

CR3.3B

Zane Livia

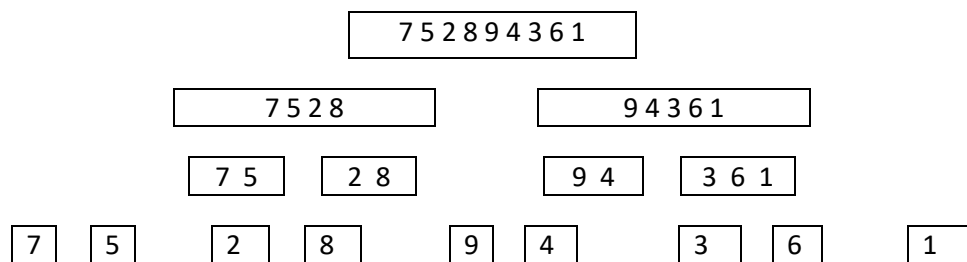
Proiect la Algoritmi paraleli si distribuiti

### Algoritmul de sortare merge-sort

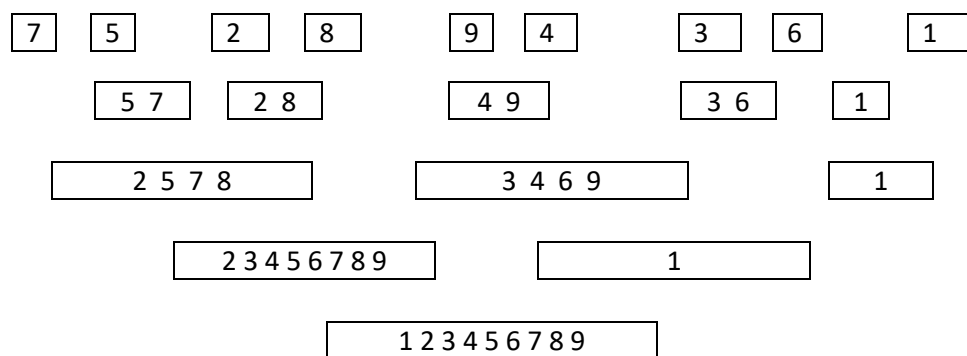
Este un algoritm de sortare care funcționează prin împărțirea unei liste în sub-liste mai mici, sortând fiecare sub-lista și apoi îmbinând înapoi sub-listele sortate, pentru a forma lista sortată finală.

Merge-Sort este un algoritm recursiv de tip Divide&Cucereste, care împarte continuu lista în jumătăți (Divide) până când nu mai poate fi împărțită în continuare (fiecare sub-lista conține cel mult un element). Aceasta înseamnă că dacă sub-lista devine goală sau mai are un singur element, împărțirea în subliste se va termina, fiind cazul de bază pentru oprirea recursivității. După fiecare înjumătățire, pentru ambele sub-liste se reapelează funcția Merge-Sort.

Exemplu de funcționare a algoritmului:



Pentru partea de Cucereste și Combinare soluții parțiale, se folosește o funcție de îmbinare (Merge) care reconstruiește lista, îmbinând (Combina) două câte două sub-liste între ele (ex. A și B), sortând totodată elementele (Cucereste) atunci când le inserează în sub-lista (C) care va conține elementele din cele două sub-liste (A și B).



Mai concret, daca listele A si B au un index i si j, mai este necesara inca o lista C cu index k, in care se vor insera elementele celor doua liste astfel:

- se pleaca cu indexul i, j si k, se compara  $A[i]$  cu  $B[j]$ , iar cel mai mic element se depune in  $C[k]$ ;
- se incrementeaza indexul elementului cel mai mic si se continua algoritmul pana cand se ajunge la  $\max\_i$  sau  $\max\_j$ ;
- daca raman elemente intr-una din listele A sau B, aceste elemente se adauga in lista C.

Algoritmul Merge-Sort in pseudocod este urmatorul:

```
Merge-Sort (list, first-index, last-index)
```

```
  if (first-index < last-index)
```

```
    middle-index = (first-index + last-index) / 2
```

```
    Merge-Sort(list, first-index, middle-index)    /* apelare recursiva pentru prima jumatate */
```

```
    Merge-Sort(list, middle-index, last-index)    /* apelare recursiva pentru a doua jumatate */
```

```
    Merge(list, first-index, middle-index, last-index)
```

Algoritmul Merge-Sort are o complexitate de timp  $O(n \log n)$ , fiind o sortare stabilă, ceea ce înseamnă că ordinea elementelor cu valori egale este păstrată în timpul sortării. Având în vedere că algoritmul utilizează o listă temporară pentru împartirea în sub-liste, este necesar un spațiu suplimentar  $\Theta(n)$ .

