

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.

Решение:

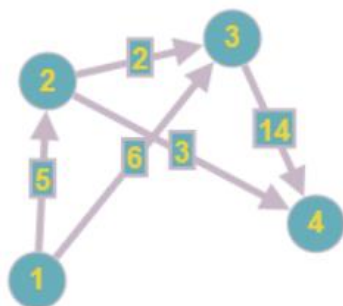
Вопрос 1:

	1	2	3	4
1	0	1	1	0
2	0	0	1	1
3	0	0	0	1
4	0	0	0	0

Вопрос 2:

	1	2	3	4
1	0	5	6	0
2	0	0	2	3
3	0	0	0	14
4	0	0	0	0

Вопрос 3:



Так как в ориентированном графе степень вершины называют количеством ребер, которые выходят из вершины, поэтому максимальной степенью вершины является 2, а минимальной – 0 в данном графе, поэтому ответ 20.

Вопрос 4:

Необходимо просуммировать веса всех рёбер:

$$5 + 6 + 2 + 14 + 3 = 30.$$

Вопрос 5: Чтобы найти минимальный путь из 1 транспортного узла до 4 транспортного узла необходимо применить алгоритм Дейкстры:

1. Из 1:

До 2: 5,

До 3: 6.

2. Из 2:

До 4: $5 + 3 = 8$,

До 3: $5 + 2 = 7$ (путь 1 - 3 короче).

3. Из 3:

До 4: $6 + 14 = 20$.

Минимальный путь 1 - 2 – 4 по времени займет 8 часов.

Критерии оценки

Для каждого вопроса:

1 б - есть крупца верных рассуждений, однако множество логических и арифметических ошибок, либо верный ответ без пояснений

2 б - есть верные рассуждения, частично верный ответ, однако есть существенные логические/арифметические ошибки

3 б - частично/полностью верный ответ, но в логике/вычислениях есть незначительные ошибки

4 б - ответ верный, допущена описка

5 б - без замечаний

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 VK), 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.

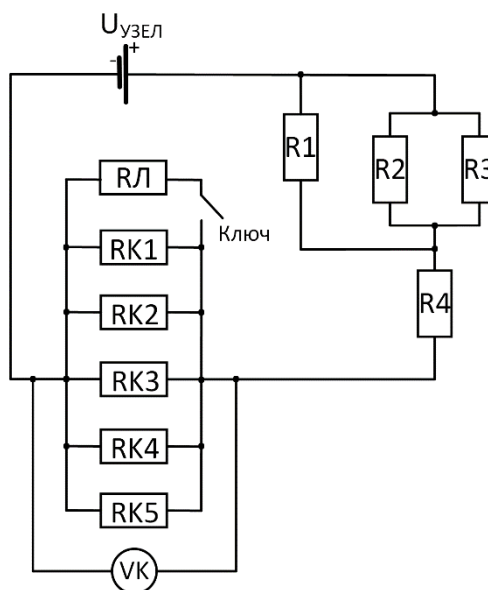


Рисунок 1. Упрощенная электрическая схема грузового узла.

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 $R_L=100$ Ом (ключ замкнут). Сопротивление каждого крана R_K в этом режиме соответствует сопротивлению R_K в «Максимальном» режиме. Для сохранения напряжения $U_K=380$ В на участке цепи, где параллельно подключены пять кранов, и конвейерная лента (вольтметр VK) напряжение источника $U_{\text{узел}}$ питающего весь грузовой узел увеличено и принимает значение $U_{\text{узел}_P}$.

В «Нормальном рабочем» режиме определите потребляемую мощность двигателя $P_{П_н}$ и ток $I_{K_н}$, 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 $I_{K_max}=20$ А.

В «Расширенном» режиме определите ток I_{K_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_{K_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 $U_{УЗЕЛ_P}$ 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.

Решение

1. Потребляемая мощность определяется через полезную мощность, КПД и работу, совершаемую для поднятия груза (масса груза и высота, на которую его поднимают, для всех случаев одинаковая):

$$P_{\text{Потр}_H} = \frac{P_{\text{Полез}_H}}{80\%}$$

$$P_{\text{Полез}_H} = \frac{A}{t_H}$$

$$A = mgh$$

Подставим известные данные и рассчитаем значение потребляемой мощности:

$$P_{\text{Потр}_H} = \frac{P_{\text{Полез}_H}}{80\%} = \frac{mgh}{t_H \cdot 80\%} \approx 459,4 \text{ Вт}$$

2. Ток, протекающий через двигатель для поднятия груза в «Нормальном» режиме, определяется из потребляемой мощности:

$$P_{\text{Потр}_H} = I_{K_H}^2 R_K = U_K I_{K_H}$$

$$I_{K_H} = \frac{P_{\text{Потр}_H}}{U_K} = \frac{459,4}{380} \approx 1,21 \text{ А}$$

3. Скорость поднятия груза соответствует пути, проходимому в единицу времени:

$$V_{\text{max}} = \frac{h}{t_{\text{max}}}$$

Время t_{max} определяется с помощью потребляемой мощности для случая «Максимального» режима:

$$t_{\text{max}} = \frac{A}{P_{\text{Полез}_\text{Max}}} = \frac{mgh}{80\% \cdot P_{\text{Потр}_\text{Max}}}$$

$$P_{\text{Потр}_\text{Max}} = I_{K_\text{Max}}^2 R_K = U_K I_{K_\text{Max}} = \frac{U_K^2}{R_K}$$

