Structuri de Date
Laboratorul 4: Stive și Cozi

Dan Novischi, Mihai Nan

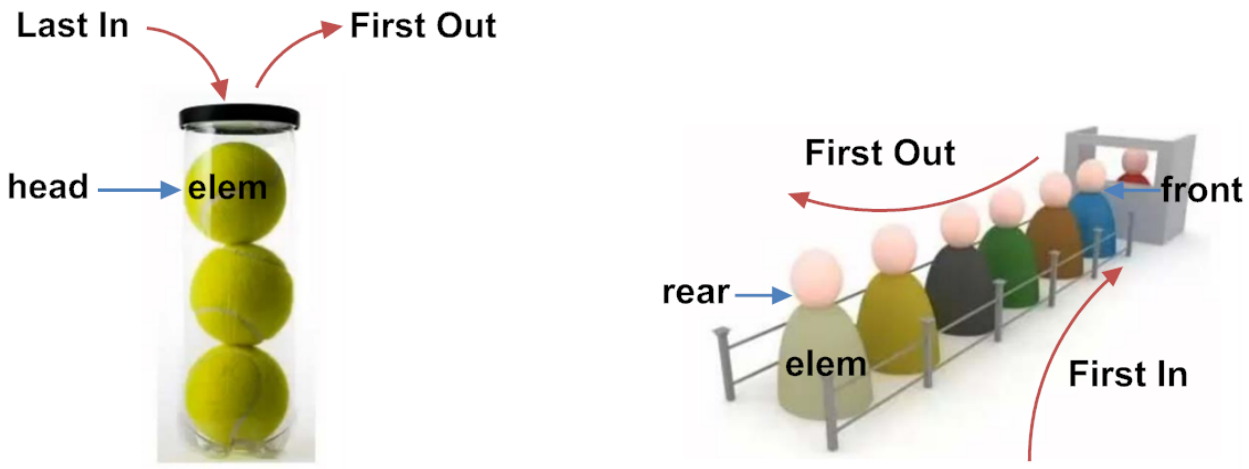
22 martie 2022

1. Introducere

Scopul acestui laborator îl reprezintă lucrul cu stive și cozi. Acesta are în vedere următoarele obiective:

- implementarea unei interfețe de lucru pentru stivă bazată pe liste;
- implementarea unei interfețe de lucru pentru coadă bazată pe liste;
- rezolvarea unei probleme simple cu ajutorul interfeței pentru stivă;
- rezolvarea unei probleme simple cu ajutorul interfeței pentru coadă.

2. Structura Stive/Cozi



(a) (b)

Figura 1: Structură stive și cozi: (a) – *Last In First Out*; (b) – *First In First Out*

În cadrul structurilor de date, o stivă este o instanță a unui tip de date abstract ce formalizează conceptul de colecţie cu acces restricționat. Restricția respectă regula LIFO (Last In, First Out). Astfel, accesul la elementele stivei se face doar prin vârful acesteia (`head`) după cum se poate observa în Figura 1a. Reprezentarea acesteia în cadrul laboratorului conține următoarele definiții:

```
1 typedef struct StackNode{
2   Item elem;
3   struct StackNode *next;
4 }StackNode;
```

```
1 typedef struct Stack{
2   StackNode* head;
3   long size;
4 }Stack;
```

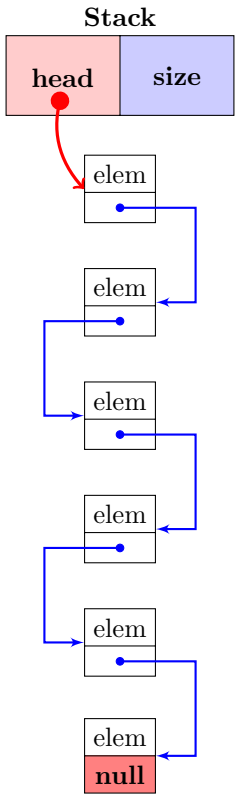


Figura 2: Exemplu de reprezentare grafică pentru o astfel de structură de tip stivă

Figura 2 prezintă un exemplu de reprezentare grafică pentru o astfel de reprezentare a stivei. Analog, structura de coadă este tot o instanță a unui tip de date abstract. În acest caz, structura modelează comportamentul unui buffer de tip FIFO (First In, First Out). Astfel, primul element introdus în coadă va fi și primul care va fi scos din coadă, în timp ce accesul este restricționat doar la primul element (front). Reprezentarea acestei structuri în cadrul laboratorului are următoarele definiții:

```c
typedef struct QueueNode{
  Item elem;
  struct QueueNode *next;
}QueueNode;
```

```c
typedef struct Queue{
        QueueNode *front;
        QueueNode *rear;
        long size;
}Queue;
```

