Structuri de date și algoritmi
Liste, Stive, Cozi (1)

Ș.L. Dr. Ing. Cristian Chilipirea
cristian.chilipirea@mta.ro

PER ASPERA AD ASTRA

Despre mine

Licență Inginer
Calculatoare

Master știință
Sisteme de Calcul Paralel și Distribuit
- cum laude

Doctorat
Crowd Data Analytics As Seen From WiFi
A Critical Review

Despre mine

Student Assistant

- Concurrency & Multithreading

Asistent Universitar

- Algoritmi Paraleli și Distribuiți
- **Arhitecturi Paralele**
- Programare Web
- Protocoale de Comunicație
- Programarea Calculatoarelor

RECAPITULARE

pointeri
vectori
matrici
struct
Limbaj C

chilipirea.ro/sda/

Recapitulare - pointeri

- Variabilă ce reține adresa în memorie a unui obiect.

- Declarație
  - type *nume;
  - int *myPointer;
  - char *myPointer;
- Extragere valoare
  - int a = *myPointer;
- Extragere pointer
  - int *muPointer = &a;

Pointeri – operații

- pointerNou = pointer + întreg
  - Pointerul mai dreapta cu un întreg număr de elemente
  - Ține cont de dimensiunea elementelor
- întreg = pointerA – pointerB
  - numărul de elemente între cei doi pointeri
- pointer++
- pointer—
- pointerNou = pointer + pointer ?
- pointerNou = pointer * pointer ?

Pointeri – operații

- pointerNou = pointer + întreg
  - Pointerul mai dreapta cu un întreg număr de elemente
  - Ține cont de dimensiunea elementelor
- întreg = pointerA – pointerB
  - numărul de elemente între cei doi pointeri
- pointer++
- pointer—
- ~~pointerNou = pointer + pointer ?~~
- ~~pointerNou = pointer * pointer ?~~

Vectori – alocare statică

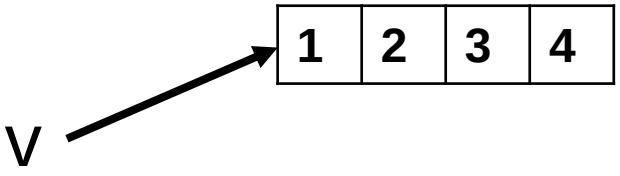
- type myVector[N];
- char myVector[10];
  - 10 elemente alocate
  - Numerotate de la 0

[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6] …
1	2	3	4	5	6	7

myVector[3] == 4

Vectori - alocare dinamică

```
int* v;
v = (int*)malloc(N * sizeof(int));
```



v[3] == 4

[0]	[1]	[2]	[3]
1	2	3	4

Matrici

O matrice reprezintă un set de variabile grupate

Poate fi:

- 1D – vector (N elemente)
- 2D – matrice (N*M elemente)
- 3+D – matrice multidimensională (N*M*....*Z elemente)

Elementele sunt adresabile direct (caz 2D):

- matrice[i][j]; Elementul de pe poziția i*N+j
- matrice[3][4]; Elementul de pe poziția 3*N+4

Matrice

- type myMatrix[N][M];
- int myMatrix[10][20];
  - 10*20 elemente allocate
  - numerotare de la 0

	[][0]	[][1]	[][2]	[][3]	[][4]	[][5]	[][6] …
[0][]	1	2	3	4	5	6	7
[1][]	8	9	10	11	12	13	14
[2][]	15	16	17	18	19	20	21
[3][]	22	23	24	25	26	27	28
[4][]	29	30	31	32	33	34	35

…

myMatrix[3][4] == 26

Matrice – alocare statică

	[][0]	[][1]	[][2]	[][3]
[0][]	1	2	3	4
[1][]	8	9	10	11
[2][]	15	16	17	18
[3][]	22	23	24	25

int myMatrix[4][4]

- Rezultă în zonă continuă de memorie, rândurile sunt așezate unul după altul.

1	2	3	4	8	9	10	11	15	16	17	18	22	23	24	25

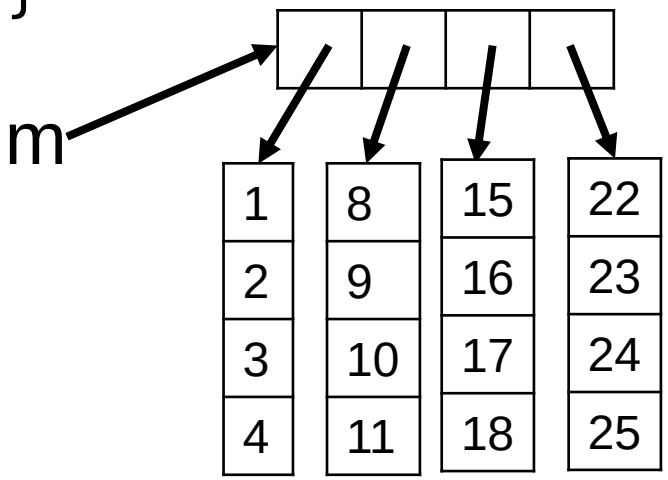
Matrice – alocare statică

- Cache friendly
- Limitată ca spațiu (suntem pe stack)

1	2	3	4	8	9	10	11	15	16	17	18	22	23	24	25

Matrice - alocare dinamică

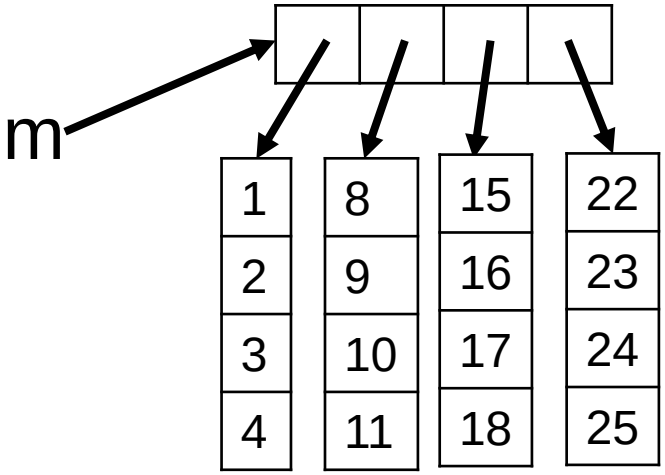
```
int** m;
m = (int**)malloc(N * sizeof(int *));
for (int i = 0; i < N; i++) {
    m[i] = (int*)malloc(N * sizeof(int));
}
```



	[][0]	[][1]	[][2]	[][3]
[0][]	1	2	3	4
[1][]	8	9	10	11
[2][]	15	16	17	18
[3][]	22	23	24	25

Matrice - alocare dinamică

- Spațiu foarte mare (suntem pe heap)
- Posibilitate ca fiecare rând să aibă altă mărime (periculos)
- Nu este cache friendly

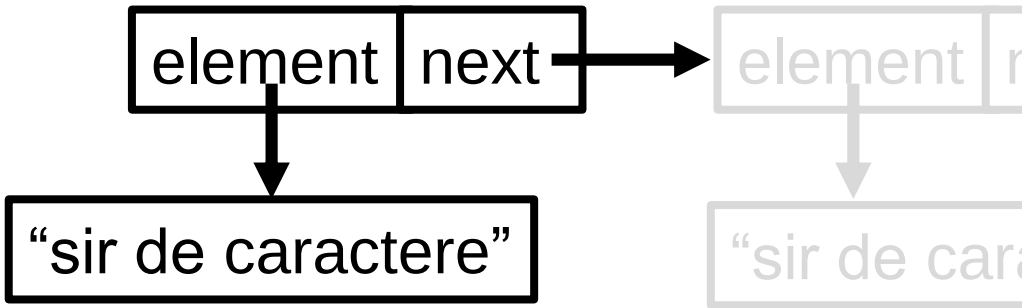


Struct

```
struct name {
        type1 name1;
        type2 name2;
        …
};
typedef struct name {
        type1 name1;
        type2 name2;
        …
} newName;
```

