ΕΠΛ232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

Δομές Δεδομένων ΙΙ (Ταξινομημένες Λίστες)

Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL232

Το μάθημα αυτό δομήθηκε βάση των διαλέξεων του Αναπλ. Καθηγητή Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συμβόλαιο Μαθήματος

- **Αξιολόγηση**
  - **55% Τελική Εξέταση (1)**
  - **20% Ενδιάμεση Εξέταση (1)**
    - Ημερομηνία: 23/10/2019
  - **25% Ασκήσεις**
    - Προγραμματιστικές Ασκήσεις (**3**) **– 5%**
    - Ομαδική Εργασία (1) **– 10%**

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Περιεχόμενο Διάλεξης 13

- Στοίβα, Ουρά και Ταξινόμηση
  - Επανάληψη Στοίβας και Ουράς
  - Αδυναμία Υποστήριξης Ταξινόμησης
- **Ταξινομημένες Λίστες**
  - Δηλώσεις και Αρχικοποίηση (στατικά, δυναμικά, σε συνάρτηση, δείκτη-δείκτη)
  - Διαδικασίες printList(), printListRecursive()
  - Διαδικασίες insert(), insertRecursive()
  - Διαδικασίες delete(), deleteRecursive()

Επόμενη Διάλεξη

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Διασυνδεδεμένες δομές δεδομένων

- Η μνήμη ενός πίνακα δεσμεύεται συνεχόμενα.
  - Η πρόσβαση στο i-οστό στοιχείο είναι **άμεση** καθώς η διεύθυνση του είναι γνωστή **εκ των προτέρων** και μπορεί να υπολογιστεί από τον μεταφραστή.
- Μπορούμε να κατασκευάσουμε δομές τα στοιχεία των οποίων βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις στη μνήμη, και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω **δεικτών**.
  - Η θέση του «i-οστού» στοιχείου δεν είναι γνωστή και πρέπει να εντοπιστεί, διανύοντας την δομή κατά μήκος των συνδέσεων μεταξύ των κόμβων της.
  - **Σημείωση**: ακριβώς για αυτό το λόγο, σε αυτές τις δομές δεν υφίσταται η έννοια «i-οστό» στοιχείο.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Διασυνδεδεμένες δομές δεδομένων

- Οι διασυνδεδεμένες δομές δεν κατασκευάζονται μονομιάς αλλά **σταδιακά**, κόμβο προς κόμβο.
  - Κάθε κόμβος που προστίθεται, πρέπει να **συνδεθεί** κατάλληλα με τους ήδη υπάρχοντες κόμβους, ώστε να είναι δυνατή η προσπέλαση όλων των κόμβων.
  - Για κάθε κόμβο που απομακρύνεται, πρέπει να **προσαρμοστούν** οι διασυνδέσεις των υπολοίπων.
- Κάθε διασυνδεδεμένη δομή έχει και ένα συγκεκριμένο (διαφορετικό) τρόπο προσπέλασης, σύμφωνα με τον οποίο:
  - Ορίζονται οι δείκτες διασύνδεσης των κόμβων και
  - Υλοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες αναζήτησης, προσθήκης και απομάκρυνσης.

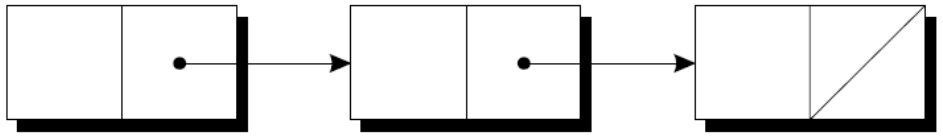
Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Αυτοαναφορικές δομές δεδομένων

- Μια από τις κλασικές μορφές διασυνδεδεμένων δομών είναι οι **αυτοαναφορικές** δομές (ή αναδρομικές δομές).
  - Μια δομή ονομάζεται αυτοαναφορική όταν ένα από τα πεδία της είναι ένας δείκτης σε δομή ιδίου τύπου.
  - Οι αυτοαναφορικές δομές κατασκευάζονται μέσα από την επανάληψη του ίδιου **δομικού στοιχείου (κόμβου)**.

```
typedef struct node {
   int data;
   struct node *next;
} NODE;
```

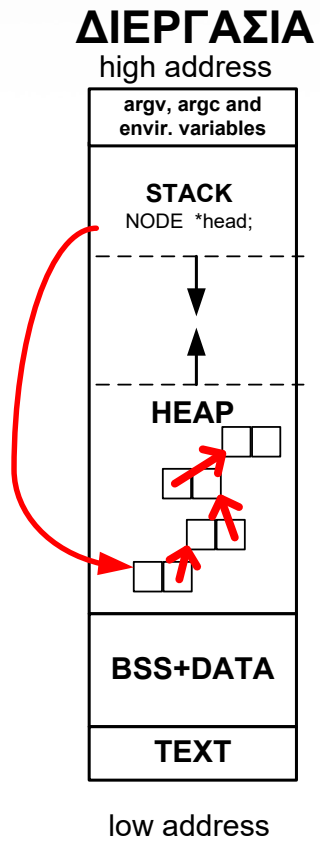
ΣΥΝΙΣΤΟΜΕΝΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ



Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

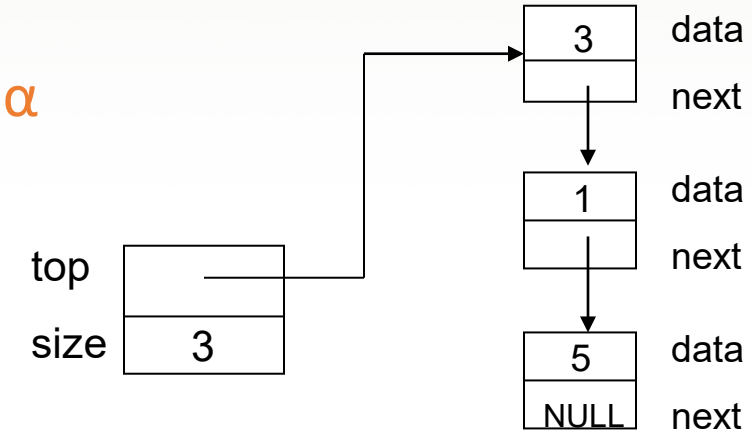
Στοίβα, Ουρά και Ταξινόμηση

- Στις δομές δεδομένων **ουρά** και **στοίβα** είδαμε πως η θέση των στοιχείων εξαρτάται από την σειρά εισδοχής τους.
  - σε μια **Στοίβα** το στοιχείο **στην κορυφή** είναι πάντα αυτό που **εισήχθη τελευταίο**
  - σε μια **Ουρά**, αυτό που **εισήχθη πρώτο**.
- Έτσι αν εφαρμόζαμε διαδοχικά τις εντολές:
  - εισαγωγή του **5**,
  - εισαγωγή του **1**
  - εισαγωγή του **3**
  - θα είχαμε . . .



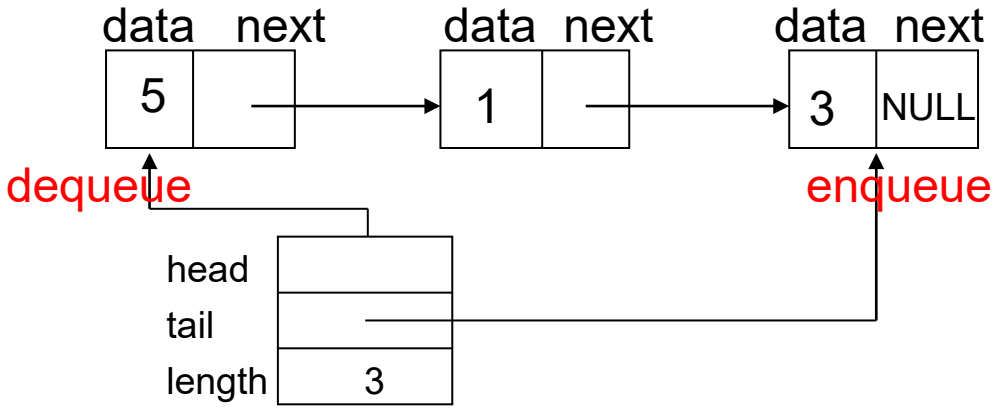
Στοίβα, Ουρά και Ταξινόμηση

- Σε Στοίβα



push / pop

- Σε Ουρά



Εφαρμόζοντας **τρεις** φορές τις διαδικασίες **pop** και **dequeue** στη **στοίβα** και την **ουρά**, αντίστοιχα, θα επιστρέφονταν

• από τη **Στοίβα** τα στοιχεία 3, 1, 5 (με αυτή τη σειρά), και

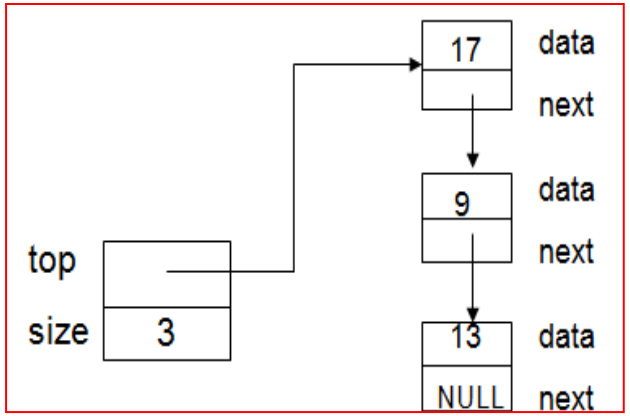
• από την **Ουρά** τα στοιχεία 5, 1, 3 (με αυτή τη σειρά).

