Тестирование команд и написание простого алгоритма

Информация

https://proglib.io/p/7-sposobov-sortirovki-massivov-na-primere-s-s-illyustraciyami-2022-04-20

https://www.radiokot.ru/start/mcu_fpga/avr/14/

http://easyelectronics.ru/skazhu-paru-slov-o-optimizacii-koda.html

https://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-makroassembler.html

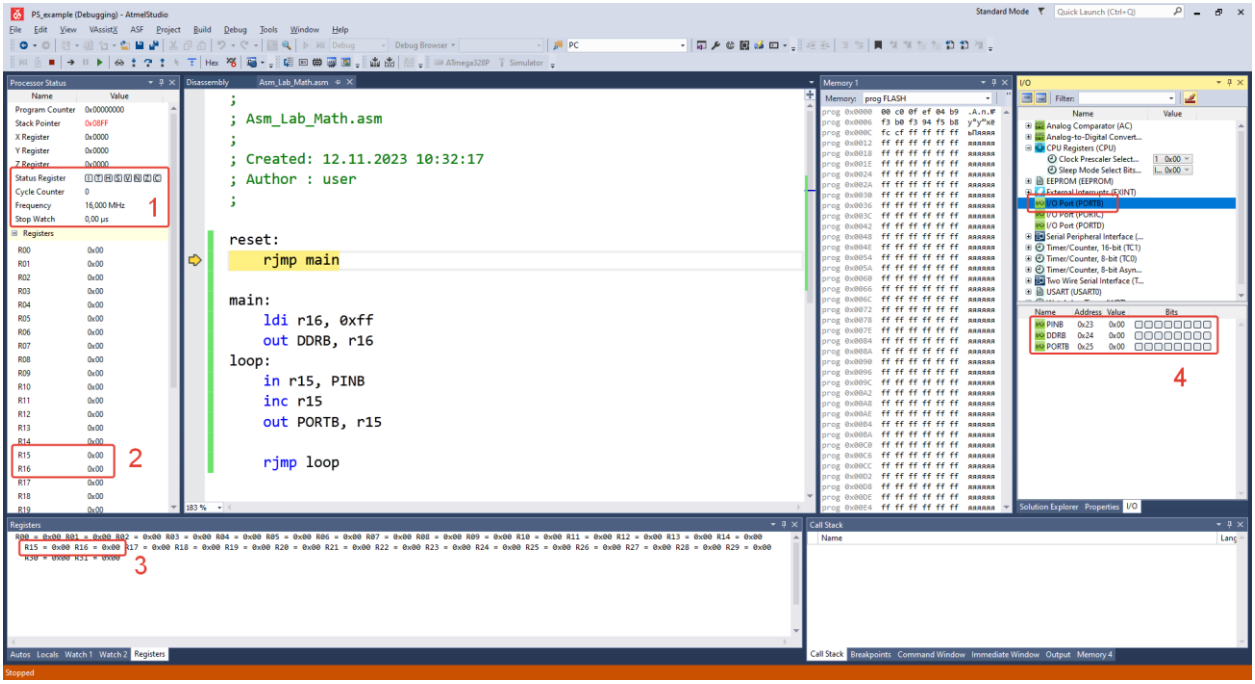
Для ознакомления с режимом отладки создадим новый проект и напишем следующий шаблон.

```
reset:
       rjmp main

main:

loop:


    rjmp loop
```

Следующий пример должен работать с любым устройством ATtiny или ATmega, имеющим как минимум регистра порта B. Он должен быть запущен с активным представлением ввода-вывода и настроен для вывод. Эта программа настраивает PORTB в качестве вывода, а затем выполняет цикл, считывая все, что присутствует на PINB, увеличивает его на единицу и выводит в PORTB.

