Συνδεδεμένες λίστες

#17

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Άρτα)

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Γκόγκος Χρήστος

V 1.0

Δομές δεδομένων για την αποθήκευση μιας συλλογής στοιχείων

- Συχνά υπάρχει η ανάγκη χρήσης δομών δεδομένων για την αποθήκευση μιας συλλογής στοιχείων.
  - Τυπικές λειτουργίες σε αυτές τις δομές είναι η εισαγωγή, η διαγραφή, η εύρεση μέγιστου στοιχείου, η ενημέρωση κ.λπ.

Δομές δεδομένων για την αποθήκευση μιας συλλογής αντικειμένων

- Τι επιλογές έχουμε;
  - **Στατικοί πίνακες**
    - Περιορισμοί:
      - Προκαθορισμένη χωρητικότητα, άρα μπορεί να μη γίνεται καλή χρήση του διαθέσιμου χώρου που έχει δεσμευθεί στη μνήμη.
      - Οι λειτουργίες εισαγωγής και διαγραφής μπορεί να έχουν υψηλό κόστος (καθώς γίνονται πολλές αντιγραφές) αν δεν θέλουμε να αφήνουμε κενά ενδιάμεσα στον πίνακα.
    - Πλεονεκτήματα:
      - Ευκολία προγραμματισμού.
      - Συνεχόμενες θέσεις μνήμης για εύκολη δεικτοδότηση.
  - **Δυναμικοί πίνακες**
    - Περιορισμοί:
      - Η χωρητικότητα είναι δυναμική, η μνήμη πάλι μπορεί να μη χρησιμοποιείται με τον καλύτερο τρόπο, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί καλύτερη λύση σε σχέση με τους στατικούς πίνακες.
      - Οι λειτουργίες εισαγωγής και διαγραφής μπορεί να έχουν υψηλό κόστος, ειδικά όταν η χωρητικότητα αλλάζει.
    - Πλεονεκτήματα:
      - Ευκολία προγραμματισμού (ο προγραμματιστής ωστόσο πρέπει να φροντίζει για τη δέσμευση και την αποδέσμευση μνήμης).
      - Συνεχόμενες θέσεις μνήμης για εύκολη δεικτοδότηση.

Δομές δεδομένων για την αποθήκευση μιας συλλογής αντικειμένων

- Μια ακόμα λύση είναι οι συνδεδεμένες λίστες.
  - Πρόκειται για μια πραγματικά δυναμική δομή δεδομένων καθώς κάθε στοιχείο της δεσμεύεται δυναμικά χρησιμοποιώντας τον τελεστή new όταν αυτό χρειάζεται.
  - Η χωρητικότητα της συνδεδεμένης λίστας είναι πάντα ίση με τη μνήμη που έχει δεσμευθεί (συν κάποια επιβάρυνση για τους δείκτες που χρειάζονται).
  - Οι λειτουργίες εισαγωγής και διαγραφής έχουν χαμηλό κόστος.
  - Οι θέσεις μνήμης που καταλαμβάνει δεν είναι συνεχόμενες.
  - Σημαντικός περιορισμός είναι ότι είτε δεν ορίζεται ο τελεστής [], είτε έχει υψηλό κόστος χρόνου εκτέλεσης.

- Οι συνδεδεμένες λίστες είναι μια από τις «συνδεδεμένες δομές δεδομένων».
- Άλλες συνδεδεμένες δομές δεδομένων είναι τα δένδρα, τα γραφήματα κ.α.

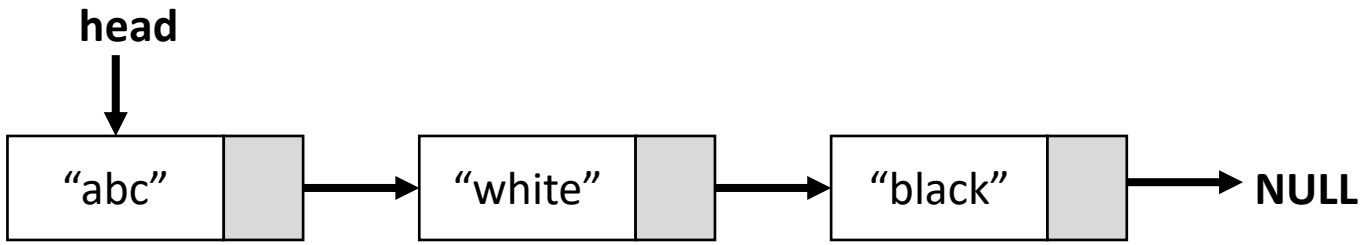
Συνδεδεμένες λίστες και πίνακες

- Ένας πίνακας λεκτικών:
  - `string s[5];`
  - `s[0]="abc";`
  - `s[1]="white";`
  - `s[2]="black";`
- Μια συνδεδεμένη λίστα λεκτικών:
  - Κάθε στοιχείο της λίστας έχει δύο πεδία
    - Ένα πεδίο `string`.
    - Ένα δείκτη που δείχνει προς το επόμενο στοιχείο της λίστας.

s

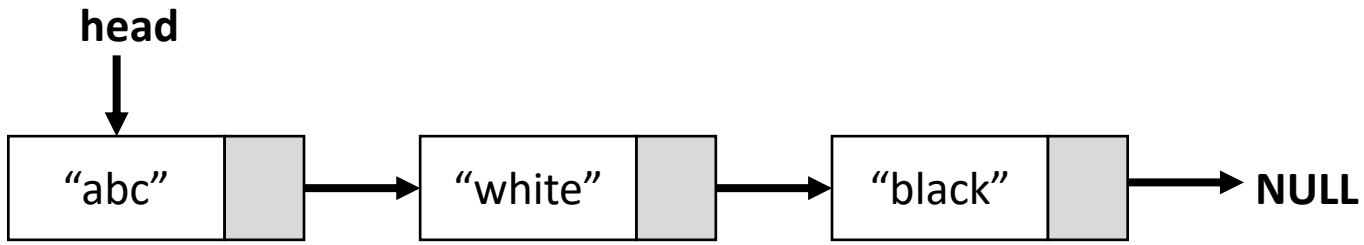
0	"abc"
1	"white"
2	"black"
3	
4	

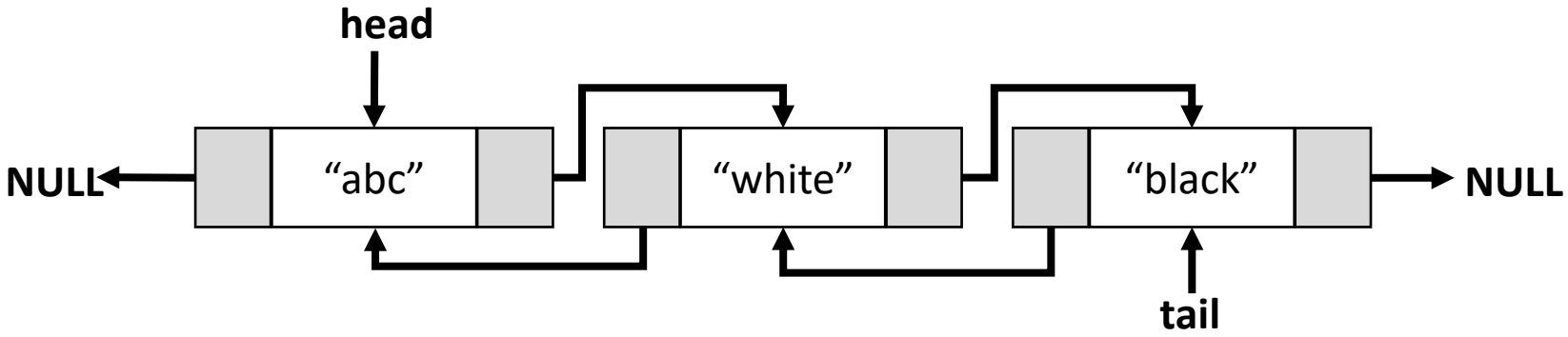
```
class listnode
{
 public:
   string item;
   listnode *next;
};
```



