



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 2

Название: Обработка внешних прерываний в микроконтроллерах AVR

Дисциплина: Микропроцессорные системы

Студент

ИУ6-62Б

(Группа)

Ашуров Д. Н.
Марчук И. С.

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

Бычков Б. И.

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Москва, 2022

Цель работы:

- изучение системы прерываний микроконтроллеров AVR,
- освоение системы команд микроконтроллеров AVR,
- ознакомление с работой стека при вызове подпрограмм и обработчиков прерываний,
- программирование внешних прерываний.

Задание 1.

Код исходной программы с настроенной задержкой:

```
;Соединения на плате STK500: SW0-PA0, SW1-PA1, LED0-PB0
;*****
.include "m8515def.inc"          ;файл определений для ATmega8515
.def temp = r16                  ;временный регистр
.equ led = 0                     ;0-й бит порта PB
.equ sw0 = 0                     ;0-й бит порта PA
.equ sw1 = 1                     ;1-й бит порта PA

.org $000

        rjmp INIT                ;обработка сброса
;***Инициализация МК***
INIT:    ldi temp,$5F              ;установка
        out SPL,temp              ; указателя стека
        ldi temp,$02              ; на последнюю
        out SPH,temp              ; ячейку ОЗУ
        ser temp                  ;инициализация выводов
        out DDRB,temp             ; порта PB на вывод
        out PORTB,temp            ;погасить LED
        clr temp                  ;инициализация
        out DDRA,temp             ; порта PA на ввод
        ldi temp,0b00000011       ;включение 'подтягивающих'
        out PORTA,temp            ; резисторов порта PA
test_sw0: sbic PINA,sw0            ;проверка состояния
        rjmp test_sw1            ; кнопки sw0
        cbi PORTB, led
        rcall delay1
        sbi PORTB,led
wait_0:  sbis PINA,sw0
        rjmp wait_0
```

```

test_sw1:  sbic PINA,sw1          ;проверка состояния
           rjmp test_sw0         ; кнопки sw1
           cbi PORTB,led
           rcall delay2
           sbi PORTB,led
wait_1:    sbis PINA,sw1
           rjmp wait_1
           rjmp test_sw0

delay1:                                         ; подпрограмма 1 с
           ldi r17,21
d1:ldi r18,249
d2:ldi r19,254
d3:dec r19
brne d3
dec r18
brne d2
dec r17
brne d1
           ret

delay2:                                         ; подпрограмма 2 с
           rcall delay1
           rcall delay1
           ret

```

Схема алгоритма. (Рисунок 1)

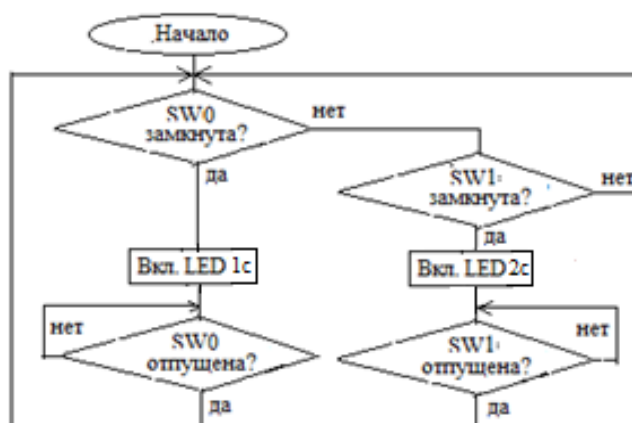


Рисунок 1

Задержка в 1 секунду при выполнении подпрограммы delay1 демонстрируется на рисунке 2.