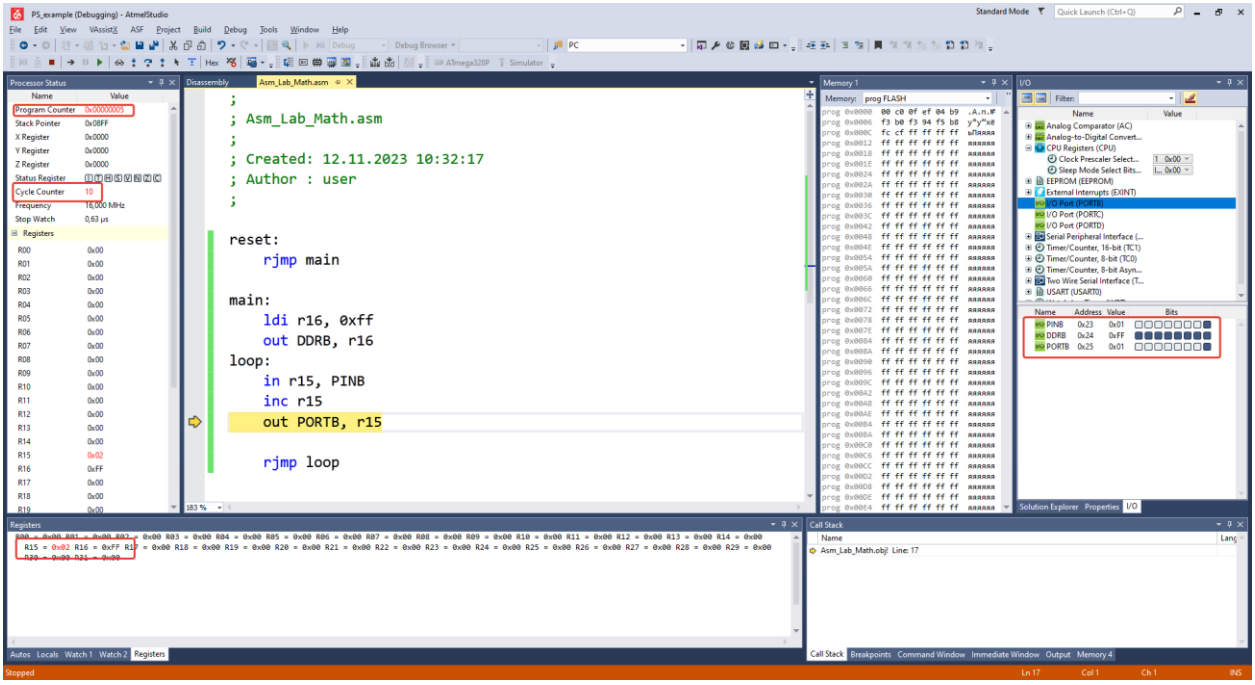
```
reset:
       rjmp main

main:
    ldi r16, 0xff
       out DDRB, r16
loop:
       in r15, PINB
       inc r15
       out PORTB, r15

    rjmp loop
```

Для перехода в режим отладки нажимаем Debug->Start Debugging and Break. При этом программа запустится и остановится на первой строке.

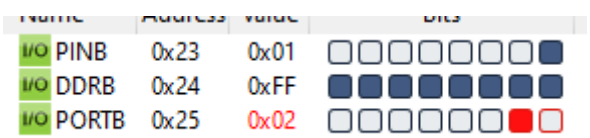


На вкладке Processor Status можно отслеживать Количество пройденных циклов, состояние Status Register (1), а также состояние регистров общего назначения (2). На вкладке Registers также отображается состояние регистров общего назначения (3). На вкладке IO можно отследить состояние регистров ввода/вывода (4).

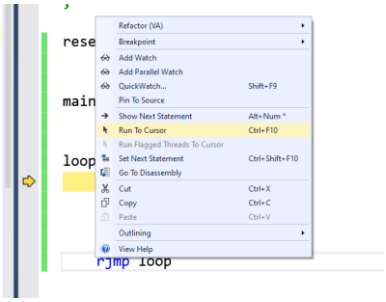
Для перехода на следующую команду следует нажать клавишу F10. Через несколько нажатий получится следующая картина.



При изменении значения поля, оно подсвечивается красным цветом. На следующем шаге значение r15 будет передано в регистр PORTB:



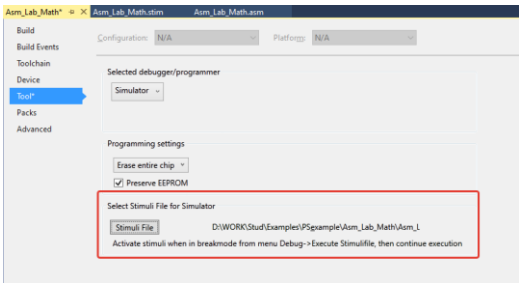
Однако для большого объема кода, особенно с задержкой, нажимать F10 будет неудобно (например, 4800000 раз). В этом случае можно поставить указатель на требуемую строку и выбрать в меню Run to cursor



В этом случае перейдем сразу на строку `rjmp loop`.

Альтернативным способом отследить состояния портов является использования файла стимуляции. Для данного примера нам нужны регистры: PINB, PORTB.

Для этого добавим в проект новый файл с именем Asm_Lab_Math.stim. Также этот файл нужно указать в настройках проекта.



