Liste semplici - ADT

Obiettivi:

- Discutere la realizzazione collegata (puntatori a strutture) di liste semplici
- Introdurre l'ADT lista semplice e le operazioni tipiche su essa

ADT LISTA (1)

In generale, un ***tipo di dato astratto*** T è definito come:

$$T = \{D, \Im, \Pi\}$$

- ***dominio-base*** D
- insieme di ***funzioni*** $\Im = \{F_1, \ldots, F_n\}$ sul dominio D
- insieme di ***predicati*** $\Pi = \{F_1, \ldots, F_n\}$ sul dominio D

Una lista semplice è un tipo di dato astratto tale che:

- D può essere qualunque
- $\Im$ = { cons, head, tail, emptyList }
- Π = { empty }

ADT LISTA (2)

cons: D x list -> list (***costruttore***)

```
cons(6, [7,11,21,3,6]) ->  [6,7,11,21,3,6]
```

head: list -> D (***selettore "testa"***)

```
head([6,7,11,21,3,6]) -> 6
```

tail: list -> list (***selettore "coda"***)

```
tail([6,7,11,21,3,6]) -> [7,11,21,3,6]
```

emptyList: -> list (***costante "lista vuota"***)

empty: list -> boolean (***test di "lista vuota"***)

```
empty( [] ) -> true
```

ADT LISTA (3)

Pochi Linguaggi forniscono tipo ***lista*** fra predefiniti (LISP, Prolog); per gli altri, ***ADT lista si costruisce a partire da altre strutture dati*** (in C tipicamente vettori o puntatori)

OPERAZIONI PRIMITIVE

Operazione	Descrizione
cons: D x list -> list	Costruisce una nuova lista, aggiungendo l'elemento fornito in testa alla lista data
head: list -> D	Restituisce primo elemento della lista data
tail: list -> list	Restituisce la coda della lista data
emptyList: -> list	Restituisce (costruisce) la lista vuota
empty: list -> boolean	Restituisce vero se la lista data è vuota, falso altrimenti

ADT LISTA: altre operazioni non primitive

Operazione	Descrizione
member: D x list -> boolean	Restituisce vero o falso a seconda se l'elemento dato è presente nella lista data
length: list -> int	Calcola il numero di elementi della lista data
append: list x list -> list	Restituisce una lista che è concatenamento delle due liste date
reverse: list -> list	Restituisce una lista che è l'inverso della lista data
copy: list -> list	Restituisce una lista che è copia della lista data
insord: D x list -> list	Inserimento ordinato di un elemento del dominio D in una lista ordinata

ADT LISTA (4)

Concettualmente, le operazioni precedenti costituiscono un ***insieme minimo completo*** per operare sulle liste

Tutte le altre operazioni, *quali ad esempio inserimento (ordinato) di elementi, concatenamento di liste, stampa degli elementi di una lista, ribaltamento di una lista*, si possono ***definire in termini delle primitive precedenti***

NOTA - Tipo list è definito in modo induttivo:

- Esiste la costante "lista vuota" (risultato di *emptyList*)
- È fornito un costruttore (*cons*) che, dato un elemento e una lista, produce una nuova lista

Questa caratteristica renderà naturale esprimere le ***operazioni derivate*** (non primitive) mediante ***algoritmi ricorsivi***

ESERCIZIO: `showList` come derivata

Stampa di una lista (come derivata)

```
void showList(list l) {
      printf("[");
      while (!empty(l))
          { printf("%d", head(l));
            l=tail(l);
            if (!empty(l)) printf(",\t"); }
      printf("]\n"); }
```

Realizzata come funzione derivata la `showList` ***non varia*** anche ***se varia la rappresentazione concreta*** del tipo list.

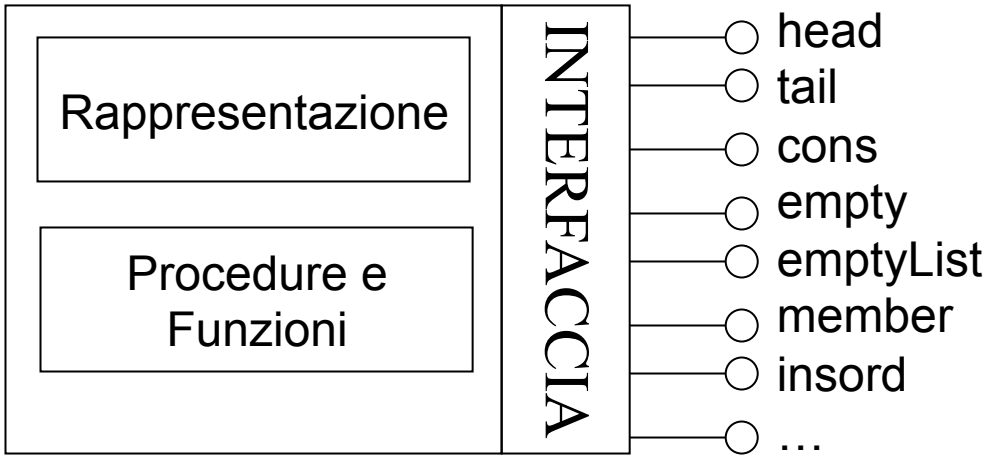
Serve però l'implementazione delle funzioni primitive (selettori) ***head*** e ***tail*** per questa nuova realizzazione del tipo ***list*** e della funzione predicativa ***empty***

Creazione di una lista di interi (segue)

```
int head(list l) {
      if (empty(l)) abort();
      else return  l->value; }


list  tail(list l) {
      if (empty(l)) abort();
      else return l->next; }

int empty(list l) {
      return (l==NULL);}
```

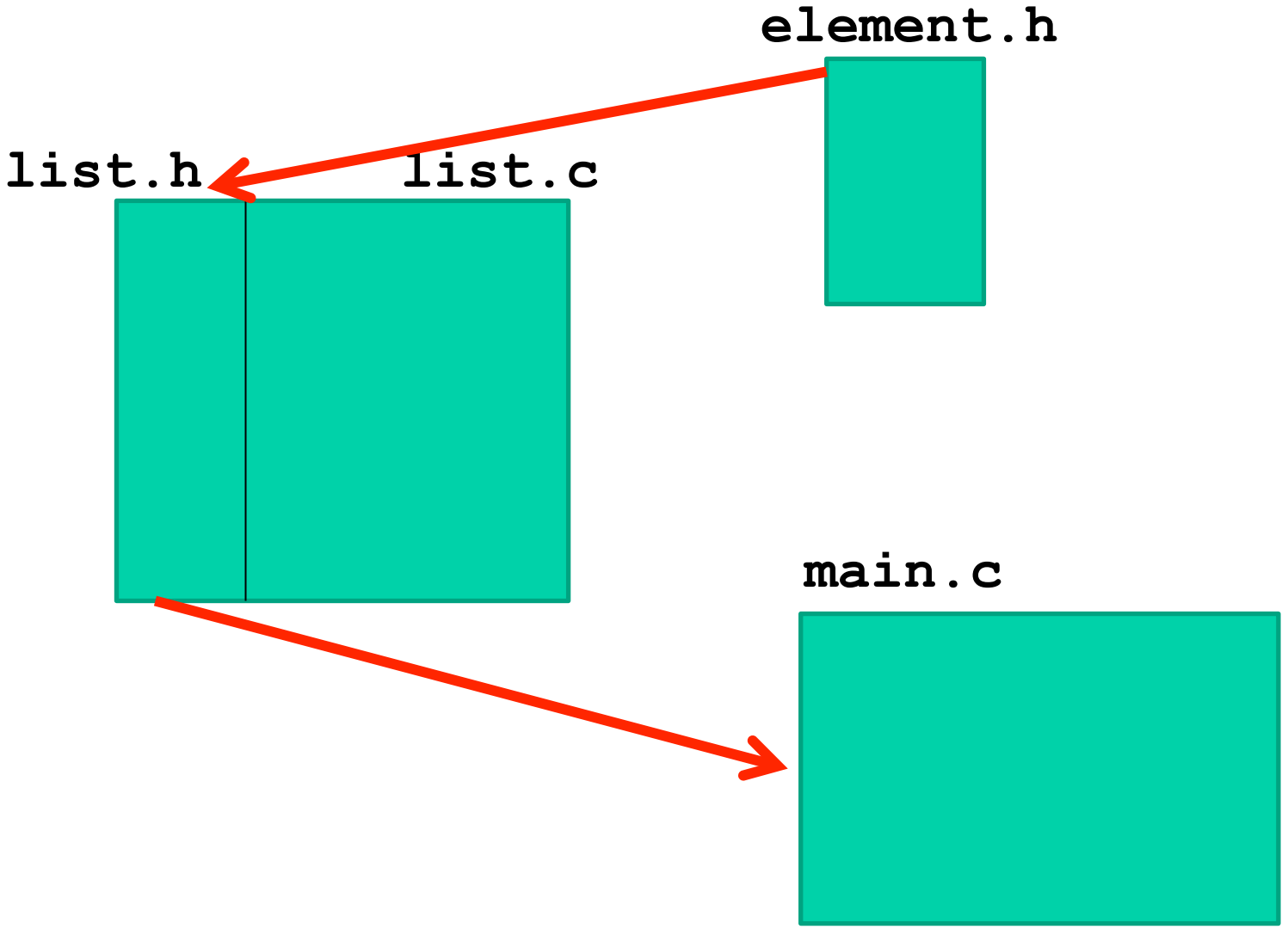
COSTRUZIONE ADT LISTA (1)