Există mai multe abordări ale variantei de bază, respectiv bottom-up, natural, top-down, ping-pong, dar poate fi folosită și împreună cu alți algoritmi, pentru a îmbunătăți performanța generală a unei probleme de sortare.

Puncte tari :

- rapid
- stabil
- poate fi implementat într-o abordare paralelă

Puncte slabe:

- iterează chiar și pentru cazul când lista inițială este sortată
- utilizează memorie suplimentară.

Pentru realizarea comparațiilor dintre varianta secvențială și cea paralelă de rulare a algoritmului merge-sort, voi folosi secvențe de numere naturale de la 1 până la  $n$  ( $n$  cu valori mici, medii și mari), pe care le voi amesteca random în câte o listă (cu date mici, medii și mari), apoi voi salva lista în câte un fișier. Cele trei fișiere vor constitui datele de intrare pentru ambele variante ale algoritmului.

## Prima testare:

```
4/67 3655 5574 4031 2052 7350 1150 6941 1724 3966 3430 1107 191 8007 1337 5457 2287 7753 383 4945 8909 2209 9758 4221 8588 6422 4946 7506 3030 6413 9168 900 2591 8762 1655
3602 4350 291 836 9374 1820 4596 4021 7348 3199 9668 4484 8281 4734 53 1999 6418 7938 6900 3788 8127 467 3728 4893 4648 2483 7807 2421 4310 6617 2813 9514 4309 7616 8935 7
8 5844 2609 4989 2702 3195 485 3093 4343 523 1587 9314 9503 7448 5200 3458 6618 580 9796 4798 5281 9589 798 8009 7157 472 3622 8538 2292 6038 4179 8190 9657 7958 6191 9315
46 6362 4886 8875 8433 9869 142 3844 1416 1881 1898 322 8051 21 5699 3557 8476 7892 4389 5075 712 2600 2510 1003 6869 7861 4688 3401 9789 5255 6423 5002 585 4182 285 7088
189 9976 1229 2368 8692 1425 555 3424 6549 7441 9512 145 8060 1718 2793 6139 2423 6270 5966 6687 2529 2540 7437 9866 2049 193 3195 3297 416 8286 6105 4488 6282 2455 5724 8
85 53 912 808 1832 945 4313 7756 8321 9558 3646 7082 481 4144 3196 222 7129 2161 5535 450 1172 466 2044 1650 6292 6439 7253 24 6154 9510 4745 649 3186 8313 4474 8022 2168
414 9314 5824 9334 5874 4372 150 1833 8070 7487 8297 7518 8177 7773 2270 1763 2668 7192 3985 3102 8480 9213 7627 4802 4090 527 2625 1543 1024 1023 9872 3061 4181 1803 7432
3064 7900 9187 8360 2413 974 4270 9170 235 833 9711 5760 8896 4667 7285 2550 140 3604 2695 1624 8019 2125 6576 1694 2658 6302 7371 2466 4678 2593 3851 5484 1018 8464 1119
315 9576 227 2043 2758 7164 5100 7882 7086 9565 3487 9577 4474 2625 5627 5629 1928 5423 8520 6902 4962 123 4596 3737 3261 195 2525 1264 8260 6202 8116 5030 326 901 771 64
0 851 8662 3829 900 7713 8958 7578 8365 3007 1477 1200 6058 6439 2303 2760 9357 2324 6477 5108 1113 4887 9801 2850 4460 2428 2993 7384 9405 6540 1111 8704 2835 2356 6072 9
57 9337 3271 3869 9361 2896 3022 9617 112 2717 8696 1585 4041 4423 4129 4229 4565 6559 8932 2296 9855 2053 6962 3584 9734 6654 6972 1457 4369 2532 2963 2607 2483 91 1635