Файл .stim

```
$log PORTB
$log PINB
$startlog Asm_Lab_Math_log_output.stim
#102
$endrep
$stoplog
$break
```

В данном случае выполняется логирование регистров PINB, PORTB, и запись их значений, при изменении, в выходной файл.

Следует отметить, что лог можно сделать только для регистров ввода-вывода.

Запуск стимуляции выполняется в три шага:

1. `Debug->Start Debugging and Break`
2. `Debug->Execute Stimulifile`
3. `Debug->Continue`

После этого можно заметить, что счетчик циклов равен 103.

В файле `Asm_Lab_Math_log_output.stim` будет следующая запись (для удобства отображена в 4четыре столбца):

#5	#4	#4	#4
PORTB = 0x01	PORTB = 0x06	PORTB = 0x0b	PORTB = 0x10
#1	#1	#1	#1
PINB = 0x01	PINB = 0x06	PINB = 0x0b	PINB = 0x10
#4	#4	#4	#4
PORTB = 0x02	PORTB = 0x07	PORTB = 0x0c	PORTB = 0x11
#1	#1	#1	#1
PINB = 0x02	PINB = 0x07	PINB = 0x0c	PINB = 0x11
#4	#4	#4	#4
PORTB = 0x03	PORTB = 0x08	PORTB = 0x0d	PORTB = 0x12
#1	#1	#1	#1
PINB = 0x03	PINB = 0x08	PINB = 0x0d	PINB = 0x12
#4	#4	#4	#4
PORTB = 0x04	PORTB = 0x09	PORTB = 0x0e	PORTB = 0x13
#1	#1	#1	#1
PINB = 0x04	PINB = 0x09	PINB = 0x0e	PINB = 0x13
#4	#4	#4	#4
PORTB = 0x05	PORTB = 0x0a	PORTB = 0x0f	PORTB = 0x14
#1	#1	#1	#1
PINB = 0x05	PINB = 0x0a	PINB = 0x0f	PINB = 0x14

В выходном файле #5 – это количество тактов до изменения отслеживаемого регистра, PORTB = 0x01 – значение регистра после изменения.

Общие требования: задание можно выполнять в режиме пошаговой отладки, но окончательно в виде стимуляции.

Проверка математических и логических операций, работа с битами

	Мнемоника	Операнды	Описание	Операция	Флаги	Циклы
1.	ADD═	Rd,Rr═	Суммирование без переноса	Rd = Rd + Rr═	Z,C,N,V,H,S═	1
2.	ADC	Rd,Rr	Суммирование с переносом	Rd = Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H,S	1
3.	SUB	Rd,Rr	Вычитание без переноса	Rd = Rd - Rr	Z,C,N,V,H,S	1
4.	SUBI	Rd,K8	Вычитание константы	Rd = Rd - K8	Z,C,N,V,H,S	1
5.	SBC	Rd,Rr	Вычитание с переносом	Rd = Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H,S	1
6.	SBCI	Rd,K8	Вычитание константы с переносом	Rd = Rd - K8 - C	Z,C,N,V,H,S	1
7.	AND	Rd,Rr	Логическое И	Rd = Rd ╥ Rr	Z,N,V,S═	1
8.	ANDI	Rd,K8	Логическое И с константой	Rd = Rd ╥ K8	Z,N,V,S	1
9.	OR	Rd,Rr	Логическое ИЛИ	Rd = Rd V Rr	Z,N,V,S	1
10.	ORI	Rd,K8	Логическое ИЛИ с константой	Rd = Rd V K8	Z,N,V,S	1
11.	EOR	Rd,Rr	Логическое исключающее ИЛИ	Rd = Rd EOR Rr	Z,N,V,S	1
12.	COM	Rd	Побитная Инверсия	Rd = $FF - Rd	Z,C,N,V,S	1
13.	NEG	Rd	Изменение знака (Доп. код)	Rd = $00 - Rd	Z,C,N,V,H,S	1
14.	SBR	Rd,K8	Установить бит (биты) в регистре	Rd = Rd V K8	Z,C,N,V,S	1

