

Теоретическая часть
(Максимальное количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В современных системах передачи электрической энергии и в сфере инфокоммуникационных технологий широко используются трансформаторы. Простейший трансформатор позволяет передавать электрическую энергию от одной электрической цепи к другой при сохранении мощности, но с изменением напряжения. Трансформатор состоит из двух обмоток, индуктивно связанных между собой с помощью магнитопровода (см. рисунок).

Принцип работы устройства:

1. при изменении электрического тока первичной обмотки в магнитопроводе наводится магнитный поток;
2. магнитный поток передаётся по магнитопроводу в неизменном виде от первичной обмотки ко вторичной;
3. при изменении магнитного потока во вторичной обмотке наводится ЭДС за счёт действия магнитной индукции.

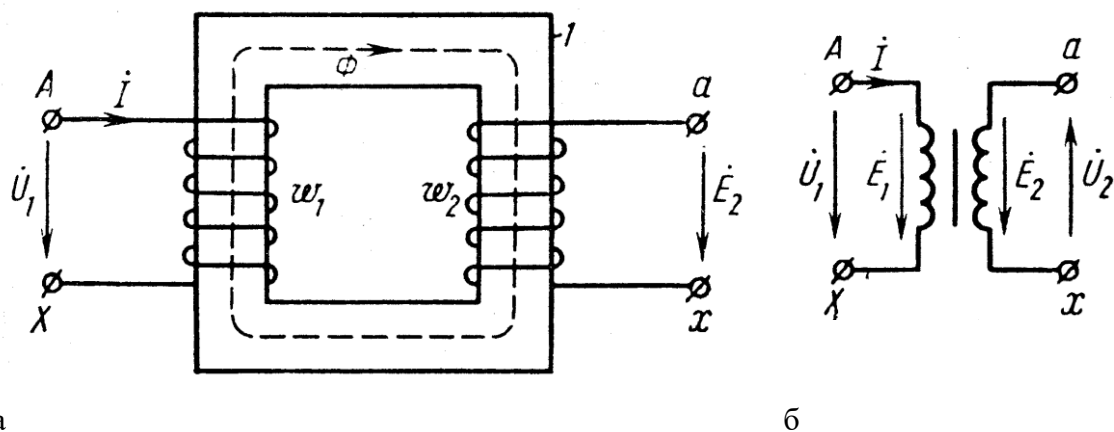


Рис. 1. Способ подключения трансформатора к электрическим цепям (а) и обозначение трансформатора на электрической схеме (б)

Пусть в идеальном трансформаторе количество витков первичной обмотки равно $w_1 = 250$, во второй $w_2 = 1000$. Ко вторичной обмотке подключено сопротивление 200 Ом. Сопротивлением обмоток можно пренебречь. В течение 10 мкс напряжение в первичной обмотке U_1 равномерно изменилось на 100 В.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) ЭДС во вторичной обмотке изменилась на ___ В (округлите до целых);
- 2) ток во вторичной обмотке изменился на ___ А (округлите до целых);

3) электрическая мощность во вторичной обмотке в конечный момент времени равна ___ Вт (округлите до целых).

Краткое решение:

$$w_1 = 250$$

$$w_2 = 1000$$

$$U_1 = 100 \text{ В}$$

$$\Delta t = 10 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$R = 200 \text{ Ом}$$

ЭДС на вторичной обмотке:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1} = 400 \text{ В}$$

Сила тока во вторичной обмотке (закон Ома для участка цепи):

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = 2 \text{ А}$$

Электрическая мощность во вторичной обмотке:

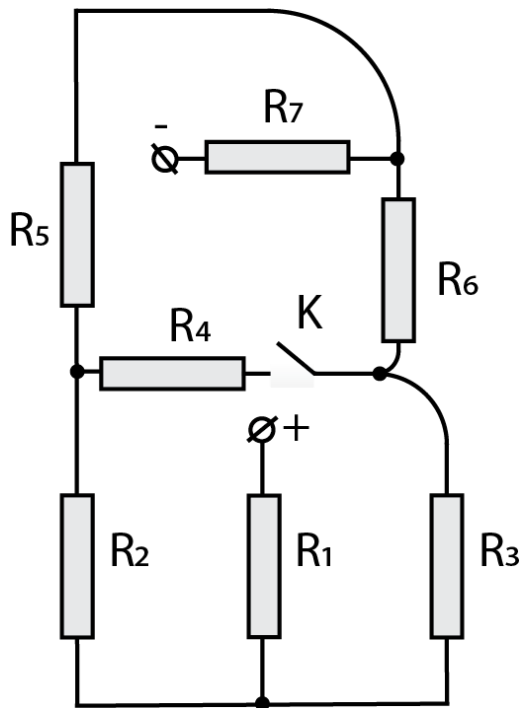
$$P = U_2 I_2 = 800 \text{ Вт}$$

Ответ: 400 (В) (5 балла); 2 (А) (5 балла); 800 (Вт) (5 балла).

