Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчет по лабораторной работе
по дисциплине «Микропроцессорные системы»
«Изучение вычислительных возможностей МК SAB 80C515»

Работу выполнили студенты группы № 43501/3 Бояркин Н.С. _____ *подпись*
Кан В.С. _____ *подпись*

Работу приняли преподаватели Кузьмин А.А. _____ *подпись*
Павловский Е.Г. _____ *подпись*

Санкт-Петербург

2016

1. Цель работы

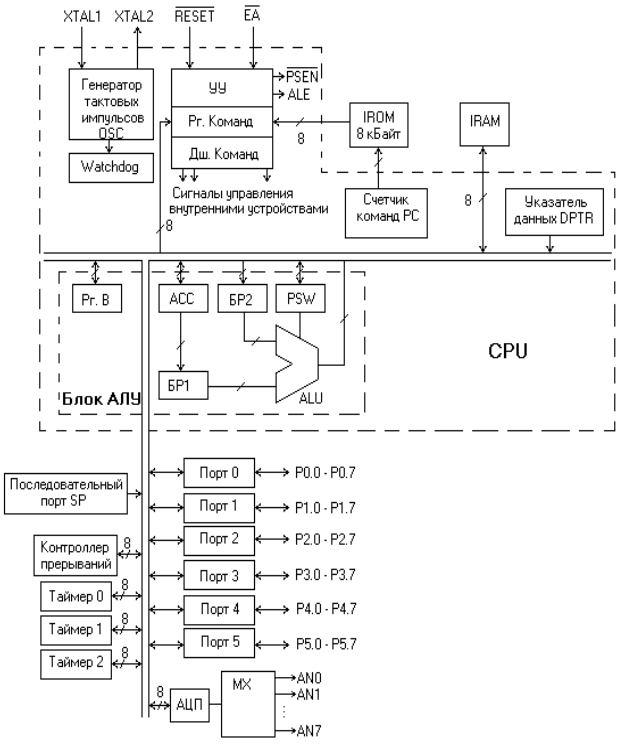
1) Знакомство с программно-аппаратным комплексом поддержки проектирования микроконтроллерных систем на базе MKSAB80C515;
2) Изучение системы команд МК семействаMCS51 на примере выполнения простейших программ.

2. Программа работы

1) На примере тестовой программы, осуществляющей обнуление ячеек заданной области внутренней памяти данных МК, ознакомиться с полным циклом создания прикладного программного обеспечения.
2) Разработать и выполнить программу, которая заполняет ячейки заданной области памяти линейно возрастающими значениями.
3) Разработать и выполнить программу вычисления арифметического выражения заданного вида.
4) Разработать и выполнить программу вычисления логического выражения заданного вида с использование команд битового процессора.
5) Разработать и выполнить программу, которая осуществляет заполнение последовательных ячеек внешней памяти значениями, линейно изменяющимися в заданных диапазонах.
6) Разработать и выполнить программу функциональной обработки данных.

3. Теория

В состав 8-битного МК SAB 80C515 входят:
1) 8-разрядное АЛУ и схемы аппаратной реализации умножения и деления;
2) Внутреннее ПЗУ (IROM) программ и констант объемом 8 Кбайт;
3) Внутреннее ОЗУ (RRAM) данных объемом 256 байт;
4) Шесть программируемых портов ввода-вывода (P1 - P5);
5) Порт ввода аналоговых сигналов (P6);
6) Полный дуплексный последовательный порт SP с фиксированной и переменной скоростью обмена;
7) Три программируемых 16-битных таймера/счетчика;
8) 4-канальный блок быстрого ввода-вывода внешних событий, обладающий дополнительными возможностями формирования ШИМ-сигналов;
9) 8-канальный аналого-цифровой преобразователь со встроенным блоком программируемых эталонных напряжений;
10) Сторожевой таймер (WDT);
11) 4-уровневая система прерываний от 12 источников прерываний;
12) Внутренний стек глубиной 256 байт;



Программно-аппаратный комплекс SHELL51

Проектирование микроконтроллерных систем проводится с использованием инструментальных программных и программно-аппаратных средств. Используемая программная среда SHELL51 (рис. 1) ориентирована на применение в составе комплекса, включающего ЭВМ и микроконтроллер, подключенный к ЭВМ.