Рассчитаем время подъема в «Максимальном» режиме:

$$V_{\text{max}} = \frac{h \cdot 80\% \cdot P_{\text{Потр}_\text{Max}}}{mgh} = \frac{80\% \cdot P_{\text{Потр}_\text{Max}}}{mg} \approx 6,2 \text{ м/с}$$

4. В условии сказано, что сопротивление R_K соответствует сопротивлению в «Максимальном режиме», падение напряжение на участке цепи состоящего из пяти сопротивлений R_K и сопротивления R_L равно $U_K=380 \text{ В}$, и напряжение источника увеличено для поддержания значения

$U_K=380$ В. То есть ток, протекающий через каждое сопротивление R_K , не изменился, так как пять R_K и одно R_L соединены параллельно и на каждом из резисторов падает напряжение 380 В.

Таким образом ток через двигатель в «Расширенном» режиме I_{K_P} равен 20 А.

5. Напряжение источника $U_{УЗЕЛ_P}$ в «Расширенном» режиме определяется через закон Ома для все цепи:

$$U_{УЗЕЛ_P} = IR_{ЭКВ}$$

Общее сопротивление схемы $R_{ЭКВ}$ записывается следующим образом:

$$R_{ЭКВ} = R_{123} + R_4 + R_{K_Л}$$

, где R_{123} эквивалентное сопротивление для параллельно подключенных резисторов R_1, R_2, R_3 ; $R_{K_Л}$ эквивалентное сопротивление участка цепи, состоящей из параллельно подключенных пяти резисторов R_K и одного резистора R_L .

Рассчитаем сопротивление R_{123} :

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$R_{123} = 0,4 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление $R_{K_Л}$:

$$\frac{1}{R_{K_Л}} = \frac{5}{R_K} + \frac{1}{R_L}$$

Сопротивление R_K определим из «Максимального» режима:

$$R_K = \frac{U_K}{I_{K_Max}} = \frac{380}{20} = 19 \text{ Ом}$$

Рассчитаем $R_{K_Л}$:

$$\frac{1}{R_{K_Л}} = \frac{5}{19} + \frac{1}{100}$$
$$R_{K_Л} \approx 3,66 \text{ Ом}$$

Эквивалентное сопротивление всей цепи равно:

$$R_{ЭКВ} = 0,4 + 0,5 + 3,66 = 4,56 \text{ Ом}$$

Определим ток протекающей через цепь. На участке цепи с пятью резисторами R_K и одним резистором R_L падает напряжение 380 В и известны значения всех шести сопротивлений. Рассчитаем ток, протекающий через каждый резистор.

$$I_{K_P} = \frac{U_K}{R_K} = \frac{380}{19} = 20 \text{ А}$$
$$I_{Л_P} = \frac{U_K}{R_L} = \frac{380}{100} = 3,8 \text{ А}$$

Общий ток цепи равен:

$$I = 5I_{K_P} + I_{Л_P} = 100 + 3,8 = 103,8 \text{ А}$$

Напряжение источника $U_{узел_P}$ равно:

$$U_{узел_P} = IR_{экв} = 103,8 \cdot 4,56 \approx 473,33 \text{ В}$$

Критерий оценивания:

1. Верна записана формула для работы – +2 балла.
2. Верна определена мощность $P_{П_Н}$ в «Нормальном» режиме – +2 балла.
3. Верна записана формула определения тока через мощность – +2 балла.
4. Верна определен ток $I_{K_Н}$ в «Нормальном» режиме – +2 балла.
5. Верна записана формула для времени подъема груза – +2 балла.
6. Верна определена скорость поднятия груза V_{max} в «Максимальном» режиме – +3 балла.
7. Верна определено значение тока I_{K_P} в «Расширенном» режиме – +5 баллов.
8. Верна записана формула определение R_K – +2 балла.
9. Верна записана формула эквивалентного сопротивления все схемы – +3 балла.
10. Верна определено напряжение источника – +2 балла.

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.

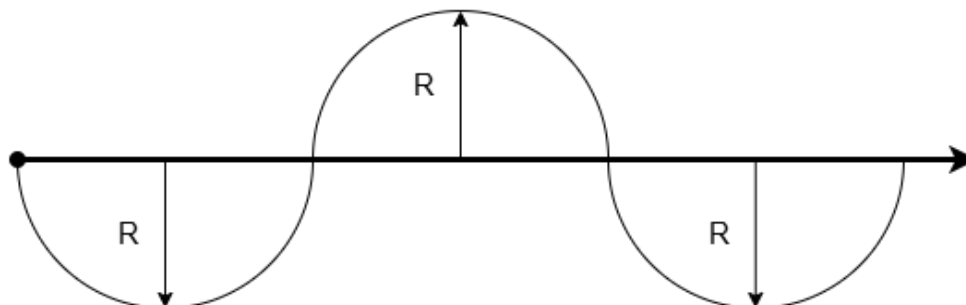


Рисунок 2. Траектория движения робота.

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 2π 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 $F_{тр}=2$ 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.

Решение

Вопрос 1.

