



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Allocazione dinamica di memoria in C

Corso di programmazione I (A-E / O-Z) AA 2022/23

Corso di Laurea Triennale in Informatica

Fabrizio Messina

fabrizio.messina@unict.it

Dipartimento di Matematica e Informatica

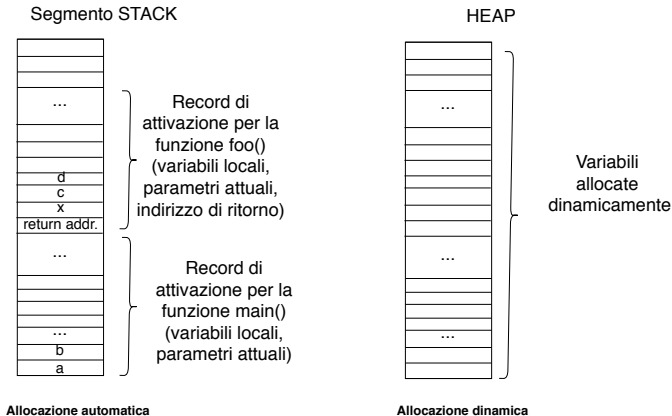
Allocazione dinamica: Heap o Free Store

Lo HEAP è un segmento di memoria che permette alle applicazioni di memorizzare dati in modo **dinamico**.

In questo caso l'allocazione e la deallocazione avvengono mediante apposite chiamate a funzioni:

funzioni `malloc()` e `free` della libreria standard in linguaggio C;
Header `stdlib.h`

Allocazione dinamica: Heap o Free Store



Allocazione dinamica: Heap o Free Store

```
1  #include <stdlib.h>
2  double *arr = (double *) malloc(sizeof(double) * 10);
3  //..
4  free(arr); // deallocazione
```

`malloc()` alloca dinamicamente un blocco di memoria nello HEAP (o *Free Store*):

- argomento è **dimensione in byte** (importante l'uso di `sizeof`: portabilità!)
- **restituisce un puntatore generico**, ovvero di tipo `void *`, per questo bisogna operare un **type casting** al tipo desiderato.

La funzione `free()` **libera la memoria precedentemente allocata**.

1) **Allocazione automatica** (stack): memoria automaticamente deallocata dopo ultima istruzione del blocco in cui la variabile è stata dichiarata.

2) Viceversa: la memoria **allocata dinamicamente** va successivamente liberata mediante la funzione `free`.

```
1  double *arr = (double *) malloc(sizeof(double) * 10);  
2  //..  
3  free(arr);
```

Deallocazione: funzione `free`

NB: Il valore del puntatore (indirizzo di memoria) rimane invariato!

Si provi:

```
1  double *arr = (double *) malloc(sizeof(double) * 10);
2  printf("%p" , arr);
3  //...
4  free(arr); //deallocazione
5  //..
6  printf("%p" , arr);
```

Memory leak / aliasing

```
1  double *arr = (double *) malloc(sizeof(double) * 10);  
2  //..  
3  double *v = (double *) malloc(sizeof(double) * 10);  
4  //..  
5  v = arr;
```

A seguito della **copia** di un differente indirizzo di memoria nella variabile `v` (“effetto **aliasing**”), si **perde il riferimento** (indirizzo) al blocco di memoria degli elementi `double`.

Deallocare il blocco di memoria referenziato da `v`?? Non più possibile (manca il puntatore..) → memory leak!!

Può essere un problema, ad esempio un Web server (centinaia di gg di uptime!)

Double free

```
1  double *arr = (double *) malloc(sizeof(double)*10);  
2  //..  
3  free(arr);  
4  //..  
5  free(arr); // !!! comportamento indefinito!
```

Può capitare, soprattutto in un programma lungo e complesso di operare, per errore, una **doppia free**.

Cosa succede alla riga 5? Come già detto in precedenza, il valore del puntatore, dopo la chiamata (free()), rimane invariato.

Ulteriore tentativo di deallocazione avrà un comportamento **indefinito**, ovvero non predicibile e possibilmente **disastroso**.

