

## IL LINGUAGGIO C

- Un elaboratore è un **manipolatore di simboli (segni)**
- L'architettura fisica di ogni elaboratore è **intrinsecamente capace di trattare vari domini di dati, detti *tipi primitivi***
  - dominio dei **numeri naturali e interi**
  - dominio dei **numeri reali** (con qualche approssimazione)
  - dominio dei **caratteri**
  - dominio delle **stringhe di caratteri**

1

## TIPI DI DATO

Il concetto di *tipo di dato* viene introdotto per raggiungere due obiettivi:

- esprimere in modo sintetico
  - la loro rappresentazione in memoria, e
  - un insieme di operazioni ammissibili
- permettere di *effettuare controlli statici* (al momento della compilazione) sulla *correttezza* del programma

2

## TIPI DI DATO PRIMITIVI IN C

- **caratteri**
  - `char`                    caratteri ASCII
  - `unsigned char`
- **interi con segno**
  - `short (int)` -32768 ... 32767 (16 bit)
  - `int`                        ????????
  - `long (int)` -2147483648 .... 2147483647 (32 bit)
- **naturali (interi senza segno)**
  - `unsigned short (int)` 0 ... 65535 (16 bit)
  - `unsigned (int)`            ????????
  - `unsigned long (int)` 0 ... 4294967295 (32 bit)

Dimensione di `int`  
e `unsigned int`  
non fissa. **Dipende dal compilatore**

3

## TIPI DI DATO PRIMITIVI IN C

- **reali**
  - `float`                    singola precisione (32 bit)  
numeri rappresentabili da  $10^{-38}$  a  $10^{38}$  circa
  - `double`                    doppia precisione (64 bit)  
precisione 15 cifre decimali; numeri rappresentabili da  $10^{-308}$  a  $10^{308}$  circa
- **boolean**
  - *non esistono in C come tipo a sé stante*
  - si usano gli interi:
    - **zero** indica **FALSO**
    - ogni altro valore indica **VERO**
  - convenzione: suggerito utilizzare **uno** per **VERO**

4

## COSTANTI DI TIPI PRIMITIVI

- **interi** (in varie basi di rappresentazione)

<i>base</i>	<i>2 byte</i>	<i>4 byte</i>
decimale	12	70000, 12L
ottale	014	0210560
esadecimale	0xFF	0x11170

- **reali**

- in doppia precisione (default)

24.0    2.4E1    240.0E-1

- in singola precisione

24.0F    2.4E1F    240.0E-1F

5

## COSTANTI DI TIPI PRIMITIVI

### caratteri

- singolo carattere racchiuso fra apici

'A'    'C'    '6'

- caratteri speciali:

'\n'    '\t'    '\\''    '\\\''    '\\\"'

6

## STRINGHE

- Una *stringa* è una *sequenza di caratteri* delimitata da virgolette

"ciao"    "Hello\n"

- In C le stringhe sono semplici sequenze di caratteri di cui l'ultimo, *sempre presente in modo implicito*, è '\0'

"ciao" = {'c', 'i', 'a', 'o', '\0'}

7

## ESPRESSIONI

- Il C è un linguaggio basato su *espressioni*
- Una *espressione* è una *notazione che denota un valore* mediante un processo di *valutazione*
- Una espressione può essere *semplice* o *composta* (tramite aggregazione di altre espressioni)

8

## ESPRESSIONI SEMPLICI

### Quali espressioni elementari?

- **costanti**
  - 'A' 23.4 -3 "ciao" ....
- **simboli di variabile**
  - x pippo pigreco ....
- **simboli di funzione**
  - f(x)
  - concat("alfa","beta")
  - ...

9

## OPERATORI ED ESPRESSIONI COMPOSTE

- Ogni linguaggio introduce un **insieme di operatori**
- che permettono di **aggregare altre espressioni (operandi)**
- per formare **espressioni composte**
- con riferimento a diversi **domini / tipi di dato** (numeri, testi, ecc.)