Длина одной полуокружности равна:

$$L = \pi R$$

При $R = 2$ м:

$$L = \pi * 2 \approx 6.28 \text{ м}$$

Время прохождения полуокружности при $V = 1$ м/с:

$$t = L / V = 6.28 / 1 = 6.28 \text{ с}$$

Ответ: расстояние $L \approx 6.28$ м, время $t \approx 6.28$ с

Вопрос 2.

Центростремительная сила:

$$F = mV^2 / R$$

При $m = 5$ кг, $V = 3$ м/с, $R = 2$ м:

$$F = (5 * 3^2) / 2 = (5 * 9) / 2 = 22.5 \text{ Н}$$

Ответ: $F = 22.5$ Н

Вопрос 3.

Количество оборотов колеса:

$$N = L / C, C = 2\pi r$$

$$L = \pi R = 6.28 \text{ м}$$

$$C = 2\pi * 0.05 = 0.314 \text{ м}$$

$$N = 6.28 / 0.314 \approx 20$$

Число импульсов энкодера: 20 импульсов

Вопрос 4.

Общее количество импульсов после 5 полуокружностей:

$$5 * 20 = 100$$

Двоичное представление:

$$100_{10} = 1100100_2$$

Поскольку регистр содержит 8 бит для хранения информации, то запись, которая будет храниться в памяти, представляет собой:

0	1	1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Вопрос 5

Закон сохранения энергии:

$$E_{\text{кин нач}} + A_{\text{тр}} = E_{\text{кин конеч}}$$

$$\text{Путь: } s = 3\pi R = 3 * 3.14 * 2 = 18.84 \text{ м}$$

Формула:

$$0.5 * m * V_0^2 - F_{\text{тр}} * s = 0.5 * m * V_f^2$$

Подставляем значения:

$$0.5 * 5 * 5^2 - 2 * 18.84 = 0.5 * 5 * V_f^2$$

$$62.5 - 37.68 = 2.5V_f^2$$

$$24.82 = 2.5V_f^2$$

$$V_f^2 = 24.82 / 2.5 \approx 9.93$$

$$V_f \approx 3.15 \text{ м/с}$$

Ответ: $V_f \approx 3.15 \text{ м/с}$

Критерии оценки

Номер вопроса	Макс балл	Начисление баллов
1	4	Формула длины полуокружности: 2 балл. Правильно рассчитан путь: 1 балл. Правильно рассчитано время прохождения пути: 1 балл.
2	4	Приведена формула центростремительной силы: 2 балла. Правильно рассчитана сила тяги: 2 балла
3	6	Приведена формула для расчета количества оборотов колеса робота: 1 балл. Сделан вывод о том, что импульс робот получен после одного оборота: 3 балла. Получена формула для расчета количество импульсов на заданном пути: 1 балл. Правильно рассчитано количество импульсов: 1 балл.
4	6	Верно определена величина всего пути (5 полуокружностей): 1 балл. Верно определено количество импульсов на заданном пути: 1 балл. Произведен перевод в двоичную систему счисления: 1 балл. Учтено, что данные хранятся в 8-битовом регистре. Ответ записан верно: 3 балла.
5	5	Дана формула для закона сохранения энергии: 2 балла Рассчитан общий путь: 1 балл Правильно произведен расчет: 2 балла.

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.

