

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA - ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM
KHOA KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT MÁY TÍNH



Kiến trúc máy tính (CO2008)

Assignment

Selection sort số nguyên
Đề 6

GVHD: Trần Nguyễn Minh Duy
Lớp: L07

Họ & Tên	MSSV	Đóng góp
Võ Tá Bảo Long	2211911	100%
Lê Quang Phục	2011867	100%
Hồ Nguyễn Phi Hùng	2211327	100%
Phan Ngọc Hoà	2211133	100%

TP.Hồ Chí Minh, 29/11/2023



Mục lục

1	Giới thiệu đề tài	2
2	Mô phỏng selection sort	2
3	Cách cài đặt và chạy chương trình	4
4	Kiểm thử chương trình	4

1 Giới thiệu đề tài

Đề 6: Viết chương trình sắp xếp dãy số nguyên có 10 phần tử dùng giải thuật **Selection sort**. Yêu cầu xuất ra màn hình các bước có thay đổi thứ tự trong dãy. Dữ liệu đầu vào đọc từ file lưu trữ dạng nhị phân trên đĩa INT10.BIN (10 phần tử x 4 bytes = 40 bytes).

Selection sort là gì?

Selection sort là một trong nhiều giải thuật sắp xếp dữ liệu đơn giản và hiệu quả bằng cách liên tục tìm ra vị trí của phần tử bé nhất (hoặc lớn nhất) trong phần mảng chưa được sắp xếp và chuyển nó sang vị trí mảng đã được sắp xếp.

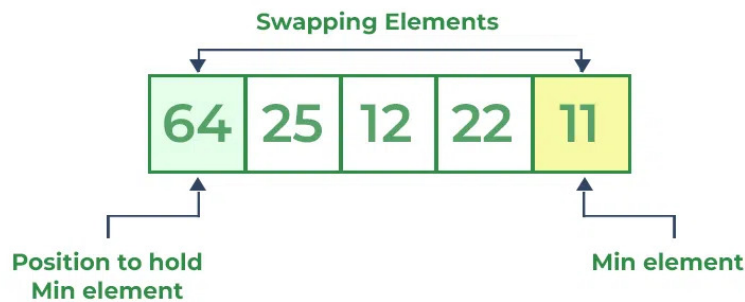
2 Mô phỏng selection sort

Ý tưởng của **Selection Sort** khá đơn giản:

1. Ban đầu ta khởi tạo giá trị $mini=0$ là vị trí đầu tiên của mảng.
2. Sau đó ta tiến hành tìm phần tử bé nhất trong mảng tính từ vị trí $mini$ cho tới phần tử cuối cùng.
3. Bước tiếp theo ta sẽ đổi chỗ giá trị tại phần tử $mini$ với giá trị bé nhất và tăng giá trị $mini$ lên 1.
4. Ta tiếp tục thực hiện các bước 1,2,3 cho tới khi mảng đã được sắp xếp ($mini=n-1$).

Mô phỏng thuật toán **Selection Sort** với mảng đầu vào $arr[] = \{64, 25, 12, 22, 11\}$

- $mini=0$, đổi chỗ 64 và 11



Selection Sort



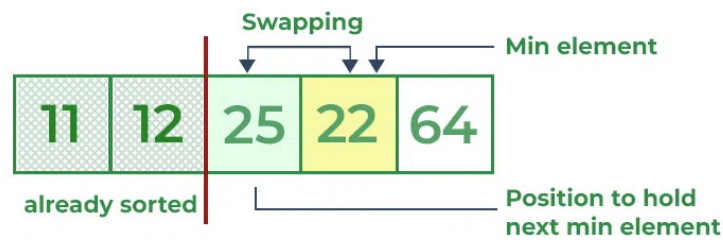
- $mini=1$, đổi chỗ 25 và 12



Selection Sort



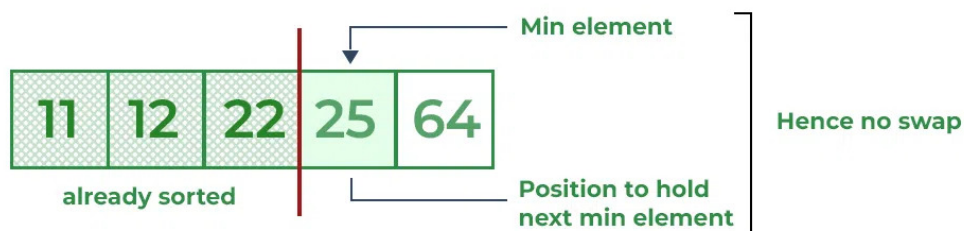
- $mini=2$, đổi chỗ 25 và 22



Selection Sort



- $mini=3$, giá trị nhỏ nhất đã ở vị trí $mini$ nên ta không đổi chỗ mà trực tiếp tăng $mini$ lên 1



Selection Sort



- $mini = 4$, lúc này $mini$ đã ở vị trí cuối cùng nên mảng đã được sắp xếp



Sorted array

Selection Sort



3 Cách cài đặt và chạy chương trình

1. Cài đặt chương trình:

- Copy một file test case vào thư mục chứa phần mềm MARS MIPS.
- Đổi tên file test case vừa copy thành "INT10.BIN".
- Mở MARS MIPS và mở file "KTMT_Assignment_2_De_6_Nhom_4.asm".
- Chạy chương trình và kết quả sẽ được hiển thị trên màn hình.

2. Chạy test case:

- Chúng tôi đã nộp một file .zip để đơn giản hóa việc chạy test case.
- Khi cần chạy một test case, bạn chỉ cần thay thế file "INT10.BIN" trong thư mục sau khi giải nén bằng file test case bạn muốn thử.
- Sau đó, mở phần mềm MARS MIPS đã có sẵn trong thư mục để chạy file "KTMT_Assignment_2_De_6_Nhom_4.asm" trong cùng thư mục đó.
- Các test case được lưu trong thư mục BIN trong thư mục sau khi giải nén.

3. Cấu trúc thư mục sau khi giải nén file .zip:

- Thư mục BIN: chứa các test case.
- File "KTMT_Assignment_2_De_6_Nhom_4.asm".
- File "KTMT_Assignment_2_De_6_Nhom_4.pdf".
- File "INT10.BIN".
- Chương trình MARS MIPS.

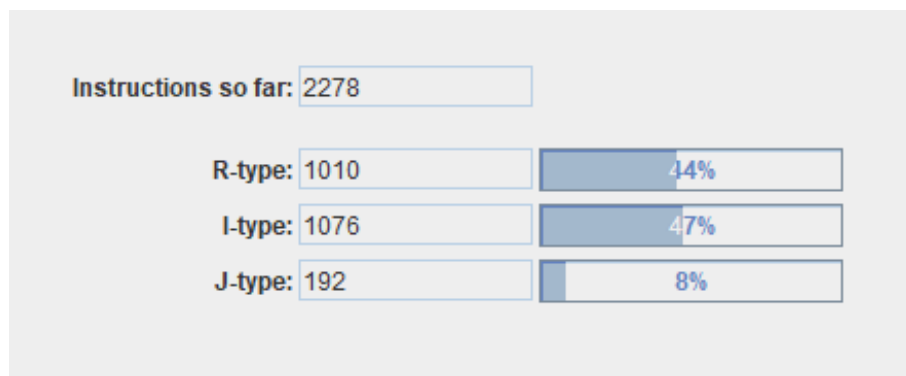
4 Kiểm thử chương trình

Thông kê các lệnh

Trong chương trình **selection sort** mô phỏng hợp ngữ assembly MIPS, đã sử dụng tổng cộng các lệnh R, I, J là:

Loại lệnh	Tổng cộng
R	45
I	58
J	11

- Chạy chương trình với file đầu vào INT10.BIN với mảng 10 phần tử [61, -72, 83, -94, 0, 116, -127, 138, -149, 17]
- Sử dụng tính năng Instruction Counter của MIPS ta tính được số lệnh R, I, J khi chạy chương trình với đầu vào như trên ta được kết quả:



Thời gian chạy của chương trình

- Thời gian chạy của chương trình được tính bằng công thức: $T_{CPU} = CC_S \times T_c = CC_S \times \frac{1}{f} =$
- Với CC_S là tổng số chu kỳ đã thực thi, $CC_S = IC \times CPI$
- Trong báo cáo này ta sẽ xét chương trình đang được thực thi trên máy tính kiến trúc MIPS có tần số $f = 3.4GHz$ và $CPI = 1$ đối với mỗi lệnh MIPS chuẩn.
- Với test case mẫu như trên ta tính được thời gian thực thi của chương trình:

$$T_{CPU} = CC_S \times T_c = IC \times CPI \times \frac{1}{f} = \frac{2278}{3.4 \times 10^9} = 0.67\mu s$$

Đánh giá chương trình

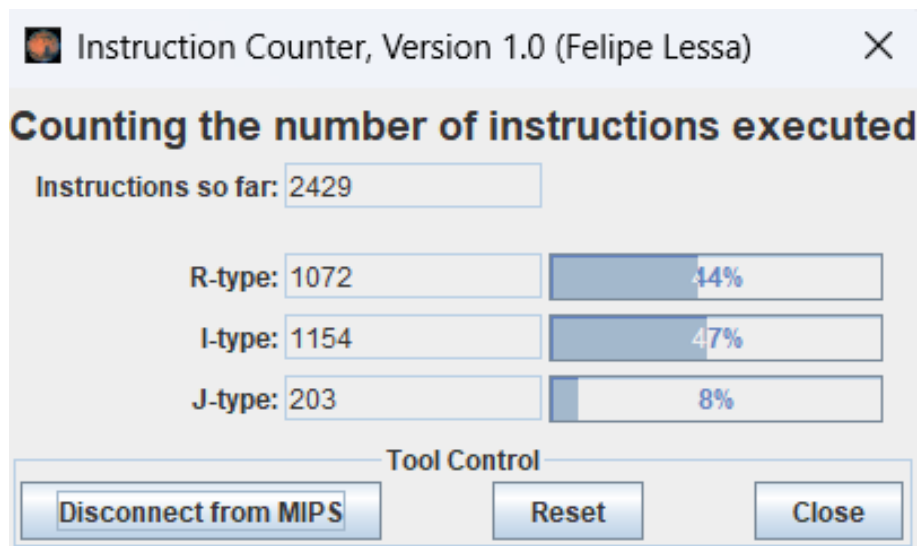
Ta đánh giá hiệu quả của chương trình thông qua một số test cases sau:

Test case	Case	R	I	J	IC	Time (μs)
1	Average	1072	1154	203	2429	0.714
2	Average	1010	1076	192	2278	0.67
3	Average	1002	1076	192	2270	0.667
4	Average	940	998	181	2119	0.623
5	Average	1002	1076	192	2270	0.667
6	Average	936	998	181	2115	0.622
7	Average	1070	1154	203	2427	0.714
8	Average	1004	1076	192	2272	0.668
9	Average	938	998	181	2117	0.623
10	Average	942	998	181	2121	0.624
11	Average	942	998	181	2121	0.624
12	Average	938	998	191	2117	0.623
13	Average	1074	1154	203	2431	0.715
14	Average	1066	1154	203	2423	0.713
15	Average	936	998	181	2115	0.622



Test case	Case	R	I	J	IC	Time (μs)
16	Average	1006	1076	192	2274	0.669
17	Average	874	920	170	1964	0.578
18	Average	1006	1076	192	2274	0.669
19	Average	1008	1076	192	2276	0.669
20	Average	1008	1076	192	2276	0.669
21	Average	1074	1154	203	2431	0.713
22	Average	940	998	181	2119	0.623
23	Average	944	998	181	2123	0.624
24	Average	1008	1076	192	2276	0.669
25	Average	948	998	181	2127	0.626
26	Average	1074	1154	203	2431	0.715
27	Average	1072	1154	203	2429	0.714
28	Average	818	842	159	1819	0.535
29	Average	1004	1076	192	2272	0.669
30	Best	484	452	104	1040	0.306
31	Worst	844	842	159	1845	0.543

Hình ảnh các test cases:

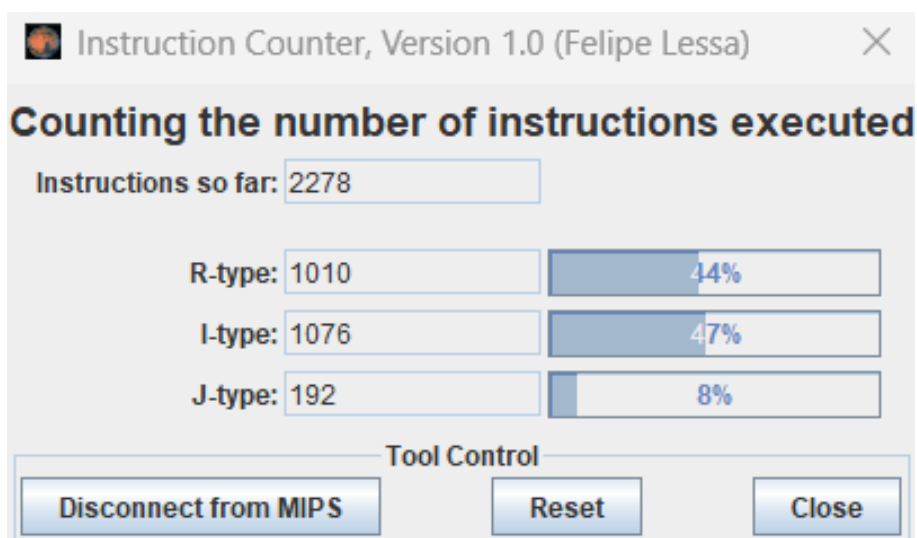


Hình 1: Instruction Count của test case 1

```
Mang can sap xep: 222 228 304 166 54 405 145 308 118 140
Cac buoc sap xep:
54 228 304 166 222 405 145 308 118 140
54 118 304 166 222 405 145 308 228 140
54 118 140 166 222 405 145 308 228 304
54 118 140 145 222 405 166 308 228 304
54 118 140 145 166 405 222 308 228 304
54 118 140 145 166 222 405 308 228 304
54 118 140 145 166 222 228 308 405 304
54 118 140 145 166 222 228 304 405 308
54 118 140 145 166 222 228 304 308 405
Mang sau khi sap xep: 54 118 140 145 166 222 228 304 308 405
-- program is finished running --
```

Hình 2: Kết quả test case 1

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

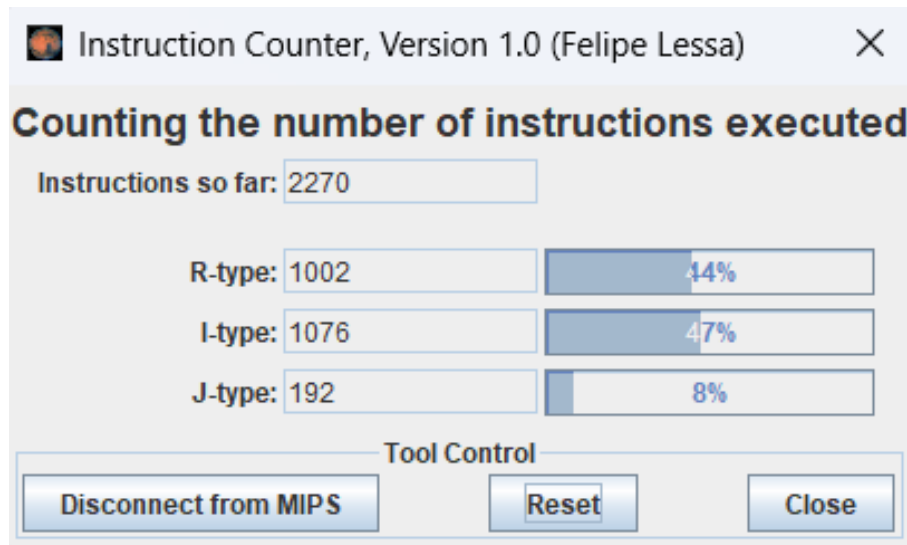


Hình 3: Instruction Count của test case 2

```
Mang can sap xep: 429 248 401 476 -218 82 445 -148 32 106
Cac buoc sap xep:
-218 248 401 476 429 82 445 -148 32 106
-218 -148 401 476 429 82 445 248 32 106
-218 -148 32 476 429 82 445 248 401 106
-218 -148 32 82 429 476 445 248 401 106
-218 -148 32 82 106 476 445 248 401 429
-218 -148 32 82 106 248 445 476 401 429
-218 -148 32 82 106 248 401 476 445 429
-218 -148 32 82 106 248 401 429 445 476
Mang sau khi sap xep: -218 -148 32 82 106 248 401 429 445 476
-- program is finished running --
```

Hình 4: Kết quả test case 2

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

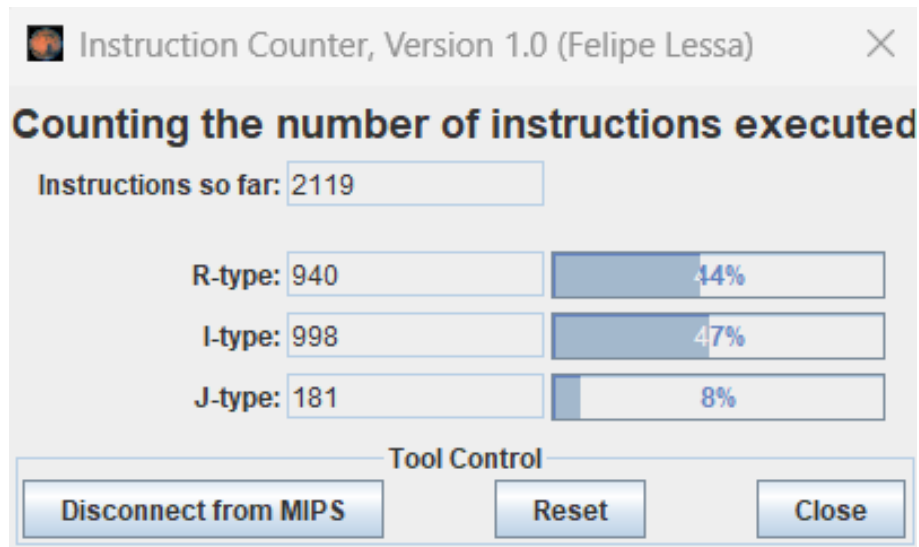


Hình 5: Instruction Count của test case 3

```
Mang can sap xep: 33 -417 -371 -35 -403 174 -414 357 85 -162
Cac buoc sap xep:
-417 33 -371 -35 -403 174 -414 357 85 -162
-417 -414 -371 -35 -403 174 33 357 85 -162
-417 -414 -403 -35 -371 174 33 357 85 -162
-417 -414 -403 -371 -35 174 33 357 85 -162
-417 -414 -403 -371 -162 174 33 357 85 -35
-417 -414 -403 -371 -162 -35 33 357 85 174
-417 -414 -403 -371 -162 -35 33 85 357 174
-417 -414 -403 -371 -162 -35 33 85 174 357
Mang sau khi sap xep: -417 -414 -403 -371 -162 -35 33 85 174 357
-- program is finished running --
```

Hình 6: Kết quả test case 3

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

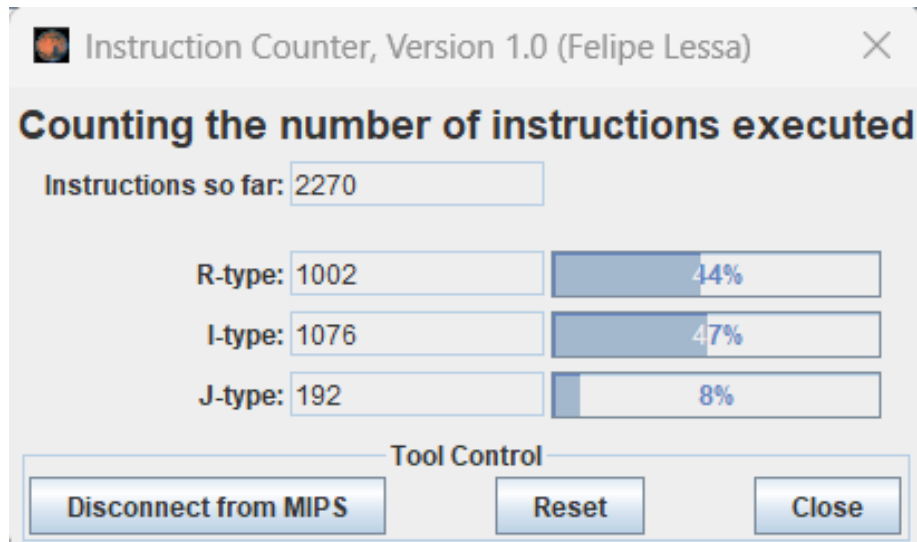


Hình 7: Instruction Count của test case 4

```
Mang can sap xep: 334 -345 -19 -158 -41 -214 261 -49 415 305
Cac buoc sap xep:
-345 334 -19 -158 -41 -214 261 -49 415 305
-345 -214 -19 -158 -41 334 261 -49 415 305
-345 -214 -158 -19 -41 334 261 -49 415 305
-345 -214 -158 -49 -41 334 261 -19 415 305
-345 -214 -158 -49 -41 -19 261 334 415 305
-345 -214 -158 -49 -41 -19 261 305 415 334
-345 -214 -158 -49 -41 -19 261 305 334 415
Mang sau khi sap xep: -345 -214 -158 -49 -41 -19 261 305 334 415
-- program is finished running --
```