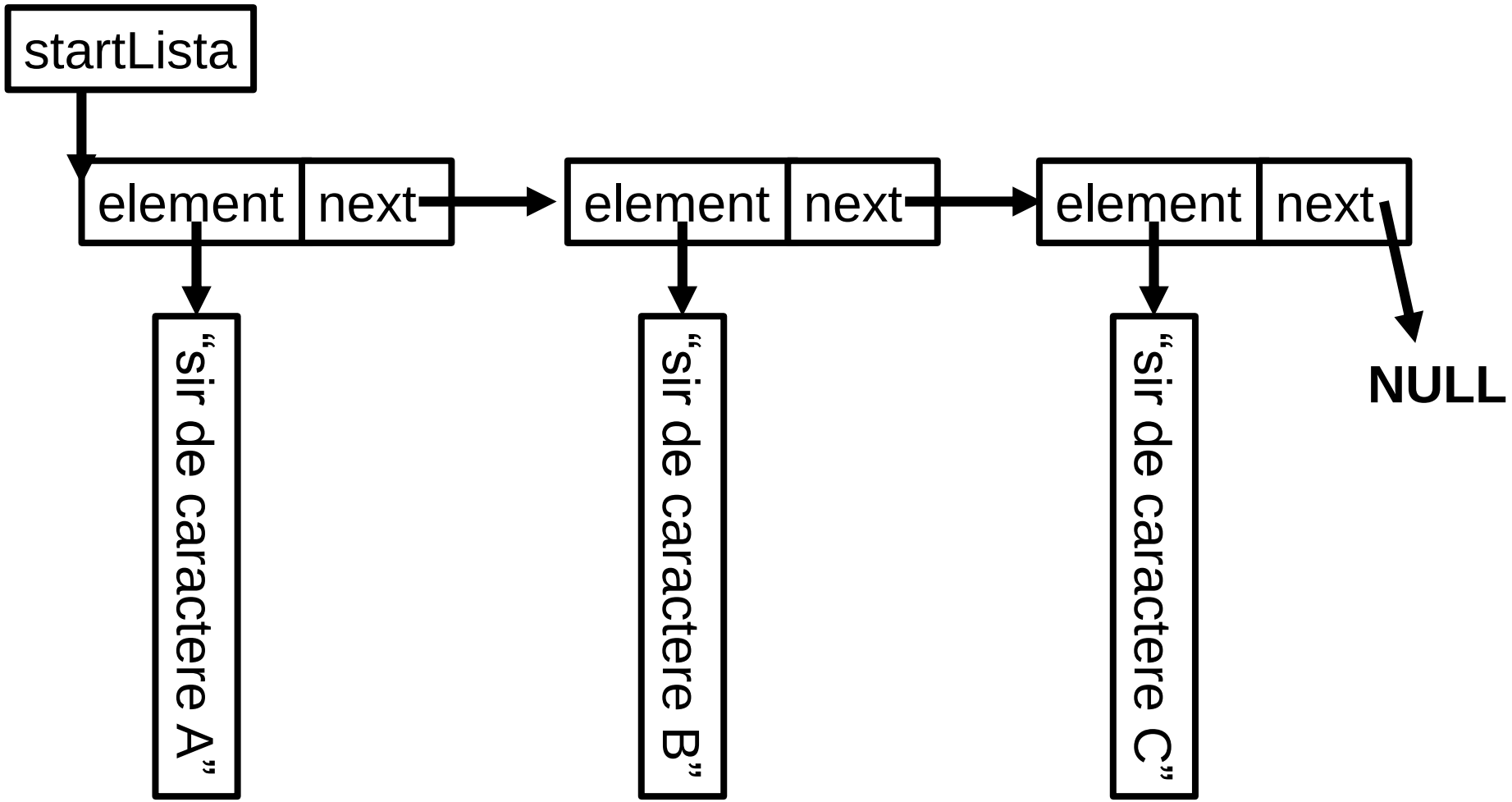
Liste înlănțuite

```
struct node {
    char* element;
    struct node* next;
};
```

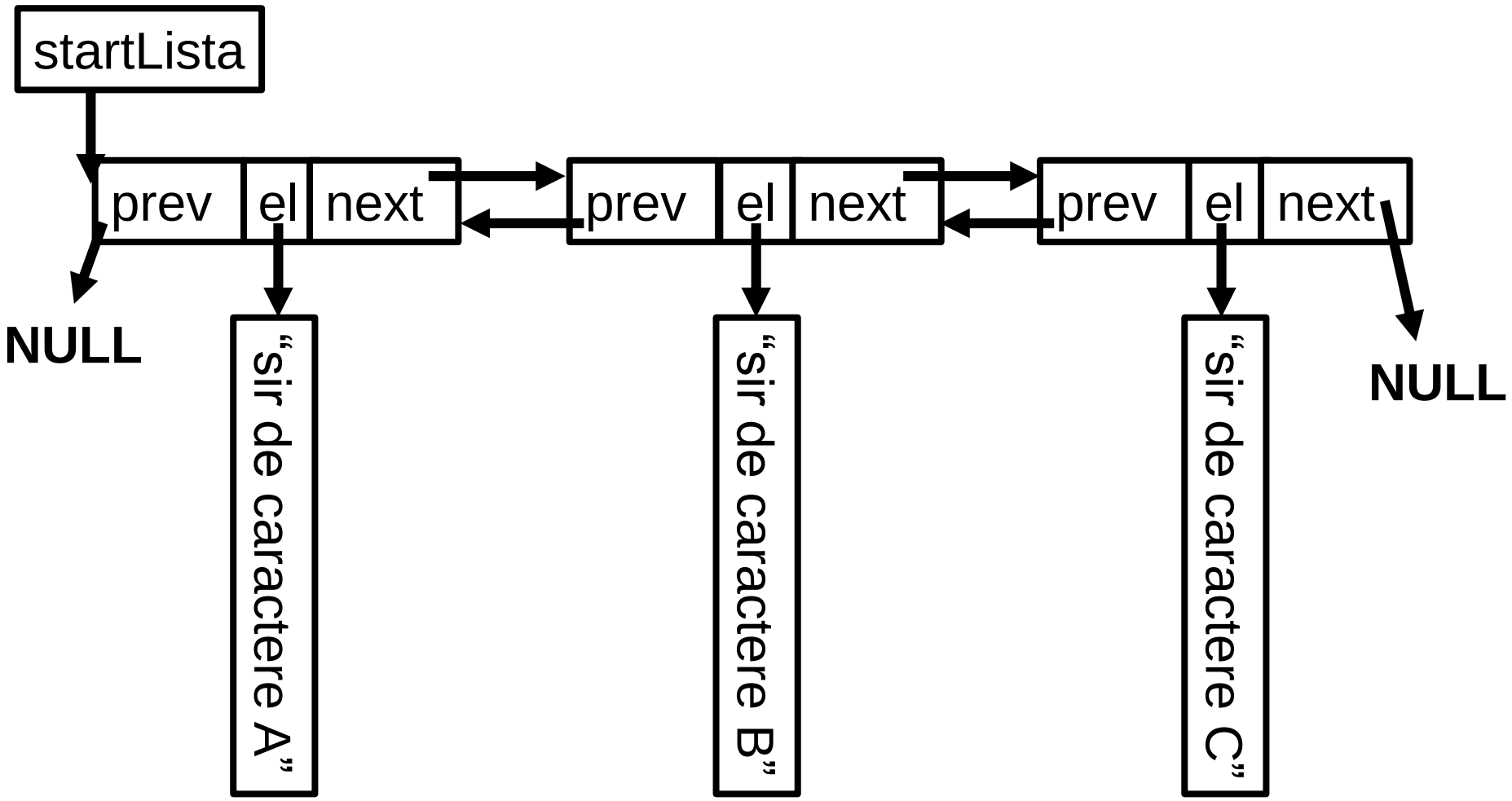



```
typedef struct node {
    char* element;
    struct node* next;
}listNode;
```

