

Προγραμματισμός I (HY120)

Διάλεξη 15:
Διασυνδεδεμένες Δομές - Λίστες

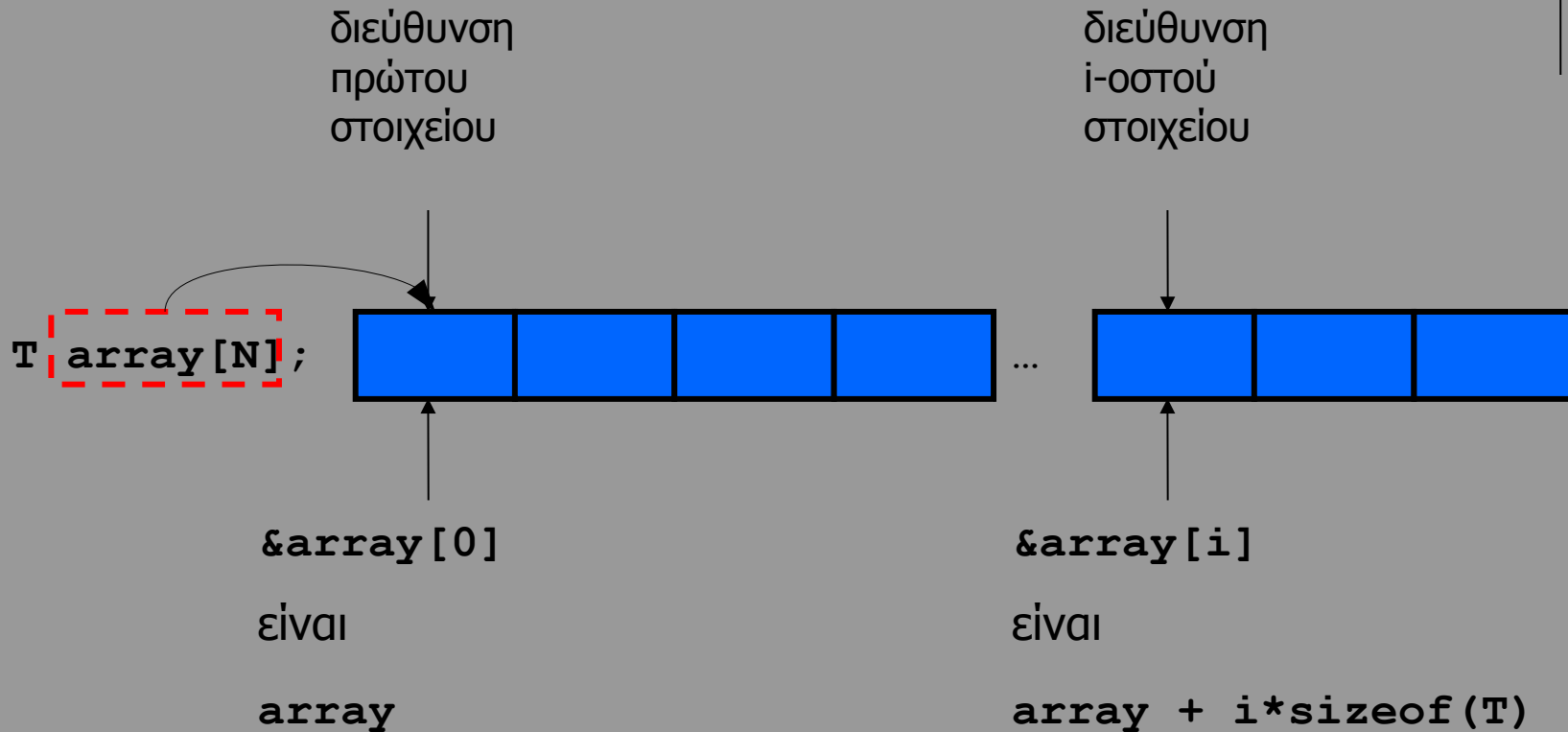


Διασυνδεδεμένες δομές δεδομένων

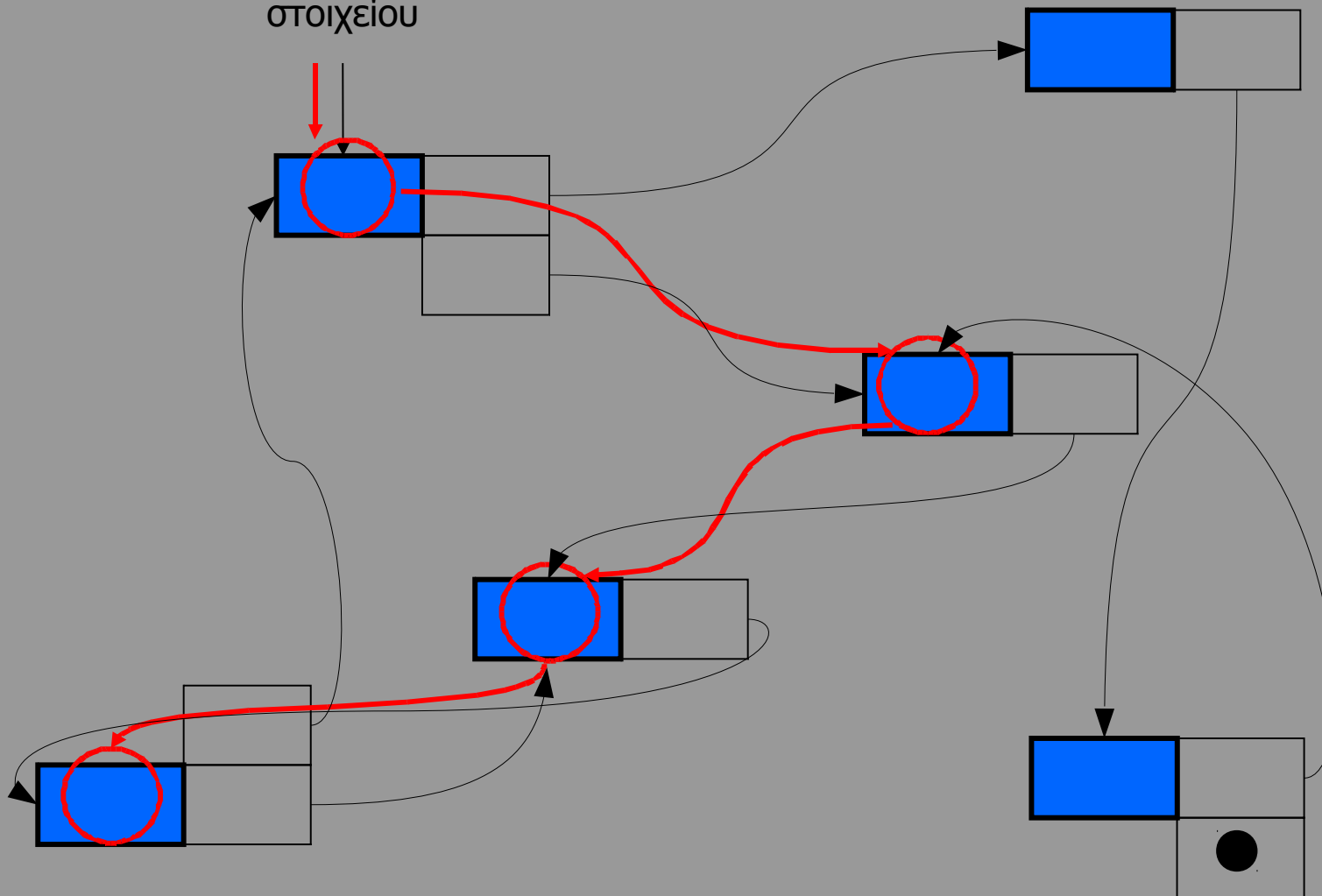


2

- 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.



