

# Allocazione dinamica della memoria

Violetta Lonati

Università degli studi di Milano  
Dipartimento di Informatica

Laboratorio di algoritmi e strutture dati  
Corso di laurea in Informatica

# Argomenti

## Allocazione dinamica della memoria

Puntatore nullo

Funzioni per l'allocazione dinamica della memoria

Deallocare memoria

Errori tipici

Esempi

# Automatic vs static storage duration

Attraverso le variabili, il C gestisce la memoria staticamente o automaticamente:

- ▶ le variabili con storage duration **static** sono allocate in memoria principale all'inizio dell'esecuzione del programma e persistono per tutta l'esecuzione del programma
  - ▶ es: variabili globali
- ▶ le variabili con storage duration **automatic** sono allocate sullo **stack**, all'interno dei record di attivazione delle chiamate di funzione; queste variabili *vanno e vengono*, cioè perdono il loro valore quando termina l'esecuzione del blocco in cui sono dichiarate e non persistono tra una chiamata e l'altra.
  - ▶ es: variabili locali definite all'interno di un blocco

NB: per **blocco** si intende:

- ▶ il corpo di una funzione, oppure
- ▶ una sequenza di istruzioni e dichiarazioni raccolte tra graffe

Secondo lo standard ANSI le dichiarazioni vanno all'inizio del blocco.

# Allocazione dinamica della memoria

In C la memoria può essere anche gestita in modo dinamico, attraverso l'allocazione esplicita di blocchi di memoria di data dimensione:

- ▶ tali blocchi sono allocati tipicamente in una parte della memoria chiamata **heap**;
- ▶ è possibile accedere a tali blocchi di memoria attraverso l'uso di puntatori;
- ▶ lo spazio allocato dinamicamente **non viene liberato** all'uscita delle funzioni;
- ▶ sempre con l'uso di puntatori la memoria che non serve più va **deallocata** in modo da renderla nuovamente disponibile.

# Allocazione dinamica della memoria

## A cosa serve?

- ▶ Per allocare di vettori e/o stringhe con lunghezza non nota in fase di compilazione, ma calcolata durante l'esecuzione. (→ C99)
- ▶ Per gestire strutture dati che crescono e si restringono durante l'esecuzione del programma (es: *liste*).
- ▶ Per avere maggiore flessibilità nel gestire la durata delle variabili.

## Quattro funzioni fondamentali:

```
void *malloc( size_t size );  
void *calloc( size_t nmemb, size_t size );  
void *realloc( void *p, size_t size );  
void free( void *p);
```

I prototipi sono contenuti nel file di intestazione `stdlib.h`.

## Puntatore `NULL`

Quando viene chiamata una funzione per l'allocazione dinamica della memoria, c'è sempre la possibilità che non ci sia spazio sufficiente per soddisfare la richiesta. In questo caso, la funzione restituisce un **puntatore nullo**, ovvero un puntatore che “non punta a nulla”.

### Nota bene

Avere un puntatore nullo è diverso da avere un puntatore non inizializzato, o un puntatore di cui non si conosce il valore!!

- ▶ Il puntatore nullo è rappresentato da una macro chiamata `NULL`, di valore 0, dichiarata in `stdlib.h`, `stdio.h`, `string.h` e altri.
- ▶ I puntatori possono essere usati nei testi: `NULL` ha valore falso (vale 0!), mentre ogni puntatore non nullo ha valore vero (è diverso da `NULL`, cioè da 0!)

```
if ( p == NULL ) ...  
if ( !p ) ...
```

# Malloc

## La funzione

```
void *malloc( size_t size );
```

alloca un blocco di memoria di `size` byte e restituisce un puntatore all'inizio di tale blocco.

- ▶ `size_t` è un tipo definito nella libreria standard (di solito corrisponde ad `unsigned int`);
- ▶ il blocco di memoria allocato può contenere valori di tipo diverso, il puntatore di tipo generico `void *` permette di gestire tutti i casi;
- ▶ in caso di assegnamento il puntatore restituito dalla `malloc` viene convertito implicitamente (alcuni esplicitano il cast);
- ▶ sul blocco di memoria allocato è possibile usare i puntatori con l'usuale aritmetica.