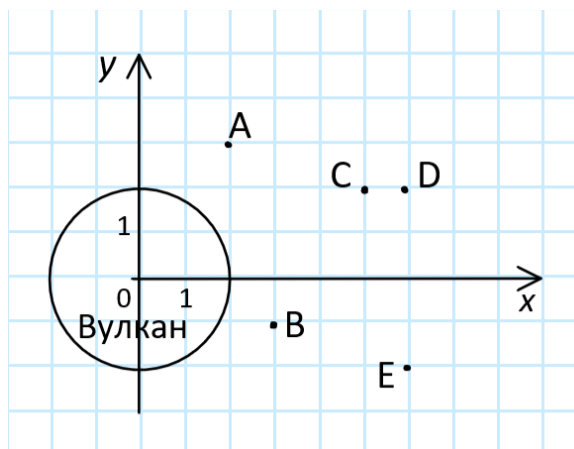


Рисунок 3. Карта острова

№	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

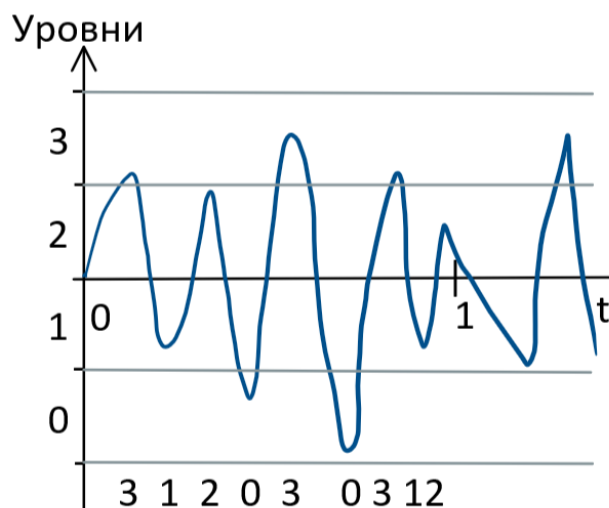


Рисунок 4. Сейсмограф старого образца регистрирует 312030312

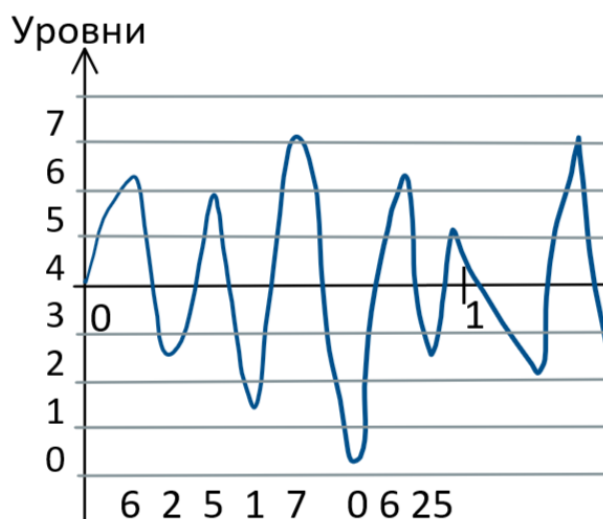


Рисунок 5. Современный сейсмограф регистрирует 625170625

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.

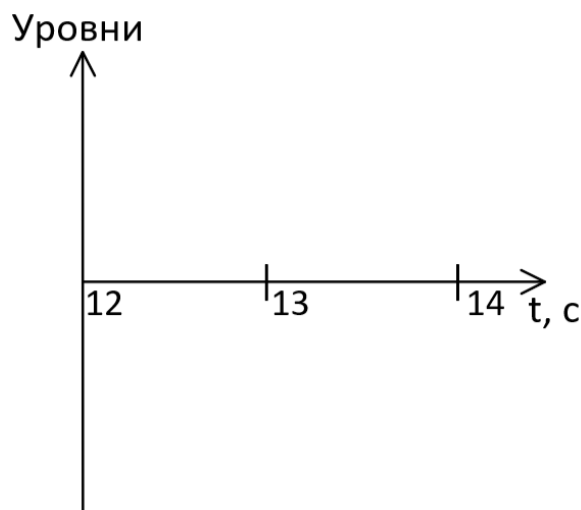


Рисунок 6. Декартова система

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

Решение

1) В таблице 15 строк содержат данные об уровнях пика, записанных в 8-ричной системе счисления, и 10 строк с данными в 4-ричной системе (выделены красным начертанием букв). Анализируя координаты и время, можно выявить цепочки последовательных строк данных. Однако строки с координатой 2 отвечают за сейсмографы С и D. По таблице можно лишь заметить группировку строк по времени, но определить название сейсмографа поможет отслеживание сигнала.

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

Последовательность строк 3-8-14-21-25: 2121-21212-12121-30313-13130

Последовательность строк 4-7-13-17-23: 43434-3434-261627-27360-6153

Цепочки 12 соответствуют спокойному состоянию старого сейсмографа, у нового сейсмографа это записывается цепочками 34. По выписанным последовательностям заметно, что строки 3-8-14-21-25 регистрируют 3 секунды спокойного состояния и следующие две секунды происходит

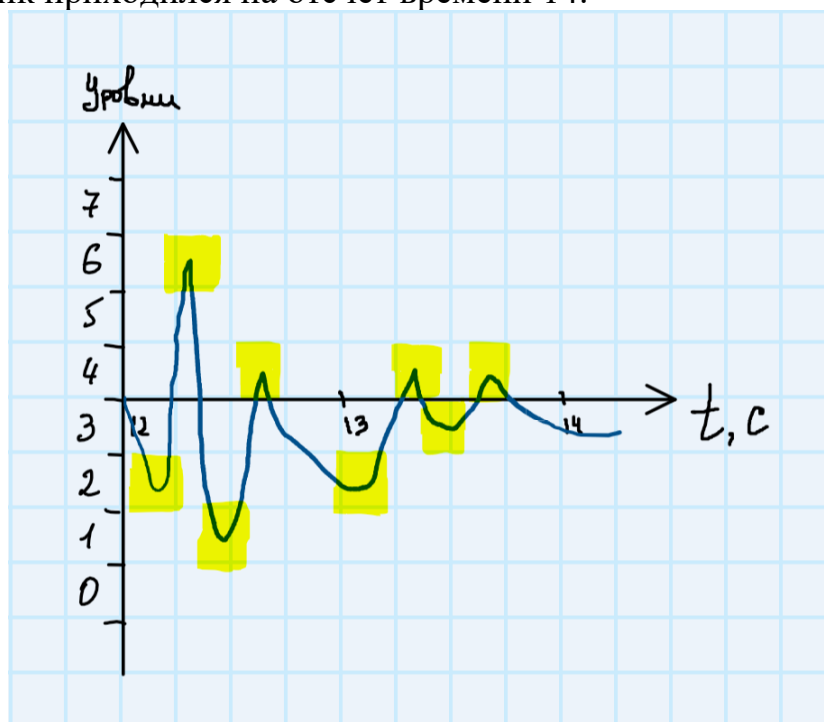
сейсмическая активность. В свою очередь строки 4-7-13-17-23 регистрировали спокойные колебания только 2 секунды, а значит они соответствуют сейсмографу, который ближе к вулкану. Из С и D это С.

Таким образом 2 сейсмографа регистрируют данные в 4-ричной системе счисления: В и D. Три остальных (А, С, Е) – в 8-ричной системе.

2) Последовательность строк сейсмографа А с 9 по 14 секунды – 1-5-10-15-20: 16172-73726-160527-2614-2434.

