Nguyễn Đình Dương – 20225966

Assignment 1

```
.data
A: .word 1, -5, 3, 7, -2, 8, -6  # Khởi tạo mảng A với các phần tử số nguyên

.text
main:
la a0, A        # Tải địa chỉ cơ sở của mảng A vào thanh ghi a0
li a1, 8        # Gán giá trị 8 vào a1 (số phần tử trong mảng, nhưng thực tế mảng chỉ có 7 phần tử)
j mspfx         # Nhảy đến thủ tục mspfx để tính tổng tiền tố lớn nhất
continue:
exit:
li a7, 10       # Gán giá trị 10 vào a7 (mã cho system call kết thúc chương trình)
ecall           # Gọi system call để kết thúc chương trình
end_of_main:

# ---------------------------------------------------------------
# Thủ tục mspfx
# @brief Tìm tổng tiền tố lớn nhất trong danh sách các số nguyên
# @param[in] a0 Địa chỉ cơ sở của danh sách (A) cần xử lý
# @param[in] a1 Số phần tử trong danh sách (A)
# @param[out] s0 Độ dài của mảng con (sub-array) trong A mà tổng lớn nhất đạt được
# @param[out] s1 Tổng lớn nhất của một mảng con xác định
# ---------------------------------------------------------------

mspfx:
li s0, 0            # Khởi tạo độ dài của tiền tố lớn nhất trong s0 là 0
li s1, 0x80000000   # Khởi tạo tổng tiền tố lớn nhất trong s1 là số nguyên nhỏ nhất (giá trị nhỏ nhất kiểu int)
li t0, 0            # Khởi tạo chỉ số i cho vòng lặp trong t0 là 0
li t1, 0            # Khởi tạo tổng chạy (running sum) trong t1 là 0
loop:
add t2, t0, t0      # Đưa 2*i vào t2 (tính 2*i)
add t2, t2, t2      # Đưa 4*i vào t2 (tính 4*i)
add t3, t2, a0      # Đưa địa chỉ của A[i] vào t3 (tính 4*i + A)
lw t4, 0(t3)        # Tải giá trị A[i] từ bộ nhớ vào t4
add t1, t1, t4      # Cộng giá trị A[i] vào tổng chạy (running sum) trong t1
```

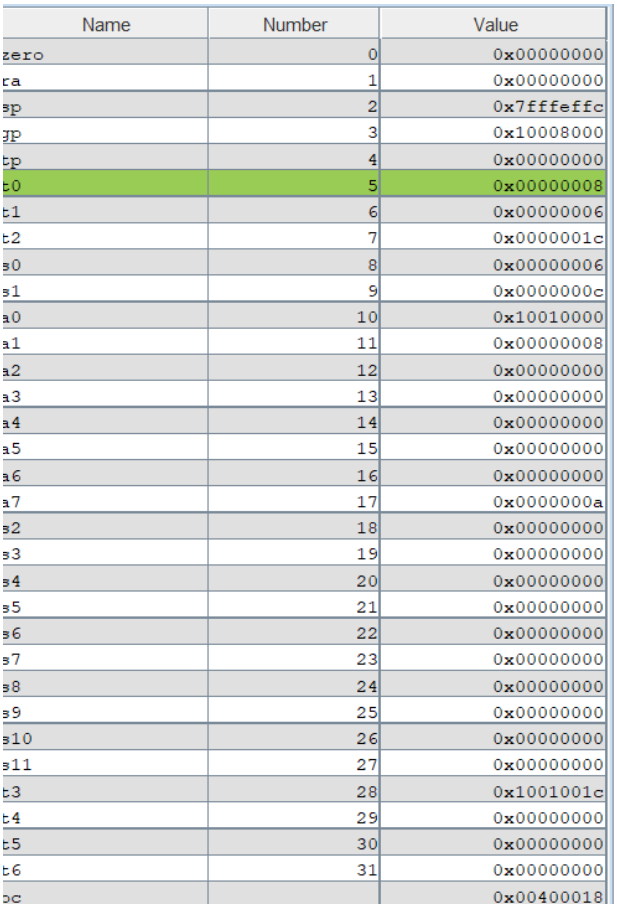
```
blt s1, t1, mdfy    # Nếu tổng chạy (t1) lớn hơn tổng lớn nhất hiện tại (s1), nhảy đến mdfy để cập nhật kết quả
j next              # Nhảy đến bước tiếp theo nếu không cần cập nhật

mdfy:
addi s0, t0, 1      # Cập nhật độ dài mới của tiền tố lớn nhất (i + 1)
addi s1, t1, 0      # Cập nhật tổng tiền tố lớn nhất là tổng chạy hiện tại
next:
addi t0, t0, 1      # Tăng chỉ số i lên 1
blt t0, a1, loop    # Nếu i < n (số phần tử trong mảng), lặp lại
done:
j continue          # Kết thúc thủ tục, nhảy về continue
mspfx_end:
```

