

## 1. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

1. В базовом примере заменить фрагмент кода, выделенный зелёным, на фрагмент из своего варианта, создать новый проект в Atmel Studio и сформировать исполняемый код (файл «.hex»), проверить работу данного кода на МК.

2. Определить зависимость количества тактов, за которое выполняется заменённый блок кода, от констант  $x$ ,  $y$ , и  $z$ .

3. Вычислить значения констант  $x$ ,  $y$  и  $z$ , при которых блок кода «delay» будет выполняться ровно 1 секунду (при тактовой частоте 8 МГц). При невозможности обеспечения точной величины задержки необходимо дополнить блок кода соответствующим количеством команд NOP (на месте закомментированной команды NOP в базовом примере).

## 2. СХЕМА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

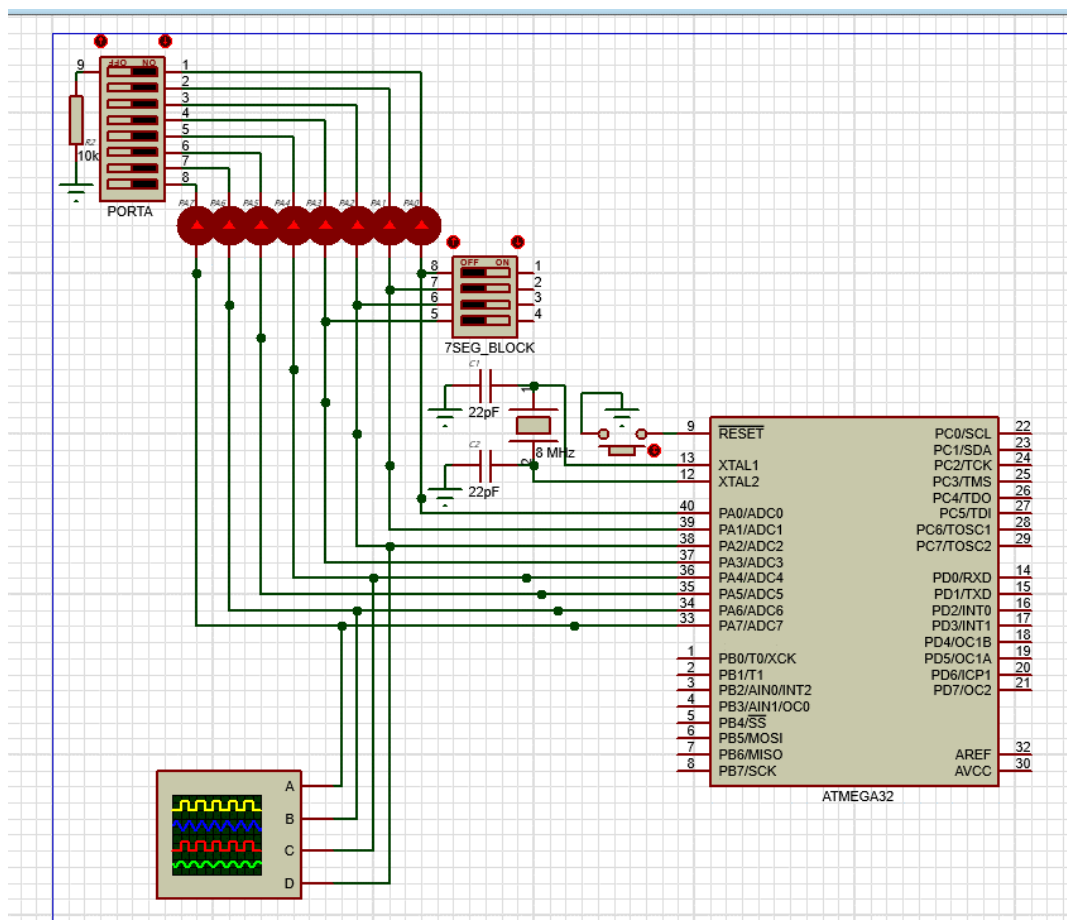


Рисунок 1 — Схема лабораторной установки.

