

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.

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Приступая к выполнению заданий, вы подтверждаете, что профиль и класс заданий соответствуют сведениям, указанным вами при регистрации.

(Максимальное количество баллов – 100)

Задача 1 (Максимум – 25 баллов).

Детский парк аттракционов представлен ориентированным графом. Вершины 1, 2, 3, 4, 5 — это зоны парка, а ориентированные рёбра — дорожки, соединяющие зоны парка.

Вес ребра — время перехода (в минутах), записанное в разных системах счисления. Ноль в ячейке матрицы - отсутствие перехода.

Матрица смежности (веса):

	1	2	3	4	5
1	0	10110_2	34_8	0	0
2	0	0	$1C_{16}$	10001_2	0
3	0	0	0	27_8	1110_2
4	0	0	0	0	19_{16}
5	0	0	0	0	0

- 1) Переведите все веса в десятичную систему и найдите минимальный вес ребра (в минутах).
- 2) Определите количество рёбер в графе.
- 3) Определите минимальное время пути из зоны 1 в зону 5.
- 4) Найдите сумму времени по всем маршрутам из зоны 1 в зону 4, если маршрут содержит ровно 3 ребра.
- 5) Сколько байт потребуется для хранения строки весов в десятичной системе, если выписать все веса без разделителей от меньшего к большему? (1 байт = 2 символа).

В ответы вносите целые числа, полученные при решении.

Решение

1. Перевод весов в десятичную систему: $10110_2=22$, $34_8=28$, $1C_{16}=28$, $10001_2=17$, $27_8=23$, $1110_2=14$, $19_{16}=25$.
Минимальный вес ребра: 14 (ребро 3→5).
2. Число рёбер: 7.
3. Кратчайший путь 1→5: 1→3→5, тогда время $28+14=42$.
4. Маршруты 1→4 ровно за 3 ребра: только 1→2→3→4, сумма $22+28+23=73$.
5. Веса по возрастанию: 14, 17, 22, 23, 25, 28, 28 → строка '14172223252828' (14 символов) → 7 байт.

Ответы

- 1) 14
- 2) 7
- 3) 42
- 4) 73

5) 7

Критерии оценивания:

- Правильный ответ в пункте - 5 баллов.
- Если допущены серьезные логические/алгебраические ошибки, то 1 балл за пункт.

Задача 2 (Максимум – 25 баллов).

В схеме управления установкой ионной имплантации для легирования кремниевых пластин при производстве современных процессоров используется электрическая схема представленная на рисунке 1. Известны номиналы сопротивлений $R1 = 5 \text{ кОм}$, $R2 = 2 \text{ кОм}$, $R3 = 7,5 \text{ кОм}$, $R4 = 2,25 \text{ кОм}$, $R5 = 3 \text{ кОм}$. Напряжение источника ЭДС ($U_{\text{ист}}$) зависит от значения силы Кулона в ускорителе частиц и рассчитывается по формуле, полученной эмпирическим путем для данного случая:

$$U_{\text{ист}} = p \cdot F,$$

где F – сила Кулона, а p – экспериментально полученный коэффициент равный 12,08 В/Н.

В ускорителе частиц действует сила Кулона между двумя зарядами $Q1 = 700 \text{ нКл}$ и $Q2 = 25 \text{ мкКл}$ находящимися на расстояние $r = 10 \text{ см}$.

Согласно инструкции к установке, необходимо произвести настройку схемы управления, так чтобы мощность на сопротивление $R5$ не превышала 200 мВт. Если мощность, выделяемая на сопротивление $R5$ для исходной схемы, окажется больше, то необходимо добавить сопротивление с номиналом $R=1 \text{ кОм}$ в одно из трех предназначенных для этого мест – на схеме возможные места для установки сопротивления R обозначены точками А, В и С.

