

Олимпиада «Высшая проба» проводится при поддержке Сбера, приветствуем участников соревнования!

Сбер – лидер по созданию инноваций, которые эффективно интегрируются в жизнь людей.



Поздравляем – ты являешь участником заключительного этапа олимпиады по направлению «Инженерные науки».

Вперед к наукоемким технологиям! Желаем тебе блистательной победы!

**Время выполнения – 200 минут.**

**Пишите разборчиво. Ответ пишите на странице с соответствующим номером вопроса. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Черновики не оцениваются.**

**(Максимальное количество баллов – 100)**

**Задача 1 (Максимум – 25 баллов).**

В городе разрабатывается система оптимального хранения информации о дорожной сети. Дорожная сеть описана матрицей смежности графа, который содержит транспортные узлы 1, 2, 3, 4, однако матрица заполнена особым образом. Сперва необходимо вычислить логические выражения, если они равны 1, то ребро между вершинами есть, если 0, то ребра нет. Известно, что  $A = 0$ ,  $B = 0$ ,  $C = 1$ ,  $D = 1$ .

	1	2	3	4
1	$A*B$	$C*D$	$A+C$	$B*D$
2	$A*C$	$A*B$	$D+C$	$C*D$
3	$A*D$	$B*D$	$A*B$	$A+D$
4	$B*C$	$A*D$	$B*D$	$A*B$

Если ребро между вершинами графа существует, то в матрице отражена длительность пути в часах между транспортными узлами. Количество часов выражено в двоичной системе счисления.

	1	2	3	4
1	110	101	110	10
2	101	110	10	11
3	1110	101	110	1110
4	1110	1110	101	110

1. Отобразите матрицу смежности, где вместо логических выражений будут 0 и 1, показывающие наличие и отсутствие ребер.
2. Отобразите матрицу смежности, где вместо 0 и 1, будут указаны часы, которые тратятся на дорогу между транспортными узлами (в десятичной системе счисления).
3. Определите максимальную и минимальную степени вершин в графе, запишите их без пробелов в порядке убывания.
4. Найдите общий вес графа.
5. Определите минимальный путь (время) из узла 1 до узла 4.

*Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. В бланке ответов участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.*

**Задача 2 (Максимум – 25 баллов).**

В рамках проекта "Умный город" на станции грузового узла были установлены пять одинаковых инновационных кранов с электрическими двигателями.

Упрощенная электрическая схема грузового узла представлена на рисунке 1. Краны обозначены резисторами  $R_{K1}=R_{K2}=R_{K3}=R_{K4}=R_{K5}$ . Падение напряжения на пяти параллельно подключенных двигателях составляет  $U_K=380$  В (идеальный вольтметр  $V_K$ ), а КПД каждого двигателя равен  $\eta=80\%$ . Другие элементы грузового узла представлены в виде резисторов  $R_1=1,5$  Ом,  $R_2=1,2$  Ом,  $R_3=1$  Ом,  $R_4=0,5$  Ом.

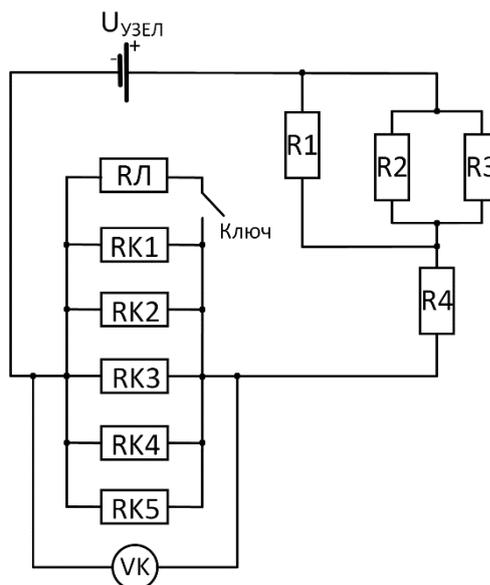


Рисунок 1. Упрощенная электрическая схема грузового узла.