Hình 8: Kết quả test case 4

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

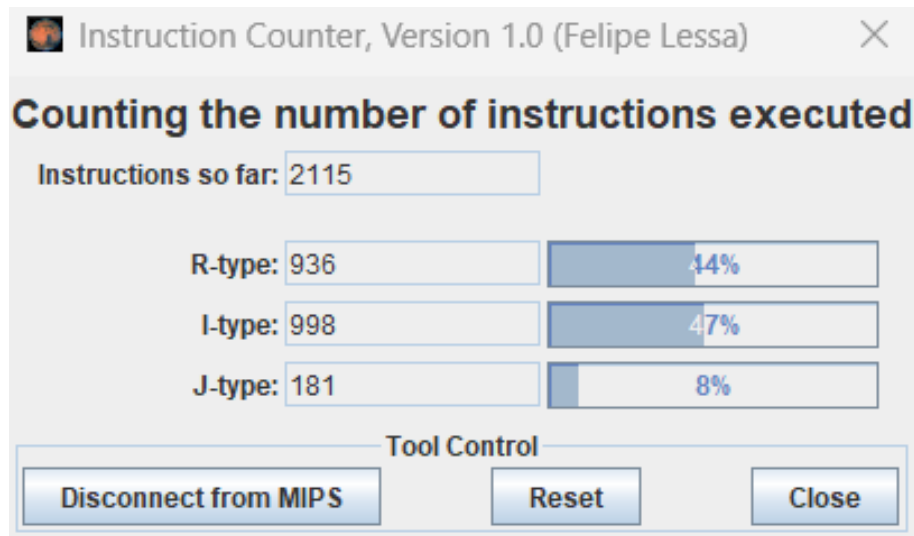


Hình 9: Instruction Count của test case 5

```
Mang can sap xep: -399 -466 362 111 -117 273 31 106 -425 199
Cac buoc sap xep:
-466 -399 362 111 -117 273 31 106 -425 199
-466 -425 362 111 -117 273 31 106 -399 199
-466 -425 -399 111 -117 273 31 106 362 199
-466 -425 -399 -117 111 273 31 106 362 199
-466 -425 -399 -117 31 273 111 106 362 199
-466 -425 -399 -117 31 106 111 273 362 199
-466 -425 -399 -117 31 106 111 199 362 273
-466 -425 -399 -117 31 106 111 199 273 362
Mang sau khi sap xep: -466 -425 -399 -117 31 106 111 199 273 362
-- program is finished running --
```

Hình 10: Kết quả test case 5

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

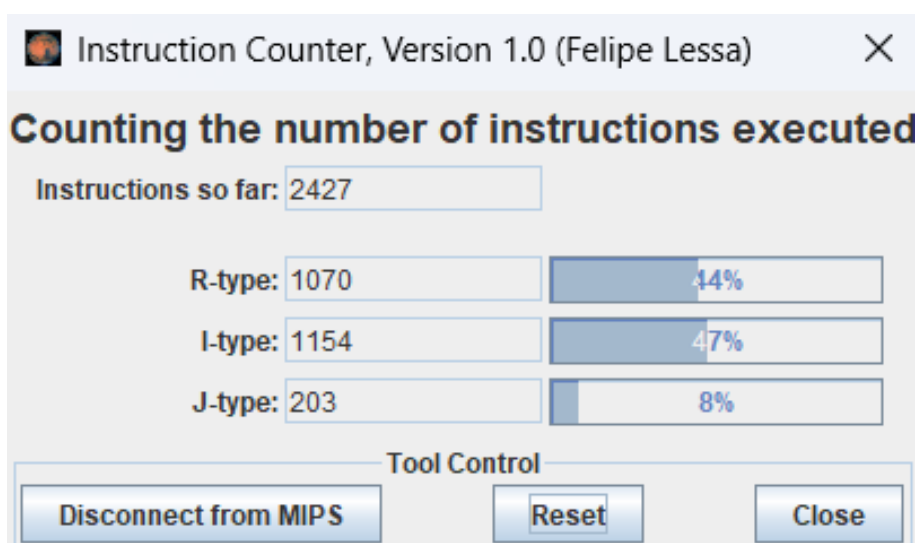


Hình 11: Instruction Count của test case 6

```
Mang can sap xep: -462 41 110 -280 -247 466 -258 116 277 449
Cac buoc sap xep:
-462 -280 110 41 -247 466 -258 116 277 449
-462 -280 -258 41 -247 466 110 116 277 449
-462 -280 -258 -247 41 466 110 116 277 449
-462 -280 -258 -247 41 110 466 116 277 449
-462 -280 -258 -247 41 110 116 466 277 449
-462 -280 -258 -247 41 110 116 277 466 449
-462 -280 -258 -247 41 110 116 277 449 466
Mang sau khi sap xep: -462 -280 -258 -247 41 110 116 277 449 466
-- program is finished running --
```

Hình 12: Kết quả test case 6

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

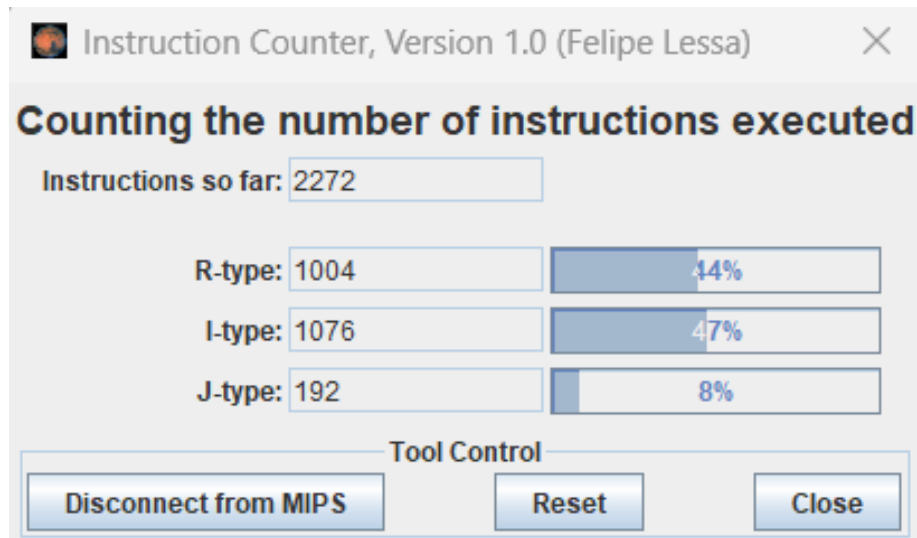


Hình 13: Instruction Count của test case 7

```
Mang can sap xep: 213 360 -87 87 -464 446 -444 -94 352 10
Cac buoc sap xep:
-464 360 -87 87 213 446 -444 -94 352 10
-464 -444 -87 87 213 446 360 -94 352 10
-464 -444 -94 87 213 446 360 -87 352 10
-464 -444 -94 -87 213 446 360 87 352 10
-464 -444 -94 -87 10 446 360 87 352 213
-464 -444 -94 -87 10 87 360 446 352 213
-464 -444 -94 -87 10 87 213 446 352 360
-464 -444 -94 -87 10 87 213 352 446 360
-464 -444 -94 -87 10 87 213 352 360 446
Mang sau khi sap xep: -464 -444 -94 -87 10 87 213 352 360 446
-- program is finished running --
```

Hình 14: Kết quả test case 7

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

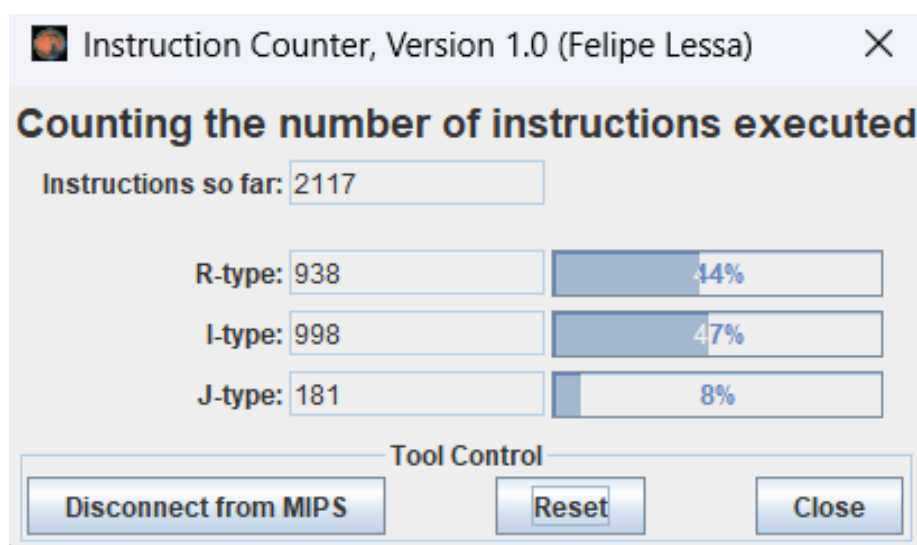


Hình 15: Instruction Count của test case 8

```
Mang can sap xep: -187 -450 198 -472 206 278 -358 97 -435 -273
Cac buoc sap xep:
-472 -450 198 -187 206 278 -358 97 -435 -273
-472 -450 -435 -187 206 278 -358 97 198 -273
-472 -450 -435 -358 206 278 -187 97 198 -273
-472 -450 -435 -358 -273 278 -187 97 198 206
-472 -450 -435 -358 -273 -187 278 97 198 206
-472 -450 -435 -358 -273 -187 97 278 198 206
-472 -450 -435 -358 -273 -187 97 198 278 206
-472 -450 -435 -358 -273 -187 97 198 206 278
Mang sau khi sap xep: -472 -450 -435 -358 -273 -187 97 198 206 278
-- program is finished running --
```