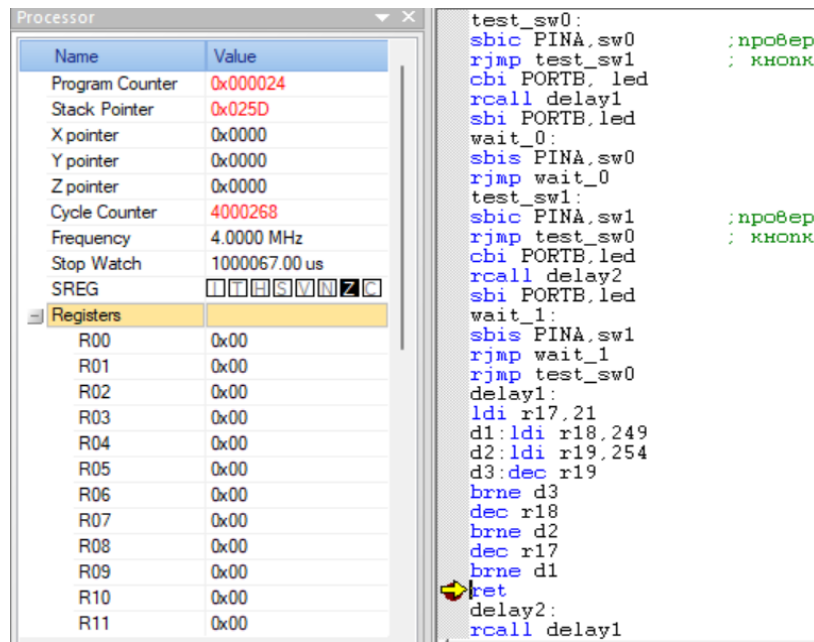


Рисунок 2

При отладке программы были отмечены изменения значения регистра Stack Pointer при вызове подпрограммы и возврате из нее, занесение адресов возврата (Program Counter+1) в память стека при вызове подпрограммы.

На рисунке 3 представлен скриншот состояний вышеупомянутых участков за момент до вызова подпрограммы. В программном счетчике хранится адрес команды вызова 0x00000F, что видно из дизассемблера. Указатель стека установлен на максимальный адрес (верхушку стека), стек пуст.