41 175 1459 7825 3221 7870 1626 1934 5205 1783 3850 7398 2279 2701 2193 2734 1637 6534 5556 1993 176 5705 6962 548 5881 300 4413 6641 9855 4855 3142 1462 7611 877 424 2678
610 1817 4932 8112 695 3169 3831 40 6488 8685 9090 9497 2589 5990 5145 9353 9314 8651 6740 2044 1258 335 8759 1192 7605 5264 2181 8503 3829 3775 608 9292 5997 7549 9556 9
81 6077 215 8683 8213 3992 5824 5601 3392 5759 2670 6428 8027 4084 75 8786 5498 4970 6287 3847 2604 503 1221 2663 5706 2363 9810 2171 7489 8240 2164 5542 7619 913 7591 670
1098 1247 3584 3648 2971 7864 2913 1075 1545 8712 7546 8678 1769 5262 8519 3985 8289 5944 2865 8540 3245 5508 8318 7870 9601 8323 1132 4472 7152 5087 8570 9763 9901 7103 4
7 2088 2943 2637 2409 6463 5049 4681 1588 1342 608 2060 1221 1758 9954 888 4146 690 7949 2843 1430 5620 748 7067 4536 783 8035 2226 5185 7038 9853 5629 1224 5748 9923 3359
355 1801 2549 9496 8584 9515 7964 3342 8075 7913 6142 1196 1948 5072 426 4606 6173 4429 2404 6705 626 9812 9375 93 6565 6036 4736 9141 814 5994 8256 6652 3936 838 482 135
6 0690 1586 5662 1634 893 353 1416 3452 4008 7262 2233 5454 6303 6634 6303 4256 148 1124 2317 4213 7109 4028 9200 1080 1318 6858 4050 4155 1361 5264 1903 3676 9643 6909 49
2 6923 3831 9369 3878 259 9008 2619 3971 3 1945 9781 6504 2392 2685 5313 6698 5589 2722 5938 9037 6410 1461 6234 2508 9961 3959 6493 1515 5269 4937 8869 58 4700 3971 6264
082 1954 6085 710 4484 4774 8380 9815 5951 6541 8115 1679 7110 5898 3073 788 3977 8132 9956 8689 6113 8 2941 5790 1723 1363 28 5184 4778 7200 5071 1885 1974 1071 1333 2867
3309 4693 4686 80 116 2249
nupa sortare: 8 3 21 24 28 37 40 40 41 53 53 55 58 67 72 75 80 93 106 112 116 123 140 142 142 145 148 153 159 175 176 188 191 193 195 202 212 215 222 227 235 259 285 288
335 353 355 383 416 424 426 450 466 467 472 481 482 485 491 503 523 527 537 548 555 556 580 585 600 601 608 608 610 626 649 671 674 690 695 710 712 748 750 771 778 783 78
7 888 893 900 900 911 912 913 932 945 1001 1003 1003 1008 1015 1017 1018 1020 1023 1025 1060 1071 1075 1080 1098 1101 1107 1111 1113 1115 1119 1124 1131 1132 1150 1153
1240 1247 1258 1264 1282 1286 1316 1318 1322 1323 1329 1333 1337 1342 1355 1361 1363 1416 1416 1422 1425 1426 1430 1457 1459 1461 1462 1477 1478 1511 1515 1520 1538 1538
1588 1600 1624 1626 1626 1627 1634 1635 1637 1650 1655 1659 1673 1679 1694 1701 1718 1723 1724 1726 1752 1758 1763 1763 1769 1783 1818 1832 1833 1840 1842 1869 1881 1885 1
954 1974 1993 1998 1999 2011 2043 2044 2044 2052 2053 2060 2082 2088 2125 2142 2154 2161 2164 2168 2168 2170 2171 2181 2190 2193 2209 2220 2223 2226 2233 2249 2257 2263 22
17 2324 2355 2356 2363 2368 2382 2386 2391 2392 2404 2409 2413 2421 2423 2428 2439 2455 2466 2483 2483 2508 2510 2525 2529 2532 2549 2549 2589 2591 2593 2598 2600 260