Среда Shell51 позволяет работать с исходным представлением программы в виде текста на языке ассемблера. С помощью кнопки “ЗАПУСК” активизируется выполнение процесса перевода исходного текста программы в представление, пригодное для загрузки в микроконтроллер. В случае появления ошибок и предупреждений со стороны транслятора детальная информация о результатах трансляции и компоновки будет расположена на специальной вкладке “ЛИСТИНГИ”.

Программный комплекс SHELL51 содержит симулятор, который позволяет загрузить оттранслированную программу в память и отследить ее выполнение по шагам, до установленного пользователем адреса или целиком.

Вкладка “Окна памяти” позволяет загрузить программу в микроконтроллер, запустить её и передать содержимое памяти микроконтроллера обратно на компьютер для анализа полученных результатов.

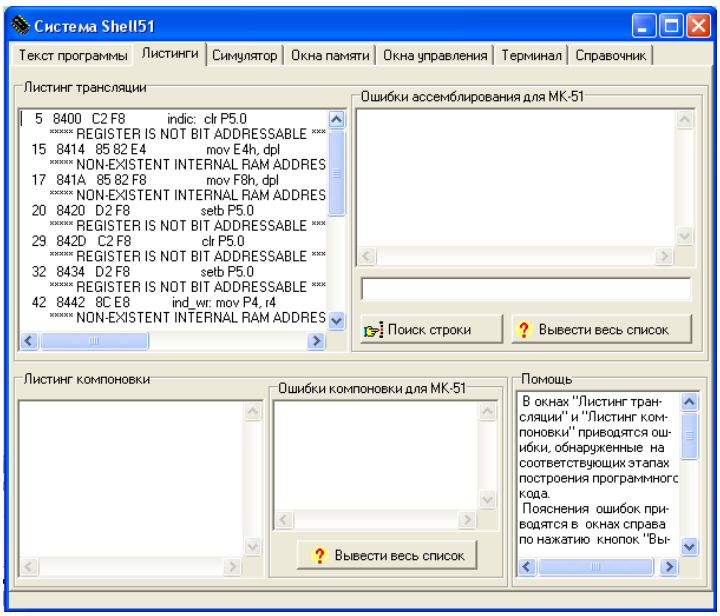


Рис. 1. Окно SHELL51.

Лабораторный стенд СТК-1

Лабораторный стенд (рис. 2) предназначен для изучения особенностей построения и функционирования встраиваемых микроконтроллерных систем. В состав стенда входят одноплатный контроллер, совокупность устройств дискретного и аналогового ввода/вывода, два генератора тестовых воздействий и коммутационное поле. На плате контроллера размещены МК SAB 80C535, микросхемы внешней памяти программ и данных (ОЗУ объемом 32 Кбайт), микросхемы внешней памяти программ «резидентного» монитора, схемы физического последовательного канала с оптоэлектронной развязкой и набор вспомогательных микросхем сопряжения МК с внешними устройствами.

Совокупность устройств дискретного ввода-вывода в стенде представлена клавиатурой 4x4 (устройство ввода) и блоком жидкокристаллических индикаторов ЖКИ (устройство вывода). Поскольку и клавиатура, и ЖКИ требуют программного управления, то по отношению к МК они являются объектами управления, что и отражено на схеме в их обозначении. Совокупность устройств аналогового ввода-вывода представлена регулируемым источником постоянного напряжения (потенциометром) и интегрирующим RC-звеном.

