

## 11 класс

### Теоретическая часть

(Максимальное количество баллов – 60)

#### Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В некоторых видах 3D-принтеров, предназначенных для изготовления металлических объектов, наплавление слоёв металла производится под управлением компьютера с помощью электронного луча. Для фокусировки луча, который появляется на выходе электронной пушки, могут использоваться электростатические фокусирующие линзы. Частью такой линзы является плоский конденсатор, в котором создаётся однородное электрическое поле.

Пусть электрон с начальной скоростью 1000 км/с влетает в плоский конденсатор параллельно его пластинам и по центру между ними. Конденсатор создаёт однородное электрическое поле величиной 50 В/м. Длина пластин конденсатора равна 50 см, расстояние между обкладками 10 см. За конец пути электрона считайте либо момент вылета из конденсатора, либо момент соприкосновения с пластиной конденсатора в случае, если вылететь он не сможет.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

1) сможет ли электрон вылететь из конденсатора?

2) проекция конечной скорости электрона на ось, параллельную полю между обкладками, равна  $\_ \cdot 10^6$  м/с (округлите до 2 знаков после запятой).

**Краткое решение:**

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q_e = 1,67 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$s_1 = 0,5 \text{ м}$$

$$s_2 = 0,1 \text{ м}$$

$$v_x = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$E = 50 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

предельное время пролёта:

$$t = \frac{s_1}{v_x} \text{ с}$$

поперечное ускорение:

$$a = \frac{Eq_e}{m_e} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

поперечный путь:

$$s_y = \frac{at^2}{2} \text{ м}$$

проверка: вылетит ли:

$$\frac{s_2}{2} > s_y$$

фактическое время полёта:

$$t_2 = \sqrt{\frac{s_2}{a}} \text{ с}$$

скорость в конечный момент:

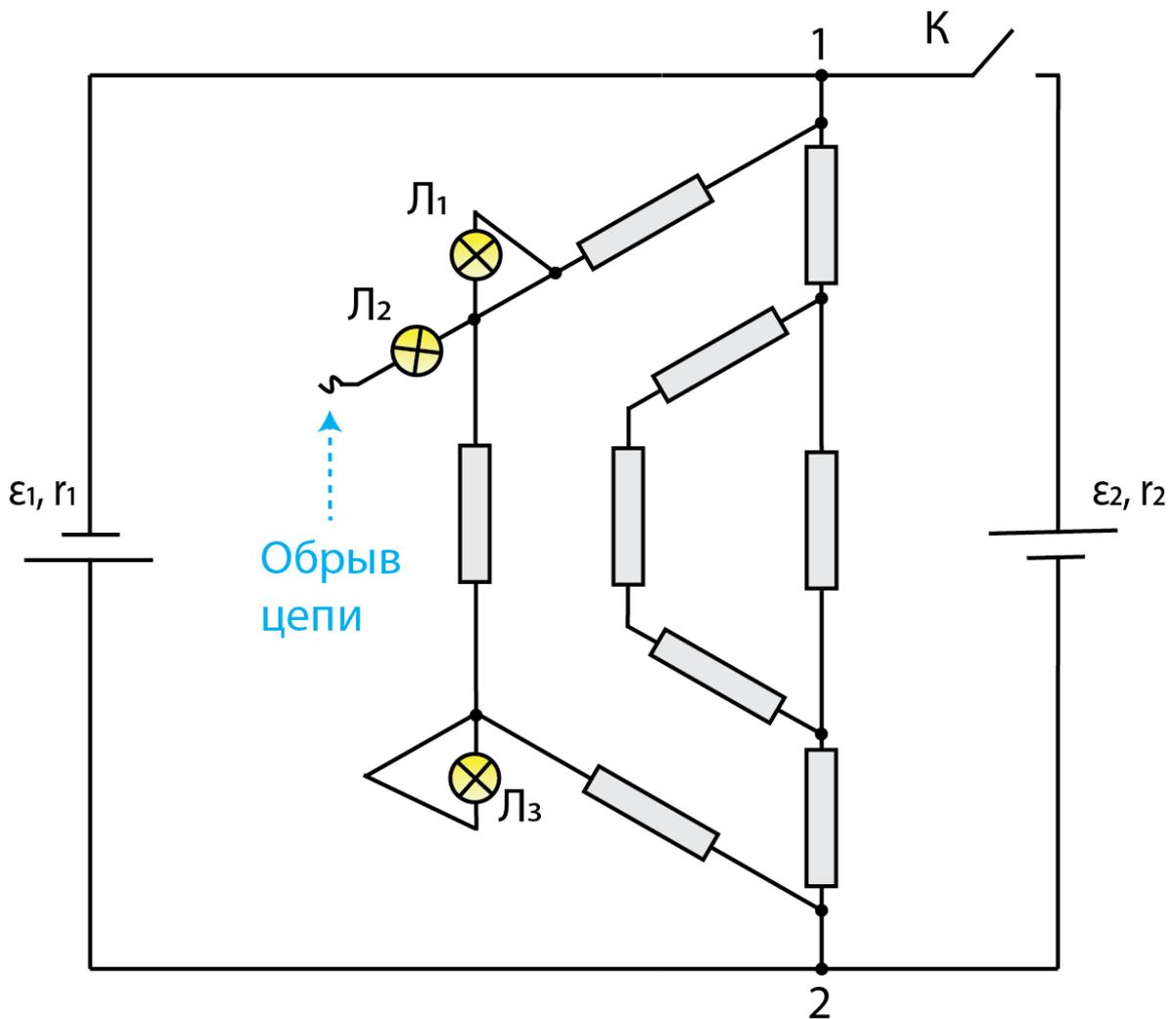
$$v_y = at \text{ м/с}$$

**Ответ:** не сможет (8 баллов);  $0,96 \cdot 10^6$  м/с (7 баллов).

## Задача 2.

**(Максимум – 15 баллов).**

Электрическая цепь, представленная на рисунке, состоит из 9 одинаковых резисторов с сопротивлением  $R = 23$  Ом, ключа К, трёх одинаковых лампочек, двух батарей:  $\varepsilon_1 = 35$  В с внутренним сопротивлением  $r_1 = 2$  Ом и  $\varepsilon_2$  с внутренним сопротивлением  $r_2 = 4$  Ом. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.



Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) какие лампочки будут гореть до замыкания ключа  $K$ ?
- 2) ток, который будет протекать через батарею  $\epsilon_1$  до замыкания ключа  $K$ , равен \_\_\_ А (округлите до целых);
- 3) при замыкании ключа  $K$  выяснилось, что ток через участок 1–2 течь перестал. ЭДС  $\epsilon_2$  после замыкания ключа равна \_\_\_ В (округлите до целых).

**Краткое решение:**

Ни одна из лампочек не будет гореть, потому что  $L_1$  и  $L_3$  закорочены, а контур, в котором содержится  $L_2$ , не замкнут.

$$R_{12} = \frac{33}{23}R = 33 \text{ Ом}$$

$$\epsilon_1 = I(r_1 + R_{12})$$

$$I = \frac{\epsilon_1}{(r_1 + R_{12})} = \frac{35}{35} \text{ А} = 1 \text{ А}$$

Рассмотрим ситуацию после замыкания ключа  $K$ . Так как ток через участок 1-2 не течет, то  $I_1 - I_2 = 0$ , где  $I_1$  и  $I_2$  токи через батареи  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ , соответственно.