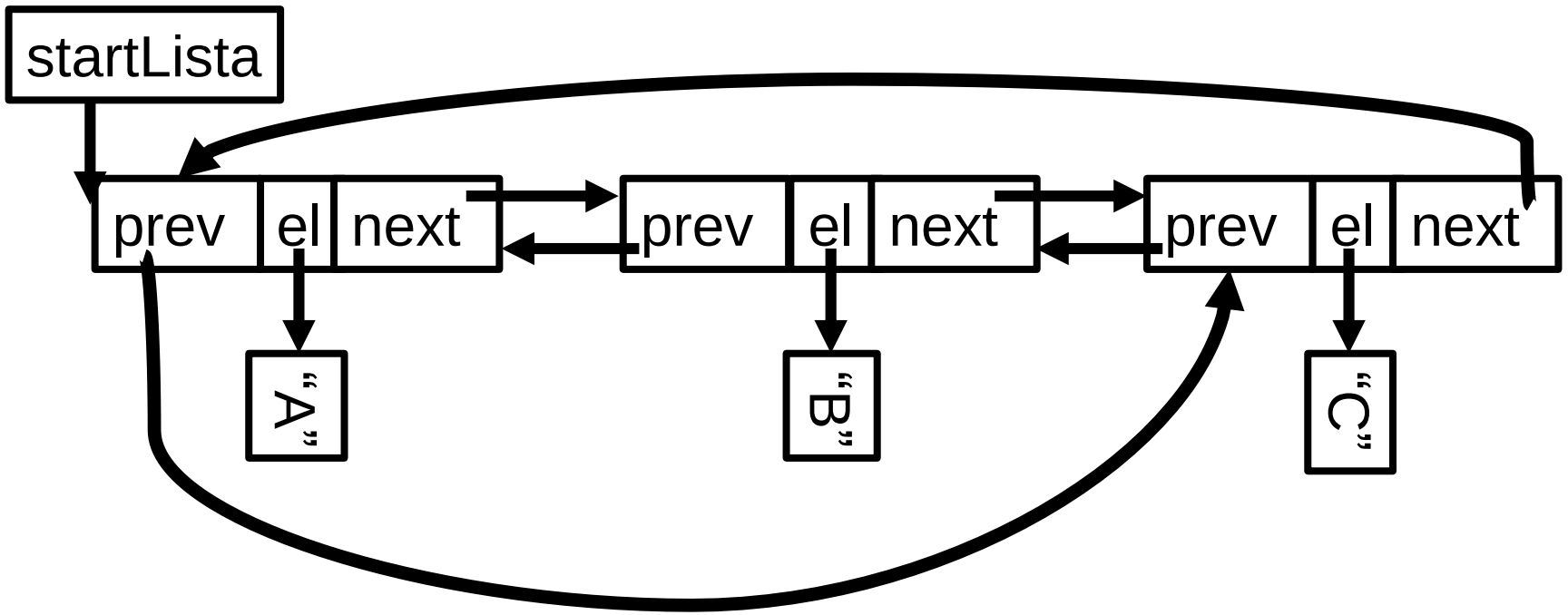
Liste înlănțuite



Liste dublu-înlănțuite



Liste circulare



Operații cu liste

- Accesarea unui element
- Inserare element
- Ștergere element

Accesarea unui element din listă

```
listNode* getNode(listNode* listNode, int poz) {
    for (int i = 0; i < poz; i++) {
        listNode = listNode->next;
        if (listNode->next == NULL)
            break;
    }
    return listNode;
}
```

Inserare element început de listă

```
void insertNodeHeadOfList(listNode** listStart, char* element) {
    listNode* node = (listNode*)malloc(sizeof(listNode));
    if (node == NULL) {
        printf("ERROR: CAN NOT ALLOCATE RAM\n");
        return;
    }
    node->next = *listStart;
    node->element = element;
    *listStart = node;
}
```

Inserare element în listă la o poziție dată

```
void insertNodeInList(listNode** listStart, char* element, int poz) {
    if (poz == 0) {
        insertNodeHeadOfList(listStart, element);
        return;
    }
    listNode* node = (listNode*)malloc(sizeof(listNode));
    if (node == NULL) {
        printf("ERROR: CAN NOT ALLOCATE RAM\n");
        return;
    }

    listNode* aux = getNode(*listStart, poz - 1);

    node->next = aux->next;
    node->element = element;
    aux->next = node;
}
```

Ștergere element început de listă

```
void removeNodeHeadOfList(listNode** listStart) {
    // free((*listStart)->element);
     if (*listStart == NULL)
         return;
     listNode* aux = (*listStart);
     *listStart = (*listStart)->next;
     free(aux);
}
```

Ștergere element din listă de la o poziție dată

```
void removeNodeFromList(listNode** listStart, int poz) {
    if (poz == 0) {
        removeNodeHeadOfList(listStart);
        return;
    }
    listNode* aux = getNode(*listStart, poz-1);
    if (aux->next != NULL) {
        listNode* aux1 = aux->next;
        aux->next = aux->next->next;
        // free(aux1->element);
        free(aux1);
    }
}
```

Complexități operații cu liste

- Accesarea unui element - O(N)
- Inserare element la capăt - O(1)
- Inserare element la o poziție - O(N)
  - Accesare + inserare
- Ștergere element la capăt - O(1)
- Ștergere element de la o poziție - O(N)
  - Accesare + ștergere

Liste vs Vectori

	Vector	Listă
Complexitate acces	O(1)	O(N)
Complexitate inserție	O(N)	O(N)
Complexitate inserție capete	O(N)/O(1)	O(1)
Complexitate ștergere	O(N)	O(N)
Complexitate ștergere capete	O(N)/O(1)	O(1)
Alocare spațiu	Doar la început	Oricând și oricât

De ce la liste avem inserție/ștergere O(1) la ambele capete?

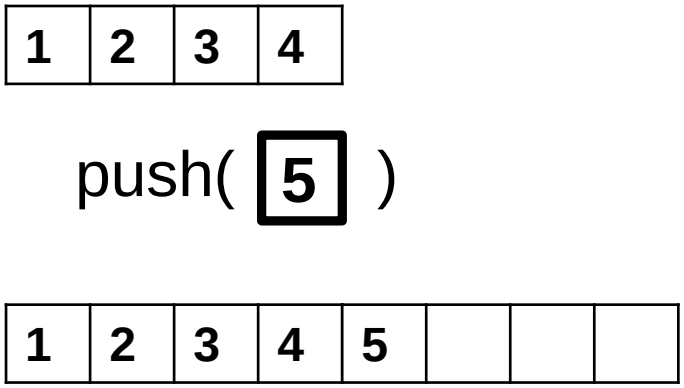
De ce la liste avem inserție/ștergere O(1) la ambele capete?

- Putem să avem pointeri HeadList și EndList.

Vectori Alocați Dinamic

Vectori Alocați Dinamic

- O mărime de start – poate fi și un element.
- Când vectorul este plin și se încearcă un insert, se dublează dimensiunea sa.



Vectori Alocați Dinamic

Push()	Copiere	Mărime vector
1	0	1
2	1	2
3	2	4
4	0	4
5	4	8
6	0	8
7	0	8
8	0	8
9	8	16
10	0	16

Complexitate amortizată inserție vector dinamic

- 3 push 2 + 1 copieri
- 5 push 4 + 2 + 1 copieri
- 9 push 8 + 4 + 2 + 1 copieri
- …
- $2^n + 1$ push $2^n + 2^{n-1} + 2^{n-2} + \cdots + 2 + 1 = 2^{n+1} - 1$ copieri

$$\lim_{n \to \infty} \frac{2^{n+1}-1}{2^n+1} = 2 = O(1)$$

Self-organizing lists

Self-organizing lists

- Premisă: Nu toate elementele sunt echiprobabile la căutare.
  - Unele elemente sunt accesate mult mai des decât altele.
- Dacă elementele sunt **echiprobabile** la căutare:
  - Probabilitatea de a găsi un element p_i este egală cu probabilitatea de a găsi orice alt element p_j

$$\sum_{i=0}^{N} p_i = 1 \Rightarrow p_i = \frac{1}{N}$$

  - Timpul mediu de găsire a unui element este

$$\sum_{i=0}^{N} i * p_i = \frac{1}{N} O(N^2) = O(N)$$

Ordinea listei contează

- Presupunem că pentru un i<j avem $p_i < p_j$
- $C = 1\,p_1 + \ \ldots + i\,\boldsymbol{p_i} + j\,\boldsymbol{p_j} + \ \ldots + Np_N$

- Dacă interschimbăm elementele de pe pozițiile i și j:
- $C' = 1\,p_1 + \ \ldots + i\,\boldsymbol{p_j} + j\,\boldsymbol{p_i} + \ \ldots + Np_N$

$$C' - C = \left(i\,\boldsymbol{p_j} + j\,\boldsymbol{p_i}\right) - \left(i\,\boldsymbol{p_i} + j\,\boldsymbol{p_j}\right) =$$

$$= i\left(\boldsymbol{p_j} - \boldsymbol{p_i}\right) - j\left(\boldsymbol{p_i} - \boldsymbol{p_j}\right) = (i-j)\left(\boldsymbol{p_j} - \boldsymbol{p_i}\right) < 0 \Rightarrow$$
$$C > C'$$

Self-organizing lists
probabilități descrescătoare

$$p_i = \frac{1}{2^i}$$

$$C = 1\,p_1 + \ \ldots + Np_N = 1\frac{1}{2} + \ \ldots + N\frac{1}{2^N} =$$

$$= \sum_{i=1}^{N} \frac{i}{2^i} = 2\ (\mathrm{n} \to \infty)$$

Mecanisme de auto-ordonare

- Sortare la intervale prestabilite de timp
- Când un element este accesat acesta se mută în capul listei *moveToFront*
- Când un element este accesat acesta își schimbă locul cu precedentul *Transpose*
- Numărăm fiecare accesare a unui element și schimbăm ordinea pentru a păstra ordonare dupa aceste valori.