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке, состоит из 7 одинаковых резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 1 \text{ Ом}$ и ключа К. Напряжение между клеммами $U = 5 \text{ В}$. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.



Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

1) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эКВ1}}$ цепи до замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);

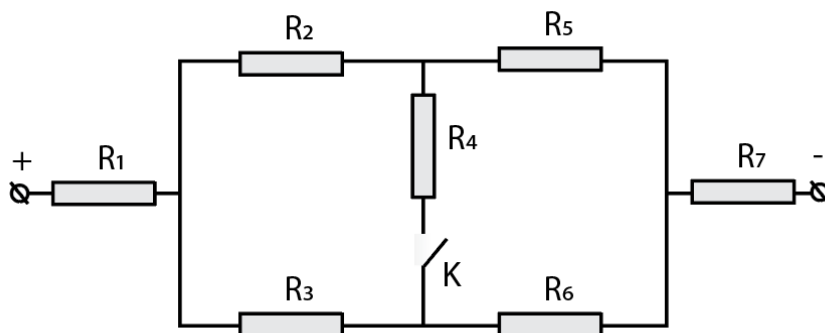
2) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эКВ2}}$ цепи после замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);

3) после замыкания ключа К вместо резисторов R_2 и R_6 в цепь подключили конденсаторы C_1 и C_2 , соответственно, с ёмкостями $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ.

На конденсаторе C_1 установится заряд $q_1 = __ \cdot 10^{-6}$ Кл (округлите до целых),

На конденсаторе C_2 установится заряд $q_2 = __ \cdot 10^{-6}$ Кл (округлите до целых).

Краткое решение:

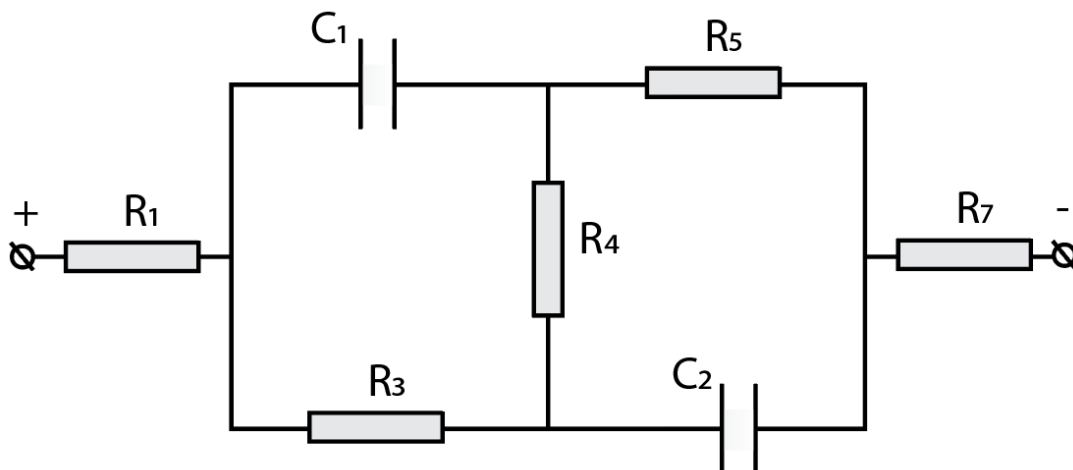


$$R_{\text{эКВ1}} = R + R + \frac{2 * 2}{2 + 2} R = 3R = 3 \text{ Ом}$$

Даже после замыкания ключа ток через резистор R_4 в силу симметрии схемы не пойдет (или можно доказать равенство потенциалов точек пересечения резистора с внешней цепью)

$$R_{\text{эКВ2}} = R_{\text{эКВ1}} = 3R = 3 \text{ Ом}$$

Если добавить конденсаторы, получим следующую схему.