$\epsilon_1 = I_1 r_1, \epsilon_2 = I_2 r_2$ , следовательно

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{r_2}{r_1} = 70 \text{ В.}$$

**Ответ:** ни одна из лампочек (3 балла), 1 (А) (6 баллов), 70 (В) (6 баллов).

### Задача 3

**(Максимум – 15 баллов).**

В некоторой информационной системе “Атакилпми” предусмотрено следующее правило, регламентирующее, каким должен быть пароль длины  $N$ :  $F = A \vee (B \rightarrow C) \wedge D$ , где

- Логическая переменная  $A$  проверяет условие: *в пароле присутствует хотя бы один из символов: !, \$, &, %, ?*
- Логическая переменная  $B$  проверяет условие:  $N < 8$
- Логическая переменная  $C$  проверяет условие: *является ли один из символов пароля буквой, написанной в верхнем регистре*
- Логическая переменная  $D$  проверяет условие: *для каждой пары символов на позициях  $(n, n + 1)$   $E_{n+1} \rightarrow F_n$ , где*
  - Логическая переменная  $E_n$  проверяет условие: *является ли символ на позиции  $n$  цифрой*
  - Логическая переменная  $F_n$  проверяет условие: *является ли символ на позиции  $n$  буквой, написанной в нижнем регистре*

Пароль признается подходящим, если  $F = 1$ . Укажите в ответе все номера предложенных паролей, которые удовлетворяют требованиям системы (если номеров несколько, укажите их без разделителей в порядке возрастания):

1. Катя1
2. к1а2т3я
3. К1а2т3я
4. \_к1а2т3я
5. Катя№123
6. Катя

**Ответ: 146**

**Решение:**

Для каждого варианта нужно вычислить значение:  $((E_2 \rightarrow F_1) \wedge (E_3 \rightarrow F_2) \wedge \dots \wedge (E_N \rightarrow F_{N-1})) \wedge (B \rightarrow C) \vee A$

$$\begin{aligned} 1 - & ((E_2 \rightarrow F_1) \wedge (E_3 \rightarrow F_2) \wedge (E_4 \rightarrow F_3) \wedge (E_5 \rightarrow F_4)) \wedge (B \rightarrow C) \vee A \\ & = ((0 \rightarrow 0) \wedge (0 \rightarrow 1) \wedge (0 \rightarrow 1) \wedge (1 \rightarrow 1)) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 \\ & = 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \vee 0 = 1 \end{aligned}$$

$$2 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 0) \vee 0 = 1 \wedge 0 \vee 0 = 0$$

$$3 - (0 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 0 \wedge 1 \vee 0 = 0$$

$$4 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (0 \rightarrow 0) \vee 0 = 1 \wedge 1 \vee 0 = 1$$

$$5 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 0 \wedge 0 \wedge 0) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 0 \wedge 1 \vee 0 = 0$$

$$6 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 1 \wedge 1 \vee 0 = 1$$

#### Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

Чук и Гек решили открыть свой стартап в области электроники и вычислительной техники. Они разработали специальный протокол передачи данных для киберфизических систем, способных собирать и передавать значения 10 различных макропараметров окружающей среды (температура, влажность и т.д.). В разработанном протоколе передачи данных каждый символ кодируется при помощи бинарного кода минимально возможным, одинаковым количеством бит. Для генерации уникальных идентификаторов (ID) устройств используются трехсимвольные наборы, которые могут формировать комбинацию из цифр [0-9] и 26 латинских букв.

Показания датчиков киберфизических систем передаются в шестнадцатеричной системе счисления. Показания 6 датчиков кодируются трехсимвольными положительными значениями, а для 4 оставшихся датчиков четырехсимвольными положительными числовыми значениями с плавающей точкой. Для отправки значений на сервер при помощи конкатенации формируется пакет, состоящий из ID устройства и показаний всех его датчиков. Чук и Гек пообещали инвесторам, что при помощи их нового протокола данные от 16 устройств будут доставляться в центр обработки данных за 32 секунды.

Разработанный протокол передачи данных зависит как от сетевого кода, так и от программного обеспечения для микроконтроллера. В ходе тестирования разработанного протокола выяснилось, что сетевой код протокола от Чука теряет 10 пакетов из 100, а программное обеспечение для микроконтроллера от Гека позволяет доставить только 78 % пакетов.