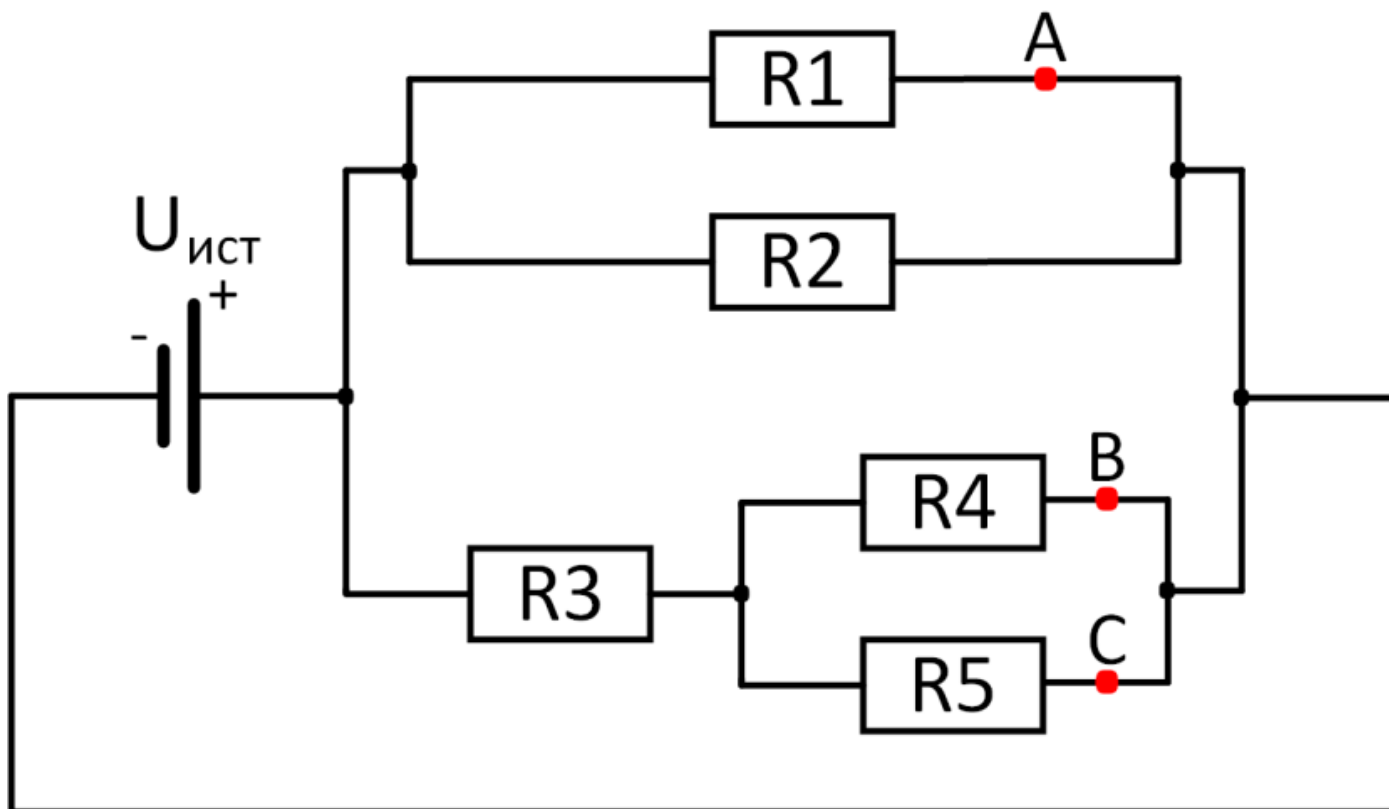


Рисунок 1. Электрическая схема.

Вопросы:

1. Определите значение силы Кулона.
2. Определите значение источника ЭДС ($U_{\text{ист}}$), ответ округлите до целых.
3. Определите значение тока, протекающего через сопротивление $R3$ в исходной схеме.
4. Определите мощность P_{R5} , выделяемую на сопротивление $R5$ для исходной схемы.
5. Укажите в какую одну из трех точек (A/B/C) необходимо добавить дополнительное сопротивление (R) номиналом 1 кОм для уменьшения мощности на сопротивление $R5$ ниже критической 200 мВт. Приведите аргументацию к каждому случаю

6. Определите мощность (P_{R5_R}) выделяемую на сопротивление $R5$ для случая схемы с дополнительным сопротивлением R из пункта №5 вопросов.

Критерий оценивания:

1. Формула силы взаимодействия электрических зарядов (Закон Кулона) записана верно – +2 балла
2. Значение силы Кулона рассчитано верно – +1 балл
3. Значение $U_{ист}$ рассчитано верно – +2 балла
4. Формулы для расчета эквивалентных сопротивлений записаны верно – +3 балла
5. Значение тока, протекающего через сопротивление $R3$ в исходной схеме рассчитано верно – +2 балла
6. Формула для расчета мощности записана верно – +2 балла
7. Значение P_{R5} для исходной схемы рассчитано верно – +3 балла
8. Приведена верная аргументация, почему точка A не подходит для добавления сопротивления R – +1 балл
9. Приведена верная аргументация, почему точка B не подходит для добавления сопротивления R – +1 балл
10. Приведена верная аргументация, почему точка C подходит для добавления сопротивления R – +1 балл
11. Выбрана точка C для добавления сопротивления $R1$ – +3 балла
12. Значение P_{R5_R} для схемы с дополнительным сопротивлением в точке C рассчитано верно – +4 балла

Ответы:

1. 15,715 Н.
2. 190 В.
3. 21,626 мА.
4. 257,704 мВт.
5. Точка C .
6. 175,614 мВт.

Решение

1. Значение силы Кулона определяется по формуле:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 8,98 \cdot 10^9 \cdot \frac{700 \cdot 10^{-9} \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,1^2} = 15,715 \text{ Н}$$

2. Рассчитаем напряжение источника ЭДС:

$$U_{ист} = p \cdot F = 12,08 \cdot 15,73 = 190,04 \approx 190 \text{ В}$$

3. Ток через резистор $R3$ можно рассчитать через общий ток цепи и эквивалентные сопротивления цепи.

Определим эквивалентные сопротивления цепи:

$$R_{12} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = \frac{5000 \cdot 2000}{5000 + 2000} \approx 1428,57 \text{ Ом}$$
$$R_{45} = \frac{R4 \cdot R5}{R4 + R5} = \frac{2250 \cdot 3000}{2250 + 3000} \approx 1285,71 \text{ Ом}$$

$$R_{345} = R_3 + R_{45} = 7500 + 1285,71 = 8785,71 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общее}} = \frac{R_{12} \cdot R_{345}}{R_{12} + R_{345}} = \frac{1428,57 \cdot 8785,71}{1428,57 + 8785,71} \approx 1228,77 \text{ Ом}$$

Ток через источник напряжения:

$$I = \frac{U_{\text{ист}}}{R_{\text{общее}}} = \frac{190}{1228,77} \approx 154,62 \text{ мА}$$

Ток через резистор R3:

$$I_{R345} = I_{R3} = \frac{U_{\text{ист}}}{R_{345}} = \frac{190}{8785,71} \approx 21,626 \text{ мА}$$

4. Мощность на резисторе R5 можно найти следующим образом:

$$U_{45} = I_{R345} \cdot R_{45} = 0,0216 \cdot 1285,71 = 27,77 \text{ В}$$

$$P_{R5} = \frac{U_{45}^2}{R_5} = \frac{27,77^2}{3000} \approx 0,2577 \text{ Вт}$$

5. Случай с дополнительным резистором R6=1 кОм в точке В.