Συνδεδεμένες λίστες

- Μειώνεται η σπατάλη μνήμης (απαίτηση επιπλέον χώρου μόνο για τους δείκτες).
- Κάθε κόμβος της λίστας δεσμεύεται δυναμικά με τον τελεστή new.
- Υπάρχουν πολλές παραλλαγές συνδεδεμένων λιστών:
  - Απλά συνδεδεμένη λίστα
  - Διπλά συνδεδεμένη λίστα
  - …





Μια διπλά συνδεδεμένη λίστα

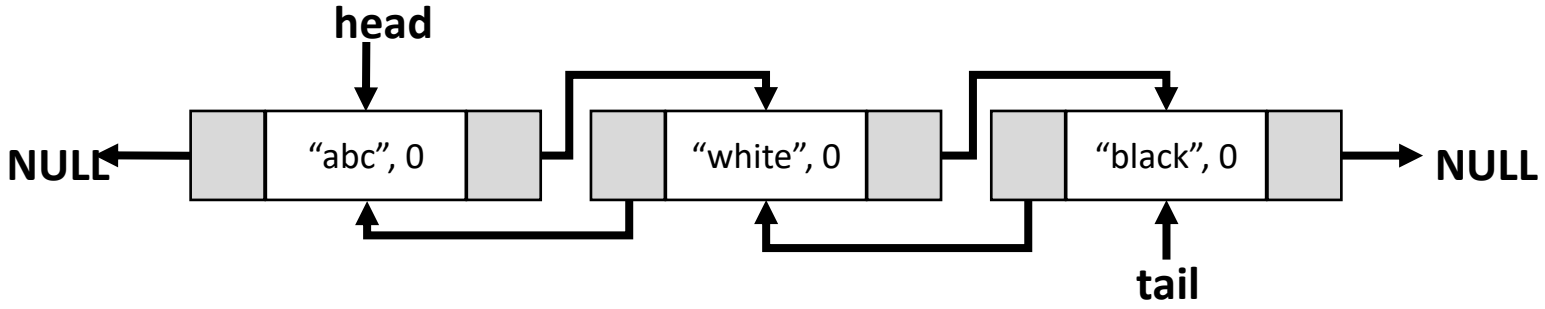
- Ας υποθέσουμε ότι αποθηκεύουμε δύο πεδία δεδομένων σε κάθε κόμβο (ένα λεκτικό και έναν ακέραιο). Τότε η δομή δεδομένων `listnode` θα είναι η ακόλουθη:

```
class listnode
{
  public:
    string s;
    int count;
    listnode *next;
    listnode *prev;
    listnode(): s(“”), count(0), next(NULL), prev(NULL) {};
    listnode(const string &ss, const int &c): s(ss), count(c), next(NULL), prev(NULL) {};
};
```

Τα ιδιωτικά δεδομένα της διπλά συνδεδεμένης λίστας

- Δεδομένα που προστατεύονται:
  - `head`: δείκτης προς την κεφαλή της λίστας για τον οποίο ισχύει ότι
    `head->prev == NULL`
  - `tail`: δείκτης προς το τελευταίο στοιχείο της λίστας για το οποίο ισχύει ότι
    `tail->next == NULL`
  - `size`: αριθμός των κόμβων της λίστας

```
class mylist {
…
private:
     listnode *head;
     listnode *tail;
     int size;
};
```



Η δημόσια διεπαφή (public interface) της mylist (1/2)

- `mylist();`
- `mylist(const mylist &l);`
- `~mylist();`
- `mylist &operator=(const mylist &l);`
- `void print() const;`
- `void insertfront(const string &s, const int &c);`
- `void insertback(const string &s, const int &c);`
- `void insertbefore(listnode *ptr, const string &s, const int &c);`
- `void insertafter(listnode *ptr, const string &s, const int &c);`
- `void insertpos(const int &pos, const string &s, const int &c);`

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.h

Η δημόσια διεπαφή (public interface) της mylist (2/2)

- `void removefront();`
- `void removeback();`
- `void remove(listnode *ptr);`
- `void removepos(const int &pos);`
- `listnode front() const;`
- `listnode back() const;`
- `int length() const;`
- `listnode *search(const string &s) const;`
- `listnode *findmaxcount() const;`
- `void removemaxcount();`
- `bool searchandinc(const string &s);`

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.h

Υλοποίηση της mylist

- Κατασκευαστές
  - **Προκαθορισμένος κατασκευαστής**: Δημιουργία μιας άδειας λίστας.
  - **Κατασκευαστής αντιγραφής**: Πρέπει να διανύει την υπάρχουσα λίστα και να εισάγει έναν νέο κόμβο με τις ίδιες τιμές στη λίστα (με τη χρήση του `insertback`).
- Καταστροφέας
  - Πρέπει να διανύει τη λίστα και να διαγράφει όλους τους κόμβους της (που έχουν δημιουργηθεί με τη χρήση του τελεστή `new`).
- Τελεστής ανάθεσης, `operator=`
  - Παρόμοια λογική με τον κατασκευαστή αντιγραφής.
- Η συνάρτηση `print`
  - Διανύει τη λίστα και εμφανίζει ένα προς ένα τους κόμβους της.
- Οι υπόλοιπες συναρτήσεις αποτελούν διαφορετικές εκδόσεις της εισαγωγής (insert), διαγραφής (remove) και αναζήτησης (search) που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

Εισαγωγή (insert)

- `insertback`
  - Δύο περιπτώσεις:
    - Εισαγωγή σε άδεια λίστα.
    - Εισαγωγή σε λίστα με στοιχεία.
- Εισαγωγή σε άδεια λίστα
  - Δημιουργία ενός νέου κόμβου (`prev=NULL, next=NULL`), και τόσο ο δείκτης `head` όσο και δείκτης `tail` πρέπει να δείχνουν στο νέο κόμβο.