διεύθυνση
πρώτου
στοιχείου



Προσθήκη και απομάκρυνση στοιχείων



5

- 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.

Αναδρομικές / επαναλαμβανόμενες δομές



6

- Μια από τις κλασικές μορφές διασυνδεδεμένων δομών είναι οι «**αναδρομικές**» δομές.
 - Μια δομή ονομάζεται αναδρομική όταν ένα από τα πεδία της είναι ένας δείκτης σε δομή ίδιου τύπου.
 - Οι αναδρομικές δομές κατασκευάζονται μέσα από την επανάληψη του ίδιου **δομικού στοιχείου** (κόμβου).
- Οι διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων (δηλαδή η αρχικοποίηση των πεδίων δεικτών) γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες που διέπουν την συγκεκριμένη δομή, **και οι οποίοι διαφέρουν ανά περίπτωση.**

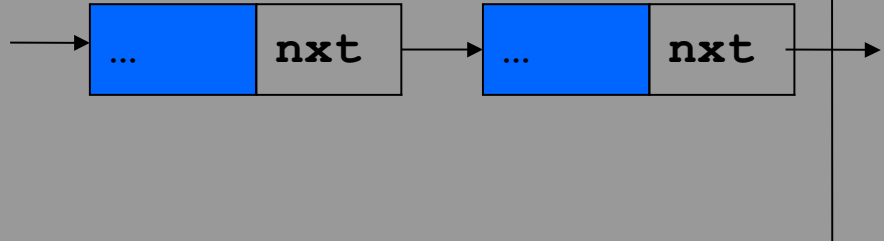
Αναζήτηση / διέλευση



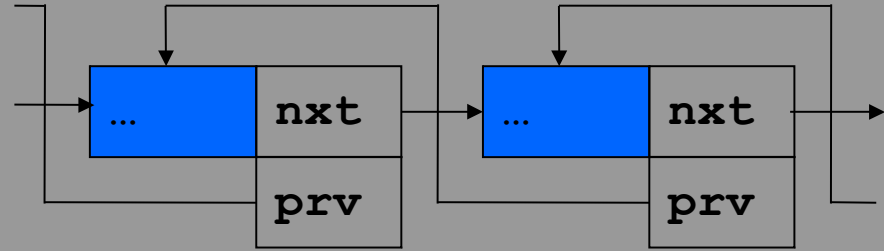
7

- Η διεύθυνση ενός συγκεκριμένου κόμβου της δομής **δε** μπορεί να υπολογιστεί με βάση την αρχή της δομής (την διεύθυνση του πρώτου κόμβου της).
 - Ο λόγος είναι ότι οι κόμβοι είναι αποθηκευμένοι σε **μη συνεχόμενες** θέσεις της μνήμης.
- Ο μόνος τρόπος να εντοπιστεί ένας συγκεκριμένος κόμβος (ή να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει) είναι να **διανυθεί** η δομή, κόμβο προς κόμβο, μέχρι να ανακαλύψουμε τον επιθυμητό κόμβο (αν υπάρχει).
- Η μετάβαση από το «προηγούμενο» κόμβο στον «επόμενο» γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες διασύνδεσης της εκάστοτε δομής.

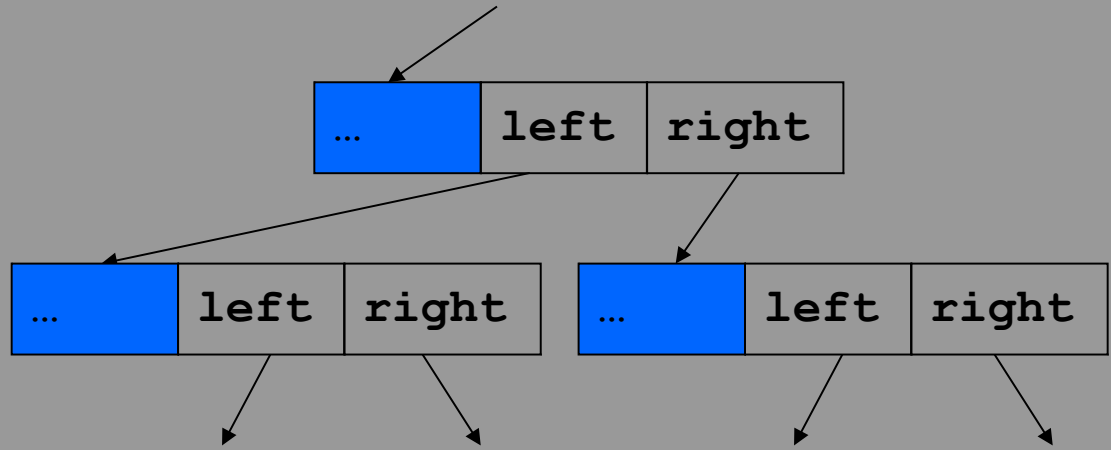
```
struct list {
  ... /* δεδομένα */
  struct list *nxt;
};
```



```
struct list2 {
  ... /* δεδομένα */
  struct list2 *nxt;
  struct list2 *prv;
};
```



```
struct btree {
  ... /* δεδομένα */
  struct btree *left;
  struct btree *right;
};
```



Λίστες



Ενδεικτική υλοποίηση απλής λίστας



10

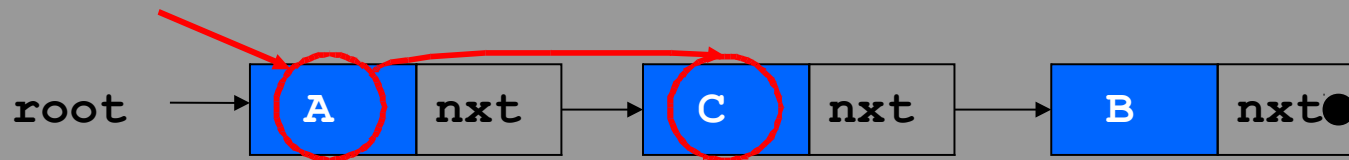
- Κάθε κόμβος περιέχει ένα δείκτη που αρχικοποιείται έτσι ώστε να δείχνει στον επόμενο κόμβο.
- Η αρχή της λίστας (δείκτης στο πρώτο κόμβο) αποθηκεύεται σε κατάλληλη (καθολική) μεταβλητή, στην οποία έχει πρόσβαση ο κώδικας των πράξεων.
- **Εισαγωγή**: ο νέος κόμβος εισάγεται ως πρώτος κόμβος της λίστας (δεν ελέγχουμε για διπλές τιμές).
- **Αναζήτηση**: αρχίζουμε από τον πρώτο κόμβο και διασχίζουμε την λίστα, κόμβο προς κόμβο, μέχρι να βρούμε τον κόμβο με την επιθυμητή τιμή.
- **Απομάκρυνση**: ο κόμβος εντοπίζεται με αναζήτηση και παρακάμπτεται, συνδέοντας τον «προηγούμενο» κόμβο με τον «επόμενο».