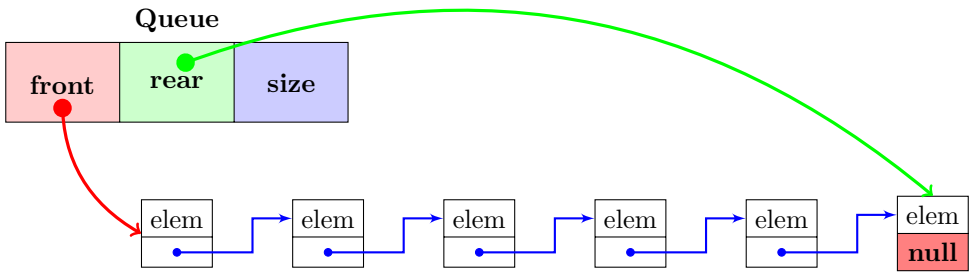


Figura 3: Exemplu de reprezentare grafică pentru o astfel de structură de tip coadă

3. Cerințe

În acest laborator dispuneți de mai multe fișiere, inclusiv scheletul de cod, după cum urmează:

- `Stack.h` – interfața generică a unei stive, care trebuie implementată conform cerințelor de mai jos.
- `Queue.h` – interfața generică a unei cozi, care trebuie implementată conform cerințelor de mai jos.
- `paranteses.c` – aplicația pentru problema cu stive din cerințele de mai jos.
- `testStack.c` – checker pentru validarea implementării interfeței pentru stive.
- `testQueue.c` – checker pentru validarea implementării interfeței pentru cozi.
- `parantheses.c` – apilicația pentru problema din cerințele de mai jos care folosește interfața pentru stivă.
- `input-parantheses.txt` – fișier ce conține input-ul în format text pentru problema de la punctul anterior.
- `radix_sort.c` – apilicația pentru problema din cerințele de mai jos care folosește interfața pentru coadă.
- `input-radix-sort.csv` – fișier ce conține input-ul in format `.csv` pentru problema de la punctul anterior.
- `Makefile` – fișierul pe baza căruia se vor compila și rula testele (interfața și problemele).

Pentru compilarea tuturor aplicațiilor, folosiți comanda "`make build`". Aceasta are următorul output pentru un program fără erori de sintaxă sau warning-uri:

```
$ make build
gcc -std=c9x -g -O0 parantheses.c -o parantheses -lm
gcc -std=c9x -g -O0 radix_sort.c -o radix_sort -lm
gcc -std=c9x -g -O0 testStack.c -o testStack -lm
gcc -std=c9x -g -O0 testQueue.c -o testQueue -lm
```

Iar pentru ștergerea automată a fișierelor generate prin compilare folosiți comanda "`make clean`":

```
$ make clean
rm -f parantheses radix_sort testStack testQueue
```

Pentru testarea completă (inclusiv memory leaks) puteți folosi:

- "`make test-stack`" pentru interfața de stivă
- "`make test-queue`" pentru interfață de coadă

Cerința 1 (4p) În fișierul `Stack.h` implementați funcțiile de interfață ale stivei, urmărind atât indicațiile/prototipurile din platforma/schelet cât și ordinea de mai jos:

a) `createStack` – creează o stivă prin alocare dinamică.

b) `isStackEmpty` – verifică dacă o stivă este sau nu goală.

d) `push` – introduce un nou element (`elem`) în stivă, respectând requla **LIFO**.

e) `top` – returnează elementul din vârful stivei (`head`) fără a-l extrage.

f) `pop` – extrage un element din stivă respectând regula **LIFO** și îl returnează.

g) `destroyStack` – distruge stiva (dealocând memoria).

Pentru validarea completă a corectitudinii implementării, folosiți comanda "`make test-stack`". În cazul unei implementări corecte a interfeței, această comandă genereză următorul output:

```
$ make test-stack
valgrind --leak-check=full ./testStack
==4275== Memcheck, a memory error detector
==4275== Copyright (C) 2002-2015, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==4275== Using Valgrind-3.11.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==4275== Command: ./testStack
==4275==
. Testul Create a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.03
. Testul IsStackEmpty a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.02
. Testul Push    a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.10
. Testul Top     a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.05
. Testul Pop     a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.10
.   *Destroy se va verifica cu valgrind*  Puncte: 0.10.

Scor total: 0.40 / 0.40

==4275==
==4275== HEAP SUMMARY:
==4275==     in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==4275==   total heap usage: 15 allocs, 15 frees, 1,248 bytes allocated
==4275==
==4275== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==4275==
==4275== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==4275== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)
```

Cerința 2 (4p) În fișierul `Queue.h` implementați funcțiile de interfață ale cozii, urmărind atât indicațiile/prototipurile din platforma/schelet cât și ordinea de mai jos:

a) `createQueue` – creează o coadă prin alocare dinamică.

b) `isQueueEmpty` – verifică dacă o coadă este sau nu goală.

d) `enqueue` – introduce un nou element (`elem`) în coadă, respectând regula **FIFO**.
Atentie: elementele se introduc pe la `rear`!

e) `front` – returnează valoarea primului element din coadă (fără a-l extrage).

f) `dequeue` – extrage un element din coadă, respectând regula **FIFO**.
Atentie: elementele se extrag de la `front`!

g) `destroyQueue` – distruge coada.

