Algoritmi e Strutture di Dati

Implementazioni di liste con oggetti e riferimenti

m.patrignani

Nota di copyright

- queste slides sono protette dalle leggi sul copyright
- il titolo ed il copyright relativi alle slides (inclusi, ma non limitatamente, immagini, foto, animazioni, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati sulla prima pagina
- le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente, non a fini di lucro, da università e scuole pubbliche e da istituti pubblici di ricerca
- ogni altro uso o riproduzione è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori
- gli autori non si assumono nessuna responsabilità per il contenuto delle slides, che sono comunque soggette a cambiamento
- questa nota di copyright non deve essere mai rimossa e deve essere riportata anche in casi di uso parziale

Strutture di dati con oggetti e riferimenti

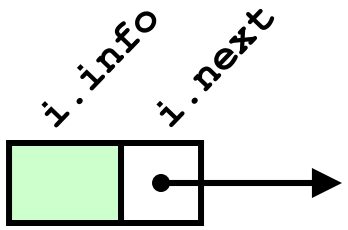
- alcuni linguaggi supportano oggetti e riferimenti
  - lo pseudocodice è uno di questi
- con oggetti e riferimenti si possono realizzare strutture di dati elementari in modo più naturale
- vedremo la realizzazione del tipo astratto di dato lista
  - pile e code possono essere rivisti come casi particolari di liste
  - due principali varianti implementative:
    - lista singolarmente concatenata
    - lista doppiamente concatenata

Operazioni su una lista di interi

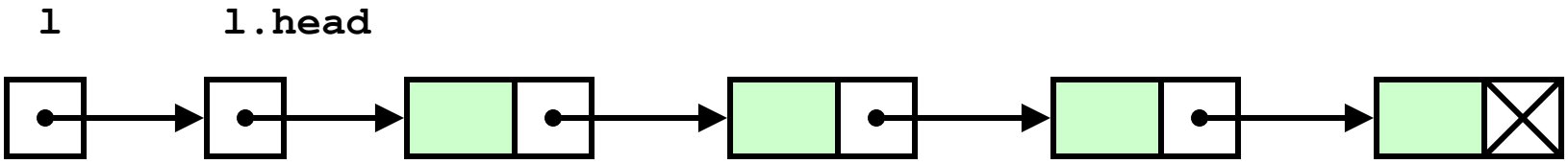
`NEW_LIST()`	ritorna il riferimento ad una lista vuota
`HEAD(l)`	ritorna l'iteratore del primo elemento della lista
`LAST(l)`	ritorna l'iteratore dell'ultimo elemento della lista
`NEXT(l,i)`	ritorna l'iteratore dell'elemento che segue `i` nella lista ritorna un iteratore invalido se `i` è l'ultimo elemento
`PREV(l,i)`	ritorna l'interatore dell'elemento che precede `i` nella lista ritorna un iteratore invalido se `i` è il primo elemento
`INSERT(l,n)`	inserisce l'elemento `n` in testa alla lista `l`
`INSERT_BEFORE(l,n,i)`	inserisce l'elemento `n` prima della posizione i
`ADD(l,n)`	aggiunge `n` in coda alla lista `l`
`ADD_AFTER(l,n,i)`	aggiunge l'elemento `n` dopo la posizione i
`DELETE(l,i)`	rimuove l'elemento in posizione i dalla lista `l`
`DELETE(l,n)`	rimuove l'elemento `n` dalla lista `l`
`EMPTY(l)`	vuota la lista
`SEARCH(l,n)`	ritorna l'iteratore dell'elemento n nella lista `l`
`IS_EMPTY(l)`	ritorna `true` se la lista è vuota, altrimenti ritorna `false`

Lista concatenata (singly linked list)

- l'iteratore `i` è un riferimento ad un nodo della lista, che è un oggetto composto dai seguenti attributi
  - `i.info`
    - elemento in lista del tipo opportuno
    - può essere un riferimento ad un oggetto esterno con dati satellite
  - `i.next`
    - riferimento al nodo seguente o `NULL`

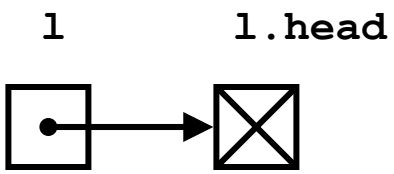


- una lista `l` ha un solo attributo
  - `l.head`
    - riferimento al primo nodo



