Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и технологий

Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий

**Отчёт по лабораторной работе № 2**

Дисциплина: Низкоуровневое программирование

Тема: программирование для EDSAC

Вариант: 2

Выполнил студент гр. 3530901/10003 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.С. Гаранин

(подпись)

Принял преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Коренев Д.А.

(подпись)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.

Санкт-Петербург

2022

**Оглавление**

1. ТЗ………………………………………………………………………стр. 3
2. Метод решения……………………………………………………….стр. 3
3. Программа Orders1………………………………………………….стр. 3
4. Работа программы Orders1…………………………………………стр. 5
5. Программа Orders2
6. Работа программы Orders2

**1. ТЗ**

Написать программу для EDSAC, реализующую сортировку вставкой массива чисел in-place. Написать две версии программы, использующие загрузчики Initial Orders 1 и Initial Orders 2.

**2. Метод решения**

Для реализации алгоритма необходимо проходить по массиву, попарно сравнивая текущее число и предыдущее. В случае, когда предыдущее число меньше текущего, эта часть массива уже отсортирована, можно двигаться дальше. Иначе, необходимо двигаться в обратную сторону по обработанной части массива, перебирая предыдущие числа и сравнивая каждое с текущим до тех пор, пока не найдется число меньше текущего. Далее сдвигаем массив после найденного числа и вставляем после него текущее.

Для реализации сдвига массива на EDSAC, я применил следующий способ: в случае, если в результате первой мы получили число больше текущего, мы копируем его в ячейку с индексом + 1. Таким образом, числа будут копироваться в следующие ячейки до тех пор, пока не найдется число меньше текущего. Затем вставляем это число перед ним, массив оказывается сдвинут на 1 индекс вперед, и обработанная часть массива оказывается отсортированной.

**3. Программа Orders 1**

[Отсортированный массив в ячейках: 144-149]

[31] T 150 S [Обнуляем аккумулятор]

[32] X 0 S [Остановка для отладки]

[33] A 142 S [Загружаем длину массива - 1 в аккумулятор]

[34] T 1 S [Запись в ячейку 1 длины массива - 1]

[35] A 143 S [Загружаем адрес первого элемента массива]

[36] U 2 S [Записываем в ячейку 2 для сохранения адреса элемента с которым работаем в основном цикле]

[37] T 3 S [Записываем в ячейку 3 адрес элемента с которым работаем во вложенном цикле]

[38] A 143 S [r1] [загрузка в аккумулятор адреса 0-ого элемента массива]

[39] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[40] A 137 S [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 1]

[41] T 50 S [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[44] A 143 S [r2] [загрузка в аккумулятор адреса 0-ого элемента массива]

[43] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[44] A 138 S [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[45] T 52 S [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[loop1:]

[46] A 1 S [загружаем счетчик необработанных элементов массива]

[47] S 141 S [уменьшаем на 1]

[48] G 136 S [если результат меньше 0, завершаем работу программы]

[49] T 1 S [обновляем значение счетчика и обнуляем аккумулятор]

[50] A 1 S [r1] [берем (N + 1)-ый элемент массива]

[51] T 0 S [сохраняем его в ячейку 0, для запоминания элемента с которым работаем]

[52] A 0 S [r2] [Берем n-ый элемент]

[53] S 0 S [Отнимаем сохраненный элемент n+1]

[54] G 122 S [Если меньше нуля, идем вычислять индексы для новой итерации основного цикла]

[Вычисляем индексы для вложенного цикла]

[55] T 4 S [Обнуляем акк.]

[56] A 2 S [r3] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[57] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[58] A 138 S [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[59] T 86 S [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[60] A 2 S [r4] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[61] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[62] A 138 S [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[63] T 90 S [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[64] A 2 S [w1] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[65] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[66] A 139 S [прибавляем код инструкции с полем адреса 1]

[67] T 91 S [запись сформированной инструкции, обнуление аккумулятора]

[68] A 2 S [w2] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[69] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[70] A 139 S [прибавляем код инструкции с полем адреса 1]

[71] T 95 S [запись сформированной инструкции, обнуление аккумулятора]

[72] A 2 S [w3] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[73] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[74] A 139 S [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 1]

[75] T 83 S [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[loop2:]

[Проверка на первый элемент n:]

[76] T 4 S [Обнуляем акк.]

