UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Puntatori, array vs puntatori, aritmetica dei puntatori, const vs puntatori

Corso di programmazione I (A-E / O-Z) AA 2023/24

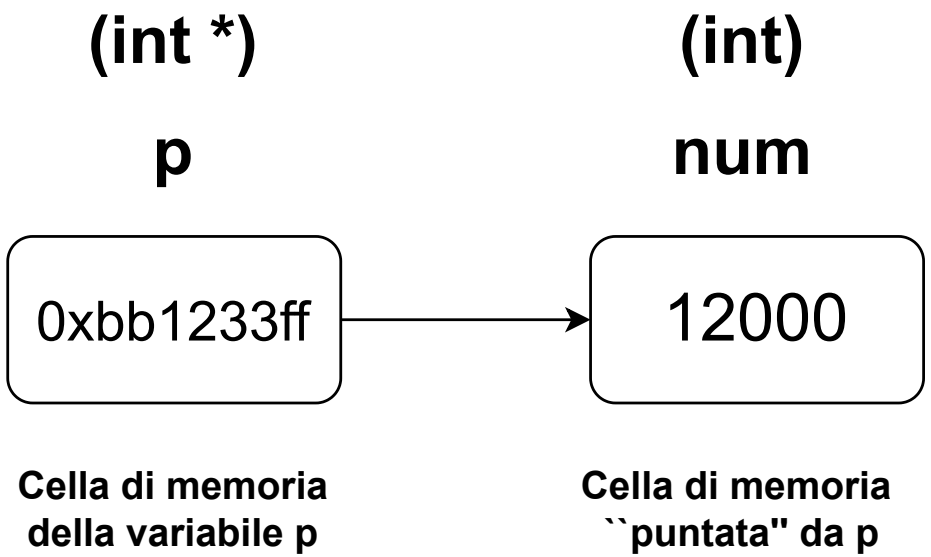
Corso di Laurea Triennale in Informatica

Fabrizio Messina
fabrizio.messina@unict.it

Dipartimento di Matematica e Informatica

Cosa è una variabile puntatore

Variabile Puntatore: variabile che contiene un indirizzo di memoria.



Si dice che una variabile puntatore "punta" ad un certo dato, in quanto contiene il suo **indirizzo in memoria**.

Cosa è una variabile puntatore

Un puntatore rappresenta una differente modalità di accesso alle locazioni di memoria del calcolatore.

```
1    int num = 12000;
2    int *p = &num; // p ``punta`` a num
```

Cosa è una variabile puntatore

Dichiarazione di una variabile puntatore

```
1    int num;
2    int *p;  //dichiara p come puntatore a int
3    p = &num; //assegna a p indirizzo di num
4    *p = 10; //modifica il dato puntato da p
```

Il carattere * anteposto al nome della variabile è denominato operatore di **dereferenziazione** o **indirezione**. Viene usato per

- definire variabili puntatore (linea 2);
- modificare il dato puntato dal puntatore stesso (linea 4)

Cosa è una variabile puntatore

```
1    int num;
2    int *p;  //dichiara p come puntatore a int
3    p = &num; //assegna a p indirizzo di num
4    *p = 10; //modifica il dato puntato da p
```

Il carattere **&** è denominato operatore di **referenziazione** o "address of".

Esso viene anteposto al nome di una variabile per "estrarre" l'indirizzo di memoria di una certa variabile.

Cosa è una variabile puntatore

Dichiarazione puntatore e contestuale inizializzazione

Si dichiara la variabile `p` come puntatore ad un certo tipo (ES: `int`) e assegna ad esso l'indirizzo di una certa variabile (ES: `num`).

```
1    int num = 12000;
2    int *p = &num;
3    printf("%p", (void *) p);
4    printf("%d", *p);
```

La linea 3 stampa a video un numero in **formato esadecimale** (INDIRIZZO della cella di memoria, ES: 0x112233aa).

La linea 4 stampa a video il **valore contenuto nella variabile num** (il DATO), ovvero 12000.

Cosa è una variabile puntatore

```
1    int num = 12000;
2    int k = 20;
3    int *p = &num;
4    *p = 34;
5    p = &k;
```

Il puntatore p, in quanto variabile non costante, può essere modificato mediante riassegnamento di altri indirizzi di memoria (linea 5).

Cosa è una variabile puntatore

Esempi svolti

14_01.c

Array vs puntatori

```
1   double v[] = {1.2, 10.7, 9.8};
2   printf("%p", (void *) v) ; //stampa un indirizzo (0x..)
3   printf("%f", *v); //stampa 1.2
4   printf("%f", v[0]); //stampa 1.2
5
6   double w[] = {3.4, 6.7, 9.8};
7   v = w; //Errore di compilazione!
```

Il **nome** di una variabile **array** è un **puntatore costante** al primo elemento dello array.

`v` può essere usata in **espressioni che fanno uso di aritmetica dei puntatori**, ma indirizzo contenuto in `v` non è modificabile.