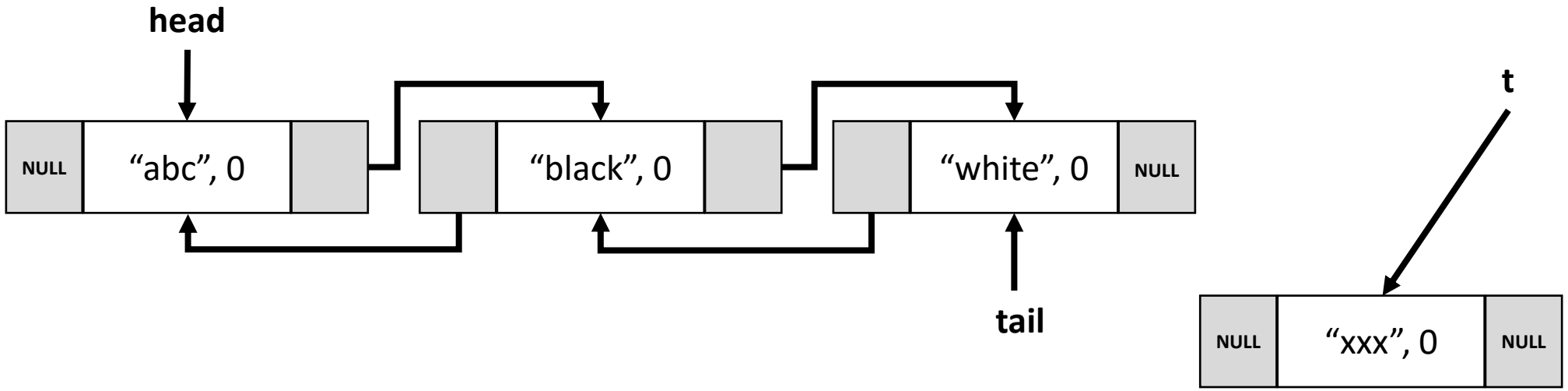
```
listnode *t = new listnode(s, c);
if (head == NULL) {
    head = t;
    tail = t;
    size++;
}
```

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`insertback` (1/4)

- `insertback` σε μια λίστα με στοιχεία
  - Βήμα 1: Δημιουργία του νέου κόμβου

```
listnode *t = new listnode(s,c);
```

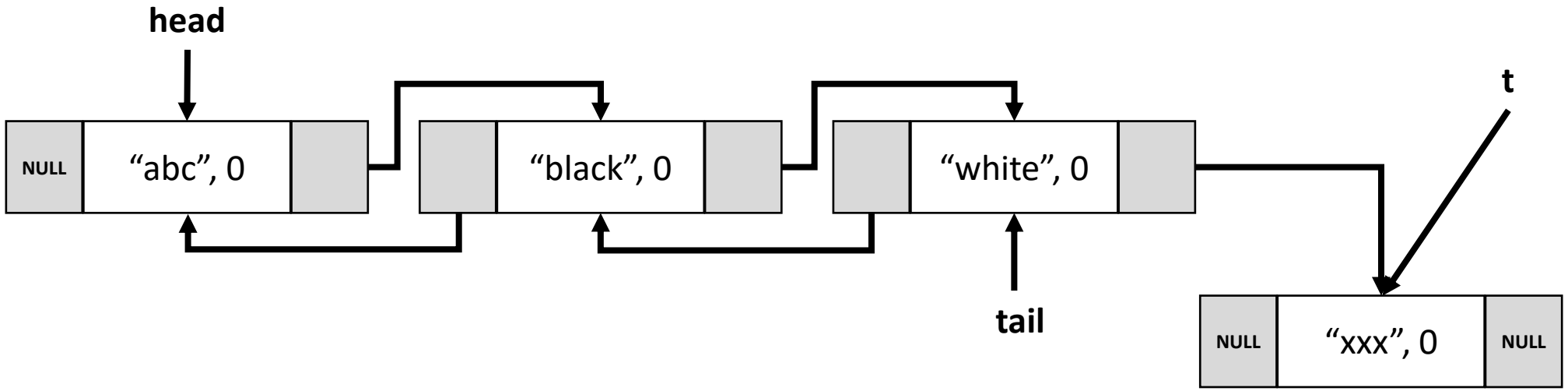


https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`insertback` (2/4)

- `insertback` σε μια λίστα με στοιχεία
  - Βήμα 2: σύνδεση του νέου κόμβου με την ουρά της λίστας (δείκτης `next`)

```
tail->next = t;
```

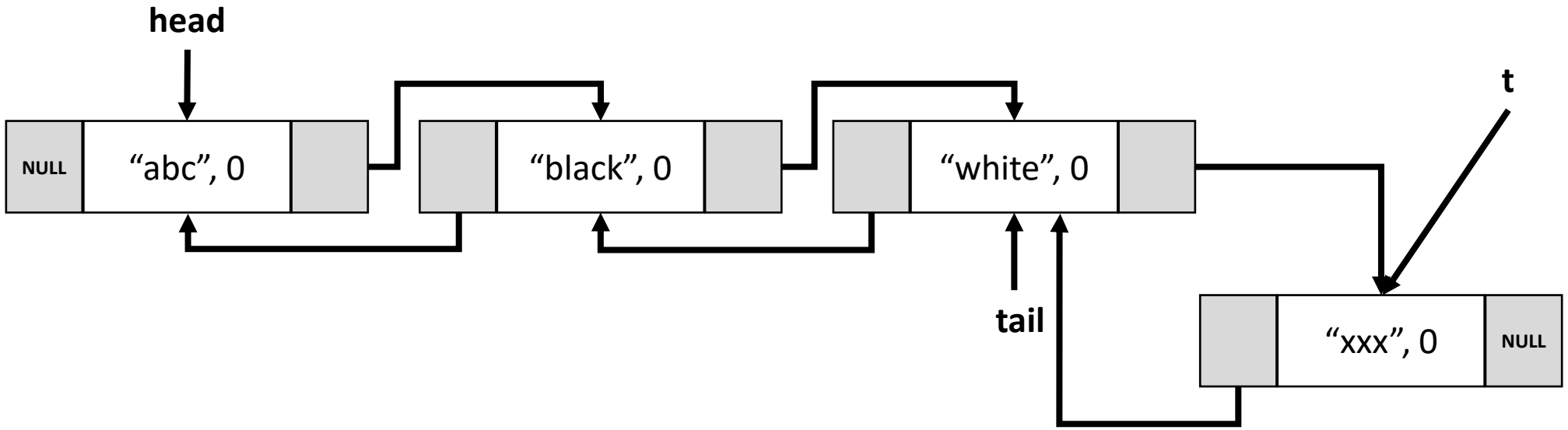


https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`insertback` (3/4)

- `insertback` σε μια λίστα με στοιχεία
  - Βήμα 3: σύνδεση του νέου κόμβου με την λίστα (δείκτης `prev`)

```
t->prev = tail;
```