Транспортный узел может работать в трех режимах от которых зависит скорость подъема груза:

1. «Нормальный рабочий». В «Нормальном рабочем» режиме известно, что кран поднимает груз массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров за  $t_H=40$  секунд. Ключ разомкнут.
2. «Максимальный». В «Максимальном» режиме известно только, что ток через электрический двигатель каждого крана равен  $I_{\max}=20$  А. Ключ разомкнут.
3. «Расширенный». В «Расширенном» режиме с целью повышения автоматизации, к кранам в цепь параллельно подключили автономную конвейерную ленту с сопротивлением  $R_Л=100$  Ом (ключ замкнут). Сопротивление каждого крана  $R_К$  в этом режиме соответствует сопротивлению  $R_К$  в «Максимальном» режиме. Для сохранения напряжения  $U_К=380$  В на участке цепи, где параллельно подключены пять кранов, и конвейерная лента (вольтметр VK) напряжение источника  $U_{УЗЕЛ}$  питающего весь грузовой узел увеличено и принимает значение  $U_{УЗЕЛ\_P}$ .

В «Нормальном рабочем» режиме определите потребляемую мощность двигателя  $P_{П\_H}$  и ток  $I_{К\_H}$ , протекающий через двигатель при поднятии груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров за  $t_H=40$  секунд.

В «Максимальном» режиме определите с какой скоростью кран сможет поднять груз весом  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров, если ток, протекающий через двигатель, будет равен  $I_{К\_max}=20$  А.

В «Расширенном» режиме определите ток  $I_{К\_P}$ , протекающий через каждый электрический двигатель крана, и определите время подъема  $t_P$  груза весом  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Определите потребляемую мощность  $P_{П\_H}$  двигателя для случая поднятия груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров за  $t_H=40$  секунд в «Нормальном» режиме.
2. Определите ток  $I_{К\_H}$ , протекающий через двигатель для случая поднятия груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров за  $t_H=40$  секунд в «Нормальном» режиме.

3. Определить скорость поднятия груза  $V_{\max}$  массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров, если через каждый двигатель протекает ток  $I_{K_{\max}}=20$  А в «Максимальном» режиме.
4. Определите ток  $I_{K_p}$ , протекающий через двигатель для случая поднятия груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров в «Расширенном» режиме.
5. Определите напряжение источника  $U_{\text{УЗЕЛ}_p}$  для случая поднятия груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=15$  метров в «Расширенном режиме».

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. В бланке ответов участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

### Задача 3 (Максимум – 25 баллов).

Рассмотрим робота, который движется по последовательным полуокружностям радиуса  $R=2$  м. Центры полуокружностей расположены на одной горизонтальной линии чередуясь по горизонтали как показано на рисунке 2. Робот движется с изменяющимися параметрами, а его путь можно проанализировать по различным физическим аспектам.

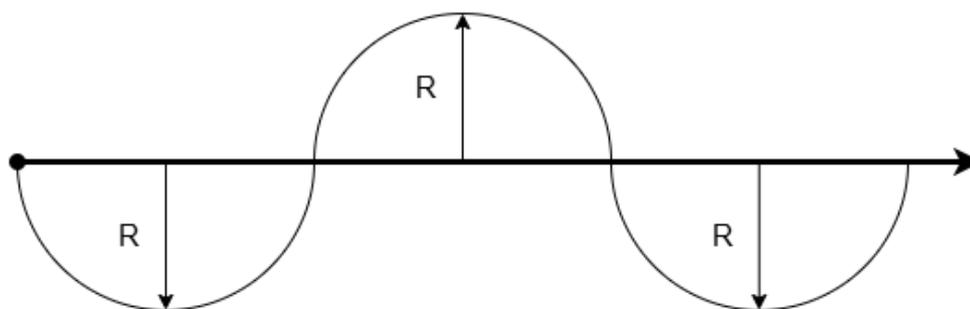


Рисунок 2. Траектория движения робота.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Какое расстояние робот пройдет вдоль полуокружности радиуса  $R$ , если он движется с постоянной скоростью  $V=1$  м/с? Сколько времени это займет?
2. Какую силу тяги  $F$  необходимо приложить к роботу, чтобы он двигался вдоль полуокружности радиуса  $R$  с постоянной скоростью  $V=3$  м/с, если масса робота  $m=5$  кг? Силой трения пренебречь.
3. Если робот движется по полуокружности радиуса  $R$  со скоростью  $V=2$  м/с, сколько импульсов зафиксирует энкодер после прохождения одной полуокружности, если радиус колеса  $r=5$  см, а энкодер фиксирует один импульс за  $2\pi$  радиан?
4. Сколько импульсов зафиксирует энкодер после прохождения 5 полуокружностей, и каково двоичное представление этого числа, если регистр энкодера содержит 8 бит?
5. Робот движется по полуокружностям радиуса  $R$  на горизонтальной плоскости. Каждая полуокружность сопровождается изменением скорости из-за сопротивления трения  $F_{\text{тр}}=2$  Н. Начальная скорость робота  $V_0=5$  м/с. Найдите конечную скорость  $V_k$  робота после прохождения 3 полуокружностей.