Значимо, что в таблице указано время окончания регистрации данных, т.е. интервал (12,14) соответствует строкам с временными отсчетами 13 и 14 – это строки 15 и 20 в таблице: 2614-2434.

Пример верной сейсмограммы изображен ниже. Раз сейсмограф современный, то на изображении должно быть 8 уровней. Важно, чтобы на каждую секунду приходилось ровно 4 пика в соответствующих полосах. Частота и точность амплитуды незначительна. Допустимо, чтобы 5 по счёту пик приходился ровно на отсчет времени 13, но не допустимо, чтобы последний пик приходился на отсчёт времени 14.



3) Фрагмент кода содержит 2 функции:

Последовательность строк сейсмографа E, работающего с 17 по 22 секунды – 6-12-18-19-24: 4343-4342-4343-4261626-26260.

Для первой строки анализ не проводится (по условию). Для следующих данных заполним таблицу

Время	Данные	Check	Q	W(10)	Check(s) → W(5)	Alert
19	4342	1	0	0	$1 \rightarrow 0 = 0$	$0 + 0 + 0 = 0$
20	4343	1	0	0	$1 \rightarrow 0 = 0$	$0 + 0 + 0 = 0$
21	4261626	0	1	0	не требуется	$1 + \dots = 1$
22	26260	0	0	0	$0 \rightarrow 0 = 1$	$0 + 0 + 1 = 1$

Критерии оценки

Номер задания	Макс балл	Начисления баллов	Штрафы
1	8	- Определены строки сейсмографов А и Е (по координатам): 2 балла - Определён старый сейсмограф с координатой -1 – В: 2 балла - Определено наличие ещё одного старого сейсмографа с координатой 2: 1 балл - Определён старый сейсмограф D (по близости к вулкану): 3 балла	Определён лишний сейсмограф: -2 балла
2	7	- Указаны уровни от 0 до 7: 1 балл - Верно определены строки журнала 15 и 20 для изображения: 1 балл - Изображена непрерывная кривая с пиками: 3 балла - На каждую секунду приходится ровно 4 пика: 1 балл - Каждый пик соответствует правильному уровню: 1 балл	Рисунок заканчивается до временного отсчета 14: -1 балл
3	10	- Верно проанализирована функция: 3 балла - Верно определены строки журнала 6-12-18-19-24: 3 балла - Для строк 12, 18, 19, 24 проанализирована функция, получено 2 истинных значения в строках 19 и 24: 4 балла	Опущено вычисление фрагмента алгоритма без пояснения допустимости такого шага: -1 балл

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 $R = 10 \text{ Ом}$, лампу накаливания с внутренним сопротивлением $R_{\text{лам}} = 48,077 \text{ Ом}$, 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.

