Strutture Dati Dinamiche: Le Liste

Informatica A AA 2024 / 2025

Giacomo Boracchi

22 Novembre 2024

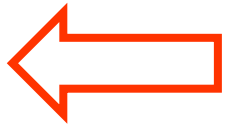
giacomo.boracchi@polimi.it

Slide credits Prof. Alessandro Campi

Strutture dati dinamiche

Crescono e **decrescono** durante l'esecuzione del programma:

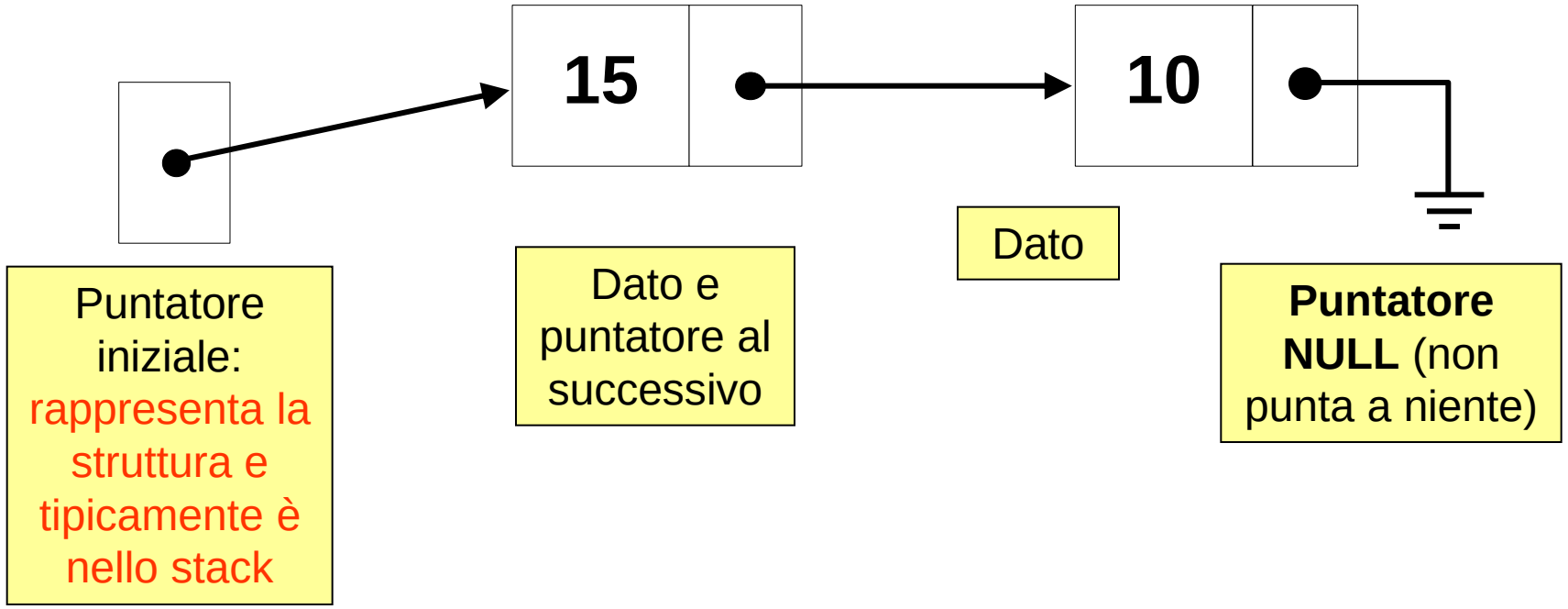
- ***Lista*** *concatenata (linked list)*
  - Inserimenti/cancellazioni facili in qualsiasi punto
- ***Pila*** *(stack)*
  - Inserimenti/cancellazioni solo in cima (accesso **LIFO**)
- ***Coda*** *(queue)*
  - inserimenti "in coda" e cancellazioni "in testa" (**FIFO**)
- ***Albero*** *binaro (binary tree)*
  - ricerca e ordinamento veloce di dati
  - rimozione efficiente dei duplicati



Strutture dati ricorsive

(o auto-referenziali)

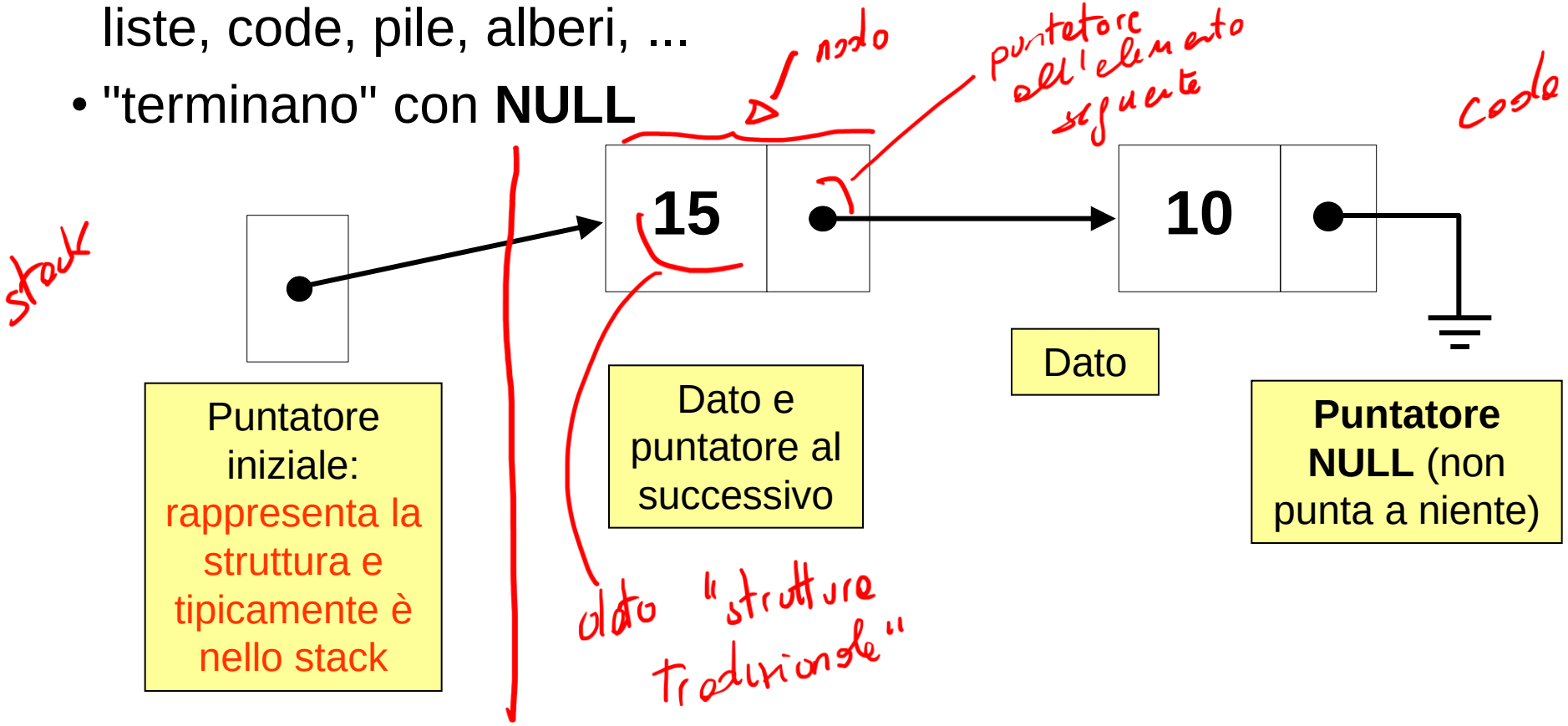
- **Strutture con puntatori a strutture dello stesso tipo**
- Si possono **concatenare** per ottenere strutture dati utili come: liste, code, pile, alberi, ...
- "terminano" con **NULL**



Strutture dati ricorsive

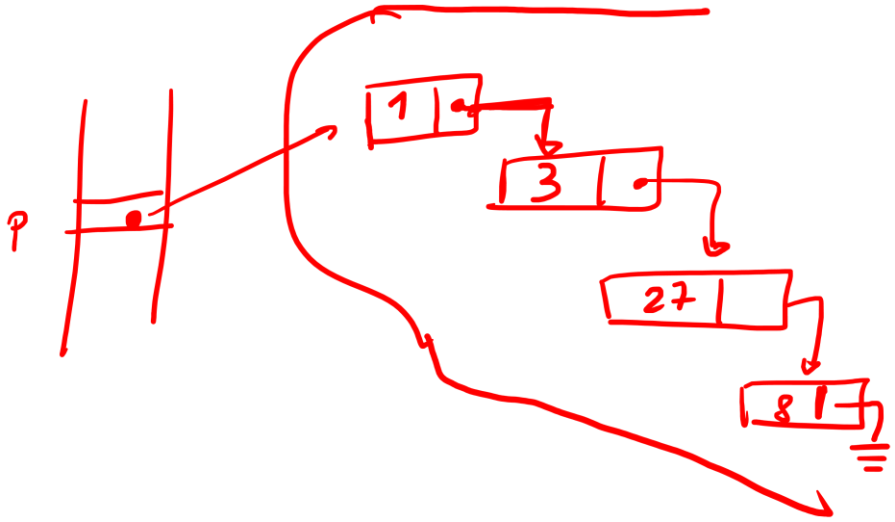
(o auto-referenziali)

- **Strutture con puntatori a strutture dello stesso tipo**
- Si possono **concatenare** per ottenere strutture dati utili come: liste, code, pile, alberi, ...
- "terminano" con **NULL**



La Lista

- Composta da ***elementi*** allocati dinamicamente, il cui numero cambia durante l'esecuzione
- Si accede agli elementi tramite puntatori (è in memoria dinamica)
- Ogni elemento contiene un **puntatore al prossimo** elemento della lista
  - Il primo deve essere puntato "a parte"
    - Non ha un precedente
  - L'ultimo non deve puntare "a niente"
    - Non ha un successivo



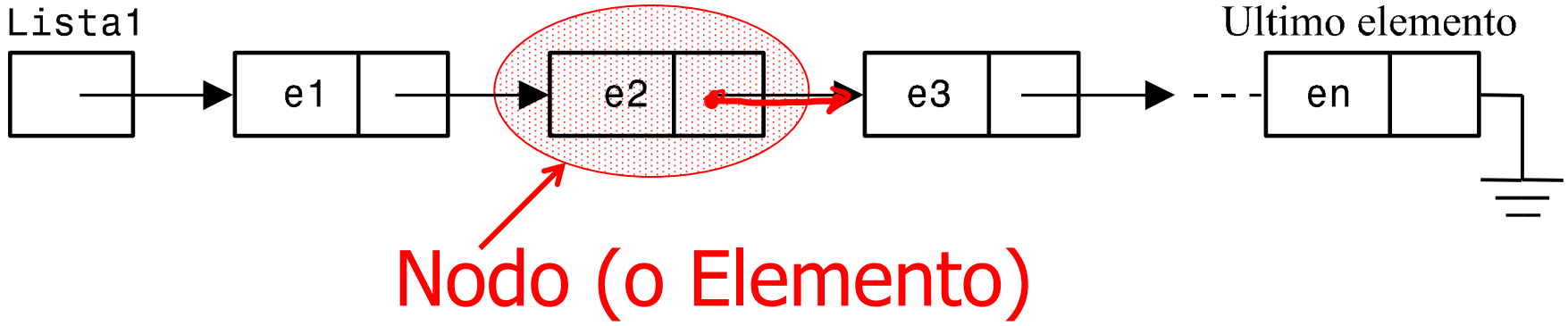
La Lista

Inizio della lista:

- Variabile di tipo *puntatore a elemento della lista*

Fine della lista:

- Puntatore nell'ultimo elemento vale NULL
- NULL è interpretabile anche come "lista vuota"



Strutture dati ricorsive (dichiaraz.)

- Si definiscono il tipo del nodo…

La userp

```
typedef struct EL {
 TipoElemento info;
 struct EL * prox;
} ElemLista;
```

Notare la sintassi!

- …e il tipo del puntatore

```
typedef ElemLista * ListaDiElem;
```

Definizione Ricorsiva!!!

```
ListaDiElem l;
```

Strutture dati ricorsive (dichiaraz.)

- Si definiscono il tipo del nodo…

La userp

```
typedef struct EL {
  TipoElemento info;
  struct EL * prox;
} ElemLista;
```

Notare la sintassi!

puntatore al prossimo elemento della lista

- …e il tipo del puntatore

```
typedef ElemLista * ListaDiElem;
```

per evitare di noi uso un puntatore!

Definizione Ricorsiva!!!

```
ListaDiElem l;
```

Strutture dati ricorsive (variante)

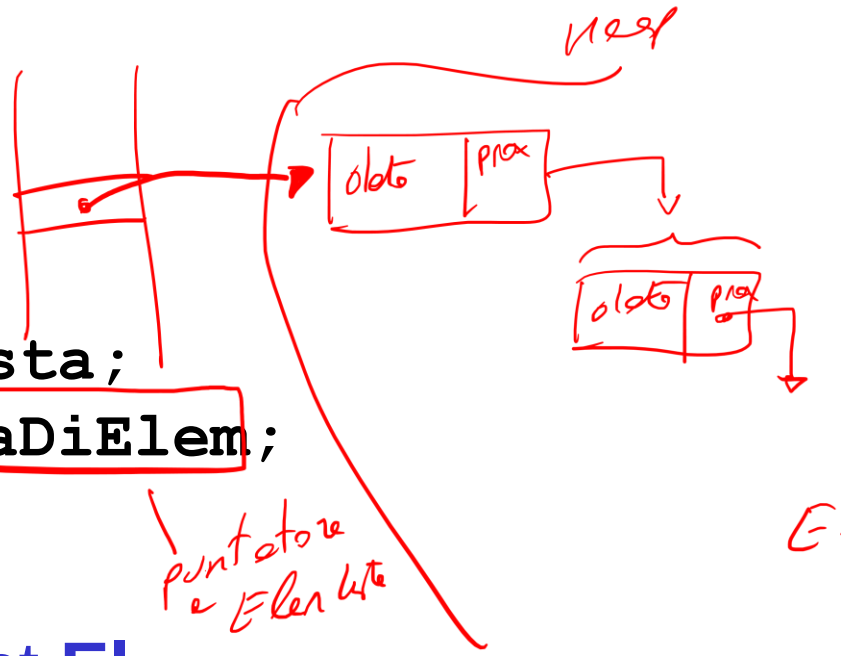
```
struct El {
   TipoElemento dato;
   struct El * prox;
};
typedef struct El ElemLista;
typedef struct El * ListaDiElem;
```

Il puntatore **`prox`**:

- punta a un oggetto di tipo struct **El**
- si chiama ***link***
- lega oggetti di tipo struct **El** tra di loro

Strutture dati ricorsive (variante)

```
struct El {
    TipoElemento dato;
    struct El * prox;
};
typedef struct El ElemLista;
typedef struct El * ListaDiElem;
```



ElemLista * P;

Il puntatore **prox**:

- punta a un oggetto di tipo struct **El**
- si chiama ***link***
- lega oggetti di tipo struct **El** tra di loro

Liste concatenate (linked lists)

Lista concatenata:

- Collezione lineare di oggetti di tipo auto-referenziale, chiamati ***nodi***, collegati tramite puntatori (***link***)
- Vi si accede mediante un puntatore al primo nodo della lista (la ***testa*** della lista)
- **Gli elementi successivi al primo** (la ***coda*** della lista) **si raggiungono attraversando i puntatori** (link) **da un oggetto all'altro**
  - Osservazione utile in seguito: **la coda di una lista è una lista**
- Il puntatore (link) contenuto **nell'ultimo** elemento ha valore ***NULL***

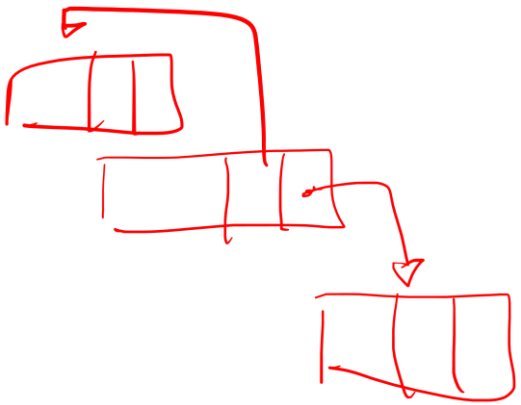
Liste concatenate (linked lists)

- Si usano (al posto degli array) quando:
  - Il numero degli elementi non è noto a priori, e/o
  - La lista deve essere mantenuta ordinata
- Al costo di una gestione un po' più complessa, **risolviamo i problemi di "spreco" di spazio e di tempo** descritti all'inizio

- **NOTA**: gli elementi di una lista **non** sono necessariamente memorizzati in modo contiguo!
  - I nodi sono anzi di solito "sparpagliati" nello heap, e i link li "cuciono" in una sequenza che dalla testa arriva all'ultimo nodo

Modi di concatenare le liste

- *Liste semplicemente concatenate:*
  - Comincia con un puntatore al primo
  - Termina col puntatore nullo
  - Si attraversa solo in un solo verso (dalla testa fino in fondo)
- *Liste semplicemente concatenate circolari:*
  - Il puntatore contenuto nell'ultimo nodo punta di nuovo al primo
- *Liste doppiamente concatenate:*
  - Due puntatori di "inizio", uno al primo e uno all'ultimo elemento
  - Ogni nodo ha un puntatore "in avanti" e uno "indietro"
  - Permette l'attraversamento nelle due direzioni
- *Liste doppiamente concatenate circolari:*
  - Il puntatore "in avanti" dell'ultimo nodo punta al primo nodo
  - Il puntatore "indietro" del primo nodo punta all'ultimo nodo



Recall: Struct e puntatori

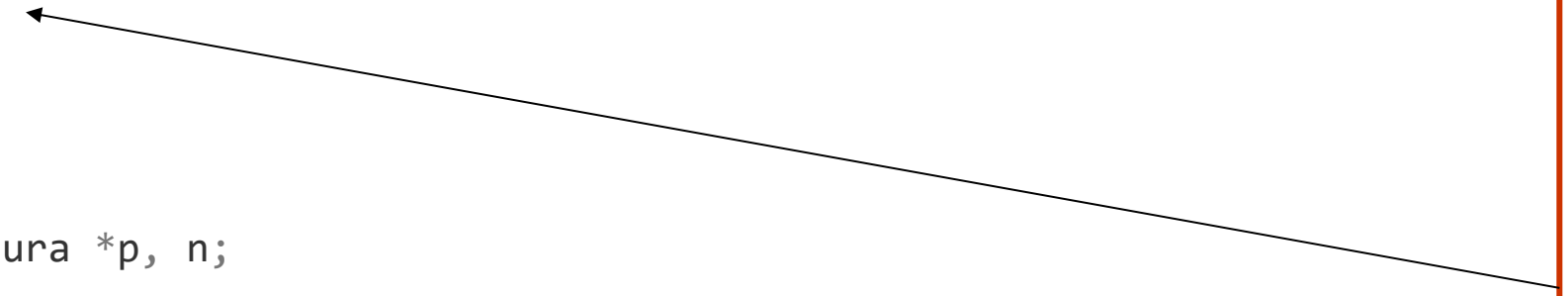
```
typedef struct {
    int    PrimoCampo;
    char   SecondoCampo;
} TipoDato;
TipoDato t;
TipoDato * p = &t;
```

Sintassi per accedere ai campi di una struct tramite un puntatore p

```
p->PrimoCampo   = 12;
(*p).PrimoCampo = 12;
```

} *equivalenti*

Come accedere ai campi di una struttura tramite puntatori



```c
#include<stdio.h>
#include<string.h>

typedef struct {
int x;
char stringa[10];
}Struttura;

typedef struct {
int v;
Struttura s;
}SovraStruttura;
```

```c
int main()
{
SovraStruttura *p, n;
p = &n;
printf("inserisci v");
scanf("%d", &p->v); // equivale a scanf("%d", &n.v); e scanf("%d", &(*n).v);
printf("inserisci x");
scanf("%d", &p->s.x); //equivale a scanf("%d", &n.s.x);
fflush(stdin);
printf("inserisci stringa");
scanf("%s", p->s.stringa); //scanf("%d", n.s.stringa);

printf("\ncon punt:\np->v = %d, p->s.x = %d, p->s.stringa = %s", p->v, p->s.x, p->s.stringa);
printf("\ncon var :\nn.v = %d, n.s.x = %d, n.s.stringa = %s", n.v, n.s.x, n.s.stringa);
return 0 ;
}
```

Creare un singolo nodo di una lista

```
typedef struct Nd {
     int dato;
     struct Nd * next;
  } Nodo;

typedef Nodo * ptrNodo;

ptrNodo ptr;                    /* puntatore a nodo */
ptr = malloc(sizeof(Nodo)); /* crea nodo */
ptr->dato = 10;    /* inizializza nodo (dato) */
ptr->next = NULL; /* inizializza nodo (link) */
```

Creare una lista di **due** nodi

```
…
ptrNodo Lista;  /* puntatore alla testa della lista */
ptrNodo ptr;          /* puntatore ausiliario a nodo */
Lista = malloc(sizeof(Nodo));     /* crea 1° nodo */
Lista->dato = 10;               /* inizializza 1° nodo */
ptr = malloc(sizeof(Nodo));       /* crea 2° nodo */
ptr->dato = 20;                 /* inizializza 2° nodo */
Lista->next = ptr;              /* collega il 1° al 2° */
ptr->next = NULL;    /* "chiusura" lista al 2° nodo */
…
```

Creare una lista di **due** nodi (**variante**)

```
…
ptrNodo Lista;  /* puntatore alla testa della lista */
Lista = malloc(sizeof(Nodo));    /* crea 1° nodo */
Lista->dato = 10;                /* inizializza 1° nodo */
Lista->next = malloc(sizeof(Nodo);
    /* crea E ATTACCA il 2° nodo in coda al primo */
Lista->next->dato = 20;   /*inizializza 2° nodo */
Lista->next->next = NULL; /*"chiusura" al 2° nodo */
…
```

```c
#include <stdlib.h>
// definzione del tipo
typedef struct EL{
    int info;
    struct EL * next;
}Nodo;
// è comodo anche definire il tipo puntatore a nodo
typedef Nodo *PNodo;
void stampaLista(PNodo);

int main()
{// dichiaro 3 puntatori a nodi per creare questi elementi in heap,
// dichiaro un altro puntatore p che userò per operare nella lista
    PNodo ptesta, pcorpo, pcoda, p;
    int i;

// creo uno spazio per la testa nello heap
    ptesta = (Nodo *) malloc(sizeof(Nodo));
// creo uno spazio per il corpo
    pcorpo = (Nodo *) malloc(sizeof(Nodo));
// creo uno spazio per la coda
    pcoda = (Nodo *) malloc(sizeof(Nodo));
```

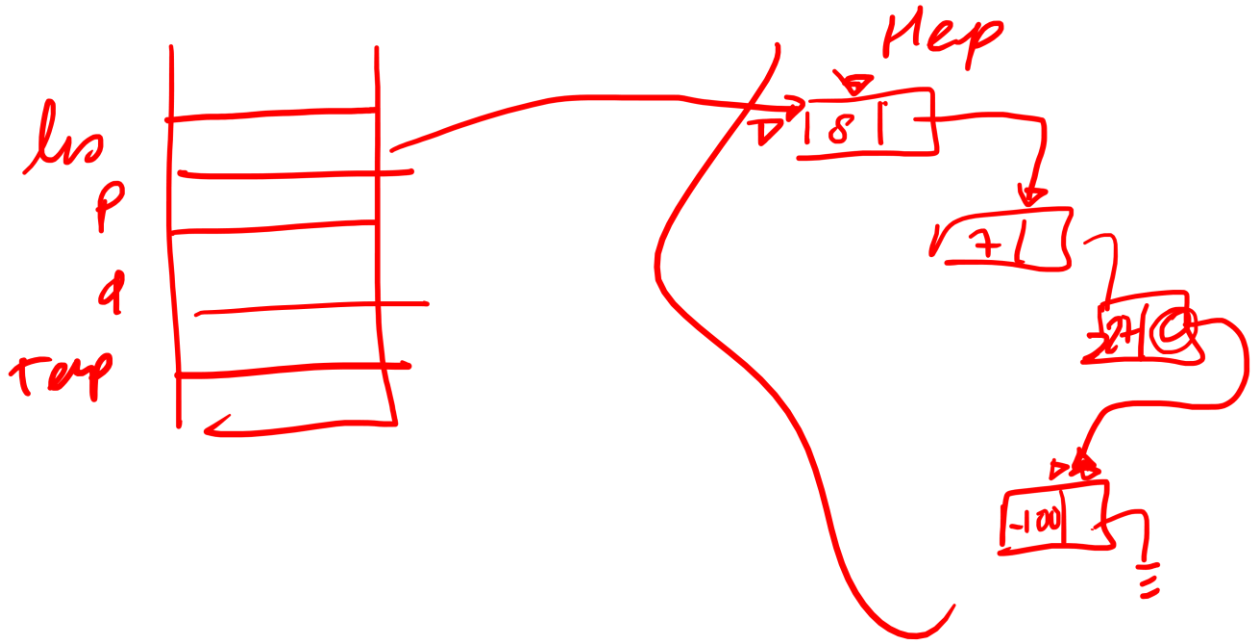
```
// popolo i nodi assegnando ai campi di una struttura a cui accedo con un puntatore
    ptesta->info = 7;
    ptesta->next = pcorpo; // il primo nodo punta alla coda
    pcorpo->info = 8;
    pcorpo->next = pcoda;
    pcoda->info = 9;
    pcoda->next = NULL;

// se mettessi pcoda->next = ptesta; farei una lista ciclica, la stampa non terminerebbe
// scorro e stampo il contenuto la lista
// prendo un puntatore che sia "spostabile" e lo faccio puntare alla testa
// NON sposto ptesta perchè se no non posso più tornare indietro.
p = ptesta; i = 0;
while(p->next != NULL)
    {
        printf("\nlista[%d] = %d", i, p->info);
        p = p->next; // non si può fare l'aritmetica del puntatore p++ perché siamo
                        nello heap!
        i++;
    }
// per stampare anche il valore della coda
printf("\nlista[%d] = %d", i, p->info);
}
```

Stampa del contenuto di una lista

```
// questa funzione modifica p che è una copia del puntatore alla testa, non c'è bisogno
// di fare un'altra copia locale… tanto p non viene restituita e viene distrutta al
// termine dell'invocazione

void stampaLista(PNodo p)
{
    int i = 0;
    while(p!=NULL)
    {
        printf("\nlista[%d] = %d", i, p->info);
        p = p->next;
        i++;
    }
}
```

Stampa del contenuto di una lista con una funzione, non serve usare un «puntare copia», si può mandare il parametro a NULL, tanto questo non modifica l'indirizzo a cui punta il puntatore nel record di attivazione del main

```
// popolo i nodi assegnando ai campi di una struttura a cui accedo con un puntatore
    ptesta->info = 7;
    ptesta->next = pcorpo; // il primo nodo punta alla coda
    pcorpo->info = 8;
    pcorpo->next = pcoda;
    pcoda->info = 9;
    pcoda->next = NULL;

// OSS, la funzione stampaLista ha accesso al heap tramite un puntatore locale
// che raccoglie la lista
    stampaLista(ptesta);
    printf("\n");
// ho modificato la copia del puntatore locale alla funzione, non ptesta, quindi posso
stampare anche due volte
    stampaLista(ptesta);
}
```



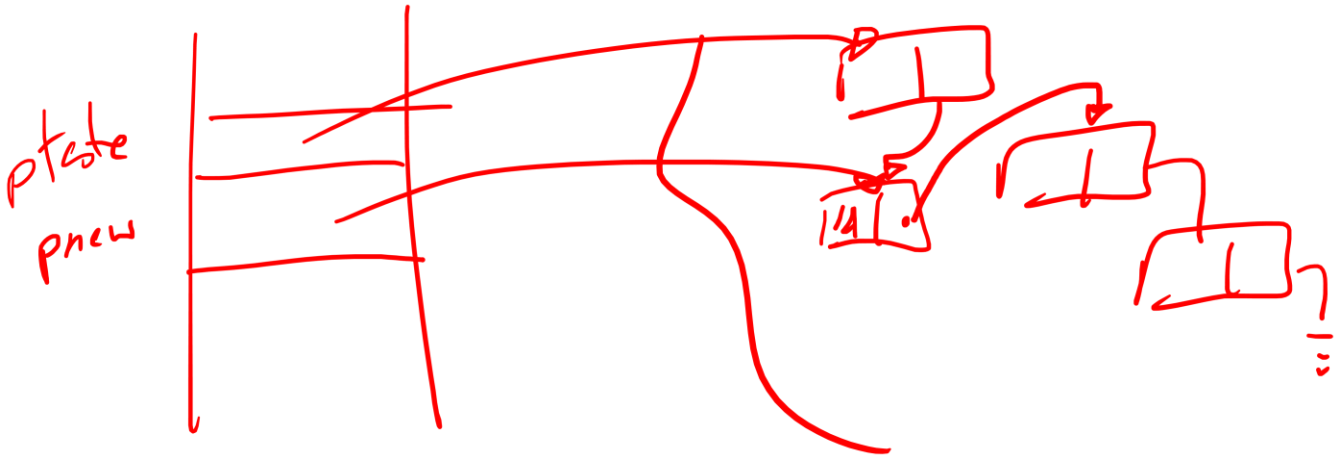

```
pnew = (Node *) malloc(...);
pnew -> data = 8;
pnew -> next = p;
p = pnew;
```

Inserimenti in testa senza funzione

```
// inserisco elemento in testa alla lista
// 1) creo un nuovo elemento
    pnew = (PNodo) malloc(sizeof(Nodo));
    pnew->info = 6;
// 2) attacco il nuovo davanti alla lista
    pnew->next = ptesta;
// 3) modifico il puntatore al primo elemento della lista
    ptesta = pnew;
// OSS: nell'assegnamento 2 ho copiato l'indirizzo di ptesta in pnew->next
//      quindi se modifico poi ptesta, questo non si propaga
```

Inserimento in seconda posizione senza funzione

```
// aggiungo un nuovo elemento in seconda posizione a ptesta
//1) preparo il nuovo nodo (OSS è la stessa istruzione di sopra, ma crea un altro Nodo,
non sovrascrive e quello sopra non è andato perso perchè è raggiungibile dalla lista)
    pnew = (PNodo) malloc(sizeof(Nodo));
    pnew->info = m;
//2) aggancio pnew al successivo di p
    pnew->next = ptesta->next;
//3) faccio raggiungere pnew da p
    ptesta->next = pnew;
// OSS, se avessi fatto 3) prima di 2) avrei creato garbage in quanto tutto quello che
segue da p (prima dell'inserimento) sarebbe diventato irraggiungibile
```



Inserimenti in coda senza funzione

```
// inserisco un elemento in coda
// 1) creo un nuovo elemento
    pnew = (PNodo) malloc(sizeof(Nodo));
    pnew->info = 10;
// 2) attacco il nuovo elemento in coda (qui so qual'è la coda, se no dovrei cercarla)
    pcoda->next = pnew;
// 3) faccio in modo che sia una coda l'ultimo inserito
    pnew->next = NULL;
```

Richiede tuttavia un puntatore alla coda (pcoda) nello stack. Nel caso in cui questo non ci fosse occorre scorrere la lista fino a trovare un nodo che punta a NULL!

Inserimento in prima posizione con funzioni

```
ListaDiElem InsInTesta ( ListaDiElem lista,
                                    TipoElemento elem ) {
    ListaDiElem punt;
    punt = (ListaDiElem) malloc(sizeof(ElemLista));
    punt–>info = elem;
    punt–>prox = lista;
    return  punt;
}
```

Chiamata: **lista1** = InsInTesta(**lista1**, elemento);

ATTENZIONE: l'inserimento modifica la lista

(non solo in quanto aggiunge un nodo, ma anche in quanto deve modificare il valore del puntatore al primo elemento *nell'ambiente del main*)

Nota bene: questa funzione esegue le operazioni corrette anche nel caso in cui la lista passata in ingress fosse NULL

Inserimento in ultima posizione (funzione iterativa)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
        return  punt;                          /* => punt è la nuova lista */
   else {
        while(cur–>prox!= NULL )          /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;                      /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

Inserimento in ultima posizione (funzione iterativa)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
        return  punt;                          /* => punt è la nuova lista */
   else {
        while(cur–>prox!= NULL )               /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;                     /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

Serve che la funzione **InsInFondo** restituisca la nuova lista perché la lista passata in ingresso potrebbe essere vuota.
In questo caso occorrerebbe quindi un inserimento in testa.
Altrimenti modifiche all'interno o in coda alla lista possono essere inserite anche con una funzione void.

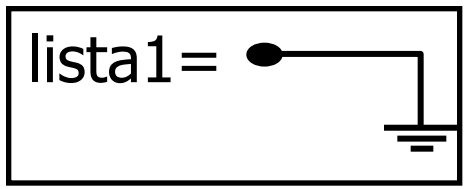
Inserimento in ultima posizione (iter.)

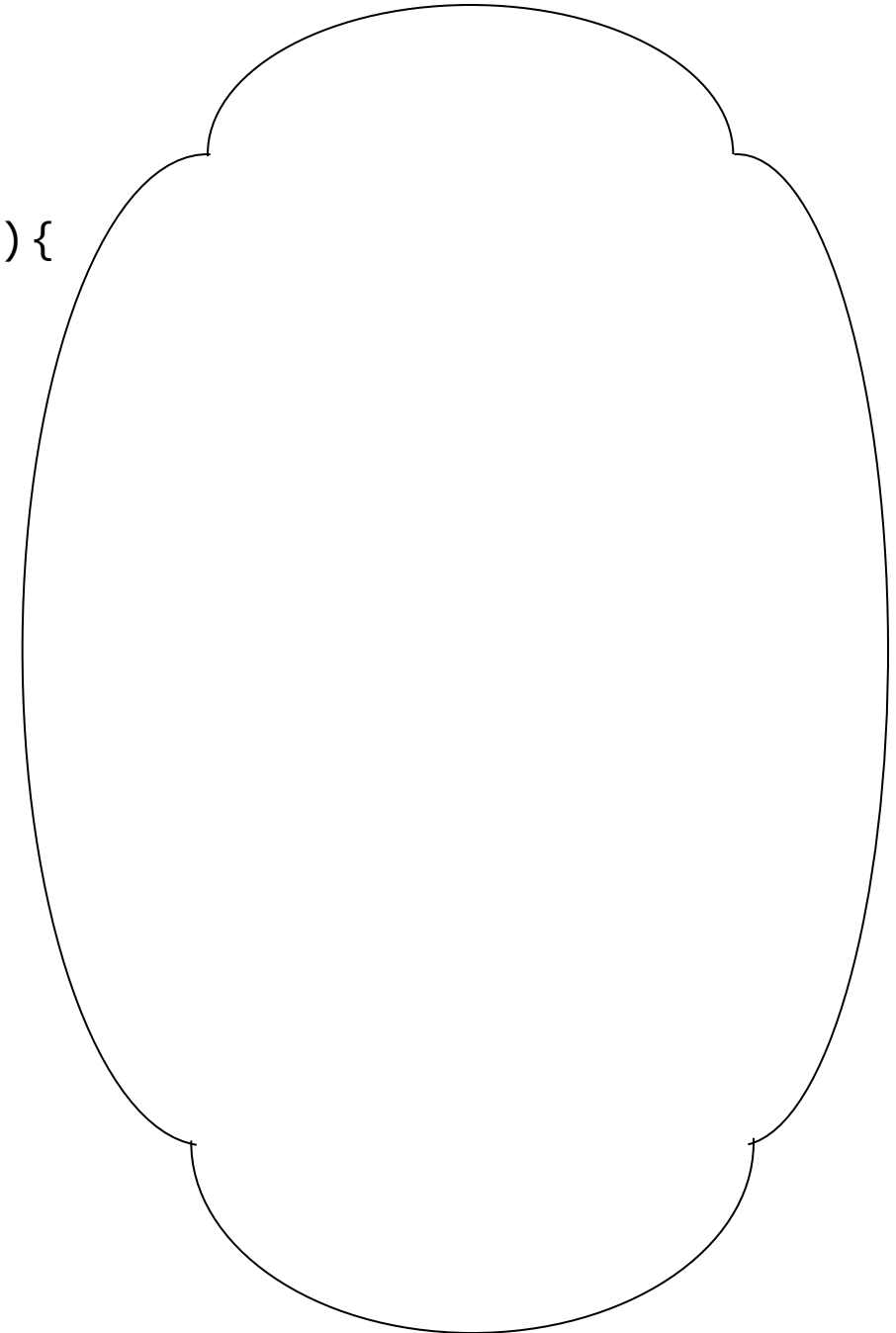
```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
         return  punt;                         /* => punt è la nuova lista */
   else {
         while( cur–>prox != NULL )        /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
         cur –>prox = punt;                    /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

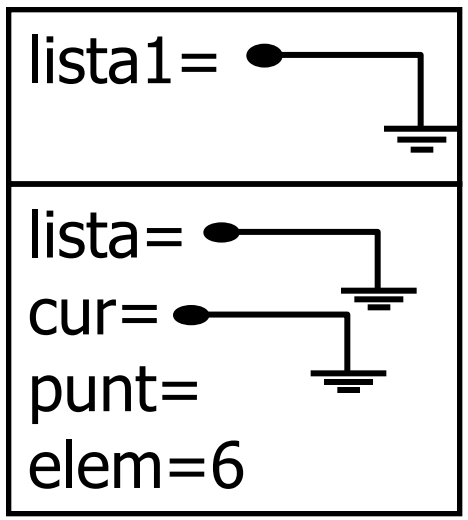
È necessario mantenere il puntatore alla testa (lista in questo caso) che viene restituito senza essere modificato. Cur invece viene modificato per scorrere la lista e quindi se lo restituissi, perderei la lista nell'invocazione

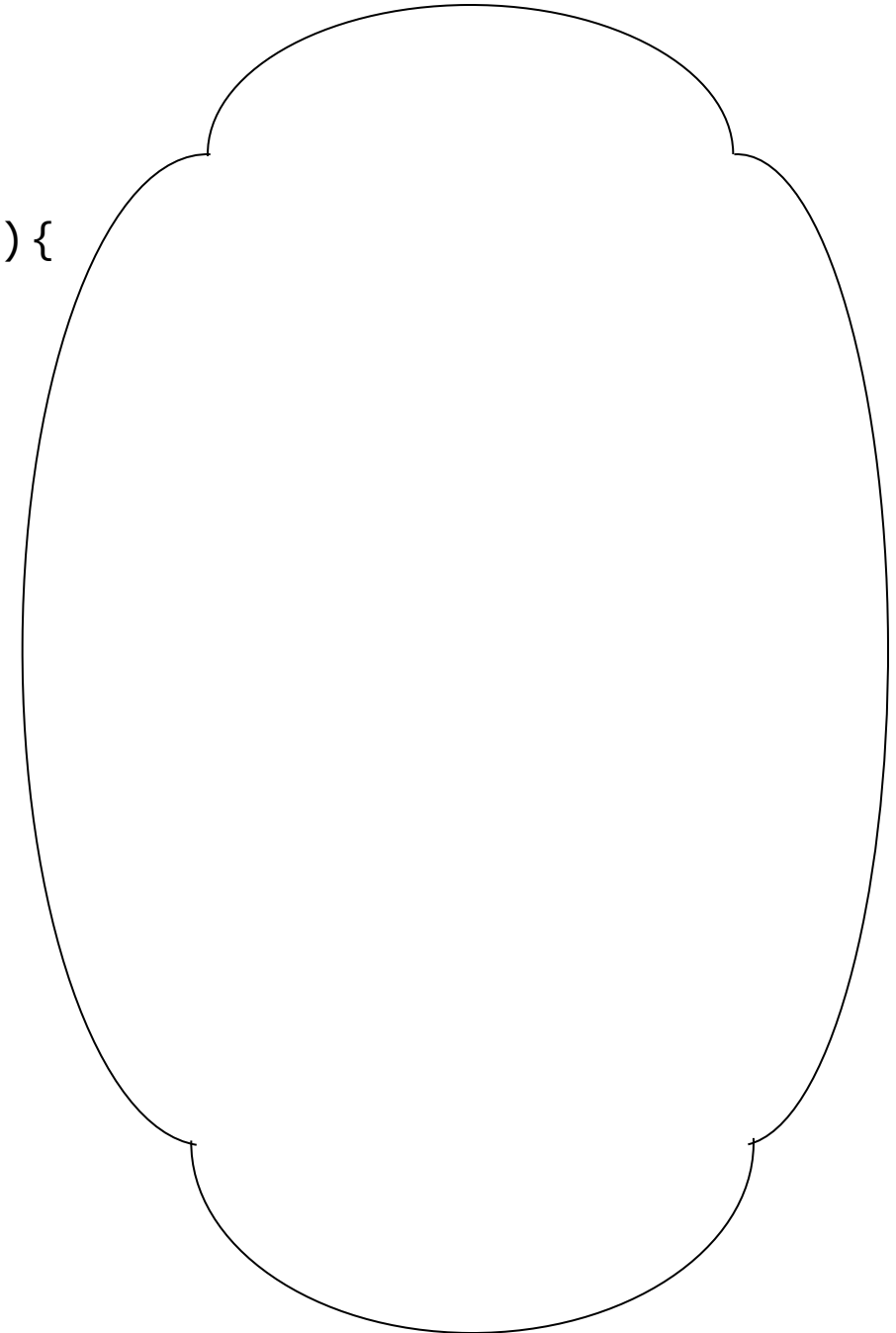
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



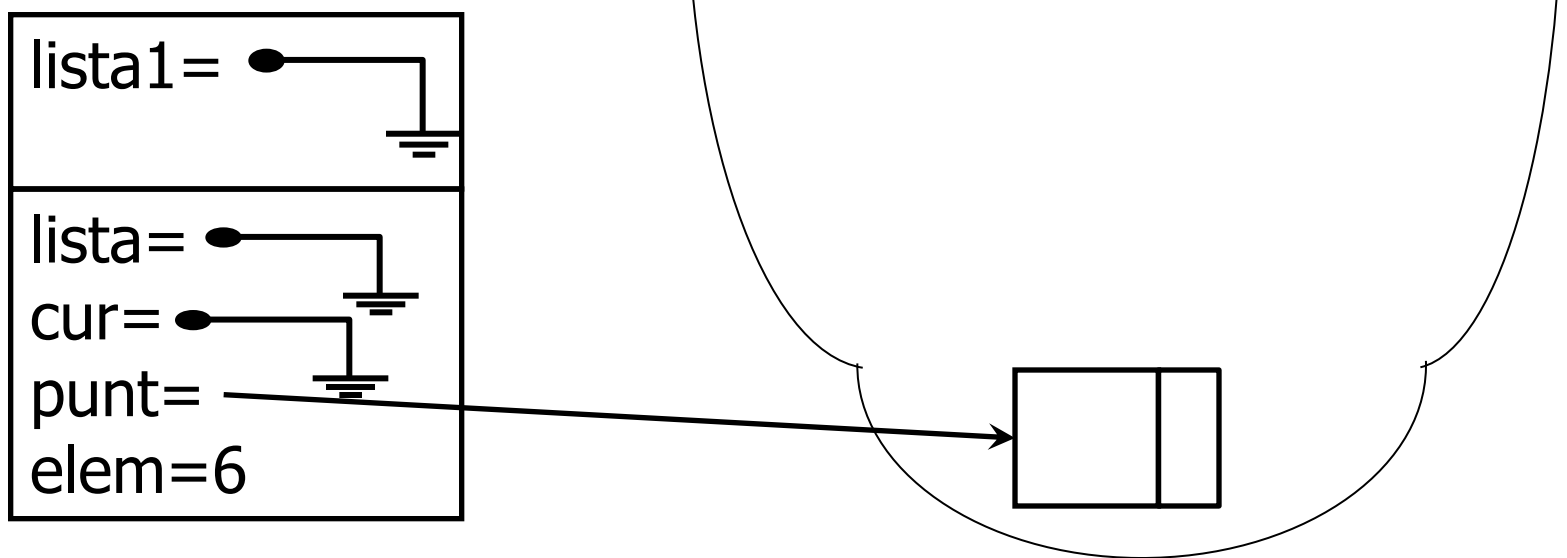


