

Liste

- ▶ È molto comune dover rappresentare **sequenze di elementi** tutti dello stesso tipo e fare operazioni su di esse.

Esempi: sequenza di interi (23 46 5 28 3)
sequenza di caratteri ('x' 'r' 'f')
sequenza di persone con nome e data di nascita

- ▶ Finora abbiamo usato gli array per realizzare tali strutture, nonostante ciò porti talvolta a un impiego inefficiente della memoria.
- ▶ Vediamo adesso un modo basato sull'allocazione **dinamica** di variabili, che ci permette di realizzare liste di elementi in maniera che la memoria fisica utilizzata corrisponda meglio a quella astratta, cioè al numero di elementi della sequenza che vogliamo rappresentare.

Diversi modi di rappresentare sequenze di elementi

1. Rappresentazione sequenziale: tramite **array**

▶ Vantaggi:

- ▶ l'accesso agli elementi è **diretto** (tramite indice) ed efficiente
- ▶ l'ordine degli elementi è quello in memoria \implies non servono strutture dati aggiuntive
- ▶ è semplice manipolare l'intera struttura (copia, ordinamento, ...)

▶ Svantaggi:

- ▶ dobbiamo avere un'idea precisa della dimensione della sequenza
- ▶ inserire o eliminare elementi è complicato ed inefficiente (comporta un numero di spostamenti che nel caso peggiore può essere dell'ordine del numero degli elementi della struttura)

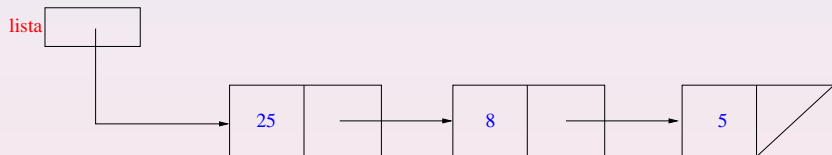
2. Rappresentazione collegata

- ▶ Una lista concatenata è una sequenza lineare di nodi, ciascuno dei quali memorizza un valore e contiene un riferimento (puntatore) al nodo successivo nella sequenza.
- ▶ Per aggiungere e cancellare nodi in qualunque posizione semplicemente aggiustando il sistema di puntatori senza operare sui nodi non interessati dalla aggiunta o dalla cancellazione.
- ▶ L'accesso agli elementi è di tipo **sequenziale**: per accedere al generico nodo, si deve scandire la lista, dato che l'accesso ad un elemento è possibile attraverso il puntatore contenuto nell'elemento precedente.

2. Rappresentazione collegata (continua)

- ▶ La sequenza di elementi viene rappresentata da una struttura di dati **collegata**, realizzata tramite **strutture e puntatori**.
- ▶ Ogni elemento è rappresentato con una **struttura C**:
 - ▶ un campo (o più campi se necessario) per l'elemento (ad es. `int`)
 - ▶ un campo **puntatore** alla struttura che rappresenta l'elemento successivo (ovviamente, tale struttura ha tipo indentico a quello della struttura corrente)
- ▶ L'ultimo elemento non ha un elemento successivo
 - ▶ il campo puntatore ha valore `NULL` che assume quindi il significato di **"fine lista"**.
- ▶ L'inizio della lista è individuato da una variabile del tipo dei puntatori ai vari elementi.
 - ▶ Sarà nostra abitudine attribuire a questa variabile il nome stesso della lista, identificando il concetto di **"inizio lista"** (o **"testa della lista"**) con la lista stessa.
- ▶ l'accesso a una lista avviene attraverso il puntatore al primo elemento.

Graficamente



- ▶ La variabile **lista**, di tipo puntatore, è utilizzata per accedere alla sequenza.

Esempio: Sequenze di interi.

```
struct EL {  
    int info;  
    struct EL *next;  
};  
typedef struct EL ElementoLista;  
typedef ElementoLista *ListaDiElementi;
```

1. La prima dichiarazione `struct EL` definisce un primo campo, `info`, di tipo `int` e permette di dichiarare il campo `next` come puntatore al tipo strutturato che si sta definendo;
 2. la seconda dichiarazione utilizza `typedef` per ridenominare il tipo `struct EL` come `ElementoLista`;
 3. la terza dichiarazione definisce il tipo `ListaDiElementi` come puntatore al tipo `ElementoLista`.
- A questo punto possiamo definire variabili di tipo `lista`:
- ```
ListaDiElementi Lista1, Lista2;
```

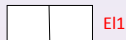
**Esempio:** Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ElementoLista E1,E12,E13;
```

```
ListaDiElementi lista;
```

```
/* puntatore al primo elemento della lista */
```

```
lista=&E1;
```



```
E1.info = 8;
```

```
E1.next = &E2;
```



```
E2.info = 3;
```

```
E2.next = &E3;
```



```
E3.info = 15;
```

```
E3.next = NULL;
```

## Esempio: Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ElementoLista E1,E12,E13;
```

```
ListaDiElementi lista;
```

```
lista=&E1;
```

```
E1.info = 8;
```

```
E1.next = &E2;
```

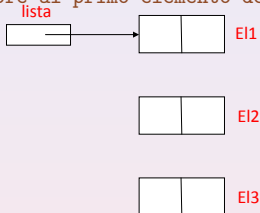
```
E2.info = 3;
```

```
E2.next = &E3;
```

```
E3.info = 15;
```

```
E3.next = NULL;
```

```
/* puntatore al primo elemento della lista */
```





## Esempio: Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ElementoLista E11,E12,E13;
```

```
ListaDiElementi lista;
```

```
lista=&E11;
```

```
E11.info = 8;
```

```
E11.next = &E12;
```

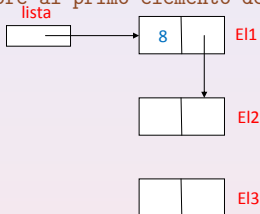
```
E12.info = 3;
```

```
E12.next = &E13;
```

```
E13.info = 15;
```

```
E13.next = NULL;
```

```
/* puntatore al primo elemento della lista */
```



## Esempio: Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ElementoLista E11,E12,E13;
```

```
ListaDiElementi lista;
```

```
lista=&E11;
```

```
E11.info = 8;
```

```
E11.next = &E12;
```

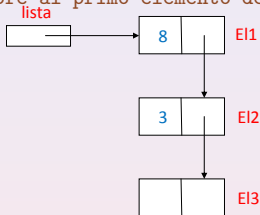
```
E12.info = 3;
```

```
E12.next = &E13;
```

```
E13.info = 15;
```

```
E13.next = NULL;
```

```
/* puntatore al primo elemento della lista */
```



**Esempio:** Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ElementoLista E11,E12,E13;
```

```
ListaDiElementi lista;
```

```
lista=&E11;
```

```
E11.info = 8;
```

```
E11.next = &E12;
```

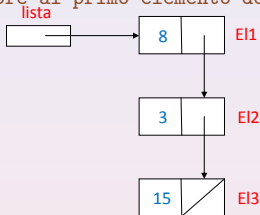
```
E12.info = 3;
```

```
E12.next = &E13;
```

```
E13.info = 15;
```

```
E13.next = NULL;
```

```
/* puntatore al primo elemento della lista */
```



- ▶ Nel programma che abbiamo appena visto per creare una lista di tre elementi dobbiamo dichiarare tre variabili di tipo `ElementoLista`.
- ▶ Il numero degli elementi della lista deve essere deciso a tempo di compilazione.
- ▶ Non è possibile, per esempio, creare una lista con un numero di elementi letti in ingresso. Ma allora qual è il vantaggio rispetto all'array?
- ▶ Quello che abbiamo visto non è l'unico modo. . . .

# Allocazione Dinamica della memoria

- ▶ L'allocazione dinamica della memoria è possibile in **C** grazie all'utilizzo di alcune funzioni messe a disposizione dalla libreria standard (standard library). Infatti è richiesta l'inclusione del file header `<stdlib.h>`
- ▶ Le due funzioni principali sono
  - ▶ **malloc**: consente di **allocare** dinamicamente memoria per una variabile di un tipo specificato
  - ▶ **free**: consente di **rilasciare** dinamicamente memoria (precedentemente allocata con **malloc**)
- ▶ I tipi di dato sono ancora statici, ovvero hanno una dimensione fissata a priori. Le variabili di un certo tipo di dato possono invece essere create.

## malloc

- ▶ La chiamata di funzione

```
malloc(sizeof(TipoDato));
```

crea in memoria una variabile di tipo `TipoDato`, e restituisce come risultato l'**indirizzo** della variabile creata.

- ▶ Se `p` è una variabile di tipo puntatore a `TipoDato`, l'istruzione

