

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC - KỸ THUẬT MÁY TÍNH



KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

Bài tập lớn 1

Topic 5

Sắp xếp chuỗi bằng giải thuật Quick Sort

GVHD: **Trần Thanh Bình**
SV thực hiện: **Nguyễn Hoàng Khoa** 1812658

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 12/2020



Mục lục

1	Giải thuật Quick Sort	2
1.1	Sơ lược về giải thuật Quick Sort	2
1.2	Ví dụ về Quick Sort	2
2	Hiện thực Quick Sort bằng hợp ngữ Assembly MIPS	2
2.1	Yêu cầu đề bài	2
2.2	Hiện thực	2
2.2.1	Hàm QuickSort	3
2.2.2	Hàm PrintArray	3
2.3	Testcase	4
2.3.1	Testcase 1: Mảng nguyên dương ngẫu nhiên	4
2.3.2	Testcase 2: Mảng đã được sắp xếp	4
2.3.3	Testcase 3: Mảng sắp xếp ngược	5
2.3.4	Testcase 4: Mảng có các phần tử bằng nhau	5
2.3.5	Testcase 5: Mảng bằng nhau hoàn toàn	6
2.3.6	Testcase 6: Mảng đối xứng	6
2.3.7	Testcase 7: Mảng nguyên âm	7
2.3.8	Testcase 8: Mảng có giá trị dương và âm	7
2.3.9	Testcase 9: Mảng ngẫu nhiên 1	8
2.3.10	Testcase 10: Mảng ngẫu nhiên 2	8
2.4	Thống kê lệnh/loại lệnh	9

1 Giải thuật Quick Sort

1.1 Sơ lược về giải thuật Quick Sort

Quick Sort là một thuật toán sắp xếp phát triển bởi C.A.R. Hoare. Ý tưởng của Quick Sort là chia danh sách cần được sắp xếp thành hai danh sách con bằng cách so sánh từng phần tử của danh sách với một phần tử được chọn được gọi là phần tử chốt. Những phần tử nhỏ hơn hoặc bằng phần tử chốt được đưa về phía trước và nằm trong danh sách con thứ nhất, các phần tử lớn hơn chốt được đưa về phía sau và thuộc danh sách đứng sau. Cứ tiếp tục chia như vậy tới khi các danh sách con đều có độ dài bằng 1.

1.2 Ví dụ về Quick Sort

Một đoạn mã C++ hiện thực giải thuật Quick Sort

```
1 int partition (int arr[], int low, int high)
2 {
3     int pivot = arr[high]; // pivot
4     int i = (low - 1); // Index of smaller element
5
6     for (int j = low; j <= high - 1; j++)
7     {
8         // If current element is smaller than the pivot
9         if (arr[j] < pivot)
10        {
11            i++; // increment index of smaller element
12            swap(&arr[i], &arr[j]);
13        }
14    }
15    swap(&arr[i + 1], &arr[high]);
16    return (i + 1);
17 }
18 void quickSort(int arr[], int low, int high)
19 {
20     if (low < high)
21     {
22         int pi = partition(arr, low, high);
23         quickSort(arr, low, pi - 1);
24         quickSort(arr, pi + 1, high);
25     }
26 }
```

2 Hiện thực Quick Sort bằng hợp ngữ Assembly MIPS

2.1 Yêu cầu đề bài

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 quicksort. Yêu cầu xuất ra từng bước trong quá trình demo

2.2 Hiện thực

Mã nguồn gồm 2 hàm chính: QuickSort và PrintArray

2.2.1 Hàm QuickSort

Hàm QuickSort hiện thực giải thuật Quick Short.

Hàm gồm các đối số:

- \$s0: Địa chỉ của mảng.
- \$s1: Biên trái.
- \$s2: Biên phải.

Chi tiết xem thêm ở tệp mã nguồn *1812658-Topic5-Assigment1.asm*

2.2.2 Hàm PrintArray

Hàm PrintArray dùng để in giá trị của mảng sau mỗi lần sắp xếp theo yêu cầu đề bài.