```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```

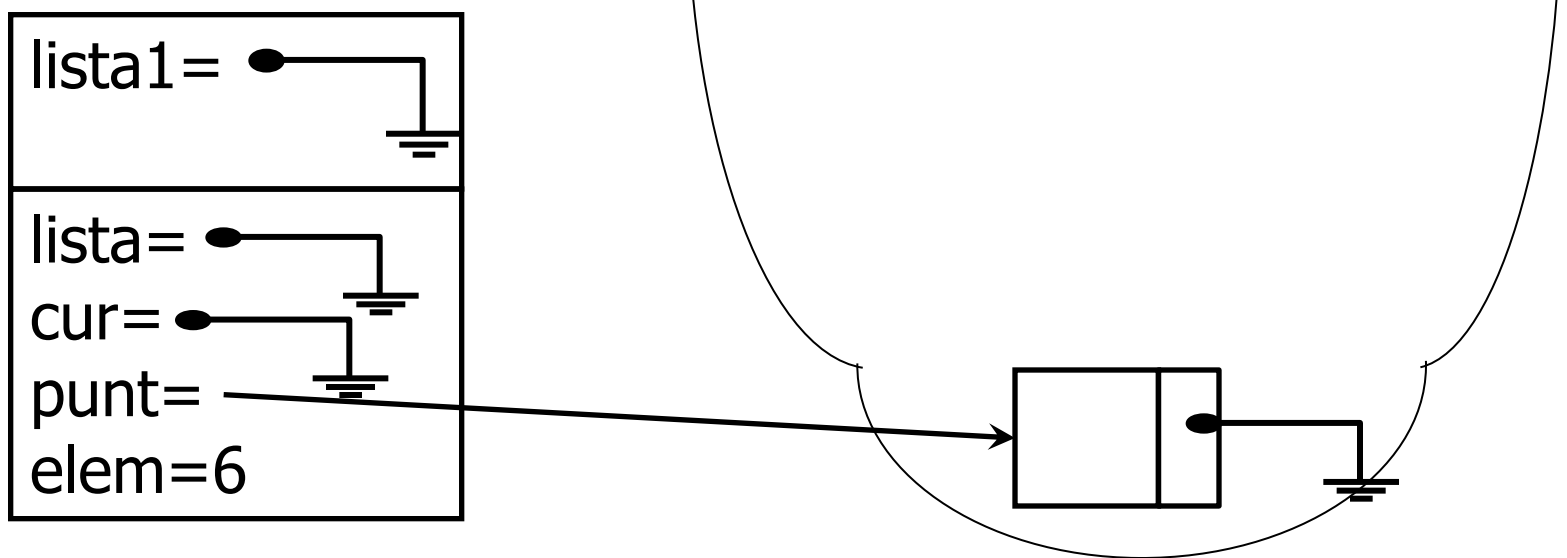




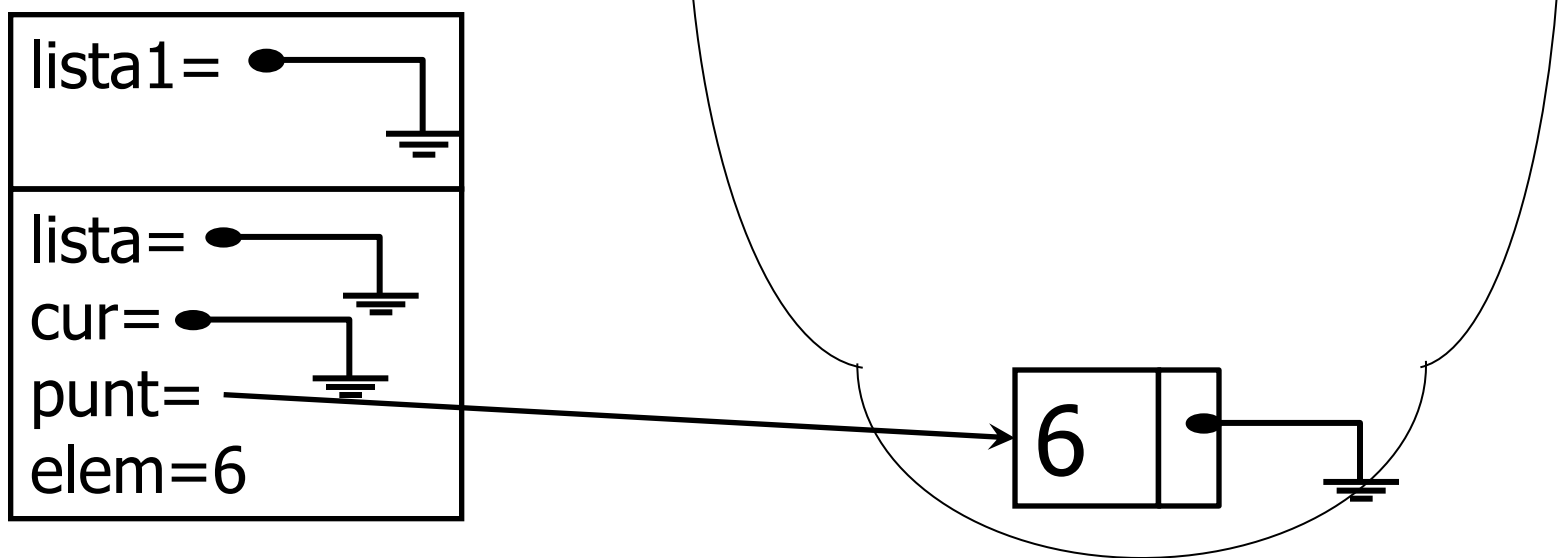
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



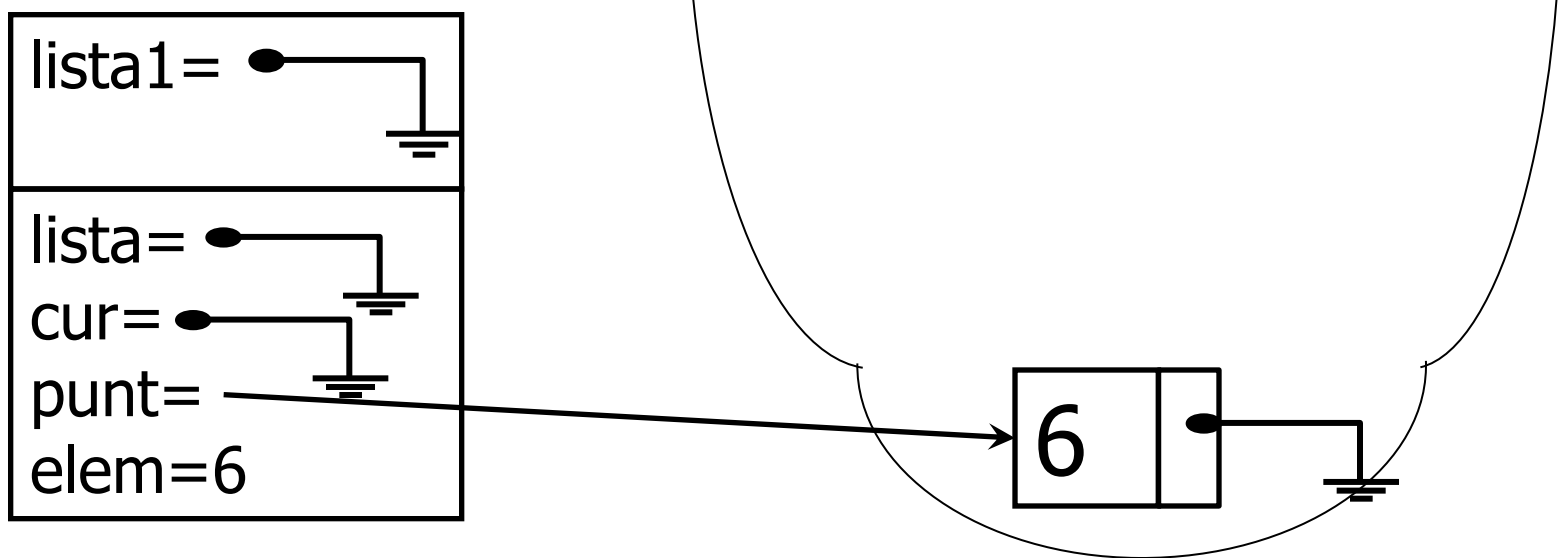
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



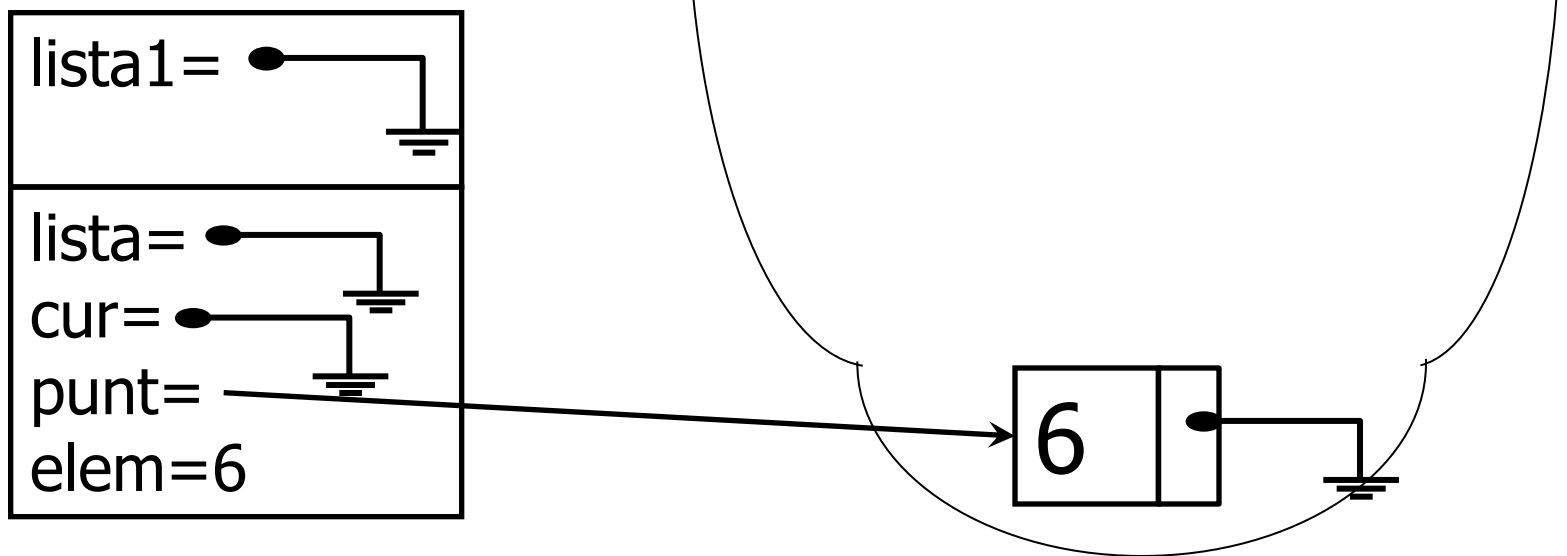
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



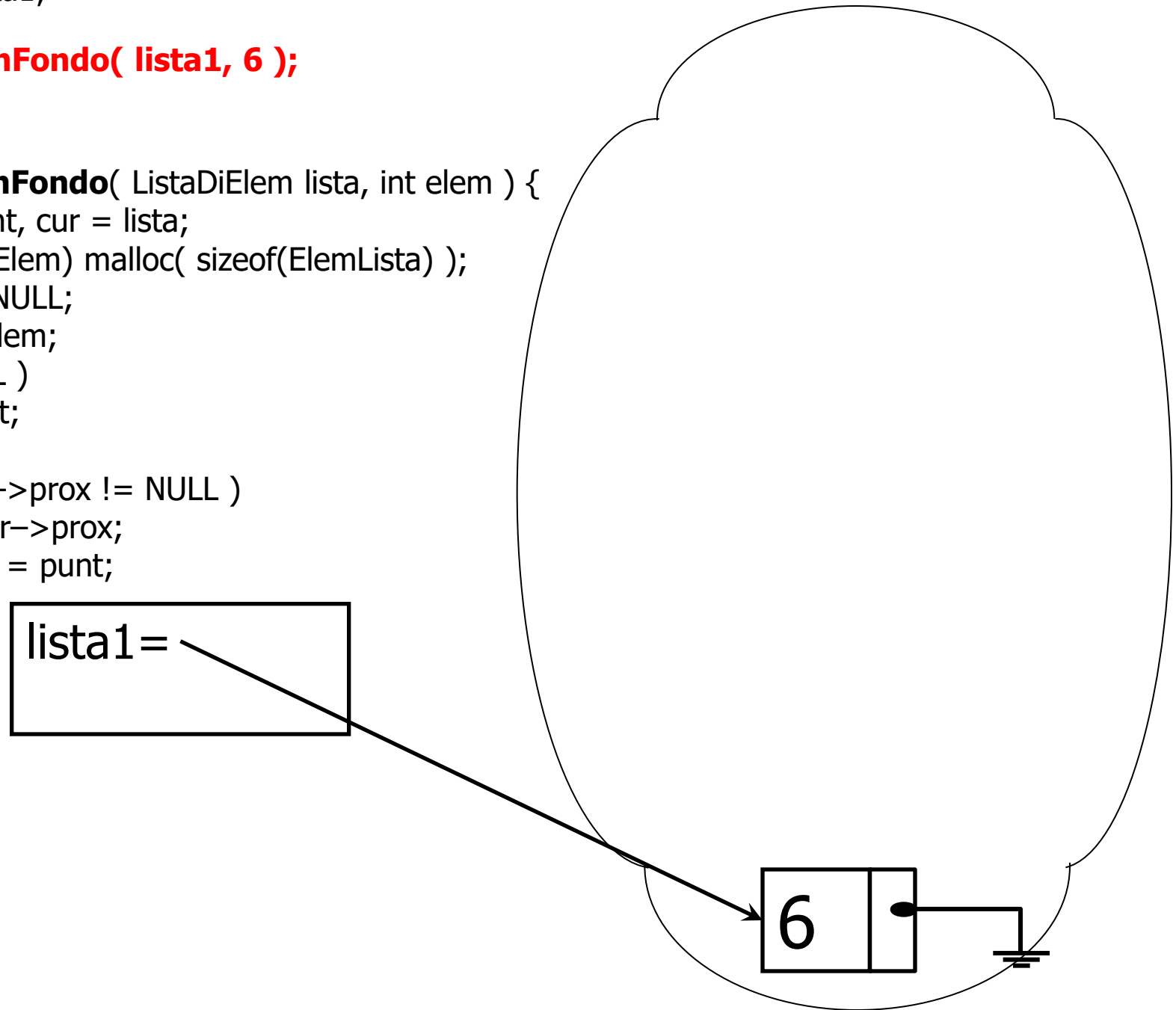
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



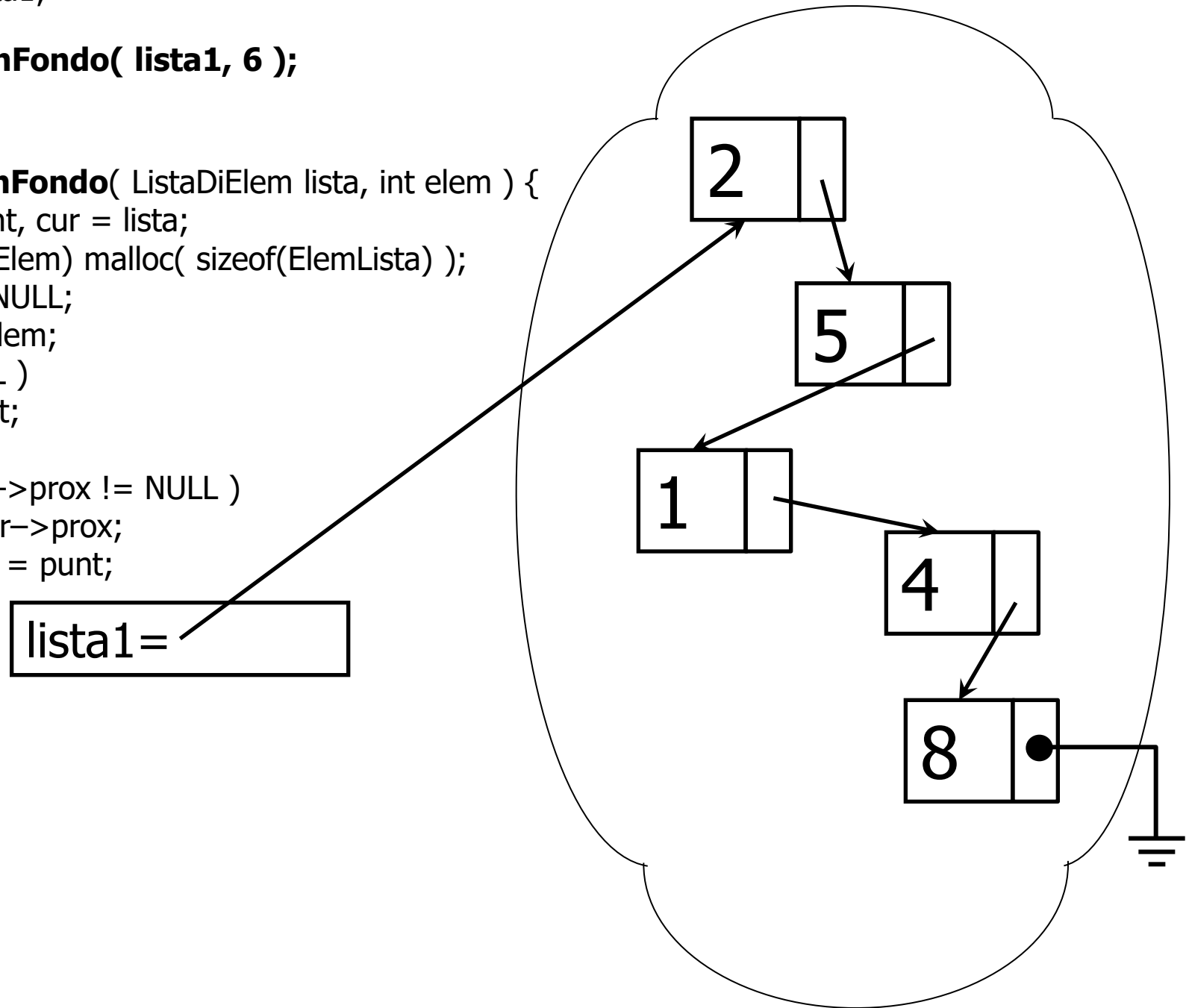
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



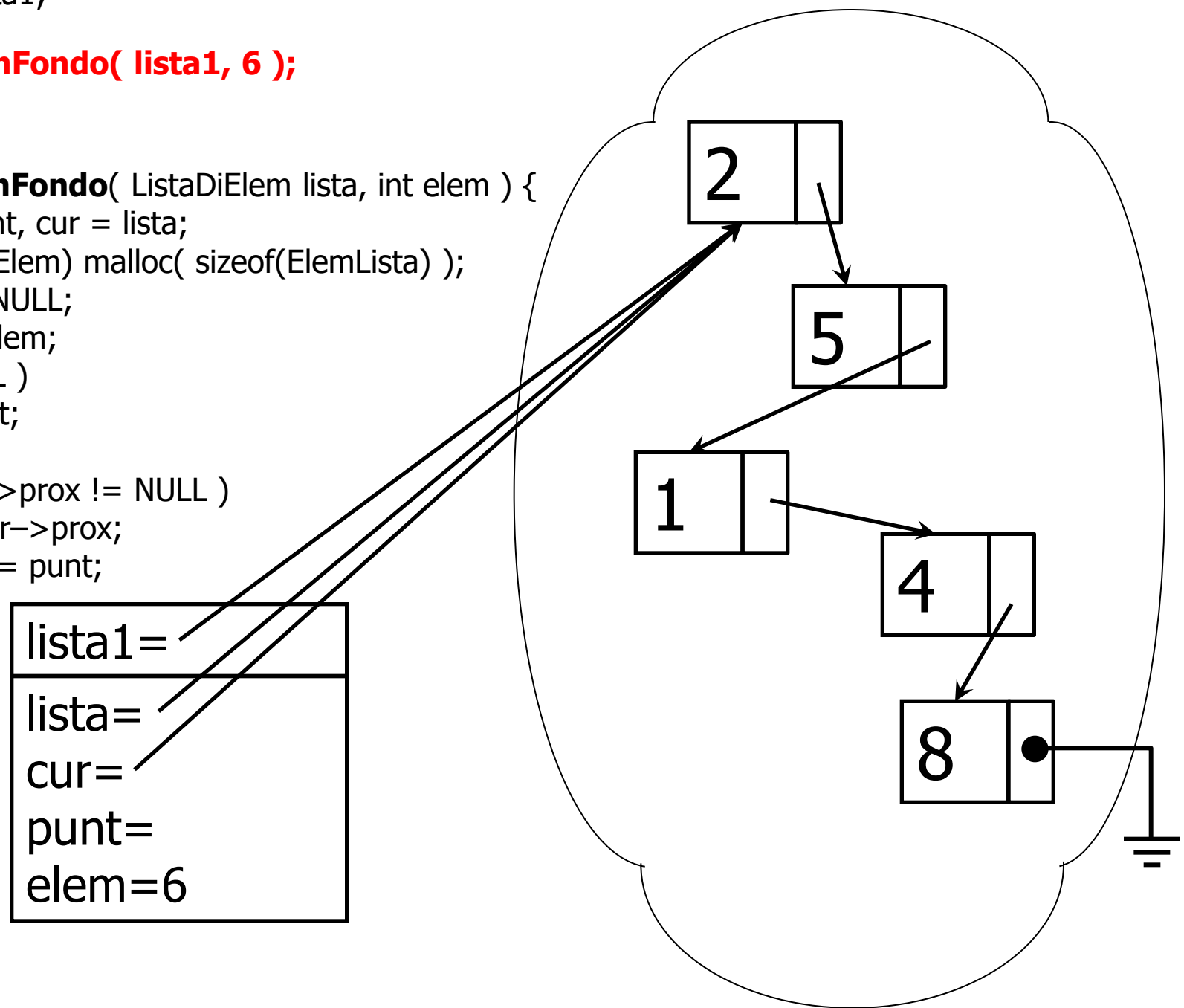
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



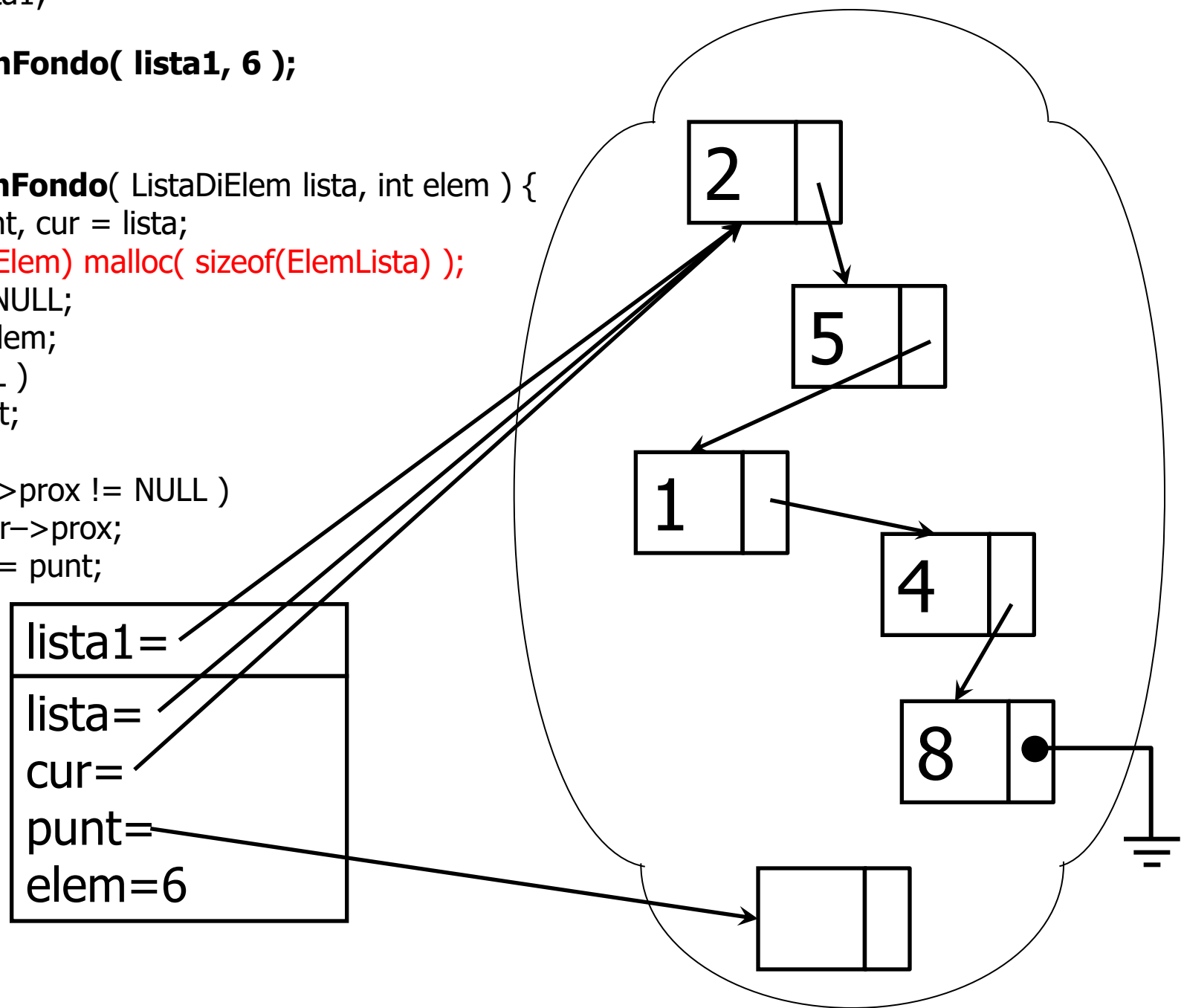
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur –>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



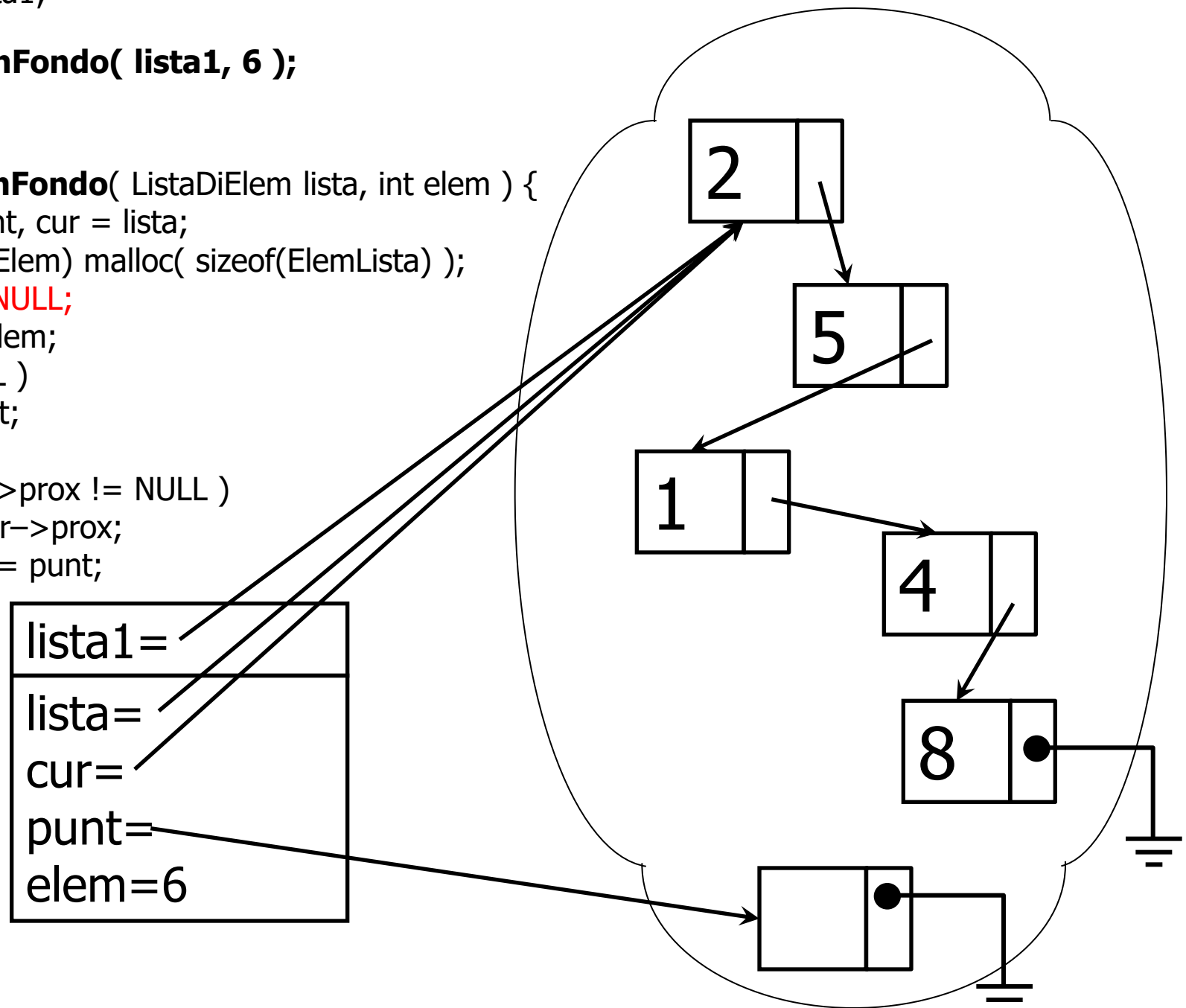
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



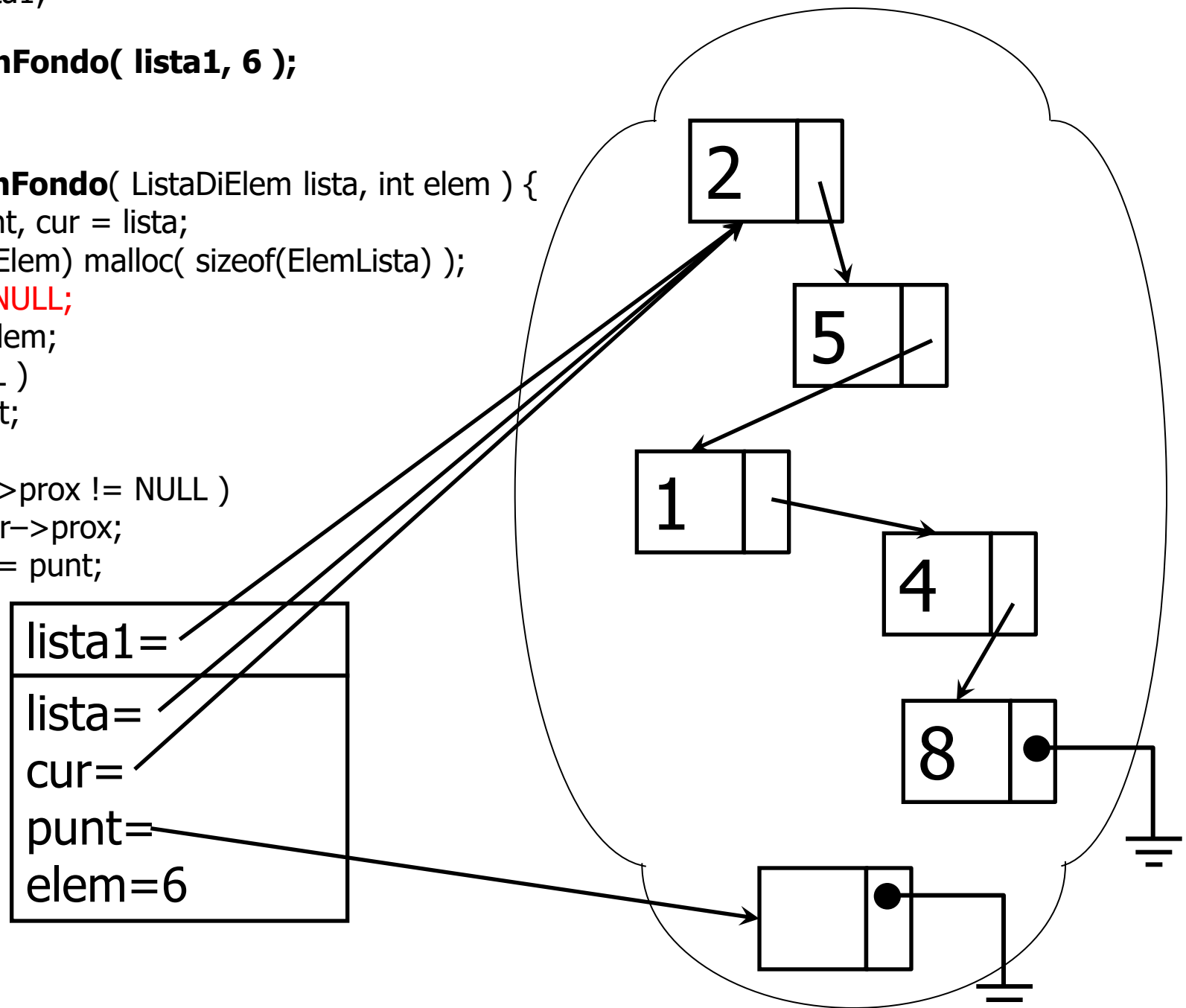
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



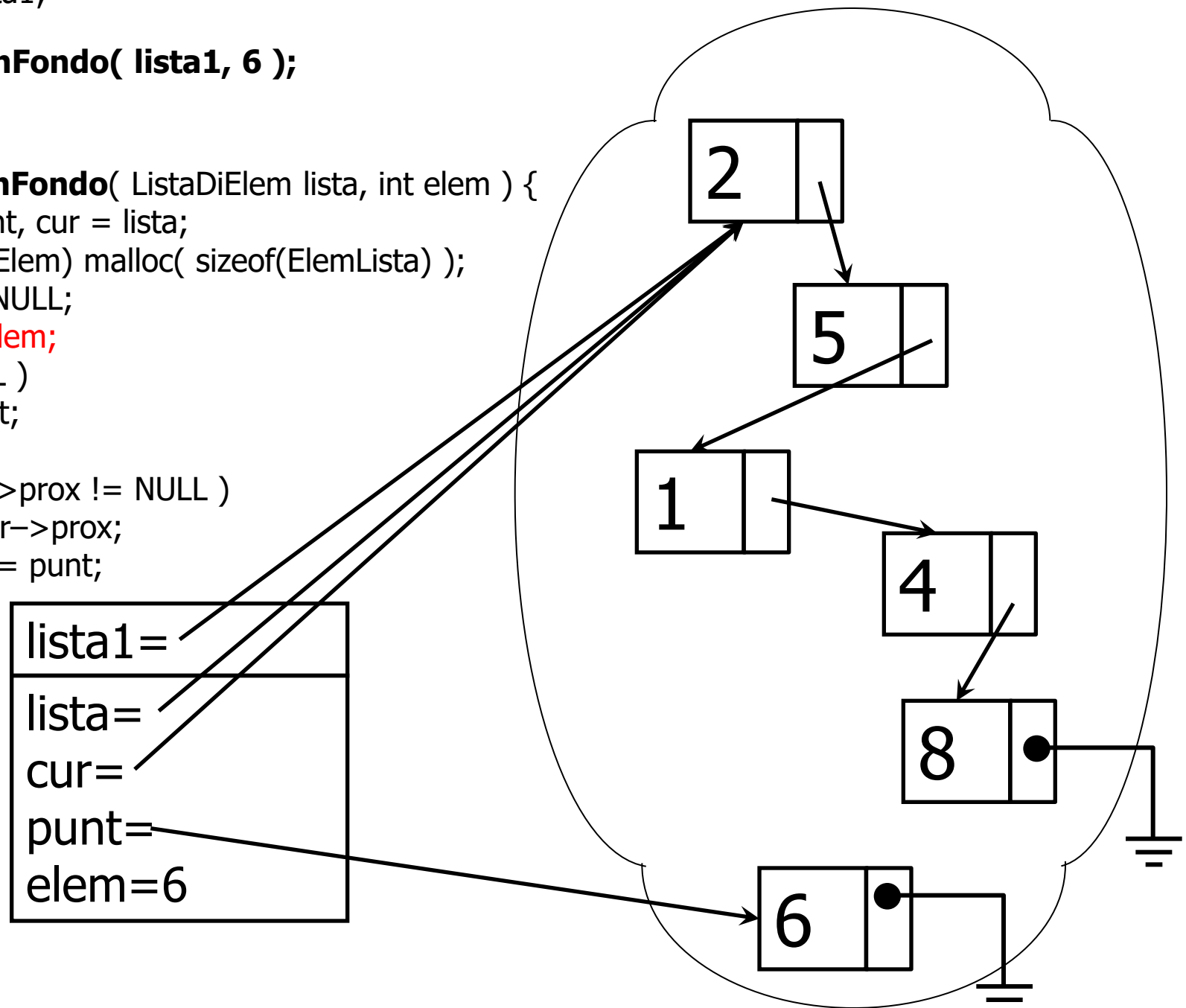
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



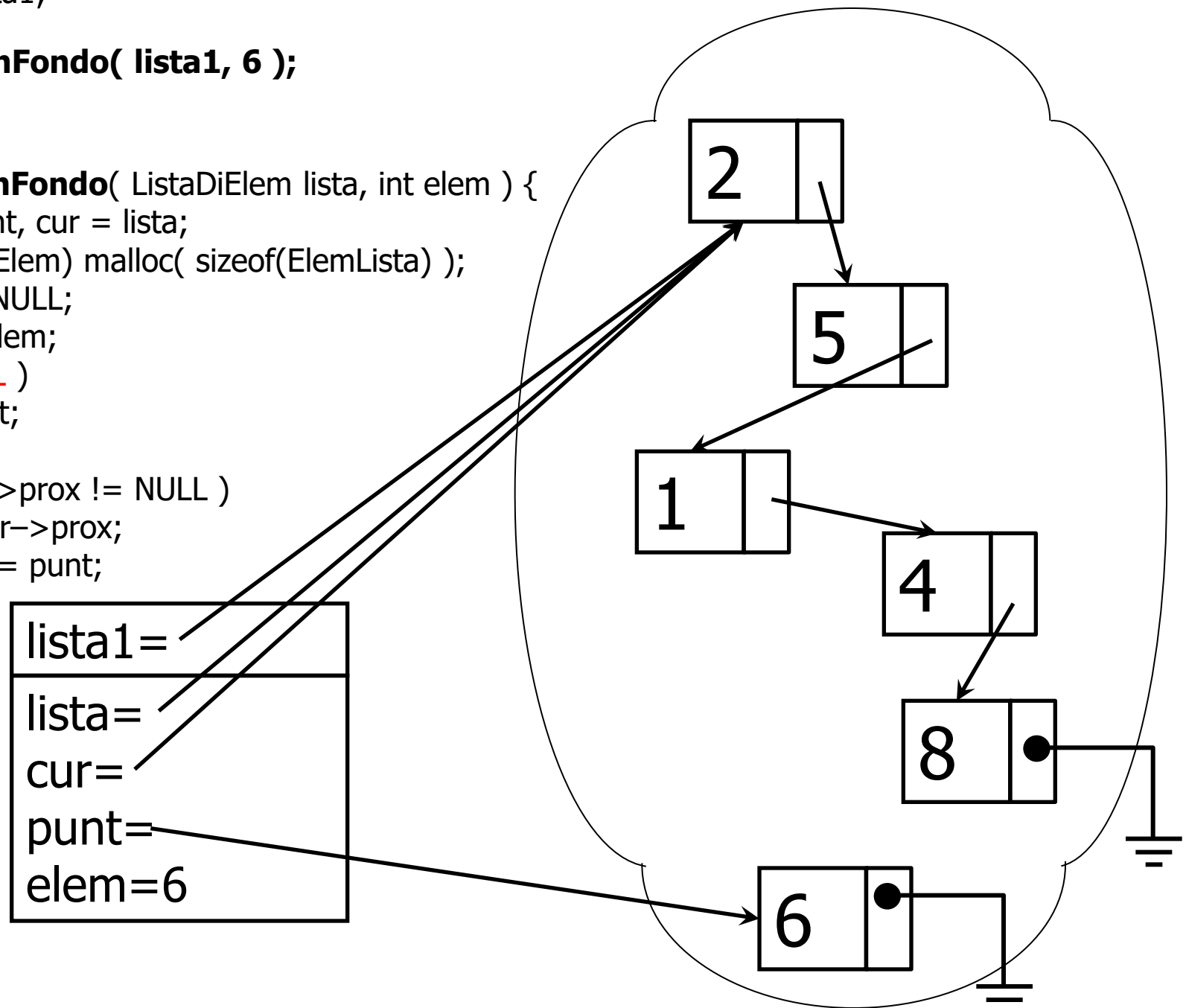
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



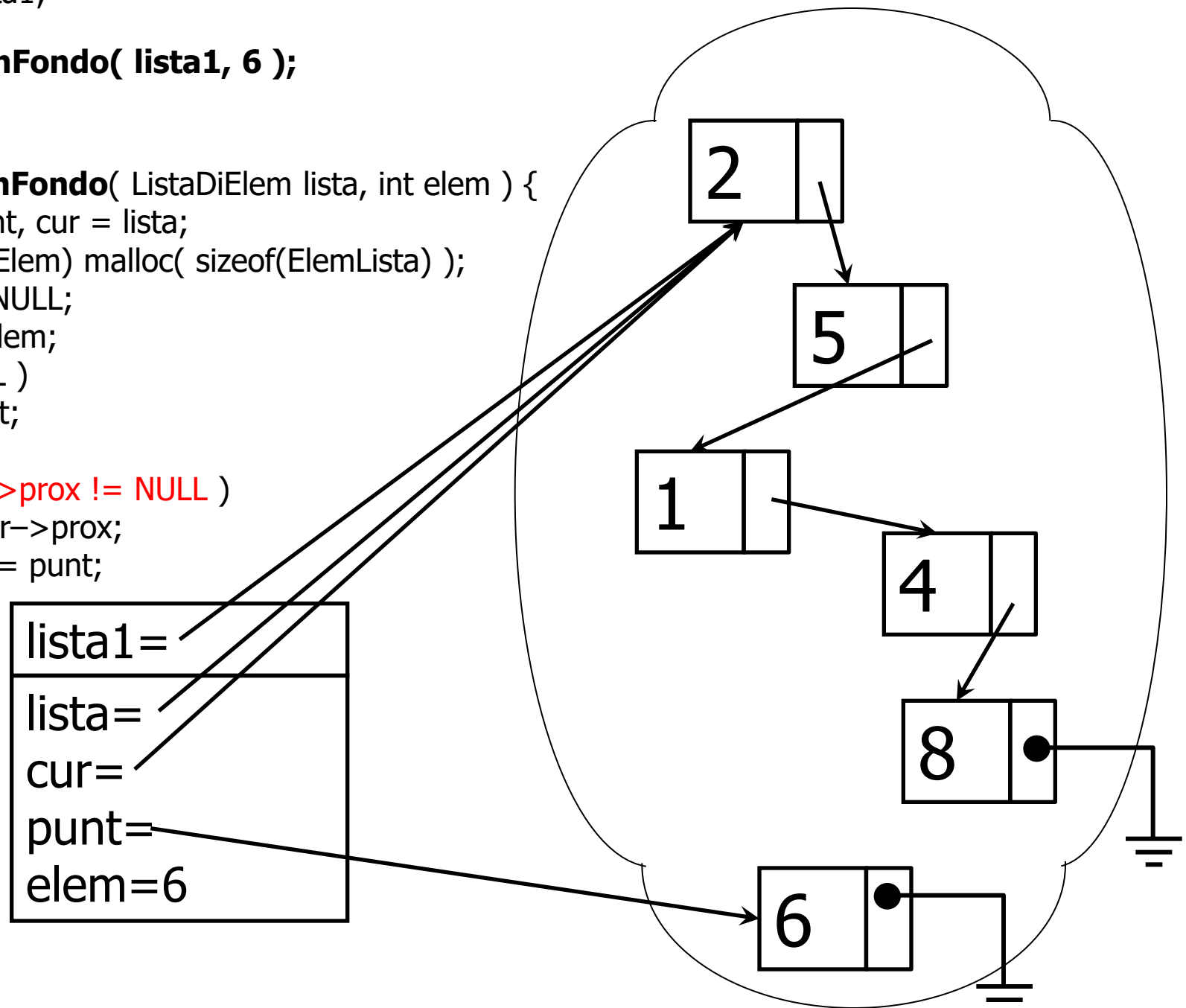
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



