

# **REPORT**

## **KIẾN TRÚC MÁY TÍNH**



**Giảng viên hướng dẫn: Trần Thanh Bình**

**Nhóm thực hiện:**

**Thành viên:**            Nông Trọng Thuyên

## **ASSIGNMENT 1**

Ngày 13 tháng 12 năm 2020

## 1. Chủ đề ASSIGNMENT

Cho một chuỗi số nguyên 20 phần tử. Sử dụng hợp ngữ assembly MIPS, viết thủ tục sắp xếp chuỗi đó theo thứ tự tăng dần theo giải thuật quick sort. Yêu cầu xuất ra từng bước trong quá trình demo.

## 2. Cơ sở lý thuyết

Những kỹ năng/kiến thức cần thiết:

- Kiến trúc tập lệnh MIPS: bao gồm các lệnh chuẩn, 2 lệnh giả (la, li) và hàm hệ thống syscall để xuất kết quả.
- Cách tính toán thời gian thực thi chương trình

$$\tau = \frac{IC * CPI}{f}$$

- Kỹ năng sử dụng tool/Instruction counter và Instruction statistic để thống kê lệnh/loại lệnh.

## 3. Yêu cầu về Bài tập lớn với dữ liệu đề bài cho

### 3.1 Yêu cầu về code

- Code style phải rõ ràng, có comment, phân hoạch công việc theo từng hàm.
- Truyền nhận và trả kết quả gọi hàm theo quy ước sử dụng thanh ghi (\$a0~\$a3 cho argument, \$v0~\$v1 cho kết quả trả về).
- Xuất kết quả để kiểm tra (sử dụng các hàm hệ thống).
- Sử dụng lệnh chuẩn.

### 3.2 Về tính toán thời gian thực thi và thống kê lệnh/loại lệnh.

- Sử dụng tool trong MARS để thống kê số lệnh/loại lệnh.
- Tính và trình bày cách tính thời gian thực thi của chương trình với các số liệu sau:
  - +  $f = 2\text{Ghz}$ .
  - + CPI mỗi lệnh = 1.

## 4. Giải thích thuật toán

Lấy ví dụ về 1 mảng số nguyên gồm 6 phần tử: 50, 23, 9, 18, 61, 32.

Quá trình thực thi thuật toán:

- Chọn pivot là số cuối cùng: 32
- Lấy số đầu tiên bên trái là 50 so sánh với lần lượt các số tiếp theo:
  - + So sánh  $50 > 23$  và  $50 > 32$   $\Rightarrow$  đổi vị trí của 50 với 23
  - + Tiếp tục so sánh  $50 > 9$  và  $50 > 32$   $\Rightarrow$  đổi vị trí của 50 với 9
  - + Tiếp tục so sánh  $50 > 18$  và  $50 > 32$   $\Rightarrow$  đổi vị trí của 50 với 18
  - + Tiếp tục so sánh  $50 < 61$  và  $50 > 32$   $\Rightarrow$  giữ nguyên vị trí của 50
  - + Tiếp tục so sánh  $50 > 32$   $\Rightarrow$  đổi vị trí của 50 với 32

Sau bước này ta được 2 mảng con nhỏ hơn 32 và lớn hơn 32. Tiếp tục lặp lại quá trình so sánh như vậy với 2 mảng cho đến khi mảng mẹ được sắp xếp hoàn chỉnh.

## 5. Thực hiện

### 5.1 Sử dụng tập lệnh MIPS để code.

- Khai báo data:

```
.data
topic: .asciiz "Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort\n"
truoc: .asciiz "Mang chua sap xep:\n"
sau: .asciiz "Mang da sap xep:\n"
num: .word 20
arr: .word 453 7 645 7 -546 0 -547 34546 768 234 245 657 2343 2325 67 576 345 243 -45657 4657
space: .asciiz " "
newline: .asciiz "\n"
buoc: .asciiz "Trang thai hien tai cua mang:\n"
```

- Quy ước biến:

# \$s0 - lowindex (l)  
# \$s1 - highindex (h)  
# \$s2 - partitionindex (p)  
# \$s3 - pivot  
# \$a1 - num  
# \$a2 - arr