[77] A 3 S [берем текущий индекс, с которым работаем во влож. цикле n]

[78] S 143 S [отнимаем адрес первого элемента массива]

[79] X 0 S

[80] E 85 S [если число неотрицательное, значит элемент не первый, переходим к сравнению пар]

[81] T 4 S [обнуляем акк.]

[82] A 0 S [берем сохраненный элемент]

[83] T 1 S [w3] [записываем в первую ячейку массива]

[84] E 122 S [переходим на вычисление индексов для новой итерации основного цикла]

[Сравнение пар]

[85] T 4 S [Обнуляем акк.]

[86] A 0 S [r3] [берем N-ый элемент]

[87] S 0 S [вычитаем сохраненный элемент]

[88] G 93 S [Если число меньше нуля, переходим к записи числа в n+1 ячейку]

[Дублирование элемента:]

[89] T 4 S [Обнуляем акк.]

[90] A 0 S [r4] [Берем n-ый элемент]

[91] T 1 S [w1] [записываем его в ячейку n + 1]

[92] E 97 S [переходим на новую итерацию влож. цикла]

[ЗАПИСЬ В N + 1 ЯЧЕЙКУ]

[93] T 4 S [Обнуляем акк.]

[94] A 0 S [Берем сохраненный элемент]

[95] T 1 S [w2] [записываем в ячейку n + 1]

[96] E 122 S [Переходим на новую итерацию основного цикла]

[Меняем индексы перед переходом на новую итерацию:]

[97] T 4 S [Обнуляем аккумулятор]

[98] S 141 S [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[99] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[100] A 86 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[101] T 86 S [записываем модифицированную инструкцию]

[102] S 141 S [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[103] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[104] A 90 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[105] T 90 S [записываем модифицированную инструкцию]

[106] S 141 S [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[107] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[108] A 91 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[109] T 91 S [записываем модифицированную инструкцию]

[110] S 141 S [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[111] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[112] A 95 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[113] T 95 S [записываем модифицированную инструкцию]

[114] S 141 S [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[115] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[116] A 83 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[117] T 83 S [записываем модифицированную инструкцию]

[118] A 3 S [Берем индекс элемента с которым работаем во вложенном цикле]

[119] S 141 S [Отнимаем единицу]

[120] T 3 S [Записываем обновленное значение]

[121] E 76 S [Переходим на новую итерацию вложенного цикла]

[Меняем индексы для основного цикла:]

[122] T 4 S [Обнуляем аккумулятор]

[123] A 141 S [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[124] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[125] A 50 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[126] T 50 S [записываем модифицированную инструкцию]

[127] A 141 S [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[128] L 0 L [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[129] A 52 S [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[130] T 52 S [записываем модифицированную инструкцию]

[131] A 141 S [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[132] A 2 S [Прибавляем индекс элемента с которым работаем]

[133] U 2 S [Записываем обновленный индекс]

[134] T 3 S [Записываем индекс с которым работаем во вложенном цикле]

[135] E 46 S [Переходим на основной цикл]

[Exit:]

[136] Z 0 S [Завершение программы]

[Шаблоны инструкций]

[137] A 1 S [r1 patt]

[138] A 0 S [r2 r3 r4 patt]

[139] T 1 S [w1 w2 patt]

[140] X 0 S

[141] P 0 L [const 1]

[Input]

[142] P 2 L [len - 1]

[143] P 72 S [addr]

[Array]

[144] P 10 S [20]

[145] P 6 L [13]

[146] P 3 S [6]

[147] P 8 L [17]