Lista concatenata: lista vuota

- Quando la lista `l` è vuota `l.head` è `NULL`



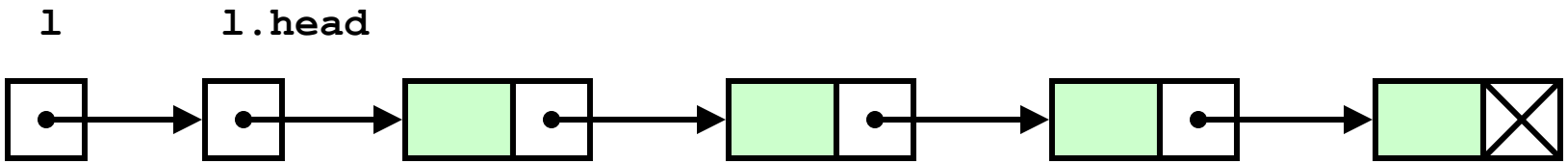
- Pseudocodice delle procedure `IS_EMPTY` e `EMPTY`

```
IS_EMPTY(l)
1.  return l.head == NULL
```

```
EMPTY(l)
1.  l.head = NULL     ▷ lo pseudocodice non dealloca memoria
```

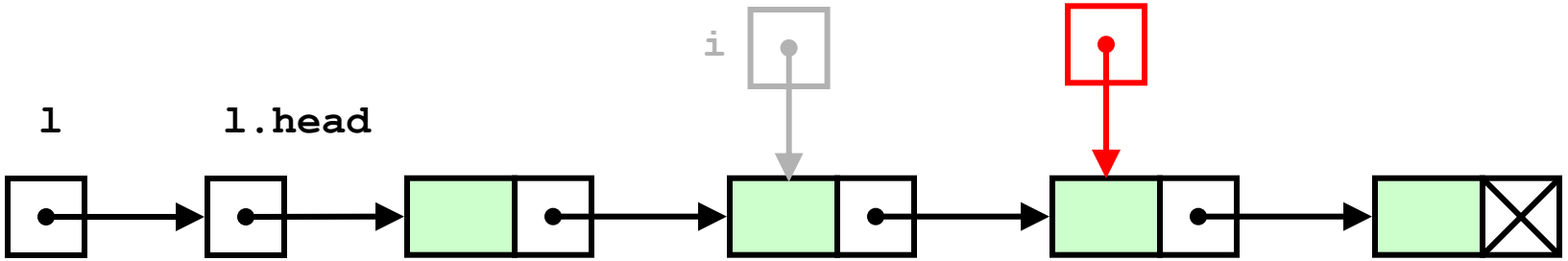

Lista concatenata: first e next

- `FIRST`: iteratore dell'elemento affiorante




```
FIRST(l)
1.  return l.head      ▷ potrebbe essere NULL
```

- `NEXT`: prossimo elemento




```
NEXT(l,i)
1.  return i.next      ▷ il parametro l non è utilizzato
```


Realizzazione di funzioni elementari

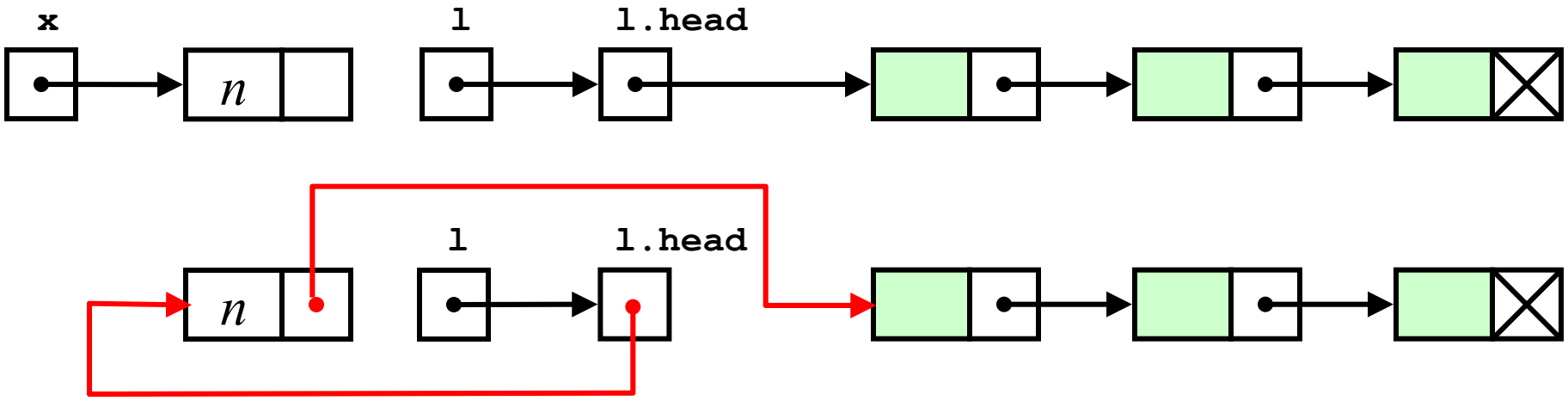
- La semplicità di alcune funzioni (come `IS_EMPTY`, `EMPTY`, `FIRST`, `NEXT`, ecc) induce a sostituirle con le istruzioni opportune direttamente nello pseudocodice
  - questo ovviamente fa perdere di generalità al codice scritto
- Esempio

```
...
    if !IS-EMPTY(l)
    then ...
...
    x = NEXT(l,x)
...
```

```
...
    if l.head != NULL
    then ...
...
    x = x.next
...
```

