

Основы электроники

Домашнее задание №3

Евгений Зеленин

5 сентября 2024 г.

1. Задачи про светодиоды

1.1 Подключение белого диода к 7.4в

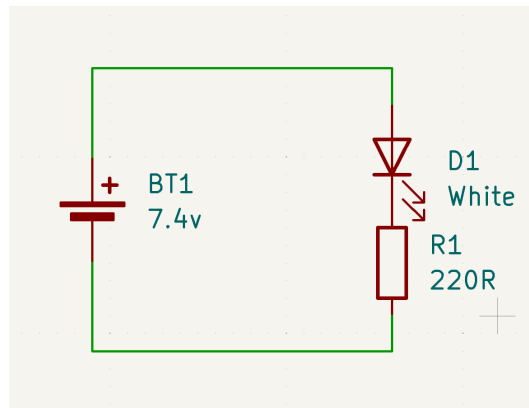


Рис. 1: Схема включения диода

Условия задачи. Рассчитать номинал и мощность резистора для подключения одного белого светодиода к источнику напряжения 7,4 В.

Решение:

Для вычисления номинала резистора R1 воспользуемся законом Ома:

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}}$$

Найдем U_{R_1} следующим образом: $U_{R_1} = U_{bat} - U_{d_1}$. Рабочий ток диода, согласно документации - 20мА. Значение U_{d_1} определяется по вольт-амперной характеристике и при токе в 20мА составляет $U_{d_1} = 3.05$ В. Таким образом, $U_{R_1} = 7.4 - 3.05 = 4.35$ В. Подставляем полученные значения в формулу:

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{4.35}{0.02} = 217 \text{ Ом}$$

Ближайшим большим сопротивлением из ряда E24 является сопротивление номиналом 220 Ом. Мощность, выделяемую на сопротивлении, можно посчитать следующим образом:

$$P_{R_1} = U_{R_1} \cdot I_{R_1} = 4.35 \text{ В} \cdot 0.02 \text{ А} = 87 \text{ мВт}$$

Ближайший больший номинал из ряда по мощности - 125 мВт.

Ответ: $R_1 = 220 \text{ Ом}$, $P_{R_1} = 125 \text{ мВт}$.

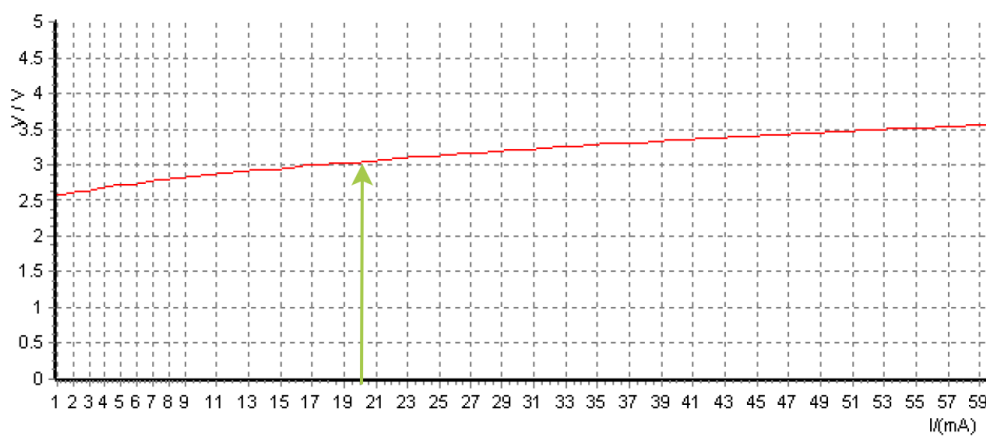


Рис. 2: Падение напряжения при рабочем токе 20мА на светодиоде белого цвета

1.2 Подключение трех зеленых светодиодов к 11.7в

Условия задачи. Рассчитать номинал и мощность резистора для последовательного подключения двух зеленых светодиодов к источнику напряжения 11,7 В.

