Parte 4

Liste

P. Picasso – Guernica, 1937

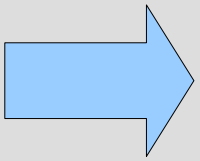
Strutture dati complesse

- Per la risoluzione di alcuni problemi vi è la necessità di utilizzare ***strutture dati dinamiche e complesse***
- Si consideri ad esempio un problema che operi su una ***sequenza ordinata di valori, il cui numero non è noto a priori, effettuando inserimenti ed estrazioni frequenti***
- Finora per memorizzare **elementi omogenei** abbiamo utilizzato degli array

Limiti degli array (1)

Occupazione di memoria

- La dimensione dell'array deve essere definita nella parte dichiarativa del programma o comunque al momento dell'allocazione (se dinamico)
- Se il numero di valori non è noto a priori è necessario ***sovrastimarlo***

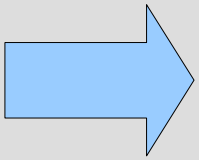


Occupazione di memoria potenzialmente molto maggiore del necessario

Limiti degli array (2)

Velocità di esecuzione

- Caso di **inserimento**:
  - Ricerca del punto d'inserimento
  - Shift di un posto verso il basso di tutti gli elementi successivi
- Caso di **estrazione**:
  - Shift di un posto verso l'alto di tutti gli elementi successivi



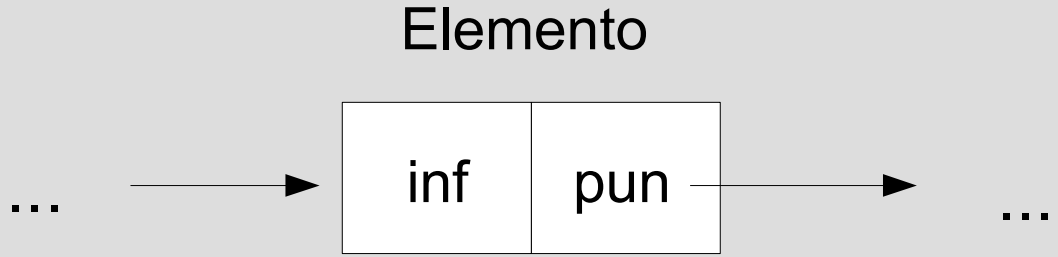
Inefficiente per frequenti inserimenti/estrazioni

Soluzioni?

- I limiti degli array sono dovuti alla ***scarsa flessibilità*** della loro struttura
  - Elementi successivi dell'array devono essere collocati in locazioni contigue di memoria
- *E se ogni volta che dovessimo allocare un elemento nuovo, lo potessimo allocare in memoria da solo?*
- *E quando lo dovessimo estrarre, lo deallocassimo di nuovo da solo?*
- *Ma come **colleghiamo** i vari elementi?*

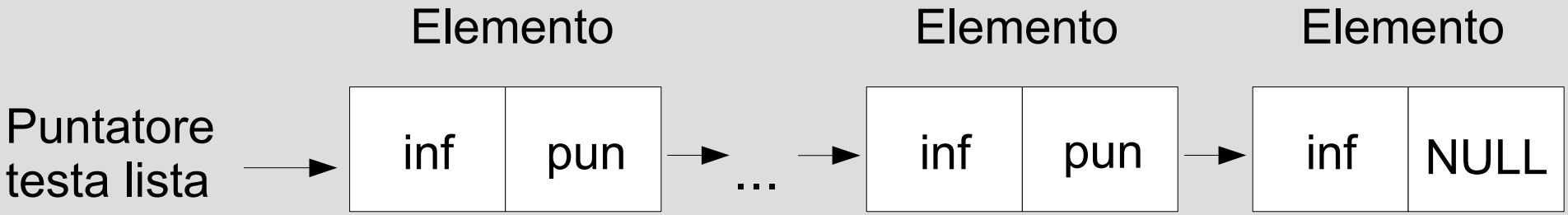
Lista

- **Successione di elementi omogenei ognuno dei quali occupa in memoria una posizione indipendente dagli altri**
- **Gli elementi sono collegati uno all'altro da un puntatore**
- Ciascun elemento contiene un ***campo informazione*** (di qualunque tipo) ed un ***campo puntatore*** all'elemento successivo



Testa e coda della lista

- L'accesso alla lista avviene attraverso il ***puntatore alla testa della lista***
  - Puntatore al primo elemento della lista
  - Deve essere mantenuto in una variabile (globale o locale)
- Il ***puntatore dell'ultimo elemento*** della lista non fa riferimento a nessun elemento (valore ***NULL***)



Terminologia

- ***Lista semplice o singolarmente concatenata***: ogni elemento contiene un unico puntatore che lo collega all'elemento successivo
- ***Lista doppia o doppiamente concatenata***: ogni elemento due puntatori, uno all'elemento precedente e uno al successivo
- ***Testa*** (o ***head***) della lista = primo elemento della lista
- ***Coda*** (o ***tail***) della lista = ultimo elemento della lista
- ***Lista vuota*** = lista senza elementi identificata da un puntatore alla testa della lista avente valore **NULL**

Caratteristiche di una lista semplice

- Diversamente dagli array, gli elementi in memoria occupano ***posizioni non sequenziali***
- Diversamente dagli array, in cui l'ordine è determinato dagli indici, l'***ordine è determinato da un puntatore in ogni elemento***
- Per determinare la fine della lista è ***necessario il segnale di fine lista NULL***
- Non esiste modo di risalire da un elemento al suo antecedente → ***scansione possibile solo da un elemento verso il successivo***

Struttura dati in C++

Elemento implementato attraverso una ***struct***:

```
struct elem {
int inf;      // o qualsiasi tipo semplice
elem* pun;    // definizione ricorsiva
};

elem *testa; // puntatore alla testa

// oppure:
typedef elem* lista;
lista testa;
```

Osservazioni (1)

- Definito il tipo:

```
struct elem {
int inf;
elem* pun;
};
```

- La seguente istruzione:

```
elem *p;
```

crea oppure no un oggetto dinamico di tipo elem ?

```
No, crea solo il puntatore p
```

Osservazioni (2)

Dunque l'istruzione

```
elem *p;
```

deve essere seguita da un'allocazione

```
p = new elem;
```

(che alloca un elemento dinamico) prima di poter accedere ai campi dell'elemento puntato da ***pun:***

```
p->inf          p->pun
```

Prima di dereferenziare un puntatore assicurarsi che punti ad un oggetto dinamico correttamente allocato!

Stampa della lista

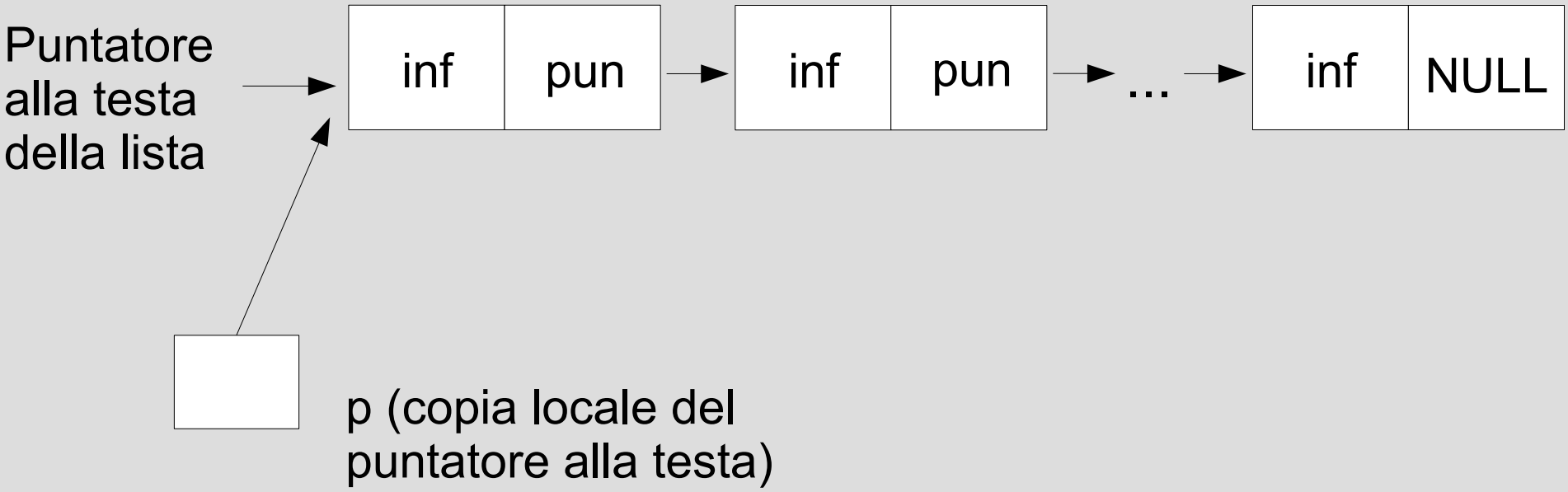
Problema da risolvere: ***scandire una lista esistente fino alla coda***

stampalista() prende in ingresso il puntatore alla testa della lista

```
void stampalista(lista p)
{ while (p != NULL) {
  cout << p->inf << " " ; // stampa valore
  p = p->pun ;    // spostamento sul
                  // prossimo elemento
  }
  cout << endl ;
}
```

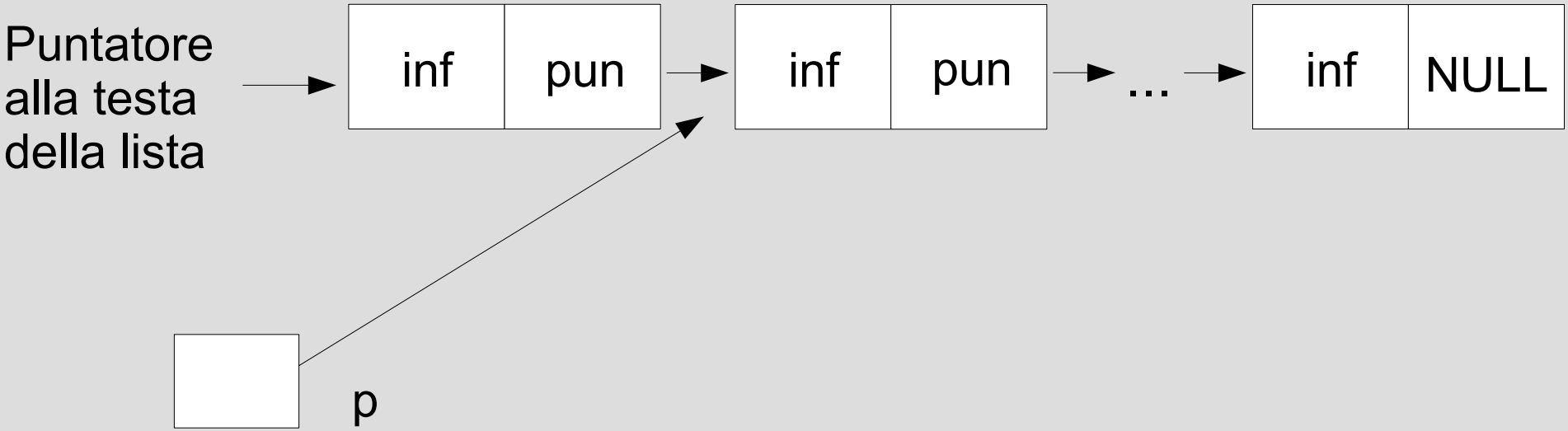
Iterazioni di stampa

- Prima iterazione



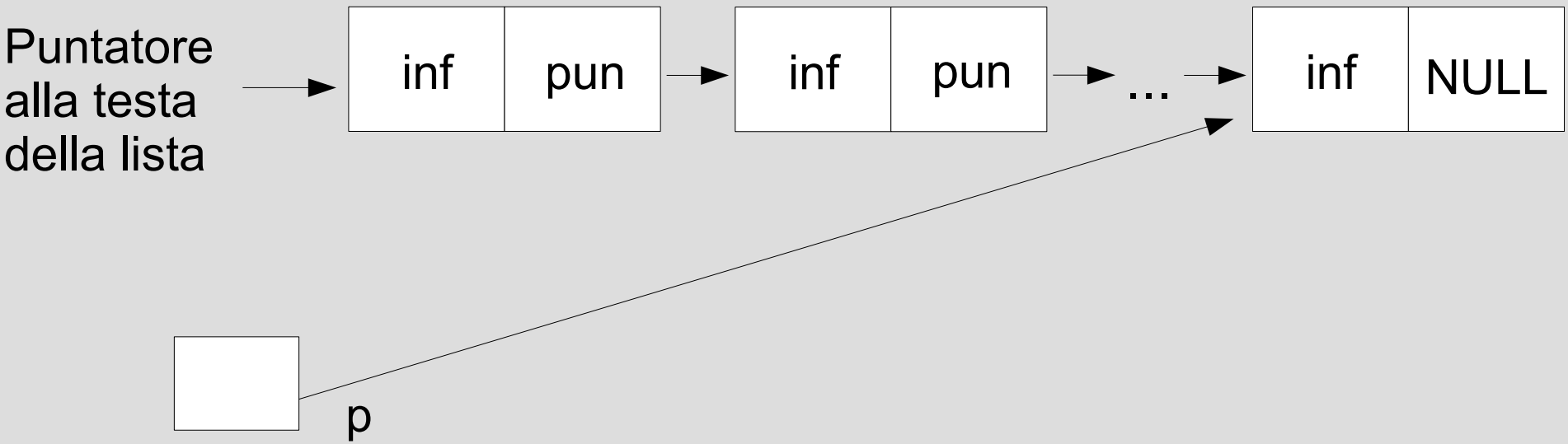
Iterazioni di stampa

- Seconda iterazione



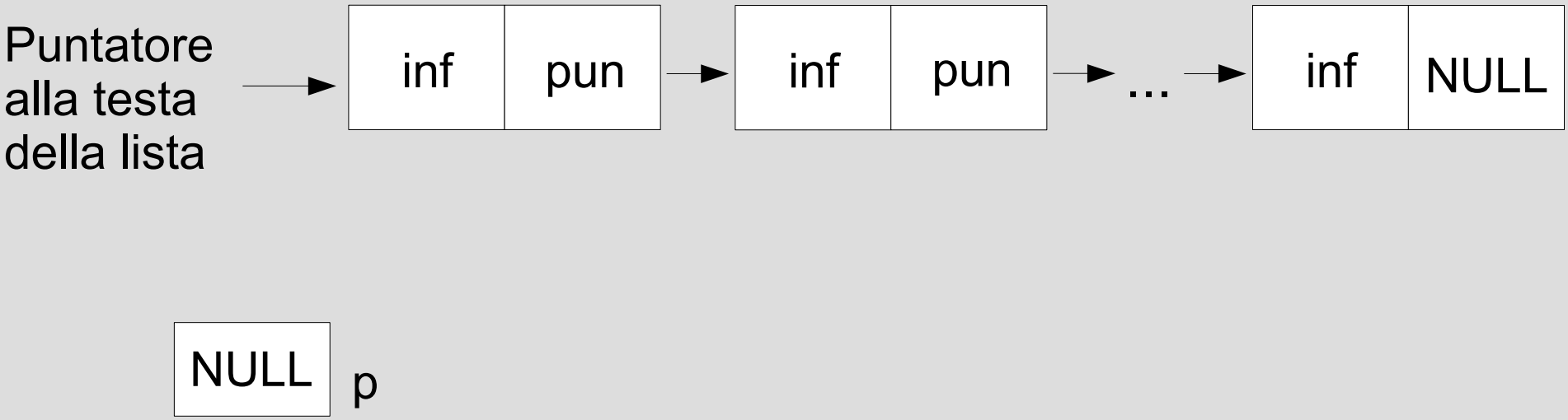
Iterazioni di stampa

- Ultima iterazione



Iterazioni di stampa

- Dopo l'ultima iterazione



Esercizio

Scrivere un programma in cui:

- sia definita (a tempo di scrittura del programma stesso) una lista formata da due elementi, contenenti i valori 3 e 7
- si stampi il contenuto della lista mediante la funzione **stampalista**
- Programma *stampa_elem2.cc*

Soluzione

```
main() {
lista testa = new elem;

testa->inf = 3;
elem * p = new elem; // creo l'elemento
p->inf = 7;
p->pun = NULL;
testa->pun = p; //aggancio l'elemento
stampalista(testa);
}
```

Programma *stampa_elem2_sol.cc*

Creazione di una lista

- **Algoritmo per la creazione di una lista semplice di N elementi**
- Gli elementi devono apparire nella lista in **ordine inverso** rispetto a quello con cui sono inseriti da utente (***inserimento in testa***)
- Cominciamo dal creare una lista di due elementi con valori inseriti pari a 2 e 5

  → la lista finale dovrà contenere elementi di valore 5 e 2 nell'ordine

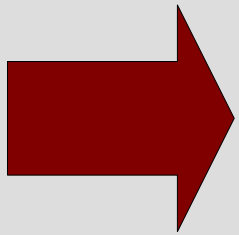
Struttura dati iniziale

?

