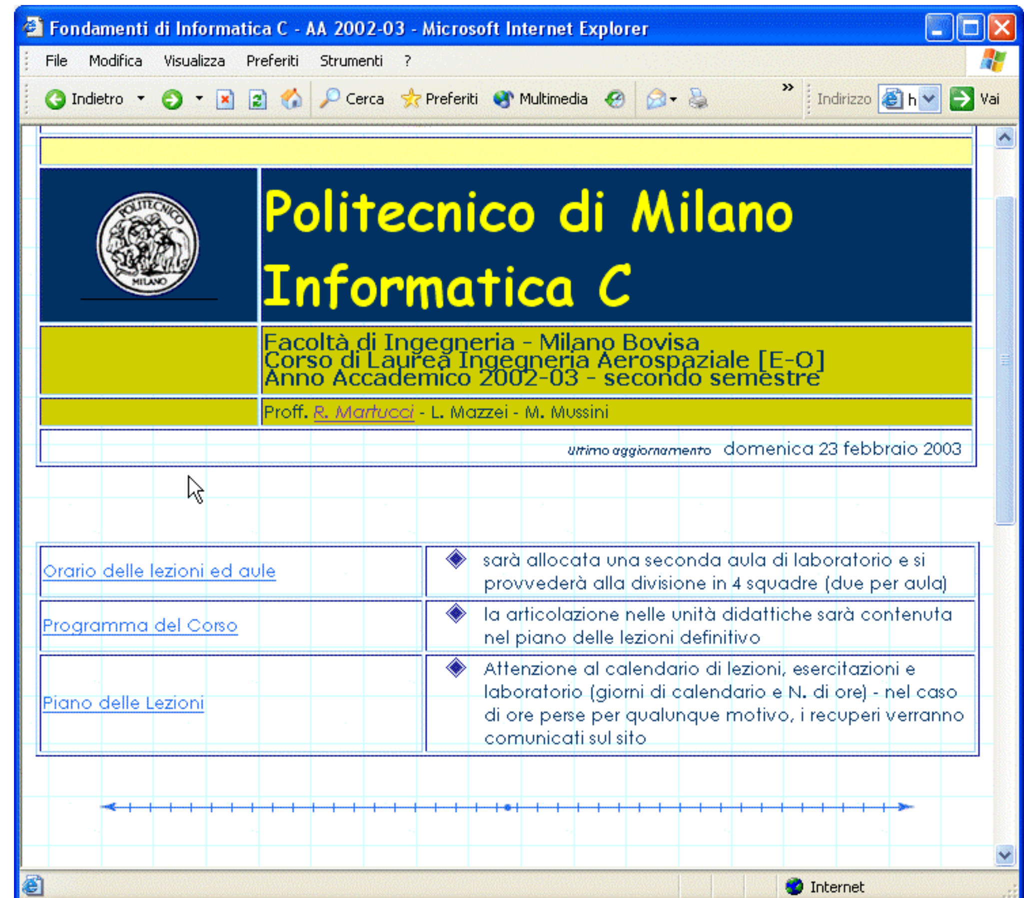
http://www.elet.polimi.it/upload/martucci/index.html

- Lucidi del Corso di Informatica C Aerospaziali
- AA 2002-03
- 2° Modulo
- C, Tipi Semplici



1. - Programmazione in linguaggio C

Struttura
I Tipi semplici
Costanti, Variabili, Operatori
Espressioni omogenee
Operatori aritmetici, logici, bitwise

Fonti:
A. Antola - POLI_MI Dispense del Corso
A. Ciampolini – UNI_BO – Lucidi del corso

INTRODUZIONE

Sviluppo del software:

parte dalle specifiche (descrizione dei requisiti) per arrivare ai programmi (prodotti)

Programmazione:

- analisi del problema
- scomposizione funzionale
- definizione degli algoritmi
- codifica degli algoritmi e del programma: descrizione in un linguaggio di programmazione di alto livello

Linguaggi di programmazione di alto livello (HHL)

- FORTRAN (FORmula TRANslator) - seconda metà anni 50, versioni successive FORTRAN 70 ...
- COBOL (Common Business Oriented Language) - anni 60

Linguaggi «strutturati» (programmazione strutturata) ALGOL60

- PASCAL
- Modula 2
- C
- C++
- linguaggi basati su altri paradigmi di programmazione

Linguaggio C sviluppato negli anni 70 (C standard ANSI). Molto diffuso e adatto ad un ampio spettro di applicazioni

- *scientifiche*
- *gestionali*
- *industriali*: acquisizione dati, controllo di processo..
- *informatiche*: software di base (SO Unix), strumenti (CAD), pacchetti

Linguaggio artificiale di alto livello (HHL)

E’ caratterizzato da:

elementi:
alfabeto o vocabolario del linguaggio
sintassi:
insieme di regole tramite le quali si compongono gli elementi per costruire frasi eseguibili (= istruzioni)
semantica:
significato degli elementi, delle istruzioni, del programma

Regole sintattiche:
devono essere univoche sulla composizione delle frasi.
⇒ si deve poter stabilire con certezza e in modo automatico se una frase è sintatticamente corretta,

Correttezza sintattica: è condizione necessaria per la corretta esecuzione del programma (è possibile la traduzione da parte del compilatore).

Descrizione formale delle regole sintattiche
- diagrammi sintattici
- Backus Naur Form

aiutano a prevenire errori sintattici

Errori di un programma:
sintattici: rilevati compile-time
di esecuzione: run-time

ESEMPIO 1 - Algoritmo per elevamento a potenza

```
#include <stdio.h>


main ( )

{
 int potenza, base;
 int esponente, i;         /* devono essere >=0*/

 printf("Inserisci il valore della base:");
 scanf("%d",&base);
 printf("Inserisci il valore dell'esponente:");
 scanf("%d", &esponente);

 potenza=1;
 i=0;

 while (i<esponente)
   {
   potenza=potenza*base;
   i=i+1;
    }

 printf("Potenza=%d \n", potenza);
}
```

ELEMENTI DEL LINGUAGGIO C

parole chiave (riservate) ⇒ proprie del linguaggio
- sono le istruzioni oppure hanno un significato particolare (tipi)

identificatori ⇒ costituiti da sequenze di lettere ...
- rappresentano nomi di variabili, costanti, (tipi nuovi), funzioni, procedure
- definiti dall'utente oppure «di sistema» (di libreria)

operatori (unari o binari)

• di assegnamento	=
• aritmetici	+ - * /
• relazionali (confronto)	> < <= == ...
• logici	! (not) && ||
• di chiamata di funzione/procedura	( )
• di dereferenziazione	&
• dipendenti dal costruttore di tipo	* [ ] ....
• altri	

separatori (delimitatori)

