

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.

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 $R_1 = 5 \text{ кОм}$, $R_2 = 2 \text{ кОм}$, $R_3 = 7,5 \text{ кОм}$, $R_4 = 2,25 \text{ кОм}$, $R_5 = 3 \text{ кОм}$. 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 $Q_1 = 700$ нКл и $Q_2 = 25$ мкКл находящимися на расстояние $r = 10$ см.

Согласно инструкции к установке, необходимо произвести настройку схемы управления, так чтобы мощность на сопротивление R_5 не превышала 200 мВт. Если мощность, выделяемая на сопротивление R_5 для исходной схемы, окажется больше, то необходимо добавить сопротивление с номиналом $R=1$ кОм в одно из трех предназначенных для этого мест – на схеме возможные места для установки сопротивления R обозначены точками А, В и С.

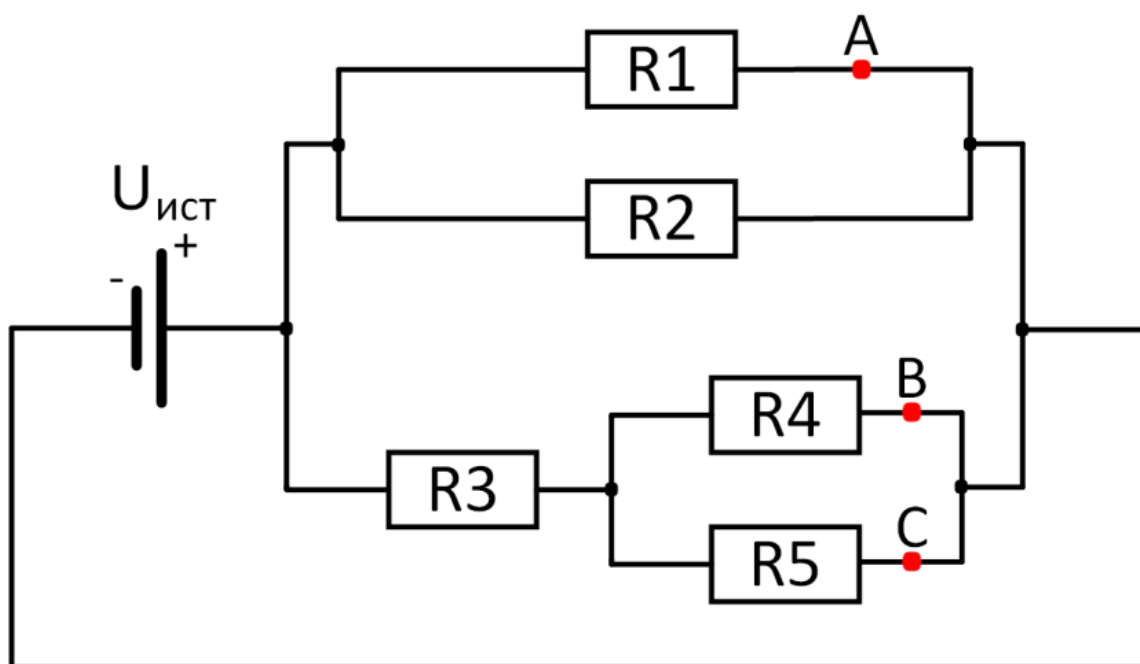


Рисунок 1. Электрическая схема.

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 R_3 в исходной схеме.
4. Определите мощность P_{R_5} , выделяемую на сопротивление R_5 для исходной схемы.
5. Укажите в какую одну из трех точек (А/В/С) необходимо добавить дополнительное сопротивление (R) номиналом 1 кОм для уменьшения мощности на сопротивление R_5 ниже критической 200 мВт. Приведите аргументацию к каждому случаю
6. Определите мощность ($P_{R_5_R}$) выделяемую на сопротивление R_5 для случая схемы с дополнительным сопротивлением R из пункта №5 вопросов.

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).