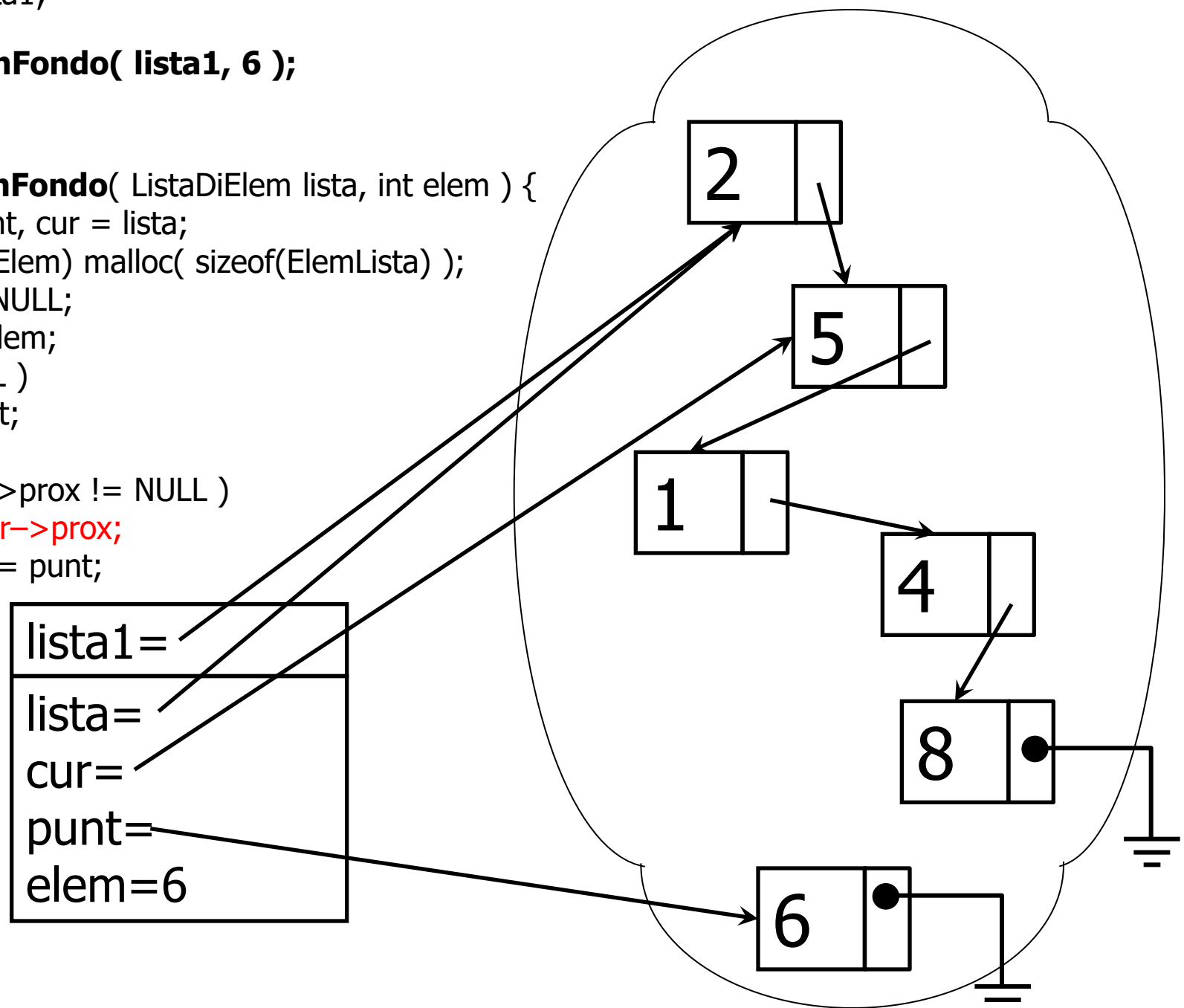
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



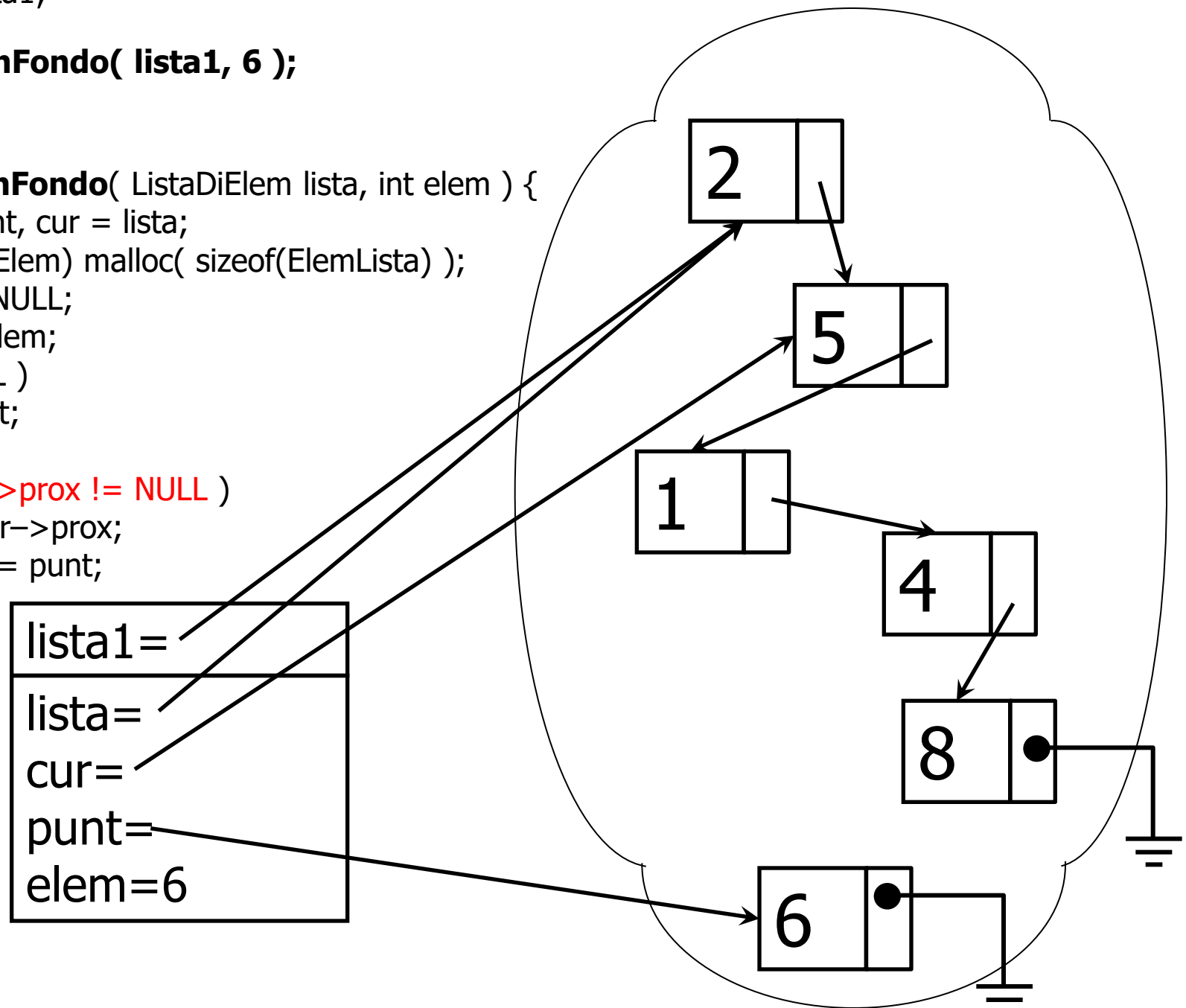
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



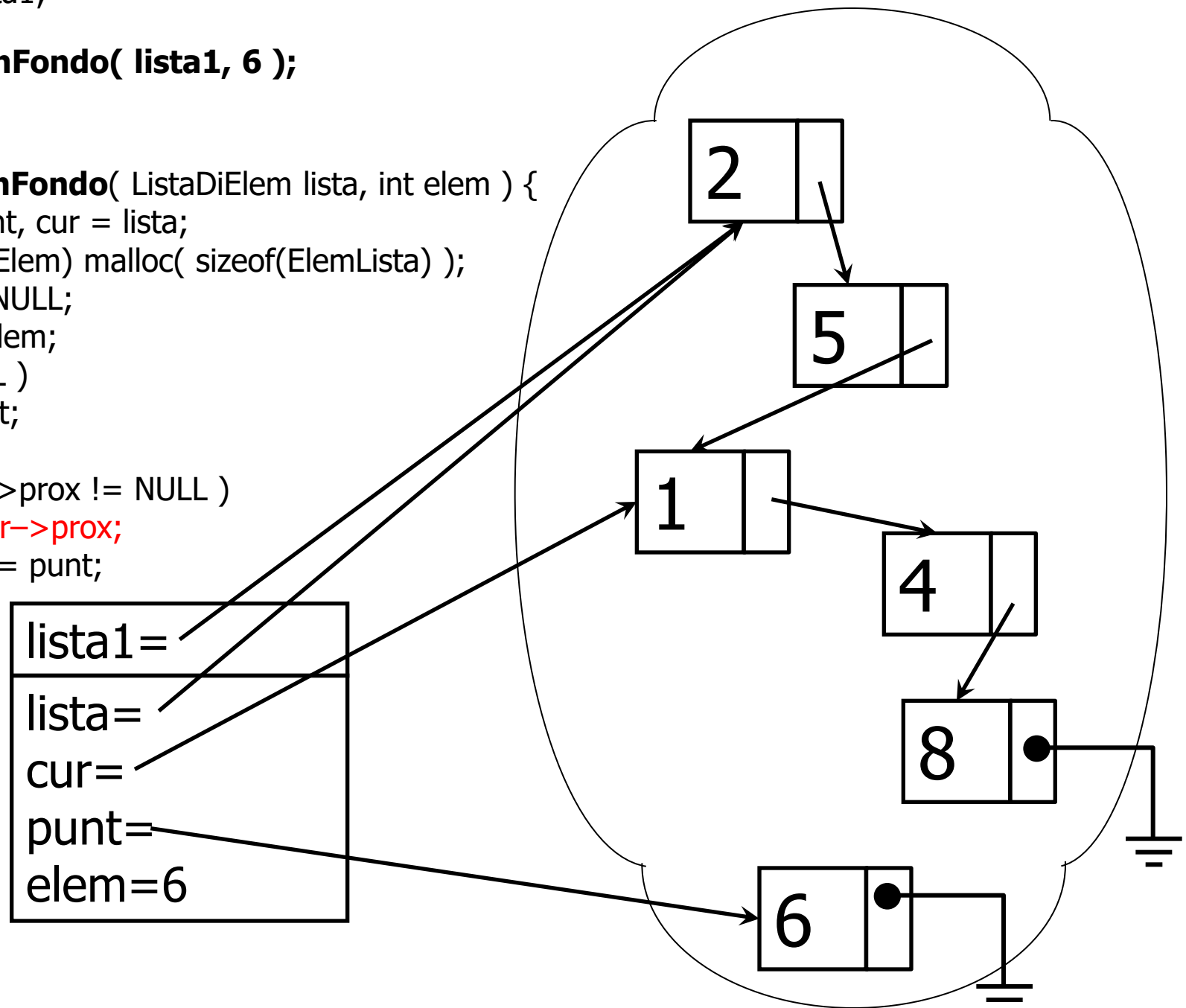
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



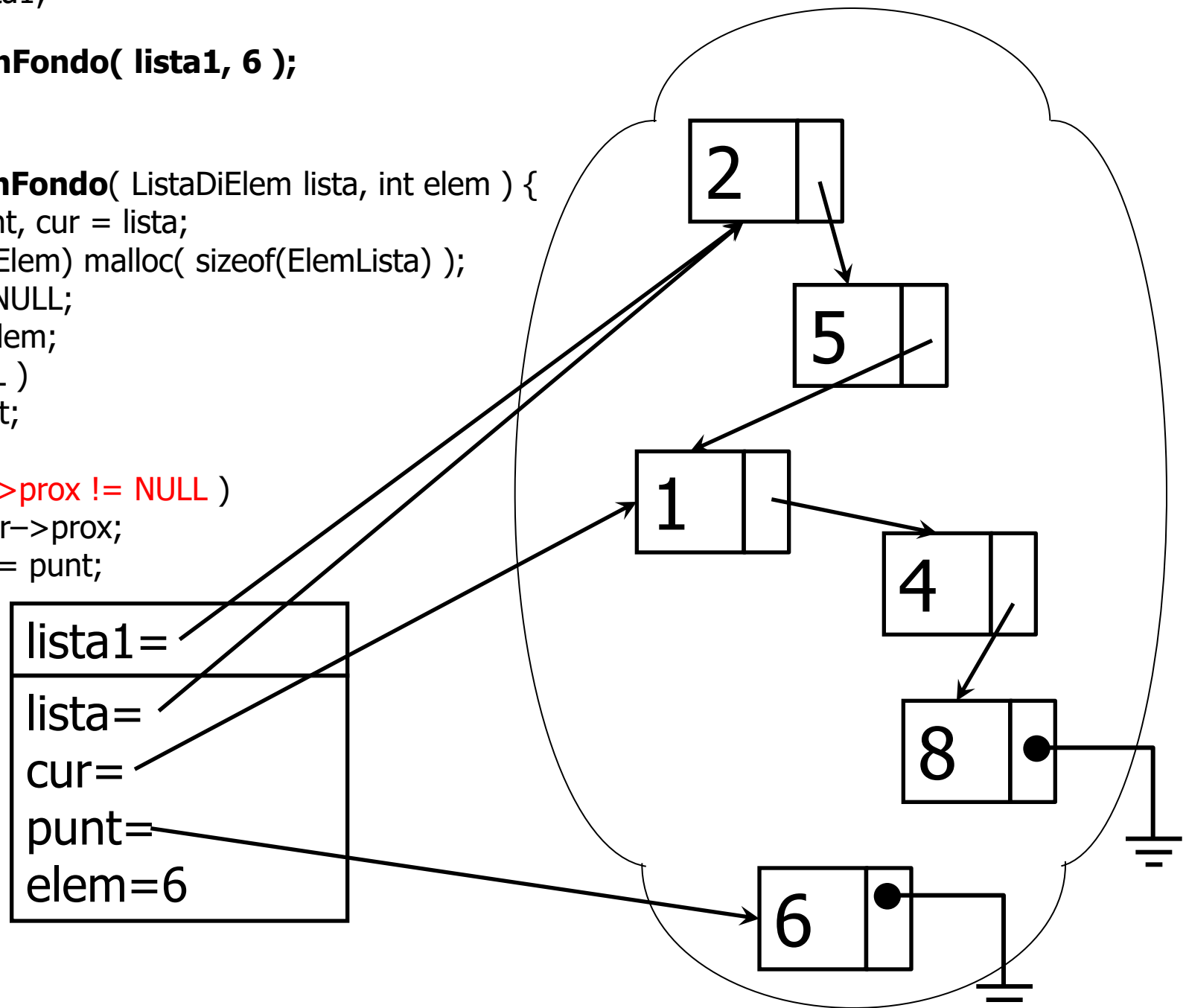
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



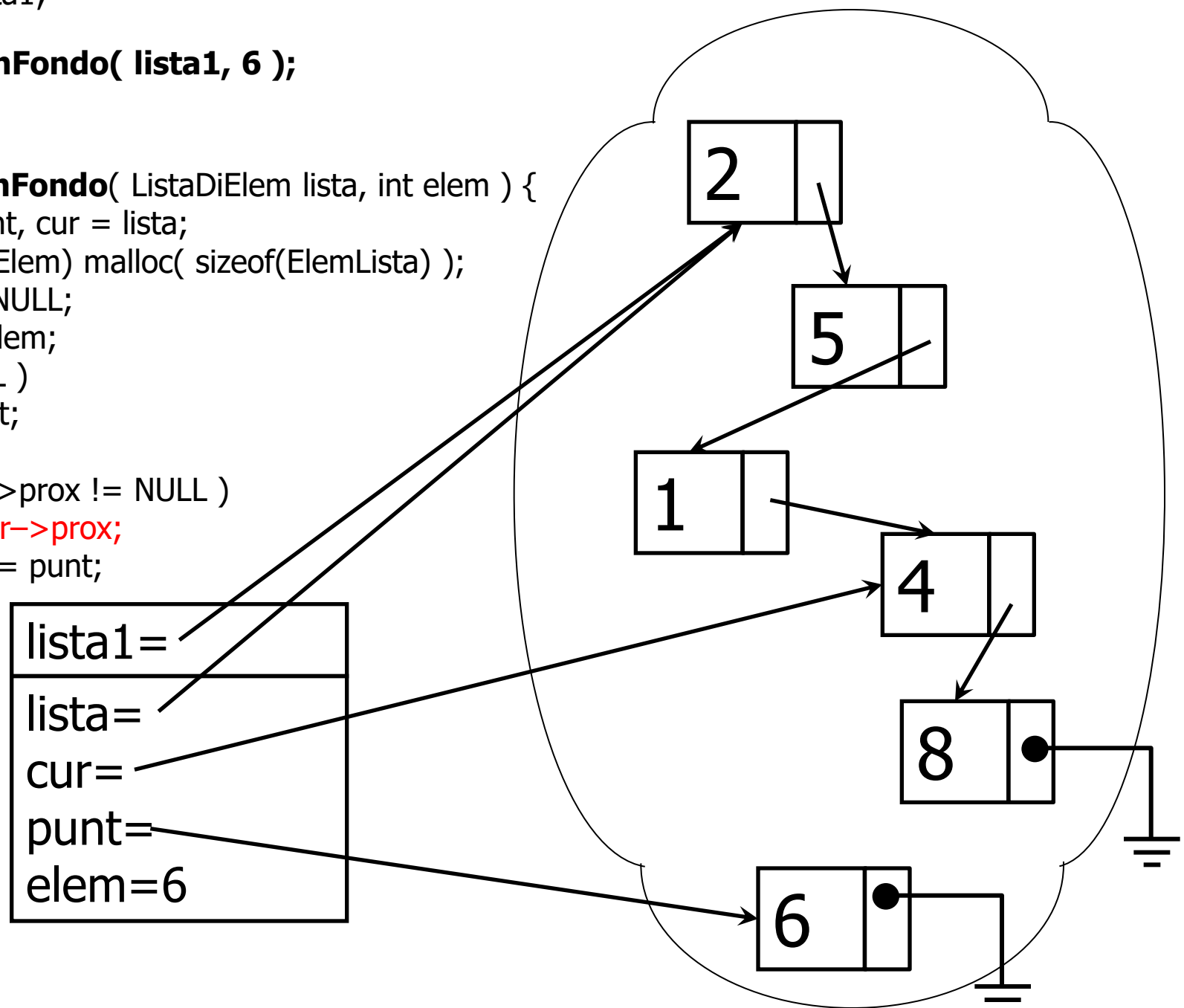
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



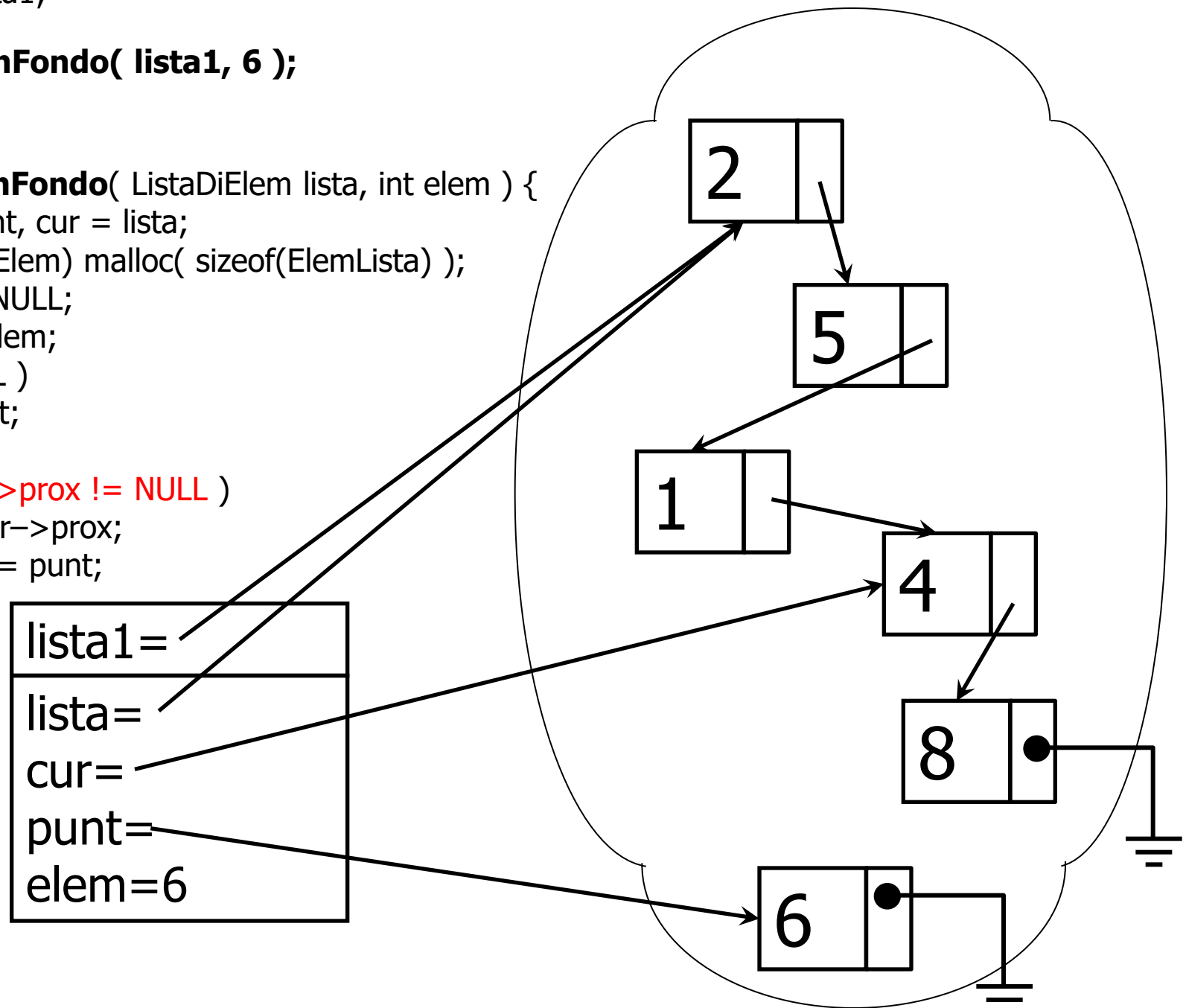
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



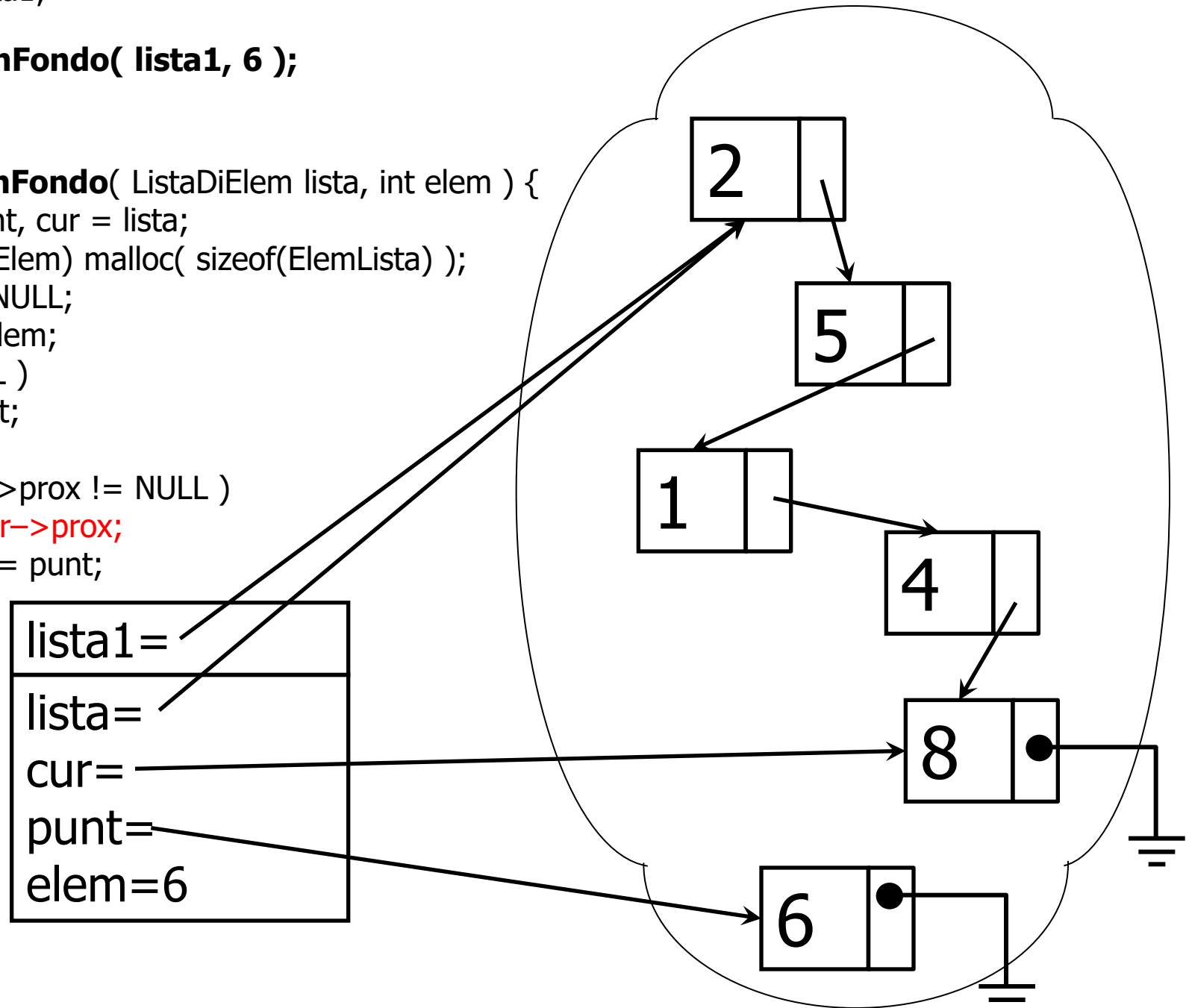
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



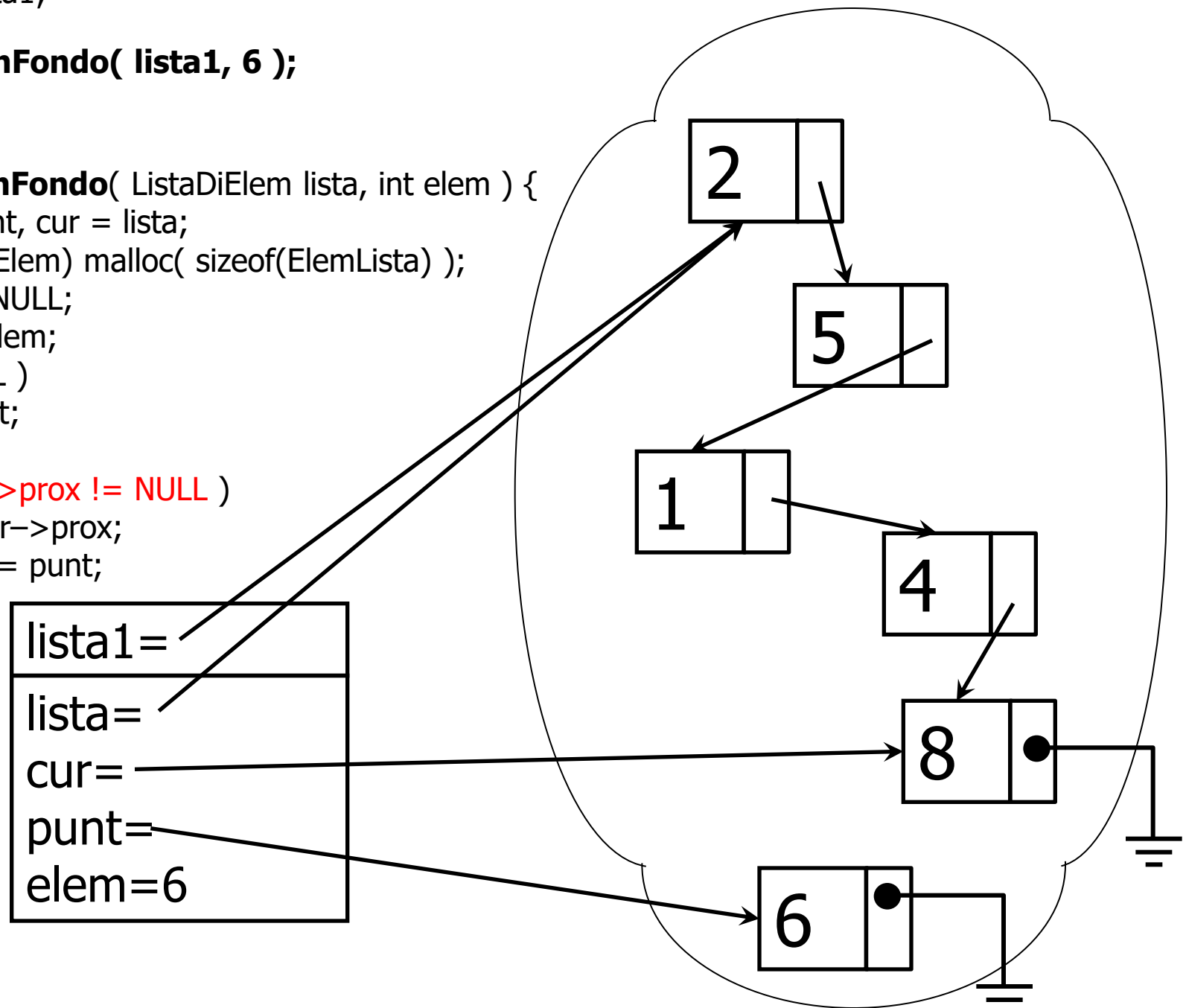
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



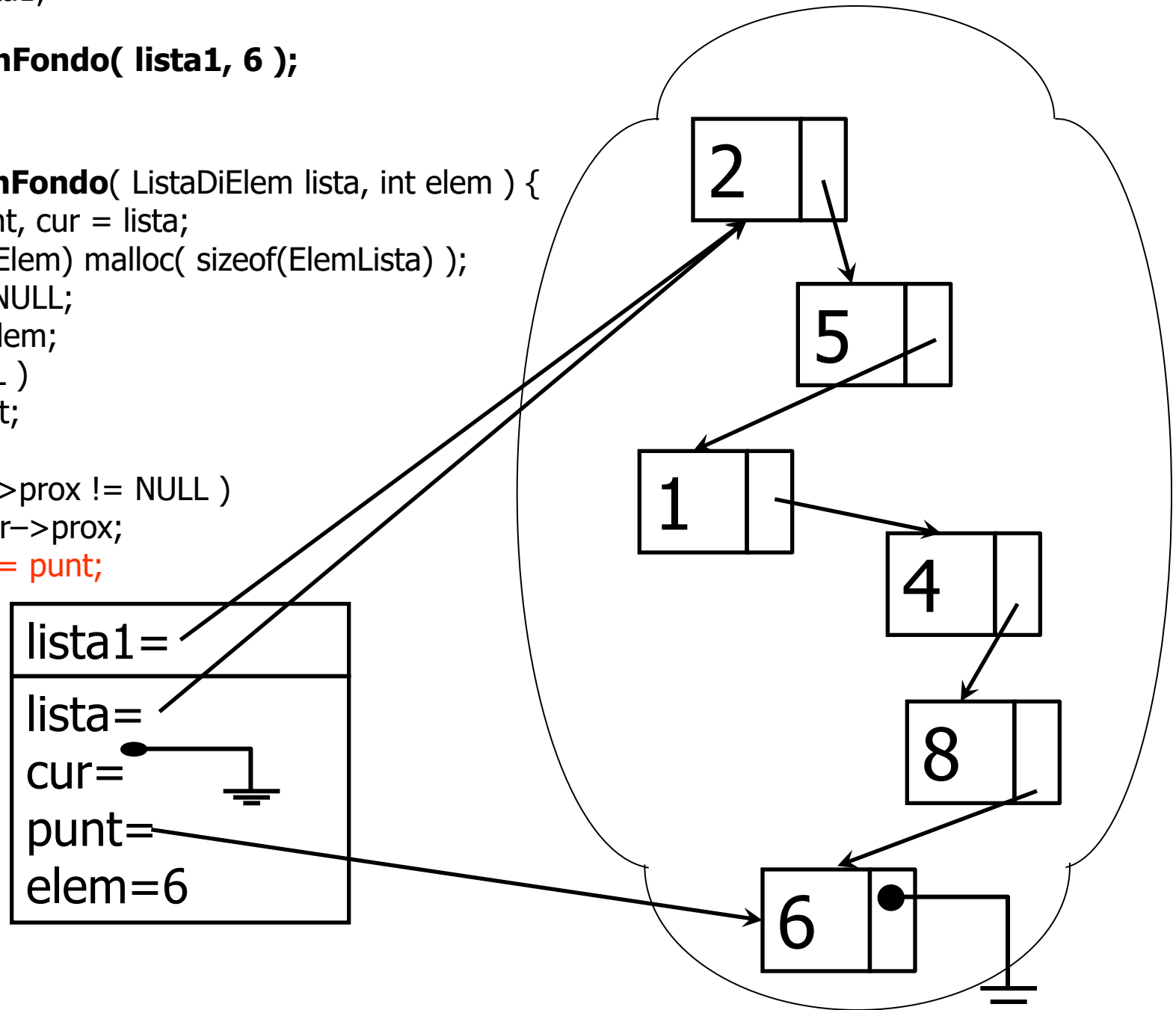
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



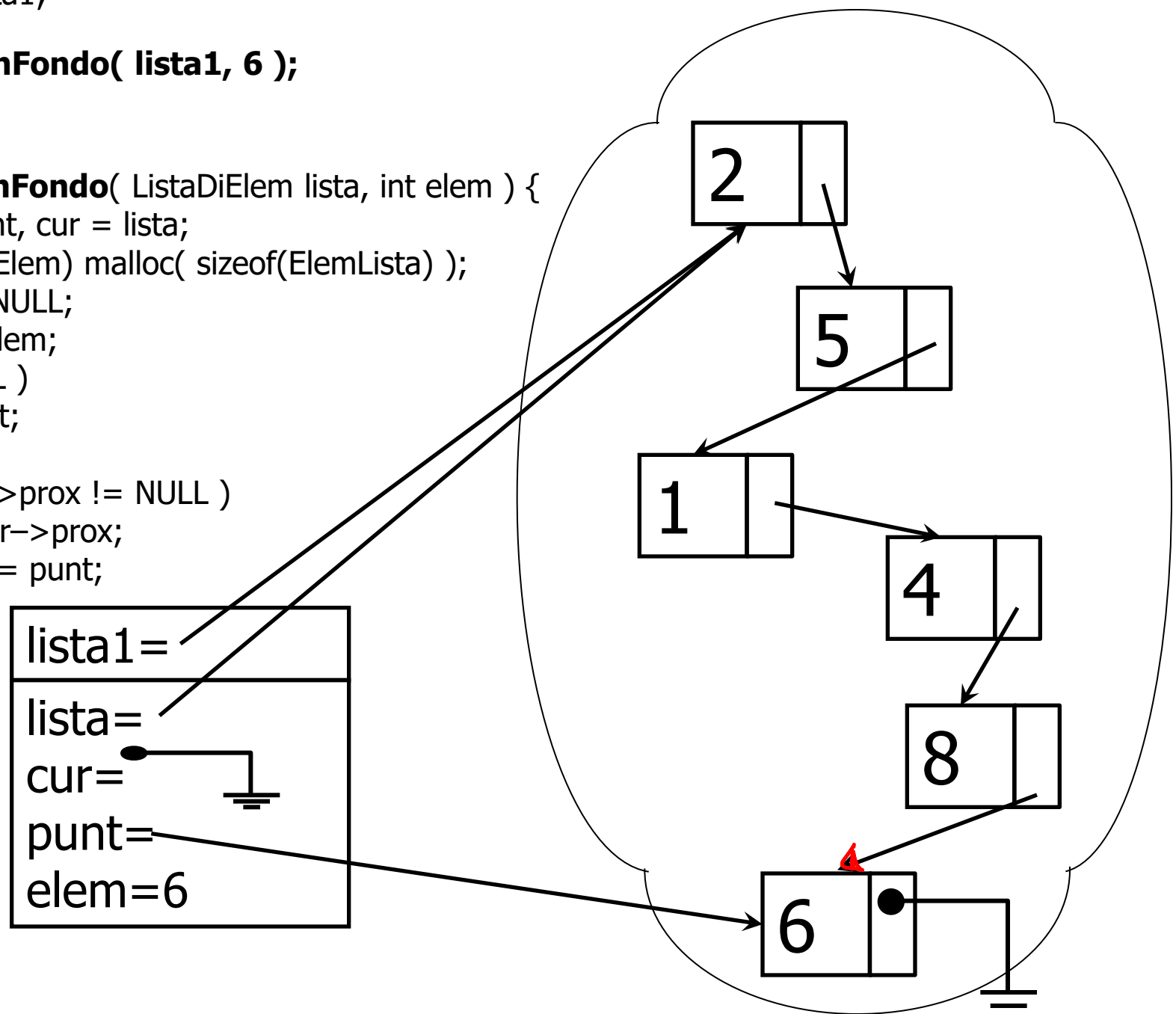
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



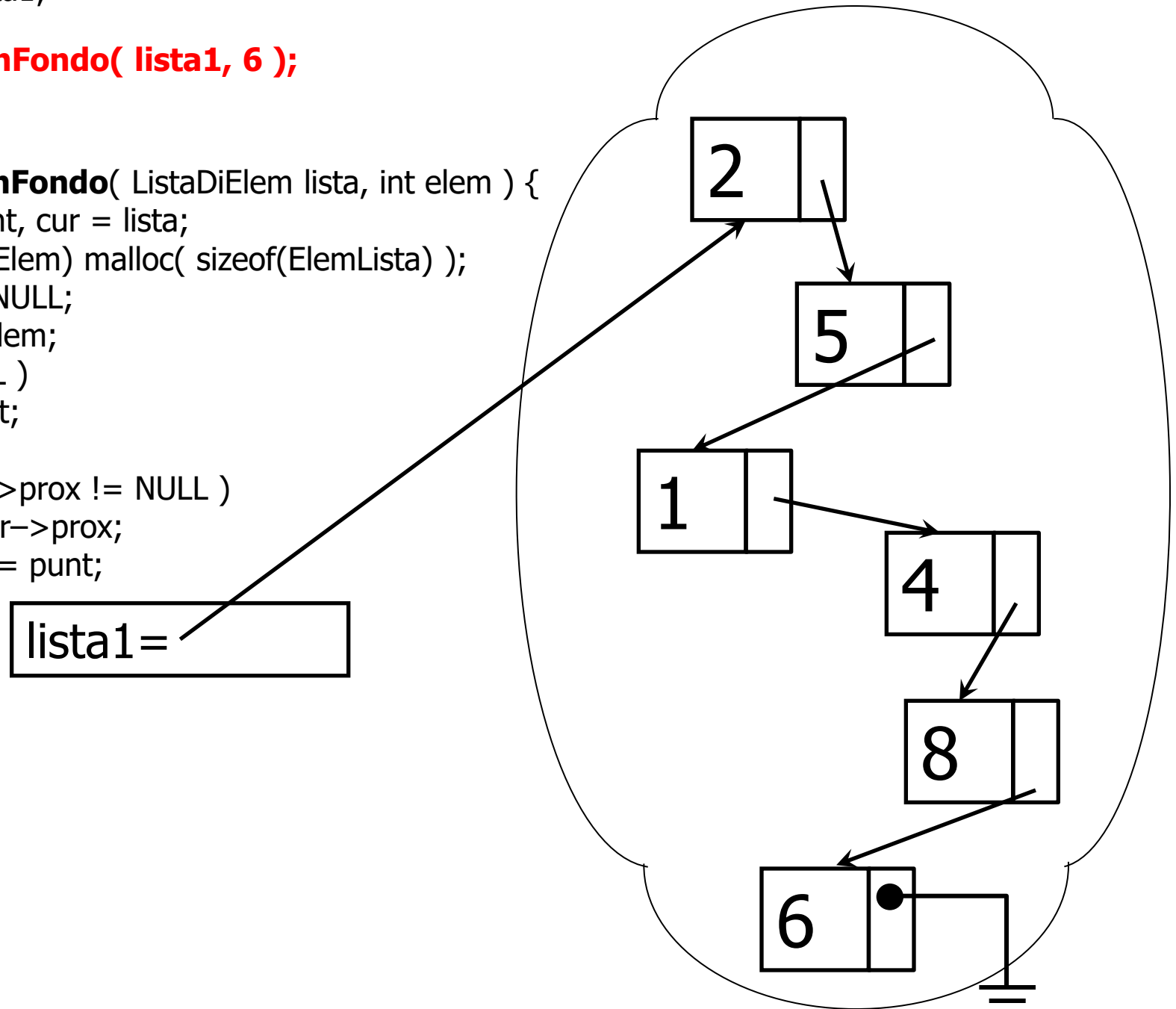
```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = InsInFondo( lista1, 6 );
    … …
}

ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, int elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;
   if ( lista==NULL )
        return  punt;
   else {
        while( cur–>prox != NULL )
            cur = cur–>prox;
        cur–>prox = punt;
   }
   return lista;
}
```



Lunghezza della lista

```
int numeronodi = 0;
Lista lis, ptr;
lis = ... /*costruzione della lista*/

for( ptr=lis; ptr!=NULL; ptr=ptr->next )
     numeronodi++;
```

avanzare = aggiornare il puntatore

- Per CONTARE i nodi dobbiamo necessariamente SCANDIRE la lista
- Anche per accedere a ogni nodo occorre partire dall'inizio, se si dispone soltanto del puntatore alla testa
- Non è possibile accedere alla lista se non scandendola in ordine, seguendo i puntatori

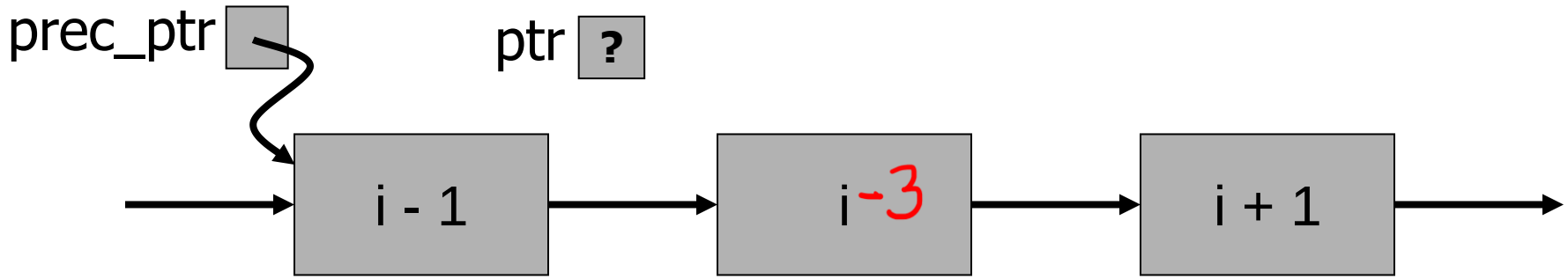
Lunghezza Lista con Funzione

```
// questa funzione modifica p che è una copia del puntatore alla testa,
int calcolaLunghezza(PNodo p)
{
    int i = 0;
    while(p!=NULL)
    {
        p = p->next;
        i++;
    }
    return i;
}
```