Определите какова скорость передачи данных по разработанному протоколу с учётом обещаний инвесторам (размерность – бит/с), а также какова вероятность того, что при передаче с использованием нового протокола некоторый пакет данных будет доставлен в центр обработки данных (успешная доставка пакета в центр обработки данных подразумевает успешную передачу данных как сетевым кодом, так и программным обеспечением микроконтроллера). В ответ запишите сначала скорость передачи данных, затем вероятность успешной передачи пакета данных с разделителем в виде точки с запятой (пример: 10; 0,00001).

**Ответ:** 85; 0,702

#### Решение

Длина кода для ID: 3 символа из алфавита 10 цифр и 26 букв.

$$ID = 3 * \log_2(10 + 26) = 3 * 6 = 18 \text{ бит}$$

Для датчиков первого типа: 3 символа из алфавита 8 цифр.

$$D_{type1} = 3 * \log_2(16) = 3 * 4 = 12 \text{ бит}$$

Для датчиков второго типа: 4 символа из алфавита 10 цифр и точка.

$$D_{type2} = 4 * \log_2(16 + 1) = 4 * 5 = 20 \text{ бит}$$

Общая длина пакета:

$$ID + 6 * D_{type1} + 4 * D_{type2} = 18 + 6 * 12 + 4 * 20 = 170 \text{ бит}$$

Общая длина 16 пакетов: 2720 бит

Скорость:  $2720/32 = 85$

A – пакет будет доставлен

B – пакет будет доставлен на программном уровне

C – пакет будет доставлен на аппаратном уровне

$$P(A) = P(B) * P(C)$$

$$P(B) = \frac{90}{100} = 0,9$$

$$P(C) = 0,78$$

$$P(A) = 0,9 * 0,78 = 0,702$$

## Практическая часть

(Максимальное количество баллов – 40)

### Задание 5

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

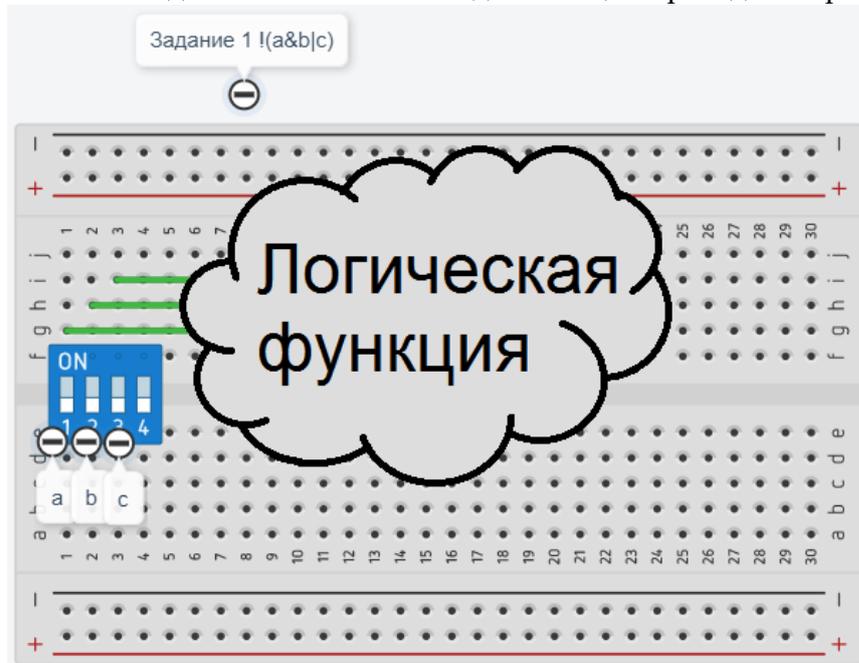
#### Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

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

$$(\overline{a}vb\&c) \&(a\&\overline{b}vc) \&((\overline{a}\overline{b})vc) \vee (\overline{a}vb\&c)$$

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 вывод аннотации приведен на рисунке:



#### Уровень 2.

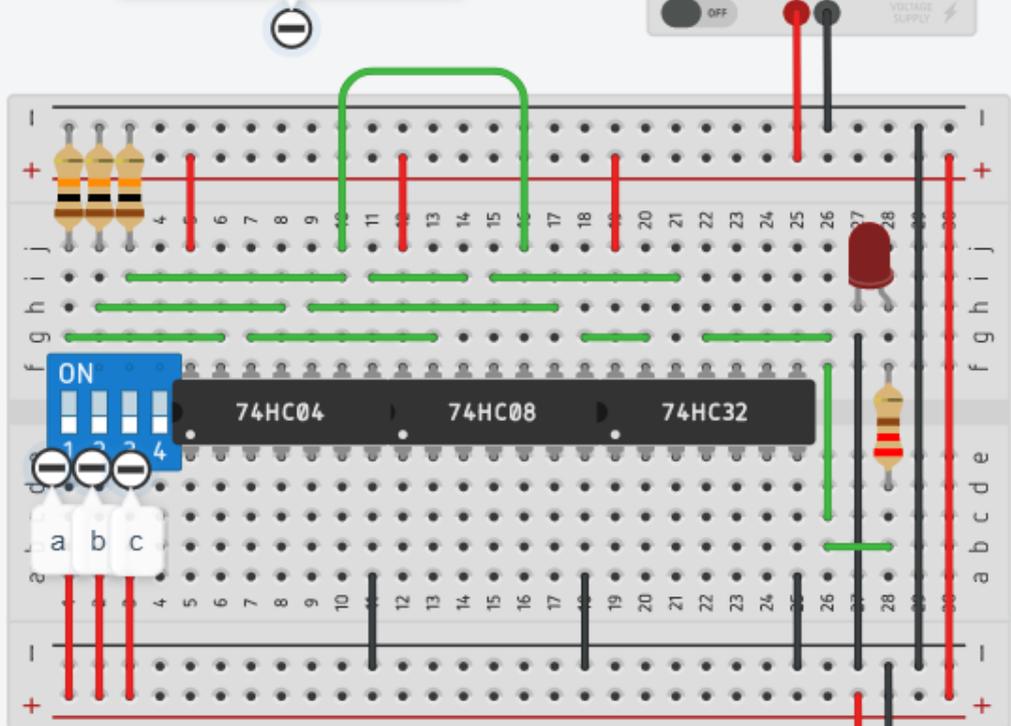
(Максимум – 10 баллов).

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

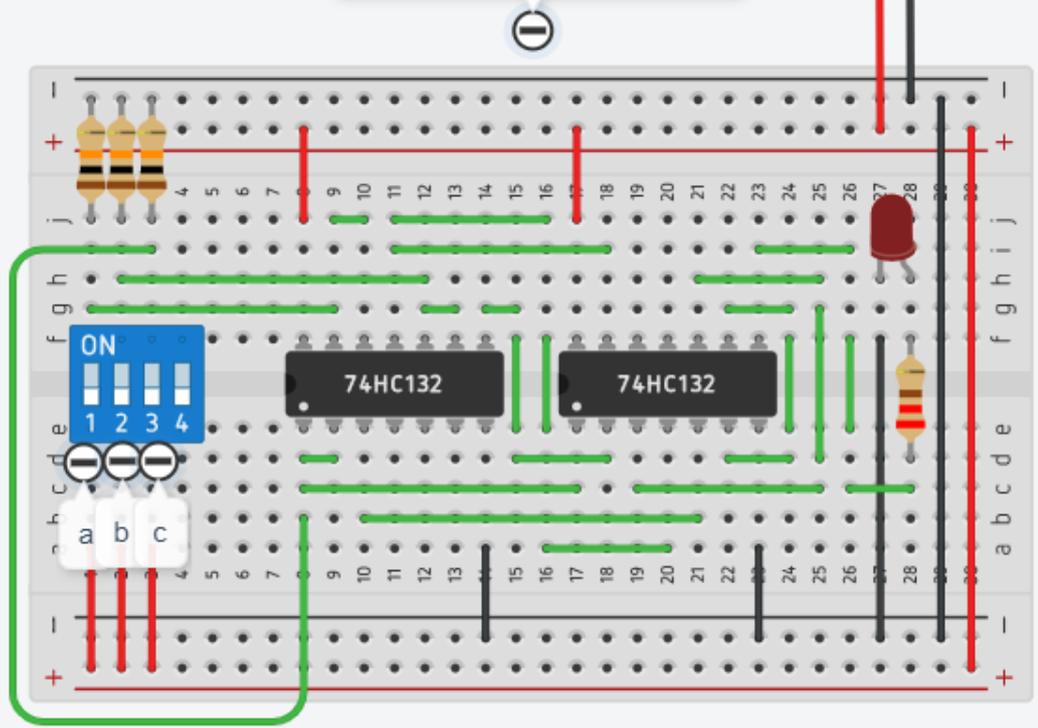
Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Решение:

Задание 1  $(c \& b) \overline{(-a \& c)}$



Задание 2  $\overline{-(c \& b) \& \overline{(-a \& c)}}$



### Задание 6

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

#### Уровень 1.

**(Максимум – 10 баллов).**

Дано 3 кнопки и 4 светодиода. Изначально все светодиоды должны быть выключены. При нажатии на первую кнопку, реализовать мигание первого и второго светодиода с частотой 2 Гц. При нажатии на вторую кнопку, реализовать мигание третьего и четвертого светодиода с частотой 2,7 Гц. При нажатии на третью кнопку реализовать одновременное мигание светодиодов с указанными ранее частотами. Когда кнопки отпущены - соответствующие светодиоды должны быть выключены.

#### Уровень 2.

**(Максимум – 10 баллов).**

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить 1 кнопку, 1 пьезоэлемент и 1 ультразвуковой датчик HC-SR04. При нажатии на четвертую кнопку, реализовать одновременное мигание светодиодов с заданными частотами, к которым добавляется получаемое значение от датчика расстояния в сантиметрах. На пьезоэлемент выводить звуковую частоту, равную произведению суммы частот мигания каждой пары (первый-второй, третий-четвертый) светодиодов и константы равной 200.

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



Решение:

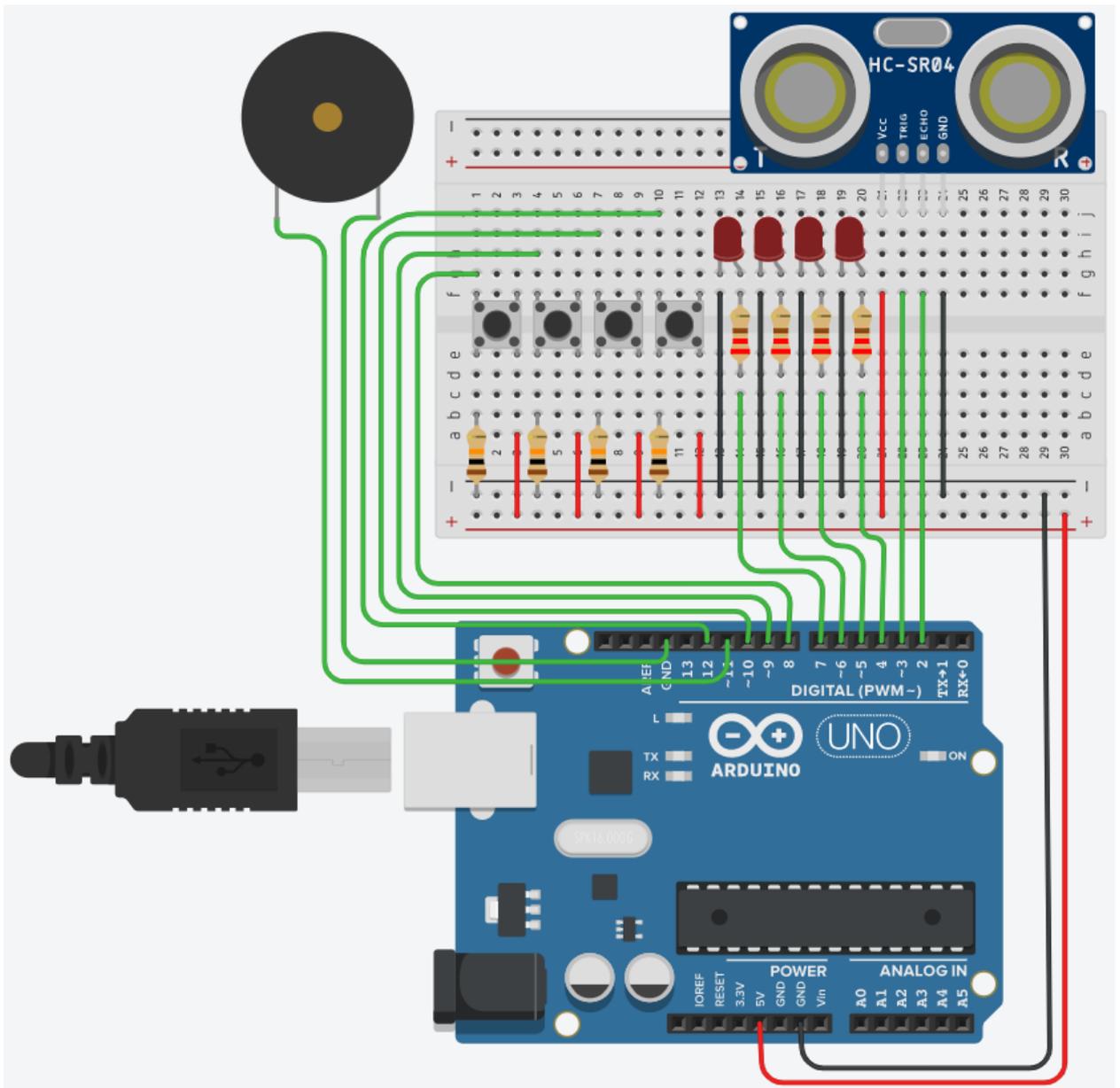


Схема подключения

```
int btn[4] = {8, 9, 10, 12};
int led[4] = {7, 6, 5, 4};
int trig = 3;
int echo = 2;
int buzzer = 11;
```

```
bool led_1_2_state;
bool led_3_4_state;
int sens_data;
unsigned long timer_1;
unsigned long timer_2;
```

```
long readSensData(int trig, int echo)
{