Αναζήτηση (επιτυχημένη)



11

find C

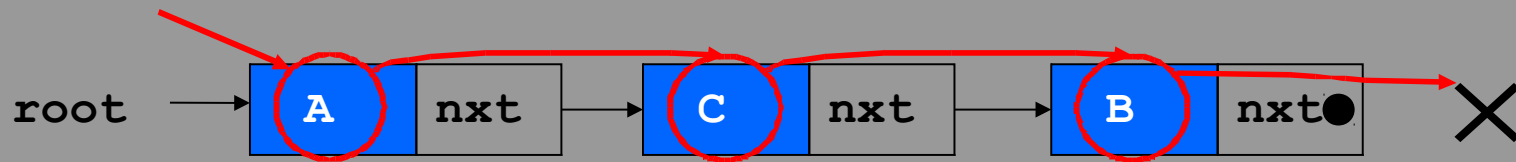


Αναζήτηση (αποτυχημένη)



12

find D





```
struct list {
    int v;
    struct list *nxt;
};

struct list *root;

void list_init() {
    root = NULL;
}

int list_hasElement(int v) {
    struct list *curr;

    for(curr=root; (curr != NULL) && (curr->v != v); curr=curr->nxt);
    return(curr != NULL);
}
```



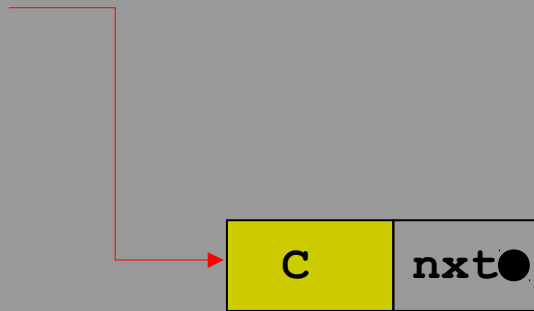
Εισαγωγή (σε κενή λίστα)

root●

add C

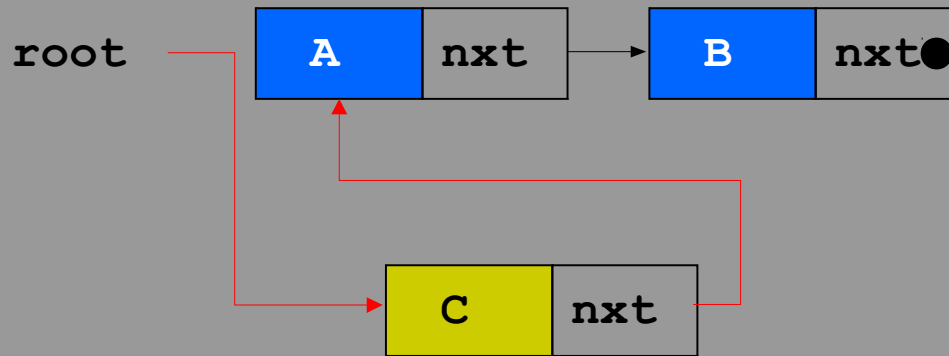
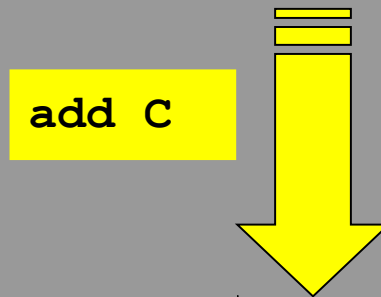
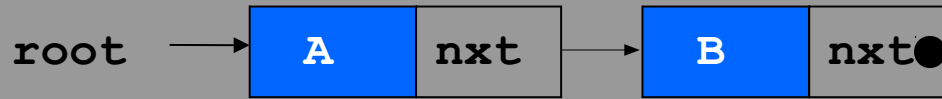


root





Εισαγωγή (σε μη κενή λίστα)





```
void list_insert(int v) {
    struct list *curr;

    curr = (struct list *)malloc(sizeof(struct list));

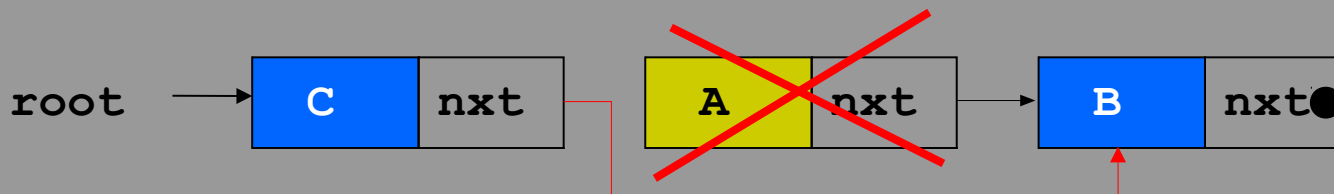
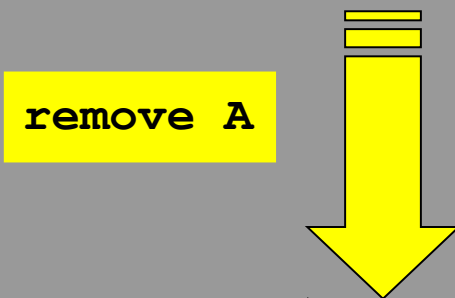
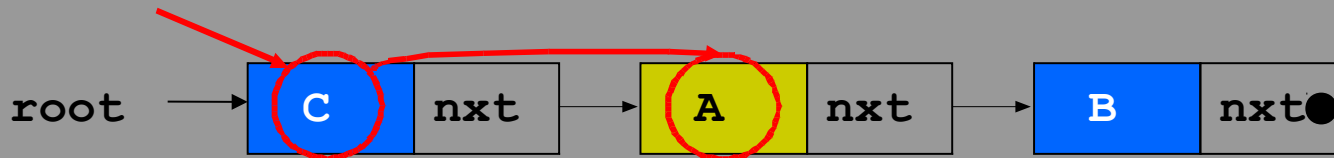
    curr->v = v;

    /* εισαγωγή νέου κόμβου στην αρχή της λίστας */
    curr->nxt = root;
    root = curr;
}
```


Απομάκρυνση (με προηγούμενο στοιχείο)



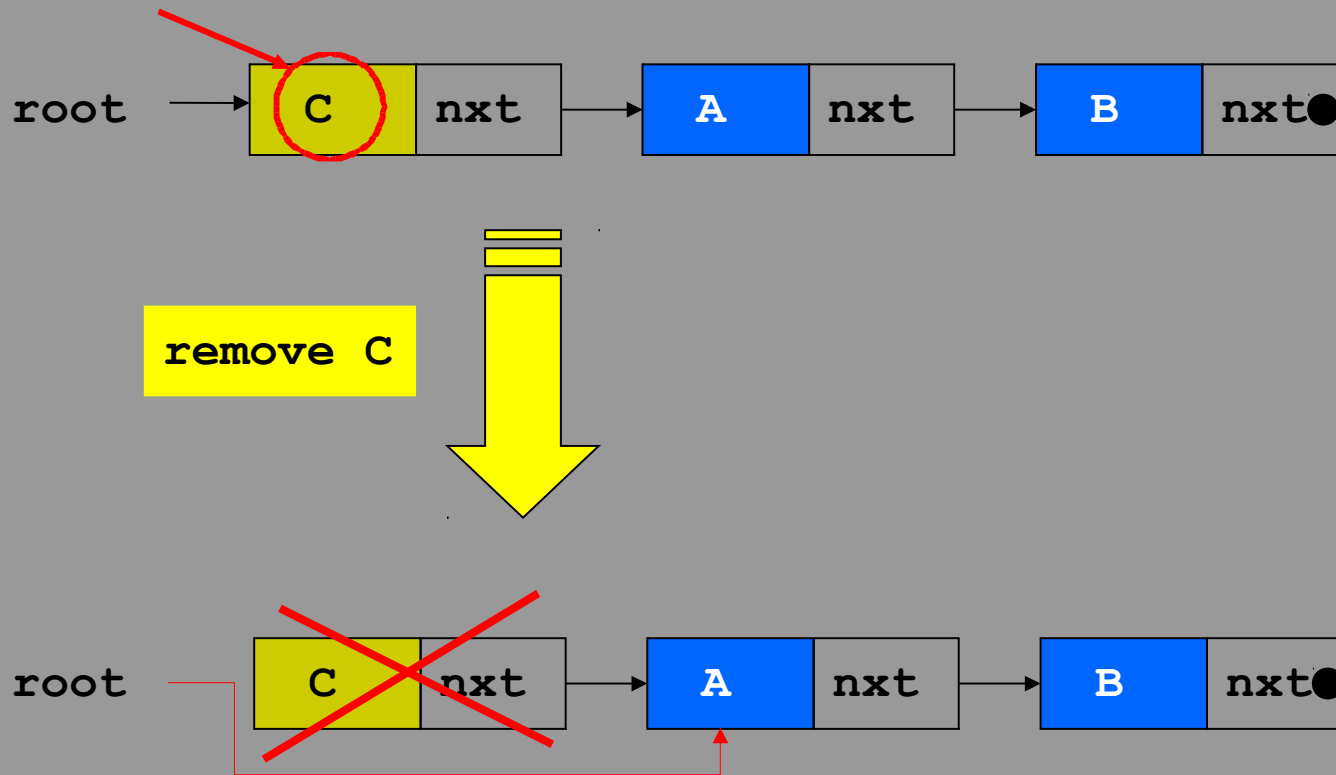
17



Απομάκρυνση (χωρίς προηγούμενο στοιχείο)



18





```
void list_remove(int v) {
    struct list *curr,*prev;

    for(prev=NULL,curr=root; (curr != NULL) && (curr->v != v);
                                   prev=curr,curr=curr->nxt);

    if (curr != NULL) {

        if (prev == NULL) {
            /* παράκαμψη πρώτου κόμβου της λίστας */
            root = curr->nxt;
        }
        else {
            /* παράκαμψη κόμβου με προηγούμενο κόμβο */
            prev->nxt = curr->nxt;
        }

        free(curr);
    }
}
```

Κυκλικά συνδεδεμένη λίστα με τερματικό



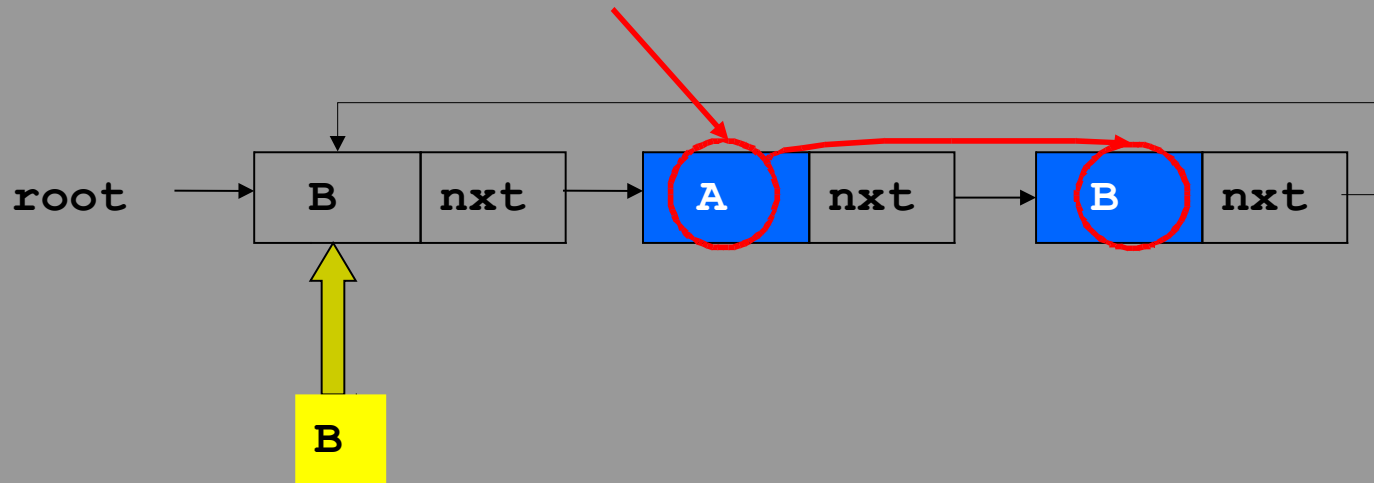
20

- Σε κάθε βήμα της αναζήτησης γίνονται δύο έλεγχοι,
 - Κατά πόσο έχουμε φτάσει στο τέλος της λίστας και
 - Κατά πόσο εντοπίσαμε τον επιθυμητό κόμβο.
- Αν η λίστα έχει N κόμβους, κατά μέσο όρο θα χρειαστούν $N/2$ βήματα και συνεπώς N έλεγχοι.
- Παρατήρηση: Ειδική περίπτωση της απομάκρυνσης του πρώτου κόμβου. Μπορούμε να απλοποιήσουμε τη λειτουργία της απομάκρυνσης;
 - Μείωση Πολυπλοκότητας: υλοποιούμε τη λίστα ως **κυκλική** λίστα, και χρησιμοποιούμε έναν **άδειο** αρχικό κόμβο που δεν έχει «πραγματικά» δεδομένα και χρησιμεύει σαν **τερματικός** κόμβος (sentinel) στην αναζήτηση.



Αναζήτηση (επιτυχημένη)

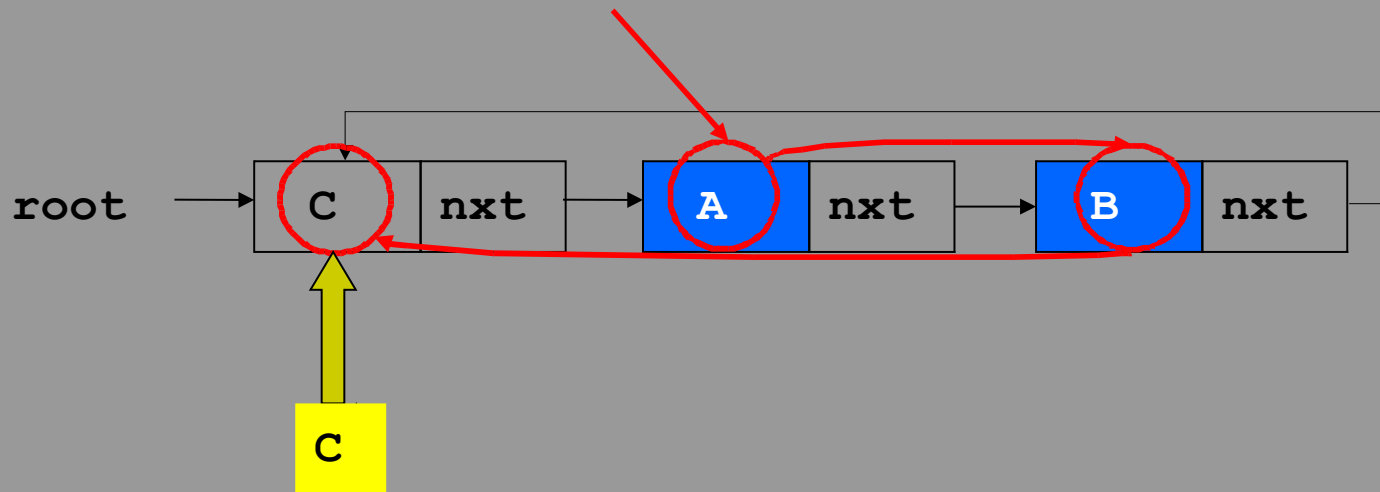
find B





Αναζήτηση (αποτυχημένη)

find C





```
struct list {
    int v;
    struct list *nxt;
};

struct list *root;

void list_init() {
    root = (struct list *)malloc(sizeof(struct list));
    root->nxt = root;
}

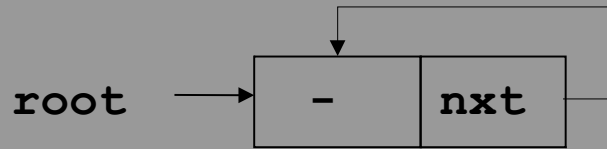
int list_hasElement(int v) {
    struct list *curr;

    root->v = v;
    for(curr=root->nxt; curr->v!=v; curr=curr->nxt);
    return(curr != root);
}
```

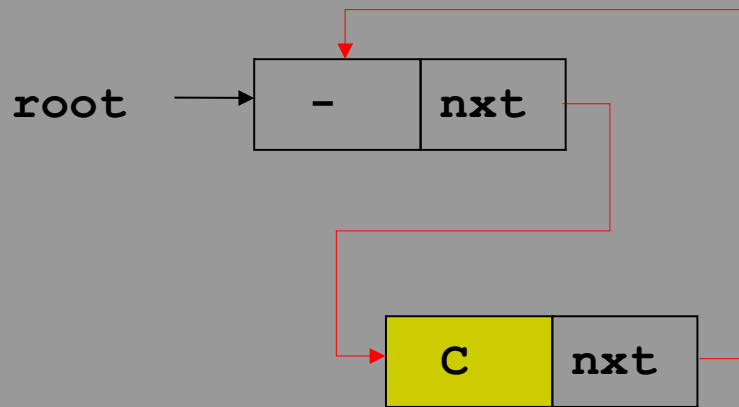
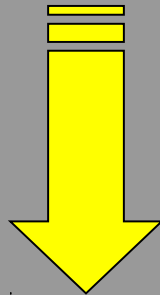
Εισαγωγή (σε κενή λίστα)



24



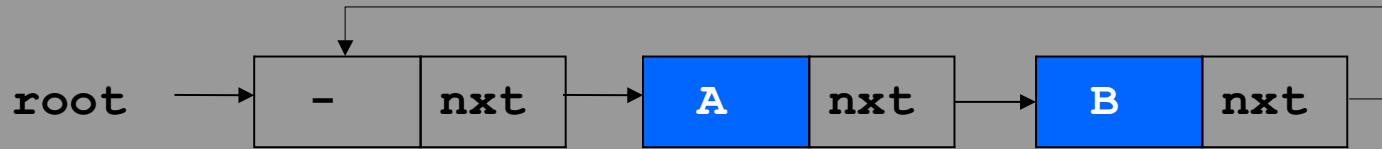
add C



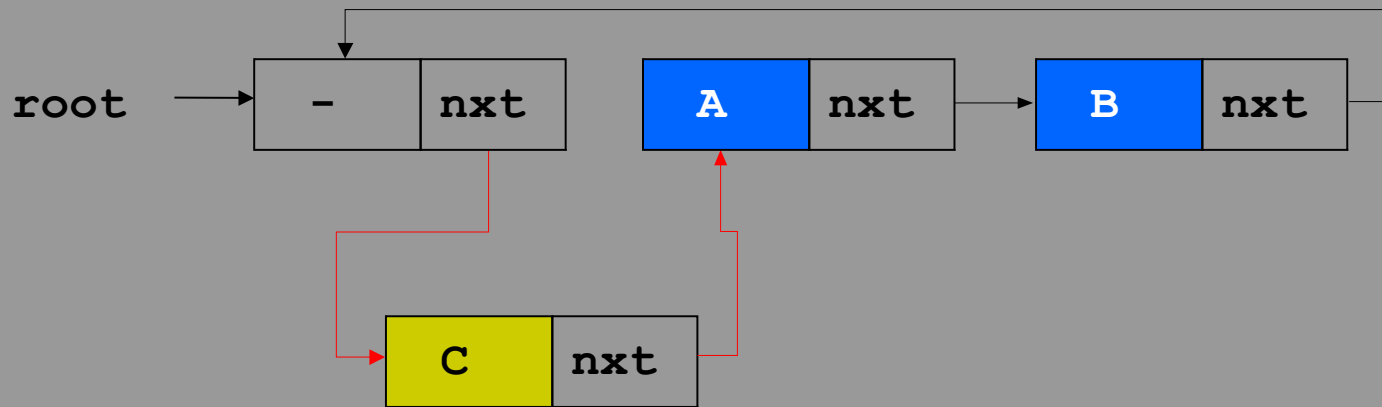
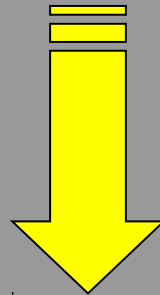
Εισαγωγή (σε μη κενή λίστα)



25



add C





```
void list_insert(int v) {
    struct list *curr;

    curr = (struct list *)malloc(sizeof(struct list));

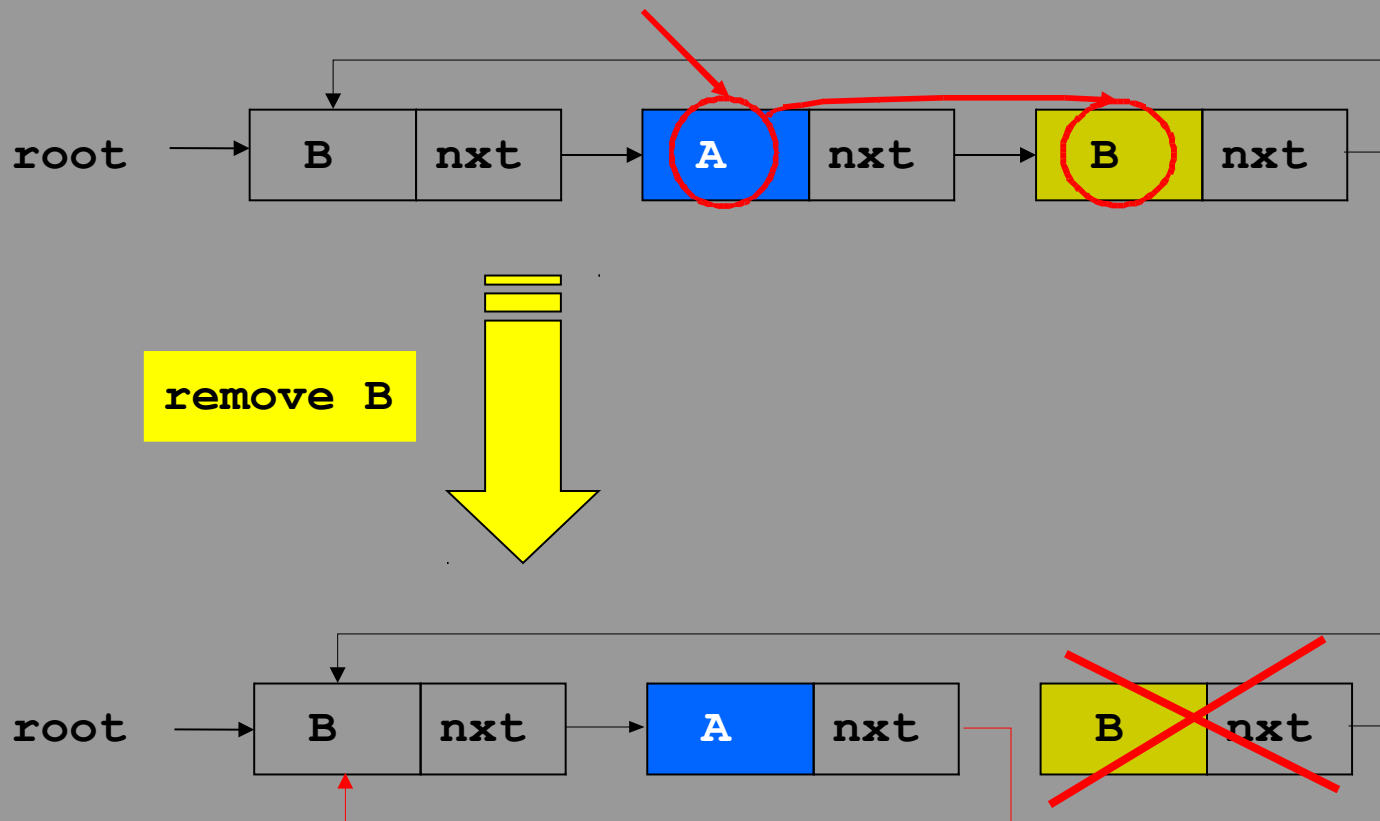
    curr->v = v;

    /* εισαγωγή νέου κόμβου στην αρχή της λίστας */
    curr->nxt = root->nxt;
    root->nxt = curr;
}
```

Απομάκρυνση (με προηγούμενο στοιχείο)



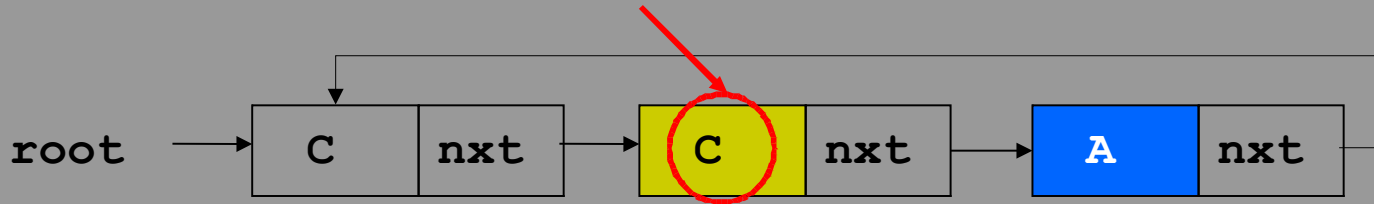
27



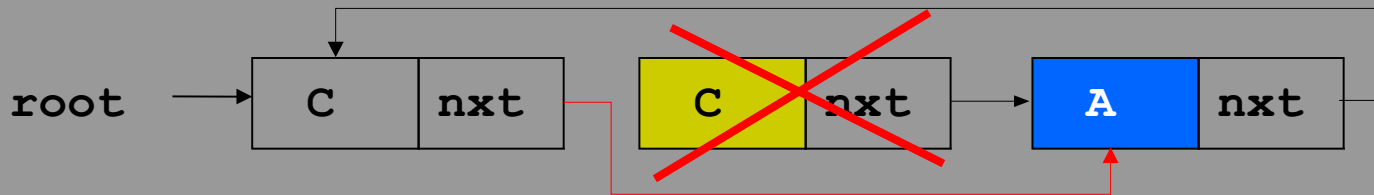
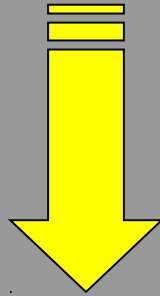
Απομάκρυνση (χωρίς προηγούμενο στοιχείο)



28



remove C





```
void list_remove(int v) {
    struct list *curr,*prev;

    root->v = v;
    for (prev=root,curr=root->nxt; curr->v!=v;
        prev=curr,curr=curr->nxt) ;

    if (curr != root) {

        /* παράκαμψη κόμβου με προηγούμενο κόμβο */
        prev->nxt = curr->nxt;

        free(curr) ;
    }
}
```

Διπλά συνδεδεμένη κυκλική

λίστα



30

- Στην απομάκρυνση, η λίστα διασχίζεται ανανεώνοντας σε κάθε βήμα **δύο** δείκτες, έναν στον κόμβο που ελέγχουμε και ένα στον αμέσως προηγούμενο κόμβο, έτσι ώστε αν εντοπιστεί ο επιθυμητός κόμβος να τον παρακάμψουμε.
- Αν η λίστα έχει N κόμβους, κατά μέσο όρο θα χρειαστούν $N/2$ βήματα και συνεπώς N αναθέσεις.
- Βελτιστοποίηση: υλοποιούμε τη λίστα ως **διπλά συνδεδεμένη** λίστα, όπου κάθε κόμβος δείχνει στον επόμενο αλλά και στον προηγούμενο του, οπότε η λίστα μπορεί να διανυθεί ανανεώνοντας ένα δείκτη.
- Μπορούμε πλέον να απομακρύνουμε έναν κόμβο αρκεί να έχουμε ένα δείκτη σε αυτόν.
 - Δε χρειάζεται να «θυμόμαστε τον προηγούμενο



```
struct list2 {
    int v;
    struct list2 *nxt;
    struct list2 *prv;
};

struct list2 *root;

void list_init() {
    root = (struct list2 *)malloc(sizeof(struct list2));
    root->nxt = root;
    root->prv = root;
}

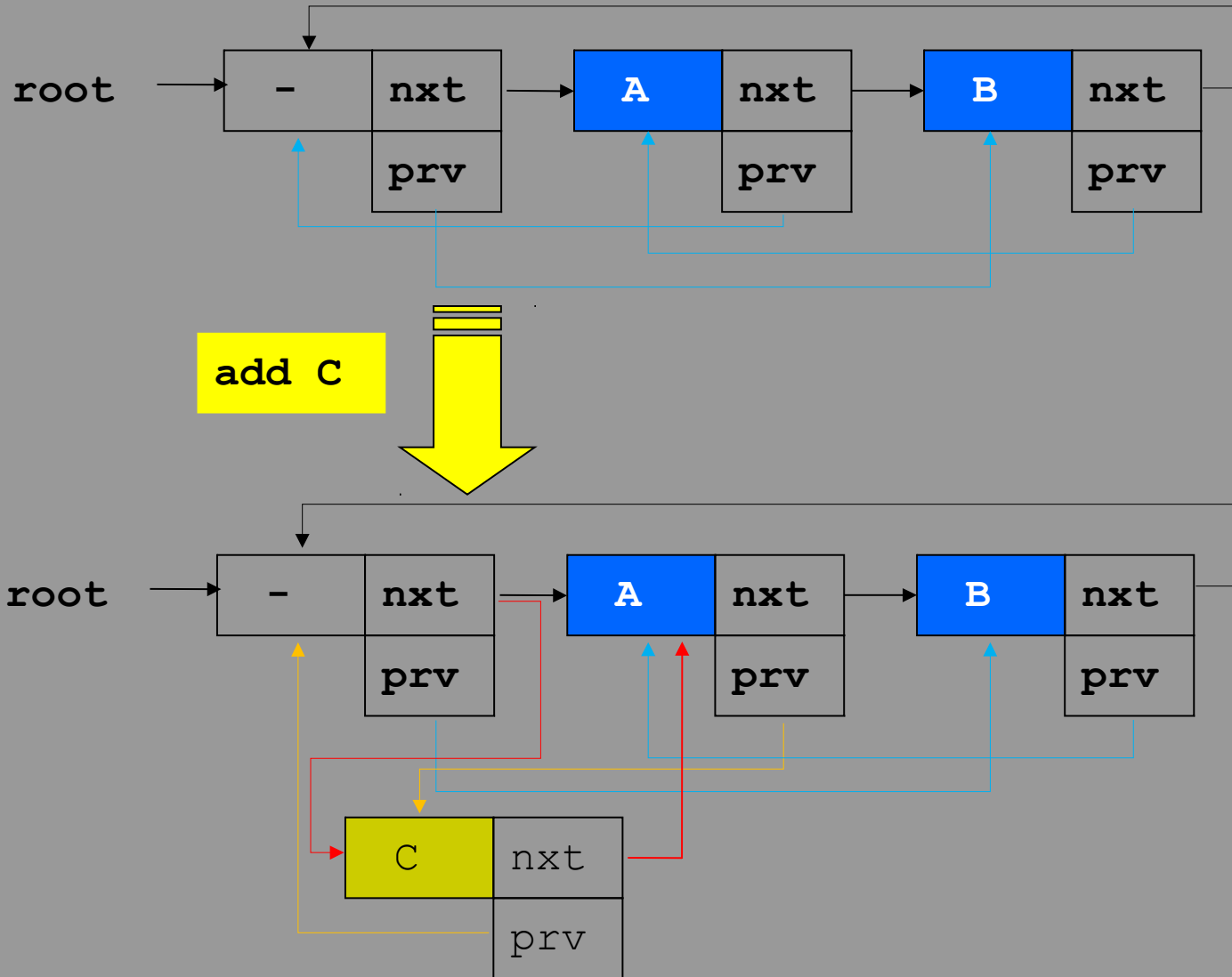
int list_hasElement(int v) {
    struct list2 *curr;

    root->v = v;
    for(curr=root->nxt; curr->v!=v; curr=curr->nxt);
    return(curr != root);
}
```

Εισαγωγή



32





```
void list_insert(int v) {
    struct list2 *curr;

    curr = (struct list2 *)malloc(sizeof(struct list2));

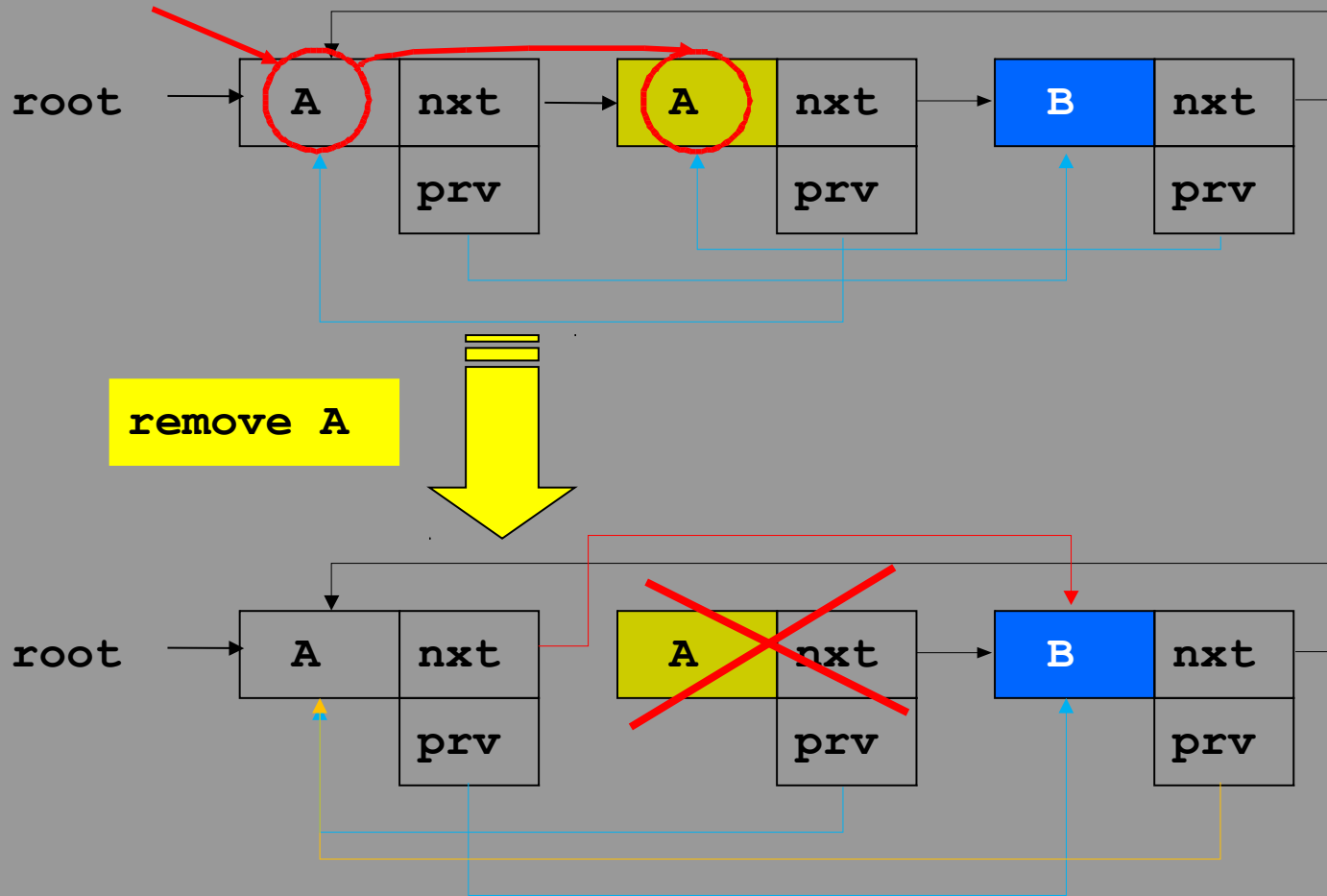
    curr->v = v;

    /* εισαγωγή νέου κόμβου στην αρχή της λίστας */
    curr->nxt = root->nxt;
    curr->prv = root;
    curr->nxt->prv = curr;
    curr->prv->nxt = curr;
}
```

Απομάκρυνση



34





```
void list_remove(int v) {
    struct list2 *curr;

    root->v = v;
    for(curr=root->nxt; curr->v!=v; curr=curr->nxt);

    if (curr != root) {

        /* παράκαμψη κόμβου με προηγούμενο κόμβο */
        curr->nxt->prv = curr->prv;
        curr->prv->nxt = curr->nxt;

        free(curr);
    }
}
```

Σύγκριση



36

- Απλά συνδεδεμένη λίστα
 - ένα πεδίο δείκτης
 - δύο συγκρίσεις ανά βήμα αναζήτησης και δύο αναθέσεις ανά βήμα αναζήτησης για απομάκρυνση
- Κυκλικά συνδεδεμένη λίστα με τερματικό
 - ένα πεδίο δείκτης και ένας τερματικός κόμβος
 - μια σύγκριση ανά βήμα αναζήτησης και δύο αναθέσεις ανά βήμα αναζήτησης για απομάκρυνση
- Διπλά συνδεδεμένη κυκλική λίστα με τερματικό
 - δύο πεδία δείκτες και ένας τερματικός κόμβος
 - μια σύγκριση ανά βήμα αναζήτησης και μια ανάθεση ανά βήμα αναζήτησης για απομάκρυνση

Ταξινομημένες λίστες



37

- Όταν αναζητείται ένας κόμβος με συγκεκριμένο περιεχόμενο πρέπει να ελεγχθούν όλοι οι κόμβοι της λίστας μέχρι αυτός να βρεθεί (ή να φτάσουμε στο τέλος της λίστας).
 - Αν ο επιθυμητός κόμβος δεν υπάρχει στην λίστα, αναγκαστικά θα διασχισθεί ολόκληρη η λίστα.
- Η αναζήτηση μπορεί να βελτιωθεί αν οι κόμβοι της λίστας είναι ταξινομημένοι
 - Σύμφωνα με κάποιο συνδυασμό των περιεχομένων τους
 - Συνήθως ένα πεδίο **κλειδί** που χρησιμοποιείται για σύγκριση.
- Η υλοποίηση της **εισαγωγής αλλάζει**
 - Έτσι ώστε ο νέος κόμβος να τοποθετείται μετά από όλους τους κόμβους με «μικρότερες» τιμές και πριν από όλους τους κόμβους με «μεγαλύτερες» τιμές.



```
struct list {
    int v;
    struct list *nxt;
};

struct list *root;

void sortedlist_init() {
    root = (struct list *)malloc(sizeof(struct list));
    root->nxt = root;
}

int sortedlist_hasElement(int v) {
    struct list *curr;

    root->v = v;
    for(curr=root->nxt; curr->v<v; curr=curr->nxt);
    return((curr!=root) && (curr->v==v));
}
```



```
void sortedlist_insert(int v) {
    struct list *curr,*prev;

    root->v = v;
    for(prev=root,curr=root->nxt; curr->v<v;
        prev=curr,curr=curr->nxt) ;

    curr = (struct list *)malloc(sizeof(struct list));
    curr->v = v;
    curr->nxt = prev->nxt; prev->nxt = curr;
}
```

```
void sortedlist_remove(int v) {
    struct list *curr,*prev;

    root->v = v;
    for(prev=root,curr=root->nxt; curr->v<v;
        prev=curr,curr=curr->nxt) ;

    if ((curr != root) && (curr->v == v)) {
        prev->nxt = curr->nxt;
        free(curr);
    }
}
```

Ταξινομημένη και μη ταξινομημένη λίστα



- Η διαφορά της αναζήτησης ανάμεσα σε ταξινομημένη και ⁴⁰ μη ταξινομημένη λίστα είναι στην περίπτωση που ο επιθυμητός κόμβος **δεν** βρίσκεται στην λίστα.
 - Σε αυτή τη περίπτωση η αναζήτηση σε ταξινομημένη λίστα απαιτεί **κατά μέσο** όρο $N/2$ βήματα, ενώ σε μη ταξινομημένη λίστα απαιτεί **εγγυημένα** N βήματα.
- Αν ο επιθυμητός κόμβος υπάρχει στην λίστα, τότε και οι δύο μέθοδοι απαιτούν κατά μέσο όρο $N/2$ βήματα.
- Τι πληρώνω;
 - Αναζήτηση για κάθε εισαγωγή
 - Αν η λίστα **δεν** επιτρέπεται να έχει **διπλούς** κόμβους (με τα ίδια περιεχόμενα ή πεδίο κλειδί με ίδια τιμή), τότε η εισαγωγή υποχρεωτικά συμπεριλαμβάνει και **αναζήτηση**, οπότε η χρήση ταξινομημένης λίστας γίνεται ακόμα πιο ελκυστική.

Γρήγορη αναζήτηση σε ταξινομημένη λίστα;



41

- Αντίθετα με ένα ταξινομημένο πίνακα, δεν μπορεί να γίνει δυαδική αναζήτηση σε μια ταξινομημένη λίστα.
 - Δεν υπάρχει απ' ευθείας πρόσβαση στον i -οστό κόμβο
 - Το κόστος για να φτάσουμε στον i -οστό κόμβο είναι **ήδη** αυτό μιας γραμμικής αναζήτησης.
- Παρατήρηση: μια δομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δυαδική αναζήτηση καθώς και την ευέλικτη διαχείριση μνήμης με μικρό κόστος «μετακίνησης» δεδομένων, είναι ένας δυναμικός πίνακας από δείκτες.
- Υπάρχει μια άλλη διασυνδεδεμένη δομή μέσω της οποίας μπορεί να επιτευχθεί γρήγορη αναζήτηση...