

# Corso “Programmazione 1”

## Capitolo 04: Riferimenti e Puntatori

Docente: Marco Roveri - [marco.roveri@unitn.it](mailto:marco.roveri@unitn.it)

Esercitatori: Giovanna Varni - [giovanna.varni@unitn.it](mailto:giovanna.varni@unitn.it)

Andrea E. Naimoli - [andrea.naimoli@unitn.it](mailto:andrea.naimoli@unitn.it)

TBC -

C.D.L.: Informatica (INF)

A.A.: 2025-2026

Luogo: DISI, Università di Trento

URL: <https://shorturl.at/cxAAS>



Ultimo aggiornamento: 30 settembre 2025

# Terms of Use and Copyright

## USE

This material (including video recording) is intended solely for students of the University of Trento registered to the relevant course for the Academic Year 2025-2026.

## SELF-STORAGE

Self-storage is permitted only for the students involved in the relevant courses of the University of Trento and only as long as they are registered students. Upon the completion of the studies or their abandonment, the material has to be deleted from all storage systems of the student.

## COPYRIGHT

The copyright of all the material is held by the authors. Copying, editing, translation, storage, processing or forwarding of content in databases or other electronic media and systems without written consent of the copyright holders is forbidden. The selling of (parts) of this material is forbidden. Presentation of the material to students not involved in the course is forbidden. The unauthorised reproduction or distribution of individual content or the entire material is not permitted and is punishable by law.

The material (text, figures) in these slides is authored mostly by Roberto Sebastiani, with contributions by Marco Roveri, Alessandro Armando, Enrico Giunchiglia e Sabrina Recla.

# I Tipi Derivati

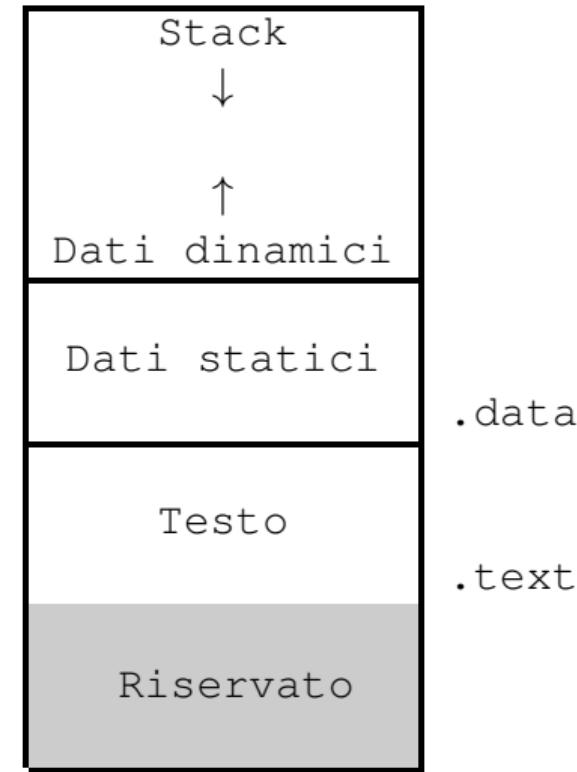
- Dai tipi fondamentali, attraverso vari meccanismi, si possono derivare tipi più complessi
- I principali costrutti per costruire tipi derivati sono:
  - i riferimenti
  - i puntatori
  - gli array
  - le strutture
  - le unioni
  - le classi

# Struttura della memoria di un programma

SP → 0000 003f ffff fff0<sub>16</sub>

0000 0000 1000 0000<sub>16</sub>

PC → 0000 0000 0040 0000<sub>16</sub>

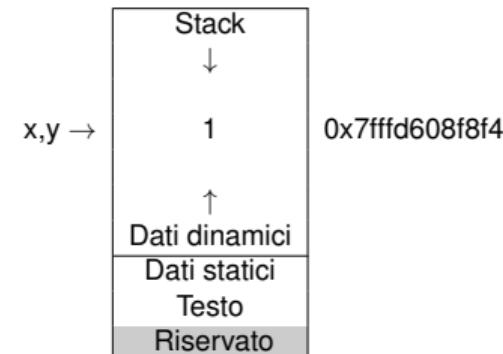


## Il Tipo “Riferimento a”

- I meccanismo dei riferimenti (reference) consente di **dare nomi multipli** a una variabile (o a un'espressione dotata di indirizzo)
  - Un riferimento è un **sinonimo** dell'espressione a cui fa riferimento  
⇒ modificando l'una, si modifica anche l'altra (“aliasing”)
  - Un riferimento è un'**espressione** dotata di indirizzo
- Sintassi: `tipo & id = exp;`  
dove `exp` è un'espressione dotata di indirizzo