Cancellare un nodo interno

…

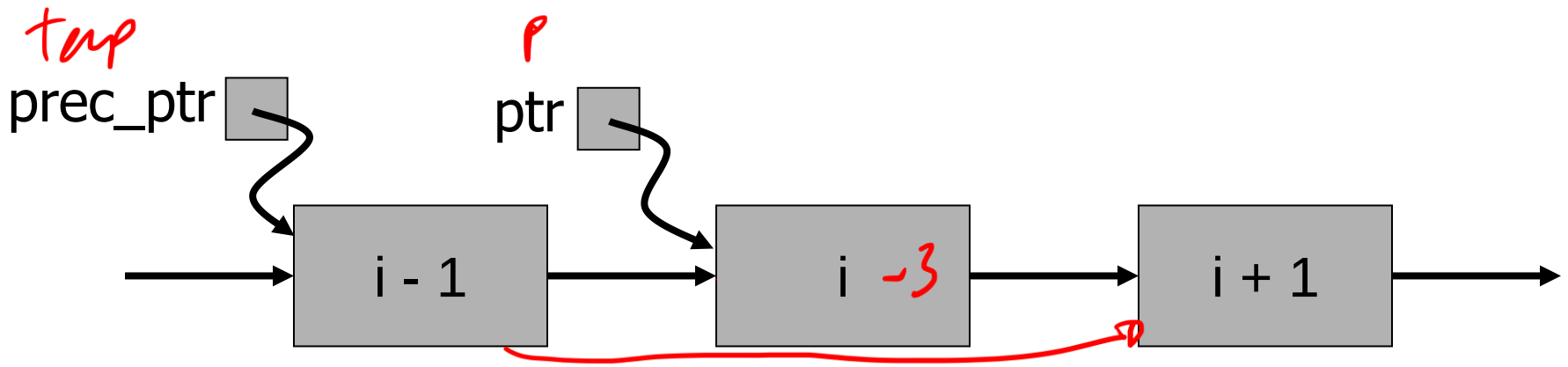
```
ptrNodo ptr; /* puntatore al nodo i° da cancellare */
ptrNodo prec_ptr; /* puntatore al nodo (i-1)° che
                     precede il nodo i° da cancellare */
...   /* qui si inizializzano ptr e prec_ptr … */
prec_ptr->next = ptr->next;
/* collega il nodo (i-1)° all' (i+1)°, saltando il nodo i° */
free (ptr); /* elimina il nodo i°*/
ptr = NULL;
```



Cancellare un nodo interno

…

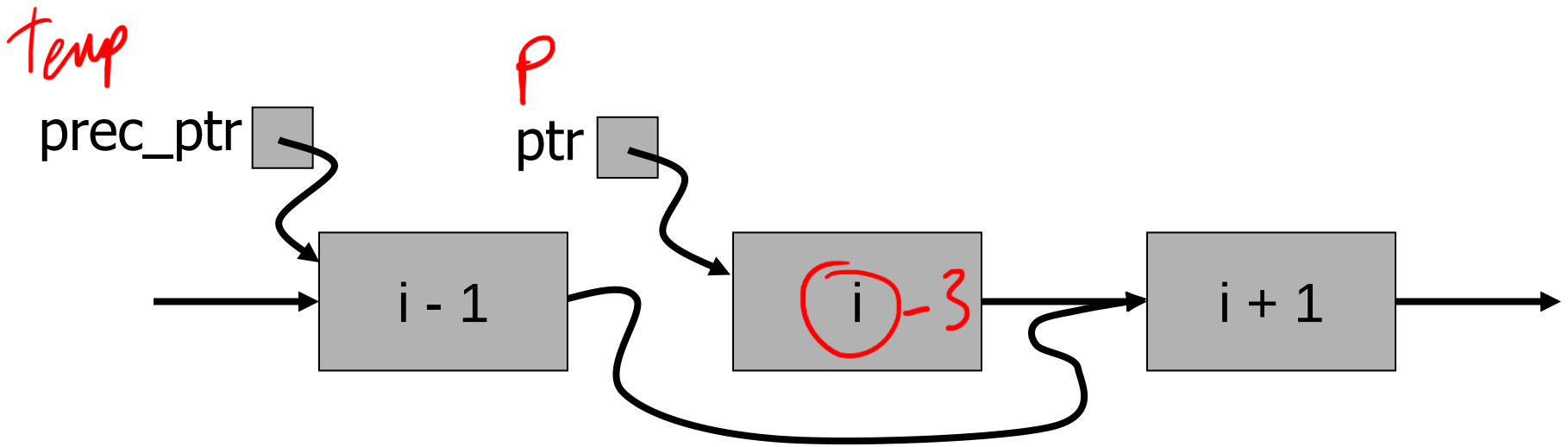
```
ptrNodo ptr; /* puntatore al nodo i° da cancellare */
ptrNodo prec_ptr; /* puntatore al nodo (i-1)° che
                     precede il nodo i° da cancellare */
...   /* qui si inizializzano ptr e prec_ptr … */
prec_ptr->next = ptr->next;
/* collega il nodo (i-1)° all' (i+1)°, saltando il nodo i° */
free (ptr); /* elimina il nodo i°*/
ptr = NULL;
```



Cancellare un nodo interno

…

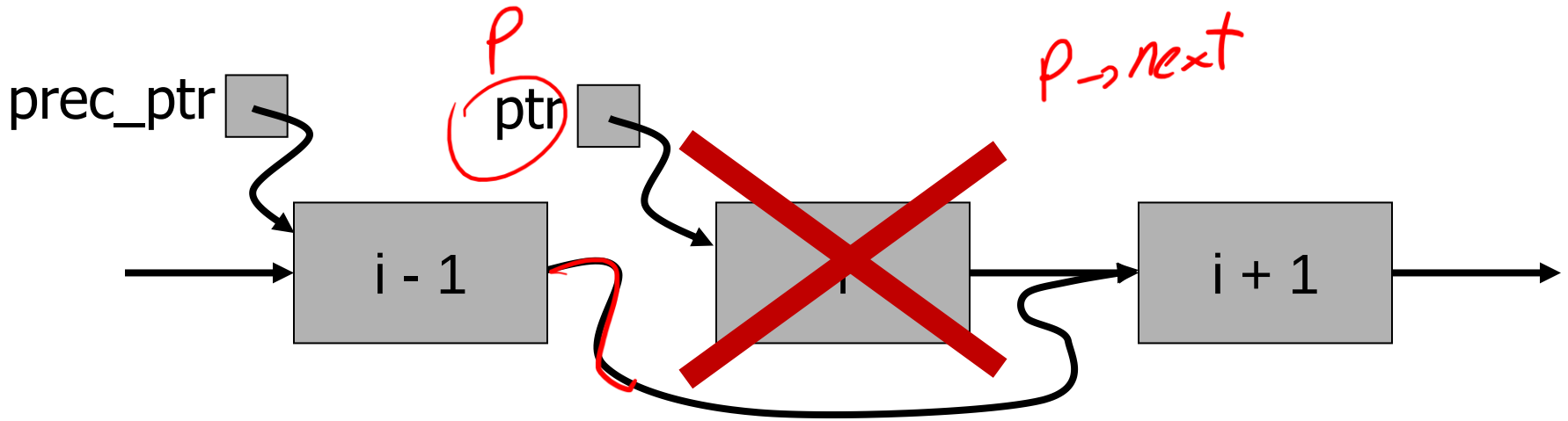
```
ptrNodo ptr; /* puntatore al nodo i° da cancellare */
ptrNodo prec_ptr; /* puntatore al nodo (i-1)° che
                     precede il nodo i° da cancellare */
...   /* qui si inizializzano ptr e prec_ptr … */
prec_ptr->next = ptr->next;
/* collega il nodo (i-1)° all' (i+1)°, saltando il nodo i° */
free (ptr); /* elimina il nodo i°*/
ptr = NULL;
```



Cancellare un nodo interno

…

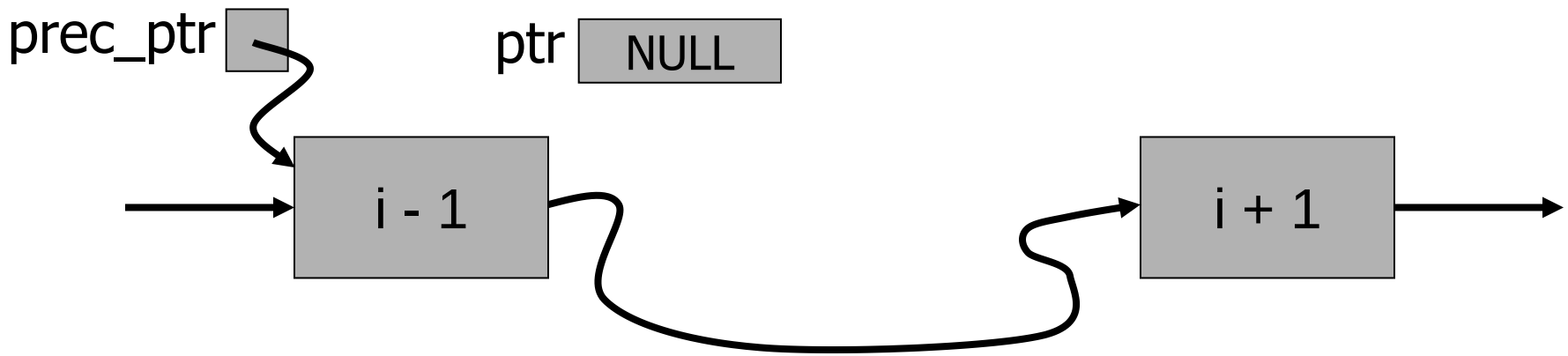
```
ptrNodo ptr; /* puntatore al nodo i° da cancellare */
ptrNodo prec_ptr; /* puntatore al nodo (i-1)° che
                     precede il nodo i° da cancellare */
...   /* qui si inizializzano ptr e prec_ptr … */
prec_ptr->next = ptr->next;
/* collega il nodo (i-1)° all' (i+1)°, saltando il nodo i° */
free (ptr); /* elimina il nodo i°*/
ptr = NULL;
```



Cancellare un nodo interno

…

```
ptrNodo ptr; /* puntatore al nodo i° da cancellare */
ptrNodo prec_ptr; /* puntatore al nodo (i-1)° che
                     precede il nodo i° da cancellare */
...   /* qui si inizializzano ptr e prec_ptr … */
prec_ptr->next = ptr->next;
/* collega il nodo (i-1)° all' (i+1)°, saltando il nodo i° */
free (ptr); /* elimina il nodo i°*/
ptr = NULL;
```



Cercare un nodo nella lista in base al valore

```
int d;              /* il dato da cercare                          */
ptrNodo Lista;      /* puntatore alla radice della lista           */
ptrNodo ptr;        /* puntatore ausiliario a nodo                 */
...                 /* Lista e d sono inizializzati (omesso)       */

ptr = Lista;
while( ptr != NULL && ptr->dato != d )
   /* entra nel ciclo se ptr NON punta al dato cercato */
   ptr = ptr->next;
/* all'uscita ptr vale NULL o punta al dato cercato */
```

avanzare = aggiornare il puntatore

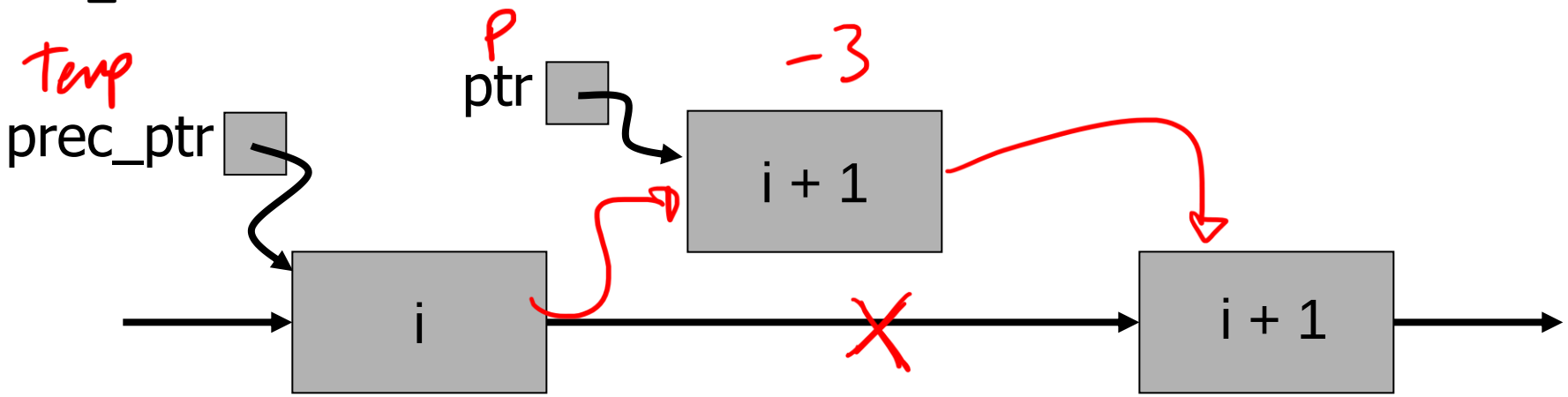
```
int d;
ptrNodo Lista, ptr;
...
for( ptr=Lista; ptr!=NULL && ptr->dato!=d; ptr=ptr->next )
   ;
/* Variante sintattica: con FOR invece che con WHILE */
```

Inserire un nodo interno alla lista

```
...
ptrNodp prec_ptr; /* puntatore al nodo i^esimo, che precede
                     il nuovo nodo da inserire */
ptrNodo ptr; /* puntatore ausiliario a nodo */
... /* qui prec_ptr è inizializzato (trovare il nodo) */
ptr = malloc (sizeof (Nodo));
ptr->next = prec_ptr->next;
prec_ptr->next = ptr;
```

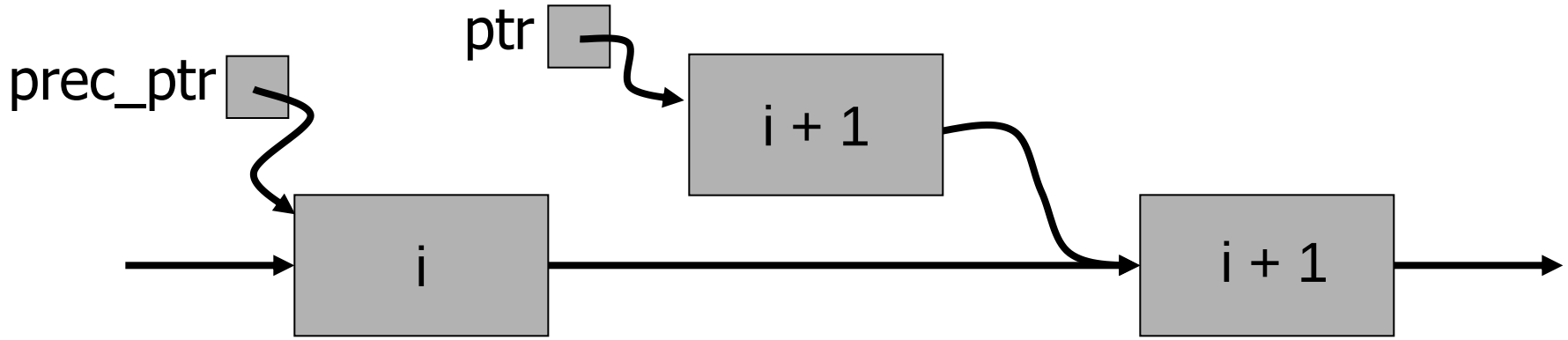
Inserire un nodo interno alla lista

```
...
ptrNodp prec_ptr; /* puntatore al nodo i^esimo, che precede
                     il nuovo nodo da inserire */
ptrNodo ptr; /* puntatore ausiliario a nodo */
... /* qui prec_ptr è inizializzato (trovare il nodo) */
ptr = malloc (sizeof (Nodo));
ptr->next = prec_ptr->next;
prec_ptr->next = ptr;
```



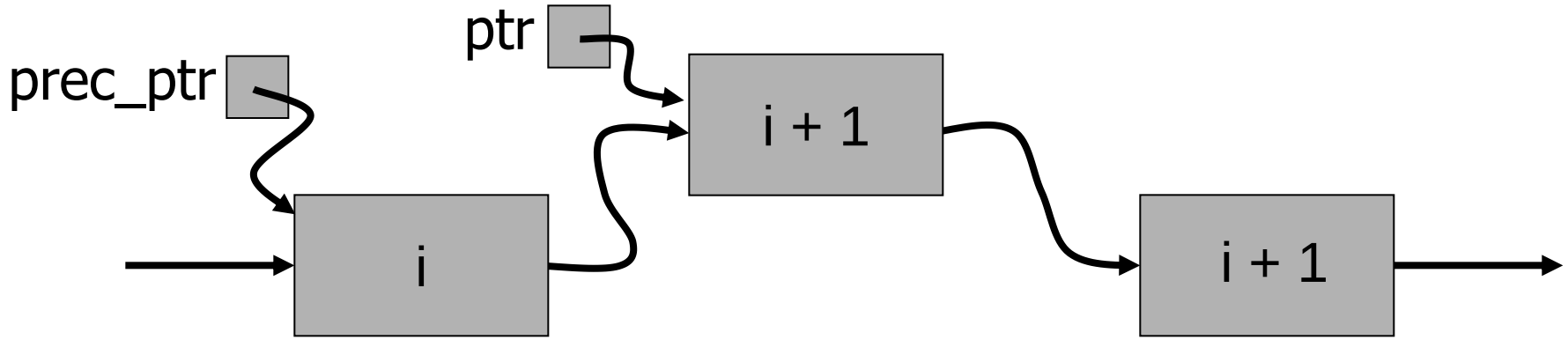
Inserire un nodo interno alla lista

```
...
ptrNodp prec_ptr; /* puntatore al nodo i^esimo, che precede
                     il nuovo nodo da inserire */
ptrNodo ptr; /* puntatore ausiliario a nodo */
... /* qui prec_ptr è inizializzato (trovare il nodo) */
ptr = malloc (sizeof (Nodo));
ptr->next = prec_ptr->next;
prec_ptr->next = ptr;
```



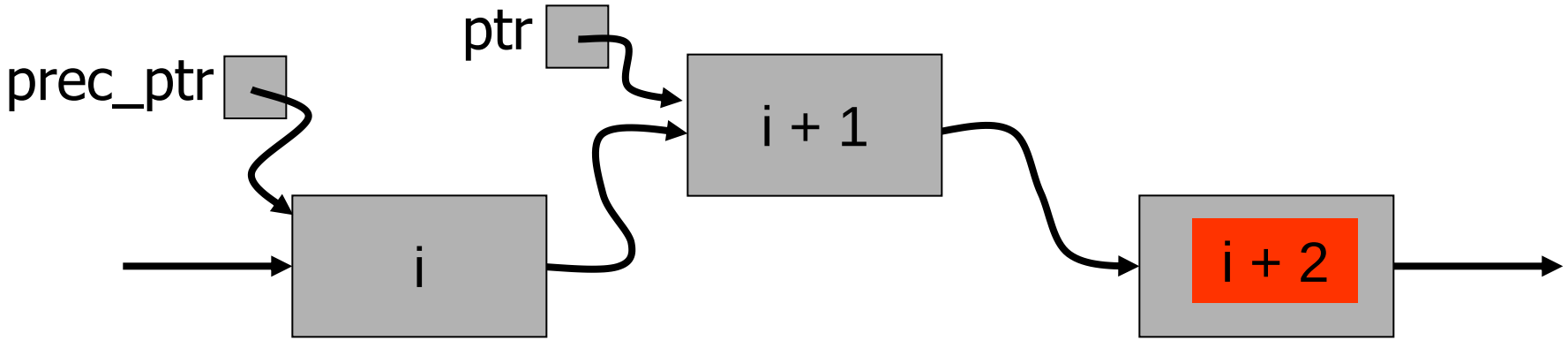
Inserire un nodo interno alla lista

```
...
ptrNodp prec_ptr; /* puntatore al nodo i^esimo, che precede
                     il nuovo nodo da inserire */
ptrNodo ptr; /* puntatore ausiliario a nodo */
... /* qui prec_ptr è inizializzato (trovare il nodo) */
ptr = malloc (sizeof (Nodo));
ptr->next = prec_ptr->next;
prec_ptr->next = ptr;
```



Inserire un nodo interno alla lista

```
...
ptrNodp prec_ptr; /* puntatore al nodo i^esimo, che precede
                     il nuovo nodo da inserire */
ptrNodo ptr; /* puntatore ausiliario a nodo */
... /* qui prec_ptr è inizializzato (trovare il nodo) */
ptr = malloc (sizeof (Nodo));
ptr->next = prec_ptr->next;
prec_ptr->next = ptr;
```



Gestione degli errori

```
...
ptrNodo ptr;                          /* puntatore a nodo */
ptr = (Nodo*)malloc(sizeof(Nodo));/* alloca un nodo */
if( ptr == NULL ) {
  printf("malloc: memoria insufficiente!\n");
} else {
  ptr->dato = 10;                     /* inizializza dato */
  ptr->next = NULL;                   /* inizializza link */
}
```

Attenzione ….

```
...
ptrNodo ptr;
ptr = (Nodo*)malloc(sizeof(Nodo));/* alloca
   un nodo */
if( ptr == NULL ) {
   ptr->dato = 10; /* ERRORE GRAVE !!!!!!! */
   ...
}
```

- **SI STA TENTANDO DI APPLICARE L'OPERATORE "FRECCIA" A UN PUNTATORE NULL, OVVERO SI STA TENTANDO DI ACCEDERE A UN CAMPO DI UNA STRUCT INESISTENTE!**
- **Dereferenziare un puntatore a NULL genera un errore**

Le liste e la ricorsione…

- Che cos'è una lista (di nodi)?
- Dicesi **lista**:
  - Il **niente**, se è una lista vuota
    - Questo è un caso veramente **base**!

      altrimenti…
  - Un **nodo**, seguito da… una **lista**
    - Questo è un passo veramente… **induttivo**!

UNA LISTA È UNA STRUTTURA RICORSIVA

Liste come Tipi di Dato Astratti

cambiamo prospettiva…

Operazioni su liste (un "TDA"!)

TDA = Tipo di Dato Astratto

(su liste semplicemente concatenate)

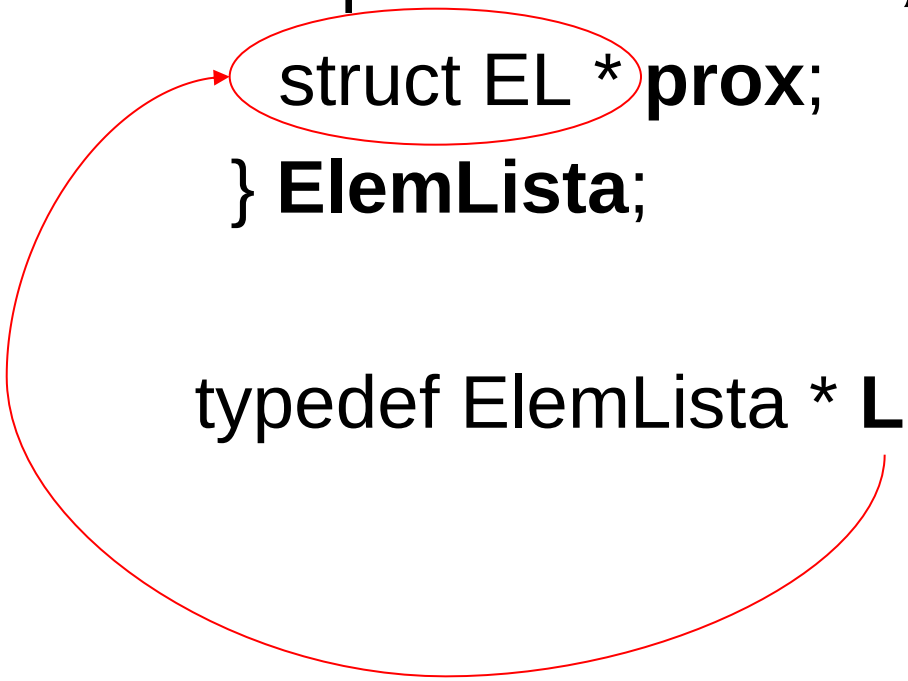
- Inizializzazione
- Calcolo della dimensione
- Ricerca di un elemento
- Inserimento di un elemento
  - in prima posizione
  - in ultima posizione
  - ordinato
- Eliminazione di un elemento

Come facciamo?

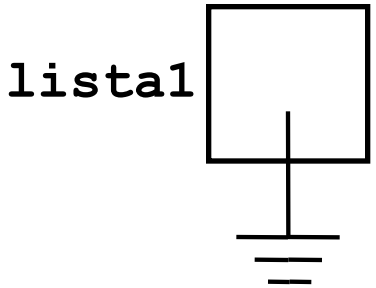
- Le operazioni sono **tutte funzioni**
- Ricevono come parametro un puntatore al primo elemento (la *testa* della lista su cui operare)
- Le scriviamo in modo che, se la lista deve essere modificata, *restituiscano* al programma chiamante *un puntatore alla testa della lista modificata*
  - *Questo impatta sul modo in cui faremo le chiamate*
- Così tutti i parametri sono passati per valore

Usiamo questa formulazione

```
typedef struct  EL {
   TipoElemento info;
   struct EL * prox;
} ElemLista;

typedef ElemLista * ListaDiElem;
```



Inizializzazione




```
...
ListaDiElem lista1;
...
lista1 = NULL;
```

```
...
ListaDiElem lista1;
...
lista1 = Inizializza();

ListaDiElem Inizializza(){
    return NULL;
}
```

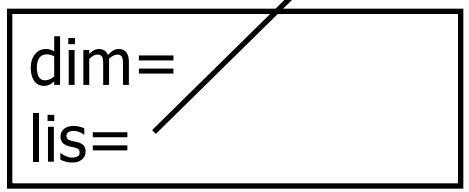
Controllo lista vuota

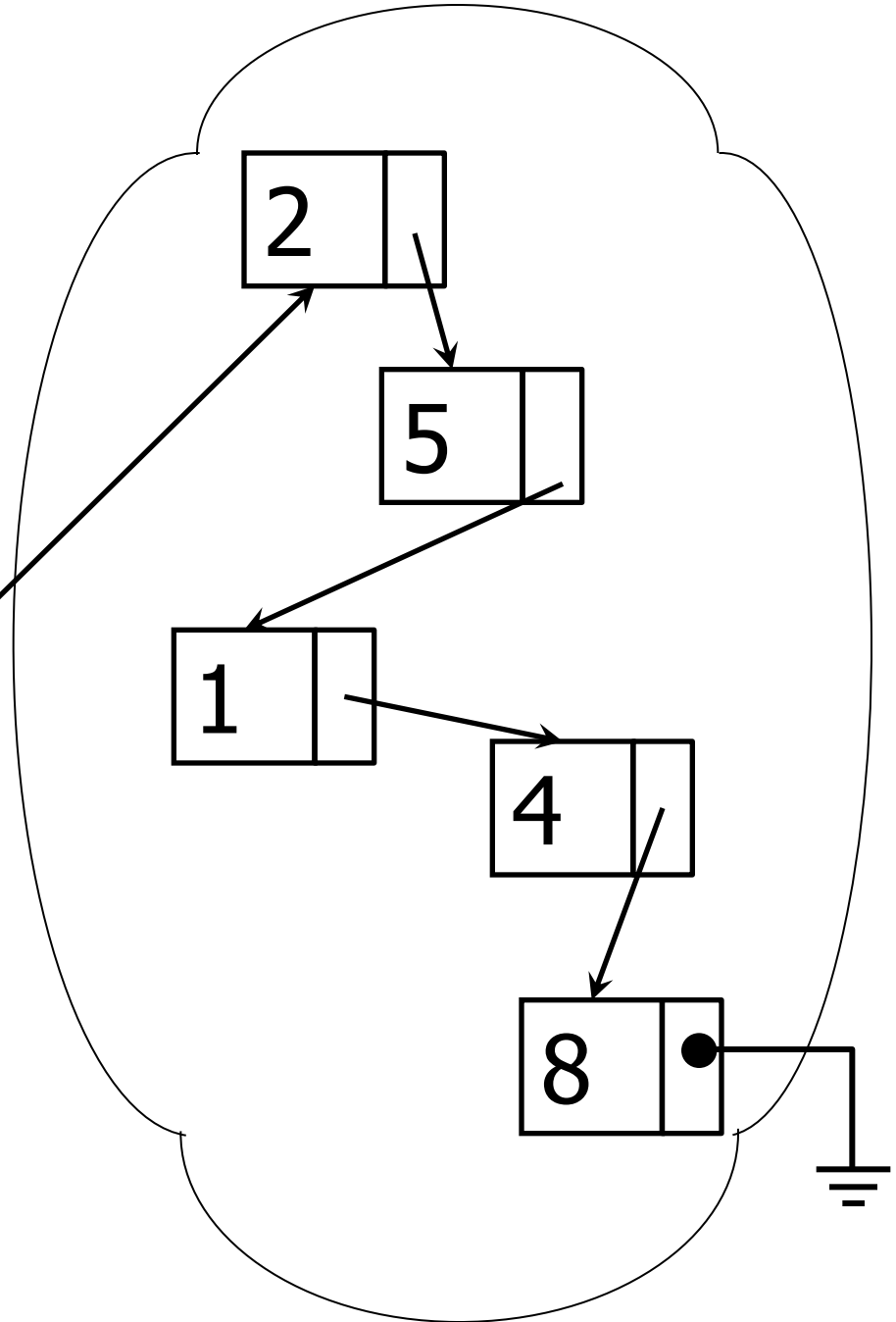
```
if ( lista == NULL )
    //è vuota
else
    //non è vuota

int listaVuota(ListaDiElem lista){
    if ( lista == NULL )
        return 1;
    else
        return 0;
}
```

Dimensione della lista (iter. e ric.)