```
p=malloc(sizeof(TipoDato));
```

assegna l'indirizzo restituito dalla funzione `malloc` a `p` che punta quindi alla nuova variabile (`p` già esiste).

- ▶ Una variabile creata dinamicamente è necessariamente **anonima**: a essa si può fare riferimento solo tramite un puntatore a differenza di una variabile dichiarata mediante un proprio identificatore, che può essere riferita sia direttamente sia tramite un puntatore

## free

- ▶ Se `p` è l'indirizzo di una variabile allocata dinamicamente, la chiamata  
`free(p);`  
rilascia lo spazio di memoria puntato da `p`  
la corrispondente memoria fisica è resa disponibile per qualsiasi altro uso.
- ▶ `free` deve ricevere come parametro attuale un puntatore al quale era stato assegnato come valore l'indirizzo restituito da una funzione di allocazione dinamica di memoria (cioè `malloc`).

## Heap

- ▶ Poiché le variabili dinamiche possono essere create e distrutte in un qualsiasi punto del programma esse **non** possono essere allocate sullo stack.
- ▶ Vengono allocate in un'altra zona di memoria chiamata **heap** (mucchio). La loro gestione risulta molto più inefficiente.

## Produzione di garbage (spazzatura)

- ▶ Si verifica quando la memoria allocata dinamicamente risulta **logicamente inaccessibile**, e quindi sprecata, perché non esiste alcun riferimento ad essa.

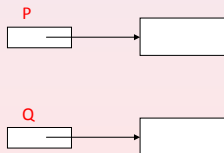
### Esempio:

```
P=malloc(sizeof(TipoDato));
```

```
...
```

```
P=Q;
```

- ▶ In questo modo la cella puntata da **P** subito dopo l'assegnamento **P=Q** perde ogni possibilità di accesso (da cui il termine **spazzatura**).





## Produzione di garbage (spazzatura)

- ▶ Si verifica quando la memoria allocata dinamicamente risulta **logicamente inaccessibile**, e quindi sprecata, perché non esiste alcun riferimento ad essa.

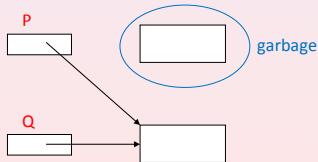
### Esempio:

```
P=malloc(sizeof(TipoDato));
```

```
...
```

```
P=Q;
```

- ▶ In questo modo la cella puntata da **P** subito dopo l'assegnamento **P=Q** perde ogni possibilità di accesso (da cui il termine **spazzatura**).



## Riferimenti fluttuanti (dangling references)

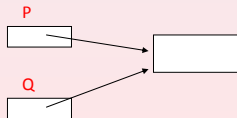
- ▶ Simmetrico al problema precedente: consiste nel creare riferimenti fasulli a zone di memoria logicamente inesistenti.

### Esempio:

```
P=Q;
```

```
free(Q);
```

- ▶ L'operazione `free(Q)` provoca il rilascio della memoria allocata per la variabile cui `Q` punta
- ▶ `P` punta a una zona di memoria non più significativa (può essere riusata in futuro).
- ▶ `*P` comporterebbe l'accesso all'indirizzo fisico puntato da `P` e l'interpretazione del suo contenuto come un valore del tipo di `*P` con risultati imprevedibili.



## Riferimenti fluttuanti (dangling references)

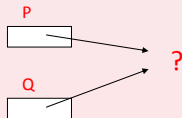
- ▶ Simmetrico al problema precedente: consiste nel creare riferimenti fasulli a zone di memoria logicamente inesistenti.

### Esempio:

```
P=Q;
```

```
free(Q);
```

- ▶ L'operazione `free(Q)` provoca il rilascio della memoria allocata per la variabile cui `Q` punta
- ▶ `P` punta a una zona di memoria non più significativa (può essere riusata in futuro).
- ▶ `*P` comporterebbe l'accesso all'indirizzo fisico puntato da `P` e l'interpretazione del suo contenuto come un valore del tipo di `*P` con risultati imprevedibili.



- ▶ Produzione di garbage e riferimenti fluttuanti hanno svantaggi simmetrici:
  - ▶ la prima comporta spreco di memoria
  - ▶ la seconda comporta risultati imprevedibili e scorretti.
- ▶ La seconda è più pericolosa della prima e in alcuni linguaggi non è prevista l'istruzione `free`.
- ▶ Viene lasciato al supporto del linguaggio l'onere di effettuare `garbage collection` (“raccolta rifiuti”).

# Esempio di allocazione dinamica

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
int x = 10, *P1, *P2;

P1 = malloc(sizeof(int));
*P1 = 2*x;
P2 = P1;
*P2= 3>(*P1);
printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
free(P1);
}
```

PILA

HEAP

|    |    |
|----|----|
| X  | 10 |
| P1 | ?  |
| P2 | ?  |

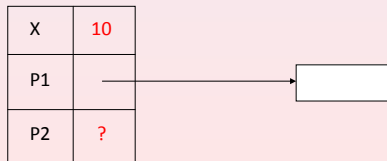
# Esempio di allocazione dinamica

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
int x = 10, *P1, *P2;

P1 = malloc(sizeof(int));
*P1 = 2*x;
P2 = P1;
P2= 3(*P1);
printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
free(P1);
}
```

PILA

HEAP



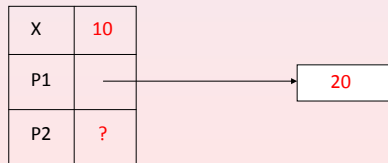
# Esempio di allocazione dinamica

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
int x = 10, *P1, *P2;

P1 = malloc(sizeof(int));
*P1 = 2*x;
P2 = P1;
P2= 3(*P1);
printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
free(P1);
}
```

PILA

HEAP



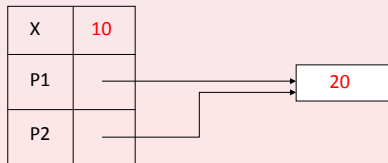
# Esempio di allocazione dinamica

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
int x = 10, *P1, *P2;

P1 = malloc(sizeof(int));
*P1 = 2*x;
P2 = P1;
*P2= 3>(*P1);
printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
free(P1);
}
```

PILA

HEAP





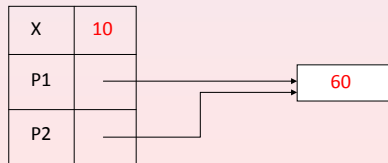
# Esempio di allocazione dinamica

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
 int x = 10, *P1, *P2;

 P1 = malloc(sizeof(int));
 *P1 = 2*x;
 P2 = P1;
 *P2= 3>(*P1);
 printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
 free(P1);
}
```

PILA

HEAP



# Esempio di allocazione dinamica

```

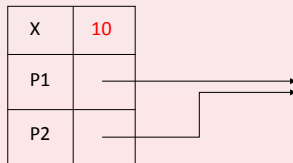
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
int x = 10, *P1, *P2;

P1 = malloc(sizeof(int));
*P1 = 2*x;
P2 = P1;
*P2= 3>(*P1);
printf("x=%d *P1=%d *P2=%d \n", x, *P1, *P2);
free(P1);
}

```

PILA

HEAP



## Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```
ListaDiElementi lista; /* puntatore al primo elemento della lista */

lista = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* allocazione primo elemento */

lista->info = 8;

lista->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* secondo elemento */

lista->next->info = 3;
lista->next->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* terzo elemento */
lista->next->next->info = 15;
lista->next->next->next = NULL;
```

PILA

HEAP



## Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

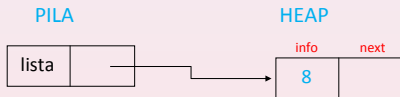
```
ListaDiElementi lista; /* puntatore al primo elemento della lista */

lista = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* allocazione primo elemento */

lista->info = 8;

lista->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* secondo elemento */

lista->next->info = 3;
lista->next->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* terzo elemento */
lista->next->next->info = 15;
lista->next->next->next = NULL;
```



## Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```

ListaDiElementi lista; /* puntatore al primo elemento della lista */

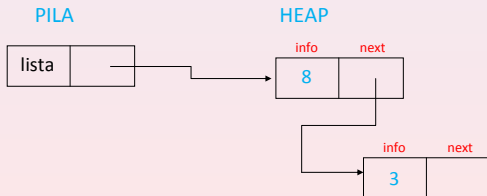
lista = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* allocazione primo elemento */

lista->info = 8;

lista->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* secondo elemento */

lista->next->info = 3;
lista->next->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* terzo elemento */
lista->next->next->info = 15;
lista->next->next->next = NULL;