Когда конденсаторы зарядятся через них ток идти не будет, поэтому

$$U = I(R_1 + R_3 + R_4 + R_5 + R_7) = 5IR;$$

$$I = \frac{U}{5R}$$

Чтобы найти заряды рассмотрим контур, содержащий R_3 и R_4 :

$$\frac{q_1}{C_1} = I(R_3 + R_4)$$

$$q_1 = 2IRC_1 = \frac{2C_1U}{5} = 2 \text{ мкКл}$$

Аналогично

$$q_2 = 2IRC_2 = \frac{2C_2U}{5} = 4 \text{ мкКл}$$

Ответ: 3 (Ом) (5 баллов), 3 (Ом) (5 баллов), 2 и 4 ($\cdot 10^{-6}$ Кл) (5 баллов).

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

В некоторой Подсолнечной системе находятся разные планеты, заселенные разными народами, между которыми налажена торговля различными товарами. Пилоту торгового космического корабля необходимо доставить товары от планеты Нару до планеты Керрумий и сделать это как можно быстрее. Торговый космический корабль движется с постоянной скоростью. У пилота торгового космического корабля есть цифровая карта Подсолнечной системы, на которой указано расстояние в десятичной системе счисления (в парсеках) между планетами и по которой можно спланировать маршрут из одной точки в другую (рисунок 1). Проблема заключается в том, что карта была повреждена вредоносным компьютерным червем “Верд” и теперь расстояние между некоторыми планетами закодировано в десятичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления, а значения некоторых разрядов этих чисел умышленно потеряны и обозначены

символом “@”. Поврежденные данные о расстоянии между планетами представлены в таблице 1, пилоту повезло, что расстояние Y не подверглось действию компьютерного червя и представлено во всех доступных системах счисления. Восстановите исходные данные, найдите кратчайший маршрут от планеты Нару до планеты Керрумий и в ответ запишите его длину в десятичной системе счисления в парсеках.

Таблица 1.

Основание системы счисления, которой закодировано расстояние	В	Закодированное расстояние X (парсек)	Закодированное расстояние Y (парсек)	Закодированное расстояние Z (парсек)	Закодированное расстояние T (парсек)
10		@2@2	4080	@@2	@9@2
8		2@5@	7760	10@@	3@1@
16		@E@	FF0	@0A	@@C