15.	CBR	Rd,K8	Сбросить бит (биты) в регистре	Rd = Rd ╥ ($FF -K8)	Z,C,N,V,S	1
16.	INC	Rd	Инкрементировать значение регистра	Rd = Rd + 1	Z,N,V,S	1
17.	DEC	Rd	Декрементировать значение регистра	Rd = Rd -1	Z,N,V,S	1
18.	TST	Rd	Проверка на ноль либо отрицательность	Rd = Rd ╥ Rd	Z,C,N,V,S	1
19.	CLR	Rd	Очистить регистр	Rd = 0	Z,C,N,V,S	1
20.	SER	Rd	Установить регистр	Rd = $FF	None	1
21.	ADIW	Rdl,K6	Сложить константу и слово	Rdh:Rdl = Rdh:Rdl +K6═	Z,C,N,V,S	2
22.	SBIW	Rdl,K6	Вычесть константу из слова	Rdh:Rdl = Rdh:Rdl -K 6	Z,C,N,V,S	2
23.	MUL	Rd,Rr	Умножение чисел без знака	R1:R0 = Rd * Rr	Z,C	2
24.	MULS	Rd,Rr	Умножение чисел со знаком	R1:R0 = Rd * Rr	Z,C	2
25.	MULSU	Rd,Rr	Умножение числа со знаком с числом беззнака	R1:R0 = Rd * Rr	Z,C	2
26.	FMUL	Rd,Rr	Умножение дробных чисел без знака	R1:R0 = (Rd * Rr) <<1	Z,C	2
27.	FMULS	Rd,Rr	Умножение дробных чисел со знаком	R1:R0 = (Rd *Rr) <<1	Z,C	2
28.	FMULSU	Rd,Rr	Умножение дробного числа со знаком счислом без знака	R1:R0 = (Rd * Rr) <<1	Z,C	2
29.	LSL	Rd	Логический сдвиг влево	Rd(n+1)=Rd(n) , Rd(0)=0,C=Rd(7)	Z,C,N,V,H,S	1
30.	LSR	Rd	Логический сдвиг вправо	Rd(n)=Rd(n+1) , Rd(7)=0,C=Rd(0)	Z,C,N,V,S	1
31.	ROL	Rd	Циклический сдвиг влево через C	Rd(0)=C, Rd(n+1)=Rd(n) ,C=Rd(7)	Z,C,N,V,H,S	1
32.	ROR	Rd	Циклический сдвиг вправо через C	Rd(7)=C, Rd(n)=Rd(n+1) ,C=Rd(0)	Z,C,N,V,S	1
33.	ASR	Rd	Арифметический сдвиг вправо	Rd(n)=Rd(n+1) , n=0,...,6	Z,C,N,V,S	1
34.	SWAP	Rd	Перестановка тетрад	Rd(3..0) = Rd(7..4), Rd(7..4) =Rd(3..0)	None	1

Задание: Выполнить проверку воздействия различных операций на флаги регистра состояний. Для каждого варианта 5 команд

Варианты

Вариант	Номера команд					Вариант	Номера команд				
1	3	12	6	9	14	*14*	33	2	25	28	26
2	12	29	17	30	10	*15*	11	29	12	33	31
3	21	31	29	14	8	*16*	17	23	21	33	30
4	26	29	1	9	30	*17*	27	9	16	18	11
5	29	9	16	27	10	*18*	13	31	28	1	23
6	28	27	18	26	23	*19*	11	1	12	7	21

7	6	33	22	3	12	*20*	13	3	9	26	24
8	9	7	22	27	2	*21*	12	34	32	21	5
9	4	24	30	14	27	*22*	2	25	6	23	3
10	13	26	24	11	9	*23*	23	25	3	31	29
11	22	27	25	4	7	*24*	12	28	27	32	31
12	3	14	6	18	31	*25*	26	18	1	6	21
13	9	4	29	24	17	*26*	6	27	23	4	5

Пример выполнения для команды Add

Мнемоника ADD

Операнды Rd,Rr

Описание Суммирование без переноса

Операция Rd = Rd + Rr

Флаги Z,C,N,V,H,S

Циклы 1

Задача: проверить изменение флагов при различных значениях операндов.

Текст программы

```
reset:
	rjmp main

main:
	;	загрузка значений в регистры
	ldi r18, 0xFF
	ldi r19, 0xFF
	;	вывод данных из РОН в IO регистр для отображения
	out	OCR0A, r18
	out OCR0B, r19
	nop
loop:
	;	ввод данных из IO регистров в РОН для обработки
	;	так как арифм и логические инструкции работают с РОН
	in r18, OCR0A
	in r19, OCR0B
	;	выполнение операции
	add r18, r19
	;	вывод данных из РОН в IO регистр для отображения
	out	OCR0A, r18
	out OCR0B, r19

	rjmp loop
```

Для создание теста необходимо знать количество тактов до loop, значения при которых будут изменятся флаги. Например, флаг H изменится при суммировании 15 и числом от 1 до 240, так как произойдёт переход в старший полубайт.

