Puntatori e Aritmetica dei puntatori

Lezione 6

Laboratorio di Programmazione I

Corso di Laurea in Informatica
A.A. 2018/2019

Argomenti del Corso

Ogni lezione consta di una spiegazione assistita da slide, e seguita da esercizi in classe

- Introduzione all'ambiente Linux
- Introduzione al C
- Tipi primitivi e costrutti condizionali
- Costrutti iterativi ed array
- Funzioni, stack e visibilità variabili
- Puntatori e memoria
- Debugging
- Tipi di dati utente
- Liste concatenate e librerie
- Ricorsione

Sommario

1. Puntatori
   - Variabili puntatore
   - Aritmetica dei puntatori
2. Puntatori e funzioni
   - Passaggio per riferimento
3. Array Multidimensionali

Errori comuni

```
#include<stdio>
#define N 10

void f(int[] a){
    ...
}

int main(){
    int a[N];
    f(a[N]);
    return 0;
}
```

Errori comuni

```
#include<stdio>
#define N 10

void f(int[] a){
    ...
}

int main(){
    int a[N];
    f(a[N]);
    return 0;
}
```

f(a) invece di f(a[N])

Errori comuni

```
float f(){
    ...
}

int main(){
    printf("%d\n", f());
    return 0;
}
```

Errori comuni

```
float f(){
    ...
}

int main(){
    printf("%d\n", f());
    return 0;
}
```

%f invece di %d

Errori comuni

```
int main(){
    int somma, num_valori;
    .....
    printf("%.2f\n", somma / num_valori);
    return 0;
}
```

Errori comuni

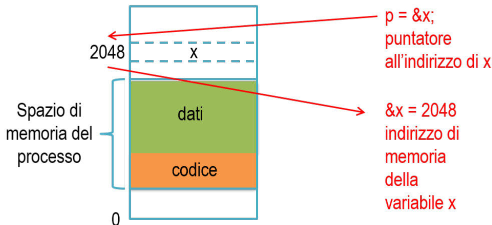
```c
int main(){
    int somma, num_valori;
    .....
    printf("%.2f\n", somma / num_valori);
    return 0;
}
```

somma / (float) num_valori

Outline

1. Puntatori
   - Variabili puntatore
   - Aritmetica dei puntatori
2. Puntatori e funzioni
   - Passaggio per riferimento
3. Array Multidimensionali

Indirizzi di Memoria e Puntatori



- In C è possibile conoscere l'indirizzo della cella di memoria in cui è memorizzata una variabile (o una funzione!!)
  - Operatore unario `&` restituisce l'indirizzo di memoria di una variabile, e.g `&x`
- Puntatore: variabile che denota un indirizzo di memoria nello spazio di indirizzamento del processo

Variabili Puntatore

```
int a = 10; //a e' una variabile intera (iniz. a 10)
```

Variabile	Indirizzo	Contenuto
a	0x000064	10

Variabili Puntatore

```
int a = 10; //a e' una variabile intera (iniz. a 10)
int *b; //b e' una variabile puntatore ad interi
```

Variabile	Indirizzo	Contenuto
a	0x000064	10
b	0x000068	

Variabili Puntatore

```
int a = 10; //a e' una variabile intera (iniz. a 10)
int *b; //b e' una variabile puntatore ad interi
b = &a; //b contiene l'indirizzo di memoria di a
```

Variabili Puntatore

```
int a = 10; //a e' una variabile intera (iniz. a 10)
int *b; //b e' una variabile puntatore ad interi
b = &a; //b contiene l'indirizzo di memoria di a
...
 //Attraverso l'indirizzo di memoria posso
manipolare il contenuto di una variabile
*b = *b - 2;
```

Variabili Puntatore

```
int a = 10; //a e' una variabile intera (iniz. a 10)
int *b; //b e' una variabile puntatore ad interi
b = &a; //b contiene l'indirizzo di memoria di a
...
 //Attraverso l'indirizzo di memoria posso
manipolare il contenuto di una variabile
*b = *b - 2;
```