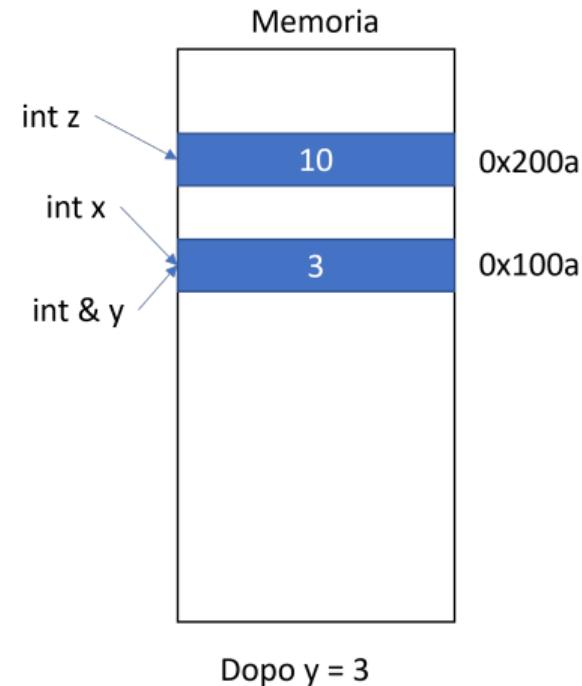
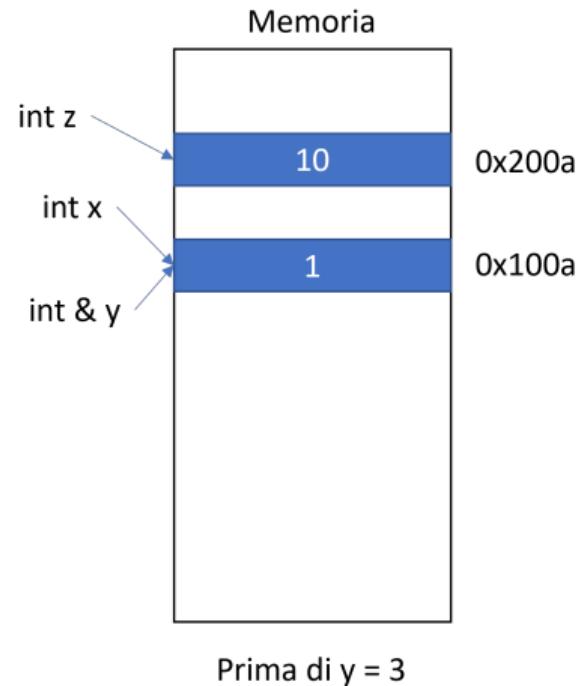
Esempio:

```
int x=1;  
int &y=x; // y e` di tipo reference,  
          // e` sinonimo di x  
y = 6;    // viene modificato anche x!
```



## II Tipo “Riferimento a” (cont.)

```
int x=1;  
int &y = x;  
int z = 10;  
y = 3
```



# Vincoli sull'uso dei Riferimenti

- Nelle dichiarazioni di reference, l'inizializzazione è obbligatoria!

```
int &y; // errore!
```

- Non è possibile ridefinire una variabile di tipo riferimento precedentemente definita:

```
double x1, x2;  
double &y=x1; // ok  
double &y=x2; // errore! gia' definita!
```

- Non è (più) possibile definire un riferimento a

- un'espressione non dotata di indirizzo,
- o a un'espressione dotata di indirizzo ma di tipo diverso.

```
float &y=10.2; // Errore  
double d=3.1; // Ok  
int &z=d; // Errore
```

- Esempio di uso di references:

```
{ RIF_PUNT/reference.cc }
```

# L'Operatore address-of “&”

- L'operatore & (“address-of”) ritorna l'indirizzo (*l-value*) dell'espressione a cui è applicato
- Può essere **applicato solo** a espressioni dotate di indirizzo!
- È **differente** dall'uso di “&” nella definizione di riferimenti!