Output:

Kết quả sau khi chạy vòng loop đầu tiên:

Name	Number	Value
zero	0	0x00000000
ra	1	0x00000000
sp	2	0x7fffeffc
gp	3	0x10008000
tp	4	0x00000000
t0	5	0x00000001
t1	6	0x00000001
t2	7	0x00000000
s0	8	0x00000001
s1	9	0x00000001
a0	10	0x10010000
a1	11	0x00000008
a2	12	0x00000000
a3	13	0x00000000
a4	14	0x00000000
a5	15	0x00000000
a6	16	0x00000000
a7	17	0x00000000
s2	18	0x00000000
s3	19	0x00000000
s4	20	0x00000000
s5	21	0x00000000
s6	22	0x00000000
s7	23	0x00000000
s8	24	0x00000000
s9	25	0x00000000
s10	26	0x00000000
s11	27	0x00000000
t3	28	0x10010000
t4	29	0x00000001
t5	30	0x00000000
t6	31	0x00000000
pc		0x0040002c

Khởi tạo các giá trị đầu tiên, sau khi chạy vòng lặp đầu tiên thì nhảy vào branch mdfy tiến hành cập nhật giá trị s0,s1.



Name	Number	Value
zero	0	0x00000000
ra	1	0x00000000
sp	2	0x7fffeffc
gp	3	0x10008000
tp	4	0x00000000
t0	5	0x00000008
t1	6	0x00000006
t2	7	0x0000001c
s0	8	0x00000006
s1	9	0x0000000c
a0	10	0x10010000
a1	11	0x00000008
a2	12	0x00000000
a3	13	0x00000000
a4	14	0x00000000
a5	15	0x00000000
a6	16	0x00000000
a7	17	0x0000000a
s2	18	0x00000000
s3	19	0x00000000
s4	20	0x00000000
s5	21	0x00000000
s6	22	0x00000000
s7	23	0x00000000
s8	24	0x00000000
s9	25	0x00000000
s10	26	0x00000000
s11	27	0x00000000
t3	28	0x1001001c
t4	29	0x00000000
t5	30	0x00000000
t6	31	0x00000000
pc		0x00400018

Kết quả sau khi chạy hết chương trình:

- **t0 (Number 5)**: 0x00000008 – Chỉ số hiện tại đã đạt tới phần tử thứ 8, cho thấy vòng lặp đã kết thúc.
- **t1 (Number 6)**: 0x00000006 – Tổng tiền tố hiện tại (running sum) cuối cùng là 6.
- **t2 (Number 7)**: 0x0000001c – Giá trị tạm thời sử dụng để tính toán địa chỉ mảng, không quan trọng sau khi chương trình kết thúc.
- **s0 (Number 8)**: 0x00000004 – Độ dài của tiền tố có tổng lớn nhất là 4 phần tử.
- **s1 (Number 9)**: 0x0000000c – Tổng tiền tố lớn nhất là 12.
- **a0 (Number 10)**: 0x10101000 – Địa chỉ cơ sở của mảng A.
- **a1 (Number 11)**: 0x00000008 – Số phần tử của mảng, ban đầu là 8.
- **pc (Program Counter)**: 0x00400018 – Địa chỉ tiếp theo của lệnh sẽ thực thi.

