QuickSort u AEC-u

Autor:
Teo Samaržija
(student FERIT-a)

O AEC-u

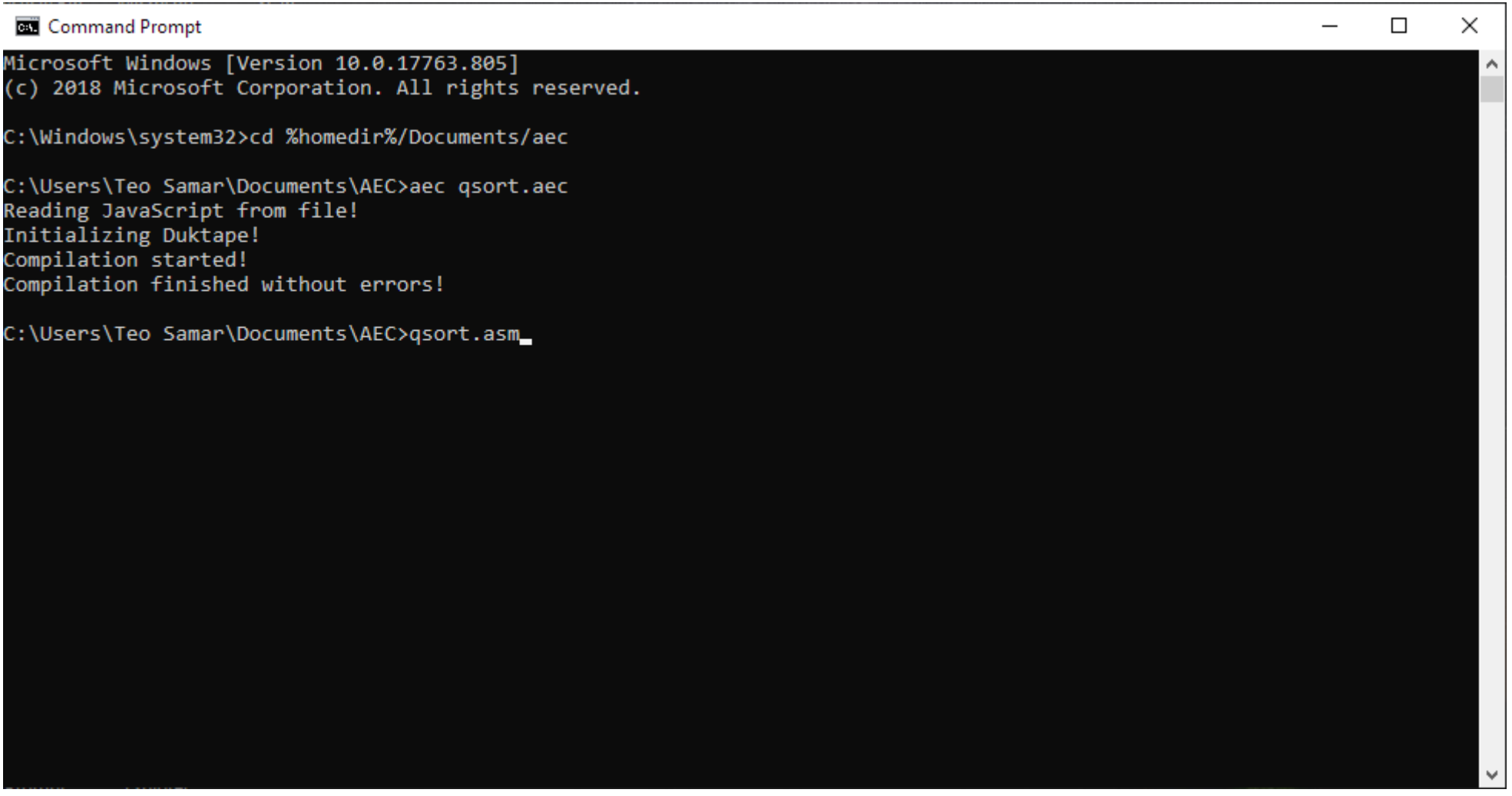
- AEC je pojednostavljeni niski programski jezik koji sam izradio za komunikaciju sa svojim jednostavnim compilerom.
- Compiler za AEC ima oko 2000 redaka koda.