## Esempio

```
int l = 10;
cout << &l << endl;      // stampa l'indirizzo di l
cout << &(l*5) << endl; // errore!
int n = 10;
int& r = n; // r e' alias di n, ``punta'' stessa area di memoria
cout << "&n_=_" << &n << ",_&r_=_" << &r << endl;
```

- Esempio di uso di address-of:  
  { RIF\_PUNT/address\_1.cc }
- Riferimenti e address-of:  
  { RIF\_PUNT/rifVsAddressof.cc }

## Il Tipo “Puntatore a...”

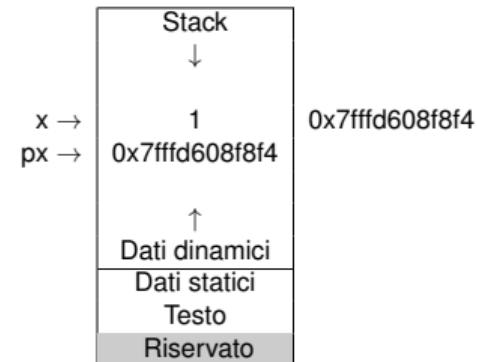
- Un **puntatore** contiene **l'indirizzo** di un altro oggetto
  - l'r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; //px puntatore a un intero`
  - È sempre necessario indicare il **tipo** di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo `T` può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo `T`
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atto a contenere un indirizzo di memoria,
  - ...ma **non viene riservato spazio di memoria per l'oggetto puntato!**
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell'oggetto puntato
  - `sizeof(int *) == sizeof(long double *) == sizeof(char *) == sizeof(T *)` per ogni tipo (base o derivato) `T`

# L'Operatore di Dereference “\*”

- Per accedere all'oggetto puntato da una variabile puntatore occorre applicare l'**operatore di dereference \***
- Se `px` punta a `x`, `*px` è un **sinonimo temporaneo** di `x`  
     $\Rightarrow$  modificando `*px` modifco `x`, e vice versa
- `*px` è un'**espressione dotata di indirizzo**

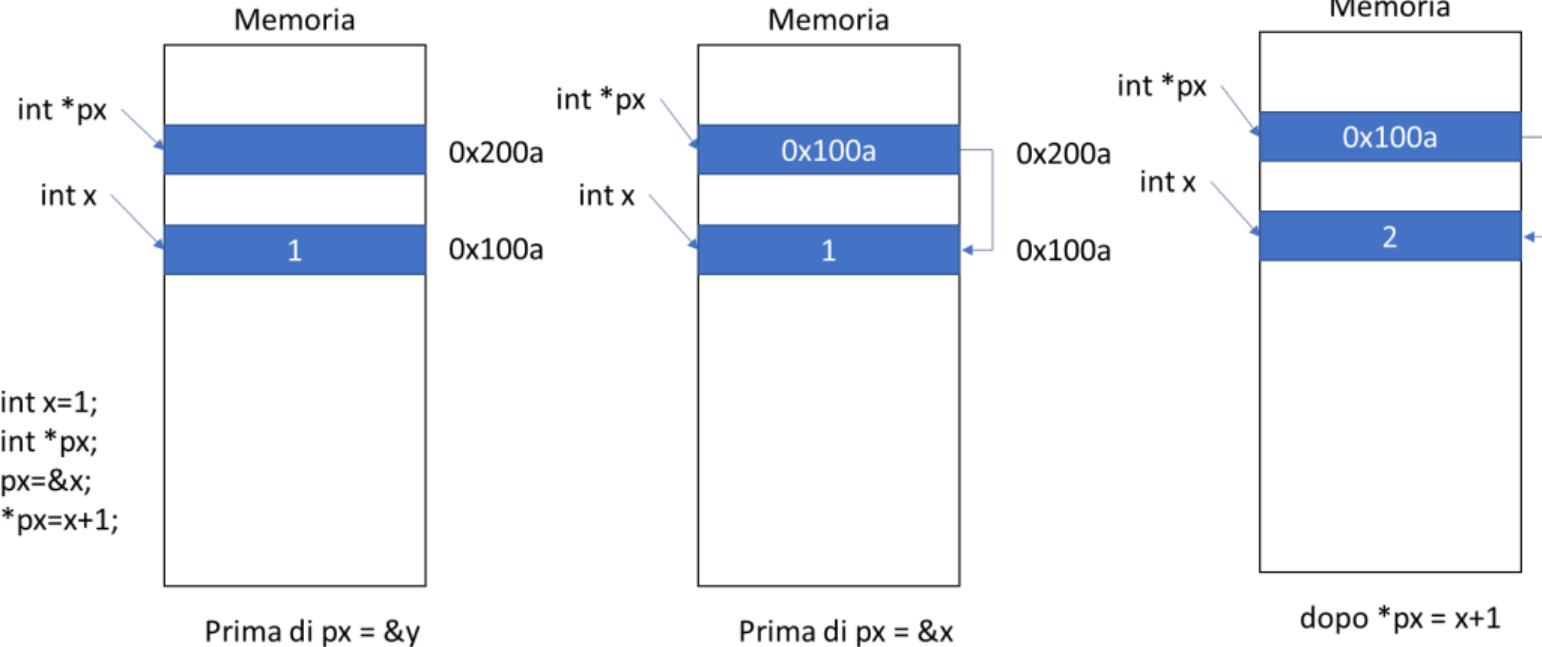
## Esempio

```
int *px; // px variabile puntatore a tipo int
px=&x; // accede alla variabile puntatore
*px=x+1; // accede alla cella di memoria puntata
          // dalla variabile puntatore
```



