ALLOCAZIONE DELLA MEMORIA

Allocazione della memoria: quando un blocco di memoria RAM viene assegnato ad un programma in esecuzione.

In C abbiamo tre modalità di allocazione della memoria:

- **Allocazione automatica.** Riguarda le variabili (non `static`) con scope locale. La memoria viene automaticamente allocata sullo stack (record di attivazione) e automaticamente deallocata al termine della funzione in cui è dichiarata.

ALLOCAZIONE DELLA MEMORIA

- **Allocazione statica.** Riguarda le variabili globali e le variabili locali dichiarate `static`. La memoria viene allocata prima dell'esecuzione del programma e rilasciata al termine.

- **Allocazione dinamica.** Memoria richiesta a run-time esplicitamente dal programmatore (mediante specifiche funzioni di libreria). Viene allocata dinamicamente nelle memoria heap a cui si può accedere solo mediante puntatori. Deve anche essere rilasciata esplicitamente.

ALLOCAZIONE DINAMICA

- Se le variabili sono **definite *staticamente***
  - **la loro esistenza deve essere prevista e dichiarata a priori**
- **Questo può rappresentare un problema soprattutto *per variabili di tipo array, in cui dover specificare a priori le dimensioni (costanti) è particolarmente limitativo***

➡ Sarebbe molto utile poter *dimensionare un array "al volo"*, ***dopo aver scoperto quanto grande deve essere***

ALLOCAZIONE DINAMICA

- Quando?
  - Tutte le volte in cui i dati possono crescere in modo non prevedibile staticamente a tempo di sviluppo
    - Un array con dimensione fissata a compile-time non è sufficiente

→ È necessario avere "più" controllo sull'allocazione di memoria

→Allocazione della memoria "by need"

ALLOCAZIONE DINAMICA

Per chiedere nuova memoria o rilasciarla "al momento del bisogno"

si usano opportune funzioni di libreria i cui prototipi sono dichiarati nel file header `stdlib.h` e che "girano" la richiesta al sistema operativo:

`malloc e free`

LA FUNZIONE `malloc`

La funzione `void * malloc(size_t dim)`:

- **chiede al sistema di allocare un'area di memoria contigua grande *`dim`* *byte***
- ***size_t rappresenta un tipo nella libreria standard del tipo unsigned (long) int (in dipendenza dall'implementazione).***
- ***restituisce l'indirizzo* dell'area di memoria allocata** (**`NULL`** se, per qualche motivo, l'allocazione non è stata possibile)
  - è sempre opportuno controllare il risultato di **`malloc()`** prima di usare la memoria fornita
- Il sistema operativo preleva la memoria richiesta **dall'*area heap***

LA FUNZIONE `malloc`

Praticamente, occorre quindi:

- specificare quanti byte si vogliono, come parametro passato a `malloc()`
- mettere in un puntatore il risultato fornito da `malloc()` stessa
- grazie all'equivalenza fra array e puntatori possiamo accedere alla memoria allocata dinamicamente come se fosse un array (allocato quindi dinamicamente).

LA FUNZIONE `malloc`

Il valore di ritorno è un puntatore all'inizio di un'area di memoria la cui dimensione è definita dall'argomento della **malloc**

Il sistema **ricorda**, **per ogni singola allocazione**, quanta memoria è stata allocata

- `malloc()` restituisce **un *puro indirizzo*,** ossia **un puntatore "senza tipo"**
- per assegnarlo a uno *specifico puntatore* **occorre *un cast esplicito***

Attenzione: Può essere trasformato in qualsiasi tipo di puntatore, anche in un tipo la cui dimensione non corrisponde al tipo allocato.

ESEMPIO

- Per allocare dinamicamente 12 byte:

```
float *p;
p = (float*) malloc(12);
```

- Per farsi dare *lo spazio necessario per 5 interi* (qualunque sia la rappresentazione usata per gli interi):

```
int *p;
p = (int*) malloc(5*sizeof(int));
```

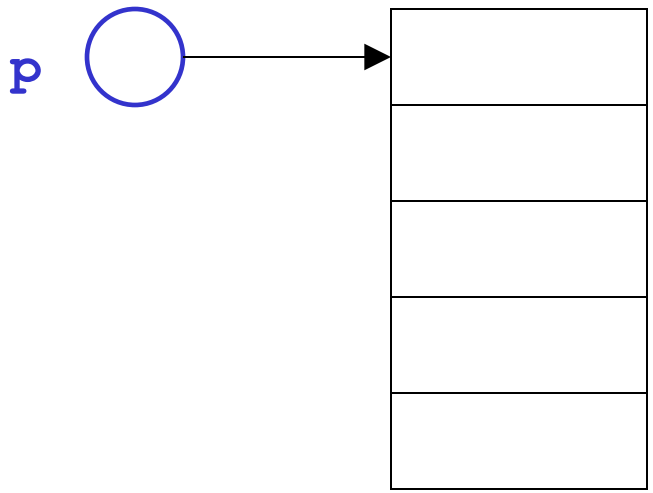
`sizeof` consente di essere indipendenti dalle scelte dello specifico compilatore/sistema di elaborazione