O compileru za AEC

- Compiler za AEC pisan je u JavaScriptu i za pristupanje datotekama i druge “niže” stvari koristi Duktape radni okvir (interpreter za JavaScript pisan u C99).
- `Aec.exe` očekuje da se u direktoriju u kojem se pokrene nalaze datoteke `compiler.js` i `control.js`.

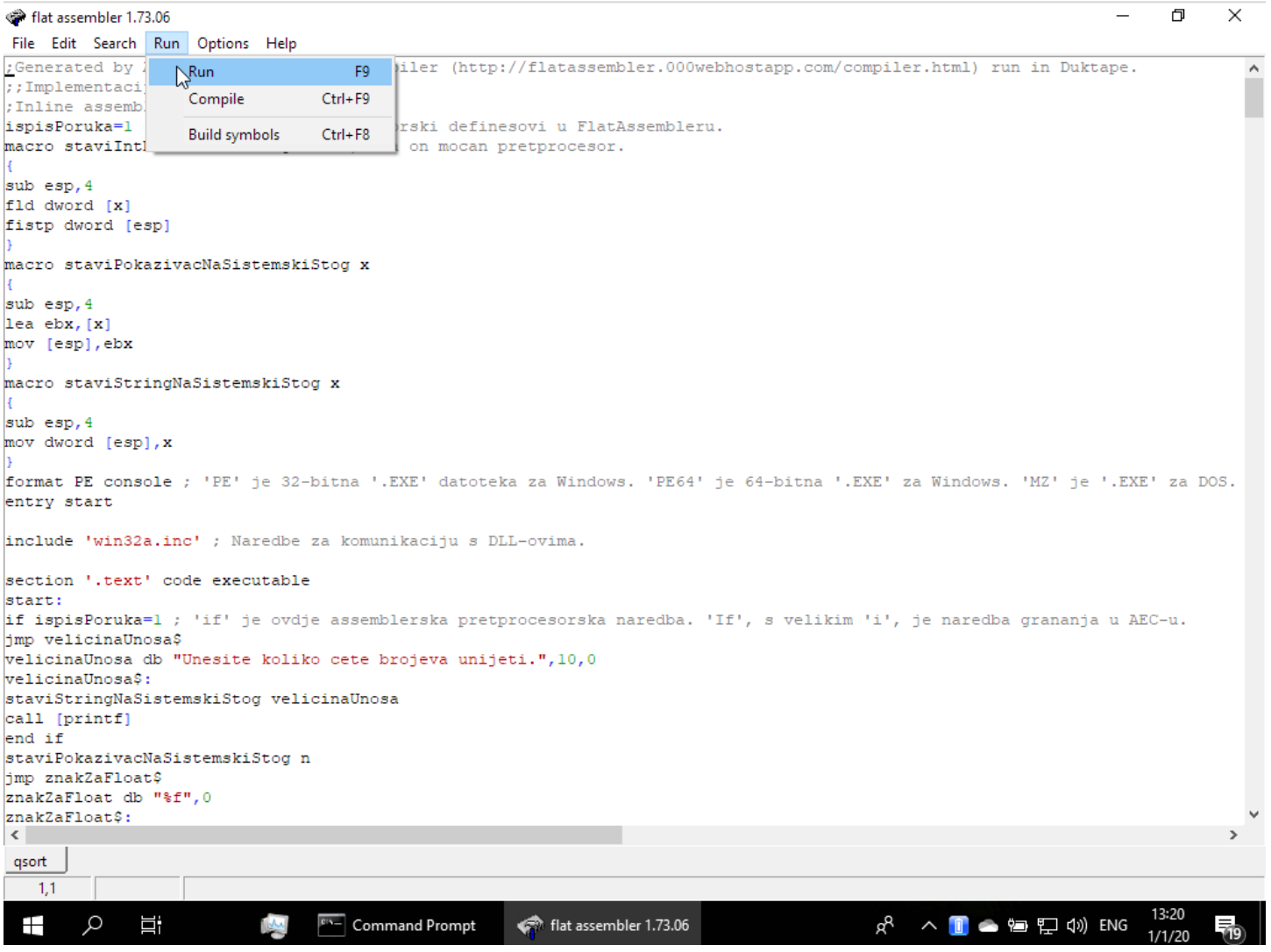
Kako se koristi compiler za AEC?