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η Δομή Δεδομένων Στοίβα

(με Δυναμική Χορήγηση Μνήμης)

```
int push(int value, STACK *s) {

   NODE *p = NULL;
   if (s == NULL){ return EXIT_FAILURE;}

   p = (NODE *) malloc(sizeof(NODE));
   if ( p == NULL ) {
      printf("System out of memory!\n");
      return EXIT_FAILURE;
   }
   p->data = value;    // assign to new node
   p->next = s->top;   // adjust next pointer
   s->top = p;         // point head to this node
   (s->size)++;        // increase stack size
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

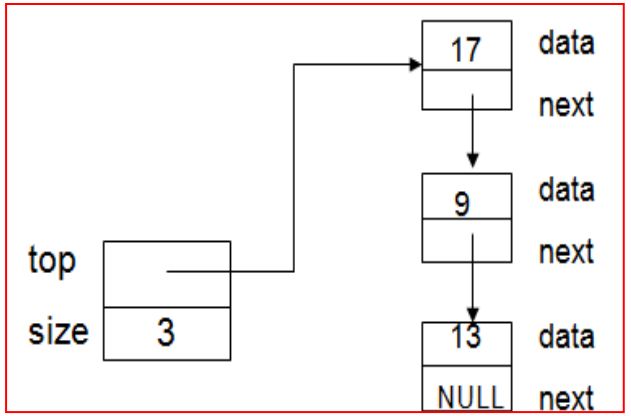


Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η Δομή Δεδομένων Στοίβα

(με Δυναμική Χορήγηση Μνήμης)

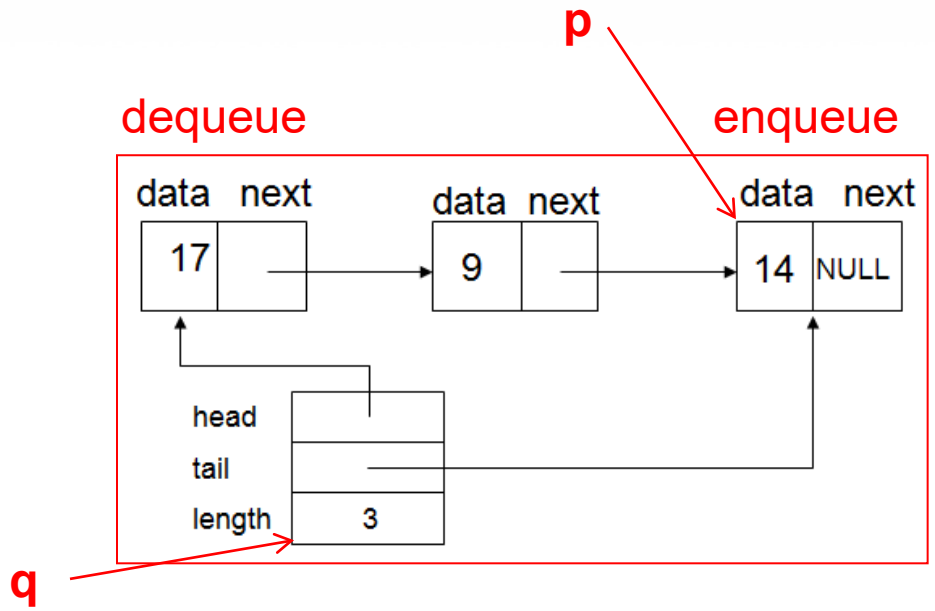
```
int pop(STACK *s, int *retval) {