Lista concatenata: inserimento in testa

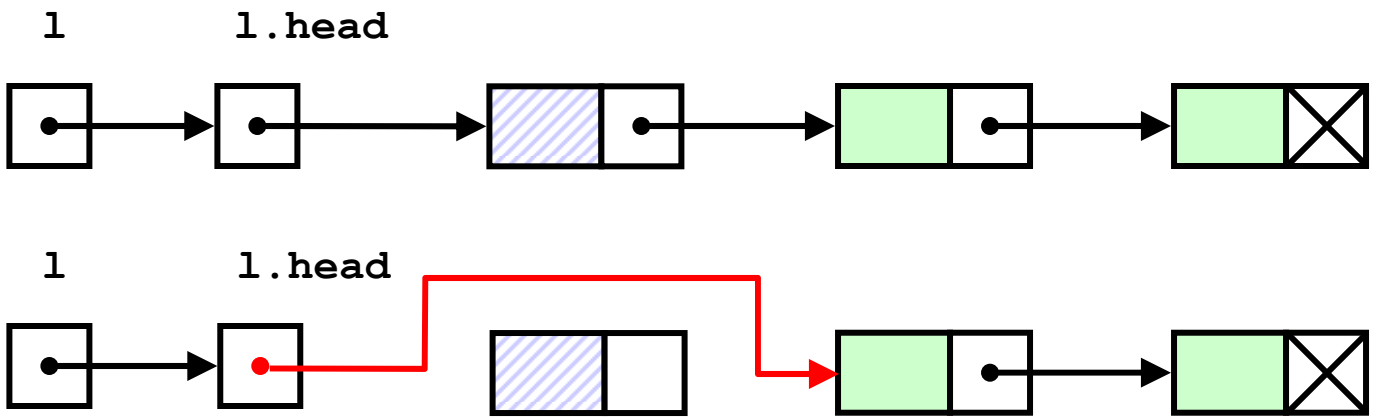
- `INSERT`: inserimento di *n* in testa alla lista




```
INSERT(l,n)      ▷ n è un intero
1.  x.info = n   ▷ x è un nuovo oggetto con due campi:
2.               ▷     x.info (intero)
3.               ▷     x.next (rif. ad analogo oggetto)
4.  x.next = l.head
5.  l.head = x
```

Lista concatenata: cancellazione

- DELETE_FIRST: rimozione del primo nodo




```
DELETE_FIRST(l)
1.  ▷ NOTA: lo pseudocodice non dealloca l'elemento
2.  if l.head == NULL
3.      error("lista vuota")
4.  else
5.      l.head = l.head.next
```