- Compiler za AEC je jako jednostavan compiler, on ne prevodi na strojni jezik, nego samo do asemblerskog jezika.
- Ukucati u CMD: `aec <ime_programa>.aec`
- Ako je u redu, on će stvoriti datoteku `<ime_programa>.asm`.


Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.17763.805]
(c) 2018 Microsoft Corporation. All rights reserved.
C:\Windows\system32>cd %homedir%/Documents/aec
C:\Users\Teo Samar\Documents\AEC>aec qsort.aec
Reading JavaScript from file!
Initializing Duktape!
Compilation started!
Compilation finished without errors!
C:\Users\Teo Samar\Documents\AEC>qsort.asm

Što onda s ASM datotekom?

- Treba je otvoriti u FlatAssembler IDE-u, otvoriti izbornik *Run* i stisnuti *Compile and Run*.
- Ne pokušavati compilirati FlatAssemblerom izravno iz CMD-a, FlatAssemblerov pretprocesor će se buniti jer on očekuje da mu IDE kaže gdje su mu *includeovi*.


flat assembler 1.73.06
File Edit Search Run Options Help
Run F9
Compile Ctrl+F9
Build symbols Ctrl+F8
;Generated by
;;Implementaci
;Inline assemb
ispisPoruka=1
macro staviInt
{
sub esp,4
fld dword [x]
fistp dword [esp]
}
macro staviPokazivacNaSistemskiStog x
{
sub esp,4
lea ebx,[x]
mov [esp],ebx
}
macro staviStringNaSistemskiStog x
{
sub esp,4
mov dword [esp],x
}
format PE console ; 'PE' je 32-bitna '.EXE' datoteka za Windows. 'PE64' je 64-bitna '.EXE' za Windows. 'MZ' je '.EXE' za DOS.
entry start
include 'win32a.inc' ; Naredbe za komunikaciju s DLL-ovima.
section '.text' code executable
start:
if ispisPoruka=1 ; 'if' je ovdje assemblerska pretprocesorska naredba. 'If', s velikim 'i', je naredba grananja u AEC-u.
jmp velicinaUnosa$
velicinaUnosa db "Unesite koliko cete brojeva unijeti.",10,0
velicinaUnosa$:
staviStringNaSistemskiStog velicinaUnosa
call [printf]
end if
staviPokazivacNaSistemskiStog n
jmp znakZaFloat$
znakZaFloat db "%f",0
znakZaFloat$:
qsort
1,1
Command Prompt
flat assembler 1.73.06
ENG
13:20
1/1/20

O sintaksi AEC-a

- Umetanje asemblerskog koda: između `AsmStart` i `AsmEnd`. To je potrebno napraviti barem na početku programa, jer compiler za AEC očekuje da programer komunicira s asemblerskim compilerom o tome kako će biti oblikovana izvršna datoteka (i hoće li je uopće biti, da neće biti DLL ili nešto slično).
- Svaka naredba završava novim redom (kao u asemblerskom jeziku), ne moramo stavljati `;` (kao što moramo u C-u ili VHDL-u).
- Komentari se pišu između znaka `;` i kraja reda (kao u FlatAssemblerskom dijalektu asemblerskog), ne postoje višeredovni komentari.

Operator pridruživanja

- Operator pridruživanja, ono što je u C-u znak =, a u VHDL-u <= ili :=, u AEC-u je uvijek :=.