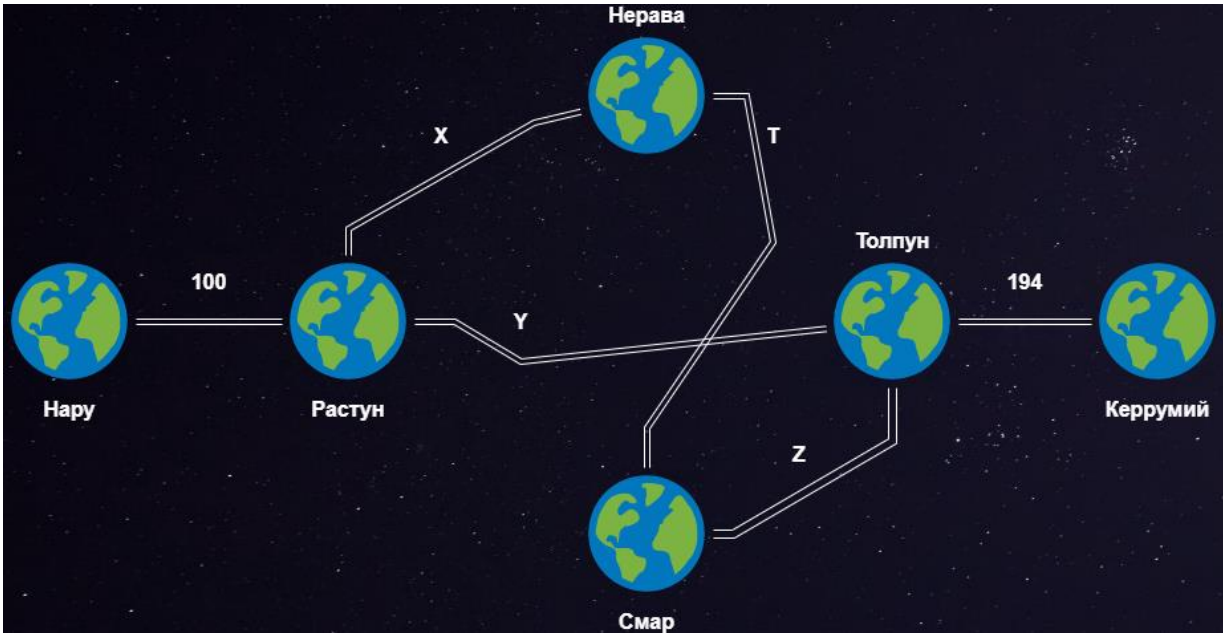


Рисунок 1. Карта Подсолнечной системы

Решение:

- Нужно получить значения расстояний X, Y, Z и T однозначно в десятичной системе счисления. Для этого необходимо провести анализ кодов для каждого значения расстояния. Общий алгоритм таков:
 - Рассмотреть минимальное и максимальное значение кода в восьмеричной системе счисления и перевести их в десятичный формат. После перевода можно будет однозначно определить, чему равен старший разряд десятичного кода данного числа.
Пример: берем число X₈. Его минимально возможное значение $2050_8 = 1064_{10}$, максимально возможное $2757_8 = 1519_{10}$, таким образом старший разряд десятичного представления числа будет равен 1.

- б. Теперь в десятичном числе лишь один разряд неизвестен. Методом перебора можно подобрать то число, которое будет соответствовать остальным двум закодированным числам в восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления. Таким образом, мы получим расстояние в десятичной системе счисления.
2. После того как десятичные значения расстояний X, Y, Z и T получены, необходимо сравнить длины двух возможных путей в имеющемся графе и определить минимальное.