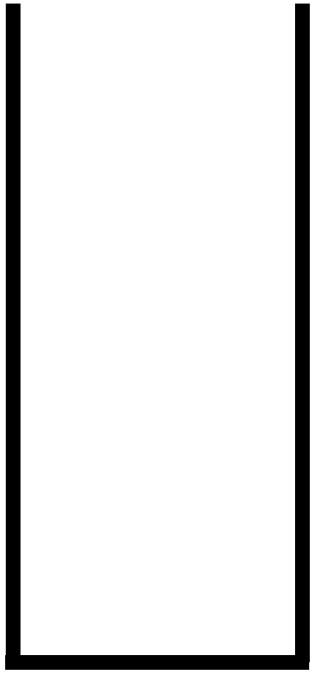
Coadă de priorități

Stack - Stivă

Stack - Stivă

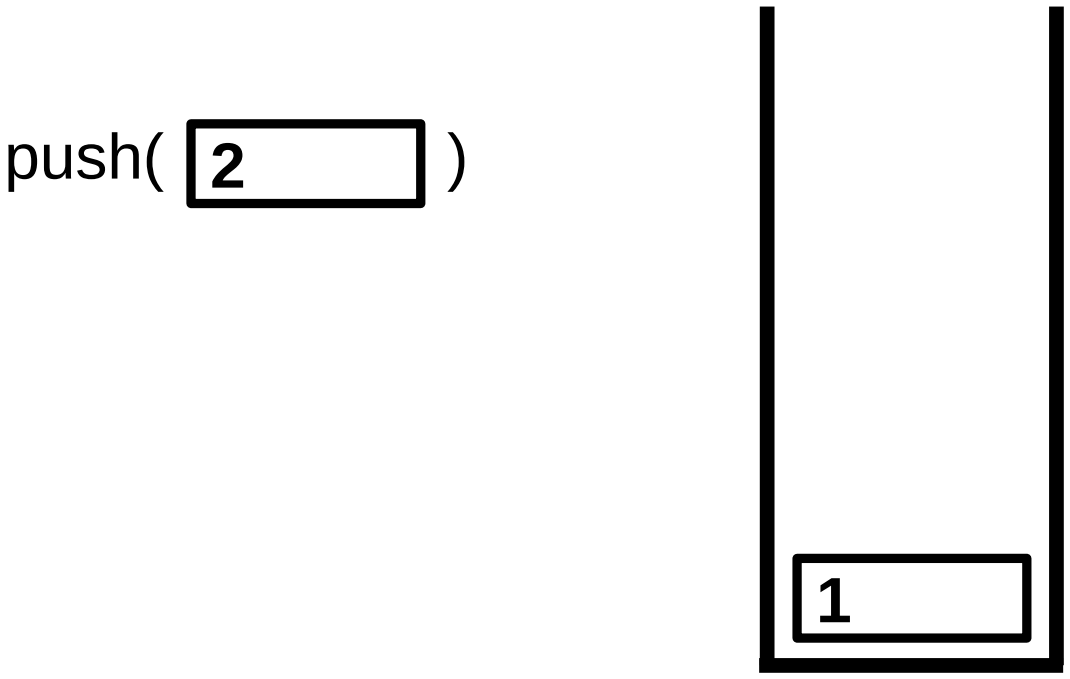
LIFO – Last In First Out

push(1)



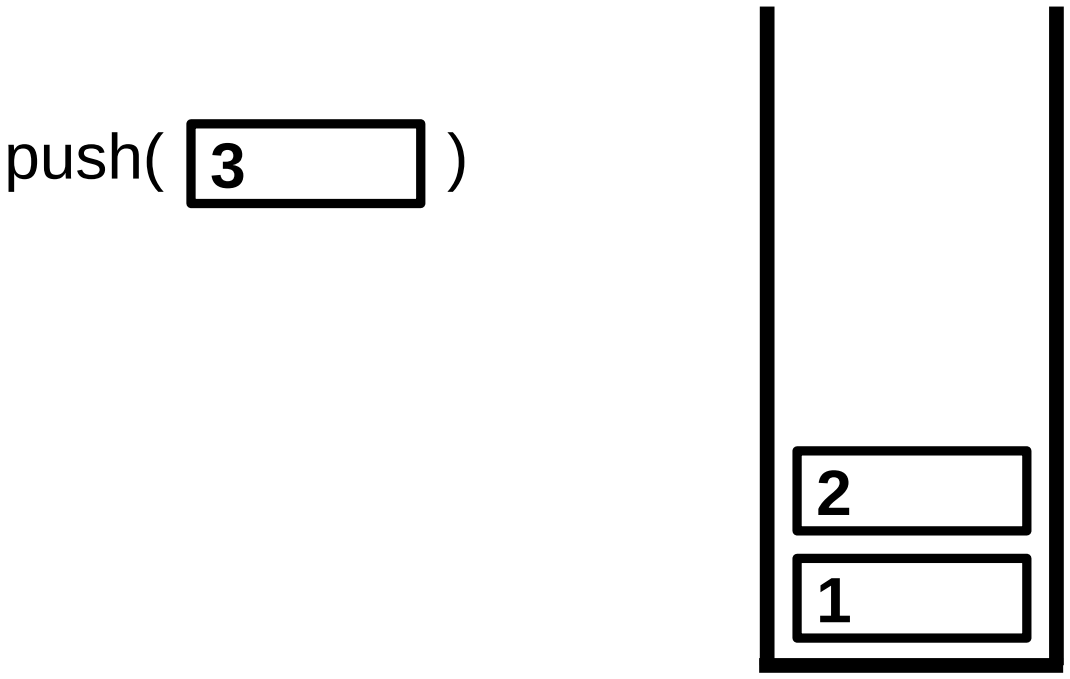
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



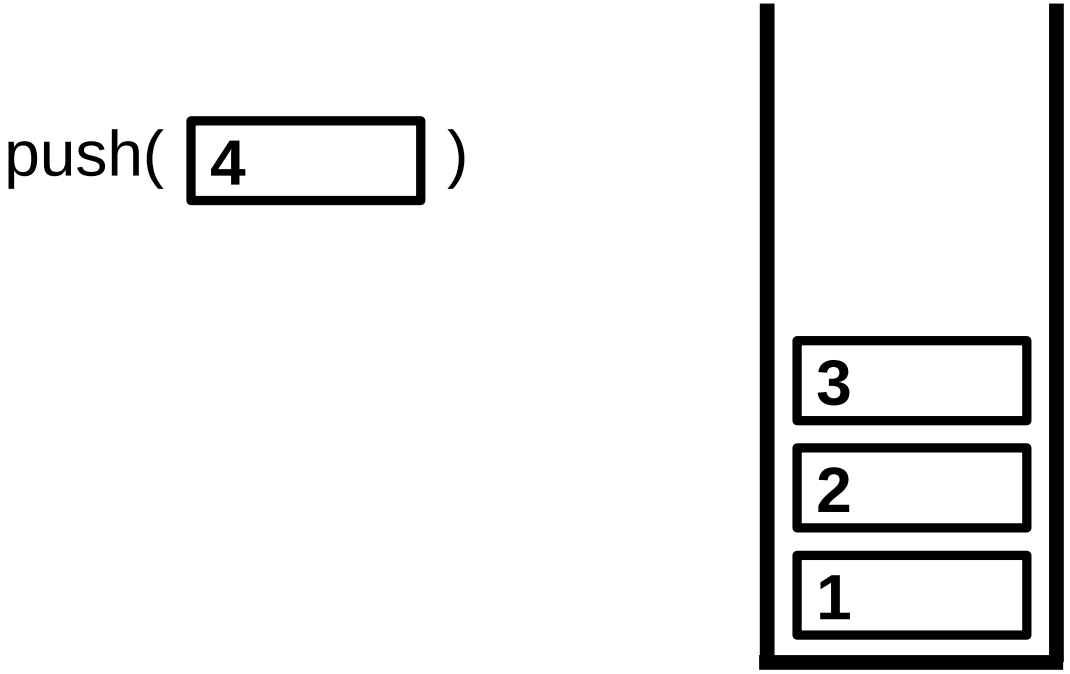
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