Определим мощность для данного случая. Согласно формуле выше мощность на резисторе R5 определяется напряжением на участке цепи, где находятся резисторы R4 и R5 и сопротивлением резистора R5. В случае размещения дополнительного резистора последовательно с R1, напряжение U45 не изменяется и, соответственно, мощность P_{R5} не изменится.

Случай с дополнительным резистором R6=1 кОм в точке В.

В данном случае напряжение на участке цепи, где находятся резисторы R4 и R5, изменится. Рассчитаем мощность для данного случая.

$$R_{3456} = R_3 + R_{456} = 7500 + 1560 = 9060 \text{ Ом}$$

$$I_{R345_B} = \frac{U_{\text{ист}}}{R_{3456}} = \frac{190}{9060} \approx 20,97 \text{ мА}$$

$$U_{456_B} = I_{R3456_B} \cdot R_{456} = 0,02097 \cdot 1560 = 32,71 \text{ В}$$

$$P_{R5_B} = \frac{U_{45_B}^2}{R_5} = \frac{32,71^2}{3000} \approx 0,3566 \text{ Вт}$$

В данном случае мощность на резисторе R5 выросла.

Случай с дополнительным резистором R6=1 кОм в точке С.

В этом случае напряжение на участке цепи, где находятся резисторы R4 и R5, тоже отличается от исходного. Рассчитаем мощность для данного случая.

$$R_{3456} = R_3 + R_{456} = 7500 + 1440 = 8940 \text{ Ом}$$

$$I_{R3456_C} = \frac{U_{\text{ист}}}{R_{3456}} = \frac{190}{8940} \approx 21,25 \text{ мА}$$

$$U_{456_C} = I_{R3456_C} \cdot R_{456} = 0,02125 \cdot 1440 = 30,6 \text{ В}$$

$$I_{R56_C} = \frac{U_{456_C}}{R_{56}} = \frac{30,6}{4000} = 7,65 \text{ мА}$$

$$U_{5_C} = I_{R56_C} \cdot R_5 = 0,00765 \cdot 3000 = 22,95 \text{ В}$$

$$P_{R5_C} = \frac{U_{5_C}^2}{R_5} = \frac{22,95^2}{3000} \approx 0,1756 \text{ Вт}$$

Таким образом, только в случае размещения дополнительного резистора в точке С становится возможным уменьшением выделяемой мощности на резисторе R5.

6. Расчет приведен в пункте 5.

Задача 3 (Максимум – 25 баллов).

В компьютерной игре кланы разрушают крепости друг друга. Стажер пишет симулятор катапульты, которую кланы строят из найденных материалов. Код по характеристикам собранных деталей (длина реи L см, высота точки опоры реи над землёй H см, расстояние от точки опоры реи до точки установки упора S см, масса противовеса M кг и снаряда m кг) рассчитывает параметры выстрела и проверяет, долетит ли снаряд до цели. В зависимости от вида характеристики в системе она хранится в разных системах счисления: линейные размеры в троичной системе счисления, а вес в шестеричной.

Механика выстрела такова. Сначала снаряд удерживают (покоится на конце реи, упираясь в землю) (рисунок 2). В момент выстрела мгновенно прекращается удержание и под силой притяжения противовеса рея раскручивается до столкновения с упором, передавая импульс снаряду (рисунок 3).

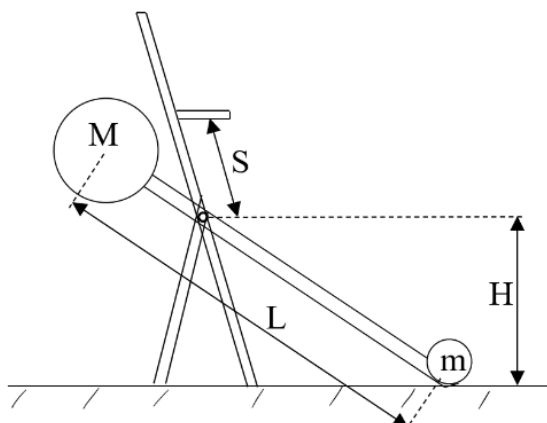


Рисунок 2. Конструкция катапульты.

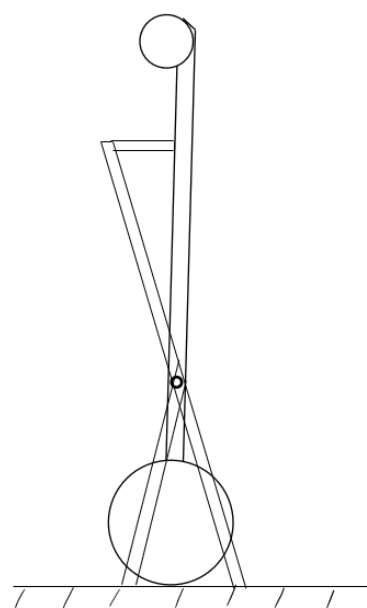


Рисунок 3. Катапульта в момент выстрела.

Комментарии:

- Пренебречь массой реи, трением, сопротивлением воздуха.
- Рея – идеальный рычаг с точкой опоры, смещённой к противовесу. Отношение плеч: от точки опоры до снаряда $0.8L$, до противовеса $0.2L$. Размер противовеса всегда позволяет ему пройти через раму.
- Будем считать, что возможно установить упор на уровень точки опоры реи ($S = 0$), тогда снаряд будет запущен вертикально; и на край рамы (считаем, что длины рамы всегда хватает) для горизонтального запуска.
- Угол наклона рамы относительно земли не влияет на результат, потому что длина упора (50 см) его нивелирует. Упор – это горизонтальная балка, свободно перемещаемая по раме, так, что в крайнем положении останавливает рею перпендикулярно земле.