ESEMPIO

Allocazione:

```
int *p;
p = (int*) malloc(5*sizeof(int));
```

Risultato:



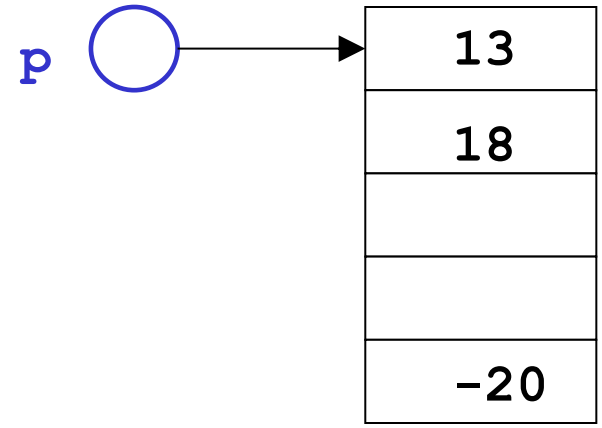
Sono cinque celle contigue, adatte a contenere un int

AREE DINAMICHE: USO

L'area allocata è usabile, in maniera equivalente:

- **o tramite la notazione a puntatore (`*p`)**
- **o tramite la notazione ad array (`[ ]`)**

```
int *p;
p=(int*)malloc(5*sizeof(int));
p[0] = 13; p[1] = 18;...
*(p+4) = -20;
```



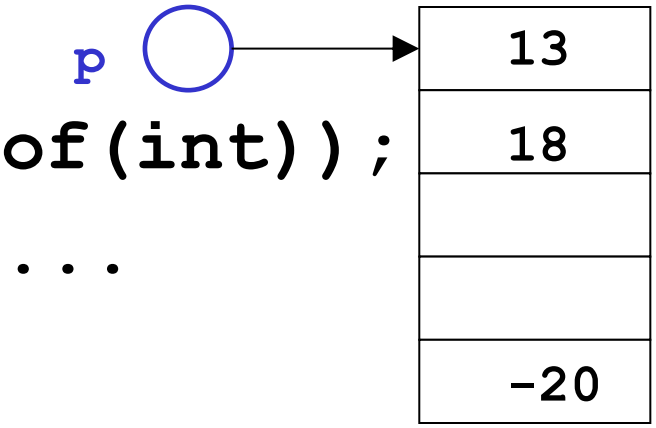
Attenzione a non "eccedere"
l'area allocata dinamicamente.
Non ci può essere alcun controllo

AREE DINAMICHE: USO

Abbiamo costruito un *array dinamico*, le cui dimensioni:

- *non sono determinate a priori*
- *possono essere scelte dal programma in base alle esigenze del momento*
- L'espressione passata a **`malloc()`** può infatti contenere variabili

```
int *p, n=5;
p=(int*)malloc(n*sizeof(int));
p[0] = 13; p[1] = 18;...
*(p+4) = -20;
```



AREE DINAMICHE: DEALLOCAZIONE

Quando non serve più, l'area allocata deve essere *esplicitamente deallocata*

- ciò segnala al sistema operativo che quell'area è da considerare nuovamente disponibile per altri usi

La deallocazione si effettua mediante la *funzione di libreria* `free`

```
int *p=(int*)malloc(5*sizeof(int));
    ...
free(p);
```

Non è necessario specificare la dimensione del blocco da deallocare, perché *il sistema la conosce già dalla malloc() precedente*

LA FUNZIONE free

- Deallocazione tramite la procedura:

  void free(void* p);

- Consente di rilasciare la memoria allocata dinamicamente che si rende disponibile per eventuali nuove allocazioni.
- E' buona norma farlo per non saturare la memoria disponibile.
- Il sistema sa quanta memoria deallocare per quel puntatore (**ricorda** la relativa `malloc`).
- Se la memoria non viene correttamente deallocata → ***memory leaking (consumo di memoria).***

AREE DINAMICHE: TEMPO DI VITA

Tempo di vita di una area dati dinamica *non* è *legato a quello delle funzioni*

- in particolare, non è legato al tempo di vita della funzione che l'ha creata

Quindi, *una area dati dinamica può sopravvivere anche dopo che la funzione che l'ha creata è terminata*

Ciò consente di

- creare un'area dinamica in una funzione...
- ... usarla in un'altra funzione...
- ... e distruggerla in una funzione ancora diversa

ESERCIZIO 1

Creare un array di float **di dimensione specificata dall'utente**

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
 float *v; int n;
 printf("Dimensione: ");
 scanf("%d",&n);
 v = (float*) malloc(n*sizeof(float));
  ... uso dell'array ...
 free(v);
}
```

malloc() e free() sono dichiarate in **stdlib.h**

ESERCIZIO 2

Scrivere una funzione che, dato un intero, **allochi e restituisca una stringa di caratteri della dimensione specificata**