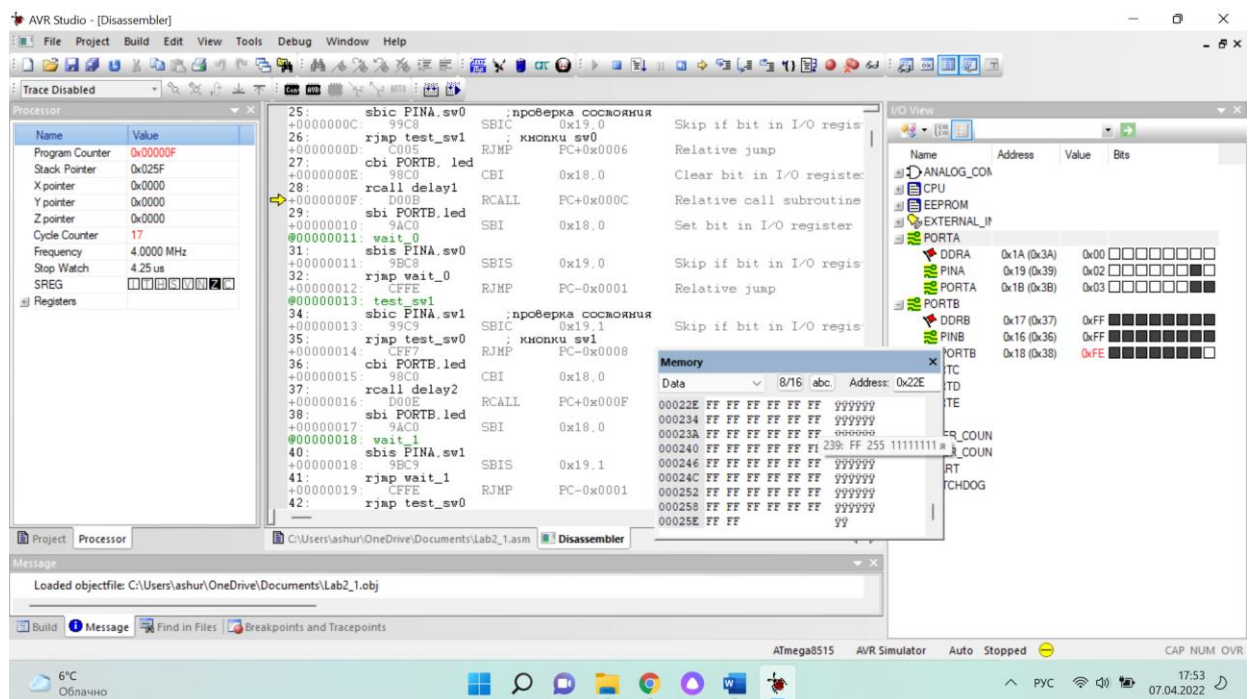


Рисунок 3

На рисунке 4 представлен скриншот состояний вышеупомянутых участков сразу после вызова подпрограммы. В программный счетчик попадает адрес первой команды подпрограммы 0x00001B, что видно из дизассемблера. Значение указателя стека уменьшается на 2, это 2 байта, в которые занесся адрес возврата, соответствующий команде, следующей за командой вызова подпрограммы, его можно наблюдать в дизассемблере на рисунке 3. Этот адрес можно увидеть в памяти стека.

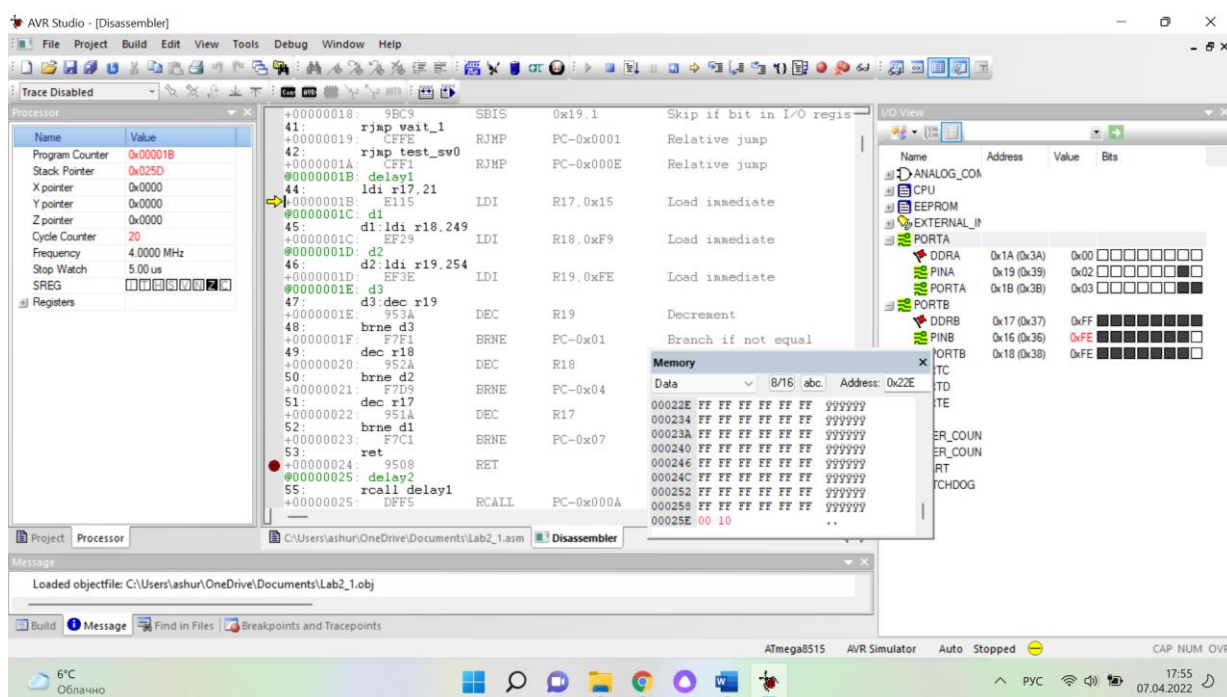


Рисунок 4

Задание 2.