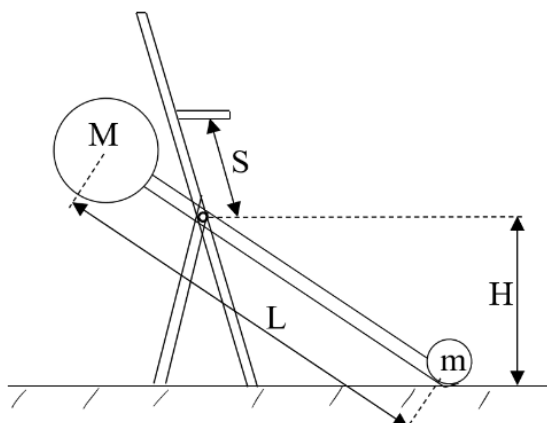


Рисунок 2. Конструкция катапульты.

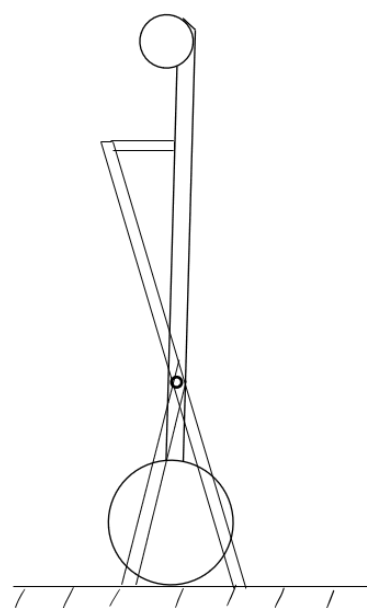


Рисунок 3. Катапульта в момент выстрела.

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)