[148] P 0 L [1]

[149] P 7 L [15]

[150] [END]

**4.Работа программы Orders 1**













**5.Программа Orders 2**

[Отсортированный массив в ячейках: 169-174]

[Начало подпрограммы]

T 56 K [установка адреса загрузки]

GK [директива IO2, фиксация начального адреса подпрограммы]

[56.0] A 3 F [формирование кода инструкции возврата]

[57.1] T 95 @ [ret] [запись инструкции возврата]

[58.2] A 4 F [r1] [загрузка в аккумулятор адреса 0-ого элемента массива]

[59.3] A 96 @ [r1 patt] [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 1]

[60.4] T 12 @ [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[61.5] A 4 F [r2] [загрузка в аккумулятор адреса 0-ого элемента массива]

[62.6] A 97 @ [r2 patt] [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[63.7] T 14 @ [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[loop1:]

[64.8] A 1 F [загружаем счетчик необработанных элементов массива]

[65.9] S 100 @ [уменьшаем на 1]

[66.10] G 94 @ [если результат меньше 0, завершаем работу программы]

[67.11] T 1 F [обновляем значение счетчика и обнуляем аккумулятор]

[68.12] A 1 F [r1] [берем (N + 1)-ый элемент массива]

[69.13] T 0 F [сохраняем его в ячейку 0, для запоминания элемента с которым работаем]

[70.14] A 0 F [r2] [Берем n-ый элемент]

[71.15] S 0 F [Отнимаем сохраненный элемент n+1]

[72.16] G 79 @ [Если меньше нуля, идем вычислять индексы для новой итерации основного цикла]

[Вычисляем индексы для вложенного цикла]

[73.17] T 5 F [Обнуляем акк.]

[74.18] A 2 F [r3] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[75.19] A 97 @ [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[76.20] T 42 @ [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[77.21] A 2 F [r4] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[78.22] A 97 @ [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 0]

[79.23] T 46 @ [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[80.24] A 2 F [w1] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[81.25] A 98 @ [прибавляем код инструкции с полем адреса 1]

[82.26] T 47 @ [запись сформированной инструкции, обнуление аккумулятора]

[83.27] A 2 F [w2] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[84.28] A 98 @ [прибавляем код инструкции с полем адреса 1]

[85.29] T 51 @ [запись сформированной инструкции, обнуление аккумулятора]

[86.30] A 2 F [w3] [загрузка в аккумулятор адреса текущего элемента массива]

[87.31] A 98 @ [прибавляем код инструкции шаблона с полем адреса 1]

[88.32] T 39 @ [запись сформированной инструкции, обнуление акк.]

[loop2:]

[Проверка на первый элемент n:]

[89.33] T 5 F [Обнуляем акк.]

[90.34] A 3 F [берем текущий индекс, с которым работаем во влож. цикле n]

[91.35] S 4 F [отнимаем адрес первого элемента массива]

[92.36] E 41 @ [если число неотрицательное, значит элемент не первый, переходим к сравнению пар]

[93.37] T 5 F [обнуляем акк.]

[94.38] A 0 F [берем сохраненный элемент]

[95.39] T 1 F [w3] [записываем в первую ячейку массива]

[96.40] E 79 @ [переходим на новую итерацию осн. цикла]

[Сравнение пар]

[97.41] T 5 F [Обнуляем акк.]

[98.42] A 0 F [r3] [берем N-ый элемент]

[99.43] S 0 F [вычитаем сохраненный элемент]

[100.44] G 49 @ [Если число меньше нуля, переходим к записи числа в n+1 ячейку]

[Дублирование элемента:]

[101.45] T 5 F [Обнуляем акк.]

[102.46] A 0 F [r4] [Берем n-ый элемент]

[103.47] T 1 F [w1] [записываем его в ячейку n + 1]

[104.48] E 53 @ [переходим на новую итерацию влож. цикла]

[ЗАПИСЬ В n + 1 ЯЧЕЙКУ]

[105.49] T 5 F [Обнуляем акк.]