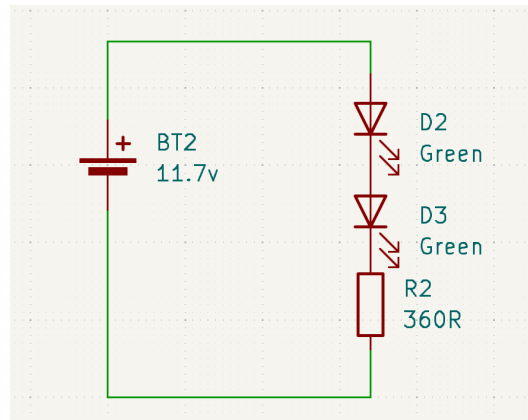


Рис. 3: Схема включения зеленых диодов

Решение:

Для вычисления номинала резистора R_1 воспользуемся законом ома:

$$R_1 = \frac{U_{R_2}}{I_{R_2}}$$

Найдем U_{R_2} следующим образом: $U_{R_2} = U_{bat} - 2 \cdot U_d$. Рабочий ток диодов, согласно документации - 20мА. Значение U_d определяется по вольт-амперной характеристике и при токе в 20мА составляет $U_{d_2} = U_{d_3} = 2.25$ в. Таким образом, $U_{R_2} = 11.7 - 2 \cdot 2.25 = 7.2$ в. Подставляем полученные значения в формулу:

$$R_1 = \frac{U_{R_2}}{I_{R_2}} = \frac{7.2}{0.02} = 360 \text{ Ом}$$

Ближайшим большим сопротивлением из ряда E24 является сопротивление номиналом 360 Ом. Мощность, выделяемую на сопротивлении, можно посчитать следующим образом:

$$P_{R_2} = U_{R_2} \cdot I_{R_2} = 7.2\text{в} \cdot 0.02\text{А} = 0.144 \text{ мВт}$$

Ближайший больший номинал из ряда по мощности - 250 мВт.

Ответ: $R_2 = 360 \text{ Ом}$, $P_{R_2} = 250 \text{ мВт}$.

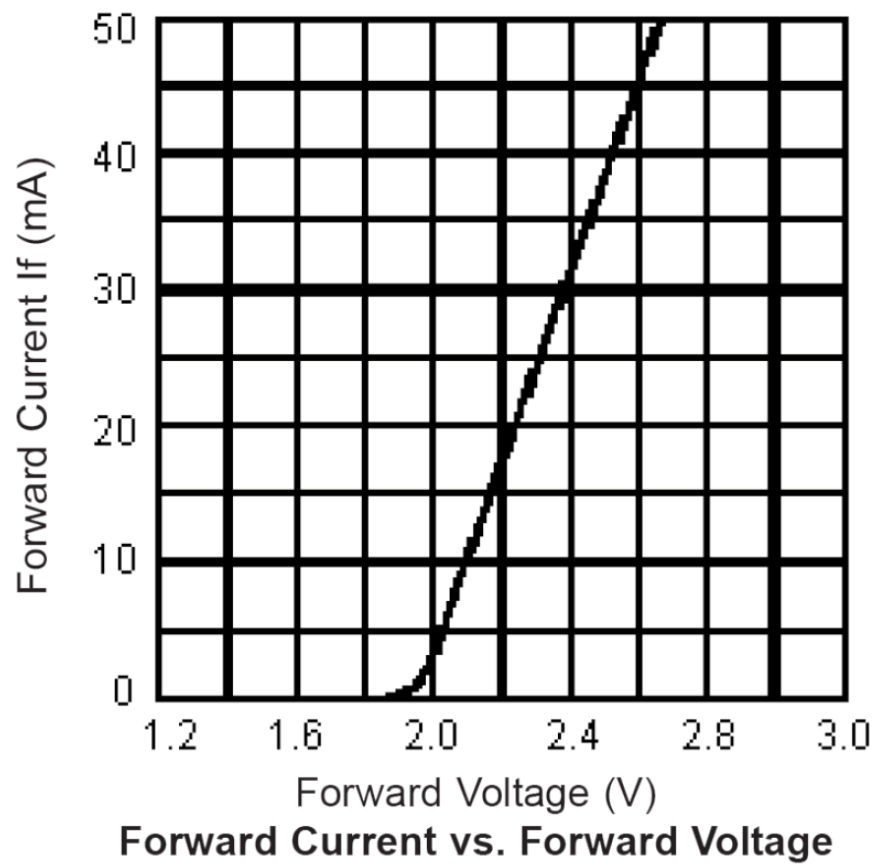


Рис. 4: Падение напряжения при рабочем токе 20мА на светодиоде зеленого цвета

1.3 Последовательно-параллельное подключение 16-ти красных светодиодов

Условия задачи. Рассчитать номинал и мощность резисторов для последовательно-параллельного подключения шестнадцати красных светодиодов к источнику напряжения 12,7 В.