Puntatore alla testa della lista

?

Puntatore all'ultimo elemento creato



Creazione lista vuota

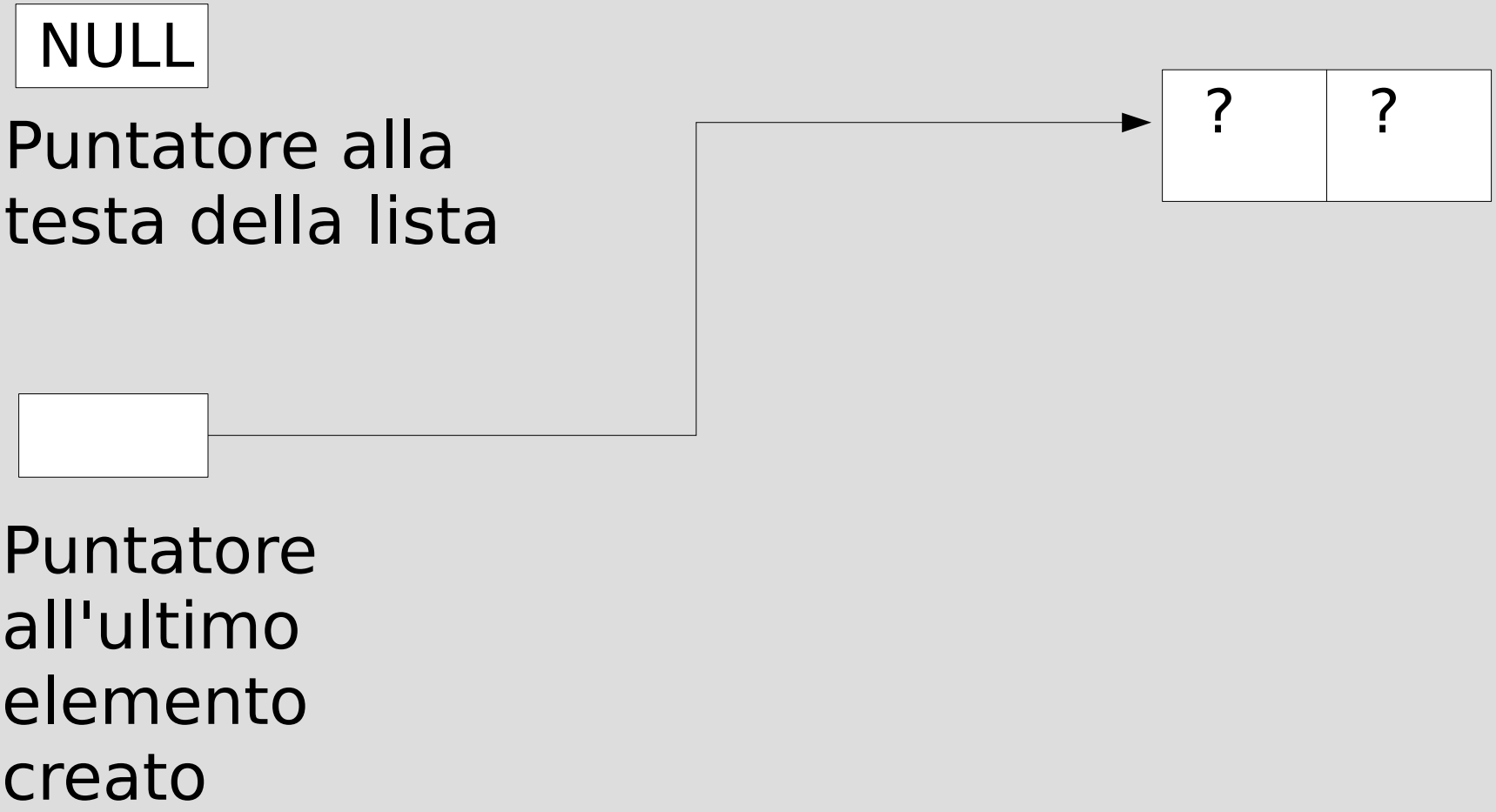
NULL

Puntatore alla testa della lista

?

Puntatore all'ultimo elemento creato

Creazione primo elemento

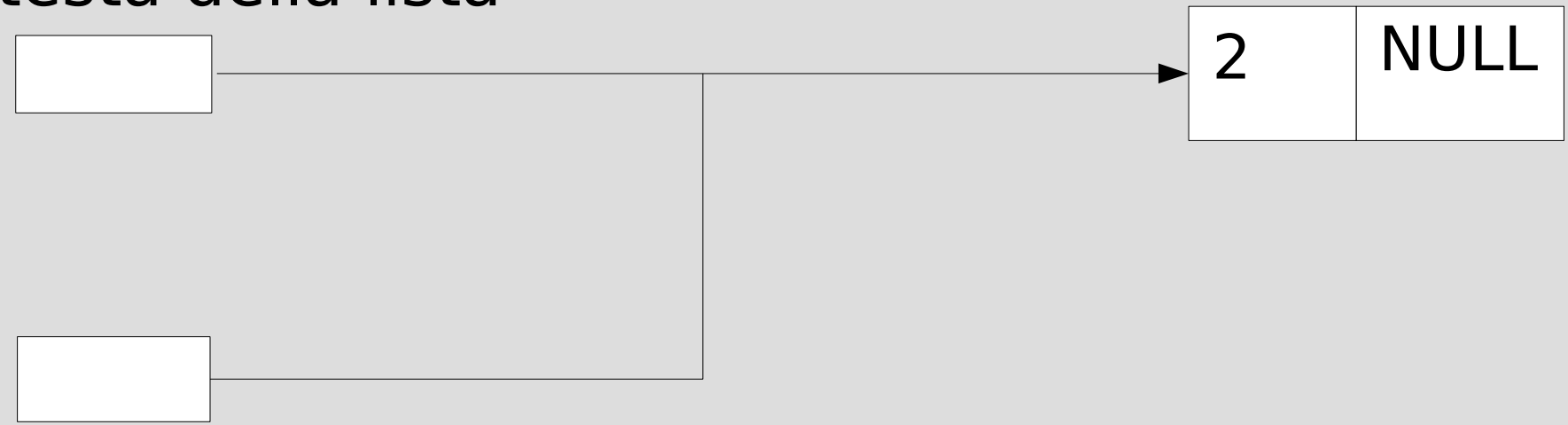


Inizializzazione primo elemento

Inizializzazione primo elemento

Aggancio primo elemento

Puntatore alla
testa della lista



Puntatore
all'ultimo
elemento
creato

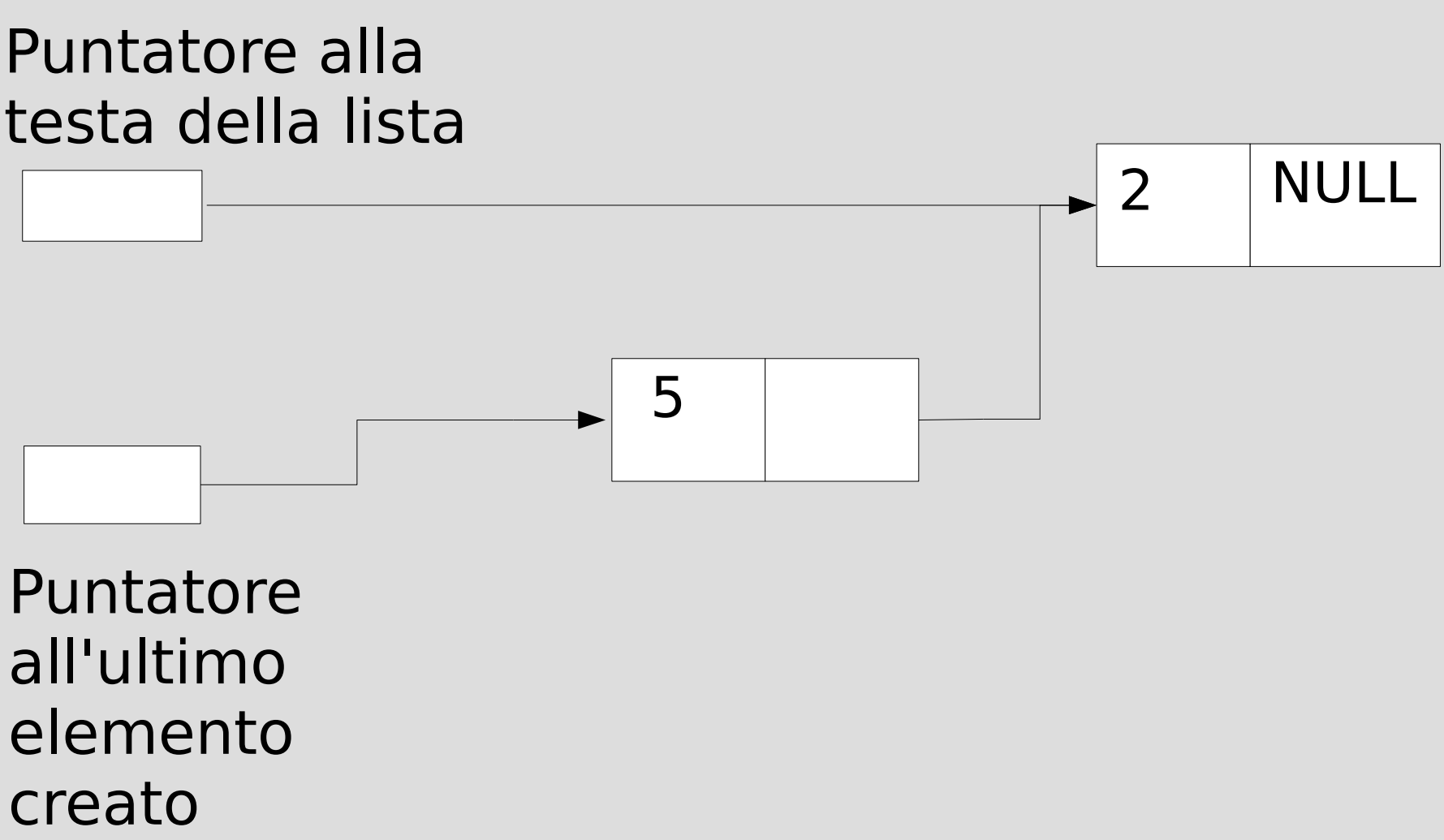
Aggiornamento
del puntatore alla
testa della lista

Creazione secondo elemento

Puntatore alla
testa della lista

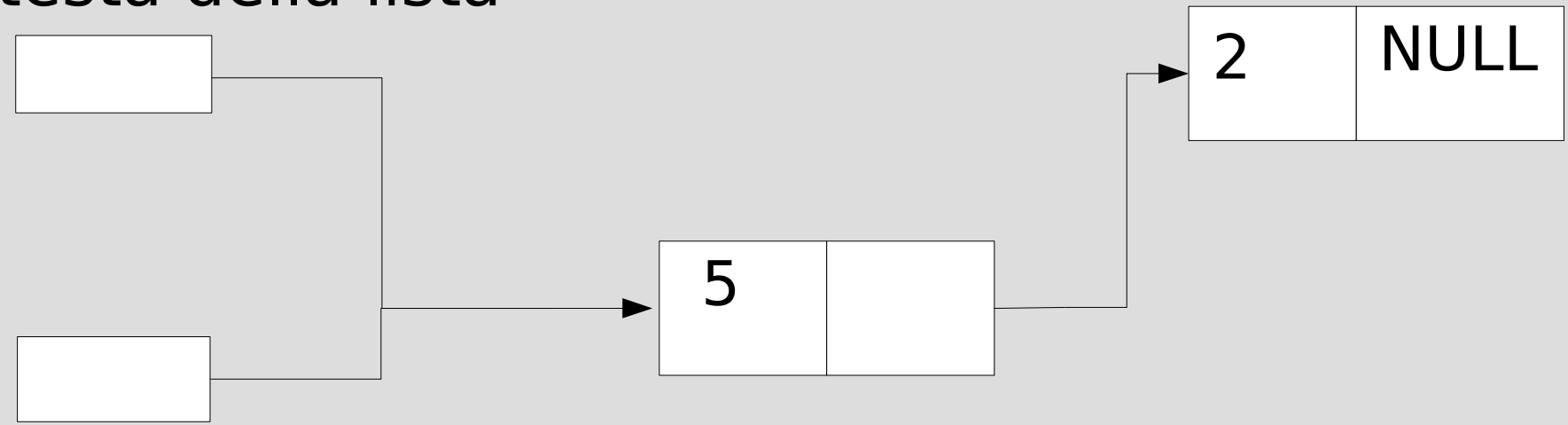
Puntatore
all'ultimo
elemento
creato

Inizializzazione secondo elemento



Aggiornamento testa lista

Puntatore alla testa della lista



Puntatore all'ultimo elemento creato

Algoritmo

- Creazione di una lista vuota
  - Definizione del puntatore alla testa e sua inizializzazione a NULL
- Ciclo
  - Creazione di un elemento
  - Inizializzazione del campo informazione
  - Aggancio dell'elemento alla lista
    - Inizializzazione del campo puntatore con l'indirizzo della testa
    - Aggiornamento del puntatore alla testa della lista

Aggiunta di un elemento

- 2 casi possibili
- Aggiunta di un elemento ad una lista vuota (primo elemento)
  - il campo ***pun*** assume il valore **NULL**
- Aggiunta di un elemento ad una lista non vuota
  - il campo ***pun*** assume l'indirizzo della (precedente) testa della lista
- E' necessario distinguere i due casi nell'algoritmo?