[106.50] A 0 F [Берем сохраненный элемент]

[107.51] T 1 F [w2] [записываем в ячейку n + 1]

[108.52] E 79 @ [Переходим на новую итерацию основного цикла]

[Меняем индексы перед переходом на новую итерацию вложенного:]

[109.53] T 5 F [Обнуляем аккумулятор]

[110.54] S 100 @ [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[111.55] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[112.56] A 42 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[113.57] T 42 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[114.58] S 100 @ [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[115.59] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[116.60] A 46 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[117.61] T 46 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[118.62] S 100 @ [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[119.63] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[120.64] A 47 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[121.65] T 47 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[122.66] S 100 @ [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[123.67] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[124.68] A 51 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[125.69] T 51 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[126.70] S 100 @ [Вычитаем константу 1 из аккумулятора]

[127.71] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[128.72] A 39 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[129.73] T 39 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[130.74] A 3 F [Берем индекс элемента с которым работаем во вложенном цикле]

[131.75] S 100 @ [Отнимаем единицу]

[132.76] S 100 @ [Отнимаем единицу для корректного отображения адреса в IO2]

[133.77] T 3 F [Записываем обновленное значение]

[134.78] E 33 @ [Переходим на новую итерацию вложенного цикла]

[Новая итерация основного цикла:]

[135.79] T 5 F [Обнуляем аккумулятор]

[136.80] A 100 @ [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[137.81] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[138.82] A 12 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[139.83] T 12 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[140.84] A 100 @ [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[141.85] L 0 D [сдвиг аккумулятора на 1 разряд влево]

[142.86] A 14 @ [прибавляем код инструкции исполненной на предыдущем шаге]

[143.87] T 14 @ [записываем модифицированную инструкцию]

[144.88] A 100 @ [Прибавим константу 1 в аккумулятор]

[145.89] A 100 @ [Прибавим константу 1 в аккумулятор для корректного отображения адреса в IO2]

[146.90] A 2 F [Прибавляем индекс элемента с которым работаем]

[147.91] U 2 F [Записываем обновленный индекс]

[148.92] T 3 F [Записываем индекс с которым работаем во вложенном цикле]

[149.93] E 8 @ [Переходим на основной цикл]

[exit]

[150.94] T 5 F [обнуление аккумулятора для выполнения инструкции E 0 F]

[ret]

[151.95] E 0 F [выход из подпрограммы]

[Шаблоны инструкций]

[152.96] A 1 F [r1 patt]

[153.97] A 0 F [r2 r3 r4 patt]

[154.98] T 1 F [w1 w2 w3 patt]

[155.99] X 0 F

[156.100] P 0 D [const 1]

[Начало тестовой программы]

GK [директива IO2, фиксация начального адреса тестовой программы]

[157.0] X 0 F [Отладка]

[158.1] A 10 @ [адрес массива]

[159.2] U 2 F [Записываем в ячейку 2]

[160.3] U 3 F [Записываем в ячейку 3 адрес элемента с которым работаем во вложенном цикле]

[161.4] T 4 F [Сохраняем в ячейку 4]

[162.5] A 11 @ [Загружаем длину массива - 1 в аккумулятор]

[163.6] T 1 F [Запись в ячейку 1 длины массива - 1]

[164.7] A 7 @ [\ вызов ]

[165.8] G 56 F [/ подпрограммы]

[166.9] Z 0 F [Останов]

[Addr]

[167.10] P 12 @ [адрес массива = <начало программы> + 12]

[Размер массива - 1]

[168.11] P 2 D [len - 1]

[Array]

[169.12] P 1 F [2]

[170.13] P 6 D [13]

[171.14] P 3 F [6]

[172.15] P 8 D [17]

[173.16] P 0 D [1]

[174.17] P 7 D [15]

EZ PF

**6.Работа программы Orders 2**

****

****

****

****

****