Dichiarare ed operare sui puntatori

```
nometipo * var
```

Dichiara:

- una variabile puntatore con nome `var`
- e tipo: indirizzo di variabile di tipo `nometipo`

Dichiarare ed operare sui puntatori

```
nometipo * var
```

Dichiara:

- una variabile puntatore con nome `var`
- e tipo: indirizzo di variabile di tipo `nometipo`
- L'operatore `&` viene usato per restituire l'indirizzo di una variabile
  - `b = &a;`
  - Lo posso usare per ottenere l'indirizzo di una variabile puntatore, e.g. `&b`!!
- L'operatore `*` viene usato per accedere al contenuto di un indirizzo di memoria memorizzato da un puntatore (dereferenziazione)
  - `*b = *b - 2;`

I due usi del simbolo $*$

Usato nella dichiarazione significa che la variabile è di tipo puntatore a

```
int *a;
int **c;
```

I due usi del simbolo *

Usato nella dichiarazione significa che la variabile è di tipo puntatore a

```
int *a;
int **c;
```

Usato nei comandi invece esegue la dereferenziazione: accesso alla variabile puntata, in particolare:

I due usi del simbolo $*$

Usato nella dichiarazione significa che la variabile è di tipo puntatore a

```
int *a;
int **c;
```

Usato nei comandi invece esegue la dereferenziazione: accesso alla variabile puntata, in particolare:

- all'interno di un espressione, da accesso al contenuto dell'indirizzo di memoria puntato

```
if (*a > 10) { ... } else { ... }
```

I due usi del simbolo $\ast$

Usato nella dichiarazione significa che la variabile è di tipo puntatore a

```
int *a;
int **c;
```

Usato nei comandi invece esegue la dereferenziazione: accesso alla variabile puntata, in particolare:

- all'interno di un espressione, da accesso al contenuto dell'indirizzo di memoria puntato

```
if (*a > 10) { ... } else { ... }
```

- a sinistra dell'assegnamento, permette di modificare il contenuto dell'indirizzo di memoria puntato

```
*a = 10;
```

Operatori di dereferenziamento $*$ e di indirizzo $\&$

- hanno priorità più elevata degli operatori binari

Operatori di dereferenziamento `*` e di indirizzo `&`

- hanno priorità più elevata degli operatori binari
- `*` è associativo a destra: `**p` è equivalente a `*(*p)`

Operatori di dereferenziamento `*` e di indirizzo `&`

- hanno priorità più elevata degli operatori binari
- `*` è associativo a destra: `**p` è equivalente a `*(*p)`
- `&` può essere applicato solo ad una variabile;
  `&a` non è una variabile quindi `&` non è associativo

Operatori di dereferenziamento * e di indirizzo &

- hanno priorità più elevata degli operatori binari
- `*` è associativo a destra: `**p` è equivalente a `*(*p)`
- `&` può essere applicato solo ad una variabile;
  `&a` non è una variabile quindi `&` non è associativo
- `*` e `&` sono uno l'inverso dell'altro

Operatori di dereferenziamento `*` e di indirizzo `&`

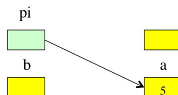
- hanno priorità più elevata degli operatori binari
- `*` è associativo a destra: `**p` è equivalente a `*(*p)`
- `&` può essere applicato solo ad una variabile;
  `&a` non è una variabile quindi `&` non è associativo
- `*` e `&` sono uno l'inverso dell'altro
  - data la dichiarazione `int a;`
    `*&a` è un altro modo per denotare `a` (sono entrambi variabili)

Operatori di dereferenziamento `*` e di indirizzo `&`

- hanno priorità più elevata degli operatori binari
- `*` è associativo a destra: `**p` è equivalente a `*(*p)`
- `&` può essere applicato solo ad una variabile;
  `&a` non è una variabile quindi `&` non è associativo
- `*` e `&` sono uno l'inverso dell'altro
  - data la dichiarazione `int a;`
    `*&a` è un altro modo per denotare `a` (sono entrambi variabili)
  - data la dichiarazione `int *pi;`
    `&*pi` ha valore (un indirizzo) uguale al valore di `pi` però:
    - `pi` è una variabile
    - `&*pi` non lo è (ad esempio, non può essere usato a sinistra di `=`)