Stack - Stivă

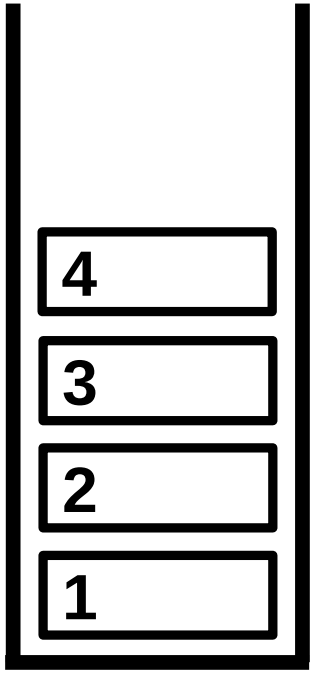
LIFO – Last In First Out



Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out

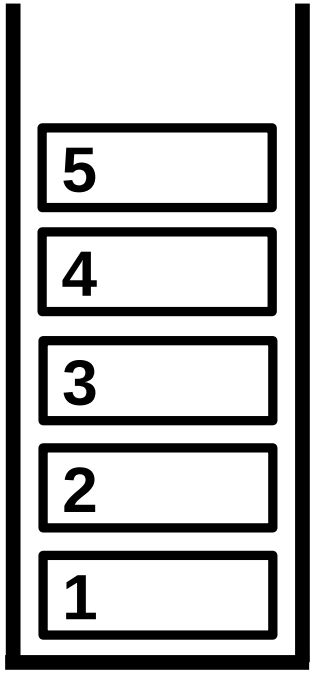
push(5)



Stack - Stivă

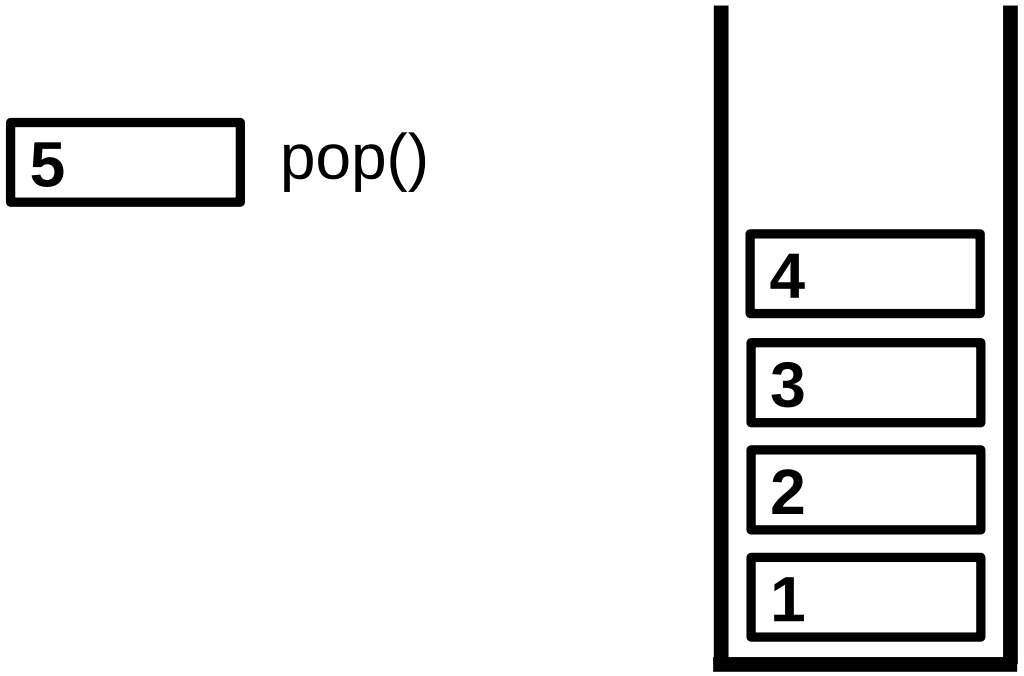
LIFO – Last In First Out

pop()



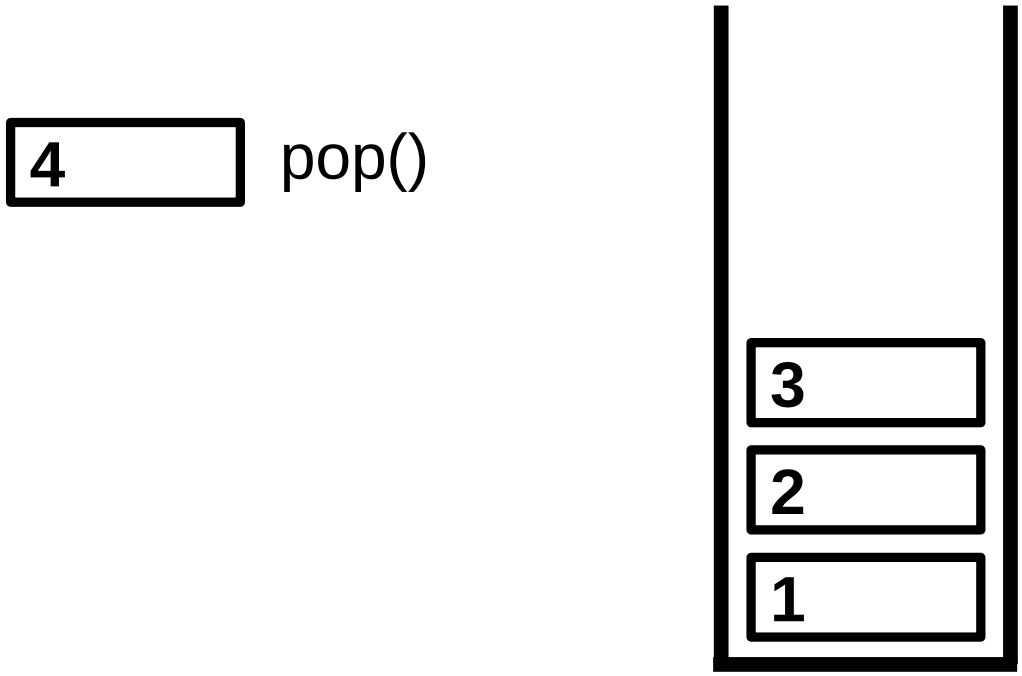
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



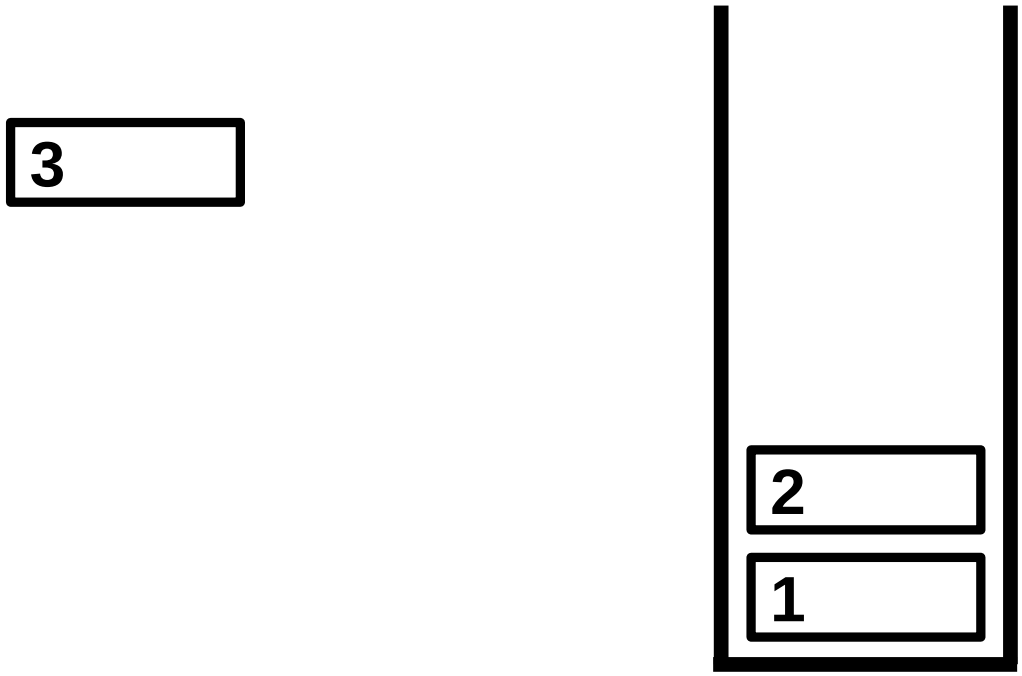
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