Для начала стажёр написал блок-схему. В ней используется переменная F , которая показывает статус проверки реалистичности катапульты по поданным параметрам в порядке S, H, L, M, m . Обращение к элементам массива начинается с 0.

Задания:

- 1) Найдите все ошибки, в логике программы стажёра (рисунок 4). В бланках ответов обоснуйте своё решение и перерисуйте блок-схему, исправив эти неточности
- 2) Найдите функцию угла к горизонту, под которым будет запущен снаряд (функция может зависеть только от получаемых данных, т.е. S, H, L, M, m)
- 3) Определите, какое расстояние S потребуется установить, чтобы снаряд пролетел самое большое расстояние до крепостной стены противника, если $H = 10201_3$. В ответе укажите целое число в десятичной системе счисления
- 4) Найдите функцию максимальной высоты полёта снаряда, используя согласно принципу рычага такую формулу для начальной скорости снаряда:

$$v_0 = l_{\text{снаряда}} \cdot \sqrt{\frac{2ghM}{ml_{\text{снаряда}}^2 + Ml_{\text{противовеса}}^2}},$$

где h - высота, на которую опустится противовес, l – плечи рычага (функция может зависеть только от получаемых данных, т.е. S, H, L, M, m)

Ответы:

- 1) Описание 3х ошибок (см. решение)
- 2) $\alpha = f(S, H) = 90^\circ \cdot \left(1 - \frac{S}{\sqrt{H^2 + 225}}\right)$
- 3) 56
- 4) $K = g(H, L, S, M, m) = \frac{4M}{16m+M} \left(H + \frac{4SL}{5\sqrt{H^2 + 2500}}\right) \cos^2 \frac{S}{\sqrt{H^2 + 2500}}$

Решения:

- 1) Допущены три ошибки:
 - Проверка корректности ввода (положительные параметры) и номера входного параметра должна вестись последовательно, иначе если подан неположительный параметр, сработает ветка 2, вместо сообщения об ошибке
 - Флаг F станет равным 1 и остановит цикл перевода параметров в 10СС после первого срабатывания ветки 2, однако при корректно введённых данных ветка должна срабатывать дважды. Итог: масса снаряда никогда не будет переведена, элемент В[4] никогда не будет заполнен

- Проверка работоспособности катапульты неверна, должно быть $V[2] \cdot 0.2 \leq V[1]$. В противном случае противовес будет упираться в землю до того, как рея встретит упор

2) Допустим искомая функция $\alpha = f(S, H)$. Из условия задачи на угол влияет расстояние от точки опоры рей до упора S . В двух крайних положениях известны значения: при $S = 0$, $\alpha = 90^\circ$, при $S = \max S$, $\alpha = 0^\circ$. При этом зависимость линейна. Раз длина упора $k = 50$ равна (из условия) катету нижнего треугольника, то и гипотенуза должны быть равны, тогда $\max S = \sqrt{H^2 + k^2}$.

Тогда $\alpha = f(S, H) = 90^\circ \cdot \left(1 - \frac{S}{\sqrt{H^2 + 2500}}\right)$

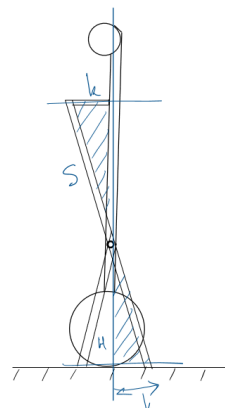
3) Самая большое расстояние преодолевается при $\alpha = 45^\circ$, т.о.

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \left(1 - \frac{S}{\sqrt{H^2 + 2500}}\right) = \frac{\pi}{4}, \quad S = \frac{\sqrt{H^2 + 2500}}{2} \approx 55,902$$

4) Высота полёта $K = g(v_0, \alpha) = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{16 \sin^2 \alpha}{16m/M+1} h$. Необходимо определить начальное (из подобных треугольников) и конечное (из соображений линейности) положение противовеса:

$$h_0 = H \frac{L}{0.8L} = \frac{5}{4} H, \quad h_1 = H - 0.2L \left(1 - \frac{\alpha}{90^\circ}\right), \quad h = \frac{1}{4} H + \frac{SL}{5\sqrt{H^2 + 2500}}$$

$$K = g(H, L, S, M, m) = \frac{4M}{16m + M} \left(H + \frac{4SL}{5\sqrt{H^2 + 2500}}\right) \cos^2 \frac{S}{\sqrt{H^2 + 2500}}$$



Регламент проверки

Номер задания	Макс балл	Начисления баллов	Штрафы
1	9	○ Обнаружена ошибка в проверке положительности параметров: 3 балла. ○ Обнаружена ошибка в работе флага F: 3 балла. ○ Обнаружена ошибка в проверке работоспособности катапульты: 3 балла.	Неверное обоснование ошибки: -1 балл за каждую ошибку. Не перерисована исправленная блок-схема: -3 балла.
2	5	○ Указана линейная зависимость угла от S: 2 балла. ○ Верно определено максимальное S: 2 балла. ○ Получена итоговая формула: 1 балл.	Вычислительная ошибка, ошибка в преобразованиях или размерностях: -1 балл.