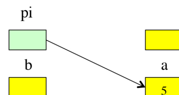
Operatori di dereferenziamento $*$ e di indirizzo $\&$

pi = &a

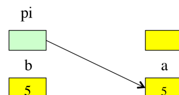


Operatori di dereferenziamento $*$ e di indirizzo &

pi = &a

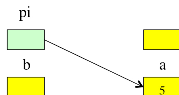


b= *pi

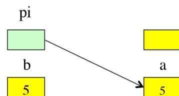


Operatori di dereferenziamento $*$ e di indirizzo &

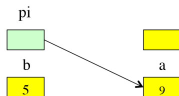
pi = &a



b= *pi



*pi = 9



Puntatori e tipi

E' possibile dichiarare puntatori per tutti i tipi primitivi (e anche le strutture)

Puntatori e tipi

E’ possibile dichiarare puntatori per tutti i tipi primitivi (e anche le strutture)

```
int *a, *b; //Dichiarazione multipla (ripetere '*')
float *c, d;  //c e' un puntatore a float, d e' una
variabile float
```

Puntatori e tipi

E' possibile dichiarare puntatori per tutti i tipi primitivi (e anche le strutture)

```
int *a, *b; //Dichiarazione multipla (ripetere '*')
float *c, d;  //c e' un puntatore a float, d e' una
variabile float
double h,*e, **f; //f e' un puntatore a puntatore a
double
...
 e= &h;  //la  sequenza  di assegnamenti e' corretta
f  = &e;
```

Puntatori e tipi

E' possibile dichiarare puntatori per tutti i tipi primitivi (e anche le strutture)

```
int *a, *b; //Dichiarazione multipla (ripetere '*')
float *c, d;  //c e' un puntatore a float, d e' una
variabile float
double h,*e, **f; //f e' un puntatore a puntatore a
double
...
 e= &h;  //la  sequenza  di assegnamenti e' corretta
f  = &e;
```

Che tipo ha *e? E *f e **f?

Puntatori e tipi

E’ possibile dichiarare puntatori per tutti i tipi primitivi (e anche le strutture)

```
int *a, *b; //Dichiarazione multipla (ripetere '*')
float *c, d;  //c e' un puntatore a float, d e' una
variabile float
double h,*e, **f; //f e' un puntatore a puntatore a
double
...
 e= &h;  //la  sequenza  di assegnamenti e' corretta
f  = &e;
```

Che tipo ha *e? E *f e **f?

`NULL`: costante predefinita (in `stdio.h`) che denota il puntatore nullo

Costanti e puntatori

Queste due dichiarazioni sono equivalenti, cioè puntatori a costanti intere

```
const int *a;
int const *a;
```

Non potete fare `*a = 10`!

Costanti e puntatori

Queste due dichiarazioni sono equivalenti, cioè puntatori a costanti intere

```
const int *a;
int const *a;
```

Non potete fare `*a = 10`!

```
const int *a;   //Puntatore a costanti intere
int *const a;  //Puntatore costante ad interi
```

Costanti e puntatori

Queste due dichiarazioni sono equivalenti, cioè puntatori a costanti intere

```
const int *a;
int const *a;
```

Non potete fare `*a = 10`!

```
const int *a;   //Puntatore a costanti intere
int *const a;  //Puntatore costante ad interi
```

Non sono equivalenti!!! Nel secondo caso non potete modificare l'indirizzo a cui punta `a`, ma potete cambiare il suo contenuto con `*a`!