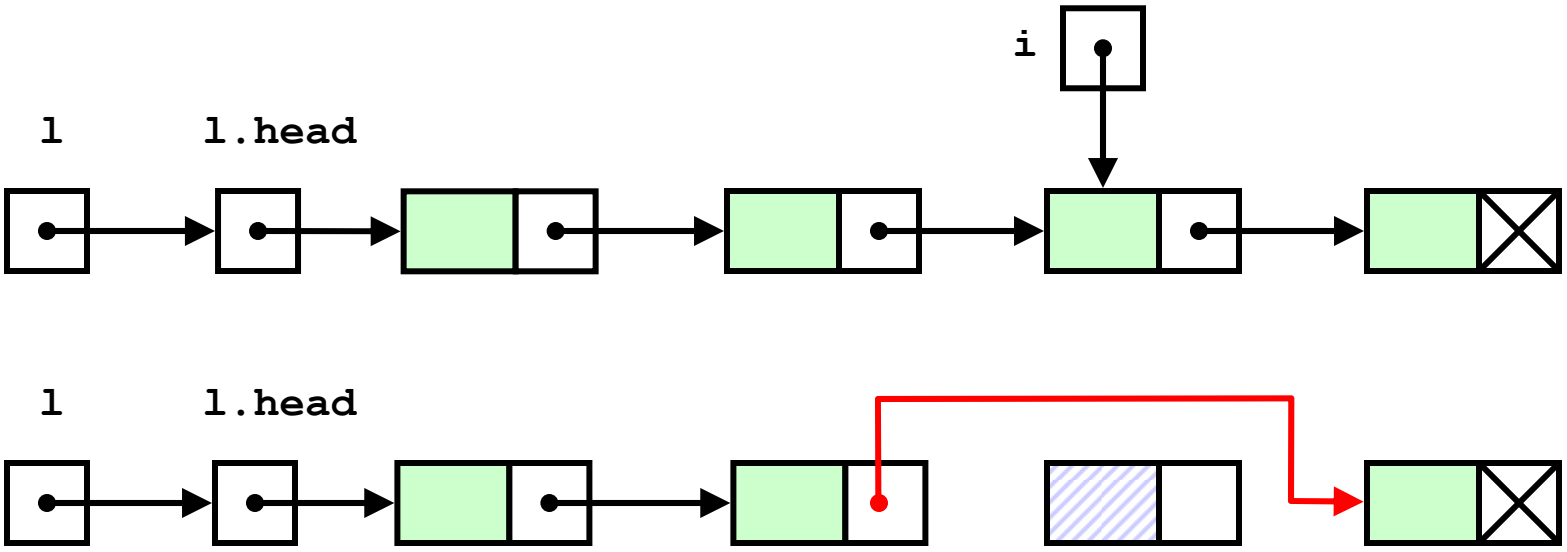

Esercizi: liste singolarmente concatenate

Esercizi sullo scorrimento delle liste

1. Scrivi lo pseudocodice della procedura `MASSIMO(l)` che ritorna il valore del massimo elemento contenuto in una lista singolarmente concatenata di interi
   - assumi che la lista non sia mai vuota
2. Scrivi lo pseudocodice della procedura `SOMMA(l)` che ritorna la somma degli elementi contenuti in una lista singolarmente concatenata di interi

Lista concatenata: cancellazione

- `DELETE(l,i)`: cancellazione del nodo `i`
- La cancellazione di un nodo diverso dal primo è poco efficiente in una lista singolarmente concatenata



- Occorre infatti modificare l'attributo `next` del nodo che lo precede

Esercizi: liste singolarmente concatenate

3. Scrivi lo pseudocodice della procedura `SEARCH(l,u)` che ritorna il riferimento all'elemento `i` che contiene il valore intero `u` in una lista singolarmente concatenata di interi (oppure `NULL` se `u` non è nella lista)
   - discuti la complessità dell'algoritmo in funzione del numero n degli elementi in lista
4. Scrivi lo pseudocodice della procedura `PREV(l,i)` che ritorna il riferimento all'elemento che precede l'elemento identificato dall'iteratore `i` in una lista singolarmente concatenata di interi (oppure `NULL` se `i` corrisponde al primo elemento della lista)

Esercizi: liste singolarmente concatenate

5. Scrivi lo pseudocodice dell'operazione `DELETE(l,i)` che cancella il nodo `i` di una lista singolarmente concatenata
   - discuti della complessità dell'algoritmo
6. Scrivi lo pseudocodice dell'operazione `DELETE(l,u)` che cancella il nodo che contiene il valore intero `u` in una lista singolarmente concatenata di interi
   - discuti della complessità dell'algoritmo

Esercizi: liste singolarmente concatenate

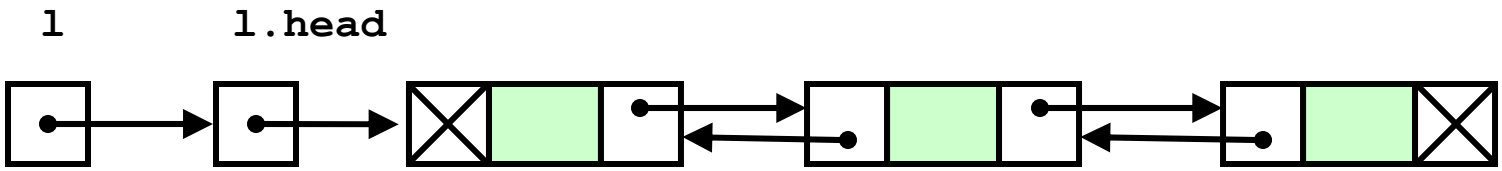
7. Implementa una pila di interi utilizzando oggetti e riferimenti
   - devi realizzare le funzioni `NEW_STACK()`, `IS_EMPTY(p)`, `PUSH(p,u)`, e `POP(p)` facendo uso di oggetti e riferimenti
8. Implementa una coda di interi utilizzando oggetti e riferimenti
   - devi realizzare le funzioni `NEW_QUEUE()`, `IS_EMPTY(c)`, `ENQUEUE(c,u)`, e `DEQUEUE(c)` facendo uso di oggetti e riferimenti

Esercizi: liste singolarmente concatenate

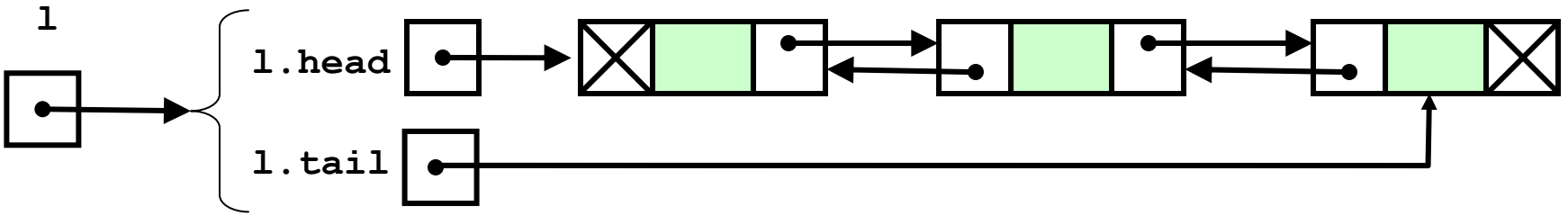
9. Scrivi lo pseudocodice della procedura `COMUNI`(l_1,l_2) che ritorna il numero di elementi della lista l_1 che sono anche contenuti nella lista l_2
   - discuti la complessità dell'algoritmo proposto
10. Scrivi lo pseudocodice della procedura non ricorsiva `INVERSA`(`l`) che ritorna una nuova lista singolarmente concatenata in cui gli elementi sono in ordine inverso
11. Scrivi lo pseudocodice della precedura `ACCODA`(l_1,l_2) che accoda gli elementi della lista l_2 alla lista l_1 mantenendo l'ordine relativo che gli elementi avevano nelle liste originarie
    - puoi supporre di poter modificare le liste in input