Тестовый файл будет выглядеть следующим образом:

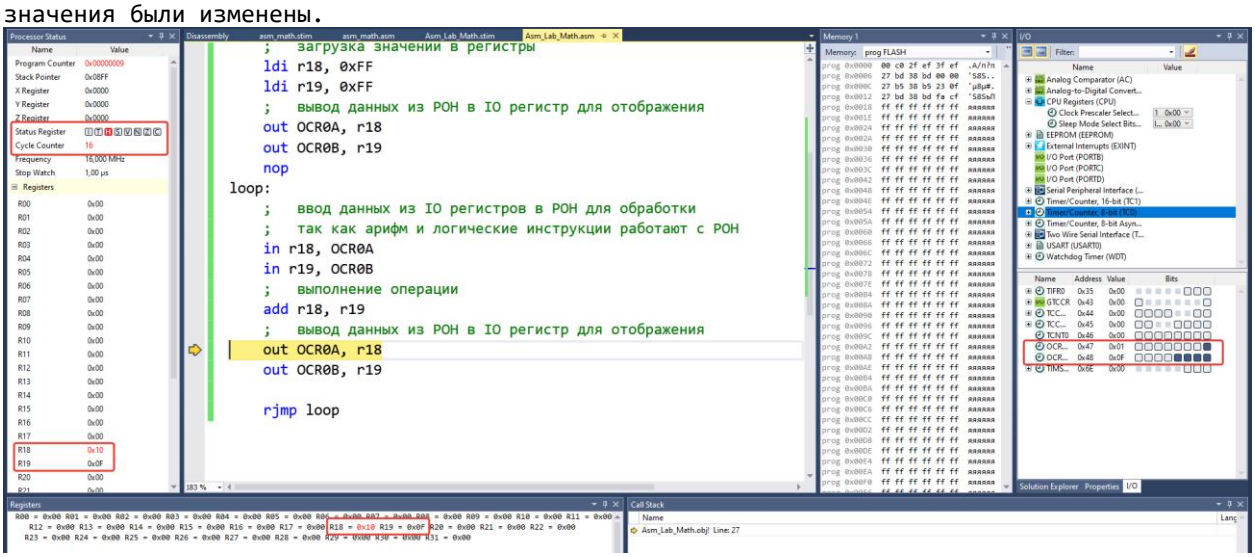
```
$log OCR0A
$log OCR0B
```

```
$log SREG
$startlog Asm_Lab_Math_log_output.stim
#6
OCR0A = 0
OCR0B = 1
#7
OCR0A = 1
OCR0B = 15
#7
OCR0A = 110
OCR0B = 16
#7
OCR0A = 1
OCR0B = 126
#7
OCR0A = 1
OCR0B = 127
#7
OCR0A = 126
OCR0B = 128
#7
OCR0A = 1
OCR0B = 254
#7
OCR0A = 1
OCR0B = 255
#7
$stoplog
$break
```

Здесь:

```
$log OCR0A
$log OCR0B
$log SREG
$startlog mega328p_log_output.stim
Включение логирования регистров IO и запись в файл
#6
OCR0A = 0
OCR0B = 1
Далее задержка на 6 тактов до метки loop и установка значений в регистры OCR0A и OCR0B
#7
Задержка на 7 тактов до следующей итерации loop.
```

Внимание! В выходном файле регистры будут отображаться только при изменении значения в них, поэтому тестовые значения подобраны таким образом, чтобы на следующей итерации loop значения были изменены.



Результат в пошаговом режиме

Выходной файл:

```
#3
OCR0A = 0xff
#1
OCR0B = 0xff
#2
OCR0B = 0x01
OCR0A = 0x00
#3
OCR0A = 0x01
#4
OCR0B = 0x0f
#2
SREG = 0x20
#1
OCR0A = 0x10
#4
OCR0B = 0x10
OCR0A = 0x6e
#2
SREG = 0x00
#1
OCR0A = 0x7e
#4
OCR0B = 0x7e
OCR0A = 0x01
#3
OCR0A = 0x7f
#4
OCR0B = 0x7f
OCR0A = 0x01
#2
SREG = 0x2c
#1
OCR0A = 0x80
#4
OCR0B = 0x80
OCR0A = 0x7e
#2
SREG = 0x14
#1
OCR0A = 0xfe
#4
OCR0B = 0xfe
OCR0A = 0x01
#3
OCR0A = 0xff
#4
OCR0B = 0xff
OCR0A = 0x01
#2
SREG = 0x23
#1
OCR0A = 0x00
```

Разбор файла:

Через три такта после запуска программы `OCR0A = 0xff, затем через 1 такт OCR0B = 0xff.`