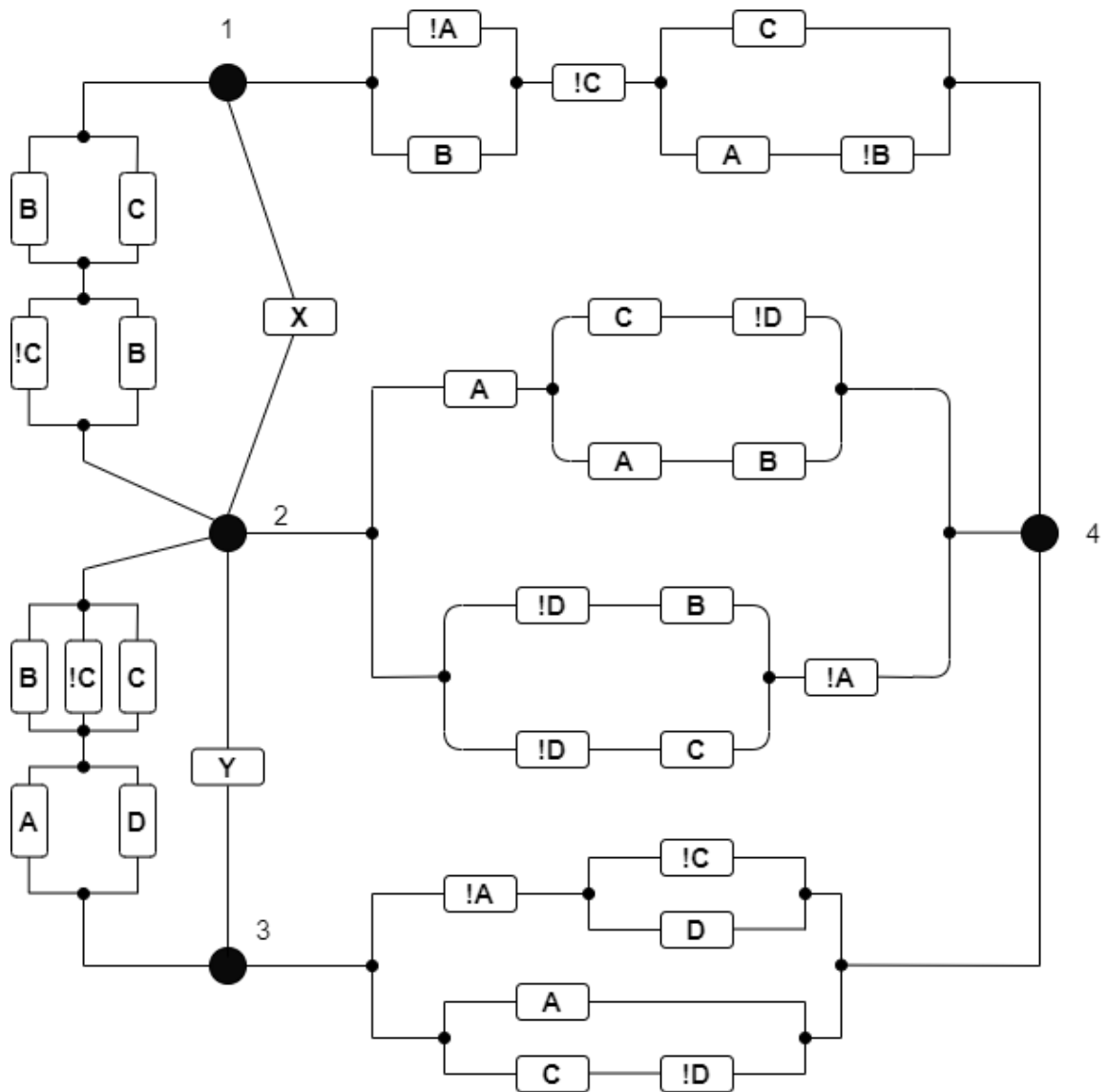
Ответ: 4010

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

На планете Лязме случилась вспышка нового заболевания. Для лечения нового вируса ученые планеты создали устройство, схема которого представлена на рисунке 1. Точки 1-4 обозначают приемопередатчики, которые могут получать или передавать информацию. Между каждой парой приемопередатчиков есть некая логическая переключательная схема по которой передаются сигналы. Буквами в данной схеме обозначены некоторые логические функции, которые замыкают или размыкают контакт (1 – контакт замкнут, 0 – контакт разомкнут). Запись “!Z” означает инверсию логической переменной Z. Устройство, представленное на схеме, оказалось слишком дорогим для производства, т.к. содержит слишком много логических функций.

Упростите данное устройство и запишите упрощенные логические функции для каждой пары приемопередатчиков.



Решение: логическая схема между каждой парой приемопередатчиков представляет собой простейшую переключательную схему, которую можно преобразовать в аналитическую форму. Например, для переключательной схемы 1-2 аналитическая запись представляется в следующей виде $(b+c) \& (!c+b)$. При использовании правил упрощения из булевой алгебры получим $!c*b + b*b + c*!c + c*b = !c*b + b + 0 + c*b = b$. По аналогии решаем другие логические схемы и получаем ответ.

Ответ:

1=2: B, X

2=3: A+D, Y

1=4: 0

2=4: $C*!D + A*B + !A*B*!D$

3=4: 1

Практическая часть

(Максимальное количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

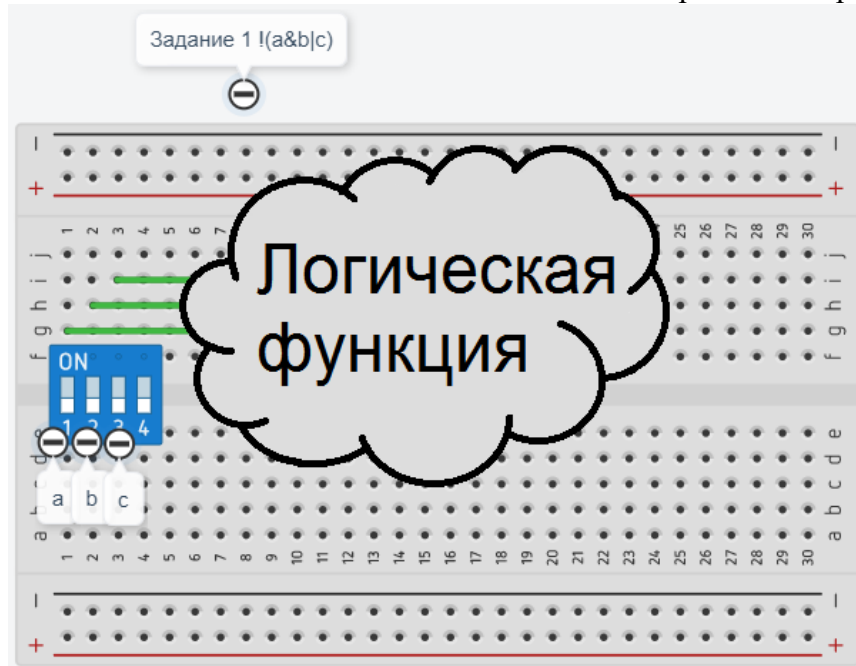
Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$(a \vee \bar{b} \& c) \vee (\bar{a} \& \bar{b} \& c) \& (a \vee b \vee c)$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «|». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации приведен на рисунке:



Уровень 2.