Programma

- *crea_stampa_lista.cc*
- Si scriva la funzione **crealista**, che prende in ingresso un numero intero *n* e crea una lista di *n* elementi, inizializzati con valori inseriti dall'utente. Gli elementi devono apparire nella lista nell'ordine inverso in cui sono stati inseriti (***inserimento in testa***).

  Inoltre, la funzione deve ritornare l'indirizzo della testa della lista creata (puntatore alla testa)

Eliminazione di una lista

- Completare *crea_stampa_elim_lista.cc* scrivendo la funzione **eliminalista,** che riceve come parametro il puntatore alla testa di una lista (passato attraverso un riferimento!) ed elimina la lista stessa
  - Ispirarsi alla stampalista per quanto riguarda la scansione
  - Attenzione ai puntatori pendenti!!!

Uso di delete (1)

- La seguente sequenza di istruzioni è corretta?

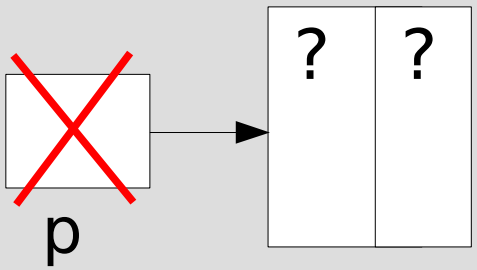
```
elem *p = new elem;
delete p;
```

Sì, dealloca correttamente un oggetto allocato dinamicamente in memoria

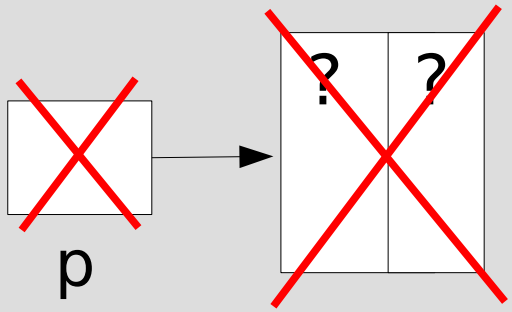
Uso di delete (2)

- Cosa succede in memoria a seguito delle istruzioni precedenti?

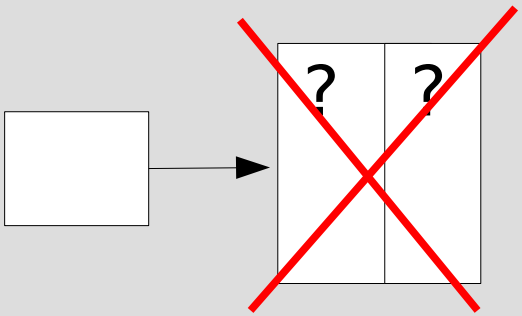
a)



c)



b)



Si verifica il caso b) Il puntatore non viene deallocato

Uso di delete (3)

- Nel caso:

```
int * p = new int ;
delete p ;
```

cosa viene in realtà passato alla delete?

La delete si aspetta un indirizzo: alla delete viene passato il valore memorizzato dentro p, che viene interpretato come l'indirizzo dell'oggetto da deallocare dalla memoria dinamica

Inserimento in testa

- Inserimento di un nuovo elemento in testa ad una lista già esistente
- Metodo già usato nella creazione di una lista
- La lista di partenza può essere vuota oppure non vuota e correttamente costruita (dobbiamo gestire entrambi i casi)
- Dati di partenza:
  - Puntatore alla testa della lista
  - Elementi della lista (se non vuota)

Algoritmo di inserimento in testa

- Creazione nuovo elemento
- Inizializzazione del campo informazione
- Aggancio dell'elemento alla lista
  - Inizializzazione del campo puntatore con l'indirizzo della testa
  - Aggiornamento del puntatore alla testa della lista

Programma

- *lista.cc*

- *Gestione di una lista semplice che contiene un messaggio di testo nel campo informazione*
- Presenti solo le funzioni stampalista, eliminalista ed ***inserisci_in_testa***
- Si suppone che inserisci_in_testa abbia valore di ritorno void

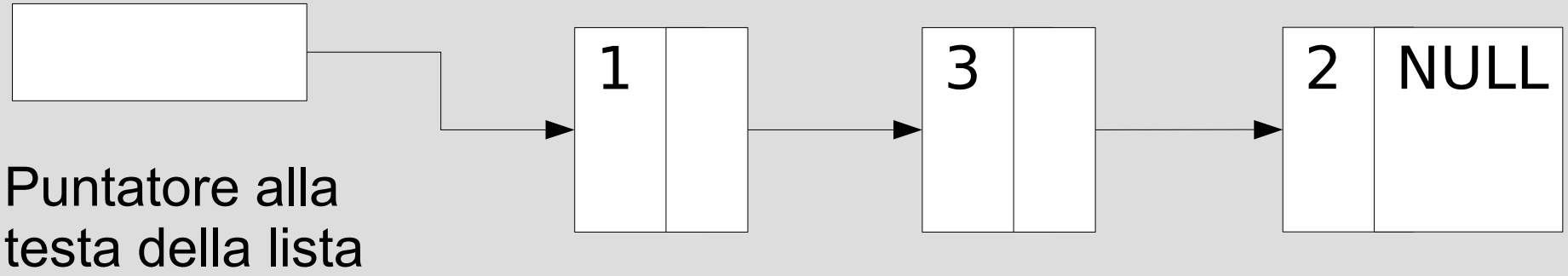
Estrazione dalla testa

- Si provi ora ad effettuare l'**estrazione di un elemento dalla testa della lista**

- *Osservazione preliminare: cosa* bisogna fare se la lista è vuota?
  - Niente
- Vediamo il caso di lista non vuota

Estrazione dalla testa

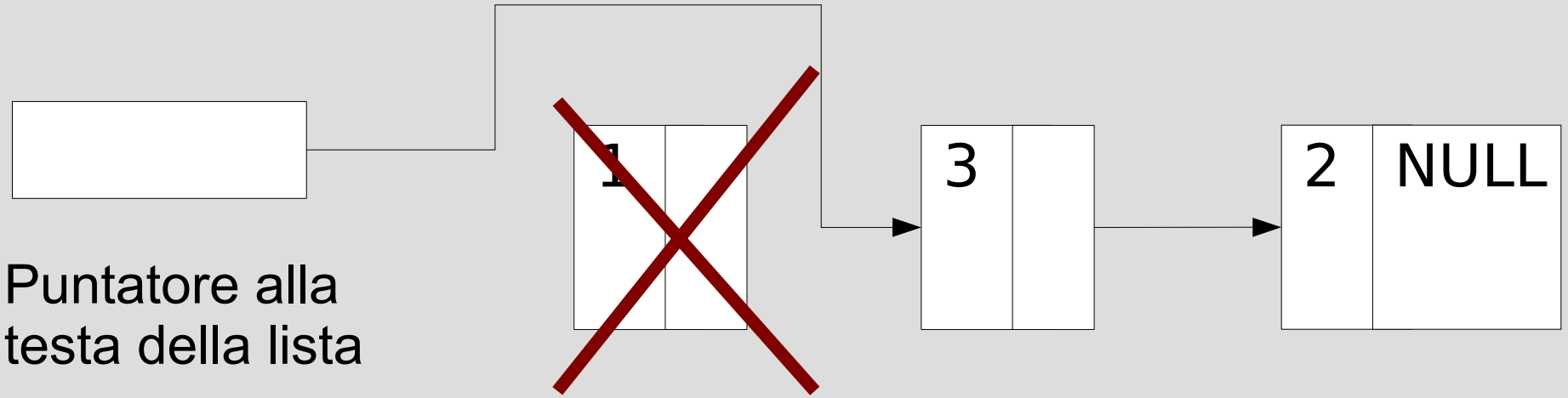
- Lista prima dell'estrazione dalla testa



1. Controllo che la lista non sia vuota

Estrazione dalla testa

- 2. Sgancio il primo elemento dalla lista (unlink)



3. Deallocazione dell'elemento

Lista con un solo elemento

- Che succede se si estrae dalla testa di una lista contenente un solo elemento?
  - ***Il puntatore alla testa della lista dovrà assumere valore NULL***

- Si tratta di un caso che dobbiamo controllare e gestire a parte?

NO

Algoritmo

- ***Algoritmo di estrazione dalla testa:***
  - Controllo lista vuota
  - Sgancio dell'elemento
  - Deallocazione dell'elemento

- **ATTENZIONE A NON "PERDERE" L'ELEMENTO (MEMORY LEAK) PRIMA DI AVERLO DEALLOCATO!**

Programma

- Realizzare anche la funzione ***estrai_testa*** in *lista.cc*
  - Supporre che la ***estrai_testa*** abbia ***valore di ritorno*** **bool** e ritorni **true** solo se l'estrazione ha successo, **false** se la lista è vuota
  - La funzione deve anche ***"ritornare"*** il valore del campo informazione dell'elemento estratto
  - Alla funzione viene passato il puntatore alla testa della lista
    - Come lo devo passare? Ne devo modificare il valore in modo permanente?

Caratteristiche di estrai_testa

- Necessità di cambiare il valore del puntatore alla testa passato come parametro
  - ***Utilizzo del riferimento (&)*** nella definizione dei parametri della funzione
- Uso di un ***puntatore ausiliario*** per deallocare l'elemento dopo lo sgancio dalla lista
- Uso di un ***parametro buf passato attraverso un puntatore*** per consentire alla funzione di ritornare il valore del campo informazione dell'elemento estratto dopo averlo deallocato

Domanda

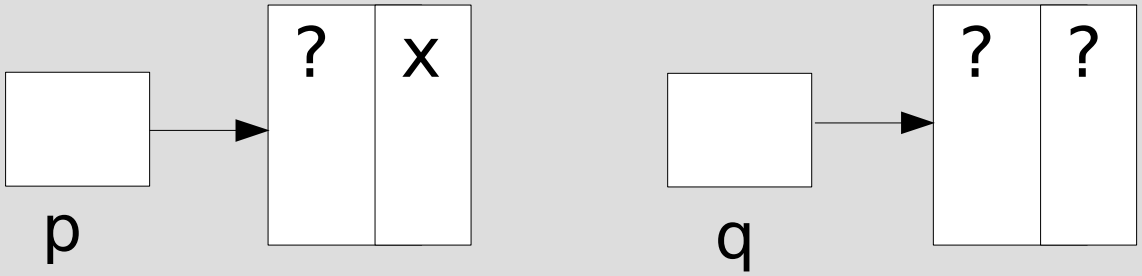
- Nel seguente frammento di codice

```
{    ...
 elem *p = new elem;
 ... // lavoro sull'elemento puntato da p
 elem *q = new elem;
 ... // lavoro sull'elemento puntato da q
 // voglio agganciare l'elemento puntato
 // da q dietro quello puntato da p
 q = p->pun;
}
```

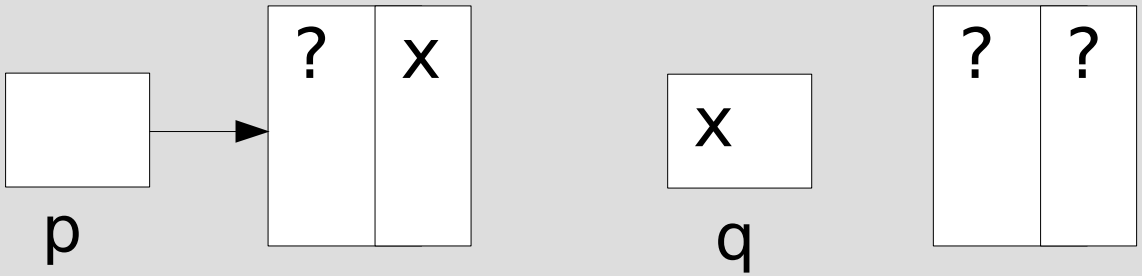
- L'ultima istruzione fa quanto riportato nel commento che la precede?

Risposta

- No, in memoria accade semplicemente



dopo le prime due istruzioni, mentre, dopo l'ultima istruzione:

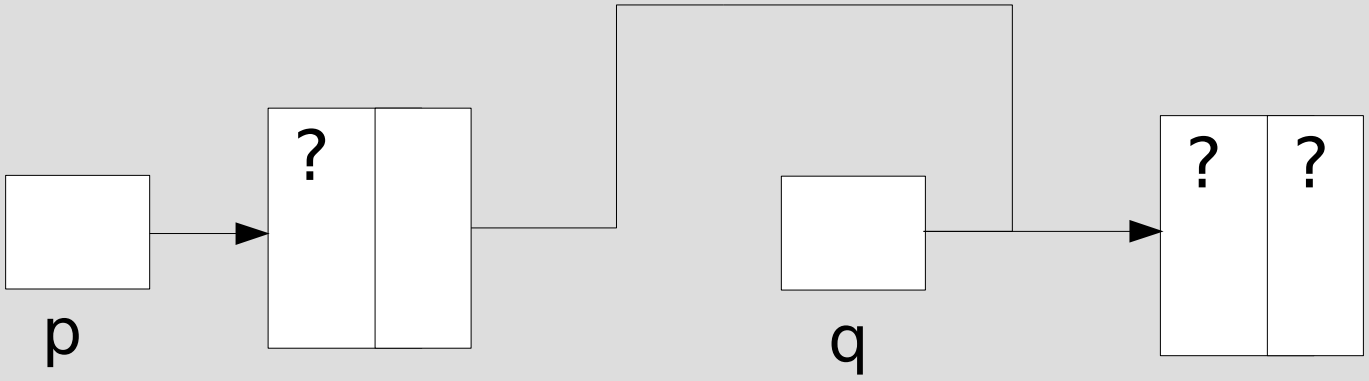


Perdo anche il riferimento all'elemento puntato da q: memory leak!

Istruzione corretta

- **L'istruzione corretta è:**

  p->pun=q;



Inserimento in coda

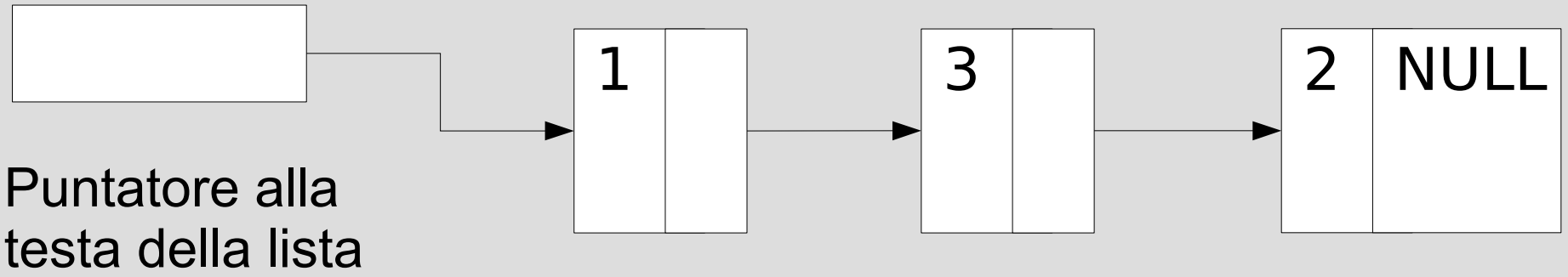
Algoritmo che inserisce un elemento in fondo alla lista

1) Ricerca della coda della lista
   - ***Necessari puntatori ausiliari? Quanti?***
2) Creazione del nuovo elemento
3) Inizializzazione dei campi dell'elemento (informazione e puntatore)
4) Aggancio del nuovo elemento
   - ***Lista vuota*** → aggiornamento di puntatore a testa
   - ***Lista non vuota*** → aggiornamento del campo puntatore dell'elemento che ***era*** l'ultimo nella lista

Devo considerare i due casi separatamente?