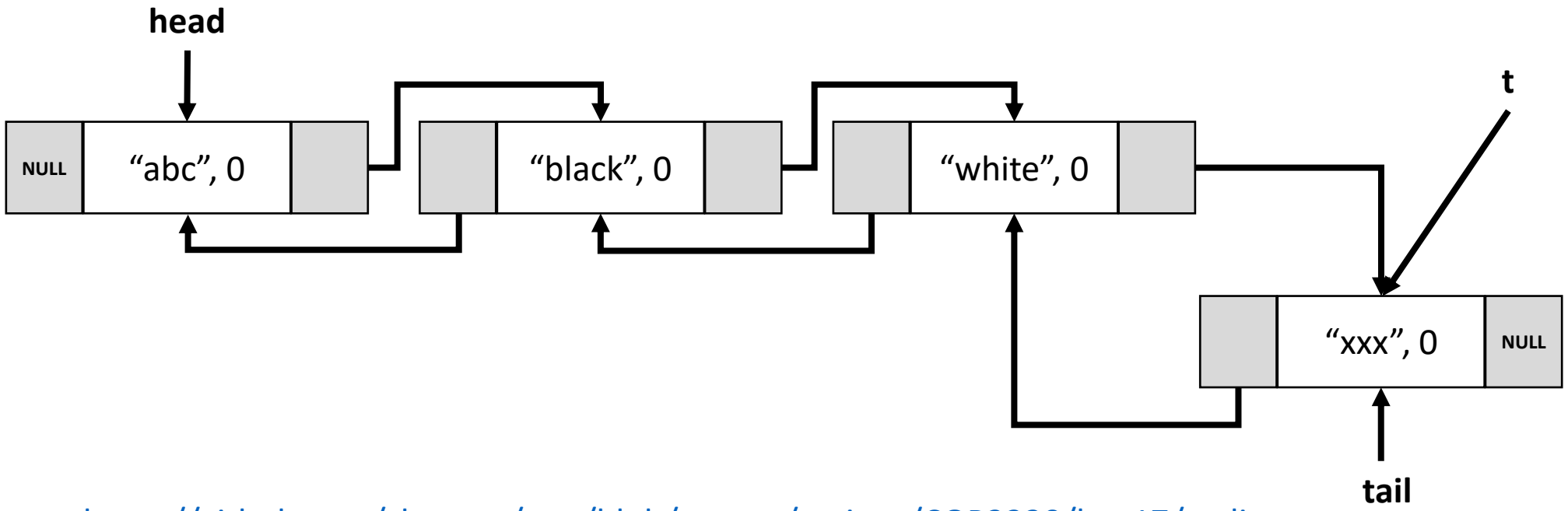


https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`insertback` (4/4)

- `insertback` σε μια λίστα με στοιχεία
  - Βήμα 4: αλλαγή του δείκτη `tail` έτσι ώστε να δείχνει στο νέο κόμβο

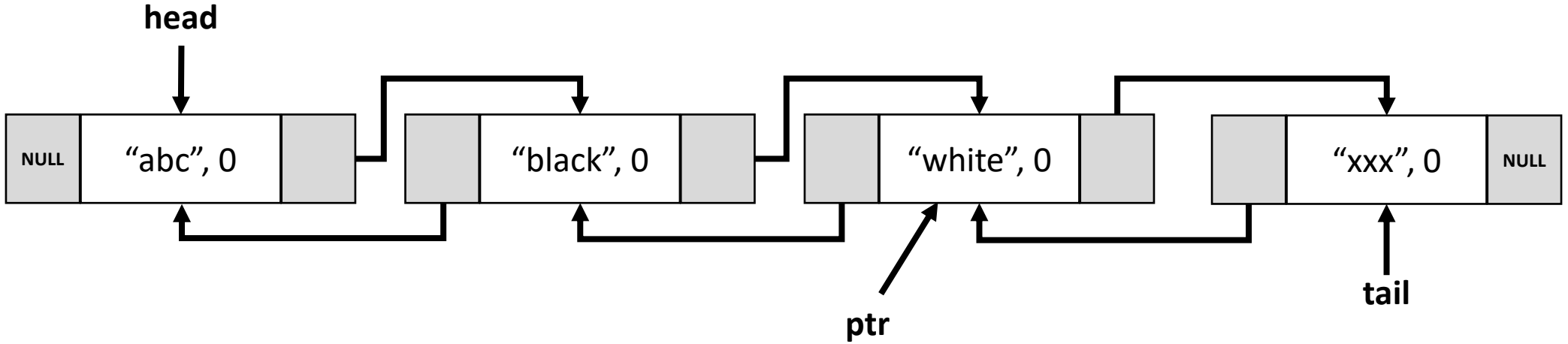
```
tail = t;
```



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`insertbefore` (1/5)

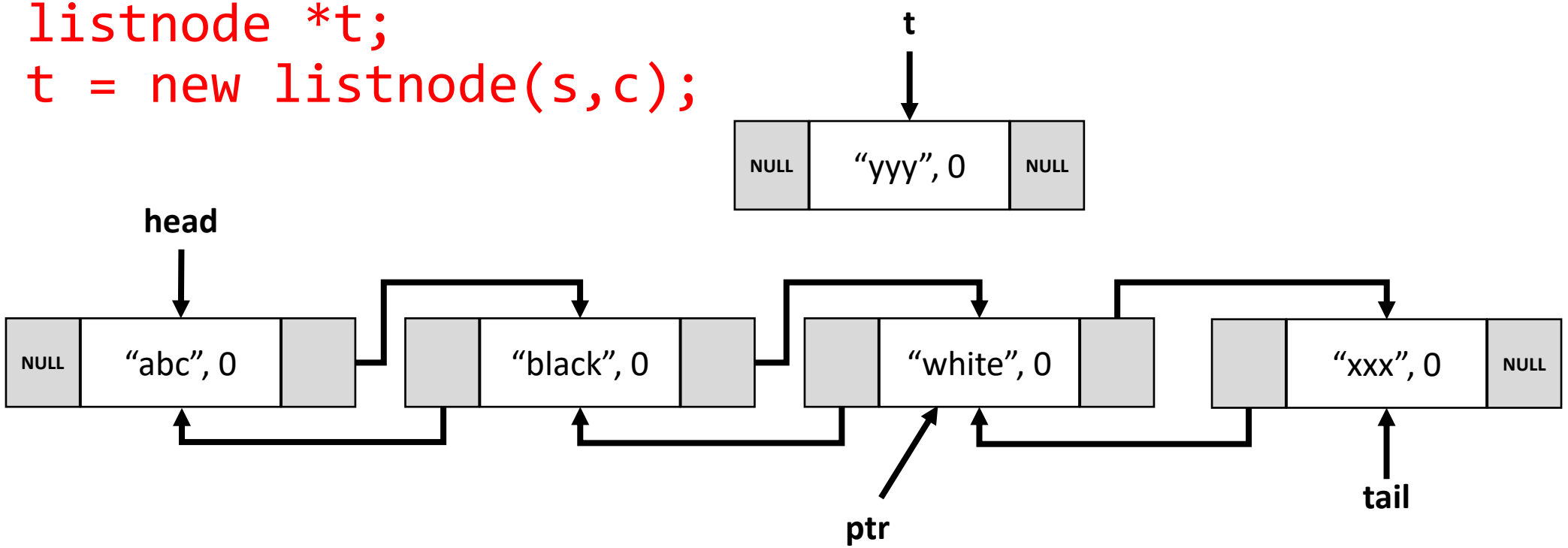
- Η εισαγωγή στην αρχή (`insertfront`) είναι παρόμοια με την `insertback`.
- Η εισαγωγή πριν τη κεφαλή είναι ισοδύναμη με την `insertfront`.
- Η εισαγωγή στο ενδιάμεσο της λίστας πριν το δείκτη `ptr` είναι διαφορετική: ένας νέος κόμβος πρόκειται να προστεθεί μεταξύ του `ptr->prev` και του `ptr`.



`insertbefore` (2/5)

- Η εισαγωγή στο ενδιάμεσο της λίστας πριν το δείκτη `ptr`.
  - Ένας νέος κόμβος πρόκειται να προστεθεί μεταξύ του `ptr->prev` και του `ptr`.
- Βήμα 1: δημιουργία ενός νέου κόμβου:

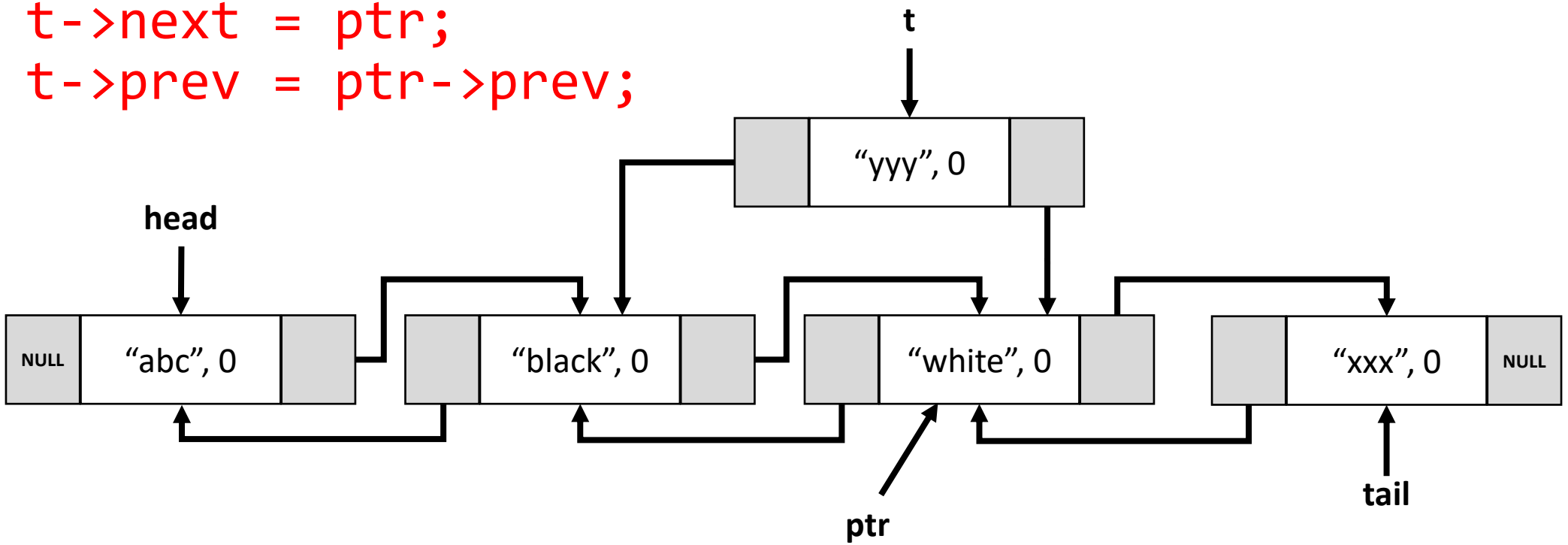
```
listnode *t;
t = new listnode(s,c);
```



`insertbefore` (3/5)

- Η εισαγωγή στο ενδιάμεσο της λίστας πριν το δείκτη `ptr`.
  - Ένας νέος κόμβος πρόκειται να προστεθεί μεταξύ του `ptr->prev` και του `ptr`.
- Βήμα 2: σύνδεση του νέου κόμβου με τη λίστα:

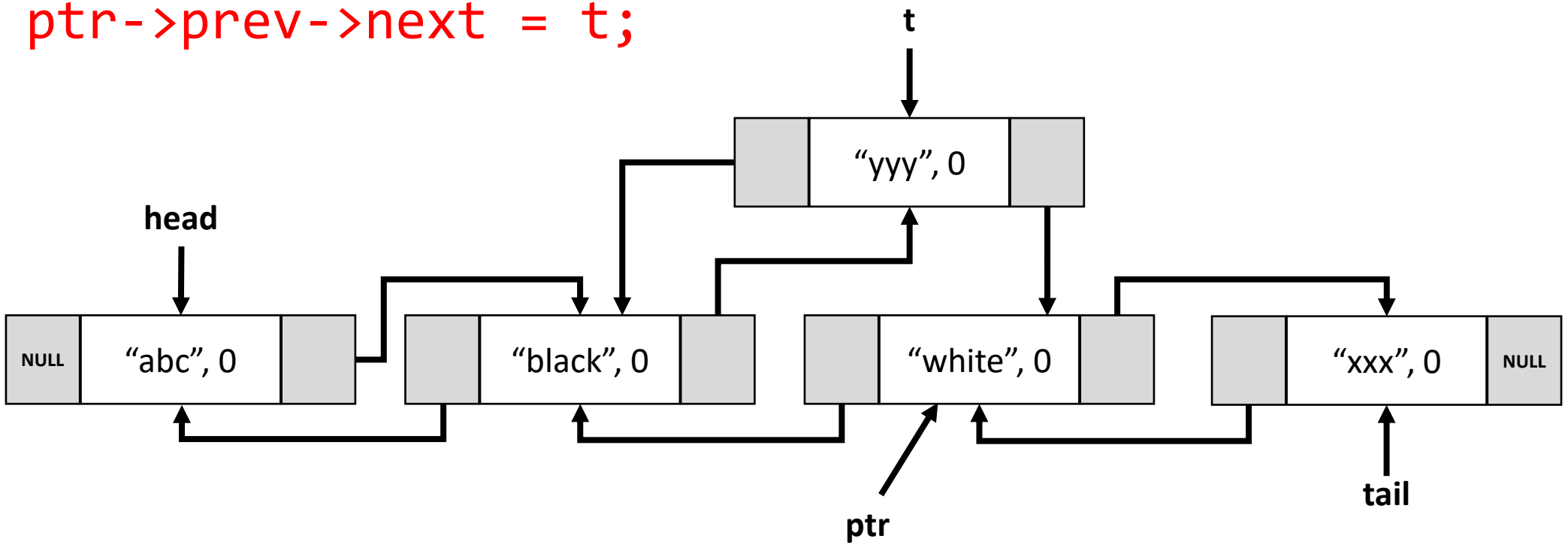
```
t->next = ptr;
t->prev = ptr->prev;
```



`insertbefore` (4/5)

- Η εισαγωγή στο ενδιάμεσο της λίστας πριν το δείκτη `ptr`.
  - Ένας νέος κόμβος πρόκειται να προστεθεί μεταξύ του `ptr->prev` και του `ptr`.
- Βήμα 3: αλλαγή του `next` για το `ptr->prev`:

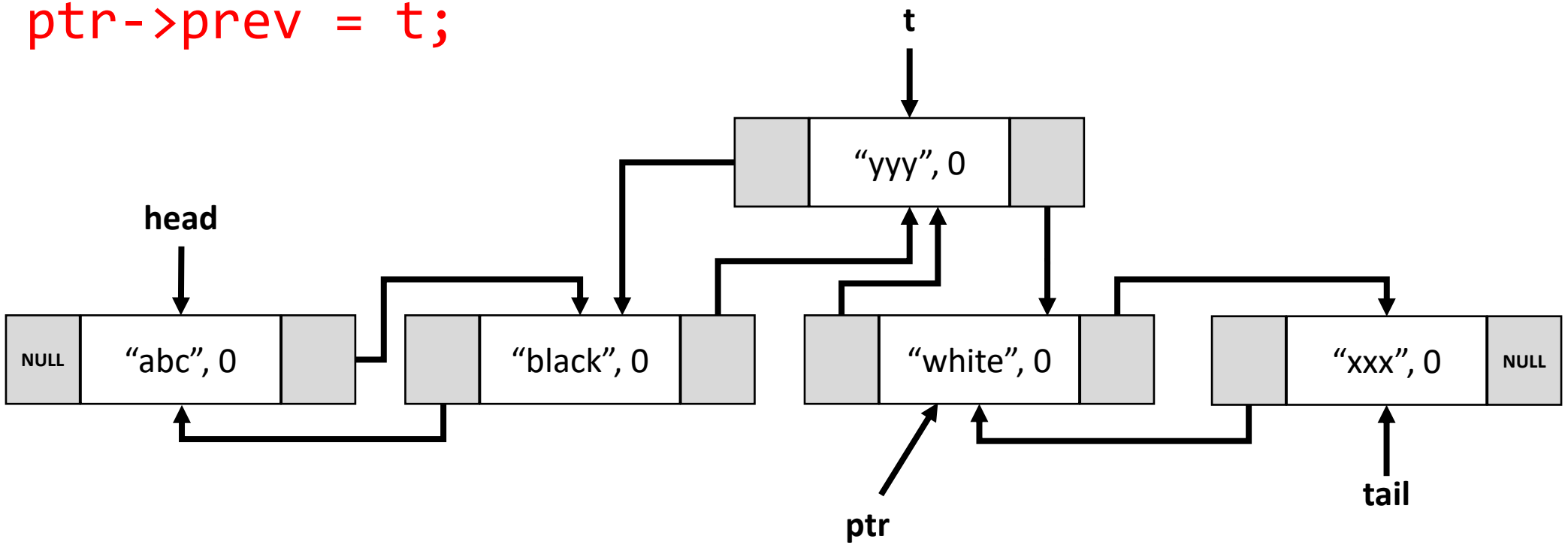
```
ptr->prev->next = t;
```



insertbefore (5/5)

- Η εισαγωγή στο ενδιάμεσο της λίστας πριν το δείκτη `ptr`.
  - Ένας νέος κόμβος πρόκειται να προστεθεί μεταξύ του `ptr->prev` και του `ptr`.
- Βήμα 4: αλλαγή του `ptr->prev`:

```
ptr->prev = t;
```



Διαγραφή κόμβου (remove)

- `removefront`
  - Δύο περιπτώσεις:
    1. Η λίστα έχει ένα μόνο στοιχείο και συνεπώς μετά τη διαγραφή πρέπει να προκύψει η κενή λίστα.

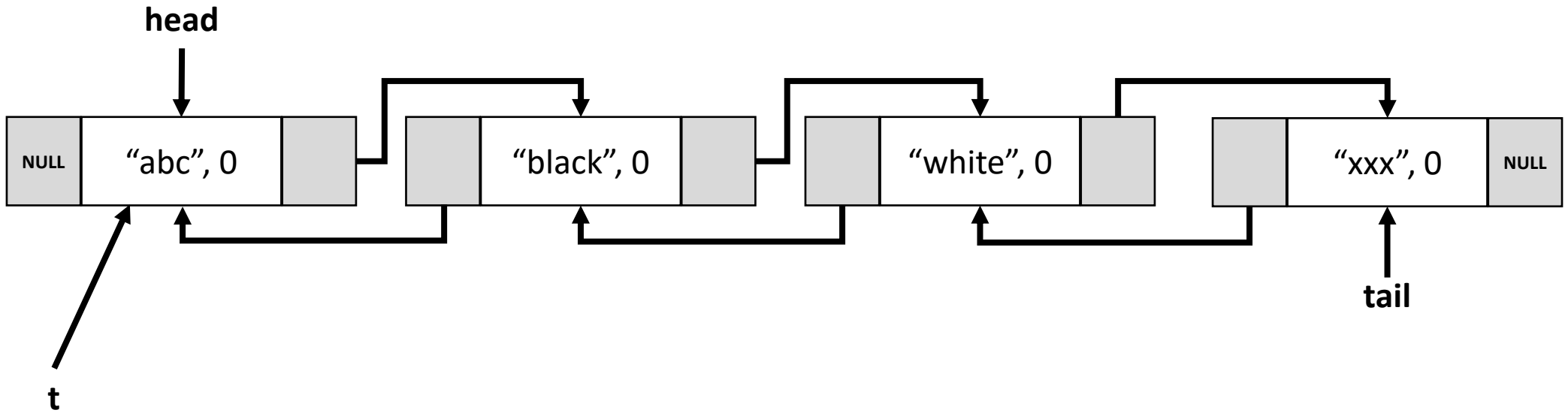
```
if (head == tail) { // one item
    delete head;
    head = tail = NULL;
    size = 0;
    return;
  }
```

    2. Η λίστα έχει περισσότερα από ένα στοιχεία.

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`removefront` (1/4)

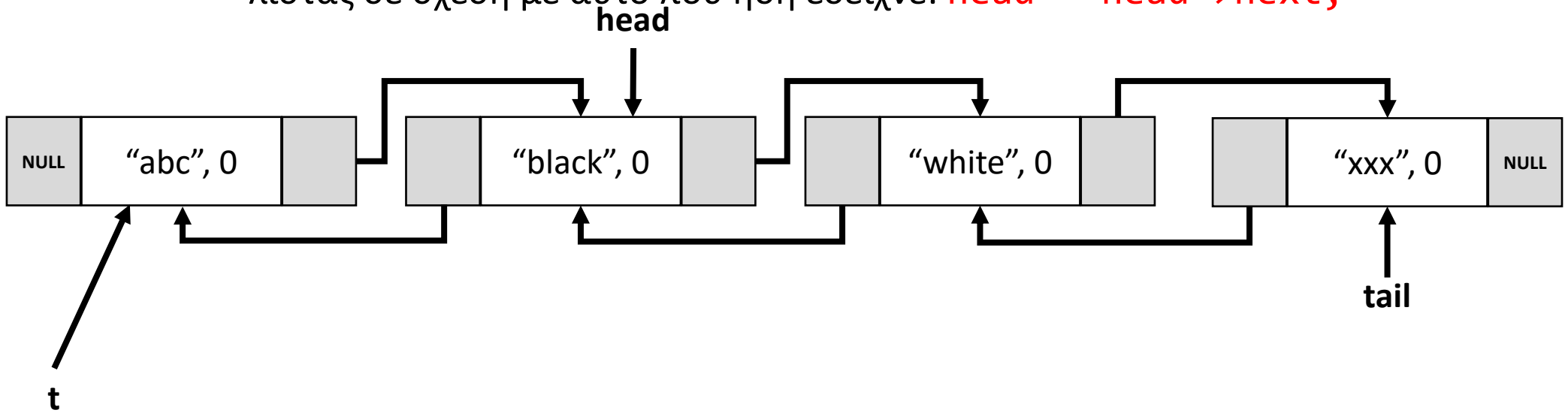
- `removefront`
  - Η λίστα έχει περισσότερα από ένα στοιχεία
    - Βήμα 1: `listnode *t = head;`



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`removefront` (2/4)

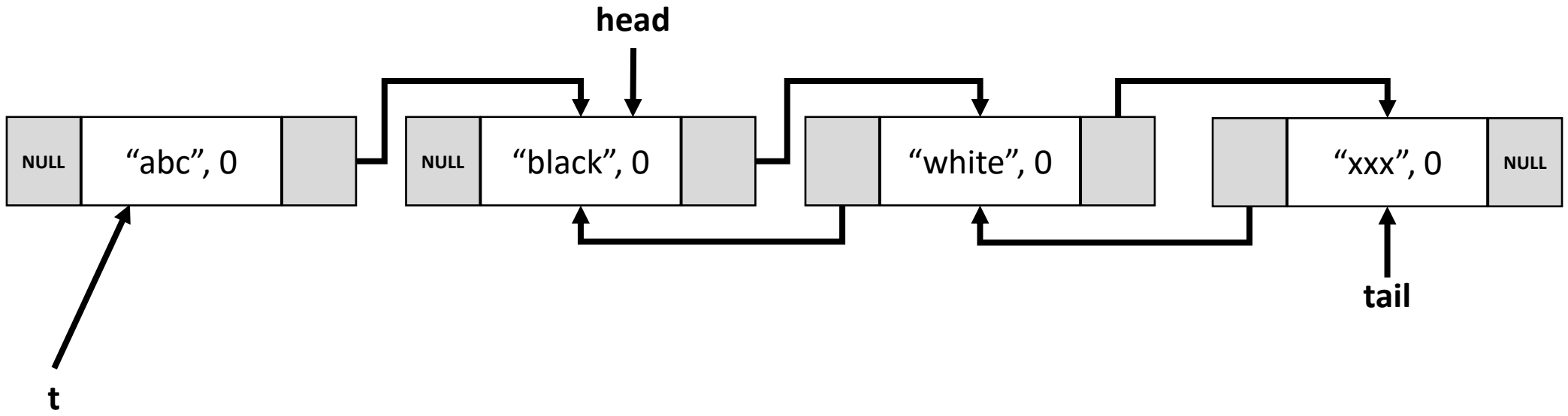
- `removefront`
  - Η λίστα έχει περισσότερα από ένα στοιχεία
    - Βήμα 2: ο δείκτης head προχωρά έτσι ώστε να δείξει το αμέσως επόμενο στοιχείο της λίστας σε σχέση με αυτό που ήδη έδειχνε: `head = head->next;`



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`removefront` (3/4)

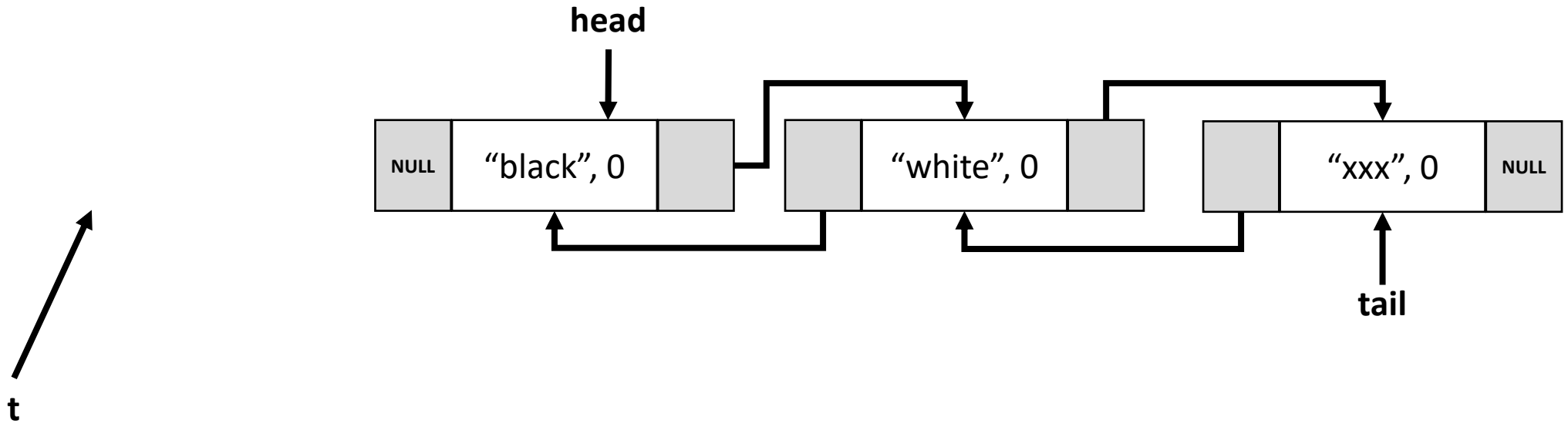
- removefront
  - Η λίστα έχει περισσότερα από ένα στοιχεία
    - Βήμα 3: αποσύνδεση του δείκτη `prev` του `head`: `head->prev = NULL;`



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`removefront` (4/4)

- `removefront`
  - Η λίστα έχει περισσότερα από ένα στοιχεία
    - Βήμα 4: `delete t;`