Aritmetica dei puntatori

E' possibile utilizzare alcuni degli operatori aritmetici classici $(+, -, ++, -, ...)$ per scrivere espressioni con i puntatori

```
int a[4], *p; //Dichiaro un array di interi ed un
   puntatore ad interi
```

Aritmetica dei puntatori

E' possibile utilizzare alcuni degli operatori aritmetici classici $(+, -, ++, -, \ldots)$ per scrivere espressioni con i puntatori

```
int a[4], *p; //Dichiaro un array di interi ed un
    puntatore ad interi
```

```
p = &a[0];
```

p punta all'indirizzo di a[0]

a[3]	ADDR + 12
a[2]	ADDR + 8
a[1]	ADDR + 4
a[0]	ADDR

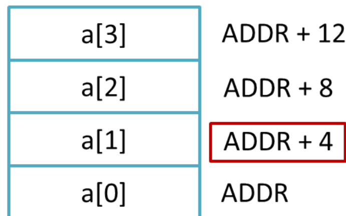
Aritmetica dei puntatori

E' possibile utilizzare alcuni degli operatori aritmetici classici $(+, -, ++, -, \ldots)$ per scrivere espressioni con i puntatori

```
int a[4], *p; //Dichiaro un array di interi ed un
    puntatore ad interi
```

```
p = &a[0];
p = p+1;
```

```
&a[1] == &a[0] + sizeof(int)
```

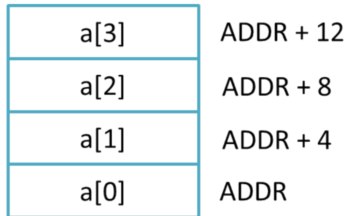


Aritmetica dei puntatori

E’ possibile utilizzare alcuni degli operatori aritmetici classici $(+,-,++,-,\ldots)$ per scrivere espressioni con i puntatori

```
int a[4], *p; //Dichiaro un array di interi ed un
    puntatore ad interi
```

```
p = &a[0];
p = p+1;
p--;
```

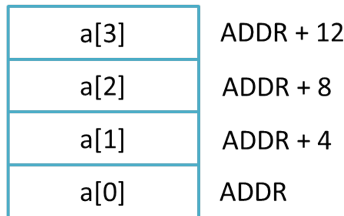


Aritmetica dei puntatori I

E’ possibile utilizzare alcuni degli operatori aritmetici classici $(+, -, ++, -, \ldots)$ per scrivere espressioni con i puntatori

```
int a[4], *p; //Dichiaro un array di interi ed un
   puntatore ad interi
```

```
p = &a[0];
p = p+1;
p--;
p += 3;
```



Aritmetica dei puntatori II

Il valore calcolato in corrispondenza di un'operazione del tipo `p+i` dipende dal tipo T di `p` (analog. per `p-i`):

Op. Logica: p = p+1 Op.Algebrica: p = p + sizeof(T)

Aritmetica dei puntatori II

Il valore calcolato in corrispondenza di un'operazione del tipo `p+i` dipende dal tipo T di `p` (analog. per `p-i`):

Op. Logica: p = p+1   Op.Algebrica: p = p + sizeof(T)

```
int *pi;
*pi = 15;
pi=pi+1; /* pi punta al prossimo int (4 byte dopo)*/
```

Aritmetica dei puntatori II

Il valore calcolato in corrispondenza di un'operazione del tipo `p+i` dipende dal tipo T di `p` (analog. per `p-i`):

Op. Logica: p = p+1   Op.Algebrica: p = p + sizeof(T)

```
int *pi;
*pi = 15;
pi=pi+1; /* pi punta al prossimo int (4 byte dopo)*/

double *pd;
*pd = 12.2;
pd = pd+3;  /* pd punta a 3 double dopo (24 byte dopo)*/
```

Aritmetica dei puntatori II

Il valore calcolato in corrispondenza di un'operazione del tipo `p+i` dipende dal tipo T di `p` (analog. per `p-i`):

Op. Logica: p = p+1   Op.Algebrica: p = p + sizeof(T)

```
int *pi;
*pi = 15;
pi=pi+1; /* pi punta al prossimo int (4 byte dopo)*/

double *pd;
*pd = 12.2;
pd = pd+3;  /* pd punta a 3 double dopo (24 byte dopo)*/

char *pc;
*pc = 'A';
pc = pc - 5;  /*pc punta a 5 char prima (5 byte prima)*/
```