### 3. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ПРОГРАММЫ

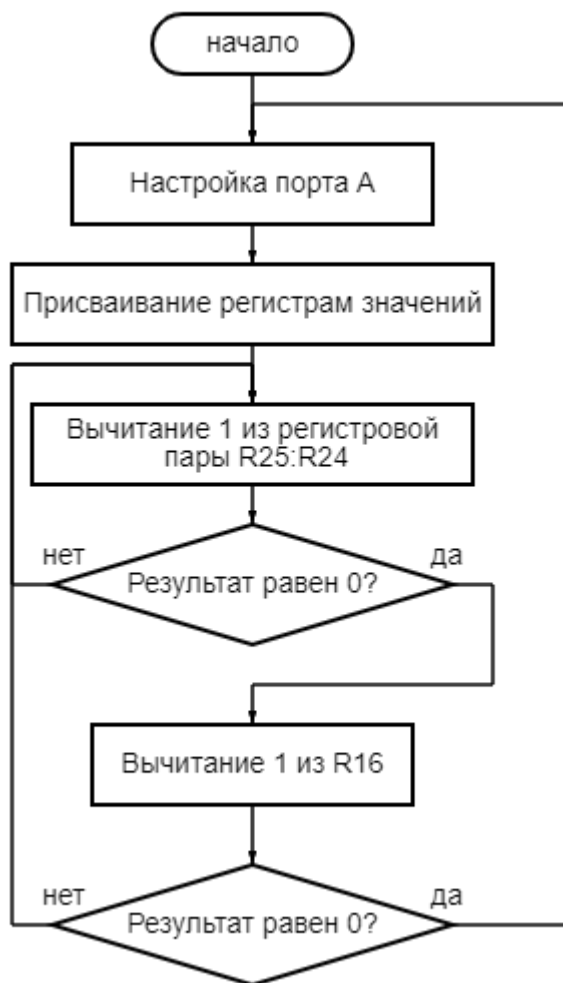


Рисунок 2 — Блок-схема алгоритма.

### 4. ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ ЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ПОРТАХ МК (ФРАГМЕНТ)

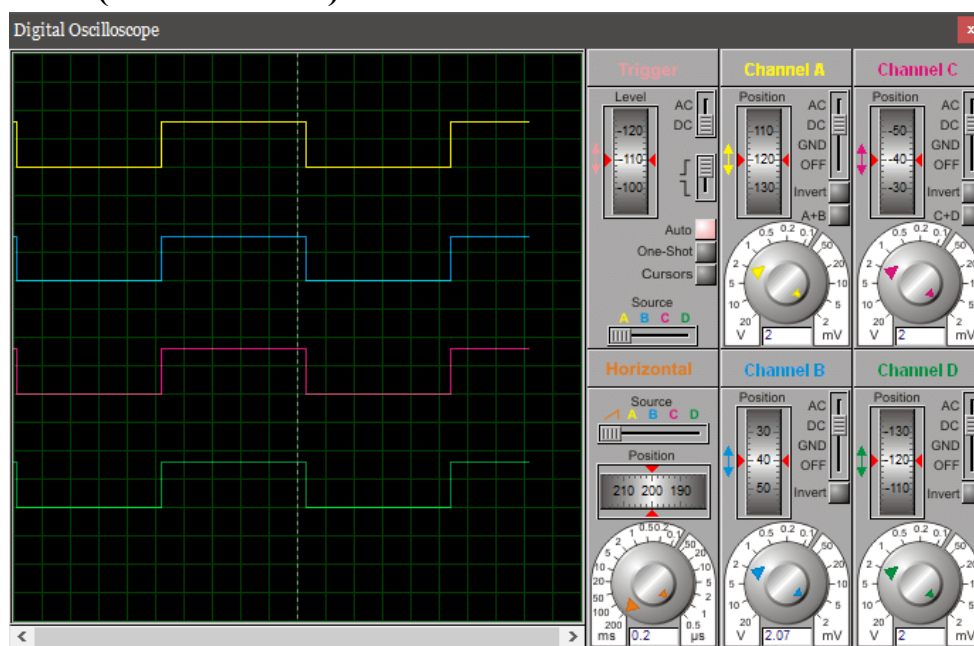


Рисунок 3 — Временные диаграммы логических сигналов на портах МК.

## 5. АЛГОРИТМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДЕЙСТВОВАННЫХ КОМАНД (КОНСТРУКЦИЙ) АССЕМБЛЕРА

- 1) В блоке start настраивается порт А.
- 2) В блоке delay присваиваются значения регистрам.
- 3) В блоке delay\_sub выполняются внешний и внутренний циклы.