3	5	○ Использовано условие оптимального угла $\alpha = 45^\circ$: 2 балла. ○ Подставлено значение H и выполнены вычисления: 2 балла. ○ Получен целочисленный ответ: 1 балл.	Вычислительная ошибка, ошибка в преобразованиях или размерностях: -1 балл.
4	6	○ Использована формула для высоты через v_0 и α: 2 балла. ○ Верно определены начальная и конечная высоты противовеса: 2 балла. ○ Получена итоговая формула: 2 балла.	Вычислительная ошибка, ошибка в преобразованиях или размерностях: -1 балл.

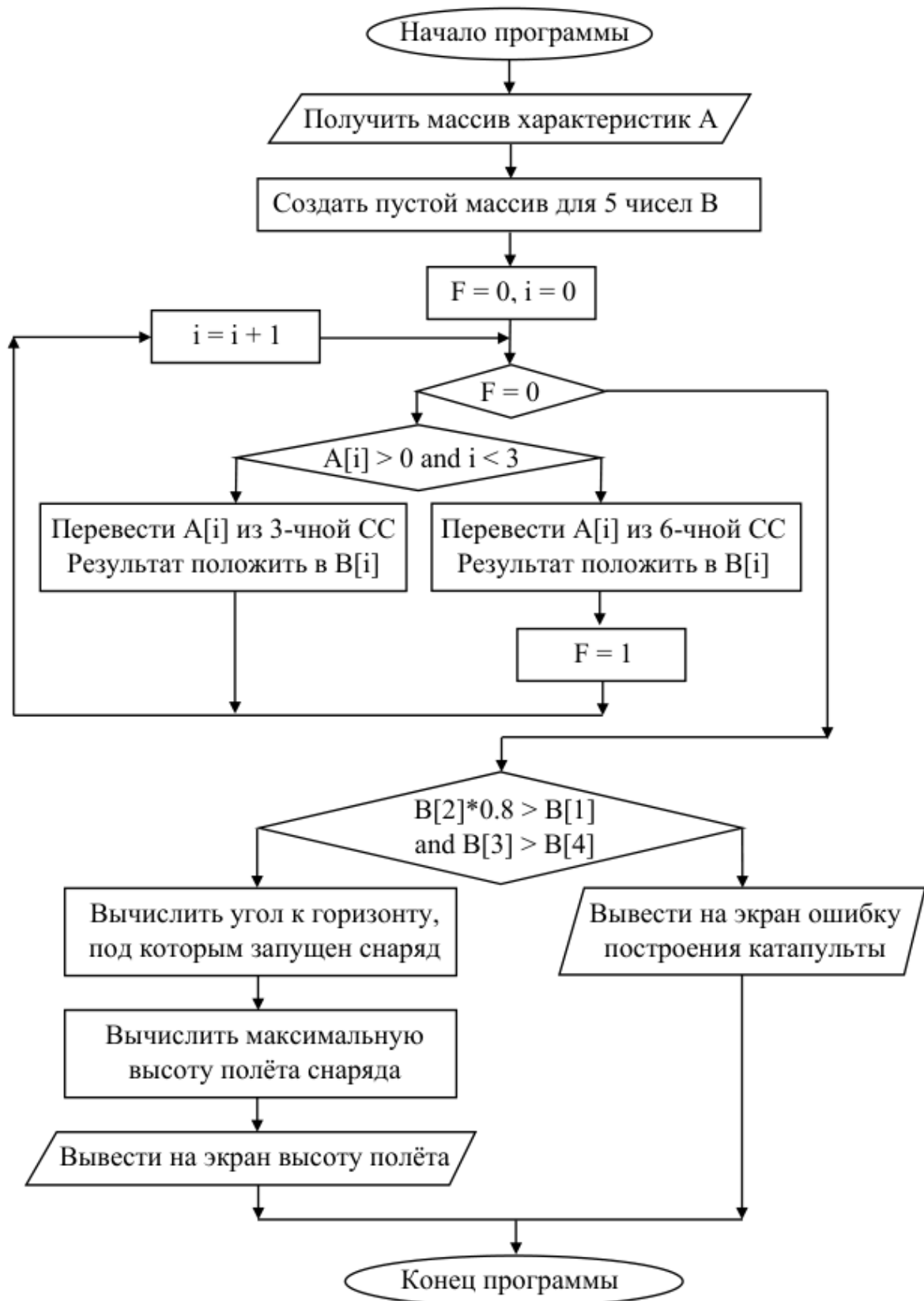


Рисунок 4. Блок-схема программы.

Задача 4 (Максимум – 25 баллов).

В 2085 году человечество построило первый орбитальный город «Гелиос», где перемещение между модулями осуществляется на индивидуальных магнитных капсулах. Участники финала олимпиады получают роль инженеров испытательного центра, которым нужно протестировать прототип новой капсулы серии МК-9.

Капсула движется по магнитным рельсам, способна разгоняться с высокой точностью и автоматически передает телеметрию. Но во время тестов (все тесты независимы друг от друга) часть данных передается в разных системах счисления, что добавляет сложности анализу. Ваша задача — провести расчеты, необходимые для допуска прототипа к сертификации.