Puntatori ed array (I)

In generale non sappiamo cosa contengono le celle di memoria adiacenti ad una data cella.
L'unico caso in cui lo sappiamo è quando utilizziamo dei vettori.
Il nome di un array è un puntatore costante al primo elemento del vettore (`int *const`)

Puntatori ed array (I)

In generale non sappiamo cosa contengono le celle di memoria adiacenti ad una data cella.
L'unico caso in cui lo sappiamo è quando utilizziamo dei vettori.
Il nome di un array è un puntatore costante al primo elemento del vettore (`int *const`)

```
int a[4], *p;
//I due comandi che seguono, sono equivalenti
p = &a[0]; //Indirizzo del primo elemento dell'array
p = a; //Puntatore al (primo elemento del) array
```

Puntatori ed array (I)

In generale non sappiamo cosa contengono le celle di memoria adiacenti ad una data cella.
L'unico caso in cui lo sappiamo è quando utilizziamo dei vettori.
Il nome di un array è un puntatore costante al primo elemento del vettore (`int *const`)

```
int a[4], *p;
//I due comandi che seguono, sono equivalenti
p = &a[0]; //Indirizzo del primo elemento dell'array
p = a; //Puntatore al (primo elemento del) array
```

L'operatore `array[·]` è un'abbreviazione per un'operazione aritmetica su puntatori

```
int tmp;
//I due assegnamenti che seguono sono equivalenti
tmp = a[2]; //Terzo elemento dell'array
tmp = *(a+2); //Contenuto dell'indirizzo puntato da a +
    (2 * sizeof(int))
```

Puntatori ed array (II)

Un esempio che riassume i modi in cui si può accedere agli elementi di un vettore.

```
int vet[] = {11, 22, 33, 44, 55};
int *pi = vet, offset = 3;

/* i seguenti assegnamenti sono equivalenti */

vet[offset] = 88;
*(vet + offset) = 88;
pi[offset] = 88;
*(pi + offset) = 88;
```

Puntatori ed array (III)

```
#define DIM 100

int a[DIM],*p, i;

/*Modi alternativi per scandire un vettore*/

for (i=0; i<DIM; i++)
     printf("%d", a[i]);

for (i=0; i<DIM; i++)
     printf("%d", *(a+i));

for (p=a; p<a+DIM; p++)
     printf("%d", *p);

for (i=0; i<DIM; i++)
     printf("%d", p[i]);

for (i=0; i<DIM; i++)
     printf("%d", *(p+i));
```

Il Codice che non Compila!!! Perchè?

```
#define DIM 100
int a[DIM], *p;
for (p=a; a<p+DIM; a++)     /*Non compila! Perche? */
    printf("%d", *a);
```

Il Codice che non Compila!!! Perchè?

```
#define DIM 100
int a[DIM], *p;
for (p=a; a<p+DIM; a++)     /*Non compila! Perche? */
     printf("%d", *a);
```

`int a[DIM]` dichiara un puntatore costante a interi (int *const)
⟹ Non posso modificare dove punta `a`!

Cast esplicito

E' possibile fare il cast esplicito di un puntatore ad un qualsiasi altro tipo di puntatore

Cast esplicito

E’ possibile fare il cast esplicito di un puntatore ad un qualsiasi altro tipo di puntatore

```
int a = 8;
int *b;   //Puntatore a interi
double *c; //Puntatore a double
...
b = &a;
c = (double*) b;
```