Lista doppiamente concatenata

- Oltre all'attributo `next` i nodi dispongono anche dell'attributo `prev`

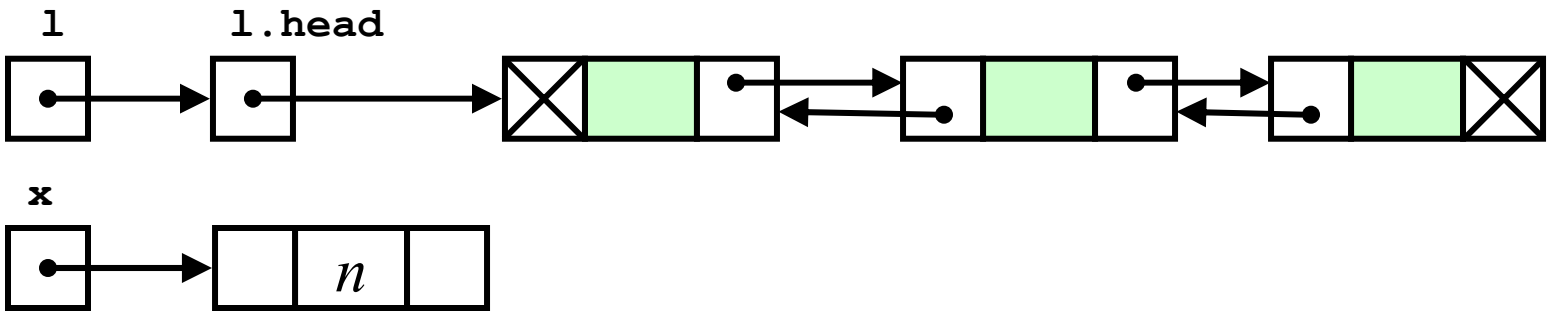


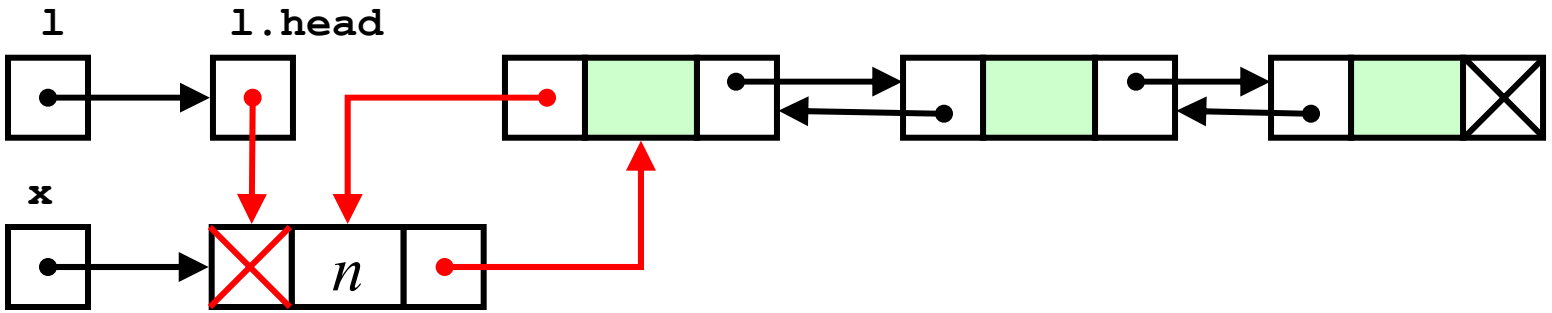
- Talvolta la lista `l` dispone anche di un attributo `l.tail`



