов, так и через макетную плату.



1.3. Аналоговые и цифровые сигналы

Платформа Arduino использует микроконтроллер AVR, который может работать с цифровыми (низкий или высокий уровень) и аналоговыми сигналами (меняются плавно в некотором диапазоне напряжений).

Для чтения аналогового сигнала в программах необходимо использовать функцию `analogRead`. Для чтения цифрового сигнала – функцию `digitalRead`, а для вывода цифрового сигнала – функцию `digitalWrite`. Примеры использования таких функций будет приведены далее.

1.4. Среда программирования Arduino

Среда программирования Arduino может быть установлена на любой компьютер, работающий под операционными системами Microsoft Windows, Apple macOS или дистрибутивами GNU/Linux. В первом приближении среда представляет собой текстовый редактор со встроенным компилятором программ на C-подобном языке программирования Arduino и программой для загрузки программ в плату, работающую под управлением микроконтроллера.

Перед загрузкой программы в плату ее следует проверить с помощью кнопки . При отсутствии ошибок программу следует загрузить в плату с помощью кнопки .

1.5. Программа Fritzing

Программа Fritzing обычно используется в качестве дополнения к среде Arduino. Она позволяет рисовать электрических схемы, включающие плату Arduino, и подключаемые к ней внешние компоненты.

1.6. Цифровые и аналоговые датчики

В заданиях предпрофессионального экзамена используются следующие датчики: геркон, триггерный датчик Холла, линейный датчик Холла, фоторезистор, термистор и другие.

Все используемые датчики выполнены в едином схемотехническом исполнении, на их корпусах используются следующие обозначения:

- S – выход информационного сигнала (используется yellow-желтый провод);
- R (или V+, VCC, +) – питание +5 В (используется red-красный провод);
- G (или GND, –) – общий, GND (используется black-черный провод).

Рассмотрим эти датчики более подробно.

Модуль геркона замыкает электрическую цепь под воздействием поля постоянного магнита, представлен на рис. 4. Такой датчик имеет цифровой выход.

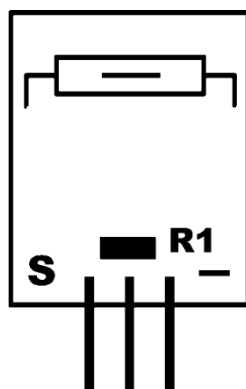


Рис. 4. Модуль выключателя на основе геркона

Модуль цифрового датчика Холла изменяет свои электрические характеристики под воздействием магнитного поля, представлен на рис. 5.

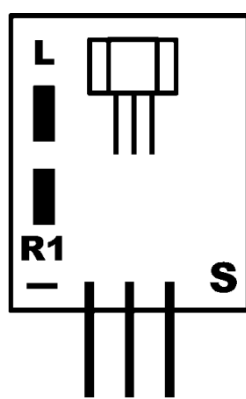


Рис. 5. Модуль датчика Холла

Модуль линейного датчика Холла плавно изменяет свои электрические характеристики под воздействием магнитного поля, представлен на рис. 6. Такой датчик имеет аналоговый выход.

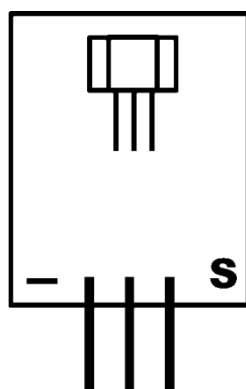


Рис. 6. Модуль линейного датчика Холла

Модуль фоторезистора изменяет свое сопротивление под воздействие света, представлен на рис. 7. Такой датчик имеет аналоговый выход.

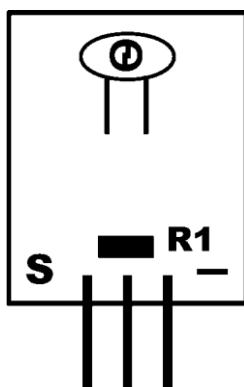


Рис. 7. Модуль фоторезистора

Модуль термистора изменяет свое сопротивление под воздействием температуры (путем нагрева или охлаждения), представлен на рис.8. Такой датчик имеет аналоговый выход.

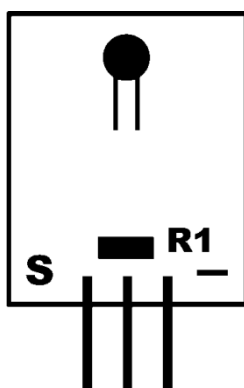


Рис. 8. Модуль термистора

Модуль датчика наклона замыкает электрическую цепь при механическом воздействии, представлен на рис. 9. Такой датчик имеет цифровой выход.