Double free

```
1  double *arr = (double*) malloc(sizeof(double) * 10);
2  //..
3  if(arr){
4      free(arr);
5      arr = NULL;
6  }
7  //.. altri tentativi di deallocazione
```

Buona norma, ad ogni tentativo di deallocazione

- inserire un controllo sul valore del puntatore
- “azzerare” il puntatore dopo invocazione a funzione free()

Premature free

```
1  double *arr = (double*) malloc(sizeof(double) * 10);  
2  //..  
3  double *v = arr;  // v e' alias di arr  
4  //..  
5  if(arr){  
6      free(arr);  
7      arr = NULL;  
8  }  
9  //..  
10 v[5] = 4.56789; //!!!
```

Dopo la `free` di `arr`, operata per errore, esso sarà `NULL`, ma `v` conserva il vecchio valore di `arr`!!

Funzioni che restituiscono un puntatore

```
1  int *func(int k){
2      int arr[k];
3      for(int i=0; i<k; i++)
4          arr[i] = 2*i;
5      return arr; // NO!!
6  }
7
8  int *array = func(10);
```

Corretto? .. NO!

Infatti `arr` rappresenta blocco di memoria allocato nello stack.

→ dopo istruzione `return` record di attivazione per la funzione `func()` distrutto..

Funzioni che restituiscono un puntatore

```
1  int *func(int k){
2      int *arr = (int *) malloc(sizeof(int) * k); // OK
3      for(int i=0; i<k; i++)
4          arr[i] = 2*i;
5      return arr; // OK
6  }
7
8  int *array = func(10);
```

arr allocato dinamicamente nel free store.

Memoria allocata per arr nel free store non sarà liberata fino a chiamata `free(arr)`.

Allocazione dinamica di un array multidimensionale

```
1  #define COLS 10
2  #define ROWS 5
3  double *arr[ROWS];
4  //oppure
5  double **arr = (double **) malloc(sizeof(double*) * ROWS);
6  for(int i=0; i<ROWS; i++)
7      arr[i]=(double *) malloc(sizeof(double)*COLS);
```

1. Allocazione automatica (nello stack, linea 3) o dinamica (free store/heap, linea 5) di un **vettore di (ROWS) puntatori a tipo double**.
2. Allocazione dinamica di ROWS **vettori di COLS celle di tipo double**.

Allocazione dinamica di un array multidimensionale



Allocazione dinamica di un array multidimensionale

```
1  double *arr[ROWS];  
2  //oppure  
3  double **arr = (double **) malloc(sizeof(double*) * ROWS);  
4  for(int i=0; i<ROWS; i++)  
5      arr[i]=(double *) malloc(sizeof(double)*COLS);
```

Accesso agli elementi **sintatticamente equivalente** a quello relativo ad array a due dimensioni allocati nello stack.

```
1  arr[i][j];  
2  (*(arr+i))[j];  
3  *(arr[i] + j);  
4  *(* (arr+i) + j);
```

**Passaggio di array a funzioni
(allocazione dinamica).**

Passaggio di array ad una dimensione

Il passaggio di un array come parametro di una funzione avviene sempre per indirizzo. (il nome di uno array è un puntatore costante al primo elemento dello array..).

```
1  void init(int *v, int n){
2      //...
3      for(int j=0; j<n; j++){
4          v[j] = 0;
5      }
6  }
7  int main(){
8      // ...
9      int *x = (int *) malloc(sizeof(int) * 10); // free store
10     init(x, 10);
11 }
```

Passaggio di array ad una dimensione

Forma equivalente..

```
1  void init(int v[], int n){ //equivalente a int *v, ...
2      //...
3      for(int j=0; j<n; j++){
4          v[j] = 0;
5      }
6  }
7  int main(){
8      // ...
9      int *x = (int *) malloc(sizeof(int)*10);
10     init(x, 10);
11 }
```

Passaggio di array multidimensionali

Per il passaggio di **array multidimensionali allocati nel free store (HEAP)**, il prototipo della funzione che riceve il dato deve specificare un array di puntatori di un certo tipo che dipende dal numero di dimensioni dell'array.

```
1  void init(int **v, int n, int m); // OK
2  void init(int *v[], int n, int m); // OK
3  void main(){
4      int **v = (int **) malloc(sizeof(int *) * 5 );
5      for(unsigned short i = 0; i<5; i++)
6          v[i] = (int *) malloc(sizeof(int) * 10);
7      init(v, 5, 10);
8  }
```