```



## Creazione di una lista di tre interi fissati: (8, 3, 15)

```

ListaDiElementi lista; /* puntatore al primo elemento della lista */

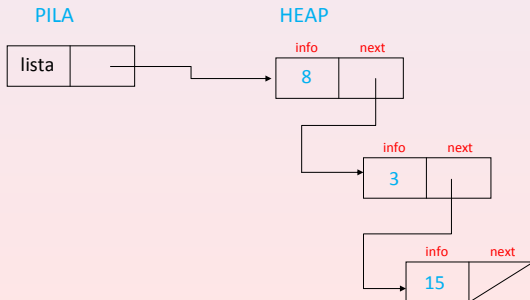
lista = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* allocazione primo elemento */

lista->info = 8;

lista->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* secondo elemento */

lista->next->info = 3;
lista->next->next = malloc(sizeof(ElementoLista)); /* terzo elemento */
lista->next->next->info = 15;
lista->next->next->next = NULL;

```



## Osservazioni:

- ▶ `lista` è di tipo `ListaDiElementi`, quindi è un puntatore e **non** una struttura
- ▶ la zona di memoria per ogni elemento della lista (**non** per ogni variabile di tipo `ListaDiElementi`) deve essere allocata esplicitamente con `malloc`
- ▶ Esiste un modo più semplice di creare la lista di 3 elementi?
- ▶ Creiamo la lista a partire dal fondo!

```
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;
```

PILA

HEAP

|       |   |
|-------|---|
| lista |   |
| aux   | ? |

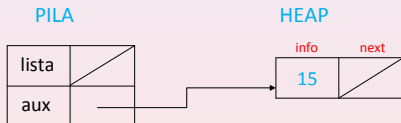


```
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;
```

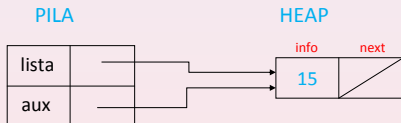


```
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;
```

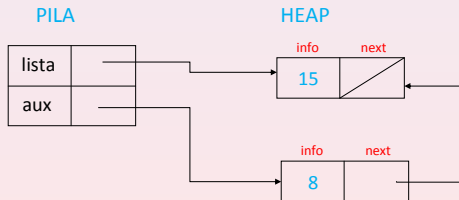


```
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;
```



```

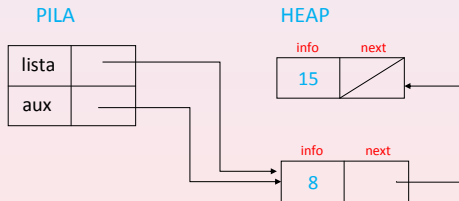
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;

```



```

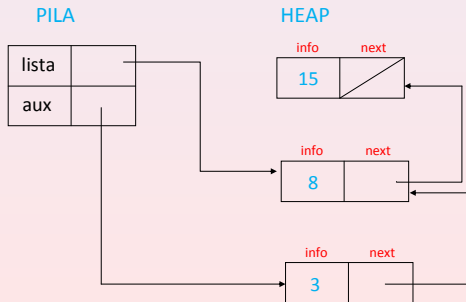
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;

```



```

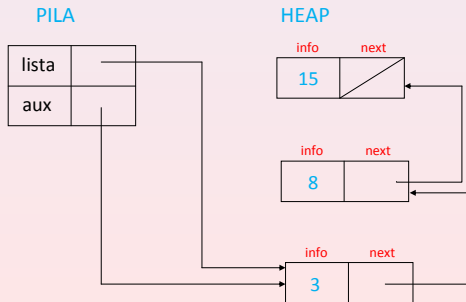
ListaDiElementi aux, lista = NULL;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 15; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista))
aux->info = 8; aux->next = lista;
lista = aux;

aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
aux->info = 3; aux->next = lista;
lista = aux;

```



## Operazioni sulle liste

- ▶ Definiamo una serie di procedure e funzioni per **operare** sulle liste.
- ▶ Usiamo liste di interi per semplicità, ma tutte le operazioni sono realizzabili in modo del tutto analogo su liste di altro tipo (salvo rare eccezioni)
- ▶ Facciamo riferimento alle dichiarazioni dei tipi **ElementoLista** e **ListaDiElementi** viste in precedenza

## Inizializzazione

- ▶ Definiamo una procedura che inizializza una lista assegnando il valore **NULL** alla variabile **testa della lista**.
- ▶ Tale variabile deve essere modificata e quindi passata per **indirizzo**.
- ▶ Ciò provoca, nell'intestazione della procedura, la presenza di un puntatore a puntatore.

```
void Inizializza(ListaDiElementi *lista)
{
 *lista=NULL;
}
```

- Supponiamo ora che `Inizializza` sia chiamata passando come parametro l'indirizzo della variabile `Lista1` di tipo `ListaDiElementi`, ad esempio:

```
ListaDiElementi Lista1;
Inizializza(&Lista1);
```

PILA

|        |   |
|--------|---|
| Lista1 | ? |
|--------|---|



```
void Inizializza(ListaDiElementi *lista)
{
 *lista=NULL;
}
```

- Supponiamo ora che `Inizializza` sia chiamata passando come parametro l'indirizzo della variabile `Lista1` di tipo `ListaDiElementi`, ad esempio:

```
ListaDiElementi Lista1;
Inizializza(&Lista1);
```

PILA

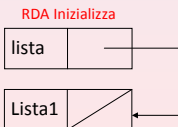


```
void Inizializza(ListaDiElementi *lista)
{
 *lista=NULL;
}
```

- Supponiamo ora che `Inizializza` sia chiamata passando come parametro l'indirizzo della variabile `Lista1` di tipo `ListaDiElementi`, ad esempio:

```
ListaDiElementi Lista1;
Inizializza(&Lista1);
```

PILA

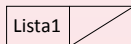


```
void Inizializza(ListaDiElementi *lista)
{
 *lista=NULL;
}
```

- Supponiamo ora che `Inizializza` sia chiamata passando come parametro l'indirizzo della variabile `Lista1` di tipo `ListaDiElementi`, ad esempio:

```
ListaDiElementi Lista1;
Inizializza(&Lista1);
```

PILA



## Cosa succederebbe se passassimo il parametro **per valore**?

```
void Inizializza(ListaDiElementi lista)
{
 lista=NULL;
}

main() {
 ListaDiElementi Lista1;
 Inizializza(Lista1);
 ...
}
```

PILA

|        |   |
|--------|---|
| Lista1 | ? |
|--------|---|

## Cosa succederebbe se passassimo il parametro **per valore**?

```
void Inizializza(ListaDiElementi lista)
{
 lista=NULL;
}

main() {
 ListaDiElementi Lista1;
 Inizializza(Lista1);
 ...
}
```

### PILA

RDA Inizializza

|       |   |
|-------|---|
| lista | ? |
|-------|---|

|        |   |
|--------|---|
| Lista1 | ? |
|--------|---|

## Cosa succedrebbe se passassimo il parametro **per valore**?

```
void Inizializza(ListaDiElementi lista)
{
 lista=NULL;
}

main() {
 ListaDiElementi Lista1;
 Inizializza(Lista1);
 ...
}
```

### PILA

RDA Inizializza

|       |  |
|-------|--|
| lista |  |
|-------|--|

|        |   |
|--------|---|
| Lista1 | ? |
|--------|---|

## Cosa succedrebbe se passassimo il parametro **per valore**?

```
void Inizializza(ListaDiElementi lista)
{
 lista=NULL;
}

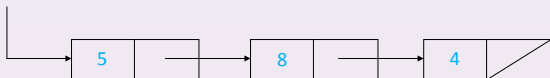
main() {
 ListaDiElementi Lista1;
 Inizializza(Lista1);
 ...
}
```

PILA

|        |   |
|--------|---|
| Lista1 | ? |
|--------|---|

## Stampa degli elementi di una lista

- ▶ Data la lista



vogliamo che venga stampato:

5 -> 8 -> 4 -> //



## Versione iterativa:

```
void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

**N.B.:** `lis = lis->next` fa puntare `lis` all'elemento successivo della lista. **Attenzione:** Possiamo usare `lis` per scorrere la lista perché, avendo utilizzato il passaggio per **valore**, le modifiche a `lis` non si ripercuotono sul parametro attuale.