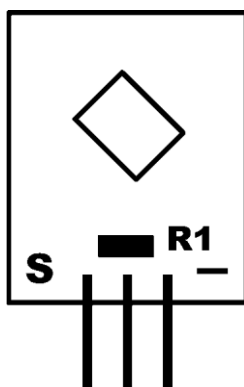


Рис. 9. Модуль датчика наклона

Для получения сигналов с приведенных выше аналоговых датчиков, подключенных ко входу A0, могут быть использованы следующие строки программного кода:

```
int sensor_state = 0; – инициализация значения переменной.
```

```
sensor_state = analogRead(A0); – чтение значения с аналогового датчика и его сохранение в переменной sensor_state.
```

Для получения сигналов с приведенных выше цифровых датчиков, подключенных ко входу 2, могут быть использованы следующие строки программного кода:

```
int sensor_state = 0; – инициализация значения переменной.
```

```
sensor_state = digitalRead(SENSOR_PIN); – чтение значения с цифрового датчика и его сохранение в переменной sensor_state.
```

Перейдем к рассмотрению исполнительных устройств.

1.7. Цифровые и аналоговые исполнительные устройства

В заданиях предпрофессионального экзамена используются следующие исполнительные устройства: светодиод, зуммер, электромагнитное реле и другие.

Для световой индикации используется светодиод, встроенный в плату Arduino Uno, подключенный к цифровому выходу 13. Для управления свечением светодиода могут быть использованы следующие строки программного кода:

```
digitalWrite(13, HIGH) - включение светодиода;
```

```
digitalWrite(13, LOW) - выключение светодиода.
```

Модуль зуммера выполнен в схмотехническом исполнении, аналогичном сенсорам при использовании следующих обозначений:

- S – выход или вход информационного сигнала (используется yellow-желтый провод);
- R (или V+, VCC, +) – питание +5 В (используется red-красный провод);
- G (или GND, –) – общий, GND (используется black-черный провод).

Внешний вид модуля зуммера представлен на рис. 10. Такой датчик имеет цифровой вход.

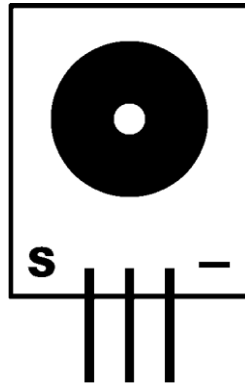


Рис. 10. Модуль зуммера

При подключении модуля зуммера к 4 цифровому выходу могут быть использованы следующие строки программного кода для управления зуммером:

`digitalWrite(4, HIGH)` - для начала выдачи звукового сигнала;

`digitalWrite(4, LOW)` - для прекращения выдачи звукового сигнала.

Выдача исполнительного воздействия по условию может быть выполнена с помощью простейшей конструкции `if ... else`. В случае цифрового датчика могут быть использованы следующие строки программного кода:

```
if (sensor_state == HIGH) {  
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);  
}
```

В случае аналогового датчика с заданием порога > 600 могут быть использованы следующие строки программного кода:

```
if (sensor_state > 600) {  
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);  
}
```

Рассмотрим принцип формирования экзаменационных заданий.

1.8. Принцип формирования заданий экзамена

Задания предпрофессионального экзамена формируются следующим образом: выбирается датчик, основанный на некотором физическом принципе, затем выбирается способ индикации области значения величины, регистрируемой датчиком – например, звуковая или световая индикация. В результате должна быть собрана схема, обеспечивающая подключение датчика и исполнительного устройства к плате Arduino, и написана программа для опроса датчика и выдачи сигнала на исполнительное устройство по заданному критерию.

2. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО БИЛЕТА

Формулировка задания билета

Контроль уровня магнитного поля магнитотерапевтического медицинского аппарата с помощью линейного датчика Холла и звуковой сигнализации в случае превышения порога в 600 единиц.

Наименования используемого оборудования:

1. Персональный компьютер.
2. Плата Arduino Uno R3.
3. Кабель USB A-B для подключения платы Arduino к компьютеру.
4. Макетная плата.
5. Соединительные провода с разъемами.
6. Модуль линейного датчика Холла.
7. Постоянный магнит.
8. Модуль зуммера.