Passaggio di array multidimensionali

Array a tre dimensioni..

```
1  void init(int ***w, int n, int m, int l); //OK
2  void init(int **w[], int n, int m, int l); //OK
3  void main(){
4      int ***v = (int ***) malloc(sizeof(int **) * 5);
5      for(unsigned short i = 0; i<5; i++){
6          v[i] = (int **) malloc(sizeof(int *) * 7);
7          for(unsigned short j = 0; j<7; j++)
8              v[i][j] = (int *) malloc(sizeof(int)*9);
9      }
10     init(v, 5, 7, 9);
11 }
```

La funzione `calloc` appartiene alla stessa famiglia della funzione `malloc` (allocazione dinamica nello HEAP o free store). Due argomenti:

- dimensione del singolo elemento da allocare
- numero di elementi totali da allocare

A differenza della funzione `malloc`, in questo caso tutti i byte del blocco saranno inizializzati a zero.

```
1 double *ptr = (double *) calloc(SIZE, sizeof(double));
```

La funzione realloc:

- consente di ridimensionare un blocco di memoria precedentemente allocato nello HEAP
- se la nuova dimensione è maggiore della dimensione attuale, i dati già presenti nel blocco non subiranno cambiamenti.

```
1 double *ptr = (double *) malloc(sizeof(double) * SIZE);  
2 // ...  
3 ptr = (double *) realloc(ptr, SIZE*2);
```

Esempi

16_01.c

16_02.c

16_03.c

16_04.c

16_05.c

16_06.c

16_07.c

Homework H16.1

Codificare una funzione C che prenda in input un parametro formale matrice M di dimensioni $n \times m$ di stringhe (puntatori a caratteri), e che restituisca il valore `true` (1) se esiste almeno una colonna in M che abbia un egual numero di stringhe palindrome di una delle righe di M .

Homework H16.2

Codificare una funzione in C che prenda in input tre parametri formali: una matrice di stringhe S di dimensioni $n \times m$, un array di caratteri C che contiene per ipotesi elementi distinti, ed un float w . Il metodo restituisca true se esiste almeno una riga o una colonna della matrice tale che la percentuale di caratteri di C presenti in essa è maggiore di w .

Homework H16.3

Codificare una funzione in C che prenda in input due parametri formali: una matrice A di dimensioni $n \times m$ ed una matrice B di dimensioni $k \times n$ entrambe di interi positivi. Il metodo restituisca un array C di double di dimensione n nel quale lo i -esimo elemento dello array C sia uguale al rapporto tra la somma degli elementi della riga i -esima di A e il prodotto degli elementi della colonna i -esima di B .

Homework H16.4

Codificare una funzione in C che prenda in input un parametro formale array A di interi di dimensioni $n \times m$ di elementi distinti ed un array B di double di dimensioni $k \times n$, e restituisca un array di n interi nel quale lo i -esimo elemento sia uguale alla media aritmetica degli elementi presenti sia nella riga i -esima di A che nella colonna i -esima di B . NB: per decidere se un elemento int della matrice A è uguale ad un elemento double della matrice B si calcoli l'approssimazione all'intero più vicino di quest'ultimo.

Homework H16.5

Codificare una funzione in C che prenda in input un parametro formale matrice S di puntatori a carattere di dimensione $n \times m$ (S quindi contiene stringhe), uno short w ed uno short k , e restituisca il valore booleano `true` (1) se in S sono presenti almeno una riga ed almeno una colonna che presentano ciascuna almeno w stringhe di lunghezza minore di k .

Homework H16.6

Codificare una funzione in C che prenda in input un parametro formale matrice A di interi di dimensioni $n \times m$, uno short k ed uno short w , e restituisca il valore booleano `true` (1) se la matrice contiene almeno w colonne che contengono almeno una sequenza di interi monotona crescente di lunghezza maggiore o uguale a k .