Hình 16: Kết quả test case 8

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

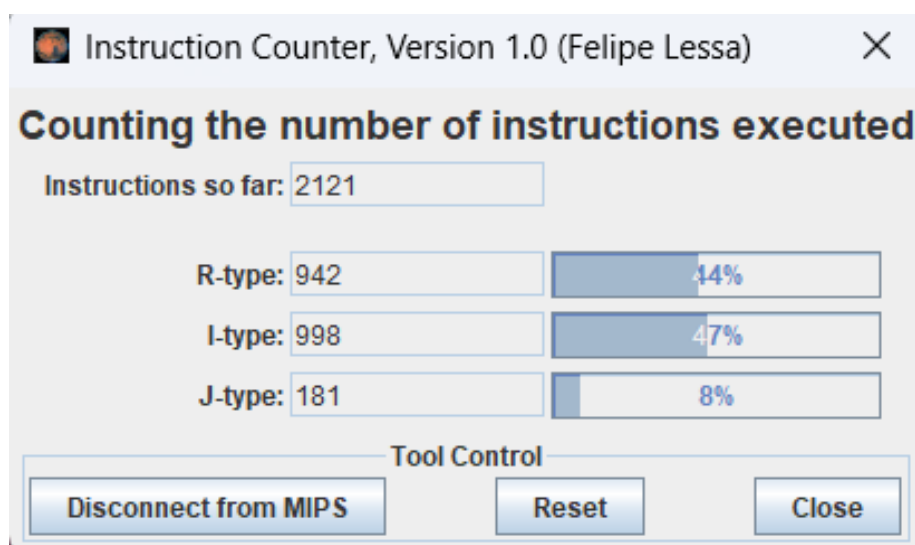


Hình 17: Instruction Count của test case 9

```
Mang can sap xep: -275 -111 83 256 461 -363 384 172 412 -274
Cac buoc sap xep:
-363 -111 83 256 461 -275 384 172 412 -274
-363 -275 83 256 461 -111 384 172 412 -274
-363 -275 -274 256 461 -111 384 172 412 83
-363 -275 -274 -111 461 256 384 172 412 83
-363 -275 -274 -111 83 256 384 172 412 461
-363 -275 -274 -111 83 172 384 256 412 461
-363 -275 -274 -111 83 172 256 384 412 461
Mang sau khi sap xep: -363 -275 -274 -111 83 172 256 384 412 461
-- program is finished running --
```

Hình 18: Kết quả test case 9

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

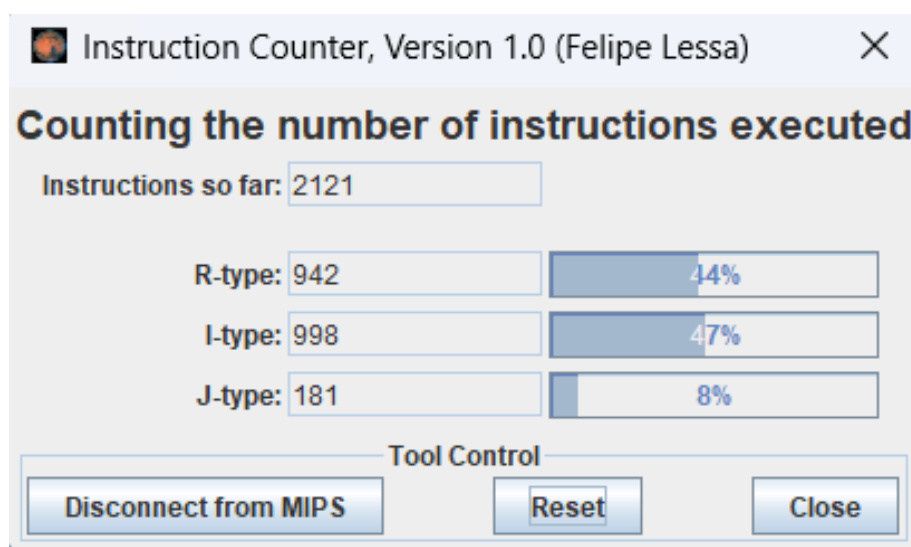


Hình 19: Instruction Count của test case 10

```
Mang can sap xep: -329 -266 240 295 3 432 58 -290 -244 -394
Cac buoc sap xep:
-394 -266 240 295 3 432 58 -290 -244 -329
-394 -329 240 295 3 432 58 -290 -244 -266
-394 -329 -290 295 3 432 58 240 -244 -266
-394 -329 -290 -266 3 432 58 240 -244 295
-394 -329 -290 -266 -244 432 58 240 3 295
-394 -329 -290 -266 -244 3 58 240 432 295
-394 -329 -290 -266 -244 3 58 240 295 432
Mang sau khi sap xep: -394 -329 -290 -266 -244 3 58 240 295 432
-- program is finished running --
```

Hình 20: Kết quả test case 10

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

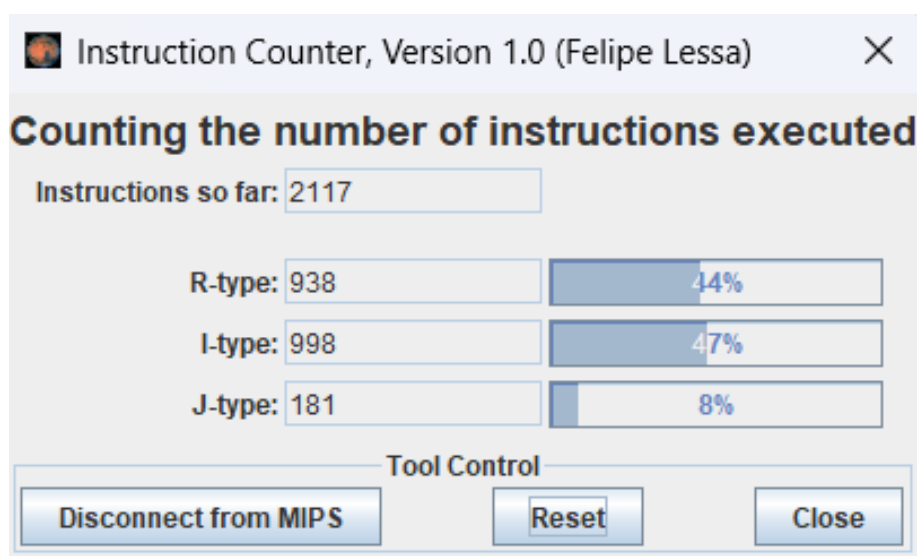


Hình 21: Instruction Count của test case 11

```
Mang can sap xep: -429 232 -434 -27 125 461 450 -321 -100 36
Cac buoc sap xep:
-434 232 -429 -27 125 461 450 -321 -100 36
-434 -429 232 -27 125 461 450 -321 -100 36
-434 -429 -321 -27 125 461 450 232 -100 36
-434 -429 -321 -100 125 461 450 232 -27 36
-434 -429 -321 -100 -27 461 450 232 125 36
-434 -429 -321 -100 -27 36 450 232 125 461
-434 -429 -321 -100 -27 36 125 232 450 461
Mang sau khi sap xep: -434 -429 -321 -100 -27 36 125 232 450 461
-- program is finished running --
```

Hình 22: Kết quả test case 11

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

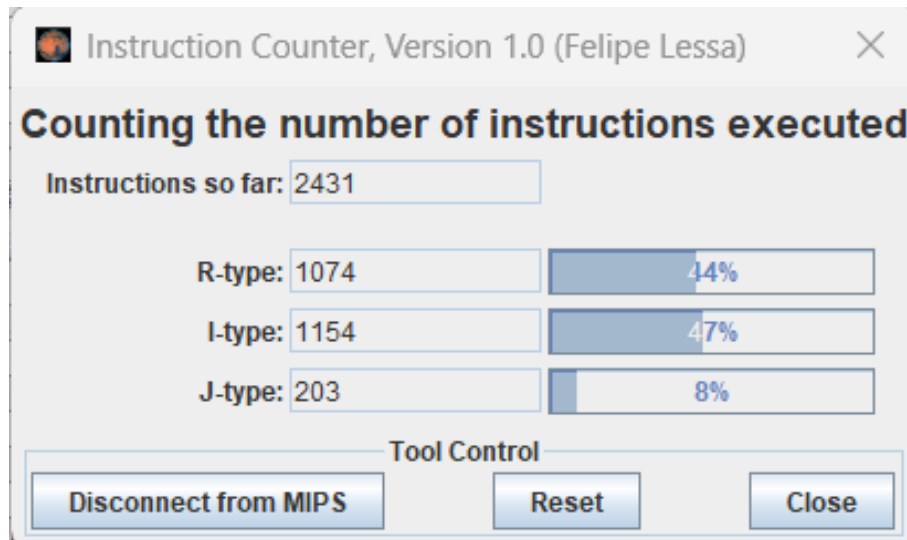


Hình 23: Instruction Count của test case 12

```
Mang can sap xep: -294 195 92 -187 -320 324 128 96 470 356
Cac buoc sap xep:
-320 195 92 -187 -294 324 128 96 470 356
-320 -294 92 -187 195 324 128 96 470 356
-320 -294 -187 92 195 324 128 96 470 356
-320 -294 -187 92 96 324 128 195 470 356
-320 -294 -187 92 96 128 324 195 470 356
-320 -294 -187 92 96 128 195 324 470 356
-320 -294 -187 92 96 128 195 324 356 470
Mang sau khi sap xep: -320 -294 -187 92 96 128 195 324 356 470
-- program is finished running --
```

Hình 24: Kết quả test case 12

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

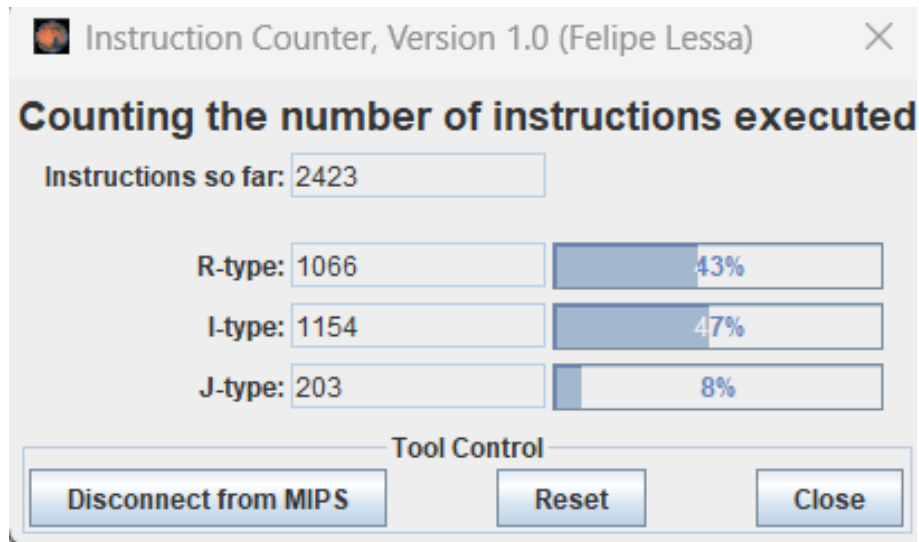


Hình 25: Instruction Count của test case 13

```
Mang can sap xep: 112 95 342 -235 209 -361 -9 327 -119 -316
Cac buoc sap xep:
-361 95 342 -235 209 112 -9 327 -119 -316
-361 -316 342 -235 209 112 -9 327 -119 95
-361 -316 -235 342 209 112 -9 327 -119 95
-361 -316 -235 -119 209 112 -9 327 342 95
-361 -316 -235 -119 -9 112 209 327 342 95
-361 -316 -235 -119 -9 95 209 327 342 112
-361 -316 -235 -119 -9 95 112 327 342 209
-361 -316 -235 -119 -9 95 112 209 342 327
-361 -316 -235 -119 -9 95 112 209 327 342
Mang sau khi sap xep: -361 -316 -235 -119 -9 95 112 209 327 342
-- program is finished running --
```