- L'esempio di cui sopra:  
    { RIF\_PUNT(pointer.cc) }

# L'Operatore di Dereference "\*" (cont.)



# Assegnazioni tra Puntatori

- Assegnando a un puntatore `q` il valore di un altro puntatore `p`, `q` punterà allo stesso oggetto puntato da `p`
  - `*p`, `*q` e l'oggetto puntato da loro sono temporaneamente sinonimi

```
int i, j;
int *p, *q;
p = &i;      // p=indirizzo di i, *p sinonimo di i
q = &j;      // q=indirizzo di j, *q sinonimo di j
*q = *p;    // equivale a j=i
q = p;      // equivale a q=indirizzo di i
```

- L'esempio di cui sopra espanso:  
  { RIF\_PUNT/pointer1.cc }
- L'esempio di cui sopra espanso (2):  
  { RIF\_PUNT/pointer2.cc }

# Esempi su puntatori e riferimenti

- Esempio: riferimento ad un oggetto puntato da un puntatore:  
il riferimento “segue” il puntatore?:  
`{ RIF_PUNT/rif_deref.cc }`

## Puntatori a **void** (cenni)

- In alcuni casi è utile avere una variabile puntatore che possa puntare ad entità di tipo diverso;
- Tale variabile viene dichiarata di tipo “**puntatore a void**” cioè a tipo non specificato

```
int i; int *pi=&i;
char c; char *pc=&c;
void *tp;
tp = pi;           // punta a int
*(int*)tp=3;
tp = pc;           // punta a char
*(char*)tp='C';
```

- Esempio di cui sopra:  
{ RIF\_PUNT/punt\_a\_void.cc }

# Puntatori a costante (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: **const** tipo \*id\_or\_init;
  - Esempio: **const int** \*pc1 = &c1;
- Intuizione: non permettono di modificare l'oggetto puntato tramite dereference del puntatore stesso
- Nota: non rendono l'oggetto puntato una costante

```
const int c1 = 3; int c2 = 5;
const int *pc1 = &c1; // ok
const int *pc2 = &c2; // ok
pc2 = pc1; // ok
pc1 = &c2; // ok
*pc1 = 2; // errore
c2 = 2; // ok
```

- Esempio di cui sopra:  
{ RIF\_PUNT/punt\_a\_cost.cc }

# Costanti puntatore (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: tipo **\*const** id=exp;
  - Esempio: **int \*const pa = &a;**
- Intuizione: non permettono di puntare ad un altro oggetto
- L'oggetto puntato può essere modificato tramite dereference del puntatore stesso

```
int a, b;  
int *const pa = &a;  
*pa = 3; // ok  
pa = &b // errore: pa e' costante
```