Код исходной программы с настроенной задержкой:

;Соединения на плате STK500: SW0-PD2, SW1-PD3, LED0-PB0

.include "m8515def.inc" ;файл определений для ATmega8515

.def temp = r16 ;временный регистр

.equ led = 0 ;0-о бит порта PB

.equ sw0 = 2 ;2-й бит порта PD

.equ sw1 = 3 ;3-й бит порта PD

.org \$000

Таблица векторов прерываний, начиная с адреса \$000

rjmp INIT ;обработка сброса

```

    rjmp led_on1                ;на обработку запроса INT0
rjmp led_on2                    ;на обработку запроса INT1
;***Инициализация SP, портов, регистра маски***
INIT:      ldi temp,$5F          ;установка
           out SPL,temp          ; указателя стека
           ldi temp,$02          ; на последнюю
           out SPH,temp          ; ячейку ОЗУ
           ser temp              ;инициализация выводов
           out DDRB,temp         ; порта PB на вывод
           out PORTB,temp        ;погасить СД
           clr temp              ;инициализация
           out DDRD,temp         ; порта PD на ввод
           ldi temp,0b00001100   ;включение 'подтягивающих'
           out PORTD,temp        ; резисторов порта PD
           ldi temp,((1<<INT0)|(1<<INT1));разрешение прерываний
           out GICR,temp         ; в 6,7 битах регистра маски GICR
           ldi temp,0            ;обработка прерываний
           out MCUCR,temp        ; по низкому уровню
           sei                   ;глобальное разрешение прерываний
loop:      nop                   ;режим ожиданий
           rjmp loop

```

```

led_on1:
cbi PORTB,led
rcall delay1
sbi PORTB,led
wait_0:   sbis pind,sw0
rjmp wait_0
reti

```

```

led_on2:
cbi PORTB,led
rcall delay2
sbi PORTB,led
wait_1:   sbis pind,sw1
rjmp wait_1
reti

```

```

delay1:    ;для подпрограммы задержки 1 с

```

```

ldi r17,21
d1:ldi r18,249
d2:ldi r19,254
d3:dec r19
brne d3
dec r18
brne d2
dec r17
brne d1
ret

```

```

delay2:      ;подпрограмма задержки 2 с
             rcall delay1
             rcall delay1
ret

```

Схема алгоритма. (Рисунок 5)

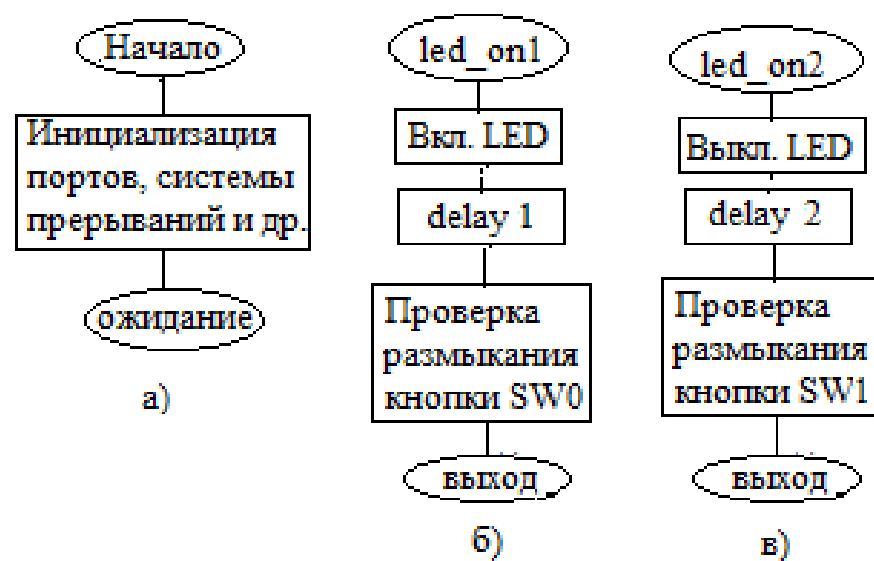


Рисунок 5

Состояние стека при вызове прерывания led_on2. (Рисунок 6)