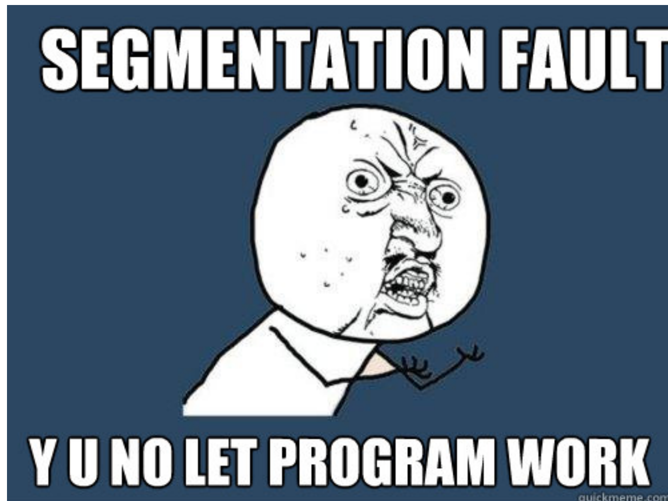
Cast esplicito

E’ possibile fare il cast esplicito di un puntatore ad un qualsiasi altro tipo di puntatore

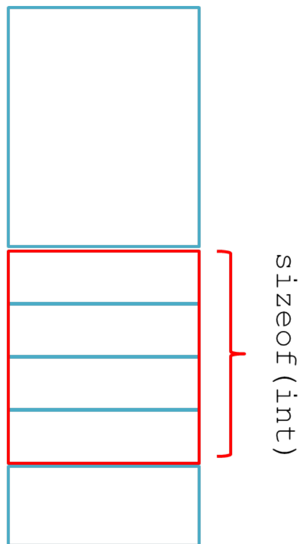
```
int a = 8;
int *b;   //Puntatore a interi
double *c; //Puntatore a double
...
b = &a;
c = (double*) b;
```

Che succede se ora dereferenzio `c`?

Segmentation Fault!!! Perchè?

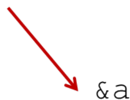


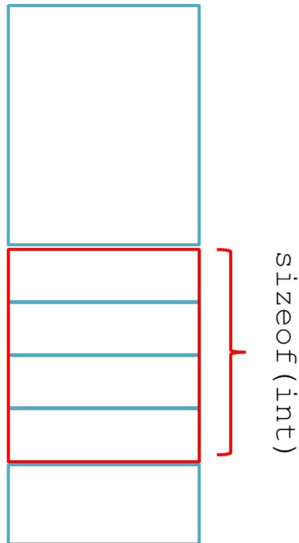
Violazione memoria con cast esplicito



Violazione memoria con cast esplicito

```
b = &a;
c = (double*)b;
```

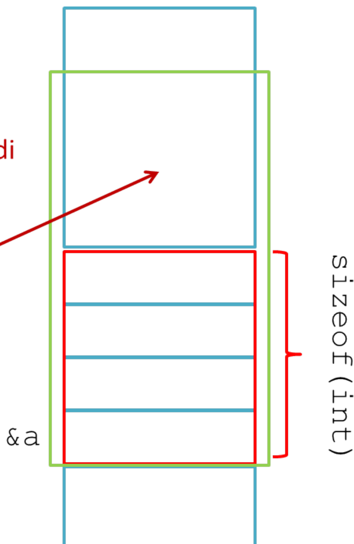




Violazione memoria con cast esplicito

`*c` va a dereferenziare un area di memoria `sizeof(double)` violando le regole di accesso

```
b = &a;
c = (double*)b;
if (*c > 0.1){
      ...
```



Outline

1. Puntatori
   - Variabili puntatore
   - Aritmetica dei puntatori
2. Puntatori e funzioni
   - Passaggio per riferimento
3. Array Multidimensionali

Passaggio dei parametri - Valore

I parametri delle funzioni C sono passati per valore

- Il loro valore viene copiato sullo stack
- Ogni modifica del parametro nel corpo della funzione non modifica l'originale

Passaggio dei parametri - Valore

I parametri delle funzioni C sono passati per valore

- Il loro valore viene copiato sullo stack
- Ogni modifica del parametro nel corpo della funzione non modifica l'originale

```
void swap(int a, int b) {
    int c = a;
    a = b;
    b = c;
}
void main() {
    ...
    swap(x,y);
}
```

Passaggio dei parametri - Valore

I parametri delle funzioni C sono passati per valore

- Il loro valore viene copiato sullo stack
- Ogni modifica del parametro nel corpo della funzione non modifica l'originale

```
void swap(int a, int b) {
    int c = a;
    a = b;
    b = c;
}
void main() {
    ...
    swap(x,y);
}
```

`swap` non scambia il contenuto di `x,y` perchè lo scambio viene fatto sulle copie!