Hình 26: Kết quả test case 13

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

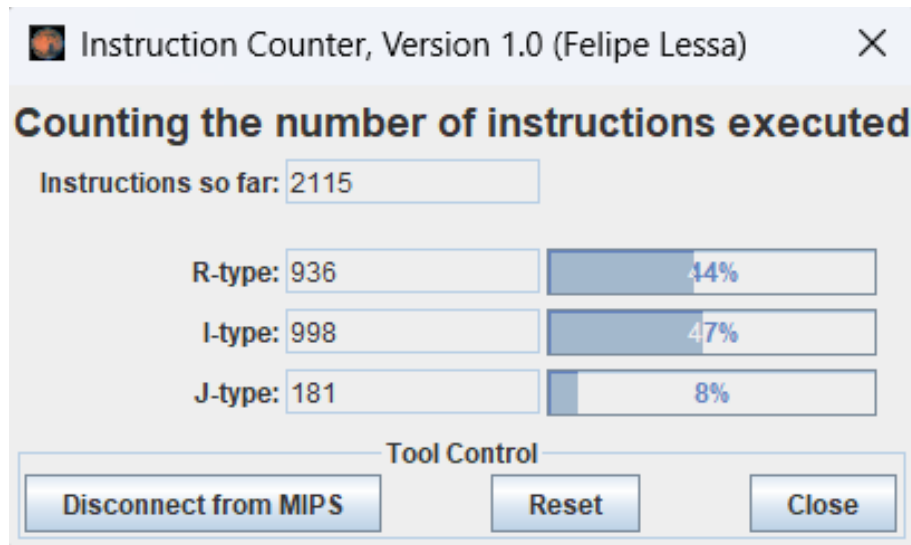


Hình 27: Instruction Count của test case 14

```
Mang can sap xep: -332 394 119 -309 -291 -401 85 -250 127 246
Cac buoc sap xep:
-401 394 119 -309 -291 -332 85 -250 127 246
-401 -332 119 -309 -291 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 119 -291 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 -291 119 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 394 85 119 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 394 119 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 394 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 394 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 246 394
Mang sau khi sap xep: -401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 246 394
-- program is finished running --
```

Hình 28: Kết quả test case 14

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

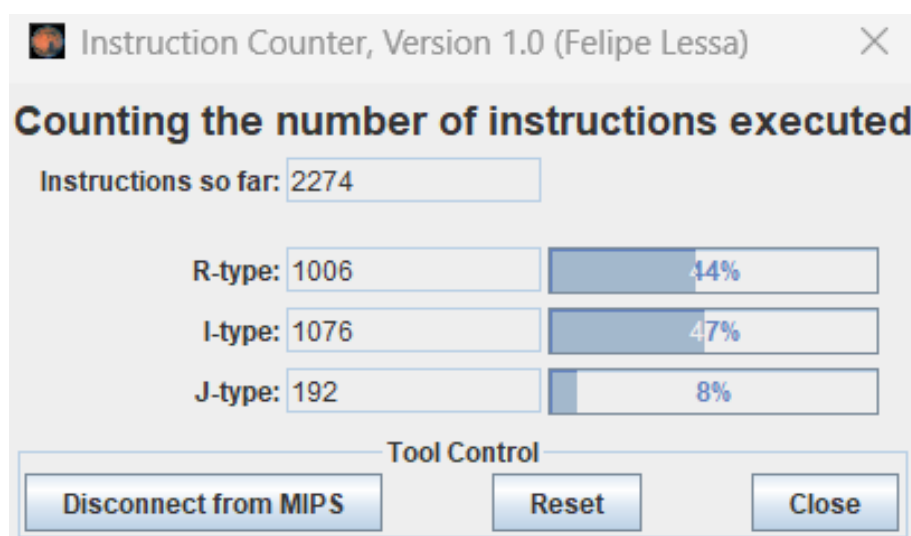


Hình 29: Instruction Count của test case 15

```
Mang can sap xep: -332 394 119 -309 -291 -401 85 -250 127 246
Cac buoc sap xep:
-401 394 119 -309 -291 -332 85 -250 127 246
-401 -332 119 -309 -291 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 119 -291 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 -291 119 394 85 -250 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 394 85 119 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 394 119 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 394 127 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 394 246
-401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 246 394
Mang sau khi sap xep: -401 -332 -309 -291 -250 85 119 127 246 394
-- program is finished running --
```

Hình 30: Kết quả test case 15

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

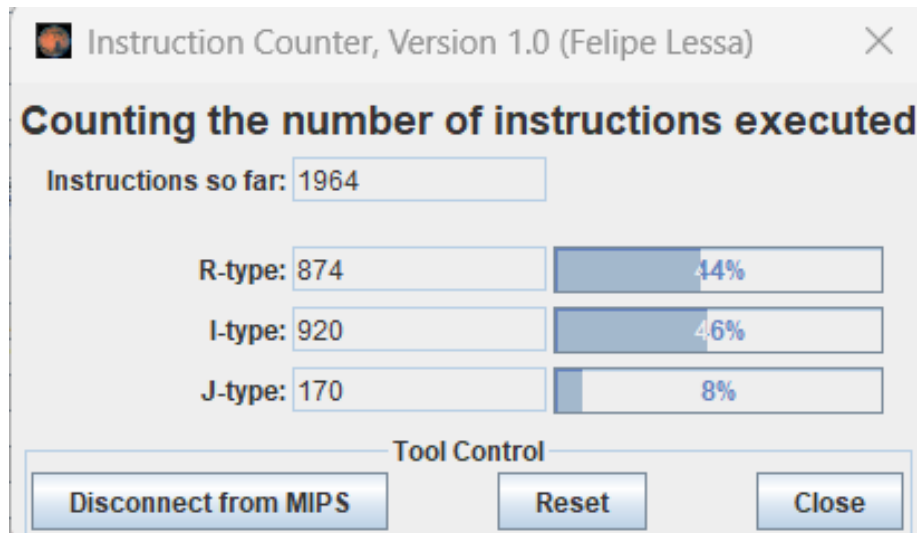


Hình 31: Instruction Count của test case 16

```
Mang can sap xep: -306 299 -484 -448 363 -345 -473 448 -374 -249
Cac buoc sap xep:
-484 299 -306 -448 363 -345 -473 448 -374 -249
-484 -473 -306 -448 363 -345 299 448 -374 -249
-484 -473 -448 -306 363 -345 299 448 -374 -249
-484 -473 -448 -374 363 -345 299 448 -306 -249
-484 -473 -448 -374 -345 363 299 448 -306 -249
-484 -473 -448 -374 -345 -306 299 448 363 -249
-484 -473 -448 -374 -345 -306 -249 448 363 299
-484 -473 -448 -374 -345 -306 -249 299 363 448
Mang sau khi sap xep: -484 -473 -448 -374 -345 -306 -249 299 363 448
-- program is finished running --
```

Hình 32: Kết quả test case 16

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

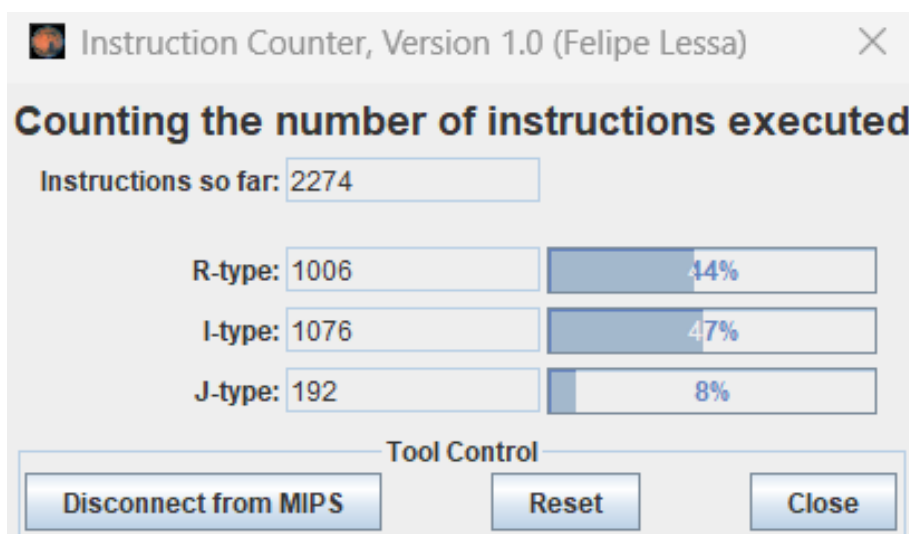


Hình 33: Instruction Count của test case 17

```
Mang can sap xep: -444 -82 151 -207 -448 -404 394 -142 74 397
Cac buoc sap xep:
-448 -82 151 -207 -444 -404 394 -142 74 397
-448 -444 151 -207 -82 -404 394 -142 74 397
-448 -444 -404 -207 -82 151 394 -142 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 151 394 -82 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 -82 394 151 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 -82 74 151 394 397
Mang sau khi sap xep: -448 -444 -404 -207 -142 -82 74 151 394 397
-- program is finished running --
```