Еще через 2 такта значения регистров изменены из тестового файла, далее 3такта на запись значений в r18 и r19 и один такт на выполнение сложения с последующим переносом значения в `OCR0A. 4 Такта на запись в IO регистры и переход на новую итерацию.`

	OCR0A	OCR0B	SREG	OCR0A’	Флаги
1.	0x00	0x01	0x00	0x01	-
2.	0x01	0x0f	0x20	0x10	H
3.	0x6e	0x10	0x00	0x7e	-
4.	0x01	0x7e	0x00	0x7f	-
5.	0x01	0x7f	0x2c	0x80	H,V,N
6.	0x7e	0x80	0x14	0xfe	S,N
7.	0x01	0xfe	0x14	0xff	S,N
8.	0x01	0xff	0x23	0x00	H,Z,C

В выводах по разделу отразить особенности изменения флагов в зависимости от значений.

Условные переходы

	Мнемоника	**Операнды**	**Описание**	**Операция**	**Флаги**	**Циклы**
1.	RJMP	k	Относительный переход	PC = PC + k +1	None	2
2.	IJMP	Нет	Косвенный переход на (Z)	PC = Z	None	2
3.	EIJMP	Нет	Расширенный косвенный переходна (Z)	STACK = PC+1, PC(15:0) = Z,PC(21:16) = EIND	None	2
4.	JMP	k	Переход	PC = k	None	3
5.	RCALL	k	Относительный вызовподпрограммы	STACK = PC+1, PC = PC + k +1	None	3/4*

6.	ICALL	Нет	Косвенный вызов (Z)	STACK = PC+1, PC = Z=	None	3/4*
7.	EICALL	Нет	Расширенный косвенный вызов (Z)	STACK = PC+1, PC(15:0) = Z,PC(21:16) =EIND	None	4*
8.	CALL	k	Вызов подпрограммы	STACK = PC+2, PC = k	None	4/5*
9.	RET	Нет	Возврат из подпрограммы	PC = STACK	None	4/5*
10.	RETI	Нет	Возврат из прерывания	PC = STACK	I	4/5*
11.	CPSE	Rd,Rr	Сравнить, пропустить если равны=	if (Rd ==Rr) PC = PC 2 or 3	None	1/2/3
12.	CP	Rd,Rr	Сравнить	Rd -Rr	Z,C,N,V,H,S	1
13.	CPC	Rd,Rr	Сравнить с переносом	Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H,S	1
14.	CPI	Rd,K8	Сравнить с константой	Rd - K	Z,C,N,V,H,S	1
15.	SBRC	Rr,b	Пропустить если бит в регистреочищен	if(Rr(b)==0) PC = PC + 2 or 3	None	1/2/3
16.	SBRS	Rr,b	Пропустить если бит в регистреустанов лен	if(Rr(b)==1) PC = PC + 2 or 3	None	1/2/3
17.	SBIC	P,b	Пропустить если бит в портуочищен	if(I/O(P,b)==0) PC = PC + 2 or 3	None	1/2/3
18.	SBIS	P,b	Пропустить если бит в портуустановлен	if(I/O(P,b)==1) PC = PC + 2 or 3	None	1/2/3
19.	BRBC	s,k	Перейти если флаг в SREGочищен	if(SREG(s)==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
20.	BRBS	s,k	Перейти если флаг в SREGустановле н	if(SREG(s)==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
21.	BREQ	k	Перейти если равно	if(Z==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
22.	BRNE	k	Перейти если не равно	if(Z==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
23.	BRCS	k	Перейти если перенос установлен	if(C==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
24.	BRCC	k	Перейти если перенос очищен	if(C==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
25.	BRSH	k	Перейти если равно или больше	if(C==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
26.	BRLO	k	Перейти если меньше	if(C==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
27.	BRMI	k	Перейти если минус	if(N==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
28.	BRPL	k	Перейти если плюс	if(N==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
29.	BRGE	k	Перейти если больше или равно(со знаком)	if(S==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
30.	BRLT	k	Перейти если меньше (со знаком)	if(S==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
31.	BRHS	k	Перейти если флаг	if(H==1) PC = PC + k + 1	None	1/2

			внутреннегопереноса установлен			
32.	BRHC	k	Перейти если флаг внутреннегопереноса очищен	if(H==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
33.	BRTS	k	Перейти если флаг T установлен	if(T==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
34.	BRTC	k	Перейти если флаг T очищен	if(T==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
35.	BRVS	k	Перейти если флаг переполненияустановлен	if(V==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
36.	BRVC	k	Перейти если флаг переполненияочищен	if(V==0) PC = PC + k + 1	None	1/2
37.	BRIE	k	Перейти если прерыванияразрешены	if(I==1) PC = PC + k + 1	None	1/2
38.	BRID	k	Перейти если прерываниязапрещены	if(I==0) PC = PC + k + 1	None	1/2