## Malloc - esempi

```
p = malloc( 10000 );
if ( p == NULL ) {
    /* allocazione fallita;
       provvedimenti opportuni */
    ...
}
```

## Stringhe allocate dinamicamente

```
/* alloca lo spazio per una stringa di n caratteri
   un char occupa sempre un byte! */
char *p;
int n;
...
p = malloc( n + 1 );
```

## Esempio - restituire un puntatore ad una “nuova” stringa

Il seguente programma concatena le due stringhe `s1` e `s2` in una nuova stringa di cui restituisce l'indirizzo (ovvero un puntatore che punta ad essa).

```
char *concat( const char *s1, const char *s2) {
    char *result;

    result = malloc( strlen(s1) + strlen(s2) + 1 );
    if ( result == NULL ) {
        print( "malloc_ failure\n" );
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    strcpy( result, s1 );
    strcat( result, s2 );
    return result;
}
```

```
p = concat( "abc", "def");
```

## Vettori allocati dinamicamente

Si può usare `malloc` anche per allocare spazio per un vettore (come per le stringhe). La differenza è che gli elementi dell'array possono occupare più di un byte (a differenza dei `char`).

```
int *a, i, n;

/* alloca lo spazio per un array di n interi */
a = malloc( n * sizeof(int) );

/* inizializza l'array a 0 */
for ( i = 0; i < n; i++ )
    a[i] = 0;
```

# Calloc

```
void *calloc( size_t nmemb, size_t size );
```

alloca spazio per un array di `nmemb` elementi, ciascuno di dimensione `size`, li inizializza a 0 e restituisce il puntatore al primo elemento (oppure `NULL`).

## Esempio

A volte può essere comodo usare `calloc` con primo argomento pari a 1, in questo modo è possibile allocare e inizializzare anche oggetti diversi da un array.

```
struct point{ float x, y } *p;  
p = calloc( 1, sizeof( struct point) );
```

Alla fine dell'esecuzione di queste istruzioni, `p` punterà ad una struttura di tipo `point` i cui membri `x` e `y` sono inizializzati a 0.

# Realloc

```
void *realloc( void *p, size_t size );
```

ridimensiona lo spazio puntato da `p` alla nuova dimensione `size` e restituisce il puntatore al primo elemento (oppure `NULL`):

- ▶ il puntatore `p` deve puntare ad un blocco di memoria già allocato dinamicamente, altrimenti il comportamento è indefinito;
- ▶ tendenzialmente `realloc` cerca di ridimensionare il vettore in loco, ma se non ha spazio può allocare nuovo spazio altrove, copiare il contenuto del vecchio blocco nel nuovo e restituire l'indirizzo del nuovo blocco;
- ▶ attenzione ad aggiornare eventuali altri puntatori dopo la chiamata di `realloc` perchè il blocco potrebbe essere stato spostato!

# Free

Quando un blocco di memoria allocato dinamicamente non serve più, è importante deallocarlo e renderlo nuovamente disponibile usando la funzione

```
void free( void *p)
```

L'argomento di free deve essere stato allocato dinamicamente, altrimenti il comportamento è indefinito.

## Errori tipici: fallimento nell'allocazione

E' importante sempre verificare che l'allocazione abbia avuto successo e il puntatore restituito non sia `NULL`.

In caso contrario si rischia di usare il puntatore `NULL` come se puntasse a memoria allocata, e si provocherebbero errori.

```
char *ptr;  
ptr = malloc(10);  
*ptr = 'a';  
/* RISCHIOSO: se malloc restituisce NULL... */
```

## Errori tipici: dangling pointer

Dopo la chiamata `free(p)`, il blocco di memoria puntato da `p` viene deallocato, ma il valore del puntatore `p` non cambia; eventuali usi successivi di `p` possono causare danni!

```
char *p = malloc(4);  
...  
free(p);  
...  
strcpy(p, "abc"); /* SBAGLIATO! */
```

Si dice in questo caso che `p` è un **dangling pointer** (letteralmente: puntatore ciondolante).