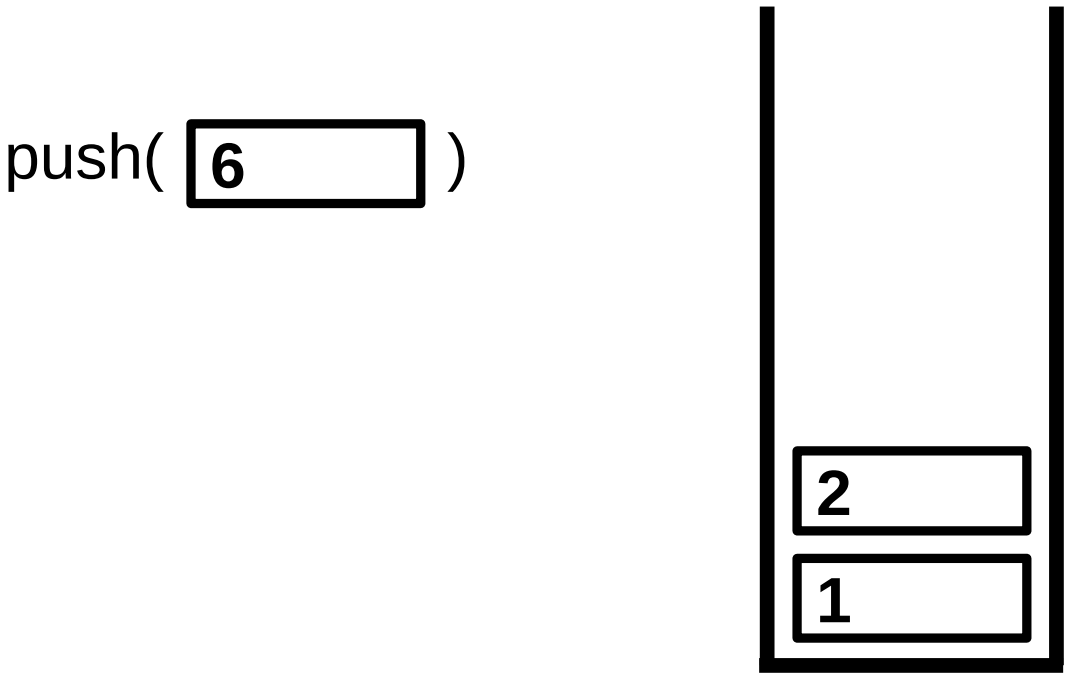
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



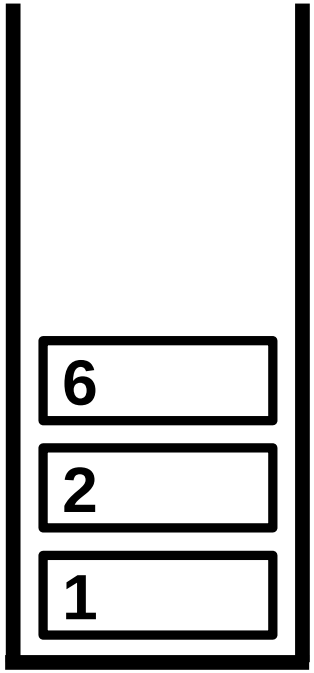
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



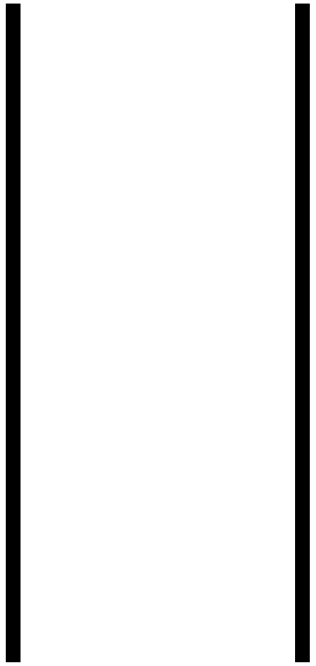
Stack - Stivă

LIFO – Last In First Out



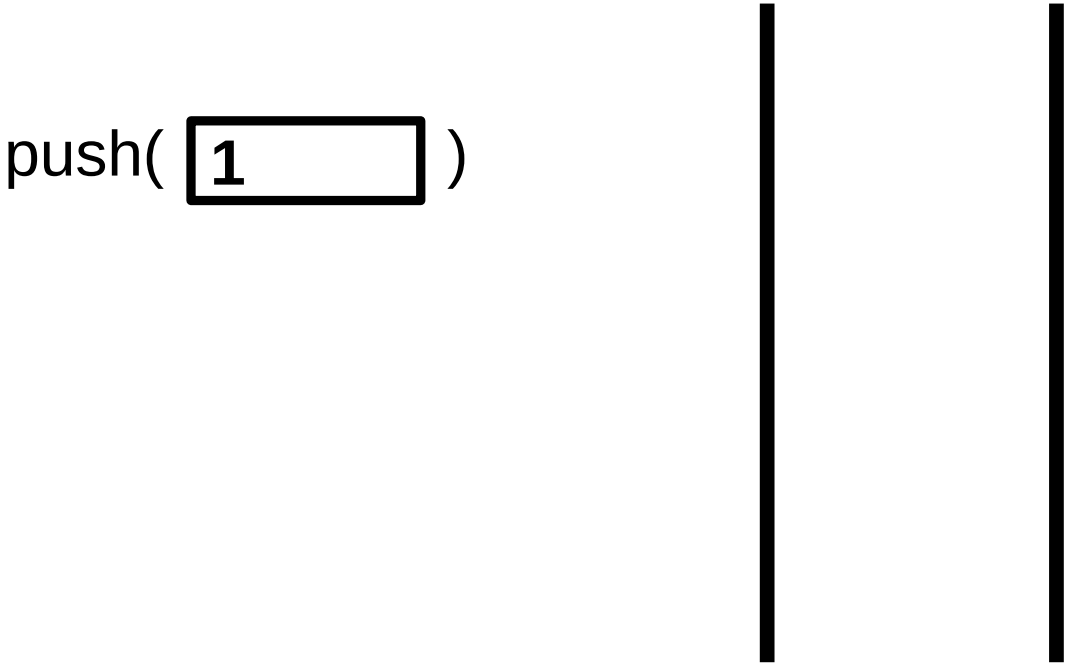
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



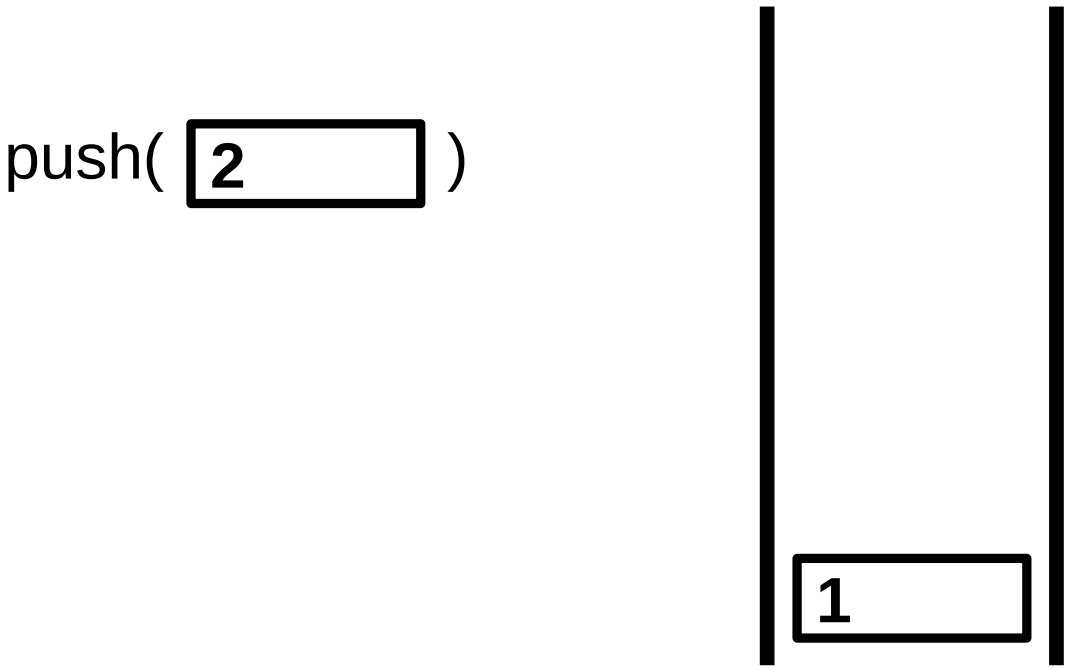
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



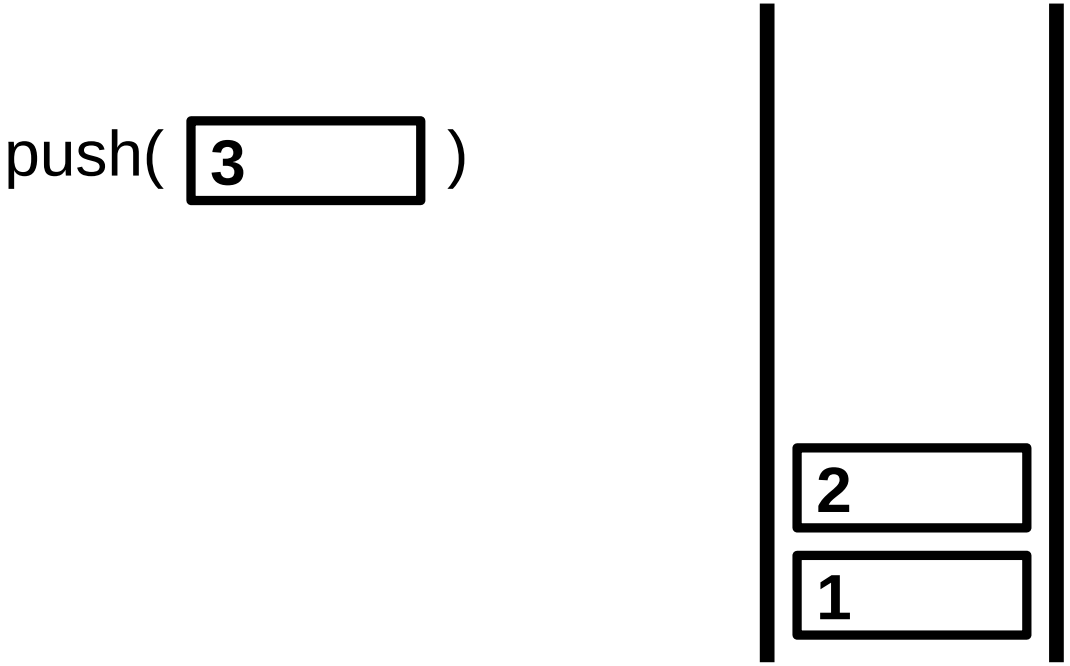
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



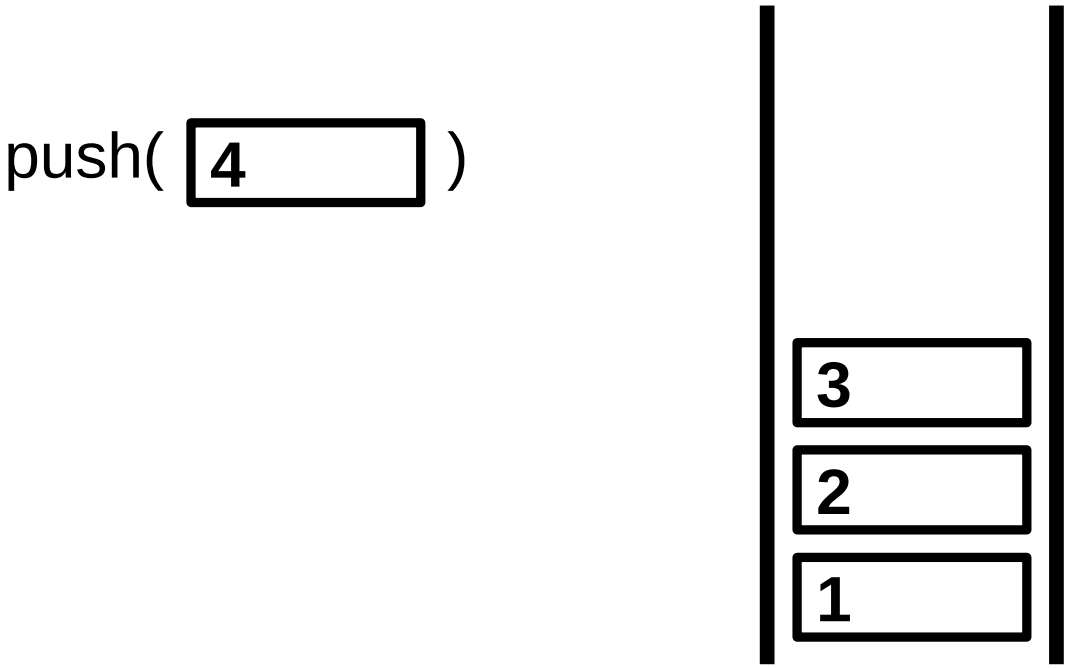
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



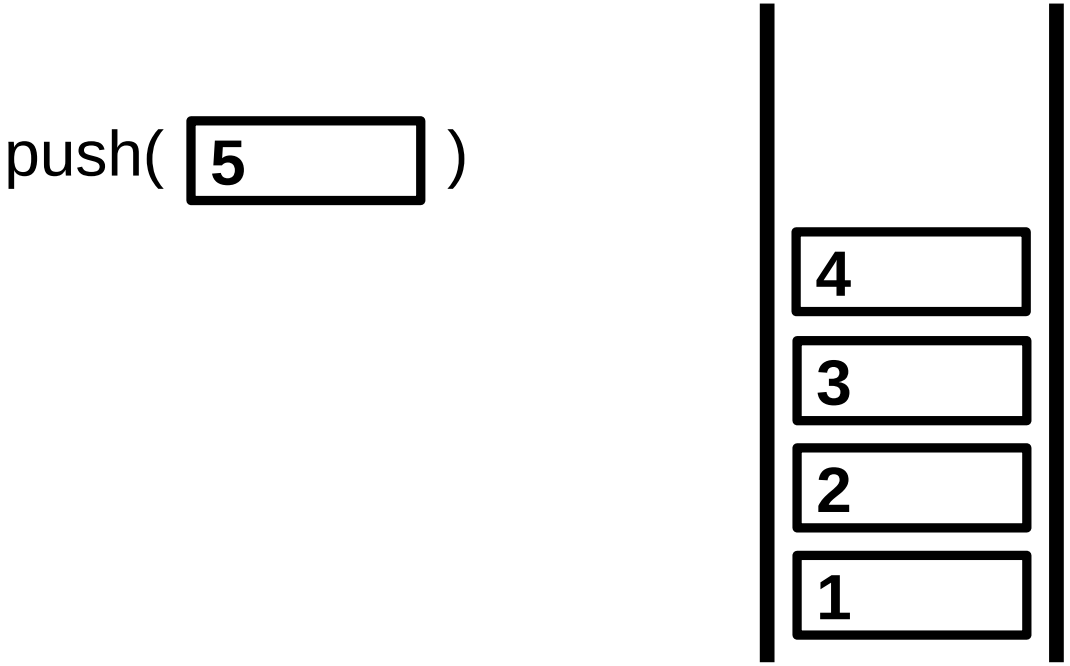
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