```
#include <stdlib.h>
char* alloca(int n){
  return (char*) malloc(n*sizeof(char));
}
```

NOTA: dentro alla funzione *non* deve comparire la **`free()`**, in quanto scopo della funzione è proprio ***creare un array che sopravviva alla funzione stessa***

ARRAY DINAMICI

- **Un array ottenuto per allocazione dinamica è "dinamico" poiché *le sue dimensioni possono essere decise al momento della creazione*, e non per forza a priori**
- *Non significa che l'array possa essere "espanso" secondo necessità:* una volta allocato, l'array ha dimensione *fissa*
- **Strutture dati espandibili dinamicamente secondo necessità esistono, ma *non sono array*** *(vedi* lezioni successive su ***liste, pile, code, …***)

Fallimento dell'allocazione

- **Fallimento nell'allocazione**: si dovrebbe sempre verificare che l'allocazione abbia avuto successo e il puntatore restituito non sia `NULL`. Altrimenti si rischia di riferirsi a `NULL` pensando che punti a memoria allocata.

ESERCIZIO 1 rivisto

Creare un array di float **di dimensione specificata dall'utente**

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
 float *v; int n;
 printf("Dimensione: ");
 scanf("%d",&n);
 v = (float*) malloc(n*sizeof(float)));
  if (v == NULL) exit(1);
  else {... uso dell'array ..  }
 free(v);
}
```

malloc() e free() sono dichiarate in **stdlib.h**

Dangling reference

- Puntatore che non punta più a aree significative (ciondolante…).

```
int *p;
p=(int*)malloc(5*sizeof(int));
free(p);
p[0] = 13; p[1] = 18;...
*(p+4) = -20;
```

- Nota: dopo la **`free`** il blocco di memoria puntato da **`p`** viene deallocato, ma il valore del puntatore **`p`** non cambia; eventuali usi successivi di **`p`** sono pericolosi.

Memory leak (1)

Un memory leak ("perdita di memoria") è un particolare tipo di consumo non voluto di memoria dovuto alla mancata deallocazione.

```
a  = malloc (...);
b  = malloc (...);
a = b;
```

L'area di memoria puntata da **a** prima dell'ultimo assegnamento non è piu` utilizzabile, ma non viene deallocata. Va deallocata prima dell'assegnamento

```
a  = malloc (...);
b  = malloc (...);
free(a);
a = b;
```

Memory leak (2)

```
void func(void) {
void* c = malloc( 50 );
}
int main(void) {
while (1) func();
}
```

Ad ogni chiamata di ***func***, viene allocata memoria puntata da ***c***. Al ritorno a ***func*** lo spazio rimane allocato, ma il puntatore ***c*** ad esso viene eliminato. Questo provoca consumo illimitato di memoria.

Correzioni:

- aggiungere l'istruzione ***free(c)*** alla fine di ***func***
- Restituire ***c*** al ***main*** che potrà deallocare lo spazio.

Deallocazione della memoria

- A differenza di altri linguaggi di programmazione il linguaggio C non dispone di **garbage collector**.
- In caso di strutture dati condivise, come si decide quando deallocare la memoria?
- In ogni momento occorre sapere chi ha in uso una certa struttura condivisa per deallocare solamente quando più nessuno ne ha un riferimento.
- Se perdiamo il riferimento (indirizzo del primo byte) alla memoria allocata non potremo più accederci e questa resterà inutilizzabile (garbage) per tutta la durata del programma.

DEALLOCAZIONE - NOTE

- Il modello di gestione della memoria dinamica del C richiede che ***l'utente si faccia esplicitamente carico*** anche della ***deallocazione della memoria***
- ***È un approccio pericoloso:*** **molti errori sono causati proprio da un'errata deallocazione**
  - rischio di puntatori che puntano ad aree di memoria ***non più esistenti*** → ***dangling reference***
- **Altri linguaggi gestiscono automaticamente la deallocazione tramite un *garbage collector*** integrato nell'ambiente di esecuzione (ad esempio Java, Pyton, C#)

Garbage Collection

- La garbage collection è stata inventata nel 1959 per li linguaggio LISP.
- Nei moderni linguaggi di programmazione, la deallocazione della memoria non è più un problema.
- Esistono ***sistemi automatici di recupero della memoria allocata ma non più usata*** → allocazione esplicita, ***deallocazione automatica***
- Il sistema sa sempre quanti e quali puntatori puntano ad una certa area di memoria → quando un'area di memoria non è più puntata da nessuno, viene recuperata tramite opportuna deallocazione.

Riassumendo: La gestione della memoria

- A livello di implementazione ogni entità (variabile o funzione) a qualunque categoria appartenga è memorizzata nella memoria del calcolatore, ma a seconda della categoria viene inserita in zone di memoria gestite diversamente.
- Per le variabili:
  - DATI GLOBALI
  - STACK
  - HEAP
- Per le definizioni di funzioni:
  - CODICE
- Esiste inoltre una memoria interna al microprocessore: REGISTRI usata per variabili e parametri register (e ottimizzazione del compilatore)

Gli esercizi precedenti

Come cambiano gli esercizi gia visti se si tiene conto della possibilità di allocare la memoria in modo dinamico?

- Merge Sort
- Rubrica
- Lettura da files
- …..