В качестве генераторов тестовых воздействий использованы источник гармонического сигнала «С» и источник импульсных сигналов «П». При формировании гармонических сигналов обеспечена возможность регулирования частоты и амплитуды. Регулируемыми параметрами генератора импульсных сигналов является частота и скважность;

Коммутационное поле позволяет задавать структуру аппаратных связей между элементами стенда и портами ввода-вывода МК. Внешние соединения реализуются с помощью набора проводников (специальных «шин»), прилагаемого к аппаратуре стенда.

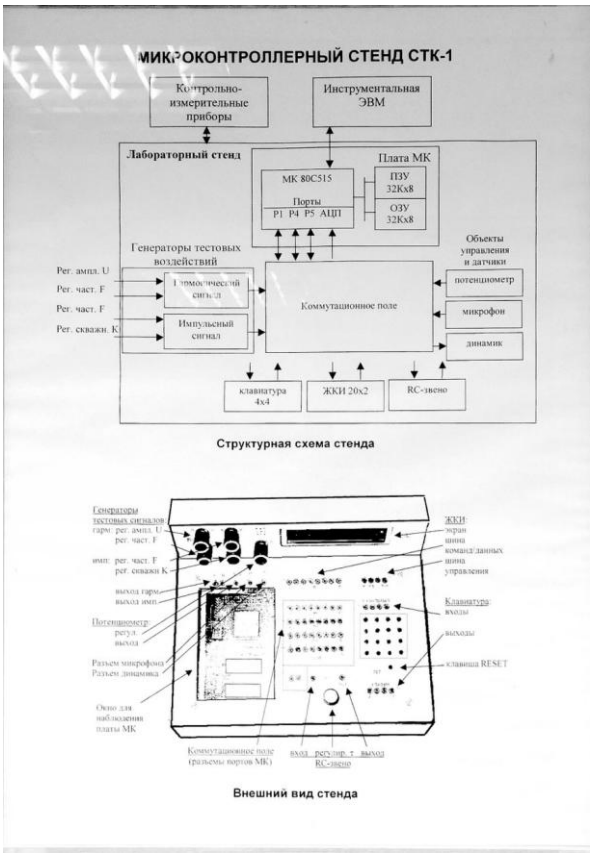


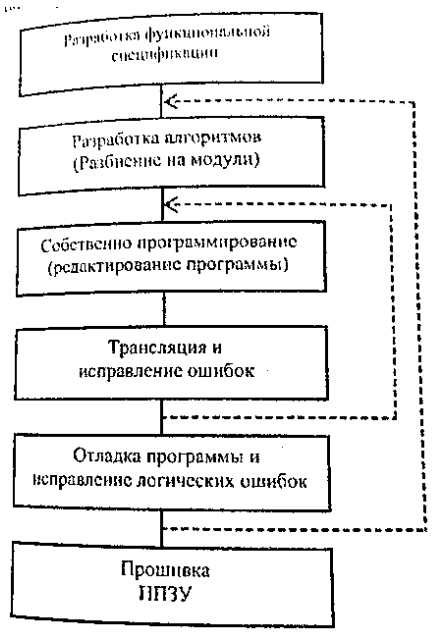
Рис. 2. Структурная схема лабораторного стенда.

4. Выполнение первого цикла работ

Цикл разработки ПО на примере тестовой программы (proba.asm)

Был рассмотрен каждый этап цикла создания прикладного программного обеспечения для МК на примере тестовой программы proba.asm:

1) Разработка функциональной спецификации (программа proba.asm должна осуществлять обнуление ячеек заданной области внутренней памяти)
2) Разработка алгоритмов (программа уже разработана)
3) Программирование (ввод программы в окно ввода SHELL51)
4) Трансляция и исправление ошибок (программа была оттранслирована и ошибок обнаружено не было, однако для примера была специально добавлена ошибка; после повторной трансляции программы появилось сообщение об ошибке во вкладке «Листинги»)
5) Отладка программы и исправление логических ошибок (отладка программы была осуществлена при помощи симулятора)
6) Прошивка ППЗУ (убедившись, что программа работает верно и логические ошибки отсутствуют, она была загружена микроконтроллер)