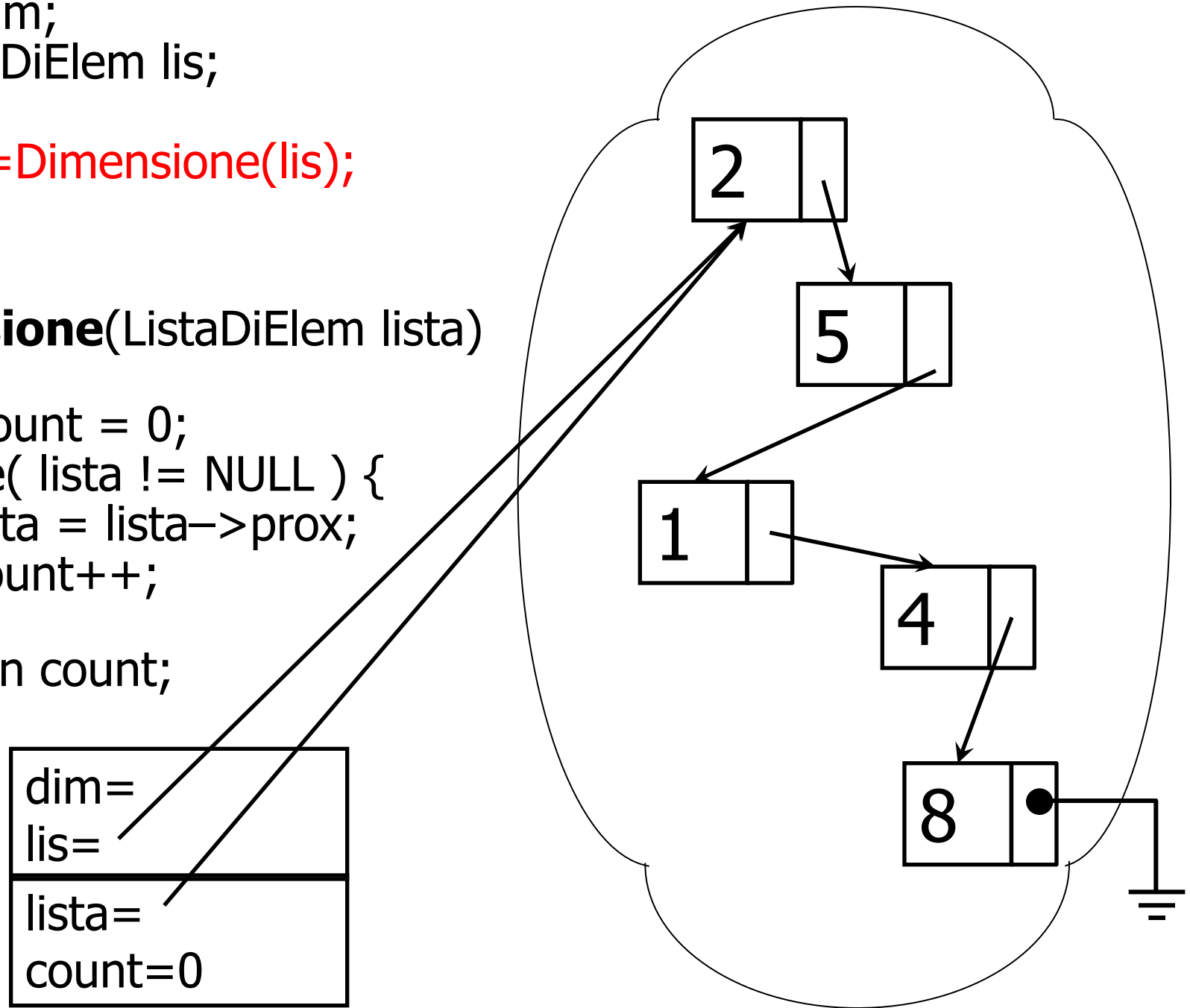
```
int Dimensione(ListaDiElem lista) {
    int count = 0;
    while( lista!=NULL) {
        lista = lista–>prox;      /* "distruggiamo" il parametro */
        count++;
    }
    return count;
}

int DimensioneRic(ListaDiElem lista) {
  if ( ListaVuota(lista) )
          return 0;
  return 1 + DimensioneRic( lista–>prox );
}
```

```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

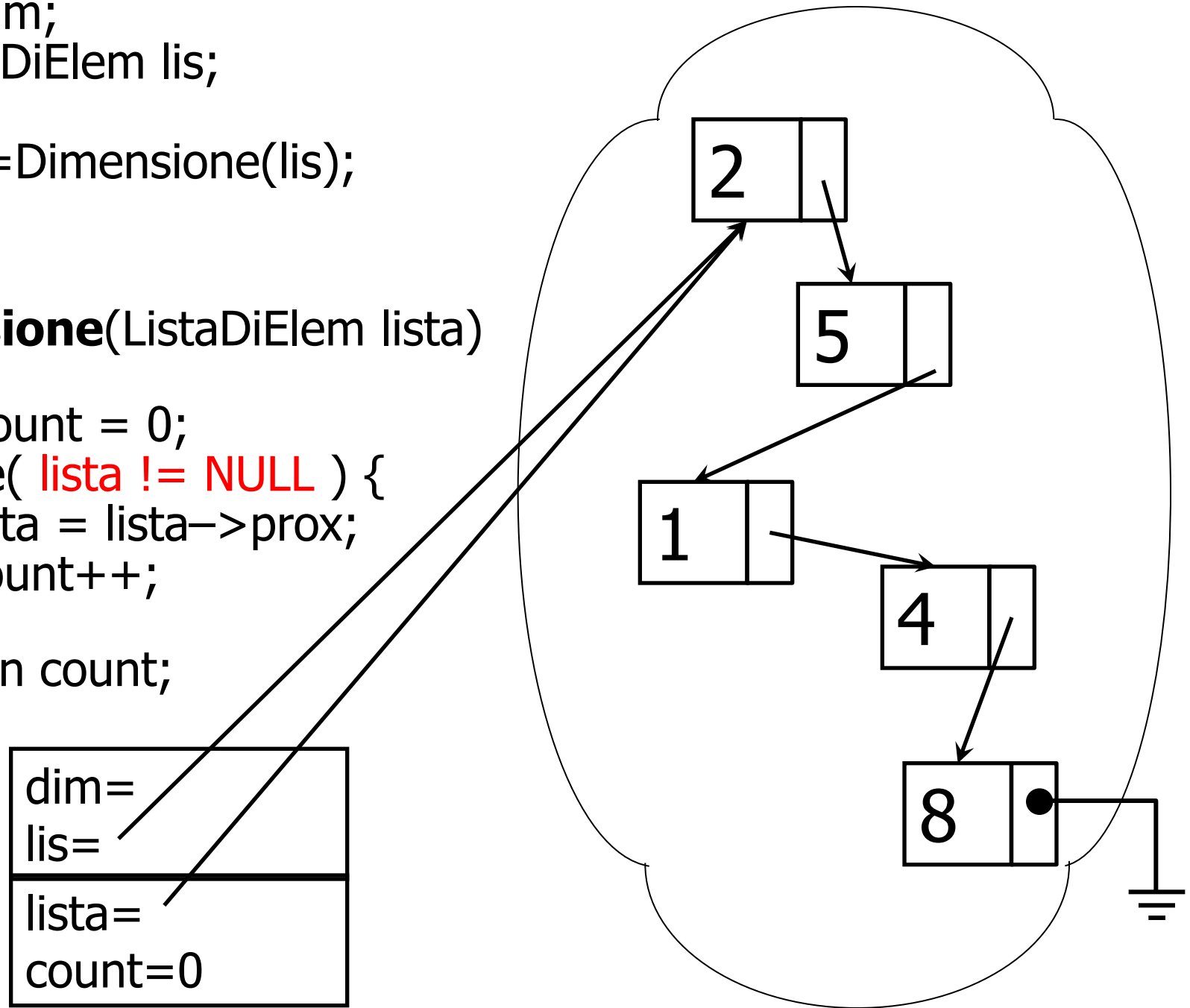




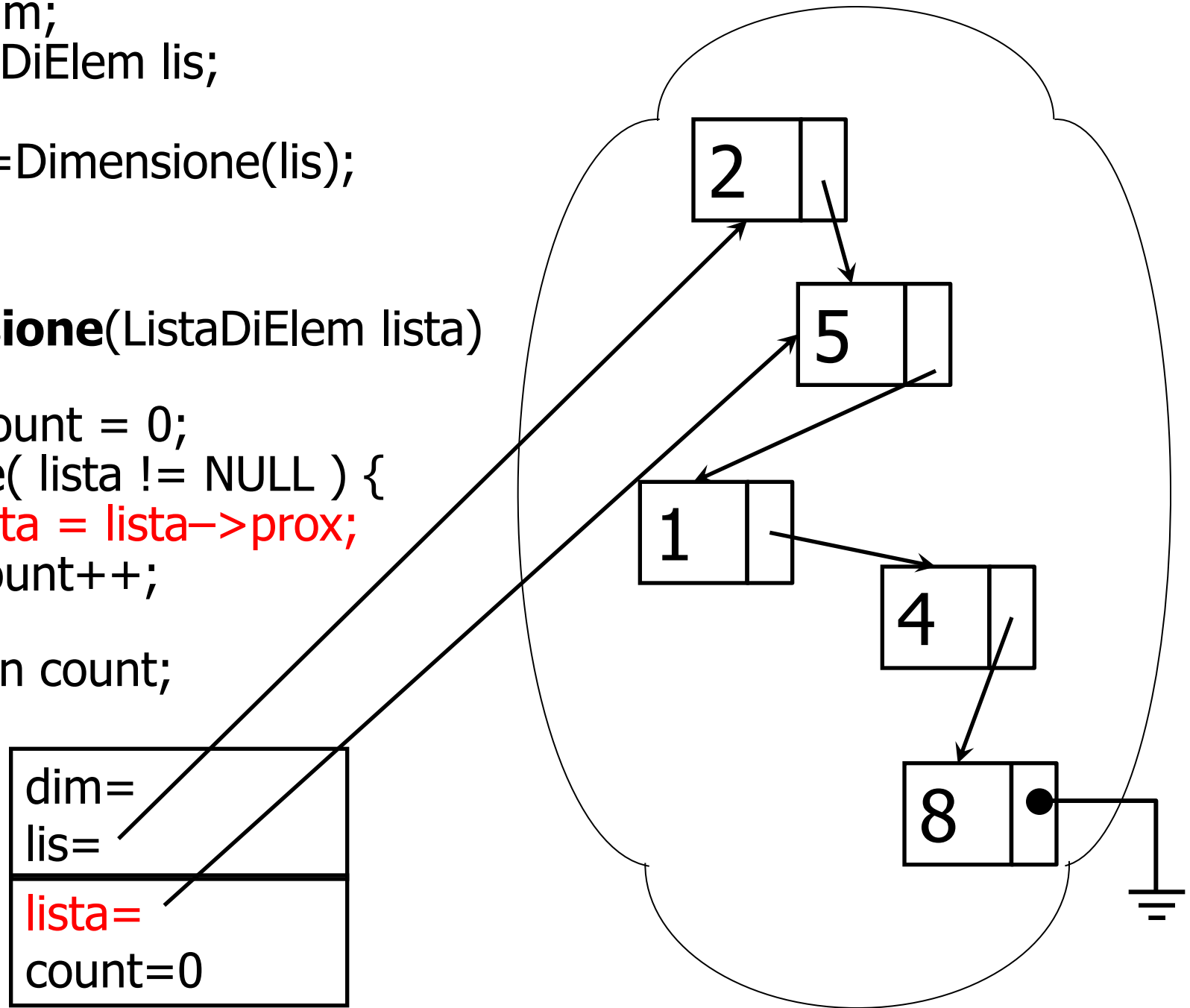
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



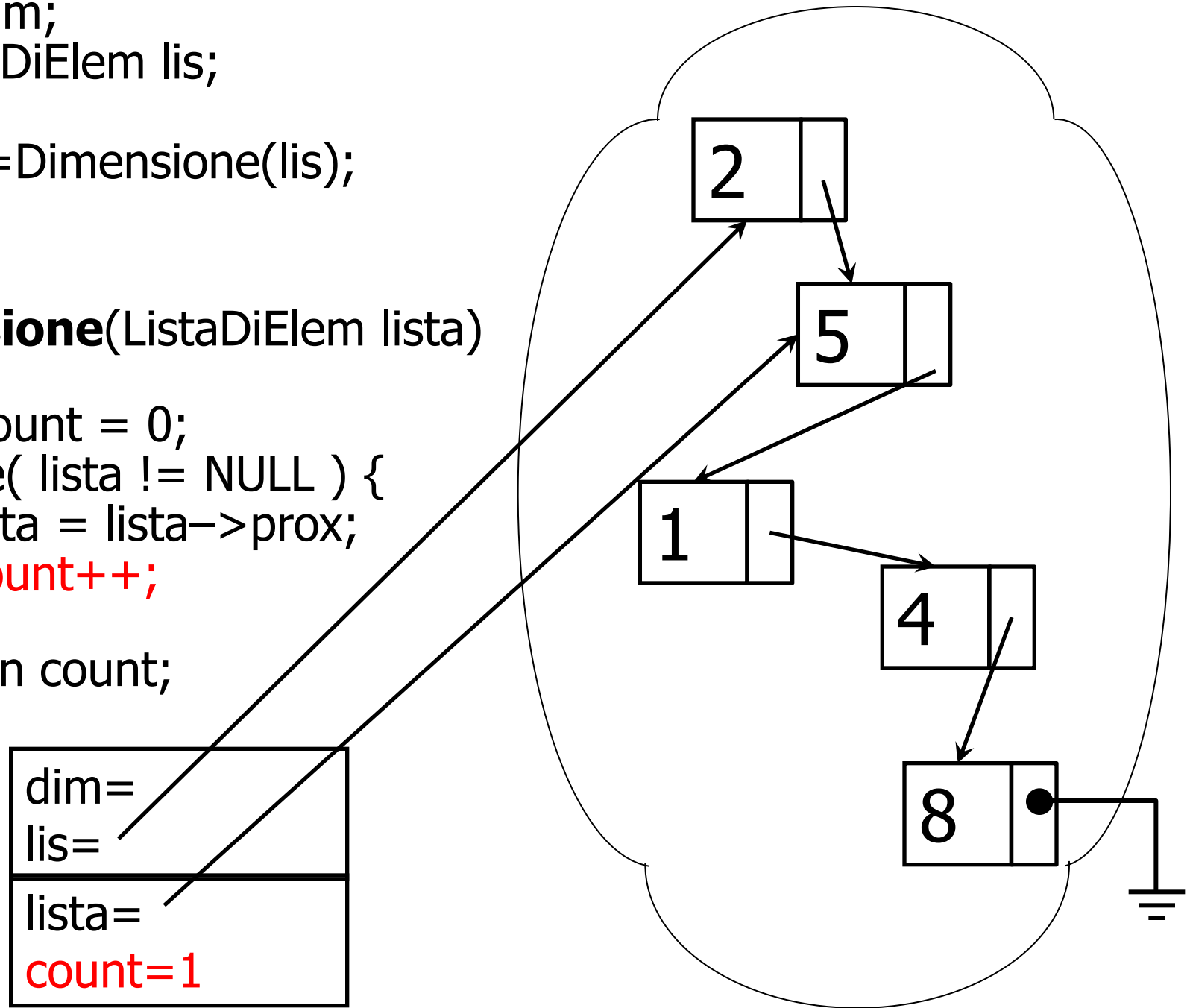
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



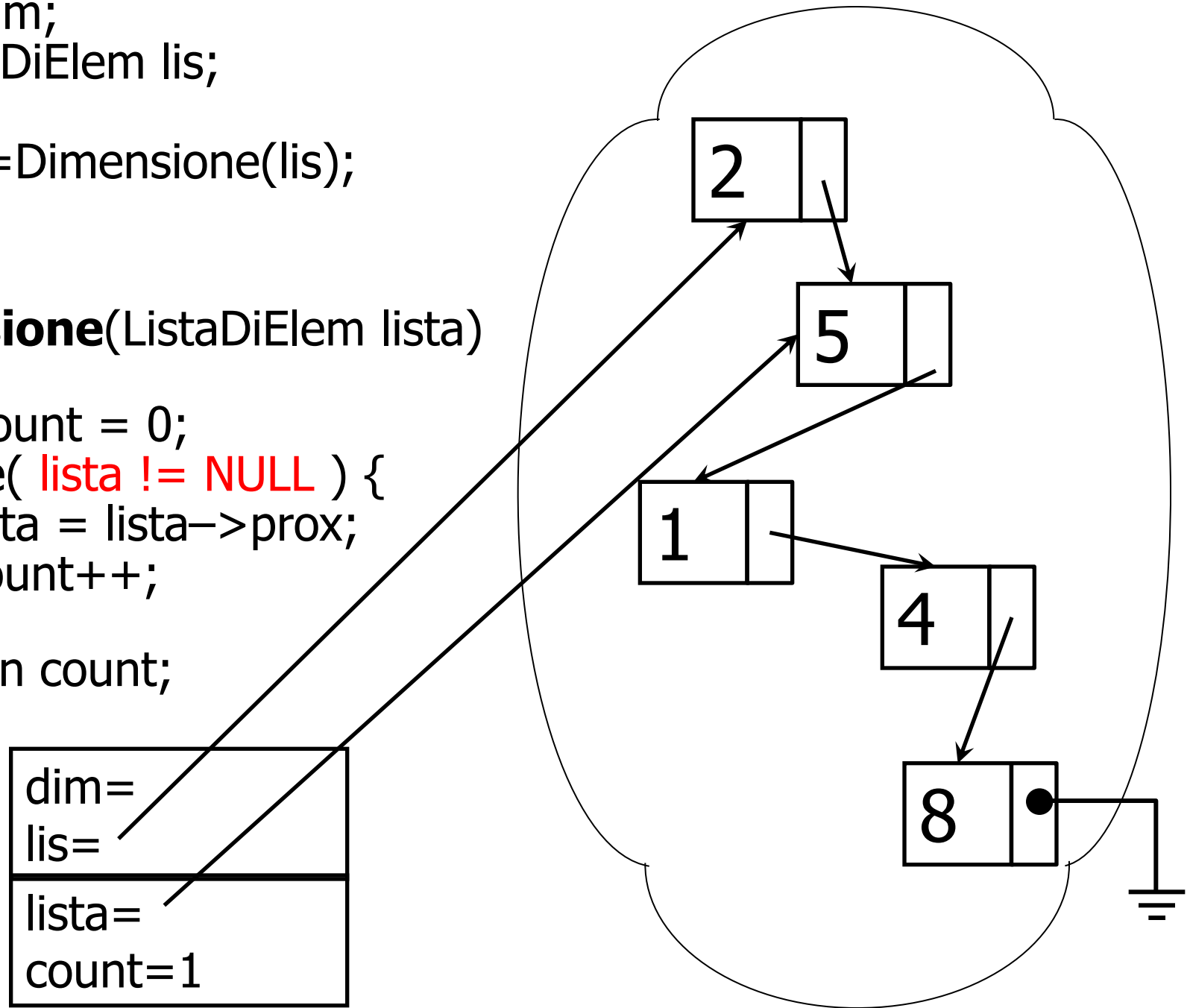
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



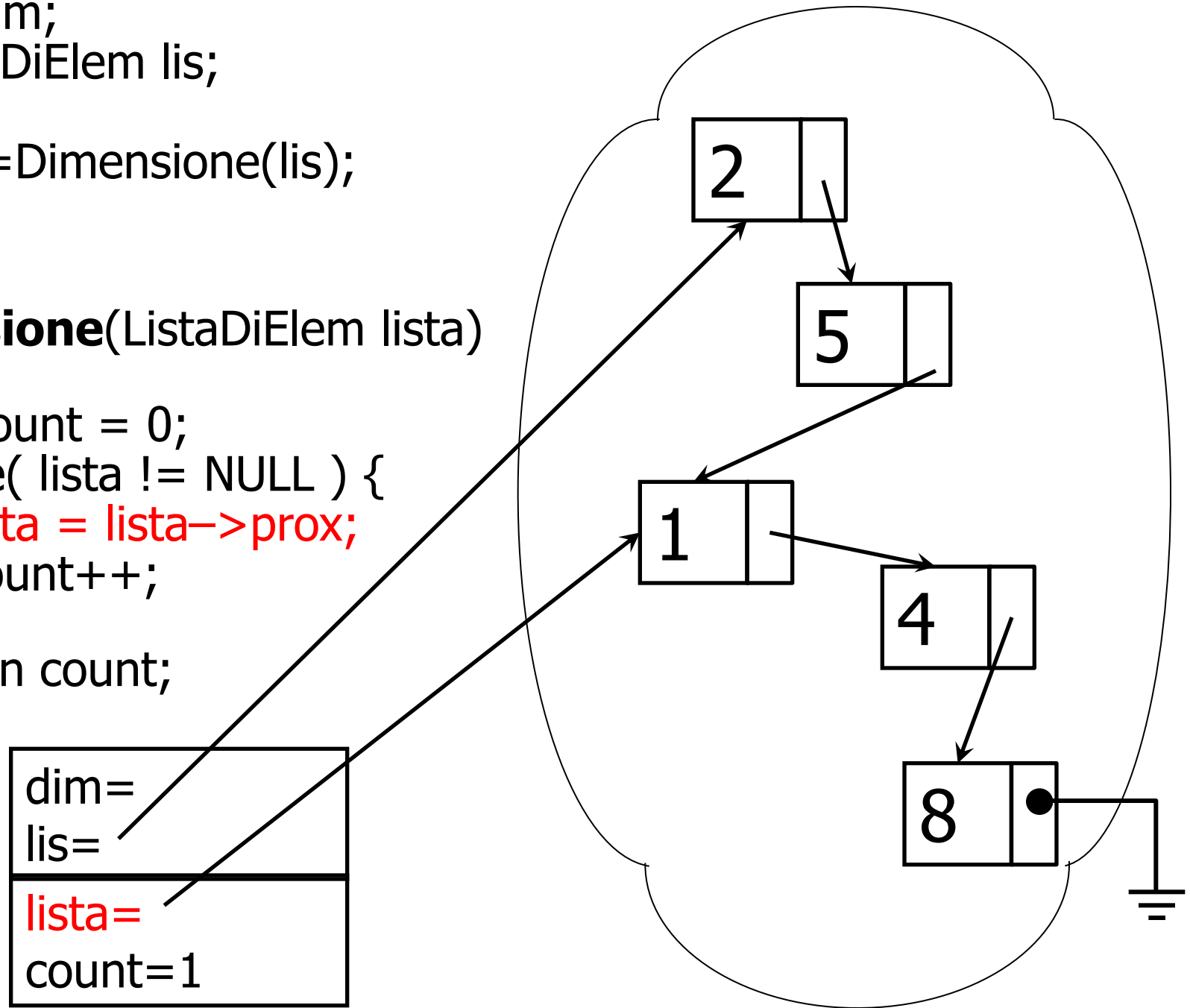
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



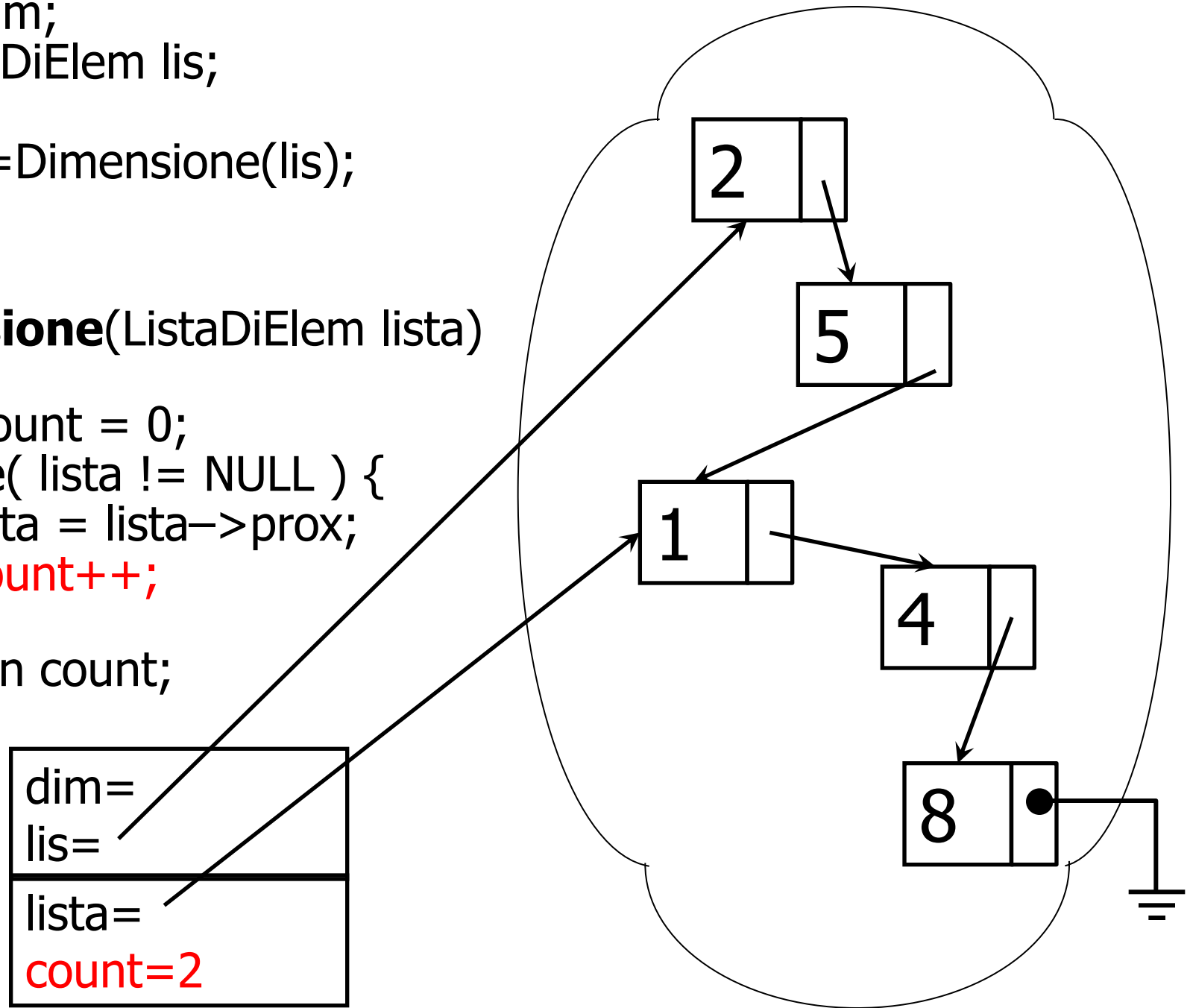
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



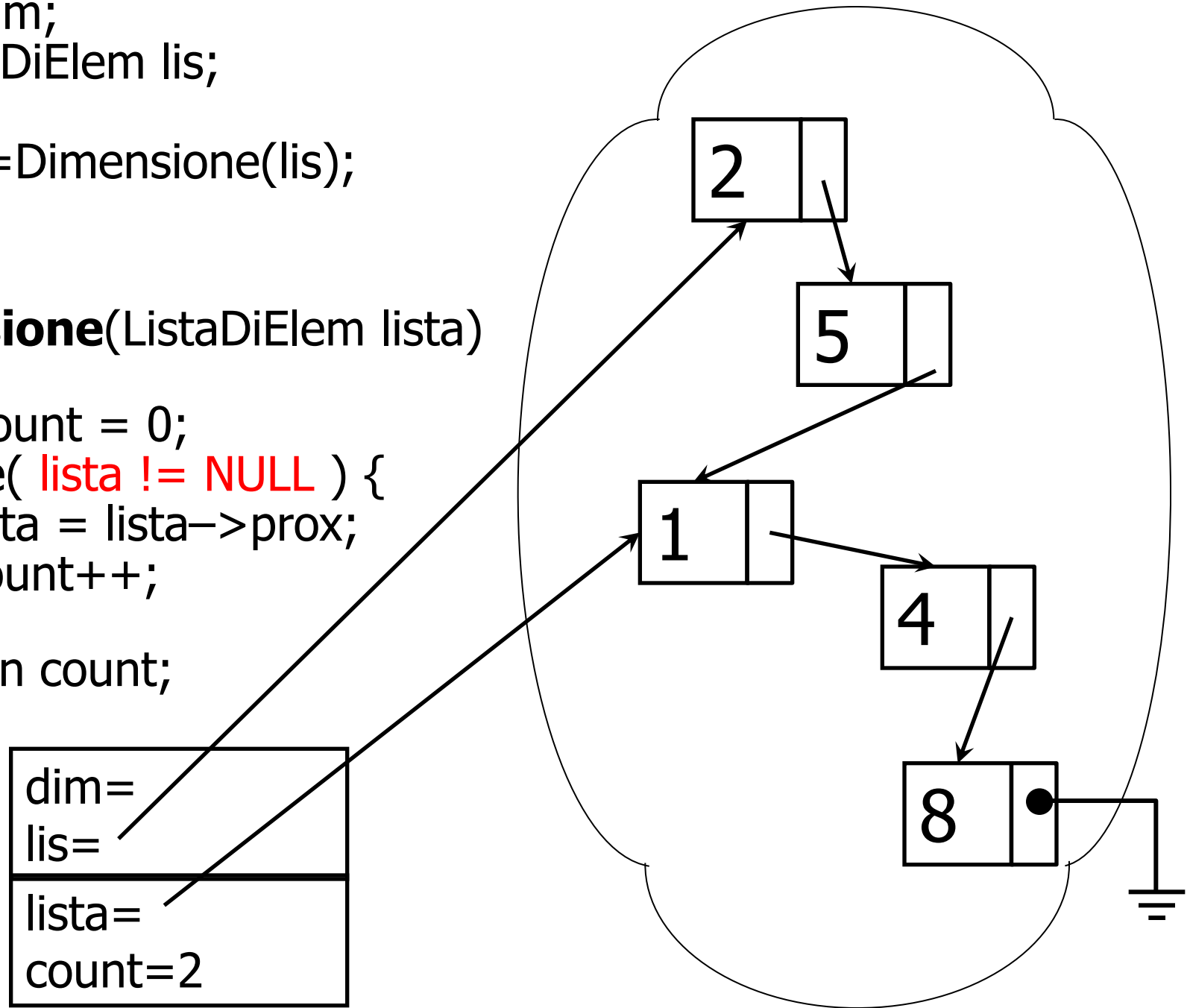
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



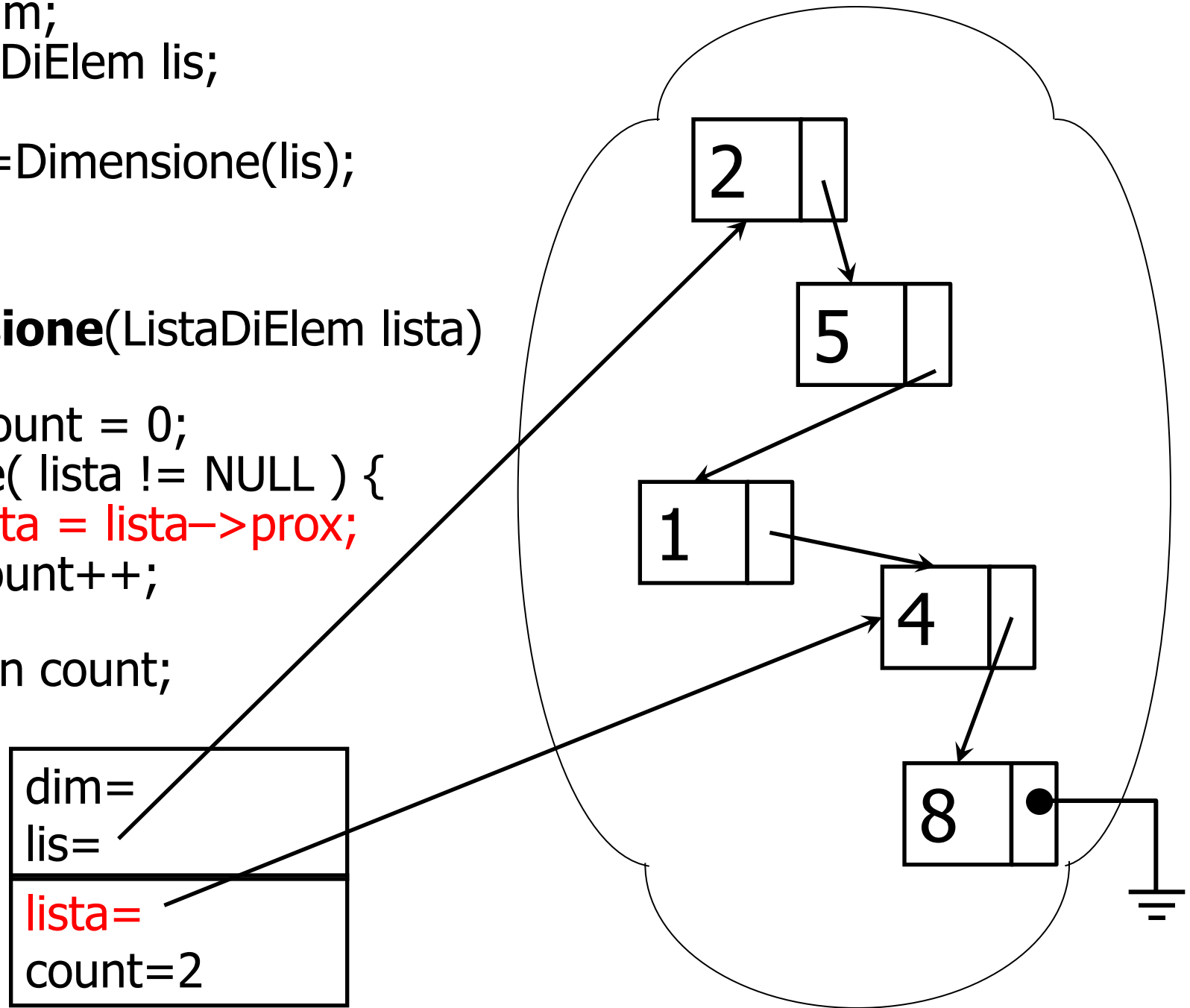
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



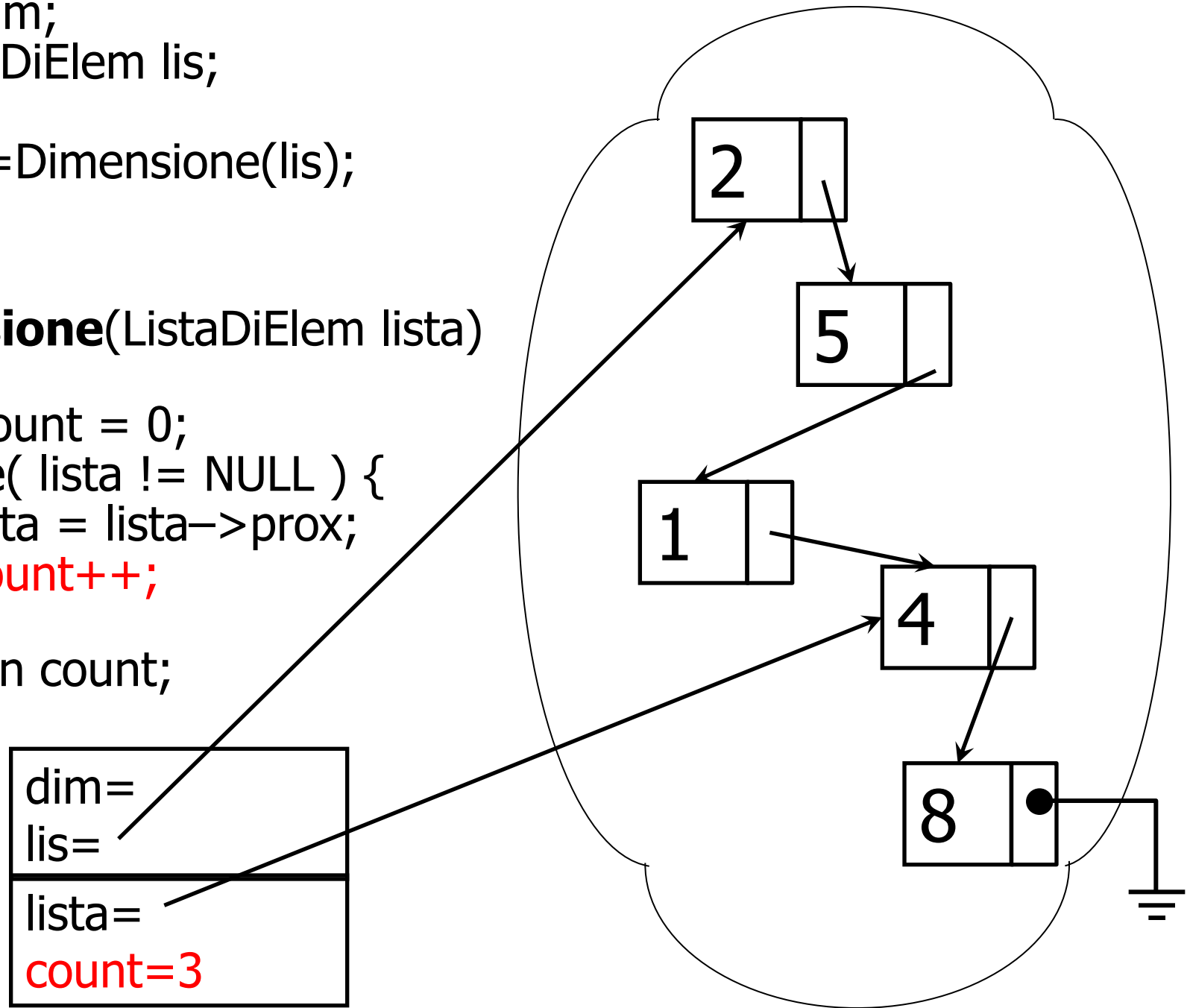
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



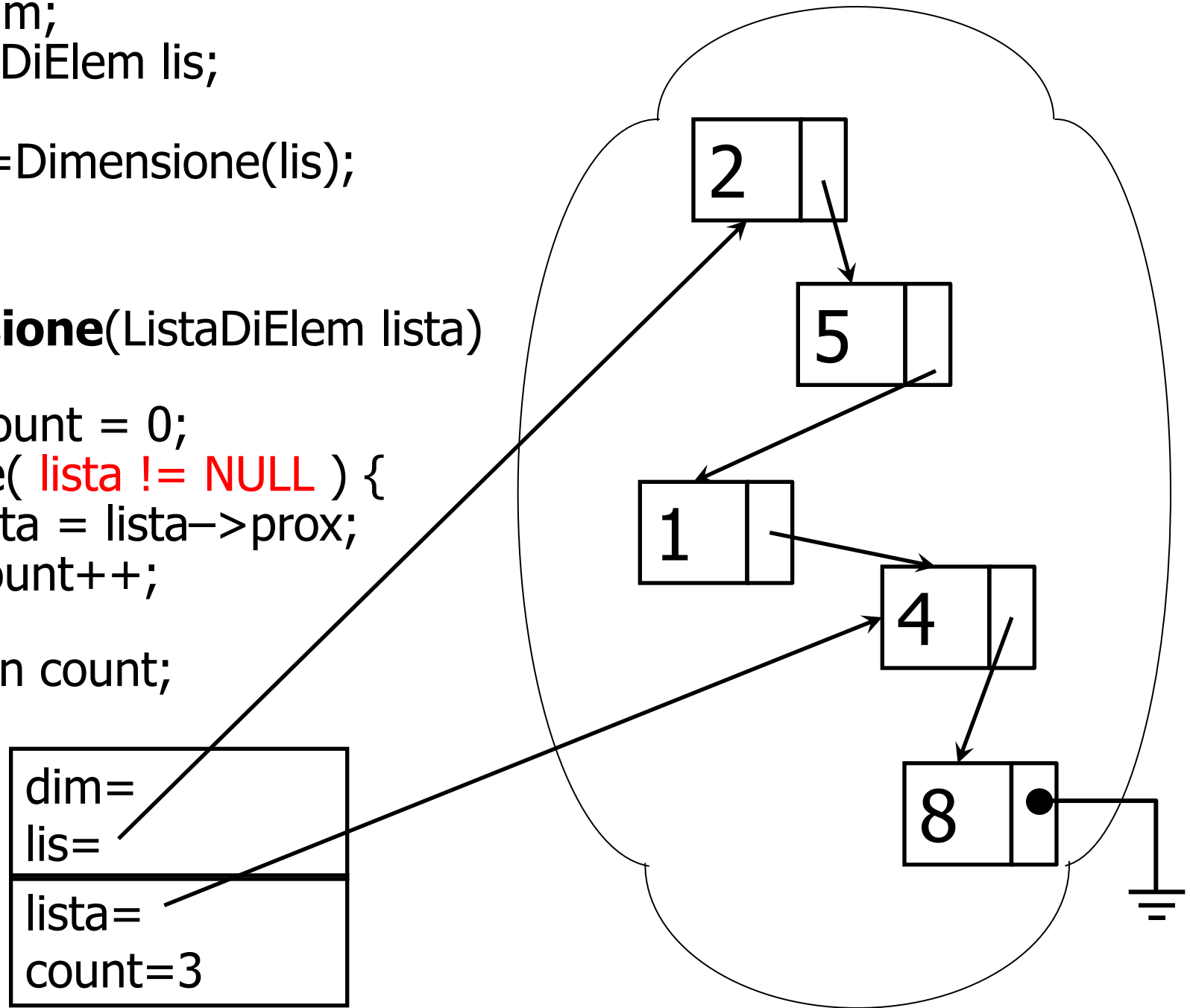
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



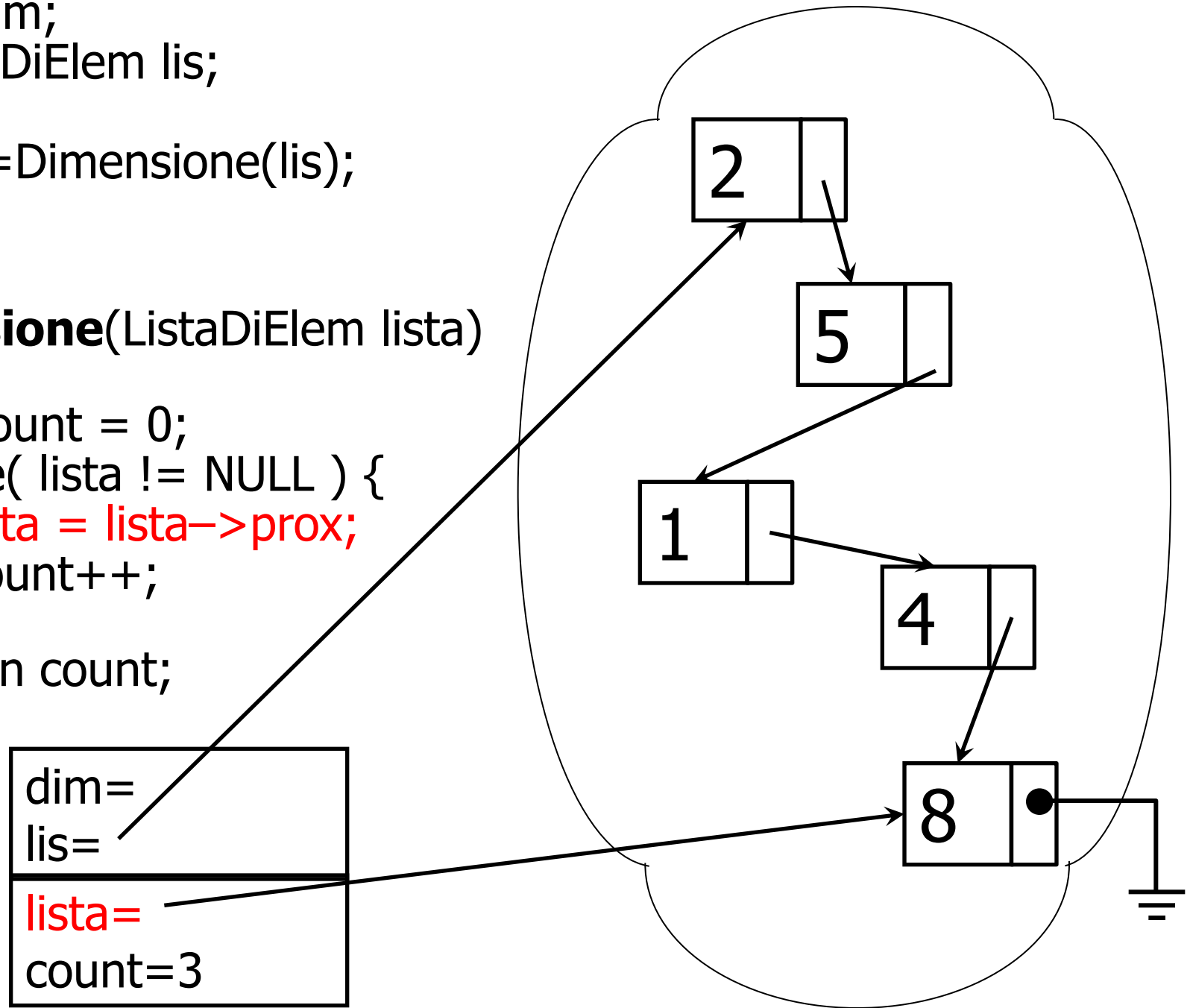
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



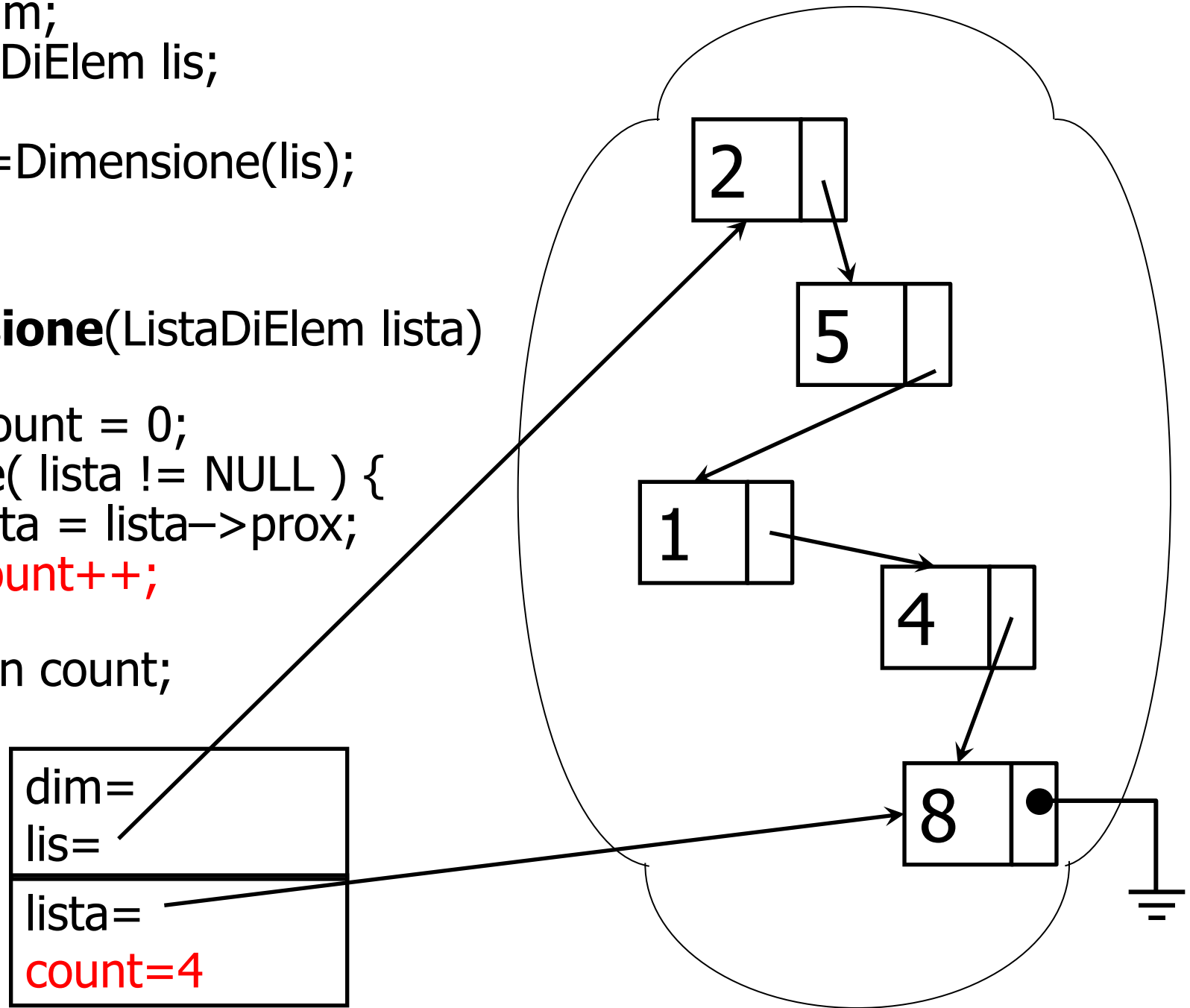
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



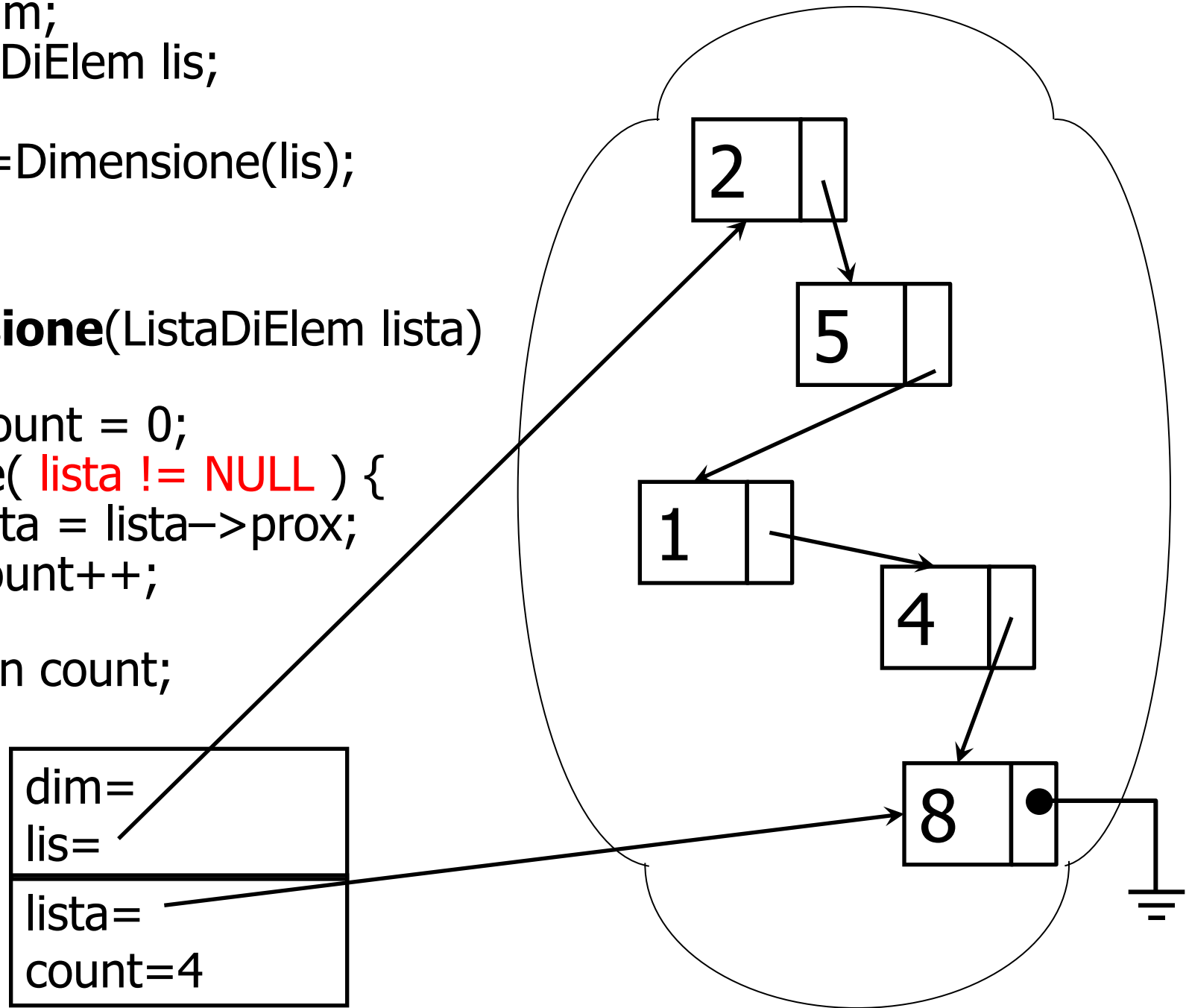
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```



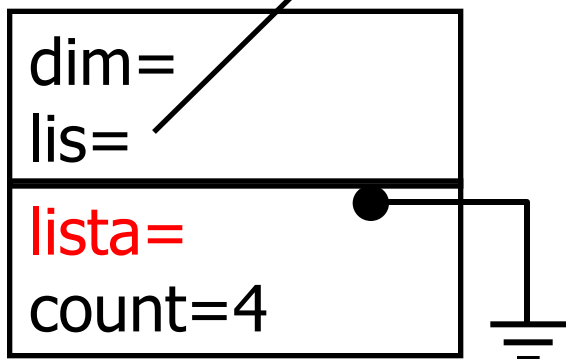
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

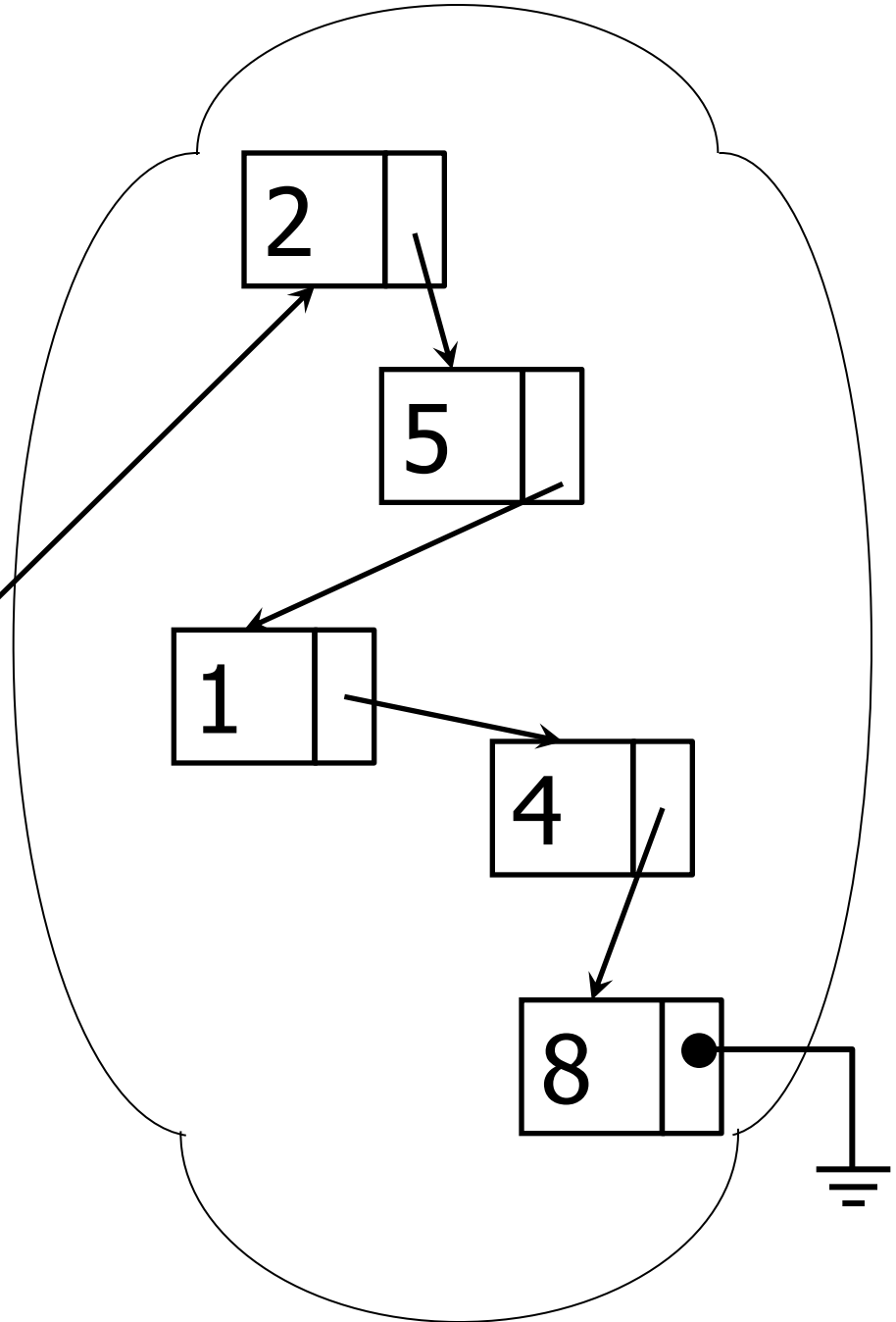