Incapsulare la ***rappresentazione concreta*** (che utilizza puntatori e strutture) e esportare sotto forma di file header, solo ***definizioni di tipo*** e ***dichiarazioni delle operazioni***



Funzionamento di lista ***non dipende dal tipo*** degli elementi di cui è composta -> ***soluzione generale***

COMPONENTI



COSTRUZIONE ADT LISTA (2)

LINEE GUIDA:

- definire un tipo ***element*** per rappresentare generico tipo di elemento (con le sue proprietà)
- realizzare ADT lista (***list***) in termini di sequenza di *element*

Il tipo element

File element.h contiene la definizione di tipo:

```
typedef int element;
```

(il file element.c non è necessario per ora)

Inoltre: `typedef enum { false, true } boolean;`

ADT LISTA: header file (`list.h`)

```
#include "element.h"

typedef struct list_element {
        element value;
        struct list_element *next;
} item;
typedef item *list;

list emptyList(void);                    // PRIMITIVE
boolean empty(list);
element head(list);
list tail(list);
list cons(element, list);

void showList(list);                          // NON PRIMITIVE
boolean member(element, list);
…
```

ADT LISTA: file di implementazione (`list.c`)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "list.h"              /* ---- PRIMITIVE ---- */

list  emptyList(void)          { return NULL; }

boolean  empty(list l) {
       if (l==NULL) return true; else return false; }

element  head(list l) {
       if (empty(l)) abort();
       else return  l->value; }

list  tail(list l) {
       if (empty(l)) abort();
       else return l->next; }

list  cons(element e, list l) {
       list t;
       t = (list) malloc(sizeof(item));
       t->value=e; t->next=l; return t; }
```

Continua ... (`list.c`)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "list.h"

void showList(list l) {                    // NON PRIMITIVE
      printf("[");
      while (!empty(l)) {
            printf("%d", head(l));
            l = tail(l);
            if (!empty(l)) printf(", ");
      } printf("]\n");
}
```

NOTA: **`printf("%d", ...)`** è specifica per gli interi – poi generalizzeremo e introdurremo anche operazioni ad hoc per il tipo *element* nei file element.h e element.c

ADT LISTA: il cliente (`main.c`)

```
#include <stdio.h>
#include "list.h"

main() {
list l1 = emptyList();
int el;
do {  printf("\n Introdurre valore:\t");
      scanf("%d", &el);
      l1 = cons(el, l1);
      } while (el!=0);          // condizione arbitraria

showList(l1);
// printf("%d",lenght(l1));
}
```

ADT LISTA: altre operazioni non primitive

Operazione	Descrizione
member: D x list -> boolean	Restituisce vero o falso a seconda se l'elemento dato è presente nella lista data
length: list -> int	Calcola il numero di elementi della lista data
append: list x list -> list	Restituisce una lista che è concatenamento delle due liste date
reverse: list -> list	Restituisce una lista che è l'inverso della lista data
copy: list -> list	Restituisce una lista che è copia della lista data

ADT LISTA: il predicato member

member(el, l) =	falso	se empty(l)
	vero	se el == head(l)
	member(el, tail(l))	altrimenti

```
// VERSIONE ITERATIVA
boolean member(element el, list l) {
        while (!empty(l)) {
                if (el == head(l)) return true;
                else l = tail(l);
        } return false;
}
```

```
int ricerca(int e, list l) {
        int trovato = 0;
        while ((l!=NULL) && !trovato)
                if (l->value == e) trovato = 1;
                else l = l->next;
        return trovato;
}
```

ADT LISTA: il predicato member

member(el, l) = falso — se empty(l)
vero — se el == head(l)
member(el, tail(l)) — altrimenti

```
// VERSIONE ITERATIVA
boolean member(element el, list l) {
        while (!empty(l)) {
                if (el == head(l)) return 1;
                else l = tail(l);
        } return 0;
}
```

```
// VERSIONE RICORSIVA
boolean member(element el, list l) {
        if (empty(l)) return 0;
        else if (el == head(l)) return 1;
                else return member(el, tail(l));
}
```

E' una funzione ***tail ricorsiva (ottimizzazione sullo stack)***

ADT LISTA: la funzione length

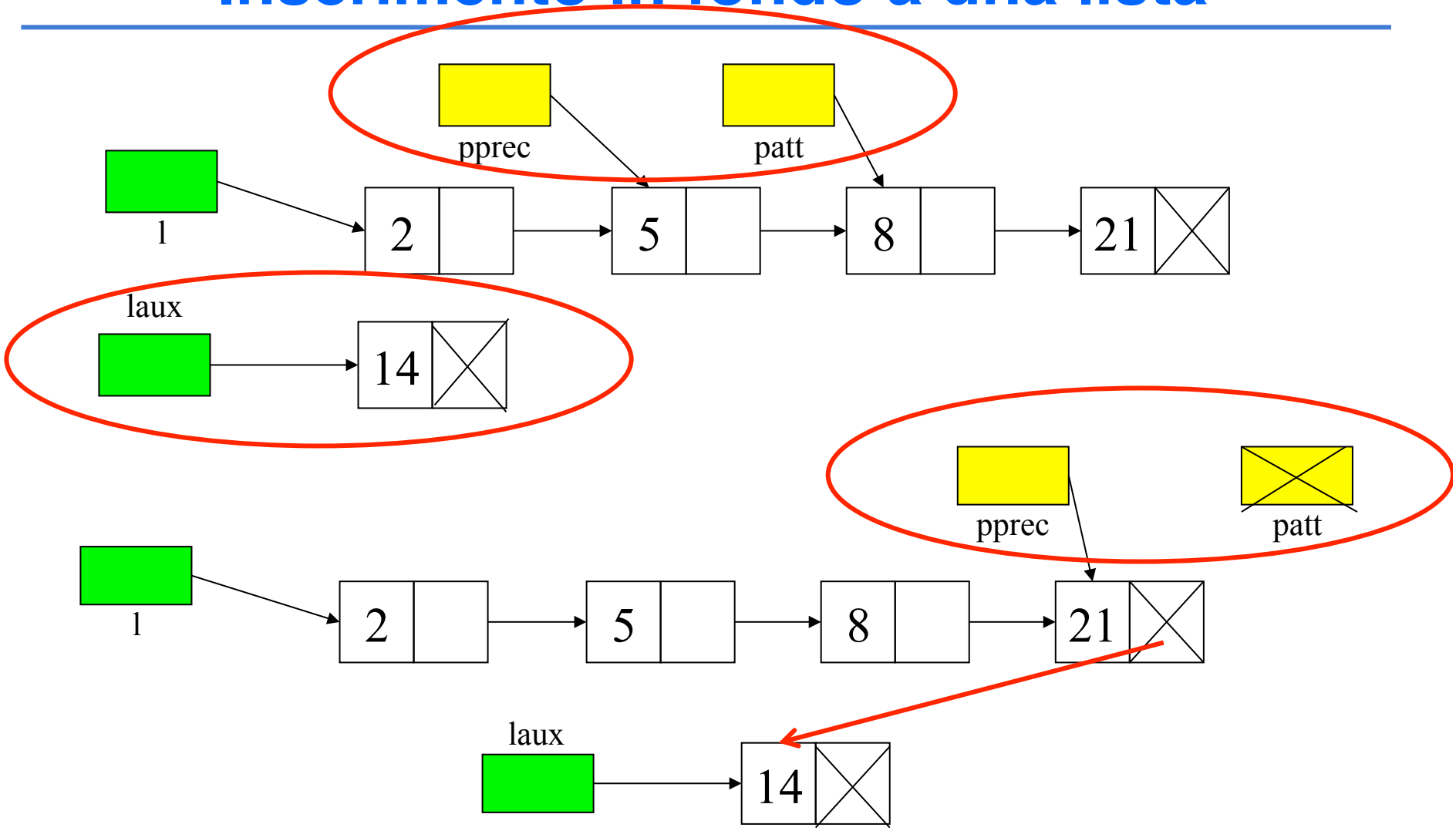
length(l) = 0 se empty(l)
1 + length(tail(l)) altrimenti

```
// VERSIONE ITERATIVA
int length(list l) {
        int n = 0;
        while (!empty(l)) {
                n++; l = tail(l); }
        return n;
}
```

```
// VERSIONE RICORSIVA
int length(list l) {
        if (empty(l)) return 0;
        else return 1 + length(tail(l));
}
```

NOTA: ***NON*** è una funzione ***tail ricorsiva***, somma dopo la chiamata ricorsiva