Tóm lại:

- **Tổng tiền tố lớn nhất là 12**.
- **Độ dài tiền tố có tổng lớn nhất là 4 phần tử**.

Assignment 2

```
.data
A: .word 5,6,1,4,3,2
Aend: .word
newline: .string "\n"
space: .string " "
.text
        main:
                la a2, A # a2 = address(A[0])
                la a3, Aend
                addi a3, a3, -4 # a3 = address(A[n-1])
                mv a6, a3 # create a6 always  = last elements
```

```
        j sort # sort
after_sort:
        jal print_array
        li a7, 10
        ecall
end_main:
# ------------------------------------------------------------
# Procedure sort (ascending selection sort using pointer)
# register usage in sort program
# a2 pointer to the first element in unsorted part
# a3 pointer to the last element in unsorted part
# t0 temporary place for value of last element
# s0 pointer to max element in unsorted part
# s1 value of max element in unsorted part
# ------------------------------------------------------------
sort:
        beq a2, a3, done # single element list is sorted
        j max # call the max procedure
after_max:
        lw t0, 0(a3) # load last element into $t0
        sw t0, 0(s0) # copy last element to max location
        sw s1, 0(a3) # copy max value to last element
        addi a3, a3, -4 # decrement pointer to last element
        jal print_array
        j sort # repeat sort for smaller list
done:
        j after_sort
        # ---------------------------------------------------------------
        # Procedure max
        # function: fax the value and address of max element in the list
        # a2 pointer to first element
        # a3 pointer to last element
        # ---------------------------------------------------------------
max:
        addi s0, a2, 0 # init max pointer to first element
        lw s1, 0(s0) # init max value to first value
        addi t0, a2, 0 # init next pointer to first
loop:
        beq t0, a3, ret # if next=last, return
        addi t0, t0, 4 # advance to next element
```

```
            lw t1, 0(t0) # load next element into $t1
            blt t1, s1, loop # if (next)<(max), repeat
            addi s0, t0, 0 # next element is new max element
            addi s1, t1, 0 # next value is new max value
            j loop # change completed; now repeat
        ret:
            j after_max

        print_array:
            mv a4,a2 # saved the address value of a2
            mv a5,a6 # saved the address value of a6
        print_loop:
            lw a0,0(a2)
            li a7, 1          # print integer
            ecall

            la a0, space      # load address of space string
            li a7, 4          # print string
            ecall

            addi a2, a2, 4    # move to next element
            ble a2, a6, print_loop  # if not past last element, continue loop

            la a0, newline    # print newline
            li a7, 4
            ecall
              add a2, a4, zero # restore a2
              add a6, a5, zero # restore a6
              li a0, 0  # restore a0


            ret               # return to caller
```

Output:

```
5 2 1 4 3 6
3 2 1 4 5 6
3 2 1 4 5 6
1 2 3 4 5 6
1 2 3 4 5 6
1 2 3 4 5 6
```

Kết quả chạy đúng như lý thuyết, đưa số lớn nhất về cuối

➔ Đúng với lý thuyết

Assignment 3

Ý tưởng chính của thuật toán sắp xếp nổi bọt (Bubble Sort) như sau:

1. So sánh từng cặp phần tử liền kề trong mảng.
2. Nếu phần tử đứng trước lớn hơn phần tử đứng sau, hoán đổi vị trí của chúng.
3. Lặp lại quá trình này cho toàn bộ mảng, từ đầu đến cuối.
4. Sau mỗi lần lặp, phần tử lớn nhất trong số các phần tử chưa được sắp xếp sẽ "nổi" lên cuối mảng.
5. Lặp lại các bước 1-4 cho đến khi không còn cặp nào cần hoán đổi nữa.