Passaggio per Riferimento

Possiamo sfruttare i puntatori per realizzare una versione funzionante di `swap` (passaggio per riferimento)

Passaggio per Riferimento

Possiamo sfruttare i puntatori per realizzare una versione funzionante di `swap` (passaggio per riferimento)

```
void swap(int *a, int *b) {
    int c = *a;
    *a = *b;
    *b = c;
}
void main() {
    ...
    swap(&x,&y);
}
```

Passaggio per Riferimento

Possiamo sfruttare i puntatori per realizzare una versione funzionante di `swap` (passaggio per riferimento)

```
void swap(int *a, int *b) {
    int c = *a;
    *a = *b;
    *b = c;
}
void main() {
    ...
    swap(&x,&y);
}
```

Nello stack viene copiato l'indirizzo di memoria di `x` e `y`.
Le modifiche eseguite da `swap` vengono fatte andando a scrivere nell'indirizzo di memoria di `x` e `y` e sono quindi disponibili all'uscita della funzione.

Passaggio per Riferimento - Array

Attenzione! Gli array sono sempre passati per riferimento

Passaggio per Riferimento - Array

Attenzione! Gli array sono sempre passati per riferimento

- Si passa il nome dell'array, che è un puntatore al primo elemento
- Ogni modifica ad elementi dell'array eseguita nel corpo di una funzione modifica anche l'originale

Passaggio per Riferimento - Array

Attenzione! Gli array sono sempre passati per riferimento

- Si passa il nome dell'array, che è un puntatore al primo elemento
- Ogni modifica ad elementi dell'array eseguita nel corpo di una funzione modifica anche l'originale

Le segnature

```
void arrayFun(int x[])
```

```
void arrayFun(int *x)
```

sono del tutto equivalenti (tipicamente si usa la prima per leggibilità)

Esempio

Problema: calcolare $\sum_{i=0}^{i=DIM-1} |array[i]|$.

```
int sumabs(int *a, int dim) {
    int i, somma;
    for (i=0; i<dim; i++)
        if (a[i]<0)
            a[i]=-a[i];
    for (i=0; i<dim; i++)
        somma=somma+a[i];
    return somma;
}
void main() {
    ...
    somma= sumabs(array, DIM);
```

Esempio

Problema: calcolare $\sum_{i=0}^{i=DIM-1} |array[i]|$.

```
int sumabs(int *a, int dim) {
    int i, somma;
    for (i=0; i<dim;i++)
        if (a[i]<0)
            a[i]=-a[i];
    for (i=0; i<dim;i++)
        somma=somma+a[i];
    return somma;
}
void main() {
    ...
    somma= sumabs(array, DIM);
    printf("Stampa di array: \n");
    for (i=0; i<DIM;i++)
        printf("%d ", array[i] ); /*Cosa stampa?*/
}
```

Outline

1. Puntatori
   - Variabili puntatore
   - Aritmetica dei puntatori
2. Puntatori e funzioni
   - Passaggio per riferimento
3. Array Multidimensionali

Array Multidimensionali

Sintassi:

`tipo-elementi nome-array [`$lung_1$`]....  [`$lung_n$`];`

- `mat[3][4];` matrice 3×4
- Per ogni dimensione *i* l'indice va da 0 a $lung_i$-1.

colonne

		0	1	2	3
righe	0	?	?	?	?
	1	?	?	?	?
	2	?	?	?	?