Задание: Написать программу с использованием условного перехода. Для каждого варианта 5 команд

Варианты

Вариант	Номера команд					Вариант	Номера команд				
1	23	18	29	32	28	*14*	34	31	14	36	21
2	30	20	25	23	16	*15*	31	11	33	36	20
3	22	13	11	30	28	*16*	14	32	26	24	16
4	13	16	33	36	15	*17*	27	19	15	29	16
5	32	24	19	29	34	*18*	16	12	19	23	15
6	28	16	31	12	33	*19*	22	24	11	20	19
7	21	22	14	36	26	*20*	33	23	29	16	30
8	26	33	19	35	12	*21*	30	11	36	33	13
9	19	36	26	28	16	*22*	35	24	28	20	34
10	20	14	21	16	29	*23*	22	15	25	12	35
11	11	33	28	29	14	*24*	20	36	35	28	23
12	34	28	13	35	32	*25*	13	15	28	12	33
13	21	34	31	13	33	*26*	34	31	14	36	21

Пример для оператора SBRC

Мнемоника SBRC

Операнды Rr,b

Описание Команда проверяет состояние бита в регистре и, если этот бит очищен, пропускает следующую команду.

Операция if(Rr(b)==0) PC = PC + 2 or 3

Флаги None

Циклы 1/2/3

Счетчик программ: PC <-- PC + 1, если условия не соблюдены, нет пропуска; PC <-- PC + 2, если следующая команда длиной в 1слово; PC <-- PC + 3, если следующие команды JMP или CALL

Код программы:

```
reset:
	rjmp main

main:
	nop
loop:
	;	ввод данных из IO регистров в РОН для обработки
	in r18, OCR0A
	;	выполнение операции
	ldi r19, (1 << 4)
	sbrc r18, 4
	ldi r19, 1
	;	вывод данных из РОН в IO регистр для отображения
	out OCR0B, r19

    rjmp loop
```

Код теста:

```
$log OCR0A
$log OCR0B
$startlog Asm_Lab_Branch_log_output.stim
#2
OCR0A = 0x10
#7
OCR0A = 0x41
#7
$stoplog
$break
```

Выходной файл:

#2
OCR0A = 0x10
#4
OCR0B = 0x01
#3
OCR0A = 0x41
#4
OCR0B = 0x10

	OCR0A	OCR0B
1.	0x10	0x01

2.	0x41	0x10

Вывод: при установленном 4м бите следующая команда выполняется, при сброшенном – пропуск и счетчик циклов увеличен на 2. Если после команды SBRC идет команда в один цикл, то общее количество циклов сохраняется.

Работа с массивами

Задачи:

1. Пузырьковая сортировка
2. Сортировка выбором
3. Сортировка вставкой
4. Ряд Фиббоначи до 35 элементов
5. Контрольная сумма через XOR
6. Преобразование массива (инверсия порядка бит)
7. Формирование массива путем выбора ячеек из другого dest[i] = src[tmp[i]]

Задание: выбрать задачу в соответствии с вариантом. Написать программу и тест.

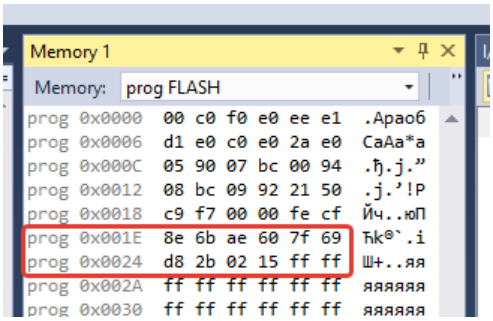
Критерий оценки: 3 баллов для типа байт, 5 баллов – знаковый байт, 6 баллов – слово или знаковое слово