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
```

```

digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
return pulseIn(echo, HIGH);
}

void led_blink(int delay_1, int delay_2)
{
  if(millis()-timer_1 >= delay_1)
  {
    led_1_2_state = !led_1_2_state;
    digitalWrite(led[0], led_1_2_state);
    digitalWrite(led[1], led_1_2_state);
    timer_1 = millis();
  }
  if(millis()-timer_2 >= delay_2)
  {
    led_3_4_state = !led_3_4_state;
    digitalWrite(led[2], led_3_4_state);
    digitalWrite(led[3], led_3_4_state);
    timer_2 = millis();
  }
}

void setup()
{
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(btn[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(led[i], OUTPUT);
  }
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if(digitalRead(btn[0]) == HIGH)
  {
    led_1_2_state = !led_1_2_state;
    digitalWrite(led[0], led_1_2_state);
    digitalWrite(led[1], led_1_2_state);
    delay(250);
  }
  else if(digitalRead(btn[1]) == HIGH)
  {

```

```
led_3_4_state = !led_3_4_state;
digitalWrite(led[2], led_3_4_state);
digitalWrite(led[3], led_3_4_state);
delay(180);
}
else if(digitalRead(btn[2]) == HIGH)
{
  led_blink(250, 180);
}
else if(digitalRead(btn[3]) == HIGH)
{
  sens_data = 0.01723 * readSensData(trig, echo);
  int delay_1 = 250 + sens_data / 2;
  int delay_2 = 180 + sens_data / 2;
  led_blink(delay_1, delay_2);
  int tone_signal = delay_1 + delay_2;
  tone(buzzer, tone_signal);
}
else
{
  led_1_2_state = false;
  led_3_4_state = false;
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    digitalWrite(led[i], LOW);
  }
  noTone(buzzer);
}
}
```