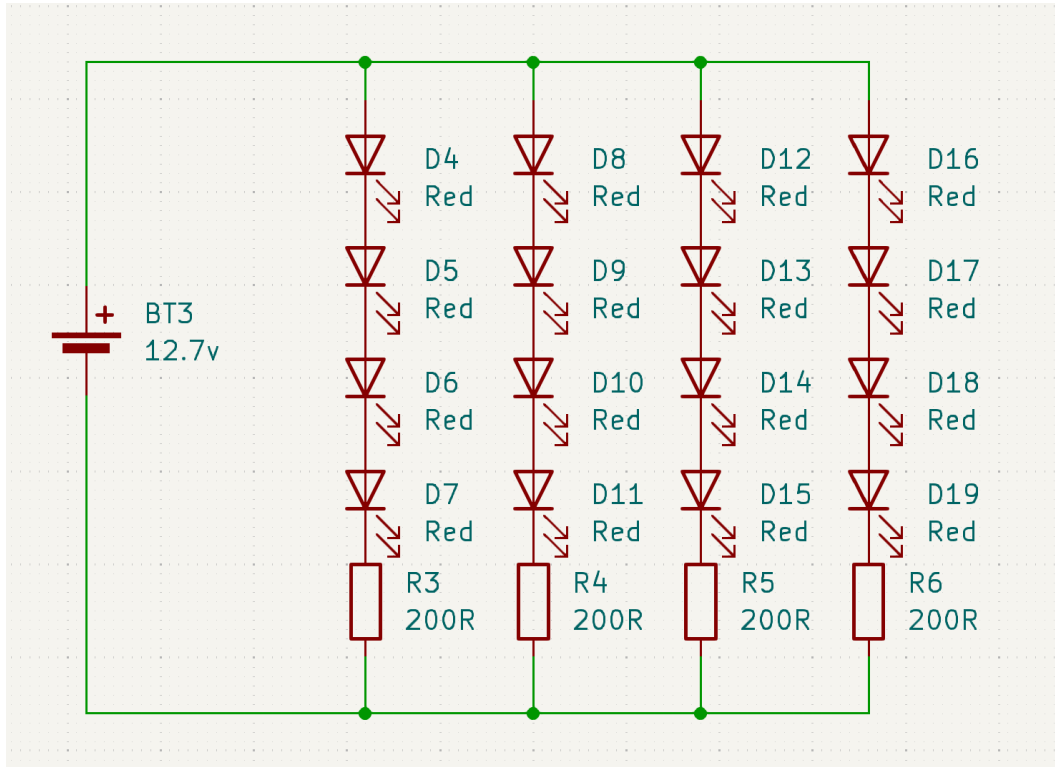


Рис. 5: Схема включения зеленых диодов

Решение:

Чтобы подключить 16 светодиодов к источнику питания 12.7В, сначала определим какое количество диодов можно включить в одну цепь последовательно. Для этого на каждом светодиоде должна быть обеспечена разница потенциалов равная падению напряжения на диоде при рабочем токе 20мА. Количество диодов можно в одной цепи можно посчитать следующим образом:

$$N = \frac{U_{bat}}{U_d} = \frac{12.7\text{В}}{2.2\text{В}} = 5.77 \text{ шт.}$$

Таким образом, максимальное количество диодов в одной цепи - 5шт. В целях унификации цепочек, чтобы получить сборку из 16 светодиодов, можно использовать 4 цепочки по 4 светодиода.