Hình 34: Kết quả test case 17

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

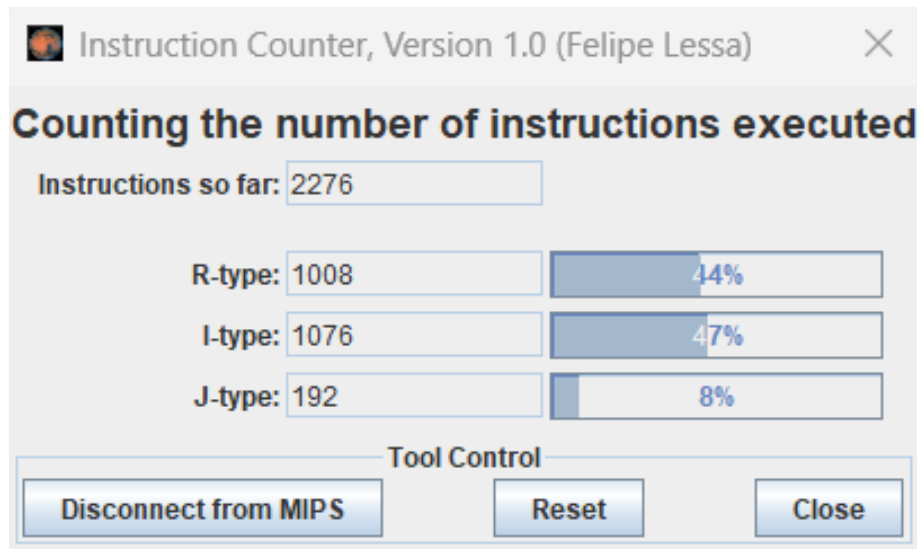


Hình 35: Instruction Count của test case 18

```
Mang can sap xep: -444 -82 151 -207 -448 -404 394 -142 74 397
Cac buoc sap xep:
-448 -82 151 -207 -444 -404 394 -142 74 397
-448 -444 151 -207 -82 -404 394 -142 74 397
-448 -444 -404 -207 -82 151 394 -142 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 151 394 -82 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 -82 394 151 74 397
-448 -444 -404 -207 -142 -82 74 151 394 397
Mang sau khi sap xep: -448 -444 -404 -207 -142 -82 74 151 394 397
-- program is finished running --
```

Hình 36: Kết quả test case 18

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

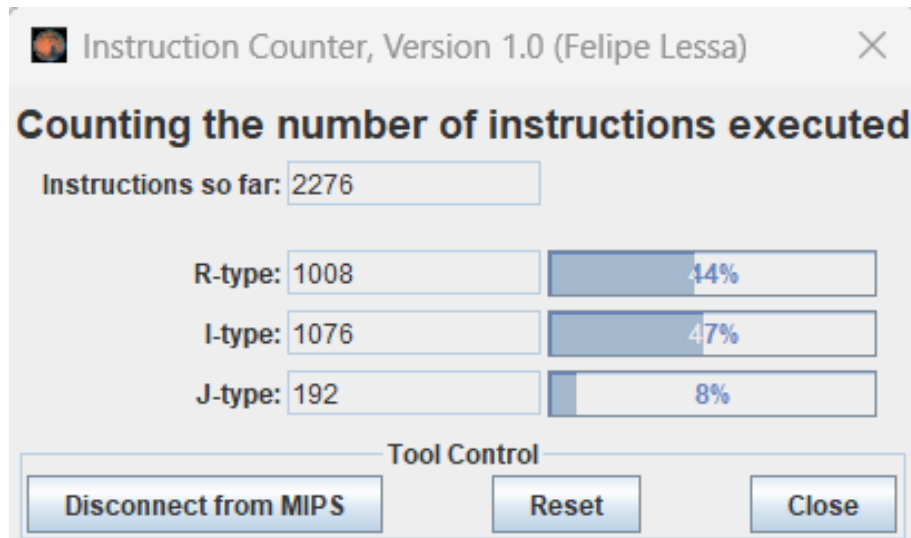


Hình 37: Instruction Count của test case 19

```
Mang can sap xep: 411 252 -433 -398 -25 347 -409 59 122 14
Cac buoc sap xep:
-433 252 411 -398 -25 347 -409 59 122 14
-433 -409 411 -398 -25 347 252 59 122 14
-433 -409 -398 411 -25 347 252 59 122 14
-433 -409 -398 -25 411 347 252 59 122 14
-433 -409 -398 -25 14 347 252 59 122 411
-433 -409 -398 -25 14 59 252 347 122 411
-433 -409 -398 -25 14 59 122 347 252 411
-433 -409 -398 -25 14 59 122 252 347 411
Mang sau khi sap xep: -433 -409 -398 -25 14 59 122 252 347 411
-- program is finished running --
```

Hình 38: Kết quả test case 19

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

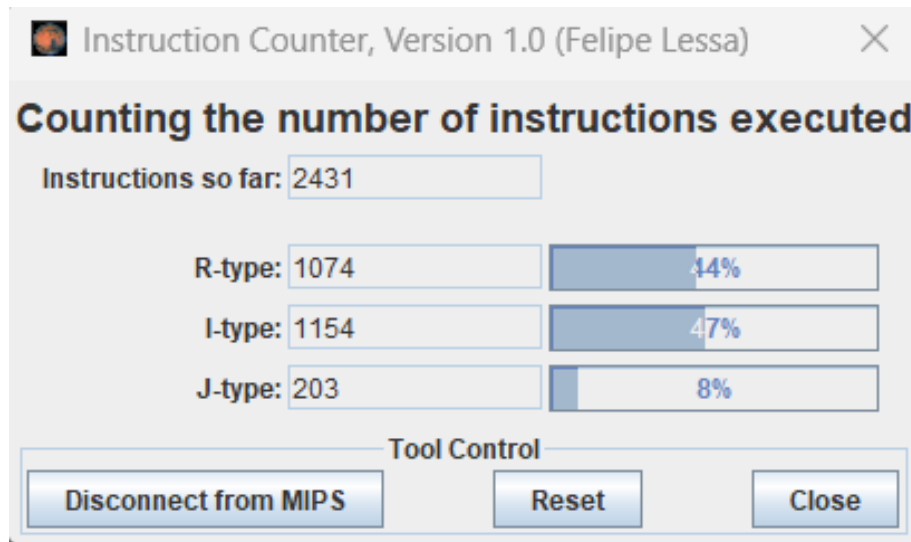


Hình 39: Instruction Count của test case 20

```
Mang can sap xep: 398 442 267 -330 -92 -408 299 429 413 301
Cac buoc sap xep:
-408 442 267 -330 -92 398 299 429 413 301
-408 -330 267 442 -92 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 442 267 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 267 442 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 267 299 398 442 429 413 301
-408 -330 -92 267 299 301 442 429 413 398
-408 -330 -92 267 299 301 398 429 413 442
-408 -330 -92 267 299 301 398 413 429 442
Mang sau khi sap xep: -408 -330 -92 267 299 301 398 413 429 442
-- program is finished running --
```

Hình 40: Kết quả test case 20

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

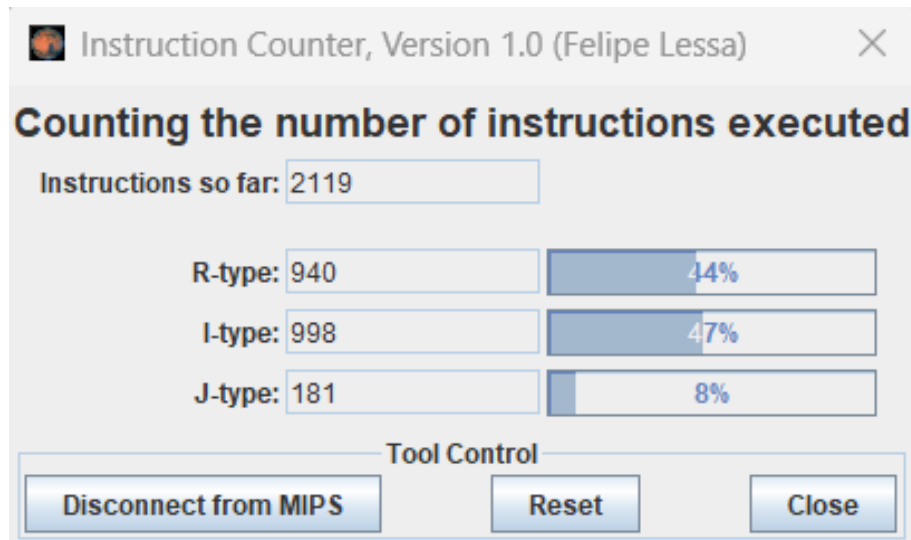


Hình 41: Instruction Count của test case 21

```
Mang can sap xep: 398 442 267 -330 -92 -408 299 429 413 301
Cac buoc sap xep:
-408 442 267 -330 -92 398 299 429 413 301
-408 -330 267 442 -92 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 442 267 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 267 442 398 299 429 413 301
-408 -330 -92 267 299 398 442 429 413 301
-408 -330 -92 267 299 301 442 429 413 398
-408 -330 -92 267 299 301 398 429 413 442
-408 -330 -92 267 299 301 398 413 429 442
Mang sau khi sap xep: -408 -330 -92 267 299 301 398 413 429 442
-- program is finished running --
```

Hình 42: Kết quả test case 21

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

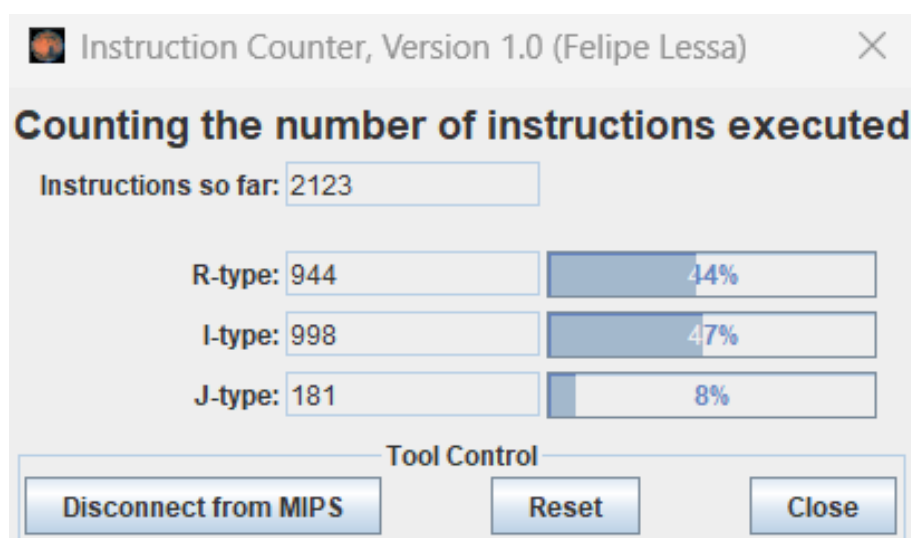


Hình 43: Instruction Count của test case 22

```
Mang can sap xep: -89 -214 486 137 -85 464 308 -192 -70 340
Cac buoc sap xep:
-214 -89 486 137 -85 464 308 -192 -70 340
-214 -192 486 137 -85 464 308 -89 -70 340
-214 -192 -89 137 -85 464 308 486 -70 340
-214 -192 -89 -85 137 464 308 486 -70 340
-214 -192 -89 -85 -70 464 308 486 137 340
-214 -192 -89 -85 -70 137 308 486 464 340
-214 -192 -89 -85 -70 137 308 340 464 486
Mang sau khi sap xep: -214 -192 -89 -85 -70 137 308 340 464 486
-- program is finished running --
```