### Esempi

```
2 + f(x)
4 * 8 - 3 % 2 + arcsin(0.5)
strlen(strcat(buf,"alfa"))
a && (b || c)
...
```

10

## CLASSIFICAZIONE DEGLI OPERATORI

### Due criteri di classificazione:

- in base al **tipo** degli operandi
- in base al **numero** degli operandi

in base al <i>tipo degli operandi</i>	in base al <i>numero di operandi</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• aritmetici</li><li>• relazionali</li><li>• logici</li><li>• condizionali</li><li>• ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• unari</li><li>• binari</li><li>• ternari</li><li>• ...</li></ul>

11

## OPERATORI ARITMETICI

<i>operazione</i>	<i>operatore</i>	<i>C</i>
inversione di segno	<i>unario</i>	-
somma	<i>binario</i>	+
differenza	<i>binario</i>	-
moltiplicazione	<i>binario</i>	*
divisione fra interi	<i>binario</i>	/
divisione fra reali	<i>binario</i>	/
modulo (fra interi)	<i>binario</i>	%

**NB:** la divisione a/b è fra interi se sia a sia b sono interi, è fra reali in tutti gli altri casi

12

## OPERATORI: OVERLOADING

In C (come in Pascal, Fortran e molti altri linguaggi) **operazioni primitive associate a tipi diversi possono essere denotate con lo stesso simbolo**. Ad esempio, le operazioni aritmetiche su reali o interi

In realtà **l'operazione è diversa e può produrre risultati diversi**

```
int X,Y;  
se X = 10 e Y = 4;  
X/Y vale 2
```

```
int X; float Y;  
se X = 10 e Y = 4.0;  
X/Y vale 2.5
```

```
float X,Y;  
se X = 10.0 e Y = 4.0;  
X/Y vale 2.5
```

13

## CONVERSIONI DI TIPO

In C è possibile combinare tra di loro operandi di tipo diverso:

- espressioni **omogenee**: tutti gli operandi sono dello stesso tipo
- espressioni **eterogenee**: gli operandi sono di tipi diversi

### Regola adottata in C:

- sono eseguibili le espressioni eterogenee in cui tutti i tipi referenziati risultano **compatibili** (ovvero che risultano omogenei dopo l'applicazione della regola automatica di conversione implicita di tipo del C)

14

## COMPATIBILITÀ DI TIPO

- Consiste nella **possibilità di usare, entro certi limiti, oggetti di un tipo al posto di oggetti di un altro tipo**
- **Un tipo T1 è compatibile con un tipo T2 se il dominio D1 di T1 è contenuto nel dominio D2 di T2**
  - `int` è compatibile con `float` perché  $\mathbb{Z} \subset \mathbb{R}$
  - ma `float` **non** è compatibile con `int`

15

## COMPATIBILITÀ DI TIPO - NOTA

- `3 / 4.2`  
è una divisione *fra reali*, in cui il primo operando è convertito automaticamente da `int` a `double`
- `3 % 4.2`  
è una operazione *non ammissibile*, perché 4.2 non può essere convertito in `int`

16

## CONVERSIONI DI TIPO

Data una espressione  $x \text{ op } y$

- 1. Ogni variabile di tipo **char** o **short** viene convertita nel tipo **int**;
- 2. Se dopo l'esecuzione del passo 1 l'espressione è ancora eterogenea, rispetto alla seguente gerarchia

`int < long < float < double < long double`

si converte temporaneamente l'operando di tipo *inferiore* al tipo *superiore* (**promotion**)

- 3. A questo punto l'espressione è **omogenea** e viene eseguita l'operazione specificata. Il risultato è di tipo uguale a quello prodotto dall'operatore effettivamente eseguito (in caso di overloading, quello più alto gerarchicamente)

17

## CONVERSIONI DI TIPO

```
int x;  
char y;  
double r;  
(x+y) / r
```

La valutazione dell'espressione procede da sinistra verso destra

- **Passo 1** **(x+y)**
  - $y$  viene convertito nell'intero corrispondente
  - viene applicata la somma tra interi
  - **risultato intero**  $tmp$
- **Passo 2**
  - $tmp / r$   $tmp$  viene convertito nel double corrispondente
  - viene applicata la divisione tra reali
  - **risultato reale**

18

## COMPATIBILITÀ DI TIPO

In un **assegnamento**, **l'identificatore di variabile e l'espressione** devono essere dello **stesso tipo**

- Nel caso di tipi diversi, se possibile si effettua la conversione implicita, altrimenti l'assegnamento può generare perdita di informazione

```
int x;  
char y;  
double r;
```

```
x = y; /* char -> int*/  
x = y+x;  
r = y; /* char -> int -> double*/  
x = r; /* troncamento*/
```

19

## COMPATIBILITÀ IN ASSEGNAIMENTO

- In generale, negli assegnamenti sono **automatiche** le conversioni di tipo che non provocano perdita d'informazione
- Espressioni che **possono** provocare perdita di informazioni non sono però illegali

### Esempio

```
int i=5; float f=2.71F;; double d=3.1415;  
f = f+i; /* int convertito in float */  
i = d/f; /* double convertito in int !*/  
f = d; /* arrotondamento o troncamento */
```