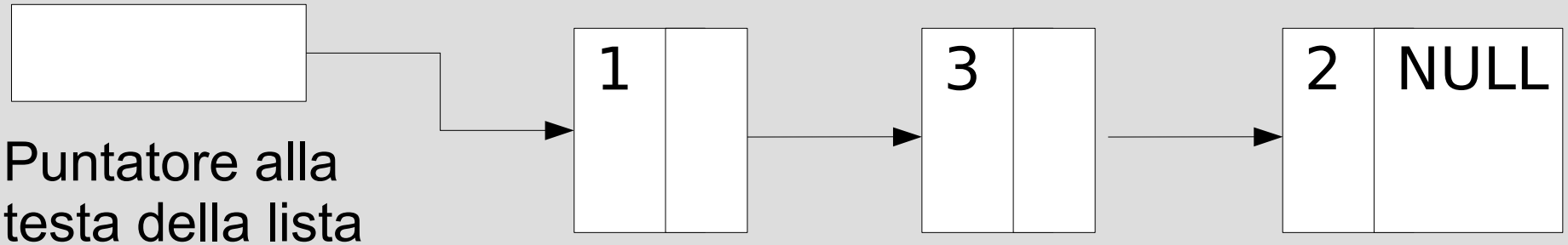
Inserimento in coda

- Lista di partenza:



- Bisogna scorrere la lista: quanti puntatori usare?
  - Proviamo con l'uso di un solo puntatore

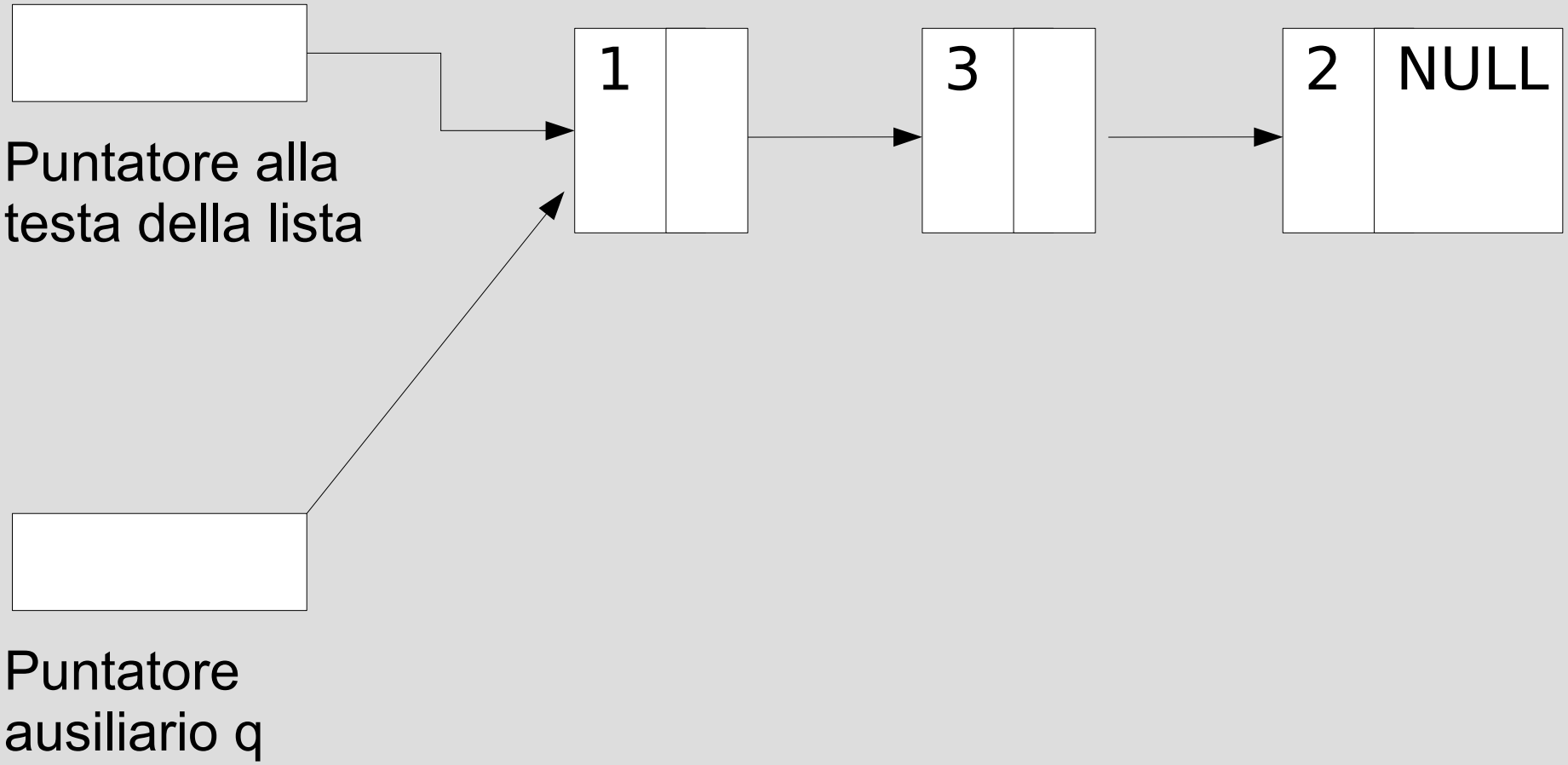
Strutture dati



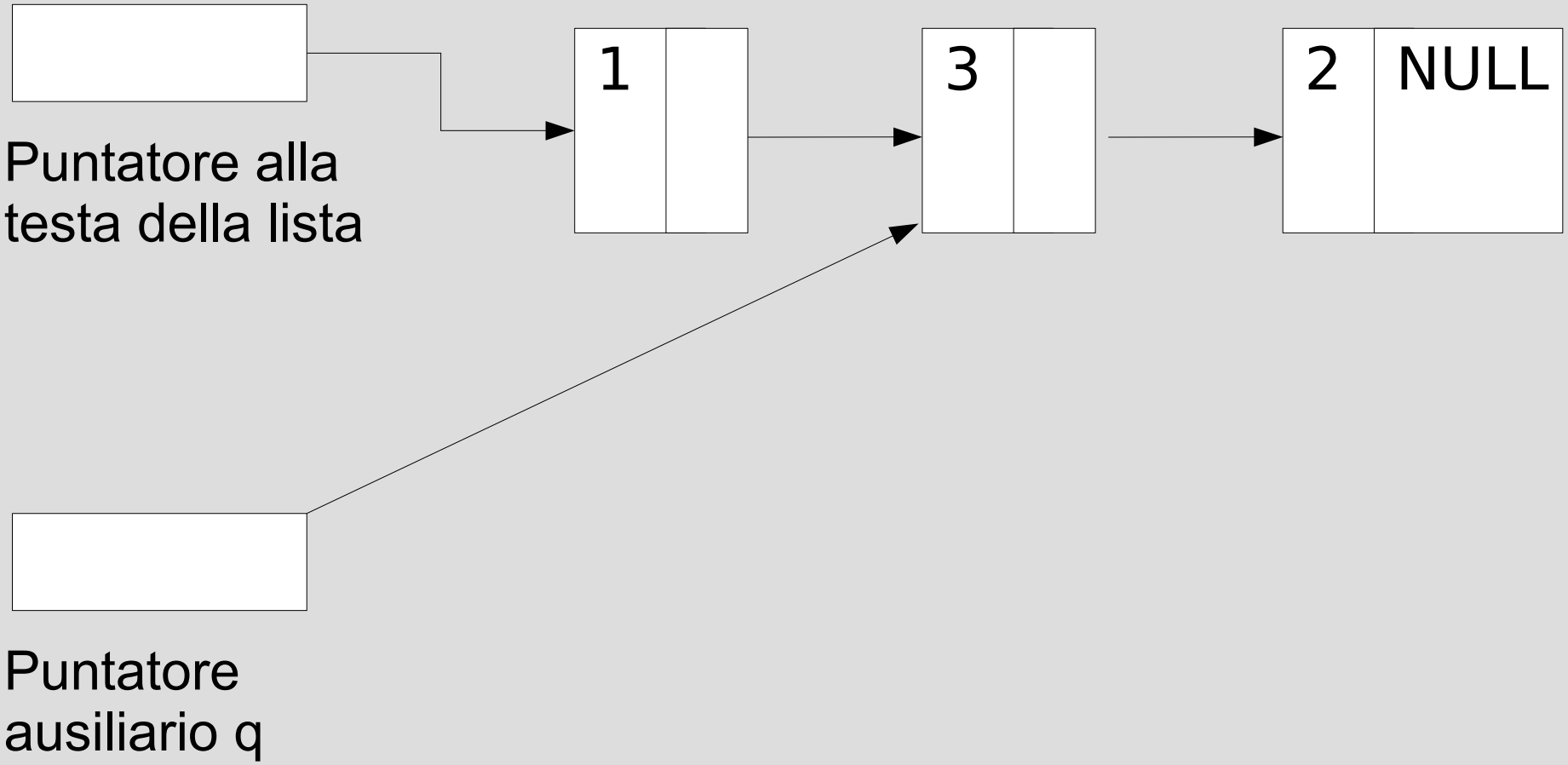
Puntatore alla testa della lista

Puntatore ausiliario q

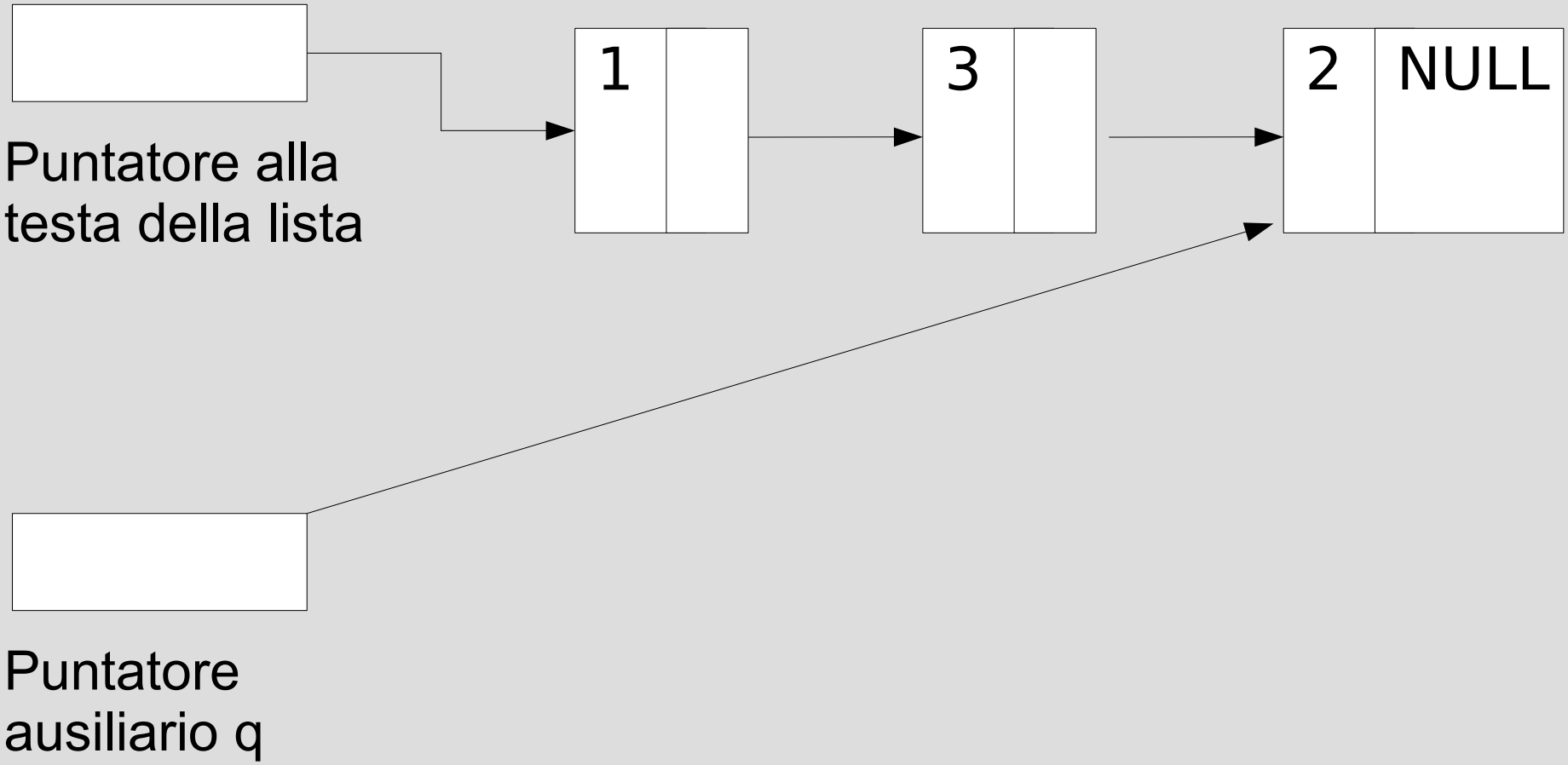
Ricerca della coda



Ricerca della coda



Ricerca della coda



Ricerca della coda

Quale condizione dobbiamo controllare per far procedere il ciclo di ricerca fino a far fermare q sull'ultimo elemento?

```
q->pun != NULL
```

Disponendo di un puntatore **testa** alla testa della lista, l'intestazione del ciclo sarebbe:

```
for(q = testa; q->pun != 0; q = q->pun)
```

E' un ***ciclo sempre sicuro***?