Для вычисления номинала резисторов $R_{3..6}$ воспользуемся законом Ома:

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

Найдем U_R следующим образом: $U_R = U_{bat} - 4 \cdot U_d$. Рабочий ток диодов, согласно документации - 20мА. Значение U_d определяется по вольт-амперной характеристике и при

токе в 20мА составляет $U_d = 2.2\text{В}$. Таким образом, $U_R = 12.7 - 4 \cdot 2.2 = 3.9\text{В}$. Подставляем полученные значения в формулу:

$$R_{3..6} = \frac{U_R}{I_R} = \frac{3.9}{0.02} = 195\text{ Ом}$$

Ближайшим большим сопротивлением из ряда E24 является сопротивление номиналом 200 Ом. Мощность, выделяемую на сопротивлении, можно посчитать следующим образом:

$$P_R = U_R \cdot I_R = 3.9\text{В} \cdot 0.02\text{А} = 0.78\text{ мВт}$$

Ближайший больший номинал из ряда по мощности - 125 мВт.

Ответ: $R_{3..6} = 200\text{ Ом}$, $P = 125\text{ мВт}$.

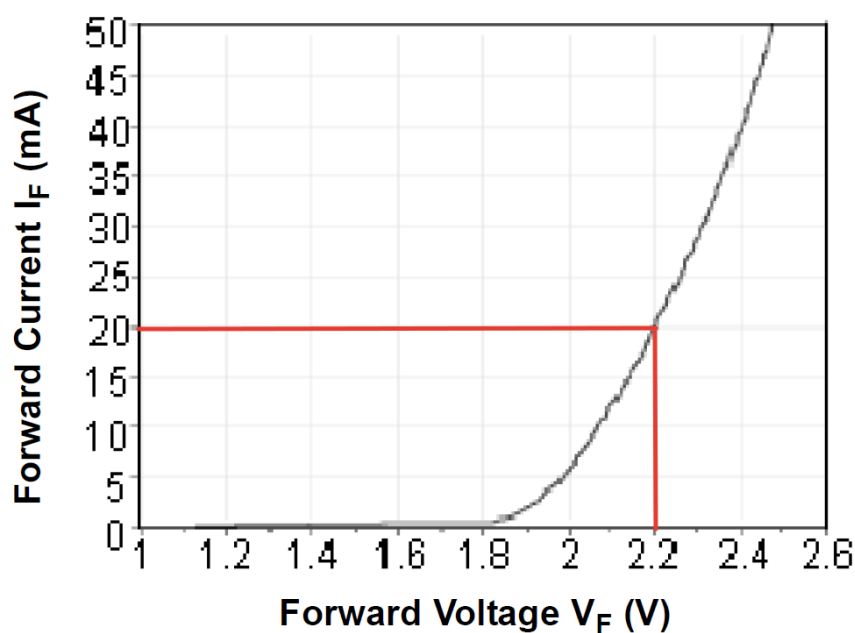


Рис. 6: Падение напряжения при рабочем токе 20мА на светодиоде зеленого цвета

2. Задачи на расчет делителей

2.1 Делитель с выходом 8.4в

Условия задачи. Рассчитать номиналы резисторов для делителя: из напряжения 12,7 В требуется получить на выходе 8,4 В при номинале резистора R1 220 Ом.