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. В бланке ответов участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

**Задача 4 (Максимум – 25 баллов).**

На острове с вулканом установлены 5 сейсмографов старого и нового образца (см. рис. 3). Данные от старых сейсмографов записываются в четверичной системе счисления, данные от современных – в восьмеричной для более чувствительной регистрации (два уровня полосы современного сейсмографа соответствуют одному уровню старого устройства). Они регистрируют колебания земли вдоль оси  $Ox$ .

Страница журнала, в который записываются данные от сейсмографов в порядке их попадания в базу данных геологов, представлена в таб. 1. Регистрируется координата сейсмографа  $Y$ , отсчет времени  $t$ , когда устройство прислало данные, и уровни пика, зарегистрированные за временной интервал  $[t - 1, t)$ . Время указывается в секундах с момента последней калибровки устройства (все устройства не синхронизированы между собой и запущены в разное время).

Для анализа  $i$ -той строки журнала используется следующая логическая функция:

$$F(i) = W(10) + W(1 + l_{i-1}) + (Check \rightarrow W(5)),$$

где

$l_i$  – длина  $i$ -той строки (количество пиков);

$p_i$  – количество пиков уровней 2-5 в  $i$ -той строке;

$$W(n) = \begin{cases} 1, & l_i > n \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$Check = \begin{cases} 1, & l_i \geq 2 \cdot p_i \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

На рис. 4 и 5 изображена регистрация одного и того же колебания двумя сейсмографами: старым и современным – в течение первой секунды их работы.

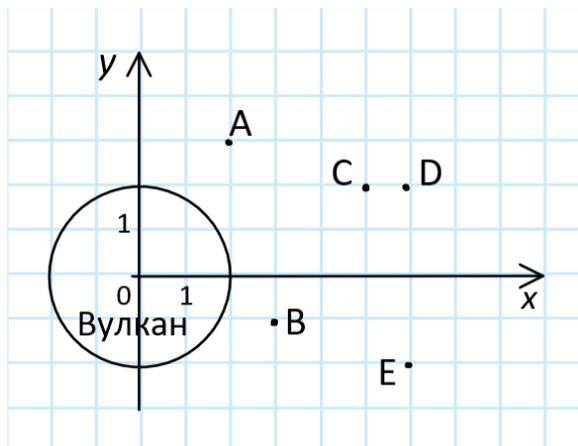


Рисунок 3. Карта острова

№	Координата Y	Время, с	Уровни пика
1.	3	10	16172
2.	-1	16	212
3.	2	18	2121
4.	2	13	43434
5.	3	11	73726
6.	-2	18	4343
7.	2	14	3434
8.	2	19	21212
9.	-1	17	13031
10.	3	12	160527
11.	-1	18	31313
12.	-2	19	4342
13.	2	15	261627
14.	2	20	12121
15.	3	13	2614
16.	-1	19	3021
17.	2	16	27360
18.	-2	20	4343
19.	-2	21	4261626
20.	3	14	2434
21.	2	21	30313
22.	-1	20	31302
23.	2	17	6153
24.	-2	22	26260
25.	2	22	13130