Array vs puntatori

```
1   double v[] = {1.2, 10.7, 9.8};
2   double *ptr = v;
3   printf("%f", ptr[1]); //stampa 10.7
4   printf("%f", ptr[2]); //stampa 9.8
```

Viceversa, con le variabili che sono **puntatori**, se il puntatore punta al primo elemento di un array, si può adottare la ben nota sintassi per l'indicizzazione degli elementi dell'array.

Aritmetica dei puntatori

```
1   double v[] = {1.2, 10.7, 9.8};
2   double *ptr = v;
3   printf("%f", *(ptr + 1)); //stampa 10.7
4   printf("%f", *(ptr + 2)); //stampa 9.8
5   printf("%f", *(v + 2)); //stampa 9.8
```

Se `ptr` è un puntatore, mediante la espressione (ptr + x) si ottiene l'indirizzo della locazione di memoria **distante x posizioni rispetto alla locazione puntata da ptr**.

L'incremento è operato dal compilatore, e dipende dalla **dimensione in byte del tipo di ptr**.

Aritmetica dei puntatori

a[0]	0x23aaff40
a[1]	0x23aaff44
a[2]	...
a[3]	
a[4]	
a[5]	
a[6]	
a[7]	
a[8]	
a[9]	

Supponendo `sizeof(int)=4`..

```
1    int a[10];
2    printf("%p", (void *) a); // 0x..
3    printf("%p", (void *) (a+1)); //0x..
4    printf("%p", (void *) &a[1]); //0x..
```

$$0x23aaff44 = 0x23aaff40 + 4$$

Aritmetica dei puntatori

Si provi

```
1   double v[] = {1.2, 10.7, 9.8};
2   double *ptr = v;
3   printf("%p", (void *) ptr);
4   printf("%p", (void *) (ptr+1));
5   printf("%p", (void *) (ptr+2));
```

Alla linea 3 sarà stampato l'indirizzo contenuto in ptr in formato esadecimale.

Alla linea 4 sarà stampato l'indirizzo contenuto in ptr + il valore restituito dall'espressione sizeof(double) in formato esadecimale.

Alla linea 5 ...

Aritmetica dei puntatori

Esempi svolti

14_02.c

Aritmetica dei puntatori

Accesso ai valori di un array.

Notazione mediante indici vs aritmetica puntatori.

```
int v[] = {1,2,3};
int *ptr = v;
```

Metodo di accesso	**Esempio**
Nome array e [ ]	v[2]
Puntatore e [ ]	ptr[2]
Nome array e aritmetica dei puntatori	*(v+2)
Puntatore e aritmetica dei puntatori	*(ptr+2)

Aritmetica dei puntatori

```
1    int v[] = {1,2,3};
2    int *ptr = v;
3
4    *(ptr+7) = 90; // errore a run-time
5    v[4] = 100;  // errore a run-time
```

Le linee di codice 4 e 5 saranno **compilate**, senza alcun warning.

Tuttavia quel codice rappresenta **tentativi di accesso (e di modifica) a zone di memoria non allocate per l'applicazione**.

Aritmetica dei puntatori

```
1    int v[] = {1,2,3};
2    int *ptr = v;
3
4    *(ptr+7) = 90; // errore a run-time
5    v[4] = 100;  // errore a run-time
```

Nella maggior parte dei casi il **Sistema Operativo** invierà un segnale di `kill` all'applicazione a causa del **tentativo di accesso a locazioni di memoria non assegnate al processo**.

Aritmetica dei puntatori

Operatori consentiti per aritmetica dei puntatori.

- **Operatori unari di incremento** ++/-- applicati ad una variabile puntatore.
- **Operatori binari di addizione e sottrazione** +/- e di **assegnamento** `+=`, `-=`, `+`, `-`, in cui un membro è un intero e l'altro membro è un puntatore.
- **Operatore di sottrazione - applicato a due puntatori**. Ovvero il valore di un puntatore può essere sottratto al valore di un altro puntatore.

Aritmetica dei puntatori

Incremento e decremento unario

```
1    int v[] = {1,2,3,4,5};
2    int *ptr = v;
3    printf("%d", *(++ptr)); //stampa 2
4    printf("%d", *(--ptr)); //stampa 1
5    printf("%d", *(ptr++)); //stampa 1
6    printf("%d", *(ptr)); //stampa 2
```

Aritmetica dei puntatori

Addizione/sottrazione e assegnamento.

```
1   int v[] = {1,2,3,4,5};
2   int *ptr1 = v; //punta al dato ``1''
3   int *ptr2 = &v[4]; //punta al dato ``5''
4   printf("%d", *(ptr1+1)); //stampa il dato ``2''
5   printf("%d", *(ptr2-1)); //stampa il dato ``4''
6   ptr2-=2;
7   printf("%d", *ptr2); //stampa il dato ``3''
8   ptr1+=1;
9   printf("%d", *ptr1); //stampa il dato ``2''
10  printf("%ld", ptr2-ptr1); // stampa 1
```

Inizializzazione di puntatori

```
1   int *ptr = NULL; //macro C
2
3   float f;
4   int *ptr3 = &f; // Warning del compilatore!
5
6   if(ptr){ // test if ptr is valid
7     //..do something
8   }
```

Linea 7, ptr all'interno di un if per verificare che il puntatore **non sia nullo**.