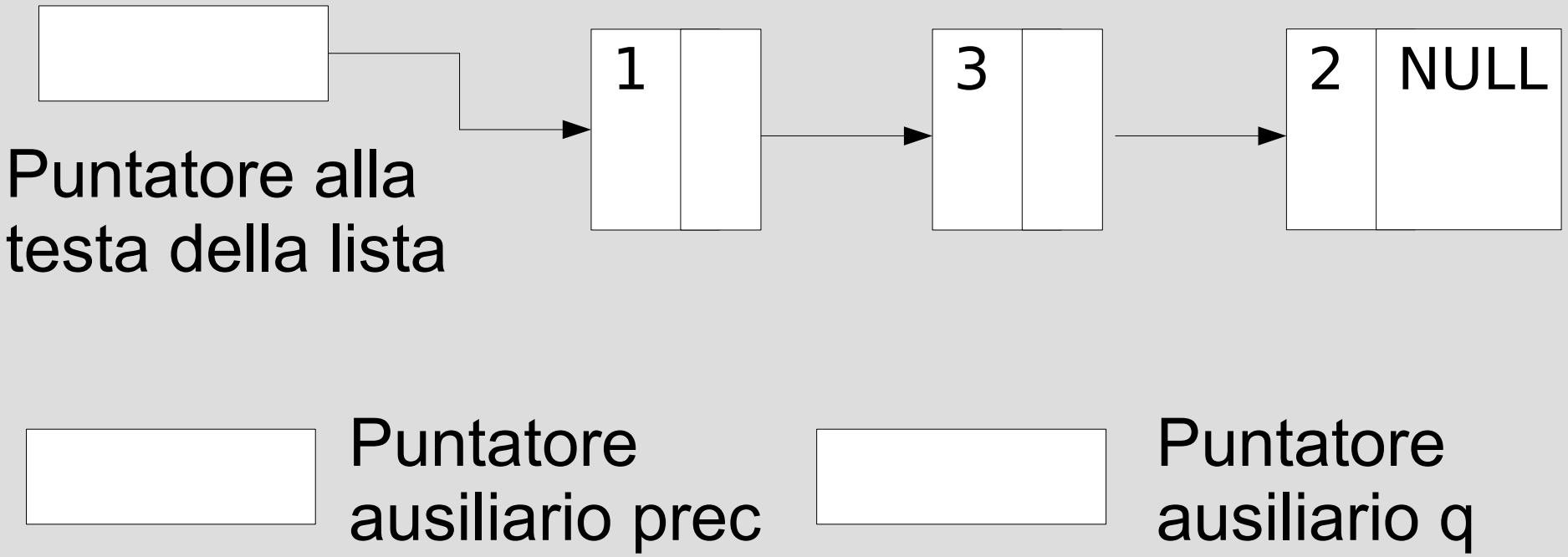
Osservazione

```
for(q = testa; q->pun != 0; q = q->pun)
```

- **Il ciclo precedente non è sempre sicuro**
  - Nel caso di lista inizialmente vuota si dereferenzia un puntatore nullo!
- Si rende necessario controllare che la lista non sia vuota prima di entrare nel ciclo

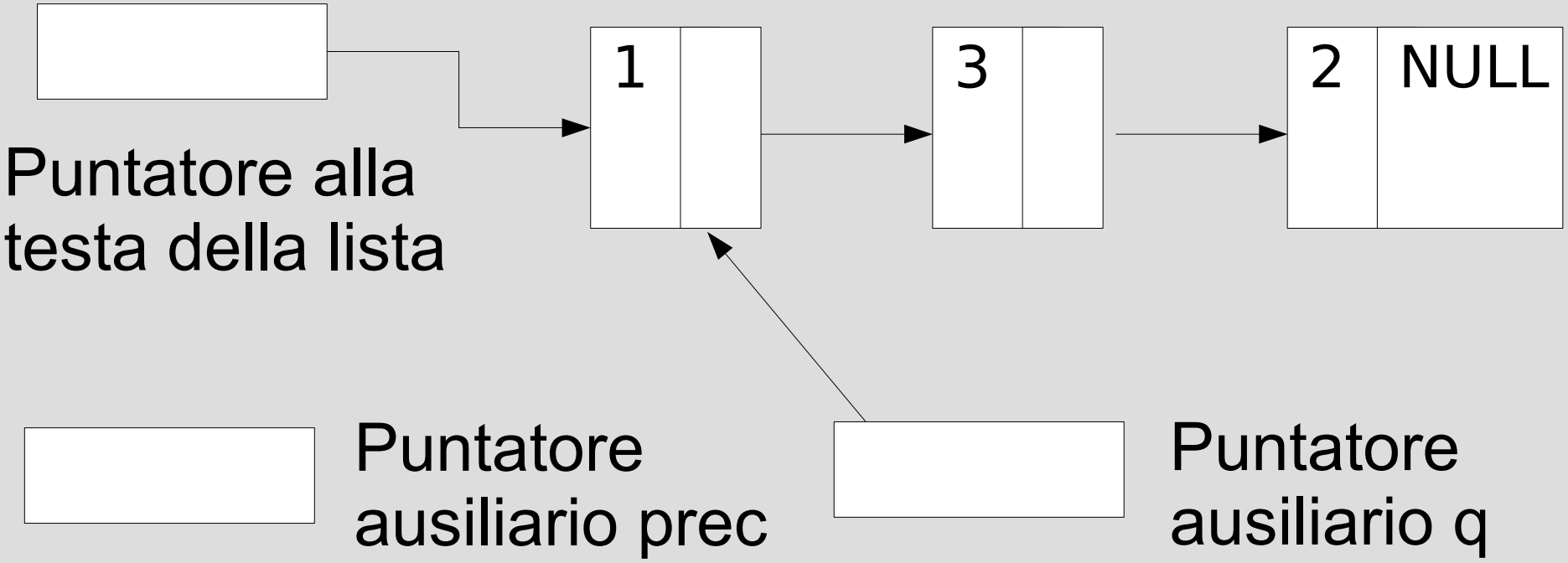
Uso di due puntatori ausiliari

- Una soluzione è di usare due puntatori ausiliari
  - Un puntatore resta 'un passo indietro' rispetto all'altro



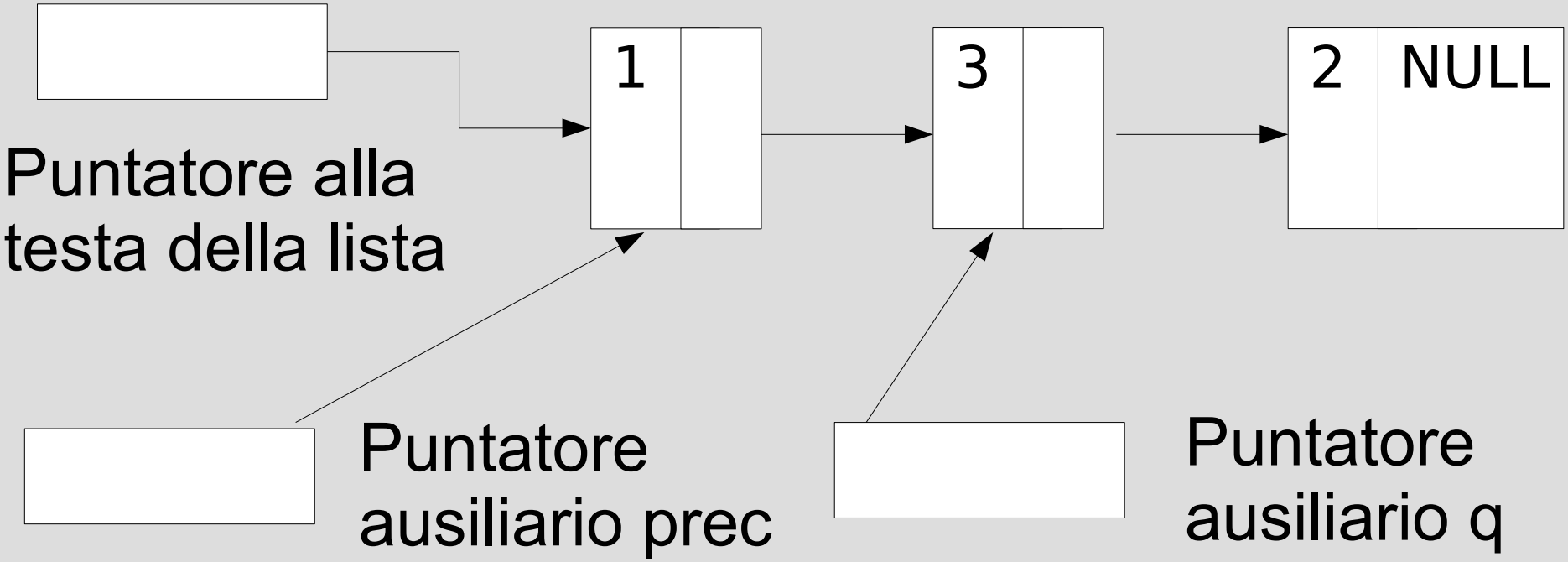
Inserimento in coda

- Situazione iniziale: ***q*** punta alla testa della lista, ***prec*** non ancora inizializzato



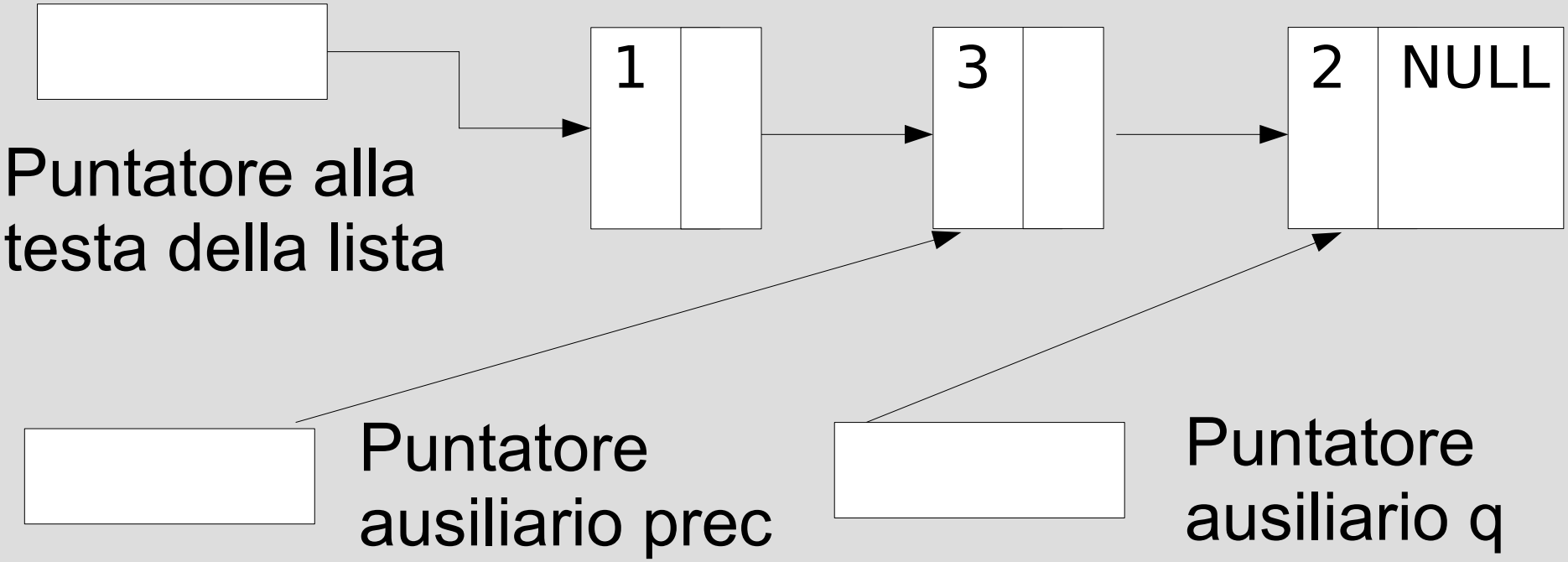
Inserimento in coda

- ***Se la lista non è vuota (q != NULL)***, ***prec*** assume il valore di ***q*** e ***q*** viene fatto avanzare



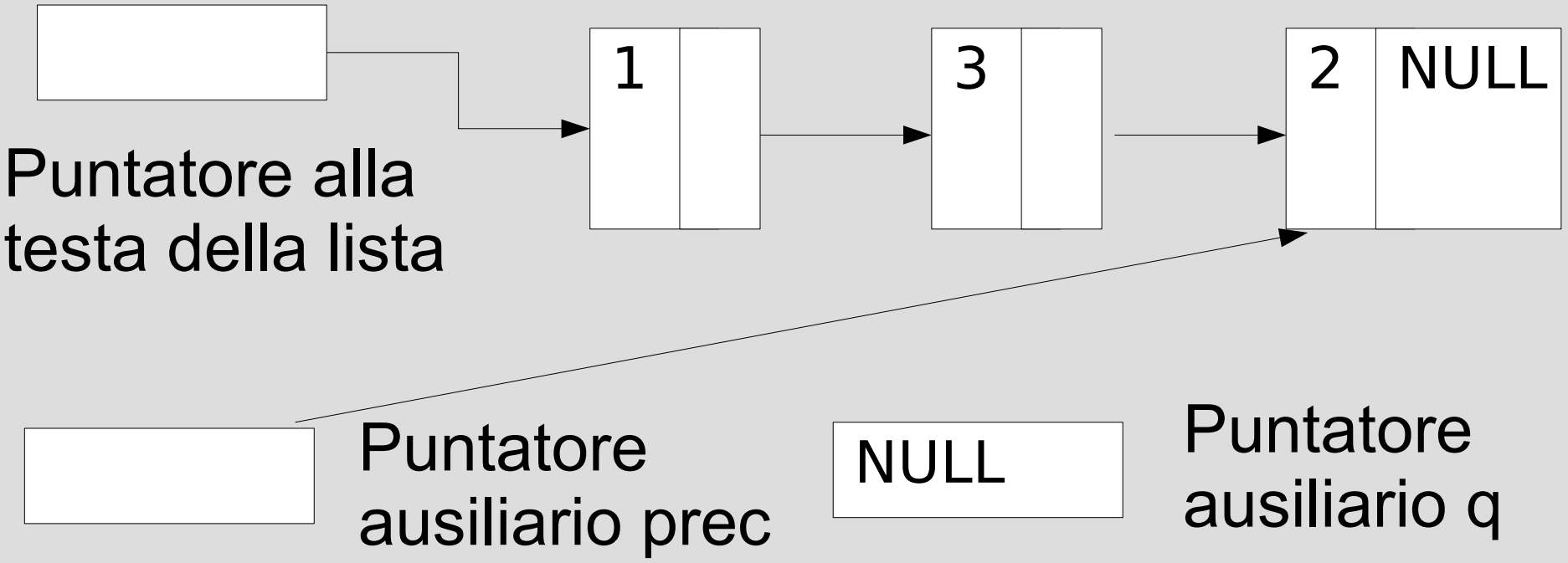
Inserimento in coda

- *Step successivo*: se non si è finiti fuori dalla lista (***q != NULL)***, avanzano entrambi i puntatori



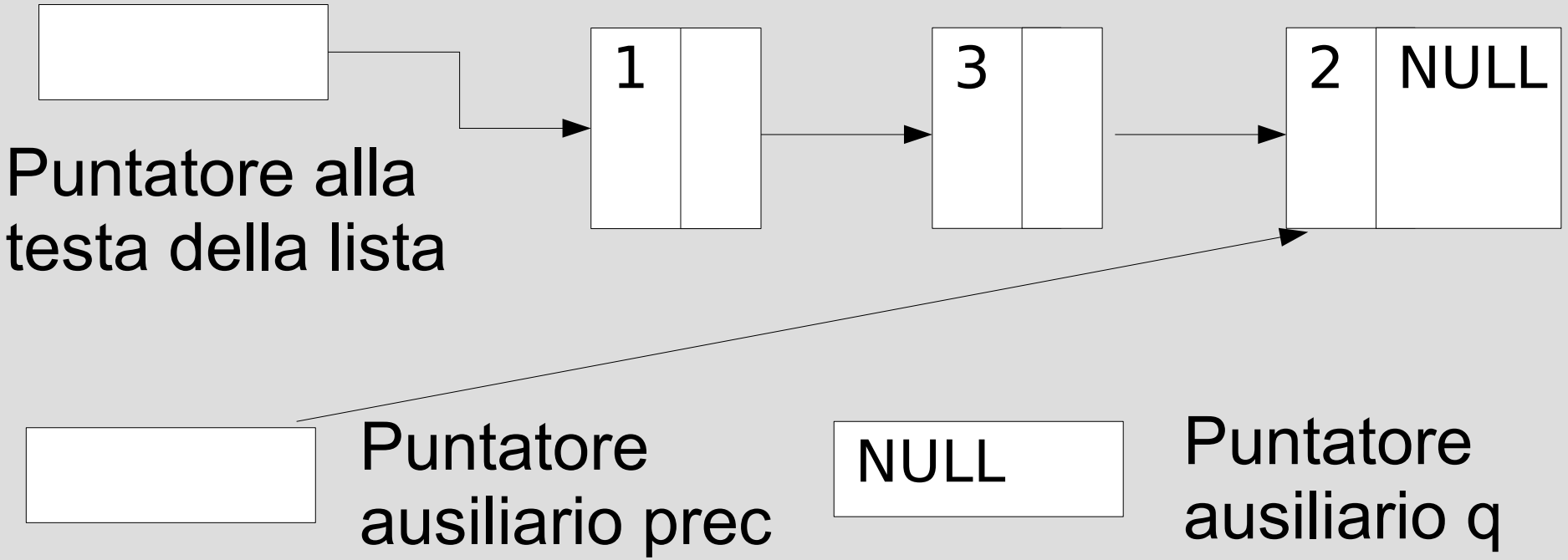
Inserimento in coda

- *Ultimo step:* ***q*** avanza di nuovo e stavolta si trova fuori dalla lista (valore ***NULL***), mentre ***prec*** si ferma sull'ultimo elemento



Inserimento in coda

- A questo punto si esce dal ciclo senza far avanzare ***prec***, che viene usato per inserire l'elemento in coda



Condizione di uscita dal ciclo

Condizione da controllare per uscire dal ciclo:

```
q != NULL
```

Possono sorgere problemi di accesso alla memoria nel valutare questa condizione?