• di identificatori di variabili e costanti	,
• di istruzioni	;
• commento	/* */
• di blocco di istruzioni	{ }
• in espressioni	( )

direttive al preprocessore C
- # include (parola chiave) .....

valori costanti (cifre o caratteri)

THE ‘C’ ALPHABET

The characters in ‘C’ are divided into 3 groups

- Digits: 0 - 9
- Letters: A - Z, a - z, $, -
- Special Characters:

b	Blank	/	Slash	‘	Apostrophe
+	Plus	!	Exclamation	*	Asterisk
?	Question Mark	^	Circumflex	(	Let Parent
:	Colon	|	Stroke	)	Right Par
<	Less than	,	Comma	[	Left Bracket
=	Equal	%	Percent	]	Right Bracket
>	Greater than	$	Dollar sign	{	Left Brace
~	Tilde	.	Period	}	Right Brace
&	Ampersand	_	Underscore	#	Pound sign
-	Hyphen	“	Quotation mark	;	Semicolon
\	Backslash				

Reserved Words

auto
break
case
char
const
continue
default
do
double
else
enum

extern
for
float
goto
if
int
long
register
return
short
signed

sizeof
static
struct
switch
typedef
union
unsigned
void
volatile
while

Struttura di un Programma C

Un programma C ha in linea di principio la seguente forma:

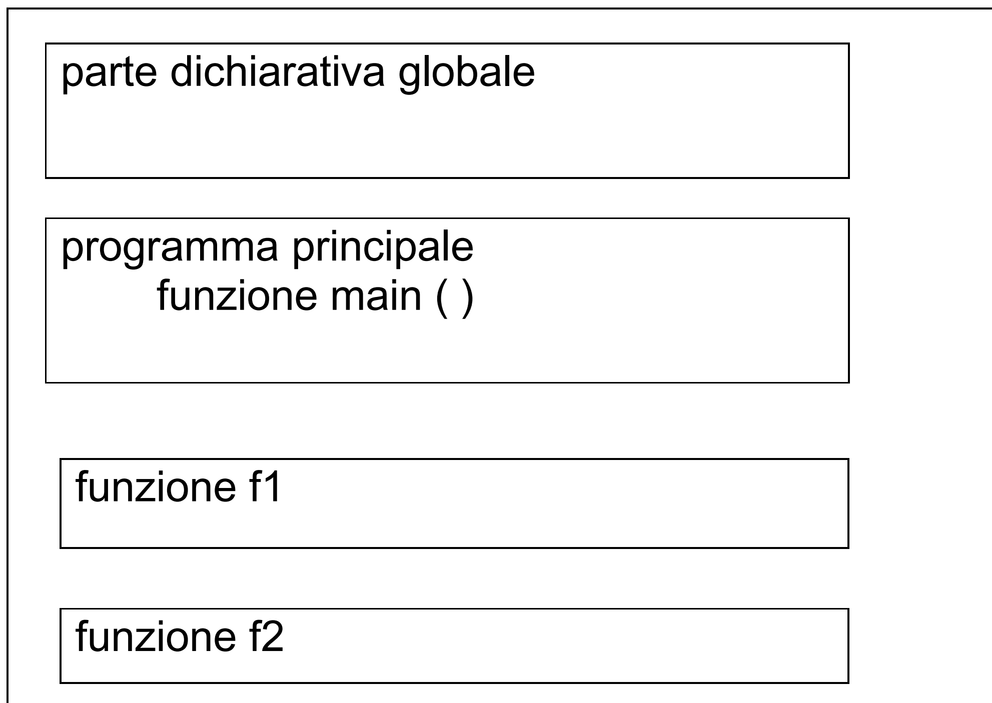
- **Direttive per il preprocessore**
- **Definizione di tipi**
- **Prototipi di funzioni**, con dichiarazione dei tipi delle funzioni e delle variabili passate alle funzioni)
- **Dichiarazione delle Variabili Globali**
- **Dichiarazione Funzioni**, dove ogni dichiarazione di una funzione ha la forma:

```
Tipo NomeFunzione(Parametri)
{
   Dichiarazione Variabili Locali
   Istruzioni C
}
```

```c
#include <stdio.h>

typedef struct point {
            int   x;   int   y;
            } ;
int      f1(void);
void   f2(int i, double g);


int   sum;


int main(void)
{
      int j;
      double g=0.0;
      for(j=0;j<2;j++)
            f2(j,g);
      return(2);
}

void f2(int i, double g)
{
      sum = sum + g*i;
}
```

STRUTTURA DI UN PROGRAMMA C - 1

programma C



Stile di scrittura di un programma ⇒ **leggibilità**

- scelta degli identificatori
- indentazione: «struttura grafica» che rispecchia la struttura logica
- uso di commenti

STRUTTURA DI UN PROGRAMMA C - 2

Parte dichiarativa globale:

- servizi (funzioni) importate da altri moduli (file), cioè definite e codificate in altri file
- «oggetti» (tipi di dati, variabili, costanti simboliche, prototipi di funzioni) visibili (utilizzabili) da tutto il programma, cioè da main e dalle altre funzioni.

Programma principale:

```
main ()
{
  parte dichiarativa
  locale

  parte esecutiva
}
```

parola riservata (identificatore di funzione)
appare una e una sola volta nel programma
definisce l'inizio dell'esecuzione
è (formalmente) una funzione

definisce l'insieme di «oggetti» usati dal programma principale per l'esecuzione. sono oggetti visibili (locali) a main.

insieme di istruzioni che costituiscono il programma principale

STRUTTURA DI UN PROGRAMMA C - 3

Parte dichiarativa locale

1. dichiarazione di costanti
2. definizione di «nuovi» tipi definiti dall'utente (ridenominazione)
3. dichiarazione di variabili
4. prototipi di funzioni

«Regole» sintattiche sulle dichiarazioni sia locali che globali:

- ogni identificatore usato deve essere prima definito
- ogni variabile usata deve essere prima dichiarata

Parte esecutiva: istruzioni (per tipologia)

- istruzioni di assegnamento
- istruzioni composte
- costrutti di (modifica del flusso di) controllo (costrutti condizionali, costrutti ciclici)
- «istruzioni» di ingresso e uscita
- chiamate di sottoprogrammi (funzioni)

ESEMPIO 1 - Dichiarazioni e istruzioni

```
#include <stdio.h>


main ( )

{
 int potenza, base;
 int esponente, i;          /* devono essere >=0*/

 printf("Inserisci il valore della base:");
 scanf("%d",&base);
 printf("Inserisci il valore dell'esponente:");
 scanf("%d", &esponente);

 potenza=1;
 i=0;

 while (i<esponente)
   {
   potenza=potenza*base;
   i=i+1;
    }

 printf("Potenza=%d \n", potenza);
}
```

ESEMPIO 2 - Dichiarazioni e istruzioni

```
#include <stdio.h>

main ( )

{
 int dato, sommatoria;

 sommatoria=0;
 printf("Inserisci il prossimo dato:");
 scanf("%d",&dato);

 while(dato!=0)
  /*ciclo di acquisizione e somma */
 {
  sommatoria=sommatoria+dato;
  printf("Inserisci il prossimo dato:");
  scanf("%d",&dato);
 }

 printf("Il  valore  della  sommatoria  e':  %d",
sommatoria);
}
```

Operatori

matematici

+	-	*	/	%

relazionali

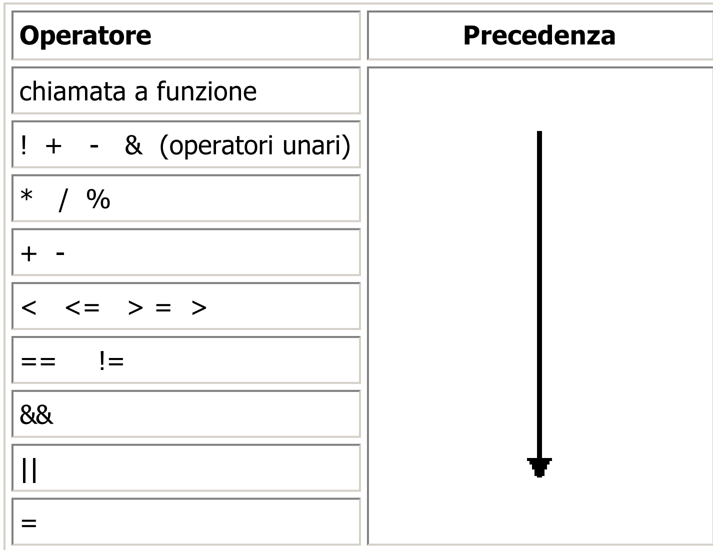
<	>	<=	>=	==	!=

logici

&&	||	!

Precedenza degli operatori

Operatore	Precedenza
chiamata a funzione	
! + - & (operatori unari)	
* / %	
+ -	
< <= > = >	
== !=	
&&	
||	
=	



Costrutti decisionali

if

```
if (condizione)
    istruzione_V;
[else
    istruzione_T;]
```

```
if (condizione){
    istruzione_V1;
    ...
    istruzione_Vn;
} [else {
    istruzione_T1;
    ...
    istruzione_Tn;
}]
```

```
if (condizione_1)
    istruzione_V1;
else if (condizione_2)
    istruzione_V2;
...
else if (condizione_n)
    istruzione_Vn;
else
    istruzione_e;
```

switch

```
switch (espressione) {
    case valore_1: istruzioni_1 ;
                   [break;]
    case valore_2: istruzioni_2;
                   [break;]
    case valore_3: istruzioni_3 ;
                   [break;]
    ...
    case valore_n: istruzioni_n;
                  [break;]
    [default: istruzioni_d;]
}
```

Costrutti iterativi

while

<table>
<tr>
<td>while (condizione di ripetizione del ciclo)

istruzione;</td>
<td>while (condizione di ripetizione del ciclo){

istruzione$_1$;
istruzione$_2$;
...
istruzione$_n$;
}</td>
</tr>
</table>

for

<table>
<tr>
<td>for (espressione di inizializzazione;
condizione di ripetizione del ciclo;
espressione di aggiornamento)
istruzione;</td>
<td>for (espressione di inizializzazione;
condizione di ripetizione del ciclo;
espressione di aggiornamento) {

istruzione$_1$;
istruzione$_2$;
...
istruzione$_n$;
}</td>
</tr>
</table>

do-while

<table>
<tr>
<td>do
istruzione;
while (condizione di ripetizione del ciclo);</td>
<td>do{
istruzione$_1$;
istruzione$_2$;
...
istruzione$_n$;
}while (condizione di ripetizione del ciclo);</td>
</tr>
</table>

Direttive

include

#include nome_libreria

define

#define simbolo valore

Librerie ANSI

stdio.h

Prototipo	**Scopo**
FILE *fopen(char *filename, char *mode);	Apre un file **filename** in modalità **mode** e restituisce il puntatore al file. Restituisce NULL nel caso di errore.
void fclose(FILE *fp);	Chiude il file individuato da **fp**.

int getc(FILE *fp);	Legge un carattere dal file individuato da **fp** e passa al successivo.
int getchar(void);	Legge un carattere dallo standard input.
int putc(char ch, FILE *fp);	Scrive il carattere **ch** sul file individuato da **fp**.
int putchar(char ch);	Scrive il carattere **ch** sullo standard output.
char * gets(char buffer[]);	Legge una linea di testo da standard input e la memorizza in **buffer** .
int fgets(char buffer[], int max, FILE *fp);	Legge una linea di testo di al più **max** caratteri dal file individuato da **fp** e la memorizza in **buffer**. Il terminatore di riga viene memorizzato in buffer.
int fputs(char *buffer, FILE *fp);	Scrive la stringa **buffer** nel file individuato da **fp**.
void printf(char *buffer, ...);	Scrive la stringa **buffer** sullo standard ouput.
void fprintf(FILE *fp, char *buffer, ...);	Scrive la stringa **buffer** sul file individuato da **fp**.
int scanf(char *format, ...);	Acquisisce i dati dallo standard input secondo il formato **format** e li memorizza nelle variabili i cui indirizzi vengono indicati dopo la ,. Restituisce il numero di valori correttamente acquisiti.
int fscanf(FILE *fp, char *format, ...);	Acquisisce i dati dal file individuato da **fp** secondo il formato **format** e li memorizza nelle variabili i cui indirizzi vengono indicati dopo la ,. Restituisce il numero di valori correttamente acquisiti.

stdlib.h

Prototipo	**Scopo**
int abs(int n);	Restituisce il valore assoluto di **n**.
void *malloc(int nBytes);	Alloca un blocco di memoria di dimensioni **nByte** e restituisce il puntatore al primo indirizzo del blocco. Se non c'è sufficiente memoria restituisce NULL.
void free(void *p);	Libera la memoria associata al puntatore **p**, allocata in precedenza mediante una malloc.

math.h

Prototipo	**Scopo**
double ceil(double x)	Arrotonda **x** all'intero superiore rappresentato in virgola mobile.
double cos(double x)	Restituisce il coseno dell'angolo **x** (espresso in radianti).
double exp(double x)	Restituisce e^{x}.
double fabs(double x)	Restituisce il valore assoluto di **x** (tipo double).
double floor(double x)	Arrotonda **x** all'intero inferiore.
double fmod(double x, double y)	Restituisce il resto della divisione **x** / **y** rappresentato in virgola mobile.
double log(double x)	Restituisce il logaritmo naturale di **x**.
double log10(double x)	Restituisce il logaritmo base10 di **x**.
double pow(double x, double y)	Restituisce x^{y}.
double sin(double x)	Restituisce il seno dell'angolo **x** (espresso in radianti).
double sqrt(double x)	Resituisce la radice quadrata positiva di **x**.
double tan(double x)	Restituisce la tangente dell'angolo **x** (espresso in radianti).

ctype.h

Prototipo	**Scopo**

int isalpha(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è un carattere alfabetico, altrimenti un numero intero diverso da 0. ('A' - 'Z' oppure 'a' - 'z')
int isupper(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è un carattere maiuscolo, altrimenti un numero intero diverso da 0. ('A' - 'Z')
int islower(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è un carattere minuscolo, altrimenti un numero intero diverso da 0. ('a' - 'z')
int isdigit(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è una cifra, altrimenti un numero intero diverso da 0. ('0' - '9')
int isalnum(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è un carattere alfanumerico, altrimenti un numero intero diverso da 0. ('A' - 'Z' oppure 'a' - 'z' oppure '0' - '9')
int isspace(int ch);	Restituisce 0 se **ch** non è un carattere di spaziatura, altrimenti un numero intero diverso da 0. (spazio, tabulatore, a capo, nuova linea, tabulatore verticale, nuova pagina)
int toupper(int ch);	Se **ch** è un carattere alfabetico restituisce il corrispondente carattere maiuscolo, in caso negativo restituisce il carattere non modificato.
int tolower(int ch);	Se **ch** è un carattere alfabetico restituisce il corrispondente carattere minuscolo, in caso negativo restituisce il carattere non modificato.

string.h

Prototipo	Scopo
int strlen(char *s);	Restituisce la lunghezza della stringa **s**, escluso il terminatore '\0'
int strcmp(char *s1, char *s2);	Restituisce 0 se la stringa **s1** è uguale a **s2**, un numero negativo se **s1** viene prima di **s2** nell'ordine lessicografico, un numero positivo in caso contrario.
char *strcpy(char dest[], char *sorg);	Copia la stringa **sorg** nell'array **dest**, e restituisce ls stringa copiata.

Versione pdf stampabile

Commenti:

Sono sequenze di caratteri ignorate dal compilatore.
Vanno racchiuse tra **/* ... */:**

```
/* questo e'
 un commento
dell'autore  */
```

I commenti vengono generalmente usati per introdurre note esplicative nel codice di un programma.

Costanti

Numeri interi

Rappresentano numeri relativi (quindi con segno):

	2 byte	**4 byte**
base decimale	12	70000, 12**L**
base ottale	**0**14	**0**210560
base esadecimale	**0x**FF	**0x**11170

Numeri reali

Varie notazioni:

24.0 2.4E1 240.0E-1

Suffissi: l, L, u, U (interi-long, unsigned)
f, F (reali - floating)

Prefissi: 0 (ottale) 0x, OX(esadecimale)

Caratteri:

Insieme dei caratteri disponibili (e` dipendente dalla implementazione). In genere, ASCII esteso (256 caratteri). Si indicano tra singoli apici:

'a' **'A'**

Caratteri speciali:

newline	**\n**
tab	**\t**
backspace	**\b**
form feed	**\f**
carriage return	**\r**
codifica ottale	**\OOO** (O cifra ottale 0-7) \041 è la codifica del carattere !

Il carattere \ inibisce il significato predefinito di alcuni caratteri “speciali” (es. ', ", \, ecc.)

\' \\ \" \0 (carattere nullo)

Stringhe:

Sono sequenze di caratteri tra doppi apici " ".

"a" **"aaa"** **""** (stringa nulla)

Esempio: (printf e` l’istruzione per la stampa)

```
printf("Prima riga\nSeconda riga\n");
printf("\\\"/");
```

Effetto ottenuto:

```
Prima riga
Seconda riga
\"/
```

Constants

Integer vs Floating-point Constants

10 33 3.333

Decimal Constants

10 33L

Octal

017

Hex

0X1A 0x1A 0x1a

Character

‘A’ ‘a’ ‘2’

String

“A string has more than one character”

VARIABILI E DICHIARAZIONE DI VARIABILI

Sono contenitori di informazioni (cioè di valori)

- hanno un **nome** simbolico che rappresenta in modo univoco una locazione di memoria
- hanno un **tipo** che rappresenta il tipo di **codifica** usato per rappresentare i valori, quali **valori** possono assumere, quali **operazioni** sono lecite e come agiscono tali operazioni

La dichiarazione di una variabile serve a dire *che* e *come* una variabile verrà utilizzata dal programma.

- definisce **l'identificatore** simbolico (nome)
- definisce il **tipo** adatto ai valori da contenere
- alloca la **quantità di memoria** adeguata a contenere il tipo
- associa in modo univoco **l'indirizzo** di memoria al nome
- consente di rilevare errori sull'uso «improprio» della variabile nel programma in compilazione

Rappresentazione in memoria della variabile **A**

	A
indirizzo di A	**valore di A**

L'indirizzo di A è quello del primo (ed eventualmente unico) byte della porzione di memoria che ne contiene il valore.

Sintassi C

tipo id_var <, id_var, ..>;

Istruzione di Assegnamento

Il concetto di **variabile** nel linguaggio C rappresenta un'astrazione della cella di memoria.

L'istruzione di **assegnamento**, quindi, e` l'astrazione dell'operazione di scrittura nella cella che la variabile rappresenta.

Assegnamento:

<identificatore-variabile> = <espressione>

Esempi:

```
main()
{
  int a; /* definizione di a */
  ...
  a=100; /*assegnamento ad a del
                valore 100 */
}
```

```
#include <stdio.h>
main()
{
float X, Y;


/*  assegnamento  del  risultato  di  una
espr. aritmetica: */

  Y = 2*3.14*X;
       }
```

Tipo di dato

Un **tipo di dato** T e` definito come:

- Un insieme di valori D (**dominio)**
- Un insieme di funzioni (**operazioni**) $f_1,\dots,f_n$, definite sul dominio D;

In pratica:

Un tipo T e` definito:

- dall'insieme di valori che le variabili di tipo T possono assumere;
- dall'insieme di operazioni che possono essere applicate ad operandi del tipo T.

Esempio:

Consideriamo i numeri *naturali*

Tipo_naturali = [N, {+, -, *, /, =, >, <, etc }]

- N e` il dominio
- {+, -, *, /, =, >, <, etc } e` l'insieme di operazioni

Il concetto di Tipo

Un linguaggio di programmmazione e` *tipato* se prevede costrutti specifici per attribuire tipi ai dati utilizzati nei programmi.

Se un linguaggio e` tipato:

☞ Ogni dato (variabile o costante) del programma deve appartenere ad **uno ed un solo** tipo.

☞ Ogni operatore richiede **operandi** di tipo specifico e produce **risultati** di tipo specifico.

Vantaggi:

☞ **Astrazione**:L'utente esprime e manipola i dati ad un livello di astrazione piu` alto della loro organizzazione fisica. Maggior portabilita`.

☞ **Protezione:** Il linguaggio protegge l'utente da combinazioni errate di dati ed operatori (**controllo statico** sull'uso di variabili, etc. in fase di compilazione).

☞ **Portabilita`:** l'indipendenza dall'architettura rende possibile la compilazione dello stesso programma su macchine profondamente diverse.

Tipo di Dato in C

Il C e` un linguaggio tipato.

Classificazione dei tipi di dato in C:

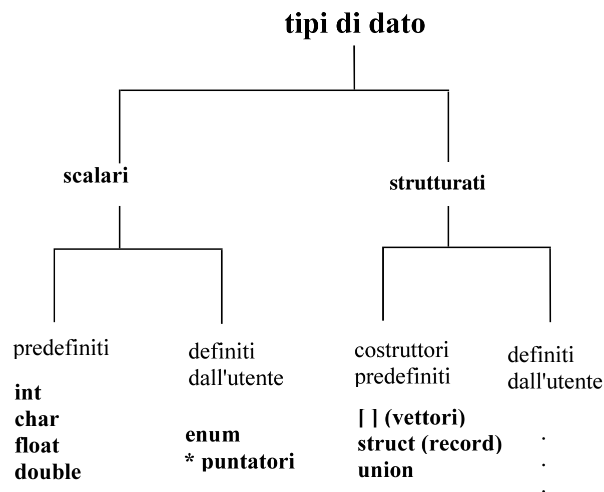
Si distingue tra:

- tipi ***primitivi***: sono tipi di dato previsti dal linguaggio (built-in) e quindi rappresentabili direttamente.
- tipi ***non primitivi***: sono tipi ***definibili dall'utente*** (mediante appositi costruttori di tipo, v. *typedef*).

Inoltre, si distingue tra:

- tipi ***scalari***, il cui dominio e` costituito da elementi *atomici*, cioe` logicamente non scomponibili.
- tipi ***strutturati,*** il cui dominio e` costituito da elementi non atomici (e quindi scomponibili in altri componenti).

Classificazione dei tipi di dato in C



Tipi primitivi

Il C prevede quattro tipi primitivi:

- **char** (caratteri)
- **int** (interi)
- **float** (reali)
- **double** (reali in doppia precisione)

☞ E` possibile applicare ai tipi primitivi dei **quantificatori** e dei **qualificatori**:

Quantificatori:

- I ***quantificatori*** (*long* e *short*) influiscono sullo spazio in memoria richiesto per l'allocazione del dato.
  - ***short*** (applicabile al tipo **int)**
  - ***long*** (applicabile ai tipi **int** e **double**)

Esempio:

```
int X;     /* se X e' su 16 bit..*/
long int Y;/*..Y e' su 32 bit */
```

Qualificatori:

- I ***qualificatori*** condizionano il dominio dei dati:
  - ***signed*** (applicabile ai tipo **int** e **char)**
  - ***unsigned*** (applicabile ai tipo **int** e **char)**

```
int A;     /*A in[-2e15,2e15-1] */
unsigned int B;    /*B in[0,2e16-1]*/
```

TIPI SEMPLICI BUILT-IN DEL C

I nomi di questi tipi sono delle parole chiave del linguaggio:

- **char**: (8 bit - 1 byte) Valori da 0 a 255 che rappresentano la codifica ASCII estesa del carattere corrispondente

- **int** (16bit - 2 byte) Rappresentano gli interi relativi. Valori in complemento a 2 da - 32768 a + 32767

- **float** (32 bit - 4 byte). Rappresentano i razionali espressi in virgola mobile (buona approssimazione dei reali). Valori espressi tramite mantissa e esponente (standard IEEE). Intervallo di valori rappresentabili: da -10^{38} a $+ 10^{38}$)

- **double** (8 byte). Sono float in doppia precisione.

Si dicono tipi aritmetici (char, int *integral*; float e double *floating*)

L'insieme di valori ammissibili (vmin e vmax) e lo spazio allocato in memoria possono essere modificati tramite **qualificatori** (specificatori) di tipo. I qualificatori sono parole chiave del linguaggio che si premettono al tipo.

Indirizzo di una variabile

- operatore: `&nome_var`
- valori assunti per gli indirizzi: interi >= 0

`&nome_var` rappresenta l'indirizzo di memoria del primo byte allocato per la variabile.

Data Type Qualifiers

short

long

signed

unsigned

short int <= int <= long int

- Sono modificatori applicati ai tipi predefiniti che ne alterano le caratteristiche - *aggettivi*.
- Permettono di estendere i tipi predefiniti
- Molto utile associato alla creazione di nuovi tipi definiti dall'utente.

Classi di variabili #2

- const → variabili il cui valore non può essere modificato.
- extern → variabili che sono dichiarate altrove.
- register → variabili che vengono memorizzate in un registro della CPU.
- signed → variabili che hanno esplicitamente un segno.

- static → variabili che non vengono eliminate all'uscita di una procedura.
- unsigned → variabili che sono private del segno.
- volatile → variabili che possono essere modificate in modo non definito dal programma (da hardware pilotato).
- long, short → attributo che varia la dimensione della variabile.

Sintassi generica per dichiarare una variabile:

{classe} [tipo] [nome] {=valore};

- ✓ {..} indica parametro opzionale
- ✓ [..] indica parametro obbligatorio

```
long int i=1e50; //aumento il valore massimo
short int i=10; // diminuisco il valore massimo

unsigned char carattere='a';
const double val=123.42134;
long double val =1234.42;
```

!! Alcuni modificatori non hano senso:

```
long char a; /* non ha senso */
```

Il tipo `int`

Dominio:

Il dominio associato al tipo int rappresenta l'insieme dei numeri interi (cioe` **Z**, insieme dei numeri relativi): ogni variabile di tipo int e` quindi l'astrazione di un intero.

Esempio: definizione di una variabile intera

```
int A; /* A e' un dato intero */
```

☞ Poiche` si ha sempre a disposizione un numero **finito** di bit per la rappresentazione dei numeri interi, il dominio rappresentabile e` di estensione finita.

Ad esempio:

se il numero n di bit a disposizione per la rappresentazione di un intero e` 16, allora il dominio rappresentabile e` composto di:

$(2^n-1) = 2^{16}-1 = 65.536$ valori

Uso dei quantificatori short/long:

Aumentano/diminuiscono il numero di bit a disposizione per la rappresentazione di un intero:

spazio(**short int**) <= *spazio*(**int**) <= *spazio*(**long int**)

Uso dei qualificatori:

- **signed:** viene usato un bit per rappresentare il segno. Quindi l'intervallo rappresentabile e`:

  $$[-2^{n-1}-1, +2^{n-1}-1]$$

- **unsigned:** vengono rappresentati valori a priori positivi. Intervallo rappresentabile:

  $$[0, (2^n - 1)]$$

Int Data Type

Whole numbers and their negatives

. . . -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, . . .

Constants are written as in other languages

```
int vacation_days = 12;
int dependents = 3;
```

Can use with qualifiers:

```
short int mph;          /* defines a short integer */
                        /* 2 bytes, 16 bits, on AXP */
int line_speed;         /* defines regular integer */
                        /* 4 bytes on AXP, 2 bytes on PC */
long int dist_to_moon;  /* long int, 4 bytes on AXP */
```

Il tipo int

Operatori:

Al tipo **int** (e tipi ottenuti da questo mediante qualificazione/quantificazione) sono applicabili i seguenti operatori:

Operatori aritmetici:

forniscono risultato intero:

+ , -, *, /	somma, sottrazione, prodotto, divisione intera.
%	operatore *modulo*: resto della divisione intera: 10%3 ➠ 1
++, --	*incremento* e *decremento*: richiedono un solo operando (una variabile) e possono essere postfissi (a++) o prefissi (++a) (v. espressioni)

Operatori relazionali:

si applicano ad operandi interi e producono risultati ***"booleani"*** (cioe`, il cui valore puo` assumere soltanto uno dei due valori {*vero*, *falso*}):

==, !=	uguaglianza, disuguaglianza: 10==3 ➠ *falso*; 10!=3 ➠ *vero*
<, >, <=, >=	minore, maggiore, minore o uguale, maggiore o uguale: 10>=3 ➠ *vero*

Il tipo char

Carattere:

ogni simbolo grafico rappresentabile all'interno del sistema. Ad esempio:

- le lettere dell'alfabeto (maiuscole, minuscole)
- le cifre decimali ('0',..'9')
- i segni di punteggiatura (',', '.' etc.)
- altri simboli di vario tipo ('+', '-', '&', '@', etc.).
- i caratteri di controllo *(bell, lf, , ff*, etc.)

Dominio del tipo char

E` l'insieme dei *caratteri* disponibili sul sistema di elaborazione (*set* di caratteri).

Tabella dei Codici

Di solito, si fa riferimento ad una tabella dei codici (ad esempio: ASCII). In ogni tabella dei codici, ad ogni carattere viene associato un intero che lo identifica univocamente: il **codice**.

- Il dominio associato al tipo **char** e` **ordinato**: l'ordine dipende dal codice associato ai vari caratteri.

Tabella ASCII

Di solito, vengono usati **8 bit** -> 256 valori possibili

Cod.	Car.	Cod.	Car.	Cod.	Car.	Cod.	Car.	Cod.	Car.	Cod.	Car.	Cod.	Car.
0	NUL	42	*	84	T	126	~	168	®	210	“	252	¸
1	SOH	43	+	85	U	127	□	169	©	211	”	253	˝
2	STX	44	,	86	V	128	Ä	170	™	212	‘	254	˛
3	ETX	45	-	87	W	129	Å	171	´	213	’	255	ˇ
4	EOT	46	.	88	X	130	Ç	172	¨	214	÷		
5	ENQ	47	/	89	Y	131	É	173	≠	215	◊		
6	ACK	48	0	90	Z	132	Ñ	174	Æ	216	ÿ		
7	BEL	49	1	91	[	133	Ö	175	Ø	217	Ÿ		
8	BS	50	2	92	\	134	Ü	176	∞	218	⁄		
9	HT	51	3	93	]	135	á	177	±	219	¤		
10	LF	52	4	94	^	136	à	178	≤	220	‹		
11	VT	53	5	95	_	137	â	179	≥	221	›		
12	FF	54	6	96	`	138	ä	180	¥	222	ﬁ		
13	CR	55	7	97	a	139	ã	181	µ	223	ﬂ		
14	SO	56	8	98	b	140	å	182	∂	224	‡		
15	SI	57	9	99	c	141	ç	183	∑	225	·		
16	DLE	58	:	100	d	142	é	184	∏	226	‚		
17	DC1	59	;	101	e	143	è	185	π	227	„		
18	DC2	60	<	102	f	144	ê	186	∫	228	‰		
19	DC3	61	=	103	g	145	ë	187	ª	229	Â		
20	DC4	62	>	104	h	146	í	188	º	230	Ê		
21	NAk	63	?	105	i	147	ì	189	Ω	231	Á		
22	SYN	64	@	106	j	148	î	190	æ	232	Ë		
23	ETB	65	A	107	k	149	ï	191	ø	233	È		
24	Can	66	B	108	l	150	ñ	192	¿	234	Í		
25	EM	67	C	109	m	151	ó	193	¡	235	Î		
26	SUB	68	D	110	n	152	ò	194		236	Ï		
27	ESC	69	E	111	o	153	ô	195	√	237	Ì		
28	FS	70	F	112	p	154	ö	196	ƒ	238	Ó		
29	GS	71	G	113	q	155	õ	197	≈	239	Ô		
30	RS	72	H	114	r	156	ú	198	∆	240	□		
31	US	73	I	115	s	157	ù	199	«	241	Ò		
32		74	J	116	t	158	û	200	»	242	Ú		
33	!	75	K	117	u	159	ü	201	…	243	Û		
34	"	76	L	118	v	160	†	202		244	Ù		
35	#	77	M	119	w	161	°	203	À	245	ı		
36	$	78	N	120	x	162	¢	204	Ã	246	ˆ		
37	%	79	O	121	y	163	£	205	Õ	247	˜		
38	&	80	P	122	z	164	§	206	Œ	248	¯		
39	'	81	Q	123	{	165	•	207	œ	249	˘		
40	(	82	R	124	|	166	¶	208	–	250	˙		
41	)	83	S	125	}	167	ß	209	—	251	˚		

Il tipo char

Il dominio associato al tipo **char** e` **ordinato**: l’ordine dipende dal codice associato ai vari caratteri nella tabella di riferimento.

Definizione di variabili di tipo char: esempio

```
char C1, C2;
```

Costanti di tipo char:

Ogni valore di tipo char viene specificato tra singoli apici.

Ad esempio:

‘a’ ‘b’ ‘A’ ‘0’ ‘2’

Rappresentazione dei caratteri in C:

Il linguaggio C rappresenta i dati di tipo **char** come degli **interi**:

ogni carattere viene rappresentato dal suo codice (cioe`, **l’intero** che lo indica nella tabella ASCII)

Special Characters

- Escape sequences are used to represent many special characters in C

\n	newline	each escape sequence represents only one character
\t	tab	
\b	backspace	
\f	form feed	
\a	audible bell	
\0	null	

- Can be mixed freely with other characters

printf(“\nA\nB\tC\nDE\aF\n”); /* what does this print? */

do NOT try to print the null (‘\0’) character

Il tipo char: Operatori

I char sono rappresentati da interi (su 8 bit):

☞ sui dati **char** e` possibile eseguire tutte le operazioni previste per gli interi. Ogni operazione, infatti, e` applicata ai codici associati agli operandi.

Operatori relazionali:

==,!=,<,<=,>=,>   per i quali valgono le stesse regole viste per gli interi

Ad esempio:

char x,y;
x < y   se e solo se *codice*(x) < *codice*(y)

‘a’>’b’   ***falso*** perche` *codice*(‘a’) < *codice*(‘b’)

Operatori aritmetici:

sono gli stessi visti per gli interi.

Operatori logici:

sono gli stessi visti per gli interi.

Esempi:

'A' < 'C'   ➠ **1**   (infatti 65 < 67 e` *vero*)

'"' + '!'   ➠ **'C'**   (*codice*(")+*codice*(!)=67)

! 'A'   ➠ 0   (*codice*(A) e` diverso da zero)

'A' && 'a'   ➠ 1

Uso dei qualificatori:
e` possibile, come per gli interi, applicare i qualificatori signed, unsigned a variabili di tipo char:

```
signed char C;
unsigned char K;
```

Data Types: Int vs Char

Why is it that given ...

```
char number1;
int    number2;
int    number3;

number1 = 160;              /* assigns values */
number2 = 565;              /* to variables */
number3 = number2;
number2 = number1;    /* this is OK */
number1 = number3;    /* this is NOT? */
```

I tipi float e double (reali)

Dominio:

Concettualmente, e` l'insieme dei numeri reali R.

In realta`, e` un sottoinsieme di R a causa di:
- **precisione** limitata
- **limitatezza** del dominio.

Lo spazio allocato per ogni numero reale (e quindi l'insieme dei valori rappresentabili) dipende dal metodo di rappresentazione adottato.

Differenza tra float/double:

float *singola* precisione
double *doppia* precisione (maggiore numero di bit per la mantissa)

Uso del quantificatore long:

si puo` applicare a **double**, per aumentare ulteriormente la precisione:

spazio(**float**) <= *spazio*(**double**) <= *spazio*(**long double**)

Esempio: definizione di variabili reali

```
float x;
double A, B;
```


Tipi float/double

Operatori

Operatori aritmetici:

+, -, *, / si applicano a operandi reali e producono risultati reali

Operatori relazionali:

hanno lo stesso significato visto nel caso degli interi:

==, != uguale, diverso

<, >, <=, >= minore, maggiore etc.

Overloading:

Il C (come 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 od interi).

Float Data Type

- Real numbers expressed as decimal fractions

```
float salary, pay_rate;     /* defines two float variables */
```

- May also use E-type notation (exponential notation)

```
float term2 = 5.7345E2;  /* equals 573.45 */
```

- All three of the following represent the same value

```
float term1 = 123.45;
float term2 = 1.2345e2;   /* E or e may be used */
float term3 = 12345.0e-2;
```

Double Data Type

- Also real numbers expressed as decimal fractions
- Double simply gives greater precision (it is a form of a floating point data type)

  float salary, pay_rate; /* defines two float variables */

  double bigger_salary; /* defines a larger 'float' value */
- Can also assign value after declaration:

  double dist_in_miles, Avagadro_number;

  Avagadro_number = 6.023e23;

  dist_in_miles = 14.638579237;

Esempi:

5.0 / 2 ➠ 2.5

2.1 / 2 ➠ 1.05

7.1 < 4.55 ➠ 0

17== 121 ➠ 0

☞ A causa della rappresentazione finita, ci possono essere errori di conversione. Ad esempio, i test di uguaglianza tra valori reali (in teoria uguali) potrebbero non essere verificati.

(x / y) *y == x

Meglio utilizzare "un margine accettabile di errore":

(X == Y) ➠ (X<=Y+epsilon) && (X<=Y+epsilon)

dove, ad esempio:

const float epsilon=0.000001;

COSTANTI E DICHIARAZIONE DI COSTANTI

Oltre alle Costanti esplicite
esprimono direttamente dei **valori**

```
23          costante di tipo int
3.1416      costante di tipo double
'A'         costante di tipo char
```

Ci sono le Costanti simboliche

- sono **nomi** simbolici che il programmatore adotta convenzionalmente per indicare dei valori prefissati
- hanno un **tipo** espresso implicitamente dal valore

La dichiarazione di una costante

- definisce il nome
- associa un valore (e tipo implicito)

In C la «dichiarazione» (definizione) di costante può essere fatta tramite ***direttiva al preprocessore*** *C*

```
#define nmaxp    10
#define vmax     150.0
#define FALSE    0
#define TRUE     1
```

In compilazione, viene effettuata una ***sostituzione letterale*** *del nome simbolico con il valore associato.*

E' anche possibile una dichiarazione del tipo:

```
const  <tipo> <nome> = <valore>;
```

VARIABILI: ASSEGNAMENTO ed ESPRESSIONI

Uso delle variabili

- per assegnare loro un valore (**istruzione di assegnamento**).
  il nome di una variabile a sinistra del simbolo «=« indica **dove** memorizzare il valore descritto a destra del simbolo «=«.

- come **operandi** in **espressioni**.
  il nome di una variabile indica che se ne deve usare il **valore** contenuto.

ISTRUZIONI DI ASSEGNAMENTO

Indicano **l'operazione** che assegna un **valore** ad una **variabile**

Sintassi C:

```
<nome_variabile> = <espressione>;
```

- **`<nome_variabile>`** indica il nome della **variabile** a cui si vuole assegnare un valore, in sostituzione di quello precedentemente contenuto in essa ... è un indirizzo
- **=** è il simbolo di assegnamento
- **`<espressione>`** descrive come ottenere il **valore** da assegnare alla variabile

Significato (semantica):
si eseguono le operazioni descritte in **`<espressione>`**
il valore ottenuto viene inserito nella posizione di memoria indicata dalla variabile a sinistra del simbolo di assegnamento.

Compatibilità tra i tipi: il compilatore controlla la compatibilità tra tipi. In alcune situazioni, risolve la non compatibilità adottando delle regole di conversione implicita e automatica tra tipi.

- il valore generato da **`<espressione>`** dovrebbe essere dello stesso tipo della variabile da assegnare
- assegnamento tra tipi eterogenei (tipi aritmetici): all'atto dell'assegnamento, il valore di **`<espressione>`** viene «convertito» in un valore corrispondente appartenente al tipo della variabile da assegnare.

ESPRESSIONI E OPERATORI

Sintassi C

`<espressione>`: contiene identificatori (di variabili, di costanti, di funzioni), costanti esplicite, operatori, ( )

Semantica

descrive il modo con cui ottenere dal valore degli operandi e dall'applicazione degli operatori (operazioni) il valore dell'espressione.

Nelle espressioni complesse la **sequenza di esecuzione delle operazioni** è dettata dalla

- **precedenza** predefinita degli operatori
- **forzatura** mediante l'uso delle parentesi tonde

Operatori

- unari si applicano ad un solo operando
- binari si applicano a due operandi

TIPI DI OPERATORI

Operatori aritmetici (`+ - * / %`)
- operandi aritmetici e risultato aritmetico
- le operazioni sono eseguite in dipendenza del tipo degli operandi.

Operatori di confronto (`>` `>=` `==` (eguale) `!=` (diverso))
- operandi entrambi dello stesso tipo qualsiasi
- risultato valore logico

Valori logici: in C non esiste un tipo «logico» che assume solo i valori False e True, ma per tale scopo viene usato il tipo `int`
- il valore FALSE (**falso**) è associato al valore **zero**
- il valore TRUE (**vero**) è associato ad ogni valore **diverso da zero**

Operatori logici
- operandi logici e risultato logico

`&&` (AND)
`||` (OR)
`!` (NOT) operatore unario (con un solo operando)

Esempio
```
(num > valmin) && (num <= valmax)
```

Questa espressione logica vale TRUE solo se il valore di **num** è compreso tra `valmin` (escluso) e `valmax` (compreso).

- ++ → incremento unitario
- -- → decremento unitario
- * → moltiplicazione
- / → divisione
- % → resto di una divisione fra interi
- + → addizione
- - → sottrazione

- foo1() {
  int x=0, y= 10;
  x = y ++;   x = ++ y;
  }
  valore finale → x=10, y=11   x=12, y=12 (*da sx verso dx*)
- foo2() {
  int x=16, y= 5, z=0;
  z = x / y;   z = x % y;
  }
  valore finale → z=3   z=1

- < → minore
- <= → minore o uguale
- > → maggiore
- >= → maggiore o uguale
- == → uguale
- != → diverso

- **In C != 0 significa TRUE, ==0 significa FALSE.**

Booleani

Sono dati il cui dominio e` di due soli valori (valori *logici*):

{*vero*, *falso*}

☞ in C **non esiste** un tipo primitivo per rappresentare dati booleani.

Come vengono rappresentati i risultati di espressioni relazionali ?

Il C prevede che i valori logici restituiti da espressioni relazionali vengano rappresentati attraverso gli interi {0,1} secondo la convenzione:

- **0 equivale a *falso***
- **1 equivale a *vero***

Ad esempio:

l'espressione A == B restituisce:

➠ **0**, se la relazione non e` vera
➠ **1** , se la relazione e` vera

Operatori logici:

si applicano ad operandi di tipo **int** e producono risultati *booleani*, cioe` interi appartenenti all'insieme {0,1} (il valore 0 corrisponde a "falso", il valore 1 corrisponde a " vero"). In particolare l'insieme degli operatori logici e`:

&&	operatore AND logico
||	operatore OR logico
!	operatore di negazione (NOT)

Definizione degli operatori logici:

a	b	a&&b	a||b	!a
falso	*falso*	*falso*	*falso*	*vero*
falso	*vero*	*falso*	*vero*	*vero*
vero	*falso*	*falso*	*vero*	*falso*
vero	*vero*	*vero*	*vero*	*falso*

Operatori Logici in C

In C, gli operandi di operatori logici sono di tipo int:

- se il valore di un operando e` **diverso da zero**, viene interpretato come ***vero***.
- se il valore di un operando e` **uguale a zero**, viene interpretato come ***falso***.

Definizione degli operatori logici in C:

a	b	a&&b	a||b	!a
0	0	0	0	1
0	≠ 0	0	1	1
≠ 0	0	0	1	0
≠ 0	≠ 0	1	1	0

Esempi sugli operatori tra interi:

37 / 3 ➠ 12

37 % 3 ➠ 1

7 < 3 ➠ 0

7 >=3 ➠ 1

0 || 1 ➠ 1

0 || -123 ➠ 1

12 && 2 ➠ 1

0 && 17 ➠ 0

! 2 ➠ 0

Operatori logici (booleani)

- && → AND

	0	0	1	1
	0	1	1	0
AND	0	0	1	0

- || → OR

	0	0	1	1
	0	1	1	0
OR	0	1	1	1

- ! → NOT

	0	1
NOT	1	0

- ~ → complemento a uno
- << → scorrimento a sinistra
- >> → scorrimento a destra
- & → AND
- ^ → XOR

	0	0	1	1
	0	1	1	0
XOR	0	1	0	1

- | → OR

- foo1() {

```
        int x=0, y= 0, z=29;      → z=0001 1101
              x = z << 1;         → x=0011 1010
              x = z >> 1;         → x=0000 1110
              y = ~z; }           → y=1110 0010
```

- foo2() {

```
        int x=3, y= 5, z=0;       → x=0011, y=0101
              z = x & y;          → z=0001
              z = x | y; }        → z=0111
```