7 2637 2646 2648 2658 2662 2663 2668 2670 2673 2678 2685 2695 2701 2702 2704 2717 2722 2725 2726 2734 2741 2757 2758 2760 2798 2800 2813 2818 2835 2843 2848 2850 2859 2865
2949 2963 2971 2993 2995 3007 3022 3030 3031 3035 3039 3061 3064 3073 3093 3102 3142 3152 3169 3186 3195 3195 3196 3199 3216 3221 3245 3261 3271 3281 3290 3297 3309 3318
3458 3487 3527 3548 3557 3561 3584 3584 3602 3622 3625 3646 3648 3653 3655 3676 3694 3728 3737 3753 3754 3757 3775 3788 3805 3811 3829 3829 3831 3831 3844 3847 3850 3851 3
971 3977 3977 3985 3985 3986 3992 4008 4015 4018 4021 4028 4031 4041 4041 4050 4084 4084 4099 4129 4144 4146 4155 4169 4179 4181 4182 4186 4213 4221 4229 4256 4270 4272 42
69 4370 4372 4389 4393 4413 4414 4423 4423 4429 4460 4464 4472 4474 4474 4484 4484 4485 4488 4536 4555 4555 4565 4596 4596 4604 4606 4625 4626 4639 4648 4664 4667 4675 4678 468
7 4766 4767 4771 4774 4778 4798 4802 4827 4833 4855 4886 4887 4893 4902 4924 4932 4937 4940 4944 4945 4946 4948 4955 4962 4966 4970 4975 4989 5002 5006 5021 5030 5049 5071
5145 5184 5185 5200 5205 5205 5249 5255 5262 5264 5264 5269 5281 5313 5347 5350 5402 5411 5423 5436 5447 5454 5457 5484 5498 5508 5535 5537 5542 5547 5557 5556 5561 5565
5629 5662 5667 5699 5705 5705 5706 5721 5724 5734 5748 5759 5790 5796 5796 5884 5884 5884 5881 5890 5898 5938 5944 5951 5990 5994 5996 5997 6036 6038 6058 6072 6
153 6154 6173 6191 6202 6202 6215 6224 6234 6264 6270 6279 6282 6287 6292 6299 6302 6303 6303 6308 6334 6359 6362 6410 6411 6413 6418 6422 6423 6428 6439 6439 6463 6467 64
12 6519 6534 6540 6541 6541 6617 6618 6634 6641 6652 6664 6687 6698 6704 6705 6729 6740 6777 6827 6858 6868 6869 6900 6902 6909 6923 6924 6941 6944 696
6 7088 7103 7109 7110 7129 7152 7157 7164 7189 7192 7200 7222 7253 7262 7285 7348 7350 7371 7376 7384 7391 7398 7410 7421 7432 7437 7441 7446 7448 7451 7487 7489 7505 7506
7605 7611 7616 7619 7624 7627 7644 7673 7711 7713 7753 7756 7773 7807 7813 7815 7825 7841 7861 7864 7870 7870 7882 7892 7900 7913 7938 7949 7958 7958 7964 7982 8007 8009
8087 8112 8114 8115 8116 8127 8132 8145 8177 8190 8213 8230 8240 8253 8256 8260 8281 8286 8289 8296 8297 8313 8318 8321 8323 8330 8360 8365 8380 8433 8443 8464 8467 8476 8
540 8570 8584 8588 8617 8636 8650 8651 8651 8662 8678 8683 8685 8689 8692 8696 8703 8704 8712 8716 8723 8745 8756 8759 8762 8786 8787 8823 8869 8875 8896 8909 8932 8935 89
72 9090 9141 9156 9161 9168 9169 9170 9174 9187 9200 9213 9232 9264 9288 9292 9313 9314 9314 9314 9334 9337 9350 9353 9357 9357 9358 9361 9369 9374 9375 9405 9496 9497 956
5 9576 9577 9589 9601 9617 9629 9643 9657 9658 9668 9676 9690 9711 9718 9734 9741 9758 9763 9781 9789 9790 9796 9801 9812 9815 9815 9832 9853 9855 9855 9866 9869 9894 9895
9961 9961 9972 9976
timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 1000 elemente, este de: 1138800 ns.
```

Timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 1000 elemente, este de: 1138800 ns.

## A doua testare:

```
Select "D:\documente facultate\Anul III\semestrul 2\APD\merge_sort\merge_sort\bin\Debug\merge_sort.exe"
9318 9319 9320 9321 9323 9323 9324 9328 9331 9334 9334 9337 9337 9338 9341 9343 9344 9345 9348 9350 9351 9352 9353 9354
9354 9355 9356 9357 9357 9358 9359 9359 9361 9361 9362 9364 9365 9368 9368 9369 9370 9372 9372 9373 9374 9375 9375 9381
9382 9383 9384 9385 9387 9388 9389 9390 9396 9397 9397 9397 9400 9401 9402 9405 9405 9406 9407 9408 9409 9410 9411 9412
9412 9413 9413 9414 9420 9421 9421 9421 9424 9425 9425 9426 9426 9427 9428 9429 9429 9435 9438 9440 9443 9444 9445 9445
9447 9447 9448 9448 9449 9451 9451 9455 9458 9458 9459 9460 9462 9463 9463 9463 9464 9464 9465 9466 9466 9467 9467 9467
9468 9472 9472 9472 9473 9478 9480 9481 9482 9483 9483 9485 9486 9487 9487 9488 9489 9490 9490 9491 9492 9492 9494 9496 9496
9497 9499 9499 9501 9501 9503 9503 9503 9505 9507 9507 9508 9510 9511 9511 9512 9512 9514 9514 9515 9515 9515 9521 9522
9523 9524 9526 9527 9527 9529 9531 9531 9533 9535 9535 9537 9537 9539 9541 9542 9546 9551 9551 9551 9552 9552 9554 9555
9555 9555 9556 9556 9556 9556 9557 9557 9558 9559 9560 9561 9561 9562 9565 9566 9566 9567 9567 9569 9569 9570 9573 9574
9576 9577 9578 9578 9578 9582 9583 9587 9588 9589 9591 9593 9594 9595 9598 9601 9601 9601 9601 9602 9606 9606 9606 9608
9609 9610 9611 9613 9614 9615 9616 9616 9617 9617 9618 9621 9623 9624 9625 9629 9631 9634 9635 9643 9645 9646 9646
9647 9647 9647 9647 9648 9649 9652 9653 9654 9655 9656 9657 9658 9658 9658 9659 9659 9661 9662 9662 9662 9663 9664 9665
9666 9668 9668 9669 9670 9670 9672 9674 9676 9676 9677 9678 9679 9679 9681 9681 9682 9683 9685 9686 9688 9688 9688 9690
9692 9693 9694 9695 9695 9695 9695 9696 9696 9696 9699 9700 9703 9704 9707 9707 9710 9711 9711 9712 9714 9714 9714
9714 9718 9718 9719 9720 9722 9723 9724 9724 9725 9726 9726 9728 9728 9729 9730 9731 9733 9734 9734 9735 9736 9737 9738
9740 9740 9741 9741 9743 9744 9748 9749 9750 9751 9752 9754 9755 9756 9758 9758 9761 9761 9762 9763 9763 9764 9766 9766
9766 9767 9768 9768 9768 9769 9770 9770 9771 9772 9772 9773 9774 9777 9779 9781 9781 9782 9782 9783 9783 9785 9785 9786
9787 9788 9789 9789 9789 9790 9790 9790 9792 9793 9793 9793 9795 9796 9801 9801 9801 9801 9803 9807 9808 9810 9812 9812
9813 9814 9814 9814 9814 9815 9815 9815 9818 9821 9827 9831 9831 9832 9832 9833 9834 9842 9843 9845 9846 9846 9847
9847 9849 9850 9850 9851 9853 9854 9854 9854 9855 9855 9856 9857 9858 9858 9858 9859 9860 9861 9863 9864 9866 9866
9868 9868 9869 9869 9869 9873 9874 9876 9876 9877 9877 9881 9882 9885 9891 9891 9894 9895 9897 9897 9898 9900 9901 9904
9905 9905 9905 9907 9909 9910 9911 9912 9913 9914 9915 9915 9916 9916 9917 9919 9921 9923 9923 9923 9924 9924 9926 9926
9929 9930 9932 9934 9934 9935 9938 9941 9942 9942 9942 9946 9947 9947 9948 9948 9949 9949 9951 9951 9952 9954 9954 9955
9956 9958 9958 9958 9959 9961 9961 9961 9962 9963 9964 9964 9967 9969 9970 9972 9973 9974 9975 9975 9976 9977 9977 9978
9979 9979 9981 9981 9981 9982 9982 9983 9984 9984 9984 9984 9986 9988 9989 9990 9991 9993 9994 9995 9996 9997
Timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 10000 elemente, este de: 2991200 ns.
Process returned 0 (0x0) execution time : 9.462 s
Press any key to continue.
```

Timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 10000 elemente, este de: 2991200 ns.