Описание методики проведения эксперимента

Должно быть выполнено подключение модуля с линейным датчиком Холла и зуммера к плате Arduino Uno. Для подключения должны быть использованы монтажные провода и макетная плата.

Для микроконтроллера должна быть написана программа, осуществляющая контроль уровня магнитного поля, измеренного линейным датчиком Холла и звуковую сигнализацию его значения по следующему принципу: зуммер должен издавать звуковой сигнал только в случае превышения порога в 600 единиц.

Программа должна быть загружена в плату, её работа должна быть продемонстрирована экзаменатору.

РЕШЕНИЕ

Должна быть собрана электрическая схема, представленная на рис. 11.

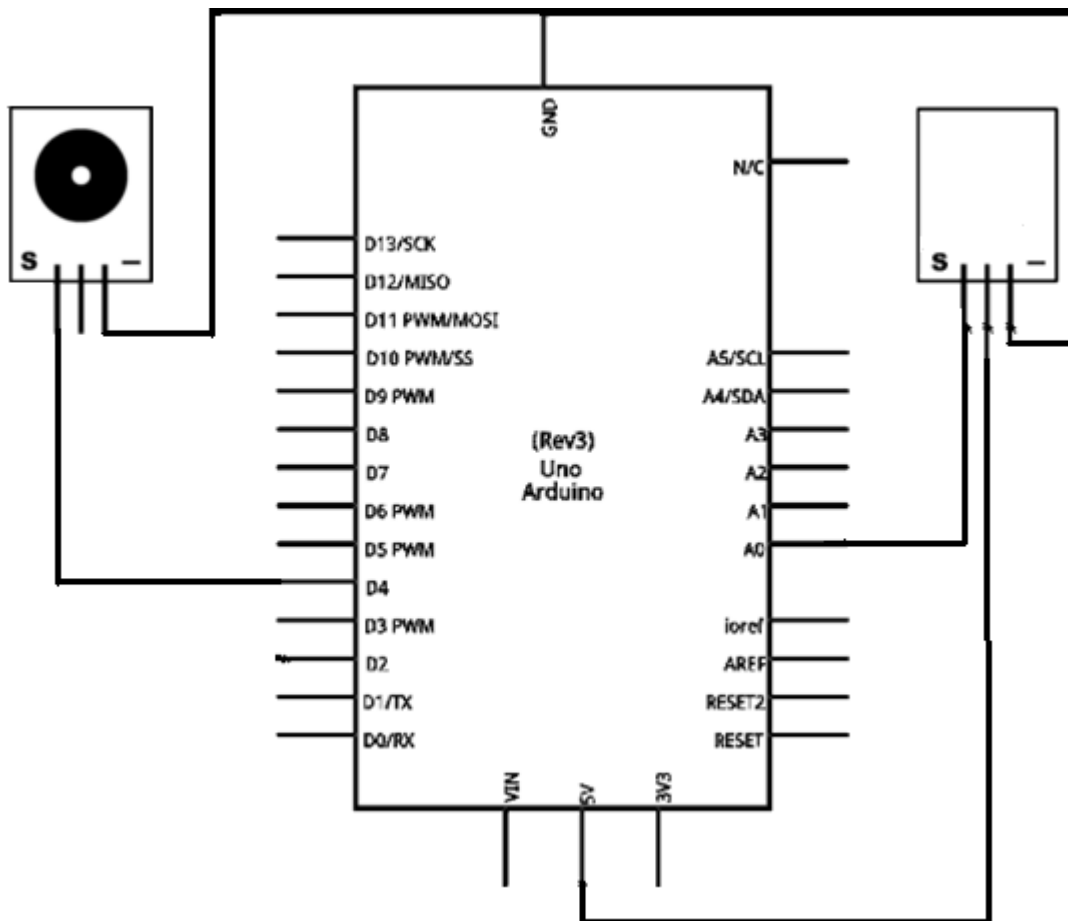


Рис. 11. Схема подключение датчика к плате Arduino Uno

В среде программирования Arduino должна быть написана программа, код которой представлен ниже:

```
#define SENSOR_PIN A0 // номер контакта, к которому подключен датчик
#define BUZZER_PIN 4 // номер контакта, к которому подключен зуммер
int sensor_state = 0; // состояние датчика (0 или 1)

void setup(void)
{
    Serial.begin(9600); // открываем порт
    pinMode(SENSOR_PIN, INPUT); // контакт датчика - это вход
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT); // контакт зуммера - это выход
}

void loop(void)
{
    // чтение состояния датчика
    sensor_state = analogRead(SENSOR_PIN);
    // вывод значения в порт
    Serial.println(sensor_state);
    if (sensor_state > 600) {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    }
}
```

}

Программа должна быть загружена в плату и должно быть продемонстрировано её правильное функционирование в соответствии с заданием. Значения, регистрируемые датчиком должны быть проконтролированы с помощью *Монитора порта* или *Плоттера по последовательному соединению*.