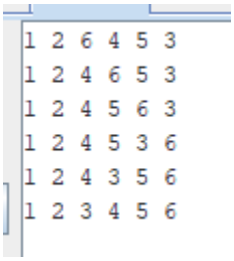
Code:

```
.data
A: .word 2, 1, 6, 4, 5, 3  # New array
Aend: .word                # End array
newline: .string "\n"      # String for new line
space: .string " "         # String for space
.text
.globl main
main:
   la      a2, A          # Load address of the beginning of array A into a2
   la      a3, Aend       # Load address of the end of array A into a3
   mv a6, a3              # Copy the end address of A into a6
   addi a6, a6, -1        # Decrement a6 to point to the last element of A
   li      s0, 0          # Initialize s0 to 0, used as the element count
   li      s1, -1         # Initialize s1 to -1, used as the loop index i

DemPhanTu:                # Count elements in the array
   beq     a3, a2, Size    # If a3 == a2, reached the end of the array, jump to Size
   addi    a3, a3, -4      # Decrement a3 by 4 bytes (each element is 4 bytes)
   addi    s0, s0, 1       # Increment the element count (count)
   j       DemPhanTu       # Repeat the loop

Size:                     # Calculate the size of the array
   addi    t0, s0, -1      # t0 = number of elements in array - 1
```

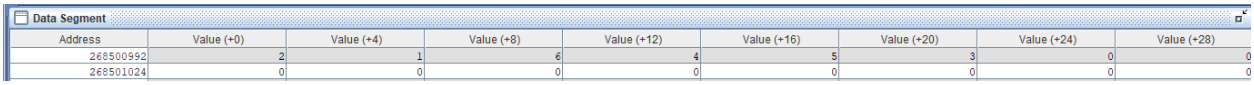
```
loop1:                  # Outer loop for sorting
   addi   s1, s1, 1       # Increment i
   li     s2, 0           # Initialize s2 to 0, used as the inner loop index j
   beq    s1, t0, Exit    # If i == size - 1, jump to Exit

loop2:                  # Inner loop for comparison
   sub    t2, t0, s1      # t2 = (size - 1) - i
   beq    s2, t2, loop1   # If j == (size - 1) - i, return to loop1

if_swap:                # Check if a swap is needed
   slli   t3, s2, 2       # t3 = j * 4 (calculate offset for address A[j])
   add    s3, a2, t3      # s3 = address of A[j]
   lw     t4, 0(s3)       # Load value of A[j] into t4
   addi   s3, s3, 4       # s3 = address of A[j+1]
   lw     t5, 0(s3)       # Load value of A[j+1] into t5
   blt    t5, t4, swap    # If A[j+1] < A[j], jump to swap
   addi   s2, s2, 1       # Increment j
   j      loop2           # Repeat loop2

swap:                   # Swap A[j] and A[j+1]
   sw     t4, 0(s3)       # A[j+1] = A[j]
   addi   s3, s3, -4      # s3 = address of A[j] (calculate back to A[j])
   sw     t5, 0(s3)       # A[j] = A[j+1]
   addi   s2, s2, 1       # Increment j
   jal print_array        # Call print_array to display the current state of the array
   j      loop2           # Repeat loop2

print_array:            # Print the array
   mv a4, a2            # Save the address value of a2 (start of the array)
   mv a5, a6            # Save the address value of a6 (end of the array)
print_loop:
      lw a0, 0(a2)      # Load the current element into a0
      li a7, 1          # Syscall code for printing an integer
      ecall             # Make the syscall

      la a0, space      # Load address of space string
      li a7, 4          # Syscall code for printing a string
      ecall             # Make the syscall
```

```
    addi a2, a2, 4      # Move to the next element
    ble a2, a6, print_loop  # If not past the last element, continue loop

    la a0, newline      # Load address of newline string
    li a7, 4            # Syscall code for printing a string
    ecall               # Make the syscall

  add a2, a4, zero      # Restore a2 to its original value
  add a6, a5, zero      # Restore a6 to its original value
  li a0, 0              # Restore a0

  ret                   # Return to the caller

Exit:                   # Exit point of the program
  li     a7, 10         # Load syscall code to exit the program
  ecall                 # Make the syscall
```