Inserimento in fondo a una lista

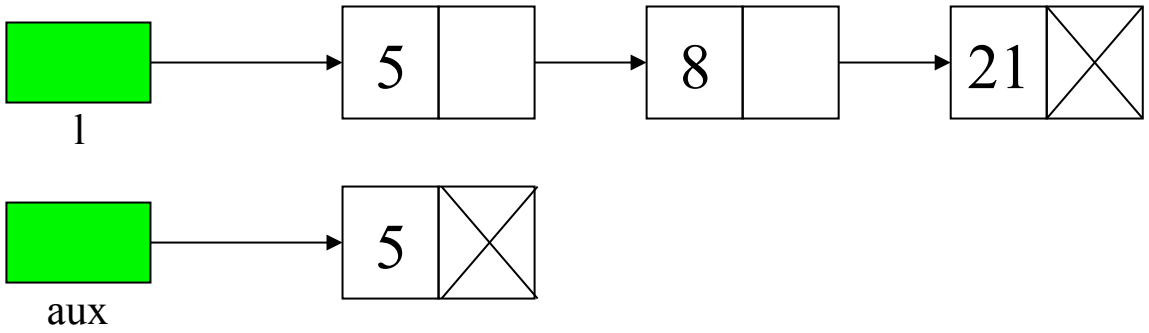


ADT LISTA: (list.c)

```
// FUNZIONE CHE INSERISCE IN FONDO - PRIMITIVA ITERATIVA

list  cons_tail(element e, list l) {
  list prec, aux;
  list patt=l;

  aux=(list)malloc(sizeof(item));        // ALLOCA NODO
  aux->value=e;
  aux-next=NULL;
  if (l==NULL) return aux;     // INSERISCE IN LISTA VUOTA
  else
    { while (patt!=NULL)           // NON FINE LISTA
        { prec=patt ;
          patt=patt->next; }

      prec->next=aux;              // AGGIUNGE IN FONDO
      return l;                    // RESTITUISCE RADICE l
    }
}
```

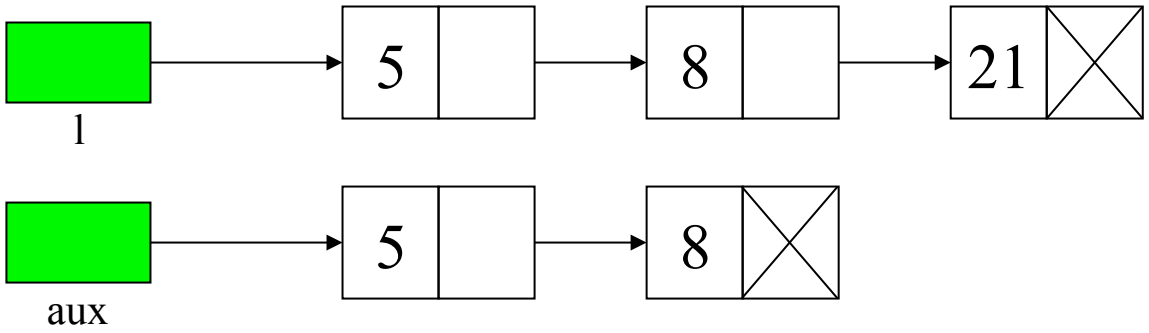
ADT LISTA: la funzione copy iterativa

```
list copy_it(list l) {
       list aux=emptylist();                  // aux=NULL

       while (!empty(l))
              { aux=cons_tail(head(l),aux);
                l = tail(l); }

       return aux;
}
```



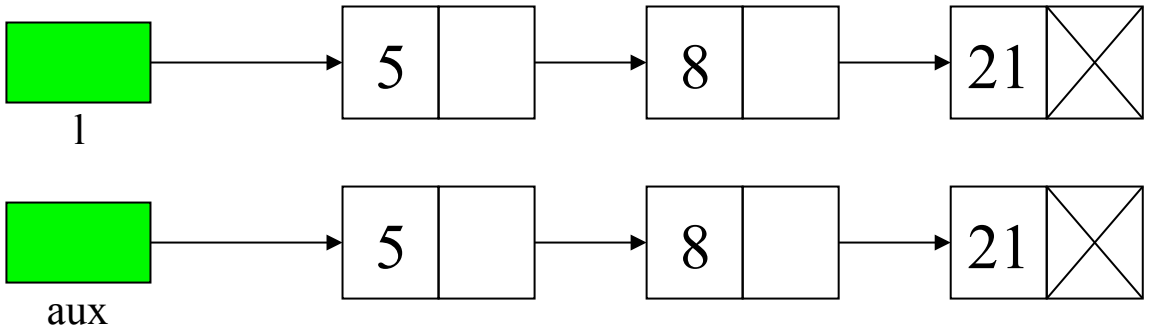
ADT LISTA: la funzione copy iterativa

```
list copy_it(list l) {
       list aux=emptylist();                  // aux=NULL

       while (!empty(l))
              { aux=cons_tail(head(l),aux);
                l = tail(l); }

       return aux;
}
```



ADT LISTA: la funzione copy iterativa

```
list copy_it(list l) {
       list aux=emptylist();                  // aux=NULL

       while (!empty(l))
              { aux=cons_tail(head(l),aux);
                l = tail(l); }

       return aux;
}
```

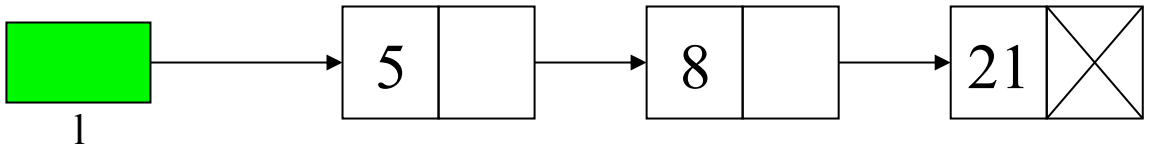


ADT LISTA: la funzione copy

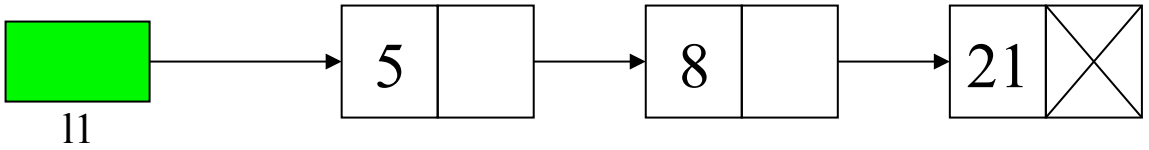
Seconda versione che si basa sulle funzioni primitive (ma meno efficiente della precedente)

Si tratta di impostare un ciclo (o una funzione ricorsiva tail) che duplichi uno a uno tutti gli elementi

```
list copy(list l) {
       if (empty(l)) return l;
       else return cons(head(l), copy(tail(l)));
}
```



l1 = copy(l)



LISTE ORDINATE

Necessario che sia definita una ***relazione d'ordine*** sul ***dominio-base*** degli elementi della lista

NOTA: criterio di ordinamento dipende da ***dominio base*** e dalla specifica ***necessità applicativa***

Ad esempio:

- interi ordinati in senso crescente, decrescente, …
- stringhe ordinate in ordine alfabetico, in base alla loro lunghezza, …
- persone ordinate in base all'ordinamento alfabetico del loro cognome, all'età, al codice fiscale, …

LISTE ORDINATE: la funzione insord (1)

Per inserire un elemento in modo ordinato in una lista supposta ordinata:

- se la lista è vuota, costruire una ***nuova lista*** contenente il nuovo elemento, *altrimenti*
- se l'elemento da inserire è minore della testa della lista, aggiungere il ***nuovo elemento in testa*** alla lista data, *altrimenti*
- l'elemento andrà ***inserito nella coda*** della lista data

I primi due casi sono operazioni elementari

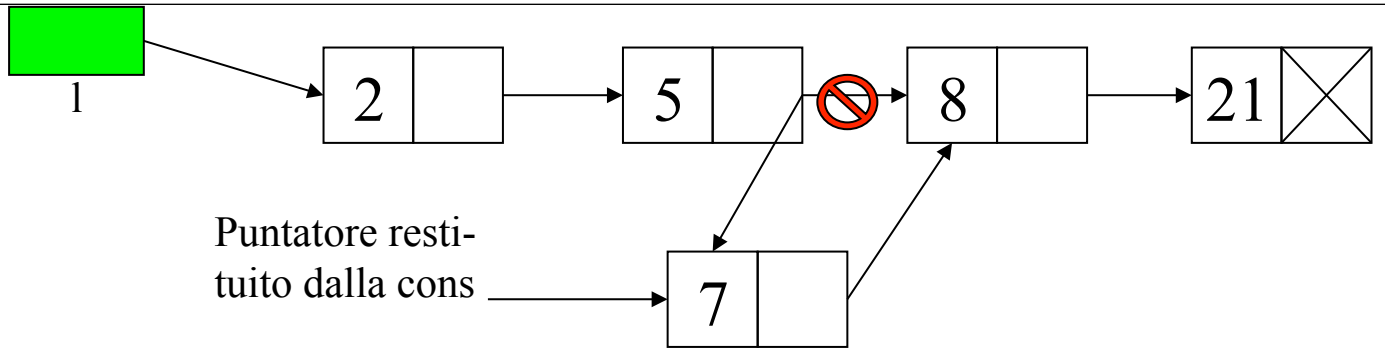
Il terzo caso riconduce il problema allo ***stesso problema in un caso più semplice***: alla fine si potrà effettuare o un inserimento in testa o ci si ricondurrà alla lista vuota

```
list insord(element el, list l) {
  if (empty(l)) return cons(el, l);
  else if (el <= head(l)) return cons(el, l);
       else <inserisci el nella coda di l, e restituisci la lista così modificata>
}
```