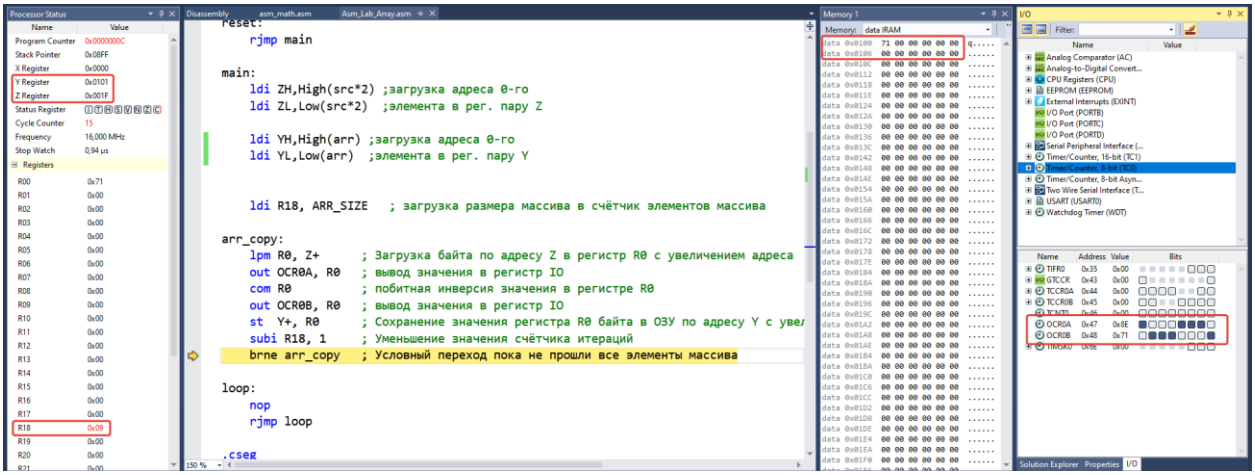
Для примера программа копирования массива с инверсией байт

```
.set ARR_SIZE=10

; В сегменте данных выделим массив типа BYTE
.dseg
arr:   .BYTE ARR_SIZE

.cseg

reset:
       rjmp main

main:
       ldi ZH,High(src*2) ;загрузка адреса 0-го
    ldi ZL,Low(src*2)  ;элемента в рег. пару Z

       ldi YH,High(arr) ;загрузка адреса 0-го
    ldi YL,Low(arr)  ;элемента в рег. пару Y


       ldi R18, ARR_SIZE    ; загрузка размера массива в счётчик элементов массива

arr_copy:
       lpm R0, Z+           ; Загрузка байта по адресу Z в регистр R0 с увеличением адреса
       out OCR0A, R0 ; вывод значения в регистр IO
       com R0               ; побитная инверсия значения в регистре R0
       out OCR0B, R0 ; вывод значения в регистр IO
       st  Y+, R0           ; Сохранение значения регистра R0 байта в ОЗУ по адресу Y с
увеличением адреса
       subi R18, 1          ; Уменьшение значения счётчика итераций
       brne arr_copy ; Условный переход пока не прошли все элементы массива
```

```
loop:
        nop
    rjmp loop

.cseg
; В сегменте кода выделим массив типа BYTE
src: .db 0x8E, 0x6B, 0xAE, 0x60, 0x7F, 0x69, 0xD8, 0x2B, 0x02, 0x15
```

`ldi ZH,High(src*2)` Этой командой мы загружаем в старшую часть пары Z (ZH), старшую часть адреса по метке `src`. Что значит "*2"? Дело в том, что каждая команда содержит два байта информации и занимает, таким образом, две ячейки ПЗУ. Поэтому, счетчик команд считает 2 адреса как один. Метка содержит именно данные для счетчика команд. Чтобы получить реальный адрес ПЗУ, необходимо увеличить адрес метки в 2 раза.





Файл стимуляции:

```
$log OCR0A
$log OCR0B
$log SREG
$startlog Asm_Lab_Array_log_output.stim
#115
$stoplog
$memdump Asm_Lab_Array_mem_S_log_output.stim 0x0100 10 s
$memdump Asm_Lab_Array_mem_F_log_output.stim 0x001E 10 f
$break
```

Обратить внимание на состояние памяти данных и ОЗУ. На копирование массива с инверсией потребовалось 115 циклов. Разобрать и добавить дамп памяти в отчёт в hex и в dec.

```
reset:
```

```
        rjmp main

main:
        ldi ZH,High(arr) ;загрузка адреса 0-го
     ldi ZL,Low(arr)  ;элемента в рег. пару Z

        ldi r16, 0
        ldi r17, 1
        st Z+, r16
        st Z, r17
        ldi R18, ARR_SIZE    ; загрузка размера массива в счётчик элементов массива
        nop

arr_copy:
        ld r17, Z+ ; ld - берёт данные из памяти
        add r16, r17 ; сложение рег.17 и рег.16(r16 + r17)
        st Z, r16 ; Запись в память по адресу Z значения в рег.17
        mov r16, r17

        subi R18, 1          ; Уменьшение значения счётчика итераций
        brne arr_copy ; Условный переход пока не прошли все элементы массива
```