Possibile Warning: *conversion may lose significant digits*

20

## CAST

In qualunque espressione è possibile **forzare una particolare conversione** utilizzando l'**operatore di cast**

( <tipo> ) <espressione>

### Esempi

```
int i=5; long double x=7.77; double y=7.1;
i = (int) sqrt(384);
x = (long double) y*y; //non necessario
i = (int) x % (int)y;
```

21

## ESEMPIO

```
main()
{
    /* parte dichiarazioni variabili */
    int X,Y;
    unsigned int Z;
    float SUM;
    /* segue parte istruzioni */
    X=27;
    Y=343;
    Z = X + Y -300;
    X = Z / 10 + 23;
    Y = (X + Z) / 10 * 10;
    /* qui X=30, Y=100, Z=70 */
    X = X + 70;
    Y = Y % 10;
    Z = Z + X -70;
    SUM = Z * 10;
    /* qui X=100, Y=0, Z=100 , SUM =1000.0*/
}
```

22

## OPERATORI RELAZIONALI

Sono tutti operatori *binari*:

relazione	C
uguaglianza	==
diversità	!=
maggiore di	>
minore di	<
maggiore o uguale a	>=
minore o uguale a	<=

23

## OPERATORI RELAZIONALI

Attenzione:

**non esistendo il tipo *boolean***, in C le espressioni relazionali **denotano un valore intero**

- 0 denota *falso*  
(condizione non verificata)
- 1 denota *vero*  
(condizione verificata)

24

## OPERATORI LOGICI

connettivo logico	operatore	C
not (negazione)	unario	!
and	binario	&&
or	binario	

- Anche le espressioni logiche denotano un valore intero
- da interpretare come vero (1) o falso (0)

25

## OPERATORI LOGICI

- Anche qui sono possibili espressioni miste, utili in casi specifici

5 && 7    0 || 33    !5

- Valutazione in *corto-circuito*
  - la valutazione dell'espressione cessa appena si è in grado di determinare il risultato
  - il secondo operando è valutato solo se necessario

26

## VALUTAZIONE IN CORTO CIRCUITO

- **22 || x**  
già vera in partenza perché 22 è vero
- **0 && x**  
già falsa in partenza perché 0 è falso
- **a && b && c**  
se **a&&b** è falso, il secondo && non viene neanche valutato
- **a || b || c**  
se **a || b** è vero, il secondo || non viene neanche valutato

27

## ESPRESSIONI CONDIZIONALI

Una espressione condizionale è introdotta dall'operatore ternario

*condiz ? espr1 : espr2*

L'espressione denota:

- o il valore denotato da *espr1*
  - o quello denotato da *espr2*
  - in base al valore della espressione *condiz*
- se *condiz* è vera, l'espressione nel suo complesso denota il valore denotato da *espr1*
  - se *condiz* è falsa, l'espressione nel suo complesso denota il valore denotato da *espr2*

28

## ESPRESSIONI CONDIZIONALI: ESEMPI

---

-  $3 ? 10 : 20$

denota sempre 10 (3 è sempre vera)

-  $x ? 10 : 20$

denota 10 se x è vera (diversa da 0),  
oppure 20 se x è falsa (uguale a 0)

-  $(x > y) ? x : y$

denota il maggiore fra x e y

29

## ESPRESSIONI CONCATENATE

---

Una espressione concatenata è introdotta  
dall'operatore di concatenazione (la virgola)

$espr1, espr2, \dots, esprN$

- tutte le espressioni vengono valutate (da sinistra a destra)
- l'espressione esprime il valore denotato da  $esprN$
- Supponiamo che
  - i valga 5
  - k valga 7
- Allora l'espressione:  $i + 1, k - 4$   
denota il valore denotato da  $k-4$ , cioè 3

30

## OPERATORI INFISSI, PREFISSI E POSTFISSI

---

- Le espressioni composte sono **strutture** formate da **operatori** applicati a uno o più **operandi**
- Ma... *dove* posizionare l'operatore rispetto ai suoi operandi?