3. ЛИСТ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

№	Критерии	Максимальные баллы
1.	Практическая реализуемость решения	8 баллов
2.	Обоснование использованных методов и применение современного оборудования	6 баллов
3.	Применение практических навыков (hard skills) в выполнении работы	5 баллов
4.	Правильность полученных результатов	7 баллов
5.	Правильность представления теории, на которой основана задача	7 баллов
6.	Самостоятельность выполнения работы	6 баллов
7.	Умение аргументировать заключения и выводы	6 баллов
8.	Умение отвечать на вопросы	5 баллов
9.	Культура публичного выступления	5 баллов
10.	Полнота ответов на дополнительные вопросы	5 баллов
Максимально возможное количество баллов:		60 баллов

4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

ВАРИАНТ 1

Контроль открытия двери шкафа с ценным медицинским оборудованием с помощью датчика Холла и световой индикации.

Задание

Должно быть выполнено подключение модуля с датчиком Холла к плате Arduino Uno. Для подключения должны быть использованы монтажные провода и макетная плата.

Для микроконтроллера должна быть написана программа, осуществляющая контроль состояния датчика Холла и световую индикацию его состояния по следующему принципу: встроенный в плату Arduino Uno светодиод должен загораться только в случае отсутствия постоянного магнита рядом с ним.

Программа должна быть загружена в плату, её работа должна быть продемонстрирована экзаменатору.

ВАРИАНТ 2

Контроль уровня магнитного поля магнитотерапевтического медицинского аппарата с помощью линейного датчика Холла и световой индикации в случае превышения порога в 600 единиц.

Задание

Должно быть выполнено подключение модуля с линейным датчиком Холла к плате Arduino Uno. Для подключения должны быть использованы монтажные провода и макетная плата.

Для микроконтроллера должна быть написана программа, осуществляющая контроль уровня магнитного поля, измеренного линейным датчиком Холла и световую индикацию его значения по следующему принципу: встроенный в плату Arduino Uno светодиод должен загораться только в случае превышения порога в 600 единиц.

Программа должна быть загружена в плату, ее работа должна быть продемонстрирована экзаменатору.

ВАРИАНТ 3

Контроль уровня освещенности рабочего места медицинского лаборанта с помощью фоторезистора и звуковой сигнализации в случае превышения порога в 300 единиц.

Задание

Должно быть выполнено подключение модуля фоторезистора и зуммера к плате Arduino Uno. Для подключения должны быть использованы монтажные провода и макетная плата.

Для микроконтроллера должна быть написана программа, осуществляющая контроль уровня освещенности, измеренного фоторезистором и звуковую сигнализацию его значения по следующему принципу: зуммер должен издавать звуковой сигнал только в случае превышения порога в 300 единиц.

Программа должна быть загружена в плату, ее работа должна быть продемонстрирована экзаменатору.

ЖЕЛАЕМ УДАЧИ НА ЭКЗАМЕНЕ!!!

ВЫПИСКА

из протокола № 8

заседания кафедры Основ радиотехники

от 22 апреля 2020 года

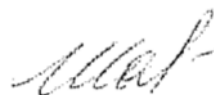
СЛУШАЛИ: сообщение Стрелкова Н.О. о методическом пособии Стрелкова Н.О. «Подготовка к предпрофессиональному экзамену в НИУ «МЭИ» для учащихся инженерных классов города Москвы по подготовке к практической части предпрофессионального экзамена.

ПОСТАНОВИЛИ: Утвердить методическое пособие Стрелкова Н.О. «Подготовка к предпрофессиональному экзамену в НИУ «МЭИ» для учащихся инженерных классов города Москвы по подготовке к практической части предпрофессионального экзамена.

Объем – 1.0 авт.л.

Зав. кафедрой основ радиотехники,

доцент



Шалимова Е.В.

Ученый секретарь кафедры основ радиотехники,

доцент



Стрелков Н.О.