```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

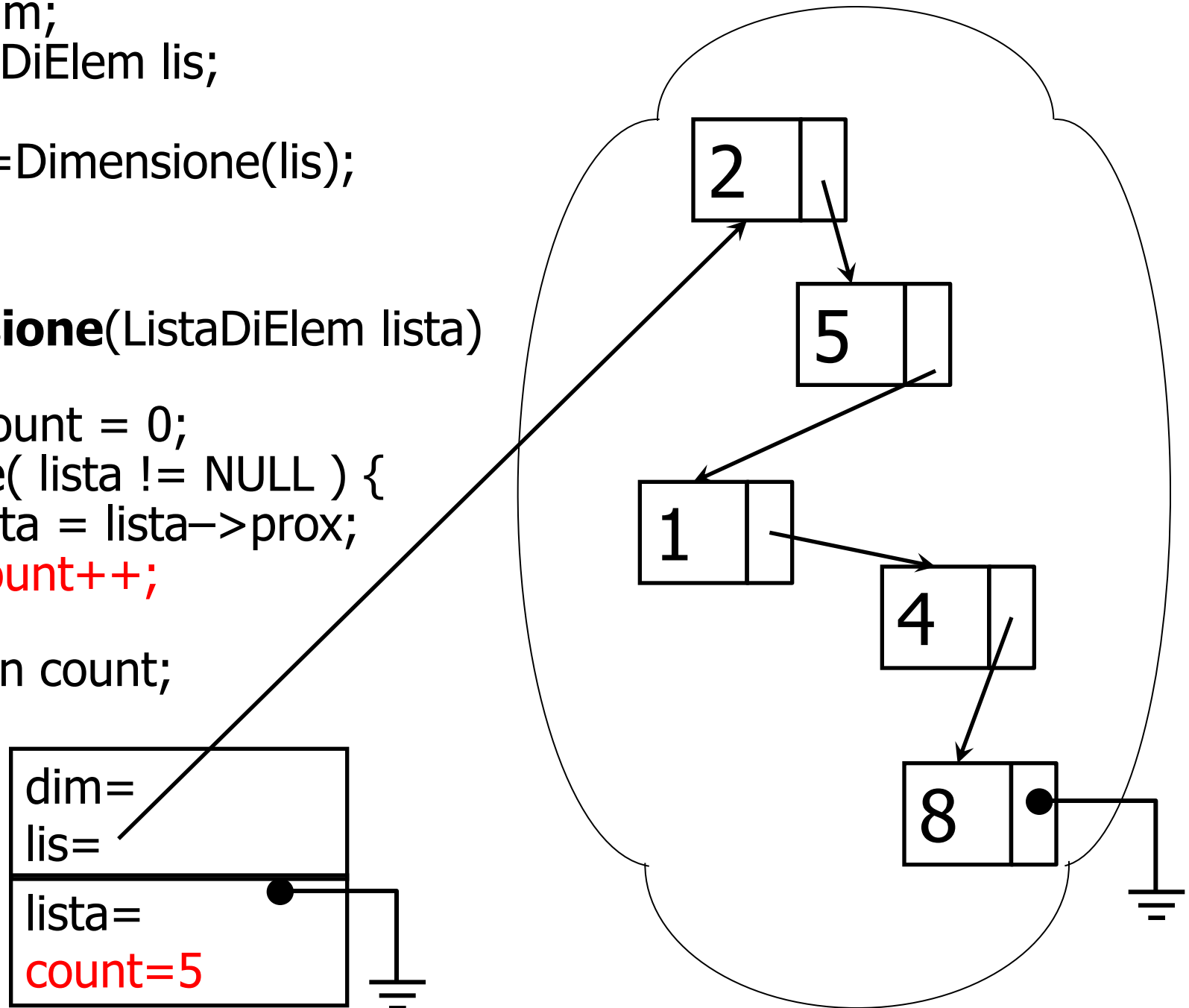


```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

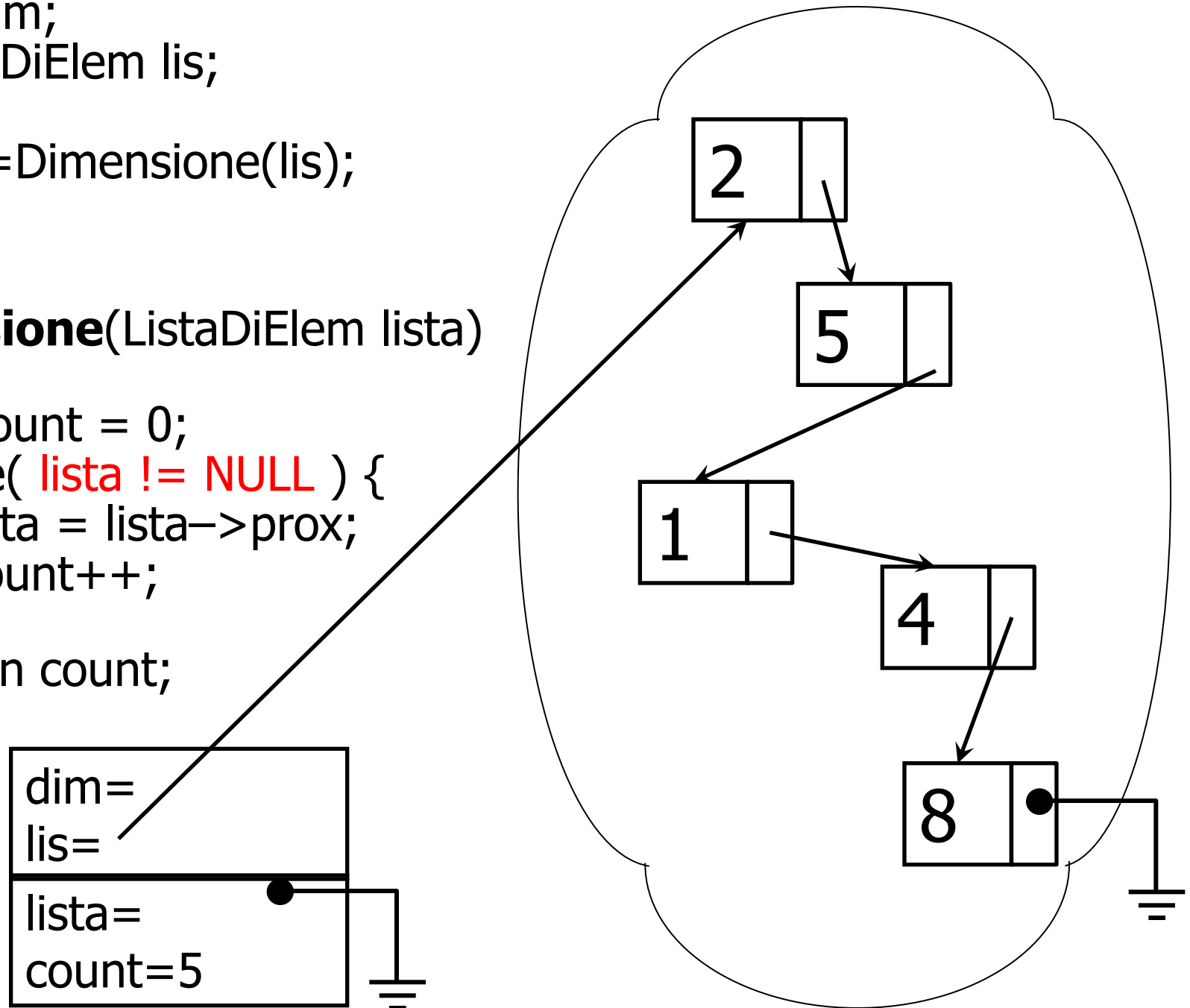




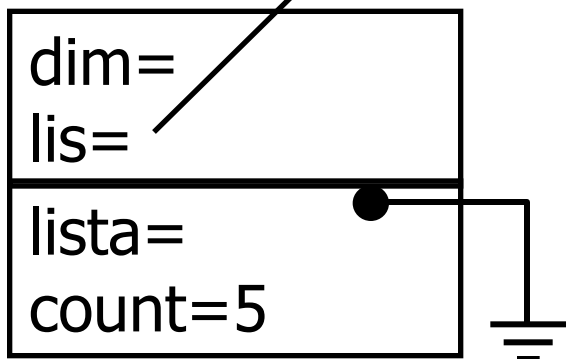
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

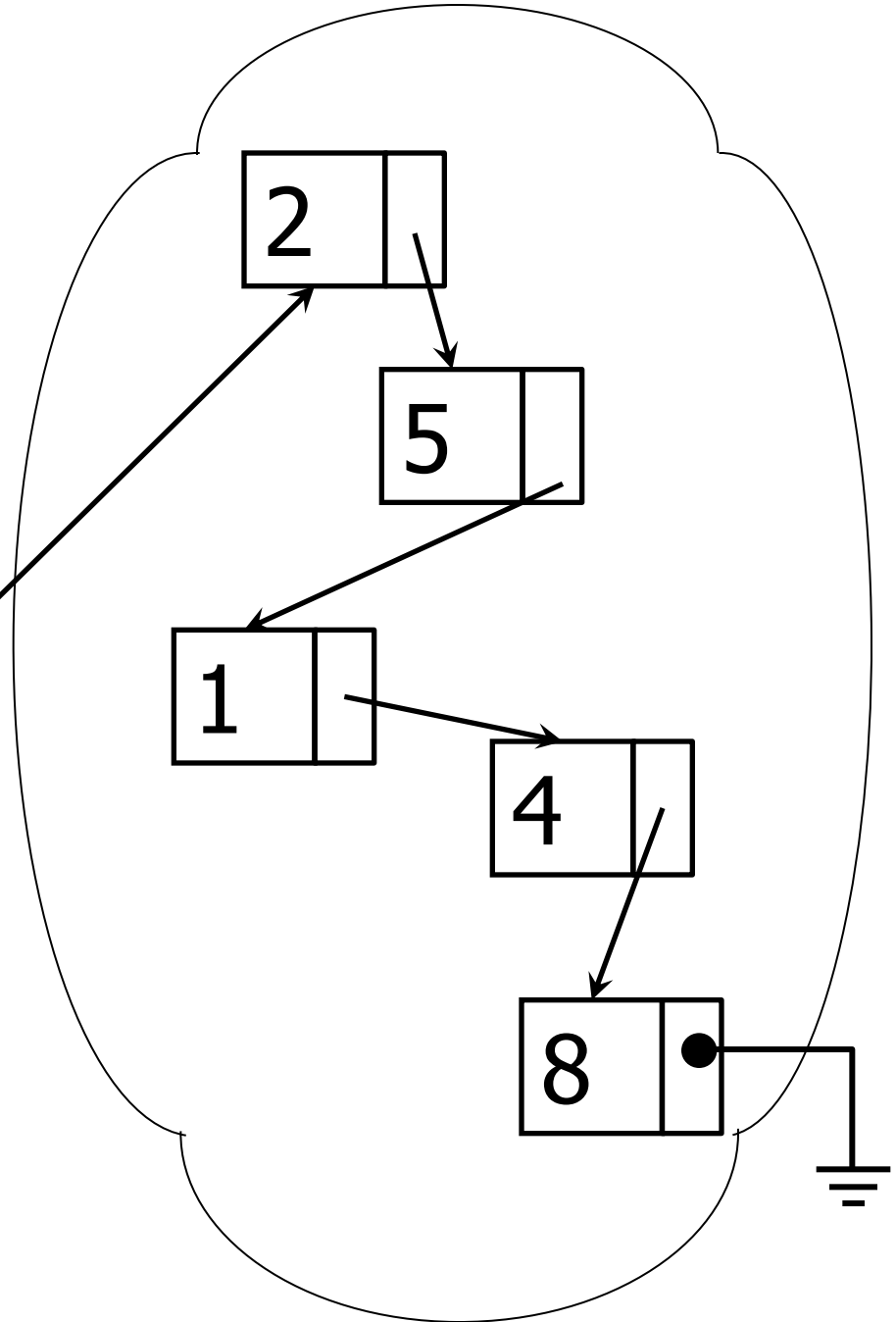


```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```

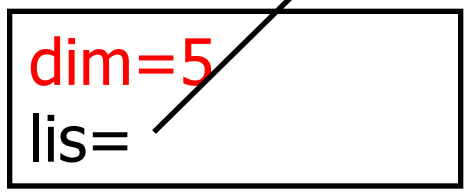


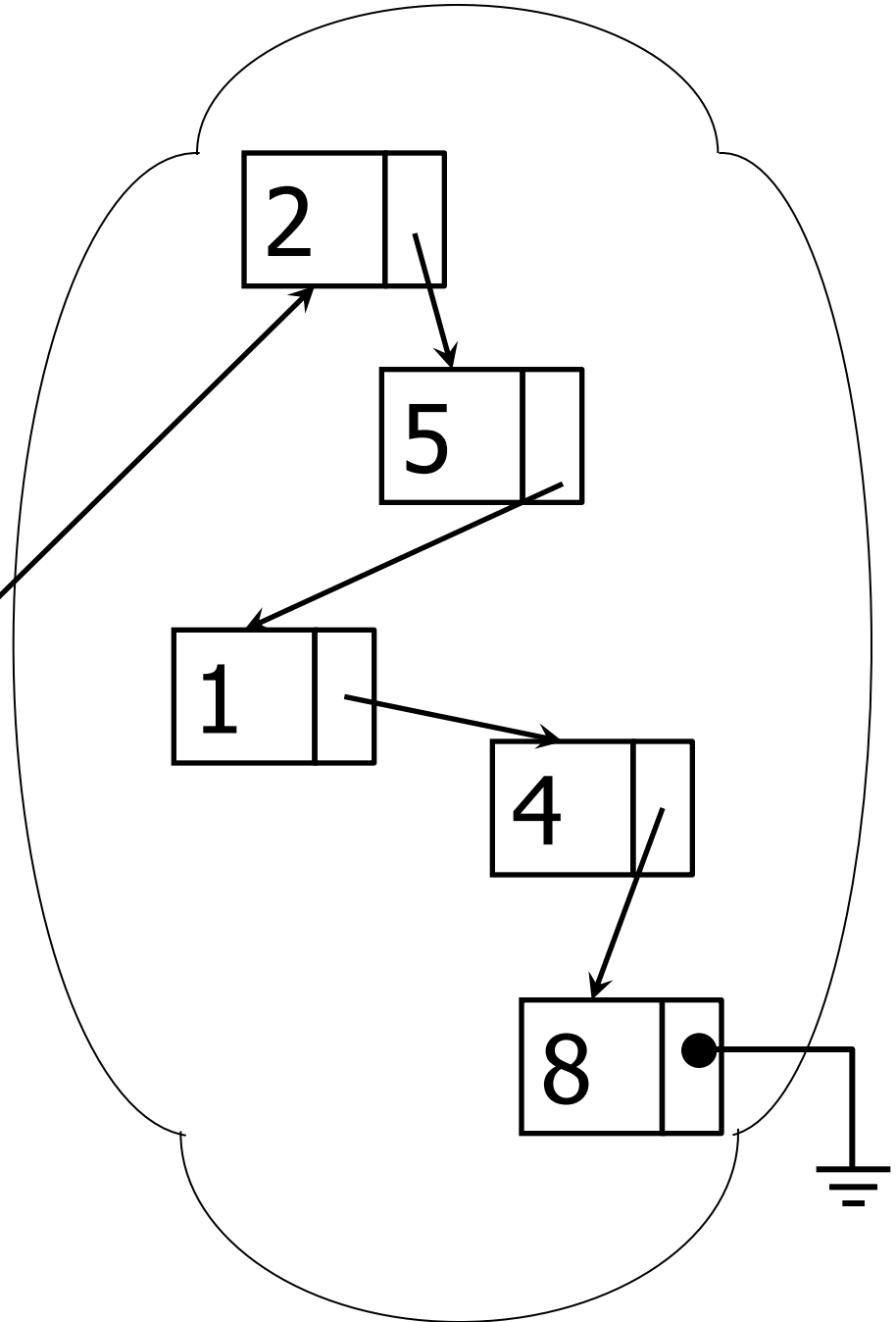
```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```





```
int main() {
        int dim;
        ListaDiElem lis;
        … …
        dim=Dimensione(lis);
        … …

int Dimensione(ListaDiElem lista)
{
        int count = 0;
        while( lista != NULL ) {
            lista = lista–>prox;
            count++;
        }
        return count;
}
```





Controllo presenza di un elemento

```
int VerificaPresenza (ListaDiElem lista, TipoElemento elem) {
        ListaDiElem  cursore;
        if ( ! ListaVuota(lista) ) {
                cursore = lista;      /* La lista non è vuota */
                while( ! ListaVuota(cursore) ) {
                        if ( cursore–>info == elem )
                                return 1;
                        cursore = cursore–>prox;
                }
        }
        return 0;           /* Falso: l'elemento Elem non c'è */
}
```

Versione ricorsiva !

```
int VerificaPresenza(ListaDiElem lista, TipoElemento elem) {
        if( ListaVuota( lista ) )
                return 0;
        if( lista–>info == elem )
                return 1;
        return VerificaPresenza( lista–>prox, elem );
}
```

Inserimento in prima posizione

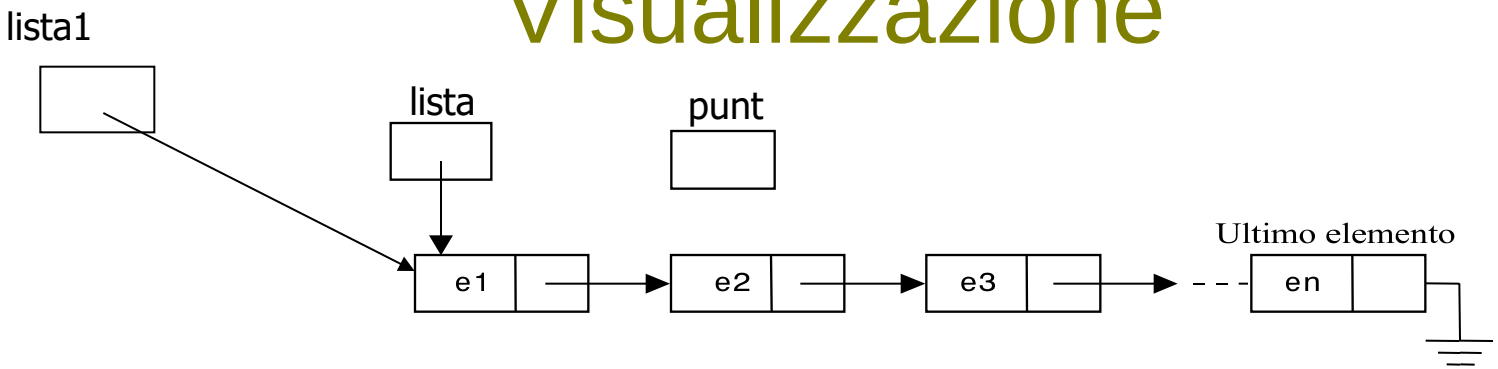
```
ListaDiElem InsInTesta ( ListaDiElem lista,
                                    TipoElemento elem ) {
    ListaDiElem punt;
    punt = (ListaDiElem) malloc(sizeof(ElemLista));
    punt–>info = elem;
    punt–>prox = lista;
    return  punt;
}
```

Chiamata: **lista1** = InsInTesta(**lista1**, elemento);

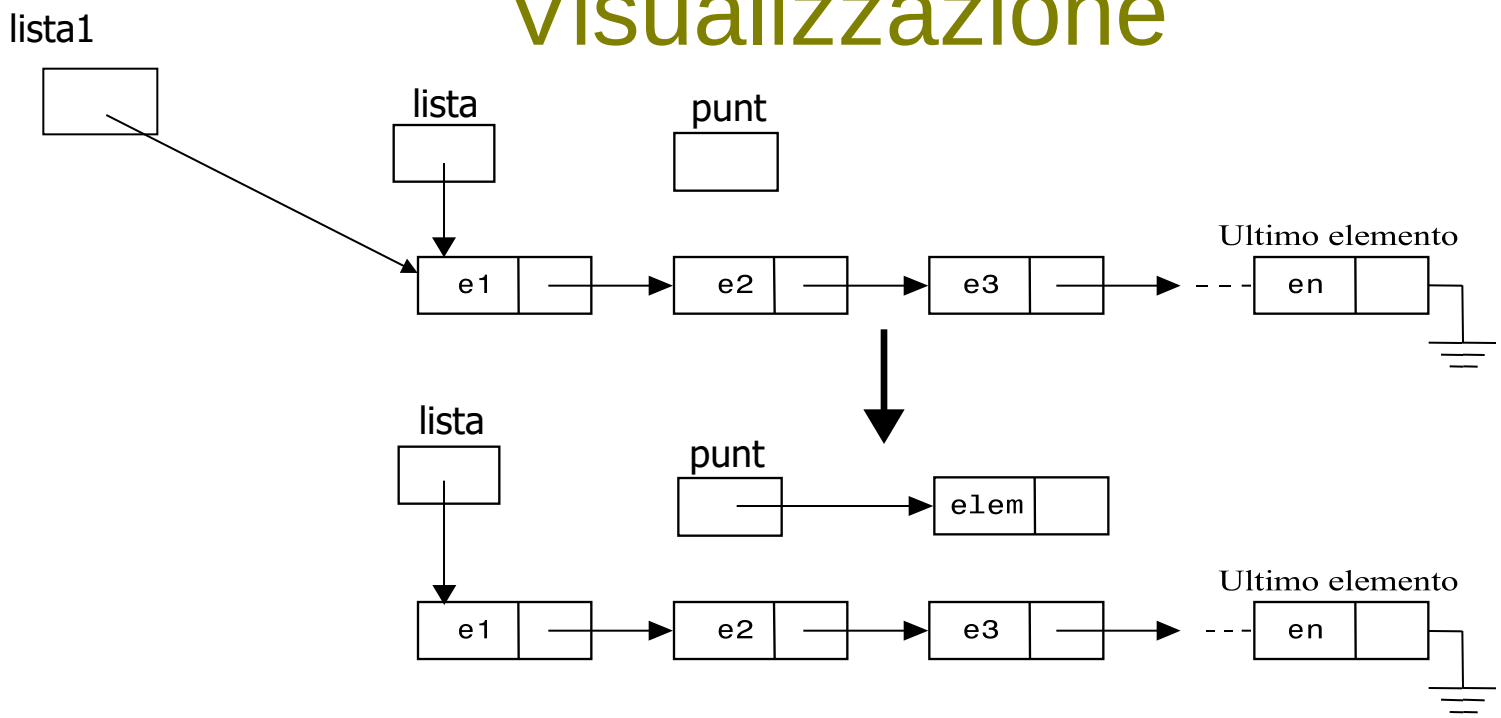
ATTENZIONE: l'inserimento modifica la lista

(non solo in quanto aggiunge un nodo, ma anche in quanto deve modificare il valore del puntatore al primo elemento *nell'ambiente del main*)

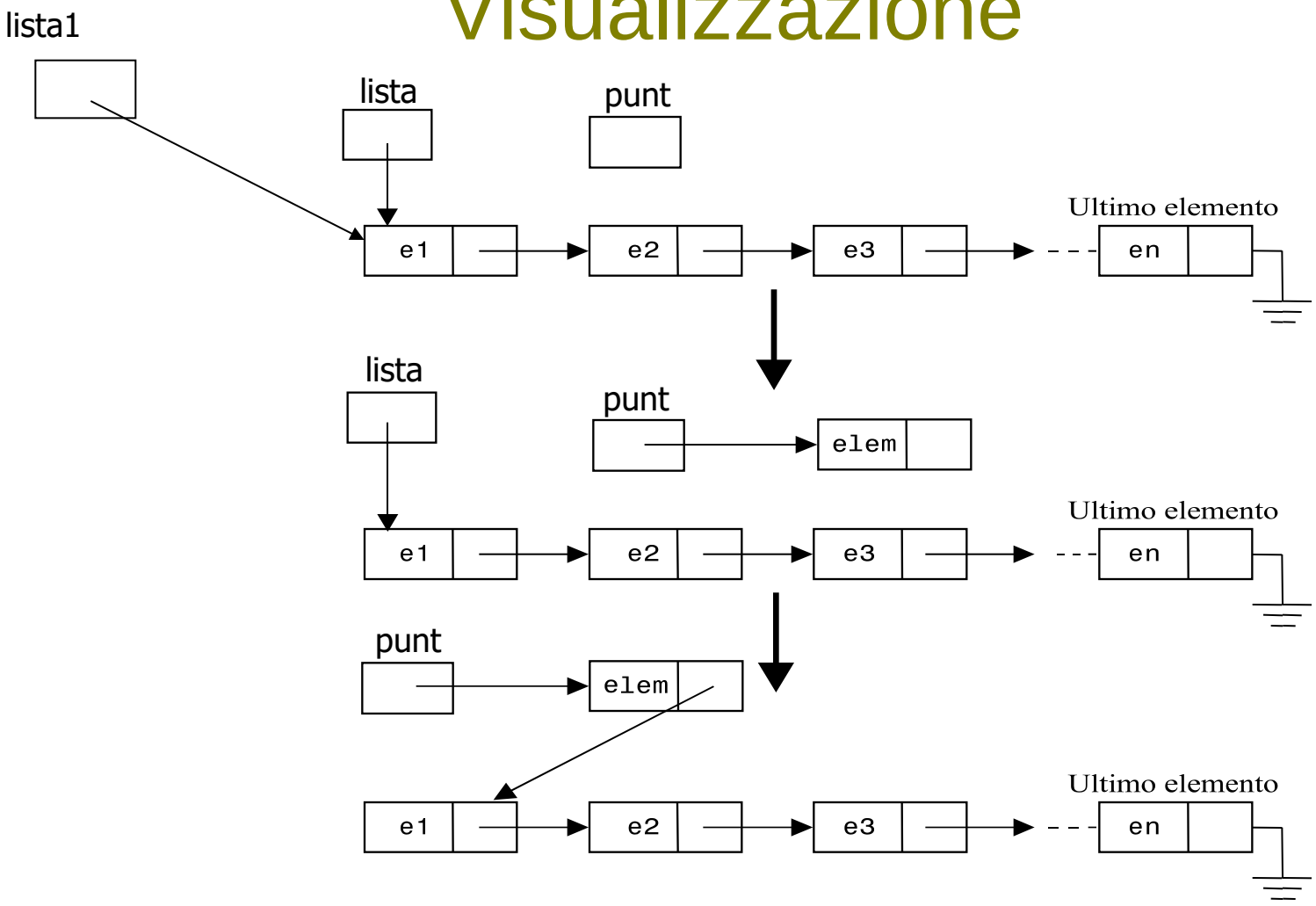
Visualizzazione



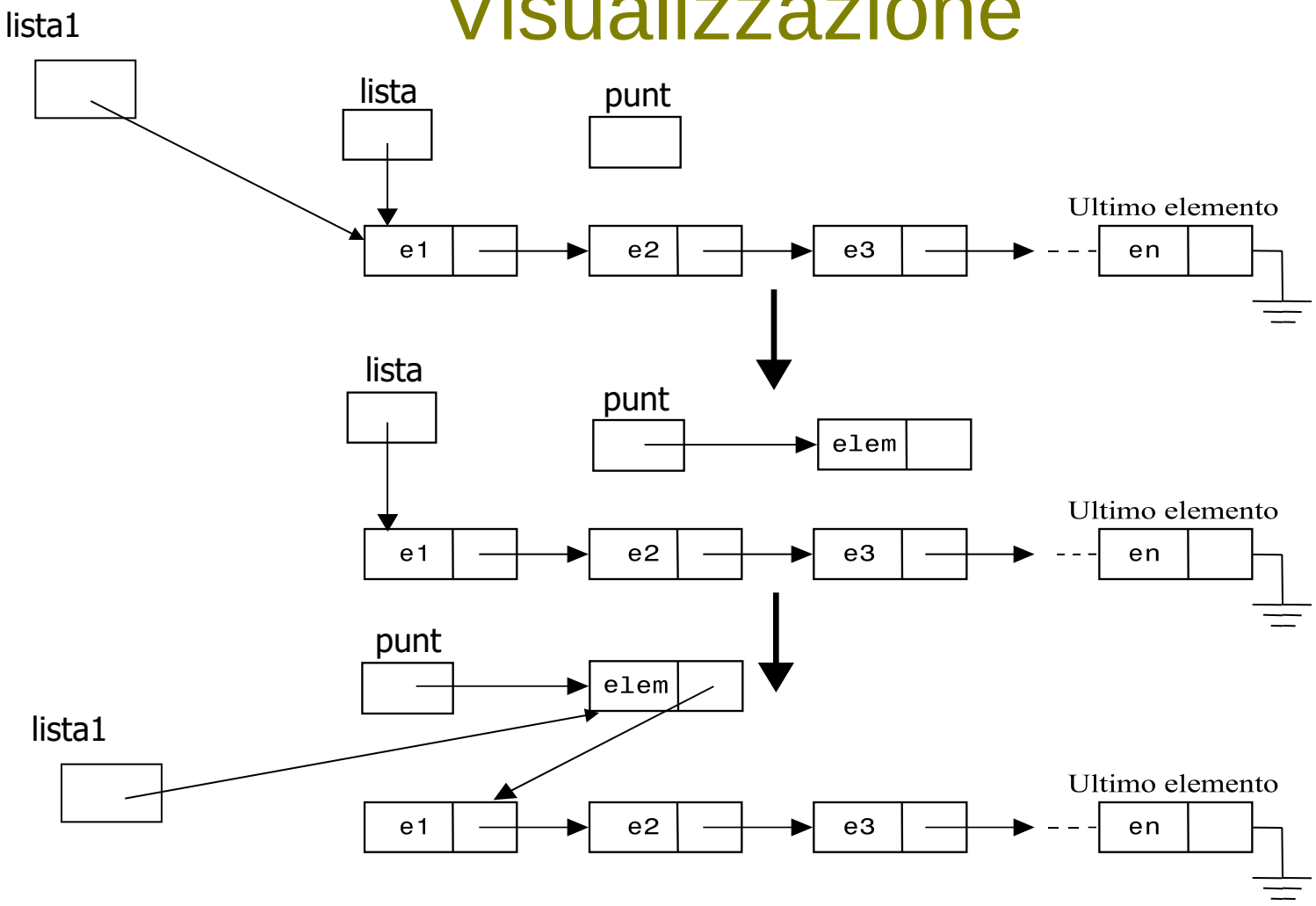
Visualizzazione



Visualizzazione



Visualizzazione



```
void inserisciInTestaRef(PNodo *p, int x) // questo è un doppio puntatore PNodo è già un puntatore!
{
    PNodo p_new;
    p_new = (PNodo) malloc(sizeof(Nodo));
    p_new->info = x;

    p_new->next = *p; // p qui punta alla cella dello stack che contiene l'indirizzo della testa
della lista nello heap. Quindi, *p è l'indirizzo della cella dello stack che contiene l'indirizzo
lista nell'heap

// ora devo cambiare la testa della lista nello stack nel record di attivazione del main
// *p è l'indirizzo della cella dello stack nel record di attivazione del main che contiene il
puntatore alla lista.
// p_new è l'indirizzo della nuova testa e può essere scritto in quella cella
    *p = p_new;
}
```

L'alternativa è passare per riferimento la testa della lista, questo richiede di utilizzare un doppio puntatore.

Inserimento in ultima posizione (iter.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
        return  punt;                          /* => punt è la nuova lista */
   else {
        while(cur–>prox!= NULL )          /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
        cur –>prox = punt;                     /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

Inserimento in ultima posizione (iter.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
         return  punt;                         /* => punt è la nuova lista */
   else {
         while(cur–>prox!= NULL )      /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
         cur –>prox = punt;                    /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

Serve che la funzione **InsInFondo** restituisca la nuova lista perché la lista passata in ingresso potrebbe essere vuota.
In questo caso occorrerebbe quindi un inserimento in testa.
Altrimenti modifiche all'interno o in coda alla lista possono essere inserite anche con una funzione void.

Inserimento in ultima posizione (iter.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   ListaDiElem punt, cur = lista;
   punt = (ListaDiElem) malloc( sizeof(ElemLista) );
   punt–>prox = NULL;
   punt–>info = elem;                          /* Crea il nuovo nodo */
   if ( lista==NULL )
         return  punt;                         /* => punt è la nuova lista */
   else {
         while( cur–>prox != NULL )        /* Trova l'ultimo nodo */
            cur = cur–>prox;
         cur –>prox = punt;                    /* Aggancio all'ultimo nodo */
   }
   return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, elemento);

È necessario mantenere il puntatore alla testa (lista in questo caso) che viene restituito senza essere modificato. Cur invece viene modificato per scorrere la lista e quindi se lo restituissi, perderei la lista nell'invocazione

Inserimento in ultima posizione (ric.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem )
{
   ListaDiElem punt;
   if( lista==NULL ) {
         punt = malloc( sizeof(ElemLista) );
         punt–>prox = NULL;
         punt–>info = elem;
         return  punt;
   }
   else {   lista–>prox = InsInFondo( lista–>prox, elem );
              return lista;
   }
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, Elemento);

Inserimento in ultima posizione (ric.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem )
{
   ListaDiElem punt;
   if( lista==NULL ) {
         punt = malloc( sizeof(ElemLista) );
         punt–>prox = NULL;
         punt–>info = elem;
         return  punt;
   }
   else {  lista–>prox = InsInFondo( lista–>prox, elem );
           return lista;
   }
}
```

L'invocazione garantisce che la lista rimanga concatenate, perchè il nodo restituito dalla chiamata ricorsiva, viene agganciato al nodo corrente!

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, Elemento);

Inserimento in ultima posizione (ric.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem )
{
   ListaDiElem punt;
   if( lista==NULL ) {
         punt = malloc( sizeof(ElemLista) );
         punt–>prox = NULL;
         punt–>info = elem;
         return  punt;
   }
   else {   lista–>prox = InsInFondo( lista–>prox, elem );
            return lista;
   }
}
```

return lista deve andare in una riga separata, altrimenti non riesci a concatenare e restituire!

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, Elemento);

Inserimento in ultima posizione (ric.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem )
{
   ListaDiElem punt;
   if( lista==NULL ) {
         punt = malloc( sizeof(ElemLista) );
         punt–>prox = NULL;
         punt–>info = elem;
         return  punt;
   }
   else {   lista–>prox = InsInFondo( lista–>prox, elem );
            return lista;
   }
}
```

Alternativa: return InsInTesta(lista, elem);

Chiamata : **lista1** = InsInFondo(**lista1**, Elemento);

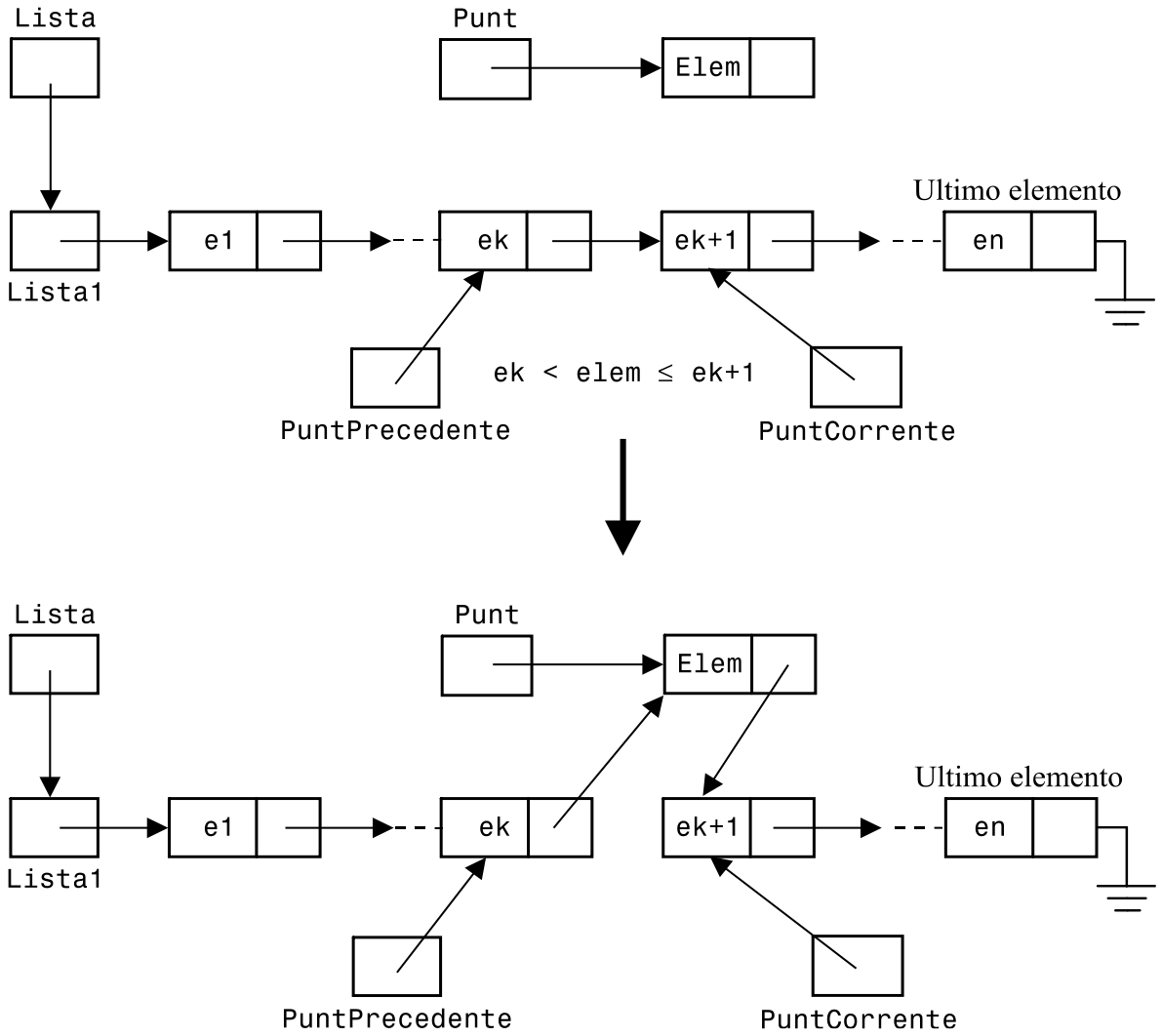
Inserimento in ultima posizione (ric.)

```
ListaDiElem InsInFondo( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
   if( lista==NULL )
       return InsInTesta( lista, elem );
   lista–>prox = InsInFondo( lista–>prox, elem );
   return lista;
}
```

Inserimento in lista ordinata

```
ListaDiElem InsInOrd( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
        ListaDiElem punt, puntCor = lista, puntPrec = NULL;
        /* Cerco la posizione giusta per inserire il nodo elem */
        while ( puntCor != NULL  &&  elem > puntCor–>info ) {
                puntPrec = puntCor;
                puntCor = puntCor->prox;
        }
        punt = (ListaDiElem) malloc(sizeof(ElemLista));
        punt–>info = elem;
        punt–>prox = puntCor;
        if ( puntPrec != NULL ) {          /* Inserimento interno alla lista */
                puntPrec–>prox = punt;
                return lista;
        } else
                return punt;                    /* Inserimento in testa alla lista */
}
```

Chiamata : **lista1** = InsInOrd(**lista1**, elemento);


Lista
Punt
Elem
Ultimo elemento
e1
ek
ek+1
en
Lista1
ek < elem ≤ ek+1
PuntPrecedente
PuntCorrente
Lista
Punt
Elem
Ultimo elemento
e1
ek
ek+1
en
Lista1
PuntPrecedente
PuntCorrente

Inserimento in lista ordinata no duplicati (iter)

```
Lista ins_ord(Lista l, int val)
{
    Lista prec = NULL, curr = l, p;
    if (l == NULL)// lista vuota
        return ins_testa(l, val);
    // popolo in ordine crescente, continua a cercare finchè curr non è maggiore,
    while(curr != NULL && curr->v < val)     {
        prec = curr;
        curr = curr->next;
    }
    if(curr->v == val) // in questo modo non inserisco duplicati
        return l;

    p = (Lista) malloc(sizeof(Nodo));
    p->v = val;
    p->next = curr;

    // questo vuol dire che devo scrivere nella testa perchè  curr->v < val
    if(prec == NULL)
        return p;
    prec->next = p;  // concateno se non era un caso precedente
    return l;
}
```

Inserimento in lista ordinata (ric.)

```
Lista ins_ord_ric(Lista l, int val)
{
    // primo caso base, la lista è vuota, inserisco
    if (l == NULL)
        return ins_testa(l, val);

    // secondo caso base, la testa di l ha un valore maggiore, devo inserire in testa per fare
inserimento crescente
    if(l->v > val)
    {
        Lista p = (Lista) malloc(sizeof(Nodo));
        p->v = val;
        p->next = l;
        return p;
    }

    // terzo caso base (per evitare duplicati) non inserisco se trovo già il valore
    if(l->v == val)
        return l;

    // altrimenti, devo continuare l'inserimento sulla lista che segue
    l->next = ins_ord_ric(l->next, val);
    return l;
}
```

Una riflessione sulle liste ordinate

- Se consideriamo una lista inizialmente vuota e operiamo sempre e solo inserimenti ordinati…
  - In ogni momento la lista sarà ordinata
  - Questa assunzione può essere sfruttata
- Ma…
  - Se anche una sola volta facciamo un inserimento in testa o in coda
  - Se la lista inizialmente non è vuota
  - …
- Allora (*nel caso più generale*)
  - Non vale più l'assunzione che la lista sia ordinata
  - L'effetto di "InsInOrd" non è nemmeno ben definito !