## Errori tipici: memory leak - esempio 1

```
p = malloc(...);  
q = malloc(...);  
p = q;
```

L'oggetto puntato da `p` prima dell'ultimo assegnamento non è più raggiungibile! Quel blocco di memoria resterà allocato ma non utilizzabile. Si parla in questo caso di **memory leak**.

Prima di effettuare l'assegnamento `p = q`; bisogna deallocare il blocco puntato da `p`:

```
p = malloc(...);  
q = malloc(...);  
free(p);  
p = q;
```

## Errori tipici: memory leak - esempio 2

E' importante usare sempre un puntatore temporaneo per il valore di ritorno di `realloc`. In caso contrario può succedere che il puntatore originario venga trasformato in `NULL`. Ad esempio:

```
int *ptr, *tmp, size = N;
ptr = malloc(size);
...
/* vogliamo raddoppiare l'area allocata */
size *= 2;
tmp = realloc(ptr, size);
if ( tmp != NULL )
    ptr = tmp;
```

## Errori tipici: memory leak - esempio 3

```
void f(void) {
    void* s = malloc( 50 );
}

int main(void) {
    while (1) f();
}
```

Ad ogni chiamata di `f`, la memoria viene allocata e puntata da `s`. Quando la funzione restituisce il controllo al main, lo spazio rimane allocato, ma `s` viene distrutta quindi la memoria allocata diventa irraggiungibile.

Prima o poi la memoria verrà esaurita!

Il codice va corretto in uno dei seguenti modi:

- ▶ aggiungere l'istruzione `free(s)` alla fine di `f`
- ▶ far sì che `f` restituisca `s` alla funzione chiamante, la quale si dovrà preoccupare di deallocare lo spazio.

## Lettura di una riga con allocazione di memoria

La seguente funzione legge da standard input una sequenza di caratteri terminata da `\n` e la memorizza in una stringa di dimensione opportuna allocata dinamicamente.

- ▶ La dimensione della stringa viene incrementata man mano che vengono letti i caratteri: all'inizio viene allocato lo spazio per 2 caratteri; quando lo spazio è tutto occupato, la dimensione viene raddoppiata.
- ▶ Uso due variabili intere: `size` rappresenta la dimensione allocata; `n` rappresenta il numero di caratteri letti.
- ▶ Se `n >= size`, bisogna allocare nuovo spazio!

```

char *read_line( void ) {

    char *p, c;
    int n = 0, size = 2;

    p = my_malloc( size );

    while ( ( c = getchar() ) != EOF ) {

        if ( n >= size ) { /* spazio terminato, lo raddoppio */
            size *=2;
            p = my_realloc( p, size );
        }

        if ( c == '\n' ) { /* fine stringa, interrompo */
            p[n] = '\0';
            break;
        }

        p[n++] = c;
    }

    return p;
}

```

## Lettura di una parola con allocazione di memoria

La funzione precedente può essere modificata in modo da leggere una sola parola (fino al primo carattere non alfabetico) memorizzandola in una stringa di dimensione opportuna allocata dinamicamente.

Al posto di:

```
if ( c == '\n' )
```

devo scrivere:

```
if ( !isalpha( c ) )
```

# Allocazione dinamica di una matrice bidimensionale I

La seguente funzione alloca lo spazio per una matrice bidimensionale di caratteri e la inizializza con il carattere '.'

```
char **creaMatrice( int n ){
    char **m;
    int r, c;

    m = malloc( n * sizeof( char * ) );
    for ( r = 0; r < n; r++ ) {
        *(m+r) = malloc( n * sizeof( char ) );
    }

    for ( r = 0; r < n; r++ )
        for ( c = 0; c < n; c++ )
            m[r][c] = '.';
    return m;
}
```

## Allocazione dinamica di una matrice bidimensionale II