  NODE *p = NULL;
  if ( s == NULL || s->size == 0 ) {
        printf("Sorry, stack is empty…\n");
        return EXIT_FAILURE;
  }
  if (retval == NULL) {
        printf("Retval is null"); return EXIT_FAILURE; }
  *retval = (s->top)->data;    // top of stack
  p = s->top;                  // remember for free()
  s->top = p->next;            // top should point to next
  (s->size)--;                 // decrease stack size
  free(p);                     // free allocated space
  return EXIT_SUCCESS;
}
```



Άσκηση

Υλοποίηση Συναρτήσεων Ουράς

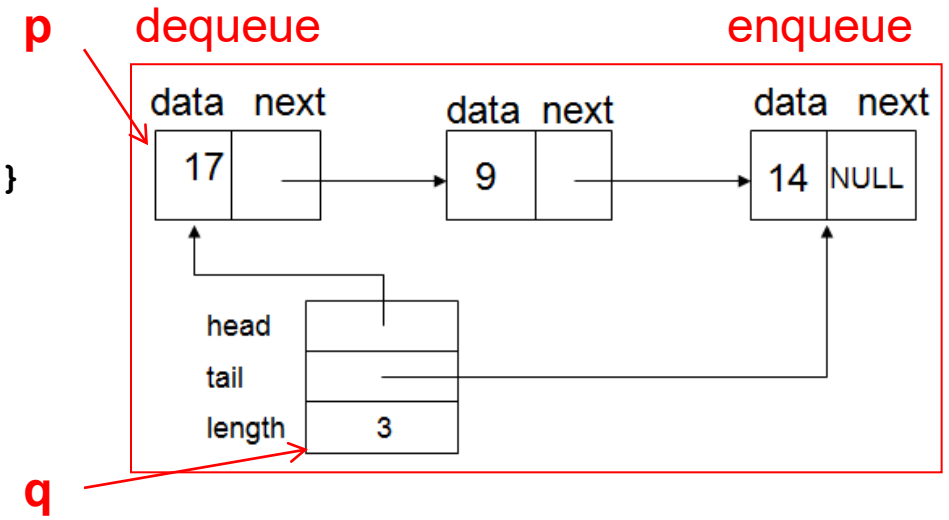
```
int enqueue (int value, QUEUE *q)  {
  NODE *p = NULL;
  if (q == NULL){ return EXIT_FAILURE; }
  p = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
  if ( p == NULL ) {
        printf("System out of memory…\n");
        return EXIT_FAILURE;
  }
  p->data = value;
  p->next = NULL;
  if (q->length == 0)
        q->head = q->tail = p;
  else { // append on end
        q->tail->next = p;
        q->tail = p;
  }
  (q->length)++;
  return EXIT_SUCCESS;
}
```



Άσκηση

Υλοποίηση Συναρτήσεων Ουράς

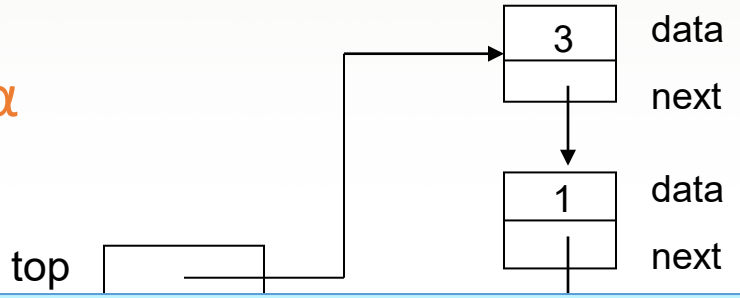
```
int dequeue(QUEUE *q, int *retval) {
  NODE *p = NULL;        // copy pointer used for free()
  if ((q == NULL) || (q->head == NULL)) {
        printf("Sorry, queue is empty \n");
        return EXIT_FAILURE;
  }
  if (retval == NULL) {
        printf("Retval is null"); return EXIT_FAILURE; }
  p = q->head;
  *retval = q->head->data;
  q->head = q->head->next;
  free(p);
  --(q->length);
  if (q->length == 0) {
        q->tail = NULL;
   }
   return EXIT_SUCCESS;
}
```



Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Στοίβα, Ουρά και Ταξινόμηση

- Σε Στοίβα



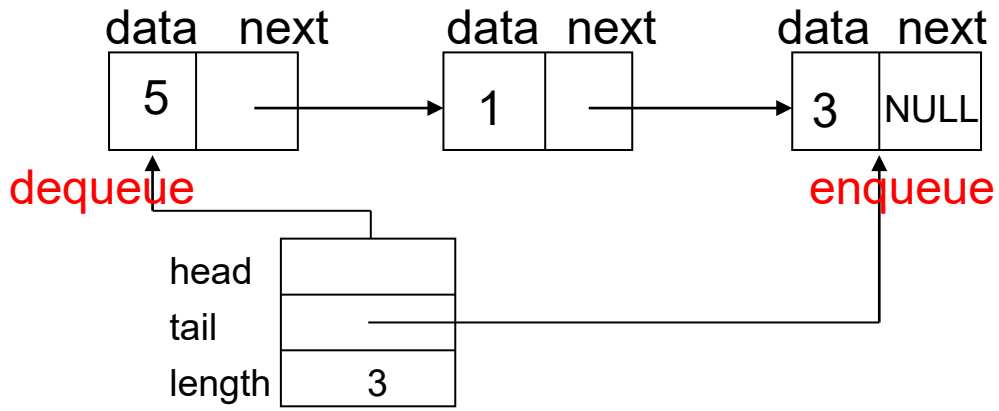
push / pop

Εφαρμόζοντας **τρεις** φορές τις διαδικασίες **pop** και **dequeue** στη **στοίβα** και την **ουρά**, αντίστοιχα, θα επιστρέφονταν

α 3, 1, 5

α 5, 1, 3

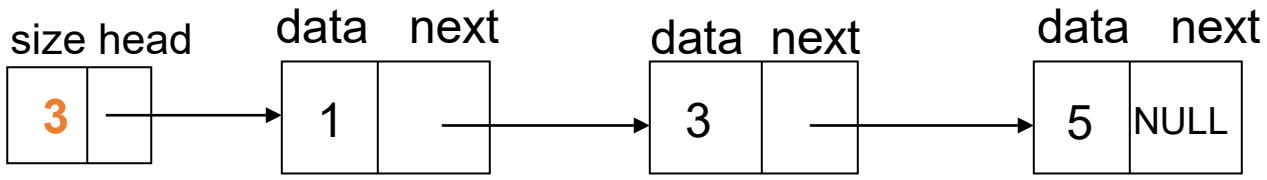
Συνεπώς, οι δομές αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να έχουμε πρόσβαση σε διατεταγμένα, βάσει κάποιας συνθήκης, δεδομένα. ☹



Ταξινομημένες Λίστες

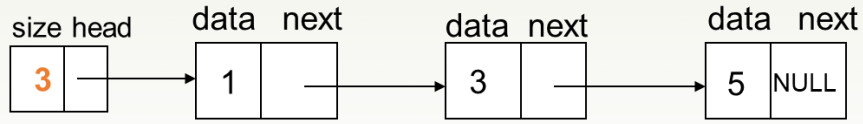
- ***Ταξινομημένα τα Δεδομένα σε κάποια σειρά*** (π.χ., αύξουσα στα ακόλουθα παραδείγματα) και από την οποία να μπορούμε εύκολα να προσθέτουμε και να αφαιρούμε στοιχεία.

- Έτσι, για παράδειγμα αν εφαρμόζαμε διαδοχικά τις εντολές: **εισαγωγή του 5**, **εισαγωγή του 1 και εισαγωγή του 3** θα θέλαμε η λίστα μας να είχε τη μορφή:



Ταξινομημένες Λίστες

Δηλώσεις και Αρχικοποίηση



- Για την υλοποίηση μιας δομής τύπου **Ταξινομημένη Λίστα** (όπως και στις στοίβες και ουρές) απαιτείται η παρακάτω δήλωση κόμβων:

```
typedef struct node {
     int          data;
     struct node *next;
 } NODE;
```

```
typedef struct {
     NODE  *head;
     int    size;
} LIST;
```

- Οι ορισμοί λοιπόν και οι κλήσεις (4 εναλλακτικοί τρόποι):

A) Στατικά στο main()

```
LIST list;
list.head = NULL;
list.size = 0;
foo(&list);

void foo(LIST *list);
```

B) Δυναμικά στο main()

```
LIST *list = NULL;
list = (LIST *)
          malloc(sizeof(LIST));
list->head = NULL;
list->size = 0;
foo(list);
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Ταξινομημένες Λίστες

Δηλώσεις και Αρχικοποίηση

Κατά την έξοδο, η αναφορά list χάνεται όχι όμως ο χώρος που δεσμεύτηκε με την malloc (η διεύθυνση του οποίου επιστρέφεται)

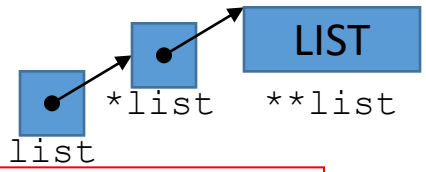
Γ) Δυναμικά σε Συνάρτηση (με return pointer):

```
LIST *initList() {
  LIST *list = (LIST *) malloc(sizeof(LIST));
   if (list == NULL) return NULL;
  list->head = NULL;
  list->size = 0;
  return list;
}
```

```
int main() {
   LIST *list = initList();
   ...
}
```