Тестовая программа proba.asm:

```
      org 8400h   ;размещение программы
                  ;в памяти микроконтроллера
                  ;начиная с адреса 0x8400
      mov a,#0h   ;запись в аккумулятор числа 0
      mov r0,#50h ;запись в регистр
                  ;первого адреса для обнуления
m1:   mov @r0,a   ;запись в ячейку по адресу,
                  ;указанному в регистре
                  ;числа из аккумулятора
      inc r0      ;инкремент аккумулятора
                  ;для получения следующего адреса
      cjne r0,#60h,m1 ;условный переход
                  ;с инкрементом счетчика
      ret         ;возврат из подпрограммы
```

Ответы на вопросы

Способы адресации в prog.asm:

- Непосредственная и регистровая адресация для mov a,#0h.
- Непосредственная и регистровая адресация для mov r0,#50h.
- Косвенная и регистровая адресация для mov @r0,a.
- Регистровая для inc r0.
- Регистровая и непосредственная для cjne r0,#60h,m1.

Директива org 8400h размещает программу в памяти микроконтроллера, начиная с адреса 0x8400.

Цикл реализовывается с помощью команды cjne. Она увеличивает счетчик команд на 3, а затем сравнивает число в регистре R0 с числом 0x60. Если равенство не выполняется, то в счетчик команд загружается адрес начала цикла, то есть метки m1.

Модификация программы proba.asm (1.3.asm)

Программа proba.asm была модифицирована для линейного изменения заданной области памяти.

Измененная тестовая программа 1.3.asm:

```
      org 8400h   ;размещение программы в памяти микроконтроллера,
                  ;начиная с адреса 0x8400
      mov a,#0A0h ; записали в аккумулятор число A0h
      mov r0,#50h ; записали в регистр число 50h
m1:   mov @r0, #a ; записываем число, находящиеся в аккумуляторе по адресу из
                  ; регистра r0
      dec a       ; уменьшаем число в аккумуляторе
      inc r0      ; инкрементируем адрес, нах-ся в регистре r0
      cjne r0,#60h,m1 ; выполняем до тех пор, пока r0!=60h
      ret         ; возврат из подпрограммы
```

Изменение заключается в декременте аккумуляторе с каждой итерацией цикла. Таким образом ячейки с адресами 0x50 – 0x60 содержат линейно уменьшающиеся значения 0xA0 – 0x90.

Разработка программы вычисления арифметического выражения (1.4.asm)

Была разработана программа для вычисления арифметического выражения вида:

$$F = A * [(B + C)/2 – 2*B / C],\ \text{где}\ B \leq 127;\quad (B + C)/2 > 2*B / C;\quad C \neq 0;$$

Алгоритм программы:

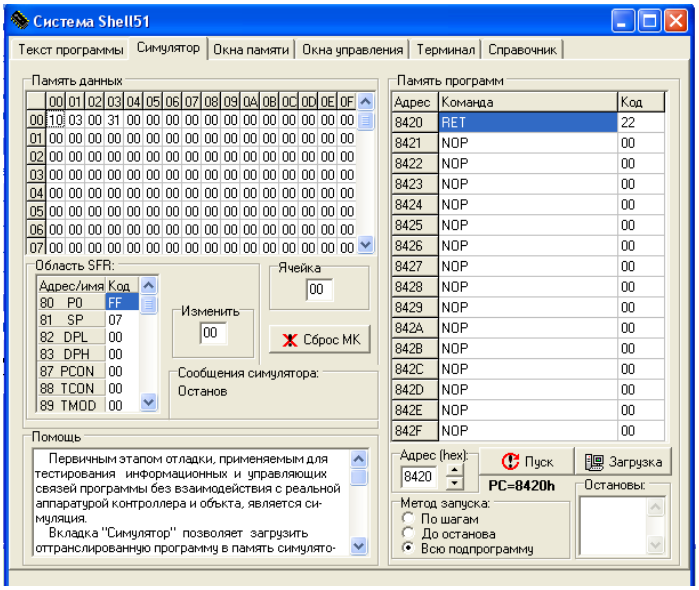
1) Запись данных в начальные регистры (R0(A), R1(B), R2(C))
2) Сохранение результата сложения B и C в буферном регистре (R3=R1(B)+R2(C))
3) Деление суммы B и C на 2 (R3=R3/2)
4) Умножение B на 2 и сохранение в аккумуляторе результата (ACC=R1(B)*2)
5) Деление значения аккумулятора (R1(B)*2) на число C и сохранение это уже в ненужном регистре R1(B) (R1=ACC/R2(C))
6) Сохранение разницы результатов п.3 и п.5 в аккумуляторе (ACC=R3-R1)
7) Умножение аккумулятора на 2 и вывод результата операции в регистры R1, R2.