1. Капсула начинает движение из покоя и разгоняется равномерно с ускорением 2 м/с^2 . За какое время она пройдет первый участок длиной 40 м ? Ответ выразить в секундах, округлить до сотых.
2. На участке длиной 100 м на капсулу действует тяговая сила 150 Н , а сила сопротивления движению составляет 30 Н . Капсула проходит этот участок за 5 с , её скорость на входе равна 10 м/с . Найдите среднюю мощность тяговой установки на этом участке. Ответ выразить в Вт, округлить до целого.
3. Датчик передал значение силы (в Ньютонах) в шестнадцатеричной системе: $1A_{16}$. На капсулу массой 50 кг действует только эта сила. Найдите ускорение, ответ выразите в м/с^2 , округлите до сотых.
4. Система позиционирования выдала данные о скорости капсулы (в м/с) в виде числа 101101_2 . Капсула должна затормозить до нуля с постоянным ускорением -3 м/с^2 . Какое минимальное расстояние ей нужно для полной остановки? Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.
5. Капсула массой 20 кг движется по прямой со скоростью 8 м/с . На неё начинают действовать две силы:
 - Магнитная сила стабилизации: $F_2(t) = 40 + 5t \text{ Н}$
 - Аэродинамическое сопротивление (по экспериментальным данным): $F_2(V) = 0.5 \cdot V^2 \text{ Н}$

Алгоритм управления удерживает ускорение строго постоянным на всём интервале $0-4 \text{ с}$. Зафиксировано, что в момент $t = 4 \text{ с}$, скорость стала 20 м/с .

Также известно, что в момент $t = 4 \text{ с}$ мгновенная мощность магнитной силы составляет $P_1(4) = 960 \text{ Вт}$.

Какую работу совершила магнитная сила $F_1(t)$ за 4 секунды ? Ответ выразите в Дж, округлите до целого.

Решение**1. Расчет времени разгона**

Из формулы $S = (a * t^2)/2$ выражаем время:

$$t = \sqrt{2 * S/a}$$
$$t = \sqrt{2 * 40/2} = \sqrt{40} \approx 6.32 \text{ с.}$$

Ответ: 6.32 с.

2. Средняя мощность тяги

Мощность — это работа, деленная на время:

$$P = (F * S)/t$$
$$P = \frac{(150 * 100)}{5} = 15000 * 5 = 3000 \text{ Вт.}$$

Ответ: 3000 Вт.

3. Ускорение (из HEX)

1. Перевод из 16-ричной системы: $1A_{16} = 1 * 16 + 10 = 26 \text{ Н.}$
2. По второму закону Ньютона ($F = m * a$):

$$a = F / m$$
$$a = 26 / 50 = 0.52 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ: 0.52 м/с².

4. Дистанция торможения (из BIN)

1. Перевод из двоичной системы: $101101_2 = 32 + 8 + 4 + 1 = 45 \text{ м/с.}$
2. Формула пути торможения:

$$S = v_0^2 / (2 * |a|)$$
$$S = \frac{45^2}{(2 * 3)} = 2025 / 6 = 337.5 \text{ м.}$$

Ответ: 337.5 м.

5. Работа магнитной силы

Шаг А: Определим закон движения.

Начальная скорость $v_0 = 8 \text{ м/с}$, конечная за 4 с — $v(4) = 20 \text{ м/с}$. Ускорение постоянно:

- $a = \frac{20-8}{4} = 3 \text{ м/с}^2$
- Уравнение скорости: $v(t) = 8 + 3t$

Шаг Б: Расчет работы.

Работа переменной силы определяется интегралом: $A = \int_0^t F_1(t) \cdot v(t) dt$

- $A = \int_0^4 (40 + 5t)(8 + 3t) dt = \int_0^4 (320 + 120t + 40t + 15t^2) dt$
- $A = \int_0^4 (320 + 160t + 15t^2) dt = [320t + 80t^2 + 5t^3]_0^4$
- $A = 320(4) + 80(16) + 5(64) = 1280 + 1280 + 320 = 2880 \text{ Дж}$

Ответ: 2880 Дж.

Критерии оценки

Номер вопроса	Макс балл	Начисление баллов
1	3	Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 1 б.
2	3	Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 1 б.
3	4	Правильный перевод в 10-чную систему счисления: 1 б. Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 1 б.
4	5	Правильный перевод в 10-чную систему счисления: 1 б. Приведена правильная формула: 3 б. Расчет верен: 1 б.
5	10	Ускорение найдено верно (формула и расчет): 2 б. Приведен и посчитан верно интеграл: 8 б.

Задача 5 (Максимум – 25 баллов).

На заводе требуется установить систему для мониторинга и контроля состояния сенсоров в реальном времени, включая измерение напряжения и тока в цепи. Система будет использовать микроконтроллер Arduino Uno и мультиметры для отображения результатов измерений на заводе, где производится контроль за состоянием оборудования и параметрами работы сенсоров.

Представленная на рисунке 5 схема содержит в себе микроконтроллер Arduino Uno (используется в качестве источника напряжения), амперметр A1, вольтметры V1, V2, резисторы $R = 1 \text{ кОм}$, монтажную плату и соединительные провода. На рисунке 6 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 без учета подключения пина A5. Чему равняется эквивалентное сопротивление электрической цепи?
2. Чему равняется показание амперметра A1?
3. Чему равняются показания вольтметров V1, V2?
4. Перерисуйте монтажную схему в виде электрической схемы цепи с учетом подключения пина A5. Поясните, какую функцию выполняет в данной схеме подключение к пину A5?
5. Какое сообщение будет выводиться в монитор последовательного порта? Запишите его полностью и, используя представленный код, поясните, как это сообщение сформировано (должна быть пояснена каждая строчка кода, влияющая на формирование сообщения).