- Hàm Quicksort, Partition, Swap và Xuất mảng:

```
addi $sp, $sp, -16
sw $s0, 0($sp)
sw $s1, 4($sp)
sw $s2, 8($sp)
sw $ra, 12($sp)
# if(low >= high) goto endquicksort
slt $t9, $s0, $s1
beq $t9, $0, endquicksort
# assign i = -1
addi $s2, $s0, -1
# $s3: pivot = arr[h]
sll $s3, $s1, 2
add $s3, $s3, $a2
lw $s3, 0($s3)
#####
la $a0, buoc
li $v0, 4
syscall
jal xuất
la $a0, newline
li $v0, 4
syscall
#####
addi $t0, $s0, 0 # j=low

partition:
# if(j > h) goto endpartition
slt $t9, $s1, $t0
bne $t9, $0, endpartition
# $t1 = arr[j]
sll $t1, $t0, 2
add $t1, $t1, $a2
lw $t1, 0($t1)

slt $t9, $s3, $t1
beq $t9, $0, swap
beq $t0, $s1, swap # if(i==h) goto endpartition
# j++
addi $t0, $t0, 1
j partition

swap:
# i++
addi $s2, $s2, 1
# load temp value to $t3
sll $v0, $t0, 2
add $v0, $v0, $a2
lw $t3, 0($v0)
# load temp value to $t5
sll $v1, $s2, 2
add $v1, $v1, $a2
```

Một số hình ảnh tượng trưng cho một phần code

### 5.2 Thống kê số lệnh/loại lệnh

- Sử dụng tool để thống kê lệnh:

Qua 10 testcase, thu được các thông số về số lệnh của mỗi loại (mỗi testcase có một thông số riêng), ta lấy trung bình của các thông số đó và làm tròn đến phần nguyên.

Loại lệnh	ALU	Jump	Branch	Memory	Orther	Tổng
Số lệnh	3210	475	563	848	849	5945

**Bảng 1:** Thống kê lệnh theo Instruction statistics

Loại lệnh	R-Format	I-Format	J-Format	Tổng
Số lệnh	1895	3618	432	5945

**Bảng 2:** Thống kê lệnh theo Instruction counter

### 5.3 Tính toán và trình bày thời gian thực thi chương trình.

- Với số liệu tần số và CPI đã cho, sử dụng công thức

$$\tau = \frac{IC * CPI}{f} \text{ để tính toán thời gian thực thi:}$$

- $\overline{CPI} = CPI = 1$  vì CPI của các lệnh bằng nhau.
- $IC$  bằng  $IC$  tổng.

$$\Rightarrow \tau = \frac{IC * \overline{CPI}}{f} = \frac{5945 * 1}{2 * 10^9} = 2.9725 \mu s$$

### 6. Demo

Chạy thử chương trình với 10 testcase (“Trạng thái hiện tại của mảng” là xuất ra các bước trong quá trình demo):

```
Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
45 -5 0 435 654 98 -476 0 345 -9878 76453 878 345 23 879 534 234 112 7845 232
Trang thai hien tai cua mang:
45 -5 0 435 654 98 -476 0 345 -9878 76453 878 345 23 879 534 234 112 7845 232
Trang thai hien tai cua mang:
45 -5 0 98 -476 0 -9878 23 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
45 -5 0 98 -476 0 -9878 23 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
-5 0 -476 0 -9878 23 45 98 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 0 -476 0 -5 23 45 98 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 76453 878 345 435 879 534 234 345 7845 654
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 345 435 534 234 345 654 878 879 7845 76453
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 345 234 345 435 534 654 878 879 7845 76453
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 234 345 345 435 534 654 878 879 7845 76453
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 234 345 345 435 534 654 878 879 7845 76453
Trang thai hien tai cua mang:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 234 345 345 435 534 654 878 879 7845 76453
Mang da sap xep:
-9878 -476 -5 0 0 23 45 98 112 232 234 345 345 435 534 654 878 879 7845 76453
-- program is finished running --
```