La funzione insord (4) corretta

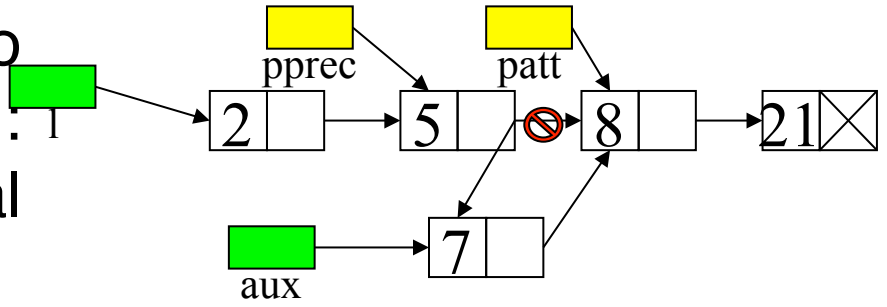
Se non ci basiamo sulle funzioni primitive, ma ***utilizziamo direttamente l'accesso ai campi*** dei nodi della lista, possiamo effettuare l'inserimento in modo efficiente, e ricorsivo:

```
list insord_r(element el, list l) {
  if (empty(l)) return cons(el, l);
  else if (el <= head(l)) return cons(el, l);
       else  {l->next=insord_r(el, tail(l));
              return l; }
}
```



Inserimento ordinato - iterativo

Il posto giusto del nuovo nodo è ***prima*** del nodo attuale: occorre anche il riferimento al ***nodo precedente***




```
list insord_p(element el, list l) {
  list pprec, patt = l, paux;
  boolean trovato = 0;
  while (patt!=NULL && !trovato) {
      if (el < patt->value) trovato = 1;
      else { pprec = patt; patt = patt->next; }
  }
  paux=(list) malloc(sizeof(item));
  paux->value = el;
  paux->next = patt;
  if (patt==l) return paux;
  else { pprec->next = paux; return l; }
}
```

ADT LISTA: altre operazioni (non svolto)

Operazione	Descrizione
member: D x list -> boolean	Restituisce vero o falso a seconda se l'elemento dato è presente nella lista data
length: list -> int	Calcola il numero di elementi della lista data
append: list x list -> list	Restituisce una lista che è concatenamento delle due liste date
reverse: list -> list	Restituisce una lista che è l'inverso della lista data
copy: list -> list	Restituisce una lista che è copia della lista data

ADT LISTA: la funzione append (1)

append (come copy e reverse) non è solo un'operazione di ***analisi*** del contenuto o della struttura della lista, ma implica la ***costruzione di una nuova lista***

Per ottenere una lista che sia il concatenamento di due liste l1 e l2:
- se la lista l1 è vuota, ***il risultato è l2***,
- altrimenti occorre ***prendere l1 e aggiungerle in coda la lista l2***

PROBLEMA: come aggiungere una lista in coda a un'altra?
Nelle primitive non esistono operatori di modifica

-> l'unico modo è costruire una lista nuova
- con primo elemento (testa), la ***testa della lista l1***
- come coda, una ***nuova lista*** ottenuta ***appendendo l2*** alla coda di l1

=> Serve una ***chiamata ricorsiva*** ad append

ADT LISTA: la funzione append (2)

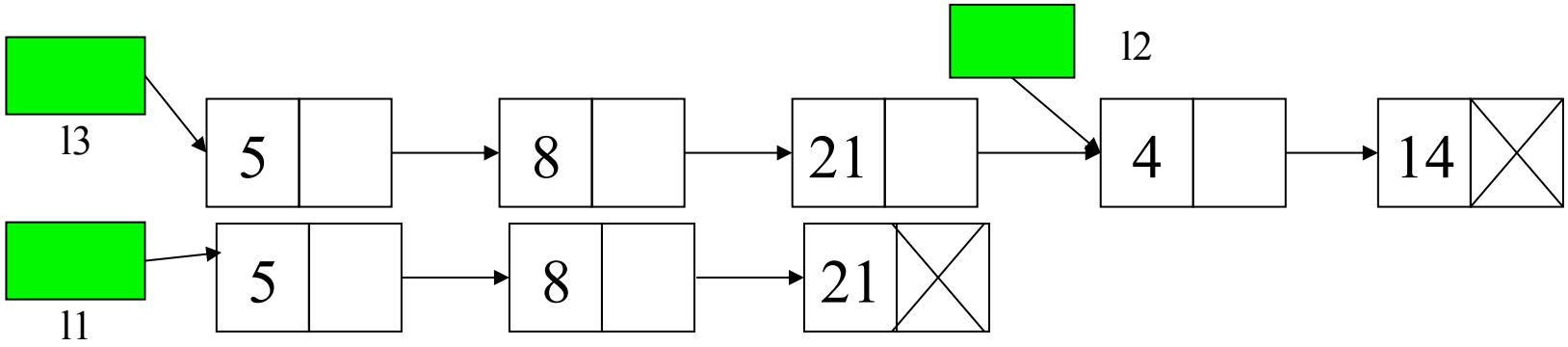
append(l1, l2) = l2 se empty(l1)
cons(head(l1), append(tail(l1), l2)) altrimenti

```
list append(list l1, list l2) {
       if (empty(l1)) return l2;
       else return cons(head(l1), append(tail(l1),l2));
}
```

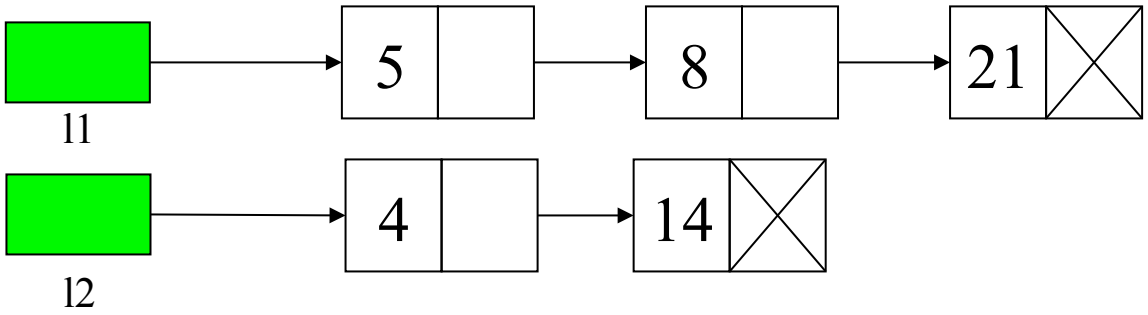
NOTA: quando l1 diventa vuota, ***append*** restituisce direttamente l2, ***non una sua copia*** -> l1 è duplicata, ma ***l2 rimane condivisa***

Structure sharing (parziale)

l1=[5,8,21] l2=[4,14] l3=append(l1,l2)=[5,8,21,4,14]

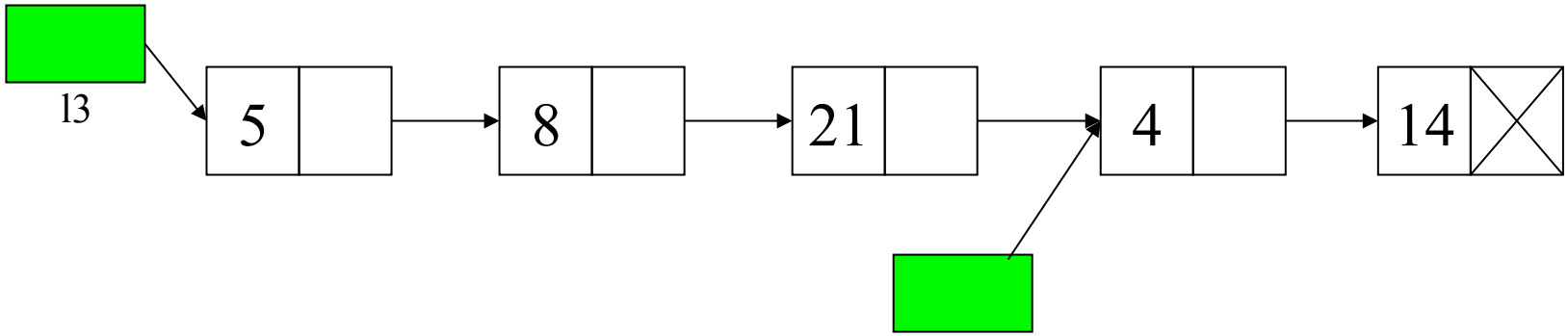


ADT LISTA: la funzione append (3)



