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***

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

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**

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**

COSTANTI DI TIPI PRIMITIVI

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

base	*2 byte*	*4 byte*
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`

COSTANTI DI TIPI PRIMITIVI

caratteri

- singolo carattere racchiuso fra apici

```
'A'   'C'   '6'
```

- caratteri speciali:

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

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'}
```

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)

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”)
  - ...

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)
...
```

CLASSIFICAZIONE DEGLI OPERATORI

Due criteri di classificazione:

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

in base al *tipo degli operandi*	in base al *numero di operandi*
• **aritmetici** • **relazionali** • **logici** • **condizionali** • **...**	• **unari** • **binari** • **ternari** • **...**

OPERATORI ARITMETICI

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

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

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
```

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)

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 Z ⊂ R**
  - **ma** `float` ***non è compatibile*** **con** `int`

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`**

CONVERSIONI DI TIPO

Data una espressione *x 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

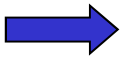
  `int < long < float < double < long double`

  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)

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**

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*/
```

COMPATIBILITÀ IN ASSEGNAMENTO

- 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*

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;
```

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*/
}
```

OPERATORI RELAZIONALI

Sono tutti operatori *binari:*

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

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)

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)

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*

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

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***

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

ESPRESSIONI CONCATENATE

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

espr1, espr2, …, 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

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?**

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*

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**

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

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*

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**

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)

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++;
```

CHE COSA STAMPA?

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

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 */
```

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

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