Naredbe grananja

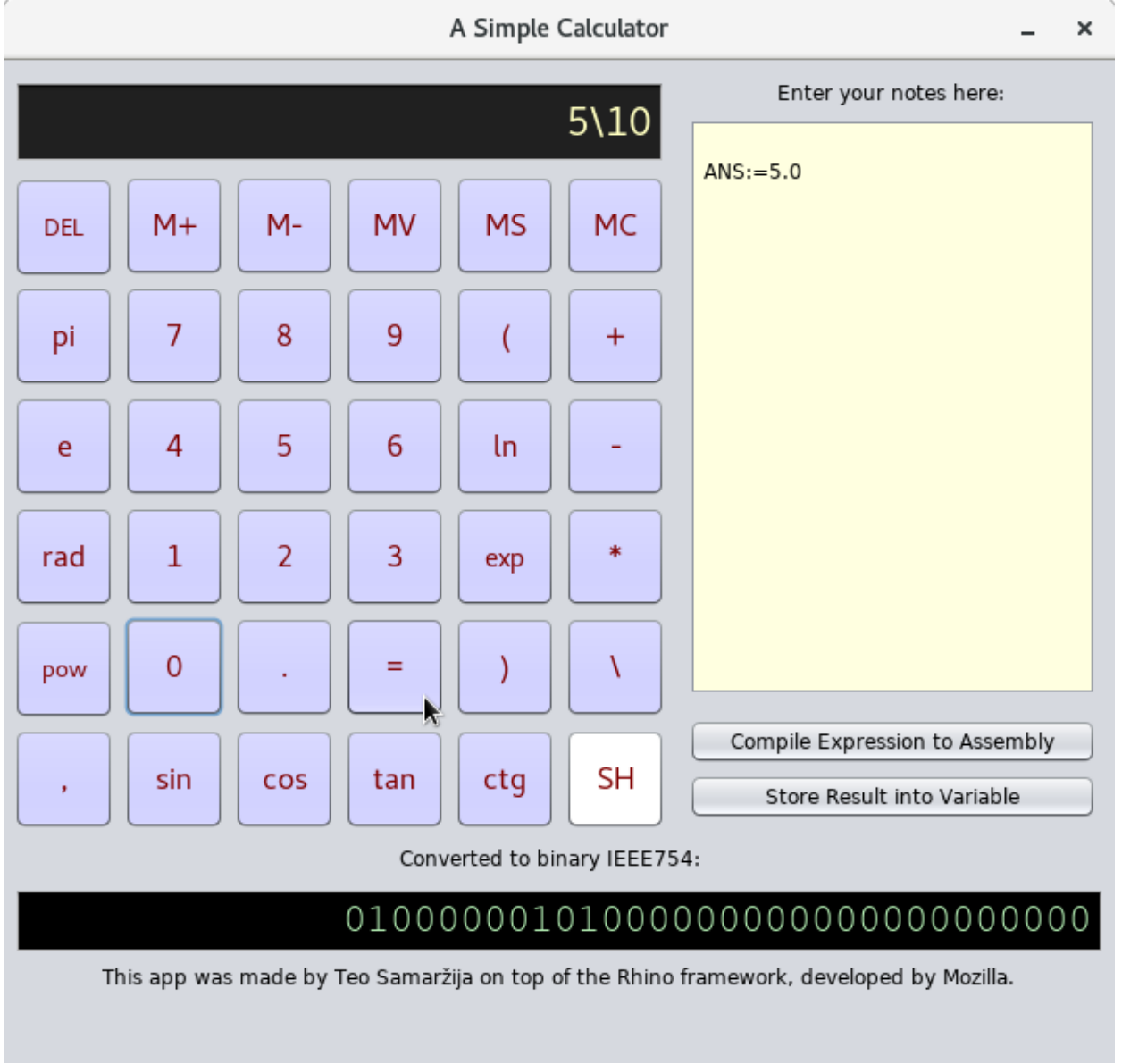
- Naredba grananja je `If` (s velikim ‘i’), nakon nje u istom redu slijedi uvjet (izraz koji se vrednuje u 0 ili 1) te novi red, a grananje završava naredbom `EndIf`.
- Postoji i naredba `Else`.
- Naredba `ElseIf` još nije implementirana, compiler za sada jednostavno ignorira sve što se nakon `Else` nalazi u istom redu.