Inserimento nella lista

- `INSERT(l,n)`: inserimento in testa alla lista



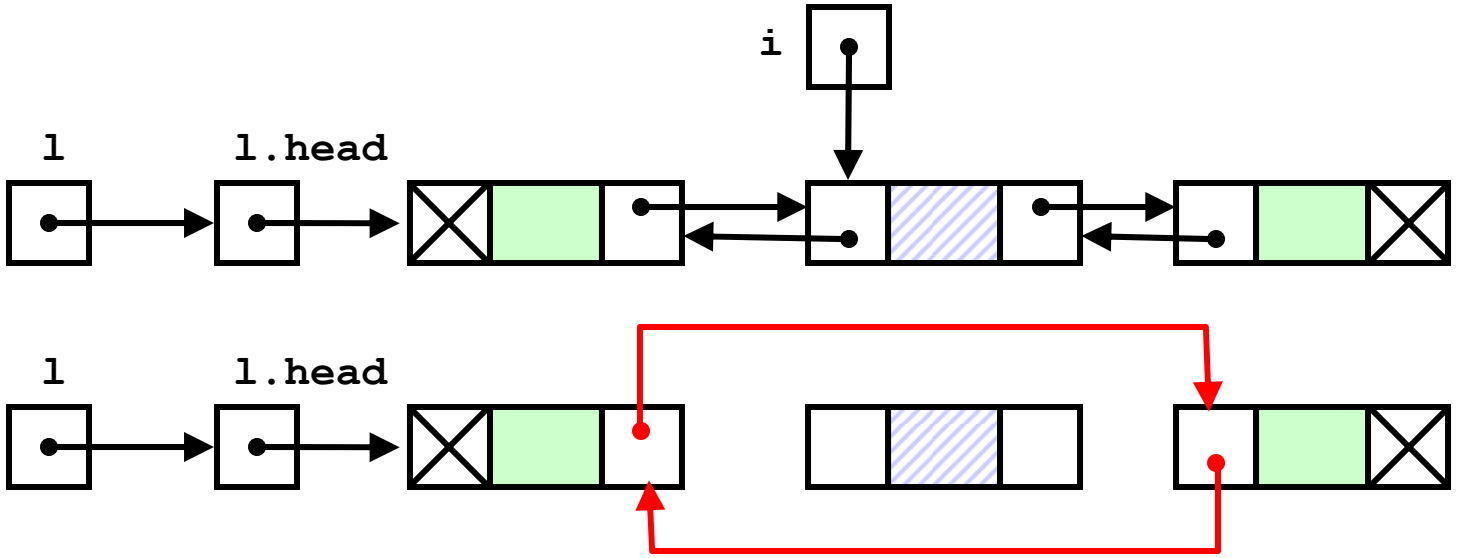


Inserimento nella lista

- `INSERT(l,n)`: inserimento in testa alla lista

```
INSERT(l,n)
1.  ▷ x è un nuovo oggetto con tre campi:
2.  ▷       x.info (intero)
3.  ▷       x.prev, x.next (riferimenti ad oggetti analoghi)
4.  x.info = n
5.  x.next = l.head
6.  x.prev = NULL
7.  if l.head != NULL
8.      l.head.prev = x
9.  l.head = x
```

Cancellazione di un elemento




```
DELETE(l,i)
1.  if i.prev != NULL
2.      i.prev.next = i.next
3.  else
4.      l.head = i.next
5.  if i.next != NULL
6.      i.next.prev = i.prev
```

Esercizi su liste doppiamente concatenate

12. Scrivi lo pseudocodice dell'operazione `INSERT_BEFORE(l,n,i)` che riceva come parametri una lista doppiamente concatenata `l`, un intero `n` ed un iteratore `i`, e inserisca `n` nella lista prima dell'elemento riferito da `i`
    - discuti la complessità della procedura
13. Scrivi lo pseudocodice dell'operazione `ADD_AFTER(l,n,i)` che riceva come parametri una lista doppiamente concatenata `l`, un intero `n` ed un iteratore `i`, e inserisca `n` nella lista dopo l'elemento riferito da `i`
    - discuti la complessità della procedura

Esercizi su liste doppiamente concatenate

14. Implementa una coda utilizzando una lista doppiamente concatenata
    - è possibile che le operazioni `ENQUEUE` e `DEQUEUE` abbiano entrambe complessità $\Theta(1)$?
    - come si potrebbe fare per ottenere questo risultato?
15. Scrivi lo pseudocodice della procedura `DELETE(l,u)` che rimuova l'elemento che ha valore `u` da una lista doppiamente concatenata di interi
    - discuti la complessità dell'algoritmo

Esercizi su liste doppiamente concatenate

16. Scrivi lo pseudocodice della procedura `INSERT_ORDERED(l,u)` che inserisca nella lista `l` (che si suppone ordinata in senso crescente) un intero `u` mantenendo l'ordinamento crescente della lista
17. Scrivi lo pseudocodice della procedura `MERGE(`l_1`,` l_2`)` che accetti come parametri due liste doppiamente concatenate di interi ordinate in senso crescente e restituisca una lista ordinata in senso crescente con gli elementi di entrambe
    - puoi supporre che tutti gli elementi delle liste siano diversi