- Esempio `int marketing[10][5][12]`
(indici potrebbero rappresentare: prodotti, venditori, mesi dell'anno)

Accesso agli elementi di una matrice

colonne

		0	1	2	3
righe	0				
	1				
	2				

```
int i, mat[3][4];
....
i = mat[0][0];
mat[2][3] = 28;
mat[2][1] = mat[0][0] * mat[1][3];
```

`i = mat[0][0];` — elemento di riga 0 e colonna 0 (primo elemento)

`mat[2][3] = 28;` — elemento di riga 2 e colonna 3 (ultimo elemento)

Come per i vettori, l'unica operazione possibile sulle matrici è l'accesso agli elementi tramite l'operatore [].

Esempio: Lettura e stampa di una matrice

```
#include <stdio.h>
#define RIG 2
#define COL 3
main() {
  int mat[RIG][COL];
  int i, j;
  /* lettura matrice */
  printf("Lettura matrice %d x %d;\n", RIG, COL);
  for (i = 0; i < RIG; i++)
       for (j = 0; j < COL; j++)
            scanf("%d", &mat[i][j]);
  printf("La matrice e':\n");}  /* stampa matrice */
  for (i = 0; i < RIG; i++)  {
    for (j = 0; j < COL; j++)
          printf("%d  ", mat[i][j]);
    printf("\n"); /* a capo dopo ogni riga */
  }
}
```

Passaggio di matrici come parametri I

Una funzione che opera su un vettore ha bisogno del puntatore (costante) all'elemento di indice **0**.
Non serve la dimensione del vettore nel parametro formale.

Passaggio di matrici come parametri I

Una funzione che opera su un vettore ha bisogno del puntatore (costante) all'elemento di indice **0**.
Non serve la dimensione del vettore nel parametro formale.

Una funzione che opera su una matrice ha invece bisogno anche del numero di colonne della matrice nel parametro formale.

Passaggio di matrici come parametri I

Una funzione che opera su un vettore ha bisogno del puntatore (costante) all'elemento di indice **0**.
Non serve la dimensione del vettore nel parametro formale.

Una funzione che opera su una matrice ha invece bisogno anche del numero di colonne della matrice nel parametro formale.

```
void stampa(int mat[][5], int righe)
```

Per accedere all' elemento, `mat[i][j]`, la funzione deve calcolare l'indirizzo di tale elemento.

Passaggio di matrici come parametri I

Una funzione che opera su un vettore ha bisogno del puntatore (costante) all'elemento di indice **0**.
Non serve la dimensione del vettore nel parametro formale.

Una funzione che opera su una matrice ha invece bisogno anche del numero di colonne della matrice nel parametro formale.

```
void stampa(int mat[][5], int righe)
```

Per accedere all' elemento, `mat[i][j]`, la funzione deve calcolare l'indirizzo di tale elemento.

L'indirizzo di `mat[i][j]` è infatti:
`mat + (i · C · sizeof(int)) + (j · sizeof(int))`
dove `C` è il numero di colonne (gli elementi in ciascuna riga).

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento
- l'indice di colonna `j` dell'elemento

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento
- l'indice di colonna `j` dell'elemento
- il numero `C` di colonne della matrice

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento
- l'indice di colonna `j` dell'elemento
- il numero `C` di colonne della matrice

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento
- l'indice di colonna `j` dell'elemento
- il numero `C` di colonne della matrice

In generale, in un parametro di tipo array vanno specificate tutte le dimensioni, tranne eventualmente la prima.

1. vettore: non serve specificare il numero di elementi

Passaggio di matrici come parametri II

Riassumendo:
per calcolare l'indirizzo dell'elemento `mat[i][j]` è necessario conoscere:

- valore di `mat`, ovvero l'indirizzo del primo elemento della matrice
- l'indice di riga `i` dell'elemento
- l'indice di colonna `j` dell'elemento
- il numero `C` di colonne della matrice

In generale, in un parametro di tipo array vanno specificate tutte le dimensioni, tranne eventualmente la prima.

1. vettore: non serve specificare il numero di elementi
2. matrice: bisogna specificare il numero di colonne, ma non serve il numero di righe