Petlje

- Za sada postoji samo `While` petlja, ona završava s `EndWhile`.

Operatori

- Binarni aritmetički operatori su: `+`, `-`, `*` (množenje), `/` (dijeljenje prvog operanda s drugim) i `\` (dijeljenje drugog operanda s prvim).
- Operator obrnutog dijeljenja napravio sam za SimpleCalculator. SimpleCalculator (dostupan na mom GitHub profilu) pisan je u JavaScriptu i koristi Rhino radni okvir (za JIT prevođenje JavaScripta u Javin bytecode, da se mogu upotrebljavati Javine klase i Javini radni okviri iz JavaScripta). SimpleCalculator dijeli velik dio svog koda s ovim compilerom.
- Unarni aritmetički operatori su `+` i `-` te `++`. Oprez, operator `++` ponaša se drukčije nego u C-u, on je ovdje jednostavno sinonim za `+1`. `(++)+(++)` je u C-u sintaksna greška, a ovdje se vrednuje u broj `2`.
- Logički operatori su `&` (odgovara C-ovom `&&`, a ne C-ovom `&`) i `|` (C-ov `||`).
- Operatori usporedbe su: `=` (C-ov `==`), `<` i `>`. Operatori `<=` i `>=` nisu implementirani jer bi oni znatno otežali tokeniziranje izraza.


A Simple Calculator
5\10
DEL
M+
M-
MV
MS
MC
pi
7
8
9
(
+
e
4
5
6
ln
-
rad
1
2
3
exp
*
pow
0
.
=
)
\
,
sin
cos
tan
ctg
SH
Enter your notes here:
ANS:=5.0
Compile Expression to Assembly
Store Result into Variable
Converted to binary IEEE754:
01000000101000000000000000000000
This app was made by Teo Samaržija on top of the Rhino framework, developed by Mozilla.

Ugrađene funkcije

- Unarne funkcije: `abs`, `sin`, `cos`, `not` (logičko negiranje, C-ov `!`) `arcsin`, `arccos`, `ctg`, `arctan`, `arcctg`, `sqrt`, `ln` (prirodni logaritam), `exp`, `log` (dekadski logaritam, ne prirodni kao u C-u) i `tan`. Trigonometrijske i ciklometrijske funkcije rade sa stupnjevima, a ne s radijanima (kao u C-u).
- Binarne funkcije:
  - `atan2(y,x)` (za razliku od C-ove funkcije s istim imenom, ova daje rezultat u kutnim stupnjevima)
  - `pow(x,y)` (sintaksni šećer za `exp(ln(x)*y)`, oprez: vraća `NaN` ako je x<0 ili x=0)
  - `mod(x,y)` (radi isto što i C-ova funkcija `fmod`)

Pisanje funkcija

- Funkcije za sada nije moguće pisati u AEC-u, no moguće je program pomoću asemblerskih isječaka oblikovati u više funkcija ili procedura, te iz asemblerskih isječaka pozivati funkcije i procedure.

Kako su te funkcije uprogramirane u compiler?

```
function facosp() // -||- arkus kosinus (po formuli pi/2-
arcsin(x))
{
     asm("fstp dword [result]");
     asm("fldpi");
     asm("fld1");
     asm("fld1");
     faddp();
     fdivp();
     asm("fld dword [result]");
     fasinp();
     fsubp();
}
```

Varijable

- U AEC-u ne mogu se deklarirati varijable. AEC-ov compiler očekuje da programer to napravi u isječcima asemblerskog koda, ovisno o tome kako želi da mu izvršna datoteka bude formatirana i u kojem asemblerskom dijalektu radi. AEC-ov compiler pokušava ne raditi pretpostavke o tim stvarima. Varijable se uvijek isto zovu u asemblerskom kodu i u AEC-ovskom kodu (u C-ovskim programima linker određuje kako će se varijable zvati u asemblerskim programima umetnutim u program pisan u C-u).
- AEC za sada podržava samo jedan tip podataka, 32-bitni decimalni broj (C-ov `float`).