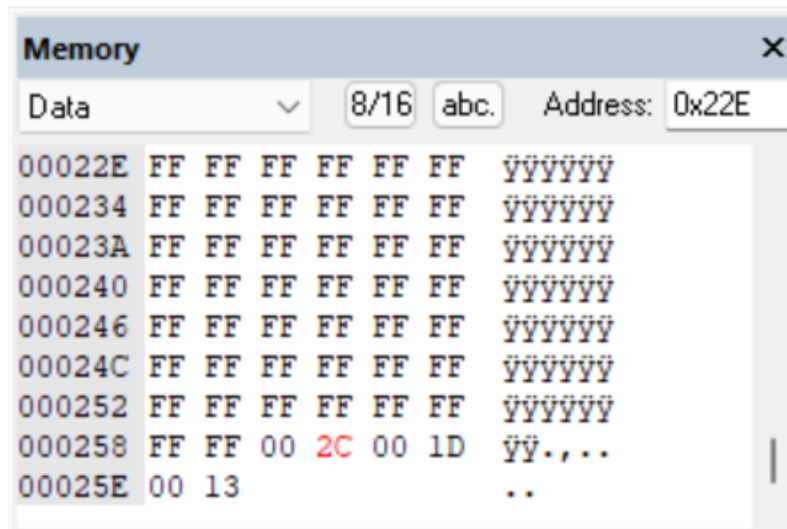


Рисунок 6

В стек заносятся 3 адреса возврата:

- 1) 0x0013 – адрес возврата в основную программу при срабатывании прерывания
- 2) 0x001D – адрес возврата в подпрограмму прерывания при вызове подпрограммы задержки на 2 секунды
- 3) 0x002C – адрес возврата в подпрограмму задержки на 2 секунды при вызове подпрограммы задержки на 1 секунду

Задание 3.

Код программы:

```
.include "m8515def.inc";файл определений для ATmega8515
.def job = r22
.def temp = r16 ;временный регистр
.def reg_led = r20 ;регистр состояния светодиодов
.equ sw0 = 3 ;0-ой вывод порта
.equ sw1 = 0 ;1-ый вывод порта
.org $000
rjmp init
.org $002
rjmp job_set
.org $00D
rjmp job_clear
;***Инициализация***
```

INIT:


```

ldi temp,$5F
out SPL,temp
ldi temp,$02
out SPH,temp
ldi reg_led,0xFE ;сброс reg_led.0 для включения LED0
ldi job,0

sec ;C=1
set ;T=1 - флаг направления
ser temp ;инициализация выводов
out DDRB,temp ; порта PB на вывод
out PORTB,temp ;погасить СД
clr temp
out DDRD,temp
out DDRE,temp
ldi temp,0x08
out PORTD,temp
ldi temp,0x01
out PORTE,temp
ldi temp,((1<<INT2)|(1<<INT1))
out GICR,temp
ldi temp,0
out MCUCR,temp
sei

loop_job:
sbrs job,0
rjmp loop_job
out PORTB,reg_led
rcall delay

MM: brts LEFT
sbrs reg_led,0
set
ror reg_led
rjmp loop_job

LEFT: sbrs reg_led,7
clt
rol reg_led

```

```
rjmp loop_job
```

```
job_set:
```

```
ldi job,1
```

```
set_wait:sbis PIND,sw0
```

```
rjmp set_wait
```

```
reti
```

```
job_clear:
```

```
ldi job,0
```

```
clear_wait:sbis PINE,sw1
```

```
rjmp clear_wait
```

```
reti
```

```
delay:
```

```
ldi r17,21
```

```
d1:ldi r18,249
```

```
d2:ldi r19,254
```

```
d3:dec r19
```

```
brne d3
```

```
dec r18
```

```
brne d2
```

```
dec r17
```

```
brne d1
```

```
ret
```