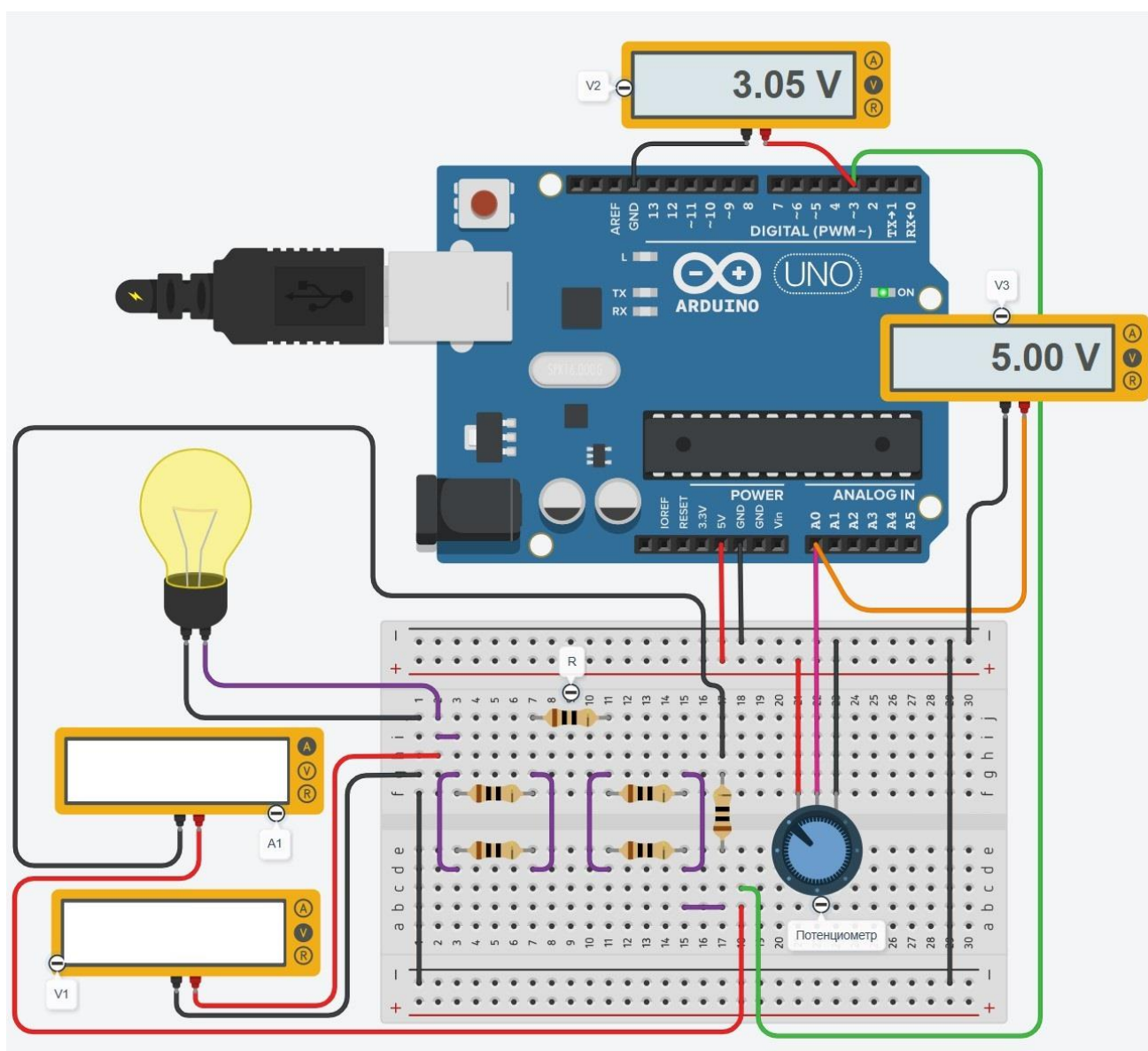
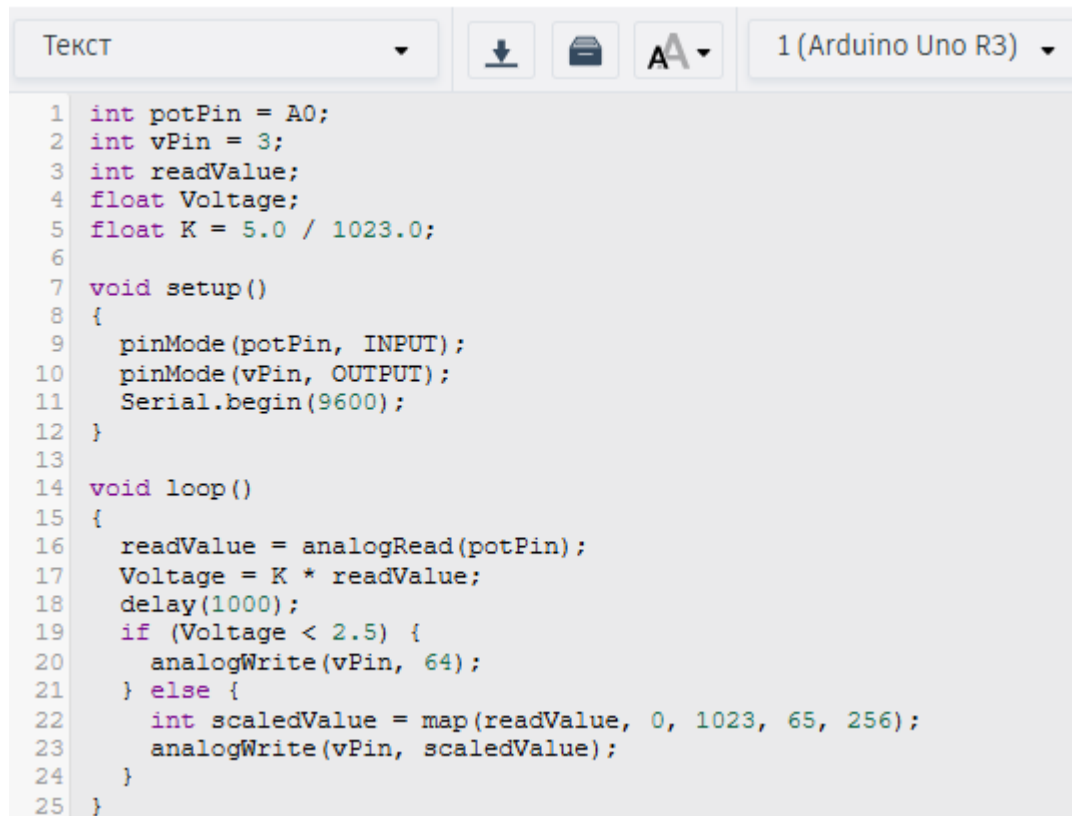