Nizovi

- Postoje samo jednodimenzionalni nizovi, oni se tretiraju na isti način kao i funkcije.
- Primjerice, `pomocni(staviManje):=original(i).`
- S lijeve strane operatora pridruživanja možemo koristiti i uglate zagrade umjesto okruglih.
- Kao i varijable, deklariraju se u asemblerskom kodu.
- Pri prevođenju nizova, compiler pretpostavlja da je moguće `push`ati i `pop`ati 32-bitne podatke na sistemski stog i sa sistemskog stoga, te da je moguće koristiti registar `ebx` kao pokazivač, što ponekad, ovisi kako formatiramo izvršnu datoteku u asemblerskom kodu na početku programa, nije slučaj.

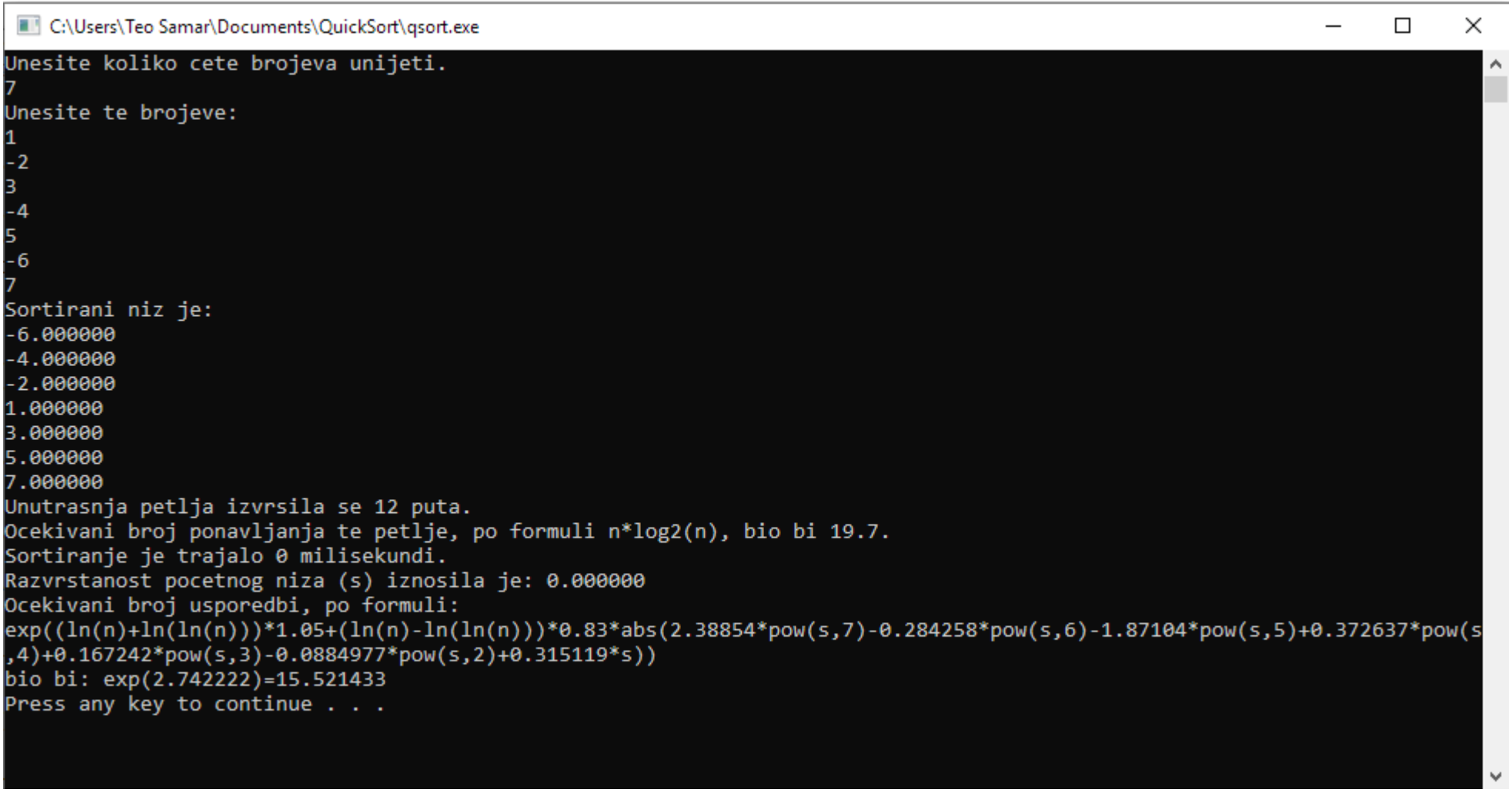
Ulaz i izlaz

- Za sada je ulaz i izlaz najlakše raditi tako da se u asemblerskim isječcima pozivaju funkcije iz C-a. To je repetitivan posao sklon greškama, no njega uvelike olakšavaju FlatAssemblerove makronaredbe.

QuickSort u AEC-u

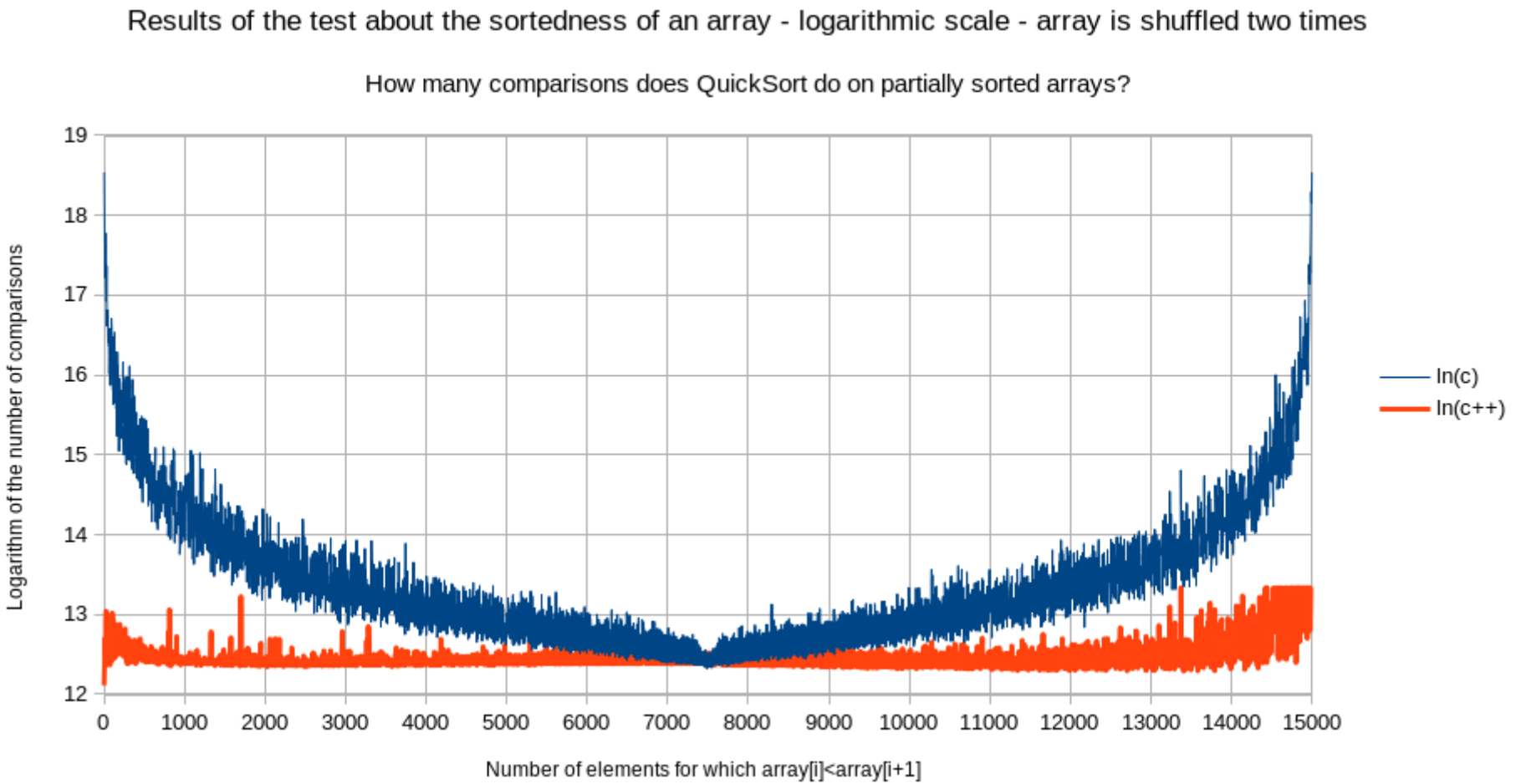
- Zajedno sa svim dodacima u istoj datoteci, ima 267 redaka.
- Dostupan je na mom GitHub profilu, zajedno s 32-bitnom Windowsovom izvršnom datotekom te ekvivalentnim programima pisanima u Adi i C-u, te asemblerskim kodom koji je za njega ispisao moj compiler.