## A treia testare:

```
"D:\documente facultate\Anul III\semestrul 2\APD\merge_sort\merge_sort\bin\Debug\merge_sort.exe"
320 32620 32620 32620 32620 32621 32621 32621 32621 32622 32622 32622 32623 32623 32623 32623 32623 32624 32624 32624 32
324 32624 32624 32625 32625 32626 32626 32626 32627 32628 32628 32628 32628 32629 32629 32629 32629 32629 32629 32629 32
329 32630 32630 32630 32631 32631 32631 32631 32632 32632 32632 32632 32633 32633 32633 32633 32633 32634 32634 32634 32
335 32636 32636 32637 32637 32637 32638 32638 32639 32639 32640 32640 32640 32640 32641 32641 32641 32642 32643 32643 32
343 32643 32643 32644 32644 32645 32645 32645 32645 32646 32646 32646 32646 32646 32646 32646 32647 32647 32648 32648 32
349 32650 32650 32650 32651 32651 32651 32651 32652 32652 32652 32652 32653 32653 32653 32654 32654 32654 32655 32655 32
355 32655 32656 32656 32656 32656 32656 32657 32657 32657 32657 32657 32657 32657 32657 32657 32657 32658 32658 32659 32
359 32660 32660 32660 32660 32661 32661 32661 32661 32662 32662 32662 32662 32662 32662 32662 32663 32663 32663 32663 32
363 32664 32664 32664 32664 32665 32665 32665 32665 32666 32666 32666 32666 32666 32667 32667 32667 32667 32668 32668 32
368 32668 32668 32669 32669 32670 32670 32671 32671 32671 32671 32672 32672 32672 32672 32673 32673 32674 32674 32674 32
374 32675 32675 32675 32676 32676 32677 32677 32677 32678 32678 32678 32678 32678 32679 32679 32679 32679 32679 32679 32
379 32679 32680 32680 32681 32681 32682 32682 32683 32684 32684 32684 32684 32685 32685 32685 32685 32686 32686 32687 32687 32
387 32687 32688 32688 32688 32688 32689 32689 32689 32690 32691 32691 32691 32691 32692 32692 32692 32692 32692 32692 32
392 32692 32693 32693 32693 32694 32694 32694 32694 32695 32695 32696 32696 32696 32697 32698 32698 32698 32698 32699 32
399 32700 32700 32700 32700 32701 32701 32702 32702 32703 32703 32703 32703 32704 32704 32704 32704 32705 32705 32705 32
705 32706 32706 32706 32707 32707 32707 32707 32708 32708 32709 32709 32709 32710 32710 32710 32711 32711 32711 32711 32
711 32711 32712 32712 32713 32713 32713 32713 32714 32714 32715 32715 32716 32717 32717 32717 32717 32717 32717 32717 32
717 32718 32718 32718 32719 32719 32719 32719 32720 32720 32720 32720 32721 32722 32723 32723 32723 32723 32723 32
724 32724 32724 32725 32725 32725 32725 32726 32726 32727 32727 32727 32728 32728 32728 32729 32729 32729 32730 32730 32
731 32731 32731 32731 32732 32733 32733 32733 32734 32734 32735 32735 32735 32735 32736 32736 32736 32736 32736 32736 32
736 32737 32737 32737 32737 32737 32738 32738 32739 32739 32740 32741 32742 32742 32742 32742 32743 32743 32744 32744 32
744 32744 32744 32744 32745 32745 32745 32745 32746 32746 32746 32746 32747 32747 32747 32748 32748 32749 32749 32749 32
750 32751 32751 32751 32751 32752 32752 32752 32753 32753 32754 32754 32755 32755 32756 32756 32757 32757 32757 32757 32
759 32760 32760 32760 32760 32761 32761 32762 32762 32762 32762 32763 32763 32763 32763 32764 32764 32764 32765 32765 32
765 32765 32765 32766 32766 32766 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32767 32
Timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 100000 elemente, este de: 44850200 ns.
Process returned 0 (0x0)   execution time : 94.515 s
Press any key to continue.
```

Timp procesor pentru algoritm merge-sort cu 100000 elemente, este de: 44850200 ns.

PC Specs:

**OS:** Windows 10 Pro - 64bit

**CPU:** Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @ 2.30GHz

**RAM:** 8GB

**GPU:** AMD Radeon (TM) R5 M330

**SSD:** WD M.2

Programming Languages:

**C++**