Hình 44: Kết quả test case 22

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

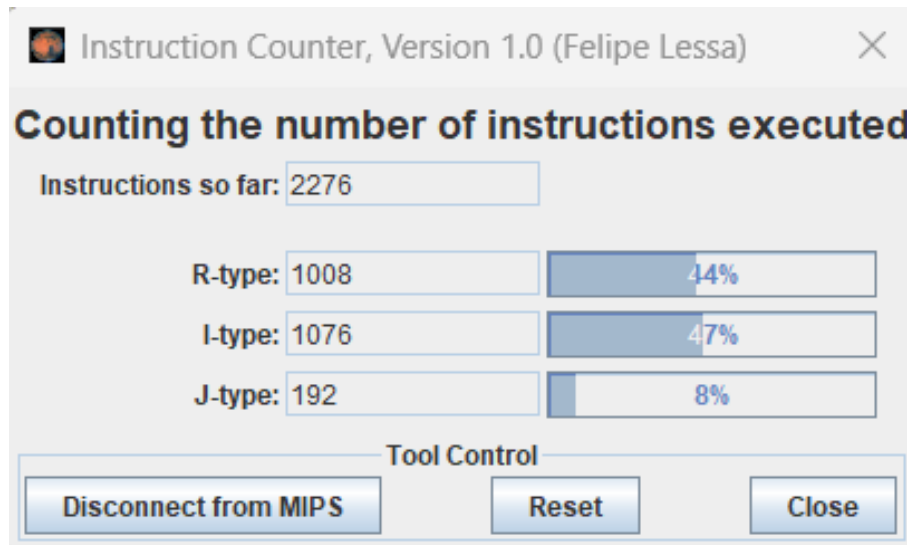


Hình 45: Instruction Count của test case 23

```
Mang can sap xep: -419 161 350 -28 128 142 -258 -355 31 -243
Cac buoc sap xep:
-419 -355 350 -28 128 142 -258 161 31 -243
-419 -355 -258 -28 128 142 350 161 31 -243
-419 -355 -258 -243 128 142 350 161 31 -28
-419 -355 -258 -243 -28 142 350 161 31 128
-419 -355 -258 -243 -28 31 350 161 142 128
-419 -355 -258 -243 -28 31 128 161 142 350
-419 -355 -258 -243 -28 31 128 142 161 350
Mang sau khi sap xep: -419 -355 -258 -243 -28 31 128 142 161 350
-- program is finished running --
```

Hình 46: Kết quả test case 23

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

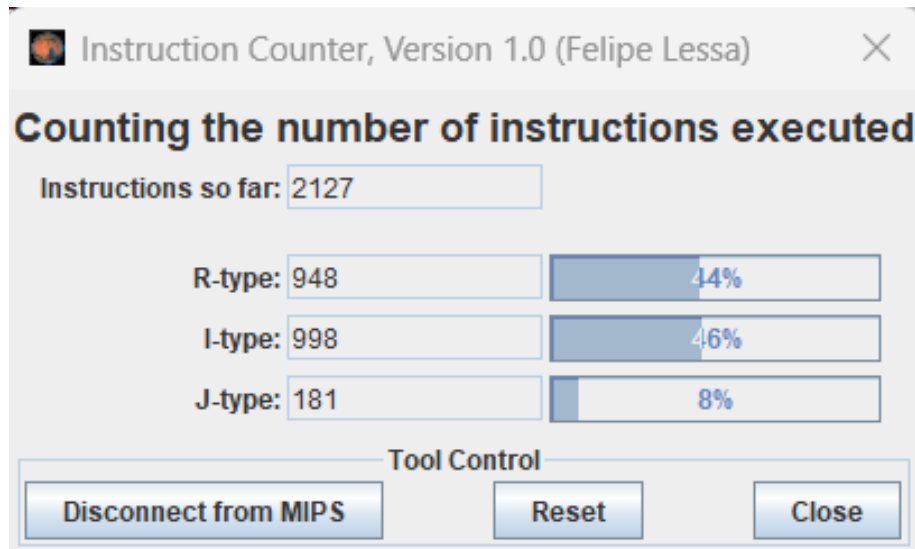


Hình 47: Instruction Count của test case 24

```
Mang can sap xep: -76 -360 -63 251 -39 -473 -234 299 30 -350
Cac buoc sap xep:
-473 -360 -63 251 -39 -76 -234 299 30 -350
-473 -360 -350 251 -39 -76 -234 299 30 -63
-473 -360 -350 -234 -39 -76 251 299 30 -63
-473 -360 -350 -234 -76 -39 251 299 30 -63
-473 -360 -350 -234 -76 -63 251 299 30 -39
-473 -360 -350 -234 -76 -63 -39 299 30 251
-473 -360 -350 -234 -76 -63 -39 30 299 251
-473 -360 -350 -234 -76 -63 -39 30 251 299
Mang sau khi sap xep: -473 -360 -350 -234 -76 -63 -39 30 251 299
-- program is finished running --
```

Hình 48: Kết quả test case 24

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

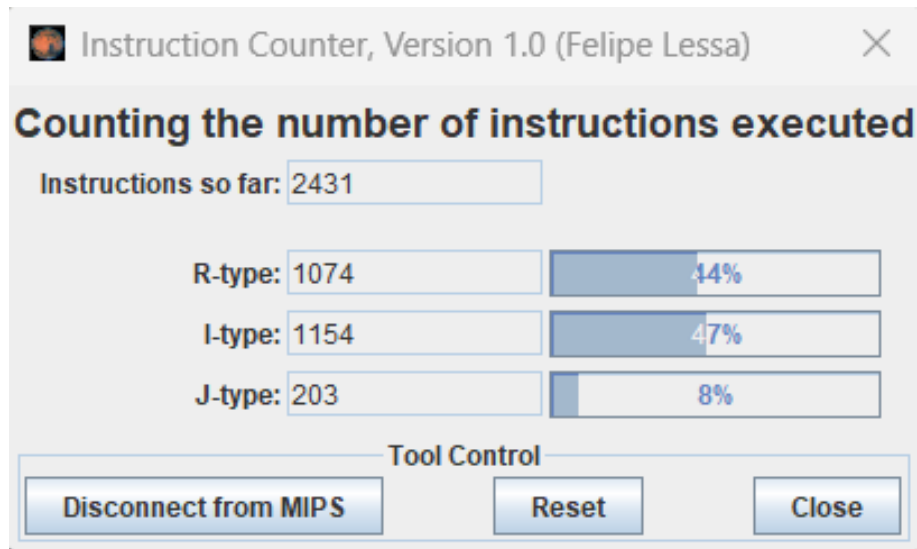


Hình 49: Instruction Count của test case 25

```
Mang can sap xep: 627 254 1610 4579 4517 -1478 -4988 -2135 -1643 -2759
Cac buoc sap xep:
-4988 254 1610 4579 4517 -1478 627 -2135 -1643 -2759
-4988 -2759 1610 4579 4517 -1478 627 -2135 -1643 254
-4988 -2759 -2135 4579 4517 -1478 627 1610 -1643 254
-4988 -2759 -2135 -1643 4517 -1478 627 1610 4579 254
-4988 -2759 -2135 -1643 -1478 4517 627 1610 4579 254
-4988 -2759 -2135 -1643 -1478 254 627 1610 4579 4517
-4988 -2759 -2135 -1643 -1478 254 627 1610 4517 4579
Mang sau khi sap xep: -4988 -2759 -2135 -1643 -1478 254 627 1610 4517 4579
-- program is finished running --
```

Hình 50: Kết quả test case 25

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

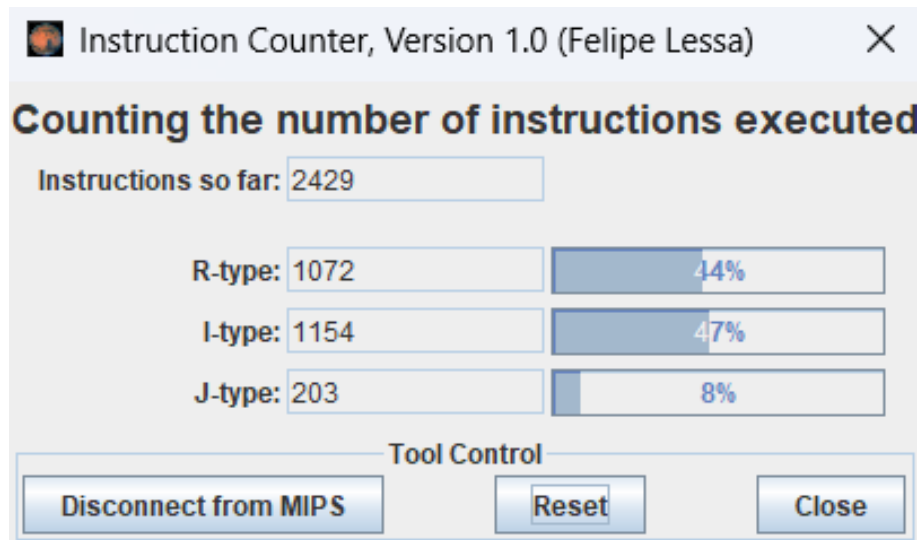


Hình 51: Instruction Count của test case 26

```
Mang can sap xep: -600 -277 -124 -939 -922 -426 -156 -435 -971 -854
Cac buoc sap xep:
-971 -277 -124 -939 -922 -426 -156 -435 -600 -854
-971 -939 -124 -277 -922 -426 -156 -435 -600 -854
-971 -939 -922 -277 -124 -426 -156 -435 -600 -854
-971 -939 -922 -854 -124 -426 -156 -435 -600 -277
-971 -939 -922 -854 -600 -426 -156 -435 -124 -277
-971 -939 -922 -854 -600 -435 -156 -426 -124 -277
-971 -939 -922 -854 -600 -435 -426 -156 -124 -277
-971 -939 -922 -854 -600 -435 -426 -277 -124 -156
-971 -939 -922 -854 -600 -435 -426 -277 -156 -124
Mang sau khi sap xep: -971 -939 -922 -854 -600 -435 -426 -277 -156 -124
-- program is finished running --
```