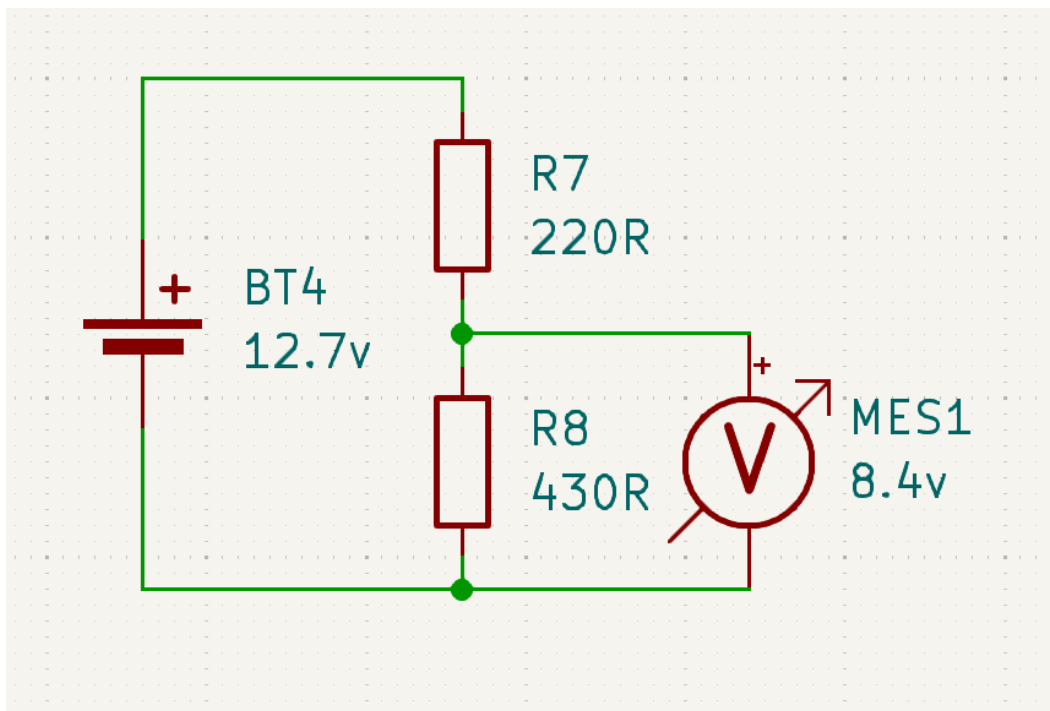


Рис. 7: Схема делителя

Решение: Чтобы рассчитать значение сопротивления R_8 воспользуемся формулой из лекции:

$$\frac{U_{R_8}}{R_8} = \frac{U_{bat}}{R_7 + R_8}$$

Следовательно, $R_8 = \frac{U_{R_8} \cdot R_7}{U_{bat} - U_{R_8}} = \frac{8.4\text{В} \cdot 220\text{Ом}}{12.7\text{В} - 8.4\text{В}} = 430 \text{ Ом}$

Ответ: $R_8 = 430 \text{ Ом}$.

2.2 Делитель с выходом 3.4в

Условия задачи. Рассчитать номиналы резисторов для делителя: из напряжения 6,8 В требуется получить на выходе 3,4 В при номинале резистора R_1 82 Ом.

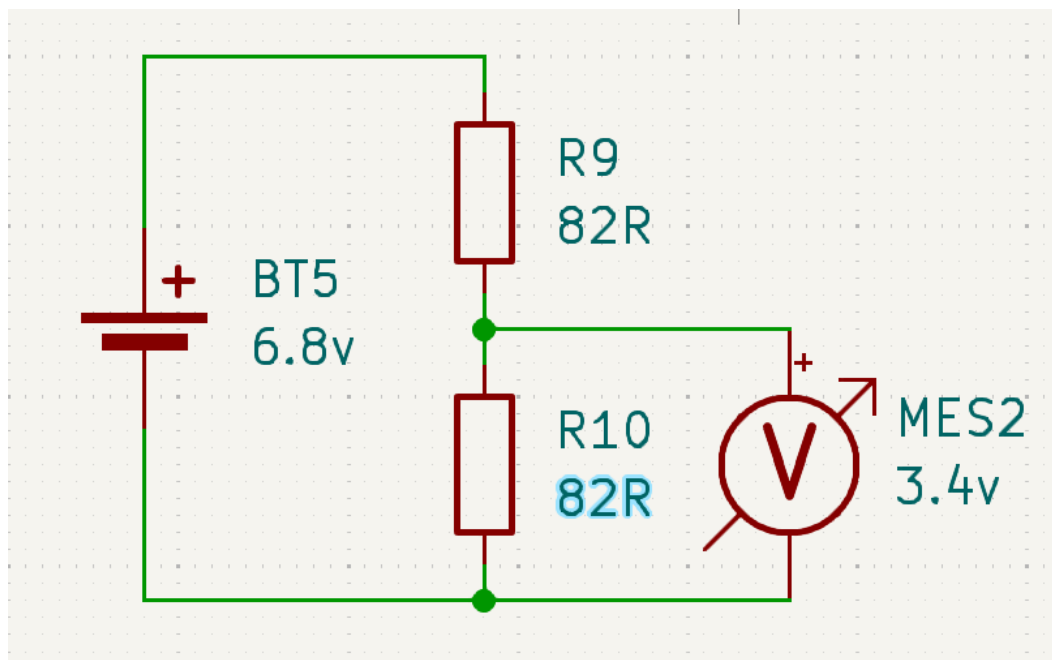


Рис. 8: Схема делителя

Решение: Напряжение на выходе делителя равно половине напряжения питания, это возможно только в том случае, когда два последовательно включенных сопротивления равны друг другу. Следовательно:

$$R_{10} = R_9 = 82 \text{ Ом}$$

Ответ: $R_{10} = 82 \text{ Ом}$.