31

## OPERATORI INFISSI, PREFISSI E POSTFISSI

---

Tre possibili scelte:

- **prima** → notazione *prefissa*  
Esempio:  $+ 3 4$
- **dopo** → notazione *postfissa*  
Esempio:  $3 4 +$
- **in mezzo** → notazione *infissa*  
Esempio:  $3 + 4$



È quella a cui siamo abituati,  
perciò è adottata *anche in C*

32

## OPERATORI INFISSI, PREFISSI E POSTFISSI

---

- Le notazioni **prefissa e postfissa** non hanno problemi di **priorità e/o associatività** degli operatori
  - non c'è mai dubbio su **quale** operatore vada applicato a **quali** operandi
- La notazione **infissa** richiede **regole di priorità e associatività**
  - per identificare univocamente **quale** operatore sia applicato a **quali** operandi

33

## OPERATORI INFISSI, PREFISSI E POSTFISSI

---

- Notazione prefissa:  
 $* + 4 5 6$ 
  - si legge come  $(4 + 5) * 6$
  - denota quindi 54
- Notazione postfissa:  
 $4 5 6 + *$ 
  - si legge come  $4 * (5 + 6)$
  - denota quindi 44

34

## PRIORITÀ DEGLI OPERATORI

---

- **PRIORITÀ**: specifica l'ordine di valutazione degli operatori quando in una espressione compaiono **operatori (infissi) diversi**

**Esempio:**  $3 + 10 * 20$

- si legge come  $3 + (10 * 20)$  perché l'operatore  $*$  è prioritario rispetto a  $+$

- NB: operatori diversi possono comunque avere **uguale priorità**

35

## ASSOCIATIVITÀ DEGLI OPERATORI

---

- **ASSOCIATIVITÀ**: specifica l'ordine di **valutazione** degli operatori quando in una espressione compaiono **operatori (infissi) di uguale priorità**
- Un operatore può quindi essere **associativo a sinistra** o **associativo a destra**

**Esempio:**  $3 - 10 + 8$

- si legge come  $(3 - 10) + 8$  perché gli operatori  $-$  e  $+$  sono equiprioritari e **associativi a sinistra**

36

## PRIORITÀ E ASSOCIATIVITÀ

Priorità e associatività predefinite possono essere *alterate mediante l'uso di parentesi*

**Esempio:** `(3 + 10) * 20`  
– denota 260 (anziché 203)

**Esempio:** `3 - (10 + 8)`  
– denota -15 (anziché 1)

37

## INCREMENTO E DECREMENTO

Gli operatori di incremento e decremento sono *usabili in due modi*

- come **pre-operatori**: `++v`  
*prima incremento e poi uso nell'espressione*
- come **post-operatori**: `v++`  
*prima uso nell'espressione poi incremento*

Formule equivalenti:

```
v = v + 1;  
v +=1;  
++v;  
v++;
```

38

## CHE COSA STAMPA?

	Soluzione:
<code>main()</code>	
<code>{ int c;</code>	
<code>  c=5;</code>	
<code>  printf("%d\n",c);</code>	5
<code>  printf("%d\n",c++);</code>	5
<code>  printf("%d\n\n",c);</code>	6
<code>  c=5;</code>	
<code>  printf("%d\n",c);</code>	5
<code>  printf("%d\n",++c);</code>	6
<code>  printf("%d\n",c); }</code>	6

39

## ESEMPI

- `int i, k = 5;`  
`i = ++k /* i vale 6, k vale 6 */`
- `int i, k = 5;`  
`i = k++ /* i vale 5, k vale 6 */`
- `int i=4, j, k = 5;`  
`j = i + k++; /* j vale 9, k vale 6 */`
- `int j, k = 5;`  
`j = ++k - k++; /* DA NON USARE */`  
`/* j vale 0, k vale 7 */`

40

## RIASSUNTO OPERATORI DEL C (1)

Priorità	Operatore	Simbolo	Associatività
1 (max)	chiamate a funzione selezioni	() [] -> .	a sinistra
2	operatori unari: op. negazione op. aritmetici unari op. incr. / decr. op. indir. e deref. op. sizeof	! + - ++ -- & * sizeof	a destra
3	op. moltiplicativi	* / %	a sinistra
4	op. additivi	+ -	a sinistra

41

## RIASSUNTO OPERATORI DEL C (2)

Priorità	Operatore	Simbolo	Associatività
5	op. di shift	>> <<	a sinistra
6	op. relazionali	< <= > >=	a sinistra
7	op. uguaglianza	== !=	a sinistra
8	op. di AND bit a bit	&	a sinistra
9	op. di XOR bit a bit	^	a sinistra
10	op. di OR bit a bit		a sinistra
11	op. di AND logico	&&	a sinistra
12	op. di OR logico		a sinistra
13	op. condizionale	?...:	a destra
14	op. assegnamento e sue varianti	= += -= *= /= %= &= ^=  = <<= >>=	a destra
15 (min)	op. concatenazione	,	a sinistra

42