Testcase 1: arr = [45, -5, 0, 435, 654, 098, -476, 0, 345, -9878, 76453, 878, 345, 23, 879, 534, 234, 112, 7845, 232]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
76 24 765 243 0 68 -6787 456 2354 978 657 23435 -5767 4565 234 7645 123 9878 657 -2345
Trang thai hien tai cua mang:
76 24 765 243 0 68 -6787 456 2354 978 657 23435 -5767 4565 234 7645 123 9878 657 -2345
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 243 0 68 76 456 2354 978 657 23435 24 4565 234 7645 123 9878 657 765
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 243 0 68 76 456 2354 978 657 23435 24 4565 234 7645 123 9878 657 765
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 243 0 68 76 456 657 24 234 123 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 243 0 68 76 456 657 24 234 123 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 68 76 24 123 657 243 234 456 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 76 68 123 657 243 234 456 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 657 243 234 456 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 243 234 456 657 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 234 243 456 657 657 765 2354 7645 23435 9878 978 4565
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 234 243 456 657 657 765 2354 978 4565 9878 7645 23435
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 234 243 456 657 657 765 978 2354 4565 9878 7645 23435
Trang thai hien tai cua mang:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 234 243 456 657 657 765 978 2354 4565 9878 7645 23435
Mang da sap xep:
-6787 -5767 -2345 0 24 68 76 123 234 243 456 657 657 765 978 2354 4565 7645 9878 23435
-- program is finished running --

```

Testcase 2: arr = [76, 24, 765, 243, 0, 68, -6787, 456, 2354, 0978, 657, 23435, -5767, 4565, 234, 7645, 123, 09878, 657, -2345]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
4 6 5 765 34 234 657 98 134 886 548 -3465 2324 0 676 232 -100 195 98 345
Trang thai hien tai cua mang:
4 6 5 765 34 234 657 98 134 886 548 -3465 2324 0 676 232 -100 195 98 345
Trang thai hien tai cua mang:
4 6 5 34 234 98 134 -3465 0 232 -100 195 98 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
4 6 5 34 98 -3465 0 -100 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 5 34 98 4 0 6 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 5 4 0 6 98 34 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 98 34 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 98 34 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 34 98 98 232 234 195 134 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 34 98 98 134 195 232 234 345 676 886 548 765 2324 657
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 34 98 98 134 195 232 234 345 548 657 676 765 2324 886
Trang thai hien tai cua mang:
-3465 -100 0 4 5 6 34 98 98 134 195 232 234 345 548 657 676 765 886 2324
Mang da sap xep:
-3465 -100 0 4 5 6 34 98 98 134 195 232 234 345 548 657 676 765 886 2324
-- program is finished running --

```

Testcase 3: arr=[ 4, 6, 5, 765, 34, 234, 657, 98, 134, 0886, 548, -3465, 2324, 0, 676, 232, -100, 195, 098, 345]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
546 46 243 -7898 0 4576 -345 2465 234 6 345 5446 12 3543 4567 2321 9087 890 454 -5467
Trang thai hien tai cua mang:
546 46 243 -7898 0 4576 -345 2465 234 6 345 5446 12 3543 4567 2321 9087 890 454 -5467
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 243 546 0 4576 -345 2465 234 6 345 5446 12 3543 4567 2321 9087 890 454 46
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 0 -345 6 12 46 2465 234 243 345 5446 4576 3543 4567 2321 9087 890 454 546
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 0 -345 6 12 46 2465 234 243 345 5446 4576 3543 4567 2321 9087 890 454 546
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 0 -345 6 12 46 2465 234 243 345 5446 4576 3543 4567 2321 9087 890 454 546
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 2465 234 243 345 5446 4576 3543 4567 2321 9087 890 454 546
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 4576 3543 4567 2321 9087 890 2465 5446
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 4576 3543 4567 2321 9087 890 2465 5446
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 4576 3543 4567 2321 9087 890 2465 5446
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 4576 3543 4567 2321 9087 890 2465 5446
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 4576 3543 4567 2321 890 2465 5446 9087
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 2321 890 2465 4576 3543 4567 5446 9087
Trang thai hien tai cua mang:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 890 2321 2465 4576 3543 4567 5446 9087
Mang da sap xep:
-7898 -5467 -345 0 6 12 46 234 243 345 454 546 890 2321 2465 3543 4567 4576 5446 9087
-- program is finished running --

```

Testcase 4: arr=[546, 46, 243, -7898, 0, 4576, -345, 2465, 234, 6, 345, 5446, 12, 3543, 4567, 2321, 9087, 890, 454, -5467]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
654 7 234 0 -46 -476 98765 34 -6745 546 76 -56 443 8 35 234 679 547 324 678
Trang thai hien tai cua mang:
654 7 234 0 -46 -476 98765 34 -6745 546 76 -56 443 8 35 234 679 547 324 678
Trang thai hien tai cua mang:
654 7 234 0 -46 -476 34 -6745 546 76 -56 443 8 35 234 547 324 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
7 234 0 -46 -476 34 -6745 76 -56 8 35 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
7 234 0 -46 -476 34 -6745 76 -56 8 35 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
7 0 -46 -476 34 -6745 -56 8 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
7 0 -46 -476 -6745 -56 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-476 -6745 -56 7 0 -46 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 7 0 -46 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 546 443 547 654 678 679 98765
Trang thai hien tai cua mang:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 443 546 547 654 678 679 98765
Mang da sap xep:
-6745 -476 -56 -46 0 7 8 34 35 76 234 234 324 443 546 547 654 678 679 98765
-- program is finished running --