2.3 Пересчет делителей под нагрузку 7мА

Условия задачи. Произвести перерасчет делителей задач 2.1 и 2.2 при условии тока нагрузки, подключенной к выходу равной 7 мА. Номинал R1 задан явно в условии.

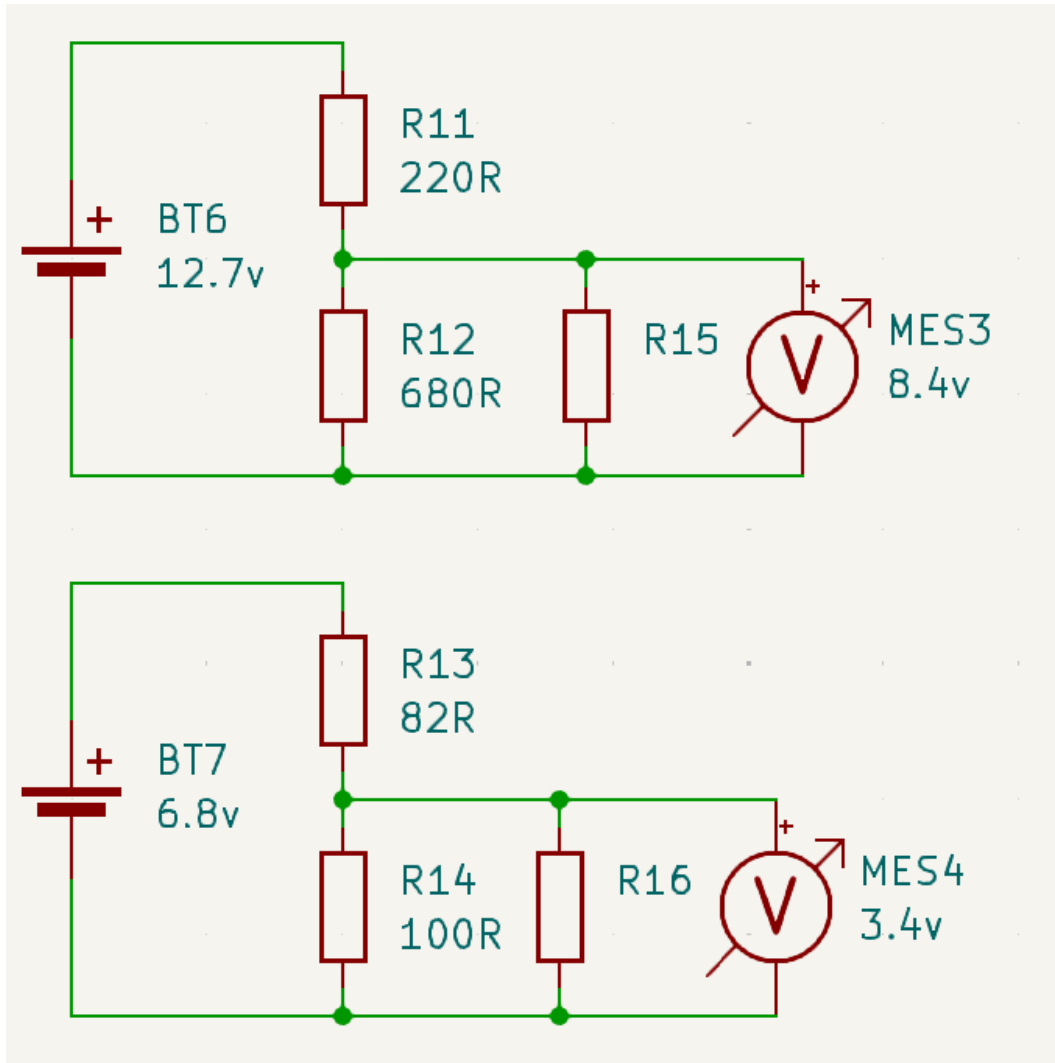


Рис. 9: Схема делителя

Решение: Нам известно значение R_{xx} для холостого хода из предыдущей задачи. В таком случае, чтобы компенсировать падение напряжения после подключения нагрузки, значение эквивалентного сопротивления $R_{\text{экр}}$ должно равняться значению R_{xx} . Запишем следующее равенство:

$$R_{xx} = R_{\text{экр}} = \frac{R_{\text{нов.}} \cdot R_{\text{нагр.}}}{R_{\text{нов.}} + R_{\text{нагр.}}}$$