Рисунок 7. Монтажная схема



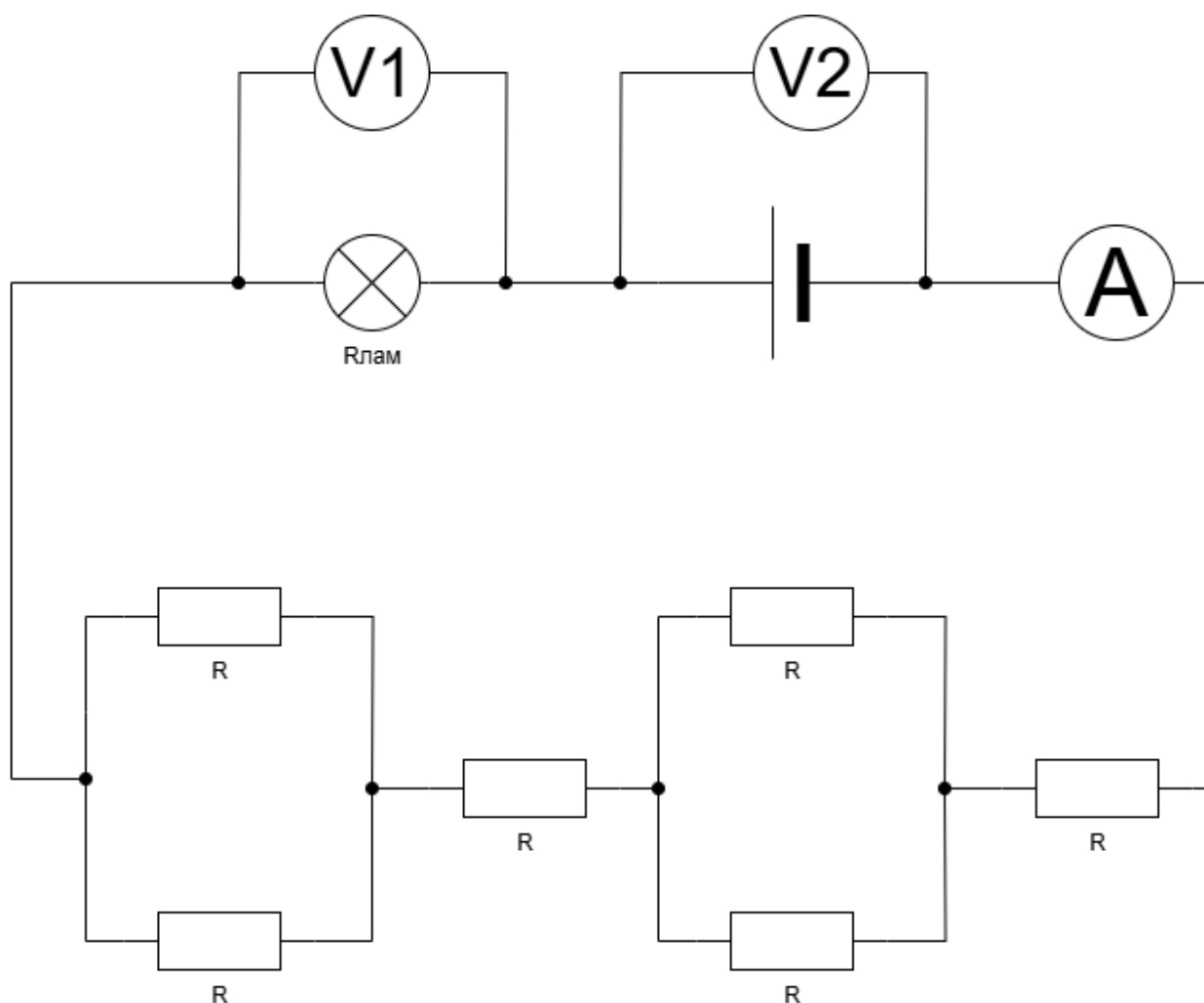
```
1 int potPin = A0;
2 int vPin = 3;
3 int readValue;
4 float Voltage;
5 float K = 5.0 / 1023.0;
6
7 void setup()
8 {
9   pinMode(potPin, INPUT);
10  pinMode(vPin, OUTPUT);
11  Serial.begin(9600);
12 }
13
14 void loop()
15 {
16   readValue = analogRead(potPin);
17   Voltage = K * readValue;
18   delay(1000);
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.

Решение

Вопрос 1.

Перерисуем схему.



Найдем эквивалентное сопротивление схемы по формуле:

$$R_{\text{экв}} = R + R + \frac{R \times R}{R + R} + \frac{R \times R}{R + R} + R_{\text{лам}} = 3R + R_{\text{лам}} = 78,077 \text{ Ом}$$

Вопрос 2.

Запишем закон Ома:

$$I = \frac{U}{R}$$

Используем эквивалентное сопротивление, чтобы найти ток, протекающий в цепи:

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{3,05 \text{ В}}{78,077 \text{ Ом}} = 39,06 \text{ мА}$$

Вопрос 3.

Используя закон Ома, найдем падение напряжения на лампе V1:

$$V1 = I \times R_{\text{лампы}} = 1,878 \text{ В}$$

Вопрос 4.

Разбор кода Arduino по строкам

1. `int potPin = A0;`
 - Определяется аналоговый пин A0 для подключения потенциометра.
2. `int vPin = 3;`
 - Определяется цифровой пин 3 для ШИМ-выхода.
3. `int readValue;`
 - Объявляется переменная для хранения значения, считанного с потенциометра.
4. `float Voltage;`
 - Объявляется переменная для хранения вычисленного напряжения.
5. `float K = 5.0 / 1023.0;`
 - Коэффициент пересчета значения АЦП (0–1023) в напряжение (0–5В).

Функция `setup()`

6. `pinMode(potPin, INPUT);`
 - Устанавливает `potPin` (A0) как вход.
7. `pinMode(vPin, OUTPUT);`
 - Устанавливает `vPin` (3) как выход.
8. `Serial.begin(9600);`
 - Запускает последовательную передачу данных со скоростью 9600 бод.

Функция `loop()`