Pentru validarea completă a corectitudinii implementării, folosiți comanda "`make test-queue`". În cazul unei implementări corecte a interfeței, această comandă generează următorul output:

```
$ make test-queue
valgrind --leak-check=full ./testQueue
==4505== Memcheck, a memory error detector
==4505== Copyright (C) 2002-2015, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==4505== Using Valgrind-3.11.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==4505== Command: ./testQueue
==4505==
. Testul Create a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.03
. Testul IsQueueEmpty a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.02
. Testul Enqueue  a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.10
. Testul Front     a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.05
. Testul Dequeue a fost trecut cu succes!  Puncte: 0.10
.   *Destroy se va verifica cu valgrind*  Puncte: 0.10.

Scor total: 0.40 / 0.40

==4505==
==4505== HEAP SUMMARY:
==4505==     in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==4505==   total heap usage: 15 allocs, 15 frees, 1,256 bytes allocated
==4505==
==4505== All heap blocks were freed -- no leaks are possible
==4505==
==4505== For counts of detected and suppressed errors, rerun with: -v
==4505== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)
```

Cerința 3 (2p) În fișierul `parantheses.c` implementați funcția `isBalanced` cu ajutorul interfeței de stivă. Funcția determină dacă un șir de caractere format numai din paranteze de tipul `(, ), {, }, [, ]` este balansat sau nu. Un șir de paranteze este balansat dacă fiecare paranteză deschisă are asociată o paranteză închisă de același tip.

Observație: În cadrul acestei probleme consultați fișierul `input-parantheses.txt` și clarificați eventualele neclarități cu asistentul.
Pentru validarea implementării, rulați programul folosind comanda "`./parantheses `". O implementare corectă a soluției va genera următorul output:

```
$ ./parantheses
((())) ---> is balanced.
[[[]]] ---> is balanced.
{{{}}} ---> is balanced.
{([])} ---> is balanced.
{([])]} ---> not balanced.
{(})[()] ---> not balanced.
((()))( ---> not balanced.
((()) ---> not balanced.
(((()))(()))(((()))))()() ---> is balanced.
()()(())((()))()(((()))) ---> not balanced.
()()(())(((())))()((()))) ---> not balanced.
()()(())(((())))((()))) ---> not balanced.
(((()))(()))(((()))))(()) ---> is balanced.
(((()))(()))((((()))))((((()))))) ---> is balanced.
```

Bonus (2p) Radix Sort este un algoritm de sortare care ţine cont de faptul că un șir numere poate fi sortat prin sortarea succesivă a acestora după cifrele (digits) individuale ale elementelor (i.e. counting). Aceste elemente pot fi nu doar numere, ci orice altceva ce se poate reprezenta prin întregi. Majoritatea calculatoarelor digitale reprezintă datele în memorie sub formă de numere binare, astfel că procesarea cifrelor din această reprezentare se dovedește a fi cea mai convenabilă. Există două tipuri de astfel de sortare: LSD (Least Significant Digit) şi MSD (Most Significant Digit). LSD procesează reprezentările dinspre cea mai puțin semnificativă cifră spre cea mai semnificativă, iar MSD invers.
O versiune simplă a algoritmului *radix sort* este cea care folosește 10 cozi (câte una pentru fiecare cifră de la 0 la 9). În fișierul `radix_sort.c`, implementați funcția `radixSort`, urmărind pașii de mai jos (și indicațiile din fișier):

1. Determină numărul maxim de cifre pentru șirul de numerele furnizate ca input.
2. Iterează peste numărul maxim de cifre
   (a) Memorează succesiv numerele cu cifra corespunzătoare în coada aferentă.
   (b) Reconstruiește șirul de numere (parțial sortat) folosind cozile rezultate în pasul anterior.

Observație:

- în cadrul acestei probleme consultați fișierul `input-radix-sort.csv` și clarificați eventualele neclarități cu asistentul.
- vă puteți folosi de funcțiile ajutătoare furnizate în fișierul `radix_sort.c`

Pentru validarea implementării rulați programul folosind comanda "`./radix_sort`". O implementare corectă a soluției va genera următorul output:

```
$ ./radix_sort
Input array 1: 0 32 1 499 657 2 12 80 27 512 45 20 32 15 54 9 41 8
Sorted array 1: 0 1 2 8 9 12 15 20 27 32 32 41 45 54 80 499 512 657

Input array 2: 51023 4341 1224 190 564 76 23 478 589 5 23 67 20123
Sorted array 2: 5 23 23 67 76 190 478 564 589 1224 4341 20123 51023

Input array 3: 5689 237 2347 789 0 1289 78 5 23 4 712 7238 897 453
Sorted array 3: 0 4 5 23 78 237 453 712 789 897 1289 2347 5689 7238
```