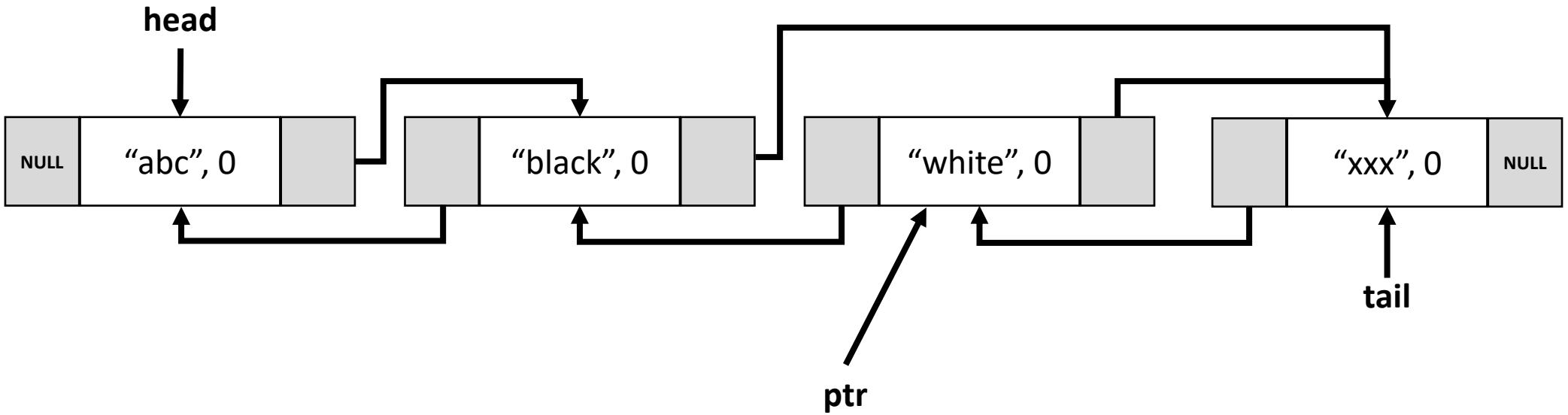


https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`remove` (1/3)

- Διαγραφή του στοιχείου στο οποίο δείχνει ο δείκτης `ptr`.
  - Βήμα 1: αλλαγή του next για το δείκτη `ptr->prev`

```
ptr->prev->next = ptr->next;
```

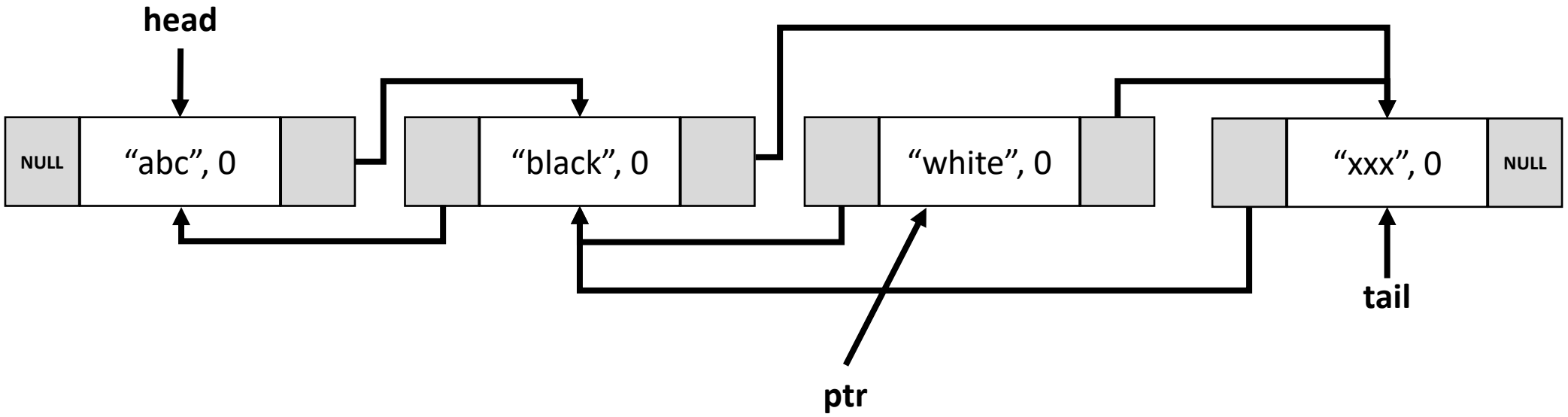


https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`remove` (2/3)

- Διαγραφή του στοιχείου στο οποίο δείχνει ο δείκτης `ptr`.
  - Βήμα 2: αλλαγή του prev για το δείκτη `ptr->prev`

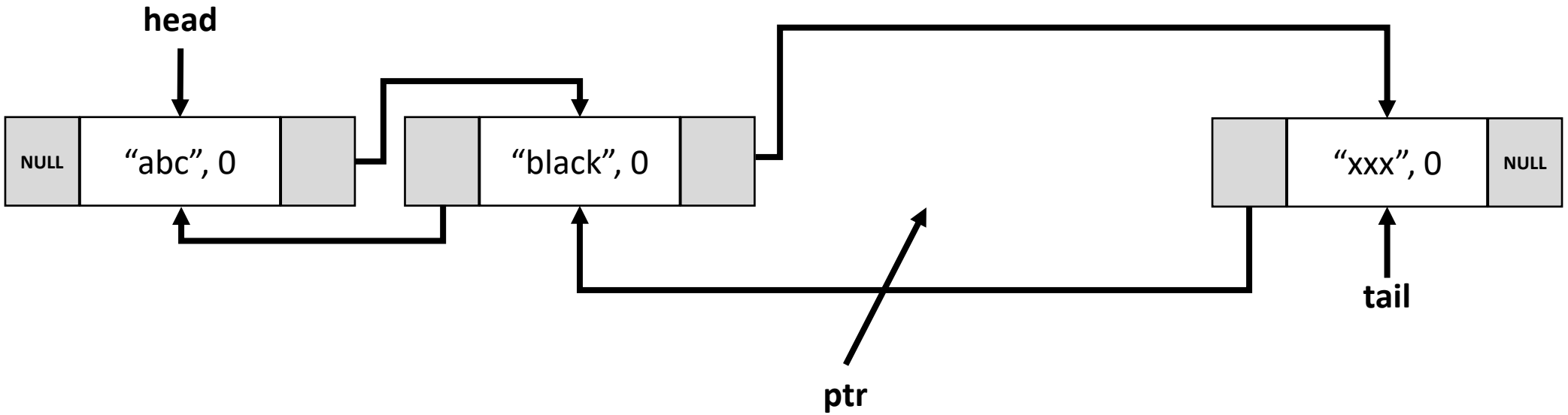
```
ptr->next->prev = ptr->prev;
```



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

`remove` (3/3)

- Διαγραφή του στοιχείου στο οποίο δείχνει ο δείκτης `ptr`.
  - Βήμα 3: `delete ptr;`



https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

Αναζήτηση (`search`)

- Χρησιμοποιώντας μια επανάληψη με `while` επιτυγχάνεται διάσχιση όλων των κόμβων της λίστας.

```
listnode *mylist::search(const string &s)
{
  listnode *t = head;

  while ((t!=NULL) && (t->s != s)) t = t->next;
  return t;
}
```

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect17/mylist.cpp

Ερωτήσεις σύνοψης

- Γιατί οι λειτουργίες εισαγωγής και διαγραφής έχουν αυξημένο υπολογιστικό κόστος στους στατικούς πίνακες και στους δυναμικούς πίνακες;
- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των συνδεδεμένων λιστών;
- Τι πλεονεκτήματα και τι μειονεκτήματα έχουν οι διπλά συνδεδεμένες λίστες έναντι των απλά συνδεδεμένων λιστών;

Αναφορές

- http://www.cs.fsu.edu/~xyuan/cop3330/