- ```
9. readValue = analogRead(potPin);
 ○ Читается аналоговое значение с A0 (диапазон 0–1023).
10. Voltage = K * readValue;
 ○ Преобразуется цифровое значение в напряжение.
11. delay(1000);
 ○ Пауза 1 секунда.
12. if (Voltage < 2.5) { analogWrite(vPin, 64); }
 ○ Если напряжение меньше 2.5 В, устанавливается ШИМ-сигнал с
 уровнем 64 (примерно 25% от 255).
13. else { int scaledValue = map(readValue, 0, 1023, 65, 256);
 analogWrite(vPin, scaledValue); }
 ○ В противном случае значение пересчитывается с помощью map()
 в диапазон 65–256 и подается на vPin.
```

### Использование широтно-импульсной модуляции (ШИМ)

Функция `analogWrite(vPin, value)` генерирует ШИМ-сигнал с коэффициентом заполнения, пропорциональным `value` (0–255). Таким образом, напряжение на выходе `vPin` изменяется в зависимости от входного сигнала с потенциометра.

### Функция `map()`

Используется для переноса диапазона от `[0, 1023]` (диапазон АЦП) в `[65, 256]` (диапазон ШИМ-значений). Это необходимо для управления яркостью светодиода, мотором или другим устройством, подключенным к `vPin`.

### Итог

Программа считывает значение с потенциометра и регулирует ШИМ-выход в зависимости от полученного напряжения. Если напряжение меньше 2.5 В, устанавливается минимальное значение ШИМ (64), иначе оно масштабируется функцией `map()`.

### Вопрос 5.

Потенциометр переключают в положение, при котором  $V_3 = 802$  мВ, следовательно согласно программному коду начинает выполняться условие в строке 19 и в дальнейшем используется функция `analogWrite(vpin, 64)`. Очевидно, что значение, которое передается в функцию, уменьшилось, следовательно уменьшится и напряжение, которое будет выдаваться на пине и оно будет константой при выполнении условия из строки 19.

Для того, чтобы рассчитать все показания измерительных приборов, нужно найти значение  $V_2$ , соответствующее напряжению, которое выдает микроконтроллер на своем пине.

Для этого можно использовать следующую пропорцию (в ней нужно учесть, что при максимальном повороте потенциометра, максимальное напряжение, которое подается с пина микроконтроллера равно 3,05 В):

$$\frac{3,05 \text{ В}}{V_{2\text{новое}}} = \frac{255}{64}$$

Функция `analogWrite(pin, value)` используется для генерации широтно-импульсной модуляции (ШИМ, PWM) на цифровых выходах Arduino, поддерживающих ШИМ (обычно отмечены значком ~ рядом с номером пина).

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) позволяет эмулировать аналоговый сигнал, изменяя скважность (duty cycle) прямоугольного сигнала. Это значит, что сигнал чередуется между HIGH (5V) и LOW (0V) с разной длительностью, создавая среднее напряжение.

Формула для расчета среднего напряжения:

$$V_{avg} = V_{max} \times \frac{value}{255}$$

Функция `analogWrite(pin, value)` принимает целочисленное значение от 0 до 255:

- $0 \rightarrow 0\text{V}$  (LOW)
- $127 \rightarrow \approx 2.5\text{V}$  (50% скважность)
- $255 \rightarrow 5\text{V}$  (HIGH)

Если Arduino работает от 3.3V (например, на плате Arduino Due), то:

- $0 \rightarrow 0\text{V}$
- $127 \rightarrow \approx 1.65\text{V}$
- $255 \rightarrow 3.3\text{V}$

Таким образом, мы можем получить новое значение для  $V_2$ :



$$V2_{\text{новое}} = \frac{64 \times 3,05 \text{ В}}{255} = 0,7625 \text{ В}$$

Далее пересчитаем I и V1:

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{0,7625 \text{ В}}{78,077 \text{ Ом}} = 9,766 \text{ мА}$$

$$V1 = I \times R_{\text{лампы}} = 469,52 \text{ мВ}$$

**Критерии оценки**

| Номер вопроса | Макс балл | Начисление баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | 4         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Приведена верно перерисованная электрическая цепь: 2 балла.</li> <li>○ Приведена формула расчета эквивалентного сопротивления: 1 балл</li> <li>○ Расчеты верны, ответ получен: 1 балл</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2             | 3         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Приведена формула закона Ома: 1 балла.</li> <li>○ Для расчета использовано эквивалентное сопротивление цепи: 1 балл</li> <li>○ Расчеты верны, ответ получен: 1 балл</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3             | 3         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Приведена формула закона Ома для конкретных резисторов: 1 балл.</li> <li>○ Для расчета использовано сопротивление лампы накаливания: 1 балл</li> <li>○ Расчеты верны, ответ получен: 1 балл.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4             | 10        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Верно описана процедура инициализации переменных: 1 балла</li> <li>○ Верно описана функция setup(): 1 балла</li> <li>○ Верно описана строка 16 – считывание показаний потенциометра: 2 балла</li> <li>○ Верно описано условие проверки переменной Voltage: 1 балл</li> <li>○ Верно описано использование analogWrite и дано пояснение работы широтно-импульсной модуляции: 3 балла</li> <li>○ Верно описана строка 22 и дано пояснение работы функции map(): 2 балла</li> </ul> |
| 5             | 5         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Представлена формула пересчета V2 с использованием пропорции V3 относительно первого и второго случаев положения потенциометра: 2 балла</li> <li>○ Получено верное значение V2: 1 балл</li> <li>○ Получено верное значение A1: 1 балл</li> <li>○ Получено верное значение V1: 1 балл</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |