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 linguaggio C è un linguaggio tipizzato.
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: Specificatori e Modificatori (che vengono combinati)

- Specificatori di tipo:
  - `void`: indefinito o non specificato
  - `char:` caratteri
  - `int:` numeri interi
  - `float`: numeri reali (decimali) a precisione singola
  - `double:` numeri decimali a precisione doppia
- Modificatori di tipo:
  - `short:` riduce il numero di valori memorizzabili
  - `long:` aumenta il numero di valori memorizzabili
  - `signed:` dato con segno
  - `unsigned:` dato senza segno

Memorizzazione delle Informazioni

- I dati vengono memorizzati nella memoria del calcolatore.
- Il calcolatore ha una memoria finita, sequenza finita di celle (si possono rappresentare un numero ristretto di valori possibili).
- Il bit (0-1) è l'unità basilare.
- Il byte (8 bit) è la più piccola quantità di memoria indirizzabile in molte architetture di calcolatori.
- Il numero di valori distinti che è possibile rappresentare in un tipo di dato dipende dal numero di bytes associati.

Codifica binaria dell'informazione

- Si deve assegnare un codice binario univoco ad un insieme predefinito di oggetti.
- Quanti oggetti possiamo codificare con n bit? 2^n
- E il numero minimo n di bit sufficiente a codificare N oggetti distinti?
- $N <= 2^n$ $n = \log_2 N$ (intero superiore).

NUMERI NATURALI: valori rappresentabili

- **Con N bit, si possono fare *2^N combinazioni***
- **Si rappresentano così i numeri da 0 a 2^N-1**

Esempi

- **con 8 bit, [0 …. 255]**
  In C: unsigned char = byte
- **con 16 bit, [0 …. 65.535]**
  In C: unsigned short int (su alcuni compilatori)
  In C: unsigned int (su alcuni compilatori)
- **con 32 bit, [0 …. 4.294.967.295]**
  In C: unsigned int (su alcuni compilatori)
  In C: unsigned long int (su molti compilatori)

Interi (con segno) in complemento a 2:
INTERVALLO DI VALORI RAPPRESENTABILI

- ***Positivi, stesso dei naturali con N-1 bit***

  da 0 a $2^{N-1}-1$ Esempio: su 8 bit, [0,+127]

- ***Negativi, stesso intervallo traslato di -2^{N-1}***

  da -2^{N-1} a -1 Esempio: su 8 bit, [-128,-1]

- **Intervallo globale = unione [-2^{N-1} , $2^{N-1}-1$]**

  con 8 bit, [-128 …. +127]

  con 16 bit, [-32.768 …. +32.767]

  con 32 bit, [-2.147.483.648 …. +2.147.483.647]

Quanti bit sono usati per un tipo?

- In C il numero di bit utilizzati per ogni tipo dipende dal compilatore
- Uniche regole:
  - short int: almeno 16 bit (2 byte)
  - int: a discrezione del compilatore, ma vale sempre:

    sizeof(int) >= sizeof (short int)
  - long int: almeno 32 bit (4 byte), e vale sempre

    sizeof(long int) >= sizeof(int)

Quanti bit sono usati per un tipo?

- float: nessun limite minimo, ma tipicamente almeno 32 bit (4 byte)
- double: nessun limite minimo, ma tipicamente almeno 64 bit (8 byte)
- long double: ???

TIPI DI DATO PRIMITIVI IN C

- **Caratteri (1 byte)**
  - `signed char` -128….127
  - `unsigned char` 0…255
- **interi con segno**
  - `short (int)(2 bytes)` -32768 ... 32767 (16 bit)
  - `int` ???????
  - `long (int)` -2147483648 .... 2147483647 (32 bit)
- **naturali (interi senza segno)**
  - `unsigned short (int)` `2 bytes` 0 ... 65535
  - `unsigned (int)` ???????
  - `unsigned long (int)` 0 ... 4294967295 (32 bit)

Dimensione non fissa. **Dipende dal compilatore**

TIPI DI DATO PRIMITIVI IN C

- **reali**
  - `float` singola precisione (32 bit)
    circa 6 cifre decimali numeri rappresentabili da 10^{-38} a 10^{38}
    `double` doppia precisione (64 bit)
    precisione 15 cifre decimali; numeri rappresentabili da 10^{-308} a 10^{308} circa
  - `long double` quadrupla precisione (128 bit)

- **boolean**
  - ***non esistono in C come tipo a sé stante in ISO C89 (ma aggiunti in ISO C99)***
  - si usano gli interi:
    - **zero** indica **FALSO**
    - ogni altro valore indica **VERO**
  - convenzione: suggerito utilizzare **uno** per **VERO**

Verifica della dimensione dei dati

- Le dimensioni esatte dei tipi di dato possono variare su computer differenti.
- Per verificare la dimensione dei dati:
  - Usare l'operatore `sizeof` che permette di verificare l'occupazione in bytes di un tipo o variabile
  - Utilizzare il file header `limits.h` (dati interi) e `float.h` (dati reali). (es. `USHRT_MAX` 65535. Maximum unsigned short value)
  –

•Nota sulla Rappresentazione dei Caratteri

Un tipo fondamentale di dato da rappresentare è costituito dai ***singoli caratteri***

Idea base: associare ***a ciascun carattere un numero intero (codice)*** in modo convenzionale

⇒ ***Codice standard ASCII*** (1968)

ASCII definisce univocamente i primi 128 caratteri (7 bit – vedi tabella nella slide seguente)

I caratteri con codice superiore a 127 possono variare secondo la particolare codifica adottata (dipendenza da linguaggio naturale: ISO 8859-1 per alfabeto latino1, …) (8- bit)

Visto che i caratteri hanno un codice intero, essi possono essere considerati un insieme ordinato (ad esempio: 'g' > 'O' perché 103 > 79)

Tabella ASCII standard

Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char
00000000	0	Null	00100000	32	Spc	01000000	64	@	01100000	96	`
00000001	1	Start of heading	00100001	33	!	01000001	65	A	01100001	97	a
00000010	2	Start of text	00100010	34	"	01000010	66	B	01100010	98	b
00000011	3	End of text	00100011	35	#	01000011	67	C	01100011	99	c
00000100	4	End of transmit	00100100	36	$	01000100	68	D	01100100	100	d
00000101	5	Enquiry	00100101	37	%	01000101	69	E	01100101	101	e
00000110	6	Acknowledge	00100110	38	&	01000110	70	F	01100110	102	f
00000111	7	Audible bell	00100111	39	'	01000111	71	G	01100111	103	g
00001000	8	Backspace	00101000	40	(	01001000	72	H	01101000	104	h
00001001	9	Horizontal tab	00101001	41	)	01001001	73	I	01101001	105	i
00001010	10	Line feed	00101010	42	*	01001010	74	J	01101010	106	j
00001011	11	Vertical tab	00101011	43	+	01001011	75	K	01101011	107	k
00001100	12	Form Feed	00101100	44	,	01001100	76	L	01101100	108	l
00001101	13	Carriage return	00101101	45	-	01001101	77	M	01101101	109	m
00001110	14	Shift out	00101110	46	.	01001110	78	N	01101110	110	n
00001111	15	Shift in	00101111	47	/	01001111	79	O	01101111	111	o
00010000	16	Data link escape	00110000	48	0	01010000	80	P	01110000	112	p
00010001	17	Device control 1	00110001	49	1	01010001	81	Q	01110001	113	q
00010010	18	Device control 2	00110010	50	2	01010010	82	R	01110010	114	r
00010011	19	Device control 3	00110011	51	3	01010011	83	S	01110011	115	s
00010100	20	Device control 4	00110100	52	4	01010100	84	T	01110100	116	t
00010101	21	Neg. acknowledge	00110101	53	5	01010101	85	U	01110101	117	u
00010110	22	Synchronous idle	00110110	54	6	01010110	86	V	01110110	118	v
00010111	23	End trans. block	00110111	55	7	01010111	87	W	01110111	119	w
00011000	24	Cancel	00111000	56	8	01011000	88	X	01111000	120	x
00011001	25	End of medium	00111001	57	9	01011001	89	Y	01111001	121	y
00011010	26	Substitution	00111010	58	:	01011010	90	Z	01111010	122	z
00011011	27	Escape	00111011	59	;	01011011	91	[	01111011	123	{
00011100	28	File separator	00111100	60	<	01011100	92	\	01111100	124	|
00011101	29	Group separator	00111101	61	=	01011101	93	]	01111101	125	}
00011110	30	Record Separator	00111110	62	>	01011110	94	^	01111110	126	~
00011111	31	Unit separator	00111111	63	?	01011111	95		01111111	127	Del

COSTANTI DI TIPI PRIMITIVI

- **interi** (in varie basi di rappresentazione, se preceduto da 0 in ottale, se 0x esadecimale)

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** • **...**

Ordine di valutazione degli operandi

- In C, come in altri linguaggi l'ordine di valutazione degli operandi è generalmente non specificato.
- Si vuole lasciare liberà ai compilatori per meglio ottimizzare il codice.
- Per questo motivo non possiamo assumere ad esempio nella seguente espressione: `(i*j)+(w-3)` se `i` verrà valutato prima di `j` o `(i*j)` prima di `(w-3)` o viceversa.
- Se non ci sono side-effects la cosa non ha importanza, ma può produrre a situazioni indefinite se sono coinvolti side-effects (assegnamento).

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

Come è possibile gestire espressioni che coinvolgono tipi di dati differenti (e con diversa rappresentazione quindi)?

La **conversione di tipo** permette di convertire una variabile da un tipo ad un altro tipo

CONVERSIONI DI TIPO

In C abbiamo due differenti modalità di conversione di tipo:

- **Implicita (coercion)** effettuata dal compilatore in presenza di espressioni eterogenee
- **Esplicita (typecasting)** ottenuta dal programmatore utilizzando uno specifico operatore (cast)

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 $\subset$ 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

In pratica il tipo di dimensione minore viene convertito in quello di dimensione maggiore.

Data una espressione *x op y* *(descrizione sintetica non completa, manca unsigned, evitare di utilizzarlo in espressioni miste, spesso comportamenti non definiti)*

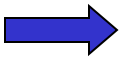
- **1.** Ogni variabile di tipo **char** o **short** viene convertita nel tipo **int**;
- **2.** Se dopo l'esecuzione del passo 1 l'espressione è ancora eterogenea, rispetto alla seguente gerarchia

  `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: Assegnamento

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 (troncamenti o overflow).

```
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*

Conversione esplicita di tipo: CAST

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

(<tipo>) <espressione>

Esempi

```
int i=3,k=2; long double x=7.77; double
  y=7.1;
i = (int) sqrt(384);
i = (int) x % (int)y;
y = (double) i / k; // y = 1,5
```

Nota: L'operatore cast ha precedenza rispetto all'operatore / e viene forzato prima della divisione

Conversioni di tipo

- **Conversioni esplicite** (CASTING):

Esempi

```
int v1, v2, v3;
float x, y;
v1 = 5;
v2 = 2;
x = v1 / v2;                        //  x = 2.0
y = (float) v1 / (float) v2;        //  y = 2.5
v3 = log(33);                       //  ??
```

Conversioni di tipo