  https://github.com/FlatAssembler


C:\Users\Teo Samar\Documents\QuickSort\qsort.exe
Unesite koliko cete brojeva unijeti.
7
Unesite te brojeve:
1
-2
3
-4
5
-6
7
Sortirani niz je:
-6.000000
-4.000000
-2.000000
1.000000
3.000000
5.000000
7.000000
Unutrasnja petlja izvrsila se 12 puta.
Ocekivani broj ponavljanja te petlje, po formuli n*log2(n), bio bi 19.7.
Sortiranje je trajalo 0 milisekundi.
Razvrstanost pocetnog niza (s) iznosila je: 0.000000
Ocekivani broj usporedbi, po formuli:
exp((ln(n)+ln(ln(n)))*1.05+(ln(n)-ln(ln(n)))*0.83*abs(2.38854*pow(s,7)-0.284258*pow(s,6)-1.87104*pow(s,5)+0.372637*pow(s
,4)+0.167242*pow(s,3)-0.0884977*pow(s,2)+0.315119*s))
bio bi: exp(2.742222)=15.521433
Press any key to continue . . .

Je li moguće predvidjeti koliko će usporedbi QuickSort napraviti?

- Da bismo odgovorili na to pitanje, definirajmo za to pojam razvrstanosti niza kao broj elemenata niza za koji vrijedi da je sljedeći element niza veći od njega, podijeljeno s polovicom broja elemenata u nizu, minus jedan.
- Dakle, obrnuto poredani niz (od najvećeg prema najmanjem elementu) ima razvrstanost -1, nasumično poredani niz ima razvrstanost približno 0, a poredani niz ima razvrstanost 1.
- Razvrstanost se može odrediti u linearnom vremenu, višestruko brže no što bi se QuickSort vrtio i u najboljem slučaju.



Plava krivulja predstavlja moju implementaciju QuickSorta u C-u, a crvena C++-ovu naredbu `sort`.

Formula?

- Naivno implementirani genetski algoritam, kojem su bili dostupni podaci s tog grafikona, tvrdi da je formula koja dobro opisuje broj usporedbi koje će QuickSort napraviti:

$$f(n,s)=e^{(\ln(n)+\ln(\ln(n)))\cdot 1.05+(\ln(n)-\ln(\ln(n)))\cdot 0.83\cdot\left|2.38854\cdot s^7-0.284258\cdot s^6-1.87104\cdot s^5+0.372637\cdot s^4+0.167242\cdot s^3-0.0884977\cdot s^2+0.315119\cdot s\right|}$$

Ta formula dobro opisuje kako se taj moj program ponaša za velike nizove, no ona, na žalost, znatno precjenjuje koliko će usporedbi napraviti za manje.

Hvala na pozornosti!