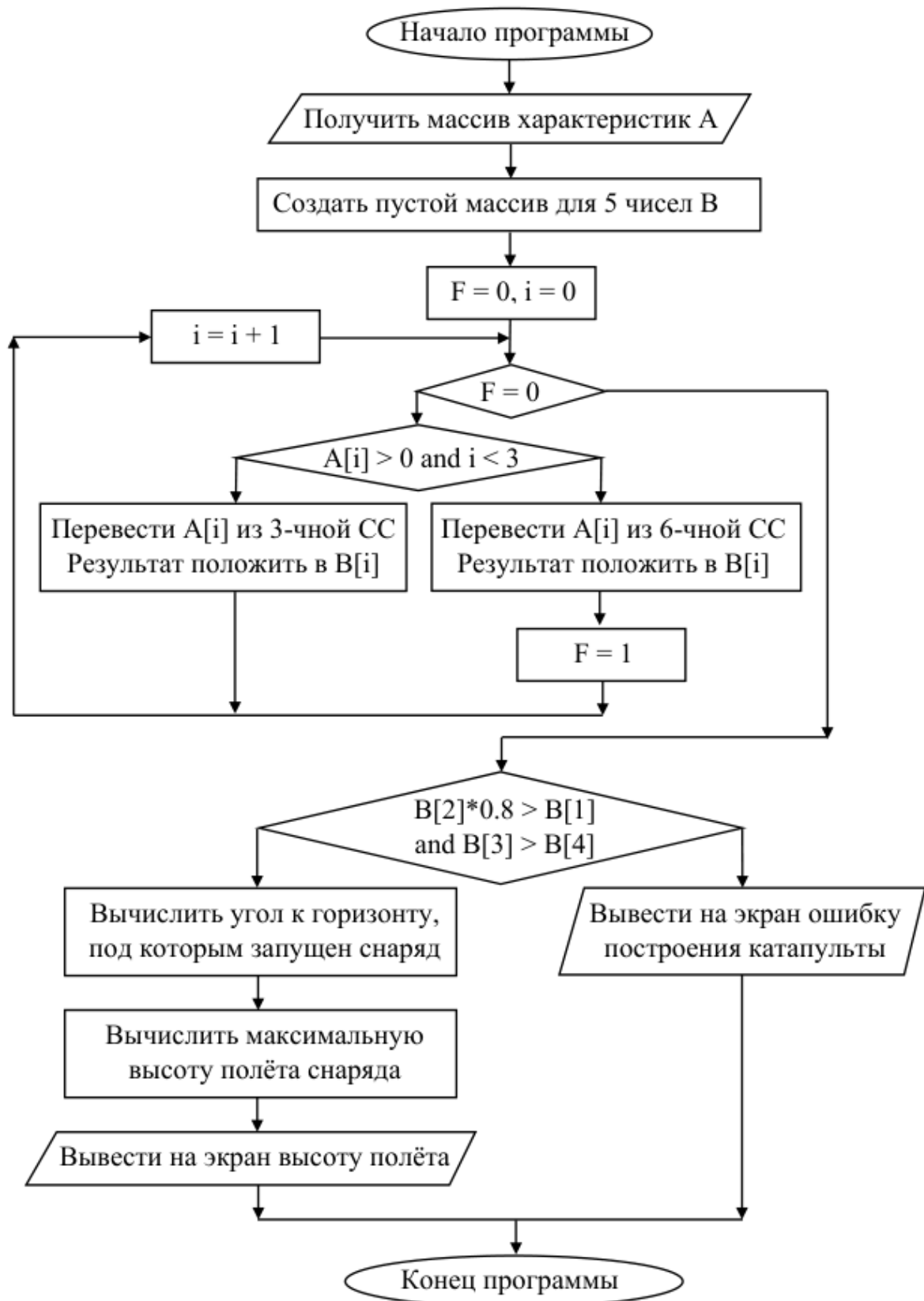


Рисунок 4. Блок-схема программы.

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.

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).

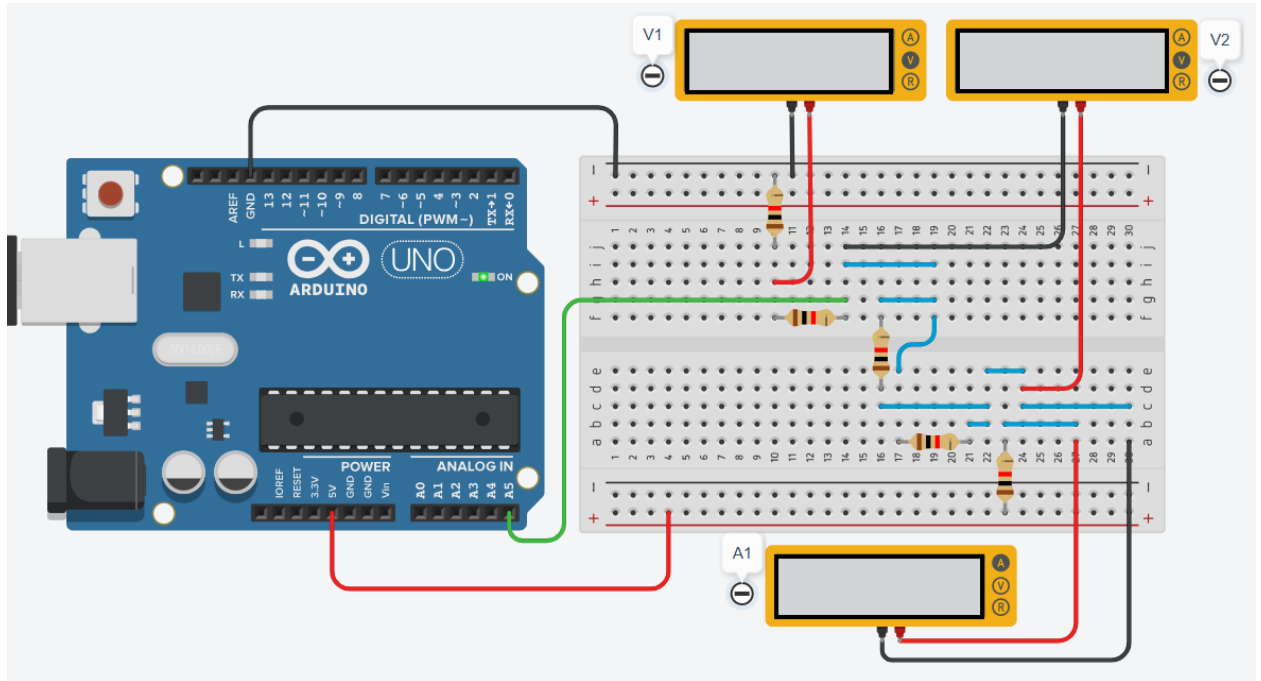


Рисунок 5. Монтажная схема

```

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.