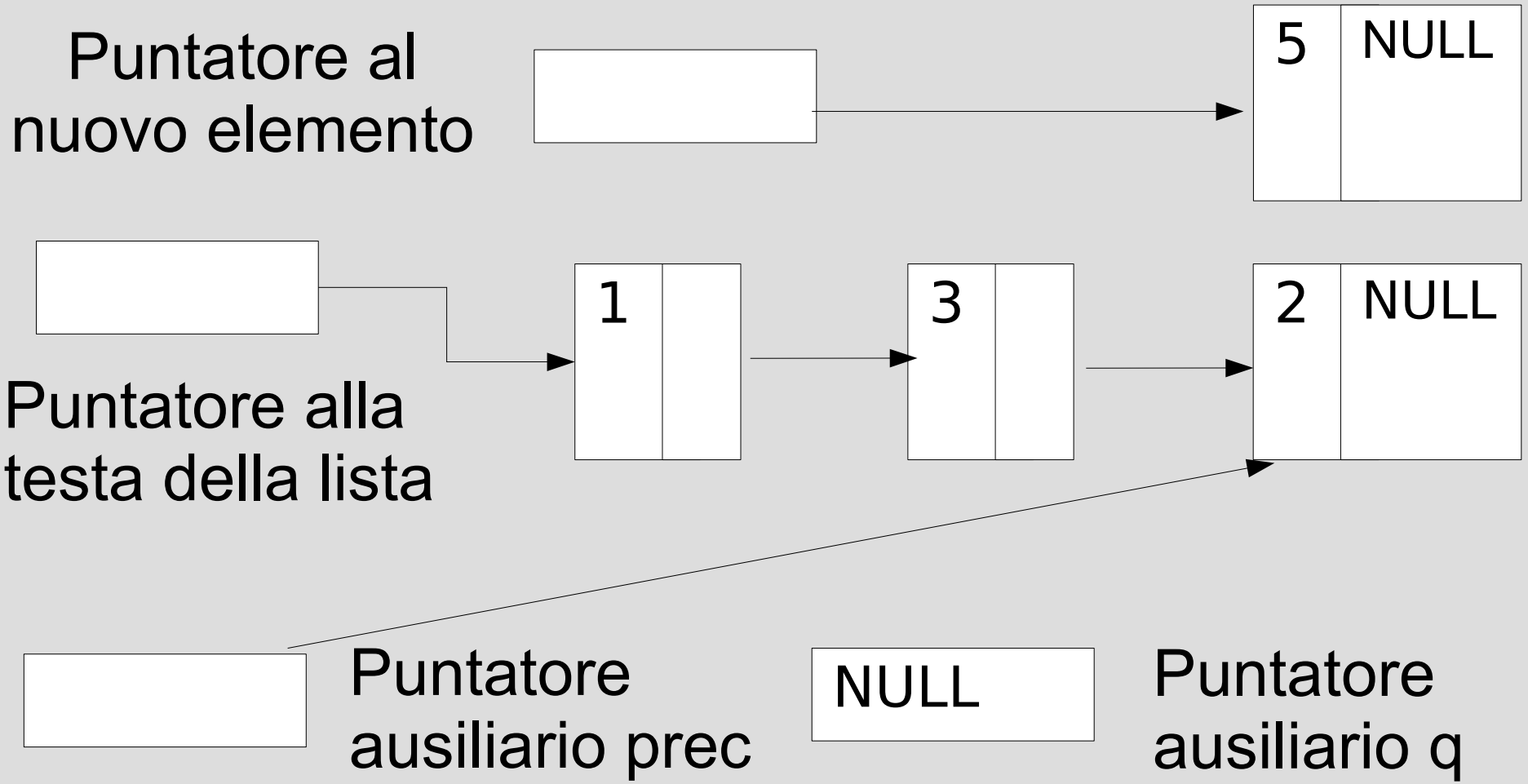
No, perchè il puntatore non è dereferenziato

Riassumendo

- In uscita dal ciclo, **prec** punta all'ultimo elemento della lista
- **prec** verrà utilizzato per agganciare il nuovo elemento in coda
  - Come vedremo, l'uso della ***coppia di puntatori*** è comodo anche per gli inserimenti nel mezzo di una lista ordinata ***(inserimento in ordine)***
- Proseguiamo con l'algoritmo...

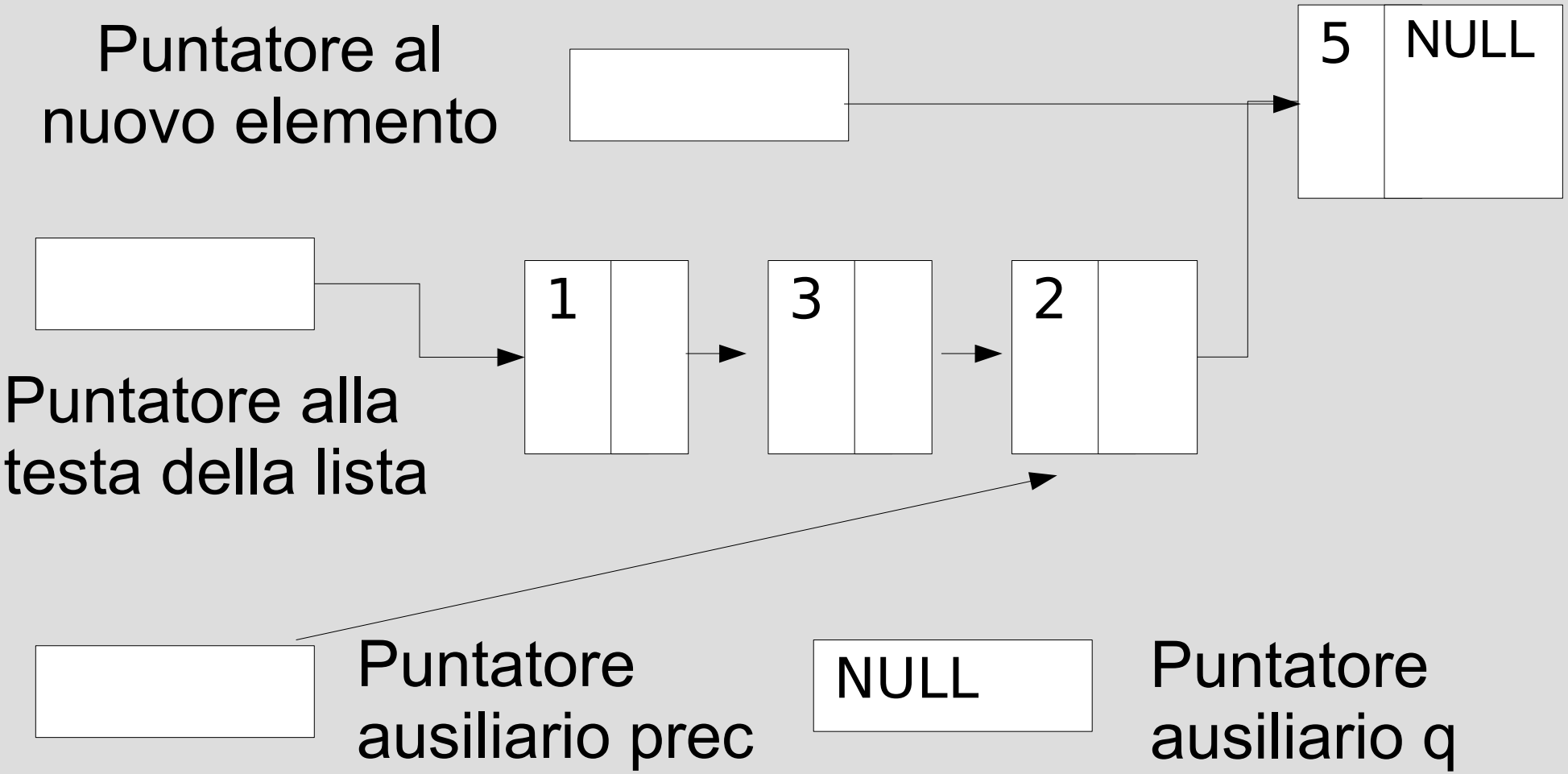
Inserimento in coda

- Creazione del nuovo elemento



Inserimento in coda

- Aggancio sfruttando **prec**



Programma

- Realizzare anche *inserisci_in_coda* in *lista.cc*
  - Supporre che la funzione abbia tipo di ritorno ***void*** e che le venga **passato in ingresso il puntatore alla testa della lista**
  - Scegliere ed implementare correttamente **una delle due precedenti soluzioni** per la ricerca dell'ultimo elemento

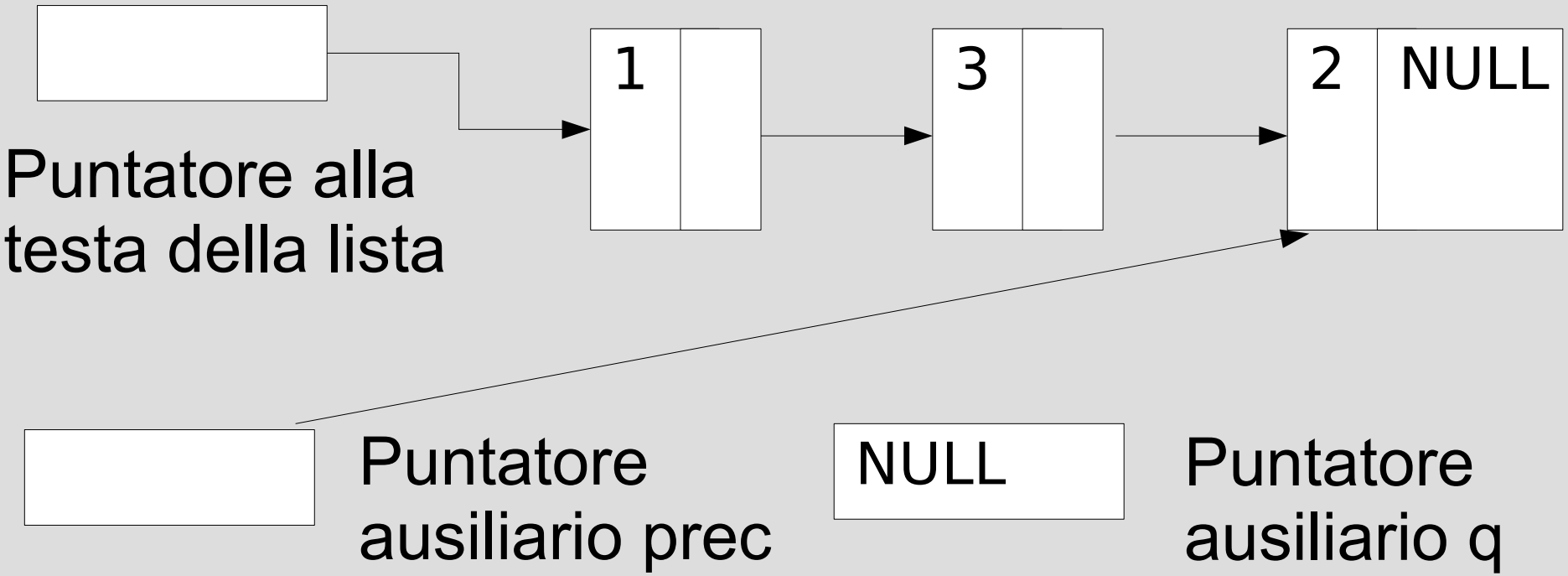
Estrazione dalla coda

Algoritmo

1) Controllo che la lista non sia vuota
   - Necessario, non è possibile l'estrazione
2) Ricerca della coda (memorizzazione degli indirizzi necessari per effettuare l'eliminazione)
3) Sgancio dell'ultimo elemento
   - Se la lista conteneva un solo elemento: aggiornamento del puntatore alla testa
   - Se la lista conteneva più di un elemento: aggiornamento del campo puntatore del (precedente) penultimo elemento
4) Deallocazione dell'elemento estratto

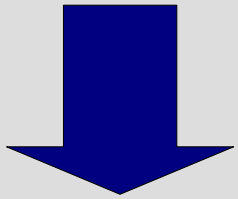
Soluzioni

- Riprendiamo la coppia di puntatori usata per l'inserimento in coda
- Al termine della ricerca la situazione era:



Differenza nelle condizioni

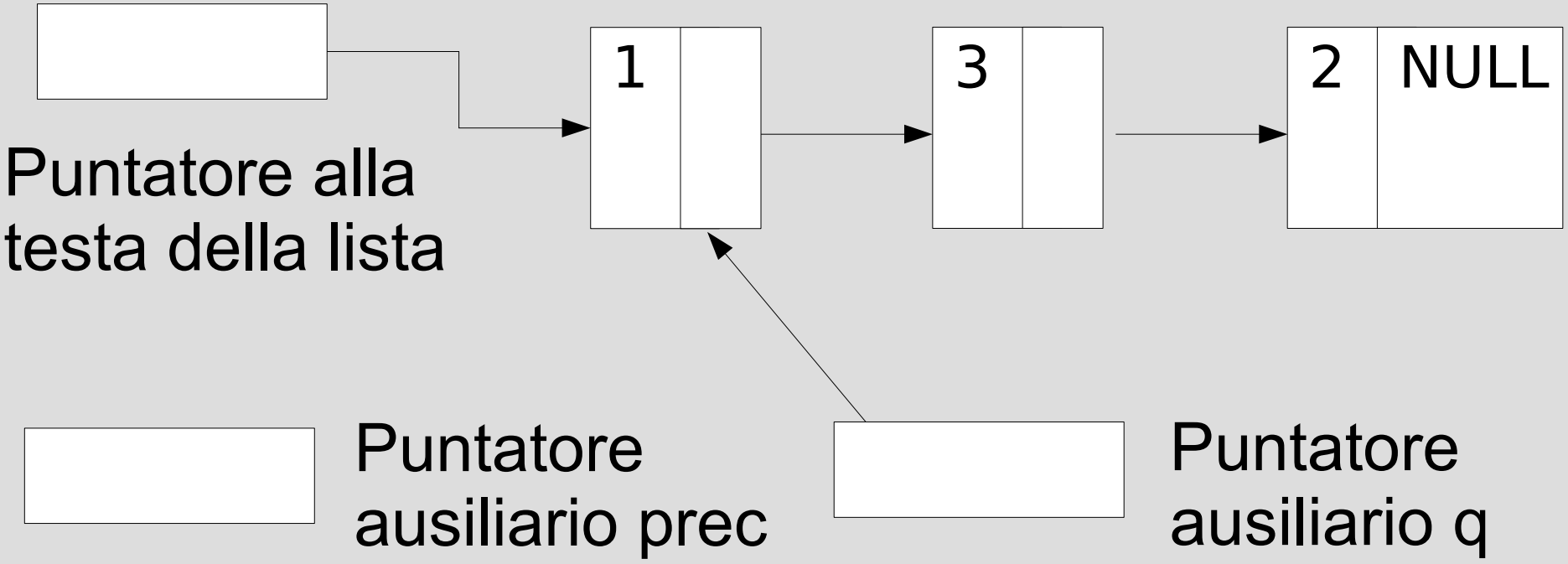
- Ora però serve che **prec** punti al penutimo elemento → va fermato prima
- Quale condizione usare per fermare **prec** al penultimo elemento?