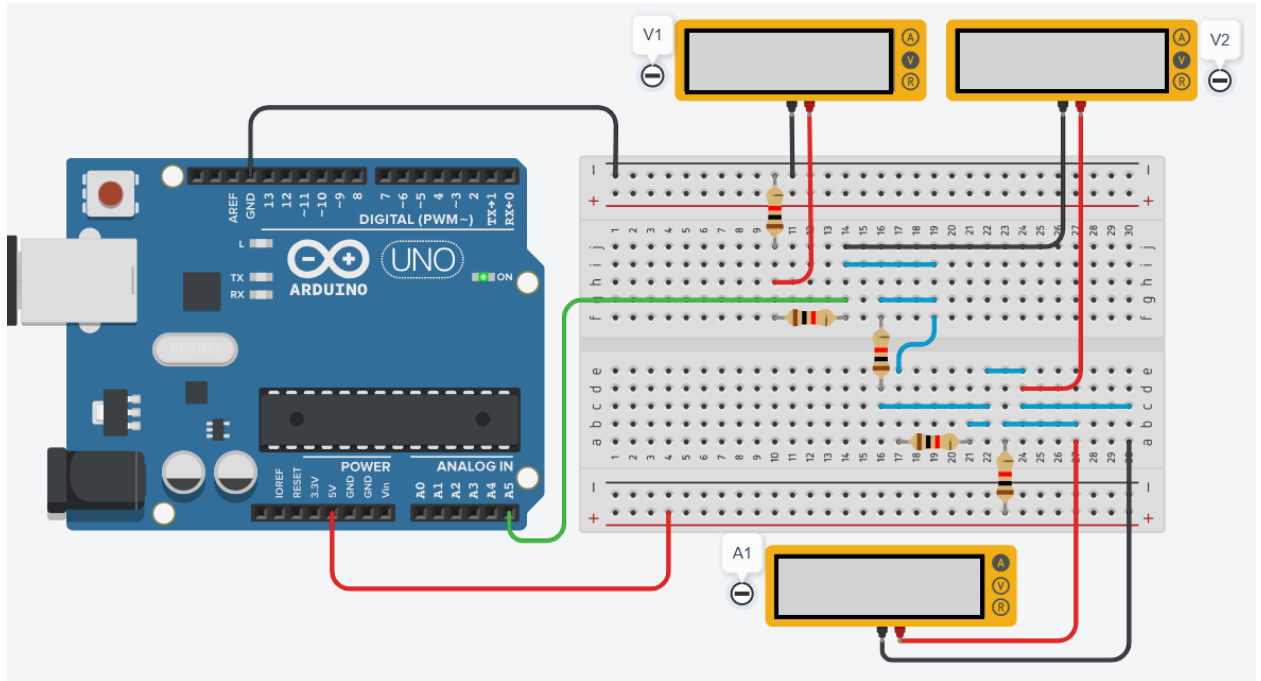


Рисунок 5. Монтажная схема

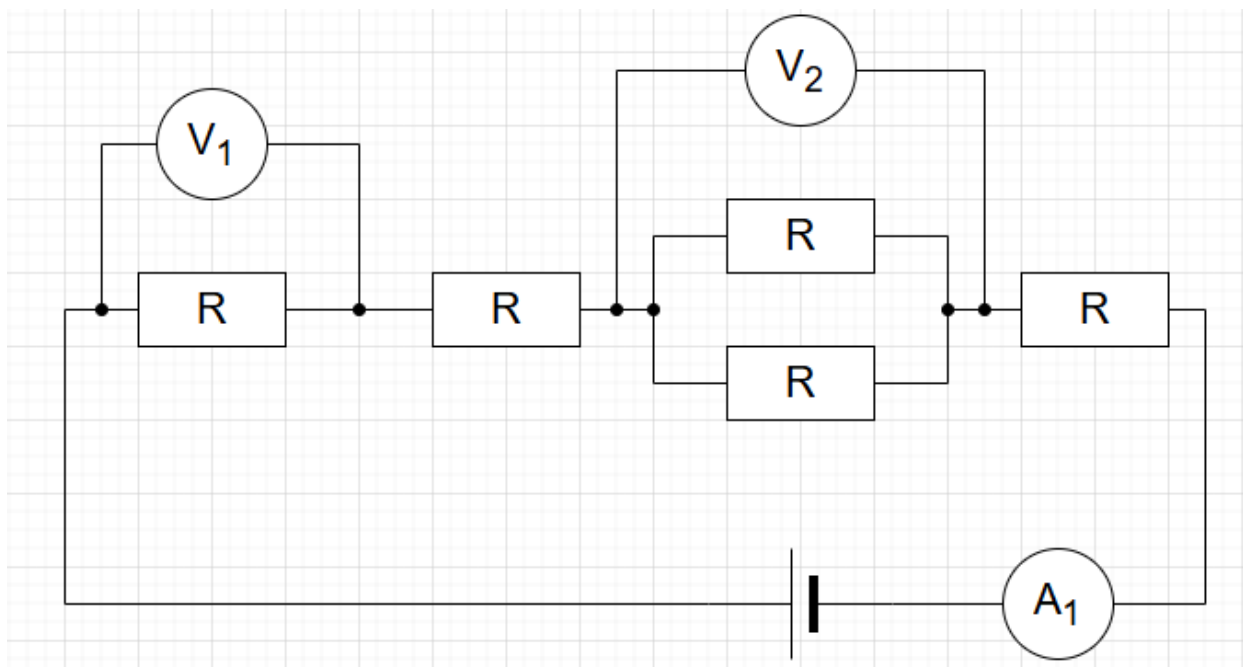
```
1  const int A5_pin = A5;
2
3  const float Vref = 5.0;
4  const int ADC_MAX = 1023;
5
6  void setup() {
7    pinMode(A5, INPUT);
8    Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop() {
12   int adcA5 = analogRead(A5_pin);
13   float voltageA5 = adcA5 * Vref / ADC_MAX;
14   Serial.print("U(A5) = ");
15   Serial.print(voltageA5, 3);
16   Serial.println(" B");
17 }
```

Рисунок 6. Программный код, загруженный в память Arduino Uno.