```
▶ void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

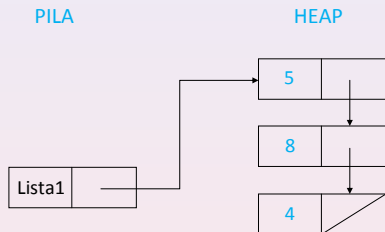
```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}
```

```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```

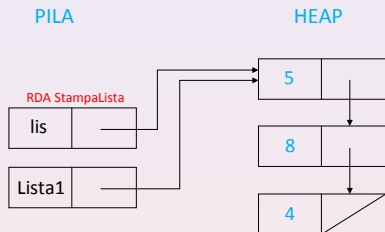


```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```

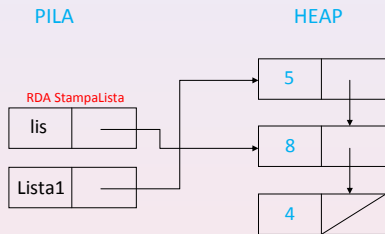


```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```



Output

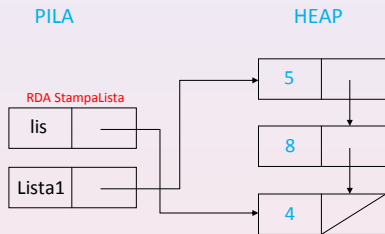
5 --&gt;

```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```



Output

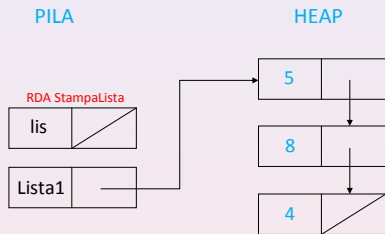
5 --&gt; 8 --&gt;

```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```



Output

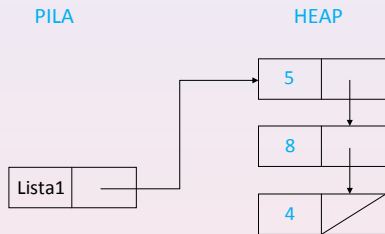
5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //

```

void StampaLista(ListaDiElementi lis)
{
 while (lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", lis->info);
 lis = lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(Lista1);
 ...
}

```



Output

5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //



Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

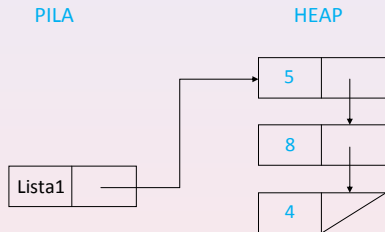
```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```

Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}

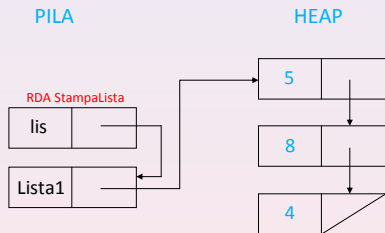
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```



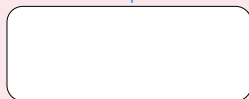
Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```



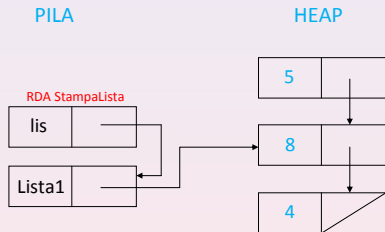
Output



Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```



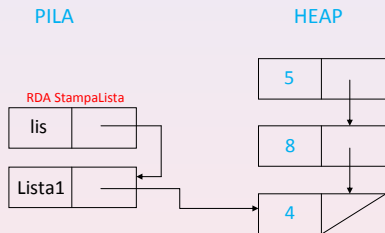
Output

5 -->

Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```



Output

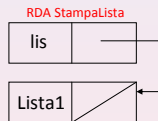
5 --> 8 -->

Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

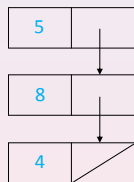
```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```

PILA



HEAP



Output

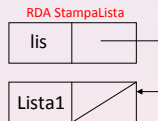
5 --> 8 --> 4 -->

Cosa sarebbe successo passando il parametro per **indirizzo**?

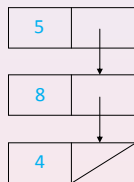
```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```

PILA



HEAP



Output

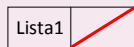
5 --> 8 --> 4 --> //

Cosa sarebbe successo passando il parametro per indirizzo?

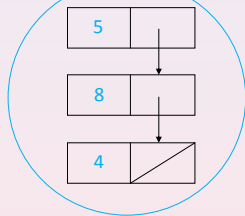
```
void StampaLista(ListaDiElementi *lis)
{
 while (*lis != NULL)
 {
 printf("%d -->", *lis->info);
 *lis = *lis->next;
 }
 printf("//");
}
```

```
main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaLista(&Lista1);
 ...
}
```

PILA



garbage!! HEAP



Output

5 --> 8 --> 4 --> //



## Versione ricorsiva

```
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}
```

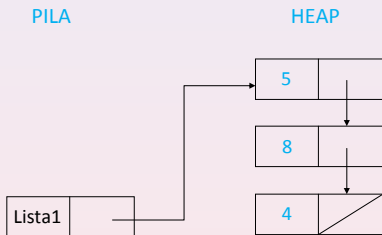
## Versione ricorsiva

```

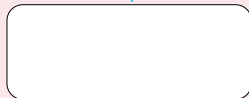
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```



Output



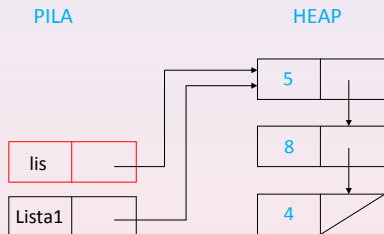
## Versione ricorsiva

```

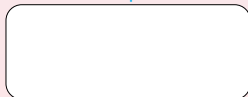
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```



Output



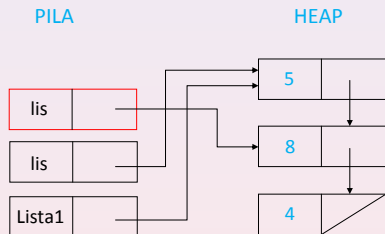
## Versione ricorsiva

```

void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```



Output

5 -->

## Versione ricorsiva

```

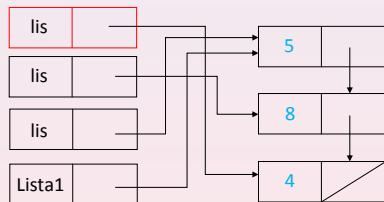
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```

PILA

HEAP



Output

5 --&gt; 8 --&gt;

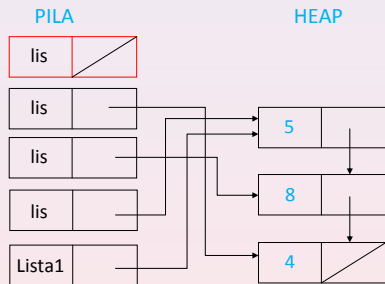
## Versione ricorsiva

```

void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```



Output

5 --> 8 --> 4 -->

## Versione ricorsiva

```

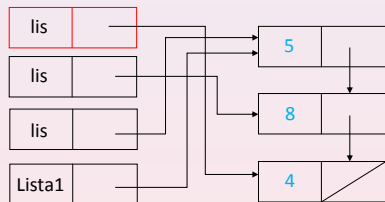
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```

PILA

HEAP



Output

5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //

## Versione ricorsiva

```

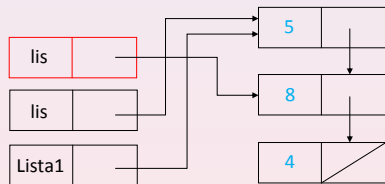
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```

PILA

HEAP



Output

5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //



## Versione ricorsiva

```

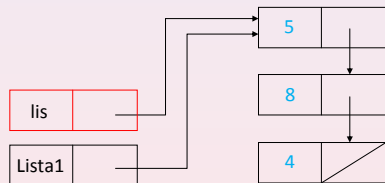
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```

PILA

HEAP



Output

5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //

## Versione ricorsiva

```

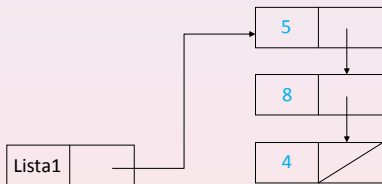
void StampaListaRic(ListaDiElementi lis)
{
 if (lis != NULL)
 {
 printf("%d ", lis->info);
 StampaListaRic(lis->next);
 }
 else
 printf("//");
}

main()
{
 ListaDiElementi Lista1;
 ...
 /* costruzione lista 5 --> 8 --> 4 */
 ...
 StampaListaRic(Lista1);
 ...
}