Hình 52: Kết quả test case 26

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

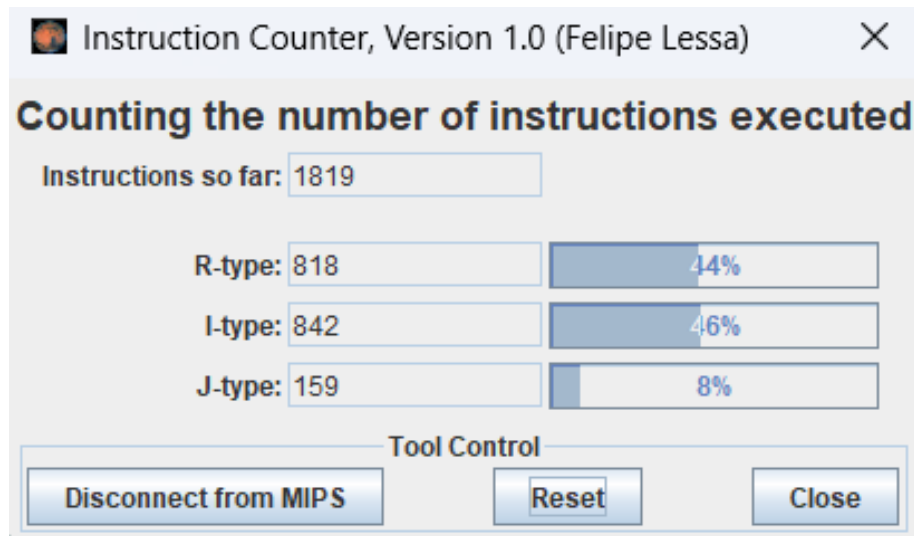


Hình 53: Instruction Count của test case 27

```
Mang can sap xep: -6337 -1313 -99 -838 -6102 -6629 -925 -5231 -1766 -6474
Cac buoc sap xep:
-6629 -1313 -99 -838 -6102 -6337 -925 -5231 -1766 -6474
-6629 -6474 -99 -838 -6102 -6337 -925 -5231 -1766 -1313
-6629 -6474 -6337 -838 -6102 -99 -925 -5231 -1766 -1313
-6629 -6474 -6337 -6102 -838 -99 -925 -5231 -1766 -1313
-6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -99 -925 -838 -1766 -1313
-6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -1766 -925 -838 -99 -1313
-6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -1766 -1313 -838 -99 -925
-6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -1766 -1313 -925 -99 -838
-6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -1766 -1313 -925 -838 -99
Mang sau khi sap xep: -6629 -6474 -6337 -6102 -5231 -1766 -1313 -925 -838 -99
-- program is finished running --
```

Hình 54: Kết quả test case 27

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

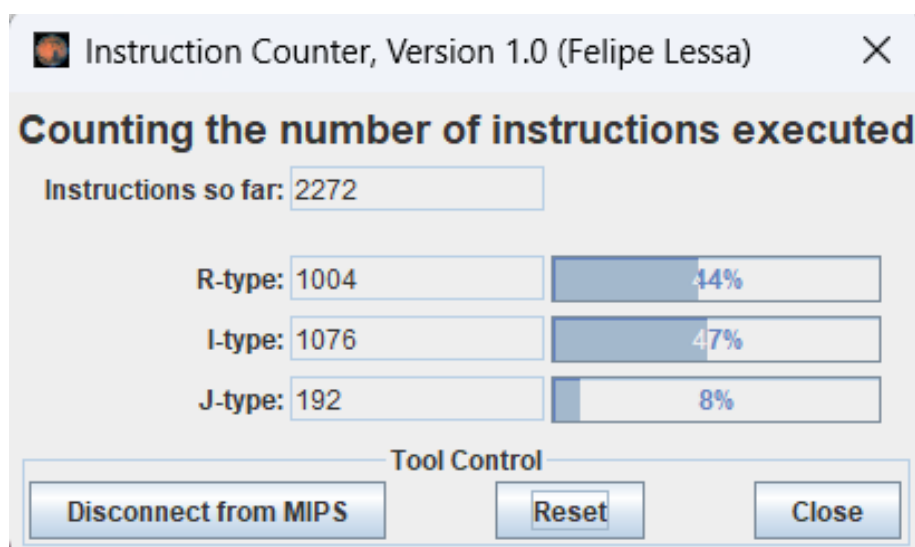


Hình 55: Instruction Count của test case 28

```
Mang can sap xep: -9268 -1047 -8623 -297 -9059 -2977 -4151 -4305 -1516 -7220
Cac buoc sap xep:
-9268 -9059 -8623 -297 -1047 -2977 -4151 -4305 -1516 -7220
-9268 -9059 -8623 -7220 -1047 -2977 -4151 -4305 -1516 -297
-9268 -9059 -8623 -7220 -4305 -2977 -4151 -1047 -1516 -297
-9268 -9059 -8623 -7220 -4305 -4151 -2977 -1047 -1516 -297
-9268 -9059 -8623 -7220 -4305 -4151 -2977 -1516 -1047 -297
Mang sau khi sap xep: -9268 -9059 -8623 -7220 -4305 -4151 -2977 -1516 -1047 -297
-- program is finished running --
```

Hình 56: Kết quả test case 28

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

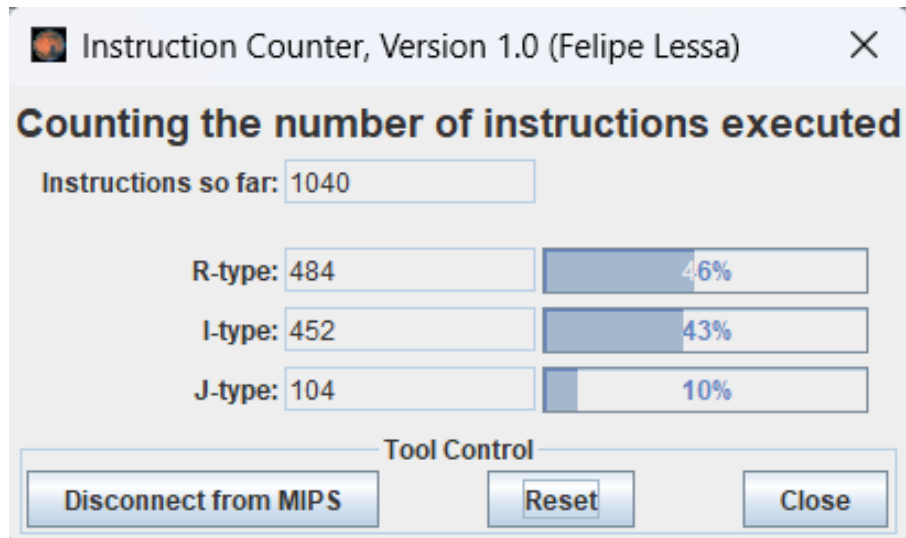


Hình 57: Instruction Count của test case 29

```
Mang can sap xep: 2589 1783 594 2754 898 9302 1103 7837 6209 5514
Cac buoc sap xep:
594 1783 2589 2754 898 9302 1103 7837 6209 5514
594 898 2589 2754 1783 9302 1103 7837 6209 5514
594 898 1103 2754 1783 9302 2589 7837 6209 5514
594 898 1103 1783 2754 9302 2589 7837 6209 5514
594 898 1103 1783 2589 9302 2754 7837 6209 5514
594 898 1103 1783 2589 2754 9302 7837 6209 5514
594 898 1103 1783 2589 2754 5514 7837 6209 9302
594 898 1103 1783 2589 2754 5514 6209 7837 9302
Mang sau khi sap xep: 594 898 1103 1783 2589 2754 5514 6209 7837 9302
-- program is finished running --
```

Hình 58: Kết quả test case 29

- Đây là trường hợp average case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự ngẫu nhiên (không tăng dần cũng không giảm dần).

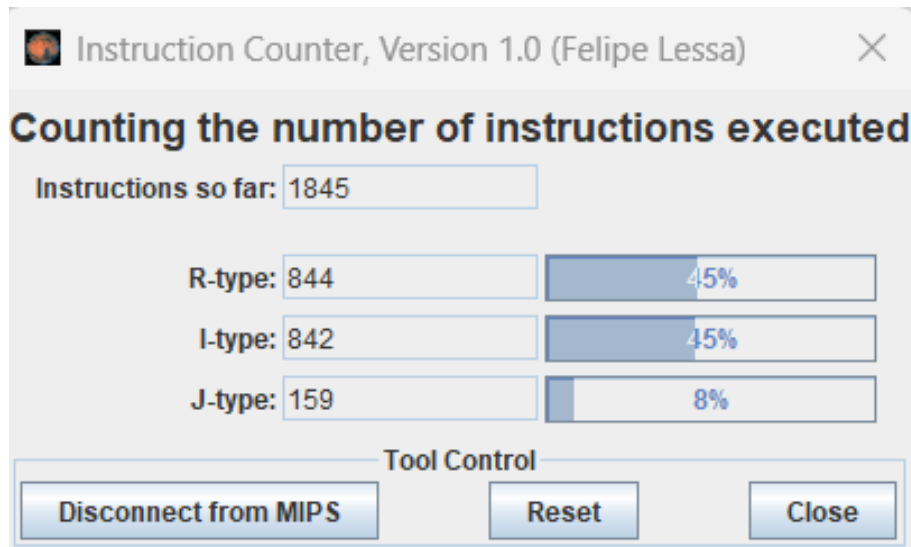


Hình 59: Instruction Count của test case 30

```
Mang can sap xep: -315 -274 -214 -208 -202 -109 140 299 444 471
Cac buoc sap xep:
Mang sau khi sap xep: -315 -274 -214 -208 -202 -109 140 299 444 471
-- program is finished running --
```

Hình 60: Kết quả test case 30

- Đây là trường hợp best case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng đã được sắp xếp theo thứ tự tăng dần.



Hình 61: Instruction Count của test case 31

```
Mang can sap xep: 474 470 195 153 128 102 99 -61 -228 -325
Cac buoc sap xep:
-325 470 195 153 128 102 99 -61 -228 474
-325 -228 195 153 128 102 99 -61 470 474
-325 -228 -61 153 128 102 99 195 470 474
-325 -228 -61 99 128 102 153 195 470 474
-325 -228 -61 99 102 128 153 195 470 474
Mang sau khi sap xep: -325 -228 -61 99 102 128 153 195 470 474
-- program is finished running --
```

Hình 62: Kết quả test case 31

- Đây là trường hợp worst case.
- Giải thích: Các phần tử trong mảng có thứ tự giảm dần trong khi yêu cầu bài toán là sắp xếp tăng dần.