Se si vuole evitare lo ***structure sharing (parziale)***

l1=[5,8,21] l2=[4,14] l3=append(l1, copy(l2))=[5,8,21,4,14]



Restituito da **copy(l2)**

ADT LISTA: la funzione reverse (1)

Per ottenere una lista **ribaltamento** di una lista data l, occorre **costruire una nuova lista**, avente:

1. davanti, il risultato del ribaltamento della coda di l
2. in fondo, l'elemento iniziale (testa) di l

Occorre dunque concatenare la lista ottenuta al punto 1) con l'elemento definito al punto 2) => uso di ***append***
append richiede ***due liste*** => occorre prima costruire una lista l2 contenente il solo elemento di cui al punto 2)

reverse(l) = **emptyList**() se empty(l)
append(reverse(tail(l)), cons(head(l), emptyList())) altrimenti

```
list reverse(list l) {
       if (empty(l)) return emptyList();
       else return append(reverse(tail(l)),
                          cons(head(l), emptyList()));
}
```

ADT LISTA: la funzione reverse (2)

Esercizio: scrivere una versione ***ricorsiva tail*** di reverse

Esercizio: scrivere una versione ***iterativa*** di reverse

ADT LISTA: la funzione reverse (2)

Esercizio: scrivere una versione ***ricorsiva tail*** di reverse

Per passare da una versione ricorsiva ad una ricorsiva tail:

- ***funzione di interfaccia*** che richiami la funzione tail-ricorsiva con necessari parametri supplementari
- definire la funzione tail-ricorsiva con un parametro lista in più, inizialmente vuota, in cui inserire in testa gli elementi via via prelevati dalla lista data

```
list reverse(list l) {
        return rev(emptyList(), l);
}
list rev(list l2, list l1) {
        if (empty(l1)) return l2;
        else return rev(cons(head(l1), l2), tail(l1));
}
```

ADT LISTA: la funzione reverse (3)

Esercizio: scrivere una versione ***iterativa*** di reverse

```
list reverse_it(list l) {
       list aux=emptyList();

       while (!empty(l))
              { aux = cons(head(l), aux);
                l=tail(l); }
       return aux;
}
```

ADT LISTA: la funzione delete (1)

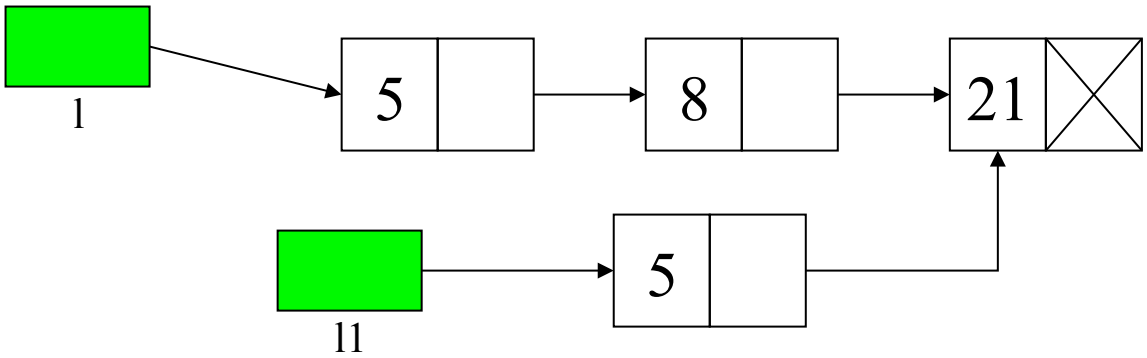
Deve restituire una lista che differisce da quella data solo per ***l'assenza dell'elemento*** indicato

Non esistendo operatori di modifica, delete deve operare ***costruendo una nuova lista*** (almeno per la parte da modificare). Occorre:

- duplicare parte iniziale lista, fino all'elemento da eliminare (escluso)
- agganciare la lista così creata al resto della lista data

```
list delete(element el, list l) {
  if (empty(l)) return emptyList();
  else if (el == head(l)) return tail(l);
       else return cons(head(l), delete(el, tail(l)));
}
```

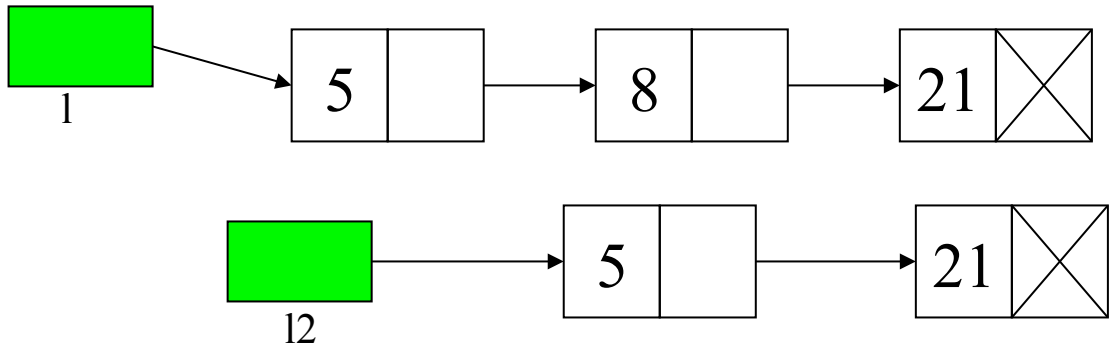
l1 = delete(8,l)



ADT LISTA: la funzione delete (2)

Per non avere condivisione:

L2 = delete (8,copy(l))



CONCLUSIONE

Per usare in modo sicuro la condivisione di strutture, è necessario:

- NON effettuare free() -> uso inefficiente heap in linguaggi privi garbage collection (evitare rischio di riferimenti pendenti)
- realizzare liste come valori (entità non modificabili): ogni modifica comporta la creazione di nuova lista (evitare rischio di effetti collaterali indesiderati)

ESERCIZIO: scrivere una ***versione iterativa*** di delete

ADT LISTA: la funzione delete (3)

Esercizio: scrivere una versione ***iterativa*** di delete

La funzione delete vers. iterativa (3)

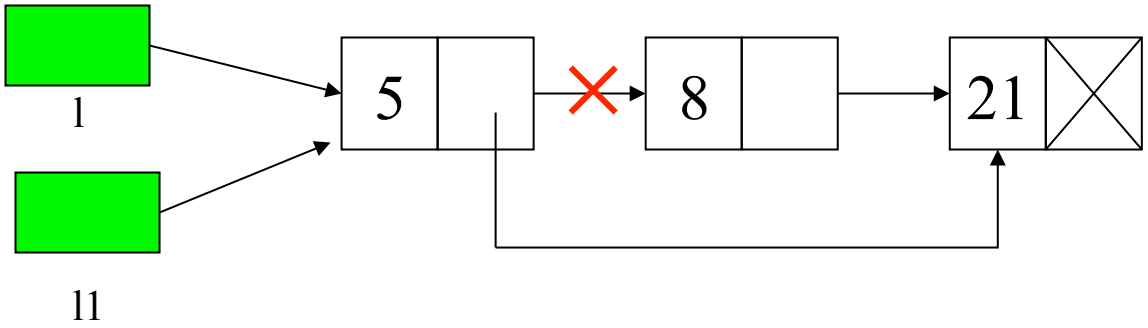
Esercizio: scrivere una versione ***iterativa*** di delete

```
list   delete_it(element el, list l)
{ list prec, current, aux;
  if (empty(l)) return(emptylist());
  else
   { current=l;
     do
       { if(!(head(current)==el)
           { prec=current;
             current=tail(current); }
        }
     while ( (!empty(current)) || !(head(current)==el) );
    }
  if (!empty(current))
         if (current==l) return tail(l);     // DELETE PRIMO
         else
             { prec->next=current->next;
               return l;       }          // DELETE IN MEZZO
    else return l;
}
```

ADT LISTA: la funzione delete_it (4)

```
list delete_it(element el, list l) {
    ...
}
```

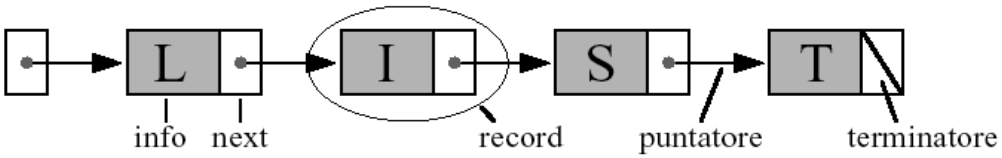
l1 = delete_it(8,l) Anche l è cambiata!!