```

PILA

HEAP



Output

5 --&gt; 8 --&gt; 4 --&gt; //

## Stile di programmazione

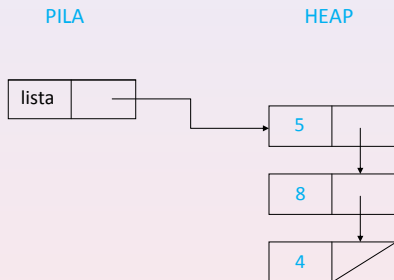
- ▶ In alcuni casi possiamo scegliere se definire funzioni o procedure che realizzino l'operazione principale sulle liste
- ▶ se decidiamo di usare le funzioni, la lista modificata dall'operazione viene restituita come valore di ritorno della funzione
- ▶ se decidiamo di usare una procedura, la lista modificata dall'operazione deve venire modificata direttamente dalla procedura
- ▶ il primo approccio corrisponde ad uno stile di programmazione funzionale
- ▶ il secondo ad uno stile di programmazione di linguaggio imperativo

## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una funzione

1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. ritorniamo il puntatore iniziale della lista

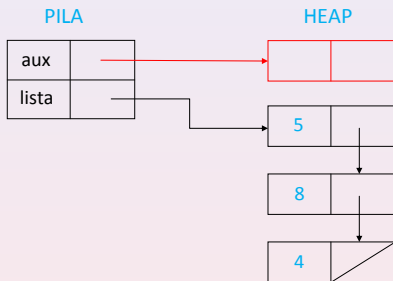
```
ListaDiElementi inserisci_testa (ListaDiElementi lista, int elem) {
 ListaDiElementi aux;
 aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
 aux->info= elem;
 aux ->next = lista;
 return aux;}
```

## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una procedura



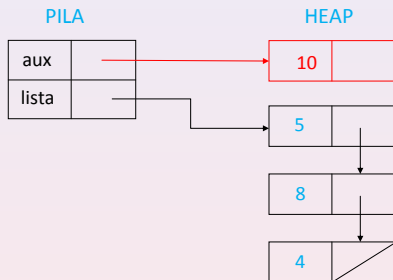
1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. il puntatore iniziale della lista viene fatto puntare alla nuova struttura  
⇒ la lista da modificare deve essere passata per `indirizzo`

## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una procedura



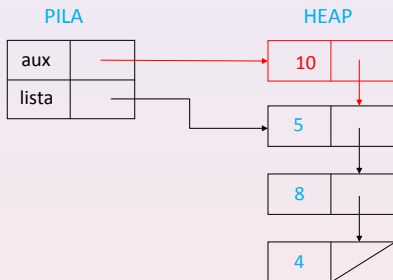
1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. il puntatore iniziale della lista viene fatto puntare alla nuova struttura  
 ⇒ la lista da modificare deve essere passata per `indirizzo`

## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una procedura



1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. il puntatore iniziale della lista viene fatto puntare alla nuova struttura  
 ⇒ la lista da modificare deve essere passata per `indirizzo`

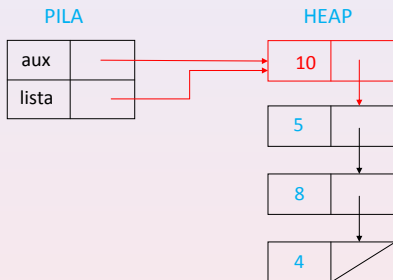
## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una procedura



1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. il puntatore iniziale della lista viene fatto puntare alla nuova struttura  
 ⇒ la lista da modificare deve essere passata per `indirizzo`



## Inserimento di un nuovo elemento in testa con una procedura



1. allochiamo una nuova struttura per l'elemento (`malloc`)
2. assegnamo il valore da inserire al campo `info` della struttura
3. concateniamo la nuova struttura con la vecchia lista
4. il puntatore iniziale della lista viene fatto puntare alla nuova struttura  
 ⇒ la lista da modificare deve essere passata per `indirizzo`

```
void InserisciTestaLista(ListaDiElementi *lista, int elem)
{
 ListaDiElementi aux;

 aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
 aux->info = elem;
 aux->next = *lista;
 *lista = aux;
}
```

- ▶ il primo parametro è la lista da modificare (passata per indirizzo)
- ▶ il secondo parametro è il campo info dell' elemento da inserire
  - ▶ Attenzione: nel caso di liste di tipo **TipoElemLista** la procedura può essere generalizzata se su tale tipo è definito l'assegnamento

## Esercizio

Impostare una chiamata alla procedura e tracciare l'evoluzione di pila e heap

```
void InserisciTestaLista(ListaDiElementi *lista, TipoElemLista elem)
{
 ListaDiElementi aux;

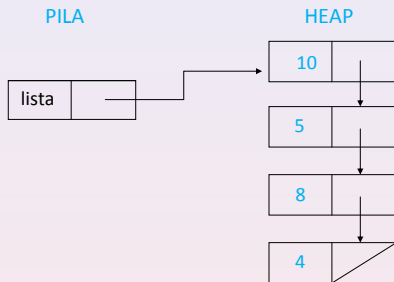
 aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
 aux->info = elem;
 aux->next = *lista;
 *lista = aux;
}
```

- ▶ il primo parametro è la lista da modificare (passata per indirizzo)
- ▶ il secondo parametro è il campo info dell' elemento da inserire
  - ▶ Attenzione: nel caso di liste di tipo `TipoElemLista` la procedura può essere generalizzata se su tale tipo è definito l'assegnamento

## Esercizio

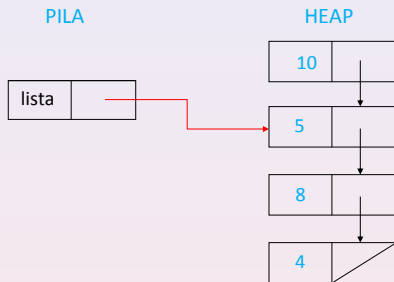
Impostare una chiamata alla procedura e tracciare l'evoluzione di pila e heap

## Cancellazione del primo elemento



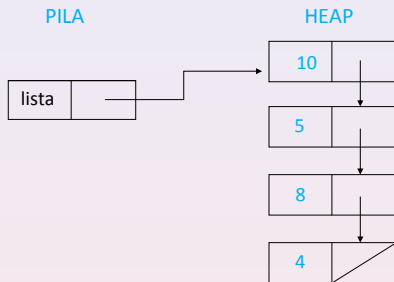
- ▶ se la lista è vuota non facciamo nulla
- ▶ altrimenti eliminiamo il primo elemento
  - ⇒ la lista deve essere passata per indirizzo
- ▶ **cancellare** significa anche **deallocare** la memoria occupata dall'elemento
  - ⇒ dobbiamo invocare **free** passando il puntatore all'elemento da cancellare
  - ⇒ è necessario un puntatore ausiliario

## Cancellazione del primo elemento



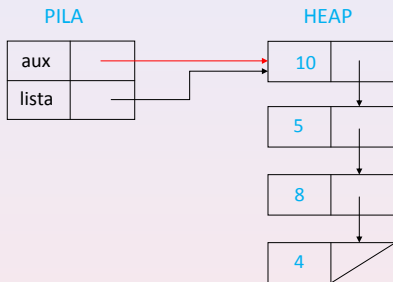
- ▶ se la lista è vuota non facciamo nulla
- ▶ altrimenti eliminiamo il primo elemento
  - ⇒ la lista deve essere passata per indirizzo
- ▶ **cancellare** significa anche **deallocare** la memoria occupata dall'elemento
  - ⇒ dobbiamo invocare **free** passando il puntatore all'elemento da cancellare
  - ⇒ è necessario un puntatore ausiliario

## Cancellazione del primo elemento



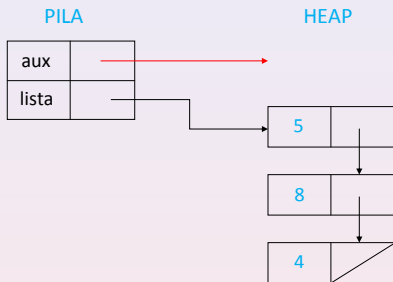
- ▶ se la lista è vuota non facciamo nulla
- ▶ altrimenti eliminiamo il primo elemento
  - ⇒ la lista deve essere passata per indirizzo
- ▶ **cancellare** significa anche **deallocare** la memoria occupata dall'elemento
  - ⇒ dobbiamo invocare **free** passando il puntatore all'elemento da cancellare
  - ⇒ è necessario un puntatore ausiliario

## Cancellazione del primo elemento



- ▶ se la lista è vuota non facciamo nulla
- ▶ altrimenti eliminiamo il primo elemento
  - ⇒ la lista deve essere passata per indirizzo
- ▶ **cancellare** significa anche **deallocare** la memoria occupata dall'elemento
  - ⇒ dobbiamo invocare **free** passando il puntatore all'elemento da cancellare
  - ⇒ è necessario un puntatore ausiliario