Operatore di confronto

Valore vs indirizzo!

```
1    int num;
2    int *ptr1 = &num;
3    int *ptr2 = &num;
4    //confronta indirizzi
5    if(ptr1==ptr2){
6       //...
7    }
8    //confronta valori
9    if(*ptr1==*ptr2){
10      //...
11   }
```

Puntatori costanti e puntatori a costanti

```
1   double d1 = 10.9;
2   double d2 = 4.5;
3
4   const double *ptr1 = &d1;
5   *ptr1 = 56.9; //errore!
6   ptr1 = &d2; //OK
```

`ptr1` **è un puntatore a costante di tipo double**.

Ciò significa che il **valore alla locazione di memoria puntata da** `ptr1` **non è modificabile** mediante `ptr1`. La variabile `d1` può essere const o non const.

Puntatori costanti e puntatori a costanti

```
1   double d1 = 10.9;
2   double d2 = 4.5;
3
4   double * const ptr2 = &d2;
5   ptr2 = &d1; //errore!
6   *ptr2 = 10.5; //OK
```

`ptr2` **è un puntatore costante ad un tipo double**.

Ciò significa che il **puntatore è una variabile costante**: va inizializzato contestualmente alla sua dichiarazione e non potrà subire riassegnamenti, come una qualunque variabile costante.

Puntatori costanti e puntatori a costanti

```
1   double d1 = 10.9;
2   double d2 = 4.5;
3
4   const double *const ptr3 = &d2;
5   ptr3 = &d1; //errore!
6   *ptr3 = 10.5; //errore!
```

`ptr3` **è un puntatore costante ad una costante di tipo double**.

Ciò significa che il **puntatore è una variabile costante** e che tramite il puntatore stesso non è possibile modificare il valore alla locazione di memoria alla quale esso punta.

Puntatori costanti e puntatori a costanti

Riassumendo: Const vs puntatori.

Dichiarazione	Istruzione	Ammissibile?
`const double *ptr`	`*ptr = 45.9`	NO
	`ptr = &x`	SI
`double * const ptr`	`*ptr = 45.9`	SI
	`ptr = &x`	NO
`const double * const ptr`	`*ptr = 45.9`	NO
	`ptr = &x`	NO

Homework H14.1.

Dichiarare ed inizializzare tre variabili, un double, uno short unsigned, ed un char, assegnando valori a piacere.

Dichiarare altrettante variabili puntatore dello stesso tipo ed assegnare ad essi gli indirizzi delle variabili dichiarate in precedenza.

Stampare, mediante la funzione di libreria **printf()** i valori contenuti all'interno di tali variabili in due modi differenti: i) mediante le variabili stesse e ii) mediante le variabili puntatore.

Stampare, mediante printf(), i valori contenuti all'interno dei puntatori (gli indirizzi di memoria).

Homework H14.2.

1. Dichiarare un array D di 10 elementi double ed un array A di 10 elementi int.
2. Inizializzare gli elementi di D ed A con numeri pseudo-casuali negli intervalli $[1.25, 90]$ $[10, 50]$ rispettivamente. NB: Usare sia aritmetica dei puntatori che notazione con parentesi quadre.
3. Dichiarare due variabili puntatore ptr_D e ptr_A di tipo double e int rispettivamente, ed inizializzare tali puntatori in modo che puntino ai primi elementi di D ed A rispettivamente.
4. Codificare opportunamente un ciclo che stampi, su ogni riga di output, i) sia il valore, che ii) l'indirizzo in memoria, di ogni elemento di indice dispari dell'array D, e di ogni elemento di indice pari dell'array A. In particolare (segue prox. slide):

Homework

- Per stampare i dati, impiegare sia le variabili puntatore che i nomi degli array (ovvero le variabili che rappresentano gli array); usare sia aritmetica dei puntatori (e operatore '*') che notazione con parentesi quadre in entrambi i casi;
- Per stampare gli indirizzi, impiegare sia le variabili puntatore che i nomi degli array (ovvero le variabili che rappresentano gli array); usare sia aritmetica dei puntatori che notazione con parentesi quadre (e operatore '&');

Homework H14.3.

1. Dichiarare un array V di N double, con N=200;
2. Inizializzare gli elementi di V con numeri pseudo-casuali nell'intervallo $[10, 50]$. NB: Usare sia aritmetica dei puntatori che notazione con parentesi quadre.
3. Dichiarare un puntatore al tipo **const double**. Mediante tale puntatore, stampare gli elementi con indici che siano non divisibili per due e non divisibili per tre.
4. Dichiarare un puntatore **const** al tipo **double**. Mediante tale puntatore, sostituire tutti gli elementi dell'array che abbiano gli indici specificati al punto precedente, con un valore double pseudo-casuale in $[100, 200]$;

Homework

5. Per i precedenti due punti, per l'accesso agli elementi dell'array, usare i) sia la notazione con parentesi quadre che ii) la notazione che fa uso di aritmetica dei puntatori;

FINE