- Esempio di cui sopra:  
{ RIF\_PUNT/const\_punt.cc }

# Costanti puntatore a costante (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: **const** tipo \***const** id=exp;
  - Esempio: **const int \*const** a = &c;
- Intuizione:
  - non permettono di puntare ad un altro oggetto
  - non permettono di modificare l'oggetto puntato tramite dereference del puntatore stesso
- L'oggetto puntato **non** può essere modificato tramite dereference del puntatore stesso, **non** si può cambiare l'oggetto puntato.

```
const int b = 2;
const int c = 3;
const int *const a = &c;
a = &b; // errore
*a = 2; // errore
c = 5; // errore
```

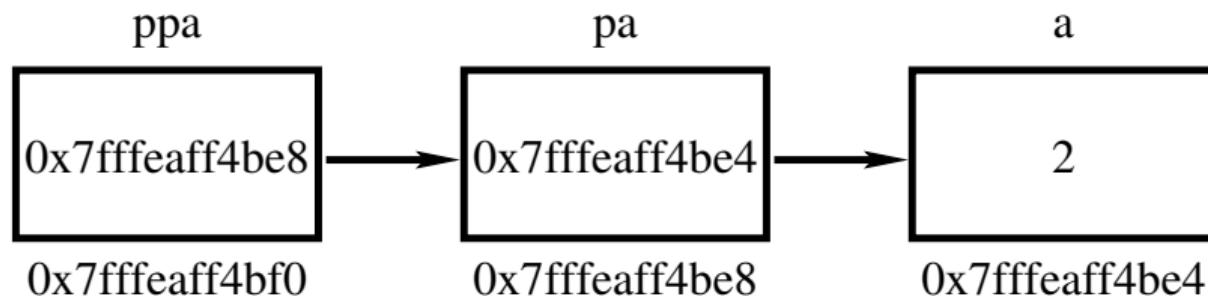
- Esempio di cui sopra:  
{ RIF\_PUNT/const\_punt\_const.cc }

# Puntatori a puntatori

- Una variabile puntatore è una variabile con un tipo (similmente a qualunque altra variabile), per cui è possibile definire puntatori a tali variabili.
- Il suo indirizzo è un puntatore ad un puntatore.
- Esempi:
  - **int** \*\*p; //puntatore a puntatore ad intero
  - **char** \*\*c //puntatore a puntatore a carattere

## Puntatori a puntatori (II)

```
int main () {
    int a, *pa, **ppa;
    a = 2; pa = &a; ppa = &pa;
    cout << "Ind. di a = " << &a;
    cout << "valore di a = " << a << endl;
    cout << "Ind. di pa = " << &pa;
    cout << "valore di pa = " << pa << endl;
    cout << "Ind. di ppa = " << &ppa;
    cout << "valore di ppa = " << ppa << endl;
}
```



## Utilizzo pratico di puntatori

Dear Santa,  
How are you? I'm good.  
Here is what I want for  
Christmas.

[https://www.amazon.com/gp/product/B0032HF60M/ref=s9\\_hps\\_bw\\_g2t-ir03?pf\\_rd\\_m=ATVPDKIKXODER&pf\\_rd\\_s=center-3&pf\\_rd\\_t=1XW4442FHK03Y73MWQNM&pf\\_rd\\_i=101&pf\\_rd\\_p=1328901542&pf\\_rd\\_w=i6579](https://www.amazon.com/gp/product/B0032HF60M/ref=s9_hps_bw_g2t-ir03?pf_rd_m=ATVPDKIKXODER&pf_rd_s=center-3&pf_rd_t=1XW4442FHK03Y73MWQNM&pf_rd_i=101&pf_rd_p=1328901542&pf_rd_w=i6579)