Δ) Δυναμικά σε Συνάρτηση (με δείκτη-σε-δείκτη):

```
int initList2(LIST **list) {
        *list = (LIST *) malloc(sizeof(LIST));
        if ((*list) == NULL) return EXIT_FAILURE;
        (*list)->head = NULL;
        (*list)->size = 0;
        return EXIT_SUCCESS;
}
```




```
int main() {
   LIST *list = NULL;
   initList2(&list);
   ...
}
```


Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Λειτουργίες / Διαδικασίες

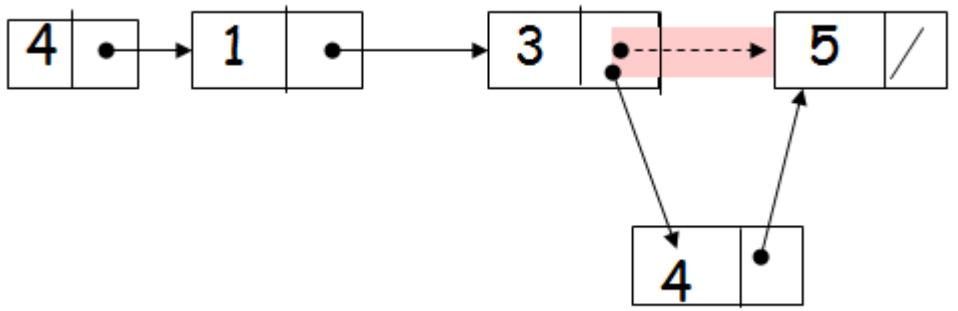
- Τώρα απομένει να ορίσουμε τρείς διαδικασίες:
  - **printlist**: τυπώνει όλα τα στοιχεία της λίστας l.
    `void printlist(LIST *l);`
  - **insert**: εισαγάγει ένα στοιχείο x μέσα στη λίστα l.
    `void insert(LIST *l, int x);`
  - **delete**: αφαιρεί κάποιο στοιχείο x (αν υπάρχει) από τη λίστα l.
    `void delete(LIST *l, int x);`
- Οι πιο πάνω λειτουργίες μαζί με τις συνοδευτικές λειτουργίες δημιουργίας, καταστροφής της λίστας πρέπει να τοποθετηθούν σε αρχεία `list.c` και `list.h`
  - Μαζί με τον σχετικό **οδηγό δοκιμής** **`#ifdef DEBUG … #endif`**.
  - Το `main` θα περιέχει ένα switch που μας επιτρέπει να καλέσουμε τις διαδικασίες ταξινομημένης λίστας.
  - **Δεν θα μας απασχολήσει στο παρόν στάδιο το return code των συναρτήσεων αυτών.**

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

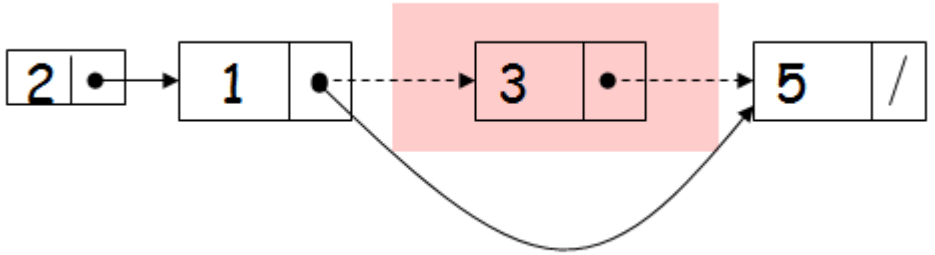
Ταξινομημένες Λίστες

Διαγραμματική Απεικόνιση

- **Εισαγωγή** του **4** στη **λίστα:**



- **Εξαγωγή του 3** από τη λίστα:



Τι οριακές περιπτώσεις εντοπίζετε;

Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Η διαγραφή ενός κόμβου περιλαμβάνει τρία βήματα:
  1. Εντοπισμός του κόμβου που θα διαγραφεί.
  2. Τροποποίηση του προηγούμενου κόμβου, ώστε να "παρακάμπτει" τον διαγραμμένο κόμβο.
  3. Κλήση της `free` για να ανακτήσετε το χώρο που καταλαμβάνει ο διαγραμμένος κόμβος.
- Λύση παρόμοια με εκείνη της απλά συνδεδεμένης λίστας
  - Τροποποίηση όσο αφορά τον τερματισμό!

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Η τεχνική "τελικού δείκτη" περιλαμβάνει τη διατήρηση ενός δείκτη στον προηγούμενο κόμβο (`prev`) καθώς και ένα δείκτη στον τρέχοντα κόμβο (`cur`).
- Ας υποθέσουμε ότι η `list` δείχνει στη λίστα προς αναζήτηση και `n` είναι ο ακέραιος που θα διαγραφεί **(η λίστα είναι ταξινομημένη σε αύξουσα σειρά)**.
- Ένας βρόγχος που υλοποιεί το βήμα 1:

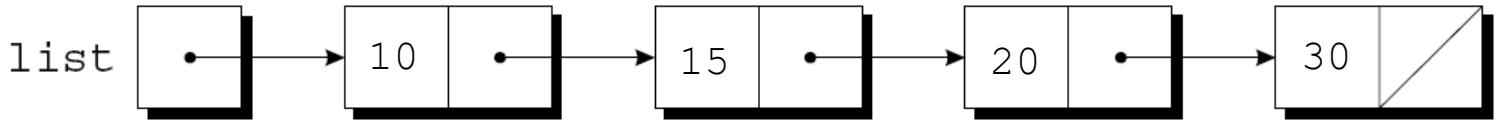
```
for (cur = list, prev = NULL;
     cur != NULL && cur->value < n;
     prev = cur, cur = cur->next) ;
```

- Όταν ο βρόγχος τερματίζεται, η `cur` δείχνει στον κόμβο που θα διαγραφεί και η `prev` δείχνει στον προηγούμενο κόμβο.