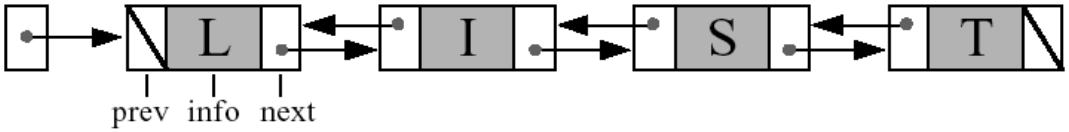
l1 = delete_it(8,copy(l)) Per evitare structure sharing

ESERCIZIO: includere il rilascio della memoria del nodo cancellato

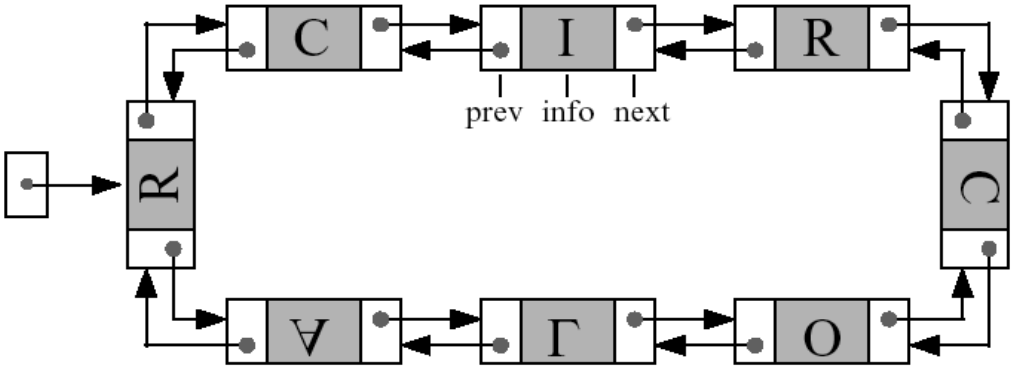
Altri esempi di strutture dati collegate



lista semplice



lista doppiamente collegata



lista circolare doppiamente

e anche ... alberi binari, alberi n-ari (liste di liste)

PARTE II: IL PROBLEMA DELLA GENERICITÀ

Funzionamento lista ***non deve dipendere dal tipo degli elementi*** di cui è composta => cercare di costruire ADT generico che funzioni con ***qualunque tipo di elementi***

=> ADT ausiliario ***element*** e realizzazione dell'ADT lista in termini di element

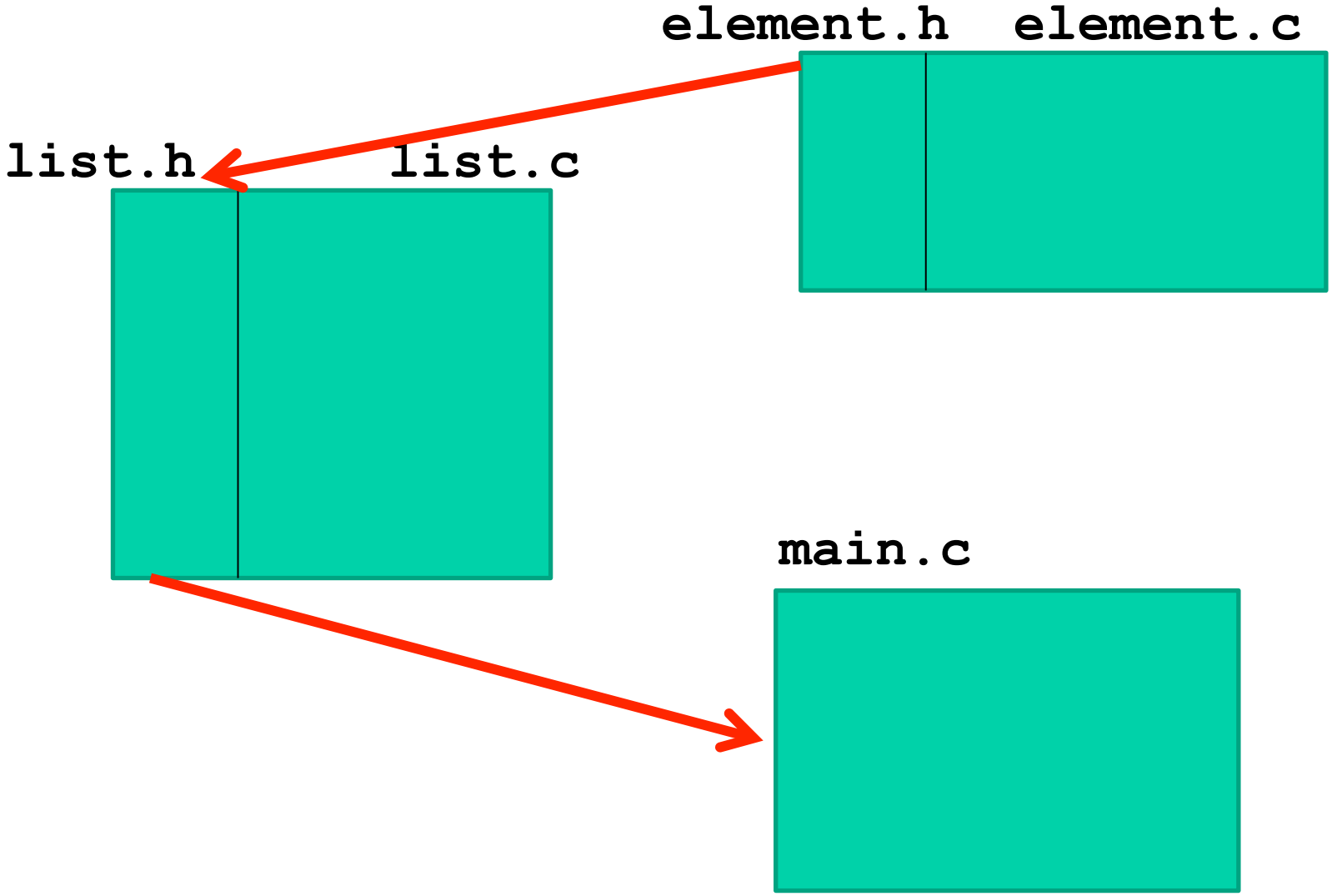
Osservazioni:

- ***showList*** dipende da printf() che svela il tipo dell'elemento
- ***insord*** dipende dal tipo dell'elemento nel momento del confronto
- …

Può quindi essere utile ***generalizzare queste necessità***, e definire un ADT element che fornisca funzioni per:

- verificare ***relazione d'ordine*** fra due elementi
- verificare ***l'uguaglianza*** fra due elementi
- leggere da ***input*** un elemento
- scrivere su ***output*** un elemento

COMPONENTI



ADT ELEMENT: element.h

Header element.h deve contenere

- ***definizione*** del tipo element
- ***dichiarazioni*** delle varie funzioni fornite

Poiché contiene una ***definizione***, header dovrà essere protetto dal ***problema delle inclusioni multiple***

```
#ifndef ELEMENT_H
#define ELEMENT_H

typedef int element;                        //DEFINIZIONI
typedef enum { false, true } boolean;


boolean isLess(element, element);     //DICHIARAZIONI
boolean isEqual(element, element);
element getElement(void);
void printElement(element);

#endif
```

ADT ELEMENT: element.c

```
#include “element.h”
#include <stdio.h>

boolean isEqual(element e1, element e2) {
      return (e1==e2); }

boolean isLess(element e1, element e2) {
      return (e1<e2); }

element getElement(void) {
      element el;
      scanf(“%d”, &el);
      return el; }

void printElement(element el) {
      printf(“%d”, el); }
```

TO DO

Si ***definiscano i file element.c e element.h*** che realizzano l'ADT ***element*** (come intero)

Si modifichino i file ***list.h e list.c già disponibili***, generalizzando le loro operazioni in funzione di quelle esportate dall'ADT *element* (showList, insord)

Il ***main*** da realizzare deve leggere la sequenza e inserire ogni elemento letto in una ***lista con inserimento in testa*** e infine stampare la lista creata usando le funzionalità dell'ADT ***element*** e ***list***

COSA CAMBIA NELL'ADT LISTA?

Ridefinendo in funzione delle operazioni esportate da element.h il codice delle operazioni dell'ADT lista cerchiamo di aumentarne la riusabilità

Ad esempio, prima …

```
void showList(list l) {                    // NON PRIMITIVE
      printf("[");
      while (!empty(l)) {
            printf("%d", head(l));
            l = tail(l);
            if (!empty(l)) printf(", ");
      } printf("]\n");
}
```

NOTA: `printf("%d", …)` è specifica per gli interi

ADT list.c *prima …*

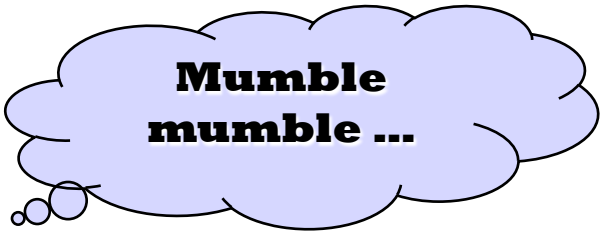
insord iterativa

```
list insord(element el, list l) {
  list pprec, patt = l, paux;
  boolean trovato = false;
  while (patt!=NULL && !trovato) {
      if (el < patt->value) trovato = 1;
      else { pprec = patt; patt = patt->next; }
  }
  paux = (list) malloc(sizeof(item));
  paux->value = el; paux->next = patt;
  if (patt==l) return paux;
  else { pprec->next = paux; return l; }
}
```

DO IT!

