

Решения задач второго тура олимпиады «Высшая проба»

«Электроника и вычислительная техника»

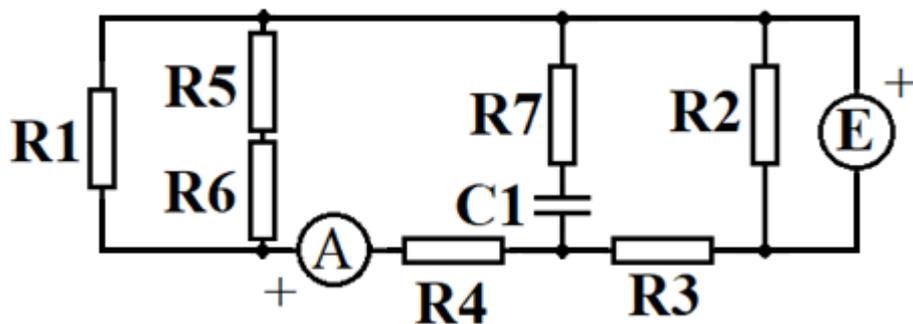
2019/2020 учебный год

10 класс

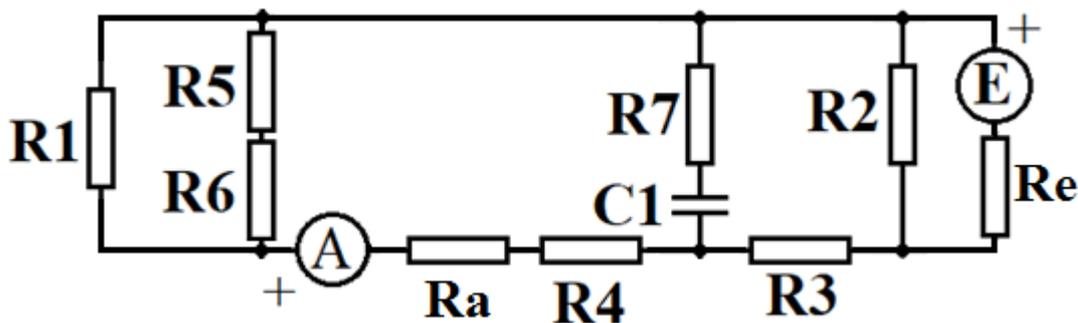
1 задание

Из условий следует, что мы работаем со схемой на постоянном токе, т.к. $E=12\text{В}$. Соответственно через конденсатор $C1$ ток течь не будет.

Перерисуем схему, чтобы её было проще воспринимать:



Поскольку миллиамперметр и источник не идеальные, добавим их сопротивления:



Из нее очевидно, что:

- $R5$ и $R6$ соединены последовательно (объединяем их в $R_{56} = 800 \text{ Ом}$)
- $R1$ и R_{56} соединены параллельно (объединяем их в $R_{156} = 308 \text{ Ом}$)
- R_{156} , R_a и $R4$ соединены последовательно (объединяем их в $R_{156a4} = 1028 \text{ Ом}$)
- Через $R7$ ток не течет из-за конденсатора.
- $R3$ и R_{156a4} соединены последовательно (объединяем их в $R_{3156a4} = 1228 \text{ Ом}$)
- $R2$ и R_{3156a4} соединены параллельно (объединяем их в $R_{\text{общ.}} = 551 \text{ Ом}$)

Общий ток источника равен току, который показывает миллиамперметр, плюс ток, текущий через $R2$.

$$I_{\text{общ.}} = I_a * (R_{3156a4} + R_2) / R_2 = 20,9 \text{ mA}$$

$$R_{\text{общ.}} + R_e = E / I_{\text{общ.}} = 573 \text{ Ом}$$

$$R_e = 22 \text{ Ом}$$

Заряд на конденсаторе:

$$Q = C * U_c$$

Через R7 ток не течет, а следовательно на нем не будет падать напряжение.

$$U_c = E - U_{R_e} - U_{R_3}$$

$$U_{R_e} = I_{\text{общ.}} * R_e = 0,46 \text{ В}$$

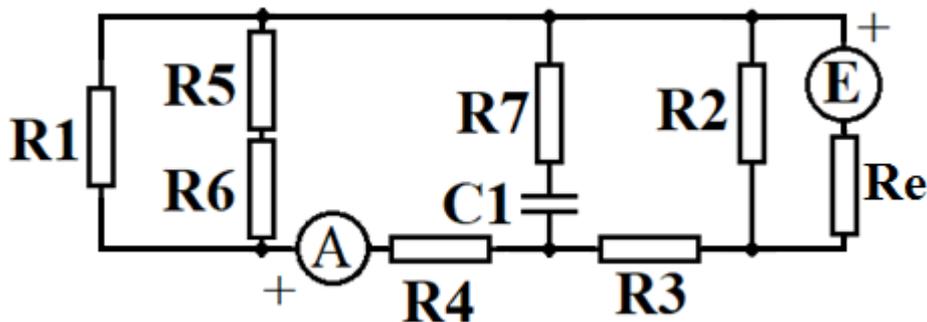
$$U_{R_3} = I_a * R_3 = 1,88 \text{ В}$$

$$U_c = 9,66 \text{ В}$$

$$Q = 96,6 \text{ нКл}$$

Значение идеального амперметра:

Получаем схему:



Аналогично выкладкам выше, найдем общее сопротивление:

$$R_{\text{общ.}} = 569 \text{ Ом (с учетом } R_e)$$

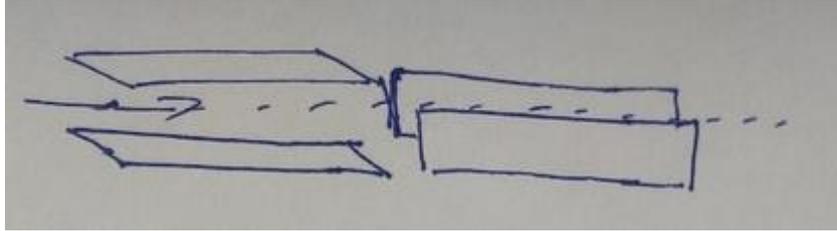
$$I_{\text{общ.}} = 21,1 \text{ mA}$$

$$I_a = I_{\text{общ.}} * R_2 / (R_{31564} + R_2) = 9,5 \text{ mA}$$

Ответ: $R_{\text{общ.}} = 551 \text{ Ом}$, $I_{\text{общ.}} = 20,9 \text{ mA}$, $R_e = 22 \text{ Ом}$, $Q = 96,6 \text{ нКл}$, $I_a = 9,5 \text{ mA}$

2 задание

Электрон пролетает через два конденсатора, пластины которого расположены следующим образом (возможна трактовка с другим расположением пластин второго конденсатора, но тогда движение не будет прямолинейным):



Тогда прямолинейное движение электрона примем за движение по оси z , смещение в первом конденсаторе за движение по оси x , а смещение во втором конденсаторе за движение по оси y . Пусть длина первого конденсатора равна s_1 , а второго s_2 .

Уравнение движения в общем случае:

$$s = vt + \frac{at^2}{2} .$$

Для случая, когда движение равномерно:

$$s = vt . \text{ Следовательно, } t_x = \frac{s_1}{v} , t_y = \frac{s_2}{v} .$$

$$E = \frac{F}{q}, F = Eq = ma , \text{ следовательно: } a_x = \frac{E_x q}{m}, a_y = \frac{E_y q}{m} .$$

Тогда с учетом того, что изначальная скорость до влёта в конденсаторы по осям x и y равно нулю:

$$s_x = \frac{a_x t_x^2}{2}, s_y = \frac{a_y t_y^2}{2} .$$

Тогда общее смещение по теореме Пифагора:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = 1,038 \text{ м} .$$

Для случая с замедлением чтобы найти время необходимо решить квадратное уравнение. Тогда для первого конденсатора получаем два ответа: 20 нс и 20 с. Простой

подстановкой можно убедиться, что второй ответ не имеет особого физического смысла (при подстановке данной цифры в формулу для отклонения получается расстояние примерно равное 15 световым годам или 3 расстояниям от Земли до Альфа Центавры), в то время как для первого ответа полученное число с точностью до нескольких знаков после запятой совпадает со временем, полученным для случая без замедления. Такая же картина получается и для второго конденсатора. Из этого можно сделать вывод, что замедление слишком мало для того, чтобы оказать серьёзное влияние на смещение электрона относительно прямолинейной траектории относительно случая с равномерным движением, поэтому ответы будут практически такими же.

В случае с протоном, исходя из соображений, полученных на предыдущем этапе, можно воспользоваться формулой для прямолинейного движения, заменив массу электрона на массу протона. Тогда:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = 5,657 \cdot 10^{-4} \text{ м} .$$

Стоит отметить, что поле будет смещать протон в противоположном направлении относительно того, как смещался под полем электрон, что, однако, не влияет на модуль этого смещения.

3 задание

1. Пакет показаний включает в себя:

- a. ID $(99-10+1) - 7$ бит
- b. Показания температуры $(50-(-50)+1) - 7$ бит

Всего в системе 5 датчиков, тогда размер пакета, который отправляется с первичного сервера равен $7*(7+7)=7*14=98$ бит.

Ответ: 98 бит.

2. Данные о температуре проходят следующий путь:

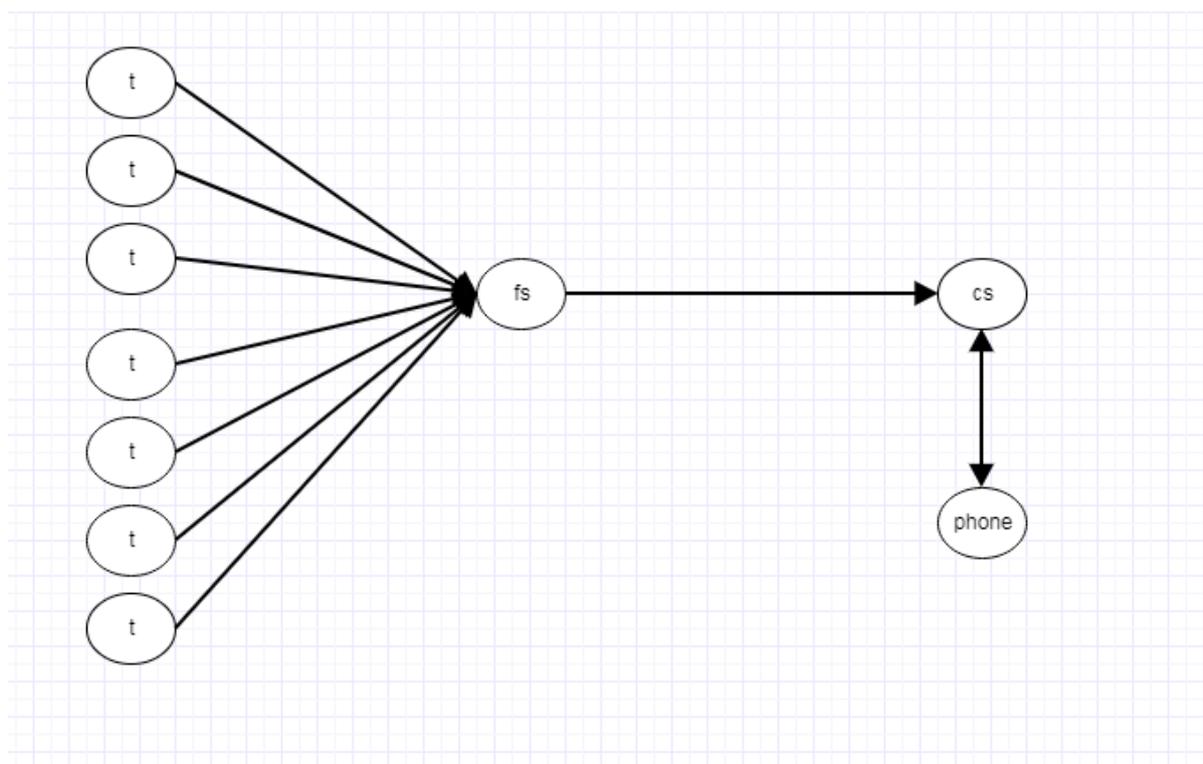
Снятие -> первичный сервер -> центральный сервер. Пакет данных формируется 30 секунд, Тогда:

$7/4(\text{передача от датчика к первичному серверу})+98/7*8(\text{передача от первичного сервера к центральному})+30= 33.5$

Ответ: 34 секунды

3. Пакеты направляются каждые 5 минут, тогда за один час направляется 12 пакетов, тогда всего $12*24=288$ пакетов. $98*288=28224$ бит или 3528 байт или 3.45Кбайт. Следует учитывать, что в 00:00 была тоже отправка пакета.

Ответ: 28224 бит



4.

4 задание

Общее решение

1. Применяется метод отработывания назад. Количество баз высчитывается по формуле: $D_n = F * (1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{2n-1})$, где D_n это расстояние, которое можно проехать при наличии n баков топлива, вместимостью F единиц. Нужно найти наименьшее число n , при котором $D_n \geq K$, где K это расстояние, которое нужно преодолеть. Количество дополнительных баз, которые нужно создать для промежуточного хранения топлива равно $n - 1$.
2. При $D_n > K$ для расчета минимального количества единиц топлива необходимо изменить значение подсчитанного расстояние для новой базы последним числом гармонического ряда D_n , т.к. оно должно совпадать с расстоянием от родной планеты до базы. Новое расстояние высчитывается следующим образом: $C_n =$

$K - D_{n-1}$. Затем необходимо рассчитать, сколько потребуется единиц топлива, чтобы забросить $n - 1$ полный бак на расстояние D_{n-1} .

Численное решение

1. Определим сколько единиц топлива понадобится:

$D_n = 450 * \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \frac{1}{9} + \frac{1}{11} + \frac{1}{13} + \frac{1}{15} + \frac{1}{17} + \frac{1}{19}\right) \approx 1000.9$. Имея 12 полных баков расстояние, которое мы сможем пролететь равно 1000.9. Таким образом, количество необходимых баз равно 11.

2. Так как $D_n > K$, где $K = 1000$ парсек, необходимо рассчитать минимальное необходимое количество топлива в последнем баке. $C_n = 1000 - 450 * \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \frac{1}{9} + \frac{1}{11} + \frac{1}{13} + \frac{1}{15} + \frac{1}{17} + \frac{1}{19}\right) \approx 18.6$ парсек – это расстояние, которое необходимо преодолеть от последней созданной базы, чтобы получилось ровно 1000 парсек. Далее рассчитываем, сколько необходимо топлива для заброса 11-ми полных баков (4500 ед. топлива) на базу на расстоянии $450 * \frac{1}{17}$ от основной базы: $2 * 18.6 * \left\lfloor \frac{4950}{450 - 2 * 18.6} \right\rfloor + 18.6 \approx 427.8$. Столько топлива нужно в последнем баке. Итого минимальное количество топлива которое необходимо для перелета равно 5377.8 ед.