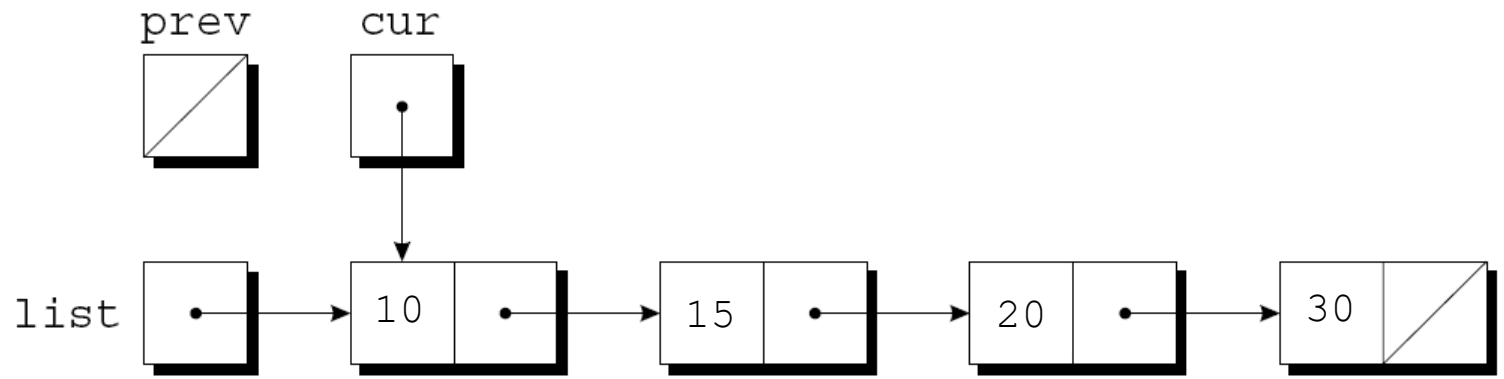
Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Ας υποθέσουμε ότι η `list` έχει την ακόλουθη εμφάνιση και `n` είναι 20:

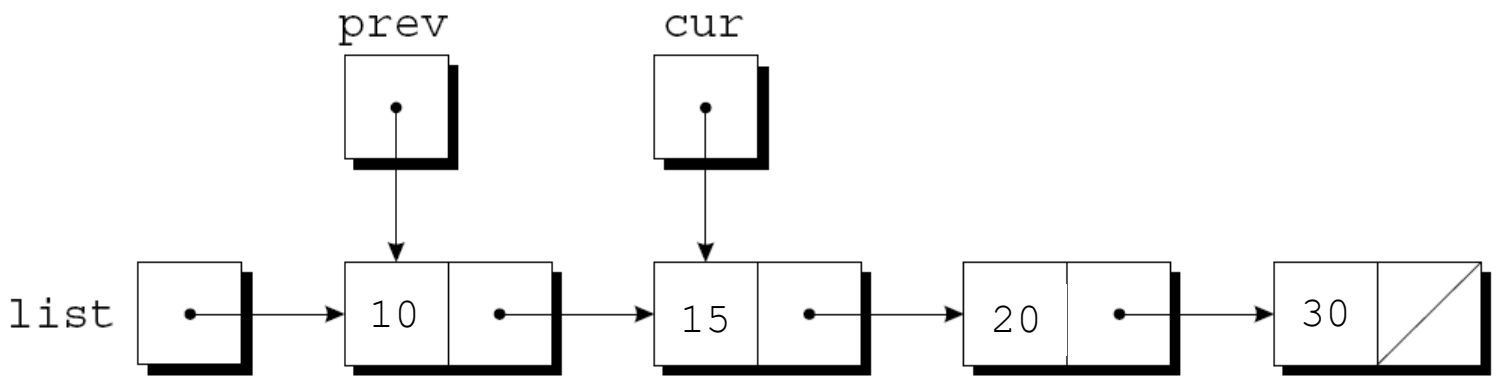


- Ακολούθως, η `cur = list,` και `prev = NULL` έχουν εκτελεστεί:



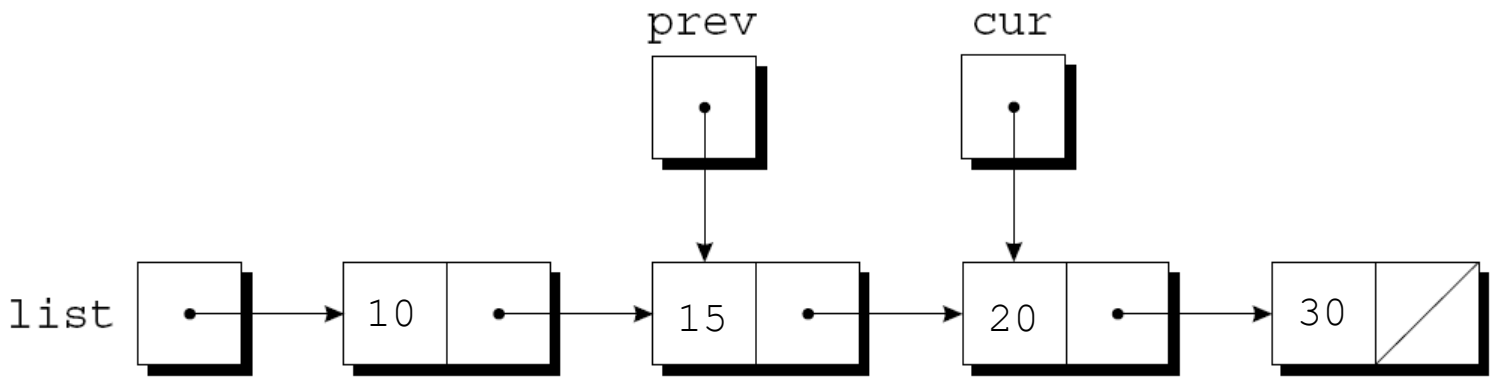
Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Ο έλεγχος `cur != NULL && cur->value < n` είναι ορθός, αφού η `cur` δείχνει σε έναν κόμβο, και ο κόμβος είναι μικρότερος από το 20.
- Ακολούθως, η `prev = cur, cur = cur->next` έχουν εκτελεστεί:



Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Ο έλεγχος `cur != NULL && cur->value < n` είναι πάλι σωστός, οπότε η `prev = cur, cur = cur->next` εκτελείται ξανά:



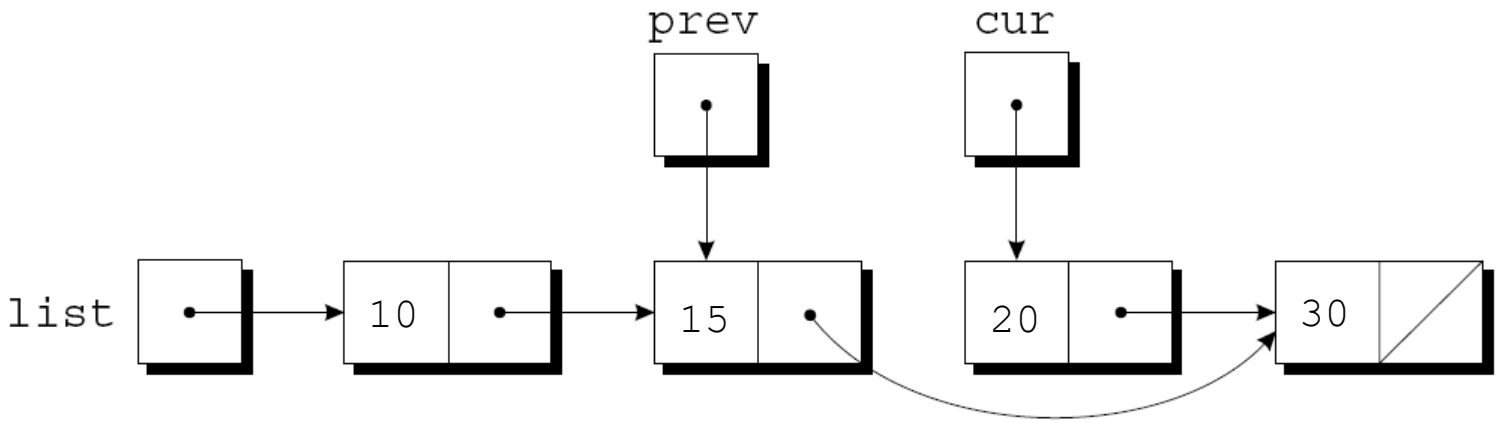
- Αφού το `cur` τώρα δείχνει στον κόμβο ο έλεγχος `cur->value < n` είναι λάθος και ο βρόγχος τερματίζει. Ακολούθως θα υπάρξει ένας επιπλέον έλεγχος `cur->value != n`, αν ο έλεγχος είναι λάθος (άρα το `value` του node είναι ίσο με 20) προχωράμε στην παράκαμψη του node (επόμενη σελίδα), αλλιώς έχουμε έξοδο χωρίς διαγραφή.

Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Η παράκαμψη που απαιτείται από το βήμα 2.
- Η δήλωση

```
prev->next = cur->next;
```

κάνει το δείκτη στο προηγούμενο κόμβο να δείχνει στον κόμβο που δείχνει η τρέχουσα τιμή του κόμβου:



Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένα συνδεδεμένη λίστα

- Το Βήμα 3 είναι να απελευθερώσει τη μνήμη που καταλαμβάνει ο τρέχων κόμβος:

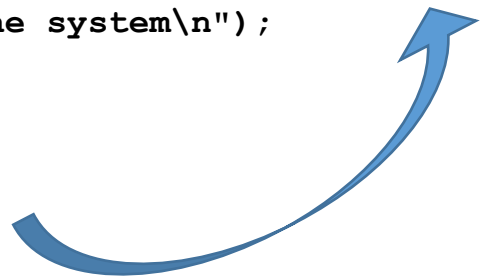
```
free(cur);
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Ταξινομημένες Λίστες

Συνάρτηση Οδηγού Χρήσης

```
#ifdef DEBUG
int main(){
  int x = 0;        /* User Function Choice*/
  int y;  /* Value to be inserted/deleted */
  LIST *list = initList();

  while (x != 4){

    printf("You have the following options:\n");
    printf("\t 1\t: inserting an item in the list\n");
    printf("\t 2\t: deleting an item from the list\n");
    printf("\t 3\t: printing the list elements\n");
    printf("\t 4\t: exiting from the system\n");
    scanf("%d", &x);

    // συνέχεια
```

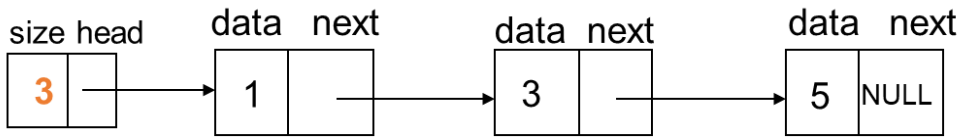


```
    switch (x){
      case 1: printf("Enter number to be inserted: ");
              scanf("%d", &y);
              insert(list, y);
              break;
      case 2: printf("Give me the number to be deleted: ");
              scanf("%d", &y);
              delete(list, y);
              break;
      case 3: printlist(list);
              break;
      case 4: printf("Goodbye!\n");
              break;
            default: printf("Wrong entry - try again!\n");
               break;
     }
    }
    return 0;
}
#endif
```


Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

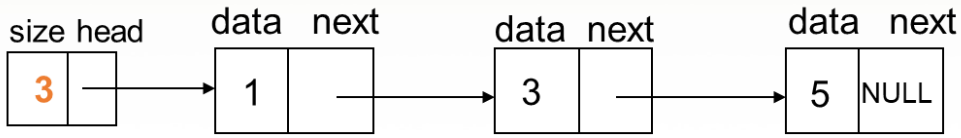
Συνάρτηση `printlist`