Во внутреннем цикле из регистровой пары R25:R24 вычитается единица, после, если результат не равен 0, то выполняется переход в начало цикла, и данный цикл выполняется до тех пор, пока результат не будет равен 0.

Во внешнем цикле, после того как получен 0 во внутреннем цикле, из R16 вычитается единица, и если результат не 0, то выполняется переход на начало цикла, цикл выполняется до тех пор, пока R16 не будет равно 0.

- 4) Возврат на start и повторение.

## 6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Было рассчитано время работы каждого блока, исходя из времени выполнения каждой инструкции.

```
start:
    SER R20 ; 1
    OUT DDRA,R20 ; 1
    IN R21,PORTA ; 1
    COM R21 ; 1
    OUT PORTA, R21 ; 1
delay:
    LDI R16, 10; 1
    LDI R25, 150; 1
    LDI R24, 50; 1
delay_sub:
    nop ;1
    SBIW R24, 1 ; 2
    BRNE delay_sub ; 1/2
    DEC R16 ; 1
    BRNE delay_sub ; 1/2
    rjmp start ; 2
```

start: 5 тактов

delay: 3 такта

delay\_sub:

$$N\_1 = (x \ll 8 + y - 1) * 5 + 4$$

$$N\_2 = (2^{16}-1)*5 + 7$$

$$N\_3 = N\_2*(z-1) + 8$$

$$N\_1 + N\_3 = 8000000$$

Далее, с помощью программы, ищем решение следующего уравнения методом перебора:

$$(x \ll 8 + y - 1) * 5 + 4 + ((2^{16}-1)*5 + 7)*(z-1) + 8 = 8\,000\,000$$

Получаем:

$$x=105$$

$$y=245$$

$$z=25$$

## **7. ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

### **1. Из каких основных узлов состоит микроконтроллер ATmega32?**

Сумматоры, счетчики, регистры, мультиплексоры, дешифраторы, АЦП, ЦАП.

### **2. Перечислите признаки RISC-архитектуры в микроконтроллер ATmega32.**

32 рабочих регистра общего назначения; 131 команда; полностью статический режим работы; производительность до 16 MIPS при 16 МГц.

### **3. Выполните сравнение гарвардской и фон-неймановской архитектуры процессоров.**

В фон-неймановской архитектуре, в отличие от гарвардской, команды и данные хранятся вместе (образуют единое пространство памяти). Гарвардская архитектура применяется в микроконтроллерах и в сигнальных процессорах. Почти все современные ЭВМ построены на фон-неймановской архитектуре.

### **4. Опишите алгоритм выполнения команд ICALL, ADIW и LDD для микроконтроллера ATmega32.**

ICALL — вызов подпрограммы, осуществляемый по адресу в регистре Z (R30:R31)

ADIW — сложение константы (0-63) с регистровой парой и размещение результата в регистровой паре.

LDD — выполняется косвенно-регистровое считывание из ОЗУ со смещением  $Rd \leftarrow (Y + q)$ .

### **5. От чего зависит время выполнения команд BRPL и CPSE?**

Время выполнения команд условного перехода зависит от того, происходит или не происходит переход.

BRPL: переход, если положительно ( $N=0$ ). Если положительно, то операция займет время выполнения 2 такта, если отрицательно, то 1 такт.

CPSE: выполняет сравнение содержимого двух регистров и пропускает следующую команду, если они равны. То есть, в случае равенства — 1 такт, в противном случае — 2.

## **8. ВЫВОДЫ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

В ходе выполнения данной лабораторной работы были изучены основы работы с AtmelStudio, и с микроконтроллером ATmega32. Был изучен алгоритм расчета времени работы программы.

**1**

**КОММЕНТИРОВАННЫЙ ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МК НА ЯЗЫКЕ  
АССЕМБЛЕРА**

```
start:
    SER R20 ; 1
    OUT DDRA,R20 ; 1
    IN R21,PORTA ; 1
    COM R21 ; 1
    OUT PORTA, R21 ; 1
delay:
    LDI R16, 10; 1
    LDI R25, 150; 1
    LDI R24, 50; 1
delay_sub:
    nop ;1
    SBIW R24, 1 ; 2
    BRNE delay_sub ; 1/2
    DEC R16 ; 1
    BRNE delay_sub ; 1/2
    rjmp start ; 2
```