Queue - Coadă

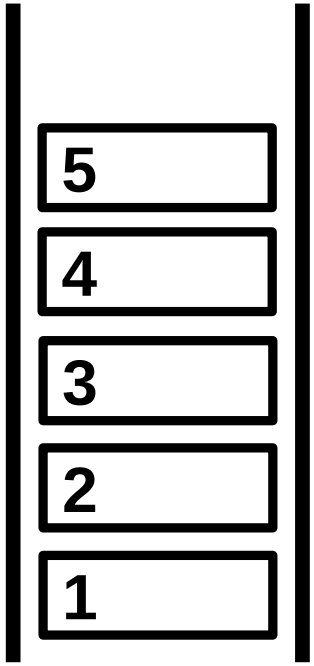
FIFO – First In First Out



Queue - Coadă

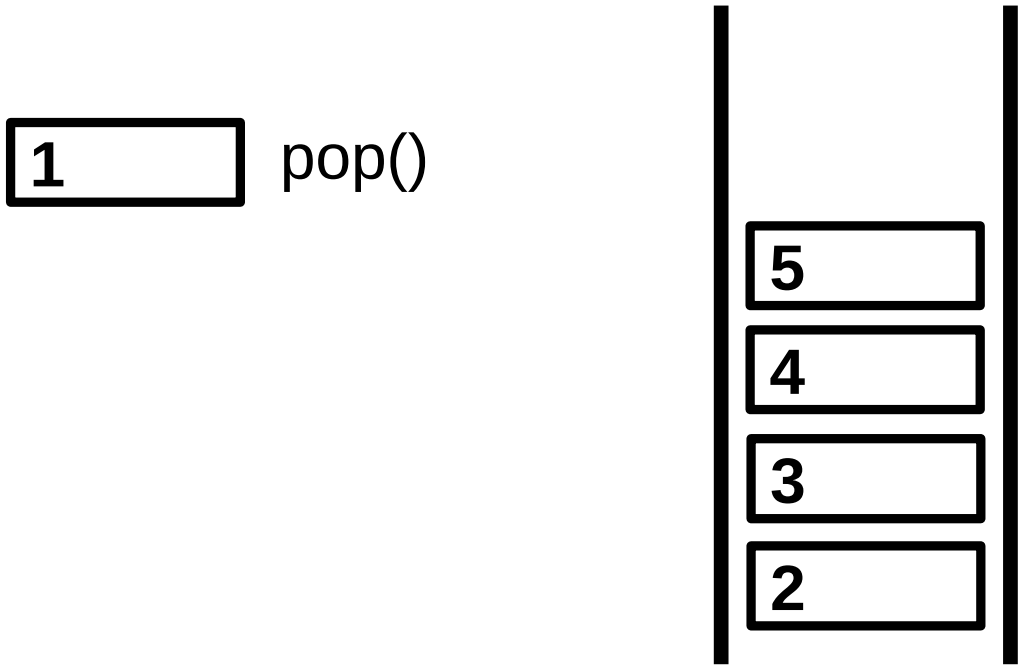
FIFO – First In First Out

pop()



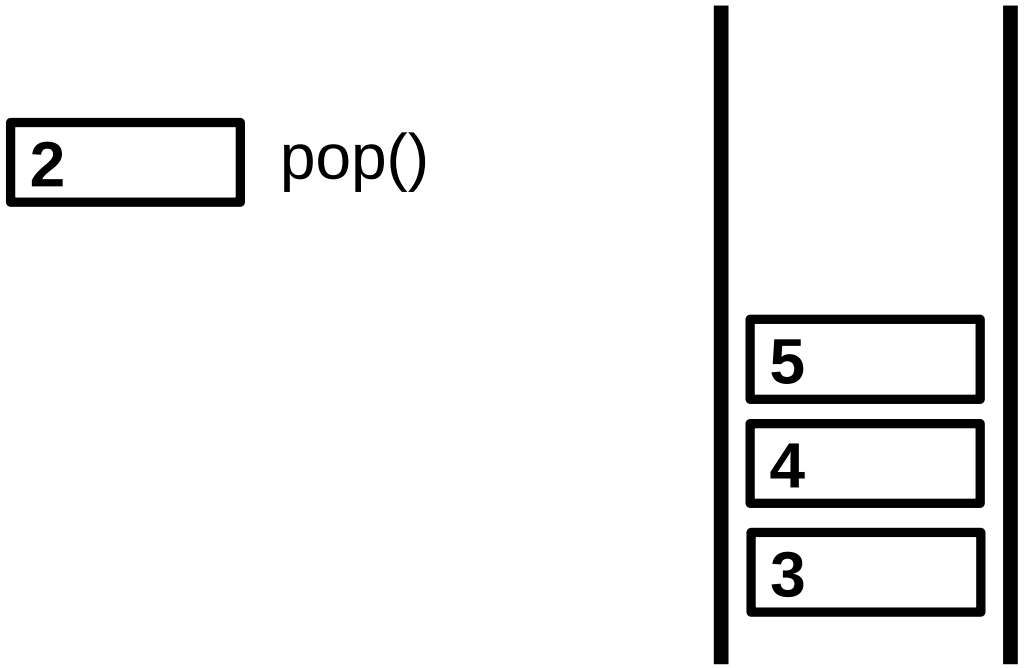
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



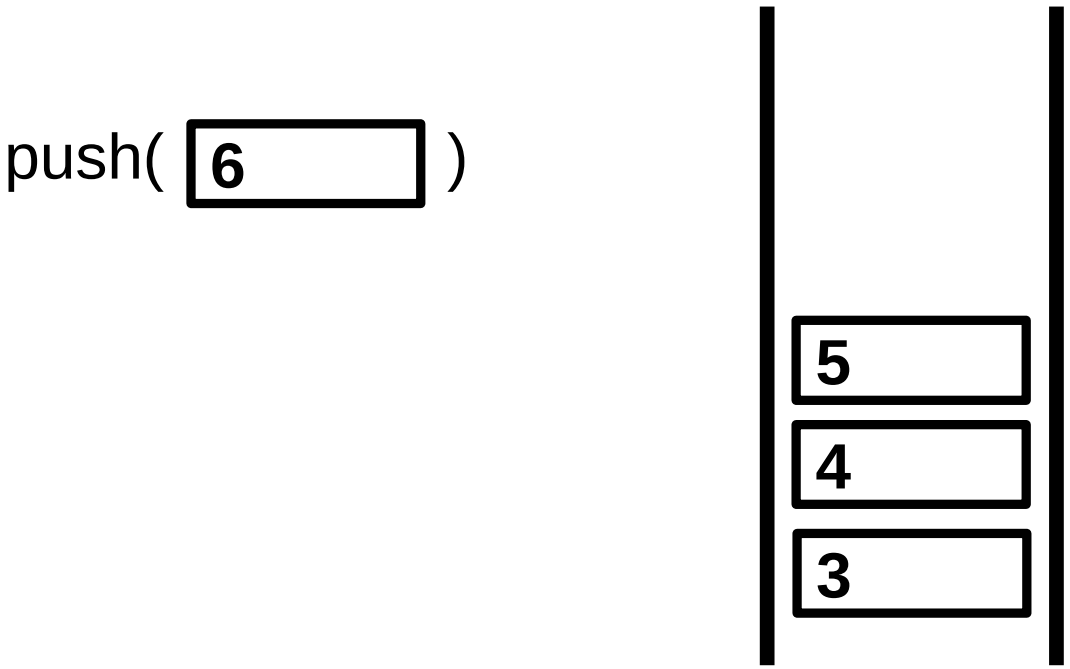
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



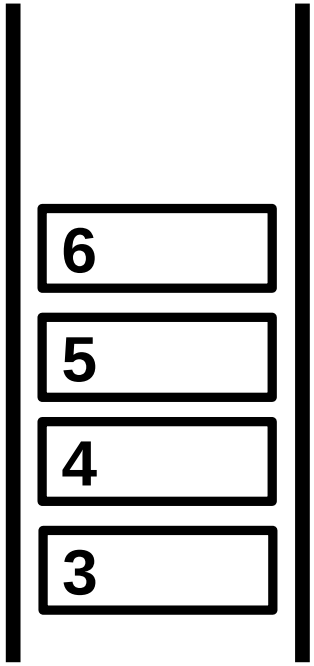
Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



Queue - Coadă

FIFO – First In First Out



Corectitudinea unui expresii

- [(1+2)-3*(2+1)]
- {[()]}