Esercizi sulle liste ordinate

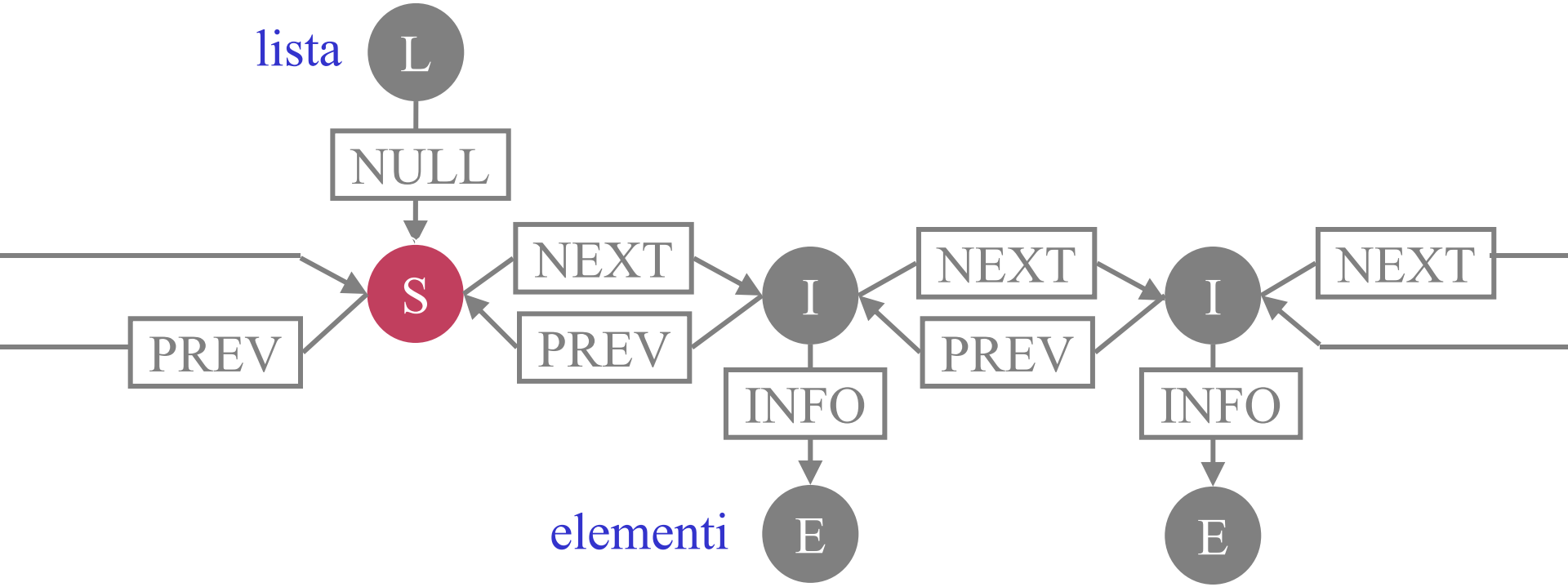
18. Scrivi lo pseudocodice della procedura `DOPPIONI(l)` che verifichi che una lista (non ordinata) doppiamente concatenata di interi non abbia doppioni
19. Scrivi lo pseudocodice della procedura `DOPPIONI_SORTED(l)` che verifichi che una lista doppiamente concatenata di interi ordinata in senso non-decrescente non abbia doppioni

Liste con sentinelle

- Le liste realizzate con oggetti e puntatori offrono l'opportunità di introdurre speciali iteratori chiamati "sentinelle"
- Il primo iteratore della lista (la "sentinella") è sempre presente e non ha nessun elemento associato
- L'interatore non valido coincide con l'interatore che identifica la sentinella
- La struttura dati è circolare