```
void printlist(LIST *l) {
  NODE *p = NULL; // copy pointer

  if ((l == NULL) || (l->size == 0)) {
        printf("The list is empty\n");
          return;
  }
  p = l->head;
  while (p != NULL){
      printf("%d ", p->data);
      p = p->next;
  }
  printf("\n");
}
```



Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Αναδρομική Συνάρτηση `printlist`




```
void printlist(LIST *l){
  if ((l == NULL) || (l->size == 0))
      printf("The list is empty\n");
  else
       printnode(l->head);
}

static void printnode(NODE *p){
  if (p != NULL){
      printf("%d", p->data);
       printnode(p->next);
  }
}
```

"Εσωτερική συνάρτηση" με εμβέλεια αρχείου

Αναδρομή Χωρίς return στην οπισθοχώρηση

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Πρόβλημα 1: **count**

- Γράψετε συνάρτηση στη γλώσσα C η οποία παίρνει ως όρισμα ένα δείκτη σε λίστα και η οποία επιστρέφει το μέγεθος της λίστας.

- **Πρότυπο Συνάρτησης:**

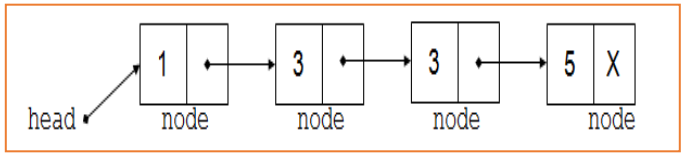
```
int count(LIST *list);
```

```
typedef struct node {
   int data;
   struct node *next;
} NODE;
```

```
typedef struct {
   NODE  *head;
} LIST;
```

- **Κλήση Συνάρτησης**

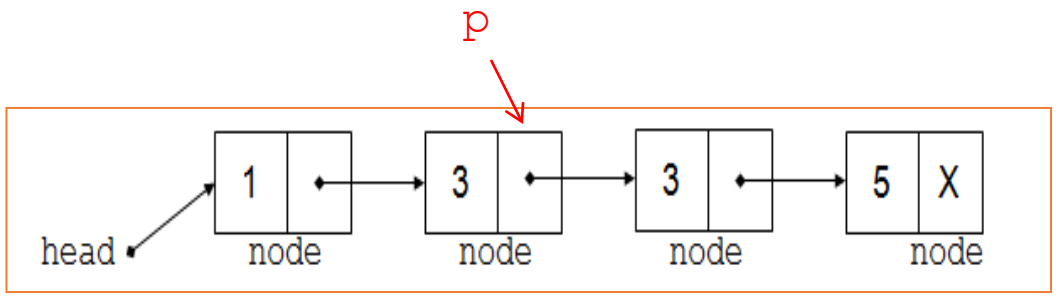
```
LIST *list;
 ...
printf("%d", count(list)); ➔ τυπώνει 4
```



Πρόβλημα 1: **count**

Επαναληπτική Λύση

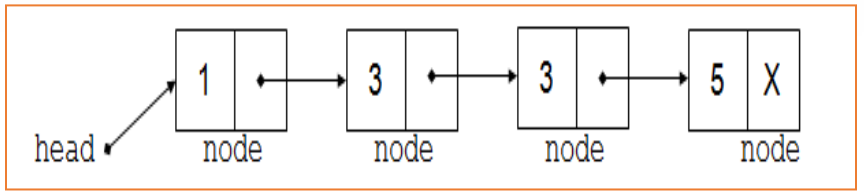
```
int count(LIST *l) {
    if (l == NULL) return 0;
    return countList(l->head);
}


static int countList(NODE *p) {
    int count = 0;
    while (p != NULL) {
        count++;
        p = p->next;
    }
    return count;
}
```



Πρόβλημα 1: **count**

Αναδρομική Λύση 1

```
int count(LIST *l) {
    if (l == NULL) return 0;
    int count = 0;
    countListRecursive(l->head, &count);
    return count;
}

static void countListRecursive(NODE *p, int *count) {
     if (p == NULL) {
          return 0;
     }
      (*count)++;
      countListRecursive(p->next, count);
}
```



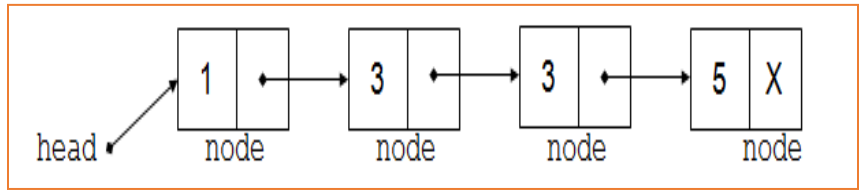
Αναδρομή ΧΩΡΙΣ return στην οπισθοχώρηση και τιμή δια αναφοράς

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Πρόβλημα 1: **count**

Αναδρομική Λύση 2

```
static int countListRecursive(NODE *p) {
    if (p == NULL) {
        return 0;
    }
    return 1 + countListRecursive(p->next);
}

int count(LIST *l) {
   if (l == NULL) return 0;
    return countListRecursive(l->head);
}
```



Αναδρομή ΜΕ return στην οπισθοχώρηση