```

Testcase 5: arr=[654, 7, 234, 0, -46, -476, 98765, 34, -6745, 546, 76, -56, 443, 8, 35, 234, 679, 547, 324, 678]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
123 456 0 -987 -98 767 456 345 23 7865 34564 98798 657 34 1 0 678 -65 5 4
Trang thai hien tai cua mang:
123 456 0 -987 -98 767 456 345 23 7865 34564 98798 657 34 1 0 678 -65 5 4
Trang thai hien tai cua mang:
0 -987 -98 1 0 -65 4 345 23 7865 34564 98798 657 34 456 123 678 767 5 456
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 1 0 0 4 345 23 7865 34564 98798 657 34 456 123 678 767 5 456
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 1 0 0 4 345 23 7865 34564 98798 657 34 456 123 678 767 5 456
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 345 23 7865 34564 98798 657 34 456 123 678 767 5 456
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 345 23 34 456 123 5 456 34564 98798 678 767 657 7865
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 456 123 345 456 34564 98798 678 767 657 7865
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 34564 98798 678 767 657 7865
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 34564 98798 678 767 657 7865
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 678 767 657 7865 34564 98798
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 657 767 678 7865 34564 98798
Trang thai hien tai cua mang:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 657 678 767 7865 34564 98798
Mang da sap xep:
-987 -98 -65 0 0 1 4 5 23 34 123 345 456 456 657 678 767 7865 34564 98798
-- program is finished running --

```

Testcase 6: arr=[123, 456, 0, -987, -98, 767, 456, 345, 23, 7865, 34564, 98798, 657, 34, 1, 0, 678, -65, 5, 4]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
65 89 76 24 345 0 -345 -89 45 543 465 0 -567 98 4 56 54 342 56 25
Trang thai hien tai cua mang:
65 89 76 24 345 0 -345 -89 45 543 465 0 -567 98 4 56 54 342 56 25
Trang thai hien tai cua mang:
24 0 -345 -89 0 -567 4 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
0 -345 -89 0 -567 4 24 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 543 465 345 89 98 76 56 54 342 56 65
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 56 54 56 65 98 76 543 465 342 345 89
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 56 54 56 65 98 76 543 465 342 345 89
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 54 56 56 65 98 76 543 465 342 345 89
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 54 56 56 65 76 89 543 465 342 345 98
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 54 56 56 65 76 89 98 465 342 345 543
Trang thai hien tai cua mang:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 54 56 56 65 76 89 98 465 342 345 543
Mang da sap xep:
-567 -345 -89 0 0 4 24 25 45 54 56 56 65 76 89 98 342 345 465 543
-- program is finished running --

```

Testcase 7: arr=[65, 89, 76, 24, 345, 0, -345, -89, 45, 543, 465, 0, -567, 98, 4, 56, 54, 342, 56, 25]



```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
456 356 7678 546 34 7 0 -356 -65 89 343 7 54 5 6 32 345 1 -78 9
Trang thai hien tai cua mang:
456 356 7678 546 34 7 0 -356 -65 89 343 7 54 5 6 32 345 1 -78 9
Trang thai hien tai cua mang:
7 0 -356 -65 7 5 6 1 -78 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 7 -65 7 5 6 1 0 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 7 5 6 1 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 7 5 6 1 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 343 34 54 456 356 32 345 7678 546 89
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 34 54 32 89 356 343 345 7678 546 456
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 32 54 34 89 356 343 345 7678 546 456
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 32 34 54 89 356 343 345 7678 546 456
Trang thai hien tai cua mang:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 32 34 54 89 356 343 345 456 546 7678
Mang da sap xep:
-356 -78 -65 0 1 5 6 7 7 9 32 34 54 89 343 345 356 456 546 7678
-- program is finished running --