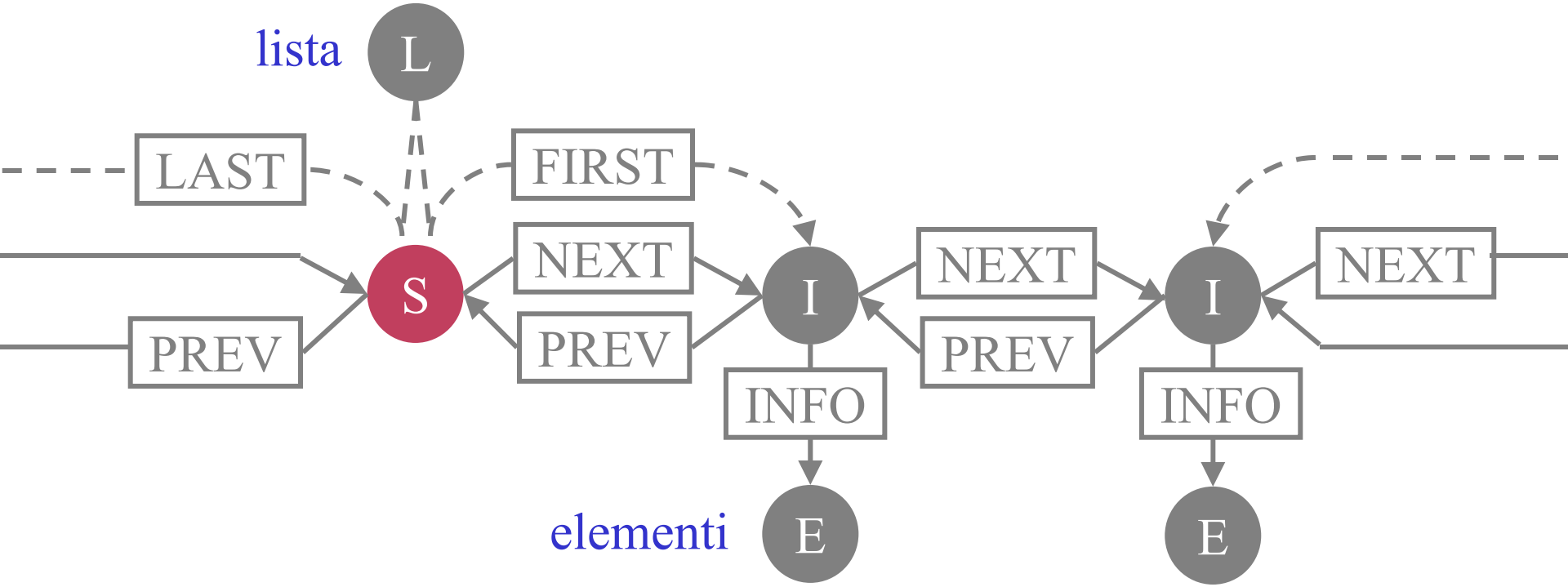
Liste con sentinelle

- Dalla lista si accede direttamente (ed esclusivamente) all'iteratore non-valido, cioè alla sentinella



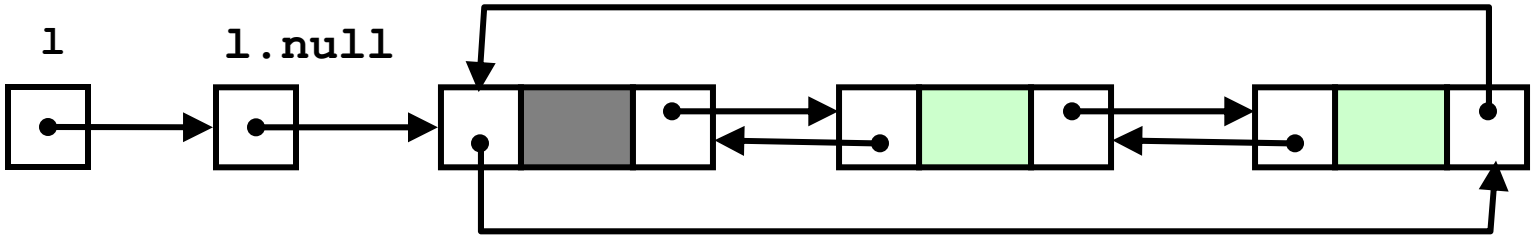
Uso della sentinella

- Concatenando NULL+NEXT si ottiene FIRST
- Concatenando NULL+PREV si ottiene LAST
- Questa strategia comporta diversi altri vantaggi
  - molte procedure risultaranno semplificate

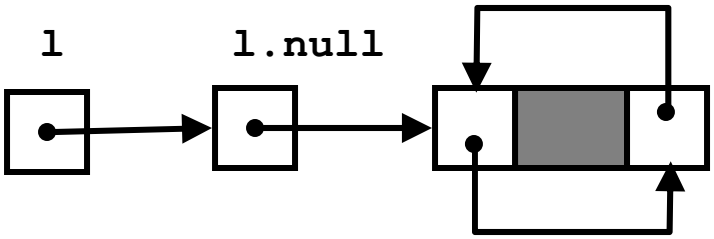


Realizzazione della sentinella

- La sentinella è un nodo fittizio introdotto in testa alla lista



- La lista vuota contiene solamente la sentinella



Procedure nelle liste con sentinelle

- Esempi di procedura semplificata dall'uso di sentinelle
  - lista doppiamente concatenata (senza sentinella)

```
DELETE(l,i)   ▷ versione senza sentinella (i != NULL)
1.  if i.prev != NULL
2.      i.prev.next = i.next
3.  else
4.      l.head = i.next
5.  if i.next != NULL
6.      i.next.prev = i.prev
```

  - lista doppiamente concatenata con sentinella

```
DELETE(l,i)   ▷ versione con sentinella (i != l.null)
1.  i.prev.next = i.next
2.  i.next.prev = i.prev
```

Esercizi sulle liste con sentinelle

20. Scrivi lo pseudocodice della procedura `INSERT(l,n)` che inserisce in testa ad una lista con sentinella `l` un intero `n`
21. Scrivi lo pseudocodice della procedura `SEARCH(l,n)` che ritorna un iteratore all'elemento della lista con sentinella `l` che ha valore `n`
    - `SEARCH(l,n)` ritorna `l.null` se `n` non è presente nella lista `l`

