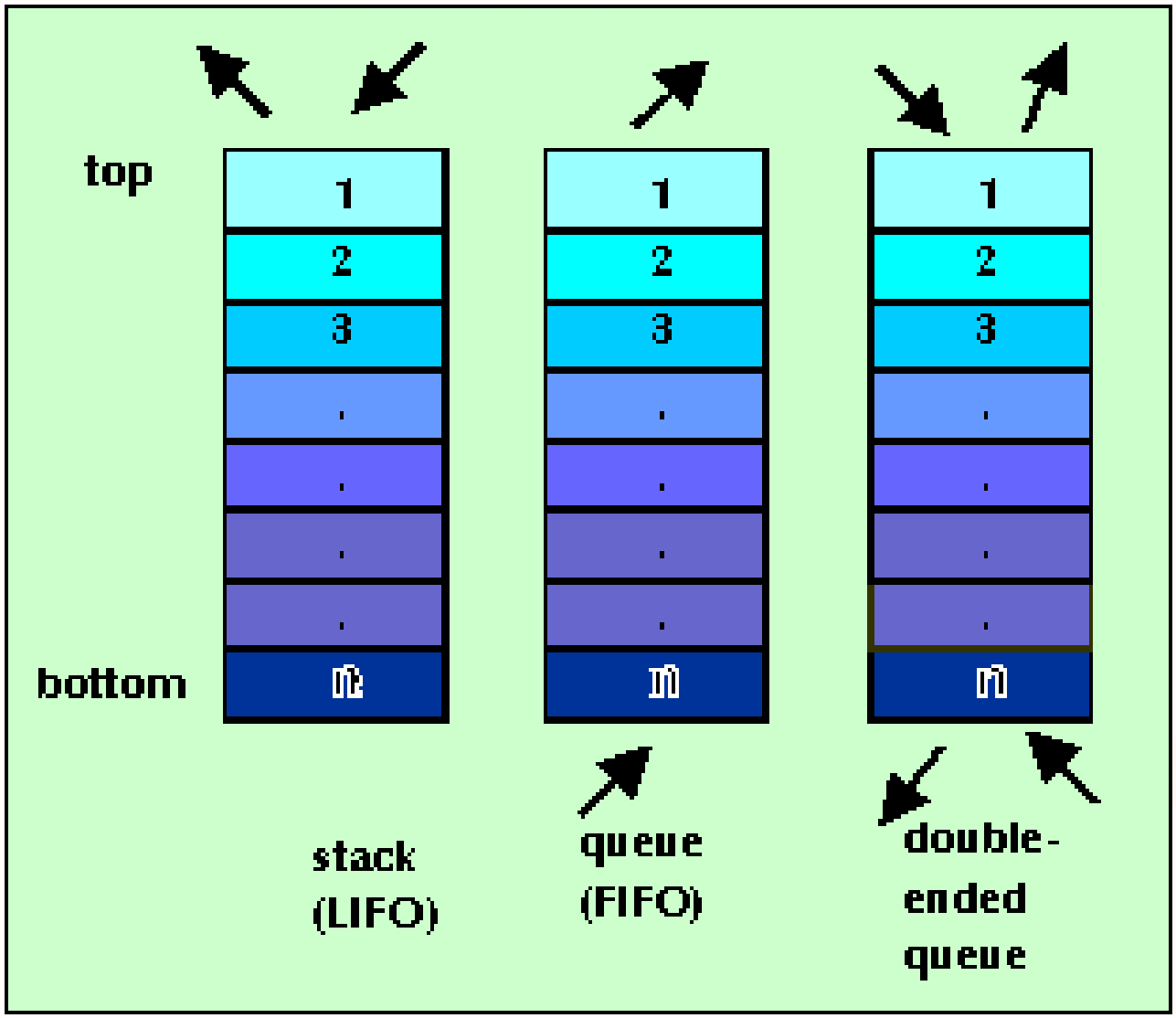
Διάλεξη 06: Συνδεδεμένες Λίστες & Εφαρμογές Στοιβών και Ουρών

Στην ενότητα αυτή θα μελετηθούν τα εξής επιμέρους θέματα:

- Υλοποίηση ΑΤΔ με Συνδεδεμένες Λίστες
- Εφαρμογή Στοιβών 1: Αναδρομικές συναρτήσεις
- Εφαρμογή Στοιβών 2: Ισοζυγισμός Παρενθέσεων
- Εφαρμογή Στοιβών 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβολ.
- Εφαρμογή Ουρών 1: Διερεύνηση κατά Πλάτος

Διδάσκων: Παναγιώτης Ανδρέου

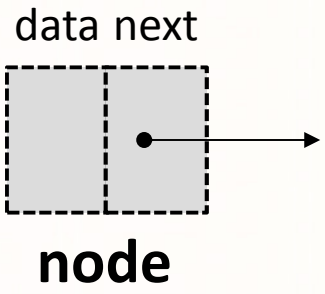
Ανασκόπηση



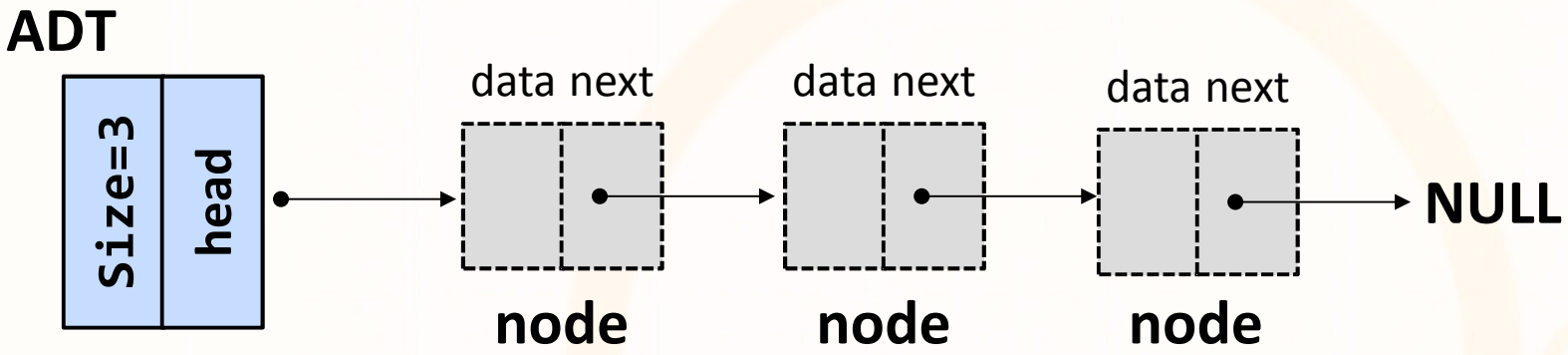
Συνδεδεμένες Λίστες

- Μία απλή συνδεδεμένη λίστα είναι μία συμπαγής δομή δεδομένων η οποία αποτελείται από μία ακολουθία κόμβων.

- Κάθε κόμβος αποτελείται από:
  - **Δεδομένα**
  - **Δείκτη/Αναφορά** προς τον επόμενο κόμβο της λίστας

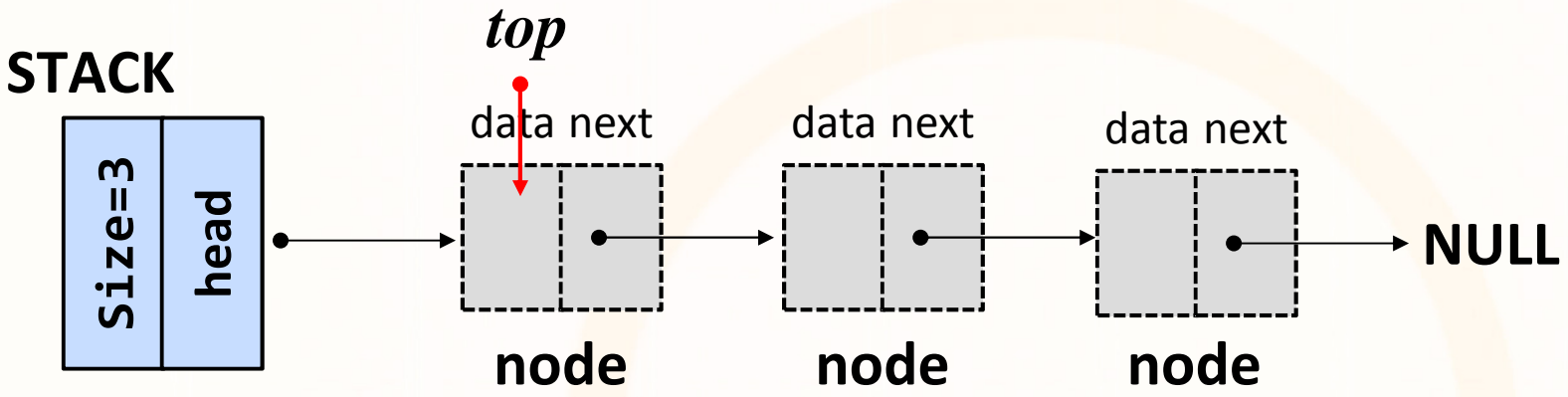


- Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία βοηθητική δομή που να αποθηκεύει χρήσιμες πληροφορίες, π.χ., αναφορά στον πρώτο κόμβο, μέγεθος των στοιχείων, κτλ.



Στοίβα ως Συνδεδεμένη Λίστα

- Μπορούμε να υλοποιήσουμε μία **Στοίβα** με μία απλά συνδεδεμένη λίστα
- Κάθε κόμβος αποτελείται από ένα στοιχείο (στοιχεία της στοίβας) και από ένα δείκτη (προς τον επόμενο κόμβο της στοίβας). Η κορυφή της στοίβας είναι ο πρώτος κόμβος της λίστας,
- Χρησιμοποιούμε μια μεταβλητή για να φυλάγουμε στοιχεία σχετικά με τη στοίβα π.χ. **μέγεθος** (size) και δείκτη προς την **κορυφή της στοίβας (head) που βρίσκεται και το στοιχείο top.**



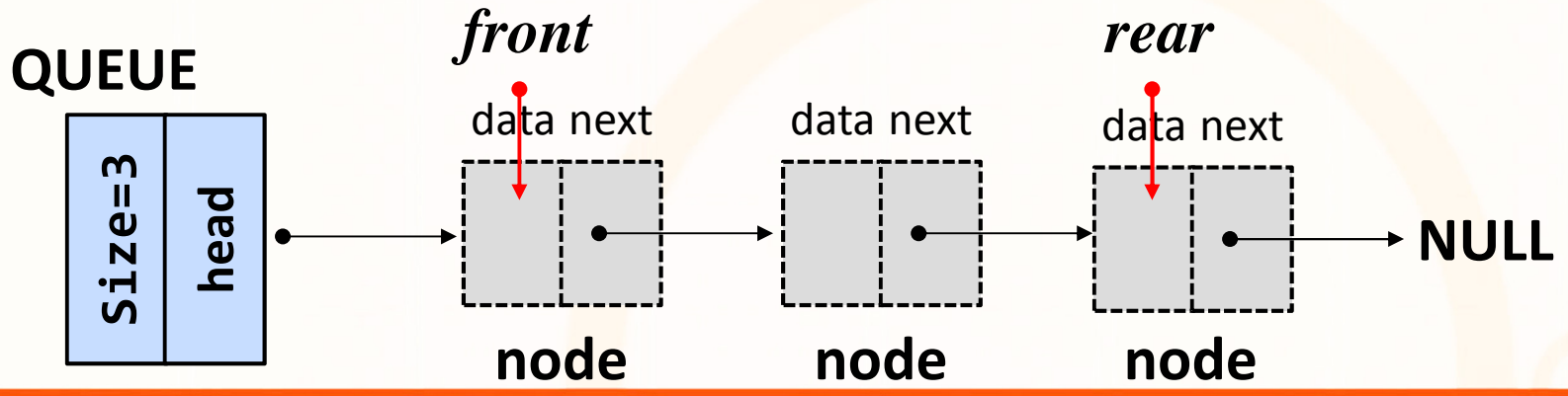
Υλοποίηση Στοίβας με Συνδεδεμένη Λίστα

- Με χρήση εσωτερικής κλάσης για τους κόμβους

```
public class Stack<E> implements IStack<E>
  private class StackNode<E>{
    private E obj;
    private StackNode<E> next;
    StackNode(E obj, StackNode<E> head) {
      this.obj = obj;
      this.next = head;
    }
    public E getElement(){
      return this.obj;
    }
  }
  private StackNode<E> head;
  private int size;

  public Stack() {
    head = null;
    size=0;
  }
  public boolean isEmpty(){
    return this.size==0;
  }
  public void makeEmpty(){
    this.head = null;
    this.size=0;
  }
  public int size() {
    return this.size;
  }
  public E top() {
    return isEmpty()? null :
                  head.getElement();
  }
  public void push(E obj) {
    StackNode<E> newNode = new
            StackNode<E>(obj, head);
    this.head = newNode;
    size+=1;
  }
  public void pop() {
    if (!isEmpty()) {
      this.head = this.head.next;
      size-=1;
    }
}
```

Ουρά ως Συνδεδεμένη Λίστα

- Μπορούμε να υλοποιήσουμε μία **Ουρά** με μία απλά συνδεδεμένη λίστα
- Κάθε κόμβος αποτελείται από ένα στοιχείο (στοιχεία της ουράς) και από ένα δείκτη (προς τον επόμενο κόμβο της ουράς).
  - Το πρώτο στοιχείο αποθηκεύεται στον πρώτο κόμβο
  - Κάθε νέο στοιχείο αποθηκεύεται στο πίσω μέρος
- Χρησιμοποιούμε μια μεταβλητή για να φυλάγουμε στοιχεία σχετικά με την ουρά π.χ., **μέγεθος** (size) και δείκτες προς την **κορυφή της ουράς (head)) που βρίσκεται και το στοιχείο front και προς το τελευταίο στοιχείο της ουράς (rear).**



Εφαρμογή Στοίβας 1: Αναδρομικές Διαδικασίες

- Οι στοίβες βρίσκουν μεγάλη χρήση στην πληροφορική για δημιουργία άλλων δομών και σε βασικό λογισμικό.
- Κλασικό παράδειγμα αφορά την **κλήση υποπρογραμμάτων** (function calls) και **αναδρομικών διαδικασιών**.
  - Σε κάθε κλήση οποιασδήποτε συνάρτησης ένα σύνολο από λέξεις (stack frame) φυλάσσεται σε μια στοίβα, από όπου μπορεί να ανασυρθεί.
  - Όταν μια συνάρτηση καλεί μια άλλη συνάρτηση οι **παράμετροι της συνάρτησης**, η **διεύθυνση επιστροφής** και οι **τοπικές μεταβλητές** της καλούσας συνάρτησης φυλάσσονται μέσα στη στοίβα του προγράμματος.
  - Έτσι, όταν η κληθείσα **συνάρτηση τερματίσει**, το περιβάλλον την καλούσας συνάρτησης **ανασύρεται** από τη στοίβα για να συνεχιστεί κανονικά η εκτέλεσή της.

Εφαρμογή Στοίβας 1: Αναδρομικές Διαδικασίες

- Όταν ένα πρόγραμμα φορτώνεται στην μνήμη του υπολογιστή, τότε το η δεσμευμένη μνήμη οργανώνεται σε τρεις περιοχές (segments):

  a) text (code) segment, b) *stack segment*, and c) *heap segment*.
- Το *text segment* περιέχει τον κώδικα υπό εκτέλεση, ενώ το *heap segment* επιτρέπει στον πρόγραμμα να δεσμεύσει μνήμη. Αυτή η μνήμη παραμένει μέχρι να αποδεσμευτεί ρητά (από τον garbage collector) ή να τερματιστεί το πρόγραμμα.
- Το *stack segment* από την άλλη χρησιμεύει για να φυλάγονται όλες οι πληροφορίες σχετικές με την εκτέλεση συναρτήσεων.

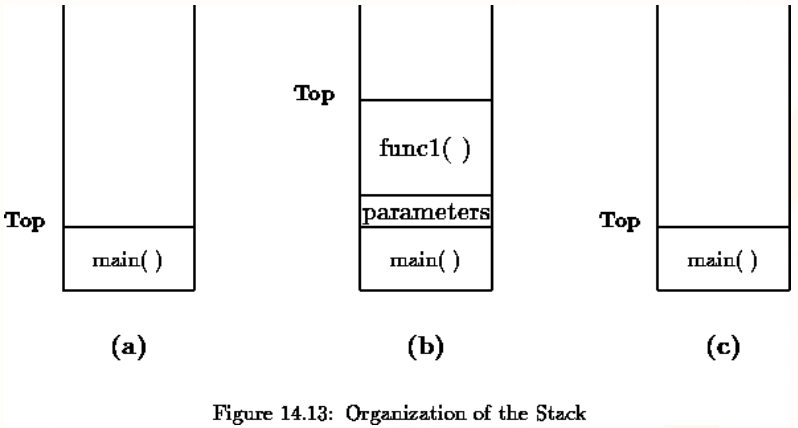


Figure 14.13: Organization of the Stack

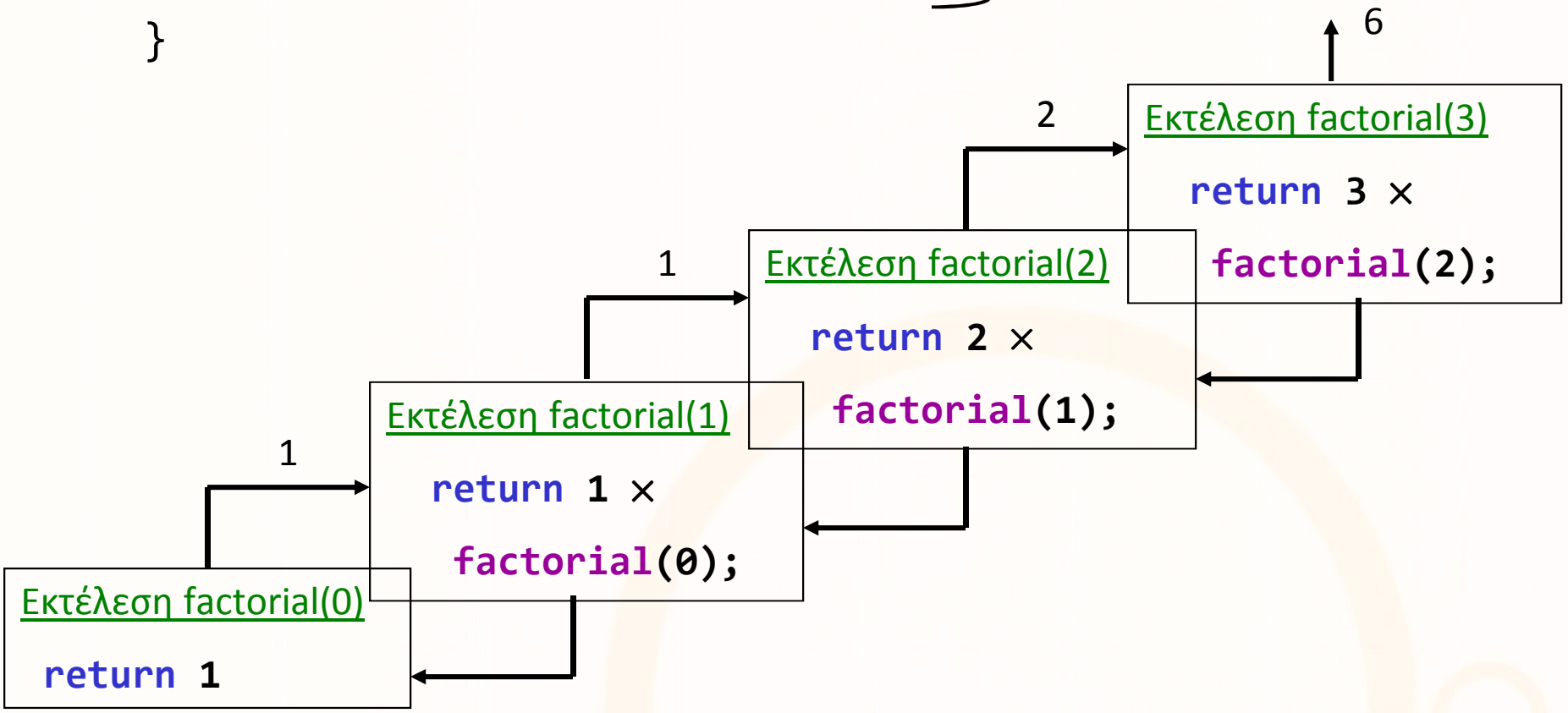
Η εντολή ulimit -a στο unix δείχνει τους πόρους που είναι διαθέσιμους σε ένα πρόγραμμα: virtual memory, stack, cpu time, processes, κτλ.

Παράδειγμα: Παραγοντικός Αριθμός με Αναδρομή

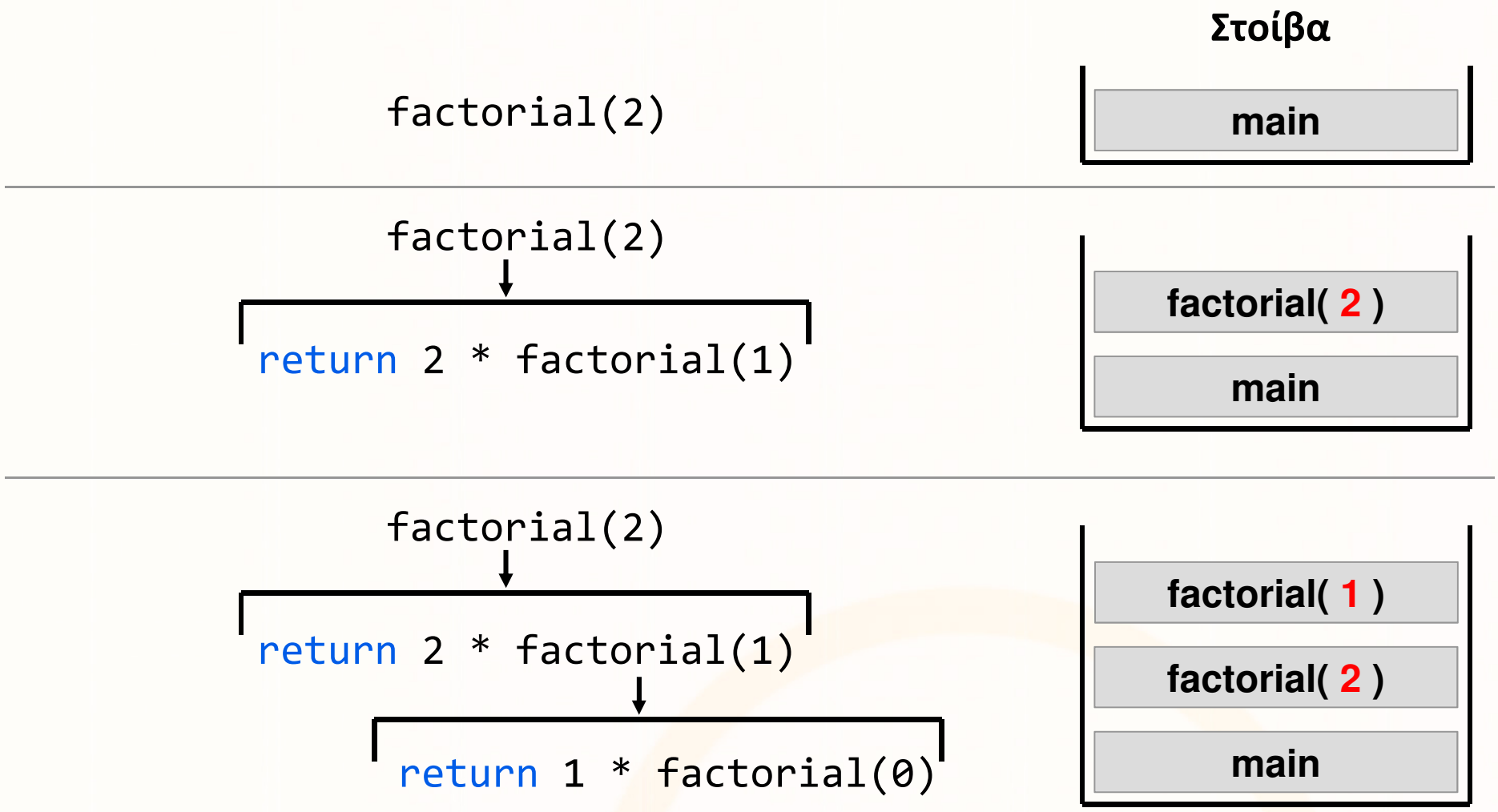
```
int factorial ( int n ) {
        if (n == 0)
                return 1;
        else
                return n x factorial(n-1);
        }
```

Βήμα Τερματισμού

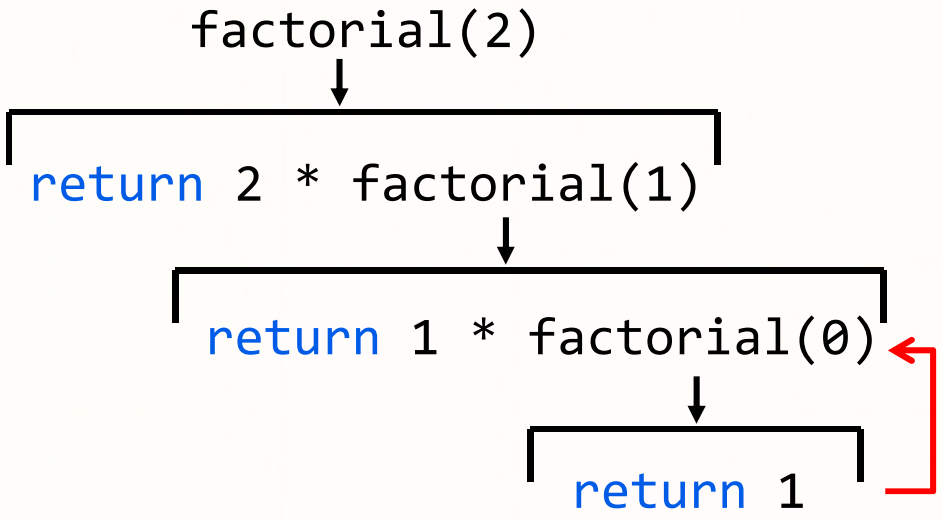
Αναδρομικό Βήμα

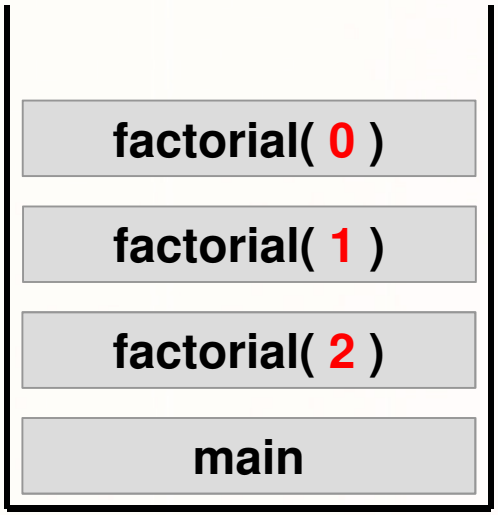


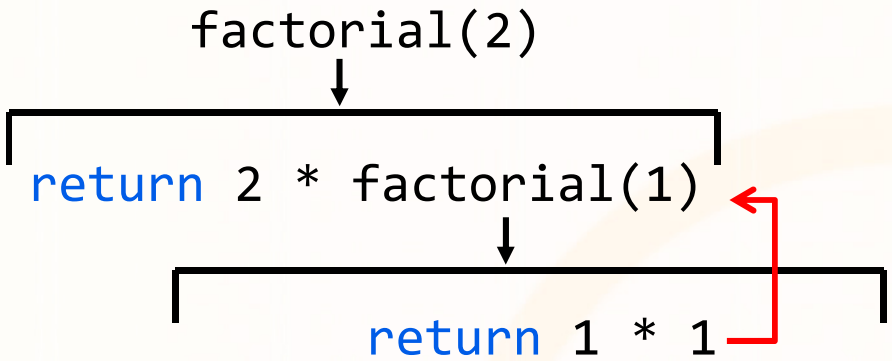
Αναδρομή και Διαχείριση Μνήμης

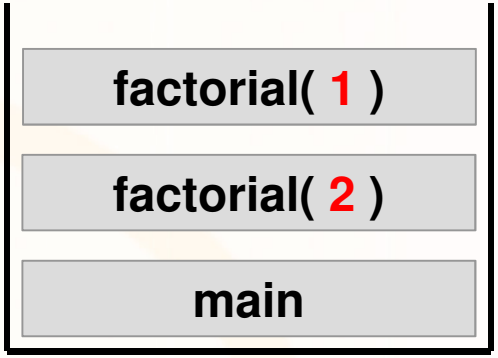


Αναδρομή και Διαχείριση Μνήμης

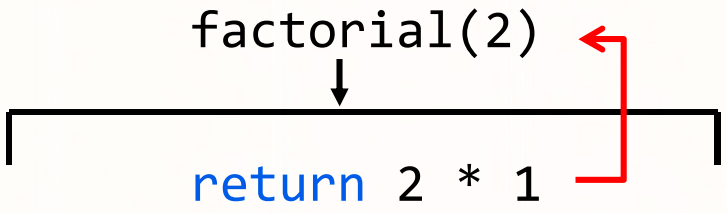


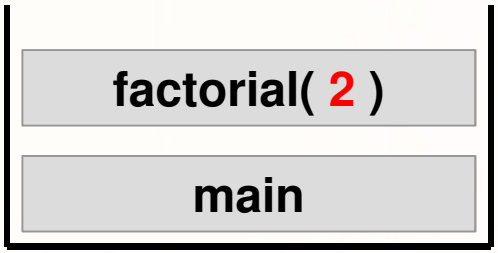






Αναδρομή και Διαχείριση Μνήμης





2

Στοίβα

Εφαρμογή Στοίβας 2: Ισοζυγισμός Παρενθέσεων

- Ο έλεγχος σύνταξης (π.χ. ενός προγράμματος) απαιτεί να ταιριάξουμε σύμβολα/λέξεις όπως:

  `begin` με `end`

  `else` με `if`

  παρενθέσεις `{` με `}`

- Ας υποθέσουμε την ύπαρξη του συνόλου χαρακτήρων: `{`, `}`, `[`, `]`, `(`, `)`.

- Πρόβλημα: να διαπιστώσετε αν μια συμβολοσειρά που περιέχει τους πιο πάνω χαρακτήρες είναι ισοζυγισμένη, δηλαδή όλες οι παρενθέσεις ταιριάζουν.

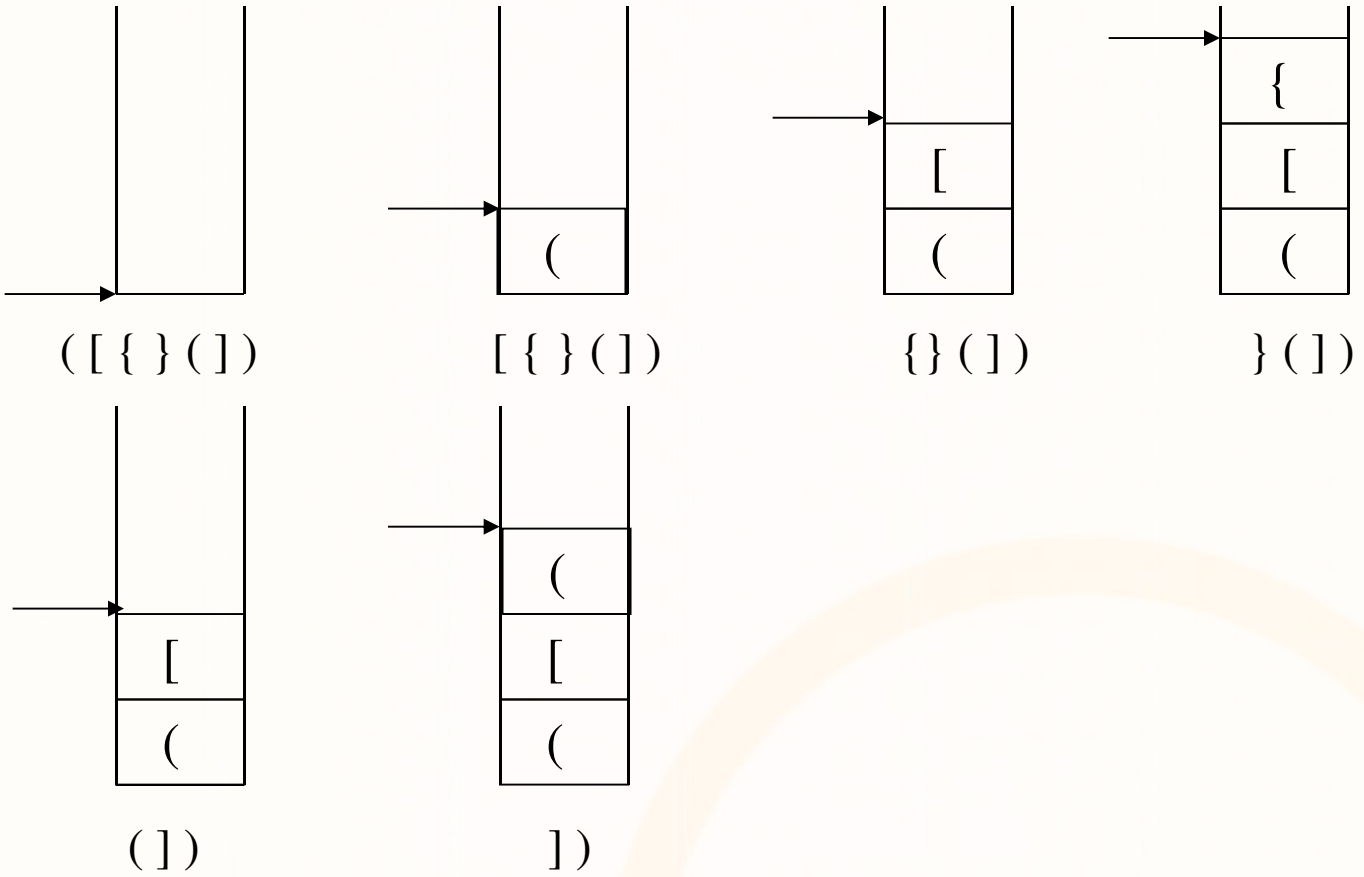
- π.χ. `{[]}`

  `([{}{}[]))`

  `([]{()})`

Εφαρμογή Στοίβας 2: Ισοζυγισμός Παρενθέσεων

- Ανά πάσα στιγμή, η στοίβα περιέχει όλες τις `αριστερές΄ παρενθέσεις που δεν έχουν ακόμη `ταιριαστεί΄.



Εφαρμογή Στοίβας 2: Ισοζυγισμός Παρενθέσεων

- Λύση βασισμένη σε στοίβες

```
public class IsozygismosParentheseon {
  public static void main(String[] args) {
    Stack<Character> stack = new Stack<Character>();
    String test1 = "{ [ ] }";  String test2 = "( [ { } { } [ ] ) )";
    String test3 = "( [ ] { ( ) } )";
    for(Character c: test3.toCharArray()) {
      if( !(c=='(' || c=='[' || c=='{'
            || c=='}' || c==']' || c==')') ) continue;
      if( c=='(' || c=='[' || c=='{' ) { stack.push(c); }
      else {
        if( stack.isEmpty() ) {System.out.println("Error"); return; }
        Character check = stack.top();
        stack.pop();
        if( !match(check,c) ) {System.out.println("Error"); return; }
    } }
    if( stack.isEmpty() ) {System.out.println("Success"); }
    else {System.out.println("Error"); }
  }
  public static boolean match(Character a, Character b){
    return ( (a=='(' && b==')')  || (a=='{' && b=='}')  || (a=='[' && b==']') );
  }
}
```

Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.

- Ο αντίστροφος πολωνικός συμβολισμός (Jan Lukasiewich, 1951) είναι μια μέθοδος αναπαράστασης αριθμητικών παραστάσεων που δεν κάνει χρήση παρενθέσεων.

  π.χ. αντί

α + β	γράφουμε	α β +
(α + β)*γ	γράφουμε	α β + γ *
α + (β*γ)	γράφουμε	α β γ * +
α*β + γ*δ	γράφουμε	α β * γ δ * +
60 - ((5+3)*(2+4))	γράφουμε	60 5 3 + 2 4 + * -

- Η συνήθης μορφή μιας παράστασης ονομάζεται **ενθεματική** (infix), γιατί οι τελεστές των πράξεων τίθενται *μεταξύ* των τελεστέων. Η πολωνική μορφή μιας παράστασης ονομάζεται μεταθεματική (postfix) γιατί οι τελεστές βρίσκονται *μετά* από τους τελεστέους.

Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.

- Ζητείται η υλοποίηση ενός προγράμματος που να υπολογίζει αριθμητικές εκφράσεις αντίστροφου πολωνικού συμβολισμού. Για τον υπολογισμό τέτοιων εκφράσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η έννοια της στοίβας.
- Η δομή του προγράμματος θα έχει τη μορφή της παρακάτω ανακύκλωσης:

```
MakeEmpty();
while (c = next character && c is not EOF){
    switch (c) {
       integer:     Push(c);
       *:           Push(Pop() * Pop());
       +:           Push(Pop() + Pop());
       …:           …
       default:    error
                 }
}
print Top();
```

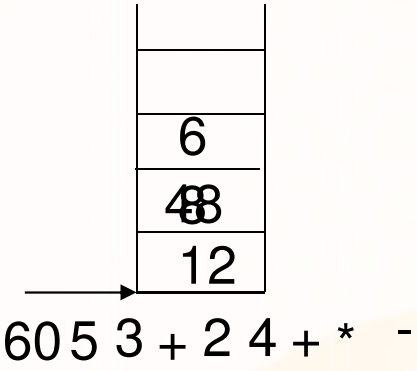
υποθέτουμε υλοποίηση της Pop η οποία και επιστρέφει και αφαιρεί τον κόμβο κορυφής στοίβας

Χρόνος Εκτέλεσης: **O(n)**

Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.

- Έστω η παράσταση 60 5 3 + 2 4 + * - .

  (’Η σε ενθεματική μορφή: 60 - (5+3)*(2+4))



Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.

- Υποθέτουμε την ύπαρξη
  - ακεραίων,
  - παρενθέσεων (,),
  - + , *
- Κανόνας: το * έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από το + .
- Στόχος: μετατροπή της ενθεματικής σε μεταθεματική μορφή. π.χ.

  60 + ((5 + 3) * (2 + 4))

  60 5 3 + 2 4 + * +
- Χρησιμοποιώντας στοίβες η μετατροπή μπορεί να επιτευχθεί σε χρόνο O(N).

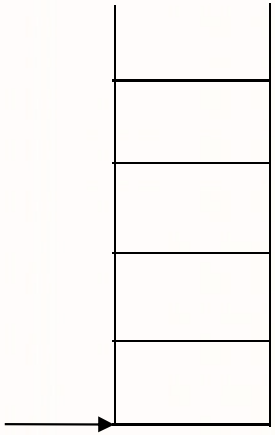
Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.

- Δεδομένο Εισόδου: Λίστα L που περιέχει μια ενθεματική παράσταση

```
MakeEmpty();
για κάθε c στην L κάνε {
  αν ο c  είναι integer:  τύπωσέ τον

     ( :        γράψε ΄(΄ στη στοίβα S

     ) :        ανέτρεξε στη στοίβα αφαιρώντας και τυπώνοντας όλα τα
                στοιχεία μέχρι την πρώτη ΄(΄ που θα συναντήσεις την
                οποία αφαίρεσε χωρίς να τυπώσεις.

     + :        αφαίρεσε και τύπωσε όλα τα ΄+΄ και ΄*΄ που βρίσκονται
                στη στοίβα μέχρι να συναντήσεις μια ΄(΄ ή να αδειάσει
                η στοίβα και στη συνέχεια πρόσθεσε το ΄+΄ στη στοίβα

     * :        αφαίρεσε και τύπωσε όλα τα ΄*΄ που βρίσκονται στη
                στοίβα μέχρι να συναντήσεις μια ΄(΄ ή ένα ΄+΄ ή να
                αδειάσει η στοίβα και στη συνέχεια πρόσθεσε το ΄*΄
 }
αφαίρεσε και τύπωσε όλα τα στοιχεία που παραμένουν στη στοίβα.
```

- Χρόνος Εκτέλεσης: **O(n)**

Εφαρμογή Στοίβας 3: Αντίστροφος Πολωνικός Συμβ.



$$a + b * c * (d + e)$$

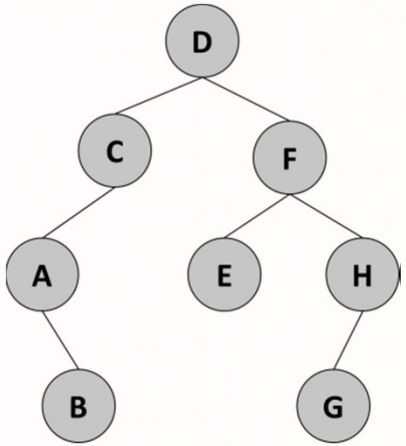
Εφαρμογές Ουράς

- Παραδείγματα Πραγματικού Κόσμου
  - Γραμμή Πελατών
  - Ανσανσέρ
  - Μηχανές Λεφτών
  - Μηχανές Ποτών/Φαγητών
  - …
- Παραδείγματα σε Υπολογιστές/Δίκτυα
  - Διαχείρηση Περιορισμένων Πόρων, π.χ., bandwidth
  - Προσωμείωση Διακριτών Γεγονότων (Discrete event simulation)
  - Χρήση σε Αλγόριθμους, π.χ., BFS, Dijkstra, Huffman Coding, A*
  - …

Εφαρμογή Ουράς 1: Διερεύνηση κατά Πλάτος (BFS)

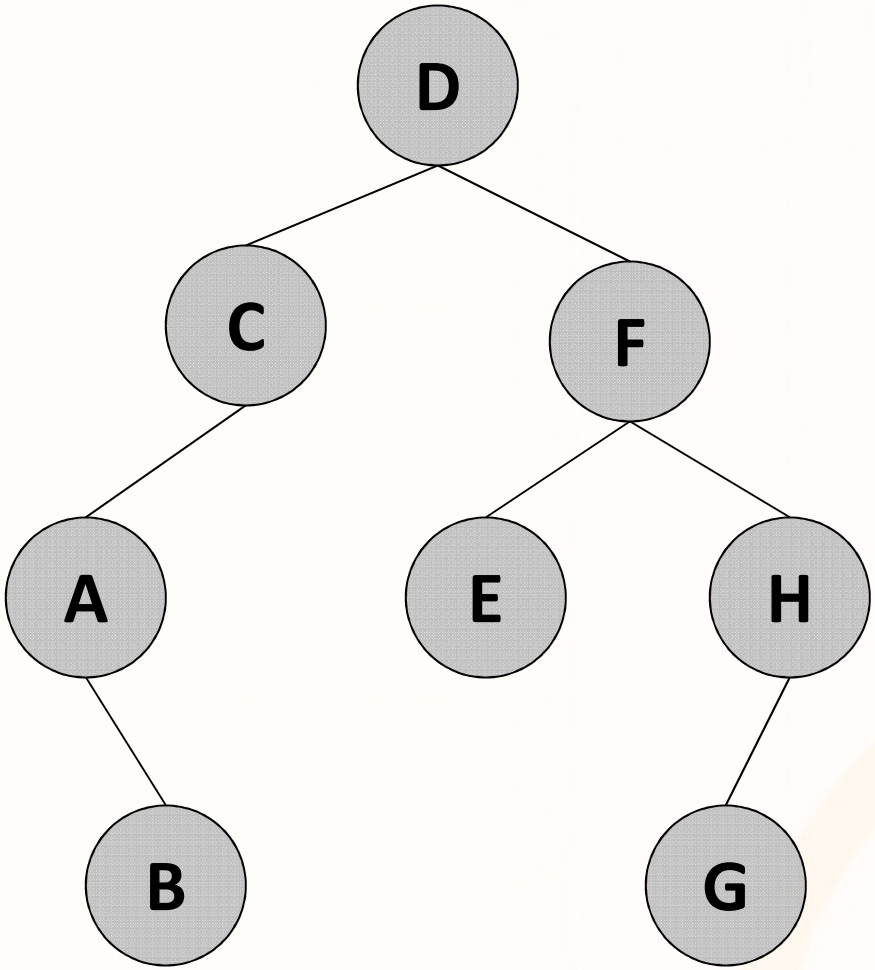
- Στη θεωρία γράφων, η διερεύνηση κατά βάθος (breadth-first search (BFS)) επιτυγχάνει την αναζήτηση ανά επίπεδο

- Παράδειγμα
  - Επίπεδο 1: D
  - Επίπεδο 2: C, F
  - Επίπεδο 3: A, E, H
  - Επίπεδο 4: B, G



- Δεδομένου ενός κόμβου, μπορούμε κάθε φορά να έχουμε πρόσβαση στους απευθείας απόγονούς του
- Πως μπορεί να υλοποιηθεί

Εφαρμογή Ουράς 1: Παράδειγμα Εκτέλεσης BFS



Ουρά Q	Έξοδος Διαδικασίας
D	D
C,F	C
F, A	F
A, E, H	A
E, H, B	E
H, B	H
B, G	B
G	G
{ }	