Si potrebbe fermare **q** sull'ultimo elemento anziché farlo uscire dalla lista → ***fermare il ciclo quando q punta all'ultimo elemento senza far avanzare prec***

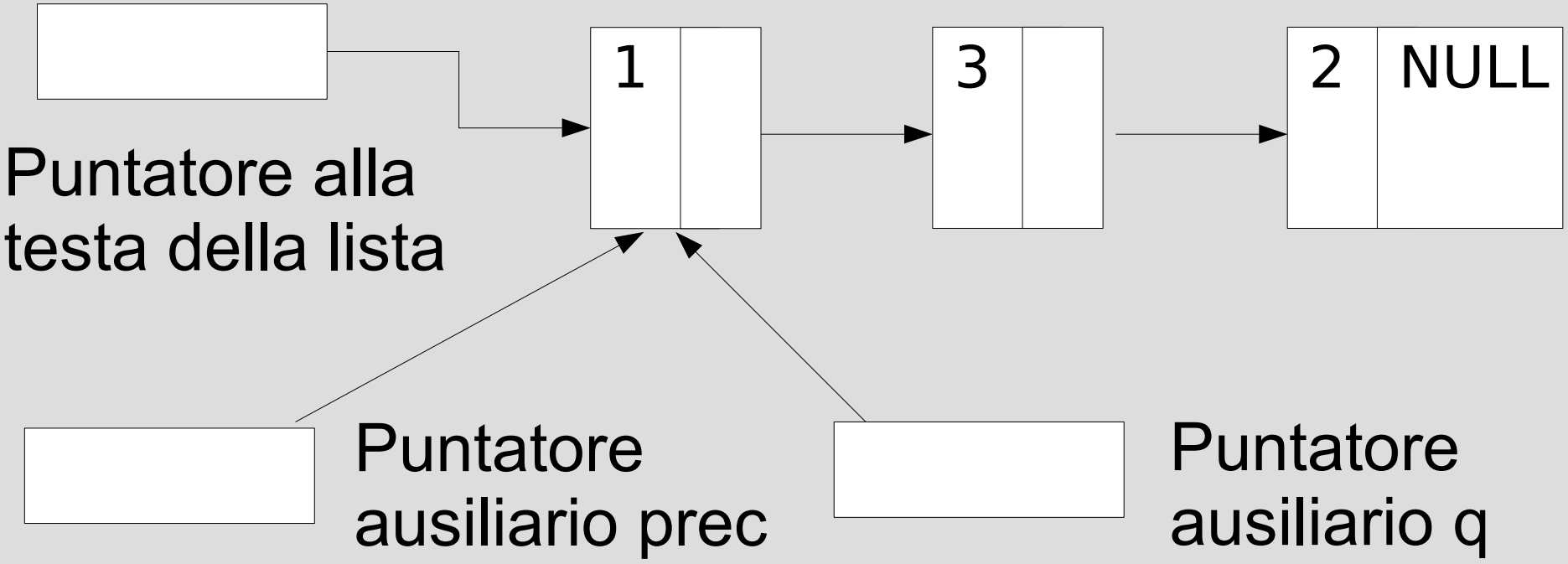
Estrazione dalla coda

- Situazione iniziale



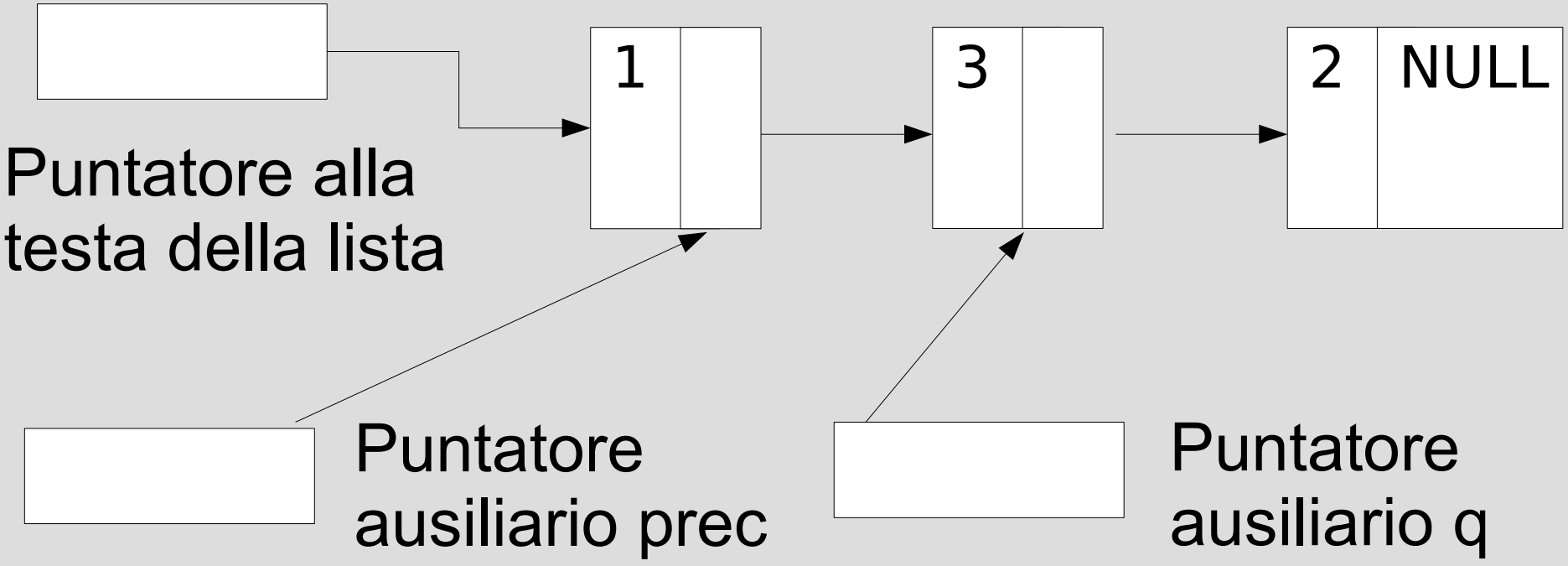
Estrazione dalla coda

- Se non si è sull'ultimo elemento, il puntatore **prec** prende il valore di **q**...



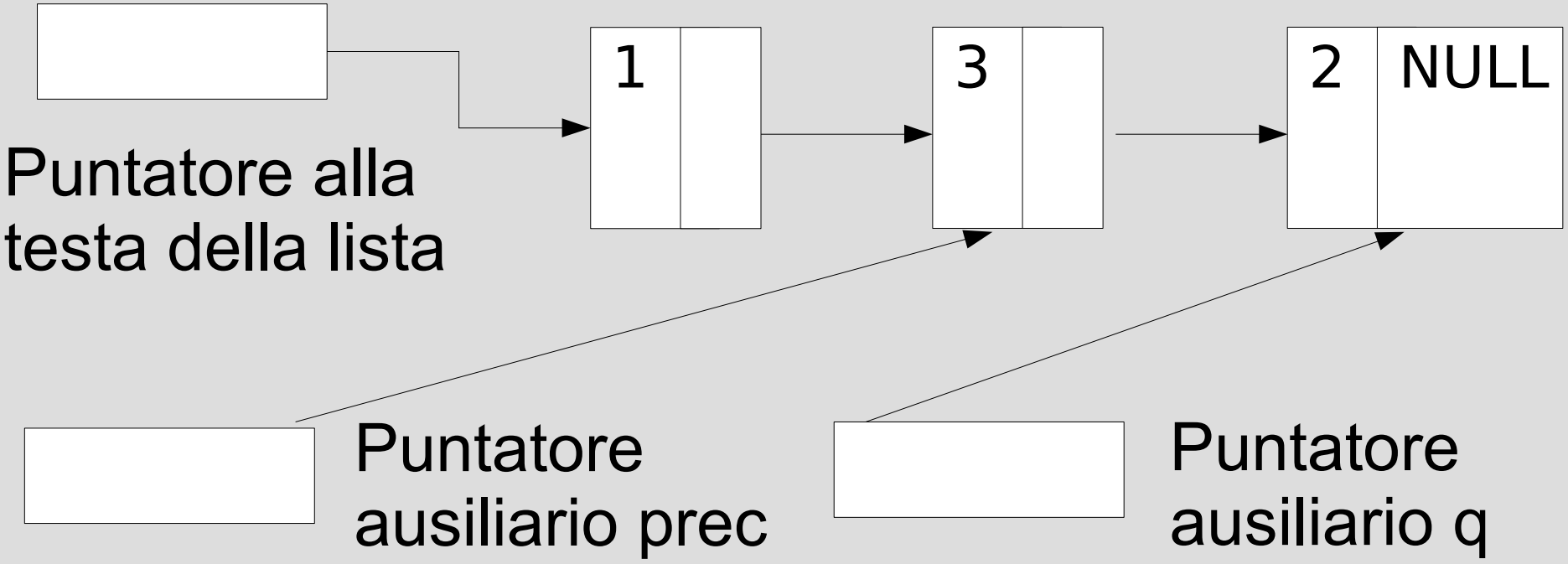
Estrazione dalla coda

- … e **q** avanza



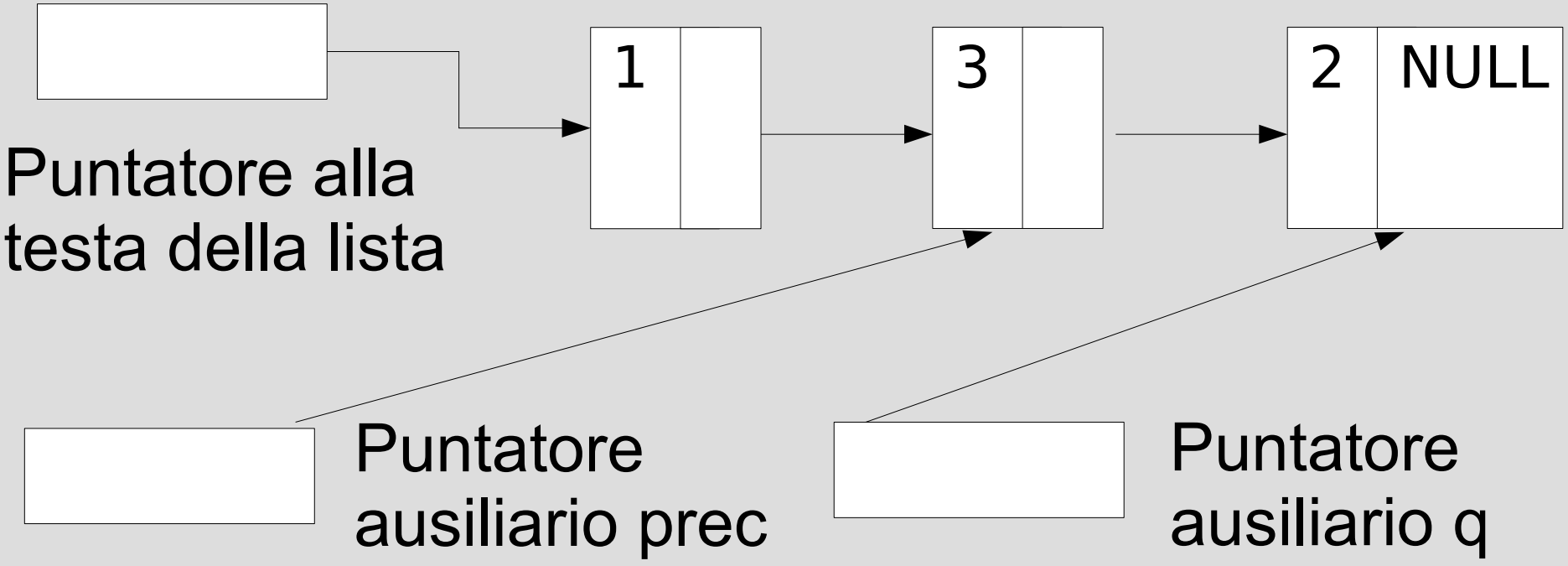
Estrazione dalla coda

- Ulteriore passo di avanzamento



Estrazione dalla coda

- A questo punto **q** è sull'ultimo elemento
- ***Si esce dal ciclo senza aggiornare prec***



Condizione per l'uscita dal ciclo

- Qual è la ***condizione da controllare*** per fermarsi quando q è sull'ultimo elemento?