Программа 1.4.asm:

```
      org 8400h

      mov r0, #10h  ;A
      mov r1, #22h  ;B
      mov r2, #40h  ;C

      mov a, r1
      add a, r2
      mov r3, a

      mov a, r3
      mov b, #2h
      div ab
      mov r3, a

      mov a, r1
      mov b, #2h
```

```
mul ab
mov b, r2
div ab
mov r1, a

mov a, r3
subb a, r1

mov b, r0
mul ab
mov r1,b
mov r2,a
ret
```

Результат выполнения программы в SHELL51:



Результатом выполнения программы является число 0300h, лежащее в регистрах R1, R2. И действительно, если считать только целые части 10h*((22h+40h)/2h-(2h*22h)/40h)=10h*(31h-44h/40h)=10h*(31h-1h)=0300h.
Протестируем программу на разных исходных данных:

Исходные данные	Результат
A = 10h, B = 22h, C = 40h	0300h
A = 15h, B = 16h, C = 30h	02CAh
A = 30h, B = 32h, C = 60h	0CF0h

Разработка программы вычисления логического выражения (1.5.asm)

Была разработана программа для вычисления логического выражения вида:

Y = (a AND (NOT b)) XOR (c OR d)

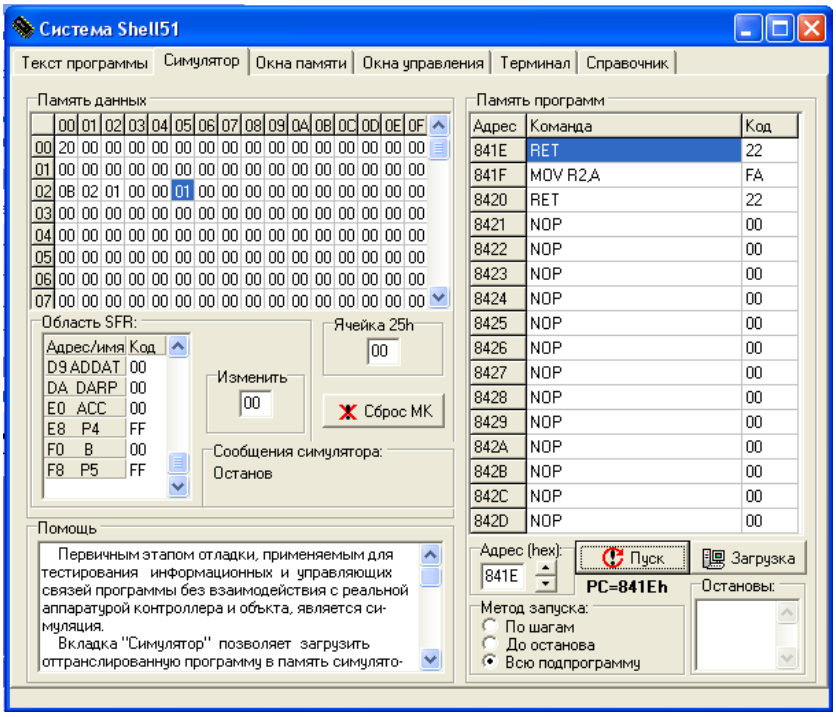
Алгоритм программы:

1) Задаем адрес битовых переменных и сами переменные. Соответствие задаваемых битов переменным: 3-d, 2-c, 1-b, 0-a (например 0Bh=00001011b > d=1, c=0, b=1, a=1).
2) f1 = a and not b
3) f2 = c or b
4) f3 = f1 xor f2 = (f1 and not f2) or (not f1 and f2)
5) Запись результата в 28й бит от адреса 20h.

Программа 1.5.asm:

```
org 8400h

mov r0,#20h  ; operands addrs
mov @r0,#0Bh ; value, 4 little bits 3-d  2-c  1-b 0-a

; f1(08h) = A(0h) and not B(1h)
mov C, 00h
anl C, /01h
mov 08h,C

; f2(09h) = C or D
mov C, 02h
orl C, 03h
mov 09h,c

; f1(08h) xor f2(09h)
mov C,08h
anl C,/09h
mov 0ah,C
mov C,09h
anl C,/08h
orl C,0ah
mov 28h,C
ret
```

Результат выполнения программы в SHELL51:



Результатом выполнения программы является 1, лежащая в нулевом бите регистра по адресу 25h. И действительно, Y = (1 and (not 1)) xor (0 or 1) = 0 xor 1 = 1.

Протестируем программу на разных исходных данных:

Исходные данные	Результат
a=1, b=1, c = 0, d = 1	1
a=1, b=0, c = 0, d = 0	1
a=1, b=1, c = 0, d = 0	0
a=1, b=0, c = 0, d = 1	0

Разработка программы заполнение последовательных ячеек внешней памяти (1.6.asm)

Была разработана программа для заполнения ячеек памяти в некотором диапазоне (например 8400h – 8420h) заданными линейно изменяющимися значениями: 0 – 10h – 0.

Алгоритм программы:

1) Инициализируем адрес внешней памяти dptr и переменные значения и счетчика.
2) Выполняем первый цикл 10h раз, увеличивая dptr и увеличивая переменную загружаемого значения.
3) Выполняем второй цикл 10h раз, увеличивая dptr и уменьшая переменную загружаемого значения.

Программа 1.6.asm:

```
      org 8500h

      mov dptr, #8400h
      mov r0, #0h
      mov r1, #10h

m1:   mov a, r0
      movx @dptr, a
      inc r0
      inc dptr
      dec r1
      mov a, r1
      jnz m1

      mov r1, #11h

m2:   mov a, r0
      movx @dptr, a
      dec r0
      inc dptr
      dec r1
      mov a, r1
      jnz m2

      ret
```

Итоговый результат:

Адрес	Код
8400h	00h
8401h	01h
8402h	02h
…	…
8410h	10h
8411h	0Fh
8412h	0Eh
…	…
841Fh	01h
8420h	00h

Разработка программы функциональной обработки данных (1.7.asm)

Была разработана программа для поиска минимального, максимального и среднего арифметического в массиве чисел, заданных во внешней памяти.

Алгоритм программы:

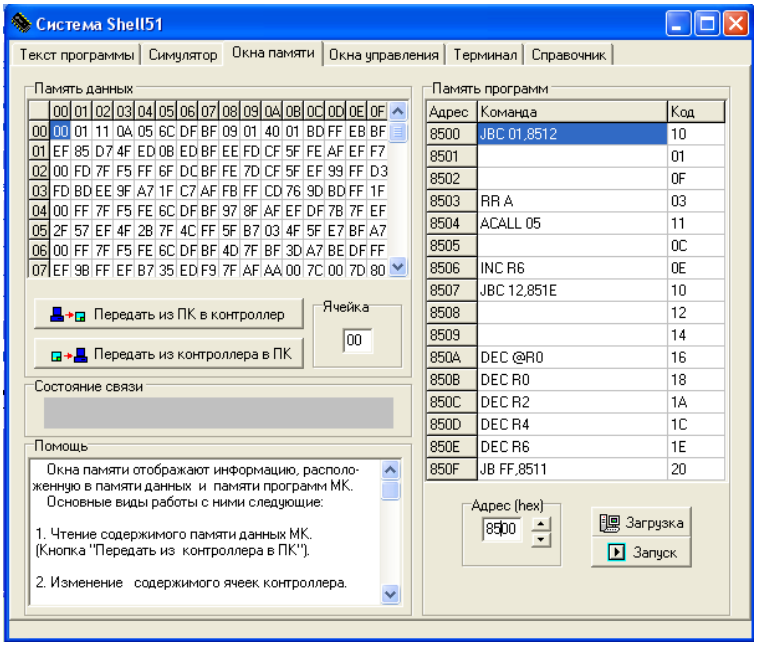
1) Инициализируем массив во внешней памяти с помощью dptr.
2) Инициализируем переменные поиска минимума, максимума, суммы и счетчика.
3) Запускаем цикл со счетчиком по массиву.
    a. Если текущее число больше текущего максимального, то оно становится максимальным (if(@dptr > max) max = @dptr).
    b. Если текущее число меньше текущего минимального, то оно становится минимальным (if(@dptr < min) min = @dptr).
    c. Фиксируем сумму элементов.
4) Делим сумму на количество элементов и получаем среднее арифметическое.
5) Результат: максимальное в R2, минимальное в R1, среднее в R3.

Программа 1.7.asm:

```
      org 8400h

      mov dptr,#8500h
      mov a, #10h
      movx @dptr, a

      inc dptr
      mov a, #1h
      movx @dptr, a

      inc dptr
      mov a, #fh
      movx @dptr, a

      inc dptr
      mov a, #3h
      movx @dptr, a

      inc dptr
      mov a, #11h
      movx @dptr, a

      mov dptr, #8500h
      mov r1, #ffh ;min
      mov r2, #0h ;max
      mov r3, #0h ;sum
      mov r4, #0h ;cntr

m0:   movx a, @dptr
      mov b, r1

      cjne a, f0h , m1
      jmp minres
min:  mov r1, a
      jmp minres
m1:   jc min

minres:     mov b, r2

      cjne a, f0h , m2
```

```
      jmp maxres
max:  mov r2, a
      jmp maxres
m2:   jnc max

maxres:     add a, r3
      mov r3, a
      inc r4
      inc dptr
      cjne r4, #5h,m0
      mov a, r3
      mov b, #5h
      div ab
      mov r3, a
      ret
```

Результат выполнения программы в SHELL51:



Результатом выполнения программы является min=01h, max=11h, ave=0Ah. И действительно, для массива 10h, 01h, 0Fh, 03h, 11h это правильные значения.

Исходные данные	Результат
(10h, 01h, 0Fh, 03h, 11h)	min=01h, max=11h, ave=0Ah
(20h, 0Ah, 05h, 1Fh, 03h)	min=03h, max=20h, ave=10h
(2Ah, 01h, 04h, 13h, 41h)	min=01h, max=41h, ave=1Ah

5. Вывод

В данной лабораторной работе были проделаны первые шаги в понимании работы программно-аппаратного комплекса поддержки проектирования микроконтроллерных систем на базе микроконтроллера MKSAB80C515, а так же изучены системы команд МК семейства MCS51 на примере выполнения простейших программ, таких как:

1. Обнуление заданной области внутренней памяти.
2. Вычисление арифметических выражений и логических выражений с помощью.
3. Команд битового процессора.
4. Заполнение области памяти линейно меняющими значениями.
5. Функциональная обработка данных.

Также в программах была продемонстрирована работа с внешней памятью. Из внешней памяти также легко читать и записывать значения, как и из внутренней памяти. Также с помощью внешней памяти можно напрямую изменять код самой программы.