Cancellazione di un elemento

```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
        ListaDiElem puntTemp;
        if( lista!=NULL)
                if( lista–>info == elem ) {
                        puntTemp = lista–>prox;
                        free( lista );
                        return puntTemp;
                }
                else
                        lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
        return lista;
}
```

Chiamata : **lista1** = Cancella(**lista1**, elemento);

Cancellazione di un elemento

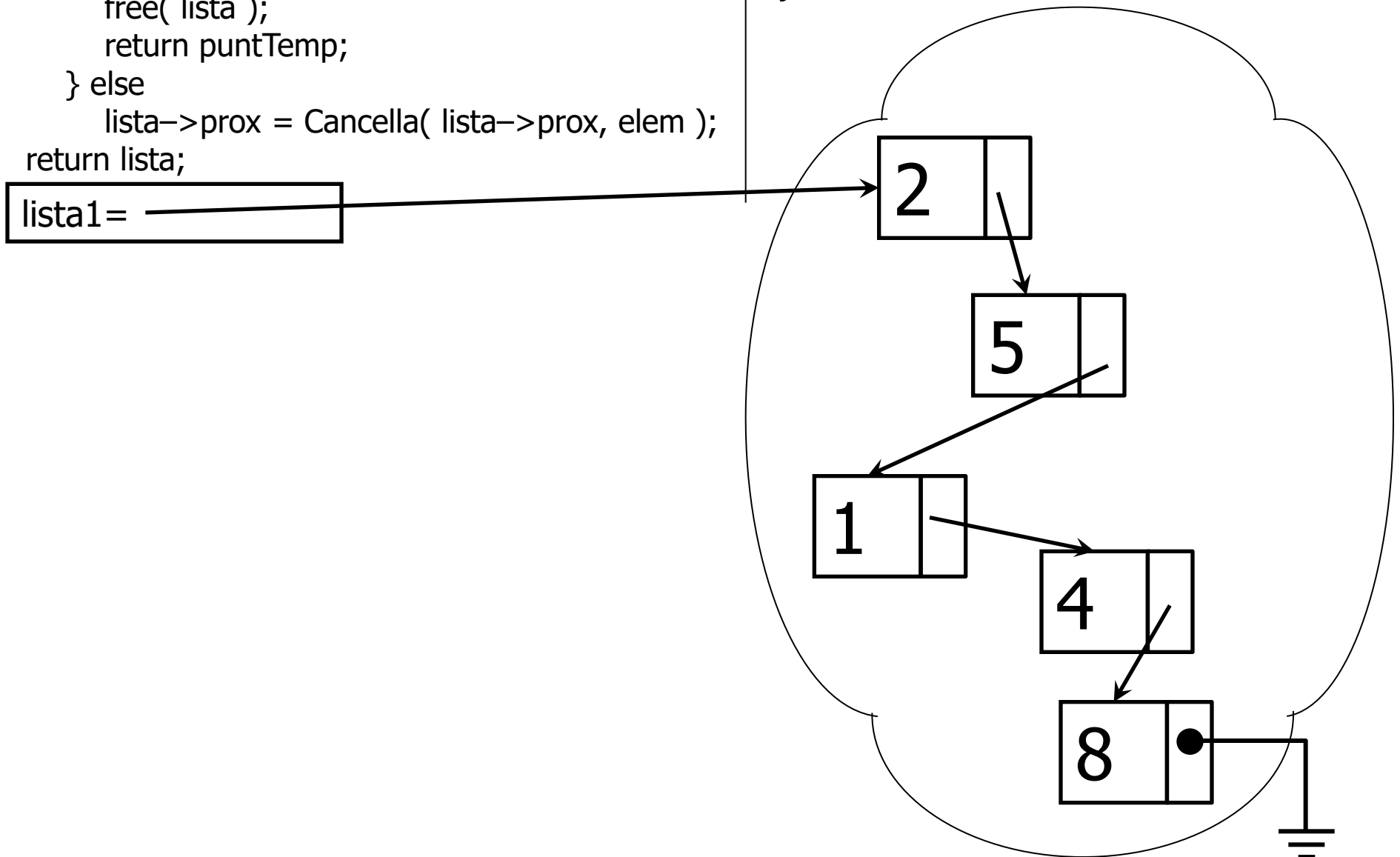
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
        ListaDiElem puntTemp;
        if( lista!=NULL)
                if( lista–>info == elem ) {
                        puntTemp = lista–>prox;
                        free( lista );
                        return puntTemp;
                }
                else
                        lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
        return lista;
}
```

Che cosa succede se nella lista ci sono valori duplicati?

Chiamata : **lista1** = Cancella(**lista1**, elemento);

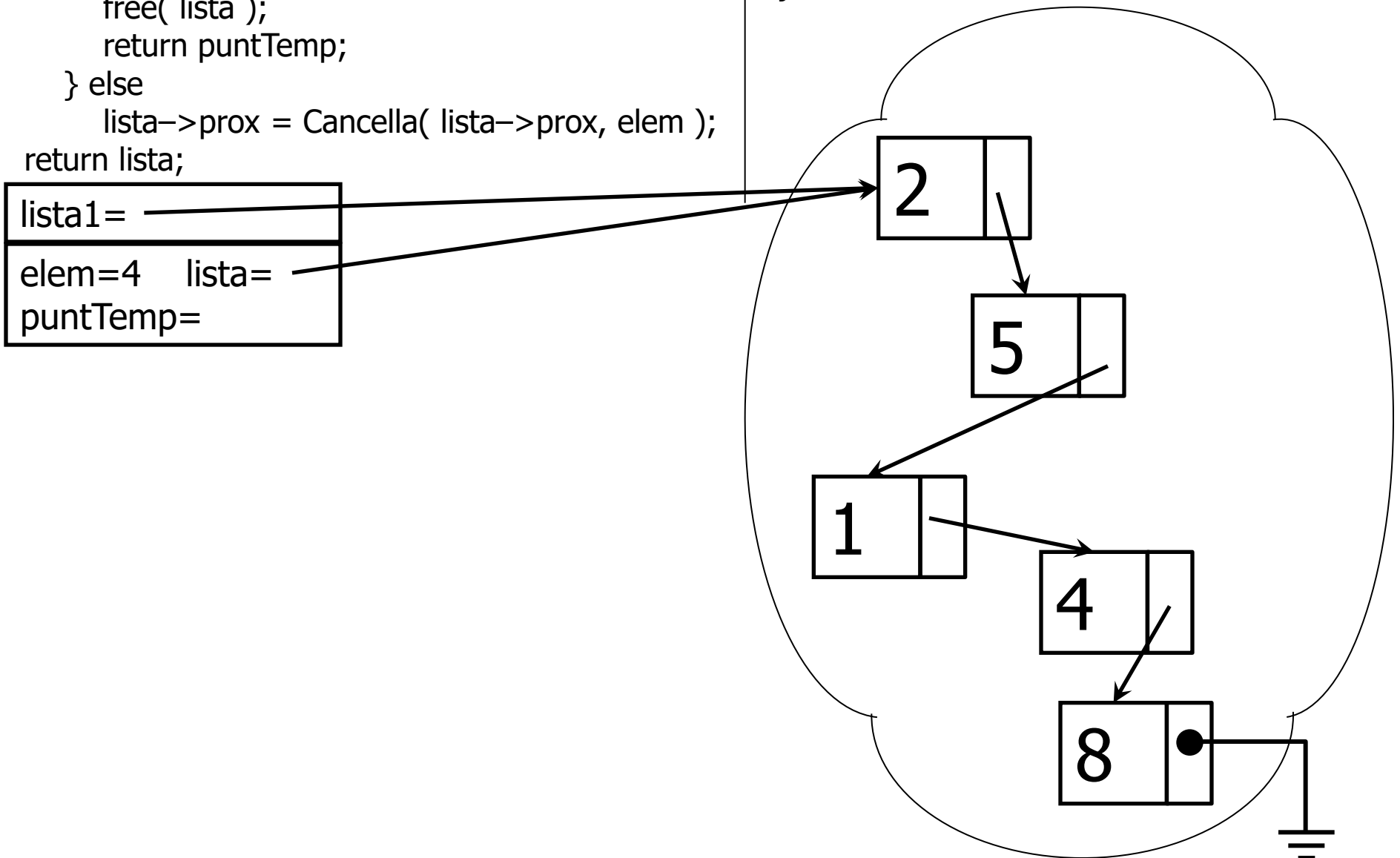
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



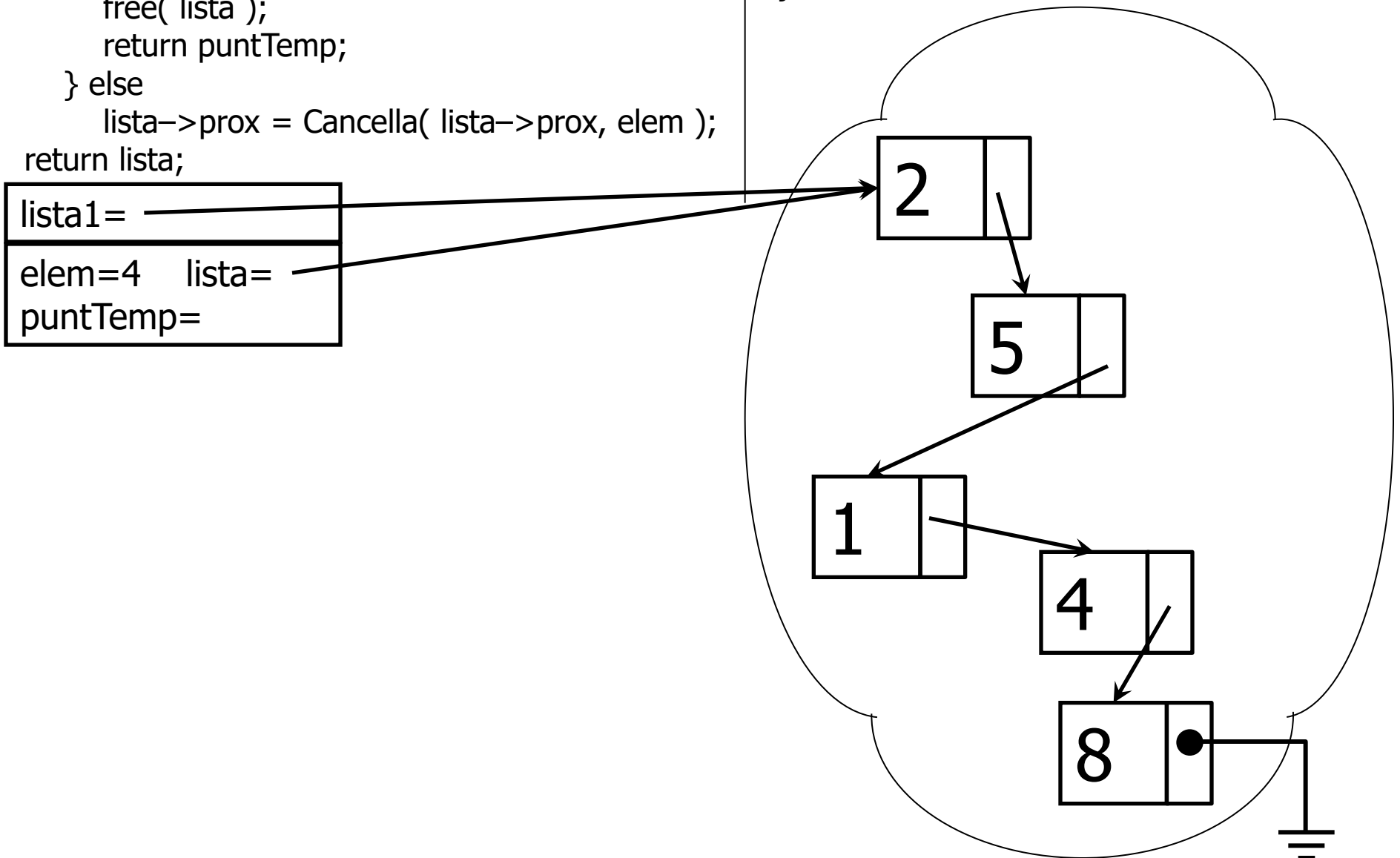
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



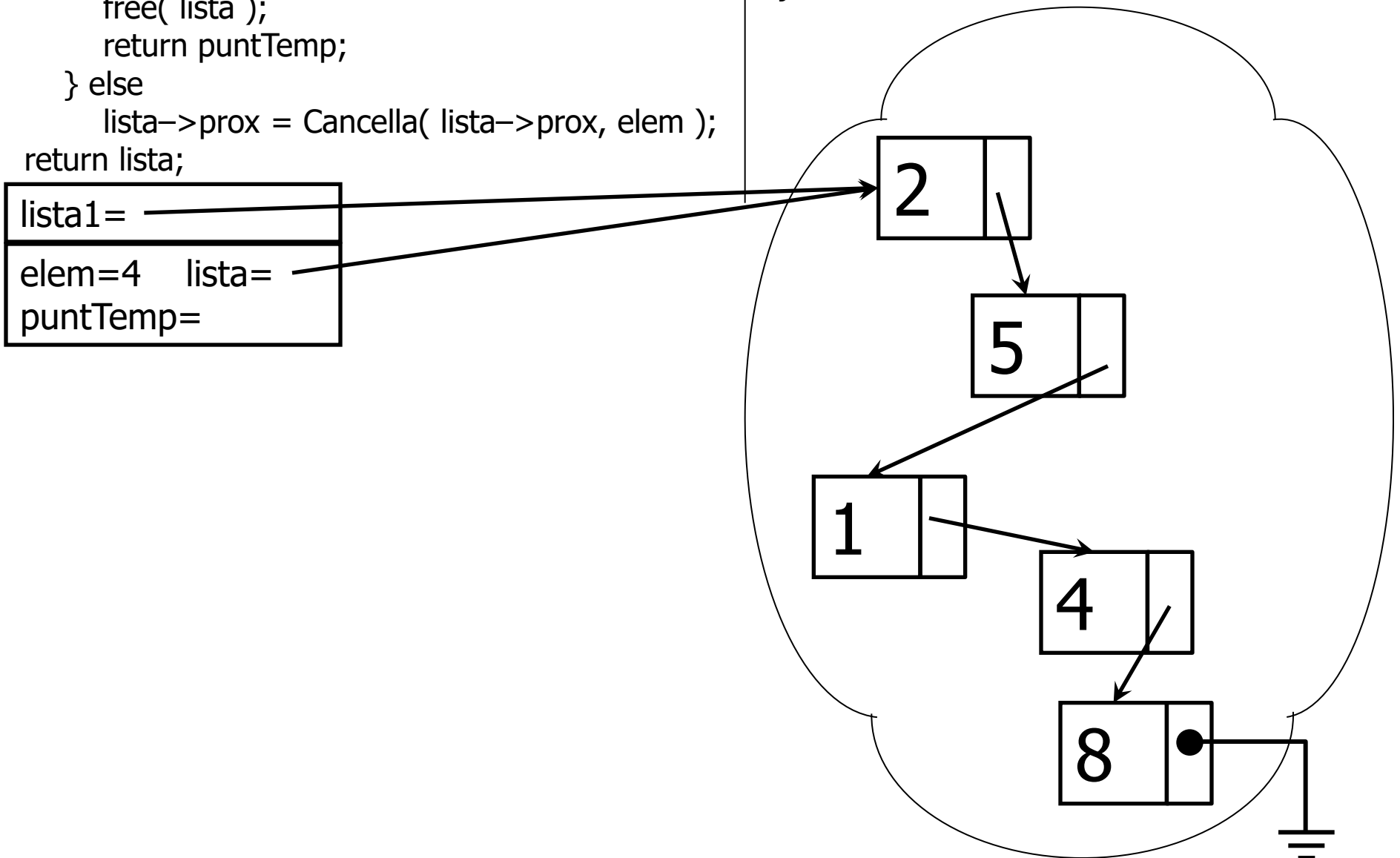
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



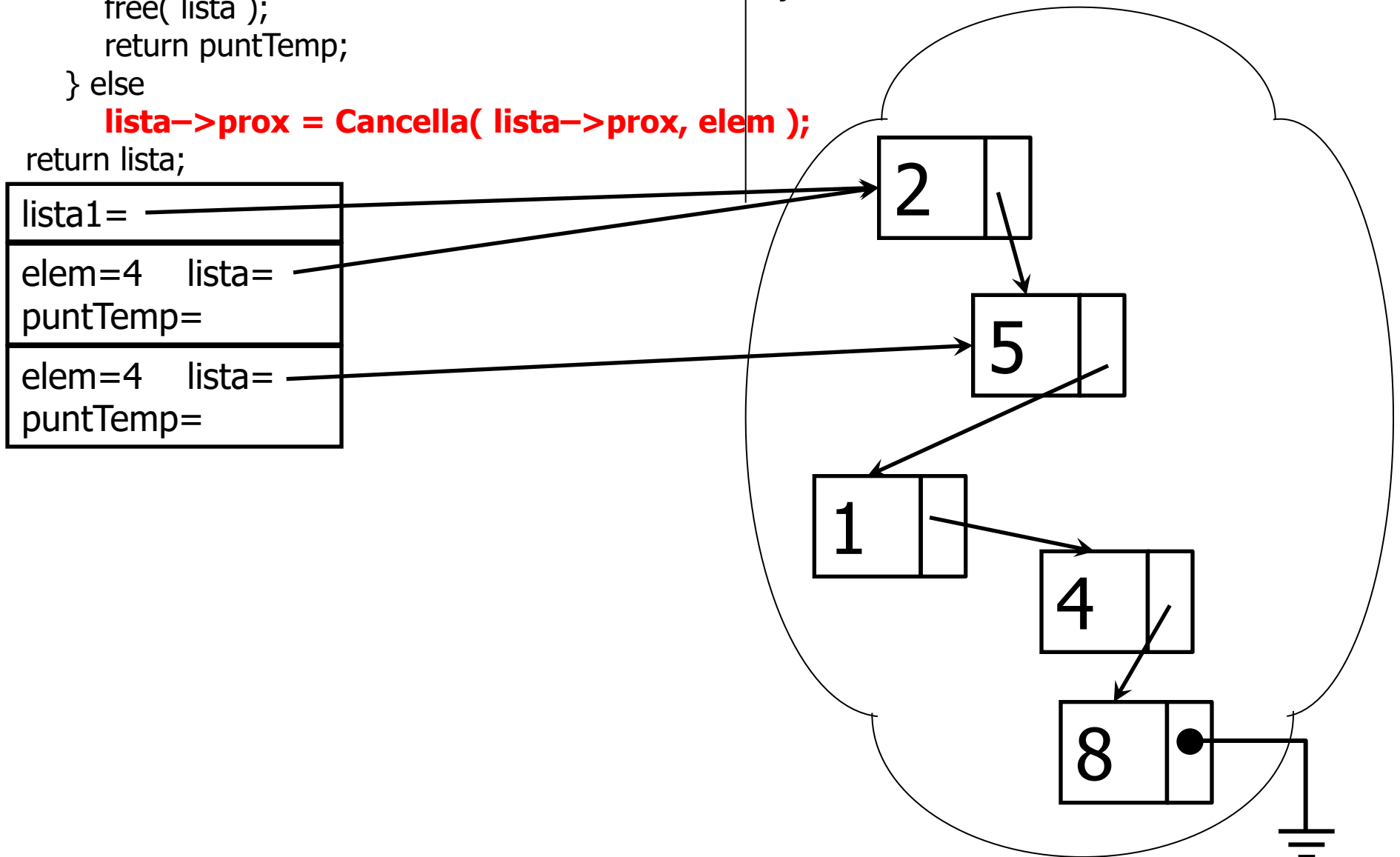
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



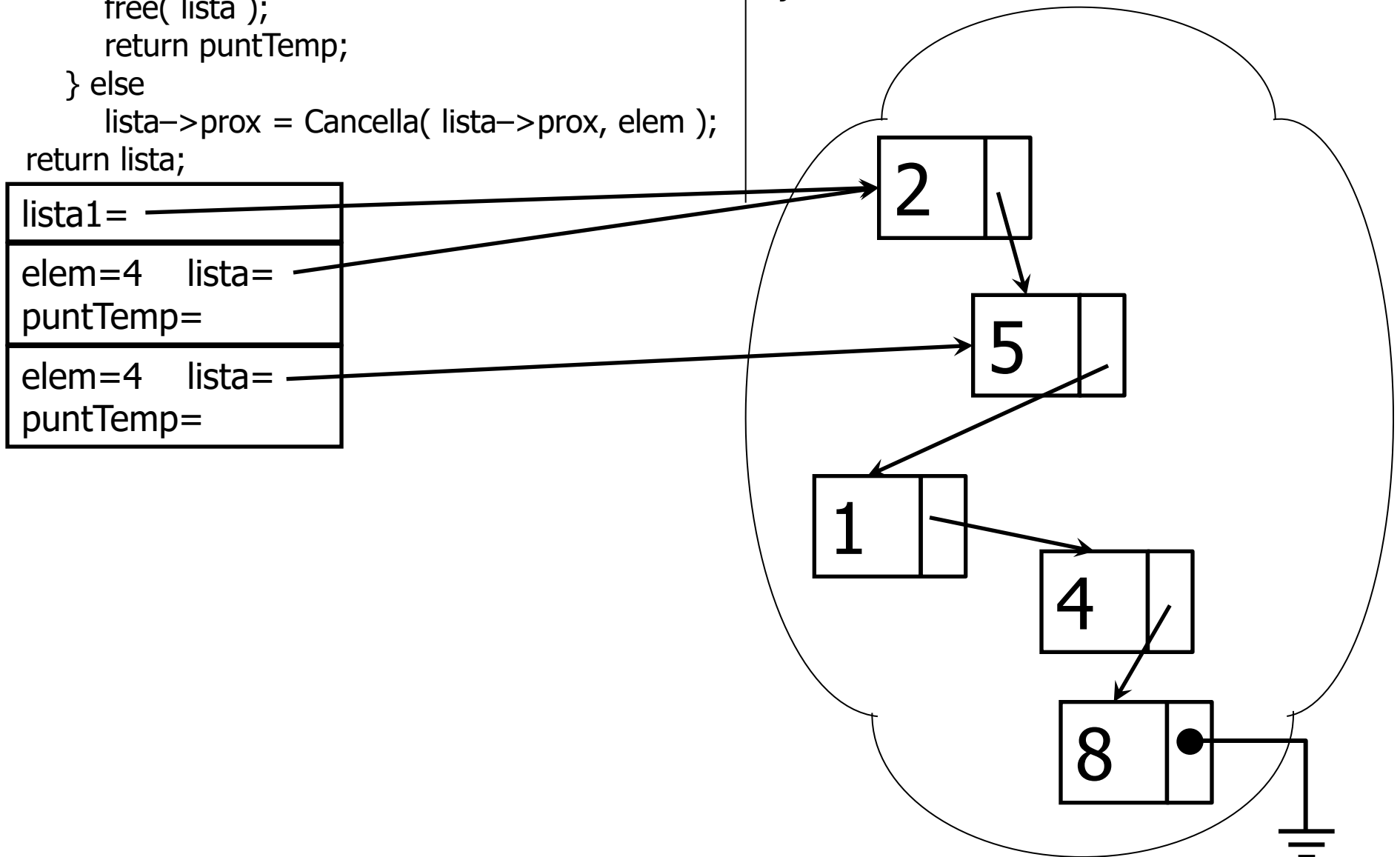
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



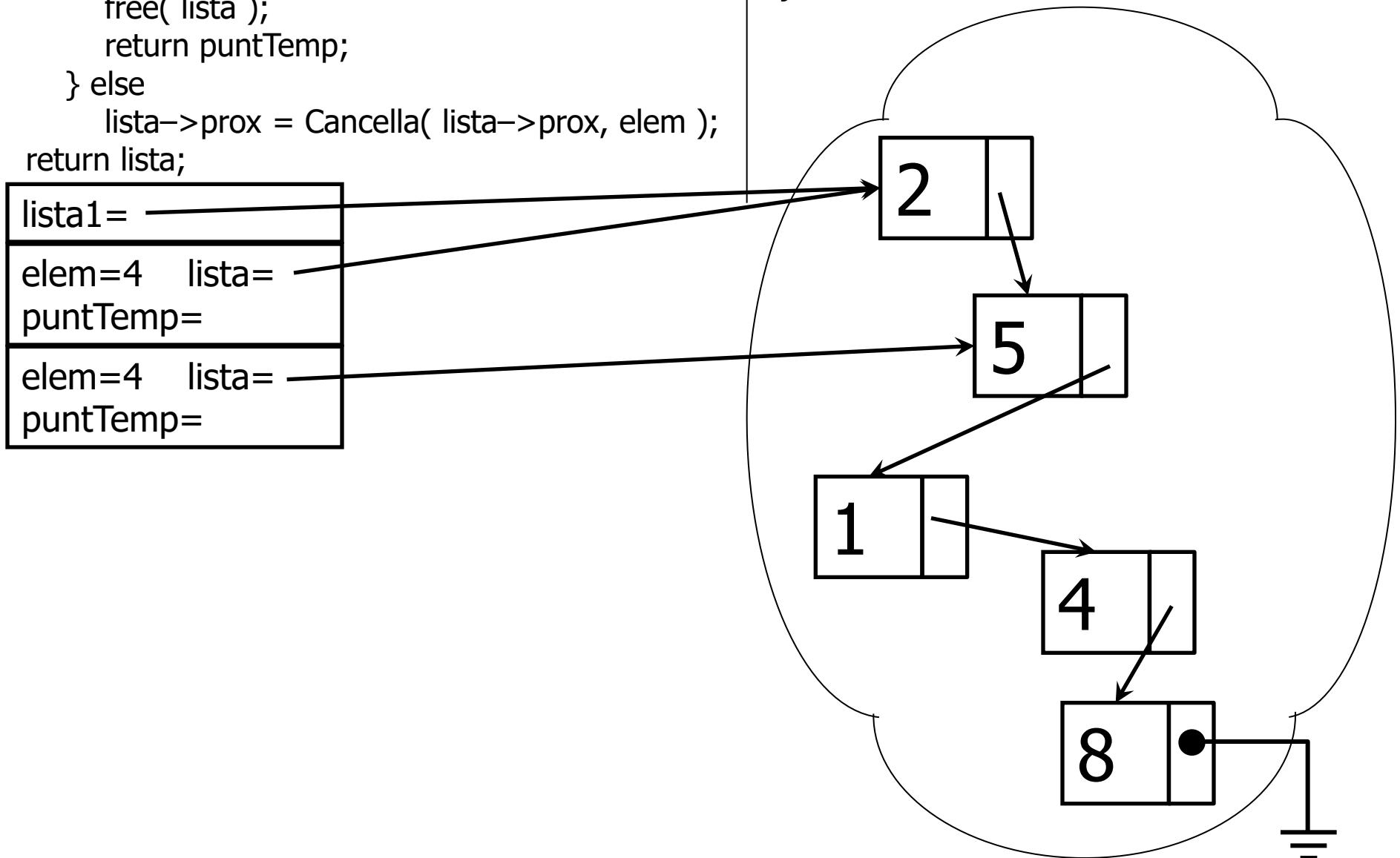
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



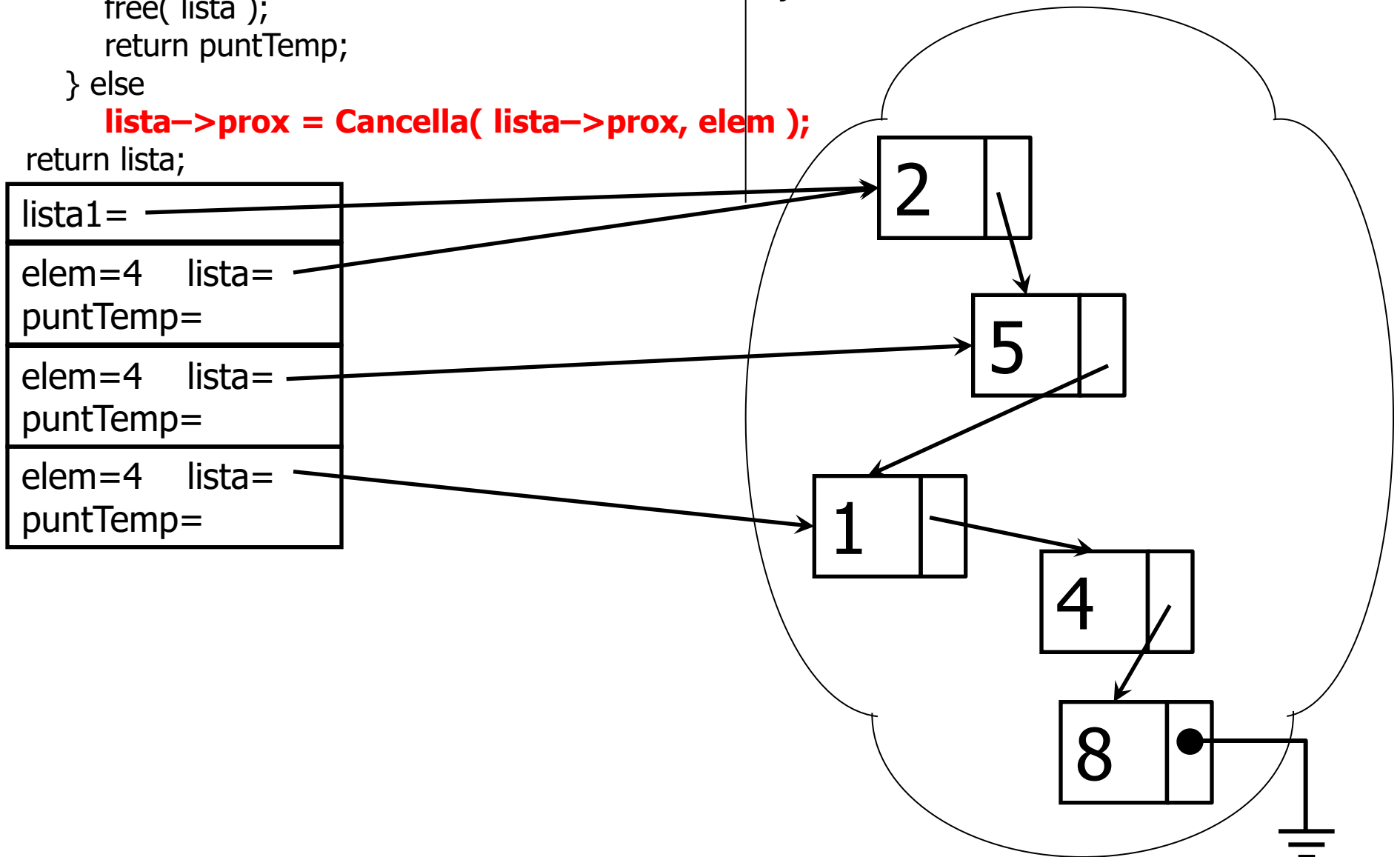
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



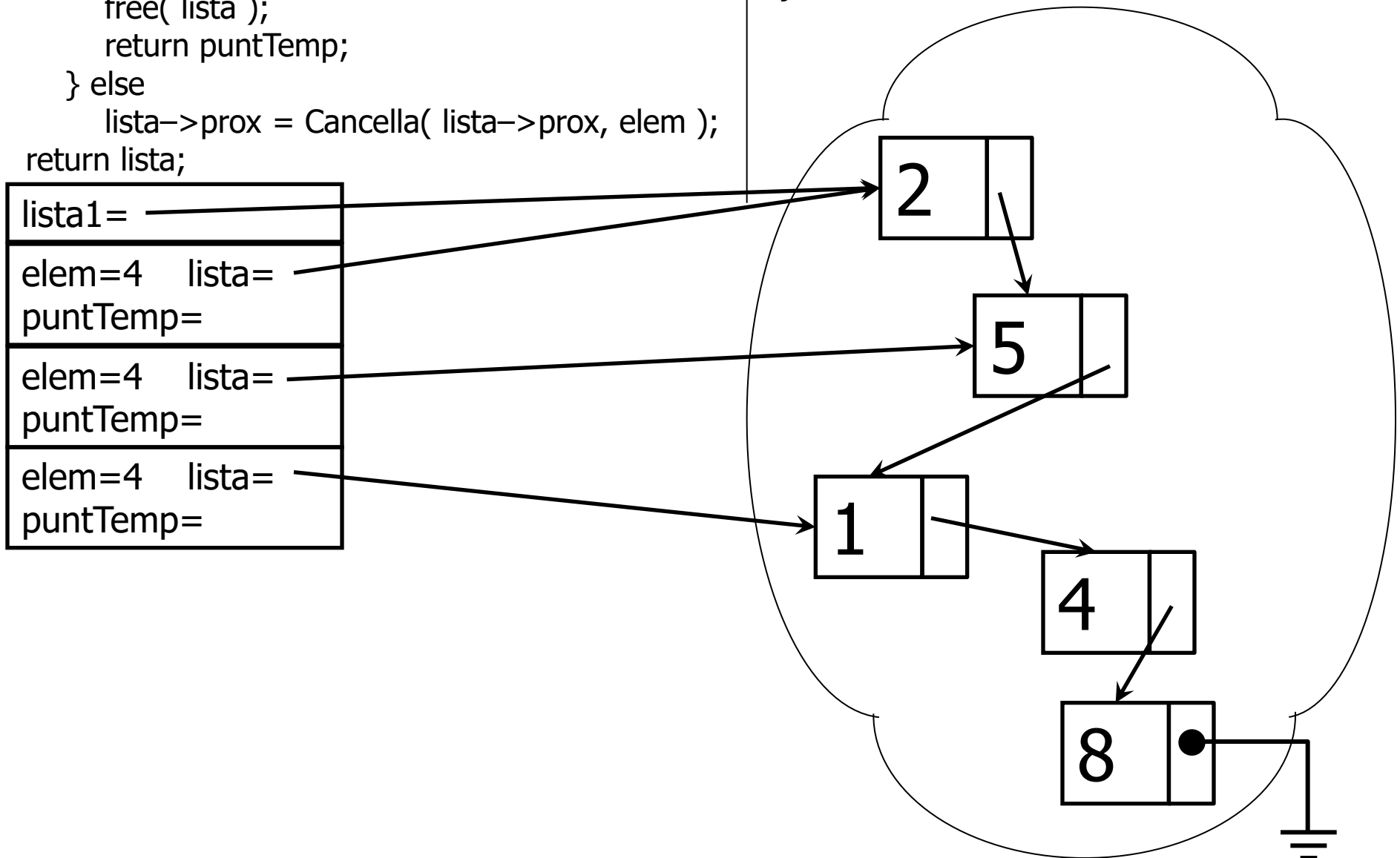
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



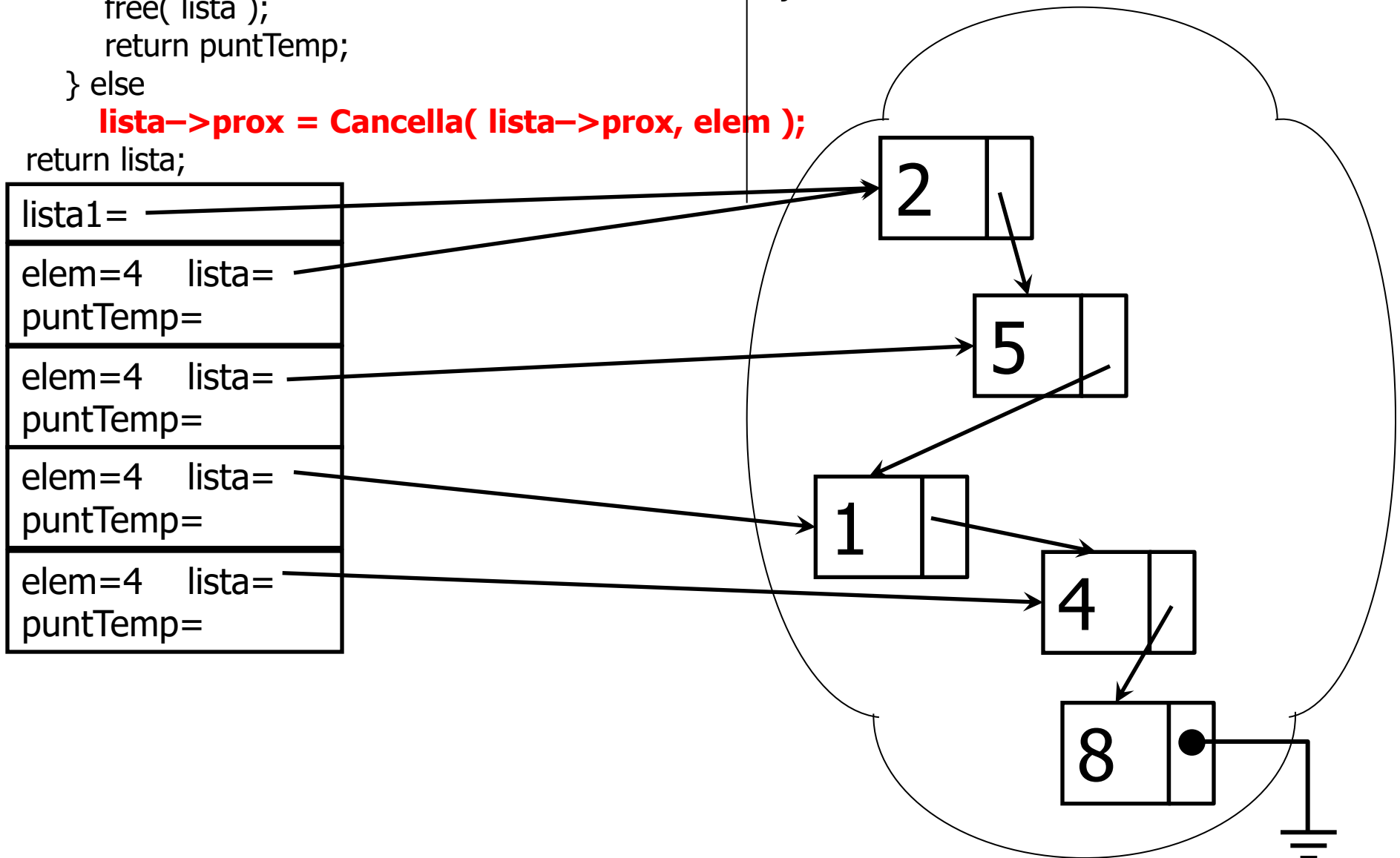
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



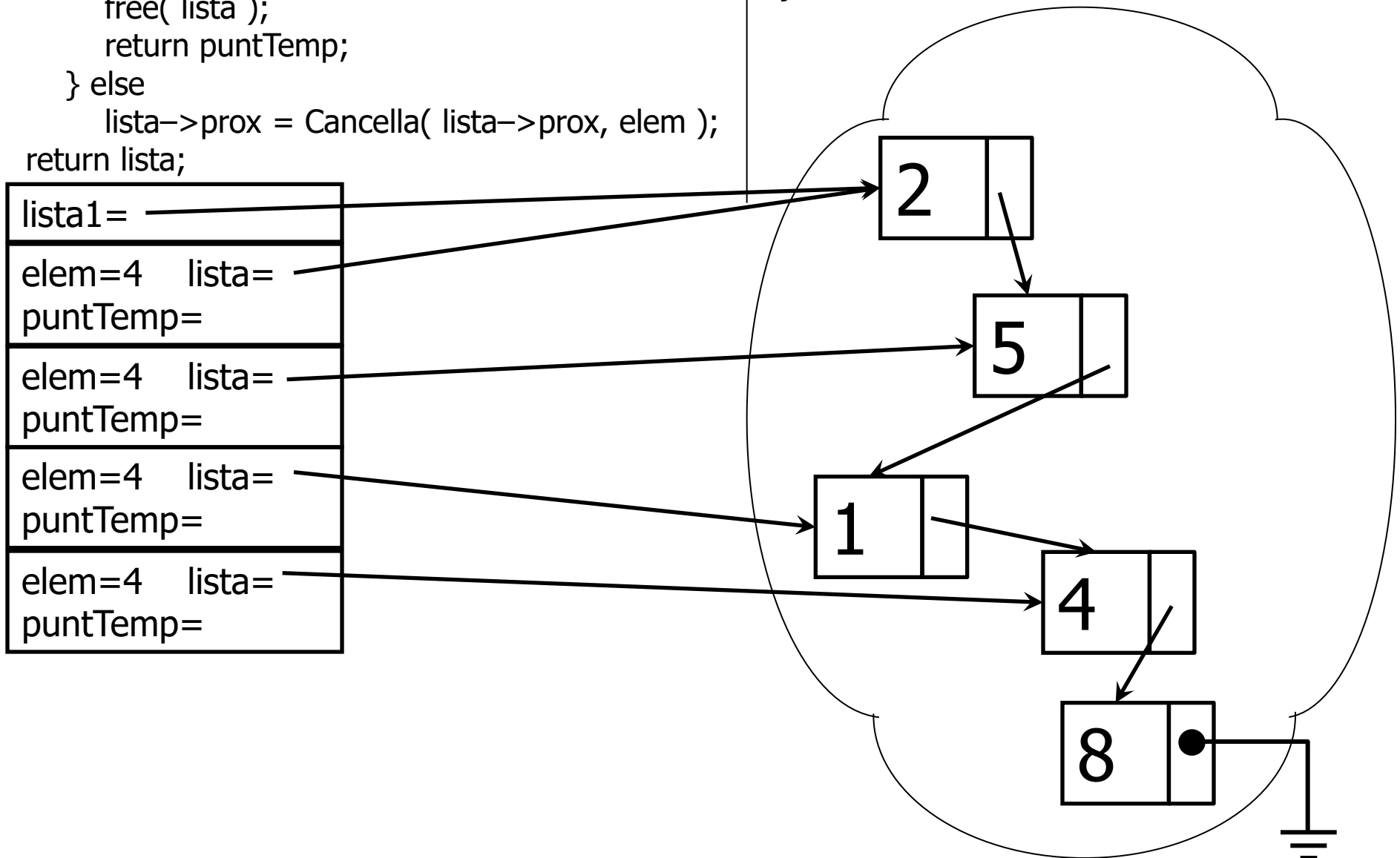
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



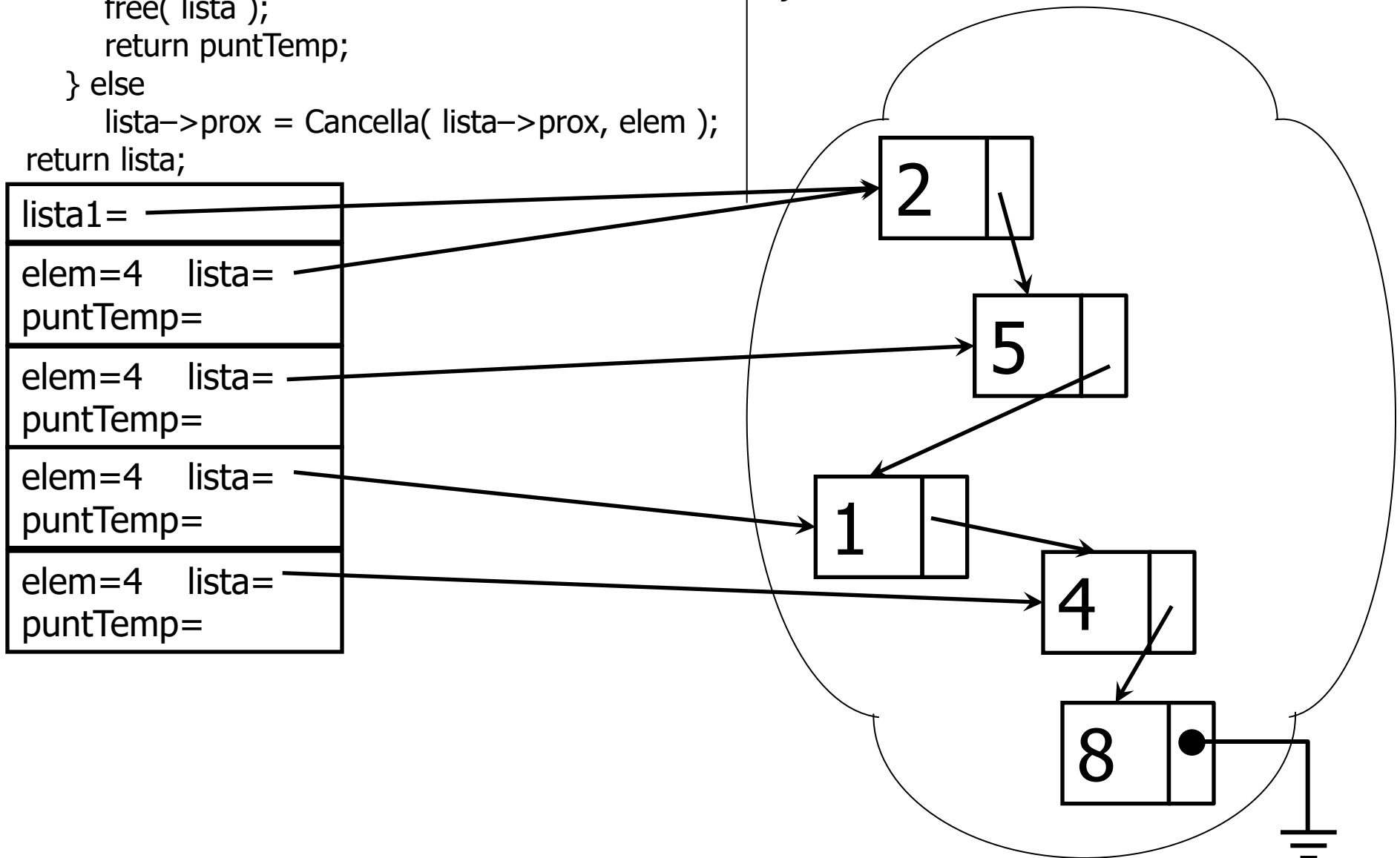
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



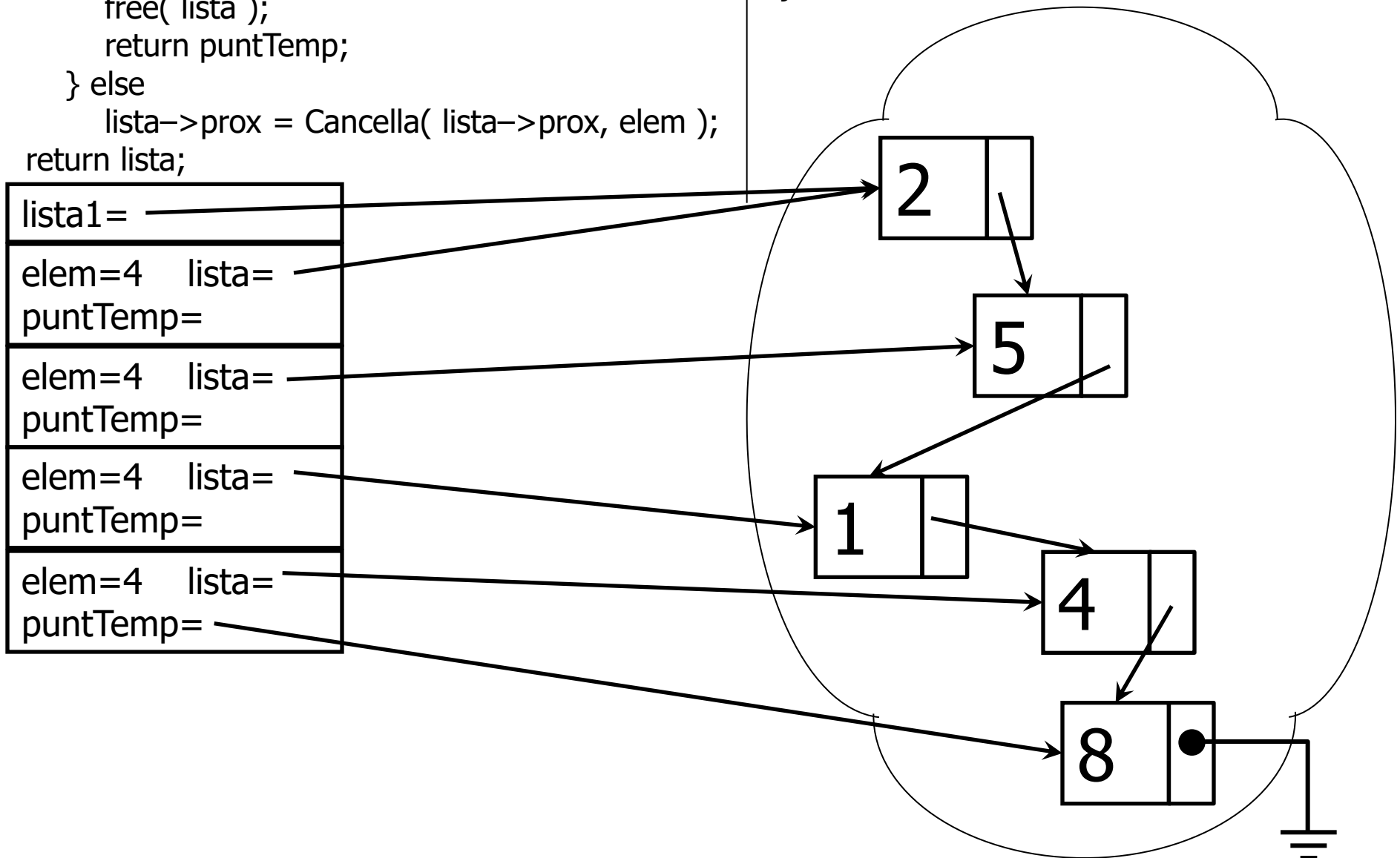
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



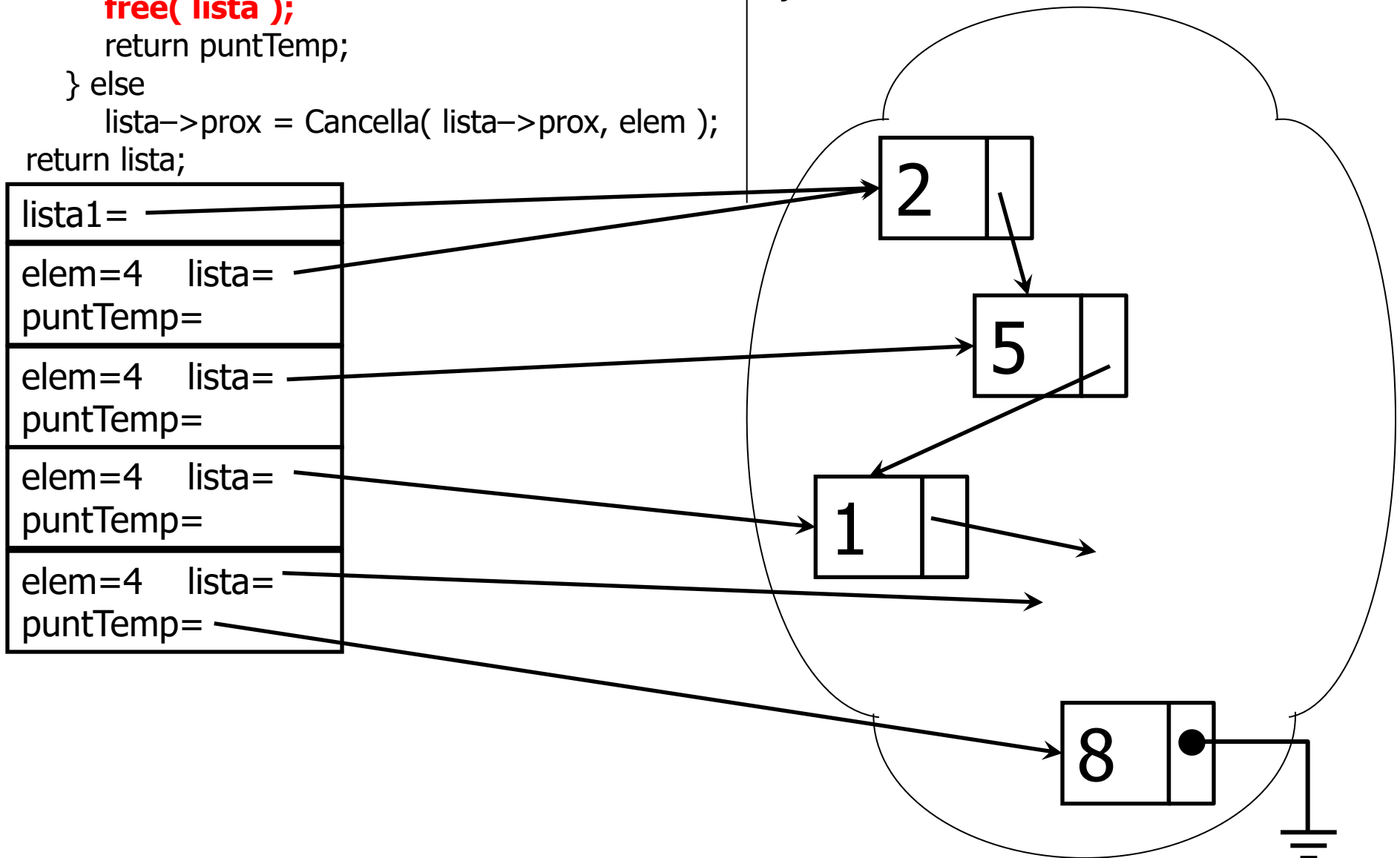
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



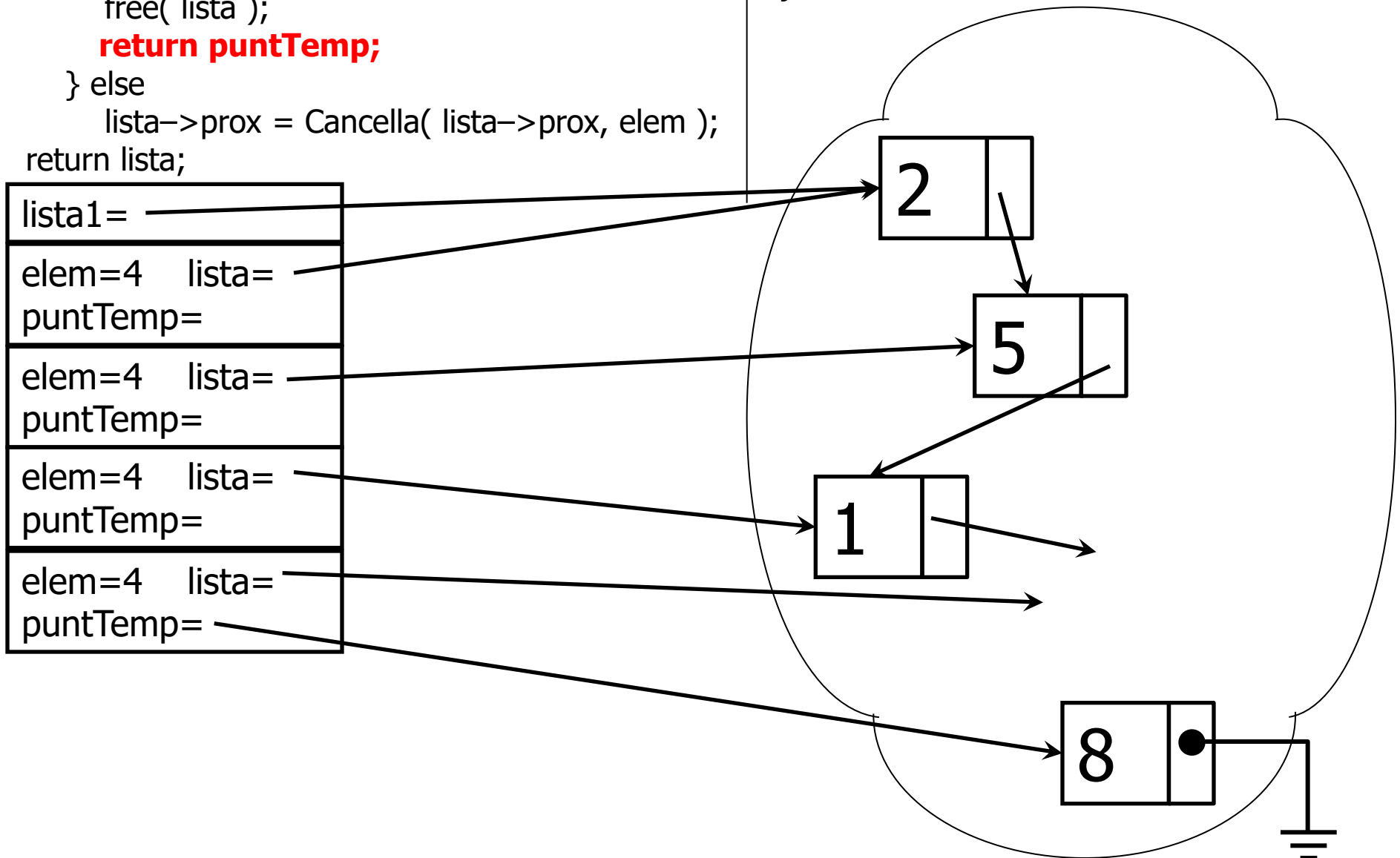
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



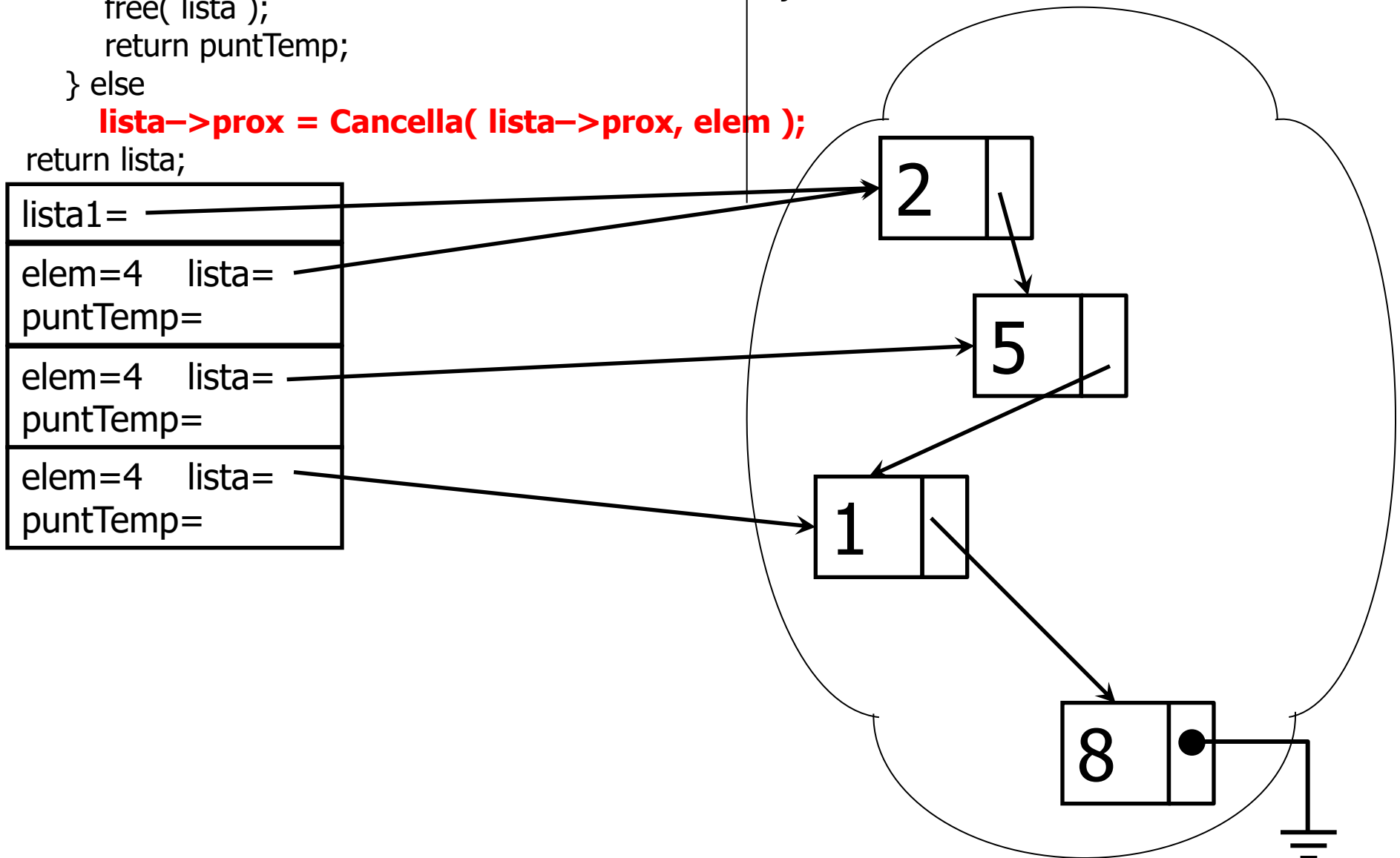
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



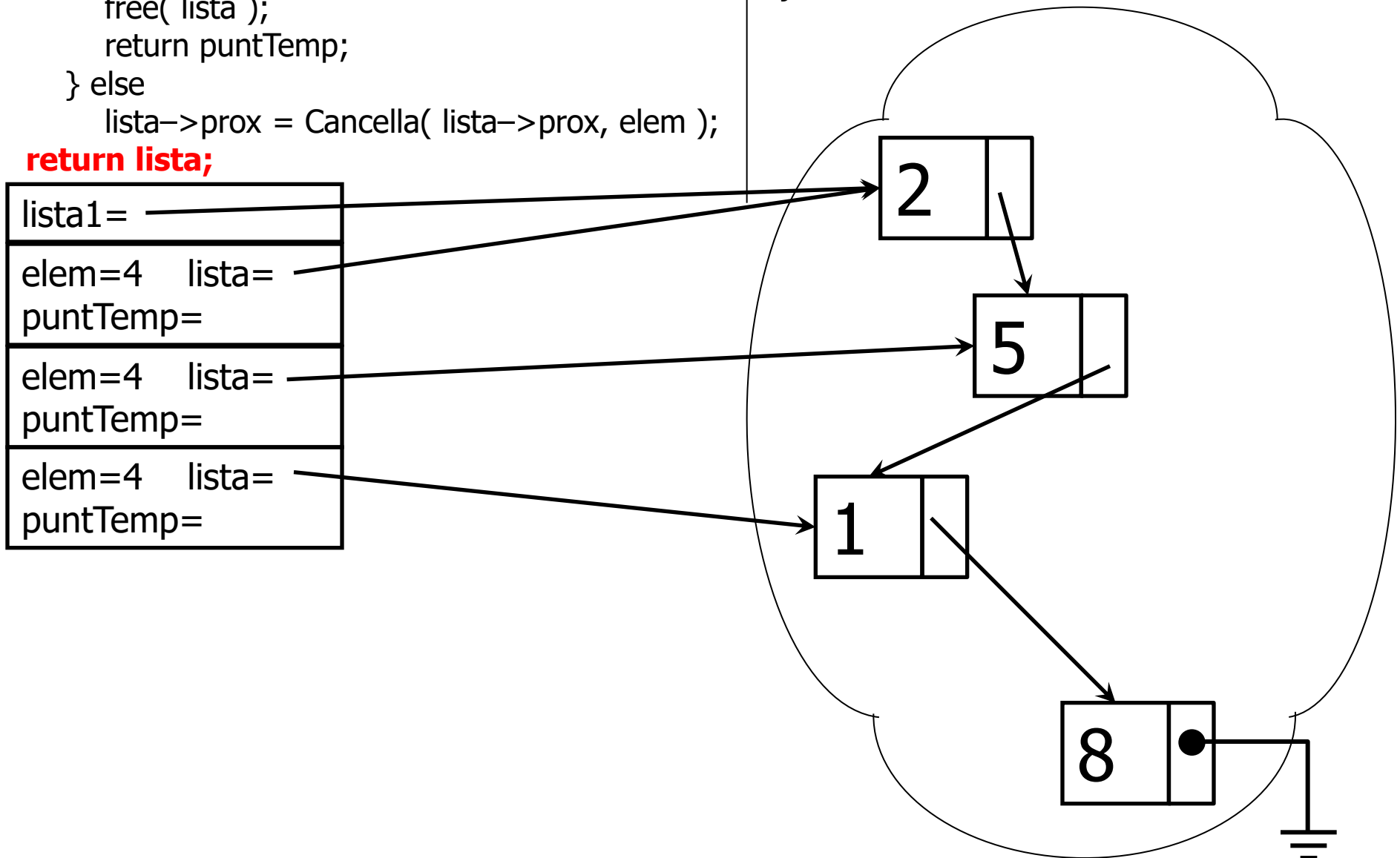
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



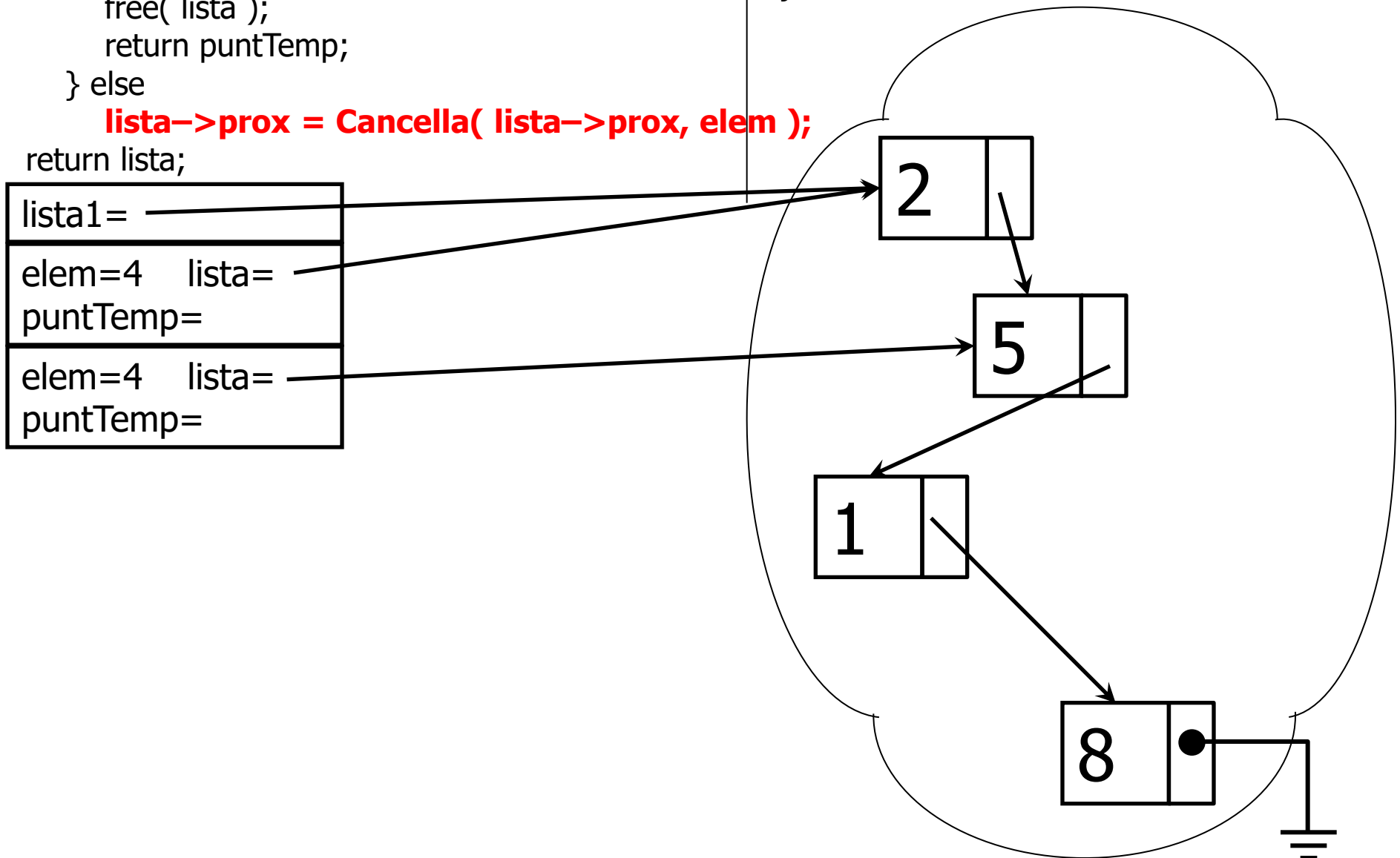
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



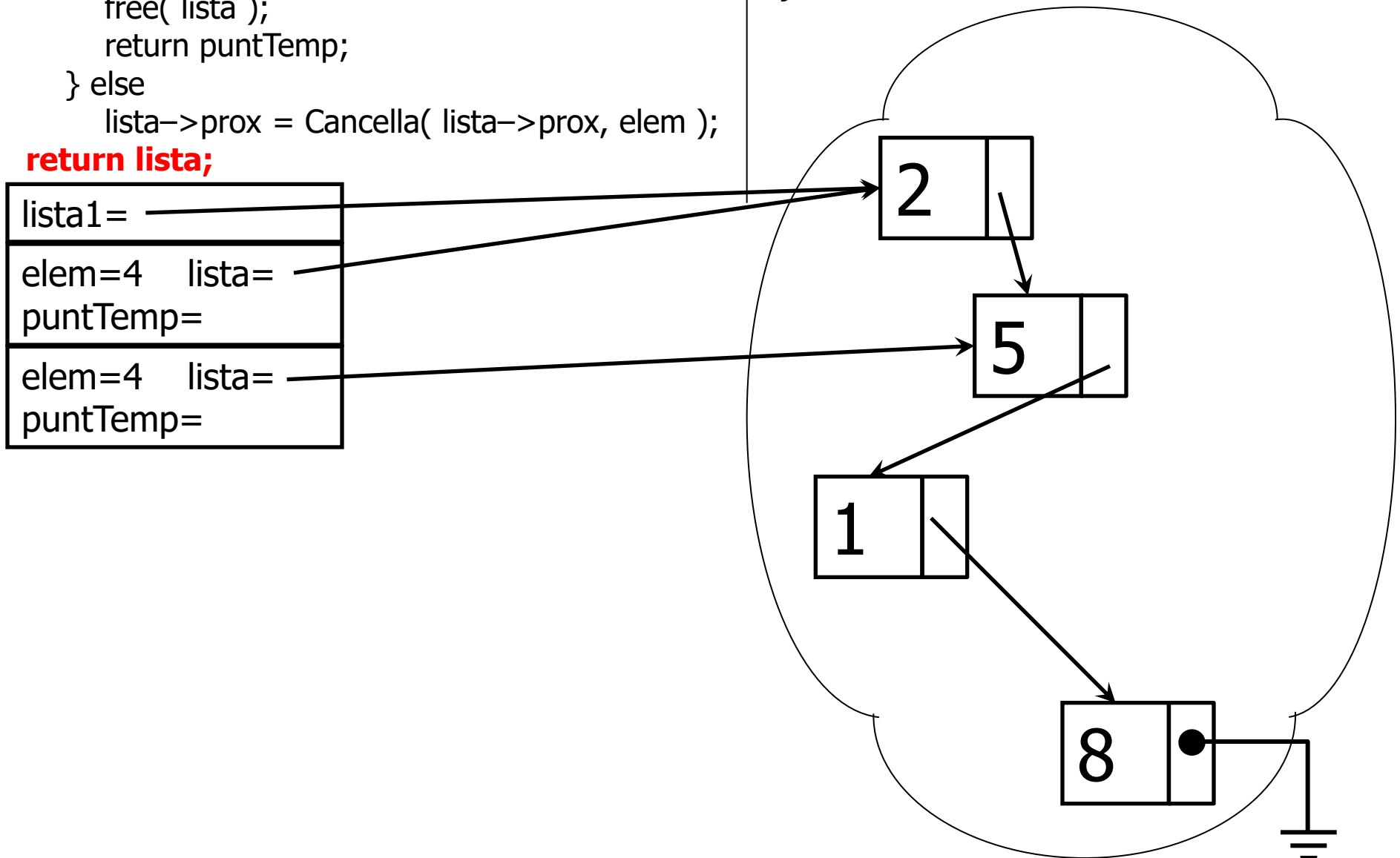
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



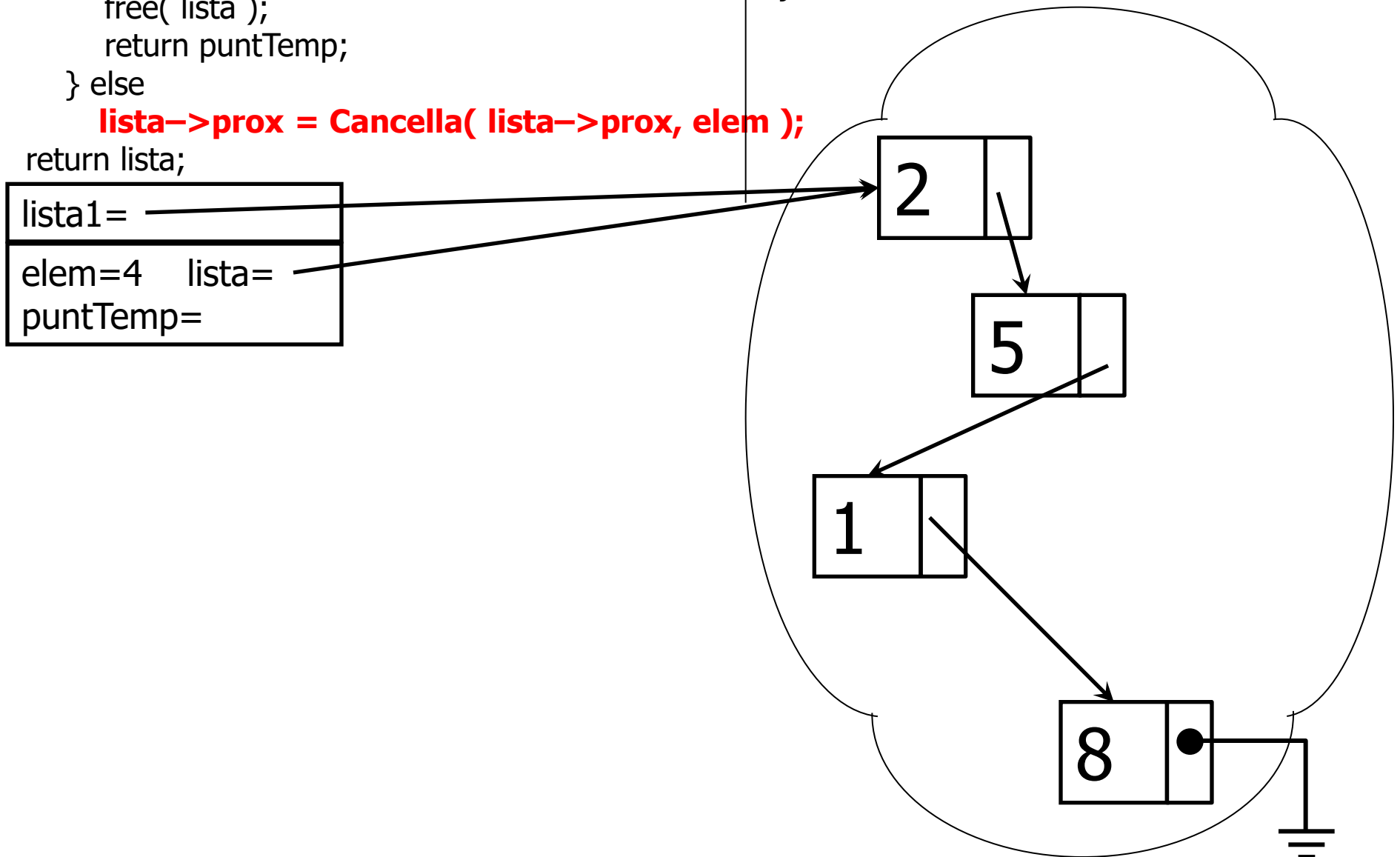
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



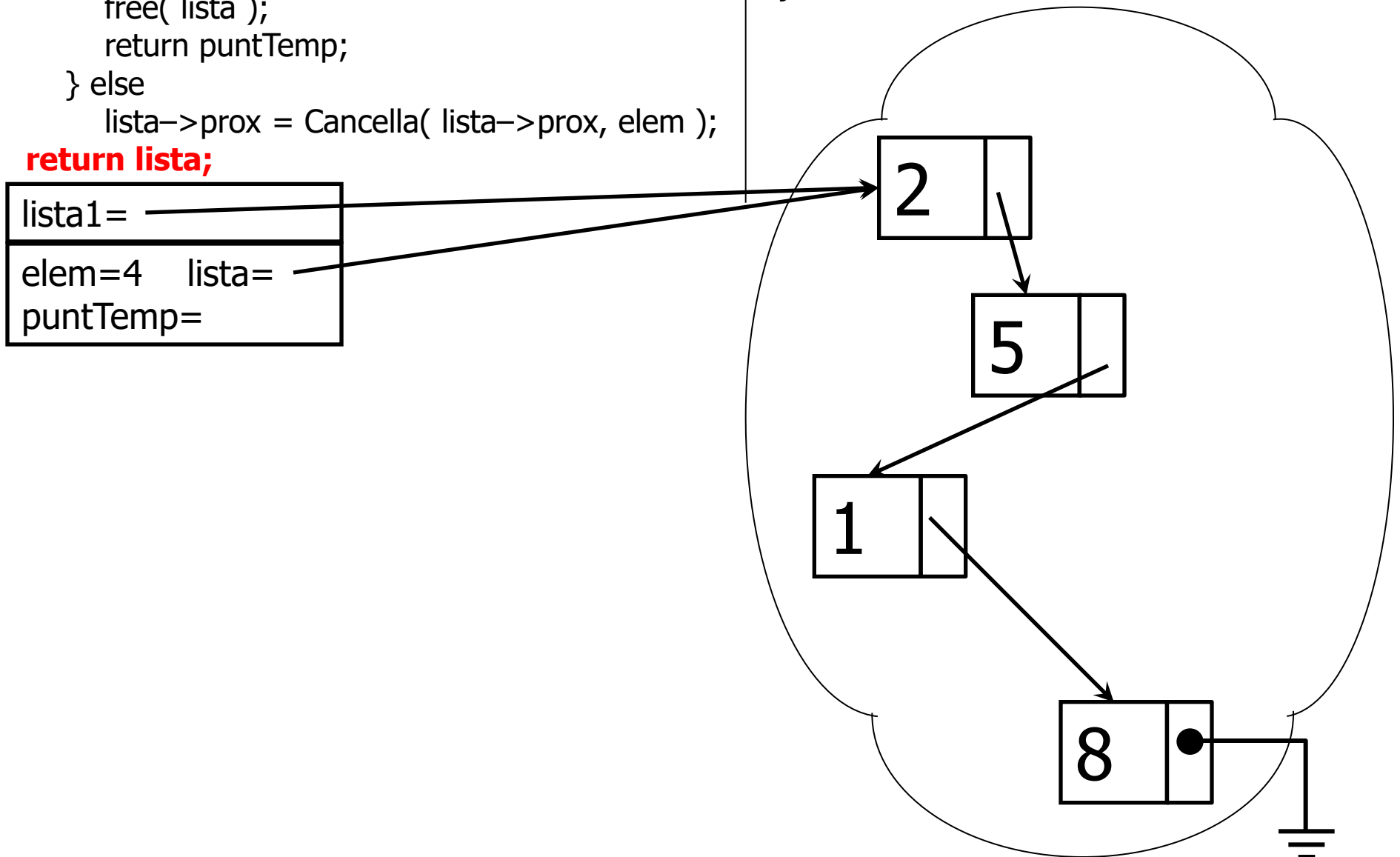
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



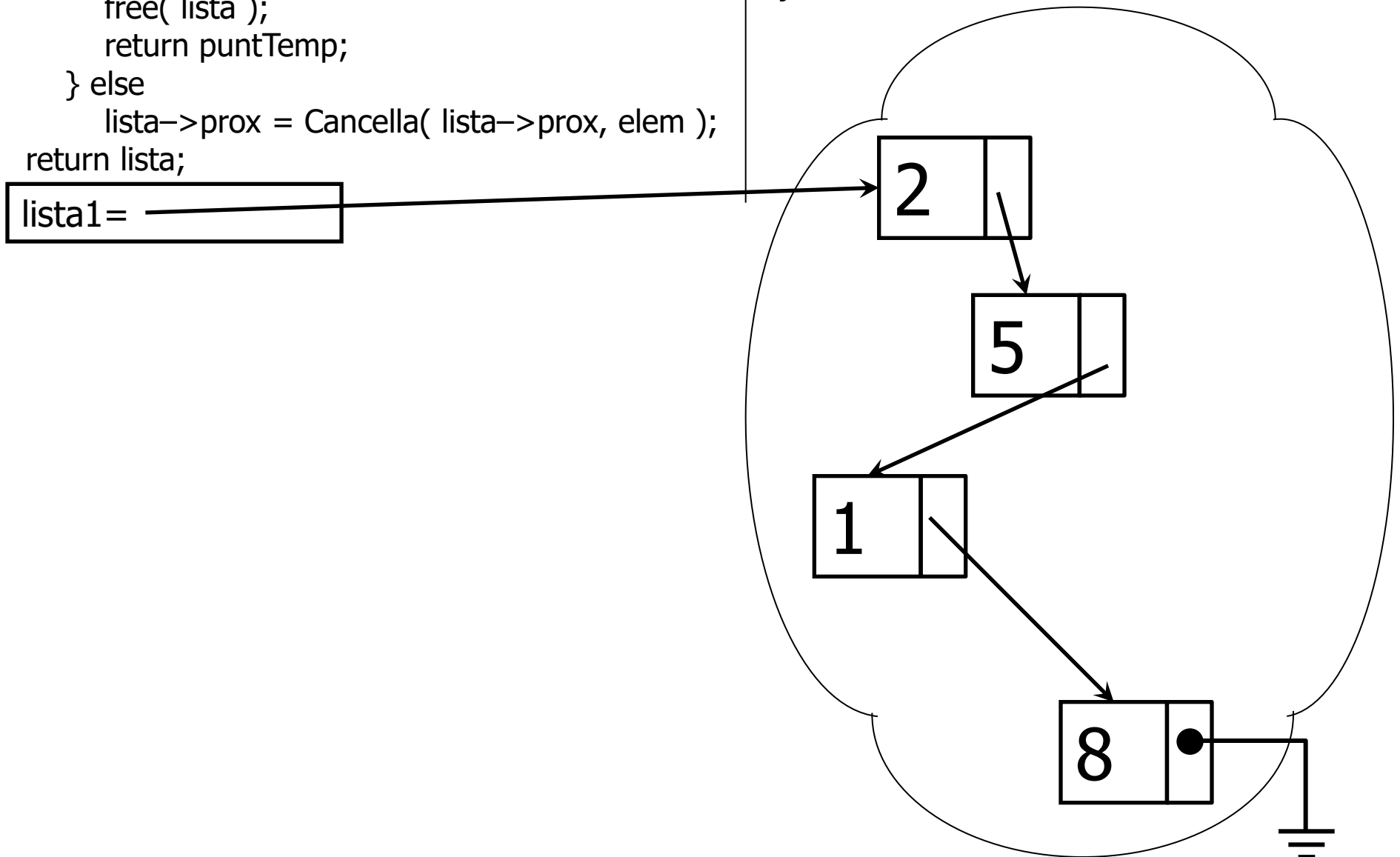
```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, int elem ) {
    ListaDiElem puntTemp;
    if( lista!=NULL)
        if( lista–>info == elem ) {
            puntTemp = lista–>prox;
            free( lista );
            return puntTemp;
        } else
            lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
    return lista;
```