Таблица 1. Страница журнала данных

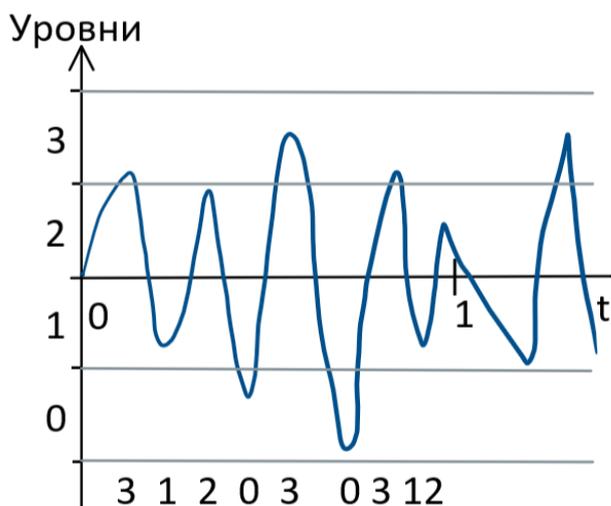


Рисунок 4. Сейсмограф старого образца регистрирует 312030312

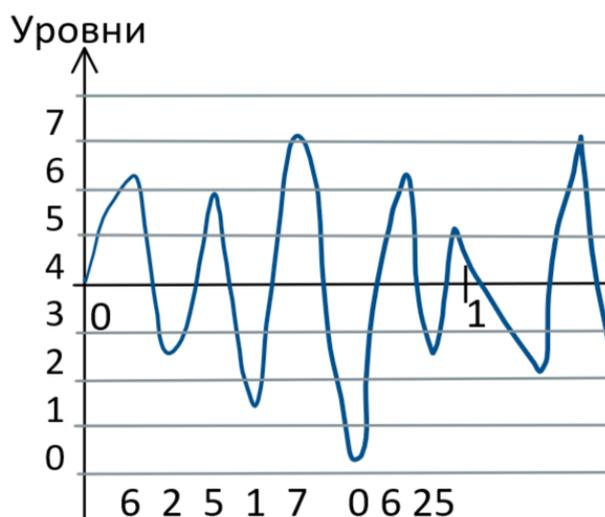


Рисунок 5. Современный сейсмограф регистрирует 625170625

**Задания:**

- 1) Определите по странице журнала, какие сейсмографы на острове гарантированно нового образца. Перечислите их буквенные обозначения.
- 2) В бланк ответов перерисуйте декартову систему, изображенную на рис. 6. На ней изобразите сейсмограмму с 12 до 14 секунды работы сейсмографа А. Отметьте уровни пиков на вертикальной шкале, отсчёты времени и изобразите кривую, нарисованную самописцем на ленте.
- 3) Определите, сколько раз логическая функция  $F$  будет истинной при получении данных от сейсмографа Е на основании страницы журнала. Для первого полученного сообщения от устройства Е расчеты производить не надо.

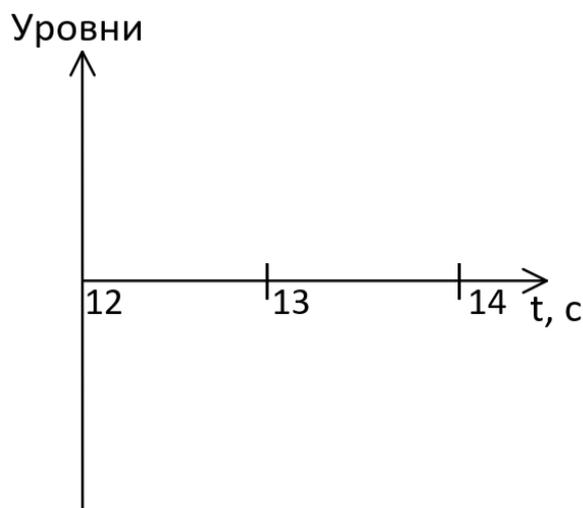


Рисунок 6. Декартова система

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. В бланке ответов участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

**Задача 5 (Максимум – 25 баллов).**

В условиях современного умного города оптимизация энергопотребления и автоматизация инфраструктуры играют ключевую роль в повышении эффективности и удобства городской среды. Одной из таких систем является автоматизированное управление уличным освещением на основе сенсоров и микроконтроллеров.

Вы разрабатываете прототип системы для автоматического управления уличными светильниками на основе яркости окружающего освещения. Потенциометр в данной системе имитирует датчик освещённости, который определяет уровень света в окружающей среде (например, дневной свет или сумерки). Arduino Uno обрабатывает полученные данные и принимает решение об интенсивности освещения.

На рисунке 7 представлена монтажная схема разработанного прототипа, она включает в себя микроконтроллер Arduino Uno, резисторы с сопротивлением  $R = 10$  Ом, лампу накаливания с внутренним сопротивлением  $R_{\text{лам}} = 48,077$  Ом, потенциометр, вольтметры V1, V2, V3, амперметр A1, а также монтажную плату и соединительные провода. На рисунке 8 представлен программный код, загруженный в память Arduino Uno.