Hàm gồm các đối số:

- \$s0: Địa chỉ của mảng.
- \$s1: Độ dài của mảng.

```
1 PrintArray:
2     beqz $s1, EndPrintArray
3     li $v0, 1
4     lw $a0, ($s0)
5     syscall          # Print A[i]
6     li $v0, 4
7     la $a0, space
8     syscall          # Print space
9     add $s0, $s0, 4
10    sub $s1, $s1, 1
11    j PrintArray      # Loop to print
12
13 EndPrintArray:
14    li $v0, 4
15    la $a0, endl
16    syscall          # Print newline
17
18    jr $ra            # Return
```



2.3 Testcase

2.3.1 Testcase 1: Mảng nguyên dương ngẫu nhiên

Input:

```
1 A: .word 1,7,4,5,9,6,2,0,3,8,10,11,16,17,14,15,12,13,19,18
```

Output:

```
1 1 7 4 5 9 6 2 0 3 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
2 0 1 4 5 9 6 2 7 3 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
3 0 1 2 3 4 6 9 7 5 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
4 0 1 2 3 4 6 9 7 5 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
5 0 1 2 3 4 5 6 7 9 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
6 0 1 2 3 4 5 6 7 9 8 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
7 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
8 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 16 17 14 15 12 13 19 18
10 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 18
11 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 18
12 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 18
13 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 18
14 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 18
15 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
```

2.3.2 Testcase 2: Mảng đã được sắp xếp

Input:

```
1 A: .word 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
```

Output:

```
1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
2 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
3 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
4 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
7 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
8 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
10 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
11 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
12 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
13 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
14 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
15 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
16 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
17 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
18 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
19 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
```



2.3.3 Testcase 3: Mảng sắp xếp ngược

Input:

```
1 A: .word 19,18,17,16,15,14,13,12,11,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1,0
```

Output:

```
1 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2 0 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 19
3 0 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 19
4 0 1 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 18 19
5 0 1 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 18 19
6 0 1 2 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 17 18 19
7 0 1 2 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 17 18 19
8 0 1 2 3 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 16 17 18 19
9 0 1 2 3 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 16 17 18 19
10 0 1 2 3 4 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 15 16 17 18 19
11 0 1 2 3 4 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 15 16 17 18 19
12 0 1 2 3 4 5 13 12 11 10 9 8 7 6 14 15 16 17 18 19
13 0 1 2 3 4 5 13 12 11 10 9 8 7 6 14 15 16 17 18 19
14 0 1 2 3 4 5 6 12 11 10 9 8 7 13 14 15 16 17 18 19
15 0 1 2 3 4 5 6 12 11 10 9 8 7 13 14 15 16 17 18 19
16 0 1 2 3 4 5 6 7 11 10 9 8 12 13 14 15 16 17 18 19
17 0 1 2 3 4 5 6 7 11 10 9 8 12 13 14 15 16 17 18 19
18 0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 9 11 12 13 14 15 16 17 18 19
19 0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 9 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
```

2.3.4 Testcase 4: Mảng có các phần tử bằng nhau

Input:

```
1 A: .word 1,7,4,2,9,6,2,0,3,8,10,11,3,17,14,15,7,13,19,0
```

Output:

```
1 1 7 4 2 9 6 2 0 3 8 10 11 3 17 14 15 7 13 19 0
2 0 0 1 2 9 6 2 4 3 8 10 11 3 17 14 15 7 13 19 7
3 0 0 1 2 9 6 2 4 3 8 10 11 3 17 14 15 7 13 19 7
4 0 0 1 2 9 6 2 4 3 8 10 11 3 17 14 15 7 13 19 7
5 0 0 1 2 3 6 2 4 3 8 7 7 9 17 14 15 11 13 19 10
6 0 0 1 2 2 3 6 4 3 8 7 7 9 17 14 15 11 13 19 10
7 0 0 1 2 2 3 3 4 6 8 7 7 9 17 14 15 11 13 19 10
8 0 0 1 2 2 3 3 4 6 8 7 7 9 17 14 15 11 13 19 10
9 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 17 14 15 11 13 19 10
10 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 17 14 15 11 13 19 10
11 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 10 14 15 11 13 17 19
12 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 10 14 15 11 13 17 19
13 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 10 11 13 14 15 17 19
14 0 0 1 2 2 3 3 4 6 7 7 8 9 10 11 13 14 15 17 19
```



2.3.5 Testcase 5: Mảng bằng nhau hoàn toàn

Input:

```
1 A: .word 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
```

Output:

```
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
5 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
12 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
13 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
14 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
15 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
16 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
17 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
18 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
19 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
20 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

2.3.6 Testcase 6: Mảng đối xứng

Input:

```
1 A: .word 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1
```

Output:

```
1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
3 1 1 2 4 5 6 7 8 9 10 10 9 8 7 6 5 4 3 2 3
4 1 1 2 3 3 2 4 8 9 10 10 9 8 7 6 5 4 7 6 5
5 1 1 2 2 3 3 4 8 9 10 10 9 8 7 6 5 4 7 6 5
6 1 1 2 2 3 3 4 6 5 6 7 4 5 7 8 8 9 10 10 9
7 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 7 6 7 8 8 9 10 10 9
8 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 7 6 7 8 8 9 10 10 9
9 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 7 6 7 8 8 9 10 10 9
10 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 10 10 9
11 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 10 10 9
12 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 10 10 9
13 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 10
```



2.3.7 Testcase 7: Mảng nguyên âm

Input:

```
1 A: .word -1,-7,-4,-5,-9,-6,-2,-0,-3,-8,-10,-11,-16,-17,-14,-15,-12,-13,-19,-18
```

Output:

```
1 -1 -7 -4 -5 -9 -6 -2 0 -3 -8 -10 -11 -16 -17 -14 -15 -12 -13 -19 -18
2 -19 -7 -4 -5 -9 -6 -2 -18 -3 -8 -10 -11 -16 -17 -14 -15 -12 -13 -1 0
3 -19 -7 -4 -5 -9 -6 -2 -18 -3 -8 -10 -11 -16 -17 -14 -15 -12 -13 -1 0
4 -19 -16 -13 -12 -9 -15 -14 -18 -17 -8 -10 -11 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
5 -19 -18 -17 -16 -9 -15 -14 -12 -13 -8 -10 -11 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
6 -19 -18 -17 -16 -9 -15 -14 -12 -13 -8 -10 -11 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
7 -19 -18 -17 -16 -10 -15 -14 -12 -13 -11 -9 -8 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
8 -19 -18 -17 -16 -11 -15 -14 -12 -13 -10 -9 -8 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
9 -19 -18 -17 -16 -13 -15 -14 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
10 -19 -18 -17 -16 -14 -15 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
11 -19 -18 -17 -16 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -3 -2 -6 -5 -4 -1 0
12 -19 -18 -17 -16 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -5 -4 -6 -3 -2 -1 0
13 -19 -18 -17 -16 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0
```

2.3.8 Testcase 8: Mảng có giá trị dương và âm

Input:

```
1 A: .word -1,-7,-4,-5,-9,-6,-2,-0,-3,8,-10,11,-16,-17,-14,-15,-12,-13,-19,-18
```

Output:

```
1 -1 -7 4 -5 9 -6 -2 0 -3 8 -10 11 -16 -17 -14 -15 12 -13 -19 18
2 -16 -7 -19 -5 -13 -6 -2 -15 -3 -14 -10 -17 -1 11 8 0 12 9 4 18
3 -19 -17 -16 -5 -13 -6 -2 -15 -3 -14 -10 -7 -1 11 8 0 12 9 4 18
4 -19 -17 -16 -5 -13 -6 -2 -15 -3 -14 -10 -7 -1 11 8 0 12 9 4 18
5 -19 -17 -16 -14 -13 -6 -7 -15 -10 -5 -3 -2 -1 11 8 0 12 9 4 18
6 -19 -17 -16 -15 -14 -6 -7 -13 -10 -5 -3 -2 -1 11 8 0 12 9 4 18
7 -19 -17 -16 -15 -14 -10 -7 -13 -6 -5 -3 -2 -1 11 8 0 12 9 4 18
8 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 11 8 0 12 9 4 18
9 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 11 8 0 12 9 4 18
10 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 9 8 0 4 11 12 18
11 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 4 8 0 9 11 12 18
12 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 0 4 8 9 11 12 18
13 -19 -17 -16 -15 -14 -13 -10 -7 -6 -5 -3 -2 -1 0 4 8 9 11 12 18
```




2.3.9 Testcase 9: Mảng ngẫu nhiên 1

Input:

```
1 A: .word -62, 63, 25, -9, -68, 97, 8, 48, 8, -63, -85, -52, 6, 36, -77, 60, -16,
    43, 75, -22
```

Output:

```
1 -62 63 25 -9 -68 97 8 48 8 -63 -85 -52 6 36 -77 60 -16 43 75 -22
2 -68 -77 -85 -63 -62 97 8 48 8 -9 25 -52 6 36 63 60 -16 43 75 -22
3 -85 -77 -68 -63 -62 97 8 48 8 -9 25 -52 6 36 63 60 -16 43 75 -22
4 -85 -77 -68 -63 -62 97 8 48 8 -9 25 -52 6 36 63 60 -16 43 75 -22
5 -85 -77 -68 -63 -62 -22 8 48 8 -9 25 -52 6 36 63 60 -16 43 75 97
6 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 48 8 -9 25 8 6 36 63 60 -16 43 75 97
7 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 8 -9 25 8 6 36 43 48 60 63 75 97
8 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 8 -9 25 8 6 36 43 48 60 63 75 97
9 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 6 -9 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
10 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
11 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
12 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
13 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
14 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
15 -85 -77 -68 -63 -62 -52 -22 -16 -9 6 8 8 25 36 43 48 60 63 75 97
```

2.3.10 Testcase 10: Mảng ngẫu nhiên 2

Input:

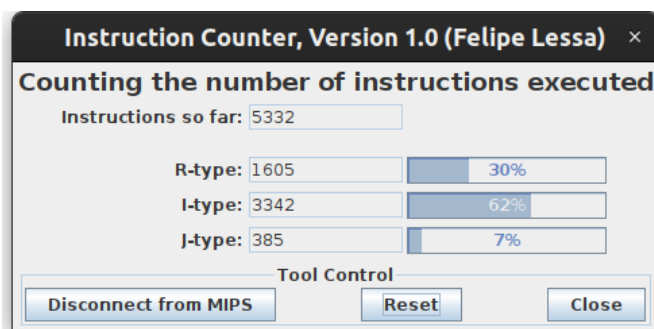
```
1 A: .word -52, 91, -14, 7, 10, -1, -64, 78, 70, -47, -59, -96, 44, -38, 87, 93,
    -51, -23, 83, -5
```

Output:

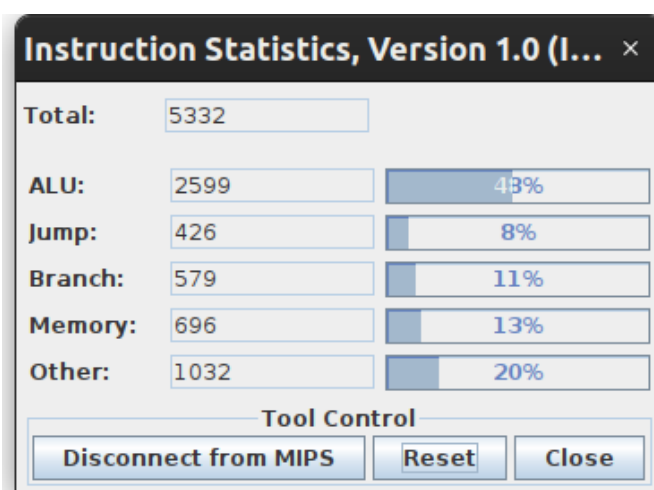
```
1 -52 91 -14 7 10 -1 -64 78 70 -47 -59 -96 44 -38 87 93 -51 -23 83 -5
2 -64 -96 -59 -52 10 -1 7 78 70 -47 -14 91 44 -38 87 93 -51 -23 83 -5
3 -96 -64 -59 -52 10 -1 7 78 70 -47 -14 91 44 -38 87 93 -51 -23 83 -5
4 -96 -64 -59 -52 -38 -1 7 -5 -23 -47 -14 -51 10 44 87 93 91 70 83 78
5 -96 -64 -59 -52 -47 -51 -38 -5 -23 7 -14 -1 10 44 87 93 91 70 83 78
6 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -5 -23 7 -14 -1 10 44 87 93 91 70 83 78
7 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -14 -23 -5 7 -1 10 44 87 93 91 70 83 78
8 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 7 -1 10 44 87 93 91 70 83 78
9 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 87 93 91 70 83 78
10 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 87 93 91 70 83 78
11 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 70 78 83 87 91 93
12 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 70 78 83 87 91 93
13 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 70 78 83 87 91 93
14 -96 -64 -59 -52 -51 -47 -38 -23 -14 -5 -1 7 10 44 70 78 83 87 91 93
```

2.4 Thống kê lệnh/loại lệnh

Ảnh chụp màn hình tool trong MARS



Hình 1: *Instruction Counter*



Hình 2: *Instruction Statistics*