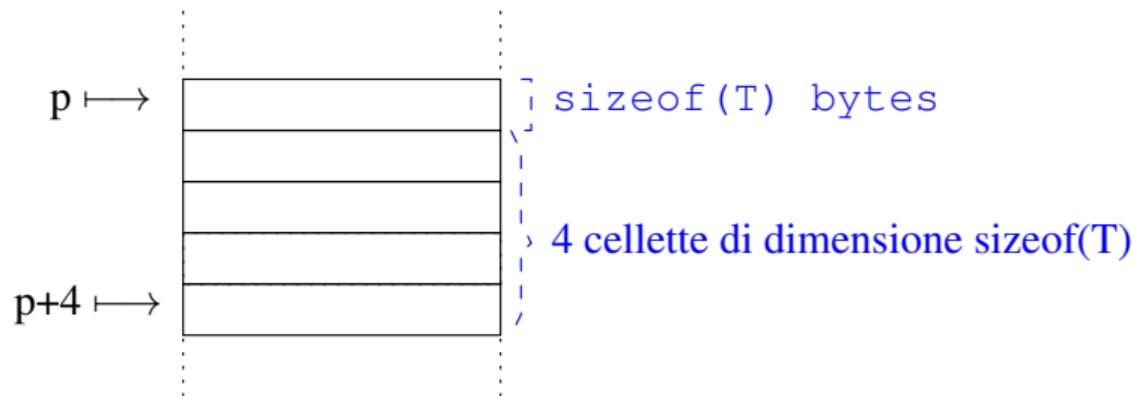
# Aritmetica di Puntatori ed Indirizzi

Gli indirizzi e i puntatori hanno un'aritmetica:

se  $p$  è di tipo  $T^*$  e  $i$  è un intero, allora:

- $p+i$  è di tipo  $T^*$  ed è l'indirizzo di un oggetto di tipo  $T$  che si trova in memoria dopo  $i$  posizioni di dimensione  $\text{sizeof}(T)$
- analogo discorso vale per  $p++$ ,  $++p$ ,  $p--$ ,  $--p$ ,  $p+=i$ , ecc.

⇒  $i$  viene implicitamente moltiplicato per  $\text{sizeof}(T)$

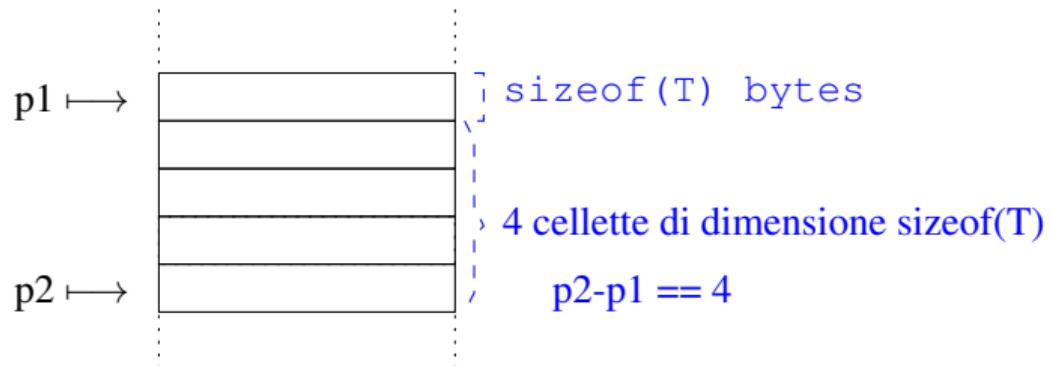


# Aritmetica di Puntatori ed Indirizzi II

se  $p1$ ,  $p2$  sono di tipo  $T^*$ , allora:

- $p2 - p1$  è un intero ed è il numero di posizioni di dimensione  $\text{sizeof}(T)$  per cui  $p1$  precede  $p2$  (negativo se  $p2$  precede  $p1$ )
- si possono applicare operatori di confronto  $p1 < p2$ ,  $p1 \geq p2$ , ecc.

$\Rightarrow p2 - p1$  viene implicitamente diviso per  $\text{sizeof}(T)$



- Esempio di operazioni aritmetiche su puntatori:  
{ RIF\_PUNT/aritmetica\_punt.cc }

# Priorità tra dereference e operatori aritmetici

## Nota

Attenzione alle priorità tra l'operatore dereference “`*`” e gli operatori aritmetici:

- `*pv+1` è equivalente a `(*pv)+1`, non a `*(pv+1)`
- `*pv++` è equivalente a `*(pv++)`, non a `(*pv)++`

⇒ è consigliabile usare le parentesi per non confondersi.

- Esempio di cui sopra:  
`{ RIF_PUNT/priorita.cc }`