Realizzare ***l'ADT element*** (intero e operazioni, si veda ***element.h***)

Modificare ***list.h e list.c già disponibili***



Il ***main*** da realizzare deve leggere la sequenza e inserire ogni elemento letto in una ***lista ordinata*** e stamparla

...

(vediamo poi la soluzione insieme)

ADT ELEMENT: element.c

```
#include “element.h”
#include <stdio.h>

boolean isEqual(element e1, element e2) {
      if (e1==e2) return true;
                  else return false; }

boolean isLess(element e1, element e2) {
      if(e1<e2) return true;
                  else return false; }

element getElement() {
      element el;
      scanf(“%d”, &el);
      return el; }

void printElement(element el) {
      printf(“%d”, el); }
```

ADT LISTA: *ora*

```
void showList(list l) {

      while (!empty(l)) {

            printElement(head(l));

            l = tail(l);    }
}
```

NOTA: `printElement` stampa su stdout l'elemento in testa ad l, head(l)

ADT list.c *ora … più genericità!*

insord iterativa

```
list insord(element el, list l) {
  list pprec, patt = l, paux;
  boolean trovato = 0;
  while (patt!=NULL && !trovato) {
      if (isLess(el,patt->value)) trovato = 1;
      else { pprec = patt; patt = patt->next; }
  }
  paux = (list) malloc(sizeof(item));
  paux->value = el; paux->next = patt;
  if (patt==l) return paux;
  else { pprec->next = paux; return l; }
}
```

ADT LISTA: il cliente (main.c)

```
#include <stdio.h>
#include "list.h"

main() {
list l1 = emptyList();
element el;
do {  printf("\n Introdurre valore:\t");
      el=getElement();
      l1 = insord(el, l1);
      } while (!isEqual(el,0));

showList(l1);
}
```

GENERALIZZIAMO ULTERIORMENTE …

Un file sequenziale di tipo testo (ESPR.TXT) contiene stringhe (una per linea) costituite dai caratteri {a,b,c,*,+}. Si realizzi un programma C che:

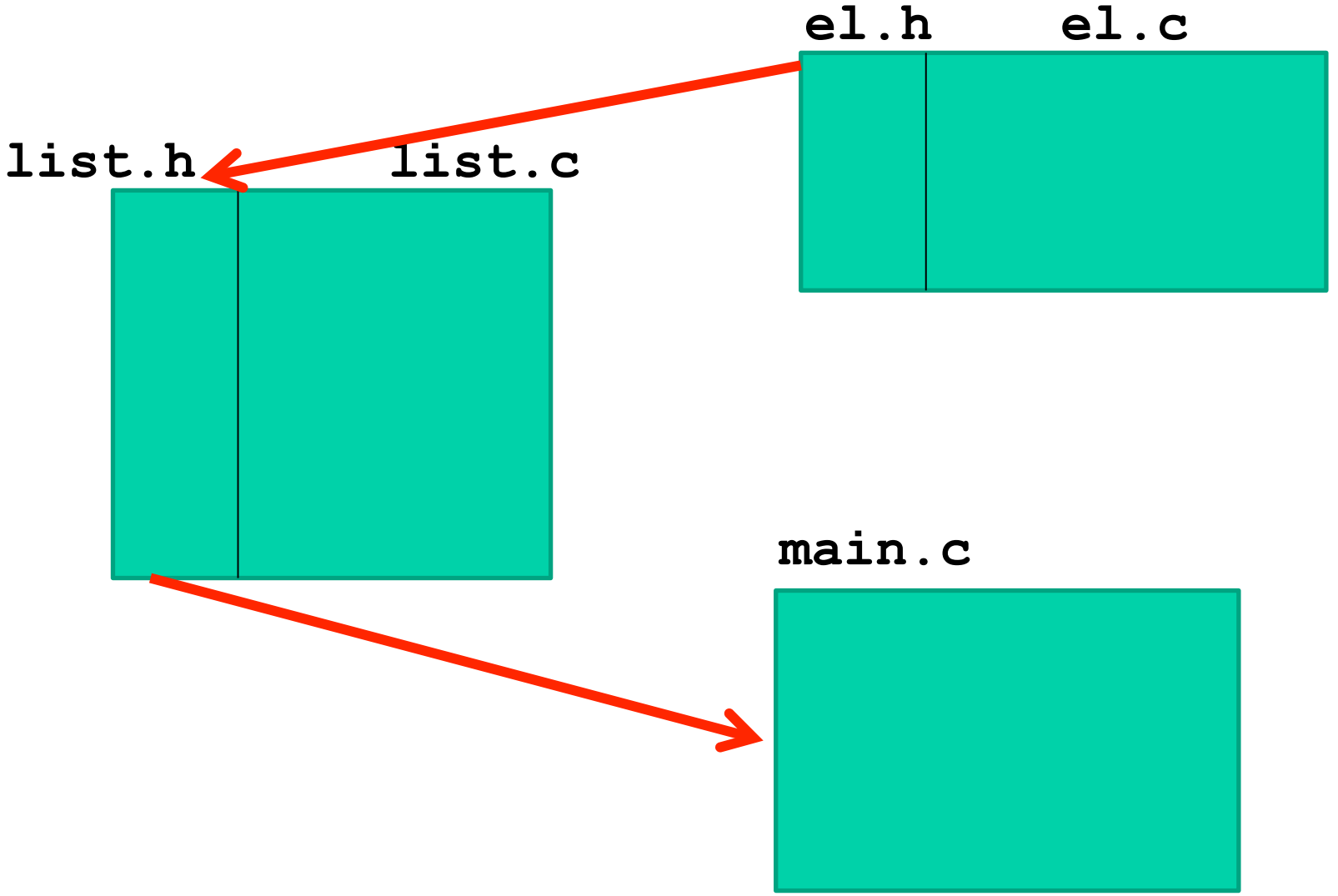
a)riconosca le stringhe del file uguali a "a*b+c" oppure a "a+b*c" e le inserisca con i loro numeri di linea in una lista a puntatori, L1, ***ordinata sul campo stringa (a parità di stringa, si ordini in base alla posizione)***;

b)produca, a partire dalla lista L1 generata precedentemente, un file (UNICHE.TXT) di tipo testo in cui ogni stringa accettata compare seguita, sulla stessa linea, dalla posizione originale nel file ESPR.TXT

Esempio:

ESPR.TXT:	UNICHE:	
a*b+c	a*b+c	1
a**b+	a*b+c	4
a+b*c	a+b*c	3
a*b+c	a+b*c	5
a+b*c		

COMPONENTI

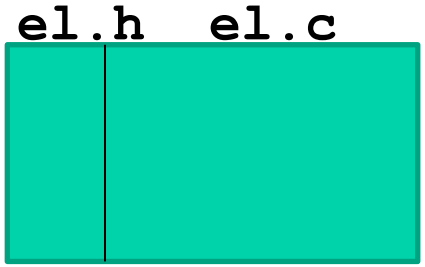


Interfaccia modulo elementi: el.h

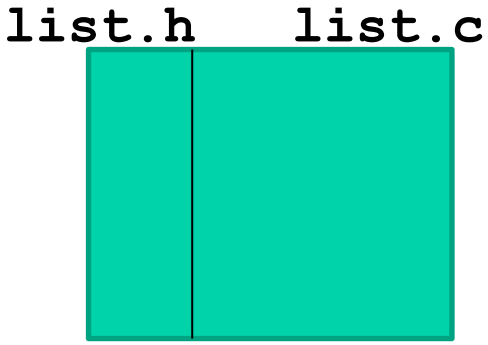
```
/* ELEMENT TYPE - file el.h*/
#ifndef ELEMENT_H
#define ELEMENT_H

#define N 30
typedef struct { char stringa[N];
                 int  pos; }  element;
typedef enum {false, true} boolean;


boolean isLess(element, element);
boolean isEqual(element, element);
element getElement(char *, int);
void printElement(FILE *,element);

#endif
```

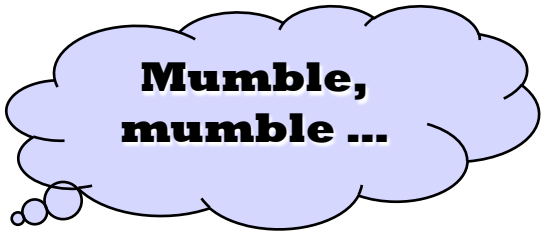
TO DO: el.c

Realizzare la parte implementazione del nuovo ADT degli elementi (strutture)



Ove necessario rivedere le funzioni dell'ADT lista





…

(vediamo poi la soluzione insieme)

ADT LISTA: list.h

FILE HEADER (list.h) non cambia di molto

```
#include "el.h"

typedef struct list_element {
        element value;
        struct list_element *next;
} item;
typedef item *list;

list emptyList(void);                    // PRIMITIVE
boolean empty(list);
element head(list);
list tail(list);
list cons(element, list);

void fshowList(FILE *, list);              // NON PRIMITIVE
boolean member(element, list);
…
```