Homework H16.7

Codificare una funzione in C che prenda in input un parametro formale A matrice di stringhe di dimensione $n \times m$, ed una stringa s . Il metodo restituisca `true` se esistono almeno due stringhe in A che contengono la stringa s e che abbiano differenti indici di riga e di colonna.

Homework H16.8

Codificare una funzione C che prenda in input un parametro formale matrice di stringhe A di dimensioni $n \times m$, una matrice di caratteri C di dimensioni $k \times z$, uno short w e restituisca true se esiste almeno una riga o una colonna di A che contiene almeno una sequenza contigua di w o piu' caratteri che si trovano in una riga o in una colonna di C .

Homework H16.9

Codificare una funzione C che prenda in input una matrice di caratteri di dimensione $n \times m$ ed un ulteriore parametro intero a , e restituisca il valore booleano *true* (1) se esiste almeno una riga o una colonna che contiene almeno a caratteri che siano tutti minuscoli o tutti maiuscoli e che abbiano posizioni adiacenti. NB: Si assuma che la matrice contenga solo caratteri corrispondenti alle lettere dell'alfabeto.

Homework H16.10

Codificare una funzione C che prenda un parametro formale matrice quadrata di stringhe (puntatori a caratteri) di dimensioni $n \times n$, uno short k ed una ulteriore stringa s , e restituisca un array di n stringhe (puntatori a caratteri) il cui generico elemento di indice i contenga la i -esima stringa della diagonale secondaria se questa stringa ha lunghezza maggiore o uguale a k e inizia con la stringa s , altrimenti la corrispondente stringa (i -esima) della diagonale principale.

Homework H16.11

Codificare una funzione in C che prenda in input due matrici di interi, A e B di dimensioni $k \times n$ ed $n \times k$ rispettivamente, e restituisca uno array monodimensionale di k elementi double in cui lo i -esimo elemento sia uguale alla differenza tra la media aritmetica degli elementi della riga i -esima di A ed il minimo valore degli elementi della colonna i -esima di B .

Homework H16.12

Codificare una funzione C che prenda in input un array monodimensionale S di n puntatori a caratteri (stringhe), ed inoltre una matrice C di caratteri distinti (char) ed uno short k , e restituisca un array di n puntatori a caratteri (stringhe) in cui il generico elemento di indice i punta alla i -esima stringa in S solo se questa contiene almeno k caratteri in C , altrimenti NULL.

Homework H16.13

Codificare una funzione in C che prenda in input due parametri formali: una matrice A di stringhe (puntatori a caratteri) ed una matrice B di short, entrambe di dimensioni $n \times m$. Il metodo restituisca un array di n stringhe nel quale il generico elemento di indice i sarà uguale alla concatenazione delle sole stringhe della riga i -esima di A che hanno lunghezza pari o maggiore del corrispondente numero in B (cioè bisogna confrontare la lunghezza della stringa a_{ij} con il numero b_{ij}).

Homework H16.14

Codificare una funzione in C che prenda in input una matrice S di stringhe (puntatori a caratteri) di dimensioni $n \times m$ ed un array B di short di dimensione m e che restituisca uno short che rappresenti l'indice della riga in S con il maggior numero di stringhe aventi lunghezza minore o uguale del corrispondente numero nello array B (NB: in pratica la lunghezza della stringa di indici (i,j) va confrontata con il numero di indice j in B).

Homework H16.15

Codificare una funzione in C che prenda in input una matrice di stringhe S (puntatori a caratteri) di dimensione $n \times m$ e due array di caratteri C e D di dimensione n e restituisca un array di short nel quale il generico elemento di posto i contiene il numero di stringhe che iniziano con il carattere di C di indice i e finiscono con il carattere in D di indice i .

Homework H16.16

Codificare una funzione in C che prenda un parametro formale matrice A di double di dimensioni $n \times k$ ed un array B di interi di dimensione n , e restituisca l'indice della colonna in A che contiene il maggior numero di elementi tali che l'approssimazione dell'elemento stesso al numero intero più vicino sia uguale al corrispondente elemento intero in B (NB: in pratica il generico elemento di indice (i,j) va confrontato con l'elemento in B di indice i).