```
int main() {
    ListaDiElem lista1;
    … …
    lista1 = Cancella( lista1, 4 );
    … …
}
```



Variante: elimina *tutte* le occorrenze

```
ListaDiElem Cancella( ListaDiElem lista, TipoElemento elem ) {
        ListaDiElem puntTemp;
        if( ! ListaVuota(lista) )
                if( lista–>info == elem ) {
                        puntTemp = lista->prox;
                        free( lista );
                        return Cancella(PuntTemp, Elem);
                }
                else
                        lista–>prox = Cancella( lista–>prox, elem );
        return lista;
}
```

Deallocare completamente la lista

```
void DistruggiLista( ListaDiElem lista ) {
    ListaDiElem temp;
    while( lista != NULL ) {
        temp = lista–>prox;
        free( lista );
        lista = temp;
} }

void DistruggiListaRic( ListaDiElem lista ) {
    if ( lista!=NULL ) {
            DistruggiListaRic( lista–>prox );
            free( lista );
    }
}
```

Visualizzare la lista

```
void VisualizzaLista( ListaDiElem lista ) {
    if ( lista==NULL )
        printf(" ---| \n");
    else {
        printf(" %d\n ---> ", lista–>info);
        VisualizzaLista( lista–>prox );
    }
}
```

1 → 2 → 3

1 --> 2 --> 3 --> --|

Visualizzare la lista “al contrario”

```
void VisualizzaListaRovesciata( ListaDiElem lista ) {
    if ( lista==NULL )
        printf(" |--- \n");
    else {
        VisualizzaListaRovesciata( lista–>prox );
        printf(" %d\n <-- ", lista–>info);
    }
}
```

1→2→3

|-- 3 <-- 2 <-- 1

Ma è solo la visualizzazione ad essere invertita
La lista resta inalterata

A volte ritornano: inversione di una sequenza di interi

- Utilizzando una lista, possiamo memorizzare la sequenza allocando un nodo per ogni intero
- Dove inseriamo i nodi via via che leggiamo gli interi?
  - In coda? (ultima posizione)
    - Ma per generare la sequenza invertita....
  - In testa? (prima posizione)
    - Infatti per generare la sequenza invertita....

```
#define SENTINELLA -1

typedef int TipoElemento;

int main() {
    int n;
    ListaDiElem lista = NULL;
    scanf("%d", &n);
    while( n != SENTINELLA ) {
        lista = InsInTesta( lista, n );
        scanf("%d", &n);
    }
    VisualizzaLista(lista);
    return 0;
}
```

Questo è un programma che, mentre acquisisce la sequenza, ha l'accortezza di memorizzarla "al contrario"

```
#define SENTINELLA -1

typedef int TipoElemento;

int main() {
    int n;
    ListaDiElem lista = NULL;
    scanf("%d", &n);
    while( n != SENTINELLA ) {
        lista = InsInTesta( lista, n );
        scanf("%d", &n);
    }
    VisualizzaLista(lista);
    return 0;
}
```

```
#define SENTINELLA -1

typedef int TipoElemento;

int main() {
    int n;
    ListaDiElem lista = NULL;
    scanf("%d", &n);
    while( n != SENTINELLA ) {
        lista = InsInTesta( lista, n );
        scanf("%d", &n);
    }
    VisualizzaLista(lista);
    return 0;
}
```

Questo è un programma che, mentre acquisisce la sequenza, ha l'accortezza di memorizzarla "al contrario"

Possiamo sfruttare il principio per una funzione che realizzi l' inversione di una lista data?

Reverse di lista

```
ListaDiElem Reverse1( ListaDiElem lista, int keepSource ) {
   ListaDiElem temp = Inizializza(), curr = lista;
   while( curr!=NULL )
      temp = InsInTesta( temp, curr–>info );
      curr = curr–>prox;
   }
   if( ! keepSource )
      DistruggiLista( lista );
   return temp;
}
```

Chiamate: ListaDiElem s1, s2, s3;

s1 = Reverse1(s1, **0**); s2 = Reverse1(s3, **1**);

Reverse di lista

```
ListaDiElem Reverse1( ListaDiElem lista, int keepSource ) {
   ListaDiElem temp = Inizializza(), curr = lista;
   while( curr!=NULL )
      temp = InsInTesta( temp, curr–>info );
      curr = curr–>prox;
   }
   if( ! keepSource )
      DistruggiLista( lista );
   return temp;
}
```

*Questa versione **alloca**, un nodo alla volta, una **nuova lista** ricopiando via via i valori del campo info nei nuovi nodi.*

Alla fine, si può deallocare la lista originale o conservarla, in base alla scelta effettuata dal programma chiamante.

Chiamate: ListaDiElem s1, s2, s3;

s1 = Reverse1(s1, **0**); s2 = Reverse1(s3, **1**);

Reverse di lista

```
ListaDiElem Reverse2( ListaDiElem lista ) {
    ListaDiElem temp, prec = NULL;
    if( lista!=NULL )  {
            while( lista–>prox != NULL ) {
               temp = prec;
               prec = lista;
               lista = lista–>prox;
               prec–>prox = temp;
            }
            lista–>prox = prec;
    }
    return lista;
}
```

Reverse di lista

```
ListaDiElem Reverse2( ListaDiElem lista ) {
    ListaDiElem temp, prec = NULL;
    if( lista!=NULL )  {
            while( lista–>prox != NULL ) {
               temp = prec;
               prec = lista;
               lista = lista–>prox;
               prec–>prox = temp;
            }
            lista–>prox = prec;
    }
    return lista;
}
```

*Questa versione **riusa** i nodi della lista passata come parametro, e li "rimonta" in ordine inverso*

Inversione RICORSIVA…

- Se la lista ha 0 o 1 elementi, allora è pari alla sua inversa (e la restituiamo inalterata)
- Diversamente… ***supponiamo*** di saper invertire la coda (riduciamo il problema da "N" a "N-1"!!!)
  - 1–2–3–4–5–6–\
  - 1 6–5–4–3–2–\
  - Dobbiamo inserire il primo elemento in fondo alla coda invertita
  - Scriviamo una versione che sfrutti bene i puntatori…
    - **Prima** della chiamata ricorsiva possiamo mettere da parte un puntatore al **secondo** elemento [2], confidando che dopo l'inversione esso [2] sarà diventato l'**ultimo** elemento della "coda invertita", e attaccargli (in coda) il primo elemento [1]

```
ListaDiElem ReverseRic( ListaDiElem lista ) {
    ListaDiElem p, ris;
    if ( lista==NULL || lista–>prox==NULL )
        return lista;
    else {
        p = lista–>prox;
        ris = ReverseRic( p );
        p–>prox = lista;
        lista–>prox = NULL;
        return ris;
    }
}
```

Prima della chiamata ricorsiva possiamo mettere da parte un puntatore [**p**] al **secondo** elemento [**p=lista->prox**], confidando che dopo l'inversione esso sarà diventato l'**ultimo** elemento della "coda invertita", e attaccargli [**p->prox=**] (in coda) il primo elemento [**lista**]

Liste e array

- Quando si deve operare su una lista di elementi di dimensione ignota
  - se si usa un array
    - occorre fissare una dimensione massima
    - si spreca la memoria non usata
    - …ma la gestione è semplice
  - se si usa una lista con puntatori
    - vale **esattamente** il viceversa !
      - Si usa solamente la memoria strettamante necessaria, ma la sua gestione può essere complicata

A volte ritornano (*poi però basta*): inversione di una sequenza di interi

- Vediamo come si può invertire la sequenza “SENZA MEMORIZZARLA” (cioè... senza usare né array né liste)

A volte ritornano (*poi però basta*): inversione di una sequenza di interi

- Vediamo come si può invertire la sequenza “SENZA MEMORIZZARLA” (cioè... senza usare né array né liste)

```
void inverti() {      // non ci sono né array né liste
    int n;            // e neanche assegnamenti
    scanf("%d", &n);
```

A volte ritornano (*poi però basta*): inversione di una sequenza di interi

- Vediamo come si può invertire la sequenza “SENZA MEMORIZZARLA” (cioè... senza usare né array né liste)

```
void inverti() {      // non ci sono né array né liste
    int n;            // e neanche assegnamenti
    scanf("%d", &n);
    if( n != SENTINELLA ) {
        inverti();
        printf("%d ", n);
    }
}
```

A volte ritornano (*poi però basta*): inversione di una sequenza di interi

- Vediamo come si può invertire la sequenza “SENZA MEMORIZZARLA” (cioè... senza usare né array né liste)

```
void inverti() {      // non ci sono né array né liste
    int n;            // e neanche assegnamenti
    scanf("%d", &n);
    if( n != SENTINELLA ) {
        inverti();
        printf("%d ", n);
    }
}
```

- Ma... **è proprio vero che la sequenza non è stata memorizzata?** Qual è lo stato dello stack dei record di attivazione nel momento in cui si esegue la prima printf?