Implementazione modulo elementi: el.c

```
#include "el.h"
#include <stdio.h>
#include <string.h>

boolean isEqual(element e1, element e2) {
      return (!strcmp(e1.stringa,e2.stringa)); }

boolean isLess(element e1, element e2) {
    if (strcmp(e1.stringa,e2.stringa))
        return (strcmp(e1.stringa,e2.stringa)<0);
    else  return (e1.pos<e2.pos);  }

element getElement(char *s, int pos) {
      element el;
      strcpy(el.stringa,s);
       el.pos=pos;
      return el; }

void printElement(FILE *f, element el) {
      fprintf(f, "%s\t%d\n", el.stringa, el.pos); }
```

Il main (1)

```
#include "list.h"
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void  main (void)
{  list  L1 = emptylist();
   element EL;
   char  s[N];
   int  pos=0;
   FILE  *f, *g;

   f = fopen("ESPR.TXT",rt");
   if(f==NULL)
      { printf("errore apertura espr.txt \n");
        exit(-1);     }
```

Il main (2)

```
//DOMANDA a) ciclo di scansione del file

   while (fscanf(f, "%s", s) !=EOF)
      {  pos++;
         if ( (strcmp(s,"a*b+c")==0) ||
              (strcmp(s,"a+b*c")==0) )
           {  EL = getElement(s,pos);

              // e inserimento ordinato in L1
              L1 = insord(EL,L1);
           }
      }
   fclose(f);
```

Il main (3)

```
// DOMANDA b)

   g = fopen("UNICHE.TXT", "wt");
   if(g==NULL)
      { printf("errore apertura uniche.txt \n");
        exit(-2);      }

   fshowList(g,L1);     // MA ANCHE: showList(L1);
   fclose(g);
}
```

```
a*b+c 1
a*b+c 4
a+b*c 3
a+b*c 5
```

ADT LISTA: *ora*

```
void fshowList(FILE *f, list l) {

      while (!empty(l)) {

            printElement(f, head(l));

            l = tail(l);    }
}
```

NOTA: `printElement` stampa su file testo le componenti di head(l):

```
void printElement(FILE *f, element el) {
       fprintf(f, "%s\t%d\n", el.stringa, el.pos); }
```

TO DO … MORE

c) trovi, a partire dalla lista L1 generata precedentemente, la parola più frequente

Esempio:

ESPR.TXT:

a*b+c

a**b+

a+b*c

a*b+c

a+b*c

TO DO … MORE

d) produca, a partire dalla lista L1 generata precedentemente, un file (UNICHE.TXT) di tipo testo in cui ogni stringa accettata compare ***una sola volta*** seguita, sulla stessa linea, dalle posizioni originali nel file ESPR.TXT

Esempio:

ESPR.TXT:

a*b+c

a**b+

a+b*c

a*b+c

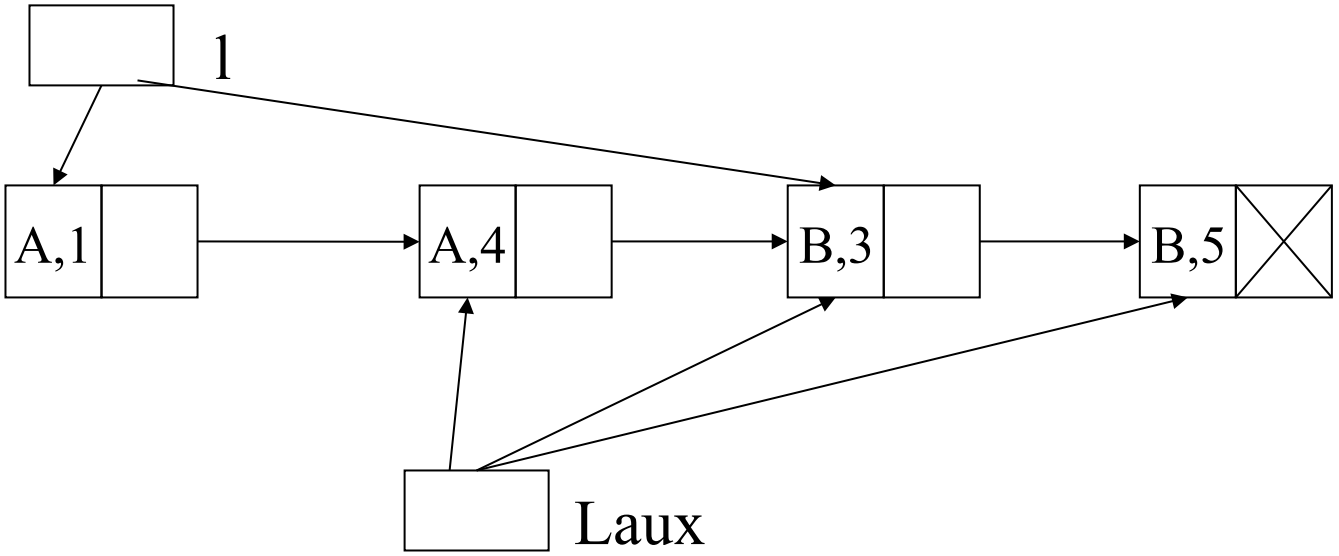
a+b*c

UNICHE:

a*b+c 1 4

a+b*c 3 5

Come scandire la lista?



A	1	4
B	3	5

Scansione innestata, avanzo con Laux (che parte da tail(l)) finché trovo nodi con la stessa stringa (o arrivo alla fine della lista); non appena trovo una stringa diversa, avanzo con l fino a questo nodo e riprendo la scansione innestata (partendo con Laux=tail(l)).

REALIZZATE QUESTA FUNZIONE

```
void fshowList2(FILE *f, list l);
```

Nuova funzione *ad hoc* per questa stampa

```
void fshowList2(FILE *f, list l) {
  list Laux; int fine;
  while (!empty(l))
      {  EL=head(l);
         fprintf(f,"%s",EL.stringa);
         fprintf(f,"\t%d", EL.pos);
         Laux=tail(l); fine=0;
         while ((!empty(Laux)&&!fine)
             if (!strcmp(Laux->value.stringa,
                         l->value.stringa) )
                { fprintf(f,"\t%d",Laux->value.pos);
                  Laux=tail(Laux);        }
             else fine=1;
         fprintf(f,"\n");
         l=Laux;
      }
}
```

CONCLUSIONE

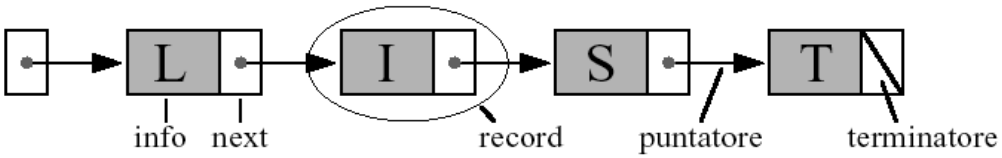
Che cosa possiamo trarre come ulteriore conclusione?

L'obiettivo del corso è presentare strumenti e approcci, e far sì che li assimiliate non che li impariate a memoria …

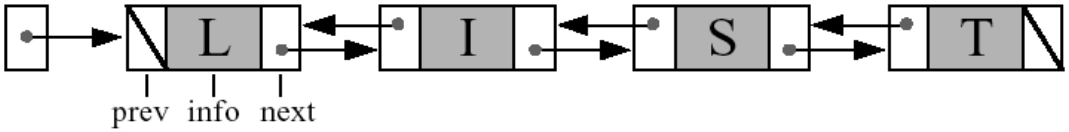
In sede d'esame si valuta se sapete lavorare / gestire le strutture dati viste, anche al di là delle funzioni base o derivate tipiche …

… una funzione non tipica su liste e/o alberi è ***sempre*** richiesta nel testo … fate esercizi, scrivete e fate girare qualche programma!!

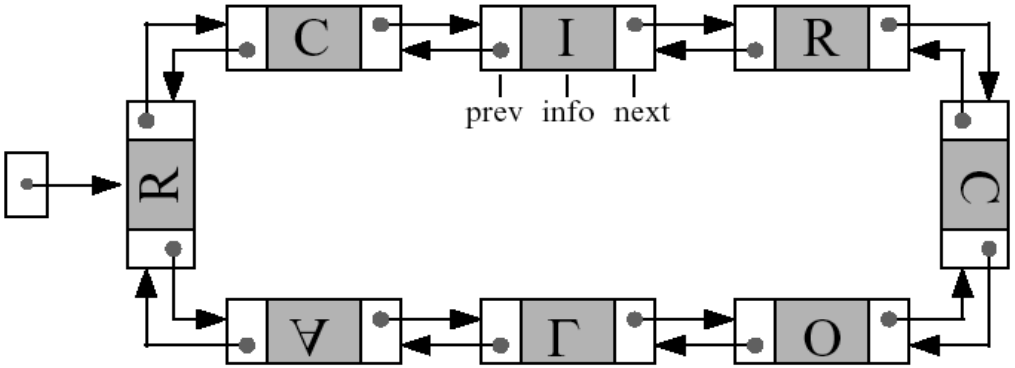
Altri esempi di strutture dati collegate



lista semplice



lista doppiamente collegata



lista circolare doppiamente

e anche ... alberi binari, alberi n-ari (liste di liste)