Проанализируйте монтажную схему и программный код, и ответьте на следующие вопросы:

1. Перерисуйте монтажную схему в виде электрической схемы цепи (вольтметр V3 и потенциометр из электрической схемы исключить). Чему равняется эквивалентное сопротивление электрической цепи, если показание вольтметра V2 равняется 3,05 В при положении потенциометра, изображенном на рисунке 1?
2. Чему равняется показание амперметра A1, если показание вольтметра V2 равняется 3,05 В при положении потенциометра, изображенном на рисунке 1?
3. Чему равняются показания вольтметра V1, если показание вольтметра V2 равняется 3,05 В при положении потенциометра, изображенном на рисунке 1?
4. Объясните работу программного кода построчно, поясните основную логику алгоритма работы микроконтроллера, каким образом используется широтно-импульсная модуляция, зачем используется функция map?
5. При тестировании прототипа изменяют положение потенциометра таким образом, что вольтметр V3 показывает значение 802 мВ. Как изменятся показания всех остальных приборов A1, V1, V2?

*Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. В бланке ответов участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.*

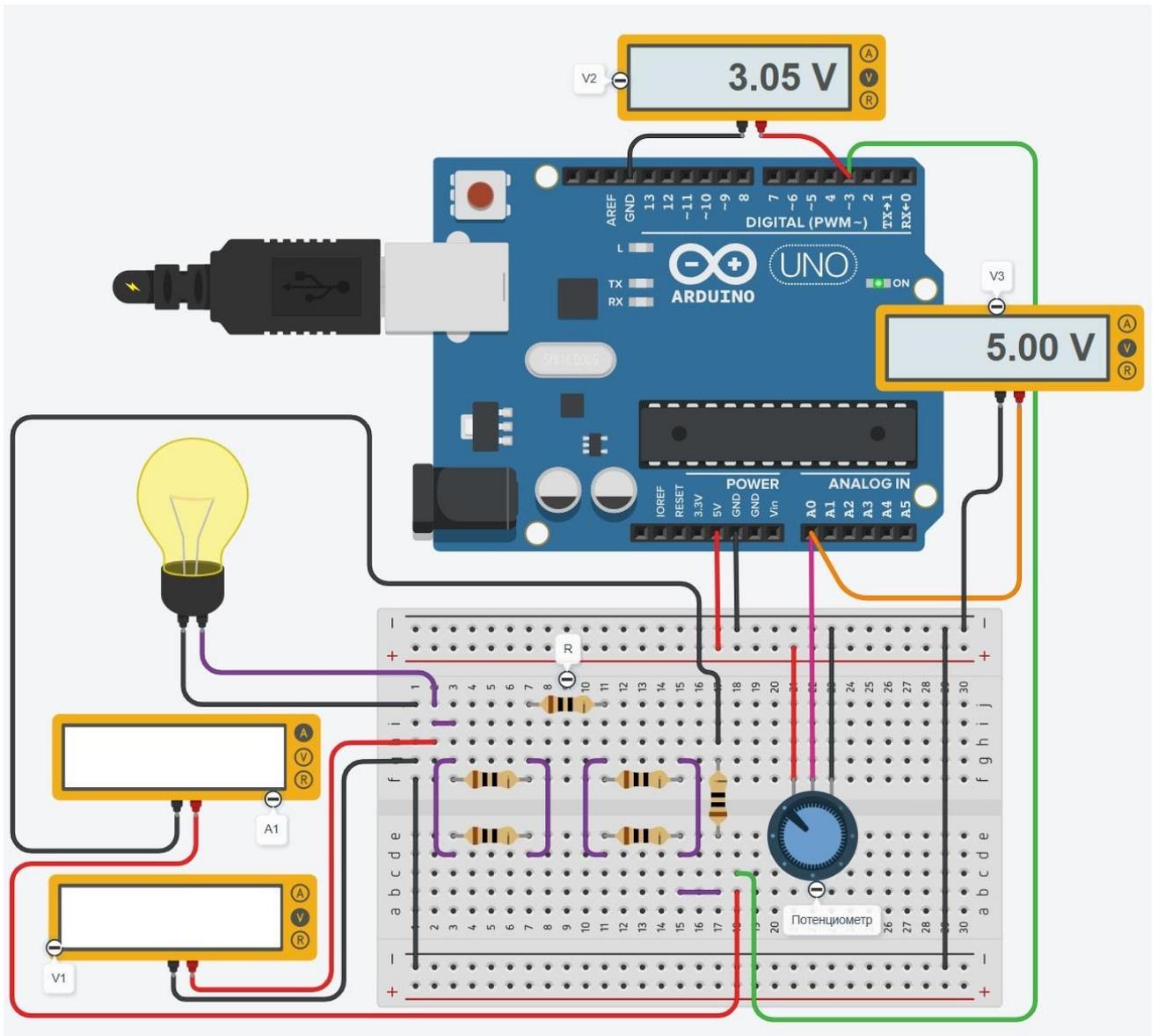
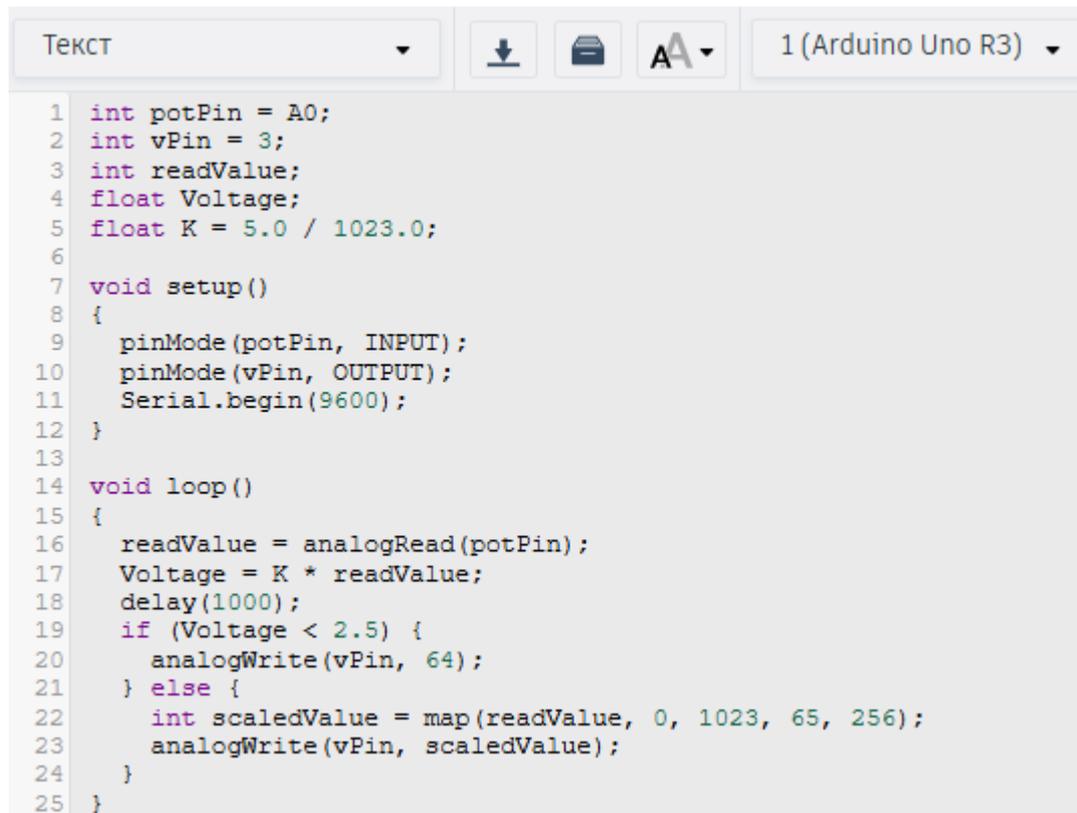


Рисунок 7. Монтажная схема



```
1 int potPin = A0;
2 int vPin = 3;
3 int readValue;
4 float Voltage;
5 float K = 5.0 / 1023.0;
6
7 void setup()
8 {
9   pinMode(potPin, INPUT);
10  pinMode(vPin, OUTPUT);
11  Serial.begin(9600);
12 }
13
14 void loop()
15 {
16   readValue = analogRead(potPin);
17   Voltage = K * readValue;
18   delay(1000);
19   if (Voltage < 2.5) {
20     analogWrite(vPin, 64);
21   } else {
22     int scaledValue = map(readValue, 0, 1023, 65, 256);
23     analogWrite(vPin, scaledValue);
24   }
25 }
```

Рисунок 8. Программный код, загруженный в память Arduino Uno.