Схема алгоритма. (Рисунок 7)

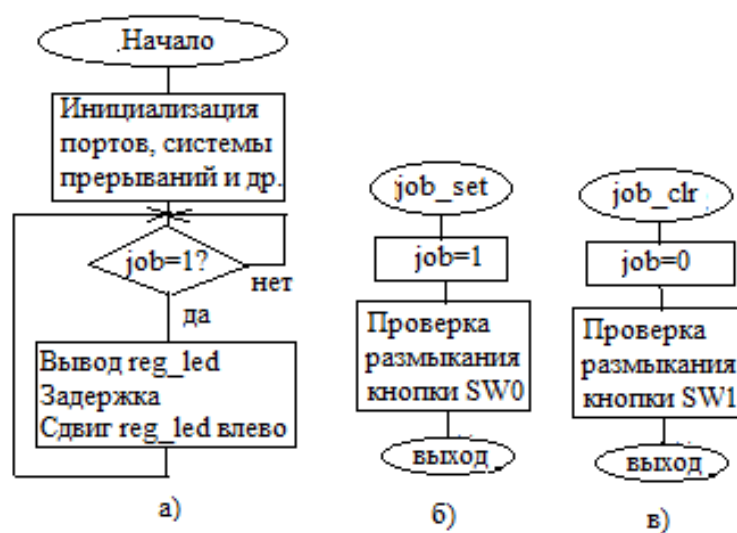


Рисунок 7

Задание 4.

Объединим два запроса прерываний от кнопок с помощью диодной сборки для передачи на вход прерывания микроконтроллера INT2. Обработка прерывания в этом случае начинается с программной идентификации источника запроса прерывания. Для решения этой задачи необходимо дополнительно подключить каждую кнопку к выводам. После определения источника запроса выполняются действия, связанные с идентифицированным запросом (при нажатии кнопки SW0 включается светодиод на 1 с, кнопки SW1 - на 2 с).

Код программы:

```
.include "m8515def.inc"      ;файл определений для ATmega8515
.def temp = r16              ;временный регистр
.equ led = 0                 ;0-о бит порта PB
.equ sw0 = 0                 ;2-й бит порта PD
.equ sw1 = 1                 ;3-й бит порта PD
.org $000
;***Таблица векторов прерываний, начиная с адреса $000***
rjmp INIT                    ;обработка сброса
.org $00D
rjmp int_decision            ;на обработку запроса INT0
;***Инициализация SP, портов, регистра маски***
INIT:
ldi temp,$5F                ;установка
out SPL,temp                ; указателя стека
ldi temp,$02                ; на последнюю
out SPH,temp                ; ячейку ОЗУ
ser temp                    ;инициализация выводов
out DDRB,temp               ; порта PB на вывод
out PORTB,temp              ;погасить СД
clr temp                    ;инициализация
out DDRA,temp
out DDRE,temp               ; порта PD на ввод
ldi temp,0b00000011         ;включение 'подтягивающих'
out PORTA,temp               ; резисторов порта PD
ldi temp,1
out PORTE,temp
```

```

ldi temp,(1<<INT2);разрешение прерываний
out GICR,temp      ; в 6,7 битах регистра маски GICR
ldi temp,0          ;обработка прерываний
out MCUCR,temp      ; по низкому уровню
sei                 ;глобальное разрешение прерываний
loop:
nop                 ;режим ожиданий
rjmp loop

```

```

int_decision:
sbis PINA,sw0
rcall led_on1
sbis PINA,sw1
rcall led_on2
reti

```

```

led_on1:
cbi PORTB,led
rcall delay1
sbi PORTB,led
wait_0: sbis PINA,sw0
rjmp wait_0
ret

```

```

led_on2:
cbi PORTB,led
rcall delay2
sbi PORTB,led
wait_1: sbis PINA,sw1
rjmp wait_1
ret