## Cancellazione del primo elemento



- ▶ se la lista è vuota non facciamo nulla
- ▶ altrimenti eliminiamo il primo elemento
  - ⇒ la lista deve essere passata per indirizzo
- ▶ **cancellare** significa anche **deallocare** la memoria occupata dall'elemento
  - ⇒ dobbiamo invocare **free** passando il puntatore all'elemento da cancellare
  - ⇒ è necessario un puntatore ausiliario



```
void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}
```

## Cancellazione di tutta una lista

```
void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;

 while (*lista != NULL) {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}
```

Osserviamo che il corpo del ciclo corrisponde alle azioni della procedura `CancellaPrimo`. Possiamo allora scrivere:

```
void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}
```

Si noti il parametro attuale della chiamata a `CancellaPrimo`, che è `lista` (di tipo `ListaDiElementi *`) e non `&lista`

```
► void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}
```

```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

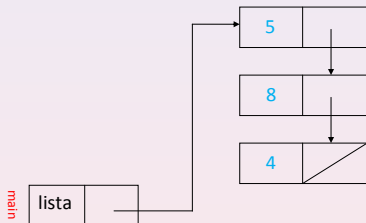
void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```

PILA

HEAP



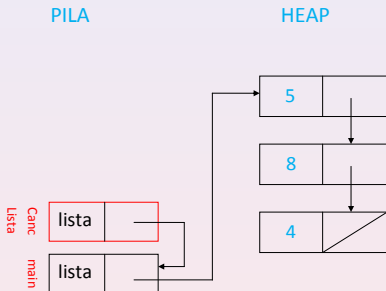
```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



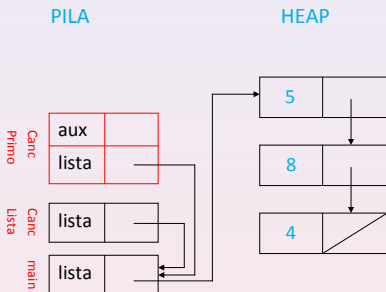
```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



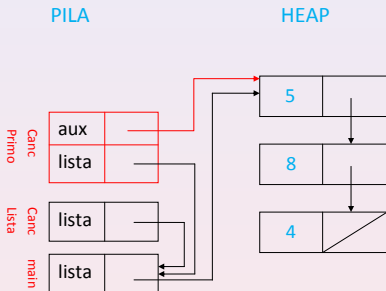
```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



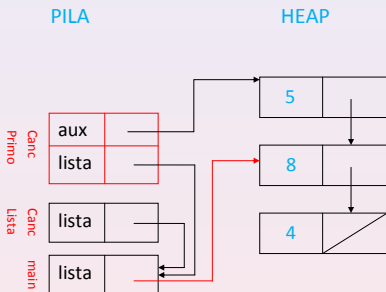
```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```





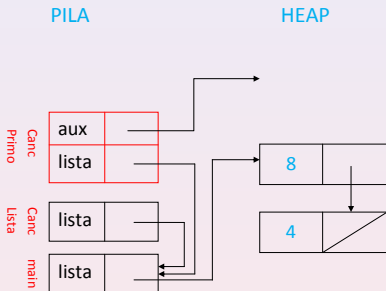
```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



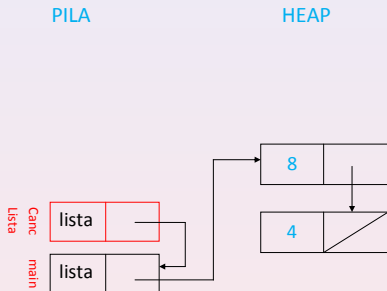
```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



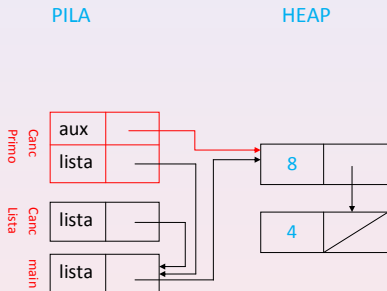
```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



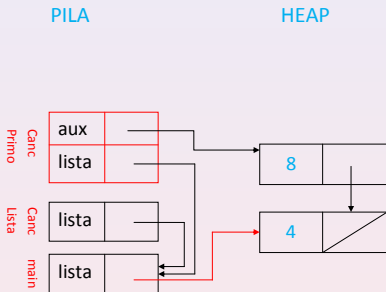
```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



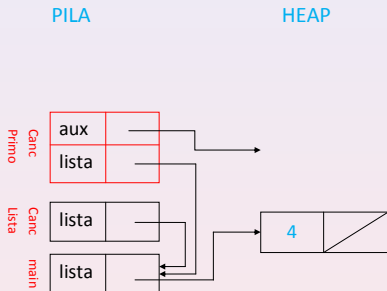
```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

```

```

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

```

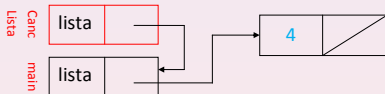
```

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```

PILA

HEAP



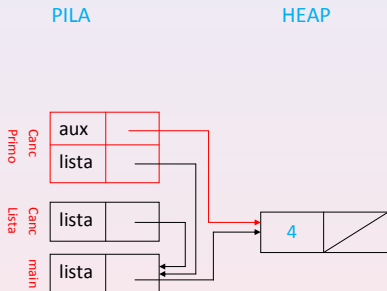
```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

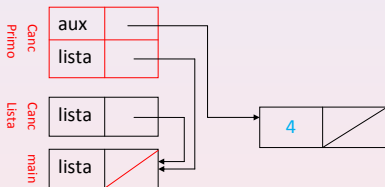
void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```

PILA

HEAP





```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

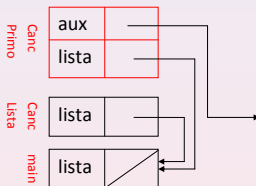
void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```

PILA

HEAP



```

void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

```

PILA

HEAP

```

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

```

```

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```



```

▶ void CancellaPrimo(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 }
}

```

PILA

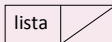
HEAP

```

void CancellaLista(ListaDiElementi *lista)
{
 while (*lista != NULL)
 CancellaPrimo(lista);
}

```

main

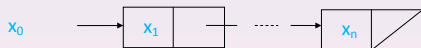


```

main()
{
 ListaDiElementi lista;
 ...
 CancellaLista(&lista);
 ...
}

```

## Visione ricorsiva delle liste



- ▶ Una lista di elementi è una struttura dati ricorsiva per sua natura
  1. data una lista  $L$  di elementi  $x_1, \dots, x_n$
  2. dato un ulteriore elemento  $x_0$
  3. anche la **concatenazione** di  $x_0$  e  $L$  è una lista
- ▶ Si noti che in 1.  $L$  può anche essere la lista vuota

## Visione ricorsiva delle liste



- ▶ Una lista di elementi è una struttura dati ricorsiva per sua natura
  1. data una lista  $L$  di elementi  $x_1, \dots, x_n$
  2. dato un ulteriore elemento  $x_0$
  3. anche la **concatenazione** di  $x_0$  e  $L$  è una lista
- ▶ Si noti che in 1.  $L$  può anche essere la lista vuota

## Cancellazione lista: versione ricorsiva

- ▶ Sfruttiamo la visione ricorsiva della struttura dati lista per realizzare la cancellazione in modo **ricorsivo**
  1. la cancellazione della lista vuota non richiede alcuna azione
  2. la cancellazione della lista ottenuta come concatenazione dell'elemento  $x$  e della lista  $L$  richiede l'eliminazione di  $x$  e la cancellazione di  $L$
- ▶ la traduzione in C è immediata

```
void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}
```

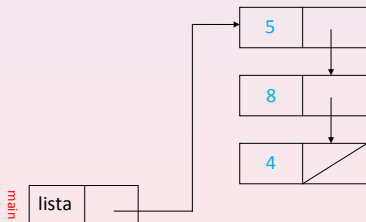
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

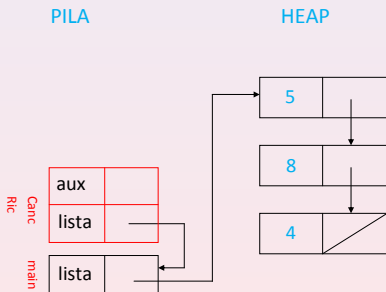
HEAP



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

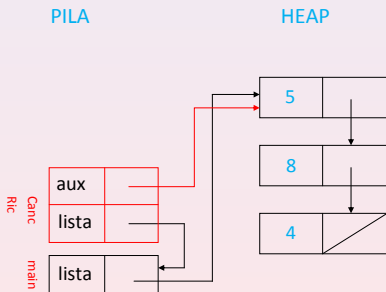