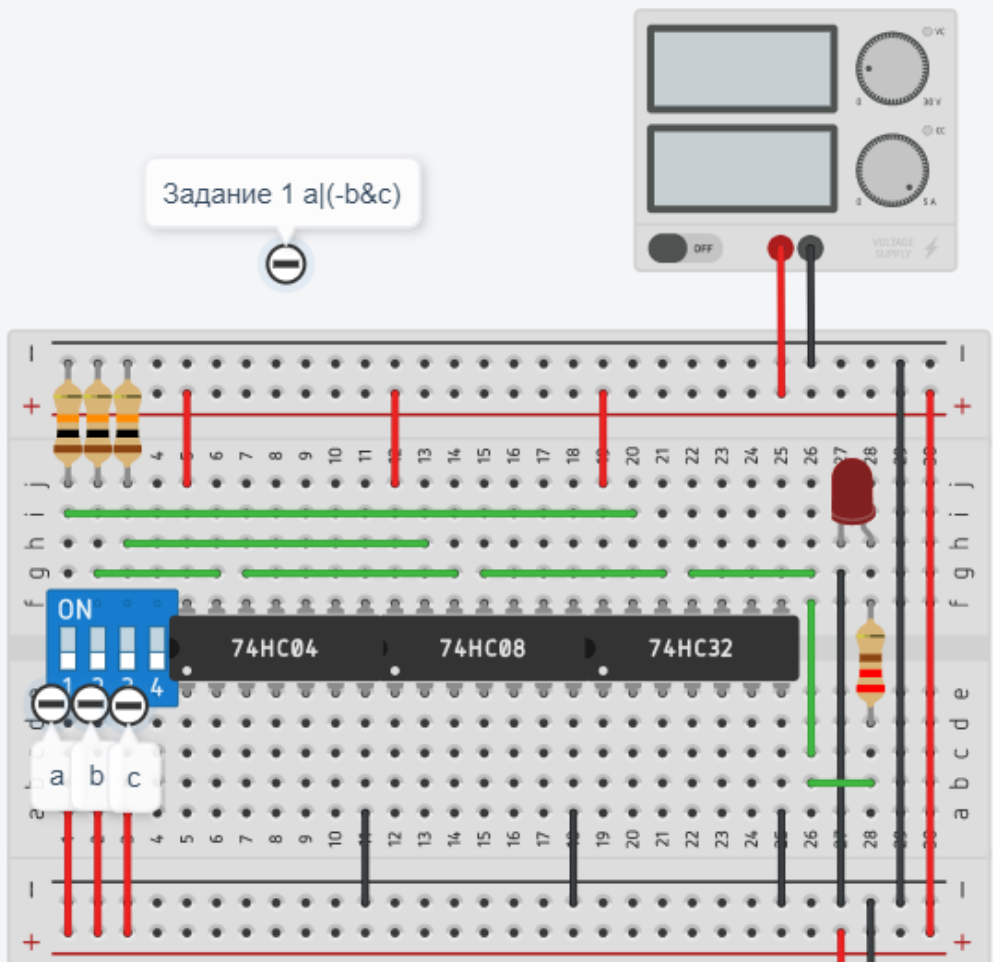
(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