```

Testcase 8: arr=[456, 356, 7678, 546, 34, 7, 0, -356, -65, 89, 343, 7, 54, 5, 6, 32, 345, 1, -78, 9]

```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
3455 657 -547 0 7365 -58 989 345 2435 243 -567 456 234 67678 456 23 134 67 -7 -4554
Trang thai hien tai cua mang:
3455 657 -547 0 7365 -58 989 345 2435 243 -567 456 234 67678 456 23 134 67 -7 -4554
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 657 -547 0 7365 -58 989 345 2435 243 -567 456 234 67678 456 23 134 67 -7 3455
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 657 -547 0 -58 989 345 2435 243 -567 456 234 456 23 134 67 -7 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -547 -58 -567 -7 989 345 2435 243 0 456 234 456 23 134 67 657 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -58 -547 -7 989 345 2435 243 0 456 234 456 23 134 67 657 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 989 345 2435 243 0 456 234 456 23 134 67 657 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 345 243 0 456 234 456 23 134 67 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 456 234 456 243 134 345 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 456 234 456 243 134 345 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 234 243 134 345 456 456 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 134 243 234 345 456 456 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 134 234 243 345 456 456 657 2435 989 3455 7365 67678
Trang thai hien tai cua mang:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 134 234 243 345 456 456 657 2435 989 3455 7365 67678
Mang da sap xep:
-4554 -567 -547 -58 -7 0 23 67 134 234 243 345 456 456 657 989 2435 3455 7365 67678
-- program is finished running --

```

Testcase 9: arr=[3455, 657, -547, 0, 7365, -58, 989, 345, 2435, 243, -567, 456, 234, 67678, 456, 23, 134, 67, -7, -4554]



```

Sap xep mang 20 phan tu theo kieu Quicksort
Mang chua sap xep:
453 7 645 7 -546 0 -547 34546 768 234 245 657 2343 2325 67 576 345 243 -45657 4657
Trang thai hien tai cua mang:
453 7 645 7 -546 0 -547 34546 768 234 245 657 2343 2325 67 576 345 243 -45657 4657
Trang thai hien tai cua mang:
453 7 645 7 -546 0 -547 768 234 245 657 2343 2325 67 576 345 243 -45657 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 7 645 7 -546 0 -547 768 234 245 657 2343 2325 67 576 345 243 453 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 7 7 -546 0 -547 234 245 67 345 243 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 7 7 -546 0 -547 234 67 243 345 245 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 7 7 -546 0 -547 67 234 243 345 245 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 7 -546 0 7 67 234 243 345 245 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 7 -546 0 7 67 234 243 345 245 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 345 245 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 245 345 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 245 345 453 2325 645 576 768 657 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 245 345 453 645 576 657 768 2325 2343 4657 34546
Trang thai hien tai cua mang:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 245 345 453 576 645 657 768 2325 2343 4657 34546
Mang da sap xep:
-45657 -547 -546 0 7 7 67 234 243 245 345 453 576 645 657 768 2325 2343 4657 34546
-- program is finished running --

```

Testcase 10: arr=[453, 7, 645, 7, -546, 0, -547, 34546, 768, 234, 245, 657, 2343, 2325, 67, 576, 345, 243, -45657, 4657]

## 7. Nhận xét kết quả

Đối với đề tài này, ban đầu nhóm dự định và đã thực hiện hàm nhập mảng để thêm tính năng nhập vào mảng cần sắp xếp. Nhưng sau đó để ý rằng chủ đề không yêu cầu tính năng đó nên việc nhập mảng trong quá trình thực thi là không cần thiết và cho sẵn một mảng số nguyên 20 phần tử trong đoạn Data khai báo dữ liệu.

Trong quá trình demo, kết quả nhận được khá hài lòng, tất cả 10 testcase đều chạy đúng. Tuy đoạn code còn khá dài nhưng nhóm nhận thấy đó là tối ưu nhất, rất khó để thực hiện một bài tập có sử dụng hàm con và lệnh chuẩn mà ngắn gọn được. Nhưng vẫn mong giảng viên cho ý kiến đóng góp để bài tập của nhóm em trở nên gọn gàng hơn nữa.

Nhóm em xin cảm ơn!

## 8. Tài liệu tham khảo

- Sách giáo trình Kiến Trúc Máy Tính – Phạm Quốc Cường
- Slide bài giảng trên mybk.hcmut.edu.vn
- <http://www.cit.ctu.edu.vn/~dtngghi/cod/ch3.pdf>
- <https://sites.google.com/a/uit.edu.vn/ktmt/tap-lenh-mips-co-ban>
- [https://buiivanluongueh.files.wordpress.com/2011/09/vanluong-blogspot-com\\_mips.pdf](https://buiivanluongueh.files.wordpress.com/2011/09/vanluong-blogspot-com_mips.pdf)

THANK YOU!