```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

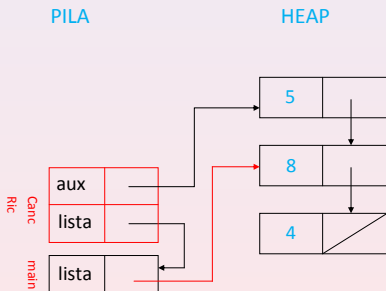
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

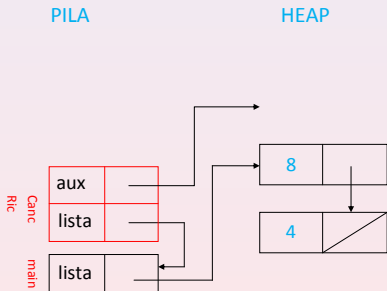
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

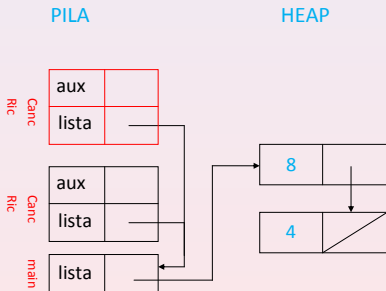
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

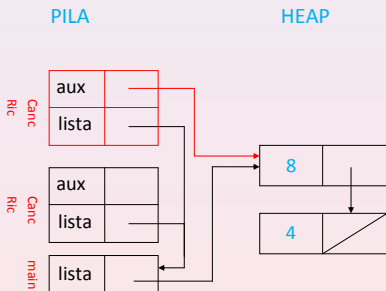
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

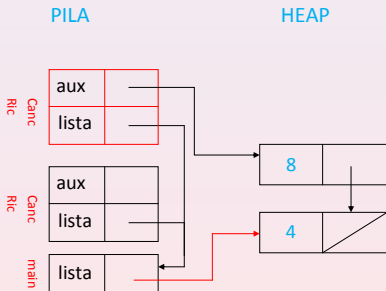
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

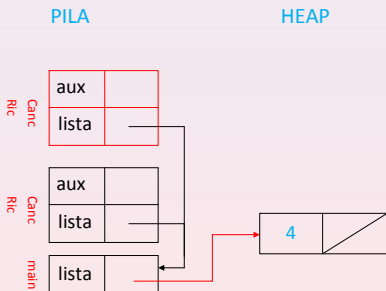
```



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```



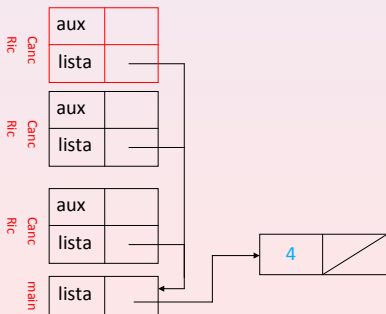
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP





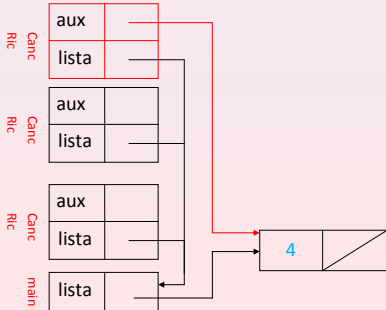
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP



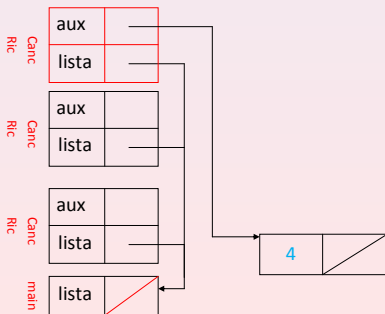
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP



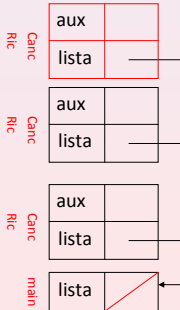
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

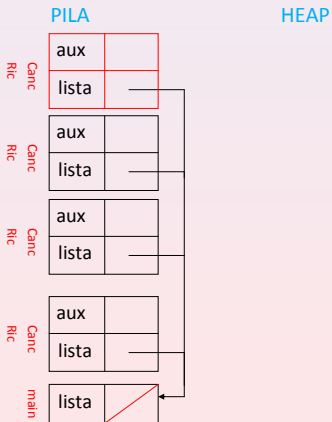
HEAP



```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```



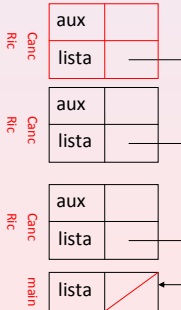
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP



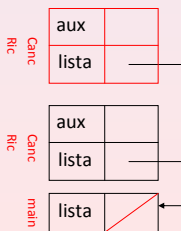
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP



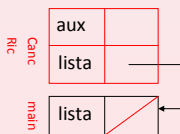
```

void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}

```

PILA

HEAP

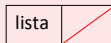


```
void CancellaListaRic(ListaDiElementi *lista)
{
 ListaDiElementi aux;
 if (*lista != NULL)
 {
 aux = *lista;
 *lista = (*lista)->next;
 free(aux);
 CancellaListaRic(lista);
 }
}
```

PILA

HEAP

main





## Appartenenza di un elemento ad una lista

- ▶ Ricordiamo la ricerca lineare incerta su vettori
- ▶ sostituiamo l'indice  $i$  con un puntatore  $p$
- ▶ scorriamo la lista attraverso  $p$
- ▶ l'elemento corrente è quello **puntato** da  $p$
- ▶ Incapsuliamo questo codice in una funzione a valori booleani

## Appartenenza di un elemento ad una lista

```
boolean Appartiene(TipoElementoLista elem, ListaDiElementi lista)
{
 boolean trovato = false;

 while (lista != NULL && !trovato)
 if (lista->info==elem)
 trovato = true;
 else
 lista = lista->next;
 return trovato;
}
```

- ▶ Non c'è bisogno di un puntatore ausiliario per scorrere la lista  
⇒ il passaggio per **valore** consente di scorrere utilizzando il parametro formale!
- ▶ Abbiamo assunto che sul tipo `TipoElementoLista` sia definito l'operatore di uguaglianza `==`

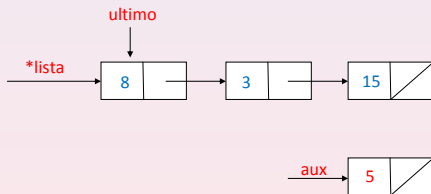
## Versione ricorsiva

```
boolean Appartiene(TipoElementoLista elem, ListaDiElementi lis)
{
 if (lis == NULL)
 return false;
 else if (lis->info==elem)
 return true;
 else
 return (Appartiene(elem, lis->next));
}
```

- ▶ Un elemento `elem`
  - ▶ non appartiene alla lista vuota
  - ▶ appartiene alla lista con testa `x` se `elem` coincide con `x`
  - ▶ appartiene alla lista con testa `x` diversa da `elem` e resto `L` se e solo se appartiene a `L`

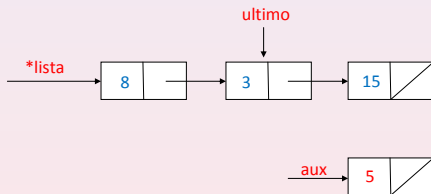
## Inserimento di un elemento in coda

- ▶ Se la lista è vuota coincide con l'inserimento in testa  
⇒ è necessario il passaggio per indirizzo!
- ▶ Se la lista non è vuota, bisogna scandirla fino in fondo  
⇒ dobbiamo usare un puntatore ausiliario per la scansione
- ▶ La scansione deve terminare in corrispondenza dell'ultimo elemento al quale va collegato quello nuovo



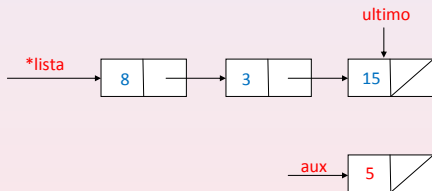
## Inserimento di un elemento in coda

- ▶ Se la lista è vuota coincide con l'inserimento in testa  
⇒ è necessario il passaggio per indirizzo!
- ▶ Se la lista non è vuota, bisogna scandirla fino in fondo  
⇒ dobbiamo usare un puntatore ausiliario per la scansione
- ▶ La scansione deve terminare in corrispondenza dell'ultimo elemento al quale va collegato quello nuovo



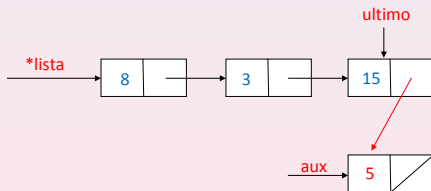
## Inserimento di un elemento in coda

- ▶ Se la lista è vuota coincide con l'inserimento in testa  
⇒ è necessario il passaggio per indirizzo!
- ▶ Se la lista non è vuota, bisogna scandirla fino in fondo  
⇒ dobbiamo usare un puntatore ausiliario per la scansione
- ▶ La scansione deve terminare in corrispondenza dell'ultimo elemento al quale va collegato quello nuovo