Таким образом, новое значение сопротивления можно посчитать по следующей формуле:

$$R_{\text{нов.}} = \frac{R_{xx} \cdot R_{\text{нагр.}}}{R_{\text{нагр.}} - R_{xx}}$$

Найдем $R_{\text{нагр.}}$:

$$R_{\text{нагр.}} = \frac{U_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}$$

Для задачи 2.1:

$$R_{15} = \frac{8.4\text{В}}{0.007\text{А}} = 1200 \text{ Ом}$$

Для задачи 2.2:

$$R_{16} = \frac{3.4\text{В}}{0.007\text{А}} = 485.71 \text{ Ом}$$

Теперь найдем новые значения сопротивлений для задач 2.1 и 2.2.

Для задачи 2.1:

$$R_{12} = \frac{1200 \text{ Ом} \cdot 430 \text{ Ом}}{1200 \text{ Ом} - 430 \text{ Ом}} = 669,57 \text{ Ом}$$

Выбираем ближайший номинал из ряда E24, $R_{12} = 680 \text{ Ом}$

Для задачи 2.2:

$$R_{14} = \frac{82 \text{ Ом} \cdot 485,71 \text{ Ом}}{485.71 \text{ Ом} - 82 \text{ Ом}} = 98.66 \text{ Ом}$$

Выбираем ближайший номинал из ряда E24, $R_{14} = 100 \text{ Ом}$

Ответ: $R_{12} = 680 \text{ Ом}$, $R_{14} = 100 \text{ Ом}$.

3. Расчет времени заряда конденсатора

Условия задачи. Произвести расчет времени заряда конденсатора до 95%:

3.1 2,2 мкФ, при сопротивлении 82 Ом;

3.2 33 мкФ, при сопротивлении 6,8 Ом;

3.3 0,47 нФ, при сопротивлении 1,8 кОм.

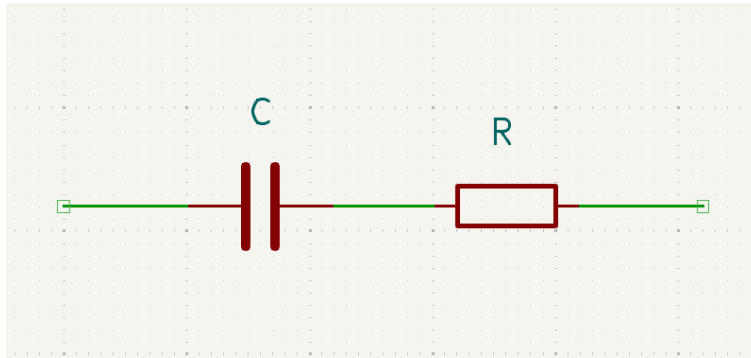


Рис. 10: Схема заряда конденсатора

Время заряда конденсатора до 95% равняется $3\tau = 3 \cdot R \cdot C$:

3.1 $T_{95\%}^1 = 3 \cdot 82 \text{ Ом} \cdot 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 5,412 \cdot 10^{-4} \text{ с} = 541,2 \text{ мкс};$

3.2 $T_{95\%}^2 = 3 \cdot 6.8 \text{ Ом} \cdot 33 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 6,732 \cdot 10^{-4} \text{ с} = 673,2 \text{ мкс};$

3.3 $T_{95\%}^3 = 3 \cdot 1.8 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot 0.47 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 2,538 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 2,538 \text{ мкс};$

Ответ: $T_{95\%}^1 = 541,2 \text{ мкс}$, $T_{95\%}^2 = 673,2 \text{ мкс}$, $T_{95\%}^3 = 2,538 \text{ мкс}$;

4. Выполнить в одном проекте KiCAD схемы для 1 и 2 задач на одном листе, приложить в виде PDF

Файл загружен на github и доступен для скачивания по ссылке: Схемы к ДЗ №03