```
int v3 = log(33);
```

- Si tenta di convertire un **`double`** in un **`int`**
- Viene segnalato come warning… ma è a tutti gli effetti un errore di programmazione
  - Il compilatore C è molto "di bocca buona"
- A **`v3`** viene assegnata la parte intera del logaritmo (nessun arrotondamento)

- **`log`** è una funzione che calcola il logaritmo in base **`e`**
- **`log10`** calcola il logaritmo in base 10
- …queste ed altre sono dichiarate nell'header file **`math.h`** e fanno parte della libreria standard di C

OPERATORI RELAZIONALI

Sono operatori binari per il confronto dei valori di due espressioni:

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)

- **Attenzione: 3 > 2 > 1 è (3>2)>1 cioè 1>1 = 0 cioè falso.**

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***
  - A differenza degli altri operatori hanno un preciso ordine di valutazione da sinistra a destra
  - 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

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

espr1, espr2, …, esprN

- tutte le espressioni vengono valutate da sinistra a destra e l'espressione globale 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

ESPRESSIONI CONCATENATE

L'operatore binario di concatenazione (la virgola) ha la più bassa priorità

espr1, espr2, …, esprN

- Supponiamo che
  - i valga 0
  - k valga 0
- L'espressione: `i = (k = 2, k + 2)`
  denota il valore 4 con i = 4 e k =2
- L'espressione: `i = k = 2, k + 2`
  denota il valore 4 con i = 2 e k =2

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

Note sull'aritmetica

- Attenzione a
  - ***Precedenza*** degli operatori
  - ***Associatività*** degli operatori

```
y = 2 * 8 / 2 + 4 * 5 + 1
z = 3 - 1 - 1
```

Come vengono valutate?

PRIORITÀ DEGLI OPERATORI

- **PRIORITÀ (o precedenza)** : **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**

Precedenza e associatività

- Ogni operatore nel set di operatori supportato dall'analizzatore di espressioni ha una ***precedenza e prevede una direzione di valutazione***
- La direzione di valutazione di un operatore è ***l'associatività*** dell'operatore
- Gli operatori con ***precedenza superiore vengono valutati prima di quelli con precedenza inferiore*** → Se un'espressione complessa include più operatori, l'ordine di esecuzione è determinato dalla precedenza degli operatori
- Se un'espressione contiene ***più operatori con la stessa precedenza***, gli operatori verranno valutati nell'ordine in cui compaiono, procedendo da sinistra a destra o da destra a sinistra ***a seconda della loro associatività***

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++;
```

```
Y = ++X equivale a:
X = X + 1;
Y = X;
Mentre
Y = X++ equivale a:
Y = X;
X = X + 1;
```

Incremento/decremento con semantica non chiara

- Presenza di side-effects dovuti all'assegnamento.
- Semantica non chiara
- Esempio:
  - `int x =1;  int y = ++x * x;`
  - Nota che l'ordine degli operatori è non specificato in C
  - Risultato: x=2 ma y sarà =4 se valutato prima ++x, mentre y=2 se valutato prima x.

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
```

CHE COSA SUCCEDE?

```
a=0;
printf("ciao e %d\n", a=1);

a=0;
printf("ciao e %d\n", a==1);

a=0;
printf("ciao e %d\n", a==0);

a=0;
printf("ciao e a=%d\n", a);

a=1;
if (a=4)
  printf("ciao e a=%d\n", a);
```

CHE COSA SUCCEDE?

```
a=0;
printf("ciao e %d\n", a=1);
```
ciao e 1

```
a=0;
printf("ciao e %d\n", a==1);
```
ciao e 0

```
a=0;
printf("ciao e %d\n", a==0);
```
ciao e 1

```
a=0;
printf("ciao e a=%d\n", a);
```
ciao e a=0

```
a=1;
if (a=4)
  printf("ciao e a=%d\n", a);
```
ciao e a=4

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 ? Indefinito */
```

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

La libreria math.h

- Gli operatori del C presentati non consentono calcoli complessi (es. radice quadrata)
- Le funzioni matematiche più comuni (trigonometriche, esponenziali, logaritmiche ecc..) sono fornite dalla libreria standard `math.h`
- Prendono ingresso di tipo double e uscita di tipo double.
- `HUGE_VAL` rappresenta infinito (- meno)