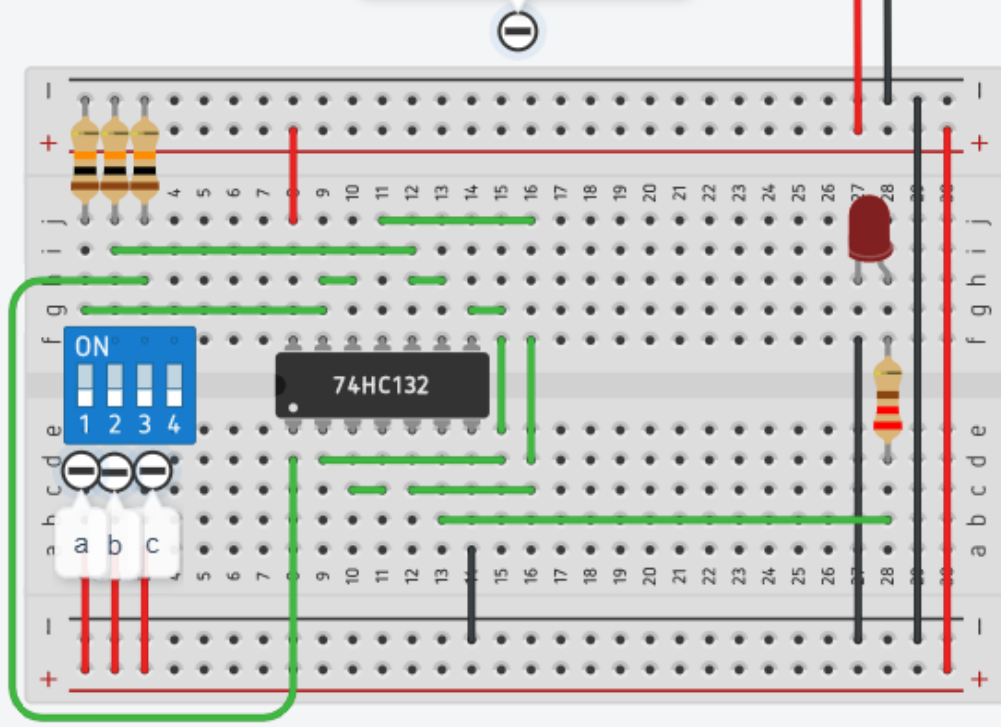
Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Решение:

Задание 1 $a \vee (-b \& c)$



Задание 2 $\neg(a \& \neg(b \& c))$



Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

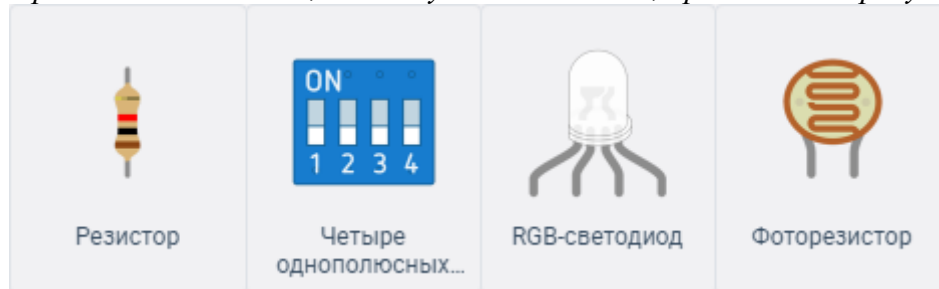
Дан четырехпозиционный DIP переключатель (синий) и 1 RGB светодиод. При включении только первого переключателя – включить красный цвет на светодиоде. При включении только второго переключателя – включить синий цвет на светодиоде. При включении только третьего переключателя – включить зеленый цвет на светодиоде. При одновременном включении нескольких переключателей с первого по третий – одновременно мигать с задержкой 400 миллисекунд соответствующими цветами светодиодов.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить еще 3 фоторезистора. При включении четвертого переключателя, вне зависимости от положения других переключателей, необходимо изменять яркость включенных цветов на светодиодах в соответствии с получаемыми значениями от фоторезисторов (каждый фоторезистор устанавливает яркость одному из цветов светодиода).

**Изображения элементов, используемых в задании, приведены на рисунке:*



Решение:

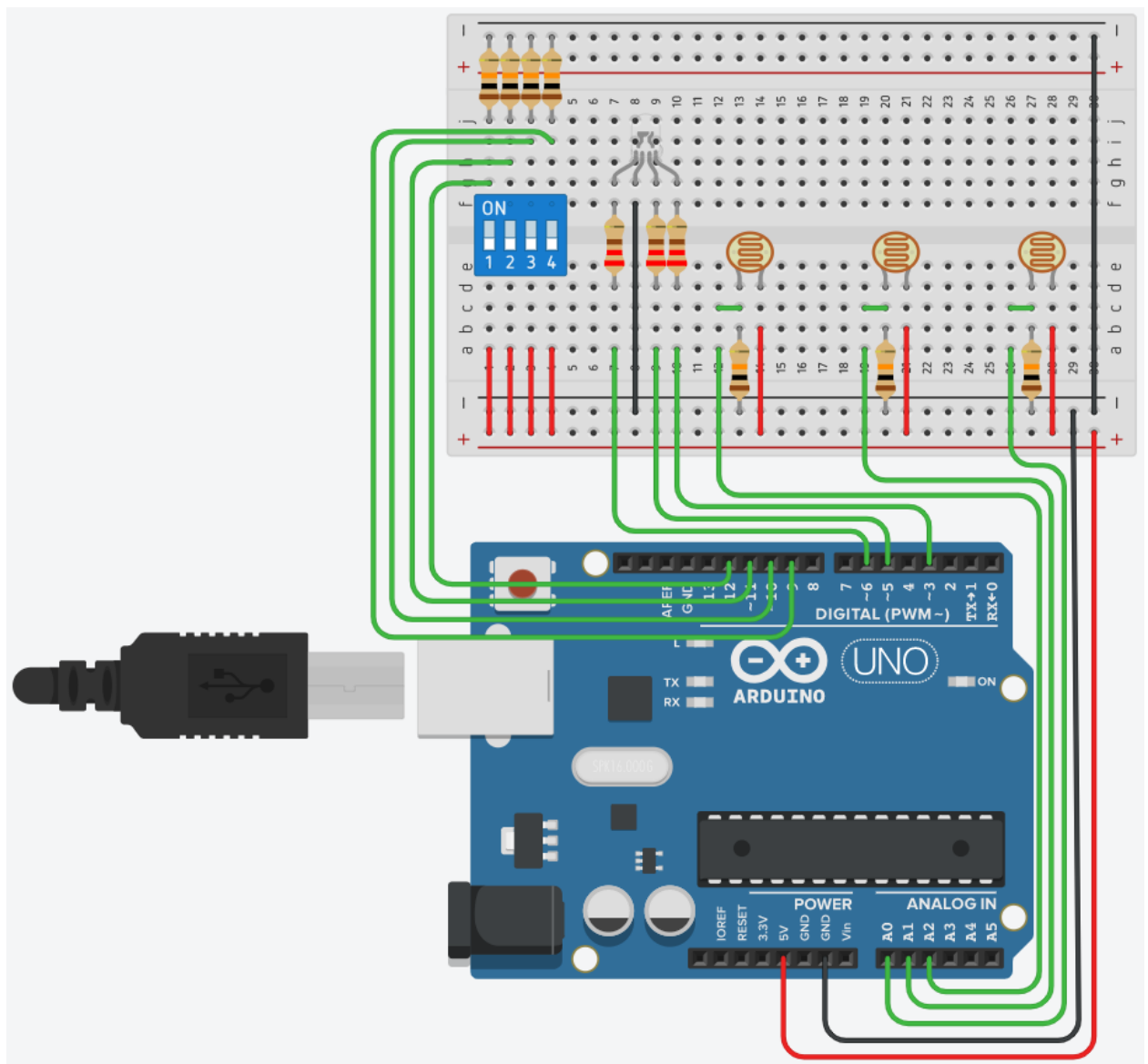


Схема подключения

```
int sw[4] = {12, 11, 10, 9};
int led[3] = {6, 5, 3}; //red, blue, green
int sens[3] = {A2, A1, A0};
```

```
int sw_state[4];
int sw_count;
```

```
void setup()
{
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(sw[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 3; i++)
  {
    pinMode(led[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 3; i++)
```

```

{
    pinMode(sens[i], INPUT);
}
}

void loop()
{
    sw_count = 0;
    for(int i = 0; i < 4; i++)
    {
        sw_state[i] = digitalRead(sw[i]);
        sw_count = sw_count + sw_state[i];
    }

    if(sw_state[3] == 1)
    {
        for(int i = 0; i < 3; i++)
        {
            analogWrite(led[i], analogRead(sens[i]));
        }
    }
    else if(sw_count <= 1)
    {
        for(int i = 0; i < 3; i++)
        {
            digitalWrite(led[i], sw_state[i]);
        }
    }
    else if(sw_count > 1)
    {
        for(int i = 0; i < 3; i++)
        {
            digitalWrite(led[i], sw_state[i]);
        }
        delay(200);
        for(int i = 0; i < 3; i++)
        {
            digitalWrite(led[i], 0);
        }
        delay(200);
    }
}

```