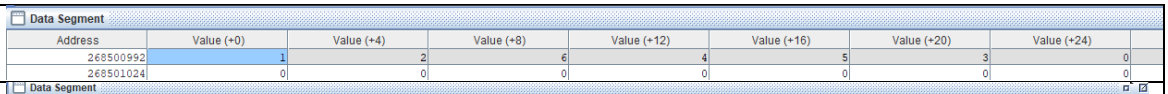
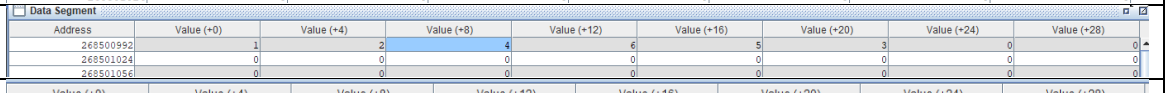
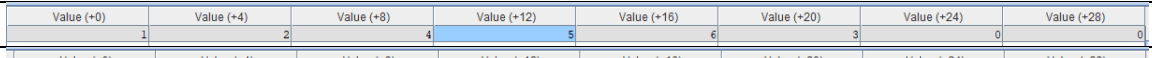
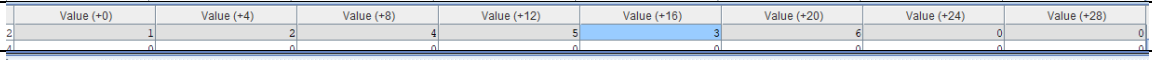
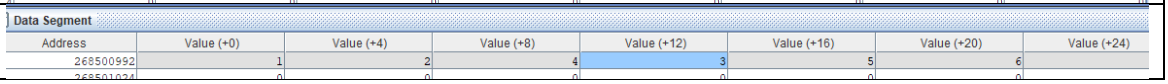
Output:



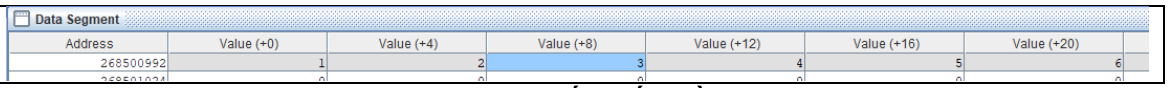
Khi mới run chương trình, ta có thể quan sát thứ tự mảng như sau:



Qua từng bước :

Loop 1:	
Loop 2:	
Loop 3:	
Loop 4:	
Loop 5:	

Loop 6:



Vậy là sau các vòng lặp thì mảng đã được sắp xếp về đúng vị trí.

➔ Kết quả đúng với lý thuyết

Assignment 4

Ý tưởng chính của thuật toán sắp xếp chèn như sau:

1. Chia mảng thành hai phần: phần đã sắp xếp và phần chưa sắp xếp.
2. Ban đầu, phần đã sắp xếp chỉ chứa phần tử đầu tiên của mảng.
3. Lặp qua từng phần tử trong phần chưa sắp xếp:
    - Lấy phần tử hiện tại (gọi là "key").
    - So sánh "key" với các phần tử trong phần đã sắp xếp, từ phải qua trái.
    - Di chuyển các phần tử lớn hơn "key" sang phải một vị trí.
    - Chèn "key" vào vị trí thích hợp trong phần đã sắp xếp.
4. Lặp lại bước 3 cho đến khi tất cả các phần tử đều đã được xét và chèn vào đúng vị trí.

Code:

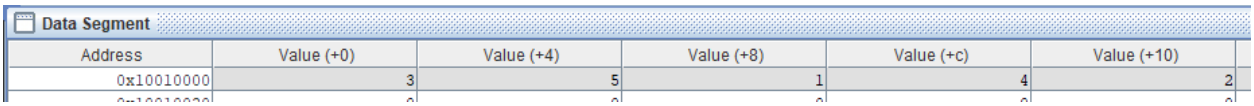
Output:

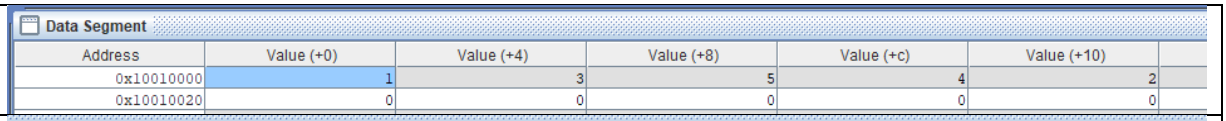
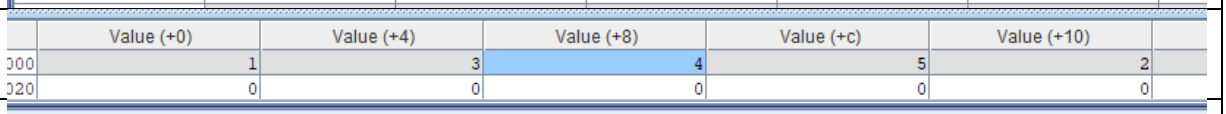
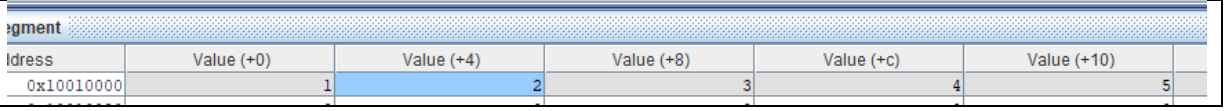
```
.data
array: .word 3,5,1,4,2  # Array to be sorted
arrayEnd: .word          # End of the array
newline: .string "\n"    # String for new line
space: .string " "       # String for space
.text
.globl main

main:
    la a2, array         # Load address of the beginning of the array into a2
    la a6, arrayEnd      # Load address of the end of the array into a6
    addi a3, a3, 5       # Set the number of elements (n) to 5
    addi a6, a6, -4      # Adjust a6 to point to the last element of the array
```

```
    jal ra, insertion_sort # Call insertion_sort function

    # End the program
    li a7, 10           # Load syscall code for program exit
    ecall               # Make the syscall

insertion_sort:
    li t0, 1            # i = 1 (starting from the second element)
outer_loop:
    bge t0, a3, done    # If i >= n, exit the loop
    slli t1, t0, 2      # t1 = i * 4 (offset for the i-th element)
    add t1, a2, t1      # Get the address of a[i]
    lw t2, 0(t1)        # key = a[i]
    addi t3, t0, -1     # j = i - 1

inner_loop:
    bltz t3, insert     # If j < 0, insert key
    slli t4, t3, 2      # t4 = j * 4 (offset for the j-th element)
    add t4, a2, t4      # Get the address of a[j]
    lw t5, 0(t4)        # Load value of a[j]
    ble t5, t2, insert  # If a[j] <= key, insert key

    sw t5, 4(t4)        # a[j+1] = a[j] (shift element to the right)
    addi t3, t3, -1     # j-- (decrement j)
    j inner_loop        # Repeat inner loop

insert:
    slli t4, t3, 2      # Calculate offset for j
    add t4, a2, t4      # Get address of a[j]
    sw t2, 4(t4)        # a[j+1] = key (insert the key at the correct position)
    jal print_array     # Call print_array to display the current state of the array
    addi t0, t0, 1      # i++ (increment i)
    j outer_loop        # Repeat outer loop

print_array:            # Print the array
    mv a4, a2           # Save the address value of a2 (start of the array)
    mv a5, a6           # Save the address value of a6 (end of the array)
print_loop:
      lw a0, 0(a2)      # Load the current element into a0
      li a7, 1          # Syscall code for printing an integer
```

```
    ecall           # Make the syscall

    la a0, space     # Load address of space string
    li a7, 4         # Syscall code for printing a string
    ecall            # Make the syscall

    addi a2, a2, 4    # Move to the next element
    ble a2, a6, print_loop  # If not past the last element, continue loop

    la a0, newline    # Load address of newline string
    li a7, 4         # Syscall code for printing a string
    ecall            # Make the syscall

  mv a2, a4          # Restore a2 to its original value
  mv a6, a5          # Restore a6 to its original value
  li a0, 0           # Restore a0

  ret               # Return to the caller

done:
  li     a7, 10      # Load syscall code to exit the program
  ecall             # Make the syscall
```

Kết quả khi mới khởi tạo mảng:



Loop 1:	
Loop 2:	
Loop 3:	

```
Reset: reset completed.

3 5 1 4 2
1 3 5 4 2
1 3 4 5 2
1 2 3 4 5
```

➔ Kết quả đúng với lý thuyết