Решение

Вопрос 1.

Схема:



$$R_{\text{экв}} = R + R + R + R/2 = 3.5 \text{ кОм}$$

Вопрос 2.

Закон Ома:

$$I = U / R_{\text{экв}} = 5 / 3.5 = 1.43 \text{ мА}$$

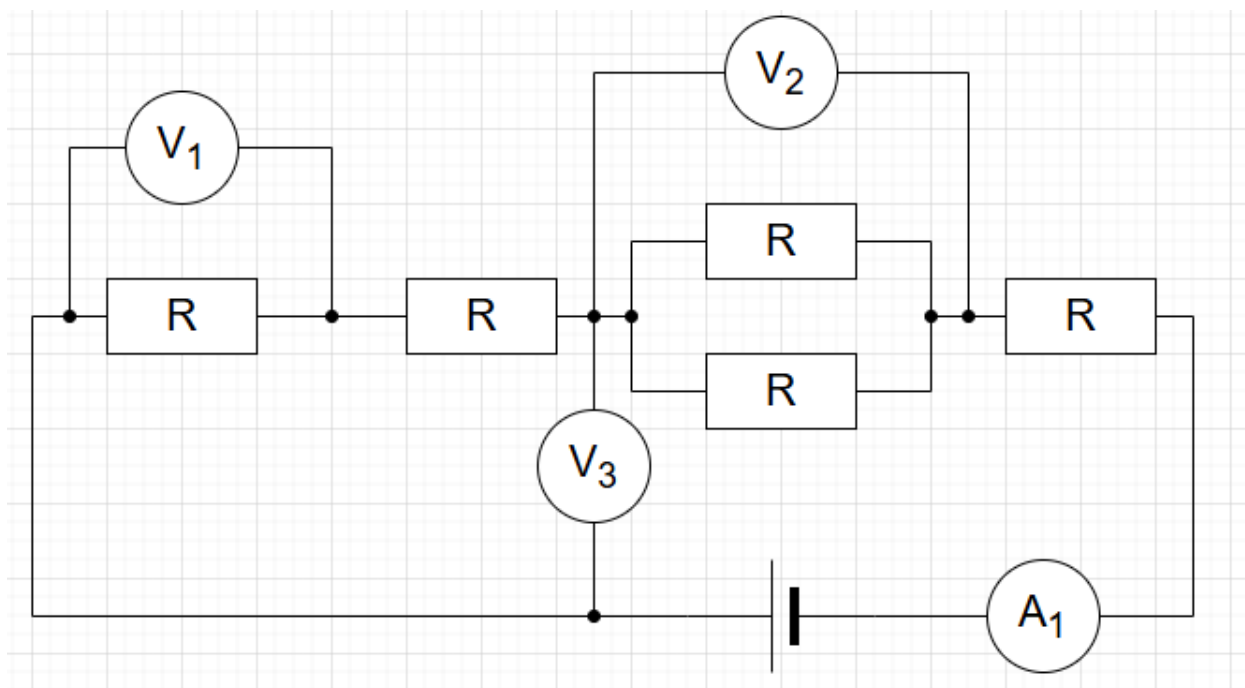
Вопрос 3.

Закон Ома для падения напряжения на резисторах.

$$V_1 = I * R = 1.428 \text{ В}$$

$$V_2 = I * R/2 = 714 \text{ мВ}$$

Вопрос 4.



По сути, подключение аналогового пина A5 в данном случае позволяет использовать микроконтроллер в качестве вольтметра (V_3) согласно нарисованной выше схеме.

Вопрос 5.

Итоговое сообщение в мониторе порта: $U(A5) = 2.859 \text{ В}$

Сообщение формируется в блоке `void loop()`, который выполняется циклически. Вот как это работает шаг за шагом:

1. `int adcA5 = analogRead(A5_pin);`

Микроконтроллер считывает напряжение на пине A5 и преобразует его в цифровое значение (ADC) от 0 до 1023.

Чтобы получить результат 2.859 В, функция `analogRead` в данный момент должна вернуть число 585.

2. `float voltageA5 = adcA5 * Vref / ADC_MAX;`

Здесь происходит математический расчет напряжения. Используется формула:

$$V_{out} = \frac{ADC_{value} \cdot V_{ref}}{ADC_{max}}$$

В нашем случае: $585 \cdot 5.0 / 1023 \approx 2.85923 \dots$

3. `Serial.print("U(A5) = ");`

Эта команда выводит в монитор порта текстовую строку-префикс. Курсор при этом остается в той же строке сразу после знака «равно» и пробела.

4. `Serial.print(voltageA5, 3);`

Команда выводит значение вычисленной переменной `voltageA5`.

- Важный нюанс: аргумент 3 указывает количество знаков после запятой. Именно поэтому в выводе мы видим три цифры (859) вместо стандартных двух.

5. `Serial.println(" В");`

Команда выводит пробел и единицу измерения «В» (подразумевался Вольт).

- `println` (с окончанием `ln` — `line`) добавляет в конце символ переноса строки. Благодаря этому следующее сообщение начнется с новой строки.

Критерии оценки

Номер вопроса	Макс балл	Начисление баллов
1	5	Схема правильно перерисована: 2 б. Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 1 б.
2	3	Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 1 б.
3	4	Приведена правильная формула: 2 б. Расчет верен: 2 б.
4	4	Схема правильно перерисована: 2 б. Дано правильное пояснения назначения подключения пина A5: 2 б.
5	9	Верно записано выводимое сообщение (формула + расчет + синтаксис вывода): 3 б. Полностью объяснены все строки кода: 6 б.