## Inserimento di un elemento in coda

- ▶ Se la lista è vuota coincide con l'inserimento in testa  
⇒ è necessario il passaggio per indirizzo!
- ▶ Se la lista non è vuota, bisogna scandirla fino in fondo  
⇒ dobbiamo usare un puntatore ausiliario per la scansione
- ▶ La scansione deve terminare in corrispondenza dell'ultimo elemento al quale va collegato quello nuovo



## Codice della versione iterativa

```
void InserzioneInCoda(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{
 ListaDiElementi ultimo; /* puntatore usato per la scansione */
 ListaDiElementi aux;

 /* creazione del nuovo elemento */
 aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
 aux->info = elem;
 aux->next = NULL;

 if (*lista == NULL)
 *lista = aux;
 else {
 ultimo = *lista;
 while (ultimo->next != NULL)
 ultimo = ultimo->next;
 /* concatenazione del nuovo elemento in coda alla lista */
 ultimo->next = aux;
 }
}
```



## Inserimento ricorsivo di un elemento in coda

Caratterizzazione **induttiva** dell'inserimento in coda

Sia **nuovaLista** la lista ottenuta inserendo **elem** in coda a **lista**.

- ▶ se **lista** è vuota, allora **nuovaLista** è costituita dal solo **elem** (**caso base**)
- ▶ altrimenti **nuovaLista** è ottenuta da **lista** facendo l'inserimento di **elem** in coda al resto di **lista** (**caso ricorsivo**)

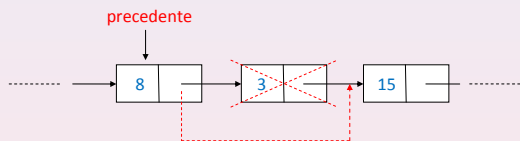
```
void InserzioneInCoda(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{if (*lista == NULL)
 {
 *lista = malloc(sizeof(ElementoLista));
 (*lista)->info = elem;
 (*lista)->next = NULL;
 }
else
 InserisciCodaLista(?? , elem);}
```

## Cancellazione della prima occorrenza di un elemento

- ▶ si scandisce la lista alla ricerca dell'elemento
- ▶ se l'elemento non compare non si fa nulla
- ▶ altrimenti, a seconda di dove si trova l'elemento, si distinguono tre casi
  1. l'elemento è il primo della lista: si aggiorna il puntatore iniziale in modo che punti all'elemento successivo  
⇒ passaggio per indirizzo!!
  2. l'elemento non è né il primo né l'ultimo: si aggiorna il campo **next** dell'elemento che precede quello da cancellare in modo che punti all'elemento che segue
  3. l'elemento è l'ultimo: come (2), solo che il campo **next** dell'elemento precedente viene posto a **NULL**
- ▶ in tutti e tre i casi bisogna liberare la memoria occupata dall'elemento da cancellare

## Osservazioni:

- ▶ per poter aggiornare il campo **next** dell'elemento precedente, bisogna **fermare la scansione sull'elemento precedente** (e non su quello da cancellare)



- ▶ per fermare la scansione dopo aver trovato e cancellato l'elemento, si utilizza una sentinella booleana

```
void CancellaElementoLista(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{
 ListaDiElementi prec; /* puntatore all'elemento precedente */
 ListaDiElementi corr; /* puntatore all'elemento corrente */
 boolean trovato; /* usato per terminare la scansione */

 if (*lista != NULL)
 if ((*lista)->info==elem)
 { /* cancella il primo elemento */
 CancellaPrimo(lista);
 }
 else /* scansione della lista e cancellazione dell'elemento */
 prec = *lista; corr = prec->next; trovato = false;
 while (corr != NULL && !trovato)
 if (corr->info == elem)
 { /* cancella l'elemento */
 trovato = true; /* provoca l'uscita dal ciclo */
 prec->next = corr->next;
 free(corr); }
 else {
 prec = prec->next; /* avanzamento dei due puntatori */
 corr = corr->next; }
}
```

## Versione ricorsiva:

```
void CancellaElementoLista(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{
 if (*lista != NULL)
 if ((*lista)->info== elem)
 { /* cancella il primo elemento */
 CancellaPrimo(lista);
 }
 else /* cancella elem dal resto */
 CancellaElementoLista(&((*lista)->next), elem);
}
```

## Cancellazione di tutte le occorrenze di un elemento

### Versione iterativa

- ▶ analoga alla cancellazione della prima occorrenza
- ▶ però, dopo aver trovato e cancellato l'elemento, bisogna continuare la scansione
- ▶ ci si ferma solo quando si è arrivati alla fine della lista  
⇒ non serve la sentinella booleana per fermare la scansione

## Cancellazione di tutte le occorrenze di un elemento

### Caratterizzazione induttiva

Sia  $ris$  la lista ottenuta cancellando tutte le occorrenze di  $elem$  da  $lista$ .

Allora:

1. se  $lista$  è la lista vuota, allora  $ris$  è la lista vuota (caso base)
2. altrimenti, se il primo elemento di  $lista$  è uguale ad  $elem$ , allora  $ris$  è ottenuta da  $lista$  cancellando il primo elemento e tutte le occorrenze di  $elem$  dal resto di  $lista$  (caso ricorsivo)
3. altrimenti  $ris$  è ottenuta da  $lista$  cancellando tutte le occorrenze di  $elem$  dal resto di  $lista$  (caso ricorsivo)

### Esercizio

Implementare le due versioni

## Versione iterativa

```
void CancellaTuttiLista(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{
 ListaDiElementi prec; /* puntatore all'elemento precedente */
 ListaDiElementi corr; /* puntatore all'elemento corrente */
 boolean trovato = false;
 while ((*lista != NULL) && !trovato) /* cancella le occorrenze */
 if ((*lista)->info!=elem) /* di elem in testa */
 trovato = true;
 else CancellaPrimo(lista);

 if (*lista != NULL)
 {
 prec = *lista; corr = prec->next;
 while (corr != NULL)
 if (corr->info == elem)
 { /* cancella l'elemento */
 prec->next = corr->next;
 free(corr);
 corr = prec->next;}
 else {
 prec = prec->next; /* avanzamento dei due puntatori */
 corr = corr->next; }
 }
}
```



## Versione ricorsiva

```
void CancellaTuttiLista(ListaDiElementi *lista, TipoElementoLista elem)
{
 ListaDiElementi aux;

 if (*lista != NULL)
 if ((*lista)->info==elem)
 {
 CancellaPrimo(lista); /* cancellazione del primo elemento */
 CancellaTuttiLista(list, elem); /* cancellazione di elem dal resto della lista */
 }
 else
 CancellaTuttiLista(&((*lista)->next), elem);
}
```

## Inserimento di un elemento in una lista **ordinata**

- ▶ Data una lista (ad es. di interi) già ordinata (in ordine crescente), si vuole inserire un nuovo elemento **mantenendo l'ordinamento**.

Versione ricorsiva

Versione iterativa:

- ▶ Caratterizziamo il problema **induttivamente**
- ▶ Sia **ris** la lista ottenuta inserendo l'elemento **elem** nella lista ordinata **lista**.
  1. se **lista** è la lista vuota, allora **ris** è costituita solo da **elem** (**caso base**)
  2. se il primo elemento di **lista** è maggiore o uguale a **elem**, allora **ris** è ottenuta da **lista** inserendo **elem** in testa (**caso base**)
  3. altrimenti **ris** è ottenuta da **lista** inserendo ordinatamente **elem** nel resto di **lista** (**caso ricorsivo**)

```
void InserzioneOrdinata(ListaDiElementi *lista, int elem)
{
if ((*lista == NULL) || ((*lista) --> info >= elem))
 InserisciTestaLista(lista, elem);
 else
 InserzioneOrdinata(&((*lista)->next), elem);
}
```

```
void InserzioneOrdinata(ListaDiElementi *lista, int elem)
{
if ((*lista == NULL) || ((*lista) --> info >= elem))
 InserisciTestaLista(lista, elem);
else
 {
 prec = *lista;
 corr = prec -> next;
 trovato = false;
 while (corr!=NULL && !trovato)
 {
 if (corr -> info >= elem)
 trovato = true;
 else
 {prec = prec -> next;
 corr = corr -> next;}
 }
 aux = malloc(sizeof(ElementoLista));
 aux -> info = elem;
 prec -> next = aux;
 aux -> next = corr;
 }}
}
```