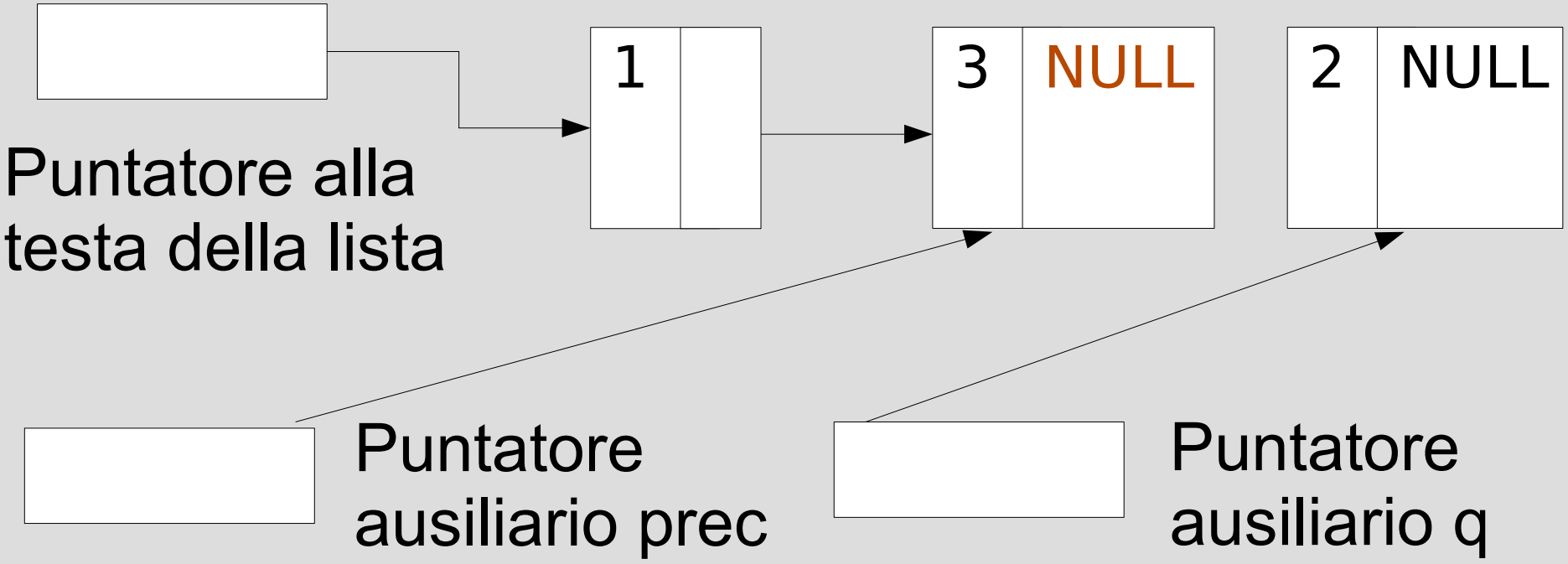
q->pun != 0

Possono sorgere problemi nell'accesso alla memoria nel valutare questa condizione?

No, perché il caso di lista vuota lo abbiamo già controllato nel punto 1 dell'algoritmo - in questo caso è un controllo necessario

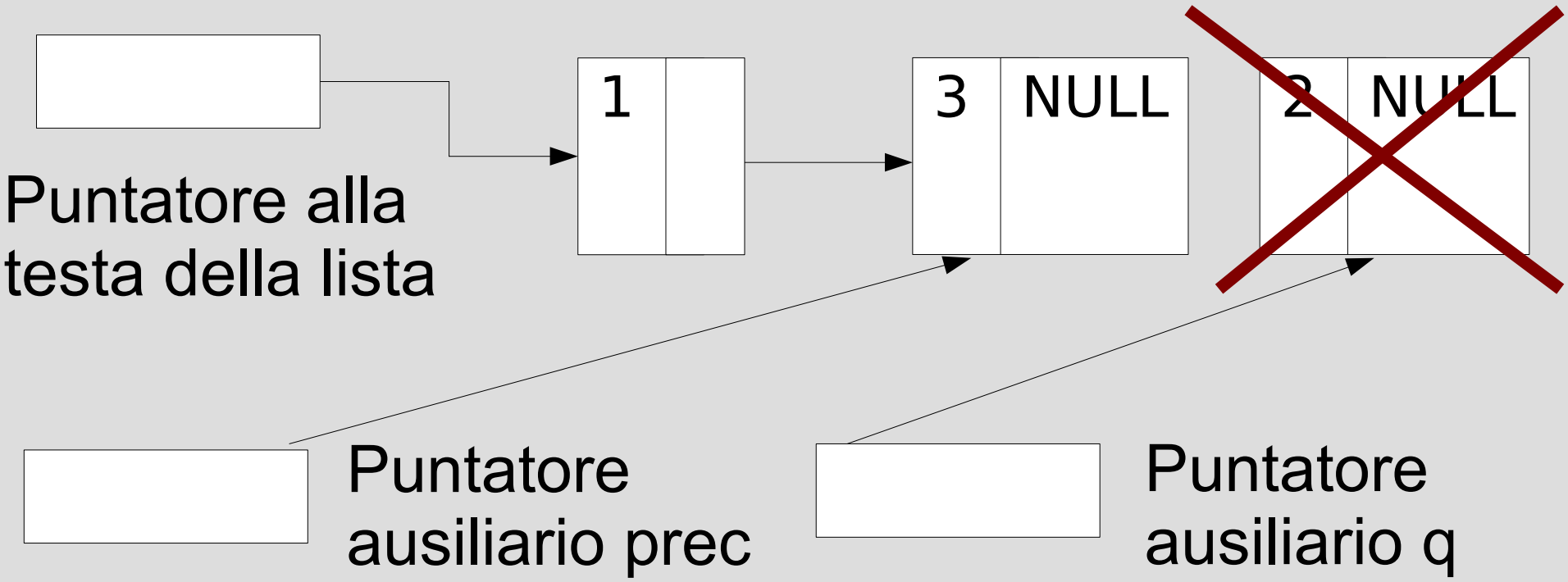
Estrazione dalla coda

- ***Sgancio*** dell'ultimo elemento



Estrazione dalla coda

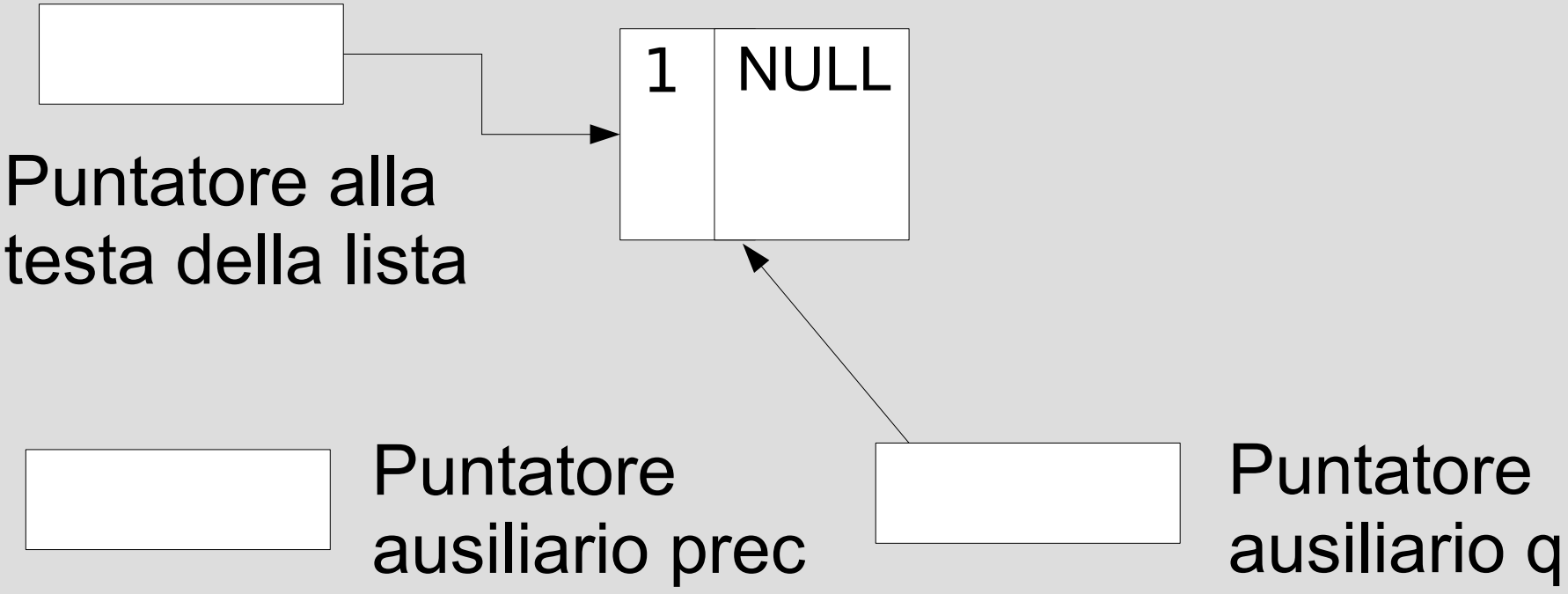
- Deallocazione dell'elemento



Lista con un solo elemento

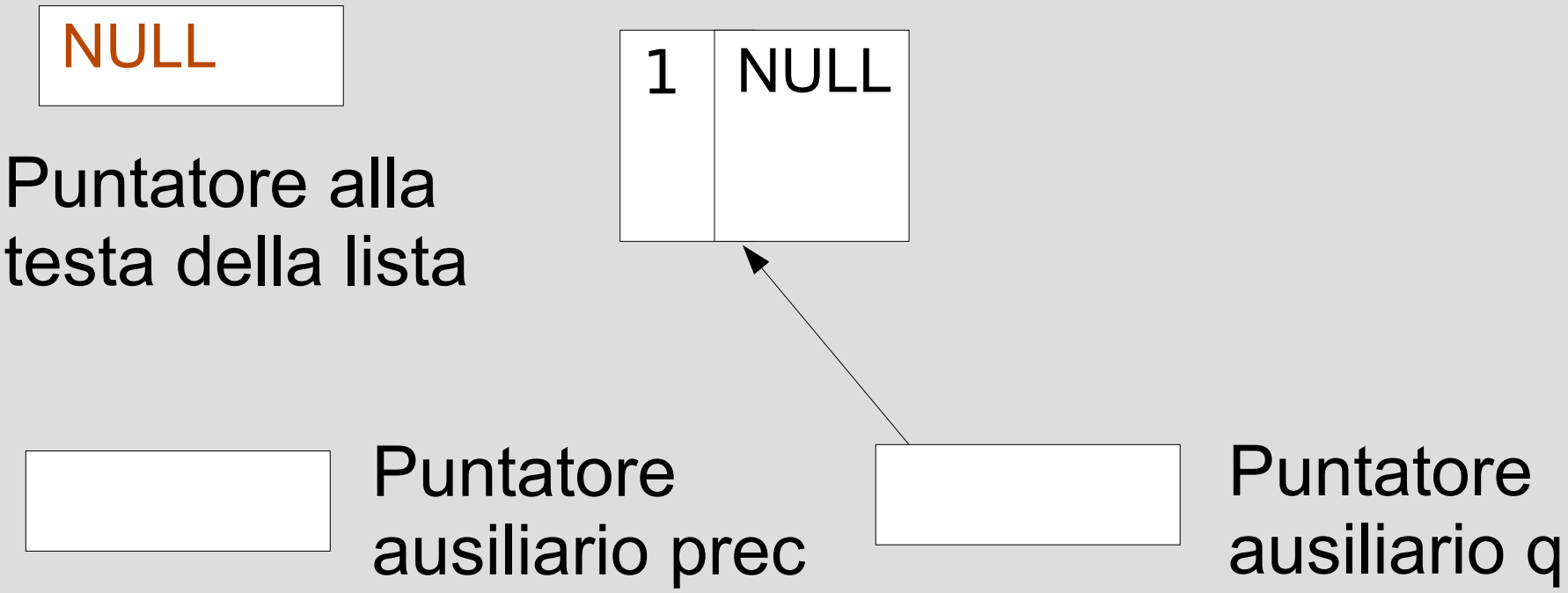
Caso di lista con un elemento solo

- q punta all'unico elemento... e lì rimane
- Cosa fare?



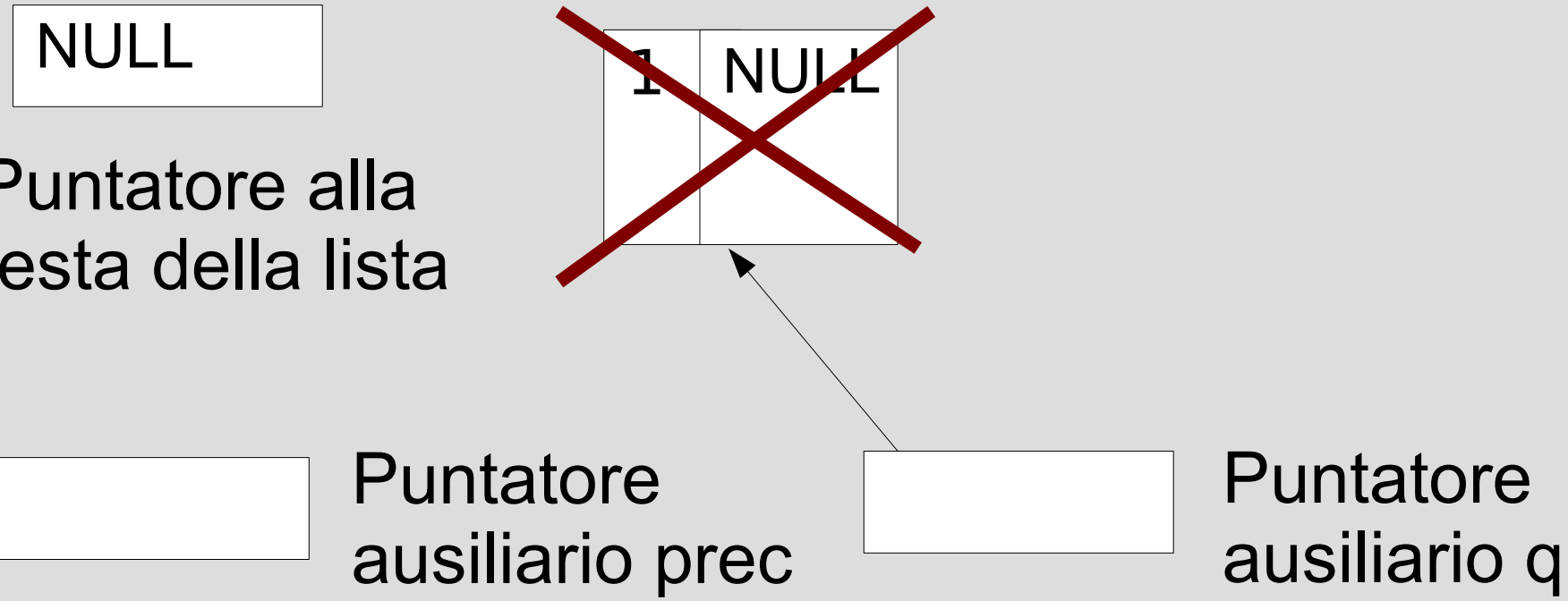
Lista con un solo elemento

- In base alla ***condizione precedente***, si aggiorna il puntatore alla testa della lista
- ***Sgancio***



Lista con un solo elemento

- Deallocazione dell'elemento



Si tratta di un caso che devo trattare separatamente?

Programma

- Realizzare anche la funzione *estrai_dal_fondo* in *lista.cc*
  - Supporre che la funzione abbia tipo di ritorno ***bool*** e ritorni **true** solo se l'estrazione ha successo (lista non vuota)
  - La funzione deve ritornare anche il valore del campo informazione dell'elemento estratto
  - Alla funzione viene passato il puntatore alla testa della lista