```

```

delay1:      ;для подпрограммы задержки 1 с
ldi r17,21
d1:ldi r18,249
d2:ldi r19,254
d3:dec r19
brne d3
dec r18

```

```

brne d2
dec r17
brne d1
ret

```

```

delay2:    ;подпрограмма задержки 2 с
rcall delay1
rcall delay1
ret

```

Схема микроконтроллера в Proteus. (Рисунок 8)

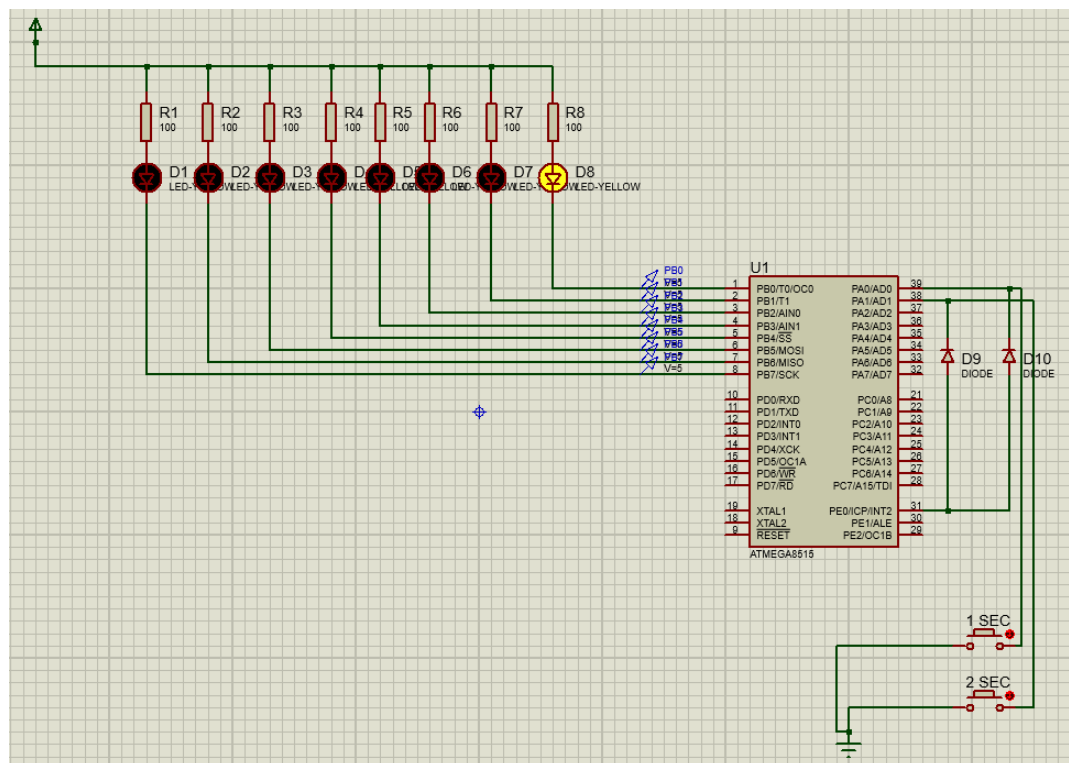


Рисунок 8

Вывод: была изучена система прерываний микроконтроллера AVR, программирование внешних прерываний, являющихся подпрограммами, вызывающихся в любой момент при срабатывании системного прерывания, останавливающих текущие процессы и возобновляющих их по окончании работы подпрограммы прерывания; чтобы прерывания работали, их обработчики надо связать с векторами прерываний; была изучена работа стека при вызове подпрограмм и обработчиков прерываний: при вызове подпрограммы в стек заносится адрес команды, следующей за командой, с которой была вызвана

подпрограмма, называемый адресом возврата, при этом указатель стека уменьшается на 2, так как стек растет в сторону меньших адресов, по окончании работы подпрограммы берется адрес из стека и заносится в программный счетчик, тем самым осуществляя возврат.